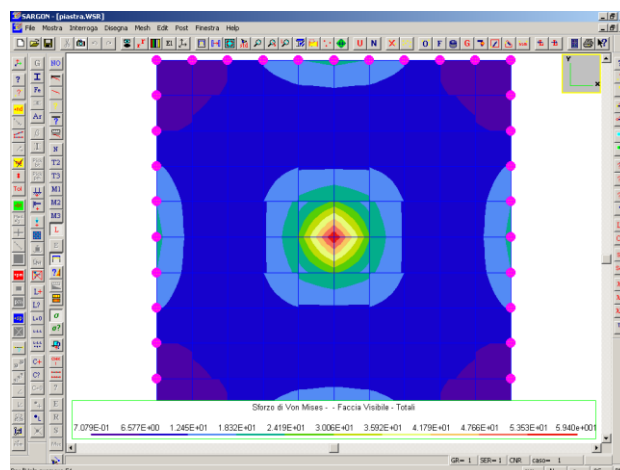




NOTE DI RILASCIO



<http://www.castaliaweb.com>

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano

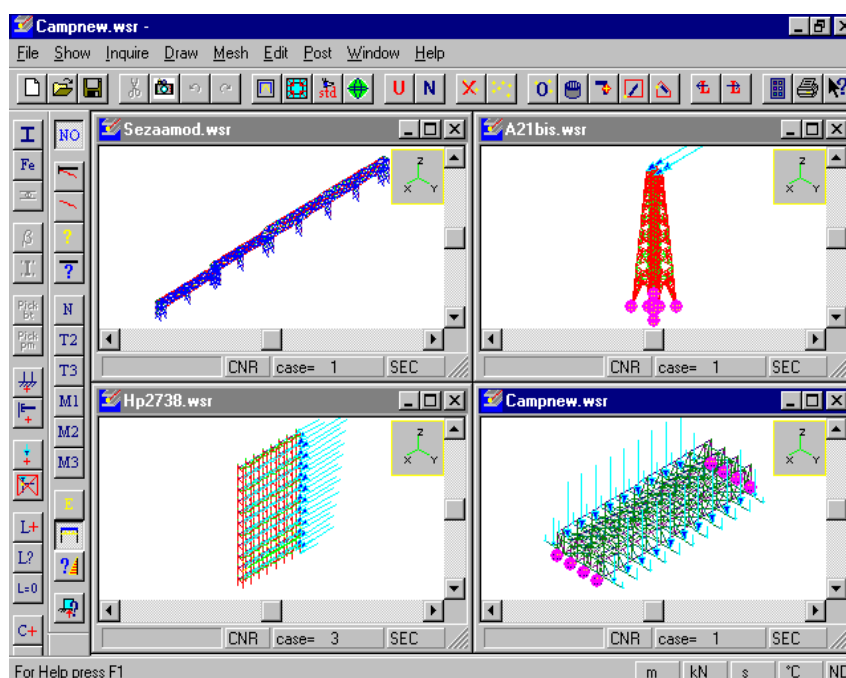
staff@castaliaweb.com

Copyright © 1991-2014 – Castalia srl

Rev. 23.0 del 1-12-2014 aggiornato alla versione 11.65



Lista modifiche: dalla 4.35 alla 4.40



Castalia s.r.l.

tel. +39-321-399576

fax +39-321-611256

E-mail castalia@msoft.it

Via S. Francesco 18-D

28100 Novara (Italy)

Rev. 2.0 del 13-09-1999

1) Modifica al comando usato per cambiare la vista

Il movimento del mouse comporta ora l'immediato refreshing dello schermo, così da facilitare la scelta della vista.

2) Modifica al comando splitta

Nel comando splitta viene ora indicato il primo ed il secondo nodo dell'elemento da suddividere.

3) Conservazione carichi dopo dividi e splitta

Le aste suddivise con "Dividi" o con "Splitta" conservano i carichi dopo l'operazione di suddivisione. Se il carico concentrato va a finire su un nodo viene automaticamente trasformato in forza nodale. Ciò facilita eventuali ripensamenti in fase di allestimento del modello.

4) Comando "Trova" su elementi.

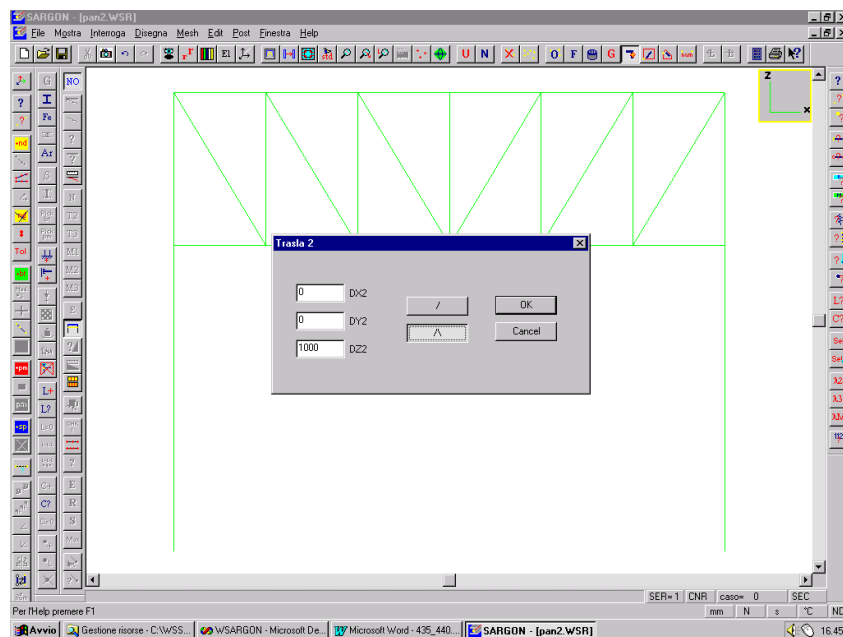
La visualizzazione dell'elemento specificato è stata migliorata.

5) Comando Mesh-Nodi-Ruota.

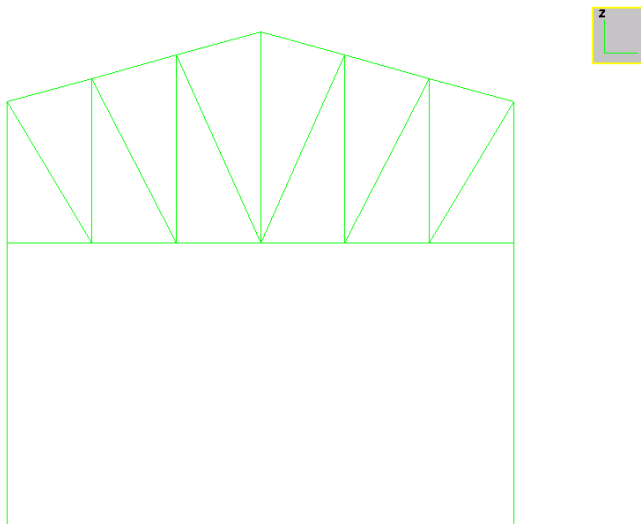
E' stato aggiunto il nuovo comando "Mesh-Nodi-Ruota" che consente di ruotare i nodi selezionati rispetto ad un asse. Se ai nodi sono attaccati elementi, questi ruoteranno insieme con i nodi.

Il corrispondente bottone è stato aggiunto alla barra "Mesh".

6) Comando Mesh-Nodi-Trasla 2

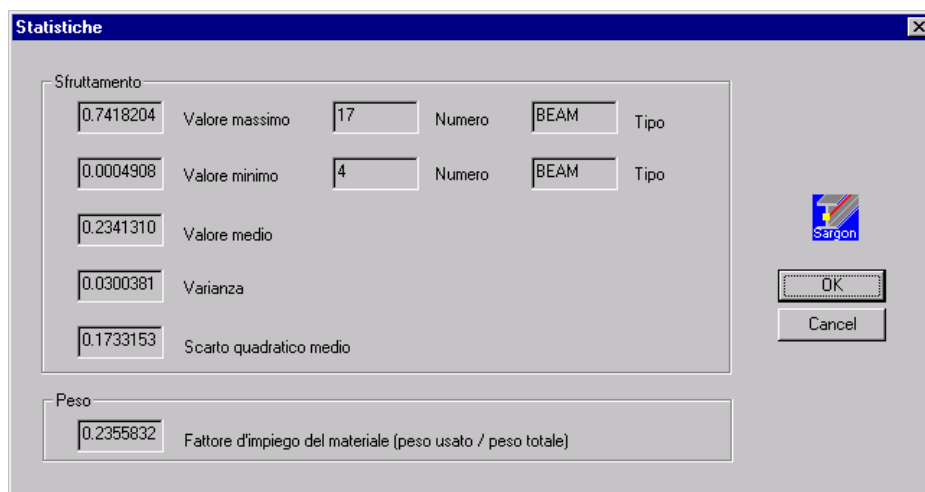


E' stato aggiunto il nuovo comando "Mesh-Nodi-Trasla 2", che consente di applicare uno spostamento variabile linearmente ad una fila di nodi. Si immagini di avere una fila di nodi allineati e di voler spostare l'ultimo di (dx, dy, dz), quello posto a tre quarti di (0.75dx, 0.75dy, 0.75dz) eccetera. Il comando chiede (dx, dy, dz) ed il primo e l'ultimo nodo della fila. Il comando consente anche di applicare spostamenti "a V" su una fila di nodi (cfr. figure).



Il corrispondente bottone è stato aggiunto alla barra "Mesh".

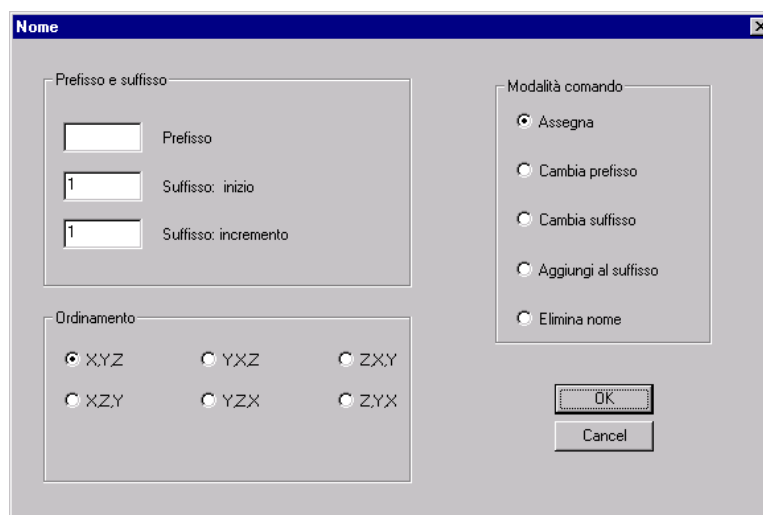
7) Comando Post-Verifiche-Statistiche



Il nuovo comando dà informazioni sui coefficienti di sfruttamento degli elementi selezionati. Viene dato il minimo, il massimo, il valor medio, lo scarto quadratico medio e la varianza. Viene inoltre dato un indice della quantità di peso effettivamente utilizzato.

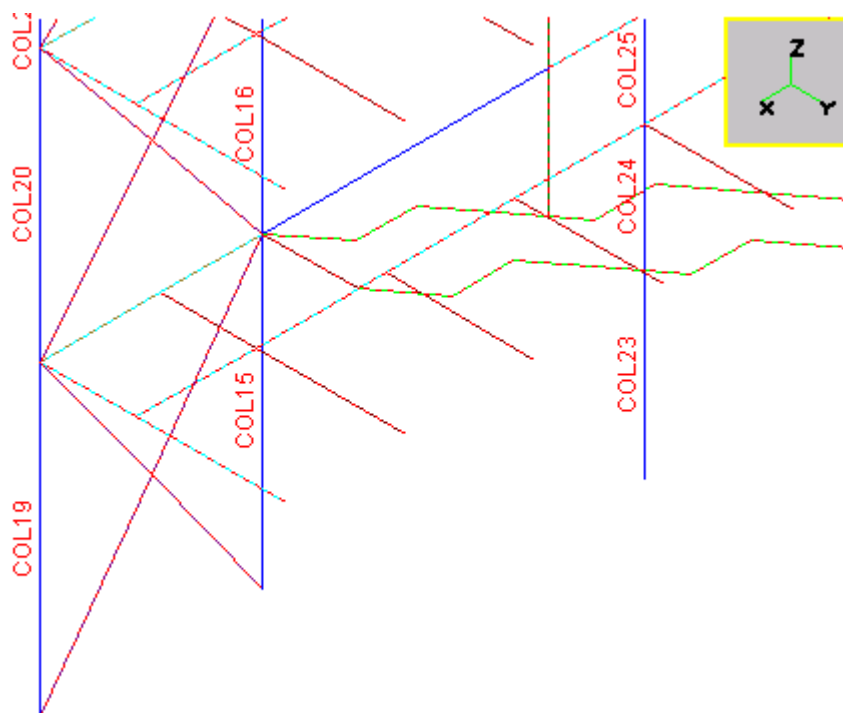
8) Gestione dei nomi.

I nodi e gli elementi possono ricevere un nome che li contraddistingue. Ciò consente di suddividere gli elementi e i nodi sulla base di un identificatore connesso con la funzione o la posizione dell'oggetto. Per esempio: "CONTR1", "CONTR2", ecc.. La gestione dei nomi fa anche sì che modifiche alla mesh effettuate in un secondo tempo non invalidino i plottaggi già eseguiti. Infatti, mentre il numero può variare, il nome non varia a meno che sia l'utente stesso che a variarlo esplicitamente.



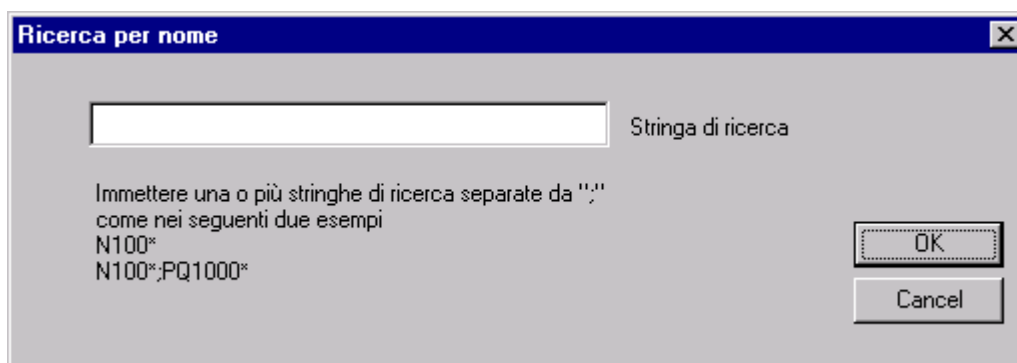
Per consentire di "battezzare" nodi ed elementi è stato aggiunto il comando Mesh-Nomi-Modifica, che riassegna il nome agli oggetti selezionati. Il nome viene stabilito grazie ad un prefisso alfanumerico ed un suffisso numerico. Gli elementi/nodi selezionati vengono poi ordinati in base ad

un criterio geometrico. Il nome sarà ottenuto come PREFISSO+STARTVALUE+DELTAVALUE.
Il bottone corrispondente è stato aggiunto alla barra mesh.



Così come si possono vedere le numerazioni si possono vedere i nomi, e stampare immagini ove gli elementi siano contraddistinti da un nome.

Nel tabulato, su richiesta, compare una nuova sezione che dà la corrispondenza Nome-Numero e Numero-Nome.



E' stato aggiunto il comando Edit-Selezione-Per Nome (anche aggiunto alla barra dei bottoni principale), che consente di selezionare gli oggetti che hanno un certo nome, individuato mediante lettere, numeri e caratteri "*". Ad esempio "CONTR*".

Tutti i comandi di interrogazione danno ora anche il nome.

I comandi Mostra-Oggetti e Mostra-Font sono stati ampliati per tener in conto la presenza dei nomi.

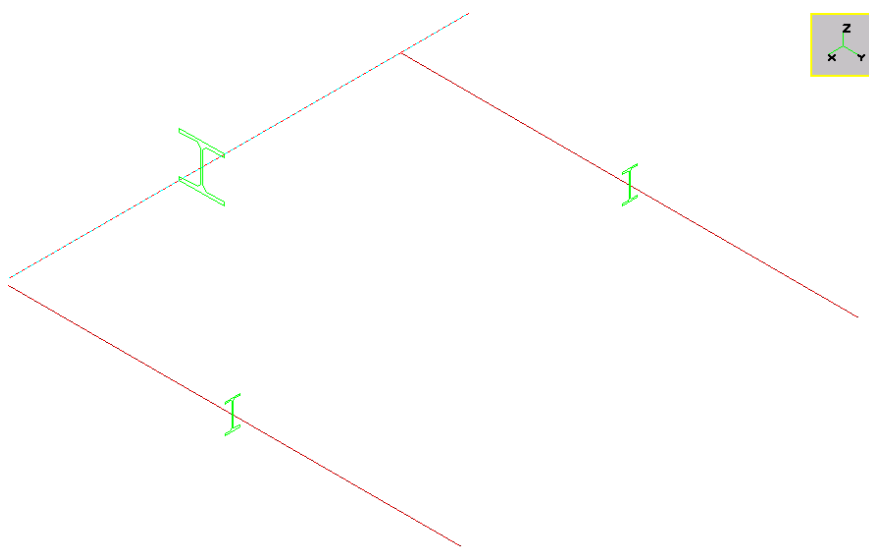
9) Migliorata stampa numeri nei dialoghi

I numeri vengono ora accostati sempre a sinistra in modo da evitare la apparente comparsa di numeri assurdi.

10) Riempimento elementi bidimensionali

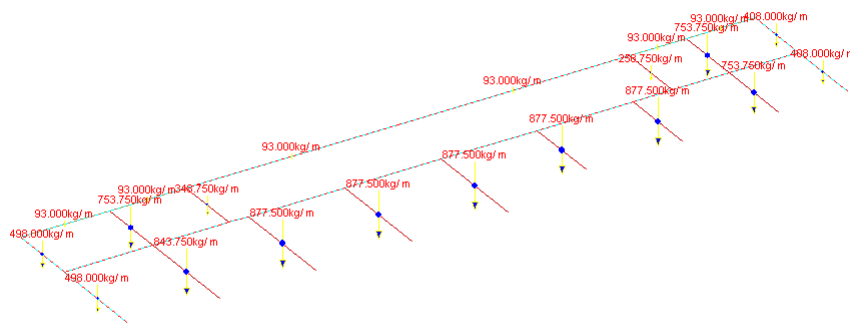
E' stato aggiunto un flag per decidere se riempire di colore gli elementi bidimensionali o se farne vedere solo il bordo.

11) Miglioramento della visualizzazione della orientazione

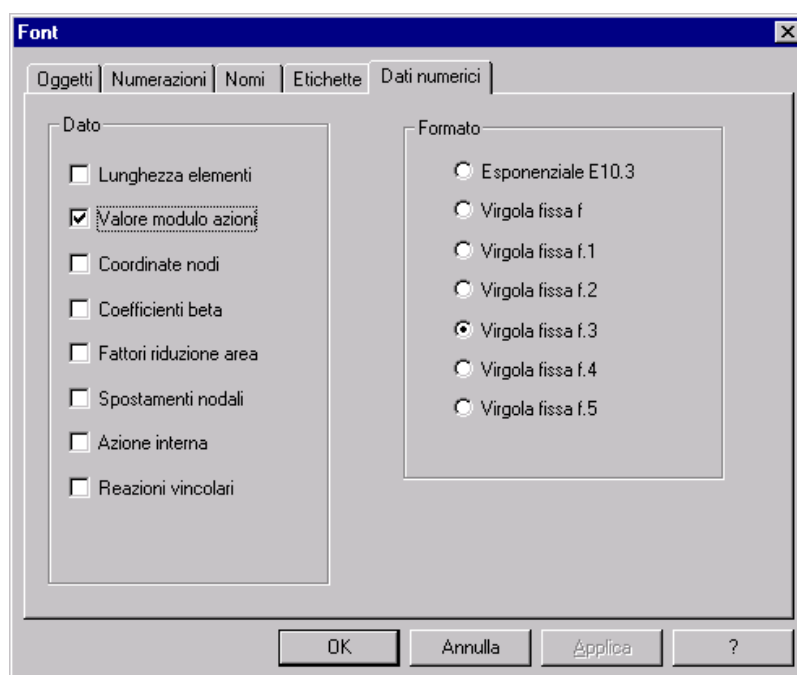


E' ora possibile vedere l'orientazione degli elementi trave e biella facendo disegnare la sezione applicata nelle sue reali dimensioni. Questa nuova modalità faciliterà anche il contatto con i disegnatori e consentirà di chiarire in modo inequivoco la giacitura degli elementi.

12) Stampa valori azioni



Su richiesta è possibile stampare il valore delle azioni di fianco al vettore. La stampa include la unità di misura corrente. Ciò faciliterà la creazione di relazioni di calcolo.



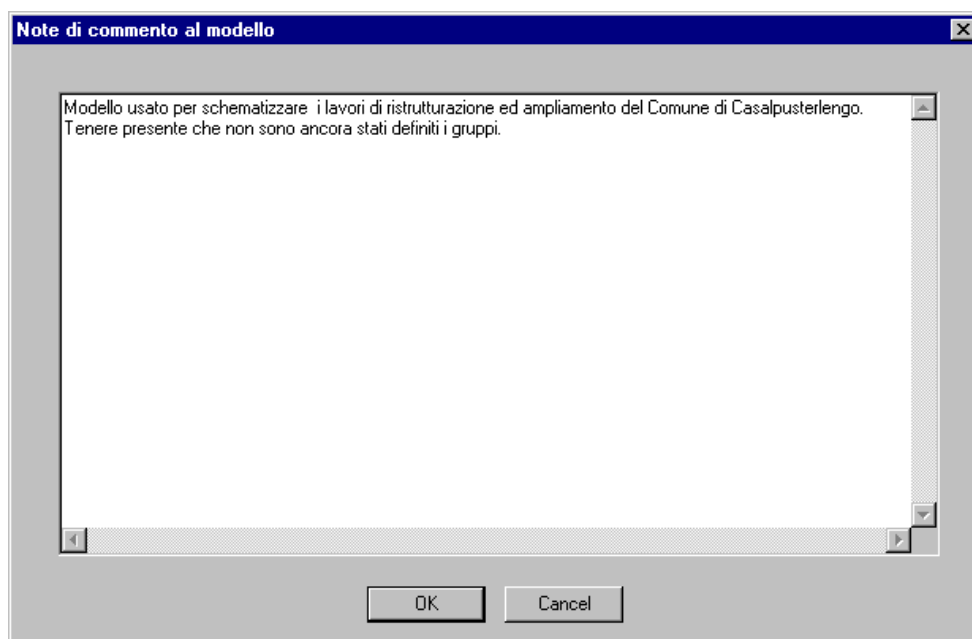
13) Stampa valori coordinate nodi, beta aste, kred aste, lunghezza aste.

Su richiesta è possibile far stampare la lunghezza degli elementi selezionati, i coefficienti di libera inflessione degli elementi selezionati, i fattori di riduzione dell'area degli elementi selezionati, le coordinate dei nodi selezionati. Ciò potrà facilitare la descrizione del modello.

14) Stampa valori reazioni vincolari, spostamenti nodali, azioni interne.

E' possibile chiedere la stampa delle traslazioni dei nodi selezionati, delle reazioni vincolari sui nodi selezionati, delle azioni interne sulle aste selezionate. Vengono in particolare stampate le azioni interne agli estremi e nei punti interni notevoli (massimi e minimi).

15) Commento al modello



E' possibile aggiungere ad ogni modello un testo (o "commento") in grado di illustrare particolari o dettagli utili a ricostruire, in un secondo tempo, le caratteristiche d'impiego del modello stesso.

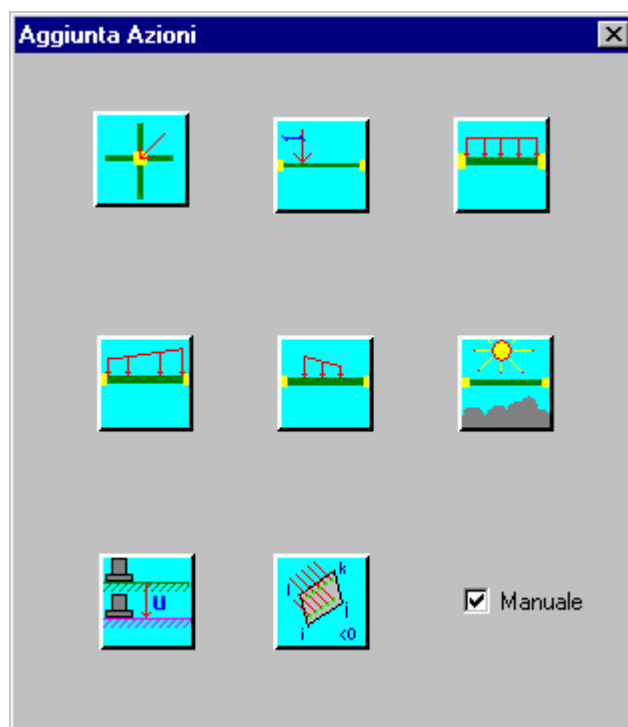
16) Carichi in modo manuale

Oltre a dare i carichi agli oggetti selezionati, è ora possibile dare i carichi cliccando sui nodi/elementi ad uno ad uno.

17) Carichi termici su elementi bidimensionali

E' ora possibile assegnare carichi termici anche agli elementi bidimensionali. Nell'interfacciamento con i solutori esterni si tenga presente comunque che il file di input così costruito non può essere usato direttamente all'interno dei solutori esterni, dimenticando Sargon, in quanto in esso l'effetto dei carichi termici è ridotto a forze nodali equivalenti, che devono poi essere raggiunte dopo il solving (cosa fatta dai moduli sdbssap, sdbsap80, ecc.). Si tratta di una situazione del tutto analoga a quella dei carichi distribuiti all'interno degli elementi beam, dove vigono le stesse limitazioni. Se si desidera usare file di input per solutori esterni indipendentemente dalla procedura di caricamento automatico dei risultati prevista in Sargon, si prega di contattare Castalia per ricevere le istruzioni opportune.

18) "Pressione" su piastre e membrane.



E' ora possibile assegnare dei carichi di pressione sugli elementi piastra e membrana. I carichi vengono convertiti in forze dirette normalmente al piano dell'elemento ed agenti sui nodi dell'elemento stesso (approccio lumped). Si tratta quindi di un nuovo modo di fornire forze applicate ai nodi. In presenza di discretizzazioni sufficientemente fitte questo approccio simula la applicazione di una pressione interna agli elementi. Il comando funziona anche con gli elementi membrana per consentire di applicare carichi a gusci nervati modellati con elementi membrana ed elementi beam sottostanti.

19) Controllo jacobiano elementi bidimensionali a 4 nodi

Durante l'aggiunta di elementi bidimensionali in modo diretto viene ora controllato lo jacobiano onde evitare l'aggiunta di elementi troppo distorti.

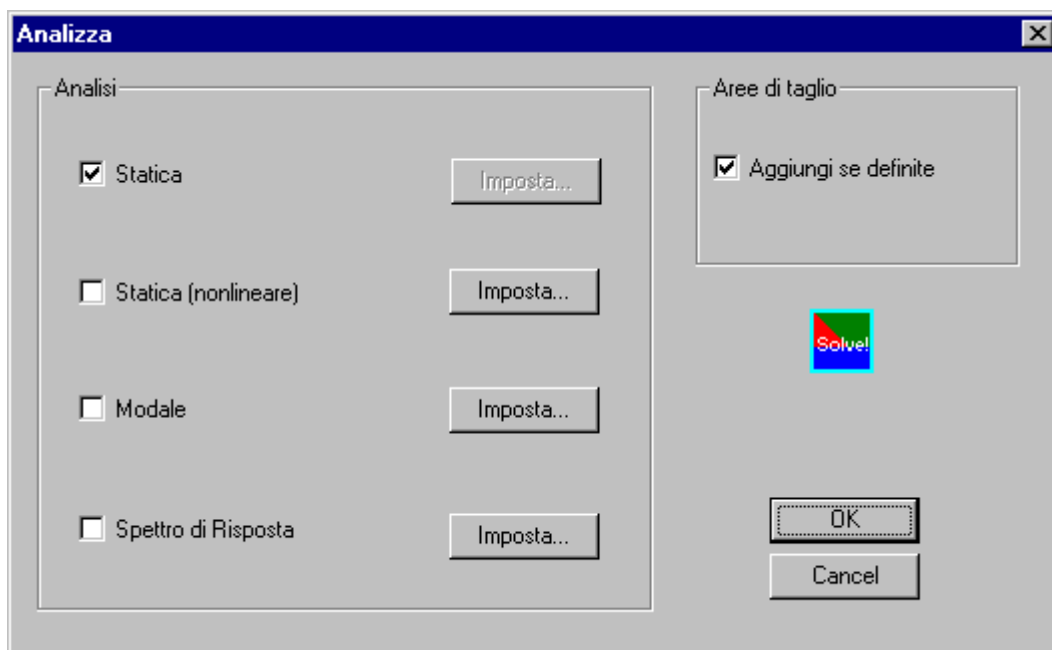
20) Controllo allineamento elementi trave e biella.

E' stato aggiunto un flag che consente di allineare automaticamente gli elementi trave e biella aggiunti in modalità diretta. Grazie a questo flag (attivo per default) elementi descritti in verso opposto saranno resi equiversi. Ciò eliminerà alcuni fastidiosi inconvenienti in fase di visualizzazione dei diagrammi, ed inoltre regolarizzerà la mesh.

21) Controllo normale elementi bidimensionali

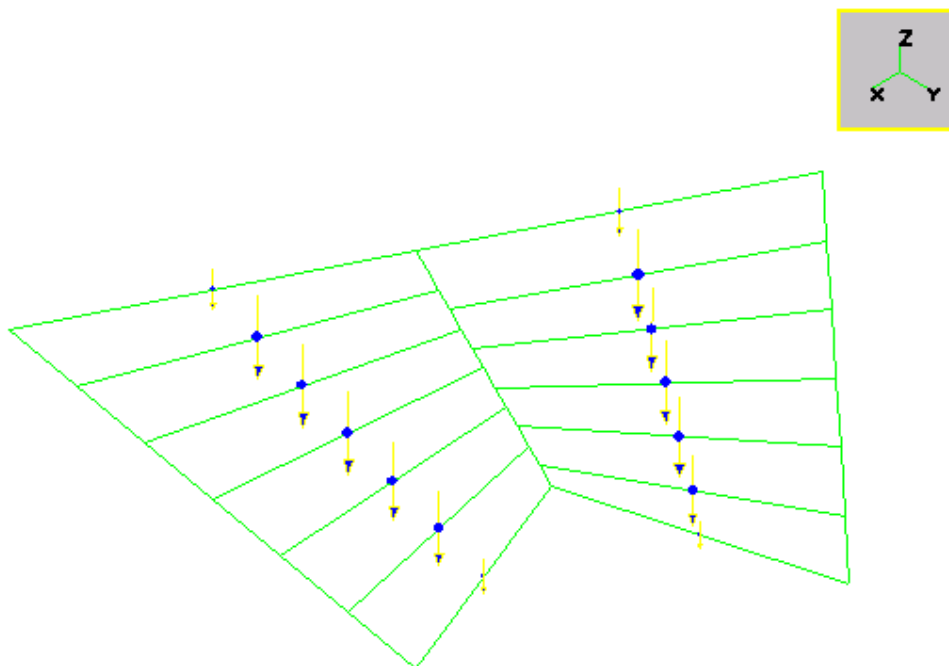
E' stato aggiunto un flag che consente di allineare automaticamente la normale degli elementi piastra e membrana aggiunti in modalità diretta. Grazie a questo flag (attivo per default) elementi descritti con normale diretta in verso opposto saranno resi equiversi. Ciò consentirà di aggiungere facilmente i carichi di pressione.

22) Fattori di taglio



Sono stati aggiunti i fattori di taglio. In sede di attivazione dei solutori è possibile scegliere se aggiungere o no le aree di taglio.

23) Aggiunto comando Edit-Azioni-Solaio



E' stato aggiunto il comando Solaio, che è un potenziamento ed un miglioramento del corrispondente comando contenuto nella versione DOS. In pratica, specificata una pressione e quattro nodi, i, j, k, l, viene aggiunto un carico distribuito su tutti gli elementi secondari che connettono la trave jk e la trave il. Questo comando è molto potente.

24) Gestione dei gruppi

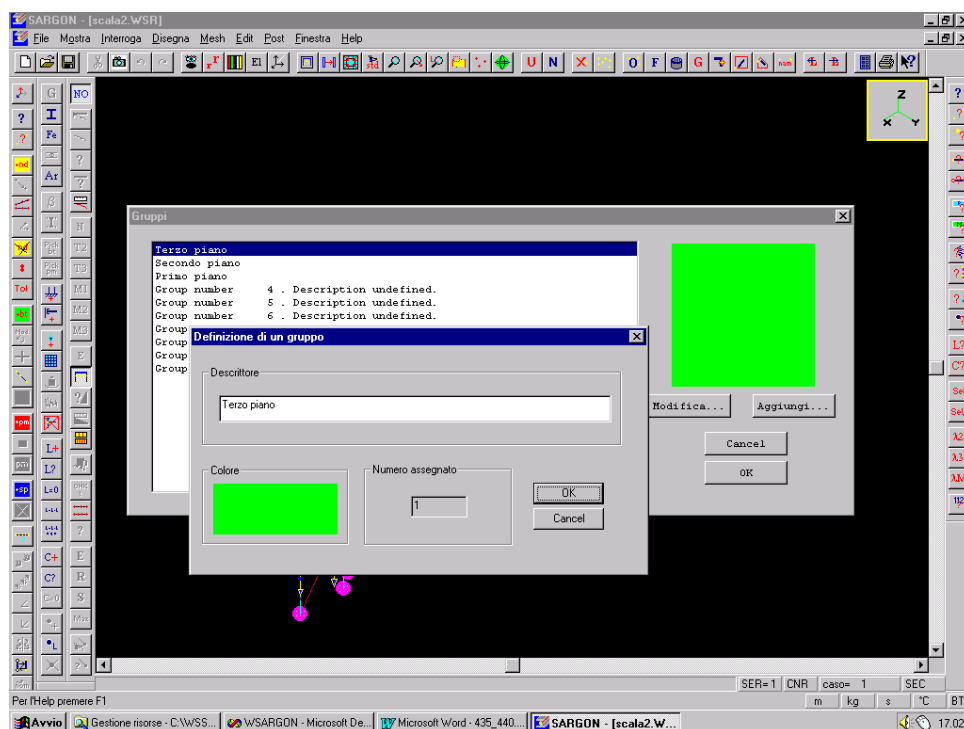
I nodi e gli elementi possono ricevere un numero di gruppo. Per default ogni modello nasce con 10 gruppi. L'utente può dare a ciascun gruppo una descrizione ed un colore. Se è necessario l'utente può aggiungere nuovi gruppi oltre ai dieci predefiniti.

Per consentire di vedere il colore degli elementi sulla base del gruppo è stato modificato il comando Mostra-Elementi, aggiungendo il flag "per gruppo".

Per assegnare un numero di gruppo agli elementi selezionati è stato aggiunto il comando Edit-Proprietà-Gruppo (ed è corrispondentemente stato aggiunto il pulsante Gruppo alla barra edit).

Tra i filtri di selezione possibili è stato aggiunto il filtro basato sul numero di gruppo. E' stato

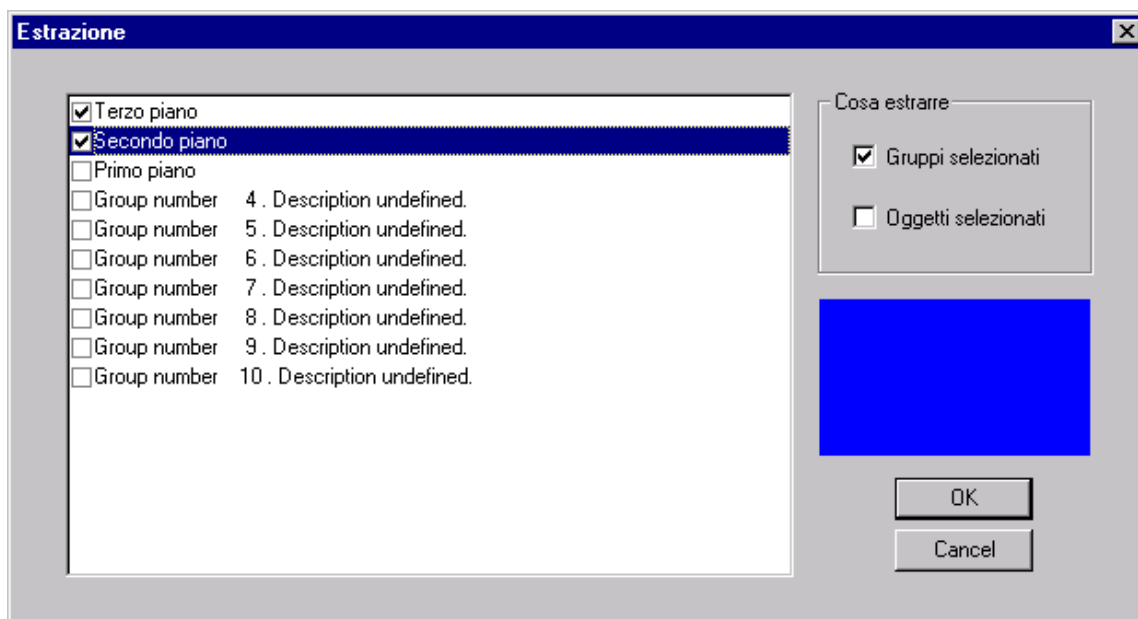
eliminato il filtro basato sul numero di serbatoio.



E' stato aggiunto il comando Edit-Gruppi ed è stato aggiunto il corrispondente bottone sulla barra principale. Il comando serve a modificare le proprietà (colore e descrizione) dei gruppi.

L'aggiunta dei gruppi deve servire a suddividere gli elementi in "gruppi" di oggetti affini, sulla base di criteri stabiliti dall'utente.

25) Rivoluzionato il comando "Estrai"



Il comando "estrai" è stato completamente rivisto. Il serbatoio estrai è stato abolito ed al suo posto è stata data la possibilità di estrarre gli oggetti selezionati e/o i gruppi desiderati. Ciò consente di scegliere le parti del modello che si vogliono vedere con grande facilità: è sufficiente avere preventivamente suddiviso gli elementi in gruppi con un senso appropriato.

Durante l'estrazione compaiono i serbatoi 11, 12 e 13, riservati alla selezione nel corso di una estrazione.

La barra di stato della vista è stata modificata, ora include il serbatoio attivo. E' anche stato aggiunto il gruppo corrente alla medesima barra.

26) Creazione di macro.

```

$
$  Acquisizione dati
$
_NEWSTRUC
_ADDVAR REAL  h  Altezza della capriata agli appoggi
_ADDVAR REAL  hl Altezza della capriata in mezzeria
_ADDVAR REAL  l   Luce totale
_ADDVAR INT   n   Numero di campi per parte
m = 2*n
mm = 2*n + 1
endnode = 100 + mm
endnode_mid = 100 + n + 1
l2 = l / 2.
$
$  nodi briglia inferiore
$
_ADDNODE 1  0.  0.  0.  to  mm  1  0.  0.  1
$
$  nodi semibriglia superiore  (0  - l / 2)
$
_ADDNODE 101          0.  0.  h  to  endnode_mid  l2  0.  hl  1
$
$  nodi semibriglia superiore  (l/2 - l)
$
_ADDNODE endnode_mid  l2  0.  hl  to  endnode      1  0.  h  1

```

Il comando File-Comandi è stato potenziato per consentire la lettura di vere e proprie macro istruzioni, capaci di consentire la creazione di un modello mediante la semplice lettura di un opportuno file ASCII. L'idea è quella di consentire agli utenti di creare un opportuno numero di file con le macro preferite, ed abbreviare i tempi di lavoro. E' notevole il fatto che le macro siano parametriche, è cioè possibile dare istruzioni in funzione di parametri il valore dei quali sarà determinato solo al momento della lettura della macro.

Questo promettente capitolo dovrebbe consentire a breve di creare agilmente modelli per strutture a tipologia predefinita (tralicci, telai, capriate, scaffalature, ponteggi, eccetera).

Gli utenti possono vedere i file *.scm contenuti nel direttorio di installazione per farsi una idea di come funzionino questi comandi attualmente (il lavoro è in progress).

27) Migliorato Comando Interroga azioni

Il comando che serve ad interrogare il programma in merito alle azioni interne è stato cambiato, rendendolo più semplice e meno articolato.

28) Modificate regole di importazione file .dxf.

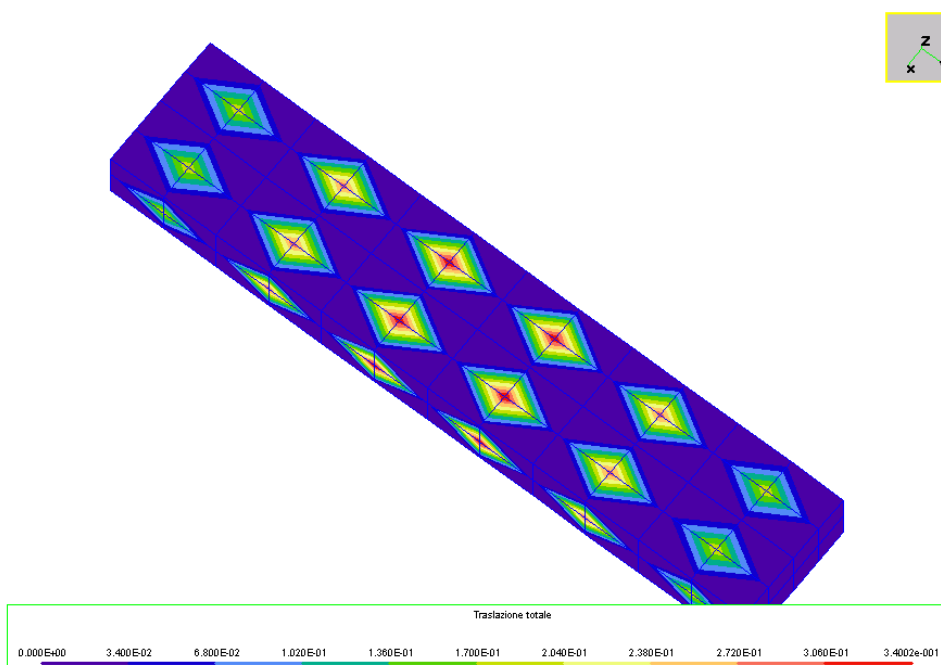
Con la nuova versione 4.40 le regole di importazione dei file .dxf sono cambiate. Ora il layer viene associato al gruppo, e non più al tipo dell'elemento. Gli elementi sono tutti importati come travi, e possono poi essere trasformati in bielle con il comando Metamorfosi, all'interno di Sargon.

29) Vento su travi e bielle

E' stato aggiunto il comando che consente di aggiungere automaticamente carichi distribuiti (sulle travi) o forze agli estremi (sulle bielle) dipendentemente da una pressione dovuta al vento. Il programma tiene conto dell'ingombro offerto dalle sezioni in funzione della direzione del vento e calcola coerentemente le azioni. Comando molto utile per chi progetta tralicci, torri, ecc.. Se il profilo viene in seguito modificato le azioni non sono modificate automaticamente, pertanto occorrerà cancellare le vecchie ed aggiungere le nuove.



Lista modifiche: dalla 4.40 alla 4.44



Castalia s.r.l.

tel. +39-321-399576

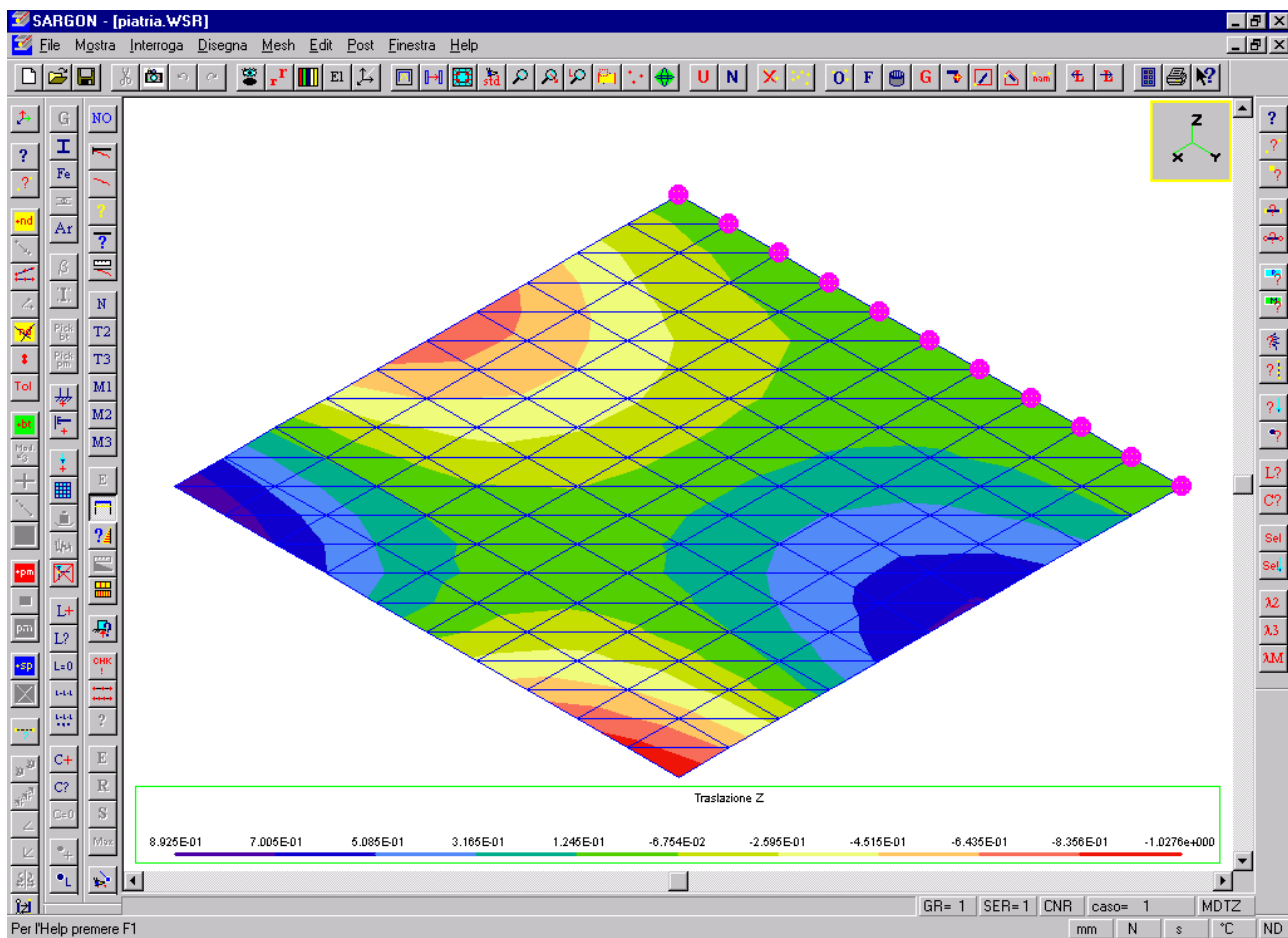
fax +39-321-611256

E-mail staff@castaliaweb.com

Via S. Francesco 18-D

28100 Novara (Italy)

Rev. 1.0 del 1-06-2000



- 1) Aggiunta una nuova modalità di visualizzazione dei risultati, la modalità "mappa". In pratica è ora possibile vedere le mappe a colori sugli elementi bidimensionali, relative, per ora, al campo di spostamenti dell'analisi statica e della analisi modale. Questa importante miglioria prelude a quanto verrà fatto a breve per gli sforzi sugli elementi bidimensionali.
- 2) Aggiunto il comando Mesh_PM-Planarità, per il controllo automatico di planarità degli elementi piastra e membrana a quattro nodi. Aggiunto inoltre il controllo nei solutori, che ora non partono se vi sono elementi non piani.
- 3) Analisi modale: aggiunta la possibilità di introdurre uno shift, e quindi di fare l'analisi modale di strutture libere.
- 4) Aggiunta per tutti i solutori interni la possibilità di variare il *drilling factor*.
- 5) Aggiunta, per tutti i solutori interni, la possibilità di vincolare a rigidzze dummy tutti i gradi di libertà inattivi (pseudolabilità).
- 6) Aggiunta la possibilità di fermare i solutori dopo la formazione della matrice di rigidzza.
- 7) Aggiunta la possibilità di scegliere il rinumeratore, ed eventualmente di non rinumerare.
- 8) Aggiunta la possibilità di decidere la quantità di memoria da allocare per i solutori.

Qui di seguito vengono riportate alcune delle sezioni del manuale interessate.

C.15.7 MEMORIA

I sistemi operativi Microsoft a 32 bit non consentono la piena gestione della memoria fisica (RAM) da parte dei processi in atto sul computer. Invece, il sistema operativo riserva a ciascuno una parte di memoria RAM che dipende da molti fattori: la memoria fisica totale disponibile; il numero ed il tipo dei processi in atto al momento della esecuzione del nuovo processo; le richieste in termini di memoria RAM del nuovo processo; il sistema operativo (W95, W98, WNT, W2000); il tipo e la natura delle operazioni richieste, la priorità assegnata al processo, eccetera, eccetera.

Non è possibile fornire una descrizione esatta di come il s.o. si comporti nelle varie situazioni, mentre è possibile indicare delle linee guida.

In generale, i solutori hanno tutti bisogno di molta memoria RAM fresca e disponibile. Scopo del solutore è quello di tenere in memoria la maggior parte possibile della matrice di rigidezza (o più in generale delle matrici di lavoro), senza dover ricorrere al disco rigido (disk swap). Per prima cosa, si può valutare lo spazio in byte occupato dalla intera matrice di rigidezza, mediante la seguente operazione:

$$S = \text{ndof} * \text{avb} * 8$$

Dove ndof è il numero di gradi di libertà, avb è la banda media (average bandwidth), 8 è il numero di byte per ogni numero reale (doppia precisione).

L'ideale sarebbe che ci fosse uno spazio di RAM M pari o superiore a S. In tal caso la matrice può non essere divisa in blocchi, e la sua triangolarizzazione può essere eseguita senza swap su disco.

Se il problema è molto grande, è facile che la matrice non stia nella memoria disponibile. In questo caso i solutori la dividono in pezzi, ciascuno dei quali occupa un numero di byte pari a quelli disponibili.

Finchè il numero di blocchi è pari a qualche unità, o una o due decine, il problema è ancora risolto in modo relativamente efficiente (ma 20 blocchi non sono 3), se il numero di blocchi è molto alto (da 20 in su), si è in presenza di un problema di dimensioni molto superiori a quelle normalmente affrontabili con quell'hardware: i tempi di risoluzione crescono a dismisura, e si è di fronte ad una soluzione non ottimale.

Poichè in genere la banda media è al di sotto (spesso molto al di sotto) del 10% dell'ordine

del problema, si hanno qui alcuni esempi, che mediamente sovrastimano l'occupazione:

NUMERO DI DOF	MB NECESSARI PER K (avb=5%)	MB NECESSARI PER K (avb=10%)
1000	0.4	0.8
5000	10	20
10000	40	80
50000	1000	2000

E' dunque della fondamentale importanza capire come si può intervenire su S e su M, la quantità di memoria RAM effettivamente allocata e disponibile dal programma.

Per ridurre S è opportuno rinumerare in modo da ridurre al minimo la banda media (average bandwidth).

Per aumentare M si hanno a disposizione varie possibilità.

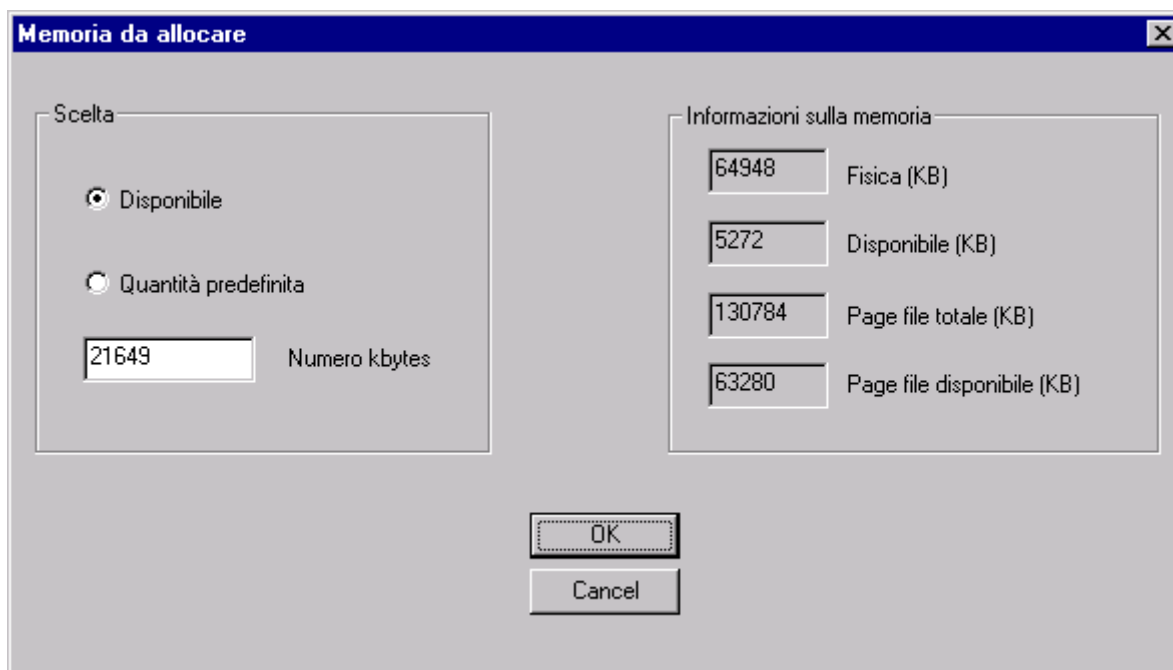
In primo luogo si tenga presente che, a parità di ogni altra considerazione, W95 e W98 lasciano libera meno memoria di WNT. Si danno casi in cui W98 su computer con 64Mb di RAM e nessun processo apparentemente attivo lasci come memoria libera poche centinaia di KB: assurdo, ma sperimentalmente verificato.

La memoria libera (in specie sotto W95 e W98) è influenzata dalla presenza nella esecuzione automatica di applicazioni tipo Office o la barra di Office. In generale, l'esecuzione automatica dovrebbe includere il solo antivirus. Si consiglia pertanto di rimuovere ogni altra cosa, non strettamente necessaria.

Se si deve eseguire un solving su un modello molto grande converrà chiudere le applicazioni non strettamente indispensabili: garantire il multitasking priva di memoria utile per il solving.

Infine, si potrà agire sul programma in modo da decidere esattamente quanta memoria allocare (ciò si fa con il dialogo Memoria da allocare): prima di eseguire un solving è possibile decidere quanta memoria far allocare al solutore.

MEMORIA DA ALLOCARE



Questo dialogo consente di scegliere la quantità di memoria che i solutori andranno ad allocare.

Il dialogo è diviso in due parti.

Nella parte di destra sono riepilogati alcuni dati utili per fare la scelta.

Memoria fisica

E' la memoria RAM totalmente esistente sul computer.

Memoria disponibile

È la quantità di memoria RAM libera, ovvero non impegnata dal sistema operativo o da altri processi, nel momento attuale..

Page file totale

E' la quantità totale di memoria virtuale. E' una memoria ad accesso più lento.

Page file disponibile

E' la quantità di memoria virtuale disponibile nel momento attuale.

Nella parte di sinistra si può scegliere tra due opzioni. L'opzione standard prevede che il programma allochi tutta la **memoria disponibile**. Questa è in linea di principio la scelta ottima, in quanto sfrutta la RAM (e non la memoria virtuale) e non interferisce con gli altri processi attivi. Sotto W95, e peggio ancora sotto W98, tuttavia, la quantità di memoria disponibile può essere così bassa (<1Mb) da risultare decisamente troppo esigua. Il problema può essere eliminato o ridotto chiudendo le applicazioni attive ed eliminando dalla *esecuzione automatica* programmi tipo office che risultano particolarmente avidi di memoria. Se necessario si può specificare una quantità di memoria ben definita anzichè quella libera. Questa memoria può essere una frazione della memoria RAM totale (per esempio 1/3, 1/2) oppure può essere pari o superiore alla RAM totale. Se la memoria è una frazione della RAM disponibile si hanno ottime probabilità (crescenti con il ridursi della frazione) che il s.o. allochi questa memoria come memoria fisica, eventualmente penalizzando

(rallentando) le altre applicazioni correntemente eseguite (e cioè scaricandone la RAM su disco). Se invece la memoria si avvicina o supera drasticamente la memoria RAM esistente, allora si farà certamente uso della memoria virtuale, ragion per cui si avrà un rallentamento generale delle operazioni, dovuto al continuo swap su disco.

Tutti i solutori di Castalia hanno una loro strategia di swap su disco, per cui potendo scegliere è meglio evitare l'uso della memoria virtuale. In certi casi tuttavia, è possibile che il fatto di vedere la matrice di rigidezza divisa in pochi blocchi sia globalmente più favorevole, ancorchè venga usata la memoria virtuale. Su problemi grossi rispetto all'hardware disponibile la scelta ottima deve essere raggiunta sperimentalmente.

Si tenga presente che la sola matrice di rigidezza occupa uno spazio in bytes ottenibile dalla seguente formula:

$$S = \text{ndof} * \text{avb} * 8$$

Dove ndof è il numero di gradi di libertà, avb è la banda media (average bandwidth). L'ideale sarebbe avere una RAM allocata ALLRAM tale che

$$\text{ALLRAM} > S$$

C.15.8 RINUMERAZIONE

Se un modello ha dimensioni medio grandi rispetto alla RAM disponibile è opportuno rinumerare i nodi in modo da ridurre la banda massima e la banda media.

A partire dalla versione 4.44 Sargon consente di scegliere, prima della esecuzione, quale rinumeratore impiegare tra 4 disponibili. I rinumeratori disponibili sono: RCM, CM, PFM, PRM.

Per RCM si intende il metodo denominato Reverse Cuthill McKee: è un metodo solido e ampiamente usato. Di fatto è ottenuto dal CM invertendo l'ordine della numerazione. Questo metodo è proposto come default.

Per CM si intende il metodo di Cuthill e Mc Kee. Partendo da un ordinamento dei nodi che fa capo alla teoria dei grafi, i nodi vengono rinumerati in modo da trovare una configurazione migliore di quella originaria. Il metodo ha risultati che non dipendono dalla numerazione di partenza. La soluzione non è necessariamente quella ottima, perchè dipende dal nodo di partenza che, in generale, non è unico (se ne può scegliere più d'uno: la soluzione dipende dal nodo di partenza).

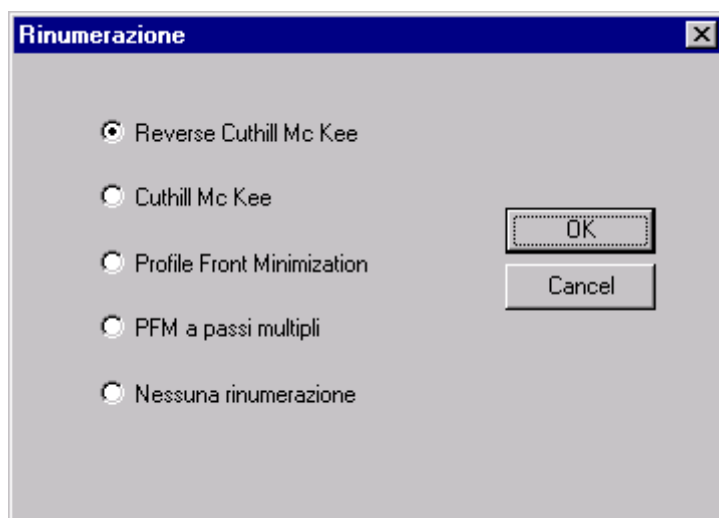
Per PFM si intende il metodo Profile Front Minimization, metodo preso da un lavoro del Prof. Wilson. Scopo del metodo è minimizzare il profilo, piuttosto che la banda. Il metodo ha tempi di esecuzione più lunghi e generalmente non comporta miglioramenti rispetto al RCM.

Il metodo PRM deriva dal PFM per una maggior insistenza nella valutazione del grado da

assegnare a ciascun nodo. Si possono dire per esso le stesse cose già dette per PFM.

Inoltre, se si ritiene che la numerazione di partenza sia già ottima, si può chiedere di non rinumerare, salvando così il corrispondente tempo nella soluzione.

RINUMERAZIONE



Questo dialogo consente di scegliere uno dei rinumeratori disponibili, o anche di evitare la rinumerazione. Il problema della rinumerazione ha un suo peso esclusivamente su modelli grandi (> 10.000 equazioni).

Se impiegando il comando che consente di riordinare i nodi si è giunti ad una ampiezza di banda soddisfacente, si può evitare di far eseguire la rinumerazione, risparmiando tempo di calcolo. Se invece la base di partenza è un modello con banda elevata ($> 10\%$ dell'ordine del problema), allora è consigliabile rinumerare.

I metodi disponibili sono:

RCM Reverse Cuthill Mc Kee, è un CM con l'ordine invertito.

CM Cuthill Mc Kee

PFM Profile Front Minimization (da un lavoro di Wilson)

PRM, ovvero PFM modificato con un maggior numero di passaggi per valutare la gerarchia dei nodi, secondo un suggerimento dato dallo stesso Wilson nel suo lavoro..

Su modelli molto grandi RCM si mostra nettamente più veloce di PRM e PFM, ed inoltre il profilo è minore di quello ottenibile con il semplice CM. Pertanto RCM è la scelta consigliata ed attuata per default.

C.15.9 PSEUDOLABILITA'

Si definisce *pseudolabilità* la situazione tale per cui, nella matrice di rigidezza, una certa riga è identicamente nulla. Ciò avviene perchè gli elementi finiti "prendono" in generale solo alcune delle sei rigidezze teoricamente associate a ciascun nodo. Ad esempio in una struttura piana di bielle, tutte le rotazioni sono pseudolabili, e tutte le traslazioni fuori piano sono, anche, pseudolabili.

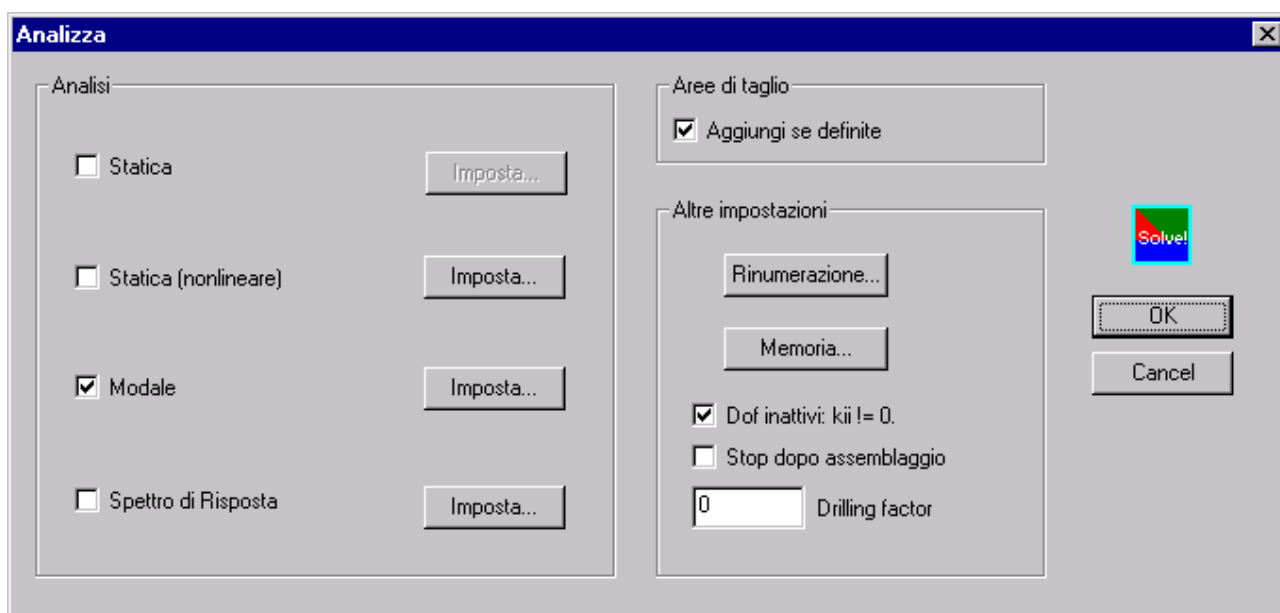
In campo statico se si ha

$$0=0$$

la pseudolabilità non è attivata. Se invece

$$0=P$$

la pseudolabilità è attivata dando luogo ad un sistema impossibile (nell'esempio precedente, coppie applicate ai nodi o forze normali al piano delle bielle).



Dalla versione 4.44 Sargon pone - a richiesta - $K_{ii} \neq 0$ per la pseudolabilità non attivata, mentre non fa nulla in caso di pseudolabilità attivata. Questa scelta compare nel dialogo Analizza. Così facendo se tutte le pseudolabilità non sono attivate, allora l'inversione della matrice è possibile e così il solving. Se invece c'è anche solo una pseudolabilità attivata, allora il programma solutore si fermerà perchè non riuscirà a triangolarizzare la matrice ($K_{ii}=0$).

Naturalmente, in campo statico, la pseudolabilità non è attivata se essa non lo è in alcuno dei casi di carico base.

In campo dinamico (analisi modale), se esistono pseudolabilità esse si dicono attivate se in loro corrispondenza è presente una massa. Inattivate se la massa è nulla. In assenza di correzioni

succede quanto segue.

Se $K_{ii}=0$ e $M_i=0$, il programma si blocca in quanto non riesce ad invertire K . Analogamente se $K_{ii}=0$ ed $M_i \neq 0$. Se $k_{ii} \neq 0$ il problema non si pone in quanto non esiste pseudolabilità.

Se si ha $K_{ii}=0$ (pseudolabilità) sono possibili tre approcci.

- 1) **Shift.** Se $K_{ii}=0$ ed $M_i \neq 0$ la presenza di uno shift negativo consente la soluzione ($\omega=\sqrt{k/m}=0$, $T=\infty$). Se $K_{ii}=0$ ed $M_i=0$ la presenza di uno shift s non risolve il problema in quanto $k^*=k_{ii}-sM_i=0-s*0=0$ e la matrice con lo shift non è invertibile.
- 2) **Correzione su K.** La correzione su K_{ii} è applicata se e solo se la pseudolabilità non è attivata, ovvero solo se $K_{ii}=0$ ed $M_i=0$. In questo caso lo shift (come abbiamo visto) è irrilevante, mentre forzando $K_{ii} \neq 0$ si ha la soluzione $\omega=\sqrt{k/m}=\infty$, $T=0$.
- 3) **Contemporanea correzione e shift.** In questo caso, per i gradi di libertà dove $K=0$ ed $M=0$ (pseudolabilità non attivate) entra in gioco la correzione, mentre per quelli dove $K=0$ $M \neq 0$ (pseudolabilità attivate) è in azione lo shift. Pertanto l'uso contemporaneo di correzione e di shift risolve il problema delle pseudolabilità in campo dinamico.

Si noti che spesso in campo dinamico le masse rotazionali sono nulle, pertanto se esiste almeno un dof rotazionale pseudolabile con $M=0$ è necessario applicare la correzione.

===

Le tecniche qui descritte consentono di risolvere una certa classe di problemi senza introdurre errori nella soluzione. Naturalmente si consiglia di usare queste opzioni avendo chiara la origine e la collocazione di ogni pseudolabilità: queste vengono segnalate, quando rimosse, nel file *.inf* o *.dog*.

Nel generare pseudolabilità si è visto che è importante vedere quali elementi finiti siano attaccati al dof in questione e che giacitura abbiano. Un classico esempio di pseudolabilità è il cosiddetto *drilling mode* negli elementi piastra. Per fissare le idee, si immagini una piastra definita nel piano xy . Tutti gli elementi piastra non hanno rigidezze associate alla rotazione Z , e pertanto tutte le rotazioni Z sono pseudolabili (si immagina che non vi siano altri elementi connessi). Per evitare questo problema, si usa la tecnica del *drilling factor*. In pratica ad ogni nodo di un elemento piastra, viene aggiunta una piccola rigidezza associata alla rotazione del nodo nel piano della piastra stessa: nel nostro esempio la rotazione Z . Queste piccole rigidezze evitano che $K_{ii}=0$ e quindi eliminano la pseudolabilità. Tuttavia la presenza di termini molto piccoli (prossimi a zero) sulla

diagonale della matrice di rigidezza può causare, in certi casi, problemi di instabilità numerica. Ciò avviene quando il rapporto tra la massima e la minima rigidezza diagonale supera i dieci-dodici ordini di grandezza. In questo caso il drilling factor fa più danno che altro. Siccome le pseudolabilità possono essere eliminate direttamente, sarà conveniente, in questi casi, porre il drilling factor a zero ed attivare la rimozione delle pseudolabilità.

Il drilling factor può essere fissato direttamente nella finestra di dialogo Analizza.



Lista modifiche: dalla 4.44 alla 4.45



Castalia s.r.l.

tel. +39-321-399576

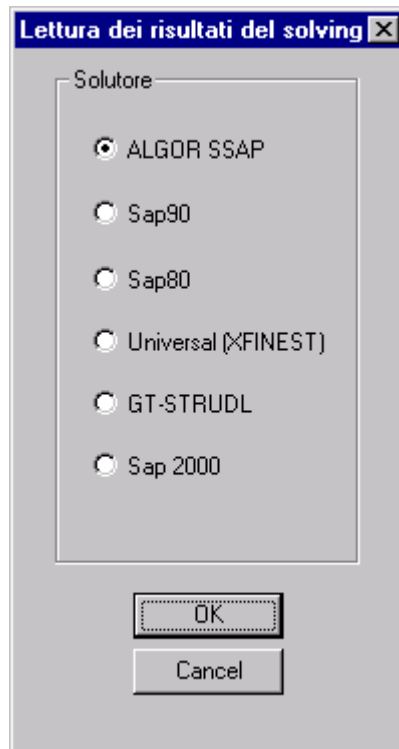
fax +39-321-611256

E-mail staff@castaliaweb.com

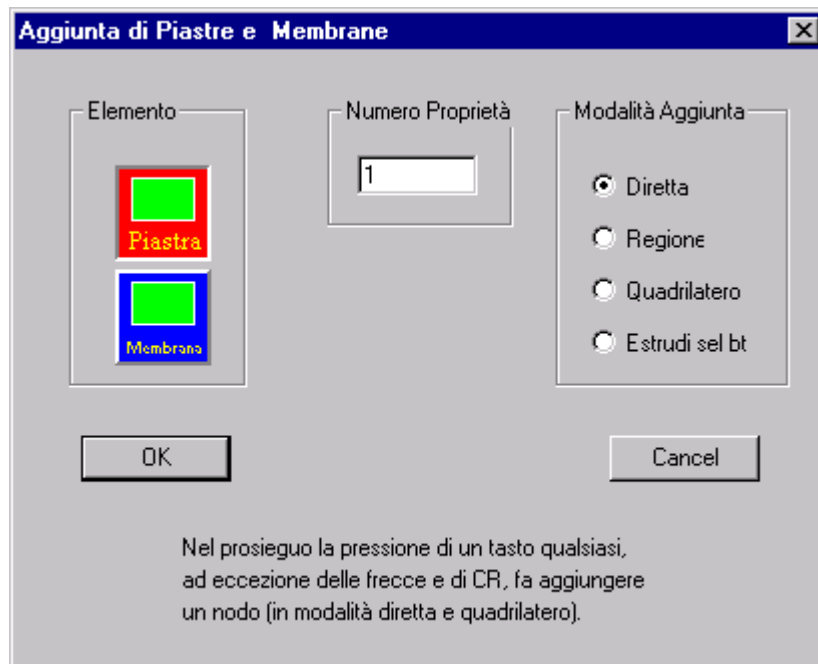
Via S. Francesco 18-D

28100 Novara (Italy)

Rev. 1.0 del 6-07-2000



- E' stato aggiunto l'interfacciamento verso Sap2000. E' inoltre stato trovato e corretto un errore nell'interfacciamento verso Sap90.



- E' stato aggiunto un comando di meshing che consente di estrarre elementi monodimensionali generando elementi bidimensionali. Si rimanda all'help per ulteriori dettagli.



Lista modifiche: dalla 4.45 alla 5.00



Castalia s.r.l.

tel. +39-321-399576

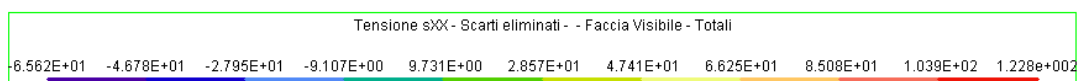
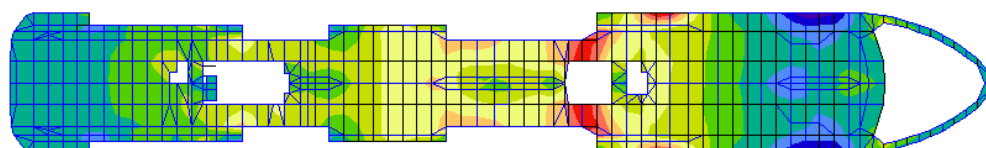
fax +39-321-611256

E-mail staff@castaliaweb.com

Via S. Francesco 18-D

28100 Novara (Italy)

Rev. 1.0 del 17-11-2000



La versione 5.0 è una importante versione ed il passaggio dalla 4.45 alla 5.00 segna un importante passo avanti per il programma.

Le modifiche dalla 4.45 alla 5.00 non sono numerose in termini di comandi ma sono estremamente importanti per il programma e per la vastità dei moduli coinvolti. Infatti, a partire dalla versione 5.0 Sargon rende graficamente e nel tabulato gli sforzi nelle piastre e nelle membrane. Di fatto con questa aggiunta Sargon generalizza di molto i problemi che possono essere studiati dalla A alla Z usando solo Sargon. Tutti i problemi tridimensionali con plate-shell ed elementi membrana, e i problemi in stato piano di sforzo possono ora essere studiati con il programma.

La versione 5.0 ha modificato il formato dei file .sdb e .msb. Di conseguenza i vecchi modelli, per essere nuovamente esaminati relativamente al post-processing dovranno essere fatti rigirare. Il formato del file .wsr continua ad essere compatibile con tutte le versioni precedenti.

Qui di seguito si elenca la lista delle modifiche:

1. Il dialogo che dà le risultanti dei carichi sugli oggetti selezionati dà ora anche il punto di applicazione del risultante ed i momenti rispetto agli assi coordinati degli stessi.

2. Nella aggiunta di profili a doppio T saldato è ora possibile chiedere al programma di depurare l'area del profilo dall'area del piatto superiore lasciando inalterato il momento di inerzia. Questa opzione è utile per lo studio degli impalcati da ponte ove si aggiungano elementi plate-shell a simulare l'estradosso.
3. E' ora possibile con maggiore facilità la ridefinizione del verso dell'asse 3 degli elementi bidimensionali selezionati (comando Mesh-PM-Normale).
4. E' stata migliorata l'applicazione dei carichi distribuiti sugli elementi bidimensionali, consentendo l'aggiunta degli stessi anche nel sistema locale oltre che in quello globale, come per gli elementi beam.

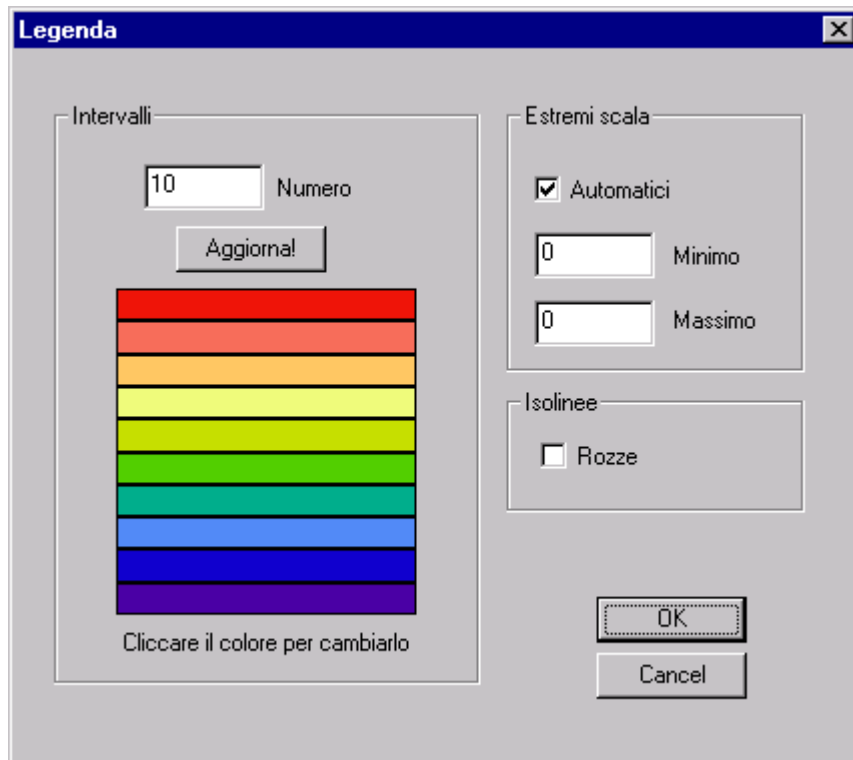
Sceita sforzi, invarianti e modalità di rappresentazione

Invarianti <input checked="" type="radio"/> Von Mises <input type="radio"/> Tresca <input type="radio"/> Sforzo principale massimo <input type="radio"/> Sforzo principale minimo <input type="radio"/> I1 <input type="radio"/> I2 <input type="radio"/> I3	Tensore Riferimento Globale <input type="radio"/> Sigma X <input type="radio"/> Sigma Y <input type="radio"/> Sigma Z <input type="radio"/> Tau XY <input type="radio"/> Tau YZ <input type="radio"/> Tau ZX	Modalità piastre Faccia <input checked="" type="radio"/> Visibile <input type="radio"/> Nascosta <input type="radio"/> Peggior (1) Sforzi <input checked="" type="radio"/> Totali <input type="radio"/> Membranali <input type="radio"/> Flessionali												
Tensore Riferimento Locale <input type="radio"/> Sigma 11 <input type="radio"/> Sigma 22 <input type="radio"/> Sigma 33 <input type="radio"/> Tau 12 <input type="radio"/> Tau 23 <input type="radio"/> Tau 31	Sforzi piastra <table border="0"> <tr> <td><input type="radio"/> M11</td> <td><input type="radio"/> MXX</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> M22</td> <td><input type="radio"/> MYY</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> M12</td> <td><input type="radio"/> MZZ</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> V33</td> <td><input type="radio"/> MXY</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> MYZ</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="radio"/> MZX</td> </tr> </table>		<input type="radio"/> M11	<input type="radio"/> MXX	<input type="radio"/> M22	<input type="radio"/> MYY	<input type="radio"/> M12	<input type="radio"/> MZZ	<input type="radio"/> V33	<input type="radio"/> MXY		<input type="radio"/> MYZ		<input type="radio"/> MZX
<input type="radio"/> M11	<input type="radio"/> MXX													
<input type="radio"/> M22	<input type="radio"/> MYY													
<input type="radio"/> M12	<input type="radio"/> MZZ													
<input type="radio"/> V33	<input type="radio"/> MXY													
	<input type="radio"/> MYZ													
	<input type="radio"/> MZX													
Accuratezza <input type="checkbox"/> Elimina scarti <input type="checkbox"/> Entità scarti														

OK Cancel

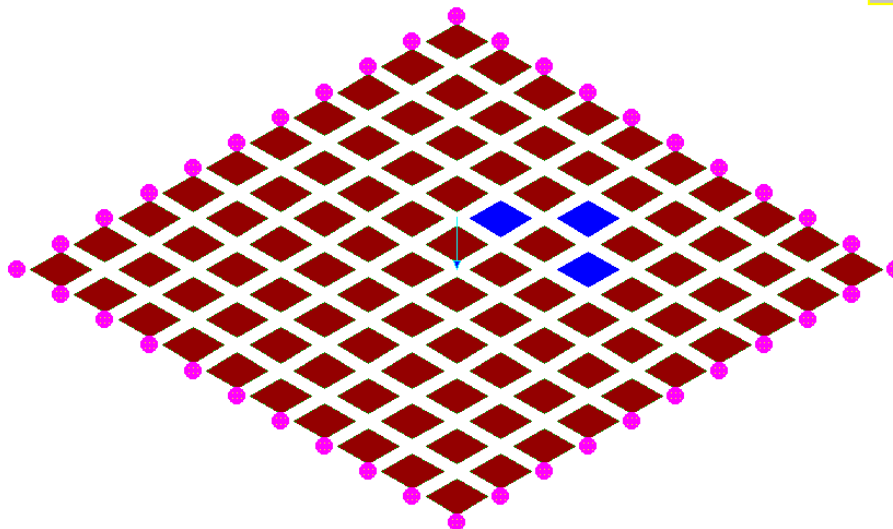
Dialogo impiegato per scegliere la componente di sforzo desiderata.

- Sono stati aggiunti i comandi Post-SforziPM-Sforzi e Post-SforziPM-Interroga

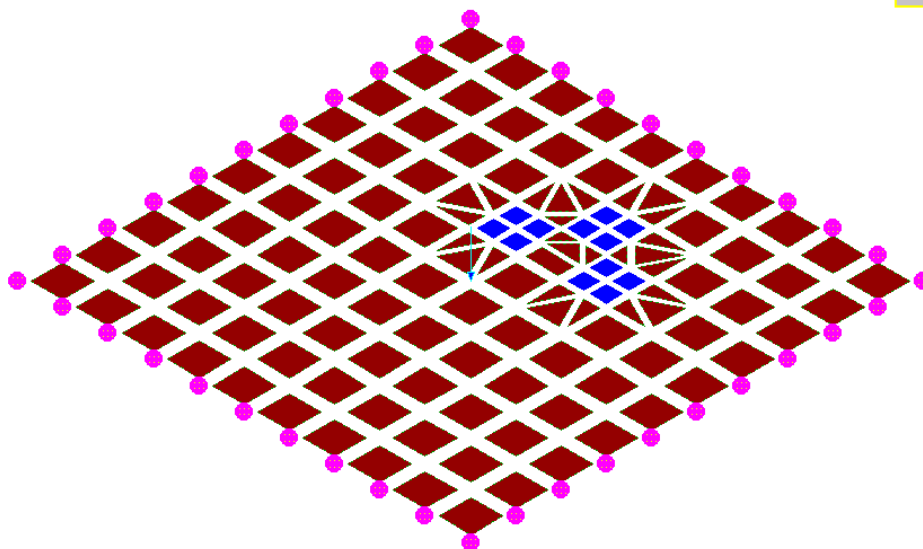


Dialogo impiegato per impostare la legenda.

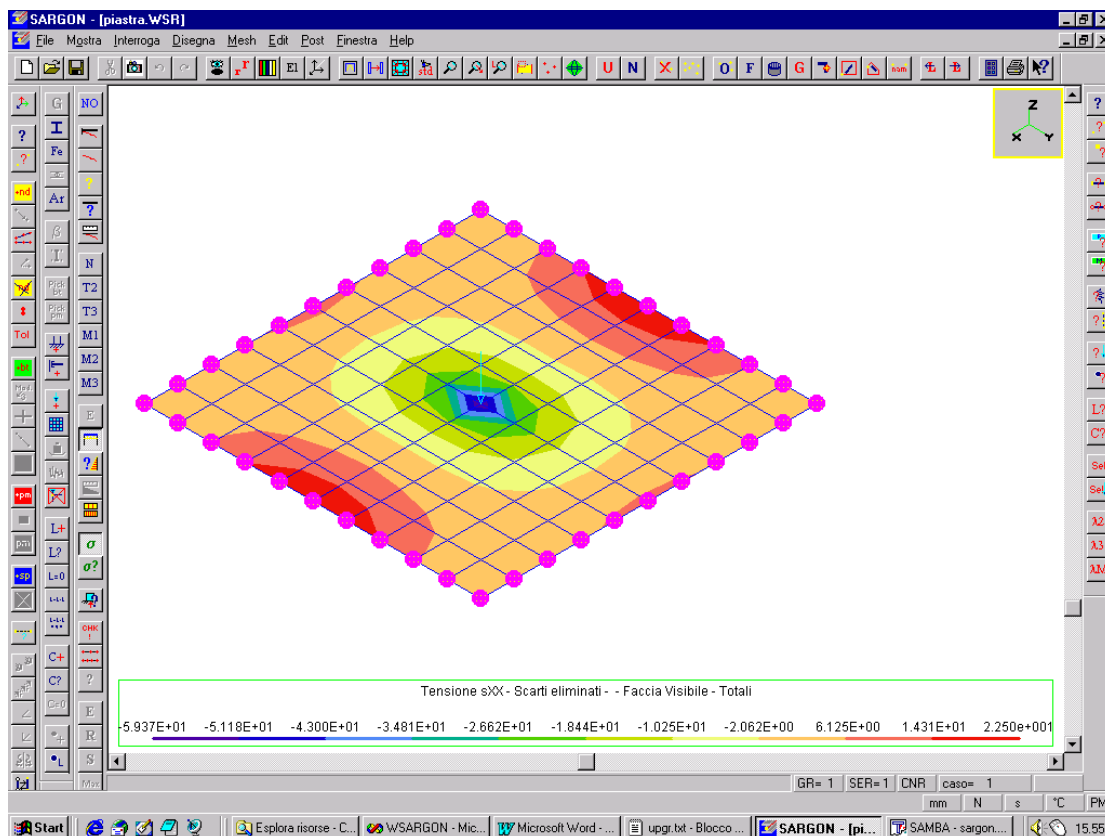
6. E' stato aggiunto il comando Post-Legenda
7. Il tabulato contiene ora - se richiesti - gli sforzi degli elementi bidimensionali selezionati nella unità attiva.
8. Al fine di favorire le operazioni di remeshing il comando che divide le piastre e le membrane in parti eguali è stato esteso anche agli elementi triangolari (purchè $ndiv_{ij} = ndiv_{jk}$).
9. E' stato aggiunto il comando Mesh-Adaptive refinement che serve a fare un remeshing in modo automatico adattando la mesh. Il comando divide gli elementi scelti dall'utente secondo un certo criterio (quelli da lui selezionati o quelli che hanno scarti superiori a una certa soglia), poi riaggiusta la mesh limitrofa (gli elementi trave, biella, piastra e membrana) in modo che le connessioni siano correttamente rispettate.
10. Le macro possono ora contenere le funzioni $\sin()$, $\cos()$, $\asin()$, $\acos()$, $\tan()$, $\atan()$. Questo consente di ampliare di molto i comandi che si possono trasformare in macro. Si veda ad esempio la macro *cerchioXY.scm* nella cartella di installazione: d'ora in avanti per generare un cerchio con il desiderato passo angolare basterà richiamare questa macro. Ellissi, cilindri a base circolare o ellittica possono così essere facilmente oggetto di macro specifiche.



Elementi da remeshare suddividendoli in quattro con il comando Adaptive Refinement



La mesh dopo l'esecuzione del comando Adaptive Refinement



Un esempio di rappresentazione con global smoothing (σ_x)

Nel seguito è riportata la parte dell'help che introduce queste nuove possibilità di calcolo evidenziandone gli aspetti più delicati.

I comandi da usare per lo studio degli sforzi negli elementi piastra e membrana sono tre: il comando Sforzi consente di scegliere una componente di sforzo o un invariante ed il modo di rappresentarlo; il comando Interroga consente di interrogare il programma sul valore ai quattro nodi della quantità visualizzata (con le regole precedentemente scelte con il comando Sforzi); il comando Legenda consente di impostare la legenda per la resa grafica degli sforzi.

Nell'esaminare lo stato di sforzo negli elementi bidimensionali è bene tenere presente tutto quanto segue, organizzato nella seguente lista di argomenti:

- A) GENERALITA'
- B) GLI ELEMENTI
- C) IL CALCOLO DEGLI SFORZI AI NODI
- D) RESA DEL CAMPO DI SFORZO SULL'ELEMENTO
- E) VALUTAZIONE DELLA PRECISIONE
- F) ADAPTIVE REFINEMENT

- G) REGOLE GENERALI SUGGERITE
- H) MODALITA' DI VISUALIZZAZIONE
- I) USO DELLA LEGENDA
- L) CONVENZIONI E TERMINOLOGIA
- M) BIBLIOGRAFIA

A) GENERALITA'

Il calcolo degli sforzi all'interno degli elementi piastra e membrana si presenta intrinsecamente più complesso di quello all'interno dei normali elementi trave o biella di tipo hermitiano. La maggior difficoltà è legata al fatto che gli elementi bidimensionali sono meno precisi degli elementi monodimensionali, per i quali le funzioni di forma rappresentano il campo di spostamenti esatto in assenza di carichi distribuiti. Poichè inoltre il campo degli sforzi è in genere ottenuto tramite il legame costitutivo, che richiede una differenziazione per passare dagli spostamenti alle deformazioni, parte della precisione viene ad essere perduta in quella fase.

Per aumentare la precisione sono sostanzialmente possibili tre approcci: il primo è quello di aumentare la discretizzazione. Questo approccio è oggi maggiormente possibile di quanto non fosse quindici o venti anni fa grazie alle caratteristiche degli odierni microprocessori. Il secondo approccio è quello di usare elementi di ordine superiore (a 8 o a 9 nodi). Questo approccio è tipico dei programmi *general purpose*, dotati di una ampia libreria di elementi finiti. Il terzo approccio, che può coesistere con i primi due, è quello di ottenere una maggior precisione mediante una trattazione numerica degli sforzi effettuata successivamente alla *stress recovery* o variando opportunamente il modo di eseguire la stress recovery stessa: è questo l'ambito tipico delle tecniche di smoothing, delle interpolazioni, delle stime ai minimi quadrati, della integrazione ridotta o selettiva, e così via.

La bibliografia sull'argomento è sterminata. Qui daremo solo brevi cenni rimandando ai testi in bibliografia per una carrellata sulle problematiche connesse alla valutazione degli sforzi.

L'approccio seguito da Sargon fa capo a tecniche ampiamente consolidate ed elementi finiti di sicura affidabilità, pur non essendo così rapidi nel convergere come quelli di ordine superiore. Non essendo (nè volendo essere) un programma *general purpose*, la tecnica tipica per ottenere una maggior precisione usando Sargon è l'incremento della discretizzazione. Sargon enfatizza la imprecisione del calcolo mettendola chiaramente in evidenza. A differenza di altri programmi, che tendono a regolarizzare la risposta ed a valutarne la precisione con tecniche ingannevoli (cfr. più

oltre), Sargon presenta i risultati in modo tale che sia evidente il loro grado di imprecisione. Questa scelta è voluta ed è fatta apposta per consentire all'analista di conoscere la reale situazione del proprio calcolo. Particolarmente utile a questo riguardo è la visualizzazione degli scarti interelementari nella visualizzazione delle isolinee (cfr. l'ottimo [2]: *"We emphasize that the calculation of an error measure and its display is a most important aspect of a finite element solution. The quality of the finite element stress solution should be known"*).

B) GLI ELEMENTI

Gli elementi finiti usati da Sargon sono tutti classici elementi il cui comportamento, pregi e difetti sono ben noti.

Per la parte membranale Sargon usa elementi CST per i triangoli. L'elemento CST modella linearmente il campo di spostamenti e dà luogo ad una deformazione od uno sforzo costante. Non è un elemento quindi con il quale si possano modellare zone a forte gradiente, a meno di non usarlo con dimensioni sufficientemente piccole rispetto a quelle del gradiente in esame (in tal caso occorrerà aumentare la discretizzazione).

Sempre per la parte membranale, Sargon usa per i quadrangoli l'elemento isoparametrico bilineare. Questo elemento modella il campo di spostamenti con una curva bilineare, mentre il campo di sforzi risultante è lineare sull'elemento. L'integrazione è a quattro punti di Gauss (schema 2x2). Come è noto questo schema può dare un certo aumento di rigidità (shear locking) quando si studino problemi di flessione su travi snelle. La contromisura consiste nella integrazione ridotta o in quella selettiva, la quale però in altri contesti può indurre problemi. Si è pertanto optato per una integrazione 2x2 come peraltro suggerito in [2] ed in [3] (*"We recommend that full numerical integration always be used for a displacement-based or mixed finite element formulation[...]. The reason for recommending the numerical integration orders in table 5.9 is that the reliability of the finite element procedures is of utmost concern and if an integration order lower than the 'full' order is used for a displacement-based or a mixed formulation), the analysis is in general unreliable"* [2]).

Per gli elementi di piastra (immaginata sottile, e cioè aderente alla teoria di Sophie Germaine-Kirchhoff) Sargon usa gli elementi DKT (Discrete Kirchhoff Triangle [7]). Nel caso degli elementi a quattro nodi vengono usati quattro elementi DKT sovrapposti, secondo la tecnica usata da ANSYS per il suo elemento SHELL63 [8]. Ciascun elemento DKT è integrato con tre punti di Gauss.

C) IL CALCOLO DEGLI SFORZI AI NODI

E' ben noto che i punti più affidabili ove calcolare il campo di sforzo sono gli stessi punti ove si è integrata la matrice di rigidezza, i punti di Gauss (ad esempio, "*stresses at Gauss points can be interpolated or extrapolated to other points in the element. The result obtained is usually more accurate than the result of evaluating [stresses] directly at the point of interest*" [3]). Questi punti sono dunque i primi ove lo sforzo è valutato. Si pone allora il problema di ottenere lo stato di sforzo ai nodi partendo dallo stato di sforzo nei punti di Gauss. Per ottenere questo risultato si possono impiegare varie tecniche ([2], [3], [5]) alcune delle quali però mostrano di essere potenzialmente pericolose (cfr. [6] a proposito dei risultati ottenuti con il solutore ALGOR).

Per gli elementi CST lo sforzo ai nodi coincide con lo sforzo calcolato nel punto di Gauss. Per gli elementi isoparametrici ad interpolazione bilineare lo stato di sforzo nei nodi è ottenuto a partire da quello nei punti di Gauss immaginando che lo sforzo segua la stessa legge bilineare impiegata per lo spostamento: vengono così identificati gli sforzi nodali che, con quella legge di interpolazione, portano ad avere nei punti di Gauss gli sforzi là calcolati. La tecnica è descritta ad esempio in [3].

Per i DKT gli sforzi di piastra vengono calcolati direttamente nei nodi, e si vede che ciò è equivalente a calcolarli nei punti di Gauss per poi estrapolarli ai nodi con legge di variazione lineare.

Per gli elementi a quattro nodi gli sforzi vengono calcolati nei nodi di ciascun elemento triangolare e poi il valore finale è ottenuto facendo la media dei valori ottenuti con i tre sotto-elementi che arrivano al nodo in questione. Questa tecnica è diversa da quella adottata da ANSYS che invece esegue una stima ai minimi quadrati con tutti e 12 i punti di Gauss (3 punti x4 triangoli).

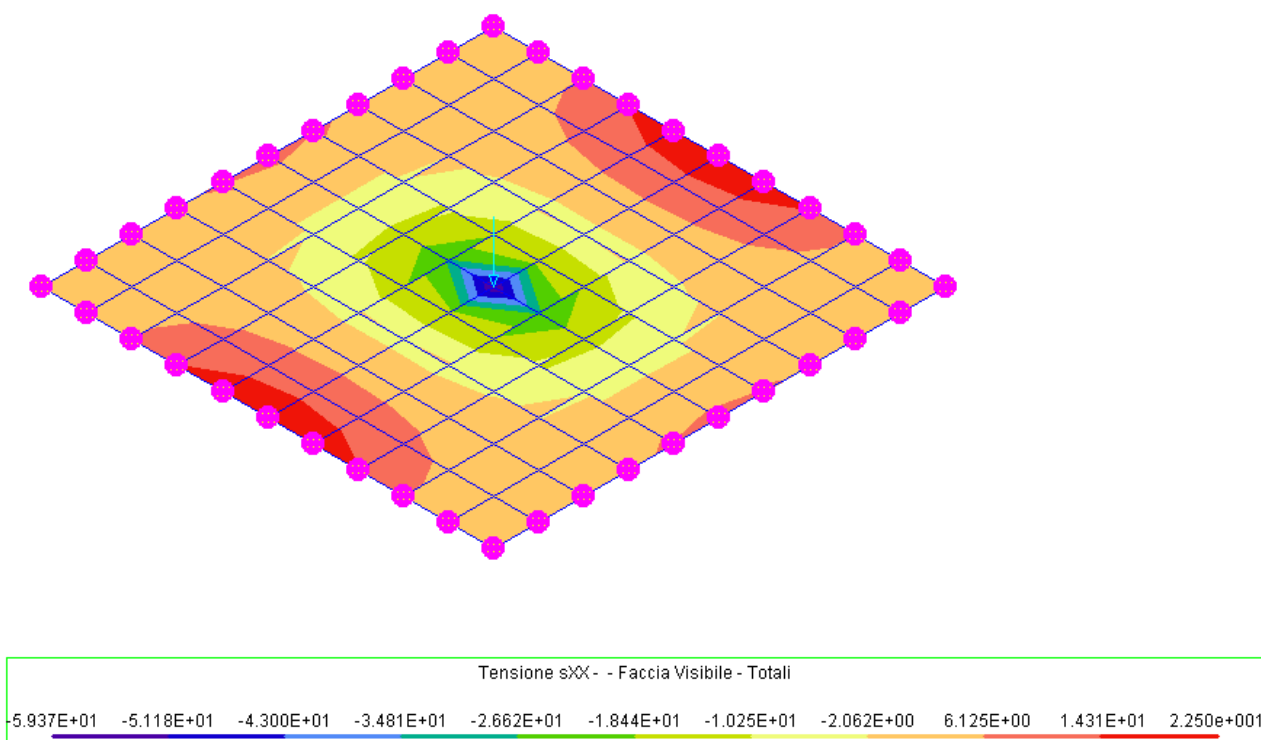
D) RESA DEL CAMPO DI SFORZO SULL'ELEMENTO

Una volta noto lo sforzo ai nodi dell'elemento è poi necessario determinare la variazione dello sforzo all'interno del dominio dell'elemento. Sono state descritte varie tecniche per ottenere questo scopo. Sargon adotta una interpolazione lineare ($v=ax + by + c$) sugli elementi a tre nodi, un'interpolazione bilineare sugli elementi a quattro nodi ($v=ax+by+cxy+d$). Naturalmente il campo di sforzi "esatto" non segue queste leggi, tuttavia, se la dimensione dell'elemento è piccola rispetto a quella del gradiente del campo, l'approssimazione è sufficientemente affidabile. Naturalmente una piastra modellata con tre soli elementi esibirà un campo di sforzo inattendibile, mentre una piastra sufficientemente discretizzata esibirà un comportamento attendibile.

Grazie a questa assunzione (o ad ogni altra possibile assunzione ad essa equivalente) è possibile descrivere le isolinee (curve che rappresentano i punti ove lo sforzo è costante) all'interno dell'elemento stesso. A tale riguardo va detto che mentre queste isolinee sono nel caso degli elementi triangolari delle rette, da lato a lato dell'elemento, nel caso degli elementi a quattro nodi esse sono delle iperboli ($v=ax+by+cxy+d=$ costante). Per sposare queste iperboli Sargon usa in genere sette punti da lato a lato. Il tracciamento delle isolinee è però rallentato dalla ricerca di questi punti interni, per cui è possibile scegliere di rappresentare le isolinee in modo "rozzo" mediante un semplice segmento di retta da lato a lato (comando Legenda).

E) VALUTAZIONE DELLA PRECISIONE

Come già anticipato la valutazione della precisione è un aspetto di fondamentale importanza in ogni analisi agli elementi finiti. Se quello che interessa è il campo di sforzo all'interno di un continuo bidimensionale modellato con elementi piastra o membrana, la valutazione della precisione può essere fatta in maniera chiara ed al tempo stesso affidabile nel modo che segue.



Un esempio di rappresentazione in assenza di global smoothing

Si è visto che si è in grado di stimare il valore degli sforzi ai nodi di ogni elemento e di disegnare delle mappe che rappresentano regioni aventi sforzo costante. Quando si vanno ad esaminare i risultati osservando due elementi contigui si dovrà sempre constatare che lungo il lato in comune tra i due elementi vi sono delle discontinuità. Tali discontinuità dipendono dal fatto che il valore di sforzo S ottenuto sul nodo I pensato appartenente all'elemento N , SIN , è diverso dal valore di sforzo S ottenuto sullo stesso nodo I pensato appartenente all'elemento M , SIM . Chiamiamo scarto la quantità $(SIN-SIM)$. La immediata rappresentazione grafica dell'esistenza di questi scarti è data dal fatto che le isolinee presentano in generale un andamento interrotto, in quanto non vi è la continuità interelementare. L'entità delle discontinuità può rendere questo effetto così marcato da rendere pressochè indecifrabili le linee di isolivello. In questo caso, o in tutti i casi in cui a giudizio dell'analista risulti marcato l'effetto di discontinuità delle linee di isolivello, è necessario fare un nuovo calcolo con una mesh infittita.

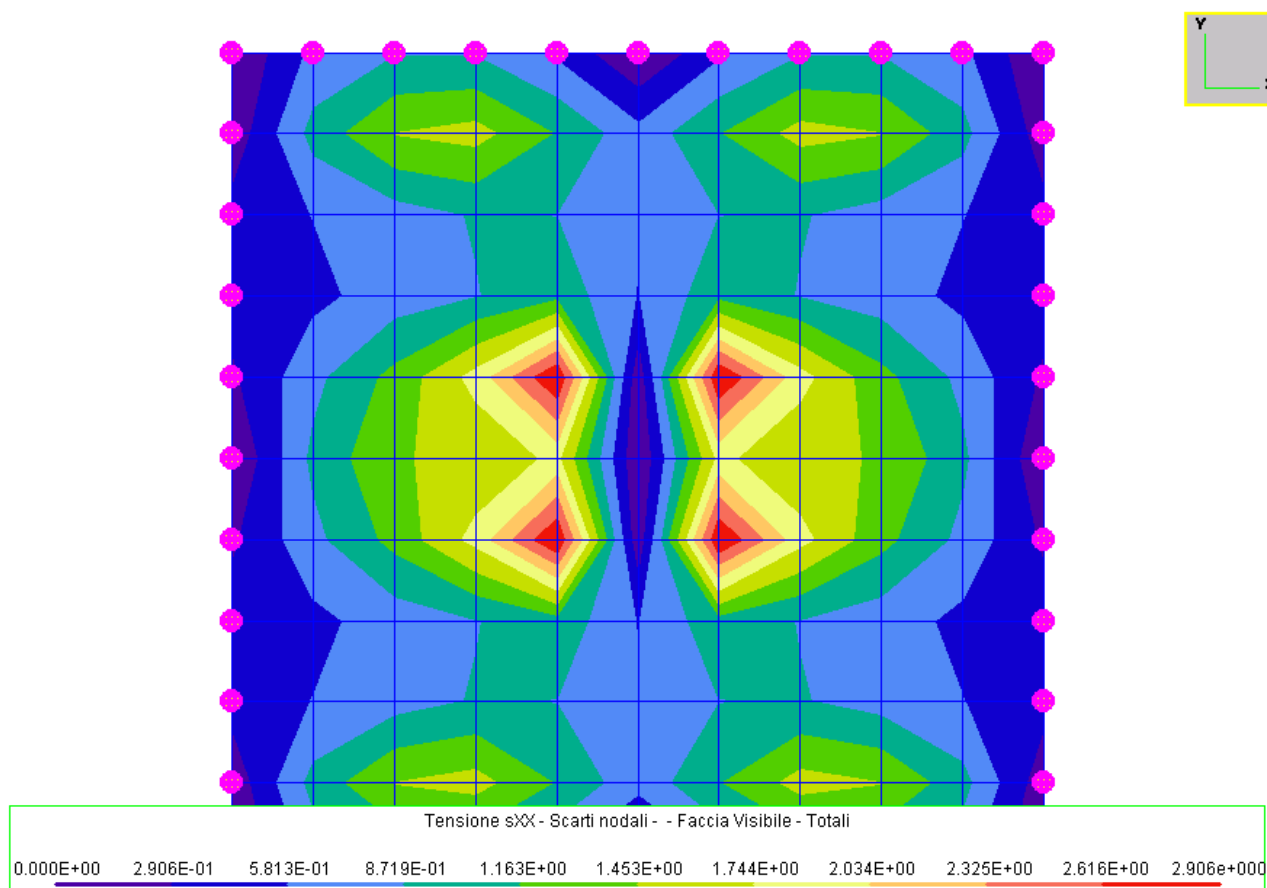
Tutti gli Autori concordano che il valor medio degli sforzi in un nodo è una stima generalmente più precisa di quanto avviene in quel nodo che quella ottenuta con i valori dei singoli elementi (*global smoothing*). E' perciò assolutamente naturale sostituire ai valori calcolati con ciascun elemento il valor medio di questi valori, su ogni nodo. *Il campo risultante è più affidabile di quello ottenibile con i valori dei singoli elementi, ma non può stravolgere il valore di precisione ottenibile esaminando con cura gli scarti da elemento a elemento.* Con il *global smoothing* ogni discontinuità è sparita: per questo secondo motivo è raro vedere nelle relazioni rappresentazioni che evidenzino gli scarti, sebbene sia assolutamente necessario conoscerne l'entità. Gli scarti (che ci sono sempre) parlano direttamente di precisione, il *global smoothing* fa apparire precisa ogni analisi. *In altre parole il cosiddetto "global smoothing", ovvero l'operazione di media su un nodo da elemento a elemento è una tecnica tanto utile quanto potenzialmente pericolosa, in quanto nasconde gli scarti e rende impossibile una valutazione della bontà della analisi. Inoltre in presenza di discontinuità di materiale o di spessore questa tecnica è totalmente inattendibile (si immagini un filo e una barra connessi in serie e tirati da N, lo sforzo nel filo è effettivamente più grande di quello nella barra!).*

Alcuni programmi presentano "di default" i valori di sforzo con il *global smoothing*, Sargon invece no: i Sargon il *global smoothing* deve essere espressamente richiesto ed è comunque segnalato nelle stampe per mezzo della dicitura "scarti eliminati".

Sebbene la misura ad occhio della precisione mediante l'esame della entità dei salti nelle isolinee sia estremamente efficace, pure è evidentemente necessario dare una misura di questa precisione mediante una stima quantitativa.

Alcuni programmi misurano la precisione con un algoritmo che è pericoloso: l'errore in un nodo sarà $0.5(\text{Max}-\text{min})/\text{GMAX}$, dove Max è il massimo valore dello sforzo di Von Mises in quel nodo come risultante dai vari elementi ad esso attaccati, Min è il valore minimo in quel nodo, GMAX è il massimo valore dello sforzo di Von Mises letto sull'intero modello. Questa misura si presta a qualche critica: infatti, se si sta esaminando una zona dove lo sforzo non è quello massimo si ha un brutale abbattimento del valore di errore senza che vi sia alcuna ragione per farlo. Per esempio se il massimo è 1000Mpa magari raggiunto in un solo nodo lontano dove ho una concentrazione di sforzo, ed io ho 120 come massimo nel nodo in esame e 60 come minimo, l'errore misurato sarà $(120-60)/1000=0.06$, ovvero solo il 6%, anche se 120 è il doppio di 60 ed anche se lo scarto è elevato (60Mpa!). Una seconda critica è che l'errore non può essere mostrato per il solo sforzo di Von Mises, ma andrebbe mostrato per ogni possibile componente di sforzo, giacchè non è detto che tutti gli sforzi siano misurati con identica precisione.

La prima idea è di sostituire alla precedente stima dell'errore la seguente: $0.5(\text{Max}-\text{min})/\text{min}$. Questa stima ha però lo svantaggio di non tenere in conto l'entità dello scarto. Se ad esempio ho in un nodo il massimo pari a 0.0001Mpa ed il minimo stimato pari a 0.00005Mpa l'errore sarà del 100%, ma in realtà ciò impensierisce assai poco data comunque la esiguità dell'entità dello sforzo.



Esempio di rappresentazione dell'entità dello scarto

Sargon dà una misura quantitativa della precisione che è una stima dimensionale (non un numero puro). L'errore è dato in termini di scarto quadratico medio sul nodo (cfr. Malerba in [4]), cosicché si conosce nelle varie zone del modello l'entità degli scarti medi attesi letta direttamente nella unità di misura attiva. Nel caso di prima (60 e 100), si leggerebbe 20Mpa come errore medio atteso ($\sqrt{((60-80)*(60-80)+(100-80)*(100-80))/2}$). La rappresentazione degli scarti può essere chiesta per ogni componente di sforzo, anche se ha senso solo per gli invarianti (tensore nel riferimento globale, sforzo di Von Mises, sforzi principali massimi e minimi, invarianti del tensore, tutti in presenza di continuità strutturale, mentre non ha senso per le componenti del tensore nel riferimento locale, giacché questo varia da elemento a elemento).

F) ADAPTIVE REFINEMENT

Per adaptive refinement si intende la tecnica in base alla quale la mesh viene infittita solo in certe zone, dipendentemente dalla stima dell'errore commesso in quelle zone stesse. In Sargon l'infittimento è fatto dimezzando il passo della mesh degli elementi da raffinare ed aggiustando poi gli elementi contigui in modo da sposare, localmente, il nuovo passo di mesh. Iterando questa tecnica si può rapidamente arrivare a ridurre gli scarti della soluzione a valori ritenuti accettabili dall'analista. Un'importante considerazione è quella legata alla distorsione degli elementi. Nel corso dei raffinamenti gli elementi adiacenti alla zona infittita vengono ridefiniti in modo da non aggiungere nodi ulteriori: ciò può alla lunga portare ad aumentare la distorsione degli elementi e quindi a zone ove la forma degli elementi è inaccettabile. La contromisura consiste nell'ampliare la zona da infittire o nel coinvolgere in successivi remeshing gli elementi distorti.

G) REGOLE GENERALI SUGGERITE

E' molto facile produrre un'analisi agli elementi finiti, più difficile è produrre una analisi realmente affidabile. Se la valutazione dello stato di sforzo negli elementi bidimensionali è importante la prima cosa da fare è esaminare una o più componenti dello stato di sforzo in presenza degli scarti. Se le linee di isolivello sono irriconoscibili o scarsamente riconoscibili occorre rifare l'analisi aumentando la discretizzazione. Se le linee di isolivello appaiono accettabili occorre valutare l'errore mappando gli scarti, e considerare i valori ottenuti con lo smoothing affetti, punto

per punto da un errore (positivo o negativo) dell'entità quantificata dal programma. L'errore fornito dal programma dovrebbe sempre essere paragonato alla precisione richiesta dal calcolo in esame. Ad esempio un valore massimo di 100Mpa con un errore di 20Mpa può lasciare tranquilli se la soglia è ad esempio 160Mpa. Ma se il valore è 150 e l'errore è 50, allora occorre rifare l'analisi.

H) MODALITA' DI VISUALIZZAZIONE

Sargon consente di vedere sia gli sforzi membranali che quelli flessionali. E' possibile chiedere al programma, cioè, di calcolare lo stato di sforzo usando solo le azioni di membrana trascurando i momenti di piastra. Allo stesso modo è possibile chiedere al programma di vedere solo la componente flessionale e non quella membranale. In questi casi una scritta nella legenda segnala la scelta fatta.

Se si decide di vedere lo stato di sforzo completo o quello solo flessionale, sorge il problema legato al fatto che lo stato di sforzo cambia tra la faccia superiore e quella inferiore della piastra. Sargon consente di scegliere se vedere lo stato di sforzo sulla faccia visibile (sia essa superiore o inferiore) o su quella nascosta. Nel caso di elementi membrana questa opzione è ovviamente inutile.

Se vengono estratti degli elementi Sargon fa vedere i massimi e i minimi assumendo come massimo il massimo valore presente tra gli elementi estratti e non il massimo valore complessivo: ciò consente di studiare più in dettaglio parti della struttura.

I) USO DELLA LEGENDA

La legenda viene personalizzata con il comando Legenda. Personalizzare la legenda vuol dire scegliere il numero di intervalli da usare per le isolinee (il default è 10) e scegliere il colore usato per ciascuna banda di sforzo. E' inoltre possibile chiedere al programma di calcolare le isolinee rettificandole da lato a lato dell'elemento, in modo da sveltire le operazioni.

Spesso molto utile è la possibilità di scegliere dei valori di minimo e massimo arbitrari: grazie a questa possibilità è dato vedere evidenziate le regioni del modello che superano un certo valore di soglia, o che si trovano in un certo *range*. Questa possibilità è anch'essa contenuta nel comando Legenda.

L) CONVENZIONI E TERMINOLOGIA

Le convenzioni usate da Sargon sia a schermo che nel tabulato ricalcano quelle solite impiegate nei testi sull'argomento. Per il tensore dello sforzo si assumono positive le trazioni. I pedici 1,2,3 indicano il riferimento locale. I pedici x,y,z il riferimento globale. Per i momenti di piastra si deve tenere presente che il momento m_{11} è il momento che provoca una σ_{11} positiva sulla faccia superiore dell'elemento. Il momento m_{12} provoca una τ_{12} positiva sulla faccia superiore dell'elemento. I momenti m_{xx} , m_{yy} , m_{zz} sono ottenuti per trasformazione e servono a dare quantità indipendenti dal sistema di riferimento locale dell'elemento, che può in generale essere assai diverso da elemento a elemento.

Nel tabulato di output gli sforzi sono dati con le stesse convenzioni.

Per le piastre vengono dati, per ogni elemento selezionato, i seguenti valori:

Plate	CC	I	S1m	S2m	S12m	m1	m2	m12
		J	S1m	S2m	S12m	m1	m2	m12
		K	S1m	S2m	S12m	m1	m2	m12
		L	S1m	S2m	S12m	m1	m2	m12

Dove:

Plate indica il numero di elemento;

CC la condizione di carico o la combinazione (se $CC > NLCASE$, CC è la combinazione CC-NLCASE);

I,J,K,L sono i quattro nodi ordinatamente presi: ad ogni riga corrisponde l'output di un nodo.

S1m indica la tensione σ_{11} membranale;

S2m indica la tensione σ_{22} membranale;

S12m indica la tensione τ_{12} membranale;

m1 indica il momento per unità di lunghezza (momento che genera una σ_{11} flessionale)

m2 indica il momento per unità di lunghezza (momento che genera una σ_{22} flessionale)

m12 indica il momento per unità di lunghezza (momento che genera una τ_{12} torsionale)

Per le membrane vengono dati, per ogni elemento selezionato, i seguenti valori:

Membr	CC	I	SVm	SI	SII	S1	S2	S12
		J	SVm	SI	SII	S1	S2	S12
		K	SVm	SI	SII	S1	S2	S12
		L	SVm	SI	SII	S1	S2	S12

Membr indica il numero di elemento;

CC la condizione di carico o la combinazione (se $CC > NLCASE$, CC è la combinazione CC-NLCASE);

I,J,K,L sono i quattro nodi ordinatamente presi: ad ogni riga corrisponde l'output di un nodo.

SVm indica lo sforzo di Von Mises;

SI indica lo sforzo principale minimo;

SII indica lo sforzo principale massimo;

S1 indica la tensione σ_{11} membranale;

S2 indica la tensione σ_{22} membranale;

S2m indica la tensione σ_{22} membranale;

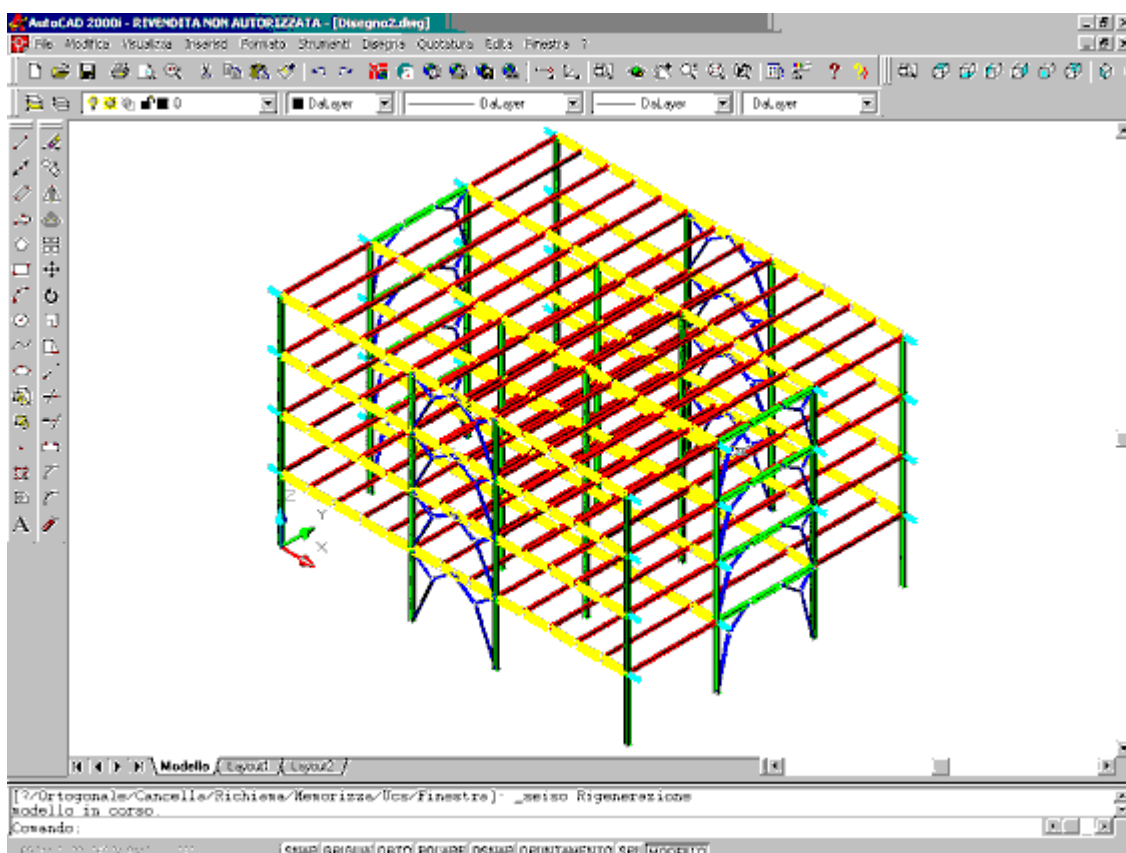
S12 indica la tensione τ_{12} membranale;

M) BIBLIOGRAFIA

- [1] **Meccanica delle strutture, 2, Le teorie strutturali ed il Metodo degli elementi finiti**, L. Corradi Dell'Acqua, Mc Graw Hill, 1992
- [2] **Finite Element Procedures**, K. J. Bathe, Prentice Hall International Ed., 1996
- [3] **Concepts and Applications of Finite Element Analysis**, R. D. Cook, D. S. Malkus, M.E.Plesha, Third Ed., John Wiley & Sons, 1989
- [4] **Analisi per Elementi Finiti: Modellazione Strutturale e Controllo dei Risultati**, a cura di B.A. Schrefler A.A: Cannarozzi, CISM - International Centre for Mechanical Sciences, 1991
- [5] **The Finite Element Method vol. 1 and 2**, O.C. Zienkiewicz, R.L.Taylor, Fourth Ed. McGraw Hill, 1991
- [6] **On the use of finite element programs in structural evaluation and development of design charts**, A. Mufti, G.Tadros, A.C. Agarwal, *Can. J. Civ.Eng.* **21**, 797-804 (1994)
- [7] **A study of three-node triangular plate bending elements**, J.L. Batoz, K.J.Bathe, L.W. Ho, *Int. Jou. Num. Met. Eng.*, **15**, 1771-1812 (1980)
- [8] **ANSYS User's Manual - Theory - rev. 5.0**, 1992



Lista modifiche: dalla 5.00 alla 5.50



Castalia s.r.l.
tel. +39-321-399576
fax +39-321-611256
E-mail staff@castaliaweb.com
Via S. Francesco 18-D
28100 Novara (Italy)

Rev. 1.0 del 04-04-2001

La versione 5.50 si differenzia rispetto alla 5.0 per l'aggiunta di diversi comandi e per la modifica o il miglioramento di altri.

Un'importante novità riguarda l'uso della versione 6.0 del compilatore Microsoft. Tale modifica ha comportato la ricompilazione di tutti i file che compongono Sargon, e si rende quindi necessario che gli utenti scarichino tutti i file del programma, nessuno escluso, al fine di garantire il perfetto allineamento (con la nuova versione delle dll di sistema) di tutti i componenti del programma.

Una seconda importantissima novità riguarda il fatto che Sargon viene ora in parte ad essere sviluppato sotto forma di comandi Autocad, nel senso che da Autocad sarà possibile eseguire comandi implementati da Castalia e pienamente compatibili con i formati di Sargon.

Le modifiche della versione 5.50 sono le seguenti:

1. Ricompilazione con la versione 6.0 del compilatore
2. Modifica della modalità di visualizzazione che ora supporta anche stampe sino al formato A0.
3. Modifica della modalità di rappresentazione dei diagrammi delle azioni interne.
4. Aggiunta della possibilità di rappresentare le azioni interne nel riferimento globale.
5. Aggiunta del modulo Autocad WSR.ARX con il comando WSRIN.
6. Aggiunta del modulo Autocad SMA.ARX con i due comandi GETSHAPE e ADDSHAPE.
7. Modifica del comando atto a riposizionare i nodi: ora si possono riposizionare solo alcune coordinate.
8. Miglioramento del meccanismo di protezione in Samba quando chiamato in modalità stand alone.
9. Creazione della guida di Sargon in formato PDF (poco meno di 500 pagine a stampa): la guida si può scaricare dal sito.
10. Aggiunta della lingua spagnola al tabulato di output.

Nel seguito le novità verranno dettagliatamente descritte.

1. Ricompilazione con la versione 6.0 del compilatore.

La ricompilazione con la versione più recente del compilatore porta al miglior collegamento tra Sargon e le versioni più recenti dei vari sistemi operativi. Poiché Sargon sfrutta la dll di sistema “mfc42.dll” e la dll di sistema “msvcrt.dll”, queste due dll devono essere aggiornate.

A differenza di altri software di installazione, che brutalmente installano nella cartella di sistema versioni delle dll aggiornate, il setup di Sargon dà un’ampia facoltà di scelta: installarle subito, non installarle affatto, installarle in un secondo tempo.

L’installazione non si può fare semplicemente copiando le dll di sistema nella cartella di sistema perché i due file in questione sono usati dal sistema operativo. Si rende pertanto necessario procedere nel seguente modo:

- a) scaricare dal sito di Castalia tutti i file zip ed il file “leggimi.wri”.
- b) seguendo le istruzioni del file “leggimi.wri” ricreare i quattro dischetti di installazione
- c) eseguire un normale setup con i dischetti così ricreati.

Nel corso del setup si verrà informati circa l’eventuale necessità di riavviare il computer. Il riavvio è necessario solo se le dll di sistema devono essere aggiornate. Se le dll di sistema presenti sono già aggiornate non sarà installato alcun file di sistema e non sarà pertanto necessario riavviare il computer.

Per ragioni di sicurezza si consiglia di creare un disco di ripristino del sistema operativo prima di eseguire un setup che comporti l’aggiornamento delle dll di sistema. Se nel corso del setup si viene avvisati che le dll di sistema devono essere aggiornate, è sempre possibile uscire dal setup senza installarle (e quindi creare il disco di ripristino).

Se non si desidera installare le dll aggiornate nella cartella di sistema si può scegliere, nel corso del setup, di non installarle. In tal caso le due dll restano nella cartella del programma e sicuramente non nuociono né al sistema, né ad altre applicazioni. Tuttavia, se le dll di sistema (quelle nella cartella di sistema) sono meno aggiornate, è possibile che qualche comando o qualche funzionalità di Sargon abbia dei problemi. In questo caso sarà sempre possibile installare le dll di sistema rieseguendo il setup.

1.1. Modifica della modalità di visualizzazione

A causa di problemi legati alla modalità di mappatura tra lo spazio del modello e quello di stampa, Sargon aveva dei problemi nella stampa su fogli formato A0. Con la versione 5.50 queste difficoltà sono state rimosse. Questo ha però comportato una serie di modifiche nel modo in cui sono conservate le impostazioni relative alla dimensione dei simboli. E' dunque possibile che si debbano reimpostare alcuni settaggi, tenendo conto delle nuove codifiche (ad esempio lo spessore delle linee è ora conservato in decimi di millimetro, non in centesimi di millimetro, per cui il numero "100" dà ora una linea di spessore pari a 10mm).

2. Modifica della modalità di rappresentazione dei diagrammi delle azioni interne

Fino alla precedente versione i diagrammi delle azioni interne venivano rappresentati in modo tale che il diagramma usasse come ascissa l'asse dell'elemento, e come ordinata un segmento normale all'asse dell'elemento nella rappresentazione del disegno. Si è ritenuto che questa impostazione facilitasse la lettura essendo in tal modo ascisse e ordinate tra loro perpendicolari (assi cartesiani ortogonali).

Con la versione 5.50 questa impostazione è stata modificata per consentire di interpretare meglio il significato fisico della corrispondente azione interna.

Ora solo il diagramma della azione assiale e del momento torcente sono tracciati seguendo il precedente criterio.

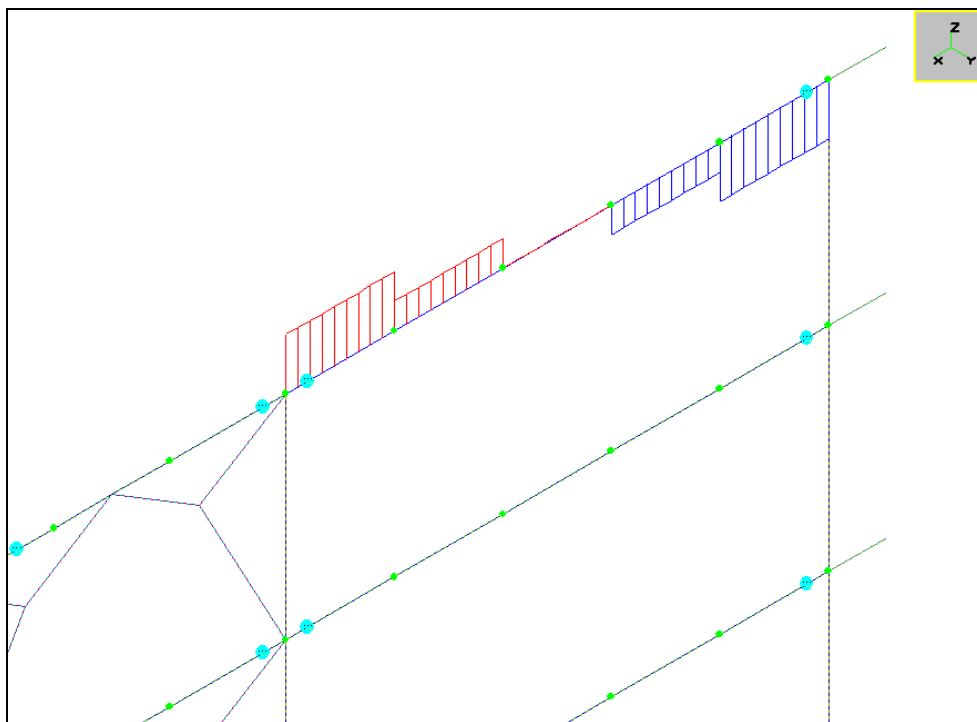
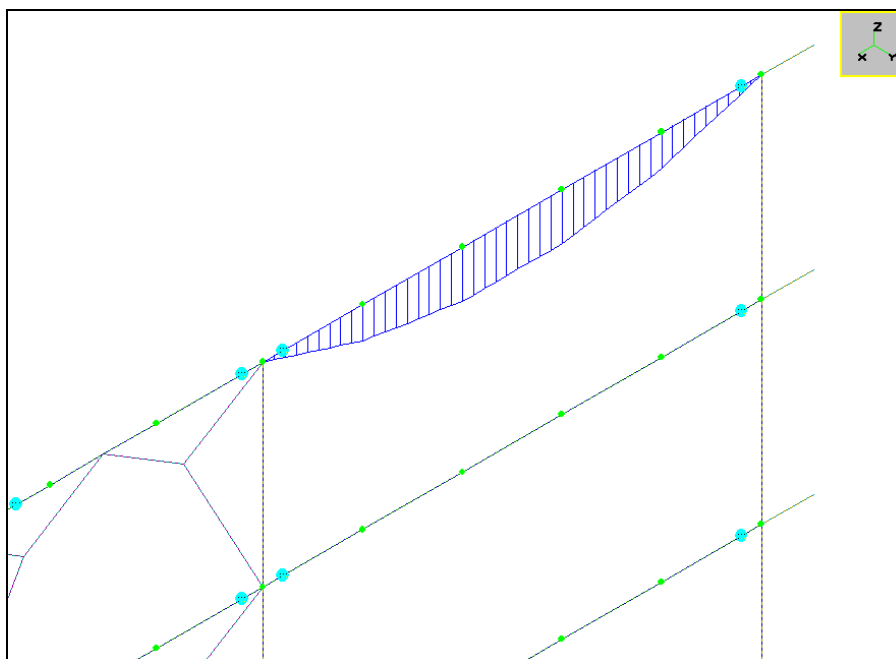


Diagramma di taglio T3 su una trave (l'asse 3 è diretto come l'asse Z)

Il diagramma dei tagli è tracciato in modo che la ascissa sia sull'asse dell'elemento e l'ordinata sia parallela alla immagine proiettata della direzione del vettore che rappresenta l'azione interna in questione. In tal modo è immediatamente possibile capire il verso l'effetto fisico di una certa componente di taglio.



Rappresentazione del momento M2 sulla trave della figura precedente: il diagramma giace nel piano di inflessione, l'asse 2 è diretto come Y.

Il diagramma dei momenti è tracciato in modo tale che il diagramma giaccia nel piano di inflessione dell'elemento.

3. Aggiunta della possibilità di rappresentare le azioni interne nel riferimento globale

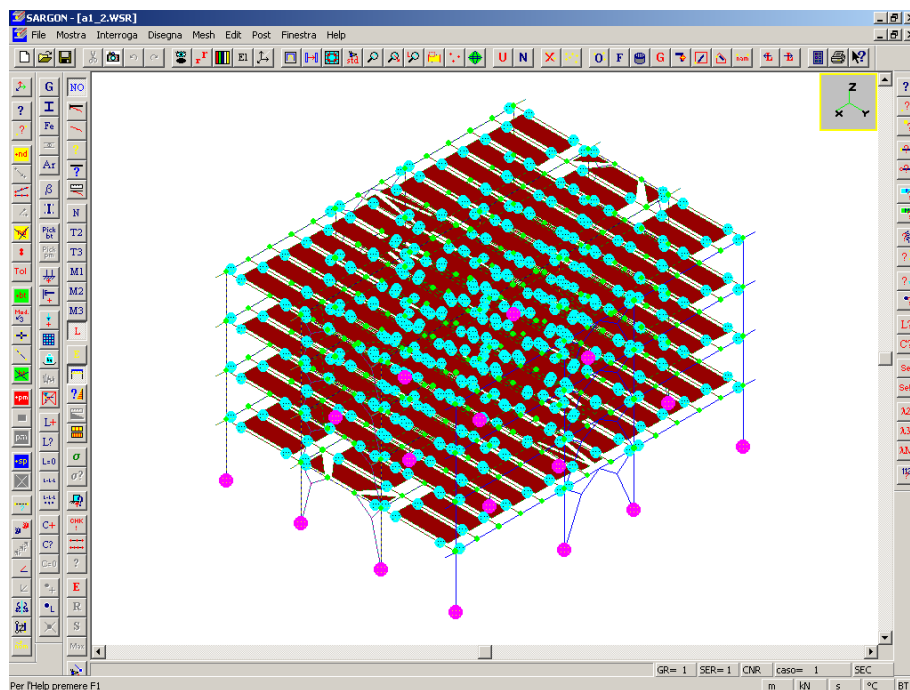
Sempre nell'intento di rendere più immediatamente comprensibile il senso dei diagrammi, è stata aggiunta la possibilità di mostrare il diagramma delle azioni interne nel riferimento globale. In pratica le azioni interne vengono composte per dare le azioni dirette secondo l'asse X, Y, Z. Le azioni risultanti coincidono con quelle interne solo se le due terne (quella locale e quella globale) hanno gli assi ordinatamente paralleli, per esempio se l'asse 2 è parallelo all'asse Y, $MY=M2$, mentre se l'asse 1 coincide con l'asse Z, $MZ=M1$, e così via.

Se le terne non si corrispondono in qualche modo le azioni globali non rappresentano fisicamente azioni taglianti, flettenti, assiali o torsionali, bensì una certa composizione vettoriale degli stessi.

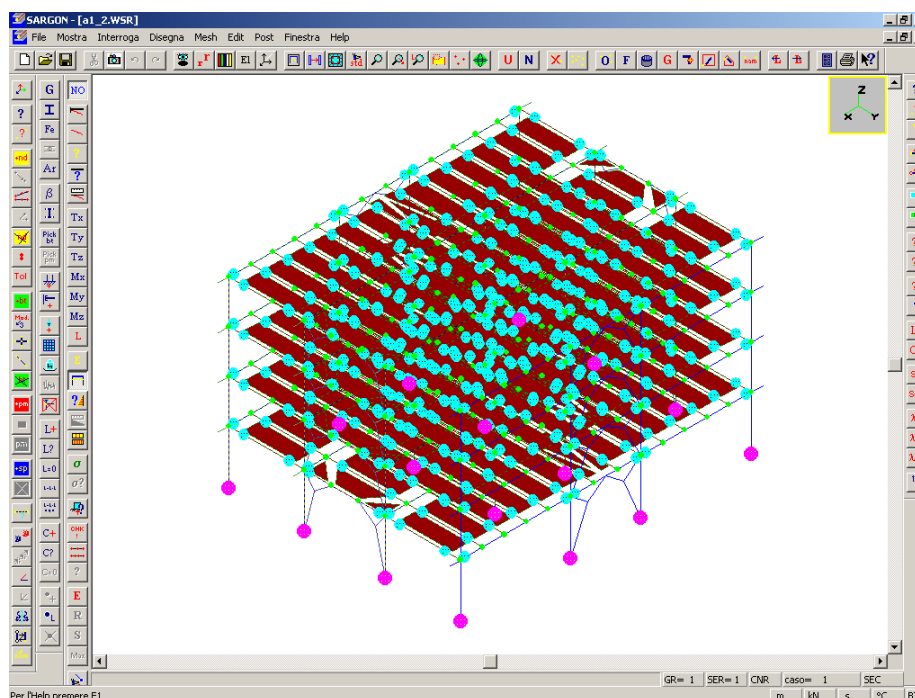
Il nuovo comando è utile quando interessi conoscere, indipendentemente dalla orientazione locale, una certa componente globale della sollecitazione.

Se ad esempio per una trave l' $M2$ è un MY , e per un'altra è l' $M3$ ad essere MY , ora si possono vedere contemporaneamente i due diagrammi semplicemente chiedendo "MY".

I comandi che attivano questi diagrammi sono gli stessi che attivano i diagrammi locali. I comandi in questione cambiano il loro funzionamento sulla base di un nuovo pulsante che è stato aggiunto alla barra post: questo pulsante "L" (locale) serve a stabilire se i diagrammi sono locali (pulsante premuto) o globali (pulsante sollevato). Quando il pulsante è sollevato anziché N, T2, T3, M1, M2, M3 sui pulsanti soliti compaiono le sigle Tx, Ty, Tz, Mx, My, Mz, come mostrato nelle figure seguenti:



Barra post: pulsante “L” abbassato



Barra post: pulsante “L” alzato

La modifica della barra Post per l’aggiunta di un bottone dovrebbe essere immediatamente recepita dal programma. Se questo non dovesse avvenire, si consiglia di annullare cancellandola la variabile “Post Tool Bar”, contenuta nella seguente chiave del registro:

HKEY_CURRENT_USER\Software\Castalia\Sargon\Settings

Per editare il registro è sufficiente eseguire il programma “REGEDIT.EXE” contenuto nella

cartella di Windows. Si raccomanda di non modificare altre chiavi di registro.

La modifica descritta è necessaria solo se la barra Post non dovesse essere resa correttamente a schermo.

4. Aggiunta del modulo Autocad WSR.ARX e del modulo Autocad SMA.ARX

Questa importante novità consente di collegare Sargon con Autocad in modo estremamente efficiente. Grazie a questo modulo è ora possibile importare in Autocad non solo modelli Sargon (travi, bielle, piastre e membrane), ma anche di importare gli elementi *come solidi* e non come wireframe. Il legame con il mondo del disegno è ora più stretto.

Qui di seguito la descrizione del problema tratta dall'help.

4.1. COME USARE AUTOCAD CON SARGON

4.1.1. Generalità sui moduli ARX

A partire dalla versione 5.50 alcuni comandi e funzionalità di Sargon sono disponibili come comandi Autocad. Nell'intento di migliorare il collegamento tra il calcolo ed il disegno sono stati realizzati alcuni comandi Autocad che consentono di leggere la base dati Sargon e di restituirla in un formato più tipicamente simile a quello del disegno.

Da un punto di vista informatico il collegamento tra i due programmi è realizzato per mezzo di una serie di moduli ARX (ovvero di file con estensione .ARX) che di fatto rappresentano delle estensioni di Autocad. I file ARX altro non sono che file DLL con l'estensione modificata a sottintendere che si tratta di componenti Autocad.

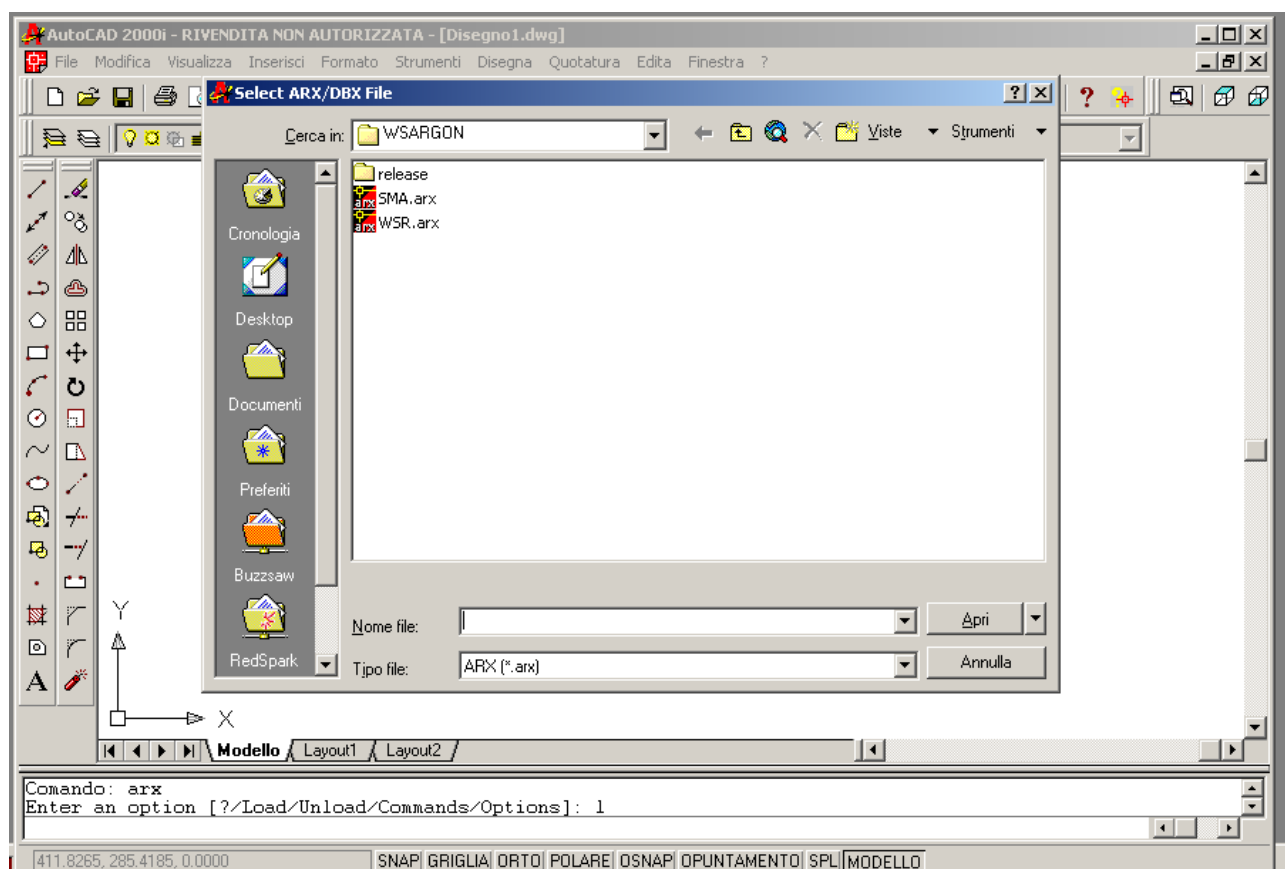
Perché Autocad possa vedere questi nuovi moduli è necessario:

1. che i moduli ARX siano presenti nella cartella del programma Sargon, insieme a tutte le dll di Sargon;

2. che le due dll “ACBR15.DLL” e “ACGE15X.DLL” siano state copiate dalla cartella di Sargon alla cartella di Autocad.
3. che sia montata e funzionante la protezione di Sargon

Il punto 2) richiede una operazione manuale poiché la copia non viene fatta automaticamente al momento della installazione. Il punto 1) è garantito dal file ARX.ZIP presente sui dischetti di installazione a partire dalla versione 5.50 o scaricabile dal sito internet.

Al momento attuale sono state fatte prove con Autocad 2000i. Si ha ragione di ritenere che i moduli ARX vengano visti correttamente anche sotto Autocad 2000 e sotto Autocad 14.



Ogni modulo ARX è portatore di un certo numero di nuovi comandi Autocad. I moduli ARX devono essere caricati in Autocad al fine di rendere disponibili i comandi in essi contenuti. Per caricare in Autocad un modulo ARX è sufficiente dare il comando “ARX” e specificare l’opzione “Load”. A questo punto occorre indicare il percorso del file ARX al quale si è interessati e selezionarlo.

Una volta che i comandi del modulo ARX non siano più utili è possibile scaricare il modulo



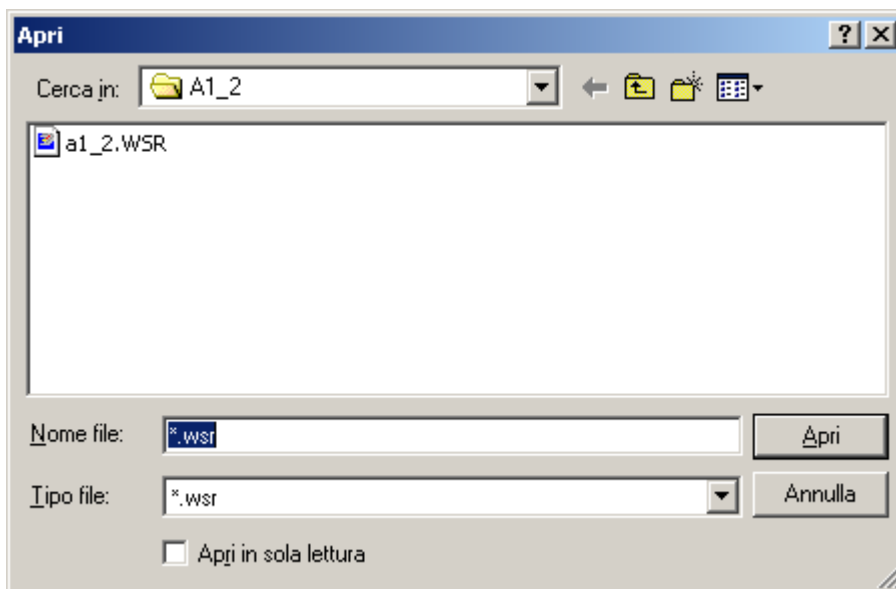
ARX (liberando memoria) con il comando “ARX” seguito dalla opzione “Unload”. Si verrà richiesti di specificare un nome, ad esempio “SMA” oppure “WSR”.

4.1.2. Modulo WSR.ARX

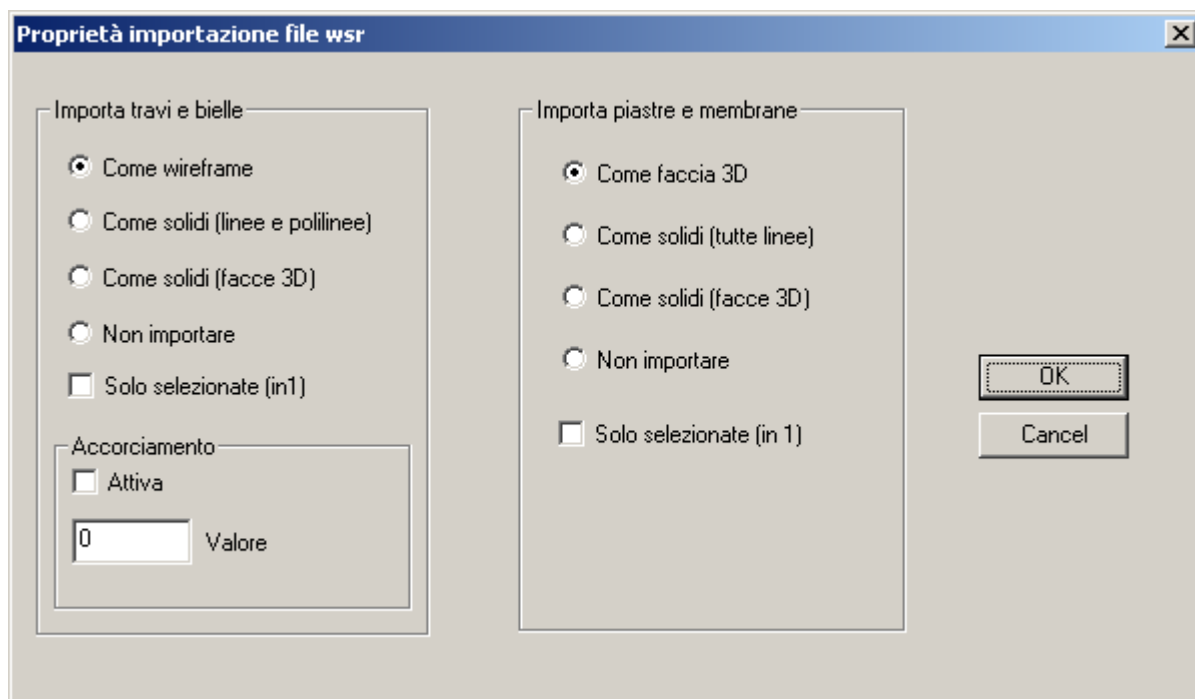
Questo modulo consente di importare in Autocad la geometria di un modello Sargon. Una volta caricato il modulo (come chiarito in precedenza) il comando da dare è

WSRIN

Alla esecuzione del comando compare il dialogo seguente, che consente di scegliere il file .wsr che si desidera importare



Scelto il file compare il dialogo seguente, che consente di impostare il modo in cui il modello Sargon verrà importato. Vengono importati gli elementi trave, biella, piastra e membrana.



Relativamente alla **importazione di travi e bielle** sono possibili le seguenti opzioni mutuamente esclusive:

come wireframe	in questo caso le travi e le bielle verranno trasformate in linee, aventi un colore associato al numero di sezione.
come solidi (linee e polilinee)	In questo caso gli elementi vengono resi con le loro dimensioni reali (le quote sono in mm) e vengono descritti mediante linee e polilinee, aventi colore associato al numero di sezione
come solidi (facce 3D)	In questo caso gli elementi vengono resi come solidi con le loro dimensioni reali in (le quote sono in mm) e vengono descritti mediante le primitive 3Dface, aventi colore associato al numero di sezione. Questa opzione è particolarmente utile per rendere immagini tridimensionali con il comando Autocad Visualizza-Ombra-Nascosta o altri comandi simili
non importare	In questo caso le travi e le bielle non verranno

	importate
--	-----------

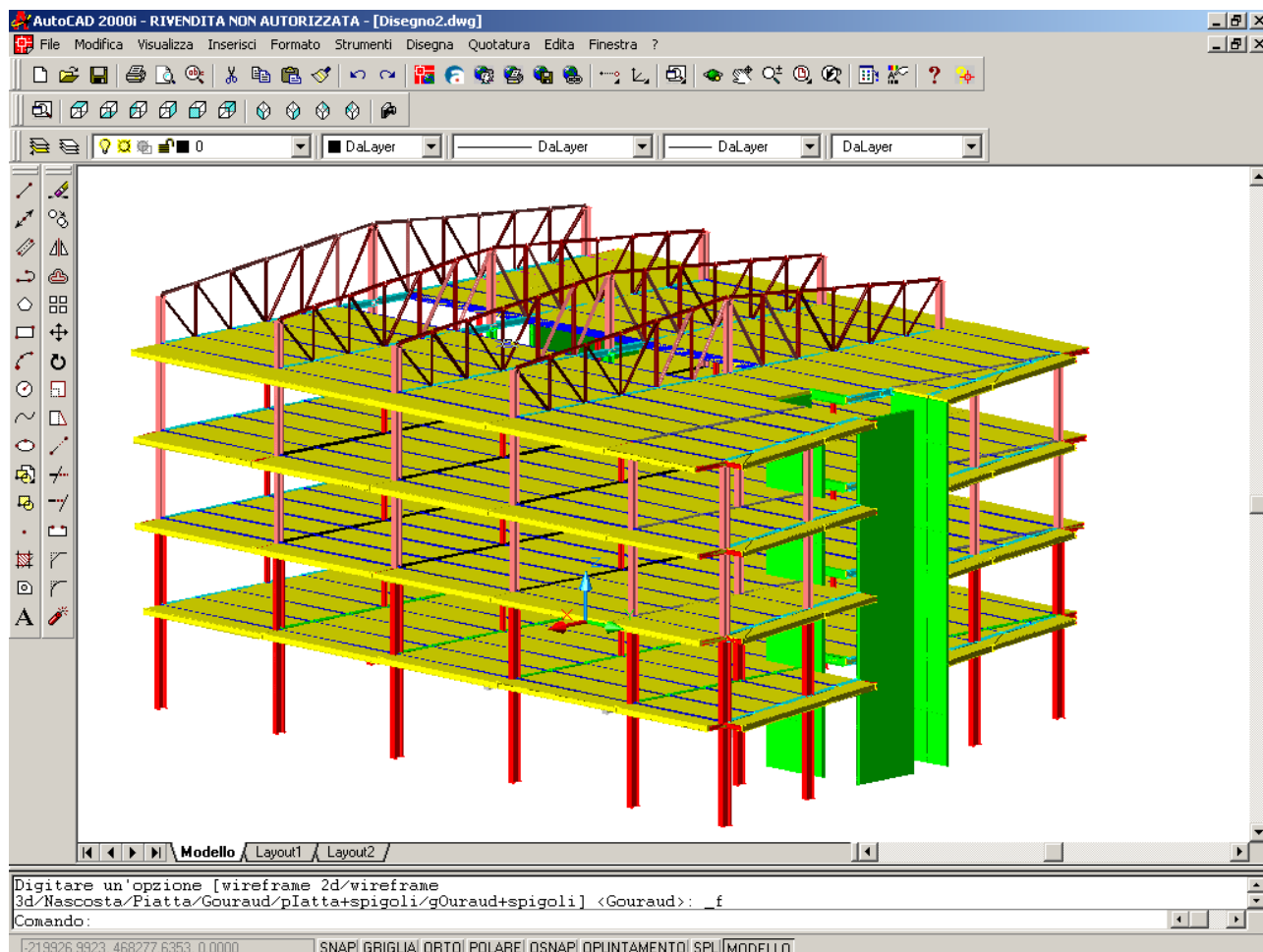
Il flag “**solo selezionate**” consente di importare in Autocad le sole travi e bielle presenti nel modello .wsr selezionate nel serbatoio 1. Ciò è particolarmente utile per importare parti di struttura (ad esempio solai, telai trasversali, capriate, ecc.). Basta far funzionare Sargon e Autocad in parallelo, selezionare via via ciò che interessa in Sargon, salvare il modello, e applicare il comando WSRIN in Autocad su disegni diversi.

Il comando WSRIN dà anche la possibilità di accorciare automaticamente gli elementi tagliandone via un pezzo agli estremi. Questa funzionalità (che riguarda solo i modelli solidi, non quelli wireframe), può essere o meno attivata. Se si decide di attivarla (flag **Attiva** sotto Accorciamento) occorre specificare di quanto tagliare agli estremi le travi, dando una lunghezza in mm (**Valore**). Questa funzionalità consente di evitare sovrapposizione di elementi nei nodi.

Ogni elemento finito importato come solido viene trasformato in un blocco denominato con il numero ed il tipo dell’elemento finito.

Ogni volta che viene eseguito un comando WSRIN, nel disegno Autocad vengono aggiunti dei blocchi che rappresentano le sezioni impiegate all’interno del modello. Questi blocchi potranno poi convenientemente venir impiegati in Autocad al fine di completare o perfezionare il disegno. I blocchi hanno per nome il nome della sezione corrispondente, e comunque il loro colore è in corrispondenza con il numero progressivo di sezione attribuito in Sargon.

Le opzioni disponibili per l’importazione di piastre e membrane ricalcano quelle disponibili per le travi e le bielle. Il corrispettivo dell’importazione wireframe è la importazione come faccia 3d, ovvero una faccia giacente sul piano medio dell’elemento. Nella importazione solida invece l’elemento viene descritto con il suo spessore reale.



Esempio di file Sargon importato in Autocad e reso con un comando di rendering

4.1.3. Modulo SMA.ARX

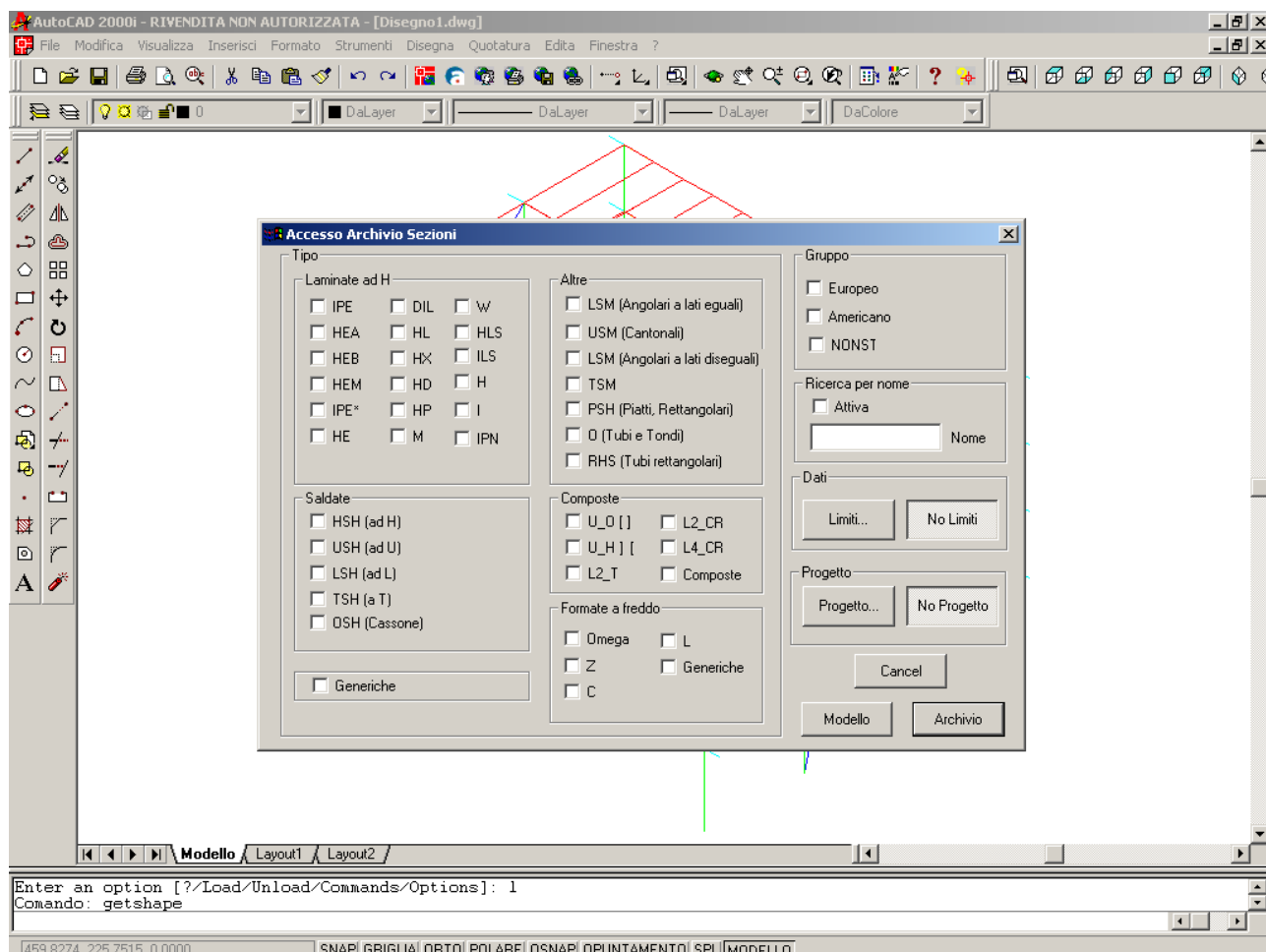
Questo modulo consente di aggiungere due comandi ad Autocad: il comando “GETSHAPE” ed il comando “ADDSHAPE”.

Una volta eseguito uno qualsiasi di questi due comandi per la prima volta nel corso di una sessione di lavoro si viene richiesti di indicare un file SMA (vale a dire un archivio di sezioni e di materiali in formato SAMBA) da usare come riferimento. Ciò si fa con un ordinario dialogo di richiesta di file. Il file da indicare per gli utenti di Sargon è il file “sargon.sma”, ma nulla vieta di indicare qualsiasi altro file gestito da Samba.

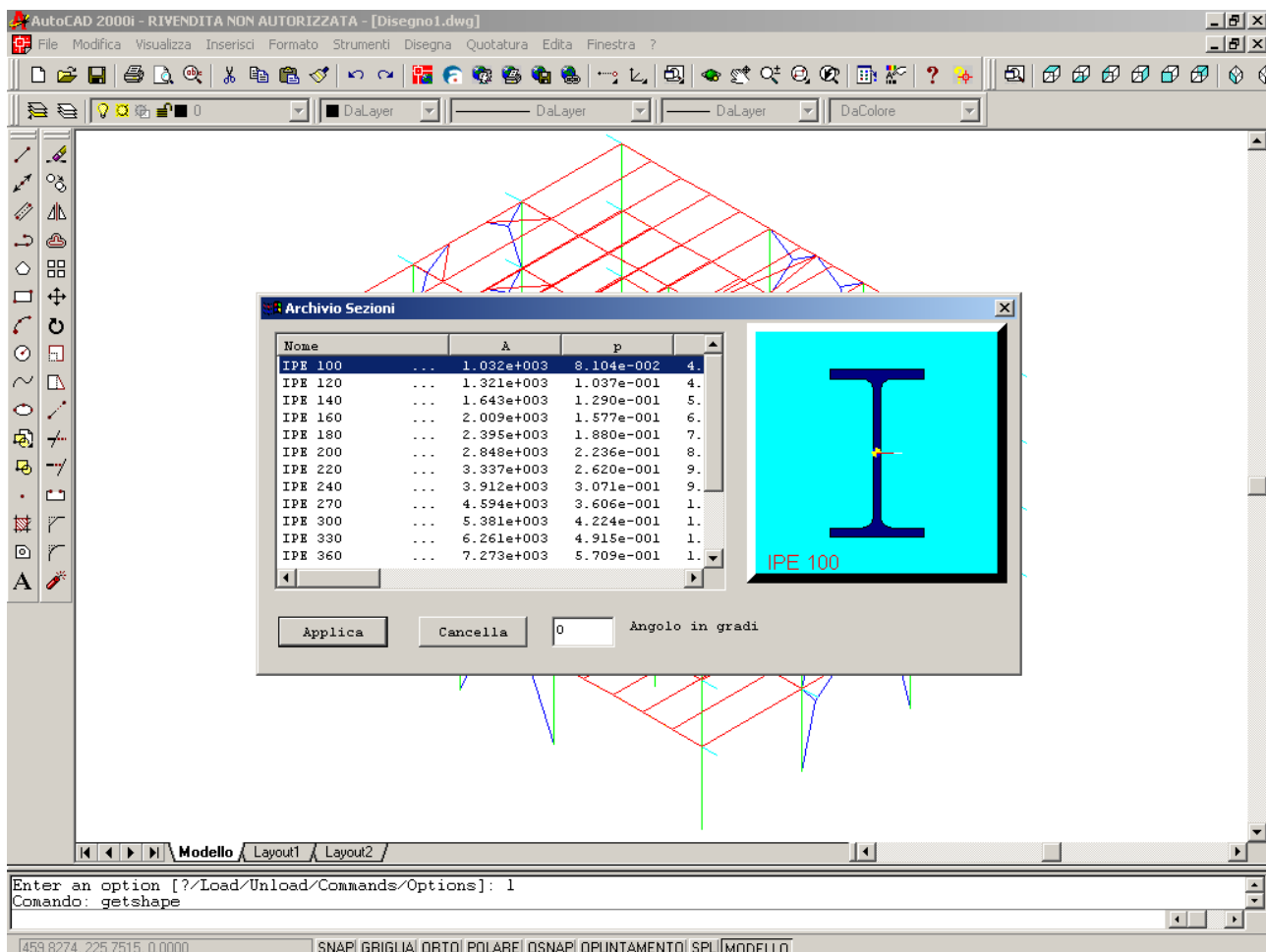
Il primo comando consente di importare in un disegno Autocad il disegno di una qualsiasi delle sezioni presenti nell’archivio specificato. Il comando da fornire è

GETSHAPE

Alla esecuzione del comando ci si trova di fronte al ben noto dialogo che consente di specificare le condizioni di filtro con le quali accedere all'archivio (cfr, figura seguente in cui si vede il dialogo nell'ambiente Autocad).



Stabilite le condizioni di filtro si scorrono le sezioni (i dati sono forniti in mm) e si sceglie quella desiderata (cfr. figura seguente).

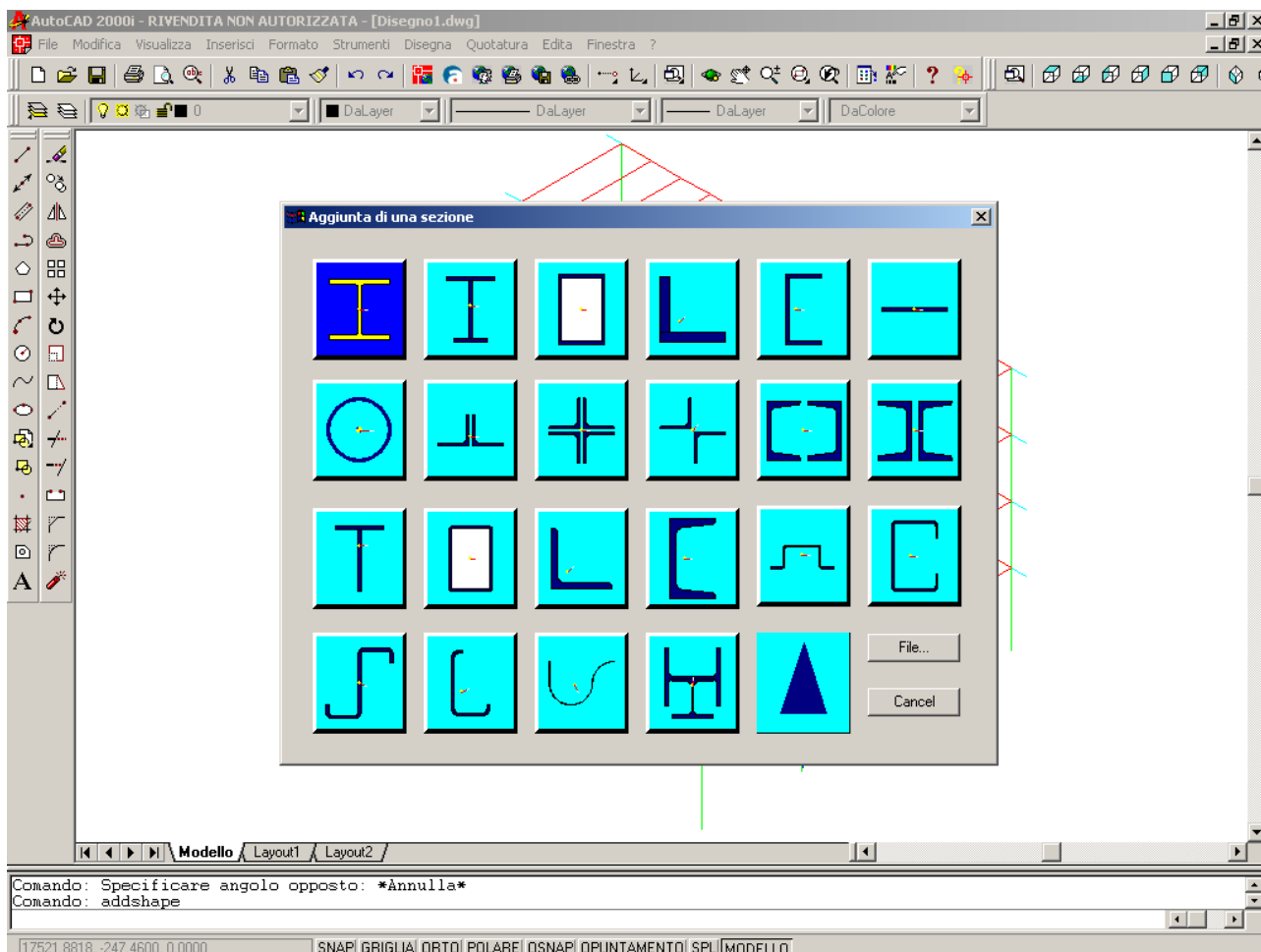


Scelta la sezione si viene richiesti di stabilire il grado di dettaglio con il quale vanno descritti i raccordi curvilinei. Se si sceglie di descriverli con precisione il raccordo verrà descritto come una poligonale molto fitta in grado di seguire il contorno. Se invece si sceglie di schematizzarli questi verranno trasformati in un segmento secante.

Una volta scelta la sezione questa viene aggiunta al disegno sotto forma di blocco che può essere inserito come un qualsiasi altro blocco nel punto desiderato.

La normale dei blocchi così inseriti è sempre l'asse z.

Il secondo comando consente di aggiungere ad un disegno una sezione che non è contenuta all'interno dell'archivio .sma che si è aperto. Appena eseguito il comando ci si trova davanti il dialogo seguente, che consente di specificare il tipo della sezione che si desidera aggiungere.



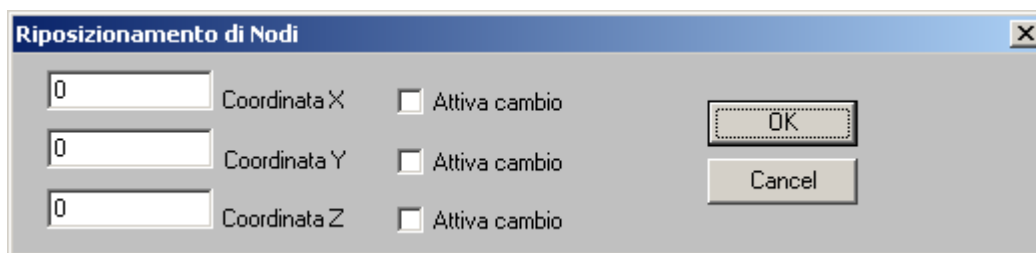
Questo dialogo è lo stesso di quello usato da Samba ed i comandi funzionano allo stesso modo. L'unica differenza è che non è disponibile il comando per l'aggiunta di sezioni composte generiche (mentre si possono aggiungere sezioni composte da angolari e da cantonali ed anche sezioni formate a freddo), e che *non* è utile il pulsante “**File...**” che in Samba consente di leggere le sezioni da un file.

Le unità di misura adottate sono i mm, pertanto nei vari dialoghi ove vengono chieste le quote occorre fornirle in mm.

Una volta descritta la sezione, questa viene aggiunta sotto forma di blocco avente il nome dato alla sezione stessa. Il blocco è poi referenziabile con i metodi ordinari previsti in Autocad.

5. Modifica del comando atto a riposizionare nodi

Il comando atto a riposizionare i nodi è stato migliorato. Ora è possibile modificare anche solo una delle coordinate, o solo due.



Nella figura si vede il nuovo dialogo che consente di definire il cambiamento di posizione.

6. Miglioramento della protezione in Samba

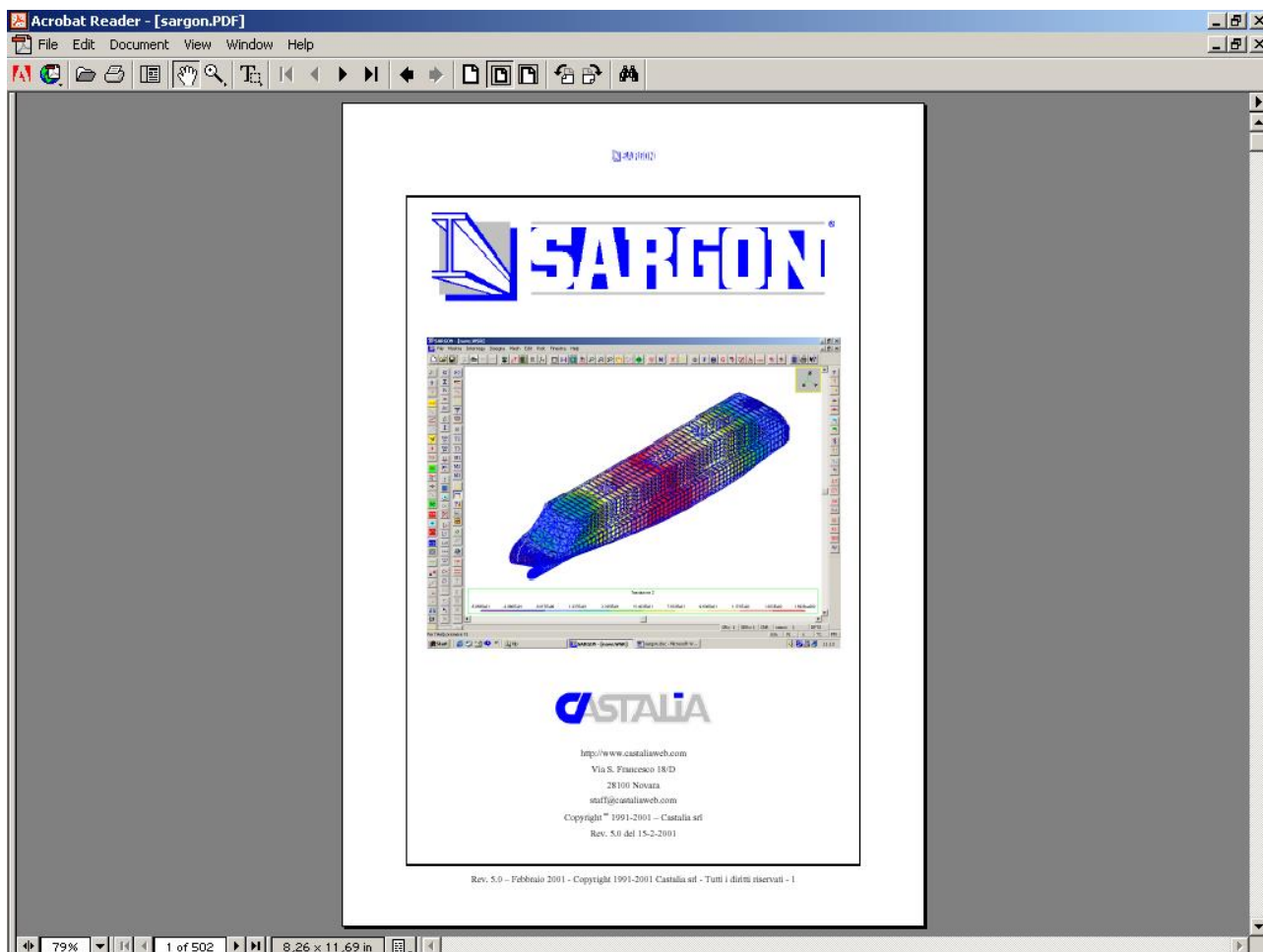
Samba è un programma venduto anche a sé stante. Esso è protetto con due diverse protezioni e, quando il programma è eseguito in modo disgiunto da Sargon, esso è costretto a controllarle tutte e due.

Nella nuova versione Samba fa prima il controllo della protezione Sentinel Super Pro, e dopo il controllo della protezione License Manager. Questo evita il fastidioso susseguirsi dei messaggi “Probably no server running on this mashine”, ecc., che si verificavano all’avvio.

7. Creazione della guida di Sargon in formato PDF

A partire dalla versione 5.50 è disponibile il file “sargon.pdf”, che rappresenta la guida del programma in formato Acrobat Reader. Il file è scaricabile dal sito di Castalia s.r.l.. La dimensione del file è di 3.407 KB (circa 3.4MB).

Il documento, che verrà mantenuto il più possibile aggiornato, contiene quanto nell’help sotto le parti “Come...”, “I comandi del Menu...”, “Guida tecnica alle verifiche”, e tutti i dialoghi. Sono inoltre stati inclusi i documenti relativi ai vari solutori. Mancano gli “Articoli ed altre informazioni”.



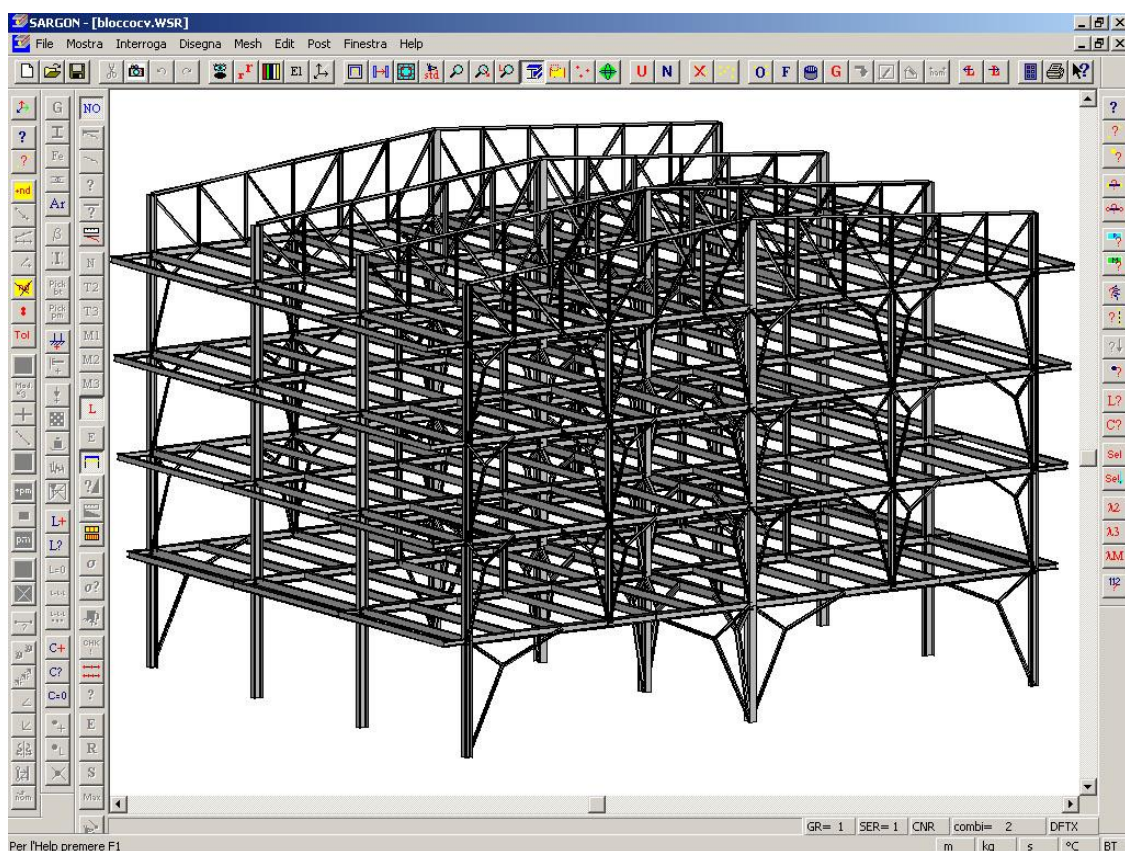
Sebbene il documento consti di circa 500 pagine esso rappresenta solo un primo passo. I problemi trattati dal programma abbracciano un campo che, benchè ridotto per la mancanza di tanti aspetti (problemi assialsimmetrici, piani di deformazione, solidi, nonlineari per materiale, analisi passo passo, ecc.), è semplicemente sterminato. Scopo di questo manuale è quello di raccogliere in un documento consultabile l'insieme di informazioni che sono state scritte nel corso degli anni a corredo del programma: molto ancora v'è da fare.

8. Aggiunta della lingua spagnola al tabulato di output.

Con la nuova versione è possibile produrre tabulati in spagnolo oltre che in italiano ed in inglese. Questa funzionalità consente ai Clienti di lavorare al meglio con tutti i Paesi di lingua spagnola.



Lista modifiche: dalla 5.50 alla 6.00



Castalia s.r.l.
 tel. +39-02-26681083
 fax +39-02-26681876
 E-mail staff@castaliaweb.com
 Via Pinturicchio, 24
 20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 04-05-2002

La versione 6.00 si differenzia dalla precedente 5.50 per una importante serie di ragioni, in parte non rilevabili dall'utente.

Qui di seguito una lista sintetica:

- Modifica del meccanismo di protezione
- Aggiunta visiste solide
- Aggiunta flag di connessione su end-release e modificata visualizzazione degli end release
- I comandi di divisione e di splitting rispettano ora gli end-release originari.
- Clever Leda e Spectrum: aggiunte informazioni identificazione elementi con area nulla o jacobiano errato.
- Sargon: controllo planarità esteso ad area nulla e jacobiano.
- Modificato il meccanismo di assegnazione delle sezioni, ora non è più necessario prenderle dagli archivi, si possono aggiungere *on the fly*.

Dalla versione 6.0 Sargon ha un meccanismo di protezione doppio ed indipendente. Oltre alla protezione Sentinel, Sargon funziona ora anche con protezioni Eutron. Ciò ha consentito di proporre il programma anche nelle versioni da 150/250/500/1000 ed illimitati nodi, con il meccanismo dei canoni annui d'uso. In precedenza Sargon veniva unicamente venduto con illimitati nodi. Ora è possibile dotarsi di licenze da 150/250/500/1000 nodi secondo le proprie esigenze.

Dalla versione 6.0 direttamente in Sargon è possibile avere una resa solida della struttura. Il comando ha un suo bottone nella barra principale, ed è collocato sotto il Menu Mostra-Solidi. Grazie a questo nuovo comando si possono avere immagini che danno una chiara idea dell'oggetto allo studio. Il comando rende disponibile in Sargon parte del lavoro fatto in CSE (Connection Study Environment).

In previsione dell'arrivo del modulo per il calcolo dei collegamenti CSE (Connection Study Environment), in Sargon è stato aggiunto il segno di connessione. Questo segno viene automaticamente messo dal programma quando ci sono end-release, ma può essere aggiunto anche in assenza degli stessi. In generale il segno di connessione non ha alcun peso in Sargon, ma ne ha in CSE per il riconoscimento delle membrature portanti e portate. Se un elemento non ha svincoli ma ha un segno di connessione, al suo estremo viene mostrato il pallino dello svincolo *senza alcun pixel illuminato*.

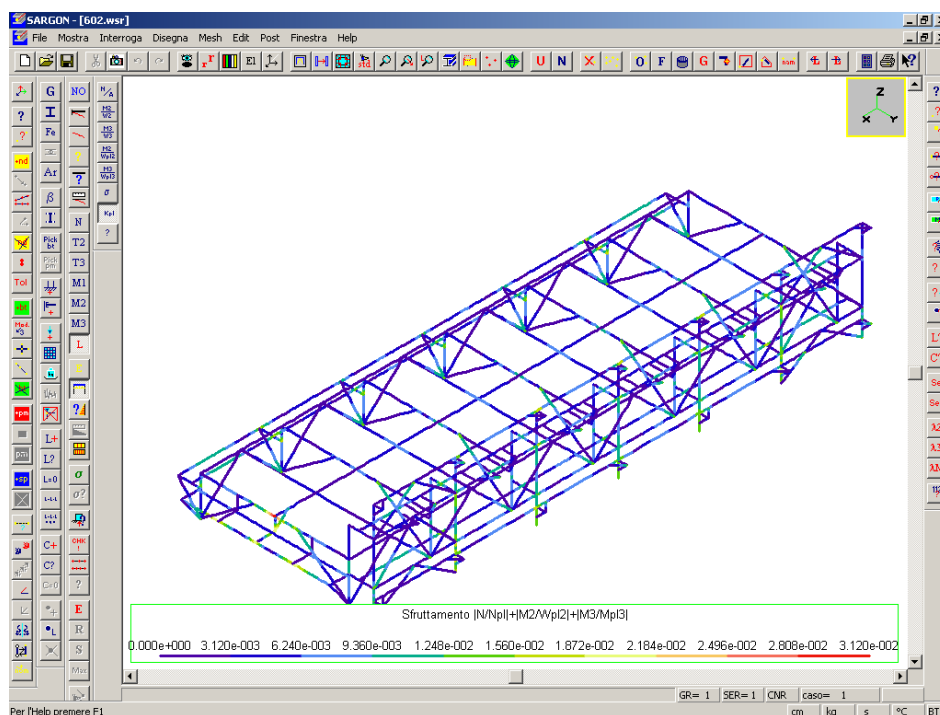
Se una membratura modellata con un elemento beam con end-release agli estremi viene divisa o splittata, dopo l'operazione di divisione o splitting essa conserva la logica degli end release

precedenti.

Se si vuole assegnare una sezione si può ora scegliere se pescarla dagli archivi (quello generale o quello del modello) oppure se aggiungerla direttamente al modello come si farebbe in Samba mediante il comando di aggiunta. In questo caso la sezione sarà assegnata al modello ma non all'archivio. Ciò rende più rapido e flessibile il programma quando si debbano aggiungere sezioni che sono puramente *ad hoc*.



Lista modifiche: dalla 6.00 alla 6.10



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 04-12-2002

La versione 6.10 si differenzia dalla 6.00 per la correzione di una serie di problemi e per l'aggiunta di alcune nuove funzionalità.

Sono stati eliminati i seguenti bug/malfunzionamenti presenti nella versione 6.00:

1. crash ARX importazione in Autocad modelli con più di 56 nodi;
2. crash vista solida in presenza di aste con sezione non attribuita
3. crash load case = 0 in edit casi somma
4. azioni interne sempre con 10 sezioni nel tabulato se non si chiedevano tutti i capitoli
5. Problemi nella analisi a spettro di risposta in presenza di *modelli aventi almeno una molla*, allorchè viene referenziato un modo superiore al primo (o con l'amplificazione modale o con SRSS) , allorchè la analisi viene condotta con tutti i dati nella RAM (soluzione all in core, ragionevolmente eseguita su modelli piccoli e/o in presenza di abbondante RAM). Il problema riguardava il calcolo delle azioni interne nelle aste.
6. Migliorata la vista estrai con la preventiva deselezionazione degli oggetti ancora selezionati nei tank 11, 12, 13.
7. Eliminato problema nella vista solida di elementi a L o a C accoppiati.

Sono state fatte le seguenti modifiche/aggiunte:

1. Il formato della legenda (ad esempio per gli sforzi nelle piastre) è ora dipendente dal formato scelto in Mostra-Oggetti-Dati Numerici -> Formato.
2. La rappresentazione solida è ora sensibile alla scelta del campo Mostra-Elementi-Sezione/Materiale/Gruppo, ecc.
3. Il comando di deselezionazione di tutti gli oggetti si applica ora – a scelta – o a tutti gli oggetti o ai soli oggetti prescelti (nodi/travi e bielle/piastre e membrane/molle/superelementi). La modifica è in fase di sperimentazione.
4. Le macro hanno ora i nuovi tag _UNIT, _FORCENODE, _pBEAM che consentono di generare in automatico le azioni sui modelli mediante macro. La macro runningload.scm illustra l'applicazione di queste macro ai carichi mobili su una ipotetica trave da ponte. E' ora possibile generare macro che applichino i carichi sulle strutture, e quindi è aperta la strada alla automazione della creazione di modelli di capriate/travi continue/ecc. completi di carichi.

5. Migliorata la stampa del tabulato. E' ora possibile scegliere se stampare le azioni interne e gli spostamenti solo nei casi, solo nelle combinazioni o in entrambi (casi e combinazioni).
6. Aggiunti vari nuovi comandi che si riferiscono agli sforzi negli elementi trave e biella (cfr sull'argomento la sezione successiva). Questi comandi sono sia a schermo che nel tabulato, sia per casi che per combinazioni che per l'involuppo. Nel tabulato anche l'involuppo dell'involuppo. Grazie a questi comandi si ha un'idea approssimata della situazione prima della esecuzione delle verifiche. A questi nuovi comandi corrisponde una seconda barra di bottoni di post processing (POST2).

I nuovi comandi relativi agli sforzi

Scopo di questi nuovi comandi non è fornire un dettagliato quadro della situazione puntuale degli sforzi all'interno delle sezioni, bensì fornire una serie di informazioni base utili per la valutazione dello stesso. Sono plottabili come mappa a colori, ed interrogabili, nonché stampabili tutti i seguenti nuovi dati di calcolo, che si affiancano alle azioni interne già calcolate dal programma:

1. N/A sforzo assiale con segno
2. M2/W2 massimo sforzo flettente elastico sull'asse 2 con segno
3. M3/W3 massimo sforzo flettente elastico sull'asse 3 con segno.
4. M2/Wpl2 tensione di snervamento del materiale che corrisponderebbe ad un pieno sfruttamento plastico sotto il momento M2 applicato.
5. M3/Wpl3 tensione di snervamento del materiale che corrisponderebbe ad un pieno sfruttamento plastico sotto il momento M2 applicato.
6. $|N/A| + |M2/W2| + |M3/W3|$ stima semplificata del massimo valore di tensione elastica. Nel caso dei tubi e delle sezioni circolari piene – data la loro importanza e frequenza- la formula viene sostituita nei calcoli dalla seguente (esatta): $|N/A| + |M/W|$, essendo M la risultante dei due momenti applicati. Nel caso di profili non doppiamente simmetrici, ad esempio le [o le L, la formula porta in generale ad una sovrastima dello sforzo.
7. $|N/Npl| + |M2/Mpl2| + |M3/Mpl3|$ sfruttamento plastico semplificato (usa la f_y del materiale assegnato senza coefficienti γ). Npl è valutato come Af_y , M_{pl2} come $W_{pl2}f_y$ e M_{pl3} come $M_{pl3}f_y$.

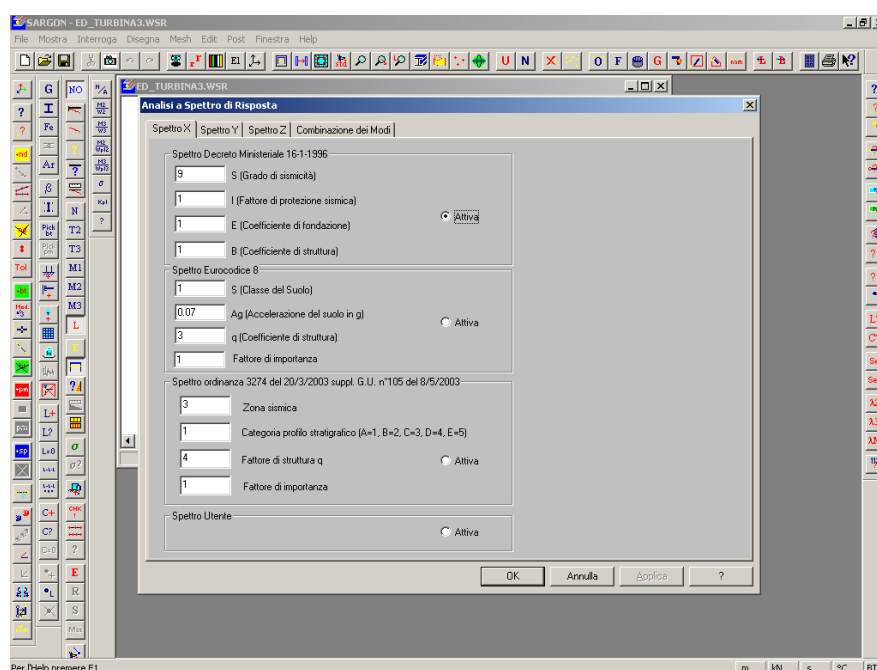
Le quantità 6) e 7) sono quantità indice del cemento della sezione e sono a favore di sicurezza. Non è il modulo base la sede per calcolare gli sforzi ed i domini limite in modo più aderente al dettato delle varie normative, questa operazione è compiuta dai verificatori. Questi indicatori possono però aiutare ad inquadrare rapidamente i possibili problemi.

In pratica per ognuna di queste quantità è possibile avere:

- una mappa a colori sulla struttura che dà un'idea dei valori in gioco, sia per i casi di carico base che per ciascuna combinazione.
- Un comando di interrogazione sui punti interni dell'asta che dà i valori puntuali nel caso o nella combinazione prescelti.
- Una mappa a colori con l'involuppo al variare delle combinazioni, ed il corrispondente comando di interrogazione.
- Tre sezioni del tabulato corrispondenti ai valori nei casi/combinazioni, agli involuppi ed agli involuppi degli involuppi. Il tabulato è sensibile agli oggetti selezionati. Gli involuppi degli involuppi plottano il massimo delle varie quantità al variare delle combinazioni, e degli elementi selezionati. Pertanto, selezionando prima della creazione del tabulato gruppi di elementi affini, è possibile conoscere il massimo valore degli indicatori al variare degli elementi e delle combinazioni. Analoga informazione è ottenibile a schermo estraendo parte degli elementi dal resto della struttura.



Lista modifiche: dalla 6.10 alla 6.60



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 02-11-2003

INTRODUZIONE	74
AGGIUNTA DI NUOVI ELEMENTI FINITI.....	75
PREDISPOSIZIONE DEL PROGRAMMA PER LA FREQUENCY RESPONSE	77
AGGIUNTA DI COMANDI E FUNZIONALITÀ IN DIREZIONE DELLA ORDINANZA 3274.	83
AGGIUNTA DI COMANDI INTERROGAZIONE STATO DI SFORZO NELLE MOLLE	88
RIMOZIONE DI Malfunzionamenti.....	88
COME SEGNALARE UN Malfunzionamento	89
SEGNALAZIONE EDITORIALE.....	90

9. Introduzione

La nuova versione 6.60 si differenzia dalla precedente rilasciata, 6.10, a causa della introduzione di nuove importanti funzionalità, ed a causa della rimozione di alcuni malfunzionamenti.

La versione 6.60 presenta numerose migliorie e modifiche, e, tra le altre cose, modifica il formato dei file wsr e sr2.

La lista delle modifiche è la seguente:

1. Aggiunta di due nuovi elementi finiti per la parte membranale dello stato di sforzo, entrambi a 4 nodi. La modifica riguarda tutti i solutori (CLEVER, LEDA, SOCLEVER).
2. Predisposizione del programma alla analisi di FREQUENCY RESPONSE, grazie al solutore di imminente rilascio.

3. Aggiunta di comandi e funzionalità in direzione della ordinanza 3274, per le parti di possibile interpretazione e programmazione (spettri di normativa, CQC).
4. Aggiunta di comandi atti a conoscere lo stato di sforzo nelle molle.

10. Aggiunta di nuovi elementi finiti

A partire dalla versione 6.50 di Sargon è stata aggiunta la possibilità di scegliere tra diversi tipi di elementi finiti per eseguire un'analisi. Questa scelta – senza nulla levare alla possibilità di scegliere gli elementi proposti, e quindi senza obbligare a decidere – consente all'analista di fare una serie di studi e di validazioni altrimenti impossibili.

Grazie a questa nuova funzionalità lo stesso problema può essere fatto calcolare con le diverse formulazioni senza alcuna difficoltà. Lo studio delle differenti risposte, tenute in conto le differenti proprietà degli elementi finiti (alcuni dei quali approssimano “dal basso”, ovvero sovrastimando le rigidezze, mentre altri no), può consentire di capire meglio dove possa trovarsi la soluzione “esatta”. Inoltre l'esecuzione di calcoli con differenti elementi finiti consente di avere un maggior grado di controllo sulla attendibilità della risposta. In quanto segue si darà una guida all'uso dei vari elementi finiti presenti in Sargon.

ELEMENTI FINITI ATTI A DISCRETIZZARE LA PARTE MEMBRANALE

Si intendono non solo gli elementi membrana ma anche gli elementi plate-shell nella loro parte membranale. La scelta riguarda sia gli uni che gli altri e non può essere fatta disgiuntamente.

Al momento è possibile scegliere, per gli elementi a 4 nodi, tre diverse possibili formulazioni:

- Elemento isoparametrico bilineare ad integrazione piena (QUAD4).
- Elemento isoparametrico bilineare ad integrazione selettiva (QUAD4SRI)
- Elemento incompatibile con correzione di Wilson-Ibrahimbegovic (QM6WI).

QUAD4

Si tratta di un elemento classico che possiede la importante proprietà di essere conforme. Questo vuol dire che

esso ha la proprietà di essere sempre più rigido del vero, in modo che gli spostamenti ottenuti con questo elemento sono sempre inferiori a quelli esatti. Una serie di mesh via via più fitte, e fatte in modo tale da contenere sempre i nodi delle mesh precedenti, porta a convergere alla soluzione esatta in modo monotono. Questa importante proprietà consente di studiare la convergenza con una certa confidenza.

Il principale difetto di questo elemento è che tende ad essere eccessivamente rigido quando inflesso (*locking*), con mesh non molto fitte. Se ad esempio si modella un nucleo scale con elementi di questo genere in numero insufficiente (piastre o membrane che siano) le pareti soggette a flessione a mò di mensola tenderanno a spostarsi troppo poco, sottostimando la risposta dell'edificio (per un esempio vedi [1]).

Quando si usa questo tipo di elementi occorre quindi eseguire mesh con una discretizzazione molto fitta, o, per lo meno, studiare il cambiamento della risposta al variare della mesh in modo da quantificare la variazione della risposta. In compenso si ha una chiara informazione circa il posizionamento della risposta rispetto a quella esatta.

QUAD4SRI

Per ovviare ai fenomeni di locking connessi con l'elemento bilineare sono stati proposti vari sistemi atti a diminuire la rigidità dell'elemento. Il primo metodo fa uso di un'integrazione ridotta, ma esso genera rilevanti problemi in quanto vi sono dei movimenti che possono avvenire a prezzo di un'energia di deformazione nulla (modi spurii). In seguito è stato proposto il metodo della integrazione selettiva (SRI, selective reduced integration), che comporta un differente modo di integrare la parte della matrice di rigidità collegata alla energia di deformazione "estensionale" (2x2 punti di Gauss), rispetto alla parte della matrice di rigidità collegata alla energia di deformazione tagliante (1x1 punto di Gauss). L'elemento QUAD4SRI usa questo tipo di integrazione e quindi migliora sensibilmente le prestazioni dell'elemento QUAD4. In compenso vengono perse le proprietà legate alla convergenza, ragion per cui per questo elemento non si può dire se lo spostamento calcolato sia minore o maggiore di quello esatto. Per una approfondita discussione sulle tecniche di integrazione selettiva si rimanda ad esempio a [3] ed a [4], esponenti a riguardo di correnti di pensiero piuttosto diverse.

QM6WI

Sempre al fine di migliorare l'elemento a 4 nodi sono stati proposti elementi non compatibili (e quindi privi delle proprietà di convergenza dell'elemento QUAD4) i quali presentano, rispetto al normale QUAD4, 4 ulteriori parametri di interpolazione (2 per u e 2 per v). Questi elementi (elementi Q6) mostravano di comportarsi bene finchè rettangolari, ma non passavano il patch test se distorti. Per risolvere il problema del patch test sono state proposte delle correzioni (da Q6 a QM6) delle quali la migliore e più convincente è quella proposta da Wilson e Ibrahimbegovic [2], qui denominata QM6WI. L'elemento a quattro nodi in questione ha un eccellente comportamento già con mesh non molto fitte, e si pone quindi, nonostante la non-compatibilità, come uno degli elementi di elezione per l'analisi degli stati di sforzo membranali.

A titolo di esempio riportiamo da [1] una serie di risultati comparativi ottenuti su una mensola caricata all'estremo (un classico benchmark reperibile identico in letteratura), rispettivamente con i vari elementi finiti presenti in Sargon ed anche con l'elemento di Taylor-Simo presente in Sap90 ed in Sap2000 (TAYL4, il calcolo è stato fatto usando Sap90). Sono riportati i rapporti tra la soluzione calcolata e quella esatta per la freccia all'estremo e per la tensione normale all'estradosso a distanza H dall'incastro, essendo H l'altezza della mensola. I dati sono i seguenti: L=48cm, H=12cm, t=1cm, E=200kN/mm², $\nu=0.25$, P=40kN applicato a mezza altezza.

Mesh	Elementi	Dof	v_A	σ_{xB}
2x8	16QUAD4	48	0.890	0.928
4x16	32QUAD4	160	0.970	0.987
2x8	16QUAD4SRI	48	0.974	1.022
4x16	32QUAD4SRI	160	0.995	1.013
2x8	16QM6WI	48	0.990	1.001
4x16	32QM6WI	160	0.999	1.000
2x8	16TAYL4	72	0.984	1.034
4x16	32TAYL4	240	0.997	1.016

BIBLIOGRAFIA

- [1] P.Rugarli "Calcolo Strutturale con gli Elementi Finiti", EPC Libri, Roma, Settembre 2003 (in uscita in autunno 2003).
- [2] E.L.Wilson, A. Ibrahimbegovic, "Use of incompatible displacement modes for the calculation of element stiffnesses and stresses", *Finite Elements in Analysis and Design*, 7, 1990, 229-241
- [3] R.H. MacNeal, "Finite Elements: Their Design and Performance", Marcel Dekker Inc., 1994
- [4] K.J.Bathe, "Finite Element Procedures", Prentice Hall, 1996

11. Predisposizione del programma per la FREQUENCY RESPONSE

Per eseguire l'analisi di risposta in frequenza con FREQUENCY è necessario usare il comando Analizza e attivare l'opzione relativa alla analisi corrispondente. La analisi di frequency response deve essere eseguita da sola, non può essere eseguita in cascata con altre.

Per poter eseguire una analisi di frequency response è necessario:

1. che sia preventivamente stata eseguita una analisi modale con LEDA;
2. che sia disponibile almeno un caso di carico con delle forze nodali applicate; se il numero di casi di carico è pari ad n (con $n > 2$) l'ultima condizione di carico deve essere vuota. Non si possono avere due soli casi di carico, si va da 1 a 3,4,5,...
3. che le azioni applicate nei casi di carico non vuoti siano tutte o forze o coppie nodali.

GENERALITA'

Quando un insieme di forze armoniche sollecita una struttura la risposta dinamica a regime della struttura, passata la fase iniziale di transitorio- è anch'essa di tipo armonico, e con la stessa frequenza della forzante.

Le ampiezze degli spostamenti e l'intensità degli sforzi a regime dipendono dalla intensità e dalla frequenza della forzante, oltre che dal valore dello smorzamento viscoso equivalente attribuito a ciascuno degli oscillatori semplici associati ai modi.

Se la forzante ha una frequenza prossima ad uno dei modi principali di vibrare della struttura, la risposta della stessa struttura può essere amplificata anche notevolmente, in tal caso come è noto si parla di risonanza.

Con la versione 6.60 Sargon aggiunge alla lista dei propri solutori anche il solutore per la analisi di risposta in frequenza (frequency response). Fanno parte dei dati di input da fornire, oltre alla parte statica delle forze (intensità e direzione, fornite nel solito modo al programma) anche la frequenza della forzante (ogni caso di carico ha una sua frequenza e si suppone che tutte le forze in esso presenti agiscano in fase), la distribuzione dello smorzamento in funzione della frequenza dei modi, l'insieme dei modi da tenere in conto.

Se la struttura è sollecitata da due o più insiemi di forze agenti a frequenze differenti, nell'ultimo caso di carico (vuoto) vengono posizionate le stime degli spostamenti e degli sforzi

risultanti dalla contemporanea presenza di tutte le forze con le loro frequenze differenti. In questo ultimo caso, dopo aver calcolato la risposta per ciascuna forzante e collocato tale risposta nel caso di carico corrispondente, il programma valuta l'effetto combinato e lo colloca nell'ultimo caso di carico, vuoto di azioni applicate. Se vi è un solo caso di carico tale operazione non viene compiuta. Il metodo usato per combinare gli effetti delle diverse forzanti è di tipo statistico, poiché una analisi deterministica richiederebbe di conoscere esattamente tutte le varie fasi. Sono disponibili i seguenti metodi di combinazione degli effetti:

- SRSS radice quadrata della somma dei quadrati delle ampiezze;
- Valore efficace (in pratica il precedente diviso per la radice di 2);
- Somma dei valori assoluti.

Vediamo ora nel dettaglio in che modo fornire le varie informazioni, ed il loro esatto significato.

AZIONI APPLICATE

Le azioni vengono applicate essendo raggruppate in casi di carico così come si fa per le azioni agenti staticamente. Ad ogni caso di carico viene poi associata una certa frequenza (questo si fa quando si impostano i dati per la analisi). Se **F** è una forza applicata nel generico caso di carico avente frequenza *f* (in hertz), si suppone che sulla struttura agisca la forza agente dinamicamente pari a $F\sin(2\pi fT)$, dove “T” è il tempo. Le forze possono essere applicate solo sui nodi. Possono essere applicate sia forze che coppie (si parla di fatto di forze in senso generalizzato).

Se in un caso di carico avente frequenza *f* sono presenti due (o più) forze **S** e **T**, si fa l'ipotesi che le forze agiscano contemporaneamente ed in fase: $S\sin(2\pi fT) + T\sin(2\pi fT)$.

FREQUENZA DELLE AZIONI APPLICATE

La frequenza viene indicata per ciascun caso di carico. Se c'è un unico caso di carico la frequenza è indicata dall'utente per quel caso di carico. Se ci sono tre o più casi di carico la frequenza viene indicata per tutti i casi ad eccezione dell'ultimo, usato per combinare i vari casi tra loro.

La frequenza viene indicata (in hertz) nel dialogo che consente di impostare i dati dell'analisi, in analogia a quanto già previsto per le altre tipologie di analisi possibili.

SMORZAMENTO

In assenza di una qualche forma di smorzamento il moto non assumerebbe le caratteristiche di stabilità nel tempo che invece assume. Ovviamente, all'aumentare dello smorzamento il moto e gli sforzi tendono a diminuire di intensità. Lo smorzamento è definito per ogni modo di vibrare per mezzo di una curva, definita per punti, che correla la frequenza dei vari modi allo smorzamento ad essi associato. Per smorzamento si intende “smorzamento relativo al critico”, e pertanto numeri ragionevoli vanno dal 3 al 10% (0.03-0.10) per le strutture ordinarie. La possibilità di definire la curva in modo che lo smorzamento vari con la frequenza dei singoli modi consente di associare a modi con frequenza via via crescente smorzamenti via via superiori (o inferiori). In pratica, nota per punti la curva $\xi = \xi(f) \Rightarrow \xi(1/T)$, e nota la frequenza ($1/T$) di un certo modo, si determina lo smorzamento ξ ad esso associato.

Dato che il numero di modi può anche essere molto elevato si è preferito definire lo smorzamento come una curva piuttosto che come una tabella di numeri. Lo smorzamento viene definito nel dialogo usato per impostare l'analisi.

MODI DA TENERE IN CONTO

Sebbene in linea di principio tutti i modi debbano entrare nella analisi, la presenza di modi spurii o locali può richiedere che parte dei modi non sia tenuta in conto nell'analisi, onde scartare questi effetti locali o parassiti. Il programma, sempre per mezzo dello stesso dialogo, consente, se necessario, di scegliere quali modi devono essere tenuti in conto nella analisi. Il metodo consente anche di valutare indirettamente l'incidenza che ciascun modo o gruppo di modi ha sulla risposta finale, consentendo quindi di affinare gli interventi di progetto volti a modificare la forma o la frequenza del modo o del gruppo di modi rilevante.

METODO DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Quando agiscono contemporaneamente più insiemi di azioni a frequenza differenti, la risposta complessiva finale dipende strettamente dalle fasi che, in genere, sono variabili aleatorie. In questo caso è possibile arrivare ad una stima di tipo probabilistico delle ampiezze finali del moto e degli sforzi combinando tra loro le ampiezze delle sinusoidi associate alla risposta a ciascuna forzante presa separatamente. Il ragionamento è simile a quello che si fa combinando gli effetti in una analisi a spettro di risposta (anche se qui le sinusoidi hanno le frequenze delle forzanti e non quelle dei modi).

Il solutore dispone al momento di tre possibili criteri di combinazione: la radice quadrata

della somma dei quadrati (SRSS), il valore efficace (ottenibile dividendo il precedente per radice di 2), la somma dei moduli. Ovviamente il più cautelativo dei metodi è l'ultimo, anche se esso porta, in genere, ad una eccessiva sopravvalutazione degli effetti. Se le frequenze delle forzanti, pur non essendo identiche, sono tuttavia vicine, allora è lecito attendersi la somma delle ampiezze e non la SRSS.

COMBINAZIONE CON CASI STATICI

Se si intende combinare un caso di frequency response con uno o più casi di carico statici occorre seguire questa procedura. Il file “padre” è il file che contiene i casi di carico statici. Uno di questi casi di carico (o più: tanti quanti sono i casi di carico presi dalla analisi di frequency response) viene lasciato vuoto. Il modello viene poi salvato con un altro nome. Questo nuovo modello subisce l'analisi modale e l'analisi di frequency response con il numero di casi di carico dinamici desiderati. A questo punto l'applicazione “mergedbase.exe” eseguibile dalla riga di comando, prende gli spostamenti e le sollecitazioni dei casi di carico dinamici desiderati del modello “figlio” e li pone nelle desiderate posizione dei casi di carico del modello “padre” (quei casi di carico lasciati preventivamente vuoti).

E' da notare che tutti gli sforzi e tutti gli spostamenti di una analisi di risposta in frequenza sono positivi (la risposta è sinusoidale ed oscilla tra il valore positivo indicato ed un identico valore negativo).

IL DIALOGO PER L'IMPOSTAZIONE DEI DATI

Frequency Response

Frequenze delle forzanti caso per caso (hz)

Caso	Freq. (hz)
1	1.000
2	1.000
3	1.000
4	1.000
5	1.000
6	1.000
7	1.000
8	1.000

esempio:
1 5.3
2 1.2

Combinazione casi

☒ SRSS

☐ Valore efficace

☐ Somma dei moduli

Smorzamento modale

2 Numero punti

Freq. (hz)	Smorz. (nu)
0.000e+000	0.000e+000
1.000e+002	5.000e-002

esempio:
2.5 0.05
10.0 0.10

Modi da tenere in conto

<input checked="" type="checkbox"/> # 1
<input checked="" type="checkbox"/> # 2
<input checked="" type="checkbox"/> # 3
<input checked="" type="checkbox"/> # 4
<input checked="" type="checkbox"/> # 5
<input checked="" type="checkbox"/> # 6
<input checked="" type="checkbox"/> # 7
<input checked="" type="checkbox"/> # 8

OK

Cancel

Questo dialogo consente di impostare il funzionamento del solutore per l'analisi di risposta in frequenza.

Nel riquadro in alto a sinistra "**Frequenza delle forzanti caso per caso (hz)**" vengono stabiliti i valori di frequenza delle forzanti caso per caso a partire dal primo. Se il numero di casi di carico è maggiore di 1 l'ultimo caso di carico non compare, essendo riservato alla combinazione degli effetti.

Nel riquadro in basso a sinistra (**Smorzamento modale**) vengono definiti i punti che individuano la curva che dà lo smorzamento in funzione della frequenza. Se il numero di punti cambia occorre specificare il nuovo valore e poi premere il tasto **Aggiorna**. Per ogni punto occorre fornire prima la frequenza (in hertz) e poi lo smorzamento relativo al critico.

Nel riquadro in basso a sinistra (**Modi da tenere in conto**) si selezionano o deselectano i modi a seconda che si desideri o meno tenerne conto nei calcoli. Il pulsante **Tutti** consente di specificare che si vogliono tenere in conto tutti i modi, nessuno escluso.

Il riquadro in alto a destra (**Combinazione Casi**) consente di specificare il metodo da impiegare per combinare gli effetti di diversi insieme di forze agenti a frequenze differenti. Sono possibili tre sistemi: SRSS (radice quadrata della somma dei quadrati), valore efficace e somma dei moduli.

I FILE DI INPUT E DI OUTPUT DI FREQUENCY

Il solutore ha un file di input formattato, creato automaticamente da Sargon che ha estensione .fin. Il file di output ha estensione .fou, mentre il file di diagnostica ha estensione .fog. L'output è scritto direttamente sui file binari .sdb e .ddb, ed è quindi necessario che una analisi statica “dummy” venga eseguita preliminarmente alla analisi di frequency response. Per il calcolo il solutore si avvale dei dati scritti dai file binari di output di LEDA, vale a dire il file .msb e .mdb: pertanto l'analisi modale deve essere eseguita prima della frequency.

12. Aggiunta di comandi e funzionalità in direzione della Ordinanza 3274.

PREMESSA

La posizione di Castalia s.r.l. nei riguardi della Ordinanza 3274 e della successiva 3316 è nota (vedasi in www.castaliaweb.com/ita/norme_sismiche.asp). Al momento riteniamo che diverse parti delle Ordinanze richiedano dettagliate spiegazioni, e quindi attendiamo le circolari o i documenti scritti ed ufficiali esplicativi.

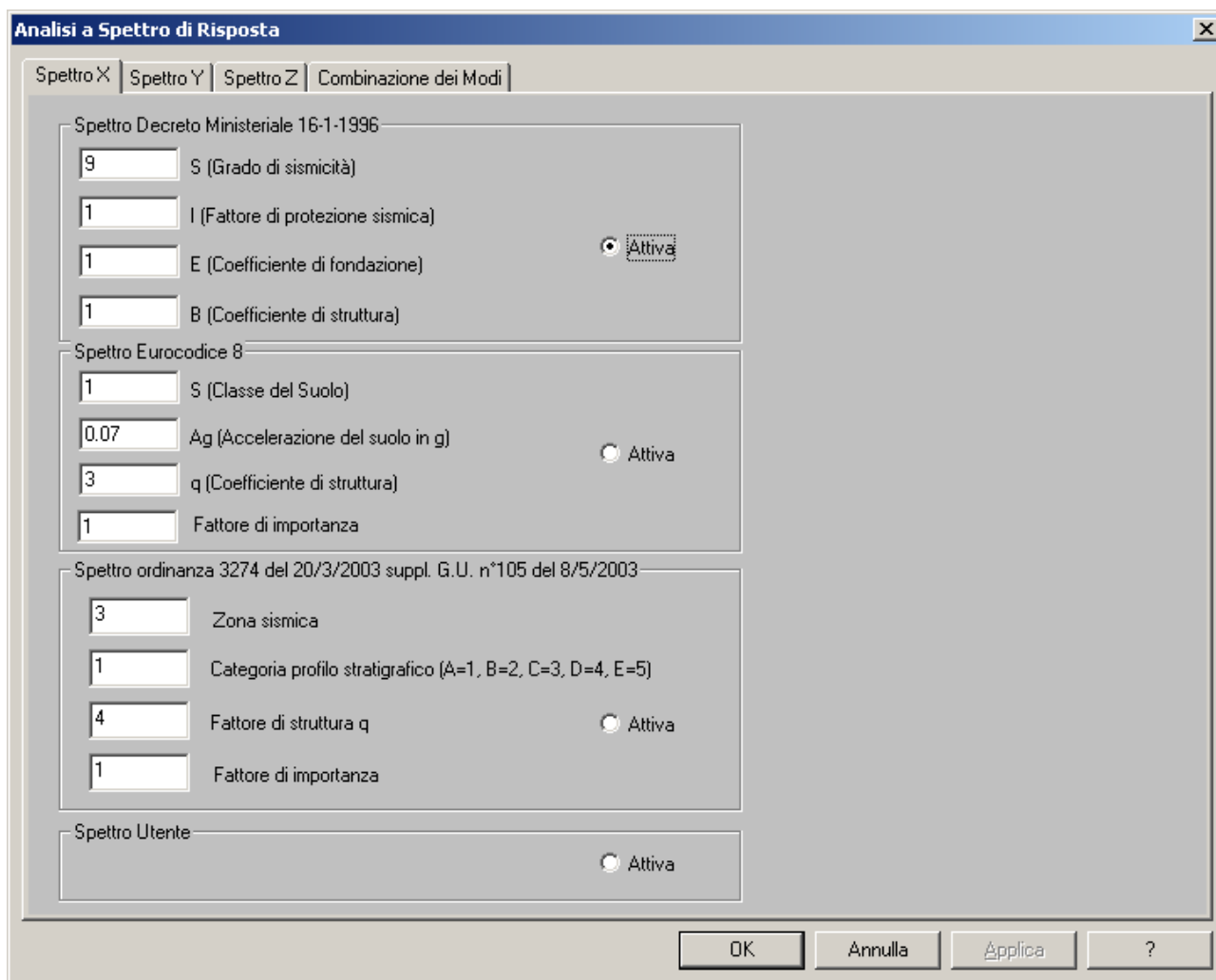
In particolare, dopo una prima lettura delle Ordinanze, si ritiene che il bacino delle prescrizioni di cui Sargon dovrà tenere conto sia il seguente:

1. Eccentricità accidentale
2. Spettri di normativa
3. CQC
4. Comandi di check sulla gerarchia delle resistenze intesi in senso convenzionale.
5. Norme CNR agli stati limite
6. Comandi di check sulla duttilità delle strutture in acciaio

Dei punti elencati la versione 6.60 implementa il 2 ed il 3. I punti 1, 4 e 6 sono al momento non implementabili in quanto si aspettano chiarimenti. Il punto 5 è stato posto al primo posto delle cose da fare, e sarà realizzato entro pochi mesi (al massimo entro la fine di marzo, si ritiene prima).

Qui di seguito si danno le note di rilascio relative ai punti implementati.

ESTRATTI DAL MANUALE



Analisi a Spettro di Risposta

Spettro X | Spettro Y | Spettro Z | Combinazione dei Modi

Spettro Decreto Ministeriale 16-1-1996

9 S (Grado di sismicità)

1 I (Fattore di protezione sismica)

1 E (Coefficiente di fondazione)

1 B (Coefficiente di struttura)

☒ Attiva

Spettro Eurocodice 8

1 S (Classe del Suolo)

0.07 Ag (Accelerazione del suolo in g)

3 q (Coefficiente di struttura)

1 Fattore di importanza

☐ Attiva

Spettro ordinanza 3274 del 20/3/2003 suppl. G.U. n°105 del 8/5/2003

3 Zona sismica

1 Categoria profilo stratigrafico (A=1, B=2, C=3, D=4, E=5)

4 Fattore di struttura q

1 Fattore di importanza

☐ Attiva

Spettro Utente

☐ Attiva

OK Annulla Applica ?

Per ognuna delle tre possibili direzioni principali, X, Y e Z è necessario stabilire lo spettro di risposta. Lo spettro può essere quello previsto dal DM 24-1-1986, quello previsto dall'Eurocodice 8, quello previsto dalla Ordinanza 3274 del 20-3-2003 o uno spettro definito dall'utente.

[....]

Nel caso in cui si debba fornire lo spettro in accordo alla Ordinanza 3274 occorre specificare la

zona (1, 2, 3, o 4), il profilo stratigrafico (A, B, C, D, E), il coefficiente di importanza (1 per edifici ordinari, fino a 1.4 per edifici di particolare importanza) e, infine, il fattore di struttura q.

[....]

12.1.1.1.1. Come combinare i modi

[....]

L'analisi a spettro di risposta serve a ottenere risultati fruibili in termini di verifiche a partire dai risultati di un analisi modale. SPECTRUM fa questo in tre modi: con il metodo NRC Guide 1.92, o anche SRSS method (square root of the sum of the square); con la Complete Quadratic Combination (CQC); e con il metodo dell'amplificazione modale.

[....]

Il metodo della CQC (complete quadratic combination) richiede di specificare tre cose.

La prima è lo smorzamento associato ai modi. Nella versione implementata (che è quella proposta dalla Norma) lo smorzamento resta eguale da modo a modo, e va quindi specificato una volta per tutte. In genere si assumono valori compresi tra 0.03 (3%) e 0.1 (10%).

La seconda cosa che occorre specificare è se si debbano tenere i segni dei singoli modi oppure se si debba prendere il valore assoluto. Si noti che il segno finale sarà comunque perso: i segni influenzano solo i termini che accoppiano modi diversi (doppi prodotti nel quadrato del binomio) e quindi possono far ottenere risultati anche minori di quelli ottenibili mediante SRSS.

La terza è se si vogliono introdurre delle correzioni ai segni oppure no. Il significato delle correzioni (n, mt, m2, m3) è identico a quello già descritto per la SRSS, e pertanto si rimanda a quanto già chiarito precedentemente.

Il tabulato di SPECTRUM (file rou) è stato modificato aggiungendo (per controllo della bontà dei calcoli) alcuni dati che prima non c'erano. Qui di seguito un esempio con i commenti in grassetto.

```

////////////////////////////////////
////////
////////////////////////////////////
////////

```

```

//////// RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS //////////
////////
////////
//////// Castalia s.r.l. - Milano - 1995-2003 all rights reserved //////////
////////////////////////////////////

```

Model name----> C:\ANALISI\660\bloccocv

Number of node = 414
 Number of groups = 3
 Number of modes = 12
 Number of seisimc load cases = 2

Case = 1 Sx = 1.0000e+000 Sy = 0.0000e+000 Sz = 0.0000e+000
 Case = 2 Sx = 0.0000e+000 Sy = 1.0000e+000 Sz = 0.0000e+000

Qui viene detto il metodo di combinazione dei modi utilizzato, ed i suoi parametri

CQC WILSON-DER KIUREGHIAN METHOD APPLIED

Modal signs will be kept.

Modal damping = 1.0000e-001

Sign of N will be left unchanged.

Sign of Mt will be left unchanged.

M2 and T3 will be left unchanged.

M3 and T2 will be left unchanged.

```

////////////////////////////////////
//////// SPECTRUM DATA //////////
////////////////////////////////////

```

SPETTRO X

Italian PCM vuol dire "Presidenza Consiglio Ministri"

La zona viene data indirettamente per mezzo della accelerazione del suolo in g

Il fattore di importanza è già applicato e non dovrà essere poi riaggiunto nelle combinazioni

---- Italian PCM 3274 March, 20, 2003 spectrum ----

Subsoil class [A=1, B=2, C=3, D=4, E=5] = 1

Design ground acceleration [in g] = 1.5000e-001

Behaviour factor = 4.0000e+000

Importance factor = 1.0000e+000

SPETTRO Y

---- Italian PCM 3274 March, 20, 2003 spectrum ----

Subsoil class [A=1, B=2, C=3, D=4, E=5] = 1

Design ground acceleration [in g] = 1.5000e-001

Behaviour factor = 4.0000e+000

Importance factor = 1.0000e+000

Volendo è sempre possibile utilizzare spettri diversi per le varie direzioni

SPETTRO Z

---- Italian DM 24-1-1986 spectrum ----

Grado di sismicità = 9

Coefficiente di protezione sismica = 1.0000e+000

Coefficiente di fondazione = 1.0000e+000

Coefficiente di struttura = 1.0000e+000

Questi sono i coefficienti di risposta in g tenendo in conto le tre possibili direzioni del sisma (e quindi i tre possibili spettri). Nei coefficienti di risposta sono inglobati tutti i parametri, incluso quello di importanza.

Response Spectrum Coefficients

Mode #	Period(sec)	Frequency(hz)	Cx(g)	Cy(g)	Cz(g)
1	2.011	0.497	3.0000e-002	3.0000e-002	3.7872e-002
2	1.925	0.519	3.0000e-002	3.0000e-002	3.8992e-002
3	1.643	0.609	3.0000e-002	3.0000e-002	4.3343e-002
4	0.920	1.087	4.0765e-002	4.0765e-002	6.3794e-002
5	0.901	1.110	4.1622e-002	4.1622e-002	6.4684e-002
6	0.860	1.163	4.3621e-002	4.3621e-002	6.6739e-002
7	0.778	1.286	4.8217e-002	4.8217e-002	7.0000e-002
8	0.736	1.360	5.0985e-002	5.0985e-002	7.0000e-002
9	0.728	1.373	5.1502e-002	5.1502e-002	7.0000e-002
10	0.624	1.603	6.0101e-002	6.0101e-002	7.0000e-002
11	0.591	1.692	6.3444e-002	6.3444e-002	7.0000e-002
12	0.591	1.693	6.3497e-002	6.3497e-002	7.0000e-002

Questi sono, per ogni possibile direzione del sisma, i coefficienti globali, vale a dire i numeri che moltiplicati per le componenti di spostamento modali (vedi file .dou) danno lo spostamento in mm per il modo considerato e per la direzione di sisma immaginata. L'ultima colonna riepiloga il metodo che verrà usato per combinare i modi, distinguendo il caso di amplificazione modale, che richiede tecniche numeriche diverse.

Global modal response factors for Earthquake in x, y, z direction

Mode #	Kx (mm)	Ky (mm)	Kz (mm)	Method
1	3.0128e-004	-8.8037e+001	-1.0739e-006	SRSS or CQC
2	2.0954e-005	1.5324e+003	2.1190e-005	SRSS or CQC
3	1.1442e+003	-4.9283e-006	-1.3573e-001	SRSS or CQC
4	-3.5020e-006	1.1908e+001	-4.0955e-007	SRSS or CQC
5	-9.4073e-003	-3.7958e-010	3.1321e-004	SRSS or CQC
6	2.3508e-006	-3.2340e+001	1.1156e-006	SRSS or CQC
7	6.7958e-007	1.1996e+002	-3.0937e-006	SRSS or CQC
8	-4.3883e-003	1.1787e-008	2.1777e-004	SRSS or CQC
9	4.6467e-007	-2.3736e+001	3.3457e-007	SRSS or CQC

10	-2.1833e-006	2.3511e+001	-7.5548e-007	SRSS or CQC
11	-9.4775e-003	-2.4979e-005	5.2262e-002	SRSS or CQC
12	-8.7573e-005	-1.7628e+001	-9.8659e-005	SRSS or CQC

Questi vengono stampati solo se si chiede la CQC. Sono i fattori di correlazione modale, devono sempre essere ≤ 1 . Della matrice completa si dà la sola parte triangolare superiore.

Cross Correlation Factors

Mode "i" =	1	Mode "j" =	1	wi/wj=	1.0000e+000	csi =	0.100	roij =	1.0000e+000
Mode "i" =	1	Mode "j" =	2	wi/wj=	9.5725e-001	csi =	0.100	roij =	9.5421e-001
Mode "i" =	1	Mode "j" =	3	wi/wj=	8.1677e-001	csi =	0.100	roij =	4.9069e-001
Mode "i" =	1	Mode "j" =	4	wi/wj=	4.5742e-001	csi =	0.100	roij =	5.4309e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	5	wi/wj=	4.4801e-001	csi =	0.100	roij =	5.1352e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	6	wi/wj=	4.2748e-001	csi =	0.100	roij =	4.5418e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	7	wi/wj=	3.8673e-001	csi =	0.100	roij =	3.5431e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	8	wi/wj=	3.6573e-001	csi =	0.100	roij =	3.1075e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	9	wi/wj=	3.6206e-001	csi =	0.100	roij =	3.0362e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	10	wi/wj=	3.1026e-001	csi =	0.100	roij =	2.1615e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	11	wi/wj=	2.9391e-001	csi =	0.100	roij =	1.9305e-002
Mode "i" =	1	Mode "j" =	12	wi/wj=	2.9366e-001	csi =	0.100	roij =	1.9271e-002
Mode "i" =	2	Mode "j" =	2	wi/wj=	1.0000e+000	csi =	0.100	roij =	1.0000e+000
Mode "i" =	2	Mode "j" =	3	wi/wj=	8.5325e-001	csi =	0.100	roij =	6.1122e-001
Mode "i" =	2	Mode "j" =	4	wi/wj=	4.7785e-001	csi =	0.100	roij =	6.1290e-002

Eccetera.....

13. AGGIUNTA DI COMANDI INTERROGAZIONE STATO DI SFORZO NELLE MOLLE

Dal menu Post è ora accessibile il comando Sforzi Molle-Interroga, che consente di conoscere, in ogni caso o combinazione, il valore di sforzo preso da una generica molla.

Anche il tabulato contiene una nuova sezione, che riepiloga i valori degli sforzi nelle varie molle presenti nel modello, nei vari casi e nelle varie combinazioni.

14. RIMOZIONE DI MALFUNZIONAMENTI

Nella versione 6.60 sono stati rimossi alcuni malfunzionamenti. Qui di seguito l'elenco:

1. Flag di stampa non correttamente eseguiti
2. Deselezione-Tutti
3. Stampa reazioni vincolari nelle combinazioni
4. Comando di interrogazione sforzi involuppo (non mappe) su travi e bielle. Il comando di interrogazione non funzionava correttamente. Le mappe a colori invece non davano problemi.
5. Cancellazione casi di carico, i cedimenti rimanevano nei casi di carico con la numerazione ante cancellazione.
6. Verifiche CNR ed AISC su profili di forma PSH davano sempre numeri sporchi (infinito) sui coefficienti di sfruttamento. Il malfunzionamento è stato introdotto con la versione 6.04 quando è stata modificata la routine che calcola il momento di inerzia torsionale su sezioni rettangolari.

15. COME SEGNALARE UN MALFUNZIONAMENTO

Relativamente alla segnalazione di malfunzionamenti vi preghiamo di attenerVi alla seguente procedura:

- Utilizzare il sito www.castaliaweb.com Zona Assistenza per segnalare il bug avendo cura di descriverne attentamente le caratteristiche
- Dare immediata comunicazione via e-mail all'indirizzo staff@castaliaweb.com di aver segnalato un bug sul sito.
- Se necessario telefonare per meglio spiegare i dettagli del problema.

Le ragioni per comportarsi in questo modo sono presto dette: in questo modo si crea un database accessibile a tutti che segnala il momento del rinvenimento del bug ed il successivo momento della sua rimozione. Grazie a questo sistema ogni singolo problema sarà tracciato, e nel tempo sarà possibile ricostruire tutte le operazioni di fixing sul programma.

Da questo momento in poi (versione 6.60) non verranno accettate segnalazioni di bug che non siano prima state segnalate anche sul sito. Ricordiamo che anche i Clienti non in regola con il contratto di aggiornamento possono segnalare bug.

Come sempre in presenza di versioni che hanno modificato molte cose, e nonostante i controlli ed i test eseguiti, si invita ad usare la versione 6.60 con particolare attenzione.

16. SEGNALAZIONE EDITORIALE

E' il libreria il testo "Calcolo Strutturale con gli Elementi Finiti – Una spiegazione di base del Metodo degli Elementi Finiti applicato alla Ingegneria Strutturale", Paolo Rugarli, EPC LIBRI, ROMA.

Il libro è stato scritto nel corso del primo semestre del 2003, ed ha rappresentato un notevole sforzo di tempo e di impegno. Si tratta di un libro che è stato fatto impiegando Sargon per i casi di prova, e che ha allegato un CD con Sargon in versione limitata a 50 nodi (solo solutore CLEVER, non le verifiche). In pratica il libro porta a compimento il lavoro iniziato nell'help di Sargon proprio a spiegazione delle basi del Metodo.

Si riporta la "introduzione" del libro per chiarirne lo scopo ed il significato:

Negli anni '80 si è assistito ad una progressiva diffusione del Metodo degli Elementi Finiti (o brevemente: Metodo), tra i professionisti, le società di *engineering* e le imprese di costruzioni. Si può dire che la diffusione dei programmi agli elementi finiti sia cominciata già negli anni '70 mediante il celeberrimo SAP (*Structural Analysis Program*¹), padre di tutti gli acronimi in questo settore. Tuttavia, la difficoltà d'uso e la scarsa disponibilità di mezzi di calcolo al di fuori delle strutture universitarie, fecero sì che la diffusione del Metodo fosse abbastanza limitata.

Va detto peraltro che anche la *domanda* di analisi agli elementi finiti era limitata: le norme non chiedevano calcoli di quel genere, e la committenza non esigeva - se non in casi molto particolari - relazioni di calcolo contenenti elaborati basati su calcoli agli elementi finiti. Era il tempo dei prontuari della più varia specie, di quelle opere, in auge sin

¹Il programma SAP fu sviluppato all'università di Berkeley, in California da Klaus Jurgen Bathe, ed Edward Wilson. Del programma furono rilasciate diverse versioni, l'ultima delle quali è SAP V. Dopo SAP V gli Autori svilupparono un codice per calcoli nonlineari, NONSAP (1973), eppoi si divisero: il Professor Wilson sviluppò insieme con altri SAP80 eppoi SAP90; il Professor Bathe ADINA.

dal XIX secolo, aventi l'obbiettivo di campionare i casi più frequenti per offrire una rapida guida all'ingegnere non più freschissimo sul principio dei lavori virtuali, e giustamente privo della voglia di risolvere a mano un *sistemino* di cinque o dieci incognite. Fu il tempo glorioso della statica grafica.

Ovviamente tutto è cambiato con il diffondersi del *personal computing*.

La progressiva diffusione del Metodo (e del software) ha comportato una evoluzione delle normative, che oggi richiedono calcoli sempre più sofisticati e sempre meno affrontabili a mano; una maggior domanda di risultati generali e comprensibili in forma sintetica come mappe a colori, deformate, diagrammi di azioni interne ecc.; la rapida obsolescenza degli strumenti redatti in forma tabellare, e molte altre conseguenze ancora.

Apparentemente ciò dovrebbe aver portato ad un miglioramento della qualità delle opere ingegneristiche, e ad un accresciuto livello di sicurezza delle stesse. Purtroppo per quanto riguarda la qualità, la situazione in Italia è sotto gli occhi di tutti². Per quanto riguarda l'accresciuto livello di sicurezza, invero, è tutto da dimostrare che si sia realmente ottenuto, e ciò per vari motivi.

Sebbene il Metodo sia oggi richiestissimo ed assai diffuso non sembra che altrettanto diffusa sia una conoscenza di base dei principi e delle regole che stanno dietro i sistemi di calcolo impiegati. Ciò sia perchè per la diffusione non v'è stato tempo (molti professionisti non hanno potuto seguire corsi universitari sull'argomento), sia perchè la gestione di un programma agli elementi finiti può rappresentare soltanto una parte del lavoro da svolgere: si pensi a quei numerosissimi professionisti che fanno i calcoli ma anche tante altre cose, e non hanno quindi il tempo per dedicarsi completamente

² Tra le numerose possibili citazioni a riguardo, in “*Fallimenti strutturali e deficienze previsionali*”, G. Sarà R. Nudo, contenuto in [15], viene detto ad esempio che “può apparire sorprendente l’elevata quantità di fallimenti strutturali di recente data riguardanti non solo le vecchie costruzioni degradate ma anche le costruzioni di nuova realizzazione”. Tra le cause della situazione disastrosa, accanto alla rapacità di chi lucra a spese della sicurezza, l’ignoranza e l’abusivismo, viene anche detto “Si consideri, ancora, come il ricorso sempre più esteso agli strumenti informatici tenda ad indurre il progettista ad una ricezione passiva dei dati ottenuti mediante programmi di calcolo sempre più sofisticati, con conseguente progressiva riduzione del ricorso a strumenti tradizionali, ma fondamentali, di valutazione quali l’esperienza ed il giudizio critico”.

all'apprendimento del Metodo e del programma di calcolo in loro possesso che ne consente l'impiego.

I testi specialistici sull'argomento sono spesso in lingua inglese³, richiedono un considerevole impegno, e quindi difficilmente possono essere letti da chi ormai di tempo non ne ha più molto. A volte sono testi molto belli, ma purtroppo non sono conosciuti come dovrebbero, richiedendo, come richiedono, la passione e la costanza di chi può dedicare ad essi qualche mese di studio.

Se è comprensibile che i testi specialistici rappresentino un ostacolo non per tutti sormontabile, è anche vero che la completa assenza di studio è assai pericolosa: l'uso di programmi agli elementi finiti essendo privi di nozioni di base sul Metodo può obbiettivamente dare luogo a serie sviste ed a inconvenienti che – anche se raramente vengono alla luce – rappresentano nondimeno un formidabile limite al progresso dell'ingegneria strutturale *reale*.

A tutt'oggi gli Allievi Ingegneri ed Architetti che seguono corsi specifici sull'argomento sono una ristretta minoranza.

Lo spunto per scrivere questo lavoro è venuto all'Autore nel corso di un lavoro *sul campo* durato undici anni. Il lavoro è stato quello di fornire spiegazioni ed assistenza tecnica agli utilizzatori del programma agli elementi finiti *Sargon* che – nel corso degli anni – l'Autore stava scrivendo (e che compare sul CD allegato in una versione ridotta). Proprio facendo questo lavoro è emerso che tante volte le spiegazioni riguardavano non già gli aspetti operativi, bensì quelli più strettamente legati alla teoria (ampia la casistica sulle labilità, sull'uso di elementi finiti appropriati per un dato problema, sull'analisi modale, ecc. ecc.)

Il lavoro è diviso nel seguente modo.

- Il capitolo 2 è una panoramica sul Metodo, e serve a farsi una prima idea della materia che verrà trattata. L'idea è quella di fornire sin da subito un quadro di riferimento nel quale inscrivere gli argomenti che verranno trattati nel corso del libro. Sebbene si sia cercato di chiarire al massimo, diversi concetti che saranno in seguito illustrati sono qui appena abbozzati e sgrossati: il lettore sappia che essi verranno ulteriormente approfonditi nel seguito.

³ I testi [2], [3], [4] sono vere e propri “testi sacri” citati sempre universalmente e fondamentali per chi voglia approfondire con testi inglesi, scritti da alcuni degli Autori che hanno “fatto” il Metodo. In lingua italiana l'Autore conosce i testi [5], [6], [25] (parte di una serie sul Metodo), [26] tutti comunque di tipo più o meno specialistico.

- Il capitolo 3 è un riepilogo dei principali risultati delle varie teorie semplificate, che devono essere conosciute almeno per sommi capi da chi vuol fare modellazione. Chi già conosce le varie teorie può scorrerlo giusto per vedere la notazione usata. Chi non ha nozione alcuna di teoria della elasticità troverà presumibilmente difficoltà che lo indurranno ad approfondire. I più potranno trovare in questo capitolo un piccolo riepilogo dei fatti salienti e rinfrescare la memoria. Non è indispensabile conoscere a memoria le equazioni differenziali, ma le ipotesi base, sì.
- Il capitolo 4 entra nel dettaglio di ciò che il Metodo prevede per un *elemento finito generico*, introducendo tutti i concetti più importanti. Lo sforzo è stato quello di descrivere in termini generali il problema, riferendosi all'approccio negli spostamenti che è quello affermatosi storicamente per primo e che rappresenta la via maestra per comprendere il Metodo. Questo capitolo è fondamentale, nel lavoro, per comprendere il Metodo.
- Il capitolo 5 descrive l'assemblaggio, che riunisce le informazioni sui vari elementi finiti.
- Il capitolo 6 tratta delle azioni, il 7 dei vincoli, cercando di descrivere tutti i principali inconvenienti che possono sorgere.
- Il capitolo 8 spiega i tipici problemi legati alla soluzione numerica del problema algebrico finale (*solving*) nonché alla restituzione degli sforzi sugli elementi (*stress recovery*). E' in questo capitolo che vengono svelati i trucchi che consentono di avere belle (e infedeli) mappe a colori.
- Il capitolo 9 si sofferma sulle tecniche impiegabili per valutare l'errore, tecniche da usare per sottoporre ogni analisi a controlli di bontà ed affidabilità.
- Il capitolo 10 illustra sinteticamente le problematiche tipiche delle varie formulazioni viste nel capitolo 3, dal punto di vista degli elementi finiti, cerca in somma di legare le formulazioni ai problemi concreti.
- Il capitolo 11 descrive le caratteristiche degli elementi finiti più usati nelle varie formulazioni, senza la pretesa di descrivere dettagliatamente tutti gli elementi (ma travi, bielle e stati piani, sì) però cercando di dare informazioni sulla loro efficienza.
- Il capitolo 12 si sofferma sui problemi di modellazione più tipici, cercando di dare delle tracce capaci di individuarli e rimuoverli. Sono elencati numerosi esempi anche di modelli errati e schemi e tabelle utili per fare nuovi modelli. Lo studio degli errori fatti da altri e dei problemi di raffinatezza della discretizzazione può aiutare a capire come muoversi, tenendo conto che si è immaginato di usare software di fascia media, quali quelli maggiormente diffusi tra i Professionisti.
- Il capitolo 13 fa cenno dei tipici problemi legati alla implementazione di verificatori automatici, al fine di informare almeno per sommi capi del fatto che non si tratta di programmi miracolosi, ma di programmi irti – a loro volta – di problemi e difficoltà.
- L'appendice I è dedicata alla notazione ed a alcuni richiami di calcolo
- L'appendice II è dedicata ai minimi richiami di teoria della elasticità.
- L'appendice III elenca i principali simboli usati nel testo.
- L'appendice IV è un dizionarietto minimo, utile per consultazioni rapide.
- L'appendice V dà spiegazioni sul CD allegato.

Per quanto riguarda l'uso di termini inglesi nel testo, questi sono stati tutti spiegati e comunque si trovano anche nel dizionarietto. A parere di chi scrive non è questo l'ambito nel quale le Accademie della Crusca (peraltro benemerite in altre sedi) debbono interferire. Non v'è nulla di male nell'usare termini stranieri se tutta la comunità scientifica

internazionale li usa e se quei termini sono stati proposti da chi ha inventato, di volta in volta, le tecniche di cui si parla. Nel sei e settecento i termini musicali erano italiani e oggi troviamo partiture tedesche ove è scritto “piano” o “andante”, e nessuno si stupisce (addirittura abbiamo “Condoleezza” Rice). Non si vede perché noi dovremmo dire “gdl trapanatura” anziché *drilling dof*: sarebbe prima di tutto ridicolo.

Il libro può inoltre servire come riferimento anche per il programma, visto che in esso vi sono casi numerici e test comparativi eseguiti con il programma stesso. Esso è reperibile nelle librerie tecniche specializzate, o può essere richiesto direttamente all’editore al numero 06 33245271 / 273 (servizio clienti). Il costo è 65€.



Lista modifiche: dalla 6.60 alla 6.80

Generazione di combinazioni

Attività casi - Variabilità dei segni - Compresenza casi

Casi di carico variabili o accidentali base	Ammissibilità compresenza altri casi
<input checked="" type="checkbox"/> 3 V1	<input type="checkbox"/> 4 V2
<input checked="" type="checkbox"/> 4 V2	<input type="checkbox"/> 5 V3
<input checked="" type="checkbox"/> 5 V3	<input checked="" type="checkbox"/> 6 W1
<input checked="" type="checkbox"/> 6 W1	<input checked="" type="checkbox"/> 7 W2
<input checked="" type="checkbox"/> 7 W2	<input checked="" type="checkbox"/> 8 T1
<input checked="" type="checkbox"/> 8 T1	<input checked="" type="checkbox"/> 9 E1
<input checked="" type="checkbox"/> 9 E1	<input checked="" type="checkbox"/> 10 E2

☐ Cambia segno

Coefficienti Gamma

1.4 gamma G ☒ Combina anche gli INF

1 gamma GA

1.5 gamma Q ☒ Combina anche gli INF

Tipo di Stato Limite

☒ SLU

☐ SLD

I casi non permanenti possono essere attivi (spuntati) o non attivi. Tutti attiva tutti i casi di carico. Nessuno disattiva.
 Un caso non permanente può escludere altri: questi verranno deselezionati in "Ammissibilità compresenza ...".
 Gli effetti peggiori sono ignoti a priori. Quindi occorre considerare anche i valori inferiori (INF) e tutte le permutazioni.
 Si può dover tenere in conto che un caso possa assumere due segni diversi.

[*] Solo generando si possono escludere ripetizioni e amplificazioni delle stesse combinazioni



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 25-2-2004

17. Introduzione

La nuova versione 6.80 ha comportato estese modifiche a tutti i moduli del programma, sia verificatori che solutori. Alla base dei cambiamenti vi è la necessità di poter disporre di modelli aventi anche molte centinaia o svariate migliaia di combinazioni di verifica. Ciò è una conseguenza dei nuovi comandi relativi alla generazione automatica delle combinazioni.

Passiamo in rassegna le aggiunte che contraddistinguono la versione 6.80 rispetto alla precedente 6.60:

- Predisposizione per la chiamata del verificatore CNR agli Stati Limite
- Aggiunta del comando Edit-Combinazioni-Genera
- Aggiunta del comando Edit-Combinazioni-Elimina tutte
- Aggiunta del comando Edit-Combinazioni-Stampa
- Aggiunta di nuovi bottoni funzione alla barra EDIT
- Eliminazione del file EST nelle verifiche secondo EC3: ora le combinazioni di verifica sono quelle generate in Sargon.
- Aggiunta del dialogo che serve a impostare i parametri di EC3 (in seleziona norme).
- Modificati i formati interni dei file .wsr .sr2, .cnr, .asc, .ec3, .bs
- Aggiunta dei fattori ψ ai dati propri di ciascun caso di carico (ψ_0, ψ_1, ψ_2) ed aggiunta dei comandi che ne suggeriscono i valori per i vari tipi di carico
- Introdotte le nuove estensioni di file per i tabulati delle norme CNR SL
- Miglioramenti significativi al solutore SOCLEVER (analisi del secondo ordine)

Sul fronte della modifica di malfunzionamenti segnaliamo le seguenti correzioni:

- Corretto un bug in lettura del file per la response spectrum usando ec8;
- Migliorata la visualizzazione degli sforzi nelle piastre eliminando il mancato refreshing automatico della scala per modifiche alla visualizzazione non;
- Eliminato bug generazione forme sezionali formate a freddo generiche, con segnalazioni di sovrapposizioni inesistenti (questo riguarda anche Samba).
- Nel caso di memoria RAM disponibile superiore al Gb è stato riscontrato un problema nella allocazione del blocco di memoria teoricamente disponibile (1Gb e oltre). Pertanto la memoria allocata automaticamente non supera ora i 400Mb.

Allocazioni di memoria superiori richiedono pertanto una richiesta esplicita (modalità “Quantità predefinita”).

- I risultati di spostamento di SOCLEVER non hanno più il problema relativo alla scala automatica degli spostamenti (messaggio di spostamenti nulli nonostante non lo fossero).

18. Comando di generazione automatica delle combinazioni

Nello spirito di favorire le verifiche secondo gli stati limite, è stato aggiunto il comando che genera automaticamente le combinazioni, rimettendo mano ed ampliando il lavoro fatto a suo tempo per il solo EC3.

Sebbene ora Sargon si presenti con i comandi per la generazione automatica delle combinazioni il problema si presenta irto di possibili difficoltà, almeno se lo si affronta con il rigore necessario. Il numero di combinazioni può crescere enormemente.

Sono stati fatti girare modelli aventi fino a più di 11000 combinazioni. Il massimo numero di combinazioni accettato presentemente dal programma (versione 6.80) è pari a 65535. E' allo studio una ulteriore futura modifica che dovrebbe portare questo numero a circa 4×10^9 .

Nel successivo paragrafo si unisce un articolo parte della documentazione di Sargon ed in corso di pubblicazione sulla rivista *L'Edilizia*. La lettura di questo articolo è indispensabile per capire la logica di funzionamento del programma in tema di generazione automatica delle combinazioni.

Il lavoro svolto sulle combinazioni ha posto in luce le contraddizioni delle nostre normative, che di fatto sono a rigore inapplicabili. Si è trattato di un lungo e complesso lavoro che ha comportato esperimenti numerici del tutto nuovi per il programma. A questo proposito si segnala che il programma non è ancora ottimizzato per la gestione di modelli con migliaia di combinazioni. In particolare i comandi di interrogazione delle azioni interne all'interno degli elementi in modalità inviluppo presentano al momento un comportamento non ottimizzato quando si è in presenza di *migliaia* di combinazioni. Nessun particolare problema, invece, per la visualizzazione dei diagrammi di inviluppo o per la visualizzazione dei coefficienti di sfruttamento, anche se, ovviamente, i tempi di restituzione, su modelli con migliaia di combinazioni, crescono in modo lineare (il calcolo degli effetti combinati è fatto al momento *real time*).

A proposito delle combinazioni agli stati limite riteniamo di consigliare combinazioni deterministicamente valutate dal progettista – fruendo dei coefficienti parziali di sicurezza- le quali prescindano dalle formule di normativa, le quali, a ben vedere, o portano a risultati irrealistici per numero di combinazioni richieste– se impiegate con la necessaria generalità-, o portano a pericolose omissioni se impiegate alla lettera (vedi problema dei γ_g e γ_q a fattor comune nell’articolo successivo).

19. Combinazioni di verifica agli stati limite

IL NON DETTO DELLE NORMATIVE

Paolo Rugarli – Ingegnere Strutturista – Castalia srl - staff@castaliaweb.com

19.1. Abstract

Questo articolo si riferisce alla determinazione delle combinazioni di verifica da adottare per gli stati limite ultimi. Scopo del lavoro è quello di descrivere in modo comprensibile le numerose difficoltà intrinseche riscontrate affrontando il problema in modo realmente coerente, e, per confronto, le considerevoli sottovalutazioni del problema oggi diffuse, e mostrare come, a voler essere realmente coerenti, le prescrizioni delle norme attualmente in vigore in Europa portino a una sostanziale abdicazione verso il calcolatore elettronico del lavoro di controllo e verifica, con tutte le conseguenze del caso. Il lavoro intende mostrare che dietro le assunzioni apparentemente rigorose prescritte dalle normative si celano pesanti semplificazioni di natura non dissimile da quelle da sempre adottate nei calcoli ingegneristici, le quali però comportano un onere assai minore.

19.2. Introduzione, notazione

Sia dato un generico problema strutturale nel quale compaiano n casi di carico differenti. Ciascuno dei casi di carico abbia una sua etichetta che ne distingua la tipologia secondo almeno tre grandi famiglie: carichi permanenti (ng), carichi variabili (nq), carichi accidentali (na). Sia dunque

$$n=ng+nq+na$$

Per “accidentale” noi qui intendiamo, in ossequio a EC1, quelle azioni che in italiano troviamo anche tradotte con “eccezionali”: urti, esplosioni, sismi, ecc.. Accidentale *non* è quindi il carico variabile “normale”, ma un carico di natura eccezionale ed intrinsecamente assai raro.

Ad ogni caso di carico non permanente sia associata una terna di moltiplicatori ψ atti a ottenere i valori rari (ψ_0), frequenti (ψ_1) e quasi permanenti (ψ_2) delle azioni raggruppate in un certo caso di carico.

Le regole di generazione delle combinazioni delle normative italiane ([3], [4]) sono derivate da quelle previste dagli Eurocodici, ed in particolare da quelle previste da Eurocodice 1 parte 1.1 ([1]), con alcune importanti differenze che varrà qui la pena di rilevare. Nelle nostre norme troviamo le seguenti regole di combinazione valide per lo stato limite ultimo, escludendo per ora le azioni accidentali ed eliminando, per semplicità di trattazione, i carichi dovuti alla precompressione ([2]):

$$\gamma_g G_k + \gamma_q Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_q (\psi_{0i} Q_{ik}) \quad (1)$$

dove il pedice “k” sta per caratteristico, il pedice “g” per permanente ed il pedice “q” per variabile.

In pratica combinazioni di questo tipo devono essere generate prendendo a turno uno dei casi di carico variabili come base della combinazione e sommando poi tutti gli altri ridotti al valore “raro” mediante il pertinente coefficiente ψ_{0i} . Tutti i casi di carico variabili hanno in comune il fattore γ_q (che le nostre norme pongono eguale a 1,5 oppure eguale a 0, a seconda che il carico corrispondente diminuisca o aumenti la sicurezza).

Per la parte permanente del carico osserviamo che la norma italiana assume

$$\gamma_g G_k$$

e non

$$\sum \gamma_{gi} G_{ki}$$

come invece scritto nell’EC1. La norma italiana fa come se vi fosse un’unica condizione di carico di tipo permanente.

In realtà questo non è vero: normalmente i carichi “permanenti” sono composti da una serie di contributi che tra loro sono statisticamente indipendenti. Vorremo per lo meno distinguere tra peso proprio strutturale e carichi permanenti portati, ma a voler portare l’analisi alle sue estreme conseguenze dovremmo distinguere una per una tutte le diverse componenti statisticamente indipendenti dei carichi permanenti portati. Si noti che tali componenti non hanno la medesima distribuzione spaziale, non si ottengono l’una dall’altra mediante una semplice amplificazione o riduzione: sono a tutti gli effetti carichi diversamente distribuiti e diversamente collocati sulla struttura. Si noti che, come per i carichi variabili, occorre considerare sia il valore superiore ($\gamma_g = 1.4$) sia il valore inferiore di ciascun carico permanente ($\gamma_g = 1$).

Una analoga semplificazione le norme introducono a proposito dei carichi variabili. In EC1 troviamo infatti:

$$\sum_{i=1}^{ng} \gamma_{gi} G_{ki} + \gamma_{q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ik} \quad (1bis)$$

che è ben diversa dalla (1) della nostra normativa, in quanto il termine γ_q *dipende da i* e non è eguale per tutti i carichi variabili. A ben vedere la (1) è errata in quanto esclude che solo alcuni dei carichi variabili si presentino contemporaneamente al carico variabile fondamentale, ed esclude che i carichi variabili siano statisticamente indipendenti.

Ad una prima lettura può apparire che il numero di combinazioni richiesto dalla (1)/(1bis) sia pari a nq, ovvero una per ogni distinto carico variabile. In realtà le cose sono molto molto diverse. Nei prossimi paragrafi verrà chiarito come, a causa di una serie di motivi, il numero di combinazioni di cui occorre tener conto sia molto più elevato.

Nel caso in cui siano presenti anche carichi di tipo accidentale, alle combinazioni di tipo (1) occorre aggiungere combinazioni di tipo

$$G_k + \gamma_{la} E_a + \sum_{i=1}^{nq} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad (2)$$

dove l'indice "a" sta per accidentale e occorre tenere in conto, a turno, tutti i possibili carichi di tipo accidentale. E' da notare che il coefficiente ψ_{2i} in alcuni casi può valere 0. Se questo accade il corrispondente carico variabile non è presente nel corso dell'azione accidentale. Per la normativa italiana questo è vero, ad esempio, per il vento. La presenza di un coefficiente ψ_{2i} nullo diminuisce il possibile numero di combinazioni da aggiungere a quelle di tipo (1). Anche in questo caso, non si deve credere che le combinazioni di tipo (2) siano in numero pari ad na: esse sono in numero ben maggiore, per le ragioni che verranno in seguito chiarite.

19.3. La matrice di contemporaneità

Una prima ragione per la quale il numero di combinazioni cresce è che i carichi variabili collocati nelle varie condizioni di carico base possono dover essere mutuamente esclusivi. In altre parole può accadere che in presenza di un certo caso di carico variabile I i casi di carico J, K... non debbano essere presenti.

In [1] troviamo infatti esplicitamente scritto: “actions which cannot occur simultaneously, for example, due to physical reasons, should not be considered together in combinations”.

Volendo fare un esempio, possiamo considerare il caso di un carico che assume differenti configurazioni, per esempio m , poste in m distinti casi di carico: si pensi alle differenti posizioni di un carico mobile, o alle differenti “scacchiere” di un carico variabile posto su una struttura.

Nella circolare [2] a spiegazione della norma [3], il punto non è esplicitamente chiarito. Resta tuttavia ben evidente che, ad esempio, un carico mobile non può essere contemporaneamente in due posizioni diverse.

Per tener conto di questo problema occorre generare una matrice quadrata booleana, la quale dica, per ogni generico caso di carico variabile I , se i casi di carico variabili J (con J diverso da I) siano o meno ammessi ad essere contemporaneamente agenti rispetto ad I .

Per fissare le idee consideriamo il seguente primo insieme di condizioni di carico.

Caso	Nome sintetico	Tipo
1	G1	Permanente (peso strutture)
2	G2	Permanente (carichi portati)
3	V1	Variabile “V” (prima scacchiera)
4	V2	Variabile “V” (seconda scacchiera)
5	V3	Variabile “V”(carichi pieni)
6	W1	Variabile “W” (vento x)
7	W2	Variabile “W” (vento y)
8	T1	Variabile “T” (termico)

Introduciamo la matrice di contemporaneità per la struttura in esame:

	Caso 3 V1	Caso 4 V2	Caso 5 V3	Caso 6 W1	Caso 7 W2	Caso 8 T1
Caso 3 V1	-	0	0	1	1	1
Caso 4 V2	0	-	0	1	1	1
Caso 5 V3	0	0	-	1	1	1
Caso 6 W1	1	1	1	-	0	1
Caso 7 W2	1	1	1	0	-	1
Caso 8 T1	1	1	1	1	1	-

Tabella 1: matrice di contemporaneità per la struttura in esame.

In questa matrice il termine C_{ij} sta ad indicare se il caso di carico presente nella colonna j può presentarsi quando si presenta il caso di carico presente nella riga i . Il numero “0” indica che non si può presentare, il numero “1” indica che si può presentare. La matrice è simmetrica.

La matrice che abbiamo scritto ci dice che nessun carico di tipo VI può presentarsi contemporaneamente ad un carico di tipo VJ. Si noti che la contemporanea presenza di vento X ed Y è esclusa: se si vuole un vento diretto con un certo angolo, occorrerà aggiungere una condizione di carico che lo preveda esplicitamente (e che escluda le altre). La mancanza del vento in direzione inclinata è voluta: si intende far vedere che anche in un caso molto semplice il numero di combinazioni che otterremo è molto elevato. A fine lavoro verranno dati i risultati anche per casi più realistici e approfonditi.

Tenendo conto della impossibilità della presenza contemporanea dei vari casi di carico e di tutte le permutazioni possibili, si ottengono 19 combinazioni, la prima delle quali prevede solo i permanenti e nessun accidentale.

Infatti si ottengono:

- A1) 1 combinazione con solo i permanenti
- A2) 2 combinazioni con a base il caso 3 (concomitanti termico + vento x oppure + vento y);
- A3) 2 combinazioni con a base il caso 4 (come sopra)
- A4) 2 combinazioni con a base il caso 5 (come sopra);
- A5) 3 combinazioni con a base il caso 6 (concomitanti T1 e V1, V2 o V3);
- A6) 3 combinazioni con a base il caso 7 (come sopra);
- A7) 6 combinazioni con a base il caso 8 (ognuna delle tre V con ognuna delle due W);

19.4. Effetto segno

E' possibile che alcune delle condizioni di carico base si presentino o con il segno positivo o con il segno negativo. In questo caso ciascuna combinazione precedentemente definita dovrà essere ulteriormente suddivisa in altre combinazioni, in modo da considerare tutte le possibili permutazioni possibili. Se immaginiamo che i casi 6, 7, ed 8 possano avere segno positivo o segno negativo, il numero delle combinazioni cresce e da 19 va a 73. Precisamente avremo:

- B1) 1 combinazione coi soli permanenti
- B2) 8 combinazioni con a base il caso 3 (concomitanti termico o vento x o y, tutti col più o il meno: $2^3=8$);
- B3) 8 combinazioni con a base il caso 4 (come sopra);

- B4) 8 combinazioni con a base il caso 5 (come sopra);
- B5) 12 combinazioni con a base il caso 6 (concomitanti T1 e V1, V2 o V3, le 3 viste in precedenza in A5 si sdoppiano due volte, a causa di T ed a causa di W1, ovvero dello stesso caso 6);
- B6) 12 combinazioni con a base il caso 7 (come sopra);
- B7) 24 combinazioni con a base il caso 8 (le precedenti 6 viste in A7 si sdoppiano due volte: a causa di T1 ed a causa di W1 o W2).

19.5. Effetto inf-sup

Le norme si premurano di spiegare che nel caso in cui un carico permanente produca un effetto favorevole, il suo coefficiente γ deve valere 1 e non 1.4. Questo vuol dire che ciascun carico permanente indipendente deve assumere il suo valore superiore ($\gamma_g = 1,4$) o il suo valore inferiore ($\gamma_g = 1$). Di questo, fino ad ora, non abbiamo tenuto conto.

Si noti che in una struttura reale non è affatto possibile dire a priori che per tutte le componenti strutturali un carico permanente al valore superiore rappresenti il massimo cimento: al contrario si deve sostenere che in ogni struttura reale esistono uno o più componenti che devono essere verificati anche per combinazioni che comportino i valori inferiori dei carichi permanenti. Si pensi ad esempio alla possibilità di trazione nelle colonne o alla verifica delle fondazioni sotto effetti ribaltanti quali normalmente producono vento o sisma.

E' da rimarcare che non è affatto corretto assumere che il valore superiore o inferiore dei carichi permanenti debba presentarsi in contemporanea tra essi: ogni condizione di carico permanente è indipendente dalle altre ed ha una distribuzione spaziale diversa, e quindi si possono dare casi in cui il peggio avviene per particolari sequenze di sup/inf nei vari casi di carico di tipo permanente.

Se si tiene conto della variabilità inf/sup di ciascuno dei due carichi permanenti che sono stati ipotizzati per la nostra struttura, si ottiene che il numero di combinazioni passa a 291. Il numero è sostanzialmente ottenibile moltiplicando per 4 il numero di precedenti combinazioni (73), e togliendo 1 (quella coi carichi permanenti da soli già esistente). Il numero 4 deriva dal fatto che si possono dare le seguenti possibilità per i casi 1 e 2:

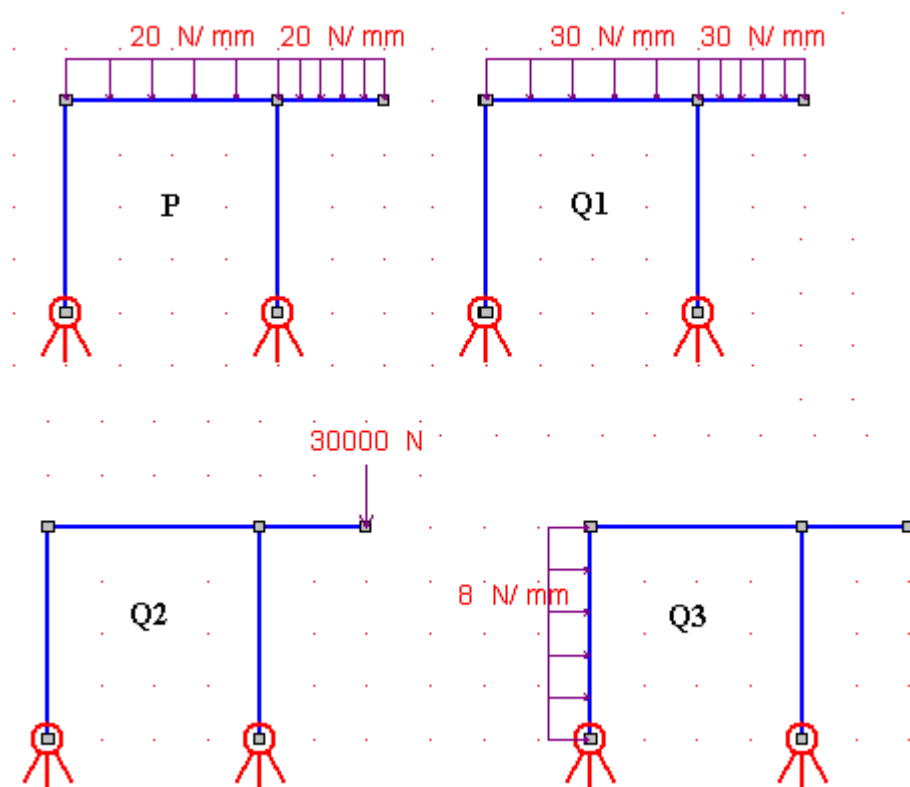
- sup/sup
- sup/inf
- inf/sup
- inf/inf

mentre in precedenza avevamo considerato il solo caso sup/sup. Si ribadisce che i carichi permanenti possono in generale essere applicati a zone differenti della struttura: per esempio il peso proprio strutturale può essere equidistribuito sulla struttura, mentre i carichi permanenti portati riguardano una parte specifica della struttura.

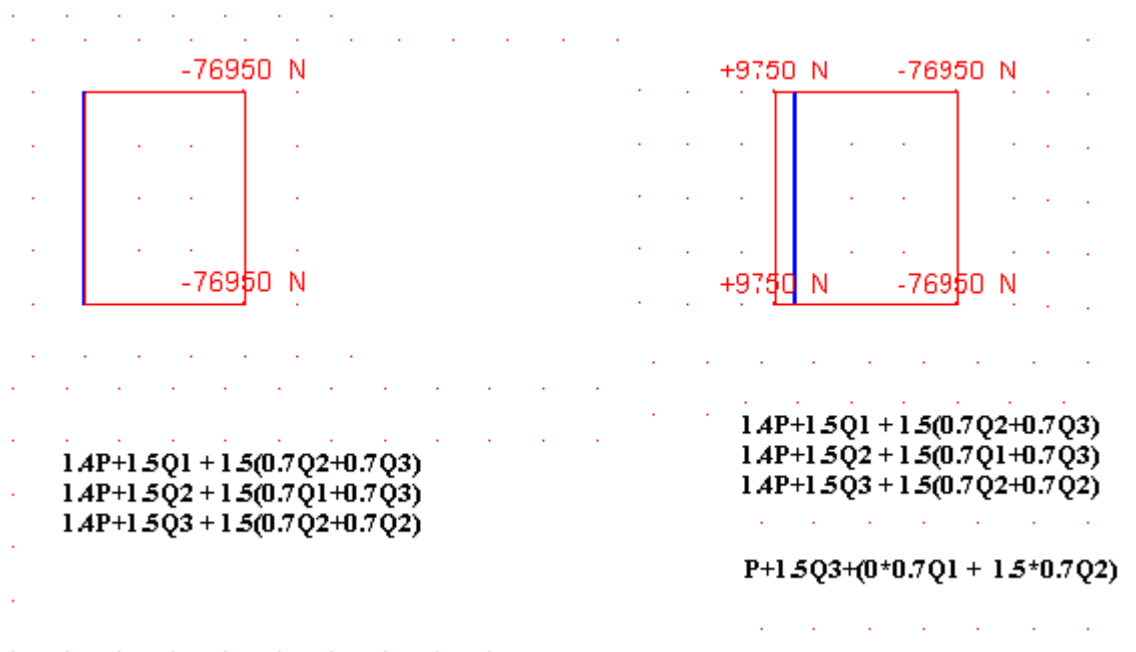
A questo punto dobbiamo purtroppo constatare che analogo ragionamento sui valori superiore ed inferiore deve essere fatto per ciascun carico variabile, nessuno escluso. Infatti data la arbitraria disposizione dei carichi nello spazio (stiamo parlando ovviamente di strutture reali, civili, industriali, non di schemi semplificati) occorre anche in questo caso osservare che un valore ridotto può, in taluni componenti strutturali, generare situazioni peggiorative, né a priori siamo in grado di escluderlo. Non è affatto detto che tutti i carichi variabili agenti contemporaneamente producano un effetto peggiore di quello prodotto da alcuni carichi (terne, quaterne...) agenti senza altri. Ad esempio nei riguardi del rischio di trazione delle colonne, in un banale portale, la situazione peggiore è quella con il vento massimo e i permanenti minimi, i variabili nulli, una situazione che si ottiene annullando gli effetti dei variabili e minimizzando quelli dei permanenti.

In generale occorre rilevare che è sbagliato mettere a fattore comune il γ_q , come si fa nelle nostre normative.

Nel seguente esempio si vede come il mettere a fattore comune il γ_q porti a pericolose sottostime delle azioni interne, leggibili invece con la formula corretta che prevede di non mettere a fattore comune γ_q .



Struttura esemplificativa: un carico permanente, tre carichi variabili: è allo studio la trazione (eventuale) nella colonna di sinistra.



Involuppo dell'azione assiale nella colonna di sinistra. Le combinazioni di normativa (a sinistra) non mettono in evidenza la trazione che si può arrivare ad avere con combinazioni nelle quali ciascun carico variabile abbia un suo indipendente γ_q . Qui si combina il valore inferiore del permanente, il valore inferiore di Q_1 ($\gamma_q = 0$), il valore superiore di Q_3 ed il valore raro di Q_2 (combinazione aggiunta a quelle del modello di sinistra).

Nel nostro esempio con 8 condizioni di carico base dovremo pertanto sdoppiare ogni evenienza di ciascun carico variabile, mettendo sia il suo valore superiore ($\gamma_{qi} = 1,5$) sia quello inferiore ($\gamma_{qi} = 0$). E dovremo naturalmente considerare tutte le permutazioni possibili. Quindi il numero delle combinazioni passa a 675.

Nel generare le combinazioni (con l'ausilio di un calcolatore elettronico) siamo naturalmente stati attenti a non generarne di ridondanti. In particolare:

- non vengono aggiunte combinazioni se già aggiunte in precedenza;
- non vengono aggiunte combinazioni se queste sono ottenibili da un'altra aggiunta in precedenza e per la quale i moltiplicatori possano essere ottenuti mediante un unico fattore moltiplicativo.

Questa ultima condizione deve essere spiegata. Supponiamo di aver generato una

combinazione “F” definita dai valori degli n moltiplicatori dei casi di carico base F_i . Se tra le combinazioni già aggiunte figura una combinazione “G” definita dai moltiplicatori G_i , e se per ogni “i” risulta

$$F_i = K G_i$$

Allora le due combinazioni sono simili. Se $K < 1$ la combinazione “G” è peggiore di quella “F” e sarà tenuta, scartando F. Se invece $K > 1$ allora la peggiore è “F” e sarà tenuta “F”, scartando “G”.

Abbiamo ottenuto 675 combinazioni per una struttura avente 8 casi di carico base, una struttura che certo non vuole essere specialmente ostica: non abbiamo tenuto in conto la neve, né il sisma. Abbiamo preso in considerazione le sole direzioni X ed Y e non abbiamo tenuto in conto direzioni inclinate rispetto agli assi di riferimento: l’unica caratteristica alla quale non abbiamo rinunciato è la genericità della struttura, la sua spazialità e la sua non completa simmetria, condizioni, queste, che quasi sempre si verificano nella realtà dei progetti.

Poi abbiamo applicato rigorosamente le formule ed i principi.

19.6. Esempi

Produciamo ora una serie di esempi su possibili altre configurazioni di carico.

19.6.1. Esempio 1: aggiungiamo il sisma

In questo esempio aggiungiamo due condizioni di carico di tipo accidentale (sisma). Occorrerà aggiungere alle combinazioni di tipo (1) anche le combinazioni di tipo (2).

Caso	Nome sintetico	Tipo
1	G1	Permanente (peso strutture)
2	G2	Permanente (carichi portati)
3	V1	Variabile “V” (prima scacchiera)
4	V2	Variabile “V” (seconda scacchiera)
5	V3	Variabile “V” (carichi pieni)
6	W1	Variabile “W” (vento x)
7	W2	Variabile “W” (vento y)
8	T1	Variabile “T” (termico)
9	E1	Accidentale “E” (sisma X)
10	E2	Accidentale “E” (sisma Y)

La matrice di contemporaneità sia la seguente:

Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10
V1	V2	V3	W1	W2	T1	E1	E2

Caso 3 V1	-	0	0	1	1	1	1	1
Caso 4 V2	0	-	0	1	1	1	1	1
Caso 5 V3	0	0	-	1	1	1	1	1
Caso 6 W1	1	1	1	-	0	1	1	1
Caso 7 W2	1	1	1	0	-	1	1	1
Caso 8 T1	1	1	1	1	1	-	1	1
Caso 9 E1	1	1	1	1	1	1	-	0
Caso 10 E2	1	1	1	1	1	1	0	-

Inoltre i segni dei casi 9 e 10 potranno variare (trattandosi di sisma).

Nella seguente tabella si danno i risultati ottenuti facendo crescere gradualmente i criteri tenuti in conto (come per l'esempio precedentemente svolto):

Tenendo in conto	Numero combinazioni
Contemporaneità	25
Contemporaneità + segni	97
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti	315
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti+inf/sup sui variabili	734

19.6.2. Esempio 2: aggiungiamo tre possibili configurazioni per la neve

Abbiamo ora i seguenti casi di carico:

Caso	Nome sintetico	Tipo
1	G1	Permanente (peso strutture)
2	G2	Permanente (carichi portati)
3	V1	Variabile "V" (prima scacchiera)
4	V2	Variabile "V" (seconda scacchiera)
5	V3	Variabile "V"(carichi pieni)
6	W1	Variabile "W" (vento x)
7	W2	Variabile "W" (vento y)
8	T1	Variabile "T" (termico)
9	E1	Accidentale "E" (sisma X)
10	E2	Accidentale "E" (sisma Y)
11	S1	Variabile "S" (neve su metà copertura)
12	S2	Variabile "S" (neve su altra metà copertura)
13	S3	Variabile "S" (neve su tutta la copertura)

La matrice di contemporaneità sia la seguente:

Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10	Caso 11	Caso 12	Caso 13
V1	V2	V3	W1	W2	T1	E1	E2	S1	S2	S3

Caso 3 V1	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 4 V2	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 5 V3	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 6 W1	1	1	1	-	0	1	1	1	1	1	1
Caso 7 W2	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	1
Caso 8 T1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1
Caso 9 E1	1	1	1	1	1	1	-	0	1	1	1
Caso 10 E2	1	1	1	1	1	1	0	-	1	1	1
Caso 11 S1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0	0
Caso 12 S2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-	0
Caso 13 S3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-

Inoltre i segni dei casi 11 e 12 e 13 non potranno variare (trattandosi di neve).

Si ottengono i seguenti risultati:

Tenendo in conto	Numero combinazioni
Contemporaneità	79
Contemporaneità + segni	313
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti	1179
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti+inf/sup sui variabili	3578

19.6.3. Esempio 3: un caso più articolato

Si immagini di avere i seguenti casi di carico base:

Caso	Nome sintetico	Tipo
1	G1	Permanente (peso strutture)
2	G2	Permanente (carichi portati)
3	V1	Variabile “V” (prima scacchiera)
4	V2	Variabile “V” (seconda scacchiera)
5	V3	Variabile “V”(carichi pieni)
6	R1	Variabile “R”
7	W1	Variabile “W” (vento x)
8	W2	Variabile “W” (vento y)
9	W3	Variabile “W” (vento +45°)
10	W4	Variabile “W” (vento -45°)
11	T1	Variabile “T” (termico + 25°C)
12	T2	Variabile “T” (termico -25°C)
13	E1	Accidentale “E” (sisma X)
14	E2	Accidentale “E” (sisma Y)
15	E3	Accidentale “E” (sisma +45°)
16	E4	Accidentale “E” (sisma -45°)
17	S1	Variabile “S” (neve su metà copertura)
18	S2	Variabile “S” (neve su altra metà copertura)

19	S3	Variabile “S” (neve su tutta la copertura)
----	----	--

E la seguente matrice di contemporaneità:

	Caso 3 V1	Caso 4 V2	Caso 5 V3	Caso 6 R1	Caso 7 W1	Caso 8 W2	Caso 9 W3	Caso 10 W4	Caso 11 T1	Caso 12 T2	Caso 13 E1	Caso 14 E2	Caso 15 E3	Caso 16 E4	Caso 17 S1	Caso 18 S2	Caso 19 S3
	V1	V2	V3	R1	W1	W2	W3	W4	T1	T2	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3
Caso 3 V1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 4 V2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 5 V3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 6 R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 7 W1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 8 W2	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 9 W3	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 10 W4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 11 T1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Caso 12 T2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Caso 13 E1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Caso 14 E2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
Caso 15 E3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
Caso 16 E4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Caso 17 S1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Caso 18 S2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Caso 19 S3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1

I risultati che si ottengono per le combinazioni degli stati limite ultimi sono i seguenti:

Tenendo in conto	Numero combinazioni
Contemporaneità	457
Contemporaneità + segni	913
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti	3507
Contemporaneità + segni+ inf/sup sui permanenti+inf/sup sui variabili	11422

19.6.4. HAL9000

I risultati presentati mostrano con plastica evidenza che gli algoritmi previsti dalle norme attualmente in vigore, se applicati con coerenza, portano a dover considerare un numero di combinazioni così alto da escludere in modo categorico, anche per le strutture più semplici e per le configurazioni di carico più elementari, la possibilità di fare i calcoli a mano. Nei casi più frequenti è di fatto inibito al progettista anche il controllo sui risultati della elaborazione, a meno che non si intenda il controllo in senso meramente statistico, al pari delle combinazioni generate.

L'applicazione rigorosa delle formule di normativa porta ad affidare al calcolatore

elettronico il ruolo fondamentale ed ineludibile di generare tutti i miliardi di numeri necessari ad eseguire le verifiche. Non sembra esagerato riferirsi alla ben nota rappresentazione di Stanley Kubrick, che nel film *2001 Odissea nello Spazio* descrisse in modo romanzato i problemi derivanti da un inappropriato funzionamento di un elaboratore elettronico (HAL9000) il quale aveva smesso di funzionare correttamente.

Nel caso dei calcoli strutturali v'è l'aggravante che un eventuale cattivo funzionamento di una routine, potrebbe non comportare violazioni così plateali da essere immediatamente riscontrate. Se si vuole realmente esaminare tutte le combinazioni potenzialmente sfavorevoli per tutte le componenti strutturali è necessario introdurre una intera gamma di nuovi controlli e di nuovi test volti a controllare i risultati ottenuti mediante l'elaboratore. Sebbene tale metodo non possa consentire di escludere la possibilità di errori e di imprecisioni nel calcolo, esso sembra indispensabile al fine di ridurre entro margini accettabili la probabilità che i numeri generati da un tale marchingegno siano effettivamente affidabili.

E' inoltre quanto mai necessario elaborare dei metodi atti a raffrontare tra loro stati di sforzo differenti al fine di scartare quelli sicuramente non rilevanti *prima* della esecuzione delle verifiche. E' infatti ben evidente che su strutture normali (centinaia di elementi) la necessità di verificare centinaia o migliaia di combinazioni porta a tempi di calcolo formidabilmente alti.

E' appena il caso di dire, poi, che se si esce dal campo lineare la necessità di indagare tutte le combinazioni potenzialmente rilevanti porta a tempi di calcolo del tutto fuori scala rispetto alle attuali – pur potenti – possibilità di elaborazione.

19.6.5. Rigore a tratti

Resta da capire come mai non sia corrente la segnalazione di questo genere di problemi nell'applicazione del metodo degli stati limite e delle regole di generazione delle combinazioni previste da EC1 e, di conseguenza, dalle varie normative nazionali.

Abbiamo visto che la identificazione dei casi di carico permanenti in un unico caso statisticamente omogeneo porta la normativa italiana a semplificare e notevolmente ridurre il numero di combinazioni attese.

Tale semplificazione è solo un artificio atto a ridurre il numero di combinazioni che diventerebbe, in caso contrario, nettamente più alto. Non vi sono, a parere di chi scrive, ragioni di principio né di metodo per considerare statisticamente indipendenti azioni che, pur essendo tutte “permanenti”, hanno in realtà origini ben distinte.

Questo è un classico esempio di semplificazione brutale introdotta a fianco di un metodo che

vorrebbe essere preciso e rigorosamente fondato su basi statistiche. Ci si chiede che senso abbia introdurre semplificazioni del genere e perché queste semplificazioni debbano avere crisma di attendibilità, mentre al progettista è di fatto negato il diritto di scegliere le combinazioni più rilevanti per la sua struttura. Non vi è una differenza qualitativa tra questa semplificazione ed altre, tipiche della progettazione tradizionale.

Citiamo ora da EC1, annesso A:

A.(4) In linea di principio ci sono due modi per determinare i valori numerici dei fattori parziali:

- a) Sulla base della calibrazione rispetto ad una lunga e efficace storia di tradizioni di costruzione; questo è il principio base per la maggior parte dei fattori proposti dalle versioni attuali degli Eurocodici.*
- b) Sulla base di valutazioni statistiche di dati sperimentali ed osservazioni sul campo; ciò deve essere fatto all'interno della cornice della teoria probabilistica della affidabilità.*

*A.(5) In pratica i due metodi possono anche essere usati in combinazione. In particolare un mero approccio statistico (probabilistico) di solito fallisce a causa della mancanza di dati sufficienti. Qualche riferimento ai metodi di progetto tradizionali deve sempre essere fatta.
[...]*

Dunque non serve essere grandi esperti per capire che alla base dei metodi “probabilistici” che ci vengono presentemente indicati dal pensiero accademico dominante come i migliori e più affidabili, ci sono pazienti ed approfondite analisi volte a cercare di sposare retroattivamente quei metodi semplificati che hanno mostrato la loro validità, e che poi formalmente si vogliono abolire in quanto arretrati ed inappropriati. In altre parole, ciò che è oggetto di attente calibrature da una parte, dall'altra viene bandito come metodologia vecchia ed inappropriata.

Ma v'è ancora da dire.

I metodi previsti dalle normative per la generazione delle combinazioni sono sistematicamente disattesi e non applicati sulla base di considerazioni che sono prive di qualunque rigore logico, e che di fatto introducono pesanti semplificazioni, giustificate unicamente dal tentativo di rendere abordabili metodologie che invece snaturano il percorso progettuale trasferendone la responsabilità ai calcolatori elettronici.

E' classico, nei testi che esemplificano il metodo degli stati limite (molti i casi, ad esempio [5], [6] ma anche il recente [7]) introdurre semplificazioni (la totale simmetria della struttura, la trascurabilità di un certo caso a confronto di altri, il non tenere in conto la simultaneità, per cui ad un carico assunto come base corrispondono sempre *tutti* gli altri a valori ridotti, l'effetto inf/sup, ecc. ecc.) che devono servire a mostrare la semplicità di un metodo che tutto è tranne che

semplice. Tali semplificazioni o si riferiscono a strutture così elementari da non essere un realistico banco di prova (totalmente simmetriche, piane), o sono semplificazioni a stretto rigore non lecite (omessa analisi di contemporaneità, omessi valori superiore ed inferiore, omessa variabilità dei segni in virtù della simmetria non a caso ipotizzata), perché evitano di considerare combinazioni che hanno importanza come le altre, ma che se aggiunte con coerenza porterebbero alla palmare evidenza della necessità di HAL9000.

Il rigore preteso dalle correnti normative agli stati limite è pertanto nella maggioranza dei casi un “rigore a tratti”, introdotto dove è utile introdurlo, fatto sparire dove invece esso sarebbe d’impiccio.

19.6.6. Conclusioni

Si deve dire con estrema chiarezza che le prescrizioni relative alla generazione delle combinazioni sia per gli stati limite ultimi che per quelli di servizio attualmente previste dalle normative italiane e dagli eurocodici, portano a generare centinaia o migliaia di combinazioni in casi strutturali del tutto correnti.

Sembra pertanto necessario ripristinare la verità dei fatti lasciando libero il progettista di decidere le combinazioni a proprio giudizio, ferma restando la necessità di impiegare i coefficienti parziali di sicurezza previsti dalla normativa. Le formule previste dalle normative devono sparire oppure devono essere applicate rigorosamente, non sembrano esserci vie di mezzo.

19.6.7. Riferimenti

- [1] Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 1: Basis of design, ENV1991-1, September 1994
- [2] Circolare 4 luglio 1996, N.156AA.GG./STC “Istruzioni per l’applicazione delle ‘Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi’ di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996”.
- [3] D.M. 16-1-1996 “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”, G.U. 5-2-1996, n. 29
- [4] Ordinanza PCM 3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, S.O. G.U. n.105, 8-5-2003.
- [5] Chantrain Ph., Schleich J.B., Conay Y., Mauer Th, „Manuale di progettazione per Edifici in Acciaio Controventati o a Nodi Fissi relativo all’Eurocodice 3“, ECCS, N°85 IT, prima ed. 1996

[6] Examples to Eurocode 3, ECCS N°71, 1993

[7] L.Petrini, R. Pinho, G.M. Calvi, “Criteri di Progettazione Antisismica degli Edifici”, IUSS Press, 2004

20. Funzionamento operativo del comando di generazione automatica delle combinazioni

20.1.1.1. COMANDO: Edit-Combinazioni-Genera...

Questo comando consente di generare in modo automatico l'insieme delle combinazioni necessarie per le verifiche allo stato limite ultimo (SLU) ed allo stato limite di danno (SLD). Il comando realizza le combinazioni sulla base delle prescrizioni derivanti dagli eurocodici, con la possibilità di modificare i parametri di interesse come i fattori di sicurezza. L'impianto è in comune a quello prescritto dalle norme italiane come il DM 16-1-1996 e l'Ordinanza PCM 3274/2003.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di fare le scelte necessarie alla generazione delle combinazioni. Le combinazioni possono essere generate solo se non vi sono altre combinazioni attive. Dopo aver generato le combinazioni in modo automatico è possibile aggiungerne di nuove o rimuoverne alcune mediante i normali comandi Sargon a questo scopo preposti.

Per i dettagli operativo sul funzionamento del comando si rimanda a Come generare le combinazioni ed al dialogo Generazione di combinazioni.

GENERAZIONE DI COMBINAZIONI

Generazione di combinazioni

Attività casi - Variabilità dei segni - Compresenza casi

Casi di carico variabili o accidentali base

- ☒ 3 Live Loads (0.5q)
- ☒ 4 Live Loads ((b) condition)
- ☒ 5 Wind +X
- ☒ 6 Wind +Y
- ☒ 7 Earthquake +X
- ☒ 8 Earthquake +Y
- ☒ 9 Thermal loads +15°C

☐ Cambia segno **Tutti!** **Nessuno!**

Ammissibilità compresenza altri casi

- ☐ 4 Live Loads ((b) condition)
- ☒ 5 Wind +X
- ☒ 6 Wind +Y
- ☒ 7 Earthquake +X
- ☒ 8 Earthquake +Y
- ☒ 9 Thermal loads +15°C

Coefficienti Gamma

1.4 gamma G ☒ Combina anche gli INF

1 gamma GA

1.5 gamma Q ☒ Combina anche gli INF

Tipo di Stato Limite

☒ SLU

☐ SLD

I casi non permanenti possono essere attivi (spuntati) o non attivi. Tutti! attiva tutti i casi di carico. Nessuno! disattiva.
 Un caso non permanente può escluderne altri: questi verranno deselezionati in "Ammissibilità compresenza ...".
 Gli effetti peggiori sono ignoti a priori. Quindi occorre considerare anche i valori inferiori (INF) e tutte le permutazioni.
 Si può dover tenere in conto che un caso possa assumere due segni diversi.

General

Cancel

Stima (*) quante ne verrebbero con queste scelte

(*) Solo generando si possono escludere ripetizioni e amplificazioni delle stesse combinazioni

Questo dialogo consente di definire in dettaglio la modalità operativa del comando di generazione delle combinazioni. Per un più approfondito svolgimento del tema, irto di tranelli e di difficoltà, si rimanda a [Come generare le combinazioni](#).

Il dialogo è diviso in tre riquadri.

Il primo riquadro **Attività casi-Variabilità segni-Compresenza casi** serve a stabilire alcune importanti caratteristiche dei casi di carico base, precisamente dei casi di carico base di tipo non-permanente (vento, variabili, neve, sisma...).

Il secondo riquadro **Coefficienti Gamma** serve a stabilire il valore da adottare per i coefficienti γ_g , γ_q , γ_A da utilizzare nella generazione delle combinazioni. Questo riquadro serve anche a stabilire se occorre considerare il solo valore superiore o anche quello inferiore (cfr infra).

Il terzo riquadro **Tipo di stato limite** serve a decidere se le combinazioni si riferiscono allo stato limite ultimo (SLU) o allo stato limite di danno (SLD).

Esistono poi tre bottoni isolati: il bottone “**Stima quante ne verrebbero con queste scelte**” che serve a calcolare in modo approssimato il numero di combinazioni che risulterebbero dalle scelte fatte (le ragioni per cui è approssimato saranno chiarite più oltre), il bottone **Genera!** che materialmente genera queste combinazioni, il bottone **Cancel** che fa uscire dal comando senza fare nulla.

Esaminiamo ora più in dettaglio i vari riquadri.

Attività casi-Variabilità dei segni-Compresenza casi

Questo riquadro è fondamentale.

Nella lista di sinistra vengono elencati tutti i casi di carico di tipo non permanente (tutti tranne quelli Permanenti e Gravità). Ognuno di questi casi di carico ha un suo segno di spunta che dice se il caso di carico è attivo, ovvero occorrerà tenerne conto nelle combinazioni, oppure se è inattivo, ed in tal caso il suo moltiplicatore sarà nullo in ogni combinazione, nessuna esclusa. Per attivare tutti i casi di carico variabili con un solo click basta premere il bottone **Tutti!**, mentre per disattivare tutti i casi di carico basta premere il bottone **Nessuno!**. Se si vuole che un caso di carico venga scartato (casi di carico utili per costruzioni o passaggi intermedi) è dunque necessario non etichettarlo **Permanente** o **Gravità**.

La casella di spunta **Cambia segno** si riferisce al caso di carico base variabile selezionato in un dato istante. Se la selezione cambia, il contenuto della casella di spunta cambia. Se la casella di spunta è selezionata (compare il segno di spunta), allora il corrispondente caso di carico dovrà comparire nelle combinazioni sia con il segno “+” che con il segno “-“. Se invece il segno di spunta non compare, allora il segno sarà sempre solo positivo.

Il contenuto del riquadro di destra cambia a seconda della selezione attiva nel riquadro di sinistra. Nel riquadro di destra (***Ammissibilità compresenza altri casi***) vengono elencati tutti i casi di carico di tipo non permanente (tutti i tipi tranne **Permanente** e **Gravità**), ad eccezione del caso di carico variabile correntemente selezionato nel riquadro di sinistra. Ogni caso nel riquadro di destra presenta un nuovo segno di spunta diverso per significato dal segno di spunta presente nel riquadro di sinistra. Se il segno di spunta del caso di carico J posto *a destra* relativo al caso di carico I posto *a sinistra* è presente, questo vuol dire che è ammessa la contemporanea presenza di I e J in una stessa combinazione. Se invece il medesimo segno di spunta è assente, allora quando è presente I non deve essere presente J. In pratica occorre definire i termini extradiagonali di una matrice quadrata booleana avente tante righe quanto sono i casi di carico non variabili. *La matrice deve essere simmetrica* (il segno di spunta IJ deve essere eguale al segno di spunta JI). Se la matrice non

è simmetrica il programma la segnala quando gli si chiede di generare le combinazioni o di stimarne il numero.

Si noti che è ben possibile che casi di carico variabile non possano agire contemporaneamente: si pensi alle diverse posizioni di un carico mobile, alle diverse configurazioni di un carico variabile, alle diverse direzioni di un carico da vento, alla eventuale contraddittorietà di due casi (termico a +30°C e neve).

Il fatto che due o più casi di carico siano mutuamente esclusivi obbliga a generare nuove combinazioni di carico nelle quali si permutino tutte le possibilità incrociate di compresenza di casi di carico variabili differenti. Si rimanda a Come generare le combinazioni per una più approfondita spiegazione.

Coefficienti Gamma

In questo riquadro si definiscono i valori dei coefficienti gamma. I valori proposti sono quelli previsti dalle norme italiane, ma in caso di commesse estere o lavori da eseguirsi in accordo ad altre normative, è possibile variare a proprio piacimento questi coefficienti.

Molto importanti sono le due caselle di spunta **Combina anche gli INF**, relative ai permanenti (gamma $G = \gamma_g$) ed ai variabili (gamma $Q = \gamma_q$).

Non è infatti detto che il valore di combinazione superiore (ad esempio $\gamma_g = 1.4$) generi ovunque situazioni peggiori di quelle che si avrebbero con il valore inferiore (che nel caso dei permanenti è posto dal programma eguale a 1). Ad esempio nei riguardi del ribaltamento i permanenti possono avere una azione stabilizzante, e quindi un loro valore inferiore risultare più gravoso ad esempio per ancoraggi o fondazioni. Pertanto là dove un caso di carico permanente compare con il suo valore superiore esso dovrebbe anche essere considerato, in un'altra combinazione, con il suo valore inferiore. Ovviamente nulla obbliga ad avere casi di carico permanenti che abbiano le stesse distribuzioni, e pertanto vanno considerate tutte le possibili permutazioni dei valori permanenti superiori ed inferiori di tutti i casi di carico base.

Analogo discorso vale per i carichi “variabili” (ovvero non di tipo **Gravità** o **Permanente**). In questo caso come valore inferiore il programma assume il moltiplicatore 0, ovvero il caso in cui il corrispondente caso di carico variabile manca (mentre in generale potranno esserci gli altri).

Se non si desidera tener in conto i valori superiori e quelli inferiori, ma solo i valori superiori, allora il segno di spunta va eliminato. Si noti che è possibile tenere in conto dell'effetto solo per i permanenti, solo per i variabili, per entrambi o per nessuno dei due. In generale il numero di combinazioni diminuisce (anche di molto) se non si tiene in conto la variabilità superiore/inferiore.

Tipo di stato limite

Questo riquadro serve a decidere se si dovranno generare combinazioni per gli stati limite di danno o combinazioni per gli stati limite ultimi. Si rimanda a Come generare le combinazioni per la descrizione delle differenze.

Il pulsante “**Stima quante ne verrebbero con queste scelte**” consente di avere preliminarmente una stima (un limite superiore) di quante combinazioni verrebbero aggiunte con le impostazioni scelte. Non è possibile dare il numero esatto senza materialmente aggiungere le combinazioni, perché solo se queste sono state aggiunte è possibile eliminare le combinazioni ridondanti. Le combinazioni sono considerate ridondanti quando:

- sono già state aggiunte eguali in precedenza;
- sono identiche ad un'altra aggiunta in precedenza, a meno di un fattore K eguale per tutti i casi di carico base. In altre parole se F_i sono i fattori della combinazione già aggiunta, e G_i sono i fattori della combinazione da aggiungere ($i=1$, numero di casi di carico), risulti per ogni i : $F_i = K G_i$. In questo caso: se $K < 1$ la G_i sostituirà la F_i , ma comunque rimarrà un'unica combinazione. Se invece $K > 1$, allora rimarrà la F_i e la G_i verrà scartata.

I controlli di ridondanza consentono di evitare la generazione di combinazioni platealmente inutili.

21. Comando EDIT-COMBINAZIONI-STAMPA

Per consentire un più analitico studio delle combinazioni generate in automatico da Sargon, è stato aggiunto un comando che crea un file ASCII con tutti i fattori di ciascuna combinazione esistente nel modello.

Il file è “tab delimited”, e quindi può facilmente essere importato in EXCEL (meglio) o in Word come tabella (attenzione alle dimensioni).

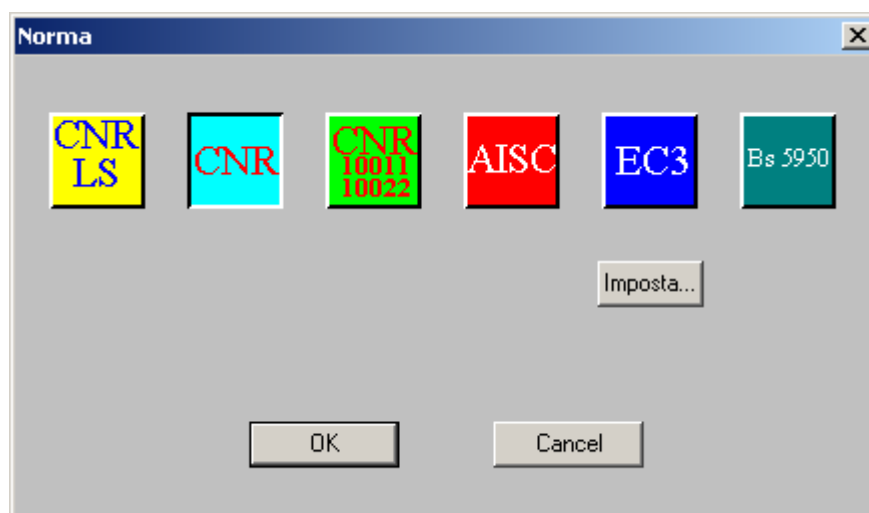
22. Sparizione del file EST nelle verifiche secondo EC3

A partire dalla versione 6.80 sparisce il file .EST impiegato fino ad oggi per pilotare la

generazione delle combinazioni e per impostare le verifiche secondo l'EC3.

Per quanto riguarda la generazione delle combinazioni tutte le funzionalità sono state rifatte ampliandole e generalizzandole, portate dentro Sargon e messe a disposizione di tutti gli utenti, anche quelli di altri verificatori (purchè agli stati limite, e purchè le regole derivate da EC1 vadano bene).

Per quanto riguarda i fattori gamma relativi al materiale (per il solo EC3) essi si impostano ora impiegando il bottone “Imposta...” presente nel dialogo che serve a selezionare la norma desiderata. Il dialogo in questione è stato modificato anche per aggiungere il bottone relativo alle norme CNR agli stati limite (“CNR LS”), ed ha ora il seguente aspetto:



23. Conseguenze sui modelli pre 6.80

Le modifiche introdotte fanno sì che i modelli fatti girare con release precedenti la 6.80 abbiano le seguenti peculiarità:

- I file wsr potranno essere letti da Sargon in modo automatico, convertendoli da 6.60 a 6.80.

- I file sr2 (file binario di scambio coi moduli esterni) e tutti i file binari di output dei verificatori (cnr, asc, ec3, bs) dovranno essere rigenerati rieseguendo le verifiche coi nuovi verificatori (nuovi solo in merito al formato).
- I file sdb e ddb dovranno essere ricreati facendo rigirare i solutori.

Pertanto non sarà possibile aprire con la 6.80 un file 6.60 o precedente e leggere i risultati delle verifiche senza far preventivamente rigirare il modello. Il modello si potrà aprire, ma i risultati delle verifiche si potranno ottenere solo facendo rigirare le verifiche stesse.

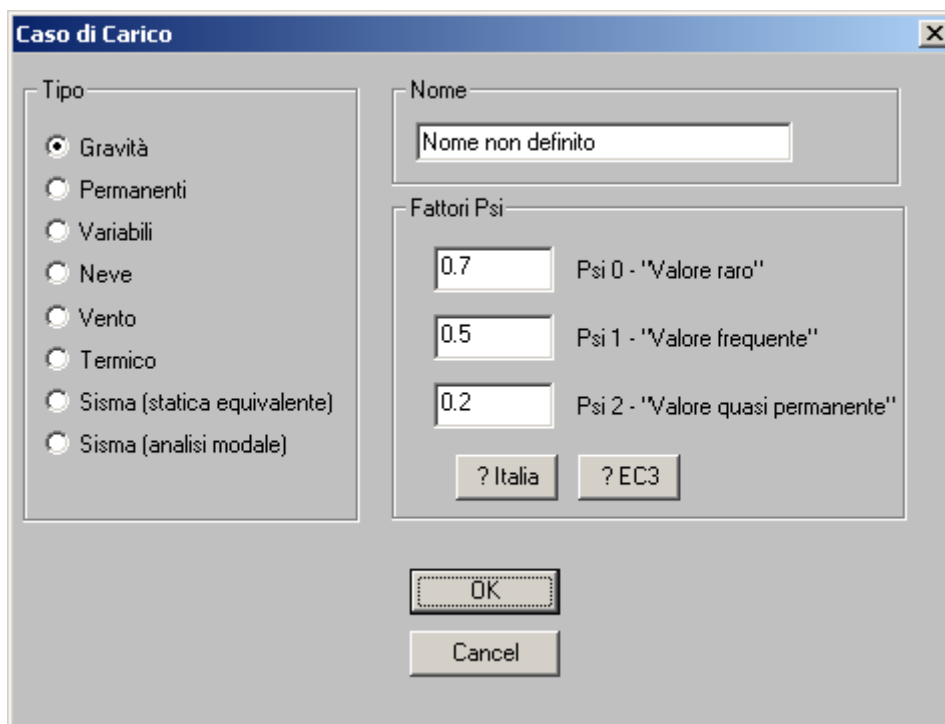
Dato il cambiamento dei formati sdb ddb ed mdb analogo discorso vale per i risultati dei solutori.

Nel caso in cui sia imprescindibile poter rileggere tutti i risultati ottenuti in precedenza senza ulteriori run si raccomanda di non aprire o salvare i file vecchi con la release nuova e si raccomanda di salvare su cd il contenuto delle release 6.60 prima di installare (sovrascrivendoli) i file della versione 6.80.

24. Aggiunta dei fattori ψ nella definizione dei casi di carico

Proprio al fine di consentire una appropriata generazione di combinazioni di carico, a partire dalla versione 6.80 ogni nuovo caso di carico riceve oltre ad un identificatore ed un'etichetta, anche tre fattori ψ atti a dare il valore raro, il valore frequente ed il valore quasi permanente.

Il dialogo è così mutato



I valori suggeriti cambiano automaticamente cambiando l'etichetta di tipo. Se si vuole un suggerimento, prima si sceglie il tipo (VENTO, SISMA...) eppoi si preme il tasto “?Italia” o “?EC3” a seconda che interessino le prescrizioni dei DM o di EC1.

I vecchi modelli dovranno essere rieditati per definire correttamente i fattori in questione, impostati altrimenti a valori di default.

25. Nuove estensioni di file per i tabulati relativi a norme CNR SL

Per distinguere i tabulati cnr TA da quelli cnr SL sono state introdotte le nuove estensioni di file seguenti:

- C2I CNR SL tabulato in italiano
- C2E CNR SL tabulato in inglese
- C2S CNR SL tabulato in spagnolo

26. Miglioramenti significativi al solutore SOCLEVER

A partire dalla versione 6.80 di Sargon il funzionamento del solutore SOCLEVER è stato modificato nel seguente modo.

Mentre prima se si raggiungeva una condizione di instabilità in uno dei casi di carico da calcolare il programma interrompeva l'esecuzione limitandosi a segnalare lo step di arresto, dando poi informazioni sulla sede della labilità-instabilità (file sog), ora il solutore va avanti e prosegue nella analisi andando ad esaminare anche i casi di carico successivi.

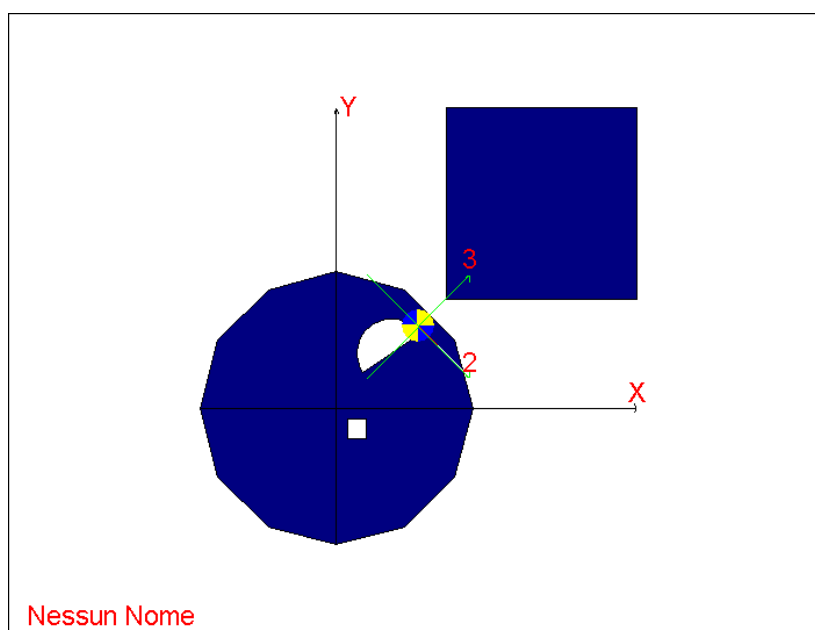
Il caso di carico che ha dato problemi viene trattato nel seguente modo. Se l'arresto è avvenuto allo step n di m , vengono scritti gli spostamenti e gli sforzi relativi allo step $n-1$. In questo modo si valuta il carico massimo possibile come una frazione pari a $(n-1)/m$ del carico totale e si ha modo di vedere la deformata ad incipiente instabilità. Di fatto se si divide il carico in un ragionevole numero di step (5, 10 o più) è possibile avvicinarsi con il desiderato grado di precisione al moltiplicatore critico su ciascun caso, e vedere le deformate critiche corrispondenti in Sargon.

Attenzione: è evidente che benchè a fine di analisi i risultati siano scritti e visibili in Sargon, questi non sono accettabili, poiché rappresentano i risultati relativi ad una frazione del carico, non al carico totale $((n-1)/m)$. E' inoltre chiaro che sebbene calcolata, la configurazione tende a divergere (tanto più quanto maggiore è il numero di step richiesti e quindi tanto maggiore è la precisione del calcolo).

Se più di un caso di carico comporta instabilità per ciascun carico verrà dato il messaggio e per ciascun carico si avrà la deformata ad incipiente instabilità, ciascuna allo step immediatamente precedente la divergenza.



Lista modifiche: dalla 6.80 alla 6.90



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 29-10-2004

27. Introduzione

La versione 6.90 è una versione intermedia, che prelude alla prossima versione 7.0, la quale si distinguerà tra l'altro per la possibilità di eseguire le verifiche su elementi monodimensionali in calcestruzzo armato presso o tenso inflessi (flessione deviata) sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite (DM ed EC2), mediante il nuovo modulo RCSTUDIO, correntemente in fase di avanzata stesura. RCSTUDIO si avvarrà come verificatore sezionale del modulo LISA (in una versione specializzata denominata LISAEXPRESS) del quale è Autore il Prof. Marco Andrea Pisani del Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano. RCSTUDIO sarà di fatto il secondo verificatore aggiunto a Sargon nel corso del 2004 (aggiungendosi al CNR SL).

La necessità di trattare con una più ampia classe di sezioni ha portato ad estese modifiche del modulo SAMBA, a modifiche della gestione degli archivi di profili, e contestualmente ha richiesto un adeguamento di tutti i verificatori (nuovi profili THSM e POLI). La classe dei profili gestibili da SAMBA e da SARGON è stata considerevolmente ampliata, venendo in pratica a ricomprendere quasi tutte le possibili sezioni che mente umana possa concepire.

L'archivio dei profili è cresciuto sino a 8750 sezioni, essendosi aggiunte le numerose sezioni a T ottenute per taglio di profili laminati ad H (taglio a metà – TMIPE100-, taglio a filo raccordi con i due profili TIPE100 e PIPE100, per tutti i profili ad H presenti in archivio).

Sono state aggiunte le seguenti nuove tipologie di sezione:

Profili THSM	ottenuti per taglio di sezioni ad H laminate.
Profili POLI	ottenuti per riunione di poligonali pieni o vuoti.
Profili misti	ottenuti ampliando e generalizzando le sezioni composte generiche

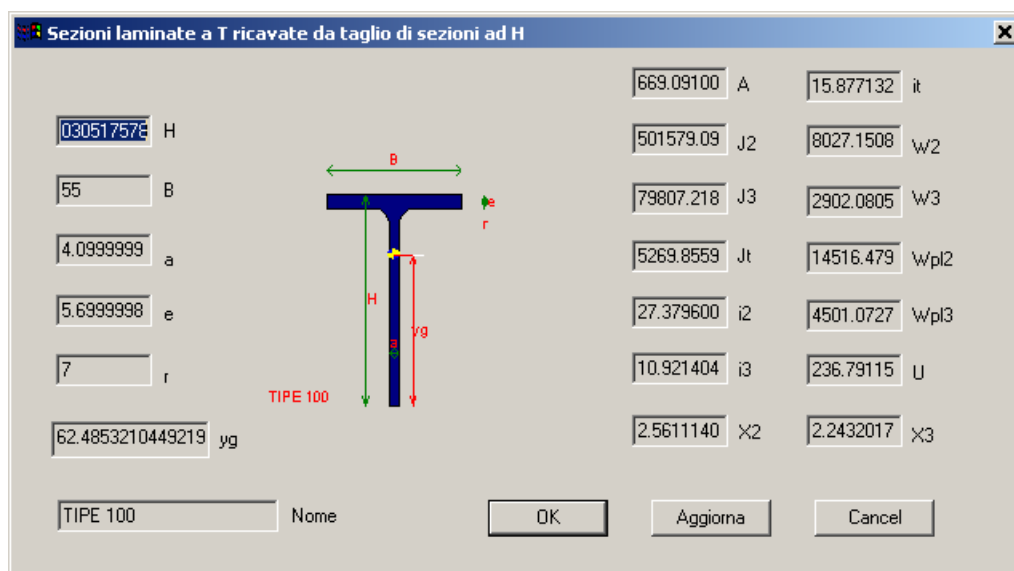
Oltre a queste modifiche relative alla classe dei profili, la versione 6.90 presenta la novità di fornire un discreto numero di macro istruzioni già pronte (file .scm) che di fatto costituiscono un altrettanto vasto numero di nuovi comandi all'interno del programma. Sono state create macro per generare cerchi, ellissi, semicerchi, archi e così via. Si è voluto insistere con le macro perché sembra di capire che la notevolissima potenza che le macro mettono a disposizione non sia stata adeguatamente sfruttata, forse anche a causa della necessità di programmazione richiesta.

Per quanto riguarda il fronte delle nuove normative, questa versione non contiene novità, stante la condizione di sostanziale stallo nella quale ci troviamo. Giungono voci contraddittorie, e lo stesso testo della ben nota Ordinanza 3274 è stato dal normatore pesantemente rimaneggiato, sì che il buon senso consiglia di attendere che l'assetto delle norme diventi stabile. Riteniamo (e speriamo) che il 2005 sia l'anno durante il quale le norme troveranno un assetto definitivo.

Di seguito l'elenco dettagliato delle modifiche.

28. Aggiunta del nuovo tipo sezionale THSM

Il nuovo tipo sezionale descrive le sezioni a T ottenute per taglio di sezioni a doppio T laminato.



030517578	H	669.09100	A	15.877132	it
55	B	501579.09	J2	8027.1508	w2
4.0999999	a	79807.218	J3	2902.0805	w3
5.6999998	e	5269.8559	Jt	14516.479	wpl2
7	r	27.379600	i2	4501.0727	wpl3
62.4853210449219	yg	10.921404	i3	236.79115	U
		2.5611140	X2	2.2432017	X3

TIPE 100 Nome

OK Aggiorna Cancel

Sezione TIPE100

Per facilitare le operazioni sono state già aggiunte all'archivio molte nuove sezioni di tipo THSM. Precisamente, da ogni sezione a doppio T se ne generano tre:

- ♦ la sezione a T ottenuta dividendo a metà la sezione originaria, e queste sezioni si chiamano TM*** dove *** è il nome dell'originario profilo a doppio T.
- ♦ La sezione a T ottenuta togliendo il piatto inferiore all'altezza dell'inizio dei raccordi semicircolari, e queste sezioni si chiamano T***.
- ♦ La sezione a T (quasi un piatto), rimanente dal taglio precedente, e queste sezioni si chiamano P***.

Naturalmente è anche possibile immaginare che il taglio sia fatto in altri punti dell'anima, ed in questo caso basterà fornire le quote H(altezza totale), B (larghezza dell'ala), a (spessore dell'anima), e (spessore dell'ala) ed r (raggio del raccordo di collegamento).

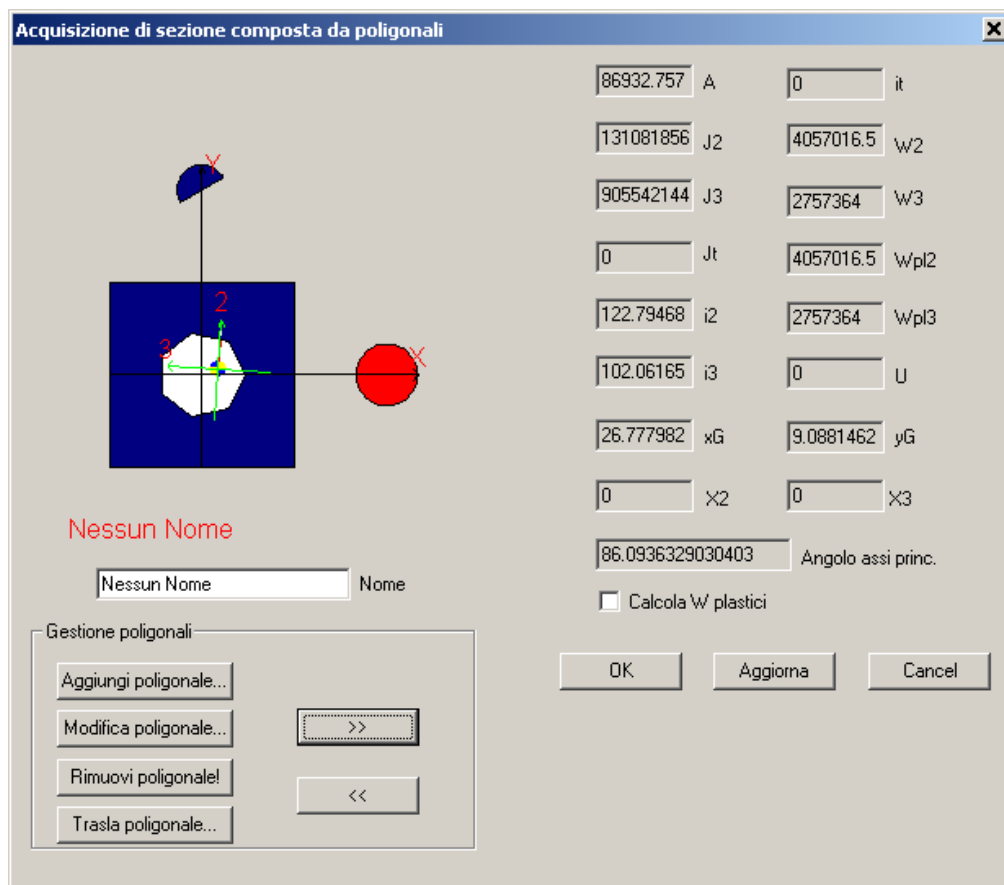
Le sezioni del nuovo tipo sono verificate automaticamente da tutti i verificatori: CNR TA, CNR SL, EC3, AISC, BS.

29. AGGIUNTA EDL NUOVO TIPO SEZIONALE POLI

Le nuove forme sezionali di tipo “POLI” sono sezioni ottenute riunendo un arbitrario numero di poligoni, ciascuna delle quali può rappresentare un pieno o un vuoto.

Questo modello è molto generale e consente di trattare un’ampia classe di profili che prima non si potevano studiare in SAMBA/SARGON.

L’ambiente per la generazione di questi profili si presenta come nella figura seguente.



Il bottone “**Aggiungi poligonale**” consente di aggiungere una nuova poligonale.

I bottoni “<<” e “>>” fanno passare da una poligonale alla successiva. La poligonale correntemente selezionata appare in rosso.

Il bottone “**Modifica poligonale**” consente di modificare la poligonale correntemente selezionata.

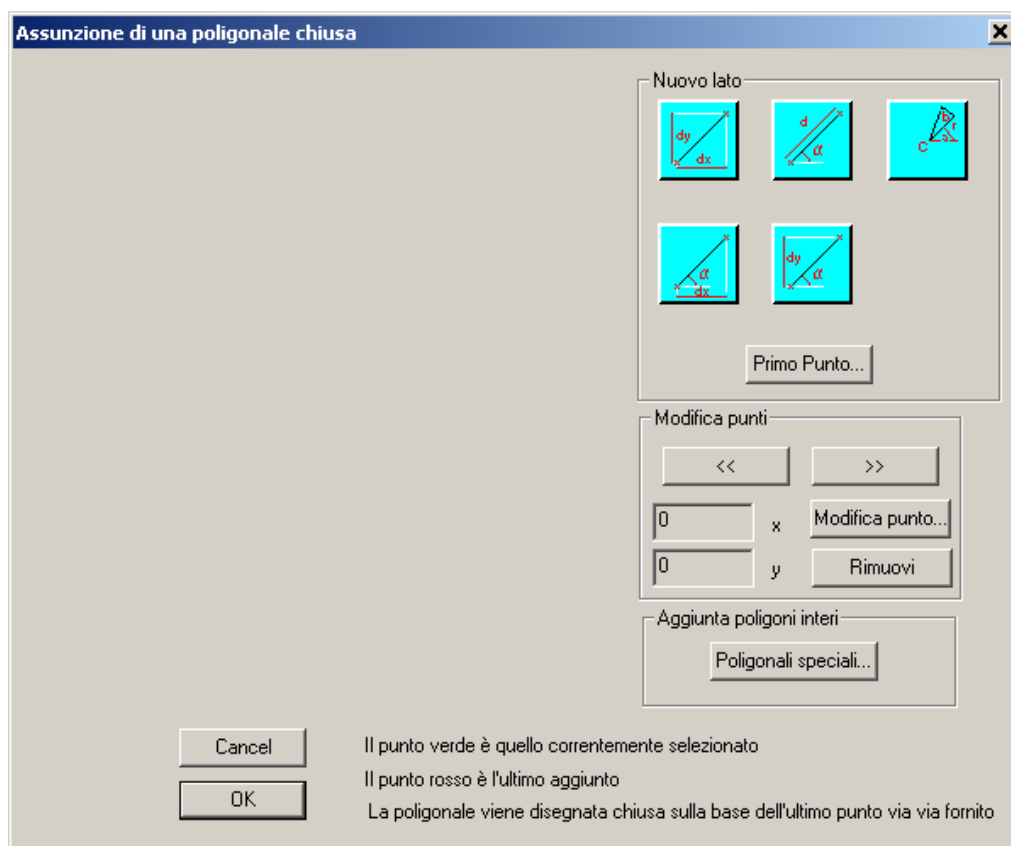
Il bottone “**Rimuovi poligonale**” la rimuove.

Il bottone “**Trasla poligonale**” fa traslare di un certo vettore la poligonale correntemente selezionata.

La casella di spunta “**calcola W plastici**” è un flag che dice se calcolare o meno i W plastici. In genere si attiva alla fine e poi si preme il tasto **Aggiorna**.

Tutte le caselle con sfondo grigio riportano valori di calcolo che non possono essere modificati.

Non appena si preme il pulsante “**Aggiungi poligonale**” compare il dialogo della figura successiva.



La poligonale può essere aggiunta in due modi.

Se è una poligonale standard, si preme il pulsante **Poligoni speciali**, e si accede al dialogo successivamente spiegato.

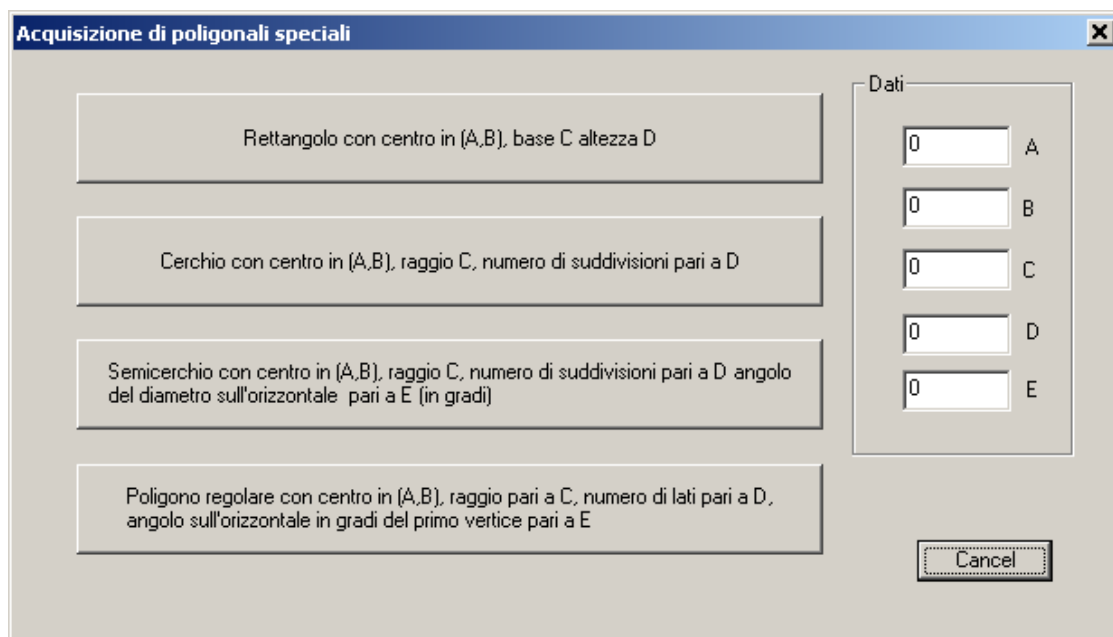
Se è una poligonale non standard, si danno i punti uno dopo l'altro tenendo presente che il primo punto deve essere dato cliccando su **Primo punto**, mentre gli altri vengono dati fornendo le coordinate relativamente all'ultimo punto precedentemente inserito, mediante i bottoni con lo sfondo azzurro (che chiedono (dx, dy) , oppure (d, α) , oppure (α, dx) oppure (α, dy)). In questo modo si forniscono lati rettilinei. Se si vuole introdurre un lato curvilineo (arco di cerchio) occorre premere l'ultimo bottone con sfondo azzurro, tenendo presente che verranno aggiunti all'ultimo punto precedentemente fornito tutti i punti dell'arco, dal primo all'ultimo.

Ogni punto viene aggiunto ai punti precedenti.

L'ultimo punto aggiunto viene sempre automaticamente congiunto col primo in modo da chiudere la poligonale.

I punti definiti con l'arco o con le poligonali speciali si aggiungono ai punti già esistenti (le poligonali speciali definiscono appunto se stesse se vengono aggiunte ad una situazione in cui non ci sono punti, mentre definiscono nuovi rami della poligonale se vengono aggiunti a una serie di punti già esistenti.

Le poligonali speciali vengono aggiunte mediante il dialogo successivo:



The dialog box is titled "Acquisizione di poligonali speciali". It contains four main options, each in a separate box:

- Rettangolo con centro in (A,B), base C altezza D
- Cerchio con centro in (A,B), raggio C, numero di suddivisioni pari a D
- Semicerchio con centro in (A,B), raggio C, numero di suddivisioni pari a D angolo del diametro sull'orizzontale pari a E (in gradi)
- Poligono regolare con centro in (A,B), raggio pari a C, numero di lati pari a D, angolo sull'orizzontale in gradi del primo vertice pari a E

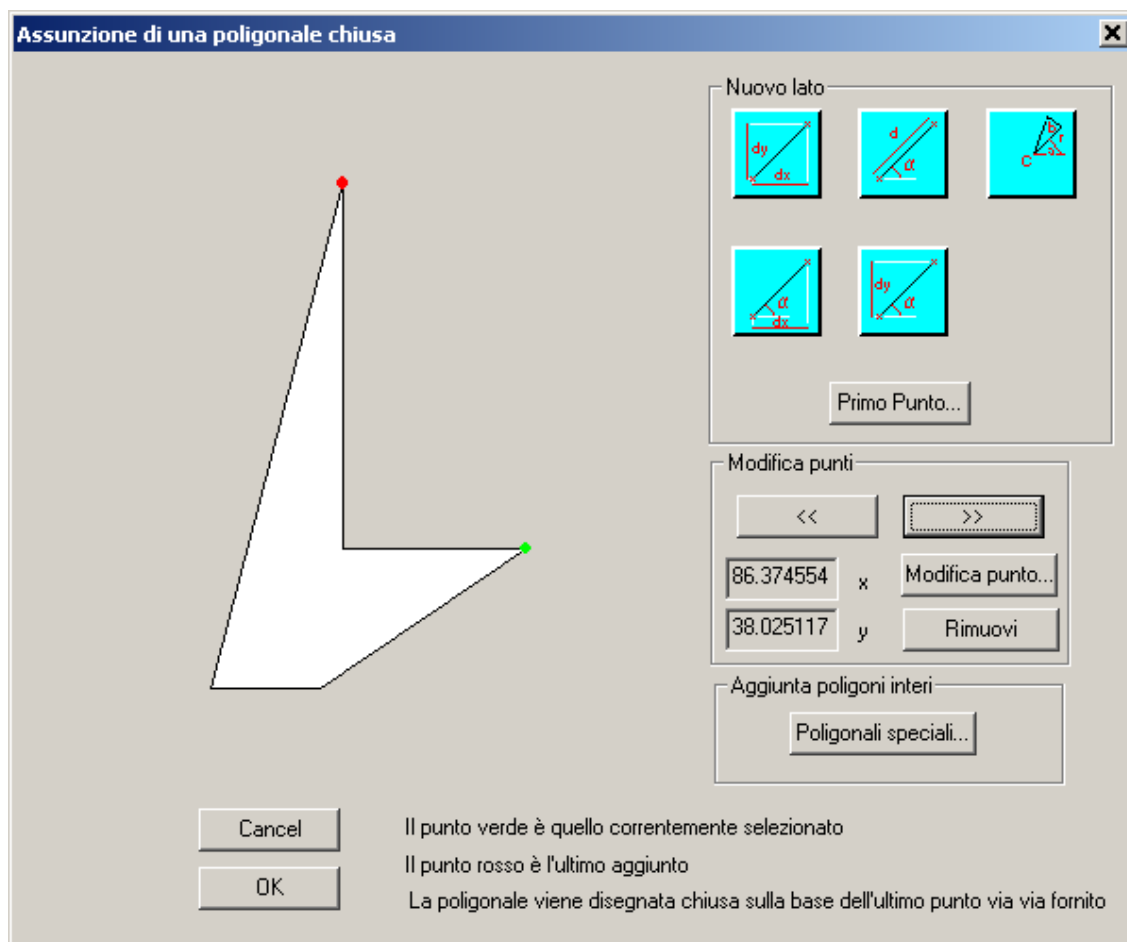
On the right side, there is a section labeled "Dati" with five input fields, each with a "0" and a label:

- A: 0
- B: 0
- C: 0
- D: 0
- E: 0

At the bottom right, there is a "Cancel" button.

I numeri dati nelle caselline A, B, C, D, E verranno interpretati sulla base del pulsante che verrà successivamente premuto. Si possono dare:

- ◆ Rettangoli
- ◆ Circonferenze con un certo numero di suddivisioni
- ◆ Semicirconferenze con diametro inclinato di un angolo generico (in gradi, positivo se antiorario).
- ◆ Poligoni regolari comunque orientati.



Se dopo aver definito la poligonale si vogliono modificare i punti precedentemente introdotti (anche per ritoccare una poligonale speciale), si usano i bottoni seguenti:

“<<” per passare al punto precedente (selezionarlo)

“>>” per passare al punto successivo

Rimuovi per eliminare il punto correntemente selezionato

Modifica punto per modificare le coordinate del punto correntemente selezionato (che sono la “x” ed “y” indicate via via).

Il cerchio verde indica il punto correntemente selezionato.

Il cerchio rosso l’ultimo punto aggiunto.

Al termine con la pressione del tasto OK si viene chiesti di specificare se la poligonale che si sta per aggiungere rappresenti un pieno o un vuoto.

Il calcolo del momento di inerzia torsionale del profilo non può essere svolto in modo automatico. Pertanto

prima di aggiungere il profilo si viene richiesti di fornire esplicitamente un valore per il momento di inerzia torsionale e per il raggio di inerzia torsionale.

Il dialogo che compare fornisce il valore del momento di inerzia polare come dato informativo, in quanto per alcune sezioni si può dedurre il momento di inerzia torsionale da quello polare.

Le sezioni POLI, come tutte le altre, possono essere importate leggendo un file di dati, cosa che consente a chiunque di creare vasti archivi di forme del tutto speciali.

Per quanto riguarda le sezioni POLI, occorre dire che la loro estrema generalità consente di definire sezioni anche molto complesse. Tuttavia è evidente che le sezioni POLI, proprio a causa della loro generalità, non possono essere verificate in modo automatico (pensiamo agli effetti dovuti al taglio, alla torsione, allo svergolamento), ma solo – per i verificatori che lo consentono – in modo semiautomatico, vale a dire compilando i file “cnrdata.txt” o “bsdata.txt”, rispettivamente per le norme CNR e per le BS.

Fatta questa precisazione si può dire che anche le sezioni POLI possono essere verificate dai verificatori CNR e BS in modo automatico, una volta che sia stato compilato, una volta per tutte, il file di appoggio.

30. AMPLIAMENTO DEL TIPO SEZIONALE “COMPOSTE GENERICHE” PER INCLUDERE I PROFILI MISTI

30.1. Inquadramento “teorico”

Il tipo sezionale “composte generiche” consente ora di definire sezioni miste, ovvero sezioni composte da diverse sezioni ciascuna delle quali di un materiale differente, tutte ricadenti nell’ipotesi di piena aderenza e di mantenimento delle sezioni piane.

Si possono così descrivere sezioni miste acciaio calcestruzzo, acciaio legno, con vari tipi di calcestruzzo o quel che si vuole.

Tutte le caratteristiche della sezione verranno riportate ad un materiale equivalente, rispetto al quale verranno omogeneizzate le varie parti componenti. Non è necessario che una sezione tra le componenti debba essere costituita del materiale di riferimento.

I materiali delle sezioni componenti vengono presi dall'archivio, che quindi deve contenerli. Detti:

n	il numero di sezioni presenti
Er	il modulo di elasticità normale del materiale di riferimento
Ei	il modulo di elasticità normale del materiale generico del generico punto i
σ_{yr}	la tensione di snervamento del materiale di riferimento
σ_{yi}	la tensione di snervamento del materiale genrico del generico punto idi riferimento
K _{eli}	= Ei/Er
K _{p<i>li</i>}	= $\sigma_{yi} / \sigma_{yr}$
Si ha	

$$A = \sum_i^n \int_{Ai} K_{eli} dA$$

$$S_x = \sum_i^n \int_{Ai} y K_{eli} dA$$

$$S_y = \sum_i^n \int_{Ai} x K_{eli} dA$$

$$x_g = S_y / A$$

$$y_g = S_x / A$$

$$I_x = \sum_i^n \int_{Ai} y^2 K_{eli} dA$$

$$I_y = \sum_i^n \int_{Ai} x^2 K_{eli} dA$$

$$I_{xy} = \sum_i^n \int_{Ai} xy K_{eli} dA$$

Dopo di che per le vie normali si trovano gli assi principali ed i momenti di inerzia J2 e J3 rispetto agli assi principali.

Relativamente ai moduli di resistenza W, questi sono definiti in modo tale che essi, moltiplicati per la tensione di snervamento del materiale di riferimento, portino la sezione, in qualche suo punto, di qualche materiale, al primo snervamento.

In pratica, dato il punto P_i , avente materiale i , e detta d la distanza dall'asse principale considerato, si ha

Tensione nel punto come se fosse del materiale di riferimento:

$$\sigma_r = M d / J$$

Tensione omogeneizzata (la vera tensione del materiale reale in quel punto):

$$\sigma_i = M K_{eli} d / J$$

La condizione limite si ha quando tale tensione è eguale allo snervamento del materiale “ i ”, e quindi:

$$M K_{eli} d / J = K_{pli} \sigma_{yr}$$

Il momento che attinge tale valore è dato da

$$M = (K_{pli} J / d K_{eli}) \sigma_{yr}$$

Quindi il modulo di resistenza della sezione mista è dato, al variare dei punti i , dal minimo valore di

$$W = \min \{ K_{pli} J / d K_{eli} \}$$

Con tale assunzione, il momento al limite elastico della sezione si ottiene nel solito modo, $M = W \sigma_{yr}$.

Per quanto riguarda i moduli plastici, questi sono ottenuti omogeneizzando le aree con K_{pl} anziché con K_{el} , e vale la seguente formula:

$$M_{pl} = W_{pl} \sigma_{yr}$$

Cioè, il momento di piena plasticizzazione della sezione si ottiene moltiplicando W_{pl} per la tensione di snervamento del materiale di riferimento.

Vale ora la pena di dire alcune cose sull'uso di questi dati.

Con le sezioni miste occorre regolarsi in questo modo. Le sezioni vanno attribuite agli elementi nel modo consueto, ma per avere senso l'uso di queste sezioni deve essere fatto assegnando come materiale a queste sezioni solo ed unicamente il materiale di riferimento, vale a dire il materiale rispetto al quale le caratteristiche sezionali sono state omogeneizzate.

Con questa avvertenza, le sezioni miste possono essere usate al pari delle altre, ed il comportamento elastico delle travi miste può essere correttamente modellato, in modo da giungere a sollecitazioni e spostamenti coerenti con la teoria.

Per quanto riguarda i risultati ottenibili successivamente, occorre osservare quanto segue.

I valori di tensione (N/A), (M/W) e ($N/A + M/W$) non hanno senso usati direttamente, in quanto la tensione

ottenuta è una tensione ideale omogeneizzata, vale a dire che è la tensione che si avrebbe nel punto di prima plasticizzazione se questo fosse costituito dal materiale di riferimento, cosa che in generale non è vera.

Una stima indiretta del grado di sfruttamento della sezione in campo elastico è data dalla seguente quantità adimensionale:

$$sfr = \left| \frac{N}{N_{el}} \right| + \left| \frac{M_2}{M_{2el}} \right| + \left| \frac{M_3}{M_{3el}} \right| = \left| \frac{N}{A_{el} \sigma_{yr}} \right| + \left| \frac{M_2}{W_{2el} \sigma_{yr}} \right| + \left| \frac{M_3}{W_{3el} \sigma_{yr}} \right|$$

nella quale i W sono i W calcolati dal programma e già descritti precedentemente come W elastici, mentre A_{el} è un'area omogeneizzata definita in modo tale da ottenere l'azione assiale di prima plasticizzazione quando moltiplicata per σ_{yr} .

Posto

$$N = \sum_{i=1}^n \int_{A_i} (\varepsilon E_i) dA = \varepsilon \left(\sum_{i=1}^n \int_{A_i} E_i dA \right) = \varepsilon E_r \left(\sum_{i=1}^n \int_{A_i} K_{eli} dA \right) = \varepsilon E_r A$$

dove A è l'area omogeneizzata calcolata dal programma, l'azione assiale di prima plasticizzazione si ottiene imponendo che la tensione normale nel generico punto sia eguale a quella di snervamento, e prendendo l'azione assiale minima:

$$\varepsilon = \frac{N}{E_r A}$$

$$\sigma_i = E_i \frac{N}{E_r A} = \sigma_{yi}$$

dalla precedente si ottiene nel generico punto

$$N = A \frac{K_{pli}}{K_{eli}} \sigma_{yr}$$

e quindi

$$A_{el} = A \min \left\{ \frac{K_{pli}}{K_{eli}} \right\}$$

L'azione assiale di piena plasticizzazione, si ottiene invece dalla seguente relazione

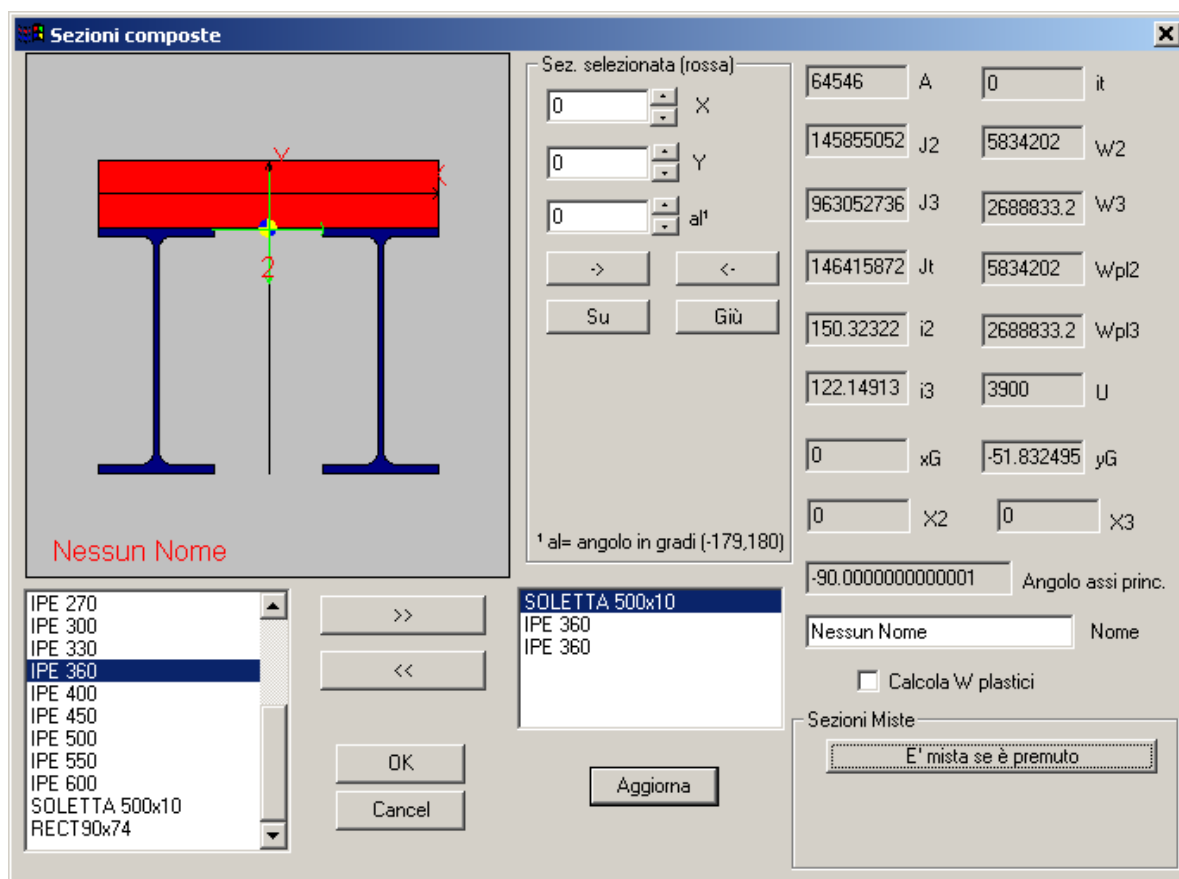
$$A_{pl} = \sum_i^n \int_{A_i} K_{pli} dA$$

Con questi risultati possiamo ora scrivere un coefficiente di sfruttamento plastico nel seguente modo:

$$sfr = \left| \frac{N}{N_{pl}} \right| + \left| \frac{M_2}{M_{2pl}} \right| + \left| \frac{M_3}{M_{3pl}} \right| = \left| \frac{N}{A_{pl} \sigma_{yr}} \right| + \left| \frac{M_2}{W_{2pl} \sigma_{yr}} \right| + \left| \frac{M_3}{W_{3pl} \sigma_{yr}} \right|$$

Il comando che mappa in Sargon il coefficiente di sfruttamento plastico tiene in conto il corretto valore di A_{pl} per le sezioni miste.

SEZIONI MISTE NOTE OPERATIVE



In pratica i controlli sono stati riposizionati per far posto ad un primo bottone, che è il bottone “E” mista se è premuto”. Il bottone inizialmente si presenta non premuto, ed il dialogo appare come nella figura precedente. Alla pressione del bottone il dialogo appare come nella figura seguente, e vengono svelati i controlli necessari a definire:

- Il materiale di riferimento per la sezione complessiva (bottone Cambia nel riquadro in basso).
- Il materiale di cui è costituita la generica sezione in rosso, quella selezionata (bottone Cambia nel riquadro che contiene i controlli di traslazione e rotazione).

Sezioni composte

Sez. selezionata (rossa)

0 X
0 Y
0 al¹

-> <-
Su Giù

Materiale
Rbk250
Cambia...

¹ al= angolo in gradi (-179,180)

21322.519 A 0 it
575509376 J2 856739.56 W2
558061376 J3 687553.43 W3
20489040 Jt 856739.56 Wpl2
164.28842 i2 687553.43 Wpl3
161.77883 i3 3900 U
0 xG -156.90360 yG
0 X2 0 X3
0 Angolo assi princ.
Nessun Nome Nome
☐ Calcola W plastici

Sezioni Miste
E' mista se è premuto

Materiale di riferimento
Fe360
Cambia...

IPE 270
IPE 300
IPE 330
IPE 360
IPE 400
IPE 450
IPE 500
IPE 550
IPE 600
SOLETTA 500x10
RECT90x74

>>
<<
OK
Cancel
Aggiorna

Nessun Nome

Bisognerà definire il materiale di riferimento ed il materiale di ogni singola sezione che compone la sezione complessiva pescando nel modo consueto, mediante il dialogo mostrato successivamente, dalla lista dei materiali presenti in archivio.

Archivio Materiali				
Nome	g	E	nu	Fy
Rbk250	2.452e-005	2.792e+004	1.800e-001	9.810e+00
ala	2.700e-005	6.900e+004	2.700e-001	9.810e+00
CLS_Rck15	2.500e-005	2.208e+004	2.000e-001	1.500e+00
CLS_Rck20	2.500e-005	2.549e+004	2.000e-001	2.000e+00
CLS_Rck25	2.500e-005	2.850e+004	2.000e-001	2.500e+00
CLS_Rck30	2.500e-005	3.122e+004	2.000e-001	3.000e+00
CLS_Rck35	2.500e-005	3.372e+004	2.000e-001	3.500e+00
CLS_Rck40	2.500e-005	3.605e+004	2.000e-001	4.000e+00
Vetro	2.500e-005	7.300e+004	2.200e-001	4.000e+00
Alluminio	2.714e-005	6.964e+004	3.600e-001	1.690e+00
A36/32	7.850e-005	2.000e+005	3.000e-001	2.210e+00
Fe360	7.850e-005	2.060e+005	3.000e-001	2.350e+00

Sia le sezioni componenti che i materiali componenti devono già essere in archivio prima della esecuzione del comando.

Per il calcolo dei moduli plastici occorrerà selezionare la casellina di spunta corrispondente e premere il tasto aggiorna.

31. Aggiunta di nuove macro istruzioni

Al fine di favorire l'uso delle macro sono state aggiunte delle nuove macro istruzioni che sono di utilità generale. Grazie a queste nuove macro è possibile generare facilmente archi e circonferenze, semicirconferenze ed ellissi, nonché poligoni regolari che possono essere utilizzati come linee di costruzione per generare figure complesse.

L'aggiunta di queste nuove macro di fatto si configura come l'aggiunta di nuovi comandi specifici posti al di fuori del programma: basterà dare il comando File-Comandi, eppoi leggere il file scm corrispondente alla macro che interessa, seguendo le istruzioni che si presentano via via.

WSARGON

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indirizzo C:\WSARGON

Cartelle

- WIN2000
- WINNT
- WLEDA
- WSARGON**
 - WSARGON_DEMO
 - wsargone
 - WSPECTRM
 - WSSARGON
 - action
 - ALGOR
 - bs
 - command
 - DemoRel
 - dialog
 - elem
 - external
 - general
 - hlp
 - install
 - kernel
 - node
 - oldbat
 - PolDebug
 - PolRel
 - proj
 - psheet
 - res
 - rese
 - result
 - SARKERN2
 - shapes
 - ship
 - temp
 - tools
 - WinDebug
 - WinRel

Nome Dimensione Tipo Ulti

WSARGON

Selezionare un elemento per visualizzarne la descrizione.

Vedere anche:

- [Documenti](#)
- [Risorse di rete](#)
- [Risorse del computer](#)

SPETTROZ.PTS 1 KB File PTS 10/

CNRDATA.sav 9 KB File SAV 09/

WCLEVER.SAV 144 KB File SAV 21/

CNRDATA.sav2 13 KB File SAV2 11/

wsargon.sts 3 KB File STS 19/

WSARGON.STS2 3 KB File STS2 27/

SMA.arx 52 KB Libreria runtime di A... 02/

WSR.arx 44 KB Libreria runtime di A... 02/

2PYRAM_1.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 07/

ARCO_PIANO_XY_ANG 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

ARCO_PIANO_XY_ANG 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

ARCO_PIANO_XZ_ANGOLO_INIZIALE_ANGOLO_FINALE.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

ARCO_PIANO_YZ_ANGOLO_INIZIALE_ANGOLO_FINALE.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

ARCO_PIANO_YZ_ANGOLO_INIZIALE_ANGOLO_FINALE.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

ARCO_PIANO_YZ_ANGOLO_INIZIALE_ANGOLO_FINALE.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 30/

CERCHIO_PIANO_XY.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 29/

CERCHIO_PIANO_XZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 09/

CERCHIO_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

ELLISSE_PIANO_XY.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

ELLISSE_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

ELLISSE_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

NPRATTXZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 07/

POLIGONO_REGOLARE_PIANO_XY.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

POLIGONO_REGOLARE_PIANO_XZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

POLIGONO_REGOLARE_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

PRAATTXZ.SCM 2 KB Lotus ScreenCam M... 18/

PRAATTXZ.SCM 2 KB Lotus ScreenCam M... 27/

PYRAM_1.SCM 3 KB Lotus ScreenCam M... 18/

RUNNINGLOAD.scm 1 KB Lotus ScreenCam M... 20/

SEMICERCHIO_PIANO_XY.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

SEMICERCHIO_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

SEMICERCHIO_PIANO_YZ.SCM 1 KB Lotus ScreenCam M... 27/

csd.SMA 15 KB SAMBA Document 18/

csd2.SMA 26 KB SAMBA Document 26/

SARGON.sma 2.052 KB SAMBA Document 28/

save.sma 2.052 KB SAMBA Document 28/

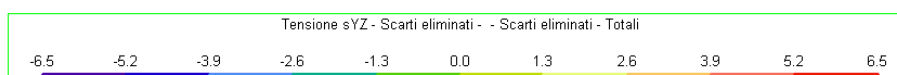
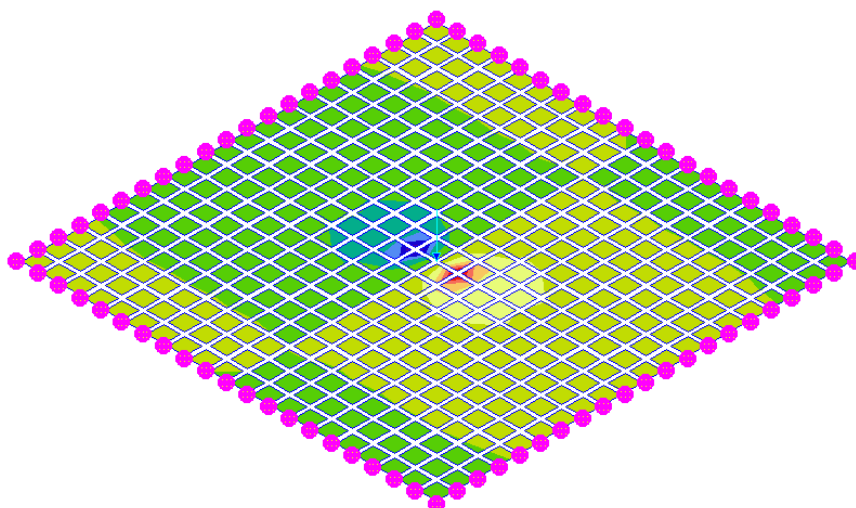
Oggetti: 136 (Spazio disponibile: 5,25 GB)

24,5 MB

Risorse del computer



Lista modifiche: dalla 6.90 alla 7.00



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 31-3-2005

32. Introduzione

La versione 7.0 contiene importanti migliorie e considerevoli ampliamenti, solo alcuni dei quali sono al momento visibili all'utente.

Le principali innovazioni della versione rispetto alle precedenti sono le seguenti:

1. Aggiunta delle piastre spesse con formulazione di Hughes a tre e quattro nodi.
2. Predisposizione per la trattazione degli elementi solidi ed aggiunta di questi ai solutori.
3. Creazione del nuovo modulo checksolvers.exe
4. Aggiunta del fattore di errore all'analisi a spettro di risposta
5. Cambiamento del modo in cui vengono calcolate le reazioni vincolari
6. Modifica della trattazione dei carichi interni agli elementi da parte dei solutori interni CLEVER e SOCLEVER
7. Miglioramenti a SAMBA
8. Aggancio automatico di RCSTUDIO da SARGON per le verifiche del calcestruzzo armato

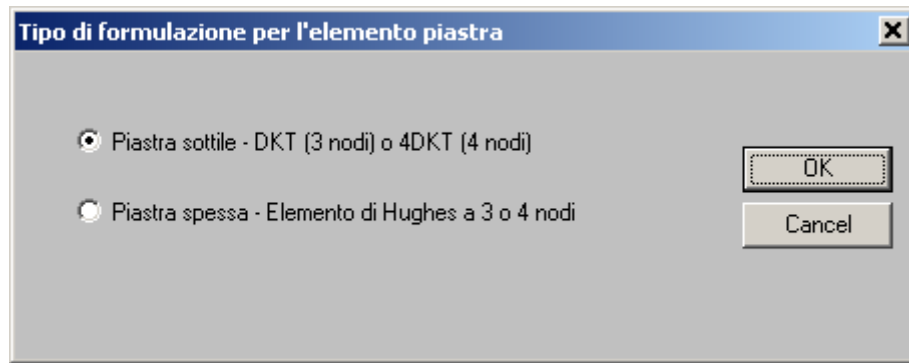
La versione 7.0 ha comportato estese aggiunte e riscritture per tutti i moduli della piattaforma. Il formato wsr è cambiato e così il formato sr2. Tutti i file di input dei solutori interni sono cambiati.

Gli utenti di CSE e di RCSTUDIO dovranno dotarsi delle versioni aggiornate dei programmi facendone richiesta.

33. Aggiunta delle piastre spesse

Con la versione 7.0 è possibile attribuire agli elementi "piastra" il tipo "piastra spessa" o il tipo "piastra sottile".

Per default il tipo che viene attribuito è quello di piastra sottile. La assegnazione del tipo "piastra spessa" viene normalmente fatta alla fine delle operazioni di meshing, mediante il comando Mesh-PM-Tipo, che consente di assegnare agli elementi piastra selezionati il tipo desiderato.



Il comando di interrogazione sulle piastre è stato modificato per dare anche la informazione sul tipo di elemento adottato.

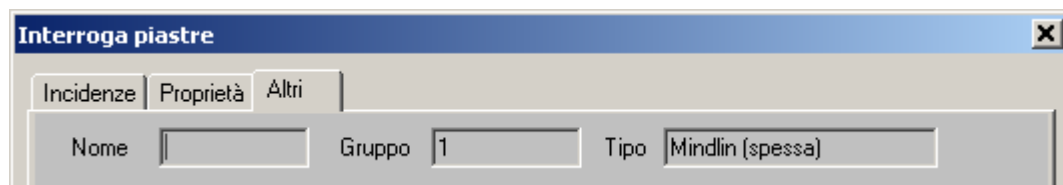


PLATE	N1	N2	N3	N4	KIND

KIND	0	Thin Plate (Kirchhoff)			
KIND	1	Thick Plate (Mindlin-Reissner)			

1	7	16	26	25	1
2	11	133	142	35	1
3	12	124	242	241	1
4	13	232	349	251	1
5	16	17	27	26	1
6	17	18	28	27	1
7	18	19	29	28	1

Il tabulato è stato variato come rappresentato nella immagine precedente.

Gli elementi finiti impiegati sono quelli proposti da Hughes e Tezduyar nell'articolo "Finite Elements Based

Upon Mindlin Plate Theory With Particular Reference to the Four-Node Bilinear Isoparametric Element”, T.J.R. Hughes, T.E. Tezduyar, *Journal of Applied Mechanics*, September 1981.

Tra i due elementi finiti (a tre e quattro nodi) quello a 4 nodi è nettamente migliore. Si consiglia l’uso dell’elemento a tre nodi solo in piccole zone di raccordo. Tale elemento infatti tende ad avere un effetto di locking piuttosto pronunciato, in specie in presenza di incastri e di rilevanti carichi concentrati.

Gli elementi di Hughes includono la formulazione del taglio e quindi, a differenza di quanto avviene con la piastra sottile, si viene anche a conoscere, in output, il valore delle tensioni tangenziali normali al piano della piastra (vedi figura sul frontespizio). La distribuzione delle tensioni nello spessore è parabolica. Le tensioni massime sono pari a 1,5 volte le tensioni medie. Le tensioni tangenziali fuori piano sono rappresentate al loro valore massimo solo sul piano medio, mentre sono nulle al bordo superiore ed inferiore (faccia superiore ed inferiore della piastra).

34. Predisposizione per la trattazione degli elementi solidi

In vista di prossime versioni tutti i solutori (clever, leda, spectrum, soclever, frequency) sono pronti a gestire gli elementi solidi a 8 nodi (brick) a sei nodi (pentaedri) e quattro nodi (tetraedri). Anche il nucleo base delle dll di sargon (sarkern.dll) è ora pronto a gestire gli elementi solidi.

I comandi necessari a generare questi elementi ed a gestirli nella interfaccia grafica, tuttavia, non sono ancora stati messi a punto, e quindi questi elementi non sono ancora utilizzabili. E’ obbiettivo di una prossima versione l’aggiunta di tali elementi alla interfaccia con un primo insieme di comandi di base. I formati wsr, sr2, sdb ed msb tengono già in conto l’esistenza dei tre tipi di elementi solidi nominati.

35. Checksolvers.exe

Con la versione 7.0 Sargon è dotato di un nuovo modulo denominato “checksolvers.exe” ad interfaccia testo. Questo modulo ha per scopo la documentazione della precisione dei solutori ed il sistematico confronto con risultati teorici o noti, in modo da controllare la precisione e la bontà delle analisi.

Checksolvers.exe è stato messo a punto con l’obiettivo di sottoporre a test i solutori confrontando i valori ottenuti dai solutori con valori calcolati dalle versioni precedenti o con valori reputati corretti sulla base di benchmark noti e/o risultati pubblicati in letteratura.

Checksolvers consente a ogni utente di fare i propri controlli in modo standardizzato e regolare.

La documentazione è fornita nel file checksolvers.doc. E’ anche disponibile una serie di casi test già pronti (che bisogna far rigirare) che mostrano la precisione ottenuta con vari modelli e vari problemi.



Tra le funzionalità disponibili il sistematico confronto tra i risultati di un modello A, girato con Sargon, ed un modello B girato con altri solutori (tra i quali sargon stesso, per esempio per studiare eventuali differenze tra due modelli al variare di certi parametri). Al momento è gestito ALGOR (file .do e .nso).

```
_COMMENT $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
_COMMENT $
_COMMENT $ BEAMS
_COMMENT $
_COMMENT $
_COMMENT $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
_COMMENT -
_FILE c:\analisi\checksolvers_bis\statics\beams\cantilever_1_srg
_COMMENT A cantilever loaded in various ways.
_COMMENT -----
$ clamped extreme (first one)
_M2NI      1      1    THEORET.   -1.2
_T3NI      1      1    THEORET.    2.0
_M2NI      1      2    THEORET.    2.0
_T3NI      1      2    THEORET.    0.0
_M2NI      1      3    THEORET.   -0.66666666666
_T3NI      1      3    THEORET.    1.0
_M2NI      1      4    THEORET.   -0.83333333333
_T3NI      1      4    THEORET.    1.5
_M2NI      1      5    THEORET.   -0.33333333333
_T3NI      1      5    THEORET.    1.0
_M2NI      1      6    THEORET.   -0.65333333333
_T3NI      1      6    THEORET.    1.2
_M2NI      1      7    THEORET.    0.0
_T3NI      1      7    THEORET.    0.0
$ free tip
_M2NJ      1      1    THEORET.    0.0
_T3NJ      1      1    THEORET.    0.0
M2NJ       1      2    THEORET.    0.0
```

```

_T3NJ      1      2    THEORET.  0.0
_M2NJ      1      3    THEORET.  0.0
_T3NJ      1      3    THEORET.  0.0
_M2NJ      1      4    THEORET.  0.0
_T3NJ      1      4    THEORET.  0.0
_M2NJ      1      5    THEORET.  0.0
_T3NJ      1      5    THEORET.  0.0
_M2NJ      1      6    THEORET.  0.0
_T3NJ      1      6    THEORET.  0.0
_M2NJ      1      7    THEORET.  0.0
_T3NJ      1      7    THEORET.  0.0
_ENDFILE

```

Nella figura precedente un pezzo del file di input “statics.txt” fornito col programma. Nella figura successiva si vede un pezzo del file di output (“statics.txt.out”).

```

*****
*                                                                    *
*                                                                    *
*                                                                    *
*                                                                    *
*                                                                    *
*                                                                    *
*              CHECKSOLVERS    VERS. 1-0                            *
*                                                                    *
*                                                                    *
*              Author:  Paolo Rugarli - Structural Engineer          *
*                                                                    *
* Copyright 2005-2005 Castalia srl-All rights reserved - www.castaliaweb.com *
*****

-----

Legenda:

LC..... The load case number inside the model
TV..... Target value
THEORIC.....Theoric target value
CROSS.....Cross check target value (other solvers)
ACCEPTED.....Accepted target value (e.g. benchmarks, previous tests)

```



```

CV..... Computed value (what is found into binary output files)

DELTA..... By definition:  (CV - TV)

Err(%)..... By definition 100 (CV - TV) / TV, percentage error

ND..... The node number in the fem model

TR..... Truss element number

BE..... Beam element number

ME..... Membrane element number

PL..... Plate element number

SP..... Spring element number

SO..... Solid element number

```

[illegible]

\$

\$

BEAMS

\$

\$

[illegible]

—

c:\analisi\checksolvers_bis\statics\beams\cantilever_1_srg

A cantilever loaded in various ways.

Bending M2I BE= 1 LC= 1 TV= -1.200000e+000 (THEORET.) CV = -1.200000e+000 DELTA = -4.440892e-016 Err(%)
= 0.0000

Shear T3I BE= 1 LC= 1 TV= 2.000000e+000 (THEORET.) CV = 2.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%)
= 0.0000

Bending M2I BE= 1 LC= 2 TV= 2.000000e+000 (THEORET.) CV = 2.000000e+000 DELTA = 1.776357e-015 Err(%)
= 0.0000

Shear T3I BE= 1 LC= 2 TV= 0.000000e+000 (THEORET.) CV = -7.416878e-016 DELTA = -7.416878e-016 Err(%)
= -0.0000

Bending M2I BE= 1 LC= 3 TV= -6.666667e-001 (THEORET.) CV = -6.666667e-001 DELTA = -6.666689e-011 Err(%)
= 0.0000

```

      Shear T3I      BE=      1  LC=      3      TV=  1.000000e+000 (THEORET.)  CV =  1.000000e+000  DELTA =  2.220446e-016  Err(%)
=  0.0000

```

Bending M2I BE= 1 LC= 4 TV= -8.333333e-001 (THEORET.) CV = -8.333333e-001 DELTA = -3.333378e-011 Err(%)
= 0.0000

Shear T3I BE= 1 LC= 4 TV= 1.500000e+000 (THEORET.) CV = 1.500000e+000 DELTA = 4.440892e-016 Err(%)
= 0.0000

Bending M2I BE= 1 LC= 5 TV= -3.333333e-001 (THEORET.) CV = -3.333333e-001 DELTA = -3.333372e-011 Err(%)
= 0.0000

Shear T3I BE= 1 LC= 5 TV= 1.000000e+000 (THEORET.) CV = 1.000000e+000 DELTA = 2.220446e-016 Err(%)
= 0.0000

Bending M2I BE= 1 LC= 6 TV= -6.533333e-001 (THEORET.) CV = -6.533333e-001 DELTA = -3.333378e-011 Err(%)

```

= 0.0000

      Shear T3I      BE=      1  LC=      6  TV=  1.200000e+000 (THEORET.)  CV =  1.200000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Bending M2I    BE=      1  LC=      7  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Shear T3I      BE=      1  LC=      7  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      1  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      1  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      2  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -1.424041e-016  DELTA = -1.424041e-016  Err(%)
= -0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      2  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  7.416878e-016  DELTA =  7.416878e-016  Err(%)
= 0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      3  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -1.186701e-016  DELTA = -1.186701e-016  Err(%)
= -0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      3  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -1.854220e-016  DELTA = -1.854220e-016  Err(%)
= -0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      4  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -4.746802e-017  DELTA = -4.746802e-017  Err(%)
= -0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      4  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -3.708439e-016  DELTA = -3.708439e-016  Err(%)
= -0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      5  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      5  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -4.635549e-017  DELTA = -4.635549e-017  Err(%)
= -0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      6  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -4.746802e-017  DELTA = -4.746802e-017  Err(%)
= -0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      6  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV = -9.271098e-017  DELTA = -9.271098e-017  Err(%)
= -0.0000

      Bending M2J    BE=      1  LC=      7  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

      Shear T3J      BE=      1  LC=      7  TV=  0.000000e+000 (THEORET.)  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%)
= 0.0000

Load case 1 Sum of Reactions Rx TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 1 Sum of Reactions Ry TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 1 Sum of Reactions Rz TV=  2.000000e+000  CV =  2.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 2 Sum of Reactions Rx TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 2 Sum of Reactions Ry TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 2 Sum of Reactions Rz TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 3 Sum of Reactions Rx TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 3 Sum of Reactions Ry TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 3 Sum of Reactions Rz TV=  1.000000e+000  CV =  1.000000e+000  DELTA = -4.277438e-008  Err(%) = -0.0000
Load case 4 Sum of Reactions Rx TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 4 Sum of Reactions Ry TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 4 Sum of Reactions Rz TV=  1.500000e+000  CV =  1.500000e+000  DELTA = -6.416157e-008  Err(%) = -0.0000
Load case 5 Sum of Reactions Rx TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 5 Sum of Reactions Ry TV=  0.000000e+000  CV =  0.000000e+000  DELTA =  0.000000e+000  Err(%) =  0.0000
Load case 5 Sum of Reactions Rz TV=  1.000000e+000  CV =  1.000000e+000  DELTA = -4.277438e-008  Err(%) = -0.0000

```

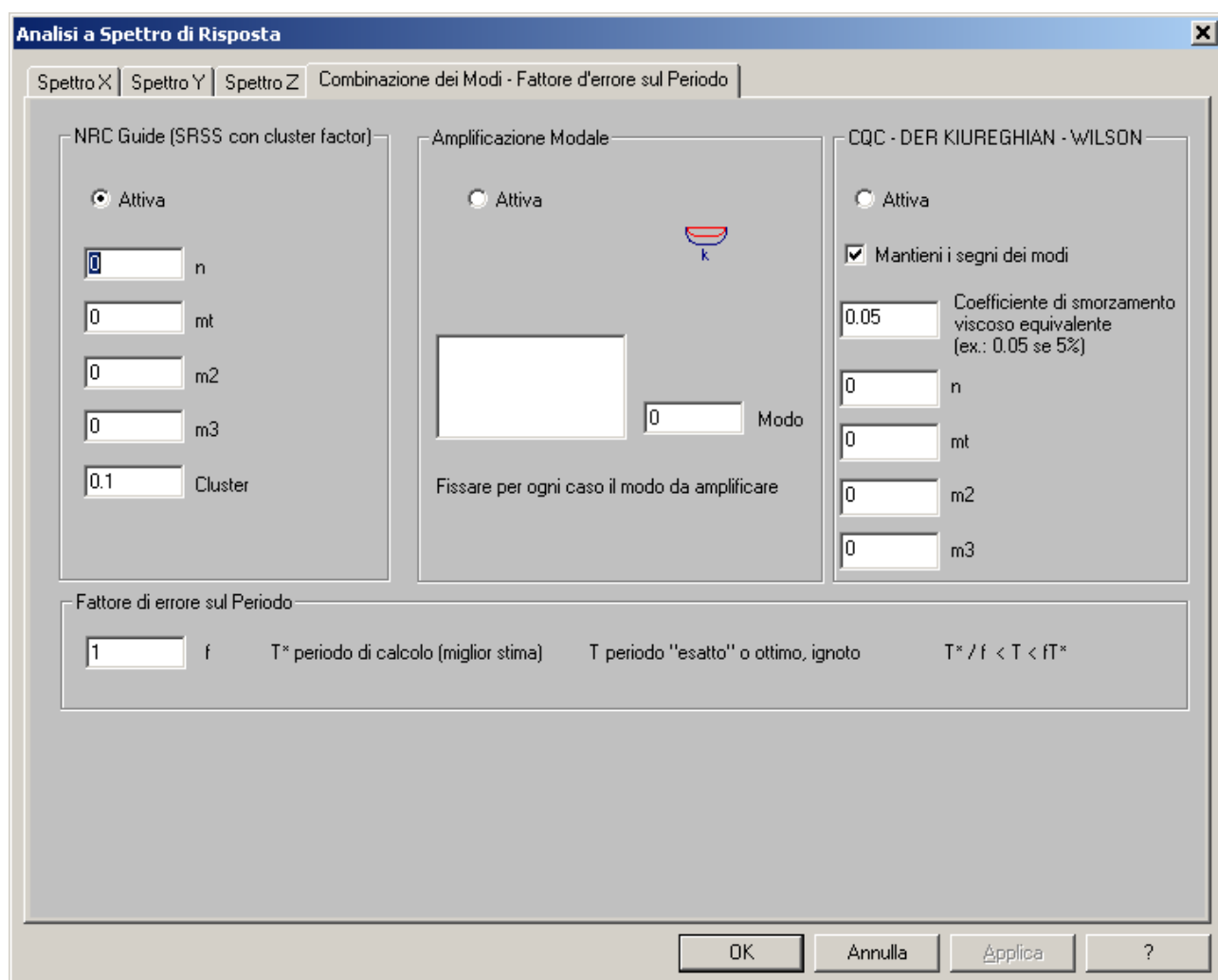
```

Load case 6 Sum of Reactions Rx TV= 0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000
Load case 6 Sum of Reactions Ry TV= 0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000
Load case 6 Sum of Reactions Rz TV= 1.200000e+000 CV = 1.200000e+000 DELTA = -1.333130e-008 Err(%) = -0.0000
Load case 7 Sum of Reactions Rx TV= 0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000
Load case 7 Sum of Reactions Ry TV= 0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000
Load case 7 Sum of Reactions Rz TV= 0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000

```

Nel file di output è inserito il sistematico confronto tra la somma delle reazioni vincolari su tutti i nodi del modello (residui inclusi) e la risultante dei carichi applicati.

36. Fattore di errore nelle analisi a spettro di risposta



Analisi a Spettro di Risposta

Spettro X | Spettro Y | Spettro Z | **Combinazione dei Modi - Fattore d'errore sul Periodo**

NRC Guide (SRSS con cluster factor)

☒ Attiva

n

mt


m2

m3

Cluster

Amplificazione Modale

☐ Attiva



Modo

Fissare per ogni caso il modo da amplificare

CQC - DER KIUREGHIAN - WILSON

☐ Attiva

☒ Mantieni i segni dei modi

Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (ex.: 0.05 se 5%)

n

mt

m2

m3

Fattore di errore sul Periodo

f T* periodo di calcolo (miglior stima) T periodo "esatto" o ottimo, ignoto T* / f < T < fT*

OK Annulla Applica ?

A partire dalla versione 7.0 è possibile definire un fattore di errore sui periodi, del quale si terrà conto nel calcolo dei coefficienti di risposta. Una estesa trattazione del problema è contenuta nel volume “Analisi modale ragionata”, di Paolo Rugarli, EPC libri Editore, Roma, 2005, in corso di ultimazione.

In sintesi il problema è il seguente.

Il calcolo dei periodi di vibrare dei vari modi della struttura è solo un calcolo nominale, in quanto numerosi fattori possono intervenire a generare delle variazioni anche sensibili rispetto a quanto calcolato (errori nei parametri del materiale, nella discretizzazione, nella quantità e distribuzione di massa, presenza o assenza di elementi strutturali secondari o non strutturali, eccentricità, ecc. ecc.). A differenza di quanto previsto per le altre azioni, l'azione sismica viene normalmente introdotta nel calcolo senza che vengano prese in considerazione le incertezze relative al modello.

Sembra quindi opportuno calcolare il coefficiente di risposta al sisma nel seguente modo. Calcolato per ogni modo un periodo nominale T^* , questo viene amplificato o ridotto mediante un fattore di errore f , in modo che, se T è il valore ottimo del periodo, si possa ritenere $T^*/f < T < T^*f$. Il coefficiente di risposta, che normalmente viene calcolato per ogni modo con la funzione $C(T^*)$ viene calcolato come

$$C = \max(C(T^*/f), C(T^*f))$$

In questo modo si è ragionevolmente certi di aver involupato il coefficiente di risposta anche tenendo in conto le incertezze sul modello. Per una estesa trattazione del problema si rimanda al volume citato. Se non si desidera applicare alcun fattore di errore e continuare ad usare il metodo dello spettro di risposta al solito modo, basta porre $f=1$.

Il fattore di errore sui periodi, f , moltiplica e divide i periodi di ciascun modo in modo da ottenere un valore superiore ed inferiore per detti periodi. Il coefficiente di risposta di ciascun modo sarà preso pari al massimo tra i valori ottenuti impiegando il valore minimo o massimo del periodo, così come calcolati a partire dai periodi nominali per mezzo del fattore di errore stesso. Se non si desidera applicare alcuna correzione ai coefficienti di risposta occorre assegnare $f=1$.

37. Reazioni vincolari

La versione 7.0 introduce il nuovo file binario “.rdb” che contiene le reazioni vincolari così come calcolate dai solutori clever e soclever. L’analisi modale (leda) ha anche il file “.mrb” con le reazioni vincolari modali.

In questo modo, poiché le reazioni vincolari sono calcolate dallo stesso solutore (e non più da sargon), è garantita la piena coerenza delle reazioni vincolari con la formulazione adottata per gli elementi (QUAD, SRI, QM6, DKT, Hughes, ecc.) , e non è quindi più possibile avere delle incoerenze sul calcolo di tali reazioni adottando a valle una formulazione diversa da quella adottata dal solutore. Anche il comando di interrogazione delle reazioni vincolari si è quindi considerevolmente snellito, ed è ora simile al comando per la interrogazione degli spostamenti nodali, in modo tale da consentire di “perlustrare” agevolmente le reazioni ed i residui calcolati dal solutore.

38. Carichi interni agli elementi sparizione di sdbclev.exe

Con la versione 7.0 nei file di input di clever e di soclever vengono scritti direttamente i carichi distribuiti applicati agli elementi e quindi non è più necessario chiamare sdbclev.exe dopo aver fatto il solving. In altre parole, mentre prima una analisi statica comportava l’esecuzione (automatica) di sinclev.exe, poi di clever.exe ed infine di sdbclev.exe prima di ritornare a sargon, ora la catena di esecuzione ha un anello in meno, in quanto la generazione delle forze nodali equivalenti viene fatta direttamente dal solutore. Dunque sdbclev.exe sparisce e non è più necessario.

39. Miglioramenti a SAMBA

SAMBA - [sargon.sma]

File Edit Mostra Sezioni Materiali Finestra Help

Sezioni da aggiungere.
Sezioni da cancellare.
Materiali da aggiungere.
Materiali da cancellare.

Nome	g	E	nu	Fy	Ft	alpha
Rbk250	2.150e-05	2.792e+04	1.000e-01	9.810e+00	1.177e+01	1.288e-05
ala	2.700e-05	6.900e+04	2.700e-01	9.810e+00	1.962e+01	1.000e-05
CLS_Rck15	2.500e-05	2.208e+04	2.000e-01	1.500e+01	1.500e+01	1.000e-05
CLS_Rck20	2.500e-05	2.549e+04	2.000e-01	2.000e+01	2.000e+01	1.000e-05
CLS_Rck25	2.500e-05	2.850e+04	2.000e-01	2.500e+01	2.500e+01	1.000e-05
CLS_Rck30	2.500e-05	3.122e+04	2.000e-01	3.000e+01	3.000e+01	1.000e-05
CLS_Rck35	2.500e-05	3.372e+04	2.000e-01	3.500e+01	3.500e+01	1.000e-05
CLS_Rck40	2.500e-05	3.605e+04	2.000e-01	4.000e+01	4.000e+01	1.000e-05
Vetro	2.500e-05	7.300e+04	2.200e-01	4.000e+01	4.000e+01	9.000e-06
Alluminio	2.714e-05	6.964e+04	3.600e-01	1.690e+02	2.290e+02	2.350e-05

Nome	A	p (acc.)	J2	i2	W2	Wpl2	J3	i3	W3	Wpl3
IPE 100	1.032e+03	8.104e-02	1.710e+06	4.070e+01	3.420e+04	4.381e+04	1.592e+05	1.242e+01	5.789e+03	9.070e+03
IPE 120	1.321e+03	1.057e-01	3.170e+06	4.900e+01	5.250e+04	6.035e+04	2.707e+05	1.430e+01	8.050e+03	1.330e+04
IPE 140	1.643e+03	1.290e-01	5.412e+06	5.740e+01	7.732e+04	8.834e+04	4.492e+05	1.650e+01	1.231e+04	1.925e+04
IPE 160	2.009e+03	1.577e-01	8.693e+06	6.580e+01	1.087e+05	1.239e+05	6.831e+05	1.840e+01	1.666e+04	2.610e+04
HE 100 A	2.124e+03	1.667e-01	3.492e+06	4.060e+01	7.276e+04	8.301e+04	1.338e+05	2.510e+01	2.676e+04	4.114e+04
IPE 180	2.395e+03	1.880e-01	1.317e+07	7.420e+01	1.463e+05	1.664e+05	1.009e+06	2.050e+01	2.216e+04	3.460e+04
HE 120 A	2.534e+03	1.989e-01	6.062e+06	4.890e+01	1.063e+05	1.195e+05	2.309e+05	3.020e+01	3.848e+04	5.885e+04
HE 100 B	2.604e+03	2.044e-01	4.495e+06	4.160e+01	8.991e+04	1.042e+05	1.673e+05	2.530e+01	3.345e+04	5.142e+04
IPE 200	2.848e+03	2.236e-01	1.943e+07	8.260e+01	1.943e+05	2.206e+05	1.424e+06	2.240e+01	2.847e+04	4.461e+04
HE 140 A	3.142e+03	2.466e-01	1.033e+07	5.730e+01	1.554e+05	1.735e+05	3.893e+05	3.520e+01	5.562e+04	8.485e+04
IPE 220	3.337e+03	2.620e-01	2.772e+07	9.110e+01	2.520e+05	2.854e+05	2.049e+06	2.480e+01	3.725e+04	5.811e+04
HE 120 B	3.401e+03	2.670e-01	8.644e+06	5.040e+01	1.441e+05	1.652e+05	3.175e+05	3.060e+01	5.292e+04	8.097e+04
HE 160 A	3.877e+03	3.043e-01	1.673e+07	6.570e+01	2.201e+05	2.452e+05	6.156e+05	3.980e+01	7.695e+04	1.176e+05
IPE 240	3.912e+03	3.071e-01	3.892e+07	9.970e+01	3.243e+05	3.667e+05	2.836e+05	2.690e+01	4.727e+04	7.392e+04
HE 140 B	4.296e+03	3.372e-01	1.509e+07	5.930e+01	2.156e+05	2.454e+05	5.497e+05	3.580e+01	7.852e+04	1.198e+05
HE 180 A	4.525e+03	3.552e-01	2.510e+07	7.450e+01	2.936e+05	3.249e+05	9.246e+05	4.520e+01	1.027e+05	1.565e+05
IPE 270	4.594e+03	3.606e-01	5.790e+07	1.123e+02	4.289e+05	4.840e+05	4.199e+06	3.020e+01	6.220e+04	9.695e+04
HE 100 M	5.324e+03	4.179e-01	1.143e+07	4.630e+01	1.904e+05	2.358e+05	3.992e+05	2.740e+01	7.531e+04	1.163e+05
IPE 300	5.381e+03	4.224e-01	8.356e+07	1.246e+02	5.571e+05	6.284e+05	6.038e+05	3.350e+01	8.050e+04	1.252e+05
HE 200 A	5.383e+03	4.226e-01	3.692e+07	8.280e+01	3.887e+05	4.295e+05	1.336e+06	4.980e+01	1.336e+05	2.038e+05
HE 160 B	5.425e+03	4.259e-01	2.492e+07	6.780e+01	3.115e+05	3.540e+05	8.892e+05	4.050e+01	1.112e+05	1.700e+05
IPE 330	6.261e+03	4.915e-01	1.177e+08	1.371e+02	7.131e+05	8.043e+05	7.881e+05	3.550e+01	9.852e+04	1.537e+05
HE 220 A	6.434e+03	5.051e-01	5.410e+07	9.170e+01	5.152e+05	5.685e+05	1.955e+05	5.510e+01	1.777e+05	2.706e+05
HE 180 B	6.525e+03	5.122e-01	3.831e+07	7.660e+01	4.257e+05	4.815e+05	1.363e+06	4.570e+01	1.514e+05	2.310e+05
HE 120 M	6.641e+03	5.213e-01	2.018e+07	5.510e+01	2.882e+05	3.506e+05	7.028e+05	3.250e+01	1.116e+05	1.716e+05
IPE 360	7.273e+03	5.709e-01	1.627e+08	1.495e+02	9.037e+05	1.019e+06	1.043e+07	3.790e+01	1.228e+05	1.911e+05
HE 240 A	7.684e+03	6.032e-01	7.763e+07	1.005e+02	6.751e+05	7.446e+05	2.769e+07	6.000e+01	2.307e+05	3.517e+05
HE 200 B	7.808e+03	6.129e-01	5.696e+07	8.540e+01	5.696e+05	6.426e+05	2.003e+07	5.070e+01	2.003e+05	3.058e+05
HE 140 M	8.056e+03	6.324e-01	3.291e+07	6.390e+01	4.114e+05	4.938e+05	1.144e+07	3.770e+01	1.568e+05	2.405e+05
IPE 400	8.446e+03	6.630e-01	2.313e+08	1.655e+02	1.156e+06	1.307e+06	1.318e+07	3.950e+01	1.464e+05	2.290e+05
HE 260 A	8.682e+03	6.815e-01	1.045e+08	1.097e+02	8.364e+05	9.198e+05	3.668e+07	6.500e+01	2.821e+05	4.302e+05
HE 220 B	9.104e+03	7.147e-01	8.091e+07	9.430e+01	7.355e+05	8.271e+05	2.843e+07	5.590e+01	2.585e+05	3.939e+05
HE 160 M	9.705e+03	7.618e-01	5.098e+07	7.250e+01	5.665e+05	6.746e+05	1.759e+07	4.260e+01	2.119e+05	3.255e+05
HE 280 A	9.726e+03	7.635e-01	1.367e+08	1.186e+02	1.013e+06	1.112e+06	4.763e+07	7.000e+01	3.402e+05	5.181e+05

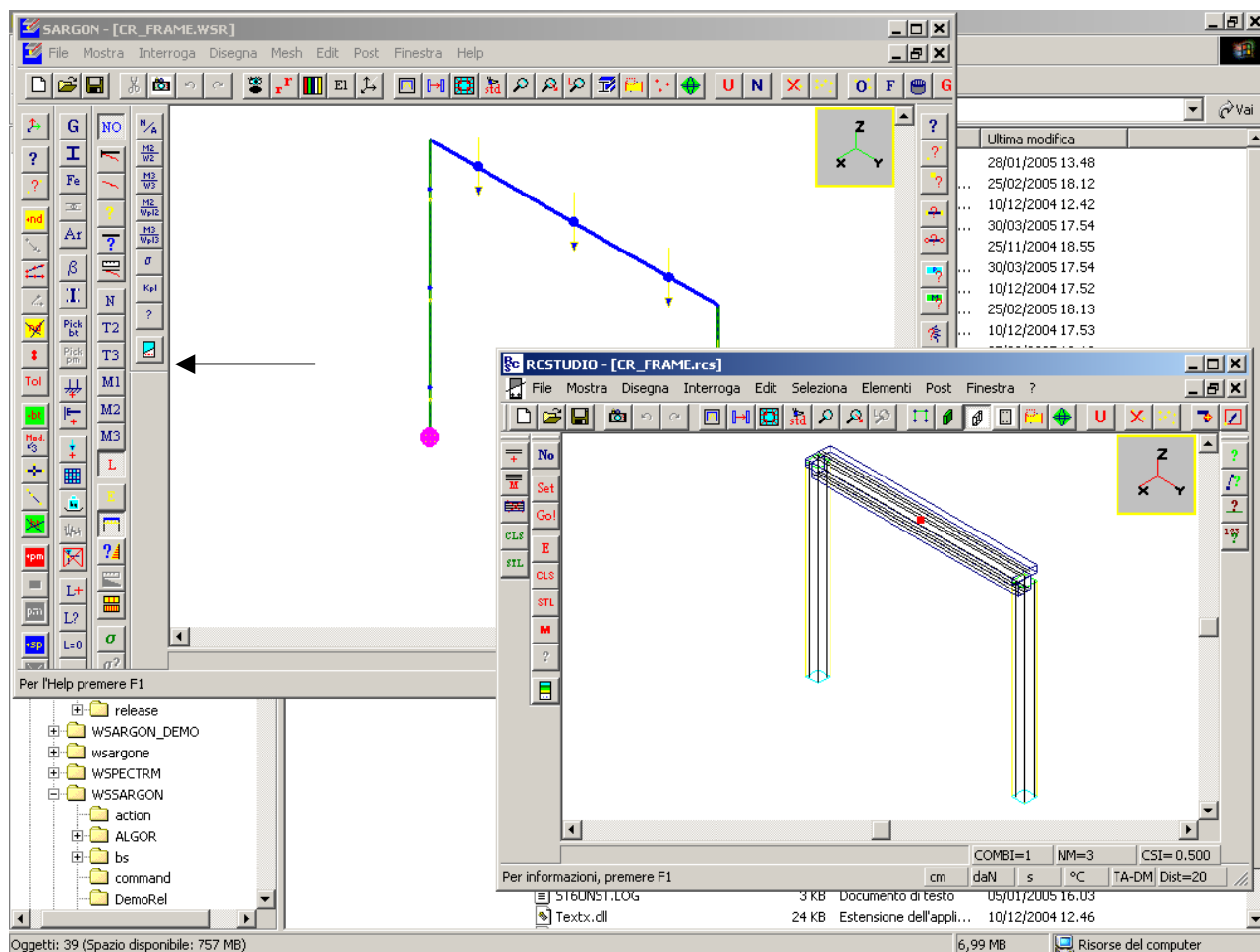
HE 100 A

Pronto

mm N s °C

Samba è stato migliorato dotandolo dei comandi di undo e redo con infiniti livelli di undo e redo. E' inoltre stata migliorata la visualizzazione dei dati delle sezioni cambiandone la sequenza e la larghezza delle colonne, nonché il formato (esponente a due cifre). Tutto questo per consentire di leggere meglio i dati contenuti nella tabella.

40. Aggancio automatico di RCSTUDIO da SARGON per le verifiche sul calcestruzzo armato.



Da Sargon è ora possibile agganciare direttamente RCSTUDIO passandogli il modello finito di calcolare per l'aggiunta delle barre di armatura e l'esecuzione delle verifiche mediante LISAEXPRESS, del Prof. M.A. Pisani.



Lista modifiche: dalla 7.00 alla 7.20

Analisi a Spettro di Risposta

Spettro X | Spettro Y | Spettro Z | Combinazione dei Modi - Fattori d'errore

NRC Guide (SRSS con cluster factor)

☒ Attiva

n

mt


m2

m3

Cluster

Amplificazione Modale

☐ Attiva



Modo

Fissare per ogni caso il modo da amplificare

CQC - DER KIUREGHIAN - WILSON

☐ Attiva

☒ Mantieni i segni dei modi

Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente (ex.: 0.05 se 5%)

n

mt

m2

m3

Fattori di errore - stime ingegneristiche degli errori possibilmente commessi -

<input type="text" value="1"/> feq	q* fattore di struttura nominale	q fattore di struttura ottimo ignoto	q* / feq < q < feq q*
<input type="text" value="1"/> feM	M* intensità di massa di calcolo (miglior stima)	M intensità di massa ottima ignota	M* / feM < M < feM M*
<input type="text" value="1"/> feE	E* modulo elastico di miglior stima	E modulo elastico ottimo ignoto	E*/feE < E < feE E*
<input type="text" value="1"/> feT	feT dà conto degli errori aggiuntivi sul periodo non dovuti a variazioni di intensità di massa o rigidezza. Spiegazioni		

OK Annulla Applica ?



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 10-10-2005

41. Introduzione

La versione 7.20 del programma contiene alcune importanti migliorie e nuovi comandi e funzionalità. Si tratta di una versione intermedia in attesa di poter aggiungere gli elementi solidi anche nella interfaccia (già presenti nei solutori), cosa che si spera di poter fare nella prossima release.

Le principali modifiche/aggiunte sono:

1. Aggiunta la possibilità di impiegare il metodo dello **spettro di risposta con fattore di errore**.
2. Aggiunto il nuovo modulo (esterno) **SPE.exe**.
3. Aggiunta la possibilità di generare **eccentricità di masse** di valore dato a partire dalla distribuzione originaria delle stesse.
4. Aggiunta la possibilità di cancellare le masse traslazionali solo in alcune direzioni.
5. Corretti malfunzionamenti relativi ai nodi semirigidi introdotti nella versione 7.0.
6. Drasticamente migliorata la velocità di esecuzione di numerosi comandi.
7. Aggiunte informazioni sulla lunghezza limite dei link per le sezioni ad H laminato.
8. Aggiunta **dell'inviluppo dell'inviluppo** sulle aste a schermo.
9. Aggiunta **modalità estrusione nodi per aggiunta di aste**
10. Aggiunto flag di visualizzazione dei nodi senza bisogno di selezionarli
11. Estesa la modalità “comoda” del comando di split anche nel caso in cui siano selezionate più aste eguali come lunghezza
12. **Modificato verificatore EC3** per forzare la classe a 3 anche quando in classe 4.
13. Aggiunto il comando **Splitta e/o Carica**, molto potente e utile nel caso delle travi caricate con carichi concentrati.
14. **Modificato click tasto sinistro**
15. **Aggiunto menu tasto destro.**

Di seguito una discussione analitica dei vari punti.

1 Aggiunto il metodo dello spettro di risposta con fattore di errore.

Si tratta di un nuovo metodo proposto nel volume “Analisi modale ragionata”, di Paolo Rugarli, appena pubblicato. Di seguito estratti dal volume “Analisi Modale Ragionata” e dall’help che ne spiegano il funzionamento.

Spettro di Risposta con Fattore di Errore

Paolo Rugarli - Ingegnere Strutturista – Castalia srl

Sommario

Questo articolo esplicita gli errori commessi sugli spostamenti e sulle azioni interne in funzione degli errori commessi sulla intensità di massa, di rigidezza, sul fattore di struttura e sulla frequenza. Viene proposto un metodo ingegneristico per modificare i risultati di una analisi a spettro di risposta al fine di involuppare gli errori sugli spostamenti e sulle azioni interne.

Summary

This paper deals with mass intensity and stiffness intensity error consequences, while using response spectrum analysis. Explicit formulae showing displacements and internal stresses dependency on errors on mass and stiffness are presented. A simplified method to keep into account errors without re-running modal analyses is proposed.

Parole Chiave

Spettro di risposta, errore, Eurocodici, EC8

Keywords

Response spectrum, error, Eurocodes, EC8

42. Premessa

Il metodo dello spettro di risposta è oggi il metodo di riferimento per i calcoli di verifica delle strutture in zona sismica. Come è noto il metodo viene impiegato eseguendo una o più analisi modali con il metodo degli elementi finiti. Calcolati in questo modo i periodi dei modi di vibrare, le ascisse, vengono poi valutate le ordinate impiegando le curve di spettro proposte dalle varie normative. In questo modo si valutano i massimi effetti del sisma di progetto su ciascun modo, effetti che vengono poi combinati tra loro per mezzo di formule di combinazione, in genere di tipo quadratico (SRSS con *cluster factor*, CQC).

Le numerose incertezze presenti sui dati di partenza (masse, rigidezze, dimensioni geometriche, fattore di struttura) fanno sì che sia le ascisse dello spettro T , sia le ordinate a parità di ascissa $C(T, q)$ siano in realtà solo plausibili approssimazioni.

Si propone pertanto di tener conto ingegneristicamente della presenza di errori nella valutazione dei periodi mediante la introduzione di opportuni fattori di errore, che tengano in conto la possibilità che masse, rigidezze e fattore di struttura abbiano valori intorno a quelli nominali ma non coincidenti con essi.

La precisione con la quale i programmi di calcolo valutano la risposta sismica è ampiamente fuorviante. Le ascisse devono essere considerate volenterose approssimazioni e non valori “esatti”. Ne consegue che si dovrà indagare quel che succederebbe anche nel caso di periodi prossimi (superiori o inferiori) a quelli nominalmente calcolati.

In questo lavoro viene proposto un metodo ingegneristico per tener conto di questo fatto senza dover rieseguire n analisi modali.

43. Fattori di errore

Supponiamo di aver quantificato una certa grandezza “ d ” nel modo che a noi analisti, in una certa fase del progetto, potrà sembrare il migliore. Contrassegniamo con un “*” questa grandezza nominale d^* , e invece immaginiamo che la grandezza “ d ” assuma un certo altro valore a noi ignoto, che meglio potrebbe, nell’ambito del modello adottato, sposare le misure sperimentali. Sia “ d ” tale valore ottimo incognito.

Possiamo definire “fattore di errore su d , f_{ed} ” un numero (sperabilmente prossimo ad 1) tale per cui

$$d = f_{ed} d^*$$

Il fattore di errore così definito dipende, per ciascuna grandezza “d”, da una moltitudine di circostanze. Volendo, in certi casi, sarà possibile eseguire una campionatura statistica pertinente (ovvero direttamente legata al caso allo studio) ed in tal modo stimare certi numeri convenzionali che chiamiamo “probabilità”. In altri casi si pretenderà, in base ad un giudizio soggettivo, che altre campionature statistiche, eseguite in altre situazioni, siano pertinenti ed adattabili al caso allo studio, e quindi si assegneranno a “d” le medesime caratteristiche statistiche valutate per grandezze identiche in altri casi o per grandezze più o meno vagamente simili, sempre in altre situazioni. In altri casi ancora non si disporrà di alcuna campionatura statistica, non sarà economicamente possibile farla, non ci sarà modo di farla per ragioni di tempo, oppure, ancora, non la si potrà fare perché mancherà il fondamentale requisito della ripetibilità e della campionabilità.

Non è questa la sede per fare un ragionamento sulla probabilità, anche se chi scrive ritiene che farne uno sarebbe quanto mai urgente. Basti dire che la pretesa di cancellare il “giudizio ingegneristico” dalla lista delle accettabili modalità per emettere un parere o fare una stima, lasciando il posto unicamente a campionature statistiche delle quali si pretenderebbe maggior rigore, non è a parere di chi scrive condivisibile.

Il fattore di errore è una stima ingegneristica della nostra ignoranza. Una stima sostanzialmente soggettiva, che deve essere usata dal progettista per prendere le opportune distanze dai risultati del modello. Tutto qui.

44. Natura degli errori e conseguenze

Supponiamo che siano definiti i fattori di errore su masse e rigidezze, f_{em} ed f_{ek} . In tal caso nella semplice ipotesi di oscillatore semplice, potremo scrivere

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{k^*}{m^*}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi \sqrt{\frac{f_{ek} k^*}{f_{em} m^*}} = T^* \sqrt{\frac{f_{ek}}{f_{em}}}$$

La precedente relazione si può esprimere sinteticamente nel seguente modo:

$$f_{eT} \equiv \frac{T}{T^*} = \sqrt{\frac{f_{ek}}{f_{em}}}$$

Poiché è del tutto normale che nelle situazioni reali dei progetti la massa e la rigidezza siano note solo con (ampi) margini di approssimazione, ne consegue che il periodo sarà affetto da altrettanti possibili errori. Sviluppando in serie nell'intorno di $f=1$, si ottiene la seguente stima semplificata:

$$f_{eT}=1+0.5(f_{em}-f_{ek})$$

Naturalmente analoga formula è ottenibile per $f_{e\omega}$:

$$f_{e\omega}=1+0.5(f_{ek}-f_{em})$$

Ad esempio supponiamo di avere un errore del 10% sia su massa che su rigidezza, ma tale per cui la massa sia minore di quella stimata e la rigidezza maggiore. Il periodo nominale T^* sarà affetto da un errore del 10% circa anch'esso, il che vuol dire che se avremo calcolato ad esempio $T^*=1.0$ sec, in realtà potremmo avere $T=0.9$ sec.

Passando in rapida rassegna alcune delle possibili cause di errore nei modelli di calcolo che costruiamo, troviamo i seguenti.

- La massa “m*” viene a dipendere dalla massa dei permanenti più la massa dei variabili. A parte le ignoranze sugli effettivi valori delle masse dei permanenti, le masse dei variabili nel momento pertinente (o nei momenti pertinenti) sono ignote per definizione. Mentre per certe tipologie di strutture tali masse “variabili” sono una minima quota rispetto alle totali, per altre questo non è vero affatto (teatri, biblioteche, serbatoi, scaffalature industriali, ecc. ecc.).
- Anche immaginando di conoscere l'intensità delle masse presenti sul modello, queste possono distribuirsi in molti modi diversi sulla struttura, non solo perché così avviene fisicamente- vedi anche il problema della eccentricità “accidentale”-, ma anche perché così può avvenire nella modellazione (approccio *lumped* e *consistent*, *ad hoc lumping*, *optimal lumping*, metodo del “maxi nodo”ecc. ecc.).
- Le rigidzze “k” dipendono direttamente dalle caratteristiche del materiale. Tali caratteristiche sono relativamente precise nel caso dell'acciaio, relativamente imprecise, o, a voler essere sinceri, un puro atto di fede nel caso del calcestruzzo armato, dove gli errori su E e su G possono essere assai rilevanti [2].
- Le rigidzze “k” dipendono dal grado di infittimento della mesh, in specie se sono presenti pareti di taglio e nuclei di controvento. Esse dipendono inoltre dal tipo di elemento finito adoperato e dalla sua distorsione nella mesh (gli errori dovuti alla distorsione degli elementi possono arrivare a diversi punti percentuali, in specie sui modi più alti).
- Come è noto le rigidzze dipendono fortemente dal modo in cui è fatto il modello, in specie se sono o no stati tenuti in conto gli estremi rigidi degli elementi. Ad esempio si sono trovati errori sulle frequenze fino al 14% con elementi alti 1/20 della luce per il solo fatto di modellare o meno gli estremi rigidi ([1]).
- L'effetto delle partizioni interne e della ampiezza delle oscillazioni sul periodo delle strutture reali è marcato ([3]). Tali partizioni interne o non sono tenute in conto, o, se lo sono, attualmente sono prese in considerazione solo mediante rozzi schemi semplificativi.
- L'interazione suolo struttura viene a dipendere da fattori di assai difficile valutazione come quelli geotecnici, e comunque con risultati ampiamente incerti. Detto G il modulo di elasticità tangenziale del semispazio elastico equivalente, il fattore di errore sul periodo accoppiato viene a dipendere dalla radice quadrata del fattore di errore su G (cfr. [1]).

Tutte queste ragioni, ed altre ancora, devono far chiaramente intendere che usiamo modelli approssimati e largamente convenzionali, e quindi i periodi calcolati dai programmi sono solo volenterose approssimazioni.

Le approssimazioni sul periodo non sono purtroppo le uniche. L'uso di spettri di risposta di progetto ottenuti mediante il fattore di struttura "q" introduce un'altra causa di errore e certo non trascurabile. E' infatti ben noto che la valutazione del fattore di struttura è oltremodo difficile e può dare luogo solo a valutazioni di massima. Vorremo quindi introdurre, accanto ad un fattore di struttura q^* di miglior stima, un prudenziale fattore di errore f_{eq} , in modo che il valore ottimale incognito sia q^*f_{eq} .

Contrariamente a quanto avviene per le altre azioni, l'azione sismica non viene fattorizzata, o meglio, viene fattorizzata mediante un coefficiente γ_I che tiene in conto l'importanza dell'opera, ma in nessun modo gli errori sul modello. D'altro canto le ordinate dello spettro e la sua forma tengono in conto errori di altra natura, non gli errori nella valutazione dei periodi, che sono in quella sede un dato, non un risultato.

Le azioni interne valutate col metodo dello spettro di risposta entrano quindi direttamente nelle combinazioni di verifica, e queste dipendono direttamente dai periodi calcolati senza che siano normalmente introdotte correzioni di alcun tipo.

Nel seguito vedremo invece come errori sul periodo possano portare a sensibili scarti nelle quantità calcolate.

45. Spettri di risposta EC8 con fattori di errore

45.1. Fattore di errore su C

In questo paragrafo verranno scritte le formule che danno il coefficiente di risposta secondo EC8 esplicitando i fattori di errore su massa e rigidezza. In quanto segue "C" è il coefficiente di risposta, ovvero un numero adimensionale. Ragioniamo per ora ancora sull'oscillatore semplice.

per $0 < T < T_b$

$$C_g = a_{g \max} S \left[\frac{2}{3} + \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{ek}}} \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2,5}{q^* f_{eq}} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

per $T_b < T < T_c$

$$C_g = a_{g \max} S \cdot \frac{2,5}{q^* f_{eq}}$$

per $T_c < T < T_d$

$$Cg = a_{g \max} S \cdot \frac{2.5}{q^* f_{eq}} \left[\sqrt{\frac{f_{ek}}{f_{em}}} \frac{T_C}{T^*} \right]$$

per $T_d < T$

$$Cg = a_{g \max} S \cdot \frac{2.5}{q^* f_{eq}} \left[\frac{f_{ek}}{f_{em}} \frac{T_C T_D}{T^{*2}} \right]$$

Da quanto precede è possibile valutare il rapporto tra C^* e C , e quindi dare il fattore di errore su C , f_{eC} , in funzione dei fattori di errore su massa, rigidezza e fattore di struttura.

Immaginiamo che il periodo T^* (che dà C^*) vari a causa degli errori su m e k , in modo da dare un periodo T diverso da T^* e quindi un coefficiente di risposta C diverso da C^* . Quale sarà il rapporto $f_{eC} \equiv C/C^*$? In che modo varierà C^* ?

Per semplicità faremo l'ipotesi che T cada nello stesso intervallo di T^* , è evidente che così in generale non sarà. Chi scrive ha messo a punto un programmino che fa questo lavoro tenendo in conto i salti di intervallo (cfr. paragrafo successivo), ma questo aspetto non è davvero importante per i ragionamenti che si devono fare.

per $0 < T < T_b$

$$f_{eC} = \frac{\left[\frac{2}{3} + \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{ek}}} \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2.5}{q^* f_{eq}} - \frac{2}{3} \right) \right]}{\left[\frac{2}{3} + \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2.5}{q^*} - \frac{2}{3} \right) \right]}$$

per $T_b < T < T_c$

$$f_{eC} = \frac{1}{f_{eq}}$$

per $T_c < T < T_d$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{g\max}/g$)

$$f_{eC} = \frac{1}{f_{eq}} \sqrt{\frac{f_{ek}}{f_{em}}}$$

per $T_d < T$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{g\max}/g$)

$$f_{eC} = \frac{f_{ek}}{f_{eq} f_{em}}$$

Abbiamo espresso il fattore di errore su C in funzione degli errori su m e k ed in funzione dell'errore su q .

La formula più complicata è anche quella più inutile: raramente il periodo è così breve da essere inferiore a T_B .

45.2. Fattore di errore sullo spostamento massimo

Ricordando come funziona il metodo dello spettro di risposta, possiamo dire che lo spostamento massimo dell'oscillatore, X , sarà ottenuto mediante la relazione seguente:

$$X = Cmg/k = Cg/\omega^2 = CgT^2/(4\pi^2)$$

dalla quale è facile estrarre il fattore di errore sullo spostamento massimo f_{eX} in funzione degli altri fattori di errore

$$f_{eX} = f_{eC} f_{eT}^2$$

Sostituendo le espressioni trovate per f_{eC} nella espressione precedente troviamo

per $0 < T < T_b$

$$f_{eX} = \frac{\left[\frac{2f_{em}}{3f_{ek}} + \frac{f_{em}}{f_{ek}} \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{ek}}} \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2,5}{q^* f_{eq}} - \frac{2}{3} \right) \right]}{\left[\frac{2}{3} + \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2,5}{q^*} - \frac{2}{3} \right) \right]}$$

per $T_b < T < T_c$

$$f_{eX} = \frac{f_{em}}{f_{eq} f_{ek}}$$

per $T_c < T < T_d$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{gmax}/g$)

$$f_{eX} = \frac{1}{f_{eq}} \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{ek}}}$$

per $T_d < T$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{gmax}/g$)

$$f_{eX} = \frac{1}{f_{eq}}$$

Dove la complicatezza della prima formula è elisa dal fatto che è raramente utile.

45.3. Fattore di errore sulla forza di richiamo elastico massima

La massima forza di richiamo elastico subita dall'oscillatore è data da

$$F=kX=Cmg$$

pertanto il fattore di errore sulla forza di richiamo F è dato da

$$f_{eF}=f_{em}f_{eC}$$

Sempre nell'ipotesi in cui non ci siano salti di intervallo, possiamo scrivere le seguenti formule per il fattore di errore:

per $0 < T < T_b$

$$f_{eF} = \frac{\left[\frac{2f_{em}}{3} + f_{em} \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{ek}}} \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2,5}{q^* f_{eq}} - \frac{2}{3} \right) \right]}{\left[\frac{2}{3} + \frac{T^*}{T_B} \left(\frac{2,5}{q^*} - \frac{2}{3} \right) \right]}$$

per $T_b < T < T_c$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{gmax}/g$)

$$f_{eF} = \frac{f_{em}}{f_{eq}}$$

per $T_c < T < T_d$ (senza tener conto della limitazione $C < 0.2 a_{gmax}/g$)

$$f_{eF} = \frac{1}{f_{eq}} \sqrt{f_{ek} f_{em}}$$

per $T_d < T$

$$f_{eF} = \frac{f_{ek}}{f_{eq}}$$

45.4. Valutazione automatica dei fattori di errore

In quanto precede si è fatta l'ipotesi che nel passare dal periodo nominale T^* al periodo ottimo T non si dovesse cambiare formula nella identificazione del coefficiente di struttura.

Tenere contemporaneamente in conto il possibile salto di intervallo e le limitazioni su C (quando sarebbe $C < 0.2 a_g/g$) è abbastanza complicato, si tratta di calcoli noiosi e quindi chi scrive ha approntato un programmino, denominato, non a caso, SPE (SPectrum Error).

Il programma funziona così. Prima si scrivono i valori nominali di T e di q , T^* e q^* . Poi si danno i valori minimo e massimo per i fattori di errore sulla massa, sulla rigidezza e sul coefficiente di struttura. I fattori di errore “minimi” sono numeri ≤ 1 , e tengono in conto la possibilità che in realtà i valori “giusti” siano inferiori ai valori di miglior stima. I fattori di errore “massimi” sono numeri ≥ 1 e tengono in conto la possibilità che i valori “giusti” siano superiori a quelli di miglior stima.

Ad esempio, un fattore di errore su q minimo pari a 0.95 ed un fattore di errore su q massimo pari a 1.1, implicano che:

$$0.95q^* \leq q \leq 1.1q^*$$

Prendiamo ad esempio i dati della figura seguente:

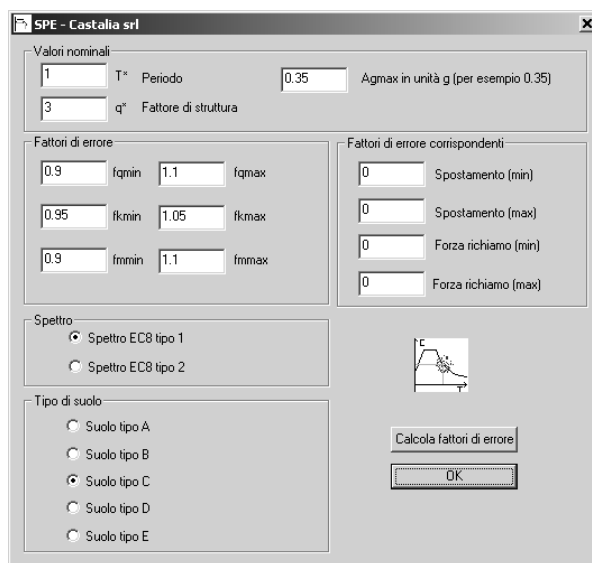


Figura 1

Immaginiamo di aver calcolato per il periodo di oscillazione il valore $T^*=1\text{sec}$. Questo calcolo è stato fatto immaginando di conoscere la massa m con un fattore di errore compreso tra 0.9 ed 1.1, il che vuol dire stimare d'aver fatto un errore del 10% al massimo sulla massa; per la rigidezza si immagina che il fattore di errore sia compreso tra 0.95 e 1.05, ovvero che sulla rigidezza ci sia un errore del 5%.

Sulla base della tipologia strutturale, ed applicando le regole della norma, abbiamo stimato un fattore di struttura pari a 3, ma immaginiamo che ci possa essere un errore del 10% ($2.7 < q < 3.3$).

Non paiono numeri irragionevoli, tenuto conto del modo in cui sono ottenuti i dati sui quali lavoriamo. Supponiamo che lo spettro sia di tipo 1, ed il suolo di tipo C, che la PGA sia 0.35^4 . Quale errore ci aspettiamo di commettere sugli spostamenti e sulle forze di richiamo elastico massimi?

Premendo il bottone “Calcola fattori di errore!” si ottiene la risposta che si vede nella figura seguente:

⁴ Il valore della PGA serve solo nel caso in cui scatti la limitazione $C < 0.2 a_{gmax}/g$.

Figura 2

Questo risultato, un semplice esempio, sembra molto interessante: l'errore sugli spostamenti va da +16% a -20%, e la forza massima di richiamo elastico potrebbe egualmente essere del 14% *maggiore* come del 12% *minore*.

Un 20% di errore sul valore dello spostamento non è poco. Se anziché partire da $T=1\text{sec}$ partissimo da $T=0.5\text{sec}$ – a parità di tutti gli altri dati – otterremmo i risultati della figura seguente

Figura 3

46. Estensione al caso di sistemi a molti gradi di libertà

Il caso di un sistema a molti gradi di libertà è ovviamente assai più complesso di quello di un oscillatore semplice. Esistono tuttavia alcune importanti cause di errore sulla stima della frequenza o del periodo che possono essere ridotte ad un errore sulla quantità di massa e di rigidezza, mentre nel caso più generale ci dovremo accontentare di valutare questo errore sulla frequenza direttamente mediante stima.

46.1. Errori scalari lato massa, o assimilabili

Se si immagina che a partità di distribuzione di massa si abbia a che fare , anziché con una matrice delle masse \mathbf{M}^* , con una matrice delle masse variata $\mathbf{aM}^*=\mathbf{M}=f_{em}\mathbf{M}^*$, dove “a” è uno scalare che di fatto è il fattore di errore sulla massa già visto, è facile dimostrare che i modi non variano e che i periodi di tutti i modi cambiano nel seguente modo:

$$T = \sqrt{f_{em}} T^*$$

e quindi, come per l'oscillatore semplice in caso di errore sulla sola massa

$$f_{eT} = \sqrt{f_{em}}$$

Nel caso in cui la variazione di massa dovuta all'errore commesso non sia tale da rispettare la distribuzione, si può vedere con qualche passaggio⁵ che, detta \mathbf{M}^* la matrice delle masse nominale, detta $\Delta\mathbf{M}$ la variazione di massa dovuta all'errore, detto $\boldsymbol{\psi}^*$ il vettore che dà la forma del modo nominalmente calcolata, e detto $\boldsymbol{\psi}$ il vettore che dà la forma del modo “esatta”, risulta

$$f_{eT} = \frac{1}{f_{e\omega}} = \sqrt{1 + \frac{\boldsymbol{\psi}^{*T} \Delta\mathbf{M} \boldsymbol{\psi}}{\boldsymbol{\psi}^{*T} \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}}}$$

Se la variazione di massa è tale da non far variare in modo significativo la forma del modo (ipotesi molte volte ragionevole per il primo modo di edifici), si può stimare tale fattore di errore nota $\Delta\mathbf{M}$ e nota la forma del modo nominale con la seguente formula:

⁵ Consideriamo i due problemi agli autovalori nominale e variato:

$$(\mathbf{K}-\omega^{*2}\mathbf{M}^*)\boldsymbol{\psi}^*=\mathbf{0}$$

$$(\mathbf{K}-\omega^2\mathbf{M})\boldsymbol{\psi}=\mathbf{0}$$

Se moltiplichiamo il primo sistema per $\boldsymbol{\psi}^T$ ed il secondo per $\boldsymbol{\psi}^{*T}$, sottraendo membro a membro si ha (ricordando che \mathbf{K} è simmetrica):

$$\omega^2 \boldsymbol{\psi}^{*T} \mathbf{M} \boldsymbol{\psi} - \omega^{*2} \boldsymbol{\psi}^T \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}^* = 0$$

e quindi si vede che

$$f_{\omega}^2 = \frac{\omega^2}{\omega^{*2}} = \frac{\boldsymbol{\psi}^T \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}^*}{\boldsymbol{\psi}^{*T} \mathbf{M} \boldsymbol{\psi}}$$

posto $\mathbf{M}=\mathbf{M}^*+\Delta\mathbf{M}$, si conclude

$$f_{\omega} = \frac{\omega}{\omega^*} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{\psi}^T \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}^*}{\boldsymbol{\psi}^{*T} \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}^* + \boldsymbol{\psi}^{*T} \Delta\mathbf{M} \boldsymbol{\psi}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\boldsymbol{\psi}^{*T} \Delta\mathbf{M} \boldsymbol{\psi}}{\boldsymbol{\psi}^{*T} \mathbf{M}^* \boldsymbol{\psi}^*}}}$$

dove nell'ultima eguaglianza si è sfruttata la simmetria della matrice delle masse \mathbf{M}^* .

$$f_{eT} = \frac{1}{f_{e\omega}} = \sqrt{1 + \frac{\Psi^{*T} \Delta M \Psi^*}{\Psi^{*T} M^* \Psi^*}} \equiv \sqrt{f_{em}}$$

Nella precedente formula si è *definito* f_{em} in funzione di opportuni prodotti matriciali e scalari tra matrici e vettori. In questo caso, analogamente a quanto visto per l'oscillatore semplice, esiste uno scalare associato alla massa, f_{em} , che dà conto della variazione di frequenza dovuta alla variazione di massa causata da un possibile errore.

Nel caso di edifici, immaginando la forma del modo lineare, i piani di eguale altezza, e dando ad m_i^* il

significato di massa di piano ed a Δm_i il significato di variazione della massa di piano, la precedente formula porta alla seguente stima del fattore di errore sul periodo

$$f_{eT} = \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^n i^2 \Delta m_i}{\sum_{i=1}^n i^2 m_i^*}}$$

ed il fattore di errore sulla massa – uno scalare- può essere in questo caso definito come

$$f_{em} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n i^2 \Delta m_i}{\sum_{i=1}^n i^2 m_i^*}$$

Questi fattori di errore hanno un senso ingegneristico, e vogliono stimare la variazione di periodo dovuta

ad errori sulla massa.

46.2. Errori scalari lato rigidezza

Il modulo di elasticità assunto per il materiale entra direttamente nella espressione della matrice di rigidezza. Se lo schema resistente prevede un unico materiale (come spesso avviene) si può facilmente mostrare che, detto f_{eE} il fattore di errore sul modulo di Young, risulta su tutti i modi

$$f_{eT} = \sqrt{\frac{1}{f_{eE}}} = \sqrt{\frac{1}{f_{ek}}}$$

ovvero il fattore di errore sul modulo di Young gioca il ruolo che il fattore di errore su k gioca nel caso di oscillatore semplice.

L'errore sul modulo di Young nel caso del calcestruzzo può essere molto forte. E' noto che le formule di normativa fanno dipendere E dalla resistenza cubica o cilindrica caratteristica, ma le

leggi che fissano tale dipendenza sono soggette a dispersioni significative. Inoltre il reale valore di resistenza è in larga parte ignoto, dipendendo da una miriade di fattori molti dei quali assolutamente imprevedibili o non governabili, di fatto, da parte del progettista⁶. Pertanto su E sono da attendersi errori anche del 20 o del 30%.

Nel caso dell'acciaio gli errori sono certamente minori, ma comunque non inferiori ad un 3-5%. Basti dire che mentre le CNR10011 danno ad E il valore di 206000N/mm², l'EC3 usa il valore 210000N/mm², con uno scarto tra le due norme pari al 2%.

Nel caso in cui la struttura sia costituita da materiali diversi, se non è possibile attribuire comunque un materiale di riferimento alle parti resistenti alle azioni orizzontali, è possibile stimare ingegneristicamente (del resto, questo stiamo facendo) il fattore di errore complessivo mediante modelli di molle in parallelo ($k=k_1+k_2$) o in serie ($k=k_1k_2/(k_1+k_2)$).

46.3. Il modello di errore complessivo

Terremo conto degli errori di modellazione su sistemi a molti gradi di libertà mediante i seguenti fattori di errore:

1. f_{em} . Dà una misura dell'errore nella stima della quantità di massa (non dell'errore nella sua distribuzione, a meno che le forme modali non possano reputarsi sostanzialmente invariate al variare della distribuzione di massa).
2. f_{eE} . Dà una misura dell'errore sulla rigidezza legato all'errore sul modulo di Young.

⁶ Il Collepardi ([2]) scrive: “di notevole interesse pratico sono le equazioni che correlano i diversi moduli elastici tra loro, o il modulo elastico con altre proprietà, per esempio la resistenza meccanica. Occorre però tener conto che tali equazioni sono sempre ricavate dalla elaborazione di un numero di dati sperimentali certamente non illimitato, e che pertanto esse rimangono valide entro le condizioni sperimentali delle prove effettuate. Purtroppo raramente tali condizioni vengono precisate, cosicché è consigliabile utilizzare con molta prudenza tali equazioni se non per valutare l'ordine di grandezza della proprietà calcolata. A titolo di esempio vale la pena di precisare che i risultati delle prove sul modulo elastico e sulla resistenza meccanica sono fortemente influenzati dallo stato igrometrico del materiale al momento della prova. In generale si ritiene che il modulo elastico statico di un provino umido è più alto di quello stesso provino asciutto, mentre il contrario si verifica per la resistenza meccanica e per il modulo elastico dinamico. Tuttavia questo comportamento può essere completamente ribaltato in relazione alla velocità con cui il calcestruzzo si asciuga prima della prova, alla dimensione del provino, ed al valore della umidità relativa finale [...]”

3. f_{ea} . Dà una misura degli errori aggiuntivi sulla stima della frequenza dovuti ad altri fattori. A rigore occorre sempre fare l'ipotesi che questi errori non comportino variazioni nella forma del modo.
4. f_{eq} . Dà una misura degli errori sul fattore di struttura.

Con queste ipotesi il fattore di errore sul periodo risulta

$$f_{eT} = \frac{1}{f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{em}}{f_{eE}}}$$

Se generalizziamo i ragionamenti fatti nel caso dell'oscillatore semplice a questo modello di errore sui sistemi a molti gradi di libertà, otteniamo le seguenti formule di errore per gli spostamenti modali e per la risultante delle forze apparenti modali (si omette di dare il risultato per l'intervallo $T < T_B$):

Periodo	Periodo f_{eT}	Spostamenti f_{eX}	Taglio alla Base Azioni interne $f_{e\Delta}$
$T_B < T < T_C$	$\frac{1}{f_{\omega}} = \frac{1}{f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{eM}}{f_{eE}}}$	$\frac{f_{eM}}{f_{eq} f_{ea}^2 f_{eE}}$	$\frac{f_{eM}}{f_{eq}}$
$T_C < T < T_D$	$\frac{1}{f_{\omega}} = \frac{1}{f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{eM}}{f_{eE}}}$	$\frac{1}{f_{eq} f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{eM}}{f_{eE}}}$	$\frac{f_{ea}}{f_{eq}} \sqrt{f_{eM} f_{eE}}$
$T_D < T$	$\frac{1}{f_{\omega}} = \frac{1}{f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{eM}}{f_{eE}}}$	$\frac{1}{f_{eq}}$	$\frac{f_{eE} f_{ea}^2}{f_{eq}}$
per $T < T$	$\frac{1}{f_{\omega}} = \frac{1}{f_{ea}} \sqrt{\frac{f_{eM}}{f_{eE}}}$	$\frac{f_{eM}}{f_{eq} f_{ea}^2 f_{eE}}$	$\frac{f_{eM}}{f_{eq}}$

Tabella 1: fattori di errore sul periodo, lo spostamento e la forza di richiamo in funzione dei fattori di errore sulla massa, la rigidità, il fattore di struttura e la frequenza

L'ultima riga della tabella corrisponde alla situazione in cui debba scattare la limitazione prevista dalle norme, che impongono che C sia maggiore o eguale di 0,2 volte la PGA in unità g. Di fatto questa limitazione impone un nuovo "pianerottolo" e quindi le formule della ultima riga coincidono con quelle della prima.

47. Esempi

Per verificare la validità di quanto trovato è stato messo a punto un semplice modello di portale, sul quale sono stati simulati errori sulla massa e sul modulo di elasticità del materiale. Si sono poi raffrontati i diversi valori ottenuti mediante un programma di calcolo con i valori stimati mediante le formule proposte.

47.1. Studio numero 1: tratto BC dello spettro (plateau)

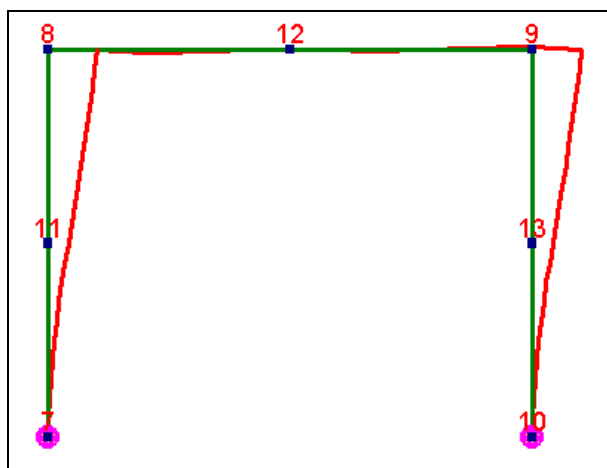


Figura 1 Mesh relativa al portale allo studio

Consideriamo un portale con luce di 5m ed altezza di 4m, realizzato con profili quadrati 30x30cm, materiale nominale calcestruzzo con $E=28500\text{N/mm}^2$, $\nu=0.2$. La massa è posta sul traverso e corrisponde ad un carico distribuito nominale di 30kN/m, per un totale di 150kN, 15291Kg. Pilastri e trave sono stati modellati ciascuno con 2 elementi finiti, per un totale di 6 elementi finiti di tipo beam. Si sceglie di studiare la struttura sotto l'azione di un sisma orizzontale impiegando gli spettri di tipo 1 dell'EC8, accelerazione di riferimento pari a 0.35g, suolo di tipo B e fattore di struttura q^* pari a 3. Il periodo corrispondente al primo e fondamentale modo in X (vedi figura 1) è pari a 0.359sec, e quindi tale da corrispondere al pianerottolo dello spettro per il tipo di suolo in esame ($C=0.35 \times 2.5 \times 1.2 / 3 = 0.35$).

La risposta strutturale ottenuta impiegando il metodo dello spettro di risposta sul solo primo modo è quella indicata nella successiva tabella, in corrispondenza alla riga "FERRORE1", che è il nome del modello adottato. Si ha uno spostamento in sommità pari a 11,21mm ed un momento al piede del pilastro pari a 61.67kNm, un taglio alla base pari a 52.50kN ($=150 \times 0.35$).

Modello	Note	Periodo	Spostamento	Momento al piede	Taglio al piede
FERRORE1	Riferimento	0,359 sec	11,21mm	61,67 kNm	52.50kN

	E=28500N/mm ² M=15.291t				
FERRORE2	E=0.9E _{riferimento}	0,379 sec	12,46m	61,67 kNm	52.50kN
FERRORE3	M=1,1M _{riferimento}	0,377 sec	12,33mm	67,84 kNm	57.74kN

Tabella 2- Studio numero 1, risultati delle analisi

47.1.1. Prima variazione

Un primo modello variato (FERRORE2) immagina che il modulo di elasticità del calcestruzzo sia del 10% inferiore al valore iniziale, e cioè pari a E=25650N/mm². I risultati ottenuti sono quelli della seconda riga della tabella 2, ed indicano che lo spostamento si è accresciuto di circa il 10% mentre il valore del momento e del taglio alla base è rimasto invariato.

Se contrassegniamo con l'*** i dati del modello iniziale e senza asterisco i dati del modello variato, possiamo interpretare la variazione dicendo che essa dipende da un errore nella stima del modulo di elasticità del materiale. Sia f_E il fattore di errore su E. Nel nostro caso f_E=0.9. Tutti gli altri fattori di errore siano pari ad 1. Il fattore di errore sul periodo è pari a (cfr. tabella 1, seconda riga, seconda colonna, quindi cella 2,2)

$$f_{eT} = \frac{1}{\sqrt{f_{eE}}}$$

quindi possiamo dire che

$$T = \frac{T^*}{\sqrt{f_{eE}}} = \frac{0.35911}{\sqrt{0.9}} = 0,37853$$

come in effetti è (vedi tabella 2, cella 3,3).

Vediamo ora il fattore di errore sullo spostamento. Il nostro errore sul modulo di elasticità porta a sottovalutare la risposta. In effetti, il rapporto tra i due spostamenti secondo le nostre previsioni (cfr. tabella 1) dovrebbe essere pari a

$$f_{eX} = 1 / f_{e\omega}^2 = 1 / f_{eE} = 1 / 0.9 = 1.1111$$

in effetti si constata che

$$12.46 / 11.21 = 1.11$$

Per quanto riguarda lo sforzo questo non viene amplificato ma resta eguale, infatti il fattore di errore su di esso non dipende da f_E in questo caso (cfr. tabella 1). Ciò dipende dal fatto che se è vero che gli spostamenti si sono accresciuti di un fattore f_{eX}=1/f_{eE}, è anche vero che le rigidezze sono diminuite di un fattore f_{eE}. Pertanto, il prodotto di spostamenti per rigidezze è rimasto costante.

Il taglio alla base non dipende da f_{eE} e quindi resta anch'esso inalterato.

47.1.2. Seconda variazione

In questo caso poniamo $f_{eM}=1.1$ e lasciamo eguali ad 1 tutti gli altri fattori di errore. In altre parole supponiamo che la massa del modello nominale sottostimi del 10% la massa “ottima”. Che succede? Il periodo, secondo le nostre stime (siamo nell’intervallo tra T_B e T_C), si accresce di un fattore

$$\sqrt{f_{eM}} = \sqrt{1.1} = 1.049$$

infatti

$$0.377/0.359=1.050$$

eguale a 1.049 nei limiti degli errori di troncamento ed arrotondamento.

Lo spostamento prevediamo si accresca di un fattore pari a f_{eM} , e quindi 1.1. Infatti:

$$12.33/11.21=1.0999$$

Gli sforzi dovrebbero crescere allo stesso identico modo e infatti

$$67.84/61.67=1.1$$

analogamente per il taglio alla base.

47.2. Studio numero 2: tratto CD dello spettro

Studiamo un nuovo insieme di tre problemi nei quali le stesse variazioni sono ripetute ma avendo una massa iniziale pari a 60kN/m. L’aumento di massa nominale fa aumentare il periodo così da portarci nell’intervallo CD dello spettro. In questo caso si trovano i risultati della tabella successiva.

Modello	Note	Periodo	Spostamento	Momento al piede
FERRORE4	Riferimento $E=28500\text{N/mm}^2$ $M=30.582\text{t}$	0,5078 sec	22,07mm	121,4 kNm
FERRORE5	$E=0.9E_{\text{riferimento}}$	0,5353 sec	23,27mm	115,2 kNm
FERRORE6	$M=1,1M_{\text{riferimento}}$	0,5326 sec	23,15mm	127,40 kNm

Tabella 3. Studio numero 2, risultati delle analisi

47.2.1. Prima variazione

Un primo modello variato (FERRORE5) immagina che il modulo di elasticità del calcestruzzo sia del 10% inferiore al valore iniziale, e cioè pari a $E=25650\text{N/mm}^2$. I risultati ottenuti sono quelli

della seconda riga della tabella. In questo caso $f_{eE} = 0.9$ e gli altri f sono pari ad 1.

Risulta.

$$f_{eT} = 1/\sqrt{f_{eE}} = 1.054 \approx 0.5353/0.5078 = 1.054$$

$$f_{eX} = 1/\sqrt{f_{eE}} = 1.054 \approx 23.27/22.07 = 1.054$$

$$f_{e\sigma} = \sqrt{f_{eE}} = 0.9486 \approx 115.2/121.4 = 0.9489$$

e quindi si vede che tutte le formule sono verificate.

47.2.2. Seconda variazione

Anche in questo caso aumentiamo la massa (FERRORE6), ma siamo ora nell'intervallo CD. $f_{eM} = 1.1$, gli altri $f = 1$.

$$f_{eT} = \sqrt{f_{eM}} = 1.0488 \approx 0.5326/0.5078 = 1.0488$$

$$f_{eX} = \sqrt{f_{eM}} = 1.0488 \approx 23.15/22.07 = 1.0489$$

$$f_{e\sigma} = \sqrt{f_{eM}} = 1.0488 \approx 127.4/121.4 = 1.0489$$

e quindi si vede che tutte le formule sono verificate.

47.3. Studio n° 3: tratto $D-\infty$ dello spettro

Infine ci portiamo nell'intervallo $T > T_D$ aumentando ancora la massa. Portiamo la massa a 1200kN/m ottenendo i risultati della tabella successiva.

MODELLO	NOTE	PERIODO	SPOSTAMENTO	MOMENTO AL PIEDE
FERRORE7	Riferimento $E = 28500 \text{ N/mm}^2$ $M = 611.64 \text{ t}$	2,271 sec	89,68mm	493,4 kNm
FERRORE8	$E = 0.9 E_{\text{riferimento}}$	2,3940 sec	99,64mm	493,4 kNm
FERRORE9	$M = 1,1 M_{\text{riferimento}}$	2,3821 sec	98,64mm	542,7 kNm

Tabella 4. Studio numero 3, risultati delle analisi

Contrariamente a quanto predetto dalle formule che sono state ricavate per $T > T_D$ (riga quarta della tabella 1), lo spostamento aumenta sia aumentando la massa che diminuendo la rigidezza. Ciò

dipende dal fatto che le curve date per gli spettri vengono abbandonate quando si riscontra, come nel nostro caso, $C < 0.2 a_{gmax}/g$.

Infatti per $T=2.271$ sec si avrebbe

$$C/ga_{gmax}=S 2,5 T_C T_D/(qT^2)=1,2 \times 2,5 \times 0,5 \times 2/(3 \times 2.271^2)=0.1938 < 0,2$$

Il periodo limite al di sopra del quale si ha questa limitazione è dato in questo caso da

$$T=\sqrt{(10/3)}=\sqrt{3.3333}=1.825\text{sec}$$

In questo caso, quindi, gli spettri vengono ad assumere un valore costante ed indipendente dal periodo in analogia a quanto avviene per il tratto BC dello spettro. Se proviamo ad applicare le formule previste per il tratto in cui si è sul pianerottolo abbiamo le seguenti formule:

$$f_{cX}=\frac{f_{eM}}{f_{eq} f_{ea}^2 f_{eE}}$$

$$f_{c\sigma}=\frac{f_{eM}}{f_{eq}}$$

47.3.1. Prima variazione

Applicando le formule relative al tratto BC, per le ragioni chiarite, troviamo (ricordando che $f_{eM}=1$, $f_{eE}=0.9$):

$$f_{cX}=1/0.9=1.111$$

$$f_{c\sigma}=1$$

Ed infatti

$$98.64/89.68=1.0999 \approx 1.1$$

e gli sforzi non variano.

47.3.2. Seconda variazione

In questo caso $f_{eM}=1.1$, $f_{eE}=1$ e si ottiene:

$$f_{cX}=1.1/1=1.1$$

$$f_{c\sigma}=1.1/1$$

Ed infatti

$$99.64/89.68=1.111$$

$$542.7/493.4=1.0999 \approx 1.1$$

47.4. Conclusioni

Sulla base degli esperimenti numerici fatti, risultano verificate le formule predittive di tabella 1, le quali consentono di conoscere la variazione degli spostamenti e degli sforzi modali, noti che siano i fattori di errore sulla massa e la rigidezza, nonché sul fattore di struttura e sulla frequenza (fattore di errore aggiuntivo f_{ca}). Queste formule possono quindi essere impiegate per perturbare i risultati di un calcolo basato su valori nominali al fine di stimare ingegneristicamente valori a favore di sicurezza degli spostamenti e delle azioni interne.

E' da notare che questi errori sugli spostamenti e sulle azioni interne possono essere rilevanti. Ad esempio, si immagini di avere stimato

$$f_{em}=0.85-1.15$$

$$f_{eE}=0.85-1.15$$

$$f_{eq}=0.9-1.1$$

$$f_{ca}=0.95-1.05$$

Tratto di spettro	f_{ex}	$f_{c\sigma}$
BC	1.67	1.28
CD	1.36	1.34
D- ∞	1.11	1.41
Limitazione $C < 0.2a_{gmax}/g$ attiva	1.67	1.28

Tabella 5. Esempio di fattori di errore su spostamento e azioni interne per errori del 15% su massa e modulo di Young, 5% sulla frequenza e 10% sul fattore di struttura.

ovvero un 15% di errore sulla massa, un 15% di errore sul modulo di Young, un 10% di errore sul fattore di struttura ed un 5% di errore sulla frequenza dovuto alla modellazione.

Si fa presente che un errore del 15% sulla massa, in molti casi di carichi variabili non piccoli, può tranquillamente verificarsi: si pensi a una scaffalatura industriale o a una biblioteca, impiegando i coefficienti probabilistici proposti dall'EC8 (per i magazzini e gli archivi il calcolo è fatto con il valore di massa associata al valore quasi permanente, ovvero alla massa associata al carico caratteristico ridotto del 20%, $\psi_{2i}=0.8$), la massa potrebbe essere $1/0.8=1.25$ volte maggiore di quella messa nel modello.

Analogamente, un errore del 15% sul modulo di elasticità potrebbe tranquillamente verificarsi, date le incertezze tipiche del calcolo nel caso del calcestruzzo gettato in opera.

Combinando nel modo più sfavorevole queste incertezze si possono ottenere gli imbarazzanti risultati di tabella 5, i quali pare rendano conto meglio di qualsiasi discorso delle attuali incertezze

nell'eseguire calcoli sismici.

La conclusione logica di quanto abbiamo visto è che piuttosto che cercare di quantificare le azioni e gli spostamenti alla terza o quarta cifra significativa, dovremmo accontentarci di quantificarle alla seconda, eppoi amplificare conseguentemente. La cura maggiore, più che nella valutazione delle cifre significative, andrà posta nei controlli di esecuzione e nei dettagli costruttivi.

Nel successivo paragrafo verrà pertanto proposto un metodo atto a fornire possibili valori estremali coi quali fare il calcolo, noti che siano (ingegneristicamente, non probabilisticamente) i valori estremali delle intensità di massa e rigidezza, nonché di frequenza e fattore di struttura.

48. Spettro di risposta con fattore di errore

La procedura che viene qui proposta, denominata “spettro di risposta con fattore di errore” consiste nel perturbare i risultati ottenuti in termini di spostamento e di azioni interne mediante i fattori di errore stimati a partire da ragionevoli valutazioni per gli errori su massa e rigidezza. Non si ha nessuna pretesa di “precisione”, ma si vuole tenere conto del fatto che i numeri ottenibili con complicati modelli agli elementi finiti sono in realtà da considerare affetti da errori inevitabili, l'ordine di grandezza dei quali si desidera almeno parzialmente stimare.

Facendo la ipotesi (generalmente verificata) che sia a favore di sicurezza sovrastimare gli sforzi e gli spostamenti, il metodo che qui si propone funzionerebbe così, quando impiegato “a mano” da un analista strutturale.

- 1) Preparare un modello agli elementi finiti e eseguire una analisi a spettro di risposta coi valori nominali di massa, rigidezza e fattore di struttura.
- 2) Valutare ingegneristicamente la quantità di errore atteso sull'intensità della massa (f_{em}), del modulo di elasticità (f_{eE}) e sul fattore di struttura (f_{eq}). Valutare l'errore atteso sulla frequenza in seguito a problemi di discretizzazione e di modello (f_{ea}).
- 3) Stimare mediante procedure di calcolo tipo **SPE** il fattore di errore atteso (in generale > 1) sugli spostamenti e sugli sforzi del modo dominante (quando esistente) così come stimati nominalmente dal metodo.
- 4) Correggere gli spostamenti e gli sforzi incrementandoli del fattore corrispondente, eventualmente assegnandolo come moltiplicatore aggiuntivo al caso di carico sismico.

Si noti che la procedura funzionerebbe in modo analogo anche nel caso in cui fosse impiegato

il metodo della analisi sismica statica equivalente.

Volendo delineare invece come dovrebbe essere programmato un calcolatore per eseguire una analisi modale con spettro di risposta con fattore di errore si indicano i seguenti passi:

- 1) Eseguire una normale analisi modale con spettro di risposta e valutare tutti gli effetti dei singoli modi.
- 2) Per ogni modo valutare il fattore di errore su spostamenti e azioni interne a partire da opportuni fattori di errore su massa, rigidezza, frequenza e fattore di struttura (unici per tutta la struttura), forniti dall'utente. Tale valutazione viene fatta in affinità a quanto fatto dal programma **SPE** e dipende dal periodo nominale del modo considerato.
- 3) Amplificare gli spostamenti di ciascun modo per il fattore di errore sugli spostamenti del modo in questione. Amplificare le azioni interne con il fattore di errore sugli sforzi del modo in questione.
- 4) Combinare gli effetti dei modi per le vie normali.

49. Conclusioni

E' stato proposto un metodo per tenere conto in modo ingegneristico degli errori sulla intensità di massa e di rigidezza, nonché degli errori sulla frequenza e sul fattore di struttura. Si propone di usare questo metodo per arrivare a stime maggiormente a favore di sicurezza degli spostamenti e delle azioni interne valutate mediante il metodo dello spettro di risposta.

50. Riferimenti

- [1] Rugarli P. "Analisi modale ragionata", EPC Libri, Roma, 2005
- [2] Collepari Mario, "Scienza e Tecnologia del Calcestruzzo", 3^a ed., Hoepli, 1991
- [3] Satake N., Suda K., Arakawa T., Sasaki A., Tamura Y., "Damping Evaluation Using Full-Scale Data of Buildings in Japan", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 129, 4, April 2003

2. Aggiunto il modulo SPE.exe

SP.E - Castalia srl

Valori nominali

T* Periodo Ag in unità g (per esempio 0.35)

q* Fattore di struttura

Fattori di errore

fqmin fqmax

fkmin fkmax

fmmin fmmax

Fattori di errore corrispondenti

Spostamento (min)

Spostamento (max)

Forza richiamo (min)

Forza richiamo (max)

Spettro

☒ Spettro EC8 tipo 1

☐ Spettro EC8 tipo 2

Tipo di suolo

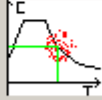
☐ Suolo tipo A

☐ Suolo tipo B

☒ Suolo tipo C

☐ Suolo tipo D

☐ Suolo tipo E



Il modulo .exe SPE, già descritto al precedente punto, è ora parte integrante del modulo per le analisi a spettro di risposta.

Grazie a questo modulino si può avere una stima ingegneristica di come le incertezze su massa e rigidezza possano riverberarsi in incertezze sullo spettro di risposta.

- 3 Aggiunta la possibilità di generare **eccentricità di masse** di valore dato a partire dalla distribuzione originaria delle stesse.

E' noto che una analisi sismica per essere maggiormente significativa deve includere le incertezze

sulla posizione del centro delle masse. Il nuovo comando Edit-Masse-Sposta consente di spostare di un certo (dx, dy, dz) il baricentro delle masse dei nodi selezionati. Perché il comando possa funzionare non si deve spostare la massa di una quantità eccessiva, pena la richiesta di avere masse negative, chiaramente impossibili.

Dall'help:

Questo comando genera delle correzioni alla massa dei nodi selezionati in modo da spostare il centro delle masse di una certa prefissata quantità, definita da un valore di Dx, Dy e Dz. Il comando tiene in conto i soli nodi selezionati che abbiano una massa non nulla. Le masse traslazionali in direzione X Y e Z devono essere eguali. Ove venga generata una massa negativa il comando si interrompe. Viene prima applicato lo shift in direzione X, poi quello in direzione Y, infine quello in direzione Z.

Da “Analisi modale ragionata”, di Paolo Rugarli, EPC libri, ROMA, 2005.

Partendo da una certa distribuzione di masse, una pertinente correzione variabile linearmente con la ascissa può essere ottenuta in forma chiusa applicando le seguenti formule.

Sia \underline{x} la posizione del centro delle masse prima delle correzione ed $(\underline{x}+e)$ la posizione del centro delle masse che si vuole ottenere dopo la correzione, dove “e” è l’eccentricità accidentale desiderata. Sia inoltre “i” un indice che varia da nodo a nodo e che tiene in conto solo i nodi selezionati e con massa non nulla per un totale di “n” nodi. Immaginiamo che la massa m_i di ciascun nodo subisca una correzione Δm_i e che la correzione Δm_i sia funzione lineare di x, secondo la legge

$$\Delta m_i = ax_i + b$$

dove “a” e “b” sono due costanti. In tal caso, imponendo che la massa totale M non cambi e che la posizione del nuovo centro delle masse sia in $(\underline{x}+e)$, otteniamo le due equazioni seguenti:

$$\begin{cases} \sum_i (m_i + \Delta m_i) = M \\ \sum_i x_i (m_i + \Delta m_i) = M(\bar{x} + e) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_i \Delta m_i = \sum_i (ax_i + b) = 0 \\ \sum_i x_i \Delta m_i = \sum_i x_i (ax_i + b) = Me \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = \frac{-a \sum_i x_i}{n} \\ a = \frac{nMe}{n \left(\sum_i x_i^2 \right) - \left(\sum_i x_i \right)^2} \end{cases}$$

Queste formule entrano però in crisi quando la correzione è negativa e superiore alla massa originaria, quando cioè

$$m_i + \Delta m_i < 0$$

condizione che si raggiunge se la eccentricità “e” supera un certo valore di soglia, dipendente dal problema in esame.

4 Aggiunta la possibilità di cancellare le masse traslazionali solo in alcune direzioni.

I nuovi comandi sono Edit-Masse-Canc sel X/Canc Sel Y/Canc SelZ. Questi comandi annullano rispettivamente le sole masse traslazionali X Y oZ. Questi comandi possono essere utili quando un sistema è disaccoppiato e si vogliano i modi di oscillazione in una sola direzione: ad esempio per un portale si vogliano escludere i modi fuori piano.

5 – Corretti malfunzionamenti relativi ai nodi semirigidi introdotti nella versione 7.0.

La modifica dei formati di tutti i file ha portato a qualche problema nella gestione dei nodi semi rigidi. I problemi, segnalati da alcuni clienti, sono stati rimossi.

6 Drasticamente migliorata la velocità di esecuzione di alcuni comandi.

Sono stati molto migliorati i seguenti comandi relativamente alla velocità di esecuzione:

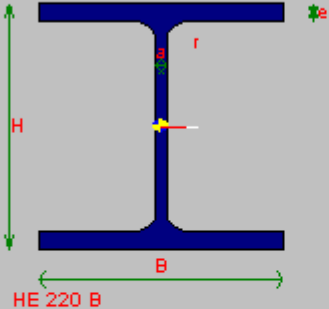
- ridisegna
- mappa della deformata in falsi colori
- mappa degli sforzi su piastre e membrane in falsi colori
- copia di elementi
- specchiatura di elementi
- rotazione di elementi
- controllo nodi doppi
- eliminazione di nodi non referenziati

Su modelli grandi questi comandi potevano essere percepiti come troppo lenti in alcune occasioni.

7 Aggiunte informazioni sulla lunghezza limite del link per le sezioni ad H laminato.

Il dialogo che dà le proprietà delle sezioni laminate ad H dà ora anche un altro dato: la lunghezza limite dei link corti ed intermedi.

Sezioni laminate ad H

<input type="text" value="220"/> H		<input type="text" value="9104"/> A	<input type="text" value="63.508529"/> it
<input type="text" value="220"/> B		<input type="text" value="80909600"/> J2	<input type="text" value="735540"/> W2
<input type="text" value="9.5"/> a		<input type="text" value="28432600"/> J3	<input type="text" value="258480.01"/> W3
<input type="text" value="16"/> e		<input type="text" value="765700"/> Jt	<input type="text" value="827050"/> Wpl2
<input type="text" value="18"/> r		<input type="text" value="94.300003"/> i2	<input type="text" value="393880"/> Wpl3
		<input type="text" value="55.900001"/> i3	<input type="text" value="1270"/> U
		<input type="text" value="1.5518181"/> X2	<input type="text" value="4.3559808"/> X3

Links - Informazioni lunghezze limite

Short	<input type="text" value="982.49214"/>	Intermediate	<input type="text" value="1842.1727"/>	Long
-------	--	--------------	--	------

Nome

OK Aggiorna Cancel

E' noto che i controventi eccentrici sono più adatti a dissipare energia (EBF). A seconda della lunghezza del tratto dissipativo i link possono essere classificati in "corti", "intermedi" e "lunghi". Nel dialogo sono riportate le lunghezze limite che fanno da spartiacque tra i corti e gli intermedi e tra gli intermedi ed i lunghi.

8. Aggiunta dell'involuppo dell'involuppo delle aste a schermo.

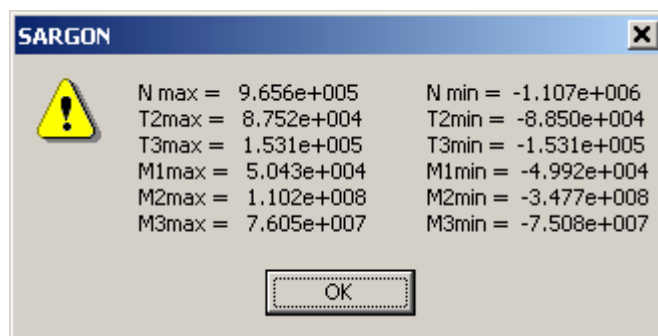
Si tratta di un comando importantissimo ed utilissimo per il dimensionamento dei collegamenti. Dato un certo insieme di aste selezionate, il comando cerca l'involuppo delle azioni interne al variare delle combinazioni *ed al variare delle aste*. Ciò consente di selezionare (ad esempio con un filtro sul numero di sezione) tutte le travi HEB200 eppoi vedere quale è il massimo taglio e la massima azione assiale che le sollecita al variare delle aste e delle combinazioni. Con quei dati (magari ulteriormente incrementati afds) sarà poi possibile dimensionare i collegamenti.

E' da notare che con le migliaia di combinazioni che si possono ora generare in modo automatico, questo comando svolge un ruolo fondamentale ed utilissimo nello sgrossare il

database dei risultati. I dati, già da anni, erano presenti nel tabulato, ma questo costringeva a creare un tabulato diverso per ogni richiesta. Ora si può ripetere successivamente il comando

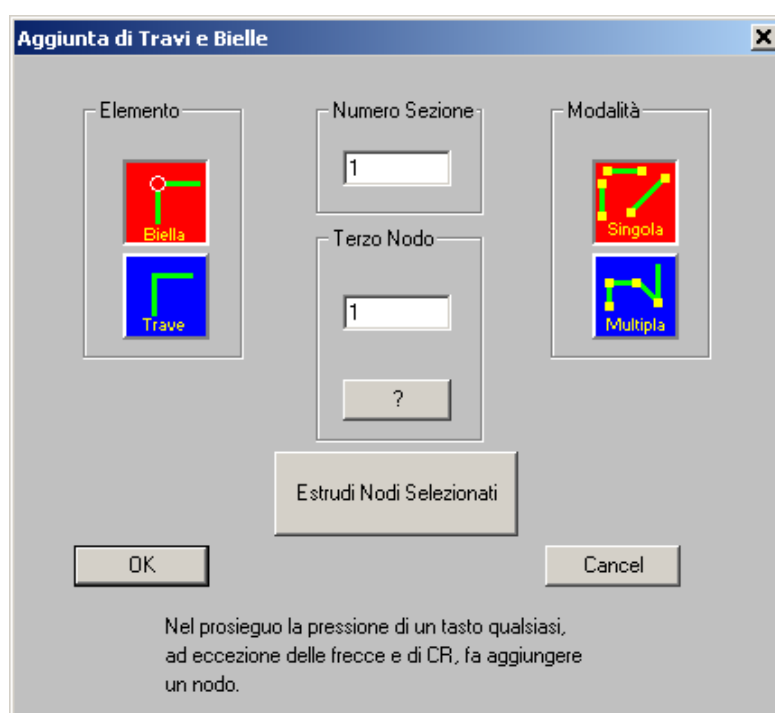
Post-Sforzi BT-Inviluppo dell'inviluppo.

ottenendo il semplice dialogo di risposta seguente:



I valori sono dati nelle unità attive. Perché il comando possa funzionare deve esistere almeno una combinazione e devono esserci aste selezionate.

9 Aggiunta della modalità estrusione nodi per aggiunta delle aste.



Il ben noto comando di aggiunta delle aste si arricchisce di una nuova modalità: l'estrusione dei nodi selezionati al momento della esecuzione del comando. Se si sceglie questa modalità bisognerà dare un vettore di estrusione e decidere se consentire o meno l'aggiunta di nodi sul segmento di arrivo, in analogia a quanto già previsto dal comando di estrusione di travi e bielle per generare piastre e membrane.

10 Aggiunto flag di visualizzazione dei nodi senza bisogno di selezionarli

Spesso è necessario vedere dove siano i nodi, e per fare questo sino a questa versione l'unica possibilità era selezionarli, il che richiedeva poi una operazione di deselezionazione, allungando con ciò i tempi di modellazione.

Ora i nodi dispongono di un loro simbolino luminoso (un quadratino verde) che può essere mostrato a schermo oppure no (Mostra-Oggetti). Grazie a questa modifica se serve vedere dove sono i nodi è sufficiente attivare il flag opportuno senza bisogno di selezionare i nodi.

11 Estesa la modalità "comoda" del comando di split anche nel caso in cui siano selezionate più aste eguali come lunghezza

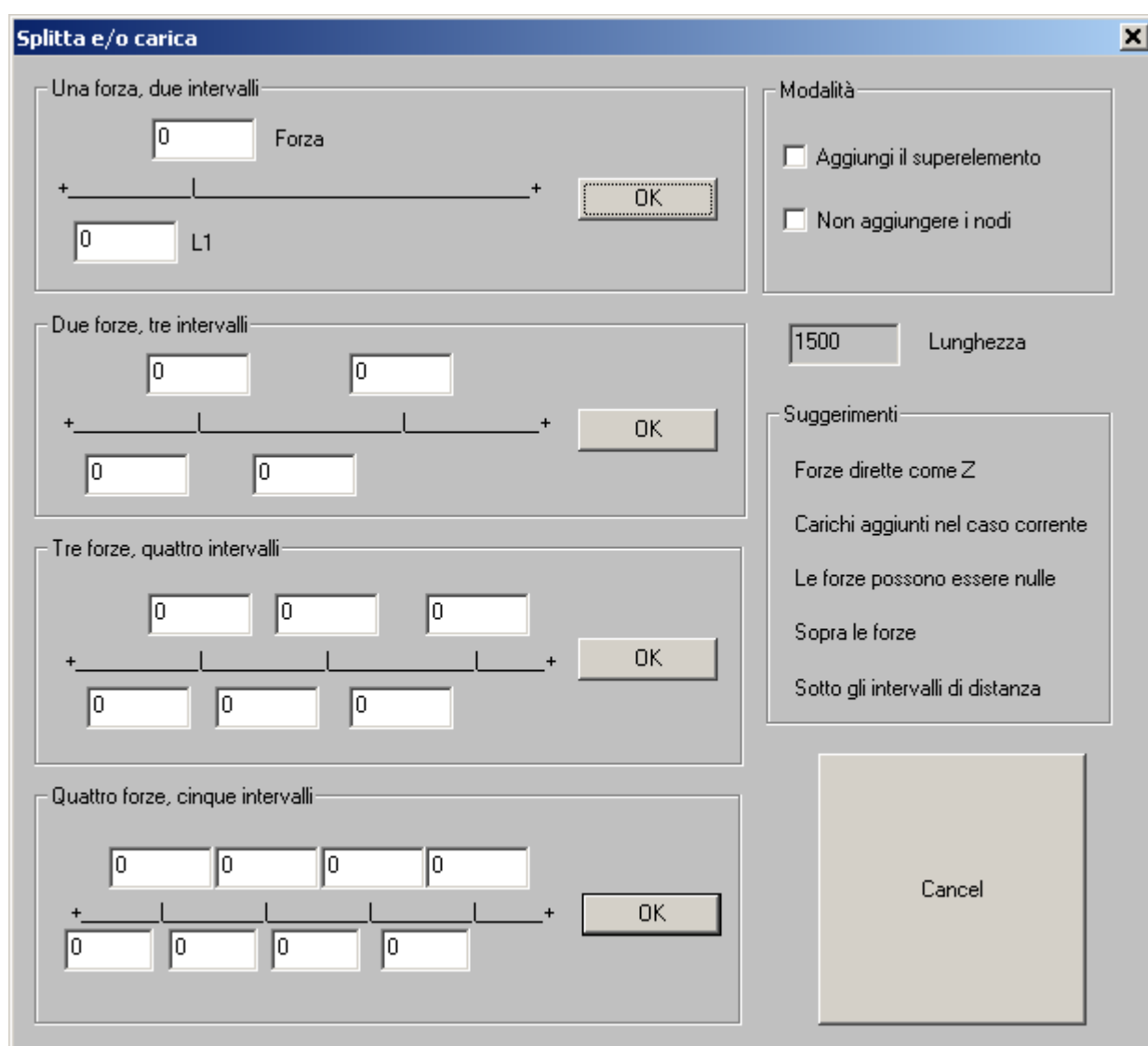
Il comando di splitting è molto comodo. Tradizionalmente esso aveva due funzionamenti: se si riferiva a una asta sola era molto dettagliato e consentiva di dare lunghezze o ascisse adimensionali. Se invece erano selezionate più aste si doveva dare la ascissa adimensionale dal primo estremo. Ora il comando capisce se le aste selezionate hanno tutte la stessa lunghezza, e se questo è vero esso propone il dialogo dettagliato anche nel caso in cui si sia scelta come modalità operativa quella che prevede di selezionare le aste.

12 Modificato verificatore EC3 per forzare la classe a 3 anche in presenza di profili in classe 4.

Quando un profilo tipicamente saldato viene sottoposto a verifica, il verificatore lo analizza senza tener conto dei possibili irrigidimenti d'anima, e quindi talvolta lo pone in classe 3. In realtà se questo profilo sarà dotato di irrigidimenti esso sarà da verificare in classe 3 e non in classe 4. Per

ovviare al problema il verificatore è stato modificato in modo tale che se un profilo ha un nome che comincia per “CL3_”, bene, esso sarà considerato sempre di classe 3 indipendentemente dai suoi rapporti larghezza-spessore. Naturalmente è compito e responsabilità del progettista garantire che la assunzione sia valida. Il programma, obbligando a chiamare il profilo “CL3_” seguito da altro, fa capire che si tratta di una assunzione forzata.

- 13 Aggiunto il comando **Splitta e/o Carica**, molto potente e utile nel caso delle travi caricate con carichi concentrati.



Splitta e/o carica

Una forza, due intervalli

0 Forza

+ | +

0 L1

OK

Due forze, tre intervalli

0 0

+ | | +

0 0

OK

Tre forze, quattro intervalli

0 0 0

+ | | | +

0 0 0

OK

Quattro forze, cinque intervalli

0 0 0 0

+ | | | | +

0 0 0 0

OK

Modalità

☐ Aggiungi il superelemento

☐ Non aggiungere i nodi

1500 Lunghezza

Suggerimenti

Forze dirette come Z

Carichi aggiunti nel caso corrente

Le forze possono essere nulle

Sopra le forze

Sotto gli intervalli di distanza

Cancel

Si tratta di un comando molto utile e potente, specialmente indicato nel caso in cui si debbano applicare carichi concentrati su travi di impalcato. Il comando è in:

Mesh-Travi e Bielle-Splitta e/o carica

Il comando consente in un colpo solo:

- di dividere una asta in un numero di intervalli diseguali variabili da 2 a 5.
- di applicare delle forze nei nodi (se la asta originaria è stata divisa) oppure all'interno della asta originaria (se non si vuole dividere l'asta).
- di aggiungere un superelemento se l'asta originaria è stata divisa in più parti.

I carichi sono diretti verticalmente (z).

Si possono aggiungere i carichi senza dividere l'asta

Si può dividere l'asta senza aggiungere i carichi.

I carichi vengono messi nel caso di carico attivo.

Con questo comando in un sol colpo si fanno cose che prima richiedevano vari comandi in fila.

14 Modificato click tasto sinistro.

Sarà capitato a molti di cliccare per selezionare ed accorgersi di non aver avviato il comando di selezione col click. Ora se si seleziona col click e il comando in questione non è attivo, esso viene avviato automaticamente. Questo consente molte volte di risparmiare tempo.

Nelle prime fasi di lavoro si presti attenzione a non cliccare per sbaglio su elementi selezionandoli.

15 Tasto destro del mouse

Se si preme il tasto destro del mouse e nessun comando è attivo compare un menu abbreviato che – per il momento – propone i seguenti comandi (nell'ipotesi che siano eseguibili):

Undo

Redo

Ridisegna

Includi

Oggetti di selezione

Tutti

Nessuno

Box

Cancella travi e bielle

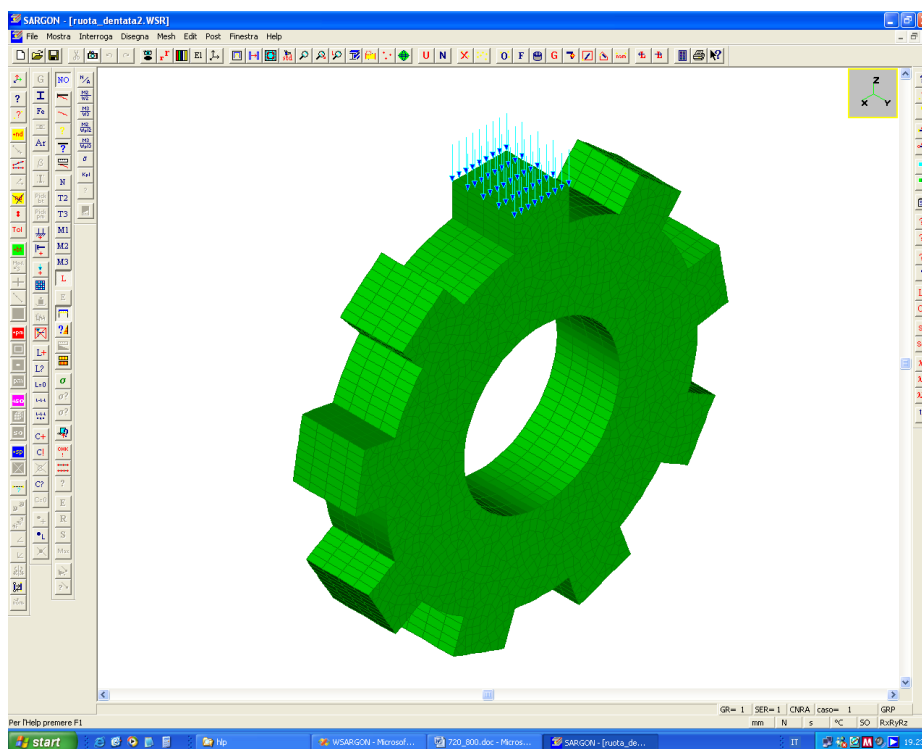
Dividi travi e bielle

Cancella piastre o membrane

Dividi piastre o membrane



Lista modifiche: dalla 7.20 alla 8.00



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

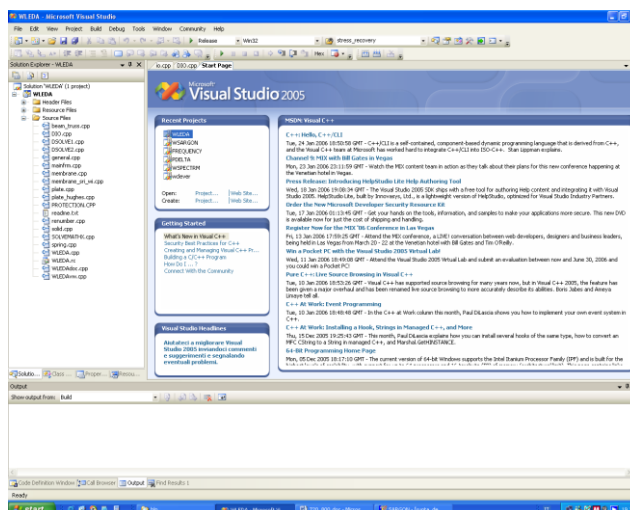
Rev. 1.0 del 10-3-2006

INTRODUZIONE	185
RICOMPILAZIONE SOTTO VISUAL STUDIO 2005	187
AGGIUNTA DEGLI ELEMENTI SOLIDI.....	189
AGGIUNTA COMANDI DI MESHING AUTOMATICO	192
DISPONIBILITÀ VERSIONE READER	195
ALTRE AGGIUNTE E MODIFICHE.....	196
Maschera di vincolo	196
Riorganizzazione pdf della guida.....	197
Seleziona tutti	197
Nuovi comandi di post processing: controllo di spostamenti	198
Correzione malfunzionamenti	198

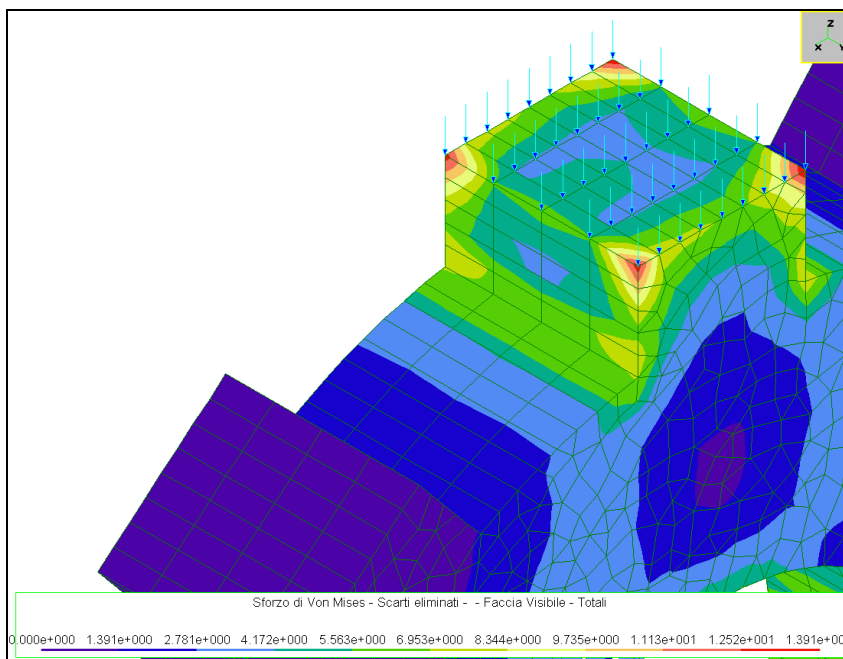
51. Introduzione

La versione 8.0 di Sargon introduce almeno quattro grandi novità, e per questo motivo è da considerare una versione di maggior modifica (da qui la numerazione).

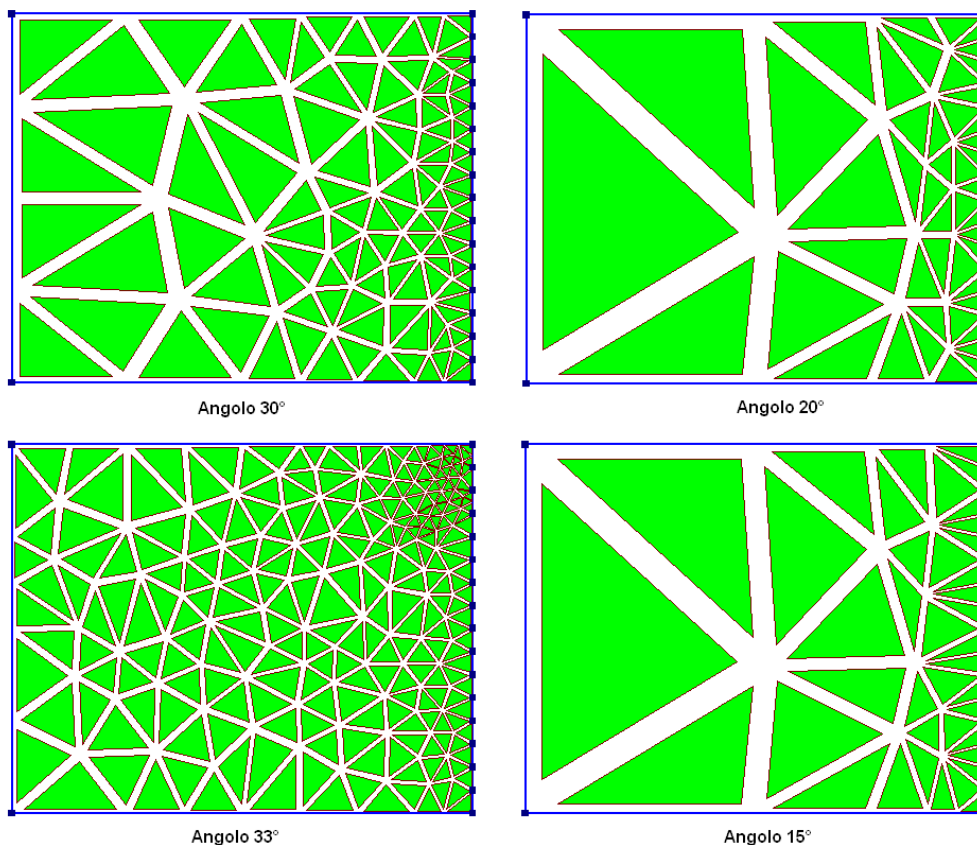
Queste grandi novità sono:



- La completa ricompilazione del progetto Sargon e di tutti i moduli affiliati con il nuovissimo compilatore Microsoft Visual Stdio 2005. A causa di ciò sono cambiate anche le dll di sistema alle quali il programma fa riferimento.



- La aggiunta dei comandi e delle funzionalità relative agli elementi solidi, che potenziano enormemente il raggio di azione del programma. Tali comandi e funzionalità sono ancora in fase di aggiunta, ma la parte inserita consente di studiare problemi mai prima affrontati in Sargon.



- La aggiunta di un nuovo potentissimo comando di meshing automatico di superfici piane, un comando che ha comportato un notevole lavoro di sviluppo e che pone le basi per futuri ampliamenti nel raggio di azione tipico dei general purpose.
- La creazione di una versione “reader” del programma che i Clienti potranno dare ai loro Committenti al fine di consentire una maggior facilità di discussione ed analisi dei risultati.

A tutto questo si aggiungono nuove importanti funzionalità come la applicazione della maschera di vincolo, la possibilità di selezionare “tutti” gli oggetti e non necessariamente “travi” o “piastre” o “nodi”, eccetera eccetera.

Nel seguito le principali aggiunte e modifiche verranno descritte brevemente, rimandando all’help ed all’uso l’approfondimento dei vari punti toccati.

52. Ricompilazione sotto Visual Studio 2005

La ricompilazione dell’intero progetto sotto Visual Studio 2005 si è resa opportuna a causa del

fatto che si erano evidenziati problemi di incompatibilità con i più recenti sistemi operativi. Il kernel delle dll Microsoft MFC42 sembrava non essere più completamente in linea coi sistemi operativi XP. Inoltre, sebbene non sia opportuno seguire tutti i continui cambiamenti della Microsoft, era ormai dal 1999 che non veniva aggiornato il progetto con una nuova versione del compilatore.

In larga parte ciò è dipeso dal fatto che l'apparizione della piattaforma “.NET” ha introdotto considerevoli modifiche, e quindi moltissimi sviluppatori, nel mondo, sono rimasti in attesa per vedere la piega presa da C# da un lato, e dal cosiddetto “managed” software dall'altro.

L'uscita, a fine 2005, della nuova versione del compilatore .NET, dopo la versione 2003, ha convinto che fosse arrivato ormai il momento di migrare alla nuova configurazione.

Sebbene per il momento il software resti “unmanaged”, le differenze sono sostanziali. Le vecchi dll di sistema, MFC42.dll MSVCRT.DLL, sono state sostituite dalle nuove che sono le seguenti:

MFC80.DLL

MSVCR80.DLL

MICROSOFT.VC80.MFC.MANIFEST

MICROSOFT.VC80.CRT.MANIFEST

Dove VC80=Visual C++ versione 8.0 = Visual Studio 2005

MFC = Microsoft Foundation Classes

CRT = C-Run Time library

Delle quali le prime due sono le vere e proprie DLL, mentre i successivi due file sono i “manifesti” che consentono di evitare conflitti di versione.

Proprio a causa dei notevoli problemi incontrati da MICROSOFT a causa dei conflitti di versione, le nuove versioni dei sistemi operativi (XP) consentono di impiegare contemporaneamente differenti versioni delle medesime DLL, cosa che dovrebbe garantire minori problemi.

Al momento i quattro file elencati non vengono installati nel sistema ma restano localmente nella cartella di installazione del programma. I precedenti file MFC42.DLL MSVCRT.DLL, se presenti nella cartella di installazione, devono essere eliminati.

Vi preghiamo di segnalare ogni eventuale problema dopo aver verificato che:

- I quattro file elencati siano presenti nella cartella di installazione del programma in versione 8.0
- I precedenti file MFC42.DLL ed MSVCRT.DLL non siano presenti nella cartella di installazione del programma (peraltro queste due DLL non dovrebbero comunque esserci).

53. Aggiunta degli elementi solidi

L'aggiunta degli elementi solidi in Sargon consentirà di eseguire anche un certo numero di analisi che fino a ieri erano unico appannaggio di altri programmi.

La crescente potenza di calcolo disponibile lascia intravedere la possibilità di fare in modo standard analisi da 100-200 mila gradi di libertà, e quindi comincia a rendere meno privo di senso l'uso di elementi solidi.

Sargon non vuole essere un general purpose, ma l'aggiunta degli elementi solidi, tipicamente nel caso di oggetti dalla geometria "facile", dà agli utenti la possibilità di eseguire studi in settori prima non coperti dal programma.

Il progetto "elementi solidi" non è ancora definitivamente concluso. Sono in lista per essere recepite alcune migliorie, segnatamente nella formulazione degli elementi, nella disponibilità di comandi di meshing, e nel potenziamento della rapidità dei solutori.

Relativamente alla formulazione, al momento sono stati introdotti tre elementi, i tre mattoni fondamentali, nelle loro formulazioni più standard (e quindi senza integrazione ridotta o selettiva o altri artifici atti a ridurre il locking come fatto per gli elementi membrana). Essi sono:

- L'elemento tetraedrico che di fatto dà deformazione costante e che è il contraltare 3d dell'elemento triangolare piano.
- L'elemento pentaedrico, molto utile nella estrusione di mesh piane contenenti elementi triangolari, ma in qualche modo non ottimo a causa della sua anisotropia (cfr. ad esempio Cesari F., Codici di Calcolo per l'Analisi di Strutture Spaziali", Pitagora Ed., Bologna).

- L'elemento esaedrico (brick) a 8 nodi con interpolazione trilineare, ovvero il contraltare 3d del normale elemento a quattro nodi piano (senza integrazione ridotta o selettiva e senza la formulazione di Wilson Ibrahimbegovic).

A breve (molto a breve) verranno aggiunti anche gli elementi con integrazione selettiva e la generalizzazione degli elementi di Wilson Ibrahimbegovic, in modo da migliorare il comportamento a locking di questi elementi.

Relativamente ai comandi di meshing questi sono per ora tali da consentire agevolmente la creazione di mesh ottenibili per estrusione di elementi piani, o per rotazione di spicchi (tubi, ruote dentate, cilindri, blocchi estrusi, terreno di fondazione, ecc. ecc.).

Restano obiettivamente complessi modelli che richiedano l'intersezione di solidi o superfici a doppia curvatura. Per risolvere questi problemi sono però necessarie funzionalità tipiche di solutori general purpose, ed al momento non è in previsione la loro aggiunta in Sargon, essendo più urgenti altri settori più vicini alle problematiche tipiche dell'utilizzatore di Sargon. In particolare, il progetto di aggiungere SPLINE e NURBS in Sargon, non è al momento in cima alla lista dei più probabili item di programmazione. Tali primitive sono peraltro indispensabili per poter lavorare in un contesto di geometrie libere. Va comunque detto che l'interesse tecnico verso queste tematiche è molto forte, ed è quindi possibile che questo vinca su altre considerazioni: non si può escludere dunque che spline e nurbs vengano aggiunte a Sargon in tempi relativamente brevi.

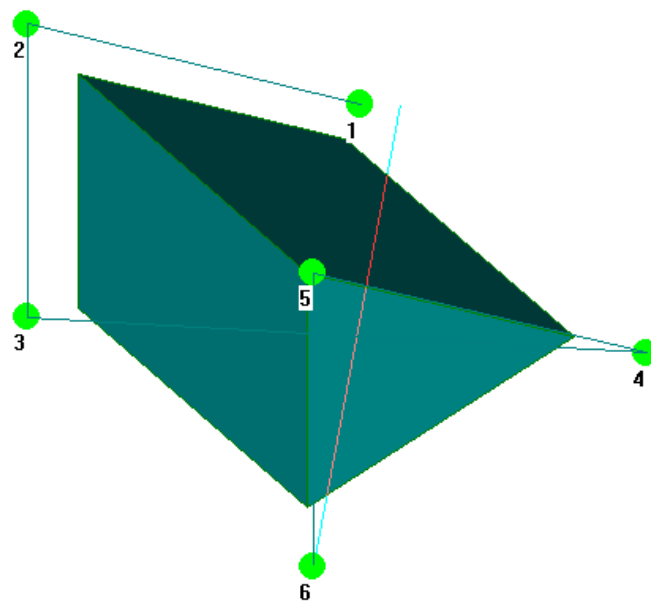
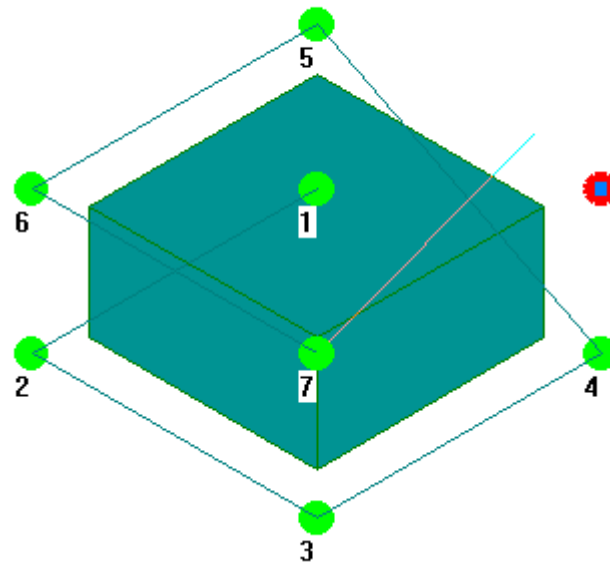
Fermo restando tutto questo, è invece prevista a breve la metamorfizzazione di elementi monodimensionali in elementi plate-shell o brick, in modo da poter passare ad una diversa scala di analisi, presumibilmente per elementi singoli, con facilità.

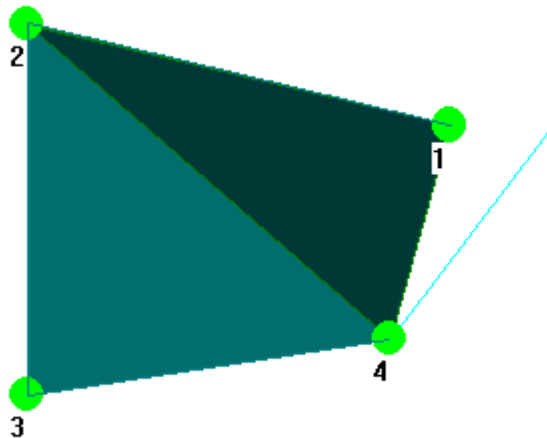
L'aggiunta delle funzionalità 3d, benchè ancora limitate, amplia enormemente il raggio di azione del programma, consentendo di fare analisi che prima erano impossibili.

Relativamente al problema della dimensione delle analisi, dei tempi di calcolo, e del numero di gradi di libertà, va segnalato che a breve sarà disponibile un solutore CLEVER *sparse matrix*, che aumenterà di un ordine di grandezza l'ordine dei problemi gestibili: l'ampliamento di CLEVER è già in fase di messa a punto ed ha dato buona prova: modelli con 500000-1000000

di gradi di libertà dovrebbero presto essere fattibili con tempi risibili.

I comandi di meshing relativi agli elementi solidi attualmente disponibili sono:





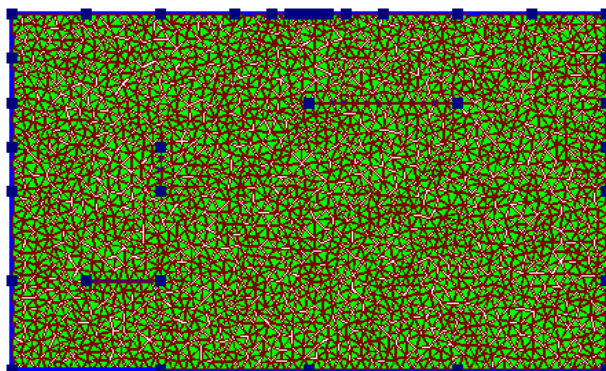
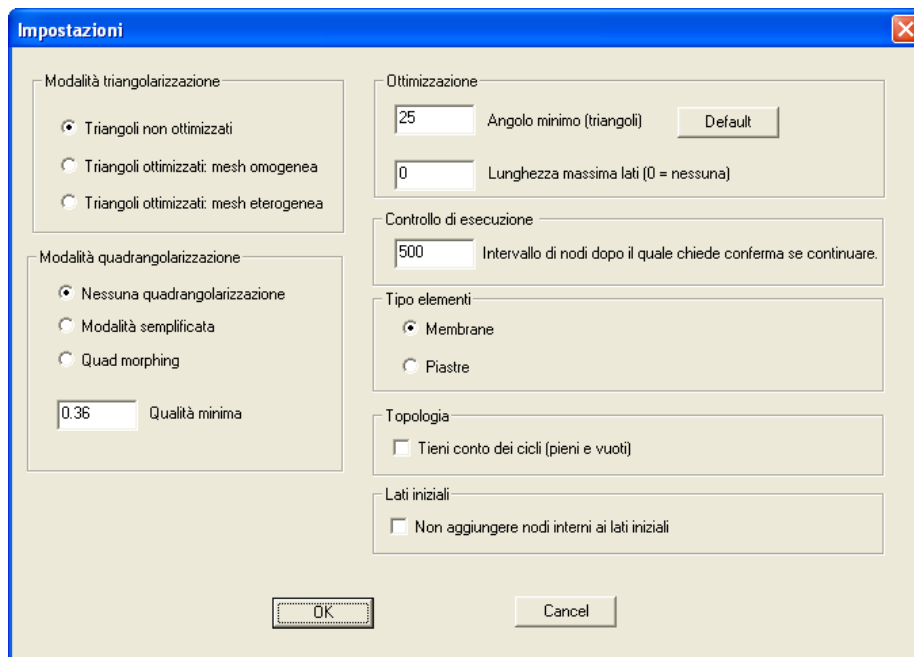
- Aggiunta diretta (tetraedri, pentaedri, esaedri)
- Aggiunta a regione (tre poligoni)
- Aggiunta con mapping su esaedro suddiviso (i tre spigoli, le suddivisioni)
- Estrusione di elementi piani
- Cancellazione
- Suddivisione di pentaedri ed esaedri
- Copia
- Rotazione
- Mirroring

Nuovi comandi sono in lista per essere aggiunti e non fanno parte della versione 8.0, tra questi segnaliamo:

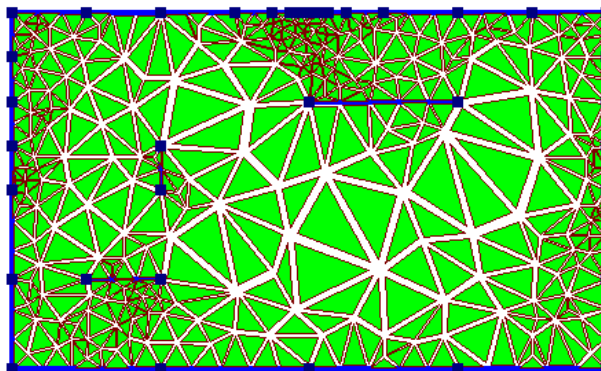
- La suddivisione di tetraedri
- La tetraedrizzazione di pentaedri ed esaedri
- La metamorfosi di elementi beam e truss in elementi plate/shell o solidi
- La tetraedrizzazione di volumi delimitati da superfici

Gli utenti che vogliano segnalare l'esigenza di nuovi comandi sono come sempre benvenuti.

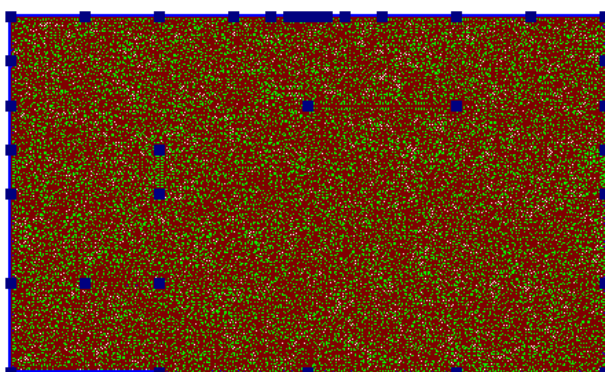
54. Aggiunta comandi di meshing automatico



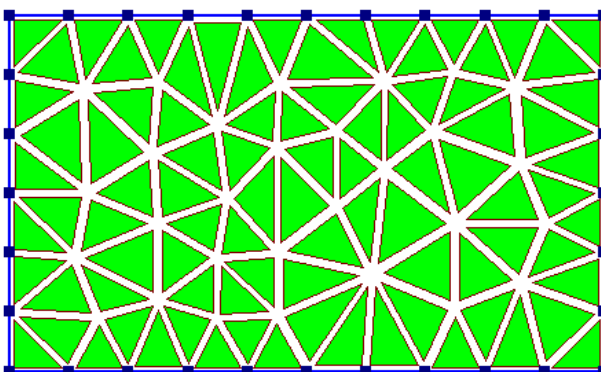
Ottimizzazione omogenea d=100



Ottimizzazione omogenea d=300



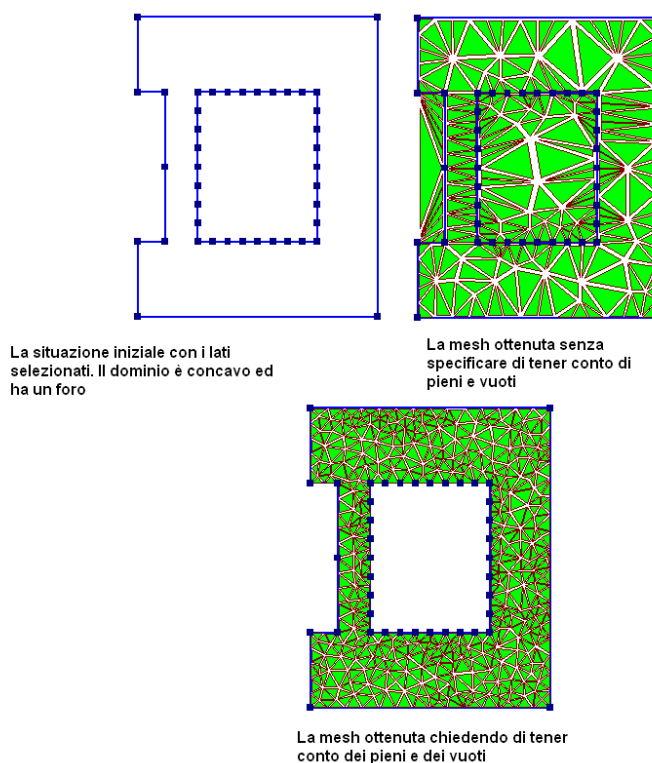
Ottimizzazione omogenea d=50



Ottimizzazione omogenea d=500
(si noti la diversità dei lati iniziali rispetto agli altri esempi)

Con la versione 8.0 viene aggiunta, in una prima versione iniziale che sarà in seguito ampliata, una nuova importantissima funzionalità che prima era assente in Sargon: la possibilità di riempire regioni (per ora piane) in modo automatico con elementi piastra o membrana a tre o quattro nodi.

Questo comando consente ovviamente di generare poi (per mezzo di estrusione) mesh di elementi solidi con relativa facilità e con il desiderato grado di raffinamento, ma ha importanti ricadute positive su tutto il programma consentendo di affrontare meglio problematiche che prima erano più complesse e più lunghe da risolvere.



Il comando riempie di elementi triangolari una regione piana delimitata da una curva chiusa. Possono esserci “buchi” anch’essi descritti per mezzo di poligoni chiusi. Si possono specificare varie modalità di riempimento, e si può chiedere (per ora in modo ancora elementare, in seguito nelle prossime versioni col *quad morphing* in modo molto più sofisticato) di trasformare le coppie di triangoli in elementi quadrilateri.

Poiché è possibile mappare superfici a doppia curvatura in superfici piane (per mezzo proprio delle NURBS), è chiaro che questo comando è la necessaria premessa per comandi molto ma molto più generali, che potranno meshare in automatico superfici anche non piane e anche riempire di tetraedri o brick volumi delimitati da superfici.

L’utente Sargon può usare questo comando per meshare rapidamente regioni piane (e volendo, a mezzo di macro, può poi trasformare con mapping opportuni i nodi già meshati portandosi dietro gli elementi).

Le poligoni chiuse devono essere realizzate usando beam/truss come linee di costruzione. Il comando rispetta i nodi interni indicati mediante selezione e quindi può far sì che la mesh “passi” per un certo numero di punti notevoli e, anche, che rispetti un certo numero di segmenti notevoli. E’ chiara l’enorme importanza di questa funzionalità ai fini della creazione di una mesh, che ovviamente deve necessariamente rispettare il passaggio per certi punti.

55. Disponibilità versione Reader



Castalia è impegnata piuttosto attivamente nel dibattito sulle normative e anche ha svolto attività di divulgazione sulle problematiche del calcolo e della sua affidabilità (cfr i libri di Rugarli *Calcolo Strutturale con gli Elementi Finiti*, *Analisi Modale Ragionata*, e l'intervento nel Manuale Colombo *Software di calcolo*, sempre a firma di Ing. Rugarli). Una delle novità introdotte dalle NTC è stata quella (cap. 10) relativa al controllo della bontà delle elaborazioni. Nell'ambito di un più generale lavoro edito da Il Sole 24 Ore relativo al commento delle NTC, all'Ing. Rugarli è stato affidato il commento al capitolo 10. In quella sede sono state ufficialmente fatte importanti proposte relative al miglioramento del controllo delle elaborazioni.

In particolare sono state fatte le seguenti due proposte:

- La messa a punto da parte del Ministero di un formato di scambio dati tra i programmi agli elementi finiti, in modo da favorire la creazione di interfacce che passino i dati da un programma all'altro. Questa innovazione è fondamentale per agevolare il controllo delle elaborazioni e consentire a terze parti di verificare indipendentemente il lavoro svolto. Anche all'interno di uno stesso studio di progettazione la disponibilità di interfacce verso altri programmi potrebbe consentire un miglior controllo di qualità. Si ricorda che il punto di vista di Castalia è che errori ci siano in tutti i programmi e che dunque sia sempre necessario tenere gli occhi bene aperti. Castalia da sempre fornisce Sargon con le interfacce verso altri solutori, a riprova che si favorisce il passaggio dei dati. Auspichiamo che questo approccio si diffonda.
- La creazione da parte delle software house di versioni Reader delle loro applicazioni, atte a consentire anche a chi è privo di licenza, di aprire modelli già eseguiti e di interrogare il programma sui risultati delle elaborazioni. Questa funzionalità è stata aggiunta alla versione 8.0 di Sargon, e quindi chiunque potrà usare le versioni Reader senza dover acquistare il programma. La funzionalità in questione è già presente in altri programmi, ed è sembrata molto valida: per questo motivo si è proposto di estenderla a tutti e la si è aggiunta a Sargon sin dalla prima versione disponibile.

56. Altre aggiunte e modifiche

56.1. Maschera di vincolo



E' ora possibile assegnare ad un modello una maschera di vincolo, in modo che tutti i nodi del modello abbiano almeno i vincoli della maschera di vincolo stessa. Solo i nodi con vincoli

maggiori di quelli della maschera verranno rappresentati con il pallino dei vincoli.

Questa funzionalità si è resa indispensabile con gli elementi solidi, che non hanno rigidità associata ai gradi di libertà rotazionali, onde evitare modelli pieni di pallini.

56.2. Riorganizzazione pdf della guida

Il PDF della guida (sargon.pdf) era diventato troppo grosso ed è stato diviso in 4 parti.

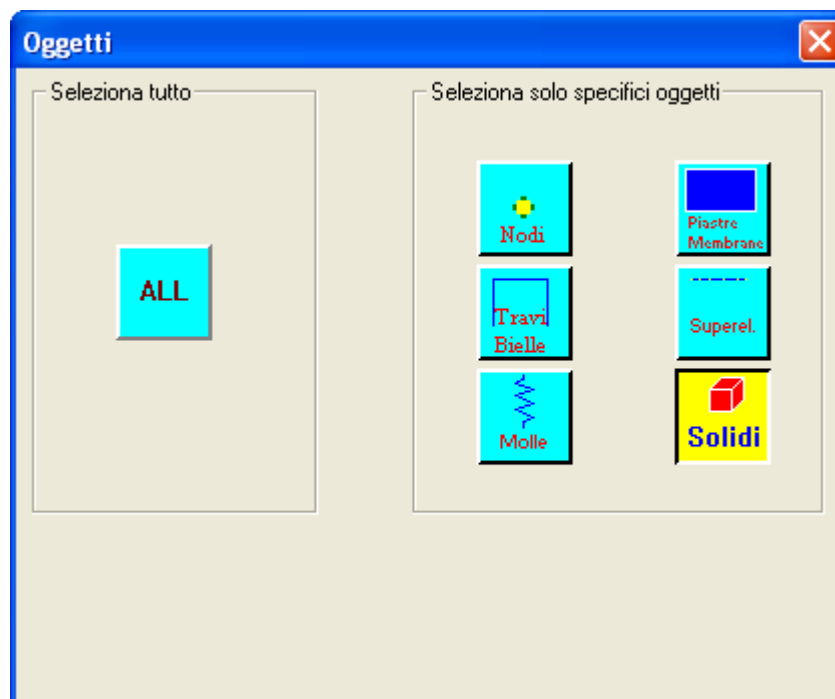
Sargon_come.pdf

Sargon_menu.pdf

Sargon_versol.pdf (verificatori e solutori)

Sargon_articoli.pdf

56.3. Seleziona tutti



Dalla versione 8.0 è possibile scegliere come oggetti di selezione “tutti”, evitando la necessità di dover passare frequentemente da “Nodi” a “Travi e bielle” a “Paistre e membrane”. Questa funzionalità lavora con tutti i comandi di seleziona, incluso il box, la poligonale ed il click.

La modifica è usabile opzionalmente, non si è costretti: chi vuole può continuare ad usare le selezioni tematiche che restano disponibili. L’uso di tutti non dovrebbe in genere portare confusione

poiché la più parte dei comandi agisce delimitatamente su certi oggetti (ci sono però eccezioni importanti come la assegnazione della gravità o la copia o il mirroring).

56.4. Nuovi comandi di post processing: controllo di spostamenti

Si tratta di tre comandi aggiunti sotto Post-Deformata:

Estremi

Inviluppo estremi

Inviluppo estremi (relativi)

Il primo comando (Estremi) dà i valori estremi degli spostamenti assoluti dei nodi selezionati nel caso/combinazione attivo. In altre parole si cercano i nodi dove è massimo Tx, Ty Tz, ecc..

Il secondo comando cerca all'interno dei nodi selezionati i valori di inviluppo (ovvero oltre che al variare dei nodi selezionati anche al variare delle combinazioni) dei massimi e dei minimi degli spostamenti assoluti. Con questo comando è facile garantire che lo spostamento non supera certi valori in certe zone (o su tutto il modello) per tutte le combinazioni definite (anche le migliaia generate in automatico).

Il terzo comando fa la stessa cosa del precedente ma cerca le coppie di nodi che massimizzano (e minimizzano) lo spostamento relativo, ovvero la differenza di spostamento tra coppie di nodi. Il comando è utile ad esempio in presenza di gap che non devono essere superati, o per misurare distorsioni (per gli interstorey drift ricordiamo che il comando c'è già in Sargon da una decina d'anni).

56.5. Correzione malfunzionamenti

Sono stati individuati e rimossi alcuni malfunzionamenti introdotti a partire dalle versioni più recenti:

- La operazione di copia in certe particolari situazioni generava un loop infinito (e il comando non terminava mai). Questo errore è stato introdotto quando in una recente versione si è modificato l'algoritmo di copia al fine di renderlo più veloce.
- Le reazioni vincolari *solo in modelli contenti nodi semirigidi* potevano essere scorrette dipendentemente dalla numerazione dei nodi vincolati. Il bug è stato introdotto a partire dalla versione 7.0.
- Le azioni interne “modali”(quelle associate alla analisi modale) *solo di elementi contenenti nodi semirigidi* erano valutate scorrettamente (valori tendenti a infinito). Anche questo problema è stato introdotto a partire dalla versione 7.0.

```

C:\provafinale.chk.txt.out - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
=====
CHECKSOLVERS  VERS. 2-0

Author: Paolo Rugarli - Structural Engineer

Copyright 2005-2006 Castalia srl-All rights reserved - www.castaliaweb.com
=====
-----
Legenda:

LC..... The load case number inside the model
TV..... Target value
THEORIC.....Theoric target value
CROSS.....Cross check target value (other solvers)
ACCEPTED.....Accepted target value (e.g. benchmarks, previous tests)
CV.....Computed value (what is found into binary output files)
VA.....A value "A" to be compared to a value "A"
VB.....A value "B" to be compared to a value "A"
DELTA.....By definition: (CV - TV) or (VB - VA)
Err(%).....By definition 100 (CV - TV) / TV, percentage error.
            if TV = 0 ==> conventionally Err(%) = 100 cv
ND.....The node number in the fem model
TR.....Truss element number
BE.....Beam element number
ME.....Membrane element number
PL.....Plate element number
SP.....Spring element number
SO.....Solid element number

```



Rev. 1.0 del 20-4-2006

57. Introduzione

La versione 8.10 consolida la versione 8.0 risolvendo alcuni problemi e dà agli utenti tre importantissime nuove funzionalità che migliorano considerevolmente il programma:

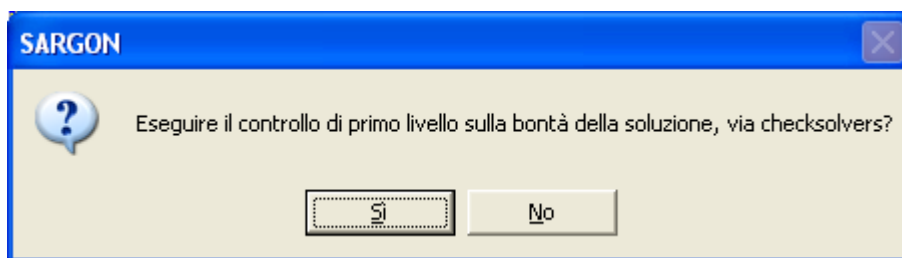
- Un controllo di esecuzione sistematico e indipendente dai solutori e la possibilità di eseguire test incrociati con estrema semplicità. Ciò pone Sargon all'avanguardia nel controllo di esecuzione.
- Un nuovo sistema di soluzione basato su tecnologia sparse matrix.
- Nuove formulazioni per gli elementi solidi a otto nodi, che consentono di ridurre il locking.

A tutto questo si aggiungono alcuni miglioramenti, in specie nella generazione automatica delle combinazioni.

58. Checksolvers versione 2.0

Con la versione 8.10 i controlli di bontà della soluzione entrano nella routine di funzionamento della analisi.

Terminato il solving statico compare il seguente messaggio (*se non compare usare ALT+TAB per far ricomparire il messaggio e Sargon che può in alcuni casi sembrare sparito*):



Se si risponde “sì” verrà automaticamente lanciato “checksolvers” in una forma tipica, e quindi si otterrà il tabulato seguente (se ne vede solo l’inizio)

```

*****
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*              CHECKSOLVERS   VERS. 2-0                          *
*                                                                 *
*                                                                 *
*          Author:  Paolo Rugarli - Structural Engineer           *
*                                                                 *
* Copyright 2005-2006 Castalia srl-All rights reserved - www.castaliaweb.com *
*****

-----
Legenda:

LC..... The load case number inside the model
TV..... Target value
THEORIC.....Theoric target value
CROSS.....Cross check target value (other solvers)
ACCEPTED.....Accepted target value (e.g. benchmarks, previous tests)
CV..... Computed value (what is found into binary output files)
VA..... A value "A" to be compared to a value "B"
VB..... A value "B" to be compared to a value "A"
DELTA..... By definition: (CV - TV) or (VB - VA)
Err(%)..... By definition 100 (CV - TV) / TV, percentage error.
             if TV = 0 --> conventionally Err(%) = 100 CV
ND..... The node number in the fem model
TR..... Truss element number
BE..... Beam element number
ME..... Membrane element number
PL..... Plate element number
SP..... Spring element number
SO..... Solid element number

```

Che potrà essere allegato alla relazione e che dovrà essere attentamente controllato dal progettista.

Inoltre è stato facilitato e automatizzato tutto il processo di test sistematici su modelli con controllo dei risultati rispetto a quelli teorici o tabellati, così da consentire a ogni utente di ripetere i test di precisione a casa propria.

Con queste modifiche e aggiunte Sargon si pone all'avanguardia nel controllo di esecuzione, fornendo strumenti che ben pochi programmi mettono a disposizione della propria Clientela.

Dalla guida di checksolvers:

59. General checks of consistence and general indicators

From version 2.0 Checksolvers sistematically prints out useful data in order to check the internal consistency of results of static analyses.

A number of different tests are performed in order to control the results obtained by static solvers.

In the following these tests will be discussed.

59.1. Test of Reactions

```
Load case 1 Sum of Reactions Rx TV= -0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000
Err(%) = 0.0000
Load case 1 Sum of Reactions Ry TV= -0.000000e+000 CV = 0.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000
Err(%) = 0.0000
Load case 1 Sum of Reactions Rz TV= 2.000000e+000 CV = 2.000000e+000 DELTA = 0.000000e+000
Err(%) = 0.0000
----- Reaction X Check passed -----
----- Reaction Y Check passed -----
----- Reaction Z Check passed -----
```

Constraint reactions and applied forces and moments must be in equilibrium. *For each load case in the analysis*, the program checks the sum of global X, Y and Z constraint reactions against the global applied forces resultant. The sum also includes residual forces, that is the (theoretically null) reaction forces acting over free degrees of freedom. Target value is the applied load overall resultant, while computed value is the overall sum of constraint reactions in X, Y and Z direction. A warning message is printed if the cross check is not passed.

The spring internal forces are considered as “reactions” and added to fixed constraint reactions. This because dummy constrained nodes are added by the solvers while they do not exist in the original model. Spring nodes residual should be null, since springs are element like any others. Their internal forces must be added to fixed constraint reactions in order to avoid loss of equilibrium. Springs can be regarded as elastic constraints.

According to the rules presently defined, the check is passed if the percentage difference between target and computed values is lower than 0.1, that is:

$$100(CV-TV)/TV < 0.1$$

Please note that when TV is equal to 0, percentage measure loses meaning. If TV=0 percentage error is defined as

$$100CV$$

Which could eventually be acceptable although > 0.1 , depending also on measure units.

59.2. Work of residual forces and moments

```
Load case 1 Work of residual forces and moments TV= 0.000000e+000 CV = -4.830598e-015 DELTA = -
```

```
4.830598e-015 Err(%) = -0.0000
Load case 2 Work of residual forces and moments TV= 0.000000e+000 CV = 2.712970e-013 DELTA =
2.712970e-013 Err(%) = 0.0000
```

The work done by residual forces should be null, since residual forces should not exist. Anyhow, due to rounding errors, floating point computations and so on, residual do exist in free dofs. The work done by these residual, that is the overall sum of residual times their associated displacement, is an error measure which can be used to assess solving phase reliability. Target value should be null, so percentage error is somehow meaningless. Here the DELTA value is the global work actually done by all residuals.

59.3. Total residual, maximum residual

Load case	1	Total Residual Rx =	0.000000e+000	Maximum Residual Rx =	0.000000e+000 on node
0					
		Total Residual Ry =	0.000000e+000	Maximum Residual Ry =	0.000000e+000 on node
0					
		Total Residual Rz =	2.317774e-017	Maximum Residual Rz =	2.317774e-017 on node
9					
		Total Residual Mx =	0.000000e+000	Maximum Residual Mx =	0.000000e+000 on node
0					
		Total Residual My =	1.186701e-017	Maximum Residual My =	1.186701e-017 on node
9					
		Total Residual Mz =	0.000000e+000	Maximum Residual Mz =	0.000000e+000 on node
0					

Residual vector could be measured in different ways.

One way is to sum the overall residual components, that is the overall unbalanced forces and moments acting along a given direction. We can thus compute Rx, Ry, Rz as translational resultants of residual forces. Also we can compute Mx, My and Mz as resultants of residual moments. The overall sum of residuals can then be considered as the total unbalance, and compared with applied loads resultants.

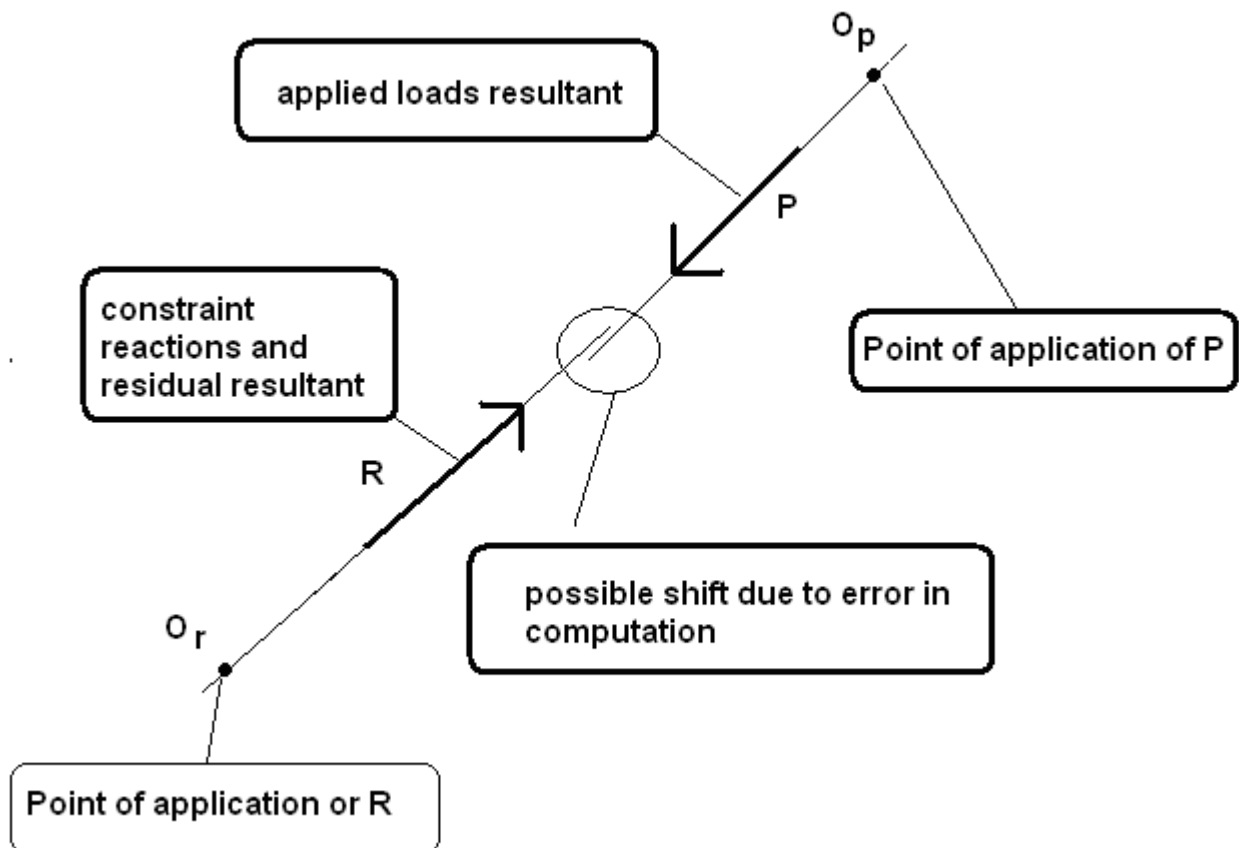
Another important measure is the maximum component of residual vector along each direction, for forces and moments. This measure, together with the node number where it is computed, is systematically printed out by checksolvers for all models.

59.4. Overall reactions and residual point of application


```

Load case 1 Point of application of residual + reaction resultant (Or): X= 6.000000e-001 Y=
0.000000e+000 Z= -0.000000e+000
Load case 1 Point of application of applied loads (Op): X= 6.000000e-001 Y= -
0.000000e+000 Z= 0.000000e+000
Load case 1 P x (Op-Or): Mx= 0.000000e+000 My= -4.768372e-008 Mz= -0.000000e+000
M = 4.768372e-008

```



This is a very important and useful information about analysis results. The idea is to compute the resultant of both constraint reactions (which are expected) and residuals (which are expected but unwanted), and then to evaluate the point of application of this resultant, that is the point in space where resultant should be applied in order to gain the same global moment of the complete set of constraint reaction forces and moments, and of residuals. In other words, instead of having forces and moments, we will have just forces resultant, but applied in a given point.

It happens that, due to equilibrium reasons, the straight line on which resultant of constraint reactions and residuals is applied should be the same straight line of the resultant of applied loads. We can thus check not only the global resultant of reactive forces, but also their spatial distribution.

We can also check if the loads applied have been applied correctly, because we usually can easily estimate the point of application of a set of forces, so this information can be used twice: a first one to check that reactions do apply where it is expected, and a second to indirectly check the set of forces, moments, distributed loads applied.

To check if there is a shift in the two vectors does exist the following vectorial product is computed:

$$\mathbf{M} = \mathbf{P} \times (\mathbf{O}_p - \mathbf{O}_r)$$

giving the moment of \mathbf{P} with respect to \mathbf{O}_r . If \mathbf{P} passes through \mathbf{O}_r this must be null, that is

$$\|\mathbf{M}\| = 0$$

if the two vectors \mathbf{P} and \mathbf{R} are aligned as they should.

Please note that when the resultant \mathbf{P} is null (e.g. in thermal loads) residual vector point of application can be in a dummy point, but the norm of \mathbf{M} must once again be null.

59.5. Betti's rule

Load cases a #1, b #2. Betti's rule (Lab=Lba) VA= 4.153901e+005 VB = 4.153901e+005 DELTA = 0.000000e+000 Err(%) = 0.0000

Given two load cases “a” and “b”, it is easily seen that if – as it should –

$$\mathbf{K}\mathbf{u}_a = \mathbf{P}_a$$

$$\mathbf{K}\mathbf{u}_b = \mathbf{P}_b$$

Then due to the symmetry of \mathbf{K} , we get

$$\mathbf{u}_b^T \mathbf{K} \mathbf{u}_a = \mathbf{u}_b^T \mathbf{P}_a$$

$$\mathbf{u}_a^T \mathbf{K} \mathbf{u}_b = \mathbf{u}_a^T \mathbf{P}_b$$

$$\mathbf{u}_b^T \mathbf{P}_a = \mathbf{u}_a^T \mathbf{P}_b$$

so “the mixed work of displacements due to forces ‘a’ with forces ‘b’, is equal to the mixed work of

displacements ‘b’ with forces ‘a’, that is the Betti’s rule.

$$W_{ab} = W_{ba}$$

In real computing we also have to add errors due to round off, and floating point operations. So:

$$\mathbf{K}\mathbf{u}_a = \mathbf{P}_a + \mathbf{e}_a$$

$$\mathbf{K}\mathbf{u}_b = \mathbf{P}_b + \mathbf{e}_b$$

Which gives

$$\mathbf{u}_b^T \mathbf{P}_a + \mathbf{u}_b^T \mathbf{e}_a = \mathbf{u}_a^T \mathbf{P}_b + \mathbf{u}_a^T \mathbf{e}_b$$

so

$$W_{ab} - W_{ba} = \mathbf{u}_a^T \mathbf{e}_b - \mathbf{u}_b^T \mathbf{e}_a = \text{error measure}$$

that is we get a difference in the mixed work which is due to errors.

Checksolvers computes the mixed works W_{ab} and W_{ba} and compares them. In order to avoid a new calculation of equivalent nodal forces, load cases including linear loads, or concentrated forces inside elements are not kept into account. So for each couple (if exist) of load cases “a” and “b” using nodal forces or moments only (not distributed loads), the Betti’s mixed works are computed and compared, allowing for a check of analysis reliability in terms of solving precision.

If a load case uses distributed loads over elements it is not used for the Betti’s check. If Betti’s check is possible (at least one couple of load cases “a” and “b” including nodal forces and moments only) it is always included among the standard checks done by checksolvers.

59.6. Average displacement

```
Load case 1 Average translations: Tx= 3.081685e-019 Ty= 0.000000e+000 Tz= -5.532106e-003
Ttotal= 5.557808e-003
Load case 2 Average translations: Tx= 6.163370e-019 Ty= 0.000000e+000 Tz= -1.106421e-002
Ttotal= 1.111562e-002
Load case 3 Average translations: Tx= -2.509890e-018 Ty= 0.000000e+000 Tz= 4.924903e-003
Ttotal= 5.398908e-003
```

Average nodal displacements are computed (counting only free nodes) as a measure of the structure response to loads. This is done for each load case and computing translations x, y, z, and the translation resultants.

Dall'help di Sargon:

Sargon dispone di un sofisticato strumento per il controllo della bontà di ciascuna esecuzione e per il controllo della bontà delle successive versioni del programma. Tale strumento è denominato “checksolvers” ed è un eseguibile rilasciato insieme con il programma.

Checksolvers è un programma indipendente dai solutori poiché utilizza unicamente i dati di output da essi prodotti (spostamenti, azioni interne, reazioni e residui) oltre che, naturalmente, le informazioni sulla geometria e sulle connessioni.

Checksolvers ha un suo manuale d'uso esterno al manuale di Sargon, si tratta del documento (in inglese) “checksolvers.doc” contenuto nella cartella di installazione del programma.

I controlli eseguiti da checksolvers sono controlli di due tipi.

Vi sono i controlli eseguibili senza alcuna specifica informazione da parte dell'utente, ovvero controlli sulla bontà della soluzione, sulla sua coerenza e precisione (controlli standard).

Vi sono invece controlli che il programma esegue paragonando certi risultati ottenuti dai solutori (“computed values”) con i risultati attesi (“target values”). I risultati attesi possono essere risultati “teorici” (e in tal caso deriveranno da formulazioni descritte in letteratura) oppure risultati di confronto con altri solutori (“cross checks”) o, ancora, risultati reputati accettabili sulla base di altre considerazioni (“accepted values”). Questi controlli sono detti globalmente “controlli incrociati”.

Controlli standard

A partire dalla versione 8.10 del programma, al termine di ogni soluzione statica si viene richiesti di decidere se si vuole ottenere un controllo automatico della bontà della esecuzione. Se si risponde “sì”, Sargon creerà in modo automatico un file di input per checksolvers relativo al modello correntemente in analisi, eppoi lancerà, sempre in modo automatico, lo stesso checksolvers.exe, in modo che questo produca poi un file di output che verrà aperto automaticamente usando blocco note.

In pratica se si sceglie di eseguire i controlli si verrà automaticamente portati a un file di

output ASCII che conterrà una serie di importanti dati relativi alla bontà della soluzione, e che potranno essere d'aiuto al fine di certificarne la qualità (almeno per le parti relative alla precisione della soluzione: non è infatti detto che il modello sia appropriato, e ciò per numerosi possibili motivi).

Supponendo che il modello si chiami “paperino.wsr”, viene creato il file di input per checksolvers “paperino.chk.txt”, eppoi il file di output di checksolvers “paperino.chk.txt.out”. Si tratta di file ASCII editabili con un qualsiasi editor di testo.

Per una dettagliata descrizione dei controlli standard eseguiti da checksolvers si rimanda al suo manuale d'uso. Qui diamo un esempio di tale tabulato che fa intendere il tipo ed il numero di controlli standard eseguiti. Il modello qui analizzato aveva due soli casi di carico.

```

*****
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*              CHECKSOLVERS   VERS. 2-0                          *
*                                                                 *
*                                                                 *
*              Author:  Paolo Rugarli - Structural Engineer      *
*                                                                 *
* Copyright 2005-2006 Castalia srl-All rights reserved - www.castaliaweb.com *
*****

-----
Legenda:

LC..... The load case number inside the model
TV..... Target value
THEORIC.....Theoric target value
CROSS.....Cross check target value (other solvers)
ACCEPTED.....Accepted target value (e.g. benchmarks, previous tests)
CV..... Computed value (what is found into binary output files)
VA..... A value "A" to be compared to a value "B"
VB..... A value "B" to be compared to a value "A"
DELTA..... By definition: (CV - TV) or (VB - VA)
Err(%)..... By definition 100 (CV - TV) / TV, percentage error.
              if TV = 0 --> conventionally Err(%) = 100 CV
ND..... The node number in the fem model
TR..... Truss element number
BE..... Beam element number
ME..... Membrane element number
PL..... Plate element number
SP..... Spring element number
SO..... Solid element number

```

```

*****
F:\ANALISI\810\mensola
*****

-----
GENERAL CHECKS OF CONSISTENCE AND GENERAL INDICATORS
-----

Units: length: mm   force: N   temperature: °C   time: s   work: joule
Load case 1 Sum of Reactions Rx TV= -0.000000e+000   CV = -3.451001e-006   DELTA = -3.451001e-006   Err(%) = -
0.0003
Load case 1 Sum of Reactions Ry TV= -0.000000e+000   CV = 9.362848e-006   DELTA = 9.362848e-006   Err(%) = -
0.0009
Load case 1 Sum of Reactions Rz TV= 2.000000e+007   CV = 2.000000e+007   DELTA = -6.141886e-005   Err(%) = -
0.0000
----- Reaction X Check passed -----
----- Reaction Y Check passed -----
----- Reaction Z Check passed -----
Load case 2 Sum of Reactions Rx TV= -2.000000e+007   CV = -2.000000e+007   DELTA = -2.458692e-006   Err(%) = -
0.0000
Load case 2 Sum of Reactions Ry TV= -0.000000e+000   CV = 3.124927e-007   DELTA = 3.124927e-007   Err(%) = -
0.0000
Load case 2 Sum of Reactions Rz TV= -0.000000e+000   CV = -1.399647e-007   DELTA = -1.399647e-007   Err(%) = -
0.0000
----- Reaction X Check passed -----
----- Reaction Y Check passed -----
----- Reaction Z Check passed -----
Load case 1 Work of residual forces and moments TV= 0.000000e+000   CV = 7.588558e-004   DELTA = 7.588558e-
004   Err(%) = 0.0759
Load case 2 Work of residual forces and moments TV= 0.000000e+000   CV = -6.211972e-008   DELTA = -6.211972e-
008   Err(%) = -0.0000
Total number of degrees of freedom: 2850
Load case      1 Total Residual Rx = -2.135974e-006   Maximum Residual Rx = 1.162291e-006 on node 862
                Total Residual Ry = -1.520588e-006   Maximum Residual Ry = 5.960464e-007 on node 738
                Total Residual Rz = -2.467728e-005   Maximum Residual Rz = 5.215406e-006 on node 945
                Total Residual Mx = 0.000000e+000   Maximum Residual Mx = 0.000000e+000 on node 0
                Total Residual My = 0.000000e+000   Maximum Residual My = 0.000000e+000 on node 0
                Total Residual Mz = 0.000000e+000   Maximum Residual Mz = 0.000000e+000 on node 0
Load case      2 Total Residual Rx = 3.376522e-008   Maximum Residual Rx = 9.620999e-008 on node 771
                Total Residual Ry = -3.109257e-008   Maximum Residual Ry = 1.909757e-008 on node 947
                Total Residual Rz = 5.412877e-008   Maximum Residual Rz = 8.949428e-009 on node 872
                Total Residual Mx = 0.000000e+000   Maximum Residual Mx = 0.000000e+000 on node 0
                Total Residual My = 0.000000e+000   Maximum Residual My = 0.000000e+000 on node 0
                Total Residual Mz = 0.000000e+000   Maximum Residual Mz = 0.000000e+000 on node 0
Load case 1 Point of application of residual + reaction resultant (Or): X= 9.500000e+003   Y= 5.000000e+002
Z= 1.405154e-009
Load case 1 Point of application of applied loads (Op): X= 9.500000e+003   Y= 5.000000e+002
Z= 0.000000e+000
Load case 1 P x (Op-Or): Mx= -2.424940e-003   My= 1.747321e-001   Mz= 0.000000e+000   M = 1.747489e-001
|M|/|P|= 8.737447e-009
Load case 2 Point of application of residual + reaction resultant (Or): X= 8.140836e-013   Y= 5.000000e+002
Z= 1.000000e+003
Load case 2 Point of application of applied loads (Op): X= -0.000000e+000   Y= 5.000000e+002
Z= 1.000000e+003
Load case 2 P x (Op-Or): Mx= 0.000000e+000   My= -2.501110e-004   Mz= -2.015668e-003   M = 2.031126e-003
|M|/|P|= 1.015563e-010
Load cases a #1, b #2.Betti's rule (Lab=Lba) VA= -1.337239e-007   VB = -1.238659e-007   DELTA = 9.858013e-009
Err(%) = -7.3719
Load case 1 Average translations: Tx= 4.194072e-015   Ty= -2.462228e-011   Tz= -1.662977e+001   Ttotal=
1.700409e+001
Load case 2 Average translations: Tx= 2.342640e-001   Ty= -7.355153e-013   Tz= 1.126599e-014   Ttotal=

```

Nella versione 8.10 i controlli riguardano:

- Le risultanti delle reazioni vincolari paragonate alle risultanti dei carichi applicati
- Il lavoro dei residui
- Il residuo totale e le massime componenti dello stesso residuo
- Il punto di applicazione del vettore delle forze reattive + residui, paragonato al punto di applicazione del risultante dei carichi applicati (controllo distribuzione delle reazioni vincolari)
- Il momento esercitato dal vettore dei residui+ reazioni vincolari rispetto al punto di applicazione del risultante dei carichi applicati
- Il controllo di eguaglianza dei lavori misti secondo il teorema di Betti (quando possibile con sole forze nodali)
- Il valore degli spostamenti medi

Si consiglia di eseguire sempre un controllo sui risultati forniti da checksolvers al fine di verificare la bontà della soluzione ottenuta.

Controlli incrociati

Dato un certo insieme di modelli test, è opportuno eseguire test di controllo sui risultati delle elaborazioni su ogni successiva versione del programma, al fine di verificare che nulla di scorretto infici i risultati delle analisi. Normalmente tale genere di controlli viene eseguito dalle software house che producono i programmi, ma si è ritenuto che fosse utile e trasparente consentire a ciascun utente non solo di eseguire gli stessi controlli eseguiti dalla Casa Produttrice, bensì anche altri controlli, eventualmente messi a punto da ciascun utente e rieseguiti ad ogni versione.

Con checksolvers versione 2.0 questo è possibile in modo molto semplice, poiché è possibile automatizzare completamente la esecuzione del solving (il nuovo solving ottenuto con la nuova versione da controllare) e la esecuzione dei test eseguiti da checksolvers.

Al fine di illustrare la procedura si parte dalla descrizione della sottocartella \checksolvers alla cartella di installazione del programma.

Tale cartella contiene alcuni file, che sono (rilascio versione 8.10):

Directory di C:\WSARGON\CHECKSOLVERS

```
18/04/2006  19.56    <DIR>      .
18/04/2006  19.56    <DIR>      ..
24/03/2006  14.17    <DIR>      CHECKSPARSE_STATICS
18/03/2005  13.06                35 go.bat
06/04/2006  17.58                33 gomodal.bat
03/04/2006  12.37                11.174 modal.txt
03/04/2006  12.56                25.609 modal.txt.out
03/04/2006  14.06    <DIR>      MODALE
06/04/2006  17.57                344 readme.txt
03/04/2006  12.42                7.280 runmodal.bat
05/04/2006  19.48                16.909 runstatics.bat
07/04/2006  17.57    <DIR>      STATICS
05/04/2006  19.57                47.379 statics.txt
07/04/2006  18.46                451.965 statics.txt.out
23/03/2006  19.00    <DIR>      VER700
```

- La cartella “statics” contiene file di prova per l’analisi statica.
- La cartella “modale” contiene file di prova per la analisi modale
- La cartella “VER700” contiene i risultati di checksolvers ottenuti con la versione 7.00.
- La cartella “checksparse_statics” contiene modelli fatti girare con il solutore statico sparse matrix e controllano in modo incrociato i risultati ottenuti con il solutore skyline.
- Sono poi contenuti alcuni file:
 - Readme.txt è un piccolo promemoria che spiega cosa fare
 - Runstatics.bat è un file batch che lancia la soluzione con CLEVER di tutti i modelli per le analisi statiche. Naturalmente le analisi vengono eseguite con la versione corrente di sargon.
 - Runmodal.bat è un file batch che lancia la soluzione con LEDA di tutti i modelli per le analisi modali.
 - Statics.txt è il file di input per checksolvers (analisi statiche). Esso dice come eseguire i controlli e cosa controllare.
 - Modal.txt è il file di input per checksolvers (analisi modali). Esso dice come eseguire i controlli e cosa controllare.
 - Statics.txt.out è il file di output di checksolvers rispetto all’input “statics.txt”. Dice cosa checksolvers ha trovato.
 - Modal.txt.out è il file di output di checksolvers rispetto all’input “modal.txt”. Dice

cosa checksolvers ha trovato.

- Go.bat è un file batch che lancia checksolvers dicendogli di aprire il file “statics.txt”
- Gomodal.bat è un file batch che lancia checksolvers dicendogli di aprire il file “modal.txt”.

Da un punto di vista pratico occorre dapprima eseguire tutti i solving statici e dinamici con la versione in uso, su tutti i file di interesse. Ciò si fa eseguendo dapprima “runstatics.bat” (facendoci doppio click sopra) e poi “runmodal.bat” (sempre facendoci doppio click sopra: bisogna possedere una licenza d’uso di LEDA, ovviamente).

Poi si eseguono i batch file che chiamano checksolvers dicendogli di aprire e leggere i file di input ad esso riservati: checksolvers si aspetta di trovare i file di output e quindi occorre eseguire questo passo dopo il precedente.

Infine si aprono i file “.out” andando a controllare che i risultati siano identici a quelli delle versioni precedenti o comunque attendibili.

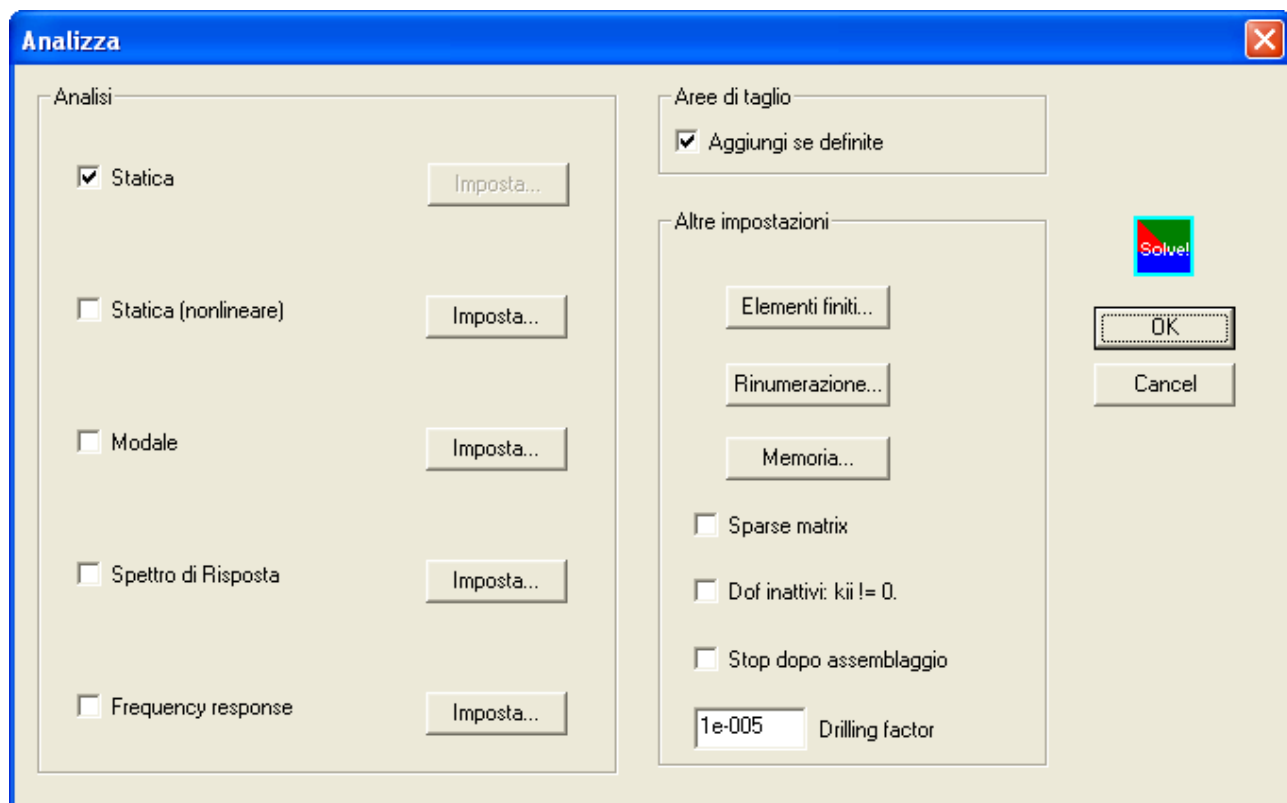
Ricapitolando:

- doppio click su “runstatics.bat”
- doppio click su “runmodal.bat”
- attendere la fine di tutti i solving (alcuni sono onerosi !!)
- doppio click su “go.bat”
- doppio click su “gomodal.bat”
- Aprire e controllare “statics.txt.out”
- Aprire e controllare “modal.txt.out”

La procedura indicata esegue test correntemente in uso da parte del produttore. Nulla vieta all’utente di aggiungere suoi propri casi test in modo da avere un ulteriore controllo, indipendente da quello del produttore.

Il tabulato di output di checksolvers per i casi test consegnati dal produttore rappresenta una importante fonte di descrizione della bontà delle elaborazioni del programma.

60. Solutore sparse Cholesky



A partire dalla versione 8.10 di Sargon è disponibile un nuovo tipo di solutore accanto al solutore skyline che è il primo messo a punto intorno alla metà degli anni '90. Si tratta di un solutore che usa sempre il metodo di Cholesky, ma sfruttando la sparsità della matrice di rigidezza.

Il solutore in questione consente in molti casi di ottenere soluzioni nettamente più rapide di quelle ottenibili con il solutore skyline, e con minore occupazione di memoria, esso comunque non implementa alcuna divisione in blocchi della matrice con accesso al disco rigido, e dunque vi sono casi in cui, a causa della particolare struttura delle matrici, le richieste in termini di spazio di memoria per conservare la matrice triangolarizzata \mathbf{L} (dove $\mathbf{K}=\mathbf{L}\mathbf{L}^T$) superano le risorse disponibili. In questo caso il solutore si arresta con un messaggio di errore.

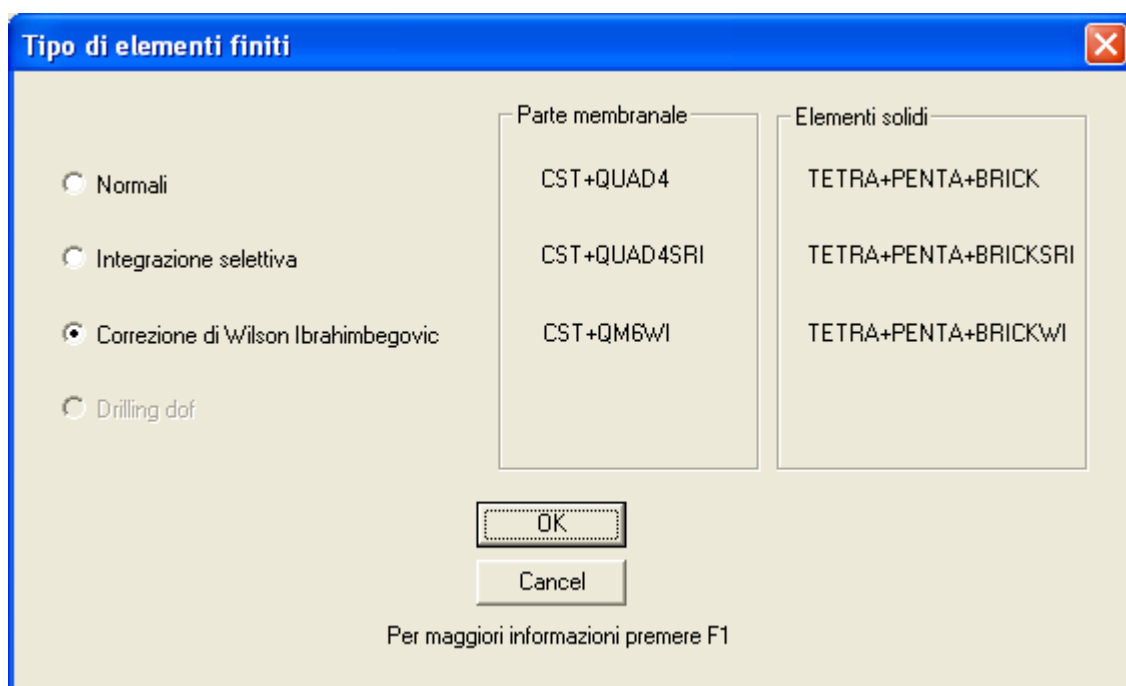
Benchè in un solutore sparse matrix alla Cholesky l'esigenza di rinumerare per diminuire la banda non ci sia, perché la matrice di rigidezza viene immagazzinata con i suoi soli termini non nulli, che non dipendono dalla banda, pure in effetti si ha che lo schema di sparsità della matrice triangolarizzata \mathbf{L} non è identico a quello della matrice \mathbf{K} , e quindi ci sono casi in cui il numero dei termini non nulli di \mathbf{L} è nettamente maggiore del numero dei termini non nulli di \mathbf{K} . In questi casi è possibile che benchè la fase di assemblaggio sia stata superata, non così risulti la fase di triangolarizzazione, durante la quale è necessario oltre allo spazio di \mathbf{K} anche lo spazio per \mathbf{L} .

Allo stato attuale il solutore sparse matrix non risulta ancora ottimizzato per quanto attiene alla rapidità nell'assemblaggio. Sono inoltre allo studio soluzioni che implementino il metodo del

Gradiente Biconiugato Precondizionato e/o che migliorino le prestazioni del solutore per quanto attiene alla dimensione dello spazio richiesto per **L**.

Nondimeno questa prima versione del solutore rappresenta un importante passo avanti nel caso di strutture con molte migliaia di gradi di libertà. Si sono correttamente risolte strutture con 800 mila gradi di libertà in tempi assolutamente minimi.

61. Nuove formulazioni elementi brick



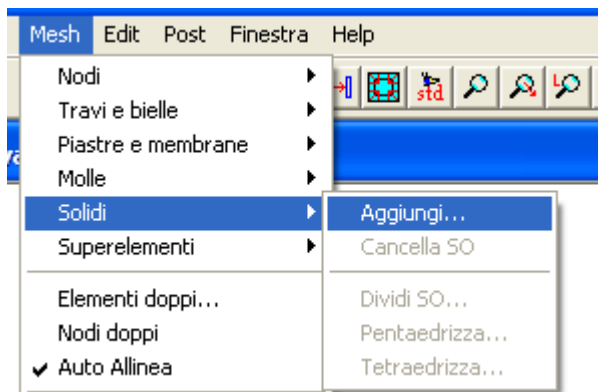
In accordo a quanto già previsto per la parte membranale degli elementi a 4 nodi, gli elementi brick possono ora essere formulati usando la integrazione selettiva ridotta (SRI) o la correzione di Wilson Ibrahimbegovic (elementi non compatibili). In entrambi i casi il fondamentale risultato è quello di ridurre il fenomeno del locking senza introdurre modi deformativi spuri.

Per ulteriori informazioni si rimanda al seguente articolo:

E.L.Wilson, A. Ibrahimbegovic, “Use of incompatible displacement modes for the calculation of element stiffnesses and stresses”, *Finite Elements in Analysis and Design*, 7, 1990, 229-241

Con questa aggiunta gli elementi solidi sono sostanzialmente allineati alle formulazioni già adottate nel programma da anni per la parte membranale.

62. Nuovi comandi



Sono stati aggiunti i comandi “Pentaedrizza” e “Tetraedrizza”, che trasformano mesh di elementi brick in mesh di elementi pantaedrici o tetraedrici. Il comando è utile in specie in fase di controllo di sensitività dei risultati.

63. Miglioramento di comandi esistenti

E' stato fatto un importante lavoro di miglioramento dell'algoritmo che genera le combinazioni in modo automatico, diminuendo drasticamente i tempi di esecuzione. Ora la “stima” di quante combinazioni verrebbero dà un numero esatto.

Si ricorda che il massimo numero di combinazioni presentemente gestite dal programma è pari a $2^{16}=65536$.

La rapidità di resituzione grafica degli elementi solidi è stata considerevolmente migliorata, marcando le facce sovrapposte ed evitando quindi di restituirle.

I comandi di interrogazione delle azioni interne e degli involuipi delle azioni interne sono stati modificati in modo da essere effettivamente eseguibili anche in presenza di migliaia di combinazioni. Per contro, anziché calcolare la ascissa adimensionale in modo libero, il programma calcola le ascisse tra 0 ed 1 con passo 0.002, e restituisce le corrispondenti azioni interne.

Questa modifica consente di gestire anche modelli con migliaia di combinazioni. Il passo di scansione degli elementi è però pari a 0.002 volte la lunghezza degli elementi stessi (ovvero 501 sezioni di lettura lungo lo sviluppo dell'asta).

Il numero di 501 sezioni rappresenta un compromesso tra la precisione ed il tempo di calcolo. Ora il comando calcola preventivamente al movimento del mouse le azioni interne in tutte le sezioni rilevanti, durante tale periodo di calcolo il cursore è a clessidra.

64. Correzione di MALFUNZIONAMENTI

Il funzionamento degli elementi tetraedrici nella versione 8.0 presentava diversi problemi che sono stati fissati (soluzione non corretta). La modifica agli elementi tetraedrici riguarda tutti i solutori (CLEVER, LEDA, SOCLEVER).

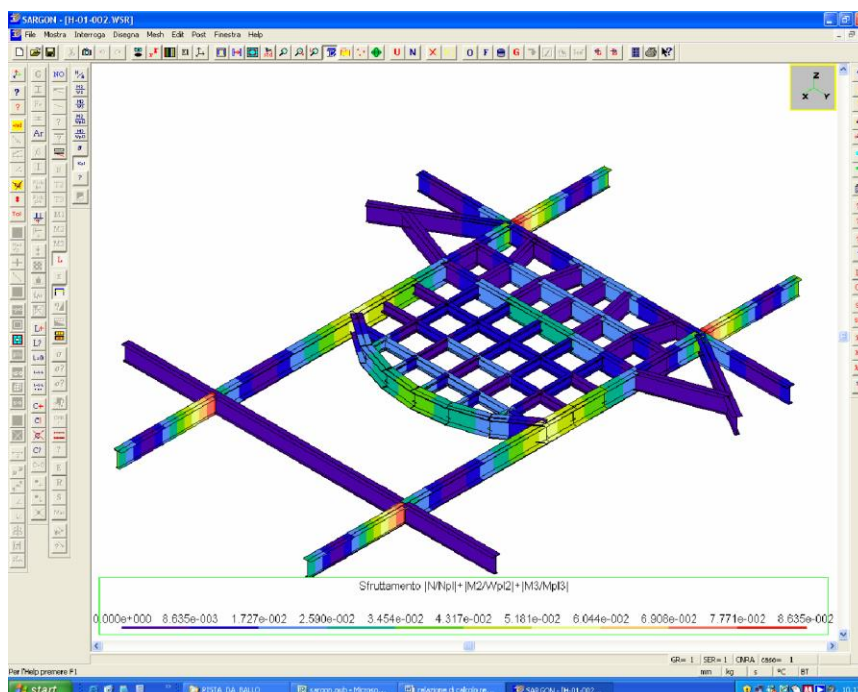
La versione 8.0 presentava problemi nella esecuzione delle macro istruzioni, problemi dovuti ad un nuovo protocollo di chiamata delle librerie Microsoft. Il problema è stato fissato.

Il formato delle coordinate dei nodi di LEDA era rimasto “float” anziché “double”. La modifica è stata eseguita ed ora anche LEDA legge le coordinate in doppia precisione.

Il comando di interrogazione a schermo delle azioni interne prestnava dati scorretti in presenza di carichi linearmente variabili, non così i tabulati e i diagrammi a schermo. Il problema è stato introdotto dalla versione 7.21 (i.e. versioni 7.30 e 8.00).



Lista modifiche: dalla 8.10 alla 8.20



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 20-4-2006

65. Introduzione

La versione 8.20 introduce alcune importanti novità sia nella interfaccia che nei verificatori disponibili.

A partire da questa versione è disponibile il nuovo verificatore (acquistabile a parte) relativo alle strutture in legno in accordo ad Eurocodice 5.

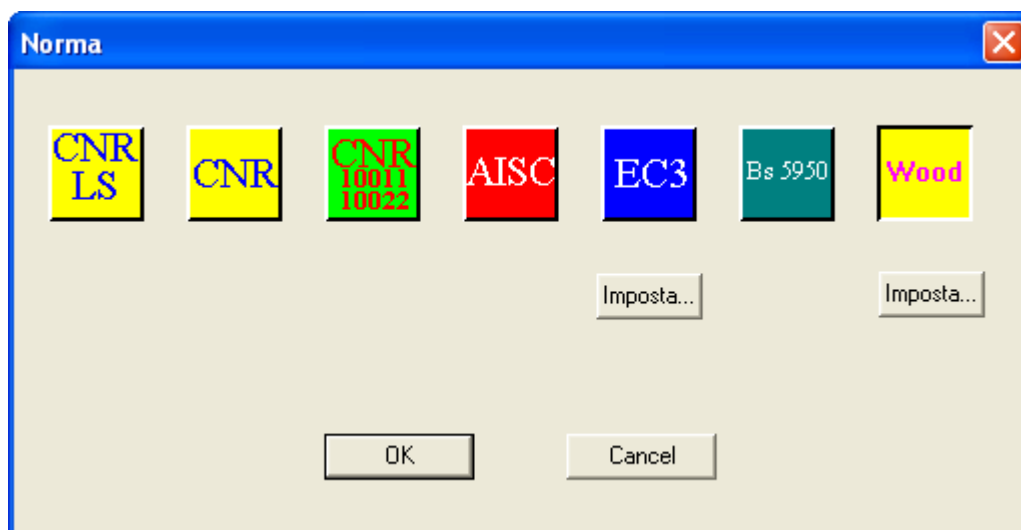
A partire da questa versione è inoltre disponibile una nuova serie di comandi relativi alla visualizzazione in ambito solido di informazioni relative al post processing.

A partire da questa versione è disponibile il nuovo controllo a rotella sul mouse, consentendo di fare uno zoom in modo più rapido.

A partire da questa versione è disponibile – a richiesta – un documento di validazione su EC3 con circa 50 schede di verifica.

Passiamo in rassegna le varie novità.

1. Verificatori legno.



Impostazione norme verifiche legno

Classe di servizio in accordo a Eurocodice 5

- ☒ Classe di servizio 1
- ☐ Classe di servizio 2
- ☐ Classe di servizio 3

Norma da adottare

- ☒ Eurocodice 5
- ☐ Documento N.I.CO.LE.
- ☐ DM 14/9/2005 NTC

Legenda

Classe 1: umidità > 65% solo poche settimane l'anno

Classe 2: umidità > 85% solo poche settimane l'anno

Classe 3: umidità peggiore che in classe 2

Valori di Gamma M

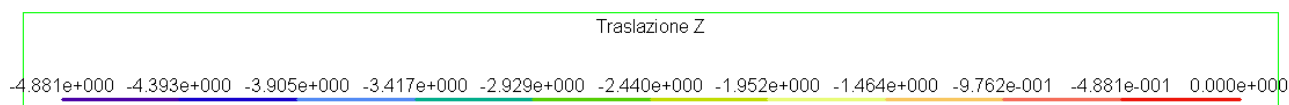
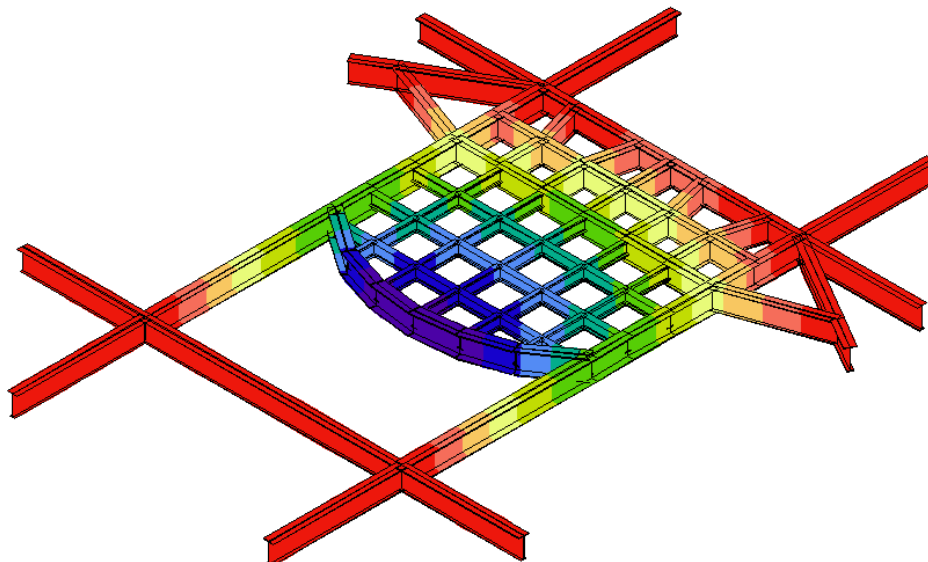
<input type="text" value="1.3"/>	Legno massiccio
<input type="text" value="1.25"/>	Legno lamellare
<input type="text" value="1.2"/>	LVL e altri

OK Cancel

Il programma ha ora a disposizione un nuovo verificatore che serve sia l'Eurocodice 5, sia le norme italiane NTC, sia le norme italiane N.I.CO.LE.. Questo unico verificatore serve tutte e tre le normative.

Il lavoro di sviluppo ha anche consentito la pubblicazione di un nuovo volume, curato da Castalia srl per EPC LIBRI, volume che contiene esempi applicativi e di validazione. Il verificatore serve sia per il legno lamellare che per quello massiccio, e consente di fare calcoli di verifica agli stati limite. Si rimanda alla documentazione per quanto riguarda gli eventuali approfondimenti ed al sito per quanto riguarda i prezzi di acquisto e di canone annuo.

2. Comandi resa solida



Dalla versione 8.20 il programma consente di vedere in vista solida numerose quantità relative al post processing che prima si potevano vedere solo in vista unifilare. Questa funzionalità non è tanto tesa a migliorare la quantità di informazione fornita (con alcune eccezioni) quanto a migliorare e rendere maggiormente gradevole per occhi inesperti i risultati che già il programma fornisce, e ciò in specie al fine delle relazioni di calcolo.

E' ora possibile vedere in vista solida:

N/A (tensione dovuta alla azione assiale)

*M2/W2 (tensione dovuta al momento M2)

*M3/W3 (tensione dovuta al momento M3)

M2/Wpl2 (sforzo relativo al modulo di resistenza plastico)

M3/Wpl3 (come sopra)

* σ (tensione normale complessiva)

Kpl (coefficiente di sfruttamento per dominio plastico lineare)

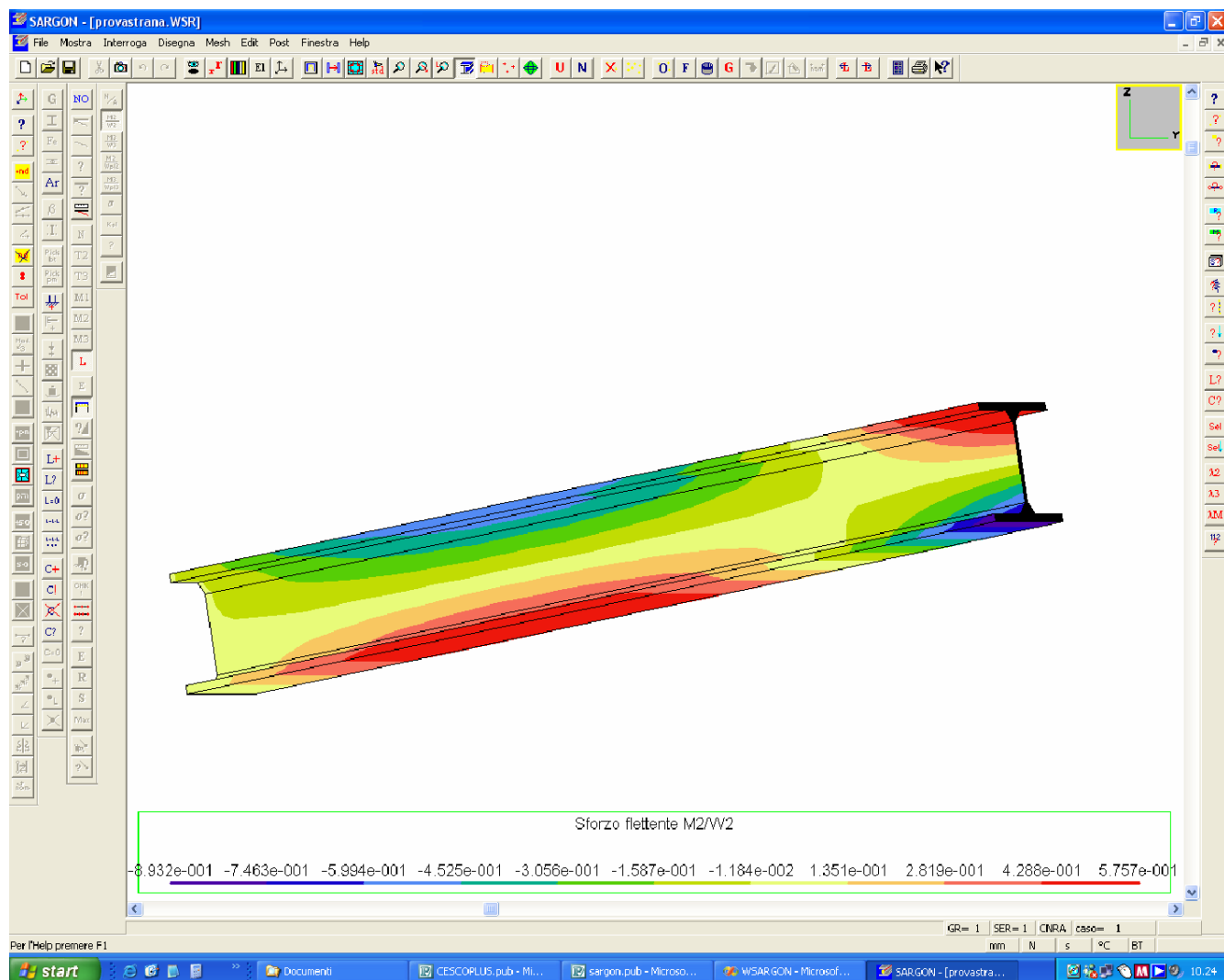
E (involuppo coefficienti di sfruttamento)

R (coefficienti di sfruttamento a resistenza)

S (coefficienti di sfruttamento a stabilità)

Mappa spostamenti (dx, dy, dz)

Le quantità contrassegnate da un “*” sono quantità puntuali e la resa solida della informazione è effettivamente relativa alla mappa dei valori puntuali: si tratta quindi di una effettiva miglioria rispetto al caso unifilare. In questi casi è possibile ottenere rappresentazioni molto significative dell’andamento dello sforzo anche con un solo elemento finito (cfr. fig. successiva).



Resa dello sforzo M/W2 nei vari punti su un solo elemento finito.

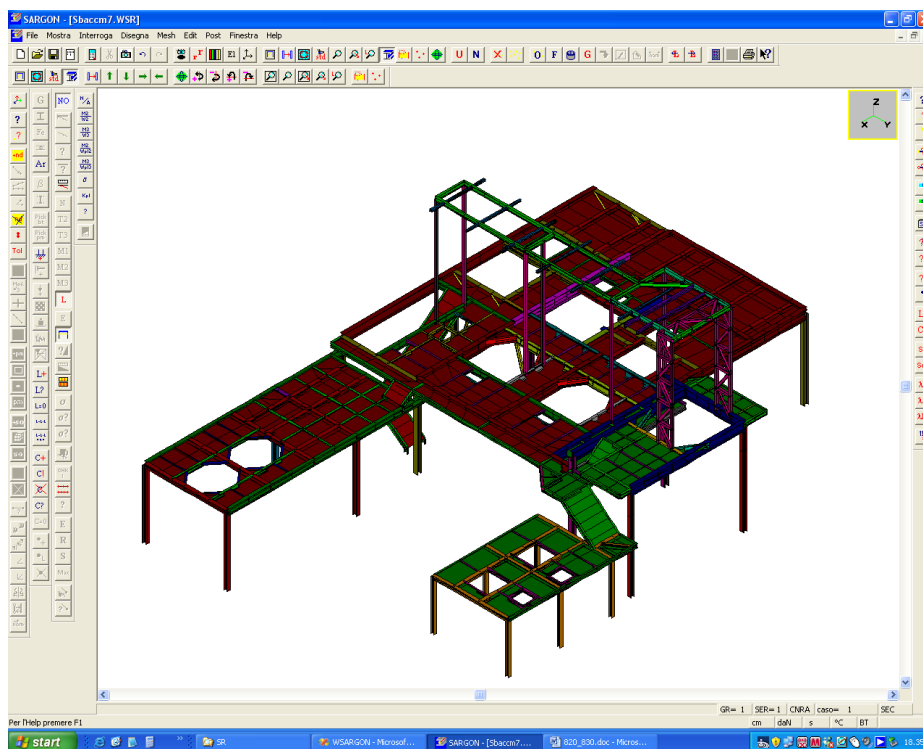
Per quanto riguarda la resa degli spostamenti, questa è fatta a livello di sezione campionando lo spostamento all’interno dell’elemento finito con la stessa precisione usata per le deformazioni.

Queste nuove funzionalità consentono di avere informazioni migliori ed immagini indubbiamente più accattivanti.

3. Dalla versione 8.20 è abilitata la rotellina del mouse con funzione di zoom in o zoom out a seconda del verso in cui la rotellina è mossa. Il centro dello zoom avviene rispetto al punto ove si trova il cursore del mouse nel momento in cui viene mossa la rotellina. Tale funzionalità (che prelude ad altre migliorie nella resa delle immagini) snellisce il lavoro evitando di usare un comando statico e rendendo lo stesso comando (lo zoom) di fatto dinamico.
4. Castalia srl ha fatto svolgere un lavoro di tesi di laurea a validazione del proprio verificatore secondo EC3. La tesi di laurea ha prodotto un lavoro di validazione (con esiti pienamente soddisfacenti) sul verificatore di Sargon. Per chi fosse interessato il lavoro di validazione è disponibile come documento a se stante, al costo di 150€ + IVA. Sono incluse circa 50 schede di validazione, per resistenza e stabilità, secondo varie condizioni di carico elementari e accoppiate.



Lista modifiche: dalla 8.20 alla 8.30



si ringrazia FBM Hudson Italia per l'immagine del modello



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 10-5-2007

66. Introduzione

La versione 8.30 presenta numerose migliorie e modifiche che la distinguono dalla precedente versione 8.20.

Le principali modifiche sono:

1. Creazione interfacciamento con FEMAP®
2. Aggiunti nuovi comandi di disegno
3. Aggiunta barra bottoni Disegna
4. Aggiunti comandi relativi all'apertura del tabulato ed al lancio della calcolatrice. Aggiunti anche i bottoni corrispondenti.
5. Nuova modalità di mappatura degli spostamenti nodali
6. Possibilità di modificare le azioni applicate, e di annullare singole azioni
7. Possibilità di cancellare molte combinazioni in automatico con criteri di progetto.
8. Migliorate le funzionalità di controllo degli elementi bidimensionali
9. Aggiunta resa solida piastre membrane e solidi.
10. Aggiunto il calcolo del moltiplicatore critico in SOCLEVER.
11. Aggiunte modalità di controllo elementi doppi.
12. Aggiunto nuovo modo di dare i carichi di superficie
13. Aggiornato HELP e GUIDA anche per verifiche legno
14. Modificato tabulato per lista reazioni vincolari e molle.
15. I dialoghi di profili ad I laminato includono la classificazione secondo Eurocodice 3.
16. Eliminato bug reazioni vincolari dopo salva in

67. Interfacciamento con FEMAP

A partire dalla versione 8.30 Sargon consente di creare in modo automatico un file con estensione NEU, che può essere letto da FEMAP. Il file NEU è un file in formato FEMAP NEUTRAL, e nella versione 8.30 esso contiene i soli dati di input, non i risultati della analisi. L'interfacciamento con FEMAP è molto importante e interessante poiché consente di esportare modelli fatti con Sargon verso altri solutori, e fare poi eventuali confronti.

FEMAP è infatti in grado, una volta letto il modello, di convertirlo nel formato utile a molti possibili solutori, tra i quali NASTRAN (MSC, NX, NE), ANSYS, ABAQUS, MARC, eccetera.

Sono stati eseguiti test comparativi tra i risultati forniti da Sargon e i risultati forniti da NASTRAN (NX e NE),

fornendo la prova dell'ottima precisione del solutore statico di SARGON. Tali risultati sono disponibili a richiesta. Inoltre Castalia srl, che è dotata sia di NX NASTRAN che di NE NASTRAN, fornisce un servizio di validazione ai propri Clienti, ovvero la possibilità di far girare modelli SARGON già pronti anche con NASTRAN (NX o NE) e di confrontare i risultati. Tale servizio di "validazione" può essere opportuno per modelli particolarmente importanti o Clienti particolarmente esigenti.

Le tariffe applicate da Castalia srl per il servizio di validazione saranno concordate con il Cliente sulla base dei servizi richiesti e della dimensione del modello.

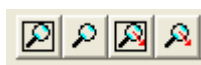
68. Nuovi comandi di disegno

A partire dalla versione 8.30 sono stati aggiunti nuovi comandi di disegno, atti a facilitare la scelta di viste particolarmente significative.

Questi comandi appartengono a tre gruppi: PAN, ZOOM e rotazione.



Al primo gruppo appartengono i 4 nuovi comandi di PAN a scatto in direzione orizzontale e verticale, positiva e negativa. Tali comandi consentono di aggiustare la posizione del disegno con facilità.



Al secondo gruppo appartengono i nuovi comandi ZOOM IN a scatto e ZOOM OUT a scatto. Tali comandi evitano di dover eseguire uno zoom esplicito per ingrandire o rimpicciolire un po'. I comandi di zoom normale hanno ora un rettangolo nel loro bottone, mentre i comandi a scatto non hanno il rettangolo.



Al terzo gruppo appartengono i comandi di rotazione positiva e negativa del vettore di vista, sia in un piano orizzontale sia in un piano verticale. Questi comandi consentono di modificare la direzione di vista o muovendo il punto di vista lungo un parallelo (ruota destra e sinistra) o lungo un meridiano (ruota su o giù).

69. Barra bottoni Disegna



La presenza di nuovi comandi di disegno, e di quelli che in futuro saranno aggiunti, ha suggerito la introduzione di una nuova barra dedicata a questi comandi. La barra principale conserva anch'essa parte di questi comandi, che sono così presenti in ridondanza di bottoni.

70. Nuovi comandi e modifica barre

Sono stati aggiunti alcuni nuovi comandi, oltre a quelli già descritti relativi al disegno. Tali comandi sono presenti nel menu FILE e nel menu EDIT. Ciò ha suggerito di modificare la barra principale e la barra edit aggiungendo alcuni bottoni.

La barra principale include i nuovi bottoni relativi:



alla creazione del listato con apertura automatica dello stesso



all'avvio della calcolatrice di Windows

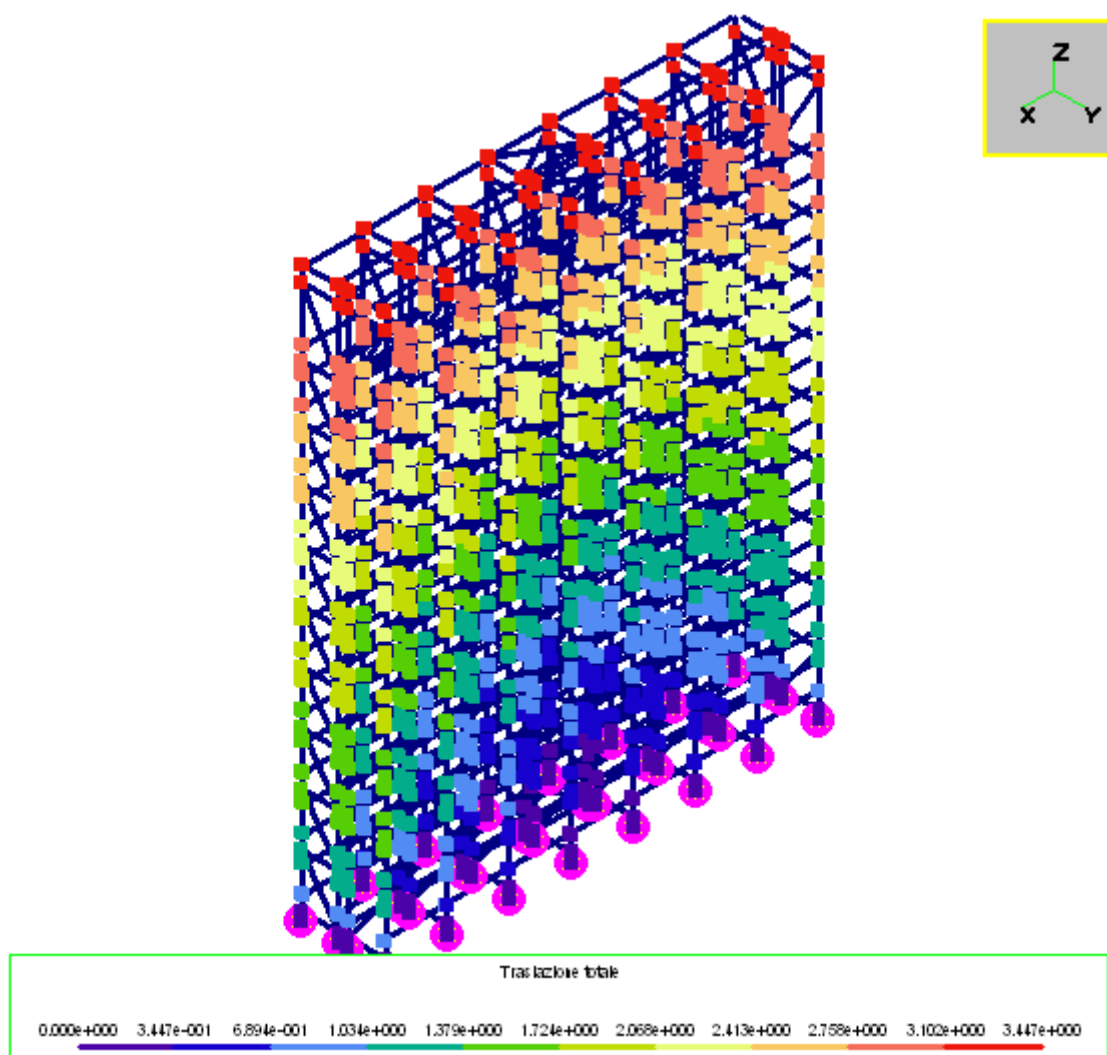


alla esecuzione della analisi (File-Analizza). Se sono attivi comandi questi verranno a richiesta interrotti automaticamente.



La barra edit include il nuovo comando relativo alla modifica delle azioni.

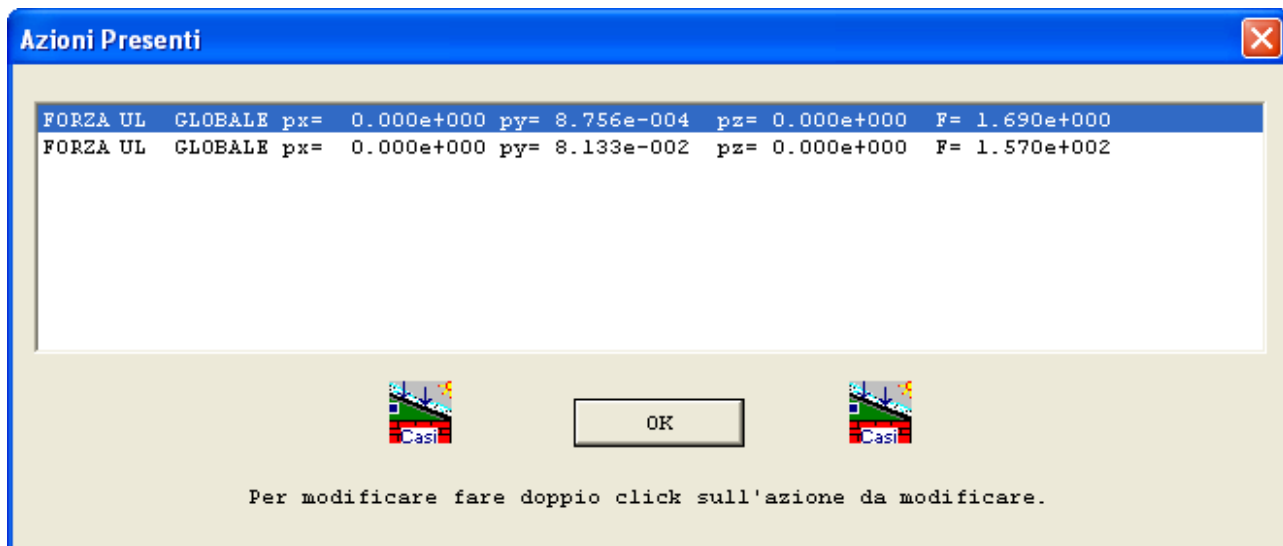
71. Nuova modalità di mappatura spostamenti nodali



Questa nuova funzionalità di POST PROCESSING si attiva chiedendo la mappa degli spostamenti (Post-Deformata-Mappa) e chiedendo che i nodi siano rappresentati (Mostra-Oggetti-Nodi). Questa modalità è particolarmente utile su strutture prive di elementi bidimensionali, per le quali la mappatura degli spostamenti era di fatto impossibile.

72. Possibilità di modificare le azioni applicate e di annullare singole azioni

A partire dalla versione 8.30 è possibile annullare e modificare singole azioni, con il nuovo comando Edit-Azioni-Modifica.



Questo comando fa modificare, anche eventualmente cancellandole, azioni singole presenti su nodi o elementi nel caso di carico attivo. Perché il comando sia attivo ci si deve trovare in un caso di carico e non in una combinazione.

Il comando comincia con una fase non modale nella quale si deve cliccare sull'oggetto che ha l'azione che si desidera modificare (nodo o elemento). In questa fase ed in quella immediatamente successiva il comando è identico a quello di interrogazione.

Scelto il nodo o l'elemento compare un opportuno dialogo che lista le azioni presenti su quel nodo o elemento in quel certo caso di carico. Tale dialogo è in tutto affine a quello presente nel comando Interroga Azioni. Se si vuole modificare una azione occorre fare doppio click sulla riga corrispondente con il mouse. Si aprirà il pertinente dialogo (uno diverso per ogni tipo di azione) che consentirà di ridefinire il valore dell'azione. Se la si vuole cancellare sarà sufficiente introdurre valori tutti nulli per le componenti delle azioni.

Le azioni sono listate e vanno modificate usando la corrente unità di misura.

73. Possibilità di cancellare molte combinazioni in base a criteri di progetto

La funzionalità dipende dal comando Edit-Combinazioni-Elimina Alcune.

Questo comando consente di eliminare alcune combinazioni di carico sulla base dei risultati ottenuti sugli elementi e sulle reazioni vincolari. In pratica il comando esamina la risposta

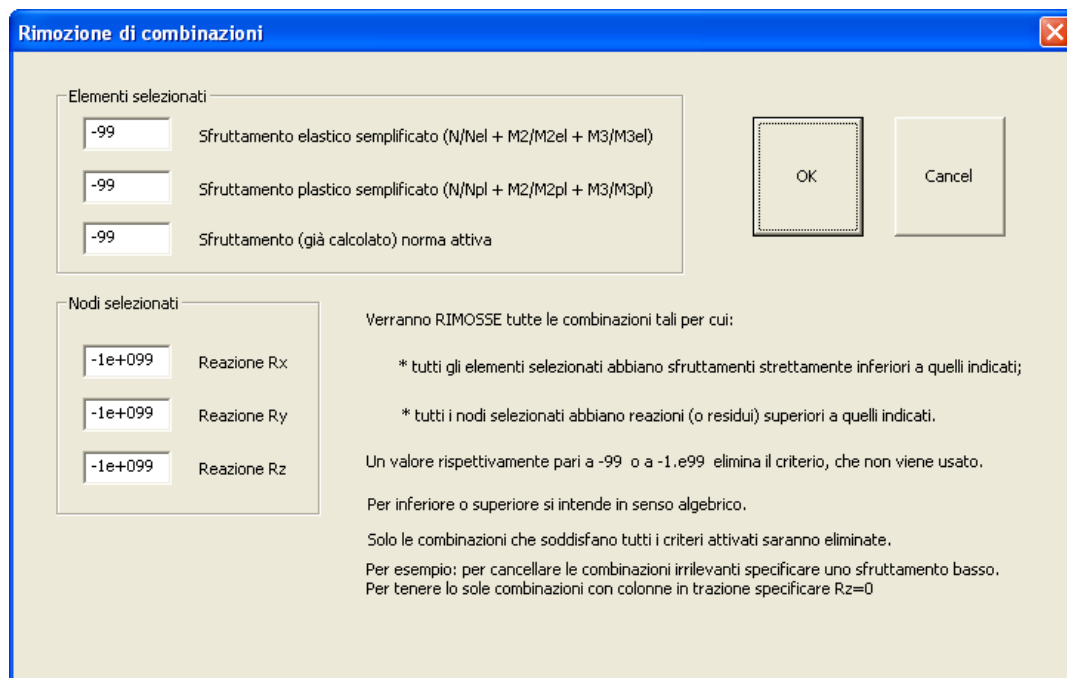
strutturale ed elimina le combinazioni reputate non significative in quanto tali da non generare sfruttamenti (o reazioni vincolari) superiori a certe soglie decise dall'utente. Il comando è modale, alla sua esecuzione compare un opportuno dialogo che consente di fare le scelte necessarie in merito ai numeri indice da assumere. Prima di eseguire la cancellazione l'utente, informato sul numero di combinazioni che verranno cancellate, deve dare conferma del desiderio di cancellare le combinazioni. Viene creato in automatico un file denominato "modello.combi.list.txt" nel quale per ogni combinazione si dà il valore rilevante di ciascun indicatore scelto.

Questo comando è molto utile se si hanno centinaia o migliaia di combinazioni, dopo averle generate automaticamente con il comando Genera..... Perché il comando possa funzionare (ed essere eseguito) è necessario che sia preventivamente stato eseguito il solving. Se si fa uso del "vero" coefficiente di sfruttamento occorre anche aver eseguito le verifiche.

Tipo: modale

Destinazione: documento

RIMOZIONE DI COMBINAZIONI



Questo dialogo serve a determinare i criteri in base ai quali verranno rimosse alcune delle combinazioni esistenti nel modello.

Possono essere determinati uno o più criteri basati su essenzialmente due indicatori: lo sfruttamento degli elementi o l'intensità delle reazioni vincolari.

Lo sfruttamento degli elementi può essere valutato in tre modi: mediante un calcolo elastico semplificato (sfruttamento semplificato per tensioni normali); mediante un calcolo plastico semplificato (come prima si tiene solo in conto la tensione normale); mediante i risultati delle verifiche eseguite in precedenza. Nei primi casi lo sfruttamento è valutato in modo semplificato, tenendo in conto in pratica le sole verifiche di resistenza basate su N , M_2 , M_3 . Nel terzo caso si usa l'effettivo sfruttamento (a resistenza e stabilità e per tutte le componenti di sollecitazione) così come stimato dal programma verificatore che ha eseguito le verifiche in precedenza, correntemente attivo.

In pratica vengono scartate solo le combinazioni tali per cui tutti gli elementi hanno uno sfruttamento inferiore alla soglia indicata. Se la soglia è $-1.e99$ ciò vuole dire che il criterio non viene tenuto in conto. Se ad esempio indichiamo 0.2 come sfruttamento elastico semplificato, allora verranno cancellate tutte le combinazioni tali per cui tutti gli elementi selezionati, nessuno escluso, abbiano sfruttamento elastico semplificato inferiore a 0.2. E' chiaro che combinazioni di questo tipo sono con alta probabilità irrilevanti ai fini delle verifiche.

Se si specificano due criteri, le combinazioni eliminate dovranno soddisfarli entrambi.

Per quanto riguarda le reazioni vincolari ciò che conta sono i nodi selezionati.

In questo caso verranno eliminate tutte le combinazioni tali per cui tutti i nodi selezionati abbiano la componente di reazione vincolare specificata superiore al valore indicato. Tale funzionalità è comoda per esaminare ad esempio se ci sono, combinazioni che comportino l'inversione di segno di una componente di reazione vincolare. Se si specifica per R_z il valore 0, allora solo le combinazioni in cui $R_z > 0$ saranno eliminate, lasciando le sole combinazioni ove la reazione vincolare punti verso il basso (colonne in trazione).

74. Migliorate le funzionalità di controllo degli elementi bidimensionali

Il comando Mesh-PM-Planarità e **altri controlli** è stato esteso notevolmente e consente di tenere sotto controllo con grande flessibilità la qualità degli elementi piastra e membrana presenti nel modello.

Questo comando controlla se nel modello vi sono elementi piastra o membrana non rispondenti a certi requisiti di regolarità. In caso affermativo questi elementi vengono selezionati,

mentre tutti gli altri vengono deselezionati. Il programma dà il numero totale di elementi non regolari.

Gli elementi non piani non consentono il solving con i solutori di Castalia. Altri solutori non eseguono il controllo, dando così luogo a risultati potenzialmente errati.

Se vengono riscontrati elementi non piani, questi possono essere subito eliminati con il comando Splitta, che consente di dividere gli elementi a quattro nodi selezionati in due elementi a tre nodi.

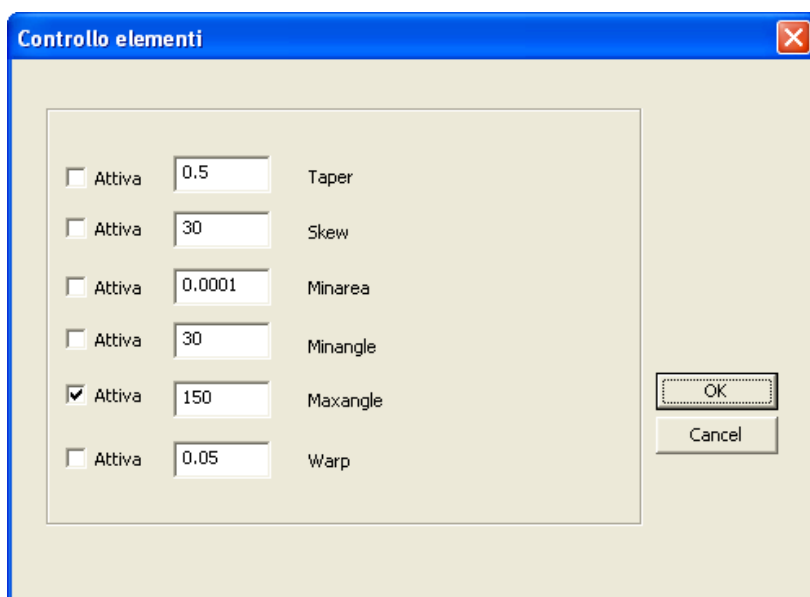
Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di specificare i valori di soglia da assumere per considerare gli elementi accettabili.

E' opportuno verificare che nel modello non ci siano elementi troppo distorti poiché questi possono dare risultati non buoni.

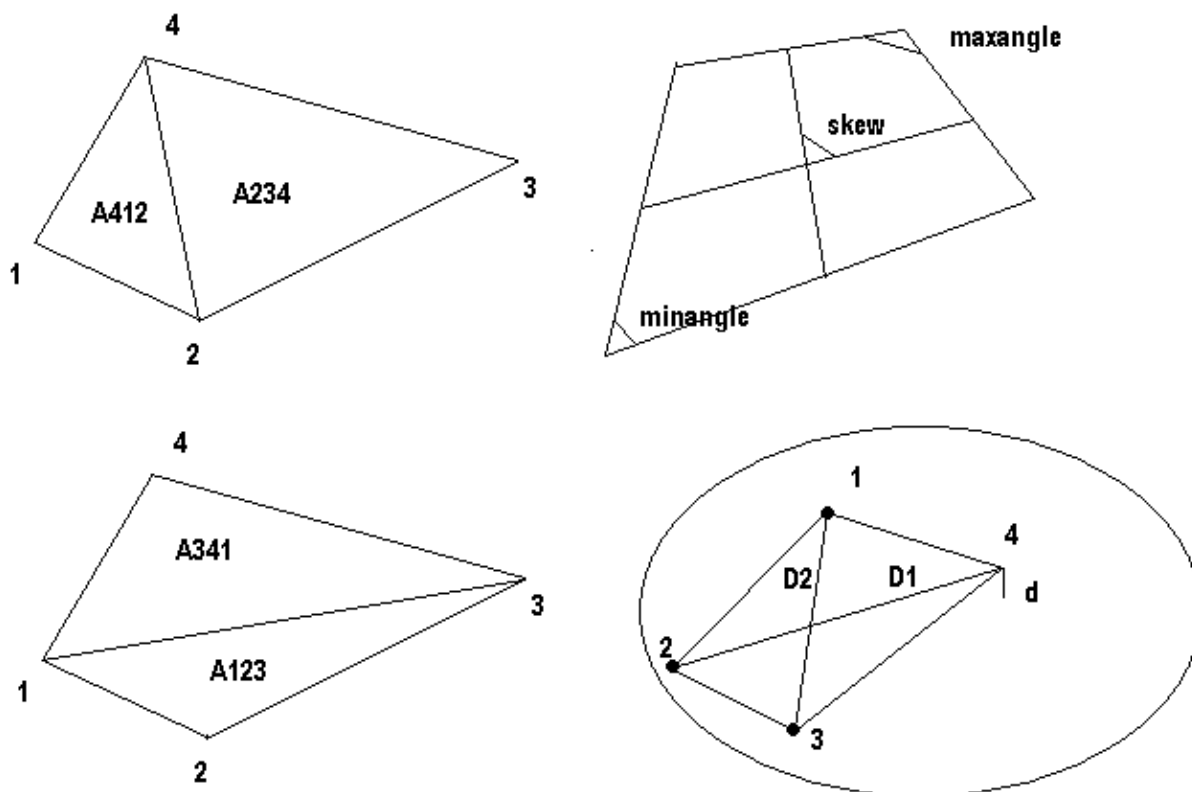
Tipo: immediato

Destinazione: documento

CONTROLLO ELEMENTI



Questo dialogo consente di attivare (o meno) una serie di controlli basati sulla geometria degli elementi piastra e membrana. Per attivare il controllo occorre apporre un segno di spunta nella casella corrispondente al controllo. I valori numerici suggeriti possono essere cambiati.



Il significato dei diversi termini è il seguente.

Taper

E' un numero puro. Ha senso solo per elementi a 4 nodi. Questo indicatore è preso in affinità a quanto fatto dal programma NASTRAN.

$$\text{Taper} = \max\{t_i\}, i=1, 2, 3, 4$$

$$t_i = (J_i - J_a) / J_a$$

$$J_a = 0.25 (J_1 + J_2 + J_3 + J_4)$$

$$J_1 = 0.5 * A_{123}$$

$$J_2 = 0.5 * A_{234}$$

$$J_3 = 0.5 * A_{341}$$

$$J_4 = 0.5 * A_{412}$$

A_{123} = area del triangolo avente i nodi 1, 2, 3 dell'elemento a 4 nodi.

Se il valore misurato sul generico elemento è maggiore del valore specificato l'elemento è considerato irregolare. Tipicamente i trapezi possono avere questo numero non adeguato: i rettangoli sono sempre tali per cui $\text{Taper} = 0$.

Skew

E' un angolo. Ha senso solo per elementi a 4 nodi. Misura l'angolo formato dalle due mediane (congiungenti i punti medi dei lati opposti). Tale angolo è sempre minore o eguale a 90°. Se l'angolo è inferiore al valore specificato l'elemento è considerato irregolare.

Minarea

E' la minima area al di sotto della quale un elemento viene considerato irregolare (tipicamente elementi di area tendente a zero). Il numero va introdotto nella unità di misura attiva.

Minangle

E' un angolo in gradi. Se il minimo angolo di un certo elemento è inferiore a questo valore, l'elemento sarà considerato irregolare e selezionato.

Maxangle

E' un angolo in gradi. Se il massimo angolo di un certo elemento è superiore a questo valore, l'elemento sarà considerato irregolare e selezionato.

Warp

E' un numero puro. Il controllo ha senso solo per elementi a 4 nodi. Detta "d" la distanza del quarto nodo dal piano definito dai primi 3, e dette D1 e D2 le misure delle due diagonali, Warp è definito nel seguente modo:

$$\text{Warp} = 2d/(D1+D2)$$

Warp misura la mancanza di planarità di un elemento.

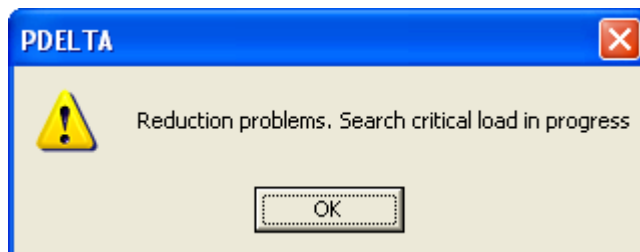
75. Aggiunta resa solida di piastre membrane e solidi

A partire da questa versione il comando Mostra-Solidi crea le facce relative non solo agli elementi monodimensionali, ma anche quelle relative agli elementi bidimensionali ed ai solidi stessi. Ciò consente di avere immagini 3D della struttura che possono essere usate sia per controllo sia per referenziare il lavoro svolto.

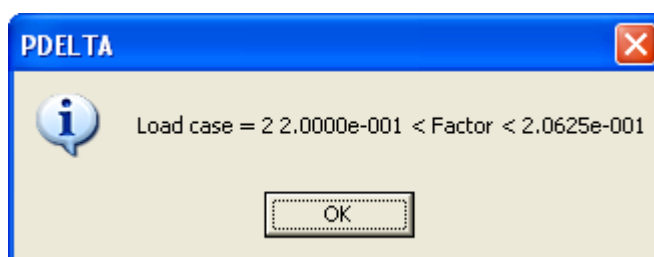
76. Aggiunto calcolo del moltiplicatore critico in SOCLEVER

A partire dalla versione 8.30 se in SOCLEVER non si riesce a convergere viene automaticamente eseguito un calcolo del valore del carico corrispondente alla instabilizzazione (singolarità della matrice o sua definizione negativa).

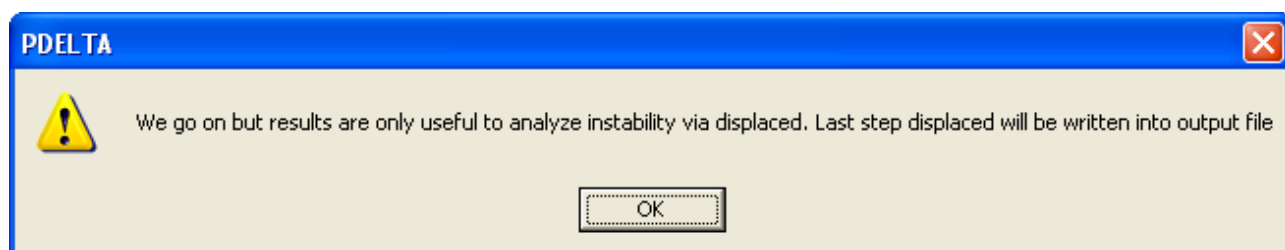
Per calcolare un carico critico è quindi sufficiente applicare carichi sicuramente atti a generare instabilità e farsi dire dal programma la frazione del carico che corrisponde al valore massimo.



Non appena si individua il problema, in uno qualsiasi dei casi di carico applicati, viene dato il messaggio riportato qui sopra.



Dopo una fase iterativa, arrivati alla fine, viene riportato il messaggio visibile qui sopra, nel quale è dato il caso di carico ed il moltiplicatore (sempre minore di 1) ovvero la frazione del carico applicabile al raggiungimento della instabilità.



La deformata critica viene poi salvata come deformata fittizia nel caso di carico in questione. Anche gli sforzi ottenibili sono fittizi. E' particolarmente utile il fatto che si può lavorare con più di un caso di carico (in realtà combinazione, come noto) alla volta.

Nel file .sog è riportato quanto segue:

```
Load case = 2 Step = 2 of 5 Iteration = 1
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3078 .
Min Kii = 2.9585e+003 D.o.f. = 8588 .
Output on file .out completed
Stress recovery completed
Case = 2 Residual Vector Norm (RVN) = 4.521e+006
```

```

RVN / FVN = 7.098e-010
Reached Tol. = 7.0981e-010
Load case = 2 Step = 2 of 5 Iteration = 2
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Searching critical point. Load case = 2 Step = 3 Iteration = 1      lM= 4.000
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Searching critical point. Load case = 2 Step = 4 Iteration = 1      lM= 3.000
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Searching critical point. Load case = 2 Step = 5 Iteration = 1      lM= 2.500
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Searching critical point. Load case = 2 Step = 6 Iteration = 1      lM= 2.250
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Searching critical point. Load case = 2 Step = 7 Iteration = 1      lM= 2.125
Max Kii = 4.3022e+010 D.o.f. = 3006 .
Min Kii = 2.0727e+003 D.o.f. = 8588 .
Ill dof = 8500
Check x rotation of node 376

```

Nel file sou quanto segue:

```

Load case = 2 Step = 2 of 5 Iteration = 2

Searching critical point. Load case = 2 Step = 3 Iteration = 1      lM= 4.000e-001
lm=2.000e-001

Searching critical point. Load case = 2 Step = 4 Iteration = 1      lM= 3.000e-001
lm=2.000e-001

Searching critical point. Load case = 2 Step = 5 Iteration = 1      lM= 2.500e-001
lm=2.000e-001

Searching critical point. Load case = 2 Step = 6 Iteration = 1      lM= 2.250e-001
lm=2.000e-001

Searching critical point. Load case = 2 Step = 7 Iteration = 1      lM= 2.125e-001
lm=2.000e-001

*****
The structure has become instable !
*****

*****
Load case = 2 2.0000e-001 < Factor < 2.0625e-001

```

We go on but results are only useful to analyze instability via displaced. Last step displaced will be written into output file

77. Aggiunte modalità di controllo elementi doppi

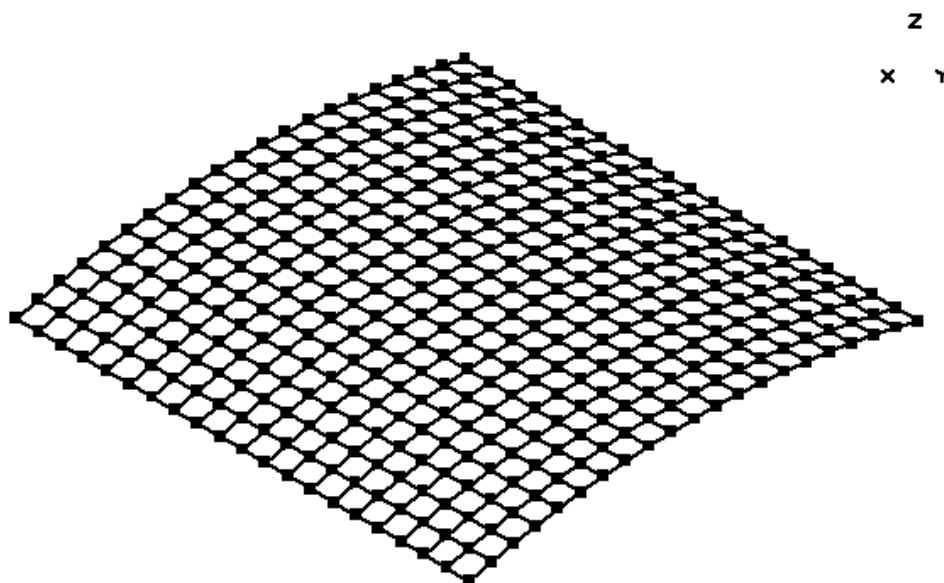
Il comando Mesh-Elementi Doppi consente anche di selezionare gli elementi in questione e di avere un tabulato con una lista (il tabulato si chiama *modello.doubleele.list.txt* ed è creato nella cartella ove si trova il modello). Quest'ultima funzionalità è per ora limitata agli elementi trave e biella.

78. Aggiunto nuovo modo di dare carichi di superficie

I carichi a regione di superficie includono ora una nuova modalità di definizione della superficie, che sfrutta una ricostruzione locale (Edit-Azioni-Regione...).

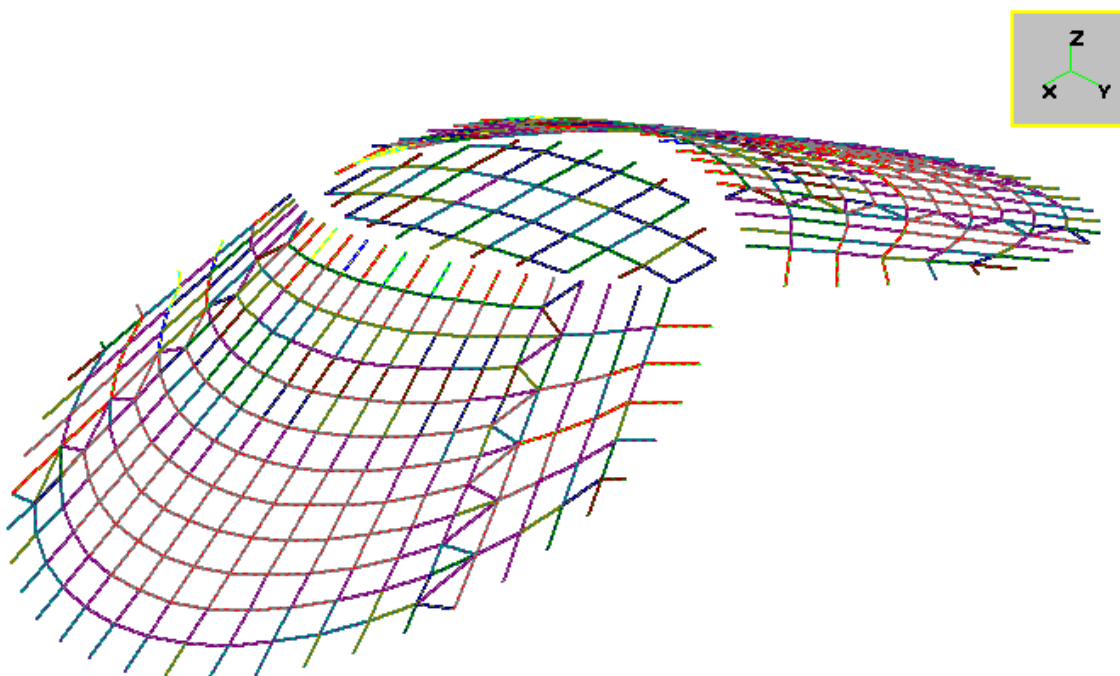
Nella seconda modalità la superficie di pertinenza di ciascun nodo viene ricostruita sulla base degli elementi trave e/o biella selezionati e collegati a quel nodo. La selezione è necessaria per poter scegliere quali elementi impiegare per ricostruire il luogo localmente. Tipicamente su un nodo selezionato si avranno quattro elementi uscenti, uno in una direzione, uno in una direzione grosso modo ortogonale. I quattro elementi definiscono quattro "facce" che consentono di ricostruire l'andamento della superficie desiderata intorno al nodo. Questa modalità evita di dover definire spline o superfici complesse. Le forze vengono applicate solo sui nodi selezionati. Per ogni nodo selezionato vengono cercati gli elementi trave e biella selezionati e connessi a quel nodo. L'insieme di tutti gli elementi uscenti dal nodo viene ordinato e così si ricostruisce una superficie uscente dal nodo. Da tale superficie si ricava la misura dell'area e la direzione della normale, necessarie per applicare questo o quel carico.

Esempio 3:



I nodi selezionati e le aste uscenti, selezionate anch'esse. Da ogni nodo escono 4 o 2 elementi, sufficienti a ricostruire l'andamento della superficie intorno a ogni nodo (solo il livello superiore dell'ordito è visibile).

Esempio 4:



Esempio di superficie a doppia curvatura alla quale applicare il comando. Occorrerà selezionare tutti i nodi e gli elementi (solo il livello superiore dell'ordito è visibile). Qui non è possibile ragionare su scacchiere.

79. Aggiornato HELP e GUIDA anche per verifiche legno

L'help e la guida sono stati aggiornati alla versione 8.30. La parte relativa alla guida tecnica per le verifiche secondo Eurocodice 5 (legno) è stata aggiunta.

80. Modificato tabulato per reazioni vincolari

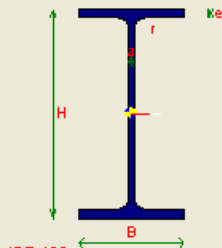
Il tabulato presenta alcune modifiche relative alla resa dei risultati relativi alle molle.

1. Le azioni interne alle molle selezionate sono elencate in coda alle azioni interne di travi e bielle.
2. Gli involucri delle azioni interne delle molle sono anche listate, insieme agli involucri degli involucri, nella sezione involucri. La sezione involucri dell'involucro è molto comoda per verificare che nessuna molla simulante appoggi monolateri abbia un segno indesiderato.
3. Nella sezione reazioni vincolari sono anche listate le risultanti, in ogni direzione, delle azioni interne delle molle pensate però con il verso con cui agiscono come reazione sui nodi a cui sono attaccate. In pratica ciò consente di evidenziare il corretto bilancio tra carichi applicati e "reazioni vincolari", già peraltro eseguito come controllo di routine con checksolvers.

81. Classificazione secondo Eurocodice 3 di profili ad I laminato

Sezioni laminate ad H

H
 B
 a
 e
 r



IPE 180

Nome

A
 J2
 J3
 Jt
 i2
 i3
 X2

it
 W2
 W3
 Wpl2
 Wpl3
 U
 X3

Links - Informazioni lunghezze limite

Short Intermediate Long

Classi tipiche secondo EC3

	S235	S275	S355	S420
N	1	1	2	2
M2	1	1	1	1
M3	1	1	2	2

A partire dalla versione 8.30 i profili ad I laminato includono, nel loro dialogo, anche un riepilogo della classificazione secondo Eurocodice per le sollecitazioni elementari (N compressione semplice, M2 flessione attorno all'asse forte, M3 flessione attorno all'asse debole) e per varie tipologie di materiale.

Si segnala altresì che è uscito un volume di P. Rugarli solo sulla classificazione, che include un software sulla classificazione. Il volume è importante sia perché chiarisce il metodo seguito da Sargon, lo ufficializza e lo spiega, sia perché nel volume ci sono mappe utilissime per la classificazione di tutti i profili IPE, IPE*, HEAA, HEA, HEB, HEM, con i materiali più frequenti. Il volume costituisce anche una importante reference per qualificare il lavoro svolto e la bontà del verificatore.



P.Rugarli “Strutture in acciaio. La classificazione delle sezioni. Commento all’Eurocodice 3”, EPC LIBRI, 2007

PRESENTAZIONE

Perché è necessario classificare le sezioni in acciaio? A cosa serve? E soprattutto, come si fa nei casi generali? Ecco un libro che spiega nel dettaglio la classificazione delle sezioni, un aspetto di fondamentale importanza per l’applicazione dell’Eurocodice 3 dedicato alle strutture in acciaio. La classificazione è stata introdotta sia nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni, sia nell’Ordinanza 3274/03 dedicata alle costruzioni in zona sismica. Il testo, che colma un vuoto nel panorama dell’editoria tecnica del settore, offre un quadro completo dell’argomento senza le tipiche semplificazioni riscontrabili nei testi sulle costruzioni in acciaio già disponibili. Nel libro, infatti, non sono considerate soltanto le sollecitazioni semplici, ma anche quelle miste binarie e ternarie (presso e tensoflessione deviata, in generale). Il testo include anche un commento puntuale delle clausole e delle tabelle dell’Eurocodice 3 in merito alla classificazione, discutendone il significato e l’interpretazione, e mettendo così in rilievo alcuni aspetti della scrittura della norma che richiederebbero chiarimenti e modifiche in quanto ne ostacolano la comprensione e l’utilizzo. A questo si aggiungono esempi applicativi, mappe e tabelle relative alla classificazione dei profili IPE, HEA, HEB ed HEM coi materiali più frequenti, e, inoltre, un facile software applicativo che consente di classificare profili a doppio T laminato con qualsiasi materiale soggetto a qualsiasi stato di sforzo pluriassiale o qualsiasi insieme di stati di sforzo pluriassiali. In conclusione: uno strumento unico nel panorama editoriale, indispensabile per chi progetta strutture in acciaio e vuole mantenersi aggiornato con le normative più recenti.

SOMMARIO

Prefazione – PREMESSA - Breve inquadramento - Classificazione, cosa è e come funziona - “La classificazione via EC3 di profili AD I soggetti a sollecitazioni miste” - Tabelle e mappe di progetto - Guida operativa all’uso del programma - Esempi di uso delle mappe - Riferimenti bibliografici - Appendice A - Appendice B

DESTINATARI

Ingegneri, architetti, geometri, imprese edili, studenti, studi di progettazione.

82. Bug reazioni vincolari SALVA IN

Nella versione 8.20 se si faceva girare un modello e poi quel modello veniva salvato con un altro nome e fatto rigirare, le reazioni vincolari rimanevano quelle del modello originario. Uscendo e rientrando dal modello il problema svaniva. Tale malfunzionamento è stato rimosso a partire dalla versione 8.30.

Kind of check
Test number
Internal actions
Test name

Image

Geometry and constraints

Applied loads

Material data

Cross-sectional data

Other data

Preliminary computation

Sargon value(s) and comparison

Notes

NOTE: even if we have a cantilever, the values of β_2 and β_3 were fixed equal to 1 (and not 2) in order to check some conditions

(*) formulae given in EN 1993-1-1:2005 (Eurocode 3) annex A and annex B
 (**) more accurately
 (***) easier to use

TEST SCHEDULE B 39
 EN 1993-1-1:2005 (EUROCODE 3)
 Sargon @, Cascopius @

BUCKLING
 COMPRESSION + BENDING 2 + BENDING 3
 EC3 BUC.NNM2M3.006

Project: EN1993-1-1:2005 October 2006 for Sargon and Cascopius
 EN 1993-1-1:2005 (Eurocode 3) - Example, calculation, verification, quality control, verification, project data - Eurocode 3
 Example, calculation, test, verification, control of quality, verification of the
 Test schedule, Sargon, Cascopius, project data - EN 1993-1-1:2005
 Author: EN 1993-1-1:2005, EN 1993-1-1:2005

BEAM

Length (mm)	Left end	Right end
1000	FREE	FIXED

LOAD

Type	Value	Point of application
COMPRESSION	N=500000N	LEFT END
Type	Value	Point of application
BENDING MOMENT M_x	M=1000000Nm	LEFT END
Type	Value	Point of application
BENDING MOMENT M_y	M=1000000Nm	LEFT END

MATERIAL

S355						
f_y (N/mm²)	f_t (N/mm²)	E (N/mm²)	ν	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}
355	510	2,000 000	0,3	1,1	1,1	1,25

CROSS SECTION RHS 90x90x7.14

A (mm²)	J_x (mm⁴)	J_y (mm⁴)	$W_{pl,x}$ (mm³)	$W_{pl,y}$ (mm³)
2196	2,486 e+06	2,486 e+06	4,117 e+06	5,625 e+04
$W_{pl,x}$ (mm³)	$W_{pl,y}$ (mm³)	i_x (mm)	i_y (mm)	i (mm)
5,669 e+04	5,669 e+04	33,83	33,83	0
h	b	t		
90	90	7	14	

OTHER DATA*

k_{yy}	k_{yz}	k_{zy}	k_{zz}
Method 1	0,963	0,580	0,580
Method 2	1,142	0,885	0,885

TARGET VALUES BASED ON PRELIMINARY COMPUTATIONS

$$T_1 = N(3\beta_2 + \beta_3) + k_{yy}M_2/W_{pl,y} + k_{yz}M_3/W_{pl,y} + k_{zy}M_2/W_{pl,y} + k_{zz}M_3/W_{pl,y}$$

$$T_2 = N(3\beta_2 + \beta_3) + k_{yy}M_2/W_{pl,y} + k_{yz}M_3/W_{pl,y} + k_{zy}M_2/W_{pl,y} + k_{zz}M_3/W_{pl,y}$$

$$T_3 = N(3\beta_2 + \beta_3) + k_{yy}M_2/W_{pl,y} + k_{yz}M_3/W_{pl,y} + k_{zy}M_2/W_{pl,y} + k_{zz}M_3/W_{pl,y}$$

$$T_4 = N(3\beta_2 + \beta_3) + k_{yy}M_2/W_{pl,y} + k_{yz}M_3/W_{pl,y} + k_{zy}M_2/W_{pl,y} + k_{zz}M_3/W_{pl,y}$$

$T_{1,check} = \max(T_1, T_2, T_3, T_4)$

$T_{1,check}$ (*)	$T_{1,check}$ (**)
8,310-E-01	8,400-E-01

CHECKER'S RESULTS (COMPUTED VALUES) AND COMPARISON WITH THE TARGET

$C_{1,check}$ (*)	$C_{1,check}$ (**)	$C_{2,check}$ (*)	$C_{2,check}$ (**)
8,310-E-01	8,400-E-01	8,400-E-01	4,137-E-04



Rev. 24.0 –Marzo 2015 - Copyright 1991-2015 Castalia srl - Tutti i diritti riservati - 243

83. Introduzione

La versione 8.40 presenta numerose migliorie e modifiche che la distinguono dalla precedente versione 8.30. Le principali modifiche sono:

17. Creazione delle schede di validazione del solutore a disposizione dei Clienti (130 schede)
18. Creazione del documento “Validation Criteria for Sargon.doc”
19. Completo aggiornamento con considerevoli aggiunte del verificatore per Eurocodice 3 dalla versione ENV alla versione EN
20. Creazione delle verifiche utente per Eurocodice 3
21. Creazione della opzione di tracciamento per Eurocodice 3
22. Creazione di 100 schede di validazione del verificatore per Eurocodice 3 (non ancora pubbliche perché in corso di pubblicazione)
23. Ampliamento di checksolvers per includere il check sul verificatore secondo Eurocodice 3
24. Migliorie nel comando intersezione
25. Migliorie ai comandi intersezione, divisione e splitting di elementi monodimensionali con riguardo ai superelementi
26. Ampliato il raggio di azione dei filtri di selezione (solidi, superelementi)
27. Migliorata la lista dei gruppi e la loro selezione/deselezione
28. Aggiunto il comando Modifica-Sezione
29. Correzione di piccoli malfunzionamenti

In coda vi è anche una importante **RICHIESTA AI CLIENTI**.

84. Creazione di schede di validazione del solutore a disposizione dei Clienti (130 schede)

Castalia srl ha svolto un cospicuo lavoro di ulteriore messa a punto di test, che si aggiungono a quelli già fatti nel corso di circa sedici anni di lavoro di sviluppo.

Le schede di validazione rappresentano un lavoro di primo ordine, messo a disposizione della Clientela in modo completamente gratuito. Esse sono disponibili nel sito di Castalia srl www.castaliaweb.com area validazione, in un comodo formato PDF. Sono disponibili sia le schede singole (un PDF per ogni scheda) sia il documento complessivo che le raccoglie tutte (un unico PDF che raccoglie le circa 130 schede messe a punto).

Questo lavoro di validazione non ha detto nulla di nuovo: il programma ha passato tutti i test senza che sia

stato necessario introdurre alcuna modifica ai sorgenti.

Il lavoro svolto è in inglese, segue elevati standard di qualità e pone Sargon all'avanguardia nella cura degli aspetti legati alla sicurezza ed alla validazione.

Il documento complessivo è reperibile al seguente link:

www.castaliaweb.com/ita/S/VAL/vaidazione.asp

Oltre alle schede di validazione “pura” ovvero per mezzo di test teorici, Castalia ha creato anche un certo numero di schede di cross check tra i risultati ottenuti da Sargon e quelli ottenuti con i due noti solutori NX NASTRAN ed NE NASTRAN.

Tale lavoro di validazione a mezzo cross check proseguirà nei prossimi mesi.

85. Creazione del documento “Validation Criteria for Sargon.doc”

Sargon è stato sottoposto a numerosi controlli e dispone di tecniche di analisi dei risultati all'avanguardia; inoltre – esempio abbastanza raro – ci sono ormai quattro libri che referenziano e descrivono il lavoro svolto dando crisma di ufficialità all'attività di sviluppo di Castalia srl, attività che è stata posta al vaglio di migliaia di professionisti in tutta Italia senza aver dato luogo ad alcuna contestazione.

Tutto ciò andava spiegato e valorizzato, in specie per quei Clienti che, pur essendo ben consapevoli del valore del programma, si trovano a interagire con strutture estere, che giustamente richiedono informazioni sulla qualità del prodotto.

Si è quindi provveduto a scrivere un documento in inglese che riepiloga i criteri di validazione e dà informazioni sul livello di qualità raggiunto da Sargon. Tale documento è accluso alla documentazione.

86. Completo aggiornamento con considerevoli aggiunte del verificatore per Eurocodice 3 dalla versione ENV alla versione EN

Si è trattato del lavoro più impegnativo, in quanto il formato dell'Eurocodice EN è molto diverso dal formato dell'Eurocodice ENV.

Questo lavoro di studio ha inoltre portato alla idea di scrivere due distinte pubblicazioni, attualmente in corso di stesura. La prima sarà un programma di calcolo di travi rettilinee che si avvarrà del verificatore di Sargon per l'Ec3 EN1993-1-1. Tale pubblicazione conterrà tra l'altro le schede di validazione e di calcolo messe a punto in questi mesi di lavoro, costituendo un fondamentale riferimento bibliografico al verificatore stesso. In attesa della pubblicazione le schede non sono ancora di dominio pubblico. La seconda pubblicazione avrà come obiettivo un commento ed una discussione dell'Eurocodice 3 che metta a frutto il considerevole lavoro di approfondimento e di analisi svolto in questi mesi.

Nel seguito si danno le parti della documentazione a commento della nuova versione del verificatore in accordo a EN 1993-1-1.

Benchè il programma, come si vede, sia stato sottoposto a numerosi controlli, si raccomanda sempre di usarlo con attenzione e professionalità.

EC3: GUIDA TECNICA alla versione EN 1993-1-1

Sommario:

- 1 Generalità**
- 2 Paragrafi implementati**
- 3 Classificazione delle sezioni**
- 4 Verifiche standard**
 - 4.1 Verifiche di resistenza**
 - 4.2 Verifiche di stabilità**
 - 4.2.1 Il problema dello svergolamento**
 - 4.2.2 Il nuovo formato delle verifiche di pressoflessione (metodo 1 e metodo 2)**
- 5 Verifiche utente**
 - 5.1 Approccio**
 - 5.2 Il file "ec3data.txt"**
 - 5.3 Esempio di aggiunta di una sezione al file: IPE500**

6	Il tracciamento dei calcoli
7	L'uso di checksolvers
8	Le schede di validazione
9	Bibliografia

Generalità

L'aggiornamento del verificatore dalla versione ENV della norma alla versione EN ha richiesto un considerevole lavoro. La stesura di un verificatore in accordo ad EN1993-1-1 si presenta come un lavoro molto vasto e complesso, tenuto conto dei notevoli problemi di interpretazione e di applicazione che la norma pone, quando applicata in un contesto generale. Il problema è così vasto che sarà oggetto di una trilogia di pubblicazioni [1]-[3] delle quali al momento (novembre 2007) è disponibile solo la prima. Non si ritiene di poter dare in questa sede che indicazioni di massima, riservando alle pubblicazioni [1]-[3] l'approfondimento necessario.

Nel passaggio dalla versione ENV alla versione EN sono profondamente cambiate le formule di verifica a pressoflessione, e ciò ha posto considerevoli problemi di interpretazione e di applicazione. Inoltre, per le sezioni in classe 3, di fatto è stato ripristinato il calcolo tensionale puntuale tradizionale, sia pur con una mitigazione legata alla possibilità di redistribuire plasticamente le sollecitazioni taglienti e torcenti applicate.

I maggiori problemi riguardano la mancata generalità di numerose parti che sono state messe a punto avendo in mente problemi particolari. Le stesse formule di pressoflessione non sono di fatto applicabili se non a profili doppiamente simmetrici. Si tratta di una grave limitazione, che non è mitigata da alcuna formula alternativa.

Il lavoro di studio e approfondimento ha abbracciato alcuni mesi. Da questo lavoro è scaturita anche una serie di importanti migliorie rispetto alla versione ENV precedentemente rilasciata. Tali migliorie sono le seguenti:

- È stata inclusa la torsione che precedentemente non era nominata dalla norma;
- Sono stati affrontati tutti i complessi problemi di interazione tra taglio e torsione anche se non chiariti dalla norma;
- È stato aggiunto il tracciamento dei calcoli, una funzionalità che consente di ricostruire passo passo i calcoli fatti e di disporre della gran parte dei risultati intermedi;
- Sono state messe a punto ben 100 schede di validazione ed alcuni worked example, che entreranno a far parte della documentazione del programma non appena pubblicate

ufficialmente in [2] e [3], oggi in corso di stesura;

- E' stato ampliato enormemente il raggio di azione del programma consentendo la esecuzione di verifiche utente su sezioni di forma qualsiasi;
- E' stata migliorata la parte relativa al calcolo a svergolamento;
- E' stata data la possibilità di usare vari tipi diversi di calcoli, scegliendo il miglior modo di eseguire il verificatore.
- E' stata aggiunta a checksolvers la possibilità di eseguire controlli sui coefficienti di sfruttamento ottenuti con la norme EC3.

Paragrafi implementati

3.2.3 (per spessori $t > 80\text{mm}$ si è assunta una riduzione di 40N/mm^2); 3.2.6, 5.5.2, 6.2.1 (ma non (2) e (10)), 6.2.2.1, 6.2.2.2 (l'area netta è tenuta in conto da un fattore riduttivo dell'area lorda), 6.2.2.5 (1) (2) i formati a freddo sono fuori dal campo di applicazione, (3), (4); 6.2.3; 6.2.4; 6.2.5; 6.2.6 ad esclusione delle clausole (5) applicata sempre e (6); 6.2.7 ma tenendo solo conto della torsione primaria; 6.2.8; 6.2.9.1 (ma non clausola (4)); 6.2.9.2; 6.2.9.3; 6.2.10; 6.3.1.1; 6.3.1.2 ma non clausola (4); 6.3.1.3; 6.3.1.4; 6.3.2.1; 6.3.2.2.; 6.3.2.4. per alcuni profili prendendo $k_c=1$ clausola (2) e (3); 6.3.3.; annesso A; annesso B

Classificazione delle sezioni

A parte qualche piccola differenza nella definizione dei rapporti larghezza spessore, e, conseguentemente, nella definizione dei limiti, il problema della classificazione è stato affrontato in modo identico a quanto già previsto dalla precedente versione del verificatore. L'argomento è molto complesso quando affrontato nella sua generalità, ed è stato oggetto di una specifica pubblicazione ([1]) che costituisce il fondamentale riferimento bibliografico dal quale trarre tutte le informazioni del caso.

Nella documentazione del programma è disponibile l'articolo [\[articolo1\]](#), che originariamente fu scritto per spiegare la metodologia impiegata.

SARGON risolve completamente il problema nel caso di sezioni ad I ed H laminato ed a I

saldato (IPE, HEA, ecc.) così come chiarito in [1], mentre relativamente agli altri profili SARGON assume come classe la massima classe tra quelle dovute a sollecitazioni pure (sola N, solo M2, solo M3). Nel caso di elementi biella SARGON assume come classe la classe 1 se l'elemento è in trazione, la classe a compressione semplice in caso contrario.

Il caso di classe 4 è da considerare un caso a sè. Il calcolo delle grandezze efficaci viene eseguito per i soli profili ad I laminati. Negli altri casi tali grandezze sono poste eguali a zero. E' tuttavia sempre possibile mediante le verifiche utente definire i moduli di resistenza efficaci pertinenti.

Un profilo che risulti di classe 4 e non sia un profilo ad I o un profilo-utente viene considerato non verificato, ed a esso è associato il coefficiente di sfruttamento convenzionale 99.

Profili che non siano doppiamente simmetrici presentano particolari problemi allorchè ci si trovi a calcolarne le grandezze efficaci. In tal caso infatti, anche sotto sollecitazioni semplici, gli assi principali della sezione efficace sono ruotati rispetto a quelli della sezione lorda, facendo con ciò perdere un pò di vista il significato delle verifiche a stabilità.

Quando per profili classificati in accordo a quanto chiarito nell'articolo citato uno qualsiasi di questi tre rapporti, in valore assoluto

$$N/N_{pl} \qquad M_2/M_{2pl} \qquad M_3/M_{3pl}$$

è minore di $1.e-4$ (0.0001), allora la corrispondente componente di sollecitazione è assunta nulla ai fini della classificazione. Tale accorgimento evita che compressioni puramente numeriche (piccoli valori di compressione in presenza di momento nullo) possano portare a classificazioni troppo severe.

Verifiche standard

Con il nome di “verifiche standard” si intendono tutte quelle verifiche che vengono eseguite sui profili in modo automatico ovvero senza che l'utente “insegni” al programma come fare. Chiaramente, data l'estrema complessità della norma, è talvolta necessario impiegare “sezioni utente” al fondamentale fine di chiarire in che modo trattare profili di forma particolare, oppure al fine di specializzare le verifiche secondo i propri desideri.

Verifiche di resistenza

Sezioni in classe 1 o in classe 2

Per queste sezioni vengono utilizzati, dove disponibili, domini nonlineari eventualmente corretti per tener conto della presenza di taglio e torsione. Nel caso in cui tali domini non siano disponibili viene impiegata una formula di interazione di tipo lineare, corretta per tener conto della presenza di taglio e momento torcente. In questo caso gli sfruttamenti plastici vengono calcolati impiegando una tensione di snervamento ridotta $(1-\rho_2-\rho_3)f_y$ al posto della tensione di snervamento originaria. Di solito gli sfruttamenti calcolati non sono coefficienti di sfruttamento ma meri indici di sfruttamento, essi non esprimono cioè una reale distanza dalla soglia. Per una estesa trattazione del problema, non sintetizzabile nelle note di rilascio di un programma, si rimanda a [3].

Sezioni in classe 3

In questo caso le verifiche sono verifiche puntuali ed il criterio adottato è quello di Von Mises. Le sezioni si dividono in due gruppi: il gruppo delle sezioni per le quali vengono adottate delle verifiche convenzionali, ottenute sovrapponendo le tensioni normali e tangenziali in modo che siano a favore di sicurezza; ed il gruppo di sezioni per le quali viene definito un insieme di punti nei quali vengono definiti dei moduli di resistenza generalizzati atti a far calcolare la tensione normale e la tensione tangenziale, combinate poi con la regola di Von Mises.

Al primo gruppo appartengono le sezioni: circolari; a $[\]$, a $]\]$, angolari composti a T ed a croce, nonché angolari semplici;

Al secondo gruppo appartengono le sezioni ad I o H laminato, ad I o H saldato, a T laminato o saldato, RHS (rectangular hollow section), a cassone, piatti o rettangolari, ed UPN nonché C saldati.

Poiché la norma consente una redistribuzione plastica anche nel caso di calcoli elastici in nessuno di questi casi la tensione tangenziale dovuta al taglio è calcolata usando la formula di Jouravskij. Invece viene sempre adottata una ripartizione costante.

Sezioni in classe 4

Le uniche sezioni di classe 4 verificate in modo automatico sono quelle ad I o H laminato. Per queste sezioni la formula di verifica a resistenza è quella presente nella norma alla equazione 6.44. Nel caso in cui sia presente anche taglio e torsione la formula viene corretta riducendo da 1 a $(1-\rho_2-\rho_3)$ la soglia massima. In questo caso

$$\rho_2 = \frac{2V_2}{V_{pl2,T}} - 1$$

$$V_{pl,2,T} = V_{pl,2} \left(1 - \frac{M_1}{M_{1,lim}} \right)$$

E di conseguenza ρ_3 .

Verifiche di stabilità

Le formule di stabilità presenti nell'Eurocodice 3 sono relative alle verifiche di compressione, di svergolamento, di pressoflessione con o senza svergolamento. Per quanto riguarda la verifica di compressione semplice questa non presenta particolari difficoltà nota che sia la snellezza e la curva di stabilità da adottare per la verifica. Ove l'azione assiale sia variabile il programma assume la massima compressione come valore di riferimento sulla membratura. Per quanto invece riguarda le verifiche di svergolamento e di pressoflessione, esistono considerevoli problemi che necessitano di essere menzionati.

Il problema dello svergolamento

Le verifiche a svergolamento possono essere eseguite essenzialmente mediante tre distinti metodi, in EN1993. Il primo metodo impiega una formula chiusa per il calcolo del momento critico; il secondo metodo impiega i moltiplicatori critici e limite ottenuti con calcoli di buckling e di analisi nonlineare; il terzo metodo, semplificato, verifica la piattabanda compressa. Il verificatore usa quando possibile il metodo che impiega la formula chiusa per il valore di M_{crit} , mentre quando ciò non è possibile (sezioni utente o sezioni a C) si esegue di fatto una verifica della piattabanda compressa pensata isolata dal resto della sezione.

Il primo metodo può essere applicato solo a sezioni inflesse nel piano di simmetria, e consiste nell'applicare una complicata formula (non più esplicitamente presente nella norma) che può essere scritta come segue:

$$M_{crit} = C_1 \frac{\pi^2 EI_3}{(\beta_1 L)^2} \left\{ \left[\left(\frac{\beta_1}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_3} + \frac{(\beta_1 L)^2 GI_t}{\pi^2 EI_3} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right\}$$

Se il carico è applicato nel centro di taglio $z_g=0$. Inoltre per sezioni doppiamente simmetriche $z_j=0$. In questi casi la formula precedente si semplifica e viene unicamente a dipendere dal coefficiente di distribuzione C_1 . Il termine k_w è un coefficiente che vale 1 quando l'ingobbamento è libero agli

estremi, 0,5 se è impedito. Il coefficiente β_1 (anche indicato da k , in alcune fonti), dà conto della lunghezza compresa tra due ritegni torsionali successivi e di solito coincide con 1. Il termine I_w è la costante di ingobbamento mentre I_t è il momento di inerzia torsionale.

Nel caso di sezioni ad I o ad H laminato ed a I saldato, la formula precedente fornisce direttamente il valore del momento critico elastico associato allo svergolamento. Tale formula dipende, come si è detto, dal coefficiente di distribuzione C_1 che per momento costante vale 1 mentre per momento variabile è generalmente maggiore di 1. Sebbene siano disponibili tabelle capaci di fornire questo coefficiente in una certa casistica, nella maggior parte dei casi tale coefficiente non risulta determinabile in modo semplice. Alcuni studi, eseguiti su un gran numero di simulazioni numeriche, hanno permesso di mettere a punto delle formule semplificate che, campionando il diagramma di momento M associato allo svergolamento (di solito M_2) esprimono C_1 in forma chiusa.

Tra queste formule l'ultima e più attendibile è quella di Serna. Altre formulazioni sono dovute a Kirby-Nethercot (norme americane) ed alle normative BS.

Il programma verificatore è in grado di calcolare C_1 partendo da una generica distribuzione di momento, mediante l'uso delle formule anzi dette. E' anche possibile fissare un valore unico e costante per C_1 .

Calcolato il momento M_{crit} (che come si vede dipende dalla combinazione a causa della dipendenza di C_1 dal diagramma di momento sollecitante). Il programma può calcolare la snellezza per lo svergolamento λ_{LT} e da questa un coefficiente riduttivo da applicare al momento limite per ottenere la soglia di momento da associare alla instabilità laterale per svergolamento.

Quando viene applicato il metodo della piattabanda compressa, di fatto si valuta la snellezza di questa mediante il suo raggio di inerzia i_f . Anche in questo caso è previsto un coefficiente, denominato k_c , che consente di dosare la verifica in funzione della distribuzione di momento, ma, data l'indisponibilità di formule generali per la sua valutazione esso, a favore di sicurezza, viene posto eguale ad 1.

Il nuovo formato delle verifiche di pressoflessione (metodo 1 e metodo 2)

Le nuove norme EN differiscono dalle precedenti ENV in specie per il formato delle verifiche a pressoflessione, che è stato profondamente cambiato pervenendo, nella intenzione degli autori, ad un formato al tempo stesso più chiaro e più accurato. In realtà da un punto di vista operativo il nuovo formato si presenta notevolmente complesso e macchinoso, tanto che di fatto

risulta inapplicabile a mano. Inoltre il nuovo formato si riferisce a sezioni doppiamente simmetriche mentre non è ben chiaro come regolarsi quando il profilo da verificare possieda un solo asse di simmetria o al limite nessuno.

Il formato generale delle verifiche prevede due formule, una per lo sbandamento nel piano 1-2 ed una per lo sbandamento nel piano 1-3. Queste formule devono poi essere diversamente applicate a seconda che il profilo sia in classe 1 o 2 o in classe 3, ed a seconda che lo svergolamento sia considerato possibile o impedito. Inoltre le formule generali vengono poi a specializzarsi in due differenti approcci, che comportano due metodi differenti per il calcolo dei coefficienti: un formato denominato “Metodo 1”, e dovuto alla ricerca franco-belga, ed un formato denominato “Metodo 2” e dovuto alla ricerca austro-tedesca.

Il formato generale delle verifiche è il seguente:

$$\frac{N}{\chi_2 N_{Rk}} + k_{22} \frac{M_2 + \Delta M_2}{\chi_{LT} M_{2,Rk}} + k_{23} \frac{M_3 + \Delta M_3}{M_{3,Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M1}}$$

$$\frac{N}{\chi_3 N_{Rk}} + k_{32} \frac{M_2 + \Delta M_2}{\chi_{LT} M_{2,Rk}} + k_{33} \frac{M_3 + \Delta M_3}{M_{3,Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M1}}$$

I due metodi differiscono per il modo in cui vengono calcolati i coefficienti k_{ij} . Nelle formule precedenti le grandezze a denominatore cambiano in funzione della classe. Per la classe 1 e 2 si usano i moduli plastici, per la 3 quelli elastici e per la 4 l'area ed i moduli di resistenza efficaci. Le variazioni di momento Δ sono nulle se la classe non è la 4.

Il verificatore è in grado di applicare entrambi i metodi, a scelta.

Data la possibilità di eseguire i calcoli con entrambi i metodi, si consiglia di avvalersi di tale funzionalità come procedura standard onde migliorare il grado di affidabilità dei calcoli. Tra i due metodi quello maggiormente affidabile e preciso dovrebbe essere, nella maggior parte dei casi, il metodo franco-belga (il metodo 1).

Vediamo nel seguito in che modo i due metodi provvedano a calcolare i coefficienti.

Metodo 1 (franco-belga)

Le formule che danno i coefficienti k_{ij} sono molto complesse, in specie nel caso di dimensionamento plastico. Non è questa la sede per entrare nel dettaglio, ci si limita ad osservare che in questo approccio la dipendenza dei coefficienti da ciascun fenomeno fisico (plasticità, svergolamento, distribuzione di momento, ecc.) è chiaramente evidenziata da termini a questi associati. Particolare rilevanza hanno le formule che si riferiscono al calcolo dei coefficienti $C_{mi,0}$ per le quali (cfr. tabella A.2 della norma) esiste una dipendenza dalla freccia massima sotto i carichi

applicati, almeno nel caso in cui la distribuzione di momento non sia lineare. La formula è questa:

$$C_{mi,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 EI_i |\delta|}{L^2 |M_{i,max}|} - 1 \right) \frac{N}{N_{cr,i}}$$

nella quale compare il massimo momento e la massima freccia δ . La massima freccia δ può essere valutata in vari modi. Il programma ne propone due: una frazione costante della luce ed un valore ottenuto integrando l'equazione della linea elastica.

Si segnala che la formula per il coefficiente C_{zz} presente nel testo della norma oggi (novembre 2007) disponibile, contiene un errore. Tale errore è stato corretto e non figura nel verificatore.

Metodo 2 (austro-tedesco)

Nelle intenzioni degli Autori, il metodo austro tedesco dovrebbe consentire una maggior semplicità d'uso rispetto a quello franco-belga. In effetti la sua applicazione nei calcoli a mano è più semplice, benchè, a nostro parere, pur sempre proibitiva. Relativamente a questo metodo si deve segnalare una certa equivocità nella definizione dei coefficienti α_s ed α_h , dovuta ad una non piena comprensibilità della tabella B.3. Anche nella tabella B.3 figura un errore corretto nel verificatore (nell'ultima riga ed ultima colonna il termine 0,9-.... Deve essere sostituito da 0,9+...). Un motivo di serio imbarazzo nell'applicazione del metodo è la ambiguità nella definizione dei coefficienti C_m legata alle differenti formule previste per il caso di “carico uniforme” e “carico concentrato”. In realtà, come è ben evidente, il caso normale è quello in cui sono presenti entrambi. Il programma assume sempre che il caso sia quello di carico uniforme essendo questo più severo dell'altro.

Verifiche utente

Approccio

La complessità delle formulazioni previste nella norma e la loro mancanza di esaustività da un lato, l'esigenza di personalizzare e specificare meglio le verifiche dall'altro, ha portato alla necessità di mettere a punto un formato di verifica più generale, che consentisse in tutti i casi di poter eseguire verifiche automatiche usando un format praticamente coincidente con quello della norma. Si è quindi dovuto mettere a punto un insieme di regole e di parametri di nuova concezione, in grado di consentire all'utente di lavora con qualsiasi forma sezionale. Tale ampliamento è stato

molto complicato ma realizza un importantissimo obiettivo, in specie quando usato in congiunzione con la funzionalità del tracciamento. Il verificatore automatico diviene uno strumento di lavoro personalizzabile ed adattabile alle più svariate esigenze.

Da un punto di vista pratico il funzionamento è il seguente (affine a quanto avviene per le CNR e per le BS). Se una sezione figura all'interno di un file denominato "Ec3data.txt" e collocato nella cartella di installazione del programma, questa sezione non viene verificata impiegando le regole normali ma applicando delle regole di verifica particolari. Tutti gli elementi e le membrature che utilizzano quella sezione saranno verificate impiegando queste regole particolari e non le regole normali previste dal verificatore. Ciò vale per tutti i profili, anche quelli standard: è sufficiente che il nome del profilo figuri all'interno del file EC3DATA.TXT in un opportuno blocco di istruzioni, perché questo venga trattato in modo diverso e verificato con le regole utente.

Naturalmente è sempre possibile attivare o meno questa opzione semplicemente cambiando il nome delle forme sezionali all'interno di EC3DATA.TXT in modo che siano/non siano identiche a quelle definite nel modello del programma. In linea di principio sarebbe possibile bypassare completamente il normale funzionamento del verificatore, semplicemente includendo le forme sezionali nel file EC3DATA.TXT. Produttori che abbiano particolari profili o particolari esigenze di verifica possono creare o commissionare programmi in grado di compilare da soli il file EC3DATA in modo da personalizzare pienamente le verifiche.

Una analitica rassegna del formato del file potrà consentire di comprendere in che modo debba essere compilato il file, il successivo paragrafo dà invece un esempio di compilazione relativo ad un profilo IPE500.

In quanto segue verranno fornite le spiegazioni necessarie a comprendere il significato dei dati da introdurre nel file. A tale fine verranno essenzialmente trattati i seguenti problemi, dal punto di vista di chi deve verificare un profilo generico:

- Il problema della classificazione;
- Il problema delle verifiche di resistenza;
- Il problema delle verifiche a stabilità con particolare riguardo per lo svergolamento

Il problema della classificazione

In generale la classificazione di un piatto sotto l'azione di una certa distribuzione di tensione, plastica o elastica, può essere espressa da disequazioni del tipo

$$(c/t) < f(\varepsilon)$$

dove c/t è il rapporto larghezza spessore per il piatto considerato ed $f()$ è una opportuna funzione

delle caratteristiche geometriche del profilo impiegato nonché della classe considerata. La precedente relazione può essere invertita fornendo una disequazione di questo tipo:

$$\varepsilon > g(c/t)$$

essendo g una opportuna funzione del rapporto larghezza spessore e dei dati geometrici della sezione. Ad ogni sollecitazione elementare può essere associato un valore ε di soglia oltre il quale la sezione deve essere classificata, per quella data sollecitazione, con una classe superiore. Si consideri ad esempio un profilo a T che in flessione plastica comporti, per flessione positiva, un tratto compresso pari a 0,6 volte l'altezza dell'anima ed un tratto teso pari a 0,4 volte tale altezza. In questo caso potremo scrivere per la delimitazione tra classe 2 e 3:

$$c/t < 456\varepsilon/(13 \times 0,6 - 1)$$

Tale equazione può essere invertita fornendo:

$$\varepsilon > (c/t)(13 \times 0,6 - 1)/456 = 0,0149(c/t)$$

ed ammettendo che c/t sia pari a 50

$$\varepsilon > 0,7456$$

Questa disequazione vuol dire che l'anima potrà essere classificata in classe 2 per flessioni positive, solo a patto che il materiale impiegato soddisfi la condizione, precedente che si traduce nella seguente:

$$\sqrt{\frac{235}{f_y}} > 0,7456$$

e quindi di fatto

$$f_y < 130,64 \frac{N}{mm^2}$$

Nel caso in cui la flessione inverta il suo segno, le precedenti considerazioni devono essere modificate come segue:

$$c/t < 456\varepsilon/(13 \times 0,4 - 1)$$

$$\varepsilon > (c/t)(13 \times 0,4 - 1)/456 = 0,00921(c/t) = 0,46052$$

dal che si evince che il valore di soglia per ε cambia a seconda del segno del momento flettente applicato.

Il ragionamento fatto per un piatto può essere ripetuto per tutti i piatti componenti la sezione, pervenendo infine ad una condizione che involuppi tutte le altre sempre del tipo

$$\varepsilon > \varepsilon_{psM2p}$$

Pensando al momento positivo secondo l'asse 2. Analoga quantità limite per la classe 2-3 potrà

essere definita per tutte le componenti di sollecitazione, in particolare per l'azione assiale (ϵ_N) per il momento M2 positivo (ϵ_{M2p}) e negativo (ϵ_{M2m}) e per il momento M3 positivo (ϵ_{M3p}) e negativo (ϵ_{M3m}). Tali quantità limite, tutte associate al passaggio tra la classe 2 e la classe 3 mettono in condizione il verificatore di classificare il profilo noto che sia il materiale ad esso applicato. Basterà calcolare il valore di ϵ del materiale in questione e poi confrontare tale numero con le soglie specificate.

Il problema della classificazione sotto sollecitazioni elementari viene così ad essere affrontato in modo sistematico e formale mediante la definizione del limite di snervamento dell'acciaio da usare per ottenere una certa classe.

Come è noto (se si è letto il lavoro [1]) il problema della classificazione sotto sollecitazioni miste è tutt'altro che banale ed è stato affrontato al momento solo per le sezioni ad I laminato e saldato (I ed H). Per le sezioni generiche l'algoritmo che classifica il profilo quando assoggettato ad una terna di sollecitazioni del tipo (N, M2, M3) è diverso. Per ogni sollecitazione si valuta dapprima se questa è significativa. Per essere significativa deve superare un valore di soglia che è 1/10000 dei valori limite (A_{fy} o W_{fy}). Se la sollecitazione è significativa se ne valuta il segno e si attribuisce la classe che le compete sulla base dei valori di ϵ di soglia specificati. Infine si classifica il profilo con la massima classe tra quelle delle sollecitazioni elementari così valutate.

Il problema delle verifiche di resistenza

Il problema delle verifiche di resistenza per le sezioni utente consiste nell'”insegnare” al programma in che modo eseguire tali verifiche in tutti e tre i possibili casi che si possono presentare: sezione in classe 1 o 2; sezione in classe 3; sezione in classe 4.

Classe 1 o 2

Nel primo caso si può scegliere se adottare un dominio limite plastico linearizzato oppure no. Se il dominio plastico è di tipo non lineare, esso ricade nel formato specificato dalla norma, e richiede 20 distinti parametri per poter essere identificato. In genere molti di questi parametri sono nulli, ma taluni di essi possono assumere speciali valori da calcolarsi a mano. I parametri sono individuati da lettere comprese tra “A” e “V” secondo il formato seguente:

$$\left(\frac{M_2}{M_{N,2,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_3}{M_{N,3,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

$n = N / N_{pl,Rd}$

$$M_{N,2,Rd} = M_{pl,2,Rd} \times [A + Bn + Cn^2]$$

$$M_{N,3,Rd} = M_{pl,3,Rd} \times [D + En + Fn^2]$$

$$\alpha = \frac{G + Hn + In^2}{L + Mn + Nn^2} > 0$$

$$\beta = \frac{P + Qn + Rn^2}{S + Tn + Un^2} > V$$

Una opportuna scelta dei parametri consente di sposare tutte le formule presenti nella normativa ed una ampia classe di domini plastici limite.

Nel caso in cui il dominio limite sia lineare la formula di verifica è la seguente:

$$\frac{N}{N_{plRd}} + \frac{M_2}{M_{2plRd}} + \frac{M_3}{M_{3plRd}} \leq 1$$

Se non ci fossero la torsione ed il taglio il problema potrebbe dirsi risolto. In realtà tali domini sono entrambi bisognosi di modifiche per tenere in conto la possibilità che siano applicati tagli o momenti torcenti rilevanti.

Per fare questo si deve applicare la clausola della norma che indica di usare, per le aree resistenti a taglio, una tensione ridotta al valore $(1-\rho)f_y$, dove ρ è un numero adimensionale funzione del livello di taglio e torsione applicati.

Purtroppo le prescrizioni di normativa sono deficitarie a riguardo della modifica da applicare alle formule che danno i domini in pressoflessione deviata, nella condizione di taglio rilevante. Si è quindi dovuta sviluppare una teoria ad hoc che abbracci il problema in modo generale. L'argomento è piuttosto vasto e non può essere trattato in questa sede se non per sommi capi.

Si definiscono dapprima i tagli plastici ridotti per tener conto della presenza della torsione:

$$V_{2,pl,T} = V_{2,pl} \sqrt{1 - \frac{M_1}{aM_{1,pl}}}$$

$$V_{3,pl,T} = V_{3,pl} \sqrt{1 - \frac{M_1}{aM_{1,pl}}}$$

Noti questi si possono definire i fattori ρ :

$$\rho_2 = \left(\frac{2V_2}{V_{2,pl,T}} - 1 \right)^2$$

$$\rho_3 = \left(\frac{2V_3}{V_{3,pl,T}} - 1 \right)^2$$

Se risulta $\rho_i < 0,5$ si deve porre $\rho_i = 0$.

Una volta calcolati questi parametri ρ è possibile modificare le formule che danno i domini limite in questo modo:

$$\frac{N}{N_{plRd}(1 - a_{v2}\rho_2 - a_{v3}\rho_3)} + \frac{M_2}{M_{2plRd}(1 - w_{2plav2}\rho_2 - w_{2plav3}\rho_3)} + \frac{M_3}{M_{3plRd}(1 - w_{3plav2}\rho_2 - w_{3plav3}\rho_3)} \leq 1$$

E per il dominio non lineare:

$$\left(\frac{M_2}{M_{N,2,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_3}{M_{N,3,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

$$n = \frac{N}{N_{plRd}(1 - a_{v2}\rho_2 - a_{v3}\rho_3)}$$

$$M_{N,2,Rd} = M_{2,pl,Rd} \left[A + Bn + Cn^2 \right] (1 - w_{2plav2}\rho_2 - w_{2plav3}\rho_3)$$

$$M_{N,3,Rd} = M_{3,pl,Rd} \left[D + En + Fn^2 \right] (1 - w_{3plav2}\rho_2 - w_{3plav3}\rho_3)$$

Dove i termini a_{vi} e w_{iplavi} esprimono il rapporto tra le proprietà delle zone di sezione coincidenti con le aree resistenti a taglio ed i corrispondenti moduli resistenti sezionali. Pertanto:

$$a_{v2} = \frac{A_{v2}}{A}$$

$$a_{v3} = \frac{A_{v3}}{A}$$

$$w_{2plav2} = \frac{W_{2,pl,Av2}}{W_{2pl}}$$

$$w_{2plav3} = \frac{W_{2,pl,Av3}}{W_{2pl}}$$

$$w_{3plav2} = \frac{W_{3,pl,Av2}}{W_{3pl}}$$

$$w_{3plav3} = \frac{W_{3,pl,Av3}}{W_{3pl}}$$

Se non si vuole calcolare i w_{jplavi} , è sempre possibile adottare per essi, a favore di sicurezza, il

valore 1. Se si fa così anche per gli a_{vi} si perviene alle seguenti formule semplificate che tengono in conto anche taglio e torsione:

$$\frac{N}{N_{plRd}} + \frac{M_2}{M_{2plRd}} + \frac{M_3}{M_{3plRd}} \leq (1 - \rho_2 - \rho_3)$$

E nel caso di dominio non lineare:

$$\left(\frac{M_2}{M_{N,2,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_3}{M_{N,3,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

$$n = \frac{N}{N_{plRd}(1 - \rho_2 - \rho_3)}$$

$$M_{N,2,Rd} = M_{2,pl,Rd} \left[A + Bn + Cn^2 \right] (1 - \rho_2 - \rho_3)$$

$$M_{N,3,Rd} = M_{3,pl,Rd} \left[D + En + Fn^2 \right] (1 - \rho_2 - \rho_3)$$

Classe 3

In questo caso occorre definire i moduli di resistenza generalizzati per un certo numero di punti sulla sezione. Da questi moduli di resistenza generalizzati sarà poi possibile calcolare le tensioni normali e le tensioni tangenziali associate al taglio ed alla torsione. Infine verrà applicata la verifica di resistenza secondo Von Mises.

Precisamente si pone in ogni punto “i”:

$$x_{2i} \quad W_{3i} = I_3 / x_{2i}$$

$$x_{3i} \quad W_{2i} = I_2 / x_{3i}$$

At_{22} modulo di resistenza per calcolare la τ_2 dovuta a T_2 .

At_{32} modulo di resistenza per calcolare la τ_2 dovuta a T_3 .

W_{12} modulo di resistenza per calcolare la τ_2 dovuta a M_1 .

At_{23} modulo di resistenza per calcolare la τ_3 dovuta a T_2 .

At_{33} modulo di resistenza per calcolare la τ_3 dovuta a T_3 .

W_{13} modulo di resistenza per calcolare la τ_3 dovuta a M_1 .

E poniamo, in ogni punto di verifica “i”:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_2}{I_2} x_{3i} - \frac{M_3}{I_3} x_{2i}$$

$$\tau_2 = \frac{T_2}{A_{22}} + \frac{T_3}{A_{32}} + \frac{M_1}{W_{12}}$$

$$\tau_3 = \frac{T_2}{A_{23}} + \frac{T_3}{A_{33}} + \frac{M_1}{W_{13}}$$

$$\tau = \sqrt{\tau_2^2 + \tau_3^2}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Se uno dei moduli A_{22} , A_{32} , W_{12} , A_{23} , A_{33} , W_{13} viene convenzionalmente posto eguale a zero la corrispondente tensione viene posta eguale a 0 (e non a infinito).

Classe 4

In questo caso occorre dapprima insegnare al programma quali siano i valori efficaci dell'area e dei moduli resistenti a flessione. Questi ultimi possono in generale assumere valori diversi a seconda che la flessione sia positiva o negativa. Inoltre occorre specificare le distanze con segno del baricentro della sezione efficace rispetto a quella lorda, in modo che i momento aggiuntivi siano rispettivamente:

$$\Delta M_2 = N \times D_{e2}$$

$$\Delta M_3 = N \times D_{e3}$$

E' da notare che i valori efficaci sono funzione della tensione di snervamento. Essi dovranno quindi essere associati ad una certa tensione di snervamento che dovrà corrispondere a quella dei profili effettivamente adottati nel modello da verificare.

In assenza di taglio e torsione le verifiche si scrivono in questo modo:

$$\frac{N}{A_{eff} f_y \gamma_{m0}} + \frac{M_2 + N e_2}{W_{2eff, min} f_y \gamma_{M0}} + \frac{M_3 + N e_3}{W_{3eff, min} f_y \gamma_{M0}} < 1$$

Il verificatore impiegherà il W_{eff} pertinente anche in funzione del segno del momento applicato complessivamente. Si noti che tutti gli addendi devono essere positivi, e quindi la norma sottointende un valore assoluto in essa mancante.

In presenza di taglio e torsione, la verifica viene eseguita in modo semplificato con la seguente formula:

$$\frac{N}{A_{eff} f_v \gamma_{m0}} + \frac{M_2 + Ne_2}{W_{2eff, \min} f_v \gamma_{M0}} + \frac{M_3 + Ne_3}{W_{3eff, \min} f_v \gamma_{M0}} < 1 - \rho_2 - \rho_3$$

Dove ρ_2 ed ρ_3 sono stati definiti precedentemente quando si è parlato delle verifiche di resistenza in classe 1 o 2.

Il file Ec3data.txt

Il file EC3DATA.TXT è costituito da un insieme di blocchi che delimitano ogni forma sezionale. Ogni blocco comincia con la scheda _EC3SHAPE e termina con la scheda _ENDSHAPE. Sono possibili commenti, individuati da righe inizianti con “\$” oppure posti in coda a una riga di dati a cominciare da un “;”.

Qui di seguito si dà un esempio di file EC3DATA.TXT, che sarà anche utile per commentare le varie schede.

[illegible]

```

$
$
$
$
$
$
$ _CLASSIFICATION23      epsN epsM2p epsM2m epsM3p epsM3m      $
$      Limiting values of eps=sqrt(235/fy) bounding      $
$      from class2 to class 3 behaviour      $
$      epsN : simple compression eps limiting value; $
$      epsM2p: positive bending M2 eps lim. value;      $
$      epsM2m: negative bending M2 eps lim. value;      $
$      epsM3p: positive bending M3 eps lim. value;      $
$      epsM3m: negative bending M3 eps lim. value;      $
$
$
$
$ _CLASSIFICATION34      epsN epsM2p epsM2m epsM3p epsM3m      $
$      Limiting values of eps=sqrt(235/fy) bounding      $
$      from class3 to class 4 behaviour      $
$      epsN : simple compression eps limiting value; $
$      epsM2p: positive bending M2 eps lim. value;      $
$      epsM2m: negative bending M2 eps lim. value;      $
$      epsM3p: positive bending M3 eps lim. value;      $
$      epsM3m: negative bending M3 eps lim. value;      $
$
$
$ _FIXEDCLASS      class      $
$      Section will be computed according to this      $
$      section classification, no matter limiting eps $
$      values. If class is 0 no forcing class will be $
$      defined (and eps values will be used)      $
$
$
$
$
$
$ _EFFECTIVE      fy Aeff W2effp W2effm W3effp W3effm De2 De3 $
$      fy: yield stress for this data      $
$      Aeff: effective area      $
$      W2effp: effective section modulus for M2 > 0      $
$      W2effm: effective section modulus for M2 < 0      $
$      W3effp: effective section modulus for M3 > 0      $
$      W3effm: effective section modulus for M3 < 0      $
$      De2: shift in neutral axis (axis 3 direction) $
$      De3: shift in neutral axis (axis 2 direction) $
$      material fy must match the fy described here $
$      more than one _EFFECTIVE card may be added, at $
$      different fy values.      $
$
$
$ _ELASTICPOINT      x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33 W13      $
$      used when section is in class 3      $
$      W2i = J2 / x3i      $
$      W3i = J3 / x2i      $
$      sigma = N/A + M2/W2i + M3/W3i      $
$      tau2 = T2/At22 + T3/At32 + M1/W12      $
$      tau3 = T2/At23 + T3/At33 + M1/W13      $
$      tau = sqrt(tau2^2 + tau3^2)      $
$      Von Mises = sqrt(sigma^2 + 3tau^2)      $
$      if a modulus is null, related stress is 0      $
$      all moduli have sign, generally      $
$
$ _SHEAR      av2 av3 w2plAv2 w2plAv3 w3plAv2 w3plAv3      $
$      shear plastic moduli (6.2.6)      $
$      T,2,pl,Rd= Av2*(fy / 1.732 / gammaM0) < T2,Ed $
$      T,3,pl,Rd= Av2*(fy / 1.732 / gammaM0) < T3,Ed $

```

[illegible]

```

_CLASSIFICATION34 0.994 0.336 0.336 0.994 0.994 ; epsN epsM2p epsM2m epsM3p epsM3m
_FIXEDCLASS 0 ; no matter classification class will always be this (if > 0)
$
$ effective properties
$
_EFFECTIVE 275. 11160. 1927940. 1927940. 214170. 214170. 0. 0. ; fy Aeff W2effp W2effm W3effp W3effm De2
De3
$
$ resistance checks
$
_ELASTICPOINT -100. -250. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 0. -250. 6400. 0. 55750. 0. 5100. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 100. -250. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 100. -234. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 20.1 -234. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 5.1 -213. 0. 0. 0. 0. 5100. 87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 5.1 0. 0. 0. 0. 0. 5100. 87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 5.1 213. 0. 0. 0. 0. 5100. 87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 20.1 234. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 100 234. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 100 250. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 0 250. 6400. 0. -55750. 0. 5100. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -100 250. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -100 234. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -20.1 234. 6400. 0. 55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -5.1 213. 0. 0. 0. 0. 5100. -87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -5.1 0. 0. 0. 0. 0. 5100. -87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT 0 0. 0. 0. 0. 0. 5100. -87450. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -5.1 -213. 0. 0. 0. 0. 5100. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -20.1 -234. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_ELASTICPOINT -100 -234. 6400. 0. -55750. 0. 0. 0. ; x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33
W13
_SHEAR 0.48172 0.51828 0.70589 0.47835 0.95272 0.11218 ; av2 av3 (6.2.6) w2plAv2 w2plAv3 w3plAv2 w3plAv3
_TORSION 37772. 1.25 ; W1pl a
_PLASTICNMDOMAIN 2 1.287 -1.287 0. 0.3518 2.9063 ; kind datum1 datum2 datum3 datum4 datum5
-3.2582 2. 0. 0. 1. ; datum6 datum7 datum8 datum9 datum10
0. 0. 0. 0. 5. ; datum11 datum12 datum13 datum14
datum15
0. 1. 0. 0. 1. ; datum16 datum17 datum18 datum19 datum20
$

```

```

$ stability checks
$
_BUCKLCURVE      0.21   0.34                               ; buckling curve alpha values
_LATERALTORSIONAL  2   54.46   0.49   1.1   1991673.   1.249e12   ; axis   i,f,z   alfa(curve) kfl   W
Iw
$
_OTHER           16.                               ; tmax
$
_ENDSHAPE
$-----

```

Di seguito la descrizione del formato delle varie schede.

_UNITS len for

len indica l'unità di lunghezza e può essere "mm", "cm", "m", "in" "ft" "yd"

for indica l'unità di forza e può essere "N", "daN", "kN", "kg", "t", "lb", "kip"

Tutti i dati successivi a questa scheda saranno interpretati usando queste unità di misura o le unità di misura derivate.

_EC3SHAPE name

Name nome del profilo (sono consentiti gli spazi). Il nome non può essere più lungo di 19 caratteri

Questa scheda apre il blocco di dati relativo ad un profilo

_ENDSHAPE

Questa scheda chiude il blocco di dati relativo a un profilo

_CLASSIFICATION23 epsN epsM2p epsM2m epsM3p epsM3m

epsN numero reale

epsM2p numero reale

epsM2m	numero reale
epsM3p	numero reale
epsM3m	numero reale

Questa scheda definisce i valori limite che la ε del materiale deve soddisfare per considerare il profilo in classe 2, sotto l'azione di: una compressione semplice (epsN); un momento M2 positivo (epsM2p); un momento M2 negativo (epsM2m); un momento M3 positivo (epsM3p); un momento M3 negativo (epsM3m). Ricordiamo qui la definizione di ε :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

dove f_y è la tensione di snervamento del materiale adottato in N/mm^2 . Se risulta ε minore dei valori di soglia indicati allora la classe associata al tipo di sollecitazione indicato è la 3, altrimenti la classe è assunta pari a 2.

_CLASSIFICATION34 epsN epsM2p epsM2m epsM3p epsM3m

epsN	numero reale
epsM2p	numero reale
epsM2m	numero reale
epsM3p	numero reale
epsM3m	numero reale

Questa scheda definisce i valori limite che la ε del materiale deve soddisfare per considerare il profilo in classe 3, sotto l'azione di: una compressione semplice (epsN); un momento M2 positivo (epsM2p); un momento M2 negativo (epsM2m); un momento M3 positivo (epsM3p); un momento M3 negativo (epsM3m). Ricordiamo qui la definizione di ε :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

dove f_y è la tensione di snervamento del materiale adottato in N/mm^2 . Se risulta ε minore dei valori di soglia indicati allora la classe associata al tipo di sollecitazione indicato è la 4, altrimenti la classe è assunta pari a 3.

_FIXEDCLASS class

class numero compreso tra 0 e 4.

Questa scheda forza il verificatore a classificare il profilo con una certa classe, indicata dal numero, indipendentemente dalle sollecitazioni applicate e/o dal materiale utilizzato. Se il numero è 0 tale opzione non risulta attivata.

_EFFECTIVE fy Aeff W2effp W2effm W3effp W3effm De2 De3

fy	tensione di snervamento da associare ai dati forniti nel seguito
Aeff	area efficace
W2effp	modulo di resistenza per flessioni attorno all'asse 2 momento positivo
W2effm	modulo di resistenza per flessioni attorno all'asse 2 momento negativo
W3effp	modulo di resistenza per flessioni attorno all'asse 3 momento positivo
W3effm	modulo di resistenza per flessioni attorno all'asse 3 momento negativo
De2	traslazione del baricentro sotto azione assiale di compressione $\Delta M_2 = N \times De2$
De3	traslazione del baricentro sotto azione assiale di compressione $\Delta M_3 = N \times De3$

Questa scheda definisce le caratteristiche efficaci ed è tipicamente da usare per le verifiche di sezioni in classe 4. Perché il programma possa verificare, la tensione di snervamento indicata deve effettivamente corrispondere a quella associata alla sezione indicata nel modello all'esame. Si noti che il programma usa una formula lievemente diversa da quella di normativa in quanto associa ciascun modulo efficace al segno della corrispondente azione flettente, tenendo quindi conto del fatto che il modulo efficace può mutare invertendo il segno della sollecitazione flettente.

_ELASTICPOINT x2i x3i At22 At32 W12 At23 At33 W13

X2i	coordinata x2 del punto i considerato
X3i	coordinata x3 del punto i considerato
At22	modulo resistente a taglio per taglio V_2 , direzione 2: $\tau_2 = V_2 / At22$
At32	modulo resistente a taglio per taglio V_3 , direzione 2: $\tau_2 = V_3 / At32$
W12	modulo resistente a torsione, direzione 2: $\tau_2 = M_1 / W12$
At23	modulo resistente a taglio per taglio V_2 , direzione 3: $\tau_3 = V_2 / At23$

At33 modulo resistente a taglio per taglio V_3 , direzione 3: $\tau_3 = V_3/At33$

W13 modulo resistente a torsione, direzione 3: $\tau_3 = M_1/W13$

Questi moduli di resistenza, in generale dotati di segno, vengono impiegati per le verifiche di resistenza di profili considerati in classe 3. Quando il modulo di resistenza è nullo è nulla anche la corrispondente tensione. Le verifiche di resistenza vengono condotte sommando tutte le τ in una direzione, le τ nell'altra direzione, calcolando la τ risultante ed infine applicando la formula di Von Mises.

SHEAR av2 av3 (6.2.6) w2plAv2 w2plAv3 w3plAv2 w3plAv3

av2 rapporto tra l'area resistente a taglio per taglio V_2 e l'area totale: $av2 = Av2/A$

av3 rapporto tra l'area resistente a taglio per taglio V_3 e l'area totale: $av3 = Av3/A$

w2plAv2 rapporto tra il modulo di resistenza plastico per flessioni attorno all'asse 2 dell'area resistente a taglio $Av2$ ed il modulo di resistenza plastico complessivo: $w2plAv2 = W_{2plAv2}/W_{pl2}$

w2plAv3 rapporto tra il modulo di resistenza plastico per flessioni attorno all'asse 2 dell'area resistente a taglio $Av3$ ed il modulo di resistenza plastico complessivo: $w2plAv3 = W_{2plAv3}/W_{pl2}$

w3plAv2 rapporto tra il modulo di resistenza plastico per flessioni attorno all'asse 3 dell'area resistente a taglio $Av2$ ed il modulo di resistenza plastico complessivo: $w3plAv2 = W_{3plAv2}/W_{pl3}$

w3plAv3 rapporto tra il modulo di resistenza plastico per flessioni attorno all'asse 3 dell'area resistente a taglio $Av3$ ed il modulo di resistenza plastico complessivo: $w3plAv3 = W_{3plAv3}/W_{pl3}$

Questi termini consentono di eseguire una verifica di resistenza in ambito plastico. Le aree resistenti a taglio si ottengono dai primi due numeri adimensionali, moltiplicandoli per l'area del profilo. I successivi termini possono essere posti, a favore di sicurezza, eguali ad 1. Verifiche più raffinate possono essere condotte assegnando a questi numeri il loro reale valore. In questo modo il depauperamento dovuto alla presenza del taglio non verrà associato alla intera sezione ma solo alla area di taglio associata al taglio considerato. Tale regola è coerente con quella prescritta in Eurocodice, che richiede di assumere una tensione di snervamento ridotta $(1-\rho)f_y$ per l'area di taglio.

_TORSION W1pl a

W1pl è il modulo di resistenza plastico a torsione

a è il numero reale che compare nella formula 6.26 di normativa con il valore 1,25.

Può essere posto eguale a 1 a favore di sicurezza

Questa scheda consente di eseguire le verifiche a torsione e di valutare (tramite a) il taglio ridotto a causa della presenza della torsione.

_PLASTICNMDOMAIN kind datum1 datum2 datum3 datum4 datum5 datum6 datum7 datum8 datum9 datum10 datum11 datum12 datum13 datum14 datum15 datum16 datum17 datum18 datum19 datum20

kind 1 dominio lineare, 2 dominio non lineare

datum1	A	parametro reale
datum2	B	parametro reale
datum3	C	parametro reale
datum4	D	parametro reale
datum5	E	parametro reale
datum6	F	parametro reale
datum7	G	parametro reale
datum8	H	parametro reale
datum9	I	parametro reale
datum10	L	parametro reale
datum11	M	parametro reale
datum12	N	parametro reale
datum13	O	parametro reale
datum14	P	parametro reale
datum15	Q	parametro reale
datum16	R	parametro reale

datum17	S	parametro reale
datum18	T	parametro reale
datum19	U	parametro reale
datum20	V	parametro reale

Se kind è eguale a 1 la verifica di resistenza viene condotta con un dominio limite semplificato lineare del tipo:

$$\frac{N}{N_{plRd}} + \frac{M_2}{M_{2plRd}} + \frac{M_3}{M_{3plRd}} \leq 1$$

Se invece kind è eguale a 2, allora la verifica è di questo tipo:

$$\left(\frac{M_2}{M_{N,2,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_3}{M_{N,3,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

$$n = N / N_{pl,Rd}$$

$$M_{N,2,Rd} = M_{pl,2,Rd} \times [A + Bn + Cn^2]$$

$$M_{N,3,Rd} = M_{pl,3,Rd} \times [D + En + Fn^2]$$

$$\alpha = \frac{G + Hn + In^2}{L + Mn + Nn^2} > 0$$

$$\beta = \frac{P + Qn + Rn^2}{S + Tn + Un^2} > V$$

Dove i parametri da A a V (in tutto 20) devono essere stabiliti dall'utente.

_BUCKLCURVE alpha2 alpha3

alpha2	parametro di imperfezione associato allo sbandamento per flessioni attorno all'asse 2
alpha3	parametro di imperfezione associato allo sbandamento per flessioni attorno all'asse 3

Questi parametri di imperfezione devono valere:

0,13	per la curva a0
0,21	per la curva a
0,34	per la curva b
0,49	per la curva c

0,76 per la curva d

Questa scheda determina le verifiche a stabilità (escluso lo svergolamento).

Il programma consente, tuttavia, anche di specificare valori diversi da questi, ove specifiche esigenze di verifica lo richiedano. Il parametro di imperfezione può essere definito mediante un valore intermedio tra quelli di due curve o maggiore di quello della curva d. Si sconsiglia di adoperare valori non normati se non si è ben certi di ciò che si sta facendo.

_LATERALTORSIONAL axis i,f,z alfaLT kfl W Iw

Axis	può valere 2 o 3: è l'asse di flessione che causa lo svergolamento
Ifz	è il raggio di inerzia della piattabanda compressa
alphaLT	è il fattore di imperfezione della curva di stabilità da adottare
kfl	è un coefficiente che mitiga la severità della verifica
W	è il modulo di resistenza da associare alla flessione per il calcolo della tensione di compressione nella piattabanda compressa
Iw	è la costante di ingobbamento

Nella verifica a svergolamento le sezioni utente utilizzano il metodo della piattabanda equivalente compressa (par. 6.3.2.4. della norma). Tutti i dati forniti in questa scheda servono a questa verifica ad eccezione della costante di ingobbamento che serve per valutare N_{crT} nella formula per C_{mLT} del metodo 1 (cfr. tabella A.1). E' possibile porre un valore 0 per la costante di ingobbamento.

_OTHER tmax

tmax	spessore massimo dei piatti costituenti il profilo
------	--

Questo dato consente se necessario di ridurre la tensione di snervamento del materiale (spessori maggiori di 40mm).

Esempio di aggiunta di una sezione al file: IPE500

IPE500

$h=500\text{mm}$

$b=200\text{mm}$

$t_w=10.2\text{mm}$

$t_f=16\text{mm}$

$r=21\text{mm}$

$A= 11552\text{mm}^2$

$J_2= 481985120\text{mm}^4$

$J_3= 21416800 \text{ mm}^4$

$W_{pl2}= 2194120 \text{ mm}^3$

$W_{pl3}= 335880 \text{ mm}^3$

Classificazione

Flangia

$$c/t_f = (200 - 10.2 - 21 - 21) \cdot 0.5 / 16 = 4.61$$

In compressione:

$$\epsilon_{psN_{23}} = (c/t_f) / 10 = 0.461$$

$$\epsilon_{psN_{34}} = (c/t_f) / 14 = 0.329$$

In flessione M2

$$\text{epsM}_{23} = (c/t_f)/10 = 0.461$$

$$\text{epsM}_{24} = (c/t_f)/14 = 0.329$$

In flessione M3

$$\text{epsM}_{323} = (c/t_f)/10 = 0.461$$

$$\text{epsM}_{334} = (c/t_f)/14 = 0.329$$

Anima

$$c/t_w = (500 - 32 - 42)/10.2 = 41,76$$

In compressione:

$$\text{epsN}_{23} = (c/t_w)/38 = 1.099$$

$$\text{epsN}_{34} = (c/t_w)/42 = 0.994$$

In flessione M2

$$\text{epsM}_{223} = (c/t_w)/83 = 0.503$$

$$\text{epsM}_{234} = (c/t_w)/124 = 0.336$$

In flessione M3

Indefinito

Pertanto concludo

$$\begin{aligned}\epsilon_{N_{23}} &= \max(0.461, 1.099) = 1.099 \\ \epsilon_{M_{23}} &= \max(0.461, 0.503) = 0.503 \\ \epsilon_{M_{33}} &= \max(0.461, -) = 0.461\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{N_{34}} &= \max(0.329, 0.994) = 0.994 \\ \epsilon_{M_{24}} &= \max(0.329, 0.336) = 0.336 \\ \epsilon_{M_{34}} &= \max(0.329, 0.994) = 0.994\end{aligned}$$

Pertanto

Se	$\epsilon > 1.099$	classe in compressione N	2 o 1
Se	$\epsilon > 0.503$	classe in flessione M ₂	2 o 1
Se	$\epsilon > 0.461$	classe in flessione M ₃	2 o 1

Se	$\epsilon > 0.994$	classe in compressione N	3
Se	$\epsilon > 0.336$	classe in flessione M ₂	3
Se	$\epsilon > 0.994$	classe in flessione M ₃	3

Se	$\epsilon < 0.994$	classe in compressione N	4
Se	$\epsilon < 0.336$	classe in flessione M ₂	4
Se	$\epsilon < 0.994$	classe in flessione M ₃	4

Caratteristiche efficaci (S275)

$$\square = \epsilon = \sqrt{235/275} = 0.924$$

Classe in compressione:	4	De2	=	De3	=	0
Classe per M2:	1					
Classe per M3:	4					

Sotto azione assiale e momento M3 l'anima si parzializza nel tratto centrale per una lunghezza pari a b_{neff} mm. Sotto M2 il profilo resta interamente reagente. Quindi sotto M2 i W efficaci coincidono con quelli elastici. La variazione di W sotto M3 è trascurabile (perché la parzializzazione riguarda l'anima). Resta pertanto da calcolare l'area efficace per sottrazione. Non vi è spostamento di baricentro in questo caso.

$$k_{\sigma}=4$$

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{b_p}{t}}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{\frac{500 - 32 - 42}{10,2}}{28,4 \times 0,924 \times 2} = 0,79577$$

$$\rho = \frac{\lambda_p - 0,22}{\lambda_p^2} = 0,9092$$

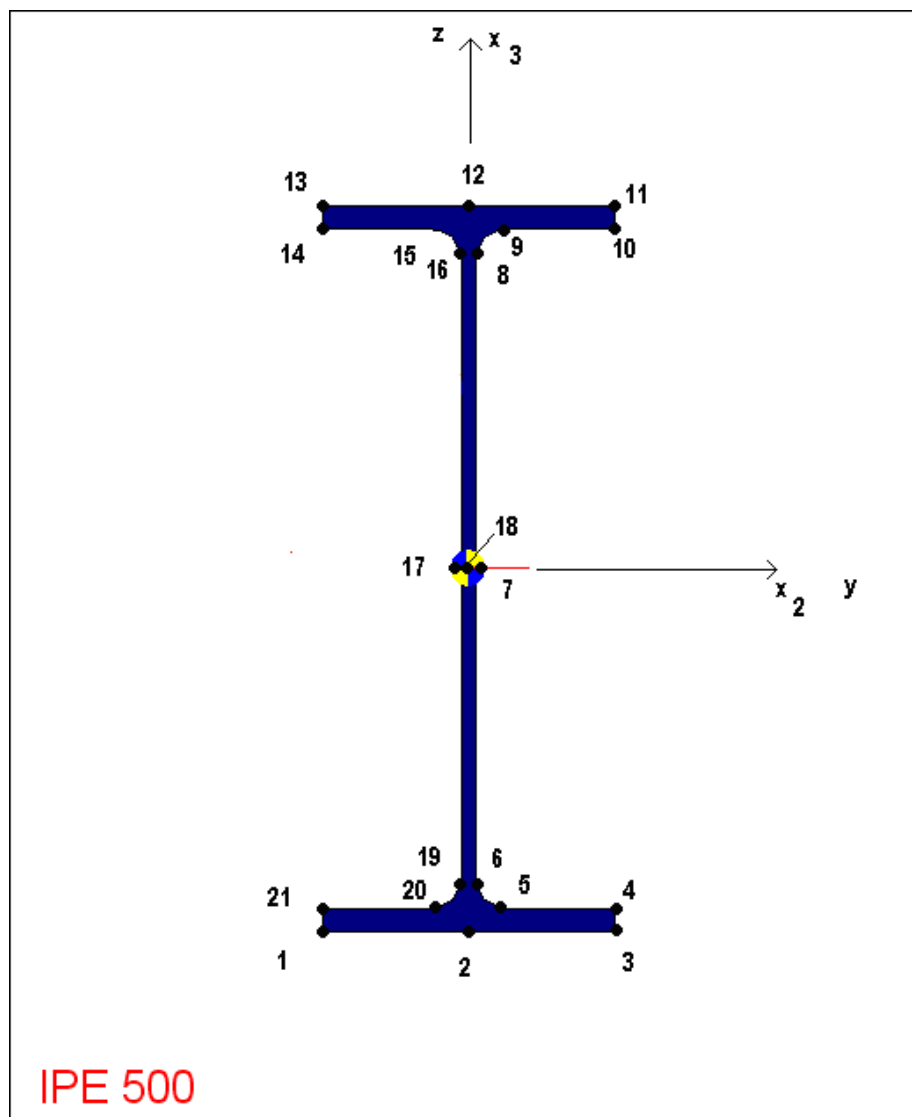
$$h_{\text{neff}} = (1 - 0,9092) 426 = 38,68$$

$$A_{\text{eff}} = A - t_w h_{\text{neff}} = 11552 - 10,2 \times 38,68 = 11157 \text{ mm}^2.$$

$$W_{2\text{effp}} = W_{2\text{effm}} = W_2 = 1\,927\,940 \text{ mm}^3.$$

$$W_{3\text{effp}} = W_{3\text{effm}} = W_3 = 214\,170 \text{ mm}^3.$$

Punti elastici



Il calcolo dei moduli di resistenza viene eseguito in 21 punti come da immagine allegata.

Per quanto riguarda la flessione il programma chiede le coordinate rispetto al sistema di riferimento principale tenendo presente che x_2 è misurata lungo l'asse 2 (e quindi corrisponde alla y dei disegni in Eurocodice 3) mentre x_3 è misurata lungo l'asse 3 e quindi corrisponde alla z dei disegni dell'Eurocodice 3.

Per il taglio si invoca una redistribuzione (cosa consentita) e quindi si assume una σ diretta come l'asse 2 e costante sulle ali, diretta come l'asse 3 e costante nell'anima. Il modulo di resistenza è dato dalla somma delle aree delle ali e dall'area dell'anima (con l'altezza totale).

Per la torsione si ipotizza una distribuzione lineare nello spessore con valore nullo nel punto medio dello stesso spessore. Il modulo di resistenza di un piatto di spessore t si ottiene da J/t , e quindi per l'anima $892900/10.2=87450\text{mm}^3$, mentre per le ali

892000/16=55750mm³.

I segni dipendono dal corrispondente segno della tensione nel sistema di riferimento principale. Sono positive le trazioni e le tensioni tangenziali nel verso positivo degli assi.

In definitiva la tabella dei numeri da introdurre è la seguente (tutti i dati in mm, mm² o mm³):

Punto	X2i	X3i	At22	At32	W12	At23	At33	W13
1	-100	-250	6400	0	55750	0	0	0
2	0	-250	6400	0	55750	0	5100	0
3	100	-250	6400	0	55750	0	0	0
4	100	-234	6400	0	-55750	0	0	0
5	20.1	-234	6400	0	-55750	0	0	0
6	5.1	-213	0	0	0	0	5100	87450
7	5.1	0	0	0	0	0	5100	87450
8	5.1	213	0	0	0	0	5100	87450
9	20.1	234	6400	0	55750	0	0	0
10	100	234	6400	0	55750	0	0	0
11	100	250	6400	0	-55750	0	0	0
12	0	250	6400	0	-55750	0	5100	0
13	-100	250	6400	0	-55750	0	0	0
14	-100	234	6400	0	55750	0	0	0
15	-20.1	234	6400	0	55750	0	0	0
16	-5.1	213	0	0	0	0	5100	-87450
17	-5.1	0	0	0	0	0	5100	-87450
18	0	0	0	0	0	0	5100	-87450
19	-5.1	-213	0	0	0	0	5100	0
20	-20.1	-234	6400	0	-55750	0	0	0
21	-100	-234	6400	0	-55750	0	0	0

Aree di taglio (per il calcolo plastico)

Per questo profilo in accordo all'Eurocodice 3 si ha:

$$A_{v3}=11552 - 2 \cdot 200 \cdot 16 + (10,2 + 2 \cdot 21) \cdot 16 = 5987,2 \text{ mm}^2.$$

Per quanto riguarda l'area per taglio parallelo alle ali, in mancanza di specifiche:

$$A_{v2}=11552 - 5987,2 = 5564,8 \text{ mm}^2.$$

Da cui

$$a_{v2}= 5564,8/11552=0,48172$$

$$a_{v3}=0,51828$$

Il calcolo dei w viene eseguito ipotizzando che A_{v2} coincida con le ali ed A_{v3} coincida con la quantità definita dalla norma come $(A-2b_{tr}+(t_w+2r)t_f)$ ovvero la sezione totale depurata dei quattro monconi d'ala di area $(0,5b-0,5t_w-r)t_f$.

$$w_{2,pl,A_{v2}}= 2 \cdot 200 \cdot 16 \cdot (250-8)/2194120=0,70589$$

$$w_{2,pl,A_{v3}}= [2194120-2 \cdot 16 \cdot (200-2 \cdot 21-10,2) \cdot (250-8)]/2194120=0,47835$$

$$w_{3,pl,A_{v2}}= 2 \cdot 200 \cdot 16 \cdot (200/4)/335880=0,95272$$

$$w_{3,pl,A_{v3}}= [335880-4 \cdot 16 \cdot (100-5,1-21) \cdot (50+2,55+10,5)]/335880=0,11218$$

Si noti come tali valori risultino, anche talvolta significativamente, minori di 1.

Torsione (per il calcolo plastico)

Il momento resistente plastico può essere ottenuto da:

$$M_{1pl} = 2 \times 200 \times 16 \times [f_y / \sqrt{3}] \times 16/4 + (500 - 16 \times 2) \times 10,2 \times [f_y / \sqrt{3}] \times 10,2/4 = 37772 [f_y / \sqrt{3}]$$

E quindi

$$W_{1pl} = 37772 \text{ mm}^3$$

Dominio plastico

Calcolo dei momenti ridotti

Il modello è

$$M_{N,i,Rd} = M_{pl,i,Rd} \times [A + Bn + Cn^2]$$

Dove per definizione

$$n = N / N_{pl,Rd}$$

Nel caso dei profili IPE si sposa la formula di normativa ponendo:

per i=y=asse2:

$$(1-n)/(1-0,5a) = [A + Bn + Cn^2]$$

Essendo

$$a = (A - 2bt_f)/A = (11552 - 2 \times 200 \times 16) / 11552 = 0.446$$

E quindi

$$A = 1 / (1 - 0,5a) = 1,287$$

$$B = -1 / (1 - 0,5a) = -1,287$$

$$C = 0$$

Per i=z=asse 3

$$1 - [(n-a)/(1-a)]^2 = [D + En + Fn^2]$$

E con un pò di conti si vede che deve essere

$$D = (1-2a)/(1-a)^2 = 0,3518$$

$$E = 2a/(1-a)^2 = 2,9063$$

$$F = -1/(1-a)^2 = -3,2582$$

Determinazione di α e β

Il modello prevede (6.41):

$$\alpha = \frac{G + Hn + In^2}{L + Mn + Nn^2} > 0$$

$$\beta = \frac{P + Qn + Rn^2}{S + Tn + Un^2} > V$$

Nel caso di una ipe 500 deve essere

$$\alpha = 2$$

$$\beta = 5n > 1$$

E quindi:

G=2

H=0

I=0

L=1

M=0

N=0

O=0

P=0

Q=5

R=0

S=1

T=0

U=0

V=1

Curve di stabilità

Curva per asse 2: a $\alpha=0.21$

Curva per asse 3: b $\alpha=0.34$

Comportamento a svergolamento

Si assume il raggio di inerzia della piattabanda compressa.

$$h_1 = 500 - 16x_2 - 21x_2 = 426$$

$$I_f = 0,5 \cdot [I_3 - (1/12)(10,2^3 \cdot 426)] = 0,5 \cdot [I_3 - 37672,9] = 0,5 \cdot [21416800 - 37672,9] = 10\,689\,563 \text{ mm}^4.$$

$$A_f = 0,5 \cdot (11552 - 426 \cdot 10,2) = 3603,4$$

$$i_f = \sqrt{10\,689\,563 / 3603,4} = 54,46 \text{ mm}$$

Come curva di stabilità si adotta la curva c e quindi $\alpha_{LT} = 0.49$

Il coefficiente riduttivo k_{fl} (6.3.2.4.(2)) viene posto eguale a 1,1.

Il modulo di resistenza della flangia si ottiene moltiplicando il modulo di resistenza della sezione per il rapporto tra la semialtezza ed il braccio ridotto:

$$W = 1927940 \cdot 250 / (250 - 8) = 1991673$$

La costante di ingobbamento è pari a:

$$I_w = 1,249 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

Il tracciamento dei calcoli

Data la complessità dei calcoli da eseguire e le differenti possibili strategie di calcolo possibili, il verificatore è stato dotato di una importante funzionalità che consente di “tracciare” i calcoli svolti, ottenendo un file nel quale non solo gli indici di sfruttamento ma anche tutti i risultati intermedi siano disponibili. La funzionalità va intesa come uno strumento aggiuntivo da impiegare in casi particolari. In alternativa è possibile, a prezzo di tabulati anche molto estesi e di tempi di calcolo sensibilmente superiori, produrre il tabulato come ulteriore documentazione del lavoro.

Il tracciamento produce un file con nome “modello.eur.txt” che usa imprescindibilmente i N ed i mm come unità di misura (nonché le unità derivate).

L'uso di checksolvers

Il programma checksolvers è stato ampliato per consentire di eseguire controlli di elaborazione anche sul verificatore in accordo all'Eurocodice 3. Le nuove schede sono:

_TRESCOM TNUM CASE KIND TARGET
_TSTACOM TNUM CASE KIND TARGET
_BRESKOM BNUM CASE KIND TARGET
_BSTACOM BNUM CASE KIND TARGET

In cui CASE è il numero della combinazione, BNUM e TNUM sono il numero di elemento, KIND è il tipo di controllo (generalmente "CROSS") e TARGET è il numero obiettivo. La scheda TRESCOM va a leggere il valore del massimo indice di sfruttamento a resistenza per elementi truss nella combinazione considerata; la scheda BRESKOM fa lo stesso ma per elementi beam. La scheda BSTACOM va a controllare l'indice di sfruttamento a stabilità per elementi beam. La scheda TSTACOM lo fa per elementi truss.

Tale funzionalità è molto importante poiché consente, ad ogni versione, di eseguire delle verifiche sulla bontà della elaborazione su un certo gruppo di casi test che siano stati messi a punto. Anche ciascun utente può, a sua discrezione, mettere a punto casi di prova.

Castalia srl ha messo a punto circa 100 casi test sul verificatore in accordo ad Eurocodice 3. Tali casi test sono consegnati insieme con il programma. La determinazione dei valori obiettivo è stata fatta con un lungo e attento lavoro che è confluito nelle schede di validazione.

Le schede di validazione

Il lavoro di sviluppo e di attento studio della normativa ha portato, tra l'altro, alla creazione di ben 100 schede di validazione, ovvero alla analisi di 100 diverse situazioni di progetto e verifica relative sia alla resistenza che alla stabilità. Tale lavoro rappresenta un risultato di primissima importanza poiché costituisce una messe considerevole di dati a disposizione sia degli utenti che di un pubblico più ampio (ad esempio i Clienti degli utilizzatori del programma). Ad oggi non risulta siano disponibili schede di questo tipo relative alla norma EN 1993, per lo meno in Italia.

Ben consapevoli della importanza della messa a punto di un simile insieme di test (i quali tra

l'altro hanno consentito di approfondire notevolmente il testo della norma, nonché di coglierne numerosi limiti) si è deciso di far afferire queste 100 schede di validazione all'interno di una vera e propria pubblicazione ([2]). Per questo motivo, sino alla pubblicazione di dette schede all'interno di tale pubblicazione, queste schede di validazione non sono inserite nella documentazione del programma: esse saranno rese disponibili all'interno della documentazione del programma una volta che siano state ufficialmente pubblicate.

Al momento le schede disponibili sono 100, delle quali 50 si riferiscono a verifiche di resistenza e 50 a verifiche a stabilità. Sono indagati sia il metodo 1 che il metodo 2 con una vasta gamma di profili. Ogni scheda presenta i dati di partenza, alcuni dei più importanti dati intermedi e gli indici di sfruttamento finali, così come sono stati calcolati a mano o mediante fogli Excel. Questi risultati sono poi comparati, con pieno successo, con quelli forniti dal programma. Non appena la paternità del lavoro non potrà più essere oggetto di discussione, e quindi dopo la pubblicazione formale, le schede saranno anche posizionate nel sito internet di Castalia.

Bibliografia

- [1] Rugarli P. “La classificazione delle sezioni. Commento ad Eurocodice 3”, EPC LIBRI, 2007
- [2] Rugarli P. “Software di calcolo di travi in accordo ad EN1993-1-1”, EPC LIBRI, 2008 (*in stesura*)
- [3] Rugarli P. “Commento generale ad Eurocodice 3”, EPC LIBRI, 2008 (*in stesura*)
- [4] ECCS “Rules for Member Stability in EN 1993-1-1, background documentations and design guidelines”, N°119, 2006
- [5] Rondal J., Wurker K.G., Dutta D. “Structural stability of hollow sections”, Verlag TUV Rheinland, 1992
- [6] M.A. Serna, A.Lopez et al. “Equivalent uniform moment factors for lateral-torsional buckling of steel members”, *Journal of Constructional Steel Research*, 62, 566-580, 2006

87. Creazione delle verifiche utente per Eurocodice 3

Tale funzionalità, descritta nella documentazione, amplia considerevolmente il raggio di azione del programma e consente a qualsiasi utente di svolgere verifiche in modo piuttosto libero e su situazioni di progetto anche molto ingarbugliate. Qualsiasi sezione può essere verificata pur di istruire il verificatore a farlo, ovvero pur di fornire al verificatore un certo numero di parametri numerici descrittivi il profilo.

88. Creazione della opzione di tracciamento per Eurocodice 3

Questa funzionalità consente di tracciare passo passo il lavoro di calcolo svolto dal programma, mettendo quindi in evidenza ogni passaggio al fine di consentire un più stretto e proficuo controllo di elaborazione. Eventuali malfunzionamenti potranno essere più facilmente scovati.

89. Creazione di 100 schede di validazione del verificatore per Eurocodice 3 (non ancora pubbliche perché in corso di pubblicazione)

Si tratta di un lavoro molto pesante e molto significativo: non si ha notizia di simili schede pubblicate né in Italia né all'estero. La creazione delle schede ha un duplice scopo: da un lato verificare il lavoro di calcolo svolto dal verificatore, dall'altro creare un vasto insieme di calcoli che fungano da riferimento per discussioni, ampliamenti, migliorie, eccetera. Si tratta di un lavoro di prim'ordine ad oggi ancora non eseguito – in questa quantità e con questa sistematicità – da nessuno. Castalia srl è lieta di pubblicare queste schede e di metterle a disposizione di un più ampio pubblico.

90. Ampliamento di checksolvers per includere il check sul verificatore secondo Eurocodice 3

Questo ampliamento consente di monitorare il lavoro del verificatore in modo automatico, eseguendo in modo standardizzato controlli di bontà di esecuzione su un significativo insieme di modelli. Ulteriori modelli potranno essere messi a punto dai Clienti stessi. Ora checksolvers.exe (un tassello indispensabile della politica di validazione di Sargon) esegue in automatico anche i controlli su Ec3.

91. Migliorie nel comando intersezione

Il comando di intersezione automatica tra elementi monodimensionali conserva ora i carichi applicati, in modo che dopo la intersezione i carichi si trovino là dove si trovavano prima della intersezione. E' un ampliamento importante che evita di dover riassegnare i carichi dopo aver usato questo comando (pensato originariamente per funzionare nella fase preliminare di meshing, prima della attribuzione dei carichi).

92. Migliorie ai comandi intersezione, divisione e splitting di elementi monodimensionali con riguardo ai superelementi

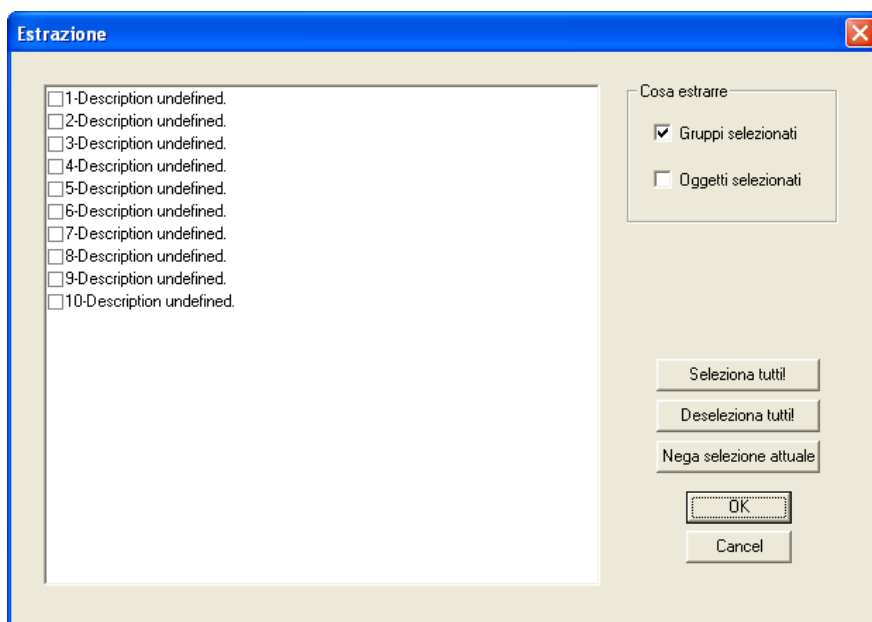
Se un elemento appartenente ad un superelemento viene diviso da un comando di divisione, splitting o intersezione, il superelemento in questione viene cancellato. Si tratta di una nuova funzionalità in quanto prima l'esecuzione di queste operazioni andava fatta in assenza di superelementi, a pena un possibile mis match nella definizione dei superelementi stessi.

93. Ampliato il raggio di azione dei filtri di selezione (solidi, superelementi)

I filtri di selezione sono stati ampliati per funzionare anche con superelementi e solidi. E' quindi possibile usare un filtro di gruppo o di lunghezza su un superelemento, o un filtro di numero di materiale su un elemento solido. Tale funzionalità migliora in specie la possibilità di selezionare superelementi, soprattutto nei casi in cui siano definiti superelementi sovrapposti.

94. Migliorata la lista dei gruppi e la loro selezione/deselezione

I dialoghi che listano i gruppi presenti nel modello includono ora in modo automatico il numero di gruppo. I nomi di default dei gruppi non hanno più quindi bisogno di includere la numerazione, né si corre il rischio di dover “contare” i gruppi per conoscere il numero di un gruppo a cui si è interessati.



Inoltre il dialogo che consente di selezionare o deselezionare i gruppi in fase di estrazione è stato modificato mediante l’aggiunta di tre bottoni:

Seleziona tutti

Deseleziona tutti

Nega selezione attuale.

Quest’ultimo bottone cambia lo stato di tutti i gruppi da selezionato a non selezionato e viceversa.

95. Aggiunto il comando Modifica-Sezione

Talvolta capita di voler modificare le quote di un profilo e di non voler fare questa operazione passando da Samba. Fino alla versione 8.30 ciò era indispensabile rendendo il lavoro un po’

macchinoso. Dalla versione 8.40 è stato aggiunto il comando Edit-Proprietà-Modifica Sezione, che, una volta scelta la sezione *nella lista di quelle presenti nel modello*, consente di modificarne le quote senza passare da Samba.

Va chiarito molto bene quanto segue:

1. l'operazione ha effetto unicamente sulle sezioni definite nel modello ma NON sulle sezioni definite nell'archivio generale **sargon.sma**.
2. non vi sono (né potrebbero esservi nei casi generali) controlli sul fatto che vengano modificate le quote (e quindi i dati di calcolo come W eccetera) di profili standardizzati. Si raccomanda di NON eseguire modifiche ai profili standardizzati se non modificandone il nome onde non sorgano, né possano sorgere, possibili *qui pro quo*.

96. Correzione di piccoli malfunzionamenti

Sono stati corretti i seguenti piccoli malfunzionamenti:

1. Alla richiesta di interrompere i comandi in esecuzione, nel caso di lancio delle verifiche, non faceva seguito l'interruzione richiesta.
2. Alla richiesta di aprire il tabulato in modo automatico al termine della sua creazione veniva aperto un tabulato parziale, privo della coda relativa alle verifiche.
3. E' stato migliorato il check sul warping degli elementi piani rendendo CLEVER coerente con l'interfaccia (Sargon).

97. Ulteriori aggiunte e modifiche

La versione 8.40 include anche alcune ulteriori aggiunte e modifiche, che qui verranno elencate:

- Il numero di livelli di undo è stato portato da 5 a 10.

- Il numero di default di sezioni per i diagrammi e per le verifiche è stato portato a 13. Ciò anche per coerenza con i requisiti del metodo di Serna.
- Ora è possibile vedere a schermo i coefficienti (o gli indici) di sfruttamento per sola resistenza o per sola stabilità relativi alle verifiche secondo EN 1993 1-1 (Eurocodice 3).

98. RICHIESTA AI CLIENTI

Stiamo radunando modelli 3D realistici per potenziare l'area di validazione relativa ai raffronti tra Sargon e Nastran © . Chi vuole mandare i propri modelli con una breve scheda di descrizione, troverà in seguito questi pubblicati in Internet nel sito di Castalia con il nome della società o del professionista che ha preparato il modello.



Lista modifiche: dalla 8.40 alla 8.50

NTC SISMA

Classe d'uso

- ☐ Classe d'uso I - presenza occasionale di persone
- ☒ Classe d'uso II - normali affollamenti
- ☐ Classe d'uso III - affollamenti significativi
- ☐ Classe d'uso IV - edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti

Vita Nominale

50 Anni

10 opere provvisorie; 50 opere ordinarie; 100 grandi opere

Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR

0.1 Probabilità

SLO SLD SLV SLC

Posizione del sito

41.9 Latitudine (ad esempio: 45.325) **Aggiorna!**

12.416666 Longitudine (ad esempio: 11.896) **Lista località...**

Risultati

50 Periodo di riferimento

474.56107 Periodo di ritorno (anni)

0.1012092 Ag (in unità g) **Crea listato...**

2.6551756 Fo

0.3111098 Tc*

Livello di zoom (lato della finestra compreso tra 0 e 100 Km)

Stampa... Copia

OK Annulla

interfaccia di NTC SISMA



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

INTRODUZIONE	295
AGGIUNTA DI NUOVI PROFILI ALL'ARCHIVIO E CORREZIONE DI ERRORI CONTENUTI NELLO STESSO	295
MIGLIORAMENTO DELLE VERIFICHE IN ACCORDO A EUROCODICE 3, PUBBLICAZIONE TESTO SU EC3	296
AGGIUNTA DEL MODULO NTCSISMA	297
ADEGUAMENTO DEL PROGRAMMA AGLI SPETTRI DELLE NTC 2008 E DELLE ASCE 2005, AMPLIAMENTO SPETTRI EC8	310
DOCUMENTO WHODOESWHAT_FOR_SARGON.PDF	312
FOREWORD	315
WHAT THE PROGRAM DOES	315
Design lines	315
General info	316
Short reference main program (GUI)	316
Short reference: solvers	317
Short reference: checkers	317
WHAT THE USER SHOULD DO	318
VALIDATION	319
Solvers	320
Checkers.....	320

Thirdy party managing	321
RIMOZIONE DI MALFUNZIONAMENTI MINORI.....	321
AGGIUNTA DELL'ARTICOLO "ZONE GRIGLIE O STANZE"	322
RISISTEMAZIONE DEL SITO.....	322

99. Introduzione

La versione 8.50 presenta alcune importanti aggiunte e migliorie rispetto alla precedente versione 8.40.

Queste migliorie possono così essere sintetizzate:

1. Aggiunta di nuovi profili all'archivio e correzione di errori contenuti nello stesso
2. Miglioramento delle verifiche in accordo ad Eurocodice 3 EN 1993-1-1 e riaggiornamento schede di validazione; pubblicazione testo EC3
3. Aggiunta del modulo NTCSISMA (calcolo parametri sismici)
4. Adeguamento del programma agli spettri delle NTC 2008 e delle ASCE 2005
5. Creazione del documento WHODOESWHAT_FOR_SARGON.DOC
6. Rimozione di malfunzionamenti minori
7. Aggiunta dell'articolo "Zone Griglie o... Stanze" alla sezione articoli.
8. Risistemazione del sito

100. Aggiunta di nuovi profili all'archivio e correzione di errori contenuti nello stesso

L'archivio dei profili (sargon.sma) è stato sottoposto a vaste operazioni di manutenzione che hanno portato alla aggiunta di circa 2000 nuovi profili (giapponesi ed americani), alla gestione dei profili di tipo giapponese, ed alla scoperta di dati sezionali errati che sono stati corretti.

Le correzioni assumono rilevanza particolare nel caso dei profili tubolari che non siano stati aggiunti manualmente (questi ultimi erano e sono calcolati correttamente), ma che fossero presenti in libreria. In questo caso si sono trovati valori errati per i W plastici (non per quelli elastici). Pertanto se sono state fatte analisi *solo mediante verificatori agli stati limite che usino i W plastici* (Eurocodice, British Standard) e *su elementi tubolari non generati ex novo dando spessore e*

diametro, ma selezionati tra quelli esistenti, è possibile che i W plastici dei dati di libreria fossero affetti da un errore purtroppo tipicamente non a favore di sicurezza (W plastici sovrastimati). In questi casi raccomandiamo gli utenti di rieseguire le verifiche.

Ulteriori piccole correzioni hanno riguardato il calcolo del W plastico di profili ad I (circa 5% di variazione), del momento di inerzia torsionale di profili ad I, del momento di inerzia di profili a T con anima e ali rastremate (TSM, sono cinque profili in tutto).

Relativamente ai profili UPN accoppiati è stato trovato che il W_{pl2} era stato posto eguale al W_{el2} , mentre il W_{pl3} era calcolato correttamente.

101. Miglioramento delle verifiche in accordo a Eurocodice 3, pubblicazione testo su Ec3

Ulteriori approfondimenti legati alla uscita del volume di introduzione all'Eurocodice 3 hanno portato a migliorie nel verificatore in accordo alle EN 1993-1-1. In particolare il Momento M_s nel calcolo a presso flessione in accordo al Metodo 2 è stato ridefinito come momento in mezzzeria (e non più come momento massimo). Ciò in accordo a una importante conferma ottenuta dalla Università di Graz.

Per il calcolo della freccia δ in accordo al metodo 1 il programma integra numericamente, portando in generale ad una sottostima della freccia. Il precedente fattore empirico di amplificazione dell'integrale numerico è stato raffinato per tener meglio conto del numero di sezioni di campionatura dei diagrammi.

Gli utenti del verificatore secondo EN 1993-1-1 potranno trovare nella seguente pubblicazione molti importanti osservazioni sulla norma



Tale pubblicazione è anche la sede nella quale vengono ufficialmente pubblicate le 100 schede di validazione relative al verificatore in accordo a EN 1993-1-1 che costituiscono un importante riferimento bibliografico per la validazione dello stesso Sargon: di fatto le 100 schede di validazione sono state messe a punto proprio usando Sargon ed il suo (nuovo) verificatore in accordo a EN 1993-1-1.

102. Aggiunta del modulo NTCSISMA

La emissione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14-1-2008 ha comportato la necessità di un nuovo adeguamento dei programmi di calcolo alle richieste della normativa. In questo caso il problema è parso abbastanza complesso a causa della necessità di individuare il sito di interesse per mezzo delle sue coordinate geografiche, e della necessità di individuare una opportuna maglia elementare all'interno di un vasto reticolo di riferimento relativo all'intero territorio nazionale.



Castalia srl ha sviluppato un programma a sé stante capace di risolvere il problema completamente, ed ha diffuso tale software in una apposita pubblicazione, curata dall'ing. Paolo Rugarli, e relativa alle Norme Tecniche per le Costruzioni (Norme Tecniche per le Costruzioni, a cura di Ing. Paolo Rugarli, EPC LIBRI, 2008).

L'applicazione è denominata NTCSISMA ed è parte integrante di Sargon a partire dalla versione 8.50.

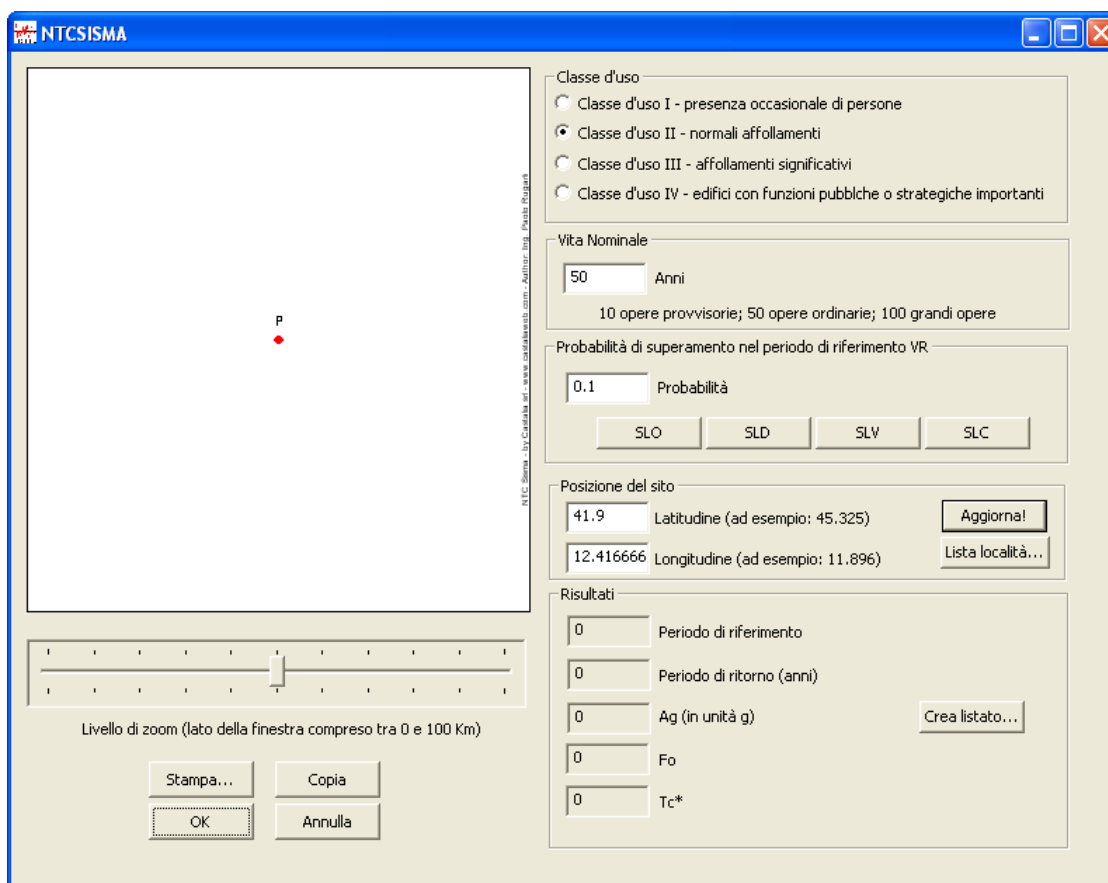
La novità ha comportato un esteso e complesso lavoro di approfondimento dal quale è anche scaturita una serie di lavori di sostanziale critica all'operato dei Normatori. Tali lavori sono stati ripresi o sono in procinto di essere ripresi da varie fonti qualificate per la diffusione su tutto il territorio ed a tutti gli ingegneri italiani (Ingegneria Sismica, Regione Emilia Romagna, Edilportale, ecc.).

L'uso di NTCSISMA ha consentito di meglio comprendere le nuove normative portando a concludere che si tratta dell'ennesima operazione affrettata ed avventata uscita dall'Amministrazione: la pretesa precisione fornita dagli algoritmi di normativa è totalmente destituita di ogni fondamento, gli algoritmi non sono stabili né accettabili in quanto producono discontinuità di prima specie, ecc. ecc.. Si veda a tale riguardo quanto meglio spiegato nell'articolo *Zone Griglie o... Stanze*, anch'esso entrato a far parte della documentazione del programma.

Si fa presente che il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, a partire dalla fine di febbraio, ha diffuso un foglio EXCEL denominato Spettri-NTC che, nella sua versione 1.01 diffusa fino al 18-3-2008 presentava risultati affetti da un grave errore (distanza come somma dei quadrati e non come radice quadrata della somma dei quadrati). Pertanto ogni raffronto di quanto calcolato da NTCSISMA con tale versione del foglio ministeriale è da considerarsi non significativo. Il nuovo

foglio ministeriale, 1.02, presenta i medesimi risultati di NTCSISMA. Precisiamo inoltre, a onore del vero, che la segnalazione circa il probabile errore nel foglio ministeriale era stata da noi inviata allo stesso Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 4-3-2008.

Il programma NTCSISMA.EXE si trova nella cartella di installazione di Sargon e viene eseguito facendovi doppio click con il mouse sopra.



Interfaccia di NTCSISMA

Appena eseguito il programma questo si presenta con la interfaccia della figura precedente. Scopo del programma è fornire i risultati elencati nel riquadro **Risultati**, vale a dire:

- Il periodo di riferimento della costruzione (in anni).
- Il periodo di ritorno dell'evento sismico (in anni).
- La accelerazione di riferimento del terreno (a_g , in unità g).
- Il fattore di amplificazione spettrale massima (F_o , numero puro).
- Il periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante (T_c^* , secondi).

I dati di ingresso da fornire al programma sono:

- La classe d'uso della costruzione (par. 2.4.2.).
- La vita nominale della costruzione (par. 2.4.1.).
- La probabilità di superamento nel periodo di riferimento, in pratica la probabilità che nel corso della vita di riferimento avvenga un sisma. La severità del sisma aumenta al diminuire della *probabilità di superamento*. In pratica la norma fornisce i valori delle probabilità di superamento alla tabella 3.2.I, per ogni possibile stato limite. La pressione dei bottoni contrassegnanti un certo stato limite (SLO, SLD, SLV, SLC) comporta l'automatico aggiornamento della probabilità. Questa può tuttavia anche essere specificata liberamente (con un numero compreso tra 0,00001 e 1).
- La latitudine e la longitudine del sito ove è collocata la costruzione. Queste vanno date in gradi utilizzando la notazione decimale (un numero seguito *da un punto* e da una serie di cifre decimali, ad esempio 44.23487). Nello specificare la latitudine e la longitudine può essere di grande aiuto premere il tasto **Lista località**, in modo da poter scegliere la località di interesse da una lista di 33600 nomi. Se si digitano manualmente tali coordinate, premendo il tasto **Aggiorna** si ha un immediato ricalcolo coi dati appena introdotti.

Il programma calcola come prima cosa il periodo di riferimento mediante la formula (par. 2.4.3.):

$$V_R = V_N C_U$$

Essendo C_U il coefficiente d'uso, definito in funzione della classe d'uso (cfr. Tab. 2.4.II). Poi viene calcolato il periodo di ritorno T_R mediante la formula seguente (allegato A):

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

essendo P_{VR} la probabilità di superamento. Se tale periodo di ritorno rientra tra quelli tabellati nell'allegato B (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101, 140, 201, 475, 975, 2475) non è necessaria una interpolazione nel dominio del tempo, altrimenti sì, impiegando la formula 2 dell'allegato A:

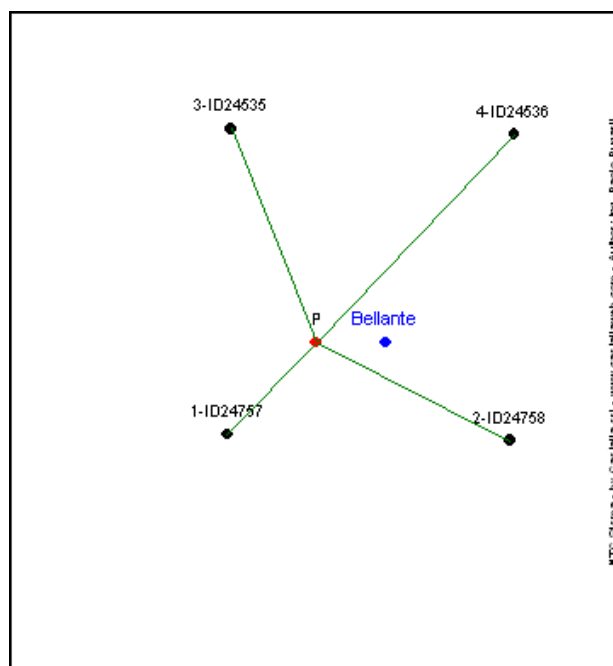
$$\log(p) = \log(p_1) + \frac{\log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right)}{\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)}$$

In tale formula p è la grandezza da calcolare, p_1 e p_2 sono le grandezze note ai due periodi di ritorno T_{R1} e T_{R2} , mentre T_R è il periodo di ritorno relativo alla grandezza p (compreso tra T_{R1} e T_{R2}). La formula si applica a a_g , F_o e T_c^* .

Se il periodo di ritorno è inferiore a 30 anni il programma lo pone comunque eguale a 30 anni. Se il periodo di ritorno è superiore a 2475 anni il programma lo pone comunque eguale a 2475 anni. Ciò in accordo a quanto specificato nella Norma nella nota a piè di pagina di allegato A.

Nota la latitudine e la longitudine del punto indicato il programma cerca nel reticolo di riferimento la maglia elementare entro la quale si trova il punto indicato. Quindi vengono determinate le grandezze nei nodi della maglia al periodo di ritorno desiderato (con una interpolazione nel dominio del tempo come spiegato, se questa è necessaria), ed infine si esegue una interpolazione nello spazio mediante le seguente formula di interpolazione (allegato A, formula [3]):

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$



Esempio di interpolazione su maglia elementare

Nella precedente formula p è il numero cercato (a_g , F_o o T_c^*) nel punto di cui si è indicata la latitudine e la longitudine, p_i sono i numeri noti sui quattro punti del reticolo di riferimento e d_i sono le distanze dai punti del reticolo di riferimento. Le distanze sono calcolate dal programma in chilometri.

Se il punto non appartiene ad alcuna maglia del reticolo di riferimento (punti fuori confine) o se il programma non è riuscito a trovare la maglia di riferimento il programma segnala il problema ed usa i quattro punti più vicini al punto specificato.

Nel riquadro grafico il programma disegna:

- Il punto prescelto in colore rosso, sempre al centro del quadrato;
- I quattro punti della maglia impiegata del reticolo di riferimento con i loro identificatori (2-ID24757 vuol dire secondo punto più vicino al punto dato, il punto della griglia di riferimento di identificatore 24757).
- La località più vicina al punto indicato (punto e scritta in colore azzurro).

Una volta eseguito il calcolo si possono produrre i seguenti output:

- Immagine a stampa del riquadro grafico con il comando **Stampa**
- Copia negli appunti della immagine del riquadro grafico con il comando **Copia** (tale immagine potrà poi essere incollata in qualsiasi documento come qui fatto per la immagine di figura precedente).
- Listato in formato TXT con il comando **Crea Listato**.

Di seguito si dà un esempio di tale listato:

NTC SISMA	
Copyright (c) 2008-2008 Castalia srl - All rights reserved - www.castaliaweb.com	
Dati sul sito	
Latitudine: 42.750000	Longitudine: 13.783333
Dati sulla costruzione	
Classe d'uso: 2	
Vita Nominale: 50 anni	

Coefficiente d'uso: 1.000000
Vita di riferimento: 50.000000 anni
Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV) Periodo di ritorno: 474.561079 (anni)

Punti impiegati sulla maglia di riferimento

Primo punto: ID=24757 Lat.=42.735000 Long.=13.762000 Distanza=2.411831 Km
Secondo punto: ID=24758 Lat.=42.734000 Long.=13.830000 Distanza=4.205818 Km
Terzo punto: ID=24535 Lat.=42.785000 Long.=13.763000 Distanza=4.230975 Km
Quarto punto: ID=24536 Lat.=42.784000 Long.=13.831000 Distanza=5.425280 Km

Valori finali calcolati

ag = 0.1766 g
Fo = 2.4482
Tc*= 0.3456 sec

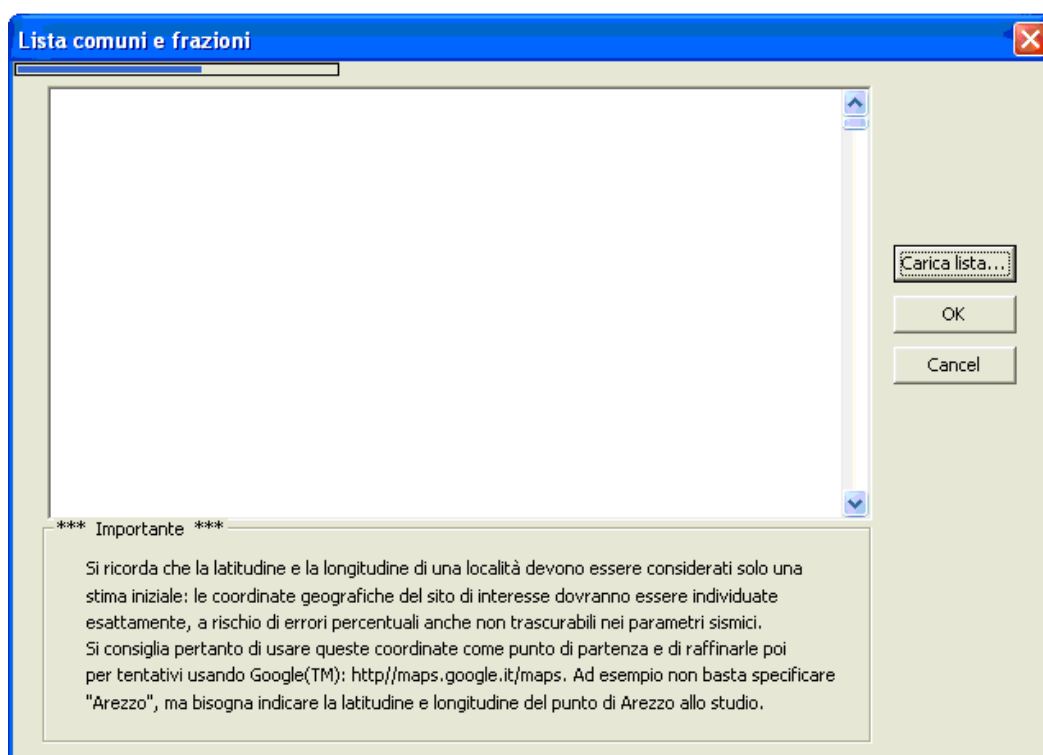
Nell'impiegare il programma si tengano presenti i seguenti importanti aspetti.

Quando si preme il bottone **Lista Località** si ha accesso al dialogo della figura seguente.

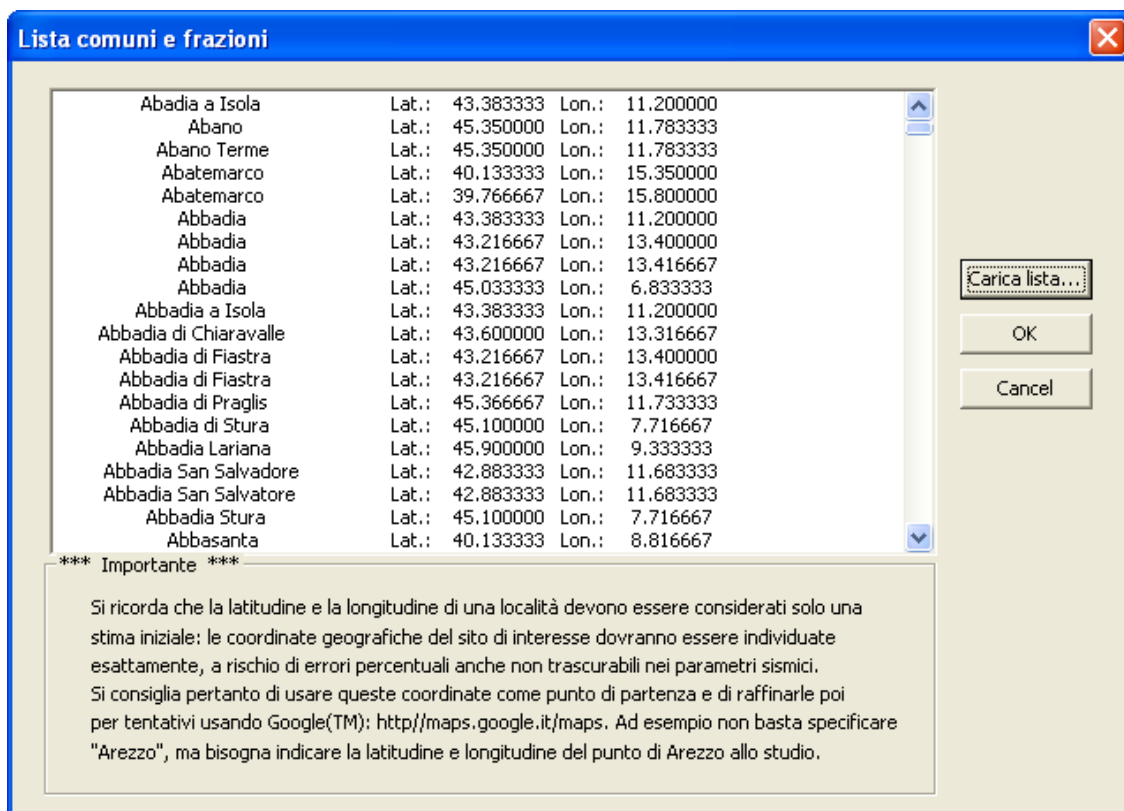


Dialogo caricamento lista località

La successiva pressione del bottone **Carica Lista** dà avvio al caricamento dei dati nella lista. Durante il caricamento un contatore dà una idea del progressivo riempirsi della lista e consente di stimare il tempo residuo. Dato che si devono caricare ben 33600 località questa operazione può richiedere qualche cinquina di secondi. Nella figura successiva si vede la finestra nel corso del caricamento.



Lista delle località nel corso del caricamento

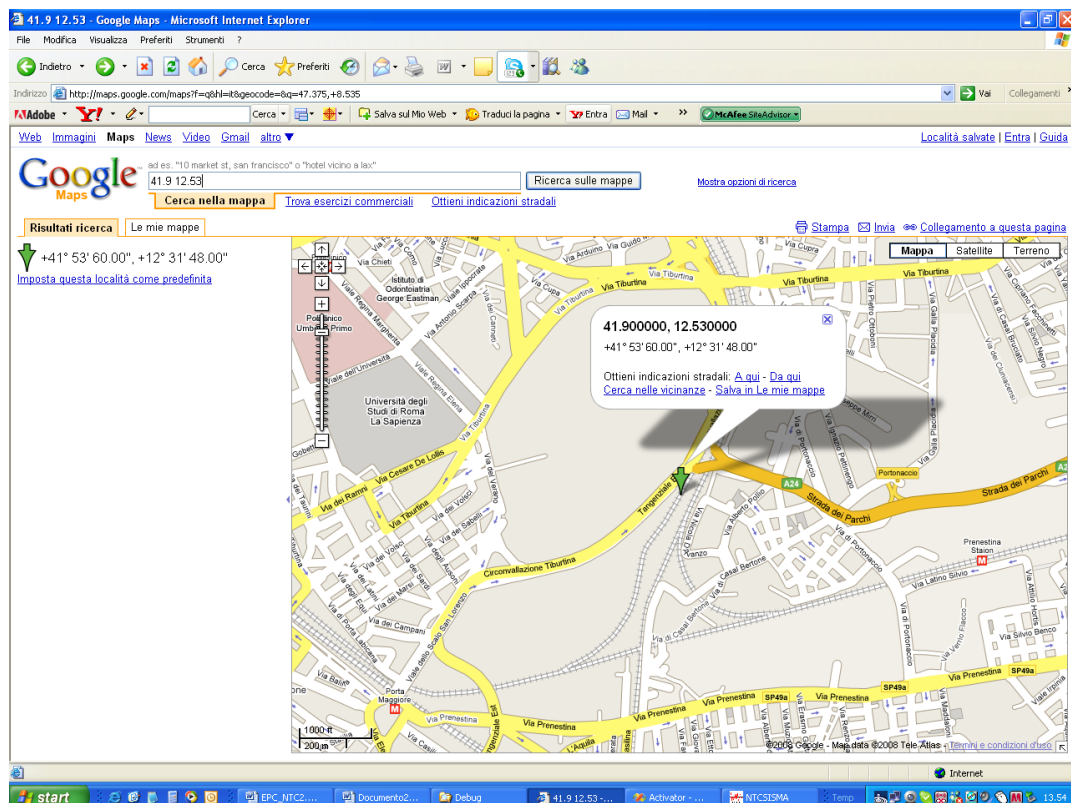


Lista delle località al termine del caricamento

Al termine del caricamento la lista si presenta come nella figura precedente. Scorrendo la lista è possibile scegliere la località di interesse selezionando la riga corrispondente. Si fa presente che all'interno della lista delle 33600 località ci sono anche le località corrispondenti alle isole descritte nell'allegato B, tabella 2 (Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone, Ventotene, Santo Stefano, Ustica, Tremiti, Alicudi, Filicudi, Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina), che sono fuori dal reticolo di riferimento e per le quali il programma non può quindi essere applicato. Per tali isole i valori vengono dati in chiaro, senza bisogno della interpolazione nel dominio delle distanze, nel citato Allegato B, tabella 2. Al termine, se si esce con **OK**, i dati di latitudine e di longitudine della località selezionata compariranno al posto di quelli precedenti nella finestra principale del programma. Inoltre, il calcolo verrà automaticamente aggiornato.

Si consiglia di controllare sempre usando GoogleTM (come spiegato precedentemente) che la latitudine e la longitudine suggerite dal programma siano esattamente quelle di interesse. Ciò perché sebbene la lista sia stata presa da una fonte assolutamente autorevole errori possono sempre essercene. Il primo controllo da fare, quindi, è che usando GoogleTM con la latitudine e la longitudine indicate dal programma (e coerenti con la lista utilizzata dallo stesso) si ritrovi la località desiderata. L'uso di GoogleTM può anche servire a raffinare le coordinate geografiche in

modo da meglio determinare l'esatto punto di interesse, nello spirito di quanto richiesto dalla Norma. Si noti infatti che la maglia di riferimento ha una dimensione di circa 5Km e che quindi è con tale precisione che si deve stabilire la latitudine e la longitudine.

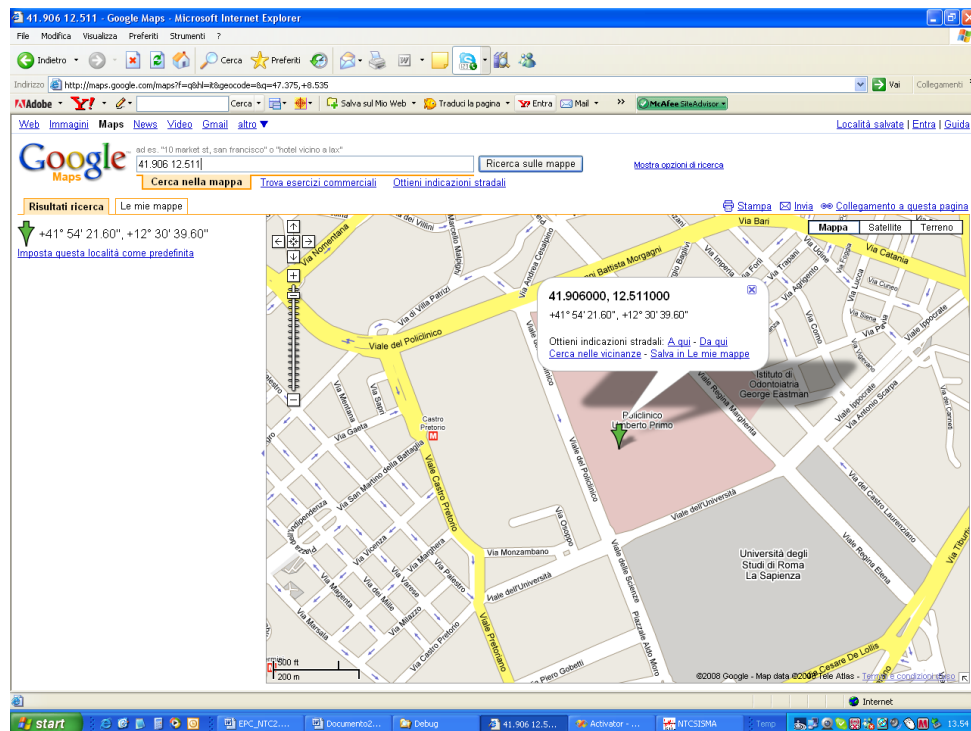


Roma Prenestina

Si debba fare un lavoro al Policlinico Umberto I, a Roma. Si consideri dapprima la coppia di coordinate di Roma Prenestina, così come fornite dal programma NTCSISMA:

(41.9, 12.53).

Con GoogleTM ritroviamo Roma e precisamente la zona in prossimità della Via Prenestina. Correggendo manualmente la latitudine e la longitudine, troviamo le coordinate del Policlinico Umberto Primo:



Policlinico Umberto I, Roma

Ciò ci porta a correggere le coordinate geografiche arrivando alla coppia:

(41.906, 12.511)

I risultati che si ottengono nei due casi *non sono identici*. Infatti nel primo caso troviamo questi risultati:

The screenshot shows the NTCSISMA software interface. On the left, a map displays a central point labeled 'Roma Prenestina' connected by green lines to four surrounding points labeled 4-ID28290, 2-ID28291, 3-ID28512, and 1-ID28513. Below the map is a zoom slider and buttons for 'Stampa...', 'Copia', 'OK', and 'Annulla'. On the right, there are several input fields and buttons for configuring the analysis.

Classe d'uso

- ☐ Classe d'uso I - presenza occasionale di persone
- ☒ Classe d'uso II - normali affollamenti
- ☐ Classe d'uso III - affollamenti significativi
- ☐ Classe d'uso IV - edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti

Vita Nominale

50 Anni

10 opere provvisorie; 50 opere ordinarie; 100 grandi opere

Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR

0.1 Probabilità

Posizione del sito

41.9 Latitudine (ad esempio: 45.325)

12.533333 Longitudine (ad esempio: 11.896)

Risultati

50 Periodo di riferimento

474.56107 Periodo di ritorno (anni)

0.1266833 Ag (in unità g)

2.6114325 Fo

0.2940450 Tc*

Roma Prenestina: (41.9, 12.533333)

Mentre nel secondo caso troviamo questi altri:

The screenshot shows the NTCSISMA software interface. On the left, a map displays four reference points (1-ID28290, 2-ID28512, 3-ID28291, 4-ID28513) connected to a central point 'P' labeled 'Roma-Tiburtina'. Below the map is a zoom slider and buttons for 'Stampa...', 'Copia', 'OK', and 'Annulla'. On the right, the 'Classe d'uso' section has radio buttons for 'Classe d'uso I - presenza occasionale di persone', 'Classe d'uso II - normali affollamenti' (selected), 'Classe d'uso III - affollamenti significativi', and 'Classe d'uso IV - edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti'. The 'Vita Nominale' section has a text box for '50' and 'Anni', with a note '10 opere provvisorie; 50 opere ordinarie; 100 grandi opere'. The 'Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR' section has a text box for '0.1' and 'Probabilità', with buttons for 'SLO', 'SLD', 'SLV', and 'SLC'. The 'Posizione del sito' section has text boxes for '41.906' (Latitudine) and '12.511' (Longitudine), with buttons for 'Aggiorna!' and 'Lista località...'. The 'Risultati' section has text boxes for '50' (Periodo di riferimento), '474.56107' (Periodo di ritorno (anni)), '0.1216582' (Ag (in unità g)), '2.6160229' (Fo), and '0.2982177' (Tc*), with a button for 'Crea listato...'.

Roma, Policlinico Umberto I: risultati con (41.906, 12.511)

Le differenze in questo caso di esempio, scelto in una locazione assolutamente casuale, sono legate alla a_g .

Roma Prenestina $a_g=0.1266$

Roma Policlinico $a_g=0.1216$

Differenza percentuale: 4%

Pertanto se si esaminano i quattro punti di riferimento si trovano queste accelerazioni nel raggio di 5 Km (per $T_R=475$ anni):

Primo punto: ID=28290 Lat.=41.930000 Long.=12.482000 Distanza=3.588774 Km

Secondo punto: ID=28512 Lat.=41.880000 Long.=12.483000 Distanza=3.705363 Km

Terzo punto: ID=28291 Lat.=41.931000 Long.=12.549000 Distanza=4.196798 Km

Quarto punto: ID=28513 Lat.=41.881000 Long.=12.550000 Distanza=4.260094 Km

ID 28290 $a_g=0.1044g$

ID 28512 $a_g=0.1201g$

ID	28291	$a_g=0.1213g$
ID	28513	$a_g=0.1443g$

con differenze fino al 40% !

Tale differenza percentuale (del 4%) non sembra peraltro trascurabile: ci si chiede solo se tale errore sia inferiore o superiore all'ordine di grandezza degli errori commessi nella messa a punto del reticolo stesso, e si propende per considerare questi di gran lunga maggiori. Prescindendo da ogni giudizio di merito circa la attendibilità di una simile valutazione, tale da distinguere tra due Vie del medesimo comune, pare evidente – data la specifica richiesta della Norma di interpolare sulla maglia elementare- che un passaggio da GoogleTM per raffinare la collocazione geografica debba sempre e comunque essere fatto, pena il rischio di vedersi contestare, da qualche solerte controllore, variazioni non trascurabili della a_g di riferimento.

103. Adeguamento del programma agli spettri delle NTC 2008 e delle ASCE 2005, ampliamento spettri ec8

La versione 8.50 del programma tiene conto della uscita delle nuove Norme Tecniche DM 14-1-2008 dando la possibilità di scegliere, come spettro, lo spettro definito dalle nuove norme. Inoltre sono stati fatti ampliamenti agli spettri secondo Eurocodice 8 prevedendo anche lo spettro di tipo 2 oltre allo spettro di tipo 1.

Data la necessità sempre crescente di interfacciarsi con il mondo esterno, si è deciso di aggiungere agli spettri disponibili quelli in accordo alle ASCE 7 2005 (anche coerente con le norme americane in vigore IBC 2006).

Per quanto riguarda le norme italiane, il considerevole lavoro di studio e di approfondimento sul calcolo dei parametri sismici ha portato, oltre che ad NTCSISMA, anche ad un importante articolo, accettato da Ingegneria Sismica, che di fatto denuda i pesantissimi limiti delle norme DM 14-1-2008.

Analisi a Spettro di Risposta

Spettro X | Spettro Y | Spettro Z | Combinazione dei Modi - Fattori d'errore

Spettro Eurocodice 8

1 Tipo dello spettro (1 o 2)

1 C (Categoria del Sottosuolo A=1, B=2, C=3, D=4, E=5)

0.07 ag (Accelerazione del suolo in g) ☐ Attiva

3 q (Fattore di struttura)

1 Fattore di importanza

Spettro D.M. 14-1-2008 (NTC) - Suppl. G.U. n° 29 del 4-2-2008

1 C (Categoria del suolo A=1, B=2, C=3, D=4, E=5)

1 ST (coefficiente di amplificazione topografica)

0.35 ag (accelerazione del suolo in g)

2.5 Fo (fattore di amplificazione spettrale massima)

0.34 T*c (periodo inizio tratto velocità costante)

3 Fattore di struttura ☐ Attiva

ASCE-7 (2005) - (IBC 2006)

0.25 S_{DS} - par. 11.4.4. (g) - accelerazione di picco in g

0.1 S_{D1} - par. 11.4.4. (g) - accelerazione per T=1sec in g

4 TL (par. 11.4.5.)

1 I (fattore di importanza par. 11.5.2) ☐ Attiva

5 R (fattore di struttura, par. 12.9.2)

Spettro ordinanza 3274 del 20/3/2003 suppl. G.U. n°105 del 8/5/2003

3 Zona sismica (1, 2, 3, o 4)

1 Categoria profilo stratigrafico (A=1, B=2, C=3, D=4, E=5)

4 Fattore di struttura q ☒ Attiva

1 Fattore di importanza

Spettro Decreto Ministeriale 16-1-1996

9 S (Grado di sismicità)

1 I (Fattore di protezione sismica)

1 E (Coefficiente di fondazione) ☐ Attiva

1 B (Coefficiente di struttura)

Spettro Utente

files: spettrox.pts, spettroy.pts, spettroz.pts ☐ Attiva

OK Annulla Applica ?

Per ognuna delle tre possibili direzioni principali, X, Y e Z è necessario stabilire lo spettro di risposta. Lo spettro può essere quello previsto dal DM 24-1-1986, dall'Ordinanza 3274 del 20/3/2003, dal DM 14-1-2008 o quello previsto dall'Eurocodice 8, o dalle norma ASCE-7 2005 o uno spettro definito dall'utente.

Nel caso in cui si debba fornire lo spettro secondo il DM occorre fornire il grado di sismicità S (max = 12), il coefficiente di protezione sismica I, il coefficiente di fondazione \square ed il coefficiente di struttura \square . Per il significato dei parametri ed il campo di validità si rimanda alla norma.

Per quanto riguarda le Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14-1-2008, occorre preventivamente determinare per mezzo del programma NTCSISMA.EXE, presente nella cartella di installazione, i valori di A_g , F_o e T_c^* relativi al sito in esame ed allo stato limite considerato. Poi, oltre a questi tre numeri, occorre fornire il coefficiente di amplificazione topografica S_T , la categoria del suolo C, e il fattore di struttura q.

Si rimanda all'articolo www.castaliaweb.com/ita/discussioni/zonegriglieostanze.pdf per una estesa

discussione sulla modalità di determinazione della azione sismica in accordo alla nuova norma e sui commenti che si è ritenuto di dover fare alla determinazione della azione sismica.

Nel caso in cui si debba fornire lo spettro in accordo alla Ordinanza 3274 occorre specificare la zona (1, 2, 3, o 4), il profilo stratigrafico (A, B, C, D, E), il coefficiente di importanza (1 per edifici ordinari, fino a 1.4 per edifici di particolare importanza) e, infine, il fattore di struttura q . Nello spettro verticale (z) la A_g deve comunque essere quella orizzontale: sarà poi il programma a calcolare quella verticale.

Nel caso in cui si debba fornire lo spettro secondo l'EC8 occorre fornire il tipo di spettro, la classe del suolo S ($A=1$, $B=2$, $C=3$), l'accelerazione del suolo in g , A_g ed il “behaviour factor” q . Anche in questo caso la A_g deve essere quella orizzontale anche per lo spettro verticale. Sarà poi il programma a determinare il valore di A_g verticale in base alle regole di normativa.

Nel caso in cui si debba fornire lo spettro secondo le norme ASCE-7 occorre fornire il valore di SDS e di $SD1$ in unità g , il periodo T_L in secondi, il fattore di importanza ed il fattore di struttura. In questo caso la accelerazione verticale è eguale a quella specificata nel dialogo.

Se invece si sceglie di fornire lo spettro per punti, in modo diverso da quanto previsto dalle due norme precedenti, occorre modificare il file \SPETTROX.PTS, per lo spettro X, il file \SPETTROY.PTS, per lo spettro Y, il file \SPETTROZ.PTS, per lo spettro Z. Questi sono file ASCII di significato immediatamente comprensibile (formato SAPIV: l'ascissa è in secondi, l'ordinata è in unità g . Lo spettro ha un certo numero di punti ed un moltiplicatore. Di solito il moltiplicatore è l'accelerazione del suolo in unità g , per esempio 0.04, mentre le ordinate sono numeri minori od eguali ad 1). Essi sono contenuti nel direttorio di installazione del programma.

E' possibile avere uno spettro DM per la componente X ed uno spettro EC8 per la componente Y. Pertanto ogni componente va esplicitamente prescelta.

104. Documento WHODOESWHAT FOR SARGON.PDF

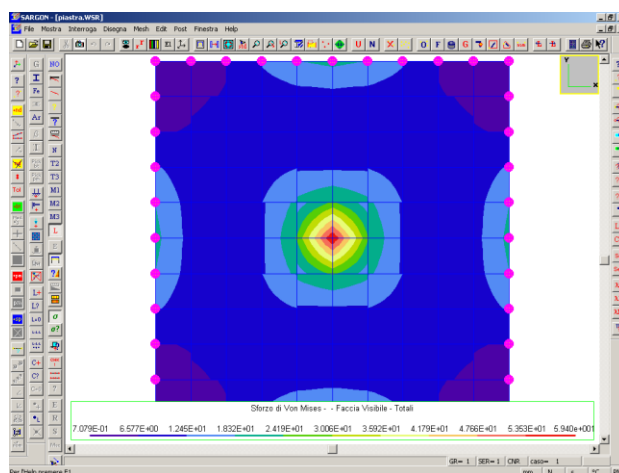
Questo documento, redatto in inglese, va inteso come un riassunto di ciò che fa il programma e



di ciò che invece deve fare l'utente. Dalla versione 8.50 entra a far parte della documentazione normale del programma. Qui di seguito si riporta il testo di questo documento.



WHO DOES WHAT



<http://www.castaliaweb.com>

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano

staff@castaliaweb.com

Copyright © 1991-2008 – Castalia srl

Rev. 1.0 January 2008

Added to documentation since january 2008

105. Foreword

This document is intended as a guide for third party analyzing Sargon models and Sargon results, so as to check the work done by Sargon users. Sargon users should be completely aware of all the important concepts remembered in this document, because they are fully reported into Sargon documentation.

This document is kept willingly short: much more informations could be got into Sargon documentation, which could be furnished together with “sargon reader” by the user himself.

106. What the program does

Design lines

Sargon is a finite element program using displacement-method, and is conceived to expose finite element concepts, not to hide them. This means that willingly there is no automatic algorithm to generate a model fit for any design purpose. It is up to the user to build the finite element model in such a way that the mesh, loads, constraints and more are fit for the design purpose at hand.

Sargon producer does not believe that automatic generation of models is a possible way of working when dealing with general purpose software. On the other hand, Sargon can be used, if properly managed, to study a very wide class of structures, ranging into industrial, civil, naval, mechanical and more.

Actually, during the years since 1991, it has been used in each of these field.

Given a fem model, prepared into it, Sargon mainly computes stresses, displacements and exploitation indices according to different standards. Sargon is able to present results in very many possible ways and is a powerful analysis tool which can highly speed up computations and checks, performing very complex tasks in a reasonable computational time.

Nothing in the program is intended to mean that the program could anyhow substitute designer's skill and experience, no matter the program is the result of years of caruful highly specialized programming (since 1991), by experts in the field of structural analysis.

General info

Sargon is a software package made up of mainly four groups of programs: GUI (graphic user interface), solvers, checkers, and helpers.

The model is necessarily built up using the GUI. Some command allows to import meshes prepared elsewhere (not drawings: drawings automatically leading to fem models is considered an unsafe practice by producer), or to export finite element models already done.

The solvers are: CLEVER (linear static analysis); LEDA (modal analysis); SPECTRUM (response spectrum analysis); FREQUENCY (frequency response analysis via modal analysis); SOCLEVER (non linear static analysis in small displacements, geometric effects, not material nonlinearities).

The checkers are: CNR (allowable stress and limit states); AISC-ASD; BS 5950 (1985); EN 1993-1-1 (2005).

Helpers external modules are: checksolvers (validation purposes); mergedbase (load cases overwriting); samba (cross sections management); several programs to export and import the model into various formats.

Short reference main program (GUI)

The program manages the following finite elements:

1. truss (two noded)
2. beam (hermitian two nodes, *id est* cubic shape functions)
3. membrane (in plane stiffness only, 3 and 4 noded elements, several formulations: CST, bilinear quad, SRI, Wilson Ibrahimbegovic);
4. thin plate (Kirchhoff plate theory, 3 and 4 noded elements, DKT, 4DKT);
5. thick plate (Mindlin-Reissner plate theory, 3 and 4 four noded elements, Hughes)
6. solid (4, 6, 8 noded elements, several formulations)
7. spring

The program manages the following loads:

1. Nodal loads (forces and moments);
2. Temperature loads (applied to elements);

3. Distributed loads applied to beam elements (constant, concentrated, linear to partial length, forces and moments)
4. Constraints settling

Distributed loads over surface and solid elements are added into GUI and are always immediately converted into nodal loads (by lumping). This means that the mesh should be sufficiently fine to allow such modelling. No graphic illusion about the real nature of load modelling is thus possible (coarse meshes with finely positioned internal loads are meaningless no matter their appearance).

Constraints are applied to nodes.

Short reference: solvers

CLEVER:

Linear static solver using two possible solution algorithms: skyline solver and sparse matrix solver. Both use Choleskij linear system solution method. The program is very strict in not allowing not positive definite stiffness matrices.

LEDA:

Modal analysis solver using subspace iteration method. Matrix triangularization is done using skyline techniques. An orthogonality check is done at each run.

SPECTRUM:

Response spectrum combination also including an “error factor” feature. Key points regard mode combination rules (SRSS, CQC, correction methods, modal amplification method).

FREQUENCY:

Linear frequency response. The user inputs forces, frequencies, damping, and chooses the modes to include into computation.

SOCLEVER

Nonlinear static solver (Newton Raphson) able to perform second order analysis over models made up of beams and trusses. If the loads applied are higher than buckling loads, the program stops and predicts the load level at which the matrix is no more positive definite.

Short reference: checkers

All the checkers checks resistance and stability of members. Global stability checks should be done using SOCLEVER or by displacement checks. Connection checking is not within the program applicability range (use CSE instead). As well, local checks like web buckling under concentrated loads are out of the range of the checkers.

Checks are performed for every load combination. No envelope concept is used in checking because it is not possible or convenient in steel structures.

When a member is made up of several finite elements stability checks are performed using “superelements” which must have been added to the model by the user.

The internal forces used by the checkers are those stored into SDB file. This file could be managed by the solvers directly, or by mergedbase, if the user has chosen to use it.

107. What the user should do

GUI

The user must conceive the finite element model in such a way that the model is properly fit for the design purpose at hand. Mesh size, finite element kind and formulation choice, setting up several possible models and studying solution sensitivity is all up to the user and is strongly recommended.

The user must apply loads properly and using internal commands must check global and partial resultants against expected values. Load spatial distribution must be carefully checked. Load combinations are absolutely of the greatest importance in view of the checks. The user could use automatic rules and/or add combinations by hand, and must be sure of the proper definition of the combinations. When combinations are hundreds or thousands, it is suggested as a normal safety procedure that sample combinations should be checked independently in a separate model.

When using surface and solid elements the user must assure a proper mesh size.

Mesh should be checked for double nodes, unreferenced nodes, unconnected elements by carefully using internal commands and by carefully checking displacement field and stress fields.

Constraints must reflect real design situation.

Solvers

CLEVER

The user must be aware that singularities in the stiffness matrix could be due to improper design and must fully understand the reasons why a model does not run, avoiding the ad hoc addition of constraints to bypass the stop. LEDA with shift can be used to outline rigid or almost rigid body motions, if any.

LEDA

The user must choose properly the number of modes, the tolerance and the target total mass percentage.

SPECTRUM

The user must fully understand all the mode combinations rules and understand that some of them loose signs while others use “numerical” sign permutations to get results. Mode amplification method, when possible, should be used together with SRSS and CQC.

FREQUENCY

Mode choice and damping tuning are key points in using this solver. They must be fully explained and documented.

SOCLEVER

Here the number of steps and the tolerance play an important role. If final displacements are not within the range of small displacement theory the analysis loses its meaning.

Checkers

The user must carefully set the three slenderness coefficients of all elements and superelements to properly tune the stability checks. The program cannot set these coefficients automatically because there are no affordable ways to do that.

The user must have completely understood the way superelements work in Sargon and should have added as many superelements as needed in the model to assure that the checks are properly done. Changing superelements may dramatically change model results.

The user must have added the correct number of combinations.

108. Validation

Here is summed up what the user should do to better assess model affordability. Sargon producer validation policy is explained into another document (sargon: validation, also downloadable from the web site).

Solvers

The user should use the module “checksolvers.exe” and carefully look at the output file of this program, which is (optionally) run at each solving. This program controls the output independently from the solver, and so is able to point out solving phase possible problems. “Checksolvers.exe” output file should be integral part of the output documentation available to third party.

Besides, the user should manually check some key features of the stress and displacement fields:

1. global simplified equilibrium checks to once more control load resultants and constraint reactions
2. order of magnitude of stresses and displacements;
3. displacement fields, deformed views must be compliant with the expected behaviour.
4. internal action diagrams should be sampled in a proper number of points and diagrams should match the theoretically expected ones.
5. constraints and end releases should be compliant with the initial settings (e.g. free displacement vs possible obstacles)
6. displacement amplitude must be compliant with small displacement theory.

Checkers

The user must carefully review resistance and stability checks and check them independently in a sample made up of a number of checks which must increase with the load combinations number and the finite element model size.

This independent checks must be done in a simplified way, possibly completely independent from the model results. Possible tests regard axial force estimate, simplified buckling checks, maximum bending moment evaluation and simplified checks against stress limits. Key members should be checked in an independent way and results must be discussed and explained in view of the program results.

If available, checking the model with more than one Sargon checker (using allowable stress and/or partial factors method) is highly recommended.

Automatic checks cannot completely free designers from the burden of their work which is of the greatest importance. Automatic checks are a design instrument, *not the design itself*.

Thirdy party managing

In order to simplify the checks made up by thirdy party, the user should follow these possible paths:

1. Prepare an input file for other solvers by using sargon internal commands and give it to the thirdy party in charge of undependent checks;
2. Inform thirdy party of the existence of a Sargon Reader version, completely free, which could be downloaded from Castalia web site www.castaliaweb.com . Thirdy party could watch the model and check it by using the same program. Program version and model version should be aligned for obvious reasons.
3. An higher level of safety is got if the model is run in a different solver or, possibly, remade undependently using a different program (see Italian norms, NTS, chapt. 10).

Milan January, 16, 2008

109. Rimozione di malfunzionamenti minori

I carichi termici su elementi solidi non venivano letti dal solutore. Il malfunzionamento è stato rimosso.

La fusione di modelli contenenti elementi solidi creava problemi a questi ultimi nel modello fuso. Il malfunzionamento è stato rimosso.

Il calcolo del W1 a torsione nel verificatore in accordo alle EN (la torsione è stata aggiunta

con la versione 8.42 precedente a questa) era errato per alcune forme sezionali. Il problema è stato rimosso.

110. Aggiunta dell'articolo "Zone Griglie o Stanze"

Nella sezione Articoli è stato aggiunto l'articolo "Zone Griglie o... Stanze", anche reperibile in www.castaliaweb.com/discussioni/zonegriglieostanze.pdf . Tale articolo costituisce il nostro contributo al dibattito sulle Norme Sismiche ed illustra la posizione di Castalia in merito alle nuove disposizioni.

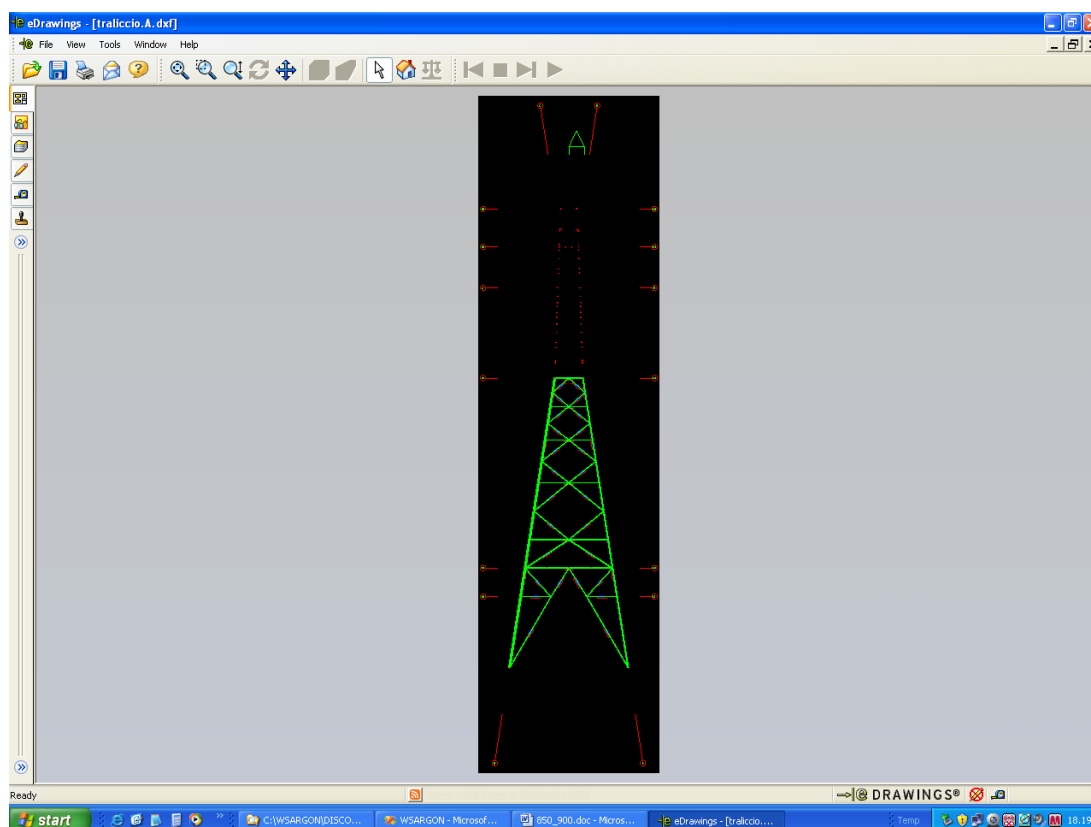
Raccomandiamo a tutti gli utenti del programma la lettura di questo articolo nel caso in cui abbiano in animo di usare Sargon con le NTC-2008 nella versione del DM 14-1-2008.

111. Risistemazione del sito

La disponibilità di un molto maggior spazio WEB per il sito di Castalia fa sì che siano disponibili molti più documenti che in passato. Sono in corso notevoli ampliamenti della parte VALIDAZIONE e dell'area riservata: sarà ora possibile scaricare direttamente via web la immagine del CD di SARGON con molta maggiore semplicità di utilizzo e di installazione.



Lista modifiche: dalla 8.50 alla 9.00



disegno automatico



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083
fax +39-02-26681876



E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 22-09-2008

112. Introduzione

La versione 9.00 è una versione di maggior cambiamento, che contiene numerose importanti migliorie rispetto alla versione 8.50, quasi tutte tese a facilitare l'interfacciamento verso i programmi di disegno e di calcolo dei collegamenti. In particolare verso CSE che nel corso di quest'anno 2008 ha fatto considerevoli passi in avanti.

Le modifiche hanno in specie riguardato quattro distinti aspetti, tra loro interconnessi:

1. La modifica del modo in cui può essere definita la orientazione degli elementi monodimensionali (orientazione) con notevole ampliamento delle possibilità del programma.
2. La modifica ed il potenziamento dei comandi atti ad esportare modelli da Sargon verso gli ambienti di disegno (creazione di modelli dxf 3d).
3. La introduzione degli offset rigidi per gli elementi beam.
4. La creazione automatica di tavole di disegno DXF contenenti una rilevante messe di informazioni.
5. La introduzione dei fili fissi.

Ulteriori aspetti riguardano la correzione di un malfunzionamento nel verificatore EC3 e altre piccole modifiche.

Di seguito la lista delle modifiche con i rimandi all'help (si è scelto di non inglobare l'help in questo documento per mantenerne modesta la dimensione: tutte le informazioni di dettaglio sono reperibili nella guida).

113. Orientazione degli elementi

E' ora possibile utilizzare un diverso sistema rispetto a quello che usa il terzo nodo (che resta sempre disponibile ed anzi il metodo normale per orientare un'asta). E' infatti possibile associare ad ogni elemento un vettore che con l'asse 1 definisce il piano locale 1-2 o il piano 1-3. Questa ultima funzionalità consente di orientare facilmente anche gli elementi che abbiano l'asse 3 parallelo ad una certa direzione e non più necessariamente solo l'asse 2.

Il comando che consente di ruotare un profilo non genera più terzi nodi all'infinito, spuri, ma semplicemente definisce il vettore orientazione per gli elementi selezionati. Questo implica che la rotazione di profili esistenti possa essere fatta in modo molto più comodo, senza avere il fastidio dei terzi nodi vincolati e spuri.

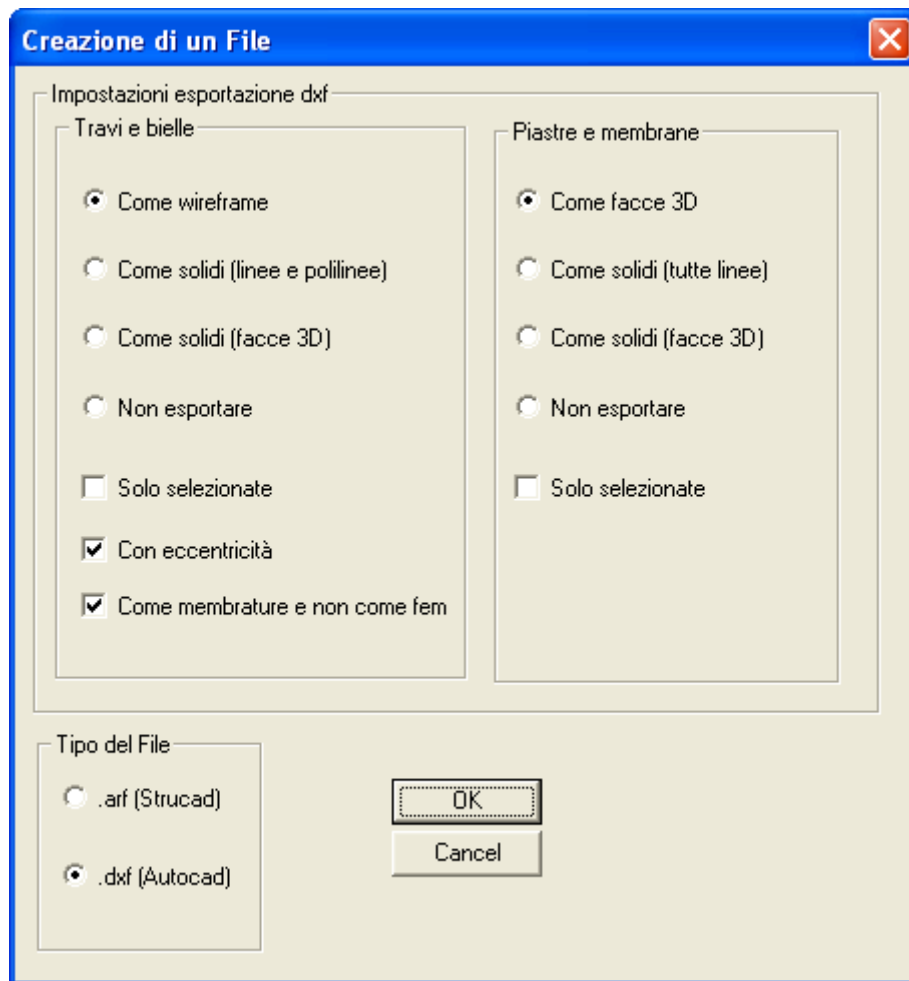
Sono stati aggiornati tutti i solutori e tutti i verificatori, nonché l'interfaccia grafica ed i comandi di interrogazione di travi e bielle.

Esiste un nuovo comando, Mesh-Bielle e Travi-Orientazione, che è naturalmente spiegato nell'help e nella guida.

Si veda il comando:

Mesh-Bielle e Travi-Orientazione

114. Esportazione di modelli

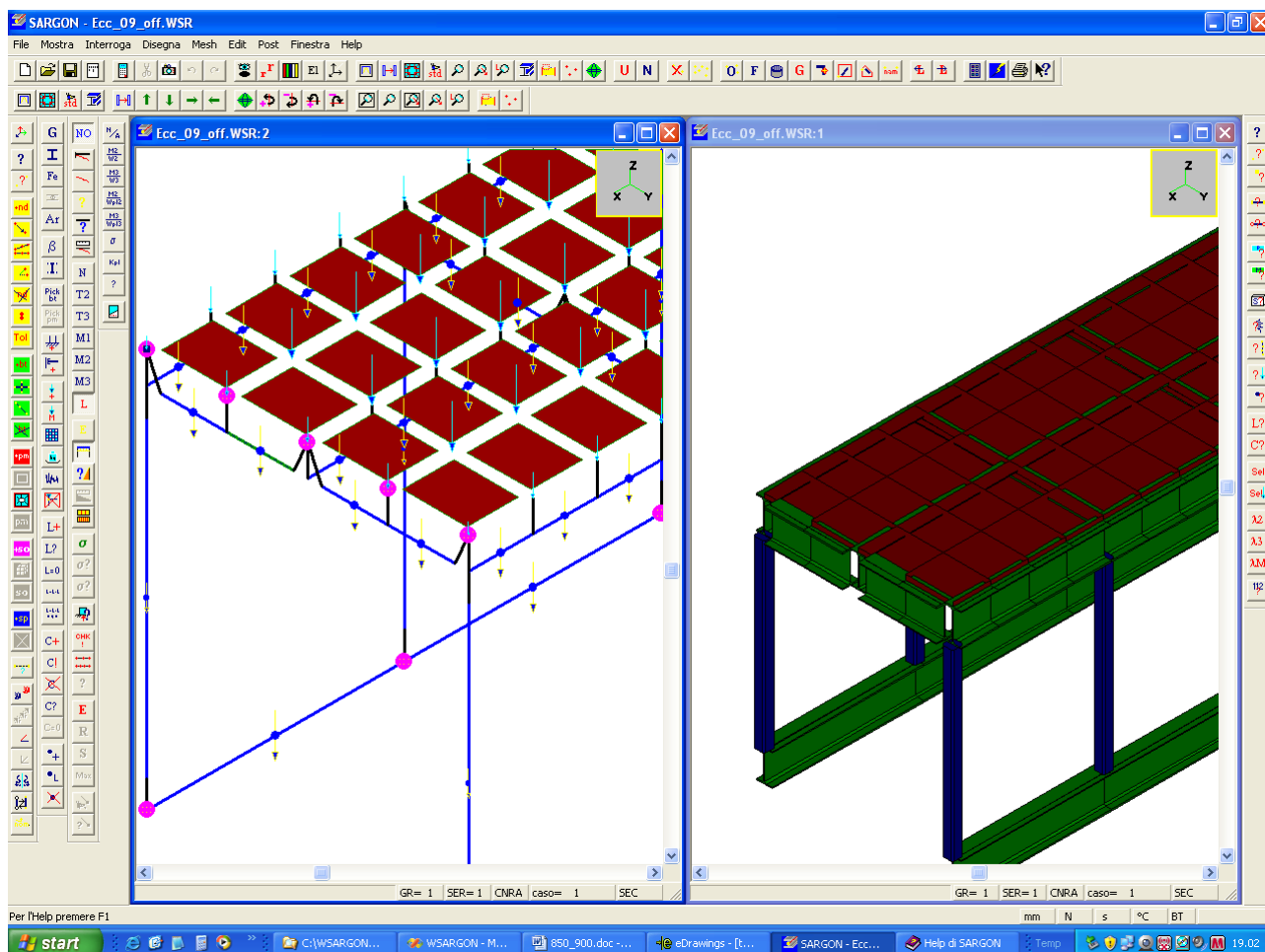


Le funzionalità che prima erano ottenibili mediante i comandi ARX sono ora state posizionate nel comando File-Esporta, che consente di esportare anche modelli solidi o wireframe. Con questo comando si ottengono tutte le funzionalità presenti nel modulo WSR.ARX ed il comando WSRIN di Autocad, non più supportato. In più le funzionalità del comando si avvalgono della presenza delle membrature, opzionalmente, al posto degli elementi finiti. Ciò consente di esportare modelli solidi molto più pertinenti.

Si veda: il comando

File-Esporta

115. **Offset rigidi**



Dalla versione 9.00 Sargon gestisce in modo manuale o automatico le eccentricità degli elementi beam. Ciò si è reso indispensabile non tanto ai fini del calcolo, quanto ai fini del corretto interfacciamento con i programmi di disegno e di calcolo dei collegamenti.

Sono stati fatti numerosi test di correttezza per questa modifica che ha coinvolto tutti i solutori. Nella cartella di checksolvers sono stati aggiunti 10 modelli, anche molto complessi, e i loro risultati sono stati raffrontati con quelli ottenuti mediante una modellazione delle eccentricità fatta con elementini rigidi. I test hanno tutti dato esito positivo. Ovviamente tutti i test già esistenti sono stati fatti rigirare, pervenendo a risultati identici a quelli delle versioni precedenti.

La modifica è stata anche testata in presenza di nodi semirigidi.

I comandi aggiunti sono i seguenti:

Mesh-Bielle e Travi-Eccentricità

Mesh-Bielle e Travi-Snap su luogo (si veda anche quanto a proposito della creazione automatica di tavole)

Mesh-Bielle e Travi-Reimposta eccentricità!

Questi comandi, come spiegato nell'help, e nella guida, consentono di posizionare con grande libertà gli elementi e di trovare in modo automatico le eccentricità. Di fatto si utilizzano concetti propri di CSE come quello di JNODO, e si trasforma il modello in un modello a membrature, anche se solo per il calcolo delle eccentricità.

Anche l'interfaccia grafica, i comandi di interrogazione, le risultanti dei carichi applicati sono affette dalla presenza delle eccentricità. Si consiglia di leggere attentamente quanto detto a spiegazione di ciascun comando e anche quanto in:

Come gestire le eccentricità

Si fa notare che l'asse 1 non va più dal primo nodo al secondo nodo, ma dal primo estremo al secondo estremo. L'estremo differisce dal nodo proprio a causa della presenza delle eccentricità.

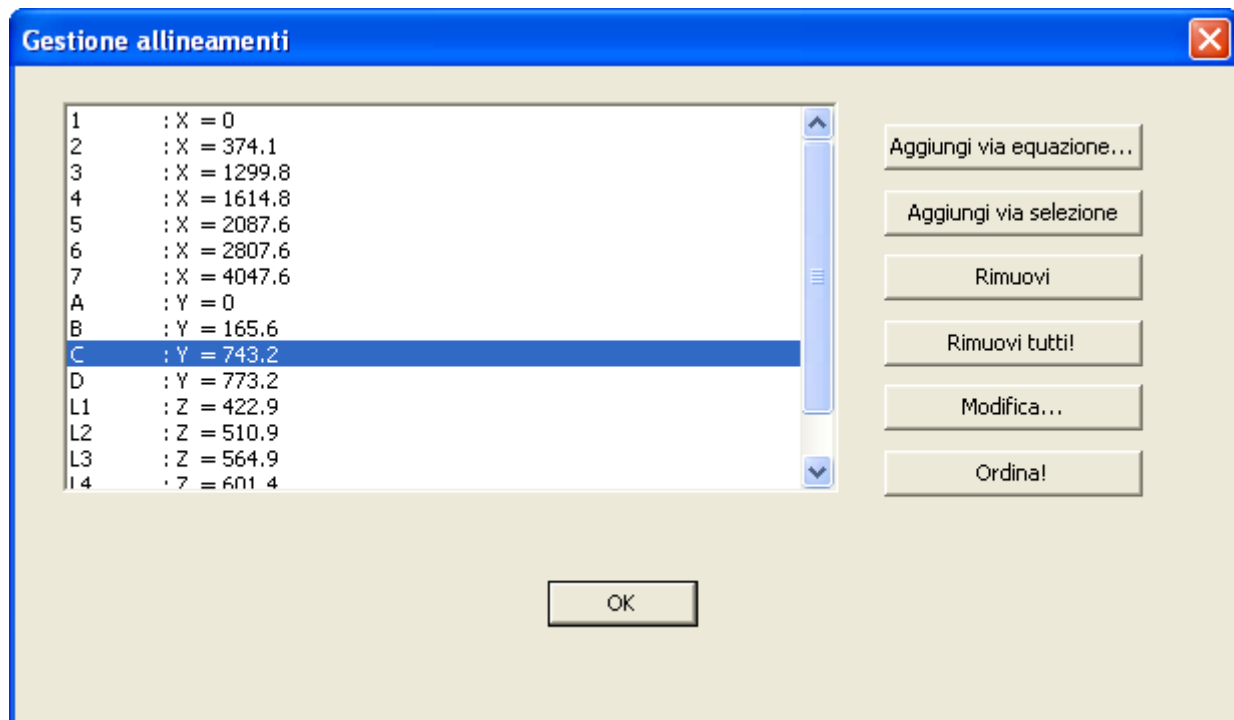
La presenza delle eccentricità va tenuta presente nella applicazione dei carichi e nella gestione del vettore di orientazione.

La risultante dei carichi riguarda la lunghezza netta degli elementi non la lunghezza ideale, da nodo a nodo.

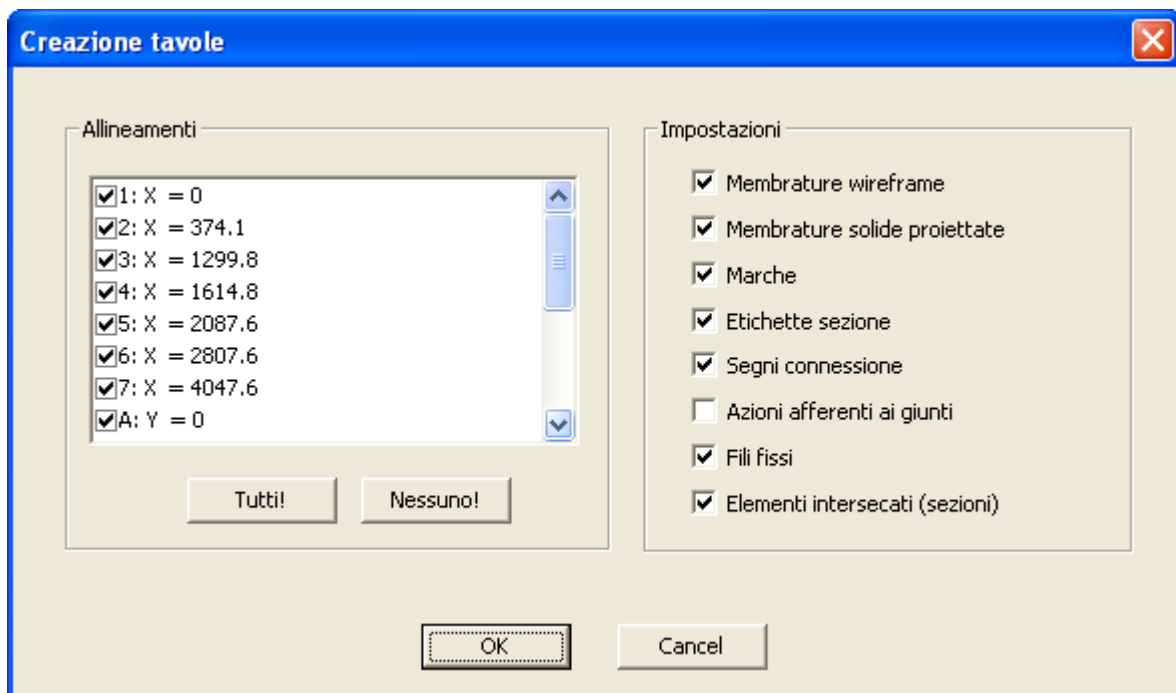
La presenza degli offset rigidi consente di gestire problemi come quelli delle piastre nervate in modo più efficiente. Al momento gli unici elementi che possono essere dotati di eccentricità sono gli elementi beam. Truss eccentrici possono essere modellati metamorfizzandoli in beam svincolati.

Se si gestiscono in modo efficiente i luoghi geometrici, i segni di connessione, ed i comandi per gli offset, è possibile avere tavole DXF pressochè corrette senza ulteriore sforzo.

116. Creazione automatica di tavole



Il programma consente di definire dei luoghi geometrici (per il momento piani) che possono poi dare luogo ad altrettante tavole DXF. E' molto importante comprendere che nelle tavole non è rappresentato un modello agli elementi finiti, bensì un modello a membrature, che viene gestito e creato in modo automatico, sulla base delle regole del programma CSE. In pratica è l'utente che decide come dividere in membrature il suo modello, mediante la aggiunta degli svincoli e mediante la aggiunta di eventuali segni di connessione.



Le tavole vengono create con una pluralità di opzioni, tra le quali la possibilità di avere la marcatura dei pezzi (automatica) e la intensità delle sollecitazioni agli estremi delle membrature per

il calcolo dei collegamenti.

I comandi e le zone della guida da guardare sono:

Disegna-Genera membrature!

Disegna-Fili fissi...

Disegna-Tavole...

Come generare i disegni

117. Introduzione dei fili fissi

La introduzione dei fili fissi è stata fatta per semplificare le operazioni di creazione delle tavole DXF, tuttavia di essi ci si può giovare anche in fase di modellazione. E' infatti possibile selezionare tutti gli oggetti giacenti su un filo per applicare ulteriori operazioni. La selezione per mezzo dei fili fissi si trova in Edit-Selezione-Fili fissi ed anche in un apposito bottone presente nella barra principale. E' chiaro che come prima cosa occorre aver definito i fili fissi stessi mediante il comando Disegna-Fili fissi..

118. Correzione malfunzionamento verificatore EC3.

E' stato individuato e rimosso un malfunzionamento relativo al verificatore secondo Eurocodice 3 (EN 1993-1-1). Tale malfunzionamento si riferiva a sezioni tubolari circolari (CHS) ricadenti in classe 3. La mancata inizializzazione di una variabile dava luogo a risultati non corretti nel calcolo delle tau (verifiche di resistenza elastiche, sezioni CHS in classe 3).

119. Ulteriori informazioni

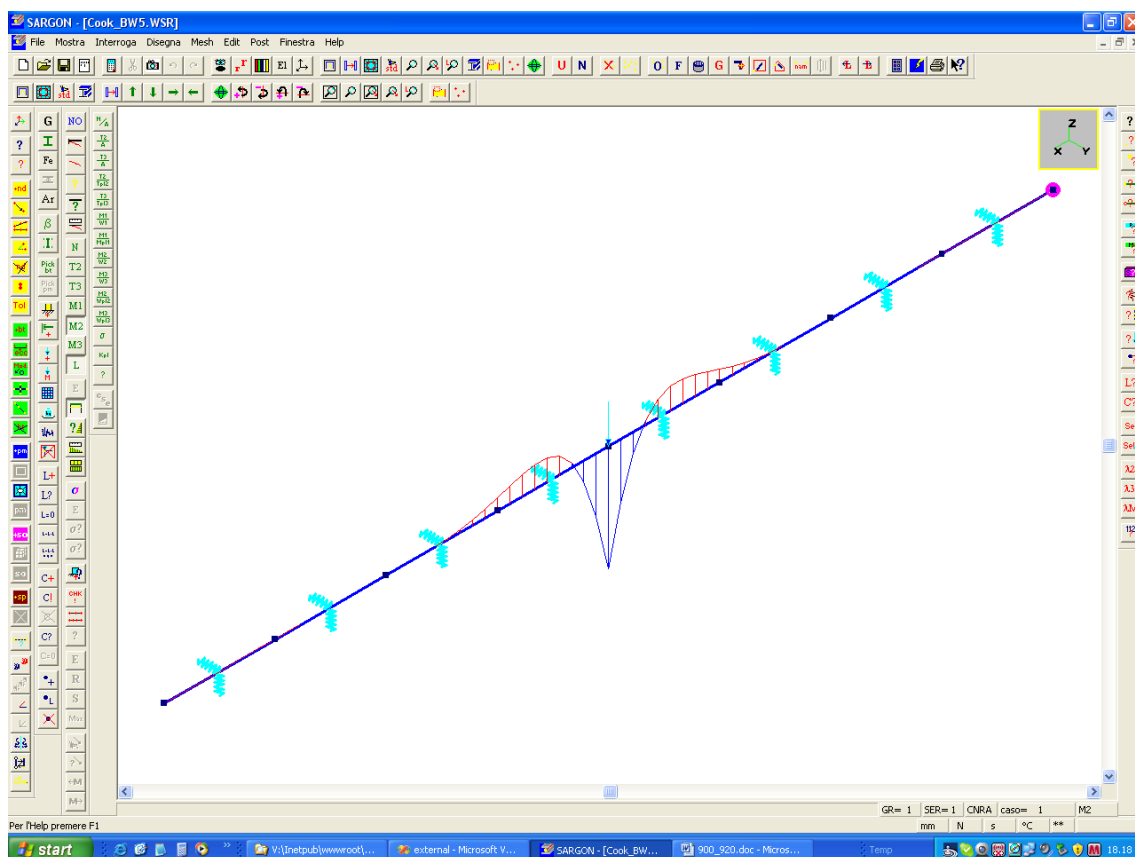
E' anche disponibile una versione aggiornata di Sargon Reader per la versione 9.00. Si fa osservare che il formato dei file WSR è cambiato rispetto ai formati delle versioni precedenti. Ovviamente questi vengono letti in automatico dalla versione 9.00 mentre non è vero il contrario.

120. SARGON vs INTELICAD

Castalia srl rivende, a prezzo interessante, il programma PROGESOFT, basato su piattaforma Intellicad. Tale software sarà la base per lo sviluppo ulteriore di interfacciamenti verso l'ambiente di disegno. Per informazioni contattateci.



Lista modifiche: dalla 9.00 alla 9.20



trave su suolo elastico: diagramma di momento



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 30-06-2009

121. Introduzione

La versione 9.20 è una versione che introduce sostanziose migliorie, in specie tese a estendere il post-processing e le possibilità di modellazione.

Le modifiche sono sostanzialmente le seguenti:

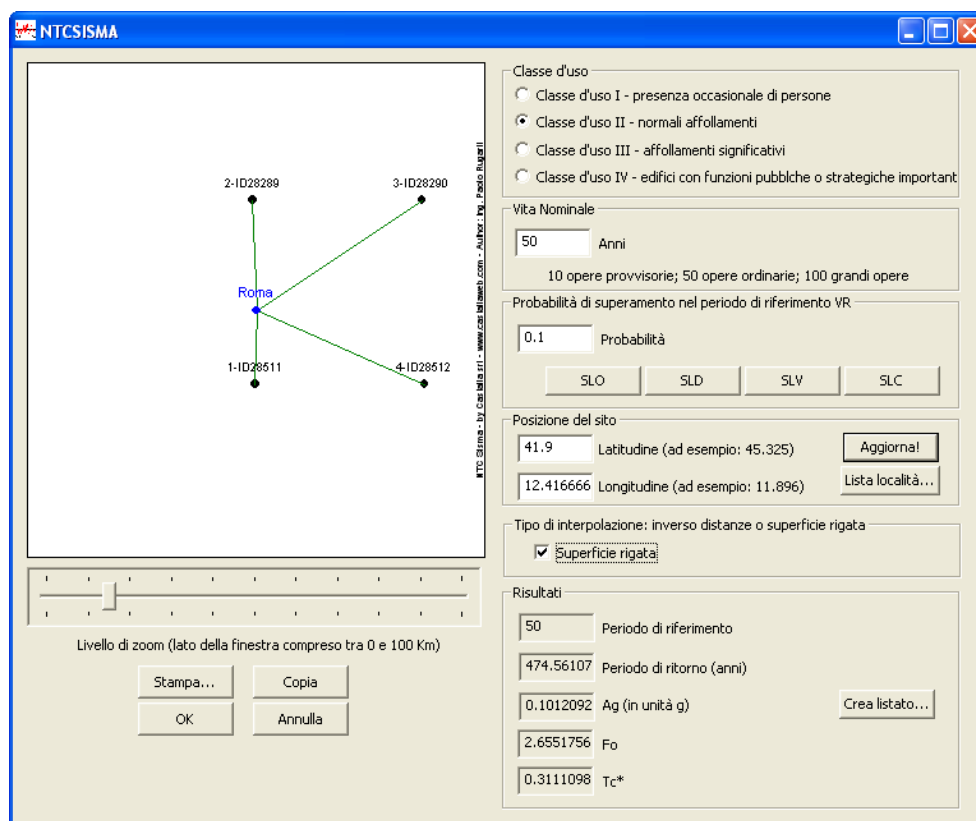
1. Aggiornamenti legati alle NTC / Eurocodici.
2. Aggiunta del lancio automatico di CSE da Sargon per una migliore integrazione tra i due programmi.
3. Aggiunti comandi relativi agli involuppi, per estendere il post processing degli involuppi a tutti gli elementi finiti.
4. Aggiunti nuovi indicatori di sforzo relativi a travi e bielle.
5. Aggiunta la piastra su suolo elastico.
6. Aggiunta la trave su suolo elastico.
7. Migliorata la gestione della deformata di elementi trave
8. Migliorata gestione memoria solutori.
9. Aggiunti comandi switch modi
10. Eliminati malfunzionamenti.

AGGIORNAMENTI LEGATI ALLE NTC EUROCODICI

Sono state aggiunte alcune migliorie che rendono il programma meglio aderente alle NTC / Eurocodici. Si fa presente che in tema di verifiche di strutture in acciaio, le NTC 2008 coincidono di fatto con la EN 1993, e quindi il verificatore di riferimento per le NTC 2008 è il verificatore in accordo ad Eurocodice 3, con opportuna scelta di alcuni parametri. Non si ritiene necessaria, al momento, la emissione di un diverso verificatore, rispetto a quanto già previsto dal verificatore in accordo ad Eurocodice 3. Relativamente alla formula di stabilità a pressoflessione introdotta dalla Circolare esplicativa alla NTC 2008, in aggiunta al “Metodo 2” già previsto dall’Eurocodice, si hanno delle perplessità trattandosi di una estensione della formula di verifica a presso flessione già presente nelle CNR al caso di sezioni plastiche. Al momento non si è ritenuto di dover includere queste formule (derivate da quelle delle CNR) nel verificatore EC3, trattandosi, si ritiene, di un

escamotage del Normatore volto a evitare le formule del “Metodo 1” di Eurocodice, già presente nel verificatore. Peraltro l’uso delle formule del “Metodo 1” non è assolutamente proibito dalle NTC, e del resto il riferimento a certe particolari formule si trova solo nella Circolare, non nel testo della Norma.

NTCSISMA



A seguito della emanazione della Circolare esplicativa, il software NTCSISMA è stato aggiornato per consentire di eseguire una interpolazione di tipo bilineare, ciò di fatto elimina il *room effect* che era stato segnalato nell’articolo *Zone Griglie o...Stanze*, dell’Ing. Paolo Rugarli. A tale riguardo si allega qui quanto accluso alla seconda edizione del volume sulle NTC a cura dell’Ing. Rugarli, ora inclusiva anche della Circolare.

Dato che proprio durante e dopo la creazione del software NTCSISMA 1.0 allegato alla prima edizione di questo testo, chi scrive si era accorto ed aveva segnalato (in un articolo pubblicato su *Ingegneria Sismica*, n° 1, 2008, dal titolo “Zone Griglie o...Stanze”) un importante problema nelle regole enunciate dalle NTC 2008 in merito alla determinazione dei parametri dello spettro di risposta per i calcoli sismici, problema ora risolto dalla Circolare, anche il software NTCSISMA è stato doverosamente aggiornato per inglobare al suo interno la correzione Ministeriale stessa. Tale correzione coincide sostanzialmente con quanto ipotizzato da chi scrive nell’articolo citato. Si ritiene opportuno specificare in questa sede che la soluzione ipotizzata nell’articolo – la interpolazione bilineare sulla maglia di riferimento - serviva unicamente al fine di eliminare il *room effect*, vale a dire il sorprendente effetto per cui l’input

sismico poteva variare passando da una camera all'altra del medesimo edificio. Essa non costituiva certo la soluzione dei problemi elencati nell'articolo citato. Infatti tutto l'articolo muoveva una critica di fondo all'impianto della Norma nella parte relativa alla determinazione dell'input sismico, una critica che resta inalterata anche dopo la emissione della Circolare: la inutile complessità di un calcolo basato su un reticolo sismico con maglia di pochi chilometri che non può portare ad alcuna maggior precisione rispetto a procedure di più immediata applicazione, stanti le enormi incertezze nei dati di partenza. Sotto questo profilo, ironicamente, le necessarie correzioni per eliminare il room effect (cfr. il paragrafo C.A della Circolare) hanno ulteriormente complicato un calcolo puramente illusorio, in quanto lavora su tre o quattro cifre significative partendo da metodi e dati affetti da un errore sulla prima: in effetti noi non possiamo conoscere con quel grado di precisione la severità del sisma, e ciò anche mettendo in campo complicate formule e indagini statistiche. Tutti i metodi che usiamo sono affetti da errori assai maggiori di quelli desumibili dal fatto di fornire la accelerazione sismica di riferimento a_g con tre o quattro cifre. Questa considerazione, peraltro, porterebbe ad osservazioni di merito assai più estese, e coinvolgenti ben più che la modalità di calcolo dell'input sismico. Ma non è questa la sede opportuna, e quindi si rimandano i Lettori interessati a qualche opportuna ricerca in merito all'ampio dibattito attualmente in corso su queste nuove Norme Tecniche, e sul modo giusto di applicarle.

Si ribadisce, credendo di fare cosa utile per i fruitori della Norma, quanto già espresso diffusamente nell'articolo "Zone Griglie o...Stanze", *Ingegneria Sismica*, 1/2008, frutto di accurati studi e riflessioni.

La valutazione dei parametri dello spettro con la precisione richiesta dalla Norma e sostanzialmente ribadita dalla Circolare è del tutto illusoria. Il progettista non si deve far fuorviare da tutta questa precisione e tenere bene a mente che è realistico assumere non più due cifre significative per tali parametri di progetto. Ogni accanimento numerico dovuto alla applicazione pedissequa delle formule di normativa deve pertanto ritenersi del tutto fuori luogo. Il progettista, a nostro parere, si limiterà ad applicare le formule di normativa allo scopo di determinare i valori dei parametri degli spettri impiegando opportuni valori arrotondati per eccesso (a_g ed F_0), si ritiene alla seconda cifra significativa (ad esempio 0.28g, 0,33g).

E' bene non dimenticare che i calcoli strutturali sono tutti affetti da errori ed incertezze che rendono vano e fuorviante l'uso (per di più normato) di valori aventi una precisione di fatto irraggiungibile, non solo per le inevitabili imprecisioni dei parametri e dei metodi propri del calcolo strutturale, ma anche perché la sismologia storica e le metodologie correntemente impiegate per determinare la sismicità dei luoghi sono affetti da errori ben superiori a quelli desumibili dai valori tabellati nell'allegato B della norma, valori che, con ogni evidenza, non sono stati filtrati come sarebbe stato necessario.

A riprova di ciò basta osservare che il mero fatto di scegliere un tipo di interpolazione o un altro tipo – così come ora necessariamente consentito dalla Circolare - può portare a variazioni di svariati punti percentuali nei risultati, tali quindi da elidere sul nascere ogni velleità di maggior precisione, ed a tacere di tutte le ulteriori numerose cause di errore ed imprecisione "originarie" dei dati tabellati dal nostro Normatore.

Si suggerisce quindi di applicare quanto *prescritto* dalla normativa con il necessario grado di competenza e di consapevolezza, senza lasciarsi intimidire né fuorviare dalla lettera della norma, in questo caso, sinceramente, non condivisibile.

$\gamma_{g,inf}$

Generazione di combinazioni

Attività casi - Variabilità dei segni - Compresenza casi

Casi di carico variabili o accidentali base

- ☒ 2 Notional - imperfection
- ☒ 3 Notional - stabilization
- ☒ 4 Wind+
- ☒ 5 Snow (all)
- ☒ 6 Snow (left half)
- ☒ 7 Wind-
- ☒ 8 100kg (vertical)

☐ Cambia segno

Ammissibilità compresenza altri casi

- ☐ 3 Notional - stabilization
- ☒ 4 Wind+
- ☒ 5 Snow (all)
- ☒ 6 Snow (left half)
- ☒ 7 Wind-
- ☒ 8 100kg (vertical)
- ☒ 9 Thermal load

Coefficienti Gamma

1.3 gamma G ☒ Combina anche gli INF

1 gammaG_{inf}

1 gamma GA

1.5 gamma Q ☒ Combina anche gli INF

Tipo di Stato Limite

☒ SLU

☐ SLE

Suggerisci gamma

I casi non permanenti possono essere attivi (spuntati) o non attivi. Tutti! attiva tutti i casi di carico. Nessuno! disattiva.

Un caso non permanente può escluderne altri: questi verranno deselezionati in "Ammissibilità compresenza ...".

Gli effetti peggiori sono ignoti a priori. Quindi occorre considerare anche i valori inferiori (INF) e tutte le permutazioni.

Si può dover tenere in conto che un caso possa assumere due segni diversi.

E' stata aggiunta la possibilità di fissare valori di $\gamma_{g,inf}$ nella generazione automatica delle combinazioni. Ciò consente di specificare diversi valori (1 o 0,9 ad esempio) in modo da adattarsi alla norma o allo studio necessario (ad esempio le situazioni EQU, STR o GEO). I valori dei gamma sono inoltre ora suggeriti a seconda della diversa situazione di progetto a cui si è interessati. Sono inoltre stati rivisti i suggerimenti dei valori dei coefficienti Ψ validi per l'Italia, in accordo alle NTC 2008.

LANCIO AUTOMATICO DI CSE

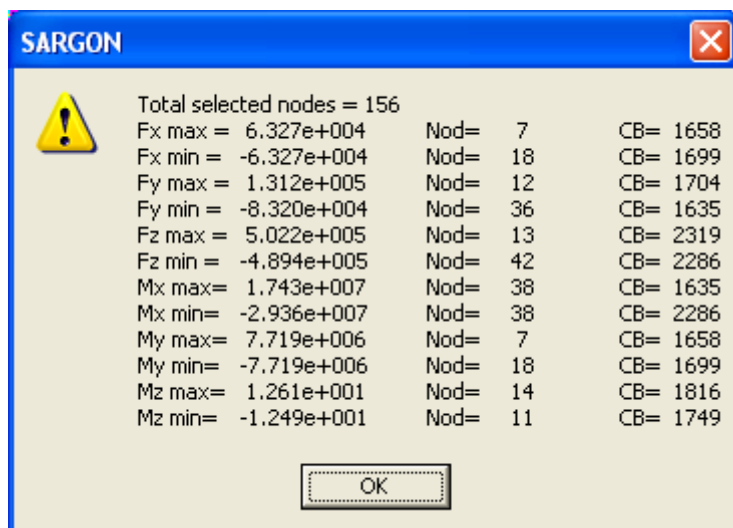


Data la crescente importanza di CSE a Sargon è stato aggiunto un comando che trasferisce direttamente il modello al programma CSE, facendo sì che questo venga immediatamente importato.

COMANDI RELATIVI AGLI INVILUPPI

La versione 9.20 di Sargon consente di avere gli involuppi al variare delle combinazioni su molte grandezze per le quali prima ciò non era possibile. Ciò amplia considerevolmente il raggio di azione e la potenza del programma. In particolare sono state aggiunte le seguenti migliorie.

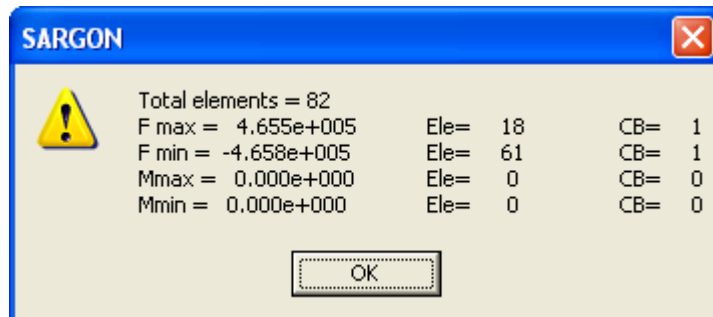
Reazioni vincolari.



E' ora possibile, con il comando Post_Reazioni Vincolari_Inviluppo dell'Inviluppo, avere l'inviluppo delle reazioni vincolari dei nodi selezionati. Selezionando un solo nodo si ha l'inviluppo su quel nodo. Il comando è importante per verificare che le reazioni vincolari stiano entro certi

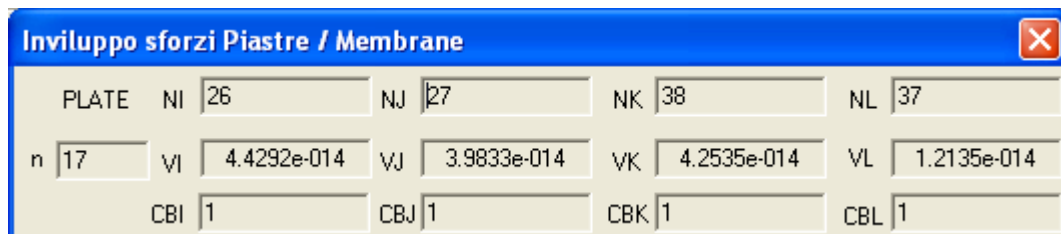
intervalli al variare delle combinazioni che, come gli utenti Sargon sanno bene, possono anche essere molto numerose.

Sforzi molle



Anche in questo caso è stato aggiunto il comando Post_Sforzi Molle_Inviluppo dell'Inviluppo, il quale dà le peggiori forze interne alle molle al variare delle molle selezionate ed al variare delle combinazioni. Ciò semplifica parecchi controlli e consente di fornire meglio i valori di reazioni vincolari in certe situazioni.

Sforzi in piastre e membrane e sforzi negli elementi solidi



E' stato aggiunto il comando Post_Sforzi PM e SO_Inviluppo, che comporta la mappatura degli sforzi di inviluppo. Si tratta di un flag. Se questo flag è attivo ogni comando di resa grafica degli sforzi viene interpretato come un comando di resa grafica degli inviluppi degli sforzi (al variare delle combinazioni). A questo flag corrisponde un nuovo bottone "E" nella barra Post, che presenta un colore misto tra blu e fucsia. I bottoni delle barre sono tutti stati rivisti in modo che i colori abbiano un più immediato significato in riferimento alle diverse entità gestite dal programma.

COLORE	ENTITA'
Giallo	Nodi
Verde	Travi e bielle
Blu	Piastre e membrane
Fucsia	Solidi

Marrone	Molle
---------	-------

Inoltre, i comandi di interrogazione degli sforzi sono anch'essi sensibili al flag precedente, per cui se si sta guardando una certa componente di sforzo e si ha il flag di inviluppo attivo, il comando utilizza un dialogo diverso, che dà le informazioni sull'inviluppo (massimo minimo e combinazione corrispondente).

E' pertanto possibile non solo vedere la mappa degli sforzi di inviluppo, ma anche interrogare direttamente il programma sui valori mappati.

NUOVI INDICATORI DI SFORZO

Al fine di meglio controllare i risultati delle elaborazioni in merito agli elementi trave, sono stati aggiunti nuovi comandi di resa grafica degli indicatori di sforzo su tali elementi. Questi indicatori, sensibili anche al flag inviluppo, sono i seguenti:

T_2/A	taglio 2 diviso area
T_3/A	taglio 3 diviso area
T_2/Tpl_2	sfruttamento plastico taglio 2
T_3/Tpl_3	sfruttamento plastico taglio 3
M_1/W_1	tensione dovuta a torsione
M_1/Mpl_1	sfruttamento plastico torsione

Le tensioni T_2/A e T_3/A , sono indicatori di sforzo che possono essere utili per escludere la rilevanza del taglio. Si noti che la tensione è ottenuta dividendo per l'area totale, ed è quindi solo un indicatore di sforzo, non la effettiva massima tensione tangenziale.

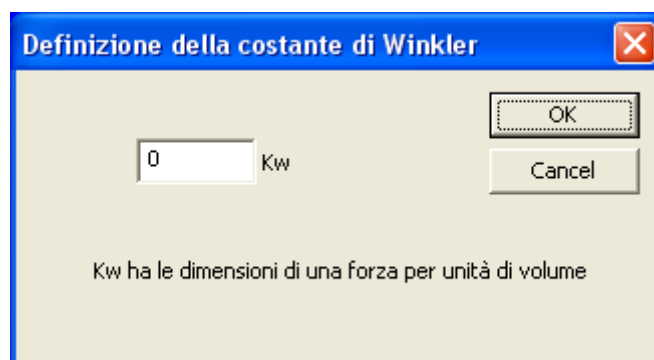
I tagli plastici sono essenzialmente utili per alcune forme sezionali, per le quali è stata adottata la formulazione dell'Eurocodice 3 (Hsm, Ipn, O, Rhs, Thsm, Usm). In particolare se questi limiti sono inferiori a 0.5 per profili Hsm, risulta che non vi sia interazione tra taglio e flessione nella verifica di resistenza.

Per altre sezioni si tratta di una valutazione semplificata, basata sulla direzione dei piatti.

Per altre forme sezionali ancora, data la loro genericità e/o la rotazione degli assi principali di inerzia, il taglio limite è valutato adottando un'area plastica resistente a taglio pari alla metà della sezione (sezioni Composed, Generiche, Lcf, Lsh, L2CR, Poli, Zcf).

Per quanto riguarda la tensione legata alla torsione questa è valutata per le sezioni aperte usando un modulo di resistenza ottenuto dividendo J_t per lo spessore massimo. In questo caso il W_{pl1} è 1,5 volte il W_1 . Per le sezioni chiuse si è usata la formula di Bredt. Per altre sezioni resta non definito il modulo W_1 . Sono le sezioni Composte, Generiche, Poligonali, .

PIASTRA SU SUOLO ELASTICO



Con la versione 9.20 Sargon consente di assegnare agli elementi piastra anche una costante di Winkler k . Tale costante ha la dimensione fisica di una forza per unità di volume. La piastra viene inizialmente generata sempre con tale $k=0$. Per assegnare un k alle piastre selezionate si deve usare il nuovo comando Mesh-Piastre e Membrane – Winkler. Per togliere il k di Winkler occorre assegnare un valore nullo.

Le piastre che hanno un k di Winkler diverso da zero sono mostrate con una molla al centro dell'elemento, nella direzione normale al piano dell'elemento.

La possibilità di dare elementi plate su suolo elastico consente di ottenere una maggior precisione nello studio di platee su suolo elastico. Anziché assegnare le molle ai nodi è possibile assegnare direttamente la costante di Winkler agli elementi plate-shell.

TRAVE SU SUOLO ELASTICO

Con la versione 9.20 di Sargon compare l'elemento trave su suolo elastico a due parametri. Tale aggiunta consente di studiare le travi su suolo elastico con molta maggior precisione rispetto a quanto possibile in precedenza. Non è più necessaria una elevata discretizzazione per studiare elementi beam su suolo elastico (trave rovescia), ma basta un solo elemento dato che le funzioni di forma dell'elemento su suolo elastico usano non più polinomi ma complicate funzioni trigonometriche ed esponenziali, che sono la soluzione esatta della equazione differenziale e che quindi forniscono già con un solo elemento il risultato corretto, sia in termini di azioni interne che in termini di spostamento

Valgono però le seguenti limitazioni:

1. L'elemento trave su suolo elastico può ricevere come carichi interni solo carichi distribuiti linearmente (o uniformi) tra un estremo e l'altro estremo. Non sono ammessi carichi concentrati o carichi che vadano da un punto interno ad un altro punto interno o d'estremo. Non sono inoltre ammesse le coppie distribuite. Tale limitazione non è molto forte se si tiene conto che di solito vi sono solo i carichi distribuiti e che nel caso di carichi concentrati è sempre possibile spezzare l'elemento in più elementi.
2. L'elemento trave su suolo elastico non considera la rigidezza a taglio, quindi i fattori di taglio non sono considerati.
3. Nelle analisi con Soclever, gli elementi su suolo elastico non contribuiscono alla rigidezza geometrica e quindi non sono oggetto di analisi del secondo ordine. Restano trattati al primo ordine anche se possono far parte di un più generale modello ove figurino analisi del secondo ordine (sugli altri elementi trave e sugli elementi biella).

Come accennato il modello è quello del suolo elastico a due parametri. Il lavoro di riferimento adottato per questo elemento è il seguente:

Feng Zhaohua, Robert D. Cook, “Beam Elements on Two-Parameter Elastic Foundations”, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 109, N° 6, December 6 1983.

Nel modello a due parametri, risulta che, dettando $w(x)$ l'abbassamento della trave e $p(x)$ la reazione del terreno si abbia:

$$p(x) = kw(x) - k_1 \frac{d^2 w(x)}{dx^2}$$

Il parametro k è l'ordinario parametro di Winkler, ed ha le dimensioni fisiche di una forza per unità di superficie. Si ottiene dalla costante di Winkler del terreno moltiplicandola per la larghezza della superficie di appoggio. Esprime una rigidezza (F/L) per unità di lunghezza.

Il parametro k_1 è il secondo parametro e consente di modellare suoli con maggior generalità ed efficacia di quanto possibile con il solo k . k_1 ha le dimensioni fisiche di una forza. In particolare il secondo parametro consente di evitare il tipico e ben riconosciuto fenomeno che fa sì che una trave su suolo elastico alla Winkler, soggetta ad un carico uniformemente distribuito, si abbassi senza inflettersi, cosa che è evidentemente in contrasto con la esperienza effettiva di travi su suoli reali. In effetti ciò dipende dal fatto che nel modello alla Winkler il terreno al di fuori della trave non si abbassa, Il modello a due parametri invece comporta una inflessione anche nel caso in cui vi sia un

mero carico distribuito.

Il modello a due parametri contiene al suo interno le seguenti teorie, che tutte ricadono nella medesima equazione pur impiegando per il secondo termine una diversa formulazione collegata ad un diverso significato fisico:

1. Modello di Filonenko-Borodich
2. Modello di Pasternak
3. Modello di fondazione generalizzata
4. Fondazione di Vlasov

Si rimanda al già citato paper per i riferimenti esatti ai corrispondenti lavori. Qui si riporta solo la formulazione di Vlasov utile per determinare k_1 .

$$k = \frac{E_0 b}{4(1 - \mu_0^2)} \cdot \frac{\gamma}{A}$$

$$k_1 = \frac{E_0 b}{4(1 + \mu_0)} \cdot \frac{A}{\gamma}$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{2D(1 - \mu_0^2)}{E_0 b}}$$

$$E_0 = \frac{E_s}{1 - \mu_s^2}$$

$$\mu_0 = \frac{\mu_s}{1 - \mu_s}$$

$$D = \frac{EI}{(1 - \mu^2)}$$

Dove:

b	larghezza della trave
μ	coefficiente di Poisson della trave
EI	rigidezza flessionale della trave
E_s	modulo di elasticità del terreno
μ_s	coefficiente di Poisson del terreno
γ	un coefficiente numerico che dipende dalla fondazione (ad esempio, 1, 0.5, ecc.)

Per maggiori dettagli su come impostare il valore di k_1 si rimanda alla letteratura tecnica sull'argomento. Ove non si abbia idea di come impostare il valore di k_1 si suggerisce di lasciarlo

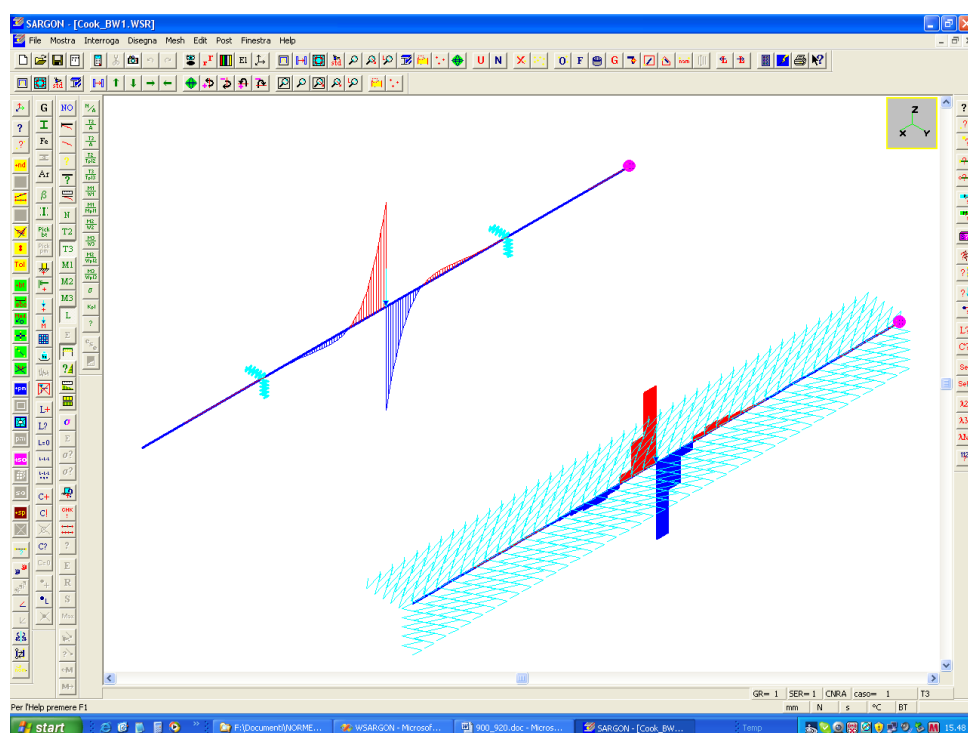
nullo.

Per ottenere una ordinaria fondazione su suolo elastico alla Winkler è sufficiente porre $k_1=0$.
 k_1 non deve mai raggiungere o superare il valore

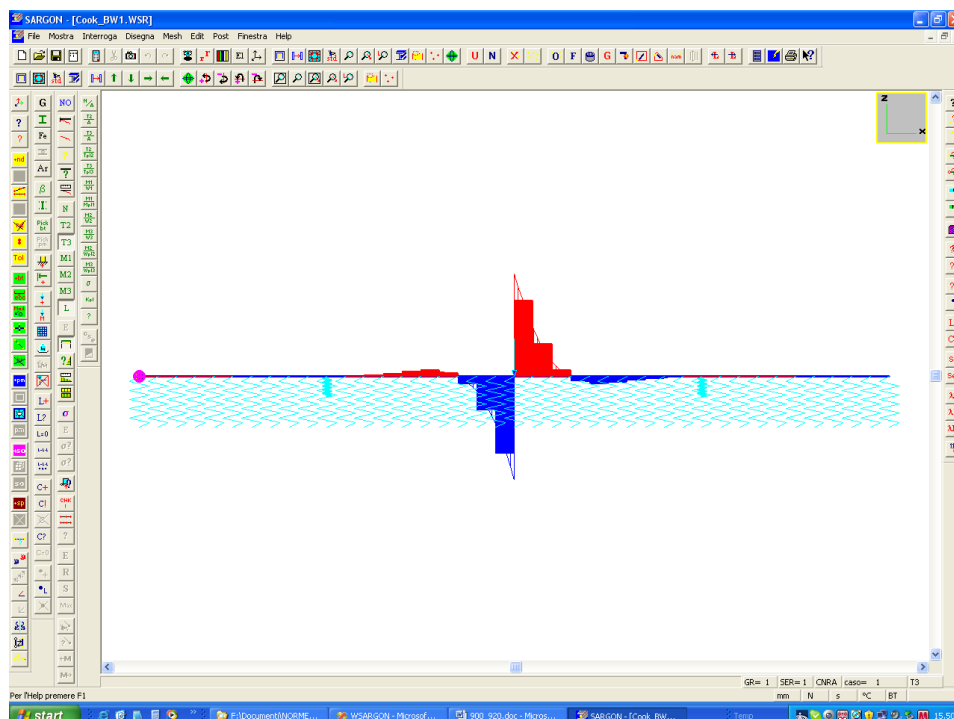
$$k_{1,lim} = \sqrt{4kEI}$$

Come già detto l'introduzione di uno specifico elemento finito di trave su suolo elastico semplifica di molto la creazione delle mesh corrispondenti, in quanto il livello di discretizzazione necessario a cogliere con precisione la risposta si abbassa drasticamente. Sia l'andamento della deformata, sia i diagrammi di taglio e momento flettente presentano variazioni secondo complicate funzioni trigonometriche ed esponenziali. In letteratura è noto che per cogliere correttamente il momento flettente e soprattutto il taglio è necessario dividere l'elemento in moltissimi sotto-elementi se si fa uso degli ordinari elementi a funzioni di forma cubiche. Per questa ragione si è sin da subito deciso che gli elementi avrebbero impiegato le molto più complesse funzioni di forma trigonometriche-esponenziali.

Nella figura che segue si vede il raffronto tra due travi modellate con le molle o con la nuova formulazione. E' mostrato l'andamento del taglio.



Si noti che in un caso il modello (trave su suolo elastico con carico concentrato in mezzeria) è realizzato con due elementi finiti, nell'altro con ben 40. Nonostante ciò il taglio massimo (figura seguente) non è ancora colto dal modello ordinario con molle.



MIGLIORATA LA GESTIONE DELLA DEFORMATA DEGLI ELEMENTI TRAVE

La deformata degli elementi trave veniva restituita con la sola spline, ovvero facendo uso della mera funzione di forma. A partire da questa versione 9.20 del programma, viene anche aggiunto, sia nei casi di carico, che nelle combinazioni, il contributo alla deformazione dovuto:

- Ai carichi uniformemente distribuiti (forze) definiti nel sistema locale o in quello globale;
- Ai carichi linearmente distribuiti (forze) definiti nel sistema locale o in quello globale, variabili tra un estremo ed un altro estremo dell'elemento;
- Ai carichi concentrati interni (forze) definiti nel sistema locale o in quello globale;

Sono ancora al di fuori del calcolo i seguenti carichi distribuiti:

- Coppie distribuite
- Carichi variabili linearmente tra un punto interno ed un altro punto interno

Questa modifica comporta un certo rallentamento, ma si ritiene che i vantaggi superino gli svantaggi. E' chiaro che il contributo aggiuntivo tende ad avere una scarsa importanza su elementi

corti o elementi in cui la gran parte della deformata sia dovuta a rotazione o traslazione dei nodi.

E' quindi ora possibile modellare una trave incastro-incastro con un solo elemento finito ed avere la deformata "giusta" sia nel caso di carichi distribuiti che nel caso di carichi concentrati.

MIGLIORATA LA GESTIONE DELLA MEMORIA DEI SOLUTORI

Data la crescente disponibilità di memoria, tanto che il limite di indirizzamento dei 32 bit è ormai alla portata, il meccanismo di allocazione di "Quantità disponibile" di memoria è stato modificato. Se alla richiesta non fa seguito la disponibilità di memoria, si entra in un loop in cui la richiesta di memoria viene progressivamente ed automaticamente ridotta del 90% ad ogni ciclo del loop. In tal modo si ha ragionevole certezza di allocare il maggior blocco di memoria effettivamente allocabile.

AGGIUNTI COMANDI SWITCH MODI

Per facilitare il passaggio da un modo di vibrare al successivo sono stati aggiunti due bottoni alla barra POST, corrispondenti ai due comandi Post-Modale-Modo successivo! e Post-Modale-Modo precedente!. Tali bottoni consentono di spostarsi rapidamente da un modo all'altro. Inoltre nella barra di stato è stato aggiunto il numero del modo attivo.

ELIMINAZIONE MALFUNZIONAMENTI

Eliminato un malfunzionamento nel comando che aggiunge carichi di linea in modalità proiezione.

E' ora possibile avere in uno stesso modello sia piastre sottili che spesse.

Sono stati corretti i valori di g nei materiali S235-S490 in accordo a quanto previsto dall'Eurocodice.

Il comando di modifica dell'orientazione consentiva terzi nodi nulli con oriecode = 0 (usa terzo nodo). E' stato aggiunto un controllo sulla orientazione in tutti i solutori.

Verificatore secondo Eurocodice 3.

Eliminato malfunzionamento per cui non venivano verificati superelementi con sezione utente.

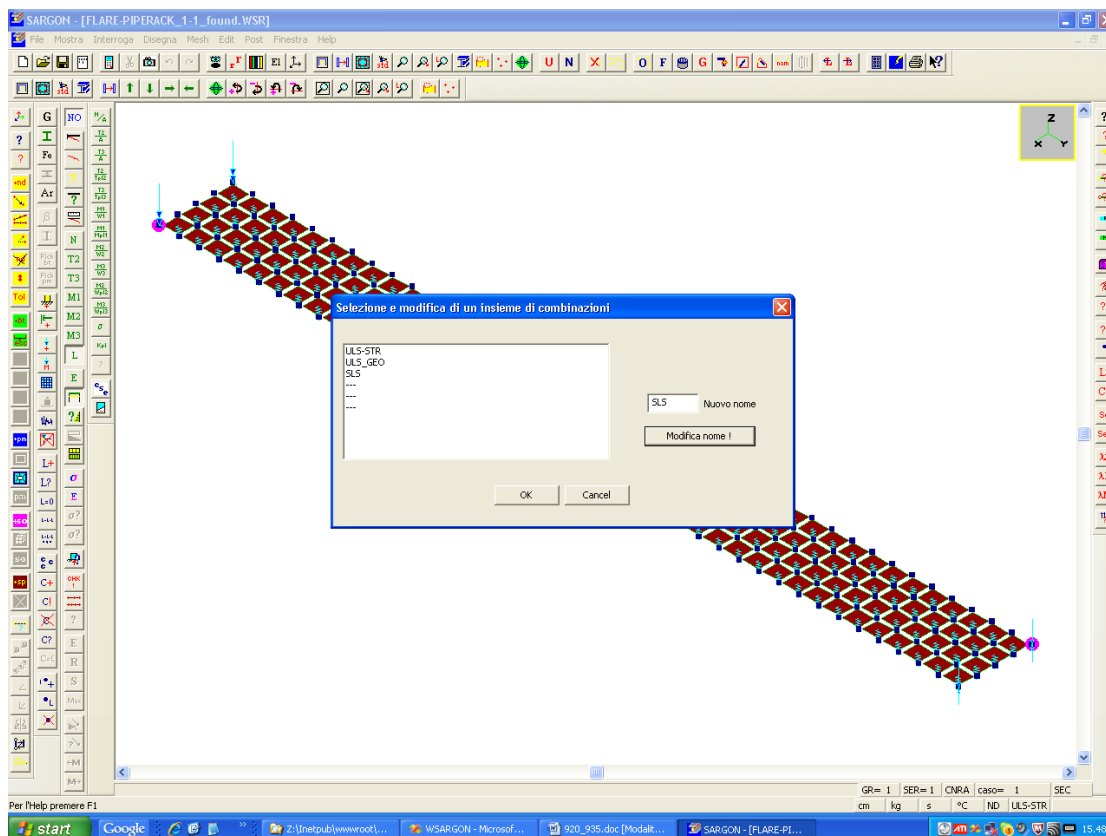
Eliminato malfunzionamento verifica superelementi in classe 4 nel caso in cui siano presenti più materiali nel modello con tensioni di snervamento diverse.

Eliminato malfunzionamento sole sezioni utente, verifica elementi nella sola classe 4 usava W2 anziché W3.

Eliminato malfunzionamento sezioni utente classe 4, mancato riconoscimento f_y per tolleranza troppo stretta. Sezione quindi talvolta non veniva riconosciuta come “sezione utente”.



Lista modifiche: dalla 9.20 alla 9.35



determinazione dei nomi dei combiset



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083



fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 20-10-2009

122. Introduzione

La versione 9.35 è una versione che introduce sostanziose migliorie.

Le modifiche sono le seguenti:

- Completa riprogrammazione di tutti i moduli sotto Visual Studio 2008, con conseguente cambio delle DLL di sistema.
- Introduzione del concetto di "combi set", e dunque possibilità di lavorare contemporaneamente con diversi combi set in un unico modello (es: SLU-GEO, SLU-STR, SLE, ecc.)
- Aggiunta dei dati di calcolo per i profili formati a freddo in accordo alla appendice dell'EN-1993-1-3 (I_w , ecc.)
- Introduzione di modifiche al file EC3DATA.TXT per migliorare le verifiche
- Introduzione del comando Edit-Azioni-Da reazioni vincolari
- Introduzione del comando Post-Importa e ampliamento del funzionamento del modulo mergedbase.exe
- Ampliamento del funzionamento di tutti i programmi a modelli contenenti spazi nella loro path
- Modifica dell'interfaccia
- Eliminati malfunzionamenti.

Le osservazioni sono le seguenti:

- In merito al problema delle combinazioni sismiche

123. Completa riprogrammazione di tutti i moduli sotto Visual Studio 2008tm

Tutto il progetto Sargon è stato ricompilato sotto Visual Studio 2008. Ciò garantisce la piena compatibilità anche con i sistemi operativi più recenti e al tempo stesso comporta una

"modernizzazione" di tutti i file binari del programma (.exe, .dll).

Da un punto di vista pratico questo vuole dire che sono cambiati tutti i moduli, che quindi dovranno essere aggiornati, e vuole dire che le DLL ed i componenti di sistema, tutti residenti nella cartella di installazione del programma, sono ora diventati i seguenti (file DLL.ZIP):

- MFC90.DLL
- MSVCR90.DLL
- MICROSOFT.VC90.MFC.MANIFEST
- MICROSOFT.VC90.CRT.MANIFEST

I precedenti con la sigla "80" anziché "90" sono diventati perciò superflui.

124. Introduzione del concetto di "combi set"

La necessità di disporre di diversi insiemi di combinazioni da utilizzare per scopi differenti, come ad esempio le verifiche agli stati limite ultimi GEO anziché STR, o le verifiche agli stati limite di esercizio, costringeva ad impiegare diverse copie dello stesso modello o a cancellare le combinazioni precedentemente definite per definirne di nuove. Per ovviare a questo inconveniente, a partire dalla versione 9.35 Sargon dispone di sei insiemi diversi di combinazioni, che possono essere attivate all'occorrenza.

In pratica tutti i comandi di aggiunta delle combinazioni, interrogazione delle combinazioni, cancellazione delle combinazioni, o rappresentazione degli involucri, si riferiscono all'insieme di combinazioni attivo. Un insieme di combinazioni (o brevemente combiset) si rende attivo mediante il comando Edit-Combinazioni-Modifica Insiemi. Tale comando consente:

- di selezionare l'insieme di combinazioni che sarà attivo d'ora in avanti;
- di attribuire una sigla identificativa di al massimo sette lettere a ciascun combiset.

La sigla identificativa non deve essere duplicata, ovvero ciascun combiset deve avere una sua sigla. Essa è importante perché distingue un combiset dall'altro, non solo nell'interfaccia, ma anche, come vedremo tra poco, nei file di output creati dal programma. Esempi tipici di nomi di combiset potrebbero essere i seguenti:

- SLU-STR
- SLU-GEO

- SLE-SLO
- SLE-SLD
- SLU-SLV
- SLU-SLC
- C1
- C2
-

All'interno dell'interfaccia del programma il combiset attivo è riportato nella barra di stato della finestra principale (vedasi figura seguente).

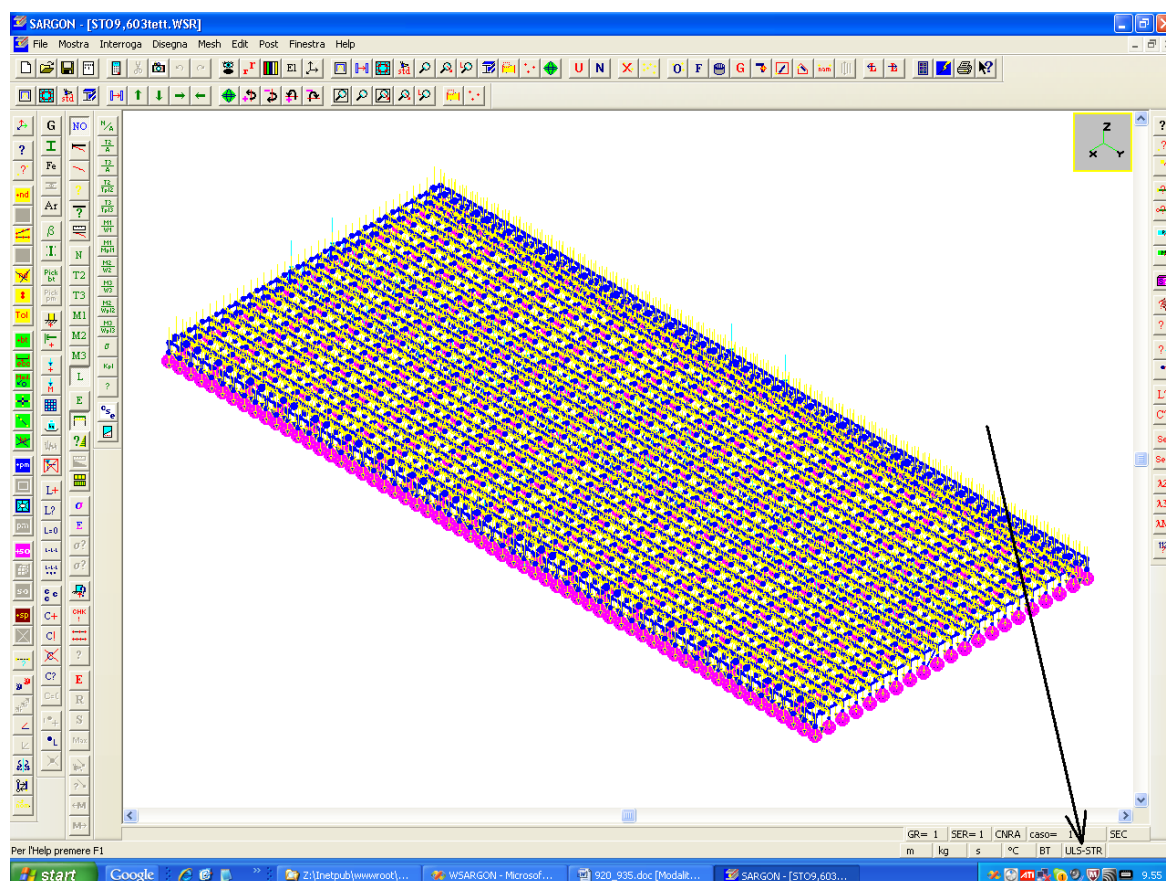


fig. 1

Tutti i normali comandi che implicino l'uso delle combinazioni continuano a valere inalterati, ma si riferiscono al combiset attivo.

Nei riguardi delle verifiche e dei tabulati, nonché dell'interfacciamento verso programmi esterni (come CSE o RCSTUDIO), vale la regola che il set di combinazioni esportato sarà quello attivo al momento della esecuzione del comando.

E' dunque possibile eseguire le verifiche con uno stesso verificatore ma con combiset differenti. Per evitare che ad ogni successiva esecuzione i file vengano sovrascritti, a partire dalla versione 9.35 le

regole che presiedono alla creazione dei file di output sono cambiate, per l'aggiunta in coda al nome, e prima della estensione, della stringa ".XXX" dove "XXX" è la sigla identificativa del combiset.

Pertanto al termine della esecuzione ad esempio delle verifiche secondo l'EC3, non si troverà più il file binario "modello.eur", bensì il file binario "modello.XXX.eur". Sarà dunque possibile vedere i risultati delle verifiche con un combiset e poi con un altro (alternando l'uno all'altro mediante click del mouse sul riquadro dedicato della barra di stato, fig. 1). Non è possibile vedere *contemporaneamente* sullo stesso modello verifiche fatte con due combiset differenti, in quanto il combiset corrente è una proprietà del *documento* e non della sua *vista* corrente (ciò appunto per la compatibilità con i programmi esterni).

Alla creazione del tabulato, non verrà più creato, ed esempio in italiano, il file "modello.EIT", bensì il file "modello.XXX.EIT", ciò vuol dire che sarà possibile avere tabulati differenti riferentisi a combiset differenti. Oltre che nel nome del file, l'uso di un certo combiset è riepilogato anche all'interno del file stesso mediante la scritta ad esempio seguente ("XXX" = "TUT2"):

```
Modello ---> D:\ANALISI\935\C 03
```

```
Insieme di combinazioni: TUT2
```

```
Data: 22/10/2009 - Ora: 10:13:22
```

L'apertura automatica del tabulato continua naturalmente ad essere valida. Tutte le informazioni che dipendono dalle combinazioni, all'interno del tabulato, incluse naturalmente le verifiche, sono associate al combiset attivo.

La modifica introdotta, in modo peraltro molto "pulito" ed ordinato, amplia notevolmente la gamma di azione del programma, consentendo di studiare situazioni differenti in modo molto semplice. Anche i comandi di interrogazione relativi agli involuppi sono stati modificati per riportare il combiset corrente. Ad esempio nella figura 2 si vede come sia cambiato il comando che dà l'involuppo degli spostamenti.



fig. 2

La rappresentazione degli involuپی degli sfruttamenti e degli sforzi è stata migliorata per riportare sia una dicitura che completa le informazioni disponibili, sia l'informazione sul combiset impiegato.

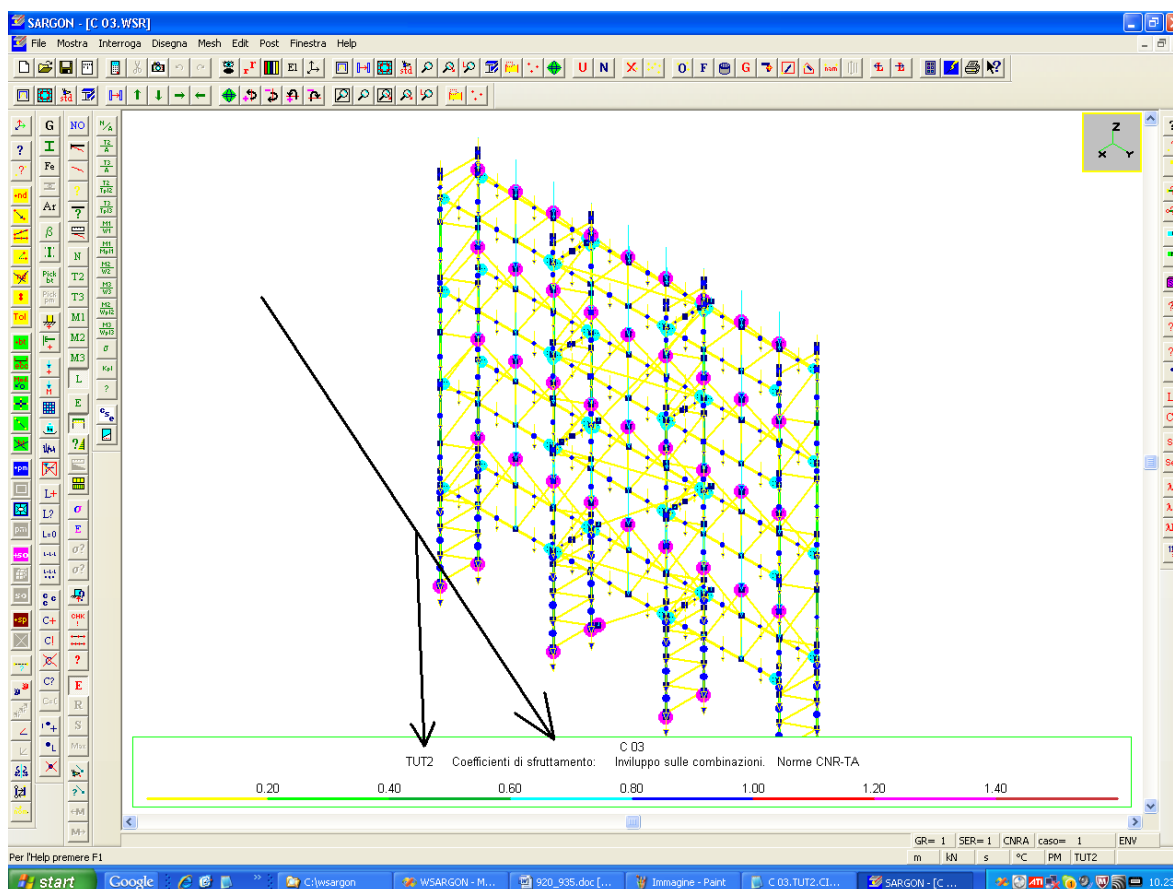


fig. 3

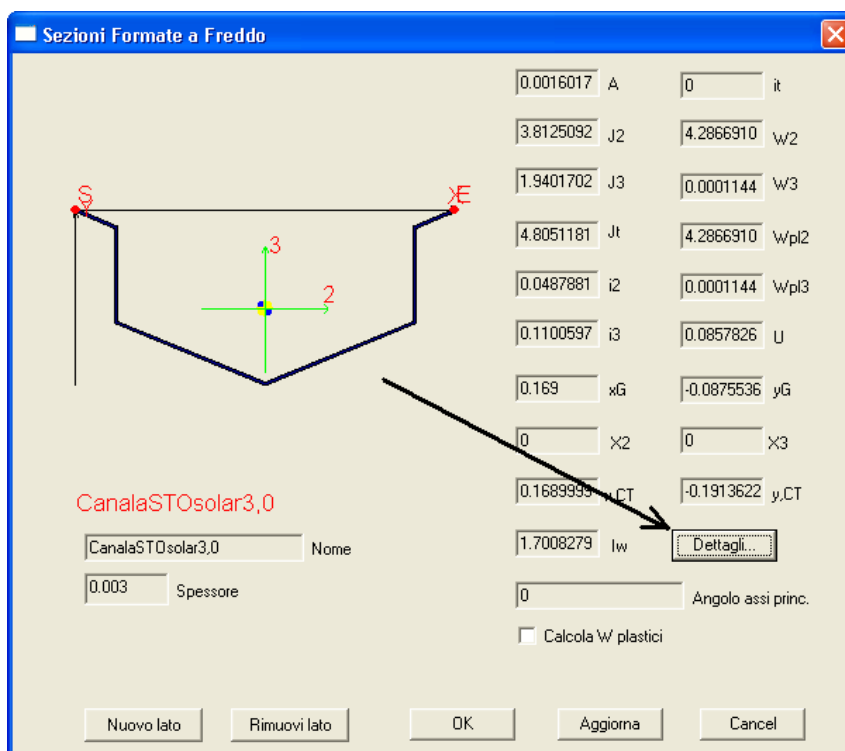
L'utente che non faccia nulla in merito ai combiset, o che importi un modello già fatto con le

versioni precedenti, si ritroverà per default attivo il primo combiset, al quale sarà dato il nome "CS1".

Si sottolinea nuovamente che tutti i comandi di gestione delle combinazioni si riferiscono al combiset attivo. Sarà quindi in particolare possibile eseguire più volte il comando di generazione automatica delle combinazioni, *su combiset differenti*, avendo quindi diversi insiemi di combinazioni con cui lavorare.

125. Aggiunta di dati di calcolo per i profili formati a freddo

Per facilitare lo studio delle forme sezionali in parete sottile, ai dialoghi delle sezioni a C, ad L, a Ω , a Z e generiche, formate a freddo, è stato aggiunto un bottone, "Dettagli", che dà accesso ad un successivo dialogo in cui viene listata tutta una serie di proprietà utili per il calcolo e la verifica dei formati a freddo stessi. Le quantità riportate usano la terminologia dell'annesso C dell'EN 1993-1-3 e la unità di misura attiva.



Il contenuto del dialogo successivo può essere copiato e incollato, di seguito si dà un esempio di tale file. La terminologia è identica a quella dell'appendice con la sola differenza che anzichè usare gli assi (y, z) si usano gli assi (X, Y).

```

*****
*                                                                 *
*                                                                 *
*              Cold Formed Section Computation Data              *
*                                                                 *
* Castalia srl - www.castaliaweb.com - Copyright (C)             *
*****

Section is computed according to EN1993-1-3:2006, Annex C
Curved sides, if any, are divided into straight segments

Section: *****
N os:          11 - number of original sides
N ass:         11 - number of assumed straight sides
Area:          1.600e-003 - area      m^2

Sx0:           -1.401e-004      m^3 - first area moment (x,y)
Sy0:           2.704e-004      m^3 - first area moment (x,y)
Ix0:           1.608e-005      m^4 - second area moment (x,y)
Iy0:           6.508e-005      m^4 - second area moment (x,y)
Ixy0:          -2.368e-005      m^4 - mixed second area moment (x,y)

xg:            1.690e-001      m - gravity center x coordinate
yg:            -8.757e-002      m - gravity center y coordinate

Ix:            3.807e-006      m^4 - second area moment (xg, yg)
Iy:            1.938e-005      m^4 - second area moment (xg, yg)
Ixy:           -3.195e-013      m^4 - mixed second area moment (xg, yg)

Icsi:          1.938e-005      m^4 - second area moment (principal axes)
Ieta:          3.807e-006      m^4 - second area moment (principal axes)
alpha:         4.759e-306 (deg) - rotation angle of principal axes

omega,mean:    1.952e-002      m^2 - omega mean
Ixom0:         8.987e-006      m^5 - sectorial constant
Iyom0:         -2.092e-006      m^5 - sectorial constant
Iomom0:        1.445e-009      m^6 - sectorial constant

Ixom:          3.708e-006      m^5 - sectorial constant (xg, yg)
Iyom:          6.433e-007      m^5 - sectorial constant (xg, yg)
Iomom:         8.353e-007      m^6 - sectorial constant (xg, yg)

Iw:            1.701e-008      m^6 - warping constant
It:            4.801e-009      m^4 - torsional constant
xct:           1.690e-001      m - shear center x coordinate
yct:           -1.914e-001      m - shear center y coordinate
xs:            1.038e-009      m - = xct - xg
ys:            -1.038e-001      m - = yct - yg
xj:            -1.882e-009      m - non symmetry factor
yj:            -1.897e-001      m - non symmetry factor

```


Nota bene:

Il lavoro di programmazione per il calcolo automatico delle caratteristiche efficaci dei profili formati a freddo in accordo ad EN 1993-1-3, molto complesso, è in avanzato stato di sviluppo. Di fatto è ora possibile, con ampia generalità, data una generica forma sezionale formata a freddo, calcolarne le caratteristiche efficaci (anche tenendo in conto, in molti casi, il *distorsional buckling*). Al momento questa funzionalità (che tra l'altro produce automaticamente le schede da aggiungere al file EC3DATA.TXT) è riservata però ad un uso interno. *I Clienti o gli Esterni interessati ad avere le grandezze efficaci dei loro profili formati a freddo potranno fare richiesta a Castalia di opportuno servizio di calcolo.*

126. Introduzione di modifiche al file EC3DATA.TXT per migliorare le verifiche

Castalia srl sta facendo molto lavoro in merito alle verifiche dei profili formati a freddo. Traccia di questo lavoro si trova anche in alcune modifiche che sono state fatte al file EC3DATA.TXT.

In particolare:

1. La scheda "_EFFECTIVE" non impiega più la tensione di snervamento ma la tensione di progetto (f_y/γ_{M0}). D'ora in avanti il verificatore eseguirà un controllo sul fatto che la tensione di progetto riportata nel file coincida con la tensione di progetto calcolata *runtime* per quell'elemento. E' dunque indispensabile che almeno una delle schede "_EFFECTIVE" abbia una f_d coincidente con quella calcolata dal verificatore (a sua volta funzione della f_y dell'elemento da verificare e del γ_{M0} specificato nelle impostazioni del verificatore). Ricordiamo che si possono aggiungere varie schede "_EFFECTIVE" relative a tensioni di progetto differenti, ed, ovviamente, con valori efficaci in generale differenti.
2. Aggiunta della scheda "_2LATERALTORSIONAL Iz It zs zj". Questi dati servono a calcolare il momento critico secondo la formula canonica per sezioni aventi un asse di simmetria (cfr. ad esempio ENV 1993-1-1 appendice F, [F2]). In effetti, se e solo se viene aggiunta la scheda "_2LATERALTORSIONAL", allora il momento critico non verrà calcolato con il metodo della piattabanda compressa, bensì con la formula teorica seguente:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \left[k^2 \frac{I_w}{I_z} + k^2 \frac{GI_t}{\pi^2 EI_z} + z_j^2 \right]^{0.5} + z_j \right\}$$

nella quale I_z , I_t , e z_j sono letti nella scheda "_2LATERALTORSIONAL", mentre I_w è letto nella scheda "_LATERALTORSIONAL". k è il β_1 . Si è fatta l'ipotesi che il carico sia applicato nel centro di taglio ($z_g=0$) e che C_3 sia eguale ad 1. E' da notare che le quantità I_w e z_j sono fornite da Sargon come spiegato al punto precedente (dovranno essere riportate manualmente nel file EC3DATA.TXT. L'asse attorno al quale la flessione provoca lo svergolamento è specificato nella scheda "LATERALTORSIONAL" e può essere il 2 o il 3. Se nonostante sia presente la scheda "_2LATERALTORSIONAL" non si vuole calcolare il momento critico con la formula canonica, ma usare il metodo della piattabanda compressa, basta porre eguale a zero I_z o I_t .

127. Introduzione del comando Edit-Azioni-Da reazioni vincolari

A partire dalla versione 9.35 è stato aggiunto un nuovo importante comando che consente di importare le reazioni vincolari (o le reazioni delle molle) di un altro modello, trasformandole, con il segno cambiato, in azioni sul modello corrente.

Il comando (Edit-Azioni-Da reazioni vincolari) funziona *sui soli nodi selezionati* e può riferirsi al caso di carico corrente o a tutti i casi di carico. L'identificazione del generico nodo selezionato con il nodo del modello esterno dal quale leggere le reazioni vincolari (o le forze delle molle applicate), viene fatta sulla base della posizione assoluta. Se la posizione dei due nodi dista meno della tolleranza corrente nel modello correntemente aperto, allora il nodo viene identificato. In questo caso il programma andrà a leggere le reazioni vincolari di quel nodo e le applicherà con il segno cambiato come azioni sul nodo corrente selezionato.

Il comando può essere applicato anche selezionando tutti i nodi e lasciando che sia il programma a trovare quelli in comune tra i due modelli. Nel caso in cui non sia presente alcun vincolo verranno comunque letti i residui. Se questi, come normalmente avviene, sono molto piccoli, non vengono applicati.

Il comando funziona anche quando anziché essere applicati dei vincoli sono applicate delle molle. In questo caso il programma applicherà la reazione delle molle con il segno cambiato. E' quindi possibile modellare una fondazione con delle molle e poi caricare un altro modello fatto a parte con le forze calcolate afferenti in quelle molle. Al momento vengono lette solo le reazioni

delle molle puntuali (non le molle alla Winkler posizionate sotto gli elementi beam o plate).

Questo comando può essere molto utile se si vuole caricare ad esempio un modello di fondazione con molti gradi di libertà con le reazioni vincolari di un altro modello ove la fondazione sia stata modellata con una serie di vincoli (fissi od elastici a mezzo molle).

Se si leggono le reazioni di tutti i casi di carico allora è necessario che il numero dei casi di carico del modello su cui si sta lavorando sia identico al numero dei casi di carico del modello da cui vengono prese le reazioni vincolari. Se invece si leggono le reazioni di un solo caso di carico allora questa condizione non è necessaria (viene in tal caso chiesto quale caso di carico del modello esterno debba essere fatto corrispondere a quello corrente nel modello da cui viene eseguito il comando). Non è necessario che i due modelli abbiano lo stesso numero di nodi, è solo necessario che vi sia una corrispondenza delle posizioni spaziali.

128. Introduzione del comando Post-Importa e ampliamento del funzionamento del modulo mergedbase.exe

Il modulo mergedbase.exe è stato aggiunto al pacchetto Sargon già da molti anni. Esso è stato tuttavia usato da pochi Clienti, ed il suo uso era in qualche modo da considerarsi avanzato. Con la versione 9.35 esso può essere utilizzato da dentro l'interfaccia, facilitandone l'utilizzo. Inoltre, mentre prima era necessario che il modello "padre" ed il modello "figlio" avessero lo stesso numero di casi di carico, ora questa condizione è stata rilasciata, per cui è di fatto possibile avere modelli con differente numero di casi di carico. Continua ad essere invece necessario che siano identici:

- il numero dei nodi;
- il numero di elementi trave, biella, molla, pistra, membrana o solido.

Scopo di mergedbase.exe è prendere le azioni interne, le reazioni vincolari e gli spostamenti di un caso di carico (ovvero la risposta) di un certo modello ("figlio") e riversarli in un altro modello ("padre") in modo da sostituire gli sforzi e gli spostamenti esistenti. Ogni successiva operazione di solving riporta alla situazione originaria in cui gli sforzi, le reazioni vincolari e gli spostamenti del modello "padre" sono ottenuti per mezzo di solving. La risposta può essere stata ottenuta con analisi statiche, nonlineari o modale più spettro.

La tipica applicazione è quella delle fasi costruttive. In questo caso gli elementi non attivi saranno modellati per mezzo di un materiale molto cedevole, in modo da renderne ininfluyente la

presenza nel modello. Ulteriori applicazioni si riferiscono alla modifica di vincoli, o di forme sezionali.

L'unico limite al momento presente è che i due modelli contengano lo stesso numero di nodi e di elementi. Sono allo studio ulteriori ampliamenti.

Il programma mergedbase viene invocato mediante il comando Post-Importa. Ci si posiziona nel caso di carico del modello aperto (il modello "padre") la cui risposta si vuol sovrascrivere. Poi si sceglie un modello già girato (il modello "figlio") da utilizzare per leggere la risposta (deve essere un modello di Sargon - e quindi un file wsr - che sia stato già risolto). Poi occorre specificare il caso di carico del modello "figlio" che deve essere posizionato nel caso di carico corrente del modello "padre", ovvero del modello su cui si sta lavorando. Al termine del comando la risposta del modello padre non sarà quella ottenibile facendo il solving sul modello "padre", ma sarà la risposta a suo tempo ottenuta facendo girare il modello "figlio".

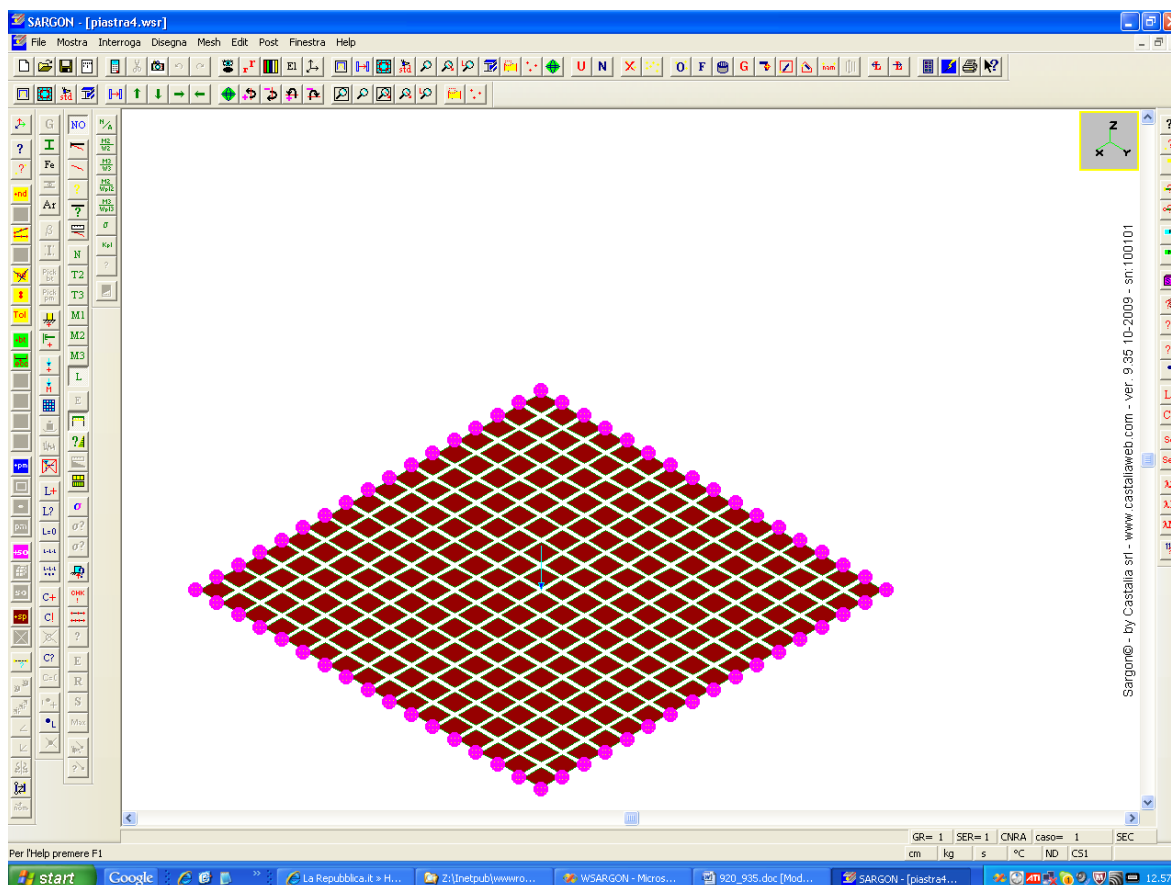
Se ad esempio si vuole fare in modo che la gravità non giunga sui diagonal, basterà fare un modello coi diagonal ridotti a elementi cedevolissimi. Tale modello di servizio sia il modello "figlio". Poi un modello ove i diagonal siano della loro corretta rigidità. Se la risposta al caso di carico gravità del modello padre viene modificata usando questo comando con la risposta del modello figlio, la gravità non coinvolgerà i diagonal, ma solo le colonne. Analogo ragionamento potrebbe essere impiegato ad esempio per diagonal no-tension, ove si fosse sicuri di quali fossero, in un dato caso di carico, i diagonal compressi.

Si tratta quindi di una miglioria significativa diretta ad utenti esperti.

129. Ampliamento del funzionamento di tutti i programmi a modelli contenenti spazi nella loro path

Si tratta di una modifica in effetti irrilevante, ma tuttavia più volte richiesta dai Clienti. E' ora possibile che sia il nome del modello che della cartella ove è contenuto contengano spazi.

130. Modifica interfaccia



Nello spirito del Cap. 10 delle NTC 2008, alla redazione del quale tra l'altro ha partecipato da esterno l'ing. Rugarli, a partire dalla versione 9.35 il programma riporta su tutte le videate le seguenti informazioni:

- Nome del programma e copyright;
- Versione del programma e mese di rilascio della stessa;
- Numero di serie dell'utente (non il nome)

Ciò al fine di garantire in tutti gli output che sia chiaro che versione del programma è stata usata, a quando risalga, e che numero di serie possenga l'utente.

Non è consentito eliminare questa scritta dagli elaborati di output. Tutti gli elaborati di output (immagini) privi di queste informazioni dovranno considerarsi ottenuti con versioni precedenti la 9.35 o in alternativa contraffatti.

E' chiaro peraltro che l'uso di un programma non tenuto aggiornato è da considerarsi non ottimale dato il continuo sviluppo dei sistemi hardware, software, delle norme, ed anche dato il possibile reperimento di difetti nel programma stesso.

131. Eliminati malfunzionamenti.

In presenza di nodi semirigidi vi era un problema di lettura del file di input. Il bug è stato introdotto nella versione 9.10 quando si sono introdotti gli elementi su suolo elastico.

132. In merito al problema delle combinazioni sismiche

E' una questione sulla quale siamo stati interpellati più volte da vari Clienti e quindi vale la pena di chiarire questo aspetto. La generazione di combinazioni del tipo:

altri casi di carico + $E_x + 0,3E_y + 0,3E_z$

altri casi di carico + $E_x - 0,3E_y + 0,3E_z$

altri casi di carico + $E_x + 0,3E_y - 0,3E_z$

altri casi di carico + $E_x - 0,3E_y - 0,3E_z$

altri casi di carico - $E_x + 0,3E_y + 0,3E_z$

altri casi di carico - $E_x - 0,3E_y + 0,3E_z$

altri casi di carico - $E_x + 0,3E_y - 0,3E_z$

altri casi di carico - $E_x - 0,3E_y - 0,3E_z$

altri casi di carico + $0,3E_x + E_y + 0,3E_z$

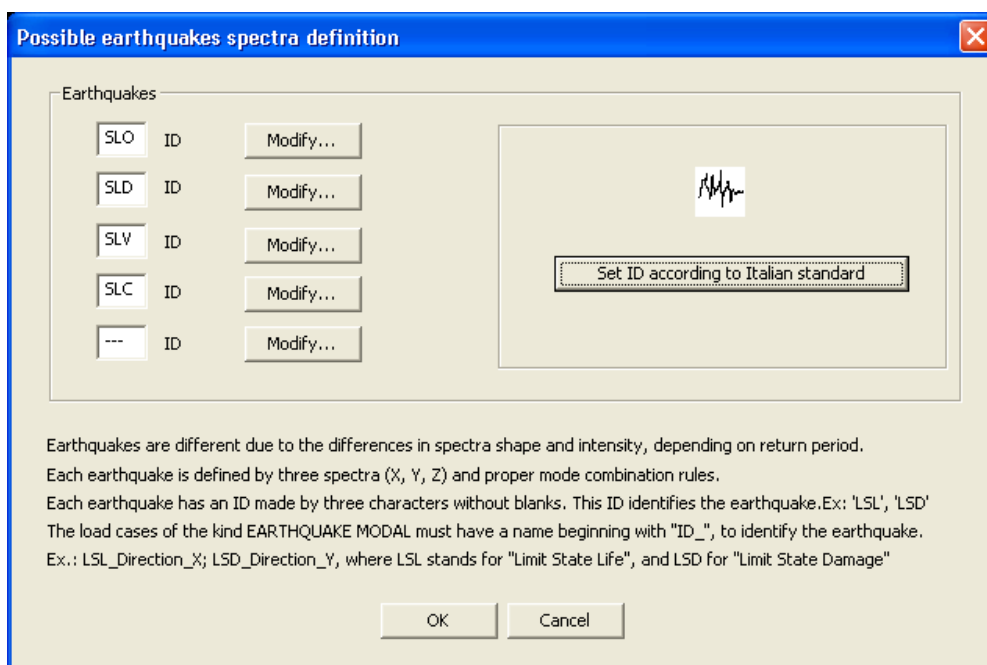
ecc.

può facilmente essere ottenuta dall'algoritmo di generazione delle combinazioni nel seguente modo.

1. Considerare il sisma $x E_x$ ed i sismi E_y ed E_z NON mutuamente esclusivi.
2. Considerare i sismi come dotati di segno nelle combinazioni
3. Impostare come valore di ψ_2 il numero 0.3 per tutti i sismi (editando i singoli casi di carico).



Lista modifiche: dalla 9.35 alla 9.50



Determinazione dei sismi



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

133. Introduzione

Le modifiche intervenute tra la versione 9.35 e la 9.50 sono piuttosto importanti. Accanto alla disponibilità di Sargon in versione inglese (il programma è ora bilingue), è stato cambiato il formato della guida da HLP a CHM, e, soprattutto, è stato ampliato il programma per consentirgli di gestire più sistemi contemporaneamente.

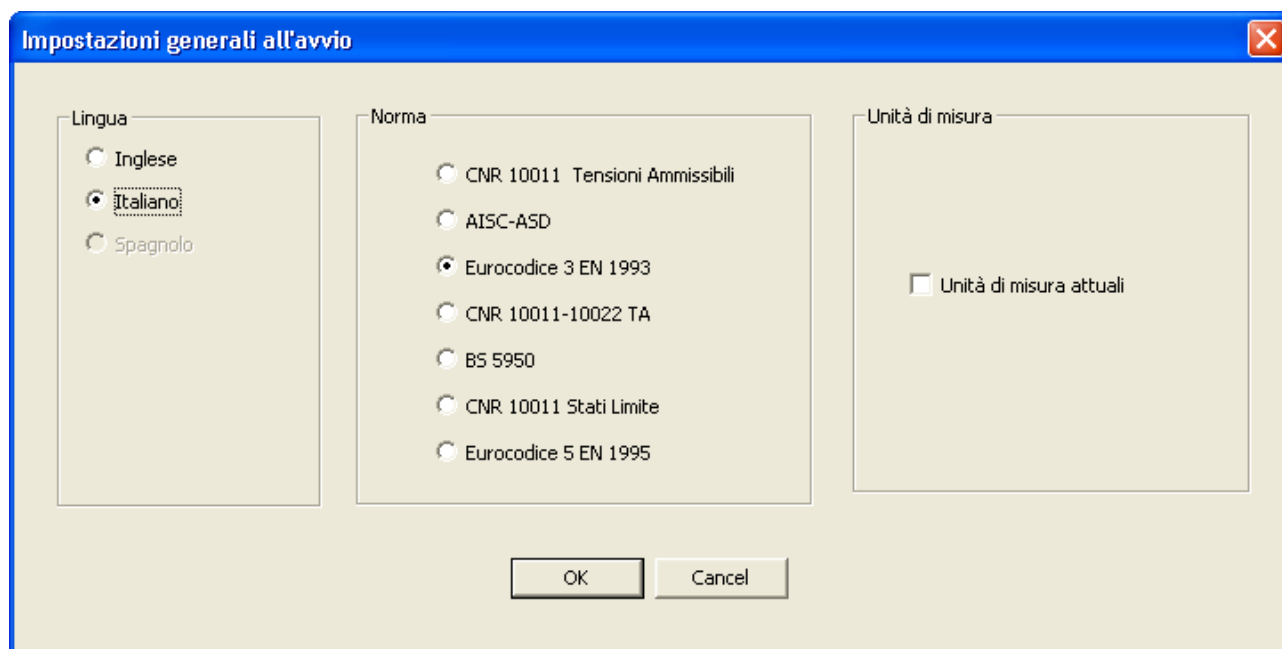
Le modifiche intervenute sono le seguenti:

1. Il programma è stato reso bilingue (italiano e inglese).
2. Il formato della guida è passato da HLP a CHM, ed il PDF della guida è di nuovo unico con arricchimenti nella disponibilità dei numeri di pagina dei link.
3. È stato ampliato il comando nodi sui lati
4. Sono state aggiunte 3 nuove viste isometriche
5. È stata aggiunta la macro _POSTIMPORT tra quelle definibili nel file .SCM.
6. Il programma gestisce sino a 5 differenti sistemi.

Sono inoltre state introdotte modifiche e correzioni:

- Eliminato malfunzionamento nella importazione di modelli SAP2000 relativo alla presenza di eccentricità.
- Eliminato malfunzionamento resa deformate modali se presenti offset
- Riaggiunto nel menu il comando Aggiungi Combinazioni
- Corretto bug applicazione vincoli ai nodi essendo presente maschera di vincolo
- Corretto memory leak in clever e leda se presenti elementi alla Wilson Ibrahimbegovic; nel caso di alto numero di casi di carico tale memory leak si rendeva evidente
- Corretto bug in tabulato. Involuppo indicatori di sforzo (N/A) per bielle e indicatori di sforzo N/Npl nei soli casi per bielle. Giusti i risultati a schermo.
- Eliminate le combinazioni sismiche SLE dalla generazione automatica delle combinazioni.
- Eliminato bug in sinleda.exe se usate masse rotazionali (di fatto solo quando presenti offset) venivano talvolta scritti numeri sporchi *dopo* Mz e questo poteva causare problemi in fase di solving.

Il programma è stato reso bilingue

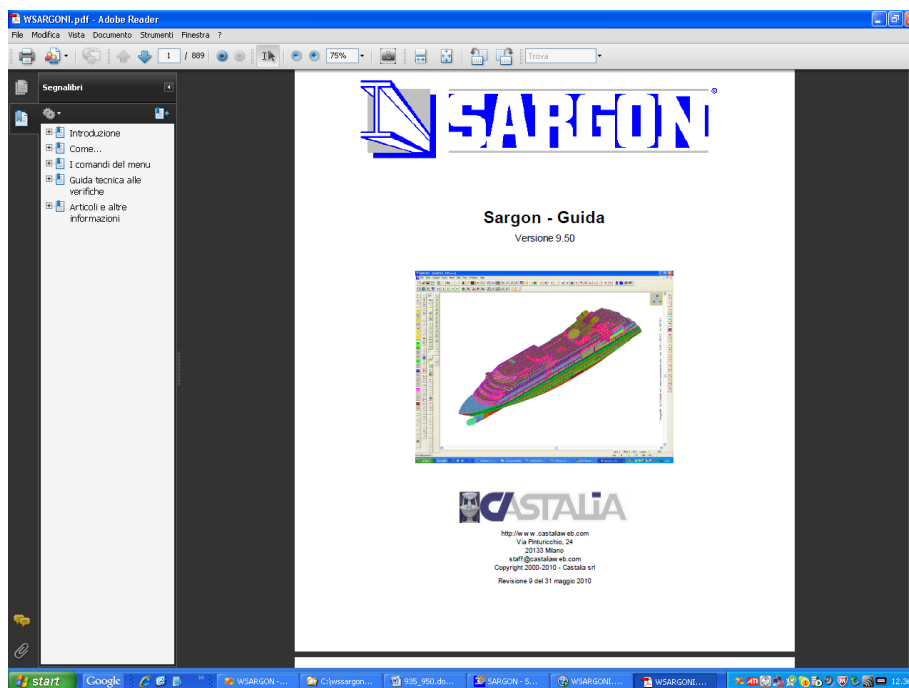


Ora con il comando File-Settings (File-Impostazioni) è possibile fissare la lingua del programma, ed anche la norma di default e le unità di misura di default, ovvero quelle che si trovano all'apertura di un nuovo modello. Le unità di default saranno opzionalmente rese eguali a quelle attive.

La possibilità di fissare il default per la norma attiva evita di dover ogni volta reimpostare la norma di interesse. Ciò è particolarmente utile per chi abbia un solo verificatore.

Per quanto riguarda la lingua, sono presenti due insiemi di file della guida, quelli in italiano e quelli in inglese. Tutti i dialoghi ed i menu, nonchè la messaggistica sono disponibili in inglese.

Il formato della guida è passato da HLP a CHM



Il formato HLP è ormai in disuso. Così l'intero progetto SARGON è stato reimpostato con la guida in formato CHM. Ciò evita di dover scaricare WINHLP.EXE ai possessori di sistemi operativi Vista o superiori.

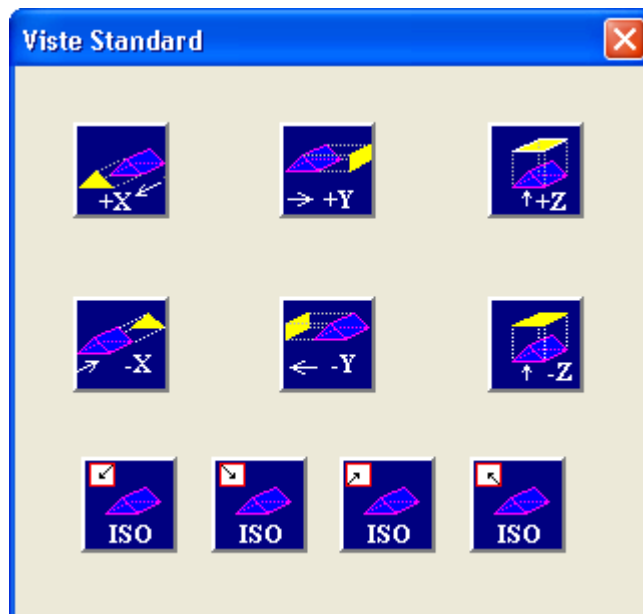
La guida in CHM è più fruibile e moderna di quella in formato HLP.

Inoltre la guida in formato PDF è stata rifatta con un sistema (ed un programma) molto più evoluto che ha consentito di aggiungere non solo link navigabili, ma, per una più facile consultazione, anche i numeri di pagina corrispondenti ai link (così se si consulta la guida senza PC si sa a quale pagina si deve andare).

E' stato ampliato il comando nodi sui lati

Il comando nodi sui lati può dover interrompere degli elementi beam. In precedenza questa operazione veniva compiuta senza salvaguardare i carichi interni, ora invece i carichi si conservano. La modifica è comoda perchè consente di usare il comando anche dopo aver aggiunto i carichi.

Tre nuove viste isometriche



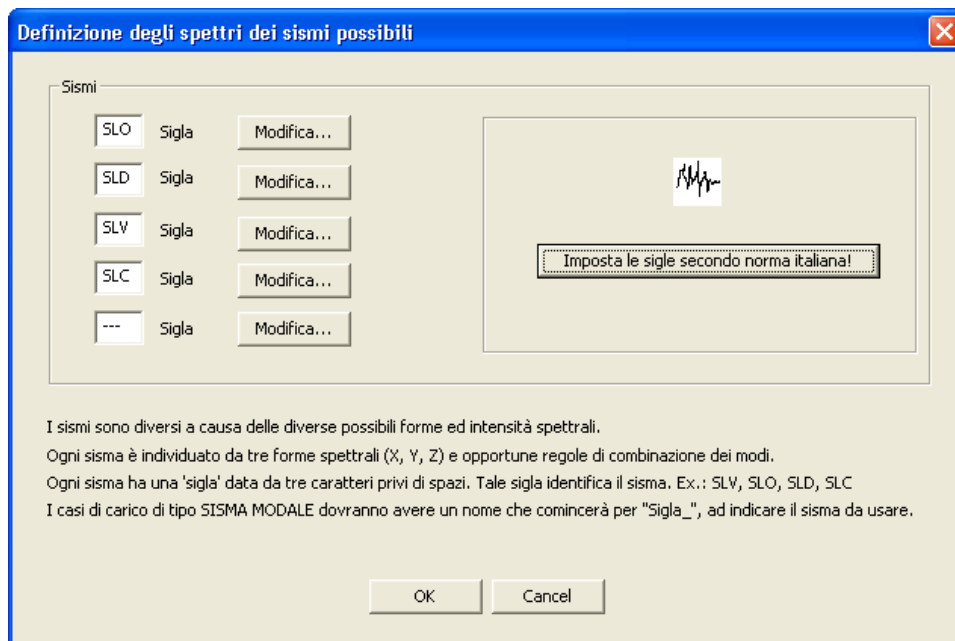
Per facilitare la rappresentazione del modello sono state aggiunte tre nuove viste isometriche.

E' stata aggiunta la macro `_POSTIMPORT` tra quelle definibili nel file `.SCM`.

Questa nuova macro consente di automatizzare l'importazione di spostamenti, sforzi e reazioni vincolari da un altro modello.

Vengono importati nel modello corrente, e sovrascritti, gli spostamenti, gli sforzi e le reazioni vincolari calcolati in un altro modello, che deve avere lo stesso numero di nodi e di elementi. **fatherlcase** è il caso di carico del modello corrente. **sonlcase** è il caso di carico da cui trarre i risultati nel modello "son", di appoggio. **file_path** è l'intero percorso del file di appoggio da cui trarre i risultati (c:\pluto\paperino.wsr). Il comando è utile per automatizzare la sovrascrittura dei risultati da un altro modello nel modello corrente. Automatizza il comando **Post-Importa**.

Il programma gestisce sino a 5 diversi sismi.



Cambiano in modo piuttosto sensibile le modalità di esecuzione di una analisi a spettro di risposta.

1. Si possono definire sino a 5 sismi diversi, ciascuno identificato da una sigla di tre caratteri. Ciascun sisma riceve tre spettri e le modalità di combinazione dei modi, come si faceva una volta per l'unico sisma disponibile.
2. I sismi possono essere usati o meno. Un sisma è usato (o referenziato) quando almeno un caso di carico di tipo SISMA_MODALE, ha il suo nome che comincia con l'identificatore di uno dei sismi disponibili. Ad esempio "SLV_Sisma X", "SLD_Sisma Y".
3. Le sigle sono libere, ma è chiaro che la cosa è pensata per la norma italiana, per la quale si userà SLD, SLO, SLV, SLC.
4. Alla esecuzione dell'analisi a spettro di risposta non viene più eseguita una sola analisi, ma tante quanti sono i sismi referenziati.
5. I file di output della spettro hanno un nome del tipo MODELLO.IDS.RIN, MODELLO.IDS.ROU, MODELLO.IDS.ROG, dove "IDS" è l'identificatore del sisma. Ad esempio il sisma SLV avrà output del tipo MODELLO.SLV.ROU.
6. Differenti casi di carico sismici possono essere usati in combi set differenti, generando quindi in un unico modello tutte le informazioni necessarie.

Esempio di come usare il programma con la norma italiana NTC 2008

Si abbia una struttura dove per semplicità siano presenti solo due casi non sismici, il caso 1, permanente, ed il caso 2 variabile con valore quasi permanente nullo. Nel caso in cui siano presenti più casi le modifiche sono ovvie, solo molto più numerose le combinazioni.

TIPO	NOME
CASO 1: GRAVITA'	Peso proprio
CASO 2: VARIABILI	Folla

Si debba eseguire una analisi sismica con la nuova normativa.

Se si deve studiare ad esempio SLD ed SLV si opererà in questo modo.

a) Si definiranno con in comando Edit-Azioni-Terremoti i sismi SLD ed SLV, usando le sigle SLD ed SLV.

b) Si aggiungeranno 6 nuovi casi di carico di questo tipo:

CASO 3	SISMA_MODALE	SLV_Sisma X
CASO 4	SISMA_MODALE	SLV_Sisma Y
CASO 5	SISMA_MODALE	SLV_Sisma Z
CASO 6	SISMA_MODALE	SLD_Sisma X
CASO 7	SISMA_MODALE	SLD_Sisma Y
CASO 8	SISMA_MODALE	SLD_Sisma Z

c) si definiranno i combi set

Poi si definiranno 4 combi set con il comando Edit-Combinazioni-Modifica insiem, un combi set SLU, un combi set SLE, un combi set SLV ed un combi set SLD.

Nel combi set SLU si metteranno combinazioni allo SLU di tipo non sismico. In particolare non si farà uso dei casi da 3 a 8.

Nel combi set SLE si metteranno combinazioni allo SLE di tipo non sismico. In particolare, come nel caso precedente, non si farà uso dei casi da 3 a 8. Nella generazione automatica delle combinazioni ciò è possibile perchè è possibile rendere non attivi alcuni casi prima della generazione automatica.

Nel combi set SLD si metteranno solo combinazioni sismiche allo SLD che usano i casi 6, 7, 8.

Nel combi set SLV si metteranno solo le combinazioni sismiche allo SLV che usano i casi 3, 4, 5.

Questa strategia ha i seguenti pregi e difetti:

- pregio: mantiene distinti i combi set della sismica e quindi consente più agevolmente di indagare inviluppi e altro che sia causato dai sismi in quanto tali
- difetto: dà luogo a ben 4 combi set anzichè 2.
- difetto: non vi è spazio (dato che i combi set sono al momento al massimo 6) per indagini che distinguano gli SLU STR da EQU o GEO.

A questa strategia può essere sostituita la seguente.

Si definiscono due soli combi set, uno SLU ed uno SLE.

Nel combi set SLU si metteranno le combinazioni SLU non sismiche e le combinazioni sismiche che utilizzino i casi 3, 4, 5.

Nel combi set SLE si metteranno le combinazioni SLE non sismiche e le combinazioni sismiche che utilizzino i casi 6, 7, 8.

In questo caso si hanno i seguenti pregi e difetti:

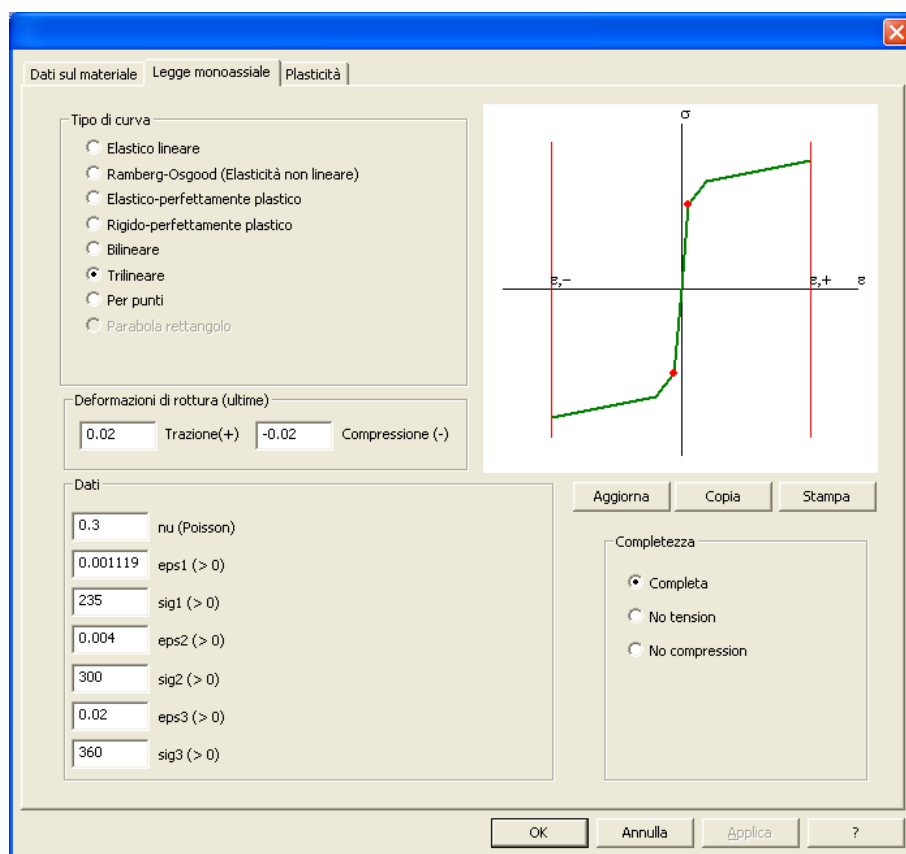
- pregio: ci sono solo due combi set, uno SLU da verificarsi con i verificatori, e l'altro SLE da esaminare per quanto riguarda gli spostamenti.
- difetto: le combinazioni sismiche sono mescolate a quelle non sismiche
- pregio: ci sono altri 4 combi set disponibili per le combinazioni SLU EQU e SLU GEO.

La laboriosità di queste attività è dovuta alla norma, che non solo prevede SLU diversi per EQU, STR e GEO, ma prevede anche sino a 4 gruppi diversi di sismi. Tale ultima caratteristica è assente dall'Eurocodice 8.

e) si eseguirà l'analisi statica, modale ed a spettro di risposta. Questa ultima si occuperà sia dei casi 3,4,5 che dei casi 6,7,8, dato che sono referenziati due sismi (SLD ed SLV). E' da notare che la definizione delle combinazioni (i combi set) può essere fatta anche dopo l'esecuzione della analisi.



Lista modifiche: dalla 9.50 alla 9.60



Impostazione legge uniassiale materiale non lineare



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083



fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 20-10-2009

134. Introduzione

Le modifiche intervenute tra la versione 9.50 e la versione 9.60 sono molto importanti. Esse possono essere sintetizzate così:

- Aggiunta del nuovo solutore CURAN LIGHT dedicato alle analisi non lineari, incluso nel pacchetto CLEVER (analisi statica lineare).
- Creazione di una interfaccia per la gestione del file EC3DATA.TXT. Tale interfaccia semplifica la gestione del file e l'introduzione dei dati.
- Ampliamento del verificatore EC3/NTC per tenere conto delle formule di pressoflessione metodo A delle NTC 2008.
- Aggiunta del suolo alla Boussinesq stratificato per il calcolo della costante di Winkler.
- Aggiunta del concetto di "colore della connessione", utile per riconoscere nodi eguali o distinguere nodi diversi nell'uso di CSE.
- Ampliato raggio di azione comando per Interstorey drift
- Aggiunto il comando _ADDPM alle macro istruzioni
- Diversificata la creazione delle combinazioni SLE
- Corretti alcuni malfunzionamenti

Nel seguito passiamo brevemente in rassegna le aggiunte e le modifiche rimandando alla guida per ulteriori dettagli (qui ci sono solo informazioni sintetiche).

135. CURAN LIGHT

A partire dalla versione 9.60 tutti gli utenti in possesso di CLEVER (solutore statico lineare) potranno anche eseguire CURAN LIGHT. CURAN (CURved ANalysis) è un nuovo solutore non lineare (per materiale e geometria) che Castalia sta mettendo a punto al fine di rendere disponibili anche questi tipi di analisi. La versione light, rilasciata con Sargon 9.60, consente di avere non linearità solo di materiale relativamente alle sole bielle. Le non linearità di materiale gestite attualmente sono:

1. Materiale elastico no-tension o no-compression.

2. Ramberg-Osgood, anche no-tension o no-compression.
3. Materiale elastico-perfettamente plastico, anche no-tension o no-compression.
4. Materiale rigido-plastico anche no-tension o no-compression.
5. Materiale elasto-plastico bilineare anche no-tension o no-compression.
6. Materiale elasto-plastico trilineare anche no-tension o no-compression.
7. Materiale elasto-plastico con legge per punti, anche no-tension o no-compression.

Nel caso di comportamento incrudente, si può scegliere tra incrudimento isotropo, incrudimento cinematico ed incrudimento misto.

Di fatto ogni materiale oltre ad una parte lineare, che è quella ben nota e sempre sin qui utilizzata, avrà anche una parte non-lineare (indipendente dalla precedente) che per default è inizializzata a "elastica lineare".

CURAN LIGHT consente di far girare modelli con controventi no compression e quindi, per chi vuole, risolve l'annoso problema della reazione solo a trazione. Ovviamente ciò ha un prezzo: la perdita del principio di sovrapposizione degli effetti e dunque la necessità di un numero molto più alto di calcoli (ogni combinazione diviene un caso di carico, mediante il comando Edit-Casi-Combina).

CURAN LIGHT gestisce tutti gli elementi finiti di Sargon, *ma gli unici ad avere un comportamento non lineare sono le bielle.*

CURAN LIGHT verrà ulteriormente ampliato nei prossimi mesi generando CURAN. Saranno dapprima aggiunte le membrane non lineari, poi le piastre ed i solidi non lineari, ed infine i beam (con modello a fibre) e le molle. CURAN sarà proposto a prezzi di favore agli utenti in regola con l'aggiornamento.

CURAN LIGHT è appena stato rilasciato e deve quindi essere usato con attenzione. Sono stati eseguiti al momento (11 novembre 2010) un certo numero di test ma non ancora il numero completo dei test previsti. Questi saranno completati entro la fine dell'anno.

Esso consente di usare varie strategie di soluzione ***ed è in grado di calcolare il moltiplicatore limite nel caso in cui si sia raggiunto un meccanismo.***

CURAN LIGHT (e CURAN) può funzionare in due modi diversi.

Nel primo modo ogni caso di carico è indipendente dagli altri (load path non attivato). Tipico è l'uso di prendere ogni combinazione, supporre i casi agenti in modo concomitante sin dall'inizio, ed amplificarli ai loro valori di combinazione da 0 a 1 in modo omotetico.

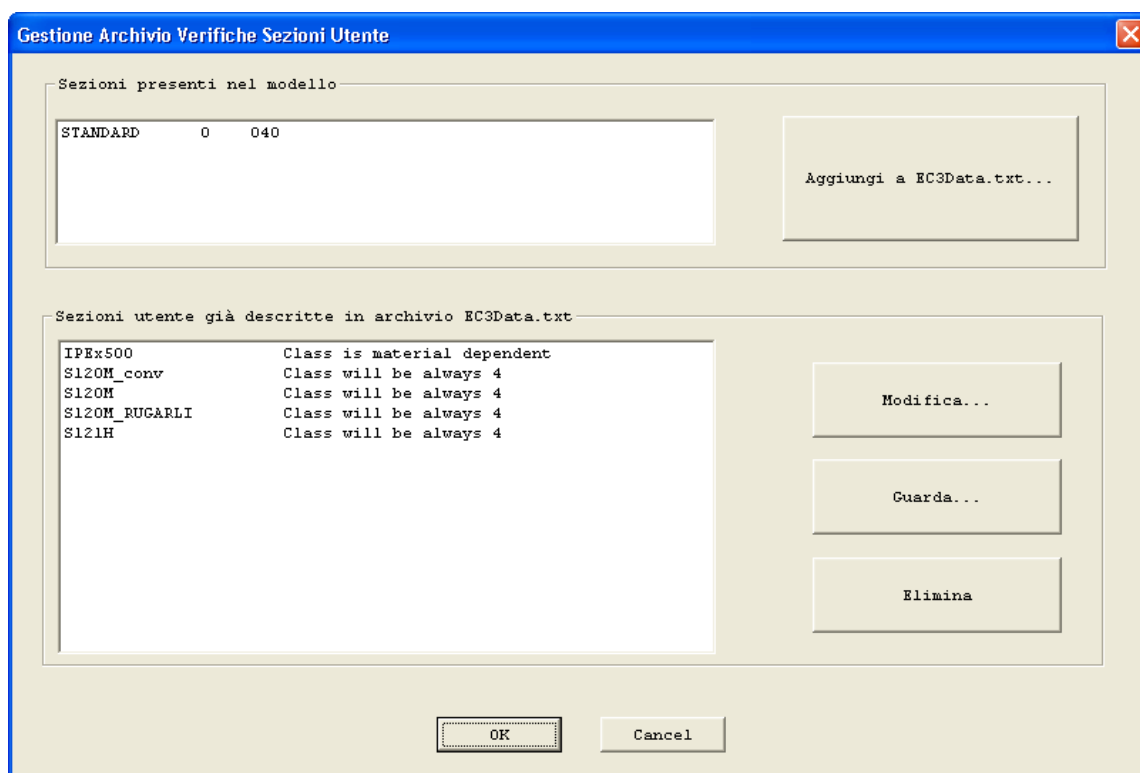
Nel secondo modo (load path attivato) il caso "i" parte dalla fine del caso "i-1", e quindi è possibile seguire un certo load path.

Ad esempio una combinazione 1,4G + 1,5Q può essere studiata nei due modi diversi. Un unico caso (1,4G+1,5Q) oppure due casi, uno 1,4G ed un altro 1,5Q.

136. INTERFACCIA EC3DATA.TXT

Sempre più spesso capita di dover trattare sezioni non-standard. A tale fine, già da anni, esiste in Sargon il concetto di sezione utente, solo che veniva gestita in modo un po' fortunoso mediante un file di testo. A partire dalla versione 9.60 il file di testo continua ad esserci, ma viene ora gestito mediante una interfaccia.

Il comando è Post-Verifiche-Verifiche utente.



Il dialogo consente di aggiungere o modificare o rimuovere le sezioni utente del file EC3DATA.txt. L'aggiunta è guidata dalle seguenti property pages, che consentono di descrivere pienamente i dati necessari ad eseguire la verifica di ciascun profilo:

Classificazione | Valori plastici (1) | Valori plastici (2) | Valori elastici | Valori efficaci | Instabilità | Altro

Scelta della modalità di classificazione

☐ Usa le soglie di $\epsilon_{ps} = \text{RADQ}(235/f_y)$ [f_y in MPa]
☐ Classe 1: si useranno i valori plastici
☐ Classe 2: si useranno i valori plastici
☒ Classe 3: si useranno i valori elastici
☐ Classe 4: si useranno i valori efficaci

Valori limite di ϵ_{ps} per classi e sollecitazioni elementari

Limite classe 2 - classe 3		Limite classe 3 - classe 4	
0	N	0	N
0	M2 > 0	0	M2 > 0
0	M2 < 0	0	M2 < 0
0	M3 > 0	0	M3 > 0
0	M3 < 0	0	M3 < 0

$(b/t) = K \cdot \epsilon_{ps} \rightarrow \epsilon_{ps}(\text{lim}) = (b/t) / K$

OK Annulla Applica ?

Classificazione | Valori plastici (1) | Valori plastici (2) | Valori elastici | Valori efficaci | Instabilità | Altro

Dominio plastico

☐ Lineare
☒ Non lineare

576e-310	A	0	M
3.473282	B	0	N
3.515837	C	0	O
0	D	0	P
3.530720	E	0	Q
3.534116	F	0	R
0	G	0	S
0	H	0	T
0	I	0	U
0	L	0	V

$$\frac{N}{N_{pl}} + \frac{M_2}{M_{2,pl}} + \frac{M_3}{M_{3,pl}} \leq 1$$

$$\left(\frac{M_2}{M_{N,2,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_3}{M_{N,3,Rd}} \right)^\beta \leq 1$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

$$M_{N,2,Rd} = M_{pl,2,Rd} \cdot (A + Bn + Cn^2)$$

$$M_{N,3,Rd} = M_{pl,3,Rd} \cdot (D + En + Fn^2)$$

$$\alpha = \frac{G + Hn + In^2}{L + Mn + Nn^2} \geq O$$

$$\beta = \frac{P + Qn + Rn^2}{S + Tn + Un^2} \geq V$$

OK Annulla Applica ?

Classificazione

Valori plastici (1)

Valori plastici (2)

Valori elastici

Valori efficaci

Instabilità

Altro

Interazione con il taglio

1

av2

1

av3

1

w2plAv2

1

w2plAv3

1

w3plAv2

1

w3plAv3

Torsione plastica

2

w1pl

0

a

A_{v2} shear resistant area, for shear 2
 A_{v3} shear resistant area, for shear 3
 $W_{ipl,Avj}$ plastic modulus around axis i of shear resistant area for shear j
 $\alpha_{v2} = \frac{A_{v2}}{A} \leq 1$ $\alpha_{v3} = \frac{A_{v3}}{A} \leq 1$
 $w_{2pl,Av2} = \frac{W_{2pl,Av2}}{W_{2pl}} \leq 1$ $w_{2pl,Av3} = \frac{W_{2pl,Av3}}{W_{2pl}} \leq 1$
 $w_{3pl,Av2} = \frac{W_{3pl,Av2}}{W_{3pl}} \leq 1$ $w_{3pl,Av3} = \frac{W_{3pl,Av3}}{W_{3pl}} \leq 1$
 $N_{pl,red} = (1 - \alpha_{v2} \rho_2 - \alpha_{v3} \rho_3)$
 $M_{2,pl,red} = M_{2,pl} (1 - w_{2pl,Av2} \cdot \rho_2 - w_{2pl,Av3} \cdot \rho_3)$
 $M_{3,pl,red} = M_{3,pl} (1 - w_{3pl,Av2} \cdot \rho_2 - w_{3pl,Av3} \cdot \rho_3)$
 $\rho_i = \left(\frac{2V_i}{V_{i,pl,T}} \right)^2 \quad i = 2,3$
 $V_{i,pl,T} = V_{i,pl} \sqrt{1 - \frac{M_1}{a \cdot M_{1pl}}}$
 $M_{1,pl} = \frac{W_{1pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mp}}$

OK

Annulla

Applica

?

Classificazione

Valori plastici (1)

Valori plastici (2)

Valori elastici

Valori efficaci

Instabilità

Altro

Sezione

Punto prec

<<

>>

Punto succ

Punti di verifica (in verde)

x2= 2.000e+001 x3= 2.000e+001 At22= 1.257e+003 At32= 0.000e-002

x2= 2.000e+001 x3= -2.000e+001 At22= 1.257e+003 At32= 0.000e-002

x2= -2.000e+001 x3= 2.000e+001 At22= 1.257e+003 At32= 0.000e-002

x2= -2.000e+001 x3= -2.000e+001 At22= 1.257e+003 At32= 0.000e-002

Punto di verifica: moduli di resistenza e posizione

0

X2

0

X3

0

At22

0

At32

0

W12

0

At23

0

At33

0

W13

Leggi coordinate punto

Aggiungi...

Rimuovi

Carica valori

Aggiorna

Formule calcolo sforzi

$$\tau_2 = \frac{V_2}{A_{,22}} + \frac{V_3}{A_{,32}} + \frac{M_1}{W_{12}}$$

$$\tau_3 = \frac{V_2}{A_{,23}} + \frac{V_3}{A_{,33}} + \frac{M_1}{W_{13}}$$

OK


Annulla

Applica

?

Rev. 24.0 –Marzo 2015 - Copyright 1991-2015 Castalia srl - Tutti i diritti riservati - 378

Classificazione | Valori plastici (1) | Valori plastici (2) | Valori elastici | Valori efficaci | Instabilità | Altro



Nuovo insieme di valori efficaci

0	fd (fy / gamma, M0)
0	Aeff
0	W2,eff,p (M2 > 0)
0	W2,eff,m (M2 < 0)
0	W3,eff,p (M3 > 0)
0	W3,eff,m (M3 < 0)
0	De2 (DM2 = -N · De2)
-2	De3 (DM3 = N · De3)

Insieme valori efficaci

Aggiungi!
Rimuovi!
Carica valori
Aggiorna

Insieme di valori efficaci per i vari materiali (al variare di fd)

$$\frac{N}{A_{eff} f_y} + \frac{M_2 + \Delta M_2}{W_{2,eff} f_y} + \frac{M_3 + \Delta M_3}{W_{3,eff} f_y} \leq \frac{1}{\gamma_{M,0}}$$

OK Annulla Applica ?

Classificazione | Valori plastici (1) | Valori plastici (2) | Valori elastici | Valori efficaci | Instabilità | Altro

Asse 2

0.49 Alpha (fattore di imperfezione)

Curva a0 Curva a Curva b
Curva c Curva d

Svergolamento

2 Asse (2 o 3)

0 Alpha,LT

par. 6.3.2.4. (EC3)

0 i,f,z (cfr 6.3.2.4)
0 kc (tabella 6.6)
0 W

Metodo M critico

0 Iw
0 Iz
0 It
0 zs
0 zj

Asse 3

0.49 Alpha (fattore di imperfezione)

Curva a0 Curva a Curva b
Curva c Curva d

Se i,f,z=0 e anche Iz=It=0 allora la verifica è omessa
Se i,f,0 e Iz e It sono tutti diversi da 0 allora metodo Mcritico
Se Iz o It = 0 allora metodo piattabanda compressa (6.3.2.4. EC3)
Se i,f,z = 0 allora metodo Mcritico

i,f,z raggio di inerzia piattabanda compressa
W modulo di resistenza a flessione piattabanda compressa
Iw costante di ingobbamento
Iz momento di inerzia asse debole (non asse flessione)
It momento di inerzia flessionale

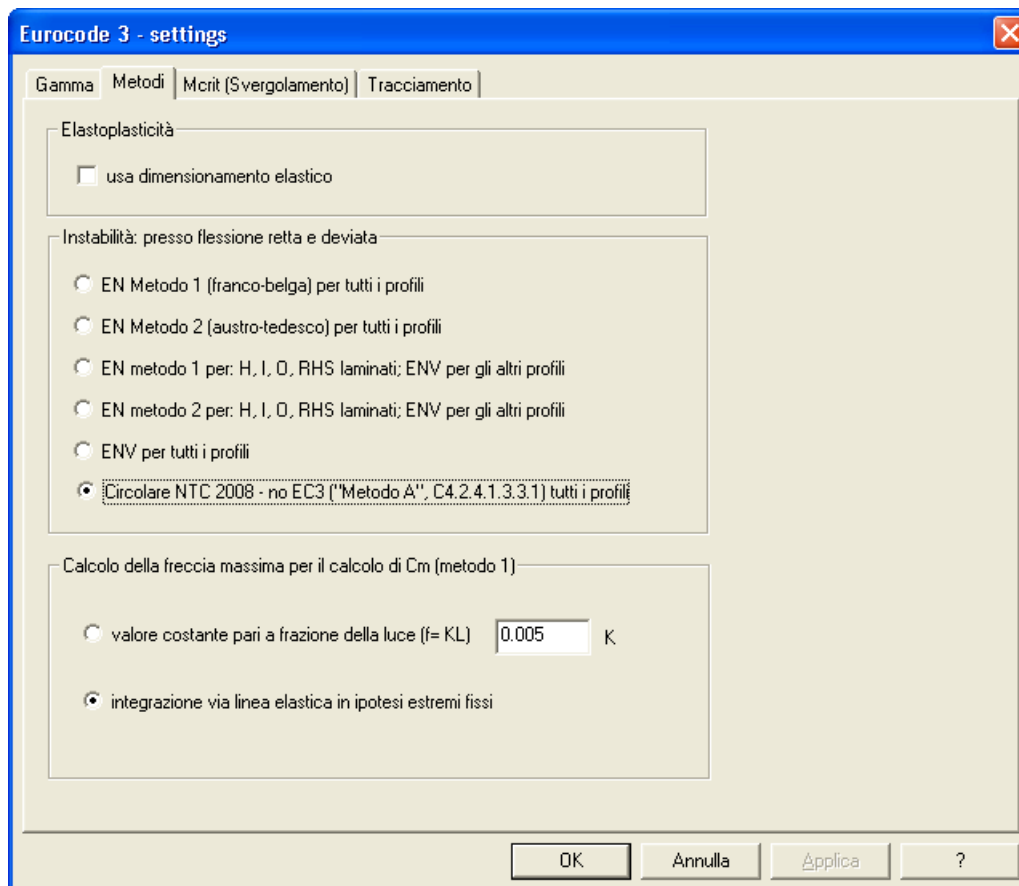
OK Annulla Applica ?

137. AMPLIAMENTO VERIFICATORE EC3/NTC

A partire dalla versione 9.60 è possibile usare le formule di pressoflessione "ex CNR"

denominate Metodo A nelle NTC 2008.

Il dialogo sulle verifiche a pressoflessione appare ora così:



138. SUOLO ALLA BOUSSINESQ STRATIFICATO

Si tratta di un nuovo comando che per ora serve a definire un suolo stratificato (max 5 strati) alla Boussinesq, al fine di calcolare, per una data impronta di fondazione, il valore della k di Winkler. Il comando è Edit-Proprietà-Terreno.

Suolo alla Boussinesq stratificato

Strato 1
 Spessore E nu (Coefficiente di Poisson)

Strato 2
 Spessore E nu (Coefficiente di Poisson)

Strato 3
 Spessore E nu (Coefficiente di Poisson)

Strato 4
 Spessore E nu (Coefficiente di Poisson)

Strato 5
 Spessore E nu (Coefficiente di Poisson)

Massimo cinque strati. Se meno di cinque strati gli ultimi (5, 4...) hanno proprietà nulle.

Nome associato al suolo

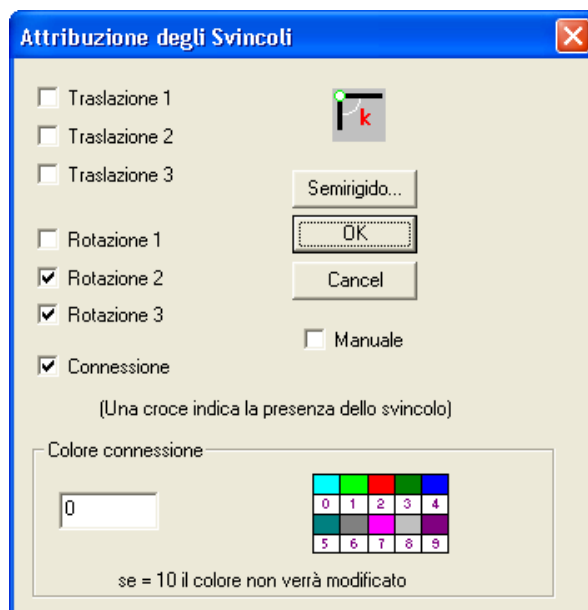
OK Cancel

Calcolo k Winkler
 Impronta rettangolare
 Dx
 Dy
 Calcola Winkler
 kW (F/L³)

In futuro è previsto che tale suolo, definito univocamente per tutto il modello, ed immaginando che il modello giaccia su un piano orizzontale, sia usato per fare un calcolo della interazione suolo-struttura che non usi gli elementi su suolo alla Winkler ma un più sofisticato modello di suolo stratificato alla Boussinesq, in grado di cogliere i termini extra diagonali della matrice di rigidezza del terreno. In pratica (ma non è ancora stato implementato) il terreno viene schematizzato da una sua matrice di cedevolezza e questa viene assemblata al posto delle molle alla Winkler, generando un calcolo molto più preciso.

139. COLORE della connessione

Il dialogo per la definizione degli svincoli e dei segni di connessione è stato modificato per poter associare ad una certa connessione un certo colore. L'informazione *non è usata da Sargon ma da CSE*.



140. Interstorey drift

Il calcolo dell'interstorey drift è fondamentale per le verifiche di SLE e di SLD. A partire dalla versione 9.60 il comando, che esisteva da molti anni in Sargon, è stato ampliato nel seguente modo.

Non è più necessario che siano presenti degli elementi beam o truss che vadano da piano a piano. Il comando "legge" anche i nodi selezionati e trova i nodi corrispondenti al piano inferiore (o superiore) consentendo quindi una applicazione molto più generale. Nei risultati la convenzione è che un numero maggiore di zero si riferisca ad un elemento, un numero minore di zero ad un nodo.

141. Aggiunto add ADDPM alle macro istruzioni

La nuova macro consente di parametrizzare l'aggiunta di elementi plate.

142. Diversificata generazione automatica combinazioni SLE

E' ora possibile generare indipendentemente le combinazioni caratteristiche, frequenti, e quasi permanenti.

Generazione di combinazioni

Attività casi - Variabilità dei segni - Compresenza casi

Casi di carico variabili o accidentali base

- ☒ 2 Carico utile + imperfezioni
- ☒ 3 Termico

Ammissibilità compresenza altri casi

- ☒ 3 Termico

☐ Cambia segno

Coefficienti Gamma

1.3 gamma G ☒ Combina anche gli INF

1 gamma G_{inf}

1 gamma G_A

1.5 gamma Q ☒ Combina anche gli INF

Tipo di Stato Limite

☒ SLU

☐ SLE - TUTTI

☐ SLE - CARATTERISTICHE

☐ SLE - FREQUENTI

☐ SLE - QUASI PERMANENTI

Suggerisci gamma

I casi non permanenti possono essere attivi (spuntati) o non attivi. Tutti! attiva tutti i casi di carico. Nessuno! disattiva.

Un caso non permanente può escluderne altri: questi verranno deselezionati in "Ammissibilità compresenza ...".

Gli effetti peggiori sono ignoti a priori. Quindi occorre considerare anche i valori inferiori (INF) e tutte le permutazioni.

Si può dover tenere in conto che un caso possa assumere due segni diversi.

143. Correzione di malfunzionamenti ED errori

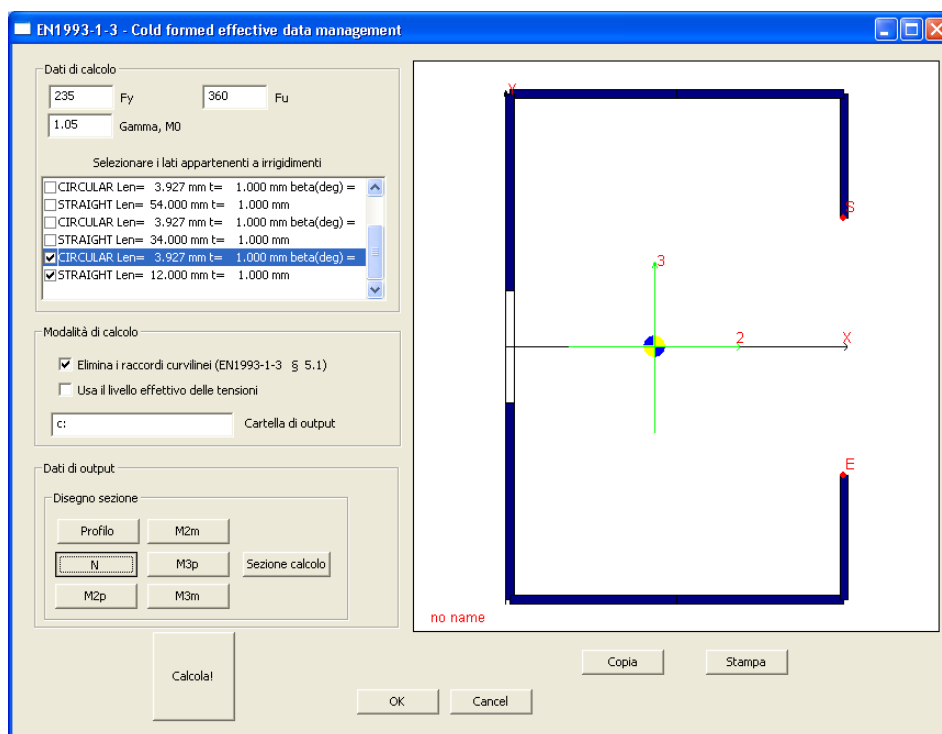
- Sono stati eliminati diversi memory leaks, ovvero piccole perdite di memoria che potevano rallentare l'esecuzione e ridurre la ram disponibile.
- Corretto difetto riscontrabile con il metodo della amplificazione modale ed l'uso di più spettri nella analisi a spettro di risposta. Vi era un errore di lettura dell'input file.
- Corretto difetto funzionalità "incolla da NTCSISMA", nella definizione dello spettro NTC
- Uniformati i formati di lettura e scrittura delle combinazioni (prima erano diversi ed il file generato non poteva essere riletto)
- Corretto difetto uso unità di misura nel comando Mesh-Nodi-Riposiziona
- Corretto difetto assegnazione orientazione bielle se dato con comando orientazione e usando il terzo nodo. Ininfluente ai fini del calcolo dato che l'orientazione delle bielle non è usata.
- Corretto malfunzionamento verificatore EC3/NTC nel caso di sezioni in classe 4 aventi uno shift nella posizione del baricentro della sezione efficace. Le verifiche di presso flessione

calcolavano erroneamente il termine di momento aggiuntivo dovuto a tale shift, non amplificandolo con i k_{ij} ($k_{ij}(M+Ne)$ era $(k_{ij}M+Ne)$). Il malfunzionamento si evidenzia solo per sezioni in classe 4 con shift esplicitamente assegnato diverso da zero (sezioni utente).

- Corretto difetto verifica presso flessione aste in classe 4. Il calcolo della $N_{cr,y}$ o $N_{cr,z}$ nei coefficienti k_{ij} (Metodi 1 e 2) veniva eseguito con una λ ibrida anziché con quella lorda (ibrida ovvero che usa l'area efficace nella definizione del raggio di inerzia). Il problema riguarda solo la verifica di sezioni in classe 4.



Lista modifiche: dalla 9.60 alla 9.70



Calcolo area efficace C lipped in compressione



Castalia s.r.l.
 tel. +39-02-26681083
 fax +39-02-26681876
 E-mail staff@castaliaweb.com
 Via Pinturicchio, 24
 20133 Milano (Italy)
 Rev. 1.0 del 31-3-2011

144. Introduzione

La versione 9.70 porta ulteriormente avanti il lavoro sul solutore NON LINEARE CURAN, disponibile nella versione light per tutti gli utenti che abbiano anche il solutore statico CLEVER. Son stati raggiunti due importanti obiettivi:

1. La generalizzazione delle molle a molle non lineari, con leggi costitutive elasto-plastiche inelastici e possibilità di definire un comportamento a *gap*.
2. La aggiunta del *gap* agli elementi biella.

Come sarà meglio chiarito in seguito queste due aggiunte aprono la strada ad un intero nuovo insieme di possibili problemi (come problemi di suolo alla Winkler monolatero, o problemi di interazione tra strutture, o, ancora, lo studio degli effetti dei giochi foro-bullone sulla deformata).

Una ulteriore nuova importante funzionalità aggiunta nella versione 9.70 è il calcolo automatico delle caratteristiche efficaci delle sezioni formate a freddo dei tipi standard a C, ad L, ad Omega e a Z. Resta invece riservato a Castalia l'uso della routine di calcolo delle aree efficaci per il più generale caso di sezione formata a freddo di tipo qualsiasi.

Infine, la versione 9.70 migliora alcuni aspetti delle verifiche secondo EC3/NTC, meglio specificando il concetto di area resistente a taglio.

145. MOLLE NON LINEARI

A partire dalla versione 9.70 le molle possono avere un comportamento di tipo non lineare. Il modello previsto è di tipo elasto-plastico bilineare, con inelaticamento isotropo, cinematico o misto, valori limite per lo spostamento (al di là dei quali si ha rottura), possibilità di definire comportamento simmetrico, oppure solo no-tension ovvero solo no-compression.

La finestra di dialogo relativa sia all'aggiunta delle molle che alla aggiunta di molle alla Winkler, è stata corrispondentemente modificata.

Aggiunta di Molle

Direzione molla (dal nodo)

0 X
0 Y
-1 Z

Tipo

☒ Traslazionale
☐ Rotazionale

Legge costitutiva

0 Rigidità K1
0 Rigidità K2
0 D snervamento
1 Beta
0 Gap (≥ 0)

Simmetria di comportamento

☒ Tensione e compressione
☐ No tensione (solo solutore CURAN)
☐ No compressione (solo solutore CURAN)

Limiti di rottura

100000000 Limite (+) (solo solutore CURAN)
-100000000 Limite (-) (solo solutore CURAN)

K1 rigidità elastica
K2 rigidità post snervamento
D: traslazione o rotazione (rad)

OK Cancel

Aggiunta di una molla

Aggiunta di Molle alla Winkler

Direzione molla (dal nodo)

0 dir X
0 dir Y
-1 dir Z

Tipo

☒ Traslazionale
☐ Rotazionale

Dominio

☐ Superficie
☒ Linea

Legge costitutiva

0 kW1
0 kW2
0 D snervamento
1 Beta (1 isotropo, 0 cinematico)
0 Gap (≥ 0)

Simmetria di comportamento

☒ Tensione e compressione
☐ No tensione (solo solutore CURAN)
☐ No compressione (solo solutore CURAN)

Limiti di rottura

100000000 Limite (+) (solo solutore CURAN)
-100000000 Limite (-) (solo solutore CURAN)

Kw1 = rigidità elastica per unità di dominio
Kw2 = rigidità post-snervamento (p. u. d. d.)
D: traslazione o rotazione (rad)

OK Cancel

Aggiunta di molle alla Winkler

Mentre nel caso delle molle aggiunte direttamente si dà il valore della rigidità elastica e di quella post snervamento, nel caso di molle alla Winkler è necessario dare le medesime rigidità per unità di dominio (linea o superficie).

Il modello prevede come detto una bilineare elasto-plastica e gestisce incrudimenti isotropi, cinematici o misti.

La possibilità di definire un comportamento no-tension consente facilmente di simulare appoggi monolateri, e quindi studiare effetti come il sollevamento delle fondazioni o, in casi estremi, il ribaltamento. Si tratta dunque di una miglioria molto importante.

Dualmente, si può studiare il caso di oggetti appesi a cavi simulati con molle no-compression ed esaminare la situazione di possibile ribaltamento.

La legge costitutiva impiegata può degenerare in elastica-perfettamente plastica ($K_2=0$) oppure può essere usata per studiare la "rottura" dell'appoggio, specificando opportunamente i valori dello spostamento limite (+) per la trazione e (-) per la compressione.

La molla può essere traslazionale o rotazionale. In questo secondo caso tutti gli "spostamenti" hanno le dimensioni fisiche di radianti.

Oltre a tutto questo è anche possibile specificare un "gap" per la molla. Tale gap è lo spostamento (traslazione o rotazione) che deve essere incassato prima che la molla reagisca. Il gap può ovviamente essere nullo, ma se non nullo deve essere positivo. Il comportamento a gap è di tipo simmetrico: si suppone cioè che sia in trazione che in compressione la molla non reagisca finché non è stato incassato lo spostamento corrispondente al gap (con il + o con il -, secondo quanto pertinente).

La possibilità di definire gap consente ovviamente di studiare casi di interazione tra parti diverse (la struttura ed i suoi appoggi al suolo). Negli esempi aggiunti alla sezione CURAN dell'area di validazione, si vede ad esempio il classico caso di una mensola con un carico ed una molla all'estremo libero. Se la molla è molto rigida e non ha gap, ciò simula un carrello. Se invece è presente un gap, supponiamo di 10mm, allora la mensola sarà libera di deformarsi sino a che il suo estremo libero non avrà compiuto 10mm di freccia, poi entrerà in azione la molla molto rigida e quindi un carrello. Tutto ciò è molto utile in tutti i casi in cui lo spostamento non sia libero ma soggetto a limitazioni.

Anche il gap può essere rotazionale.

L'aggiunta di un gap può dare luogo a strutture che si presentano inizialmente ipostatiche. Tale situazione andrebbe evitata perché pone problemi di convergenza sin dal primo passo.

Come accennato, l'uso di molle no-tension può essere molto utile per simulare fondazioni che appoggiano sul terreno con un vincolo monolatero.

Se si vuole mantenere una legge no-tension o no-compression puramente elastica, sarà necessario dare un valore di snervamento molto alto.

Se non si vuole che la molla "si rompa", è necessario dare valori per gli spostamenti ultimi molto alti.

Tutte le caratteristiche menzionate sono usate dal programma se e solo se l'analisi viene eseguita con il solutore CURAN. In caso contrario della molla saranno visti solo i dati elastici lineari, ovvero in sostanza solo la sua rigidezza elastica.

146. GAP ASSOCIATI AD ELEMENTI BIELLA

A partire dalla versione 9.70 è possibile associare un gap agli elementi biella. Ciò può essere tipicamente molto utile per simulare ad esempio il gioco foro bullone nei diagonal di controvento. Tale gioco foro bullone può essere responsabile di spostamenti laterali molto più elevati di quelli quantificabili con un calcolo convenzionale elastico, e tali spostamenti, a loro volta, potrebbero essere significativi dal punto di vista degli effetti del secondo ordine.

Ulteriori possibili applicazioni degli elementi biella con gap, sono quelle relative alla presenza di due parti strutturali vicine, che, sotto certe condizioni di spostamento, possono interagire. In questi casi, l'aggiunta di bielle con gap rigide, che uniscano le due parti, può trasferire le azioni da una parte della struttura all'altra, solo ove siano superate certe soglie di spostamento (tipicamente la distanza tra le strutture medesime).

147. CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE EFFICACI DI PROFILI STANDARD FORMATI A FREDDO

Per le seguenti sezioni:

- ad L formate a freddo;
- a C formate a freddo
- a Ω formate a freddo;
- a Z formate a freddo

è ora disponibile il calcolo automatico delle caratteristiche efficaci. Tale funzionalità mette a disposizione degli utenti, per queste sole sezioni, il lavoro di ricerca e sviluppo compiuto da Castalia in merito ai formati a freddo negli ultimi anni. ***Resta invece riservato ad un uso interno***

(eventualmente con consulenze ad hoc) l'uso delle medesime routine per i formati a freddo generici.

Sezioni a U (formate a freddo)

<input type="text" value="60"/> H		<input type="text" value="161.70796"/> A	<input type="text" value="0"/> it
<input type="text" value="40"/> B		<input type="text" value="96046.820"/> J2	<input type="text" value="3201.5607"/> W2
<input type="text" value="15"/> D		<input type="text" value="39552.332"/> J3	<input type="text" value="1674.6950"/> W3
<input type="text" value="1"/> t		<input type="text" value="53.902652"/> Jt	<input type="text" value="3687.1298"/> Wpl2
<input type="text" value="2"/> r		<input type="text" value="24.371137"/> i2	<input type="text" value="2278.3190"/> Wpl3
<input type="text" value="16.382368"/> ex		<input type="text" value="15.639409"/> i3	<input type="text" value="33.853981"/> U
<input type="text" value="no name"/> Nome	<input type="text" value="2.0213494"/> X2	<input type="text" value="2.6951327"/> X3	
	<input type="text" value="-21.812349"/> x,CT	<input type="text" value="-5.0856251"/> y,CT	
	<input type="text" value="42379582."/> lw	<input type="button" value="Dettagli..."/>	

E' infatti comparso nei dialoghi corrispondenti il nuovo bottone "En1993-1-3" (vedi figura) che dà accesso al dialogo seguente:

EN1993-1-3 - Cold formed effective data management

Dati di calcolo
 355 Fy 360 Fu
 1.05 Gamma, M0

Selezionare i lati appartenenti a irrigidimenti

- ☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☐ STRAIGHT Len= 54.000 mm t= 1.000 mm
- ☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm
- ☒ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☒ STRAIGHT Len= 12.000 mm t= 1.000 mm

Modalità di calcolo
☒ Elimina i raccordi curvilinei (EN1993-1-3 § 5.1)
☐ Usa il livello effettivo delle tensioni
 c: Cartella di output

Dati di output
 Disegno sezione
 Profilo M2m
 N M3p Sezione calcolo
 M2p M3m

Calcola!

no name

Copia Stampa

OK Cancel

Tale dialogo consente di impostare la tensione di snervamento del materiale ed il $\gamma_{M,0}$, nonché la tensione ultima del materiale.

E' poi possibile specificare quali lati facciano parte degli irrigidimenti (la routine è pensata per un uso molto più generale).

Ulteriori opzioni riguardano:

EN1993-1-3 - Cold formed effective data management

Dati di calcolo
 355 Fy 360 Fu
 1.05 Gamma, M0

Selezionare i lati appartenenti a irrigidimenti

- ☐ STRAIGHT Len= 12.000 mm t= 1.000 mm
- ☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm
- ☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☐ STRAIGHT Len= 54.000 mm t= 1.000 mm
- ☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =
- ☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm

Modalità di calcolo
☒ Elimina i raccordi curvilinei (EN1993-1-3 § 5.1)
☐ Usa il livello effettivo delle tensioni
 c: Cartella di output

Dati di output
 Disegno sezione
 Profilo M2m
 N M3p Sezione calcolo
 M2p M3m

Calcola!

no name

Copia Stampa

OK Cancel

1. La scelta di eliminare o meno i raccordi curvilinei. Se tali raccordi vengono eliminati la sezione di calcolo (vedi figura) risulta a spigoli vivi e con una schematizzazione che, in certi casi, può essere inaccettabilmente rozza. Per questo motivo è anche possibile tenerli e fare i calcoli usando i raccordi curvilinei stessi.
2. La possibilità di usare per la classificazione dei lati il livello effettivo delle tensioni. Tale opzione è consigliata in quanto dà luogo a valutazioni più realistiche, ma non è indispensabile. A parità di distribuzione tenere conto del livello (ridotto) della tensione vuol dire innalzare il limite di buckling e quindi classificare più favorevolmente un lato.
3. La cartella dove salvare il tabulato di output relativo al calcolo. Tale tabulato ha un nome del tipo "nome_profilo-fy=XXX-gm=YYY.txt", dove XXX sono le cifre che individuano la tensione di snervamento, e YYY sono le cifre che danno il gamma. Ovviamente al variare del gamma e della tensione di snervamento varia, in generale, il risultato.

Una volta fatte queste scelte si preme il bottone "Calcola!", che apre immediatamente il tabulato.

E' da notare che in fondo al tabulato compare una sezione di dati che può direttamente essere presa ed aggiunta al file "EC3DATA.TXT", in modo da insegnare al verificatore in che modo verificare il profilo in oggetto. Qui di seguito se ne dà un esempio:

```
$
_UNITS mm N
_EC3SHAPE no name
_CLASSIFICATION23 1. 1. 1. 1. 1.
_CLASSIFICATION34 1. 1. 1. 1. 1.
_FIXEDCLASS 4
_EFFECTIVE 338.10 1.265e+002 2.793e+003 2.793e+003 1.587e+003 1.706e+003 -1.245e-009 5.272e-001; fd Aeff W2effp W2effm W3effp
W3effm De2 De3
$ elastic moduli to be used in case of class 3: no shear and torsion resistance defined
_ELASTICPOINT 23.118 15.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT 23.118 27.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT 20.618 29.500 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT -13.382 29.500 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT -15.882 27.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT -15.882 -27.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT -13.382 -29.500 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT 20.618 -29.500 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT 23.118 -27.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_ELASTICPOINT 23.118 -15.000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000 0.000e+000
_SHEAR 1. 1. 1. 1. 1. 1. ; av2 av3 (6.2.6) w2plAv2 w2plAv3 w3plAv2 w3plAv3
_TORSION 8.085e+001 1.000
$ no plastic data defined
_PLASTICNMDOMAIN 1 0. 0. 0. 0. 0. ; kind datum1 datum2 datum3 datum4 datum5
0. 0. 0. 0. 0. ; datum6 datum7 datum8 datum9 datum10
0. 0. 0. 0. 0. ; datum11 datum12 datum13 datum14 datum15
0. 0. 0. 0. 0. ; datum16 datum17 datum18 datum19 datum20
$
$
$ buckling curve c
_BUCKLCURVE 0.49 0.49
_LATERALTORSIONAL 2 0. 0.49 1. 3.201561e+003 4.502142e+007; axis radius alphaLT kfl W Iw
_2LATERALTORSIONAL 4.128690e+004 5.533333e+001 -0.000000e+000 2.220446e-016; Iz It zs zj
_OTHER 1.000 ; tmax
_ENDSHAPE
$
```

Prima di tale sezione sono anche reperibili i valori efficaci e lo spostamento del baricentro, come calcolati dal programma:

The cross-section is in class 4

$A_{eff} = 1.265e+002 \text{ mm}^2$ $e_{N2} = 5.272e-001 \text{ mm}$ - $e_{N3} = -1.245e-009 \text{ mm}$

$W_{eff2p} = 2.793e+003 \text{ mm}^3$ - $W_{eff2m} = 2.793e+003 \text{ mm}^3$

$W_{eff3p} = 1.587e+003 \text{ mm}^3$ - $W_{eff3m} = 1.706e+003 \text{ mm}^3$

I seguenti bottoni hanno la seguente funzione:

1. **Profilo**: mostra il profilo originario
2. **N**: mostra la sezione efficace sotto una compressione semplice
3. **M2p**: mostra la sezione efficace sotto una flessione positiva attorno all'asse 2
4. **M2m**: mostra la sezione efficace sotto una flessione negativa attorno all'asse 2
5. **M3p**: mostra la sezione efficace sotto una flessione positiva attorno all'asse 3
6. **M3m**: mostra la sezione efficace sotto una flessione negativa attorno all'asse 3
7. **Sezione calcolo**: mostra la sezione adottata per il calcolo
8. **Copia**: trasferisce l'immagine agli appunti
9. **Stampa**: stampa l'immagine del profilo scelto

A titolo di esempio si riportano alcune immagini relative al profilo precedente:

EN1993-1-3 - Cold formed effective data management

Dati di calcolo

355 Fy 360 Fu

1.05 Gamma, M0

Selezionare i lati appartenenti a irrigidimenti

☐ STRAIGHT Len= 12.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 54.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm

Modalità di calcolo

☒ Elimina i raccordi curvilinei (EN1993-1-3 § 5.1)

☐ Usa il livello effettivo delle tensioni

c: Cartella di output

Dati di output

Disegno sezione

Profilo M2m

N M3p Sezione calcolo

M2p M3m

Calcola!

OK Cancel

Copia Stampa

no name

EN1993-1-3 - Cold formed effective data management

Dati di calcolo

355 Fy 360 Fu

1.05 Gamma, M0

Selezionare i lati appartenenti a irrigidimenti

☐ STRAIGHT Len= 12.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 54.000 mm t= 1.000 mm

☐ CIRCULAR Len= 3.927 mm t= 1.000 mm beta(deg) =

☐ STRAIGHT Len= 34.000 mm t= 1.000 mm

Modalità di calcolo

☒ Elimina i raccordi curvilinei (EN1993-1-3 § 5.1)

☐ Usa il livello effettivo delle tensioni

c: Cartella di output

Dati di output

Disegno sezione

Profilo M2m

N M3p Sezione calcolo

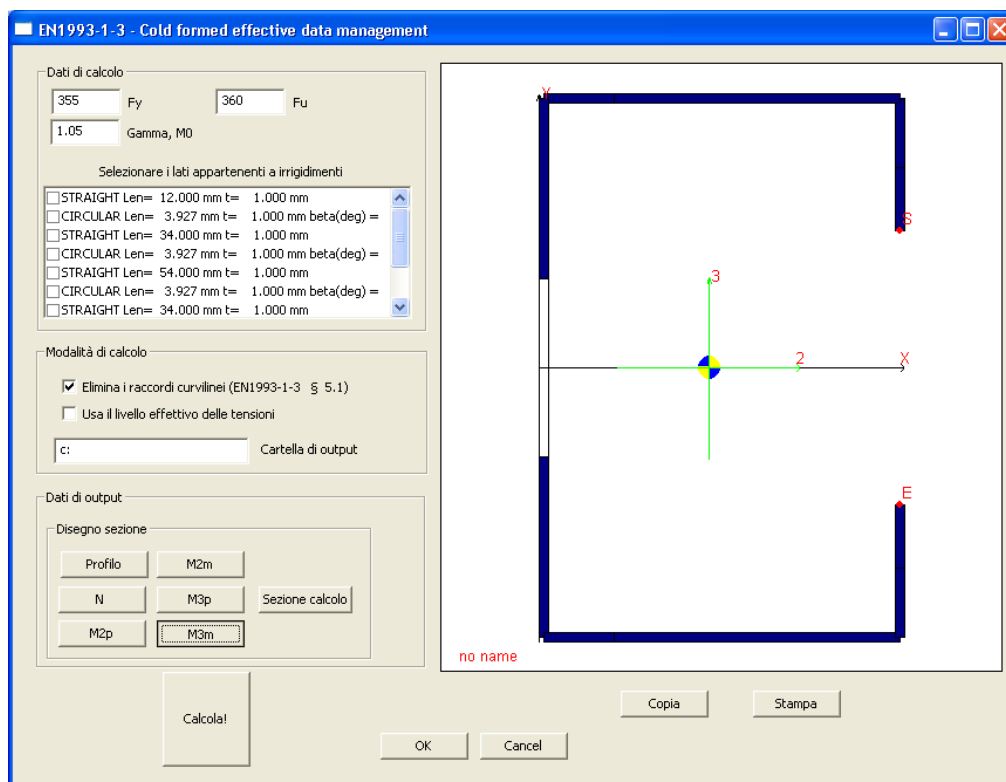
M2p M3m

Calcola!

OK Cancel

Copia Stampa

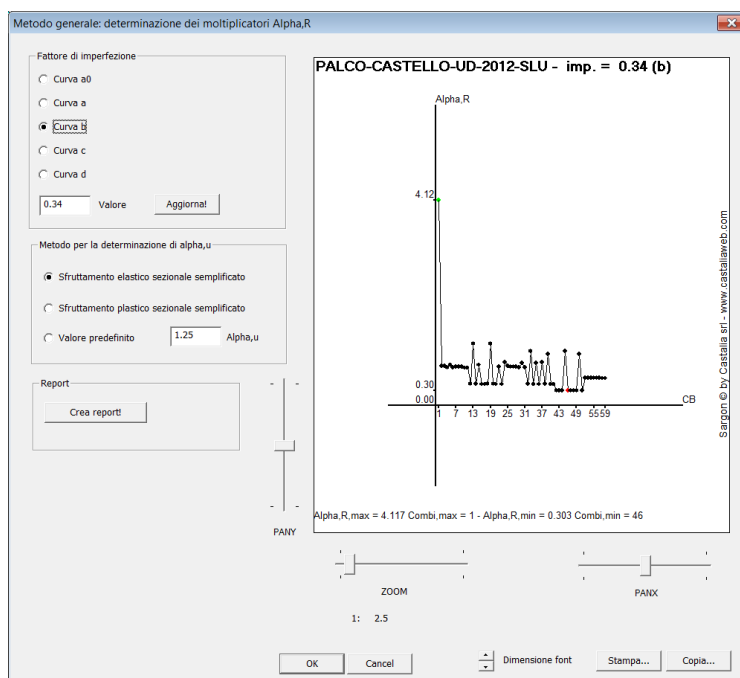
no name



Come si vede gli assi principali della sezione efficace, in generale, ruotano. Di tale effetto il programma tiene conto, ed i valori efficaci sono riferiti agli assi principali della sezione originaria, in modo che ad esempio un momento positivo secondo l'asse 2 della sezione originaria, venga decomposto secondo le corrette componenti degli assi principali della sezione efficace M2p, dando luogo al corretto W_{2effp} .



Lista modifiche: dalla 9.90 alla 10.0



Comando Post-Buckling-Metodo generale



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

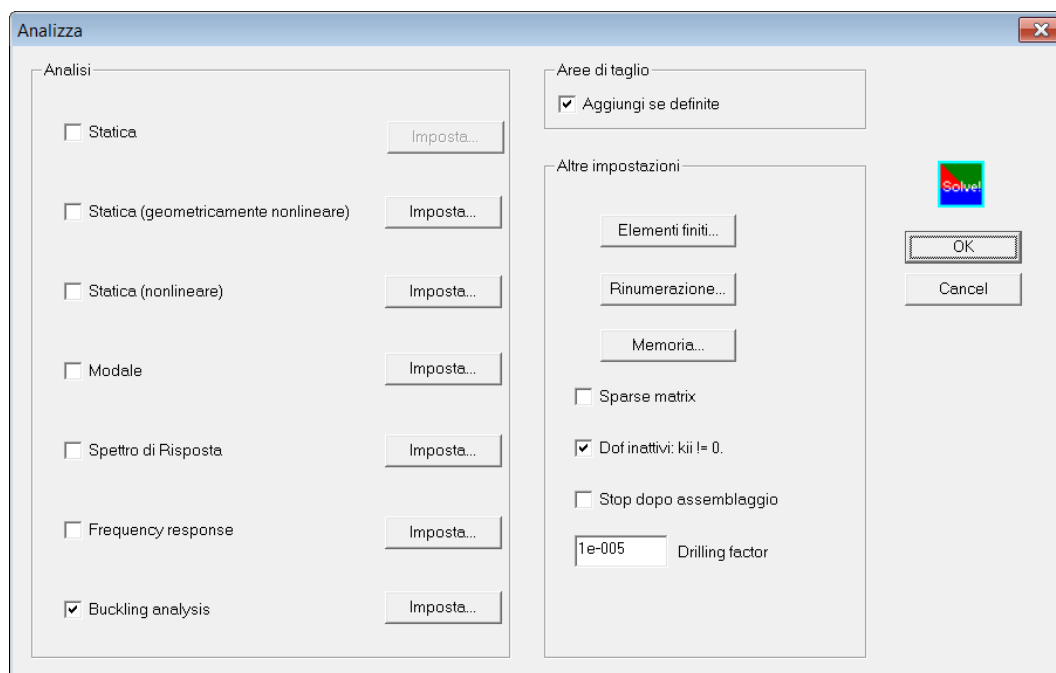
Rev. 1.0 del 17-11-2012

148. Introduzione

La nuova versione 10.0 di Sargon, rilasciata nel novembre 2012, presenta la fondamentale novità costituita dal solutore per la analisi di buckling, integrato con il solutore per l'analisi statica.

1. Aggiunta del solutore per l'analisi di buckling e dei comandi corrispondenti.
2. Aggiunta del comando per il "Metodo generale".
3. Interfacciamento con STRAP.
4. Correzione di malfunzionamenti.

149. AGGIUNTA DEL SOLUTORE PER L'ANALISI DI BUCKLING



A partire dalla versione 10.0 Sargon dispone di un solutore per l'analisi di buckling. Questo solutore trova il numero richiesto di moltiplicatori critici *di ogni combinazione di carico selezionata*, e quindi non di una sola configurazione di carico ma di molte. Lanciando questo solutore viene eseguito un numero di analisi di buckling pari al numero delle combinazioni selezionate al momento della esecuzione del comando. Ogni analisi di buckling trova un certo numero di modi critici, quello richiesto dall'utente.

Sia \mathbf{K} la matrice di rigidezza elastica del sistema allo studio, e \mathbf{K}_G la sua matrice di rigidezza geometrica associata ad una certa combinazione (lineare) di carico. Si deve risolvere il problema

agli autovalori

$$(\mathbf{K} + \alpha \mathbf{K}_G) \Psi = \mathbf{0}$$

dove α è un opportuno moltiplicatore (incognito) e Ψ è la deformata critica ad esso associata. Si noti che siccome \mathbf{K}_G dipende dallo stato di sforzo membranale (in particolare dalle azioni assiali, positive di trazione e negative di compressione) si danno casi in cui il problema non è fisicamente significativo:

1. Quando non ci sono azioni assiali come in un problema in cui tutti gli elementi abbiano azioni assiali nulle (ad esempio un graticcio).
2. Quando queste sono tutte positive in modo che non esiste alcun α positivo. In tal caso si dovrebbe invertire il segno delle azioni cosa che fisicamente di solito non ha senso (dato che le combinazioni includono l'effetto della gravità che è irreversibile).

Nel primo caso il programma dà un messaggio di avviso e si arresta: basterà deselectare la combinazione corrispondente e rilanciare l'analisi. Nel secondo caso il programma trova un moltiplicatore negativo.

E' possibile che venga trovato un moltiplicatore negativo anche quando una parte della struttura è tesa ed un'altra compressa, in modo che invertendo il segno delle azioni si trovi un moltiplicatore (negativo) il cui valore assoluto è minore del primo moltiplicatore positivo. In questo caso il programma troverà prima il moltiplicatore negativo di quello positivo. In generale può accadere che tutti i moltiplicatori trovati siano negativi e che quindi non sia stato reperito tra quelli indagati alcun moltiplicatore positivo. Se tale circostanza si verifica si può provare ad aumentare l'ordine del sottospazio (ovvero il numero degli autovalori effettivamente cercati), in modo che oltre ai (primi in modulo) moltiplicatori negativi, vengano anche inclusi uno o più moltiplicatori positivi. Se ad esempio si chiede un solo modo e si dà un ordine del sottospazio pari a 10, nel caso in cui il modo trovato sia negativo, ciò implica che i primi 10 modi sono tutti con moltiplicatori negativi. Allora si potrà portare a 20 il numero dei modi cercati (ordine del sottospazio) in modo che tra i primi 20 modi (in modulo) ve ne sia almeno uno con moltiplicatore positivo: tale modo positivo sarà quello memorizzato essendosi chiesto un solo modo. Per la ragioni dette in certi casi può avvenire che ciò non si verifichi mai.

Dato che il solutore è di tipo iterativo, si deve specificare il massimo numero di iterazioni, la tolleranza sul moltiplicatore, l'ordine del sottospazio ed il numero di modi richiesto. Il metodo di

soluzione è lo stesso del solutore LEDA, ovvero la *Subspace Iteration*. Di solito ciò che interessa è il primo modo o al più due o tre primi modi. Il valore di default proposto dal programma è 1 per il numero dei modi richiesto e 3 per l'ordine del sottospazio.

Non ha ovviamente senso eseguire una analisi di buckling se:

1. Non è già stata eseguita preventivamente una analisi statica che sia andata a buon fine (il che esclude la presenza di modelli ipostatici o labili).
2. Non sono state definite o non sono selezionate combinazioni.
3. Nessun elemento risulti mai teso o compresso.

Nella versione attuale del programma la matrice di rigidezza geometrica è assemblata unicamente per:

1. Elementi biella.
2. Elementi trave con o senza svincoli e con o senza nodi semirigidi.

Al momento non sono assemblate le matrici di rigidezza geometrica degli elementi:

- Piastra
- Membrana
- Solidi
- Trave su suolo elastico
- Molle

Questo vuol dire che l'analisi di buckling con il solutore attuale ha senso solo per sistemi di travi e bielle nei quali la parte modellata con altri elementi non sia soggetta a fenomeni di instabilità. Per il tipo di strutture normalmente impiegate con Sargon tale ipotesi è verificata. Non avrebbe ovviamente senso fare una analisi di buckling di un serbatoio modellato con elementi plate shell, nella versione attuale del programma.

Una volta eseguita l'analisi i risultati sono accessibili dai comandi che si trovano sotto il menu **Post-Buckling**.

E' possibile vedere le deformate critiche, avere una tabella con i moltiplicatori critici, e studiare il problema delle verifiche mediante il cosiddetto metodo generale che usa i moltiplicatori critici (α_{cr}) e quelli limite (α_u).

Il solutore usa una tecnologia sparse matrix e triangolarizza la matrice di rigidezza una volta sola, mentre la matrice di rigidezza geometrica dipende dalla combinazione allo studio. Ciò consente una analisi molto rapida anche per numerose combinazioni di carico.

Da un punto vista operativo l'analisi di buckling viene lanciata, esattamente come l'analisi statica, con il comando Analizza .

150. AGGIUNTA DEL COMANDO “METODO GENERALE”

Con il nome di "metodo generale" si intende la verifica della interazione tra resistenza e stabilità condotta mediante un metodo che generalizza quanto si fa per il caso di semplici colonne compresse. Il metodo è descritto in EN 1993-1-1 al §6.3.4 relativamente allo svergolamento di travi inflesse, ma è di fatto adoperato anche in numerosi altri contesti all'interno della norma in questione. Il metodo è descritto e discusso nel testo *Calcolo di Strutture in Acciaio*, di Paolo Rugarli, EPC Libri, 2008, al §1.7.1 e verrà ora brevemente richiamato.

Sia data una generica struttura e consideriamo una generica combinazione di carico ad essa associata. Sia α_{cr} il moltiplicatore critico (positivo), ovvero il moltiplicatore dei carichi che conduce alla instabilizzazione di tutta o di parte della struttura. Sia inoltre α_u il moltiplicatore limite, ovvero il moltiplicatore dei carichi (positivo) che porta alla creazione di un meccanismo, ovvero alla formazione di un atto di moto rigido all'interno della struttura a seguito della plasticizzazione di uno o più dei suoi elementi resistenti (cerniere plastiche o plasticizzazione di elementi tesi o compressi). Definiamo col termine generale di *criticità*, o *snellezza adimensionale*, il numero adimensionale $\bar{\lambda}$ ottenuto dalla seguente espressione

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_u}{\alpha_{cr}}} \quad (1)$$

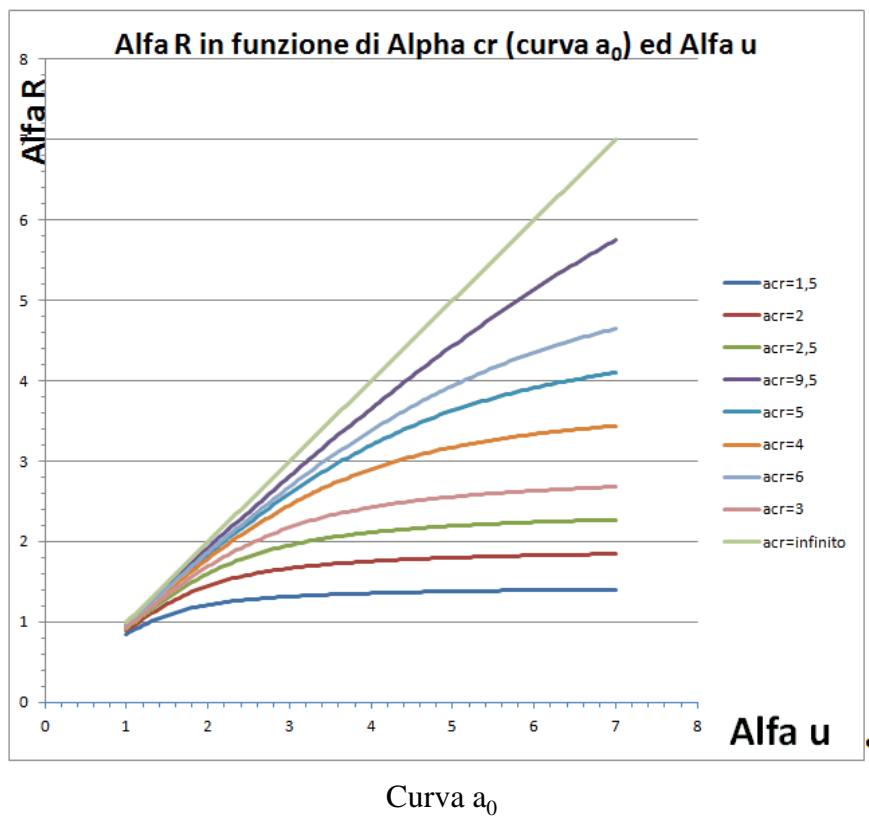
Data la criticità e data una curva di stabilità, ovvero una relazione del tipo $\chi=\chi(\bar{\lambda})$ è possibile determinare un fattore di riduzione χ che dipende dalla criticità e che va a diminuire il carico che, in assenza di fenomeni di instabilità, si potrebbe applicare sulla struttura. Dunque il *moltiplicatore reale dei carichi*, non è α_u ma è α_R e vale

$$\alpha_R = \chi \alpha_u = \chi(\bar{\lambda}) \alpha_u = \chi \left(\sqrt{\frac{\alpha_u}{\alpha_{cr}}} \right) \alpha_u \quad (2)$$

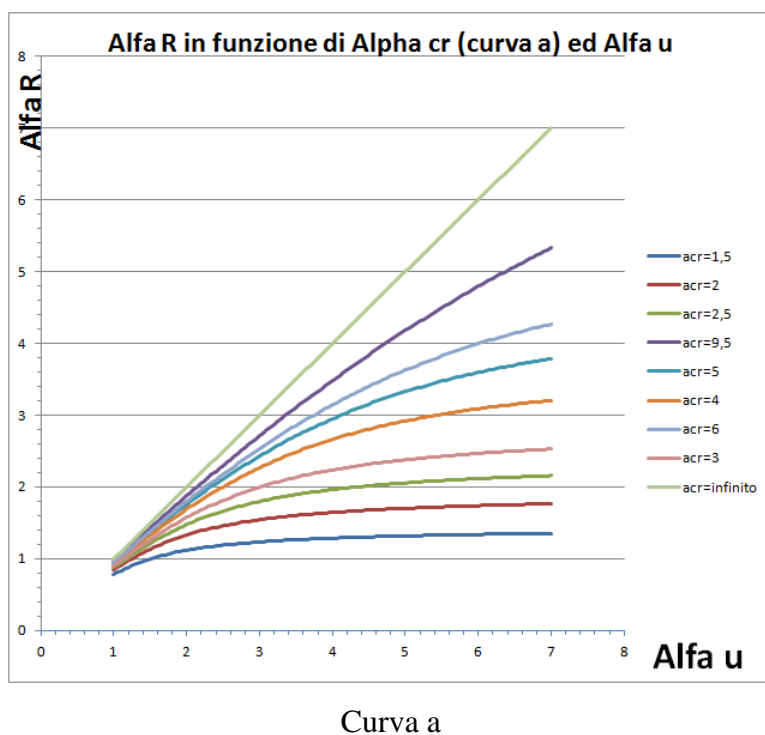
Il metodo è applicabile a qualsiasi struttura e tiene conto del fatto che, a causa dei fenomeni di instabilità, il carico per resistenza idealmente raggiungibile può non essere raggiunto. E' importante osservare che il concetto di criticità (ed il calcolo di χ) è totalmente svincolato da concetti come *lunghezza, distanza tra i punti di flesso*, ed è associabile a qualsiasi struttura, come un guscio, una lastra, una copertura, ecc..

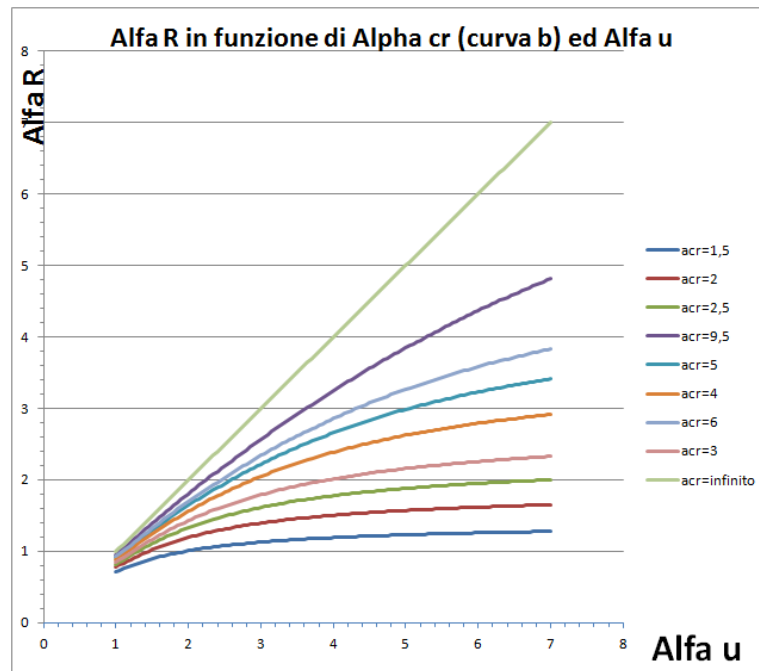
Un punto di fondamentale importanza nella applicazione del metodo è la scelta della curva di stabilità. Normalmente si adoperano le stesse curve di stabilità impiegate per la verifica di elementi compressi (curve a_0 , a, b, c, d), dato che tali curve di stabilità rendono conto di diversi possibili livelli di imperfezione e costituiscono una stima ingegneristica della maggiore o minore probabilità che si inneschino i fenomeni di instabilità stessi. La curva di stabilità è associata ad un fattore di imperfezione che vale 0,13 per la curva a_0 , 0,21 per la curva a, 0,34 per la curva b, 0,49 per la curva c, ed infine 0,76 per la curva d. E' naturalmente possibile definire altre curve pur di impostare valori differenti per il fattore di imperfezione (si veda la Tabella 6.1 di EN 1993-1-1).

Per poter applicare il metodo occorre quindi conoscere il fattore α_{cr} ed il fattore α_u . Si noti che è sempre a favore di sicurezza sottostimare α_u , dato che se è vero che la criticità viene ad essere sottostimata (perché α_u compare a numeratore nella (1)) è anche vero che nella espressione (2) l'effetto finale sarà una sottostima e non una sovrastima di α_R . In altre parole le curve $\alpha_R = \alpha_R(\alpha_u)$ sono sempre crescenti per ogni α_{cr} . Questo vuol dire che ai fini di una determinazione a favore di sicurezza di α_R è possibile usare una sottostima di α_u quale quella ottenuta con metodi semplificati e senza bisogno di ricorrere ad una vera e propria analisi limite.

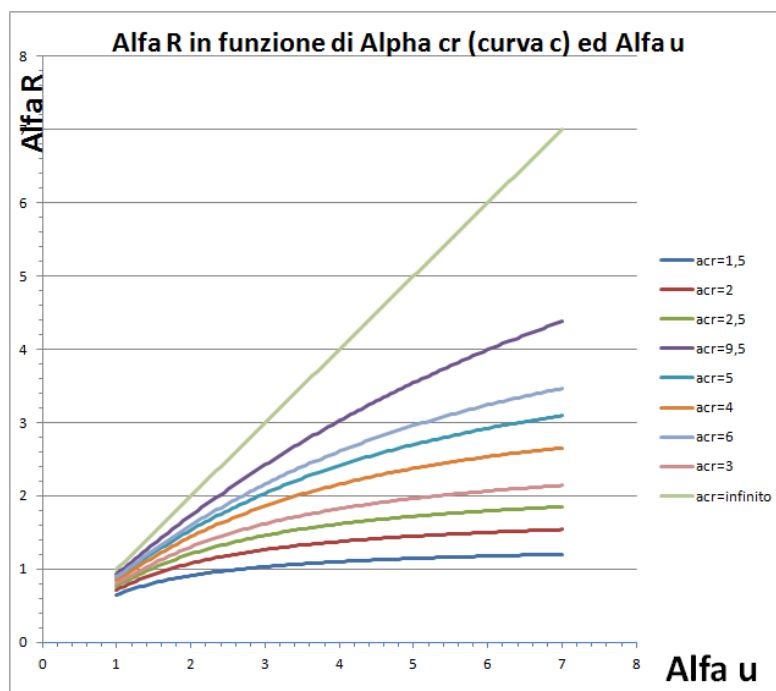


Nella precedente figura, ad esempio, si vede il rapporto tra α_u ed a_R per valori diversi di α_{cr} e per la curva a₀. Come si vede sottostimare α_u porta anche a sottostimare a_R , il che è a favore di sicurezza. Nelle figure successive vengono riportati gli analoghi abachi per le curve di stabilità a, b, c, e d.

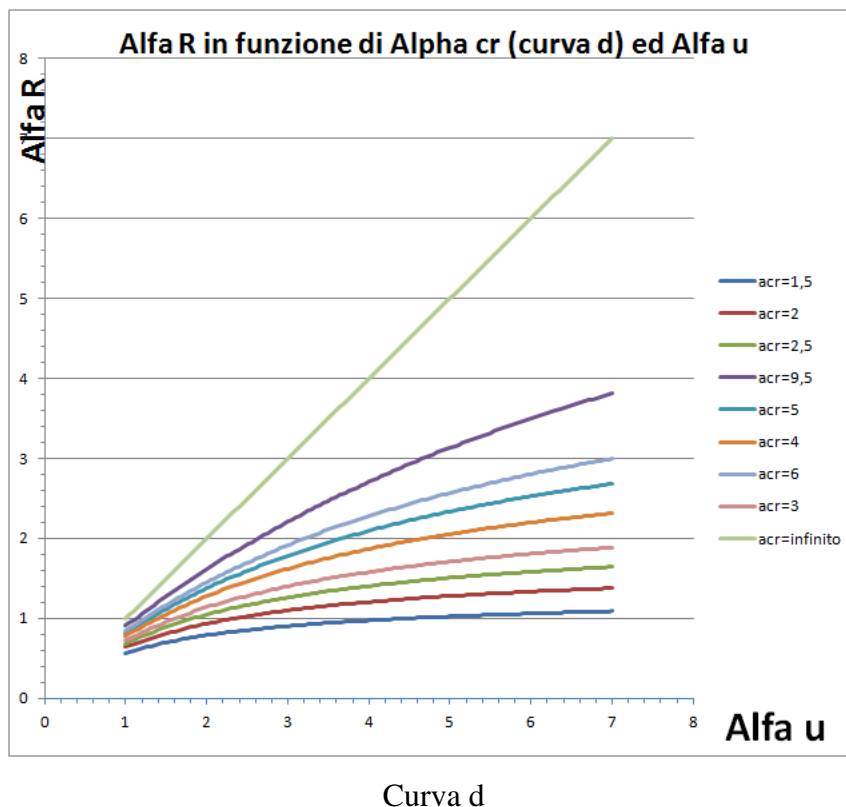




Curva b



Curva c



Curva d

La stima di α_u può essere fatta in modo semplificato come segue.

Si può considerare il moltiplicatore dei carichi che porta una sezione di qualche elemento (biella o trave) al limite elastico. In tal caso $\alpha_u = \alpha_l$, ovvero si raggiunge il primo snervamento di qualche elemento. In tal caso, usando un criterio semplificato $|N/A| + |M_2/W_2| + |M_3/W_3| = f_y$.

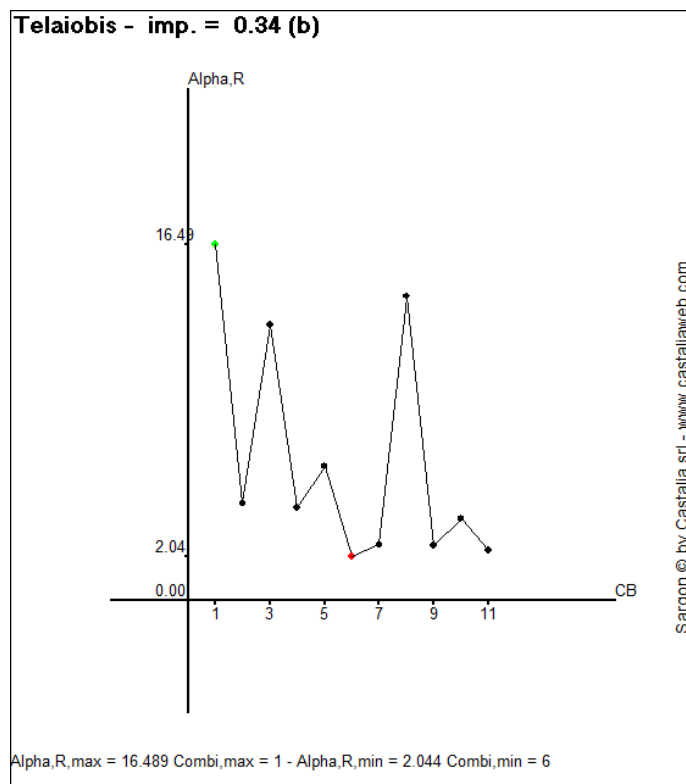
Oppure si può considerare il moltiplicatore dei carichi α_{ly} che porta una sezione di qualche elemento alla piena plasticizzazione, ed in tal caso $|N/A| + |M_2/W_{2,pl}| + |M_3/W_{3,pl}| = f_y$.

In altri casi α_u può essere valutato mediante considerazioni basate su analogie come la stessa normativa prevede (§7.4.3.2., §7.5.2.2, ecc.) facendo variare α_u/α_l da 1,0 a 1,3.

I ragionamenti fatti si qui per una generica combinazione, *devono essere ripetuti per tutte le combinazioni*. Sargon, a partire dalla versione 10,0 costante appunto di far ciò, mediante un opportuno comando, detto Metodo Generale, e posto sotto il menu Post-Buckling.

Dato che una precedente analisi di buckling ha determinato per ogni combinazione "i" il suo (primo) moltiplicatore critico $\alpha_{cr,i}$, supposto positivo, il programma è in grado di valutare per ogni combinazione una stima semplificata di $\alpha_{u,i}$ e quindi per ogni combinazione "i" una stima di $\alpha_{R,i}$.

Nella figura seguente si vede un caso studiato mediante tale comando.



Come si vede l' α_R è qui compreso tra 16,49 per la combinazione 1 e 2,04 per la combinazione 6. La verifica è positiva in quanto $\alpha_R > 1$ (si noti che è stata usata la curva b). Il seguente tabulato, ottenibile mediante il medesimo comando, spiega i calcoli in dettaglio:

```
-----
-                                     -
-               General Method       -
-                                     -
-                                     -
- Sargon © by Castalia srl - www.castaliaweb.com -
-----
```

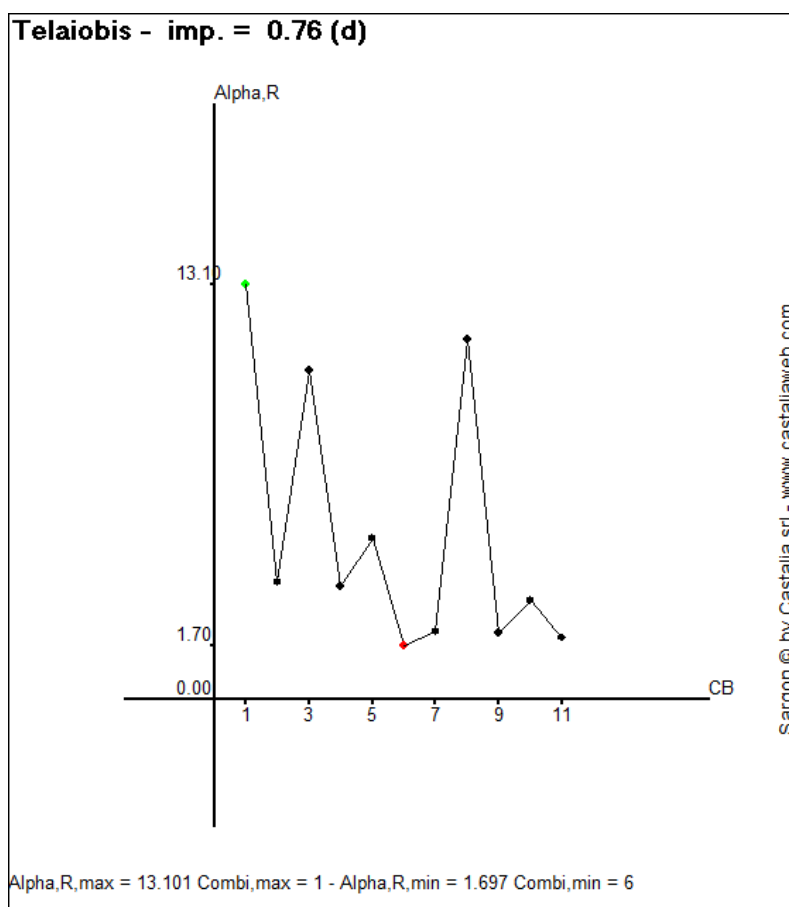
```
Model name:          Telaiobis
Number of combinations: 11
Imperfection factor: 0.34
```

Combi	Alpha,u	Alpha,cr	Lambda,s	X	Alpha,R
1	3.955e+001	2.267e+001	1.321e+000	4.169e-001	1.649e+001
2	1.608e+001	5.615e+000	1.692e+000	2.802e-001	4.506e+000
3	4.021e+001	1.632e+001	1.570e+000	3.178e-001	1.278e+001

4	1.638e+001	5.297e+000	1.758e+000	2.624e-001	4.299e+000
5	2.073e+001	7.857e+000	1.624e+000	3.003e-001	6.224e+000
6	8.084e+000	2.504e+000	1.797e+000	2.528e-001	2.044e+000
7	1.002e+001	3.183e+000	1.775e+000	2.583e-001	2.589e+000
8	4.012e+001	1.842e+001	1.476e+000	3.513e-001	1.409e+001
9	1.013e+001	3.112e+000	1.804e+000	2.510e-001	2.543e+000
10	1.398e+001	4.715e+000	1.722e+000	2.720e-001	3.804e+000
11	9.146e+000	2.871e+000	1.785e+000	2.558e-001	2.339e+000

Combi,min: 6 - Alpha,R,min = 2.044

Se si fosse usata la curva d, si sarebbe ottenuta la immagine seguente, con un moltiplicatore reale massimo pari a 1,70.



Lo studio di queste curve è particolarmente interessante per capire, al di là delle mere apparenze, quali sono le combinazioni di carico potenzialmente più pericolose per una certa struttura.

Prima di eseguire questo comando è bene accertarsi che tutti i primi modi critici di tutte le combinazioni abbiano moltiplicatore critico maggiore o eguale a zero (eseguendo il comando

Interroga). Se ciò non avviene e si hanno uno o più primi moltiplicatori negativi, per una o più combinazioni, o si cercano moltiplicatori positivi aumentando l'ordine del sottospazio, oppure si deselecta la combinazione, scartandola da quelle indagate.

151. INTERFACCIAMENTO CON STRAP

Sargon può ora leggere i modelli creati con il programma STRAP, molto diffuso in Asia. Si sta anche lavorando all'interfacciamento con STAAD PRO.

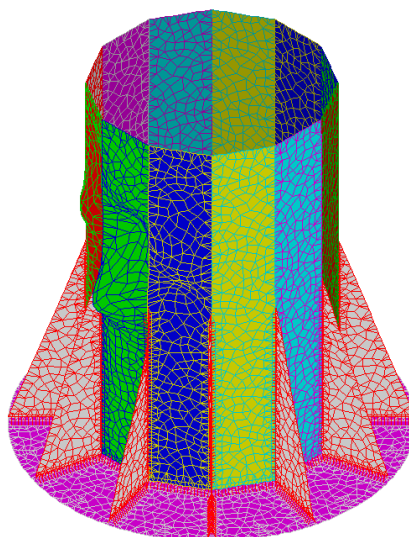
152. CORREZIONE DI MALFUNZIONAMENTI

La richiesta dell'involuppo degli indicatori semplificati di cemento (σ , e K_{pl}) , in presenza di bielle, portava ad una fastidiosa scala con numeri molto grandi: il problema è stato individuato e rimosso.

La pressione del bottone “L” nella ultima versione 9.90 non comportava il cambiamento dei bottoni N, T2, T3, M1, M2, M3 in Fx, Fx, Fz, Mx, My, Mz. Ciò portava talvolta a pericolose confusioni. Il problema è stato individuato e rimosso.



Lista modifiche: dalla 10.0 alla 10.5



Combi= 7 Mode= 1 Alpha,crit = 3.246e+000

*Analisi di buckling su elementi plate-shell
(modello creato in automatico da CSE ed analizzato con WBUCKL-FULL)*



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 29-6-2013

153. Introduzione

La nuova versione 10.5 di Sargon, rilasciata nel giugno 2013, contiene importanti migliorie ed aggiunte.

1. Aggiunta dell'interfacciamento in input con i programmi RISA3D, MIDAS
2. Aggiunto interfacciamento con formato ASCII .SR4.
3. Aggiunta disponibilità solutore WBUCKL per l'analisi di buckling di modelli con elementi plate-shell.
4. Aggiunto verificatore AISC-LRFD
5. Aggiornata la routine di importazione di file DXF
6. Modificata la resa grafica della deformata delle piastre
7. Aggiunto comando per la gestione di elementi rastremati
8. Aggiunto comando per la generazione delle forze apparenti associate alla risposta sismica dei modi di vibrare
9. Aggiunto comando per il calcolo della risultante delle azioni sismiche sui nodi selezionati.

154. Interfacciamento con RISA3D e MIDAS

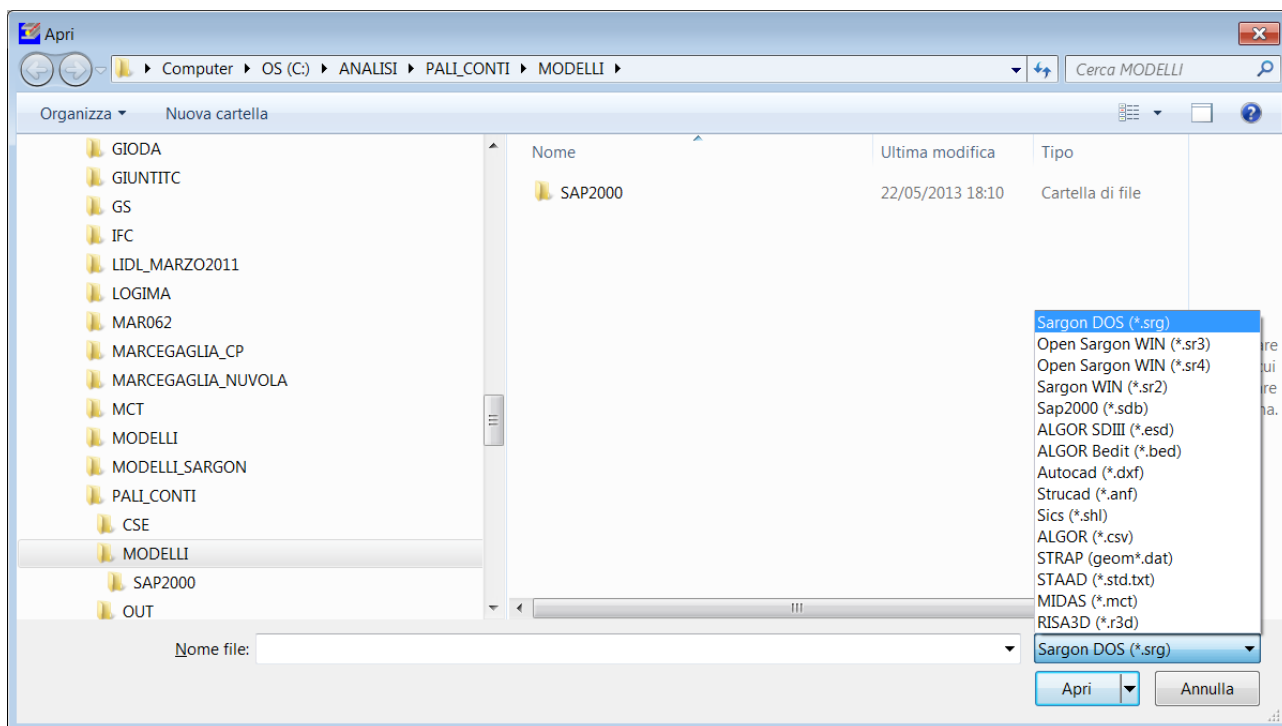
Nell'ambito del lavoro di ampliamento ed internazionalizzazione dei suoi prodotti, Castalia ha aggiunto l'interfacciamento in input sia di Sargon che di CSE verso i popolari programmi RISA3D (molto diffuso anche negli Stati Uniti) e MIDAS (diffuso nel far east ed in Spagna e Italia).

Sia Sargon che CSE possono leggere modelli RISA3D (file .r3d) e MIDAS (file .mct) importando una buona parte delle informazioni contenute in questi file. Ciò potrebbe essere molto utile agli utenti in tutti i casi in cui abbiano a che fare con terze parti che impieghino tali programmi, o anche per passare a Sargon modelli fatti con questi altri programmi a fini di controllo (tipicamente, cross check).

Si rimanda alla corrispondente sezione dell'help relativa alla descrizione dell'interfacciamento per una più esaustiva elencazione delle parti gestite.

Nel caso di MIDAS è anche possibile esportare verso, e non solo importare da, il formato .MCT.

Dalla seguente immagine si desumono i formati attualmente compatibili in lettura.



155. Interfacciamento con file SR4 (ASCII)

Sempre al fine di migliorare e rendere più semplice l'introduzione dei dati in Sargon, è stato esteso anche a Sargon il comando di importazione di file in formato .SR4. Si tratta di un formato ASCII, molto semplice da generare e comprendere, che è stato ampiamente descritto nella pagina web del prodotto CSE:

<http://www.steelchecks.com/CONNECTIONS/opensargontext.zip>

Qui un esempio di tale file:

```
JOINT COORDINATES
4
1 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
2 0.000000e+000 0.000000e+000 4.000000e+003
3 6.000000e+003 0.000000e+000 4.000000e+003
4 6.000000e+003 0.000000e+000 0.000000e+000
JOINT CONSTRAINTS
1 1 1 1 1 1
2 0 0 0 0 0
3 0 0 0 0 0
4 1 1 1 1 1
MATERIALS
1
1 2.099997e+005 3.000000e-001 7.700850e-005 1.200000e-005 "S235"
CROSS SECTIONS
2
1 0 "HE180B"
2 0 "IPE220"
BEAMS
3
1 1 2 1 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
2 2 3 2 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
3 4 3 1 1 0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
BEAM RELEASE
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
BEAM CONNECTION CODES
1 0 0 0 0
2 1 1 0 0
3 0 0 0 0
LOAD CASES
2
1 2 "LIVE"
NODAL FORCES
0
BEAM CONCENTRATED FORCES
0
BEAM UNIFORM LOADS
1
```

```

2 1 0 0.000000e+000 0.000000e+000 -1.200000e+001
BEAM LINEAR LOADS
0
BEAM GENERAL LINEAR LOADS
0
ELEMENT TEMPERATURE LOADS
0
2 4 "Wind +X"
NODAL FORCES
1
2 1 9.810000e+003 0.000000e+000 0.000000e+000
BEAM CONCENTRATED FORCES
0
BEAM UNIFORM LOADS
0
BEAM LINEAR LOADS
0
BEAM GENERAL LINEAR LOADS
0
ELEMENT TEMPERATURE LOADS
0
COMBINATIONS
2
0 "Combi 1: (1,5 ; 0)"
1 1.500000e+000
2 0.000000e+000
0 "Combi 2: (1,5; 1,05)"
1 1.500000e+000
2 1.050000e+000
DISPLACEMENTS
1
1 1 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
2 4.556698e-002 0.000000e+000 -1.050905e-001 0.000000e+000 3.723036e-003 0.000000e+000
1 3 -4.556698e-002 0.000000e+000 -1.050905e-001 0.000000e+000 -3.723036e-003 0.000000e+000
1 4 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
2 1 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
2 2 5.974094e+000 0.000000e+000 7.057373e-003 0.000000e+000 1.277617e-003 0.000000e+000
2 3 5.932202e+000 0.000000e+000 -7.057373e-003 0.000000e+000 1.265200e-003 0.000000e+000
2 4 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
REACTIONS
1
1 1 1.064398e+004 -0.000000e+000 3.600000e+004 -0.000000e+000 1.379966e+007 -0.000000e+000
1 2 -0.000000e+000 -0.000000e+000 5.002221e-012 -0.000000e+000 5.587935e-009 -0.000000e+000
1 3 1.818989e-012 -0.000000e+000 -0.000000e+000 -0.000000e+000 -1.117587e-008 -0.000000e+000
1 4 -1.064398e+004 -0.000000e+000 3.600000e+004 -0.000000e+000 -1.379966e+007 -0.000000e+000
2 1 -4.917267e+003 -0.000000e+000 -2.417588e+003 -0.000000e+000 -1.240426e+007 -0.000000e+000
2 2 -0.000000e+000 -0.000000e+000 4.547474e-013 -0.000000e+000 1.862645e-009 -0.000000e+000
2 3 -1.955414e-011 -0.000000e+000 -0.000000e+000 -0.000000e+000 1.862645e-009 -0.000000e+000
2 4 -4.892733e+003 -0.000000e+000 2.417588e+003 -0.000000e+000 -1.233021e+007 -0.000000e+000
ELEMENT INTERNAL FORCES
BEAM
1
1 1 1 3.600000e+004 0.000000e+000 -1.064398e+004 0.000000e+000 1.379966e+007 0.000000e+000
1 1 2 -3.600000e+004 0.000000e+000 1.064398e+004 0.000000e+000 2.877625e+007 0.000000e+000
1 1 2 1 1.064398e+004 0.000000e+000 3.600000e+004 0.000000e+000 -2.877625e+007 0.000000e+000
1 1 2 2 -1.064398e+004 0.000000e+000 3.600000e+004 0.000000e+000 2.877625e+007 0.000000e+000
1 1 3 1 3.600000e+004 0.000000e+000 1.064398e+004 0.000000e+000 -1.379966e+007 0.000000e+000
1 1 3 2 -3.600000e+004 0.000000e+000 -1.064398e+004 0.000000e+000 -2.877625e+007 0.000000e+000
2 1 1 1 -2.417588e+003 0.000000e+000 4.917267e+003 0.000000e+000 -1.240426e+007 0.000000e+000
2 1 2 2 4.892733e+003 0.000000e+000 -2.417588e+003 0.000000e+000 -7.264810e+006 0.000000e+000
2 2 1 4 8.92733e+003 0.000000e+000 -2.417588e+003 0.000000e+000 7.264810e+006 0.000000e+000
2 2 2 -4.892733e+003 0.000000e+000 2.417588e+003 0.000000e+000 7.240718e+006 0.000000e+000
2 3 1 2 4.17588e+003 0.000000e+000 4.892733e+003 0.000000e+000 -1.233021e+007 0.000000e+000
2 3 2 -2.417588e+003 0.000000e+000 -4.892733e+003 0.000000e+000 -7.240718e+006 0.000000e+000
END FILE

```

156. Aggiunta disponibilità modulo di buckling per analisi di modelli con piastre, gusci ed elementi solidi

Il modulo di buckling, WBUCKL, si è sdoppiato. Una versione LIGHT è a disposizione di tutti gli utenti che abbiano anche LEDA e SPECTRUM, mentre una versione FULL è acquistabile a parte.

La versione LIGHT assembla la matrice di rigidezza geometrica dei soli elementi trave e biella, mentre la versione FULL considera anche la matrice di rigidezza geometrica di elementi piastra, membrana, e solido.

Con il modulo di buckling versione FULL si possono fare analisi di gusci, studiare il problema della classificazione in modo molto più efficace, valutare moltiplicatori critici per elementi strutturali soggetti a complessi stati di sollecitazione. Si tratta quindi di uno strumento molto utile, anche ai fini di quel *metodo generale* di verifica a resistenza e stabilità che nei casi più generali e complicati è l'unico disponibile.

157. Aggiunto verificatore AISC-LRFD

E' disponibile il nuovo verificatore per AISC agli stati limite (LRFD: Load and Resistance Factor Design). Si tratta di un nuovo modulo di verifica che allinea Sargon alla verifica in accordo agli stati limite anche per le normative americane. Come per il verificatore in accordo a Eurocodice 3, anche per il verificatore secondo AISC LRFD sono possibili le verifiche utente, ovvero la possibilità di personalizzare l'insieme delle verifiche eseguite in modo da ottenere gli effetti desiderati. Ciò è particolarmente utile per sezioni non standard che abbiano problematiche particolari.

158. Aggiornata routine di importazione file DXF

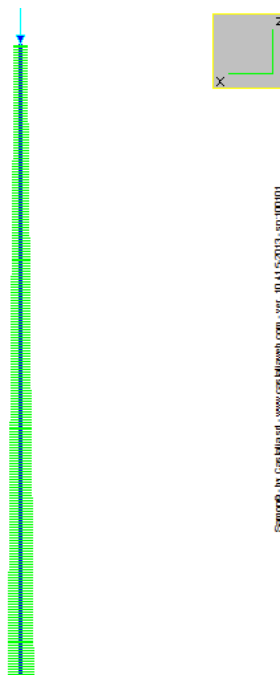
La routine di importazione dei file in formato DXF aveva problemi a importare file DXF creati con le ultime versioni di Autocad. La modifica eseguita consente ora di leggere file DXF creati con le ultime versioni del programma della Autodesk.

159. Modificata resa grafica delle piastre

Al fine di migliorare la restituzione grafica della deformata dei modelli con elementi piastra (utile per vedere le deformate critiche di modelli con elementi plate-shell), la deformata di tali elementi non è più monocolora, ma eredita le impostazioni (spessore, materiale, gruppo) esistenti al momento della richiesta della deformata (si veda ad esempio la deformata critica della immagine di copertina).

160. Aggiunto comando per la gestione di elementi rastremati

Nel caso in cui si debbano gestire elementi rastremati, Sargon consente ora con un unico comando, di generare tutti i necessari elementi con le necessarie sezioni già generate ed assegnate.



Grazie a questo nuovo comando è possibile suddividere in un numero arbitrario di parti elementi rastremati, calcolando ed assegnando automaticamente le forme sezionali necessarie in tutti i punti intermedi dell'elemento rastremato.

Altri programmi discretizzano l'elemento, che viene restituito graficamente per come è, mediante l'assunzione di leggi di variazione lineari o paraboliche, o cubiche, non sempre effettivamente rispettate dalla variazione dei parametri di calcolo della sezione. Dato che la discretizzazione è comunque necessaria, o prima o poi, in Sargon si è preferito esplicitarla e renderla disponibile con il desiderato grado di precisione.

161. Aggiunto comando per per la generazione delle forze apparenti associate alla risposta sismica dei modi di vibrare

Si tratta di un utile e importante comando che ricalcola le forze apparenti che determinano la deformata sismica di un certo modo di vibrare, dato un certo spettro di risposta e una certa direzione del sisma.

Dalla guida:

Questo comando consente di generare i risultati di una analisi a spettro di risposta su un singolo modo, generando le forze apparenti che inducono nella struttura le deformazioni e le sollecitazioni calcolate dalla analisi a spettro di risposta su quel modo. Applicando una analisi statica a valle della applicazione di questo comando, sul caso di carico inizialmente vuoto a cui esso

sia stato applicato, si otterranno gli stessi spostamenti e le stesse azioni interne derivanti dal calcolo a spettro di risposta sul modo scelto.

Alla esecuzione del comando compare il dialogo Aggiungi forze da spettro di risposta, che è usato per inserire i dati necessari alla esecuzione del comando.

Per eseguire il comando:

1. Deve essere stato definito e descritto lo spettro di risposta che interessa.
2. Deve essere stata eseguita una analisi modale.
3. Non è necessario che sia stata eseguita una analisi a spettro di risposta.

Il comando considera lo spettro di risposta associato a un unico modo, scelto dall'utente, per una direzione del sisma che deve coincidere con quella di uno degli assi di riferimento globale.

In sintesi, il comando esegue le seguenti operazioni. Data una precedente analisi modale, risulta:

$$\begin{aligned} (\mathbf{K} - \omega_i^2 \mathbf{M}) \boldsymbol{\psi}_i &= \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\psi}_i^T \mathbf{M} \boldsymbol{\psi}_j &= \delta_{ij} \end{aligned}$$

dove la seconda relazione indica che i modi sono ortonormalizzati a 1 rispetto alla matrice delle masse.

La risposta della struttura al sisma può essere calcolata moltiplicando la forma modale scelta $\boldsymbol{\psi}_i$ per una opportuna costante c .

La costante c dipende dallo spettro di risposta, dal periodo del modo considerato e dal fattore di partecipazione sul modo L_i . Indicando con $S_d(T_i)$ l'ordinata in unità g dello spettro di risposta in corrispondenza al periodo del modo i , si ha:

$$c = \frac{S_d(T_i) g L_i}{\omega_i^2}$$

Quindi

$$\begin{aligned} (\mathbf{K} - \omega_i^2 \mathbf{M}) c \boldsymbol{\psi}_i &= \mathbf{0} \\ \mathbf{K}(c \boldsymbol{\psi}_i) &= c \omega_i^2 \mathbf{M} \boldsymbol{\psi}_i \end{aligned}$$

e ricordando che la classica forma di un problema di analisi statica con vettore delle forze applicate \mathbf{p} e spostamenti incogniti \mathbf{u} , è:

$$\mathbf{K} \mathbf{u}_i = \mathbf{p}_i$$

si ottiene per il vettore delle forze da applicare:

$$\mathbf{p}_i \equiv c \omega_i^2 \mathbf{M} \boldsymbol{\psi}_i$$

Il comando calcola tale vettore di forze nodali equivalenti e lo applica alla struttura nel caso di carico (di solito vuoto) attivo al momento della esecuzione del comando.

Se l'operazione viene compiuta su diversi modi, in diversi casi di carico, si possono ottenere i contributi modali sismici elementari che, combinati con la CQC o con la SRSS, danno poi luogo ai risultati della analisi a spettro di risposta su più modi.

AGGIUNGI FORZE DA SPETTRO DI RISPOSTA (DIALOGO)



Questo dialogo serve per specificare:

1. Quale spettro di risposta impiegare di quelli già precedentemente definiti.
2. Quale direzione considerare per il sisma.
3. Quale modo considerare al fine di calcolare le forze apparenti associate. Deve quindi preventivamente essere stata eseguita una analisi modale.
4. Quale eventuale fattore amplificativo delle forze apparenti adottare (ad esempio, se nello spettro è definito un fattore di struttura, moltiplicando le ordinate dello spettro per esso si riottiene lo spettro elastico, in un ampio intervallo di valori di periodo)
5. Se invece amplificare le forze apparenti con un fattore pari a $1/\sqrt{p}$, dove "p" è la percentuale di massa partecipante sul modo (ad esempio 0.85 per l'85%), in modo da considerare fittiziamente tutta la massa oscillante sul modo.

162. Aggiunto comando per il calcolo della risultante delle azioni sismiche

sui nodi selezionati.

Si tratta di un nuovo comando, molto utile per valutare gli effetti globali di un sisma agente nelle tre possibili direzioni ortogonali, su una parte di modello selezionata e tenendo conto di tutti i modi.

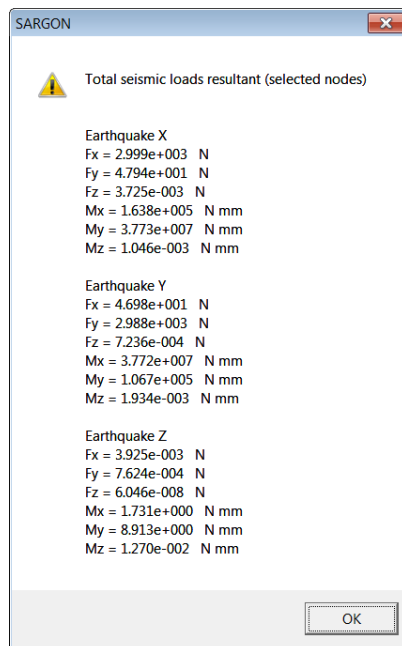
COMANDO: Interroga-Risultanti Azioni Sismiche

Perchè questo comando possa funzionare devono essere selezionati dei nodi e deve preventivamente essere stata eseguita una analisi modale. Il comando considera le forze derivanti da una analisi a spettro di risposta (che può anche non essere stata materialmente eseguita), ottenuta considerando un certo spettro e tutti i modi, in tutte e tre le possibili direzioni del sisma (X, Y o Z).

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo (lo stesso usato dal comando Edit-Azioni-Da spettro), che, in questo ambito, serve meramente a introdurre lo spettro da utilizzare.

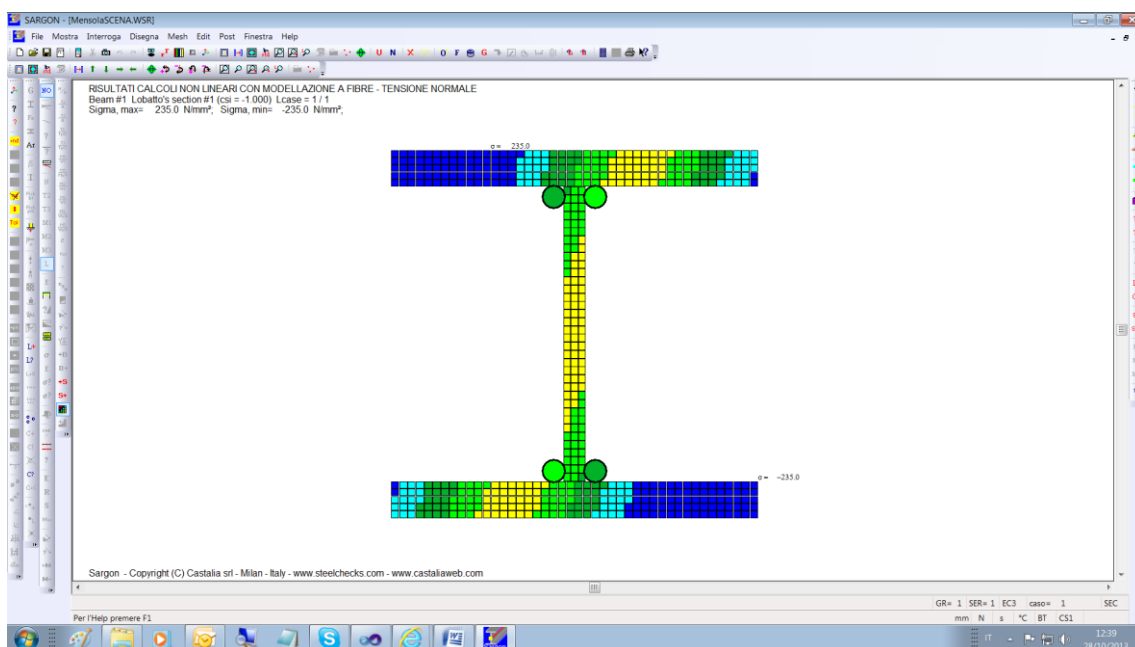
Il comando calcola la risultante delle azioni agenti *sui nodi selezionati* ed i momenti ribaltanti rispetto agli assi globali, dovuti alla analisi a spettro di risposta (al limite: tutti i nodi della struttura). E' molto utile per conoscere i tagli globali sismici alle varie quote, e i momenti ribaltanti, associati alle tre possibili direzioni del sisma. Viene eseguita la CQC (Complete Quadratic Combination).

Il risultato del comando è un dialogo informativo di questo tipo:





Lista modifiche: dalla 10.5 alla 11.0



Analisi non lineare su beam a fibre (non linearità di materiale, legge costitutiva elastica-perfettamente plastica. Sezione parzialmente plasticizzata ma non ancora al limite plastico. Presso flessione deviata. 250 fibre. Modello analizzato con CURAN-FULL)



Castalia s.r.l.

tel. +39-02-26681083

fax +39-02-26681876

E-mail staff@castaliaweb.com

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano (Italy)

163. Introduzione

La nuova versione 11.0 di Sargon, rilasciata nel novembre 2013, contiene importanti migliorie ed aggiunte e rende per la prima volta disponibile il solutore CURAN FULL, ovvero la analisi con non linearità di materiale per tutti gli elementi: biella, molla, membrana, piastra, solidi, beam. Tale nuovo solutore sarà presto anche aggiornato con la rigidezza geometrica e quindi consentirà di fare analisi sia con non linearità di materiale, sia con non linearità geometriche.

Il nuovo solutore non lineare CURAN è opzionale ed acquistabile a parte. Esso è tuttavia molto importante perché la futura attività di sviluppo di Sargon sarà in parte proprio dedicata all'ulteriore ampliamento di tale solutore non lineare per trattare problemi come:

- Sezioni in calcestruzzo armato (rebar).
- Problemi di contatto monolatero tra piastre (studio di giunti flangiati, anche per CSE).
- Formulazioni speciali per elementi formati a freddo e sezioni miste.
- Formulazioni speciali per problemi particolari in campo non lineare.

Le principali migliori/aggiunte della versione 11.0 sono

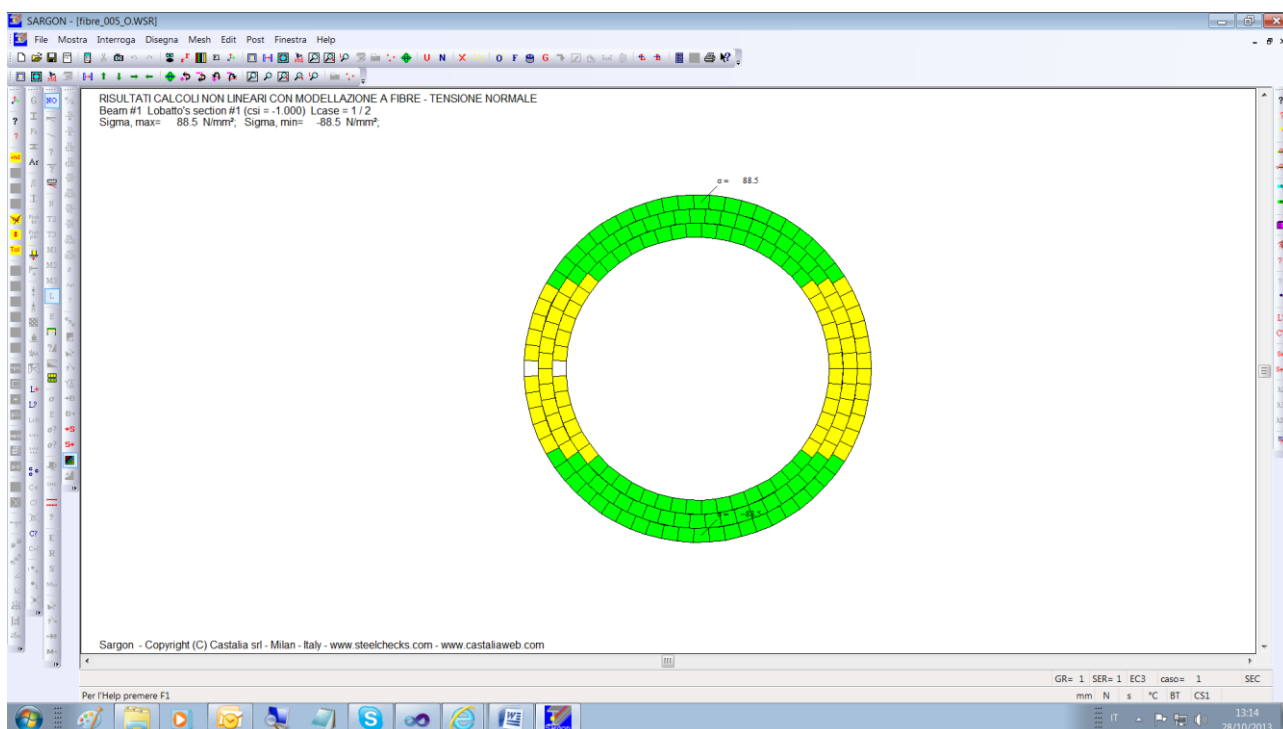
10. La disponibilità del nuovo solutore non lineare CURAN FULL.
11. La aggiunta dei comandi per la restituzione grafica dei risultati dei beam a fibre (solutore CURAN FULL).
12. La possibilità di creare file AVI con filmati relativi alle deformate, ed a altre caratteristiche del modello.
13. L'aggiunta dei modificatori per le proprietà delle sezioni.
14. Il miglioramento del dialogo di attribuzione dei vincoli.

15. Il completo rifacimento della gestione dei nodi semi-rigidi (anche per i nodi semi rigidi non lineari).
16. La disponibilità di un comando per la gestione (visualizzazione e stampa) delle curve che danno la risposta in funzione del parametro di carico (risultati analisi non lineare).
17. Ampliamento della gamma dei profili verificati anche se in classe 4 (Eurocodice 3, NTC 2008).
18. Altre modifiche

164. Disponibilità del nuovo solutore CURAN FULL

Il nuovo solutore CURAN FULL è il solutore di elezione per l'analisi non lineare all'interno di Sargon. Avendo completato lo sviluppo anche dell'elemento beam a fibre, il solutore non lineare è ora completo per la parte di non linearità di materiale. CURAN FULL costituirà, nei prossimi anni, una piattaforma di lavoro, sviluppo, studio e ricerca fondamentale per le attività di Castalia e per i clienti che usano Sargon.

Le non linearità complessivamente gestire sono al momento:



Risultati di un calcolo non lineare su sezione tubolare a fibre

- Bielle full reactive, no tension, no compression, con legge elastica lineare, bilineare, trilineare, elastica perfettamente plastica, rigido-plastica, Ramberg Osgood (elasticità non

lineare) ed incrudimento cinematico, isotropo e misto. Criterio di snervamento di Von Mises. Gap. Rottura del materiale per eccesso di deformazione.

- Molle traslazionali e rotazionali con analoga legge costitutiva (stesse tipologie bielle).
- Molle per semirigidità di elementi beam con analoga legge costitutiva (e quindi anche semirigidità bilineari, con gap, elastiche perfettamente plastiche, ecc.).
- Elementi membrana a 3 e 4 nodi con legge costitutiva elasto plastica plane stress e incrudimento cinematico, isotropo e misto. Vari tipi di ritorno su luogo plastico.
- Elementi piastra a 3 e 4 nodi (integrazione di Lobatto). Legge costitutiva elasto plastica e incrudimento cinematico, isotropo e misto.
- Elementi solidi (tetra, brick, penta) in campo elasto plastico (tensore a sei componenti). Incrudimento cinematico, isotropo e misto.
- Elementi beam non lineari con non linearità concentrata nelle molle semirigide (tutte le leggi costitutive valide per le molle). Viene gestita la rottura per eccesso di deformazione del giunto.
- Elementi beam non lineari per non linearità di materiale: modello beam a fibre. Viene gestita la rottura della fibra generica per eccesso di deformazione. La generica fibra segue la legge del materiale (tutti i tipi di leggi costitutive menzionate). Per il momento il solutore gestisce le seguenti tipologie di sezione nel caso in cui siano necessarie le fibre:
 - sezioni a I o H laminato;
 - sezioni a I o H saldato;
 - sezioni rettangolari;
 - sezioni circolari cave;
 - sezioni a cassone;
 - sezioni RHS;
 - sezioni a C saldato;
 - sezioni a C laminato e ali parallele (no rastremazione)
 - sezioni a T saldato;
 - sezioni a T ottenute per taglio di sezioni a I o H laminato;
 - sezioni a I o H laminato e ali di larghezza diversa (ASB);

in seguito saranno probabilmente aggiunte più sezioni (ad esempio le formate a freddo con opportune trattazioni, le sezioni in c.a. o fibro-rinforzate e le composte) e funzionalità.

- Elementi beam aventi sia la non linearità dei nodi semi rigidi sia la non linearità del materiale (per le forme sezionali gestite dai modelli a fibre).

E' dunque possibile realizzare calcoli che determinino il moltiplicatore limite di strutture in cui gli elementi elasto plastici ricadano nelle tipologie qui indicate. E' inoltre possibile studiare problemi in cui si abbia una parziale plasticizzazione senza che sia raggiunto il carico limite. Nella seguente pagina del sito web di Castalia sono state pubblicate molte nuove schede di validazione relative a questi nuovi elementi e funzionalità:

<http://www.castaliaweb.com/ita/S/VAL/curan.asp>

La guida è stata arricchita di una sezione che si riferisce al nuovo solutore non lineare CURAN FULL.

Al seguente indirizzo sono state pubblicate 30 nuove schede di validazione di CURAN, tutte relative all'elemento beam non lineare (nodi semi rigidi e beam a fibre):

<http://www.castaliaweb.com/ita/s/val/curan.asp>

Il totale delle schede di validazione di CURAN è di circa 130.

165. Aggiunta dei comandi per la restituzione grafica dei risultati dei beam a fibre (solutore CURAN FULL)

Per poter visualizzare i risultati in termini di tensioni normali nelle sezioni degli elementi calcolati con elementi beam a fibre, sono stati aggiunti tre nuovi comandi, posti nel nuovo sotto menu Fibre, del menu Post.

I tre comandi sono:

Post-Fibre-Mostra sezione

Post-Fibre-Sezione successiva

Post Fibre-Sezione precedente.

I risultati vengono mostrati per il caso di carico correntemente attivo, per l'elemento beam correntemente selezionato, posto che questo sia stato calcolato a fibre. I risultati dei calcoli sui beam a fibre sono memorizzati nel file MODELLO.FDB.

Il comando Post-Fibre-Mostra sezione attiva una modalità di visualizzazione "sezionale" che è sensibile ai comandi di Zoom e Pan nonché alla rotella del mouse.

Muoversi da una sezione all'altra lungo lo sviluppo dell'elemento vuol dire muoversi lungo i punti di Lobatto in cui è stata discretizzata la linea d'asse dell'elemento. La posizione è

individuata da una ascissa adimensionale compresa tra -1 (al primo estremo) e 1 (secondo estremo).



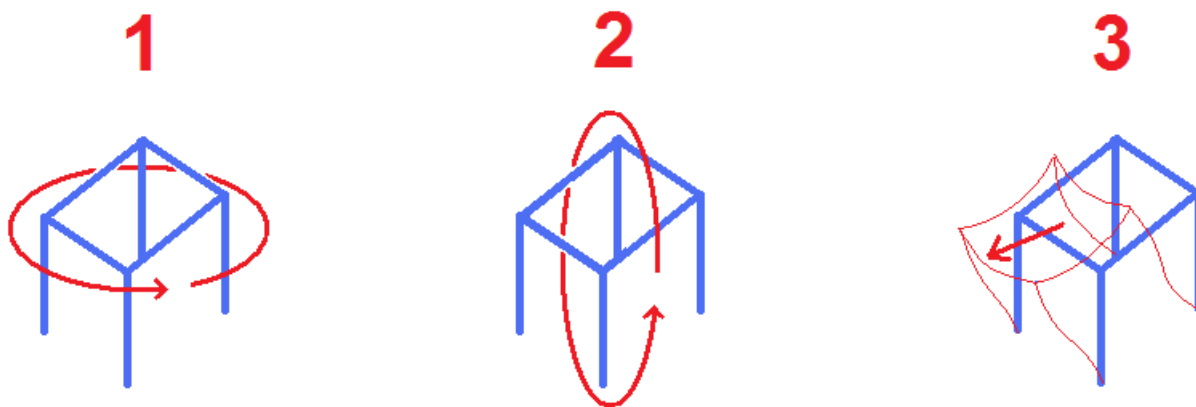
Ai nuovi comandi corrispondono tre nuovi bottoni nella barra Post 2.

166. Possibilità di creare file AVI con filmati relativi alle deformate, ed a altre caratteristiche del modello

E' ora possibile creare dei file AVI che mostrano delle animazioni della struttura.

COMANDO: File-Crea file avi

Questo comando consente la creazione di video in formato *avi* del modello Sargon corrente. I video sono costituiti da una successione di immagini statiche opportunamente create e disposte da Sargon, in accordo ai parametri definiti dall'utente nel dialogo proposto all'esecuzione del comando.



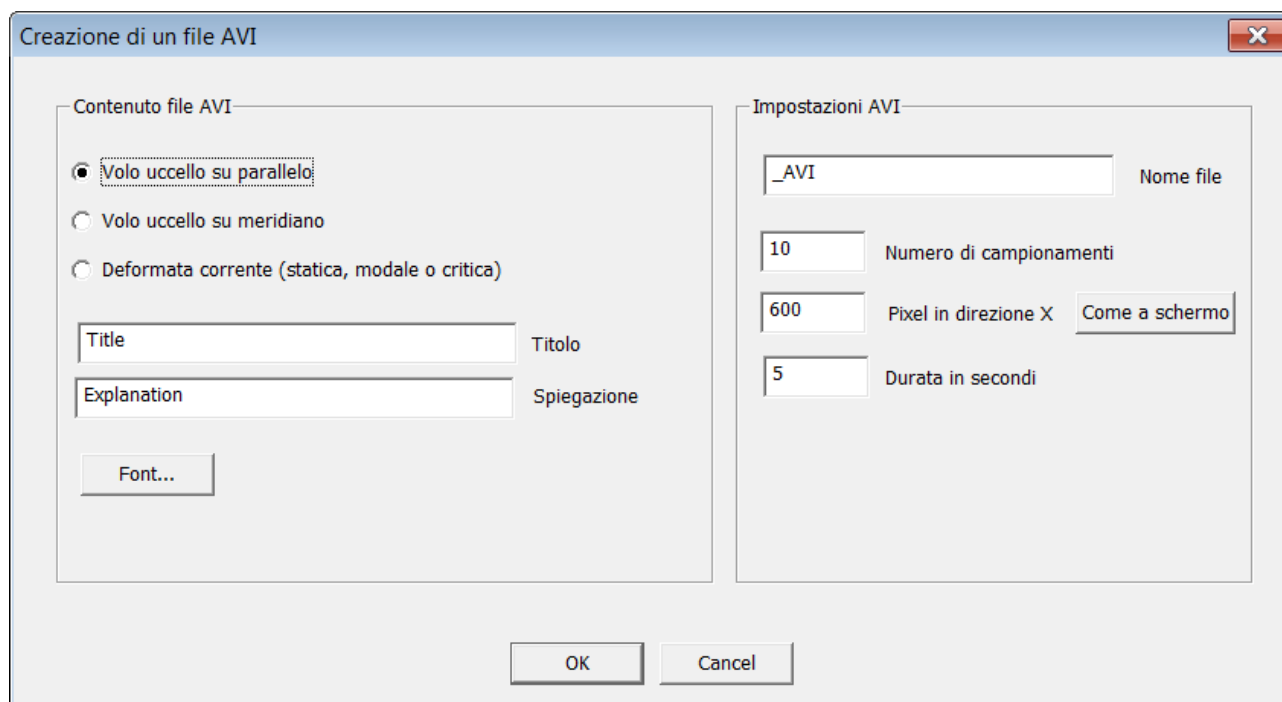
E' possibile creare 3 tipi di filmato:

1. **Volo uccello su parallelo:** a partire dalla vista corrente, viene effettuata una rotazione di 360° della vista, come se una telecamera ruotasse attorno alla struttura su un piano parallelo. Se è attivo un comando di post-processing, i risultati corrispondenti verranno inclusi nella vista (ad esempio se è attiva la visualizzazione degli sforzi assiali negli elementi beam e truss in un dato caso di carico, tali sforzi saranno visibili anche nel video).

2. **Volo uccello su meridiano:** simile al precedente, con la differenza che la rotazione avviene su un piano verticale.
3. **Deformata corrente:** in caso di analisi statica, a partire dalla vista indeformata corrente si raggiunge vista deformata nel caso di carico attuale. Se non si tratta di una deformata statica ma di una deformata modale o critica, il video va dalla vista indeformata a quella deformata, quindi ritorna alla vista indeformata ed infine mostra la deformata negativa per tornare di nuovo all'indeformata.

Il file AVI creato dal programma, per ragioni di compatibilità, è privo di CODEC. Ciò vuol dire che la sua dimensione può essere molto grande. Per ridurre la dimensione di questi file AVI creati in modo automatico da Sargon, è sufficiente editare e poi salvare il file AVI originario in uno dei numerosi programmi per la gestione e la conversione dei file AVI disponibili in rete, o gratuitamente o al prezzo di pochi euro.

Per i dettagli sulle impostazioni e sui parametri del video si veda la descrizione del dialogo.



In questo dialogo si definiscono le impostazioni per la creazione di un file avi.

Innanzitutto, si sceglie il tipo di filmato che si vuole ottenere:

1. Volo uccello su parallelo
2. Volo uccello su meridiano

3. Deformata corrente

Si possono definire un **titolo** e una **spiegazione** opzionali.

Occorre quindi definire il **nome** che si vuole assegnare al video. Il nome completo del file avi creato sarà così definito:

[nome modello] + [nome video] .avi

Il file verrà creato nella stessa cartella in cui si trova il modello Sargon.

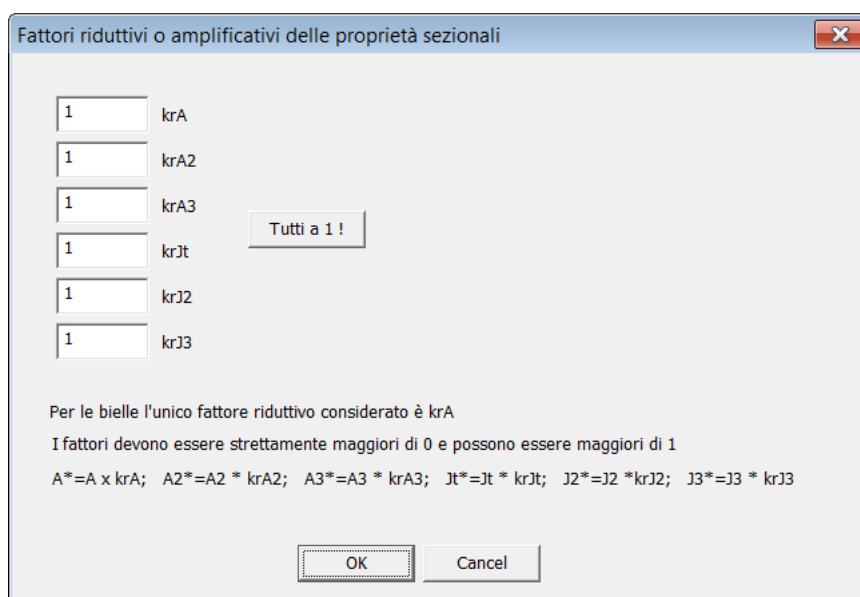
Attraverso il bottone *Font* è possibile scegliere il font delle scritte che verranno aggiunte nel video (titolo e spiegazione).

Vanno infine definiti i parametri relativi a:

- **Numero di campionamenti:** è il numero di step in cui viene suddivisa una rotazione completa o il passaggio dalla vista deformata a quella indeformata. Maggiore è il numero di campionamenti, maggiori sono la "fluidità" del video ma anche le sue dimensioni su disco.
- **Pixel in direzione X:** le dimensioni del video possono essere diverse da quelle della finestra corrente (o meglio, della sola vista grafica, al netto dell'ingombro delle barre dei bottoni, dei menu, ecc.). Se si preme *Come a schermo*, il numero di pixel in direzione X (larghezza della vista) verrà posto uguale alla larghezza in pixel della vista corrente; se si specifica un numero diverso, il video verrà riscalato. La dimensione in direzione Y (altezza della vista) è calcolata automaticamente per mantenere inalterato l'aspect ratio (rapporto altezza-larghezza) della vista corrente. Maggiori dimensioni in pixel comportano dimensioni maggiori del file su disco.
- **Durata in secondi:** determina la durata del video. Si tenga presente che la durata massima di un'immagine è limitata a 1 secondo, per evitare di avere video troppo lenti: la durata in secondi di un filmato, quindi, può essere al massimo pari al numero di immagini totali (dipendente dal numero di campionamenti). Per una maggior scorrevolezza del video, è consigliabile che i secondi di durata del video siano sensibilmente maggiori del numero totale di immagini. **Nota:** la durata effettiva del video potrebbe differire lievemente da quella richiesta, in quanto la durata delle immagini viene arrotondata.

Nota: uno zoom della struttura viene effettuato automaticamente, in base alle dimensioni definite per il video, in modo che l'intera struttura sia sempre inclusa interamente in tutte le immagini. C'è una sola eccezione a questa regola: se si crea un video in modalità "deformata corrente", definendo la dimensione X del video pari a quella dello schermo, lo zoom della vista corrente viene mantenuto. In questo modo si può creare un video che mostra un dettaglio della deformata animata.

167. Aggiunta dei modificatori per le proprietà delle sezioni



COMANDO: Mesh-Travi e bielle-Fattori riduzione sezione...

Questo comando consente di definire fattori riduttivi o amplificativi delle proprietà sezionali delle travi e/o delle bielle selezionate. La riduzione delle proprietà sezionali di un elemento può essere definita, ad esempio, per simulare la cedevolezza di un collegamento. Dopo l'esecuzione del comando viene proposto un opportuno dialogo, dove si definiscono i fattori desiderati.

La modifica (riduzione o amplificazione) delle proprietà sezionali di uno o più elementi **ha effetto sul calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti** della struttura, **ma NON sulle verifiche** dei singoli elementi, che risultano invariate.

168. Miglioramento del dialogo di attribuzione dei vincoli



Dalla versione 11 il dialogo di aggiunta dei vincoli è stato modificato consentendo di determinare rapidamente le situazioni di Incastro, Nodo Libero, e Cerniera.

169. Completo rifacimento della gestione dei nodi semi-rigidi

A partire dalla versione 11 del programma la gestione dei nodi semi rigidi è stata completamente modificata per fare in modo di poter gestire molle di tipo non lineare.

Il concetto alla base delle differenze introdotte nella versione 11 rispetto alle versioni precedenti è semplice.

Mentre nelle precedenti versioni la semirigidità veniva definita per mezzo di un numero reale (la rigidità della molla) nella versione 11 la semirigidità viene definita per mezzo di un **nome**, il nome della proprietà corrispondente, un po' come quando si attribuisce una sezione o un materiale.

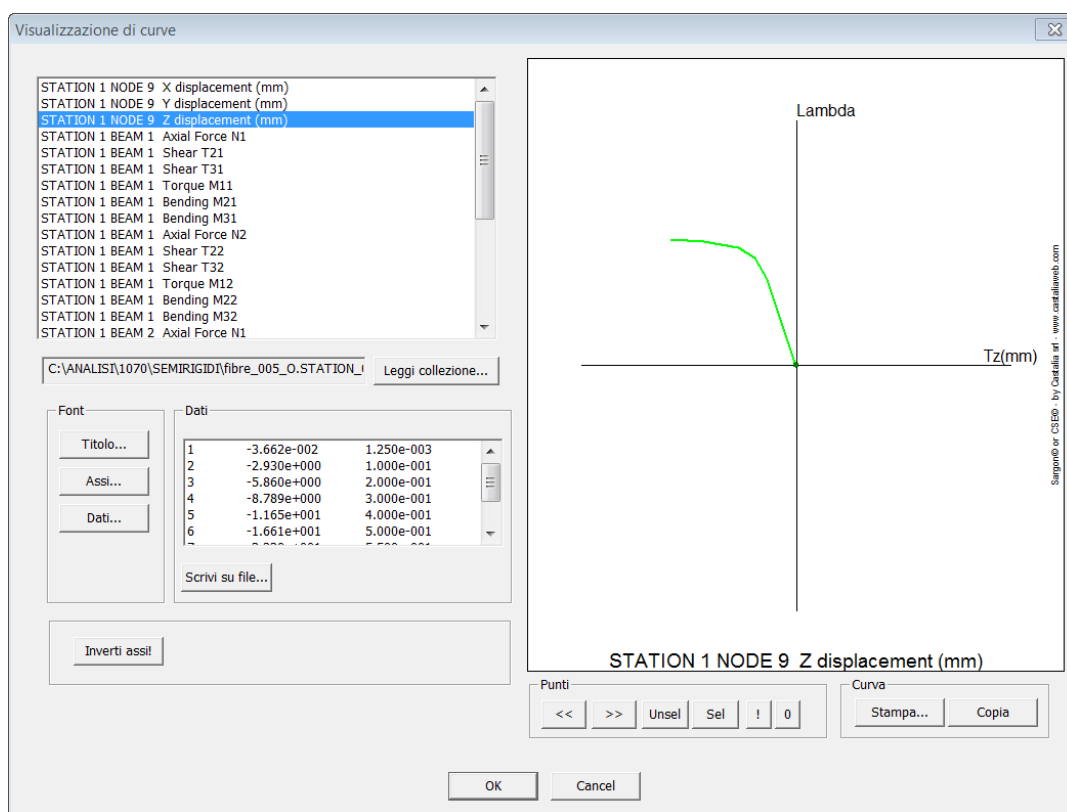
Il nome viene scelto in un vettore di nomi relativi alle proprietà di semirigidità.

Ogni proprietà di semirigidità è individuata da un nome, da un tipo (traslazionale o rotazionale), da una rigidità elastica (l'equivalente del numero che si dava in precedenza) ed eventualmente da una parte non lineare. La parte non lineare è simile al legame costitutivo che si dà per un materiale, ma anziché dare una curva $\sigma-\varepsilon$, si dà una curva $M-\phi$.

Di conseguenza i comandi di interrogazione degli elementi beam non riportano più un numero reale (la rigidità) ma un nome di proprietà, e così nel tabulato.

Da un punto di vista computazionale il modo di calcolare l'elemento beam con nodi semi rigidi è cambiato: non si usano più né nodi aggiuntivi né elementi speciali nel modello interno di soluzione (cosa che faceva sì che si avessero più nodi nel modello del solutore rispetto ai nodi del modello della interfaccia). Al contrario la formulazione usa le espressioni dei termini della matrice di rigidità in forma chiusa.

170. comando per la gestione delle curve che danno la risposta in funzione del parametro di carico



I nodi e gli elementi trave o biella selezionati nel serbatoio 3 prima della esecuzione della soluzione con il solutore non lineare CURAN sono oggetto, nel corso della soluzione non lineare, di un opportuno campionamento (spostamenti ed azioni interne).

In pratica vengono salvati su disco i punti della risposta corrispondenti alla progressiva applicazione del carico. Tali punti formano una curva. L'insieme di tante curve è immagazzinato in un file binario che può poi essere richiamato a soluzione ultimata.

Ogni caso di carico (STAZIONE) corrisponde a un file.

In un file possono esserci anche dozzine di curve diverse. Le curve sono anche esportabili in formato testo per elaborazioni da farsi a parte.

Tali funzionalità non riguardano solo CURAN in versione FULL ma anche CURAN in versione LIGHT.

171. Ampliamento dei profili verificabili AUTOMATICAMENTE in CLASSE4 **(verifiche secondo Eurocodice 3 / NTC 2008)**

A partire dalla versione 11 alcune tipologie di profili vengono verificate anche se in classe 4. Le tipologie coinvolte sono:

- Profili a H laminato (già in precedenza verificate anche se in classe 4);
- Profili ad H saldato;
- Profili a U saldato;
- Profili a T ottenuti per taglio di profili ad H laminato;
- Profili a T saldato;
- Profili a cassone;
- Profili RHS (rectangular hollow section);
- Profili a I laminato ad ali dissimmetriche (ASB);
- Profili a C laminato ed ali parallele (UPFC);
- Profili ad L saldato;

Per tutti questi profili è tuttavia indispensabile far calcolare le caratteristiche efficaci prima di eseguire le verifiche. Ciò si fa con il comando:

EDIT-PROPRIETA'-MODIFICA SEZIONE

scegliendo la sezione interessata, e poi accedendo al dialogo relativo al calcolo delle caratteristiche efficaci mediante la pressione del tipico bottone “valori efficaci”

accedendo a un dialogo standard per la determinazione di tali valori.

Se i valori efficaci sono stati richiesti, essi compaiono anche nel tabulato:

----- SEZIONE PROPRIETA' -----								
Profilo	Area	X2	X3	Jt	J2	J3	W2	W3
C	1.774E+03	2.217E+00	2.956E+00	2.365E+03	2.601E+07	1.199E+07	1.734E+05	1.078E+05
Profilo	Fd	Aeff	W2eff,p	W2eff,m	W3eff,p	W3eff,m	eN2	eN3
C	3.381E+02	5.361E+02	6.440E+04	6.440E+04	3.663E+04	6.157E+04	-1.382E+01	-3.345E-10

Se non sono stati definiti compare una lista vuota:

Profilo	Fd	Aeff	W2eff,p	W2eff,m	W3eff,p	W3eff,m	eN2	eN3
---------	----	------	---------	---------	---------	---------	-----	-----

Valori efficaci non definiti

Dato che i valori efficaci dipendono dalla sezione, ma anche dal materiale e dal γ_{m0} impiegato, la determinazione dei valori va fatta in generale su ogni modello (se si ha ragione di credere che il profilo possa essere di classe 4 per qualche sollecitazione, altrimenti è inutile). Se in un modello ci sono più sezioni identiche ma con materiali diversi, esse dovranno possedere nomi diversi (ed essere quindi trattate come sezioni diverse) se si vorrà poter definire un set di valori efficaci per ciascuna di esse. In caso contrario non sarà possibile eseguire le verifiche in quelle situazioni.

Nella definizione dei valori efficaci di una sezione usata in un certo modello, si dovranno usare i valori di tensione di snervamento e di rottura effettivamente propri del materiale assegnato a quelle sezioni, ed inoltre si dovrà utilizzare il pertinente valore di γ_{m0} . Se nel corso delle verifiche una sezione ricadente nelle tipologie previste è individuata come sezione di classe 4, essa potrà essere verificata automaticamente a patto che:

1. I valori efficaci siano stati definiti;
2. Nella definizione dei valori efficaci si sia usato lo stesso materiale associato all'elemento sotto verifica, e lo stesso γ_{m0} delle verifiche, in pratica che coincida la f_d .

Se la sezione potrebbe essere verificata in automatico ma non sono stati definiti i valori efficaci il verificatore stampa un messaggio.

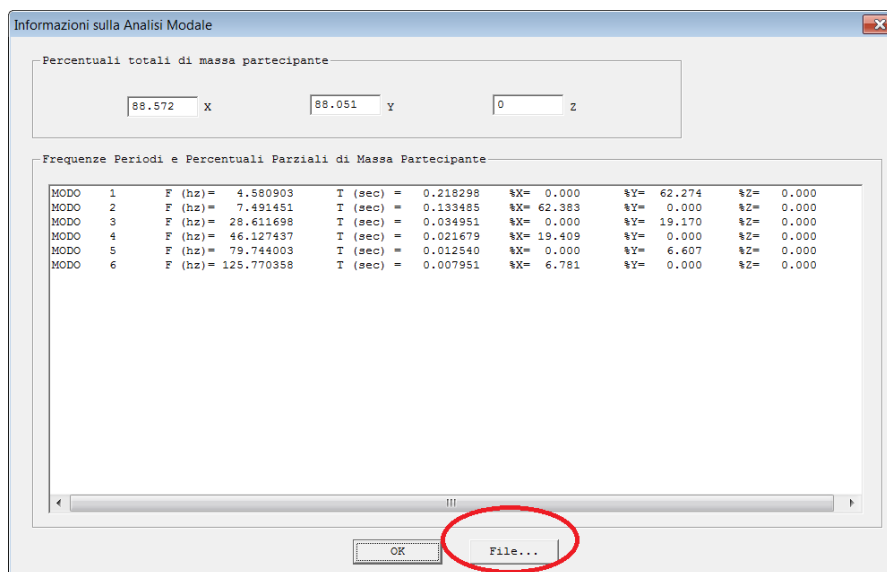
Se i valori sono stati definiti ma non sono applicabili per la diversità della tensione di progetto il verificatore stampa un altro messaggio.

172. Altre modifiche

Per ragioni di compatibilità con CSE la tolleranza di default sui nodi è stata portata da 0.5mm a 0.1mm.

Il dialogo con la enumerazione dei periodi dei modi e delle percentuali di massa partecipante è stato

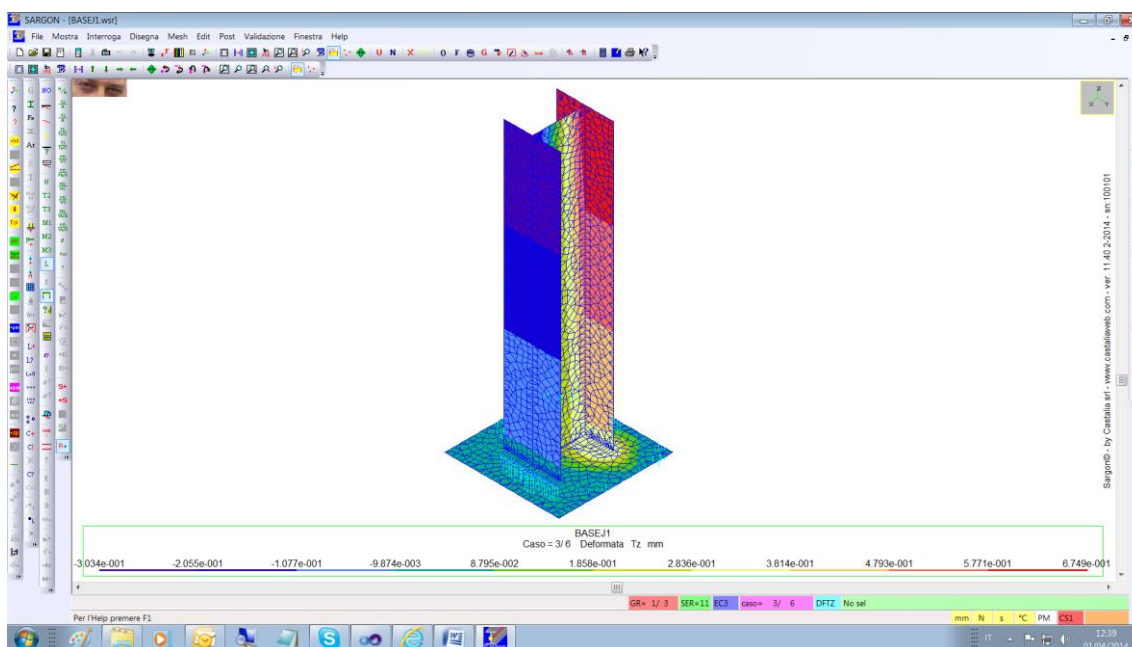
modificato per consentire il trasferimento diretto delle informazioni in un file di testo.



E' ora possibile introdurre direttamente con le quote i profili ad I laminato ad ali dissimetriche (ASB), ed i profili a C laminato ad ali parallele (UPFC).



Lista modifiche: dalla 11.0 alla 11.4



*Piastra di base analizzata in non linearità di contatto. Sono visibili le forze dovute all'effetto leva.
E' visibile la nuova interfaccia con i bottoni colorati, il conteggio degli elementi e nodi
selezionati, il nuovo menu validazione ed il priming. (Modello analizzato con CURAN-FULL)*



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083
fax +39-02-26681876
E-mail staff@castaliaweb.com
Via Pinturicchio, 24
20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 2-4-2014

173. Introduzione

La nuova versione 11.4 di Sargon, rilasciata nell'aprile 2014, contiene numerose importanti migliorie ed aggiunte, principalmente legate al solutore non lineare CURAN, alla interfaccia di Sargon, ed alla Validazione.

Le principali migliori/aggiunte della versione 11.0 sono

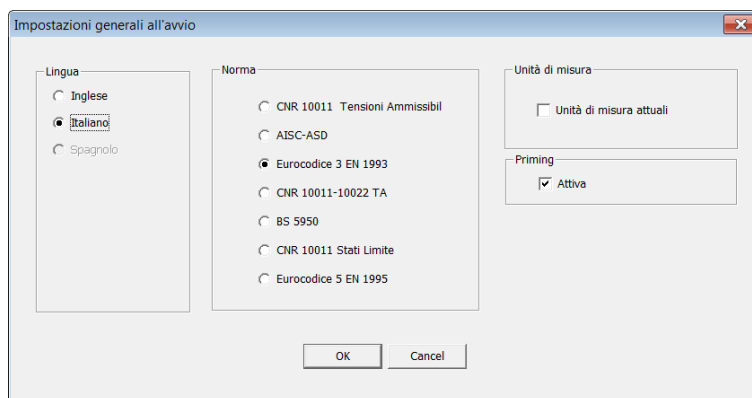
19. Introduzione del priming.
20. Aggiunta delle unità di misura a molti dialoghi di uso frequente
21. Modificate le barre di stato
22. Introdotta la modalità estesa di rappresentazione delle azioni
23. Modificati simboli vincoli
24. Introdotto il nuovo menu “validazione” e numerosi comandi relativi alla identificazione univoca di un modello.
25. Introdotta la possibilità di scegliere il numero di cifre significative con cui i solutori scrivono i risultati
26. Aggiunta la rigidità geometrica a CURAN
27. Aggiunto attrito a molle e bielle calcolate con CURAN
28. Introdotta non linearità di contatto in CURAN
29. Modificato comando gap, aggiunto gap e attrito per le piastre
30. Modificato funzionamento dialogo lancio solutore non lineare, scelta tipo di non linearità
31. Aggiunto controllo di arc-length in CURAN
32. Aggiunto comando mostra reazioni vincolari
33. Modificata la gestione delle curve ottenibili da CURAN (carico-spostamento, ecc.)
34. Aggiunta rappresentazione delle deformazioni nei modelli a fibre
35. Aggiunte leggi costitutive parabola-rettangolo e Kent e Park.
36. Corretti malfunzionamenti

Le modifiche sono ampiamente descritte nella guida, che è stata aggiornata. Qui dato il numero elevato delle modifiche si danno delle informazioni di massima.

174. Introduzione del priming

Il priming in Sargon è stato aggiunto a seguito degli studi e delle ricerche fatte dal suo autore in merito alla validazione dei modelli di calcolo strutturale. Questi studi e ricerche sono confluiti nel volume *La validazione del Calcolo Strutturale*, di prossima pubblicazione. Nella guida di Sargon è presente una sezione relativa al priming dove è stato aggiunto un estratto del volume citato che spiega la ragione per cui, a titolo sperimentale, Sargon dalla versione 11.40 include il priming come opzione di default.

Il priming, o pre-attivazione, è un meccanismo di natura psicologica che porta a interferire con le attività di un agente umano nel senso di orientarne il comportamento. Studi inglesi hanno mostrato come la presenza degli “occhi che guardano” possa indurre un effetto di priming concretizzatosi in una maggior attenzione e diligenza da parte degli agenti. Il priming consiste quindi nella presenza di “occhi che guardano” l’analista nell’angolo superiore sinistro dello schermo ed in alcuni dialoghi. Lo scopo è quello di indurre l’analista a lavorare con maggiore attenzione. Gli “occhi che guardano” non vengono aggiunti nelle stampe fatte dal programma, né nelle immagini catturate. Il priming può essere rimosso dalla interfaccia principale mediante il dialogo di impostazione generale del funzionamento del programma. Non può invece essere rimosso dai dialoghi che lo includono.



175. Aggiunta delle unità di misura a molti dialoghi di uso frequente, e resi “permanenti” i dati introdotti.



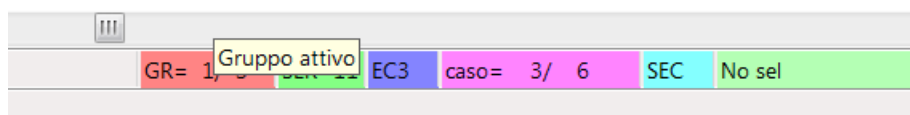
Con la nuova versione 11.40 molti dialoghi riportano le unità di misura correnti, con ciò rendendo

meno probabile la introduzione di numeri non coerenti. Ciò riguarda sia la applicazione dei carichi sia la definizione delle coordinate dei nodi o delle distanze.

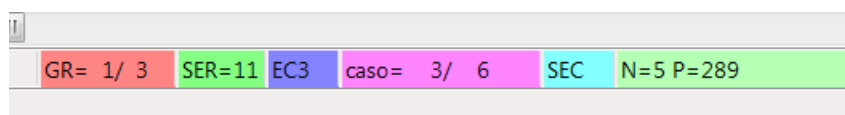
Alcuni dialoghi spesso usati in successione ora mantengono traccia dei dati introdotti nella precedente esecuzione.

176. Modificate le barre di stato

Le barre di stato sono state modificate distinguendo per mezzo del colore i bottoni disponibili. Inoltre, ora gestiscono i ToolTip e quindi posizionando il mouse su un bottone se ne vede il significato.

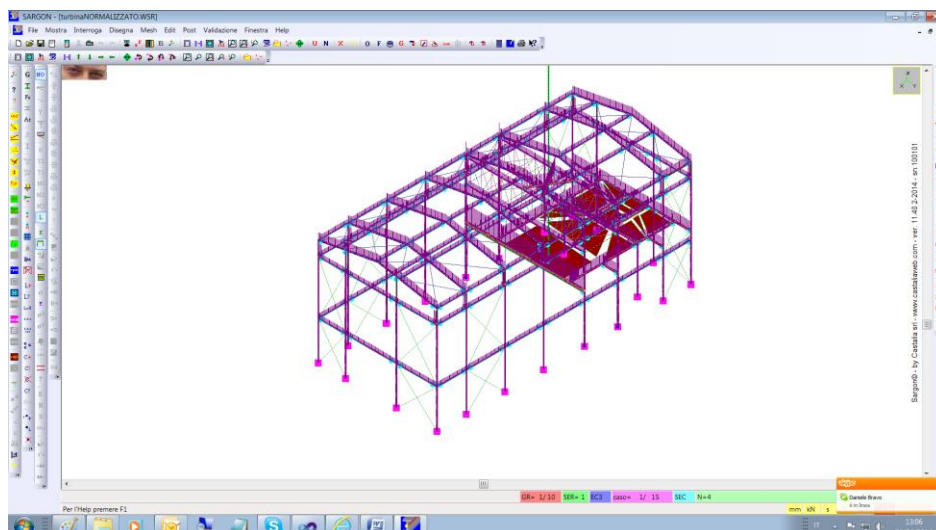


Alla barra della finestra attiva è stato aggiunto un bottone, utilissimo, che dà il conteggio delle entità selezionate in ogni istante (“no sel” se nessuna è selezionata).

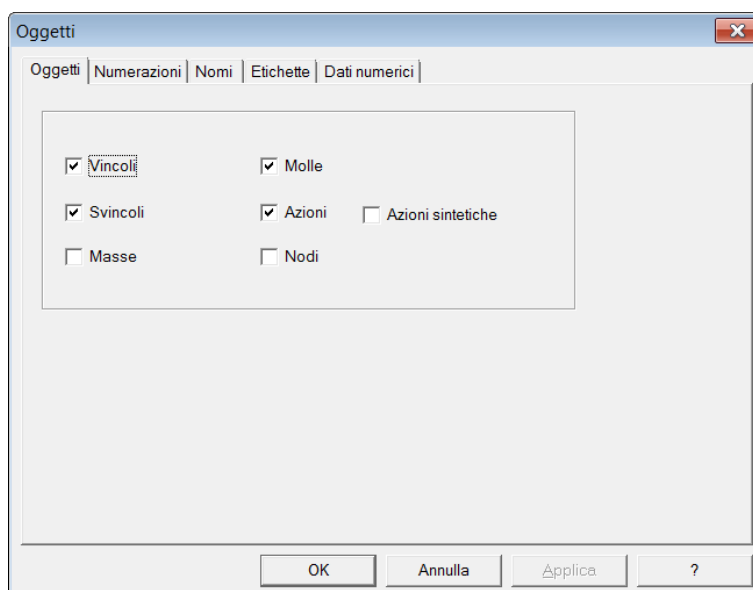


Ad esempio nella figura che precede, sono selezionati 5 nodi e 289 piastre.

177. Introdotta la modalità estesa di rappresentazione delle azioni

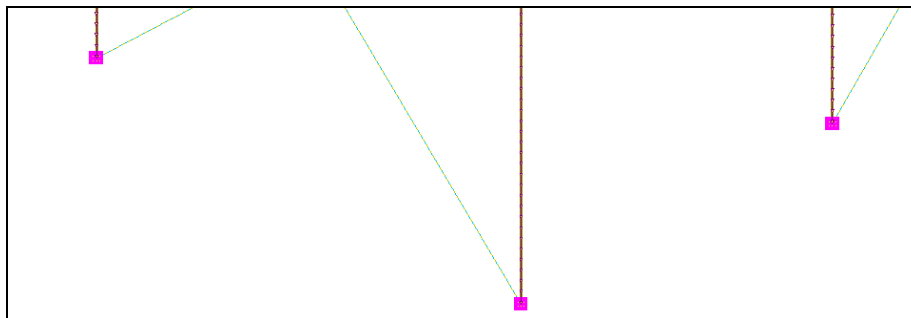


La nuova modalità consente di vedere molto meglio i carichi distribuiti presenti su modelli piccoli. La rappresentazione riguarda sia i carichi uniformemente distribuiti, sia quelli linearmente variabili, anche se in un tratto interno agli elementi. Se il modello è più grande, è opportuno tornare a usare la vecchia modalità, molto più sintetica. La nuova modalità è molto utile a fini di rappresentazione e di controllo.



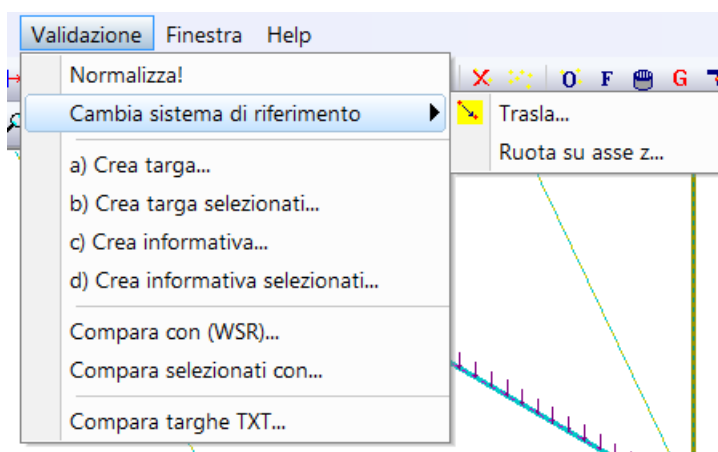
Il passaggio da una modalità di rappresentazione a un'altra si fa con il comando Mostra-Oggetti, ed usando il pannello "Oggetti" come in figura.

178. Modificati simboli vincoli



Il simbolo relativo all'incastro è ora un quadrato e non più un cerchio. Resta immutato il simbolo (cerchio) per tutti gli altri tipi di vincolo.

179. Introdotta il nuovo menu “validazione” e numerosi comandi relativi alla identificazione univoca di un modello.



Questo nuovo menu traduce in comandi gli studi fatti da Paolo Rugarli in tema di validazione dei modelli, e confluiti nel libro La Validazione del Calcolo Strutturale, EPC LIBRI 2014 (in uscita a maggio).

Il comando Normalizza serve a eliminare le cifre in eccesso da coordinate e moduli delle azioni, e arrotondando tutti questi dati a una certa desiderata precisione.

I comandi “trasla” e “ruota su asse z” consentono di cambiare il sistema di riferimento usato per descrivere il modello. Anche le orientazioni e i carichi vengono aggiornati. Il comando è utile per riportare un modello esistente ad avere un certo sistema di riferimento, magari per confrontarlo con un altro.

Numero di cifre significative

<input type="text" value="5"/>	Luoghi 0D	<input type="text" value="5"/>	Azioni
<input type="text" value="5"/>	Luoghi 1D	<input type="text" value="5"/>	Masse
<input type="text" value="5"/>	Luoghi 2D		
<input type="text" value="5"/>	Luoghi 3D		
<input type="text" value="5"/>	Luoghi misti, test	<input type="text" value="123456.789"/>	Test!
		<input type="text" value="12346"/>	

OK Valori default Cancel

Tutti a 1!
Tutti a 2!
Tutti a 3!
Tutti a 4!
Tutti a 5!
Tutti a 6!

```

FS01_Var0_Acc3.SIGNATURE.TXT - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
0 Number of significant digits used for signatures
1 IN0 IN1 IN2 IN3D
2 Ia0D1D Ia2D3D IaRIG Ia1DRig
3 Ia0Dxyz Ia1Dxyz Ia2Dxyz Ia3Dxyz
4 IMaterials IAssignDefMaterials IAssignRigMaterials ---
5 ICrossSections IAssignCrossSections IBeamOrientation ICrossSectionModifiers
6 IMThicknesses IThicknesses IAssignMThicknesses IAssignPThicknesses
7 IaWinklerB IaWinklerP ---
8 ----- IAssignSpringT IAssignSpringR
9 IaConstraints IaEndReleases IaSemirigid ---
10 ILoadCases ICombinations IaTotActions IaMasses
11 LoadCase 1 LoadCase 2 LoadCase 3 LoadCase 4
12 LoadCase 5 LoadCase 6 LoadCase 7 LoadCase 8
..... up to MAX 120 load cases .....

_STRUCTFOOTPRINT
0 00000003 00000003 00000003 00000003 00000003 00000000
1 0000001A 00000000 00000008 0000001F 00000000 00000000 00000000 00000054
2 5EA86233 000182C7 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000
3 00000000 00000000 DCF3943A 6659F33B 00000000 00000000 00000000 00000000
4 30E72AB0 00000000 EEA5115C FFFFFFFF 00000000 00000000 00000000 00000000
5 472DB028 0018BAFC E1B579A0 904AE04E B945C6E7 453B8660 00000000 00000000
6 0018B4A4 0018BAFC 0018B4A4 0018BAFC 00000000 00000000 00000000 00000000
7 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000
8 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000
9 0CA52026 000003B8 3CB598EA 6C330AC2 00000000 00000000 00000000 00000000
10 01B75755 00000000 000027FB 00000000 672A6529 335FA32C 00000000 00000000
11 7F79F033 0011D350 D9268BAD 00022F90 1702B3D8 00069856 CC06E37B 00091655
12 8ED89A40 DB53037C 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000
_ENDSTRUCTFOOTPRINT

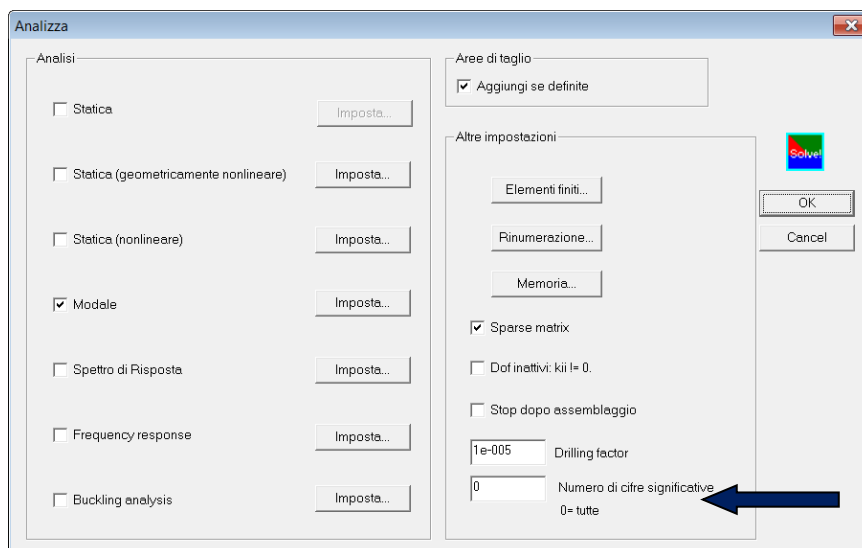
```

I comandi “crea targa” creano un breve file di testo che costituisce una “targa” univoca di tutte le caratteristiche del modello. Le targhe possono essere create con differente numero di cifre significative. Il raffronto tra targhe di modelli diversi consente di individuare rapidamente le differenze. Si tratta di “impronte non banali” nella terminologia del libro citato.

I comandi “crea informativa” creano delle “impronte banali” cioè di più ovvio significato fisico.

I comandi “compara” servono a raffrontare le targhe di due modelli per capire se sono identici o in cosa differiscono.

180. Introdotta la possibilità di scegliere il numero di cifre significative con cui i solutori scrivono i risultati



Questo comando riguarda tutti i solutori ad eccezione di CURAN. Si può decidere quante cifre significative saranno memorizzate sui file dei risultati, per gli spostamenti, le azioni interne, gli sforzi in piastre, membrane e solidi. Questa funzionalità è utile per “ripulire” i risultati da quella parte di precisione del tutto illusoria.

181. Aggiunta la rigidezza geometrica a CURAN

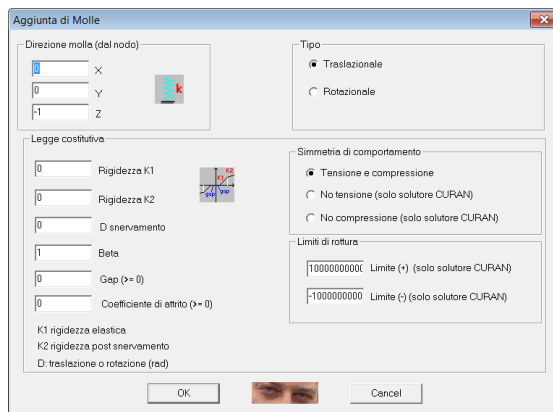
E' ora possibile con CURAN eseguire calcoli che includano la non linearità geometrica per tutti gli elementi finiti per cui abbia senso:

- Bielle
- Travi (anche con nodi semirigidi)
- Membrane
- Piastre sottili e spesse
- Solidi

La non linearità geometrica può essere aggiunta a quella di materiale o studiata separatamente. Ricordiamo che CURAN LITE (che gli utenti hanno se non hanno acquistato la versione FULL) gestisce le non linearità solo per bielle e molle.

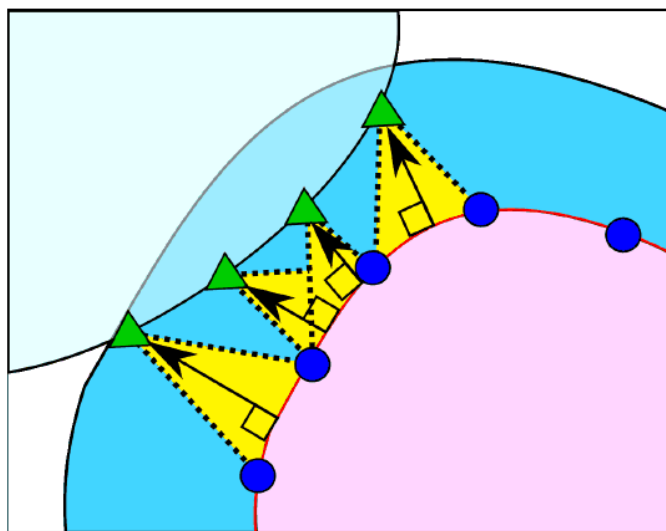
La possibilità di studiare non linearità geometrica e di materiale assieme porta CURAN FULL a poter gestire problemi nel modo più avanzato oggi possibile.

182. Aggiunto attrito a molle e bielle calcolate con CURAN



Usando CURAN FULL è possibile risolvere problemi non lineari in cui molle o bielle possiedano una rigidità laterale sono sino a che le forze orizzontali non superino una certa predeterminata frazione di quelle verticali di compressione. Con questa funzionalità è possibile (usando le molle) studiare problemi di appoggio monolatero con attrito, tipici delle fondazioni.

183. Introdotta non linearità di contatto in CURAN



(figura tratta da V. A. Yastrebov, *Introduction to Computational Contact Mechanics*, Centre des Matériaux, MINES, Paris Tech)

Date due superfici denominate contatto e obiettivo poste ad una certa distanza iniziale d , si può definire un tipo di non linearità, detta di contatto, nel modo che segue. Si consideri un generico nodo della superficie di contatto (in verde in figura). Se questo nodo dista dalla superficie obiettivo (i cui nodi sono in blu in figura) più di una certa soglia detta gap, g , il contatto non esiste. Se invece la

distanza di questo generico nodo è inferiore a g , allora il contatto esiste e si sviluppano delle forze reattive, proporzionali a $|d-g|$ tramite una *costante di penalty* K , che tendono ad allontanare il nodo della superficie di contatto dai nodi della superficie obiettivo. Non è necessario che i nodi della superficie di contatto corrispondano ai nodi della superficie obiettivo. Il brusco decadere a zero delle forze scambiate può dare luogo ad instabilità numerica. Per questo motivo CURAN implementa il metodo descritto nel testo di Crisfield, che associa una curva esponenziale atta a riscaldare i valori di rigidezza (che altrimenti passerebbero da K a 0 e da 0 a K). Si tratta del metodo descritto nel volume Advanced Topics, e dovuto a Zavarise. In pratica si ha

$$t_N = \hat{t}_N + K(d - g) \quad \text{se } d < g$$

$$t_N = \hat{t}_N e^{\frac{K(d-g)}{\hat{t}_N}} \quad \text{se } d \geq g$$

dove:

- t_N indica la forza normale scambiata tra il nodo della superficie di contatto e i nodi della superficie obiettivo (questa forza si ripartisce sui nodi obiettivo in misura dipendente dalla loro posizione, i nodi obiettivo sono i tre o quattro nodi di un elemento prescelto come target tra quelli della superficie target);
- d è la distanza tra le superfici, che varia nel corso della analisi al progredire della deformazione e della applicazione delle forze;
- g è il gap preimpostato;
- K è una costante di penalty (ha le dimensioni di una rigidezza traslazionale, forza diviso spostamento);
- il termine t_N con soprassegno è una costante negativa che ha la unità di misura di una forza.

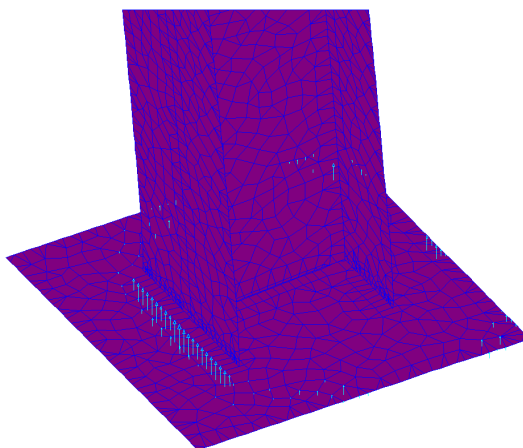
Con questa formulazione, che stabilizza di molto il problema da un punto di vista numerico, le superfici si scambiano delle forze anche quando il gap è aperto, anche se tali forze decrescono molto rapidamente (esponenzialmente) a zero.

Da un punto di vista sostanziale, la nonlinearietà di contatto corrisponde alla generazione automatica di tanti elementi di contatto fittizi (grosso modo in giallo in figura), la cui rigidezza cambia in funzione della deformazione, un po' come si fosse una qualche "deformazione" atta a mutare la rigidezza.

La nonlinearietà di contatto può comportare un onere computazionale molto forte. E' bene adottare strategie di soluzione che comportino incrementi di carico modesti, in specie nella fase iniziale, quando la superficie di contatto è incognita e deve essere determinata con le iterazioni.

I risultati di una analisi di questo tipo possono essere controllati con il comando Post-Reazioni Vincolari-Mostra. Infatti, le reazioni scambiate tra i nodi vengono salvate dal solutore sotto forma di residui e quindi possono essere visualizzate come reazioni vincolari. A causa della adozione del metodo di Zavarise, è possibile che forze di trazione molto piccole siano presenti nella soluzione finale. La loro presenza, se, come dovrebbe data la legge adottata, si tratta di forze molto molto piccole, non inficia la bontà della soluzione.

Nella figura successiva si vede il risultato di una analisi con nonlinearità di contatto relativa a una piastra di base.

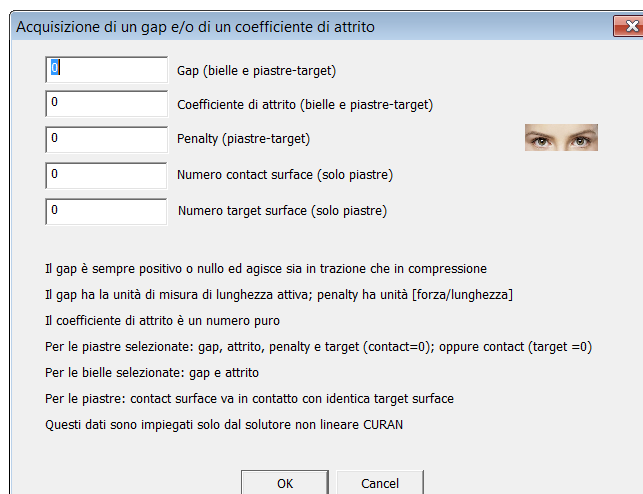


SARAFIN - by Castalia srl - www.castaliaweb.com - ver. 1.40.2.2014 - an.0001

L'elemento è inflesso e lungo la flangia compressa si sviluppano forze locali di contatto. Intorno alle zone dove sono presenti dei tirafondi tesi si sviluppano delle forze di contatto (effetto leva) dovute alla controflessione della piastra di base indotta dal tiro dei bulloni.

Nel caso di compressione semplice (figura successiva), dato che la piastra è abbastanza sottile, si sviluppano delle forze di contatto in una regione (superficie di contrasto) tutta intorno alla impronta della colonna, che ricalca da vicino quella proposta da Eurocodice 3 parte 1.8.

184. Modificato comando gap, aggiunto gap e attrito per le piastre



Acquisizione di un gap e/o di un coefficiente di attrito

Gap (bielle e piastre-target)

Coefficiente di attrito (bielle e piastre-target)

Penalty (piastre-target)

Numero contact surface (solo piastre)

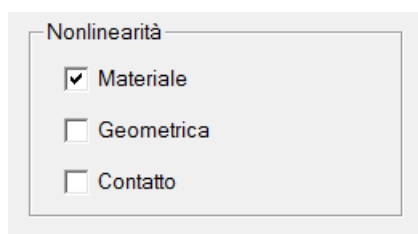
Numero target surface (solo piastre)

Il gap è sempre positivo o nullo ed agisce sia in trazione che in compressione
 Il gap ha la unità di misura di lunghezza attiva; penalty ha unità [forza/lunghezza]
 Il coefficiente di attrito è un numero puro
 Per le piastre selezionate: gap, attrito, penalty e target (contact=0); oppure contact (target =0)
 Per le bielle selezionate: gap e attrito
 Per le piastre: contact surface va in contatto con identica target surface
 Questi dati sono impiegati solo dal solutore non lineare CURAN

OK Cancel

Dalla versione 11.40 il comando “Gap” in precedenza posto sotto Mesh-Travi e Bielle, ed usato per definire i gap degli elementi biella, è stato spostato in Mesh e rinominato Gap e Attrito. Il comando serve anche a definire il numero di superficie “target” ed il numero di superficie “contact” per lo studio di non linearità di contatto.

185. Modificato funzionamento dialogo impostazione solutore non lineare, scelta tipo di non linearità



Nonlinearità

☒ Materiale

☐ Geometrica

☐ Contatto

Con la versione 11.40 CURAN gestisce tre diversi tipi di non linearità che possono essere attivate o meno, disgiuntamente o congiuntamente:

1. La non linearità di materiale, per studiare materiali non lineari.
2. La non linearità geometrica, per studiare i problemi di instabilità.
3. La non linearità di contatto, per studiare il problema del contatto monolatero e della progressiva creazione o eliminazione di superfici in contatto che reagiscono.

Ovviamente, la complessità dell’analisi ed i tempi di calcolo crescono all’aumentare del tipo di non linearità prescelta.

186. Aggiunto controllo di arc-length in CURAN

Arc-length

☐ Passa all'arc-length se

☒ CSP < CSP,lim

☐ STEP > STEP,lim

Tipo di arc-length

☐ Sferico

☒ Cilindrico

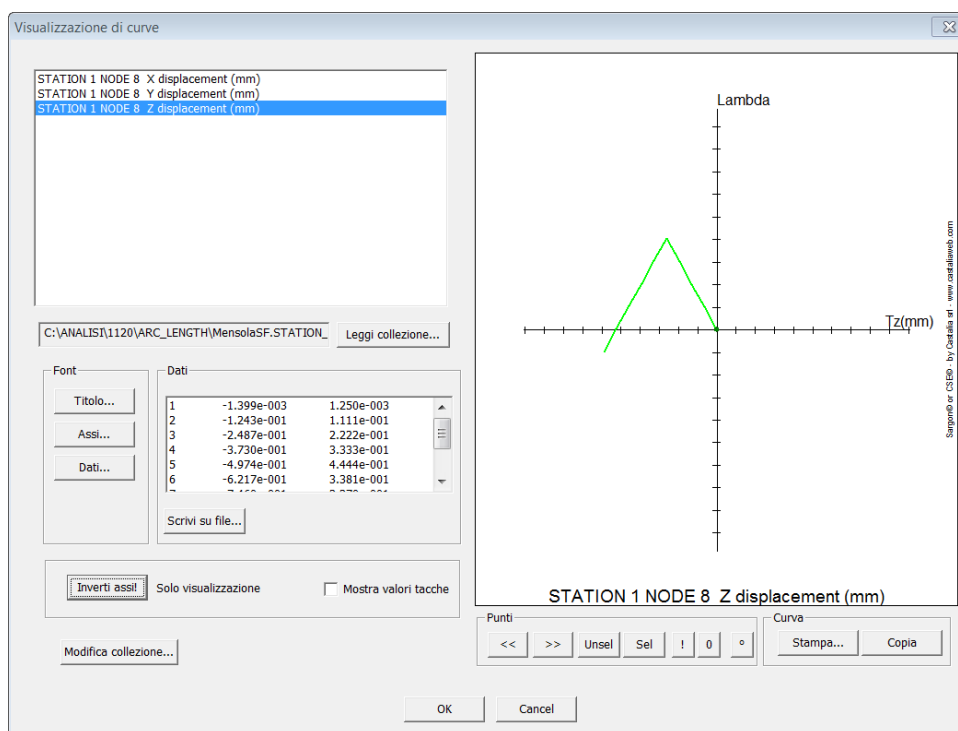
☐ Ramm

☐ Fried

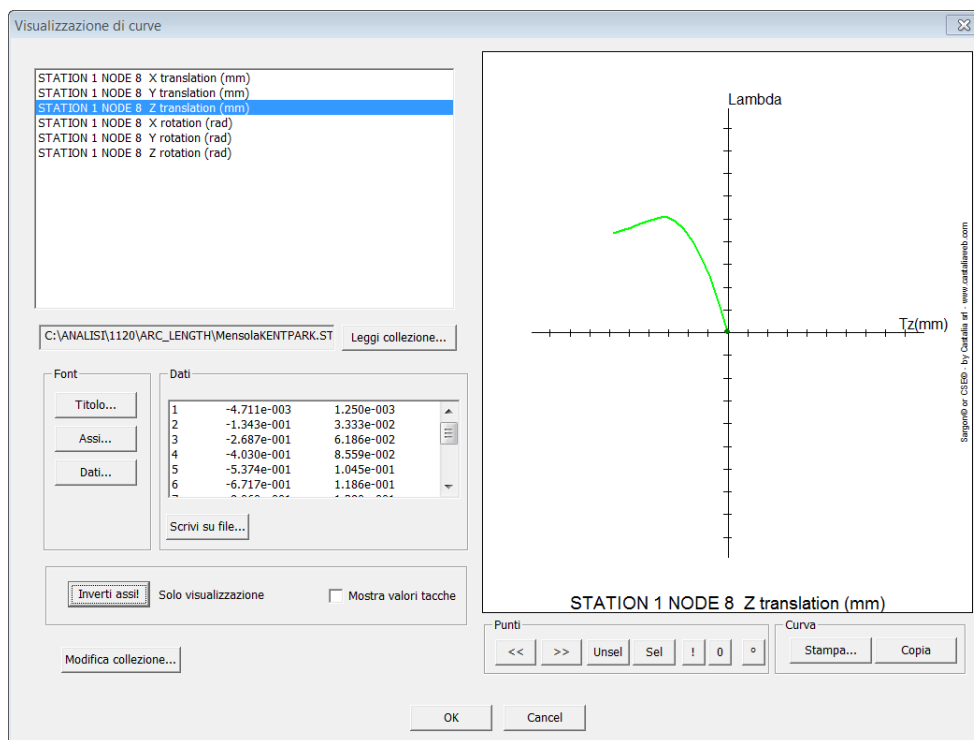
Non si arresta ai punti singolari

CSP: current stiffness parameter

Nel caso in cui si voglia seguire il ramo discendente di una curva carico-spostamento (softening) il controllo di forza non va bene. Dalla versione 11.40 di Sargon, CURAN consente di passare automaticamente ad un controllo di tipo arc-length, il che consente di seguire il ramo di softening. Si tratta di una novità molto importante.



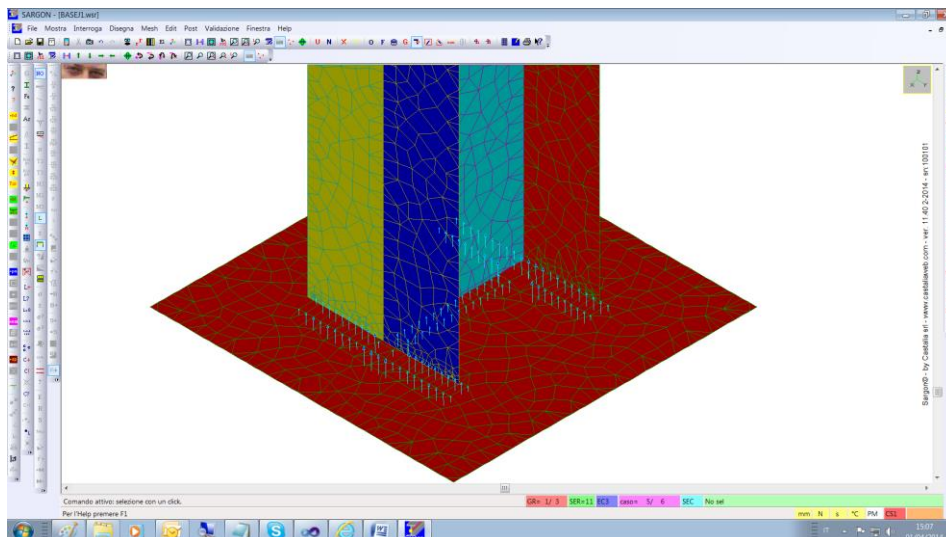
Esempio di curva carico spostamento. Biella compressa. Legge costitutiva bilineare (elastica+softening).



Esempio di curva carico spostamento. Biella compressa. Legge costitutiva Kent e Park modificata.

187. Aggiunto comando mostra reazioni vincolari

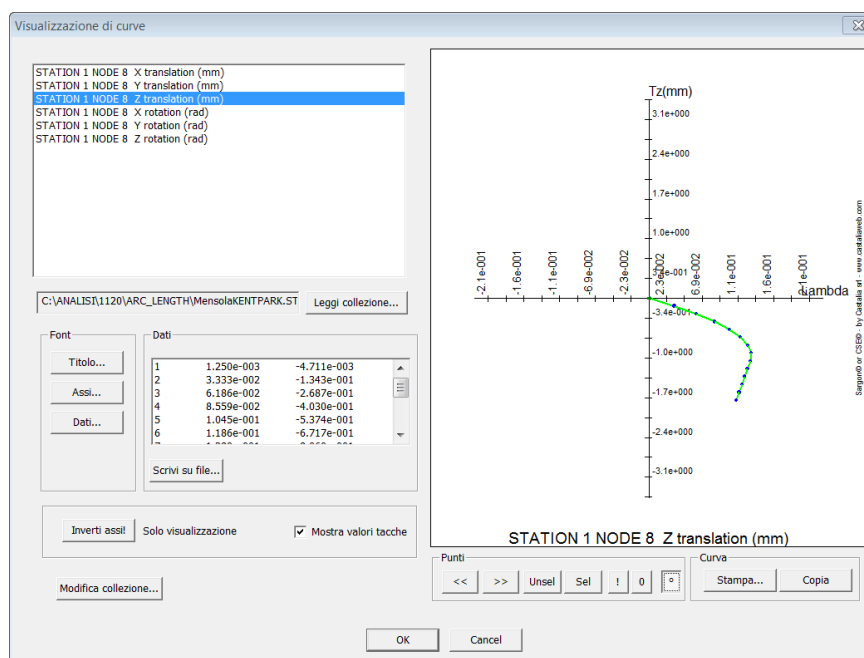
Il nuovo comando serve per vedere intensità e direzione delle reazioni vincolari. E' soprattutto utile per vedere i risultati di una analisi in nonlinearity di contatto. Le "reazioni vincolari" sono in tal caso le forze di contatto scambiate tra le superfici in contatto. Il comando può essere utilizzato anche per i casi lineari



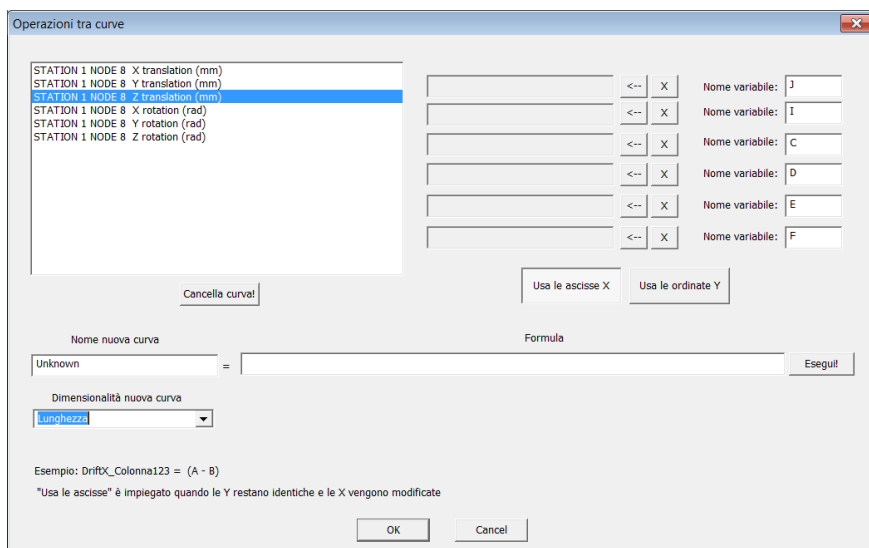
Nella figura che precede si vede la classica impronta di carico data dalla impronta della colonna sulla piastra (flessibile). Si tratta di un caso di compressione centrata. La piastra si deforma e solo una piccola parte resta in contatto con la base della fondazione.

188. Modificata la gestione delle curve ottenibili da CURAN (carico-spostamento, ecc.)

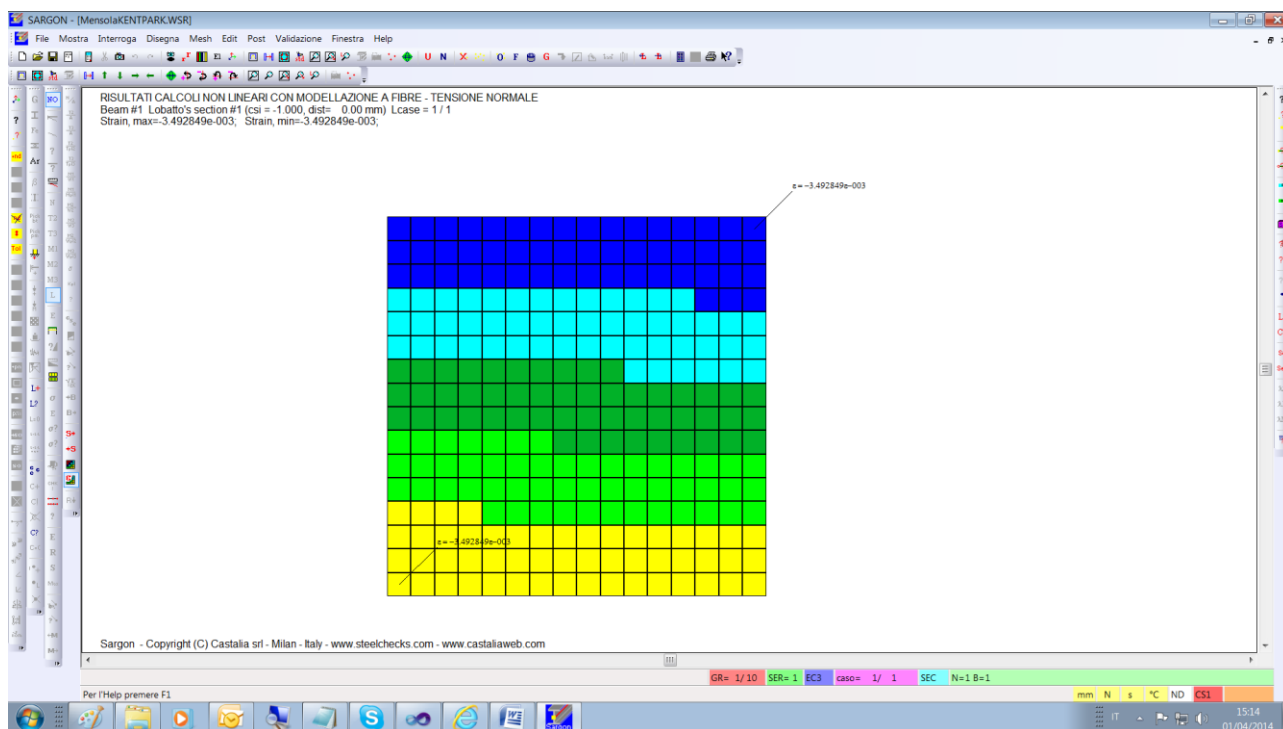
Dato che le “curve” (carico spostamento, ecc.) sono un importante risultato delle analisi non lineari, dalla versione 11.40 sono stati potenziati i comandi che le gestiscono. E’ possibile vedere le curve in modo più dettagliato



E soprattutto partendo dalle curve richieste (ad esempio traslazione Y nodo I, traslazione Y nodo J) è possibile definire nuove curve (ad esempio (TYJ-TYI)/H, interstorey drift) che definiscano opportuni indici di deformazione, mediante “operazioni tra curve”. Le funzionalità sono specialmente pensate per le analisi sismiche.



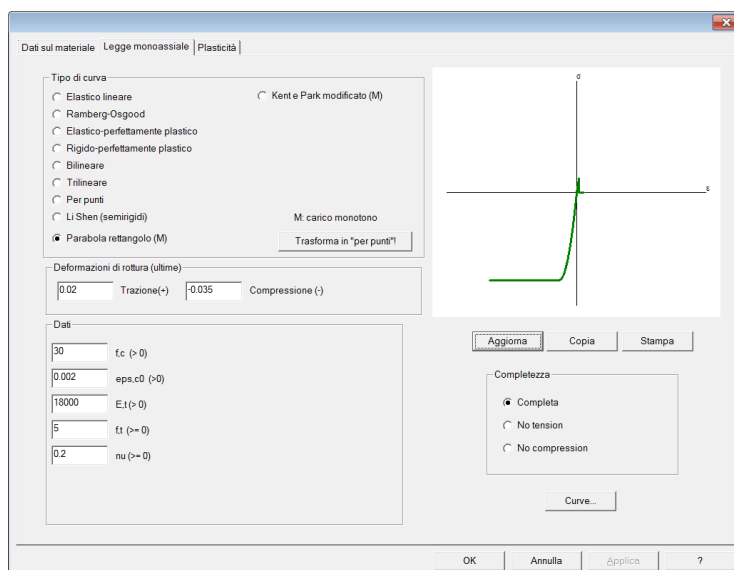
189. Aggiunta rappresentazione delle deformazioni nei modelli a fibre



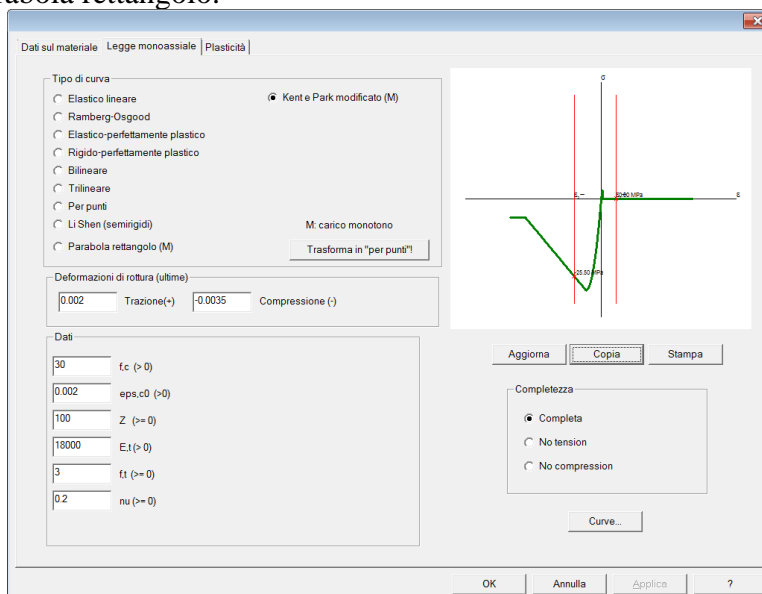
Dato che la misura di deformazione delle fibre è importante, è stato aggiunto il comando Post-Fibre-Mostra deformazioni sezione.

190. Aggiunte leggi costitutive parabola-rettangolo e Kent e Park.

In vista di un prossimo utilizzo del solutore non lineare anche per strutture in c.a., sono state aggiunte due nuove leggi costitutive a quelle disponibili:



1. La legge parabolica rettangolo.



2. La legge di Ken e Park modificata.

Per il momento entrambe le leggi costitutive sono valide per spostamenti crescenti e non per spostamenti ciclici. In seguito le leggi in questione saranno estese anche ai carichi ciclici.

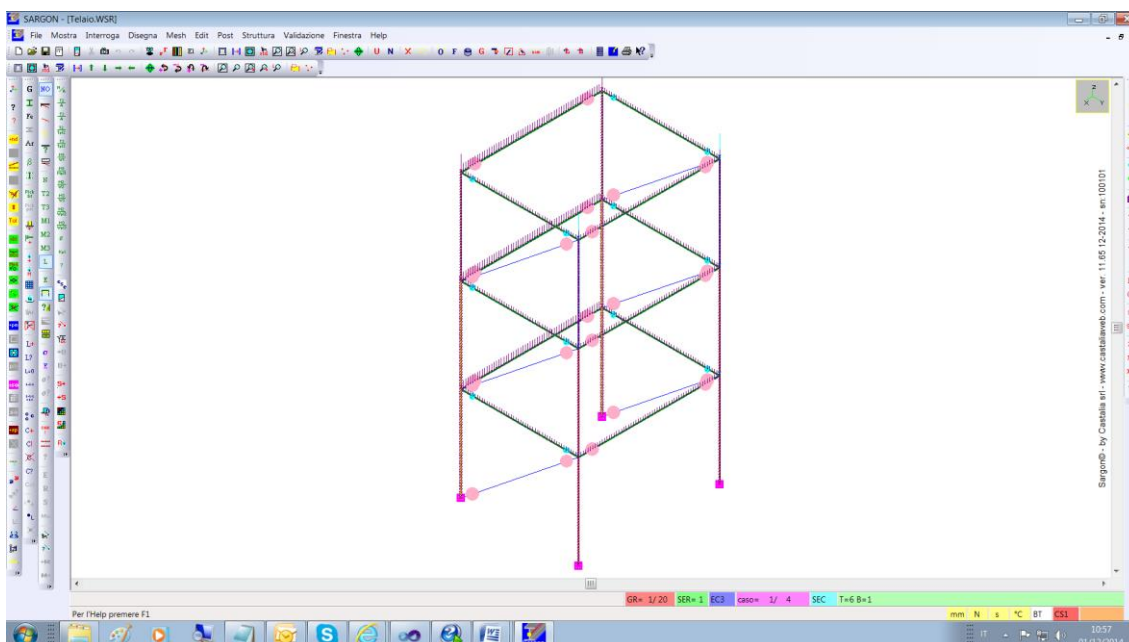
191. Corretti malfunzionamenti

Sono stati eliminati i seguenti malfunzionamenti:

1. Quando si sceglieva la rappresentazione delle azioni interne nel sistema di riferimento globale, i bottoni della barra post si perdevano.
2. Il comando ultimo zoom non funzionava più bene (solo versione 11.00).
3. La selezione del complemento delle combinazioni selezionate non funzionava bene, ora è stata corretta.
4. I controlli di bontà della mesh avevano problemi su elementi a 4 nodi con due nodi coincidenti: ora segnalano il problema.
5. La dimensione degli assi locali degli elementi piastra e membrana non era fissata correttamente.
6. Non era possibile assegnare correttamente il fattore riduttivo dell'area delle bielle, ai fini del solving, kredA (da non confondere con quello delle verifiche).
7. L'analisi di buckling con elementi beam aventi nodi semirigidi dava luogo a problemi. Ora il problema è stato rimosso.
8. Nelle verifiche secondo EC3 di profili ad H saldato che risultassero in classe 3, il contributo alla verifica di resistenza in presso o tenso flessione deviata relativo alla flessione secondo l'asse 3 risultava sovrastimato. Non così quello relativo alla flessione semplice secondo l'asse 3 che invece era giusto.



Lista modifiche: dalla 11.40 alla 11.65



Definizione delle zone dissipative in un telaio CBF/MRF



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083
fax +39-02-26681876
E-mail staff@castaliaweb.com
Via Pinturicchio, 24
20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 2-4-2014

192. Introduzione

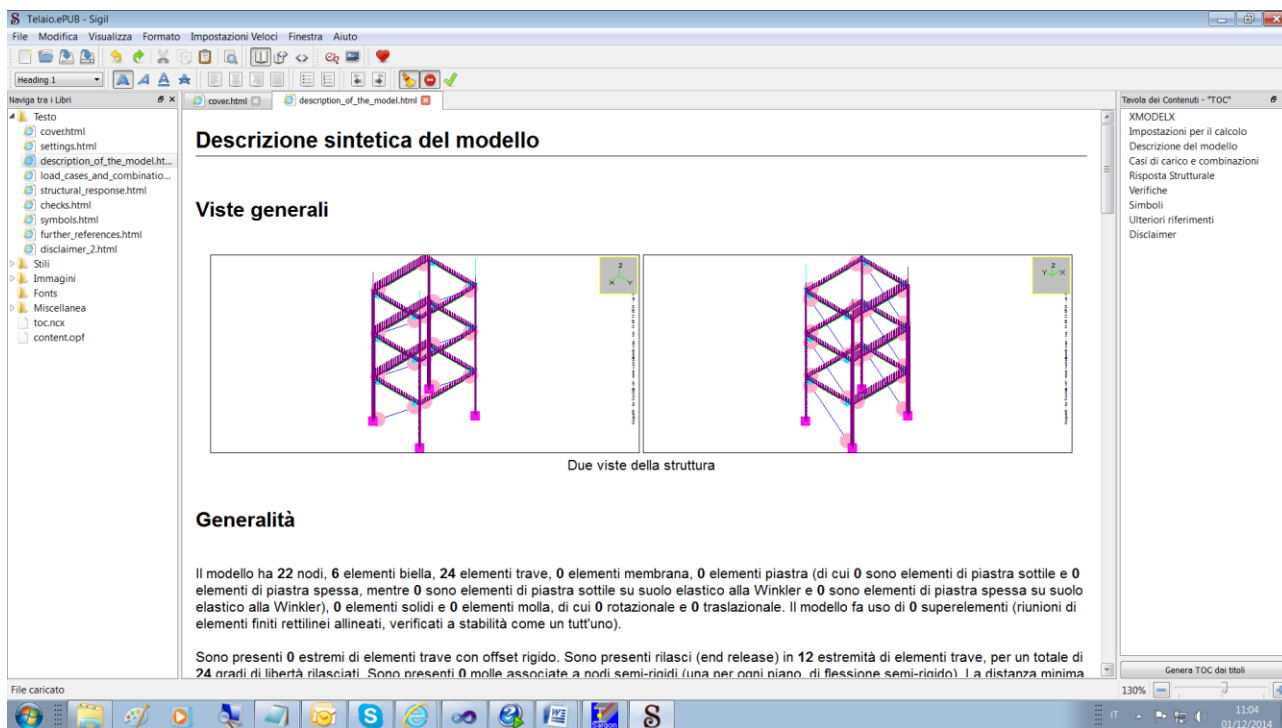
La nuova versione 11.65 di Sargon, rilasciata nel dicembre 2014, contiene numerose importanti migliorie ed aggiunte, principalmente legate alla creazione automatica del report in formato ePUB ed alla aggiunta del nuovo Menu “Strutture”, in fase di allestimento.

Le principali migliori/aggiunte della versione 11.65 sono

37. Introduzione del report ePUB.
38. Introduzione dei comandi per la generazione guidata di strutture tipiche
39. Introduzione di comandi per la verifica della gerarchia delle resistenze
40. Aggiunta della possibilità di importare modelli Sap 2000 nelle versioni 14, 15 e 16.

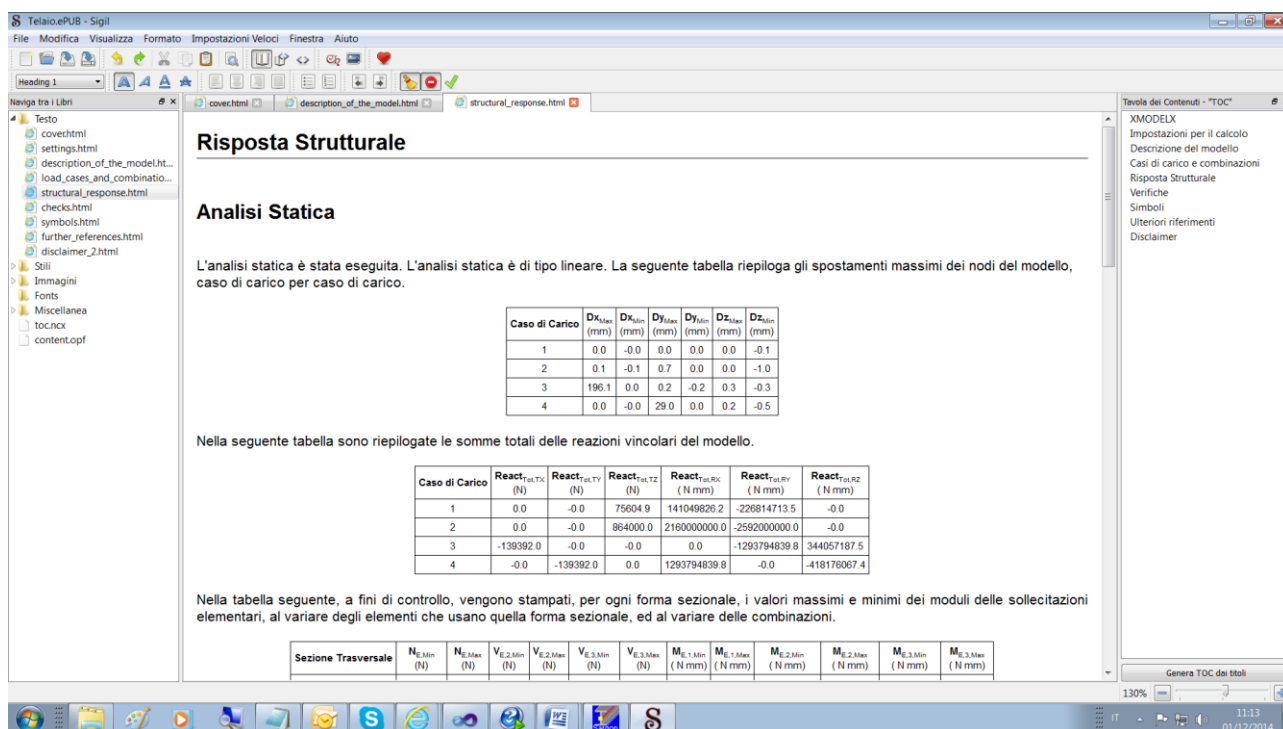
Le modifiche sono ampiamente descritte nella guida, che è stata aggiornata. Qui dato il numero elevato delle modifiche si danno delle informazioni di massima.

193. Introduzione del REPORT EPUB



Con il comando File-Crea ePUB, è possibile creare in modo totalmente automatico un report,

concepito per essere sintetico, in formato ePUB, il formato emergente e relativo ai dispositivi mobili. Il file può essere editato con programmi come Sigil, stampato, o convertito in formato .DOC per il suo successivo editing.



Risposta Strutturale

Analisi Statica

L'analisi statica è stata eseguita. L'analisi statica è di tipo lineare. La seguente tabella riepiloga gli spostamenti massimi dei nodi del modello, caso di carico per caso di carico.

Caso di Carico	Dx _{Max} (mm)	Dx _{Min} (mm)	Dy _{Max} (mm)	Dy _{Min} (mm)	Dz _{Max} (mm)	Dz _{Min} (mm)
1	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
2	0.1	-0.1	0.7	0.0	0.0	-1.0
3	196.1	0.0	0.2	-0.2	0.3	-0.3
4	0.0	-0.0	29.0	0.0	0.2	-0.5

Nella seguente tabella sono riepilogate le somme totali delle reazioni vincolari del modello.

Caso di Carico	React _{TotTX} (N)	React _{TotTY} (N)	React _{TotTZ} (N)	React _{TotRX} (N mm)	React _{TotRY} (N mm)	React _{TotRZ} (N mm)
1	0.0	-0.0	75604.9	141049826.2	-226814713.5	-0.0
2	0.0	-0.0	864000.0	2160000000.0	-2592000000.0	-0.0
3	-139392.0	-0.0	-0.0	0.0	-1293794839.8	344057187.5
4	-0.0	-139392.0	0.0	1293794839.8	-0.0	-418176067.4

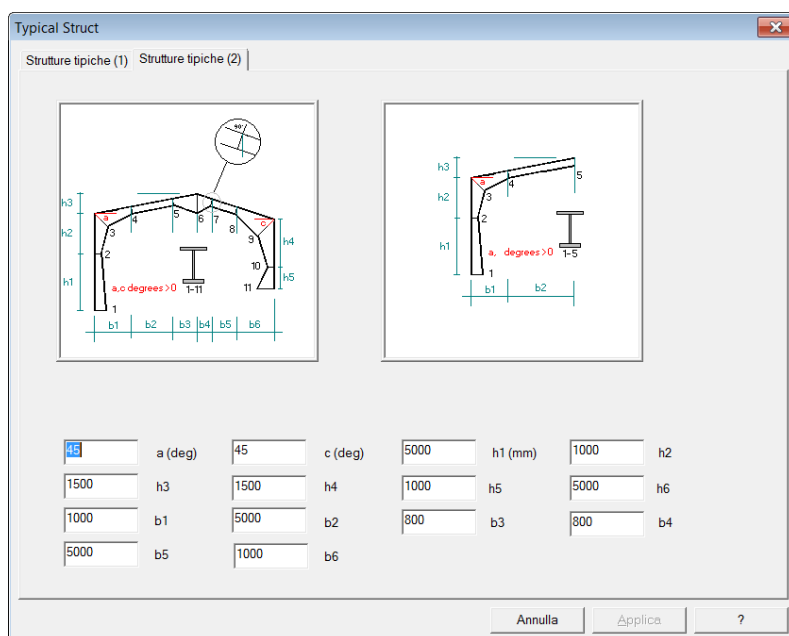
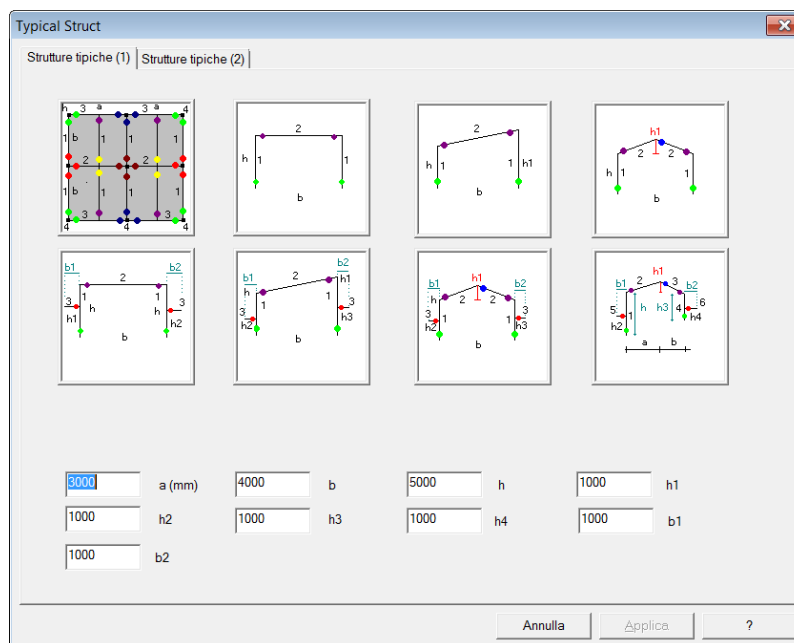
Nella tabella seguente, a fini di controllo, vengono stampati, per ogni forma sezionale, i valori massimi e minimi dei moduli delle sollecitazioni elementari, al variare degli elementi che usano quella forma sezionale, ed al variare delle combinazioni.

Sezione Trasversale	N _{E,Min} (N)	N _{E,Max} (N)	V _{E,2,Min} (N)	V _{E,2,Max} (N)	V _{E,3,Min} (N)	V _{E,3,Max} (N)	M _{E,1,Min} (N mm)	M _{E,1,Max} (N mm)	M _{E,2,Min} (N mm)	M _{E,2,Max} (N mm)	M _{E,3,Min} (N mm)	M _{E,3,Max} (N mm)

E' possibile personalizzare il report aggiungendo dei testi di commento.

Si raccomanda di leggere la sezione della guida “Come...gestire il report in formato ePUB”.

194. Nuovo menu Struttura-Tipica



Questo nuovo menu contiene un comando atto a consentire la generazione rapida di strutture tipiche. Un altro comando, a breve, consentirà di generare blocchi facendo uso delle macro, ovvero dei file .scm.

195. Nuovo Menu Struttura-Testi

Il menu serve a definire testi suppletivi che possono, opzionalmente, essere aggiunti in automatico al report.

196. Nuovo Menu-Struttura-Immagini

E' un menu in corso di costruzione: consentirà di memorizzare immagini commentate, da aggiungere al report. Al momento è in fase di implementazione.

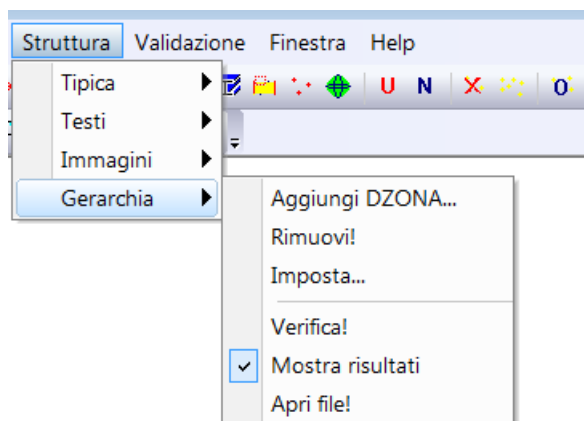
197. Nuovo Menu Struttura-Gerarchia

Questo menu raggruppa i comandi necessari alla esecuzione della verifica della gerarchia delle resistenze. Con la versione 11.65 è possibile fare le verifiche su strutture “resistenti a momento” (moment resisting frames, MRF) e su strutture a controventi concentrici (CBF, concentric bracing frames).

Il problema della verifica della gerarchia delle resistenze è complesso e reso ulteriormente complesso da normative scritte in modo inadeguato, in specie perché pensate per telai piani, là dove oggi è ormai sempre fatta una analisi tridimensionale.

La guida riporta una ampia sezione di commento alle prescrizioni regolamentari, ed una dettagliata descrizione degli algoritmi impiegati.

I nuovi comandi sono:



Si raccomanda di leggere la estesa sezione della guida “**Come... eseguire la verifica di capacità**” per avere una dettagliata spiegazione della logica di funzionamento delle verifiche.

Si riporta qui la sezione “Brevi richiami” della guida.

Brevi Richiami

Le verifiche di capacità, o verifiche di gerarchia delle resistenze, sono verifiche da applicarsi in

ambito sismico, quindi hanno senso solo e soltanto se nel modello sono state introdotte e definite delle combinazioni di verifica sismiche nel combiset attivo. Una combinazione è "sismica" se al suo interno è referenziato con un fattore diverso da zero almeno un caso di carico di tipo "SISMA STATICA EQUIVALENTE" o "SISMA MODALE".

Il paradigma che si è andato affermando nelle normative di ultima generazione è che le strutture soggette a sismi di forte intensità devono essere in grado di dissipare l'energia entrante mediante opportuni sistemi dissipativi. Tale dissipazione è spesso assegnata alla plasticizzazione del materiale strutturale, ed ai corrispondenti cicli di carico e scarico. Tali cicli di carico e scarico devono essere stabili, e gli elementi che devono sopportare le plasticizzazioni devono essere in grado di farlo senza che altri fenomeni indesiderati (come la instabilità globale o locale) lo impediscano.

Perché la desiderata dissipazione si possa attivare sono necessari alcuni requisiti fondamentali:

1. Che gli elementi dissipativi siano effettivamente in grado di plasticizzarsi in modo ciclico e che non presentino indesiderati effetti locali atti a impedire la plasticizzazione.
2. Che gli elementi non dissipativi, limitrofi a quelli dissipativi, restino in campo elastico (non dissipativo) tenendo conto delle sollecitazioni plastiche che provengono dagli elementi dissipativi.

Il modello correntemente usato per trattare la plasticizzazione degli elementi è quello elastico perfettamente plastico. Un tale modello è però una semplificazione, dato che il metallo può presentare, e in generale presenta, rami incrudenti che comportano l'attingimento di tensioni superiori a quelle di snervamento, ed inoltre un comportamento statisticamente non omogeneo: il valore caratteristico della tensione di snervamento, un limite inferiore, non è in questo caso a favore di sicurezza, dato che valori superiori di tensione di snervamento comportano maggiori sollecitazioni per gli elementi non dissipativi limitrofi a quelli dissipativi. Le "azioni plastiche" non possono quindi a favore di sicurezza essere considerate pari a quelle ottenibili con la tensione di snervamento, ma devono essere opportunamente incrementate di un fattore, detto fattore di sovrarresistenza γ_{ov} , che tiene conto del possibile incrudimento, e della differenza tra valor medio e caratteristico della tensione di snervamento: tale fattore dipende dal materiale. A tale fattore di sovrarresistenza si aggiunge poi un ulteriore fattore di incremento, pari a 1.1, che va considerato come un fattore di sicurezza. Se dunque diciamo S_{pl} il vettore delle sollecitazioni che portano al limite plastico (ideale perfetto) una certa sezione, gli elementi non dissipativi limitrofi a quello

dissipativo dovranno essere verificati per una sollecitazione $1.1\gamma_{ov}S_{pl}$. Per dare una idea, con S235 $\gamma_{ov}= 1.2$ mentre con S355 $\gamma_{ov}= 1.1$. Comunque, come vedremo nella sezione successiva, il problema si complica se di elementi dissipativi connessi ve n'è più d'uno e se le sollecitazioni che portano al limite plastico le diverse sezioni non vengono attinte per lo stesso livello esterno dei carichi applicati.

Nelle schematizzazioni correntemente accettate, vi sono essenzialmente tre tipologie di strutture dissipative per le costruzioni in acciaio:

1. Telai resistenti lateralmente a momento (MRF). In questo caso la dissipazione avviene nelle travi all'interfaccia con le colonne. Le colonne devono rimanere elastiche. Gli elementi dissipativi sono necessariamente elementi beam e non elementi truss.
2. Strutture a controventi concentrici (CBF). In questo caso la dissipazione avviene nelle diagonali tese (e a volte, se lo sbandamento è impedito, anche compresse). Gli elementi dissipativi possono essere beam o truss. *In Sargon si ipotizza che siano elementi truss.*
3. Strutture a controventi eccentrici (EBF). In questo caso la dissipazione avviene nei "link" delle travi di piano. Gli elementi dissipativi devono essere elementi beam e non truss.

Il problema è complicato molto dal fatto che in una unica struttura si possono dare le seguenti condizioni:

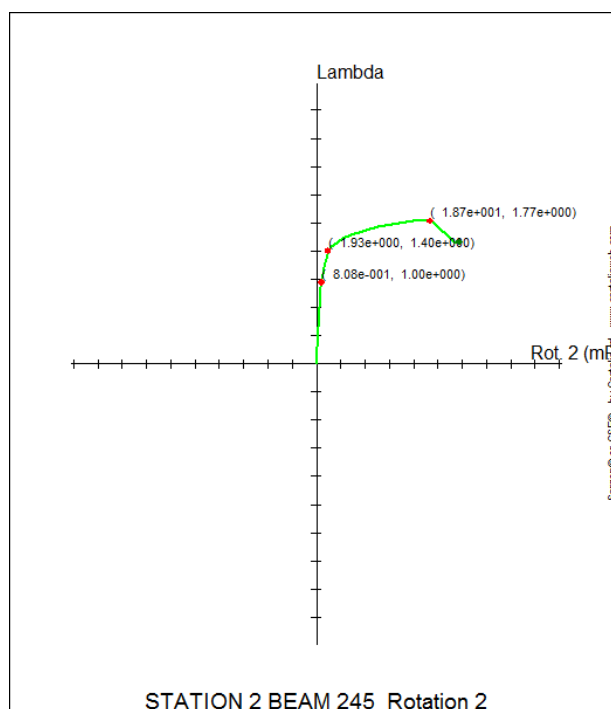
- a) Nelle due direzioni ortogonali i sistemi adottati sono differenti (ad esempio MRF in direzione X ed EBF in direzione Y).
- b) La struttura, anche se caricata in una direzione precisa (ad esempio X) induce azioni anche nei controventi progettati per l'altra direzione.
- c) Le azioni di calcolo non fanno il favore di essere dirette secondo un preciso asse ben orientato rispetto agli assi di costruzione della struttura.
- d) L'attingimento del limite plastico, per un elemento dissipativo in una struttura tridimensionale, non avviene con una sollecitazione elementare, e nemmeno in presso flessione o tensoflessione retta, come semplicisticamente la normativa riporta, bensì con sei componenti di sollecitazione tutte agenti contemporaneamente, ovvero con un punto in uno spazio a sei dimensioni.

In generale i criteri del capacity design possono essere facilmente compresi. La loro traduzione in effettive regole di progetto è però ardua. Tali criteri sono:

1. Gli elementi che si plasticizzano (dissipativi) devono essere certi elementi e non altri. Tali elementi devono essere progettati per la plasticizzazione. Non si devono plasticizzare parti della struttura fondamentali per l'equilibrio globale, dato che la loro plasticizzazione comporterebbe un collasso. Gli elementi dissipativi non si devono instabilizzare localmente o globalmente o, se è ammesso che lo facciano (CBF), devono instabilizzarsi in modo controllato e reversibile.
2. Gli elementi non progettati per plasticizzarsi (non dissipativi) devono essere progettati per le massime sollecitazioni che gli elementi plasticizzati possono loro consegnare, tenendo conto della sovraresistenza del materiale e di opportuni fattori di sicurezza aggiuntivi. Ciò comporta in teoria il calcolo di sestuple di azioni plastiche per tutti gli elementi beam dissipativi, opportunamente incrementate (da $1.1 \gamma_{ov}$) e con opportuni margini suppletivi di sicurezza.
3. Le verifiche 1 e 2 devono valere per tutte le possibili combinazioni sismiche.



Lista modifiche: dalla 11.65 alla 11.70



Rotazione cumulativa delle sezioni di un elemento dissipativo



Castalia s.r.l.
tel. +39-02-26681083
fax +39-02-26681876
E-mail staff@castaliaweb.com
Via Pinturicchio, 24
20133 Milano (Italy)

Rev. 1.0 del 2-3-2015

198. Introduzione

La nuova versione 11.70 di Sargon, rilasciata nel marzo 2015, contiene numerose importanti migliorie ed aggiunte. Le migliorie ed aggiunte vanno quasi tutte nella direzione di un accresciuto utilizzo di analisi non lineari come strumento di routine, solutore CURAN FULL.

Le principali migliori/aggiunte della versione 11.70 sono

41. Miglioramento dei comandi per la gerarchia delle resistenze e aggiunta della verifica di gerarchia per le strutture EBF.
42. Introdotto il nuovo comando Struttura-Capacità-Omega
43. Aggiunto comando per la misura della superficie snervata nei modelli plate-shell (Post-Sforzi PM-Snervamento PM)
44. Migliorati svariati dialoghi per una più agevole interfaccia.
45. Aggiunto comando Edit-Vincoli-Ritegni, per l'interfacciamento con il modulo verificatore CS4, dedicato alle strutture formate a freddo e implementato dalla Università di Bologna.
46. Aggiunto nuovo menu Post-Pushover e relativi comandi.
47. Aggiunte nuove curve create dal solutore CURAN per il controllo del danno.
48. Aggiunti comandi per la visualizzazione della percentuale di volume plasticizzato e rotto.
49. E' ora possibile salvare le proprie unità di misura.
50. La guida di Sargon è stata messa on line.

Le modifiche sono ampiamente descritte nella guida, che è stata aggiornata. Qui si danno delle informazioni di massima.

199. Miglioramento dei comandi per la gerarchia delle resistenze.

Sono stati rimossi due bug: uno relativo alla suddivisione di elementi con zone dissipative definite (si perdeva lo schema originario delle zone dissipative), uno relativo alle verifiche degli elementi non dissipativi (la verifica era troppo severa a causa di una formula scritta male). I bug erano stati introdotti nella precedente versione 11.65. Inoltre si è ritenuto che la verifica di gerarchia ai nodi non dovesse includere i momenti secondo l'asse Z, e quindi tale verifica è stata rimossa.

Sono state aggiunte le istruzioni per la verifica delle strutture di tipo EBF (eccentric bracing frames) in aggiunta alle MRF (moment resisting frames) e CBF (concentric bracing frames).

Qui gli approfondimenti:

http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/how_capacity.htm

In pratica sono stati definiti anche i *link* per le strutture EBF.

200. Introdotto il nuovo comando Strutture-Capacità-Omega

Il comando serve a sapere, in una certa combinazione sismica, qual è il moltiplicatore Ω che porta il primo elemento dissipativo allo snervamento. Il fattore Ω è importante perché è poi utilizzato nelle verifiche di gerarchia. In una struttura ben progettata, Ω deve essere di poco inferiore a 1. Qui il link alla guida: http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_struct_dzone_omega.htm.

201. Aggiunto comando per la misura della superficie snervata.

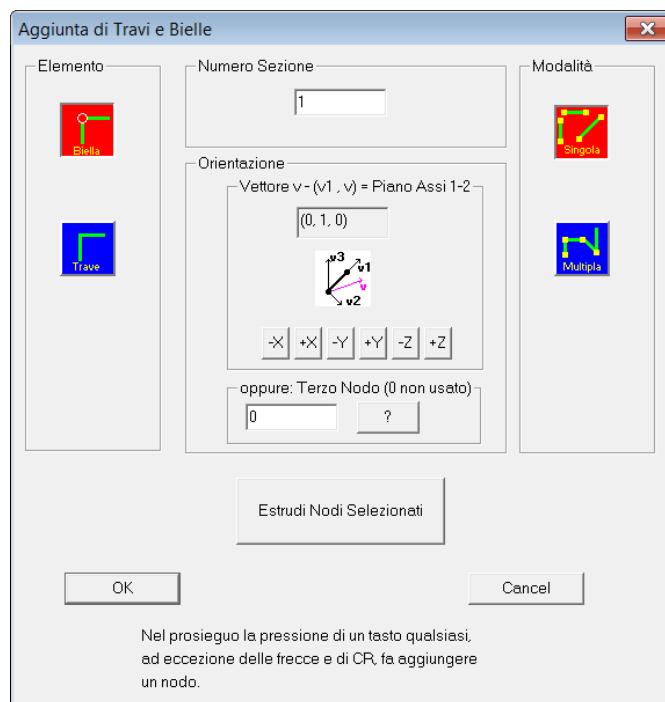
In specie in campo elastico, il fatto che in un modello plate-shell si verifichino dei picchi di tensione di Von Mises non è di per sé un indice del fatto che la struttura non sia verificata. Se i picchi sono molto localizzati, essi riguardano solo una piccola parte di materia, e si può ritenere che modeste redistribuzioni plastiche smussino i picchi.

Per favorire una comprensione di quanto i picchi siano significativi, il nuovo comando Snervamento PM (http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_post_pm_yield.htm) dà la misura della superficie snervata degli elementi membrana e piastra.

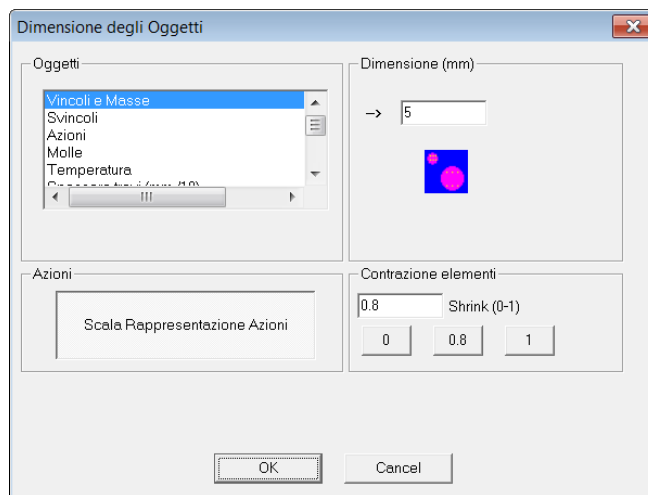
Se ad esempio il picco di Von Mises è 2340MPa, ma la superficie snervata è di 0.002mmq, si può facilmente ritenere che il picco sia molto localizzato e dunque trascurare il risultato ottenuto localmente.

Il comando è stato introdotto anche per facilitare l'esame dello stato di sforzo di modelli FEM creati da CSE (<http://www.castaliaweb.com/cse>).

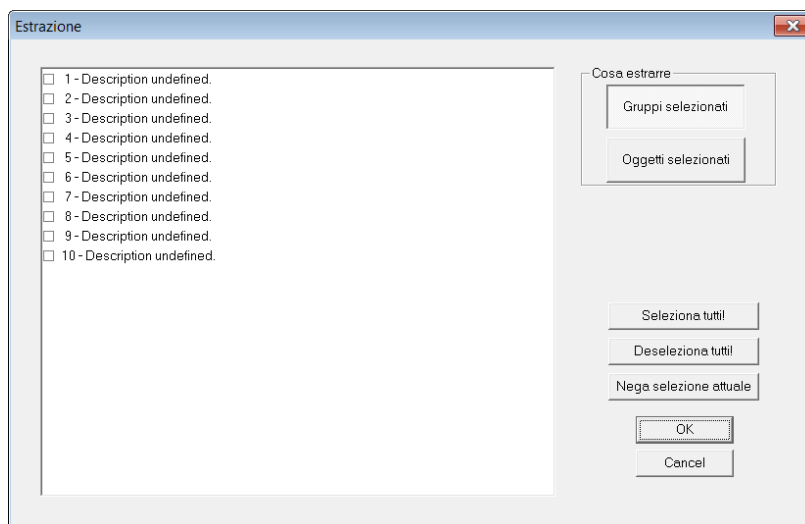
202. Migliorati svariati dialoghi per una più agevole interfaccia



Il dialogo per l'aggiunta di travi e bielle accetta ora sia il terzo nodo che direttamente il vettore v usato per definire il piano 1-2. Tale modifica consente di non usare più il terzo nodo e consente di avere matrici più "pulite", a causa della maggior precisione dei coseni direttori. Per la sua descrizione si rimanda alla guida: http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hidd_addbt.htm.

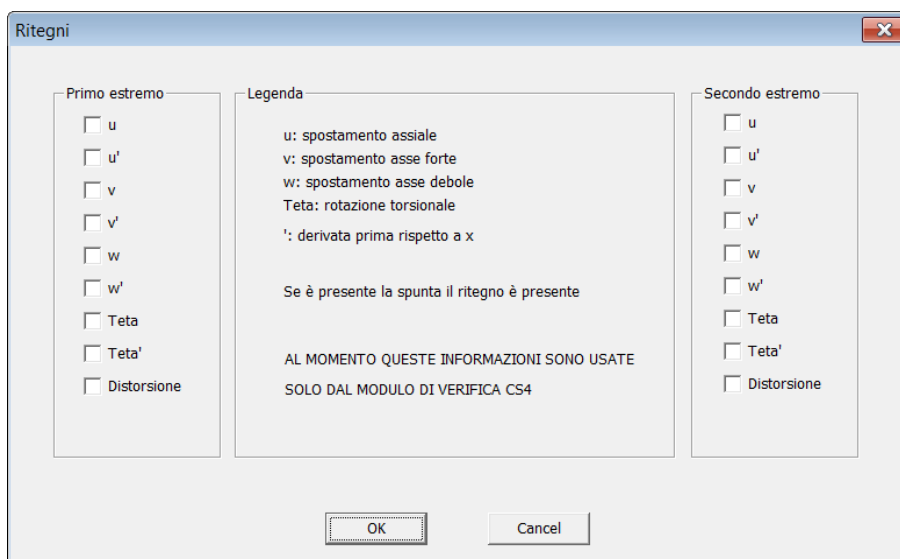


Il dialogo per la dimensione, consente ora di passare più rapidamente da uno shrink a un altro.



Il dialogo per la estrazione ha ora i bottoni più grandi per facilitare la scelta.

203. Aggiunto il comando Edit-Vincoli-Ritegni

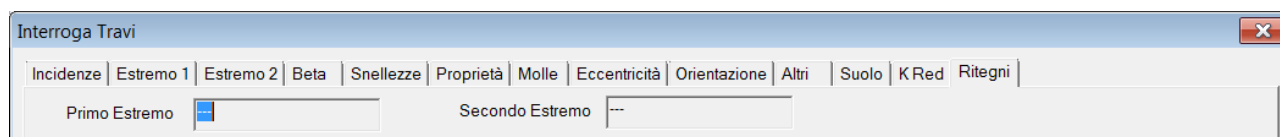


Sargon sta per essere interfacciato con il verificatore per strutture formate a freddo CS4 sviluppato dalla Università di Bologna. Il nuovo comando assegna a ciascun estremo degli elementi beam selezionati, 9 codici di ritegno che sono poi usati dal verificatore in questione. I codici di ritegno sono usati al momento dal solo verificatore esterno CS4.

Il comando è: Edit-Vincoli-Ritegni

http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_edit_restraint.htm

Anche i comandi di interrogazione su travi e bielle sono stati modificati:



204. Aggiunto nuovo menu Post-Pushover e relativi comandi

L'analisi di pushover è ormai usata frequentemente e frequentemente richiesta. Per tale ragione sono in corso di aggiunta nuovi comandi in grado di gestirla in modo automatico. Sebbene la pushover non rappresenti certo la panacea, e sia spesso usata per dare risultati ben al di là di quanto possa fare, è sembrato che fosse necessario ai nostri clienti che Sargon la potesse fare, e dunque si stanno aggiungendo alcuni comandi espressamente dedicati allo scopo.

Al momento i comandi riguardano la preparazione dei modelli per la pushover e lo studio del danno. La determinazione dello spostamento obiettivo ed i relativi comandi saranno aggiunti alla prossima versione.

L'analisi di pushover può essere gestita su strutture con elementi trave dissipativi solo con il solutore CURAN FULL. Il solutore CURAN FULL tratta la pushover (che può includere o no gli effetti geometrici e la rottura) come caso particolare di analisi molto più generali. Con CURAN FULL è possibile fare analisi non lineari in non linearità di materiale, geometrica e di contatto, per tutti gli elementi finiti possibili (oltre a bielle e molle anche membrane, piastre, solidi e beam a fibre). CURAN FULL esegue sia il controllo di forza che quello di *arc length* e quindi è in grado di seguire i rami di softening (tra l'altro si possono impostare le deformazioni di rottura e seguire la post-crisi). . Si tratta di uno strumento molto molto potente. E' in corso una offerta di acquisto di CURAN FULL particolarmente vantaggiosa per gli utenti in regola con il contratto di aggiornamento.

I comandi per la gestione della pushover sono:

Imposta: Post-Pushover-Imposta

(http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hidd_getpushover.htm)

Serve a scegliere il nodo di controllo, i modi da utilizzare l'amplicazione dei carichi sismici, ecc..

Crea Modelli: Post-Pushover-Crea Modelli

(http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_post_push_prepare.htm)

Serve a generare automaticamente sino a 8 modelli pronti per l'analisi non lineare con CURAN. I modelli hanno sisma X e Y, positivo e negativo, con distribuzioni di forze modali e costanti.

Analizzali

(http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_post_push_run.htm)

Serve a lanciare in automatico la soluzione degli 8 modelli (con CURAN).

205. Aggiunte nuove curve create automaticamente da CURAN FULL per il controllo del danno.

La disponibilità di queste curve consente di tenere sotto controllo il danno che si verifica negli elementi dissipativi.

Oltre alla determinazione della percentuale di volume plasticizzato e rotto, diretti indicatori del danno, v'è la determinazione della deformazione delle bielle usate come controventi dissipativi (EC8 parte 3, punto B.5.2), e la determinazione della rotazione cumulativa delle sezioni degli elementi trave, che, a sua volta, permette di comprendere la rotazione delle cerniere plastiche.

Si rimanda a questa sezione della guida per maggiori informazioni:

http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/how_solve_curan.htm Sezione 8: curve

206. Aggiunti nuovi comandi per la determinazione del volume plasticizzato e rotto.

Si tratta dei comandi posti sotto Post-Fibre.

Per ogni elemento i comandi mostrano una mappa in falsi colori che dice che percentuale del volume dell'elemento plasticizzata o rotta. Sono i comandi:

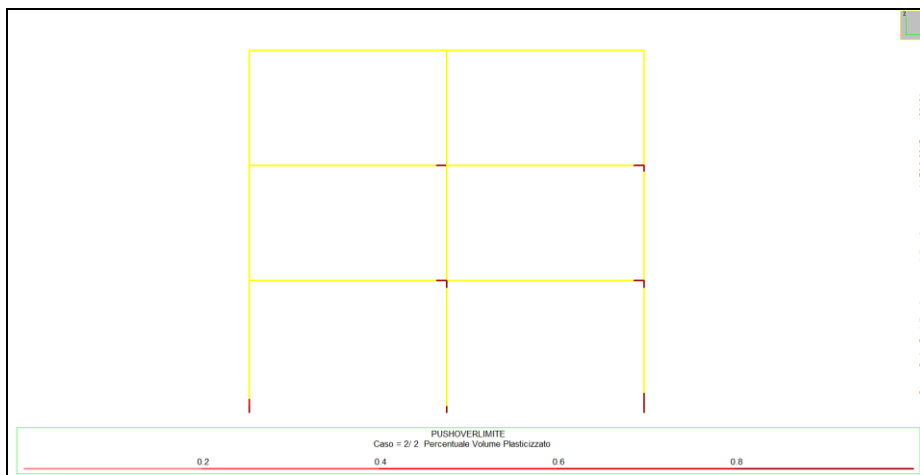
Mostra percentuale di plasticizzazione

(http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_post_fiber_perc_plas.htm)

Mostra percentuale di rottura

(http://www.castaliaweb.com/acciaio-guida/hid_post_fiber_perc_rott.htm)

Grazie a questi comandi è facile visualizzare le cerniere plastiche e la loro estensione.



Grazie a questo comando è anche possibile verificare direttamente la gerarchia delle resistenze controllando se gli elementi non dissipativi subiscono o no plasticizzazioni indesiderate. Nella figura si vedono colonne plasticizzate, al primo piano, ed al secondo, dove non dovrebbero. Nella nostra visione è il calcolo che determina le plasticizzazioni e non l'utente che stabilisce dove mettere le cerniere plastiche.

E' da notare che i modelli a plasticità diffusa (qui beam a fibre) consentono di tenere correttamente in conto l'interazione (N , M_y , M_z) a differenza di quelli a plasticità concentrata che utilizzano semplificazioni a volte anche drastiche.

207. E' ora possibile salvare le proprie unità di misura

Il comando File-Impostazioni consente di salvare le unità di misura attuali come unità da usare per default in tutti i modelli nuovi.

208. La guida di Sargon è On Line

Sia per facilitare la comunicazione e l'assistenza, sia per meglio pubblicizzare il nostro programma, l'help di Sargon è disponibile all'indirizzo:

<http://www.castaliaweb.com/ACCIAIO-GUIDA/index.html>