



# Percorsi

# 6/1

**Percorsi progettuali Softing**

Nòlian nell'analisi di struttura intelaiata in calcestruzzo  
secondo DM 2008

## Percorsi

# Nòlian nell'analisi di struttura intelaiata in calcestruzzo

giugno 2008 – rev. 1

**NOTA IMPORTANTE** dal giugno 2008, a pochi mesi dall'emanazione del DM 14 aprile 2008, molte nuove implementazioni sono state effettuate nei programmi della Softing e pertanto questo "Percorso" potrebbe non riflettere compiutamente lo stato del software alla data di questa nota.

**Aprile 2001**

© 2008, Softing srl.

*Questo testo è stato redatto a cura della Softing srl. E' proprietà della Softing srl. La diffusione è consentita solo a patto che sia integra e che venga integralmente riportato il testo, il titolo e la proprietà. La copia parziale per inserimento o per citazioni è espressamente proibita se non è chiaramente citata la fonte. Questo testo contiene opinioni e consigli della Softing srl sui quali la Softing non assume alcuna responsabilità né in merito alla esattezza*

## **Indice generale**

Oggetto del percorso.....	5
Introduzione.....	5
Suggerimenti sulla modellazione.....	6
Assegnazione delle masse.....	6
Generazione dei piani rigidi.....	7
Preparazione per l'analisi.....	8
Generazione di spettro di risposta .....	8
Impiego del momento torcente di piano.....	10
Procedura per la definizione dei parametri dinamici.....	13
Tipizzazione dei carichi.....	14
Verifica dei risultati.....	17
Periodi propri.....	17
Deformate.....	18
Diagramma degli sforzi.....	18
Salvataggio del file.....	19
Progetto delle armature in EasyBeam.....	19
Apertura del file.....	19
Modalità di connessione.....	19
Definizione dei parametri di progetto .....	20
Procedure per le verifiche a video.....	27
Verifica allo stato limite di danno.....	35
Produzione dei disegni esecutivi.....	36
La relazione di calcolo.....	36
Stampa dei risultati.....	37
Principali variazioni di settaggio nel caso delle altre normative in uso.....	39
Decreto ministeriale 14/02/1992 – Tensioni ammissibili.....	39
Decreto ministeriale 16/01/1996 – stati limite.....	43
Ordinanza del presidente del consiglio 3431 – bassa duttilità.....	47
DM 14/09/2005.....	47
DM14/01/2008.....	47
Preparazione per l'analisi.....	48

Generazione di spettro di risposta .....	48
Impiego del momento torcente di piano.....	51
Procedura per la definizione dei parametri dinamici.....	52
Tipizzazione dei carichi.....	52

## Oggetto del percorso

Questo percorso riguarda l'analisi e il progetto di una struttura nuova in cemento armato con particolare riferimento alle funzioni e alle assegnazioni di Nòlian ed EasyBeam e costituisce quindi un "Tutorial" al percorso progettuale con tali programmi.

## Introduzione

Si assume che il modello della struttura sia già stato costruito essendo questa una operazione piuttosto nota e semplice in Nòlian o in inMod. Sulla modellazione si riporteranno solo dei consigli inerenti l'assegnazione delle masse e degli impalcati.

Il resto del percorso si svolgerà secondo i seguenti punti.

*Preparazione per le analisi:*

1. Generazione degli spettri di risposta
2. Definizione del torcente di piano
3. Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica
4. Tipizzazione dei carichi

- *Verifica dei risultati in Nòlian*

- *Salvataggio della struttura*

- *Progetto delle armature con EasyBeam:*

1. Definizione dei parametri di progetto
2. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto
3. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di servizio.
4. Procedure per la verifica a video (s.l.u., s.l. esercizio)
5. Stampa dei risultati

- *Stampa dei risultati in Nòlian*

## Suggerimenti sulla modellazione

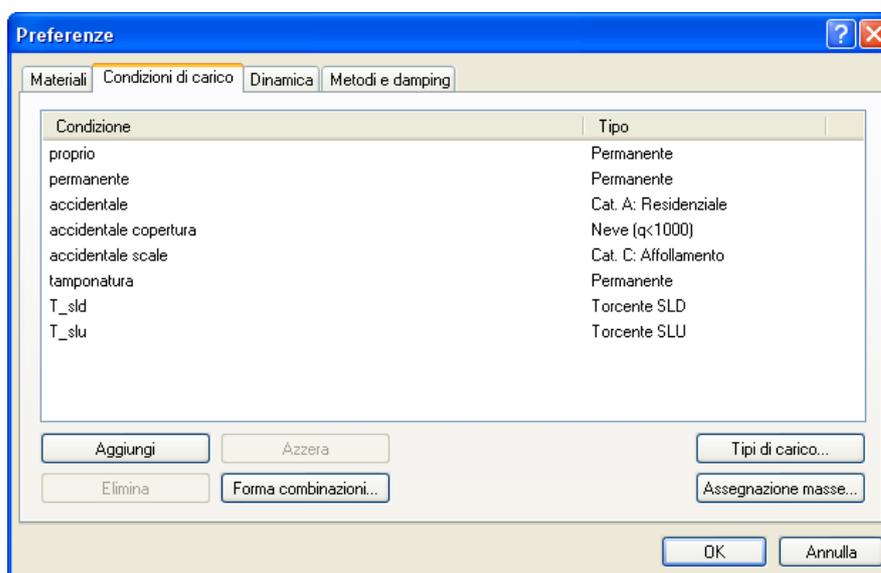
### Assegnazione delle masse

In Nòlian la procedura di assegnazione delle masse è molto semplice. Fermo restando che le masse possono essere assegnate ai singoli nodi ed elementi, una procedura automatica, qui descritta, consente di trasformare i carichi già assegnati in masse secondo moltiplicatori assegnati. Tale procedura è qui illustrata.

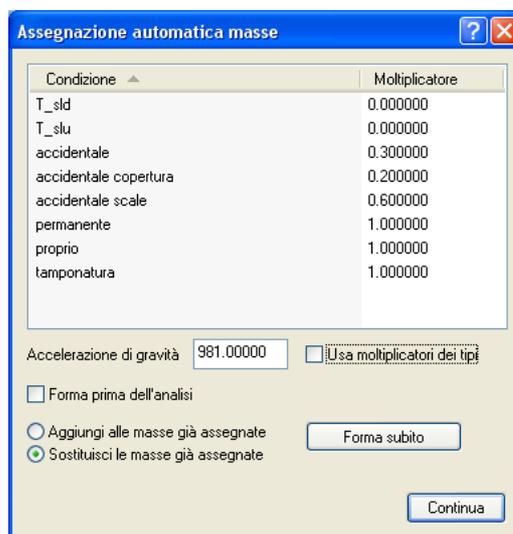
1. Dopo aver assegnato i carichi alla struttura si deve entrare nel dialogo della gestione delle condizioni di carico con doppio click sull'icona della palette:



e si aprirà così il dialogo seguente:



2. cliccare su assegnazione masse



3. assegnate i moltiplicatori a secondo delle condizioni di carico. I moltiplicatori sono unitari

per i carichi permanenti e pari ai  $\Psi_2$  moltiplicati per  $\phi$  per i carichi variabili. Cliccando sul bottone "Forma subito" le masse verranno subito assegnate agli elementi. Selezionando il checkbox "usa moltiplicatori dei tipi" il programma assegnerà automaticamente i valori di  $\Psi_2$  a secondo dei tipi di carico scelti.

### **Generazione dei piani rigidi**

Qualora si desideri modellare la struttura considerando gli impalcati infinitamente rigidi nel proprio piano, si può usare una relazione cinematica tra nodi detta "Master Slave". Il nodo master deve essere collocato nel baricentro del sistema di masse.

1. Generare il nodo baricentrico tramite il menu Modifica->Funzioni->Nodo baricentrico e selezionando l'intero piano con il cappio
2. Selezionare l'icona di assegnazione del nodo master



3. Selezionare l'intero piano con il cappio e premere il tasto invio
4. Quindi selezionare il nodo baricentrico precedentemente creato



5. Vincolare il nodo master (baricentrico) su un piano orizzontale XY con la seguente configurazione:

**Nelle versioni attuali (dalla EWS26 in poi) la suddetta procedura è stata semplificata mediante una apposita funzione attivabile dal menu Funzioni -> Genera impalcati rigidi.**

## Preparazione per l'analisi

### Generazione di spettro di risposta

La generazione dello spettro di risposta può essere effettuata mediante una apposita funzione di Nòlian selezionabile dal menu Funzioni >Genera Spettro di Risposta

Per esempio generiamo lo spettro di risposta inerente la struttura che stiamo analizzando. Si tratta di una struttura a due piani e con 2 campate in direzione Y e 4 in direzione X. Si assume che il suolo sia in categoria A e che la struttura sia regolare in pianta e in altezza.

Nel dialogo per l'immissione dei dati si dovranno inserire tutte queste informazioni ottenendo la seguente configurazione per il pannello "Dati generali":

The screenshot shows the 'Generazione file di spettro' dialog box with the 'Dati generali' tab selected. The fields are as follows:

Intervalli	32	Ag(g)	0.05434538
Durata totale	2.0000000	f0	2.5047095
Normativa	OPCM 3431	Tc*	0.27015527
Tipo spettro	SLU		
Componente azione sismica	Orizzontale		
Classe duttilità	Alta		
Categoria suolo	A		
Amplificazione topografica	T1		
Smorzamento	5.0000000		

Buttons: Salva, OK, Annulla

The screenshot shows the 'Generazione file di spettro' dialog box with the 'Dati Struttura' tab selected. The fields are as follows:

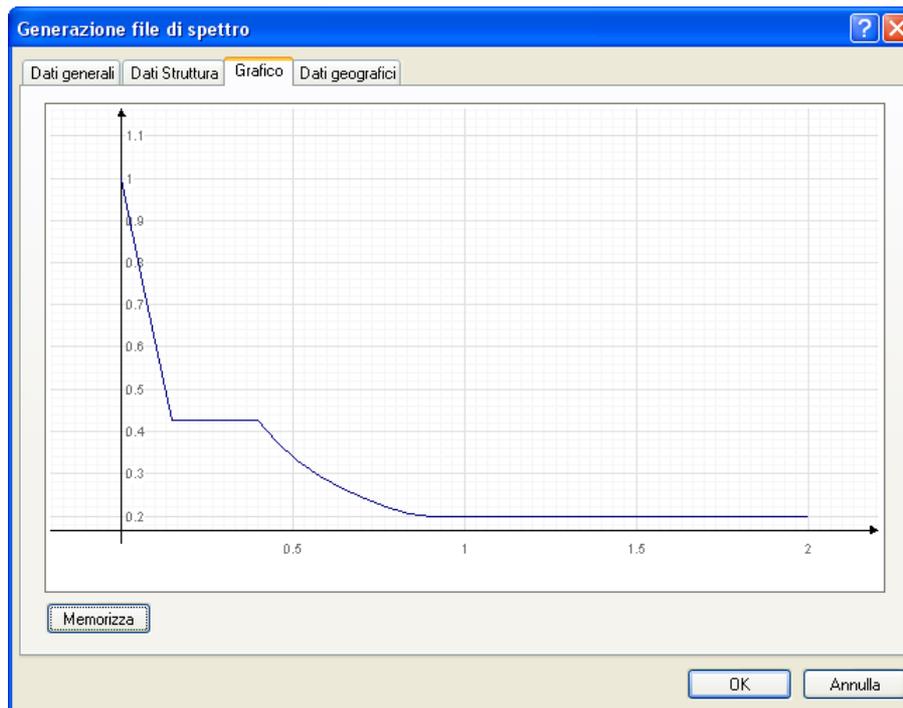
Tipologia	Telaio piu' piani piu' campate
Regolarità altezza	Regolare
Materiale	Calcestruzzo
Risorse duttilità (acciaio)	Duttili
<input checked="" type="checkbox"/> Calcola q	
Fattore q	5.8500000

Buttons: OK, Annulla

Avendo selezionato il check-box “Calcola q” il plug-in calcola anche il fattore q di struttura che in questo caso vale 5,85. Nei campi Intervalli e Durata totale si devono inserire la durata dello spettro (minimo 2 secondi per la OPCM) e il numero di intervalli in cui dividere i 2 secondi di durata totale.

Si otterrà uno spettro con una spaziatura di  $2/32 = 0,0625$  sec.

Lo spettro così generato può essere salvato in un file testo premendo il tasto salva nel pannello Dati generali e successivamente fatto leggere a Nòlian per il calcolo, scegliendo la scheda “Grafico” visualizzerà il grafico dello spettro. Nella figura che segue vediamo il diagramma dello spettro che abbiamo appena generato.



Una volta generato e salvato lo spettro per lo stato limite ultimo si farà la stessa operazione per lo stato limite di danno.

Si consiglia di salvare gli spettri di risposta nella cartella di Nòlian denominata File ausiliari->Spettri o all'interno della cartella del progetto in modo da avere una traccia degli spettri utilizzati per una determinata struttura anche dopo molto tempo.

Il file potranno essere denominati in modo da ottenere un facile riconoscimento. A esempio: spettro\_slu.txt e spettro\_sld.txt.

Si fa notare che Nòlian usa spettri di risposta su file di testo per consentire la massima flessibilità di utilizzo in quanto tali file possono essere diversi tra loro e impiegati più volte e liberamente inoltre possono essere anche formati con molta semplicità dal progettista che abbia bisogno di spettri particolari (a esempio per normative diverse da quelle più comunemente impiegate) o modificati per esigenze progettuali. In ogni caso i dati dello spettro usati nell'analisi sono memorizzati nel documento della struttura in modo che i valori possano essere stampati in qualsiasi momento senza

bisogno che esista ancora il file spettro originale.

### **Impiego del momento torcente di piano**

Se si sta operando con la OPCM o con gli Eurocodici è necessario tenere conto delle eccentricità accidentale delle masse. Per esempio l'OPCM richiede che si tenga in conto di una eccentricità del 5%. Il nostro consiglio è quello, ammesso dalla normativa, di impiegare un momento torcente di piano che sia equivalente alla azione determinata dalla eccentricità delle masse. Infatti altrimenti si dovrebbero considerare ben 4 possibili decentramenti delle masse e quindi eseguire ben 4 distinte analisi dinamiche accompagnate dalle relative combinazioni delle sollecitazioni. Con il torcente di piano questo iter diviene molto più agevole.

Tale procedura è inoltre molto semplificata dall'ausilio della funzione di Nòlian che può essere richiamata dal menu Funzioni -> Forze statiche equivalenti selezionando torcente di piano nel dialogo

Le 2 condizioni di carico specifiche alle quali saranno affidati i torcenti di piano: una inerente lo stato limite ultimo, e l'altra inerente lo stato limite di danno, che nel nostro esempio le denomineremo T\_slu e T\_sld, possono essere generate cliccando sul tasto "Genera". Si aprirà il dialogo delle condizioni di carico e si potrà procedere come segue:.

1. inserire i nomi suddetti nel campo in basso
2. cliccare su aggiungi.
3. controllare che i nomi delle condizioni siano apparsi nel campo superiore
4. cliccare su ok

Fatto ciò, attivare la funzione forze statiche equivalenti dal menu funzioni per l'assegnazione del torcente di piano. Si accede così al dialogo:

**Forze laterali equivalenti**

Condizione di carico destinazione: #1 [Genera]

Moltiplicatore accelerazione: 0.100000

Coefficiente di Risposta (R): 1.00000 [Calcola] Non assegnato

Accelerazione di gravità: 981.000 [Cambia spettro]

Quota suolo: 0.000000

Direzione (\* da asse x): 0.000000 [x]

Tipo distribuzione: Lineare

Forze laterali equivalenti

Torcente di piano

Spostamento (%): 5.00000

[Annulla] [Continua]

dove va scelta la condizione al quale applicare il torcente di piano.

Ed inoltre:

- il valore del moltiplicatore dell'accelerazione  $a_g/g$ , (0,35 in zona 1, 0,25 in zona 2, 0,15 in zona 3, 0,05 in zona 4).
- il coefficiente di risposta  $S_d(T_1)$  (tale valore può essere calcolato automaticamente cliccando sul tasto calcola dopo aver scelto lo spettro di riferimento premendo sul tasto "Cambia spettro"),
- l'accelerazione di gravità,
- la quota del suolo,
- la direzione rispetto all'asse delle X (0=X, 90=Y, 180=-X, 270=-Y),
- lo spostamento in percentuale.

Il moltiplicatore M è una parte molto importante e delicata del processo. La normativa ammette un metodo di calcolo semplificato di tale parametro ma, visto che i tempi di calcolo con Nòlian sono molto ridotti, il nostro consiglio è quello di usare la formulazione più accurata che qui illustriamo.

Il valore del moltiplicatore è dato da:

$$M = S_d(T_1) \lambda a_g/g$$

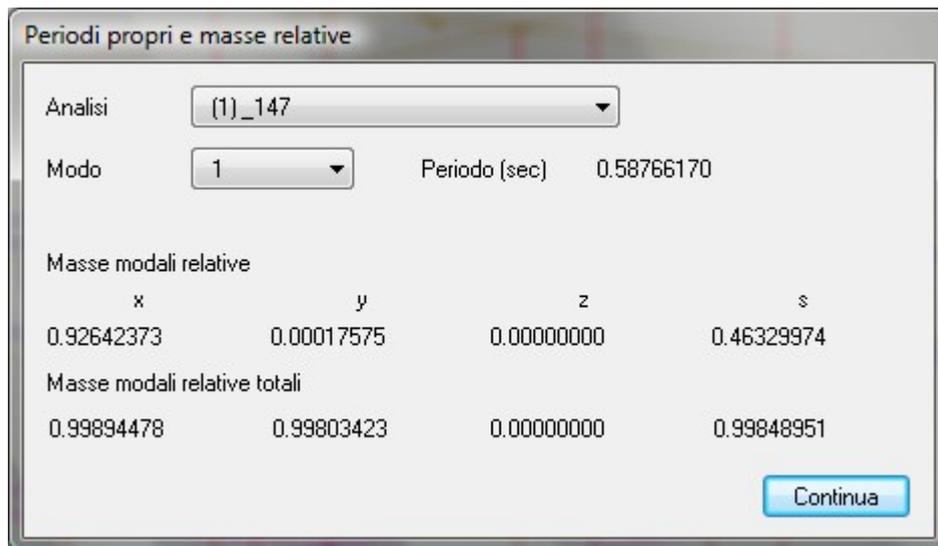
$S_d(T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta corrispondente al primo periodo della struttura. Tale valore può essere letto dallo spettro di risposta calcolato con il plug-in. Il valore del primo periodo si può ottenere facilmente analizzando preventivamente la struttura.

$\lambda$  è un coefficiente pari a 0,85 se l'edificio ha almeno tre piani e se  $T_1 < 2 TC$ , pari a 1,0 in tutti gli altri casi.

$a_g/g$ , si ricorda, è dato dalla normativa e vale:

0,35 in zona 1  
0,25 in zona 2  
0,15 in zona 3  
0,05 in zona 4.

Nel nostro caso il primo periodo proprio della struttura è:



quindi considerando che la struttura è in categoria 1 e ha tre piani si ha:

$$a_g/g=0,35$$

$$\lambda=1$$

$s_d(0,58) = \sim 0,3$  per lo stato limite ultimo (vedi figura paragrafo precedente)

Il coefficiente da adottare nel caso dello stato limite ultimo è quindi  $M = 0,105$ .

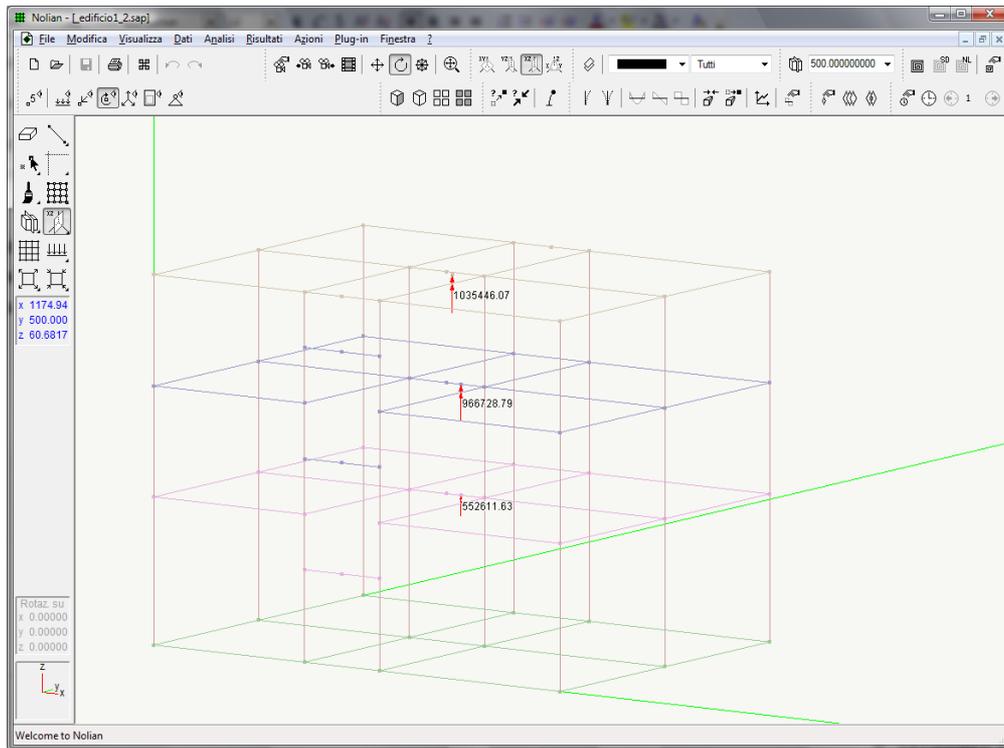
La stessa procedura si applicherà per lo stato limite di danno.

Selezionando la opzione “massimo ortogonali” il plug-in calcolerà, a favore di sicurezza, il massimo valore del momento torcente. Sarà così possibile avere un'unica condizione di torcente di piano.

Selezionando il bottone Continua il momento torcente verrà automaticamente applicato ai nodi master. Qualora si volessero visualizzare tali momenti si può cliccare sull'apposito pulsante di visualizzazione



ottenendo la rappresentazione seguente:

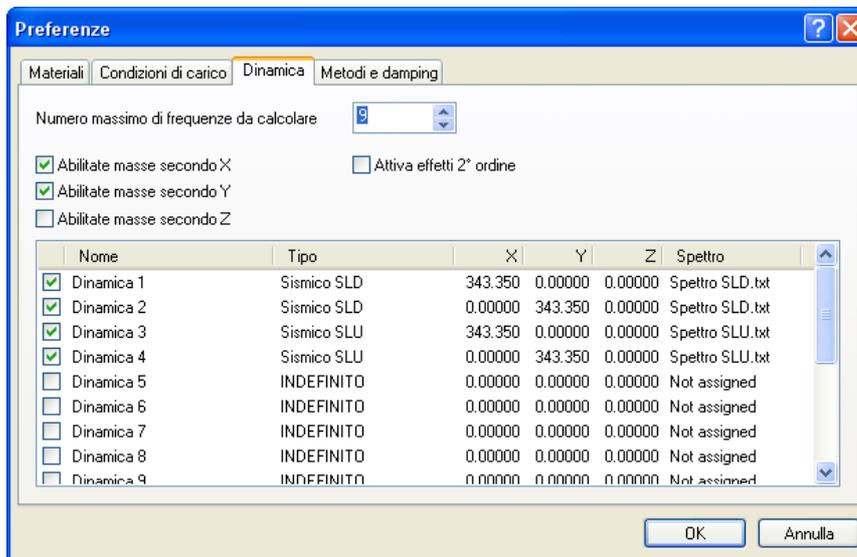


Visualizzazione del momento torcente di piano

### ***Procedura per la definizione dei parametri dinamici***

Prima di effettuare l'analisi dinamica modale della struttura con la tecnica dello spettro di risposta, è necessario inserire i valori di accelerazione al piede della struttura. Per fare questo:

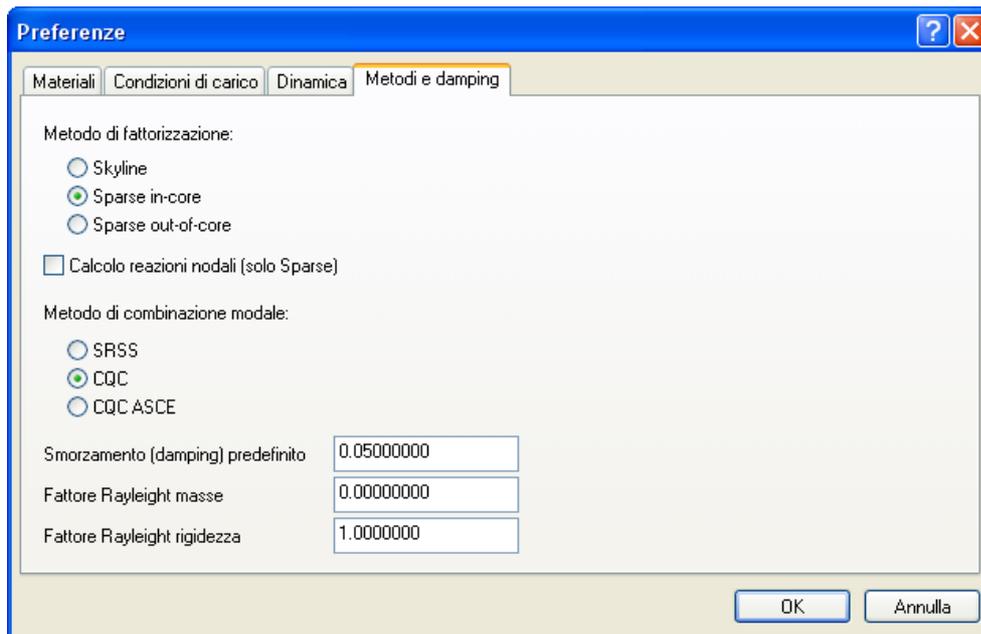
1. Attivare il menu Analisi->Opzioni
2. Selezionare la scheda Dinamica



3. assegnare le frequenze da calcolare. Generalmente, visto l'uso dei piani rigidi, il numero di frequenze da calcolare è pari a 3 per ogni piano quindi in questo caso pari a 9
4. Abilitare le masse nelle direzioni X e Y. Si dovranno abilitare anche secondo Z nel caso di strutture con presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi, di elementi a mensola, di strutture di tipo spingente, di

pilastri in falso, edifici con piani sospesi.

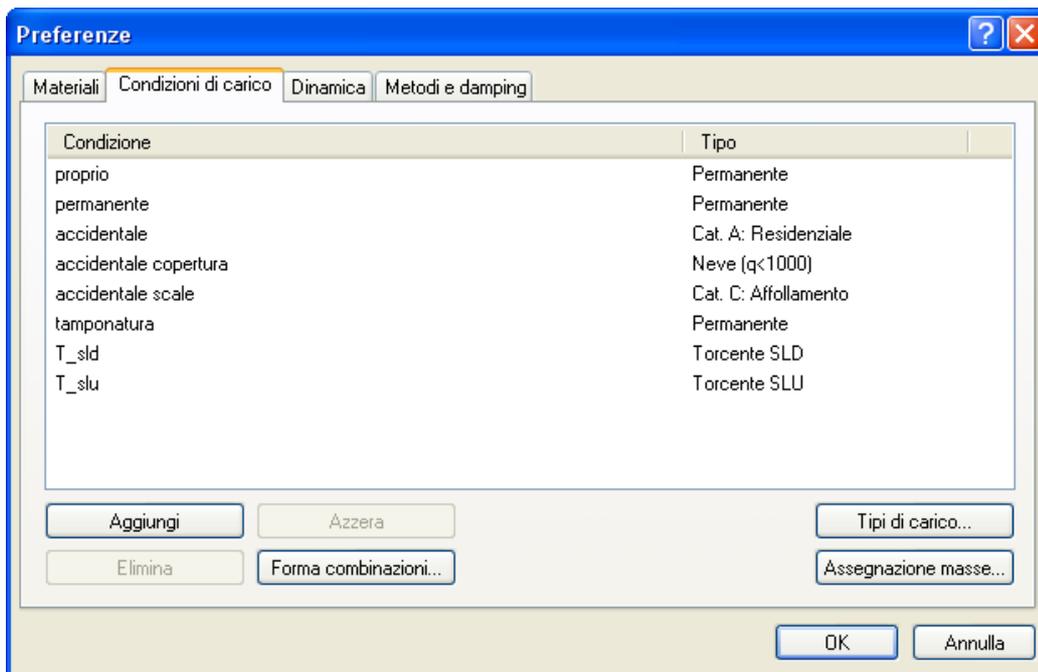
5. Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  (nel nostro caso  $a_g = 0,35 * 981 = 343,35$  cm/sec<sup>2</sup>).
6. Assegnare il percorso del file dello spettro di risposta cliccando con il pulsante destro del mouse e selezionando "scegli file"
7. passare alla scheda Damping e selezionare il metodo di combinazione che può essere SRSS ovvero CQC a seconda dell'esistenza o meno di modi aventi un periodo di vibrazione molto ravvicinato con uno scarto minore del 10%. Selezionando il metodo CQC non si dovrà controllare lo scarto tra i periodi anche se l'onere computazionale è leggermente superiore.



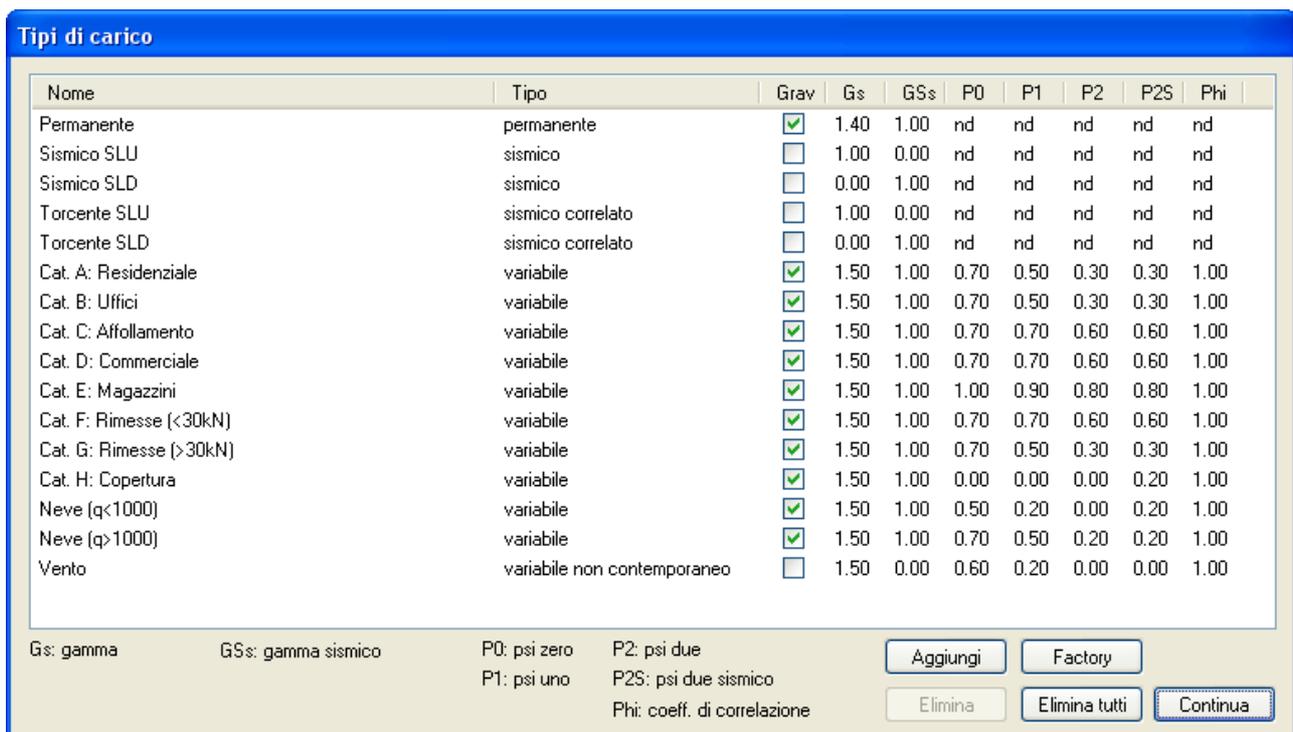
### ***Tipizzazione dei carichi***

Dopo aver definito tutti i parametri dinamici passiamo alla definizione dei tipi di carico necessaria al programma per ottenere in modo automatico le combinazioni di carico di normativa. Infatti per eseguire in automatico le combinazioni occorre impiegare i moltiplicatori voluti che sono appunto relativi alla tipologia di carico.

Per accedere al dialogo di gestione dei tipi delle condizioni si deve andare sul menu Dati -> carichi -> condizioni. Apparirà il dialogo seguente:



alle condizioni va assegnato il tipo a scelta dell'utente . Per quanto riguarda le condizioni dinamiche 1 e 2 vanno assegnate come sismico SLD e le condizioni dinamiche 3 e 4 vanno assegnate come sismico SLU. Cliccando su tipi di carico... si accede al seguente dialogo:



nel quale è possibile settare e personalizzare i diversi coefficienti per ogni tipologia di carico. Inoltre, si può spuntare, ove occorra la casella gravità che consente di differenziare i carichi di gravità per le verifiche sismiche.

Per il significato delle diverse voci e sul modo in cui il programma effettua le combinazioni automatiche si rimanda al manuale di riferimento del programma. Nel nostro esempio configureremo le diverse condizioni come si vede nella figura sopra.

Effettuate queste operazioni siamo pronti per analizzare la struttura.

L'analisi può essere lanciata dal menu **Analisi->Analisi statica e dinamica**, o premendo il pulsante della toolbar:



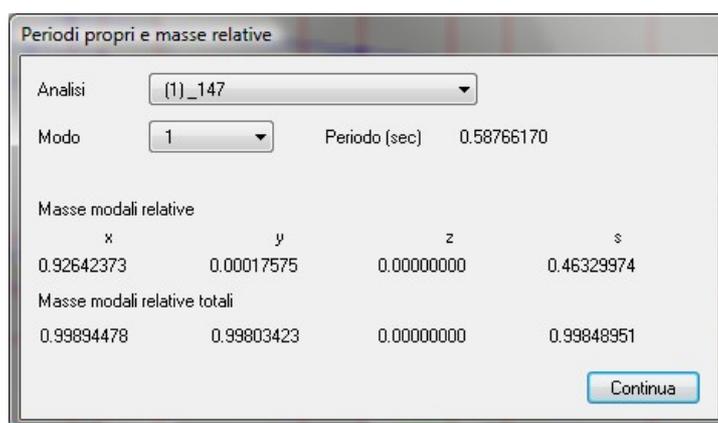
## Verifica dei risultati

### Periodi propri

Dopo aver fatto seguire l'analisi alla struttura si deve controllare la percentuale di massa eccitata. Tale controllo è immediatamente eseguibile mediante il tasto:



oppure dal menu Risultati->Periodi propri. Si ottiene il dialogo:



Periodi propri e masse relative

Analisi: (1)\_147

Modo: 1      Periodo (sec): 0.58766170

Masse modali relative

x	y	z	s
0.92642373	0.00017575	0.00000000	0.46329974

Masse modali relative totali

0.99894478	0.99803423	0.00000000	0.99848951
------------	------------	------------	------------

Continua

che ci fornisce i valori di massa eccitata relativi ai diversi periodi e nell'ultima riga si ottiene il valore della massa relativa totale. Il valore, per la norma, deve essere maggiore del 85%. Nel caso in esame la massa è maggiore di 85% e cioè pari a 99,84%

Consiglio: Se si trova un valore inferiore avendo assegnato un numero di periodi da calcolare pari a tre volte il numero di piani rigidi, prima di procedere ad aumentare il numero di modi calcolati è bene effettuare alcuni controlli e considerazioni in ordine alla modellazione effettuata.

- Controllare i periodi di vibrazione (autovalori) e la massa eccitata corrispondente di ciascun modo.
- controllare la forma modale della struttura per valutarne la congruità, specialmente se ci sono modi con bassa massa eccitata. Attivare menu Risultati->Forme modali oppure il tasto della toolbar



- Valutare se i modi suddetti sono plausibili in ordine alle caratteristiche della struttura e, se si ritiene che non siano plausibili, modificare il modello strutturale di conseguenza in modo da ottenere ciò che ci si aspetta. Una visualizzazione interessante è quella effettuata con mappa a colori (rappresentazione solida attivata). Essa ci fornisce un rapidissimo controllo della forma modale attiva.

La procedura suddetta è un aspetto delicato di tutto il processo di analisi in quanto questi fenomeni accadono molto spesso.

La mancata eccitazione delle masse nella misura voluta è spesso legata alla presenza di parti molto rigide le cui masse associate hanno scarsa possibilità di entrare nel processo. Questo accade, a esempio, in edifici con piano cantinato del quale siano modellate le pareti contro terra.

### ***Deformate***

Un altro controllo importante riguarda la deformata delle strutture sotto i carichi verticali ottenibile mediante il tasto



oppure dal menu Risultati->Diagramma deformato.

### ***Diagramma degli sforzi***

Anche il controllo dei diagrammi degli sforzi (M,T,N) e degli isosforzi ci forniscono importanti indicazioni sulla qualità del modello di calcolo da noi realizzato. E' sempre opportuno eseguire questi controlli prima di usare nel progetto delle armature lo stato di sollecitazione ottenuto con l'analisi. Infatti anche banali distrazioni nell'assegnazione dei carichi vengono immediatamente alla luce in questo modo.

## Salvataggio del file

Terminate tutte le procedure definite nei capitoli precedenti siamo pronti per passare a EasyBeam non prima di aver salvato la struttura e fatta una “Pausa caffè”.

Il salvataggio della struttura si esegue dal menu File->Salva o File->Salva come, o premendo l'icona del dischetto



appare un dialogo standard di salvataggio file e dopo aver scelta la directory dove salvare si sceglie il nome e si salva. Se il file è un file esistente la pressione dell'icona esegue il salvataggio diretto. Se si vuole cambiare il nome si deve utilizzare il menu File->Salva con nome.

Poiché in Nòlian si può impiegare qualsiasi sistema di unità di misura purché congruente, la informazione sul sistema di unità di misura impiegate finora non è stato necessario. Nei post-processor invece che fanno riferimento a requisiti di normativa espressi in specifiche unità di misura, questa informazione è necessaria. Salvando il file, nel dialogo di salvataggio, questa informazione va assolutamente assegnata.

Eseguite le operazioni di salvataggio si può passare a EasyBeam.

## Progetto delle armature in EasyBeam

### Apertura del file

Una volta aperto EasyBeam appare l'ambiente tridimensionale simile al Nòlian. L'apertura del file può essere effettuata:

1. mediante l'icona

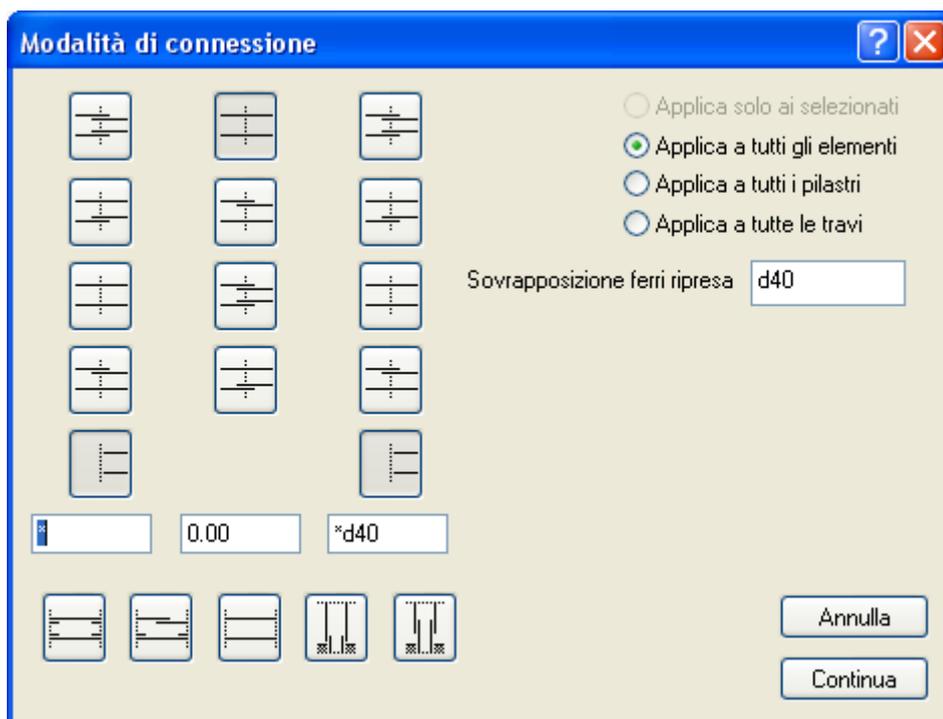
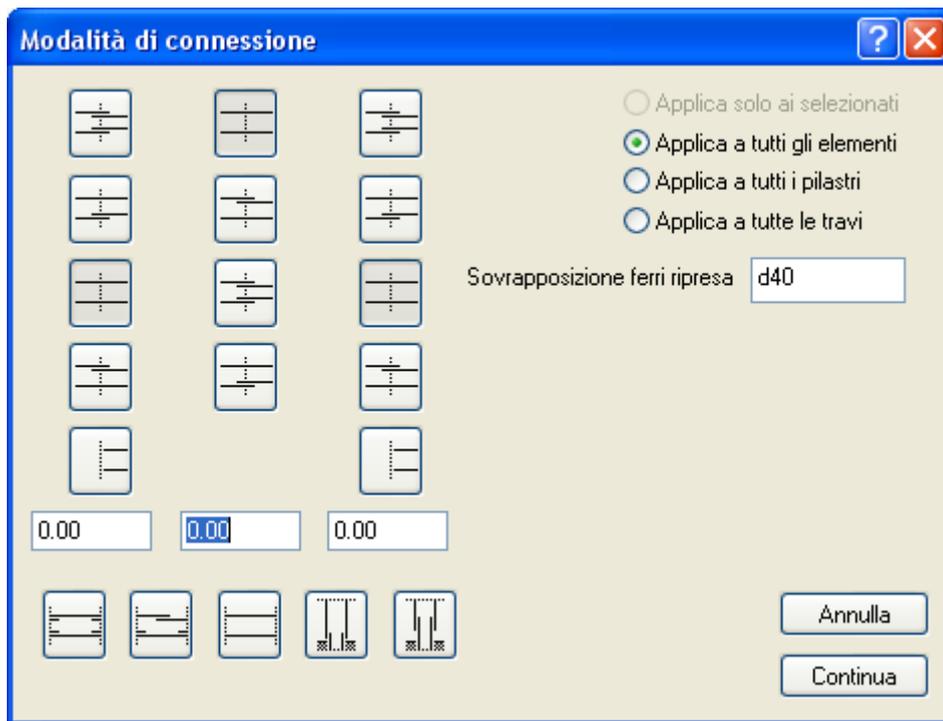


2. trascinando l'icona del file di Nòlian all'interno dell'ambiente.
3. dal menu File->Apri.

### Modalità di connessione

Aperto il file della struttura è opportuno impostare le modalità di connessione delle barre alla interfaccia tra elementi contigui in quanto per default esse sono impostate sull'interruzione su ogni elemento.

Si consiglia di impostare le modalità di connessione sulla continuità per le travi (corrispondente al 3° bottone dei cinque in basso), per i pilastri invece la scelta è dettata dalla sensibilità del progettista, pur sapendo che la interruzione migliore per i pilastri in zona sismica è alla mezzera del pilastro (scelta consigliata ottenibile premendo il 5° bottone), la maggior parte preferisce utilizzare la interruzione al solaio di cui si presenta in figura la modalità di connessione (4° bottone).

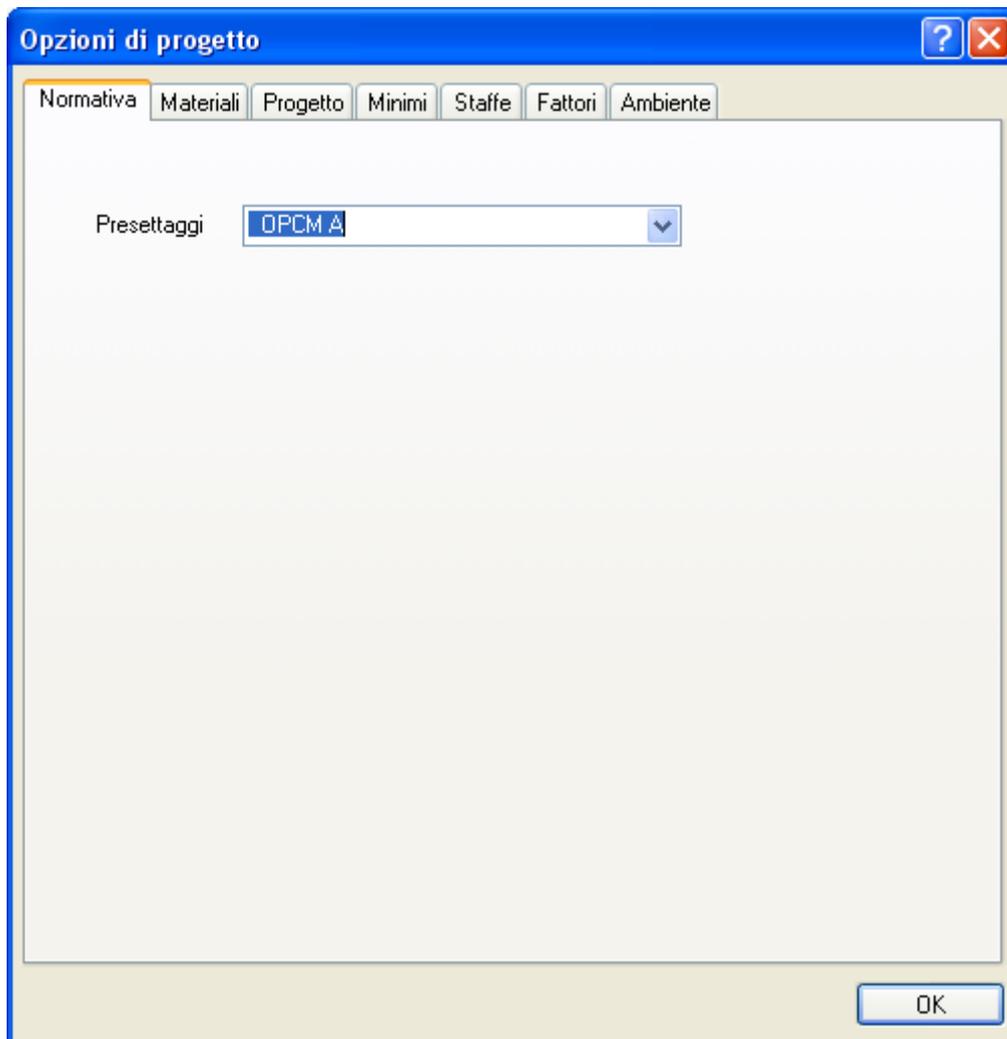


### ***Definizione dei parametri di progetto***

Prima di effettuare il progetto delle armature della struttura si devono configurare tutti i parametri inerenti i materiali e si deve scegliere il metodo di progetto.

Si ricorda che queste configurazioni vengono memorizzate dal programma per cui una volta eseguite secondo i materiali impiegati e le proprie abitudini progettuali non sarà affatto necessario

assegnarli nuovamente o si dovrà intervenire solo su alcuni di essi. Inoltre nella nuova versione EWS27 il cui aggiornamento è scaricabile da internet è possibile scegliere la normativa da utilizzare nel calcolo nel nostro caso OPCM A.



Una volta scelta la normativa tutti i parametri inerenti le schede minimi e staffe verranno adeguatamente settati

Sulla scheda dei materiali si possono definire le caratteristiche del calcestruzzo e delle barre di armature e si possono definire barre diverse per travi e per pilastri. Si può definire inoltre la dimensione del copriferro e dell'interferro.

**Opzioni di progetto** [?] [X]

Normativa **Materiali** Progetto Minimi Staffe Fattori Ambiente

**Unità di misura**

Lunghezza  Forza  Pressione

**Resistenza materiali**

Resist. cubica calcestruzzo  Resistenza acciaio   
 Ammissibile calcestruzzo  Ammissibile acciaio

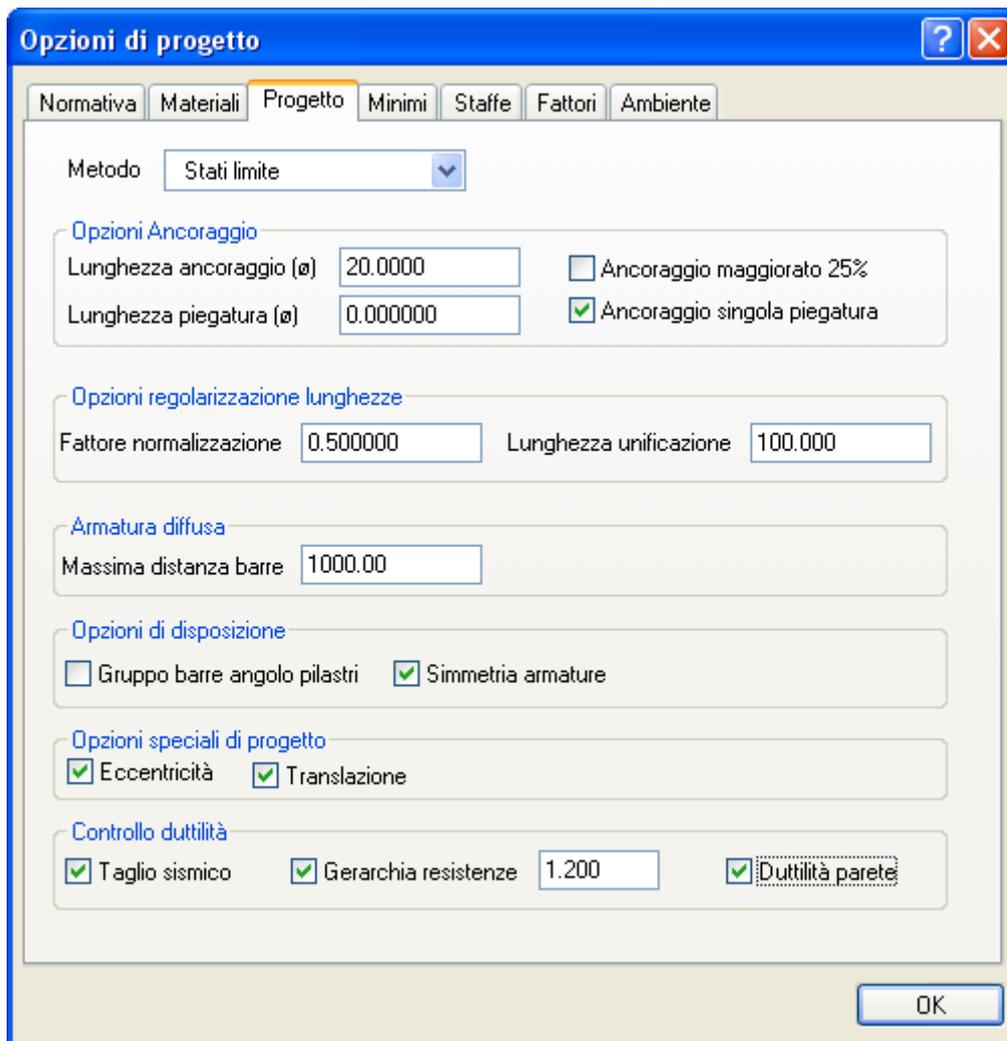
**Barre armatura longitudinale**

		Area	Attivazione	
			Travi	Pilastri
Barra 1	<input type="text" value="ø12"/>	<input type="text" value="1.13097300"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Barra 2	<input type="text" value="ø14"/>	<input type="text" value="1.53938000"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Barra 3	<input type="text" value="ø16"/>	<input type="text" value="2.01061900"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Disposizione**

Copriferro  Interferro   
 Massima lunghezza

OK



Si ricorda che il copriferro è definito come distanza dal centro della barra al lembo esterno del calcestruzzo e non si tratta del ricoprimento che viene definito come “copriferro” nella normativa vigente e cioè distanza minima dalla superficie esterna della barra di acciaio al lembo esterno del calcestruzzo. Il copriferro va quindi calcolato come segue  $c = 2\text{cm}(\text{normativa}) + \text{diametro staffa} + 1/2$  diametro della barra di dimensioni massime. Facendo l'esempio di staffe da 8mm e diametro massimo di 20mm si ottiene un copriferro di  $(2 + 0,8 + 2/2) = 3,8\text{cm}$

Similmente accade per l'interferro che essendo inteso dal programma come distanza tra i centri delle barre e non come distanza minima tra l'esterno delle barre va calcolato come  $i = 2\text{cm} + \text{diametro}$  per barre fino ad un diametro di 20mm e  $i = 2 \times \text{diametro}$  per barre superiori a 20mm. Facciamo un esempio. Se il diametro massimo delle barre utilizzate è di 16mm  $i = 2 + 1,6 = 3,6\text{cm}$ , se il diametro massimo è 22mm  $i = 2 \times 2,2 = 4,4\text{cm}$ .

La OPCM 3431 non permette più il calcolo del cemento armato con il metodo delle tensioni ammissibili. Quindi si deve necessariamente utilizzare il metodo degli stati limite.

La configurazione presentata nel dialogo sopra è la configurazione da utilizzare per strutture da progettare ad alta duttilità .

Per quanto riguarda il settaggio di minimi di armature longitudinale e a taglio inerenti il progetto per strutture ad alta duttilità, il programma EasyBeam fornisce automaticamente i settaggi potendosi scegliere il settaggio opportuno mediante l'apposito menù a tendina nel pannello materiali come già descritto precedentemente.

I settaggi sono i seguenti:

**Opzioni di progetto** [?] [X]

Normativa | Materiali | Progetto | **Minimi** | Staffe | Fattori | Ambiente

Minimi di armatura longitudinale

**Travi**

	Minima	Massima	
Tesa	<input type="text" value="0.00312136"/>	<input type="text" value="0.00780341"/>	<input type="checkbox"/> Considera compressa
Totale	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="1.00000000"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Applica ai due lati

**Pilastr**

	Minima	Massima
Tesa	<input type="text" value="0.00000000"/>	<input type="text" value="1.00000000"/>
Totale	<input type="text" value="0.01,N0.00033"/>	<input type="text" value="0.04000000"/>

**Travi fondazione**

Totale minima

**Continuità armatura superiore travi**

Moltiplicatore valore di estremità

**Bilanciamento armatura travi**

Rapporto  Tratto

OK

**Opzioni di progetto** [?] [X]

Normativa | Materiali | Progetto | Minimi | **Staffe** | Fattori | Ambiente

Nome barra:  Area:

**Disposizione**

Passo massimo travi:  pilastri:

Arrotondamento passo:

Ancoraggio (ø):

**Speciali**

Contributo cls al taglio Tensione minima:

**Staffe composte**

Massima distanza braccia:

Massima dist. legature pilastri:

**Infittimento estremi travi**

Lunghezza tratto:

Passo:   Staffe filo pilastro

**Infittimento estremi pilastri**

Lunghezza tratto:

Passo:   Infittimento Nodo

OK

Per la sintassi dei settaggi all'interno dei campi si rimanda la manuale di riferimento.

I settaggi inerenti i fattori di sicurezza parziale per la normativa sono i seguenti:

**Opzioni di progetto** [?] [X]

Normativa | Materiali | Progetto | Minimi | Staffe | **Fattori** | Ambiente

**Coefficienti di sicurezza parziale**

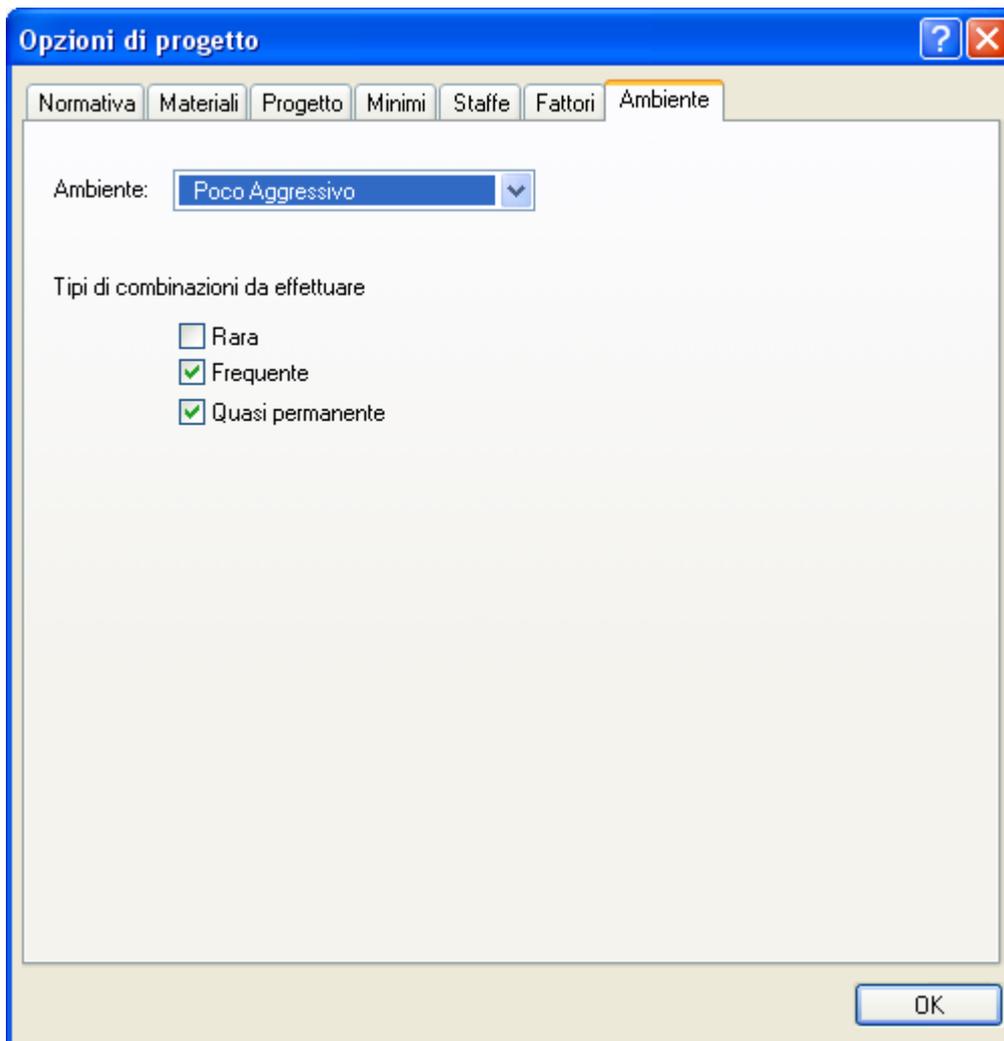
Fct. Sic. Prz. Cls.	<input type="text" value="1.60000"/>
Fct. Sic. Prz. Acciaio	<input type="text" value="1.15000"/>
Asse parabola Cls.	<input type="text" value="0.002000"/>
Eps ultima Compress. Cls.	<input type="text" value="0.003500"/>
Eps ultima Traz. Acciaio	<input type="text" value="0.010000"/>
Incremento resistenza acciaio	<input type="text" value="0.000000"/>
Rapp. Moduli Elasticità	<input type="text" value="15.0000"/>
Fct. Riduz. Aggiuntiva	<input type="text" value="0.850000"/>

**Coefficienti di riduzione di resistenza**

Riduz. Resist. Fless.	<input type="text" value="1.00000"/>
Riduz. Resist. Press. Fless.	<input type="text" value="1.00000"/>
Riduz. Resist. Taglio	<input type="text" value="1.00000"/>

OK

Per la verifica a fessurazione (stato limite di servizio) va definito anche l'ambiente in cui la struttura è localizzata. Per fare ciò si deve scegliere l'ambiente nell'apposita scheda dei parametri di progetto di seguito riportata.



Terminate le operazioni di settaggio si può procedere al progetto delle armature utilizzando l'apposito tasto della palette



Nel nostro caso e cioè per strutture ad alta duttilità è necessario che il progetto sia effettuato su tutta la struttura contemporaneamente. Questo perché EasyBeam procederà al calcolo prima di tutte le travi e poi di tutti i pilastri per tenere conto della gerarchia delle resistenze.

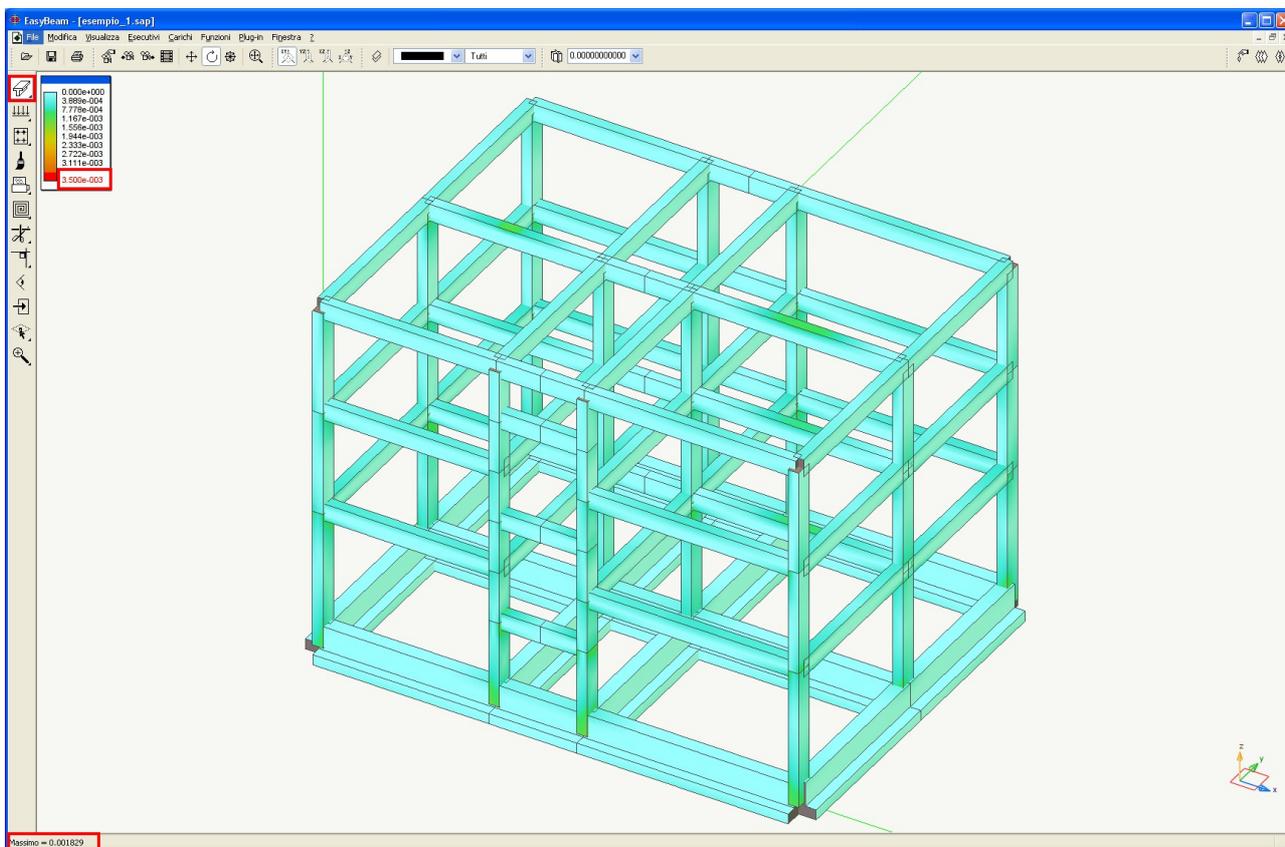
### ***Procedure per le verifiche a video***

Dopo aver effettuato il progetto delle armature ed eventualmente aver modificato le armature secondo le proprie esigenze è consigliabile effettuare le verifiche a video allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio delle diverse grandezze in gioco. Vediamo come fare in pochi e semplici passi.

Si ricorda che le funzioni di verifica sono tutte attivate tramite l'icona gerarchica che si trova in alto a sinistra della palette. Tenendo premuta l'icona, si apre una striscia che consente di scegliere il tipo di verifica desiderata. Le verifiche possono fornire valori numerici oppure rappresentazioni a livelli di colore. Per attivare una o l'altra modalità, si deve eseguire un doppio clic sull'icona della verifica

desiderata e scegliere le modalità di verifica volute.

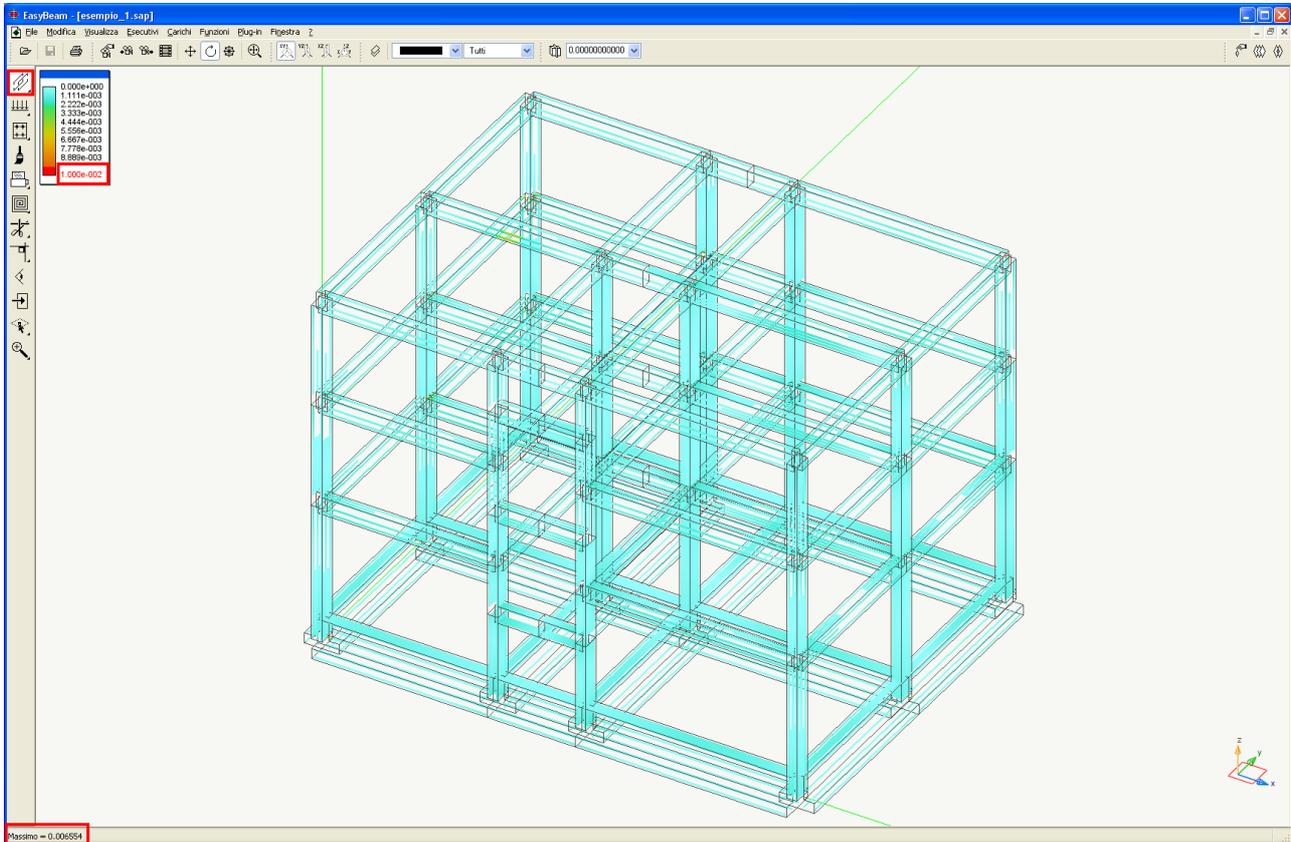
## Verifica del calcestruzzo



Cliccando sull'icona della palette in altro a sinistra (evidenziata in rosso nella figura) e selezionando tutta la struttura mediante il menu Modifica->Seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo, si visualizza la massima deformazione del calcestruzzo, evidenziata in basso nella barra di stato.

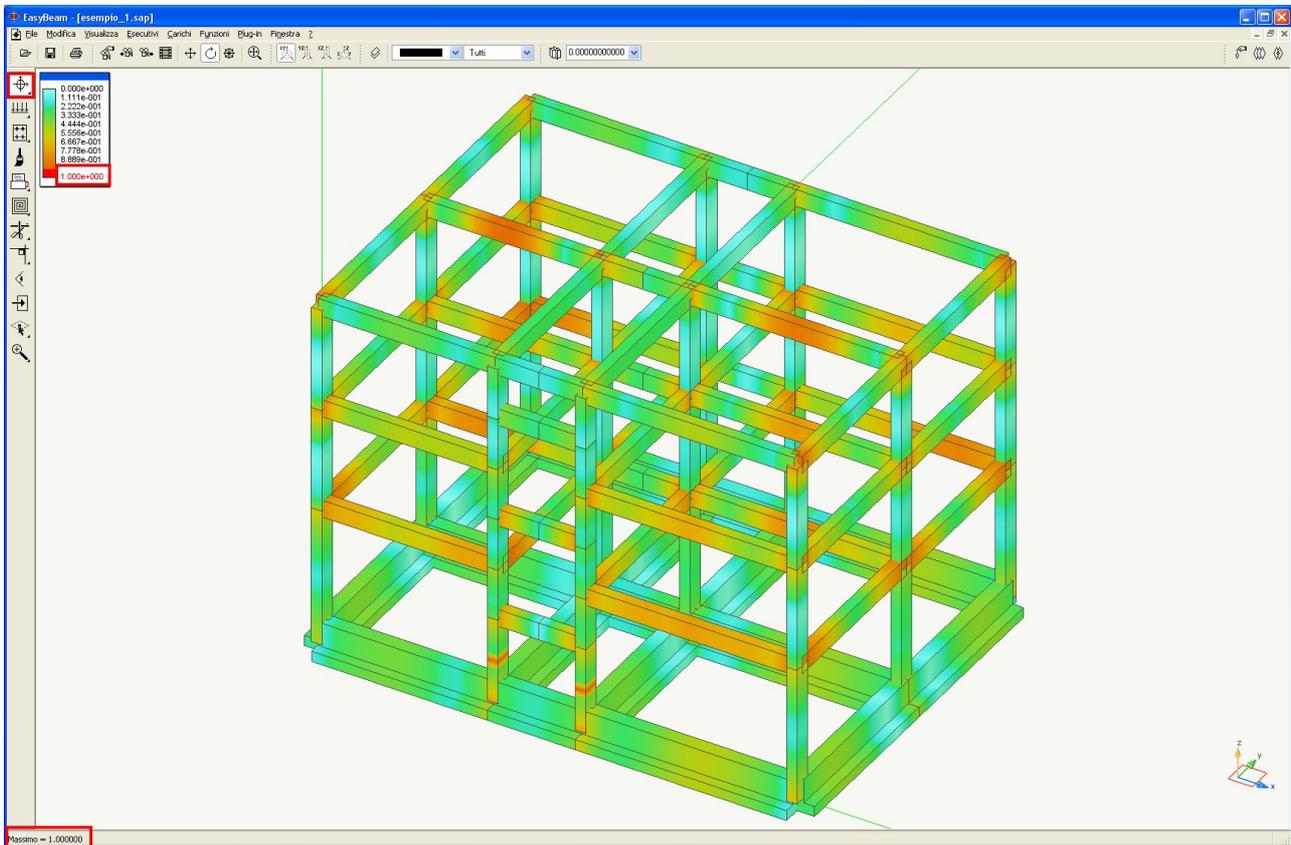
## Verifica dell'acciaio

Cliccando sull'icona della palette in alto a sinistra (evidenziata in rosso nella figura) e selezionando tutta la struttura mediante il menu Modifica->Seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo si visualizza la massima deformazione dell'acciaio, il cui valore numerico massimo è riportato in basso nella barra di stato.



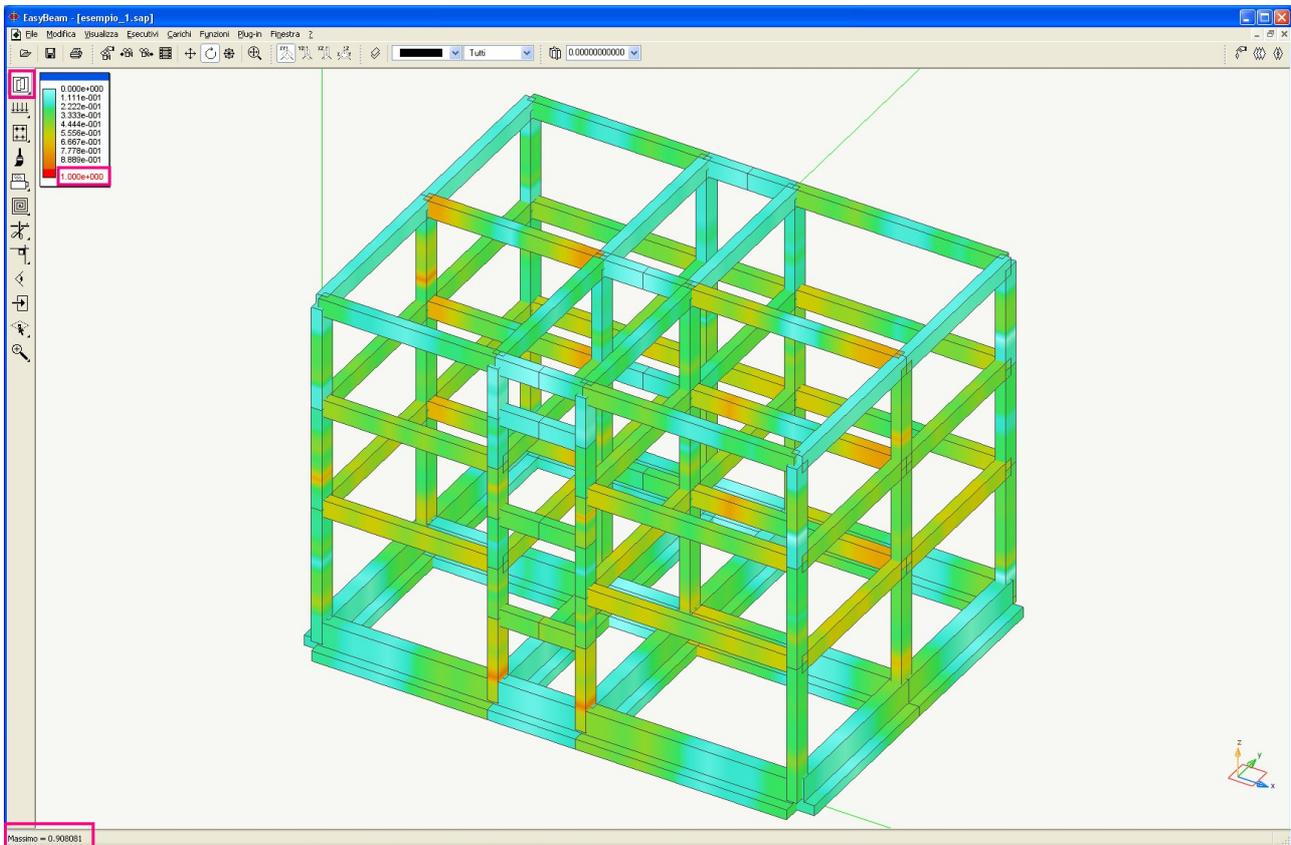
## Verifica del coefficiente di sfruttamento

Cliccando due volte sull'icona della palette in alto a sinistra (evidenziata in rosso in figura) appare un dialogo dove è possibile settare la possibilità di visualizzazione della rappresentazione a colori anziché dei valori numerici del coefficiente di sfruttamento. Selezionando tutta la struttura mediante il menù modifica seleziona tutto, oppure premendo contemporaneamente i tasti ctrl+A, o mediante il lazo si visualizza il valore del coefficiente di sfruttamento, il cui massimo è evidenziato in basso nella barra di stato. Sulla legenda dei colori, è visualizzato il valore massimo ottenibile.



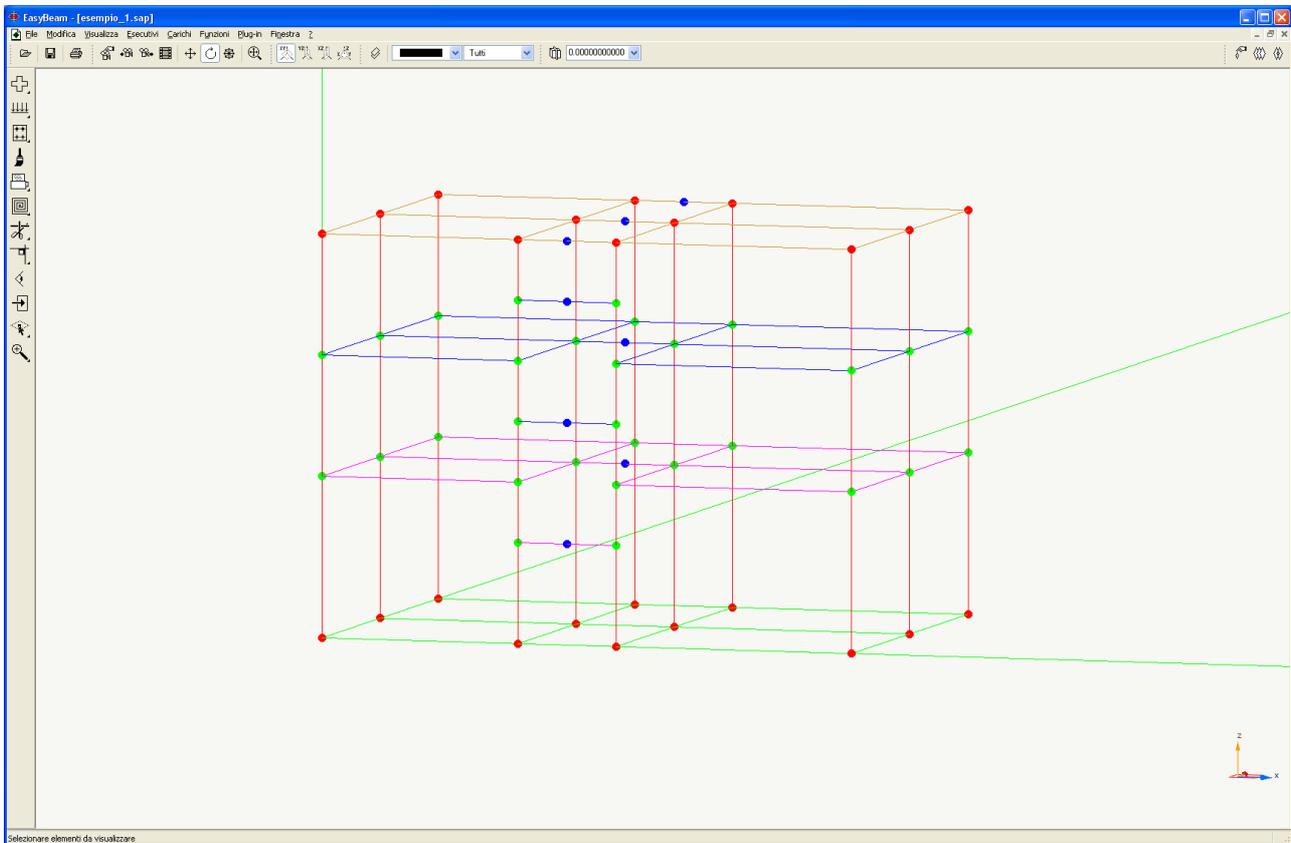
## Verifica del taglio

La verifica si attiva come quelle precedentemente illustrate. Il valore mostrato a diagramma di colori è il coefficiente di sfruttamento (inverso del coefficiente di sicurezza) per il taglio. Viene mostrato il valore massimo tra tutte le combinazioni di progetto attivate.



## Verifica dei giunti

Questa funzione si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte. I nodi vengono verificati per la gerarchia delle resistenze e per la staffatura secondo normativa. Le verifiche possono avere tre risultati identificati da tre colori diversi:



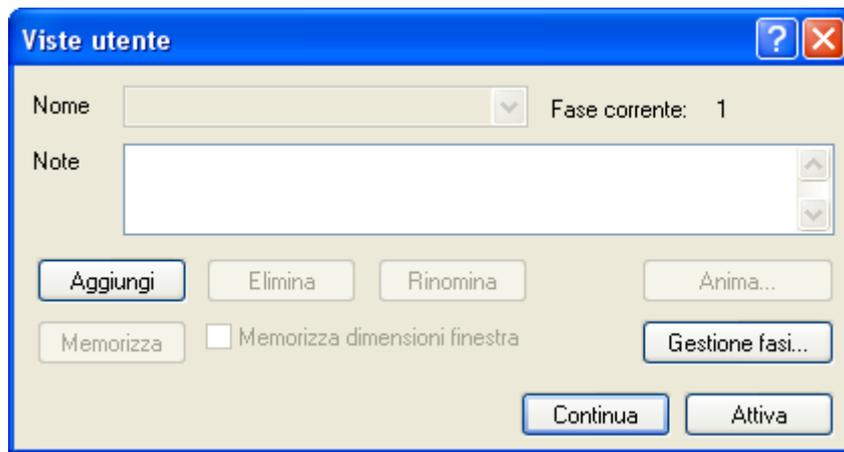
- il colore rosso indica che nel nodo  $\alpha < \gamma_{rd}$ ,
- il colore blu indica che il nodo non è ammissibile per la verifica,
- il colore verde che  $\alpha > \gamma_{rd}$ .

In testa e al piede dei pilastri è ammesso che la verifica non sia soddisfatta.

Tutte le immagini dei risultati che sono rappresentate possono essere salvate e come vista utente e poi stampate nel tabulato di EasyBeam. La procedura da seguire è la seguente. Cliccare sull'icona



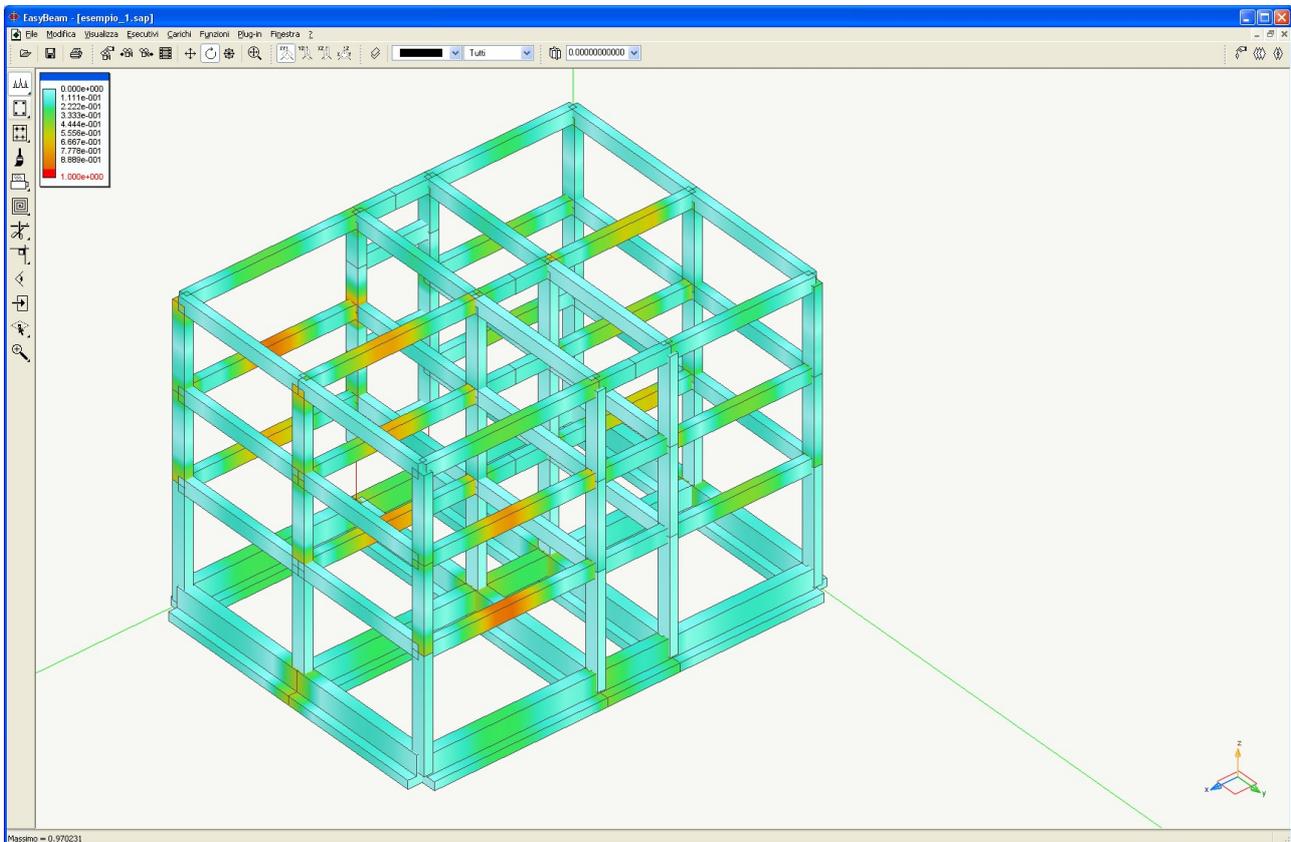
appare il dialogo



clickando su aggiungi il programma aggiungerà una nuova vista. Il nome assegnato alla vista verrà poi riportato come didascalia della figura.

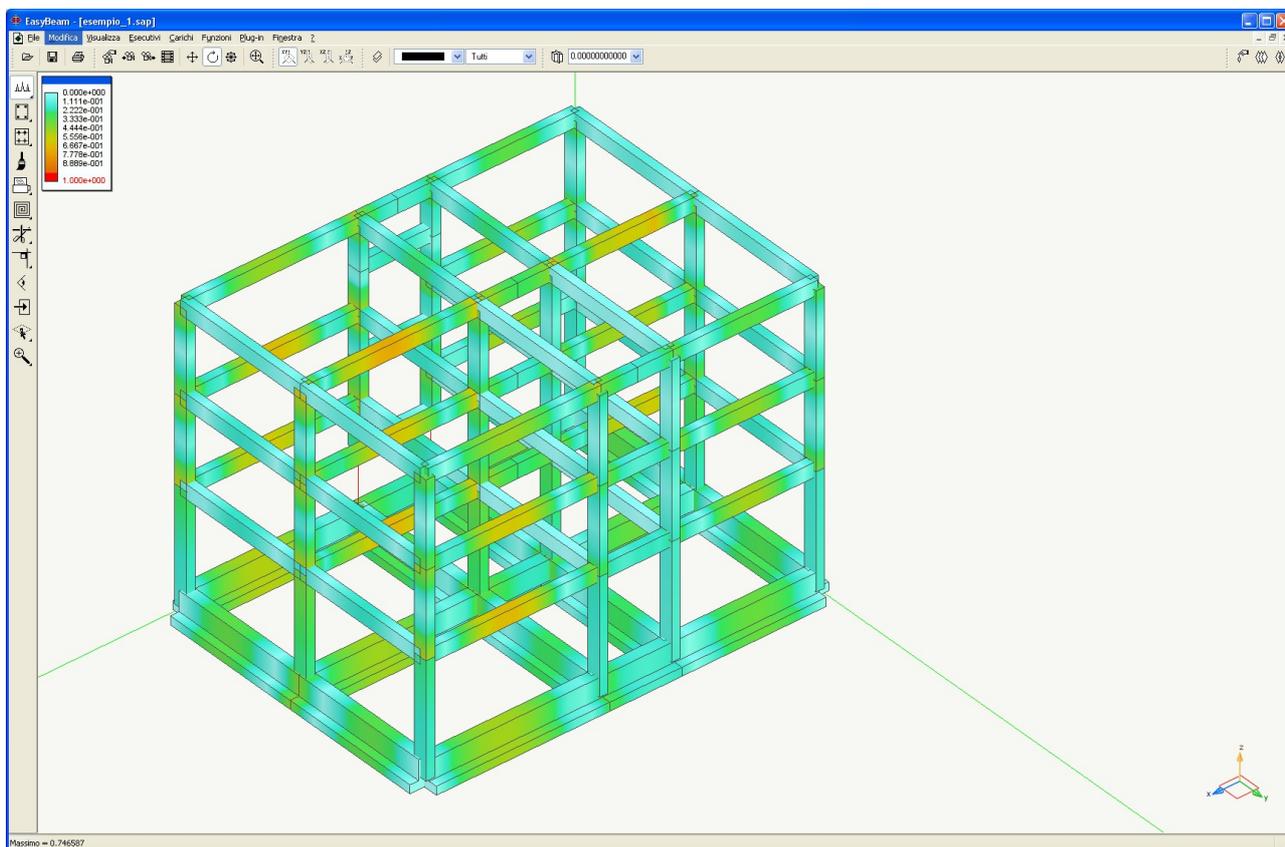
### Verifica allo stato limite di servizio: fessurazione

Questa funzione si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte. Nel dialogo delle opzioni della verifica (che si apre con un doppio clic sull'icona) si devono assegnare i due valori limite della apertura delle fessure che sono il fine scala della mappatura a colori. Tali valori, dati dalla normativa, possono essere inseriti dall'utente o settati in modo automatico selezionando il tipo da ambiente nel dialogo dei fattori di combinazione di esercizio.



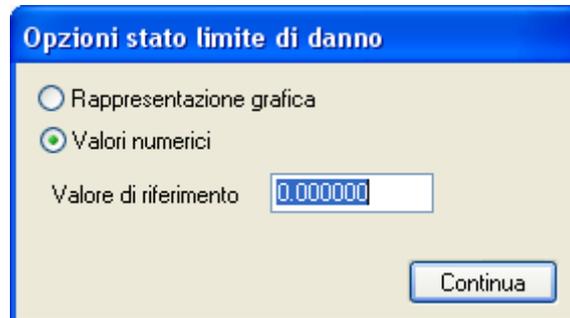
## Verifica allo stato limite di servizio: tensioni di esercizio

Questa funzione si attiva come le altre funzioni di verifica precedentemente descritte. Nel dialogo delle opzioni della verifica (che si apre con un doppio clic sull'icona) si possono assegnare i moltiplicatori della tensione di snervamento acciaio. Tali valori dati dalla normativa possono essere inseriti dall'utente o settati in modo automatico selezionando il tipo di ambiente nel dialogo dei fattori di combinazione di esercizio. Cliccando su Continua e selezionando quindi tutta la struttura è possibile avere la rappresentazione a colori della verifica delle tensioni di esercizio.



## Verifica allo stato limite di danno

Questa verifica si attiva mediante l'apposita icona sulla palette come per le altre funzioni di verifica precedentemente descritte. Nel dialogo delle opzioni di verifica



è possibile settare il tipo di rappresentazione numerica o grafica ed un valore di riferimento di  $\delta/H$  per la verifica a colori. Per la verifica numerica apparirà il seguente dialogo:

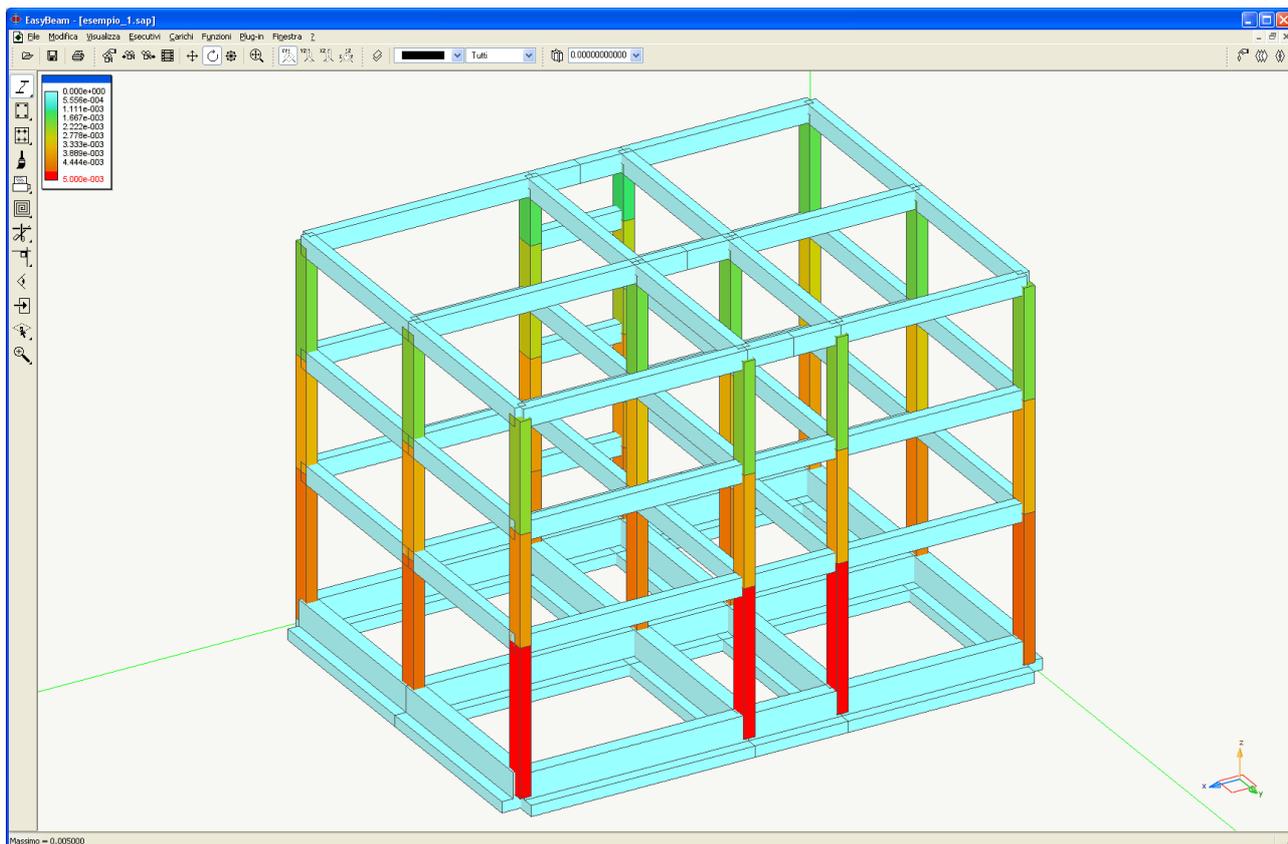
Spostamenti relativi

Quota	Spostamento relativo
275	0.0043794
425	0.0054099
575	0.0037573
725	0.004021
875	0.002593
1025	0.0021914

Spostamento relativo massimo 0.005410

Continua

Tali valori possono essere riassunti nella rappresentazione grafica



## ***Produzione dei disegni esecutivi***

Questo Percorso è soprattutto dedicato alle procedure da seguire per effettuare un consapevole progetto in zona sismica e quindi non si inoltra, per forza di cose, nelle moltissime funzioni dei programmi di cui si tratta. Un cenno a parte merita la produzione automatica dei disegni esecutivi degli elementi in calcestruzzo armato in quanto su tali procedure si basa la produttività del processo progettuale. In EasyBeam, oltre alla possibilità di modificare le armature in modo molto semplice e diretto, le procedure di generazione degli esecutivi sono molto flessibili e produttive e si basano su un sistema CAD interno, il BIC, eguale per tutti i post-processor di Nòlian, che consente la manipolazione grafica dei disegni con molta facilità consentendo di giungere fino alla produzione finale. Su queste funzioni, vista la loro specificità, non ci soffermiamo rimandando alla documentazione di EasyBeam ma ci teniamo a sottolineare la semplicità e produttività di queste ultime operazioni per ottenere gli elaborati esecutivi.

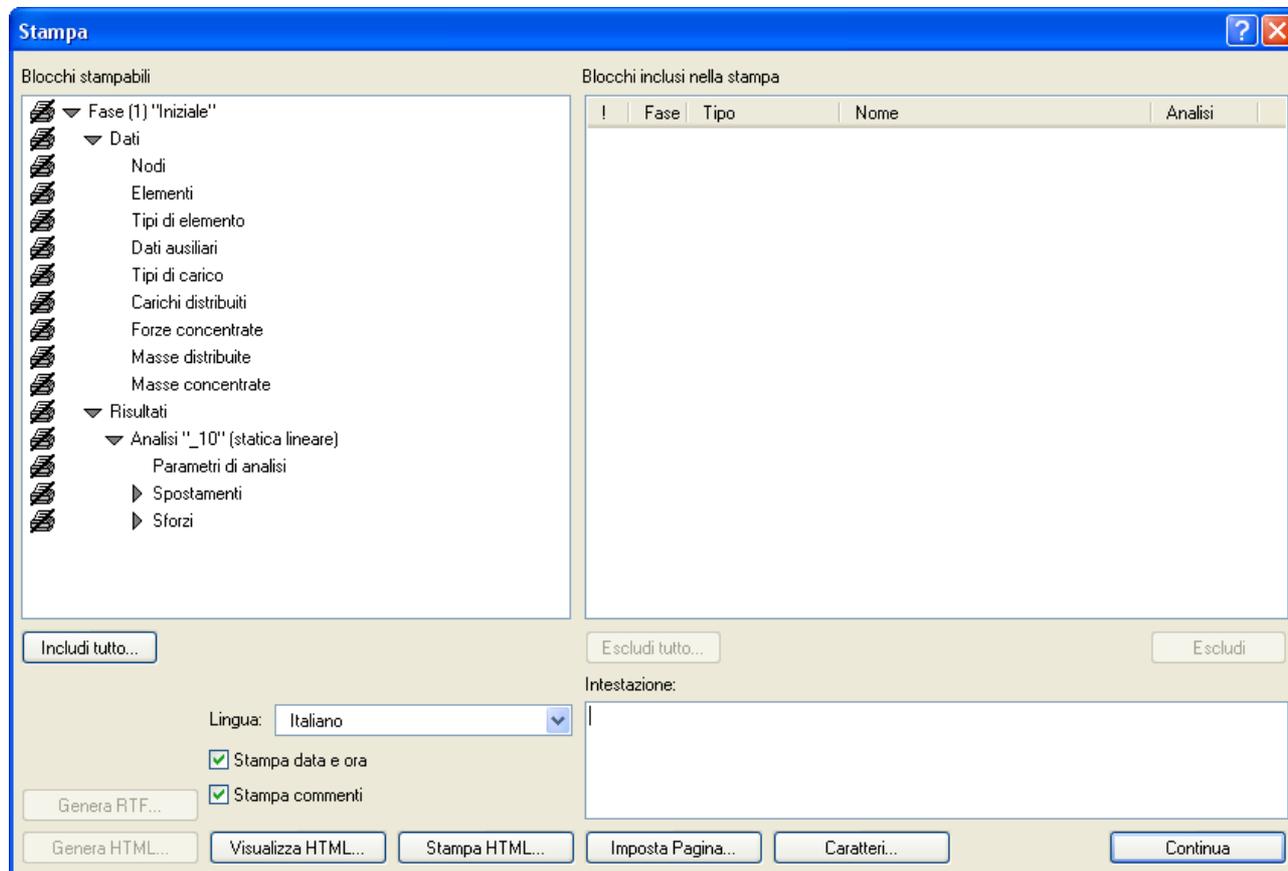
## ***La relazione di calcolo***

Alla relazione di calcolo è dedicato il Percorso 5 al quale rimandiamo per ogni ulteriore informazione sull'argomento. Qui, per facilitare la comprensione di questo percorso, ci limitiamo a ricordare che la Relazione Tecnica è un documento che contiene informazioni sulle scelte progettuali del progettista e quindi ha una struttura piuttosto articolata e personale che in EasyWorld viene gestita da un programma specifico: EasyQuill. Quindi le stampe di cui si parlerà nel prossimo capitolo vanno viste soprattutto come degli allegati tecnici da allegare alla Relazione Tecnica. Sul loro livello di dettaglio vi sono pareri discordi. Molti progettisti riportano in Relazione Tecnica solo le verifiche e i dati principali del progetto, altri i risultati in forma completa. I programmi di EasyWorld tendono a favorire al massimo la personalizzazione degli elaborati del progetto per non

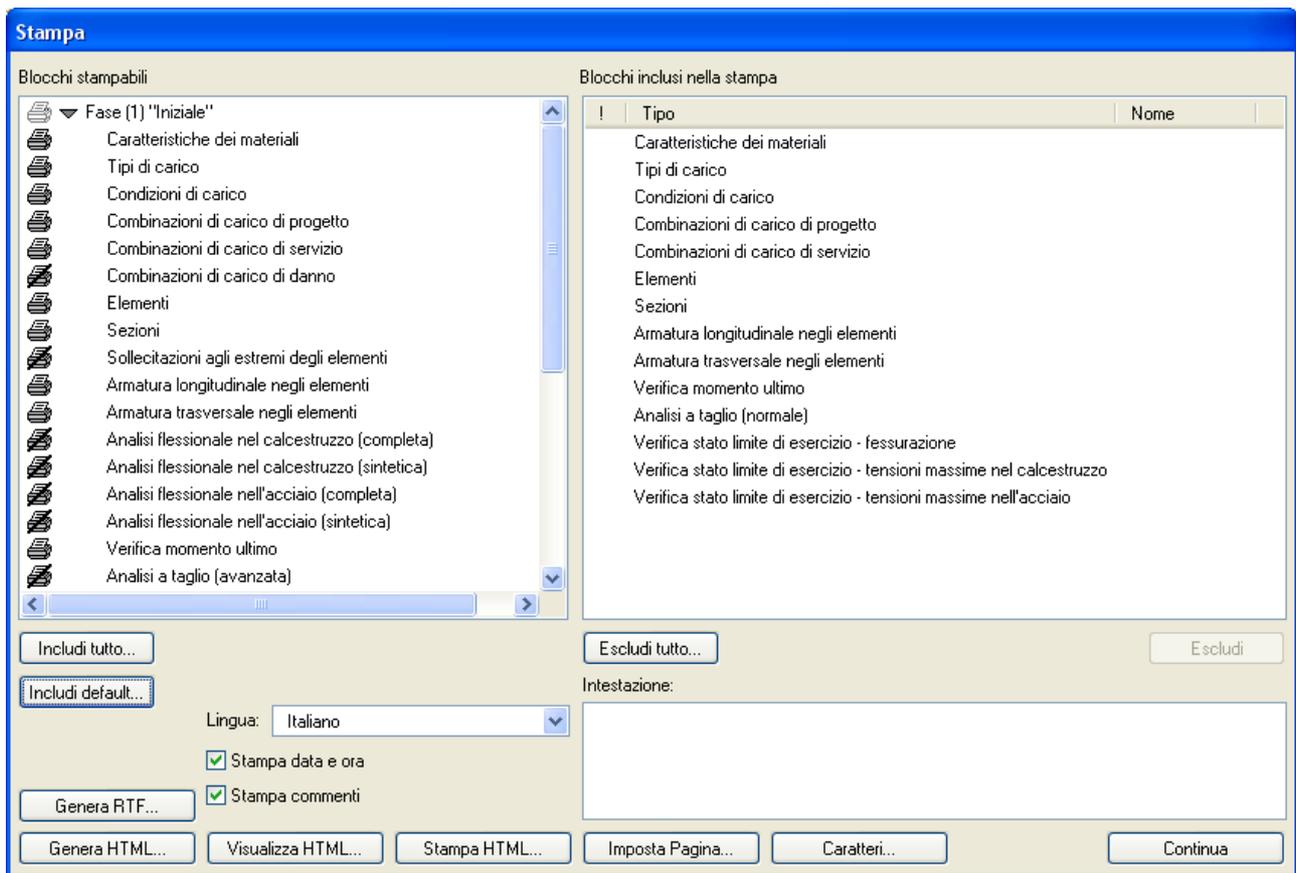
dare ai progettisti una soluzione unica ma invece flessibile e adattabile alle loro esigenze.

## **Stampa dei risultati**

Cliccando sull'icona di stampa di Nòlian e di EasyBeam appaiono i seguenti dialoghi.



*Dialogo stampe di Nòlian*



*Dialogo stampe EasyBeam*

I dialoghi di stampa sono simili e la stampa è completamente configurabile dall'utente. Si può quindi ottenere una stampa personalizzata anche con le immagini delle viste utente salvate nel file.

Un blocco può essere stampato cliccando sull'icona a forma di stampante barrata che diventerà attiva e sarà così visualizzata nella parte destra del dialogo. Tutti i blocchi possono essere spostati a piacimento trascinandoli per organizzare la successione dei testi. Le stampe possono essere realizzate in html o rtf premendo il pulsante di generazione del file di stampa. Se alcune verifiche non state eseguite oppure non sono risultate soddisfacenti il programma ne dà comunicazione in sede di stampa e sul tabulato vengono evidenziate in rosso.

Cosa stampare?

Se la struttura ha molti elementi strutturali non è difficile ottenere tabulati con migliaia di pagine. Proprio per questo i programmi della Softing sono stati sviluppati con una attenzione particolare alle verifiche in forma grafica per ottenere una maggiore sinteticità dei risultati. A tale scopo è stata anche sviluppata la stampa mirata che riassume la stampa esponendo in automatico solo le verifiche degli elementi strutturali più significativi.

Un'ulteriore utilità è il tasto "includi default" che inserisce, a seconda del metodo di calcolo settato all'interno del postprocessore, gli opportuni blocchi di testo.

## **Principali variazioni di settaggio nel caso delle altre normative in uso.**

Con l'entrata in vigore dell'articolo 20 del el D.L. n. 248/07 "Milleproroghe" fino al giugno del 2009 si possono applicare tutte le normative precedenti e quindi è ancora possibile applicare:

1. Decreto Ministeriale 14/02/92 -
2. DM 16/01/96
3. OPCM 3431 del 31/5/2005
4. DM 14/09/2005
5. DM 14/01/2008

Tutte queste normative sono regolarmente implementate nei post-processor del cemento armato.

Il punto 3 è già stato ampiamente discusso nei paragrafi precedenti nel caso di alta duttilità vediamo ora quali sono le maggiori differenze nell'utilizzo di Nòlian e del post-processore EasyBeam nell'utilizzo delle nuove normative seguendo ed adattando quanto detto nel percorso.

### ***Decreto ministeriale 14/02/1992 – Tensioni ammissibili***

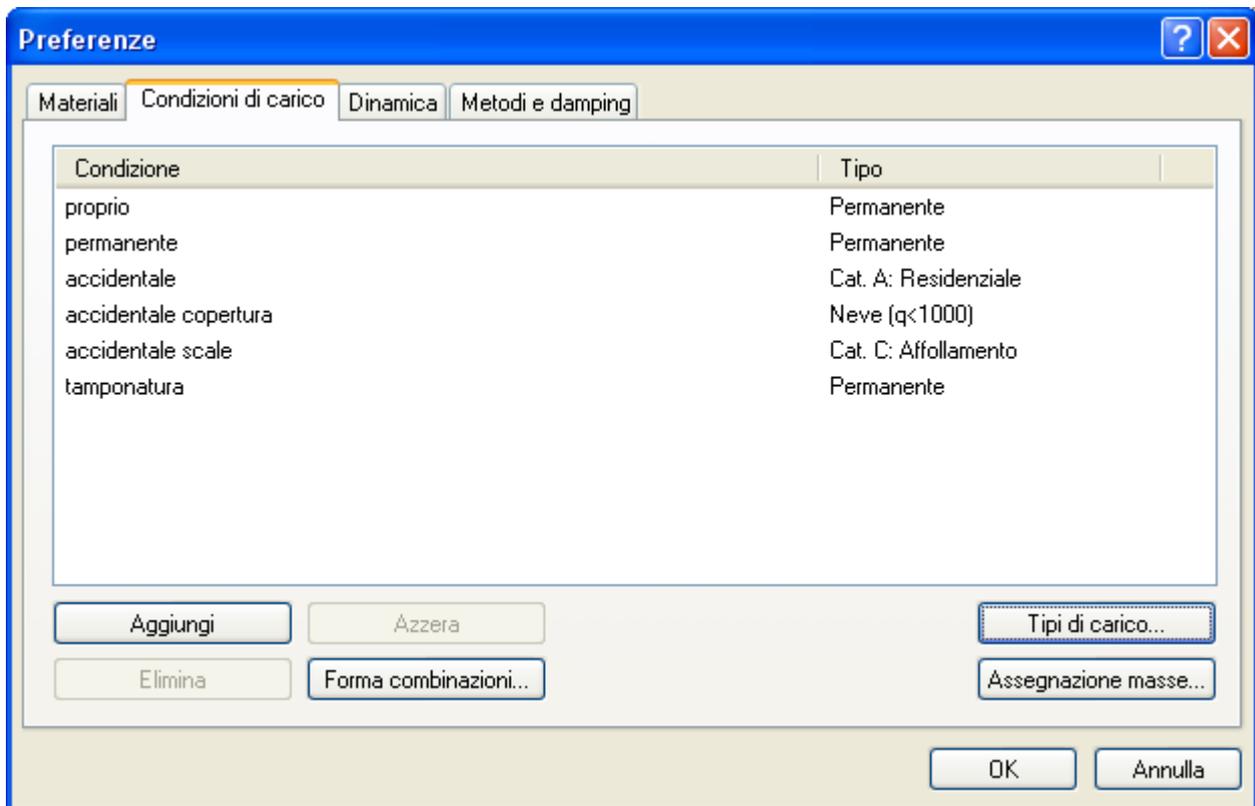
Con la normativa in oggetto il percorso si semplifica alquanto. Il percorso si snoda secondo i seguenti punti:

*Preparazione per le analisi:*

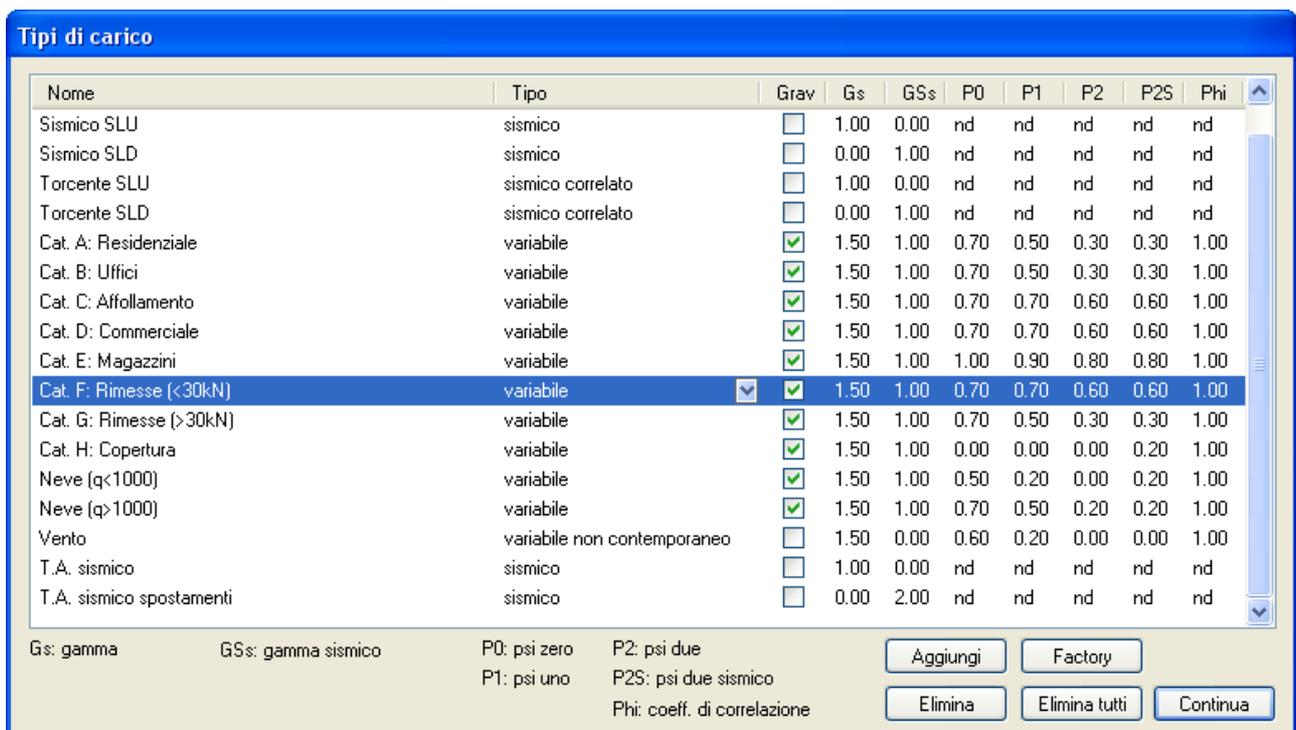
1. Tipizzazione dei carichi
  2. Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica
- *Verifica dei risultati in Nòlian*
  - *Salvataggio della struttura*
  - *Progetto delle armature con EasyBeam:*
    3. Definizione dei parametri di progetto
    4. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto
    5. Procedure per la verifica a video
    6. Stampa dei risultati
  - *Stampa dei risultati in Nòlian*

## Tipizzazione dei carichi

Per accedere al dialogo di gestione dei tipi delle condizioni si deve andare sul menu Dati -> carichi -> condizioni. Apparirà il dialogo seguente:



alle condizioni va assegnato il tipo a scelta dell'utente. Cliccando su tipi di carico... si accede al seguente dialogo:

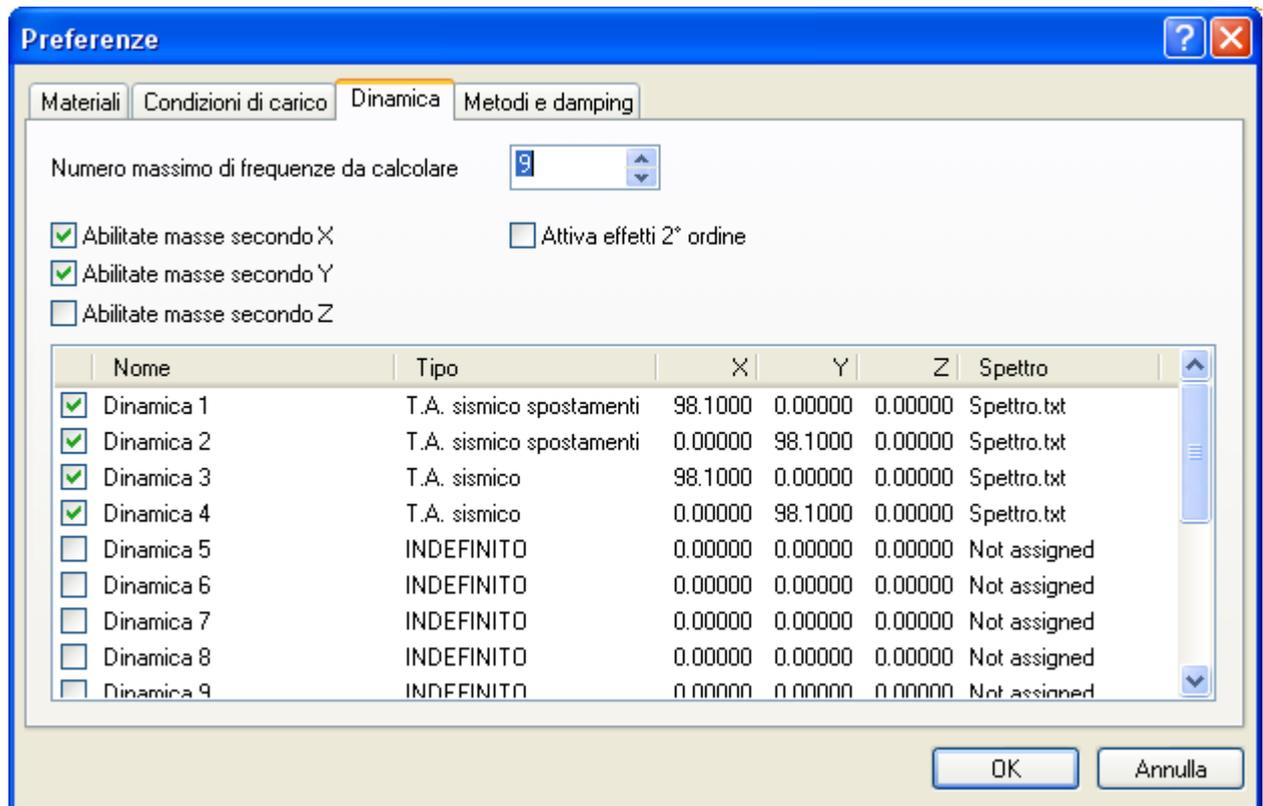


Nel nostro caso si deve aggiungere due tipi di carico nuovi cliccando per due volte su “Aggiungi” quindi si setteranno i parametri come nella precedente figura nel caso di I=1. Nel caso di I=1.2 i coefficienti sono  $G_s=1.2$  e  $G_{ss}=3$  nel caso di I=1.4:  $G_s=1.4$  e  $G_{ss}=4$

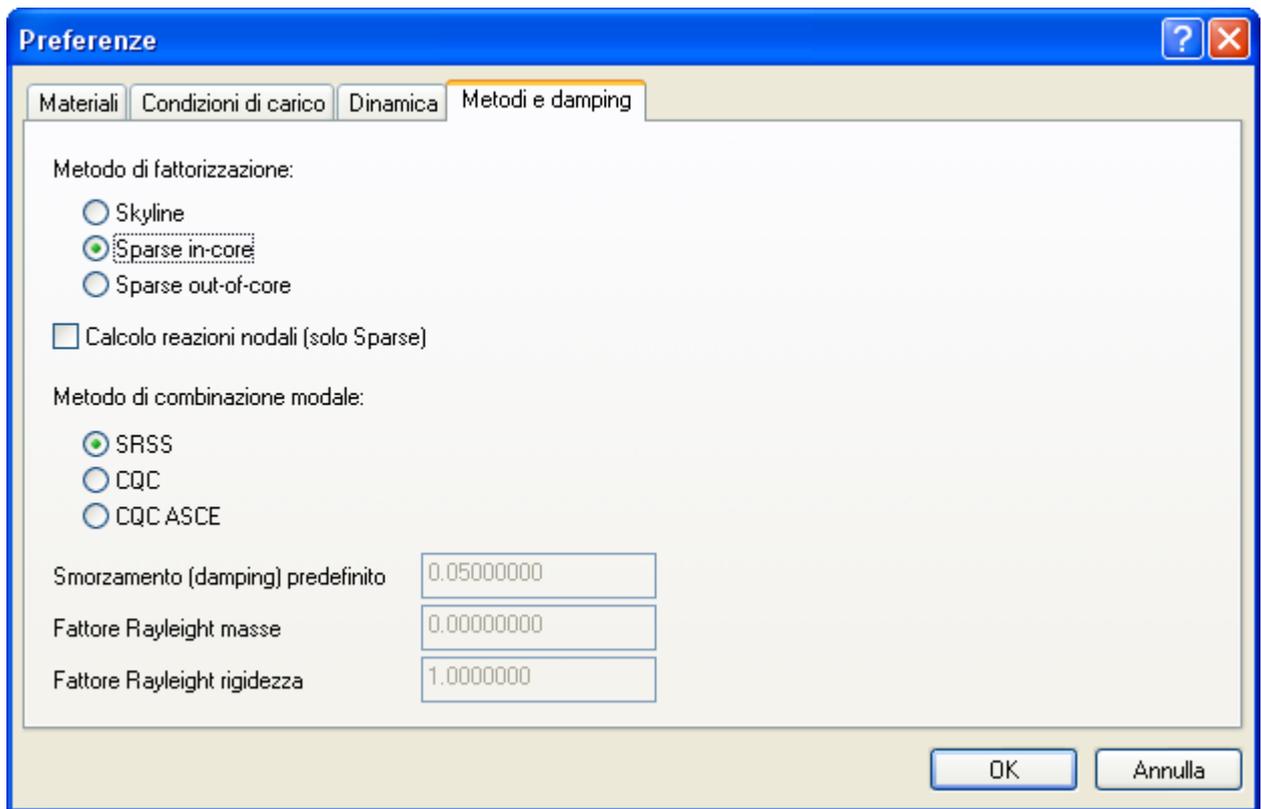
### Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica

Prima di effettuare l'analisi dinamica modale della struttura con la tecnica dello spettro di risposta, è necessario inserire i valori di accelerazione al piede della struttura. Per fare questo:

1. Attivare il menu Analisi->Opzioni
2. Selezionare la scheda Dinamica



3. assegnare le frequenze da calcolare. Generalmente, visto l'uso dei piani rigidi, il numero di frequenze da calcolare è pari a 3 per ogni piano
4. Abilitare le masse nelle direzioni X e Y. Si dovranno abilitare anche secondo Z nel caso di strutture con presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi, di elementi a mensola, di strutture di tipo spingente, di pilastri in falso, edifici con piani sospesi.
5. Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  ottenibili moltiplicando  $A_G=(S-2)/100*981*\beta*\epsilon$ .
6. Assegnare il percorso del file dello spettro di risposta cliccando con il pulsante destro del mouse e selezionando “scegli file”
7. passare alla scheda Damping e selezionare il metodo di combinazione SRSS



Effettuate queste operazioni siamo pronti per analizzare la struttura.

L'analisi può essere lanciata dal menu Analisi->Analisi statica e dinamica, o premendo il pulsante della toolbar.



### **Verifica e salvataggio dei risultati in Nolian**

Non ci soffermiamo perché già spiegato nei precedenti capitoli

### **Progetto delle armature con EasyBeam**

#### *Definizione dei parametri di progetto*

Rispetto a quanto già detto nei precedenti paragrafi si deve procedere ad inserire nella scheda normativa del dialogo delle opzioni di progetto ottenibile cliccando 2 volte sull'icona di progetto il presettaggio "DM29 TA".

#### *Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto*

Le combinazioni di progetto verranno effettuate con i coefficienti unitari. Il metodo di combinazione è quello completo

#### *Procedure per la verifica a video*

Si utilizzano le stesse procedure viste nei paragrafi precedenti

#### *Stampa dei risultati*

La stampa dei risultati avviene come già precedentemente descritto. Cliccando sul bottone include default si otterrà l'inserimento degli opportuni blocchi di testo

## **Decreto ministeriale 16/01/1996 – stati limite**

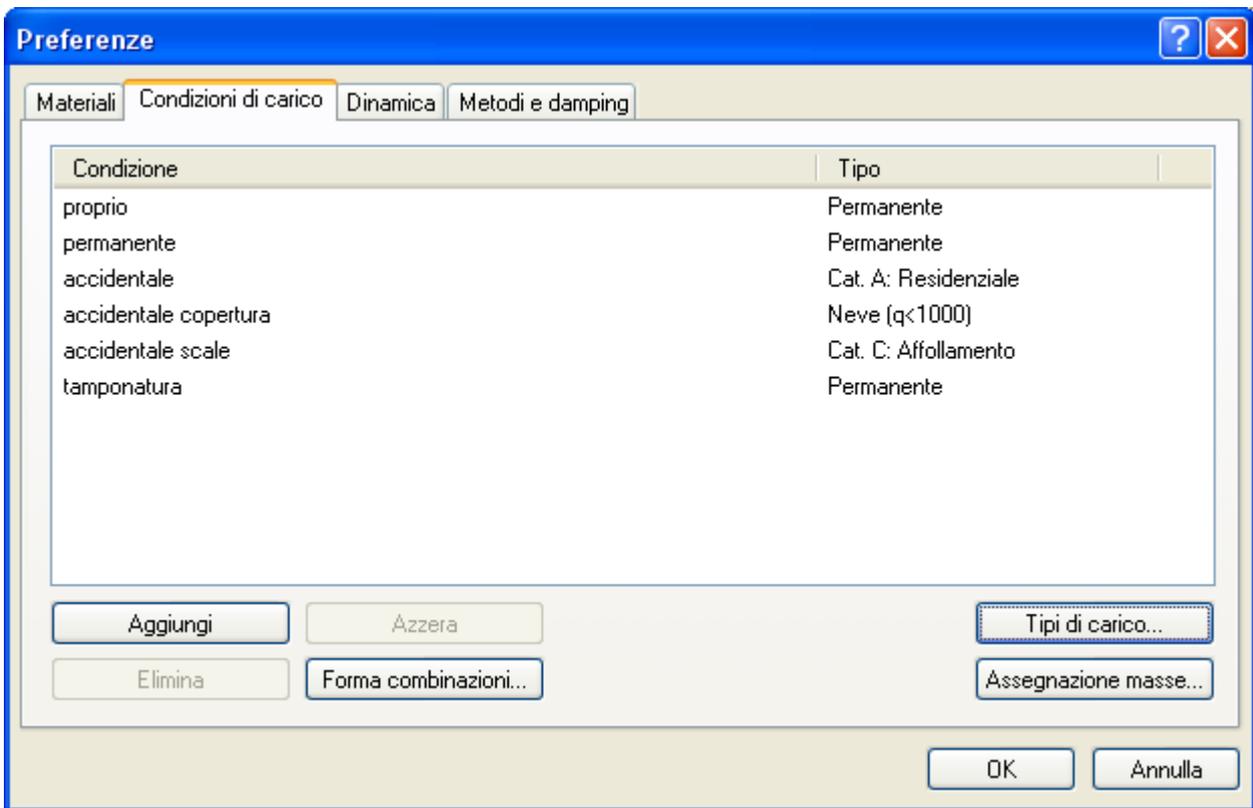
Con la normativa in oggetto il percorso si semplifica alquanto. Il percorso si snoda secondo i seguenti punti:

*Preparazione per le analisi:*

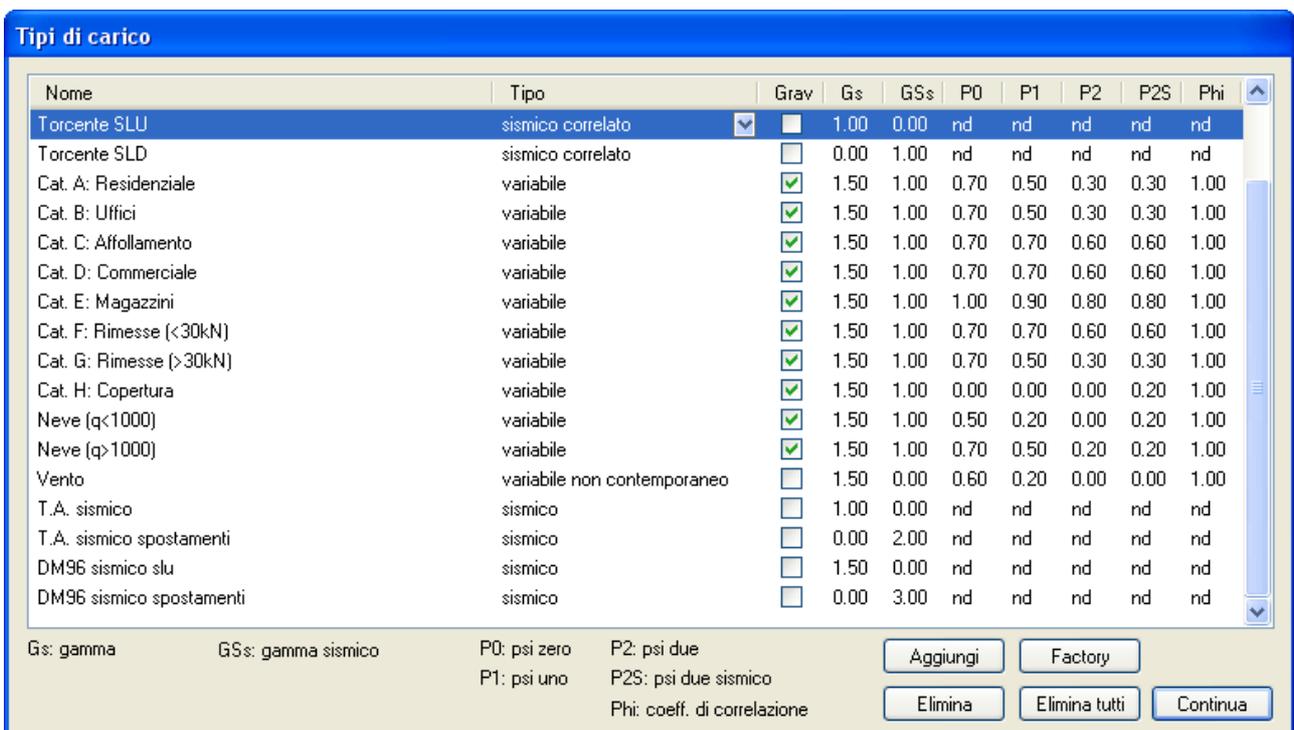
1. Tipizzazione dei carichi
  2. Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica
- *Verifica dei risultati in Nòlian*
  - *Salvataggio della struttura*
  - *Progetto delle armature con EasyBeam:*
3. Definizione dei parametri di progetto
  4. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto
  5. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di servizio
  6. Procedure per la verifica a video
  7. Stampa dei risultati
- *Stampa dei risultati in Nòlian*

## Tipizzazione dei carichi

Per accedere al dialogo di gestione dei tipi delle condizioni si deve andare sul menu Dati -> carichi -> condizioni. Apparirà il dialogo seguente:



alle condizioni va assegnato il tipo a scelta dell'utente . Cliccando su tipi di carico... si accede al seguente dialogo:

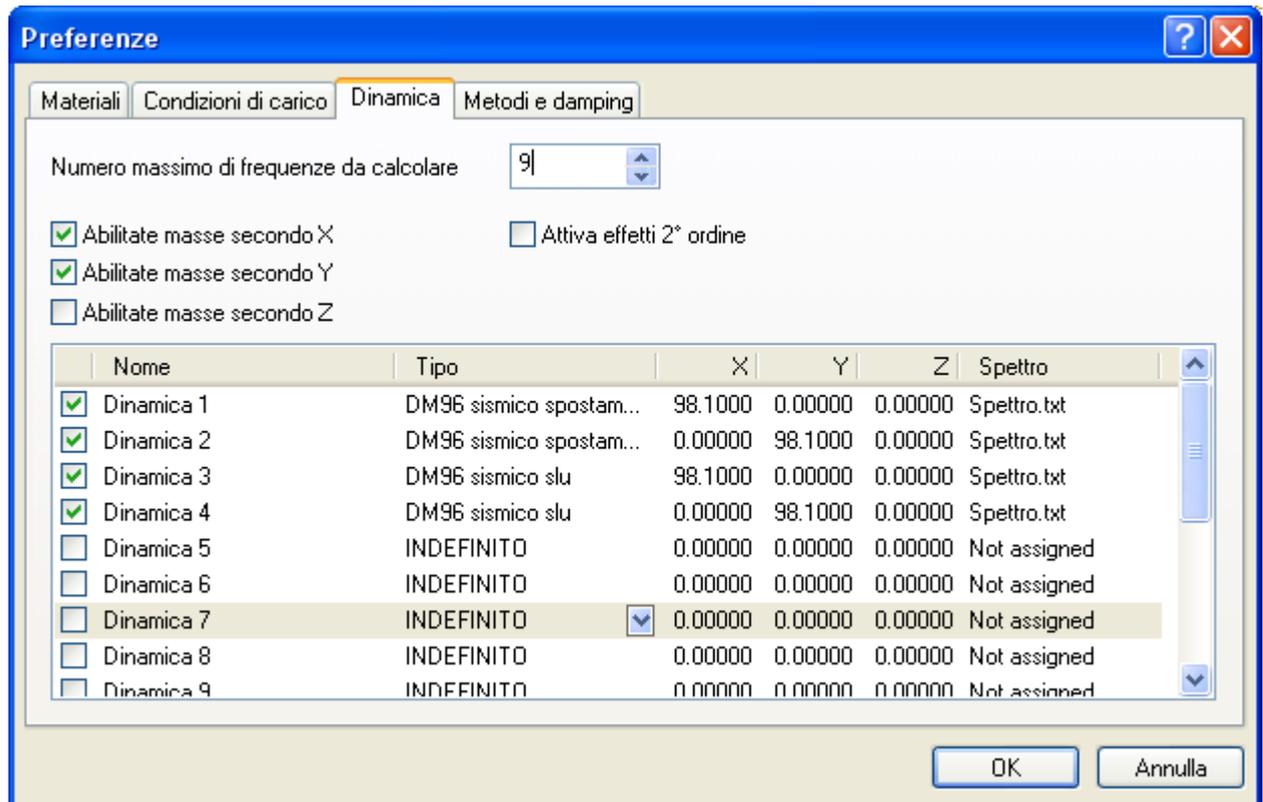


Nel nostro caso si deve aggiungere due tipi di carico nuovi cliccando per due volte su “Aggiungi” quindi si setteranno i parametri come nella precedente figura nel caso di I=1. Nel caso di I=1.2 i coefficienti sono  $G_s=1.2*1.5=1.8$  e  $G_{ss}=1.2*3=4.5$  nel caso di I=1.4:  $G_s=1.4*1.5=2.1$  e  $G_{ss}=4*1.5=6$

### Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica

Prima di effettuare l'analisi dinamica modale della struttura con la tecnica dello spettro di risposta, è necessario inserire i valori di accelerazione al piede della struttura. Per fare questo:

8. Attivare il menu Analisi->Opzioni
9. Selezionare la scheda Dinamica



10. assegnare le frequenze da calcolare. Generalmente, visto l'uso dei piani rigidi, il numero di frequenze da calcolare è pari a 3 per ogni piano
11. Abilitare le masse nelle direzioni X e Y. Si dovranno abilitare anche secondo Z nel caso di strutture con presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi, di elementi a mensola, di strutture di tipo spingente, di pilastri in falso, edifici con piani sospesi.
12. Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  ottenibili moltiplicando  $A_G=(S-2)/100*981*\beta*\epsilon$ .
13. Assegnare il percorso del file dello spettro di risposta cliccando con il pulsante destro del mouse e selezionando “scegli file”
14. passare alla scheda Damping e selezionare il metodo di combinazione SRSS

Effettuate queste operazioni siamo pronti per analizzare la struttura.

L'analisi può essere lanciata dal menu Analisi->Analisi statica e dinamica, o premendo il pulsante della toolbar.



## **Verifica e salvataggio dei risultati in Nolian**

Non ci soffermiamo perché già spiegato nei precedenti capitoli

### **Progetto delle armature con EasyBeam**

#### *Definizione dei parametri di progetto*

Rispetto a quanto già detto nei precedenti paragrafi si deve procedere ad inserire nella scheda normativa del dialogo delle opzioni di progetto ottenibile cliccando 2 volte sull'icona di progetto il presettaggio "DM96 SLU".

#### *Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto*

Le combinazioni di progetto verranno effettuate con i coefficienti definiti nella tipizzazione dei carichi . Il metodo di combinazione è quello completo

#### *Definizione dei fattori di combinazione automatiche di servizio*

Le combinazioni di progetto verranno effettuate con i coefficienti definiti nella tipizzazione dei carichi.

#### *Definizione dei fattori di combinazione automatiche di danno*

Le combinazioni di progetto verranno effettuate con i coefficienti definiti nella tipizzazione dei carichi . Il metodo di combinazione è quello completo

#### *Procedure per la verifica a video*

Si utilizzano le stesse procedure viste nei paragrafi precedenti.

#### *Verifica degli spostamenti differenziali*

Si può utilizzare per questa verifica la verifica allo stato limite del danno. Si dovrà dividere per  $\gamma_E=1.5$  i valori ottenuti. Nel caso della rappresentazione grafica si potrà inserire come valore di riferimento  $\gamma_E * d/H=1.5*0.002=0.003$

#### *Stampa dei risultati*

La stampa dei risultati avviene come già precedentemente descritto. Cliccando sul bottone include default si otterrà l'inserimento degli opportuni blocchi di testo

## **Ordinanza del presidente del consiglio 3431 – bassa duttilità**

Si procede in tutto e per tutto come già detto nei paragrafi riguardanti le verifiche ad alta duttilità l'unica differenza è nel settaggio dei parametri di progetto in easybeam.

Il dialogo normativa va settato su “OPCM B”.

Non si devono eseguire le verifiche di duttilità del giunto e del taglio sismico.

## **DM 14/09/2005**

Tale decreto permette l'utilizzo dell'OPCM 3431 in caso di zona sismica. In caso di zona non sismica il dialogo normativa va settato su “DM2005”.

## **DM14/01/2008**

La procedura da seguire per il calcolo con la normativa in oggetto è praticamente uguale a quella precedentemente descritta per l'OPCM in alta duttilità.

Ricordiamo la procedura da seguire

*Preparazione per le analisi:*

1. Generazione degli spettri di risposta
  2. Definizione del torcente di piano
  3. Definizione dei parametri di analisi statica e dinamica
  4. Tipizzazione dei carichi
- *Verifica dei risultati in Nòlian*
  - *Salvataggio della struttura*
  - *Progetto delle armature con EasyBeam:*
    5. Definizione dei parametri di progetto
    6. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di progetto
    7. Definizione dei fattori di combinazione automatiche di servizio.
    8. Procedure per la verifica a video (s.l.u., s.l. esercizio)
    9. Stampa dei risultati

## Preparazione per l'analisi

### Generazione di spettro di risposta

La generazione dello spettro di risposta può essere effettuata mediante una apposita funzione di Nòlian selezionabile dal menu Funzioni >Genera Spettro di Risposta

Dapprima nella scheda dei dati geografici si deve scegliere la località e lo stato limite. Si possono anche dare direttamente le coordinate geografiche in gradi sessadecimali.

The screenshot shows a software dialog box titled "Generazione file di spettro" with a blue title bar and standard window controls. It has four tabs: "Dati generali", "Dati Struttura", "Grafico", and "Dati geografici", with the last one selected. The dialog is divided into two main sections:

- Ricerca valori sismici:** This section contains several input fields and a calculation button. "Stato limite" is a dropdown menu set to "Salvaguardia vita SLV". "Probabilità superamento" is a text box with "0.10000000". "Vita" is a text box with "100.00000". "Coordinate geografiche in gradi sessadecimali !" is a label for the following fields: "Longitudine" (12.483333) and "Latitudine" (41.900000). A "Calcola" button is positioned to the right of the latitude field. Below these fields, a row of calculated values is displayed: "Tr 949.12216", "Ag 0.14706445", "FO 2.6193546", and "Tc\* 0.30727717".
- Ricerca coordinate geografiche:** This section has a "Località" text box containing "Roma" and a "Cerca" button to its right.

At the bottom right of the dialog, there are "OK" and "Annulla" buttons.

Quindi si passa alla scheda dati generali dove si settano i dati generali della struttura

**Generazione file di spettro**

Dati generali | **Dati Struttura** | Grafico | Dati geografici

Intervalli: 32

Durata totale: 2.3305610

Normativa: DM 2008

Ag(/g): 0.14706445

$\rho_0$ : 2.6193546

$T_c^*$ : 0.30727717

Tipo spettro: Inelastico

Componente azione sismica: Orizzontale

Classe duttilità: Alta

Categoria suolo: A

Amplificazione topografica: T1

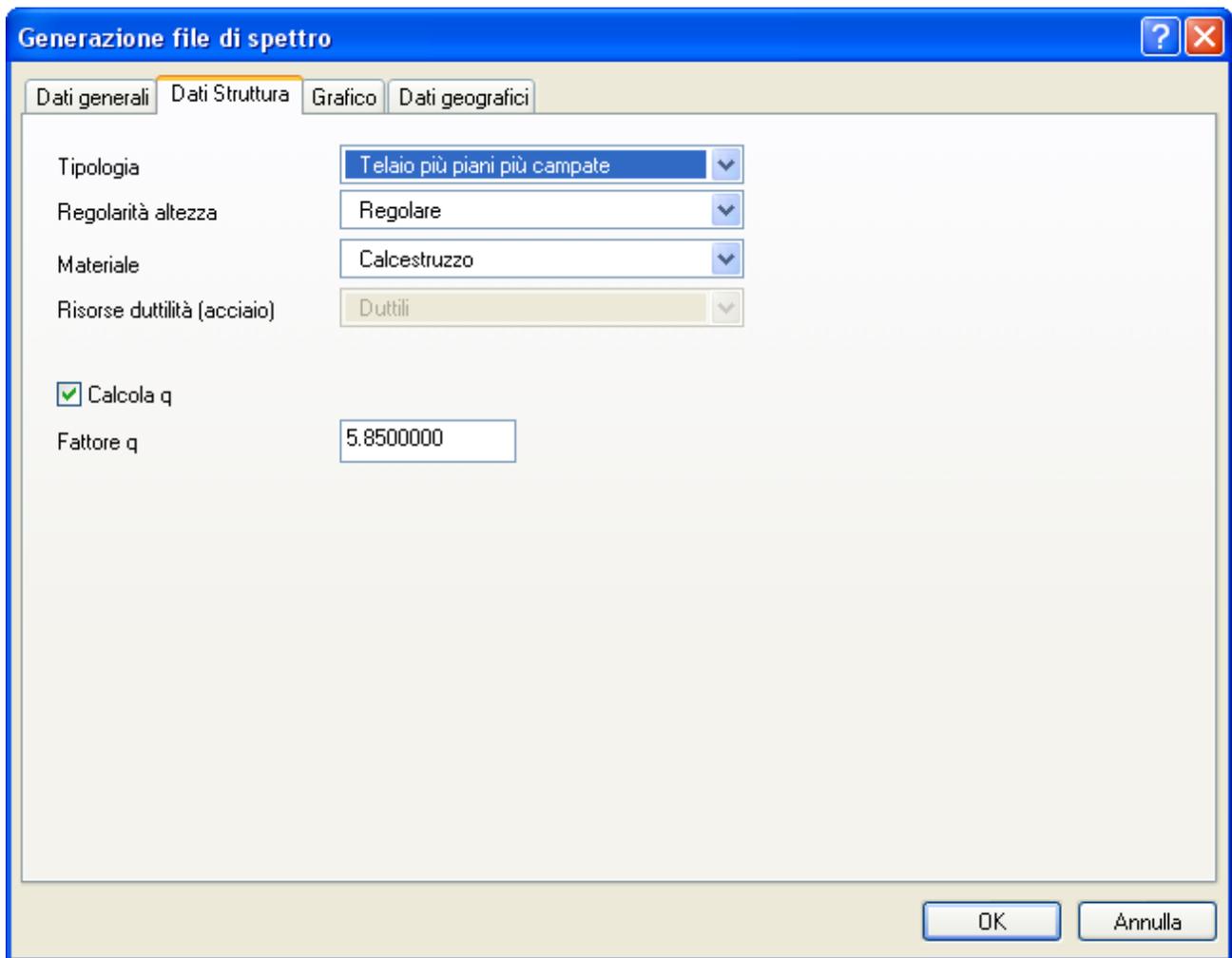
Smorzamento: 5.0000000

Salva

OK Annulla

Poi si passa alla scheda dati struttura. Nei campi Intervalli e Durata totale si devono inserire la durata dello spettro (minimo 2 secondi per la OPCM) e il numero di intervalli in cui dividere i 2 secondi di durata totale.

Si otterrà uno spettro con una spaziatura di  $2/32 = 0,0625$  sec.



Avendo selezionato il check-box “Calcola q” il plug-in calcola anche il fattore q di struttura che in questo caso vale 5,85

Lo spettro così generato può essere salvato in un file testo premendo il tasto salva nel pannello Dati generali e successivamente fatto leggere a Nòlian per il calcolo.

Una volta generato e salvato lo spettro per lo stato limite di salvaguardia della vita (slv) si farà la stessa operazione per lo stato limite di danno.

Si consiglia di salvare gli spettri di risposta nella cartella di Nòlian denominata File ausiliari->Spettri o all'interno della cartella del progetto in modo da avere una traccia degli spettri utilizzati per una determinata struttura anche dopo molto tempo.

Il file potranno essere denominati in modo da ottenere un facile riconoscimento. A esempio: spettro\_slv.txt e spettro\_sld.txt.

## Impiego del momento torcente di piano

Ricordiamo che tale procedura può essere richiamata dal menu funzioni-> forze statiche equivalenti selezionando torcente di piano nel dialogo

Le 2 condizioni di carico specifiche alle quali saranno affidati i torcenti di piano: una inerente lo stato limite ultimo, e l'altra inerente lo stato limite di danno, che nel nostro esempio le denomineremo T\_slu e T\_sld, possono essere generate cliccando sul tasto "Genera". Si aprirà il dialogo delle condizioni di carico e si potrà procedere come segue:.

1. inserire i nomi suddetti nel campo in basso
2. cliccare su aggiungi.
3. controllare che i nomi delle condizioni siano apparsi nel campo superiore
4. cliccare su ok

Fatto ciò, attivare la funzione forze statiche equivalenti dal menu funzioni per l'assegnazione del torcente di piano. Si accede così al dialogo:

The dialog box titled "Forze laterali equivalenti" contains the following fields and controls:

- Condizione di carico destinazione:  (dropdown menu)
- Genera button
- Moltiplicatore accelerazione:
- Coefficiente di Risposta (R):  (Calcola button) spettro\_slu.txt
- Accelerazione di gravità:  (Cambia spettro button)
- Quota suolo:
- Direzione (\* da asse x):  (dropdown menu showing 'X')
- Tipo distribuzione:  (dropdown menu)
- Forze laterali equivalenti
- Torcente di piano
- Spostamento (%):
- Annulla button
- Continua button

dove va scelta la condizione al quale applicare il torcente di piano

Ed inoltre:

- il valore del moltiplicatore dell'accelerazione  $a_g/g$ , letto sulla scheda dati geografici della funzione di generazione degli spettri.
- il coefficiente di risposta  $S_d(T1)$  (tale valore può essere calcolato automaticamente cliccando sul tasto calcola dopo aver scelto lo spettro di riferimento premendo sul tasto "Cambia spettro"),
- l'accelerazione di gravità,
- la quota del suolo,
- la direzione rispetto all'asse delle X (0=X, 90=Y, 180=-X, 270=-Y),

- lo spostamento in percentuale.

### ***Procedura per la definizione dei parametri dinamici***

Prima di effettuare l'analisi dinamica modale della struttura con la tecnica dello spettro di risposta, è necessario inserire i valori di accelerazione al piede della struttura. Per fare questo:

1. Attivare il menu Analisi->Opzioni
2. Selezionare la scheda Dinamica
3. assegnare le frequenze da calcolare. Generalmente, visto l'uso dei piani rigidi, il numero di frequenze da calcolare è pari a 3 per ogni piano quindi in questo caso pari a 9
4. Abilitare le masse nelle direzioni X e Y. Si dovranno abilitare anche secondo Z nel caso di strutture con presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi, di elementi a mensola, di strutture di tipo spingente, di pilastri in falso, edifici con piani sospesi.
5. Inserire i valori di accelerazione spettrale pari ad  $a_g$  leggibili dalla funzione di generazione spettro "dati geografici" per lo stato limite di salvaguardia della vita (ultimo) e di danno.
6. Assegnare il percorso del file dello spettro di risposta cliccando con il pulsante destro del mouse e selezionando "scegli file"
7. passare alla scheda Damping e selezionare il metodo di combinazione che può essere SRSS ovvero CQC a seconda dell'esistenza o meno di modi aventi un periodo di vibrazione molto ravvicinato con uno scarto minore del 10%. Selezionando il metodo CQC non si dovrà controllare lo scarto tra i periodi anche se l'onere computazionale è leggermente superiore.

### ***Tipizzazione dei carichi***

La tipizzazione dei carichi avverrà secondo quanto già detto nei paragrafi precedenti. I coefficienti dei tipi di carico sono già quelli inseriti di default nel dialogo-

- 0 -

Per la verifica dei risultati in Nòlian, e il salvataggio è già tutto spiegato nei capitoli precedenti.

Il progetto in EasyBeam si esegue in forma pressoché automatica in fatti dopo aver definito la normativa come DM2008 A / B / NS i settaggi avverranno automaticamente. L'unica differenza è che la verifica di duttilità di giunto e taglio sismico dovrà essere eseguita dia per alta che per bassa duttilità con valori di  $\gamma_{rD}=1.3$  e  $\gamma_{rD}=1.1$  rispettivamente.