



SOFTING SRL

Nòlian: Manuale di Validazione

Casi prova per analisi sismica

Copyright

Questi casi prova sono stati raccolti dalla Softing srl che mantiene tutti i diritti su questo testo.

Copyright 2009, Softing srl.

Prima edizione: dicembre 2009.

Introduzione

Questo Manuale di Validazione di Nòlian raccoglie dei casi-prova (benchmark) che sono un parte di quelli usati per i test di validazione di Nòlian. Questo Manuale raccoglie casi prova relativi ad analisi per ingegneria antisismica gestite nell'ambiente Earthquake Engineering (EE) di Nòlian.

Questi casi prova comunque hanno un uso più ampio. Infatti vengono date delle indicazioni su come immettere i dati e sulle procedure da seguire che hanno ovviamente carattere più generale. I file sono disponibili nella cartella di esempi installata con Nòlian.

I casi prova sono denominati con il criterio seguente.

eeN_S_A

ee parte fossa a designare i test di questo ambiente

N numero di identificazione del modello

S tipo di sezione (a aggregatore, f fibre)

A tipo di analisi (p pushover, t transitorio)

ee1

L'elemento oggetto dell'esempio è un elemento a non linearità distribuita nel quale il comportamento dell'elemento è ottenuto per integrazione pesata della risposta di un certo numero di sezioni poste nei punti di integrazione numerica. Spostamenti e forze nelle sezioni sono ottenuti per interpolazione degli spostamenti o delle forze globali sull'elemento. Il comportamento costitutivo di ogni sezione può essere derivato dalla teoria della plasticità o ottenuto per integrazione numerica su un certo numero di fibre discrete. Si assume che le sezioni piane si conservino piane in modo che le deformazioni della sezione siano linearmente distribuite. L'elemento è basato sulla flessibilità anzi che sulla rigidità e ciò consente un migliore controllo delle forze nell'elemento. Ciò offre il grande vantaggio che qualsiasi non linearità insorga, a livello di sezione, nell'elemento, anche quando questo sia in fase di softening, l'equilibrio interno dell'elemento è esattamente soddisfatto.

I dati sono quelli del file Ex2 di OpneSees.

Questo test è quindi fondamentale in quanto consente di valutare accuratamente la validità e la velocità di convergenza del metodo di integrazione del contributo delle sezioni e la descrizione

costitutiva di queste. Questo modello è impiegato in quasi tutti gli elementi monodimensionali dell'ambiente EE e quindi questo test consente di prendere atto della qualità della soluzione offerta da questo ambiente.

Come dati di questo problema si è deciso di adottare quelli pubblicati come esempi del programma OpenSees della Università di Berkeley in quanto sono stati resi pubblici e sono di comprovata affidabilità. I dati sono in unità di misura in uso negli Stati Uniti e non sono stati convertiti per consentire a chiunque un facile confronto con i dati pubblicati. Nòlian, vista la sua concezione assolutamente generale, consente questo approccio.

Si tratta di una colonna con i seguenti dati geometrici:

altezza 432 inch
sezione 60 x 60 inch

Il primo test (**ee1_a**) prevede che il comportamento della sezione sia descritto dalla aggregazione di un legame costitutivo flessionale e da uno assiale descritti da due materiali uniassiali distinti ed “aggregati” in una sezione.

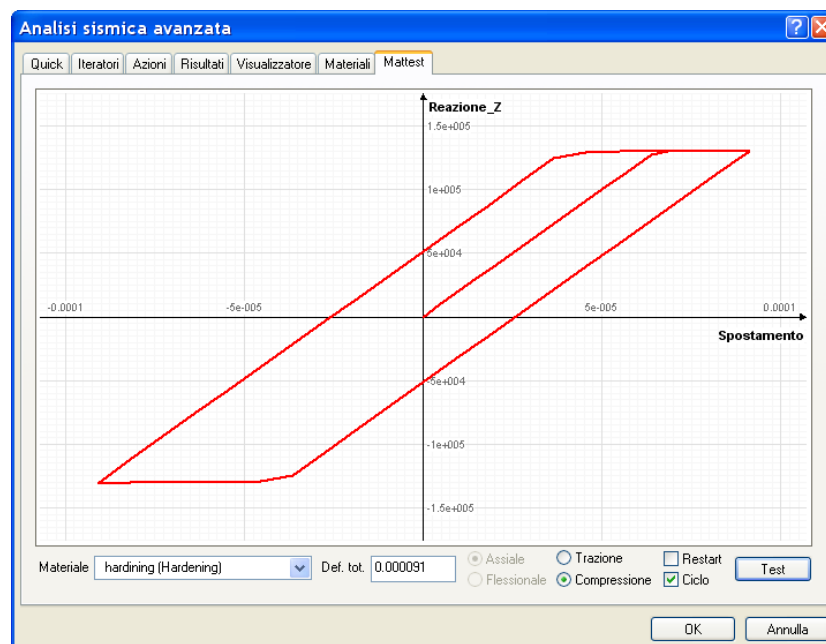
Per il comportamento flessionale si assume:

momento di plasticizzazione 130000 pound x inch
curvatura di snervamento $6.5e-5$
inerzia della sezione alla rottura $130000/6.5e-5 = 2000000000.0$
fattore di incrudimento 0.01 che, assumendo un modulo di incrudimento cinematico nullo, corrisponde ad un modulo d'incrudimento isteretico di 20,202,020.0

Per il comportamento assiale si assume:

modulo di elasticità 3,605,000
rigidezza: area x 3605000 = 12,978,000,000

Creato un materiale, per controllare che i dati assegnati siano corretti e che il materiale si comporti come avevamo desiderato, si possono usare le funzioni offerte dall'ambiente "MatTest". Qui, scelto il materiale, possiamo tracciare qualsiasi diagramma tensione - deformazione (o curvatura).



In figura il nostro materiale elasto plastico sottoposto ad azione ciclica. Si vede, per controllo, come siano confermati i valori assegnati.

Si devono definire quindi due materiali, uno elastico ed uno elasto-plastico con incrudimento.

Quindi i due materiali vengono aggregati con l'aggregatore di sezioni:

Gdl Tx	elastic
Gdl Ty	Nessuno
Gdl Tz	Nessuno
Gdl Rx	elastic
Gdl Ry	hardining
Gdl Rz	hardining

Per il test con azione pushover (**ee1_a_p**) le azioni considerate sono due. Un carico concentrato in sommità (condizione "weight") di 2000 kp, ed uno laterale (condizione "lateral") di 2000 kp. Queste azioni sono applicate in due fasi successive simulando una struttura sottoposta già a peso proprio quando viene applicata l'azione laterale. Questa situazione di "congelare" lo stato della struttura per applicare a tale stato un'altra azione è molto importante e si ottiene con l'opzione "restart" che consente appunto di congelare lo stato della struttura all'inizio di una prossima analisi anziché reinizializzare lo stato.

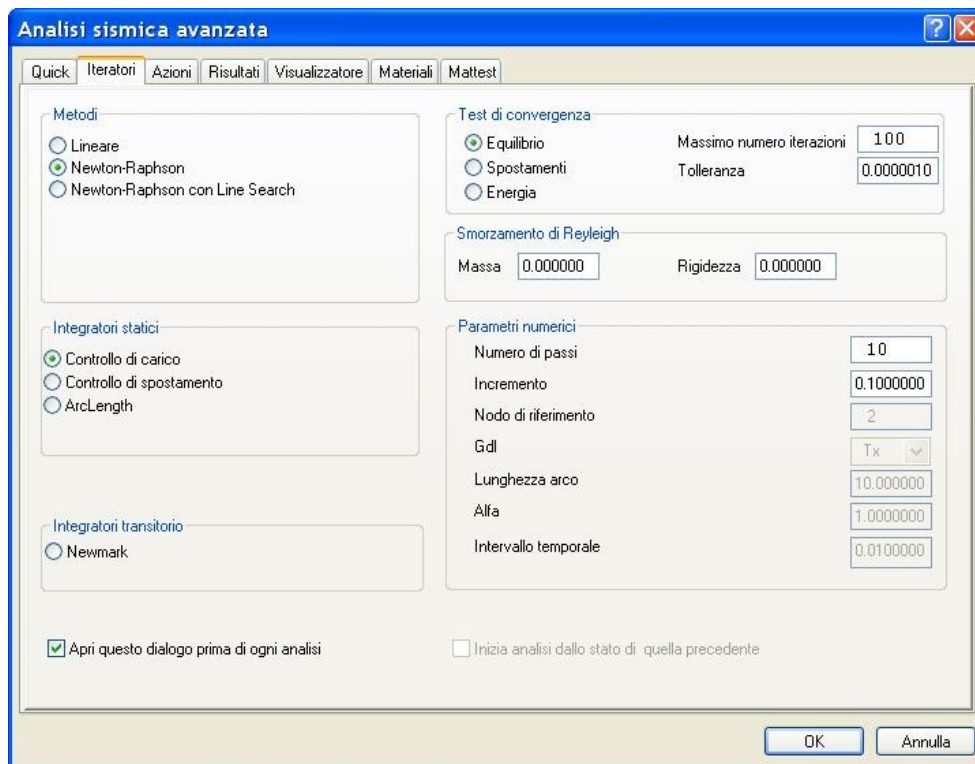
Per la prima fase si opererà in controllo di carico con 10 iterazioni con incremento 0.1 in modo tale che alla fine del ciclo di iterazioni si sarà applicato l'intero carico: $10 \times 0.1 = 1.0$.

Per la seconda fase si opera in controllo di spostamento per lo stesso grado di libertà cui è applicata la forza laterale. In questo caso la condizione di carico è solo impiegata per la valutazione dello spostamento e non è il suo modulo è inessenziale. Per lo spostamento massimo si può considerare un "drifting" del 5% e cioè $432 \times 0.05 = 21.6$ che portiamo a 25. Opereremo con 20 iterazioni per cui l'incremento sarà $25 / 10 = 2.5$.

applicheremo prima l'azione assiale attivando tale l'azione,

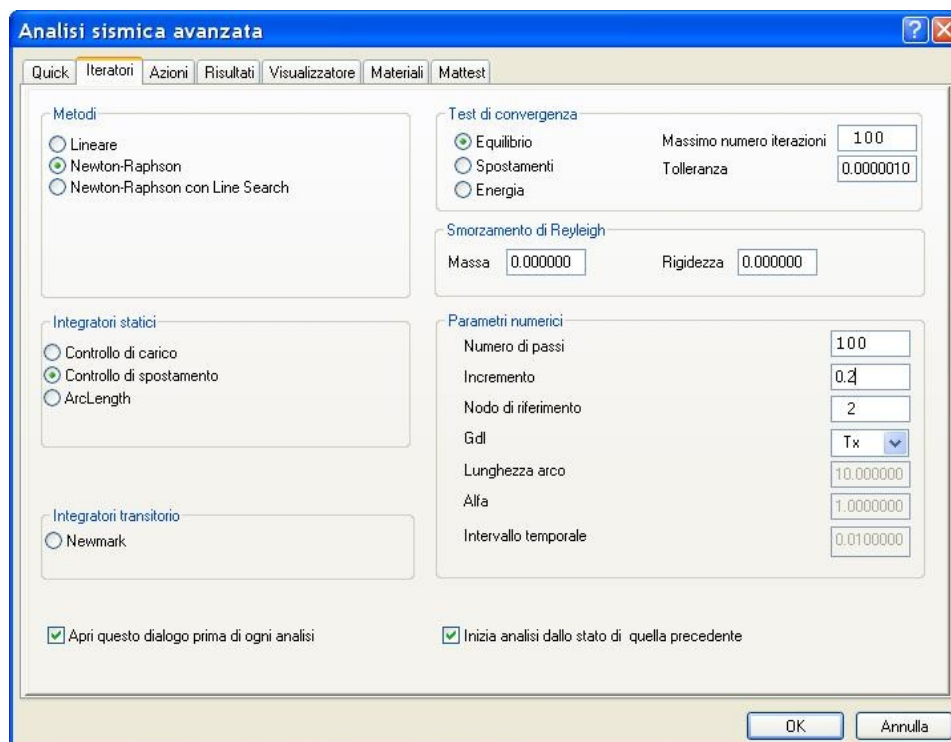
Attiva	<input checked="" type="checkbox"/>
Variabilità	Lineare
Condizione di carico	weight
Moltiplicatore	1.00

configuriamo quindi i parametri di analisi e avviamo l'analisi.

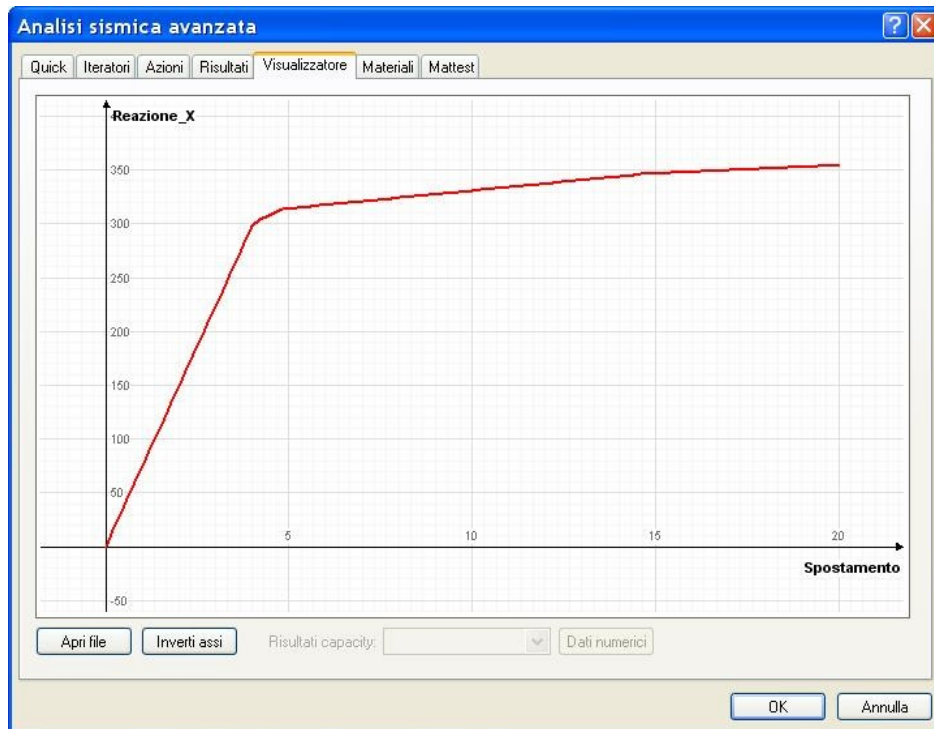


Poi opereremo analogamente per la forza laterale facendo ben attenzione ad attivare l'opzione di restart.

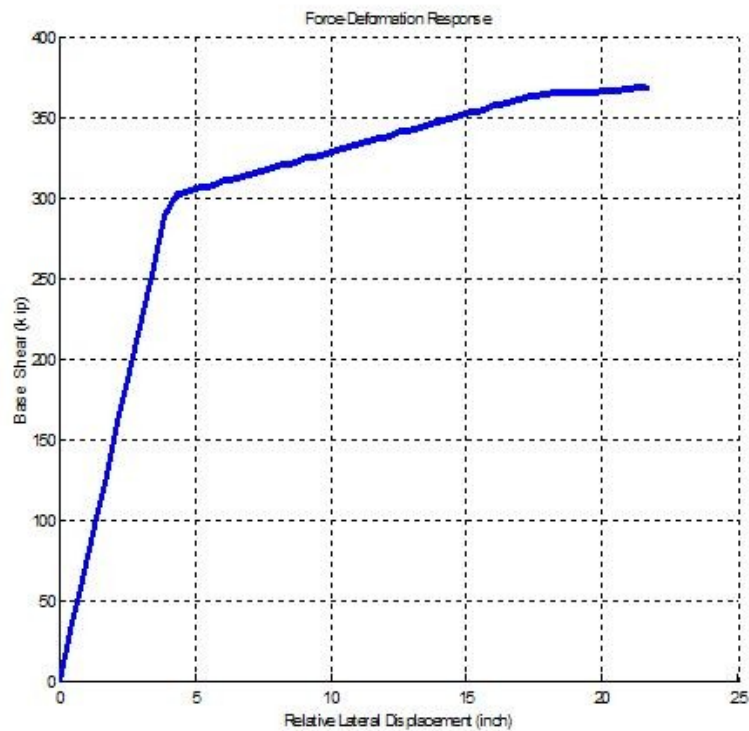
Attiva	<input checked="" type="checkbox"/>
Variabilità	Lineare
Condizione di carico	lateral
Moltiplicatore	1.00

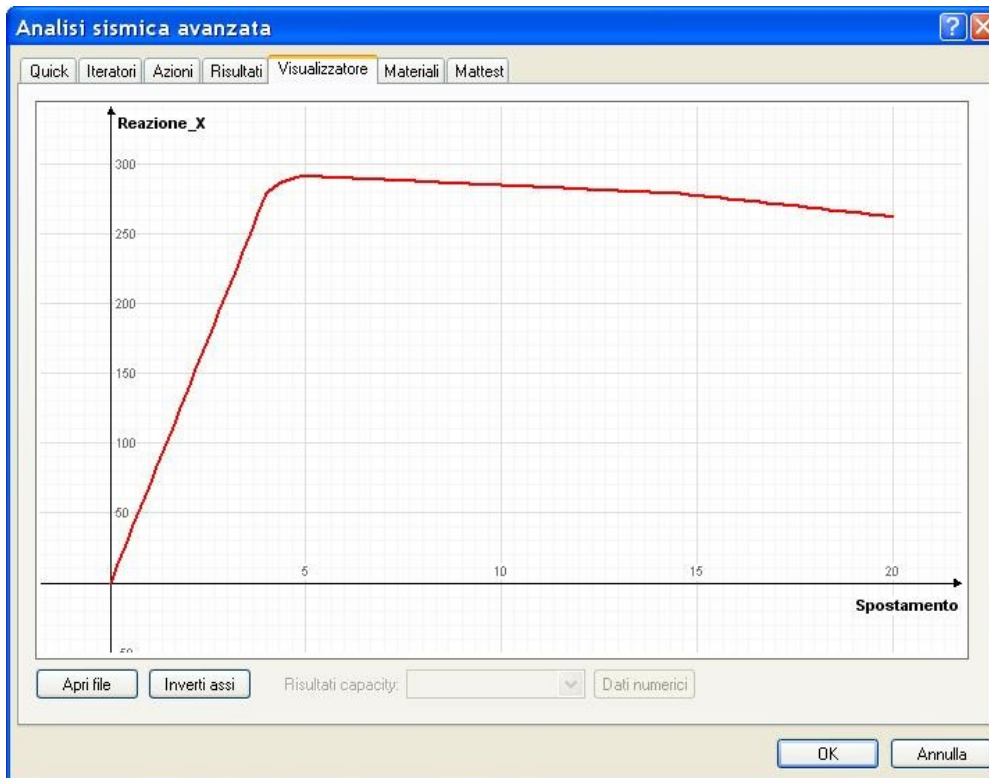


Il diagramma forza-spostamento è il seguente.



Il diagramma riportato nella documentazione dell'esempio di OpenSees è il seguente.





Osserviamo che nell'ambiente EE di Nòlian per gli elementi senza carico distribuito sull'elemento, viene impiegata la trasformazione di sistemi di riferimento di Corot che consente un'accurata trasformazione delle rotazioni. Nell'esempio di riferimento si usa un sistema lineare di trasformazione. Per metterci nelle condizioni dell'esempio, abbiamo applicato un carico non significativo all'elemento in modo che la procedura impieghi la trasformazione lineare. Senza tale accorgimento si hanno i risultato nella figura seguente che sono più corretti in quanto evidenziano un softening dovuto alla non linearità della geometria. Infatti l'aggregatore di sezioni impiegato NON genera una interazione tra andamento assiale e flessionale che restano indipendenti.

Il test (**ee1_f**) prevede gli stessi dati geometrici di ee1 ma con una sezione a fibre in calcestruzzo armato.

Il calcestruzzo è caratterizzato come segue:

- resistenza cilindrica -4 kpi
- deformazione di massima resistenza -0.003
- deformazione al crushing -0.01
- resistenza al crushing 0.8 kpi
- resistenza di trazione 0.56 kpi
- modulo tangenziale di trazione 280

Si è impiegata una interfaccia per l'immissione dei dati del calcestruzzo che trascura la resistenza a trazione e calcola automaticamente gli altri valori partendo dalla resistenza del calcestruzzo. Ciò comporta una leggera differenza con l'andamento ottenuto con OpenSees ma un momento ultimo ovviamente concordante. Nell'esempio non si è considerato l'effetto di confinamento dovuto alle staffe. Si definisce quindi un materiale "cls":

Resistenza cubica calcestruzzo	4.00
Tensione snervamento acciaio staffe	0.00
Area staffa	0.00
Passo staffe	0.00

Le caratteristiche dell'acciaio sono:

Modulo elastico 29,000.0

Tensione di snervamento 66.8 ksi

Rapporto di hardning 0.01

Si definisce quindi un materiale "stl":

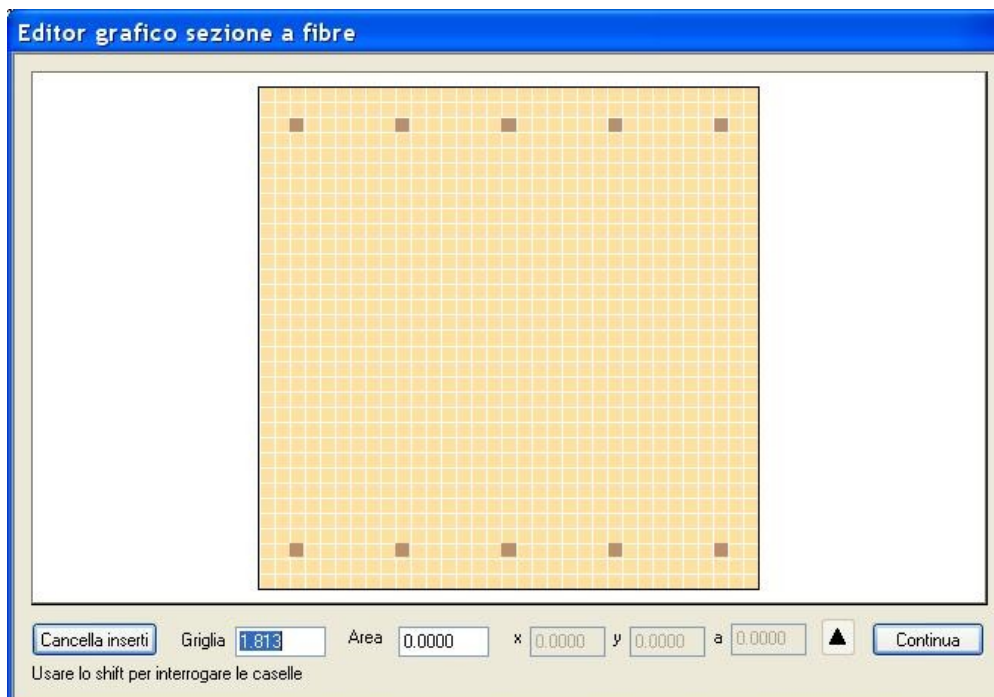
Modulo tangente iniziale	29000.0000
Tensione snervamento	66.8000
Modulo di hardening	0.0100

L'armatura è costituita da 5 barre di area 2.25 disposte simmetricamente con un copriferro di 5 inch.

La sezione a fibre si può generare sia in modo rapido assegnando la percentuale di armatura come in figura:

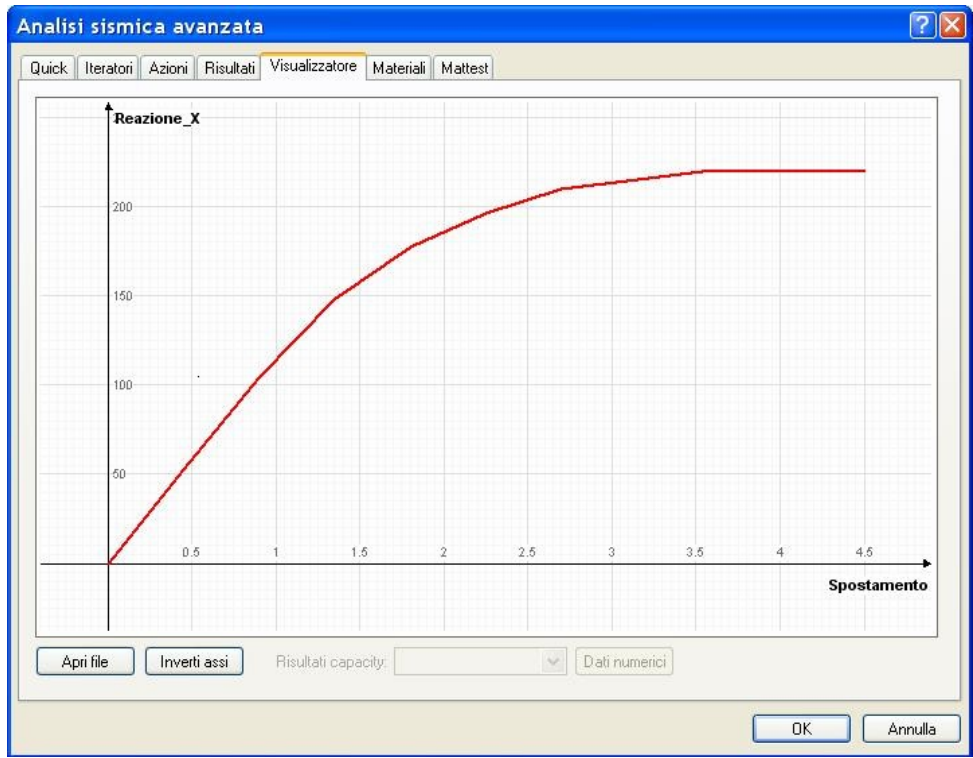
Materiale acciaio armatura	stl
Materiale calcestruzzo	cls
Rapporto armatura superiore	0.0031
Rapporto armatura inferiore	0.0031
Rapporto armatura laterale diffusa	0.0000
Copriferro	5.00

che in modo grafico disponendo le barre di armatura nella posizione voluta:

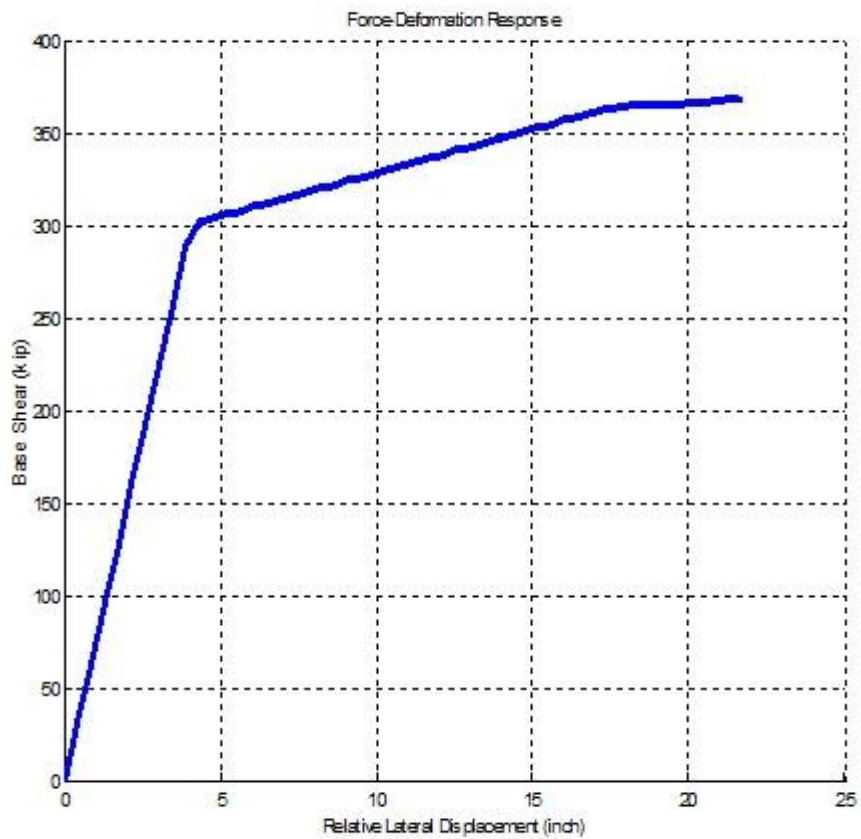


Le azioni applicate in questo esempio **ee1_f_p** sono le stesse dell'esempio precedente (ee1_a_p).

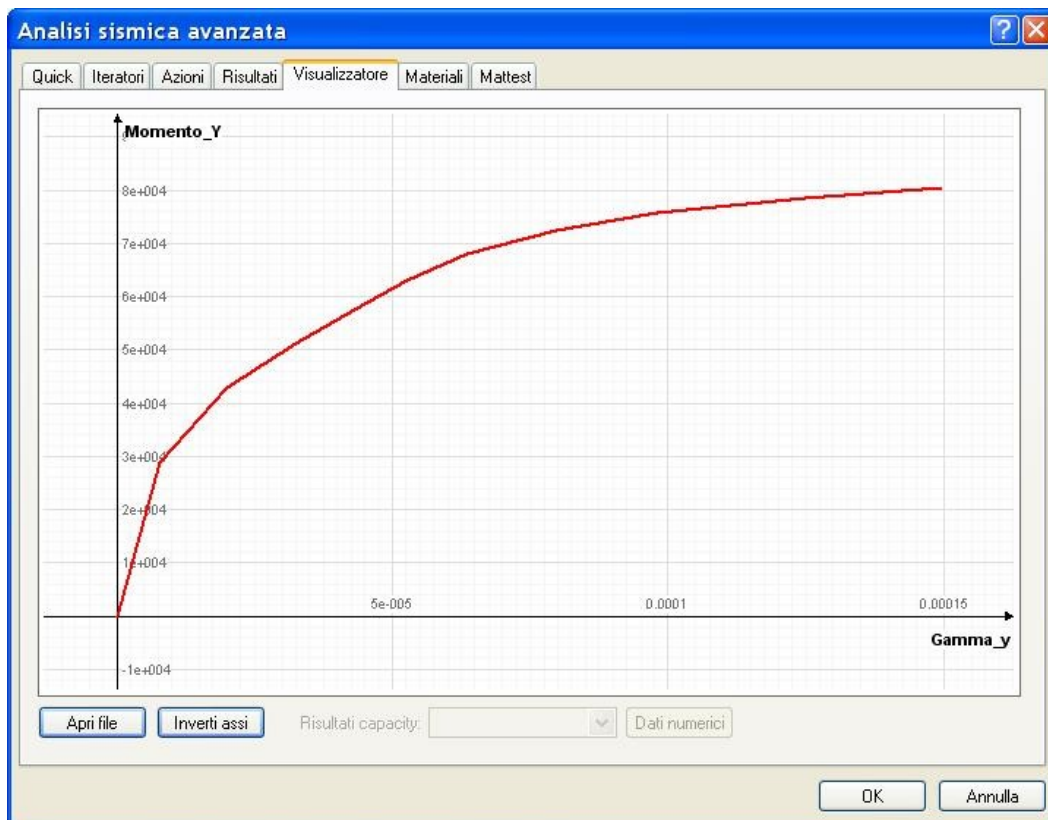
Il digramma forza-spostamento ottenuto è riportato in figura.



Il diagramma riportato nella documentazione dell'esempio di OpenSees è il seguente.



Riportiamo in figura anche il diagramma momento-curvatura.



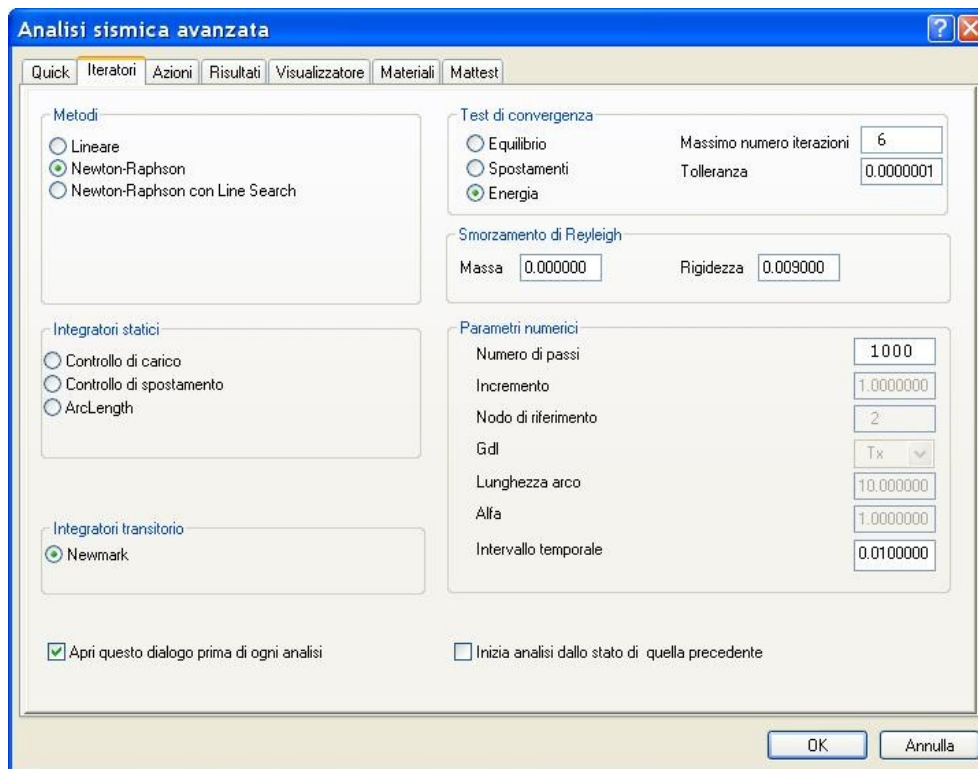
ee1_f_t

Ora sottoporremo al colonna ad una accelerazione alla base. L'esempio di OpenSees propone un accelerogramma reale registrato a El Centro nel 1968. Si considera la sola componente x. Per questa analisi si deve definire una azione di tipo f'ora non ancora incontrato: una azione in transitorio in accelerazione che definisce una accelerazione ai suolo eguale su tutti i punti di appoggio.

Attiva	<input checked="" type="checkbox"/>
Variabilità	File
Moltiplicatore	1.00
Direzione	Tx
File	C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\OpenSees vs ...

E' sufficiente assegnare il file con i dati dell'accelerogramma, la direzione e l'eventuale amplificazione.

La procedura va configurata impiegando un integratore nel tempo di Newmark. Questa configurazione richiede solo l'intervallo di tempo di integrazione ed il numero di iterazioni da eseguire. Ovviamente anche in questo esempio si "caricherà" in precedenza la struttura con i carichi gravitazionali come già visto.



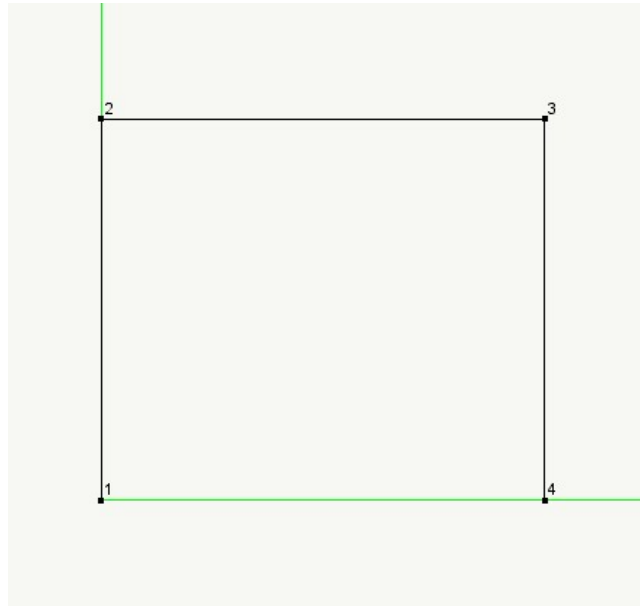
Nella figura sottostante i risultati. In blu quelli pubblicati con l'esempio di OpenSees, in rosso quelli ottenuti con Nòlian. Va precisato che nell'esempio si usa un fattore di smorzamento di Reyleigh il cui valore non è esplicitamente dichiarato. Abbiamo adottato un valore basato su 2% del primo modo.



Questo test è fondamentale in quanto consente di testare:

- le capacità di andamento ciclico del materiale
- la qualità dell'integratore nel transitorio.

ee2_f



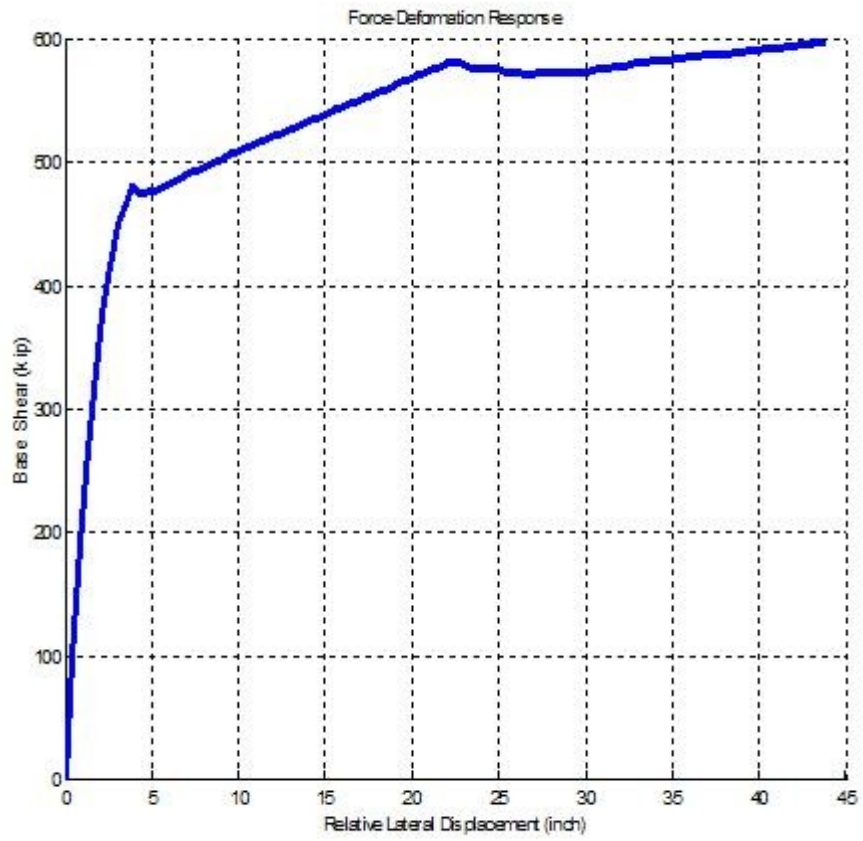
Questo test è basata su un portale incernierato alla base con colonne simili a quelle che abbiamo già visto ed una trave di collegamento invece elastica. L'esempio è tratto dagli esempi di OpenSees (example4.portal2d).

La geometria del portale è:
altezza 432 inch
larghezza 504 inch

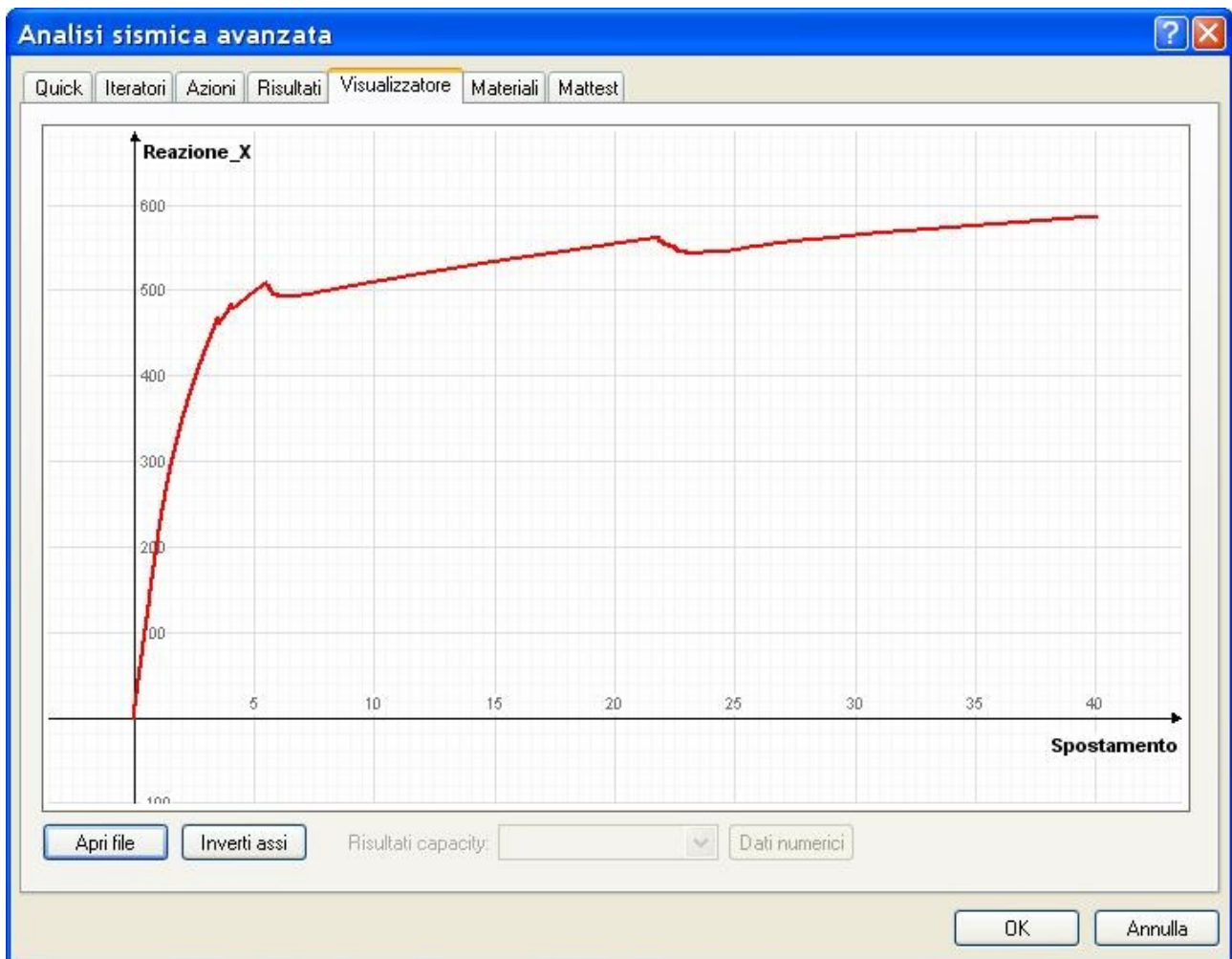
I pilastri sono sempre 60x60 ma questa volta con 10 barre di area 2.25 e copriferro 6. La trave è 60x90, elastica, con modulo di elasticità 3604.

Per brevità non riporteremo le schermate delle assegnazioni.

Il primo test (ee2_f_p) sarà un analisi pushover identica a quella effettuata sul pilastrino. Pertanto non ci dilungheremmo sulla procedura e riporteremo subito i risultati.



Questo è il diagramma ottenuto con OpenSees.



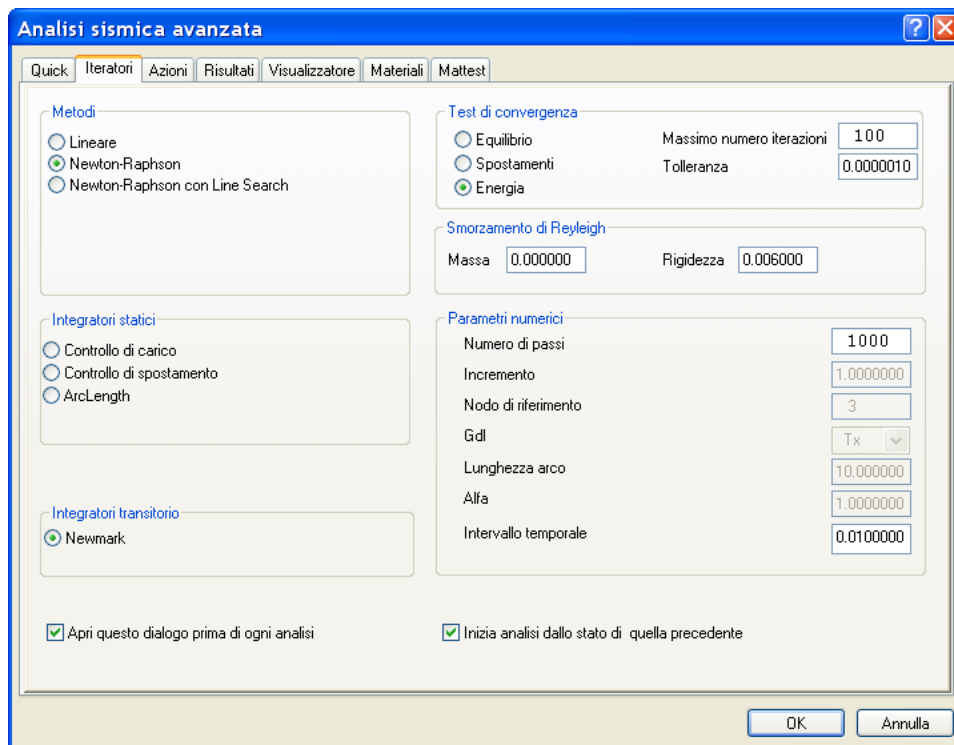
Questo diagramma è ottenuto invece con Nòlian.

Il secondo esempio (ee2_f_t) consiste nell'applicare ai due supporti di base degli spostamenti imposti sinusoidali. Gli spostamenti imposti si assegnano come azioni con i seguenti valori, leggermente diversi tra i due appoggi.

Attiva		<input checked="" type="checkbox"/>
Variabilità	Sinusoidale	
Ampiezza	0.10	
Periodo	0.35	
Sfasamento	0.00	
Durata	3.00	
Direzione	Tx	
Azione	Spostamento	
Lista nodi	4	

Attiva		<input checked="" type="checkbox"/>
Variabilità	Sinusoidale	
Ampiezza	0.10	
Periodo	0.36	
Sfasamento	0.00	
Durata	3.10	
Direzione	Tx	
Azione	Spostamento	
Lista nodi	1	

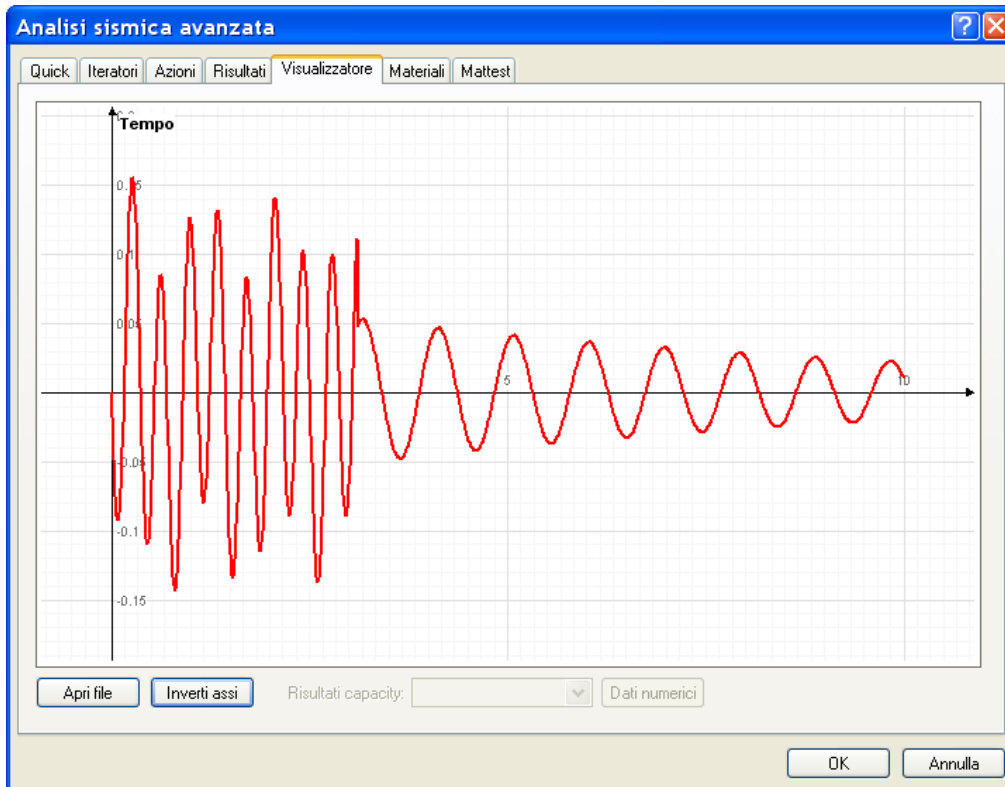
Anche qui si applica prima il carico da gravità e poi si attivano (con il restart) le azioni di spostamento imposto. In questo caso si esegue un'analisi nel transitorio con i parametri della figura seguente.



In questo esempio il diagramma dei risultati che si vuole ottenere è lo spostamento relativo tra i due nodi della colonna di destra. Questo registratore si configura come segue:

Attivo		<input checked="" type="checkbox"/>
Indice oggetto	3	
GdL	Tx	
Valori	Drift	
Tempo	Tempo	
Nodo drifting	4	
Relativo		<input type="checkbox"/>

Il risultato ottenuto è il seguente.



Nella cartella di questi esempi vi è anche un file per lo scripting interno di Nòlian (ee2_f_t_script.txt) che consente di attivare in sequenza tutti i parametri di analisi necessari.