



Nòlian

Tutorial base

Softing-Next srl

rev 0 - gennaio 2010

rev 1 – agosto 2025

*Questo tutorial descrive le funzioni essenziali di interfaccia per la costruzione del modello.
Non contiene riferimenti normativi per cui, nonostante la data di redazione, è tuttora utile*

Elementi di interfaccia grafica

Con interfaccia grafica si intende l'insieme di simboli grafici con i quali è possibile interagire per dare dei comandi al programma. L'interfaccia grafica di Nòlian nasce seguendo le stringenti linee guida della Apple Computer Inc., per commessa della quale fu scritto nel 1983 tale programma. La diffusione dell'uso delle interfacce grafiche interattive è dovuto proprio alla Apple e quindi Nòlian ha fin dall'inizio un progetto molto accurato anche sotto questo aspetto. Alcuni aspetti formali e tecnici sono stati modificati per seguire le linee guida della Microsoft con al quale, attraverso la incaricata Veritest Inc., Nòlian ha ricevuto la qualifica di "Designed for Windows".

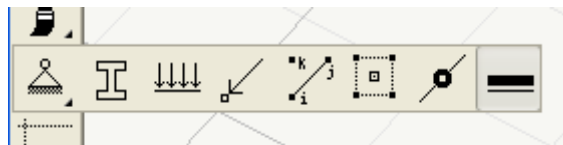
L'interfaccia grafica di Nòlian è costituita da:

- la barra dei menu (menubar)
- la barra degli strumenti (toolbar)
- la palette
- la barra di stato (statusbar)
- i menu contestuali

La barra dei menu raccoglie i menu a tendina che possono avere dei sottomenu, e allora sono identificati da una piccola freccia in basso, o essere seguito da un dialogo per guidare la funzione attivata con il comando di menu. In e questo caso il nome è seguito da tre puntini. Gli "shortcuts" sono un gruppo di caratteri da usare invece dell'accesso grafico ai menu. Gli shortcuts sono abbinati anche alla palette e sono personalizzabili.

La barra degli strumenti è personalizzabile ed è costituita da simboli grafici equivalenti alle funzioni di meno.

La palette (tavolozza) è costituita da icone le quali hanno lo scopo di attivare delle funzioni da "applicare" agli oggetti. Nòlian, nei comandi da palette, usa esclusivamente la metafora così detta "predicato-soggetto" secondo al quale prima si decide l'azione da compiere e poi gli oggetti ai quali applicarla. La palette a dei gruppi di icone, generalmente unite da un tema comune, che si espandono tenendo premuto il tasto del mouse puntando una di esse. Questi gruppi di icone sono contrassegnate da una piccola freccia in basso a destra.



La barra di stato è posta nella parte bassa della finestra e riporta informazioni sullo stato delle operazioni o, se il programma è in stato di attesa, indicazioni sulle operazioni da compiere. Spesso è usata per riportare i valori estremi di una rappresentazione.

Inoltre l'interfaccia è arricchita da menu contestuali e cioè che si attivano con il tasto destro del mouse mentre si punta un oggetto grafico. Questi menu hanno funzionalità legate al "contesto" e cioè al tipo di oggetto che si seleziona.

I tooltip ("fumetti") sono elementi grafici che forniscono informazioni relative a un oggetto sia di interfaccia che della mesh.

1. Una mensola

Argomenti trattati

- Il disegno in 3d dello schema statico
- la selezione
- l'assegnazione delle caratteristiche agli elementi strutturali
- l'analisi
- la lettura dei risultati

Nòlian ha l'approccio di un CAD 3D. E' facilissimo da usare. Dimenticate l'approccio "per impalcati" di altri software, basato cioè sulla concezione dettata dal "tavolo da disegno", di operare per carpenterie di piano.

Useremo spesso il termine "modellare". Con tale termine intendiamo una estensione di quello che un tempo si chiama "schema statico". Ragionate in tali termini perché i programmi hanno bisogno di dati attinenti al "modello di calcolo". Ogni altro dato è superfluo e spesso ingannevole.



Vogliamo modellare una mensola incastrata a un estremo e con una forza concentrata all'altro estremo. Qui imparate subito una nozione fondamentale dell'ambiente grafico di Nòlian: voi agite nello spazio tridimensionale e non per "carpenterie". Questo per la massima flessibilità. Quindi, su che piano volete mettere la vostra mensola? Decidiamo il piano globale XY. Attiviamo allora dalla toolbar tale piano che in genere è il piano attivato di default.



Ogni operazione grafica avverrà da ora in poi su tale piano. Liberi di cambiarlo in ogni momento. Per rendercene conto, senza farci troppi problemi, attiviamo dalla palette l'icona che attiva la funzione di tracciamento di elementi monodimensionali.



Posizioniamoci sul punto di partenza della linea come in un CAD 2D, tasto del mouse giù. Spostiamoci sul punto di arrivo e rilasciamo il mouse. Ci pare di non aver controllo abbastanza sulla posizione di tracciamento? Nòlian è relax. Nessun problema. Però quello che volevamo farvi vedere è che avete tracciato questo segmento sul piano XY a quota zero. Attivate dalla toolbar la funzione di rotazione e muovete il mouse tenendo premuto il tasto destro.



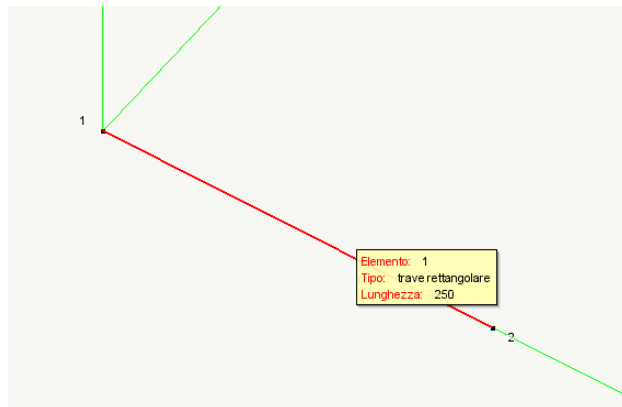
La percezione della posizione nello spazio del segmento è immediata. Dimenticavamo, la funzione di zoom ci permette di inquadrare nel modo più comodo la nostra mensola.

Ora vogliamo tracciare un segmento con nodi in posizioni precise. Abbiamo tanti modi per farlo. Il più immediato cui pare usare la griglia di tracciamento. La griglia si attiva dalla toolbar.

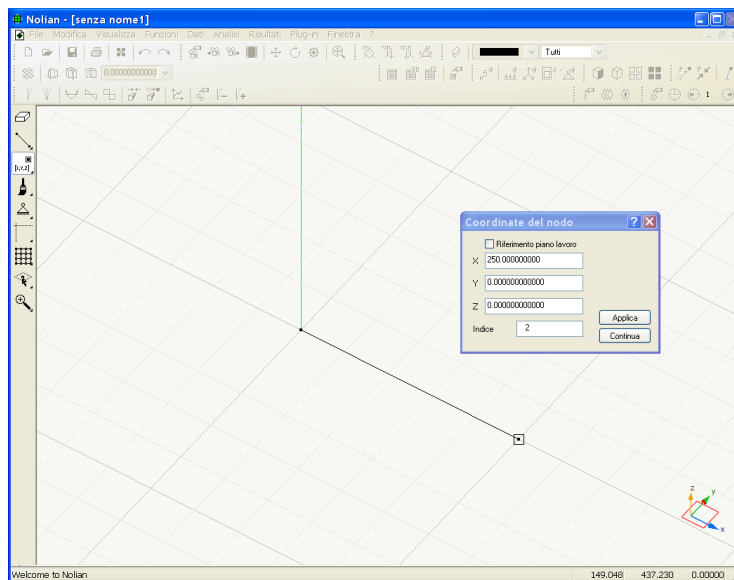


Se si vogliono cambiare i parametri della griglia lo si può fare dal menu Visualizza->Opzioni griglia. Con l'aiuto della griglia e delle coordinate leggibili in basso, tracciamo una mensola sul piano xy di origine e lunghezza voluta.

Se ora abbiamo un dubbio: ma quanto è lunga la mensola che ho tracciato? Avvicinando il puntatore del mouse al segmento il "tooltip" giallo ci dirà le informazioni sull'elemento e, badate bene, tali informazioni sono personalizzabili dal menu Dati->Mostra->Tooltip... per cui potrete personalizzarle e con il semplice scorrimento del mouse avere le informazioni che volete.



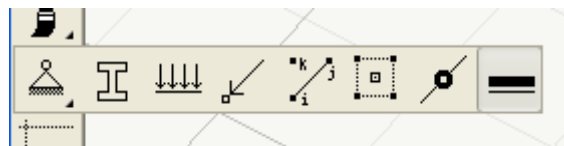
Se preferiamo possiamo attivare la funzione di gestione numerica della posizione dei nodi, cliccare sul nodo voluto e leggere o modificarne le posizione.



Che ci manca per per definire con completezza lo schema statico?

- Vincoli
- Caratteristiche elastiche ed inerziali dell'elemento
- Carichi

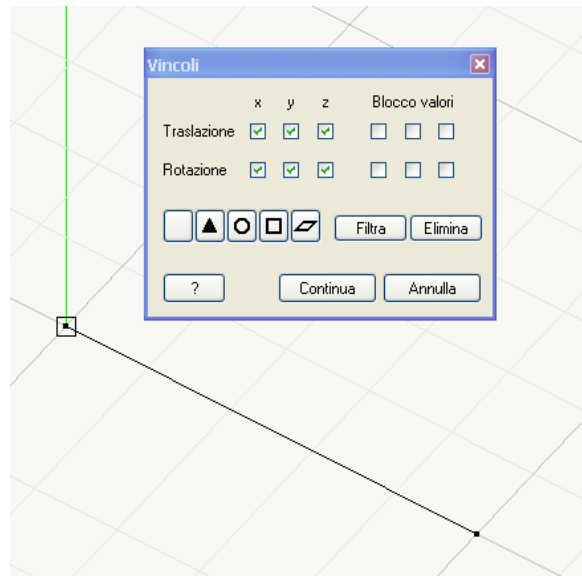
Tutte le funzioni di "assegnazione" in Nòlian sono raccolte in una icona "gerarchica" della palette cioè un'icona dove è possibile rendere attiva la funzione voluta di assegnazione per poi cliccare poi sugli elementi voluti ed effettuare quella specifica assegnazione.



Le icone, da sinistra, hanno il significato di assegnazione delle seguenti proprietà:

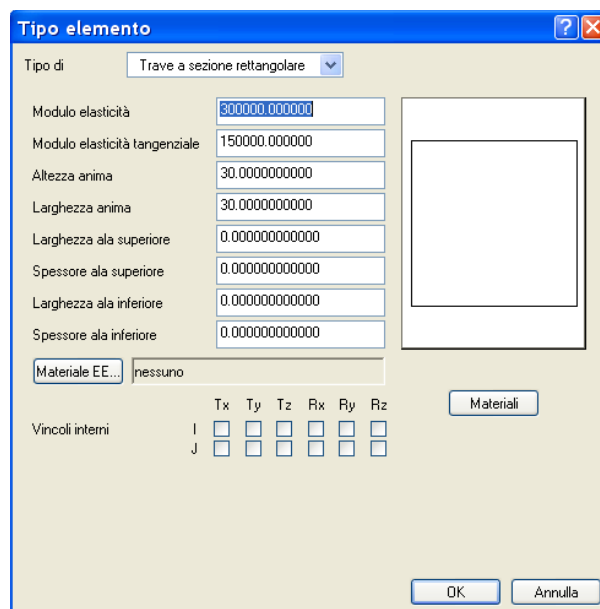
- Vincoli
- Caratteristiche dell'elemento
- Carichi sull'elemento
- Forse sui nodi
- Rotazione del riferimento locale (nodo k)
- Relazione cinematica di piano rigido
- Masse nodali
- Masse distribuite sugli elementi

Selezioniamo per primi i vincoli. Clicchiamo sul nodo che vogliamo sia un incastro ed assegniamo i gradi di libertà (gdl) che vogliamo vincolare. Ovviamente per un incastro sono vincolati tutti i sei gdl. I tipi di vincolo più comuni sono assegnabili anche premendo su una icona dedicata. In questo caso il triangolino indica un incastro.

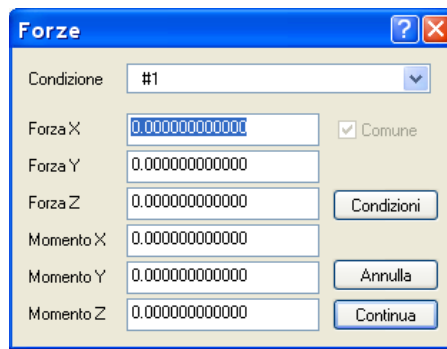


Le altre funzioni del dialogo sono funzioni avanzate che per ora non ci interessano.

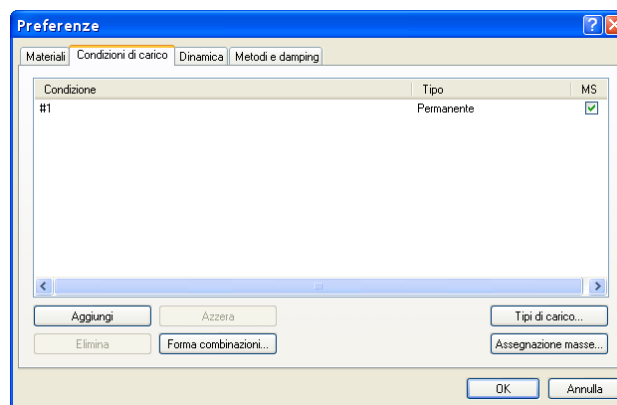
Passiamo alle caratteristiche dell'elemento con modalità analoghe a quelle adottate per il vincolo. Scegliamo il tipo di elemento finito voluto dal menu a tendina ed in questo esempio assegniamo una trave a sezione rettangolare i valori come nella figura sottostante.



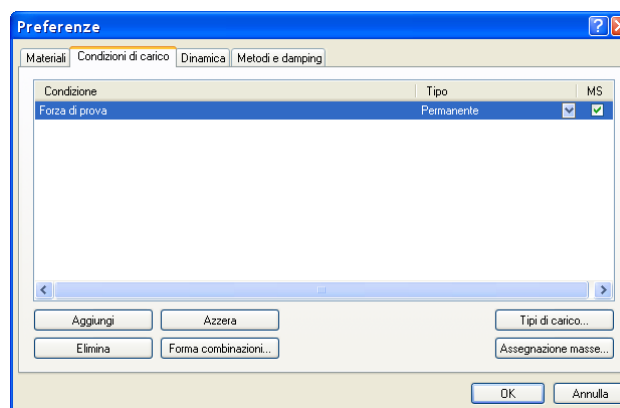
Ci resta da assegnare una forza concentrata all'estremo libero. Selezioniamo l'icona di assegnazione e quindi il nodo libero.



Qui possiamo assegnare le tre componenti del vettore di forza e le tre di momento associandole alla condizione di carico voluta. Nòlian ha un numero di condizioni virtualmente illimitato. Se ne possono aggiungere di nuove, eliminarle e denominarle a piacere. Ciò è possibile anche da questo stesso dialogo, premendo il bottone Condizioni.



Qui possiamo, ad esempio, rinominare la condizione già presente come "Forza di prova". L'attributo di Tipo servirà per le combinazioni di normativa per le verifiche degli elementi strutturali e per ora non ci interessa.



Definita la condizione di carico come preferiamo, possiamo ora associarle i valori voluti per quel nodo. E assegneremo una forza "verticale" o più esattamente una forza che agisce nel verso negativo dell'asse globale Z.

Forze

Condizione: Forza di prova

Forza X: 0.000000000000 ☒ Comune

Forza Y: 0.000000000000

Forza Z: -1000

Momento X: 0.000000000000

Momento Y: 0.000000000000

Momento Z: 0.000000000000

Conizioni

Annulla

Continua

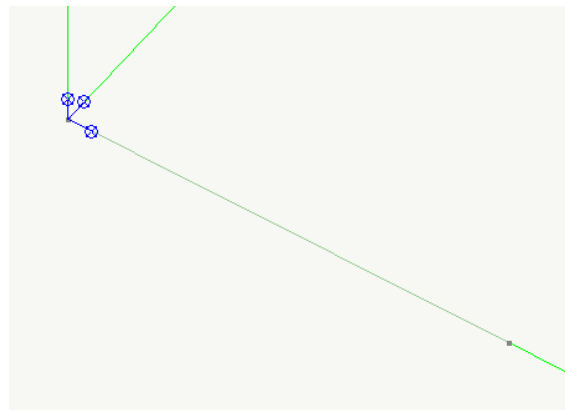
Se vogliamo controllare le assegnazioni possiamo farlo numericamente semplicemente attivando l'icona di assegnazione voluta e cliccando di nuovo sul nodo o sull'elemento per leggere e modificare i valori. In Nòlian non esiste una "procedura" ma ogni cosa può essere fatta nel momento e con l'ordine che si preferisce.

Se preferiamo una verifica grafica, più immediata, possiamo:

Attivare la rappresentazione solida direttamente dalla toolbar per verificare le dimensioni assegnate

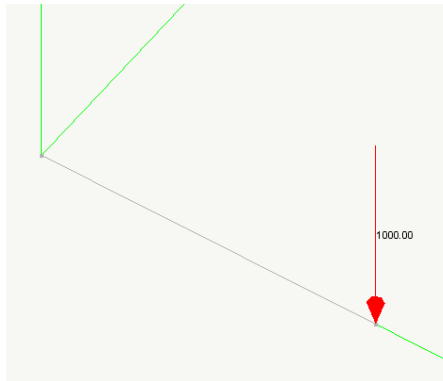


Attivare la rappresentazione dei vincoli...

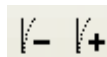


oppure delle forze assegnate





I grafici o le rappresentazioni che riportano dei valori e non solo dei simboli, possono essere scalate sia numericamente che agendo sulla toolbar, ciò per avere una rappresentazione più chiara possibile.

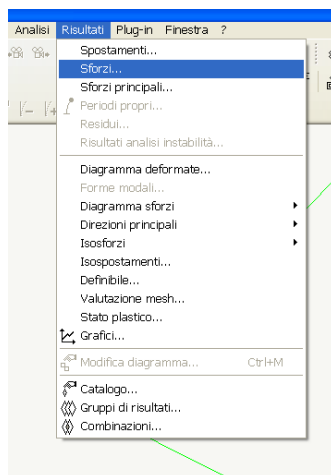


Ora per eseguire una analisi statica basta un clic sulla toolbar.

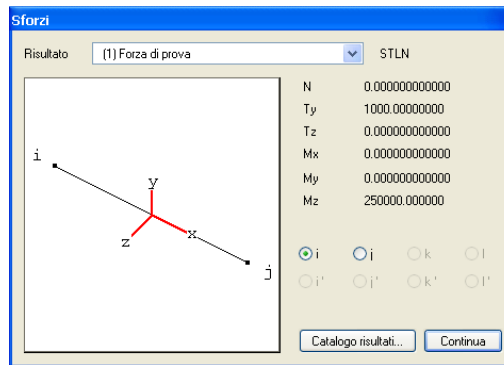


Ci verrà chiesto dove salvare il file e da ora in poi i risultati della analisi saranno disponibili con la stessa immediatezza con al quale abbiamo trattato i dati.

Vediamo subito gli sforzi. Attiviamo la voce dal menu Risultati->Sforzi.



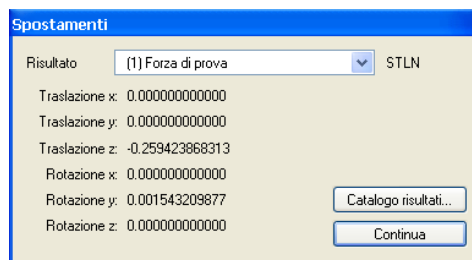
Quindi clicchiamo sull'elemento che vogliamo interrogare. Qui ovviamente ce n'è uno solo...



I risultati sono organizzati per:

- Condizione di carico, selezionabile dal menu a tendina
- Nodo dell'elemento finito (i o j).

Analogamente possiamo fare per gli spostamenti.



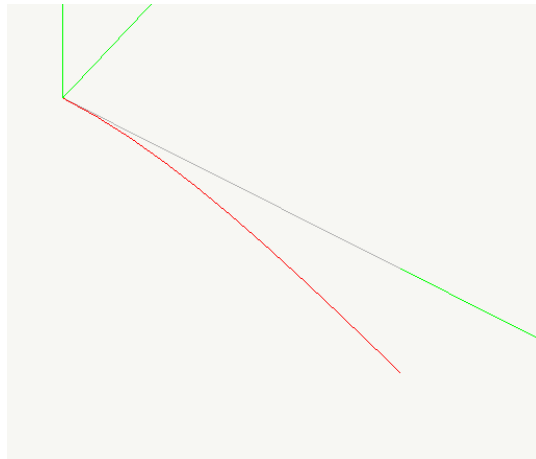
Abbiamo ottenuto una deflessione pari a -0.25942 unità. Ma quali unità? Finora non ne abbiamo parlato. In un modello matematico le unità di misura è "necessario e sufficiente" che siano congruenti. Non vanno specificate. Se abbiamo assegnato la struttura in cm e kg, la deflessione sarà in cm.

Questo paragrafo può essere omissso da chi desidera seguire solo l'uso del programma.

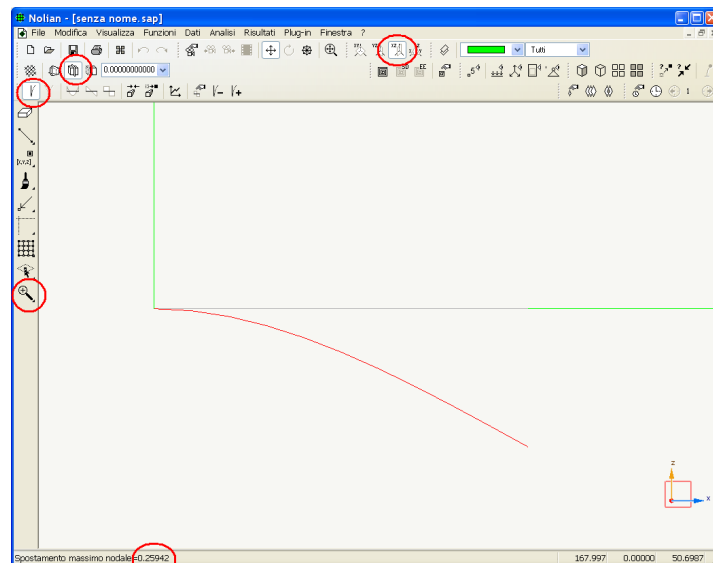
Ora facciamo un "gioco" che andrebbe fatto sempre, magari in casi più complessi, che serve per familiarizzarci con un programma. Calcoliamo la deflessione "a mano". Come si sa, nel nostro caso, per una trave inflessa è data da: $FL^3 / 3EJ$. Il valore che otteniamo è: 0.25720. Ci accontentiamo? Neanche per idea! Noi dobbiamo sempre farci una ragione dei risultati di un programma prima di averne confidenza ed affidarci ad esso. Anche un banale esercizio come questo è utile. Non solo per "verificare" le basi del software ma per prendere confidenza con il nostro modo di usarlo. Se ora consideriamo la deformazione a taglio data da $\chi FL/GA$ otteniamo -0.0022 che sommato al valore calcolato che non teneva conto dell'effetto del taglio coincide con il valore calcolato da Nòlian fino all'ultima cifra decimale rappresentata.

Possiamo avere anche una rappresentazione grafica dei risultati.

Attivando l'icona della toolbar e scalando la rappresentazione con le icone in precedenza indicate, otteniamo una rappresentazione della deformata.

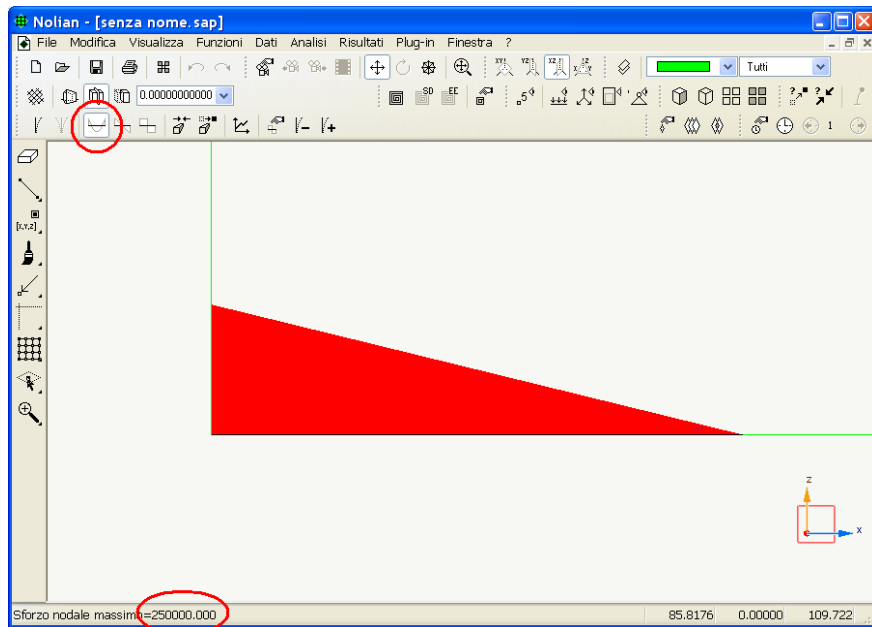


Se la rappresentazione tridimensionale non è pratica per valutare la deformata vediamo altre possibilità di gestire le rappresentazioni in Nòlian. Infatti possiamo eseguire una "sezione" sul un piano qualsiasi e vedere chiaramente solo ciò che giace in quella sezione. Nel nostro caso, molto semplice, il grafico si estende nel piano "verticale" e cioè XZ. Attiviamo tale piano e quindi attiviamo la sezione su tale piano. Lo possiamo fare dalla toolbar.



In figura abbiamo evidenziato con un cerchio rosso le funzioni coinvolte: scelta del piano, rappresentazione in sezione, rappresentazione delle deformate, eventuale doppio clic sull'icona dello zoom della palette per fare un "pan" sulla immagine. Si noti che nella barra di stato sottostante è sempre indicato il valore massimo calcolato su tutta la struttura.

Analogamente è possibile ottenere i diagrammi degli sforzi.



2. Un telaio

Argomenti trattati:

- costruzione del modello di un telaio
- le prime autogenerazioni
- sezioni poligonali
- falde inclinate di un tetto
- funzioni di duplicazione e spostamento
- disassamenti
- elementi Rigel

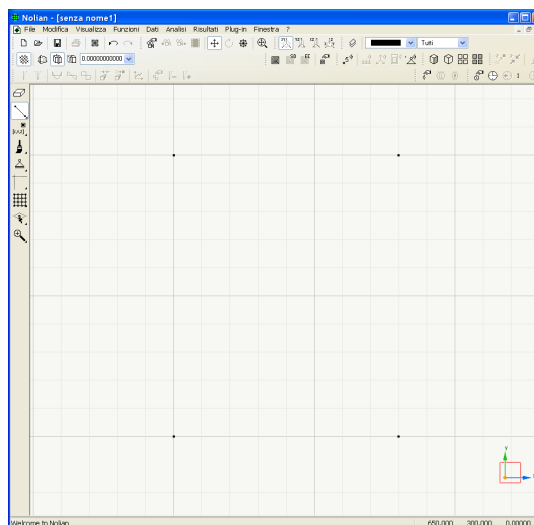
L'esempio della mensola del capitolo precedente ha inteso mettere in luce che:

- Nòlian si basa su un sofisticato sistema 3D per la gestione della geometria della struttura.
- Si basa su un metodo di scelta della azione da eseguire seguita dalla selezione degli oggetti sui quali si intende eseguire
- La lettura dei risultati si basa sullo stesso identico principio
- Non vi sono "procedure". Qualsiasi operazione può essere svolta nell'ordine preferito.

Ora vediamo la costruzione di un piccolo telaio per mostrare come si passa dal tracciamento nel piano a quello nello spazio.

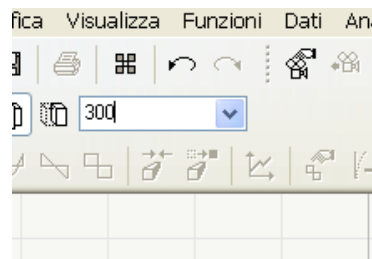
Si può operare in molti modi, vista la flessibilità di Nòlian. Ne useremo uno che ci pare il più didatticamente utile.

Come abbiamo fatto per la mensola, attiviamo il piano xy a quota 0.0 (quello di default quando si pare il programma). Attiviamo la griglia e se ci è comodo mettiamoci in sezione su quel piano. Tracciamo quindi quattro nodi di base. Per tracciare un nodo basta attivare lo strumento di tracciamento di elementi monodimensionali e premere e rilasciare il bottone del mouse nello stesso punto.

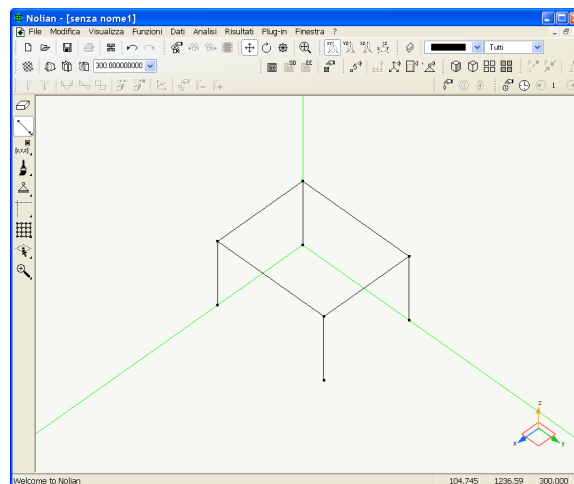


A questo punto abbiamo vari metodi per proseguire il tracciamento nello spazio. Vediamo quello che mette in luce meglio il concetto di lavorare su un piano definito nello spazio. Quindi

"muoviamo" il piano che era a quota 0.0 e portiamolo a quota. 300.0. Per far questo basta semplicemente immettere la nuova quota nel campo editabile della toolbar e effettuare un invio.



A questo punto i nodi già tracciati sono da un piano "retrostante" e quindi appariranno in colore grigio. Per tracciare i nodi dei pilastri questa quota non serve la griglia perché il mouse "snapperà" sui nodi sottostanti consentendo un tracciamento di precisione.

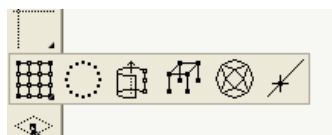


A questo punto potremo disattivare la visione in sezione e tranquillamente connettere i nodi tracciati.

Avremmo potuto anche attivare un piano verticale (yx ad esempio) a tracciare direttamente il telaio lungo e così via.

Usiamo però ora un'altra funzione che ci avvicina agli strumenti di produttività di Nòlian: l'autogenerazione dei telai.

Le funzioni di autogenerazione sono tutte raccolte nella palette in un'unica icona gerarchica.

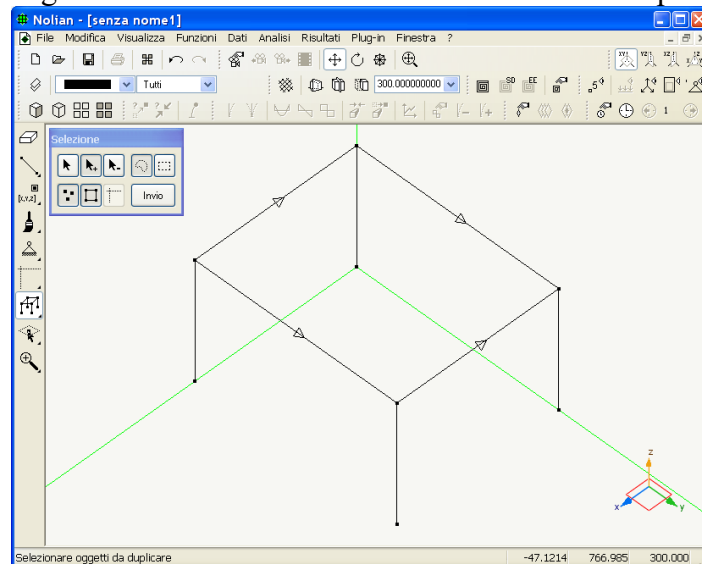


Le autogenerazioni disponibili sono le seguenti:

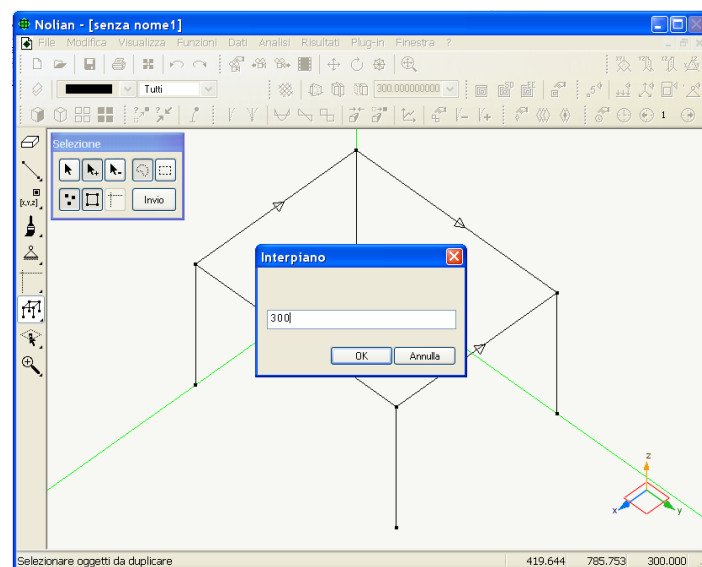
- Generazione automatica di elementi ad 1- 2- e 3 dimensioni in un quadrilatero assegnato
- Generazione di elementi monodimensionali o nodi lungo una linea o un arco circolare
- Generazione per estrusione lineare o cilindrica di elementi a 1 o 2 dimensioni
- Generazione di telai

- Generazione di mesh di elementi piani in aree anche concave e anche con cavità
- Operazioni di suddivisione di un elemento
- Generazione di mesh in aree generiche costruite con le linee di riferimento (vedi Manuale)

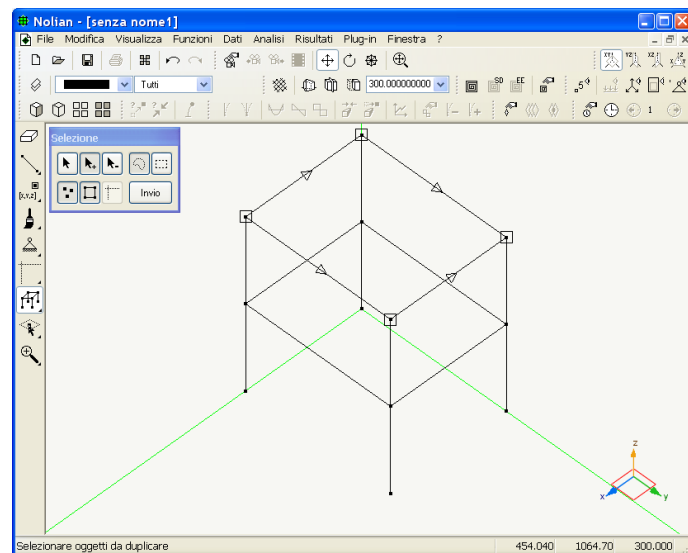
Attiviamo la funzione di generazione dei telai e selezioniamo le travi del primo impalcato.



Facciamo un invio e assegniamo la quota di interpiano.



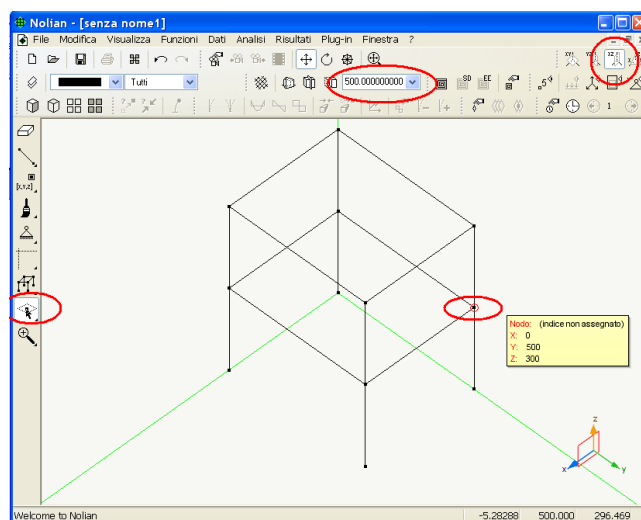
Diamo l'ok.



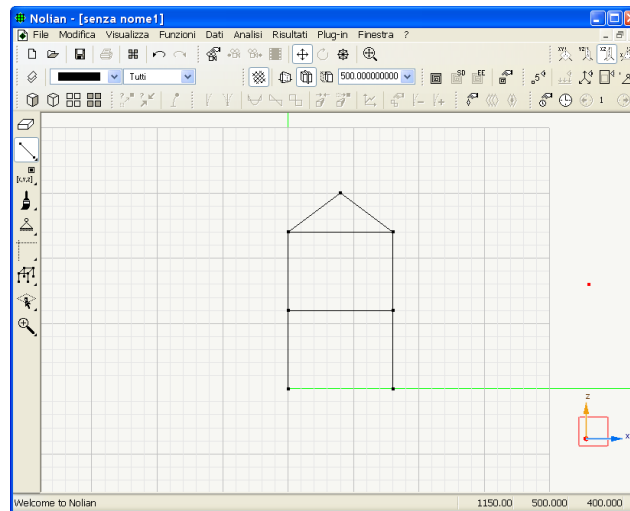
Sarà generato un nuovo impalcato per copia di quello selezionato posto all'interpiano assegnato. Per proseguire, se lo si desidera, basta premere di nuovo invio. Si potrà assegnare una nuova quota di interpiano e così via. Ad ogni piano è possibile modificare la selezione per generare un nuovo impalcato con gli elementi voluti.

A questo punto vogliamo aggiungere le travi di un tetto a falde. Il modo più semplice è quello di tracciare la trave di colmo alla quota voluta e di collegarla ai pilastri. Ma usiamo un'altro metodo per illustrare altre funzionalità di Nòlian.

Attiviamo il piano verticale xz, attiviamo l'icona della palette che ci consente di posizionare automaticamente piano di lavoro su un nodo voluto e selezioniamo tale nodo.

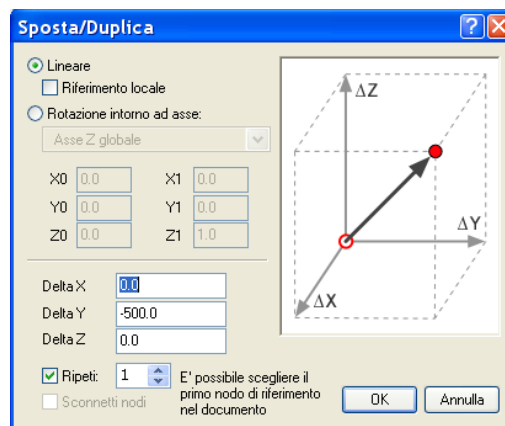


In rosso sono cerchiati i comandi e i controlli implicati. Attivando ora semplicemente la sezione ci troveremo ad operare su un piano verticale passante per il nodo voluto.

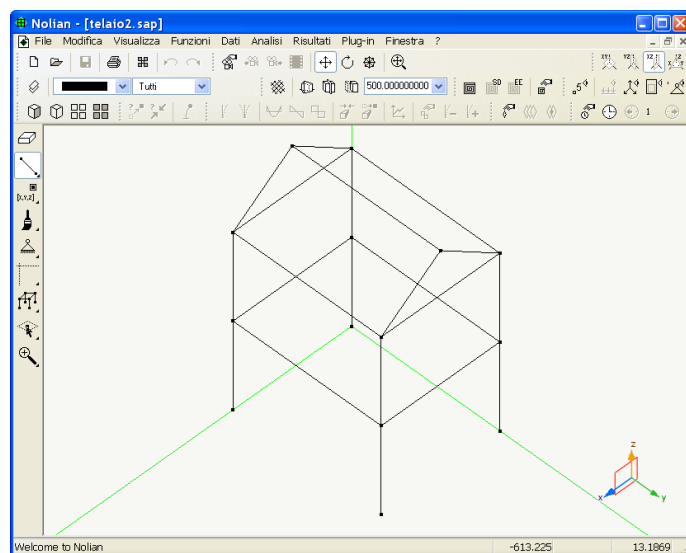


Ora, attivando la griglia possiamo tracciare le travi di falda di un tetto. Sia ben chiaro che stiamo facendo "i giocolieri" per far vedere alcune delle potenzialità di Nòlian e soprattutto la sua flessibilità per affrontare problemi certo ben più complessi. Il tetto a falde, l'abbiamo detto poteva generarsi in un attimo. Ma vogliamo mostrare un'altra potente funzione: la possibilità di copiare, spostare, duplicare. Nel nostro caso vogliamo duplicare le due nuove travi sul telaio opposto.

Attiviamo la funzione Funzioni->Sposta/Duplica... ed assegniamo nel dialogo la direzione l'entità dello spostamento con una duplicazione (potremmo duplicarlo il numero di volte voluto).



Quindi selezioniamo le due travi da copiare e premiamo invio. Otteniamo una duplicazione spostata delle due travi che agevolmente collegheremo con una trave di colmo.



Questo telaio come struttura è banale ma lo scopo di questo tutorial è quello di per mostrarvi il maggior numero possibile di funzionalità di Nòlian e l'uso dei suoi comandi.

A questo punto, definita la geometria dello schema strutturale, che nella terminologia degli elementi finiti chiameremmo più propriamente "mesh", non ci resta che assegnare gli attributi: vincoli, caratteristiche degli elementi, forze e carichi agenti.

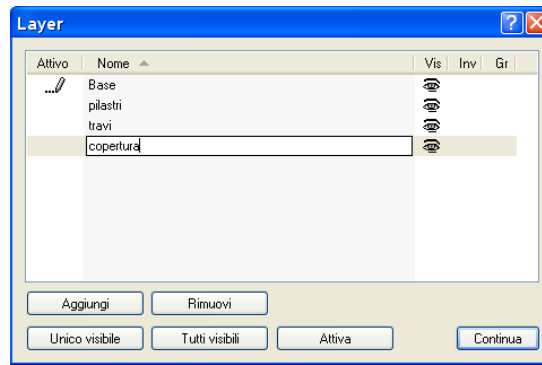
Questo lo si fa esattamente come abbiamo fatto con al mensola quindi non lo ripeteremo. Piuttosto vogliamo illustrare un'altra funzionalità di Nòlian: la possibilità di formare dei "gruppi logici" di elementi agendo su colori o su layer. Si può cioè attribuire un colore funzionale a ciascun elemento sia per distinguerlo visivamente sia perché la selezione può avvenire per colore. Quindi, ad esempio, si può fare un gruppo di pilastri di colore rosso e quindi selezionare tutti insieme gli elementi colorati in rosso. Ciò facilita le assegnazioni. Più potente è il metodo dei "layer". Con tale metodo si possono affidare nodi ed elementi ad un "layer" e poi agire sulla visibilità dei layer per avere un controllo più chiaro delle parti componenti la struttura.

Nel nostro caso genereremo 3 layer: uno per i pilastri, uno per le travi, uno per le travi della copertura.

Clicchiamo sull'icona della toolbar:



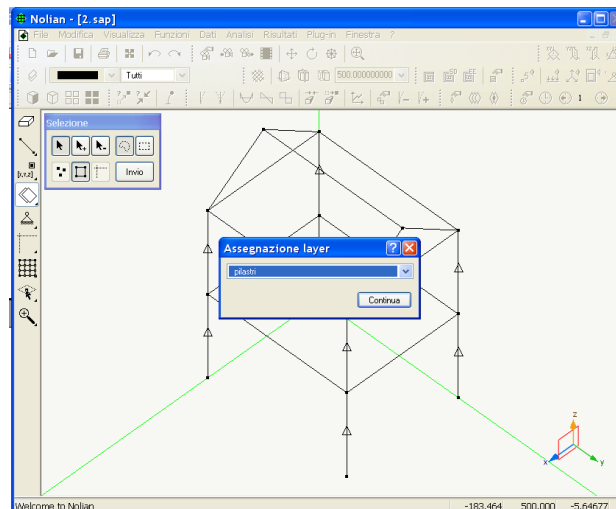
Si aprirà un dialogo nel quale, agendo sui bottone "Aggiungi" aggiungeremo al layer Base, sempre presente, tre nuovi layer che denomineremo opportunamente.



Per associare uno o più elementi ad un layer, attiviamo la relativa icona della palette.

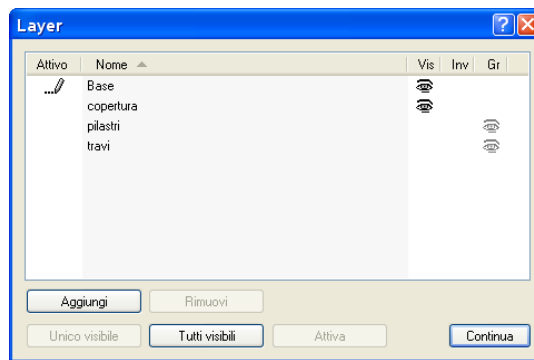


Quindi selezioniamo tutti i pilastri (tenendo premuto il tasto delle maiuscole si possono selezionare contemporaneamente più elementi. Per i metodi di selezione vedere il manuale di riferimento).



A selezione ultimata si aprirà un dialogo che permetterà di scegliere il layer voluto. Analogamente procederemo per gli altri elementi strutturali.

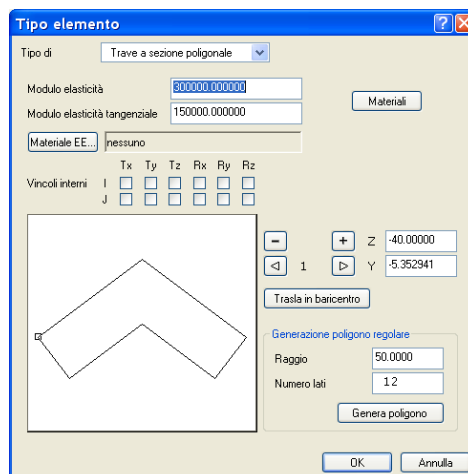
Ora torniamo al dialogo della gestione dei layer (attivando l'icona sulla toolbar come abbiamo fatto in precedenza) ed assegniamo al visibilità dei layer. Ad esempio lasciamo visibile la copertura e in grigio gli altri elementi.



Ogni operazione ora si svolgerà esclusivamente sul layer visibile e ciò consente selezioni e modifiche solo su una parte della struttura.

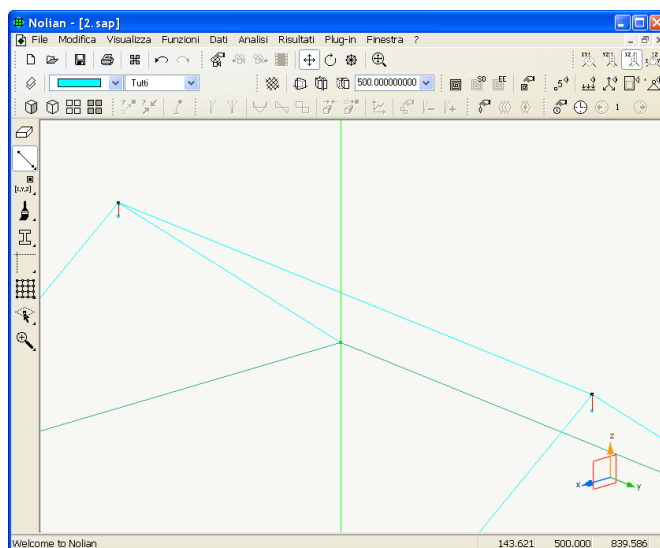
Sfruttando questa possibilità sarà molto agevole, ad esempio attivare il layer dei pilastri ed assegnare ad essi le caratteristiche degli elementi (supponendoli ovviamente tutti eguali se appartengono allo stesso layer). E così per gli altri elementi.

Approfittiamo della trave di colmo per introdurre delle altre caratteristiche di Nòlian. La trave di colmo la vogliamo di sezione tale da raccordarsi alle falde. Selezioniamo il segmento che rappresenta l'asse della trave di colmo e questa volta assegniamo una sezione poligonale.



Ora ci si pone un problema di natura statica. Il baricentro della sezione tipicamente coincide con l'origine della riferimento della sezione perché i momenti di inerzia si assumono baricentrici. Nel nostro caso però il baricentro della sezione non coincide con l'intersezione delle travi inclinate delle falde. Con Nòlian abbiamo due modi per risolvere il problema. Se assegniamo la geometria della sezione con origine nella intersezione delle travi (cioè traslandolo più in basso rispetto al baricentro) Nòlian rileverà il disassamento e conetterà automaticamente l'asse della trave come fosse dotata di disassamenti rigidi di opportuna lunghezza. Oppure possiamo tracciare la sezione con origine nel baricentro (o traslarla in baricentro con l'apposito comando del dialogo) e quindi provvedere noi a generare i disassamenti rigidi. Poiché questa seconda via può essere utile in altre situazioni che vedremo in seguito (ad esempio il collegamento rigido tra travi e setti), mostreremo brevemente questa possibilità.

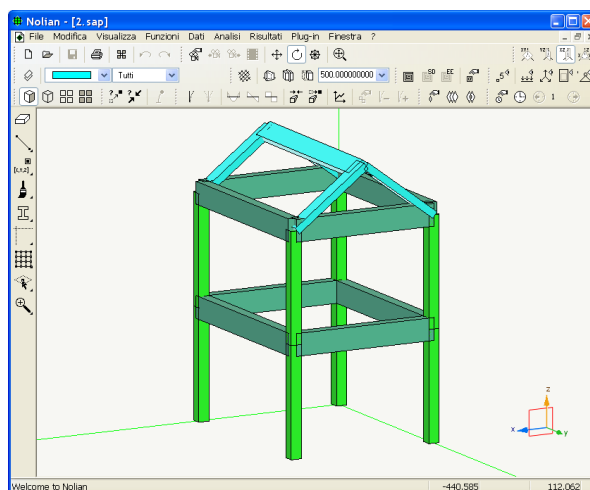
E' sufficiente generare due nodi alla quota voluta e connetterli a quelli della intersezione delle travi inclinate.



Se avremo l'accortezza di attivare un colore di tracciamento opportuno, ad esempio rosso, questi segmenti saranno tracciati in tale colore e potremo sfruttare in seguito la selezione per colore per assegnare le caratteristiche.

A questo punto possiamo semplicemente cancellare (attivando l'icona che rappresenta una Gomma per cancellare dalla palette) la trave di colmo e tracciarla nuovamente tra i due nuovi nodi in modo da "disassarla", oppure possiamo spostarla con la funzione che abbiamo già visto in precedenza.

Ai due nuovi disassamenti rigidi assegneremo il tipo di elemento finito "Rigel". Attivando una rappresentazione solida otterremo la geometria raffigurata nella immagine seguente.



Approfondimento

La trave a sezione poligonale e i Rigel per i disassamenti rigidi sono stati qui introdotti per illustrare tutte le potenzialità di modellazione di Nòlian ed alcuni problemi di modellazione normalmente trascurati. Sotto il profilo statico il disassamento rigido in questo caso sarebbe abbastanza influente. E Nòlian permetterebbe con facilità di verificare le differenze in quanto consente di impiegare qualsiasi schema statico si desideri. Vi sarebbero però delle difficoltà geometriche all'atto di progettare gli ancoraggi delle armature. Nòlian dispone anche di disassamenti prettamente

geometrici per questo scopo. In ogni caso, poiché la generazione del modello deve essere il più spedita possibile soprattutto nel caso di problemi edili, l'ambiente inMod consente di automatizzare tutti questi aspetti in modo da rendere produttiva al massimo la generazione del modello (vedere manuale e tutorial di inMod).

Per la analisi e le modalità di assegnazione delle caratteristiche dinamiche, si veda il capitolo 5.

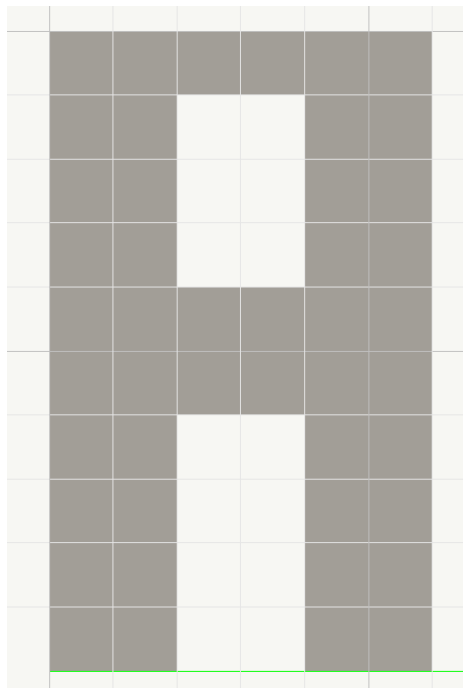
3. Una parete con aperture

Argomenti trattati:

- setti portanti
- pareti con aperture
- connessioni rigide
- elementi Rigel

Anche in una struttura a telaio si hanno spesso dei setti, e cioè quegli elementi nei quali lo spessore è decisamente inferiore rispetto alle altre due dimensioni. Entro ragionevoli rapporti tra larghezza della sezione e altezza, si può assumere che tali elementi abbiano un comportamento simile ad una trave inflessa. Vi è però un problema che nasce dalla connessione che tali setti hanno con le travi orizzontali. Anche un setto con aperture può essere visto come un insieme di setti connessi da travi. In questi casi però la larghezza del setto è tale da non consentire che il tratto della trave che penetra nella sua larghezza fino a congiungersi con il suo asse si possa considerare flessibile e quindi si ricorre in genere ad elementi che attuano una connessione cinematica modellando cioè il comportamento di una connessione infinitamente rigida. In Nòlian questi elementi si chiamano Rigel.

Nel prossimo capitolo modelleremo gli stessi setti con elementi finiti piani sia per vederne l'uso sia per comparare i risultati che si hanno tra le due diverse modellazioni.



La parete che vorremo modellare ha la geometria sopra raffigurata. L'immagine è tratta dal modello ad elementi finiti piano che vedremo nel prossimo capitolo. Per comodità espositiva, il modello è stato realizzato con elementi quadrati di 50 unità di lato.

Non descriveremo qui in modo dettagliato le operazioni di tracciamento del modello a elementi finiti essendo stati trattati questi argomenti nei primi due capitoli. Ci metteremo sul piano coordinato YZ come piano di lavoro, e usando la griglia come ausilio di tracciamento, tratteremo i segmenti che costituiscono gli assi degli elementi monodimensionali (pilastri, travi e rigel) della parete schematizzata come telaio equivalente.

Tracciata la geometria, assegniamo i vincoli come di consueto. Assegniamo le caratteristiche delle sezioni impiegando l'elemento Trave a sezione rettangolare come nel seguente dialogo.

Tipo elemento

Tipo di: Trave a sezione rettangolare

Modulo elasticità: 300000.000000

Modulo elasticità tangenziale: 150000.000000

Altezza anima: 30.0000000000

Larghezza anima: 100.0000000000

Larghezza ala superiore: 0.000000000000

Spessore ala superiore: 0.000000000000

Larghezza ala inferiore: 0.000000000000

Spessore ala inferiore: 0.000000000000

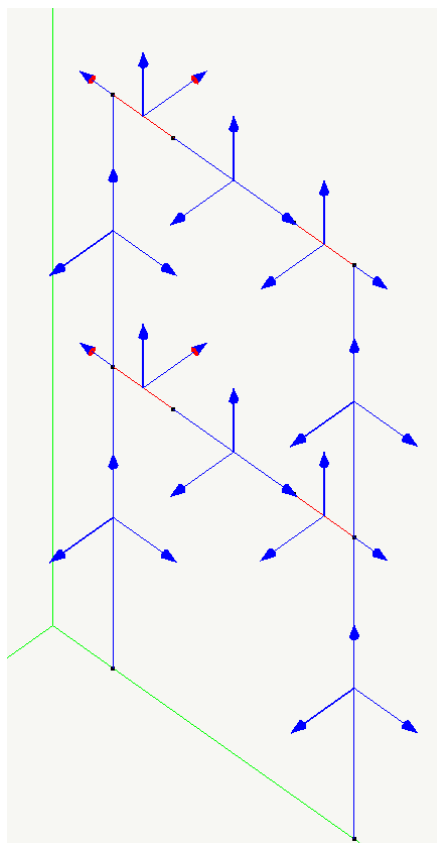
Materiale EE...: nessuno

Materiali

	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

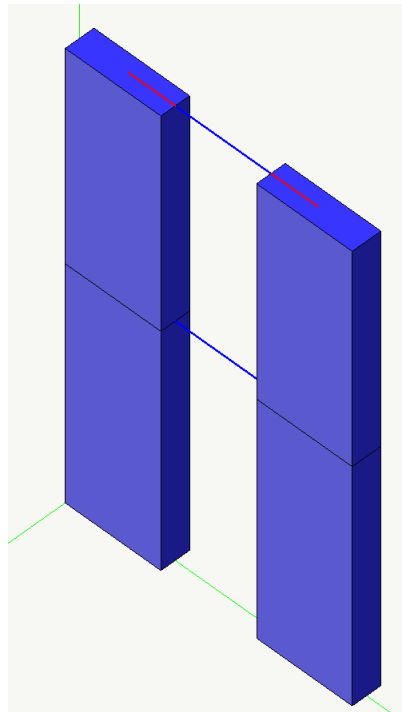
OK Annulla

Si deve notare che i termini "altezza" e "larghezza" si intendono nel riferimento locale dell'elemento.

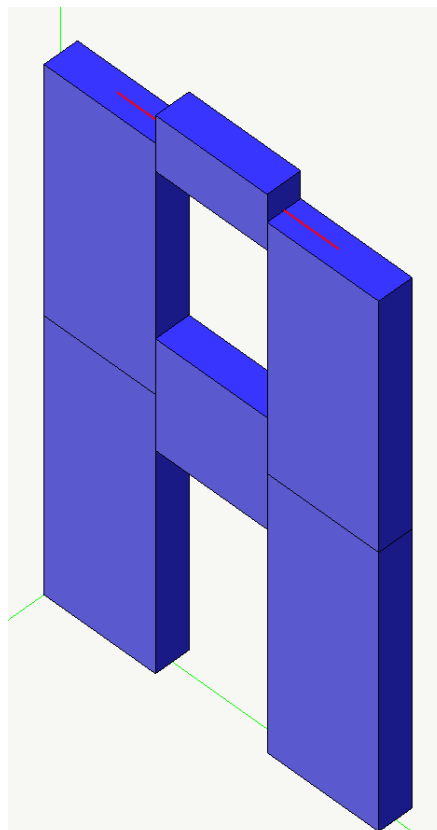


Se visualizziamo il sistema di riferimento locale degli elementi (Dati->Mostra->Riferimento Locale), l'asse giacente sull'asse dell'elemento è l'asse x locale, la freccia con asta più spessa indica l'asse y locale, l'altra, ovviamente, l'asse z locale. Il termine di assegnazione di "Altezza" si riferisce dunque alla dimensione in direzione dell'asse y locale. In ogni caso, per accertarsi di aver assegnato al sezione con le corrette dimensioni è sufficiente eseguire una rappresentazione solida che si può attivare dall'icona della toolbar.





Analogamente facciamo per gli altri elementi elastici.



In questa immagine notiamo che, poiché siamo abituati ad immagini "realistiche" e non del modello di calcolo, la parte interrotta della trave superiore ci può apparire un difetto del modello. Così non è assolutamente. Abbiamo infatti deciso di usare elementi infinitamente rigidi (Rigel) per modellare il

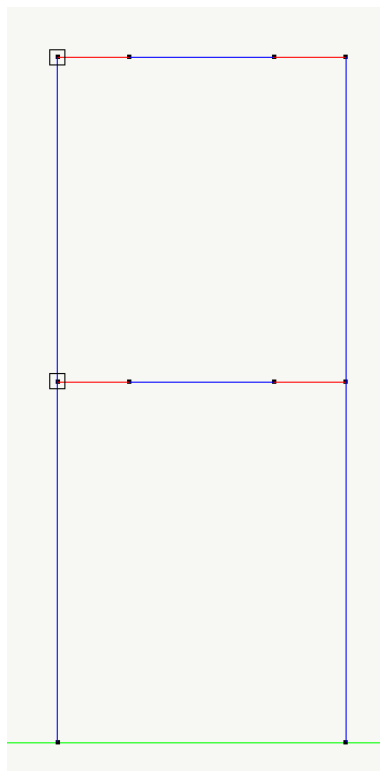
nodo, che ha deformazioni sicuramente elastiche in misura molto ridotta, e quindi attribuire a questa parte della struttura una consistenza "materiale" sarebbe sostanzialmente una rappresentazione non rispondente al modello di calcolo.

Ora assegniamo ai segmenti rossi che abbiamo tracciato pensandoli come elementi infinitamente rigidi, gli elementi appunto Rigel.

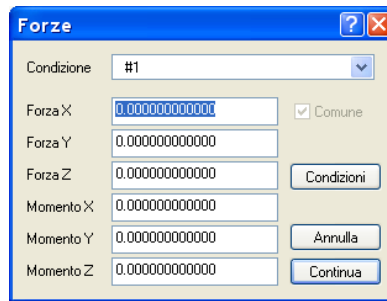
A questo punto non ci resta che assegnare i carichi e le forze. Assegneremo due forze orizzontali a livello di piano di 1000 unità ognuna. Ripetiamo che usiamo il termine "unità" perché basta che le unità di misura siano congruenti che non è necessario siano specificate, in ogni caso, in questo esempio stiamo "pensando" in kg e cm.



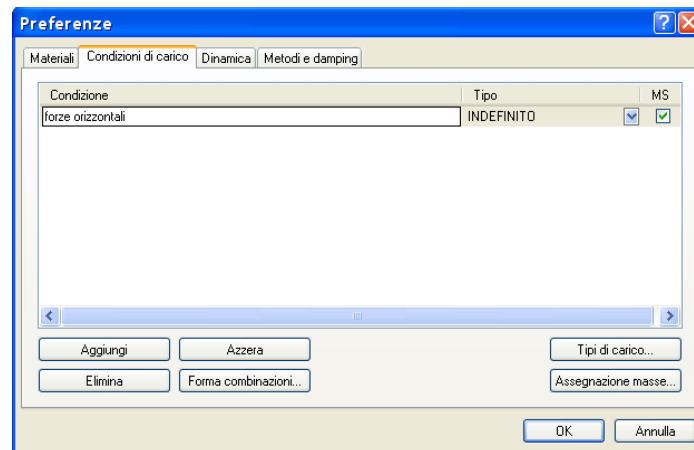
Attiviamo la funzione di assegnazione delle forze dalle icone di assegnazione della palette e selezioniamo i entrambi nodi ai quali vogliamo assegnare le forze.



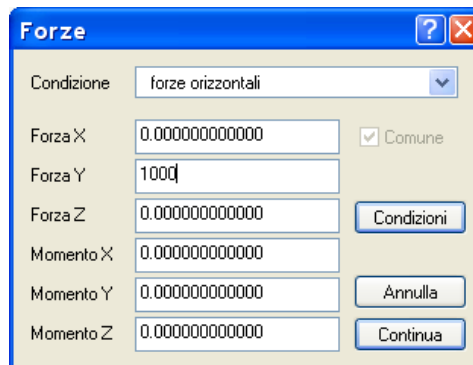
I quadratini indicano i nodi selezionanti. Si aprirà il dialogo di assegnazione delle forze.



Se lo desideriamo, clicchiamo sul bottone "Condizioni" per gestire le condizioni di carico cambiando il nome o generandone di nuove. In questo caso cambiamo il nome a quella esistente perché sia più esplicativa del carico che assegniamo.



Quindi assegniamo la intensità della forza in direzione y.



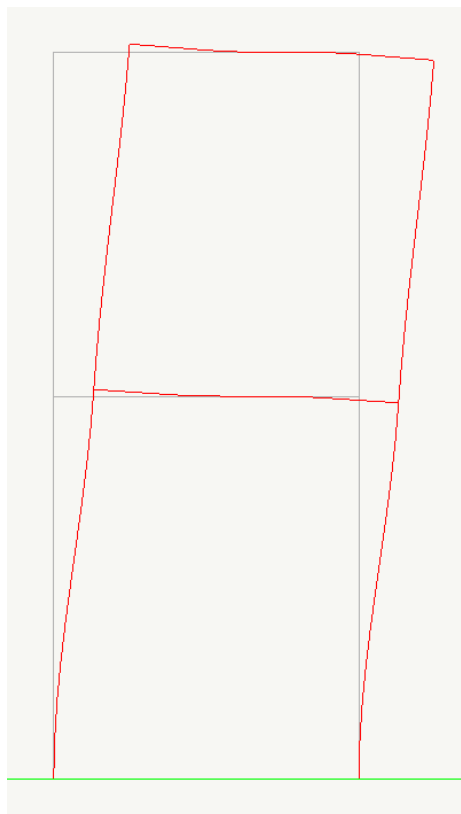
Ora possiamo eseguire una analisi statica cliccando sull'icona della toolbar.



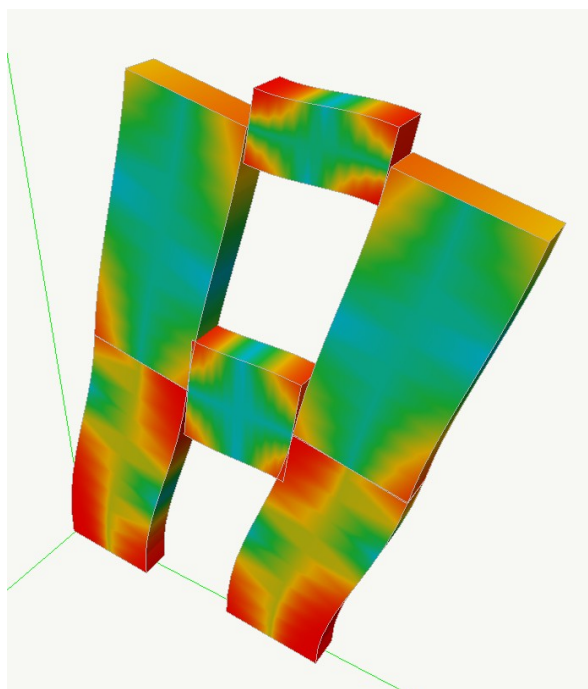
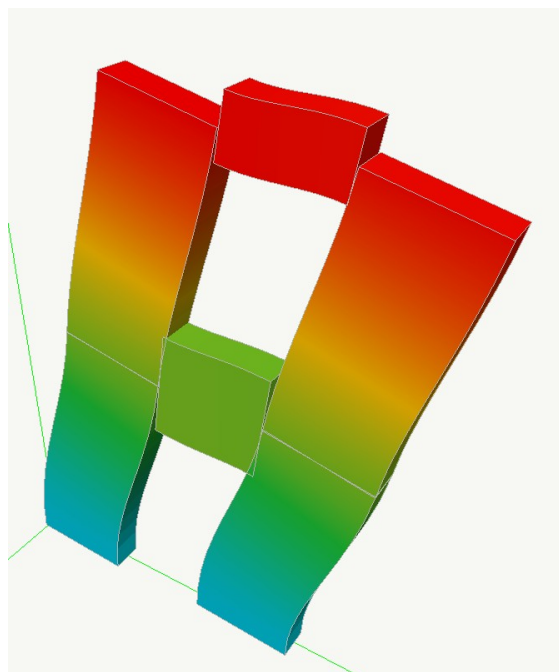
La prima cosa che è bene verificare è la deformata: in caso di errori di assegnazione, ci accorgeremmo subito di eventuali anomalie.



Attiviamo al funzione o dalla toolbar o dal menu Risultati->Deformata e assegnandola nel dialogo la condizione di carico che vogliamo visualizzare e la scala di amplificazione degli spostamenti che può anche essere calcolata automaticamente, come abbiamo fatto in questo caso.

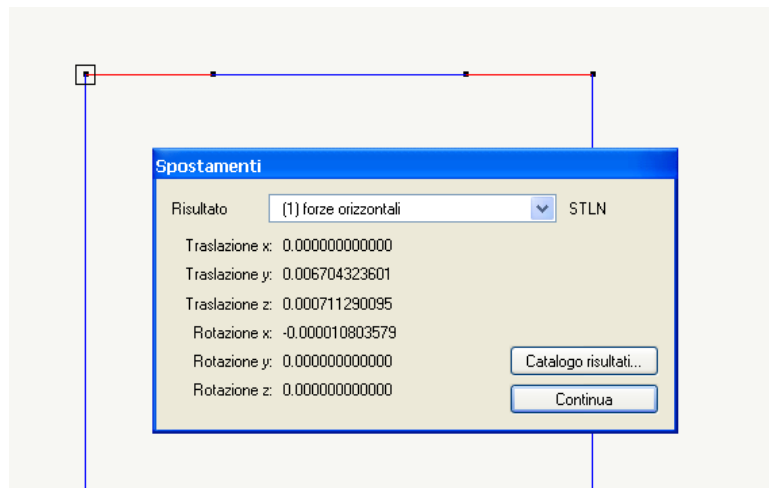


Questa è la deformata con maggiore rigore ed aderenza al modello di calcolo. La si può arricchire di informazione e "piacevolezza", eseguendo una deformata solida o una deformata con le superfici degli elementi colorate in funzione del livello di tensione (supponendo omogenea la sezione).



Come punto di riferimento leggiamo lo spostamento del nodo dove è applicata la forza superiore: si hanno 0.006704 unità (cm) e il momento al piede del pilastro sinistro è di 152,828 (kgxcm).

Per farlo è sufficiente attivare dal menu risultati la funzione "Spostamenti" e cliccare sul nodo voluto.



Analogamente per gli sforzi, ma qui cliccando sull'elemento.

Nel prossimo capito 4 vedremo la stessa parete analizzata con elementi finiti bidimensionali e valuteremo al differenza tra le due soluzioni.

Approfondimento

La lunghezza dei tratti rigidi è oggetto di controverse valutazioni infatti è un valore "empirico". Qui abbiamo per chiarezza assunto che il tratto rigido fosse lungo quanto la distanza tra l'asse dell'interfaccia ma in genere lo si assume più corto. Alcuni propongono una lunghezza determinata da una linea a 30° dalla apertura. Inoltre non abbiamo assunto tratti rigidi per i pilastri che pure, soprattutto per la trave inferiore, sarebbe stato più corretto considerare.

Con un secondo modello che tenga conto di queste ipotesi otteniamo uno spostamento di: 0.0064970 unità (cm) e un momento al piede di 148,551 (kgxcm). Come si vede lo scarto non è significativo (circa il 2.6%) sui momenti.

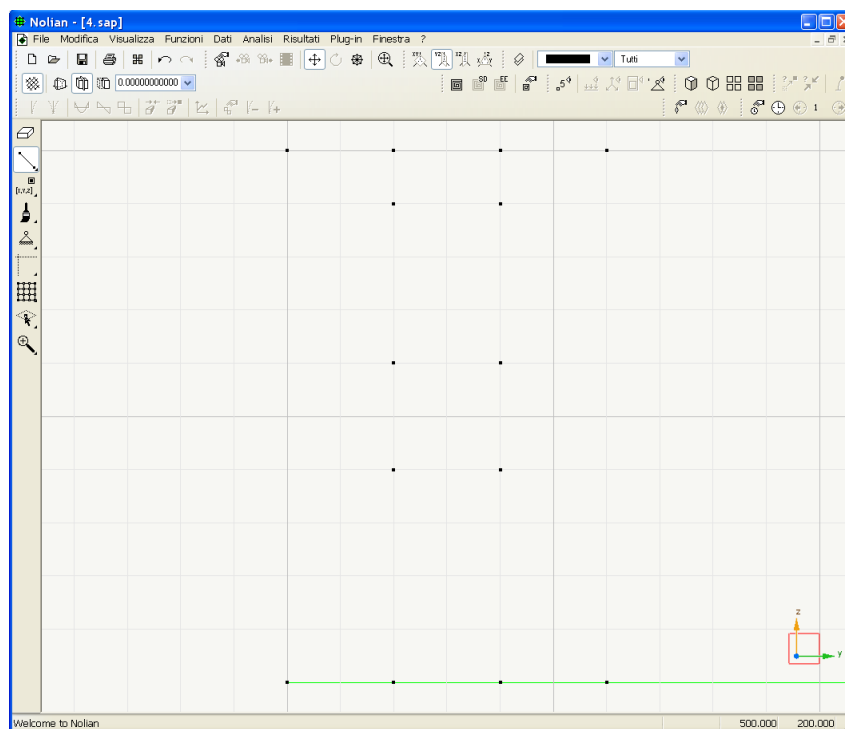
Inoltre gli elementi rigidi, proprio per la natura del legame cinematico che rappresentano, non devono necessariamente avere il nodo primario in posizione specifica. Anche un modello come quello qui di seguito raffigurato impone lo stesso vincolo cinematico tra i nodi secondari.

4. Una parete con aperture, modello con elementi piani

Argomenti trattati:

- setti portanti
- pareti con aperture
- mesh di elementi piani
- elementi piani "guscio"
- rigidezza per il "drilling"

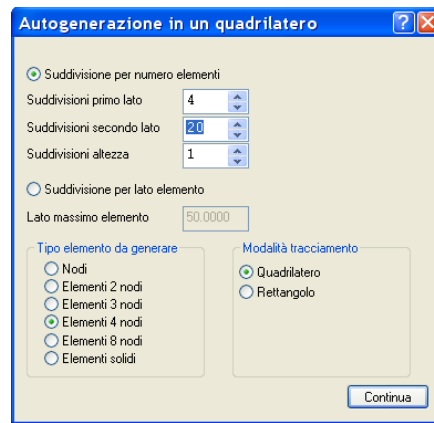
Attiviamo il piano verticale YZ e attiviamo la sezione. Ci troveremo a lavorare comodamente su un piano. Tracciamo con la griglia solo i punti geometrici significativi della parete. Per il tracciamento e l'uso della griglia si veda il primo capitolo.



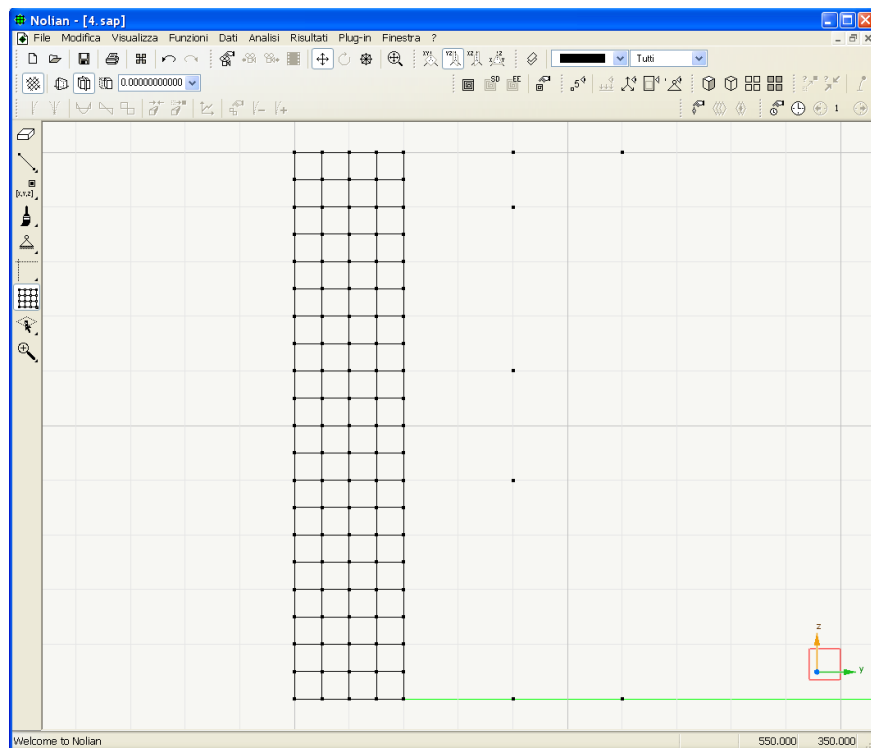
Ora vogliamo costruire la mesh di questa parete usando elementi finiti a 4 nodi. Il metodo più semplice è quello di pensare la mesh in due rettangoli verticali connessi da altre due rettangoli orizzontali e in ognuno di tali rettangoli costruire in automatico una mesh. La generazione automatica della mesh in un quadrilatero (non necessariamente in un rettangolo) si attiva dalla palette.



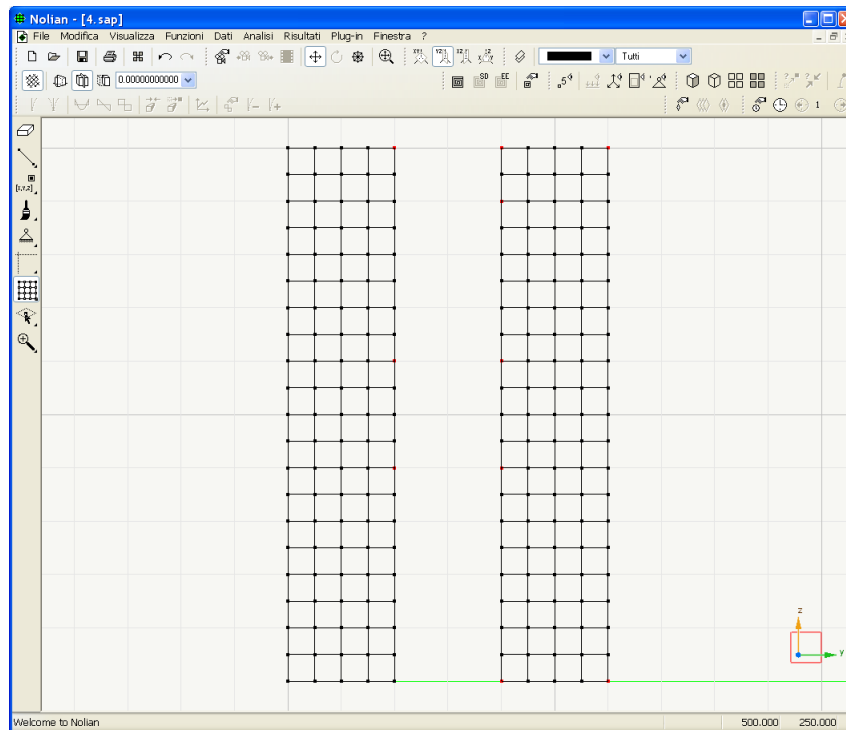
Al dialogo per l'assegnazione dei parametri di generazione si accede con un doppio clic su tale icona.



Scegliamo di formare negli elementi strutturali verticali una mesh con 4 elementi di base (il primo lato che tracciamo) e 20 sul lato successivo. Quindi tracciamo (nell'ordine scelto!) un quadrilatero usando il mouse e il pulsante del mouse e i nodi già tracciati come guida sicura. Potevamo anche non farlo e tracciare direttamente i rettangoli di generazione, ma così ci è più facile illustrare i passaggi.

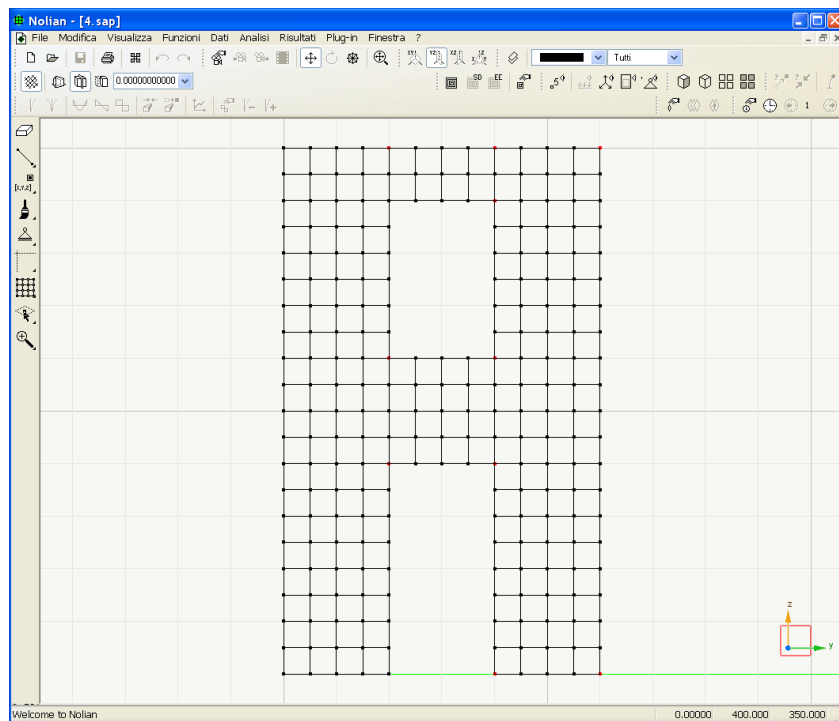


Appena tracciato il rettangolo di sinistra la mesh si genererà automaticamente. Faremo altrettanto per l'altro rettangolo a destra.



Usando la funzione del pennello abbiamo colorato in rosso i nodi che hanno un riferimento geometrico. Potevamo farlo all'inizio ma è un esempio ulteriore della versatilità di Nòlian.

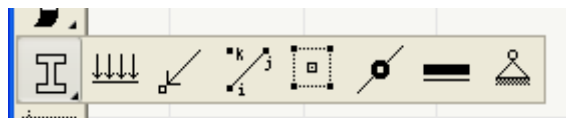
Per generare i due rettangoli di collegamento dobbiamo cambiare il numero di elementi per lato facendo bene attenzione al fatto che gli elementi devono coincidere nei nodi: se non lo facessero sarebbe come introdurre un "taglio", una "disconnessione" nella parete. Pertanto assegneremo, sempre richiamando il dialogo con un doppio clic, 4 nodi per entrambi i lati per il rettangolo inferiore e 4 e 2 nodi per lato per quello superiore. Tracciando i rettangoli del perimetro, completeremo la mesh.



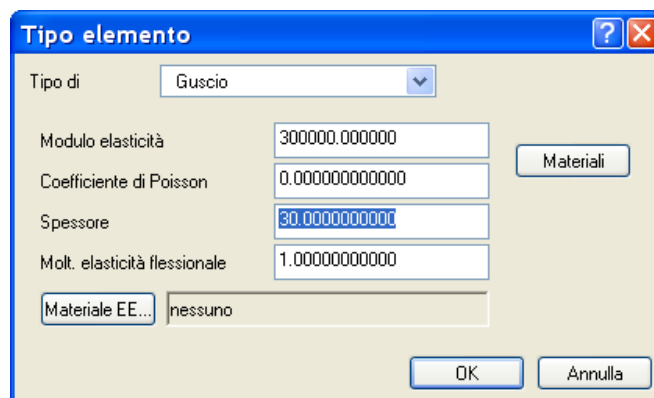
Approfondimento

Per mesh complesse con forature e contorni irregolari esiste un'altra funzione più potente di generazione frontale di mesh. In casi semplici come questo è più agevole e più immediato il metodo seguito.

Per assegnare le caratteristiche degli elementi, attivare la relativa icona di assegnazione

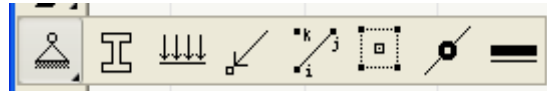


quindi eseguiamo una selezione totale che si può eseguire anche con la scorciatoia della combinazione di tasti $\text{ctrl} + \text{A}$. Si aprirà un dialogo che ci consente di scegliere il tipo di elemento finito dal menu a tendina, e sceglieremo il tipo guscio, e quindi di assegnare le caratteristiche elastiche e lo spessore dell'elemento.

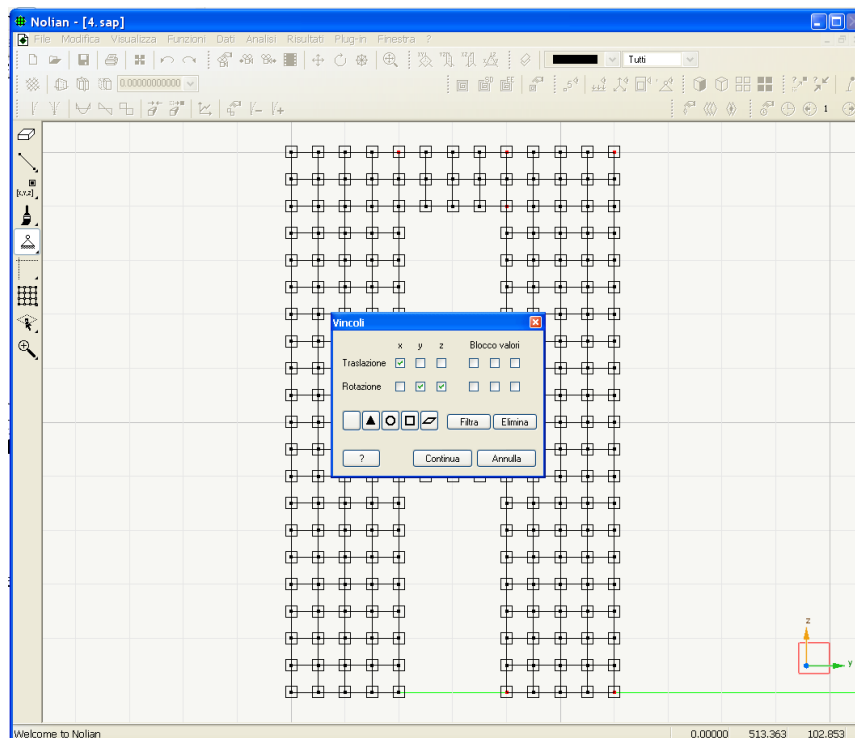


Per i vincoli, usiamo un'accortezza. Non sarebbe necessario, ma per "pulizia" del modello, poiché il modello in questo caso è un modello piano, eliminiamo i gradi di libertà fuori del piano. Ciò è

molto semplice. Basta attivare l'icona di assegnazione dei vincoli



fare una selezione globale



e cliccare nel dialogo l'ultima icona del gruppo di sinistra, quella con un parallelogrammo, che automaticamente individuerà i gradi di libertà fuori del piano attivo e li vincolerà. Nel nostro caso ciò equivale a vincolare gli spostamenti x fuori del piano e le rotazioni y e z non ortogonali al piano.

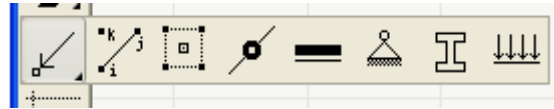
Questi vincoli sono utili per portare una maggiore chiarezza dello schema ma non necessari al fine statico. Infatti ora dobbiamo assegnare i vincoli di base altrimenti la struttura sarebbe labile, cosa che il programma immancabilmente ci indicherebbe. Per farlo, selezioniamo solo i nodi di base magari usando una selezione a "lazo"



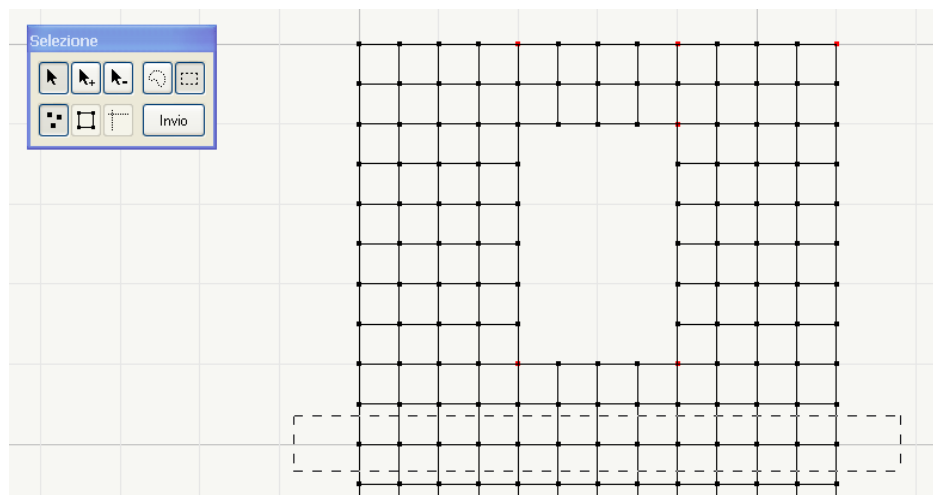
e quindi nel dialogo che abbiamo già visto vincoliamo tutti e sei i gradi di libertà del nodo.

Ci manca di assegnare le azioni sul modello. Assegniamo le stesse azioni usate nel capitolo precedente. Cioè due forze ad altezza di piano che potrebbero simulare l'azione statica equivalente dovuta ad un'azione sismica. Qui non è opportuno assegnare una singola forza a un nodo perché si

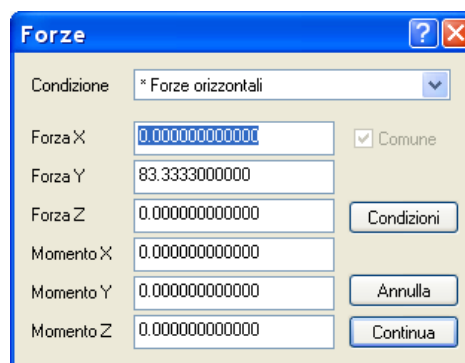
avrebbe una concentrazione di tensioni nel punto di applicazioni. Normalmente avremmo il solaio o un cordolo a distribuire l'azione. Qui non vogliamo inserire un cordolo per non alterare le rigidezze e poter confrontare i risultati con quelli del capitolo precedente. Quindi distribuiremo al forza nei nodi alla retta di applicazione. Avevamo assegnato una forza di 1300 unità (kg), abbiamo 13 nodi, assegneremo una forza di 100 unità per ogni nodo. Per far questo, selezioniamo l'icona di assegnazione delle forze



e quindi con il lazo selezioniamo i nodi di piano.



Qui per maggiore comodità e per illustrare un'altra delle possibilità di Nòlian, abbiamo attivato la selezione per rettangolo della palette flottuante e abbiamo tracciato il rettangolo di selezione.

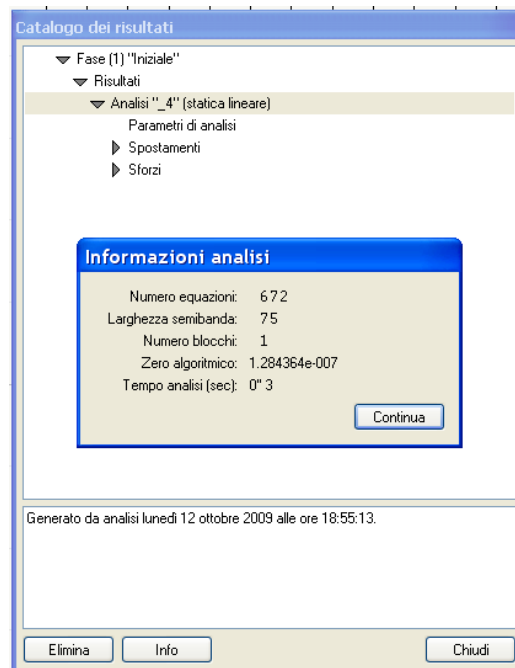


Qui avevamo generato una condizione di carico con il nome "Forze orizzontali" (vedi il primo capitolo) e assegniamo una forza secondo y (orizzontale). Per poter paragonare i risultati con quelli del capitolo precedente, dove avevamo modellato al parete a telaio equivalente, assegniamo la stessa forza di 1000 unità (kg) ma distribuita sui nodi del piano per evitare concentrazioni di tensioni sul nodo di applicazione. Analogamente facciamo per il piano superiore.

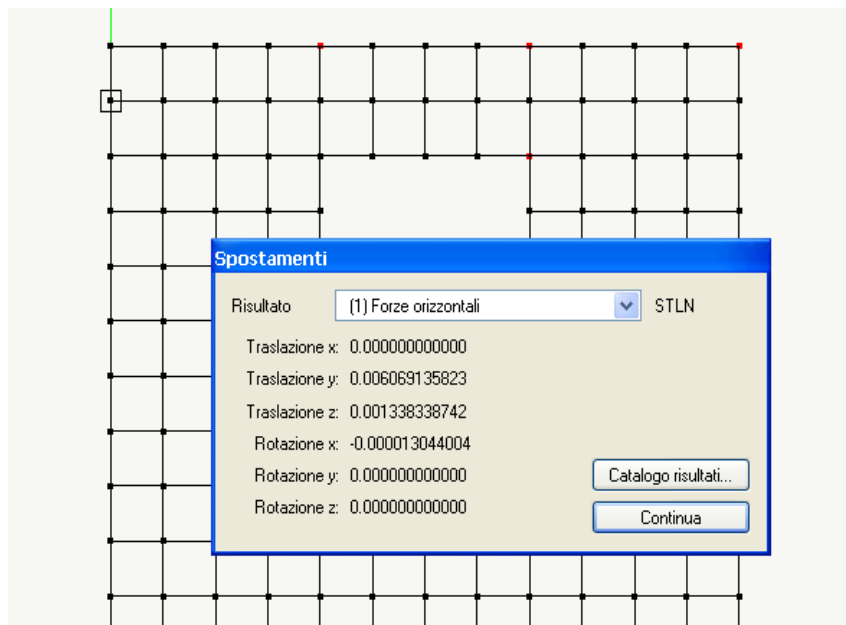
Attivando l'icona di analisi della toolbar



effettuiamo l'analisi. Se, per curiosità consultiamo il catalogo dei risultati, vediamo che il sistema di 672 equazioni è stato assemblato e fattorizzato in soli 0".3 (tre decimi di secondo). Non male! Nòlian infatti ha un avanzatissimo sistema di fattorizzazione specializzato per matrici sparse.

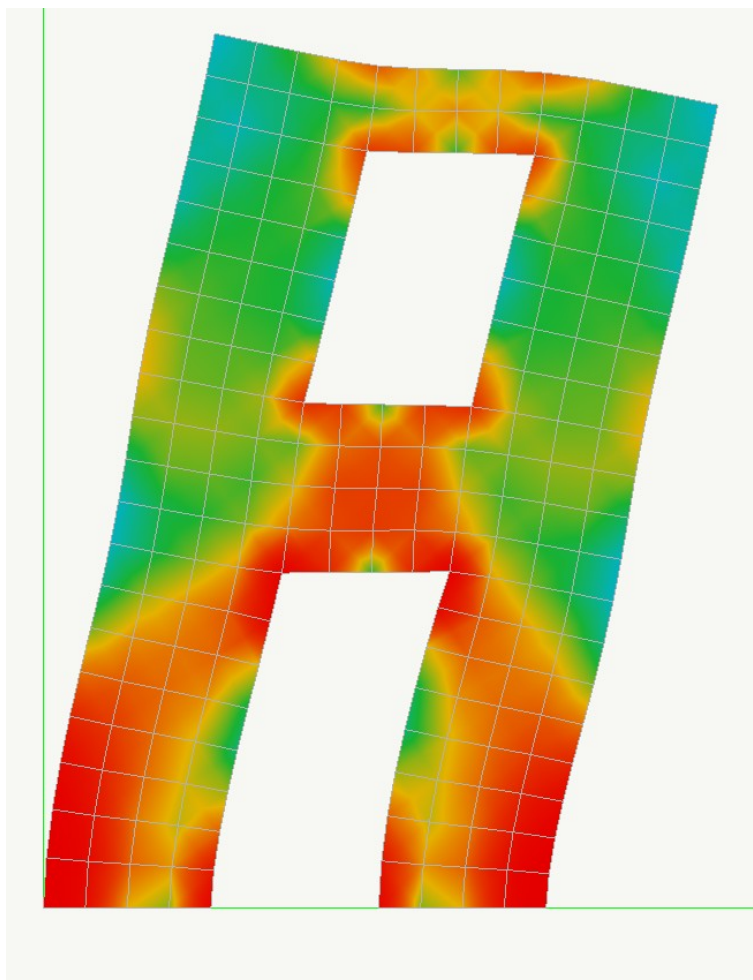


La cosa più interessante è ora mettere a confronto i risultati in spostamento ottenuti con questo modello sicuramente più accurato con quelli dell'esempio a telaio equivalente trattato nel precedente capitolo 3 dove avevamo, nel nodo dove è applicata la forza superiore, uno spostamento di 0.006704 unità (cm) e una momento al piede del pilastro sinistro è di 152,828 (kgxcm).

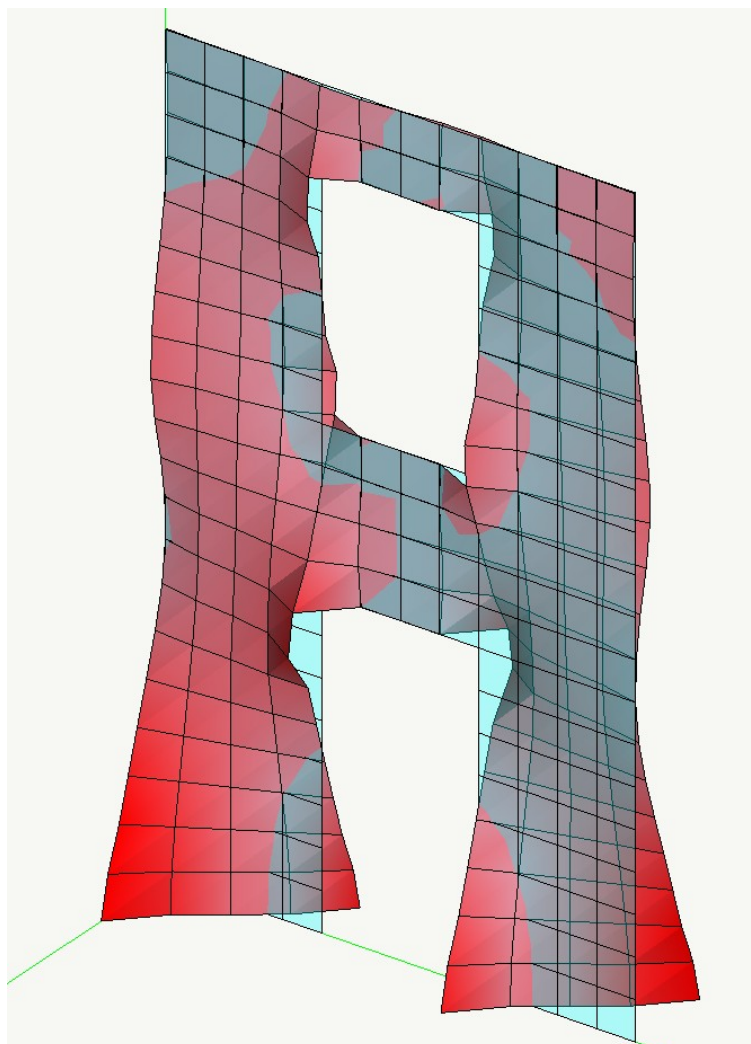


Qui abbiamo uno spostamento di 0.00606 unità (cm). Lo scarto è circa il 10%. Sicuramente questo modello è più attendibile visto che la modellazione del nodo non è "empirica" ma lo scarto è sufficientemente piccolo perché il modello a telaio equivalente sia accettabile. Diversa cosa sarebbe se la parete fosse tozza dove il modello a telaio equivalente non sarebbe raccomandabile.

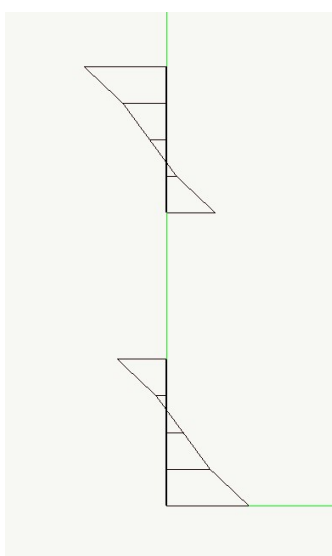
La rappresentazione delle tensioni per questo modello è più sofisticata.



Qui, in una rappresentazione combinata di tensioni membranali e di spostamento, abbiamo un quadro molto esplicativo del comportamento della parete. Tra l'altro si vede chiaramente che le sezioni non si mantengono piane, ipotesi alla base invece della teoria della trave inflessa usata nel modello a telaio equivalente.



Qui sopra una rappresentazione della superficie delle tensioni membranali verticali. Si deve attivare la funzione Risultati->Diagramma Sforzi->Assiali e quindi scegliere il valore di amplificazione e il piano di proiezione delle tensioni.



Se attiviamo la sezione sul piano del piede dei pilastri possiamo vedere l'andamento delle tensioni verticali nella parete. Se volessimo approssimare un comportamento flessionale per paragonare questi risultati con quelli precedenti dovremmo eseguire una integrazione di queste tensioni al piede della parete. Per far ciò, Nòlian dispone di una funzione che integra le tensioni in una sezione effettuata dal piano di lavoro attivo sulla mesh e fornisce le componenti di forza e di momento.

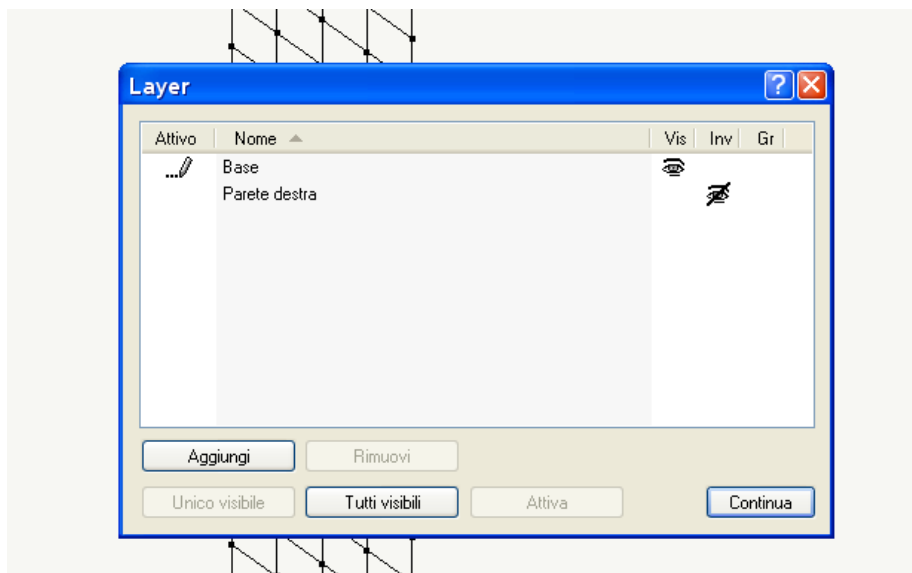
Ovviamente le operazioni che stiamo facendo hanno significato soprattutto didattico, e cioè desideriamo illustrare molte funzionalità di Nòlian unendole in un percorso logico di approfondimento dell'analisi strutturale, non sono certo queste operazioni necessarie per il progetto strutturale convenzionale anche se in uno studio di progettazione gli aspetti che spesso si è chiamati ad approfondire sono i più disparati ed uno strumento versatile come Nòlian consente di affrontarli senza problemi.

In questo caso ci proponiamo di fare un confronto tra i risultati ottenuti con il traliccio equivalente e quelli più esatti ottenuti con la discretizzazione tramite elementi piani. Per ottenere l'integrazione al piede di una sola parete, e non quella totale di entrambe, possiamo ricorrere ad un'altra interessante funzionalità di Nòlian: quella dei layer. I layer consentono di raccogliere gli elementi e i nodi voluti in una sorta di "strato" (layer) che con analogia con i fogli lucidi da disegno possono essere visualizzati o trattati indipendentemente.

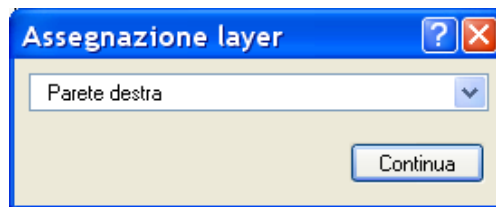
Facciamo un doppio clic sull'icona dell'apalette relativa ai layer, posta accanto al pennello,



e quindi generiamo un nuovo layer, che chiameremo "parete destra" nel dialogo che si apre.



Quindi, sempre con l'icona della palette attiva, selezioniamo tutti gli elementi non appartenenti alla parete sinistra. A selezione ultimata si aprirà il dialogo per l'assegnazione degli elementi selezionati al layer voluto.



Quindi, aprendo di nuovo con un doppio clic il dialogo di gestione dei layer, rendiamo invisibile la parete destra (vedi figura del dialogo precedente). Resterà visibile solo la parete sinistra e solo questa entrerà in gioco per tutte le successive operazioni.

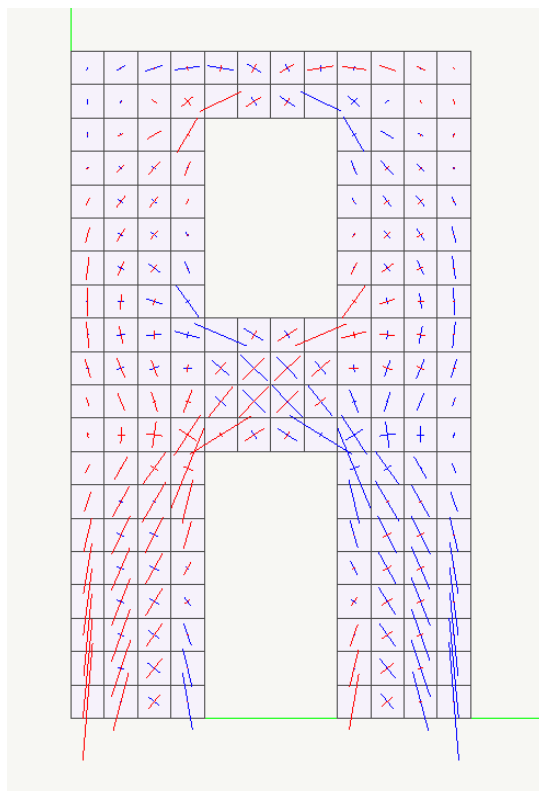
Dopo esserci accertati che il piano di lavoro attivo sia quello XY e la quota sia 0.0, attiviamo al funzione della risultante di piano dal menu Funzioni>Risultate di piano. Calcando il bottone "Calcola" otteniamo i valori.

Condizione di carico	Valore
(1) Forze orizzontali	
Forza X	0.00000000
Forza Y	549.66029
Forza Z	2192.9098
Momento intorno X	-133930.82
Momento intorno Y	0.00000000
Momento intorno Z	0.00000000

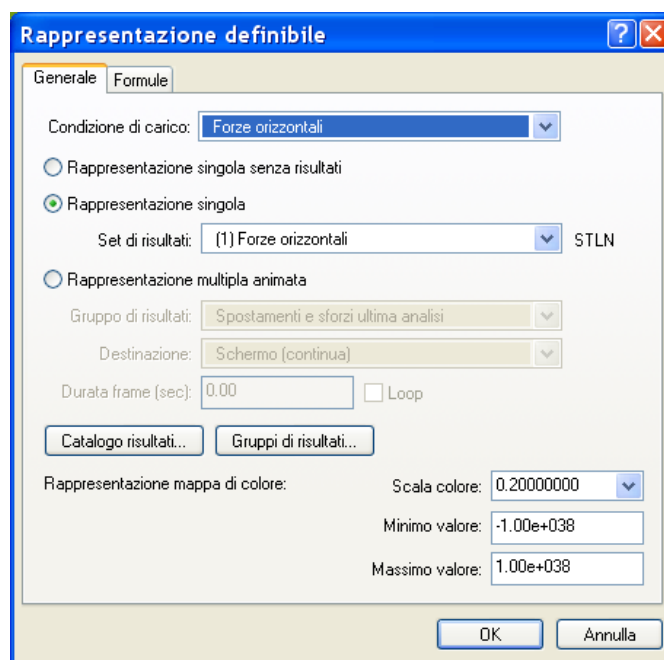
Il piano è quello di lavoro e le componenti sono nel sistema di riferimento di tale piano

Come si vede il momento è di -133,930.82 kgxcm e cioè circa il 14% meno del valore ottenuto con il telaio equivalente. Nonostante la differenza possa sembrare significativa, testimonia invece che per questo tipo di analisi e questo tipo di semplice parete il telaio equivalente è abbastanza rappresentativo.

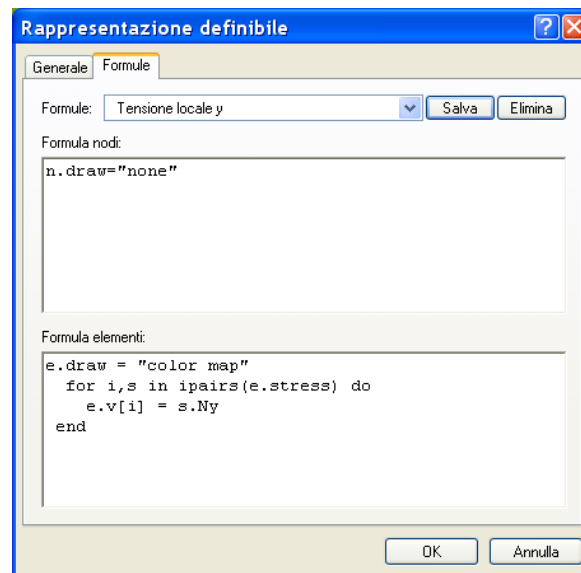
Altri tipi di rappresentazioni interessanti dei risultati sono le direzioni principali di sforzo:



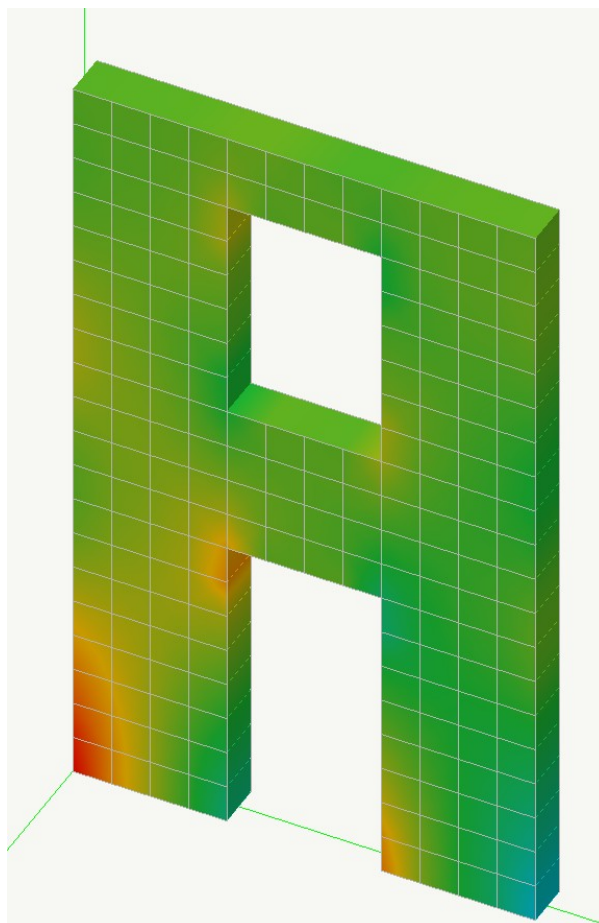
Oppure la "Rappresentazione definibile" dove è possibile assegnare delle formule qualsiasi nel linguaggio dello script interno di Nòlian per rappresentare a colori (o come testo) il valore ottenuto dalla formula. Definiti i parametri di rappresentazione:



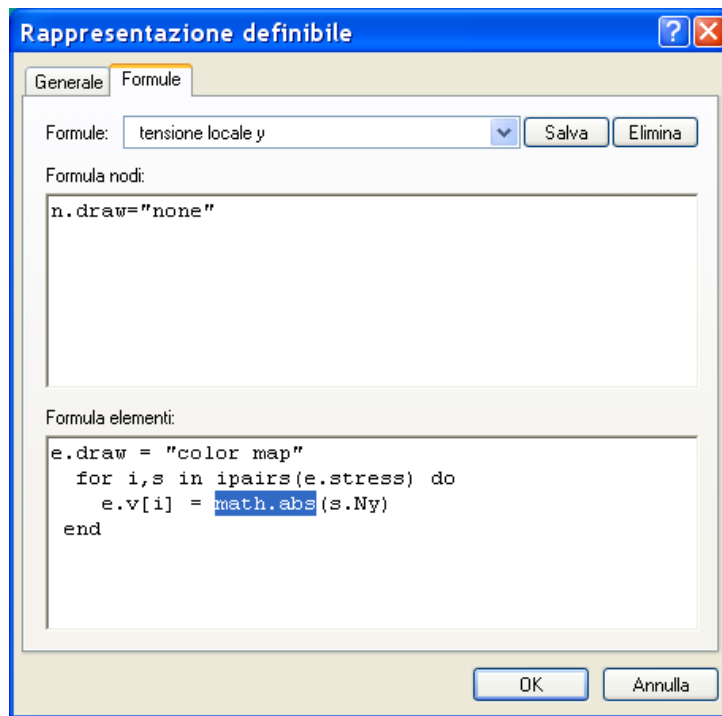
Si può assegnare la formula:



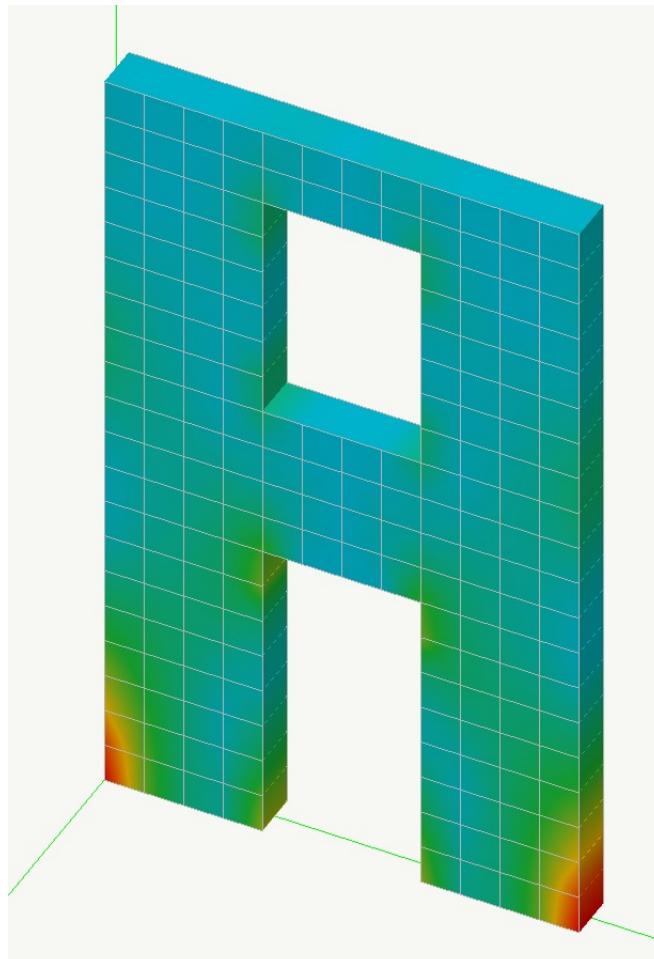
In questo caso per la rappresentazione delle tensioni membranali in direzione y locale con il loro valore algebrico.



Qui, ad esempio, aggiungendo la funzione di valore assoluto nella formula:

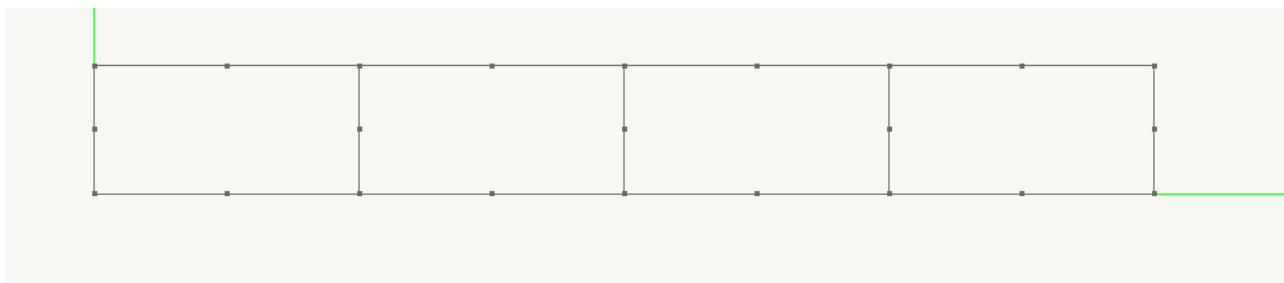


Per cui si ottiene la nuova rappresentazione:

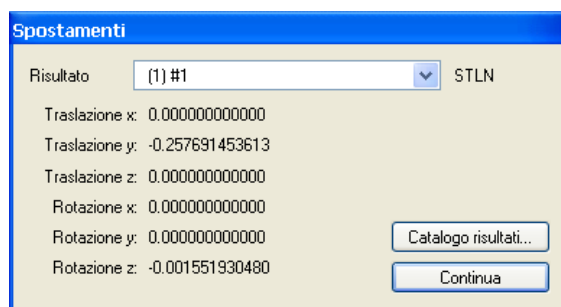


Nota sul "drilling"

Con "drilling" si intende la rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano dell'elemento. Generalmente gli elementi finiti guscio non hanno rigidità per tale grado di libertà. Ciò costringe, per evitare che il sistema sia labile, a vincolare tali gradi di libertà o ad assegnare loro una rigidità fittizia. In Nòlian l'elemento guscio a 3-, 4- o 8-nodi ha rigidità "esatta" per tale grado di libertà per cui, oltre a non richiedere artifici per il suo uso, consente un corretto inserimento in mesh miste di elementi piani ed elementi finiti trave. Per valutare la qualità e la utilità di questa potenzialità di Nòlian, modelliamo la stesa mensola del capitolo 1 con una mesh di elementi guscio a otto nodi costituita da solo 4 elementi.



Gli spostamenti calcolati dell'estremità libera sono quelli nella figura seguente.



Si noti che anche la rotazione ha un valore non arbitrario e che è praticamente coincidente con quello teorico ($FL2/2EJ = -0.00154$). Francamente non è comune trovare in un programma di calcolo un elemento con tale velocità di convergenza (solo 4 elementi!) e di tale precisione. Provare per credere! Verificate con altri programmi usando questo stesso test o quello analogo ma più "cattivo" di McNeel, sul nostro manuale di validazione. Chi non desse importanza a queste valutazioni, pensi che le pareti portanti di un edificio non sono altro che delle mensole e quindi se un programma non esce con onore dal problema del calcolo di una mensola ha poche possibilità di dare risultati affidabili nel calcolo di un edificio dotato di pareti soggetto ad azione sismica.

5. Analisi dinamica di un telaio

Argomenti affrontati

- assegnazione dei carichi e delle masse
- generazione e assegnazione degli spettri di risposta
- impalcati rigidi e torcenti di piano
- analisi dinamica spettrale

In questo capitolo faremo una analisi dinamica lineare con la tecnica dello spettro di risposta **senza** soffermarci sulle procedure previste dalla normativa. Infatti lo scopo di questo capitolo è quello di prendere dimestichezza con i comandi di Nòlian e di vedere gli aspetti **fisici** del problema. Infatti l'approccio offerto da Nòlian, è bene capirlo a fondo, è **multilivello** e Nòlian è l'unico programma destinato **anche** al progetto edile che consente questo approccio. Intendiamo con questo termine indicare il fatto che con Nòlian è possibile un approccio automatizzato alla soluzione del problema ma anche un intervento capillare che lascia libero l'utilizzatore di procedere con la precisione, l'approfondimento o la produttività che ritiene più opportune per il suo progetto. Infatti l'ingegneria strutturale è un campo molto vasto e che può richiedere, e in genere richiede, la possibilità di “dosare” i propri interventi e i propri approfondimenti in funzione delle specifiche esigenze.

Per spiegarci meglio, alla base della soluzione numerica vi è un “modello di calcolo” che nella forma più semplice possiamo raffigurarci come una formula. In una formula, poniamo il banale $p \cdot l^2 / 8$, i “dati” p ed l sono intrinseci alla formula. In un modello ad elementi finiti, la massa, poniamo, associata ad un elemento è prevista dalla formulazione del problema. Non lo è invece, poniamo, la massa del solaio che grava su tale trave. Se si vuole ottenere la massa associata all'elemento tramite quella associata al solaio si dovrà ricorrere ad un altro modello di calcolo che in qualche modo esegua per noi questa trasformazione. Ma a questo punto avremo una “sovrapposizione” di modelli di calcolo e quindi una diminuita possibilità di controllo ed un potenziale aumento di inaccuratezza. Inoltre modelli di calcolo evoluti come quello ad elementi finiti danno una notevole affidabilità, modelli che non hanno una formulazione rigorosa come sarebbe quello che trasferisce una massa da un solaio ad una trave e che per di più non sono oggetto di trattazioni consolidate nella letteratura internazionale sono meno affidabili. Quindi in una trattazione numerica è sempre opportuno non “accumulare” una catena di modelli di calcolo perché si perde sia il controllo del rapporto dato-risultato che la possibilità di interventi di raffinamento della soluzione. In questo esempio seguiremo la via canonica di assegnare i dati direttamente al modello ad elementi finiti senza fare uso di strumenti di “pre-processing” atti a semplificarci la vita. Questa seconda strada la vedremo in un successivo capitolo. Sottolineiamo però che con i programmi della Softing è possibile attuare un approccio con il livello di sofisticazione o di produttività voluto. Non si è costretti ad un unico approccio che non consente “vie di uscita” in caso di dubbi o di necessità di approfondimenti.

Riteniamo, dopo i primi capitoli, che la definizione della geometria, dell'assegnazione delle caratteristiche degli elementi e dei vincoli non sia ancora da approfondire. Quindi partiremo dal modello già costruito al capitolo 2. Quanto dovremo fare ora, si può sintetizzare nei seguenti passi.

Per completare il modello:

- assegnazione dei carichi agli elementi strutturali
- assegnazione delle masse sismiche
- generazione dei piani rigidi

Per controllare le assegnazioni:

- visualizzare i vincoli
- visualizzare il modello solido della struttura
- visualizzare il diagramma dei carichi
- visualizzare il diagramma delle masse

Per eseguire l'analisi sismica:

- costruire gli spettri di risposta
- generare delle “condizioni dinamiche” ognuna con il suo spettro e la sua accelerazione direzionale
- generare i torcenti di piano

Per valutare i risultati:

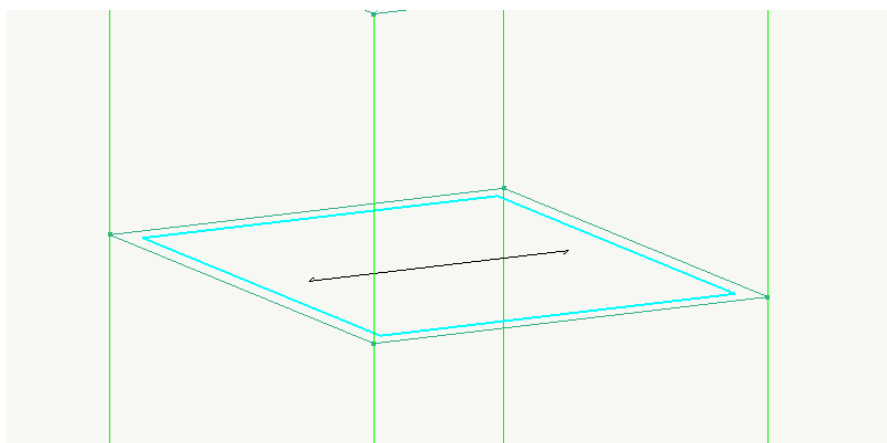
- visualizzare i periodi propri e la percentuale di masse eccitate
- visualizzare i modi di vibrare
- visualizzare i diagrammi o i valori numerici di deformazioni e sforzi

Assegnare i carichi

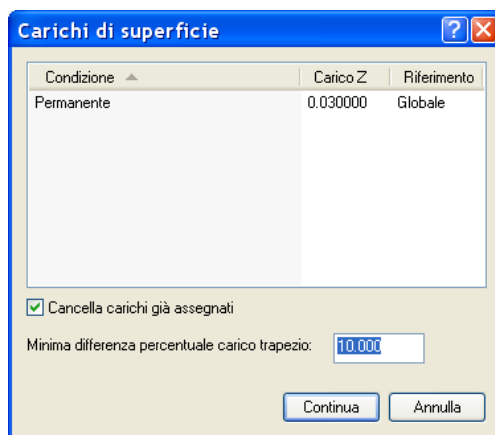
Come si è detto, Nòlian offre più livelli di approccio. Quello base, che consente il controllo più capillare, è quello di assegnare direttamente il carico ad ogni elemento: peso proprio, carico uniformemente distribuito, carico trapezoidale, variazione di temperatura etc. Oppure carichi o momenti concentrati. Un secondo approccio più automatizzato è quello di definire delle aree di solaio alle quali attribuire i carichi che una funzione di Nòlian poi provvederà a ripartire i carichi di superficie come reazioni di trave continua su più appoggi. Infine, un livello ancora più alto di automazione è offerto da inMod nel quale è possibile definire i carichi da solaio o da peso proprio che saranno poi in automatico assegnati agli elementi strutturali. Qui, seguendo la filosofia di approccio detta all'inizio, illustreremo le funzioni "base". Se il carico è da solaio, il metodo più diretto è il seguente:

Attiviamo la procedura dal menu Funzioni->Carichi da solaio

Selezioniamo le travi di appoggio della campitura di solaio. Nel nostro esempio abbiamo due sole travi. L'orditura del solaio è automaticamente assunta ortogonale alla prima trave selezionata e la procedura ci mostra in che modo ha interpretato i campi di solaio.



Premendo il tasto di ritorno carrello, si apre un dialogo che ci consente di assegnare, per ogni condizione di carico già generata, il carico di superficie.

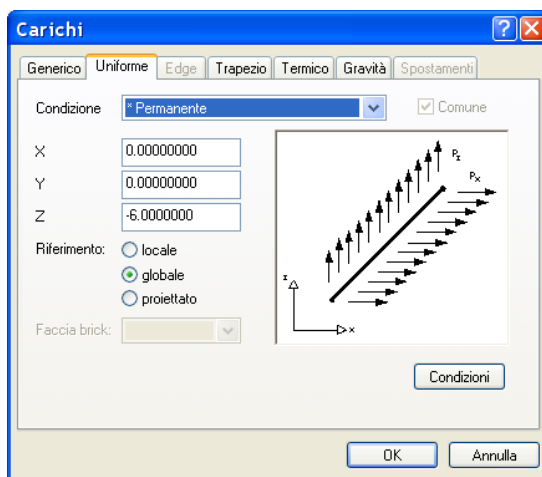


Qui immaginiamo un carico di 300 kg/mq e poiché le unità di misura che stiamo usando sono invece kg e cm, si ha un carico unitario di 0.03 kg/cmq.

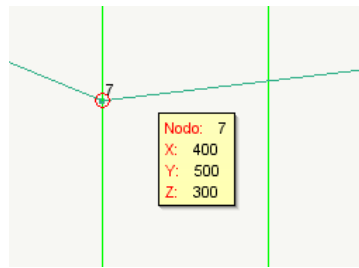
In Nòlian nessuna procedura è irreversibile o deve seguire un ordine prestabilito. Pertanto possiamo puntualmente controllare il carico assegnato, modificarlo o, come si diceva prima, direttamente assegnarlo all'elemento. Attiviamo per questo l'icona di assegnazione dei carichi



e clicchiamo sull'elemento. Il dialogo indica il carico assegnato dalla precedente procedura che possiamo anche modificare o riassegnare o eliminare.



La luce del solaio è di 400 cm. Se non ce lo ricordassimo, è sufficiente passare sul nodo perché il tooltip personalizzabile mostri le coordinate.



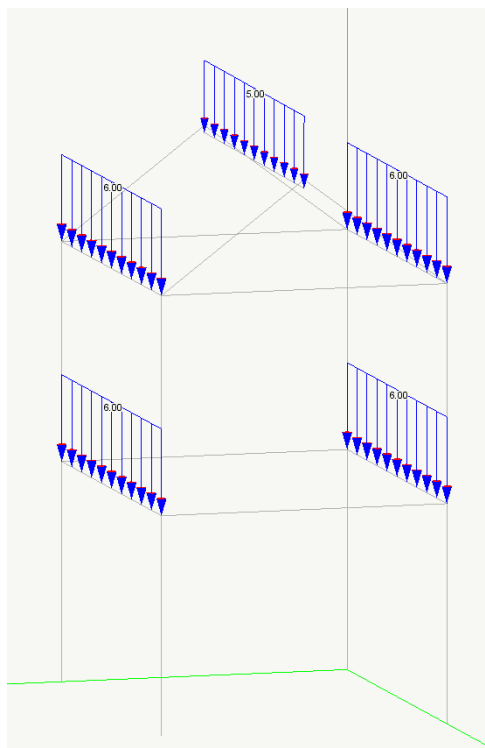
In questo caso, avendo il solaio solo due appoggi, la ripartizione geometrica coincide con quella più corretta (che la procedura dei solai effettua) di ripartizione secondo le reazioni di appoggio della trave continua costituita dal travetto del solaio. Quindi abbiamo $-0.03 \times 200 = -6.0$.

Possiamo procedere analogamente per gli altri solai o per altri elementi della struttura che richiedano una assegnazione diretta.

Per assegnare il peso proprio, eseguiamo la procedura tipica di accesso ai dati degli elementi: attivazione della funzione dalla palette, selezione degli elementi voluti. Nel dialogo che si aprirà, raffigurato qui sotto, l'assegnazione dei valori non ha bisogno di ulteriori indicazioni.

The screenshot shows a software dialog box titled 'Carichi'. It has several tabs: 'Generico', 'Uniforme', 'Edge', 'Trapezio', 'Termico', 'Gravità', and 'Spostamenti'. The 'Gravità' tab is selected. Inside the dialog, there is a 'Condizione' dropdown menu set to 'Peso proprio' and a checked 'Comune' checkbox. Below these are input fields for 'Peso specifico' (0.00250000), 'Coeff. X' (0.00000000), 'Coeff. Y' (0.00000000), and 'Coeff. Z' (-1). At the bottom, there are buttons for 'Materiali', 'Condizioni', 'OK', and 'Annulla'.

Una procedura visuale di controllo e assegnazione dei carichi si può attivare sia dalla barra degli strumenti che da menu e consente di ottenere un digramma dei carichi applicati, nel caso della figura sottostante, il diagramma dei carichi permanenti.

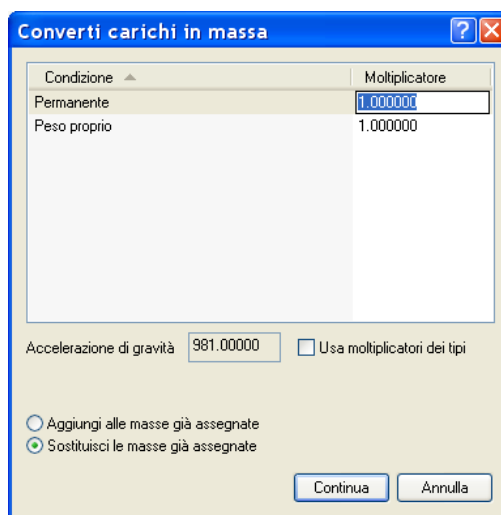


Assegnazione delle masse

Anche qui procederemo come nella precedente assegnazione dei carichi. Useremo cioè una procedura automatica e poi verificheremo l'assegnazione effettuata mostrando come quest'ultima funzionalità sia la base della gestione precisa e puntuale di ogni caratteristica del modello.

Dal menu Funzioni->Converti carichi in masse attiviamo al procedura.

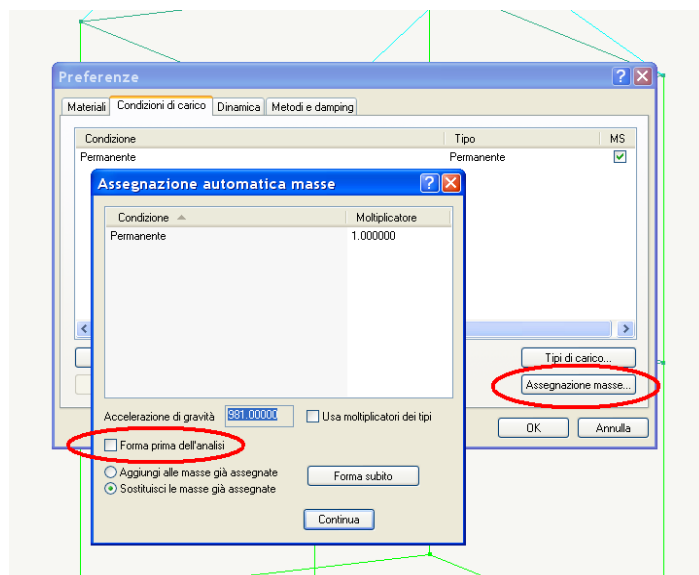
Selezioniamo gli elementi (eventualmente tutti) per i quali desideriamo eseguire la conversione. Nel dialogo che si apre occorre soprattutto assegnare il moltiplicatore di conversione. Se si desidera adottare il moltiplicatore di normativa, associati alla tipologia di carico, è sufficiente attivare il checkbox "Usa moltiplicatore dei tipi"..



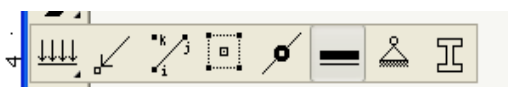
Ovviamente le masse da considerare nell'analisi dinamica non sempre hanno una diretta relazione

con le forze agenti sulla struttura e per questo approccio più generale e corretto, Nòlian ha una funzionalità di assegnazione del tutto autonoma delle masse sia sugli elementi che nodali. Questa procedura di conversione è però molto comoda soprattutto per strutture edili dove le relazione carico-massa è abbastanza stretta. I coefficienti di conversione fanno sì che le masse non gravitazionali possano avere un coefficiente nullo e quindi non siano considerate.

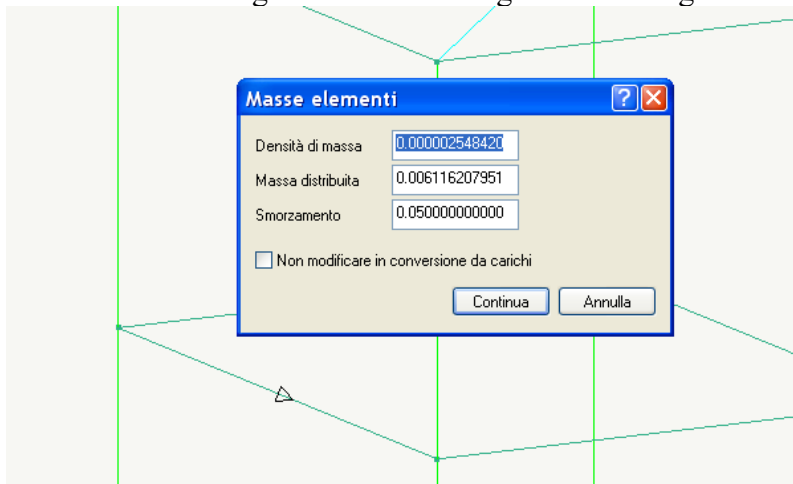
Inoltre questa funzione può essere attivata automaticamente prima di ogni analisi in modo da rendere del tutto automatico questo passaggio,. Questo automatismo è attivabile dal dialogo di configurazione generale e le condizioni di carico e richiamando "Assegnazione masse...".



Come in precedenza per i carichi, visualizziamo i valori numerici assegnati nella consueta ottica di gestione completa dei valori numerici. Per far ciò, attiviamo al funzione dalla palette



e quindi clicchiamo sull'elemento o sugli elementi che vogliamo interrogare.

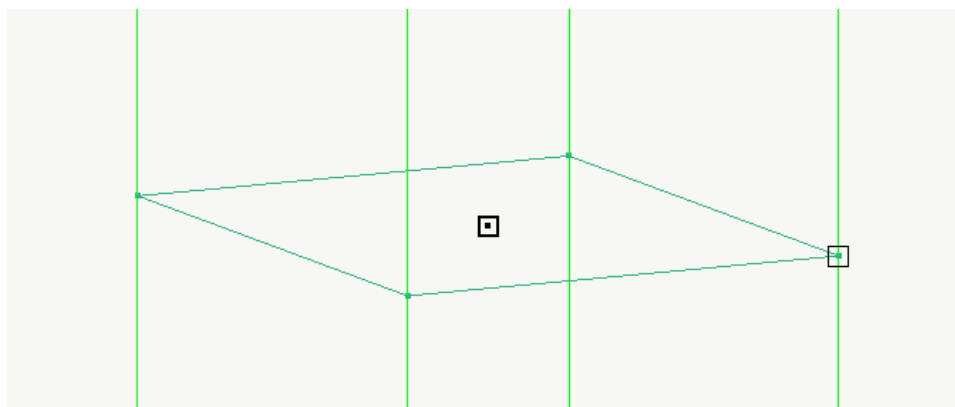


Ovviamente questa procedura, come le considerazioni che seguono sono didattiche e spingono ad

approfondire le potenzialità del programma, ma non è necessario ogni volta che si esegue una operazione controllarla poi per ogni elemento. Quindi il controllo dei valori numerici che ora faremo è solo per focalizzare l'attenzione sulle operazioni che vengono compiute. Il peso specifico assegnato nel carico di gravità (vedi dialogo sopra) era 0.0025 kg/cmc e quindi abbiamo una massa corrispondente di $0.0025 \cdot 1.0 / 981.0 = 0.000002548$. Il carico distribuito era di -6.0 kg/cm e quindi la massa corrispondente è di $6.0 \cdot 1.0 / 98.0 = 0.0061162$.

Gli impalcati rigidi

Nell'ipotesi di impalcati infinitamente rigidi nel loro piano, si può imporre una relazione cinematica tra i nodi dell'impalcato ed un nodo di riferimento detto "nodo master" il quale, nell'ipotesi si usi una matrice di massa diagonale, deve essere posizionato nel baricentro delle masse di piano. Questa operazione si può fare in diversi modi secondo le specifiche necessità. Oltretutto Nòlian ha anche altre più sofisticate relazioni cinematiche (dette constraint), ma qui ci limiteremo ad attivare la funzione automatica Funzioni->Genera impalcati rigidi. Per il controllo e la modifica delle associazioni dei nodi coinvolti nella relazione, si può attivare la funzione di gestione appunto delle relazioni cinematiche e cliccare, come di consueto, sui nodi da interrogare.



In figura, interrogando un nodo si visualizza la relazione di slave (quadrato a tratto sottile) con il nodo master. Cliccando di nuovo sul nodo si elimina la relazione o, nel caso opposto, la si attiva.

Torcenti di piano

Un altro elemento coinvolto nell'analisi sismica è quello dovuto alla necessità di considerare la possibilità che le masse non siano distribuite in modo uniforme ma che possano essere accidentalmente distribuite in modo da causare delle torsioni. Il modo più pratico di tenere in conto questa possibilità è quella di assegnare un momento torcente a livello di piano rigido che derivi dalla forze statiche equivalenti agenti con una eccentricità prevista dalla normativa. L'operazione viene eseguita in automatico in Nòlian.

Attivare la procedura dal menu Funzioni->Forze statiche equivalenti.

Forze laterali equivalenti

Condizione di carico destinazione: Torcente

Moltiplicatore accelerazione: 0.106785

Coefficiente di Risposta (R): 0.452109 **Calcola**

Quota suolo: 0.000000 **Assegna spettro...**

Direzione (* da asse x): 0.000000 X

Tipo distribuzione: Lineare

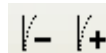
☐ Forze laterali equivalenti

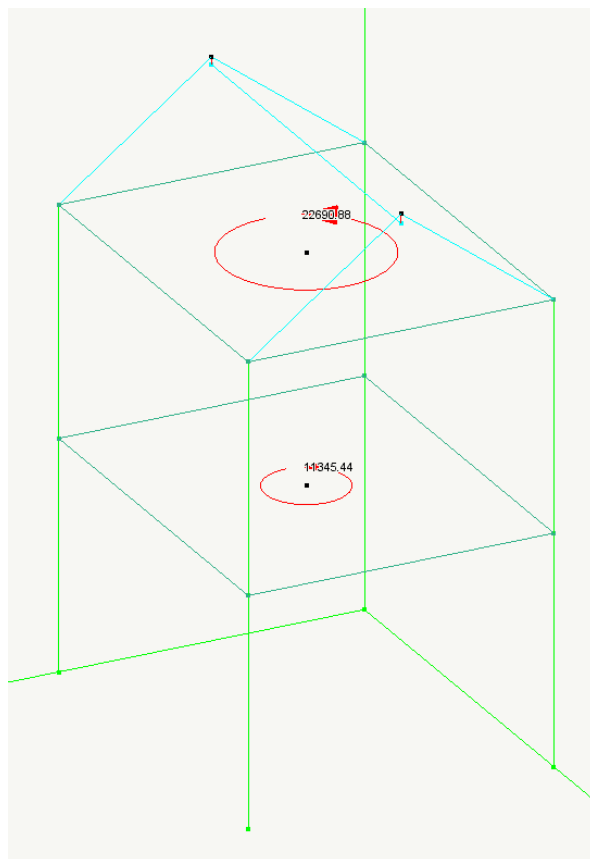
☒ Torcente di piano

Spostamento (%): 5.000000

OK **Annulla**

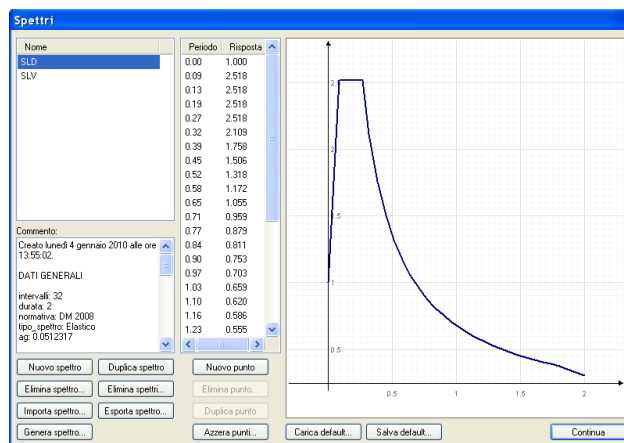
Se non lo abbiamo già fatto, generiamo una condizione di carico apposita per il momento torcente di piano con nome a piacere. Moltiplicatore e coefficiente di risposta possono essere assegnati a piacere oppure calcolati selezionando uno spettro di risposta (vedi nel seguito) e premendo il bottone "Calcola". In considerazione dei tempi di calcolo, quest'ultima operazione, che richiede una analisi dinamica della struttura, è abilitata solo se è attiva la opzione di fattorizzazione per matrici sparse. Uscendo dal dialogo con il bottone "ok" il momento torcente di piano è calcolato ed assegnato ad ogni nodo master. Per controllare l'assegnazione, usiamo nuovamente la funzione per rappresentare i carichi, attivando il solo checkbox "Momenti" per avere una rappresentazione più chiara. Ricordiamo che per modificare il rapporto di amplificazione del diagramma si può agire sul menu Risultati->Modifica diagramma... che sulle icone della toolbar.



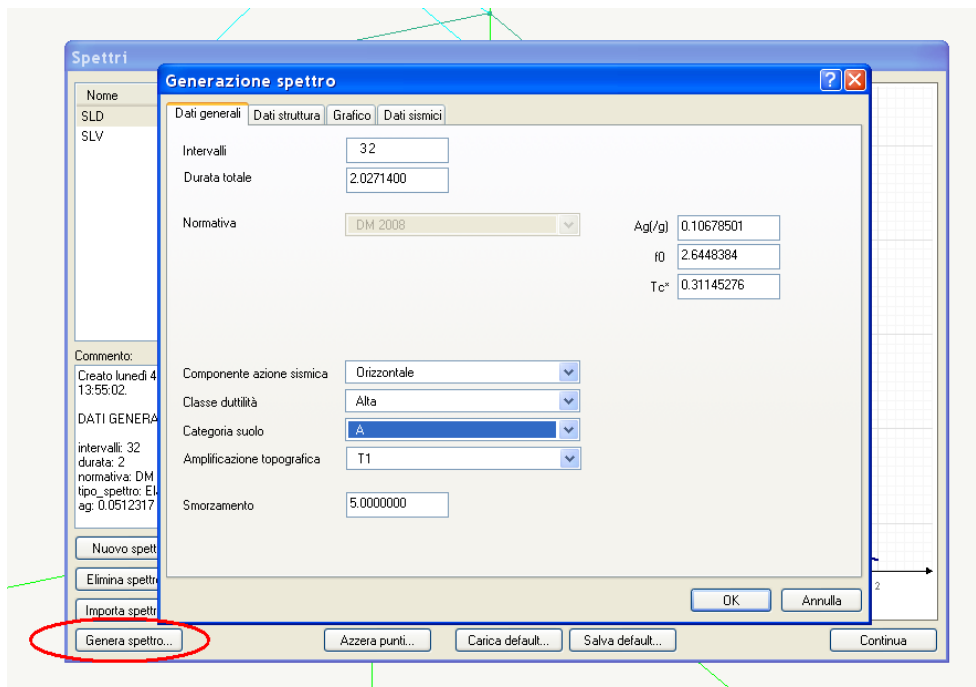


Generazione e assegnazione degli spettri di risposta

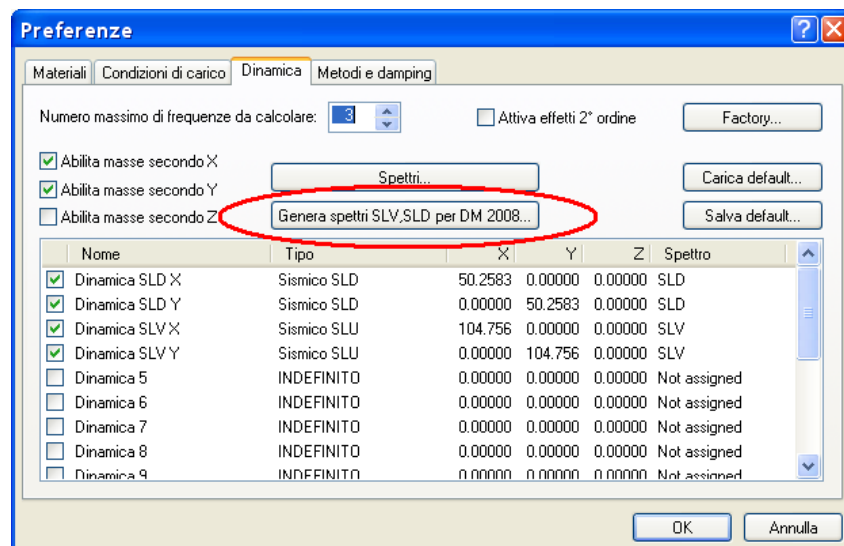
Nòlian dispone di un archivio di spettri di risposta che può consentire la generazione, la modifica, la archiviazione di un numero illimitato di spettri di risposta. A questa funzione si accede sia dal menu Dati->Spettri... che dal dialogo delle assegnazioni generali.



Premendo il bottone "Genera spettro" si accede ad una serie di assegnazioni per generare uno spettro secondo il DM2008.



A questa funzione si accede anche dal dialogo di configurazione generale (per accedere a questo ultimo, fare un doppio clic su una delle icone di assegnazione della palette)



Questo dialogo è analogo a quello precedentemente visto ma consente di attivare le funzionalità di assegnazione più immediate e non esclusivamente algebriche alla manipolazione degli spettri, come, ad esempio, la generazione automatica dei topocenti di piano.

Generazione spettro

Dati generali | Dati struttura | Grafico | Dati sismici

Intervalli: 32
 Durata totale: 2.0271400

Normativa: DM 2008
☒ Genera automaticamente torcenti di piano

Ag(/g): 0.10678501
 f0: 2.6448384
 Tc*: 0.31145276

Componente azione sismica: Orizzontale
 Classe duttilità: Alta
 Categoria suolo: A
 Amplificazione topografica: T1

Smorzamento: 5.0000000

OK Annulla

Chiudendo con un ok il dialogo gli spettri di normativa vengono generati e assegnati alle condizioni dinamiche.

Preferenze

Materiali | Condizioni di carico | **Dinamica** | Metodi e damping

Numero massimo di frequenze da calcolare: 3 ☐ Attiva effetti 2° ordine Factory...

☒ Abilita masse secondo X
☒ Abilita masse secondo Y

Spettri... Carica default...

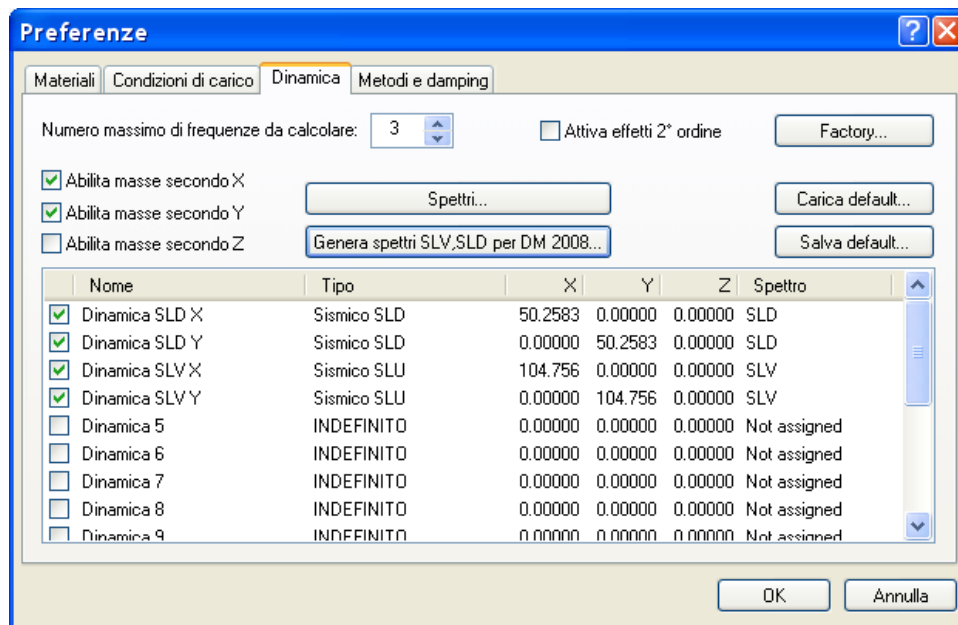
Avviso

Generazione spettri e assegnazione alle azioni dinamiche effettuata con successo

OK

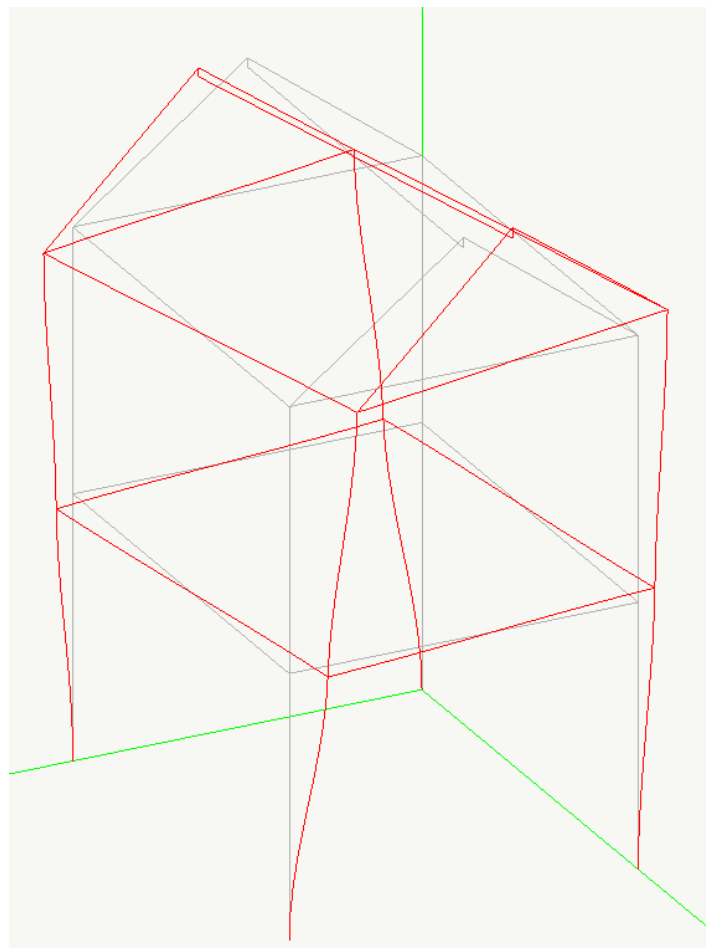
<input type="checkbox"/> Dinamica 5	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned
<input type="checkbox"/> Dinamica 6	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned
<input type="checkbox"/> Dinamica 7	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned
<input type="checkbox"/> Dinamica 8	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned
<input type="checkbox"/> Dinamica 9	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned

OK Annulla



Ovviamente gli spettri generati, oltre ad essere assegnati alle condizioni dinamiche, vengono archiviati e si possono controllare o modificare con le funzionalità del gestore di spettri.

A questo punto non ci resta che lanciare l'analisi dinamica e verificare i risultati nel modo consueto. Qui sotto, la terza forma modale.



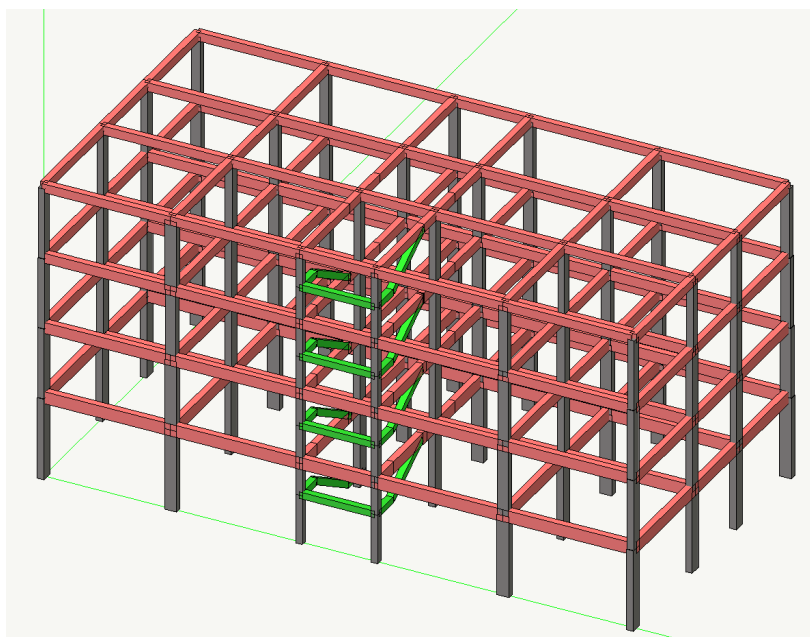
6. Struttura intelaiata secondo normativa antisismica

Introduzione

I primi capitoli sono stati propedeutici in quanto l'impostazione dei programmi della Softing è prettamente ingegneristica e cioè offre gli strumenti per un libero esercizio delle proprie scelte progettuali e professionali. Pertanto è utile conoscere gli “ingredienti” per capirne le funzioni ed usarli al meglio.

La nuova normativa antisismica ha però una impostazione “blindata” nel senso che le varie prescrizioni vanno prese “in blocco” perché tutto il percorso abbia un senso. Con un semplice esempio, visto che questo è un tutorial e non un corso sulla normativa, il fattore di struttura riduce l'accelerazione di progetto facendo affidamento su una dissipazione legata alla duttilità ma la duttilità deve essere conseguita applicando pedissequamente tutte le prescrizioni di normativa. Non entriamo ovviamente nel merito della validità di questo approccio ma dobbiamo notare che l'approccio da progettuale è diventato procedurale. Cioè se finora il progettista poteva usare i risultati di una indagine numerica per fare delle scelte, ora deve seguire un minuzioso percorso predefinito. La Softing ha quindi organizzato le procedure del suo software in modo da non limitare la libertà di impiego (come abbiamo visto nei primi capitoli) ma consentendo anche un grande automatismo che oltre ad aumentare la produttività offre soprattutto un controllo sulla corretta e esaustiva applicazione delle prescrizioni di normativa.

In questo capitolo prenderemo come esempio il telaio in cemento armato proposta dall' Aicap nel volume Progetto di strutture in conglomerato cementizio armato, al capitolo 2 dovuto a Edoardo Cosenza, Giuseppe Maddaloni e Gennaro Magliulo. Questa scelta offre la comodità e il conforto di poter seguire sul testo citato il procedimento e confrontare la procedura con quella attuata nei programmi della Softing. Rimandiamo al testo citato per informazioni sulle caratteristiche della struttura.



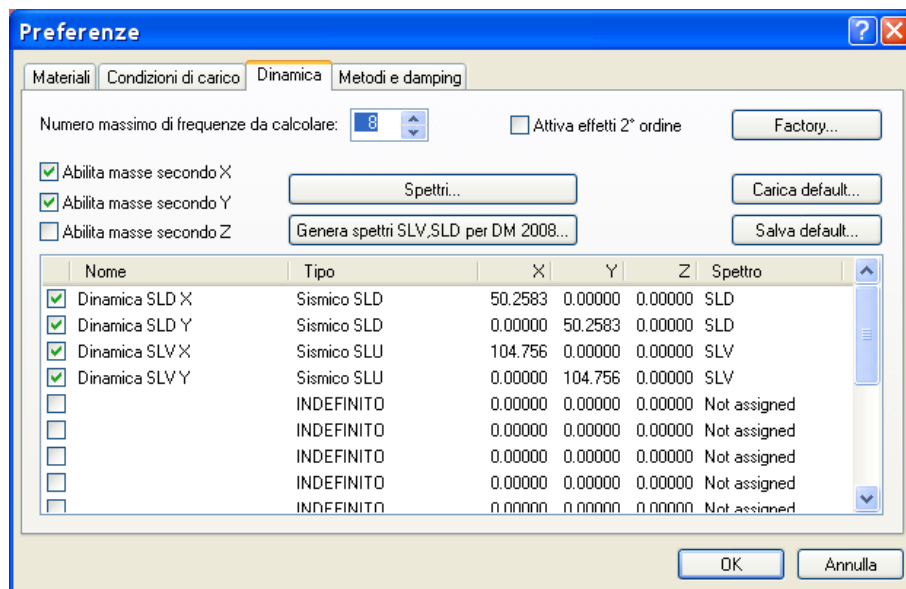
Riteniamo che i primi capitoli abbiano sufficientemente chiarito le operazioni grafiche per costruire

la mesh e rimandiamo al tutorial di inMod per la generazione automatica del modello in questo ambiente. Pertanto partiremo da un modello nel quale sia già stata costruita la mesh di elementi finiti e si siano assegnati i vincoli, le caratteristiche statico-geometriche degli elementi ed i carichi.

In questo capitolo faremo vedere un percorso "rapido" di analisi secondo la normativa antisismica corrente. Come chi ci ha seguito ormai ha ben compreso, in Nòlian i percorsi sono assolutamente personalizzabili. Questo è soltanto uno di essi.

Gli spettri

Con un doppio clic sull'icona delle assegnazioni della palette accedere al dialogo di configurazione generale, scegliere l'apagina della Dinamica.



Cliccare su "Genera spettri SLV, SLD per DM2008...".

Generazione spettro

Dati generali | Dati struttura | Grafico | Dati sismici

Intervalli: 32
 Durata totale: 2.0271400

Normativa: DM 2008
 Ag(/g): 0.10678501
 f0: 2.6448384
 Tc*: 0.31145276

☒ Genera automaticamente torcenti di piano

Componente azione sismica: Orizzontale
 Classe duttilità: Alta
 Categoria suolo: A
 Amplificazione topografica: T1

Smorzamento: 5.0000000

OK Annulla

Attivare "Genera automaticamente torcenti di piano" e assegnare le altre informazioni necessarie. I Valori di A_g , f_0 , T_c^* possono essere assegnate a piacere ma in questo caso le ignoriamo perché saranno assegnate automaticamente sulle informazioni che daremo nelle pagine seguenti del dialogo.

Generazione spettro

Dati generali | Dati struttura | Grafico | Dati sismici

Materiale: Calcestruzzo
 Tipologia: Telaio più piani più campate
 Regolarità in altezza: Regolare
 Regolarità in pianta: Regolare
 Classe: 1

☒ Calcola fattore di struttura (q)
 Fattore di struttura (q): 5.8500000

OK Annulla

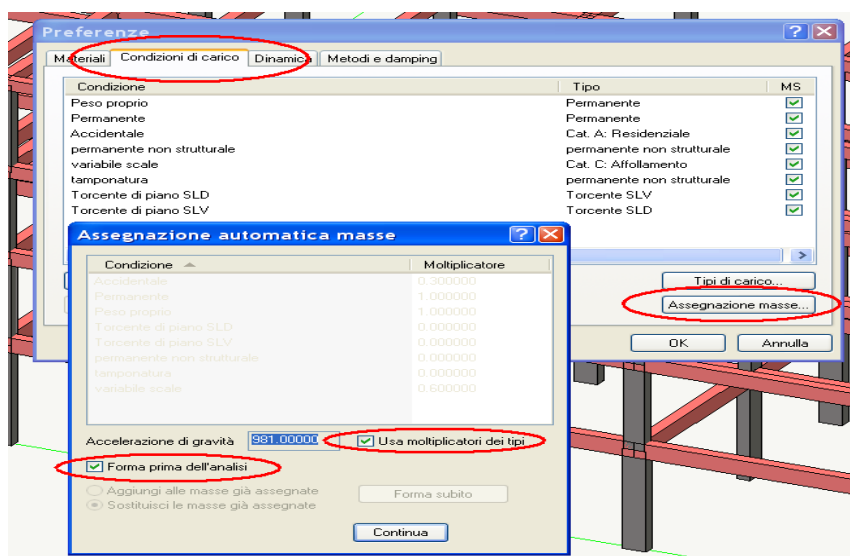
La pagina dei dati della struttura non necessita di chiarimenti. Si noti che il fattore di struttura può essere calcolato automaticamente in base alle informazioni fornite o inserito a mano per casi particolari. Lasciamo attiva la funzione "Calcola automaticamente fattore di struttura".

Nella pagina del dialogo "Dati sismici" possiamo inserire i valori che caratterizzano lo spettro in modo manuale, ma poiché stiamo seguendo la strada più rapida, assegniamo il nome della località, premiamo il bottone cerca. Se la località è individuata nel data base, vengono ne riportate le coordinate geografiche (che comunque possono essere modificate). Attivando la funzione "Calcola" vengono estratti dal database i dati di pericolosità sismica i fattori TR, Ag, F0, Tc* che servono per generare gli spettri.

Dando l'ok vengono generati gli spettro SLV e SLD, vengono assegnati alle condizioni dinamiche, vengono generati i torcenti di piano.

Nome	Tipo	X	Y	Z	Spettro
<input checked="" type="checkbox"/> Dinamica SLD X	Sismico SLD	53.1273	0.00000	0.00000	SLD
<input checked="" type="checkbox"/> Dinamica SLD Y	Sismico SLD	0.00000	53.1273	0.00000	SLD
<input checked="" type="checkbox"/> Dinamica SLV X	Sismico SLU	115.338	0.00000	0.00000	SLV
<input checked="" type="checkbox"/> Dinamica SLV Y	Sismico SLU	0.00000	115.338	0.00000	SLV
<input type="checkbox"/> Dinamica 5	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned
<input type="checkbox"/> Dinamica 6	INDEFINITO	0.00000	0.00000	0.00000	Not assigned

Se non abbiamo assegnato le masse, possiamo chiedere venga fatto automaticamente prima dell'analisi accedendo alla funzione "Assegnazione masse"



Prima di effettuare l'analisi dinamica possiamo accedere alla funzione Funzioni->Regolarità di piano per analizzare lo stato di regolarità e l'eventuale esigenza, da normativa, di procedere con una analisi che tenga conto degli effetti del secondo ordine.

Analisi di piano

	Quota	Massa	Jx	Jy	ex	ey	tx	ty
1	372.50	403.09	233015	260015	-119.302	125.200	0.099	0.089
2	695.00	395.85	168997	204923	-93.748	99.454	0.116	0.096
3	1017.50	388.54	132504	166866	-76.311	81.286	0.095	0.075
4	1340.00	315.38	96045	123635	-62.807	67.670	0.058	0.045

Massima eccentricità relativa0.0650

Massimo rapporto tra frequenze2.450

Massimo rapporto tra giratori di rigidezza1.102

Massima variazione di eccentricità0.0128

Massima variazione di massa0.1878

Massima variazione di rigidezza0.2653

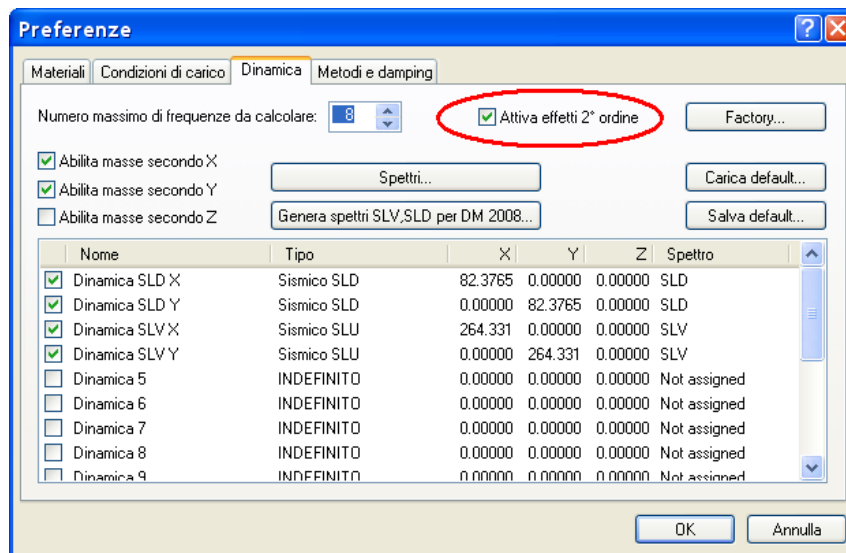
Massima sensibilità allo spostamento0.1158

REGOLARE

NECESSITA ANALISI EFFETTI 2° ORDINE

Continua

L'analisi che tiene conto in modo "esatto" degli effetti del secondo ordine è disponibile in Nòlian ed è facilmente attivabile tramite un semplice checkbox dal pannello delle impostazioni generali dinamiche.



A questo punto è possibile lanciare l'analisi dinamica. Poiché il nostro scopo in questo capitolo era quello di indicare la procedura per eseguire rapidamente e correttamente un'analisi sismica secondo la normativa del DM 2008, ci limitiamo qui a visualizzare il valore numerico a dialogo del primo periodo di vibrare e le masse "eccitate" rimandando per le visualizzazioni grafiche e numeriche, per le stampe e l'archiviazione nonché per il post-processing, ai manuali di Nòlian e dei suoi post-processor e alle indicazioni date nei precedenti capitoli.