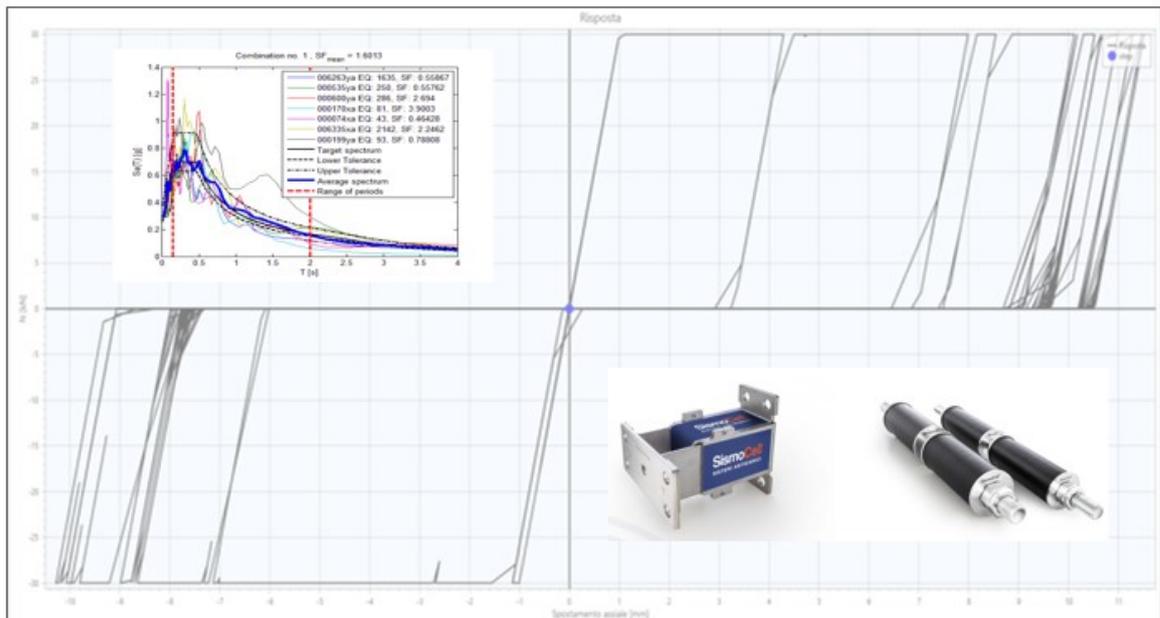


Analisi Time History con dispositivi antisismici **SismoCell** in **FaTA Next**



Sommario

OGGETTO	3
1. FUNZIONAMENTO DEI DISPOSITIVI ANTISISMICI SISMOCELL.....	3
2. EDIFICIO PREFABBRICATO OGGETTO DI ANALISI	5
3. ANALISI DINAMICA NON LINEARE	5
4. MODELLAZIONE DEI DISPOSITIVI SISMOCELL/SISMOBOX	7
5. RISULTATI ANALISI.....	11

OGGETTO

Il presente report illustra un caso applicativo di modellazione dei dispositivi antisismici SismoCell utilizzando il software FaTA Next, in un intervento di miglioramento sismico su un edificio prefabbricato.

1. FUNZIONAMENTO DEI DISPOSITIVI ANTISISMICI SISMOCELL

I dispositivi SismoCell sono utilizzati principalmente per la **riduzione del rischio sismico di strutture prefabbricate esistenti** in cemento armato non progettate con criteri antisismici, con lo scopo di realizzare **collegamenti dissipativi a fusibile tra gli elementi strutturali**.

I dispositivi antisismici SismoCell svolgono una duplice funzione:

- **Collegare gli elementi strutturali prefabbricati di copertura, evitando** in caso di evento sismico **la perdita di appoggio** tra gli elementi strutturali;
- **Garantire capacità dissipativa** alla connessione, **controllando lo spostamento** richiesto dall'azione sismica e limitando le sollecitazioni trasferite tra gli elementi strutturali grazie al **comportamento a fusibile dissipativo** in grado di **ridurre gli effetti dell'azione sismica** sugli elementi strutturali esistenti.

Di seguito **una descrizione delle 4 fasi di funzionamento del sistema** con dispositivi SismoCell: ipotizzando una forza di intensità crescente, si descrivono nel seguito le differenti fasi di attivazione del dispositivo applicato ad esempio in corrispondenza di un nodo trave-pilastro.

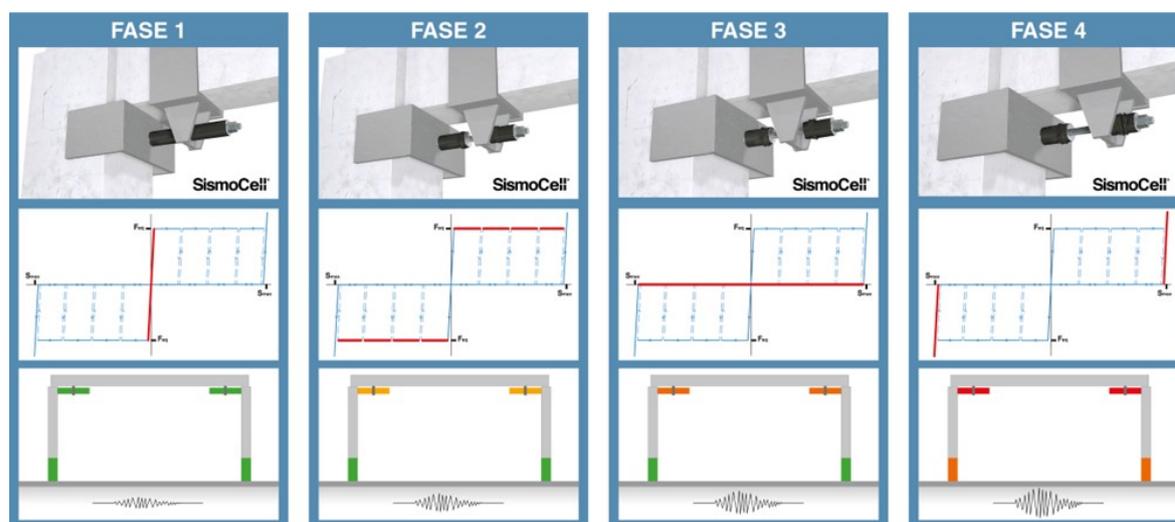


Figura 1: Fasi di funzionamento del sistema SismoCell

- **FASE 1** - L'azione orizzontale cresce fino al raggiungimento della forza di plasticizzazione del dispositivo. Questo valore di forza viene interamente trasferito tra gli elementi collegati tramite il dispositivo.
- **FASE 2** - Il dispositivo raggiunge la sua forza di plasticizzazione e inizia a deformarsi progressivamente, dissipando energia e controllando lo spostamento relativo tra gli elementi collegati tramite il dispositivo.
- **FASE 3** - Il dispositivo deformato determina un effetto di disaccoppiamento degli elementi di copertura rispetto alla struttura sottostante, limitando le sollecitazioni trasferite al resto della struttura, fino al raggiungimento del limite massimo di deformazione.
- **FASE 4** - Condizione finale di sicurezza in cui il dispositivo arriva a fine corsa e limita i movimenti relativi tra gli elementi collegati, incrementando la propria rigidità. Il sistema, nel caso vengano richiesti valori di spostamento relativo tra gli elementi collegati superiori al valore limite di deformazione dei dispositivi, si comporta come un vincolo a cerniera, fino al raggiungimento di una forza F_{max} che caratterizza la rottura del collegamento dissipativo.

Criteri di progetto per il dimensionamento dei dispositivi

Sulla base di quanto esposto sopra sul comportamento del sistema, di seguito sono riportate alcune considerazioni riguardanti i criteri di dimensionamento e il progetto degli elementi di collegamento alla struttura. Ricordando come gli eventi sismici siano fenomeni energetici, è opportuno effettuare valutazioni sia in termini di forze, sia in termini di spostamenti, al fine di verificare la congruenza della soluzione tecnica con il comportamento dinamico dell'edificio oggetto di interventi.

Lo scopo del dimensionamento dell'intervento e di conseguenza della scelta della forza di plasticizzazione del dispositivo dovrebbe essere quello di rimanere nelle Fasi 2 e 3 per tutta la durata dell'evento sismico. La configurazione prevista nella Fase 4 di raggiungimento della massima deformazione e di fine corsa dovrebbe essere considerata una sicurezza aggiuntiva con l'obiettivo di evitare la perdita d'appoggio della trave o del tegolo, nel caso l'azione sismica superi quella di progetto.

In termini di forze, la connessione deve essere progettata in modo che i dispositivi abbiano una forza di plasticizzazione inferiore alla sollecitazione di progetto, per lo stato limite considerato, in modo tale da consentire la plasticizzazione del dispositivo e poterne sfruttare i benefici. L'ancoraggio dei dispositivi e della carpenteria metallica agli elementi strutturali deve essere sovradimensionato, tenendo conto degli opportuni coefficienti di sicurezza, rispetto alla taglia del dispositivo.

In termini di spostamento, dal momento che il valore massimo di spostamento relativo consentito coincide con il valore di deformazione massimo dei dispositivi S_{max} , la connessione deve essere progettata in modo che S_{max} sia significativamente inferiore alla effettiva disponibilità di appoggio tra gli elementi.

2. EDIFICIO PREFABBRICATO OGGETTO DI ANALISI

Al fine di valutare il miglioramento conseguibile con l'utilizzo di collegamenti dissipativi in corrispondenza dei nodi trave-pilastro e trave-tegolo è stata modellata una struttura prefabbricata (Figura 2) caratterizzata da:

Tabella 1: Caratteristiche geometriche e di carico dell'edificio oggetto di analisi

Luce travi L [m]	12
Altezza pilastro H [m]	9
Sezione pilastro [m ²]	0.6 x 0.6
Sezione trave [-]	"I", Altezza H=1.2 m, Larghezza B=0.6 m
Interasse tra telai i [m]	15
Peso proprio tegolo G_1 [kN/m ²]	2
Peso portato di copertura G_2 [kN/m ²]	0.9

Il materiale degli elementi strutturali è calcestruzzo di classe C40/50, come indicato nella Circolare applicativa del D.M. 2018, si applica un coefficiente riduzione del modulo elastico flessionale di travi e pilastri calcolato automaticamente dal software in funzione del rapporto N/N_u di ciascun elemento.

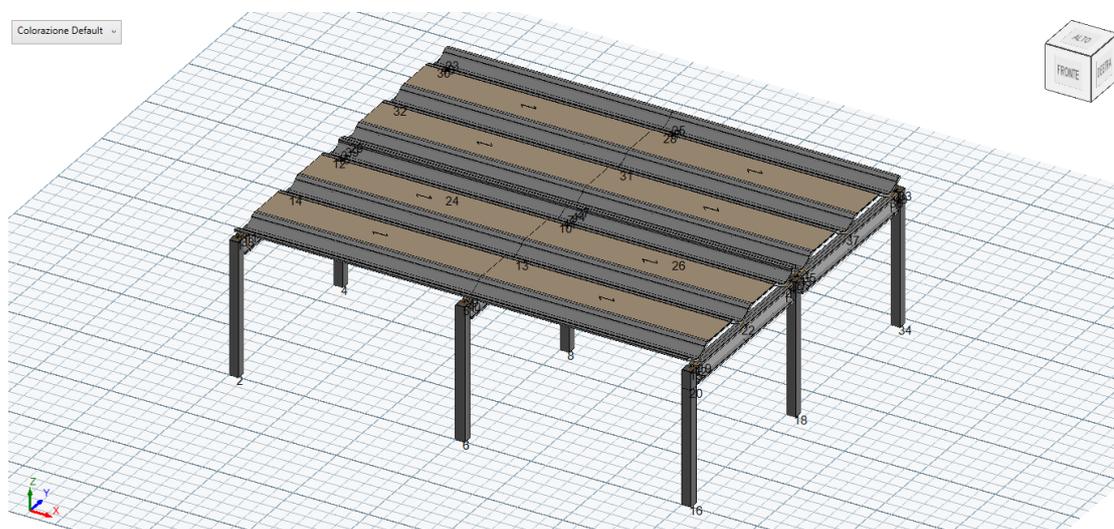


Figura 2: Edificio oggetto di analisi

3. ANALISI DINAMICA NON LINEARE

Uno dei modi di quantificare l'efficacia dei dispositivi SismoCell e SismoBox, nel migliorare la risposta sismica di un edificio prefabbricato, è mediante un'analisi dinamica non lineare.

L'analisi dinamica non lineare consiste nel calcolo della risposta sismica della struttura mediante integrazione delle equazioni del moto, utilizzando un modello non lineare della struttura e le storie temporali del moto del terreno.

La risposta della struttura è valutata applicando simultaneamente le due componenti orizzontali della storia temporale del moto del terreno (accelerogrammi), e quella verticale, ove necessario.

Una semplificazione che può essere introdotta, per considerare la situazione in cui l'impiego dei dispositivi consenta di mantenere le strutture in campo elastico, consiste nel modellare la struttura con comportamento lineare (come nell'esempio riportato nel presente documento) e solo i dispositivi Sismocell con comportamento non lineare. Si dovrà verificare, al termine dell'analisi, se l'assunzione del comportamento lineare della struttura è verificata.

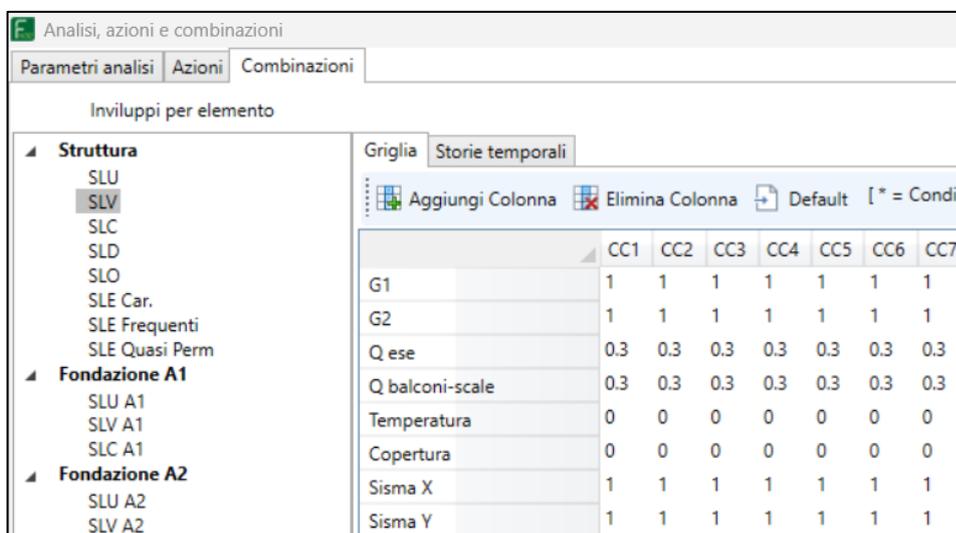
FASI OPERATIVE NEL SOFTWARE

1. Nell'ambiente *Analisi, Azioni e Combinazioni* si seleziona come tipologia di analisi quella dinamica non lineare e se ne impostano i relativi parametri (ad esempio la tolleranza energetica, lo smorzamento critico, ecc.);
2. Si importano le storie temporali del sisma (file .txt) e si scala l'accelerogramma agendo sul parametro PGA (Peak Ground Acceleration), al fine di soddisfare i requisiti di spettro-compatibilità con lo spettro di progetto (Figura 3).



Figura 3: Esempio inserimento di una storia temporale

3. Le combinazioni di carico, dove l'azione sismica è definita dalle storie temporali, vengono gestite nell'ambiente *Griglia condizioni* (Figura 4).



	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7
G1	1	1	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1	1	1
Q ese	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Q balconi-scale	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura	0	0	0	0	0	0	0
Copertura	0	0	0	0	0	0	0
Sisma X	1	1	1	1	1	1	1
Sisma Y	1	1	1	1	1	1	1

Figura 4: Combinazioni di carico per l'analisi Time History allo stato limite SLV

4. MODELLAZIONE DEI DISPOSITIVI SISMOCELL/SISMOBOX

La scelta della taglia e della tipologia di dispositivo di dissipazione avviene nell'ambiente "Tipologia di elementi" selezionando *Dispositivi antisismici*.

Con il comando *SismoCell* → *Nuovo* (Figura 5) è possibile definire un link non lineare che simula il comportamento dei dispositivi. Il link funziona come una biella e trasmette unicamente sforzo normale agli elementi strutturali per i quali si realizza la connessione.

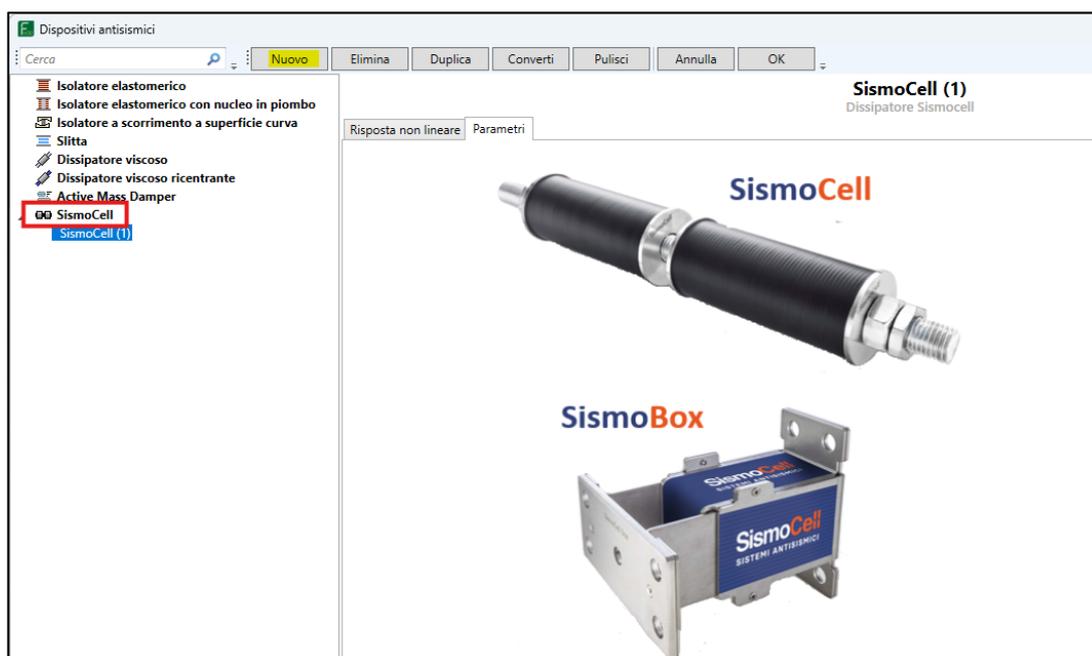


Figura 5: Definizione del dispositivo SismoCell da inserire nella modellazione - 1

Il software di calcolo FaTA Next consente di selezionare, tramite un menu a tendina, le taglie attualmente in commercio dei dispositivi SismoCell/SismoBox.



Figura 6: Definizione del dispositivo SismoCell da inserire nella modellazione - 2

I parametri da settare, che caratterizzano il legame forza-spostamento del dispositivo sono i seguenti:

- **F_{eq}**: Forza di plasticizzazione equivalente del dispositivo, corrispondente alla taglia;
- **S_{max}**: deformazione limite del dispositivo;
- **K ramo ini.** (rigidezza iniziale): valore di rigidezza che caratterizza il ramo elastico del diagramma forza-spostamento del dispositivo;
- **K fine corsa** (rigidezza del dispositivo al raggiungimento del fine corsa): rigidezza del sistema dopo il raggiungimento della massima deformazione del dispositivo. In questa fase il collegamento si comporta come un vincolo rigido.
- **Presenza F_{max}** (Forza massima in corrispondenza della connessione): **opzione** che consente di limitare l'azione sismica trasmessa in corrispondenza del nodo ad un valore definito dall'utente.

⚠ Si raccomanda di impostare *F_{max}* pari al valore più basso tra la resistenza massima del dispositivo e quella del collegamento strutturale.

Valori suggeriti di F_{max}, in funzione del dispositivo previsto:

Tabella 2: Valori suggeriti di F_{max} per il dispositivo SismoCell

Sismocell*	SC-30	SC-50	SC-70
Valore F _{max} [kN]	141	203	203
Nota* : i valori di F _{max} fanno riferimento alla rottura per trazione della barra filettata M20/M24 presente nella connessione con dispositivo SismoCell			

Tabella 3: Valori suggeriti di F_{max} per il dispositivo SismoBox - Installazione A

SismoBox – Installazione A	SB-1.8	SB-3.6	SB-7.2	SB-11.5
Valore F _{max} ** [kN]	27	27	27	27
Nota** : i valori di F _{max} fanno riferimento alla resistenza massima del dispositivo SismoBox – Installazione A dichiarata dal produttore.				

Tabella 4: Valori suggeriti di F_{max} per il dispositivo SismoBox - Installazione B

SismoBox – Installazione B	SB-1.8	SB-3.6	SB-7.2	SB-11.5
Valore F _{max} *** [kN]	23	23	23	23
Nota*** : i valori di F _{max} fanno riferimento alla resistenza massima del dispositivo SismoBox – Installazione B dichiarata dal produttore.				

I valori dei parametri sopra indicati vengono aggiornati automaticamente dal programma a seconda della taglia del dispositivo selezionata, l'utente ha comunque la possibilità di modificarli.

L'utente può selezionare inoltre le seguenti impostazioni aggiuntive relative agli aspetti di *modellazione* del dispositivo:

- **Tipo Modellazione** (Figura 7): l'utente ha la possibilità di optare tra 2 tipologie di modellazioni alternative; la modellazione **Tipo 1** che prevede che l'asse del dispositivo sia coincidente con l'asse della trave, e la modellazione **Tipo 2**, nel caso in cui si voglia tenere conto dell'eccentricità della posizione del dispositivo rispetto a quella del nodo trave-pilastro o trave-tegolo. La modellazione Tipo 2 prevede che l'introduzione di un link rigido per collegare il dispositivo alla trave o al tegolo.
- **Presenza cerniera**: se attivata, l'estremità del dispositivo viene svincolata a momento flettente; pertanto, non sarà necessario inserire delle cerniere in corrispondenza delle estremità degli elementi strutturali tra cui si realizza il collegamento. Se l'opzione non è attivata, per rappresentare correttamente il collegamento e le azioni trasmesse in corrispondenza del nodo, sarà necessario svincolare a momento flettente le estremità degli elementi tra i quali si inserisce il dispositivo antisismico.
- **Posizione sconnessione**: Indica la posizione (inizio/centro/fine) in cui viene inserita la cerniera che impedisce la trasmissione di momento flettente in corrispondenza della connessione dissipativa.



Figura 7: (1) schema esemplificativo della modellazione Tipo 1; (2) schema esemplificativo della modellazione Tipo 2

Una volta definita la taglia del dispositivo, nell'ambiente "Geometria" si creano due nodi distanti 40 cm (SismoBox) e 50 cm (SismoCell) e si inserisce il link tra di essi (ove presente il dispositivo non è modellata la trave e si trascura la riduzione di peso proprio conseguente).

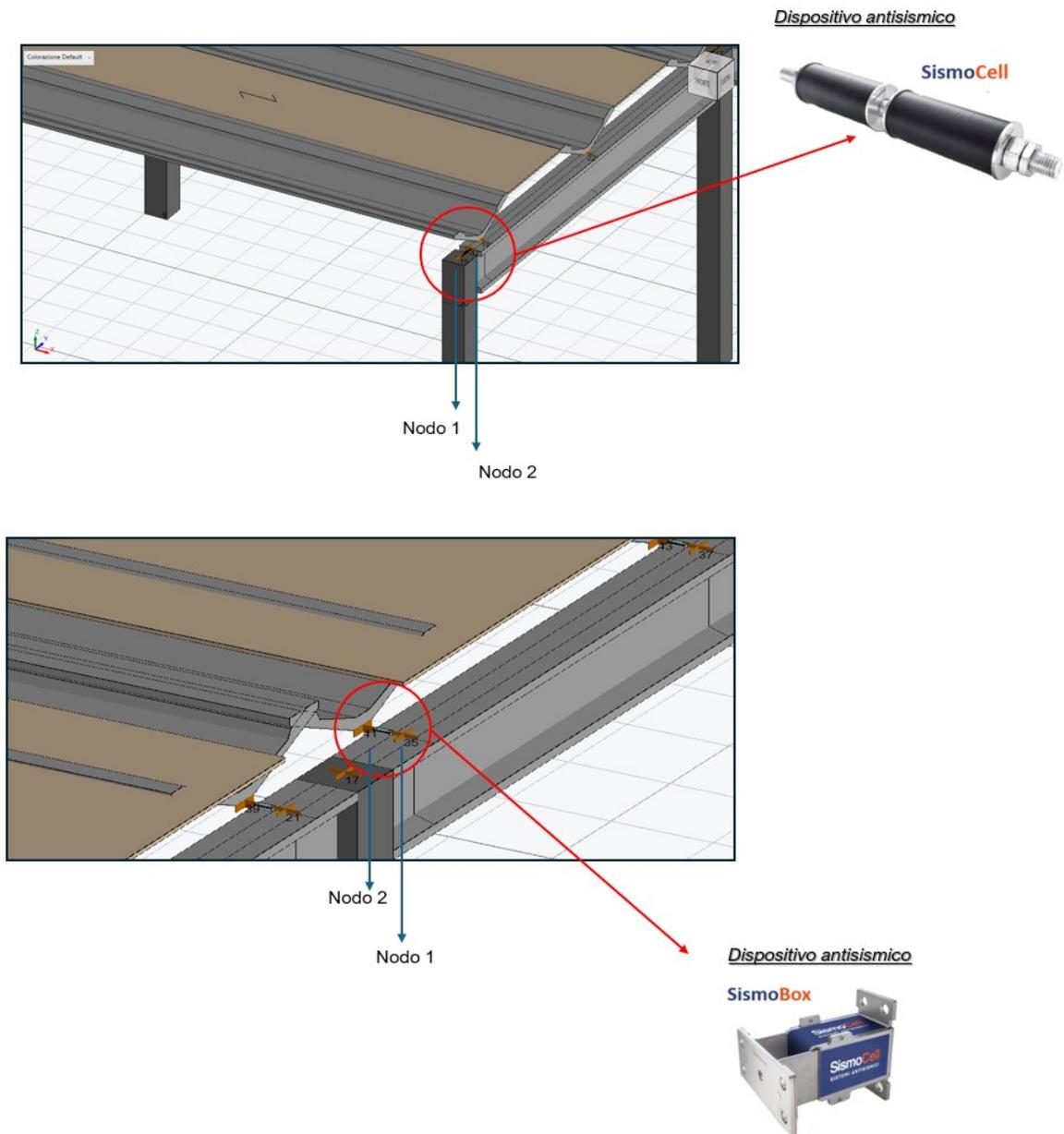


Figura 8: Inserimento nell'ambiente Geometria del dispositivo SismoCell/SismoBox

Nell'esempio riportato sono stati utilizzati rispettivamente:

- Per i nodi trave-pilastro: dispositivi SismoCell taglia SC-30;
- Per i nodi tegolo-trave: dispositivi SismoBox taglia SB-11.5.

5. RISULTATI ANALISI

I risultati legati all'analisi TH con dispositivi SismoCell sono visualizzabili selezionando:

- “Output” → *Risultati di calcolo*
- “Output” → *Verifiche*
- “Elaborazione” → *Relazione di calcolo*

OUTPUT

Selezionando una qualsiasi combinazione sismica e cliccando in corrispondenza del link di un generico dispositivo dissipativo si apre una scheda (*Output NL*) che consente la visualizzazione del diagramma Forza-Spostamento.

Esempio 1 – Dispositivo SismoCell (Figura 9):

Il dispositivo SismoCell selezionato, oltre ad attivarsi, dissipa energia deformandosi di circa di ± 20 mm a trazione e compressione. La forza massima trasmessa al pilastro in corrispondenza del collegamento dissipativo è circa pari alla forza di plasticizzazione del dispositivo previsto (30 kN per SC-30). Il fine corsa (75 mm) non viene raggiunto.

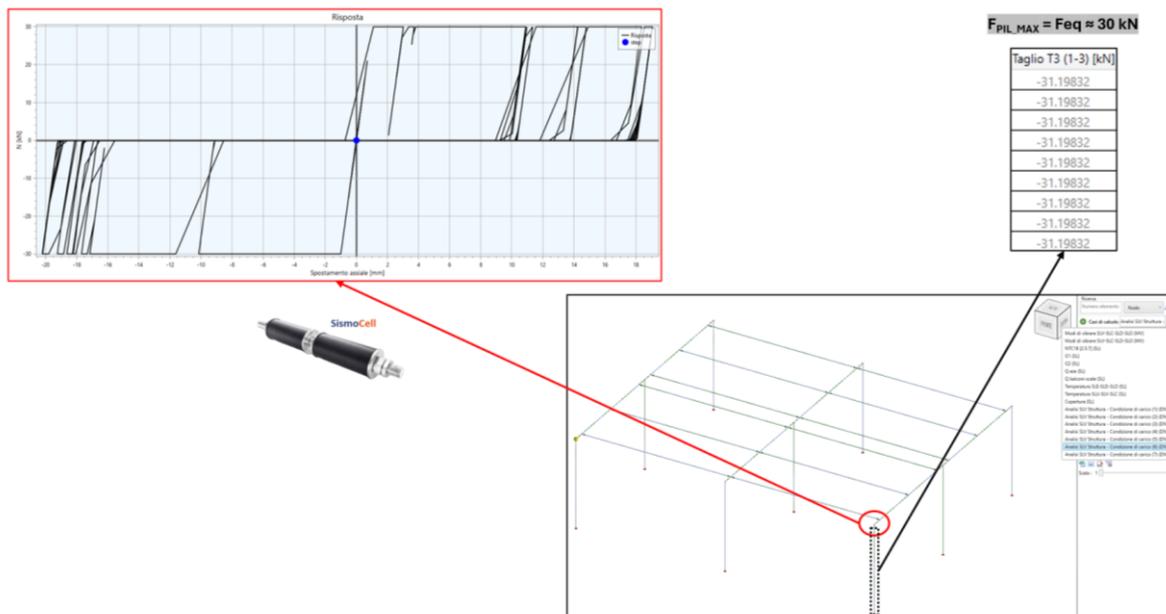


Figura 9: Output NL dispositivo SismoCell: a sx il diagramma Forza-Spostamento, a dx l'azione massima di taglio trasmessa al pilastro

Esempio 2 – Dispositivo SismoBox (Figura 10):

Anche il dispositivo SismoBox SB-11.5 mostra un comportamento dissipativo analogo, deformandosi assialmente fino a circa ± 20 mm, con conseguente riduzione delle sollecitazioni sulla trave e, indirettamente, sui pilastri.

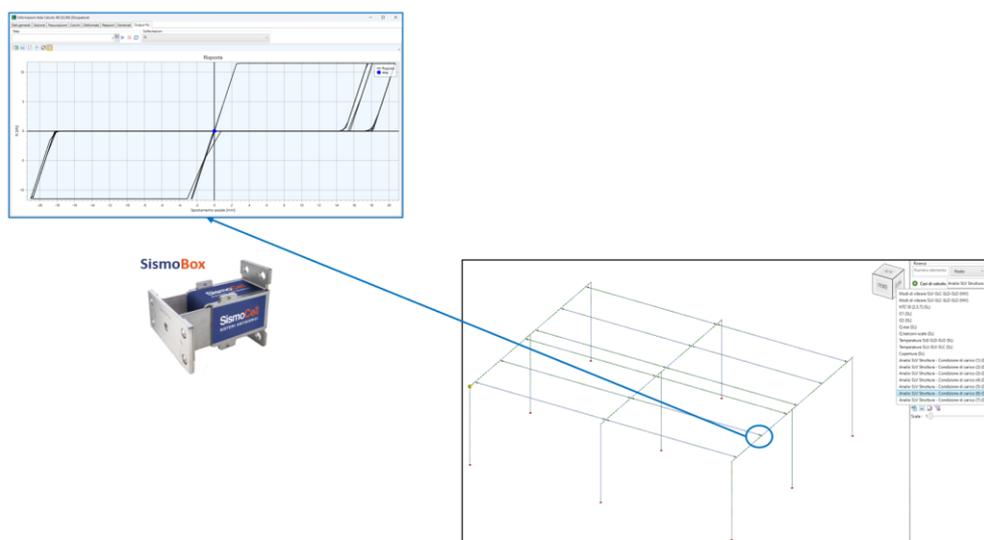


Figura 10: Output NL dispositivo SismoBox: diagramma Forza-Spostamento

L'azione combinata dei dispositivi antisismici SismoCell e SismoBox determina la dissipazione di energia in entrambe le direzioni del sisma.

Una corretta analisi dell'output di calcolo consente di:

- Ottimizzare la progettazione degli interventi al fine di ottenere la massima performance sismica, tramite l'individuazione della taglia del dispositivo SismoCell/SismoBox alla quale è associata la massima riduzione delle azioni sismiche in corrispondenza degli elementi strutturali;
- Ottimizzare il dimensionamento dell'ancoraggio sugli elementi strutturali, che terrà conto del contributo dissipativo dei dispositivi e conseguentemente dell'azione sismica ridotta trasmessa in corrispondenza dei nodi trave-pilastro e tegolo-trave;

VERIFICHE

Cliccando su "Output" → *Verifiche* e selezionando un qualsiasi dispositivo, è possibile leggerne la massima deformazione S_d max e l'azione massima F_d max agente su di esso.

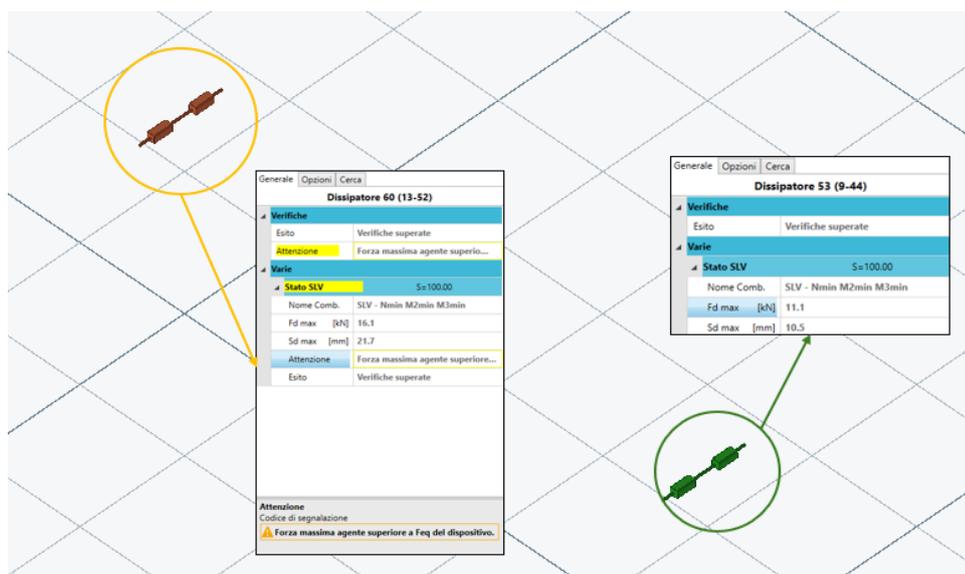


Figura 11: Inviluppo SLV - Deformazione $S_d \max$ e azione $F_d \max$ del dispositivo selezionato

In Figura 11 osserviamo che:

- il dispositivo colorato in verde non raggiunge il fine corsa;
- il dispositivo di colore arancio raggiunge il fine corsa ma l'azione sul collegamento è inferiore alla sua resistenza massima. Pertanto, dopo aver dissipato energia al limite delle sue possibilità, il sistema funge collegamento rigido, limitando gli spostamenti tra gli elementi strutturali.

RELAZIONE DI CALCOLO

Selezionando "Output" → *Relazione di calcolo* è possibile esportare i report relativi ai dispositivi antisismici modellati (Figura 12).

Nel report è indicato, oltre alle caratteristiche geometriche e meccaniche dei dispositivi modellati, lo stato di sollecitazione massimo ($S_d \max$ e $F_d \max$) per ciascun dispositivo.

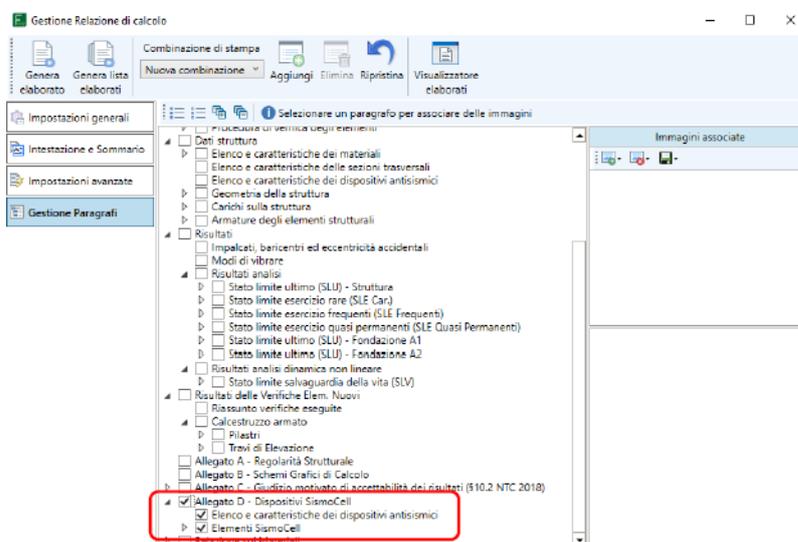


Figura 12: Gestione relazione di calcolo