

Manuale dell'utente



CONFINDUSTRIA CERAMICA
Raggruppamento Laterizi

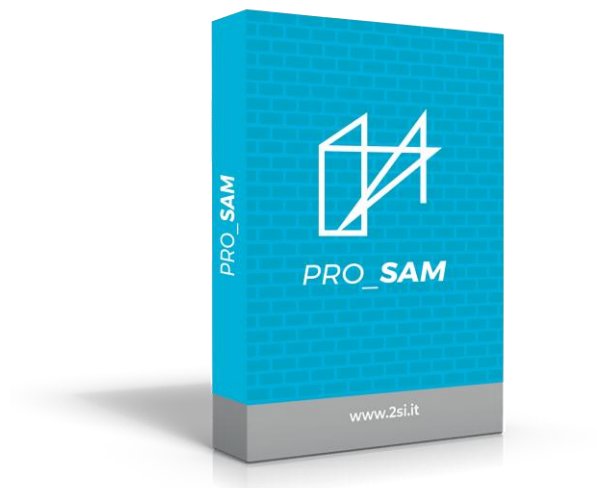


ZSI SOFTWARE E SERVIZI
PER L'INGEGNERIA s.r.l.



PRO_SAM

Release: Luglio 2024



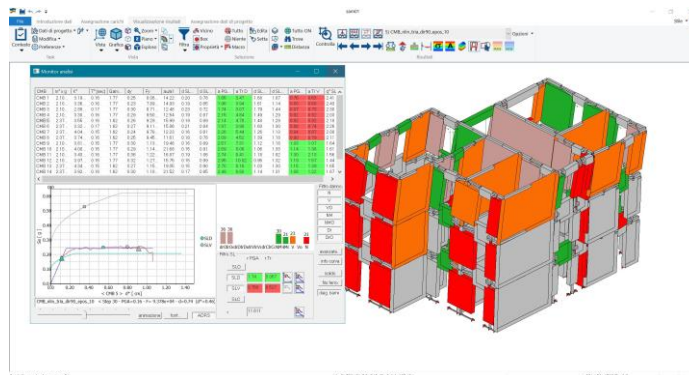
©Copyright 2S.I. Software e Servizi per l'ingegneria S.r.l. tutti i diritti riservati.

I programmi, la documentazione e gli allegati (siano essi file, disegni o altro) sono soggetti alle clausole contenute nella licenza d'uso del software PRO_SAP. Il loro utilizzo comporta l'accettazione del contratto di licenza d'uso del software PRO_SAP.

Capitolo 1.	Introduzione	5
Capitolo 2.	Le normative	7
Capitolo 3.	Il menu di PRO_SAM	8
Capitolo 4.	Modellazione delle strutture in muratura	11
	<i>L'archivio dei materiali</i>	11
	<i>L'architettonico</i>	14
	<i>I legami costitutivi</i>	14
	<i>Riferimento Pannelli</i>	15
	<i>Generazione Pareti</i>	16
	<i>Generazione Solai di piano</i>	22
	<i>I vincoli</i>	24
Capitolo 5.	Modellazione delle strutture in cemento armato	25
Capitolo 6.	Modellazione delle strutture in muratura armata	27
Capitolo 7.	Modellazione delle strutture miste	29
Capitolo 8.	Assegnazione dei carichi SAM alla struttura	30
	<i>Il menu PRO_SAM nel contesto assegnazione carichi</i>	31
	<i>Pannello di controllo</i>	32
Capitolo 9.	Visualizzazione Risultati SAM	39
	<i>Legenda Solida</i>	44
	<i>Legenda Filiforme</i>	45
Capitolo 10.	Controllo del modello	46
Capitolo 11.	Relazione di calcolo	51
Capitolo 12.	Dettagli sulla modellazione a telaio equivalente	52
	<i>Schematizzazione parete monopiano semplice</i>	53
	<i>Schematizzazione intersezioni pareti ortogonali</i>	56
	<i>Schematizzazione parete multipiano</i>	58
	<i>Riassumendo</i>	63
	<i>Elementi D3 nel modello SAM</i>	63

Capitolo 1. Introduzione

PRO_SAM è il plug-in di **PRO_SAP** per il progetto di nuove strutture e per la verifica di edifici esistenti in muratura ordinaria, muratura armata, cemento armato e misti.



Promosso da **Confindustria Ceramica Raggruppamento Laterizi** e sviluppato dal Professor Magenes e dagli Ingg. Manzini e Morandi, esegue analisi statiche non lineari (pushover) mediante una **modellazione a telaio equivalente**.

Il codice **SAM II** si basa su un metodo proposto da G. Magenes e G.M. Calvi nel 1996, di cui si è mantenuto l'acronimo S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls). Tale metodo, pensato originariamente per l'analisi di pareti piane, è stato in seguito riformulato e implementato in un programma di calcolo strutturale non lineare per estenderne l'applicazione all'analisi di strutture tridimensionali di una certa dimensione e complessità.

PRO_SAM prevede una modellazione tridimensionale a *macroelementi* degli edifici, nella quale la struttura portante è costituita da:

- elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale)
- elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale)

La schematizzazione è a **telaio equivalente**, ovvero un telaio costituito da elementi monodimensionali ad asse verticale e da elementi monodimensionali ad asse orizzontale, posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali.

La Circolare esplicativa NTC 2018 menziona la possibilità di effettuare la modellazione a **telaio equivalente**. In particolare, la normativa riporta anche le verifiche da effettuare:

C8.7.1.3.1.1 Pareti murarie

Nel caso di analisi elastica con il fattore q (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con fattore di comportamento), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali (in accordo a quanto indicato al § C8.5); nel caso di analisi non lineare, i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza.

I modelli di capacità degli elementi in muratura sono differenziati in funzione della loro geometria, condizioni al contorno, ruolo strutturale e tipologia muraria. In alcune situazioni è possibile fare riferimento ad elementi maschio (ad asse verticale) ed elementi fascia (ad asse orizzontale), per i quali sono meglio note e più facilmente definibili le capacità in resistenza e in deformazione. Per questi elementi, nel caso di analisi non lineare, è possibile utilizzare un modello bilineare taglio-spostamento, in cui la resistenza è calcolata come la minore tra quelle relative ai diversi possibili meccanismi di rottura e la capacità di spostamento è valutata di conseguenza, attraverso una deformazione angolare limite di elemento.

Nei maschi murari i principali meccanismi di rottura nel piano sono:

- pressoflessione;
- taglio-scorrimento;
- taglio con fessurazione diagonale.

Nelle fasce di piano i possibili meccanismi di rottura nel piano sono:

- pressoflessione;
- taglio con fessurazione diagonale.

Nelle fasce di piano i possibili meccanismi di rottura nel piano sono:

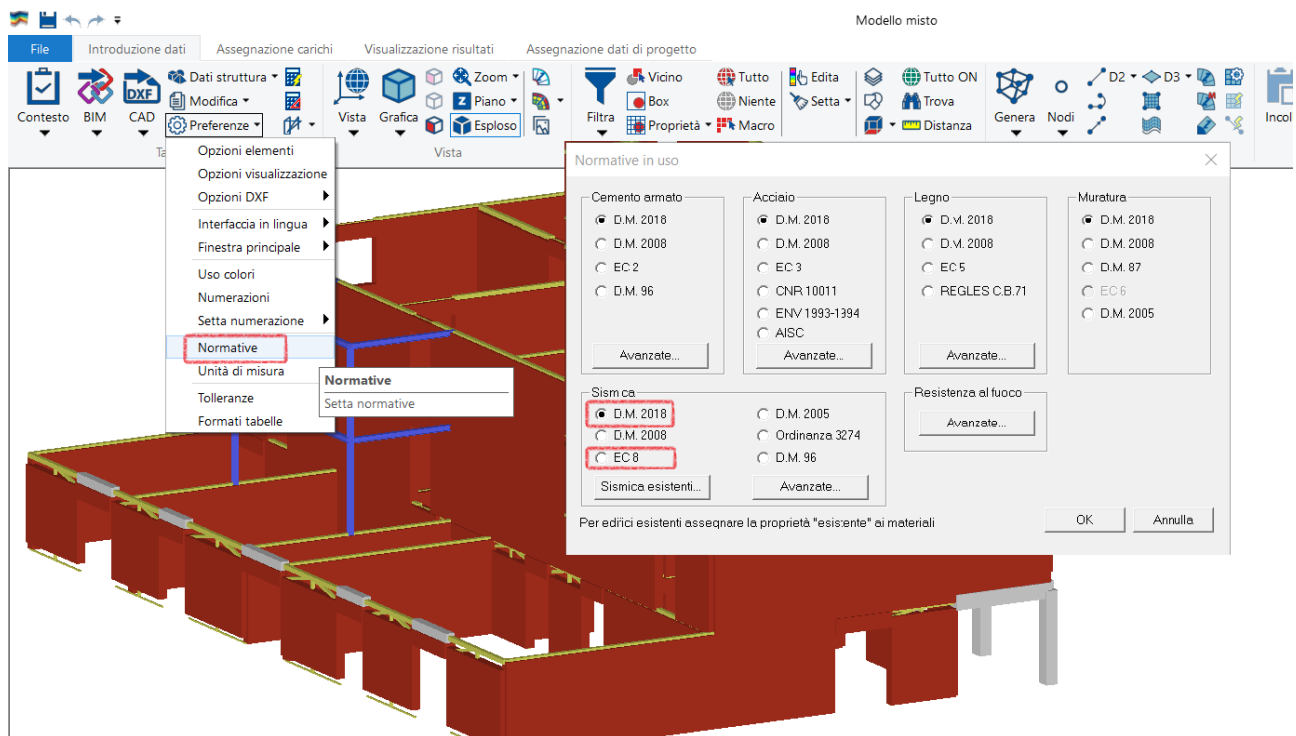
- pressoflessione;
- taglio con fessurazione diagonale.

Gli **orizzontamenti** possono essere gestiti sia come membrane deformabili sia come diaframmi infinitamente rigidi nel proprio piano. L'introduzione di bracci infinitamente rigidi di opportune dimensioni alle estremità degli elementi consente, limitando l'estensione della lunghezza efficace (porzione deformabile) degli stessi, di modellare la ridotta deformabilità dei nodi strutturali secondo quanto proposto dal Prof. Dolce (Dolce,1989).

La fase di modellazione tridimensionale a **telaio equivalente** risulta decisamente semplice e intuitiva, grazie al generatore di pareti SAM che con un numero ridotto di informazioni consente di modellare le singole pareti e le diverse aperture. Una volta modellata la parete è possibile spostare le aperture e modificarle agevolmente: il telaio equivalente verrà aggiornato in automatico.

Capitolo 2. Le normative

Attraverso il menu *preferenze* → *normative* è possibile impostare le normative da adottare:

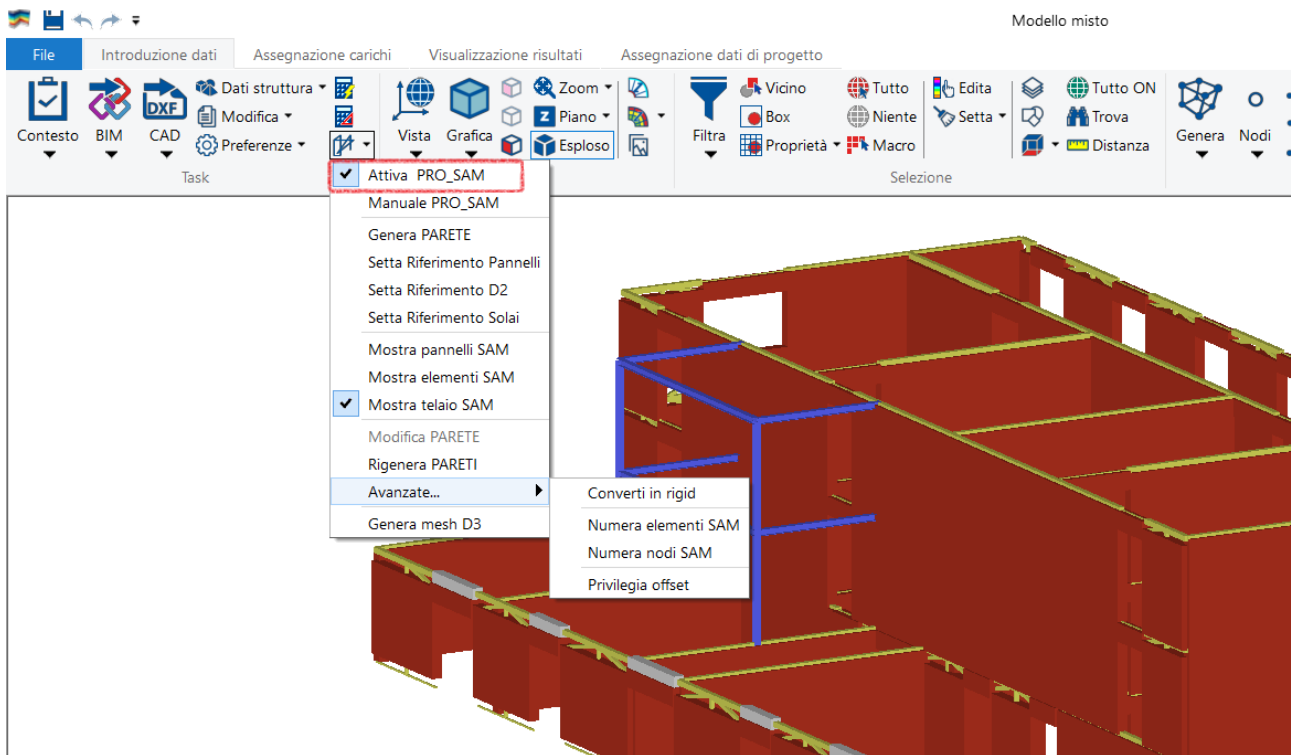


PRO_SAM gestisce le analisi sismiche secondo il **D.M. 2018** e successiva circolare 2019 oppure l'**EC8**.

Nel paragrafo riguardante le verifiche saranno esplicitate in dettaglio le verifiche automatiche svolte durante le analisi.

Capitolo 3. Il menu di PRO_SAM

Per utilizzare PRO_SAM è necessario innanzitutto selezionare il comando **Attiva PRO_SAM**, presente nel menu a tendina che compare cliccando sul simbolo mostrato nell'immagine seguente.



Il menu prevede i seguenti comandi:

- **Attiva PRO_SAM**: consente di attivare il plugin
- **Manuale PRO_SAM**: consente di aprire il manuale dell'utente
- **Genera PARETE**: consente di aprire il menu con le opzioni di generazione della parete, che verrà commentato nel paragrafo successivo.
- **Setta riferimento Pannelli**: consente di impostare lo spessore e il materiale dei pannelli che serviranno per la generazione del telaio equivalente in muratura. Per ulteriori informazioni si rimanda al Capitolo 4.
- **Setta riferimento D2**: consente di specificare la sezione, il materiale e lo schema armatura dei cordoli sopra le pareti o degli elementi in CA. Per ulteriori informazioni si rimanda al Capitolo 5.

Imposta proprietà di riferimento D2

Generalità

Elemento tipo	Trave
Sezione	[1] Rettangolare: b=30.00 h =3...
Rotazione	0.0 [gradi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30...
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto NTC2018
<input type="checkbox"/> Interventi di rinforzo	
Filo fisso - pianta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elemento in asse
Layer	[1] Layer 0
<input type="checkbox"/> Usa tratti rigidi	
Pretensione	0.0 [daN/cm2]

Travi TTRC

Interazione terreno

Codici di rilascio estremità

Schema armatura

Armatura superiore

Tratto iniziale

Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]

Tratto centrale

Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]

Tratto finale

Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]

Armatura inferiore

Tratto iniziale

Lunghezza	0.0 [cm]
-----------	------------

- **Setta riferimento solai:** consente di impostare le proprietà del solaio, in particolar modo piano rigido e carico. Per ulteriori informazioni si rimanda al Capitolo 4.

Copia proprietà di riferimento Solai-Pannelli

Generalità

Layer	[1] Layer 0
<input type="checkbox"/> Usa come pannello	
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30...
<input checked="" type="checkbox"/> Piano rigido	
Spessore membranale	4.0 [cm]

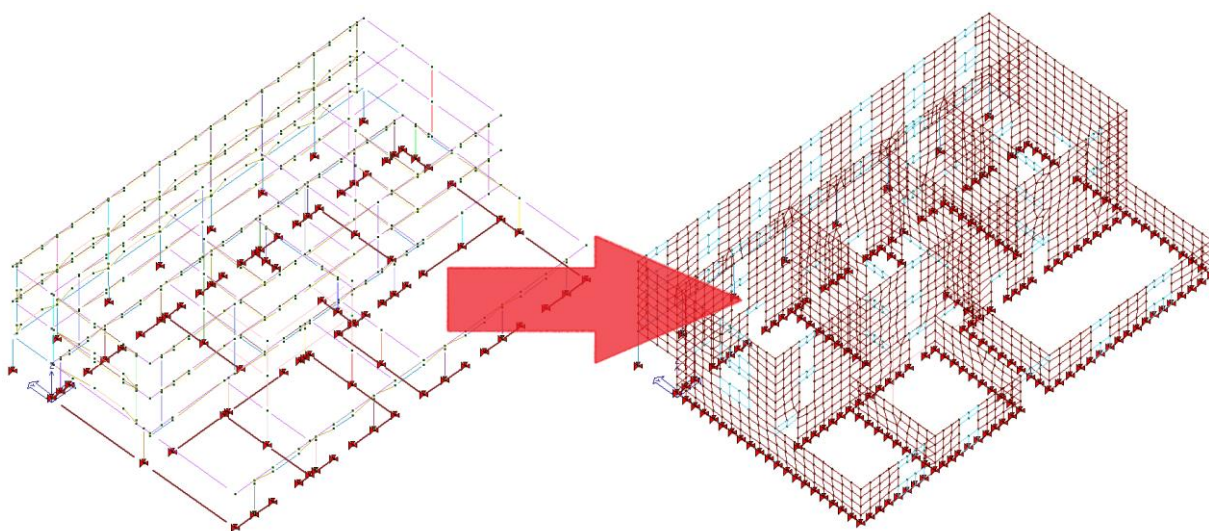
Modello di carico

Archivio di carico	[1] Qsol = 750.00 residenziale
Orditura	Imposta
Direzione X	0.0
Direzione Y	1.0
Direzione Z	0.0
Alternanza variabile	1
% Bidirezionalità	10
<input type="checkbox"/> Applicazione torsione	

Il piano rigido dei solai può avere 3 comportamenti:

1. **Non rigido:** è sufficiente non spuntare l'opzione "piano rigido"
 2. **Rigidezza membranale:** è sufficiente spuntare "piano rigido" poi assegnare materiale e spessore della membrana di solaio. La rigidezza è così ottenuta dai precedenti 2 parametri
 3. **Infinitamente rigido:** tale impostazione è attivabile nel pannello di controllo delle analisi (mostrato in seguito). È sufficiente che nel piano sia presente almeno un solaio rigido
- **Mostra pannelli SAM:** consente di attivare o disattivare la visualizzazione dei pannelli del telaio SAM.

- Mostra elementi SAM: mostra tutti gli elementi del telaio SAM, sia quelli resistenti che gli offset e i conci rigidi
- Mostra telaio SAM: mostra solo gli elementi resistenti del telaio SAM (maschi e fasce)
- Modifica PARETE: consente di modificare la parete selezionata: per la modifica bisogna prima selezionare un pannello della parete da modificare, poi cliccare “modifica parete”
- Rigenera PARETI: rigenera TUTTE le pareti visibili con il riferimento corrente e le coordinate dei nodi inserite in fase di input. Comando comodo se si desidera modificare lo spessore o il materiale a tutta una porzione di struttura, ma che richiede che non siano state fatte modifiche al modello con comandi come stira, trasla etc.
- Avanzate:
 - Converti in rigid: consente di selezionare un elemento orizzontale e convertirlo in elemento rigido, utile nel caso di pareti che cadano in falso su una apertura. Si veda paragrafo “Schematizzazione intersezioni pareti multipiano”.
 - Numera elementi SAM: consente di numerare gli elementi del telaio equivalente SAM. Dalla numerazione sono esclusi gli elementi di tipo offset.
 - Numera nodi SAM: consente di numerare i nodi del telaio SAM, dalla numerazione sono esclusi i nodi di costruzione.
 - Privilegia offset: opzione sconsigliata, consente di modellare i conci rigidi orizzontali come offset.
- Genera mesh D3: consente di salvare il modello con un diverso nome e convertirlo in una modellazione con elementi lastra-piastra D3, utile per le verifiche per carichi gravitazionali o per le verifiche delle fondazioni. Il modello generato distingue in automatico i maschi e le fasce.



Capitolo 4. Modellazione delle strutture in muratura

La modellazione della struttura consiste nella individuazione dello schema statico della stessa e nella definizione delle proprietà fisico-meccaniche di tutte gli elementi componenti il sistema strutturale.

Le pareti sono caratterizzate da un punto (o coordinata) di inizio, da un punto di fine, da un'altezza e dalle diverse aperture che può contenere. L'altezza della parete, inoltre, può avere valori differenti tra il punto di inizio e di fine.

In PRO_SAM è sufficiente definire il pannello con le aperture, dopodiché il telaio viene generato automaticamente dal software.

L'archivio dei materiali

Durante l'esecuzione delle analisi verranno considerate le verifiche previste dalle normative sulla base del materiale assegnato.

La definizione del materiale è di fondamentale importanza per l'esito delle analisi e per la definizione delle curve di capacità. Essa avviene all'interno dell'archivio dei materiali (*Dati struttura* → *Materiali*).



Selezionando un materiale di tipo Muratura è possibile settare i seguenti parametri.

Stringa identificativa: Consente di assegnare il nome al materiale;

Materiale esistente: Consente di specificare se il materiale viene utilizzato per un edificio esistente o di nuova costruzione;

Fattore di confidenza FC m: Consente di personalizzare il Fattore di Confidenza. Lasciando il valore 0, verrà utilizzato quello definito al passo 1 dei casi di carico sismici;

Resistenza f_k Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione verticale della muratura;

Resistenza f_{hk} Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione orizzontale della muratura;

Resistenza f_{v0k} Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per la muratura;

Resistenza f_{v0hk} Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi muratura;

Resistenza τ_{0k} Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a taglio per fessurazione diagonale (usato nella formula C8.7.1.16 per muratura esistente);

Resistenza f_{vlmk} Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della massima resistenza a taglio (vedere paragrafo 11.10.3.3);

Coefficiente μ tilda: Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio, si veda C8.7.1.17. Il valore proposto di default è quello previsto dalla normativa, se ne sconsiglia la modifica;

Coefficiente f_i : Coefficiente di ingranamento usato per la resistenza a taglio. Il valore proposto di default è quello previsto dalla normativa, se ne sconsiglia la modifica;

Resistenza fbN: Valore normalizzato per la resistenza a compressione dei blocchi;
Resistenza fbk Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione dei blocchi;
Resistenza fbhk Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione dei blocchi in direzione orizzontale;
Resistenza fbtk Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a trazione dei blocchi;

Stringa identificativa	Muratura irregolare di pietra te...
Generalità	
<input checked="" type="checkbox"/> Materiale esistente	
Fattore di confidenza FC m	0.0
Resistenze	
Resistenza fm	14.0 [daN/cm ²]
Resistenza fhm	7.0 [daN/cm ²]
Resistenza fv0m	0.56 [daN/cm ²]
Resistenza fv0hm	0.56 [daN/cm ²]
Resistenza tau0m	0.28 [daN/cm ²]
Resistenza fvlmm	1.82 [daN/cm ²]
Coefficiente mu tilda	0.4
Coefficiente fi	0.5
Resistenza fbN	22.4 [daN/cm ²]
Resistenza fbm	28.0 [daN/cm ²]
Resistenza fbhm	5.6 [daN/cm ²]
Resistenza fbtm	2.8 [daN/cm ²]
<input type="checkbox"/> Elasto-plastico per aste no...	
<input type="checkbox"/> Muratura consolidata	
Proprietà	
Peso specifico	1.6000e-03 [daN/cm ³]
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 2	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 3	1.0000e-05 [1/C]
Smorzamento	5.0
Costanti elastiche	
Modulo E	10800.0 [daN/cm ²]
Poisson	0.0
Modulo G	3600.0 [daN/cm ²]
<input checked="" type="checkbox"/> Ortotropo	

Elasto-plastico per aste non lineari: Permette di considerare il materiale elastico perfettamente plastico, ovvero in grado di reagire in modo elastico lineare a compressione e a trazione fino ad una tensione massima assegnata e successivamente sempre con tensione costante pari alla massima fissata. Questa opzione è attiva per elementi D2 **di tipo asta non lineare**; Selezionando l'opzione Elasto-plastico è possibile definire i seguenti parametri:

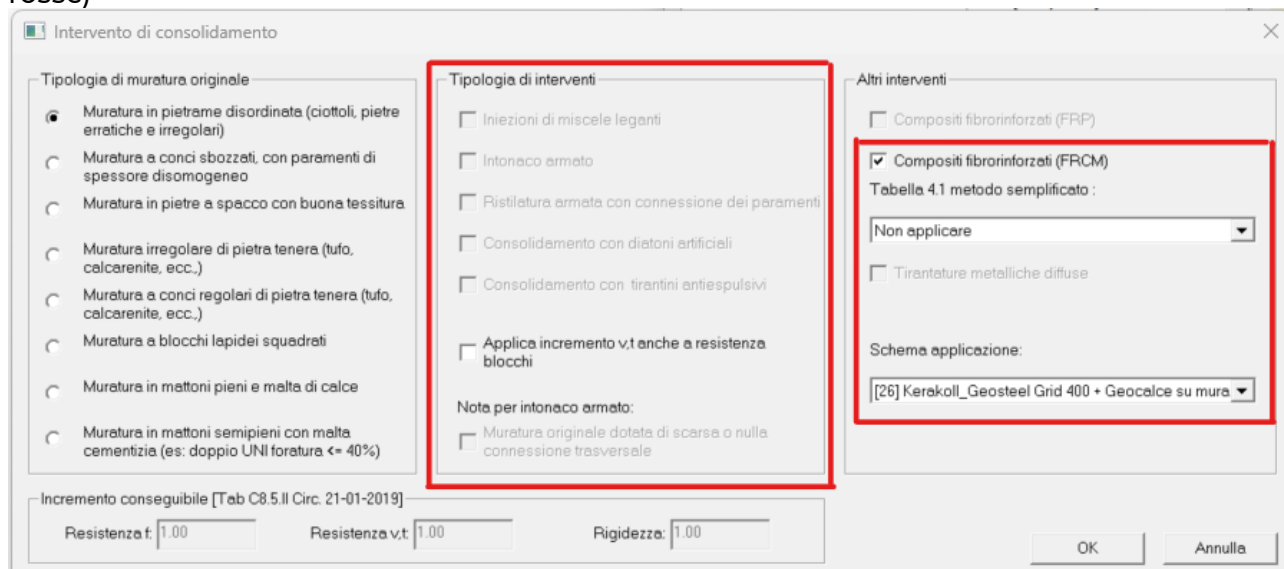
Massima tensione di compressione: Valore massimo della tensione che individua il campo elastico per compressione (-);

Massima tensione di trazione: Valore massimo della tensione che individua il campo elastico per trazione (+);

Coefficiente di attrito: L'asta non lineare consente, inoltre, di modellare un vincolo ad attrito, in quanto il valore massimo della tensione di compressione e trazione può essere limitato mediante il Coefficiente di attrito apparente, valore che moltiplica l'azione V2 dell'asta. La massima azione assiale che è in grado di trasferire l'elemento è quella ottenuta dall'azione V2 moltiplicata per il coefficiente di attrito apparente;

Muratura consolidata Solo per materiali esistenti, consente di accedere alla finestra nella

quale definire i rinforzi per la muratura (attivi per PRO_SAM gli interventi indicati nelle cornici rosse)



Selezionando come rinforzo gli FRCM, in accordo alle CNR-DT215 è possibile scegliere se adottare il metodo semplificato o meno per le verifiche a taglio. Alla voce *Schema*

applicazione è possibile selezionare la tipologia di rinforzo desiderata tra quelle definite all'interno dell'archivio dei rinforzi FRMC (*Dati struttura* → *Interventi di consolidamento* → *Rinforzi FRMC muratura*);

Peso specifico: Peso specifico del materiale (Gamma);

Dilatazione termica: Coefficiente di dilatazione termica lineare (in direzione locale 1 per materiale ortotropo);

Dilatazione termica 2: Coefficiente di dilatazione termica lineare (in direzione locale 2 per materiale ortotropo);

Dilatazione termica 3: Coefficiente di dilatazione termica lineare (in direzione locale 3 per materiale ortotropo, usata solo per elementi solidi);

Smorzamento: Valore di smorzamento percentuale (utilizzato solo per il calcolo delle energie di deformazione durante le analisi dinamiche modali);

Costanti elastiche ortotropo	
Modulo E2	10800.0 [daN/cm ²]
Modulo E3	10800.0 [daN/cm ²]
Poisson 1-3	0.0
Poisson 2-3	0.0
Modulo G1-3	3600.0 [daN/cm ²]
Modulo G2-3	3600.0 [daN/cm ²]
Avanzate	
Rigidità fessurata per sismica	imposta
Rapporto HRDb	1.0000e-05
Rapporto HRDv	1.0000e-05
Coefficiente ksb	0.85
Resistenze...	
Resistenza fk	11.2 [daN/cm ²]
Resistenza fhk	5.6 [daN/cm ²]
Resistenza fv0k	0.392 [daN/cm ²]
Resistenza fv0hk	0.392 [daN/cm ²]
Resistenza tau0k	0.196 [daN/cm ²]
Resistenza fvlimk	1.274 [daN/cm ²]
Resistenza fbk	22.4 [daN/cm ²]
Resistenza fbhk	4.48 [daN/cm ²]
Resistenza fbtk	2.24 [daN/cm ²]
Reset valori avanzati	reset

Modulo E: Modulo (Young) di elasticità normale (in direzione locale 1 per materiale ortotropo);

Poisson: Coefficiente di (Poisson) contrazione trasversale (in direzioni locali 1-2 per materiale ortotropo);

Modulo G: Modulo di elasticità tangenziale (in direzioni locali 1-2 per materiale ortotropo);

Ortotropo Consente di assegnare un diverso valore del modulo di Young, del coefficiente di Poisson e del modulo G nelle tre direzioni. Questa impostazione agisce solo nel caso di elementi D3, solidi e solai, se l'opzione non viene spuntata il programma considera il materiale isotropo nelle tre direzioni.

Selezionando l'opzione materiale ortotropo il programma permette di definire:

Modulo E2 Modulo di (Young) elasticità normale in direzione locale 2;

Modulo E3 Modulo di (Young) elasticità normale in direzione locale 3 (usata solo per elementi solidi);

Poisson 1-3 Coefficiente di (Poisson) contrazione trasversale per direzioni locali 1-3;

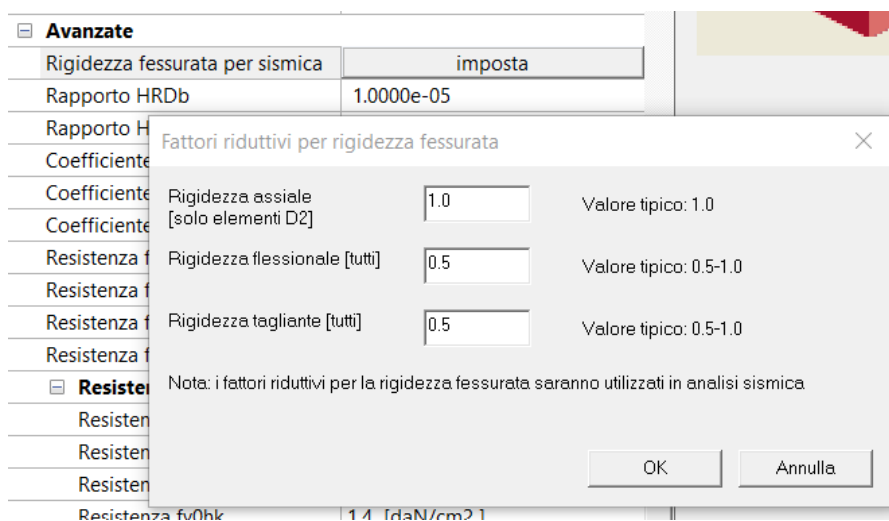
Poisson 2-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni locali 2-3;

Modulo G1-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni locali 1-3;

Modulo G2-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni 2-3;

AVANZATE

Nella categoria "Avanzate" è possibile impostare l'utilizzo della rigidità fessurata per le analisi sismiche.



Rigidizza fessurata per sismica: Consente di impostare l'utilizzo della rigidizza ridotta per le sole analisi sismiche. È possibile impostare i fattori riduttivi per:

Rigidizza assiale: di solito si considera la rigidizza intera

Rigidizza flessionale: il valore tipico è 0.5, vale sia per elementi D2 che per elementi D3

Rigidizza tagliante: il valore tipico è 0.5, vale sia per elementi D2 che per elementi D3

Rapporto HRDb: rapporto di hardening a flessione, consente di impostare il comportamento anelastico a flessione di tipo elasto-plastico con hardening; il valore proposto di default è calibrato ottenere la migliore convergenza delle analisi, se ne sconsiglia la modifica;

Rapporto HRDv: rapporto di hardening a taglio, consente di impostare il comportamento anelastico a taglio di tipo elasto-plastico con hardening; il valore proposto di default è quello calibrato per ottenere la migliore convergenza delle analisi, se ne sconsiglia la modifica;

Coefficiente ksb: Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da usare nello stress block. Il valore proposto di default è quello previsto dalla normativa, se ne sconsiglia la modifica;

Sono infine disponibili per completezza i valori caratteristici nel caso di materiale esistente o medi nel caso di materiale nuovo. Il pulsante reset consente di sincronizzarli con quelli precedentemente modificati.

L'architetonico

È possibile importare un file architetonico in formato DXF sul quale modellare i pannelli.

Generalmente risulta comodo disegnare anche la linea d'asse nel baricentro dei maschi murari.

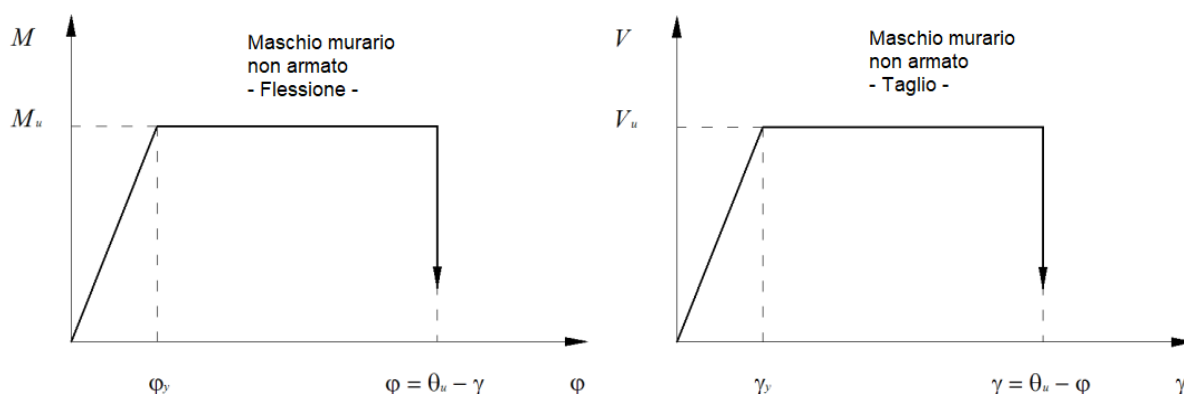
È importante notare che la struttura verrà schematizzata attraverso un telaio equivalente, quindi il file architetonico dovrà essere, per quanto possibile, **semplificato**; non è infatti opportuno modellare ogni cambio di spessore o maschi di lunghezza non significativa (ad esempio di lunghezza minore di 1 metro). Le analisi non lineari impiegheranno tanto più tempo quanti più elementi non lineari sono stati modellati, quindi un modello semplice avrà anche tempi di esecuzione delle analisi più veloci.

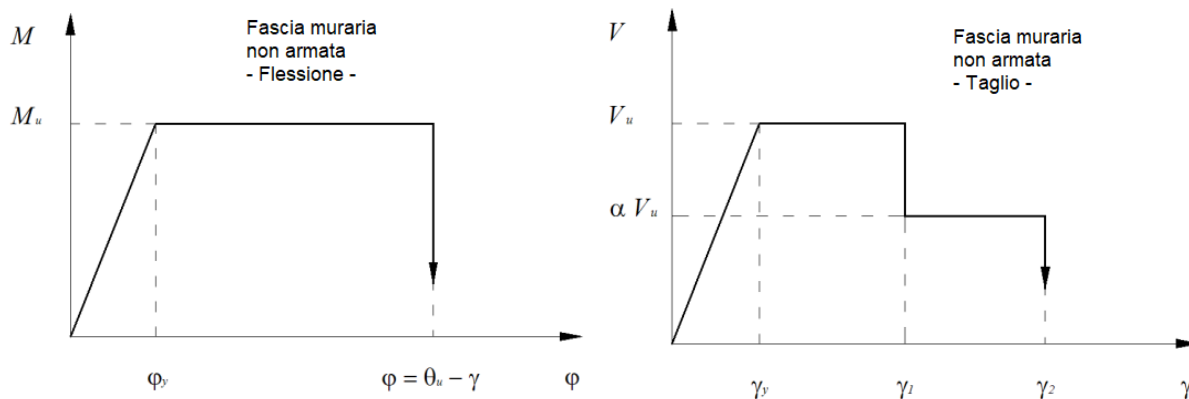
I legami costitutivi

PRO_SAM distingue il comportamento dei maschi e delle travi.

I legami costitutivi per le strutture in muratura sono di seguito illustrati. Essi vengono ricalcolati per ogni elemento strutturale ad ogni step dell'analisi in funzione del materiale, dei criteri di progetto e dello stato di sollecitazione.

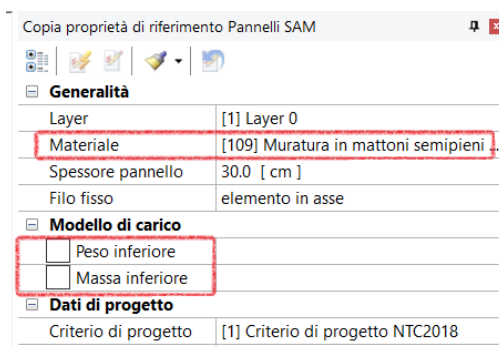
Nel paragrafo relativo ai criteri di progetto verranno dettagliate le possibili scelte per il comportamento dei maschi murari non armati.





Riferimento Pannelli

Primo passo per la modellazione della struttura passa per il settaggio delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire alla parete che si vuole inserire. All'interno del menu PRO_SAM è presente il pulsante "Setta Riferimento Pannelli" che attiva la finestra per il settaggio delle proprietà da attribuire alla parete.

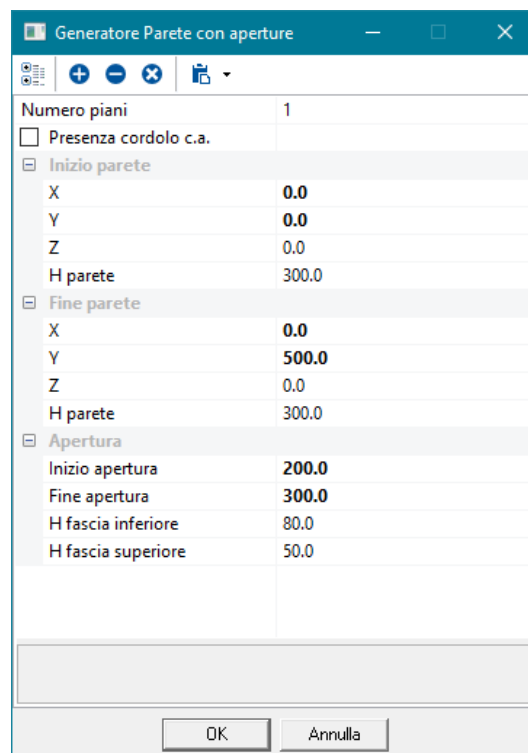
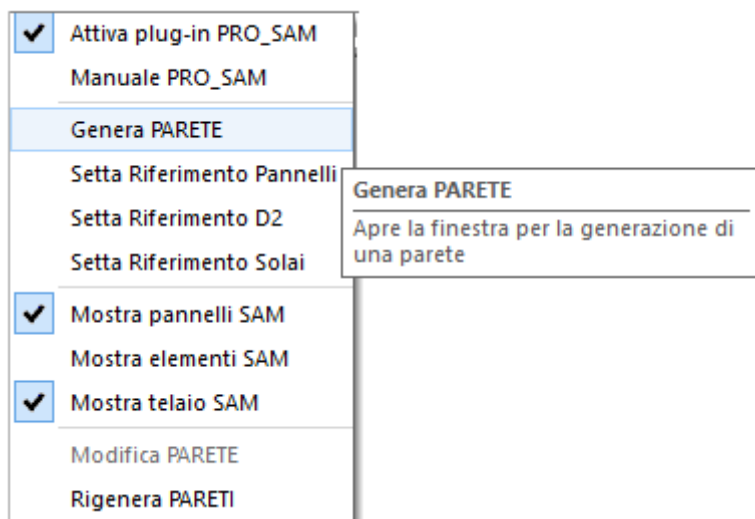


Le proprietà essenziali dei Pannelli SAM sono le seguenti:

- **Layer:** layer di pertinenza del pannello;
- **Materiale:** materiale del pannello (deve essere di tipologia muratura);
- **Spessore del pannello:** spessore in cm del pannello;
- **Filo fisso:** disassamento della parete rispetto all'asse medio della parete (si consiglia di modellare i pannelli in asse);
- **Peso inferiore:** assegna il peso della parete ai nodi inferiori (si consiglia di **NON** attivare questa opzione, affinché il peso sia distribuito sia sugli elementi superiori che inferiori, altrimenti le pareti dell'ultimo piano risulterebbero scariche);
- **Massa inferiore:** assegna la massa della parete ai nodi inferiori (si consiglia a di **NON** attivare questa opzione così la massa sismica viene considerata nel baricentro del pannello);
- **Criterio di Progetto:** Criterio di Progetto della parete (non significativo, serve per le verifiche di ribaltamento delle tamponature di strutture in CA).

Generazione Pareti

La modellazione di ogni singola parete avviene tramite il generatore “*Genera Parete*” all’interno del menu di PRO_SAM.

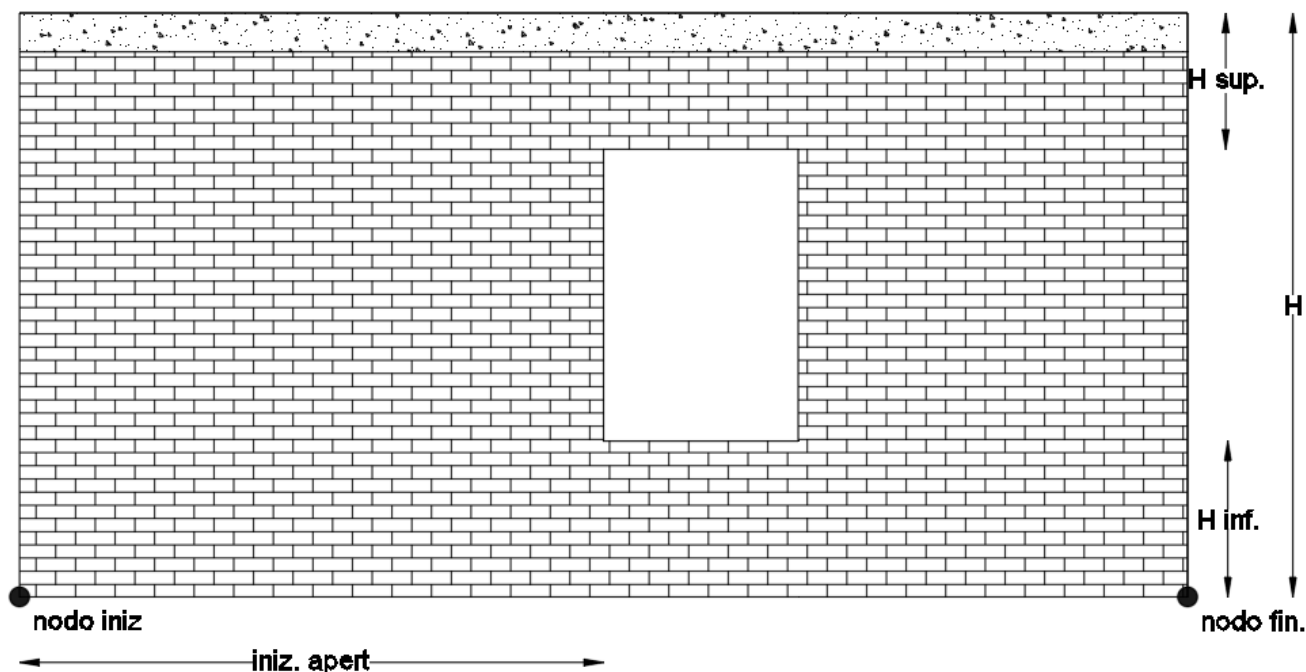


Il pulsante “*Genera Parete*” apre la finestra per la generazione della parete e delle relative aperture.

Le informazioni da inserire sono:

- le coordinate di inizio della parete, le coordinate di fine della parete. L'altezza iniziale della parete può essere diversa da quella finale, per la generazione dei timpani.
- la posizione di inizio e di fine della generica apertura e dell'altezza della fascia superiore ed inferiore dell'apertura. La posizione dell'apertura ha come origine di riferimento le coordinate iniziali della parete (es. se si inserisce *Inizio apertura = 0.00* l'apertura ha come origine l'inizio della parete). È possibile inserire più aperture in ciascuna parete.

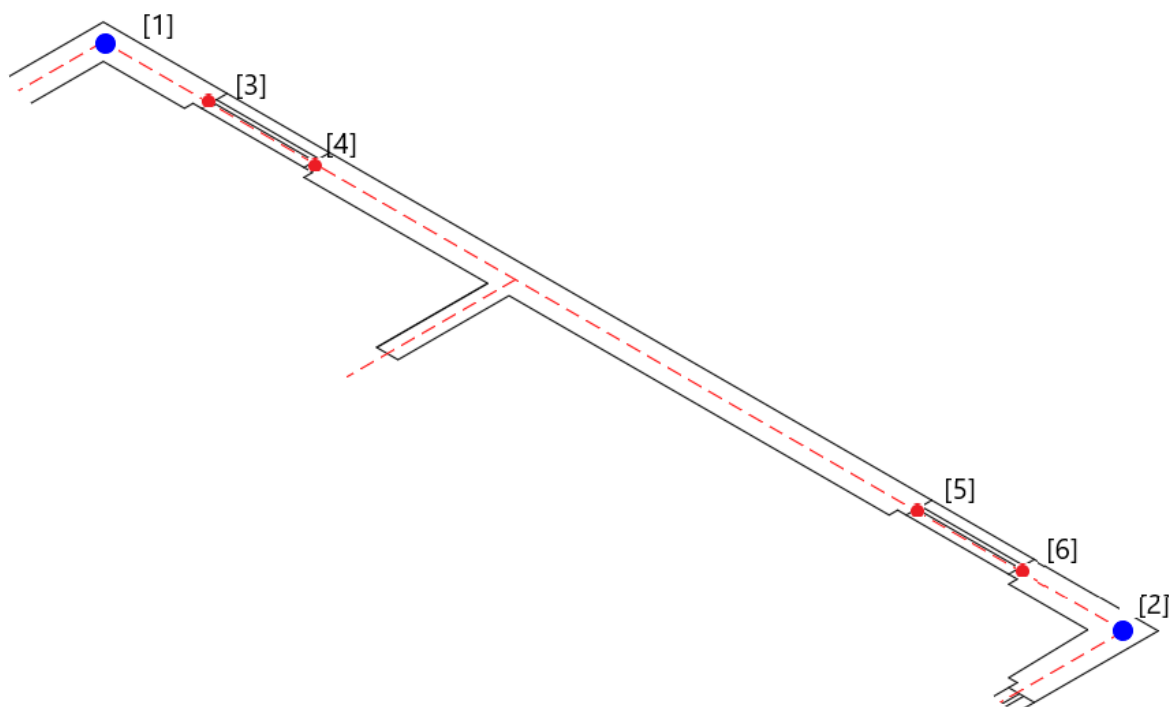
Sempre nella finestra per la generazione delle pareti è possibile, tramite la spunta sul comando, inserire la presenza di un cordolo in c.a. e personalizzarne le opportune dimensioni geometriche.



Le coordinate della parete e delle aperture possono essere inserite manualmente oppure, nel caso si importi una pianta in formato dxf nel modello, possono essere individuati dal software cliccando sui nodi del dxf.

Con questa modalità di input non è necessario conoscere l'estensione della parete o le larghezze delle aperture, ma solo l'altezza della parete e delle fasce superiori ed inferiori.

Per esempio, con i primi due click ([1]-[2]) si definiscono il punto iniziale e il punto finale della parete che si vuole modellare. I successivi click ([3]-[4], [5]-[6]) definiscono la posizione iniziale e finale delle aperture presenti sulla parete, cosicché il generatore di pareti calcola automaticamente le distanze.



Generatore Parete con aperture

Numero piani 1

Presenza cordolo c.a.

Inizio parete

X	20.0
Y	820.0
Z	0.0
H parete	300.0

Fine parete

X	1215.0
Y	820.0
Z	0.0
H parete	300.0

Apertura

Inizio apertura	125.0
Fine apertura	245.0
H fascia inferiore	80.0
H fascia superiore	50.0

Apertura

Inizio apertura	950.0
Fine apertura	1070.0
H fascia inferiore	80.0
H fascia superiore	50.0

OK Annulla

Catturate le posizioni iniziali della parete e della aperture, per definire la parete basta inserire l'altezza della parete nella posizione iniziale e finale e per ogni apertura definire le altezze delle fasce superiori ed inferiori. Nel caso di assenza di una fascia è possibile inserire un valore pari a zero (per esempio nelle porte, per le quali la fascia inferiore è assente).

Generatore Parete con aperture

Numero piani 1

Presenza cordolo c.a.

Inizio parete

X	20.0
Y	820.0
Z	0.0
H parete	300.0

Fine parete

X	1215.0
Y	820.0
Z	0.0
H parete	300.0

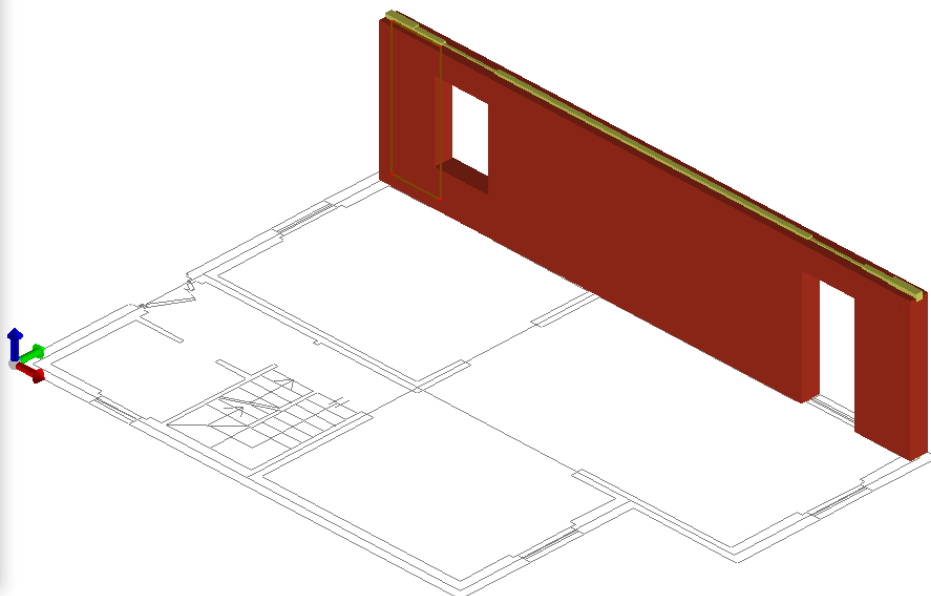
Apertura

Inizio apertura	125.0
Fine apertura	245.0
H fascia inferiore	80.0
H fascia superiore	50.0

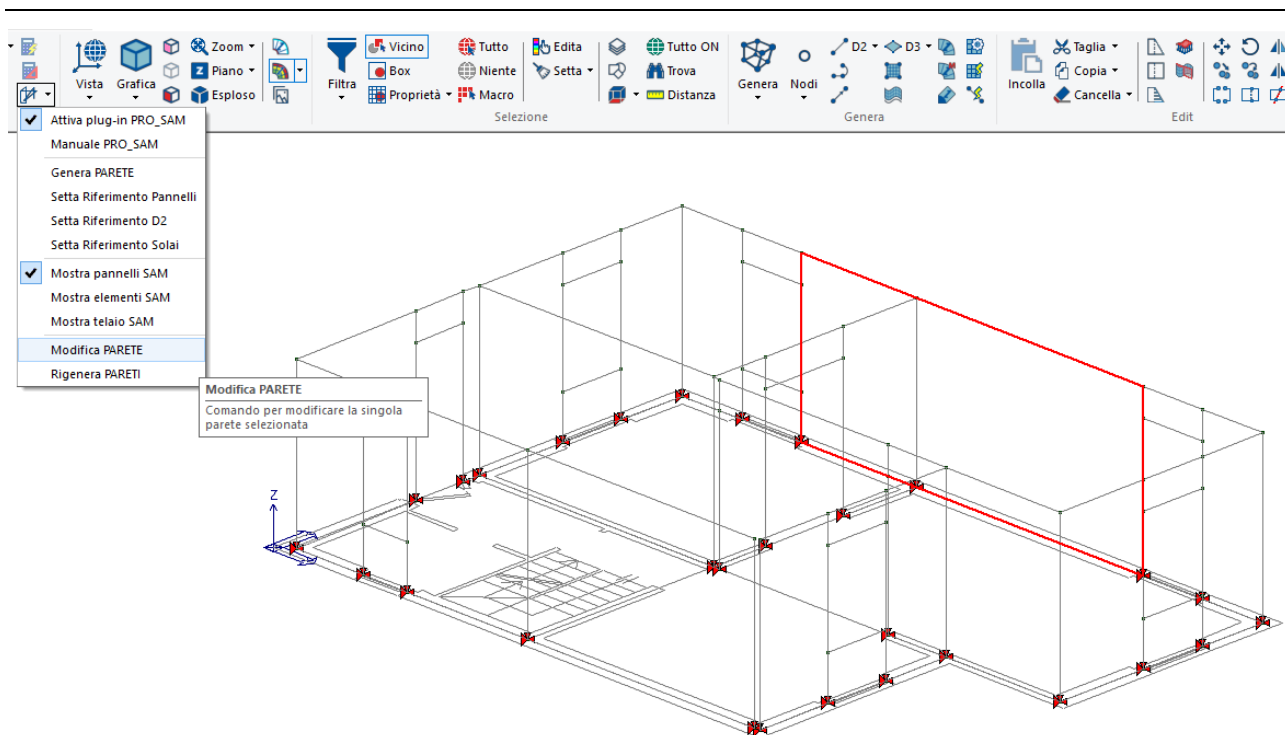
Apertura

Inizio apertura	950.0
Fine apertura	1070.0
H fascia inferiore	0.0
H fascia superiore	50.0

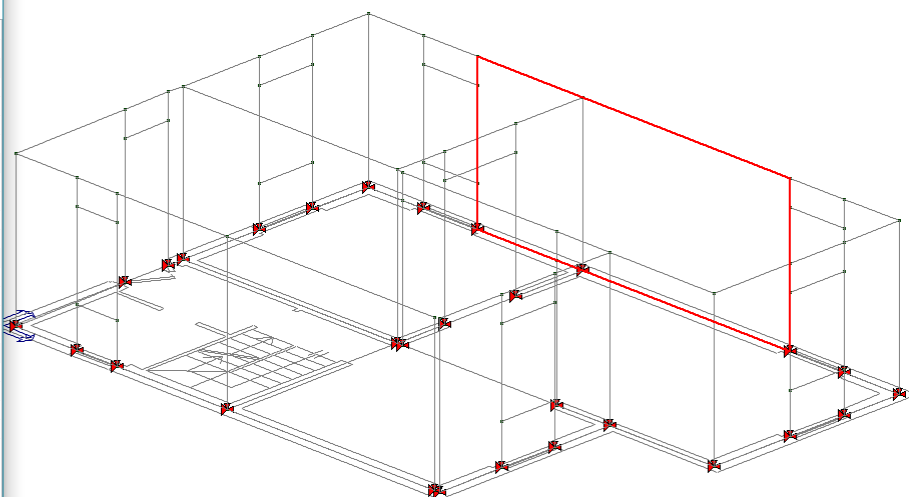
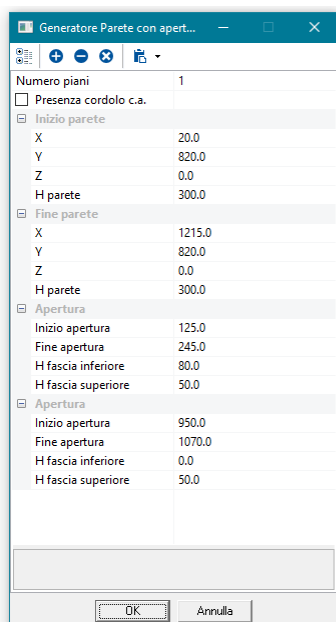
OK Annulla



Nel caso sia necessario modificare la geometria di una parete inserita e relative aperture (es. modificare posizione delle aperture, modificare altezza delle fasce, ecc.) basta attivare il comando *Vicino* nel gruppo *Selezione*, cliccare su uno degli elementi pannello che compongono la parete e dal menu di PRO_SAM e poi cliccare su *Modifica Parete*:

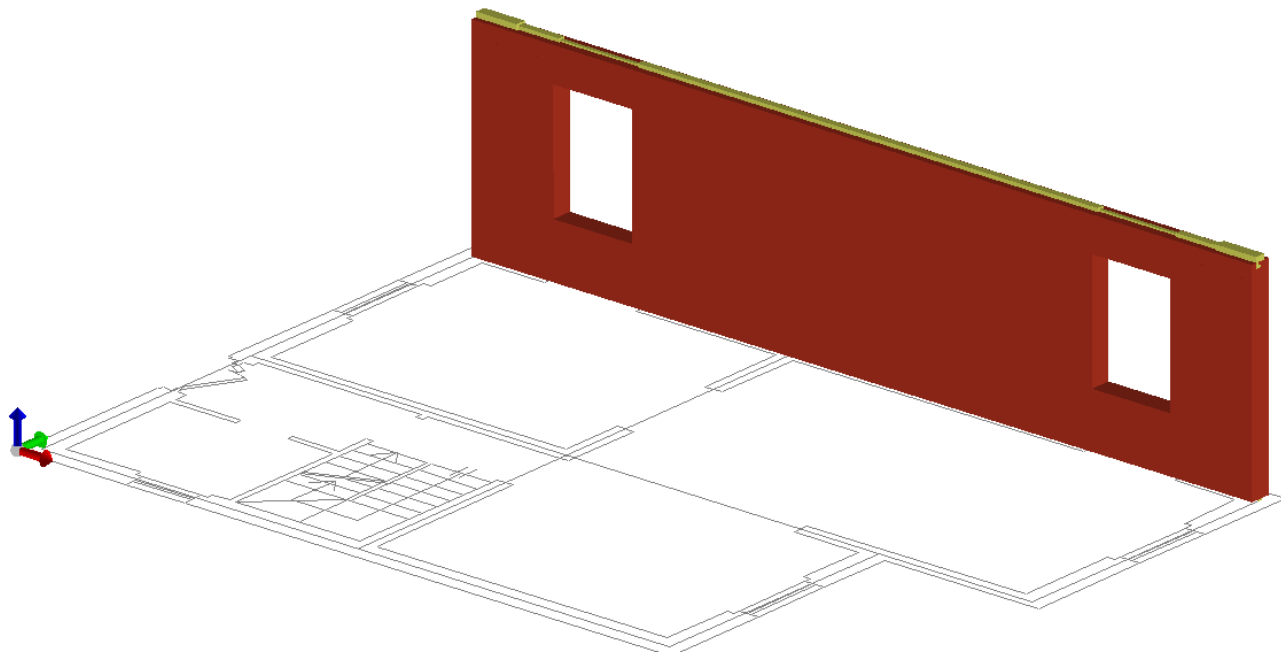


Verrà riaperta la finestra del generatore di pareti di PRO_SAM con i dati geometrici della parete selezionata e relative aperture così da poter essere modificati e salvati.

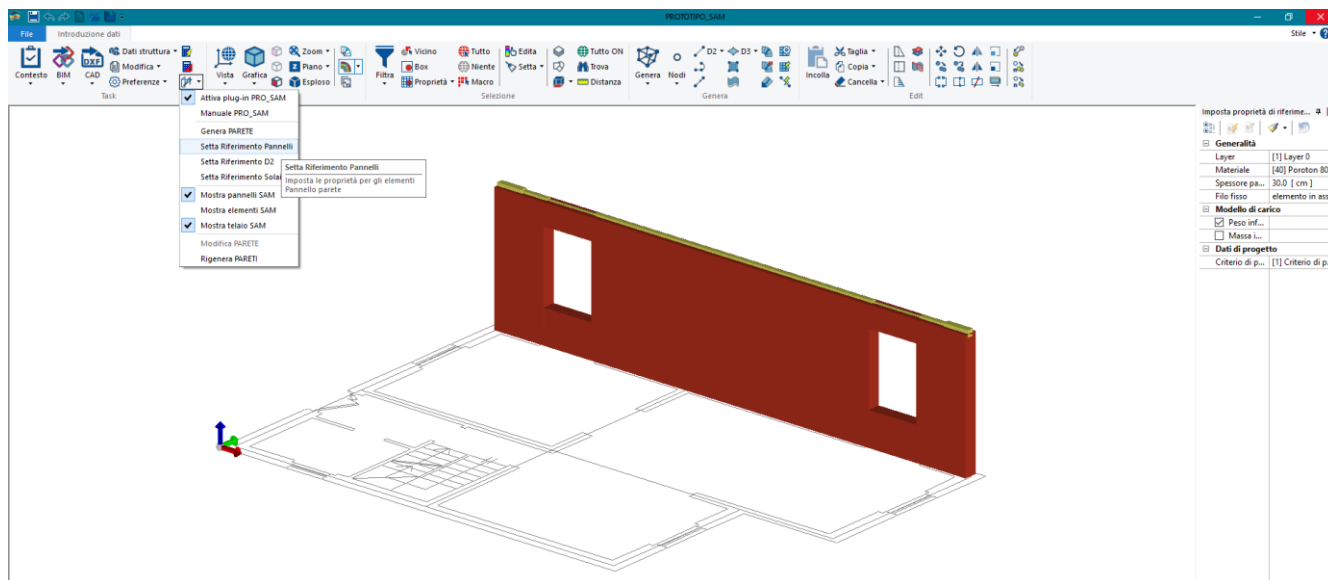


Nel caso sia necessario modificare le proprietà del pannello (come, per esempio, il tipo di materiale o lo spessore) di una singola parete le operazioni da fare sono le seguenti:

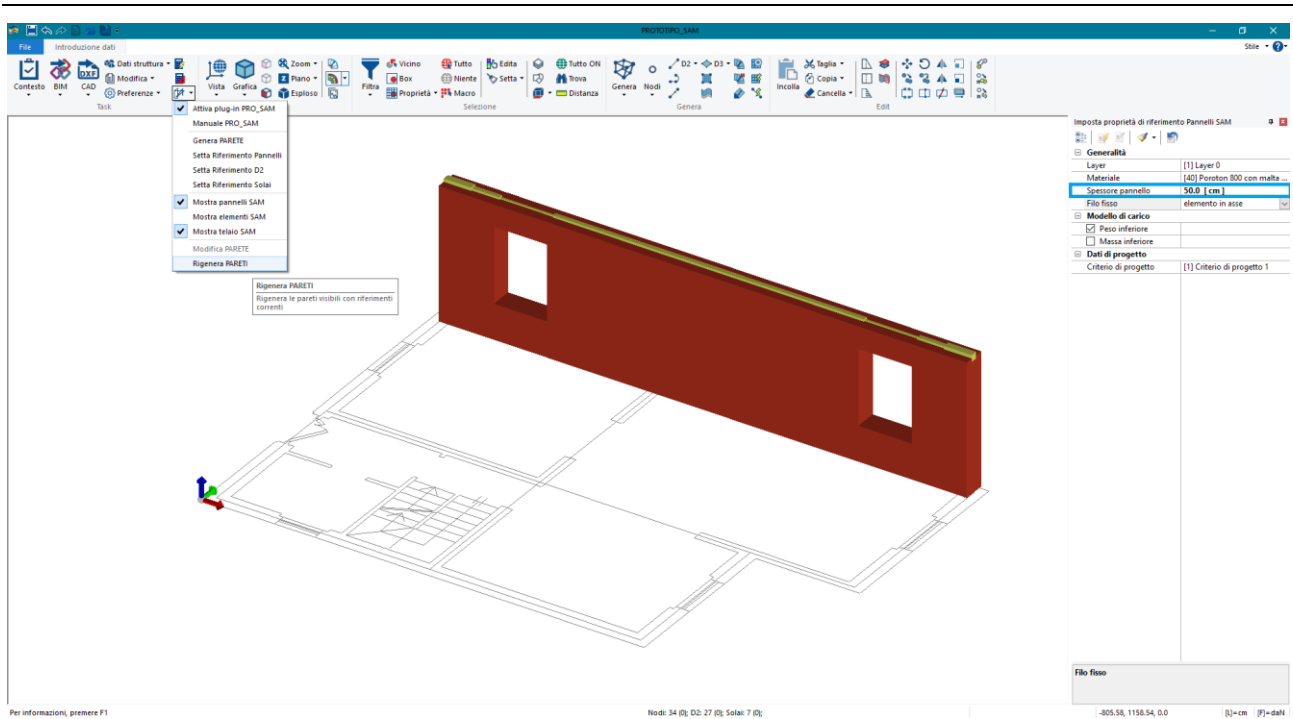
1. Rendere visibile solo la parete che si vuole modificare nascondendo le altre;



2. Dal menu di PRO_SAM selezionare *Setta proprietà Pannelli*;



3. Modificare la proprietà da assegnare alla parete dal pannello sulla destra e dal menu di PRO_SAM cliccare su *Rigenera PARETE*.



Rigenerando la parete vengono assegnate le proprietà presenti nel pannello sulla destra alla parete isolata.



PRO_SAP consente di modificare i nodi e gli elementi del pannello SAM attraverso i comandi COPIA, TRASLA, STIRA, tuttavia si tratta di modifiche sconsigliate perché il telaio equivalente viene concepito in accordo ai principi di modellazione suggeriti dagli autori (si veda Capitolo 12) e in tal caso si andrebbe a modificare la distribuzione delle rigidità; inoltre, il comando “rigenera pannelli” lo ricondurrebbe alla geometria iniziale.

Nel caso si necessiti di modificare la geometria di una parete è possibile usare il comando “modifica parete” o nei casi in cui servano modifiche importanti è consigliabile cancellarla per poi inserirla di nuovo.

Qualora un piano sia identico a quello inferiore è possibile copiare le pareti, tenendo a mente che anche in questo caso il comando “rigenera parete” le riporterà alle coordinate iniziali.

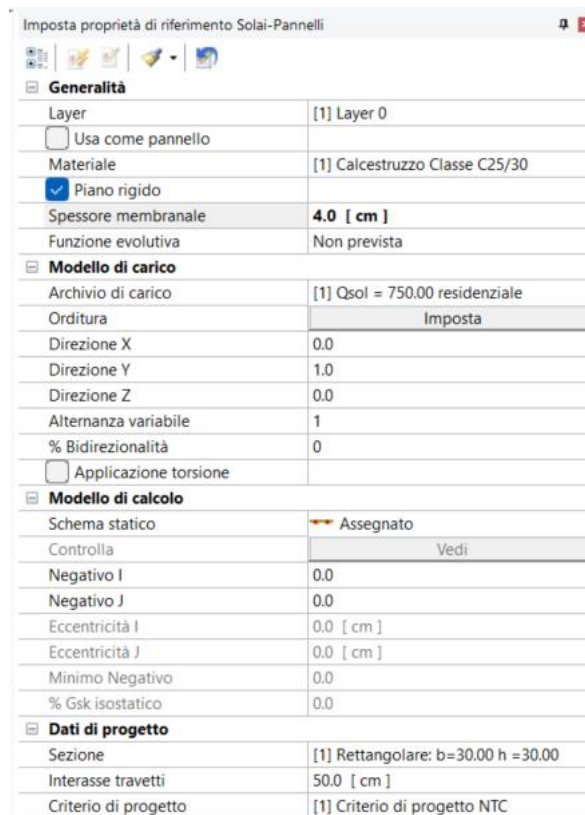
Generazione Solai di piano

Prima di definire la geometria del solaio è consigliato definire le proprietà del solaio di piano che si vuole utilizzare.

All'interno del menu di PRO_SAM è presente il pulsante "Setta Riferimento Solai" che ci permette di accedere al pannello laterale per il settaggio delle proprietà e caratteristiche dei solai.

Le principali proprietà dell'elemento solaio sono:

- **Layer:** definizione del layer di appartenenza;
- **Materiale:** tipologia del materiale del solaio;
- **Piano rigido (materiale e spessore):** assegnazione di solaio rigido e dello spessore membranale che definisce il solaio rigido (per ulteriori informazioni si rimanda al Capitolo 3);
- **Archivio di carico:** tipologia di solaio presente nell'archivio dei solai;
- **Orditura:** orditura di appoggio del solaio;
- **Codice di alternanza del carico:** permette di eseguire in modo semiautomatico la disposizione a scacchiera dei carichi accidentali dei solai;
- **Bidirezionalità:** definisce il caso di comportamento mono/bidirezionale assegnando la percentuale di carico scaricata in direzione ortogonale all'orditura;
- **Schema statico:** assegnazione dello schema statico del solaio (continuo su più appoggi o appoggio-appoggio);

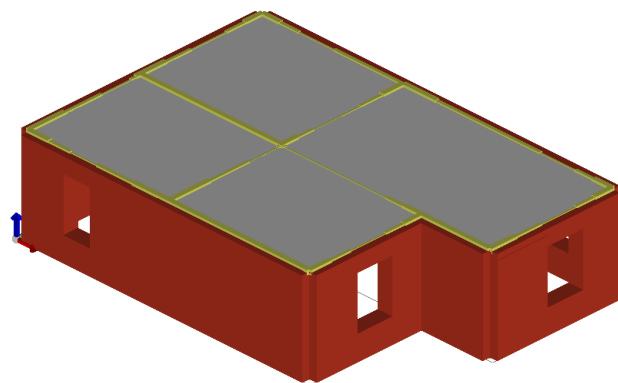
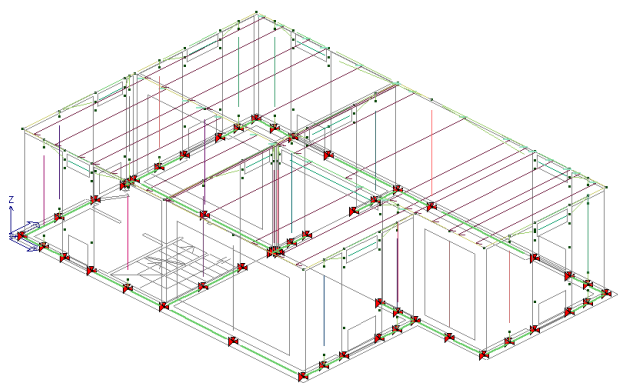
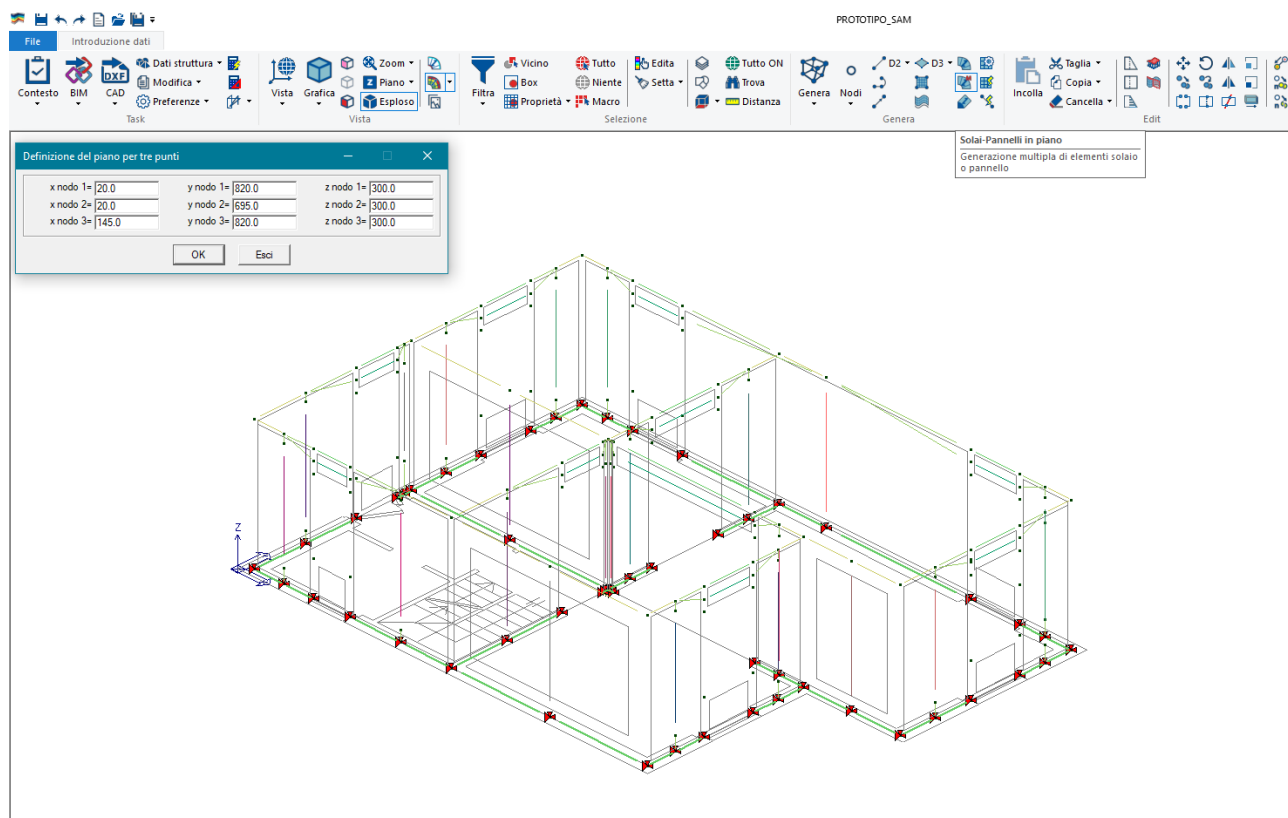


Imposta proprietà di riferimento Solai-Pannelli	
Generalità	
Layer	[1] Layer 0
<input type="checkbox"/> Usa come pannello	
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
<input checked="" type="checkbox"/> Piano rigido	
Spessore membranale	4.0 [cm]
Funzione evolutiva	Non prevista
Modello di carico	
Archivio di carico	[1] Qs01 = 750.00 residenziale
Orditura	Imposta
Direzione X	0.0
Direzione Y	1.0
Direzione Z	0.0
Alternanza variabile	1
% Bidirezionalità	0
<input type="checkbox"/> Applicazione torsione	
Modello di calcolo	
Schema statico	Assegnato
Controllo	Vedi
Negativo I	0.0
Negativo J	0.0
Eccentricità I	0.0 [cm]
Eccentricità J	0.0 [cm]
Minimo Negativo	0.0
% Gsk isostatico	0.0
Dati di progetto	
Sezione	[1] Rettangolare: b=30.00 h =30.00
Interasse travetti	50.0 [cm]
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto NTC

Qualora si voglia eseguire la progettazione del solaio è necessario specificare:

- **Sezione:** tipo di sezione presente nell'archivio delle sezioni;
- **Interasse:** interasse dei travetti;
- **Criterio di progetto:** definizione del criterio di progetto.

Per definire più solai contemporaneamente basta abilitare la vista filo di ferro (presente nel menu vista), cliccare *Solai-Pannelli di piano* e cliccare su 3 nodi complanari:



I vincoli

Il generatore di PRO_SAM inserisce automaticamente i vincoli in corrispondenza delle quote $z=0$ cm.

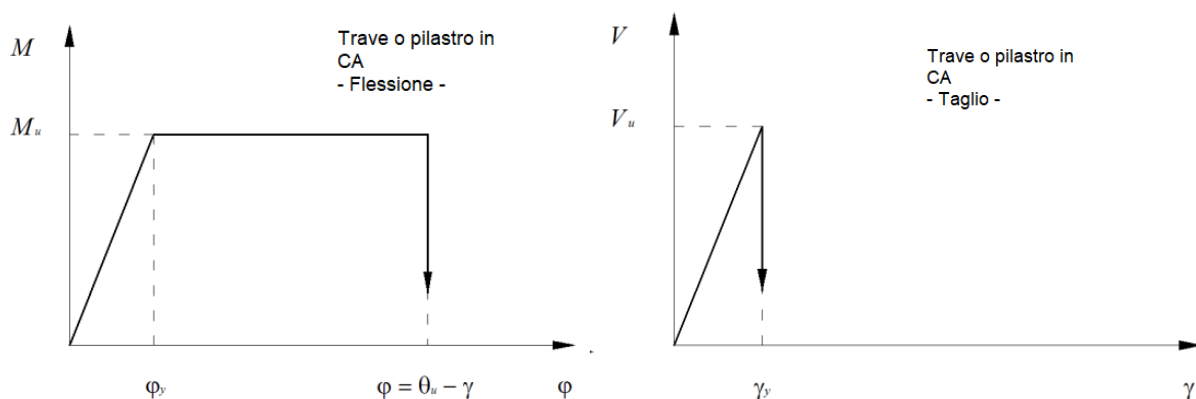
Nel caso di fondazioni su più livelli è possibile inserire manualmente i vincoli nei piani sfalsati. Bisogna notare che se le fondazioni sono su più livelli e ci sono solai alla stessa quota Z dei vincoli allora è sconsigliato usare l'opzione "piano infinitamente rigido" perché tutto l'impalcato avrebbe spostamenti nulli, come quelli degli incastri.

Una volta completata la modellazione è possibile passare all'assegnazione dei carichi e alle fasi successive delle analisi. Si vedano paragrafi seguenti.

Capitolo 5. Modellazione delle strutture in cemento armato

La modellazione delle strutture in cemento armato è del tutto analoga alla modellazione in PRO_SAP, si rimanda all'esempio guidato 2 del manuale dell'utente di PRO_SAP per un esempio di modellazione.

I legami costitutivi per le strutture in cemento armato sono riportati nella seguente immagine. Essi vengono adoperati per ogni elemento strutturale ad ogni step dell'analisi in funzione delle armature inserite, del materiale e dello stato di sollecitazione.



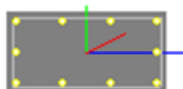
È possibile inserire le armature attraverso gli schemi armatura, presenti nel menù *Edita proprietà D2* che appare selezionando un elemento D2 dopo aver cliccato sul tasto *Edita*, oppure con il comando "importa armature" dal contesto assegnazione dati di progetto.

Lo schema armatura consente di inserire le armature longitudinali e trasversali sull'elemento D2 ai fini delle verifiche. (Solitamente si utilizza per edifici esistenti per i quali è già nota la disposizione delle armature, ma è possibile effettuare la verifica assegnando un determinato schema di armatura anche per elementi nuovi).

Sia per le travi che i pilastri sono disponibili tre tratti all'interno dei quali è possibile specificare le armature longitudinali e trasversali. Se l'armatura non varia lungo la trave o lungo il pilastro non è necessario compilare tutti e tre i tratti: è sufficiente compilare il tratto centrale e lasciare le lunghezze nulle, PRO_SAP automaticamente estenderà le armature del tratto centrale anche agli altri tratti.

Prendendo come esempio il caso rappresentato nella seguente figura, sul lato L1 dovranno essere definiti 4 ferri (2 sopra + 2 sotto), mentre per il lato L2 andranno definiti 2 ferri (1 destra + 1 sinistra).

I 4 ferri di vertice sono considerati automaticamente.



Non è necessario compilare gli schemi armatura per tutti gli elementi presenti nel modello: come per le altre proprietà, se vi sono elementi con la stessa armatura, è possibile usare il comando **Setta riferimento** e successivamente **Assegna schema armatura** per assegnare gli schemi agli elementi strutturali che sono armati allo stesso modo

[-] Schema armatura	
[-] Armatura superiore	
[-] Tratto iniziale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Tratto centrale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Tratto finale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Armatura inferiore	
[-] Tratto iniziale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Tratto centrale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Tratto finale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]
[-] Staffatura	
[-] Tratto iniziale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
[-] Tratto centrale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
[-] Tratto finale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]

[-] Schema armatura	
[-] Armatura pilastro	
[-] Base	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
[-] Tratto intermedio	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
[-] Cima	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
[-] Staffatura	
[-] Base	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
[-] Tratto intermedio	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
[-] Cima	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]

PRO_SAM non svolge le verifiche dei nodi, le quali rimangono a cura del progettista.

Sia i pilastri che le pareti in c.a. andranno modellati con elemento di tipo “trave”, senza utilizzare il telaio equivalente.

I vincoli al piede per le strutture in c.a. devono essere degli incastri.

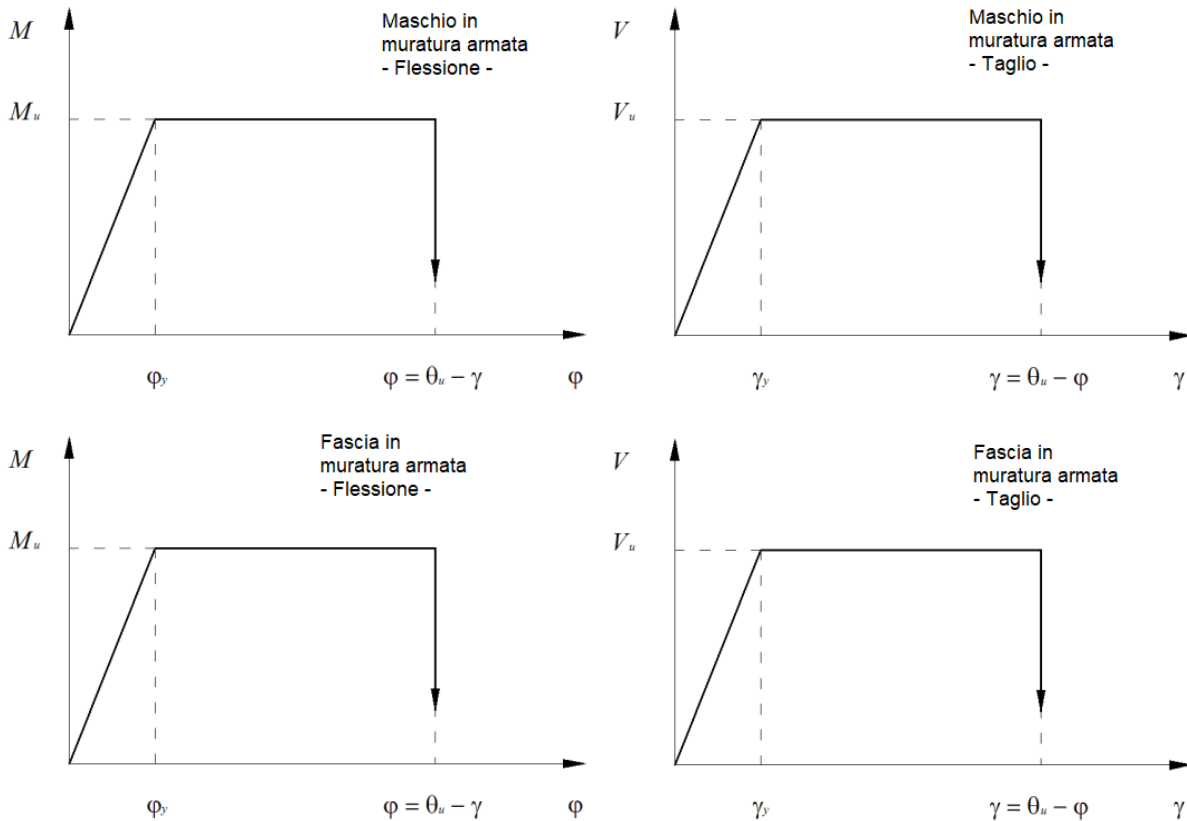


Le rotture a taglio sono considerate rotture fragili, pertanto se in uno step dell'analisi la sollecitazione di taglio supera il taglio resistente le analisi vengono interrotte immediatamente. Per strutture con poche staffe può capitare che anche solo per carichi gravitazionali le verifiche a taglio non risultino soddisfatte, in questo caso il calcolo delle curve non viene avviato. Si consiglia pertanto, prima di svolgere le analisi pushover, di effettuare una verifica della struttura in combinazioni statiche.

Capitolo 6. Modellazione delle strutture in muratura armata

La modellazione delle strutture in muratura armata è del tutto analoga alla modellazione delle strutture in muratura ordinaria. L'unica differenza sta nella definizione dei criteri di progetto che consentono di definire l'eventuale armatura presente nella muratura.

I legami costitutivi per le strutture in muratura armata sono di seguito rappresentati. Essi vengono adoperati per ogni elemento strutturale ad ogni step dell'analisi in funzione delle armature inserite, del materiale e dello stato di sollecitazione.



Per la muratura armata le armature vengono inserite nei criteri di progetto come indicato nell'immagine seguente.

Tabella dei criteri di progetto

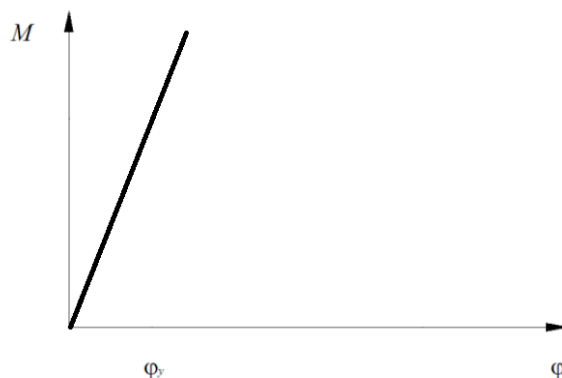
Pareti c.a.	Gusci c.a.	Travi c.a.	Pilastri c.a.	Solai e pannelli	Aste acc.	Pilastri acc.
Travi acc.		Muratura		Legno		XLAM
Lunghezze libere						
Generalità						
<input checked="" type="checkbox"/>	Muratura armata					
	Gamma non sismico		2.4			
	Gamma sismico		2.4			
	Tolleranza azioni		0.0 [daN/cm ²]			
<input checked="" type="checkbox"/>	Media valori per quota					
<input checked="" type="checkbox"/>	Media valori per elemento					
<input type="checkbox"/>	Verifica come fascia					
	Resistenza tirante		1000.0 [daN]			
	Modalità rottura taglio M		elenca...			
	Modalità rottura taglio F		elenca...			
Armatura e altri parametri avanzati...						
Maschi						
<input type="checkbox"/>	Solo elastico					
	Drift SLD		3.0000e-03			
	Drift M		1.6000e-02			
	Drift V		8.0000e-03			
	Copriferro Af		10.0 [cm]			
	Af iniziale		0.0 [cm ²]			
	Af finale		0.0 [cm ²]			
	ro F		0.0			
	ro V		0.0			
	ro V orto		0.0			
	Tensione fy F		4500.0 [daN/cm ²]			
	Tensione fy V		4500.0 [daN/cm ²]			
Fasce						
<input type="checkbox"/>	Solo elastico M					
<input type="checkbox"/>	Solo elastico V					
	Drift SLD		3.0000e-03			
	Drift M		1.6000e-02			
	Drift V		8.0000e-03			
	Copriferro Af		10.0 [cm]			
	Af inferiore		0.0 [cm ²]			
	Af superiore		0.0 [cm ²]			
	ro F		0.0			
	ro V		0.0			
	ro V orto		0.0			
	Tensione fy F		4500.0 [daN/cm ²]			
	Tensione fy V		4500.0 [daN/cm ²]			
Generalità						
Criterio di progetto NTC2018						
<input type="button" value="Copia"/> <input type="button" value="Incolla"/> <input type="button" value="Applica"/> <input type="button" value="Annulla"/> <input type="button" value="Esci"/>						

I vincoli al piede per le strutture in muratura armata devono essere degli incastri.

Capitolo 7. Modellazione delle strutture miste

La modellazione delle strutture miste non è altro che la sovrapposizione delle singole modellazioni delle diverse tecnologie costruttive.

Il comportamento degli elementi con materiale acciaio, legno o materiale generico è assunto elastico lineare.



 Pannello di controllo generale PRO_SAM

Parametri di analisi	
<input type="checkbox"/>	Escludi non linearità
	Direzione principale 0.0 [gradi]
	Massimo numero passi 10000
	Intervallo output 5
Verifiche SL	
<input checked="" type="checkbox"/>	SLO
<input checked="" type="checkbox"/>	SLD
<input checked="" type="checkbox"/>	SLV
<input checked="" type="checkbox"/>	SLC
Avanzate	
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano infinitamente rigido
	Residuo Forze 0.8
	Fattore Forze 0.7
	Incremento Forze 0.02
	Metodo Gamma Modale
	Numero iterazioni 10
	Tolleranza energia 0.0001
	Tolleranza forze 0.001
	Tolleranza spostamenti 0.001
	Fattore Jt per rigidi 0.0001
<input type="checkbox"/>	Privilegia offset
<input type="checkbox"/>	Imposta dati RIGI
<input checked="" type="checkbox"/>	Mostra esecuzione analisi
	Analisi in parallelo 4
	Reset valori avanzati <input type="button" value="reset"/>
Residuo Forze	
Taglio residuo per la definizione dello SLC [0.85 per c.a. 0.8 per muratura]	

Bisogna prestare attenzione alla definizione dei seguenti parametri presenti all'interno del pannello di controllo PRO_SAM (illustrato nei seguenti capitoli):

Residuo forze: valore del taglio residuo per la definizione del punto corrispondente alla capacità SLC, vale **0.85 per cemento armato e 0.8 per muratura**. Per strutture miste la normativa italiana (NTC 18) non definisce il valore, tipicamente si assume quello della tecnologia prevalente.

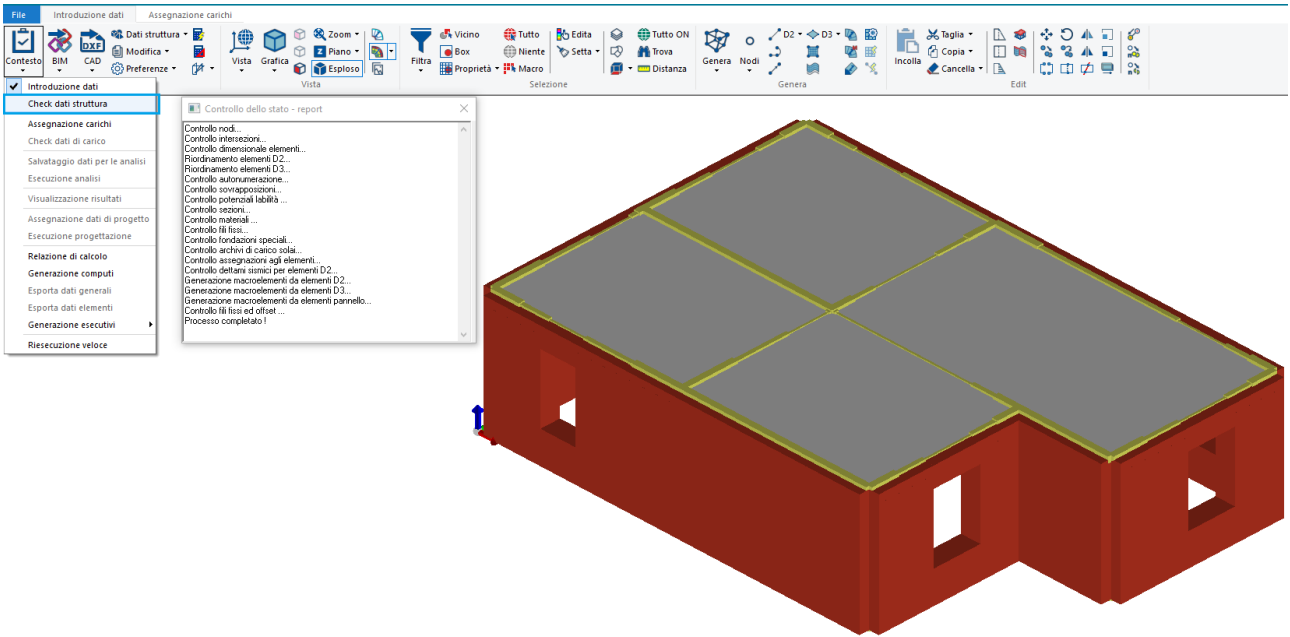
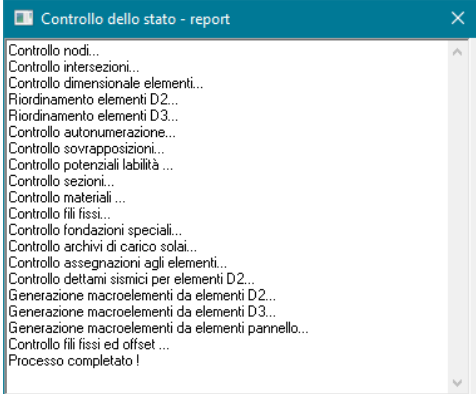
Fattore forze: indica il punto in cui sarà definita l'intersezione tra la curva di capacità e l'oscillatore equivalente bilineare; **vale 0.6 per cemento armato e 0.7 per muratura**. Per strutture miste la normativa italiana (NTC 18) non definisce il valore, tipicamente si assume quello della tecnologia prevalente.

I vincoli al piede per le strutture miste devono essere degli incastri.

Capitolo 8. Assegnazione dei carichi SAM alla struttura

Al termine della modellazione degli elementi che costituiscono la struttura, è consigliato eseguire un controllo (*check*) della struttura.

PRO_SAM, con questo controllo, esegue una scansione della struttura assegnando la numerazione agli elementi, raggruppandoli in macroelementi e cercando eventuali errori di modellazione. Nel caso il programma riscontri problemi od errori li segnala al progettista per ulteriori controlli, selezionando automaticamente gli elementi interessati.

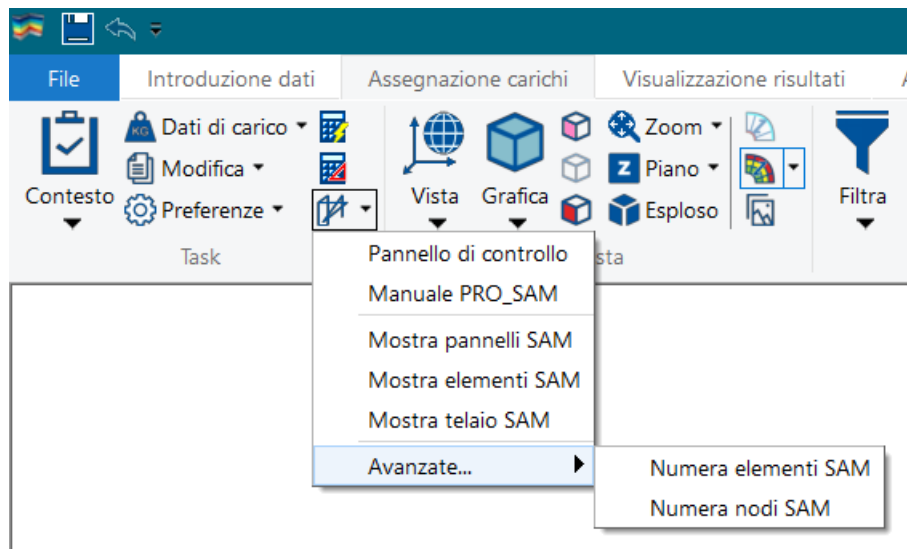


Schermata Check dati struttura

Il comando **Contesto** → **Check dati struttura** all'interno del contesto *Introduzione dati*, oltre al controllo sull'input della struttura, consente di poter passare al contesto successivo di *Assegnazione carichi*.

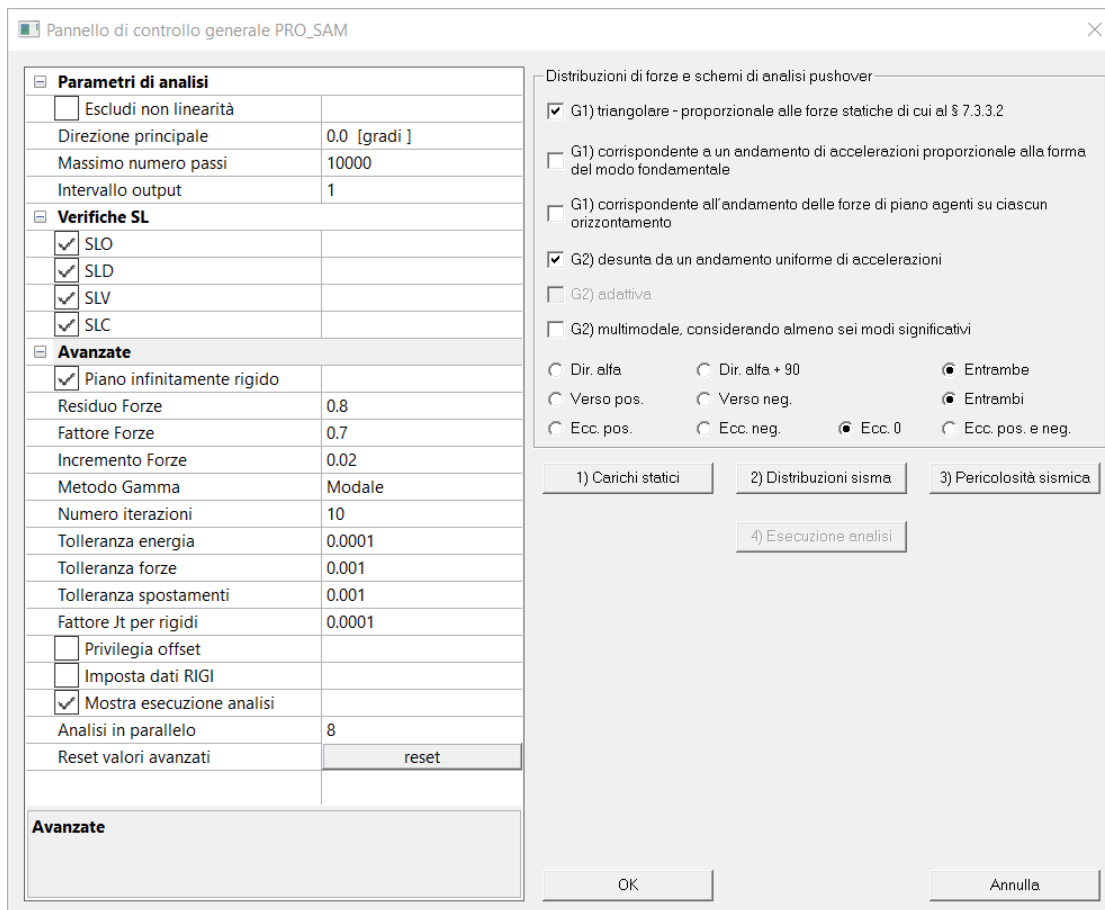
Il menu PRO_SAM nel contesto assegnazione carichi

Nel contesto assegnazione carichi, il menu PRO_SAM permette di attivare i seguenti comandi:



- **Pannello di controllo:** consente di accedere alla finestra per l'assegnazione dei carichi e delle preferenze sulle analisi.
- **Manuale PRO_SAM:** consente di aprire il manuale dell'utente
- **Mostra pannelli SAM:** consente di attivare o disattivare la visualizzazione dei pannelli del telaio SAM.
- **Mostra elementi SAM:** mostra gli elementi del telaio SAM, sia quelli resistenti che gli offset e i conci rigidi
- **Mostra telaio SAM:** mostra gli elementi del telaio SAM, solo quelli resistenti (maschi e travi)
- **Avanzate:**
 - **Numera elementi SAM:** consente di numerare gli elementi del telaio equivalente SAM, dalla numerazione sono esclusi gli elementi di tipo offset.
 - **Numera nodi SAM:** consente di numerare i nodi del telaio SAM, dalla numerazione sono esclusi i nodi di costruzione.

Pannello di controllo



Parametri di analisi	
<input type="checkbox"/> Escludi non linearità	
Direzione principale	0.0 [gradi]
Massimo numero passi	10000
Intervallo output	1
Verifiche SL	
<input checked="" type="checkbox"/> SLO	
<input checked="" type="checkbox"/> SLD	
<input checked="" type="checkbox"/> SLV	
<input checked="" type="checkbox"/> SLC	
Avanzate	
<input checked="" type="checkbox"/> Piano infinitamente rigido	
Residuo Forze	0.8
Fattore Forze	0.7
Incremento Forze	0.02
Metodo Gamma	Modale
Numero iterazioni	10
Tolleranza energia	0.0001
Tolleranza forze	0.001
Tolleranza spostamenti	0.001
Fattore Jt per rigidi	0.0001
<input type="checkbox"/> Privilegia offset	
<input type="checkbox"/> Imposta dati RIGI	
<input checked="" type="checkbox"/> Mostra esecuzione analisi	
Analisi in parallelo	8
Reset valori avanzati	reset

Distribuzioni di forze e schemi di analisi pushover

G1) triangolare - proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2

G1) corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale

G1) corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento

G2) desunta da un andamento uniforme di accelerazioni

G2) adattiva

G2) multimodale, considerando almeno sei modi significativi

Dir. alfa Dir. alfa + 90 Entrambe
 Verso pos. Verso neg. Entrambi
 Ecc. pos. Ecc. neg. Ecc. 0 Ecc. pos. e neg.

1) Carichi statici 2) Distribuzioni sisma 3) Pericolosità sismica

4) Esecuzione analisi

OK Annulla

Nella parte a sinistra della finestra è possibile definire:

Escludi non linearità: Esegue il calcolo di un singolo step assumendo $S_d(T)$ e disattivando tutti i comportamenti non lineari. Tale funzione può essere utilizzata come primo controllo (dati i tempi di analisi molto brevi) prima di andare ad eseguire le analisi considerando le non linearità.

Direzione principale: valore della direzione principale relativa all'asse X per la applicazione delle spinte sismiche. Tipicamente pari a 0, è opportuno modificarlo qualora l'edificio venga modellato con la direzione principale inclinata rispetto l'asse X globale.

Massimo numero passi: il numero massimo di passi concessi per le analisi. Impostato a 10000 di default per permettere l'esecuzione completa delle analisi può essere ridotto per interrompere le analisi ad un determinato passo.

Intervallo output: intervallo di step per il quale il software restituisce i risultati. Tipicamente pari a 1 per la restituzione dei risultati ad ogni step, può essere aumentato per ridurre i tempi di Input-Output e ottenere una curva di capacità meno discretizzata. I punti di interesse per le verifiche saranno ugualmente riportati.

Verifiche SL: permette di selezionare per quali stati limite eseguire le verifiche.

Piano infinitamente rigido: considera i solai come infinitamente rigidi, andando a ridurre i gradi di libertà del sistema e velocizzando le analisi (per ulteriori informazioni sulla modellazione del comportamento membranale di solai si rimanda al Capitolo 3).

Attivando la numerazione degli impalcati (*Preferenze->Numerazioni->Impalcati*) è possibile visualizzare gli impalcati che verranno resi solidali da un eventuale piano infinitamente rigido.

Residuo forze: valore di forza residua in relazione al tagliante massimo sotto la quale l'analisi si interrompe e la curva di capacità può considerarsi completa. Il valore di default 0.8 è specifico per strutture in muratura [NTC18 C7.8.1.5.4], per strutture in CA e acciaio è pari a 0.85 [NTC18 C7.3.4.2]

Fattore forze: fattore per il calcolo del punto di passaggio forzato per il sistema bilinearizzato a un grado di libertà. Il valore di default 0.7 è specifico per strutture in muratura [NTC18 C7.8.1.6] mentre per strutture in CA e acciaio è pari a 0.6 [NTC18 C7.3.4.2].

Incremento forze: fattore di incremento delle forze ad ogni step di carico. Tipicamente pari a 0.02, è consigliabile un valore sempre compreso tra 0.01 e 0.05.

Metodo gamma: metodo per il calcolo dei fattori di partecipazione Γ . Il metodo Modale è quello adottato dalle NTC18 e risulta essere il più efficace per strutture regolari con modi di vibrare non localizzati.

Numero iterazioni: Numero massimo di iterazioni ammesse affinché venga raggiunta la convergenza per ogni step di carico. Tipicamente pari a 10, quando aumentato favorisce la convergenza dei criteri a discapito dei tempi di analisi.

Tolleranza energia/forze/spostamenti: valore di tolleranza utilizzato per i criteri di convergenza, che vengono eseguiti a cascata nell'ordine in cui sono proposti. Viene proposto di default un valore molto piccolo pari a 0.0001 per le energie e 0.001 per forze e spostamenti. Maggiore il valore, più facilmente i criteri saranno soddisfatti. Se il valore di una tolleranza viene posto pari a 0 il corrispondente criterio di convergenza verrà escluso dalle analisi, tuttavia si consiglia di utilizzarli sempre tutti e 3 e non modificare i valori proposti di default, che sono editabili principalmente a scopo di ricerca scientifica.

Fattore J_t per rigidi: fattore riduttivo applicato alla rigidezza torsionale degli elementi rigidi, che si applica SOLO alle analisi lineari fatte con eSAP precedenti al calcolo delle curve capacità.

Privilegia offset: In fase di generazione del modello privilegia l'utilizzo di elementi offset a discapito degli elementi rigidi (sconsigliato).

Imposta dati RIGI: consente di personalizzare le proprietà effettive degli elementi rigidi anziché i valori preimpostati dagli sviluppatori.

Mostra esecuzione analisi: permette la visualizzazione delle finestre del SAMII durante il calcolo.

Analisi in parallelo: permette di specificare il numero massimo di analisi parallele che eseguirà il solutore, il valore suggerito è 4

Reset valori avanzati: permette di riportare tutti i valori a quelli di default suggeriti dagli autori di PRO_SAM.

Nella parte a destra della finestra, invece, è possibile impostare:

- *la distribuzione delle forze orizzontali* di piano per le analisi di pushover;
- *la direzione di ingresso* delle forze orizzontali di piano rispetto alla direzione principale (direzione principale, direzione principale + 90°, entrambe);
- *il verso* delle forze orizzontali di piano (direzione positiva, direzione negativa, entrambe);
- *l'eccentricità accidentale* da considerare (eccentricità positiva, eccentricità negativa, eccentricità nulla, eccentricità sia positiva che negativa);

Nel pannello di controllo è disponibile una **procedura semplificata** per assegnare i carichi standard sulle strutture.

Premendo il pulsante:

1) Carichi statici

vengono inseriti G_{1k} peso proprio della struttura; G_{1sk} carico permanente strutturale dei solai; G_{2sk} carico permanente non strutturale dei solai; Q_{sk} carico variabile dei solai, Q_{nk} carico da neve (se sono presenti solai di copertura). Dando l'OK al messaggio che compare è possibile procedere con l'inserimento delle combinazioni di tipo SLU struttura.



nel caso siano stati inseriti manualmente i carichi statici o carichi manuali non va premuto il pulsante 1) perché cancellerebbe i carichi precedentemente inseriti, è consigliabile cliccare direttamente il pulsante:

2) Distribuzioni sisma

che inserisce i casi di carico sismici e le combinazioni sulla base delle scelte fatte nella cornice "distribuzioni di forze".

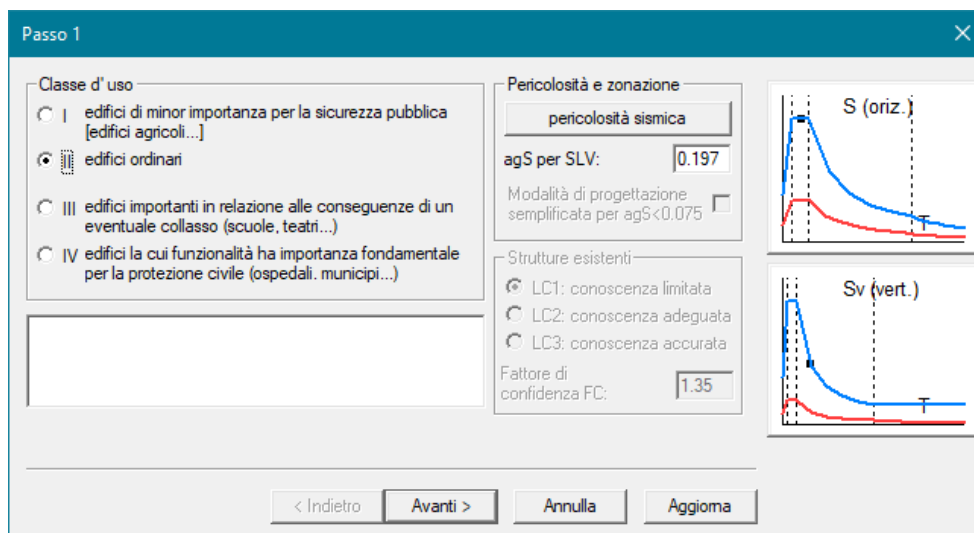
Infine, il pulsante

3) Pericolosità sismica

consente di definire la zona sismica e tutti i parametri atti a determinare lo spettro di progetto **secondo EC8 oppure secondo NTC 2018.**

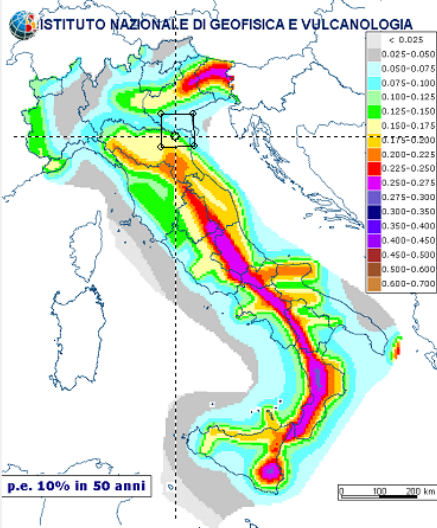
Nelle figure seguenti sono riportate le finestre per la definizione dello spettro di progetto secondo NTC 2018.

Al **passo 1** vengono richieste la Classe d'uso della struttura e la località. Per inserire la località è necessario usare il comando *pericolosità sismica* che consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica*. È possibile indicare il nome o le coordinate geografiche della località dove verrà realizzata l'opera.



Valutazione della pericolosità sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA



p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N (con N = 1,2,3,4,5)

Vertici della maglia elementare	Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
	15402	11.588	44.820	2.950
	15403	11.659	44.821	3.626
	15181	11.657	44.871	4.943
	15180	11.587	44.870	4.487

Coordinate geografiche

Località: Trova

Longitudine: Latitudine: Applica

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	<input type="text" value="81"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.037"/>	<input type="text" value="2.550"/>	<input type="text" value="0.250"/>
SLD	<input type="text" value="63"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0.046"/>	<input type="text" value="2.510"/>	<input type="text" value="0.280"/>
SLV	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="475"/>	<input type="text" value="0.132"/>	<input type="text" value="2.600"/>	<input type="text" value="0.270"/>
SLC	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="975"/>	<input type="text" value="0.178"/>	<input type="text" value="2.560"/>	<input type="text" value="0.280"/>

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza per esistenti %
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="100"/>

Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO) Reset Calcola

Annulla OK

Al **passo 2** vanno specificate la categoria di suolo di fondazione e la categoria topografica.

Passo 2

Categoria di suolo di fondazione

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ...

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ...

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ...

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ...

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...

Categoria topografica

T1

T2 in sommità al pendio

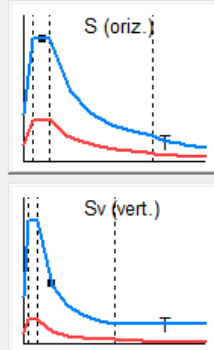
T3 in cresta al rilievo con moderata

T4 in cresta al rilievo

quota relativa (%)

Risposta sismica locale

Usa RSL Cerca file RSL...



< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Al **passo 3** è riportato il riepilogo dei parametri dello spettro. Inoltre, è possibile indicare la classe di duttilità, indicare la regolarità in pianta e in altezza, fattore di comportamento sia per le analisi SLV sia per le analisi SLD (tali valori, in caso di analisi non lineare non vengono presi in considerazione).

Passo 3

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.037	1.500	2.550	0.659	0.138	0.415	1.746
SLD	0.046	1.500	2.510	0.725	0.149	0.447	1.783
SLV	0.132	1.494	2.600	1.276	0.146	0.437	2.129
SLC	0.178	1.427	2.560	1.457	0.149	0.447	2.311

Verticale per tutti:

eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Smorzamento...

Duttilità

ND - non dissipativa

B - media

A - alta

Regolarità

in pianta

in altezza

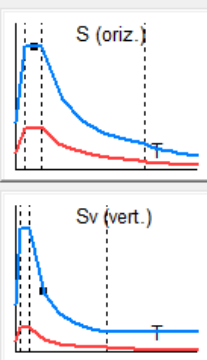
Edifici isolati

T is

s esi

Info...

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna



Al **passo 4** è possibile impostare i dati per le analisi. È presente un riquadro per i dati comuni, validi per tutti i tipi di analisi; una cornice per le analisi dinamiche lineari ed una per le analisi statiche, sia lineari che non lineari.

Passo 4

Dati comuni per le analisi

Quota spiccato [cm]

Contributo carichi in fondazione

Eccentricità aggiuntiva X: Y:

Spost. relativo limite 1000/h

Dati per analisi dinamica

N. modi N. modi rigidi

Fattore per calcolo rigidezza secante

Dati per analisi statica lineare e non lineare

Altezza edificio [cm]

Fatt. Lambda [0.85 - 1]

Periodo T1 [primo modo] dir. x-x dir. y-y dir. z-z

Sd (T1) - SLU

Se (T1) - SLD

Rapp T1/TrZ

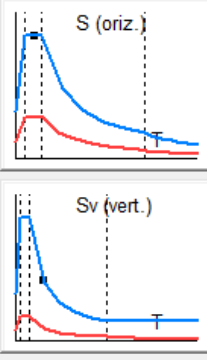
Accelerazione uniforme [Fi=Fh] NO

Eccentricità convenzionale con momenti Mz NO

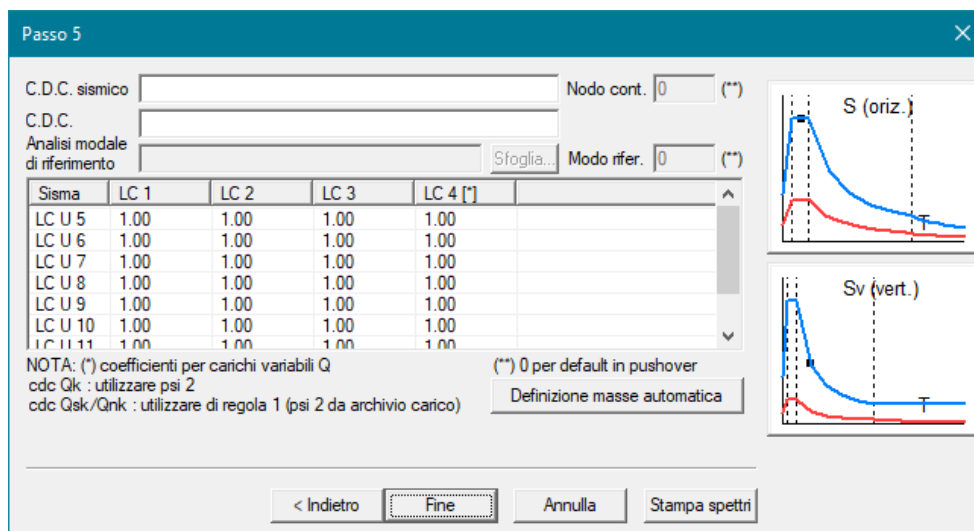
Usa spostamenti medi di piano per pushover SI

suggerito:

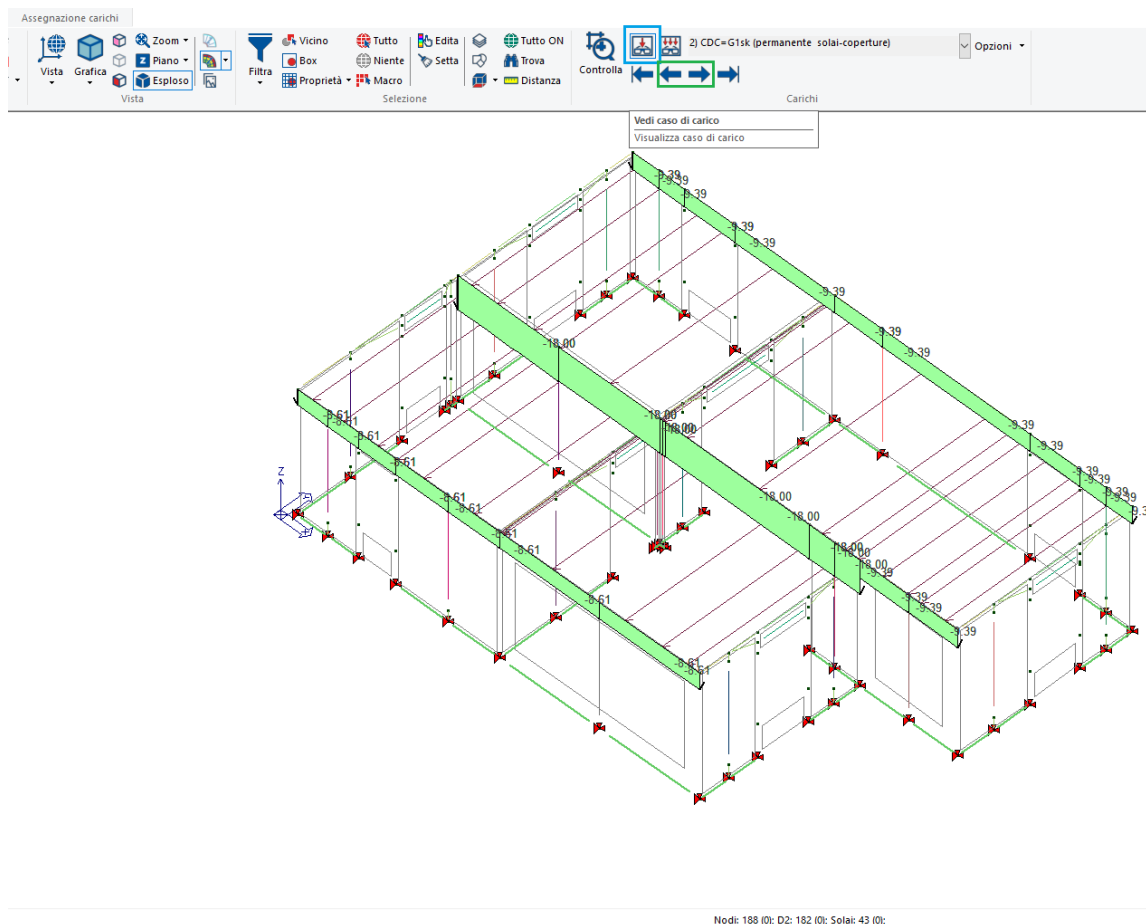
< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna




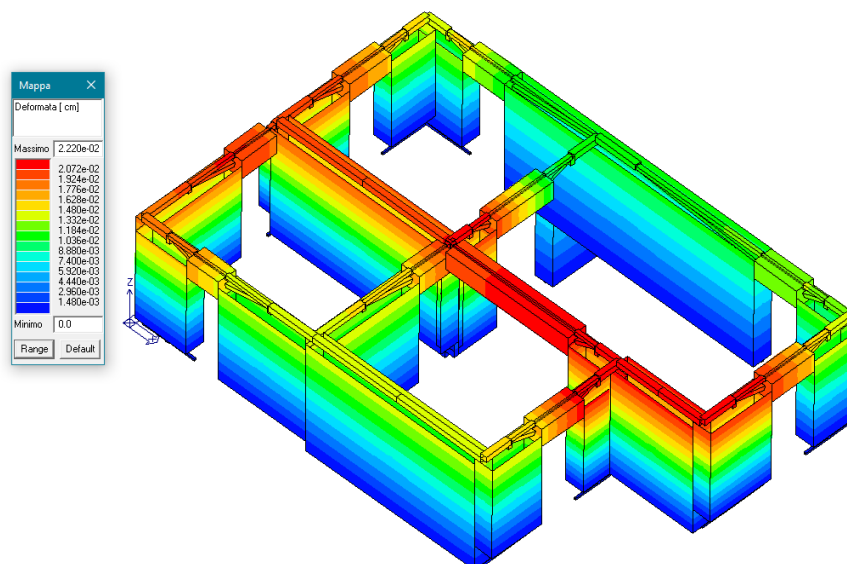
Al **passo 5** si devono definire le masse sismiche. È disponibile un comando per la definizione automatica: utilizzandolo il programma applicherà automaticamente i coefficienti necessari considerando un peso unitario per i carichi permanenti ed il coefficiente Ψ_2 per i variabili dei solai e per il carico da neve dei solai di copertura.



Al termine dell'assegnazione dei carichi alla struttura è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando **Vedi caso di carico** all'interno del contesto **Assegnazione Carichi**. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati alla struttura per ogni singolo caso di carico. È possibile visualizzare i carichi assegnati ad ogni caso di carico presente nell'archivio tramite i comandi **Successivo** e **Precedente** (icona freccia) posti al di sotto del comando **Vedi caso di carico**.



Definiti i casi di carico e le combinazioni per le analisi non lineari è consigliato eseguire un'analisi lineare tramite il comando **Esecuzione analisi**  presente nel contesto *Assegnazione Carichi*. In quest'analisi, i carichi orizzontali sono calcolati considerando il valore di a_g pari ad $1g$. Lo scopo di tale analisi è finalizzato puramente al controllo della modellazione e dei carichi; infatti, con il comando **Deformazioni** nel contesto *Visualizzazioni Risultati*, è possibile controllare che nelle deformate delle diverse combinazioni non ci siano strane incongruenze degli spostamenti.



Appurata la correttezza della modellazione della struttura e dei carichi, è possibile eseguire le analisi non lineari. Il comando **Pannello di controllo** nel menu di PRO_SAM (nel contesto *Visualizzazione Risultati*) apre il pannello visto precedentemente per definire le procedure e le impostazioni per le analisi del codice SAM II.

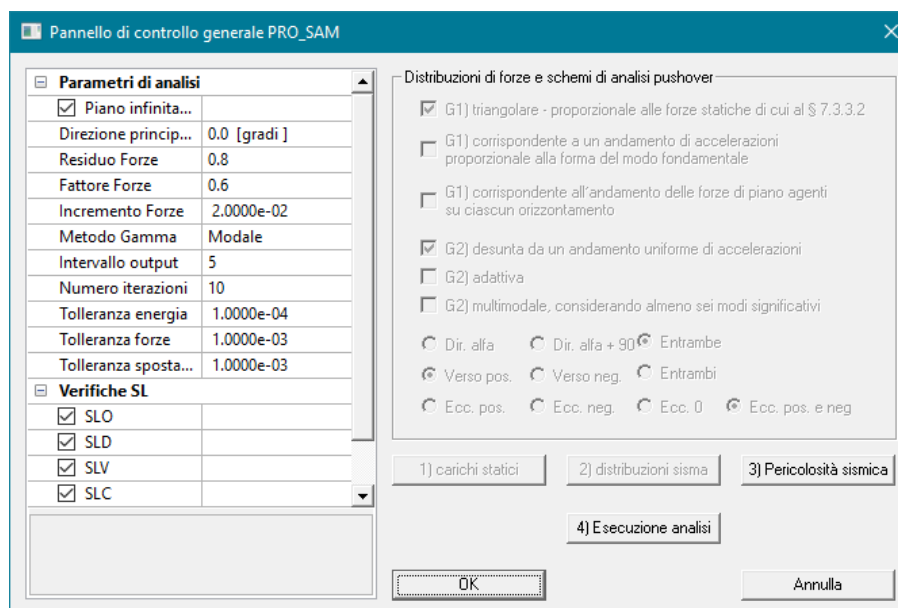
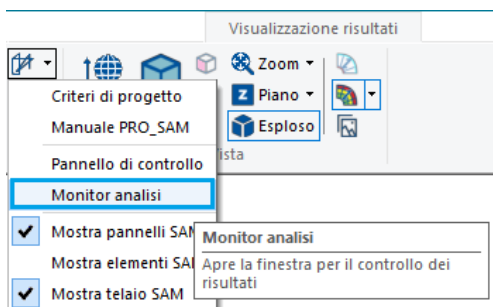


Figura 1: Pannello di controllo SAM

Il comando "4) Esecuzioni analisi" esegue le analisi non lineari utilizzando le combinazioni di carico precedentemente definite.

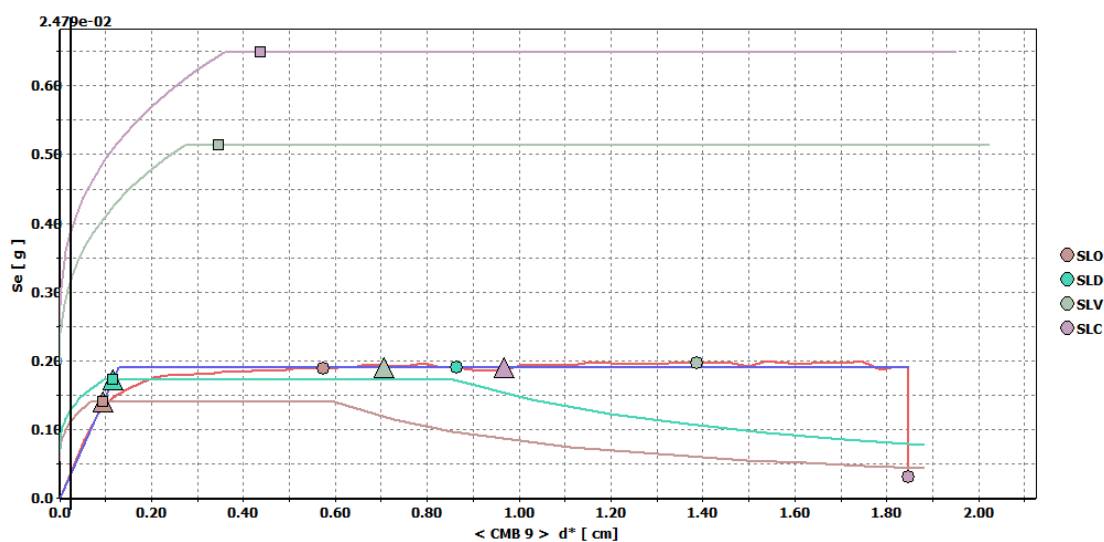
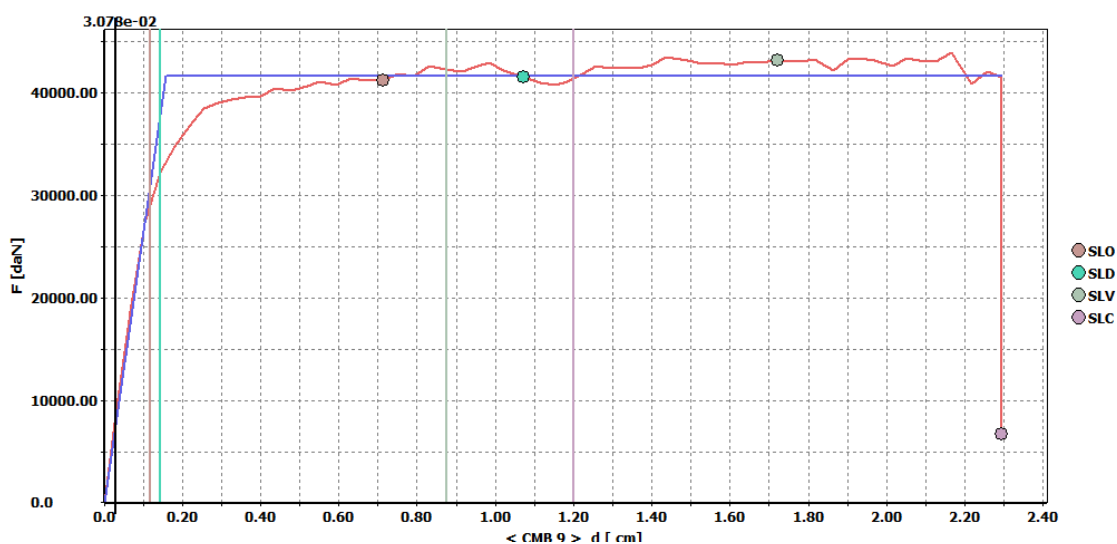
Capitolo 9. Visualizzazione Risultati SAM



Al termine del processo di analisi è possibile visualizzare i risultati delle analisi tramite il comando **Monitor Analisi** presente nel menu di PRO_SAM nel contesto di *Visualizzazione Risultati*.

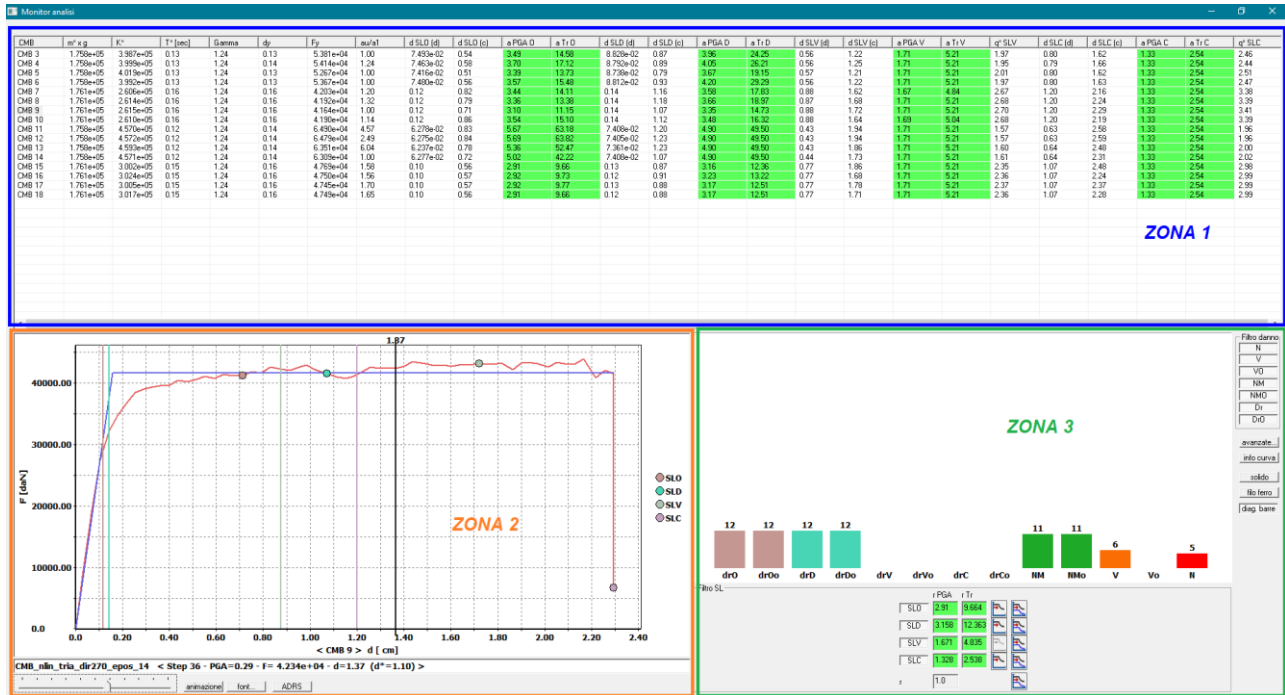
Il comando **Monitor Analisi** apre la finestra per il controllo dei risultati delle analisi non lineari eseguite. Il controllo delle analisi può avvenire sia facendo riferimento alla **curva di capacità** nel piano *Forza-Spostamento* che determinando il **punto di funzionamento della struttura** operando nel piano

accelerazione spettrale-spostamento spettrale (ADRS: Acceleration-Displacement Response Spectrum).



La finestra **Monitor Analisi** è suddivisa in tre zone; una prima zona (1), dove è presente la *tabella dei risultati* delle analisi, una seconda zona (2), dove viene rappresentata le *curva di*

capacità e la curva ADRS e una terza zona (3), dove sono presenti le informazioni sul danneggiamento raggiunto ed eventuali filtri.

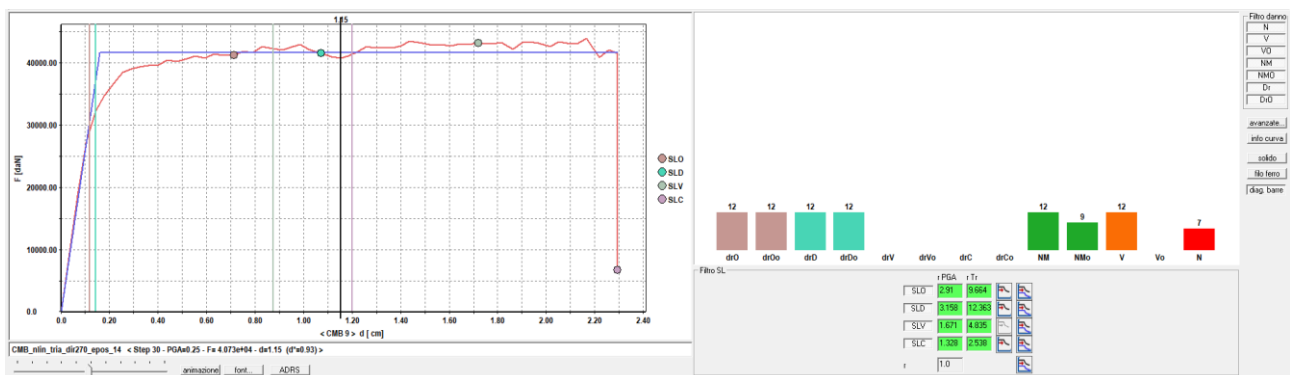


Le colonne che costituiscono la *tabella dei risultati* sono le seguenti:

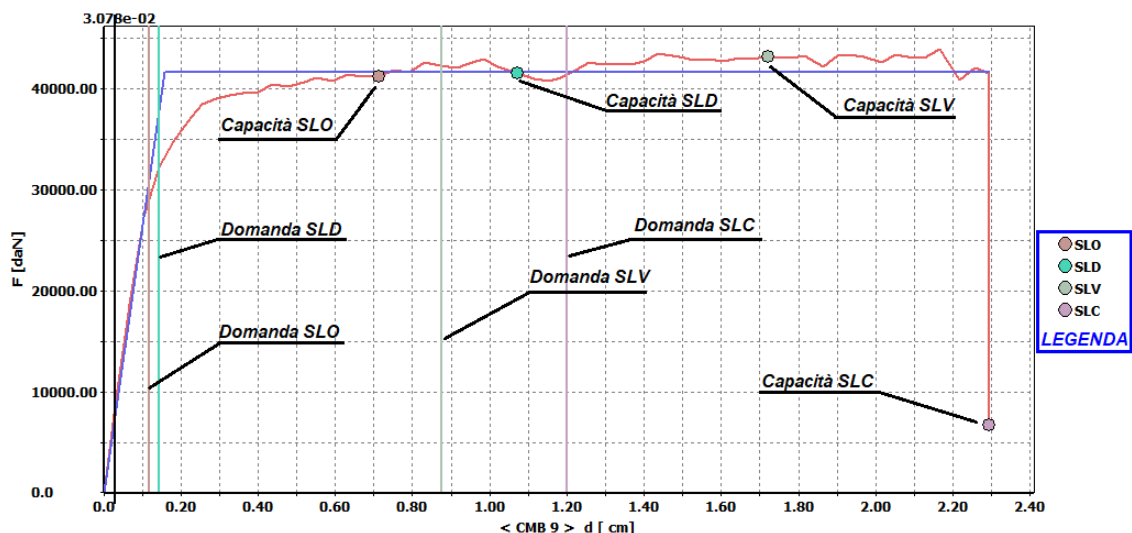
- **CMB:** contiene i nomi dell'i-esima combinazione di analisi non lineari;
- **m* x g:** contiene il valore della massa dell'oscillatore equivalente dell'i-esima combinazione;
- **K*:** contiene il valore della rigidezza dell'oscillatore equivalente dell'i-esima combinazione;
- **T*:** contiene il valore del periodo elastico dell'oscillatore equivalente dell'i-esima combinazione;
- **Gamma:** contiene il valore del fattore di partecipazione modale dell'i-esima combinazione;
- **F_y:** valore della forza di plasticizzazione dell'i-esima combinazione;
- **d_y:** valore dello spostamento in corrispondenza della forza di plasticizzazione dell'i-esima combinazione;
- **au/a1:** rapporto tra il moltiplicatore di collasso ultimo e il moltiplicatore relativo alla prima plasticizzazione;
- **d SLO (d):** domanda in termini di spostamento allo SLO dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLO della zona 3);
- **d SLO (c):** capacità in termini di spostamento allo SLO dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLO della zona 3);
- **a PGA O:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA allo SLO dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLO della zona 3);
- **a Tr O:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno allo SLO dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLO della zona 3);
- **d SLD (d):** domanda in termini di spostamento allo SLD dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLD della zona 3);
- **d SLD (c):** capacità in termini di spostamento allo SLD dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando SLD della zona 3);

- **a PGA D:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA allo SLD dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLD** della zona 3);
- **a Tr D:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno allo SLD dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLD** della zona 3);
- **d SLV (d):** domanda in termini di spostamento allo SLV dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLV** della zona 3);
- **d SLV (c):** capacità in termini di spostamento allo SLV dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLV** della zona 3);
- **a PGA V:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA allo SLV dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLV** della zona 3);
- **a Tr V:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno allo SLV dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLV** della zona 3);
- **q* SLV:** è il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente allo SLV dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLV** della zona 3);
- **d SLC (d):** domanda in termini di spostamento allo SLC dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLC** della zona 3);
- **d SLC (c):** capacità in termini di spostamento allo SLC dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLC** della zona 3);
- **a PGA C:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di PGA allo SLC dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLC** della zona 3);
- **a Tr C:** rapporto tra la capacità e la domanda in termini di Tempo di Ritorno allo SLC dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLC** della zona 3);
- **q* SLC:** è il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente allo SLC dell'i-esima combinazione (disponibile se attivo il comando **SLC** della zona 3);

Nella **zona 2** viene rappresentata le *curva di capacità e la curva ADRS*. Tramite la barra di scorrimento, posta inferiormente al grafico, è possibile scorrere sulla curva pushover e vedere in tempo reale (ad ogni step dell'analisi) i danneggiamenti subiti dalla struttura. Tali danneggiamenti sono rappresentati nella **zona 3** della finestra *Monitor Analisi*.



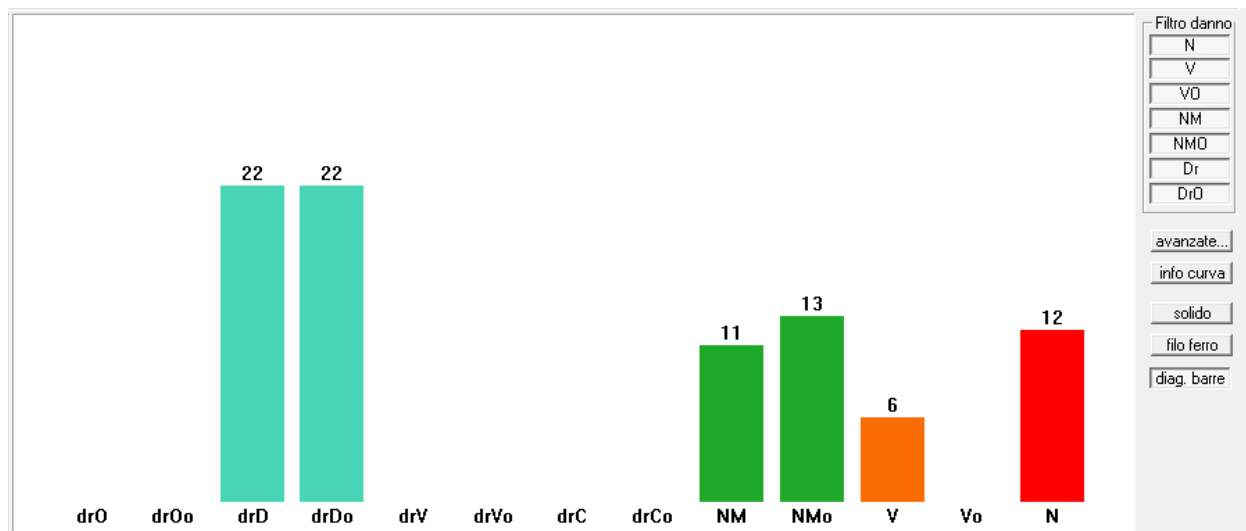
Sulla curva di capacità sono presenti una serie di *cerchi* colorati (riportati nella legenda affianco) che rappresentano la **capacità** per ogni stato limite disponibile. Ad ogni stato limite corrisponde poi la **domanda**, rappresentata nel grafico da un *limite verticale* dello stesso colore dell'indicatore circolare.



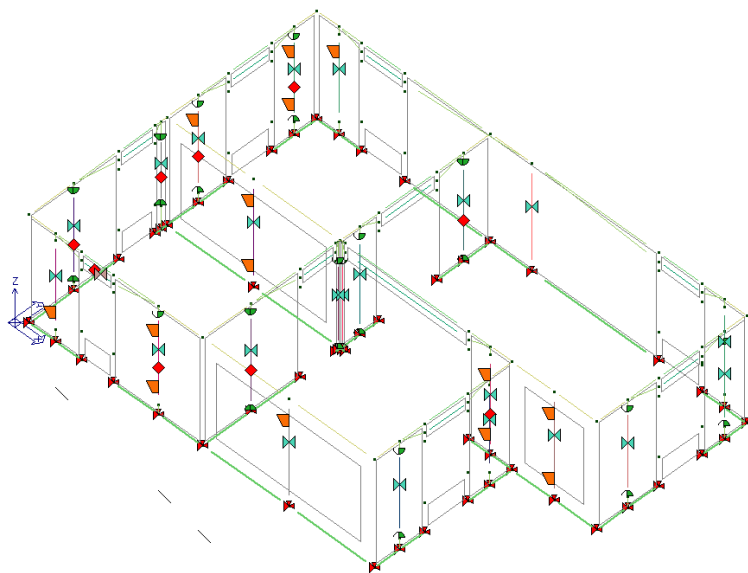
Se è attivo il comando **diag. barre** della **zona 3** viene rappresentato un istogramma a barre che riporta la situazione di danneggiamento della struttura. Per lo step selezionato tramite la barra di scorrimento (presente nella **zona 2**) il diagramma a barre contiene le informazioni di quanti elementi hanno superato i limiti di resistenza e drift di interpiano.

In questo istogramma a barre sono presenti le seguenti informazioni:

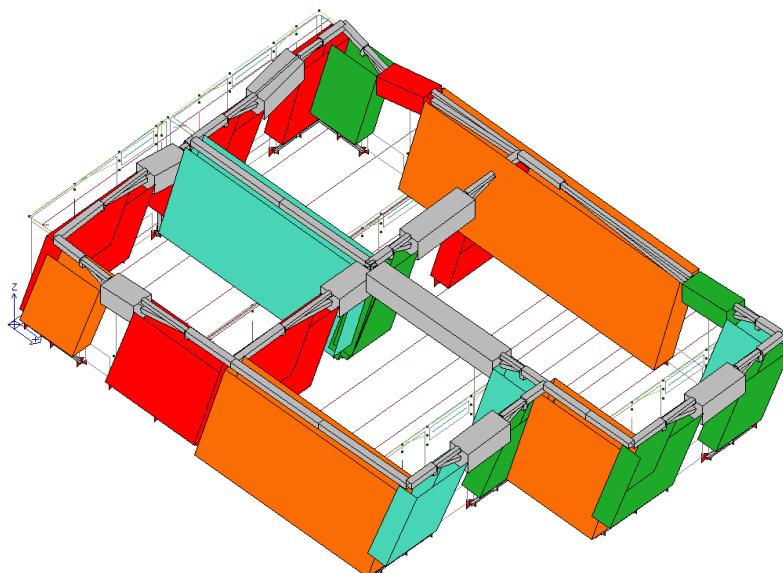
- **drO**: superamento drift interpiano in direzione longitudinale alla parete allo SLO (marrone);
- **drOo**: superamento drift interpiano in direzione ortogonale alla parete allo SLO (marrone);
- **drD**: superamento drift interpiano in direzione longitudinale alla parete allo SLD (ciano);
- **drDo**: superamento drift interpiano in direzione ortogonale alla parete allo SLD (ciano);
- **drV**: superamento drift interpiano in direzione longitudinale alla parete allo SLV (grigio);
- **drVo**: superamento drift interpiano in direzione ortogonale alla parete allo SLV (grigio);
- **drC**: superamento drift interpiano in direzione longitudinale alla parete allo SLC (rosa);
- **drCo**: superamento drift interpiano in direzione ortogonale alla parete allo SLC (rosa);
- **NM**: superamento resistenza a presso-flessione in direzione longitudinale alla parete (verde);
- **NMo**: superamento resistenza a presso-flessione in direzione ortogonale alla parete (verde);
- **V**: superamento resistenza a taglio in direzione longitudinale alla parete (arancione);
- **Vo**: superamento resistenza a taglio in direzione ortogonale alla parete (arancione);
- **N**: superamento resistenza a sforzo normale (trazione = rosso, compressione = blu);











Se è attivo il comando **filo ferro** della **zona 3**, viene rappresentata la struttura in vista filiforme e su ogni elemento resistente viene riportata, tramite una serie di simboli colorati, la situazione di danneggiamento. Per ogni elemento strutturale possono essere attivati diversi danneggiamenti.

















Se è attivo il comando **solido** della **zona 3**, viene rappresentata la deformata solida della struttura allo step selezionato. Ogni elemento della struttura è caratterizzato dal colore che rappresenta la situazione di danneggiamento "peggiore" a cui è soggetto. Scorrendo sulla curva è possibile visualizzare ad ogni step il meccanismo deformativo della struttura e lo stato di danneggiamento "peggiore" degli elementi.



Legenda Solida

id danno	Colorazione istogramma	Tipologia Danneggiamento
drO drOo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (drO) oppure in direzione ortogonale (drOo) alla parete allo SLO
drD drDo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (drD) oppure in direzione ortogonale (drDo) alla parete allo SLD
drV drVo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (drV) oppure in direzione ortogonale (drVo) alla parete allo SLV
drC drCo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (drC) oppure in direzione ortogonale (drCo) alla parete allo SLC
NM NMo		superamento resistenza a presso-flessione in direzione longitudinale (NM) oppure in direzione ortogonale (NMo) alla parete
V Vo		superamento resistenza a taglio in direzione longitudinale (V) oppure in direzione ortogonale (Vo) alla parete
N		superamento resistenza a sforzo normale (trazione)
N		superamento resistenza a sforzo normale (compressione)

Legenda Filiforme

id danno	Simbolo Danneggiamento	Tipologia Danneggiamento
drO		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLO
drOo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLO
drD		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLD
drDo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLD
drV		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLV
drVo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLV
drC		superamento drift interpiano (in entrambe le direzioni) allo SLC
drCo		superamento drift interpiano in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete allo SLC
NM		superamento resistenza a presso-flessione (in entrambe le direzioni) della parete
NMo		superamento resistenza a presso-flessione in direzione longitudinale (sinistra), oppure ortogonale (destra) alla parete
V		superamento resistenza a taglio in direzione longitudinale alla parete
Vo		superamento resistenza a taglio in direzione ortogonale alla parete
N		superamento resistenza a sforzo normale (trazione)
N		superamento resistenza a sforzo normale (compressione)

Capitolo 10. Controllo del modello

La normativa prevede che le analisi Pushover vengano applicate a strutture “sufficientemente regolari” e, per strutture in cemento armato, è necessario un **livello di conoscenza LC2 o LC3** come indicato nella tabella **C8.5.IV**, dunque non concede la possibilità di eseguire analisi Pushover se le armature derivano da un progetto simulato.

Tabella C8.5.IV - Livello di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e categorici metodi di analisi sismica e ordini dei fattori di confidenza per edifici in cemento armato in sito

Livello di conoscenza	Geometrie irregolari	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FCF*
LC1		Esistono calcoli di accordo alle norme dell'opuscolo analitico liberale in sito	Valori assai precisi per la pratica costruttiva dell'opuscolo analitico liberale in sito	Analisi lineare	3,00
LC2	Da disegni di carpenteria originali con il livello tecnico a carteggio in alternativa al piano completo in sito	Elaborati progettuali incompleti con indagini liberale in sito in alternativa a indagini estese in sito	Dalle specifiche originali di progetto dal certificato di prova originali, con prove liberale in sito in alternativa da prove estese in sito	Push	3,20
LC3		Elaborati progettuali completi con indagini liberale in sito in alternativa a indagini estese in sito	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con prove estese in sito in alternativa da prove estese in sito	Push	3,00

(*) A meno delle soluzioni predefinite già fornite nel § C8.5.1.

Ma cosa si intende per strutture “sufficientemente regolari”? La normativa lega la regolarità alla massa eccitata, infatti per le prime due distribuzioni di forza del gruppo 1 è necessario che ci sia un modo di vibrare che da solo attiva il 75% di massa (e questo capita solo per strutture molto regolari), mentre la terza distribuzione del gruppo 1 si può usare sempre a patto di considerare un numero di modi che attivi almeno l'85% di massa (questa condizione è verificata in automatico da PRO_SAM).

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'incastro, equivalenti l'una alle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra alle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso elencate.

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

- in il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata la sua partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:
 - distribuzione proporzionale alle linee statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzata come seconda distribuzione in ai del Gruppo 1;
 - distribuzione corrispondente a un analizzato di accelerazioni, proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;
- in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'analisi delle linee di piano agenti in ciascun retrocedimento adottato in un'analisi dinamica lineare. In alternativa nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore alla 85%. L'utilizzo di queste distribuzioni è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a 3,3 s;

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

- distribuzione di forze, descritta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- distribuzione adottata, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;
- distribuzione multilaterale, considerando almeno sei modi significativi.

Per strutture in muratura la normativa è più tollerante in quanto al paragrafo **7.8.1.5.4** indica la possibilità di applicare le prime due distribuzioni del gruppo 1 purché il modo fondamentale attivi almeno il 60% di massa invece del 75%.

7.8.1.5.4 - Analisi statica non lineare
 L'analisi statica non lineare è applicabile agli edifici in muratura secondo le modalità descritte al § 7.3.4.2, con la possibilità di adottare quanto qui indicato per le strutture in cui il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%, anche in casi in cui la partecipazione di massa **non è inferiore al 60%**.
 Il modello geometrico della struttura può essere conforme a quanto indicato nel caso di analisi statica lineare. In alternativa si possono utilizzare modelli più sofisticati purché identici e adeguatamente documentati.
 I materiali murari possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo corrispondenti alla risposta flessionale e a taglio di cui al § 7.8.2.2 e 7.8.3.2. Gli elementi lineari in c.a. (cordoli, travi) di accoppiamento possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo definiti per mezzo della risposta flessionale e a taglio.

Il modello a telaio equivalente nella muratura è una **rappresentazione semplificata della struttura** dove il continuo viene convertito in elementi D2 del tipo maschi, fasce e conci rigidi. È fondamentale che il progettista semplifichi la geometria il più possibile evitando di modellare elementi non strutturali e cercando di identificare gli impalcati chiaramente. Nel caso di cambi di quota tra solai di quantità trascurabili è consigliabile modellare tutto l'impalcato alla stessa quota. Nel caso di elementi strutturali di lunghezza trascurabile (ad esempio minore di 1 metro o con luce minore di 1/3 dell'altezza di interpiano) si può scegliere di modellarli come aste lineari in maniera che servano solo a portare i carichi verticali e non influenzino le curve di capacità.

Una condizione necessaria affinché sia possibile analizzare la struttura è che questa sia dotata di un **COMPORTAMENTO GLOBALE** dato per lo più dalla presenza di **piano rigido**, pareti ammorsate e una buona situazione di verifica ai carichi verticali.

L'utilizzo del piano infinitamente rigido comporta una notevole semplificazione del modello numerico poiché ogni impalcato si riduce ad avere **3 gradi di libertà** invece di **6*nn** che si

avrebbero senza tale ipotesi, dove nn rappresenta il numero di nodi appartenenti all'impalcato. Questa riduzione di g.d.l. comporta, oltre a una riduzione dell'onere computazionale, una migliore convergenza delle analisi globali. Si ricorda che l'opzione di piano infinitamente rigido entra in gioco negli impalcati in cui almeno un pannello di solaio possiede la proprietà di piano rigido.

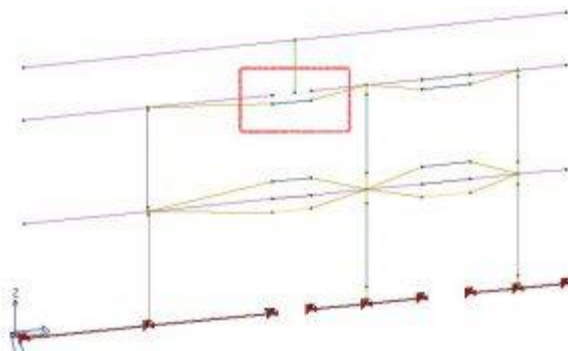
Nel caso la struttura non possieda piano rigido le analisi globali potrebbero non arrivare a convergenza, ma anche la struttura reale presumibilmente non avrà un comportamento globale in quanto i cinematismi locali precederanno i collassi globali.

In questi casi è opportuno procedere con:

- Analisi delle singole pareti nel piano (Pushover di piano isolando i telai singolarmente);
- Analisi dei cinematismi fuori piano;
- Analisi Pushover con ipotesi di piano rigido per valutare il comportamento globale della struttura post (eventuale) intervento di consolidamento dei solai.

Di seguito si riporta una lista di controlli che è bene effettuare sia in fase di modellazione che alla fine di essa per facilitare le analisi al solutore:

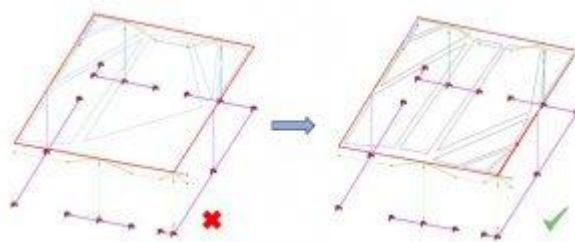
1_ CHECK DATI STRUTTURA: Eseguire spesso il check dati struttura anche in fase di modellazione senza necessariamente esserne giunti al termine aiuta a individuare eventuali errori man mano che si modella. Una volta completata la modellazione si consiglia di nascondere solai e pannelli per assicurarsi che gli elementi strutturali siano correttamente collegati tra loro e non siano presenti labilità. Per fare ciò può essere molto comodo utilizzare il comando "Esploso".



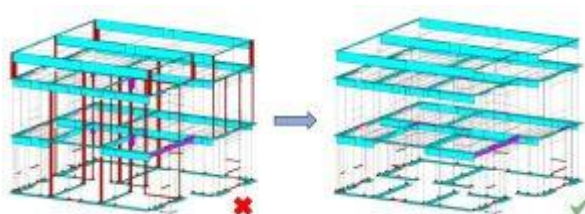
2_ CHECK SOLAI: È consigliato disattivare la visualizzazione dei pannelli SAM in fase di generazione solai per evitare che questi ultimi si aggancino ai nodi dei pannelli SAM, è infatti preferibile che i solai colleghino solo gli elementi del telaio SAM. Gli elementi solaio sono molto importanti per le analisi Pushover in quanto, come detto anche da premessa, permettono alla struttura di espletare un **comportamento globale** collegando rigidamente tra di loro tutti i nodi appartenenti al medesimo piano. Proprio a causa della loro importanza i controlli da effettuare su questi elementi sono diversi:

- **Corretta connessione ai nodi:** può capitare che nella generazione automatica dei solai alcuni nodi vengano esclusi a causa di impercettibili scostamenti dal piano, o che a essere collegati ai solai siano i nodi dei pannelli SAM e non i nodi degli elementi rigidi sovrapposti ai pannelli. Per verificare questa cosa, selezionare il solaio e fare "Tasto DX > Visualizza > Isola Topologia" in modo da isolare e selezionare il solaio con i nodi a cui esso è collegato, per poi riattivare tutto il modello. Così facendo è immediato notare se tutti i nodi presenti in corrispondenza del solaio sono selezionati e quindi collegati al solaio o sono rimasti fuori. Per correggere il problema occorre selezionare tutti i solai e utilizzare il comando "Tasto DX > Collega elemento", il software dovrebbe restituire per conferma il messaggio "Topologia modificata per n solai". Ripetere il controllo, nel caso il problema persista occorre generare manualmente i solai incriminati selezionando uno ad uno i nodi corretti.
- **Completezza della mesh dei solai rigidi (poco frequente):** è possibile visualizzare le mesh che compongono i piani rigidi tramite "Preferenze > Opzioni elementi > Elementi

soffitto mesh” per verificare che siano complete, in quanto può capitare che uno degli elementi necessari non venga generato, comportando poi errori in fase di calcolo. Per risolvere il problema è sufficiente discretizzare l’elemento su cui poggia il solaio in prossimità della zona esclusa dalla mesh.



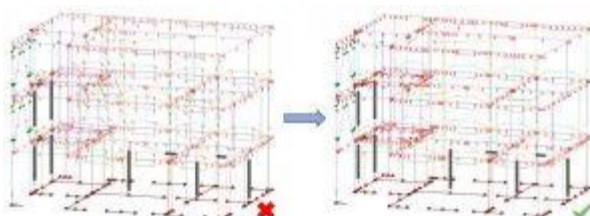
- **Scarichi:** Grazie al comando *“Mostra scarichi”* attivabile dal contesto di introduzione dati è possibile visualizzare gli scarichi dei solai di colore azzurro per i solai appoggiati, viola per i solai a mensola e rosso per i solai che non poggiano da alcuna parte. Oltre allo scarico dei solai il comando evidenzia anche lo scarico dei pannelli SAM che all’occorrenza potrebbe essere rosso: in tal caso, rigenerare le pareti tramite il comando *“RIGENERA pareti”* dal menù dei comandi di PRO_SAM che agisce su tutte le pareti visibili.



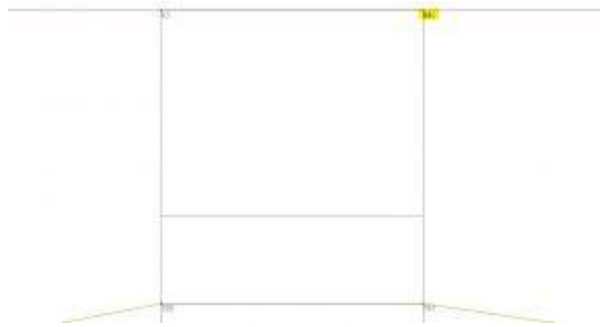
Si ricorda ancora una volta di fornire il piano rigido ai solai seppur di spessore minimo.

3_ CHECK IMPALCATI: Attivare la numerazione degli impalcati per verificare che questi siano correttamente distinti, in quanto PRO_SAM sceglie automaticamente come punto di controllo della struttura un nodo appartenente all’ultimo impalcato modellato. La presenza di elementi trave inclinati per la rappresentazione di controventi o di scale comporta l’unificazione degli impalcati connessi dai suddetti elementi sotto lo stesso identificativo, andando di conseguenza a falsare la generazione delle spinte per l’analisi Pushover. Per ovviare il problema si può valutare di modellare suddetti elementi tramite elementi asta anziché trave, i quali non comportano lo stesso problema.

Analogamente se la struttura è dotata di un torrino o di un vano scale che esce dalla copertura è opportuno ometterne la modellazione inserendo invece il carico equivalente sugli elementi sottostanti.



4_ CHECK NODI: Attivare la numerazione dei nodi e controllare la struttura da vicino per verificare che non siano presenti nodi quasi sovrapposti, ovvero a una distanza molto piccola ma comunque superiore al valore di tolleranza per cui due nodi sono considerati sovrapposti. Se presenti verificarne le causa e unificare i due nodi. È anche possibile utilizzare il comando dal contesto di *“Introduzione dati > Preferenze > Tolleranze > Min. Scostamento nodi”* per aumentare questo valore di tolleranza e unificare i nodi troppo vicini (si consiglia comunque di non eccedere il centimetro).



5_ CHECK SPOSTAMENTI: Le analisi non lineari possono essere molto onerose dal punto di vista computazionale, quindi conviene eseguire una analisi preliminare con le sole combinazioni dei carichi statici (pulsante 1). Come per tutti i modelli e tutte le analisi, il primo controllo deve essere effettuato sulla deformata della struttura sottoposta ai carichi verticali: essa potrebbe evidenziare spostamenti elevati dati da una mancanza di vincoli, dalla presenza di elementi orizzontali poco rigidi, oppure elementi non correttamente collegati. Per risolvere eventuali problemi vincolare opportunamente la struttura sia esternamente che internamente utilizzando se necessario elementi infinitamente rigidi per la trasmissione delle sollecitazioni.

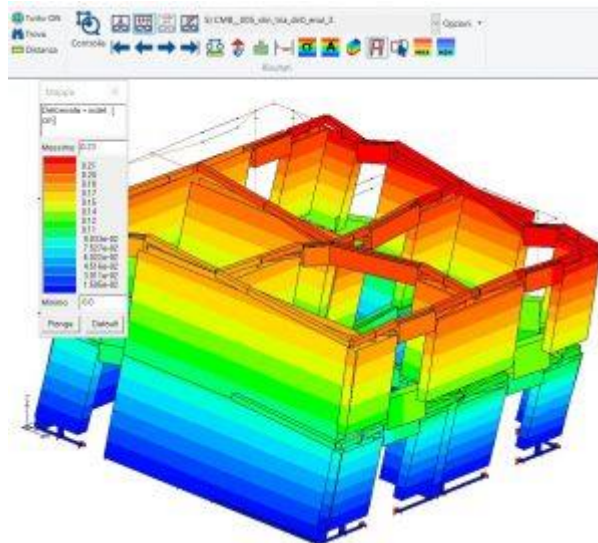
6_ VERIFICA AI CARICHI VERTICALI: Sempre con le combinazioni dei carichi statici andare nel contesto assegnazione dati di progetto e verificare la struttura: nel caso in cui buona parte dei maschi murari della struttura risultino non verificati ai soli carichi verticali sarà molto difficile che le analisi Pushover riescano ad arrivare a conclusione. Questo perché la struttura, prima di essere caricata con le spinte sismiche orizzontali, viene caricata progressivamente con i carichi gravitazionali e nel caso in cui siano questi a causare la formazione delle cerniere plastiche è pressoché scontato che al primo step di carico orizzontale la struttura formi meccanismi labili.

7_ CHECK ELEMENTI IN TRAZIONE: Non essendo la muratura resistente a trazione, la presenza di elementi maschi portanti con sforzo normale positivo comporta un problema per le analisi, oltre ad evidenziare possibile errore di modellazione. Per verificare la cosa occorre isolare tutti gli elementi maschio e visualizzare poi lo sforzo normale su di essi. È possibile individuare quelli che vanno in trazione (se presenti) inserendo 0 nel valore inferiore della legenda e premendo poi "Range", così da lasciare a schermo il grafico dello sforzo normale solo dove questo ha valore positivo (aumentare la scala di sollecitazione per facilitarli). Successivamente bisogna risolvere le cause di questa trazione indagando sugli elementi adiacenti che potrebbero trasmettere sollecitazioni indesiderate (es. parete adiacente ortogonale flessa fuori piano) o sugli elementi inferiori che potrebbero non fornire il corretto supporto (es. maschi privi di vincolo alla base o poggiati su travi di scarsa rigidità). Per fare ciò può essere utile aiutarsi visualizzando la deformata unifilare.

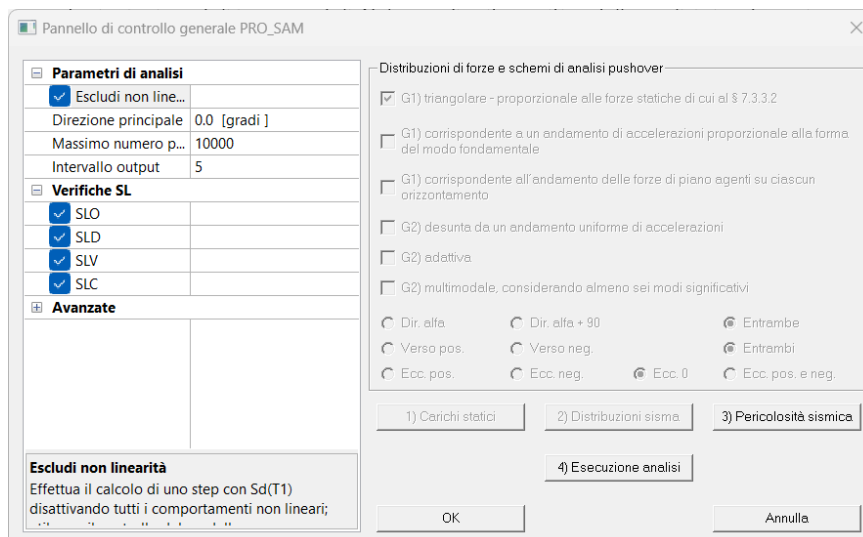


8_ CHECK SPOSTAMENTI PER COMBINAZIONI SISMICHE: Una volta superati i primi controlli si può procedere alle analisi lineari con carichi semplificati, utilizzando solo 4 casi di carico nelle 2 direzioni principali per entrambi i versi prive di eccentricità, in modo da assicurarsi che la struttura sia modellata correttamente. Si può così procedere con un controllo sulla deformata della struttura sottoposta ai carichi sismici, la quale potrebbe evidenziare spostamenti elevati

dati da una mancanza di vincoli, dalla presenza di elementi orizzontali poco rigidi, oppure mancata connessione tra le pareti e gli elementi rigidi della struttura. Gli spostamenti per le azioni sismiche sono disponibili prima delle analisi Pushover perché, allo scopo di controllare il modello, eseguendo le analisi lineari PRO_SAM applica una forza sismica con una accelerazione di $1g$.



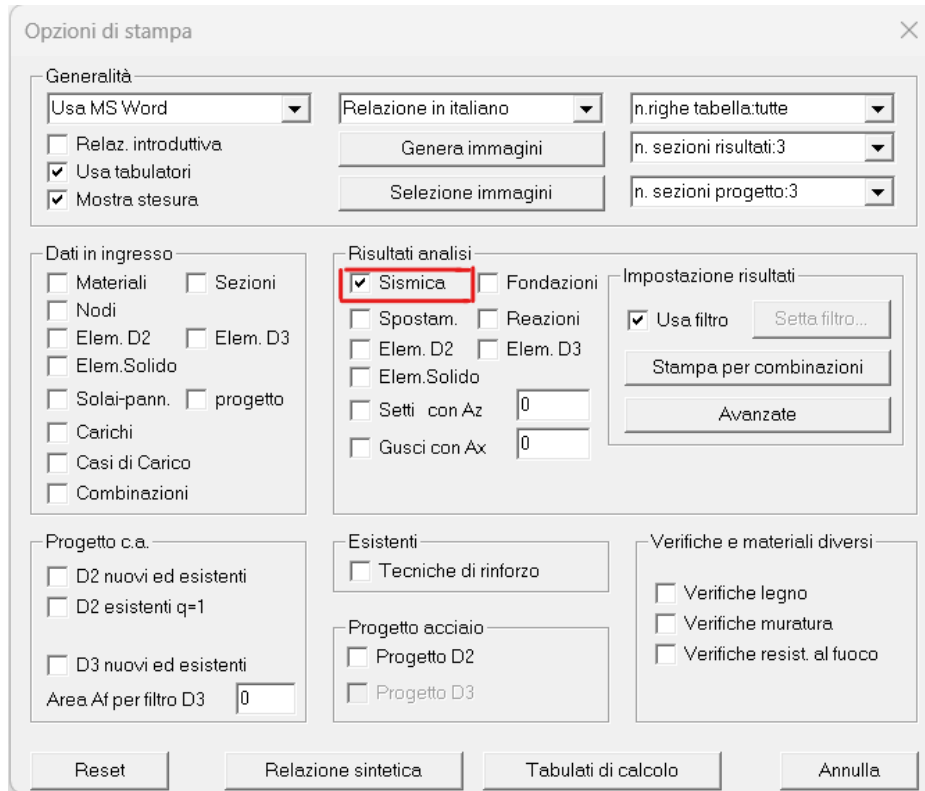
9_ ESCLUDI NON LINEARITÀ: Successivamente è possibile svolgere le analisi incrementalì considerando un comportamento lineare della struttura. Per fare ciò è necessario aprire il pannello di controllo di PRO_SAM ed eseguire le analisi incrementalì attivando l'opzione "Escludi non linearità". Svolte le analisi, si consiglia di aprire il monitor analisi e controllare di nuovo la deformata della struttura con comportamento lineare, ma sottoposta ad azioni orizzontali incrementalì. Nel caso di esito positivo delle analisi si può ora rimuovere la spunta appena inserita per effettuare le analisi non lineari.



10_ SOTTOMODELLI: Se una volta eseguiti i controlli precedenti le analisi non arrivano a convergenza o danno spostamenti eccessivi, una buona pratica di controllo consiste nell'eliminare progressivamente parti di struttura per far poi girare le analisi, così da riuscire a localizzare all'interno del modello quali sono gli elementi che ne bloccano il funzionamento. È possibile partire eliminando l'ultimo piano e procedendo verso i piani inferiori. Nel momento in cui le analisi forniscono risultati e quindi si identifica il piano in cui è presente l'anomalia si procede eliminando solo blocchi di piano e facendo rigirare le analisi seguendo quindi il medesimo principio, fino ad arrivare a determinare il blocco compromesso. Una volta capito in quale zona del modello si trova l'errore sarà più facile effettuare tutti i check precedenti focalizzandosi su quella sola zona.

Capitolo 11. Relazione di calcolo

Le informazioni relative alle analisi non lineari vengono riportate sputando la voce “Sismica”.



Cliccando poi su *Tabulati di calcolo* viene generata la relazione. In particolare, al capitolo “Risultati Analisi Sismiche” → “Legenda tabella analisi non lineari” sono riportate le seguenti informazioni:

- parametri di calcolo dell'azione sismica;
- parametri di calcolo del sistema bilineare equivalente e domanda di spostamento effettivo della struttura;
- curva forza complessiva applicata / spostamento del punto di controllo;
- tabella degli sfruttamenti in corrispondenza dei punti significativi (capacità SLO, capacità SLD, capacità SLV, capacità SLC);
- tabella dei danneggiamenti per ogni elemento.

Cliccando, invece, su *Relazione sintetica*, viene generato il documento nel quale, al capitolo “Legenda tabella analisi non lineari” sono riportate le seguenti informazioni:

- parametri di calcolo del sistema bilineare equivalente e domanda di spostamento effettivo della struttura;
- tabelle riassuntive delle capacità e domande in termini di spostamento, PGA, tempi di ritorno e probabilità di superamento

È possibile, inoltre, trovare le immagini e le curve in formato excel (.CSV) all'interno della cartella Data→SAM nelle sottocartelle csvs e jpgs .

Capitolo 12. Dettagli sulla modellazione a telaio equivalente

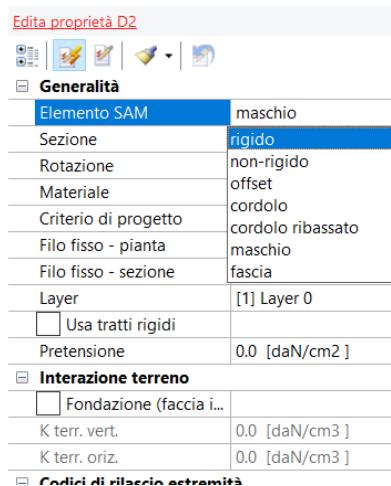
Il generatore di PRO_SAM genera in automatico il telaio equivalente, **di norma non è necessaria nessuna modifica da parte del progettista**. Può essere comunque utile conoscere i dettagli della modellazione.

Nei paragrafi seguenti è riportata una descrizione dettagliata degli elementi che compongono il telaio e una panoramica di casi particolari che può essere interessante analizzare.

La modellazione di una struttura tramite telaio equivalente avviene tramite l'utilizzo dei seguenti *elementi SAM*:

- Maschio (muratura, muratura armata);
- Fascia (muratura, muratura armata, c.a.);
- Cordolo (c.a.);
- Cordolo ribassato (c.a.);
- Rigido;
- Non-rigido;
- Offset;

Edita proprietà D2



Generalità	
Elemento SAM	maschio
Sezione	rigido
Rotazione	non-rigido
Materiale	offset
Criterio di progetto	cordolo
Filo fisso - pianta	cordolo ribassato
Filo fisso - sezione	maschio
Layer	[1] Layer 0
<input type="checkbox"/> Usa tratti rigidi	
Pretensione	0.0 [daN/cm ²]
Interazione terreno	
<input type="checkbox"/> Fondazione (faccia i...	
K terr. vert.	0.0 [daN/cm ³]
K terr. orizz.	0.0 [daN/cm ³]
Codici di rilascio estremità	

I primi 5 elementi SAM, sono elementi che entrano in gioco direttamente all'interno del solutore SAMII, mentre l'elemento offset entra in modo indiretto poiché definisce la parte terminale degli elementi deformabili quali maschi, fasce e cordoli. L'elemento *Non-rigido* non viene considerato del solutore, ma è di supporto alla modellazione della struttura a telaio equivalente.

Sulla sommità di ogni parete corre un "**binario**" di elementi atto a modellare la presenza del cordolo e/o a consentire la distribuzione dei carichi. Gli elementi che compongono tale binario possono essere del tipo:

- *Cordolo* (elemento deformabile al di sopra delle aperture);
- *Rigido* (elemento rigido presente tra le estremità dei pannelli ed i nodi dei maschi; è presente anche come elemento che collega i nodi di 2 maschi posti su piani differenti)
- *Non rigido* (elemento deformabile al di sopra delle aperture nel caso non sia presente il cordolo);
- *Offset* (elemento rigido presente alle estremità dell'elemento deformabile);
- *Fascia* (raramente).

Invece, al di fuori del binario, la modellazione della parete è condotta esclusivamente con elementi deformabili e relativi offset rigidi:

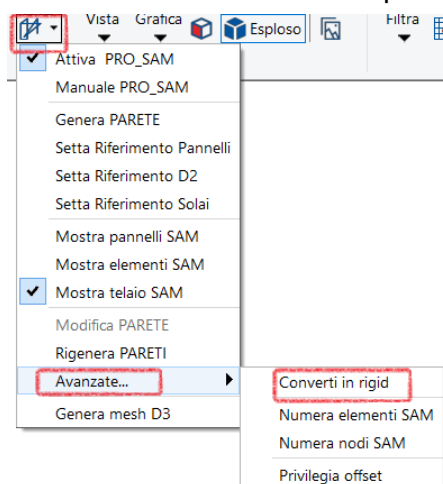
- *Maschio* (muratura, muratura armata);
- *Fascia Superiore e/o Inferiore* (muratura, muratura armata, c.a.);
- Cordolo ribassato;
- *Offset* (elemento rigido presente alle estremità dell'elemento deformabile).

Al piano terra non è prevista la modellazione della fascia sottofinestra, mentre alla base dei maschi vengono introdotti vincoli a terra ed elementi non-rigidi (necessari per lo scarico del peso del maschio stesso).

L'elemento *Non rigido* è un elemento di supporto alla modellazione che non può essere spezzato (non possono coesistere due o più elementi non rigidi in successione). L'elemento non rigido viene utilizzato anche per simulare un cattivo ammortamento di due pareti ortogonali; questo avviene assegnando alle parti terminari dei pannelli (solitamente elementi rigidi) la proprietà di non rigido.



PRO_SAP non consente di modificare la tipologia di elemento SAM perché è stata definita di concerto con gli Autori. L'unica modifica possibile è attraverso il comando "converti in rigid" da usare chirurgicamente dove ci sono dei maschi in falso sulle aperture, per convertire un elemento non rigido in uno rigido



Di seguito vengono presentate alcune applicazioni.

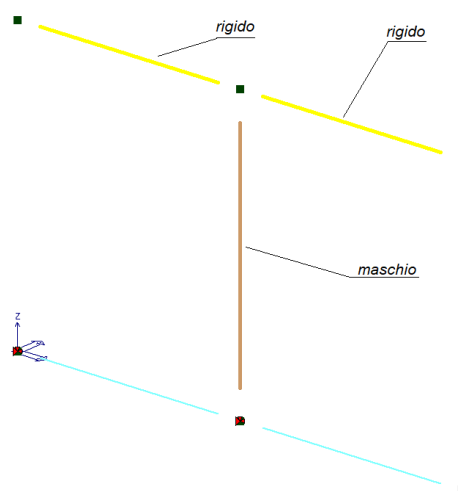
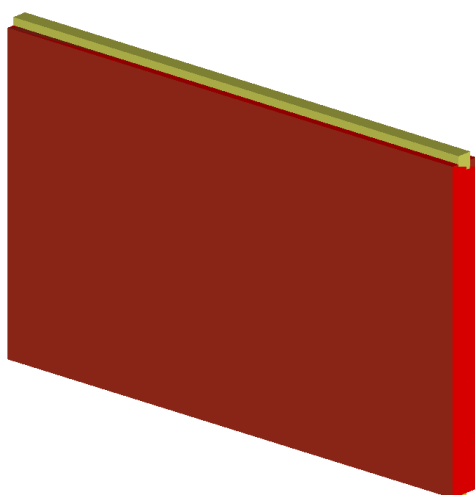
Schematizzazione parete monopiano semplice

Parete semplice

Modellazione Binario: due elementi rigidi che collegano il nodo del maschio alle estremità della parete;

Modellazione Maschio: elemento deformabile (maschio) a tutta altezza;

Modellazione Elementi Orizzontali: assenti.

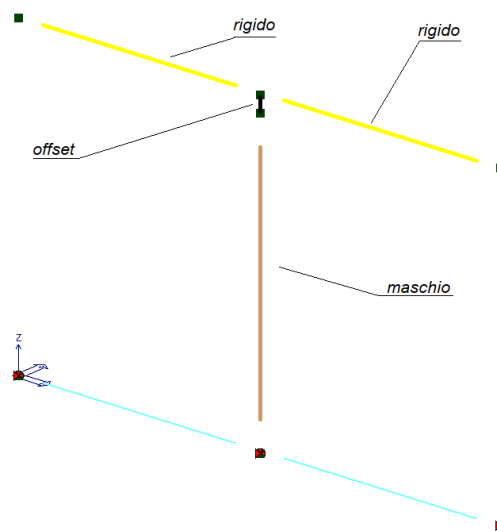
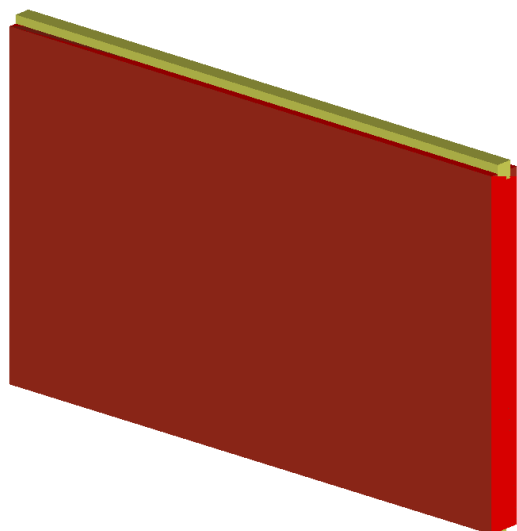


Parete semplice con cordolo:

Modellazione Binario: due elementi rigidi che collegano il nodo del maschio alle estremità della parete (cordolo non è modellato);

Modellazione Maschio: elemento deformabile (maschio), Offset verticale con altezza pari 0.5 spessore solaio;

Modellazione Elementi Orizzontali: assenti.

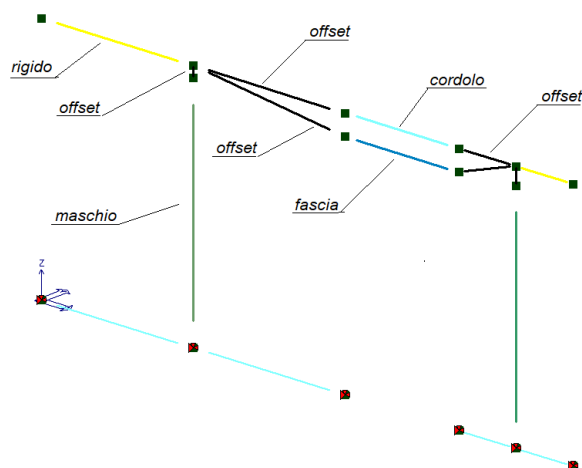
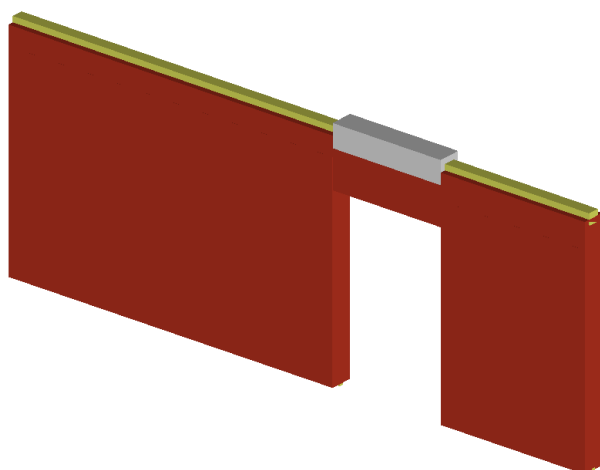


Parete con apertura e cordolo in spessore di solaio:

Modellazione Binario: due elementi rigidi esterni, due offset di collegamento per parte deformabile, elemento deformabile (cordolo);

Modellazione Maschio: elemento deformabile (maschio), Offset verticale con altezza secondo metodo Dolce;

Modellazione Elementi Orizzontali: due offset inclinati per il collegamento dell'elemento deformabile, elemento deformabile (fascia).

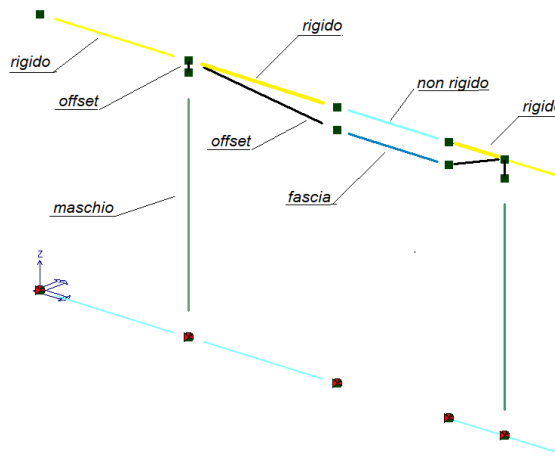
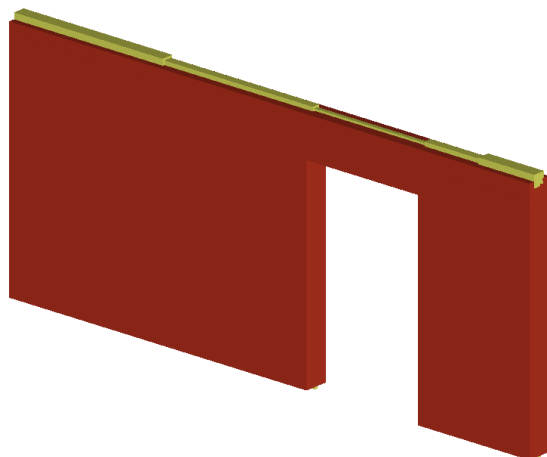


Parete con apertura senza cordolo:

Modellazione Binario: due elementi rigidi esterni, due offset di collegamento per parte deformabile, elemento deformabile (non rigido);

Modellazione Maschio: elemento deformabile (maschio), Offset verticale con altezza secondo metodo Dolce;

Modellazione Elementi Orizzontali: due offset inclinati per il collegamento dell'elemento deformabile, elemento deformabile (fascia).

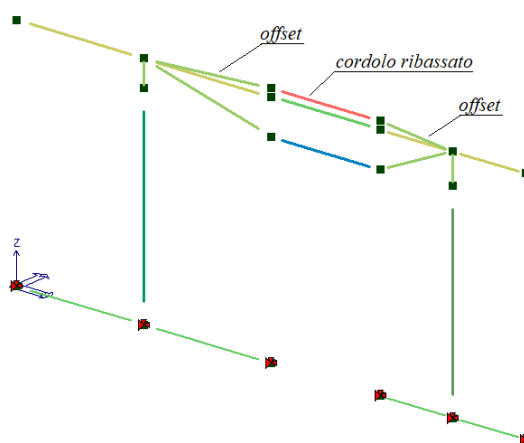
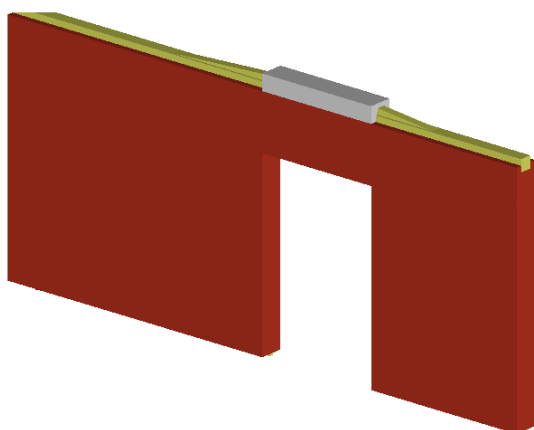


Parete con apertura con cordolo ribassato:

Modellazione Binario: due elementi rigidi esterni, due offset di collegamento per parte deformabile, elemento deformabile (non rigido);

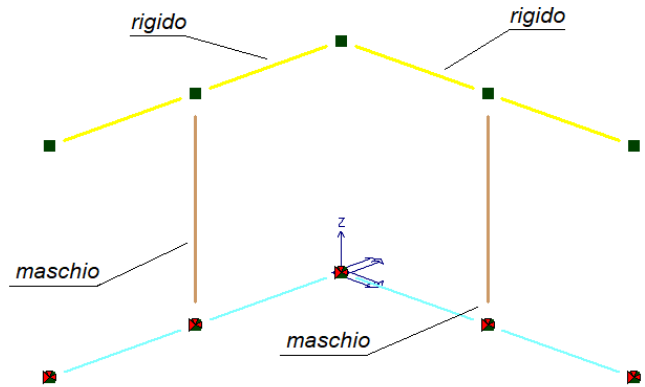
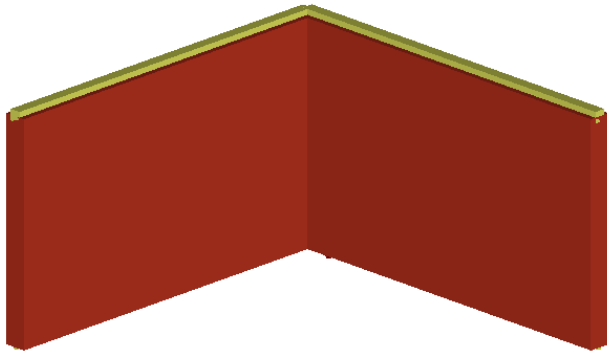
Modellazione Maschio: elemento deformabile (maschio), Offset verticale con altezza secondo metodo Dolce;

Modellazione Elementi Orizzontali: due offset inclinati per il collegamento dell'elemento deformabile- fascia, elemento deformabile (fascia), due offset inclinati per il collegamento dell'elemento deformabile - cordolo, elemento deformabile (cordolo ribassato).



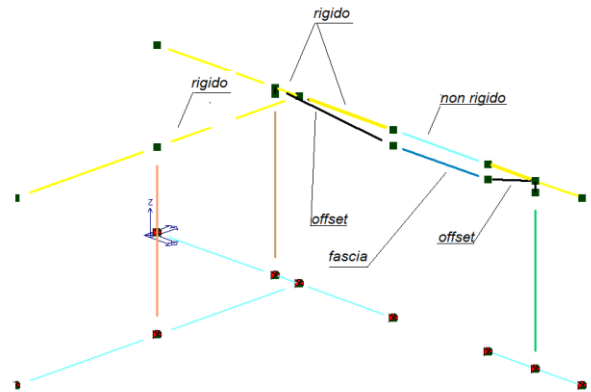
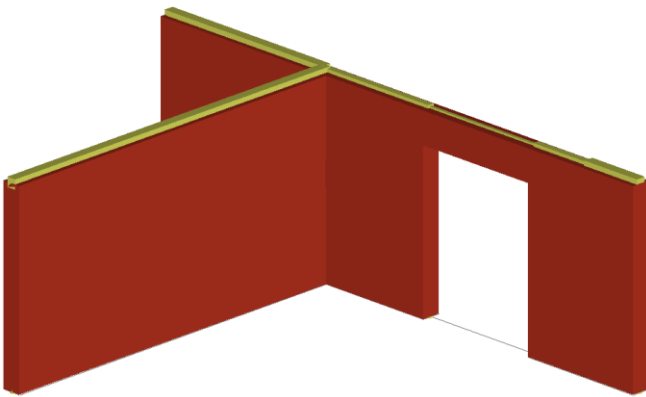
Schematizzazione intersezioni pareti ortogonali

Intersezione "a L":

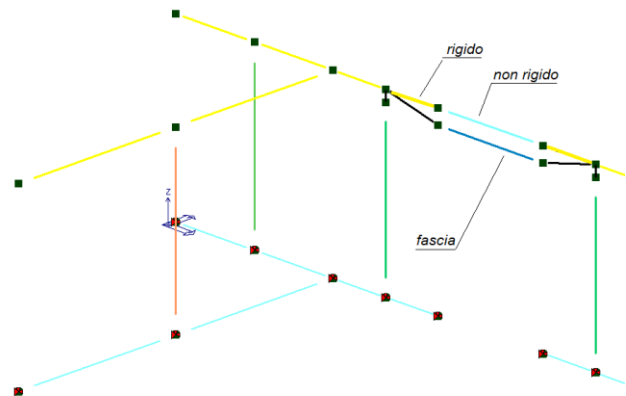
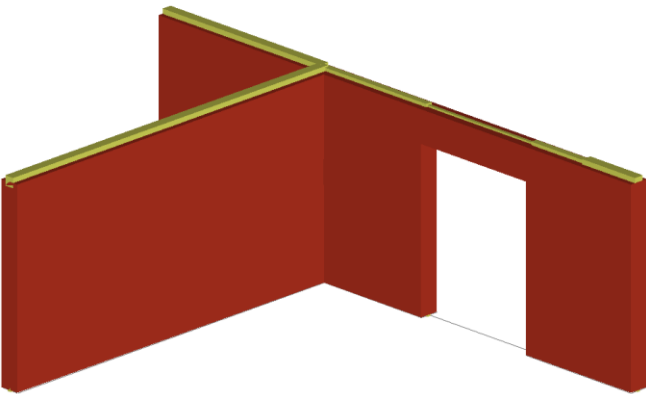


Intersezioni "a L" pannelli murari con elementi rigidi

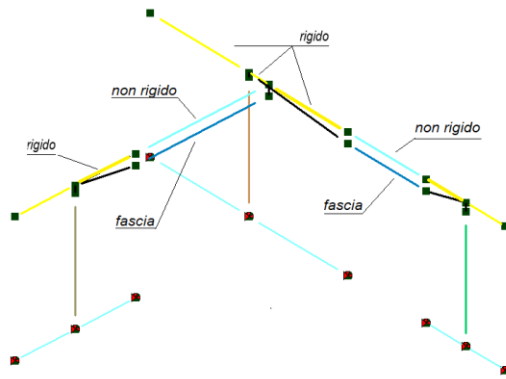
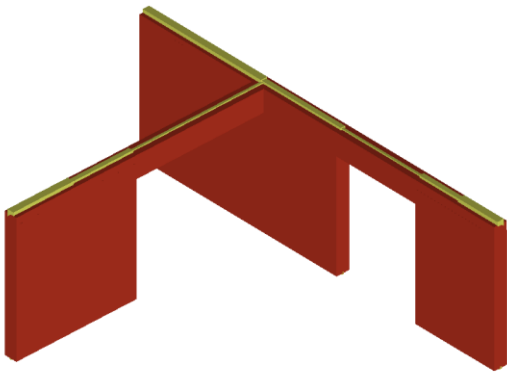
Intersezione "a T":



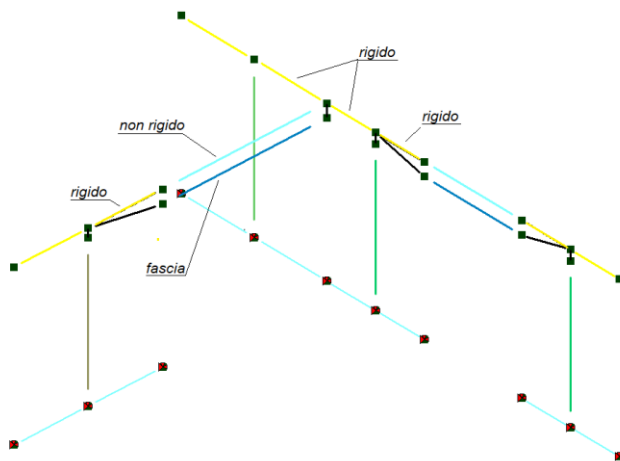
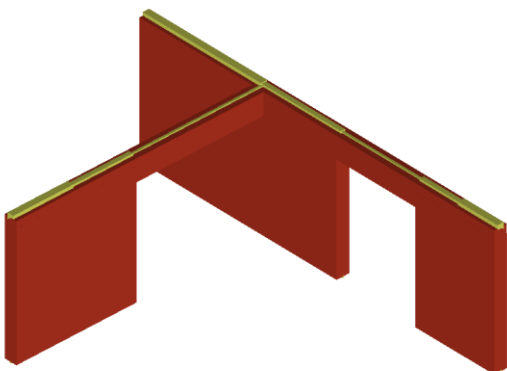
Intersezioni "a T" pannelli murari caso a) versione 1



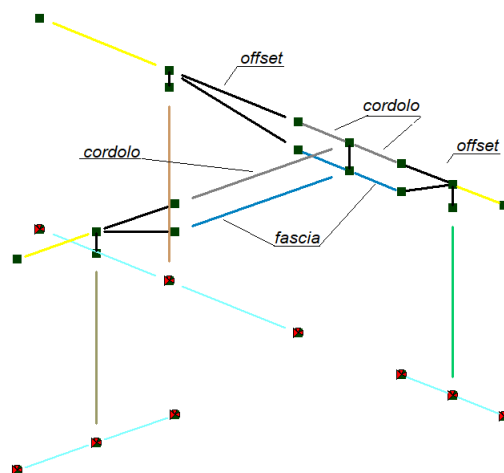
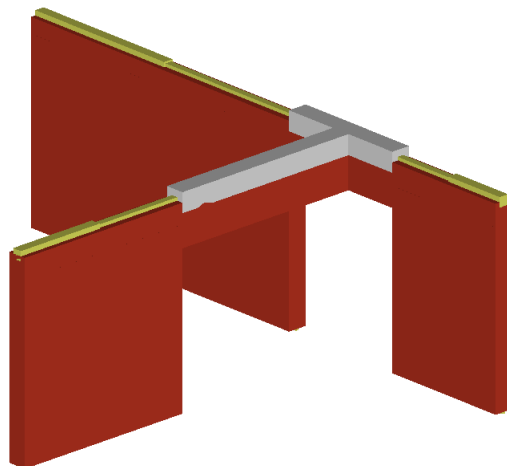
Intersezioni "a T" pannelli murari caso a) versione 2



Intersezioni "a T" pannelli murari caso b) versione 1



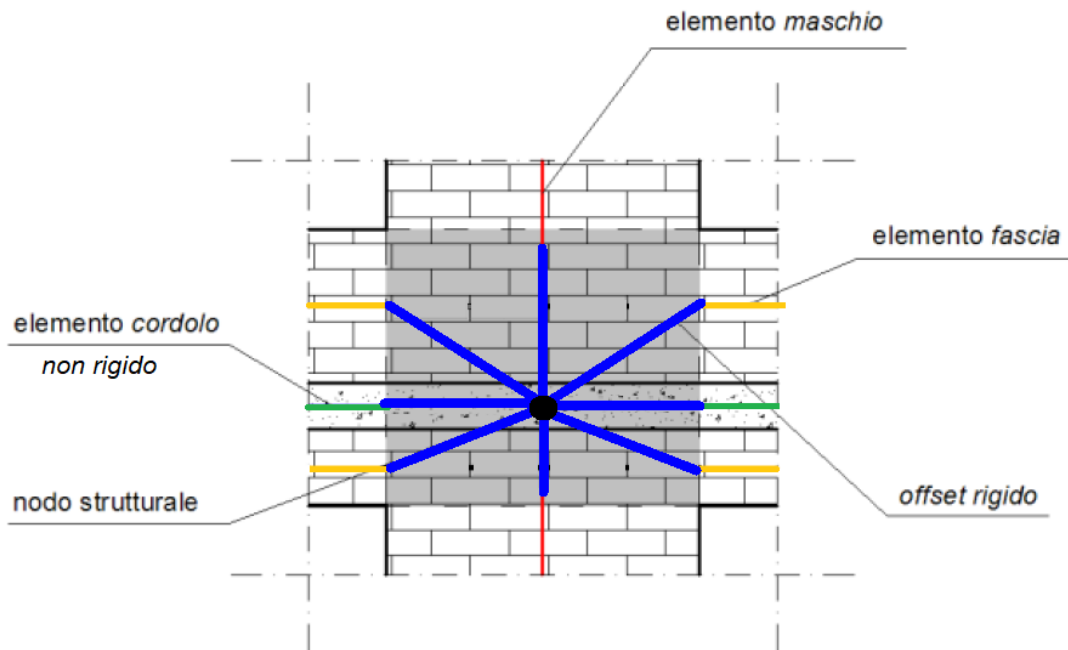
Intersezioni "a T" pannelli murari caso b) versione 2



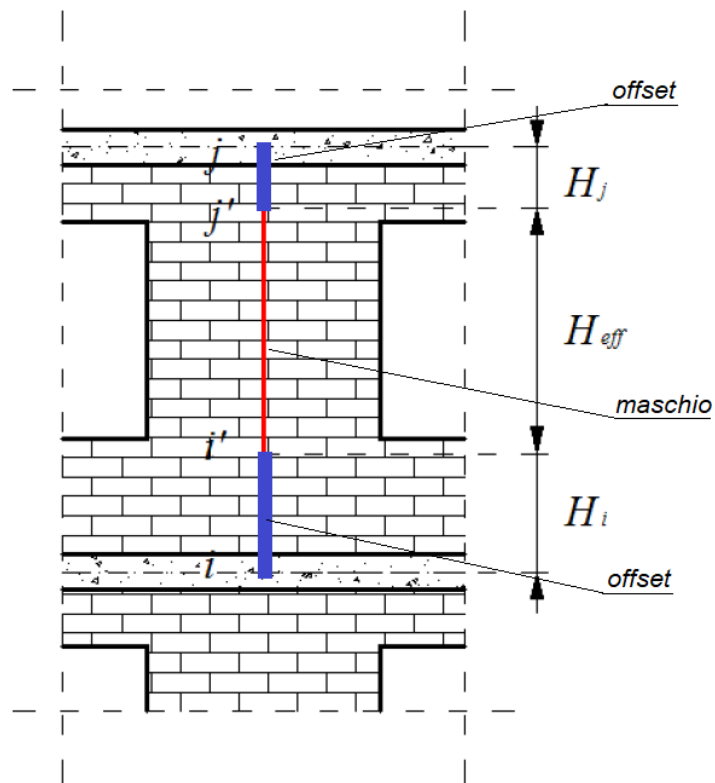
Intersezioni "a T" pannelli murari con aperture

Schematizzazione parete multipiano

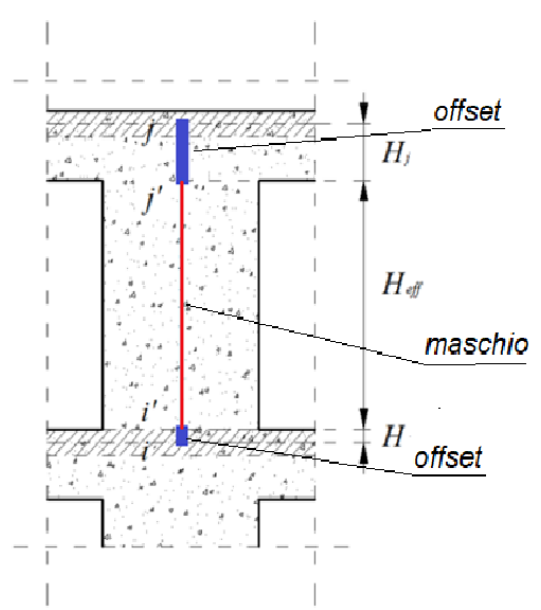
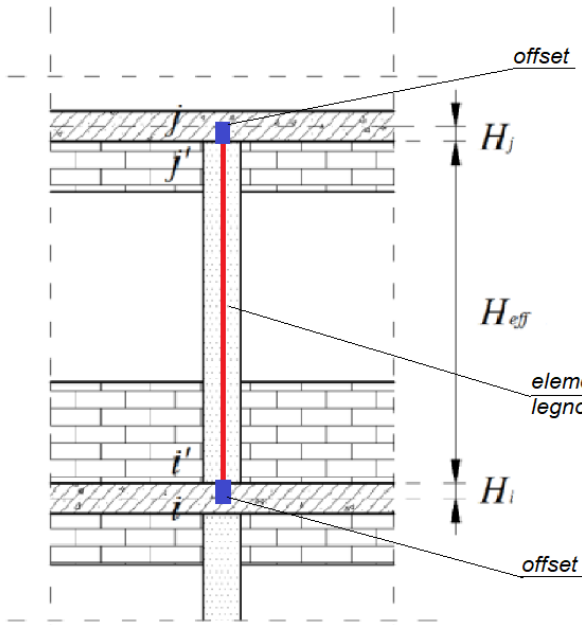
La parete pluripiano ha lo stesso comportamento della parete monopiano, salvo il fatto che in relazione alla presenza di fascia sottofinestra e soprafinestra si può presentare il caso in cui la fascia è baricentrica alla quota solaio e pertanto si avranno due offset orizzontali e una fascia sul binario.



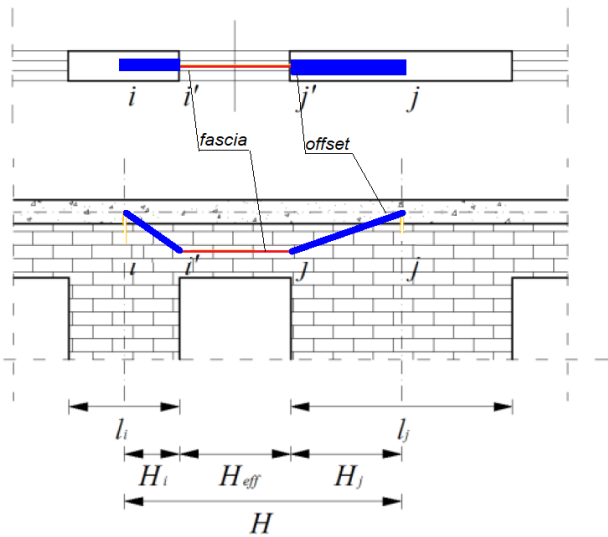
Particolare nodo offset-elementi



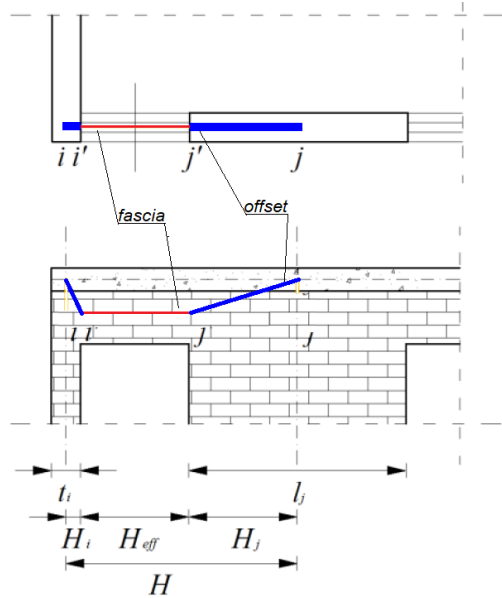
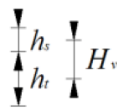
Elemento Maschio Murario ed offset in muratura



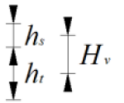
Elemento generico ed offset in acciaio/legno Elemento Maschio Murario ed offset.

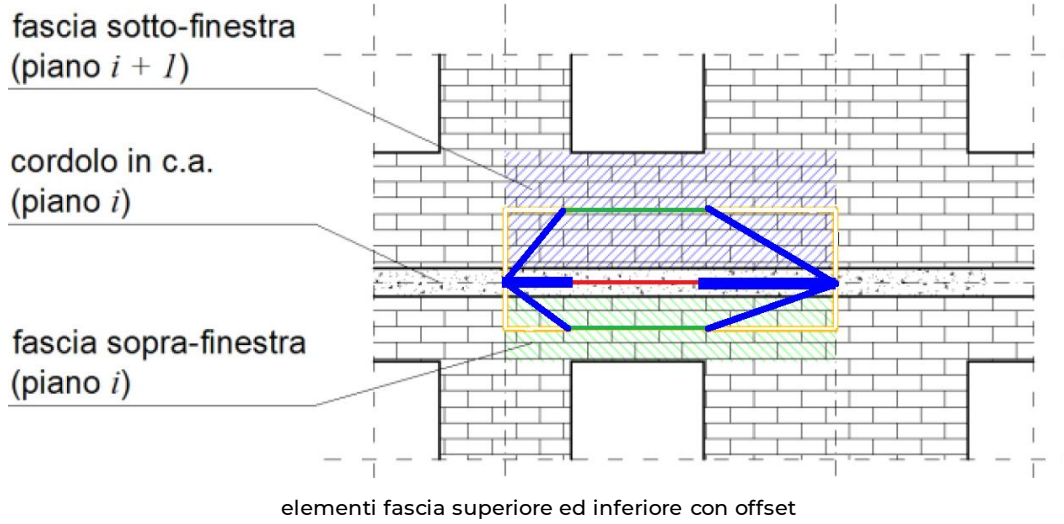


elemento fascia superiore ed offset.

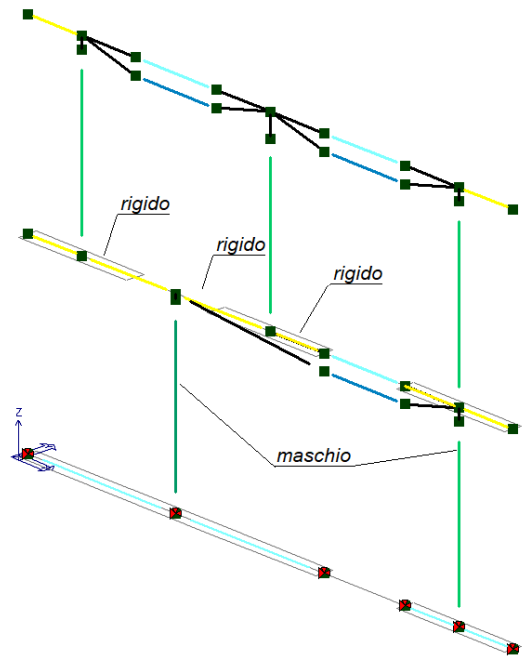
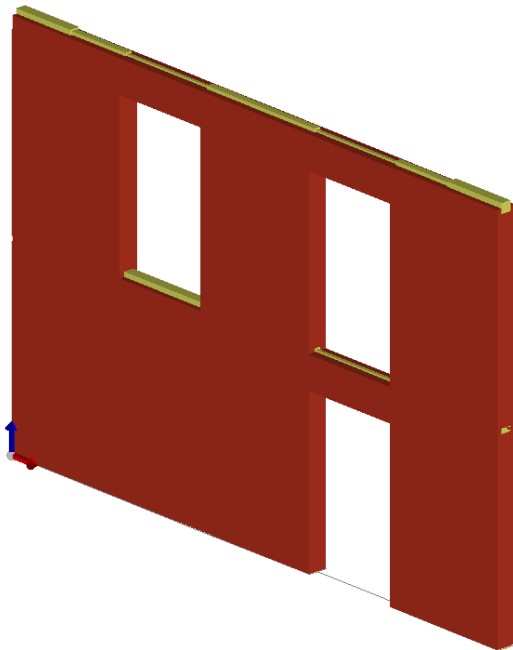


elemento fascia superiore ed offset.

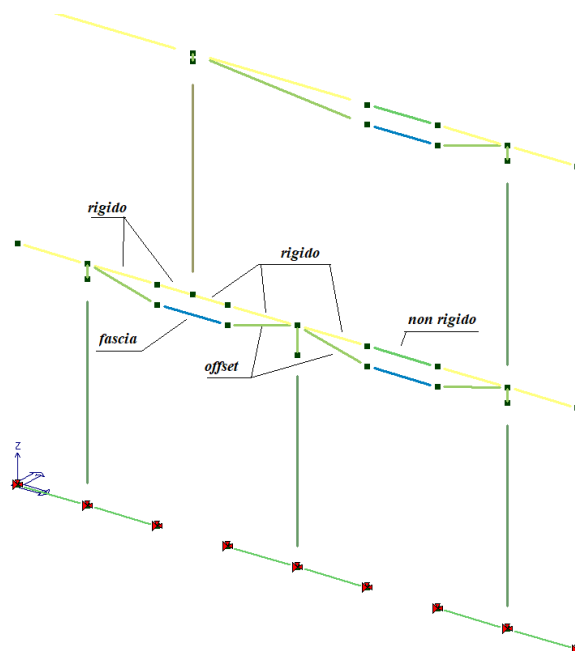




Intersezioni multipiano con aperture non allineate:



Parete multipiano con aperture non allineate caso a)



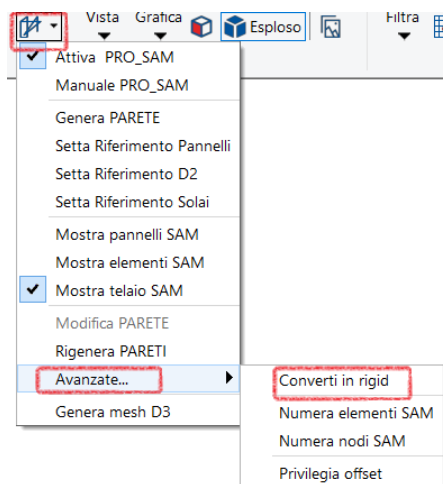
Parete multipiano con aperture non allineate caso b)

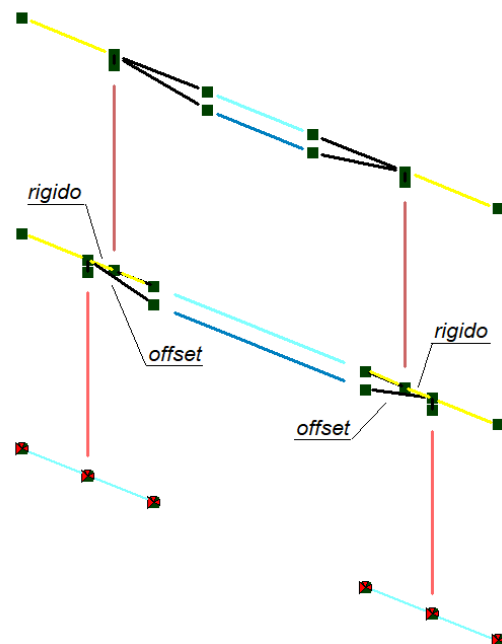
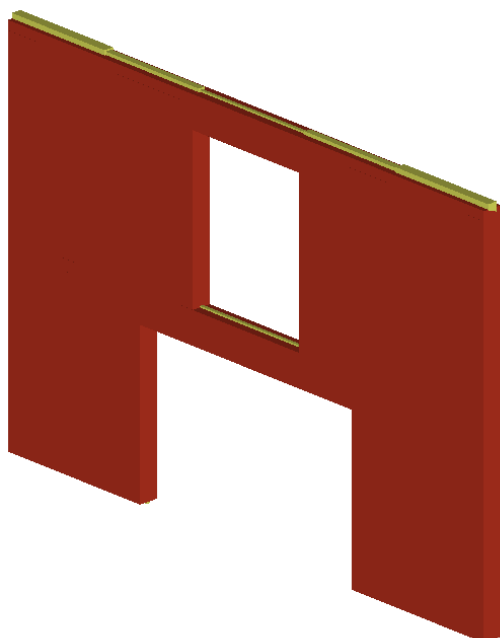


In questo caso il maschio del piano primo poggerebbe su un elemento “non rigido” (oppure “cordolo” nel caso di presenza di cordolo) del piano terra. Si tratta di uno di quei casi in cui è necessario agire manualmente:

- Selezionare gli elementi non rigidi oppure cordolo su cui insiste il maschio del piano superiore
- Utilizzare il comando “converti in rigido”

Se invece la parete del piano primo agisce su un elemento che è già “rigido” non è necessario fare nessuna modifica (vedere immagine successiva).





Parete multipiano con aperture non allineate caso c)

Tutti gli elementi sopracitati sono generati in automatico e sono editabili. Gli offset matematici sono visibili come opzione. Il cordolo è in asse con il binario; la trave fuori spessore è offsettata; le fasce sia singolarmente che raggruppate sono offsettate.

Riassumendo

- L'elemento rigido è posizionato in corrispondenza del binario (singolo elemento);
- L'elemento non-rigido è posizionato in corrispondenza delle aperture del binario (singolo elemento);
- L'elemento cordolo deformabile è posizionato in corrispondenza delle aperture del binario (singolo elemento);
- L'elemento cordolo ribassato (parte deformabile e offset) è posizionato al di fuori del binario (tre elementi);
- L'elemento maschio (parte deformabile e offset) corrisponde all'elemento verticale (tre elementi);
- L'elemento fascia (parte deformabile e offset) è posizionato al di fuori del binario (tre elementi).

Può avvenire che la somma della fascia inferiore e superiore generi un elemento sul binario (è un caso raro ma possibile). In questo caso ci sarebbe un doppio elemento sul binario. Sarà possibile solo il passaggio rigido non-rigido e viceversa. Le modifiche di sezione agli elementi comporta l'invalidazione del telaio.

Graficamente gli elementi cordolo (anche ribassato), fascia e maschio sono rappresentati con il relativo materiale e con le reali dimensioni. Gli elementi offset con sezione 10x10 e materiale rigido (definito in automatico dal programma), gli elementi rigidi con sezione 15x15 e materiale rigido, gli elementi non-rigidi con sezione 5x5 e materiale non-rigido (definito in automatico dal programma). Il passaggio da rigido a non rigido e viceversa corregge le impostazioni.

Elementi D3 nel modello SAM

Nel solutore SAM-II sono implementati esclusivamente elementi membrana, per tale ragione PRO_SAP effettua una conversione automatica di elementi D3 (shell) in elementi membrana.

Poiché gli elementi membrana possono essere caricati esclusivamente nel proprio piano, è necessario che agli elementi D3 sia assegnato un materiale con peso specifico nullo, onde evitare azioni sismiche agenti fuori piano.