

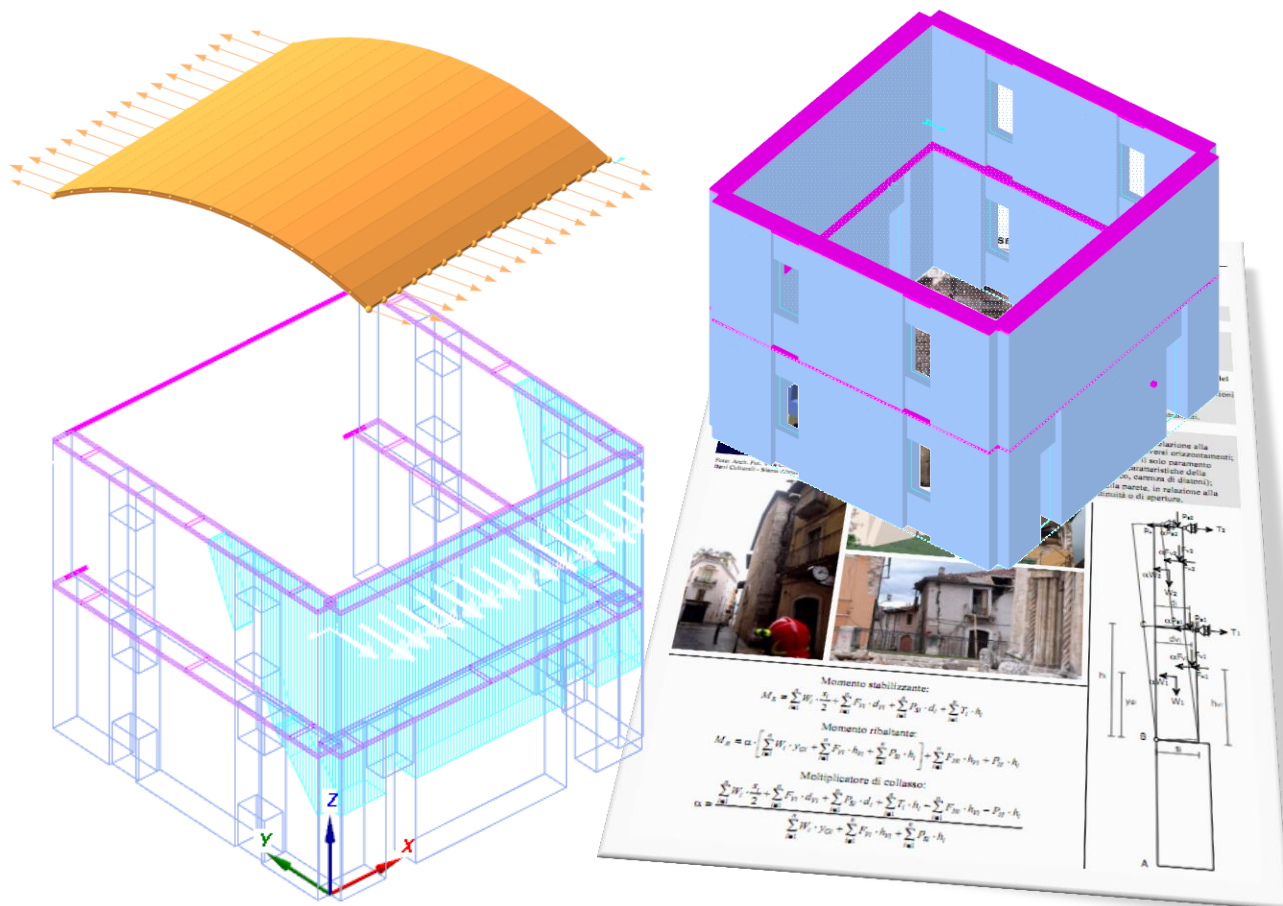


CDM DOLMEN

CALCOLO STRUTTURALE
GEOTECNICA
RESISTENZA AL FUOCO

Tutorial CINEMATISMI LOCALI

Applicazioni Pratiche
Verifiche di cinematismi locali di collasso
in un edificio in muratura ordinaria
secondo NTC 2018



PREMESSA

Quando effettuiamo le usuali verifiche del cap.7 delle NTC stiamo ipotizzando che la scatola muraria funzioni correttamente come tale, ovvero che siano soddisfatte le ipotesi di orizzontamenti schematizzabili come piano rigido, che sia stata realizzata un'adeguata cucitura con cordoli etc., e che quindi i singoli pannelli lavorino correttamente nel loro piano.

Tuttavia, in presenza di particolari condizioni, e quindi nelle murature esistenti (perché si suppone che quelle nuove siano costruite secondo le richieste di normativa), questo funzionamento non è garantito, e le forze di inerzia orizzontali legate al sisma possono essere causa di rotture per meccanismi dovuti a una errata realizzazione della scatola muraria. Il/i meccanismo/i di rottura verso i quali verificare la struttura vanno individuati sulla base di un esame della situazione: non possono essere suggeriti dal software sulla base del modello. Il riconoscimento delle condizioni che predispongono all'attivazione di meccanismi locali di danno e di collasso e quindi la valutazione delle analisi cinematiche da eseguire nasce da un attento esame della struttura.

In queste verifiche locali, oggetto della verifica è una porzione isolata della struttura, individuata sulla base di sconnessioni, presenti o potenziali. Dall'edificio viene quindi isolata una porzione di solido di muratura portante, considerato come corpo rigido per il quale studiare quale moltiplicatore delle forze inerziali attiva il meccanismo di collasso ipotizzato: questo moltiplicatore viene confrontato con quello dovuto all'azione sismica.

Verranno ora esaminati alcuni casi tipici di cinematismo locale partendo da strutture in muratura già modellate ed analizzate nel Cad3D di Dolmen:

1. **Ribaltamento semplice** (verifica a ribaltamento di una parete soggetta alla spinta orizzontale di una volta spingente all'ultimo livello);
2. **Ribaltamento composto;**
3. **Flessione verticale;**
4. **Ribaltamento del cantonale;**
5. **Ribaltamento del timpano;**
6. **Flessione orizzontale non confinata;**

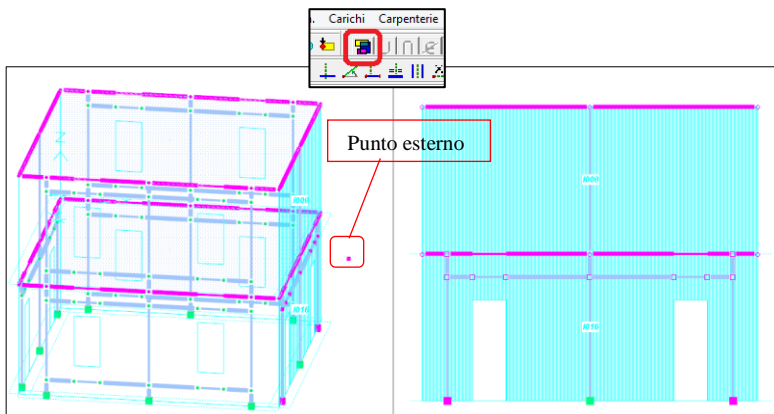
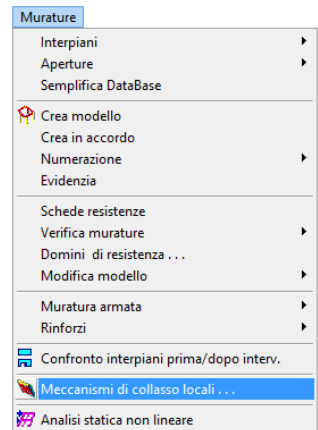
Il programma "Cinematismi Collasso" non è autonomo e deve essere lanciato dall'ambiente grafico Cad3D; i file *.mcl posso essere riaperti e modificati in tempi successivi ma devono sempre essere contenuti all'interno della cartella di lavoro; inoltre il modello tridimensionale della struttura non dovrebbe essere modificato in quanto una rilettura delle azioni e delle geometrie da parte del file *.mcl potrebbe generare incongruenze.

1 - RIBALTAMENTO SEMPLICE

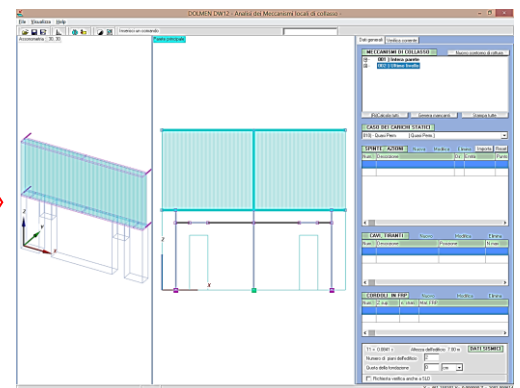
- Lanciare la verifica locale di una intera parete dal Cad3D struttura;

Tramite il comando “Murature → Meccanismi di collasso locali...” avviare il comando nel Cad3D struttura.

Alla richiesta “inserisci coordinate per definire direzione verso esterno” selezionare un punto esterno alla struttura vicino alla parete oggetto di analisi, ora attivando il “comando selezione multipla” selezioniamo tutti gli interpiani della parete e poi ripremiamo il tasto di selezione multipla per chiudere la funzione di selezione ed avviare automaticamente l’analisi del cinematismo locale.



[CAD 3D Struttura]



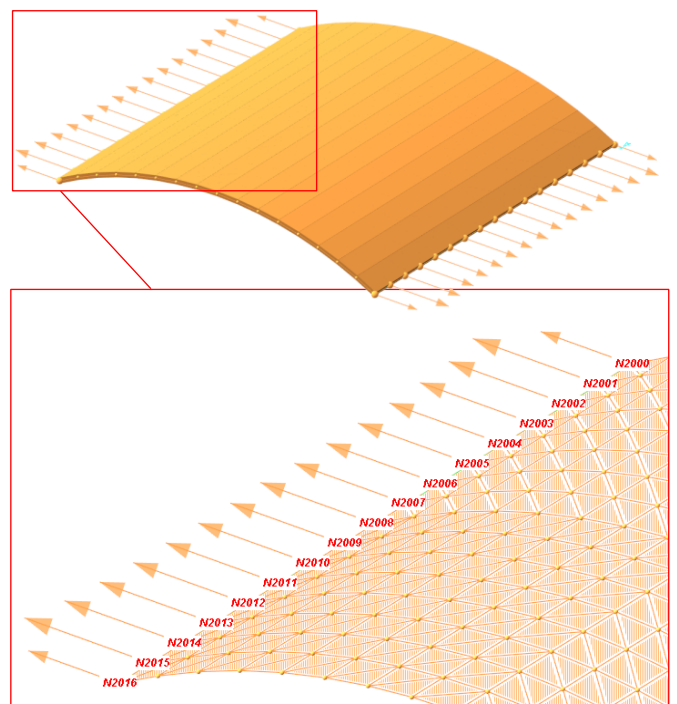
[Cinematismi di Collasso]

All’ avvio il programma suggerirà già alcuni possibili classici meccanismi di collasso; sta a noi decidere se tali meccanismo possono veramente avvenire nella realtà oppure esistono degli orizzontamenti che rendono impossibile a prescindere tale cinematismo.

- Importiamo le azioni orizzontali della volta spingente, precedentemente modellata in un altro lavoro, agente su questa parete;

Tramite il pannello dedicato all’importazione di spinte e azioni è possibile caricare tali valori da altri lavori precedentemente creati. La volta agente all’ultimo livello è stata inserita nella struttura tridimensionale come carichi verticali tramite l’utilizzo di un solaio e successivamente è stata discretizzata in dettaglio in un altro lavoro per avere la verifica locale della stessa. A questo punto l’azione spingente della volta viene rappresentata dalle reazioni vincolari orizzontali dei nodi di appoggio alla muratura; si procede quindi con l’importazione delle azioni.

Premendo il taso “Importa” presente nel riquadro “SPINTE, AZIONI” si apre un pannello dedicato.



Come prima cosa occorre selezionare il lavoro contenente il modello della volta, poi premendo il tasto **“Esplora lavoro”** il programma legge i dati contenuti nel lavoro selezionato; procediamo con la selezione del caso di carico da utilizzare e diamo una descrizione alle azioni che importeremo.

L'opzione **“non importare azioni verticali”** è da lasciare spuntata in questo caso in quanto le suddette azioni sono già contemplate nel modello essendo state inserite come carico su solaio.

Come **nodi per trasformazione coordinate** (1o nodo per trasform. coord. N02000 2o nodo per trasform. coord. N02016) occorre selezionare solamente il nodo iniziale ed il nodo finale della serie di nodi costituenti l'appoggio della volta.

Come quota Z per i nodi **“destinazione”** si può impostare la quota reale alla quale arriva l'azione spingente della volta. Nel caso di modellazione semplificata tramite solaio ad esempio si sarebbe persa la possibilità di specificare la quota della spinta orizzontale in quanto il solaio scarica direttamente sul cordolo.

- Analizziamo la stabilità del ribaltamento dell'ultimo livello sotto l'azione spingente della volta;

Nel riquadro meccanismi di collasso il programma propone:

- 001) intera parete
- 002) ultimo livello

ovviamente questi meccanismi suggeriti possono essere modificati, eliminati, posso crearne di nuovi, ma per questo esempio utilizziamo il meccanismo di collasso 002 con ribaltamento dell'ultimo livello considerando l'azione spingente della volta.

Selezioniamo il meccanismo 002 ed evidenziamo il cinematismo presente in elenco; premiamo la linguetta "Verifica corrente" per accedere alla sezione dedicata all'analisi ed alla verifica del cinematismo.

La schermata "Verifica corrente" mostra tutte informazioni sulla verifica selezionata; in particolare nel riquadro a sfondo giallo viene mostrato:

- Contorno oggetto di analisi;
- Tipo di verifica/cinematismo calcolato;
- Asse di ribaltamento
- Caso di carico statico

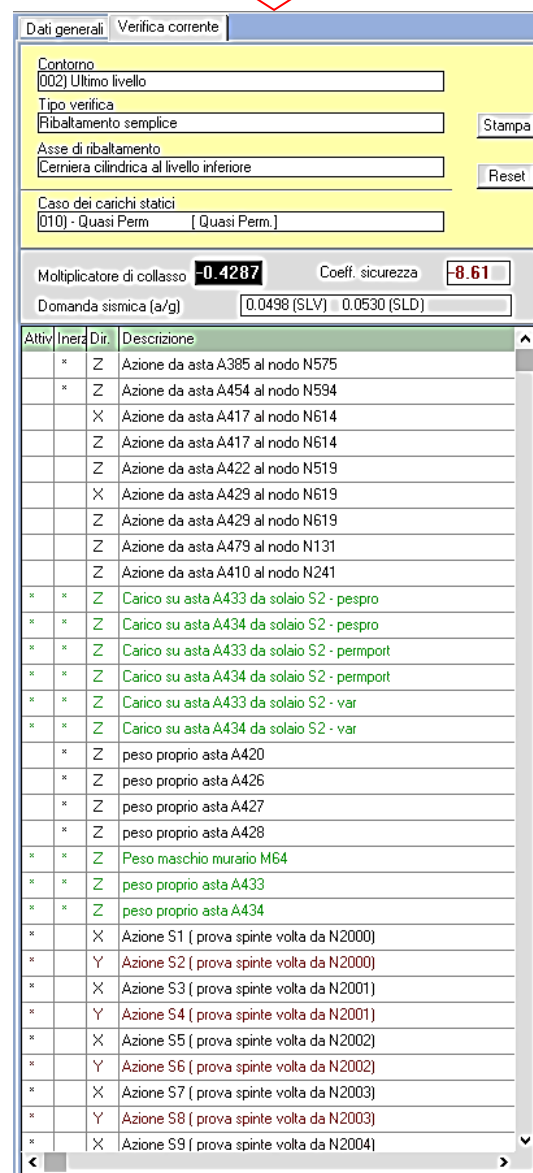
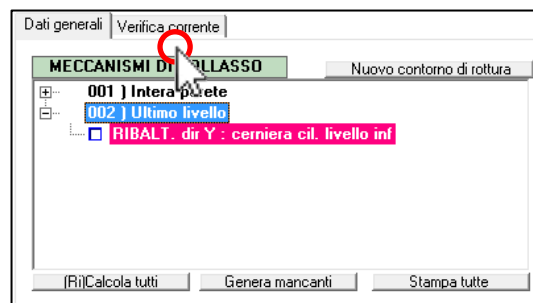
Nella sezione centrale viene mostrato il moltiplicatore di collasso (il lambda) calcolato per questo cinematismo ed il relativo fattore di sicurezza.

In questo caso notiamo subito una anomalia...il lambda e quindi il relativo fattore di sicurezza han **valore negativo!**

È accettabile un valore > 0 , se il valore di fattore di sicurezza è < 1 allora il cinematismo non è verificato ma un valore negativo è fisicamente irreal.

Questo risultato non è fisicamente accettabile/reale e vuol dire che stiamo trascurando qualcosa, devono esserci degli elementi di rinforzo che stiamo trascurando, ad esempio delle catene ormai nascoste da intonaco o altro e ad una analisi della struttura più approfondita la presenza di questi elementi potrebbe venire alla luce.

Inseriamo sulla parete principale due tiranti ipotizzando un tiro agente in quel momento procedendo per tentativi fino ad ottenere un valore di fattore di sicurezza > 0 , raggiungendo quindi una situazione di equilibrio statico veritiero e realistico.



- Aggiungiamo due tiranti per simulare la presenza delle catene;

Nel riquadro “CAVI,TIRANTI” premiamo “Nuovo” per inserire un tirante.

Il programma nella barra di stato in alto attende l’inserimento di una **descrizione** dell’intervento.

Inserita la descrizione occorre **inserire il punto** di applicazione del tirante cliccando con il mouse sulla parete principale (selezioniamo uno dei due punti estremi dell’appoggio della volta).

Occorre ora definire la direzione dell’intervento: se il tirante è **perpendicolare alla parete** premiamo invio per applicare di default la perpendicolarità del tirante altrimenti bisogna specificare la direzione. Premiamo invio per applicare la perpendicolarità.

Infine inseriamo il valore ultimo di **rottura** in daN dell’acciaio della catena (ad esempio 5000 daN).

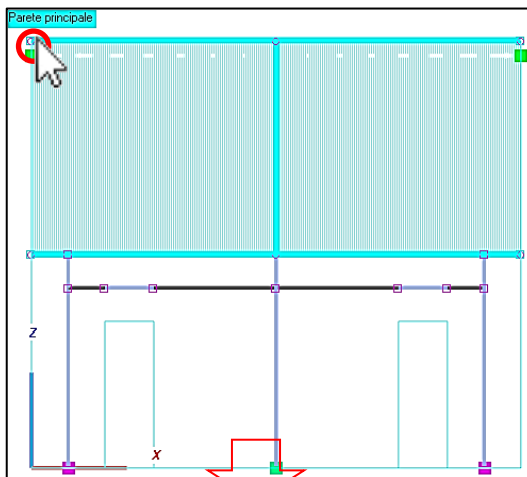
Ripetiamo l’operazione applicando quindi due tiranti, **tir01** e **tir02**, perpendicolari alla parete alle estremità della parete principale alla quota dello scarico della volta.

Tornando in “Verifica Corrente” vedremo che ora il fattore di sicurezza è >0 ma, come era prevedibile, <1 e quindi per i carichi statici l’equilibrio statico è veritiero ma soggetto all’azione sismica il rischio del ribaltamento dell’ultimo piano causa volta spingente è reale.

CAVI, TIRANTI		Nuovo	Modifica	Elimina
Num.	Descrizione	Posizione	N max	

Inserisci descrizione

Inserisci punto



Inserisci punto per direz. o return per perpendicolare alla parete

Inserisci sforzo normale MAX [daN]

CAVI, TIRANTI		Nuovo	Modifica	Elimina
Num.	Descrizione	Posizione	N max	
001	tir01	800.0 , 0.0, 675.0	5000.0	
002	tir02	0.0 , 0.0, 675.0	5000.0	

Dati generali

Verifica corrente

Contorno
002) Ultimo livello

Tipo verifica
Ribaltamento semplice

Asse di ribaltamento
Cerniera cilindrica al livello inferiore

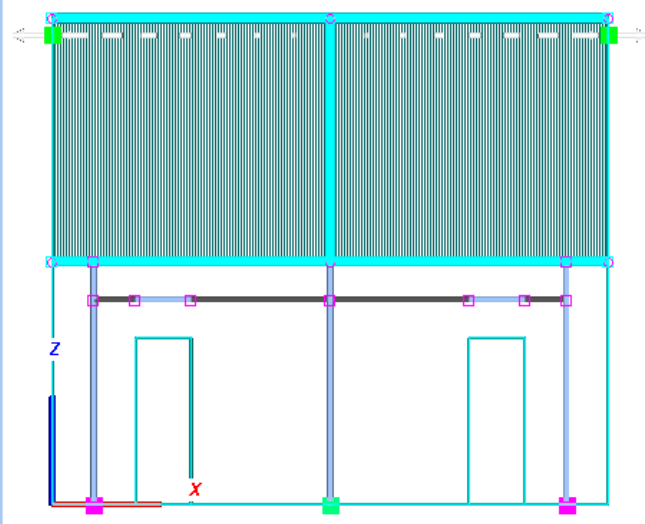
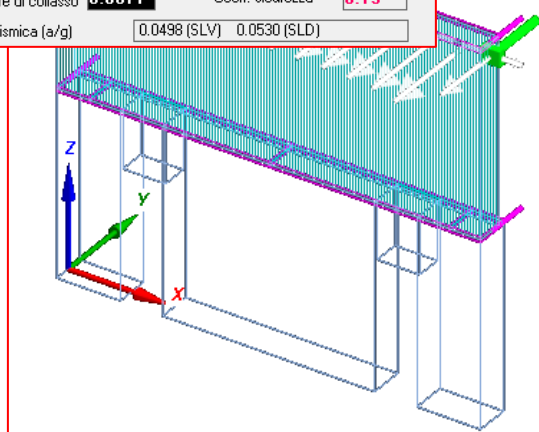
Caso dei carichi statici
010) - Quasi Perm [Quasi Perm.]

Moltiplicatore di collasso **0.0077** Coeff. sicurezza **0.15**

Domanda sismica (a/g) 0.0498 (SLV) 0.0530 (SLD)

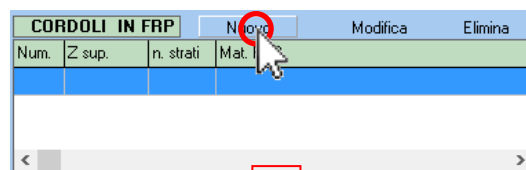
Stampa

Reset

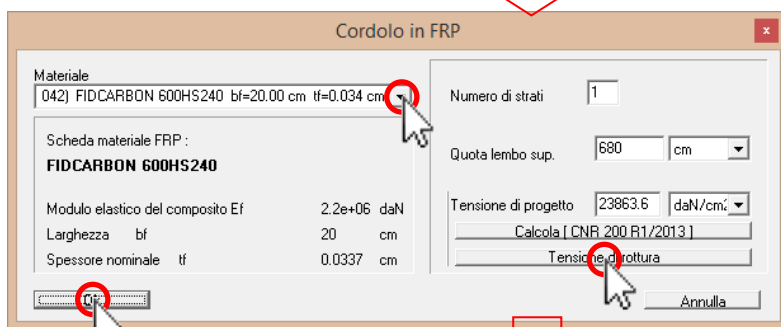


- **Inserimento cordolo in FRP a quota tiranti;**

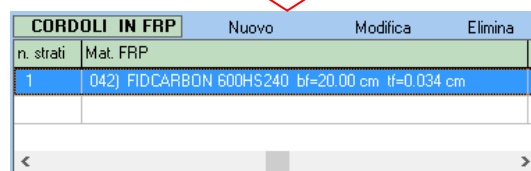
Nel riquadro “CORDOLI IN FRP” premendo il tasto “Nuovo” appare a monitor il pannello di inserimento di cordolo in FRP.



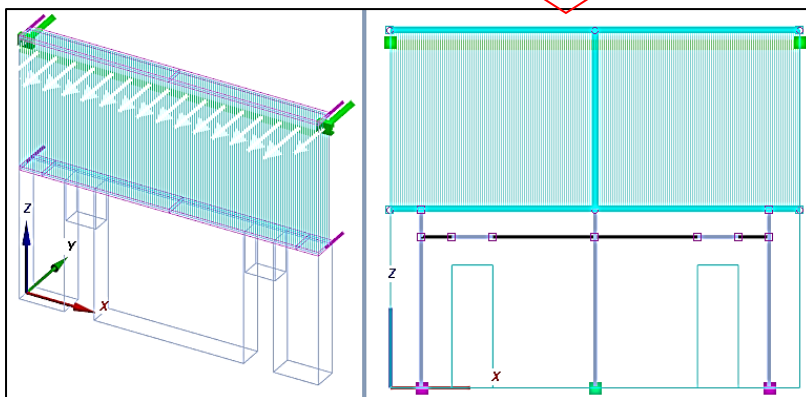
Come prima cosa occorre selezionare il **materiale** del cordolo che si andrà a creare; viene già proposto un ricco database di prodotti presenti sul mercato nazionale, tuttavia è possibile creare il materiale voluto nell'apposita sezione del menu dedicato all'analisi delle murature all'interno del CAD 3D struttura.



In questo esempio viene selezionato il FIDCARBON 600HS240.



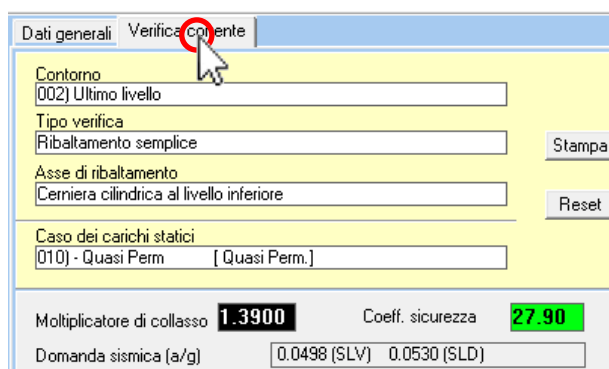
Come **numero di strati** di fibra utilizzati lasciamo 1 e come “**Quota lembo sup.**” inseriamo il valore 680cm. Tale valore è stato scelto in funzione del fatto che la quota di scarico della spinta orizzontale, e quindi presumibilmente la quota dei tiranti esistenti, è pari a 675 cm, quindi utilizzando come quota lembo superiore 680 cm si ha la certezza di “fasciare” la struttura alla quota corretta.



Per ultimo occorre scegliere se utilizzare come tensione di progetto la tensione di rottura delle fibre oppure tenere in conto dell'effetto di delaminazione calcolate secondo le CRN.

- **Tensione di rottura:** si utilizza tale opzione quando si è sicuri di riuscire ad eseguire una sovrapposizione completa dell'intervento;
- **Calcola (CNR 200 R1/2013):** se l'intervento deve essere fissato tramite incollaggio su elementi esistenti allora non si può fare affidamento alla tensione finale di rottura delle fibre ma occorre valutare la tensione relativa al distacco di tale fissaggio.

In questo esempio utilizziamo **Tensione di rottura** premendo l'apposito tasto **Tensione di rottura**.



Ora la verifica è pienamente soddisfatta come ben evidenziato dal fattore di sicurezza verde >1 (27.9)

- **Risultati;**

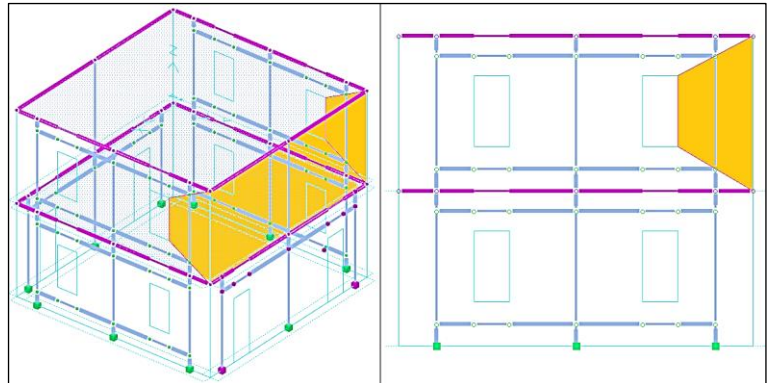
Nel riquadro “Verifica corrente” è possibile visualizzare la relazione di calcolo del cinematismo appena analizzato premendo il tasto “Stampa” ; nella sezione “Dati Generali” è presente il tasto “Stampa Tutte” che genera una relazione globale di tutti i cinematismi analizzati nel file.

Nella generazione della relazione globale di tutta la struttura, tramite il comando “COMPILA RELAZIONE”, è possibile inserire il capitolo relativo ai cinematismi di collasso semplicemente attivando il capitolo “MURATURA PORTANTE”.

- **Considerazioni;**

2 - RIBALTAMENTO COMPOSTO

Analizziamo ora il caso in cui ci sia buona connessione con le pareti ortogonali e con l'orizzontamento del 1° piano, ma si siano riscontrate evidenti lesioni da taglio nelle pareti ortogonali; si ipotizza quindi un nuovo contorno per un possibile cinematismo locale di ribaltamento composto.



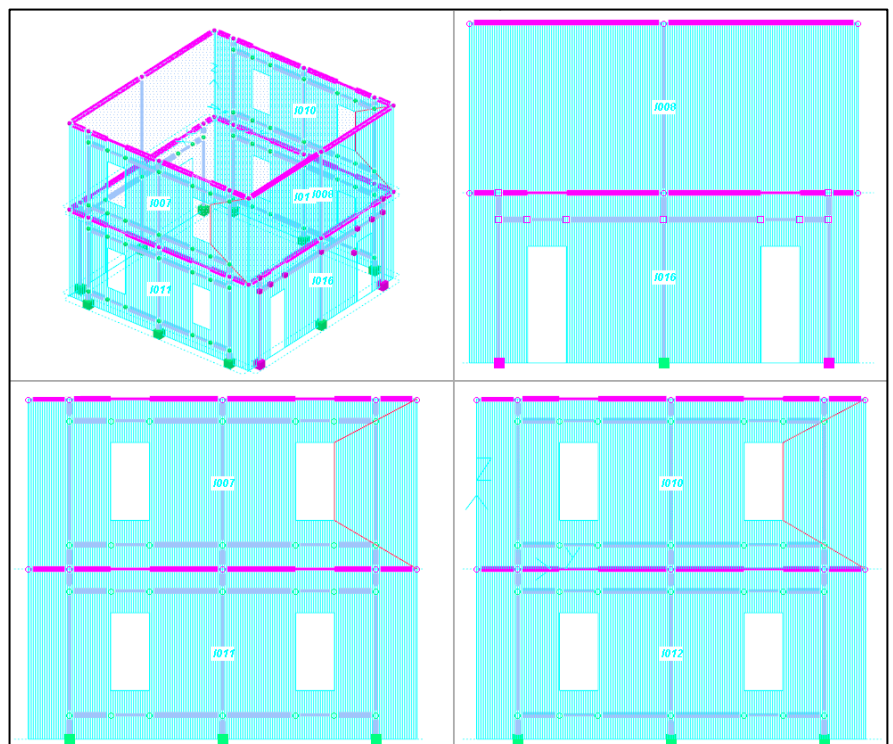
*Di seguito verrà creato ed analizzato solamente il nuovo contorno di rottura; tutte le informazioni sul passaggio dall'ambiente grafico 3D, le spiegazioni delle varie parti del programma e la lettura dei risultati sono già spiegate ed evidenziate nel dettaglio nel primo caso analizzato : **1-RIBALTAMENTO SEMPLICE**.*

- **Lanciamo dall'ambiente grafico 3D la verifica del cinematismo locale selezionando la parete interessata e le due ortogonali;**

Tramite il comando “Murature → Meccanismi di collasso locali...” avviare il comando nel CAD 3D Struttura.

Preventivamente può essere comodo disegnare già nel 3D la direzione delle discontinuità rilevate in modo da avere già la traccia da seguire per costruire l'apposito contorno di rottura all'interno del programma “Cinematismi di Collasso”.

Assegnare il punto esterno e gli interpiani da importare e chiudere la funzione.



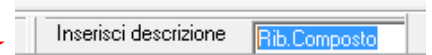
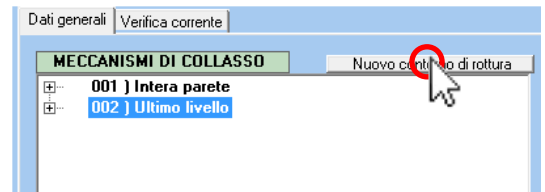
- **Creiamo il nuovo contorno di rottura tridimensionale, importiamo le azioni della volta spingente e inseriamo i due tiranti esistenti;**

Importiamo le reazioni vincolari della **volta spingente** ed inseriamo i due **tiranti esistenti** esattamente come descritto nell'esempio precedente (**1-RIBALTAMENTO SEMPLICE**).

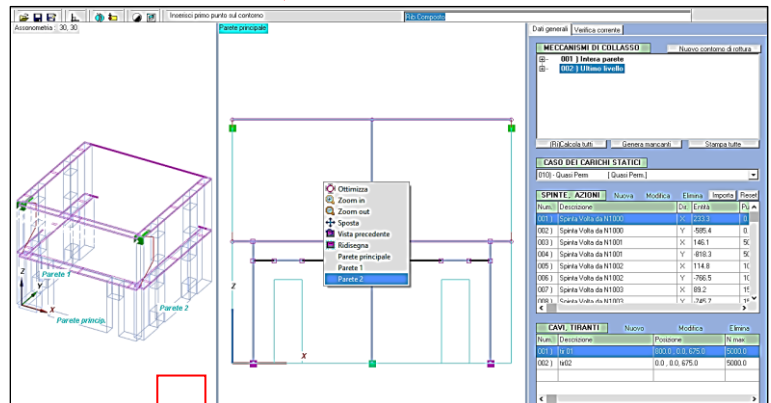
Ora creiamo un nuovo contorno di rottura per analizzare il probabile cinematismo di ribaltamento composto; tale possibile meccanismo è stato riscontrato nella realtà tramite evidenti lesioni da taglio nelle pareti ortogonali (lesioni “disegnate” nell’ambiente grafico 3D in rosso).

Premere il tasto “Nuovo contorno di rottura”

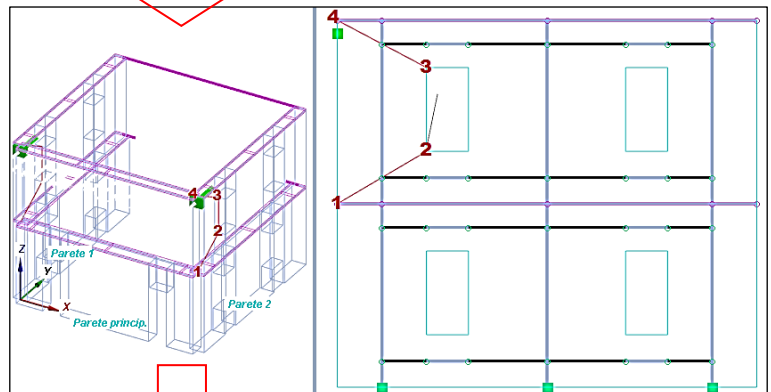
- Inserire la descrizione nell’apposito riquadro di input dati



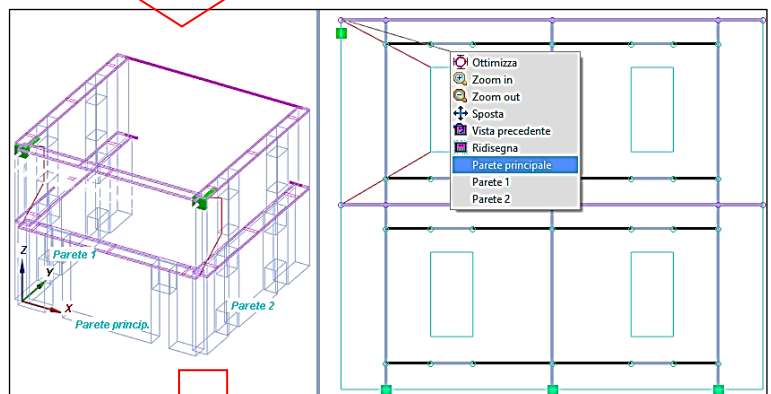
- Clicchiamo con il tasto destro del mouse nella schermata dedicata alla vista piana e selezioniamo la voce “parete 2” per poter iniziare a selezionare i vertici del nuovo contorno



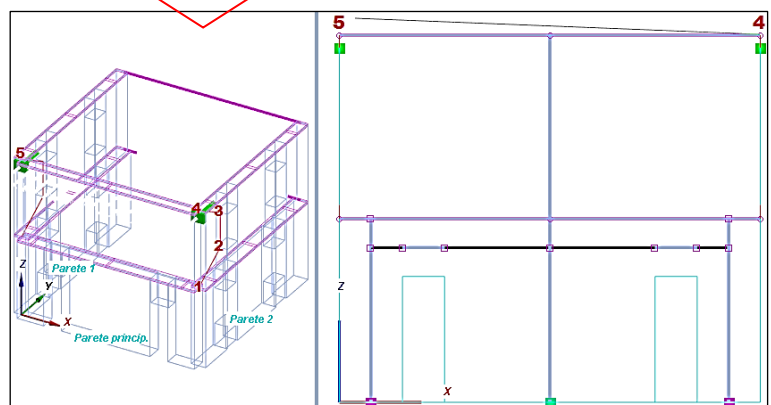
- Cliccare con il tasto sinistro del mouse nei punti che saranno i vertici del contorno di rottura, nell’esempio sono stati selezionati nell’ordine i punti **1 2 3 4**



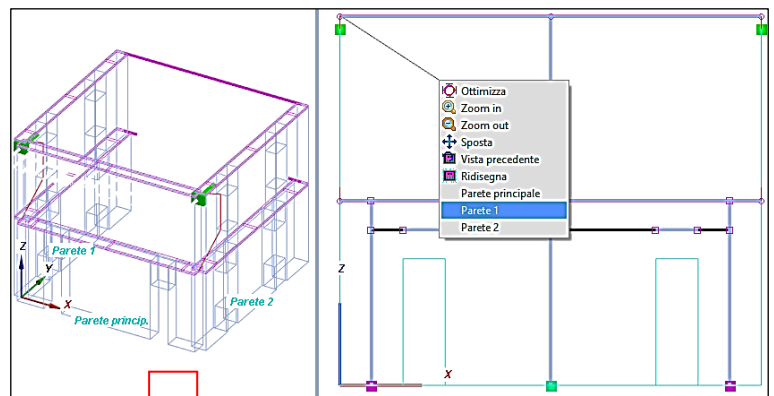
- La funzione è ancora attiva e occorre cambiare visuale per poter continuare a selezionare, in continuità, i vertici del contorno; quindi cliccare con il tasto destro nella vista piana e selezionare la voce “parete principale”



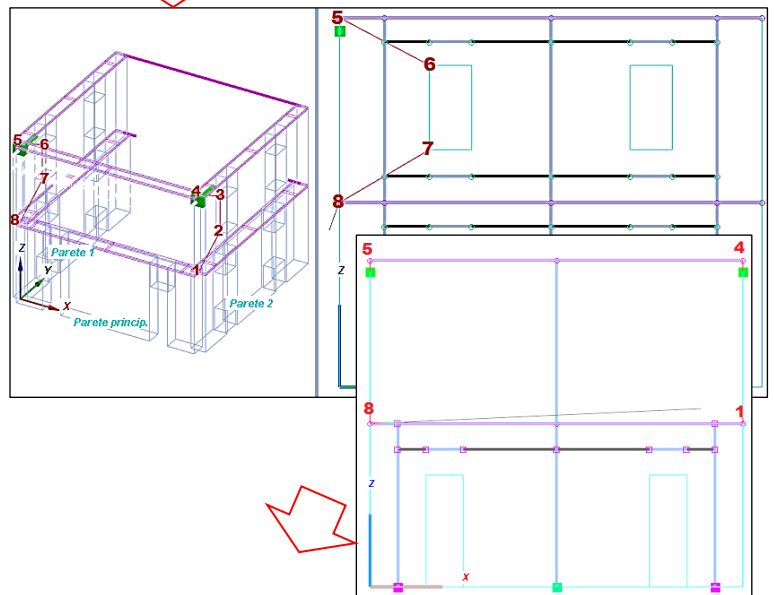
In questa vista il vertice **4** risulta già selezionato quindi cliccare sul vertice **5**.



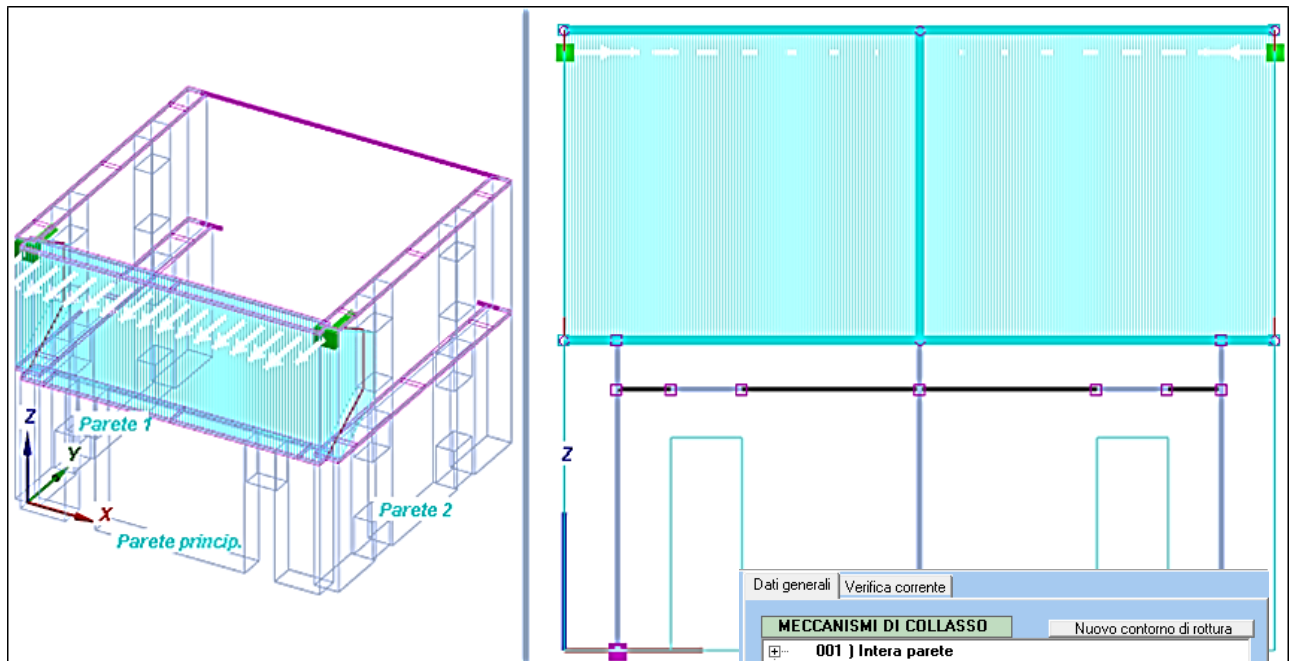
- Cambiare nuovamente vista piana di lavoro per continuare la selezione scegliendo “parete1” nel menu che appare cliccando con il tasto destro



- Continuare quindi la selezione dei vertici proseguendo in ordine: **6 7 8** ed infine tramite un'ultima variazione di cambio di visuale risSelectedionare il vertice **1** per chiudere la funzione.

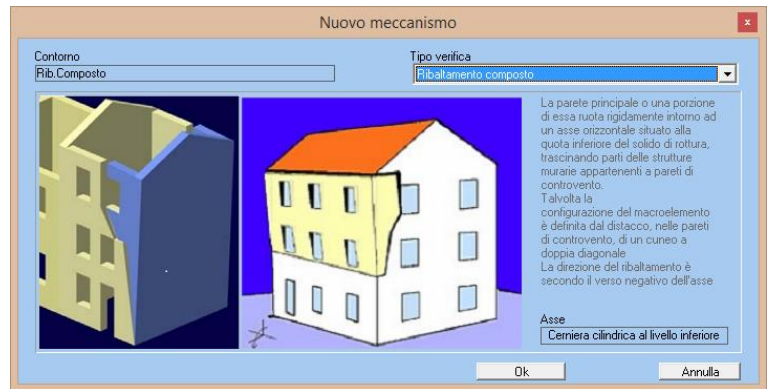


In grafica appare il nuovo contorno di rottura tridimensionale creato:



Occorre ora assegnare il tipo di verifica al cinematismo appena creato: cliccare con il destro sul nome del cinematismo, premere “Nuova verifica” nel nuovo menu.

Il programma propone l'unico meccanismo di rottura possibile per il contorno di rottura creato: un Ribaltamento composto con rotazione intorno ad una cerniera cilindrica al livello inferiore.



Premere "Ok" per assegnare il tipo di verifica.

A questo punto occorre analizzare il cinemismo di collasso per controllare il relativo fattore di sicurezza; premere la linguetta "Verifica corrente" per visualizzare l'analisi dettagliata: fattore di sicurezza > 1, cinemismo stabile.

Dati generali **Verifica corrente**

Contorno: 003 Rib.Composto

Tipo verifica: Ribaltamento composto

Asse di ribaltamento: Cerniera cilindrica al livello inferiore

Caso dei carichi statici: [010] - Quasi Perm. [Quasi Perm.]

Moltiplicatore di collasso: 0.1634 Coeff. sicurezza: 3.28

Domanda sismica (a/g): [0.0498 (SLV)] [0.0530 (SLD)]

Attiv.	Inerz.	Dir.	Descrizione
	Y		Azione da asta A411 al nodo N537
*	Z		Azione da asta A411 al nodo N537
	Y		Azione da asta A413 al nodo N539
	Z		Azione da asta A413 al nodo N539
	Y		Azione da asta A480 al nodo N557
*	Z		Azione da asta A480 al nodo N557
	Y		Azione da asta A482 al nodo N559
	Z		Azione da asta A482 al nodo N559
*	Z		Carico su asta A433 da solaio S2 - pespro
*	Z		Carico su asta A434 da solaio S2 - pespro
*	Z		Carico su asta A433 da solaio S2 - pemport
*	Z		Carico su asta A434 da solaio S2 - pemport
*	Z		Carico su asta A433 da solaio S2 - var
*	Z		Carico su asta A434 da solaio S2 - var
*	Z		peso proprio asta A385
*	Z		peso proprio asta A420
*	Z		peso proprio asta A426
*	Z		peso proprio asta A427
*	Z		peso proprio asta A428
*	Z		peso proprio asta A454
*	Z		Peso maschio murario M60
*	Z		Peso maschio murario M64
*	Z		Peso maschio murario M70
*	Z		peso proprio asta A433
*	Z		peso proprio asta A434
*	Z		peso proprio asta A479
*	Z		peso proprio asta A410
*	X		Azione S1 (Spirita Volta da N1000)
*	Y		Azione S2 (Spirita Volta da N1000)
*	X		Azione S3 (Spirita Volta da N1001)
*	Y		Azione S4 (Spirita Volta da N1001)

CONTORNI DI VERIFICA -> Nuovo

X = 800.926641 Y = 0.000000 Z = 550.463320

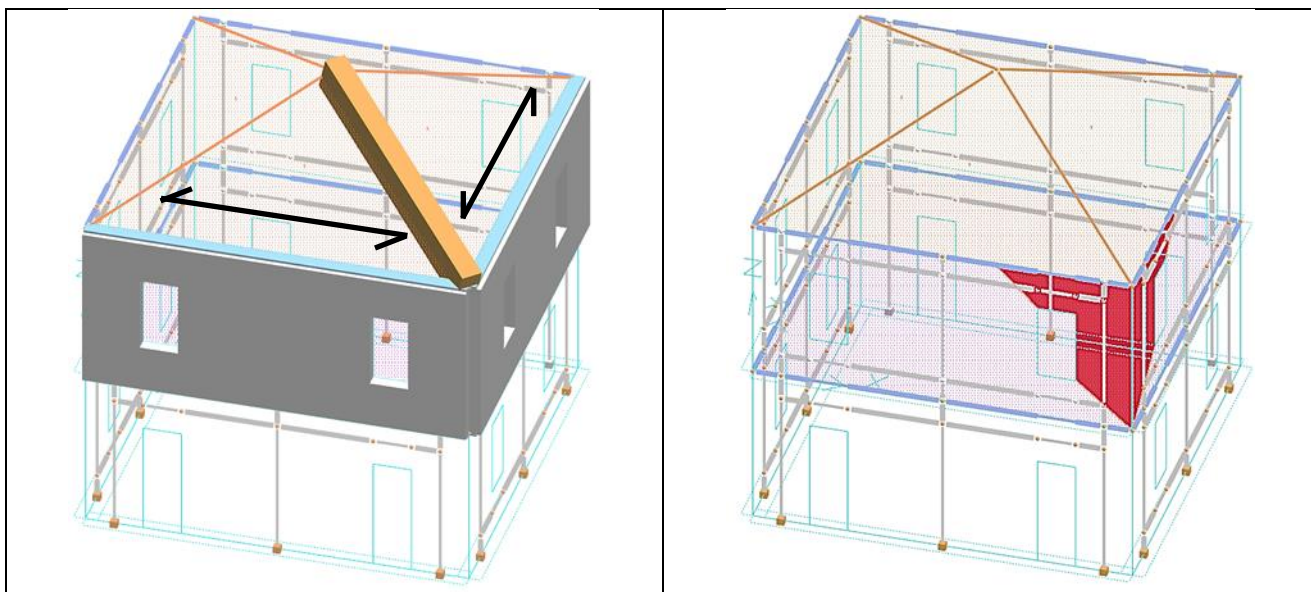
3 - RIBALTAMENTO CANTONALE

“Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di un cuneo di distacco, delimitato da superfici di frattura ad andamento diagonale nelle pareti concorrenti nelle angolate libere, rispetto ad una cerniera posta alla base dello stesso.

Meccanismi di questo tipo sono frequenti in edifici che presentano spinte concentrate in testa ai cantonali dovute in particolar modo ai carichi trasmessi dai puntoni dei tetti a padiglione.

Si suppone che il ribaltamento avvenga nella direzione di spinta del puntone e che il cinematismo sia definito dalla rotazione del macroelemento individuato intorno ad un asse perpendicolare al piano verticale che forma un angolo di 45° con le pareti convergenti nell'angolata e passante per la cerniera suddetta.”
(Schede illustrative meccanismi di collasso – Reluis)

Analizziamo ora un caso in cui sono presenti tutte le condizioni che ci fanno ipotizzare la possibilità che si verifichi questo cinematismo. Siamo in presenza di un tetto a padiglione che scarica direttamente su un cantonale attraverso un puntone in legno generando una spinta orizzontale : la presenza di aperture a lato del cantonale e i segni di fessurazione ci portano ad individuare un possibile contorno di rottura. Il collegamento del solaio del primo piano sembra essere abbastanza efficace, per cui ipotizziamo un contorno che interessa solo la parte superiore dell'edificio.



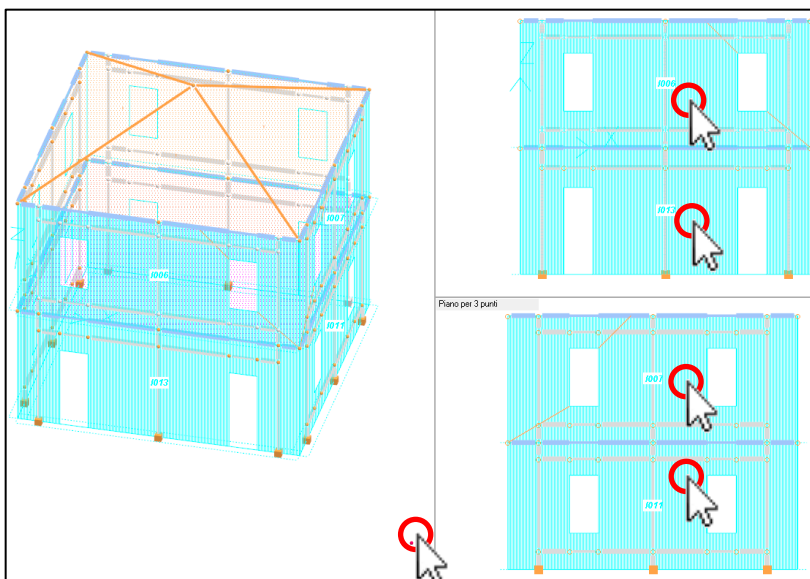
*Di seguito verrà creato ed analizzato solamente il nuovo contorno di rottura; tutte le informazioni sul passaggio dall'ambiente grafico 3D, le spiegazioni delle varie parti del programma, la creazione del nuovo contorno di rottura e la lettura dei risultati sono già spiegati ed evidenziati nel dettaglio nei casi precedentemente analizzati : **1-RIBALTAMENTO SEMPLICE** e **2-RIBALTAMENTO COMPOSTO**.*

- Lanciamo dall'ambiente grafico 3D la verifica del cinematismo locale selezionando le due pareti ortogonali interessate dal possibile cinematismo;

Tramite il comando “Murature → Meccanismi di collasso locali...” avviare il comando nel CAD 3D Struttura.

Preventivamente può essere comodo disegnare già nel 3D la direzione delle discontinuità rilevate o del cinematismo ipotizzato in modo da avere già la traccia da seguire per costruire l'apposito contorno di rottura all'interno del programma “Cinematismi di Collasso”.

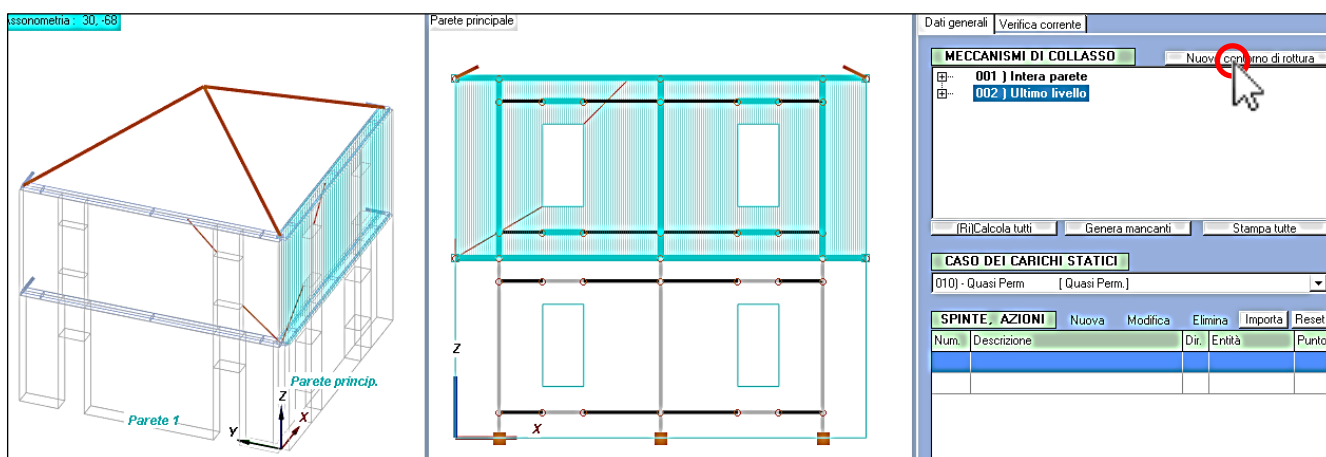
Assegnare il punto esterno e gli interpiani da importare e chiudere la funzione.



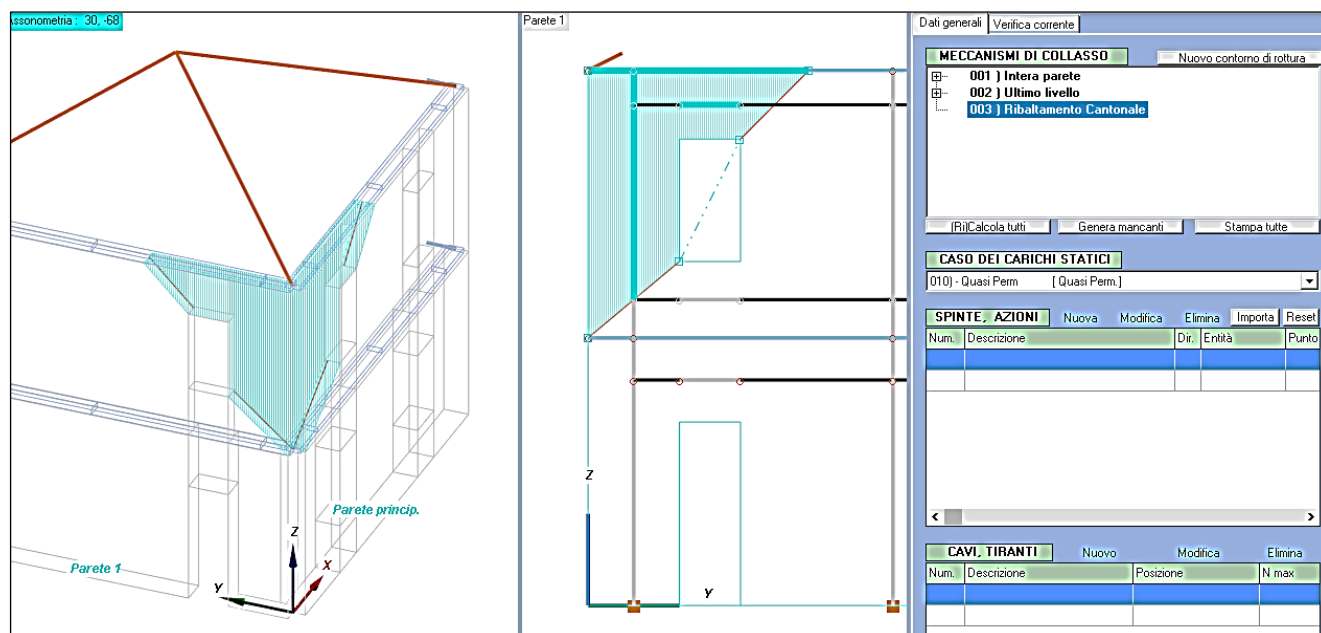
- **Creare il nuovo contorno di rottura;**

Il programma propone come default i meccanismi di collasso di ribaltamento dell'intera parete principale e di ribaltamento dell'ultimo livello; in questo caso non ci interessano e possiamo quindi eliminarli. Per analizzare il ribaltamento del cantonale occorre creare un nuovo contorno di rottura.

Per i dettagli sulla costruzione del nuovo contorno di rottura si rimanda all'esempio precedente: 2- RIBALTAMENTO COMPOSTO .

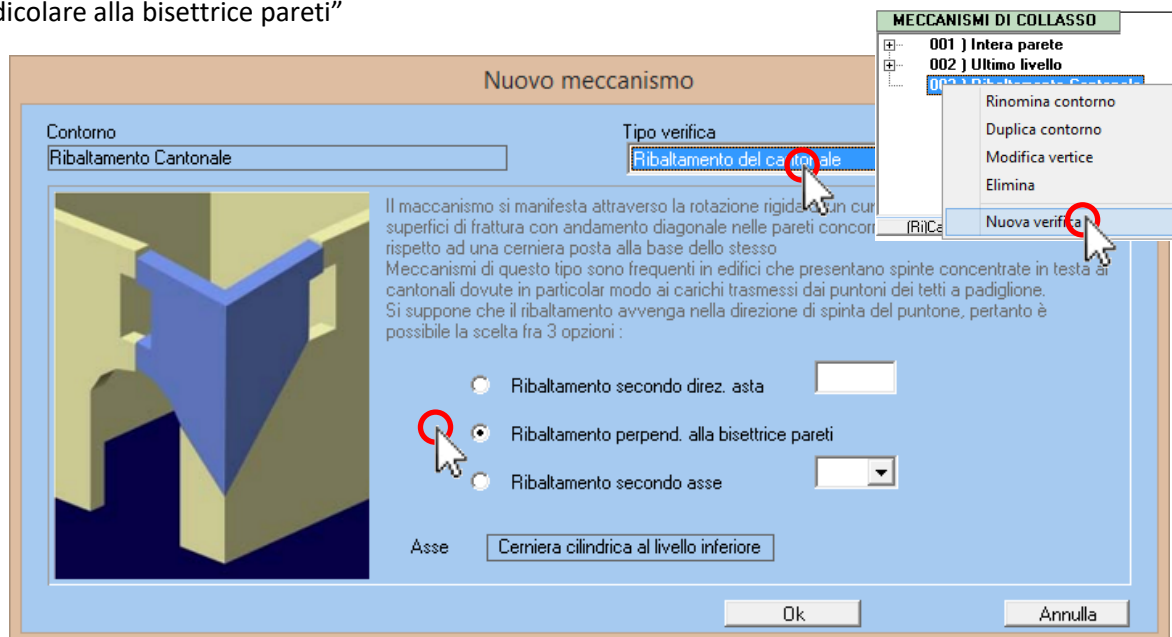


Premere il tasto “Nuovo contorno di rottura” e creare il contorno di rottura del cantonale seguendo eventualmente i segmenti importati dal CAD 3D Struttura.



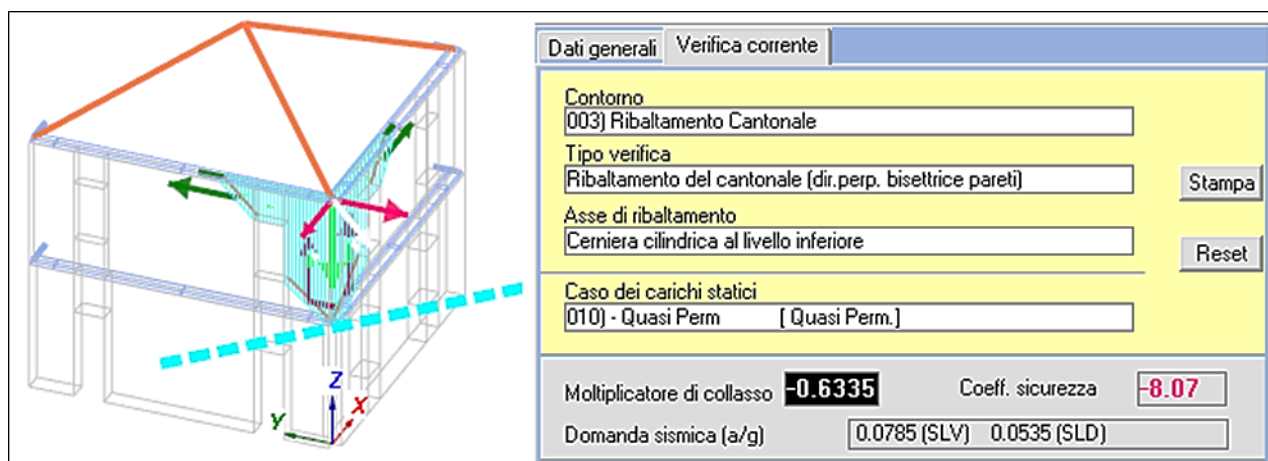
- Assegniamo al nuovo contorno di rottura la verifica di “ribaltamento del cantonale” secondo la bisettrice;

Cliccare con il tasto destro sulla descrizione del cinematismo di collasso appena creato e selezionare “Nuova verifica”. Nel pannello che appare selezionare “Ribaltamento del cantonale” e “Ribaltamento perpendicolare alla bisettrice pareti”

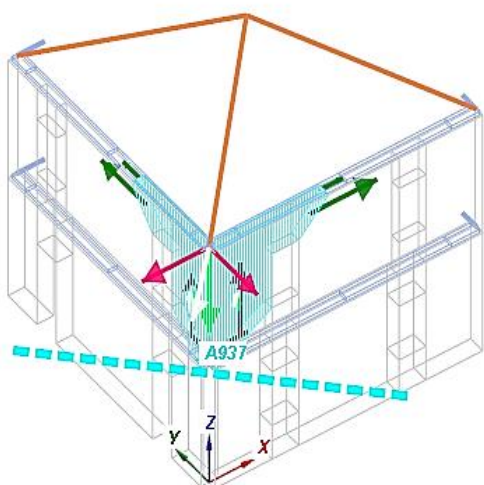


- Eseguire l’analisi del meccanismo di collasso;

Cliccare su “verifica corrente” per visualizzare i dettagli della verifica del cinematismo selezionato;



Il fattore di sicurezza calcolato dal programma è negativo, il che non è realistico, perché, come già visto in precedenza, le azioni ribaltanti dovrebbero essere maggiori di quelle stabilizzanti già in assenza di sisma. Rileggiamo i vari contributi per controllare che le azioni generate sul solido di rottura siano state correttamente interpretate dal programma e quindi correttamente poste attive o disattive già in automatico.



Sia nella tabella che nelle viste, i colori ci aiutano a capire come il programma ha interpretato quanto ha letto dalla struttura calcolata nell'ambiente di analisi sollecitazioni:

■ verde chiaro brillante: azione a favore di stabilità, attiva (es. il peso stesso della trave del tetto)

■ verde scuro opaco: azione che sarebbe a favore di stabilità, ma disattiva. Ad es. le azioni delle aste nella sezione di intersezione col contorno, che rappresentano la coesione del materiale e tendono a trattenere il cantonale, vengono create ma non prese in conto nella verifica, in quanto si ammette che non possano trasmettersi attraverso il contorno di rottura.

■ rosso brillante: azione statica a sfavore di stabilità, attiva: ad es. la spinta orizzontale della trave del tetto, scissa nelle sue componenti secondo gli assi principali

■ rosso scuro opaco: azione statica a sfavore di stabilità, ma non presa in conto ai fini della verifica: ad es. ancora le azioni

delle aste nella sezione di intersezione col contorno quando sono dirette verso l'alto, e tendono quindi a sollevare il cantonale.

□ bianche: le azioni attive dirette verso il basso sono state interpretate come pesi, e quindi "girate" nella direzione del ribaltamento, per essere affette dal moltiplicatore λ incognito.

Tra le azioni verde scuro, non prese in conto ai fini della verifica, ci sono anche gli sforzi di trazione del cordolo, che tendono a trattenere il cantonale: il cordolo in realtà esiste, e contribuisce alla stabilità della struttura. Lasciamo però disattive queste azioni, perché vogliamo inserire non lo sforzo di trazione del cordolo nel caso Quasi Permanente, ma il massimo valore di trazione che può fornire.

Ammettiamo che il cordolo contenga 4 ϕ 12 di FeB44k : abbiamo un

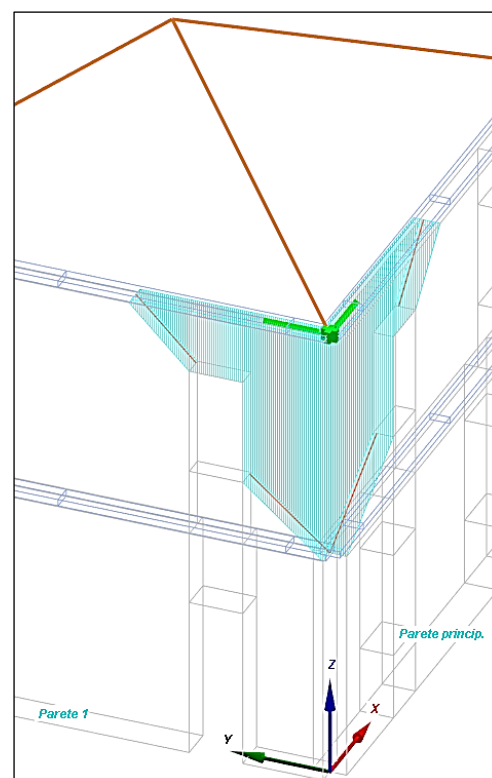
$$N_d = 4400 * 4 * 1.13 / (1.15 * 1.35) \text{ daN} = 12\,810 \text{ daN}$$

- Inseriamo il cordolo schematizzato come 2 tiranti;

Inseriamo due tiranti nello stesso punto ma ortogonali tra di loro; il tasto “Nuovo” in “CAVI, TIRANTI” ci consente di inserire due tiranti nel punto di appoggio puntone/muratura, ortogonali uno alla “parete principale” e l’altro alla “parete 1” e con massima tensione di rottura 12800 daN.

CAVI, TIRANTI			
	Nuovo	Modifica	Elimina
Num.	Descrizione	Posizione	N max
001	cordolo su parete 1	0.0 , 0.0, 700.0	12800.0
002	cordolo su parete princ.	0.0 , 0.0, 700.0	12800.0
<div> <div></div> <div></div> </div>			

La presenza del cordolo ha radicalmente mutato la situazione ed ora la verifica è soddisfatta senza necessità di ulteriori interventi



Dati generali	Verifica corrente
Contorno 001) cantonale	
Tipo verifica Ribaltamento del cantonale (dir.perp. bisettrice pareti)	
Asse di ribaltamento Cerniera cilindrica al livello inferiore	
Caso dei carichi statici 010) - Quasi Perm [Quasi Perm.]	
<div> <div>Moltiplicatore di collasso</div> <div>0.6620</div> <div>Coeff. sicurezza</div> <div>8.43</div> </div>	
Domanda sismica (a/g) <div> 0.0785 (SLV) 0.0535 (SLD) </div>	

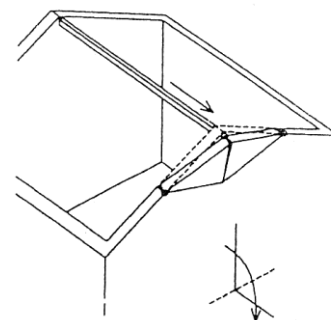
4 - RIBALTAMENTO DEL TIMPANO

“Lo sfondamento della parete del timpano attiva un meccanismo di flessione orizzontale caratterizzato dall’individuazione di macroelementi cuneiformi che ruotano attorno a cerniere cilindriche oblique

Il meccanismo in questione è associato all’assenza di collegamenti adeguati tra la struttura muraria del timpano e la copertura che poggia su questa;



è provocato dall’azione ciclica di martellamento della trave di colmo che determina la formazione dei macroelementi di distacco e la conseguente rotazione degli stessi attorno alle cerniere oblique. Una condizione che favorisce l’innescarsi del meccanismo è la presenza di una trave di colmo di notevoli dimensioni che, in fase sismica, trasmette una elevata spinta alla parete determinando l’instaurarsi delle condizioni di instabilità”.



[...]

*“se la struttura da esaminare ha già subito gli effetti di un sisma si può giungere agevolmente alla definizione dello schema di calcolo a cui fare riferimento attraverso la lettura del quadro dei dissesti rilevati. Quando invece la struttura risulta integra ma le **condizioni di assenza di collegamento della parete del timpano alla copertura** e la **presenza di travi di colmo di notevoli dimensioni** fanno supporre la possibilità di attivazione di un meccanismo di questo tipo, bisogna ipotizzare diverse geometrie dei macroelementi e valutare il minore tra i moltiplicatori di collasso corrispondenti.”*

Tratto da “Protocollo di Progettazione per la Realizzazione degli Interventi di Ricostruzione Post-Sisma sugli Edifici Privati [Regione Molise]”

Come evidenziato dal documento redatto dalla Regione Molise tale cinematismo può verificarsi in apposite condizioni quindi nell’analisi puntuale di una struttura non è sempre necessario cercare tale cinematismo.

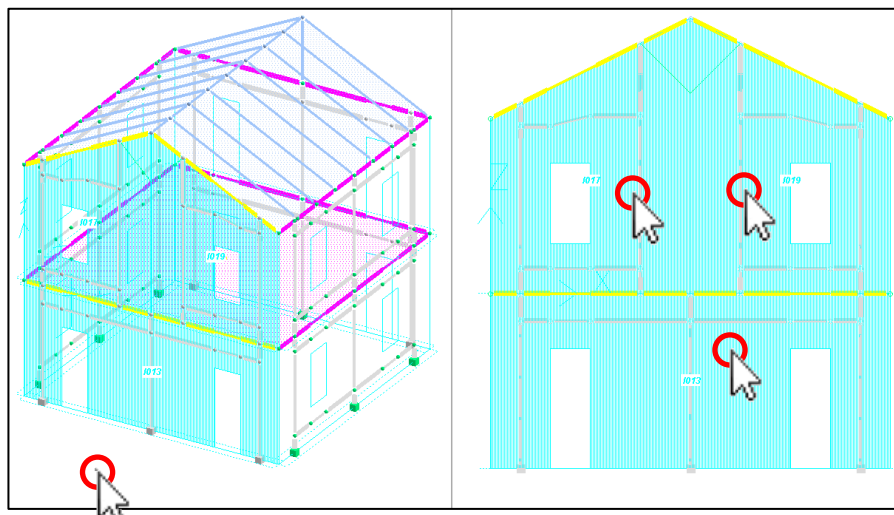
*Di seguito verrà creato ed analizzato solamente il nuovo contorno di rottura; tutte le informazioni sul passaggio dall’ambiente grafico 3D, le spiegazioni delle varie parti del programma, la creazione del nuovo contorno di rottura e la lettura dei risultati sono già spiegati ed evidenziati nel dettaglio nel casi precedentemente analizzati : **1-RIBALTAMENTO SEMPLICE** e **2-RIBALTAMENTO COMPOSTO**.*

- **Lanciamo dall’ambiente grafico 3D la verifica del cinematismo locale selezionando la parete interessata dal possibile cinematismo;**

Tramite il comando “Murature → Meccanismi di collasso locali...” avviare il comando nel CAD 3D Struttura.

Assegnare il punto esterno e gli interpiani da importare e chiudere la funzione.

Preventivamente può essere comodo disegnare già nel 3D la direzione delle discontinuità rilevate o del cinematismo ipotizzato in modo da avere già la traccia da seguire per costruire l'apposito contorno di rottura all'interno del programma "Cinematismi di Collasso".

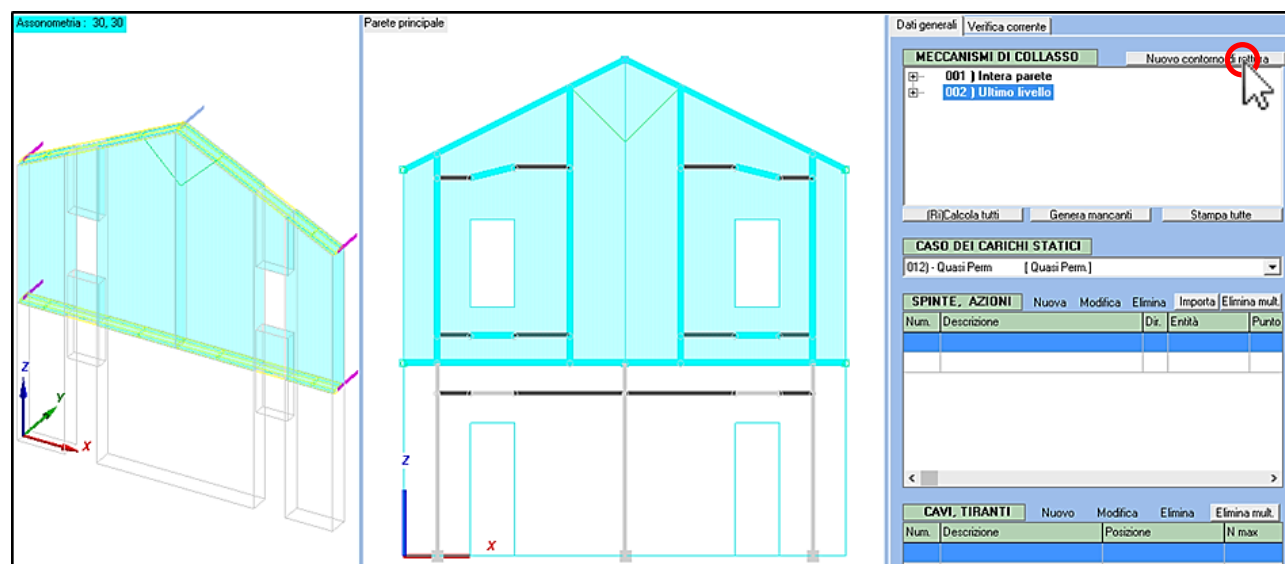


- **Creare il nuovo contorno di rottura;**

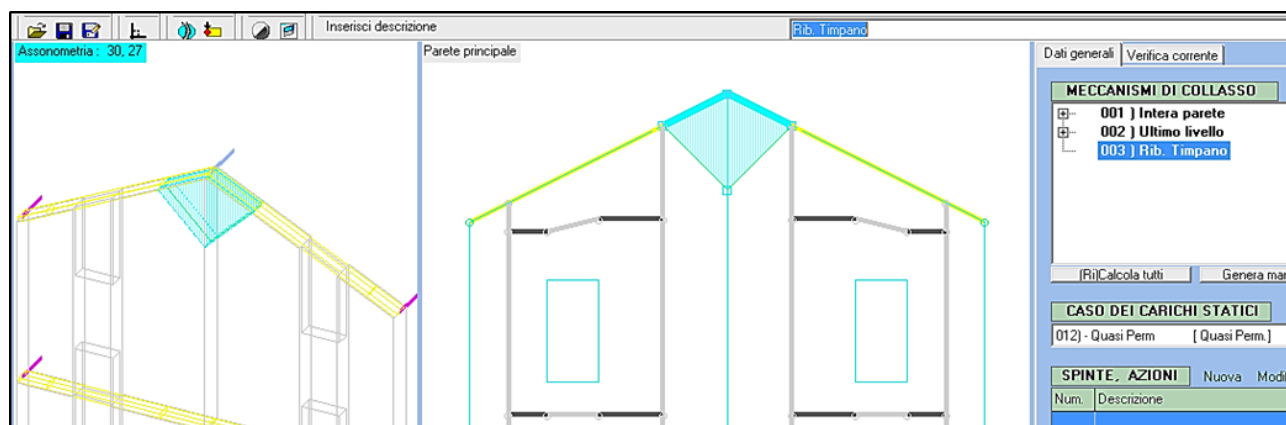
Il programma propone come default i meccanismi di collasso di ribaltamento dell'intera parete principale e di ribaltamento dell'ultimo livello; in questo caso non ci interessano e possiamo quindi eliminarli.

Per analizzare il ribaltamento del timpano occorre creare un nuovo contorno di rottura.

Per i dettagli sulla costruzione del nuovo contorno di rottura si rimanda all'esempio precedente: **2- RIBALTAMENTO COMPOSTO**.

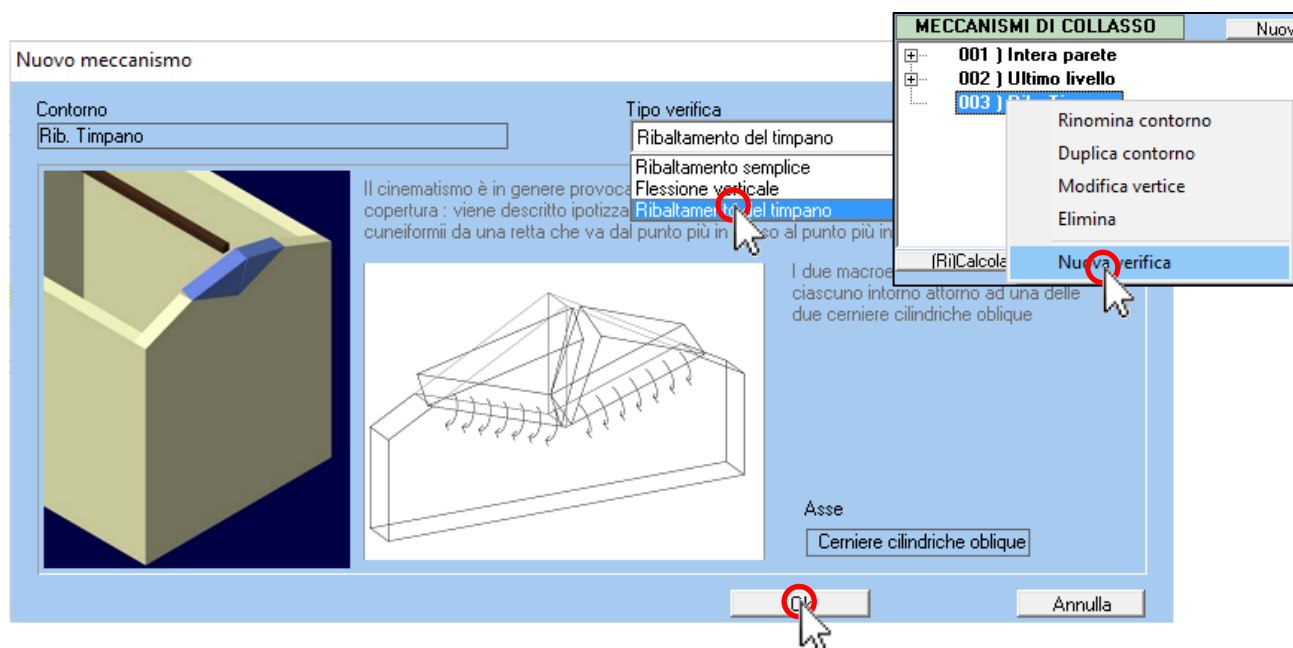


Premere il tasto "Nuovo contorno di rottura" e creare il contorno di rottura del cantonale seguendo eventualmente i segmenti importati dal CAD 3D Struttura.



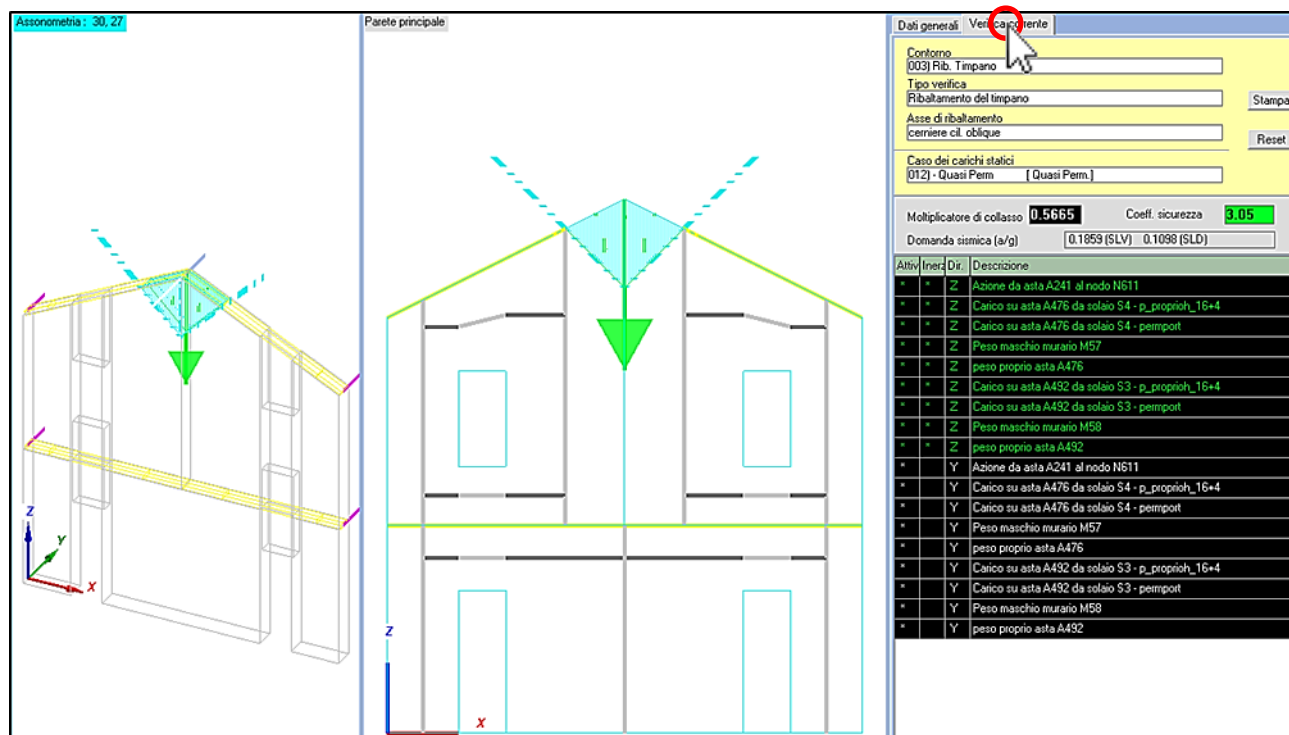
- Assegniamo al nuovo contorno di rottura la verifica di “ribaltamento del timpano” secondo cerniere cilindriche oblique;

Cliccare con il tasto destro sulla descrizione del cinematismo di collasso appena creato e selezionare “Nuova verifica”. Nel pannello che appare selezionare “Ribaltamento del timpano” e premere OK.



- Eseguire l’analisi del meccanismo di collasso;

Cliccare su “verifica corrente” per visualizzare i dettagli della verifica del cinematismo selezionato;



Il fattore di sicurezza calcolato dal programma è maggiore di "1" quindi il cinematismo locale risulta stabile.

Dati generali Verifica corrente

Contorno
003) Rib. Timpano

Tipo verifica
Ribaltamento del timpano

Asse di ribaltamento
cerniere cil. oblique

Caso dei carichi statici
012) - Quasi Perm [Quasi Perm.]

Moltiplicatore di collasso **0.5665** Coeff. sicurezza **3.05**

Domanda sismica (a/g) 0.1859 (SLV) 0.1098 (SLD)

5 – FLESSIONE VERTICALE

6 – FLESSIONE ORIZZONTALE NON CONFINATA

Tutorial presto disponibili