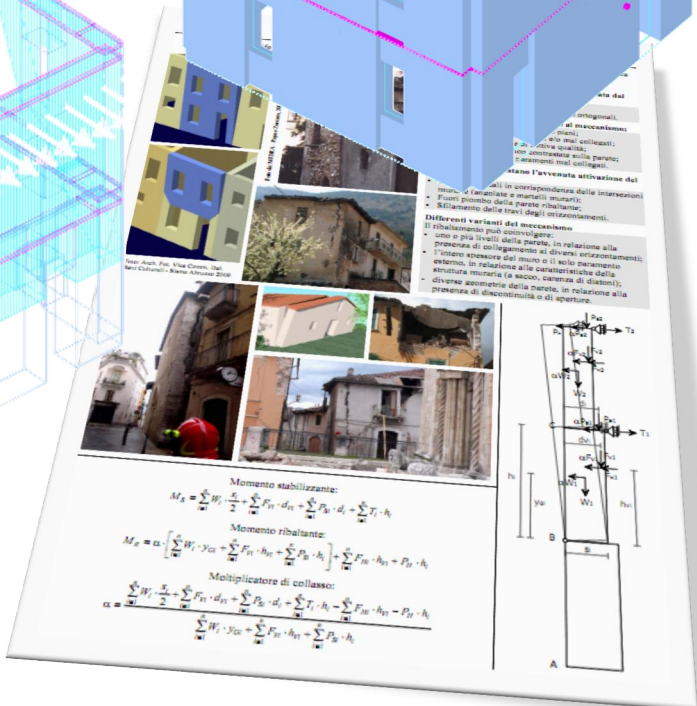


Applicazioni Pratiche

Verifiche di cinematici locali di collasso in un edificio in muratura ordinaria secondo NTC 2008



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 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;**
- 2. Ribaltamento composto;**
- 3. Flessione verticale;**
- 4. Ribaltamento del cantonale;**
- 5. Ribaltamento del timpano;**
- 6. Flessione orizzontale non confinata;**

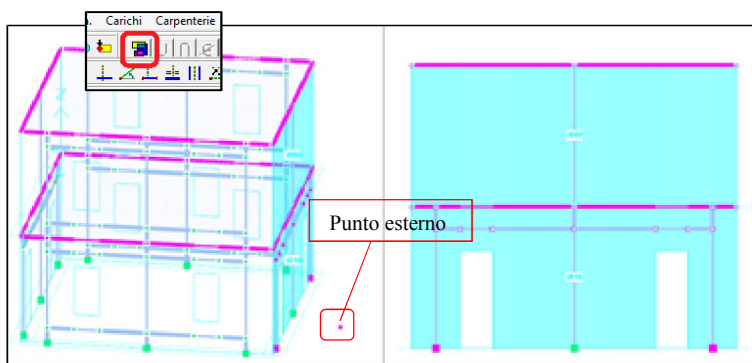
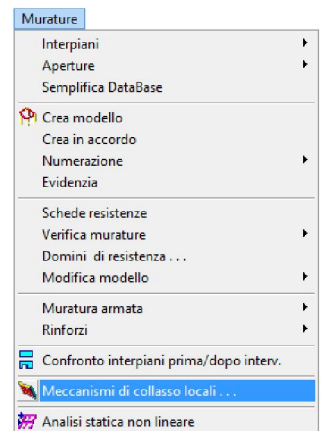
Il programma “Cinematismi Collasso” non è interamente autonomo e deve essere lanciato dall'ambiente grafico Cad3D Struttura; una volta impostato un progetto, è possibile salvarne lo stato di avanzamento in un file di formato *.mcl, per poi successivamente riaprirlo e modificarlo partendo direttamente dal menù principale di DOLMEN: va tenuto presente però che anche il formato *.mcl non è autonomo, ma si appoggia alle altre informazioni contenute nella cartella di lavoro.

1 – RIBALTAMENTO SEMPLICE

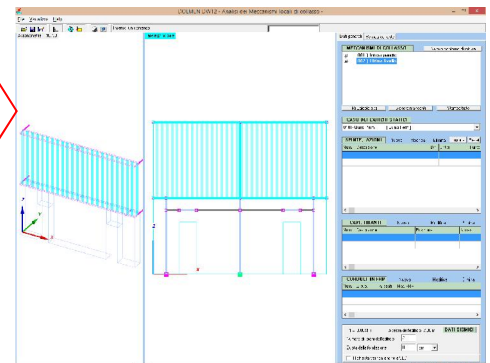
- Impostiamo il progetto chiedendo la verifica locale di una intera parete nel Cad3D struttura;

Con il comando “Murature → Meccanismi di collasso locali...” impostiamo il progetto nel Cad3D struttura.

Il comando richiede dapprima delle coordinate “per definire il lato verso l'esterno”: ci chiede cioè di individuare un punto esterno alla struttura, che ha lo scopo di individuare la facciata esterna della parete che stiamo per selezionare, e quindi la direzione del ribaltamento. Successivamente, attiviamo il “comando selezione multipla” e selezioniamo tutti gli interpiani della parete: poi chiudiamo la funzione di selezione riprendendo il tasto di selezione multipla. Fatto questo, si avvierà automaticamente l'analisi del cinematismo locale.



[Cad3D Struttura]



[Cinematismi di Collasso]

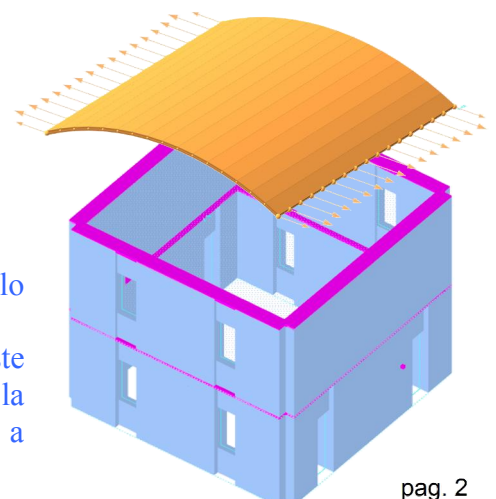
All'avvio il programma propone già due possibili meccanismi di collasso, in quanto i più frequenti nella pratica progettuale, ovvero il ribaltamento dell'ultimo piano e quello dell'intera parete. Ovviamente questi meccanismi sono oggetto di analisi se esistono nella realtà fisica i presupposti che li rendono possibili: in questo caso stiamo ad esempio studiando un edificio dove non sono presenti cordoli ai piani, le intersezioni murarie sono di cattiva qualità, gli orizzontamenti sono deformabili e all'ultimo piano è presente una volta spingente e quindi i meccanismi creati in automatico sono proprio quelli che ci interessa verificare.

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

Sulla parete che stiamo esaminando si scaricano le azioni orizzontali di una volta a botte.

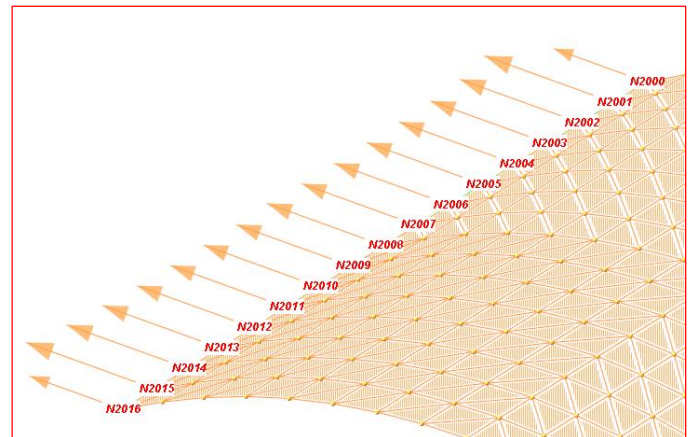
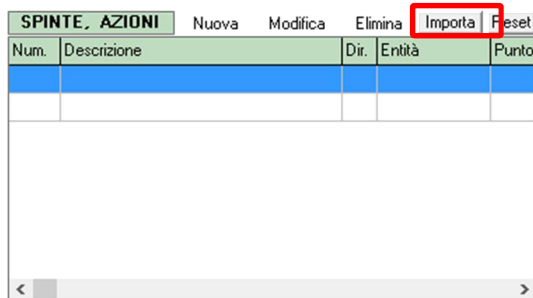
Quando abbiamo realizzato il modello tridimensionale della struttura a telaio per studiarla come scatola muraria, abbiamo schematizzato questa volta a botte semplicemente come carico verticale, e precisamente come un carico di solaio: abbiamo completamente trascurato le azioni orizzontali della volta, che sarebbero state comunque riprese dalle aste del modello avente funzione di cordolo, senza effetto sulle verifiche.

In questo ambiente studiamo invece proprio l'effetto di queste spinte orizzontali. Per meglio valutarle abbiamo schematizzato la volta in un altro lavoro DOLMEN, soggetta al peso proprio e a

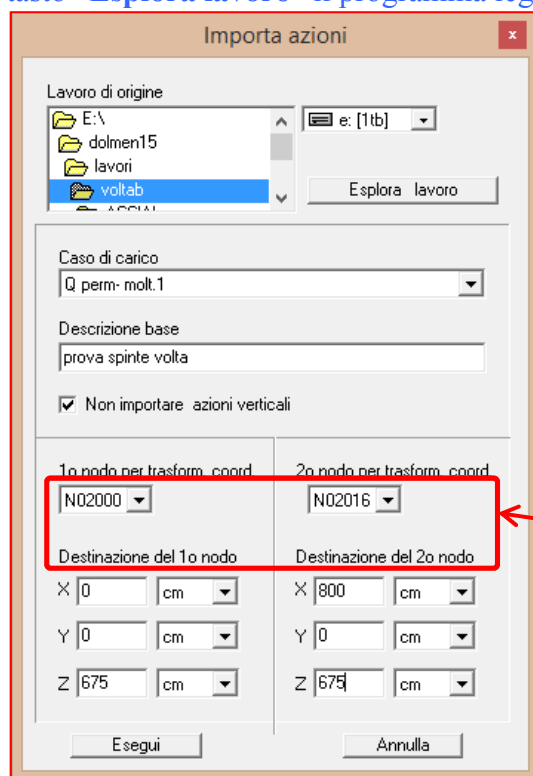


carichi del caso quasi permanente: abbiamo vincolato la volta lungo i lati che si scaricano sul muro, e adesso vogliamo importare la componente orizzontale delle sue reazioni vincolari: la componente verticale è già presente nel telaio come carico di solaio.

Utilizziamo quindi il tasto “**Importa**” presente nel riquadro “SPINTE, AZIONI” : il tasto apre un pannello dedicato a questa operazione.



Come prima cosa occorre selezionare il lavoro contenente il modello della volta : premendo poi il tasto “**Esplora lavoro**” il programma legge i dati contenuti nel lavoro selezionato.



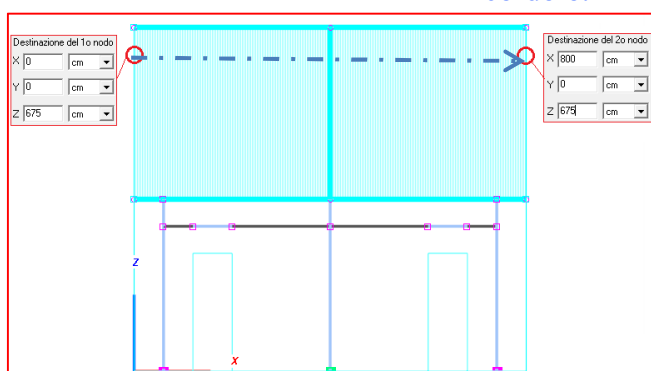
Il programma ci propone dei casi di carico, tra i quali selezioniamo quello dal quale importare le reazioni vincolari.

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

Diamo una “Descrizione base” che ci servirà per riconoscere le azioni così generate nei calcoli successivi e nella relazione di calcolo.

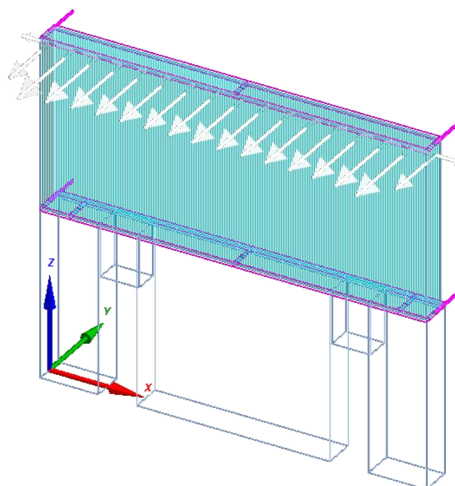
Dobbiamo ora definire una legge di trasformazione delle coordinate che ci porti ad “incollare” i nodi della volta sulla parete che ci interessa.

Come nodi per trasformazione coordinate prendiamo il nodo iniziale ed il nodo finale della serie di nodi costituenti l'appoggio della volta : “incolliamo” il nodo N2000 nel punto della parete che in questo programma ha coordinate (0, 0, 675) e il nodo N2016 nel punto di coordinate (800, 0, 675). In questo modo abbiamo potuto assegnare come quota Z dell'azione della volta una quota lievemente più in basso della quota del cordolo.



A questo punto il tasto “Esegui” importa queste azioni nella tabella delle SPINTE, e noi le vediamo rappresentate sulla struttura

SPINTE, AZIONI					Nuova	Modifica	Elimina	Importa	Reset
Num.	Descrizione	Dir.	Entità	Pu					
001	prova spinte volta da N2000	X	-233.3	0					
002	prova spinte volta da N2000	Y	-585.4	0					
003	prova spinte volta da N2001	X	-146.1	50					
004	prova spinte volta da N2001	Y	-818.3	50					
005	prova spinte volta da N2002	X	-114.8	10					
006	prova spinte volta da N2002	Y	-766.5	10					
007	prova spinte volta da N2003	X	-89.2	15					
008	prova spinte volta da N2003	Y	-745.7	15					



- Definizione della verifica che intendiamo effettuare;

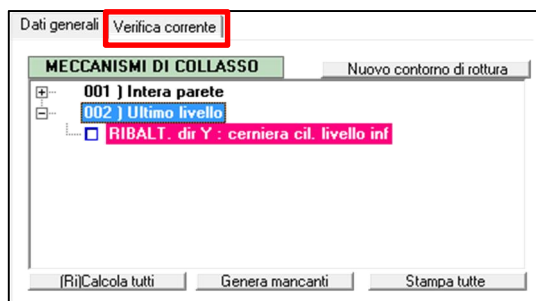
Nel riquadro MECCANISMI DI COLLASSO il programma ha già predisposto due possibili corpi rigidi oggetto di verifica:

- 001) Intera parete
- 002) Ultimo livello

In questo caso sono effettivamente quelli che ci interessano.

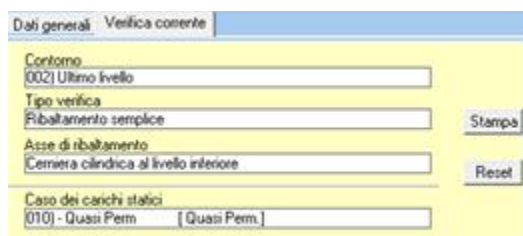
Altrimenti potremmo usare il tasto “Nuovo contorno di rottura” per ritagliare altri possibili solidi oggetto di verifica : cliccando col tasto destro sul contorno “002) ultimo livello”, il menù che si apre ci consentirebbe di definire una “Nuova verifica” per quel solido.

La verifica che ci interessa, “Ribaltamento semplice”, è comunque già stata creata in automatico per ambedue i contorni di rottura. Evidenziamo uno dei meccanismi di collasso così creati, per studiarlo in dettaglio



Premiamo la linguetta “Verifica corrente” per accedere alla pagina dedicata all’analisi della verifica corrente. Ci troviamo ora in un nuovo ambiente, dove vengono presentati tutti i dati caratterizzanti il cinematismo in esame.

Nel riquadro a sfondo giallo sono riassunti i dati principali:



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

Moltiplicatore di collasso -0.4287 ← Coeff. sicurezza -8.61			
Domanda sismica (a/g) 0.0498 (SLV) 0.0530 (SLD)			
Attiv/Inerz	Dir.	Descrizione	
*	Z	Azione da asta A385 al nodo N575	
*	Z	Azione da asta A454 al nodo N594	
	X	Azione da asta A417 al nodo N614	
	Z	Azione da asta A417 al nodo N614	
	Z	Azione da asta A422 al nodo N519	
	X	Azione da asta A429 al nodo N619	
	Z	Azione da asta A429 al nodo N619	
	Z	Azione da asta A479 al nodo N131	
	Z	Azione da asta A410 al nodo N241	
*	*	Carico su asta A433 da solaio S2 - peso	
*	*	Carico su asta A434 da solaio S2 - peso	
*	*	Carico su asta A433 da solaio S2 - perimetro	
*	*	Carico su asta A434 da solaio S2 - perimetro	
*	*	Carico su asta A433 da solaio S2 - var	
*	*	Carico su asta A434 da solaio S2 - var	
*		peso proprio asta A420	
*		peso proprio asta A426	
*		peso proprio asta A427	
*		peso proprio asta A428	
*		Peso marchio murario M64	
*	*	peso proprio asta A433	
*	*	peso proprio asta A434	
*	X	Azione S1 (prova spinte volta da N2000)	
*	Y	Azione S2 (prova spinte volta da N2000)	
*	X	Azione S3 (prova spinte volta da N2001)	
*	Y	Azione S4 (prova spinte volta da N2001)	
*	X	Azione S5 (prova spinte volta da N2002)	
*	Y	Azione S6 (prova spinte volta da N2002)	
*	X	Azione S7 (prova spinte volta da N2003)	
*	Y	Azione S8 (prova spinte volta da N2003)	
*	X	Azione S9 (prova spinte volta da N2004)	

Nella sezione centrale viene mostrato il moltiplicatore di collasso λ calcolato per questo cinematisma ed il relativo fattore di sicurezza.

La tabella che segue la sezione centrale riassume tutte le azioni che hanno portato a questo risultato, così come sono state generate in automatico.

Il programma ha “ritagliato” la parete oggetto di verifica all’interno del modello calcolato nel CAD3D Struttura : in questo modo ha creato le azioni corrispondenti ai pesi e ai carichi degli oggetti strutturali facenti parte della parete.

Ha poi creato delle azioni uguali e contrarie alle sollecitazioni degli elementi intercettati dal contorno del solido : queste azioni in generale nascono “disattivate”, cioè da non considerare ai fini della verifica (ad es. la azioni provenienti dai cordoli delle pareti ortogonali : se sto analizzando questo tipo di cinematisma, è probabile che i cordoli in realtà non esistano e siano stati inseriti nel 3D per ripartire i carichi di solaio, e che i collegamenti con le pareti ortogonali lascino a desiderare).

Altre azioni nascono invece “attive” , e sono quelle dovute ai carichi gravitazionali delle parti della struttura sovrastanti il contorno di rottura : il programma riconosce queste azioni in quanto carichi verticali diretti

verso il basso, e le considera “inerziali”, ovvero azioni che al momento del sisma producono forze di inerzia : un esempio è il carico di solaio corrispondente al peso della volta stessa.

Per avere informazioni su una qualunque delle azioni della tabella posso cliccarla col tasto sinistro e leggere tutti i dati relativi all’azione stessa : col menù che si apre cliccando col tasto destro posso attivare /disattivare l’azione, ed eventualmente (se in direzione Z negativo) scegliere se dia luogo o meno a forze d’inerzia.

In questo caso il cinematisma di collasso è particolarmente semplice e quindi non notiamo modifiche da apportare a quanto generato in automatico.

Tuttavia la verifica non è soddisfatta, ma non solo, il moltiplicatore λ ed il relativo fattore di sicurezza hanno **valore negativo!**

In un caso particolarmente semplice come questo, lo studio del cinematisma si traduce in una semplice equazione di equilibrio al ribaltamento, per la quale

$$M_S - M_R - \lambda M(I) = 0 \quad \text{ovvero}$$

$$\lambda = (M_S - M_R) / M(I)$$

dove M_S ed M_R sono rispettivamente i momenti delle azioni stabilizzanti e ribaltanti, ed $M(I)$ il momento delle forze d’inerzie dovute al sisma.

Il moltiplicatore di collasso negativo rappresenta cioè una situazione per la quale il momento delle forze stabilizzanti, in assenza di sisma, è minore di quello delle forze ribaltanti : la struttura in esame dovrebbe essere già crollata ..

Questo risultato non è realistico e probabilmente stiamo trascurando qualcosa, ad esempio delle catene ormai nascoste da intonaco.

Ad un esame più approfondito della struttura ci accorgiamo della presenza di catene al livello dell'orizzontamento, cioè quello del cordolo nel modello 3D.

- **Aggiungiamo i due tiranti;**

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

Ci viene richiesta nella barra di prompt in alto una **descrizione** che ci consenta di riconoscere il tirante nelle tabelle e in relazione di calcolo

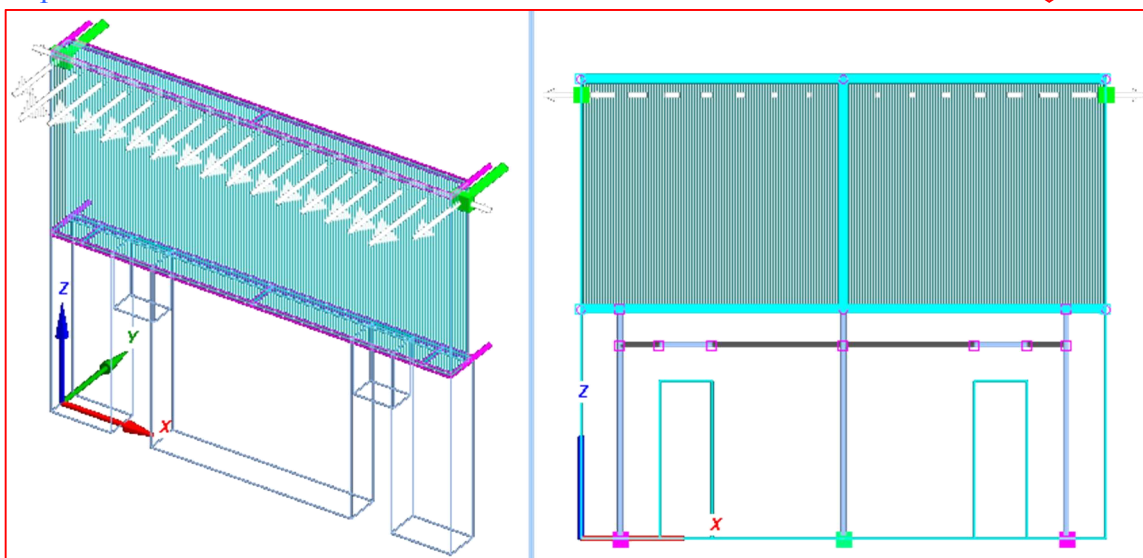
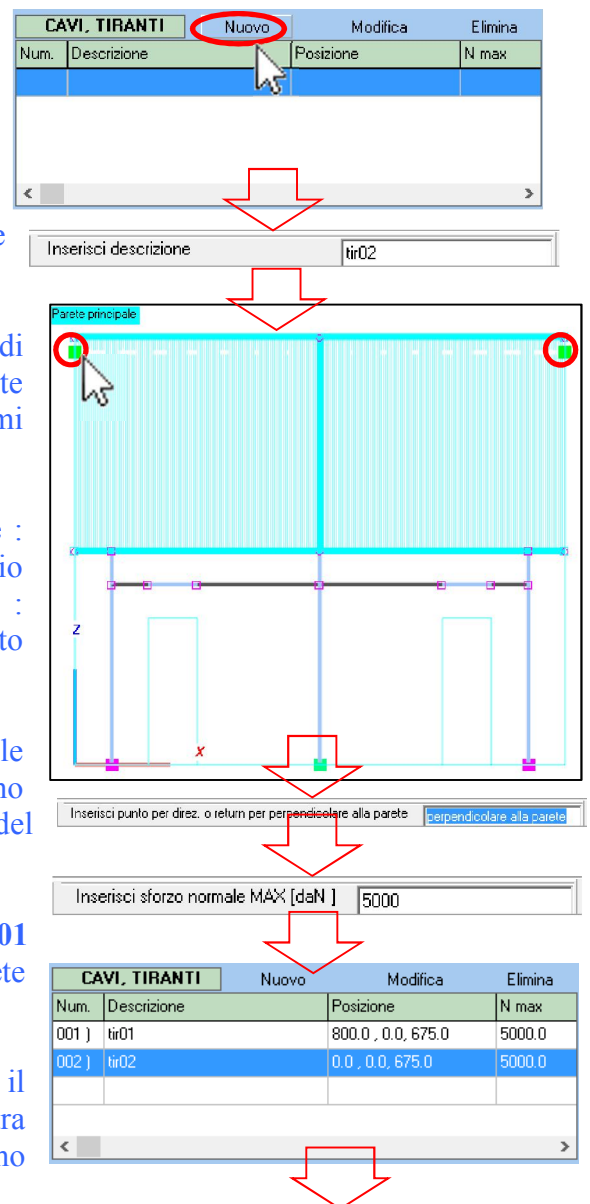
Inserita la descrizione occorre **inserire il punto** di applicazione del tirante cliccando con il mouse sulla parete principale (selezioniamo uno dei due punti estremi dell'appoggio della volta).

Occorre ora definire la direzione dello sforzo nel tirante : se questo è **perpendicolare alla parete**, premiamo invio per confermare quanto ci propone il programma : altrimenti è possibile specificare la direzione. In questo caso il tirante è perpendicolare alla parete.

Infine inseriamo il valore ultimo dello sforzo normale offerto dal tirante nell'unità di misura che abbiamo impostato per le forze nel pannello “DATI GENERALI” del menù di DOLMEN: in questo caso 5000 daN.

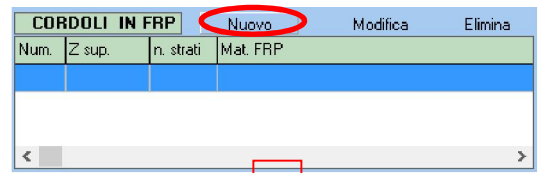
Ripetiamo l'operazione applicando quindi due tiranti, **tir01** e **tir02**, perpendicolari alla parete alle estremità della parete principale alla quota dello scarico della volta.

Tornando in “Verifica Corrente” constatiamo che ora il fattore di sicurezza non è più negativo : tuttavia la struttura non è ancora verificata nei confronti del sisma e dobbiamo predisporre un intervento di rinforzo.



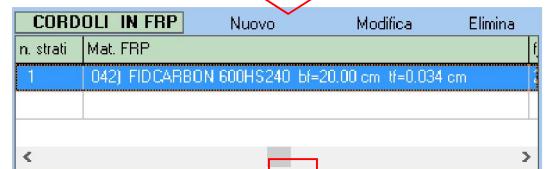
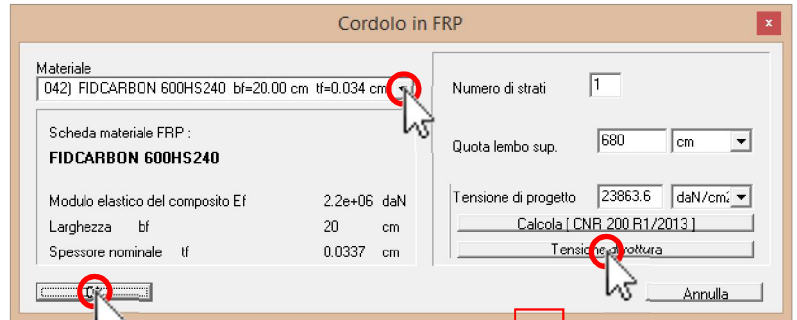
- **Inserimento cordolo in FRP a quota tiranti;**

Nella pagina “Dati generali” utilizziamo il tasto “Nuovo” del pannello “CORDOLI IN FRP” : vediamo comparire la finestra per inserimento dei dati relativi al cordolo in FRP.

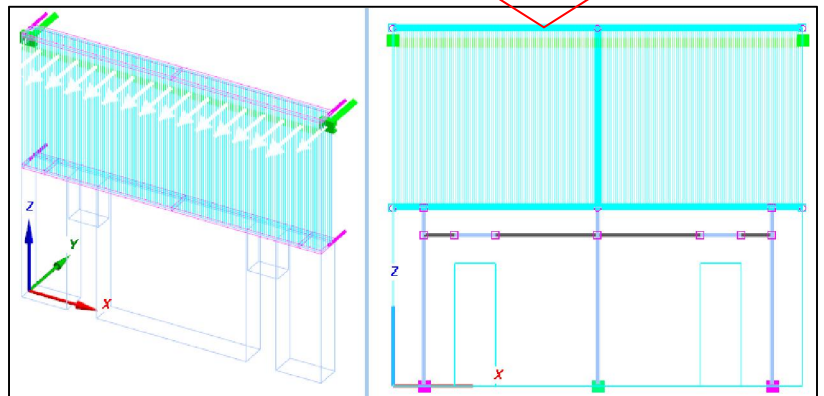


Come prima cosa occorre selezionare il **materiale** del cordolo che si andrà a creare; viene già proposto un ampio database di prodotti presenti sul mercato nazionale, tuttavia è possibile creare il materiale voluto nell'apposita sezione del menu dedicato all'analisi delle murature all'interno del Cad3D struttura.

In questo esempio selezioniamo 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 l'effetto di delaminazione calcolato secondo le CNR.

- *Tensione di rottura*: si utilizza tale opzione quando si è sicuri di riuscire ad eseguire una sovrapposizione completa del cordolo;
- *Calcola (CNR 200 R1/2013)*: se non è possibile realizzare una sovrapposizione completa, il tasto “Calcola” mi consente di valutare la tensione di delaminazione, ovvero la tensione di distacco dal supporto, in base alle CNR 200 R1/o.

In questo esempio immaginiamo che sia realizzabile la cerchiatura completa con adeguata sovrapposizione e quindi inseriamo la tensione di rottura.

Ora la verifica è pienamente soddisfatta.

- **Stampa dei risultati;**

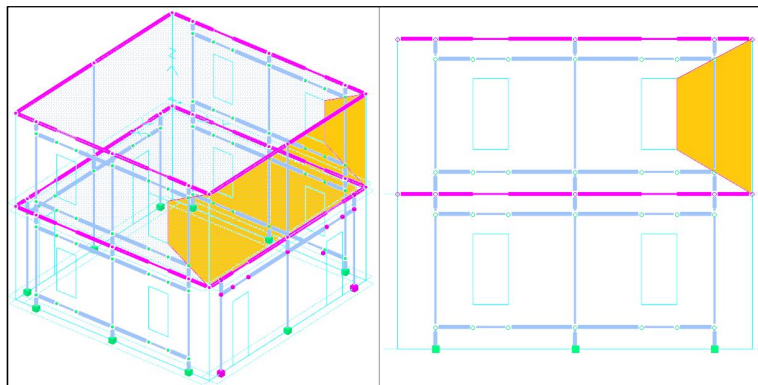
Il tasto “Stampa” della pagina “Verifica corrente” è da interpretarsi come una stampa di lavoro comoda in fase di esame delle singole azioni che concorrono alla verifica del cinematismo.

Per ottenere la relazione di calcolo del cinematismo conviene utilizzare il tasto “Stampa Tutte” presente nella pagina “Dati Generali”, che genera una relazione globale di tutti i cinematismi analizzati nel file. Se non voglio far comparire nella relazione di calcolo tutte le verifiche effettuate il menù di tasto destro nell’elenco dei meccanismi di collasso mi consente di disattivarne alcune.

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

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.



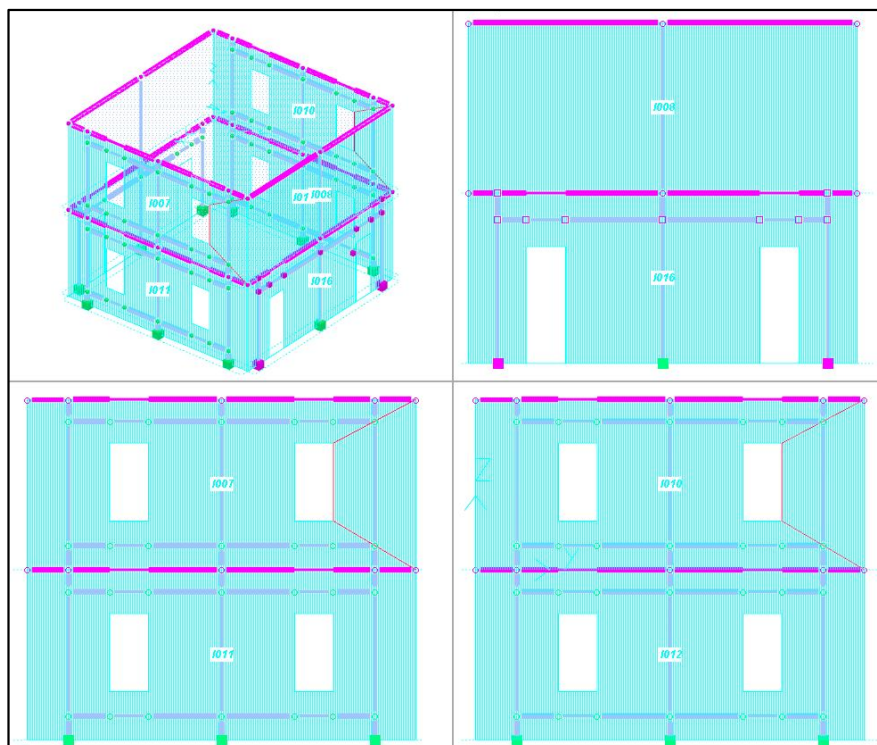
Di seguito verrà creato ed analizzato solamente il nuovo contorno di rottura; tutte le informazioni sul passaggio dall'ambiente grafico 3D, le spiegazioni delle varie parti del programma e la lettura dei risultati sono già spiegate ed evidenziate nel dettaglio nel primo caso analizzato : 1-RIBALTAMENTO 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 Cad3D 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*).

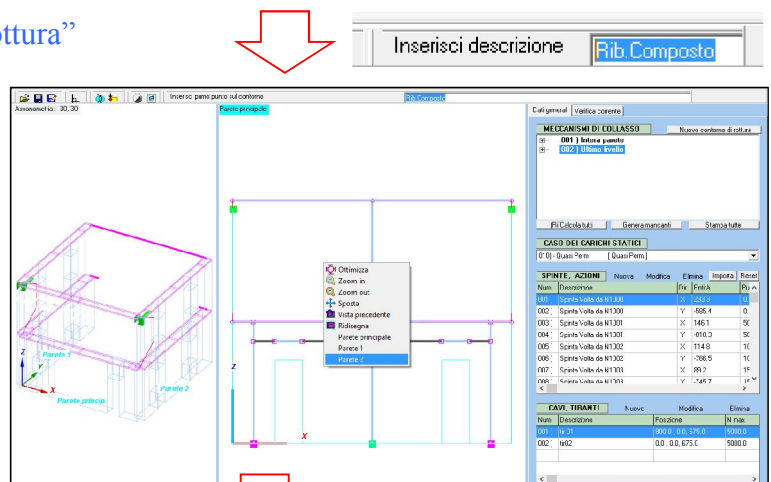
Ora creiamo un nuovo contorno di rottura per analizzare il probabile cinematisimo di ribaltamento composto; tale possibile meccanismo è stato riscontrato nella realtà tramite evidenti lesioni da taglio nelle pareti ortogonali (lesioni “disegnate” nell'ambiente grafico 3D in rosso).



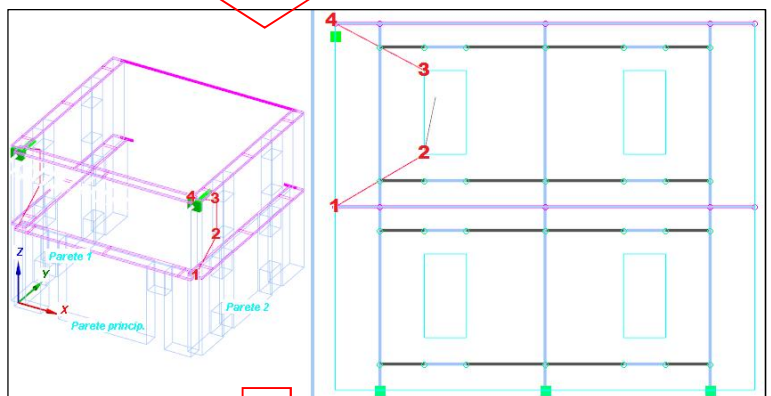
- Premere il tasto “Nuovo contorno di rottura”

- Inserire la descrizione nell'apposito riquadro di input dati

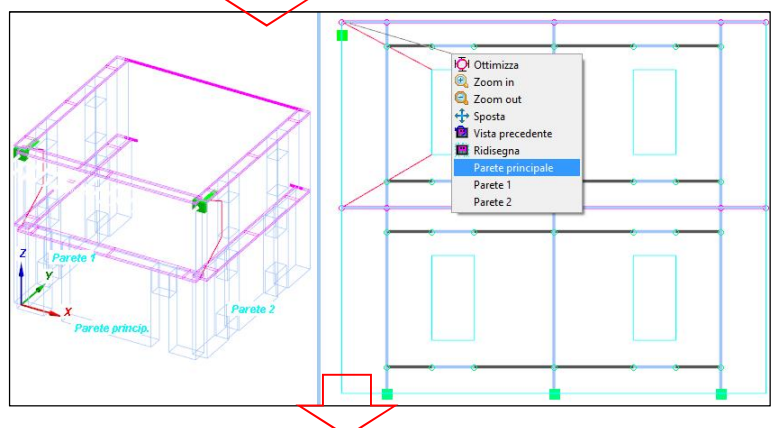
- Clicchiamo con il tasto destro del mouse nella schermata dedicata alla vista piana e selezioniamo la voce “parete 2” per poter iniziare a selezionare i vertici del nuovo contorno



- 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 destro nella vista piana e selezionare la voce “parete principale”

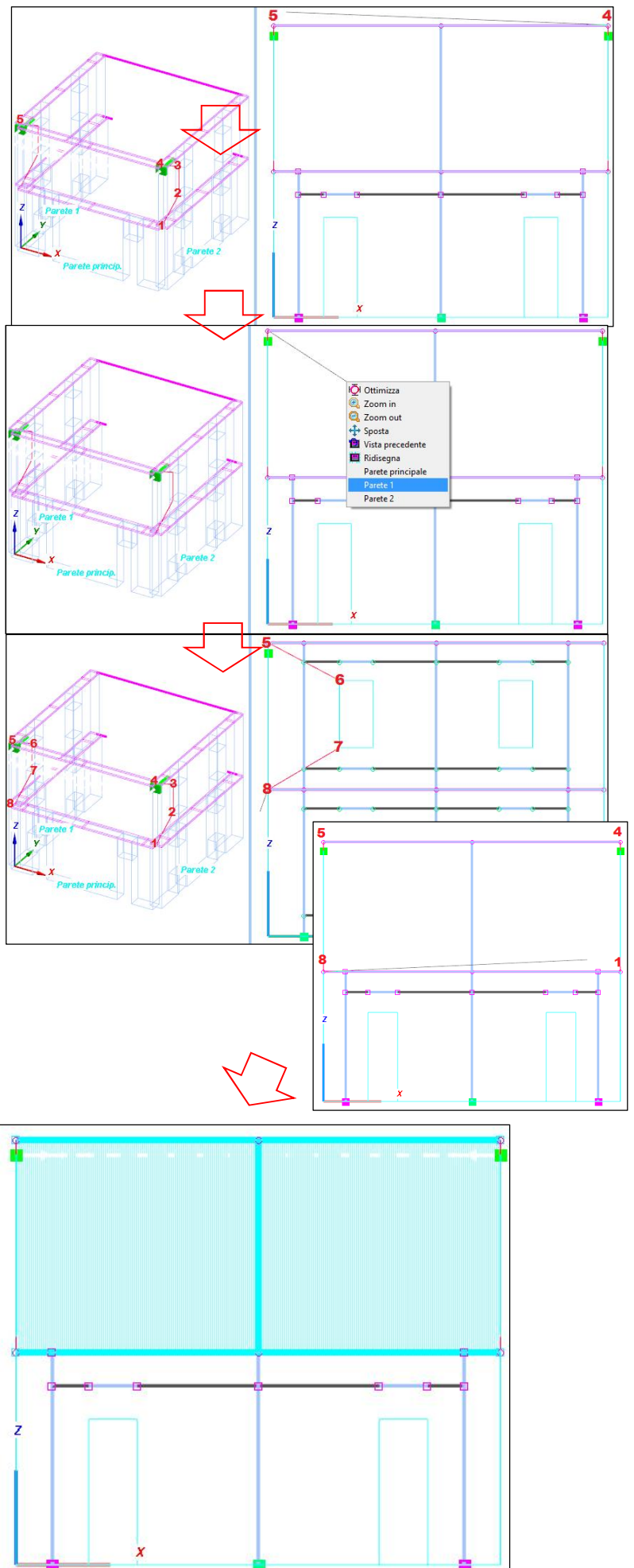


In questa vista il vertice **4** risulta già selezionato quindi cliccare sul vertice **5**.

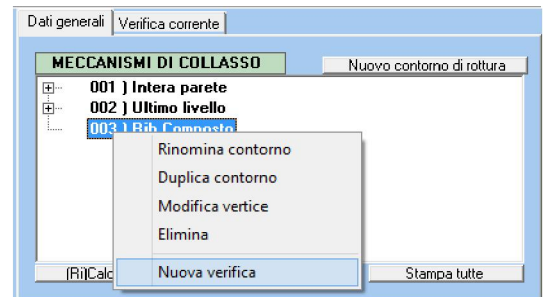
- Cambiare nuovamente vista piana di lavoro per continuare la selezione scegliendo “parete1” nel menu che appare cliccando con il tasto destro

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

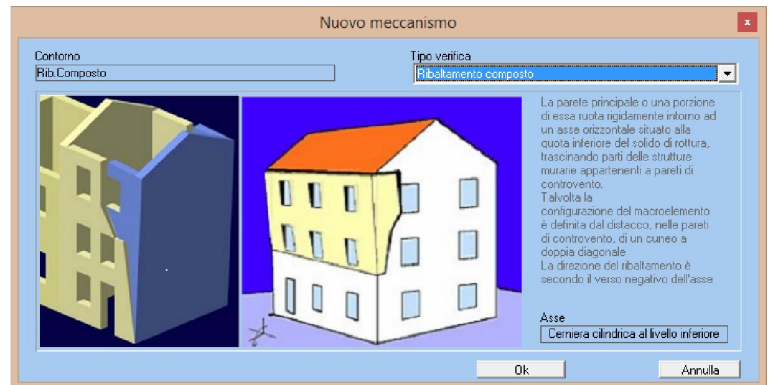
In grafica appare il nuovo contorno di rottura tridimensionale creato:



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

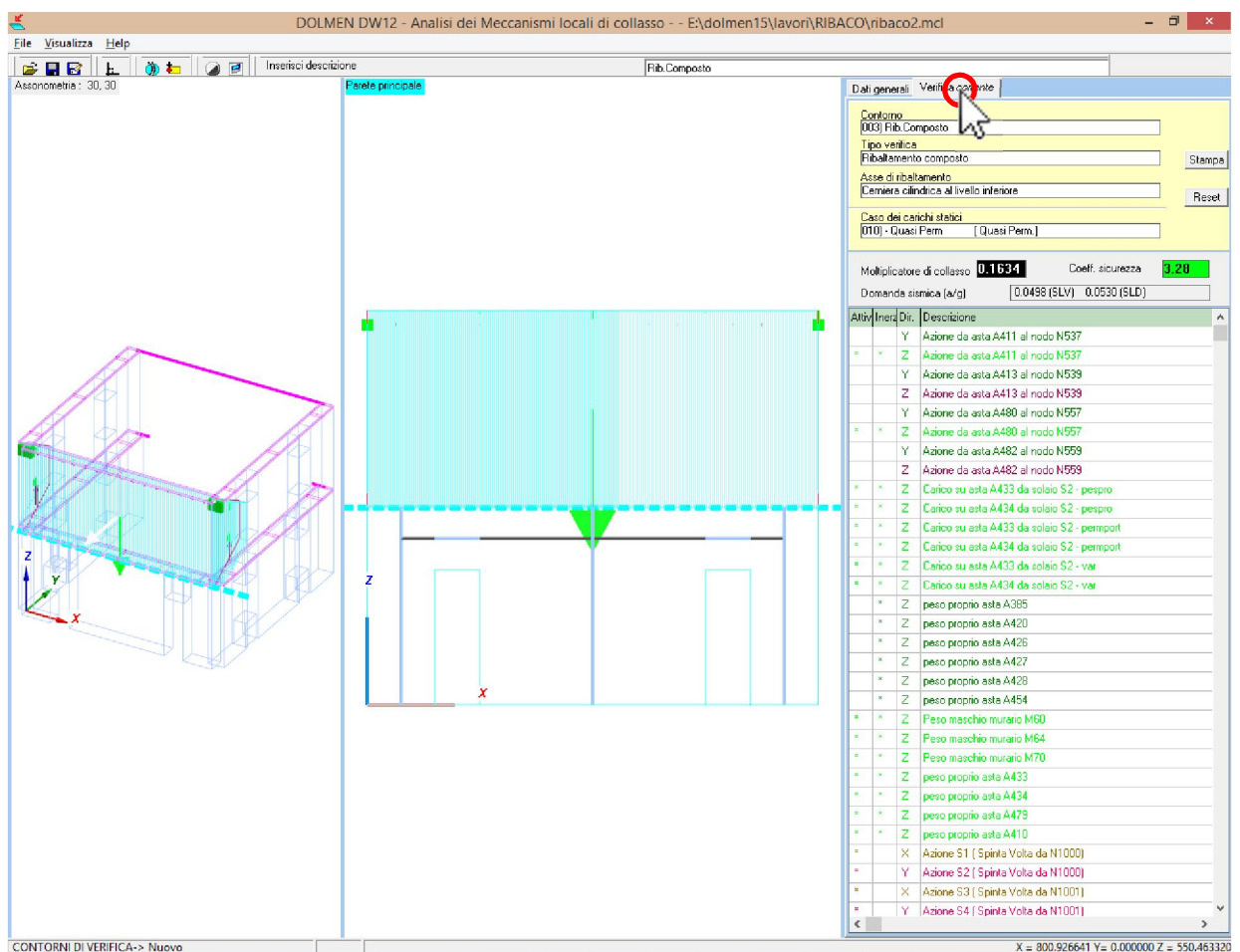


Il programma propone l'unico meccanismo di rottura possibile per il contorno di rottura creato: un Ribaltamento composto con rotazione intorno ad una cerniera cilindrica al livello inferiore.



Premere “Ok” per assegnare il tipo di verifica.

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



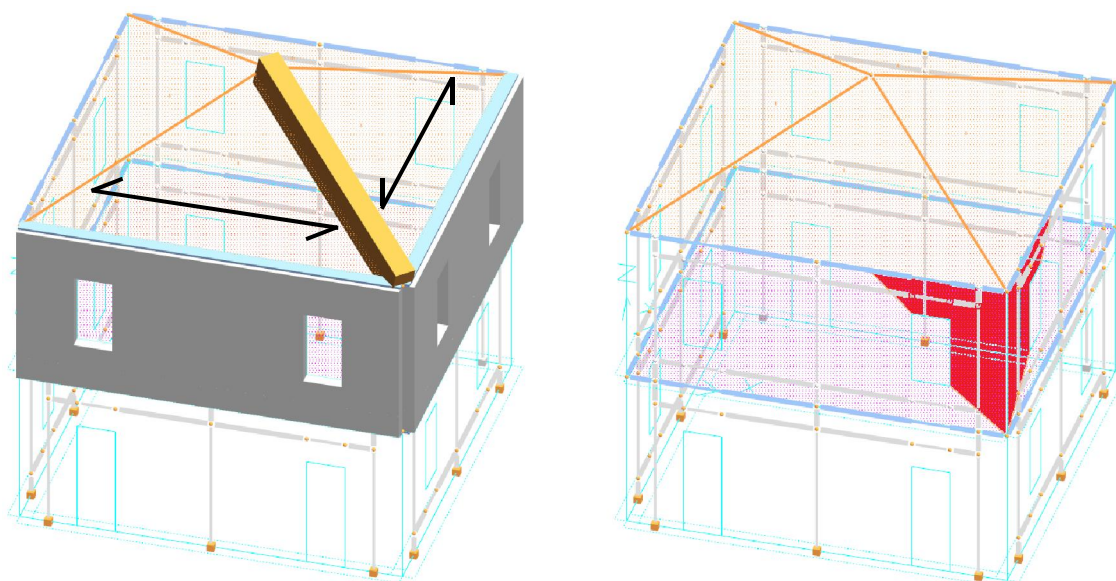
3 – RIBALTAMENTO CANTONALE

“Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di un cuneo di distacco, delimitato da superfici di frattura ad andamento diagonale nelle pareti concorrenti nell'angolata libera, 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.



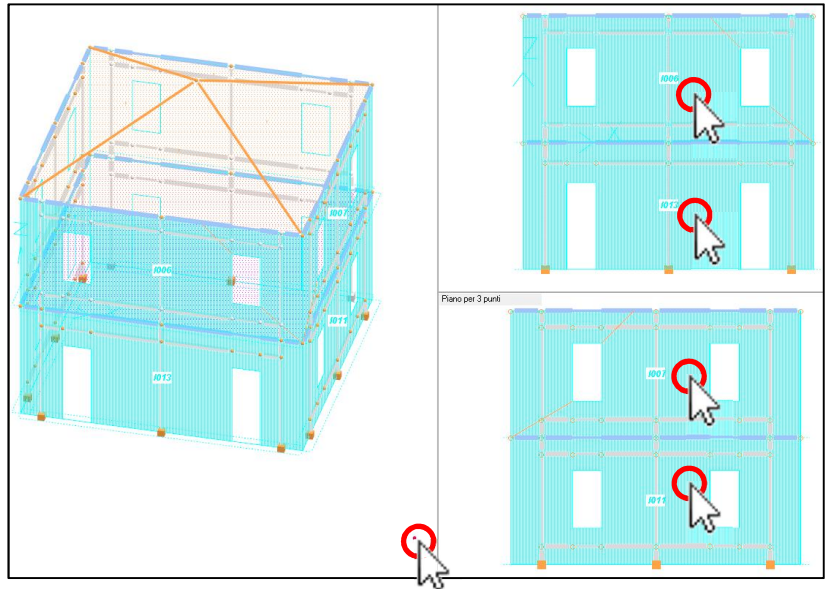
*Di seguito verrà creato ed analizzato solamente il nuovo contorno di rottura; tutte le informazioni sul passaggio dall'ambiente grafico 3D, le spiegazioni delle varie parti del programma, la creazione del nuovo contorno di rottura e la lettura dei risultati sono già spiegati ed evidenziati nel dettaglio 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 Cad3D 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.

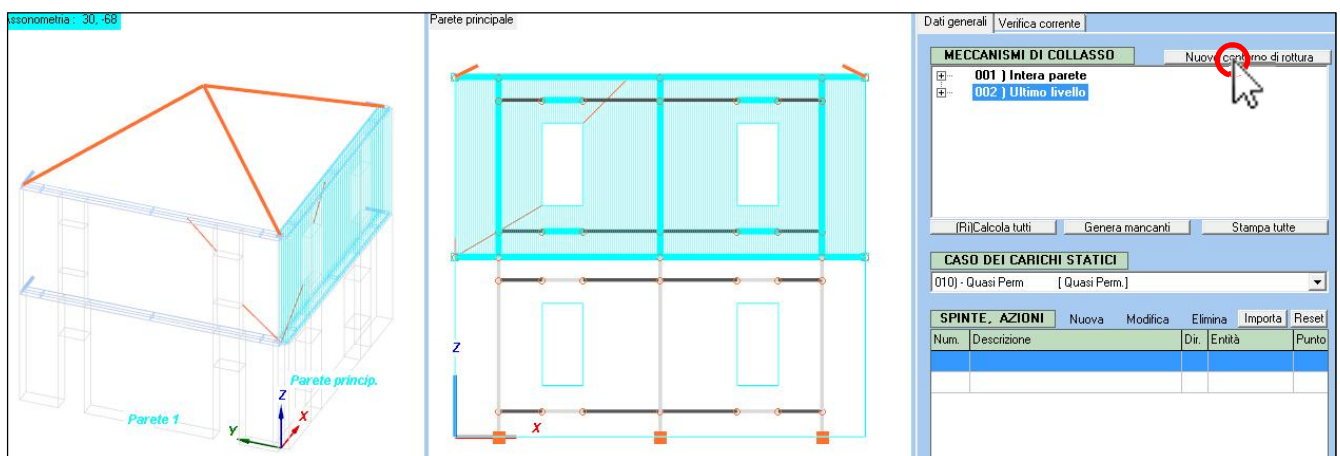


- **Creare il nuovo contorno di rottura;**

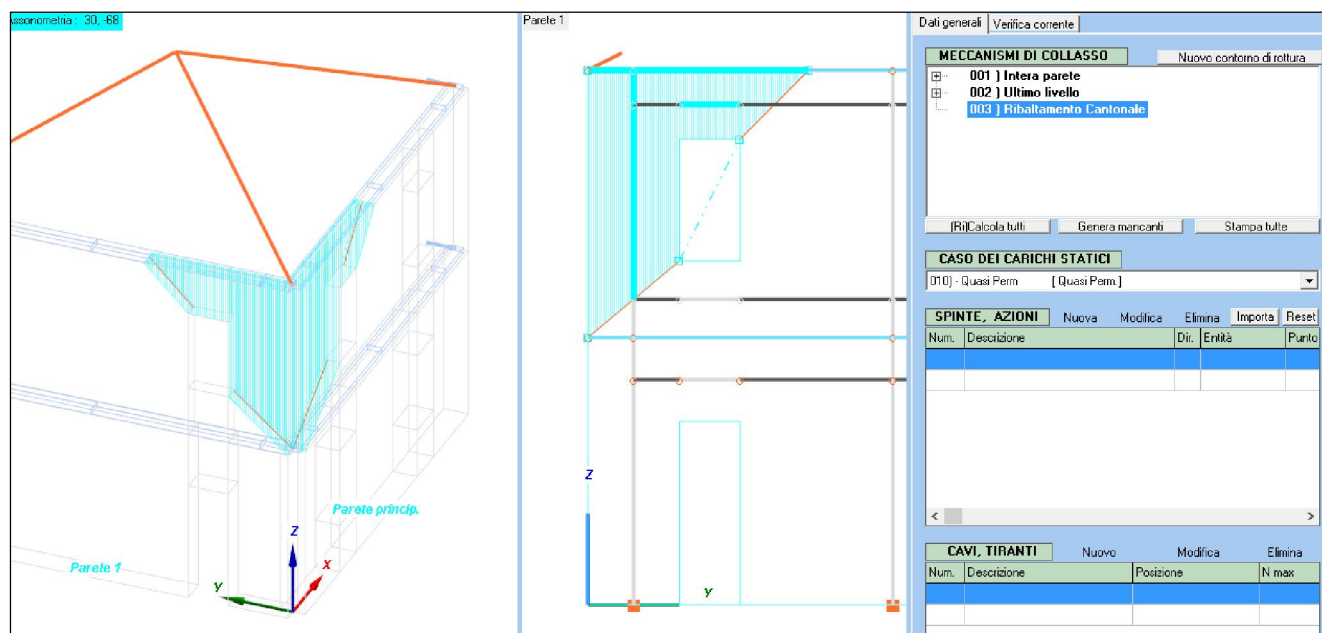
Il programma propone come default i meccanismi di collasso di ribaltamento dell'intera parete principale e di ribaltamento dell'ultimo livello; in questo caso non ci interessano e possiamo quindi eliminarli.

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.

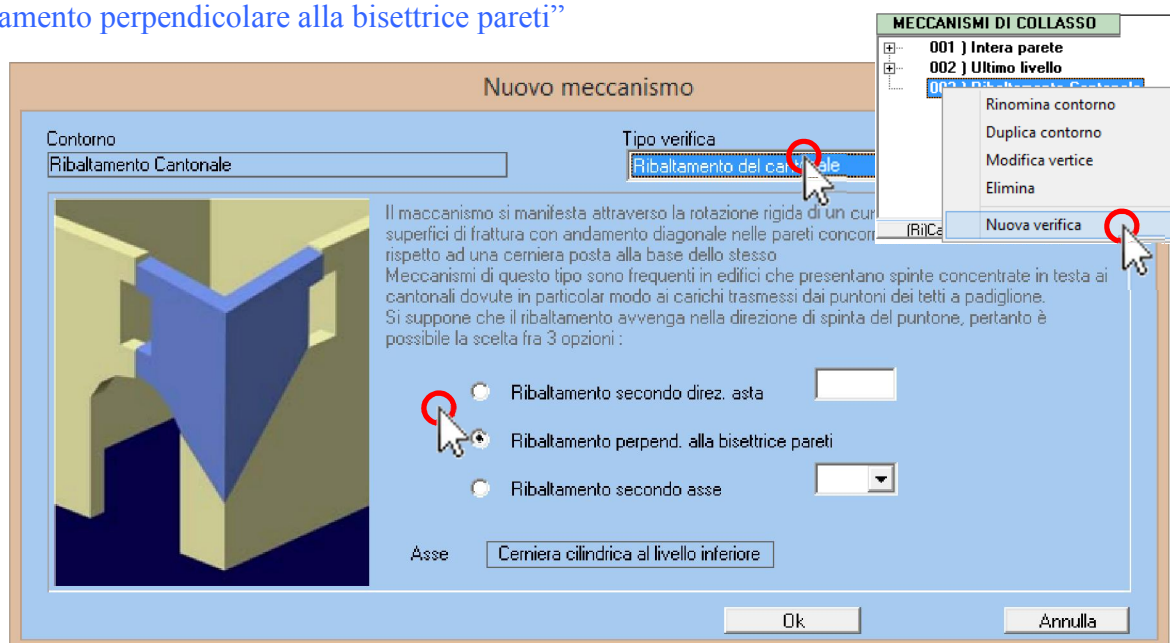


Premere il tasto “Nuovo contorno di rottura” e creare il contorno di rottura del cantonale seguendo eventualmente i segmenti importati dal Cad3D.



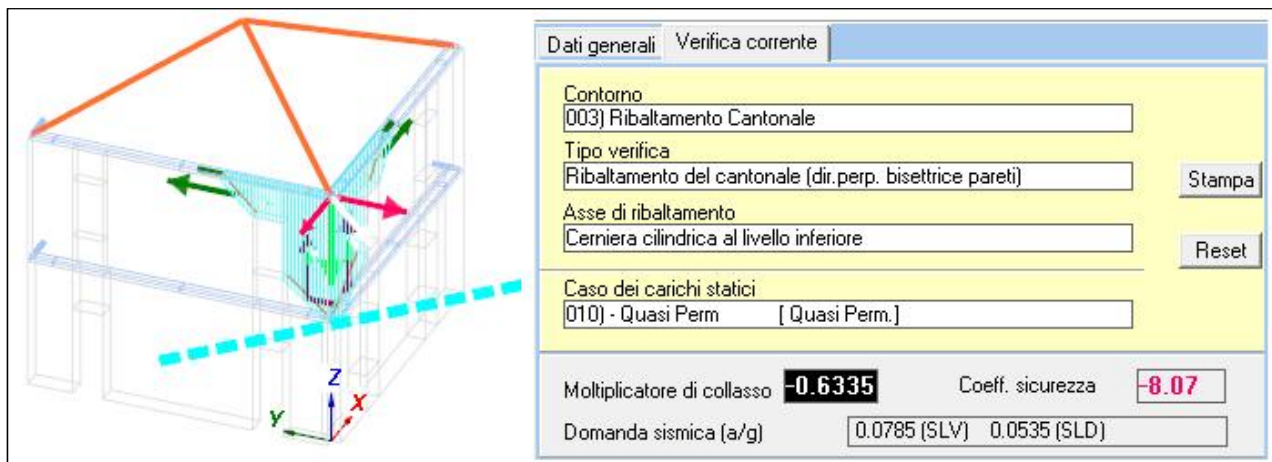
- Assegniamo al nuovo contorno di rottura la verifica di “ribaltamento del cantonale” secondo la bisettrice;

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”



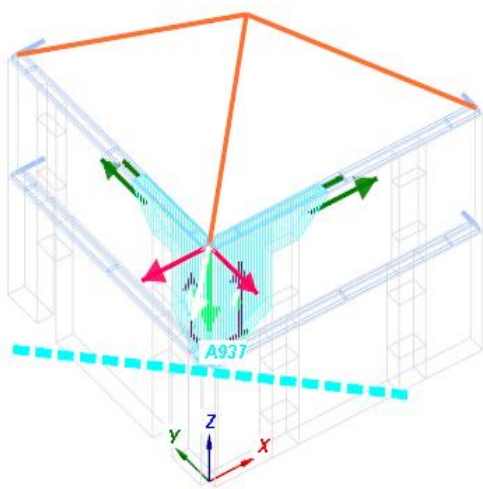
- Eseguire l'analisi del meccanismo di collasso;

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

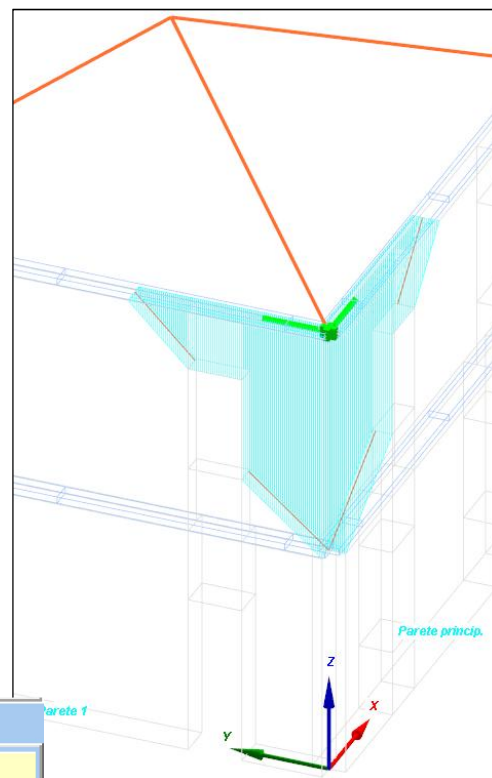
- **Inseriamo il cordolo schematizzato come 2 tiranti;**

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
< >			

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



Per

4 – FLESSIONE VERTICALE

5 – RIBALTAMENTO DEL TIMPANO

6 – FLESSIONE ORIZZONTALE NON CONFINATA

Tutorial presto disponibile