

WallVerine

Questa guida

Questa guida si riferisce all'ambiente WallVerine per la verifica delle murature della Softing Next srl e ne descrive le funzioni principali.

Tutti i diritti su questo manuale sono di proprietà della Softing Nextsrl.

© 2015-2025 Softing Next srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 8 gennaio 2025.

Accordo di licenza d'uso del software Softing Next

1. Licenza. A fronte del pagamento del corrispettivo della licenza, compreso nel prezzo di acquisto di questo prodotto, e all'osservanza dei termini e delle condizioni di questa licenza la Softing s.r.l., nel seguito Softing Next, cede all'acquirente, nel seguito Licenziatario, un diritto non esclusivo e non trasferibile di utilizzo di questa copia di programma software, nel seguito Software.

2. Proprietà del software. La Softing Next mantiene la piena proprietà di questa copia di programma Software e della documentazione ad essa allegata. Pertanto la Softing Next non vende alcun diritto sul Software sul quale mantiene ogni diritto.

3. Utilizzo del software. Questo Software contiene segreti commerciali. È espressamente proibito effettuare copie o modifiche o reingegnerizzazioni, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo, anche parziali, del Software e della documentazione a esso allegata. Il Licenziatario è responsabile a tutti i fini legali per qualunque infrazione causata o incoraggiata dalla non osservanza dei termini di questa licenza. È consentito effettuare una sola copia del Software esclusivamente per installazione su un solo disco rigido.

4. Cessione del software. Il software viene ceduto in licenza unicamente al Licenziatario e non può essere ceduto a terzi. In nessun caso è consentito cedere, assegnare, affidare, affittare o disporre in altro modo del Software se non nei termini qui espressamente specificati.

5. Cessazione. Questa licenza ha la durata di anni dieci. Il Licenziatario può porvi termine in ogni momento con la completa distruzione del Software. Questa licenza si intende cessata, senza onere di comunicazione da parte di Softing Next, qualora vada in inadempienza da parte del Licenziatario delle condizioni della licenza.

6. Esonero della garanzia del software. Il Licenziatario si fa carico di ogni rischio derivante, dipendente e connesso all'uso del Software. Il Software e la relativa documentazione vengono forniti nello stato in cui si trovano. Softing Next si esonera espressamente da ogni garanzia espressa o implicita ivi inclusa, ma senza limitazioni, la garanzia implicita di commerciabilità e di idoneità del prodotto a soddisfare particolari scopi. Softing Next non garantisce che le funzioni contenute nel Software siano idonee a soddisfare le esigenze del Licenziatario né garantisce una operatività ininterrotta o immune da difetti del Software né che i difetti riscontrati nel software vengano corretti. Softing Next non garantisce l'uso o i risultati derivanti dall'uso del Software e della documentazione né la loro correttezza, affidabilità e accuratezza. Le eventuali informazioni orali o scritte di esponenti o incaricati di Softing Next non inficiano questo esonero di garanzia.

7. Limitazioni di responsabilità. Softing Next è espressamente sollevata da ogni responsabilità per qualsiasi danno, diretto o indiretto, di ogni genere e specie, derivante dall'uso o dal non uso del Software e della relativa documentazione. In ogni caso i limiti di responsabilità di Softing Next nei confronti del Licenziatario per il complesso dei danni, delle perdite, e per ogni altra causa, saranno rappresentati dall'importo dal Licenziatario corrisposto a Softing Next per il relativo Software.

8. Foro esclusivo. In caso di controversie relative a questo accordo, sar  esclusivamente competente a decidere l'Autorit  Giudiziaria di Roma.

9. Obbligatoriet  ed interezza dell'Accordo. Il Licenziatario, avendo letto il testo che precede ed avendo riscontrato che questa Licenza e la Garanzia Limitata che contiene sono accettabili, le accetta senza condizioni e conferma, con l'atto di accettare l'installazione del Software, la sua volont  di vincolarsi alla scrupolosa osservanza di questo Accordo. Il Licenziatario d  altres  atto che quanto precede costituisce la totalit  delle intese intercorse e che pertanto esso annulla e sostituisce ogni eventuale precedente accordo o comunicazione tra le parti.

SOFTING NEXT NON GARANTISCE CHE LE FUNZIONI CONTENUTE NEL SOFTWARE SIANO IDONEE A SODDISFARE LE ESIGENZE DEL LICENZIATARIO N  GARANTISCE UNA OPERATIVIT  ININTERROTTA O IMMUNE DA DIFETTI DEL SOFTWARE N  CHE I DIFETTI RISCONTRATI VENGANO CORRETTI. SOFTING Next NON GARANTISCE L'USO O I RISULTATI DERIVANTI DALL'USO DEL SOFTWARE E DELLA DOCUMENTAZIONE N  LA LORO CORRETTEZZA, AFFIDABILIT  E ACCURATEZZA.

Le informazioni contenute in questo documento sono soggette a cambiamento senza preavviso e non costituiscono impegno alcuno da parte della Softing Next srl. Nessuna parte di questo manuale e per nessun motivo pu  essere utilizzata se non come aiuto all'uso del programma.

Nòlian   registrato presso il Registro Pubblico Speciale per i programmi per Elaboratore in data 14/07/2000 al progressivo 001629, ordinativo D002017; EasyBeam in data 14/05/96 al progressivo 000348, ordinativo D000409; EasySteel in data 14/05/96 al progressivo 000346, ordinativo D000407; EasyWall in data 14/05/96 al progressivo 000347, ordinativo D000408; MacSap in data 23/11/97 al progressivo 000222, ordinativo D000264, ArchiLink in data 14/07/2000 al progressivo 001630, ordinativo D002018.

Softing , Softing Next, il logo Softing, il logo Softing Next, N lian , il logo N lian , Mac-Sap , MacBeam , CADSap , EasyWall , EasySteel , EasyBeam , EasyFrame , EasyWorld , HyperGuide , Sap-Script , FreeLite , inMod , sono marchi registrati di Softing Next s.r.l.

Novit 

Novit  nella versione EWS 51

- Supporto di rinforzi FRCCM
- Implementata analisi di vulnerabilit  anche con diagramma delle classi di vulnerabilit  e il diagramma PAM per le richieste di finanziamenti (sismabonus)
- Migliorata interfaccia per la gestione muratura armata e rinforzi
- Possibilit  estese di confronto rapido tra ante- e post- operam
- Stampa delle verifiche riassuntive
- Implementazione fattore di miglioramento per intonaco armato etc.
- Assegnazione dei rinforzi anche a gruppi selezionati di pannelli

Generalit 

Questo ambiente provvede alla verifica di pannelli murari, in seguito ad un'analisi dinamica lineare, secondo il metodo degli stati limite in accordo con il DM2018.

Il metodo più completo e sicuro per costruire il modello di una struttura è oggi dato dal metodo degli elementi finiti usando, nel caso delle murature, elementi piani. Questo metodo consente un'ampia possibilità di modellazione di parti strutturali sia principali che accessorie (cordoli, tiranti etc.) sia di considerare i solai con la loro effettiva flessibilità oppure infinitamente rigidi.

La modellazione tramite elementi piani, inoltre, non costringe a sommarie valutazioni del comportamento delle zone da ritenersi (arbitrariamente) rigide ed a costruire un "telaio" equivalente la cui approssimazione al comportamento strutturale può lasciare sempre grandi punti interrogativi. Inoltre non vi sono problemi per l'analisi di strutture miste e contenenti altri elementi strutturali di specifica natura che con il metodo degli elementi finiti sono facilmente affrontabili.

Adottato tale criterio di modellazione, è possibile e consentito dalla norma (ed a nostro avviso consigliabile) eseguire un'analisi dinamica lineare, infatti il DM 2018 recita al § 7.8.1.5.3:

[l'analisi dinamica modale] è applicabile in tutti i casi.

L'analisi statica non lineare presenta incertezze metodologiche, di modellazione e di interpretazione dei risultati che, benché fatta con metodi di calcolo automatici, non è sempre controllabile, se non addirittura inaffidabile. Pertanto, anche se l'analisi statica non lineare si crede sia più definitiva e meno restrittiva, in effetti appare più un esercizio accademico che non un valido strumento per una reale progettazione.

Quindi la modellazione ad elementi finiti piani è la più sicura ed esaustiva, l'analisi dinamica lineare è ammessa, veloce e chiara per cui questo metodo è senz'altro da perseguire.

Inoltre, altro notevole vantaggio di questo metodo è quello di non dover definire i pannelli in fase di analisi con tutte le incertezze che si avrebbero usando questa schematizzazione semplificata e quindi conseguendo il vantaggio di non alterare l'analisi con scelte a priori che possono poi rivelarsi infelici. Solo al momento della verifica si scelgono i "pannelli" ai fini quindi della sola verifica.

Però una verifica tensionale - come si poteva fare con la normativa passata - che si potrebbe eseguire direttamente sulle tensioni nei singoli elementi finiti, non è ammessa dalla metodologia proposta dalla nuova normativa. Pertanto è necessario ricondurre la verifica, dopo aver eseguito l'analisi come detto, ad elementi murari nel loro insieme: maschi e fasce murari. Per far ciò occorre integrare le tensioni fornite dagli elementi piani per ricondurre alle sollecitazioni tipiche della trave inflessa: forza assiale, taglio, momento.

Ciò fatto, le verifiche possono essere eseguite secondo i dettami della vigente normativa.

Operativamente, dopo aver definito il modello con elementi piani ed aver eseguito l'analisi dinamica lineare, in Nòlian AllInOne vi è un ambiente denominato **DonJon** che consente di identificare maschi e fasce murarie in modo che su di esse venga eseguita automaticamente l'integrazione delle tensioni come detto.

Definiti gli elementi murari, è sufficiente entrare nell'ambiente WallVerine per eseguire tutte le verifiche richieste dalla norma.

È possibile trattare sia muratura semplice che armata e verificare la portanza delle fondazioni. Se la struttura ha anche elementi non in muratura, questi si potranno trattare nei rispettivi ambienti.

L'ambiente WallVerine consente di ottenere i risultati numerici delle verifiche di singoli elementi, di rappresentare graficamente l'esito delle verifiche, di avere delle stampe complete ed esaurienti che documentano tutte le verifiche effettuate. Per gli elementi e le modalità di analisi invece si fa riferimento a Nòlian con tutta la sua flessibilità e ampia capacità di documentare gli aspetti dell'analisi compresa la formazione degli spettri, il calcolo del fattore di struttura, la verifica di regolarità etc.

Nota bene

Questo ambiente prevede l'uso dell'ambiente DonJon per la definizione dei pannelli murari e pertanto può essere usato solo in presenza di tale ambiente. La verifica degli elementi murari può essere eseguita unicamente DOPO aver definito i pannelli nell'ambiente DonJon.

Qualora si disponga della opzione "FibRePower" questo ambiente consente di assegnare rinforzi secondo le tecnologie FRP e FRCM inoltre è possibile assegnare il coefficiente migliorativo relativo all'uso di intonaco armato, diatoni artificiali o iniezioni di malta.

Il rinforzo dei pannelli

WallVerine consente di trattare anche elementi in muratura armata. L'assegnazione delle armature si effettua nel dialogo dei parametri di verifica delle armature al quale si accede attivando la prima icona della palette e quindi cliccando sul pannello voluto. La muratura armata è incompatibile con l'assegnazione dei rinforzi FRP e FRCM.

Il rinforzo dei pannelli consiste nella applicazione di materiali sulla superficie della muratura e non va confusa con la muratura armata.

La muratura armata non supporta l'impiego contemporaneo di rinforzi.

Pertanto se nel dialogo della muratura armata si spunta il check-box di attivazione della muratura armata, le funzionalità relative ai rinforzi FRP e FRCM sono disabilitate.

Il rinforzo può essere realizzato con i seguenti materiali:

- Fiber reinforced polymers o FRP
- Fiber Reinforced Cementitious Matrix o FRCM

La selezione della tipologia del rinforzo si fa dal dialogo al quale si accede tramite un doppio clic sulla prima icona della palette e poi selezionando, nel dialogo a pagine multiple, la pagina "Rinforzo". Come detto, se è stata attivata l'opzione "muratura armata", le voci di questo dialogo sono disabilitate.

The image shows a software dialog box titled "Parametri verifica muratura" with a tabbed interface. The "Rinforzo" tab is selected. The dialog contains several input fields and a dropdown menu. The "Tipo rinforzo" dropdown menu is open, showing options: "FRP", "Nessuno", "FRP", and "FRCM". The other fields are: "Modulo elastico medio a trazione" (empty), "Resistenza caratteristica a trazione (ftk)" (28000.000), "Deformazione ultima media a trazione (%)" (1.6000000), "Coeff. Sic. parziale trazione" (1.0000000), "Coeff. Sic. parziale delaminazione" (1.0000000), "Fattore conversione ambientale" (1.0000000), and "Fattore conversione modalità carico" (1.0000000). An "OK" button is located at the bottom right.

Parametro	Valore
Tipo rinforzo	FRP
Modulo elastico medio a trazione	
Resistenza caratteristica a trazione (ftk)	28000.000
Deformazione ultima media a trazione (%)	1.6000000
Coeff. Sic. parziale trazione	1.0000000
Coeff. Sic. parziale delaminazione	1.0000000
Fattore conversione ambientale	1.0000000
Fattore conversione modalità carico	1.0000000

I rinforzi si assegnano ai singoli pannelli, anche tramite selezione multipla, tramite il dialogo raffigurato qui sotto i cui campi sono autoesplicativi. I pannelli possono avere rinforzi diversi ma il materiale dei rinforzi deve essere lo stesso per tutta la struttura.

Se si selezionano più pannelli, i valori eventualmente diversi vengono contrassegnati dalla dicitura "Diverso". Se si lascia tale dicitura, nella successiva assegnazione dei valori ai pannelli, verrà mantenuto il valore originale. Se invece si assegna un valore, questo verrà assegnato a tutti i pannelli. I check-box con valori diversi sono identificati da un quadratino nero all'interno. Se si lascia, esso consentirà di mantenere il valore diverso per ogni pannello, se invece si assegna al check-box il valore voluto, questo verrà assegnato a tutti i pannelli selezionati.

Dati pannello murario

Dati geometrici | Dati materiali | Dati muratura | **Rinforzo** | Sforzi

Pannello 1

Flessione nel piano

Spessore	<input type="text" value="0.100000"/>	
Larghezza	<input type="text" value="10.0000"/>	
Passo	<input type="text" value="20.0000"/>	
Numero strisce per spigolo	<input type="text" value="2"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Su entrambe le facce

Flessione fuori piano e flessione fasce

Spessore	<input type="text" value="0.100000"/>	
Larghezza	<input type="text" value="10.0000"/>	
Passo	<input type="text" value="21.1111"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Su entrambe le facce

Taglio nel piano

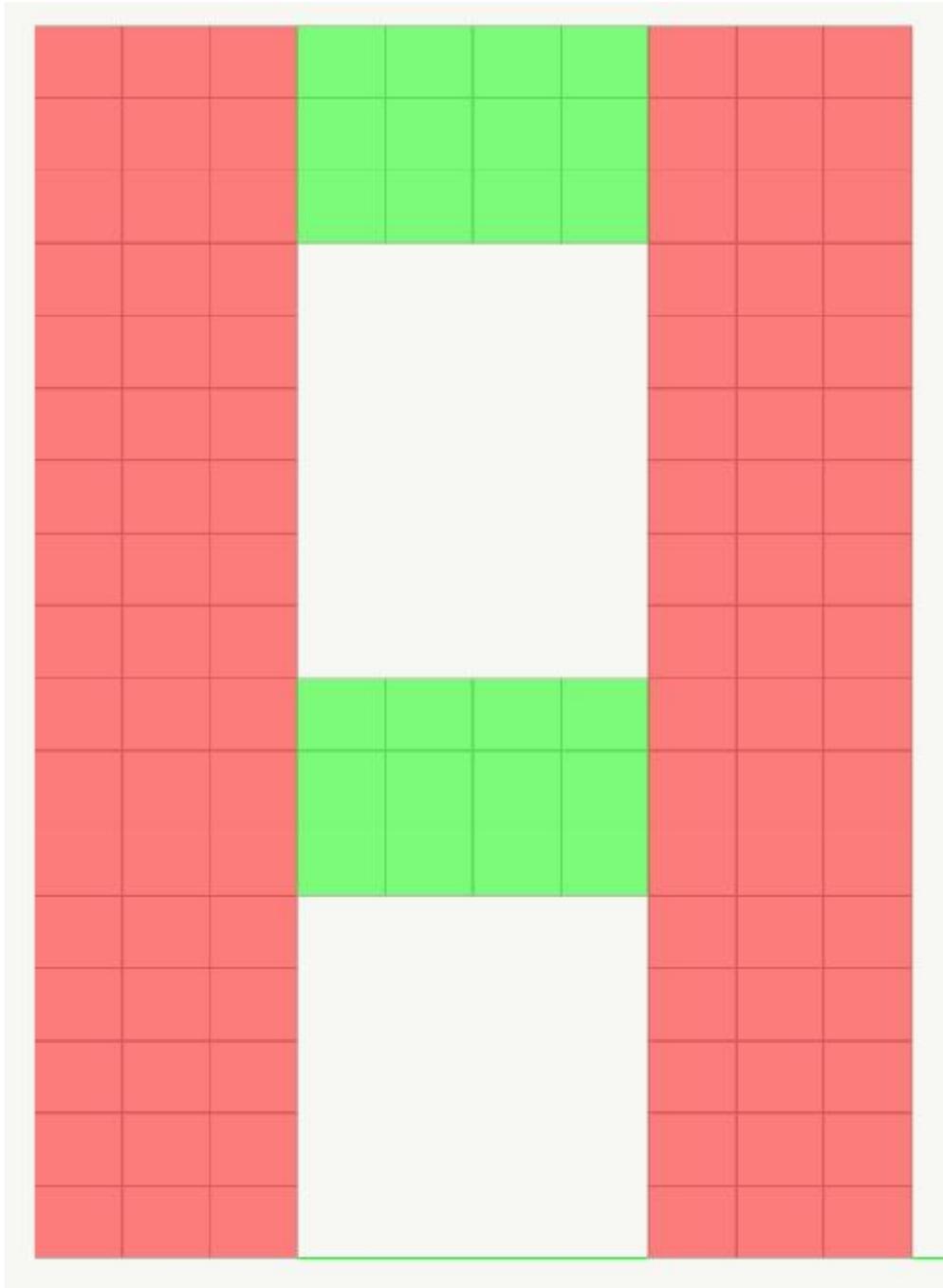
Spessore	<input type="text" value="0.100000"/>	<input type="radio"/> Strisce orizzontali
Larghezza	<input type="text" value="10.0000"/>	<input checked="" type="radio"/> Strisce diagonali
Passo	<input type="text" value="20.0000"/>	<input type="checkbox"/> Su entrambe le facce

Ribaltamento del maschio

Spessore	<input type="text" value="0.000000"/>
Larghezza	<input type="text" value="0.000000"/>

OK

Le verifiche



Dopo aver definito i maschi e le fasce in DonJon, si può procedere alle verifiche. Le verifiche vengono condotte automaticamente per tutte le combinazioni di carico formate in automatico.

Qualora in DonJon si siano assegnati dei pannelli di giunzione, questi vengono ignorati.

È significativo notare che la definizione dei maschi e delle fasce è un metodo sostanzialmente di interfaccia in quanto consente in automatico di definire la larghezza dove eseguire le integrazioni delle tensioni e definire la lunghezza degli elementi ove, soprattutto per i maschi, è necessaria la lunghezza per valutare la instabilità del maschio. Ciò quindi non influisce sui risultati dell'analisi per cui la assegnazione dei pannelli non è particolarmente rilevante.

Dati pannello murario

Dati geometrici | Dati materiali | Dati muratura | Sforzi

Pannello 1

Instabilità

Eccentricità carichi assiali

Interpiano

Fattore laterale di vincolo

Fondazione

Larghezza fondazione

OK

I dati specifici dei singoli pannelli vanno assegnati come "Dati pannello" ai singoli elementi. In tal modo è possibile differenziare la presenza di fondazioni, l'eccentricità, le condizioni di instabilità.

Opzioni di verifica

Verifiche

Parametri verifica...	Ctrl+T
✓ Parametri pannelli	Ctrl+U
Verifica pannelli	Ctrl+K
Verifica fondazioni	
Sommario verifiche	
Verifica vulnerabilità	
Attiva piano elemento	Ctrl+M
Stampa verifiche...	

Al dialogo delle opzioni generali di verifica si accede dal menu delle verifiche oppure con un doppio clic sull'icona della palette dei dati del pannello o delle verifiche.

Parametri verifica muratura

Materiali | Eccentricità | Armatura | Fondazioni | Rinforzo

Resistenza caratteristica a compressione (f_k)

Resistenza caratteristica a taglio (f_{vk})

Resistenza limite a taglio

Tipologia costruttiva

Coefficiente migliorativo

Coefficiente parziale di sicurezza

Fattore di confidenza

Struttura esistente

Muratura irregolare

Lunghezza Forza Pressione

Oltre alle caratteristiche meccaniche della muratura, è possibile assegnare il fattore di confidenza che è obbligatorio nel caso di verifica di strutture esistenti. Si noti però che tale valore è sempre utilizzato, pertanto, se si verificano strutture di nuova costruzione, tale valore deve essere unitario. Il check-box "Struttura esistente" consente di attivare la verifica a taglio dei maschi murari tramite la rottura per la diagonale anziché per scorrimento.

In questo dialogo è possibile attivare la verifica per taglio diagonale prevista dalla normativa NTC 2018 per muratura irregolare. E' inoltre possibile assegnare il valore di tensione tangenziale limite e il fattore di miglioramento previsto dalla Circolare n.7 del 21 gennaio 2019. Assegnando la tipologia migliorativa prescelta, il coefficiente migliorativo viene applicato ai parametri previsti dalla norma. Il coefficiente può essere solo migliorativo, valori inferiori all'unità non vengono considerati.

Inoltre le caratteristiche di resistenza dei pannelli possono essere assegnate individualmente ad ogni singolo pannello per poter trattare unitariamente strutture con materiali diversi.

Verifica dei pannelli



Verifiche

Senza rinforzi | Dettagli | Meccanismi

Pannello 1	N	T	M	4485
Azione di calcolo	26162.108	12946.357	744708.30	
Azione resistente	568000.00	4.4444444	26827.573	
Combinazione	7	6	6	
Fattore sfruttamento	0.04606005	>10	>10	
Miglioramento (%)				
Moltiplicatore PGA	>10	0.00039996	0.04236095	
Verificato	NO			
Estremo		SX		<input checked="" type="checkbox"/> Ignora i rinforzi

OK

Verifiche				
Senza rinforzi Dettagli Meccanismi				
Pannello 1	N	T	M	4485
Azione di calcolo	26162.108	12946.357	744708.30	
Azione resistente	568000.00	17922.678	5815864.3	
Combinazione	7	6	6	
Fattore sfruttamento	0.04606005	0.72234499	0.12804774	
Miglioramento (%)		403160.25	21578.682	
Moltiplicatore PGA	>10	1.6128607	9.0073950	
Verificato	SI			
Estremo		SX		<input type="checkbox"/> Ignora i rinforzi

E' possibile accedere ai risultati delle verifiche dei pannelli, eventualmente rinforzati anche, ignorando i rinforzi ciò per consentire una valutazione dell'efficacia dei rinforzi. Le figure sovrastanti mostrano i due differenti dialoghi. Per ottenere, se il pannello è rinforzato, la verifica senza considerare i rinforzi, agire sul check-box "ignora rinforzi".

Per le forze fuori piano la norma prevede una riduzione della forza assiale ultima in funzione dell'eccentricità del carico verticale. L'eccentricità può avere varie origini. È dovuta a sollecitazioni esterne (a esempio il vento) e alla eccentricità dei carichi verticali. L'eccentricità dovuta ad azioni esterne viene calcolata da questa funzione in quanto sono sollecitazioni comprese nel modello di calcolo. La eccentricità dovuta invece alla disposizione dei carichi verticali non è generalmente rappresentata nel modello e quindi tale eccentricità deve essere valutata e assegnata dall'operatore nei dati nel dialogo "Dati pannello murario" attivabile dalla voce "Parametri pannello" del menu "Verifiche", oppure o utilizzando la combinazione di tasti ctrl+u.

Inoltre, è necessaria, nel calcolo, la snellezza del pannello e questa è calcolata in base alla lunghezza libera di inflessione. Tale lunghezza è pari all'interpiano a meno di un coefficiente (ρ delle Norme Tecniche) che dipende dalla situazione di vincolo laterale. Anche questo coefficiente, insieme all'interpiano, deve essere assegnato dall'operatore.

Nel dialogo "Dati pannello murario" il coefficiente ρ della normativa è denominato "fattore laterale di vincolo".

I coefficienti Φ sono quelli della tabella 4.5.III del DM 2018. Si ricorda che una raccomandazione sul fattore laterale di vincolo è fornito da detta normativa nella tabella 4.5.IV e vengono applicati automaticamente.

Può essere utile un esempio di di calcolo del fattore laterale di vincolo. Consideriamo una maschio murario di altezza pari a $h=400$ cm e avente muri irrigidenti (con $s > 20$ cm) ad un distanza di $a=600$ cm. Il rapporto $h/a=400/600=0,67$. Valore compreso tra 0,5 e 1. Il Fattore laterale di vincolo ha un valore pari a : $3/2-h/a$ e quindi 0,83.

Inoltre l'eccentricità accidentale di $h/200$ (4.5.9) è automaticamente considerata.

Pertanto sotto la lettera N (forza assiale) si ha la verifica a compressione, ma si tratta soprattutto di una verifica di stabilità.

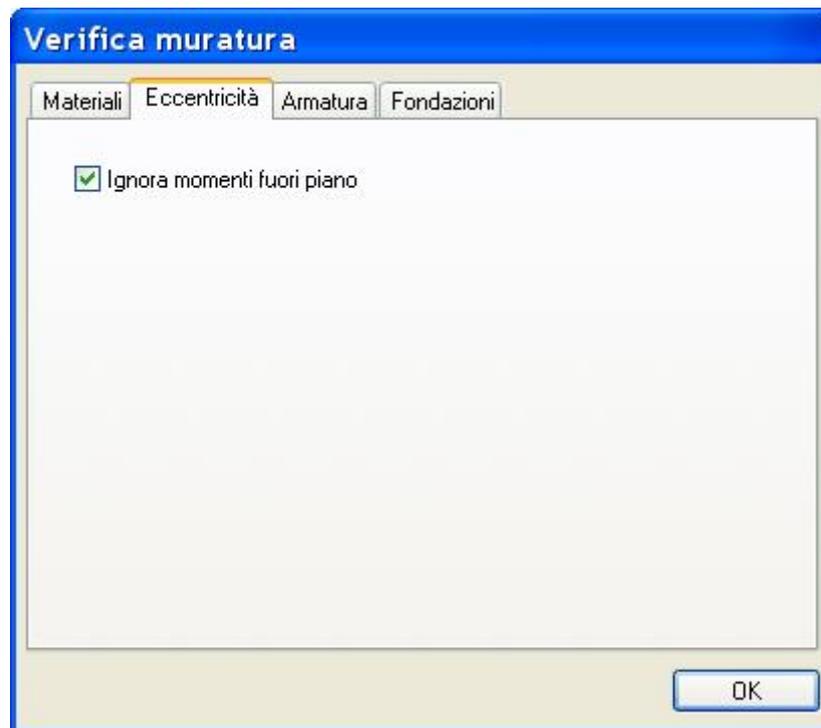
Nel dialogo di verifica sono esposti risultati delle verifiche a:

- Presso-flessione nel piano e fuori piano
- Taglio nel piano
- Forza assiale

Tali risultati sono esposti tramite:

- Azione che ha determinato il coefficiente di sicurezza più basso
- L'azione resistente
- Il coefficiente di sicurezza
- Il rapporto tra PGA ultima e PGA di progetto

È possibile consultare i risultati delle verifiche ai due estremi del pannello (maschio o fascia).



È possibile, opzionalmente, non considerare il momento fuori piano (e quindi l'eccentricità che ne deriva) presente nel modello calcolato. Questa opzione è stata adottata perché molto spesso non si modellano correttamente i vincoli a cerniera cilindrica (articolazione di piano) del pannello e questo potrebbe comportare momenti flettenti considerevoli all'impalcato. Questa opzione deve essere usata solo se si è perfettamente consapevoli di quanto si sta escludendo dalla verifica. Si ricorda che, nella modellazione è comunque opportuno introdurre le cerniere cilindriche.

ATTENZIONE Se si ha una forza assiale di trazione, la verifica del pannello non è mai soddisfatta. Si faccia attenzione che in questo caso la forza assiale esposta dialogo non è negativa, bensì nulla.

Verifica delle fasce



Nel metodo di verifica delle fasce si sono fatte le seguenti assunzioni e vi sono le seguenti limitazioni:

- si trascura l'azione in quanto la trave è generalmente in corrispondenza di un solaio infinitamente rigido o di un cordolo adeguato. Ciò è previsto dalla normativa.
- la resistenza a trazione dell'elemento teso disposto orizzontalmente (cordolo) si assume sia almeno eguale a $0.4 f_{hd} t$ dove f_{hd} è la resistenza a compressione, in direzione orizzontale della muratura.
- si assume che la resistenza a compressione verticale f_{vd} e orizzontale f_{hd} coincidano (nel dialogo non è prevista cioè un doppia immissione di dati per le due resistenze)

Verifica della muratura armata

La verifica della muratura armata non differisce sostanzialmente dalla verifica della muratura ordinaria, salvo che la presenza della armature richiede una analisi non lineare della sezione presso-inflessa.

Parametri verifica muratura

Materiali | Eccentricità | **Armatura** | Fondazioni | Rinforzo

Muratura armata

Resistenza di calcolo acciaio: 4400.00

Armatura verticale

Area singola barra: 2.00000

Passo: 10.0000

Armatura a taglio

Area totale staffa: 1.00000

Passo: 20.0000

OK

Le armature sono comuni a tutti gli elementi e vanno assegnate nel dialogo delle opzioni di progetto. La tensione dell'acciaio è quella di progetto e pertanto va assegnata già considerando il coefficiente di sicurezza parziale.

Per le sollecitazioni flessionali nel piano, la verifica viene effettuata a presso flessione deviata lungo l'asse della muratura **considerando la armatura disposta lungo una linea centrale a passo assegnato**. Si considerano le esatte posizioni delle barre. La verifica viene condotta con un metodo non lineare considerando un legame costitutivo della muratura di tipo

parabola rettangolo. I limiti di deformazione dei materiali sono quelli previsti dalla normativa.

Il "fattore di sfruttamento" esposto a dialogo nella verifica è il moltiplicatore delle sollecitazioni N_x e M_z (azione assiale e momento flettente nel piano) tale che il punto $[\mu N_x; \mu M_z]$ sia sul bordo del dominio di interazione della forza assiale e del momento flettente. Quindi se tale valore è unitario, il punto di sollecitazione $[N_x; M_z]$ è esattamente sul bordo del dominio. Un valore invece $\mu = 0.5$ indica, a esempio, che il punto si trova nel dominio a una distanza 0.5 volte quella dal bordo del dominio, nella direzione della sollecitazione.

La verifica per forze fuori del piano viene eseguita come descritto per la muratura ordinaria. Qualora il pannello sia in trazione, la verifica per azioni fuori piano si assume non superata.

La verifica delle fasce viene eseguita come fossero in muratura ordinaria e non armata.

I valori di resistenza dei materiali sono assunti, per la muratura pari alla resistenza assegnata divisa per il coefficiente di sicurezza pure assegnato, per l'acciaio la resistenza da assegnarsi è quella di progetto e quindi deve essere già divisa per gli opportuni fattori di sicurezza secondo le diverse normative adottate.

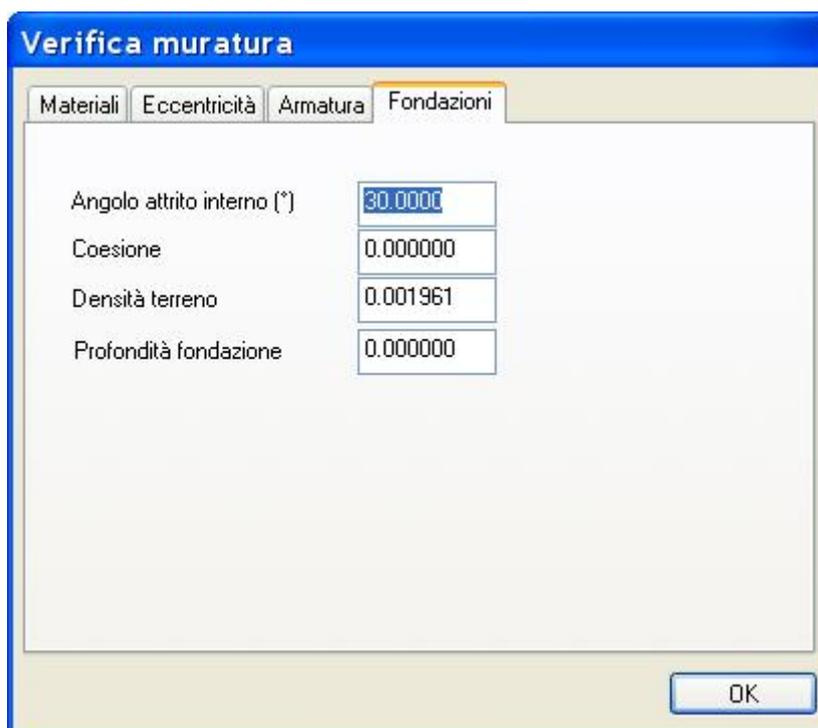
La verifica a taglio viene eseguita come da normativa. Si rileva solo che nel dialogo l'area della staffa si intende l'area complessiva di tutti i bracci della staffa posti in direzione parallela all'asse della parete.

Per attivare la verifica della muratura armata si deve attivare il check-box del dialogo delle armature.

Verifica della fondazione



Questa funzione consente di verificare la resistenza ultima di una trave di fondazione. La teoria adottata è quella dovuta ad Hansen [Hansen, J. B., "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity", Danish Geotechnical OInstitute Bull. 28, Copenhagen, 1970] esposta anche in Bowles [Bowles, J. E., "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill Inc., 1978]. Si rimanda ai testi citati per l'esposizione della teoria del metodo.



Parametro	Valore
Angolo attrito interno (*)	30.0000
Coesione	0.000000
Densità terreno	0.001961
Profondità fondazione	0.000000

I dati relativi al terreno vanno assegnati nelle opzioni di verifica e sono i seguenti:

- angolo di attrito interno in gradi
- densità del terreno
- coesione
- Profondità di posa

Per la trave di fondazione si devono assegnare:

- Larghezza della fondazione sul suolo

La profondità del piano di posa va assegnato nelle opzioni di progetto ed è comune a tutti gli elementi mentre la larghezza della fondazione deve essere assegnata nei dati del pannello. Se tale larghezza è nulla, non viene effettuata la verifica.

L'azione dei momenti sulla fondazione viene tenuta in considerazione tramite la riduzione delle dimensioni della fondazione in modo da riportare la risultante al centro della dimensione ridotta secondo il metodo indicato da Meyerof e Hansen e descritto da Bowles nel testo citato.

Si tiene conto anche della forza orizzontale lungo l'asse della fondazione sempre secondo la teoria di Hansen.

Le sollecitazioni per la verifica sono quelle derivanti dalla integrazione numerica condotta sul maschio sovrastante e quindi è possibile operare anche ove non si sia adottata nel modello (come il più delle volte si usa fare) una trave di fondazione. Quindi questa verifica si può eseguire con qualsiasi modello si sia adottato per la fondazione.

I risultati della verifica si ottengono a dialogo e riportano la massima forza verticale agente e la portanza. Il rapporto tra queste ultime è il fattore di "sfruttamento" (inverso del fattore di sicurezza) per cui valori superiori all'unità indicano una verifica non soddisfatta.

Verifica riassuntiva

Questa funzione esegue la verifica di tutti gli elementi ed espone un quadro riassuntivo in modo che sia agevole verificare se gli elementi sono verificati. I campi del dialogo vengono presentati o meno secondo le condizioni di verifica.

Anche per il sommario delle verifiche è possibile avere i risultati ignorando gli eventuali rinforzi per avere la situazione "ante-operam". Ciò si ottiene agendo sul relativo check-box;

Sommario verifiche

Verifica generale | Vulnerabilità

Muratura rinforzata con FRP 4537

Esito verifica

Elementi tutti verificati

Fattore di sicurezza minimo 1.3290267

Rischio sismico

	PGA	Vulnerabilità	Tempo di ritorno
Taglio	150.40675	1.4357804	1146.6472
Flessione	943.57954	9.0073950	101055.41
Drifting	28.106836	0.55924713	12.186500

Ignora rinforzi

Vulnerabilità

Alla base della quantificazione della vulnerabilità sismica vi è il rapporto tra azione agente ed azione resistente, dette rispettivamente capacity e demand. Tale rapporto può condurre al rapporto tra accelerazioni PGA capacity e demand e, da queste, i tempi di ritorno TDR. Perché la normativa richiede questo? Per avere un parametro unico di classificazione indipendente dal criterio e dallo spettro considerato.

Dal fenomeno fisico del rapporto tra richiesta e capacità, si ottengono le PGA e quindi il TDR. Ciò per ogni stato limite. L'attuale normativa consente di valutare solo lo stato limite SLV e SID e da questi ottenere i valori relativi a SLC e SLO. Ottenuti questi valori, una banale formula consente di calcolare la classe di resistenza, relativa al minor valore di IS-V, essendo l'IS-V il suddetto rapporto tra PGA.

WallVerine calcola il valore di PGA per lo stato limite di salvaguardia della vita per i seguenti fenomeni:

- resistenza flessionale
- resistenza a taglio

Lo stato limite di danno è rilevato dalla capacità di spostamento interpiano dei maschi murari. Esso consente di ottenere il valore IS-V per lo stato limite di danno.

Accedendo al dialogo "vulnerabilità" si ottengono i valori numerici suddetti minimi tra tutti gli elementi e si ha il diagramma così detto "PAM".

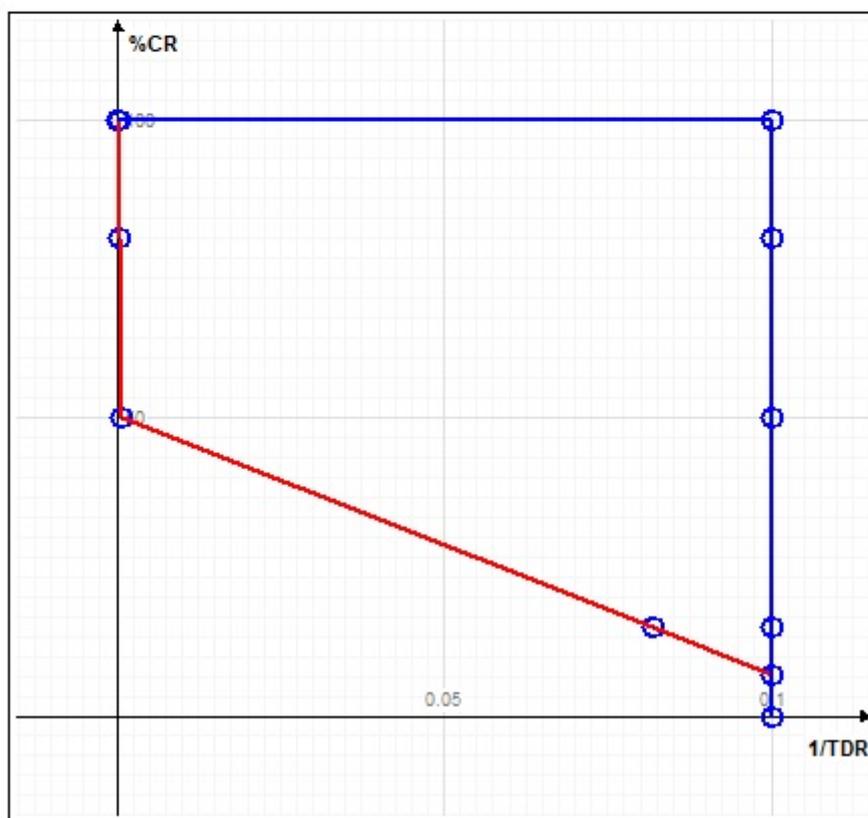
L'analisi di vulnerabilità è possibile solo se si è eseguita un'analisi dinamica spettrale.

In questo dialogo è possibile, agendo sui relativi check-box, avere i risultati relativi alla struttura ignorando i rinforzi. Il check-box "Confronta" consente di avere i grafici delle situazioni ante- e post- operam sovrapposte e i dati sintetici della struttura senza l'azione dei rinforzi accanto a quelli della struttura rinforzata.

Sommario verifiche

Verifica generale Vulnerabilità

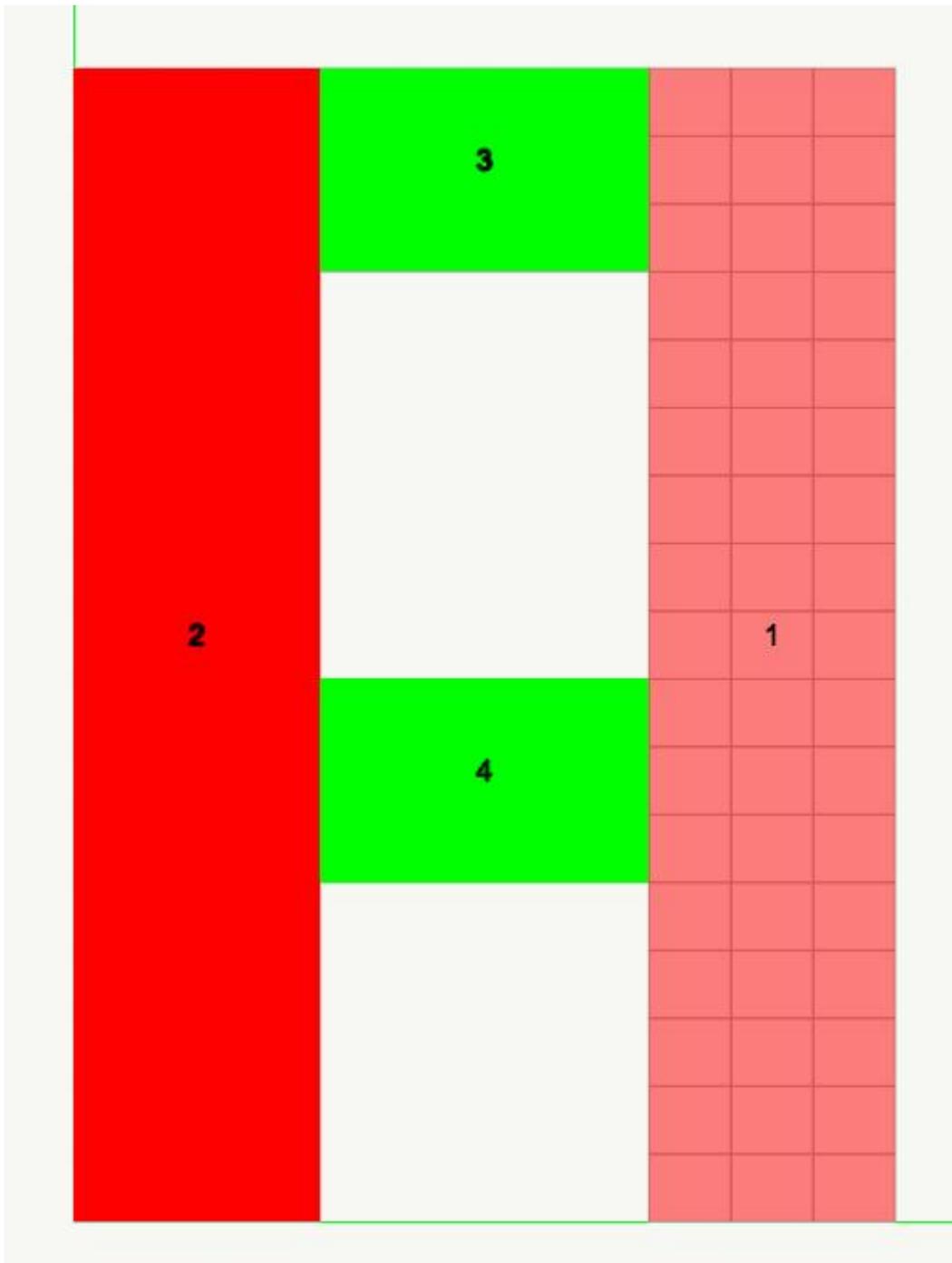
4535	SLV	SLD			Non rinforzata
PGAd	104.75610	50.258346	I_SV minimo	0.55924713	0.00449360
PGAc	150.40675	28.106836	PAM%	290.75474	1000.0000
I_SV	1.4357804	0.55924713	classe I_SV	C	F
TDRd	474.00000	50.000000	classe PAM	D	G
TDRc	1146.0000	12.000000			
Lambda	0.00087211	0.08205801	<input type="checkbox"/> Ignora rinforzi	<input checked="" type="checkbox"/> Raffronto	



OK

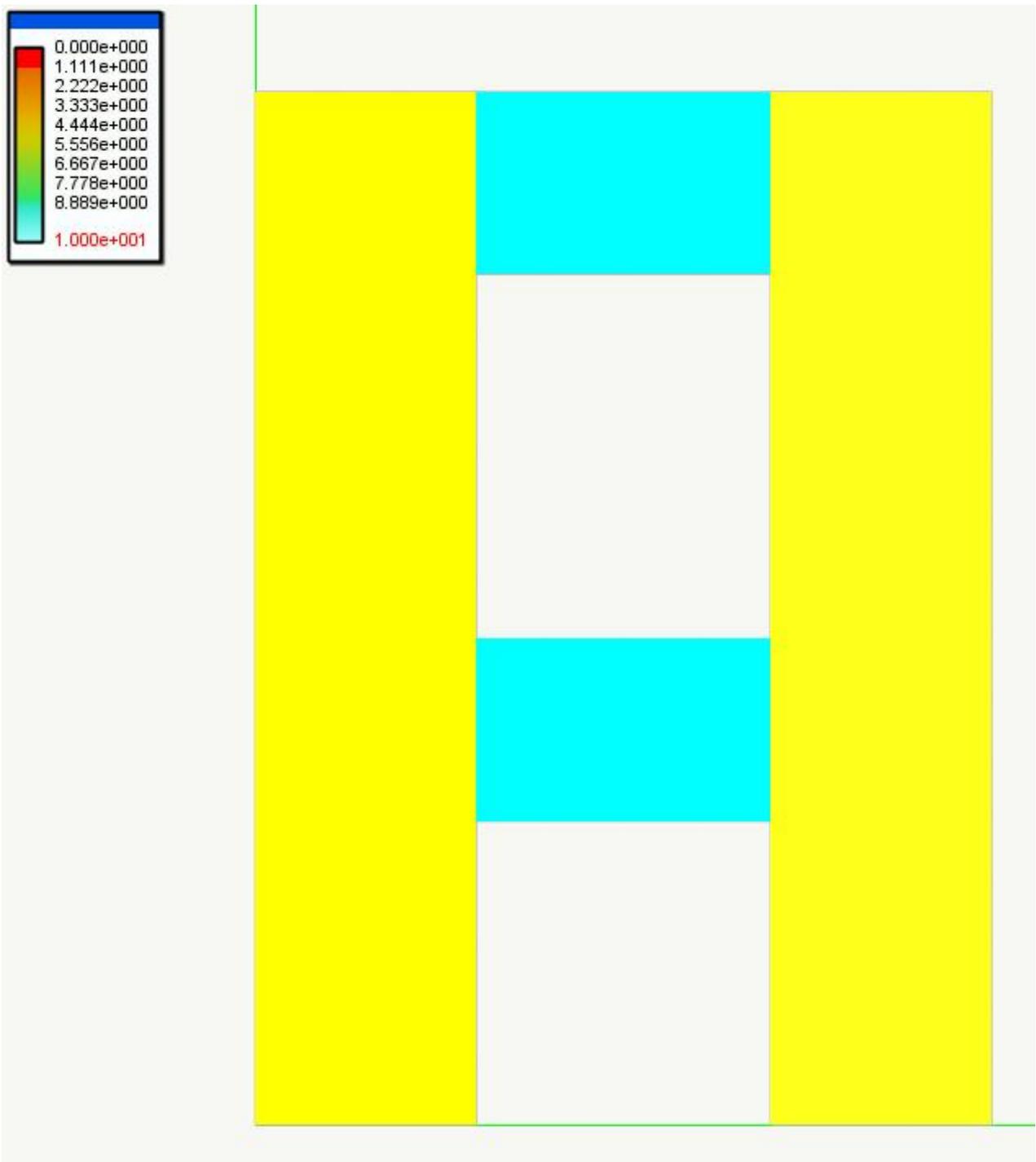
Rappresentazioni dell'esito delle verifiche

Rappresentazione indici



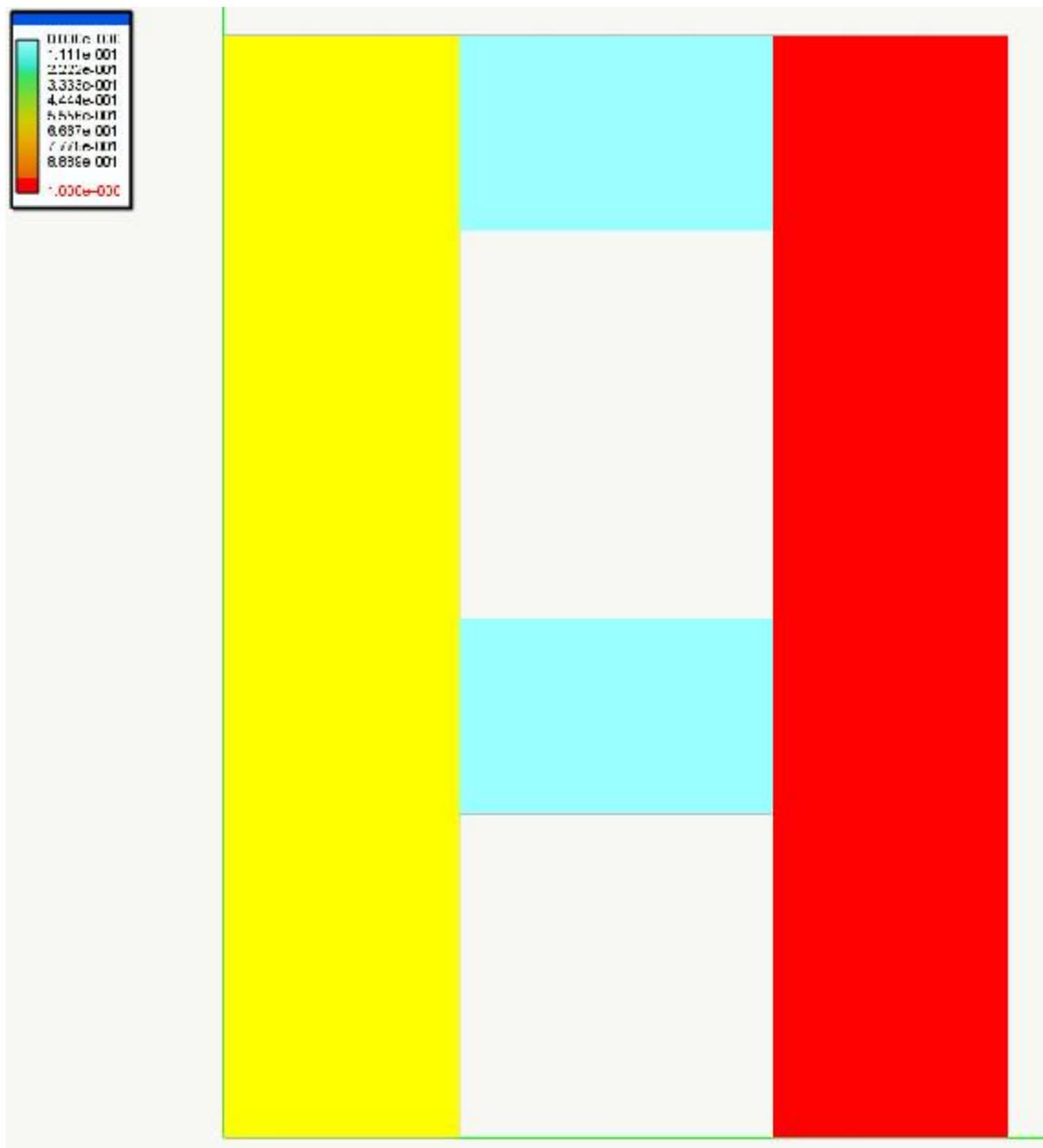
La rappresentazione degli indici assegnati ai pannelli è utile per l'identificazione di tali elementi in relazione alle stampe dei dati e dei risultati.

Rappresentazione moltiplicatore PGA



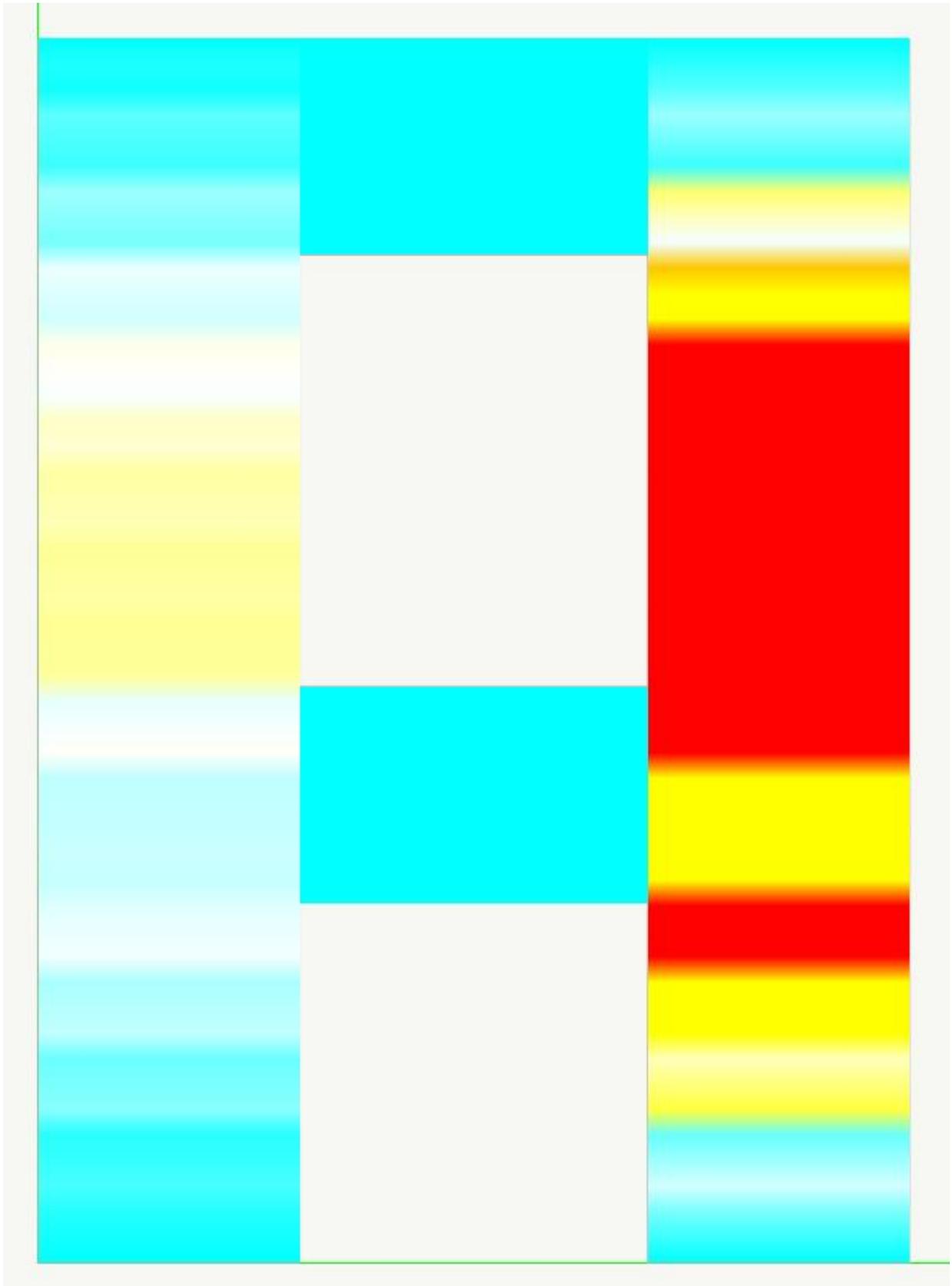
Questa rappresentazione consente di ottenere una immagine in cui viene esposto il rapporto tra PGA di collasso e PGA di progetto. Per avere una rappresentazione più significativa, il fondo scala è 10.0 e a tale valore sono limitati i moltiplicatori che superano questa soglia. I valori inferiori all'unità indicano ovviamente una PGA ultima inferiore a quella di progetto e sono pertanto rappresentati sempre in colore rosso. Viene riportato nella barra dei messaggi di stato il valore minimo tra i moltiplicatori rappresentati. La scala ha colori inversi rispetto all'usuale in modo che i valori bassi siano in colore caldo. La rappresentazione è effettuata solo per i maschi murari, fasce e giunti sono sempre in colore azzurro.

Rappresentazione verifica resistenza



Questa rappresentazione consente di ottenere una immagine in cui i coefficienti di sfruttamento (che devono pertanto essere inferiori a 1.0 se la verifica è soddisfatta) vengono rappresentati con una scala di colori che va dai colori freddi a quelli caldi, il colore rosso indica il superamento del valore unitario.

Rappresentazione moltiplicatore di collasso



Questa rappresentazione consente di ottenere una immagine in cui viene rappresentato, a scala di colori, l'inverso del moltiplicatore di collasso per inflessione sia verticale che orizzontale.

Si è scelto l'inverso in modo si abbia un chiaro limite superiore (l'unità) per cui ogni valore non accettabile (maggiore di uno) assume sempre e comunque il colore rosso.

Il valore massimo è riportato nella barra di stato.

Nella immagine, il maschio di sinistra è rinforzato con le fibre (vedi in seguito) benché sollecitato fuori piano come quello di destra.

Si noti anche come la verifica è condotta su, tipicamente, 12 sezioni in modo da avere un quadro quanto più esatto del meccanismo di collasso. Sulle modalità di verifica dei meccanismi di collasso, si veda in seguito nel capitolo relativo all'uso dei rinforzi.

La stampa

Generato mercoledì 3 ottobre 2012 alle ore 12:24:39.

All-In-One EWS 36 (26.09.2012) build 4963

© 2011-2012, Softing srl - Versione sperimentale

Dati generali

Caratteristiche materiale

Resistenza a compressione	daN/cm ²	196.13
Resistenza a taglio	daN/cm ²	2.94
Coefficiente di sicurezza		2.00

Caratteristiche terreno di fondazione

Angolo attrito terreno	°	30.00
Coesione terreno	daN/cm ²	0.00
Densità del terreno	daN/cm ³	1.96e-003
Profondità piano di posa	cm	0.00

Dati elementi murari

Elem.	Ty	H (cm)	W (cm)	S (cm)	Ecc (cm)	Itp (cm)	F.Vin.	Fnd (cm)
1	M	350.00	180.00	40.00	0.00	350.00	1.00	0.00
2	M	350.00	180.00	40.00	0.00	350.00	1.00	0.00

Per ogni elemento di indice **Elem** viene riportato il tipo **Ty** (M se maschio, F se fascia), l'altezza **H**, la larghezza **W** e lo spessore **S**. Se l'elemento è un maschio, viene riportata l'eccentricità del carico **Ecc**, l'interpiano **Itp** per il calcolo della instabilità ed il fattore di vincolo **F.Vin.**. Se il maschio è dotato di fondazione continua, viene indicata la larghezza **Fnd**.

Verifica maschi murari

PrL	Nd (daN)	Vd (daN)	Hd (daN/cm)	Nr (daN)	Vr (daN)	Hr (daN/cm)	psi	F. Sic.	Cmb.	Hlt. PGR
1	4727.06	527.52	29011.57	705790.86	19220.96	422970.20	714875929104.04	>10.0	2	>10.0
2	4295.46	449.19	54075.75	705885.14	19082.76	282824.28	715422369969.83	7.10	2	>10.0

Minimo fattore di sicurezza: 7.097900 >= 1.00

Per il maschio di indice **Elem** vengono espresse le sollecitazioni agenti nella sezione di base **N_d**, **V_d**, **M_d** e resistenti **N_r**, **V_r**, **M_r** relative alla condizione di carico **Cmb.** che ha determinato il minor fattore di sicurezza **F. Sic.**. **psi** è il fattore di instabilità. Nel caso di verifica di maschio con rinforzi FRP, i valori relativi alla forza assiale e quindi all'instabilità non vengono riportati in quanto restano validi quelli per il maschio non rinforzato. Se l'elemento rinforzato non ha rinforzi per entrambe le sollecitazioni flessionale e di taglio, dove il rinforzo è assente i valori riportati sono tutti nulli restando validi quelli per muratura non rinforzata.

Verifica fasce muratura

PrL	Ext	Vd (daN)	Hd (daN/cm)	Vr (daN)	Hr (daN/cm)	F. Sic.	Cmb.
3	sx	724.720545	8327.697287	8999.984704	9529411.764710	>10.0	2
	dx	739.148383	25955.919468	8999.984704	9529411.764710	>10.0	2
4	sx	702.480221	8472.032490	8999.984704	9529411.764710	>10.0	2
	dx	724.472562	2676.905951	8999.984704	9529411.764710	>10.0	2

Minimo fattore di sicurezza: 7.097900 >= 1.00

Per la fascia di indice **Elem** vengono espresse le sollecitazioni **V_d**, **M_d** e resistenti **V_r**, **M_r** agenti negli estremi **sz** e **dx** relative alla condizione di carico **Cmb.** che ha determinato il minor fattore di sicurezza **F. Sic.**

La stampa avviene con le modalità comuni a tutto All In One. Si attiva la funzione dall'icona della palette o dal menu Verifica. Non è necessario selezionare i pannelli: verranno stampati i dati e gli esiti delle verifiche per tutti i pannelli assegnati.

Note tecniche sul rinforzo in FRP

NOTA BENE: Queste funzionalità sono abilitate solo in presenza della opzione FibRePower.

Verifiche di resistenza

Le direttive CNR 200 del 2012, che qui seguiamo, non espongono in modo differenziato le verifiche di portanza da quelle comunemente dette di stabilità dei "meccanismi locali". Per seguire le trattazioni più diffuse seguiremo qui invece questa netta differenziazione. Infatti, sempre con riferimento alla letteratura corrente, le verifiche di portanza vengono eseguite con gli sforzi ottenuti da un'analisi dinamica lineare, quella dei meccanismi, con le forze agenti sul "macro elemento" considerando queste verifiche distaccate dal contesto dell'analisi tensionale. Nel seguito vedremo come in WallVerine anche le verifiche dei meccanismi locali vengano ricondotte nello stesso ambito. Le verifiche di portanza sono per per azioni nel piano del pannello:

- a pressoflessione nel piano (§ 5.4.1.2.1)
- a taglio (§ 5.4.1.2.2)

I paragrafi tra parentesi sono quelli delle citate DT200.

La verifica a pressoflessione viene eseguita come indicato nel paragrafo citato usando il metodo dello "stress block" riportato nel §5.4.1.1.2(2). Viene eseguita in automatico per le due estremità del pannello.

La verifica a taglio viene eseguita considerando l'equilibrio del traliccio nelle due possibili conformazioni:

- rinforzi longitudinali e trasversali
- rinforzi diagonali

Nel primo caso si è seguito quanto indicato dalle DT200, nel secondo caso si sono distribuite le forze in base alle rigidità delle aste tese e compresse con metodo esposto anche in "Il composito nell'ingegneria strutturale" di Clementi, Lenci.

La fascia di piano viene verificata a taglio e presso-flessione come richiesto dal §5.4.2.2. Non viene considerata la possibilità di un rinforzo ad architrave.

Non vengono eseguite verifiche per colonne cerchiate in muratura.

Meccanismi locali di collasso

In WallVerine si considerano i meccanismi di collasso previsti come "ricorrenti" dal DT 200 del CNR. Questi meccanismi, tra l'altro, sono quelli per cui vengono ufficialmente fornite le indicazioni per un rinforzo con fibre. I meccanismi considerati sono quindi i seguenti:

- per ribaltamento semplice (§ 5.4.1.1.1)
- per flessione verticale (§ 5.4.1.1.2)
- per flessione orizzontale (§ 5.4.1.1.3)

Tra parentesi sono riportati i paragrafi in cui nelle citate direttive tecniche tali meccanismi sono trattati.

Le verifiche dei meccanismi prevedono di valutare le azioni ribaltanti e stabilizzanti di una parte di muratura, considerata

come corpo rigido, intorno ad una cerniera ove si presuma tale corpo rigido possa ruotare. Le azioni, con riferimento al ribaltamento semplice, sono tipicamente:

- peso proprio
- carichi che gravano sulla sommità dell'elemento murario
- forze orizzontali

Tipicamente queste forze vengono considerate, in vari manuali e fogli di calcolo appositamente redatti, come non fossero le stesse che agiscono normalmente sulla struttura e come se la verifica dei meccanismi sia un problema da trattare in modo specifico estraendolo dal contesto.

In effetti, considerando l'approccio qui impiegato di integrare le tensioni associate agli elementi finiti piani, è agevole ottenere le forze necessarie a queste verifiche direttamente dall'analisi dinamica lineare della struttura. Ciò comporta la possibilità di automatizzare correttamente l'estrazione delle quantità rilevanti senza doverle estrarre dal modello tramite operazioni estranee alla logica del modello di calcolo.

Poiché le azioni che entrano in combinazione sono identificabili per tipologia, è agevole ottenere le forze agenti sul corpo rigido che derivano da peso proprio, da carichi permanenti, da azioni sismiche e così via. Nel modello di calcolo ad elementi finiti generalmente non si considerano i disassamenti che derivano dal variare degli spessori o l'eccentricità dovuta all'appoggio dei solai. In tal modo i carichi sono sempre nel piano dell'elemento. Però è possibile calcolare a posteriori i momenti, in genere stabilizzanti, che derivano dalla eccentricità, nota, di queste azioni. Pertanto il problema si trasforma nel calcolo di momenti stabilizzanti e ribaltanti intorno ad una linea di cerniera assegnata. Poiché queste forze derivano da un modello ad elementi finiti, vengono considerati di fatto anche altri fattori in genere difficilmente valutabili, quali le spinte di un tetto, l'azione di un tirante e così via. Inoltre, poiché la cerniera può essere agevolmente posta nelle posizioni più opportune, la valutazione dell'effetto indebolente di aperture può essere considerato senza approssimazioni.

La trattazione dei meccanismi separatamente dal contesto del modello di calcolo impiegato per l'analisi dinamica lineare è probabilmente un passo obbligato se si usa il telaio equivalente, infatti in questo caso non sono identificabili le sollecitazioni localizzate, cosa che invece col presente approccio per integrazione è possibile. Infatti le cerniere possono essere comunque posizionate e i momenti intorno ad essa calcolati in modo corretto. Le stessa verifica per ribaltamento del cantonale – in WallVerin non eseguita in modo automatico – può essere necessaria se vi è una spinta in diagonale del tetto, ma tale verifica è meno conservativa di quella a ribaltamento delle singole pareti.

Il problema è che con il telaio equivalente queste sollecitazioni locali vengono distribuite e non sono utilizzabili localmente. Con i nostri pannelli, è possibile anche definire un pannello di dimensioni e posizione adeguate per verificare la stabilità di tale porzione di muratura.

Quest'ultima osservazione la riteniamo molto importante per poter usare in pieno le potenzialità di WallVerin.

Per quanto riguarda le così dette "verifiche di sicurezza", intese come trasformazione del moltiplicatore di collasso in accelerazione limite da confrontare con quella di progetto, è importante notare che, considerando il problema del meccanismo come avulso dal contesto della analisi dinamica lineare, è necessario valutare la partecipazione della muratura in esame all'azione sismica, cosa per nulla accurata ed agevole. Se invece si possono usare, come con il metodo impiegato, le azioni derivanti dall'azione sismica con tutte le sue componenti sul meccanismo, è agevole ed accurato derivare il moltiplicatore dell'azione sismica che determini il collasso per incremento di tale azione, poiché con la tecnica dello spettro di risposta, la risposta è linearmente dipendente dall'accelerazione, tale moltiplicatore è anche un moltiplicatore dell'azione sismica applicata rispetto a quella di collasso.

Per quanto riguarda inoltre i criteri esposti circa i criteri di equilibrio qui impiegati, è opportuno notare che la DT200 usa sempre il concetto di "equilibrio alla rotazione intorno alla cerniera" e non usa i concetti dell'analisi cinematica usati in altri testi. In effetti l'analisi cinematica è necessaria per analizzare l'equilibrio dei corpi rigidi e per valutare gli effetti non lineari. Nei casi che interessano i fenomeni qui trattati, in effetti le formulazioni cinematiche coincidono con quelle di equilibrio che, essendo più note e più consone alla pratica progettuale, consentono una più chiara esposizione.

Ricordiamo la terminologia che useremo. Pannelli sono dei rettangoli che racchiudono una parte di muratura, maschi sono

pannelli verticali, fasce quelli orizzontali. I pannelli rigidi, definibili in DonJon per indicare le aree infinitamente rigide di connessione trave-pilastro, non sono mai considerati in WallVerine.

Ribaltamento semplice

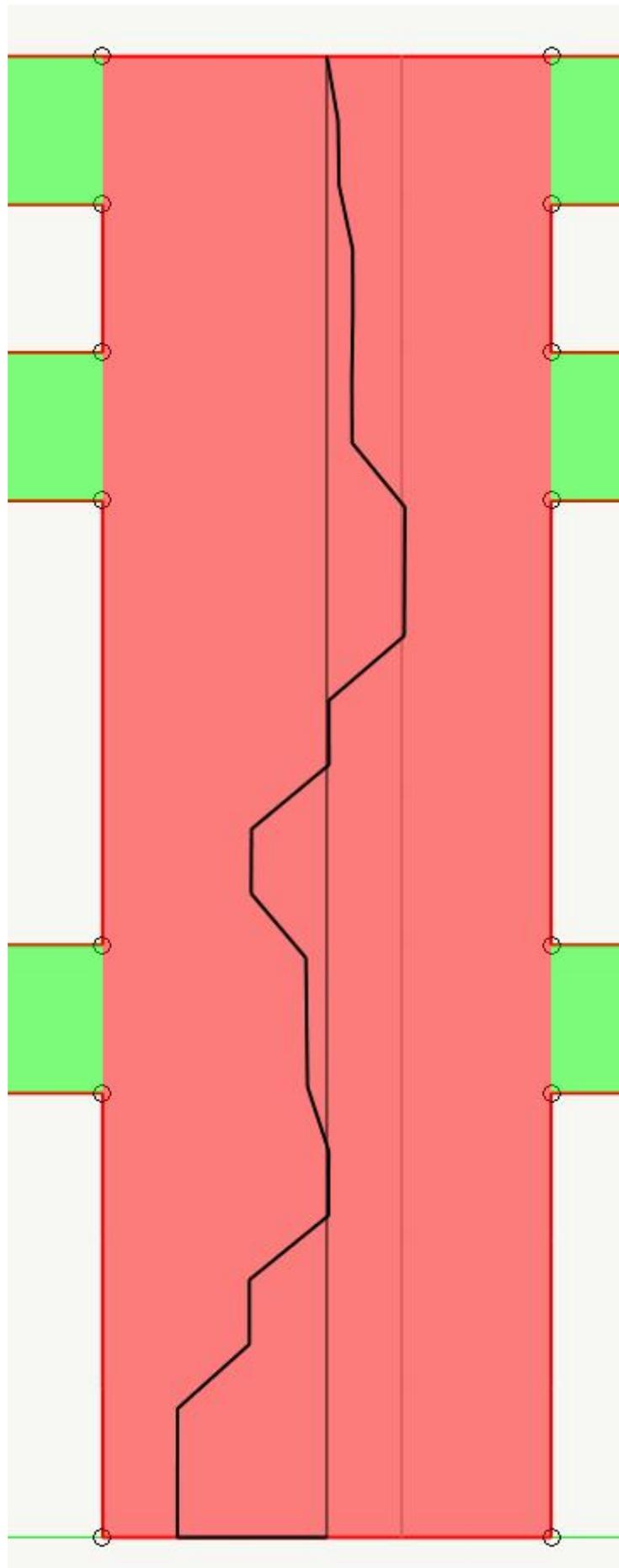
Questo meccanismo è trattato al paragrafo 5.4.1.1.1 delle DT200. Si può verificare solo nei maschi e pertanto solo nelle verifiche di un pannello maschio si hanno i risultati di questa verifica.

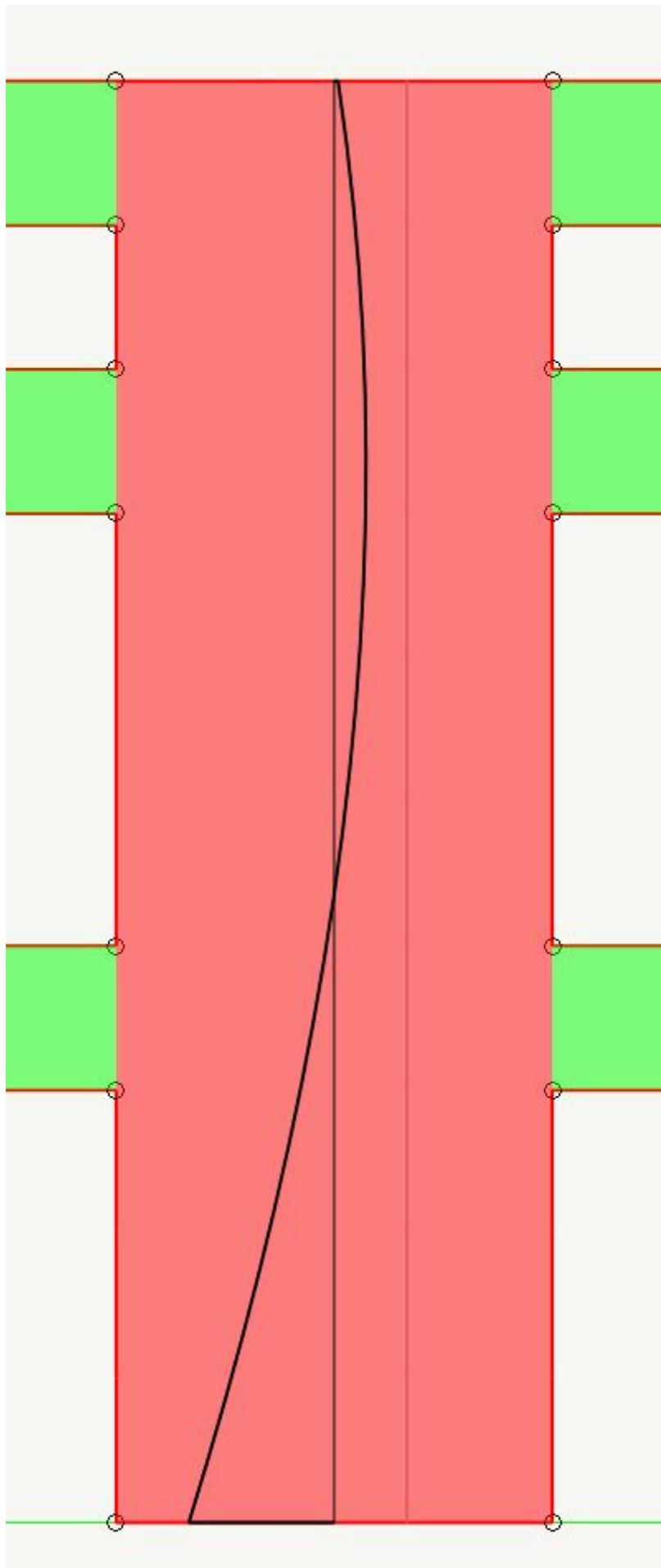
Le verifiche avvengono sempre nell'ambito del singolo pannello. La suddivisione in uno o più pannelli verticali del singolo maschio murario è scarsamente influente sui risultati. La verifica di un pannello di base comunque prende in considerazione tutti i carichi provenienti dalla struttura sovrastante. La verifica nell'ambito del pannello non è infatti ovviamente un limite alle azioni che sono quelle derivanti dall'analisi. La verifica di un pannello di sommità quindi consente di valutare il ribaltamento intorno ad una cerniera posta alla base del pannello. La verifica di un pannello di base invece fornisce i risultati del ribaltamento di tutto il maschio fino alla sommità anche se suddiviso in più pannelli.

La verifica fornisce il valore del momento ribaltante dovuto alle azioni orizzontali e il valore del momento stabilizzante dovuto alle forze verticali considerate agenti con la dovuta eccentricità.

Verifica per flessione della striscia muraria verticale

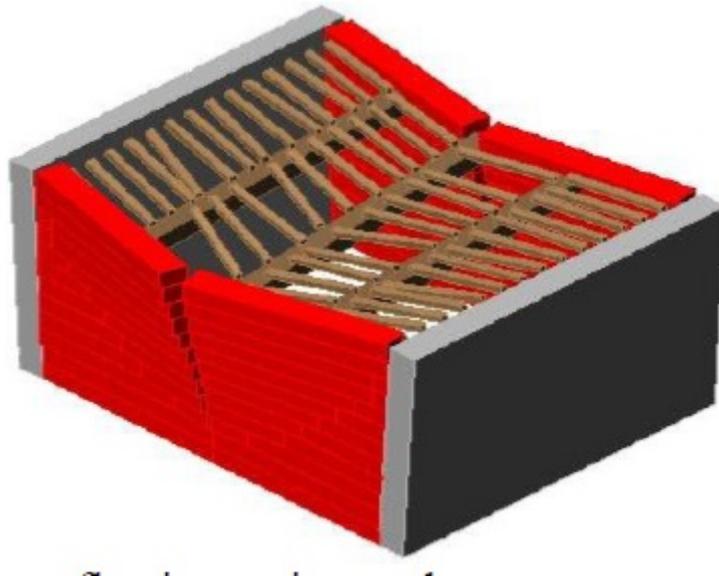
Questo meccanismo è trattato al paragrafo 5.4.1.1.2 delle DT200. Si tratta di verificare la stabilità in caso si formino tre cerniere nel maschio, due alle estremità ed una tra le due. Questo schema è riconducibile a quello precedente sempre considerando le forze agenti nelle tre cerniere ottenute per integrazione delle tensioni suddividendole, con l'opportuna eccentricità. In stabilizzanti e ribaltanti. In questo caso, per considerare il momento che agisce nella cerniera intermedia, occorre annullare i momenti nelle cerniere d'estremo. La cerniera intermedia può avere posizione variabile perché non è noto a priori la sezione critica e pertanto il programma esegue la verifica in cinque sezioni ed espone il risultato ottenuto per la sezione più sollecitata. Le cerniere di estremità sono invece assunte come fisse e posizionate agli estremi del pannello. Pertanto questa verifica può essere influenzata dalla scelta della discretizzazione del maschio. In genere un solo maschio per tutta l'altezza fornisce i risultati più gravosi. In questa verifica eventuali azioni agenti in posizioni intermedie nel maschio (connessione coi solai, tiranti etc.) se presenti nel modello di calcolo vengono correttamente considerate. Si deve notare che il metodo di verifica di sollecitazioni ottenute da un'analisi con elementi finiti piani, consente di tenere in considerazione eventuali effetti delle forature in quanto i momenti flettenti vengono calcolati accuratamente con questo tipo di analisi.





Nella figura in alto, l'andamento del momento flettente integrato in più sezioni del maschio. Si nota come l'andamento sia molto "ricco" e come possa cogliere anche gli effetti dovuti alle aperture. Nella seconda figura si è invece effettuato un fittino cubico, rappresentando cioè gli sforzi in precedenza calcolati tramite una interpolazione cubica, che è l'andamento del momento in un elemento trave classico. Si vede come la ricchezza si perda e come in effetti gli effetti locali siano mascherati dal modello di calcolo.

Verifica per flessione della striscia orizzontale



Questo meccanismo è trattato al paragrafo 5.4.1.1.3 delle DT200. Riportiamo, perchè sia più chiaro questo meccanismo, la figura 5.7 tratta dalle direttive citate.

Si può notare che, questo meccanismo è perfettamente analogo ai precedenti. Solo che qui la verifica nella cerniera intermedia va eseguita con le sollecitazioni agenti e senza ipotizzare cerniere di estremo per cui la discretizzazione in pannelli di fascia non influisce sulla formazione del modello del meccanismo. In questo caso però non si hanno momenti stabilizzanti per cui il momento resistente da paragonare a quello agente è dato solo dall'effetto "arco" che si instaura nella muratura. La formula 5.19 del DT200 fornisce il carico distribuito che può essere sopportato dal comportamento ad arco. Per omogeneità dei risultati e per rendere questo effetto cumulabile con quello del rinforzo a fibre, che vedremo dopo, si considera il momento flettente che tale carico distribuito indurrebbe nella fascia.

Il rinforzo per i meccanismi di collasso

Per gli stessi tre meccanismi che abbiamo già esaminato, ora esamineremo le verifiche eseguite da WallVerine con rinforzi FRP.

Ricordiamo che, anche se ciò non è esplicitato, vengono eseguite le verifiche di delaminazione sia di estremità che intermedia assumendo le tensioni massime fornite da tali verifiche come tensioni di progetto. Un adeguato ancoraggio deve però essere assicurato dal progettista.

Ribaltamento semplice

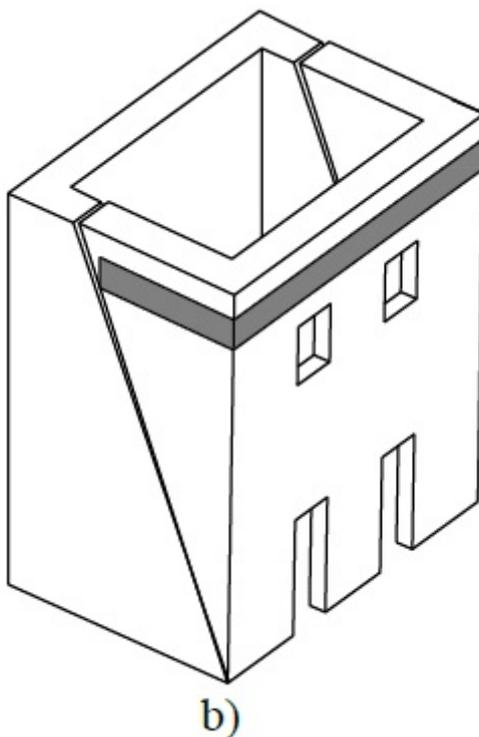
Il ribaltamento può essere evitato legando la parte superiore del maschio con una striscia orizzontale di fibre ancorate alle pareti laterali. Nella logica di verifica adottata in WallVerine, date le caratteristiche della fascia, si ottiene la forza che tale fascia può supportare. Tale forza fornisce un momento stabilizzante alla base del maschio che, sommato ai momenti stabilizzanti dovuto agli altri fenomeni, consente di calcolare il moltiplicatore di collasso. Questo procedimento, che sarà

usato anche per le altre verifiche, fornisce quantità omogenee e molto intuitive per tutti i meccanismi considerati.

Questa verifica ha significato solo per i maschi, se si esegue la verifica su una fascia, questi darti ovviamente non vengono forniti. Nei dialoghi di verifica, che sono comuni per entrambi i tipi di pannello (maschio o fascia) in modo da renderli più chiari ed uniformi a chi li consulta, i dati non pertinenti vengono "dimmati" e cioè oscurati.

Le verifiche da eseguirsi, secondo sempre DT200, sono due ed espresse nelle 5.12 e 5.13, cioè per rottura a trazione o per distacco dalle pareti laterali. Per il calcolo del momento stabilizzante equivalente, viene preso il minore di questi due valori.

Occorre precisare che tali ultime verifiche che in WallVerine non vengono effettuate per questo tipo rinforzo.



- Resta al progettista la valutazione della lunghezza e della modalità di ancoraggio della striscia sulle pareti laterali.
- Non viene eseguita la verifica di stabilità dell'eventuale cuneo che si distaccasse dove finisce la fascia lateralmente, fenomeno illustrato con la figura 5-5 sempre da DT200.

Flessione verticale

Il rinforzo per la flessione verticale si ottiene tramite strisce verticali poste su una o due facce della muratura.

La verifica a flessione viene eseguita in accordo col punto 2 del citato paragrafo 5.4.1.1.2:

In maniera semplificata, la verifica a pressoflessione delle sezioni di muratura rinforzata può essere condotta assumendo un diagramma delle tensioni di compressione costante e pari a $0.85 f_{md}$, esteso ad una porzione di sezione profonda $0.6 \div 0.8 x$ essendo x la distanza dell'asse neutro dall'estremo lembo compresso.

Viene inoltre eseguita la verifica a taglio secondo il punto 3 dello stesso paragrafo:

Deve essere inoltre verificato che il valore del taglio nella concomitante condizione di carico, non ecceda in alcuna sezione quello resistente.

Si ricorda che la norma consiglia che lo spazio libero tra due strisce non superi tre volte lo spessore del muro.

Verifica per flessione della striscia orizzontale

Questa verifica è sostanzialmente identica alla precedente.

Conclusione

Notiamo che non è stato progettualmente semplice inquadrare tutti i meccanismi ed i differenti modi di trattarli che si trovano in letteratura. In effetti si è, per questi meccanismi citati nel DT200, davanti allo stesso fenomeno. I particolari possono differire, ma sono omogeneizzabili sotto l'aspetto intuitivo di un'azione ribaltante ed una stabilizzante. All'azione stabilizzante possono contribuire i rinforzi di fibre.

Pertanto abbiamo una sola verifica e quindi dei valori omogenei come risultati. Nel caso dei maschi avremo questa verifica eseguita alla base o in una sezione intermedia, per le fasce, solo in una sezione intermedia: tre verifiche omogenee. Queste verifiche possono essere eseguite con o senza rinforzi.

Il dialogo di verifica per i meccanismi è dunque uno solo che reca le due verifiche esposte su colonne parallele (ribaltamento e inflessione) e in due parti sovrapposte nello stesso dialogo: senza rinforzi o rinforzate. Nel caso si verifichi una fascia di piano, i risultati della verifica a ribaltamento sono oscurati. In caso non siano assegnati rinforzi al pannello, vengono oscurati risultati relativi alle verifiche con rinforzo.

Come operare con il programma

The image shows a software dialog box titled "Verifica muratura" with a tabbed interface. The "Rinforzo" tab is selected. The dialog contains several input fields for defining the reinforcement properties:

Parametro	Valore
Tipo rinforzo	FRP
Modulo elastico medio a trazione	1600000.0
Resistenza caratteristica a trazione	28000.000
Deformazione ultima media a trazione (%)	1.6000000
Coeff. Sic. parziale trazione	1.0000000
Coeff. Sic. parziale delaminazione	1.0000000
Fattore conversione ambientale	1.0000000
Fattore conversione modalità	1.0000000

An "OK" button is located at the bottom right of the dialog.

Assegnare le caratteristiche meccaniche dei rinforzi. Tali caratteristiche sono comuni a tutti i rinforzi che verranno assegnati.

Dal combo-box dei rinforzi si deve scegliere il tipo di rinforzo voluto che può essere:

- Nessuno
- FRP
- Acciaio

- FRCM

Il dialogo si configura secondo il tipo di rinforzo prescelto e consente per ogni tipo di materiale di assegnare le caratteristiche necessarie.

Le diciture nel dialogo sono autoesplicative.

Dati pannello murario

Dati geometrici | Dati materiali | Dati muratura | **Rinforzo** | Sforzi

Pannello 1

Flessione nel piano

Spessore

Larghezza

Passo

Numero strisce per spigolo Su entrambe le facce

Flessione fuori piano e flessione fasce

Spessore

Larghezza

Passo Su entrambe le facce

Taglio nel piano

Spessore Strisce orizzontali

Larghezza Strisce diagonali

Passo Su entrambe le facce

Ribaltamento del maschio

Spessore

Larghezza

Quindi si attiva l'icona o il comando da menu di assegnazione dei dati al pannello, clicca sul pannello e si assegnano i rinforzi. Essi possono essere:

- per flessione nel piano
- per flessione fuori piano (sia verticale: maschi, che orizzontale: fasce)
- per taglio nel piano alternativamente a strisce trasversali o diagonali. Le prime necessitano dei rinforzi per flessione nel piano
- per ribaltamento semplice

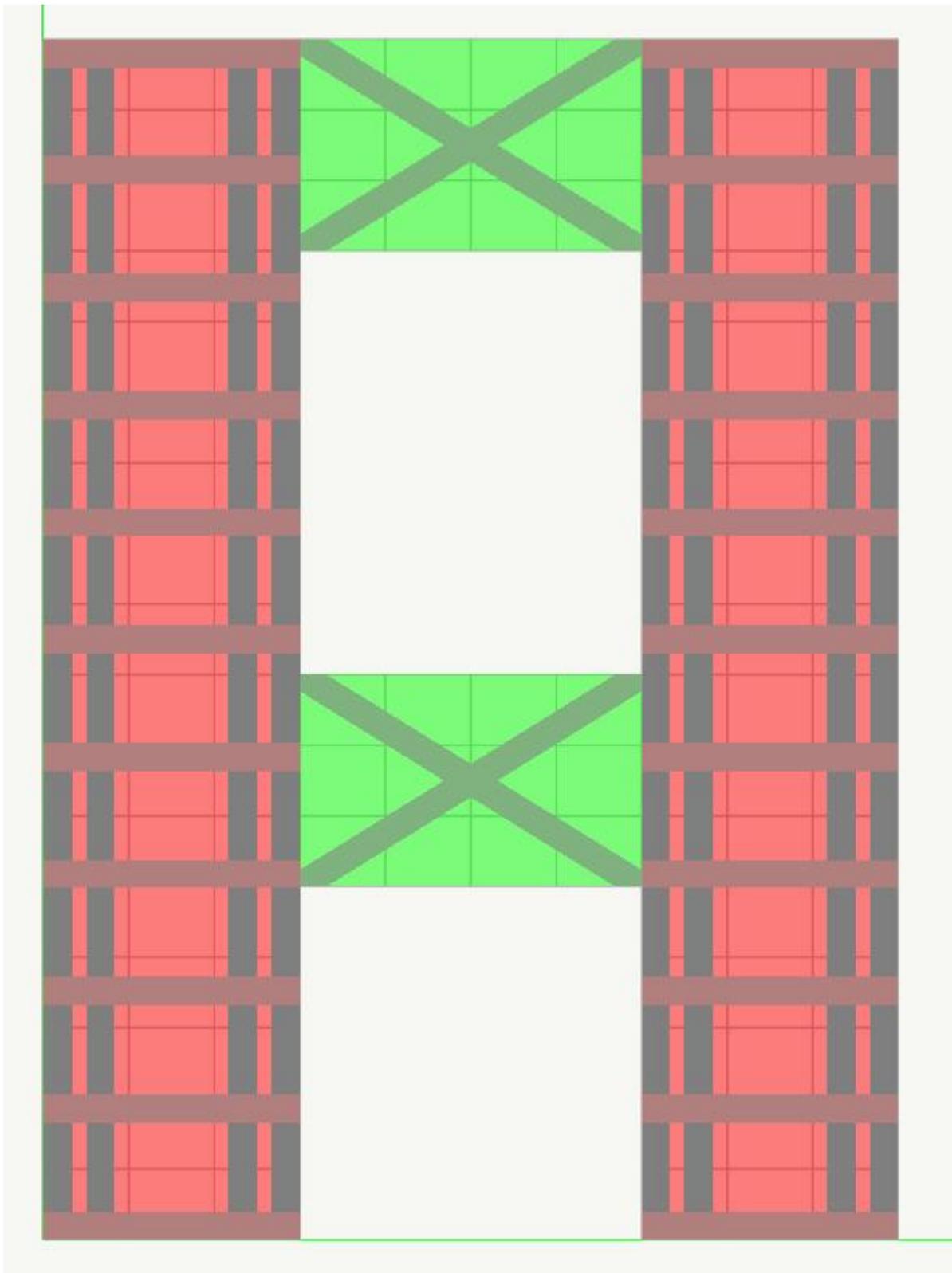
Si ricorda che il rinforzo a taglio nel piano attuato con strisce trasversali deve essere accompagnato da strisce laterali di

rinforzo nel piano.

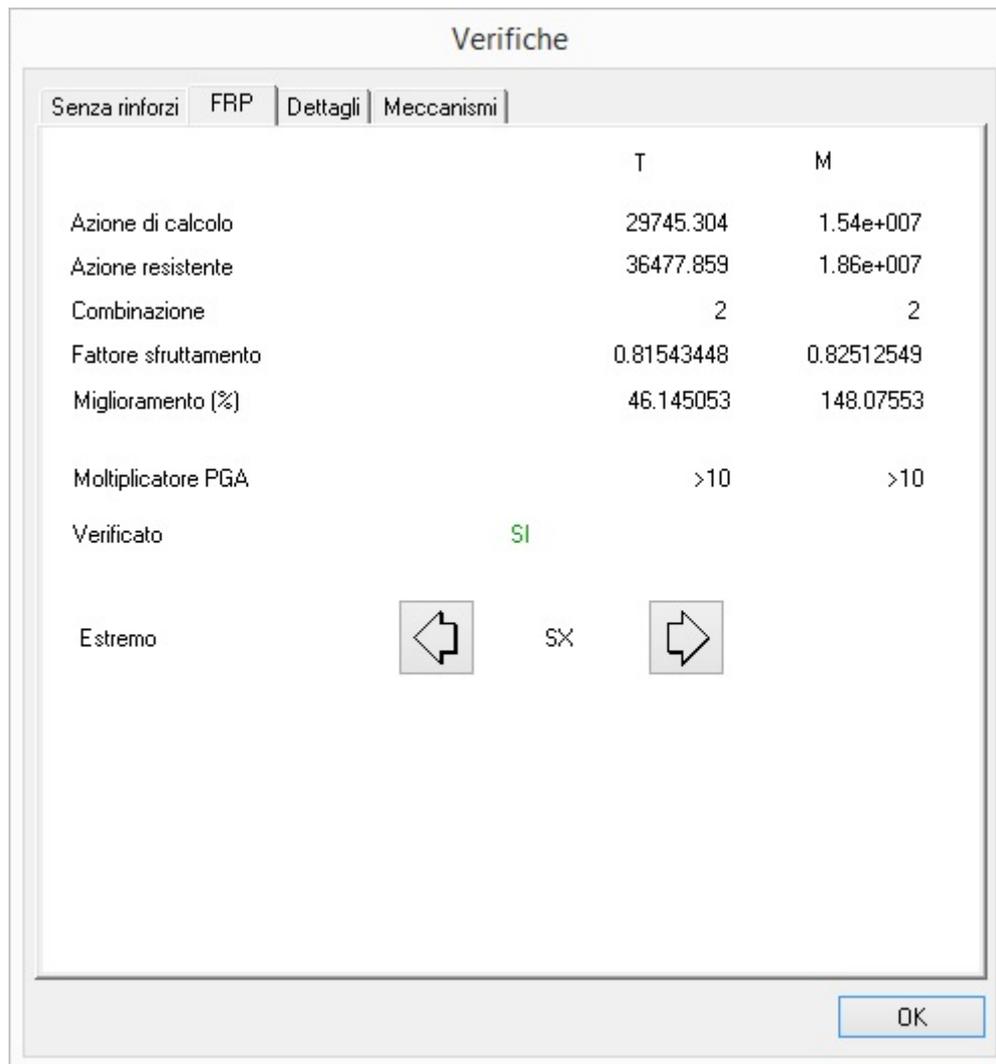
Si ricorda anche che in assenza di pareti laterali dove ancorare la fascia superiore che ostacola il ribaltamento semplice, i risultati sono nulli senza ulteriore avviso.



Per verificare le assegnazioni, si possono rappresentare i rinforzi nel piano e per azioni fuori piano. Non è rappresentata la fascia superiore per il ribaltamento semplice.



Per le verifiche, attivando il comando e cliccando sul pannello voluto, oltre alle verifiche per muratura non rinforzata, saranno presenti tre pagine del dialogo: due per le verifiche di resistenza della muratura rinforzata e una per i meccanismi.



Il dialogo per le verifiche di resistenza consente di effettuare le verifiche ai due estremi del pannello. Vengono eseguite le verifiche per tutte le combinazioni di carico e vengono riportati i risultati relativi alla combinazione con minore fattore di sicurezza. Ciò consente la massima sintesi nell'esame dei risultati.

Non è riportata la verifica per la forza assiale e la stabilità in quanto non sono supportate cerchiature e pertanto questa verifica è identica a quella per muratura non rinforzata.

Verifiche				
Senza rinforzi		FRP	Dettagli	Meccanismi
Flessione		Taglio		
Forza assiale	31559.341	Tensione delaminazione	2809.2148	
Modalità snervamento	Fibre	Taglio ultimo muratura	6311.8683	
Deformazione limite muratura	0.00100000	Taglio ultimo rinforzi	30165.991	
Deformazione delaminazione	0.00175576	Taglio ultimo bielle	37963.938	
Deformazione fibre	0.00175576	K1	4593.7965	
Mod. Elast. Muratura	20000.000	K2	12072.836	
Mod. Elast. Fibre	1600000.0			
Zona compressa	134.43350			
Momento ultimo muratura	1.32e+007			
Momento ultimo rinforzi	5423098.2			

OK

La pagina del dialogo denominata "Dettagli" riporta i valori principali impiegati per la verifica della muratura rinforzata. Per il significato di questi valori, vedere [Cenni teorici sui metodi adottati](#)

Verifiche		
Senza rinforzi FRP Meccanismi		
	Ribaltamento semplice	Inflessione fuori piano
Non rinforzato		
Momento agente	7524.8326	6739.9004
Momento stabilizzante	71616.344	39942.281
Moltiplicatore di collasso	9.5173339	5.9262420
Moltiplicatore PGA	9.7188160	5.8709581
Esito verifica	VERIFICATO	VERIFICATO
Rinforzato		
Momento resistente	4767395.6	656963.65
Moltiplicatore di collasso	>10	>10
Fattore sicurezza a taglio		Non disponibile
Moltiplicatore PGA	>10	>10
Esito verifica	VERIFICATO	VERIFICATO

Le verifiche per i meccanismi riportano la verifica sia per muratura non rinforzata che eventualmente rinforzata. Se non vi è rinforzo, i campi sono dimmati.

Le stampe avvengono automaticamente insieme a quelle dei dati e delle verifiche della muratura non rinforzata. Le stampe riportano:

- I dati dei rinforzo dei pannelli
- Le verifiche a flessione e taglio nel piano
- Le verifiche dei meccanismi

Dati rinforzo pannelli								
PrL	Tipo	Tipo rinforzo	Th (cm)	Ws (cm)	Stp (cm)	Tru Rott. (daN/cm2)	Def. Rott. %	
2	H	Flessione nel piano	0.020000	20.000000	20.000000	27450.620000	1.600000	
		Diagonale a taglio	1.000000	20.000000	103.750000	27450.620000	1.600000	
		Flessione fuori piano	0.100000	20.000000	32.000000	27450.620000	1.600000	
		Ribaltamento semplice	0.100000	50.000000	=	27450.620000	1.600000	
4	F	Diagonale a taglio	1.000000	20.000000	0.000000	27450.620000	1.600000	

Verifica maschi murari rinforzati FRP										
PrL	Md (daN)	Vd (daN)	Md (daN/cm)	Mr (daN)	Vr (daN)	Mr (daN/cm)	psi	F. Sic.	omb.	Mlt. PGA
2	=	269.526896	12183.675114	=	52699.215052	5905732.854776	=	>10.0	10	>10.0
Minimo fattore di sicurezza:			>10.0	>=	1.00					

Per il maschio di indice **Elem** vengono espote le sollecitazioni agenti nella sezione di base **N_d, V_d, M_d** e resistenti **N_r, V_r, M_r** relative alla condizione di carico **Cmb**, che ha determinato il minor fattore di sicurezza **F. Sic.**, **psi** è il fattore di instabilità. Nel caso di verifica di maschio con rinforzi FRP, i valori relativi alla forza assiale e quindi all'instabilità non vengono riportati in quanto restano validi quelli per il maschio non rinforzato. Se l'elemento rinforzato non ha rinforzi per entrambe le sollecitazioni flessionale e di taglio, dove il rinforzo è assente i valori riportati sono tutti nulli resatndo validi quelli per muratura non rinforzata

Verifica fasce murarie rinforzate FRP										
PrL	Ext	Vd (daN)	Md (daN/cm)	Vr (daN)	Mr (daN/cm)	F. Sic.	omb.			
4	sx	699.174646	0.000000	67751.611540	0.000000	>10.0	10			
	dx	740.720227	0.000000	67751.611540	0.000000	>10.0	10			
Minimo fattore di sicurezza:			>10.0	>=	1.00					

Per la fascia di indice **Elem** vengono espote le sollecitazioni **V_d, M_d** e resistenti **V_r, M_r** agenti negli estremi **sz** e **dx** relative alla condizione di carico **Cmb**, che ha determinato il minor fattore di sicurezza **F. Sic.**

Verifica meccanismi										
PrL	Tipo	Mecanismo	M. Agente (daN/cm)	M. Stab. (daN/cm)	Molt. Collasso	Molt. PGA	Esito			
2	H	Ribalt. semplice senza rinforzo	147162.263579	147162.263579	>10	>10	VERIFICATO			
		Inflessione senza rinforzo	2551.540338	76664.220507	>10	>10	VERIFICATO			
		Inflessione con FRP		4920653.506398	>10	>10	VERIFICATO			
4	F	Inflessione senza rinforzo	7.133417	13075.523353	>10	>10	VERIFICATO			
Minimo fattore di sicurezza:			>10.0	>=	1.00					

Cenni teorici sui metodi adottati

Rinforzo per presso-flessione

Si impiega il metodo dello "stress-block" come da CNR DT 200 paragrafo 5.4.1.1.2 punto (2) assumendo i valori indicati in tali punto.

Viene calcolata la distanza x dall'asse neutro del lembo estremo compresso tenendo conto del contributo del rinforzo. In base a tale posizione dell'asse neutro si determina se la fibra più esterna è snervata. In questo caso si ricalcola il valore di x e con tale nuovo valore, si determina se la muratura supera la deformazione limite di compressione. Se ciò avviene, si assume nullo il momento ultimo. Con il valore di x determinato come sopra, si calcola il momento ultimo della muratura e quello Mu del sistema di rinforzi con strisce a distanza d dal lembo compresso. Quest'ultimo viene calcolato come segue:

$$M_{uf} = A_f E_f \frac{\epsilon_f}{(d_{max} - x)} \sum_i (d_i - x) (d_i - \frac{h}{2})$$

In caso si sia verificato lo snervamento delle fibre, si assume per il valore di ϵ_f il valore di deformazione ultima.

Questa procedura viene impiegata per la flessione nel piano. Per la flessione fuori piano, le strisce di rinforzo verticale non vengono considerate e per l'analisi dei cinematismi viene tenuto in conto l'eventuale rinforzo in sommità e/o laterale per impedire il ribaltamento.

Si noti che la deformazione del rinforzo dipende dalla posizione dell'asse neutro che a sua volta dipende dalla forza assiale e pertanto la combinazione più gravosa ai fini della verifica può essere diversa nel caso di presenza o assenza di rinforzo.

Resistenza a taglio di pannelli rinforzati con strisce orizzontali e verticali

La verifica viene effettuata secondo le prescrizioni del paragrafo 5.4.1.2.2 delle direttive CNR DT 200.

Si assume che il traliccio sia adeguatamente formato, che siano presenti sia strisce verticali che orizzontali e che l'angolo d'attrito interno della malta sia superiore a 45°. Per la valutazione dell'area compressa si usa il valore di x come precedentemente calcolato per la flessione.

Viene assunto come taglio ultimo il minimo dei valori relativi alla muratura rinforzata e alla compressione delle diagonali secondo le formule 5.21, 5.22 e 5.23. Si tiene conto del contributo dell'attrito della muratura calcolando la resistenza a taglio della muratura come segue:

$$V_{R, dm} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \left(d t f_{Vd0} + \frac{0.4}{\gamma_M} N_d \right)$$

Resistenza a taglio di pannelli rinforzati con fasce diagonali

Si assume la congruenza degli spostamenti di due sistemi costituiti uno dal verticale compresso e dalla diagonale tesa, e l'altro con verticale teso e diagonale compressa. Il taglio si ripartisce in questi due sistemi con le forze F_1 ed F_2 dove:

$$F_1 = V_{Rd} K_1 / (K_1 + K_2) \quad F_2 = V_{Rd} K_2 / (K_1 + K_2)$$

K_1 e K_2 sono le rigidezze dei due sistemi e sono date da:

$$K_1 = b^2 \left(\frac{E_m A_m E_f A_f}{E_f A_f h^3 + E_m A_m l^3} \right)$$

$$K_2 = b^2 \left(\frac{E_m A_m E_f A_f}{E_m A_m h^3 + E_f A_f l^3} \right)$$

Dove h e b sono altezza e base del pannello ed l la lunghezza della diagonale.

Le resistenze assiali della striscia diagonale tesa e della diagonale compressa in muratura vengono quindi proiettate secondo l'inclinazione e ripartite secondo le rigidezze K_1 e K_2 come sopra.

La resistenza a taglio della muratura è calcolata come nel caso precedente. La biella compressa in muratura viene assunta di larghezza pari a $0.1 l$.