

Questa guida

Questa guida si riferisce all'ambiente ExSys di All In One della Softing srl e ne descrive le funzioni principali. Tutti i diritti su questo manuale sono di proprietà della Softing srl.

© 2012-2023 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 3 novembre 2023.

Accordo di licenza d'uso del software Softing

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, 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 mantiene la piena proprietà di questa copia di programma Software e della documentazione ad essa allegata. Pertanto la Softing 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, qualora vi sia 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 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 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 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 non inficiano questo esonero di garanzia.

7. Limitazioni di responsabilità. Softing 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 nei confronti del Licenziatario per il complesso dei danni, delle perdite, e per ogni altra causa, sarà rappresentato dall'importo dal Licenziatario corrisposto a Softing per il relativo Software.

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

9. Obbligatorietà 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 volontà di vincolarsi alla scrupolosa osservanza di questo Accordo. Il Licenziatario dà altresì atto che quanto precede costituisce la totalità delle intese intercorse e che pertanto esso annulla e sostituisce ogni eventuale precedente accordo o comunicazione tra le parti.

SOFTING 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 VENGANO CORRETTI. SOFTING NON GARANTISCE L'USO O I RISULTATI DERIVANTI DALL'USO DEL SOFTWARE E DELLA DOCUMENTAZIONE NÉ LA LORO CORRETTEZZA, AFFIDABILITÀ E ACCURATEZZA.

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

Nòlian è 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®, il logo Softing, Nòlian®, il logo Nòlian®, Mac-Sap®, MacBeam®, CADSap®, EasyWall®, EasySteel®, EasyBeam®, EasyFrame®, EasyWorld®, HyperGuide®, Sap-Script®, FreeLite®, inMod® sono marchi registrati di Softing s.r.l.

Novità rispetto alla versione EWS 50

E' supportato il rinforzo con FRCC

Da questa versione, ExSys dotato dell'opzione FibRePower consente la verifica ANCHE degli elementi non rinforzati unitamente a quelli rinforzati: ciò consente una rapida valutazione della efficacia dei rinforzi e consente una verifica di tutta la struttura consentendo le verifiche di vulnerabilità anche per strutture non interamente rinforzate. Inoltre i dialoghi di verifica consentono di attivare le verifiche ignorando i rinforzi per una valutazione immediata del vantaggio del rinforzo.

Da questo aggiornamento della versione EWS 51 la funzionalità FibRePower è una opzione di ExSys che pertanto non ha più due ambienti: uno privo di tale funzionalità ed uno invece che ne è dotato. L'unico ambiente di nome ExSys avrà attive le funzioni di gestione dei rinforzi se è attiva l'opzione relativa.

Se è attiva la opzione FibRePower, è possibile in tutte le verifiche ottenere immediatamente i risultati per la verifica con e senza rinforzi in modo da consentire un'agevole valutazione dei vantaggi conseguiti con i rinforzi. Inoltre la funzione di vulnerabilità consente di rappresentare i valori di vulnerabilità contemporaneamente sia per la struttura priva di rinforzi che per la struttura rinforzata.

Novità rispetto alla versione EWS 51

Revisionata e validata la verifica di elementi e nodi con rinforzi CAM. Migliorata la verifica a taglio sia di elementi che di nodi

Novità rispetto alla versione EWS 55

Modificata modalità di verifica nodi

Presentazione di ExSys

ExSys è un ambiente di Nòlian All In One dedicato alla verifica di strutture esistenti in conglomerato cementizio armato. Se si è acquisita l'opzione FibRePower, questo ambiente consente anche di modellare rinforzi in materiali fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP), in FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) o acciaio secondo il metodo CAM® (Cerchiatura Attiva Manufatti) e di verificare la struttura così rinforzata.

Si tiene conto della DM2018 e del DT200 del CNR. Per FRCM si tiene conto del DT 215 del CNR. Sostanzialmente, le verifiche degli elementi rinforzati vengono eseguite con i criteri per le strutture esistenti ma valutando momenti ultimi, tagli ultimi e resistenza del nodo tenendo conto della presenza dei rinforzi.

Nel caso del momento e del taglio, viene eseguita una analisi non lineare della sezione rinforzata e quindi il metodo è molto accurato e generale. In tal modo anche la funzione momento-curvatura è parimenti molto accurata. Per i nodi, l'effetto del confinamento e le altre verifiche necessarie, si usano i metodi esposti nelle normative citate,

Assegnazione delle armature

Se nella struttura non sono presenti armature, è possibile assegnarle manualmente con una apposita funzione attivabile dall palette. Le modalità di impiego di questa funzione sono descritte nel manuale di EasyBeam, al quale si rimanda.

Caratteristiche meccaniche dei rinforzi FRP

Materiali rinforzo	
Rinforzo Rinforzo nodi	
Tipo rinforzo	FRP
Modulo elastico medio a trazione	230000.00
Resistenza caratteristica a trazione	2500.0000
Deformazione ultima media a trazione (%)	1.3000000
Coeff. Sic. parziale trazione	1.0000000
Coeff. Sic. parziale delaminazione	1.0000000
Fattore conversione ambientale	1.0000000
Fattore conversione modalità	1.0000000
OK	

Prestazioni tipiche dei tessuti (riferite allo spessore di tessuto secco)

	MBrace Fibre Alta resistenza	MBrace Fibre Alto modulo	MBrace Fibre Aramide	MBrace Fibre vetro
Tipo di fibra	Carbonio	Carbonio	Aramidica	Vetro Alcali resistente
Spessore equivalente di tessuto secco, mm	0.165	0.165	0.214	0.230
Modulo elastico medio a trazione, ASTM D3039, MPa	230.000	390.000	105.000	65.000
Deformazione ultima media a trazione, ASTM D3039, %	1,3	0,8	1,7	2,5
Resistenza caratteristica a trazione f_{tk} , ASTM D3039, MPa	2.500	2.500	1.500	1.300
Coefficiente di dilatazione termica, K^{-1}	10^{-7}	10^{-7}	$-3,5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Conduttività termica, $J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot K^{-1}$	17	17	Isolante	Isolante
Resistività elettrica, $\Omega \cdot m$	$1,6 \cdot 10^{-5}$ Conduttivo	$1,6 \cdot 10^{-5}$ Conduttivo	----- Isolante	----- Isolante

Un dialogo consente l'assegnazione delle caratteristiche dei materiali.

Selezionare il materiale voluto del rinforzo dal combo-box, in questo caso FRP

È attualmente possibile assegnare un solo tipo di materiale che sarà usato per i rinforzi di tutti gli elementi. I valori da assegnare sono facilmente deducibili dalle schede dei fornitori dei prodotti. Qui sopra, a titolo di esempio, riportiamo la scheda di un materiale della Basf.

Poichè nelle assegnazioni successive ci si riferisce allo spessore "secco", e cioè solo delle fibre e non comprensivo della matrice, si ritiene non necessario (ai fini della facilitazione dell'immissione dei dati da parte del progettista) considerare le caratteristiche meccaniche della matrice poichè si assume che il tessuto sia impregnato in situ. In caso diverso, occorrerà assegnare le caratteristiche meccaniche per unità di spessore relative al tessuto pre-impregnato o di altra tipologia.

Materiali rinforzo

Rinforzo Rinforzo nodi

Fibre

Resistenza caratteristica a trazione (ftk)

Acciaio

Tamponatura

Resistenza a taglio

Resistenza a compressione

OK

Le caratteristiche meccaniche delle fibre per il rinforzo dei nodi sono analoghe a quelle già viste ma i valori di resistenza possono essere diversi, se lo si ritiene opportuno.

Per quanto riguarda i fattori di conversione ambientale e di modalità di carico, essi sono definiti nella DT 200/2012 del CNR dal quale riportiamo le tabelle relative.

Tabella 3-4 – Fattore di conversione ambientale η_a per varie condizioni di esposizione e vari sistemi di FRP.

Condizione di esposizione	Tipo di fibra / resina	η_a
Interna	Vetro / Epossidica	0.75
	Arammidica / Epossidica	0.85
	Carbonio / Epossidica	0.95
Esterna	Vetro / Epossidica	0.65
	Arammidica / Epossidica	0.75
	Carbonio / Epossidica	0.85
Ambiente aggressivo	Vetro / Epossidica	0.50
	Arammidica / Epossidica	0.70
	Carbonio / Epossidica	0.85

Tabella 3-3 – Fattore di conversione per effetti di lunga durata η_1 per vari sistemi di FRP (carichi di esercizio).

Modalità di carico	Tipo di fibra / resina	η_1
Carico di lungo termine	Vetro / Epossidica	0.30
	Arammidica / Epossidica	0.50
	Carbonio / Epossidica	0.80
Ciclico	Tutte	0.50

Caratteristiche meccaniche dei rinforzi FRCM

Materiali rinforzo

Rinforzo
Rinforzo nodi

Tipo rinforzo

FRCM

Modulo elastico tessuto secco

270.00000

Tensione limite caratteristica

5.8000000

Deformazione limite convenzionale

2.5000000

Coeff. Sic. parziale

1.5

Fattore conversione ambientale

0.9

OK

PROPRIETÀ DELLA FIBRA IN PBO

Resistenza a trazione	5,8 GPa
Modulo elastico	270 GPa
Densità di fibra	1,56 g/cm ³
Allungamento a rottura	2,5 %

Un dialogo consente l'assegnazione delle caratteristiche dei materiali.
Selezionare il materiale voluto del rinforzo dal menu, in questo caso FRCM

È attualmente possibile assegnare un solo tipo di materiale che sarà usato per i rinforzi di tutti gli elementi. I valori da assegnare sono facilmente deducibili dalle schede dei fornitori dei prodotti. Qui sopra, a titolo di esempio, riportiamo la scheda di un materiale della Basf.

Per le caratteristiche del materiale per il rinforzo dei nodi, vale quanto detto per il materiale FRP, al quale si rimanda.

Per quanto riguarda i fattori di conversione ambientale essi sono definiti nella DT 215/2018 del CNR.

Caratteristiche meccaniche dei rinforzi in Acciaio

Materiali rinforzo

Rinforzo | Rinforzo nodi

Tipo rinforzo: Acciaio

Modulo elastico: 2100000.0

Tensione snervamento: 4400.0000

Deformazione ultima (%): 4.0000000

Modulo elasticità post-elastica: 0.00000000

Coeff. Sic. parziale: 1.0000000

Tensione snervamento angolari: 2350.0000

OK

Questo dialogo consente l'assegnazione delle caratteristiche meccaniche dei rinforzi in acciaio. Selezionare dal combo-box il materiale Acciaio: il dialogo si configurerà per l'assegnazione delle caratteristiche di questo materiale.

I dati del materiale per il rinforzo in acciaio sono i seguenti:

- Modulo elastico
- Tensione di snervamento dell'acciaio della piastra e degli angolari
- Deformazione ultima (%)
- Modulo elasticità post-elastica
- Coefficiente sicurezza parziale

- Tensione snervamento angolari

Materiali rinforzo

Rinforzo Rinforzo nodi

Fibre

Acciaio fasce

Tensione di pretensione	0.100000
Larghezza	19.0000
Spessore	9.00000

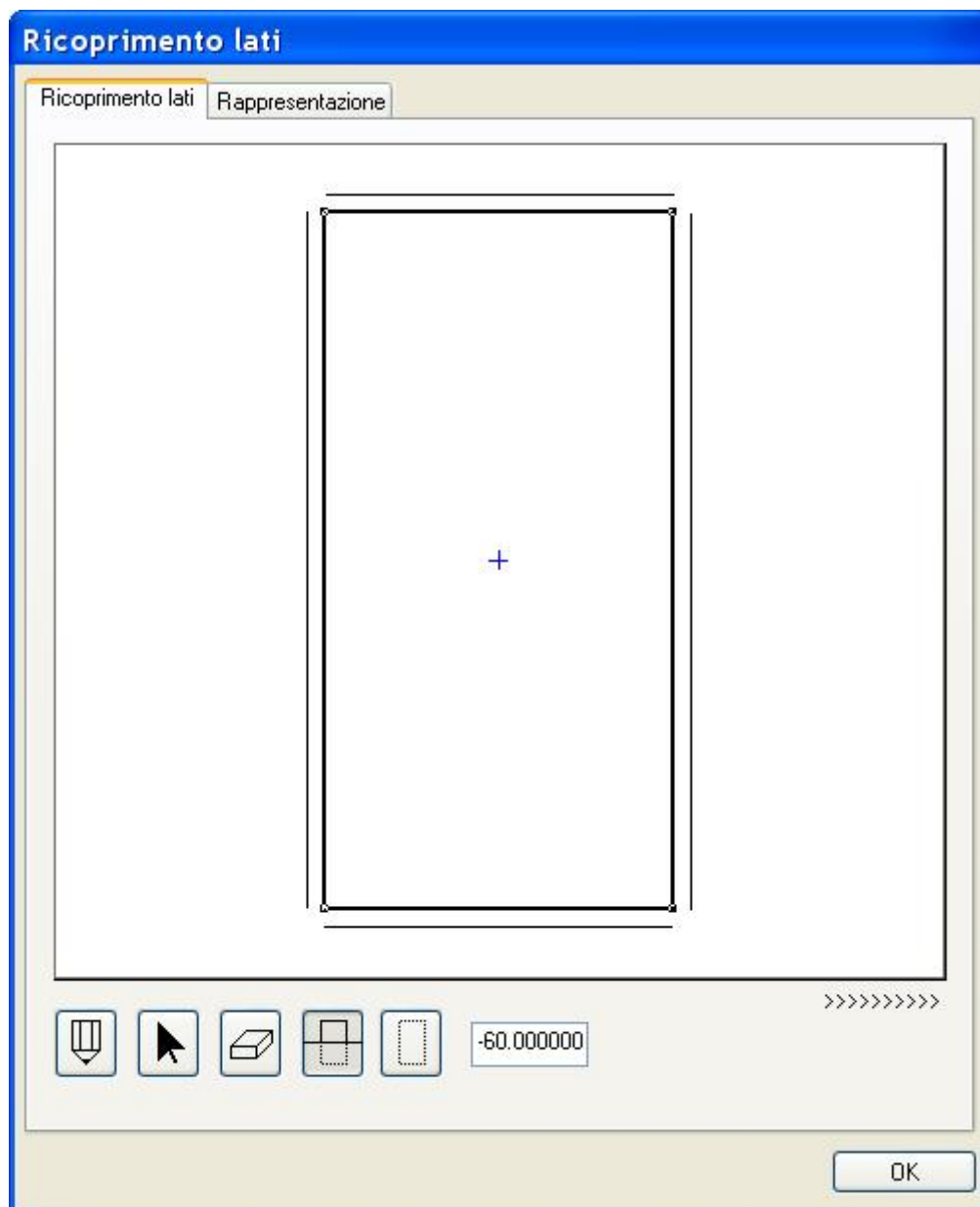
Tamponatura

Resistenza a taglio	0.000196
Resistenza a compressione	0.004021

OK

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche del materiale per il rinforzo dei nodi, oltre ai valori già descritti per gli altri materiali, è possibile assegnare la resistenza delle fasce impiegate nei nodi con il sistema CAM, la loro larghezza ed il loro spessore.

Assegnazione dei rinforzi negli elementi



L'assegnazione dei rinforzi è identica sia per rinforzi in FRP, in FRCM e in acciaio.

Attivando al voce di menu o l'icona relativa ai dati del pannello, si apre un dialogo che consente l'assegnazione dei rinforzi sia longitudinali (per la flessione) che trasversali (per il taglio).

Per avere la massima versatilità nel distribuire i rinforzi, un dialogo consente di selezionare un lato della sezione (strumento matita) e di assegnare a quel singolo lato una striscia di rinforzo che inizi ad una assegnata distanza dal primo vertice del lato e che abbia una lunghezza pure assegnata.

Il verso di orientamento dei lati è ricordato dal simbolo >>>>>> alla base della immagine della sezione.

Poichè però la gran parte delle assegnazioni avvengono su tutto il lato, su tutta la sezione o ad interruzione di solaio, appositi comandi consentono questa assegnazione in modo rapido. I bottoni del dialogo sono i seguenti.

Il bottone a forma di matita consente di selezionare un lato della sezione. Si apre un dialogo che consente di assegnare le caratteristiche geometriche del rinforzo su tale lato.
Questo dialogo sarà descritto in seguito.

Il bottone contrassegnato da una freccia consente di selezionare un tratto già assegnato e di modificarne le caratteristiche. La selezione avviene cliccando sul lato in corrispondenza del tratto voluto.

Il bottone con la gomma per cancellare consente di selezionare un tratto e cancellarlo.

Se questo bottone è stato premuto e si effettua un doppio click nell'area del disegno della sezione, si ottiene una cancellazione totale di tutti i rinforzi assegnati.

Il quarto bottone consente di posizionare sull'ordinata voluta (da assegnare nel campo editabile sulla destra) una linea "orizzontale" che divide la sezione in due parti. A questo punto si può cliccare su una delle due parti ed assegnare a tutte le porzioni di lato da quella parte le caratteristiche volute come già descritto. I bottoni di inizio e lunghezza tratto sono oscurati in quanto tali valori saranno assegnati automaticamente.

L'ultimo bottone sulla destra consente di posizionare la linea di assegnazione fuori della sezione e di attivare automaticamente la assegnazione per linea di separazione. È quindi sufficiente un clic nella sezione per assegnare lo stesso rinforzo contemporaneamente su tutti i lati.

Questo dialogo consente di assegnare l'ascissa d'inizio del tratto rispetto al lato e la sua lunghezza (il poligono è orientato in senso antiorario). Si possono quindi assegnare rinforzi sia a taglio che per flessione
In entrambi i casi vi sono tre tipologie di inserimento longitudinale:

- Continua
- Tratti di estremità
- Tratto centrale

I rinforzi a taglio possono essere assegnati a strisce trasversali di spessore voluto continue o di larghezza e a passo assegnato

Lo spessore si intende "spessore equivalente secco" e pertanto, se si hanno più strati, occorre moltiplicare lo spessore dato dal fabbricante del tessuto per il numero di strati, come già spiegato nella assegnazione delle caratteristiche del materiale.

I rinforzi possono essere anche in acciaio, qualora si sia attivata tale opzione nei dati generali dei materiali.

Qualora si assegni una tipologia di rinforzo con angolari e fasce trasversali, l'opzione dei rinforzi longitudinali è disabilitata per evitare modelli comportamentali misti.

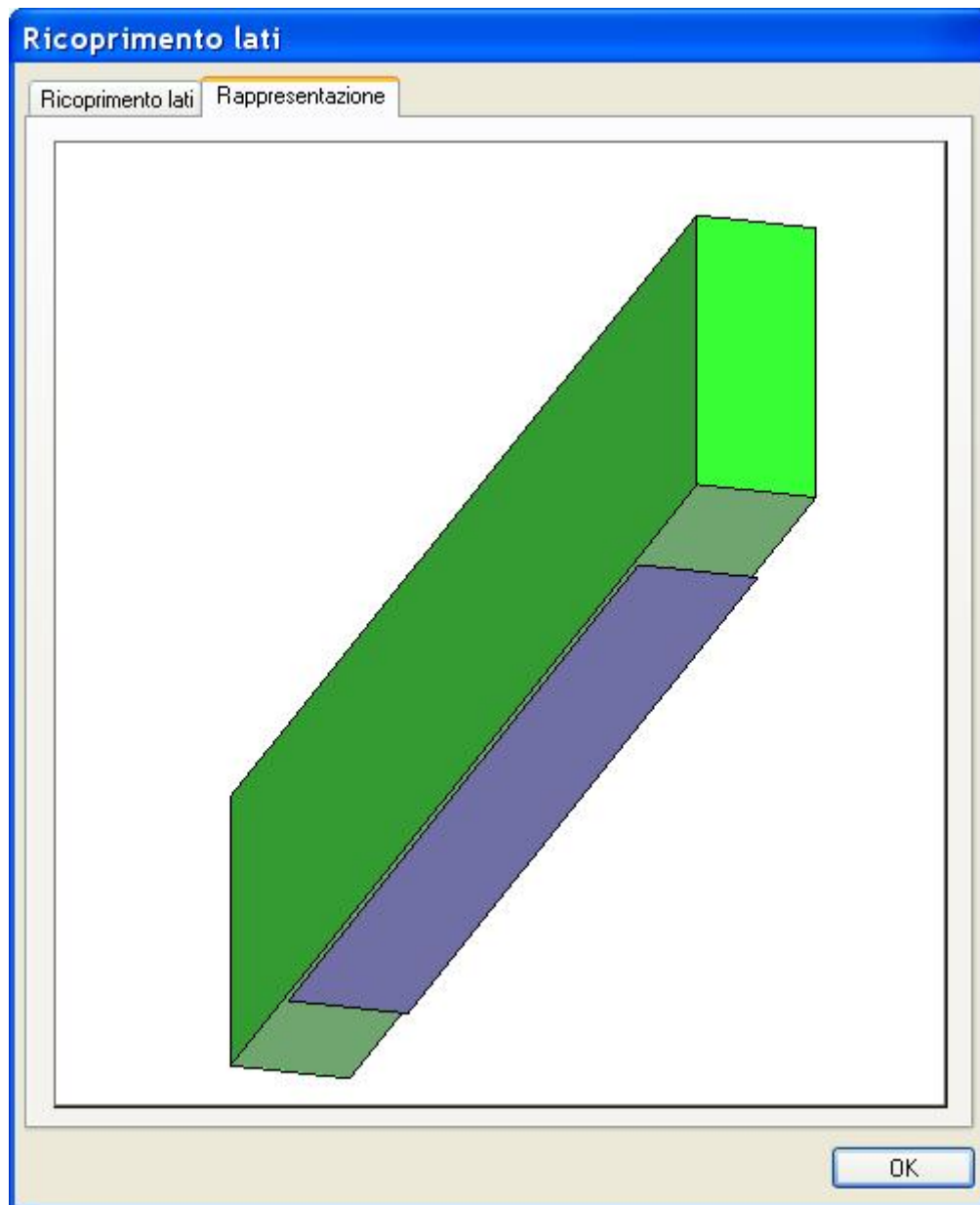


Prestazioni tipiche dei tessuti (riferite allo spessore di tessuto secco)

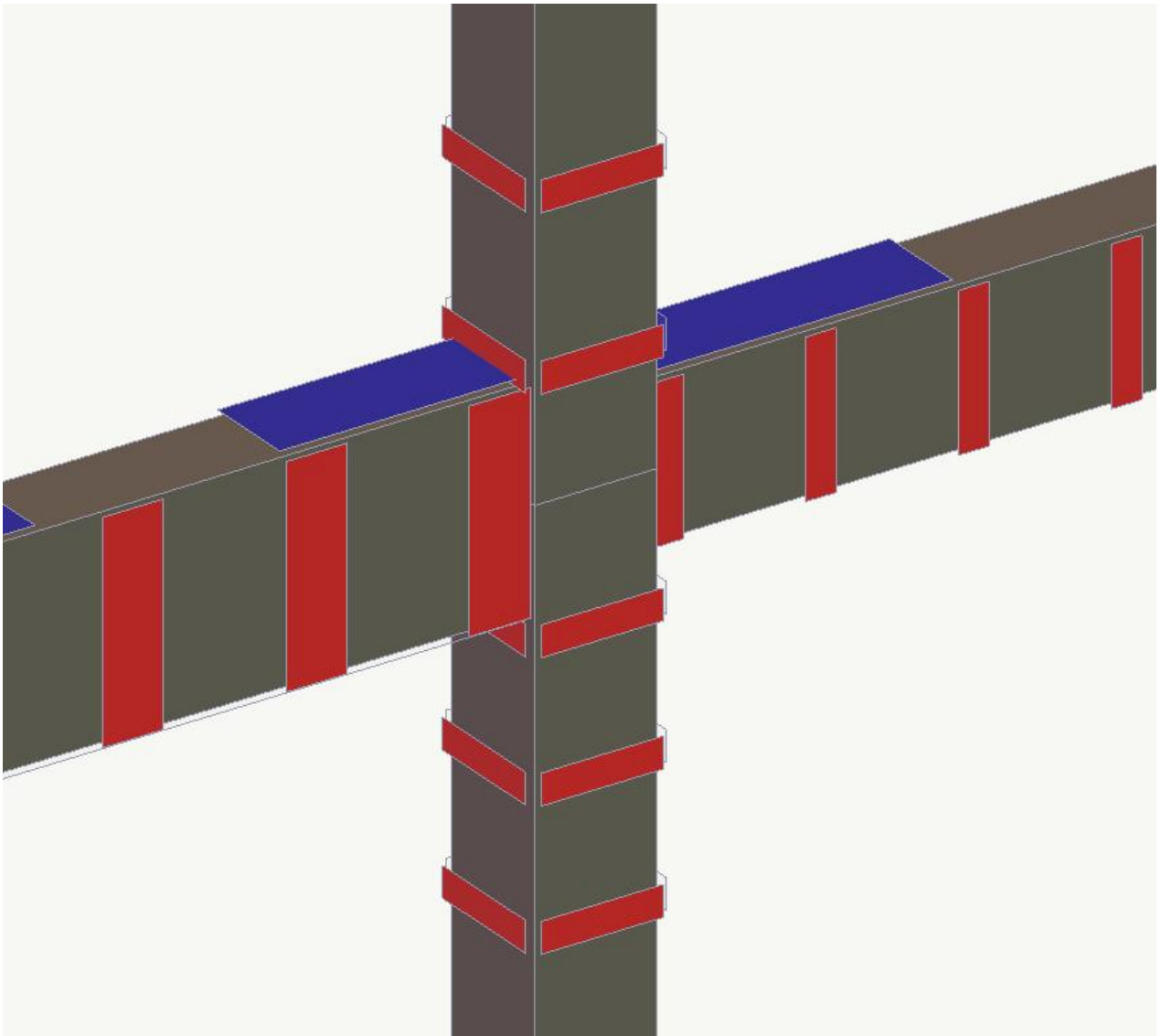
	MBrace Fibre Alta resistenza	MBrace Fibre Alto modulo	MBrace Fibre Aramide	MBrace Fibre vetro
Tipo di fibra	Carbonio	Carbonio	Aramidica	Vetro <i>Alcali resistente</i>
Spessore equivalente di tessuto secco, mm	0,165	0,165	0,214	0,230
Modulo elastico medio a trazione, ASTM D3039, MPa	230.000	390.000	105.000	65.000
Deformazione ultima media a trazione, ASTM D3039, %	1,3	0,8	1,7	2,5
Resistenza caratteristica a trazione f_{tk} , ASTM D3039, MPa	2.500	2.500	1.500	1.300
Coefficiente di dilatazione termica, K^{-1}	10^{-7}	10^{-7}	$-3,5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Conduttività termica, $J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot K^{-1}$	17	17	Isolante	Isolante
Resistività elettrica, $\Omega \cdot m$	$1,6 \cdot 10^{-5}$ Conduttivo	$1,6 \cdot 10^{-5}$ Conduttivo	----- Isolante	----- Isolante

Nello stesso dialogo a pagine della assegnazione, è possibile avere una rappresentazione solida della disposizione dei rinforzi

Per zoomare l'immagine, agire sulla rotella del mouse, per ruotarla, premere il tasto sinistro del mouse e spostare il cursore nella direzione della rotazione voluta.



Inoltre, attivando la rappresentazione "Rinforzi FRP" dal menu Rappresentazioni, si ha la rappresentazione dei rinforzi negli elementi (non nei nodi) di tutta la struttura. Occorre selezionare gli elementi che si vogliono rappresentare oppure eseguire una selezione totale (Ctrl+A).



Assegnazione dei rinforzi dei nodi

Rinforzo nodo

Rinforzo nodi

Materiale rinforzo FRP

Pannello del nodo

☒ Pannello di nodo

Spessore rinforzo quadriassiale	1.00000	(Nodi di parete)
Lato pressopiegato		(Nodi angolari)
Area eventuale striscia		(Sistema CAM)

Rinforzo diagonale per azione tamponatura

☐ Rinforzo per azione tamponatura

Spessore rinforzo per tamponatura	0.000000
Larghezza rinforzo per tamponatura	0.000000
Spessore tamponatura	0.000000

OK

Rinforzo nodo

Rinforzo nodi

Materiale rinforzo

FRCM

Pannello del nodo

☒ Pannello di nodo

Spessore rinforzo quadriassiale

1.00000

(Nodi di parete)

Lato pressopiegato

(Nodi angolari)

Area eventuale striscia

(Sistema CAM)

Rinforzo diagonale per azione tamponatura

☐ Rinforzo per azione tamponatura

Spessore rinforzo per tamponatura

0.000000

Larghezza rinforzo per tamponatura

0.000000

Spessore tamponatura

0.000000

OK

15

Rinforzo nodo

Rinforzo nodi | Rappresentazione

Materiale rinforzo Acciaio

Pannello del nodo

☒ Pannello di nodo

Spessore pannello 10.0000

Lato pressopiegato 100.000 (Nodi angolari)

Numero fasce 3 (Sistema CAM)

Rinforzo diagonale per azione tamponatura

☐ Rinforzo per azione tamponatura

Spessore tamponatura 0.000000

OK

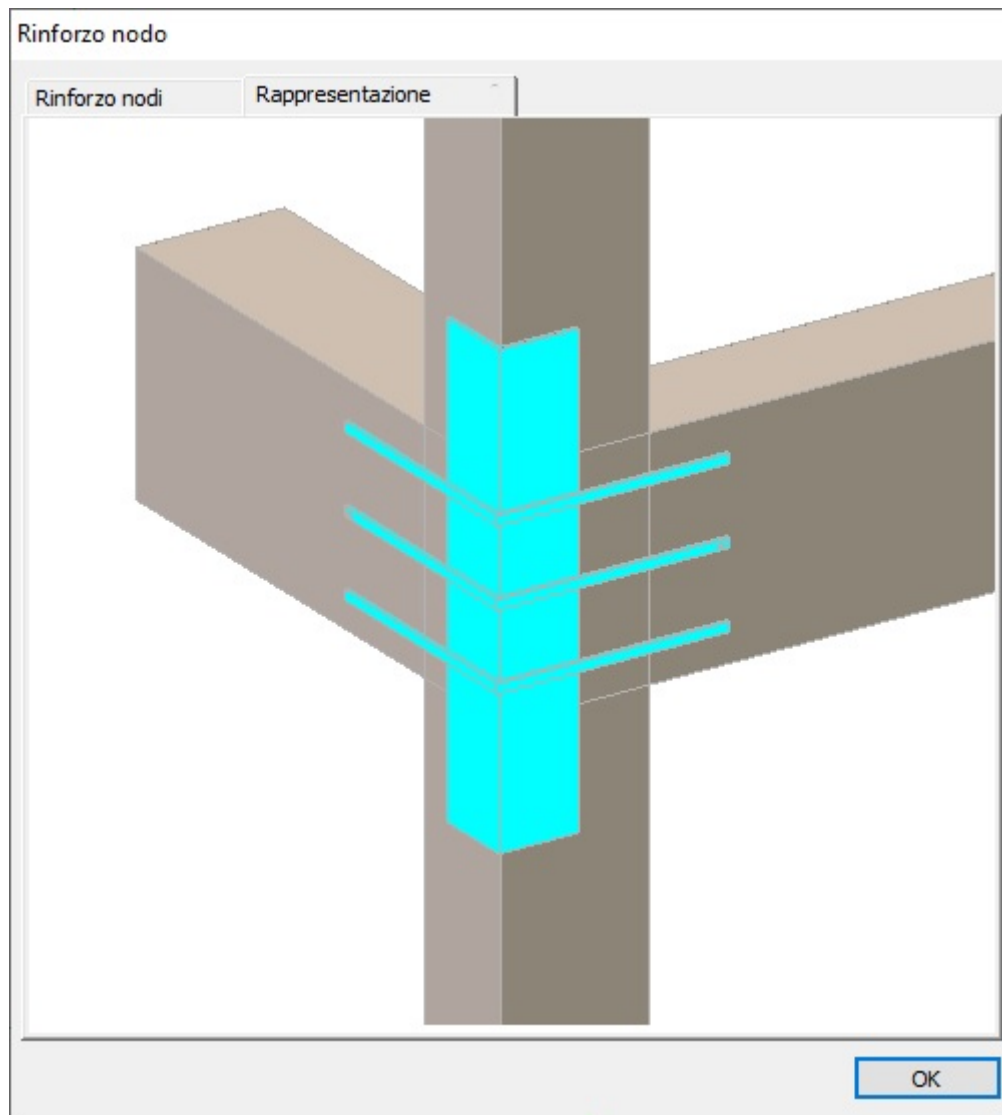
Selezionare uno o più nodi. Il dialogo si configura in funzione del materiale scelto. Si ricorda che per accedere rapidamente alle caratteristiche meccaniche del materiale, si può eseguire un doppio clic sull'icona della palette dei rinforzi di nodo.

Se si selezionano più nodi con caratteristiche diverse, i campi del dialogo riporteranno la dicitura "Diverso" dove i valori non coincidono. Se si lascia tale dicitura invariata, i valori, alla chiusura del dialogo resteranno inalterati per i campi così contrassegnati.

I valori sono autoesplicativi. Solo sull'acciaio è opportuno rilevare quanto segue:

Se si desidera impiegare un piatto o un presso-piegato, occorre assegnarne lo spessore, se lo spessore è nullo tale elemento di rinforzo non viene impiegato. Se il nodo è un nodo d'angolo, verrà impiegato un presso-piegato e pertanto si deve assegnare la misura del lato del presso-piegato.

Se si impiega il metodo CAM, occorre assegnare il numero delle strisce. Se si assegna un numero nullo, le striscia di supporto non verranno inserite.



Nel caso dei nodi rinforzati in acciaio, e se si è selezionato un solo nodo, è possibile ottenere, nella seconda pagina del dialogo, la rappresentazione schematica del rinforzo del nodo. Questa rappresentazione non è un disegno esecutivo e non riporta gli elementi di montaggio quali gli angolari sulle colonne e le ulteriori fasce. Questa rappresentazione è utile per controllare le assegnazioni fatte e se i rinforzi sono compatibili con la geometria del nodo.

Opzioni di verifica

Dal menu Verifiche si accede a la dialogo delle Opzioni di verifica dialogo tramite la voce "Opzioni di verifica".

Si seleziona in questo dialogo il tipo di analisi che si è già effettuata. Il dialogo, avvenuta questa scelta, avrà alcuni campi "dimmati" in quanto non pertinenti con il tipo di analisi scelto.

Nel caso di analisi con lo spettro di progetto si avrà il dialogo configurato come segue:

Opzioni verifica strutture esistenti

Tipo di analisi

☐ Analisi con spettro elastico
 ☒ Analisi lineari con spettro di progetto
 ☐ Analisi statica non lineare

Lunghezza
 Forza
 Pressione

Fattore struttura

ATTENZIONE: la normativa prescrive di non utilizzare $q > 3$ per strutture esistenti

Fattore confidenza

Normativa

Condizione	Fragile	Duttile

Il fattore di struttura per questo approccio è indispensabile e deve essere quello usato nell'analisi. Il valore può quindi essere letto dal file di spettro e riportato nella casella di dialogo tramite il bottone contrassegnato dal simbolo <- . Nel caso in cui lo spettro sia stato generato dall'utente o nel caso vi siano più spettri impiegati contemporaneamente, il valore potrebbe non essere quello desiderato e pertanto il dialogo consente di modificare tale valore. In ogni caso si consiglia vivamente di usare in analisi dinamica uno spettro con il fattore di struttura raccomandato dalla normativa, ciò anche se ExSys è in grado di scalare opportunamente le sollecitazioni per ricondurle al rispetto del fattore di struttura di normativa. In apertura del dialogo, il valore riportato è quello precedentemente assegnato dall'utente.

Nel caso di analisi con lo spettro elastico si avrà il dialogo configurato come segue:

Opzioni verifica strutture esistenti

?

×

Tipo di analisi effettuata

☒ Analisi con spettro elastico
☐ Analisi lineari con spettro di progetto
☐ Analisi statica non lineare

Lunghezza
Forza
Pressione

Fattore struttura

Fattore confidenza

Condizione	Fragile	Duttile

(1) 1

Aggiungi

Elimina

Continua

In entrambi i casi deve essere assegnato il fattore di confidenza.

Analisi con lo spettro elastico

Definito lo spettro elastico relativo alla zona e con i parametri consueti impiegabili in automatico nel dialogo dedicati al quale si accede in Nòlian dalle opzioni di progetto, Opzioni dinamiche e quindi Spettri, avendo cura nell'ultimo pannello di selezionare Spettro Elastico, si esegue un'analisi spettrale.

Si assegnano quindi le armature con la funzione disponibile nell'ambiente stesso di ExSys oppure con la identica funzione disponibile in EasyBeam per la quale qui si rimanda al manuale di EasyBeam. Qui se ne rammenta in figura solo il dialogo di immissione di armature ricordando anche la funzione di "copia incolla" armature che velocizza il compito di inserire le armature esistenti.

Inserimento armatura

Longitudinale

Reggistaffe

ø12

Filanti Superiori

ø12

0

Parete

ø12

0

Filanti Inferiori

ø12

0

Monconi Superiori

☐ Diametro costante

Sinistro

ø12

0

0.000000

Centrale

ø12

0

0.000000

Destro

ø12

0

0.000000

Monconi Inferiori

☐ Diametro costante

Sinistro

ø12

0

0.000000

Centrale

ø12

0

0.000000

Destro

ø12

0

0.000000

Trasversale

Tratto	Diametro	Staffa composta	Passo	Lunghezza
Costante	ø8	1	0.000000	
Sinistro	ø8	1	0.000000	0.000000
Destro	ø8	1	0.000000	0.000000

☐ Ancora

Continua

Annulla

A questo punto si accede all'ambiente ExSys e al dialogo delle opzioni di verifica ove si seleziona il metodo di verifica, in questo caso "Analisi con spettro elastico" e quindi si inseriscono i parametri di verifica. I valori di resistenza medi sono quelli assegnati in EasyBeam ma possono anche essere assegnati ai metamateriali e quelli di questo dialogo sono impiegati solo in assenza di quelli. Il fattore di struttura è necessario solo in caso di analisi con lo spettro di risposta.

Opzioni verifica strutture esistenti ? X

Tipo di analisi effettuata

☒ Analisi con spettro elastico
☐ Analisi lineari con spettro di progetto
☐ Analisi statica non lineare

Fattore struttura

Fattore confidenza

Lunghezza

Forza

Pressione

Condizione	Fragile	Duttile	

La normativa prevede due momenti di verifica:

- Nel primo si verifica l'ammissibilità di questo metodo di verifica,
- Nel secondo momento si effettua la verifica vera e propria qualora il metodo sia ammissibile.

Il prerequisito perché il metodo sia ammissibile (primo momento) è che per tutti gli elementi sia verificato ammissibile il metodo e che lo sfruttamento flessionale ($1/\rho$) sia distribuito con una certa uniformità verificando che il rapporto tra ρ minimo e massimo di tutto gli elementi sia inferiore a 2.5.

Verifica globale e locale di resistenza a flessione

I dati di questa verifica globale, che serve a definire ammissibile il metodo per gli elementi duttili, sono riportati nel dialogo detto "verifica riassuntiva" al cui capitolo si rimanda.

La procedura di verifica degli elementi

Attivando la funzione Verifica resistenza dal menu Verifica o dalla palette, e cliccando sull'elemento voluto, si apre un dialogo. Il dialogo che si presenta è in funzione della classificazione preventiva dell'elemento come duttile o fragile. Si hanno quindi i seguenti dialoghi:

Elemento Duttile - Spettro elastico

Classificazione

L'elemento è:

Duttile

[Dettagli](#)

Ammissibilità

Ammissibilità elemento

NON AMMISSIBILE

Verifica elemento duttile

Fattore sic. rotazione

37.726094

VERIFICATO

[Dettagli](#)

Vulnerabilità

PGA collasso

0.00000000

[Calcola PGA](#)

Moltiplicatore limite accelerazione

0.00000000

Rho elemento

Rho

0.54424661

[Continua](#)

Elemento fragile - Spettro elastico

Classificazione

L'elemento è: Fragile

Dettagli

Ammissibilità

Taglio azioni di calcolo	2109.0801	0.00000098
Taglio resistente	14840.202	14840.202
Fattore sicurezza taglio	7.0363389	>10.0
Ammissibilità elemento fragile	Non ammesso per $\rho < 2.0$	

Verifica elemento fragile

Taglio di verifica	2354.8046	0.00000098
Taglio resistente	13446.368	13446.368
Fatt. Sicurezza taglio	5.7101843	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	

Vulnerabilità

PGA collasso	Non dipendente
Moltiplicatore limite accelerazione	Non dipendente

Continua

Classificazione

Classificazione		
	asse y	asse z
Taglio da plasticizzazione	8542.1851	2483.0963
Taglio minimo resistente	79926.738	49716.550
Fattore sicurezza	9.3567087	>10.0
L'elemento è:	DUTTILE	
Continua		

La classificazione dell'elemento come duttile o fragile è la base del metodo di verifica e viene seguita per tutti gli elementi. Vengono calcolati i momenti ultimi per i due versi di rotazione alle due estremità e da questi viene calcolato il taglio "da plasticizzazione" ovvero da effetti anelastici composto dal vero e proprio taglio da plasticizzazione degli estremi e dai tagli agenti per le azioni gravitazionali considerate in combinazione con i loro fattori di probabilità. Viene calcolato il taglio ultimo e quindi il coefficiente di sicurezza al taglio. Se esso supera l'unità l'elemento è duttile.

Nel dialogo viene riportato sol l'esito della classificazione, se si desiderano i valori numerici, si preme il bottone "Dettagli".

Vengono riportati i tagli secondo i due assi principali delle sezioni di estremità ma, per sintesi, si riportando nel dialogo solo i valori relativi all'estremo dell'elemento che ha dato luogo al minor fattore di sicurezza a taglio.

Qualora l'elemento sia:

- Un pilastro-parete
- Un elemento non strutturale

ne viene dato avviso e l'elemento è classificato come "Non classificabile".

Rappresentazione della classificazione

La classificazione può essere rappresentata a colori. Per aver il massimo possibile di informazione la rappresentazione avviene su una scala di colore che va da 0 ad 1 e dai colori freddi a quelli caldi. Il valore unitario (rosso) indica un elemento fragile.

Verifica ammissibilità degli elementi

Le verifiche di ammissibilità sono condotte, secondo normativa, con due metodi diversi. Se $p < 1.0$ le azioni di verifica sono quelle di progetto (nel dialogo definite Taglio azioni di calcolo), altrimenti sono quelle taglianti trasmesse (nel dialogo definite Taglio azioni trasmesse), per criteri di equilibrio, dai momenti ultimi degli elementi connessi non fragili.

Nel caso quindi, in cui $p > 1.0$ si considerano i momenti ultimi degli elementi concorrenti nei nodi di estremità e si verifica la resistenza al taglio relativo da tali momenti. Il dialogo in questo caso proietta i momenti trasmessi nei due piani principali dell'elemento da verificare, ne deduce i tagli e li confronta con i tagli ultimi nelle due direzioni principali.

Si ricorda che tale verifica non è necessaria per gli elementi duttili, per i quali è sufficiente la valutazione sul p globale.

Verifica degli elementi

Se per tutti gli elementi risulta ammissibile il metodo, si può passare alla fase di verifica vera è propria dell'elemento. I risultati della verifica sono stati riportati in questo stesso dialogo in quanto è in tal modo più agevole la consultazione avendo in un solo dialogo il quadro completo dell'elemento. I campi della verifica sono oscurati se per l'elemento interessato il metodo non è ammissibile. Prima comunque di passare alla verifiche è opportuno consultare il quadro riassuntivo per vedere se il metodo è ammissibile (vedi dopo).

Verifica elementi duttili

Capacità rotazione

×

4458

☒ Salvaguardia della vita
 ☐ Collasso
 ☐ Esercizio (danno)

Rotazione alla corda (mRad)	0.554793
Curvatura snervamento (y)	0.075859
Curvatura ultima (u)	1.50750
Lunghezza di taglio	58.6210
Lunghezza cerniera plastica	34.8573
Rotazione snervamento	4.76212
Rotazione ultima (mRad)	26.5523

$0.554793 \leq 0.75 * 26.552336$ - SI Verificata allo stato limite di salvaguardia della vita

Calcola PGA

PGA stimata

☐ Ignora rinforzi

Questo dialogo fornisce automaticamente per tutte le opportune combinazioni di carico, i dati relativi alla maggiore rotazione ottenuta con l'analisi.

Continua

Per gli elementi duttili, la verifica è sulla capacità di rotazione. Il fattore di sicurezza è esposto a dialogo, premendo eventualmente il bottone Dettagli si accede al dialogo con i valori più dettagliati di questa verifica. Questa verifica può anche essere condotta separatamente, attivando la relativa funzione dal menu Verifiche.

Il programma opera come segue. Per ogni combinazione di carico viene calcolato il piano di inflessione medio e quindi una funzione interpolante cubica del momento flettente e vengono individuate le soluzioni di tale equazioni. Per le soluzioni reali e contenute nel segmento dell'elemento, viene calcolata la rotazione alla corda. Pertanto il programma è in grado di individuare il punto di momento nullo con massima rotazione e per tale punto opera le verifiche. La curvatura ultima viene calcolata nel piano di inflessione tramite il diagramma momento-curvatura tenendo conto dell'allungamento unitario massimo dell'acciaio consentito per questo tipo di verifica. Gli altri valori richiesti dalla verifica sono calcolati impiegando le formule dettate dal DM18. Secondo gli stati limite ultimi selezionati, i risultati vengono confrontati impiegando i coefficienti moltiplicativi dettati dalla norma.

Verifica elementi fragili

Elemento fragile - Spettro elastico		
Classificazione		
L'elemento è:	Fragile	<button>Dettagli</button>
Ammissibilità		
Taglio azioni di calcolo	2109.0801	0.00000098
Taglio resistente	14840.202	14840.202
Fattore sicurezza taglio	7.0363389	>10.0
Ammissibilità elemento fragile		Non ammesso per rho<2.0
Verifica elemento fragile		
Taglio di verifica	2354.8046	0.00000098
Taglio resistente	13446.368	13446.368
Fatt. Sicurezza taglio	5.7101843	>10.0
Esito della verifica di resistenza		VERIFICATO
Vulnerabilità		
PGA collasso	Non dipendente	
Moltiplicatore limite accelerazione	Non dipendente	
<button>Continua</button>		

Per gli elementi fragili, la procedura è simile a quella di ammissibilità solo che mentre quella veniva eseguita con i valori medi di resistenza, questa viene invece eseguita tenendo conto dei fattori di sicurezza parziale e del fattore di confidenza. Se l'elemento è ammissibile, si hanno anche i valori di verifica. Si ricorda che perché sia possibile la verifica il metodo deve essere ammissibile e ciò implica che per tutti gli elementi lo sia.

Verifica degli elementi con analisi con spettro di progetto

In questo caso non occorre il controllo di ammissibilità del metodo ma solo la verifica delle membrature. Essa si esegue con le sollecitazioni di calcolo come si fa abitualmente con una sola avvertenza: il fattore di struttura nel caso di elementi fragili deve essere ridotto sempre a 1.5. Quest'ultimo requisito vien ottenuto in questo ambiente di Nòlian All In One considerando che il fattore di struttura q è un divisore della funzione spettro e pertanto la sollecitazione sismica in combinazione può essere opportunamente scalata senza dovere fare una nuova analisi dinamica. Tale requisito è soddisfatto automaticamente dal programma perché il programma classifica le membrature come duttili o fragili prima di applicare le sollecitazioni di verifica.

Opzioni verifica strutture esistenti

Tipo di analisi

☐ Analisi con spettro elastico
 ☒ Analisi lineari con spettro di progetto
 ☐ Analisi statica non lineare

Lunghezza
 Forza
 Pressione

Fattore struttura

 ATTENZIONE: la normativa prescrive di non utilizzare $q > 3$ per strutture esistenti

Fattore confidenza

Normativa

Condizione	Fragile	Duttile

Per attivare questo metodo, si accede al dialogo delle opzioni generali, si seleziona il metodo e si assegna il fattore di struttura oppure lo si legge dal file stesso.

Verifica
?
X

Verifica (4483) | Informazioni rinforzi (4526) | Test assiale (4541)

Elemento 1

Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	5628.5555	2338.5555
Taglio minimo resistente	24948.988	24948.988
Fattore sicurezza	4.4325739	>10.0
L'elemento è:	DUTTILE	
Rho	2.0766602	
Rinforzo elemento	FRP	

Verifica resistenza

Combinazione
Più gravosa

	Flessione		Taglio	
	y	z	y	z
Azione	-363679.73	-0.00000000	-5937.5000	0.00000100
Resistenza	555603.03		10374.660	10374.660
Fatt. Sicurezza	1.5277261		1.7473111	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO		VERIFICATO	
Ascissa verifica	250.00000	Combinazione 19	Tipo	statica

Vulnerabilità

PGA capacità	899.928	3877.53
TDR	2474	2474
Combinazione	7	6

☐ Verifica senza rinforzo

OK

I risultati sono esposti in un dialogo nel quale la parte superiore riporta i dati relativi alla classificazione (vedi) che è identica a quella che si deve eseguire qualora si sia impiegato lo spettro elastico. Seguono, affiancati, i risultati delle verifiche sia flessionali che a taglio che sono necessarie sia per elementi duttili che fragili.

E' possibile scegliere la combinazione di verifica, se si sceglie la voce "Più gravosa" verranno eseguite le verifiche per tutte le combinazioni e verranno esposti i dati per la sola combinazione che ha determinato i valori più gravosi. Nel caso si sia eseguita la verifica con la voce "Più gravosa" per le verifiche di vulnerabilità sarà indicata la combinazione relativa che in genere è diversa da quella che ha determinato il minor fattore di sicurezza per la resistenza. Nel caso della verifica flessionale, il momento resistente è relativo alla direzione della sollecitazione ed al relativo sforzo assiale.

Nel caso del taglio vengono esposti i tagli ultimi nelle due direzioni principali locali ed i relativi coefficienti di sicurezza.

La normativa suggerisce di assumere come valore combinato del coefficiente di sicurezza **l'inverso della somma degli inversi dei due fattori di sicurezza**.

Viene riportata la accelerazione ultima (PGA capacity). Se la PGA demand non è disponibile, viene riportato il moltiplicatore della PGA demand, il tempo di ritorno e la combinazione della verifica.

Se l'elemento è dotato di rinforzi, è possibile attivare l'opzione di verifica senza rinforzi per valutare con immediatezza l'efficacia del rinforzo.

Rappresentazione delle verifiche

Le rappresentazioni dei risultati delle verifiche sono i seguenti:

- [Verifica elementi](#)
- [Capacità di rotazione](#)
- [Verifica nodi a taglio](#)
- [Gerarchia delle resistenze](#)
- [Moltiplicatore PGA](#)

Qualora sia disponibile la opzione FibRePower, dal menu delle rappresentazioni è possibile attivare la modalità di esecuzione delle rappresentazioni ignorando i rinforzi, se assegnati. Ciò consente di avere le rappresentazioni "ante operam" e "post operam" quando si sono già assegnati i rinforzi.

Rappresentazione verifica elementi

È disponibile la rappresentazione a mappa di colori del fattore di sfruttamento massimo tra taglio e flessione. Valori superiori all'unità (colore rosso) indicano che l'elemento non è verificato.

Rappresentazione capacità rotazionale

Viene rappresentato, a mappa di colori, il rapporto tra rotazione ultima SLV e rotazione di snervamento alla corda. La rotazione ultima SLV è assunta, come da normativa pari allo 0.75 della rotazione a collasso. Numericamente questi valori sono riportati a dialogo attivando la richiesta di tale verifica. Il valore rappresentato è: il più oneroso per tutto l'elemento e pertanto ogni elemento è rappresentato con un unico colore; Questo rapporto ` interpretabile come un coefficiente di sicurezza alla rotazione e pertanto valori maggiori di 1.0 indicano un buon esito. Pertanto la scala di colori riporta colori caldi (rosso) per valori piccoli e colori freddi (azzurro) per valori che si avvicinano all'unità assunta come fondo scala.

Rappresentazione verifica nodi a taglio e gerarchia delle resistenze

L'esito della verifica viene rappresentato tramite cerchietti colorati in corrispondenza del nodo. I colori rappresentano quanto segue:

- Blu: verifica non necessaria secondo normativa
- Verde: verifica con esito positivo
- Rosso: verifica con esito negativo

Per le modalità di verifica vedere il manuale di EasyBeam.

Rappresentazione moltiplicatore PGA

PÈ; disponibile la rappresentazione a mappa di colori del moltiplicatore limite dell'accelerazione di progetto. Il fondo scala è 10.0 in quanto oltre tale valore si assume che si sia in un campo di sicurezza più che sufficiente. I valori inferiori all'unità invece sono tutti posti a zero e rappresentati in colore rosso. La mappa di colori è invertita rispetto al metodo consueto e valori bassi sono rappresentati in colori caldi. Il rosso indica un valore inferiore ad uno e quindi non accettabile.



Opzioni rappresentazione PGA

Valore limite (%) 60.00

☒ Attiva valore limite

Continua

Un'utile variante di questa rappresentazione, gestita accedendo alla voce di menu "Opzioni rappresentazione PGA", consente di stabilire una soglia sulla percentuale del valore di "vulnerabilità" inteso come rapporto tra accelerazione ultima ed accelerazione di progetto. In questo caso, se l'elemento supera la soglia assegnata è rappresentato in azzurro ad indicare che il fattore di sicurezza supera la soglia assegnata, altrimenti è rappresentato in una scala di colori più caldi. Questa funzione è utile per identificare gli elementi che secondo alcune leggi regionali possono essere oggetto di sovvenzione per la riqualificazione.

Verifica con analisi statica non lineare

Opzioni verifica strutture esistenti ? x

Tipo di analisi effettuata

☐ Analisi con spettro elastico

☐ Analisi lineari con spettro di progetto

☒ Analisi statica non lineare

Lunghezza

Forza

Pressione

Fattore struttura

Fattore confidenza

Condizione	Fragile	Duttile
(16) 6_Sy-__Grupp...	☒	☒
(6) 1	☒	☐
(13) 1	☐	☒

(13) 1

La normativa richiede che la verifica venga eseguita con due diversi stati di sforzo per elementi duttili o fragili qualora la curva pushover abbia un ramo discendente per cui lo sforzo di taglio massimo venga superato dai valori di collasso flessionale. Se non si ha ramo discendente della curva, lo stato di sforzo da considerare è lo stesso sia per elementi fragili che duttili. L'analisi pushover dell'ambiente EE di Nòlian All In One fornisce i due stati di sforzo con denominazioni assegnate dall'operatore.

Poiché inoltre la normativa richiede vengano eseguite più analisi pushover sulla stessa struttura per tener conto della eccentricità delle masse e di due differenti distribuzioni della spinta, in ExSys è possibile formare una lista di azioni aggiungendo i nomi degli stream di risultati e definendo se essi vanno impiegati per gli elementi duttili, fragili o per entrambi. Il programma provvede ad involuppare i risultati delle verifiche.

Previsore di accelerazione ultima

La PGA stimata viene ottenuta tramite un procedimento iterativo che amplifica il moltiplicatore dell'azione sismica fino a determinare il valore per il quale l'elemento non è più verificato, ciò nell'ipotesi della linearità del legame accelerazione-sollecitazione ipotizzabile con l'analisi dinamica lineare. Questo valore non è presentato in caso di verifica con risultati ottenuti tramite analisi statica non lineare (pushover).

Poiché questo calcolo richiede qualche tempo, in alcuni casi questa valutazione si attiva tramite un apposito bottone.

Il metodo impiegato è esposto qui di seguito.

Detto V_d il valore di taglio relativo alla combinazione che ha determinato il minimo fattore di sicurezza nella verifica, così definita:

$$V_d = V_G + V_Q + \psi V_E$$

L'accelerazione di collasso si ha quando $V_d / V_r = 1.0$. Pertanto, si cerca il moltiplicatore k che associato alla azione sismica porti V_d a soddisfare la condizione appena esposta e cioè:

$$(V_G + V_Q + k \psi V_E) / V_r = 1.0.$$

Da cui, esplicitando k :

$$k = (V_r - (V_G + V_Q)) / \psi V_E$$

Poiché l'accelerazione è un moltiplicatore lineare dello spettro ed anche nella sovrapposizione modale in media quadratica l'accelerazione non dipende dal periodo, si può ritenere questo valore attendibile come "predittore" della accelerazione di collasso. Tale valore, come è noto può essere impiegato in vari criteri per definire la vulnerabilità della struttura (assumendo ovviamente il minimo valore tra tutti quelli di ogni elemento).

Naturalmente se il numeratore è minore o pari a zero, cioè il nodo non è verificato per le azioni statiche, il predittore è nullo.

Nel caso di verifica con azioni valutate tramite l'equilibrio interno non si può calcolare l'accelerazione di collasso.

Verifica travi di fondazione

Verifica fondazione

Classificazione e ammissibilità

Le travi di fondazione vengono assunte fragili ed ammissibili per lo spettro elastico. Seguono le verifiche flessionale e a taglio.

Verifica flessionale

Ascissa verifica	298.75000
Momento di verifica	1921073.9
Momento resistente	4045787.8
Fatt. Sicurezza fless.	2.1060032
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO
PGA collasso	1154.83
Moltiplicatore limite accelerazione	10.012563

Verifica taglio

Taglio di verifica	12414.322
Taglio resistente	46789.740
Fatt. Sicurezza taglio	3.7690129
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO
PGA collasso	0.000000
Moltiplicatore limite accelerazione	0.00000000

Continua

In mancanza di specifiche indicazioni di normativa, per la verifica delle travi di fondazione si sono fatte le seguenti assunzioni

- Vengono considerate sempre fragili.
- Vengono sempre assunte ammissibili per il metodo di verifica con lo spettro elastico.
- Indipendentemente dall'approccio di verifica utilizzato, vengono verificate in termini di sollecitazioni.
- Nel caso di approccio con spettro elastico si considerano le sollecitazioni d'analisi.
- Nel caso di approccio con spettro di progetto sono trattate come elementi fragili per la riduzione del fattore q .
- Il momento ultimo è il momento ultimo in campo elastico.
- Si impiegano i fattori di confidenza e i fattori di sicurezza parziali impiegati dalla normativa per le strutture esistenti.

Verifica riassuntiva

Sommario delle verifiche
?
×

Verifica generale (4477)
Vulnerabilità (4535)

Classificazione

12	Elementi duttili	17	Elementi strutturali totali
5	Elementi fragili	0	Elementi rinforzati
8	Elementi non strutturali		

Ammissibilità per rho globale

NON NECESSARIA

Ammissibilità del metodo

NON NECESSARIA

Esito verifica

Verificati 9 elementi su 17 strutturali
Fattore di sicurezza minimo 0.79890201
Elemento critico 21 Azione critica flessione Comb. 1 Tipo comb. sismica

Verifica nodi

Nodi totali	11	Nodi non confinati	6
Fattore di sicurezza minimo	4.9429901	Nodo	9

Rischio sismico

	PGAc	Vulnerabilità	Tempo di ritorno	Elemento	Comb.	
Taglio	275.32844	1.3077098	2020	9	1	->
Flessione	173.10378	0.82217989	566	21	1	->
Nodi	1283.3779	6.0955772	2474	7		
Rotazione	1.00e+32	>5.0	Non determinato	-1		

☐ Ignora rinforzi

OK

Questa funzione esegue la verifica di tutti gli elementi (rinforzati e non rinforzati) ed espone un quadro riassuntivo in modo che sia agevole verificare se il metodo è ammissibile (nel caso di analisi con lo spettro di progetto) e se gli elementi sono verificati. I campi del dialogo vengono presentati o meno secondo le condizioni di verifica: spettro di progetto oppure elastico.

Il fattore di sicurezza ottenuto dalla verifica degli elementi riporta anche l'elemento dove si è verificato il minimo, se tale verifica era relativa al taglio o alla flessione, riporta inoltre la condizione di carico e se questa è statica o dinamica. Infatti può accadere di avere dei valori di I_{SV} maggiori di 1.0 in quanto relativi all'azione sismica, con valori invece del fattore di sicurezza inferiori ad 1.0 in quanto determinati da carichi statici: questa informazione consente di comprendere meglio i risultati.

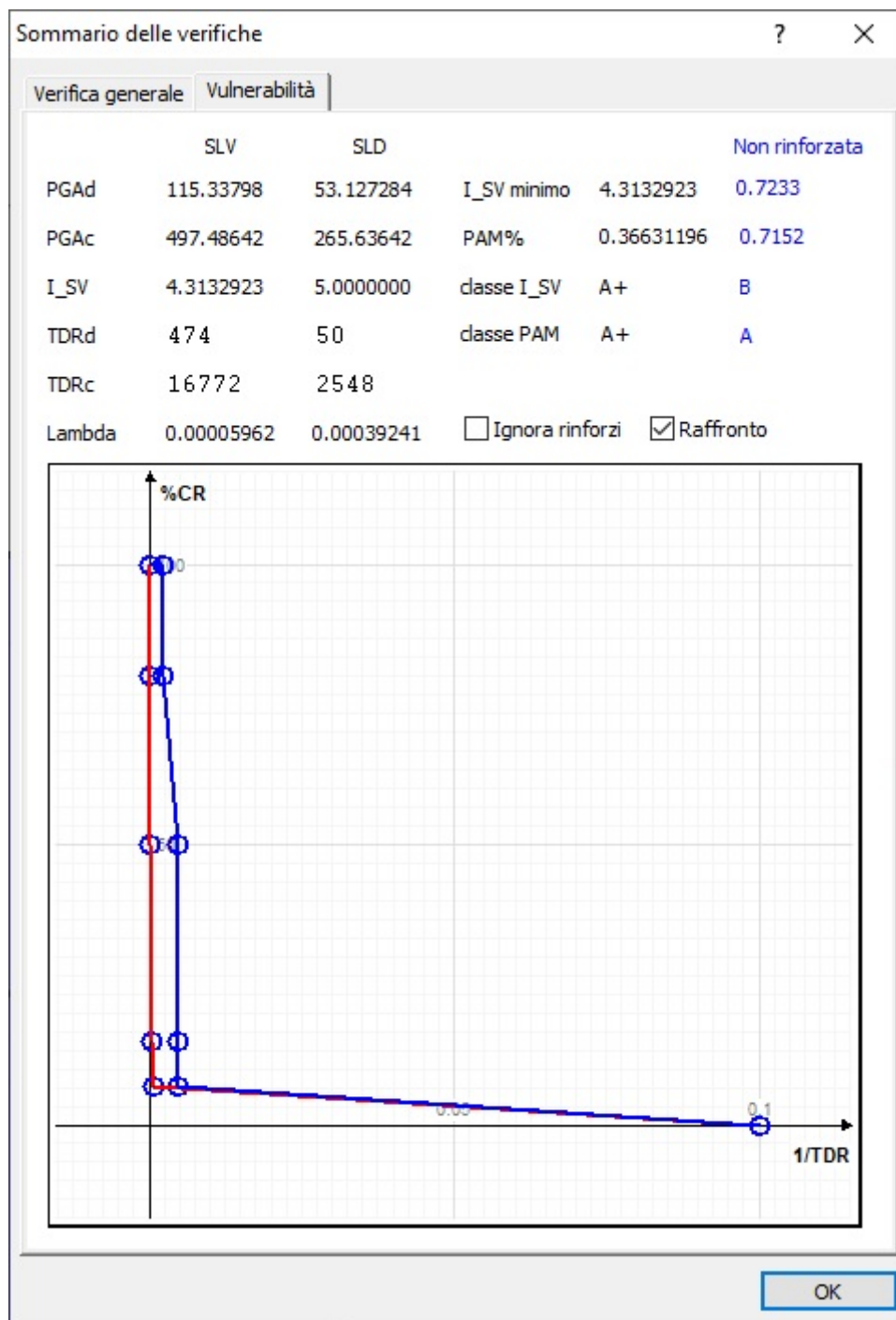
Vengono riportati, se eseguita un'analisi dinamica, i dati relativi alla PGA di capacità (PGAc) e i tempi di ritorno (TDR), nonché l'indice della combinazione (dinamica) che ha determinato tali valori e l'indice dell'elemento in cui si sono verificati.

Accanto ai risultati delle verifiche, un bottone contrassegnato da una freccia consente di accedere al dialogo con le verifiche dell'elemento per il quale si sono riscontrati i valori critici.

Il dialogo si configura opportunamente in funzione del metodo di analisi eseguito.

Nel caso siano presenti elementi rinforzati, si può ottenere la verifica riassuntiva della struttura non rinforzata attivando il check-box "Verifica senza 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 tempi PGA capacity e demand. (vedere [Previsore di accelerazione ultima](#)) e, da queste, i tempi di ritorno TDR. Perché questo? Perché la normativa prevede 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 rapporto tra PGA demand e capacity.

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

- resistenza flessionale
- resistenza a taglio
- resistenza dei nodi

La valutazione viene eseguita secondo le modalità e la classificazione (duttile/fragile) delle membrature.

Il valore minimo di IS-V per questi fenomeni è il valore di IS-V per la salvaguardia della vita, che chiameremo IS-V_v.

Lo stato limite di danno è rilevato dalla capacità rotazionale delle membrature. Esso consente di ottenere il valore di IS-V_d. In questa implementazione non è considerato lo stato limite di drifting, legato allo 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". (Perdita Annua Media attesa)

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

Nel caso siano presenti elementi rinforzati, si può ottenere la vulnerabilità della struttura non rinforzata attivando il check-box "Verifica senza rinforzi".

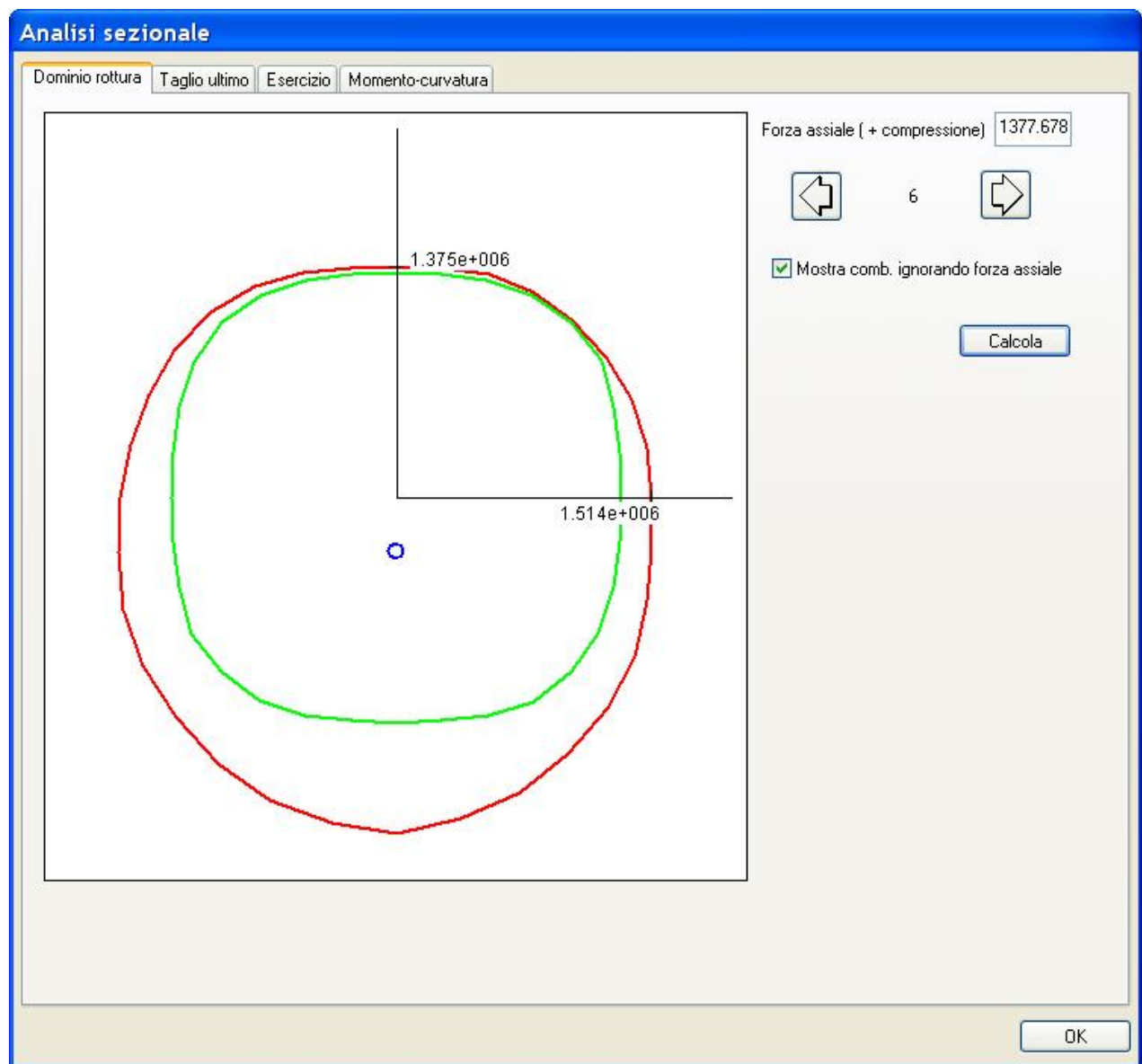
Attivando il check_box "Raffronto" si ottengono i valori di I_{SV}, PAM e Classi sia della struttura rinforzata che priva dei rinforzi e anche nel grafico PAM vengono riportati i grafici della struttura nelle due situazioni.

Verifiche speciali a dialogo

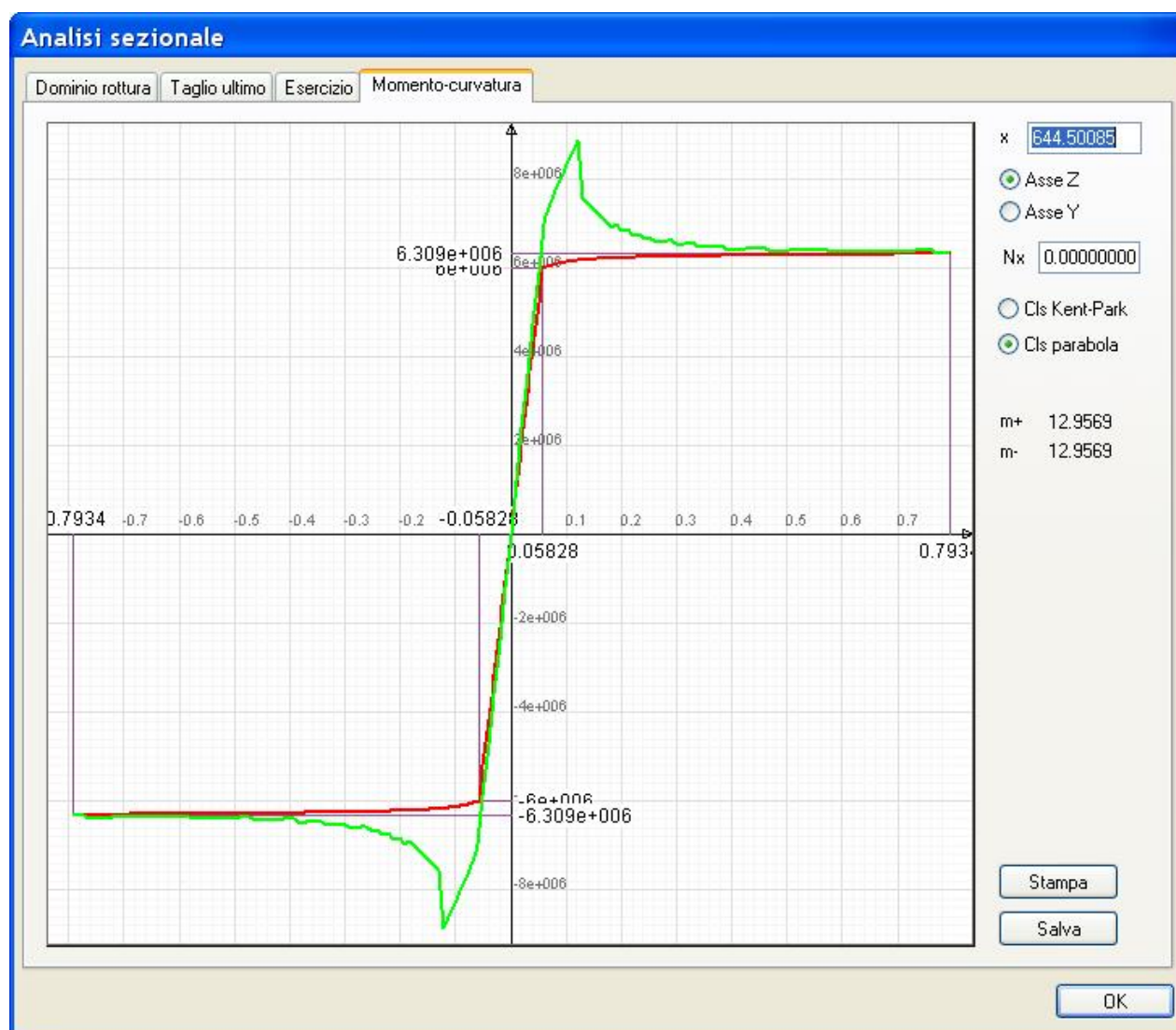


Sono disponibili alcune verifiche sezionali attivabili dalla palette.

- Dominio di rottura
- Diagramma momento curvatura
- Calcolo del taglio ultimo
- Deflessione
- Verifica dei soli rinforzi



In figura il dominio di rottura. In verde la sezione non rinforzata, in rosso quella rinforzata.



In figura il diagramma momento-curvatura. In verde la sezione rinforzata. Si noti la rottura per trazione del rinforzo.

Il metodo adottato è molto generale. Infatti si esegue un'analisi non lineare flessionale che, oltre al calcestruzzo ed all'acciaio, può gestire inserti FRP con il legame costitutivo fragile.

La risposta che quindi si ottiene è molto generale ed accurata.

L'effetto del rinforzo con le fibre si può esaminare nella deflessione, nel taglio ultimo e nella capacità di rotazione, tutte esposte nei dialoghi accessibili dalla palette.

la verifica dei soli rinforzi consente di verificare i rinforzi FRP o acciaio per flessione e taglio nelle membrature. La verifica non attiene ai metodi specifici per strutture esistenti in modo che il progettista possa verificare il comportamento degli elementi fibro-rinforzati indipendentemente dal contesto della norma sugli edifici esistenti la quale opera su molti fattori rendendo difficilmente valutabile il beneficio e l'opportunità di impiegare rinforzi. Le verifiche sono per flessione e taglio e vengono riportati i valori di calcolo intermedi che consentono una chiara valutazione del comportamento dei rinforzi. Il dialogo in una prima pagina consente di avere una visione sintetica dei risultati della verifica, in una seconda pagina i valori intermedi relativi specifici del comportamento del rinforzo. Viene anche mostrata la percentuale di apporto del rinforzo alla resistenza in modo da poter immediatamente valutare l'opportunità di impiego.

Verifica statica rinforzi
?
X

Verifica
Informazioni rinforzi

Ascissa
Combinazione
Più gravosa

Calcola

Verifica flessionale

	y	z
Ascissa verifica	250.00000	
Combinazione	33	
Momento di verifica	-106369.25	0.00000000
Momento resistente	4723678.6	
Momento resistente rinforzo	4289529.4	
Contributo rinforzo (%)	90.809087	
Fatt. Sicurezza fless.	>10.0	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
Scorrimento placcaggio	0.00845292	Lato 1

Verifica taglio

	y	z
Ascissa verifica	250.00000	250.00000
Combinazione	30	30
Taglio di verifica	-1065.6973	0.00000000
Taglio resistente	110162.86	177860.74
Taglio resistente rinforzo	96800.000	162800.00
Contributo rinforzo (%)	87.869907	91.532288
Fatt. Sicurezza taglio	>10.0	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	

Confinamento

Incremento resistenza cls	444.05456
Incremento deformazione ultima	0.09909480

OK

Verifica statica rinforzi

?

×

Verifica

Informazioni FRP

Flessione

Lunghezza efficace di ancoraggio	20.000000
Tensione efficace di calcolo	6143.6396
Energia specifica di frattura	8.4924692
Rapporto larghezza rinforzo	1.0000000
Spessore rinforzo	0.50000000

Taglio

Lunghezza efficace di ancoraggio	17.542837
Tensione efficace di calcolo	12413.319
Energia specifica di frattura	6.9340721
Rapporto larghezza rinforzo	1.0000000
Spessore rinforzo	0.10000000
Disposizione	Avvolgimento

OK

Verifica dei nodi

Verifica nodo fibro-rinforzato

Resistenza nodo rinforzato | Gerarchia resistenze | Rinforzo per tamponatura

Nodo Rinforzato

Confinamento	Non confinato
Taglio progetto	15493.693
Taglio resistente	12013.970
Fattore sicurezza	0.77541037
PGA	228.31709

Dettagli

Taglio normalizzato da armatura secondo y	0.00000000
Taglio normalizzato da armatura secondo z	15493.693
Fattore normalizzazione	1.0070252
Altezza efficace rinforzo	30.000000
Spessore rinforzo	0.00100000
Tensione progetto rinforzo	28000.000

☐ Verifica senza rinforzi

OK

La verifica del nodo è viene eseguita secondo i dettami della Circolare al paragrafo C8.7.2.5 interpretando la frase "considerando il taglio derivante dalla trazione presente nell'armatura longitudinale superiore" come valore effettivo di sollecitazione e non come valore massimo di tensione nelle armature come previsto dalle norme del DM 2018 al par. 8.7.2.5. La verifica deve essere eseguita solo su nodi non interamente confinati.

Se il nodo è dotato di rinforzi, è possibile attivare l'opzione di verifica senza rinforzi per valutare con immediatezza l'efficacia del rinforzo.

I risultati di questa verifica sono disponibili sia a dialogo, dove viene esposto il fattore di sicurezza ottenuto dalla verifica, sia come rappresentazione grafica con simboli in colore.

Verifica rinforzi del nodo con FRP e FRCM

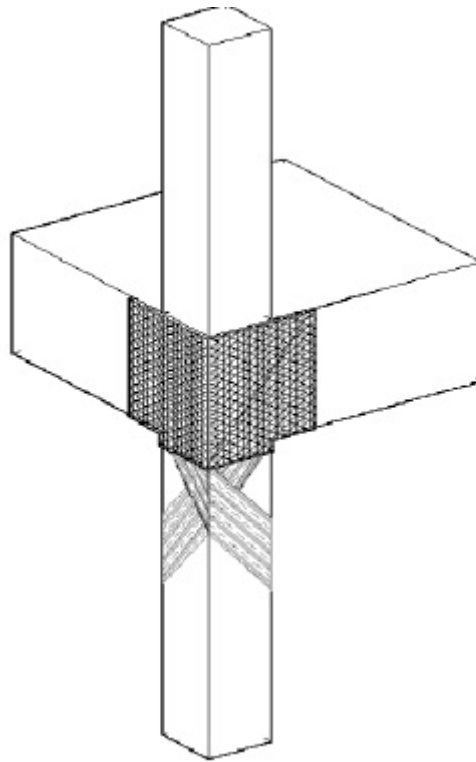
Si possono avere due tipologie di rinforzo del nodo:

- rinforzo per azione della tamponatura
- rinforzo del pannello del nodo

La prima si assume, se presente, disposta a 30° rispetto all'asse del pilastro.

La seconda si assume realizzata in tessuto quadriassiale.

Eventuali confinamenti di travi e pilastri devono essere assegnate come fasciature degli elementi e non come caratteristiche del rinforzo del nodo. In ogni caso si assume che il pannello di nodo sia ancorato e quindi non vi sia distacco per laminazione



Le caratteristiche generali della muratura delle eventuali tamponature sono: Resistenza a taglio e Resistenza a compressione e vengono per praticità assegnate come comuni a tutte le eventuali tamponature. Le caratteristiche dei rinforzi del nodo vengono assegnate invece associandole ad ogni singolo nodo e possono essere diverse per ogni nodo.

Se il nodo è interno la verifica non è necessaria e nel dialogo dei risultati della verifica viene segnalato che il nodo è confinato.

Verifica nodo fibro-rinforzato

Resistenza nodo rinforzato | Gerarchia resistenze | Rinforzo per tamponatura

Nodo Rinforzato

Confinamento	Non confinato
Taglio progetto	15493.693
Taglio resistente	12013.970
Fattore sicurezza	0.77541037
PGA	228.31709

Dettagli

Taglio normalizzato da armatura secondo y	0.00000000
Taglio normalizzato da armatura secondo z	15493.693
Fattore normalizzazione	1.0070252
Altezza efficace rinforzo	30.000000
Spessore rinforzo	0.00100000
Tensione progetto rinforzo	28000.000

☐ Verifica senza rinforzi

OK

Le caratteristiche del materiale dei rinforzi, per praticità, sono assegnati come comuni a tutti i nodi ai quali sono assegnati i rinforzi.

Si assegna soltanto la resistenza ultima in quanto i fattori di sicurezza parziali e i fattori di conversione ambientale sono assunti eguali a quelli dei rinforzi longitudinali. I risultati della verifica sono, per entrambi i rinforzi:

- azione agente
- azione resistente
- fattore di sicurezza

Nella verifica del pannello di nodo a taglio, si impiega la formula 7.4.12 del DM18 e cioè:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq V_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1 - 0.8 v_d)$$

dove il termine $A_{sh} f_{ywd}$ va sostituito con lo sforzo in direzione orizzontale dovuto al tessuto quadriassiale.

e cioè:

$$\{A_{sh} f_{ywd}\} = t_f h_{trave} f_{fd}$$

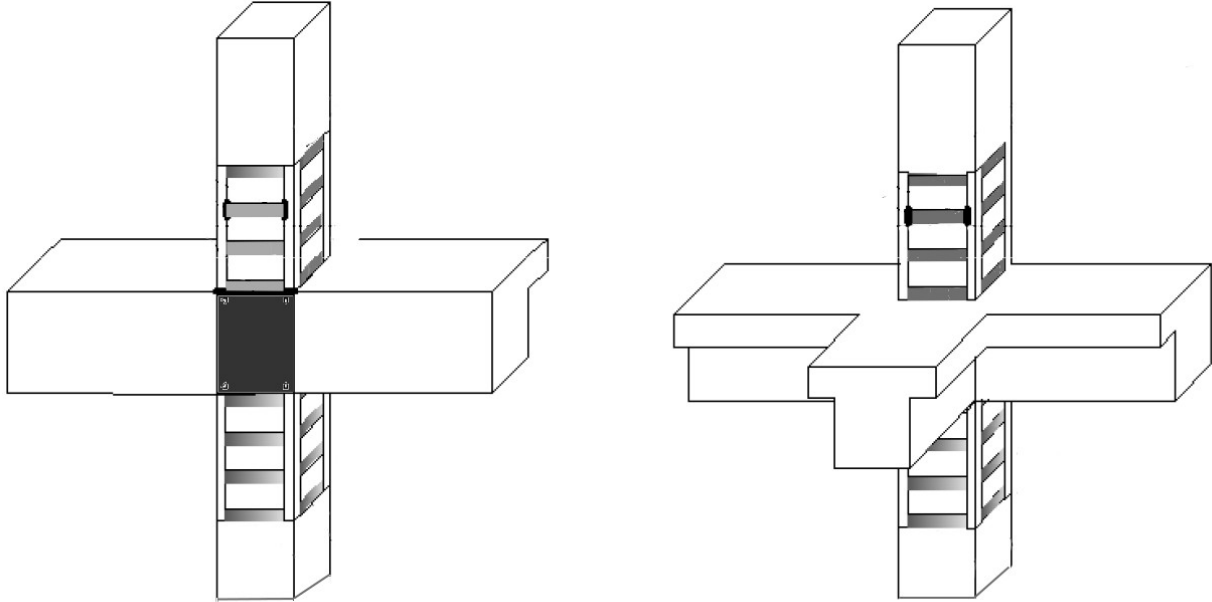
il quale valore è valido per il singolo strato, ma, per tener conto dello strato inclinati a 45°, esso va moltiplicato per $(1 + v_2)$;

Come si può vedere dalla formulazione, la resistenza a taglio del nodo NON dipende dalle sollecitazioni e pertanto non è

possibile associare a questa verifica una accelerazione di collasso.

Pertanto nella verifica riassuntiva i campi del dialogo destinati alla PGA ultima dei nodi sono dimmati.

Verifica rinforzi del nodo in acciaio con il metodo CAM®



Il rinforzo può essere eseguito tramite piastra di rinforzo del pannello del nodo e/o con angolari legati da spire ad alta resistenza.

Le verifiche vengono eseguite sia per la resistenza del pannello che per eventuale azione della tamponatura.

Le verifiche sono eseguite secondo le indicazioni della Circolare 617 del 2 febbraio 2009.

Vedere [Cenni teorici](#)

Gerarchia delle resistenze

Per la verifica della gerarchia delle resistenze, vengono sommati, come richiesto dalla normativa, i momenti ultimi delle travi afferenti nel nodo relativi ai due possibili sbandamenti nel piano e alle due direzioni principali del pilastro. I momenti delle travi vengono proiettati in tali piani in modo da poter considerare senza errori anche elementi inclinati. Questi valori vengono confrontati con i momenti agenti nei pilastri.

Rappresentazioni verifiche del nodo

Dal menu Rappresentazioni è possibile attivare la verifica del nodo:

- A taglio
- Gerarchia delle resistenze

L'esito della verifica è rappresentato a colori come segue:

- Blu: verifica non necessaria o non effettuabile
- Verde: verifica effettuata con successo
- Rosso: verifica non soddisfatta

Stampe

Stampa

Blocchi stampabili

- ▼ Fase (1) "Iniziale"
- Parametri verifiche strutture esistenti
- Classificazione membrature
- Combinazioni di carico di stato limite ultimo
- Combinazioni di carico di stato limite di esercizio
- Combinazioni di carico di stato limite di danno
- Combinazioni di carico di stato limite di operatività
- Verifica resistenza al taglio
- Verifica resistenza flessionale
- Capacità di rotazione elementi duttili
- Sommario delle verifiche
- Vulnerabilità
- Dati rinforzi elementi
- Dati rinforzo nodi
- Verifica nodi
- Gerarchia resistenze
- Verifica condizioni statiche
- Fattore resistenza a taglio nodi

Includi tutto... Includi default...

Intestazione:

Prova

Blocchi inclusi nella stampa

!	Tipo	Nome
	Parametri verifiche strutture esistenti	
	Classificazione membrature	
	Combinazioni di carico di stato limite ultimo	
	Combinazioni di carico di stato limite di esercizio	
	Combinazioni di carico di stato limite di danno	
	Combinazioni di carico di stato limite di operatività	
	Verifica resistenza al taglio	
	Verifica resistenza flessionale	
	Capacità di rotazione elementi duttili	
	Sommario delle verifiche	
	Vulnerabilità	
	Dati rinforzi elementi	
	Dati rinforzo nodi	
	Verifica nodi	
	Gerarchia resistenze	
	Verifica condizioni statiche	
	Fattore resistenza a taglio nodi	

Escludi tutto... Escludi

☒ Stampa data e ora Formato: Rich Text Format esterno (.rtf) Genera...
☒ Stampa commenti Lingua: Italiano Caratteri... Visualizza...
☒ Stampa indice

Chiudi

Le stampe sono governate nel modo standard di tutti gli ambienti: si scelgono i temi di stampa sulla sinistra e si ordinano nella sequenza che si preferisce. Quindi si sceglie il formato di stampa, cioè di formazione del file di stampa e la sua collocazione: interna al progetto o nella collocazione sterna preferita.

Se è disponibile l'opzione FibRePower, sono disponibili le stampe dei rinforzi degli elementi e dei nodi. Nelle stampe, ove richiesto, una colonna definita R riporta analoga lettera se l'elemento è rinforzato.

Inoltre è possibile ottenere le stampe ignorando i rinforzi, se assegnati, in modo da poter disporre di stampe "ante operam" cioè prive di rinforzi. Quindi è possibile assegnare i rinforzi e ottenere le stampe della struttura non rinforzata senza dover eliminare i rinforzi. Questa opportunità è attiva solo nel caso si impieghi il metodo di verifica con lo spettro di progetto. Questa possibilità si attiva da un apposito dialogo appena si richiama la funzione di stampa.

All-In-One - [usa e getta (FRP, tabulato 'senza titolo')]

File Modifica Visualizza Ambienti ?

Parametri verifica strutture esistenti

Le verifiche nel seguito sono effettuate secondo i requisiti previsti dal Decreto 14 gennaio 2008 per le strutture esistenti analizzate con:

Spettro elastico
Nessun valore di rho supera la soglia 2.000000

Il fattore di confidenza adottato è CF = 1.000000
I valori di resistenza dei materiali sono opportunamente ridotti del fattore di confidenza

Classificazione membrature

Elem.	P/T	Q.ta	R	Vpy (kg)	Vps (kg)	Vpy (kg)	Vus (kg)	Fs	Duttilità
9	T	R	75212.10	70997.45	92540.56	92540.56	92540.56	1.14	Fragile

Vengono calcolati i tagli **Vpy** e **Vpz** dovuti a fenomeni anelastici e i tagli ultimi **Vuy** e **Vuz**. Il minor fattore di sicurezza **Fs** tra i due valori nei due piani determina se l'elemento è **Duttile** o **Fragile**. Nel caso gli elementi siano rinforzati, viene riportata un R nella colonna omonima e le caratteristiche del rinforzo vengono riportate nella apposita tabella.

Ammissibilità elementi fragili

Elem.	P/T	Q.ta	R	Vdy (kg)	Vdm (kg)	Vuy (kg)	Vum (kg)	Fs	Esito
9	T	R	8109.08	1.00e-006	92540.56	92540.56	92540.56	>10.0	Ammissibile

Minimo fattore di sicurezza: >10.0 >= 1.00

Nel caso di analisi con lo spettro elastico, si determina l'ammissibilità degli elementi fragili per tale metodo confrontando i tagli di calcolo oppure trasmessi **Vd** (cioè in funzione del fattore rho dell'elemento) con i tagli ultimi **Vu**.

Verifiche elementi fragili

Elem.	P/T	Q.ta	R	Cmb	Vdy (kg)	Vdm (kg)	Vuy (kg)	Vum (kg)	Fs	Esito	PGA collasso
9	T	R	5	0.482.40	1.00e-006	71421.88	71421.88	0.42	VERIFICATO	nd	

Minimo fattore di sicurezza: 0.420131 >= 1.00

Sommario delle verifiche

Descrizione	Valore
Metodo di calcolo	Spettro elastico
Ammissibilità del metodo	Non ammesso
Numero totale elementi	11
Numero totale elementi strutturali	11
Numero totale elementi duttili	5
Numero totale elementi fragili	7
Numero totale elementi ammissibili	5
Rapporto distribuzione rigidanze	0.00
Numero totale elementi verificati	5
Minimo fattore di sicurezza elementi fragili	1.04
Minimo fattore di sicurezza elementi duttili	>10.0
Moltiplicatore di collasso dell'accelerazione	0.00
Numero totale nodi	6
Numero totale nodi non confinati	6
Fattore minimo di sicurezza nodi	0.78
PGA nodi	0.00

Dati rinforzi elementi

Elem.	Tipo	Posizione	Forma	Spessore (cm)	Passo (cm)	Larghezza (cm)	Kf (kg/cm2)	Env	Lod	Rnd (cm)
9	Longitudinale	Sinistra	Cerchiata	6.00	=	=	28000.00	1.00	1.00	2.00
		Centro	Cerchiata	6.00	=	=	28000.00	1.00	1.00	2.00
		Destra	Cerchiata	6.00	=	=	28000.00	1.00	1.00	2.00

Per ogni elemento **Elem** dotato di rinforzo, viene riportato il rinforzo **Longitudinale** e **Trasversale** presente, sinteticamente, all'estremo a **Sinistra**, **Destra** oppure al **Centro**. Viene riportato lo **Spessore** totale secco dello strato. Viene riportata la **Forma** della disposizione. Nel caso di rinforzo trasversale, vengono riportati **Passo** e **Larghezza** di fascia. Se non riportati, indicano un rinforzo continuo. Nel caso di rinforzo longitudinale, questi campi non sono utilizzati. Vengono infine riportati la tensione di rottura **Kf**, i fattori di conversione ambientale **Env** e di modalità di carico **Lod** e il raggio di arrotondamento **Rnd** degli spigoli.

Welcome to Nollan

Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi fibro-rinforzati

Normativa di riferimento per le verifiche FRP

La normativa di riferimento è la CNR DT 200/2012 ed il DM 2018.

Lunghezza efficace di ancoraggio

La lunghezza efficace di ancoraggio è calcolata secondo la 4.1 assumendo i valori espressi nel punto 4.1.2 della normativa di riferimento, inerente la sicurezza per il distacco dal supporto.

Tensione efficace di calcolo

La tensione di calcolo è limitata, oltre che dalla resistenza della fibra, dalla aderenza al supporto. Si distinguono più modi di

distacco. La norma ammette che si considerino solo due modi, purché si seguano le prescrizioni di applicazione e di calcolo previste.

Il modo 1 ` il distacco in prossimità dell'estremo del rinforzo. La distanza da tale estremo entro la quale si deve considerare il modo 1 `; nell'Appendice D della normativa di riferimento, indicata in 200 mm. Oltre questa distanza si ha un distacco secondo il modo 2.

La tensione efficace è formalmente data, in entrambi i casi, dall'espressione seguente.

$$f_{fdd} = \frac{k_q}{\gamma_{f,d}} \sqrt{\frac{2 E_f \Gamma_{fd}}{t_f}}$$

k_q è assunto 1.0 per il modo 1 e 1.25 per il modo 2. $\gamma_{f,d}$ è assunto 1.5. Questi valori sono consigliati dalla normativa per i casi più comuni. Si assumono questi valori come costanti per rendere più agevole l'immissione dei dati in considerazione della articolazione abbastanza complessa della normativa. Γ_{fd} è l'energia specifica di frattura ed è data dall'espressione 4.2 di normativa che qui riportiamo.

$$\Gamma_{fd} = \frac{k_b k_G}{FC} \sqrt{f_{cm} f_{ctm}}$$

k_b è dato dalla formula 4.3 della norma ed è dovuto alla distribuzione dei rinforzi.

k_G invece è un valore tratto dalla sperimentazione che la norma consiglia di assumere pari a 0.037 per il modo 1 e 0.1 per il modo 2.

Pertanto l'energia di frattura è diversa nei modi 1 e 2.

FC è un fattore di confidenza assegnabile.

Nel caso si richieda la tensione ad una distanza dal bordo minore di quella dell'ancoraggio effettivo, la tensione di modo 1 viene ridotta secondo la formula 4.5 di normativa.

Verifica a flessione delle membrane rinforzate

La verifica viene effettuata tramite l'analisi non lineare della sezione in calcestruzzo tenendo in conto il rinforzo con spessore e disposizione assegnate, e con tensione di snervamento calcolata come esposto nel precedente paragrafo. Si assume un comportamento fragile, senza softening, del materiale del rinforzo.

Resistenza a taglio membrane rinforzate

E' calcolata come da paragrafo 4.3.3.2 della normativa di riferimento. La resistenza efficace si basa sulla lunghezza efficace d ancoraggio e sulla tensione efficace di calcolo come da formula 4.21 e seguenti. Si assume che i rinforzi siano disposti ortogonalmente all'asse della trave.

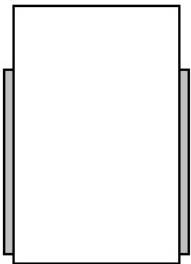
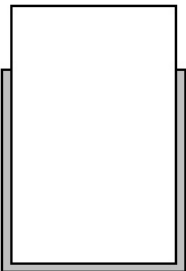
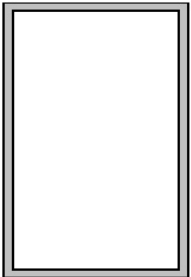
Verifica a taglio delle travi rinforzate

Viene calcolata come somma della resistenza a taglio dell'elemento in calcestruzzo come da normativa di riferimento per

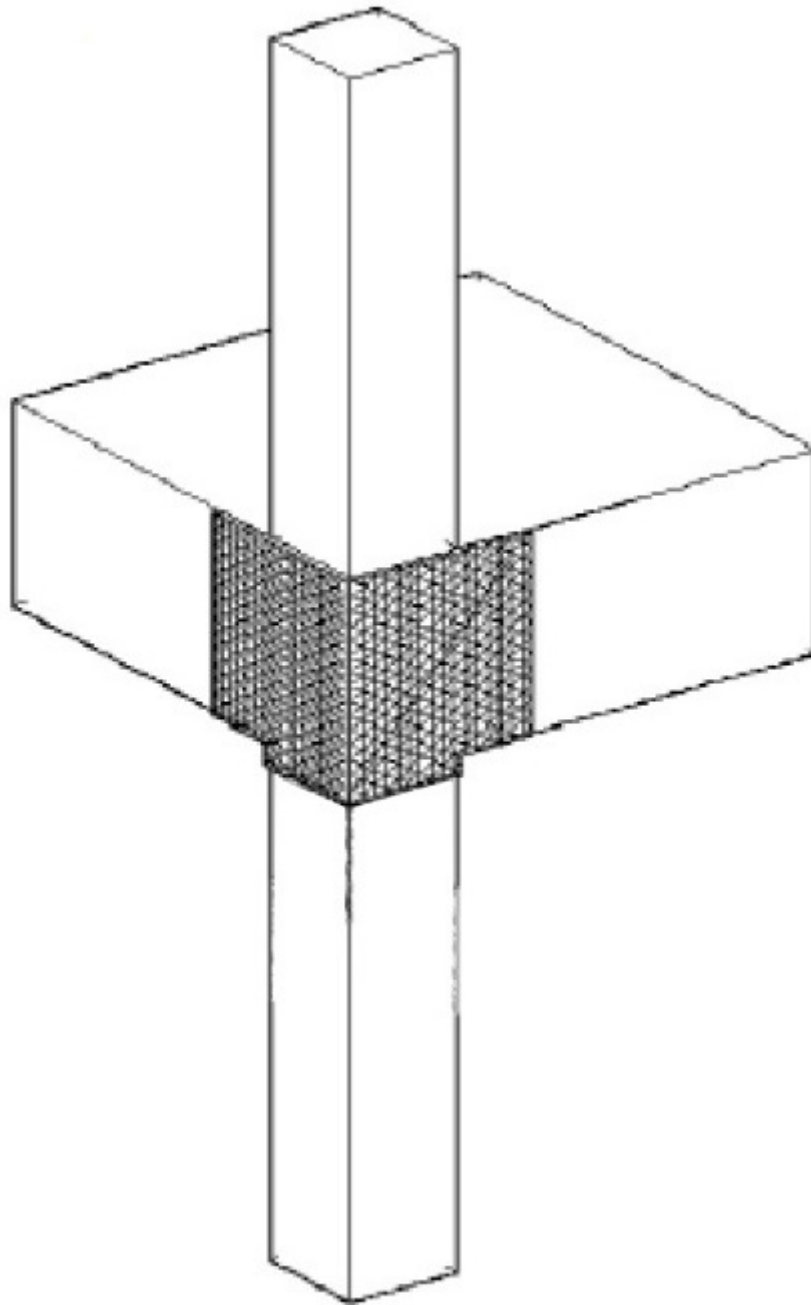
elementi non rinforzati con la resistenza a taglio del rinforzo, ovvero, se minore, la resistenza a compressione del calcestruzzo.

Tale resistenza viene calcolata in base alla resistenza efficace a taglio descritta nel paragrafo precedente e alla quantità unitaria di rinforzo laterale secondo le formule di normativa relative alla disposizione del rinforzo ad U, discontinuo o ad avvolgimento continuo.

Si assumono strisce disposte ortogonalmente all'asse dell'elemento ed un traliccio di Moersch con angolo di 45° (formula 4.19 della suddetta normativa).

		
laterale	ad U	in avvolgimento

Verifica del nodo



Si assume un rinforzo a pannello formato da tessuto quadriassiale opportunamente ancorato.

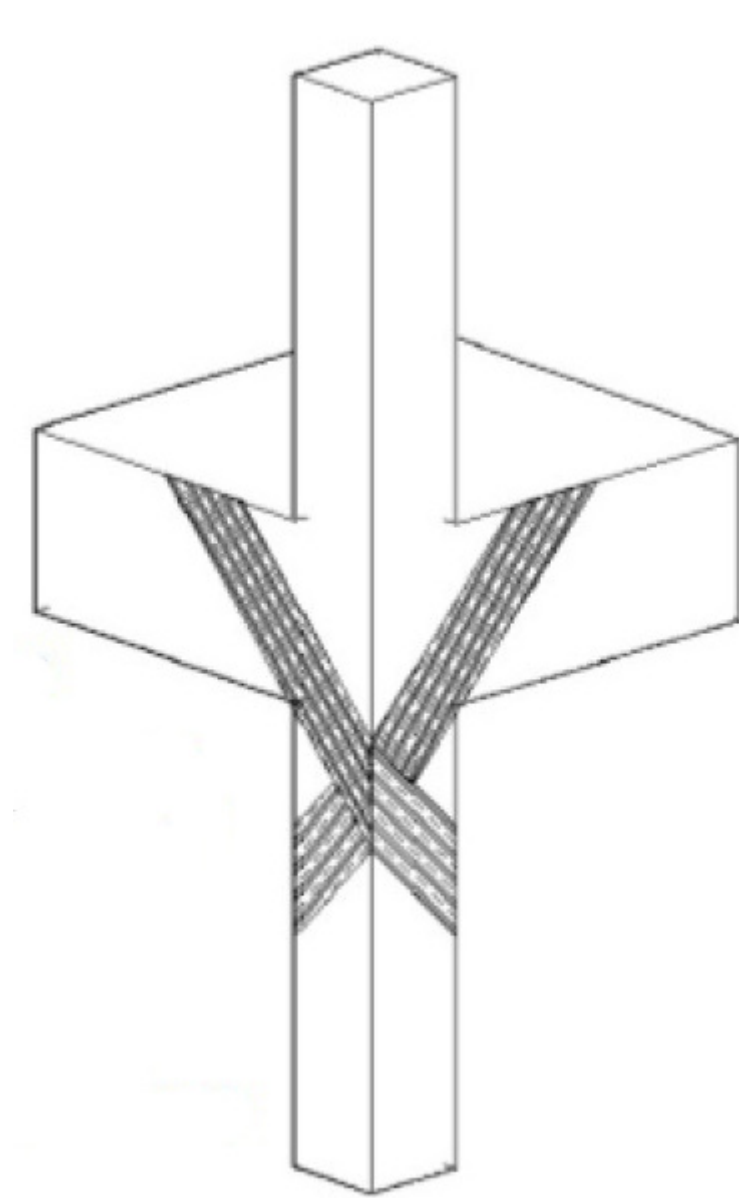
Il paragrafo 7.4.4.3.1 del DM 18 stabilisce che la resistenza del nodo per fessurazione diagonale può essere garantita da staffe orizzontali come segue.

$$A_{Sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1.0 - 0.8 v_d)$$

Il primo termine va sostituito con la forza orizzontale del tessuto quadriassiale che è dato da:

$$t_f h_{trave} f_{yd}$$

Verifica del nodo per azioni della tamponatura



Si assume un rinforzo a fasce inclinate di 30°.

L'azione orizzontale della tamponatura è data da:

$$H_0 = \min \left(\frac{f_{vk0} \cdot l \cdot t}{0.6 \cdot \phi}; 0.8 \cdot \frac{f_k}{\phi} \cdot \cos^2 \theta \cdot \sqrt[4]{\frac{E_c}{E_m} \cdot I \cdot h \cdot t^3} \right)$$

$$H_0 = \max\left(\frac{H_0}{2}; H_0 - 0.4 \cdot N\right)$$

Tale forza viene affidata, per la componente inclinata di 30°, al rinforzo a fibra.

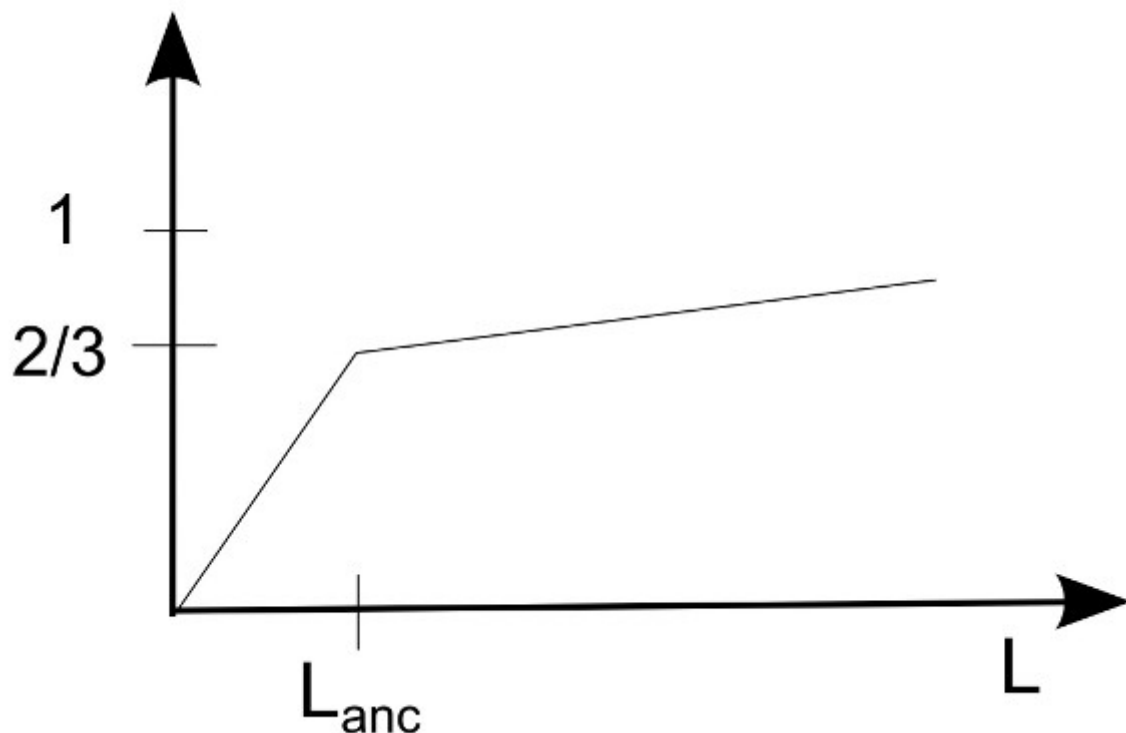
Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi rinforzati con FRCM

Normativa di riferimento per le verifiche FRCM

La normativa di riferimento è la CNR DT 215/2018 ed il DM 2018.

Lunghezza efficace di ancoraggio

Secondo DT 215 si assume una lunghezza di ancoraggio L_{anc} di 300 mm. Pertanto, detta L la lunghezza della striscia il decremento della tensione efficace di calcolo è data da $L / (3.0 L_{anc})$ se $L > L_{anc}$ altrimenti è data da $(L_{anc}/L) L_{anc} / (3.0 L)$.
Ovvero l'andamento della tensione efficace è come nella figura seguente.

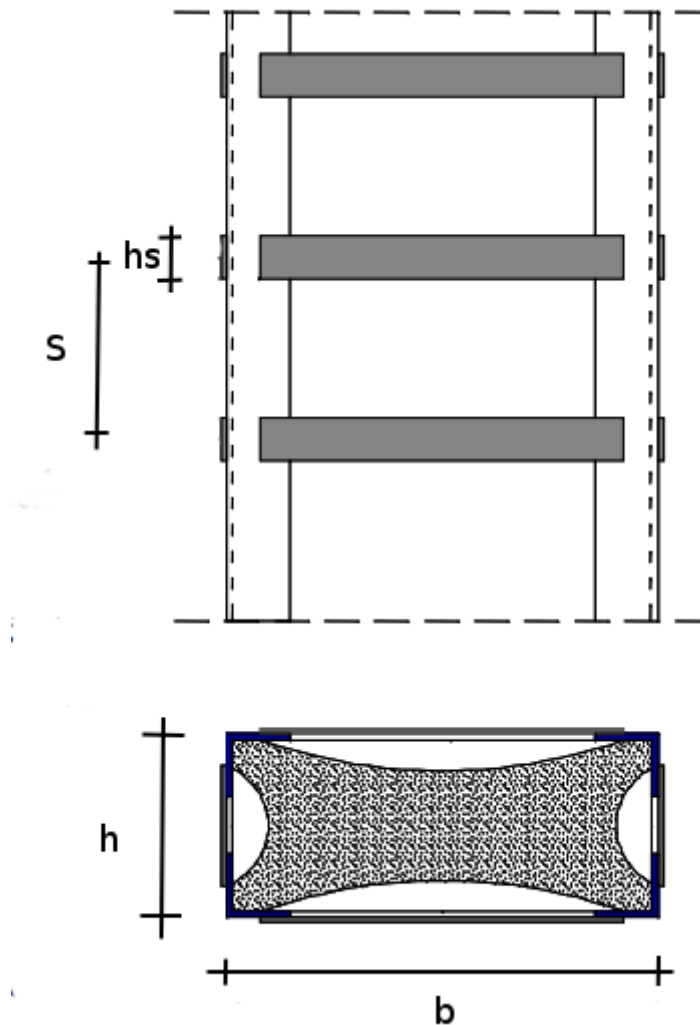


Per gli argomenti qui non trattati, si veda [Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi fibro-rinforzati](#)

Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi rinforzati in acciaio

Per i rinforzi in acciaio si applicano le prescrizioni riportate nella Circolare alle NTC, punto c8.7.4.22.

Incamicatura



L'aumento della resistenza a taglio è dato dalla C8A.7.5:

$$V_j = 0.5 \frac{2t_j b}{s} f_{yw} \frac{1}{\cos \alpha_t}$$

nella quale t_j , b , s sono rispettivamente spessore, larghezza e interasse delle bande, con $b/s=1$ nel caso di camicie continue, e f_{yw} è la resistenza a snervamento dell'acciaio ed α_t l'inclinazione delle fessure a taglio. α_t è l'inclinazione delle fessure per il taglio che può essere valutata come segue:

$$\alpha = \left(1 - \frac{s}{2b}\right) \left(1 - \frac{s}{2h}\right) \left(1 - \frac{\sum b_j^2}{6hb}\right)$$

poiché però è cautelativo il valore unitario di $\cos \alpha_t$, si assume, $\alpha_t = 0$;

Una analisi dimensionale della formula della Circolare, sopra citata, non restituisce come grandezza una forza, come ci si aspetterebbe per il taglio, ma una forza diviso una lunghezza. Pertanto si ritiene la formula di normativa citata affetta da un errore tipografico anche se non si sono potute rinvenire informazioni in merito. Si adotta pertanto la formula A.21 dell'Eurocode EN 1998-3:2005 nella forma seguente dove d è la distanza tra le fasce opposte nella direzione del taglio.

$$V_j = 0.5 \frac{2t_j b}{s} f_{yw} \frac{d}{\cos \alpha_t}$$

Gli angolari vengono assegnati nel dialogo dei ricoprimenti al fine di determinare i parametri suddetti ma vengono anche considerati, ai fini della resistenza della sezione, alla stregua di armature longitudinali.

Azione di confinamento: aumento di resistenza

La resistenza f_{cc} del calcestruzzo confinato è data da:

$$f_{cc} = f_c \left(1 + 3.7 \left(\frac{0.5 \alpha_n \alpha_s \rho_s f_y}{f_c} \right)^{0.86} \right)$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{(b - 2r)^2 + (h - 2r)^2}{3bh}$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s - h_s}{2b} \right) \left(\frac{s - h_s}{2h} \right)$$

dove:

- ρ_s è il rapporto volumetrico di armatura trasversale pari a $2 A_s (b+h)/(b h s)$ con b ed h dimensioni della sezione
- A_s area trasversale della banda, s passo delle bande.
- r eventuale raggio di arrotondamento che, in presenza di angolari, viene assunto pari al valore minore tra la lunghezza del lato degli angolari e 5 volte lo spessore degli stessi.
- h_s altezza delle bande discontinue, se la camicia è continua si assume $h_s=s$

Azione di confinamento: deformazione ultima

La deformazione ultima è incrementata dal confinamento come segue:

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + 0.5 \frac{0.5 \alpha_n \alpha_s \rho_s f_y}{f_{cc}}$$

I valori di f_{cc} e ϵ_{cu} vengono riportati nel dialogo delle verifiche dei singoli rinforzi al fine di consentire un controllo da parte dell'utilizzatore.

Placcaggio con piastre metalliche

Le eventuali placche metalliche vengono considerate, ai fini della resistenza flessionale, partecipanti alla deformazione della sezione in calcestruzzo in quanto ad essa adeguatamente connesse. La valutazione delle proprietà della sezione rinforzata con placcaggi avviene come per una sezione composta acciaio-calcestruzzo. Nel dialogo della verifica dei rinforzi presi isolatamente (cioè NON nella logica della parametrizzazione delle strutture esistenti) viene calcolata e riportata la forza unitaria di scorrimento (cioè una tensione tangenziale moltiplicata per la larghezza della placca) tra piastra e superficie in calcestruzzo per consentire la verifica degli ancoraggi. Gli ancoraggi non vengono pertanto esplicitamente verificati. La forza di scorrimento viene valutata tramite integrazione numerica secondo la ipotesi di Jourawsky di valutazione della tensione tangenziale media e ci&ogarve; viene effettuato tramite una integrazione numerica della variazione di tensioni assiali al di sopra o al di sotto della linea lungo la quale si vuole calcolare lo scorrimento. Questo metodo consente di tenere in considerazione con correttezza le armature presenti, le azioni deviate, e l'azione assiale.

Verifica rinforzi in acciaio nei nodi

Ci si riferisce principalmente alla tipologia di rinforzo CAM® consistente in fasce di acciaio ad alta resistenza generalmente fissate tramite una piastra o degli angolari alla colonna, gli angolari vengono impiegati soprattutto nei nodi d'angolo. La verifica si esegue sul nodo non fessurato secondo quanto disposto da Circolare 617/2009 ai punti 8.7.2.2 e 8.7.2.3. Si indica con N la forza assiale nel pilastro, con V la forza di taglio, con A l'area del nodo. Si assume un valore massimo di trazione nel calcestruzzo pari a $0.3 \sqrt{f_c}$ e di compressione pari a $0.5 f_c$. La teoria del cerchio di Mohr, prevista dalla normativa, viene modificata per tener conto della tensione σ_p imposta delle strisce, come segue. Si definiscono: $\sigma = N/A$, $\tau = V/A$; $\sigma_p = t_s * a_s / i_v$ con t_s tensione di pretensione delle fasce, a_s area totale delle fasce, a_v area della zona verticale sulla quale insistono le fasce, si assume, per il calcolo dell'area, l'altezza della trave che concorre nel nodo e la larghezza del lato della colonna ortogonale alla trave.

Le tensioni di trazione σ_t e di compressione σ_c si ottengono come segue:

$$\sigma_c = (\sigma + \sigma_p)/2 + \sqrt{((\sigma - \sigma_p)/2)^2 + \tau^2}) < 0.5 f_c$$

$$\sigma_c = -(\sigma + \sigma_p)/2 + \sqrt{((\sigma - \sigma_p)/2)^2 + \tau^2}) < 0.3 \sqrt{f_c}$$

da queste espressioni si ricava il valore di taglio minimo resistente.

L'eventuale presenza della piastra o del presso-piegato d'angolo viene tenuta in considerazione come incremento del taglio resistente proporzionalmente alle rigidezze dell'elemento di rinforzo k_r e della rigidezza della sezione di calcestruzzo k_n :

$$V = V (1 - k_r / (k_r + k_n))$$

dove $V k_r / (k_r + k_n)$ non può essere superiore alla resistenza a taglio del piatto.

Non viene verificata la eventuale rottura delle fasce nel caso di nodi interamente fessurati.

Il contributo del piatto o dell'angolare, se presente, viene tenuto in considerazione anche in assenza delle strisce, tale caso è torna ad essere quello del placcaggio.

Approfondimento sul calcolo della vulnerabilità

Si consideri una combinazione di sforzi su un qualsiasi elemento, composta dagli sforzi dovuti all'azione statica A_t e a gli sforzi dovuti alla azione dinamica S_y . La combinazione è la somma delle due componenti (due solo per semplificare l'esposizione) affette dai relativi moltiplicatori che qui tralasciamo, sempre per amore di semplicità espositiva. La somma delle due componenti la chiameremo T_t (azione totale). Quindi $T_t = A_t + S_y$. Ora calcoliamo il momento resistente nella direzione di T_t , che chiameremo M_r .

Il fattore di sicurezza, come è noto, è dato da M_r/T_t .

Alla base della valutazione della vulnerabilità sismica si ha qualcosa di analogo che in letteratura è descritta con i termini di capacity e demand. La capacità (resistenza) da confrontare con l'azione sismica (demand) non è più M_r in quanto M_r è impegnata a fronteggiare anche le altre azioni, per cui la capacità residua per l'azione sismica è $M_r - A_t$. Se non disponiamo del valore di A_t possiamo ricavarlo da $T_t - S_y$ (vedi sopra). Pertanto il fattore k per valutare la vulnerabilità è dato da:

$$k = (M_r - A_t) / S_y = M_r - (T_t - S_y) / S_y \text{ ovvero } k = (M_r - T_t) / S_y + 1.0;$$

Resta un problema che in precedenza non abbiamo considerato. Le azioni in combinazioni sono vettori e cioè hanno componenti dovute alla direzione delle azioni che possono essere diverse. Ad esempio A_t potrebbe agire in direzione 0° e S_y in direzione 90° . Questo problema non si pone nel calcolo del coefficiente di sicurezza in combinazione perché si valuta la resistenza nella direzione dell'azione totale. Si pone invece nel calcolo della vulnerabilità sismica in quanto l'azione sismica potrebbe agire in una direzione diversa dalle altre azioni.

Il metodo che ci pare più convincente, e che impieghiamo in ExSys, è quello di proiettare l'azione sismica nella direzione dell'azione totale per avere un confronto omogeneo in quanto sulla sezione oggetto della verifica l'azione sarà comunque quella totale e la resistenza sarà relativa a tale direzione.

Note su scelte teoriche effettuate

Calcolo del taglio da plasticizzazione degli estremi

Viene considerata la luce netta e non teorica dell'elemento.

La normativa trascura alcuni aspetti che invece sono essenziali in una struttura reale. Qui di seguito indichiamo alcune decisioni che sono state prese in assenza di maggiori e più accurate prescrizioni normative.

Ortogonalità della orditura

L'orditura delle travi spesso non è ortogonale. Il programma proietta gli sforzi secondo gli assi principali della sezione secondo i quali avvengono le verifiche.

Presso-flessione deviata

Le sollecitazioni flessionali sono raramente secondo un solo asse di inerzia della sezione.

Per le analisi di ammissibilità e per la classificazione (fermo restando quanto detto al punto precedente) è sufficiente considerare separatamente i due assi.

Per la verifica della sezione a flessione, invece le due componenti flessionali (y e z) vanno considerate agenti contemporaneamente.

Il programma impiega il già collaudato metodo di analisi non lineare della sezione e quindi fornisce un unico accurato valore della verifica.

Taglio deviato

Salvo quanto già detto per ammissibilità e classificazione, osservazioni valide anche per il taglio, per la verifica vengono esposti i fattori di sicurezza per entrambe le direzioni principali della sezione. L'esito della verifica (VERIFICATO/NON VERIFICATO) esposto a dialogo, si basa sulla combinazione dei fattori di sfruttamento per le due direzioni secondo il criterio generale più volte adottato nella normativa dell'inverso della somma dei fattori di sfruttamento. Questo criterio è molto conservativo.

Qualora si desiderasse applicare altri criteri (benché la normativa su questo punto sia omissiva) è possibile combinare i fattori di sicurezza esposti nel modo che si ritiene più opportuno per conseguire un esito globale della verifica.

Si ricorda che questo problema, per i motivi già detti, non si pone per la verifica flessionale e della capacità rotazionale.

Area della sezione del nodo

Benché la normativa paia indicare l'area lorda del pilastro, ciò appare in netta contraddizione con il paragrafo 7.4.4.3.1 e pertanto viene assunta l'area del nodo come ivi calcolata.

Capacità di rotazione

Viene individuato per ogni combinazione di carico il piano di sollecitazione che non è necessariamente passante per uno degli assi d'inerzia della sezione.

In tale piano viene calcolata la curvatura in modo "esatto" e non combinato così come vengono calcolate le lunghezze di taglio che così sono uniche e non diverse per i due assi.

Le lunghezze di taglio vengono calcolate per soluzione dell'interpolante cubica del momento per una maggior attendibilità.

La capacità rotazionale della sezione è quindi proiettata secondo tale piano e pertanto si ottiene un valore unico relativo all'effettivo piano di sollecitazione.