

# Exsys con FibRePower

## Questa guida

Questa guida si riferisce all'ambiente FRP (Fiber Reinforced Polymer) 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.

© 2012-2020 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 27 novembre 2020.

## 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. E' 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. E' 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 NE' GARANTISCE UNA OPERATIVITA' ININTERROTTA O IMMUNE DA DIFETTI DEL SOFTWARE NE' CHE I DIFETTI RISCONTRATI VENGANO CORRETTI. SOFTING NON GARANTISCE L'USO O I RISULTATI DERIVANTI DALL'USO DEL SOFTWARE E DELLA DOCUMENTAZIONE NE' LA LORO CORRETTEZZA, AFFIDABILITA' 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 EWS50**

E' supportato il rinforzo con FRCM

Da questa versione ExSys con 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.

## **Presentazione di ExSys con FibRePower**

ExSys con FibRePower è un ambiente di Nòlian All In One dedicato al rinforzo di strutture esistenti, intelaiate, in cemento armato, mediante materiali fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) o acciaio secondo il metodo CAM (Cerchiatura Attiva Manufatti) o in FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)

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 alle quali è dedicato l'ambiente ExSys, ma valutando momenti ultimi, tagli ultimi e resistenza del nodo tenendo conto della presenza delle fibre.

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,

## 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

E' 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 preimpregnato o di altra tipologia.

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  $\eta_a$  per varie condizioni di esposizione e vari sistemi di FRP.**

Condizione di esposizione	Tipo di fibra / resina	$\eta_a$
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  $\eta_l$  per vari sistemi di FRP (carichi di esercizio).**

Modalità di carico	Tipo di fibra / resina	$\eta_l$
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

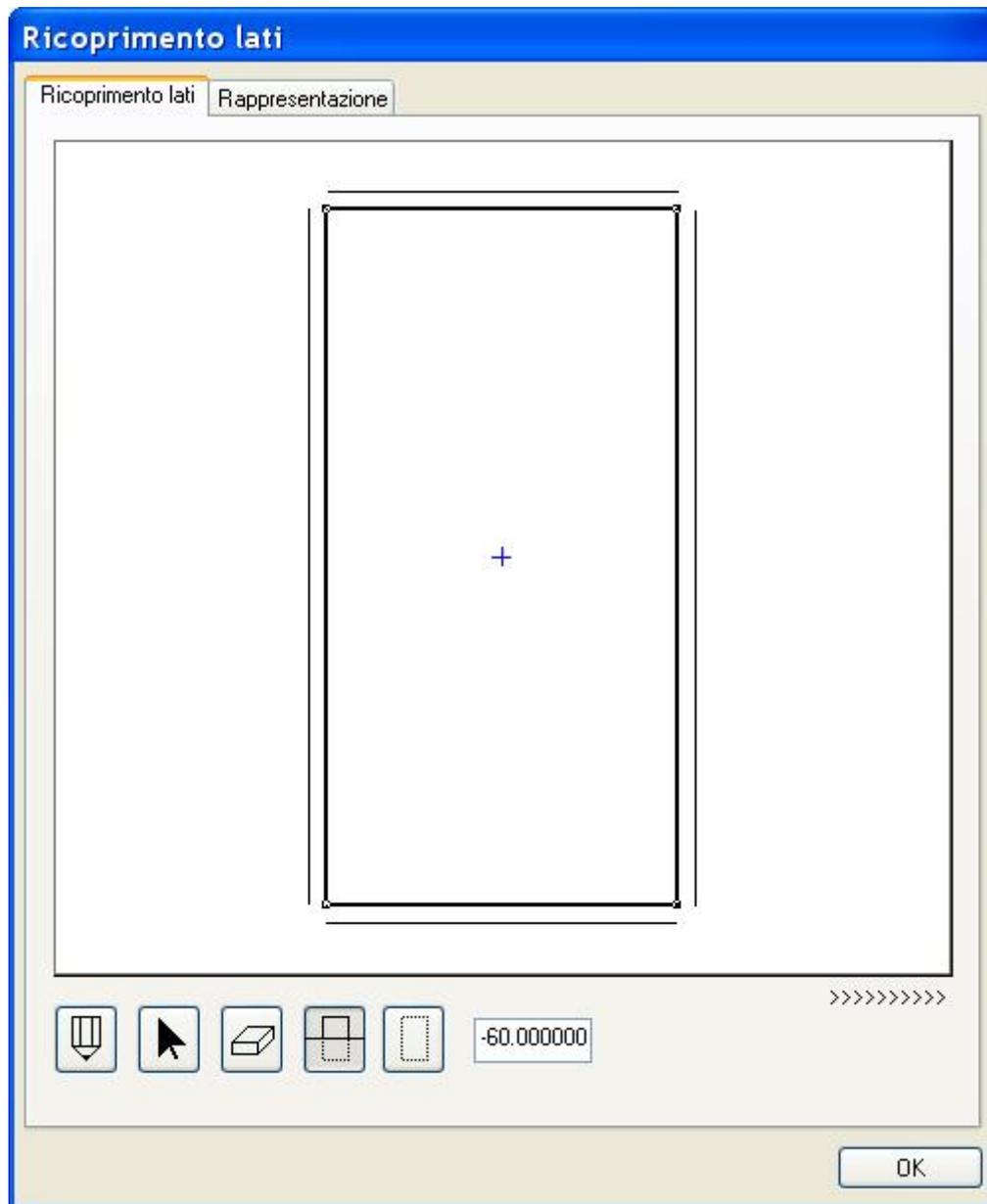
PROPRIETÀ DELLA FIBRA IN PBO	
Resistenza a trazione	5,8 GPa
Modulo elastico	270 GPa
Densità di fibra	1,56 g/cm <sup>3</sup>
Allungamento a rottura	2,5 %

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

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

## Assegnazione dei rinforzi



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. E' quindi sufficiente un clic nella sezione per assegnare lo stesso rinforzo contemporaneamente su tutti i lati.

Assegnazione fascia su un lato

Lato 1

Orientamento longitudinale

Disposizione longitudinale

Tratto centrale

Sx 70 Dx 70

Caratteristiche

Spessore 0.0000

Distanza dal bordo  sinistro 0.0000  destro

Larghezza 30.00

Centra Ricopri tutto

Angolari in acciaio ad ali eguali

Inseriti Dimensione ala 0.0000

Spessore 0.0000

Orientamento trasversale

Disposizione longitudinale

Continuo

Sx 0.000000 Dx 0.000000

Caratteristiche

Spessore 1.000

Continuità

Continuo Passo 30.00

A tratti Ampiezza 5.000

OK Annulla

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.



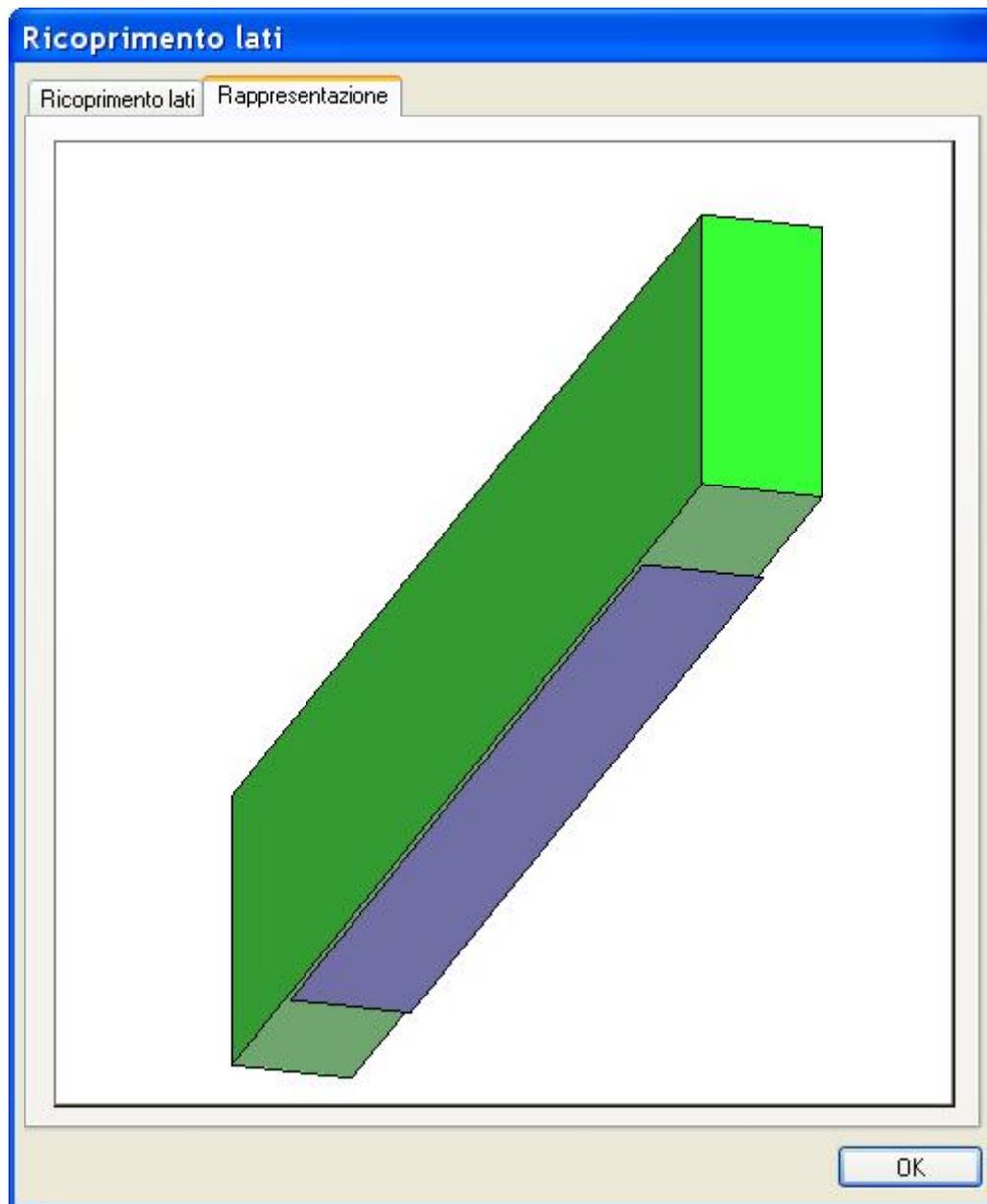
The Chemical Company

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

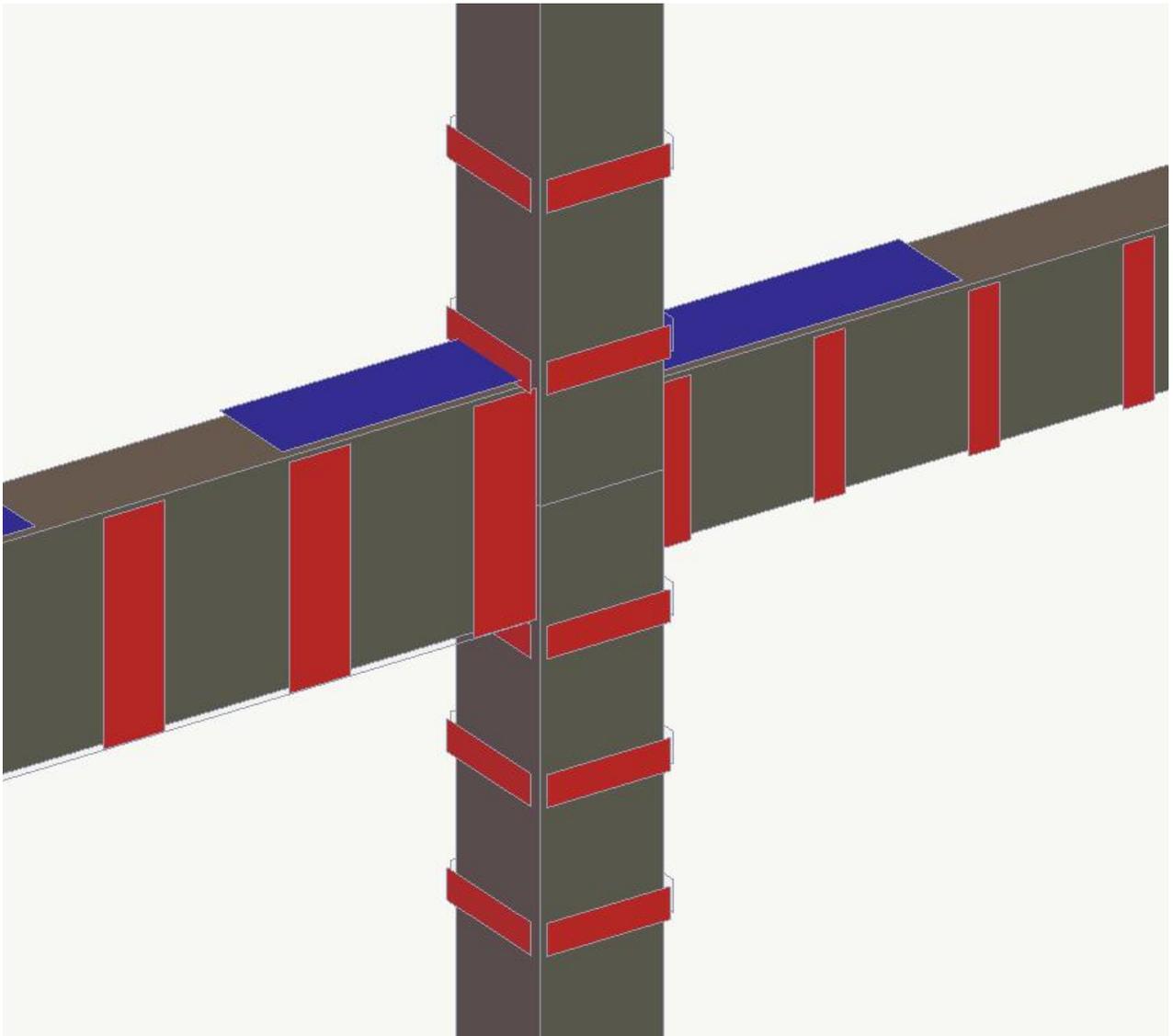
	<b>MBrace Fibre Alta resistenza</b>	<b>MBrace Fibre Alto modulo</b>	<b>MBrace Fibre Aramide</b>	<b>MBrace Fibre vetro</b>
Tipo di fibra	Carbonio	Carbonio	Aramidica	Vetro Alcali resistenti
Spessore equivalente di tessuto secco, mm	0,165	0,165	0,214	0,230
Modulo elastico medio a trazione, ASTM D3039, MPa	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. Occorrerà selezionare gli elementi che si vogliono rappresentare oppure eseguire una selezione totale (Ctrl+A).



## Opzioni di verifica

Dal menu Verifiche si accede a questo 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 effettuata

Analisi con spettro elastico
 Lunghezza   
 **Analisi lineari con spettro di progetto**
Forza   
 Analisi statica non lineare
 Pressione

Fattore struttura

Fattore confidenza

Condizione	Fragile	Duttile

il fattore di struttura per questo approccio è indispensabile e deve essere quello usato nell'analisi, non un valore diverso! Pertanto il valore viene automaticamente letto dal file di spettro. 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.

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

**Opzioni verifica strutture esistenti** ? X

---

Tipo di analisi effettuata

Analisi con spettro elastico
 Lunghezza   
 Analisi lineari con spettro di progetto
 Forza   
 Analisi statica non lineare
 Pressione

Fattore struttura

Fattore confidenza

Condizione	Fragile	Duttile

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** ? X

**Longitudinale**

Reggistaffe  Filanti Superiori

Parete   Filanti Inferiori

**Monconi Superiori**

Diametro costante

Sinistro	Centrale	Destro
<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>

**Monconi Inferiori**

Diametro costante

Sinistro	Centrale	Destro
<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="ø12"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0.000000"/>

**Trasversale**

Tratto	Diametro	Staffa composta	Passo	Lunghezza
Costante	<input type="text" value="ø8"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.000000"/>	
Sinistro	<input type="text" value="ø8"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="0.000000"/>
Destro	<input type="text" value="ø8"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.000000"/>	<input type="text" value="0.000000"/>

Ancora

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

Lunghezza  ▼

Forza  ▼

Pressione  ▼

Fattore struttura

Fattore confidenza

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  $\rho$  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 duttile

NON AMMISSIBILE

### Verifica elemento duttile

Fattore sic. rotazione

47.771596

VERIFICATO

[Dettagli](#)

### Vulnerabilità

PGA collasso

Accelerazione progetto non assegnata

Moltiplicatore limite accelerazione >10.0

[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	17038.627	4920.5448
Taglio minimo resistente	19969.709	17233.915
Fattore sicurezza	1.1720257	3.5024403
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 solo 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.

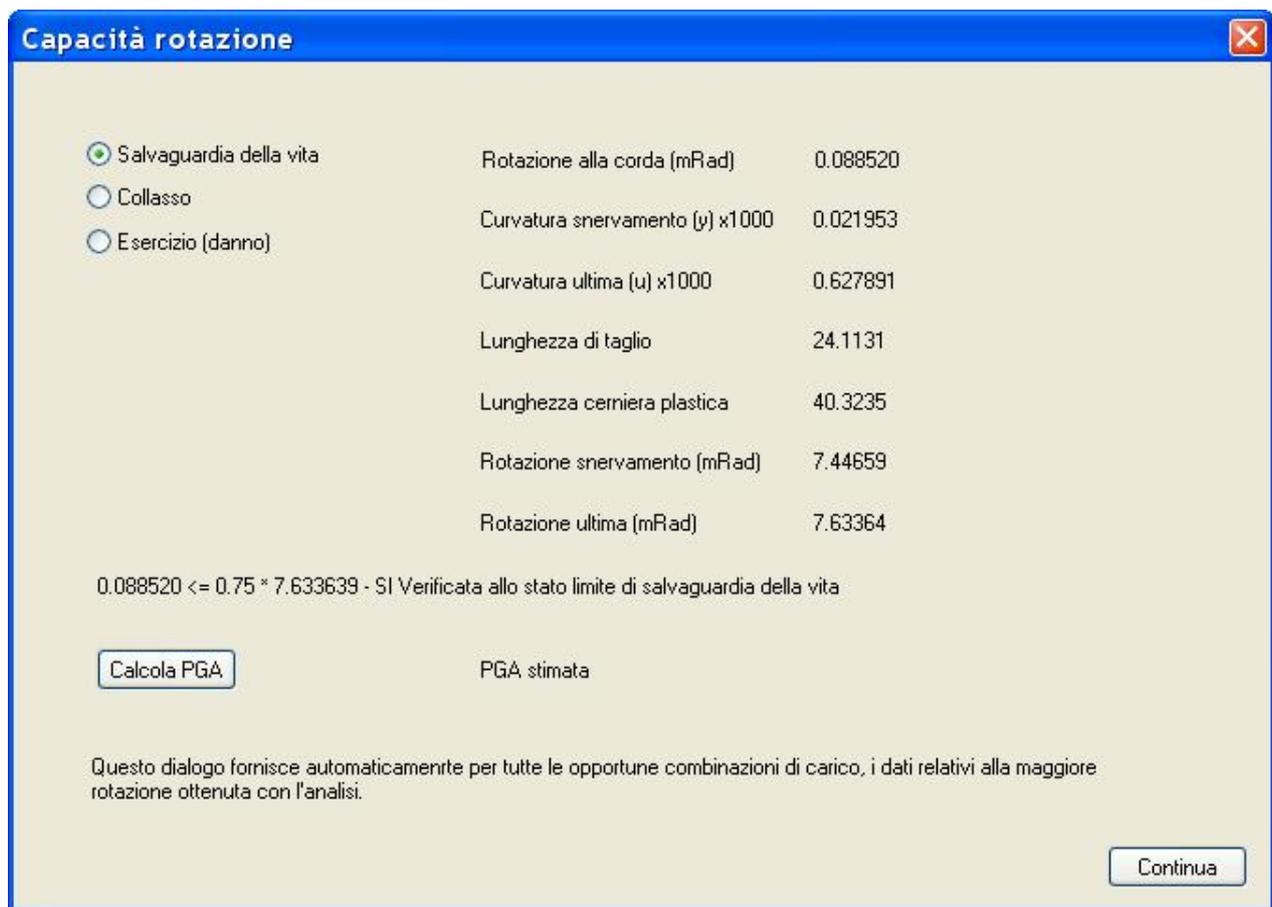
Nel caso quindi, in cui  $p > 1.0$  si considerano i momenti ultimi degli elementi concorrenti nei nodi di estremità e si verifica la resistenza al taglio relativo da tali momenti. Il dialogo in questo caso proietta i momenti trasmessi nei due piani principali dell'elemento da verificare, ne deduce i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



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 DM08. 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 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

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 viene 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 effettuata

Analisi con spettro elastico
 Lunghezza cm ▼  
 **Analisi lineari con spettro di progetto**
Forza kg ▼  
 Analisi statica non lineare
 Pressione kg:cmq ▼

Fattore struttura 3.00000

Fattore confidenza 1.20000

Condizione	Fragile	Duttile	

(1) 1 ▼
Aggiungi
Elimina

Continua

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 strutture esistenti (spettro ridotto) X

Classificazione	y	z
Taglio da plasticizzazione	60452.169	61630.452
Taglio minimo resistente	193251.01	193251.01
Fattore sicurezza	3.1967589	3.1356415
L'elemento è:	DUTTILE	

Verifica flessionale		
Ascissa verifica	270.00000	
Combinazione	5	
Momento di verifica	31375.861	-334978.18
Momento resistente	4988037.1	
Fatt. Sicurezza fless.	>10	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	1262.15	
Moltiplicatore limite accelerazione	12.048485	

Verifica taglio		
Taglio di verifica	343.68635	-2471.3302
Taglio resistente	109858.36	109858.36
Fatt. Sicurezza taglio	>10.0	>10.0
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
PGA collasso	4877.87	
Moltiplicatore limite accelerazione	46.564028	

Rho elemento	
Rho	11.814453

Rinforzo elemento		
Rinforzo elemento	FRP	<input type="checkbox"/> Verifica senza rinforzo

[Continua](#)

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

Nel caso della verifica flessionale, il momento resistente è relativo alla direzione della sollecitazione ed al relativo sforzo assiale.

Nel caso del taglio venono 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 di progetto o, se questa non è stata assegnata, il moltiplicatore dell'accelerazione che porterebbe al collasso.

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 della verifica

Per questo metodo 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 del moltiplicatore dell'accelerazione di collasso

Per questo metodo è 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.



Un'utile variante di questa rappresentazione, gestita accedendo alla voce di menu "Opzioni rappresentazione PGA", consent 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

? ✕

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...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(6) 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(13) 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

(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).

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	380.00000
Momento di verifica	-812454.93
Momento resistente	2595404.4
Fatt. Sicurezza fless.	3.1945211
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO
PGA collasso	772.954
Moltiplicatore limite accelerazione	4.4821930

**Verifica taglio**

Taglio di verifica	10853.298
Taglio resistente	25014.705
Fatt. Sicurezza taglio	2.3048022
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO
PGA collasso	692.586
Moltiplicatore limite accelerazione	4.0161567

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

Questa funzione esegue la verifica di tutti gli elementi 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 dialogo si configura opportunamente in funzione del metodo di analisi eseguito.

Oltre alle Pick Ground Acceleration (PGA) limite, vengono calcolati i tempi di ritorno corrispondenti.

The dialog box 'Sommarario delle verifiche' is shown with the 'Vulnerabilità' tab selected. It contains several sections of data:

- Classificazione:** 6 Elementi duttili, 0 Elementi fragili, 0 Elementi non strutturali.
- Ammissibilità per rho globale:** NON NECESSARIA.
- Ammissibilità del metodo:** NON NECESSARIA.
- Esito verifica:** Elementi tutti verificati. Fattore di sicurezza minimo: 1.8069221.
- Verifica nodi:** Nodi totali: 4, Nodi non confinati: 4. Fattore di sicurezza minimo: 0.50304182.
- Rischio sismico:** A table with columns for PGA, Vulnerabilità, and Tempo di ritorno.

	PGA	Vulnerabilità	Tempo di ritorno
Taglio	189.54134	1.8093585	1766
Flessione	177.48549	1.6942736	1766
Nodi	52.748889	0.50354004	89
Rotazione	241.24006	4.8000000	2474

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

## 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 analoga alla verifica richiesta per strutture di nuova realizzazione benché vada eseguita con i dettami del par. 8.7.2.5 della normativa del DM 2018.

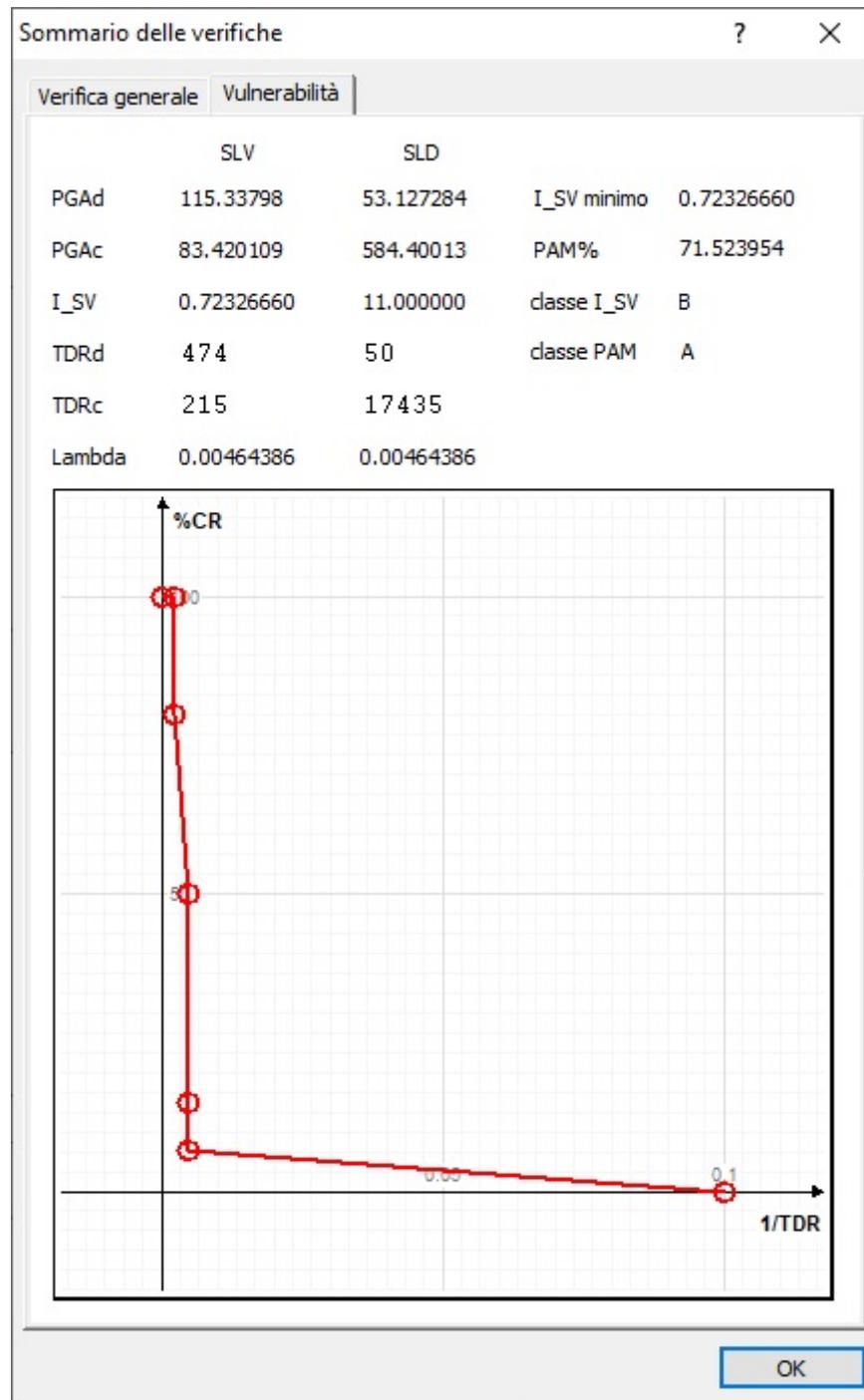
Deve essere eseguita solo su nodi non interamente confinati.

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 ove i colori hanno il seguente significato:

- blu: verifica non richiesta
- verde: la verifica ha evidenziato che il nodo è positivamente verificato
- rosso: la verifica non ha avuto esito positivo oppure si è verificato un errore che ne ha reso impossibile l'esecuzione (mancanza armature etc.)

# 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  $\mu \tilde{A}^2$  condurre al rapporto tra tempi PGA capacity e demand. (vedere [Previsore di accelerazione ultima](#)) e, da queste, i tempi di ritorno TDR. Perché 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.

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

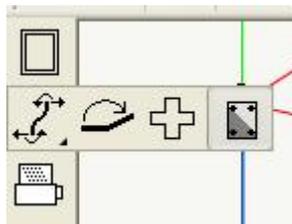
La valutazione viene eseguita secondo le modalità e la classificazione (duttile/fragile) delle membrature. Il valore minimo di IS-V per questi fenomeni è il valore di IS-V per la salvaguardia della vita, che chiameremo IS-V<sub>v</sub>.

Lo stato limite di danno è rilevato dalla capacità rotazionale delle membrature. Esso consente di ottenere il valore di IS-V<sub>d</sub>. 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".

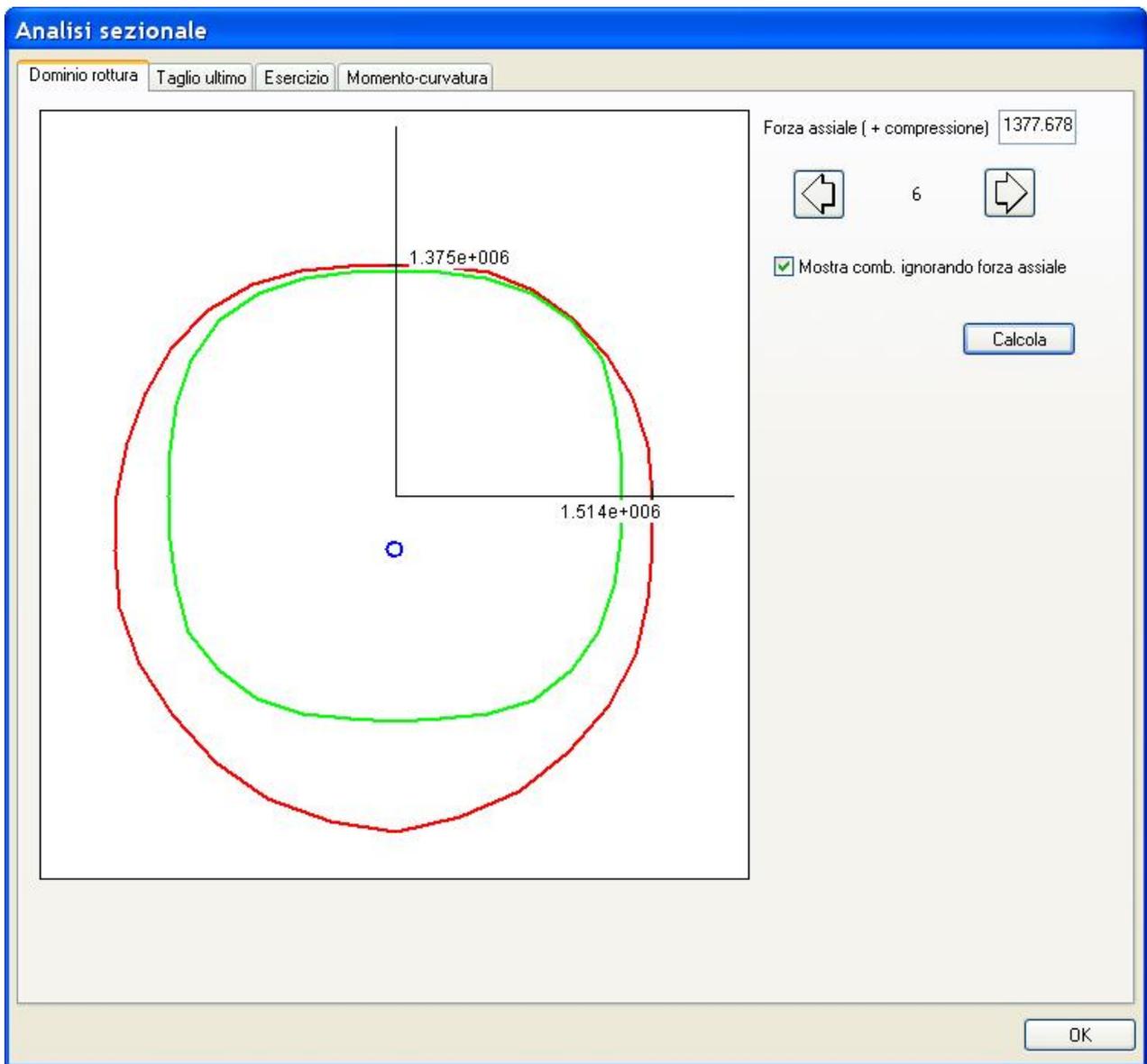
L'analisi di vulnerabilità è possibile solo se si è eseguita un'analisi dinamica spettrale.

## Verifiche speciali a dialogo

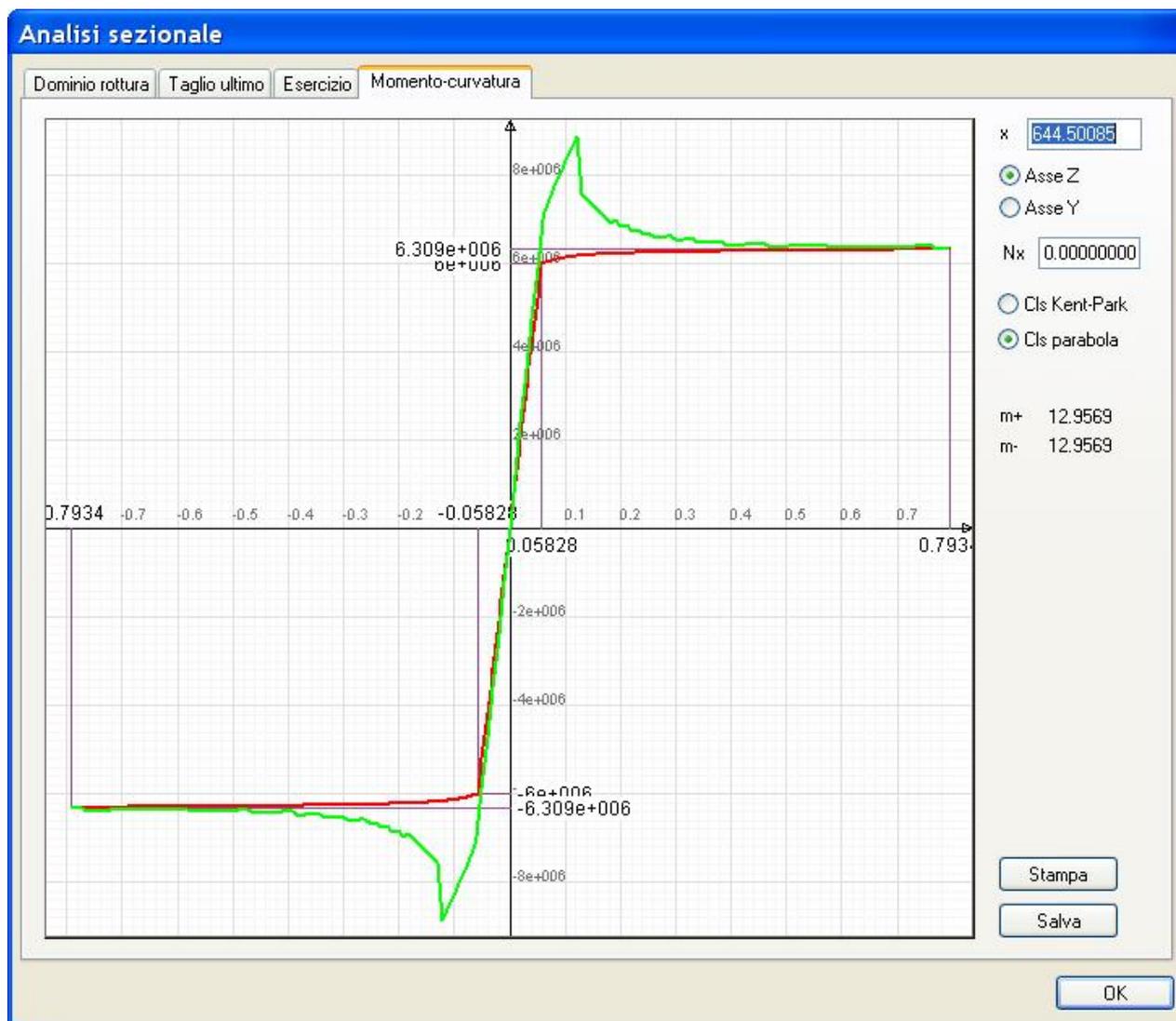


Sono disponibili alcune verifiche sezionali attivabili dalla palette.

- 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 impegnare 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 impegno.

Verifica statica rinforzi

Verifica | Informazioni rinforzi

Ascissa  Combinazione

**Verifica flessionale**

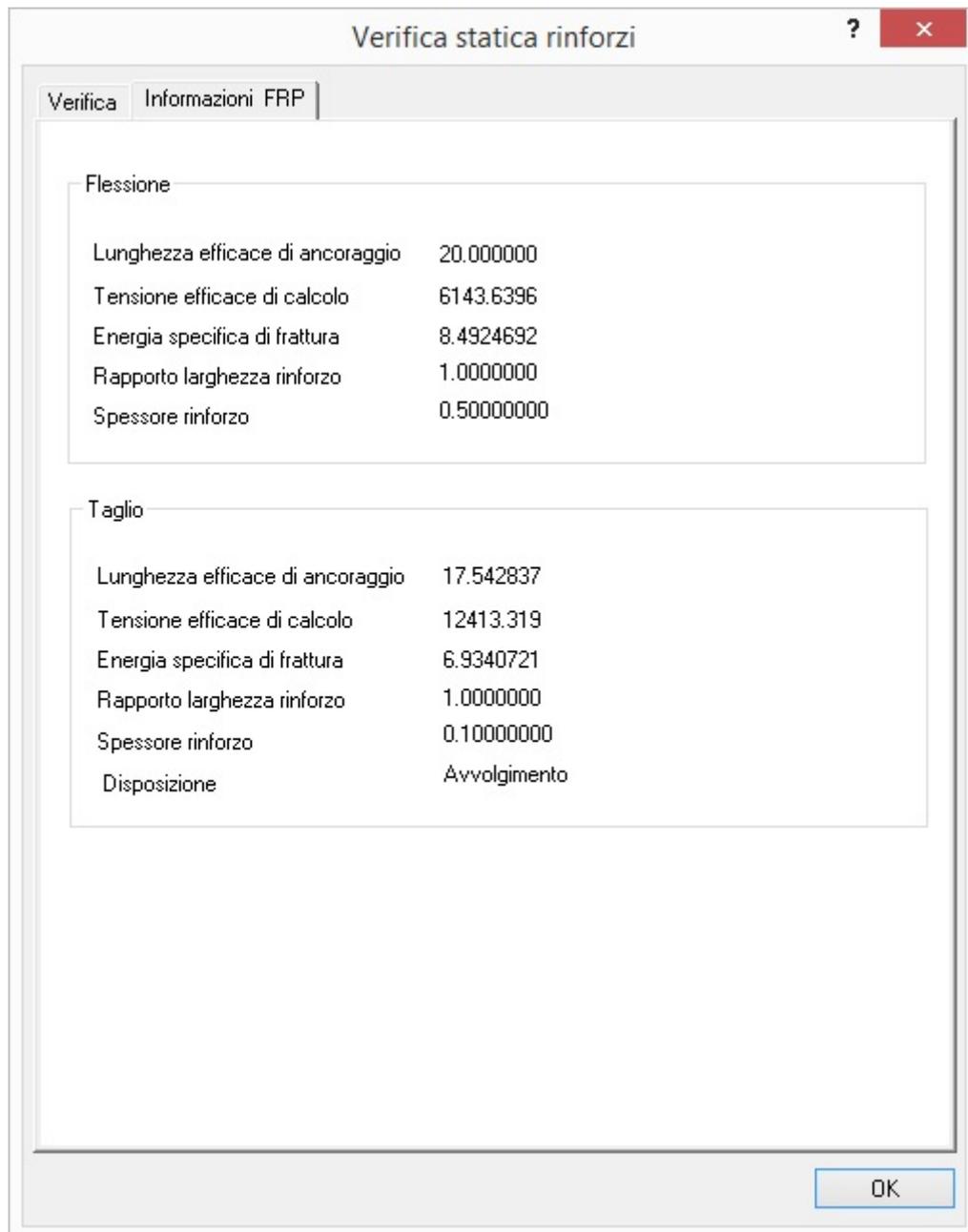
	y	z
Ascissa verifica	250.00000	
Combinazione	33	
Momento di verifica	-106369.25	0.00000000
Momento resistente	4723678.6	
Momento resistente rinforzo	4289529.4	
Contributo rinforzo (%)	90.809087	
Fatt. Sicurezza fless.	>10.0	
Esito della verifica di resistenza	VERIFICATO	
Scorrimento placcaggio	0.00845292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



## Verifica rinforzi del nodo con FRP e FRCM

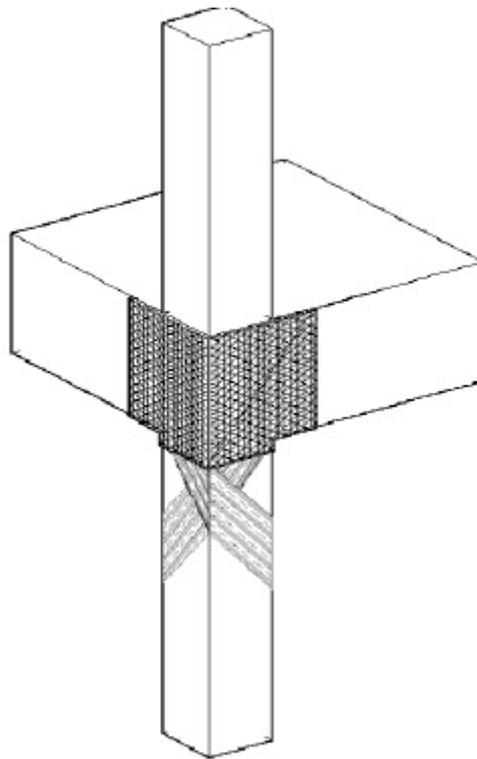
Si possono avere due tipologie di rinforzo del nodo:

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

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

Il secondo si assume realizzato 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:

**Materiali rinforzo**

Rinforzo elementi   Rinforzo nodi

Fibre

Tensione snervamento

Tamponatura

Resistenza a tagliop

Resistenza a compressione

OK

- Resistenza a taglio

- Resistenza a compressione

e vengono per praticità assegnate come comuni a tutte le eventuali tamponature.

Le caratteristiche dei rinforzi del nodo vengono assegnate associandole al nodo e possono essere diverse per ogni nodo.

**Rinforzo nodi**

Pannello del nodo

Pannello di nodo

Spessore pannello quadriassiale

Rinforzo diagonale per azione tamponatura

Rinforzo per azione tamponatura

Spessore fascia di fibre

Larghezza fascia di fibre

Spessore tamponatura

Le caratteristiche del rinforzo del nodo sono:

- Spessore rinforzo per tamponatura
- Larghezza rinforzo per tamponatura
- Spessore tamponatura se presente
- Spessore rinforzo pannello

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 rinforzatao | 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 DM08 e cioè:

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

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

e cioè:

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

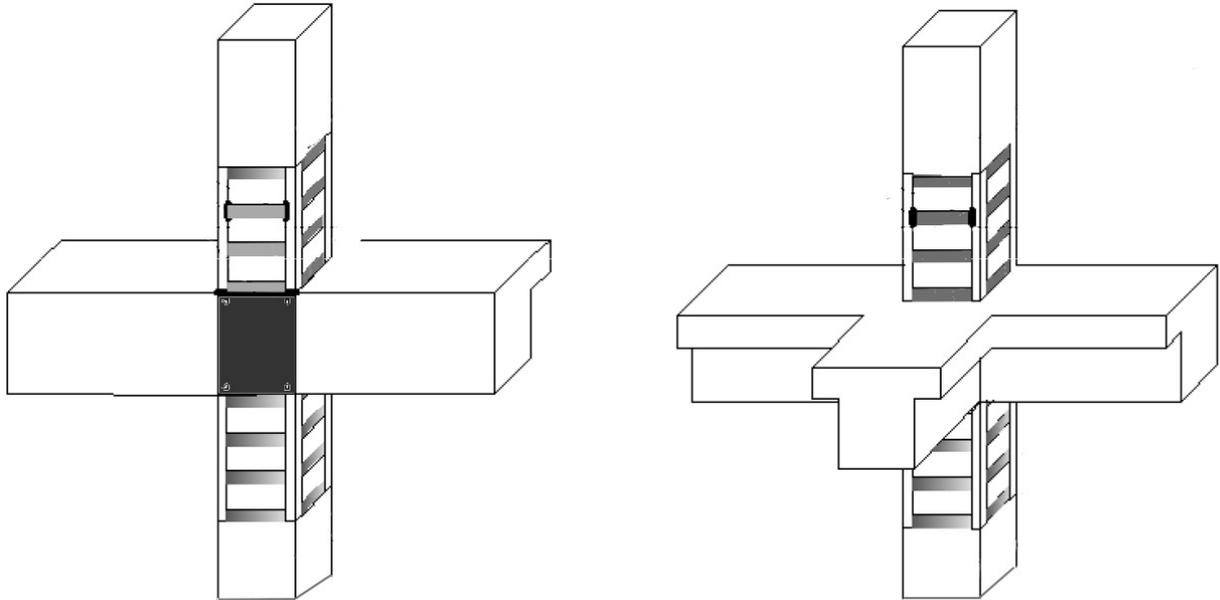
il quale valore è valido per il singolo strato, ma, per tener conto dello strato inclinati a 45°, esso va moltiplicato per  $(1 + v_2)$ ;

**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.

I dati per il rinforzo del nodo in acciaio sono essenzialmente:

- Resistenza a snervamento dell'acciaio della piastra e degli angolari
- Resistenza a rottura delle spire ad alta resistenza
- Spessore della piastra se presente
- Area della sezione trasversale dell'angolare, se presente

trattengono l'angolare

Questi dati vengono assegnati negli stessi dialoghi impiegati per i rinforzi FRP, i quali si configurano opportunamente secondo il materiale prescelto. I dialoghi sono rappresentati nelle figure seguenti.

### Materiali rinforzo

Rinforzo elementi | Rinforzo nodi

FRP    Acciaio

Modulo elastico	1600000.0
Tensione snervamento	4400.0000
Deformazione ultima (%)	1.6000000
Modulo elasticità post-elastica	0.0000000
Coeff. Sic. parziale	1.0000000
Coeff. Sic. parziale delaminazione	1.0000000
Fattore conversione ambientale	1.0000000
Fattore conversione modalità carico	1.0000000

OK

### Materiali rinforzo

Rinforzo elementi | Rinforzo nodi

Fibre	
Resistenza caratteristica a trazione (ftk)	9200.0000
Acciaio	
Resistenza a rottura fasce	4400.0000
Tamponatura	
Resistenza a taglio	2.0000000
Resistenza a compressione	41.000000

OK

**Rinforzo nodi**

Pannello del nodo

Pannello di nodo

Spessore pannello

Rinforzo diagonale per azione tamponatura

Rinforzo per azione tamponatura

Area angolare

Area fascia

Spessore tamponatura

## 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

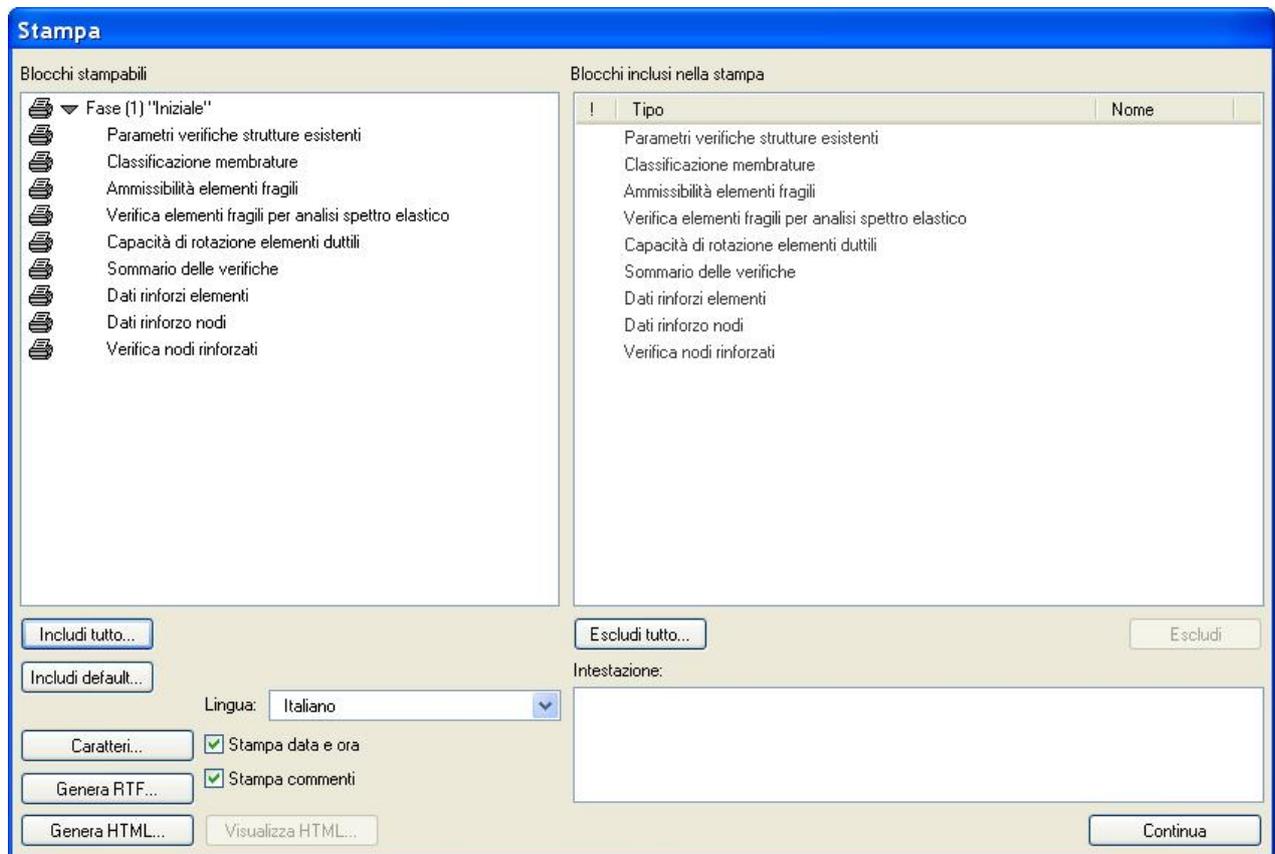
Dal menu Rappresentazioni è possibile attivare la verifica del nodo:

- 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



Le modalità di stampa sono standard e la maggior parte dei temi di stampa sono quelli di ExSys. Una colonna definita R riporta analoga lettera se l'elemento è rinforzato.

Inoltre sono disponibili le stampe dei rinforzi degli elementi e dei nodi.

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	V <sub>py</sub> (kg)	V <sub>px</sub> (kg)	V <sub>py</sub> (kg)	V <sub>ux</sub> (kg)	Fs	Duttilità
9	T	R	75212.20	76997.45	92540.56	92540.56	1.24	Fragile	

Vengono calcolati i tagli **V<sub>py</sub>** e **V<sub>px</sub>** dovuti a fenomeni anelastici e i tagli ultimi **V<sub>uy</sub>** e **V<sub>ux</sub>**. Il minor fattore di sicurezza **F<sub>s</sub>** 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	V <sub>dy</sub> (kg)	V <sub>dx</sub> (kg)	V <sub>uy</sub> (kg)	V <sub>ux</sub> (kg)	Fs	Esito
9	T	R	8109.08	1.00e-006	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 **V<sub>d</sub>** (cioè in funzione del fattore rho dell'elemento) con i tagli ultimi **V<sub>u</sub>**.

Verifiche elementi fragili

Elem.	P/T	Q.ta	R	omb	V <sub>dy</sub> (kg)	V <sub>dx</sub> (kg)	V <sub>uy</sub> (kg)	V <sub>ux</sub> (kg)	Fs	Esito	PGA collasso
9	T	R	5	5	8482.40	1.00e-006	71421.88	71421.88	8.42	VERIFICATO	nd

Minimo fattore di sicurezza: 8.420191 >= 1.00

Sommario delle verifiche

Descrizione	Valore
Metodo di calcolo	Spettro elastico
Ammissibilità del metodo	Non ammesso
Numero totale elementi	12
Numero totale elementi strutturali	12
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	1.24
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/cm <sup>2</sup> )	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 ancorraggio

La lunghezza efficace di ancorraggio 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 &grave; il distacco in prossimità dell'estremo del rinforzo. La distanza da tale estremo entro la quale si deve considerare il modo 1 &grave;; 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.  $\Gamma_{fd}$  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 membrature 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 membrature 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.

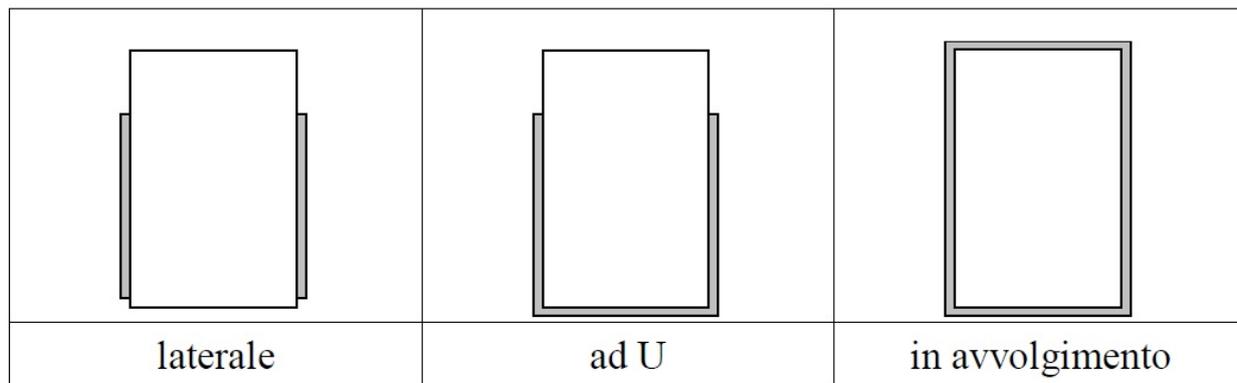
### Verifica a taglio delle travi rinforzate

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

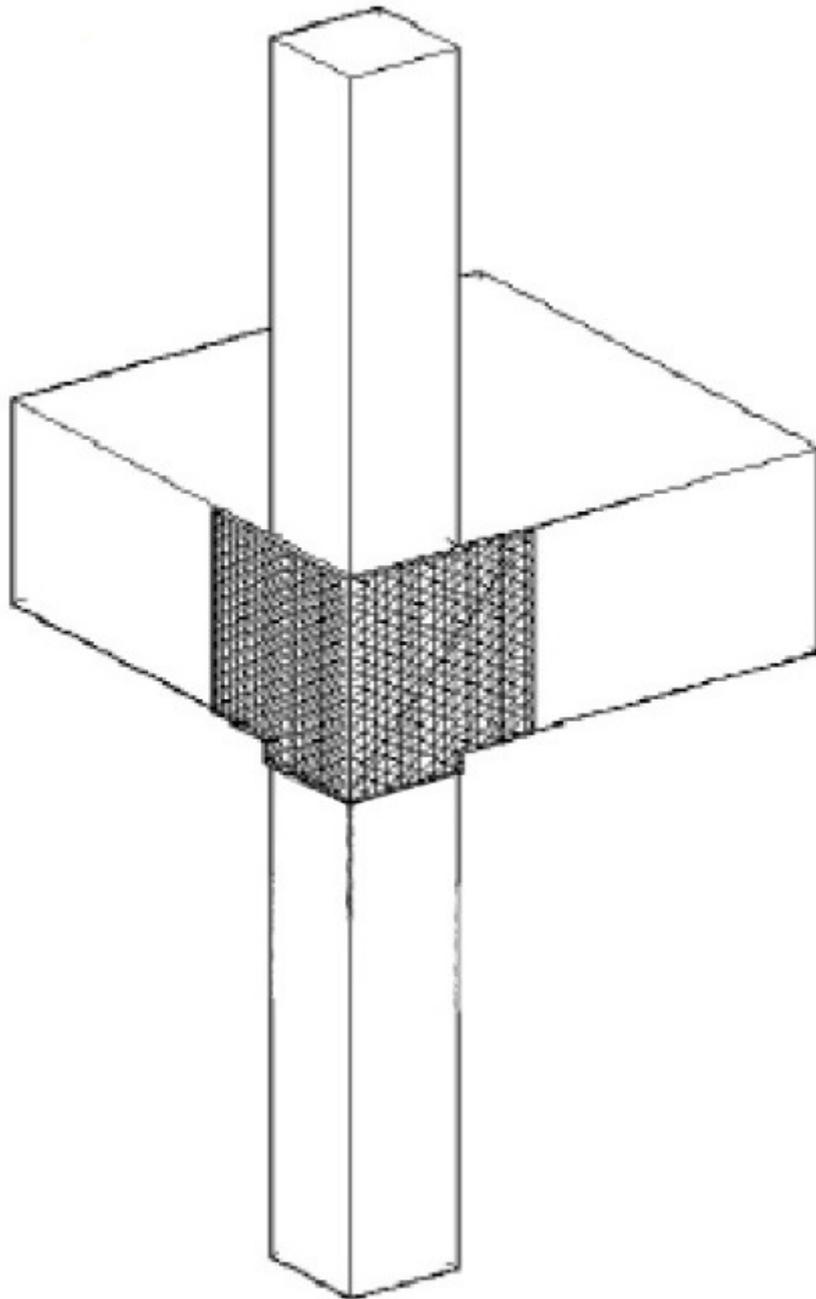
elementi non rinforzati con la resistenza a taglio del rinforzo, ovvero, se minore, la resistenza a compressione del calcestruzzo.

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).



#### Verifica del nodo



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

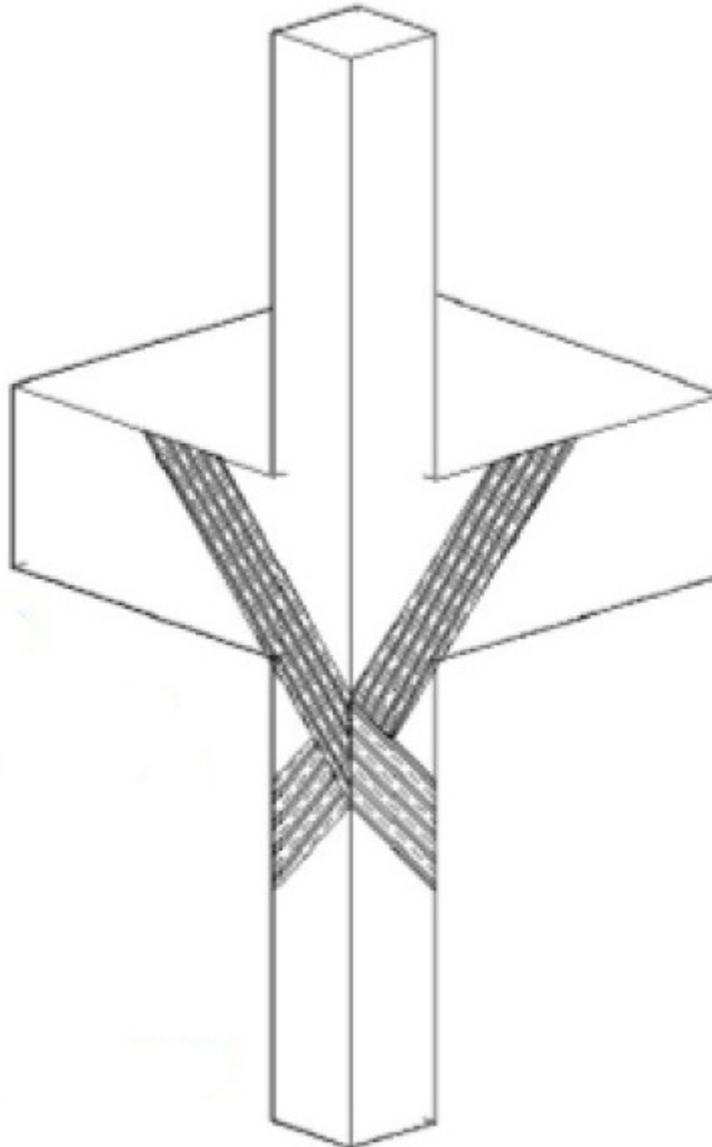
Il paragrafo 7.4.4.3.1 del DM 08 stabilisce che la resistenza del nodo per fessurazione diagonale può essere garantita da staffe orizzontali come segue.

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

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  $30^\circ$ .  
L'azione orizzontale della tamponatura è data da:

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

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

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

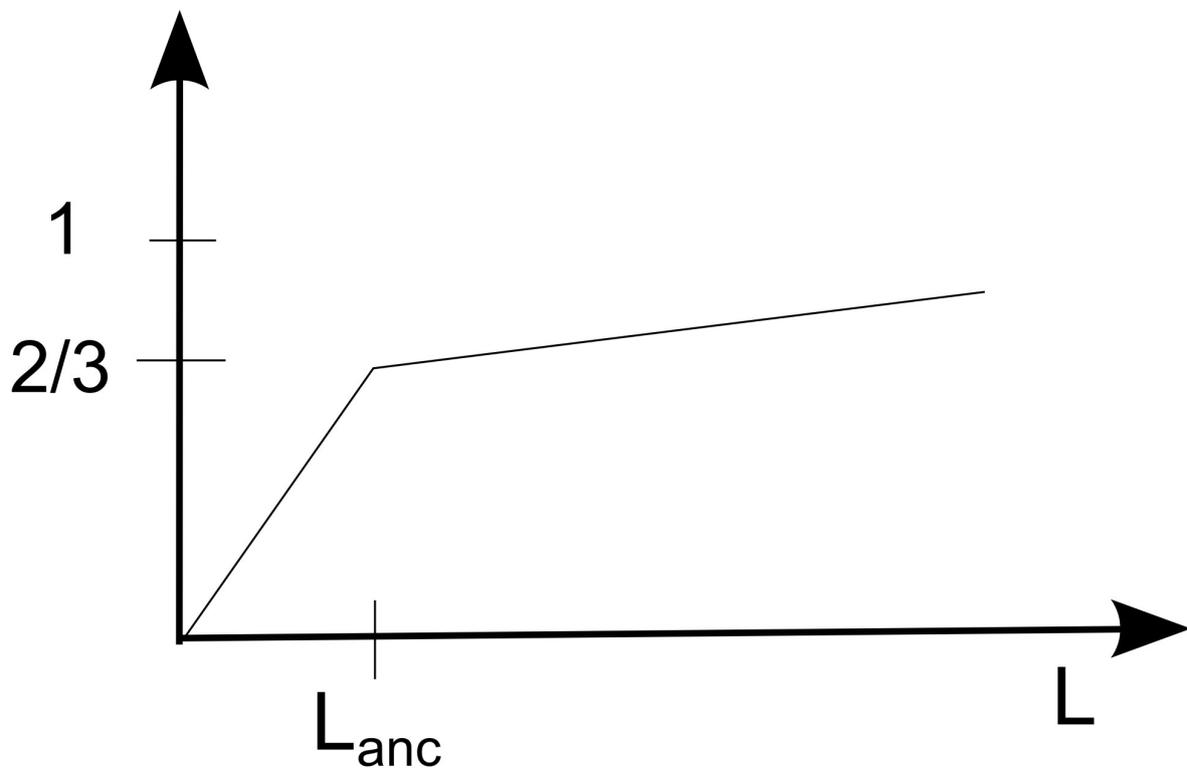
## Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi rinforzati con FRCM

### 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](#)

# 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.

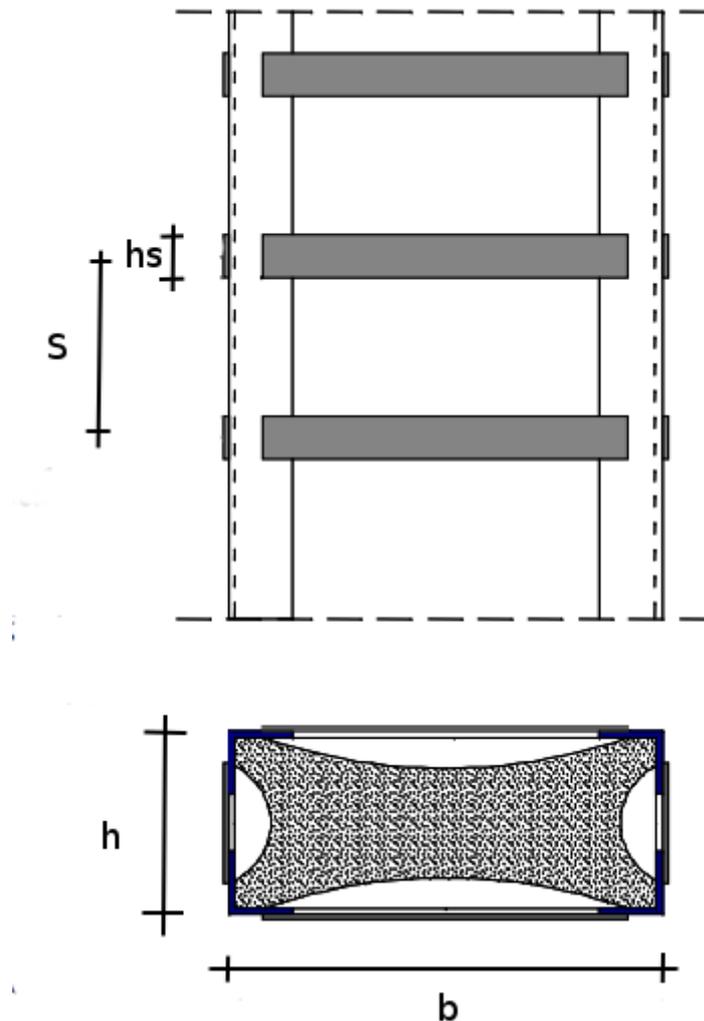
In tale piano viene calcolata la curvatura in modo "esatto" e non combinato così come vengono calcolate le lunghezze di taglio che così sono uniche e non diverse per i due assi.

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.

## Cenni teorici sui metodi di verifica per elementi rinforzati in acciaio

Per i rinforzi in acciaio si applicano le prescrizioni riportate nella Circolare 2 febbraio 2009 nell'appendice A al capitolo C8A.7.2.

### 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  $\alpha_t$  l'inclinazione delle fessure a taglio.  $\alpha_t$  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'Eurocidce 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 solo al fine di determinare i parametri suddetti. Non vengono verificati per altri effetti né presi in considerazione per l'incremento della resistenza flessionale.

#### 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:

- $\rho_s$  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  $\epsilon_{cu}$  vengono riportati nel dialogo delle verifiche dei singoli rinforzi al fine di consentire un controllo da parte dell'utilizzatore.

#### Placcaggio

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 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.