

Consolidamento mediante FRP e Incamiciatura in acciaio

Dalla versione 26.0.0 di FaTAe, effettuando il calcolo della vulnerabilità sismica (PGA) è possibile considerare la presenza di consolidamenti con fibre di carbonio calcolati in base alle istruzioni CNR DT-200, e di calastrelli e angolari in acciaio secondo le indicazioni della Circolare 617/2009.

Entrambe le funzionalità vengono abilitate dalla presenza del modulo *Consolidamento*.

Effetti della presenza dei rinforzi FRP

I rinforzi **FRP** possono essere applicati su pilastri, travi e nodi strutturali di strutture in c.a.

Per i pilastri il contributo dato dalle fibre riguarda:

- Verifica a presso/tenso-flessione;
- Verifica a taglio;
- Verifica a capacità di deformazione;
- Effetto del confinamento.

Per le travi il contributo dato dalle fibre riguarda:

- Verifica a presso/tenso-flessione;
- Verifica a taglio;
- Verifica a capacità di deformazione.

Per i nodi il contributo dato dalle fibre riguarda:

- Verifica di resistenza.

Il modello per il calcolo della resistenza di sezioni inflesse in presenza di FRP viene descritto nella norma di riferimento CNR DT-200 ai punti 4.2.2.3 e 4.2.2.4. Su riporta come estratto il paragrafo utile alla comprensione dei fenomeni in gioco:



4.2.2.3 Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP

(1)P La valutazione della resistenza flessionale della sezione si effettua secondo quanto indicato nel § 4.2.2.1.

(2) Le due equazioni da utilizzare per la risoluzione del problema sono quella di equilibrio alla traslazione nella direzione dell'asse della trave e quella di equilibrio alla rotazione intorno all'asse passante per il baricentro delle armature tese e parallelo all'asse neutro.

(3) Con riferimento alla situazione esemplificativa rappresentata in Figura 4-5, si possono distinguere due tipi di rottura, a seconda che si raggiunga la massima dilatazione del rinforzo di FRP (zona 1) o la massima contrazione del calcestruzzo (zona 2).

(4) Nella zona 1 la rottura si attinge per raggiungimento della deformazione (dilatazione) elastica limite di progetto nelle fibre: un qualunque diagramma delle deformazioni corrispondente a tale modalità di rottura ha come punto fisso il valore limite della deformazione delle fibre, ε_{fd} , definito dalla relazione (4.19).

Le deformazioni normali che competono alle diverse fibre della sezione retta, distese parallelamente all'asse neutro, possono essere calcolate, invocando la linearità del diagramma, attraverso le seguenti relazioni:

$$- (\text{FRP}) \quad \varepsilon_f = \varepsilon_{fd},$$

$$- (\text{calcestruzzo al lembo compresso}) \quad \varepsilon_c = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{x}{(h-x)} \leq \varepsilon_{cu},$$

$$- (\text{acciaio in compressione}) \quad \varepsilon_{s2} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{x-d_2}{(h-x)},$$

$$- (\text{acciaio in trazione}) \quad \varepsilon_{s1} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{d-x}{(h-x)},$$

nelle quali si è utilizzata la simbologia di Figura 4-5 e dove ε_{cu} è la deformazione limite che il calcestruzzo può attingere a compressione (deformazione di progetto). In particolare, la posizione, x , dell'asse neutro è individuata dalla distanza di quest'ultimo dall'estremo lembo compresso della sezione retta.

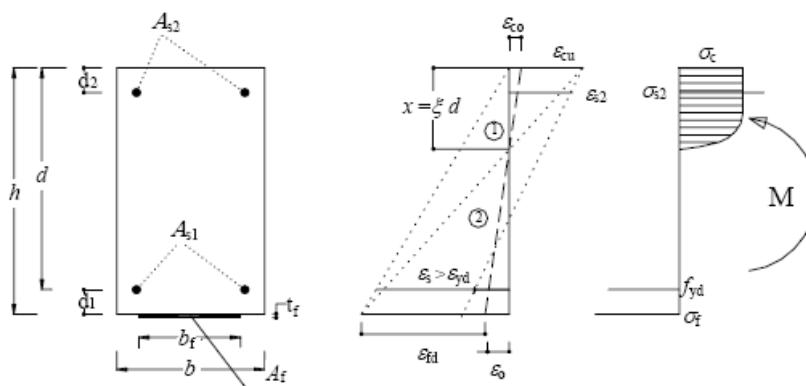


Figura 4-5 – Modalità di rottura di una sezione di c.a. rinforzata esternamente con lamine di FRP.

Generalmente è superfluo verificare l'entità della deformazione esibita dall'acciaio tesio allo SLU, in quanto, per i valori usuali della deformazione limite delle fibre, ε_{fd} , e del calcestruzzo, ε_{cu} , il valore di progetto di tale deformazione non viene mai attinto. Nel caso in cui la deformazione ultima dell'acciaio stabilita dalla Normativa vigente dovesse essere superata, se ne deve tenere conto nel calcolo della posizione dell'asse neutro e conseguentemente in quello del momento resistente.

(5) Nella zona 2 la rottura avviene per schiacciamento del calcestruzzo con acciaio tesio snervato, mentre la deformazione limite delle fibre non è stata ancora raggiunta: in tal caso resta fissata la deformazione massima del calcestruzzo compresso, ε_{cu} , in funzione della quale si ricavano, per linearità, le deformazioni normali negli altri materiali. Ancora una volta le deformazioni normali competenti alle diverse fibre della sezione retta dell'elemento, distese parallelamente all'asse neutro, possono essere calcolate invocando la linearità del diagramma attraverso le seguenti relazioni:

- (FRP) $\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (h - x) - \varepsilon_0 \leq \varepsilon_{fd}$,
- (calcestruzzo al lembo compresso) $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$,
- (acciaio in compressione) $\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{x - d_2}{x}$,
- (acciaio in trazione) $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{d - x}{x}$,

nelle quali si è utilizzata la simbologia di Figura 4-5.

(6) Per entrambe le tipologie di rottura (asse neutro in zona 1 o in zona 2), la posizione, x , dell'asse neutro è determinata a partire dall'equazione di equilibrio alla traslazione lungo l'asse della trave:

$$0 = \psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} - A_{s1} \cdot f_{yd} - A_t \cdot \sigma_t. \quad (4.20)$$

Il valore del momento resistente, M_{Rd} , può essere invece determinato a partire dall'equazione di equilibrio alla rotazione intorno all'asse passante per il baricentro delle armature tese e parallelo all'asse neutro:

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot [\psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot (d - d_2) + A_t \cdot \sigma_t \cdot d_1], \quad (4.21)$$

dove il coefficiente parziale γ_{Rd} deve essere assunto pari a 1.00 (Tabella 3-3, § 3.4.2).

Nelle equazioni (4.20) e (4.21) i coefficienti adimensionali ψ e λ rappresentano, rispettivamente, l'intensità del risultante degli sforzi di compressione e la distanza di quest'ultimo dall'estremo lembo compresso, rapportati nell'ordine a $b \cdot x \cdot f_{cd}$ ed a x .

(7) Se gli acciai sono in fase elastica, le loro tensioni di lavoro sono ottenibili moltiplicando le competenti deformazioni per il modulo di elasticità normale; altrimenti sono da assumere pari al limite di snervamento, f_{yd} . Nelle zone 1 e 2 l'entità della deformazione esibita dalle barre d'acciaio in trazione è sempre superiore a quella di progetto, ε_{yd} .

(8) Poiché il rinforzo di FRP ha un comportamento elastico-lineare fino a rottura, la sua tensione di lavoro può essere calcolata come prodotto della competente deformazione per il modulo di elasticità normale del composito fibrorinforzato (nella direzione dell'asse della trave).

(9) Per evitare che allo SLU l'acciaio tesò sia in campo elastico, il coefficiente adimensionale $\xi = x/d$ non deve eccedere il valore limite ξ_{lim} fornito dalla seguente relazione:

$$\xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}. \quad (4.22)$$

4.2.2.4 Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP in presenza di forza assiale (pressoflessione)

(1)P Valgono i principi introdotti nel § 4.2.2.1, dal punto (1)P al punto (5)P, portando tuttavia in conto la dipendenza del momento resistente di progetto della sezione rinforzata, M_{Rd} , dallo sforzo normale sollecitante di progetto, N_{Sd} .

(2)P L'attivazione dell'azione del rinforzo in corrispondenza delle zone nodali deve essere assicurata attraverso l'adozione di soluzioni costruttive idonee. Inoltre, le fibre longitudinali impiegate per il rinforzo a pressoflessione devono essere adeguatamente confinate al fine di evitare il distacco delle stesse e l'espulsione del materiale di supporto. In tali condizioni, nella valutazione della deformazione massima mediante la (4.19), si assume il valore corrispondente al primo termine in parentesi.

(3) Valgono le regole di applicazione introdotte nel § 4.2.2.3, dal punto (2) al punto (9), tenendo conto che il primo membro della (4.20) non è più nullo ma è pari allo sforzo normale sollecitante di progetto, N_{Sd} .

(4) In alternativa a quanto previsto nel punto precedente, è possibile valutare in modo approssimato la resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP in presenza di forza assiale (pressoflessione) seguendo la procedura descritta nell'Appendice C.

Ricordiamo che le resistenze unitarie da considerare sono calcolate considerando il fenomeno della "delaminazione". La resistenza finale dell'intervento è condizionata dal "pacchetto" fibra-resina-calcestruzzo.

La resistenza di calcolo effettiva è legata, oltre che alla resistenza e al modulo elastico della fibra, anche alla resistenza del calcestruzzo e alla lunghezza di ancoraggio.

Per tale motivo le fibre hanno maggiore effetto in campata, e minore o nullo alle estremità. Il parametro che ci consente di considerare un ancoraggio efficace è Kcr. Per le sezioni con un efficace ancoraggio è posto pari a 3. Nelle sezioni di estremità viene per default posto pari a 0, in quanto il valore varia a seconda del tipo di ancoraggio che viene effettuato.



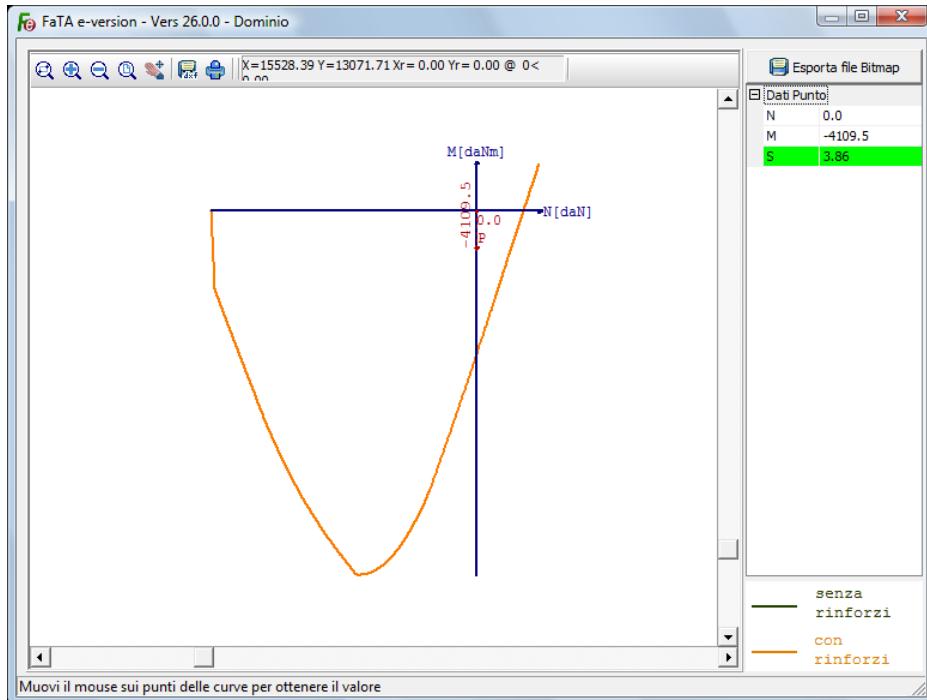
Per le sezioni di estremità di travi e pilastri il valore di default Kcr=0 porta a non considerare la presenza delle fibre per la verifica a flessione. Per gli estremi, quindi se non viene specificato il parametro Kcr non si potrà notare il giovamento dovuto alla presenza del rinforzo.

Si possono presentare casi in cui la modalità di rottura della sezione non consente di avere vantaggi dall'utilizzo delle fibre FRP.

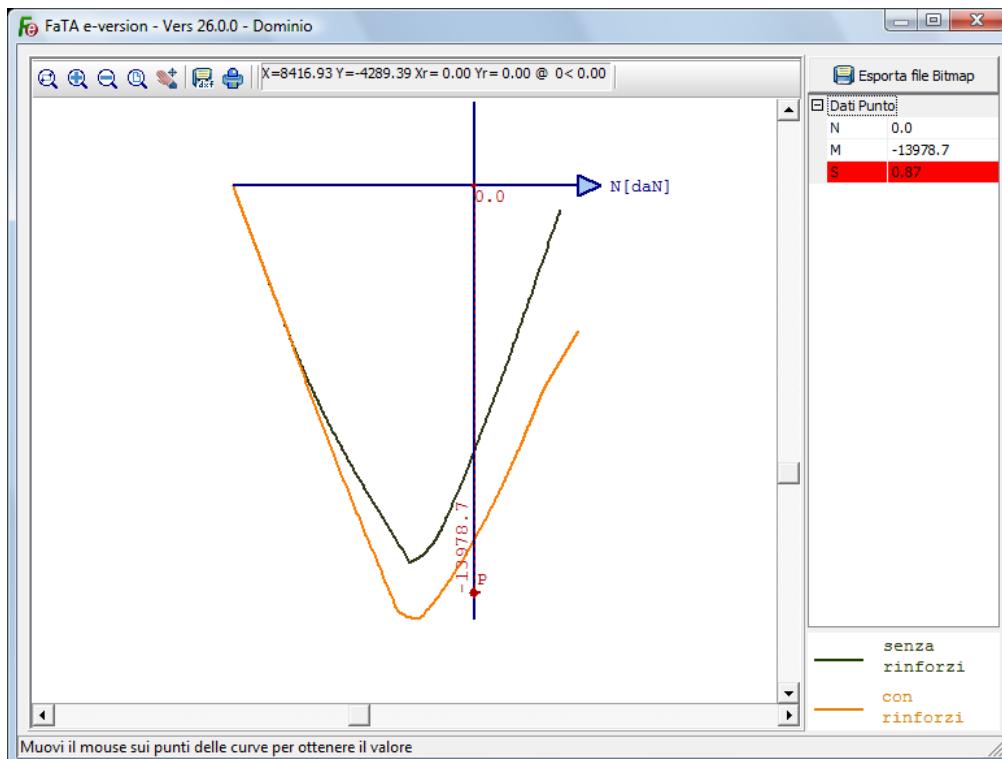
In FaTA-e ci sono tutti gli strumenti necessari per la valutazione dell'efficacia del rinforzo. In particolare, per la verifica a flessione, nell'ambiente di visualizzazione dei risultati è presente un apposito campo, contrassegnato dal colore giallo, che evidenzia l'inefficacia delle fibre inserite.

Mezzeria	
Afsup [cm ²]	7.63
Afinf [cm ²]	12.72
Aftot [cm ²]	20.36
Afsup frp [cm ²]	0.00
Afinf frp [cm ²]	0.50
ffdd [MPa]	1115.65
epsfdd	4.77
Nsd [daN]	0
MsdXZ [daNm]	-4109.46
NRd [daN]	1
MRdXZ [daNm]	-15876.39
Presenza FRP	Inefficace
Dominio	Visualizza

La conferma dell'inefficacia si ha cliccando su “Visualizza” posto accanto a “Dominio”:



La figura evidenzia la sovrapposizione delle curve “senza rinforzi” e “con rinforzi”. Si riporta anche un caso in cui si nota l’efficacia delle fibre:



Nel caso riportato sopra il dimensionamento delle FRP, anche se consente un incremento di resistenza, non è sufficiente a garantire il superamento della verifica. Infatti, si nota che il punto P risulta esterno al dominio “con rinforzi”.

La verifica a taglio viene condotta in base alle indicazioni della CNR DT-200 al punto 4.2.2.3, di cui si riporta un estratto:

(2) Nel caso di disposizione laterale su una sezione rettangolare, il contributo del rinforzo di FRP, $V_{Rd,f}$, può essere valutato in base al meccanismo di “cucitura” delle fessure da taglio, nel modo seguente:

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot \min \{0.9 \cdot d, h_w\} \cdot f_{sd} \cdot 2 \cdot t_f \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \theta} \cdot \frac{w_f}{p_f}, \quad (4.25)$$

dove il coefficiente parziale γ_{Rd} deve essere assunto pari a 1.20 (Tabella 3-3, § 3.4.2), d è l'altezza utile della sezione, h_w è l'altezza dell'anima della trave, f_{sd} è la resistenza efficace di calcolo del rinforzo, da valutarsi come indicato nel § 4.3.3.2, t_f è lo spessore del rinforzo di FRP, β è l'angolo di inclinazione delle fibre rispetto all'asse dell'elemento, θ è l'angolo di inclinazione delle fessure da taglio rispetto all'asse dell'elemento (in mancanza di determinazione più accurata, si può assumere $\theta = 45^\circ$), w_f e p_f sono, rispettivamente, la larghezza e il passo delle strisce, misurati ortogonalmente alla direzione delle fibre (Figura 4-9). Si noti che nel caso di strisce poste in adiacenza o di fogli il rapporto w_f/p_f è pari ad 1.0.

(3) Nel caso di disposizione ad U o in avvolgimento su una sezione rettangolare, il contributo del rinforzo di FRP, $V_{Rd,f}$, può essere valutato in base al meccanismo a traliccio di Moersch e risulta pari a:

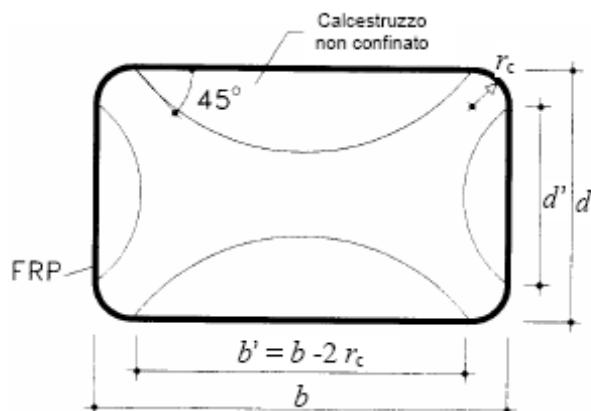
$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{sd} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{w_f}{p_f}, \quad (4.26)$$

dove, per il significato dei simboli, si rimanda al precedente punto (2).

Il contributo delle fibre, in base alle indicazioni delle istruzioni CNR, viene sommata alla resistenza a taglio della sezione in assenza di fibre. Il valore limite del taglio resistente è in ogni caso pari al contributo del calcestruzzo V_{rdC} .

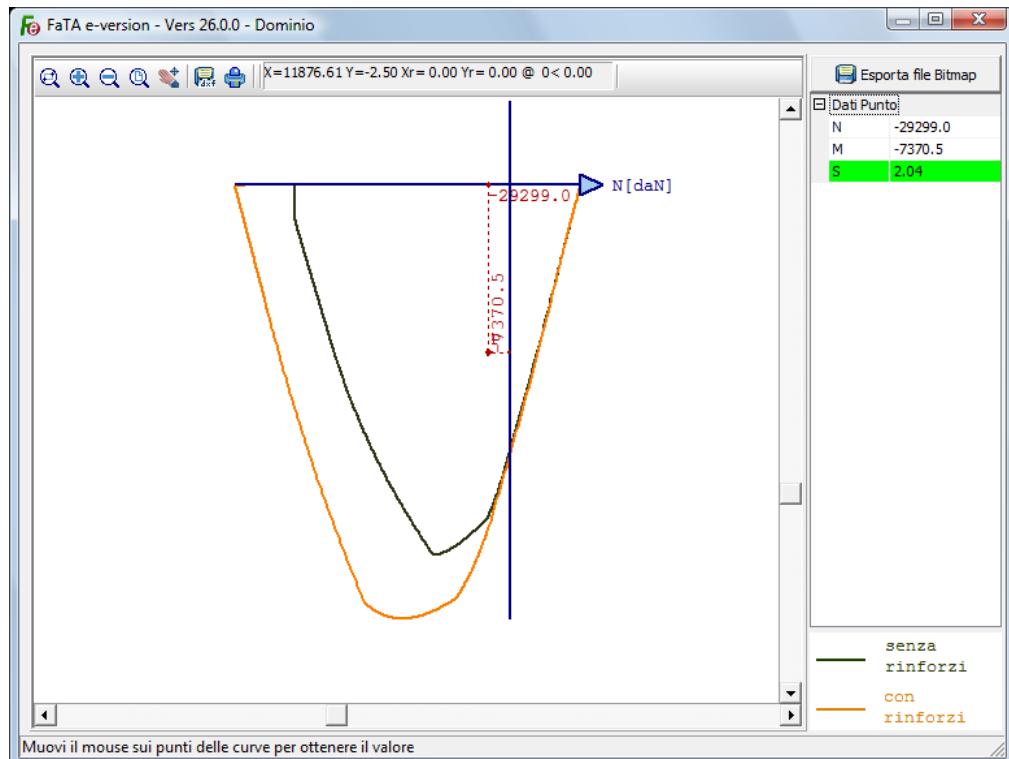
L'effetto del confinamento viene tenuto conto in base alle indicazioni del paragrafo 4.5 delle CNR DT-200. Un adeguato confinamento degli elementi di c.a. può determinare un miglioramento delle prestazioni dell'elemento strutturale.

L'effetto del confinamento è relativo, in funzione della fasciatura effettuata, ad una determinata regione. Nella figura sottostante viene proposto il modello di regione confinata della norma.



Anche gli effetti del confinamento possono essere valutati visualizzando il dominio di resistenza N-M.

Nella figura sottostante possiamo notare che i benefici dell'applicazione delle fibre non sono sempre sfruttabili. Nell'esempio, il punto di sollecitazione P è caratterizzato da un basso valore di sforzo normale corrispondente ad una zona del dominio in cui le curve "con rinforzi" e "senza rinforzi" si sovrappongono.



Comandi di gestione dei rinforzi FRP

Consente di gestire i consolidamenti in fibre “FRP” per gli elementi in calcestruzzo armato. Le funzionalità vengono attivate solo in presenza di calcolo di vulnerabilità sismica (PGA). I comandi di inserimento di gestione dell’ambiente sono simile a quelli già descritti per le altre funzioni. Le funzionalità vengono attivate dalla seguente icona:

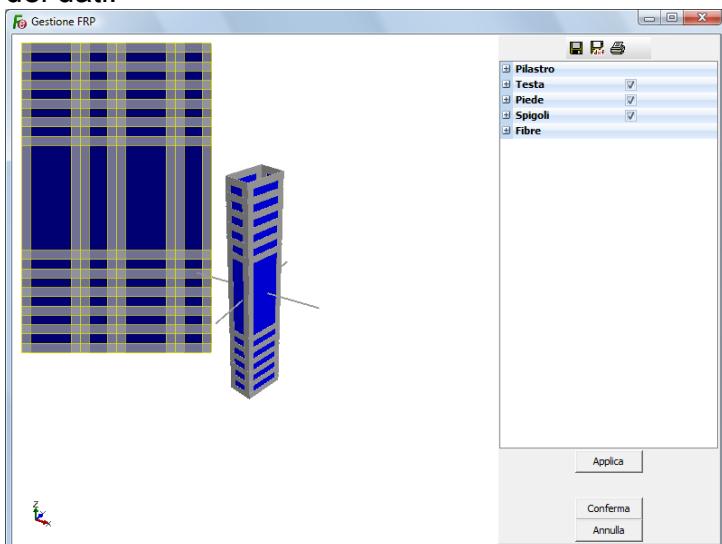


Il comando “FRP” attiva le seguenti funzioni:



Introduci : Consente la definizione delle caratteristiche delle fibre FRP cliccando direttamente sull’asta o sul nodo da consolidare (per i nodi si consiglia la visione filiforme).

Cliccando sui pilastri da rinforzare verrà visualizzata la seguente maschera di inserimento dei dati:



Le opzioni generali per il “**Pilastro**” sono:

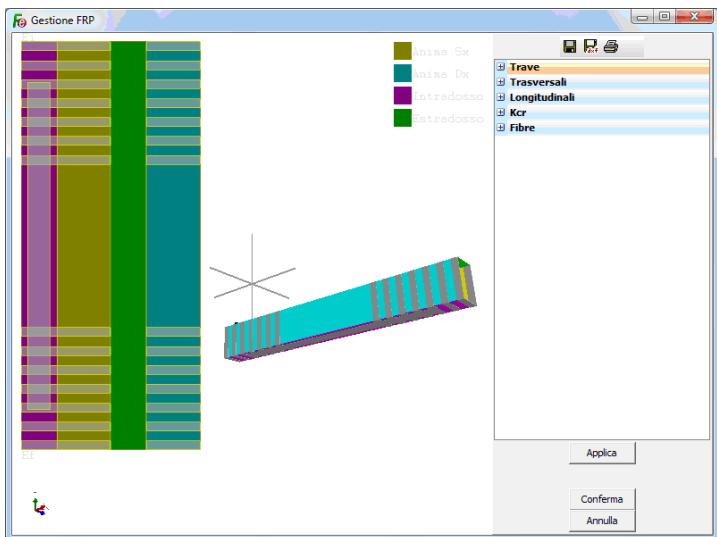
- Fasce discontinue (se selezionato imposta le fasce trasversali discontinue);
- Arrotondamento spigoli (valore dell’arrotondamento degli spigoli);
- Unico blocco (imposte le successive impostazioni relative a tutto il pilastro).

Per inserire le fibre di rinforzo trasversale nelle varie zone del pilastro spuntare l’apposito campo posto a fianco alla relativa zona.

Per ogni zona (testa, piede o blocco) è possibile definire:

- Luce (lunghezza in percentuale della zona da rinforzare a partire dall’estremo selezionato);
- Numero (numero totale delle strisce trasversali all’interno della zona selezionata);
- Larghezza (larghezza della singola striscia);
- Kcr (coefficiente di delaminazione dell’estremo);
- Numero Strati (numero degli strati di fibra da sovrapporre);
- Spessore Strati (spessore del singolo strati di fibra).

Cliccando sulle travi da rinforzare verrà visualizzata la seguente maschera di inserimento dei dati:



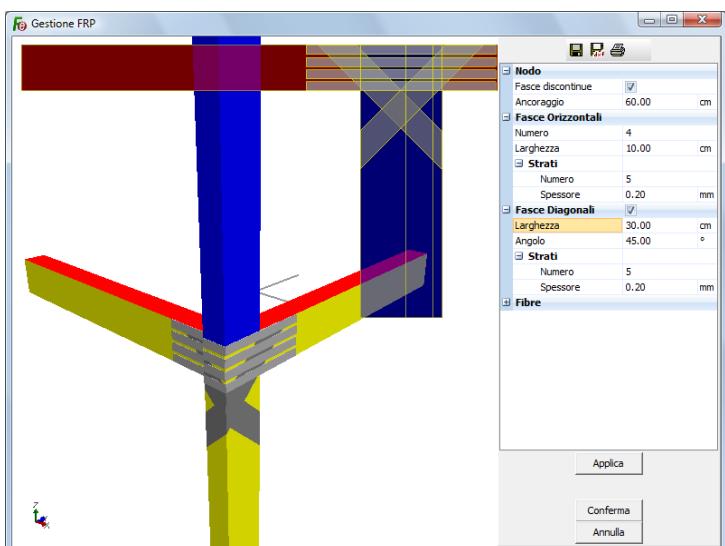
La gestione delle FRP è divisa in:

- Fibre trasversali;
- Fibre longitudinali

I campi in aggiunta al pilastro sono:

- Disposizione (tipo di disposizione: laterali, ad U, ad \cap , in avvolgimento);
- Altezza solai dx (altezza del solaio a destra della trave);
- Altezza solai sx (altezza del solaio a sinistra della trave);

Cliccando sui nodi da rinforzare verrà visualizzata la seguente maschera di inserimento dei dati:



Le opzioni generali per il “**Nodo**” sono:

- Fasce discontinue (se selezionato imposta le fasce orizzontali discontinue);
- Ancoraggio (valore dell’ancoraggio delle fasce sulle travi);

La gestione delle FRP per i nodi è divisa in:

- Fibre orizzontali;
- Fibre diagonali.

Per ogni tipo di disposizione è possibile definire:

- Numero;
- Larghezza;
- Strati.

 **Cancella** : Consente la cancellazione dei rinforzi presenti cliccando sull'elemento voluto.

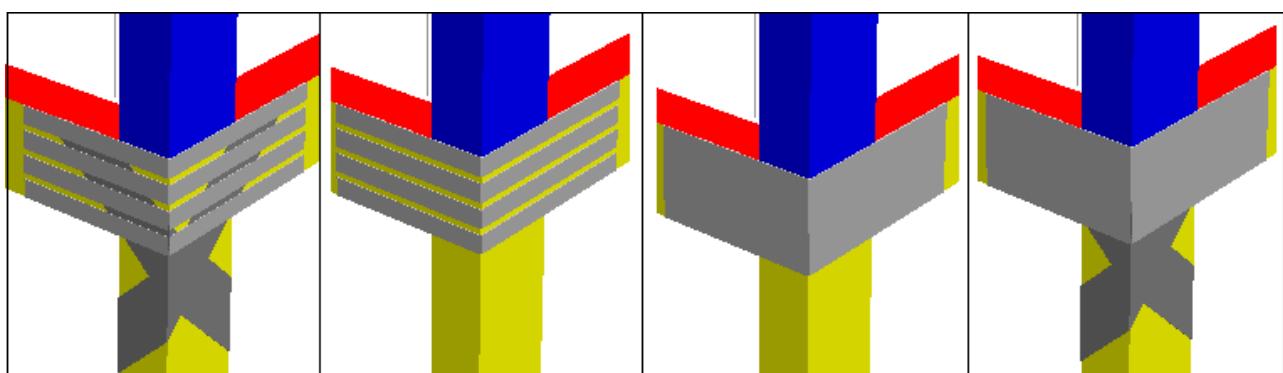
Il rinforzo del nodo avviene disponendo le fibre in modo da assorbire l'azione delle travi e dei tamponamenti. l'intera azione deve essere assegnate alle fibre secondo la formula 7.4.12 del D.M. 14/01/2008, sostituendo i campi con i corrispondenti per le fibre:

$$A_{FRP} f_{FRP} \geq \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot (1 - 0,8v_d) \text{ per nodi esterni}$$

La resistenza f_{FRP} è relativa al fenomeno della delaminazione, condizionata dal sistema fibra-resina-calcestruzzo.

In presenza di elevata spinta dei tamponamenti è consigliabile aggiungere anche le fibre disposte secondo le diagonali del nodo.

Le possibili disposizioni sono per il software libere da vincoli di input, per cui è possibile scegliere tra varie disposizioni di fibre. Allo stesso modo è possibile disporre le fibre trasversali a strisce o con tessuto bidimensionali.



È bene notare che la formula di verifica è completamente diversa dal caso in assenza di FRP. La circolare 617/2009 per i nodi assume la totale assenza di armature all'interno del nodo:

$$\sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g} \right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g} \right)^2} \right| \leq 0,3\sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ in MPa}) \quad (8.7.2.2)$$

$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g} \right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g} \right)^2} \leq 0,5f_c \quad (8.7.2.3)$$

Effetti della presenza di incamiciature in acciaio

I rinforzi in acciaio adottabili per le strutture in c.a. vengono definiti al punto C8A.7.2.1 della circolare 617/200. Il loro utilizzo è per lo più consigliato su pilastri.

Per i pilastri il contributo dato dalle fibre riguarda:

- Verifica a taglio;
- Effetto del confinamento.

Il contributo delle parti in acciaio per la valutazione della resistenza a flessione, contrariamente al caso delle fibre FRP, è di difficile modellazione, considerando l'assenza di sperimentazione comprovata al fine del calcolo della resistenza unitaria di Acciaio-resina-calcestruzzo (fenomeno tipo "delaminazione").

Il contributo a taglio dell'incamiciatura in acciaio, viene sommato alla resistenza a taglio della sezione in assenza rinforzo, in base alla formula C8A.7.5 della circ. 617/2009:

$$V_j = 0.5 \frac{2t_j b}{s} f_{yw} \frac{1}{\cos \alpha_t} \quad (\text{C8A.7.5})$$

L'effetto del confinamento viene valutato secondo il paragrafo C8A.7.2.2 considerando i fattori di efficienza al confinamento:

C8A.7.2.2 Azione di confinamento

L'effetto di confinamento di una camicia in acciaio si valuta come per le staffe, con riferimento al percentuale geometrica di armatura presente in ciascuna delle direzioni trasversali.

Per le proprietà del conglomerato confinato possono essere impiegate espressioni di comprovata validità, come ad esempio le seguenti:

- per la resistenza del conglomerato confinato:

$$f_{cc} = f_c \left[1 + 3,7 \left(\frac{0,5 \alpha_u \alpha_s \rho_i f_y}{f_c} \right)^{0,86} \right] \quad (\text{C8A.7.6})$$

dove ρ_i è il rapporto volumetrico di armatura trasversale, pari a $\rho_i = 2(b+h) t_s / (b h)$ nel caso di camicie continue (t_s = spessore della camicia, b e h = dimensioni della sezione) e pari a $\rho_i = 2 A_z / (b+h) / (b h s)$ nel caso di bande discontinue (A_z = area trasversale della banda, s = passo delle bande), α_u ed α_s sono, rispettivamente, i fattori di efficienza del confinamento nella sezione e lungo l'elemento, dati da:

$$\alpha_u = 1 - \frac{(b-2R)^2 + (h-2R)^2}{3bh} \quad (\text{C8A.7.7a})$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s-hs}{2b} \right) \left(1 - \frac{s-hs}{2h} \right) \quad (\text{C8A.7.7b})$$

dove R è il raggio di arrotondamento (eventuale) degli spigoli della sezione (in presenza di angolari R può essere assunto pari al minore tra la lunghezza del lato degli angolari e 5 volte lo spessore degli stessi), b , h sono le dimensioni della sezione ed hs è l'altezza delle bande discontinue (se la camicia è continua si assume $hs=s$).

- per la deformazione ultima del conglomerato confinato:

$$\varepsilon_{cu} = 0,004 + 0,5 \frac{0,5 \alpha_u \alpha_s \rho_i f_y}{f_{cc}} \quad (\text{C8A.7.8})$$

Nelle due equazioni precedenti i valori da impiegare per le resistenze dei materiali saranno: a) per il calcestruzzo esistente, la resistenza ottenuta come media delle prove eseguite in situ e da fonti aggiuntive di informazione, divisa per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto; b) per l'acciaio della camicia, la resistenza di calcolo.



Strategie d'intervento

Ovviamente, i modi con i quali pervenire alla soluzione in merito ai consolidamenti sono molteplici. Partendo da alcune considerazioni è possibile formulare una strategia generalmente valida.

Considerazioni:

1. I meccanismi fragili condizionano enormemente la struttura al punto che sono considerati con un fattore di struttura all'incirca la metà dei duttili;
2. Le strutture esistenti sono deficitarie di armatura a taglio, sia per pratica costruttiva, sia per l'eccessivo utilizzo di sagomati, la cui posizione non sempre è efficace;
3. La resistenza dei nodi è stata ignorata sino alla pubblicazione dell'OPCM 3274.

Queste tre considerazioni portano a formulare una sequenza di operazioni che nella gran parte dei casi portano alla soluzione:

1. Rinforzo della resistenza a taglio degli elementi (FRP o incamiciatura in acciaio);
2. Rinforzo dei nodi strutturali non confinati;
3. Confinamento delle colonne;
4. Eventuali rinforzi a flessione.

In particolare gli interventi 1 e 2 consentono di modificare il comportamento della struttura da fragile a duttile. Ricordiamo che un elemento viene considerato fragile se:

- Non ha sezione rettangolare;
- Non ha armatura simmetrica;
- Per i carichi verticali, il coefficiente di sic. a taglio è inferiore di quello a flessione;
- Per i carichi verticali, il coefficiente di sic. del nodo al piede è inferiore di quello a flessione (solo per i pilastri);
- Sforzo normale $> 0.4 \times A_{cls} \times f_{cd}$;

Per cui il rinforzo dei nodi e a taglio consente, nella maggior parte dei casi, di modificare la classificazione da fragile a duttile. Il riscontro numerico più immediato è rappresentato dal diverso valore del fattore di struttura utilizzato che, nella migliore delle ipotesi, viene raddoppiato. In altri termini, ciò consente di dimezzare le sollecitazioni sismiche agli elementi, consentendo il danneggiamento tipico della rottura duttile.

Uno strumento utile al consolidamento è presente nell'ambiente di visualizzazione dei risultati delle verifiche. Dopo aver selezionato l'asta prescelta, cliccando sul campo "elemento" viene riportata la motivazione determinante alla classificazione in "fragile".

Nell'esempio sottostante, intervenendo sulla resistenza a taglio è possibile far diventare l'elemento duttile.

