

Corso di aggiornamento

Verifica sismica degli edifici esistenti in c.a.

14b - Interventi

(lasciato come documentazione)

Forlì

29-31 gennaio 2015

Aurelio Gheresi

Problemi locali Solai

Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Nei solai:

- Carbonatazione del calcestruzzo o attacco di cloruri
- Corrosione dell'armatura
- Espulsione del copriferro
- Sfondellamento dei laterizi

Questi problemi sono molto diffusi e facilmente evidenti all'intradosso di solai e sbalzi

Sono particolarmente diffusi negli sbalzi, perché più esposti agli agenti atmosferici

Meno diffusa (ma ancor più insidiosa perché meno evidente) è la corrosione dell'armatura all'estradosso









Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Studio:

- Determinazione di entità e cause del degrado
- Diagnosi della sua evoluzione
- Valutazione delle sue conseguenze sulla resistenza e funzionalità della struttura
- Valutazione di tipologia, tempo e costo dei possibili interventi
- Scelta dell'intervento ottimale, anche in funzione della vita residua della struttura

Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Intervento tradizionale:

- Eliminazione del calcestruzzo ammalorato
 - Con martelli elettrici o pneumatici o idrodemolizione
 - Lasciare superficie ruvida e pulita
 - Non danneggiare il calcestruzzo rimasto
- Pulizia delle armature corrose
 - Eliminazione ruggine
 - Eliminazione cloruri
- Ripristino del calcestruzzo, con malte o calcestruzzi a ritiro controllato

Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Se le armature inferiori (in mezzeria) sono insufficienti:

- Inserimento nuove barre ed eventuali connettori

oppure

- Applicazione di piatti d'acciaio, incollati con resine epossidiche

oppure

- Applicazione di strisce di materiale composito (polimeri fibro-rinforzati, o frp), mediante incollatura

Analogie/differenze nel caso di armature superiori
o, comunque, di estremità

Verifica della sezione dopo l'intervento

- Stato deformativo e tensionale prima dell'intervento (con carichi ridotti)
- Incremento dello stato deformativo nell'intero elemento (vecchio più nuovo) dopo l'intervento (per l'incremento di carico)

Note

- Per modello lineare (T.A.): molto rilevante
- Per modello non lineare (S.L.U.): trascurabile per le armature, che si snervano
- Per modello non lineare (S.L.U.): qualche importanza per calcestruzzo e frp

Polimeri fibro-rinforzati (frp)

Fibre ad alta resistenza

+

Matrice polimerica

Fibre di vetro



Più economiche ma sensibili all'umidità, al creep ed al rilassamento. Si adattano a tutti i tipi di resina. Bianche brillanti.

Fibre di carbonio



Usate maggiormente con resine epossidiche. Maggiore resistenza e durabilità. Nere.

Fibre aramidiche



Molto tenaci (giubbotti antiproiettile) ma care e sensibili a umidità ed elevata temperatura. Gialle.

Polimeri fibro-rinforzati (frp)

Fibre ad alta resistenza + Matrice polimerica

Serie di macromolecole (catene) unite da legami covalenti.

Due classi principali: polimeri termoindurenti e termoplastici

Poliestere e
vinilestere



Ampiamente usate in pultrusione per produzione di profili, barre e strisce.
Temperatura di transizione vetrosa (40 – 110 °C). Colore verdastro.

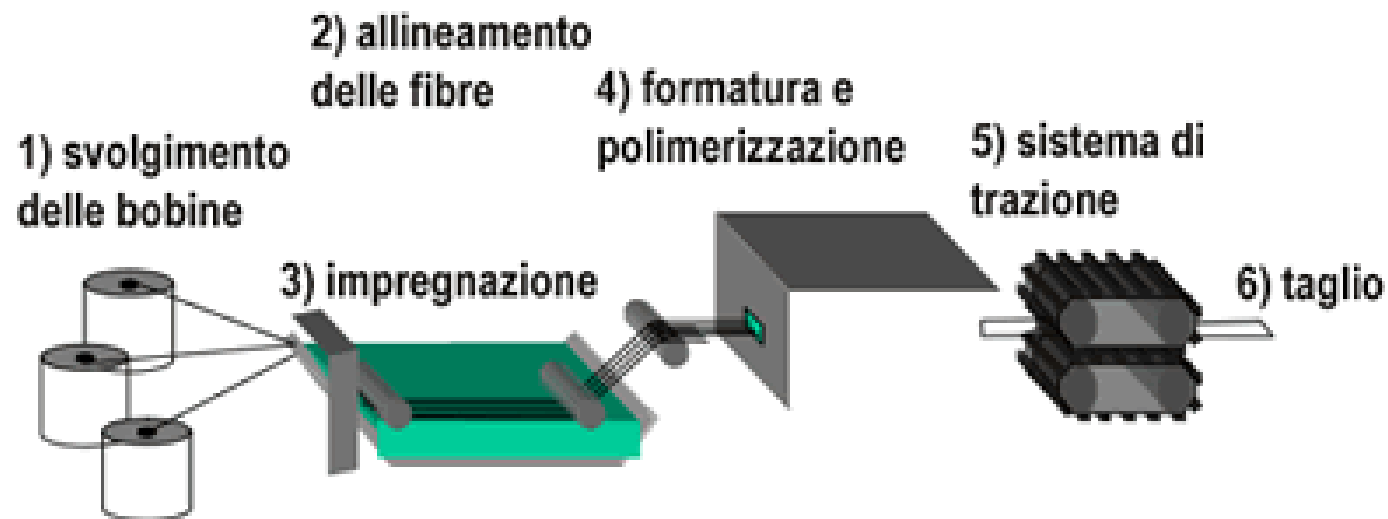
Epossidiche



Usate per wet-layup: maggiori proprietà adesive, basso ritiro, durabilità.
Temperatura di transizione vetrosa (40 – 300 °C). Colore giallastro.

Polimeri fibro-rinforzati (frp)

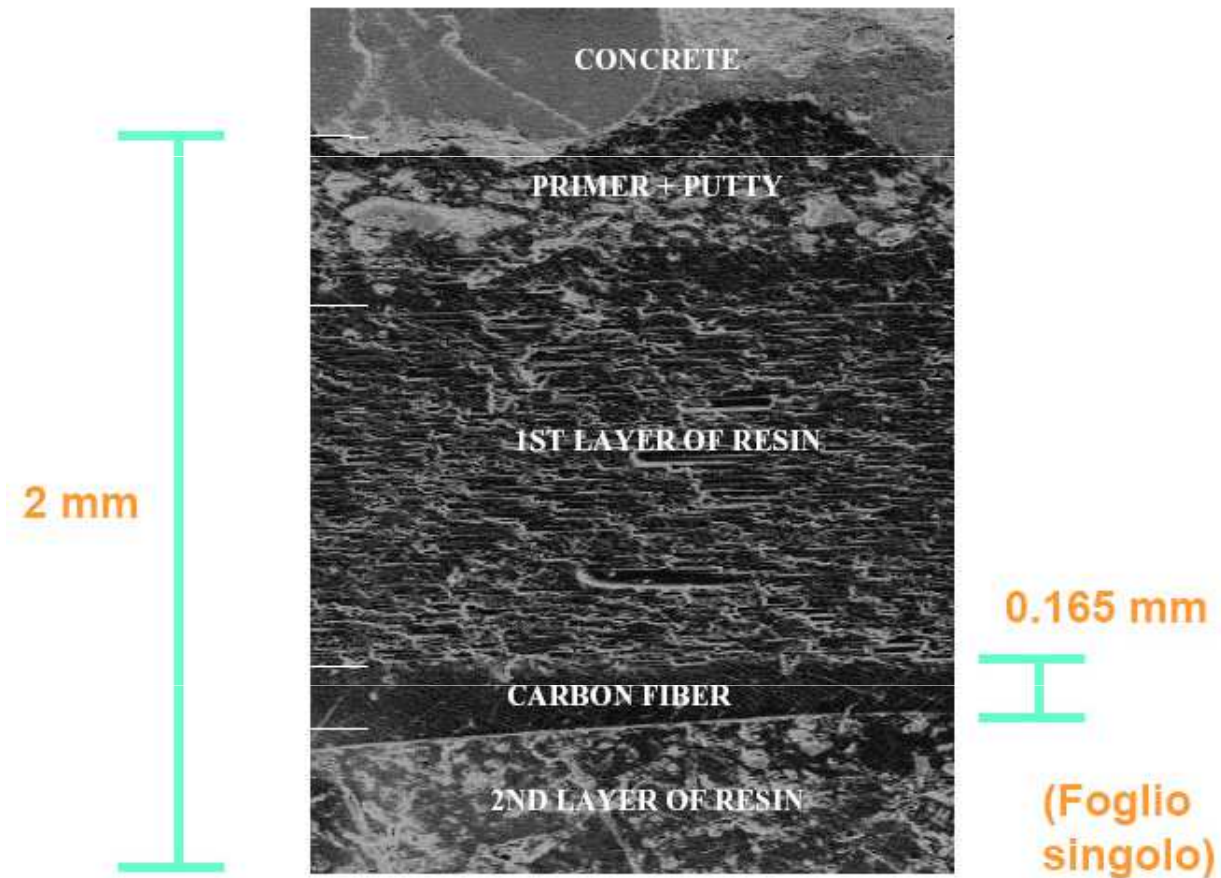
Pultrusion → “Pull” + “Extrusion”



Con questo processo si producono le barre ed i profilati in FRP

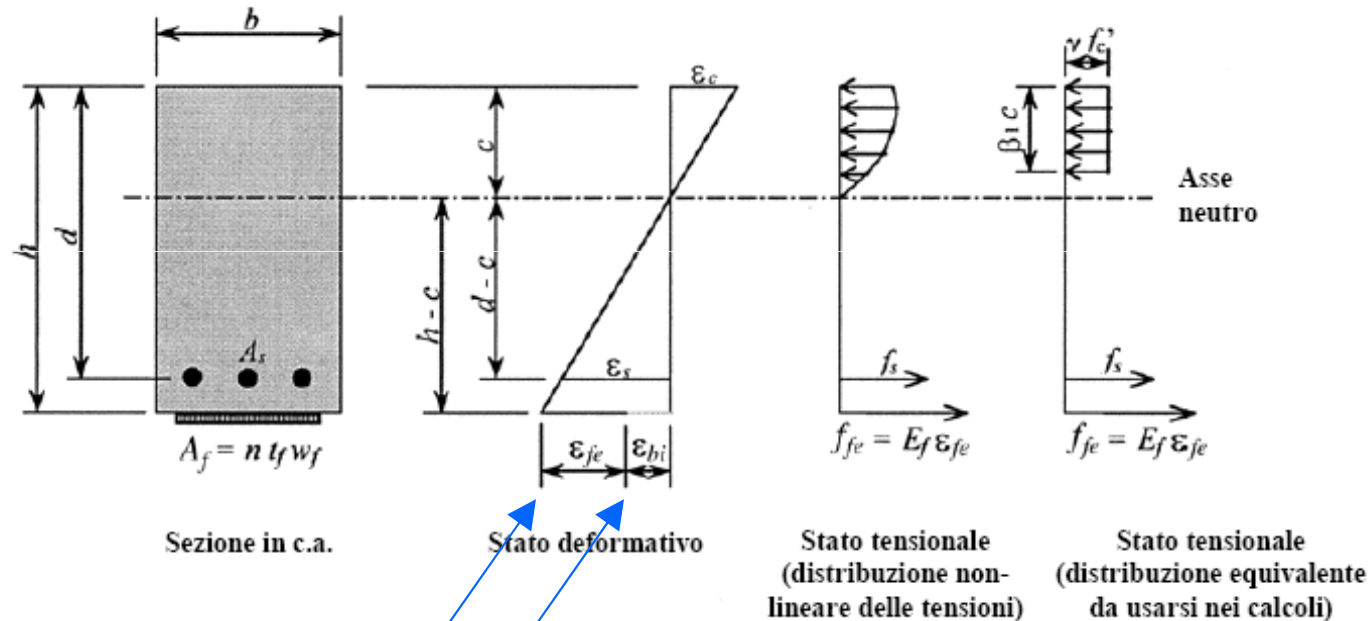
Polimeri fibro-rinforzati (frp)

Wet-layup



Con questo processo si effettuano i rinforzi sugli edifici esistenti

Resistenza a flessione con frp



Notare la differenza di deformazioni tra cls e frp

Normativa italiana
(CNR-DT 200/2004)

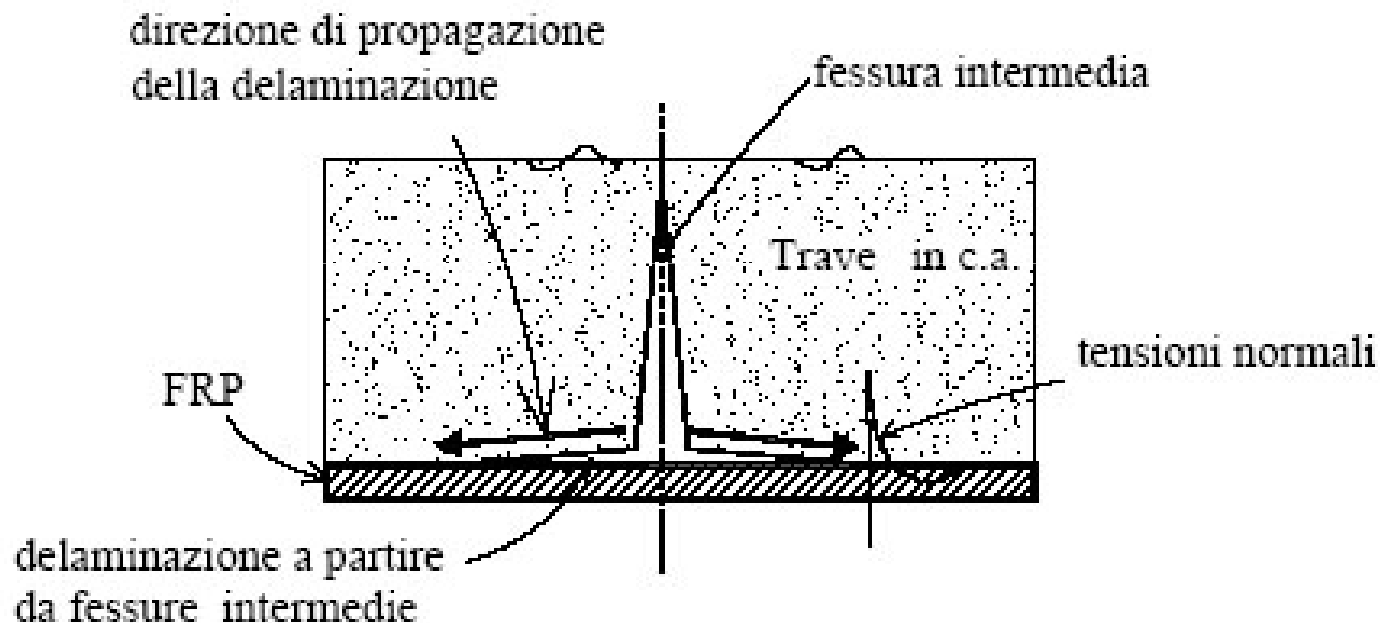


Coefficienti parziali di sicurezza
dipendenti dal produttore (sul
materiale) e dall'incertezza del
modello (sul momento resistente).

Resistenza a flessione con frp

Il massimo sforzo di trazione sopportabile dal composito è limitato dal debonding (delaminazione)

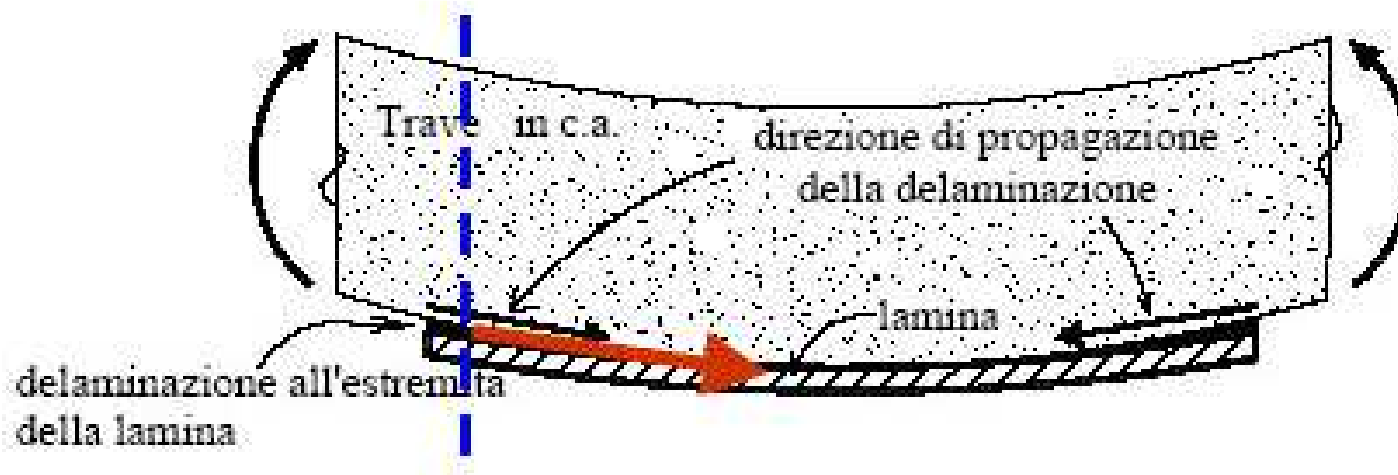
Delaminazione per flessione



Resistenza a flessione con frp

Il massimo sforzo di trazione sopportabile dal composito è limitato dal debonding (delaminazione)

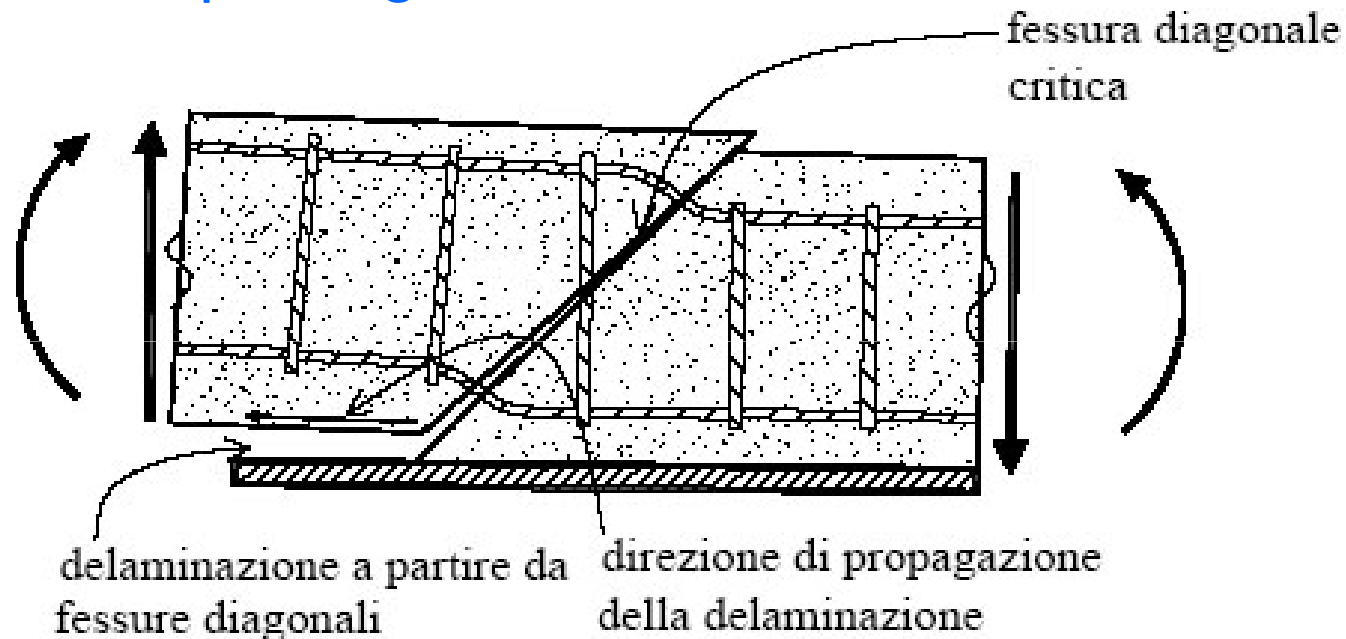
Delaminazione di estremità



Resistenza a flessione con frp

Il massimo sforzo di trazione sopportabile dal composito è limitato dal debonding (delaminazione)

Delaminazione per taglio

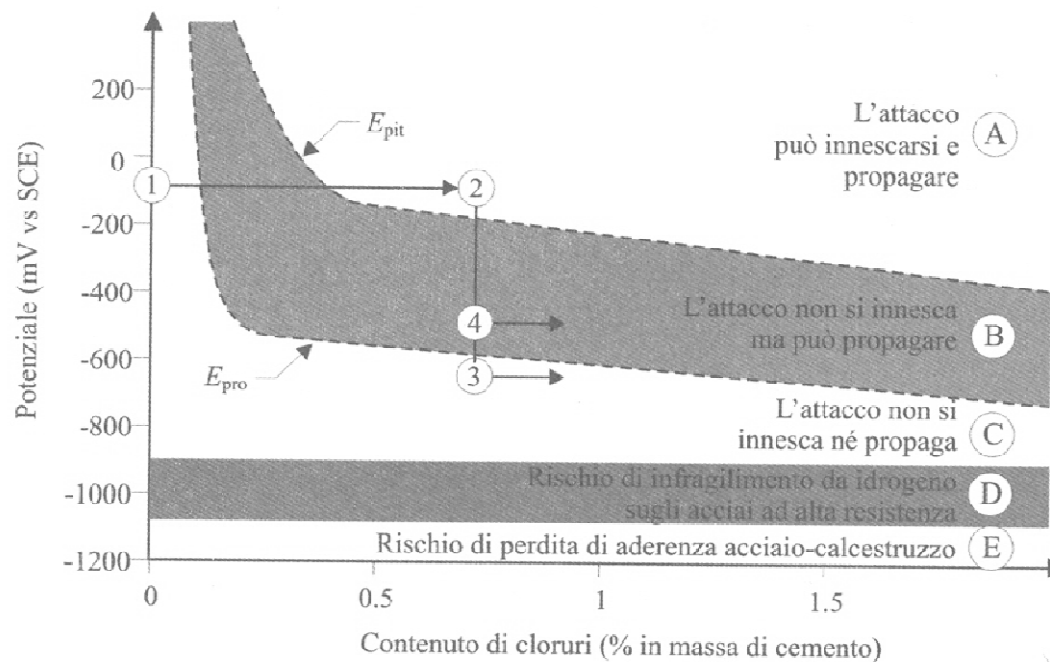


Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Interventi alternativi:

- Tecniche elettrochimiche, per ristabilire la passività delle armature senza rimuovere il calcestruzzo

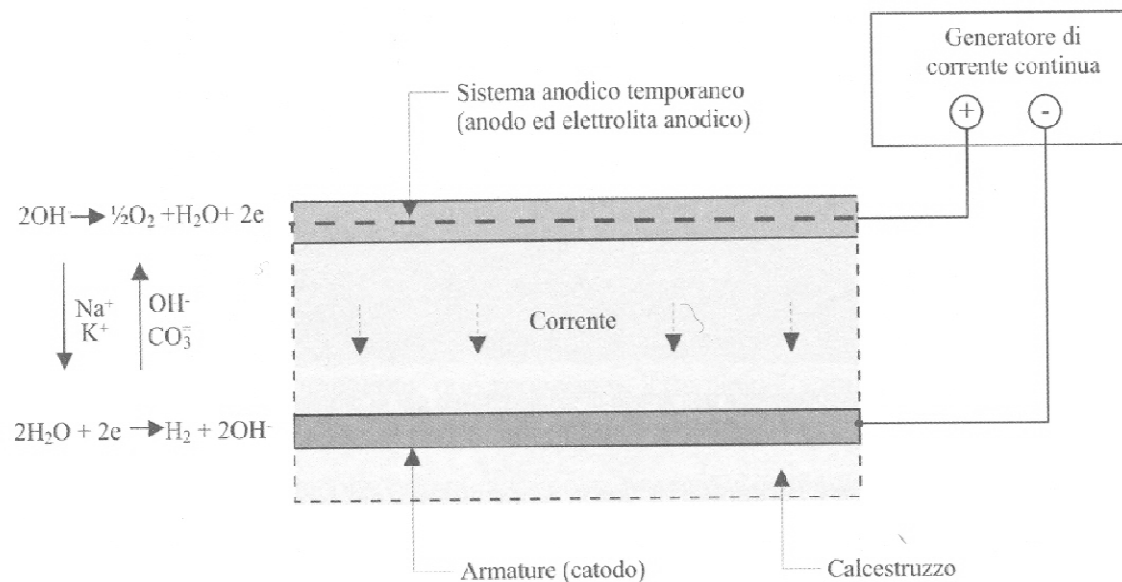
- Pro



Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Interventi alternativi:

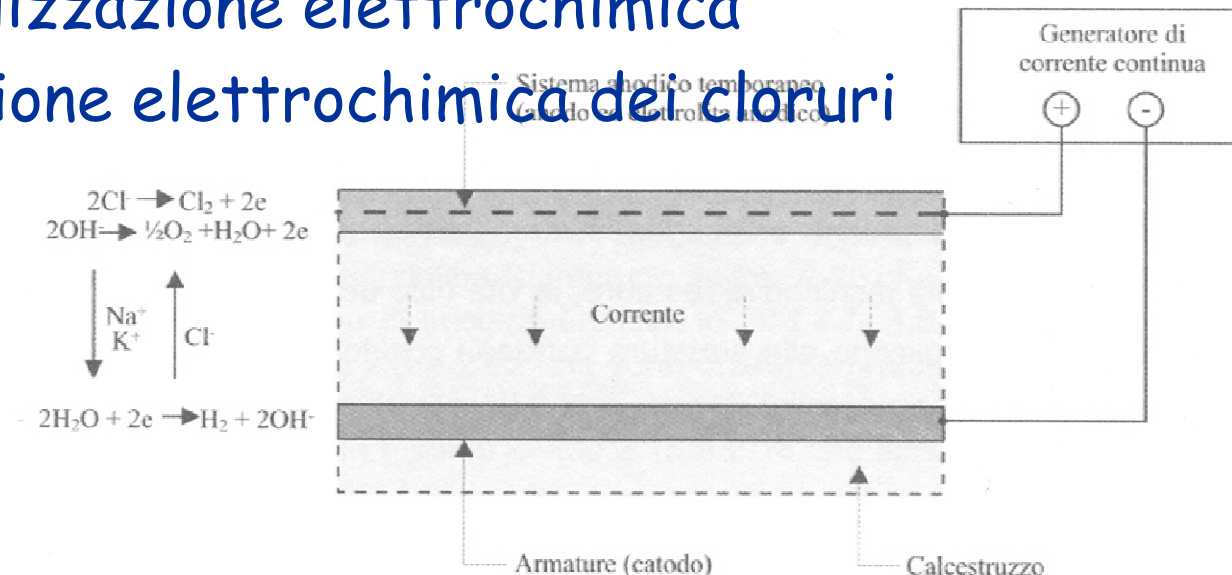
- Tecniche elettrochimiche, per ristabilire la passività delle armature senza rimuovere il calcestruzzo
 - Protezione catodica
 - Rialc



Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Interventi alternativi:

- Tecniche elettrochimiche, per ristabilire la passività delle armature senza rimuovere il calcestruzzo
 - Protezione catodica
 - Ricalcizzazione elettrochimica
 - Rimozione elettrochimica dei cloruri



Degrado (calcestruzzo-armatura) nei solai

Interventi alternativi:

- Tecniche elettrochimiche, per ristabilire la passività delle armature senza rimuovere il calcestruzzo
 - Protezione catodica
 - Ricalcizzazione elettrochimica
 - Rimozione elettrochimica dei cloruri

Alternativa estrema:

- Demolizione e ricostruzione della parte di solaio ammalorata

Interventi sulle travi

Degrado e danneggiamento nelle travi

Degrado, come per i solai:

- Carbonatazione del calcestruzzo o attacco di cloruri
- Corrosione dell'armatura
- Espulsione del copriferro

Danneggiamento:

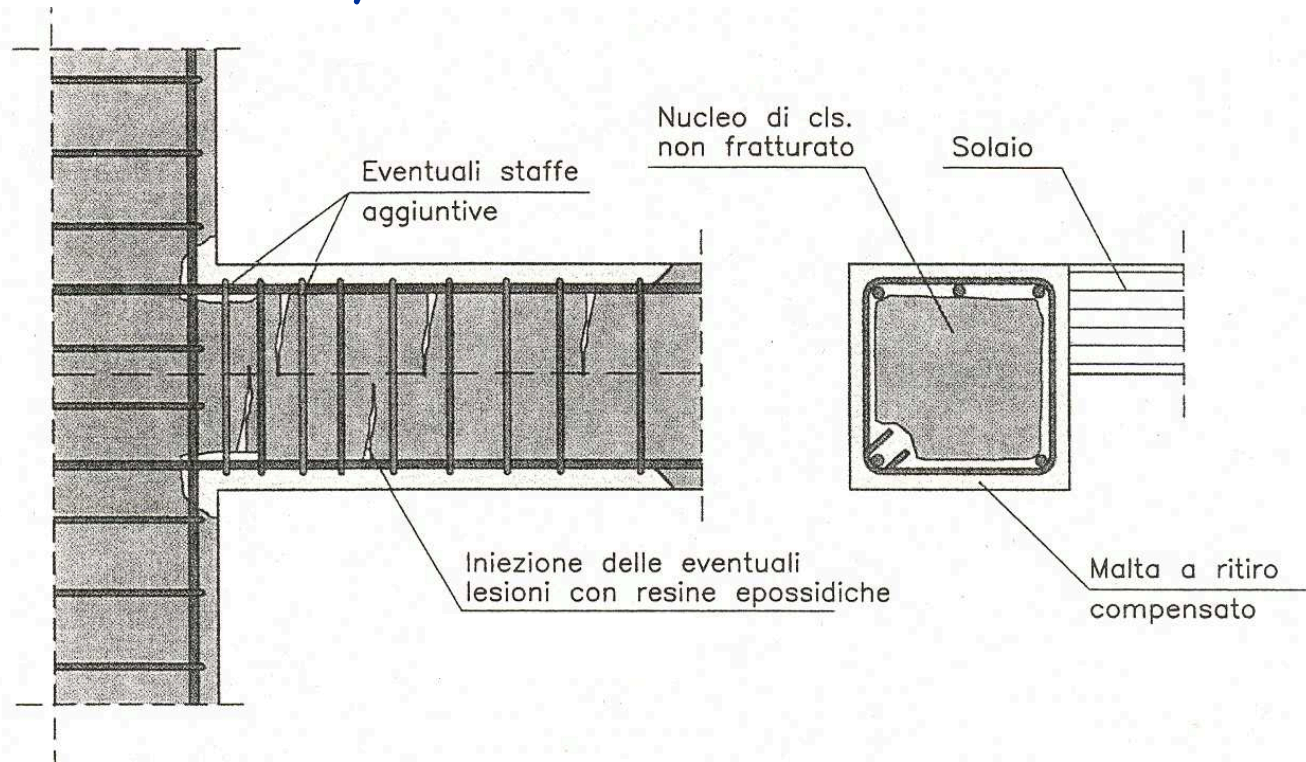
- A flessione
- A taglio

Interventi:

- Per flessione: analoghi a quelli del solaio
- Per il taglio

Travi

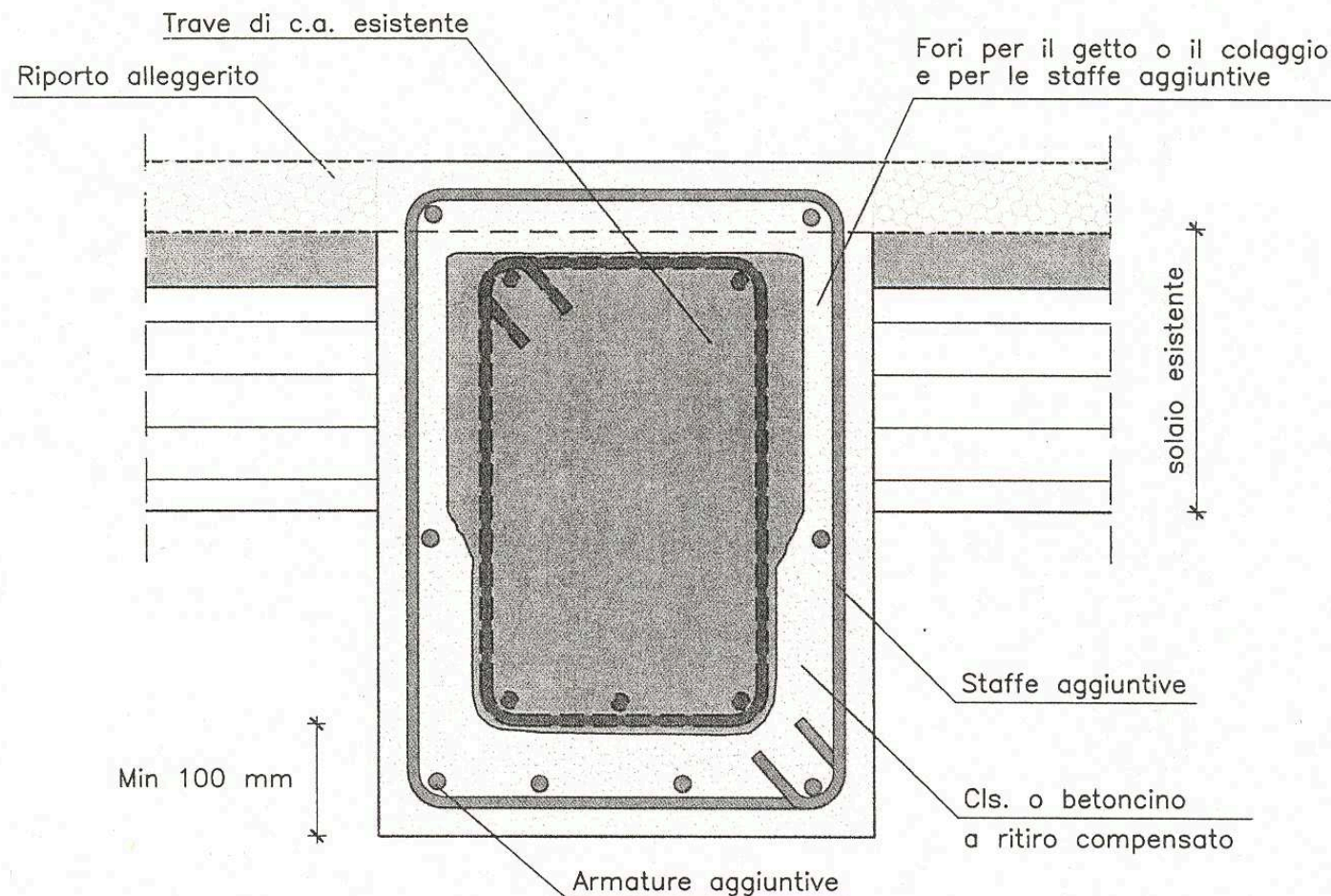
Riparazione locale, senza aumento di sezione



Problemi particolari nella zona di contatto col solaio
(perforazioni per inserimento staffe e iniezione malta)

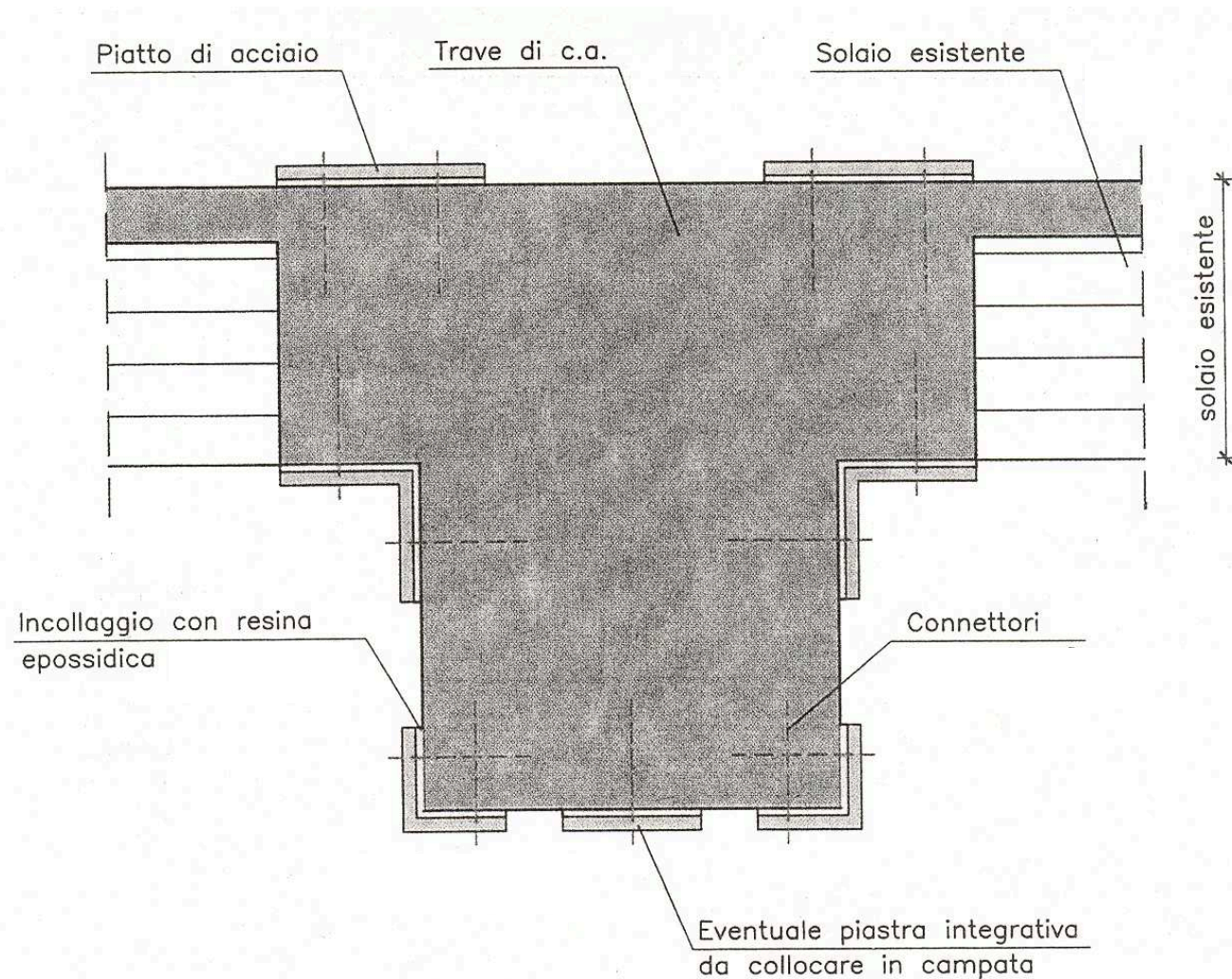
Travi

Incamiciatura totale con aggiunta di nuove armature



Travi

Placcaggio con angolari e piatti in acciaio



Travi

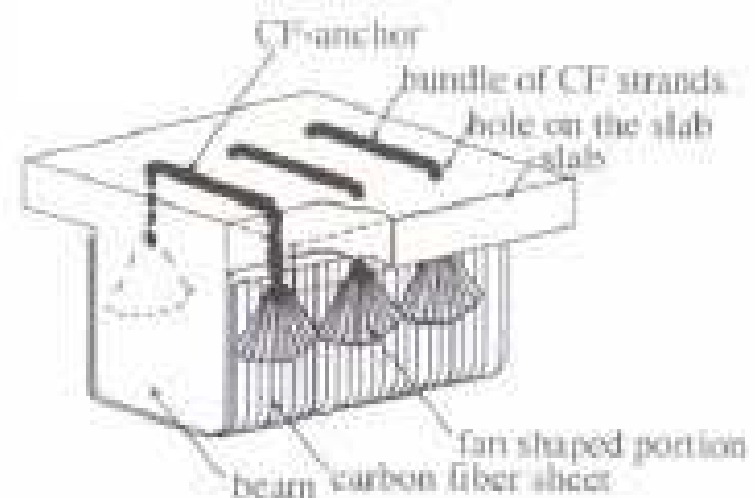
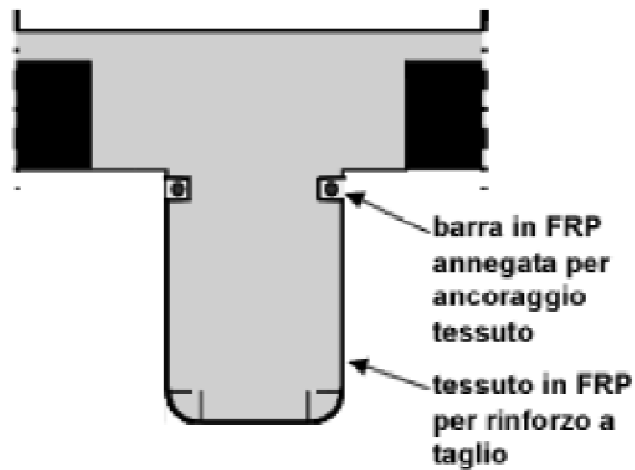
Rinforzo con frp



Strisce incollate all'intradosso (per la flessione)
più strisce verticali incollate alle pareti (per il taglio)

Travi

Rinforzo con frp



Ancoraggio delle strisce verticali mediante barre in frp
o con cavi in fibre sfioccati

Travi con frp - resistenza a taglio

$$V_{Rd} = \min \left[V_{Rd,ct} + V_{Rd,s} + V_{Rd,f} ; V_{Rd,max} \right]$$

cls ———→ $V_{Rd,ct}$
armatura ———→ $V_{Rd,s}$
frp ———→ $V_{Rd,f}$
biella compressa ———→ $V_{Rd,max}$

Contributo frp:

Fessure a taglio → Delaminazione

Resistenza efficace = tensione presente all'atto della delaminazione

Dipende da:

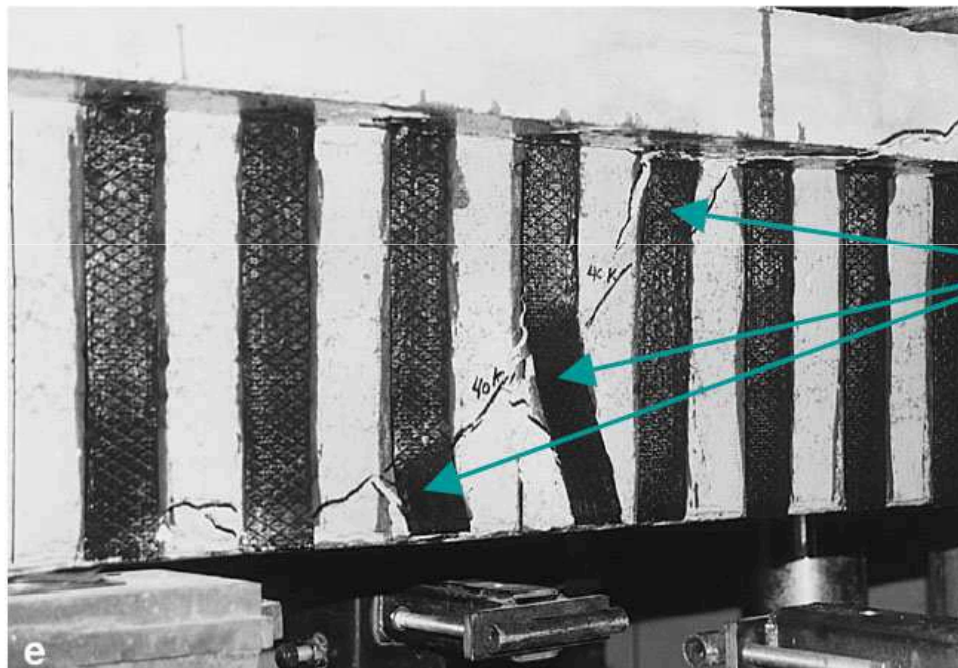
- Resistenza alla delaminazione in se
- Disposizione delle strisce (avvolgimento totale, ad U, solo di parete)

Travi con frp - resistenza a taglio

$$V_{Rd} = \min \left[V_{Rd,ct} + V_{Rd,s} + V_{Rd,f} ; V_{Rd,max} \right]$$

cls ——— $V_{Rd,ct}$ ———
armatura ——— $V_{Rd,s}$ ——— frp ——— $V_{Rd,f}$ ——— $V_{Rd,max}$ ——— biella compressa

Contributo frp:



Contributo
diverso alla
resistenza

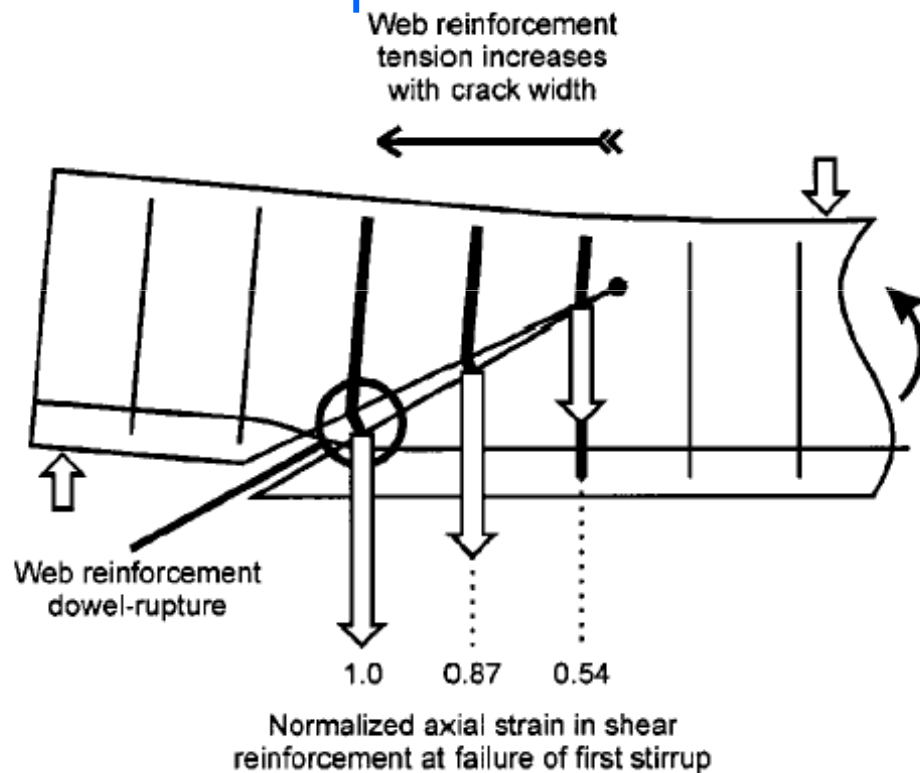
Travi con frp - resistenza a taglio

$$V_{Rd} = \min \left[V_{Rd,ct} + V_{Rd,s} + V_{Rd,f} ; V_{Rd,max} \right]$$

cls \nearrow $V_{Rd,ct}$ \nearrow $V_{Rd,s}$ \nearrow $V_{Rd,f}$ \nearrow $V_{Rd,max}$

armatura \nearrow frp \nearrow biella compressa

Contributo frp:

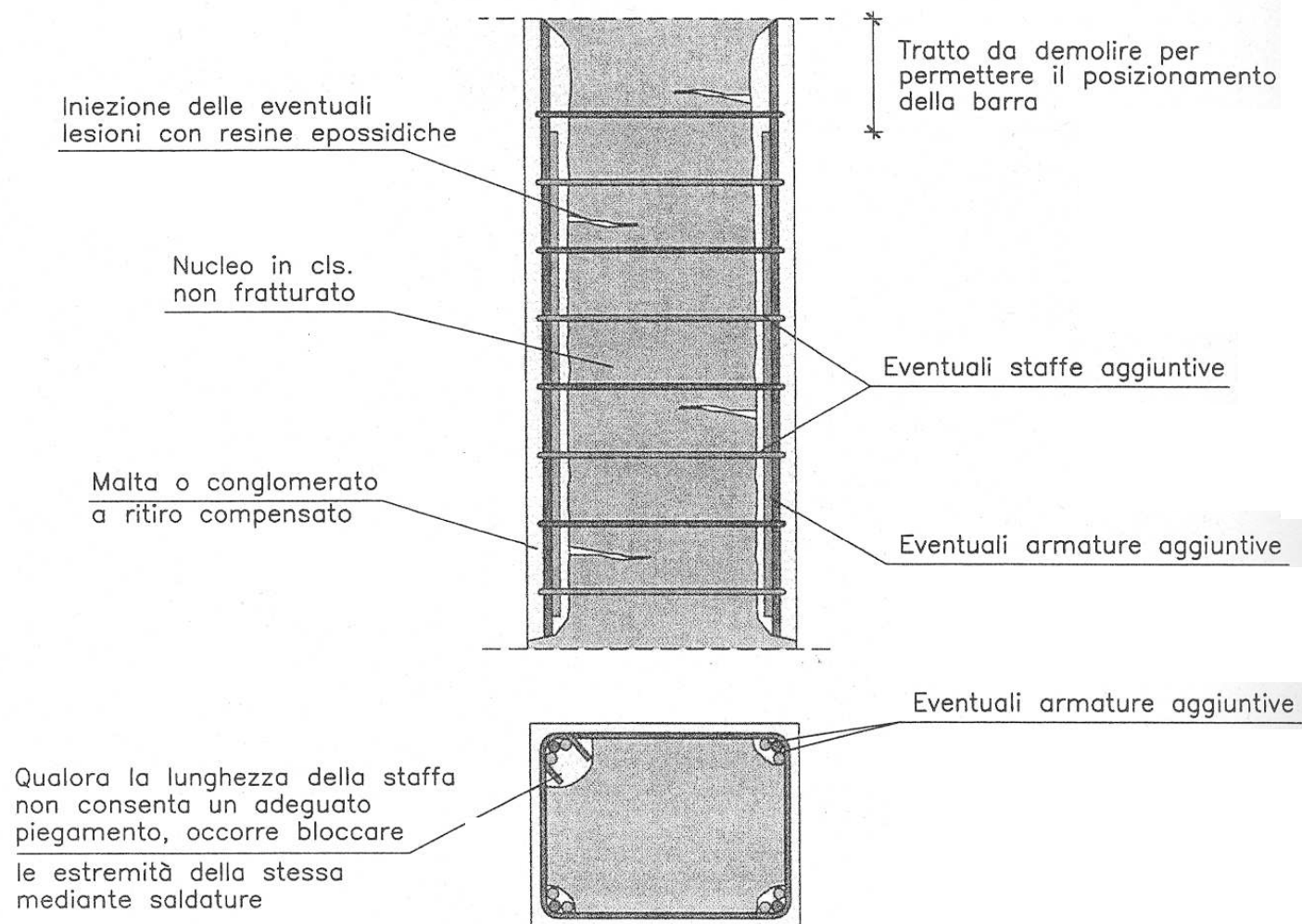


Non è lecito sommare i contributi se non avviene la redistribuzione.
Non basta verificare l'equilibrio; è necessaria guardare alla congruenza

Interventi sui pilastri

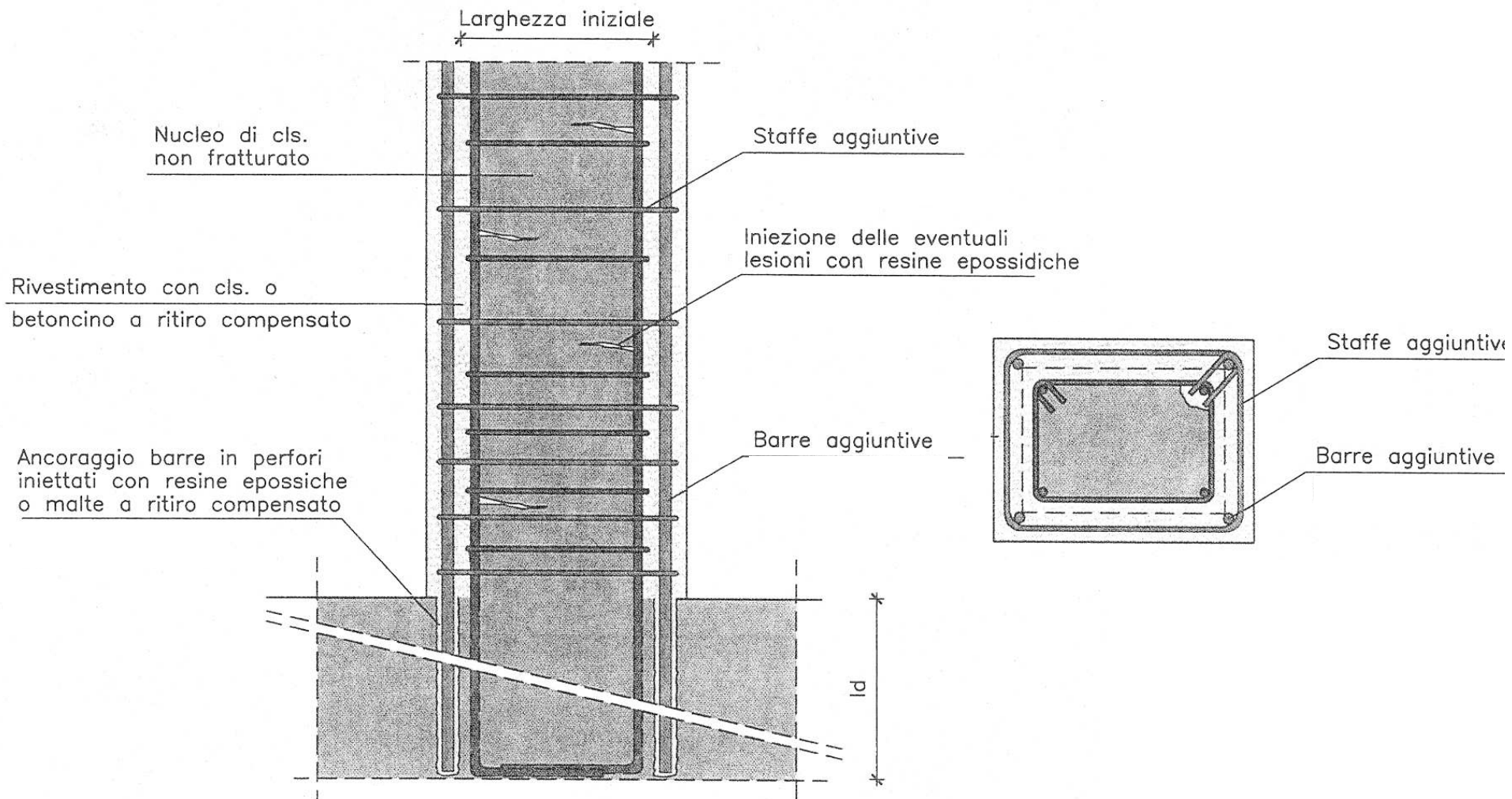
Pilastri

Riparazione locale, senza aumento di sezione



Pilastri

Incamiciatura totale con aggiunta di nuove armature



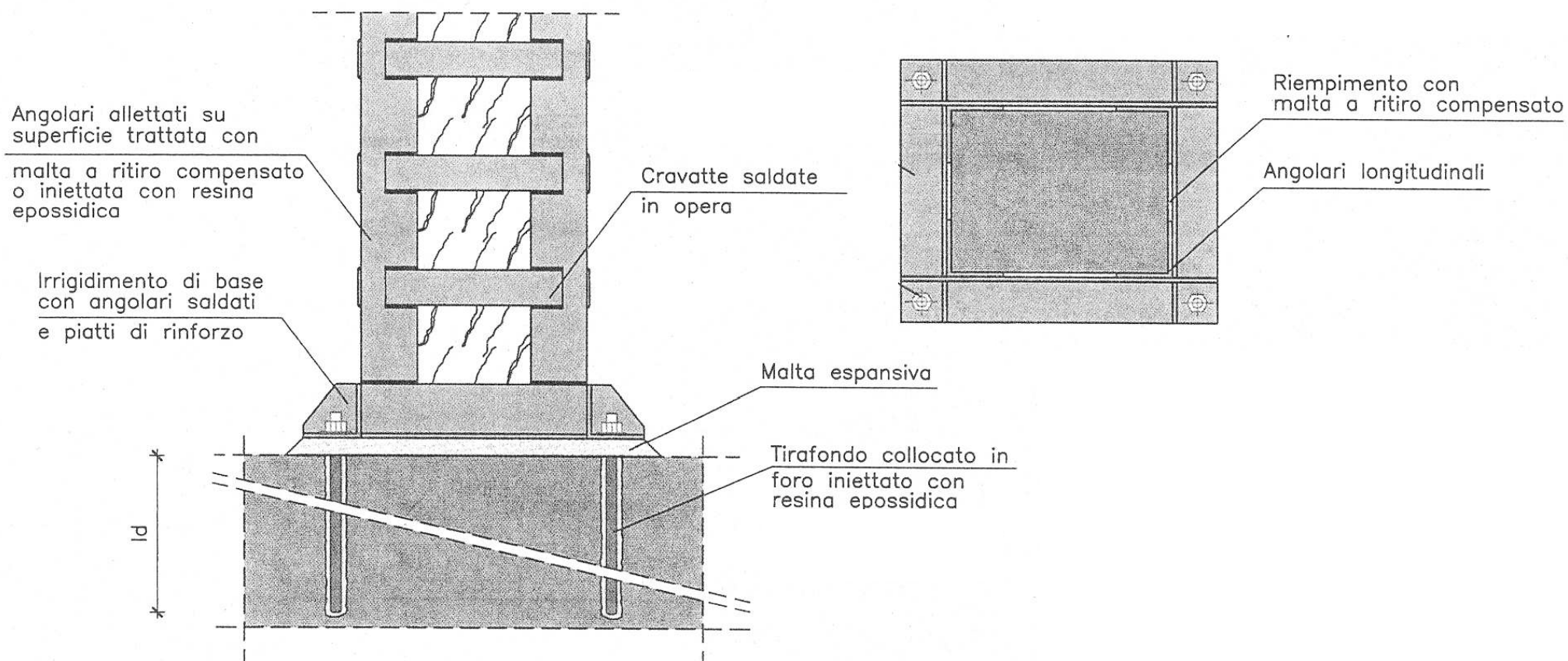
Pilastri

Incamiciatura totale
con aggiunta di nuove
armature



Pilastri

Placcaggio con angolari e cravatte in acciaio



Pilastri

Rinforzo (fasciatura) con frp



Anche in questo caso si possono usare cavi in fibre sfioccati per un collegamento tra piani adiacenti

Pilastri

Incamiciatura, placcaggio, fasciatura forniscono un confinamento che:

- Incrementa moderatamente la resistenza assiale dell'elemento
- Accresce notevolmente la duttilità dell'elemento soggetto a forza assiale e flessione

In zona sismica ha importanza fondamentale (ai fini della resistenza) il collegamento tra piani adiacenti

- Perforazione con barre passanti (per acciaio)
- Perforazione con cavi in fibre sfioccati (per frp)

Interventi sui nodi

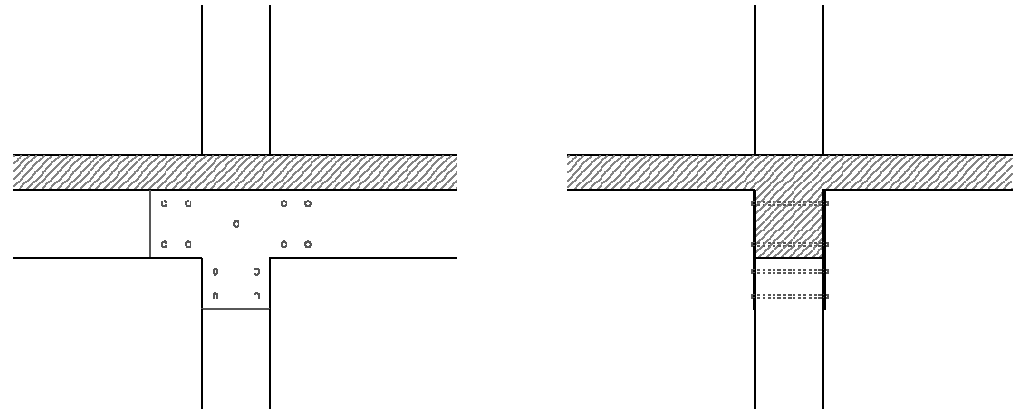
Nodi

- Il consolidamento dei nodi assume particolare importanza in presenza di azioni sismiche
- Il problema può essere meno rilevante per i nodi interni, se circondati da travi (che fungono da confinamento)
- Il problema è particolarmente rilevante per i nodi perimetrali e d'angolo, sicuramente non confinati

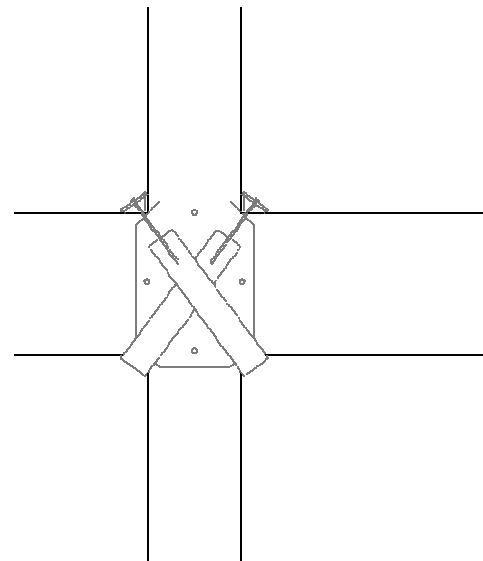
Nodi

Tecniche tradizionali di confinamento dei nodi

Intervento con piastre d'acciaio bullonate



Intervento con piastre d'acciaio inclinate



Nodi

Tecniche innovative di confinamento dei nodi

Sistema DIS-CAM

Angolari d'acciaio più
avvolgimenti di nastri di
acciaio, opportunamente
pretesi

Dolce et al.



Nodi

Tecniche innovative di confinamento dei nodi

Intervento con frp

Strisce di compositi
disposte orizzontalmente
e verticalmente a
circondare il nodo
(possibile solo per nodi
perimetrali e d'angolo)



Nodi

Tecniche innovative di confinamento dei nodi

Sistema PREJO

Collare in acciaio (con
angolari saldati in opera) e
barre inclinate pre-tese
Funziona bene anche per
nodi interni

Antonio Perretti

