

Consolidamento/adeguamento sismico delle strutture in c.a. mediante FRP: aspetti e criticità

Giuseppe Cersosimo – INTERBAU srl

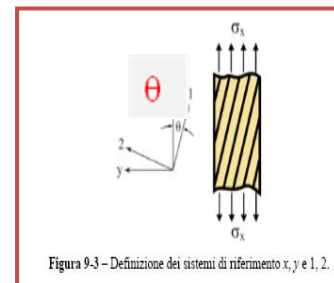
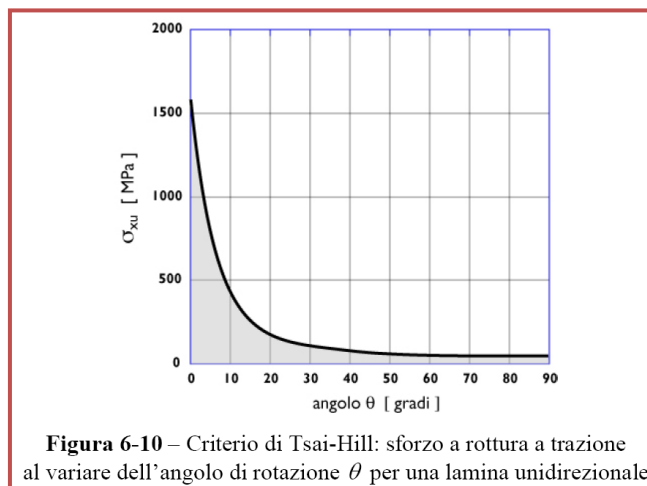
I **materiali compositi** fibrorinforzati FRP sono ormai considerati dagli strutturisti una delle più importanti tecnologie per consolidare e/o adeguare le strutture in c.a.

Al fine di disciplinare il settore il CNR ha pubblicato nel 2004 il Documento Tecnico **CNR DT 200/2004** e, in seguito alla entrata in vigore delle NTC 2008, il legislatore, tramite il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha provveduto nel luglio 2009 al relativo aggiornamento con le apposite **Linee Guida FRP** del CSLPP.

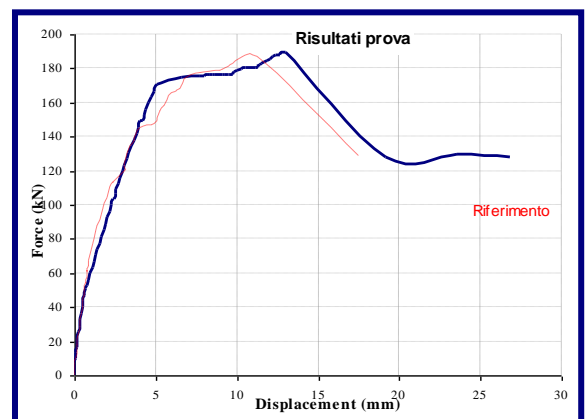
Entrambi i documenti prendono in considerazione esclusivamente compositi realizzati con fibre di Carbonio (oppure Vetro o Aramide) e matrice epossidica, escludendo fibre diverse (es basalto o acciaio) o matrici diverse (cementizie, poliuretaniche, ecc).

Gli interventi con **compositi FRP** hanno senza dubbio il vantaggio di essere poco invasivi, di non incrementare né le masse sismiche né le rigidità, tuttavia il progettista deve tener in considerazione le particolarità di tali materiali e le relative criticità qui di seguito illustrate.

- A. **elevata resistenza ma forte anisotropia:** mentre per l'acciaio le caratteristiche meccaniche sono identiche in qualsiasi direzione, per i compositi il comportamento è fortemente influenzato dalla direzione θ dello sforzo rispetto all'orientamento delle fibre: già con una direzione inclinata di 20° le caratteristiche sono meno di $\frac{1}{4}$ rispetto alla direzione principale $\theta = 0^\circ$ (cfr diagramma **Tsai-Hill**)

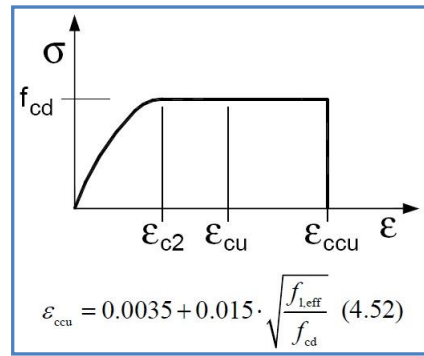
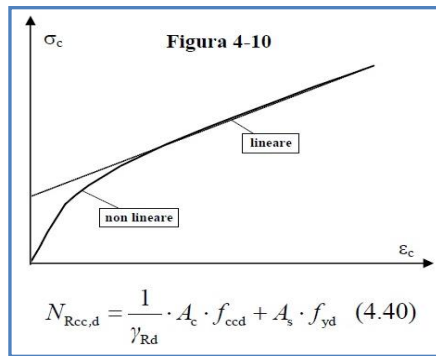


- B. **Contributo a trazione fortemente limitato** dalla delaminazione all'interfaccia calcestruzzo - composito (cfr immagine e diagramma sperimentale)

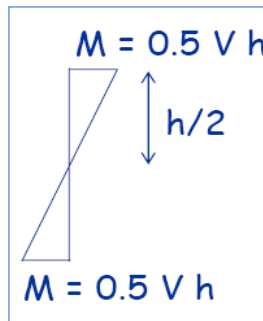


- C. **Contributo a compressione non considerabile** se non come effetto di confinamento e solo in regime di compressione centrata, per cui va escluso nei casi di interventi in zona sismica per miglioramento/adequamento.

In effetti il **CNR DT 200/2004** al § 4.5.4 e 4.5.2 prevede l'adozione di **due differenti legami** costitutivi per il calcestruzzo a seconda della sollecitazione a cui è sottoposto: **compressione centrata** (fig. 4.1) ove per effetto del confinamento si sviluppa uno stato di tensione triassiale e quindi valutabile un incremento di resistenza a compressione; **pressoflessione** ove la sezione è in parte tesa ed in parte compressa per cui è possibile solo considerare una maggiore deformabilità del cls rispetto alla ϵ_{cu} pari a 0,35%.



- D. **Contributo a pressoflessione nullo alle estremità dell'elemento rinforzato**, a meno che non sia possibile prolungare il composito oltre tali zone. È infatti necessario garantire una lunghezza di ancoraggio per trasferire gli sforzi di trazione in modo del tutto analogo a quanto avviene per le barre in acciaio. È quindi di scarsa utilità porre dei laminati in verticale lungo l'asse dei pilastri in quanto né alla base né alla sommità avremmo incrementi di resistenza a pressoflessione.



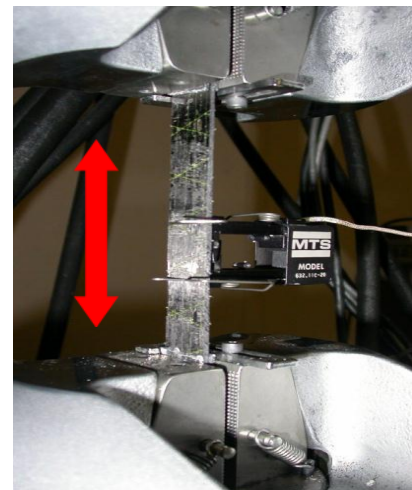
Sollecitazioni sui Pilastri soggetti ad azione sismica.

Errata disposizione delle fibre !!!



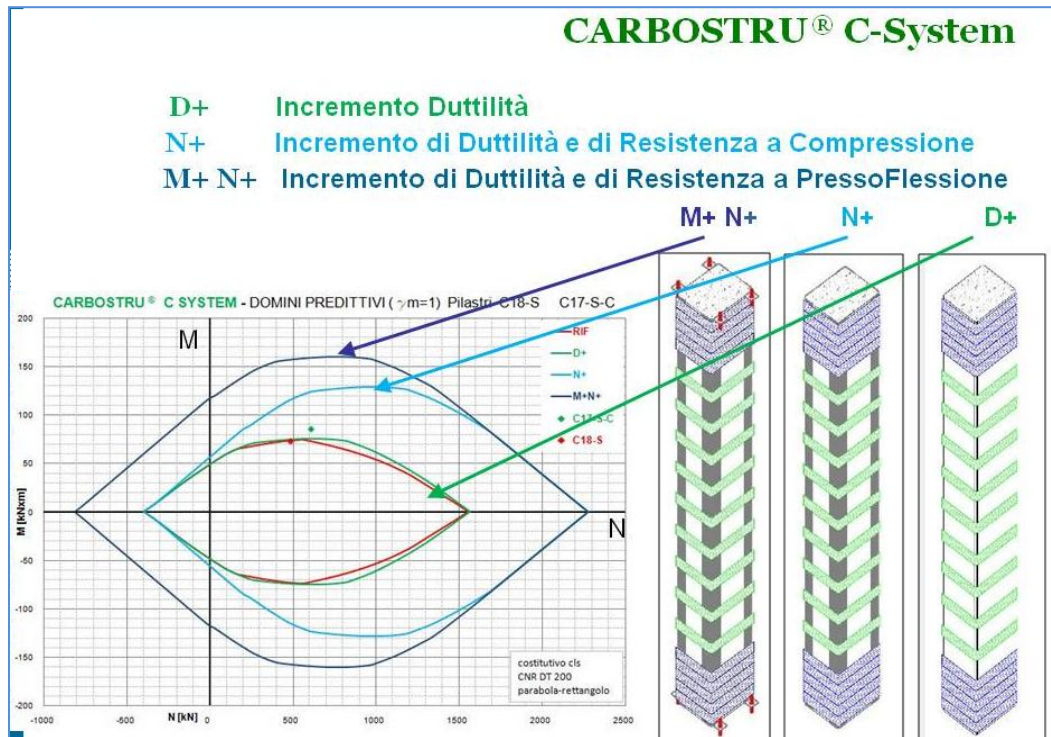
- E. Le caratteristiche meccaniche delle fibre costituenti il composito realizzato in opera vanno opportunamente ridotte in sede di calcolo per tener conto dei difetti di produzione in situ.

Deve essere lo stesso produttore ad indicare al progettista un coefficiente di riduzione per il modulo elastico α_{fe} così come prescritto al § 5.3 delle **Linee Guida FRP** del CSLPP; Il Direttore dei Lavori deve poi verificarne la rispondenza mediante le apposite **prove di accettazione**, così come previsto al successivo § 5.7.

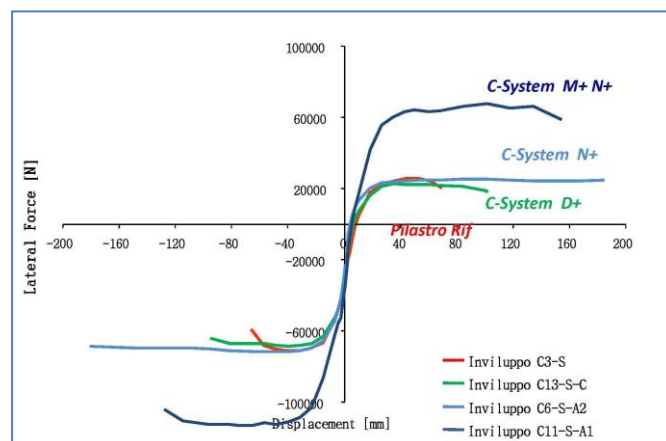


Al fine di avvalersi al meglio delle caratteristiche degli FRP e superare alcune delle problematiche qui illustrate, **INTERBAU** ha condotto a partire dal 2000 diverse campagne sperimentali presso i laboratori delle Università di Salerno, Roma e Milano volte a validare un sistema di consolidamento dei pilastri in c.a. che prevede l'utilizzo sia di acciaio che di FRP, denominato CFRP **CARBOSTRU® C-SYSTEM**.

I profili in acciaio-vetroresina (VTR-Fe) hanno la funzione di incrementare la resistenza a pressoflessione mentre i compositi in fibra di carbonio ad alto modulo elastico ($E=390\text{GPa}$) quella di aumentare duttilità e resistenza a taglio.



Le campagne per la sperimentazione del **CARBOSTRU® C-SYSTEM** sono state oggetto di numerose pubblicazioni scientifiche presentate dai ricercatori Universitari in diversi congressi internazionali tra cui **FIB 2006/Napoli - FRPRCS 2007/PATRAS - RELUIS 2007** Università di Salerno **CICE 2008** International Conference on FRP Composites in Civil Engineering/Zurigo - CICE 2010 Beijing-China.



Involuppo cicli di isteresi Cicli di Domini resistenti di pilastri 30x30 rinforzati mediante **CARBOSTRU® C-SYSTEM** e relativi risultati sperimentali