



Ordine Ingegneri della Provincia di Forlì  
Cesena

# **FRP Frequently Committed Errors**

## **Errori dalla progettazione alle applicazioni**

**Ing. Christian di Feo – INTERBAU srl**  
*c.difeo@interbau-srl.it*

*Lunedì 2 Ottobre 2018 - ore 8.45 - 18.15*



CNR - Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI  
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

## Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati

Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie



CNR-DT 200 R1/2013

ROMA - CNR 10 ottobre 2013 - versione del 15 Maggio 2014

CNR-DT 200/2004

ROMA - CNR 13 luglio 2004



Consiglio Nazionale  
delle Ricerche



Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici

**CNR DT200 2004**

**NTC 2008**

**LG CSLLPP 2009**

**CNR DT200 R1/2013**

**NTC 2018**



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Linee guida  
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo  
di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p.  
e murarie mediante FRP

Documento approvato il 24 luglio 2009 dall'Assemblea dei Consiglieri del Consiglio Superiore LL.PP.

#### 4.6. ALTRI SISTEMI COSTRUTTIVI

Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli disciplinati dalle presenti norme tecniche, la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata, ai sensi dell'articolo 52, comma 2, del D.P.R. 380/01, dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio e previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale.

Si intendono per "sistemi costruttivi diversi da quelli disciplinati dalle presenti norme tecniche" quelli per cui le regole di progettazione ed esecuzione non siano previste nelle presenti norme tecniche, o per le quali non sia stata dichiarata la validità di cui al Capitolo 12, nel rispetto delle

#### 4.6 COSTRUZIONI DI ALTRI MATERIALI

I materiali non tradizionali o non trattati nelle presenti norme tecniche potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali od opere, previa autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, autorizzazione che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal Servizio Tecnico Centrale.

Si intende qui riferirsi a materiali quali calcestruzzi di classe di resistenza superiore a C70/85, calcestruzzi fibrorinforzati, acciai da costruzione non previsti in § 4.2, leghe di alluminio, leghe di rame, travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante, materiali polimerici fibrorinforzati, pannelli con poliuretano o polistirolo collaborante, materiali murari non tradizionali, vetro strutturale, materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura da c.a.



IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE



# LINEE GUIDA FRP CSLLP

## 2.5 PROBLEMI SPECIALI DI PROGETTO E FATTORI DI CONVERSIONE

### 2.5.1 Azioni ambientali e fattore di conversione ambientale $\eta_a$

Le proprietà meccaniche (per esempio la resistenza a trazione, la deformazione ultima ed il modulo di elasticità normale) di alcuni sistemi di FRP degradano in presenza di determinate condizioni ambientali quali: ambiente alcalino, umidità (acqua e soluzioni saline), temperature estreme, cicli termici, cicli di gelo e disgelo, radiazioni ultraviolette (UV).

Di tali effetti si può tenere conto forfaitariamente attraverso l'introduzione di un fattore di conversione ambientale,  $\eta_a$ , cui vanno attribuiti i valori riportati in Tabella 2-3.

**Tabella 2-3** – 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



TESSUTO UNIDIREZIONALE IN **FIBRA DI ACCIAIO** UHTSS AD ALTISSIMA  
RESISTENZA ZINCO GALVANIZZATO PER IL RINFORZO STRUTTURALE



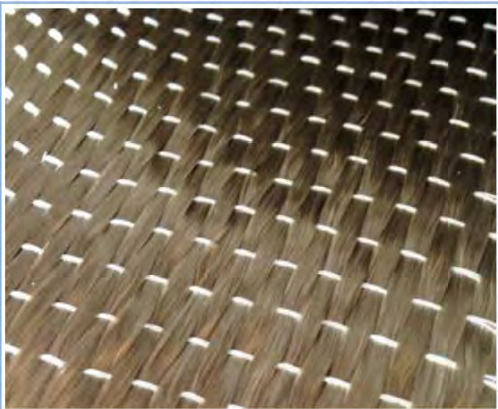
**Proprietà geometriche e meccaniche\*** -Maggio 2015-

**Nastro secco/Trefolo**

Area effettiva di un trefolo (5 fili), $A_{\text{trefolo}}$	0,628 mm <sup>2</sup>
n° trefoli/cm	6,00 trefoli/cm
Massa (prodotto finito)	3000 g/m <sup>2</sup>
Spessore equivalente del rinforzo FRP, $t_{\text{nastro}}$	0,377 mm
Carico di rottura di un trefolo	1620 N
Resistenza del rinforzo FRP, $f_{\text{nastro}}$	2580 MPa
Modulo di elasticità normale del rinforzo FRP, $E_{\text{nastro}}$	190 GPa
Deformazione a rottura FRP, $\epsilon_{\text{nastro}}$	>1,60 %

\* Le proprietà geometriche e meccaniche sono state determinate secondo le direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati".

TESSUTO UNIDIREZIONALE IN **FIBRA DI BASALTO** AD ALTA RESISTENZA PER  
IL RINFORZO STRUTTURALE



**Proprietà geometriche e meccaniche\*** -Luglio 2012-

**Fibra secca (filato)**

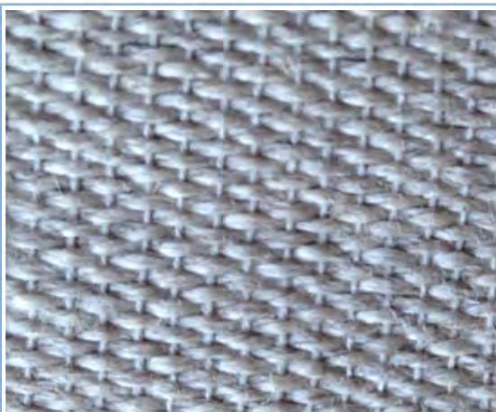
Tensione caratteristica a trazione, $\sigma_{\text{fibra}}$	3080 MPa
Modulo elastico, $E_{\text{fibra}}$	100 GPa
Deformazione a rottura, $\epsilon_{\text{fibra}}$	3,15 %
Densità	2,80 g/cm <sup>3</sup>

**Tessuto impregnato (valori per il calcolo)**

Titolo filato	1200 Tex
n° fili/cm	3,3 Fili/cm
Massa	400 g/m <sup>2</sup>
Spessore equivalente del rinforzo FRP, $t_f$	0,140 mm
Resistenza caratteristica del rinforzo FRP, $f_{rk}$	2000 MPa
Modulo di elasticità normale del rinforzo FRP, $E_f$	95 GPa
Deformazione a rottura del rinforzo FRP, $\epsilon_f$	2,30 %



TESSUTO UNIDIREZIONALE IN **FIBRA DI LINO** AD ALTA RESISTENZA PER IL RINFORZO STRUTTURALE

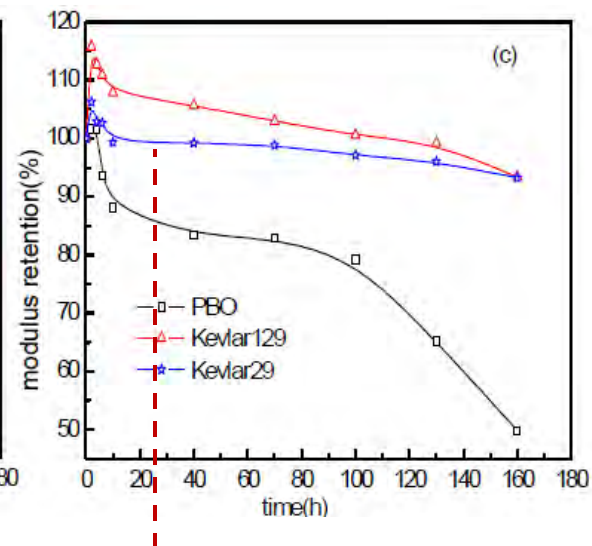
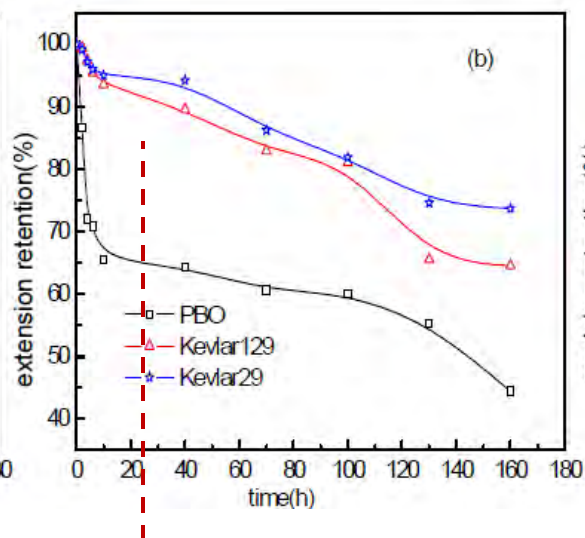
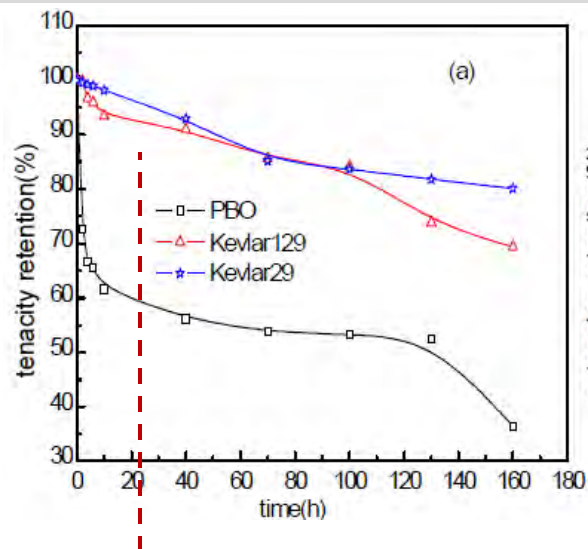


<b>Proprietà geometriche e meccaniche*</b>		<b>-Maggio 2012-</b>
<b>Fibra secca (filato)</b>		
Tensione caratteristica a trazione, $\sigma_{fibra}$	512 MPa	
Modulo elastico, $E_{fibra}$	21,4 GPa	
Deformazione a rottura, $\epsilon_{fibra}$	3,27 %	
Densità	1,5 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Tessuto impregnato (valori per il calcolo)</b>		
Titolo filato	324 Tex	
n° fili/cm	9 Fili/cm	
Massa	430 g/m <sup>2</sup>	
Spessore equivalente del rinforzo FRP, $t_f$	0,267 mm	
Resistenza caratteristica del rinforzo FRP, $f_{fk}$	532 MPa	
Modulo di elasticità normale del rinforzo FRP, $E_f$	43 GPa	
Deformazione a rottura del rinforzo FRP, $\epsilon_f$	2,34 %	

TESSUTO UNIDIREZIONALE IN **FIBRA DI CANAPA** AD ALTA RESISTENZA PER IL RINFORZO STRUTTURALE



<b>Proprietà geometriche e meccaniche*</b>		
<b>Fibra secca (singolo filamento)</b>		
Tensione caratteristica a trazione, $\sigma_{fibra}$	507 MPa	
Modulo elastico, $E_{fibra}$	18,4 GPa	
Deformazione a rottura, $\epsilon_{fibra}$	3,27 %	
Densità	1,5 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Tessuto impregnato (valori per il calcolo)</b>		
Titolo filato	334 Tex	
n° fili/cm	7 Fili/cm	
Massa (comprensivo di termosaldatura)	234 g/m <sup>2</sup>	
Spessore equivalente del rinforzo FRP, $t_f$	0,155 mm	
Resistenza caratteristica del rinforzo FRP, $f_{fk}$	496 MPa	
Modulo di elasticità normale del rinforzo FRP, $E_f$	22 GPa	
Deformazione caratteristica a rottura del FRP, $\epsilon_f$	3,1 %	
Aggiornamento al 04 marzo 2010		



*“[...] un sistema costituito da una rete di fibre di poliparafenilenbenzobisoxazolo (pbo) e da una matrice inorganica stabilizzata studiata per rendere solidale la rete al supporto di calcestruzzo.”*

**CON UN'ESPOSIZIONE DI 24 ORE AI  
RAGGI UV SI HA UNA PERDITA DI  
MODULO ELASTICO DI CIRCA IL 15%  
ALLUNGAMENTO DEL 25%**

(FONTE: “DEGRADATION OF PBO FIBER BY HEAT AND LIGHT”  
XIAOYAN LIU AND WEIDONG YU)





CNR-DT 200 R1/2013

## 7 APPENDICE A (FASI COSTITUENTI DEGLI FRP E LORO CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE)

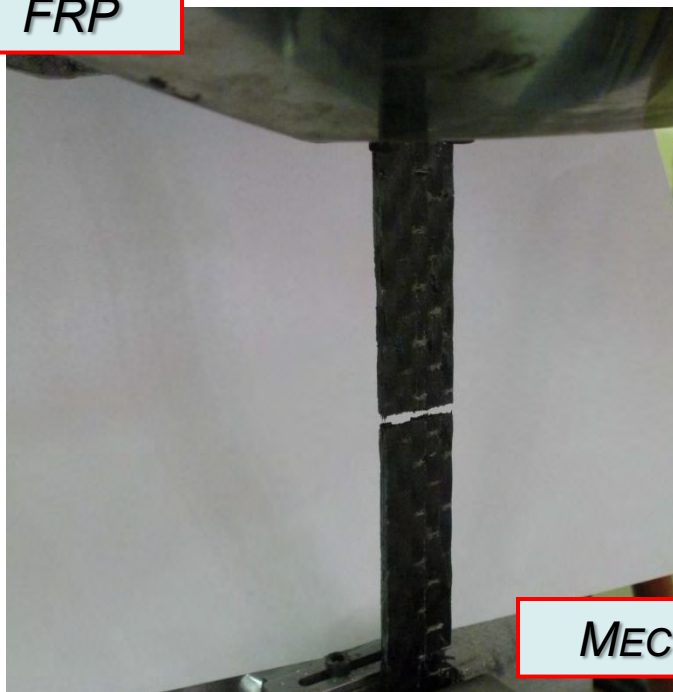
### 7.1 GENERALITÀ

In generale come materiali compositi si intendono quei materiali che soddisfano i seguenti requisiti:

- sono costituiti da due o più materiali (fasi) di natura diversa e “macroscopicamente” distinguibili;
- almeno due delle fasi presentano proprietà fisiche e meccaniche “sufficientemente” diverse tra loro, in modo da impartire al composito proprietà differenti da quelle dei costituenti.

I compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) soddisfano entrambe le suddette caratteristiche: sono infatti costituiti da una matrice polimerica di natura organica e da fibre di rinforzo, le cui principali proprietà sono quantificabili attraverso i valori indicativi riportati in Tabella 7-1.

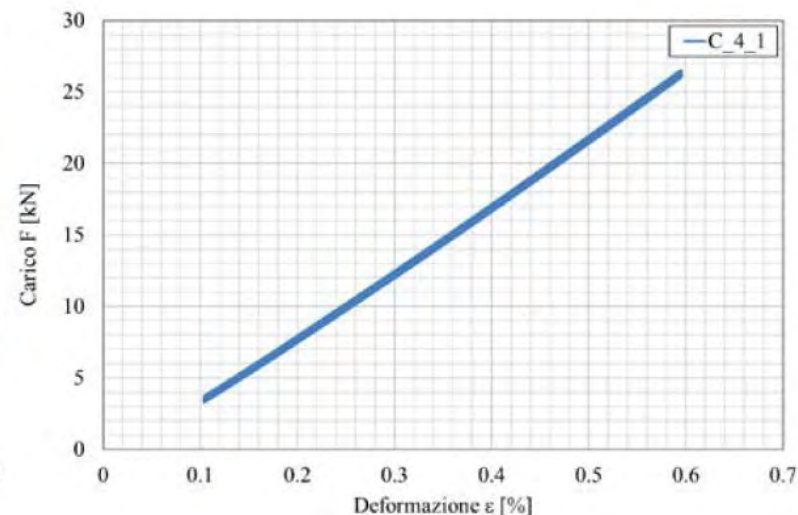
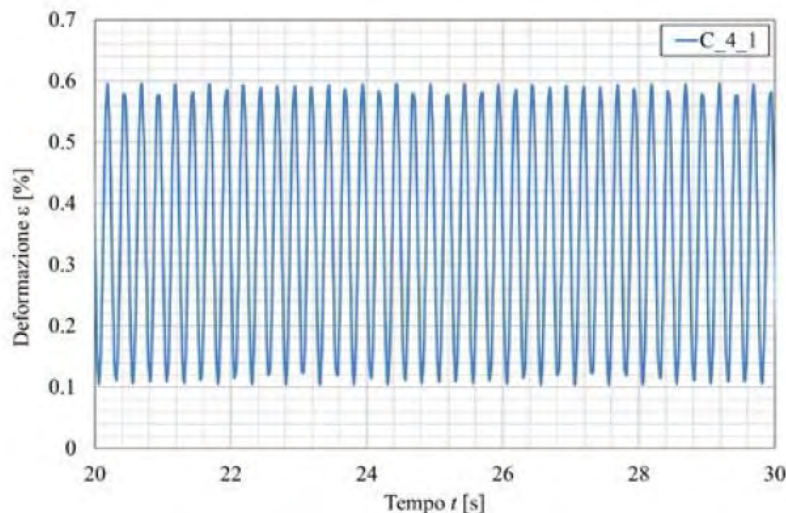
**FRP**



**FRCM**

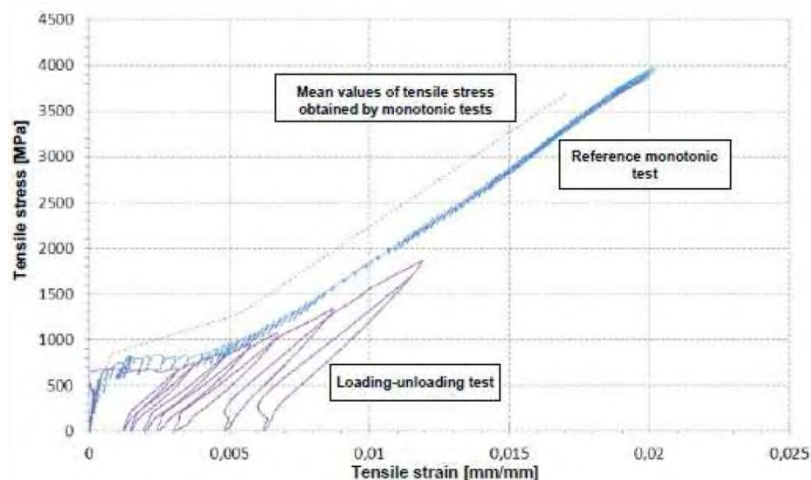


**MECCANISMI DI ROTTURA**



## COMPORTAMENTO CICLICO CFRP

(FONTE: "SPERIMENTAZIONE MECCANICA DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA DI RINFORZO CFRP CARBOSTRU RISPETTO A SOLLECITAZIONI CICLICHE" POLIMI)



## COMPORTAMENTO CICLICO FRCM

(FONTE: "CONTRIBUTI PER UNA LINEA GUIDA SULLA QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI COMPOSITI FRCM" PORF. L. ASCIONE)





## INCREMENTI DI RESISTENZA E DEFORMAZIONI

ACI 549.4R-13

Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures

Reported by ACI Committee 549

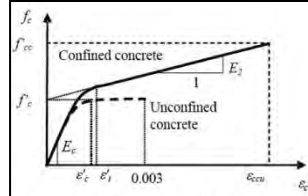


Fig. 11.3.1—Idealized stress-strain diagram for FRCM-confined concrete.

The maximum confined concrete compressive strength,  $f_{cc}'$ , and the maximum confinement pressure,  $f_i$ , is calculated using Eq. (11.3.1d), (11.3.1e), and (11.3.1f)

$$f_{cc}' = f_c' + 3.1\kappa_a f_i \quad (11.3.1d)$$

$$f_i = (2nA_f E_f \epsilon_{fe}) / D \quad \text{for circular cross section} \quad (11.3.1e)$$

$$f_i = (2nA_f E_f \epsilon_{fe}) / (b^2 + h^2)^{1/2} \quad \text{for rectangular cross section} \quad (11.3.1f)$$

where  $A_f$  is the area of mesh reinforcement by unit width;  $n$  is the number of layers of mesh reinforcement;  $D$  is the diameter of the compression member with circular cross section; and  $b$  and  $h$  are the short and the long side dimensions of the compression member with rectangular cross section, respectively. The efficiency factor  $\kappa_a$  is a function of the cross section shape and is calculated as given in 11.3.1.1 and 11.3.1.2 of this guide, respectively. The effective tensile strain level in the FRCM,  $\epsilon_{fe}$ , is given by

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} \leq 0.012 \quad (11.3.1g)$$

The contribution of mortar matrix to compressive strength of the FRCM-confined compression member should be neglected.

The ultimate axial compressive strain of confined concrete,  $\epsilon_{cu}$ , should not exceed 0.01 to prevent excessive cracking and the resulting loss of concrete integrity.  $\epsilon_{cu}$  is calculated using the following stress-strain relationship

$$\epsilon_{cu} = \epsilon_c' \left( 1.5 + 12\kappa_b \frac{f_i}{f_c'} \left( \frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon_c'} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01 \quad (11.3.1h)$$

(9) Il collasso dell'elemento confinato si raggiunge per rottura del composito. Tuttavia, a partire da un certo valore della deformazione assiale, l'elemento confinato con FRP perde di fatto la propria funzionalità potendo assorbire solo modeste ed insignificanti sollecitazioni trasversali. In considerazione di ciò, il collasso dell'elemento confinato è convenzionalmente raggiunto quando si attinge una deformazione limite del composito pari allo 0.4%.

### 4.5.3 Duttilità di elementi pressoinflessi confinati con FRP

(1)P Il confinamento con FRP può essere previsto anche su elementi di calcestruzzo soggetti a pressoflessione (sforzo normale con grande eccentricità). In tal modo è possibile incrementare la loro duttilità e, solo in misura ridotta, la loro resistenza.

(2) In mancanza di determinazioni più accurate, la curvatura ultima di una sezione pressoinflessa può essere valutata ipotizzando, per il calcestruzzo confinato, un classico legame costitutivo del tipo parabola-rettangolo ed amplificando il valore della deformazione ultima,  $\epsilon_{cu}$ , come di seguito indicato:

$$\epsilon_{cu} = 0.0035 + 0.015 \cdot \sqrt{\frac{f_{cu}}{f_{cd}}} \quad (4.41)$$

dove  $f_{cd}$  è la tensione di progetto del calcestruzzo non confinato ed  $f_{i,eff}$  è la pressione efficace di confinamento. Quest'ultima può essere stimata attribuendo alla deformazione ridotta di calcolo del composito fibrorinforzato il valore:

**ATTENZIONE AI SOFTWARE!**



$$\epsilon_{fd,red} = \eta_n \cdot \frac{\epsilon_{fb}}{\gamma_f} \leq 0.6 \cdot \epsilon_{fb} \quad (4.42)$$

**PER LE ACI 549 CON GLI  
FRCM SI HANNO INCREMENTI  
DI RESISTENZA A  
COMPRESSIONE  
INDIPENDENTEMENTE  
DALL'ECCENTRICITÀ DELLA  
AZIONE ASSIALE A DIFFERENZA  
DEGLI FRP (DT200)**



CNR-IRIS 200120

18/04/2010 10:17 - versione 11/11/Maggio/2010

Istruzioni per l'Esecuzione ed il Controllo di opere di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di dispositivi Fibrorinforzati

CNR - Commissione di Studio per la Progettazione e l'Analisi di Sistemi Tecnici relativi alle costruzioni  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PROGETTAZIONE E L'ANALISI DI SISTEMI TECNICI RELATIVI ALLE COSTRUZIONI



## INCREMENTI DI RESISTENZA E DEFORMAZIONI



Allegato alle Linee Guida per la Riparazione e il Rafforzamento di  
elementi strutturali, Tamponature e Partizioni



### Valutazione dell'incremento di duttilità del calcestruzzo e della resistenza a taglio dei pilastri.

Il confinamento delle estremità dei pilastri viene realizzato mediante fasciatura continua  
in tessuto in carbonio unidirezionale.

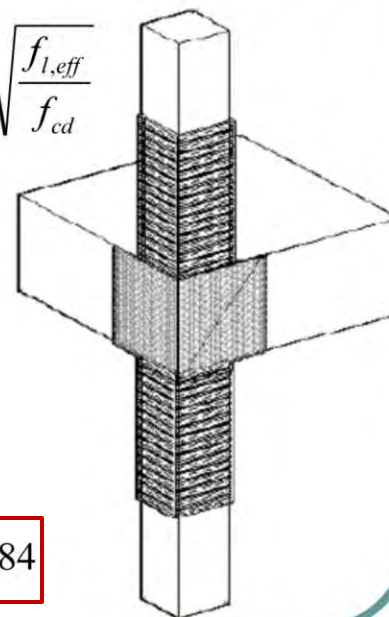
Capacità deformativa del calcestruzzo:  $\varepsilon_{ccu} = 0.0035 + 0.015 \cdot \sqrt{\frac{f_{l,eff}}{f_{cd}}}$

Tessuto di carbonio unidirezionale con deformazione  
caratteristica di rottura a trazione  $\varepsilon_{fk} = 1.4\%$  e modulo elastico  
 $E_f = 230$  GPa, spessore del tessuto secco  $t_f = 0.166$  mm  
(grammatura di  $300$  g/m<sup>2</sup>).

Deformazione ridotta di calcolo:

$$\varepsilon_{fd,rid} = \eta_a \cdot \frac{\varepsilon_{fk}}{\gamma_f} \leq 0.6 \cdot \varepsilon_{fk}$$

$$\varepsilon_{fd,rid} = 0.85 \cdot \frac{0.014}{1.1} = 0.011 \leq 0.6 \cdot 0.014 = \boxed{0.0084}$$



CON QUESTI  
LIVELLI DI  
DEFORMAZIONE  
DELLE FIBRE,  
QUANTO SI  
DEFORMA A  
COMPRESSIONE IL  
CALCESTRUZZO  
( $v=0, 1-0, 2$ )?



*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

*Sezione Prima*

*Adunanza del 20 luglio 2017*

*Protocollo n. 31/2017*

## **QUANDO POSSO USARE GLI FRCM?**

- 1. IL PROGETTISTA DEVE DIMOSTRARE IL LIVELLO DI SICUREZZA PARI O SUPERIORE ALLE NTC**
- 2. LA RESPONSABILITÀ DELLA SCELTA È DEL PROGETTISTA E VA VALUTATA PER OGNI INTERVENTO**

**OGGETTO:** NTC 2008 – Cap. 4.6 e 11.1 lett. C – Qualificazione e progettazione degli interventi in c.a., c.a.p. e murarie mediante materiali FRCM.

Pertanto la Sezione è dell'avviso che, come previsto al Cap. 12, le suddette norme statunitensi ACI 549-4R-13 possano essere utilizzate per la progettazione degli interventi di consolidamento strutturale ovvero di rinforzo purchè sia dimostrato dal progettista che tali norme garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle NTC, e che tale adempimento in linea generale debba far carico al progettista per ogni singolo progetto di consolidamento strutturale ovvero di rinforzo che preveda l'utilizzo degli FRCM.

Tutto ciò premesso, nei suesposti considerato

**È IL PARERE**

della Sezione reso all'unanimità.

**LA COMMISSIONE RELATRICE**



**FRP-FRCM: STATO DELL'ARTE DI QUALIFICAZIONE E PROGETTAZIONE**  
**Settembre 2018**

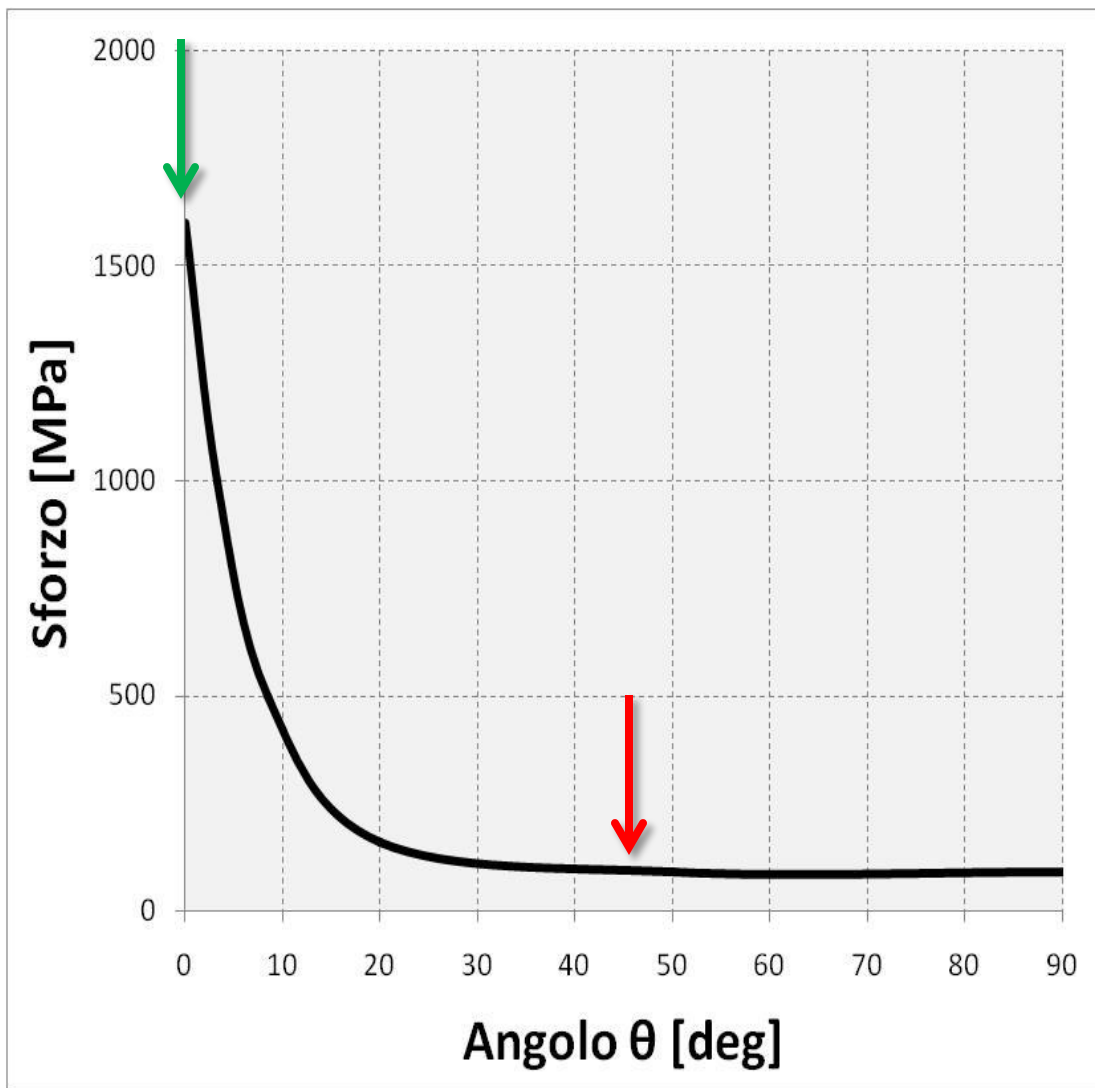
	LINEE GUIDA QUALIFICAZIONE	LINEE GUIDA PROGETTAZIONE
<b>FRP</b>	MIT 2015	CNR DT200/2004 LG CSLLPP 2019 CNR DT200/2013
<b>FRCM</b>	MIT 2018 (in approvazione)	<b>CNR DTXXX/XXXX</b> (in elaborazione)

<b>LINEE GUIDA PROGETTAZIONE FRCM CNR DTXXX/XXXX</b>	
<b>Muratura</b>	Pannelli, Cordoli sommitali, Pilastrini a sola compressione centrata, Archi
<b>CLS</b>	Flessione e compressione centrata <b><u>SOLO CARICHI GRAVITAZIONALI</u></b>

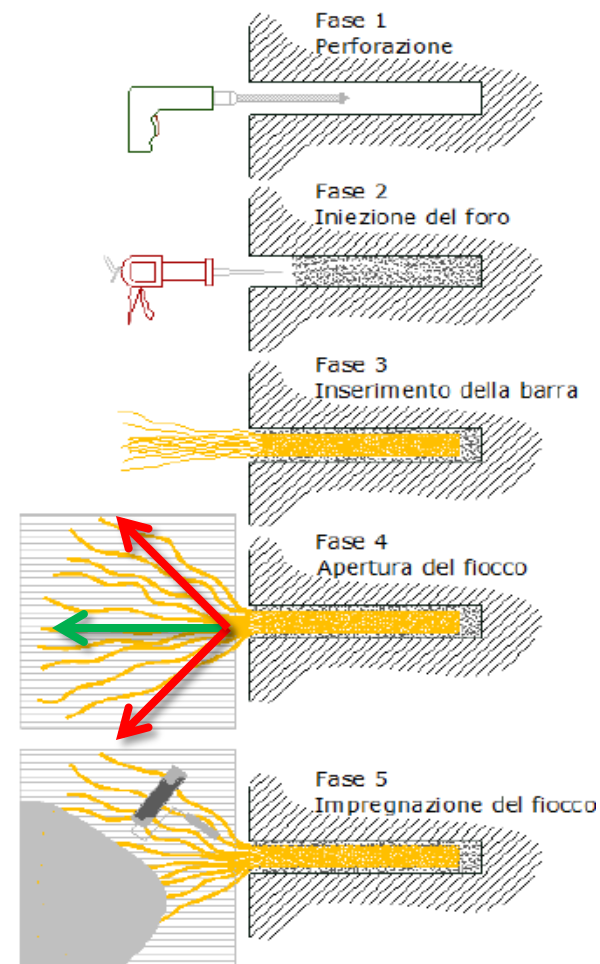


## CRITERIO DI TSAI – HILL

SFORZO DI ROTTURA A TRAZIONE AL VARIARE DELL'ANGOLO  $\theta$  TRA FIBRE E DIREZIONE DELLO SFORZO.



## QUANTE FIBRE LAVORANO NEI FIOCCHI?





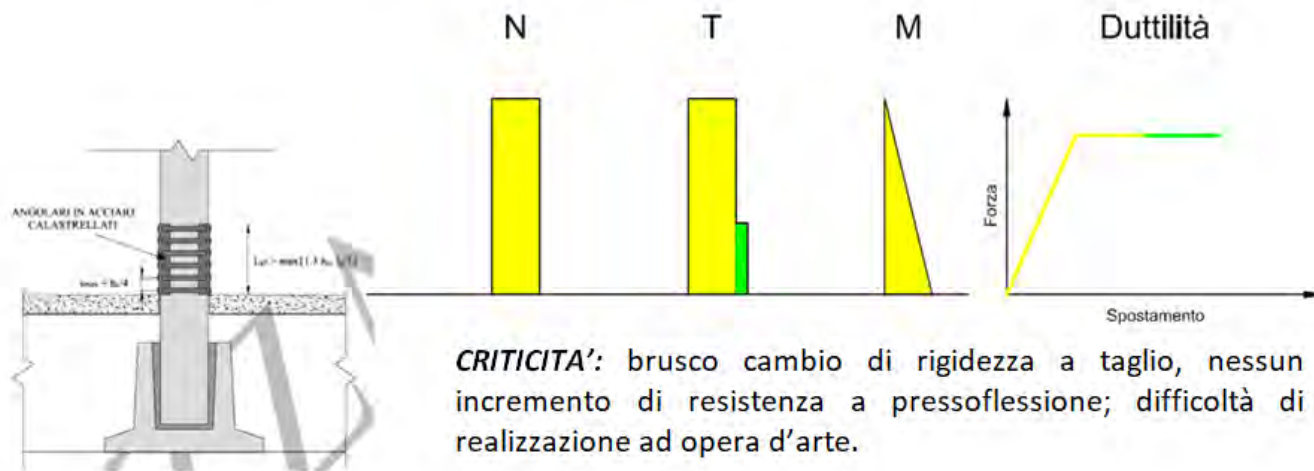
***Se dovesse lavorare  
efficacemente ci sarebbe  
comunque un probabile  
spreco di materiale***

***Angolo vivo***

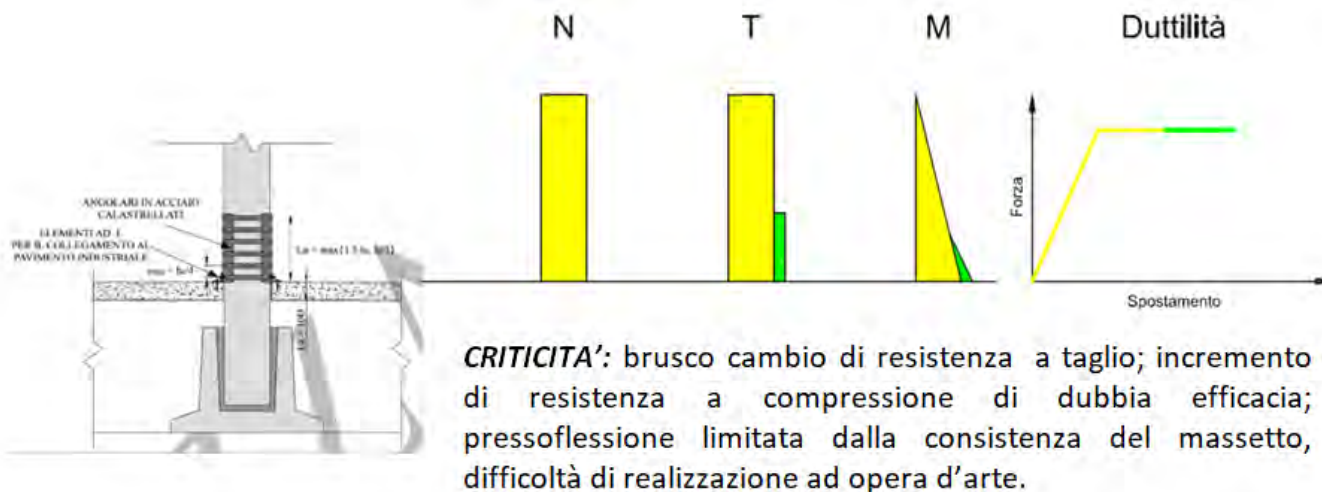




**CONFINAMENTO CON ANGOLARI E CALASTRELLI METALLICI**

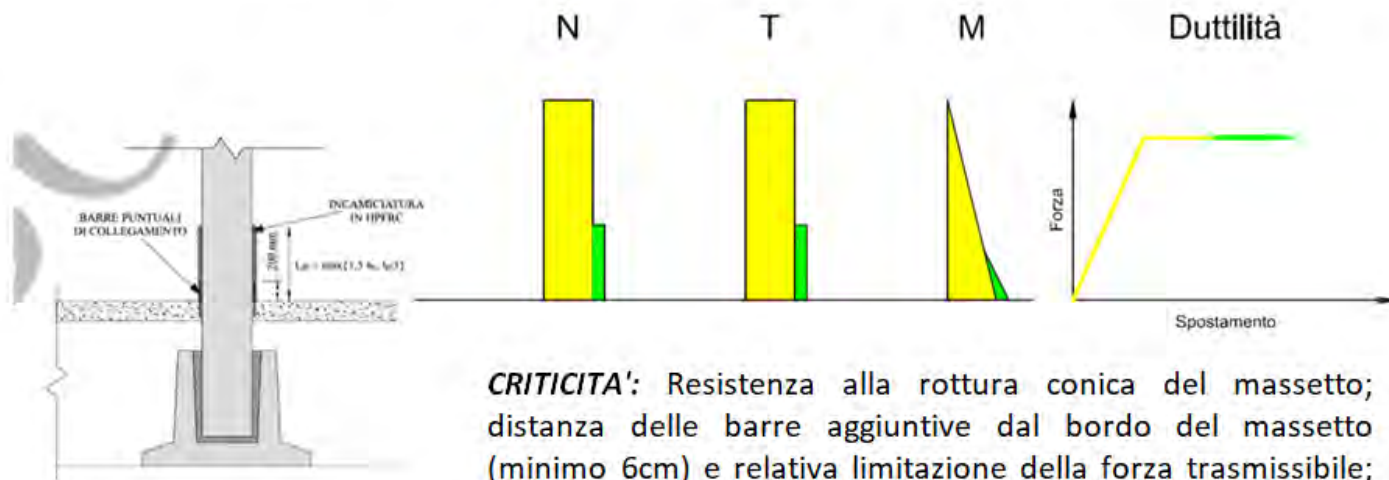


**CONFINAMENTO E RINFORZO CON ANGOLARI E CALASTRELLI METALLICI**



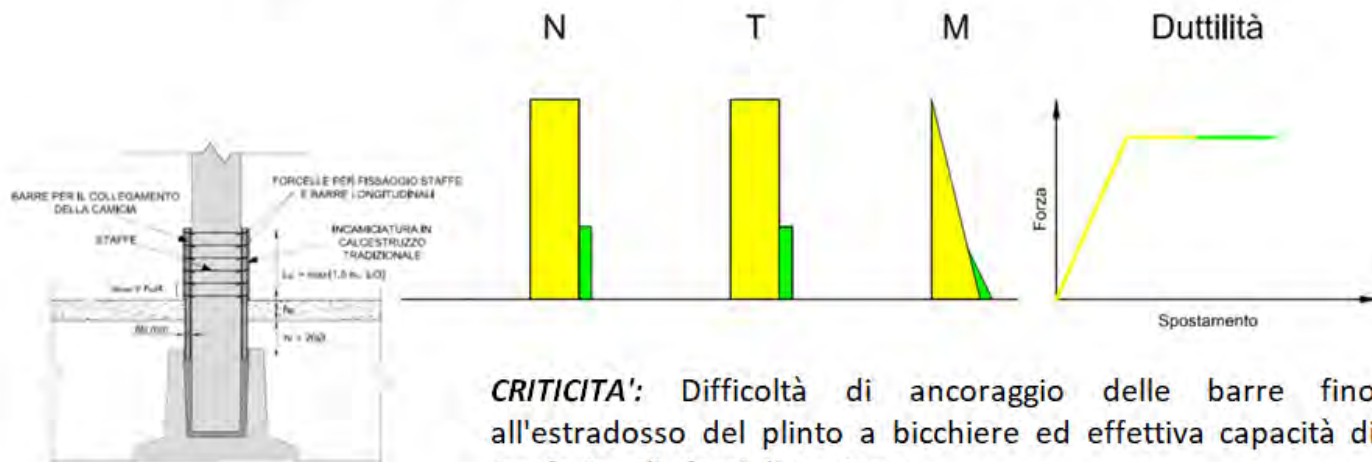


**CONFINAMENTO E RINFORZO CON INCAMICIATURA IN HPFRC**



**CRITICITA':** Resistenza alla rottura conica del massetto; distanza delle barre aggiuntive dal bordo del massetto (minimo 6cm) e relativa limitazione della forza trasmissibile; Materiale utilizzabile solo previa autorizzazione del Cons. Sup.LL.PP.

**CONFINAMENTO E RINFORZO CON INCAMICIATURA IN CA**

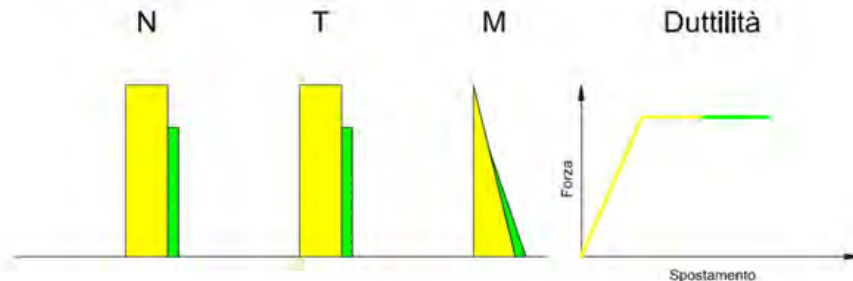
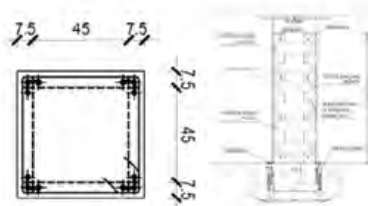


**CRITICITA':** Difficoltà di ancoraggio delle barre fino all'estradosso del plinto a bicchiere ed effettiva capacità di trasferire gli sforzi di trazione.



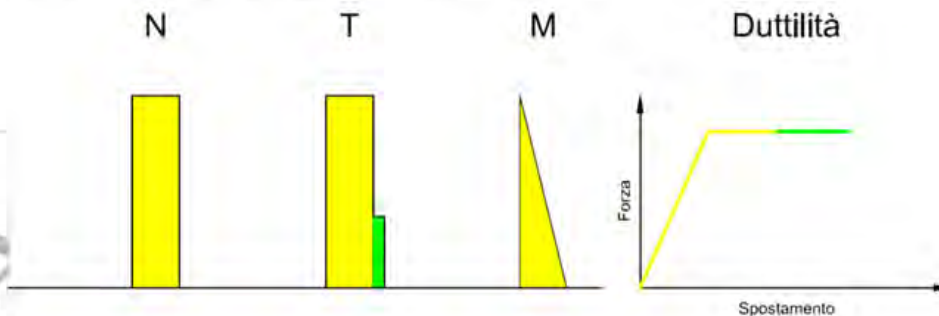
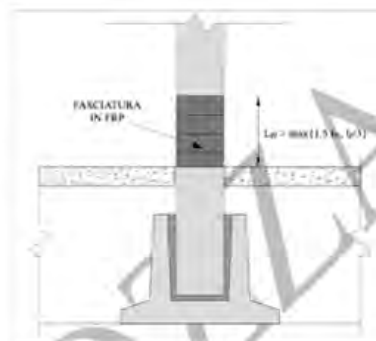


**CONFINAMENTO E RINFORZO CON INCRAVATTATURA METALLICA**



**CRITICITA':** certificazione delle saldature; brusco cambio di resistenza a taglio; incremento di resistenza a compressione di dubbia efficacia; pesante realizzazione; tassellatura degli angolari non compatibile con la disposizione delle armature longitudinali dei pilastri prefabbricati.

**CONFINAMENTO E FASCIATURA IN FRP**



**CRITICITA':** la bontà dell'intervento dipende molto anche dalla corretta smussatura degli angoli del pilastro; le sole fasciature non permettono un miglioramento del comportamento flettente del pilastro.



CONSOLIDAMENTO PILASTRI MEDIANTE **CARBOSTRU® C-System**



N



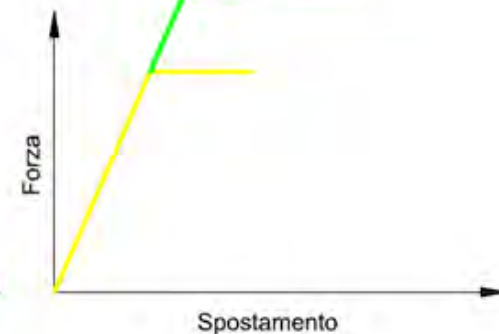
T



M



Duttilità



**VANTAGGI:** Incremento duttilità, resistenza a taglio e pressoflessione, nessun sensibile incremento di rigidezza; velocità di realizzazione - VALIDATO MEDIANTE CAMPAGNE SPERIMENTALI



# LINEE GUIDA FRP CSLLP

## 2 CONCETTI BASILARI DEL PROGETTO DI RINFORZO E PROBLEMATICHE SPECIALI

Formano oggetto del presente capitolo gli interventi di rinforzo delle strutture esistenti di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e di muratura per i quali si vogliono impiegare compositi fibrorinforzati per il consolidamento di elementi strutturali non soddisfacenti i requisiti e le verifiche di sicurezza prescritte dalla Normativa vigente.

Si assume che:

- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;
- siano garantite un'adeguata supervisione ed un controllo di qualità durante lo sviluppo del processo;
- i materiali da costruzione ed i prodotti utilizzati siano impiegati come di seguito specificato.

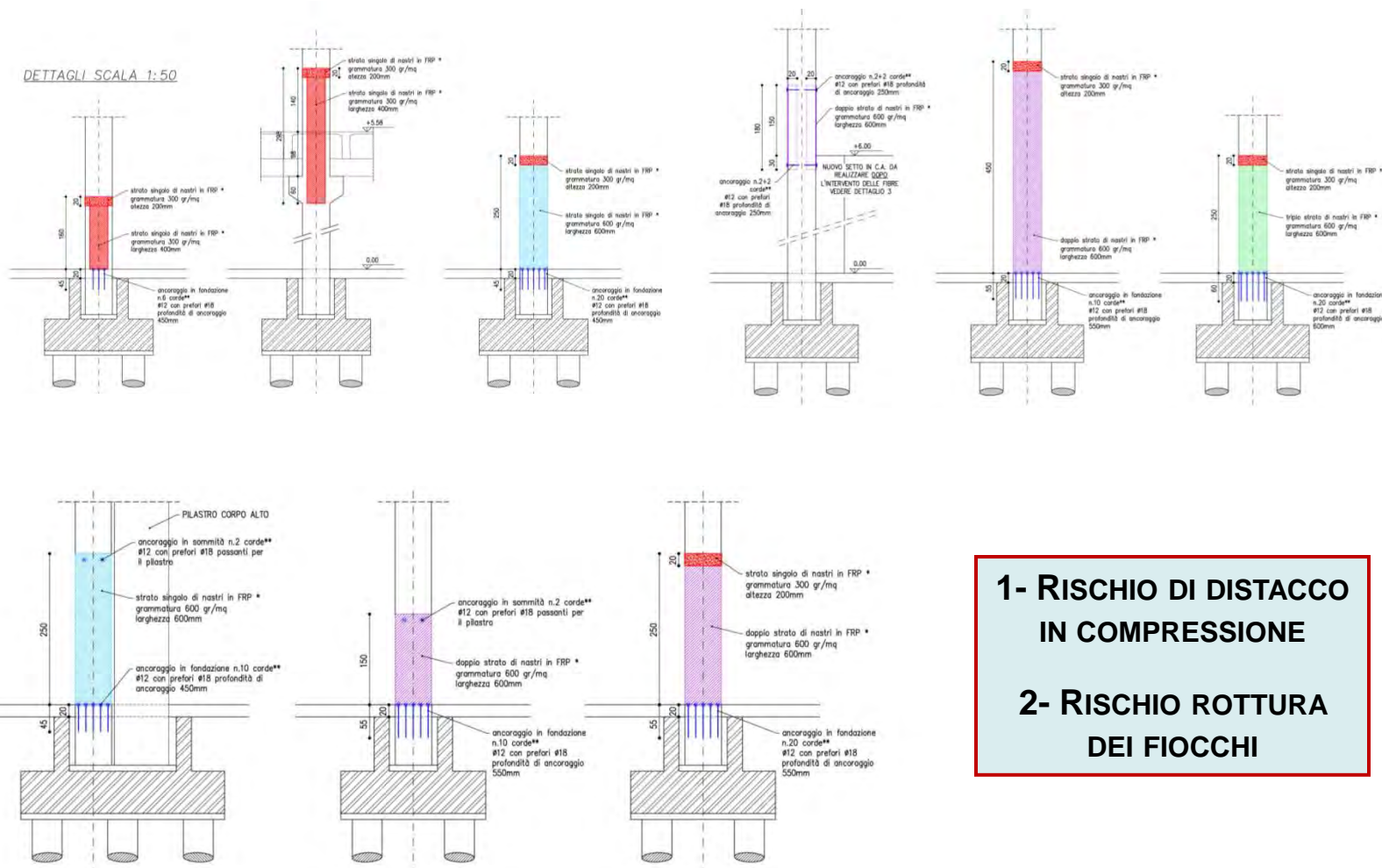
Il progetto del sistema di rinforzo deve soddisfare requisiti di resistenza, di esercizio e di durabilità. In caso di incendio, la resistenza del rinforzo deve essere adeguata al tempo di esposizione che si vuole garantire.

Il sistema di rinforzo deve essere posizionato nelle zone in cui è necessario resistere a tensioni di trazione. Non si devono affidare tensioni di compressione al composito fibrorinforzato.



## **ERRORI PROGETTAZIONE E DI RELIZZAZIONE**

DETTAGLI SCALA 1:50



- 1- RISCHIO DI DISTACCO IN COMPRESIONE**
- 2- RISCHIO ROTTURA DEI FIOCCHI**

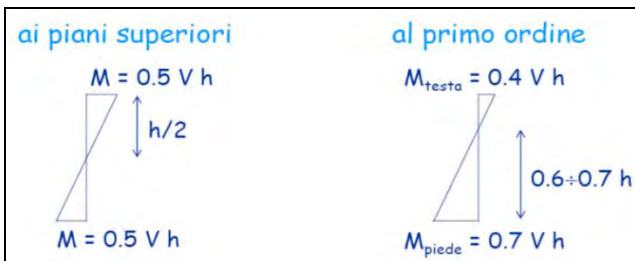
FRP Frequently Committed Errors: errori dalla progettazione alle applicazioni  
Ing. Christian di Feo



**INCREMENTO DI RESISTENZA A FLESSIONE CON FRP?**

**1. NÉ ALLA BASE NÉ ALLA SOMMITÀ: IN CORRISPONDENZA DI TRAVI E SOLAI L'FRP SI INTERROMPE!**

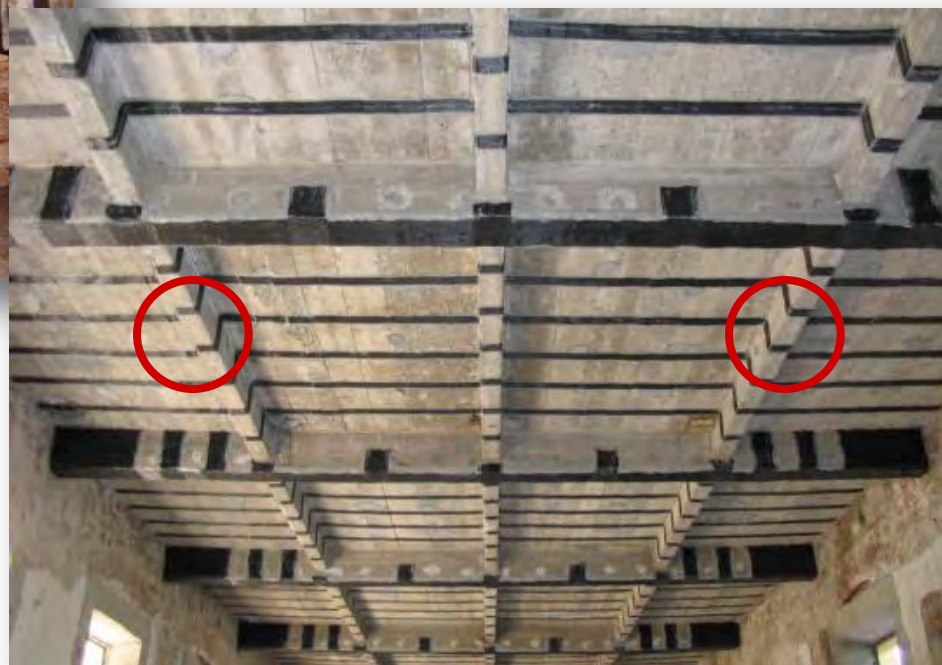
**2. FRP PER L'INCREMENTO DI RESISTENZA A COMPRESSIONE? CON QUALE MODULO ELASTICO?**



**DIAGRAMMA MOMENTO FLETTENTE SUI PILASTRI DOVUTO AL SISMA**



## ***ERRATO TAILORING DEI COMPOSITI***



**NON CI DEVONO ESSERE  
CONCAVITÀ LUNGO LO SVILUPPO  
DEI NASTRI IN FIBRA DI CARBONIO**

- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;

## ***ERRATO TAILORING DEI COMPOSITI***



***LA TRAZIONE CHE PER EFFETTO DEL TAGLIO SI  
DOVREBBE SVILUPPARE SULLA FASCIATURA IN PARETE  
NON PUÒ CHE DISTACCARLA DAL CLS***



**DOVREBBE ESSERE UN  
RINFORZO A TAGLIO DI  
UNA TRAVE A CASSONE**

- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;

## ***ERRATO TAILORING DEI COMPOSITI***



### **LISTA ERRORI:**

- 1) Matrici cementizie (non ammesse)
- 2) Fibre PBO (non ammesse)
- 3) Spigoli non arrotondati



- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;





## ***MANODOPERA NON SPECIALIZZATA***

### **Applicazioni della resina con metodi FAI DA TE**



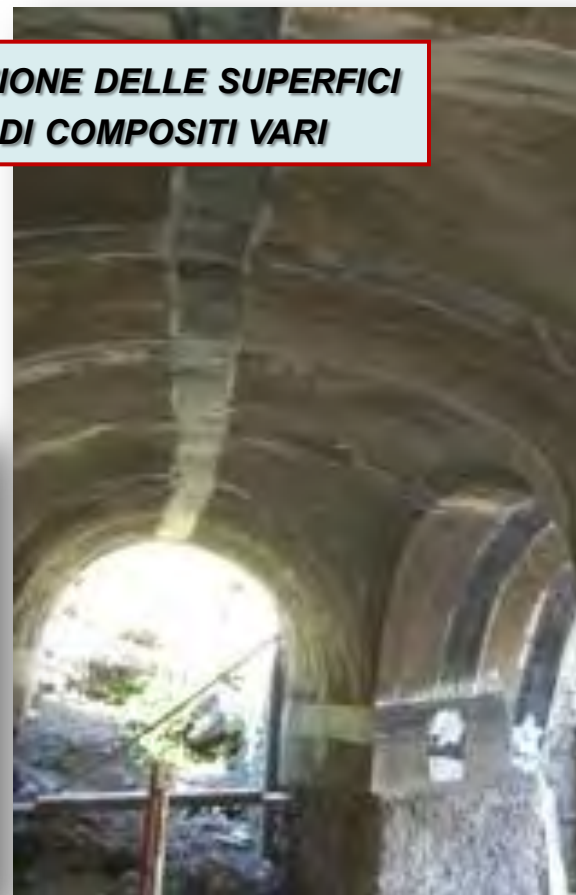
- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;



## ***MANODOPERA NON SPECIALIZZATA***



***MANCATA PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI  
"MARMELLATA" DI COMPOSITI VARI***



- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;



## ***MANODOPERA NON SPECIALIZZATA***



***MANCATA PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI  
COMPOSITO POSATO NON CORRETTAMENTE***

- la scelta ed il progetto del sistema di rinforzo siano eseguiti da tecnici qualificati ed esperti;
- la successiva esecuzione dell'intervento sia effettuata da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza;



## ***TUTTI GLI ERRORI PRESENTI NELLO STESSO INTERVENTO***

***MANCATA PREPARAZIONE DELLE  
SUPERFICI***



***ANDAMENTO DEI TESSUTI UNIDIREZIONALI  
“A MONTAGNA RUSSA”***



***SUPERFICIE NON PREPARATA, NON PULITA, RESINA NON  
POLIMERIZZATA! BASTA UN DITO PER SOLLEVARE QUELLO CHE  
AVREBBE DOVUTO ESSERE UN RINFORZO!***





Ordine Ingegneri della Provincia di Forlì  
Cesena

**Grazie per l'attenzione**

*Ing. Christian di Feo* – **INTERBAU srl**  
*c.difeo@interbau-srl.it*

*Lunedì 2 Ottobre 2018 - ore 8.45 - 18.15*