

**OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA
- EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA -**

MODULO 2 : MATERIALI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL RETROFIT ANTISISMICO

Interventi di rinforzo su strutture
esistenti con materiali compositi

Prof. Francesca Ceroni

(Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di
Napoli Parthenope)

Prof. Lidia La Mendola

(Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso il
Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo)

**OTTAVA EDIZIONE DELLA GIORNATA NAZIONALE DELLA PREVENZIONE SISMICA
- EVENTI FORMATIVI SULLA PREVENZIONE SISMICA -**

MODULO 2 : MATERIALI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL RETROFIT ANTISISMICO

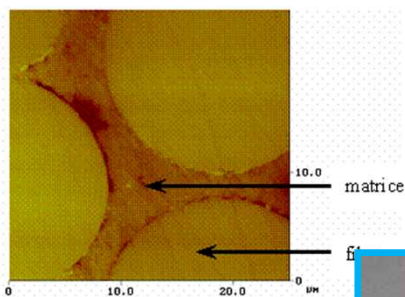
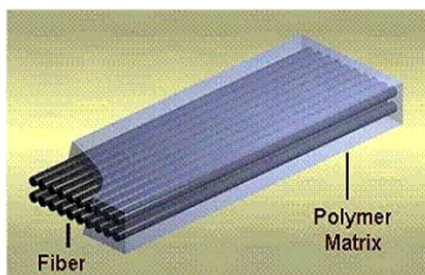
Interventi di rinforzo su strutture esistenti con
materiali compositi – 1
Quadro normativo

Prof. Francesca Ceroni

(Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di
Napoli Parthenope)

✓ Materiali compositi fibrorinforzati a matrice plastica (FRP)

Costituiti da fibre di diverso tipo (principalmente carbonio, vetro, basalto, aramide) inglobate in una matrice a base di resina epossidica che a polimerizzazione avvenuta ha la funzione di proteggere le fibre e consentire un'uniforme ripartizione degli sforzi.



Lamine e tessuti per rinforzo esterno

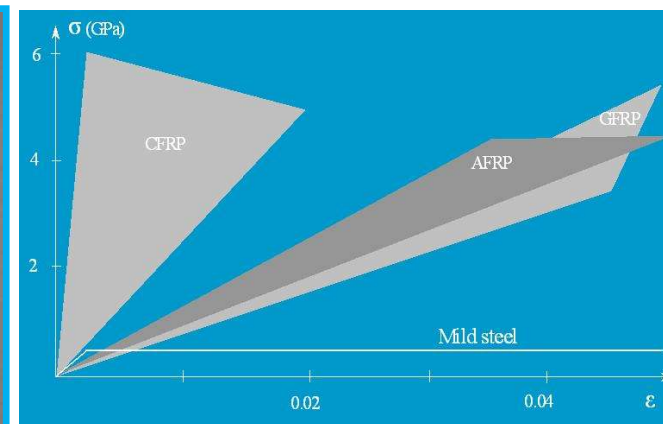
Per incrementare la capacità portante di elementi strutturali esistenti



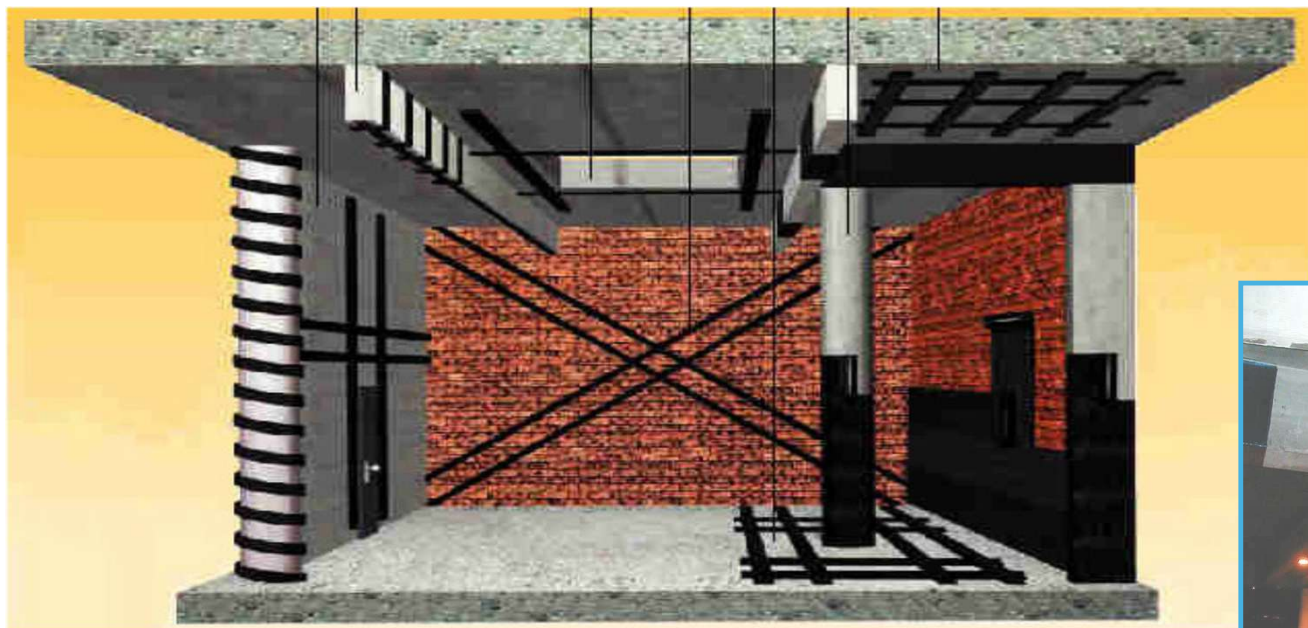
**Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati**

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

CNR DT 200

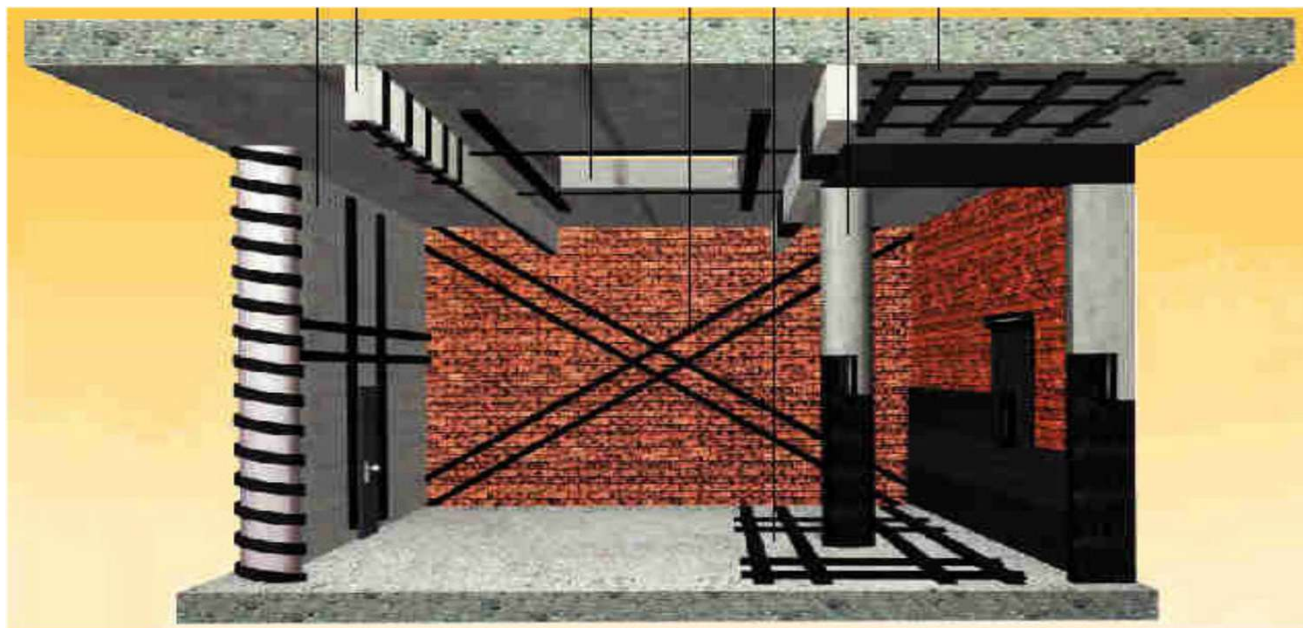


Quando si usa il rinforzo esterno con materiali FRP?



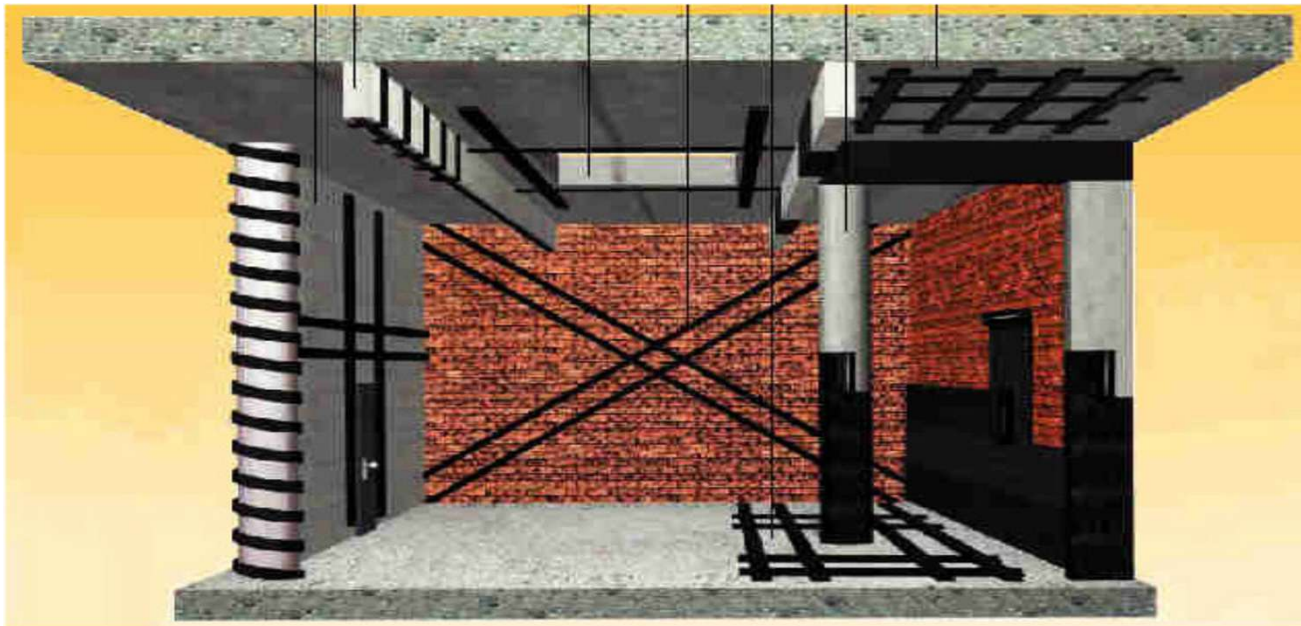
- Rinforzo a flessione di travi e solai in c.a., di pareti in muratura
- Rinforzo a taglio di travi in c.a. e pareti in muratura
- Confinamento di colonne, pilastri in c.a. e muratura

Quando si usa il rinforzo esterno con materiali FRP?



- Rinforzo a flessione di travi e solai in c.a., di pareti in muratura
- Rinforzo a taglio di travi in c.a. e pareti in muratura
- Confinamento di colonne, pilastri in c.a. e muratura

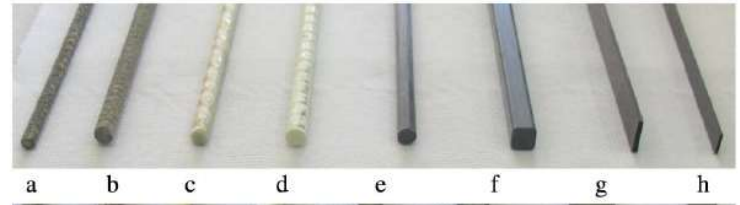
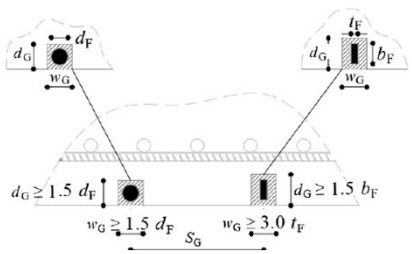
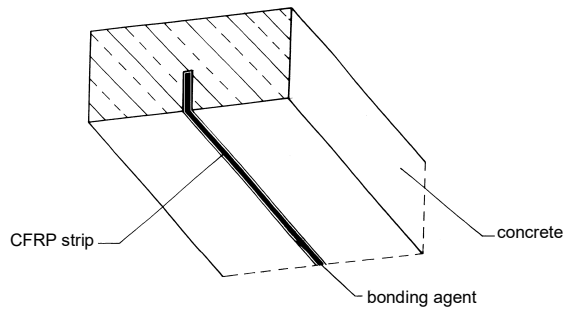
Quando si usa il rinforzo esterno con materiali FRP?



- Rinforzo a flessione di travi e solai in c.a., di pareti in muratura
- Rinforzo a taglio di travi in c.a. e pareti in muratura
- Confinamento di colonne, pilastri in c.a. e muratura

Altre applicazioni di materiali fibrorinforzati: tecnica NSM

Applicazione di barre o lamine di FRP inserite in scalature superficiali realizzate negli elementi in muratura o calcestruzzo da rinforzare.



✓ Materiali compositi fibrorinforzati a matrice cementizia - FRCM

FASE FIBROSA (vetro, carbonio, basalto, PBO, acciaio, canapa...) + FASE MATRICE (a base cementizia)



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 a Matrice Inorganica

CNR DT 215/2019



Quando si usa il rinforzo esterno con materiali FRCM

- Rinforzo a flessione di solette in c.a. e pareti in muratura
- Rinforzo a taglio di pareti in muratura
- Rinforzo di volte in muratura
- Confinamento di pilastri in c.a. e muratura
- Cerchiature e cordolature armate in edifici in muratura



Quando si usa il rinforzo esterno con materiali FRCM

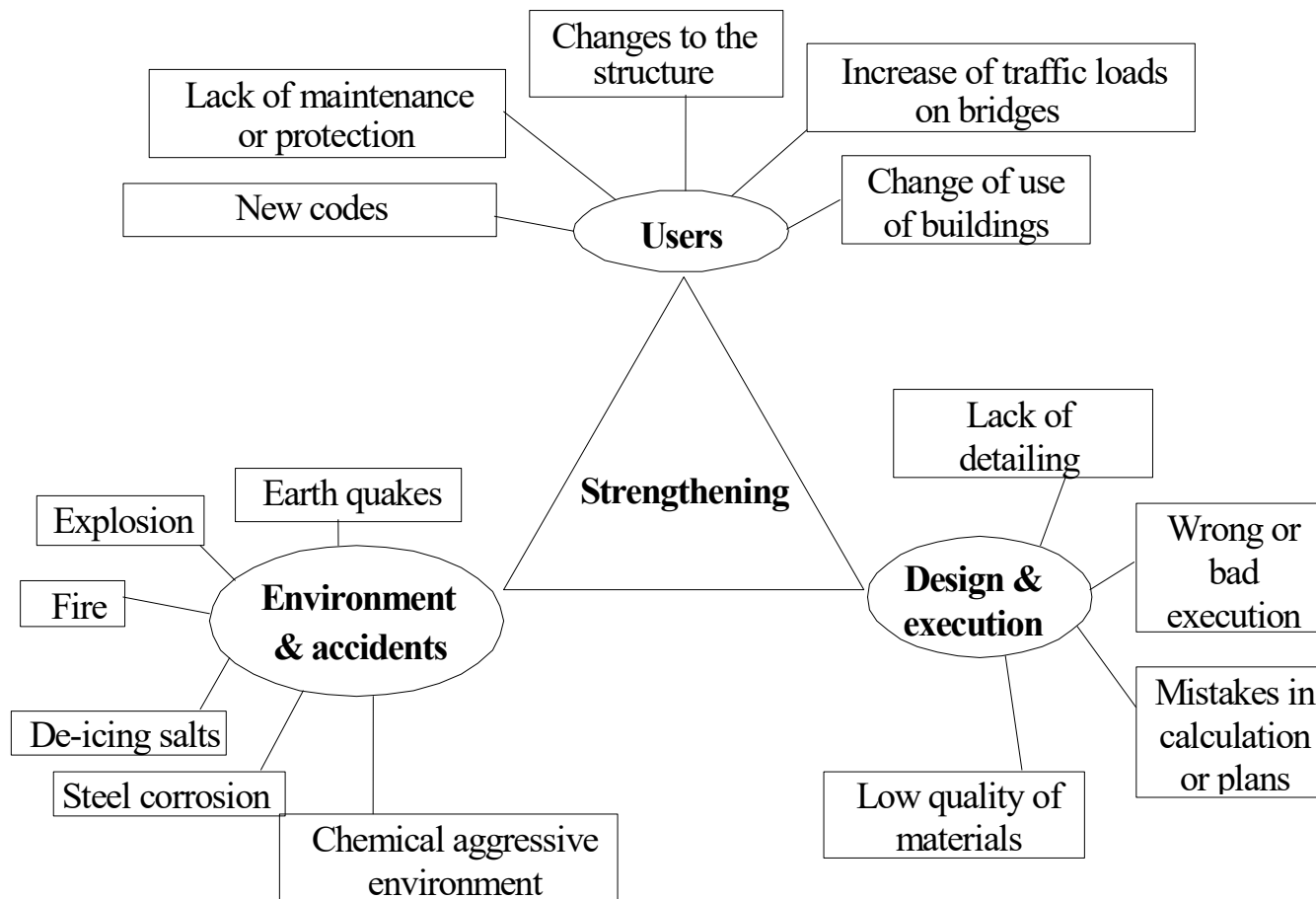
- Rinforzo a flessione di solette in c.a. e pareti in muratura
- Rinforzo a taglio di pareti in muratura
- Rinforzo di volte in muratura
- Confinamento di pilastri in c.a. e muratura
- Cerchiature e cordolature armate in edifici in muratura



✓ Sistemi FRP e FRCM come sistema antiribaltamento di tramezzi e tompagni sotto azioni orizzontali



Le cause che determinano la necessità di rinforzare gli elementi strutturali



- Le tecniche di rinforzo con materiali compositi FRP/FRCM/CMR sostituiscono il tradizionale placcaggio con piatti di acciaio (beton plaqu ) o con intonaci armati, risultando pi  competitive a causa di: estrema leggerezza, ridotta invasivit  dell'intervento (ridottissimo incremento di geometria e massa), elevata durabilit , velocit  di esecuzione, buona reversibilit .
- Il ridotto incremento di geometria e di massa   un beneficio importante se si opera in zona sismica.
- La ridotta invasivit  di tali tipologie di intervento   particolarmente interessante per le strutture in muratura di interesse storico-artistico.
- La facilit  e la rapidit  di posa in opera   un aspetto importante per gli interventi su strutture viarie (ponti, strade, cavalcavia) nei quali la possibilit  di chiudere il servizio o di limitarlo per breve tempo ha influenza nella valutazione complessiva dei costi-benefici dell'intervento.

Il rinforzo con materiali compositi non pu  risolvere tutti i problemi di una struttura

- forti irregolarit  degli edifici (in termini di resistenza e/o rigidit ) non possono essere sanate con tali tecniche di rinforzo;
- una maggiore regolarit  in resistenza dell'edificio pu  essere ottenuta rinforzando gli elementi in maniera mirata;
- gli interventi devono essere sempre volti a migliorare la duttilit  locale;
- l'introduzione di rinforzi locali non deve ridurre la duttilit  globale della struttura.

NTC 2018 – Cap. 8.6

8.6. MATERIALI

Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali, purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità di cui al Capitolo 12.

CAPITOLO 12.

RIFERIMENTI TECNICI



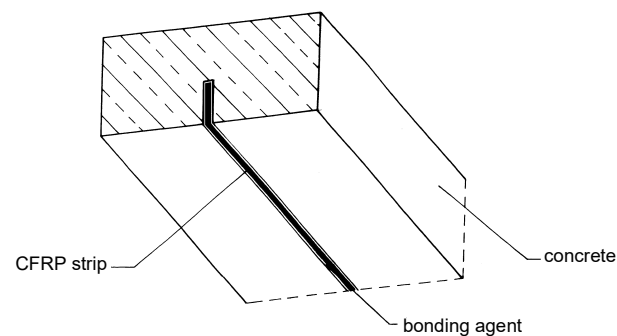
Per quanto non diversamente specificato nella presente norma, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove su materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sul documento stesso;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Indicazioni normative per materiali FRP per rinforzo esterno



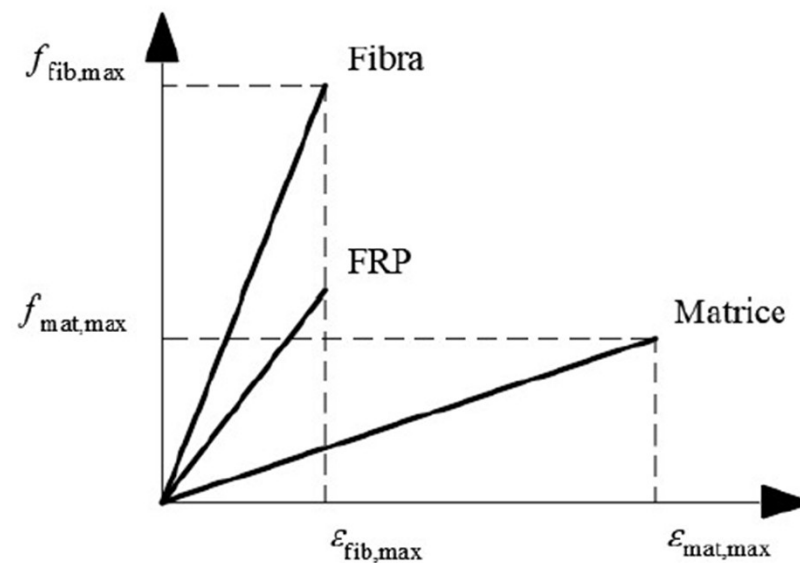
✓ CNR DT 200/R2 - 2025

2 MATERIALI	15
2.1 INTRODUZIONE	15
2.2 CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI RINFORZO	15
2.2.1 Proprietà meccaniche dei sistemi di rinforzo	16
2.2.2 Sistemi preformati	18
2.2.3 Sistemi impregnati <i>in situ</i>	19
2.2.3.1 Determinazione di A_{fib}	19
2.2.3.2 Caratteristiche meccaniche dei sistemi impregnati <i>in situ</i>	21
2.2.3.3 Confronto tra le caratteristiche di un laminato preformato e di un tessuto impregnato <i>in situ</i>	21
2.2.4 Sistemi preimpregnati	22
2.3 CONTROLLO DEI MATERIALI	23
2.3.1 Qualificazione dei materiali	23
2.3.2 Compiti e responsabilità degli operatori	25
2.4 TRASPORTO, STOCCAGGIO, CONSERVAZIONE, MOVIMENTAZIONE ED UTILIZZO	26

CNR-DT 200/2025

**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/R2 - 2025**

3 CONCETTI BASILARI DEL PROGETTO DI RINFORZO E PROBLEMATICHE SPECIALI 28

3.1 REQUISITI FONDAMENTALI 28

3.2 REQUISITI DI DURABILITÀ 29

3.3 PRINCIPI GENERALI DEL PROGETTO DI RINFORZO 29

3.3.1 Generalità 29

3.3.2 Vita utile ed azioni di calcolo 30

3.3.3 Proprietà dei materiali e relativi valori di calcolo 30

3.3.4 Capacità di calcolo 31

3.4 FATTORI PARZIALI 31

3.4.1 Fattori parziali γ_f per i materiali FRP 31

3.4.2 Fattori parziali γ_{Ra} per i modelli di resistenza 31

3.5 PROBLEMI SPECIALI DI PROGETTO E RELATIVI FATTORI DI CONVERSIONE 32

3.5.1 Azioni ambientali e fattore di conversione ambientale 32

3.5.2 Modalità di carico e fattore di conversione per effetti di lunga durata 34

3.5.3 Resistenza alle azioni causate da impatto ed esplosione 35

3.5.4 Resistenza alle azioni causate da atti vandalici 35

3.6 LIMITI DEL RINFORZO NEL CASO DI ESPOSIZIONE AL FUOCO 35

Tabella 3-2 – Fattori parziali γ_{Rd}

Modello di resistenza	γ_{Rd}
Flessione/Pressoflessione	1.00
Taglio/Torsione	1.20
Confinamento	1.10

Tabella 3-1 – Fattori parziali γ_f

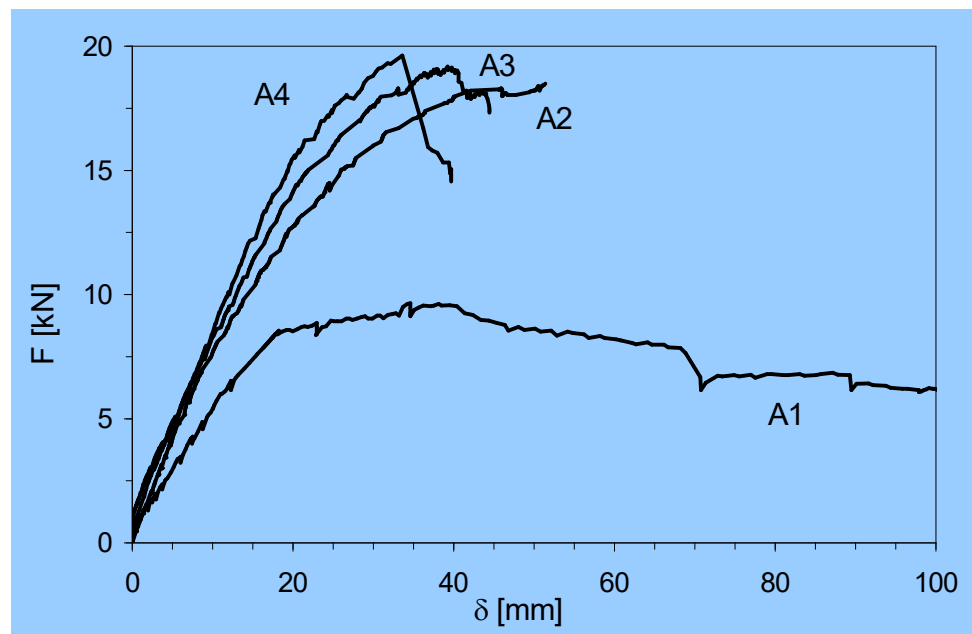
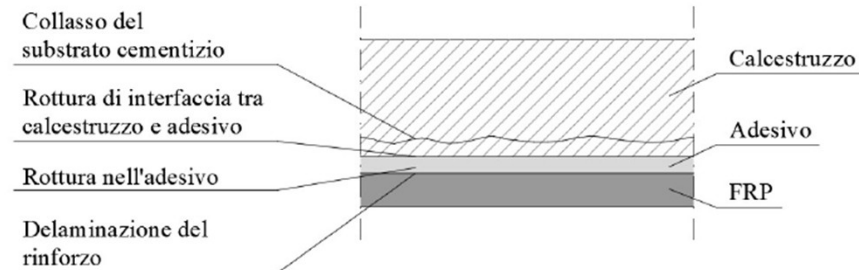
Stato limite		
SLE	γ_{f0}	1.00
SLU: Rottura a trazione di laminati FRP	γ_{f1}	1.25
SLU: Rottura a trazione di tessuti impregnati <i>in situ</i>	γ_{f1}	1.30
SLU: Distacco dal supporto per sistemi EBR	γ_{f2}	1.30
SLU: Distacco dal supporto per sistemi EBR in presenza di ancoraggi a sfiocco	γ_{f2}	1.30
SLU: Distacco dal supporto per sistemi NSM:	γ_{f3}	
Barre di FRP nervate, dentellate o con avvolgimento a spirale		1.30
Laminati o barre di FRP con superficie liscia o sabbiata		1.70

Tabella 3-3 – Fattore di conversione ambientale η_a per varie condizioni di esposizione e vari sistemi di FRP con matrice in resina epossidica.

Condizione di esposizione	Tipo di fibra	η_a
Interna	Vetro	0.75
	Arammidica	0.85
	Carbonio – preformati	0.95
	Carbonio – <i>prepreg</i> e impregnati in sito	0.95
	Acciaio	0.95
Esterna	Vetro	0.65
	Arammidica	0.75
	Carbonio – preformati	0.95
	Carbonio – <i>prepreg</i> e impregnati in sito	0.80
	Acciaio	0.80
Ambiente aggressivo	Vetro	0.50
	Arammidica	0.70
	Carbonio – preformati	0.90
	Carbonio – <i>prepreg</i> e impregnati in sito	0.75
	Acciaio	0.75

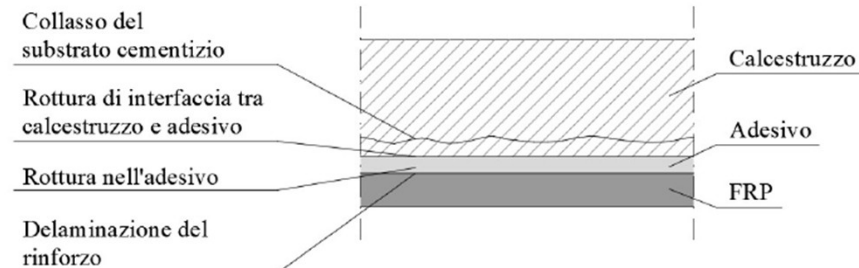
✓ CNR DT 200/R2 - 2025

✓ Valutazione della resistenza al distacco dal supporto: cor



✓ CNR DT 200/R2 - 2025

✓ Valutazione della resistenza al distacco dal supporto: cor



✓ CNR DT 200/R2 - 2025

4 RINFORZO DI STRUTTURE DI C.A. E DI C.A.P.

Verifiche a FLESSIONE/PRESSOFLESSIONE - SLU

- ✓ Valutazione della **resistenza al distacco** dal supporto per sistemi EBR
- ✓ Valutazione della **resistenza al distacco** dal supporto per sistemi NSM
- ✓ Valutazione dell'effetto di **sistemi di ancoraggio**



Valutazione della deformazione massima di trazione nel rinforzo per verifiche per delaminazione di estremità e delaminazione intermedia

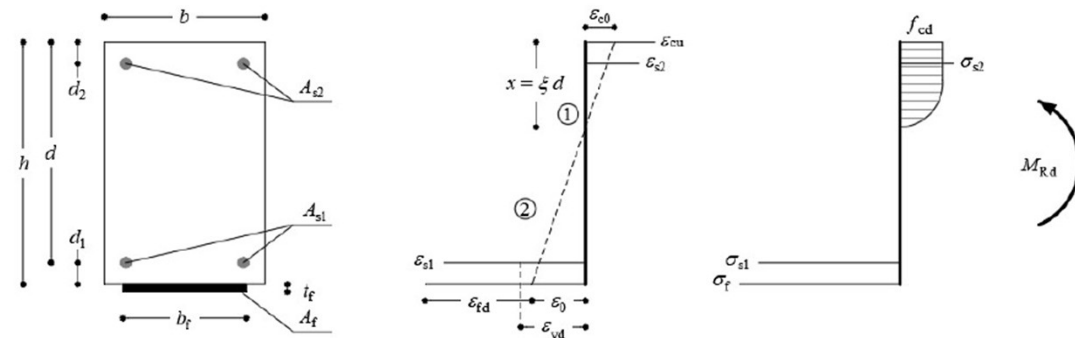
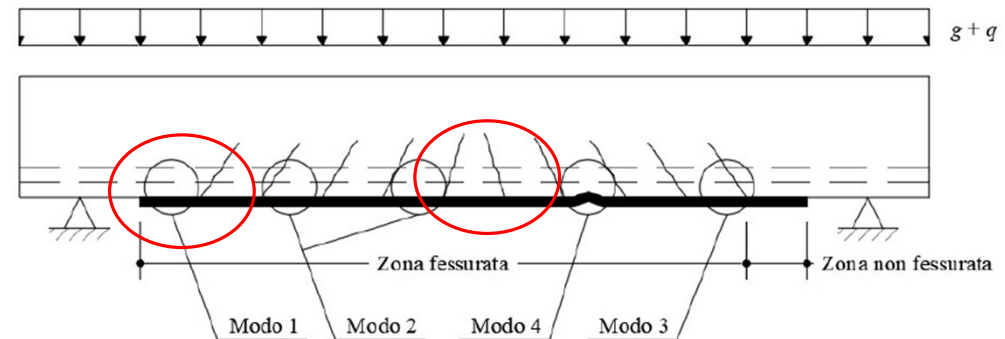


Calcolo del momento resistente della sezione in c.a. rinforzata con FRP

CNR-DT 200/2025

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

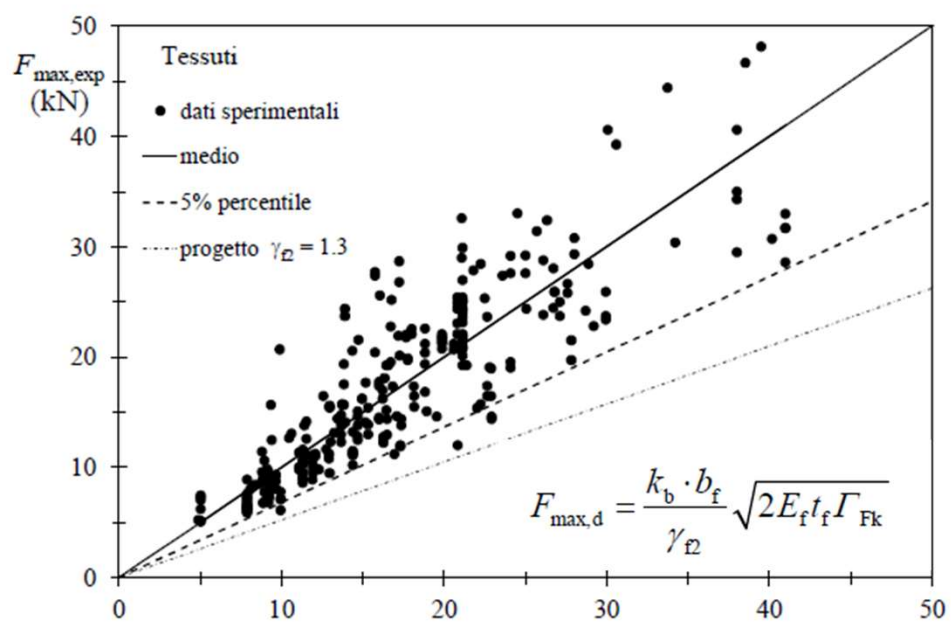


✓ **CNR DT 200/R2 - 2025**

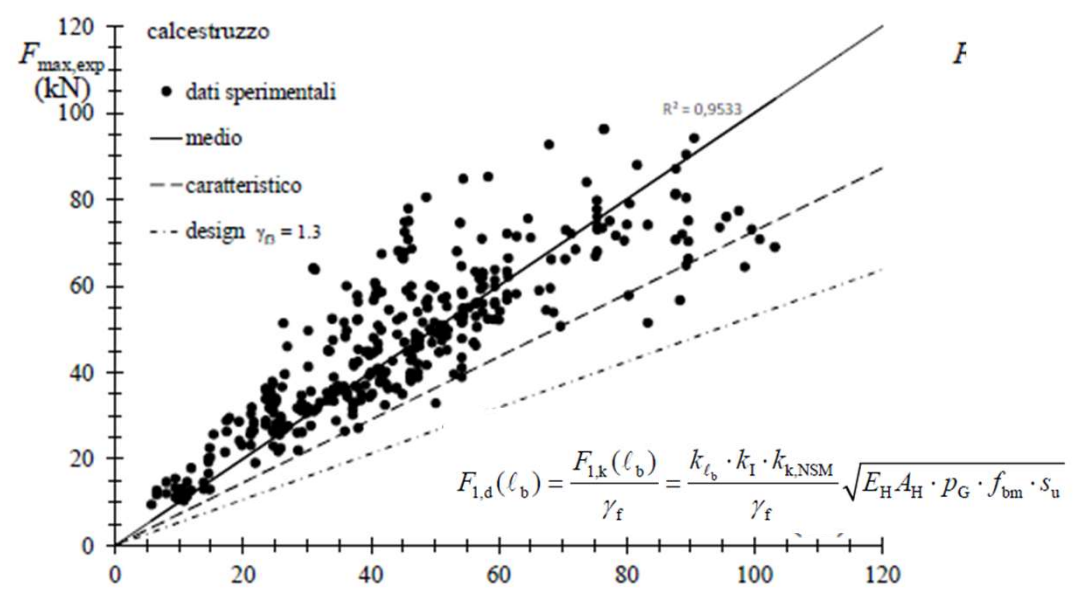
✓ Valutazione della resistenza al distacco dal supporto: formule di progetto

CNR-DT 200/2025
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

Sistemi FRP EBR



Sistemi FRP NSM



✓ CNR DT 200/R2 - 2025

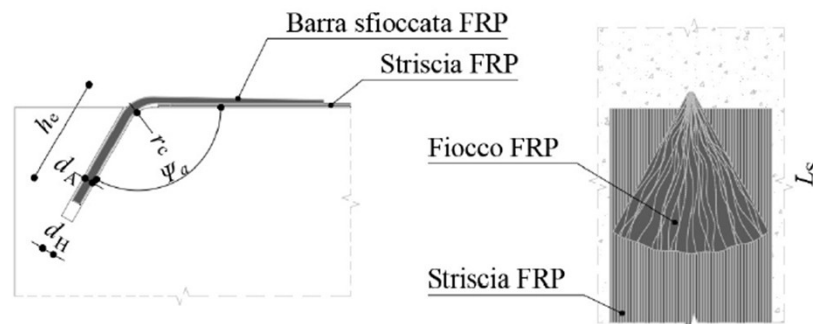
- ✓ Valutazione della resistenza al distacco dal supporto: sistemi di ancoraggio per evitare delaminazione

CNR-DT 200/2025

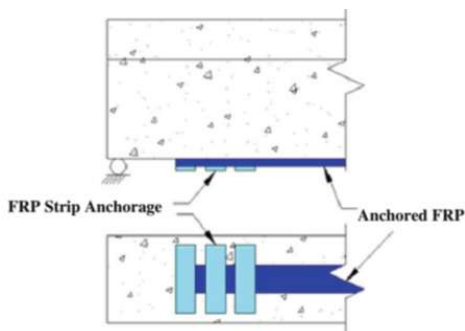
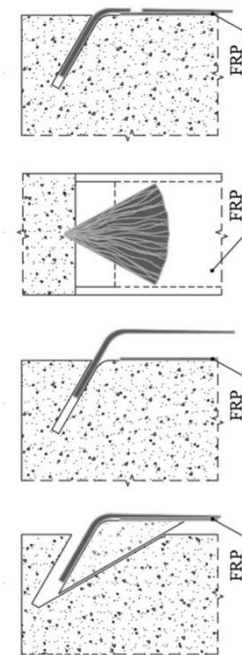
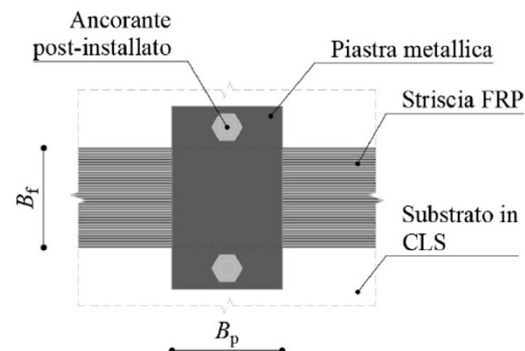
Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo
di Compositi Fibrorinforzati

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

✓ Formule di progetto per fiocchi



✓ Formule di progetto per ancoranti meccanici

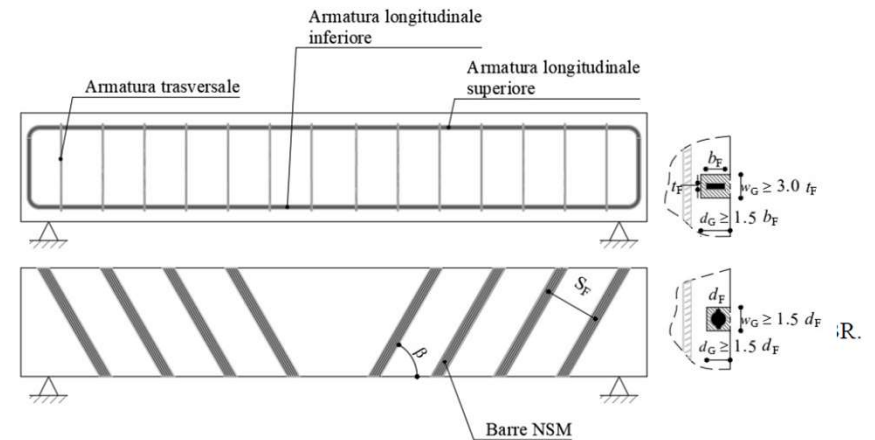
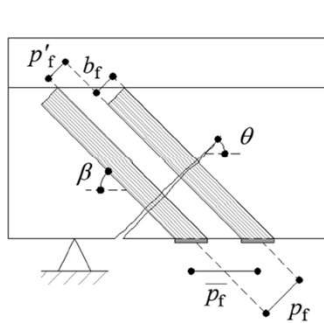
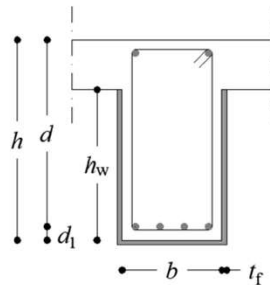


✓ CNR DT 200/R2 - 2025

4 RINFORZO DI STRUTTURE DI C.A. E DI C.A.P.

VERIFICHE A FLESSIONE/PRESSOFLESSIONE - SLE

- ✓ Verifiche tensionali
- ✓ Controllo della fessurazione
- ✓ Verifica delle frecce



SLU

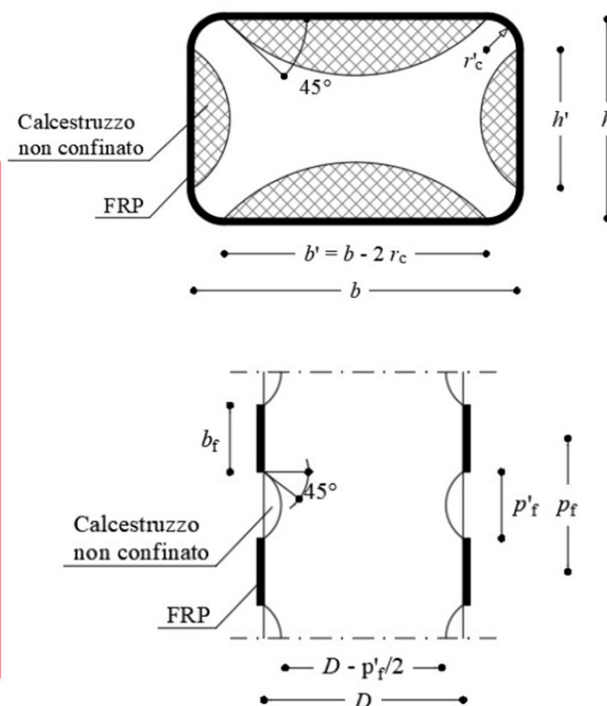
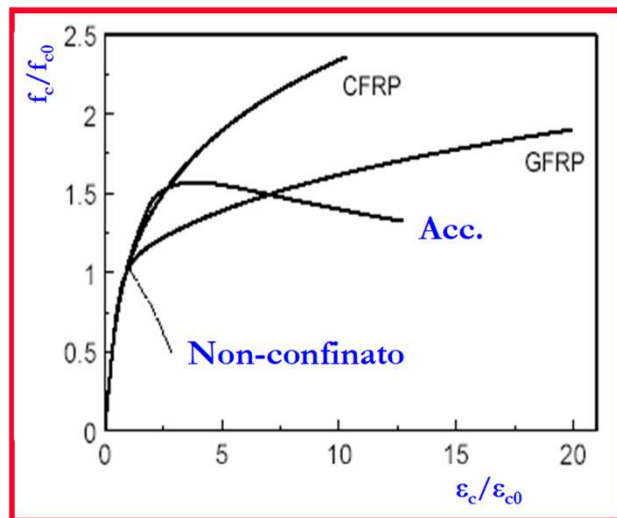
- ✓ Verifiche a taglio
- ✓ Verifiche a torsione
- ✓ Confinamento

✓ CNR DT 200/R2 - 2025

4 RINFORZO DI STRUTTURE DI C.A. E DI C.A.P.

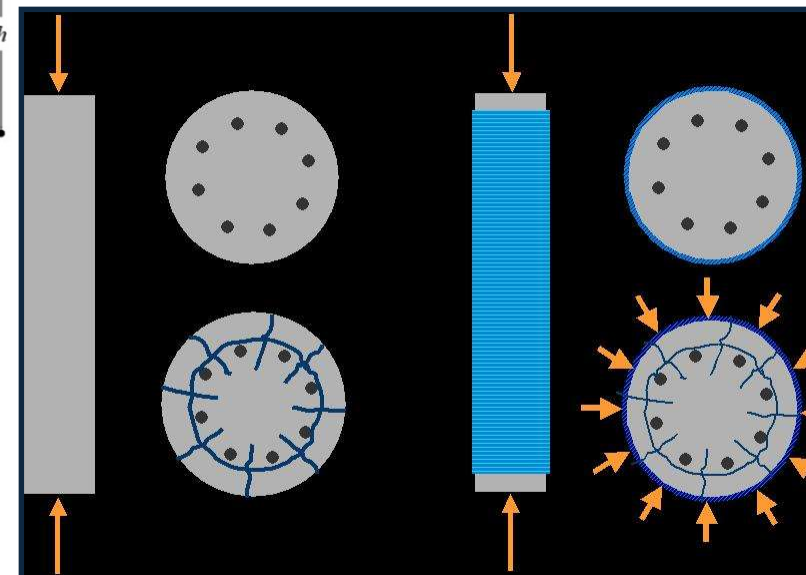
VERIFICHE A FLESSIONE/PRESSOFLESSIONE - SLE

- ✓ Verifiche tensionali
- ✓ Controllo della fessurazione
- ✓ Verifica delle frecce



SLU

- ✓ Verifiche a taglio
- ✓ Verifiche a torsione
- ✓ Confinamento



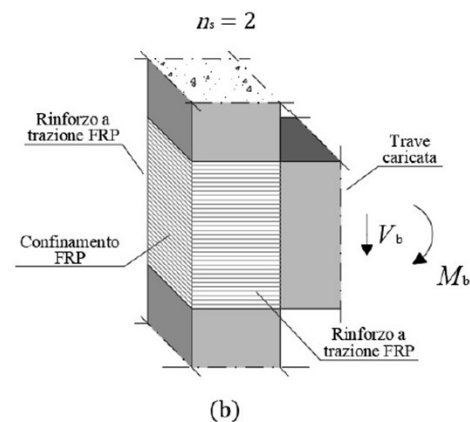
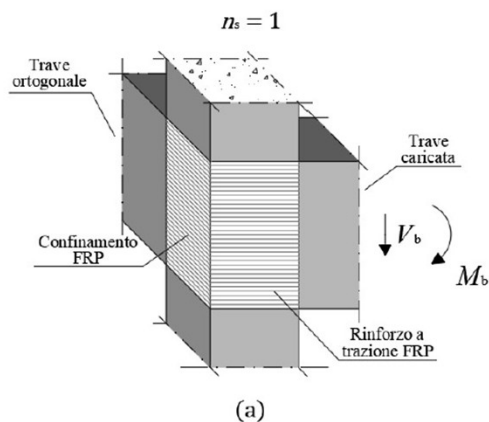
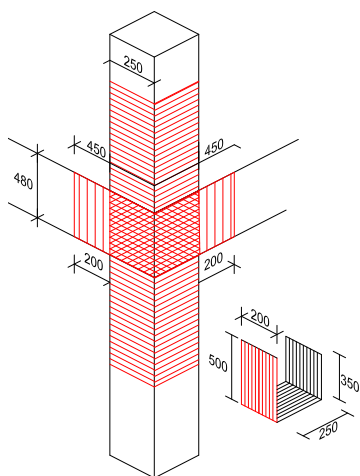
✓ CNR DT 200/R2 - 2025

4 RINFORZO DI STRUTTURE DI C.A. E DI C.A.P.

4.8 INTERVENTI IN ZONA SISMICA

4.8.2.1.4 Crisi per trazione dei pannelli dei nodi trave-pilastro

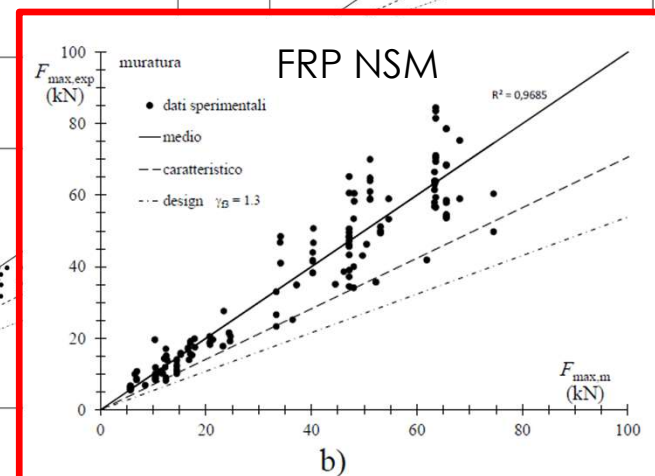
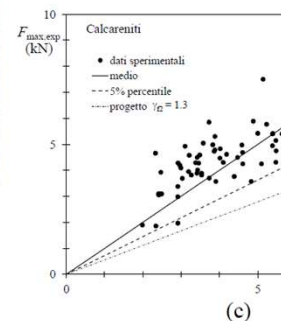
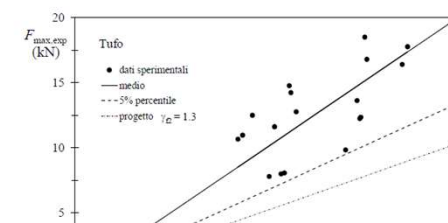
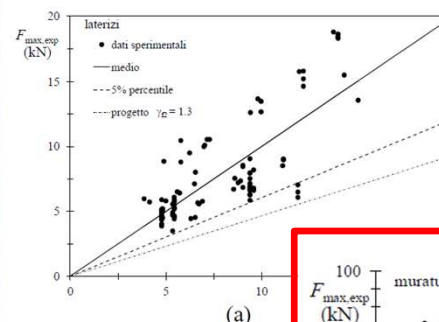
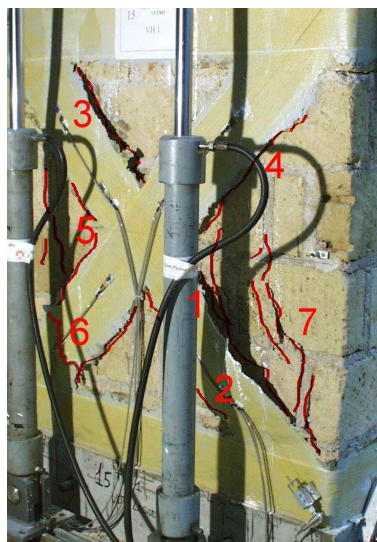
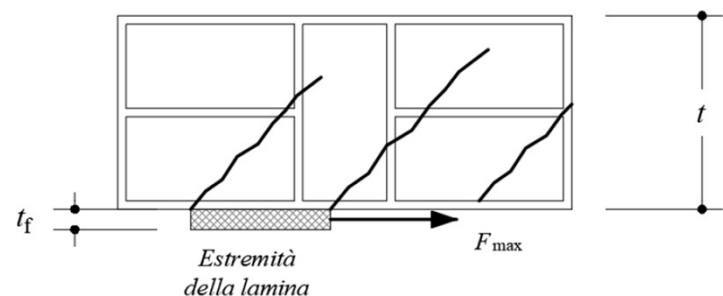
(1) Il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione conseguibile nei pannelli dei nodi non confinati va eseguito tenendo conto del contributo del composito fibrorinforzato nella direzione delle tensioni principali di trazione. L'intervento è efficace solo se le estremità del rinforzo sono adeguatamente ancorate con l'adozione di opportuni particolari costruttivi. In caso contrario il rinforzo non può essere ritenuto efficace.



✓ CNR DT 200/R2 - 2025

5 RINFORZO DI STRUTTURE MURARIE

✓ VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA AL DISTACCO DAL SUPPORTO PER SISTEMI EBR E NSM



✓ CNR DT 200/R2 - 2025

5 RINFORZO DI STRUTTURE MURARIE

✓ VERIFICHE DI ELEMENTI STRUTTURALI RICORRENTI

- RINFORZO DI **PANNELLI MURARI**

Verifiche per azioni fuori dal piano

Verifiche per azioni nel piano del pannello (taglio, pressoflessione)

- RINFORZO DI **ARCHITRAVI E FASCE DI PIANO**

- RINFORZO DI **ELEMENTI A SEMPLICE E DOPPIA CURVATURA** (archi, volte)

- **CONFINAMENTO** DI COLONNE DI MURATURA

- **INTERVENTI IN ZONA SISMICA**

✓ CNR DT 200/R2 - 2025

5.5.1.1 Verifiche per azioni fuori dal piano

(1) Il collasso di pannelli fuori dal proprio piano rappresenta uno dei meccanismi più frequenti di crisi locale di tali elementi. Il meccanismo può essere dovuto a varie cause, fra le quali l'azione sismica, la spinta di archi e volte, difetti di verticalità dei pannelli. Può manifestarsi in varie forme:

- per ribaltamento semplice (§ 5.5.1.1.1);
- per flessione verticale (§ 5.5.1.1.2);
- per flessione orizzontale (§ 5.5.1.1.3).

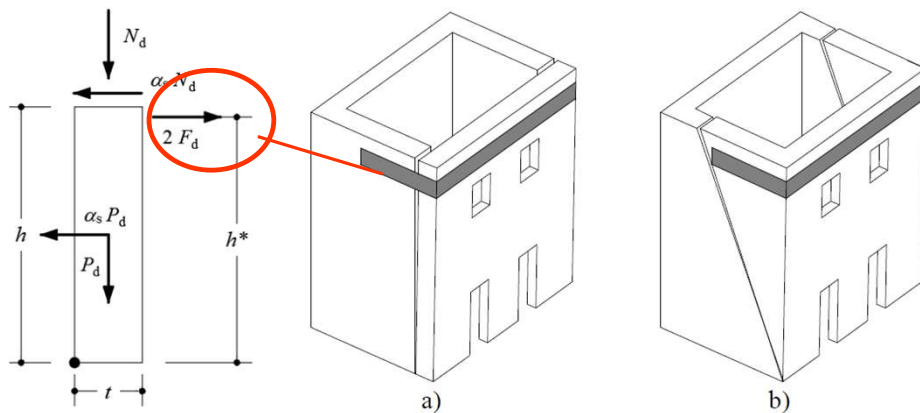


Figura 5-4 – Schema di calcolo per il meccanismo di collasso di ribaltamento semplice.

Flessione orizzontale

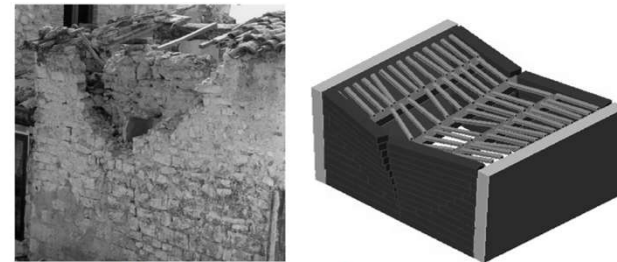


Figura 5-6 – Collasso per flessione orizzontale.

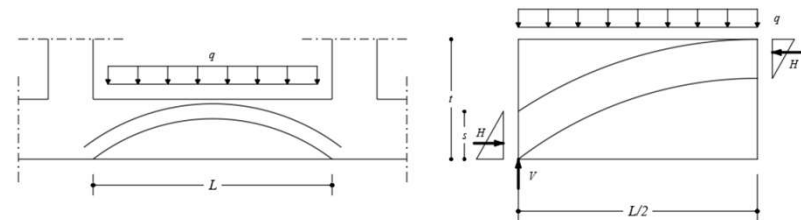


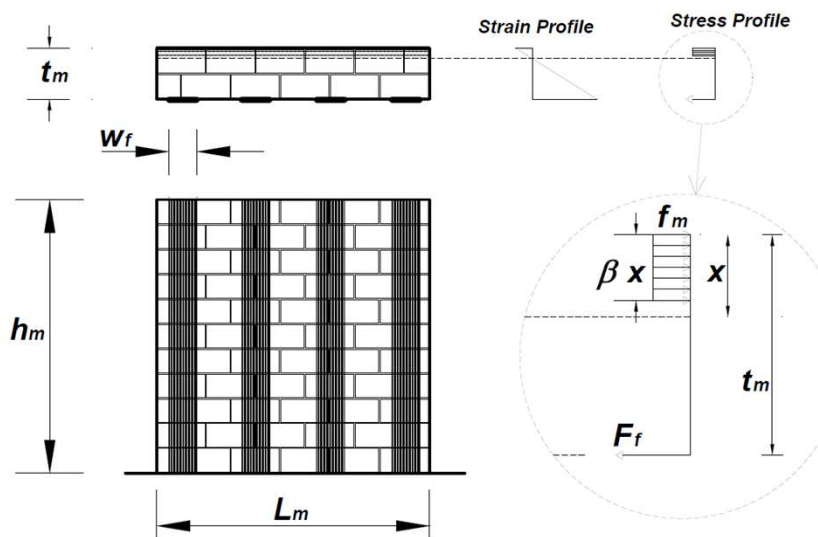
Figura 5-7 – Collasso per inflessione orizzontale.

✓ CNR DT 200/R2 - 2025

5.5.1.2 Verifiche per azioni nel piano del pannello

(1) Le verifiche da effettuare per i pannelli murari soggetti a sollecitazioni nel piano sono:

- a pressoflessione nel piano,
- a taglio.



Configurazione a traliccio

V_{sd}



CNR DT 200/R2 - 2025

✓ Rinforzo di architravi e fasce di piano

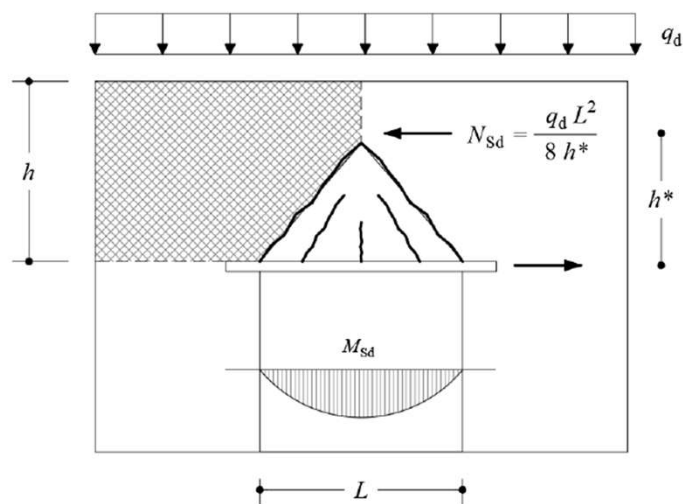
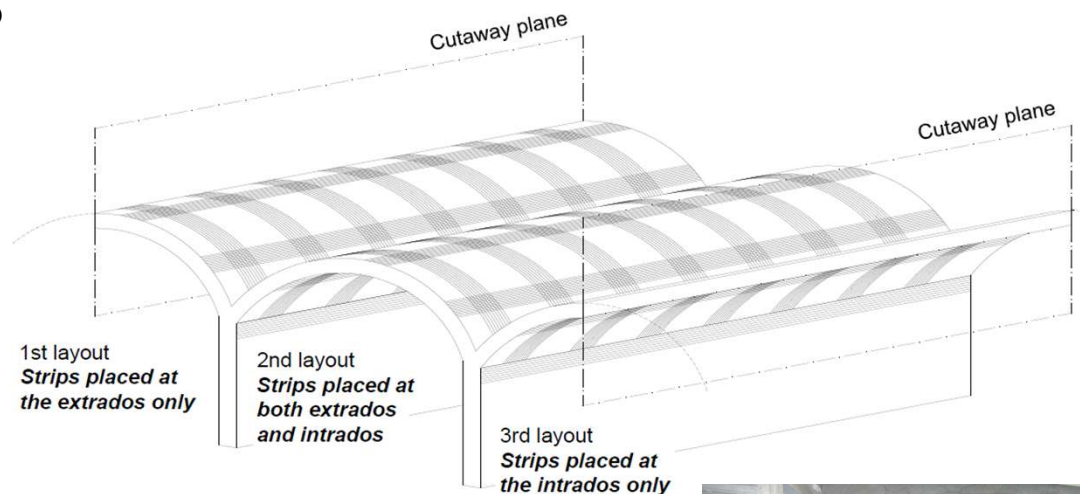


Figura 5-9 – Schema di calcolo degli architravi a tensoflessione.

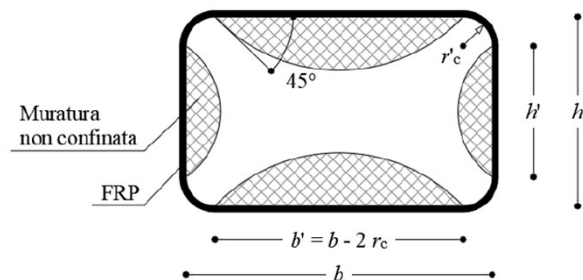
✓ RINFORZO DI ELEMENTI A SEMPLICE E DOPPIA CURVATURA (archi, volte)



CNR DT 200/R2 - 2025

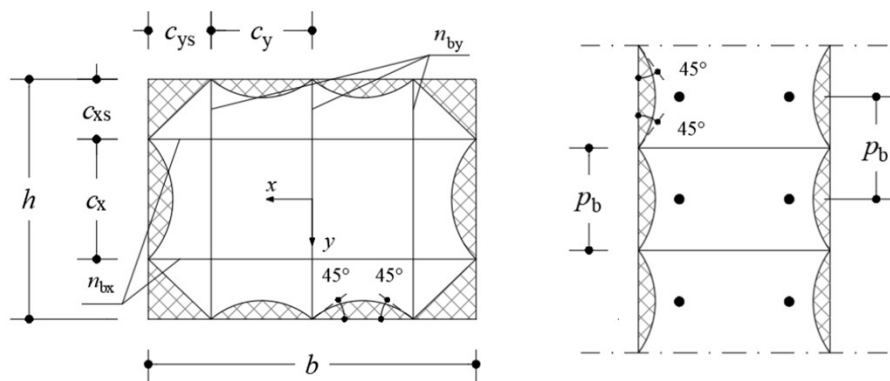
✓ CONFINAMENTO DI COLONNE DI MURATURA

- Confinamento solo con fasciatura esterna



$$f_{med} = f_{md} \cdot \left[1 + k' \cdot \left(\frac{f_{l,eff}}{f_{md}} \right)^{\alpha_1} \right]$$

- Confinamento con fasciatura esterna e barre interne



✓ **CNR DT 200/R2 - 2025**

4.9 INSTALLAZIONE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI.....

4.9.1 Controllo e preparazione preventiva del substrato.....

4.9.1.1 Valutazione del deterioramento del substrato.....

4.9.1.2 Rimozione e ricostruzione del substrato ed eventuale trattamento delle barre metalliche.....

4.9.1.3 Preparazione del substrato.....

4.9.2 Raccomandazioni per l'esecuzione a regola d'arte.....

4.9.2.1 Condizioni di umidità e temperatura dell'ambiente e del substrato.....

4.9.2.2 Particolari costruttivi e norme di esecuzione.....

4.9.2.3 Protezione del sistema di rinforzo.....

4.10 ESEMPI NUMERICI.....

6 CONTROLLI E MONITORAGGIO DELL'INTERVENTO.....

6.1 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE.....

6.2 CONTROLLI DI QUALITÀ DEL SISTEMA DI RINFORZO.....

6.2.1 Prove semi-distruttive.....

6.2.2 Prove non distruttive.....

6.3 QUALIFICA DEGLI OPERATORI PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE.....

6.4 MONITORAGGIO DELL'INTERVENTO DI RINFORZO.....

✓ CNR DT 200/R2 - 2025

14 APPENDICE H (ESEMPI DI PROGETTAZIONE DI RINFORZI FRP SU STRUTTURE DI C.A.)

Nella presente Appendice si analizzano alcuni esempi numerici relativi ad interventi di rinforzo con FRP del tipo EBR e NSM eseguiti su elementi di un edificio di c.a. per civile abitazione. Il progetto dell'intervento è limitato allo SLU.

14.1 ESEMPIO 1 – RINFORZO DI ELEMENTI IN C.A. CON DIVERSI SISTEMI FRP

Si ipotizza che gli interventi siano resi necessari da un cambio di destinazione d'uso dell'edificio che comporti un incremento dei carichi utili.

14.1.1 Dati geometrici, meccanici e di carico della struttura

La struttura dell'edificio è schematicamente rappresentata in Figura 14-1. I dati geometrici e meccanici sono desunti da documenti di progetto originari e prove in situ.

Essa è costituita da:

- travi principali con sezione trasversale rettangolare 30.0 cm x 50.0 cm (copriferro $d_1=d_2=3$ cm);
- travi secondarie, parallele all'orditura dei solai, con sezione trasversale rettangolare 30.0 cm x 40.0 cm (copriferro $d_1=d_2=3.0$ cm);
- pilastri con sezione trasversale rettangolare 30.0 cm x 30.0 cm (copriferro $d_1=d_2=3.0$ cm).

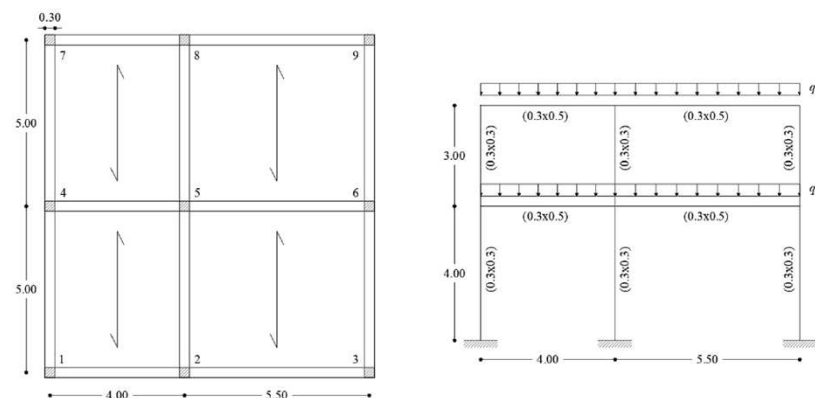


Figura 14-1 – Geometria della struttura di c.a. (dimensioni in m).

15 APPENDICE I (ESEMPI DI PROGETTAZIONE DI RINFORZI FRP SU STRUTTURE MURARIE)

Nella presente Appendice sono riportati i calcoli relativi alla verifica e al dimensionamento del sistema di rinforzo FRP dei maschi murari di una parete perimetrale di un edificio di muratura a tre piani.

L'esempio è articolato nei seguenti punti:

- geometria, caratteristiche dei materiali e sollecitazioni;
- verifica a pressoflessione dei maschi murari preesistenti;
- dimensionamento del sistema di rinforzo FRP a pressoflessione;
- verifica a taglio dei maschi murari preesistenti;
- dimensionamento del sistema di rinforzo FRP a taglio.

15.1 GEOMETRIA, CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E SOLLECITAZIONI

La parete è costituita da due maschi di riva, di lunghezza pari a 2.0 m, e due maschi di spina, di lunghezza pari a 3.0 m. Lo spessore dei maschi varia lungo l'altezza e risulta pari a 500 mm al primo piano, 375 mm al secondo piano e 250 mm all'ultimo piano. L'altezza dei maschi, valutata con riferimento all'interasse delle fasce di piano, è costante lungo l'altezza dell'edificio e pari a 3.0 m (Figura 15-1).

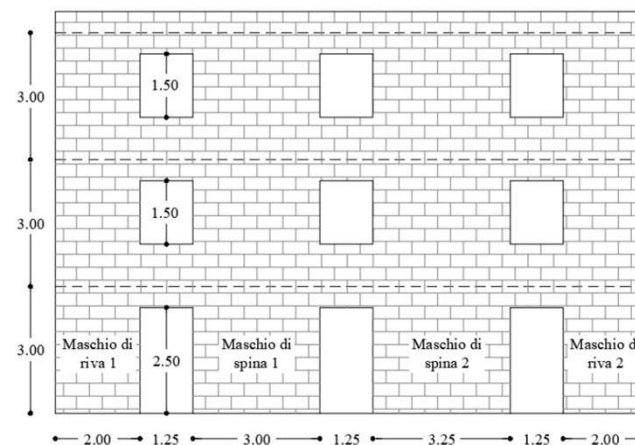


Figura 15-1 – Geometria della parete oggetto di studio (dimensioni in m).

✓ Qualificazione dei materiali FRP

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

Compositi preformati

Tabella 1 - Classi degli FRP preformati

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
E17/B17	Vetro/Basalto	17	170
E23/B23	Vetro/Basalto	23	240
G38/600 B38/600	Vetro/Basalto	38	600
G38/800 B38/800	Vetro/Basalto	38	800
G45/B45	Vetro/Basalto	45	1000
C120	Carbonio	120	1800
C150/1800	Carbonio	150	1800
C150/2300	Carbonio	150	2300
C190/1800	Carbonio	190	1800
C200/1800	Carbonio	200	1800
A55	Arammide	55	1200

Tabella 3- Sintesi delle prove

Prodotto	Tipo di prova	Parametro determinato	Numero di campioni	Numero di lotti di produzione interessati
Resina	Temperatura di transizione vetrosa	Tg	3 (+3 per ogni ulteriore resina)	3
Preformato	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	15 (5 per ogni lotto)	3
	Resistenza a cicli di gelo-disgelo	Alterazioni superficiali, modulo elastico e tensione di rottura	3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza all'umidità		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza agli ambienti salini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3
	Resistenza agli ambienti alcalini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo	3

✓ Qualificazione dei materiali FRP

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale*

Compositi impregnati in situ

Tabella 6- Sintesi delle prove

Prodotto	Tipo di prova	Parametro determinato	Numero di campioni	Numero di campioni per gruppo	Numero di lotti di produzione interessati
Resina	Temperatura di transizione vetrosa	Tg	3 (+3 per ogni ulteriore resina)	3	3
Impregnato Gruppo (A)	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	9	42	3
	Prove di trazione in presenza di sovrapposizione di tessuti (opzionale)	Modulo elastico e tensione di rottura	9		1
	Resistenza a cicli di gelo-disgelo	Alterazioni superficiali, modulo elastico e tensione di rottura	3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza all'umidità		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza agli ambienti salini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
	Resistenza agli ambienti alcalini		3 sottoposti a prova + 3 di controllo		3
Impregnato Gruppo (B)	Resistenza meccanica	Modulo elastico e tensione di rottura	9	9	3

Tabella 4 – Classi dei rinforzi FRP realizzati in situ

Classe	Natura della fibra	Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa]	Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa]
60G/60B	Vetro/Basalto	60	1300
210C	Carbonio	210	2700
350/1750C	Carbonio	350	1750
350/2800C	Carbonio	350	2800
500C	Carbonio	500	2000
100A	Arammide	100	2200
180S	Acciaio ad alta resistenza	180	2200 (1)
190S	Acciaio ad alta resistenza	190	2200 (1)



www.eota.eu

EAD 340352-00-0104

August 2020

Marcatura CE sulla base di ETA redatte in linea con EAD

European Assessment Document for

Fibre-reinforced polymer kits
made of a carbon or glass fabric
and an epoxy resin

ETA = Evaluation Technical Assessment
EAD = European Assessment Document



www.eota.eu

EAD 340351-00-0104

August 2020

European Assessment Document for

Fibre-reinforced polymer kits
made of a pultruded carbon fibre
laminate and an epoxy adhesive



Indicazioni normative per materiali FRCM per rinforzo esterno

✓ **CNR DT 215 - 2019**

4 RINFORZO DI STRUTTURE MURARIE	22
4.1 RINFORZO DI PARETI SOLLECITATE NEL PROPRIO PIANO.....	22
4.1.1 Capacità a taglio.....	22
4.1.2 Capacità a pressoflessione.....	25
4.2 RINFORZO DI PARETI FUORI DEL PIANO	26
4.3 REALIZZAZIONE DI CORDOLI SOMMITALI	27
4.4 CONFINAMENTO DI COLONNE DI MURATURA SOLLECITATE A COMPRESSIONE CENTRATA.....	27
4.4.1 Confinamento di colonne circolari.....	28
4.4.2 Confinamento di colonne rettangolari.....	29
4.5 STRUTTURE A SEMPLICE E DOPPIA CURVATURA	30
4.5.1 Strutture a singola curvatura	32
4.5.1.1 Verifica e identificazione del rinforzo mediante l'approccio cinematico.....	32
4.5.1.2 Verifica e identificazione del rinforzo mediante l'approccio statico.....	32
4.5.2 Volte a botte	33
4.5.3 Strutture a doppia curvatura.....	33
5 RINFORZO DI STRUTTURE DI CALCESTRUZZO ARMATO.....	
5.1 RINFORZO A FLESSIONE	34
5.1.1 Verifica allo SLU	34
5.1.2 Verifica allo SLE.....	35
5.2 RINFORZO A TAGLIO.....	35
5.2.1 Resistenza efficace.....	36
5.3 CONFINAMENTO DI COLONNE DI CALCESTRUZZO ARMATO SOLLECITATE A COMPRESSIONE CENTRATA.....	37
5.3.1 Confinamento di colonne rettangolari.....	37

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



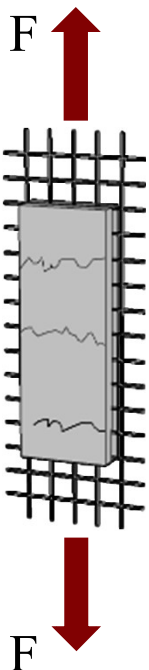
PERFETTA COMPENETRAZIONE
Il perfetto equilibrio tra la plasticità del legante GecCalce® e la speciale curva granulometrica permette una totale compenetrazione tra la matrice inorganica e il tessuto in acciaio GecSteel®, garantendo un perfetto adattamento meccanico in grado di lavorare in completa collaborazione con la muratura.

ALTA RESISTENZA, BASSO MODULO ELASTICO
L'utilizzo della Para Calce Naturale NPL® e del Geclegante® Komakel permettono alla gamma GecCalce® di contraddistinguersi per la loro resistenza (MPS, CSK IV e III) e il loro basso modulo elastico che crea un equilibrio perfetto tra deformazione elastica e resistenza massima, rendendo GecCalce® compatibile con le caratteristiche tipiche della muratura di ogni natura ed epoca.

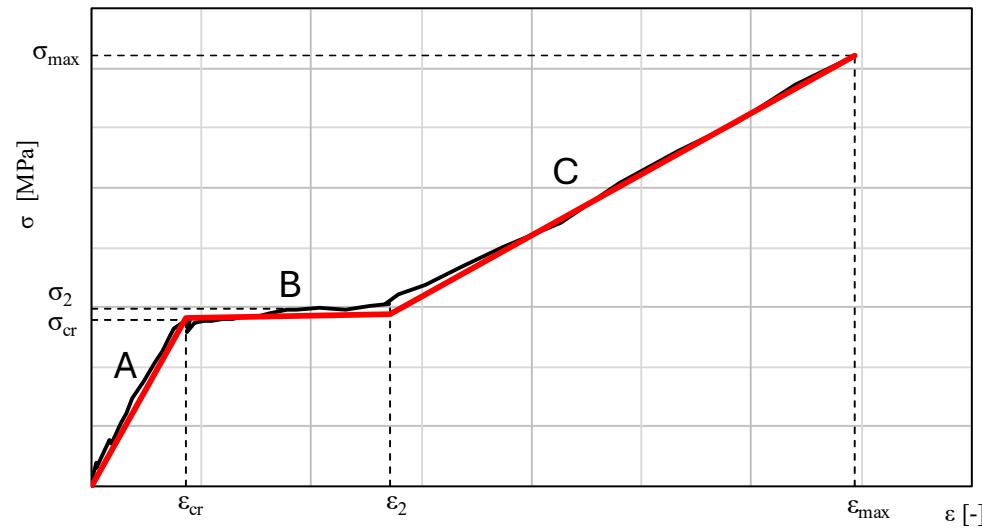
PERFETTA ADESIONE E TRASFERIMENTO DEGLI SFORZI
Il modulo elastico e l'adesione di GecCalce® (e i Mortari) abbinati alla compatibilità con il tessuto in acciaio GecSteel®, permette la realizzazione di rinforzi strutturali monolitici che non inglobano il muro ma che lavorano in totale collaborazione con esso. Il trattamento delle sollecitazioni di trazione dalla muratura al rinforzo, assicura il miglior comportamento statico e dinamico interno della struttura e garantisce una maggiore efficienza, rispetto sia ai metodi tradizionali di rinforzo (tracce rigate e passanti), che a quelli basati sulle resine epossidiche (completamente inappropriati con i supporti in muratura).

TRASPIRABILITÀ, IDEALE PER MURATURE UMIDE
GecCalce® e GecSteel® sono l'unico sistema di rinforzo strutturale altamente traspirante che migliora la qualità dell'aria indoor poiché diffonde velocemente i principali inquinanti presenti all'interno delle abitazioni. L'elasticità del sistema GecCalce® e GecSteel® lo rende idoneo anche per essere applicato su murature con problemi di umidità poiché il perfettamente compatibile con gli intonaci assicura muro Biorale® Taccuino®. Inoltre, grazie alla speciale galvanizzazione con cui sono protetti i fili di acciaio, i nuovi tessuti di rinforzo GecSteel® sono resistenti e inattaccabili in un ambiente umido e salino.

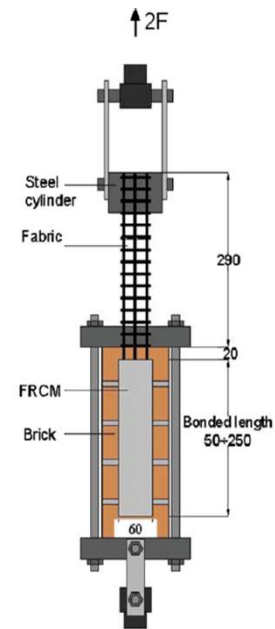
✓ CNR DT 215 - 2019



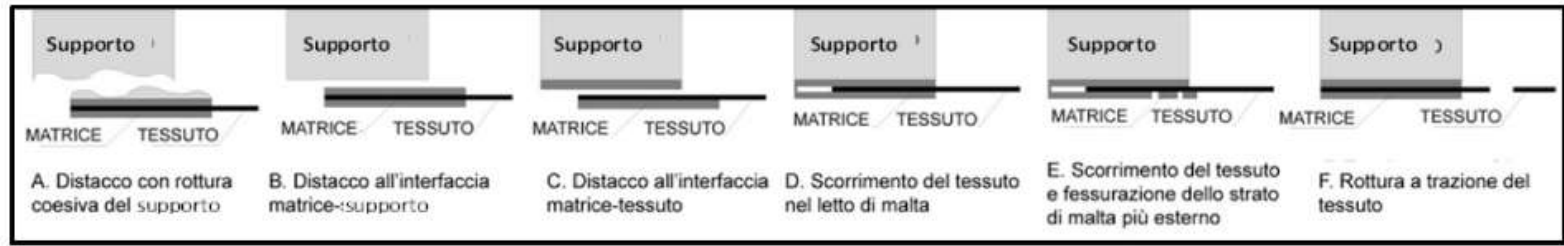
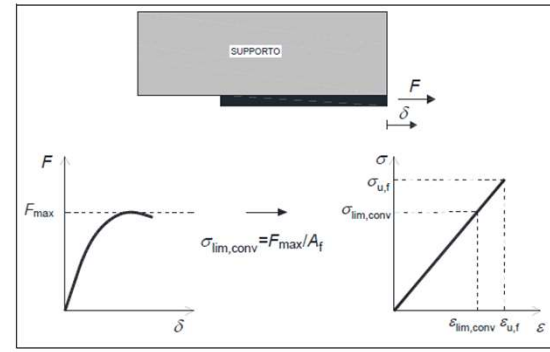
PROVA DI TRAZIONE



PROVA DI ADERENZA



La minima delle due tensioni fornisce la tensione convenzionale limite del rinforzo da usarsi nei calcoli



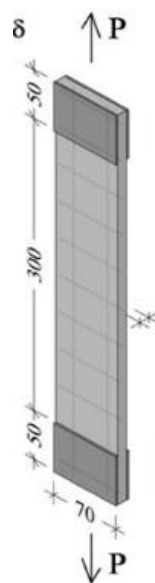
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di
accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica
(FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni
esistenti*

✓ Qualificazione dei materiali FRCM

Tipo di prova	Numero di provini
Numero minimo di prove di tipo meccanico sul FRCM	
Prove di trazione su rete (tessuto)	9
Prove di trazione su provini di FRCM	9
Prove di trazione in presenza di sovrapposizione di reti	9
Numero minimo di prove di durabilità sul FRCM	
Provini non condizionati	5
Resistenza a cicli di gelo-disgelo	5
Resistenza all'umidità	2 x 5 = 10
Resistenza agli ambienti salini	2 x 5 = 10
Resistenza agli ambienti alcalini	2 x 5 = 10
Comportamento alle sollecitazioni termiche	2 x 5 = 10
Totale	77



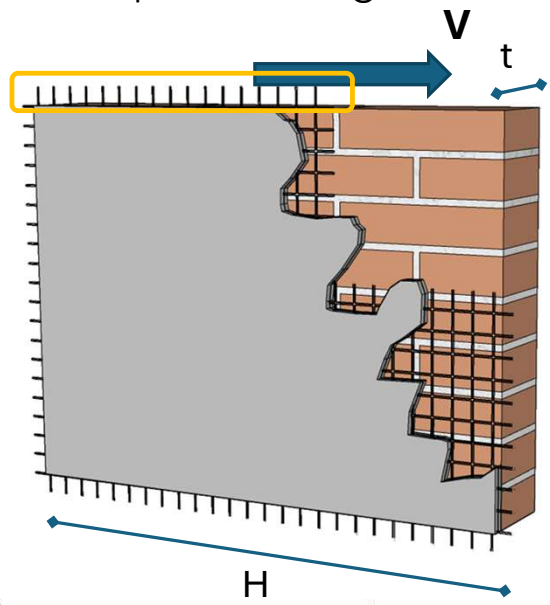
**Marcatura CE sulla base di ETA
redatta in linea con EAD**



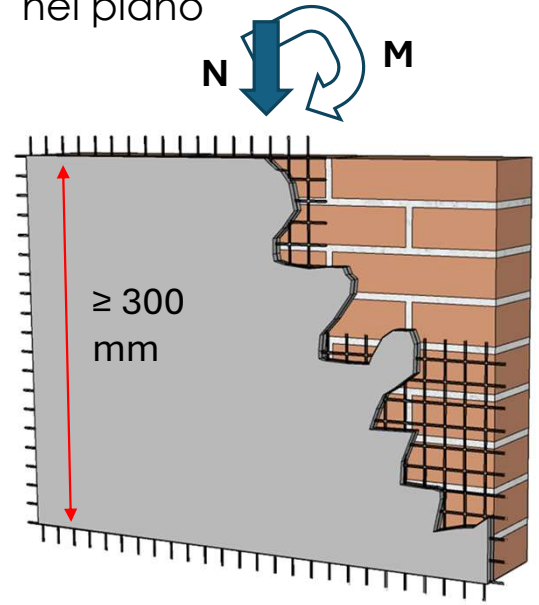
Oltre alle prove indicate nelle Tabelle 2 e 3 dovrà essere eseguito un numero minimo di 9 prove di distacco per ciascun tipo di supporto per cui si chiede la qualificazione del sistema FRCM.

✓ **CNR DT 215 - 2019**

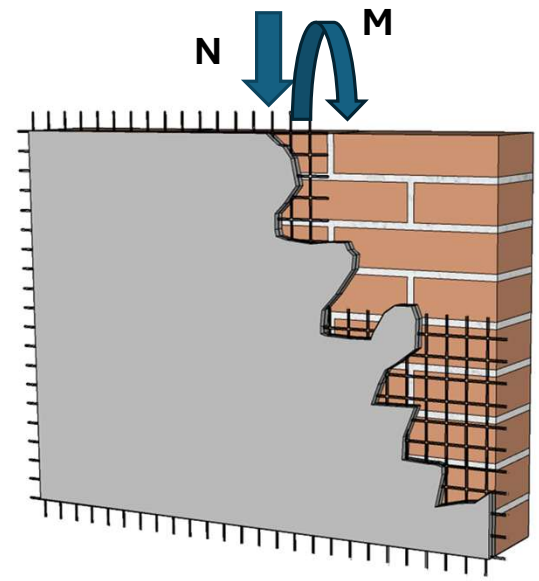
▪ Capacità a taglio



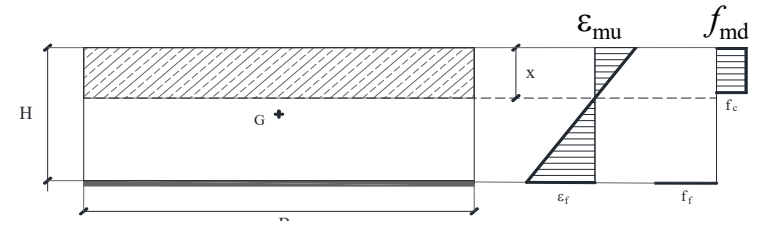
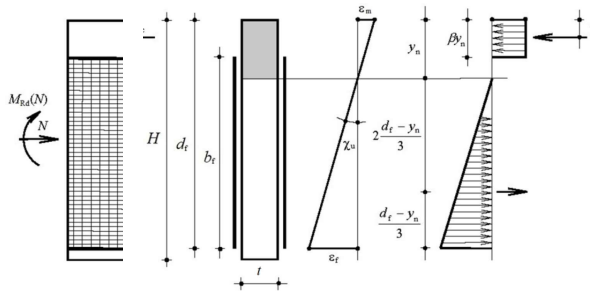
▪ Capacità a presso-flessione nel piano



▪ Capacità a presso-flessione fuori piano

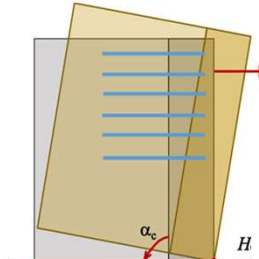
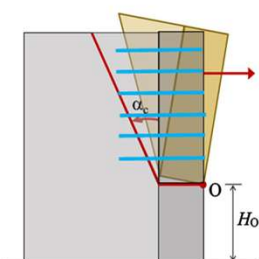
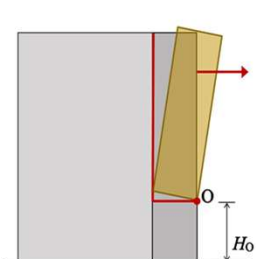
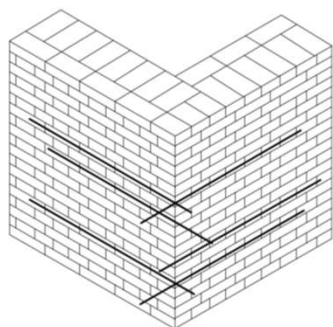


Tipo di muratura	Coefficiente correttivo	$\bar{q}_{n,f}$ (N/mm)
Muratura di pietrame disordinato (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.5	44.60
Muratura a conci sbazzati con paramenti di spessore disomogeneo	1.5	44.60
Muratura di pietre a spacco con buona tessitura	2.0	32.20
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	2.0	44.60
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1.2	44.60
Muratura di mattoni pieni e malta di calce	1.7	24.50
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia	1.3	44.60

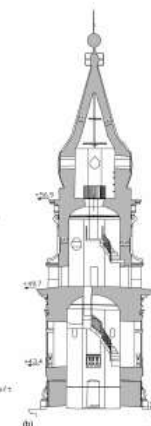
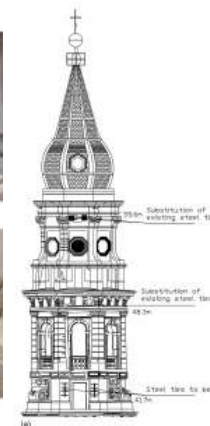
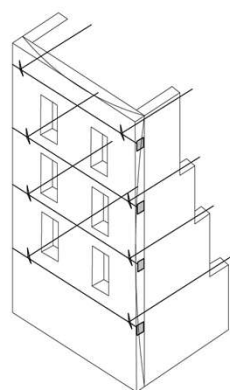


Altre applicazioni di materiali FRP: per mitigare meccanismi fuori piano

✓ Barre per iniezioni armate



✓ Barre/lamine come tiranti (catene)



Barre di FRP come armatura di elementi in calcestruzzo in sostituzione delle barre di acciaio

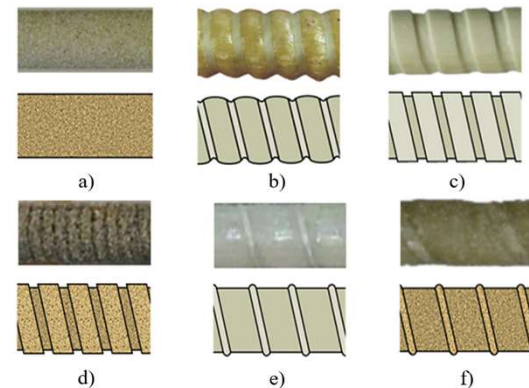
Coming soon: Febbraio 2026



Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle Costruzioni

CNR-DT 203/R1/2026

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito
Fibrorinforzato



Grazie per l'attenzione

