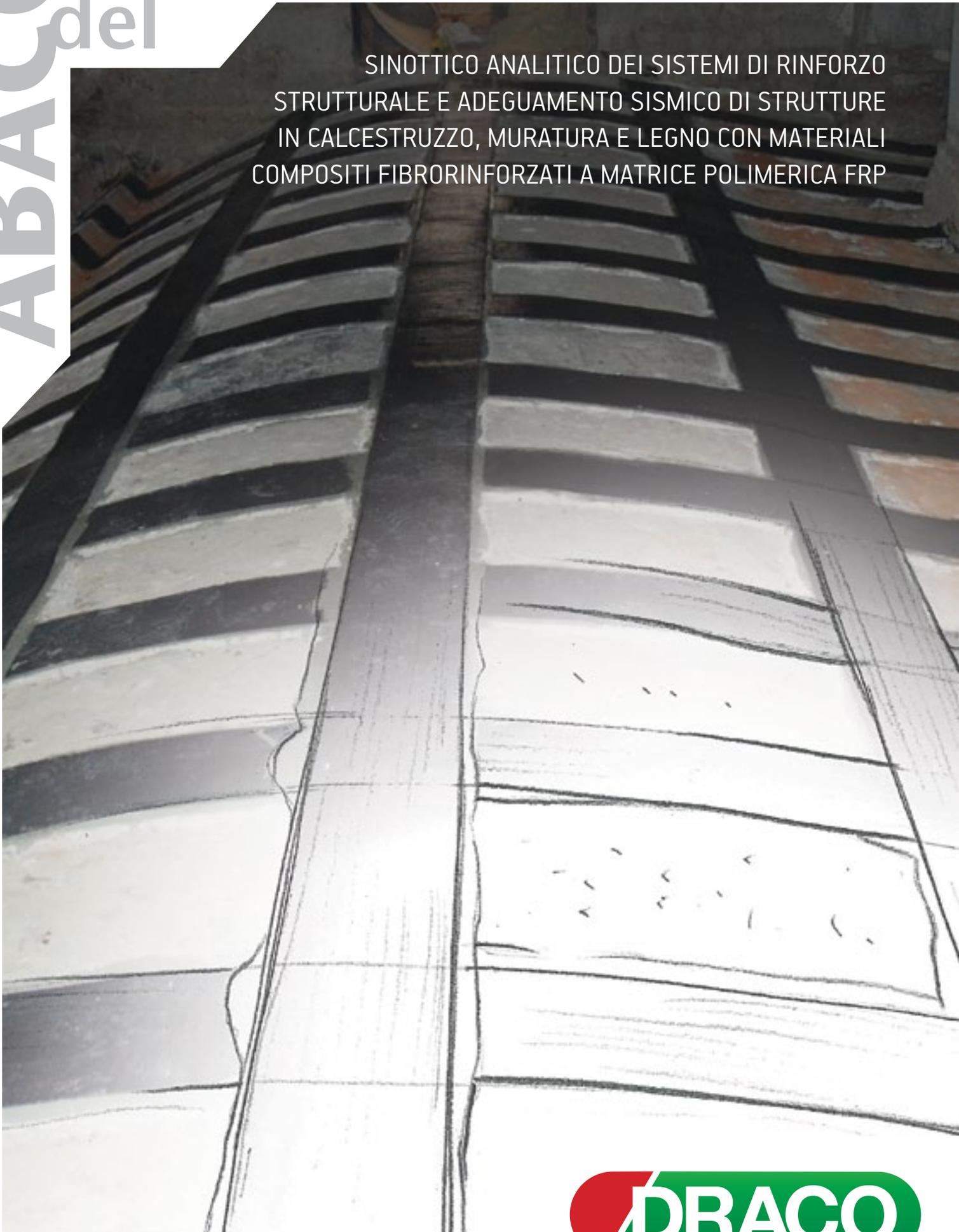


ABACO del rinforzo strutturale

SINOTTICO ANALITICO DEI SISTEMI DI RINFORZO
STRUTTURALE E ADEGUAMENTO SISMICO DI STRUTTURE
IN CALCESTRUZZO, MURATURA E LEGNO CON MATERIALI
COMPOSITI FIBRORINFORZATI A MATRICE POLIMERICA FRP



Costruire ha nuovi confini

DRACO

Seguici su:  



LINEA CALCESTRUZZO Additivi e sistemi per il calcestruzzo

LINEA PAVIMENTI Prodotti e sistemi per le pavimentazioni industriali

LINEA IMPERMEABILIZZAZIONE Sistemi per le impermeabilizzazioni delle strutture

LINEA RESTAURO E PROTEZIONE Soluzioni per il restauro delle strutture

LINEA UNDERGROUND E TUNNELLING Soluzioni per fondazioni speciali e gallerie

LINEA RISANAMENTO E BIOEDILIZIA Risanamento, coibentazione e benessere abitativo

INDICE

INTRODUZIONE:	PAG 04
• I vantaggi e le applicazioni della tecnologia FRP	
1. CEMENTO ARMATO	PAG 09
Descrizione generale delle tipiche problematiche relative agli elementi strutturali in c.a.	
1.1 TRAVE IN C.A. - Rinforzo a flessione con tessuto in fibra di carbonio	Pag 10
1.2 TRAVE IN C.A. - Rinforzo a flessione con lamelle in fibra di carbonio	Pag 12
1.3 TRAVE IN C.A. - Rinforzo a taglio con tessuto in fibra di carbonio	Pag 14
1.4 TRAVE IN C.A. - Rinforzo a flessione e ripristino della compressione tramite pretensionamento	Pag 16
1.5 SOLAIO IN LATERO-CEMENTO - Rinforzo a flessione con lamelle in fibra di carbonio	Pag 18
1.6 PILASTRO IN C.A. - Rinforzo a compressione tramite confinamento con tessuti in fibra di carbonio	Pag 20
1.7 PILASTRO IN C.A. - Rinforzo a pressoflessione e taglio con lamelle e tessuti in fibra di carbonio	Pag 22
1.8 NODO TRAVE-PILASTRO - Rinforzo del nodo tramite confinamento con tessuti in fibra di carbonio	Pag 24
1.9 SETTI IN C.A. - Rinforzo a taglio con tessuti e lamelle in fibra di carbonio	Pag 26
1.10 TAMPONAMENTI E SOLAI - Rinforzo, antisfondellamento e miglioramento del comportamento sismico	Pag 28
2. MURATURA	PAG 31
Descrizione generale delle tipiche problematiche relative agli elementi strutturali in muratura	
2.1 PILASTRO IN MURATURA - Rinforzo a compressione tramite confinamento con tessuti in fibra di carbonio	Pag 32
2.2 PANNELLI MURARI PERIMETRALI - Rinforzo tramite cerchiatura con tessuti in carbonio	Pag 34
2.3 PANNELLI MURARI PERIMETRALI - Rinforzo verticale a flessione	Pag 36
2.4 PANNELLI MURARI PERIMETRALI - Rinforzo a flessione orizzontale	Pag 38
2.5 INTERCONNESSIONE PARETI IN MURATURA ORTOGONALI	Pag 40
2.6 PARETI SOGGETTE A TAGLIO - Rinforzo a taglio	Pag 42
2.7 ARCHI - Rinforzo all'intradosso/estradosso	Pag 44
2.8 VOLTE A BOTTE - Rinforzo all'intradosso/estradosso	Pag 46
2.9 VOLTE A CROCIERA - Rinforzo all'intradosso/estradosso	Pag 48
2.10 CUPOLE - Rinforzo all'intradosso/estradosso	Pag 50
2.11. ANCORAGGI	Pag 52
3. LEGNO	PAG 55
Descrizione generale delle tipiche problematiche relative agli elementi strutturali in muratura	
3.1 TRAVE IN LEGNO - Rinforzo a flessione con tessuto in fibra di carbonio	Pag 56
3.2 TRAVE IN LEGNO - Rinforzo a flessione con lamelle in fibra di carbonio	Pag 58
4. VOCI DI CAPITOLATO	PAG 61
4.0 Operazioni preliminari	
4.0.1 Preparazione del supporto in cemento armato	Pag 62
4.0.2 Preparazione del supporto in muratura	Pag 63
4.1 Rinforzo di elementi strutturali con tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C	Pag 64
4.2 Rinforzo di elementi strutturali con lemelle pultruse in fibra di carbonio ARMOSHIELD CFK	Pag 68
4.3 Rinforzo di elementi strutturali con tessuti e lamelle pultruse in fibra di carbonio	Pag 70
4.4 Rinforzo strutturale e consolidamento di strutture lignee con tessuti in fibra di carbonio	Pag 74
4.5 Rinforzo strutturale e consolidamento di strutture lignee con lamelle in fibra di carbonio	Pag 76
4.6 Rinforzo di elementi strutturali con tessuti in fibra di carbonio utilizzando connettori in aramide ARMOGRIP	Pag 78
4.7 Rinforzo di elementi strutturali con tessuti in fibra di carbonio utilizzando connettori in aramide abbinati alle barre di carbonio ARMOSHIELD BC	Pag 80
4.8 Rinforzo di elementi strutturali tramite pretensione di lamelle in fibra di carbonio ARMOSHIELD CFK	Pag 82
4.9 Rinforzo e adeguamento antisismico di tamponamenti in muratura e solai con sistemi antiribaltamento e antisfondellamento	Pag 84
5. PRODOTTI ARMO	PAG 88

LA TECNOLOGIA FRP

FRP E MATERIALI COMPOSITI: LEGGEREZZA E RESISTENZA AL SERVIZIO DELLA RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA

"I materiali fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) a fibre continue cui fa riferimento il presente documento sono materiali compositi, eterogenei e anisotropi che mostrano un comportamento prevalentemente elastico lineare fino al collasso. Essi trovano largo impiego nel consolidamento e nel rinforzo delle strutture civili. I vantaggi degli FRP sono molteplici: leggerezza, elevate proprietà meccaniche, caratteristiche anticorrosive.". La precedente citazione, tratta dalla premessa del documento Tecnico CNR DT 200/2004, descrive in estrema sintesi le caratteristiche dei materiali utilizzati per i rinforzi strutturali con tecnologia FRP, tracciandone sommariamente i tratti morfologici, meccanici e le possibilità di utilizzo. Tuttavia per il professionista che si affaccia a questo mondo per la prima volta spesso risulta poco immediato associare la propria problematica strutturale ad una soluzione di rinforzo con materiali FRP, dal momento che il CNR DT 200/2004 non è una trattazione didattica ma, appunto, un documento tecnico con istruzioni di calcolo dedicate a chi già conosce le possibili applicazioni di questa tecnologia, sebbene esso presenti un ampio capitolo descrittivo delle caratteristiche dei materiali che compongono il sistema di rinforzo.



ABACO DEL RINFORZO STRUTTURALE: LA GUIDA COMPLETA AL RINFORZO STRUTTURALE CON MATERIALI COMPOSITI PER IL PROGETTISTA

Scopo del presente fascicolo è fornire al progettista strutturale uno strumento utile e di semplice utilizzo capace di dare un rapido orientamento nel mondo della tecnologia FRP. Sono stati quindi analizzati e raccolti sotto forma di schede le principali problematiche di rinforzo le relative soluzioni che rendono particolarmente vantaggioso l'uso di questa tecnologia. I vantaggi più comunemente noti della tecnologia FRP sono la leggerezza dell'intervento, l'elevata resistenza a trazione dei materiali, la praticità di posa e l'elevato incremento di capacità portante conseguibile con interventi di dimensioni praticamente nulle rispetto alle dimensioni dell'elemento strutturale da rinforzare, cioè capaci di non modificarne l'aspetto finale. Particolarmente interessante ne diviene quindi l'utilizzo in ambito antisismico, poiché si possono ottenere incrementi di resistenza e duttilità delle strutture senza incrementare le masse, ovvero mantenendo inalterate le azioni sismiche agenti secondo normativa. Risulta altresì vantaggioso poter agire sulle resistenze in modo da realizzare e migliorare il comportamento sismico attuando una effettiva e reale gerarchia delle resistenze anche su edifici esistenti.



LA TECNOLOGIA FRP

LIMITI DEI SISTEMI FRP: UN PO' DI CHIAREZZA

La tecnologia FRP non rappresenta la soluzione universale a tutti i problemi strutturali possibili. L'efficacia di un intervento dipende anche dalle caratteristiche del supporto su cui le fibre vengono incollate, e di conseguenza dalle tensioni di aderenza che l'incollaggio è in grado di scambiare tra supporto e fibra. Troppo spesso però si vedono brochure di altre tecnologie iniziare con l'elenco degli svantaggi degli FRP (spesso non veritieri ed esagerati), come a mettere in competizione due tecnologie diverse evidentemente a solo scopo commerciale. Un po' come voler paragonare la malta di cemento alla malta di calce: è vero che si parla sempre di malta ma ben diverse sono le caratteristiche e di conseguenza gli utilizzi. La mission DRACO è invece quella di fare informazione e soprattutto formazione sulle tecnologie che hanno utilizzi strutturali, credendo fermamente che in tali casi la posta in palio sia ben diversa dalla mera realizzazione di una vendita di materiale e che in primo piano ci debba essere la migliore soluzione per la problematica analizzata. Se ha ad esempio un fondamento scientifico il fatto che le resine di incollaggio delle fibre siano sensibili alle alte temperature è anche vero che lo sono tutti i



materiali (alcuni di più e altri di meno), e che la combinazione di carico per incendio è una combinazione per azioni eccezionali che ha i propri fattori amplificativi dei carichi, e di conseguenza il rinforzo dovrà essere verificato, tra le altre, anche per quella specifica combinazione nella quale non è detto che il rinforzo stesso sia necessario. In altre parole, non è detto che se il rinforzo risulta necessario per la combinazione di carico agli SLU lo sia anche per la combinazione di carico da incendio. Nel caso questo si verifichi per quanto riguarda l'eventuale protezione Rei del rinforzo (non dimentichiamoci mai che stiamo parlando di strutture esistenti) è evidente che essa dovrà essere dimensionata esattamente

come faremmo per interventi tradizionali quali quelli realizzati con l'acciaio e il calcestruzzo, tenendo ovviamente conto delle temperature in cui ciascun materiale comincia a perdere le proprie caratteristiche meccaniche. Sarà quindi cura del progettista pesare vantaggi e svantaggi dell'intervento, con considerazioni che dovranno valutare assieme aspetti quali l'efficienza nelle varie condizioni d'uso, la durabilità, la semplicità di posa, e, infine, ma non da ultimo, il costo nel suo complesso, in modo da tenere conto di tutte quelle opere accessorie che devono essere realizzate per posare in opera l'intervento scelto. A mero titolo esemplificativo, si voglia considerare il rinforzo a flessione e taglio di una trave in c.a. fuori spessore posta a 3.5 metri di altezza dal pavimento e al 5° piano di un edificio in centro città. Realizzando l'intervento con tecnologia FRP è sufficiente considerare la rimozione dell'intonaco, l'applicazione del rinforzo, il rifacimento dell'intonaco e l'utilizzo di un trabatello. Realizzando invece l'intervento con tecnologia tradizionale, ad esempio con putrella di acciaio, va considerato il trasporto al 5° piano dell'elemento che può tranquillamente arrivare a pesare oltre i 100 kg ed avere lunghezza tale da non passare per il vano scala, quindi deve essere previsto l'intervento di una gru esterna con tutte le conseguenze del caso (piano di sicurezza, definizione dell'area per il suo stazionamento, eventuale occupazione di suolo pubblico, ecc.), oppure va pensata a conci (con tutti i giunti del caso), inoltre la putrella va fissata ai pilastri, quindi vanno realizzate delle selle o delle mensole, con piastre ed eventualmente contropiastre, inghisate e/o tassellate, poi la putrella va sollevata a 3.5 m di altezza e messa in posizione, poi va messa in carico, e, infine, con tutta probabilità, andrà mascherata, senza tener conto che l'altezza utile sotto la trave sarà minore rispetto a quella esistente prima dell'intervento. Ricordiamo infine che le problematiche trattate in questo documento riguardano singoli elementi strutturali e che quindi, soprattutto quando si è impegnati in analisi sismiche degli edifici, non possono prescindere dalle analisi globali. Ad esempio, parlando di strutture in muratura, spesso alcuni problemi locali di setti murari (problemi di stabilità fuori dal piano) vengono risolti realizzando intonaco armato su ambo i lati del setto, trascurando però la variazione di inerzia che tale intervento porta sul piano del setto stesso. Tale variazione è tutt'altro che trascurabile ed è in grado di modificare in modo sostanziale la risposta sismica dell'edificio pensato nella sua totalità, provocando gravi ripercussioni su altri elementi strutturali sismo-resistenti. In tali casi risulta vantaggioso considerare che probabilmente il ripristino della massa muraria (cuci/ scuci, iniezioni, ecc.) può essere sufficiente già da solo a raggiungere lo scopo originario, o al limite può essere integrato con alcune fasciature ad armare la possibile flessione orizzontale o verticale che il setto si prevede possa avere. Va pertanto tenuto conto che la progettazione dell'intervento di ripristino, consolidamento, rinforzo o adeguamento, è strettamente legata alle caratteristiche intrinseche ed estrinseche dell'intervento stesso, e che ogni modifica strutturale porta con sé delle conseguenze che devono essere attentamente valutate. In tale ragionamento la tecnologia FRP si inserisce con la discrezione e la potenzialità data dai vantaggi precedentemente descritti, i quali, sommati alla praticità di posa, possono spesso fornire risposte vincenti.

IL CEMENTO ARMATO

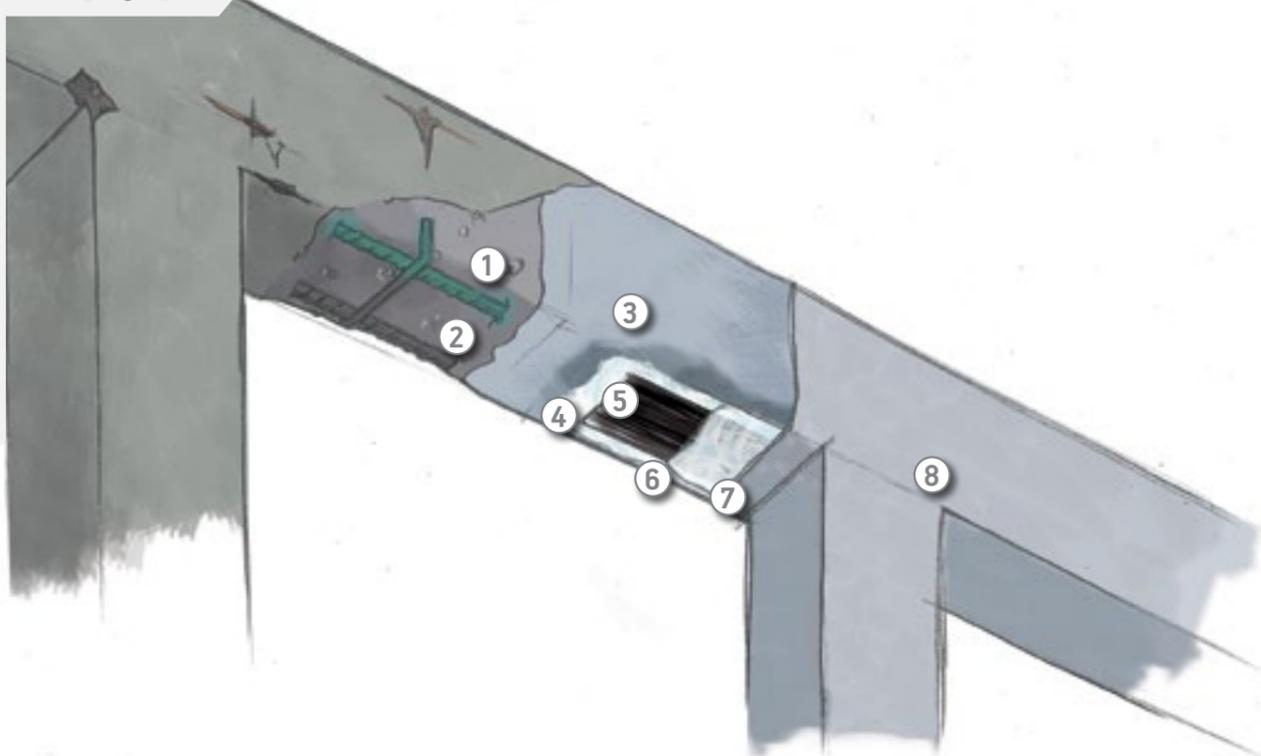
Il presente capitolo tratta la descrizione delle principali e più ricorrenti problematiche delle strutture in calcestruzzo armato.

Quanto descritto nelle seguenti schede non può prescindere dalla preliminare e corretta preparazione del supporto, allo scopo di ottenere la migliore superficie di incollaggio possibile e la massima durabilità dell'intervento, rimuovendo ed inibendo tutti i possibili motivi di degrado della struttura oggetto dell'intervento.

Gli interventi descritti possono avere carattere di ripristino alle condizioni precedenti il verificarsi del degrado, oppure possono avere carattere di vero e proprio rinforzo determinato da variazione delle esigenze d'uso della struttura o dalla necessità di apportare adeguamenti normativi alla stessa.

TRAVE IN C.A.

1.1



IL PROBLEMA La trave presenta carenze di armatura longitudinale a flessione per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali.

LA SOLUZIONE L'armatura longitudinale può essere integrata mediante l'utilizzo di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio, con fibre poste parallelamente all'asse della trave, e incollate direttamente all'intradosso ripristinato della trave stessa.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del substrato in calcestruzzo prima dell'applicazione del rinforzo composito. Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (Dracosteel). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (Flueco 40T), eventualmente bicomponente (Flueco 80 T2).

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà steso il nastro di fibra unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET**. Il nastro dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato **ARMOROLL** per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e per far penetrare l'adesivo di incollaggio all'interno delle fibre per una prima impregnazione delle stesse. La definitiva impregnazione verrà realizzata con il medesimo adesivo **ARMOFIX MTX** applicato sulla fibra che verrà successivamente passata nuovamente con il rullino metallico. Accertarsi che tutte le fibre del tessuto siano perfettamente impregnate. Per eventuali strati successivi, posare il tessuto sull'adesivo ancora fresco e procedere con l'impregnazione come descritto precedentemente. Sull'ultimo strato, con l'adesivo di impregnazione ancora fresco verrà infine data una spolverata di sabbia al quarzo per consentire l'aggrappo dell'intonaco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO A FLESSIONE CON
TESSUTO IN FIBRA DI CARBONIO

1.1

LEGENDA

- 1 Eliminazione del calcestruzzo ammalorato e pulizia dei ferri
- 2 Trattamento dei ferri di armatura con DRACOSTEEL
- 3 Ricostruzione della sezione con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Applicazione del primer ARMOPRIMER 100
- 5 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTX
- 6 Tessuto unidirezionale in carbonio ARMOSHIELD C-SHEET
- 7 Impregnazione con adesivo epossidico ARMOFIX MTX
- 8 Rasatura di protezione o intonaco

LO SAPEVI CHE...

I tessuti a elevata grammatura sono difficili da impregnare: per una migliore applicazione ed un risultato più sicuro a volte è meglio posare più strati di grammatura più bassa.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE


Applicazione dei tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD-C all'intradosso della trave



Finitura protettiva con intonaco o altro rivestimento cementizio o resinoso

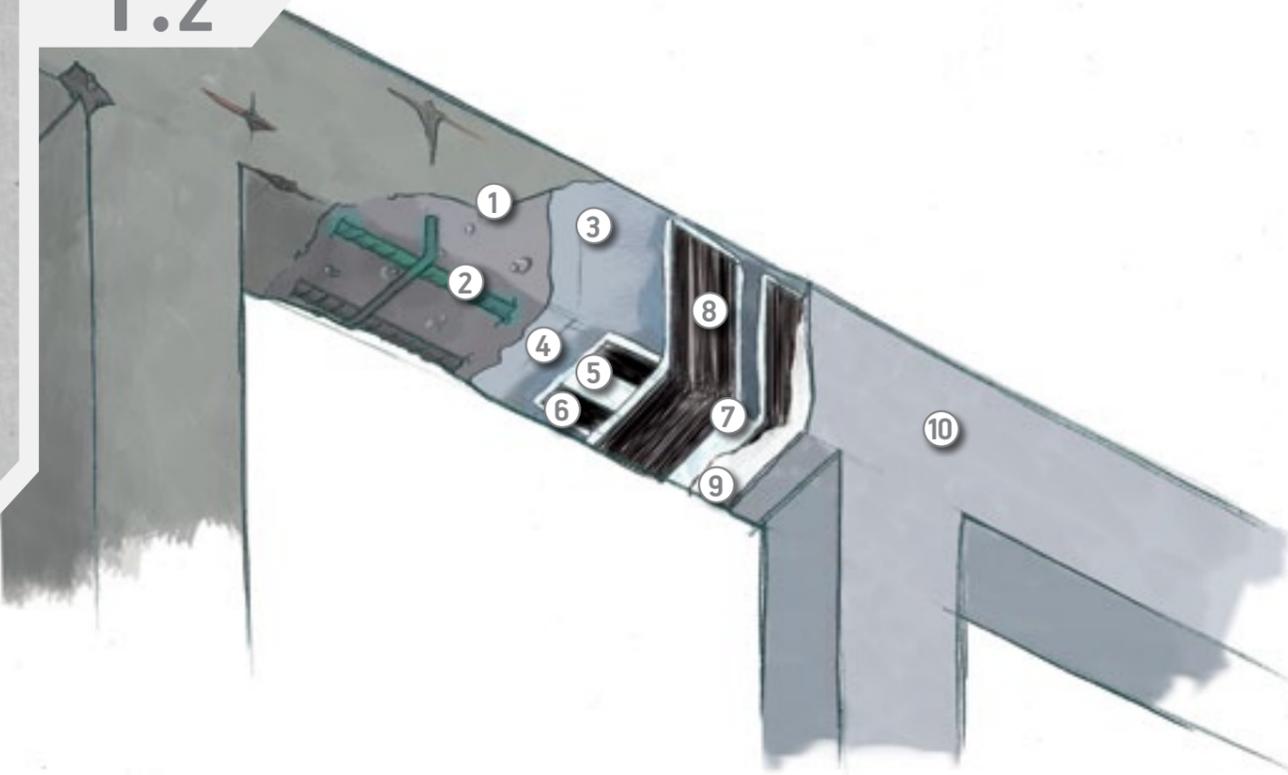

Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP	cap. 4.2.2.3
Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

TRAVE IN C.A.

1.2



IL PROBLEMA La trave presenta carenze di armatura longitudinale a flessione per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali.

LA SOLUZIONE L'armatura longitudinale può essere integrata mediante l'utilizzo di lamelle pultruse in fibra di carbonio, con fibre poste parallelamente all'asse della trave, e incollate direttamente all'intradosso ripristinato della trave stessa. Tale intervento risulta particolarmente vantaggioso quando la quantità di rinforzo diventa elevata, e quando la superficie del calcestruzzo è già molto regolare (travi prefabbricate).

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del substrato in calcestruzzo prima dell'applicazione del rinforzo composito. Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (Dracosteel). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (Flueco 40T), eventualmente bicomponente (Flueco 80 T2). Ripristini di spessore millimetrico possono essere realizzati rasando direttamente con ARMOFIX MTL.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per le lamelle in fibra di carbonio **ARMOFIX MTL** sul quale verrà posata la lamella **ARMOSHIELD CFK** tagliata a misura. La lamella dovrà essere adeguatamente rullata con rullo in gomma dura per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata. La lamella deve essere preventivamente pulita con apposito solvente **ARMOCLEANER** su entrambe le facce in modo da eliminare i residui della lavorazione. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo Armofix MTL sopra la lamella precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, stendere un sottile strato di adesivo e spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
- Voce di capitolato lamelle 4.2 pag. 68

RINFORZO A FLESSIONE CON LAMELLE IN FIBRA DI CARBONIO

1.2

LEGENDA

- 1 Eliminazione del calcestruzzo ammalorato e pulizia dei ferri
- 2 Trattamento dei ferri di armatura
- 3 Ricostruzione della sezione con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Applicazione del primer ARMOPRIMER 100
- 5 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTL
- 6 Lamelle in carbonio per rinforzo a flessione ARMOSHIELD CFK
- 7 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTX
- 8 Tessuto unidirezionale in carbonio ARMOSHIELD C-SHEET
- 9 Impregnazione con resina epossidica ARMOFIX MTX
- 10 Rasatura di protezione o intonaco

LO SAPEVI CHE...
Per migliorare l'ancoraggio delle lamelle è sempre utile prevedere fasciature trasversali a "U" realizzate con tessuto alle estremità e in mezzeria.

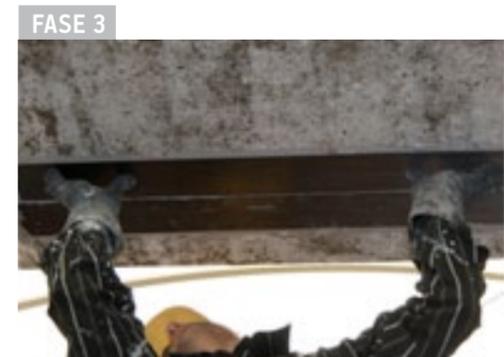
DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Stesura a rullo del primer epossidico promotore di adesione ARMOPRIMER 100



Applicazione dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTL specifico per l'applicazione delle lamelle



Posa in opera delle lamelle ARMOSHIELD CFK sullo strato di resina fresco



Applicazione dell'adesivo ARMOFIX MTX sulle lamelle fino a totale copertura

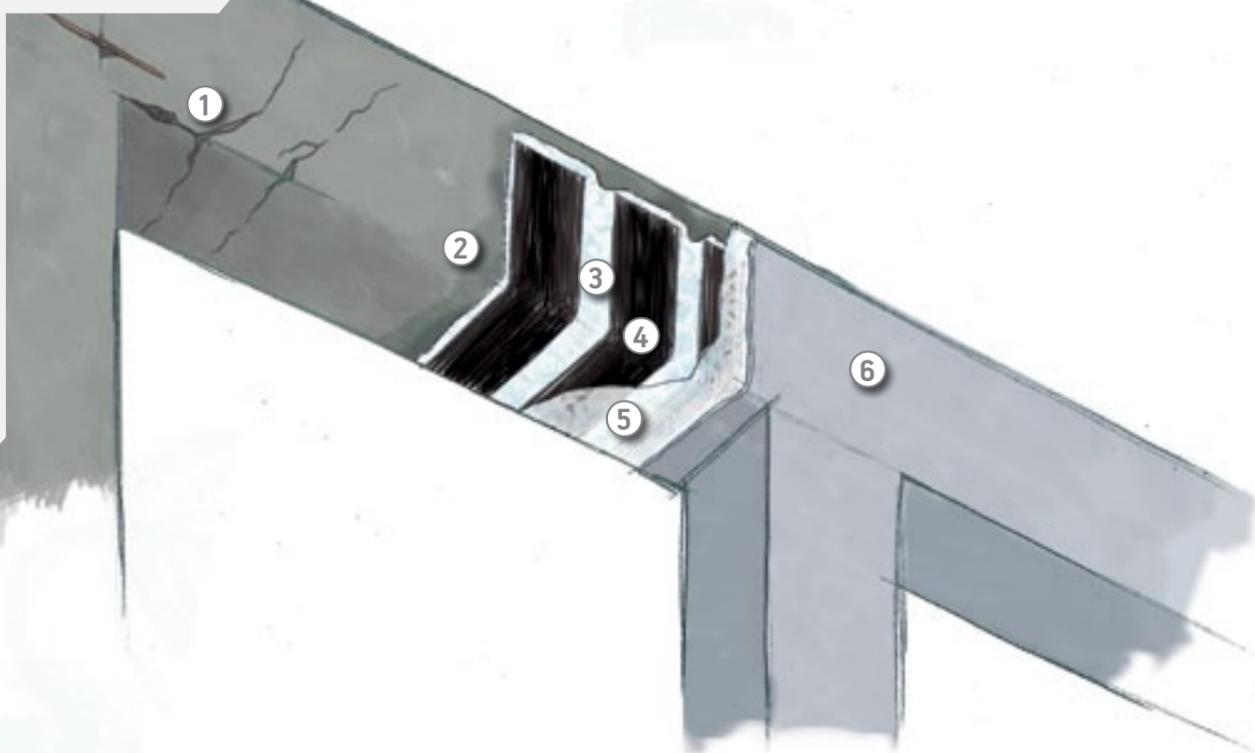
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP	cap. 4.2.2.3
Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

TRAVE IN C.A.

1.3



IL PROBLEMA La trave presenta carenze di armatura a taglio (staffe) per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali.

LA SOLUZIONE La staffatura può essere integrata mediante l'utilizzo di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio, con fibre poste perpendicolarmente all'asse della trave, e incollate direttamente sulla superficie eventualmente ripristinata della trave stessa, con andamento a U o a cerchiatura completa.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del supporto in calcestruzzo prima dell'applicazione del rinforzo composito. Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (DRACOSTEEL). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (FLUECO 40T), eventualmente bicomponente (FLUECO 80 T2), con l'accortezza di arrotondare gli spigoli con raggio di curvatura di almeno 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà steso il nastro di fibra unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET**. Il nastro dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato **ARMOROLL** per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e per far penetrare l'adesivo di incollaggio all'interno delle fibre per una prima impregnazione delle stesse. La definitiva impregnazione verrà realizzata con il medesimo adesivo **ARMOFIX MTX** applicato sulla fibra che verrà successivamente passata nuovamente con il rullino metallico. Accertarsi che tutte le fibre del tessuto siano perfettamente impregnate. Per eventuali strati successivi, procedere con la posa del tessuto sull'adesivo ancora fresco e procedere con l'impregnazione come descritto precedentemente. Sull'ultimo strato, con l'adesivo di impregnazione ancora fresco verrà infine data una spolverata di sabbia al quarzo per consentire l'aggrappo dell'intonaco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto	4.0.1	pag. 62
- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64

RINFORZO A TAGLIO CON TESSUTO IN FIBRA DI CARBONIO

1.3

LEGENDA

- ① Fessurazione dovuta a carenza di armatura a taglio e degrado
- ② Applicazione del primer ARMOPRIMER 100
- ③ Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTX
- ④ Tessuto unidirezionale in carbonio per rinforzo a taglio ARMOSHIELD C-SHEET
- ⑤ Impregnazione con resina eossidica ARMOFIX MTX e spolvero di sabbia al quarzo
- ⑥ Rasatura di protezione o intonaco

LO SAPEVI CHE...

L'arrotondamento degli spigoli non solo migliora la posa e impedisce alle fibre di spezzarsi, ma migliora anche l'efficienza dell'intervento.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Rimozione del rivestimento esistente e pulizia delle superfici

FASE 2



Applicazione dei tessuti ARMOSHIELD C-SHEET sullo strato di resina ARMOFIX MTX

FASE 3



Visione di insieme - I tessuti sono applicati in prossimità degli appoggi

FASE 4



Applicazione dello strato protettivo



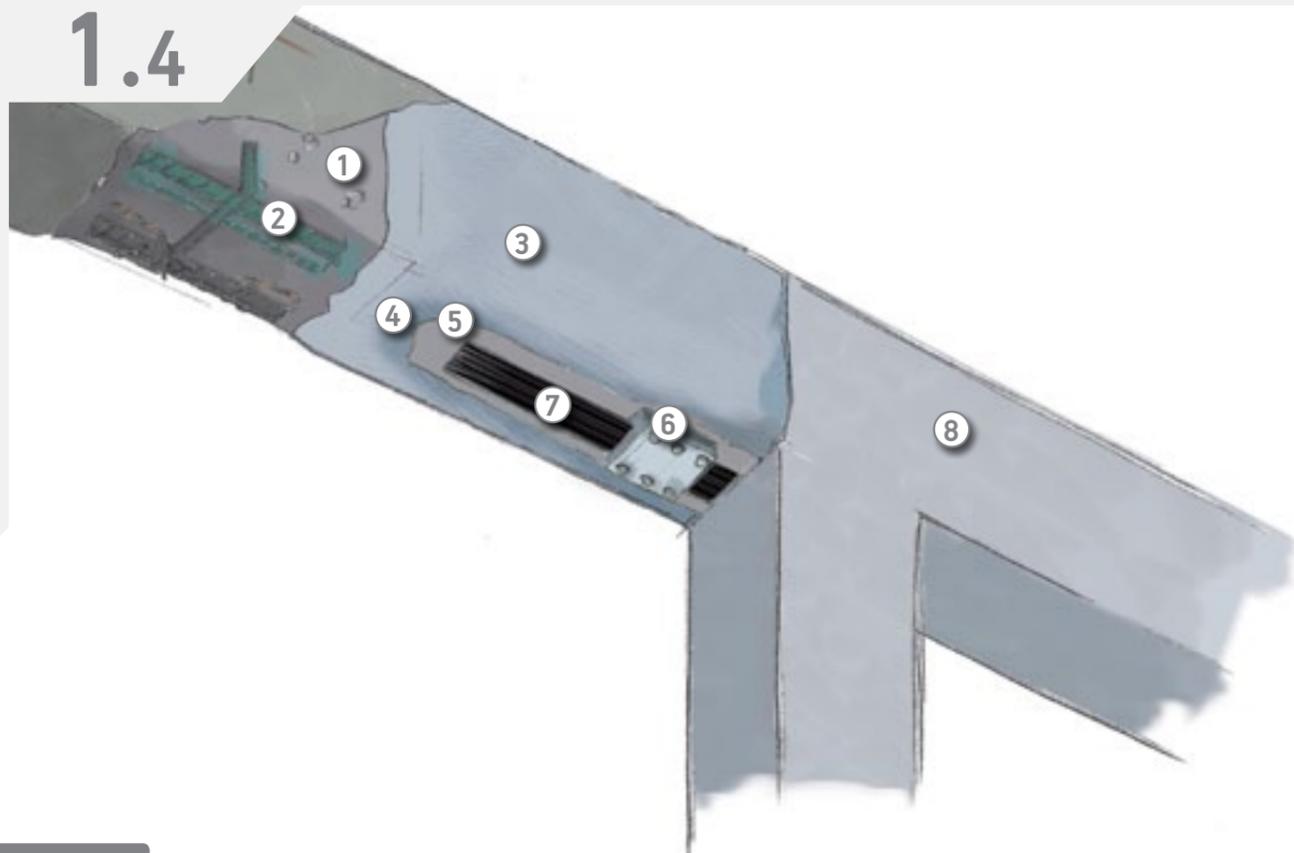
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Rinforzo a taglio	cap. 4.3.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

TRAVE IN C.A.

1.4



IL PROBLEMA La trave presenta una condizione di degrado e deterioramento che ha portato al tranciamento di alcuni trefoli di precompressione e al distacco del calcestruzzo per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali con conseguente riduzione della capacità portante.

LA SOLUZIONE Utilizzo all'intradosso delle travi di lamelle pultruse in fibra di carbonio adeguatamente pretese in modo da fornire alla trave la medesima precompressione persa a causa del tranciamento dei trefoli.

OPERAZIONI PRELIMINARI Le parti di calcestruzzo in fase di distacco dovranno essere rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (DRACOSTEEL). La sezione di calcestruzzo dovrà essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (FLUECO 40T), eventualmente bicomponente in caso di supporti deboli (FLUECO 80 T2) e la superficie rettificata. Per sezioni superiori al 3-4 cm utilizzare la malta fibrorinforzata FLUECO 175 T CR FR. Dovranno poi essere realizzati dei fori per l'inserimento dei tasselli in acciaio per il fissaggio e preparare le piastre di ancoraggio e le piastre a cuneo.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo ricostruita e adeguatamente depolverata verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto. La lamella **ARMOSHIELD CFK**, tagliata a misura e pulita su entrambe le facce con apposito solvente **ARMOCLEANER**, dovrà essere posizionata dal lato fisso e fissata alla piastra di ancoraggio con resina e tasselli opportunamente serrati; successivamente dovranno essere fissate le piastre a cuneo per ancorare la lamella e contrastare la fase di tiro. La lamella dovrà essere stesa per tutta la lunghezza della trave e incollata con l'adesivo di incollaggio specifico **ARMOFIX MTL**. Verranno posizionate le piastre a cuneo mobili e il martinetto idraulico, verrà applicata la tensione di progetto e successivamente bloccato meccanicamente il martinetto. Infine verrà rullata la lamella con rullo in gomma dura per garantire l'aderenza al supporto. Dopo ca. 24 ore dalla tesatura della lamella è possibile rimuovere il martinetto e le piastre a cuneo da ambo i lati della trave. Per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, stendere un sottile strato di adesivo e spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

- VOCI DI CAPITOLATO**
- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
 - Voce di capitolato pretensionamento 4.8 pag. 82



RINFORZO A FLESSIONE E RIPRISTINO DELLA PRECOMPRESSIONE TRAMITE PRETENSIONAMENTO DELLE LAMELLE IN CARBONIO

1.4

LEGENDA

- 1 Eliminazione del calcestruzzo ammalorato e pulizia dei ferri
- 2 Trattamento dei ferri di armatura con DRACOSTEEL
- 3 Ricostruzione della sezione con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Applicazione del primer ARMOPRIMER 100
- 5 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTL
- 6 Applicazione delle piastre
- 7 Inserimento delle lamelle, fissaggio di una testa e successiva messa in tensione della lamella
- 8 Rasatura di protezione o intonaco

LO SAPEVI CHE...
 Il rapporto tra deformazione e tensione nella lamella è lineare fino a rottura, perciò per conoscere la tensione a cui viene pretesa è sufficiente misurarne l'allungamento

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



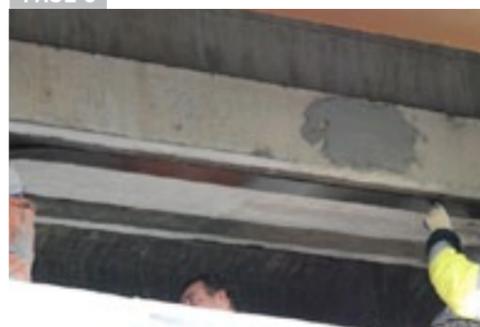
Realizzazione dei fori per il fissaggio delle piastre e applicazione del primer ARMOPRIMER 100

FASE 2



Fissaggio della piastra

FASE 3



Applicazione della lamella ARMOSHIELD CFK sulla lunghezza della trave

FASE 4



Pretensionamento della lamella con



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

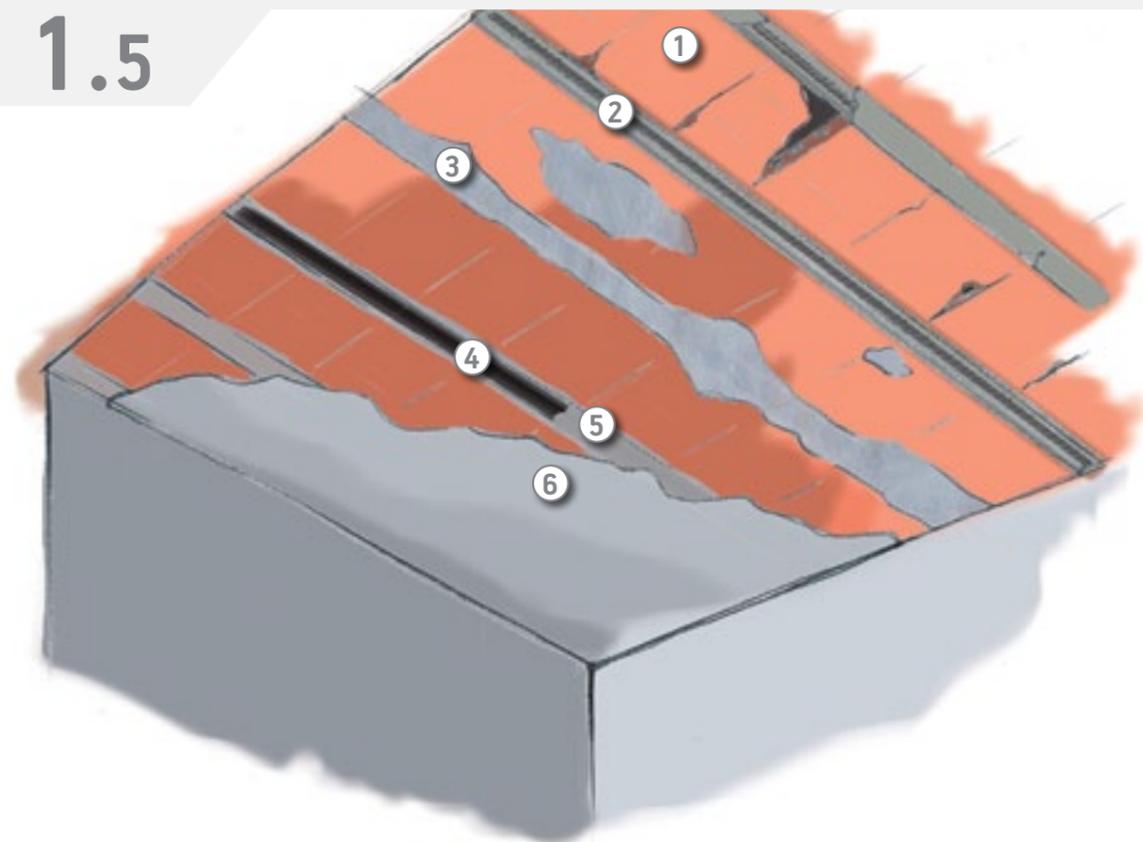
Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Rinforzo a flessione	cap. 4.2.2.3 - cap. 4.6.1.1 per elementi precompressi
Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2 - cap. 4.6.1.2 per elementi precompressi

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>



SOLAIO IN LATERO-CEMENTO

1.5



IL PROBLEMA Il solaio presenta carenze di armatura longitudinale a flessione per mutate condizioni di carico (cambio di destinazione d'uso) o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali (degrado da umidità, incendio, ecc.).

LA SOLUZIONE L'armatura longitudinale può essere integrata mediante l'utilizzo di lamelle pultruse in fibra di carbonio, con fibre poste parallelamente all'asse del travetto, e incollate direttamente all'intradosso ripristinato di ciascun travetto costituente il solaio. Tale intervento necessita della demolizione del fondello in laterizio poiché il rinforzo deve essere fissato direttamente all'elemento resistente.

OPERAZIONI PRELIMINARI Le situazioni di degrado del solaio devono preliminarmente essere rimosse. Il fondello in laterizio va rimosso fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (Dracosteel). La sezione di calcestruzzo del travetto e il fondello dovranno poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (Flueco 40T), eventualmente bicomponente (Flueco 80 T2).

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per le lamelle in fibra di carbonio **ARMOFIX MTL** sul quale verrà posata la lamella **ARMOSHIELD CFK** tagliata a misura. La lamella dovrà essere adeguatamente rullata per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata. La lamella deve essere preventivamente pulita con apposito solvente **ARMOCLEANER** su entrambe le facce in modo da eliminare i residui della lavorazione. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **Armofix MTL** sopra la lamella precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, stendere un sottile strato di adesivo e spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
- Voce di capitolato lamelle 4.2 pag. 68



RINFORZO A FLESSIONE CON LAMELLE IN FIBRA DI CARBONIO

1.5

LEGENDA

- 1 Solaio degradato
- 2 Demolizione del fondello e trattamento passivante dei ferri con DRACOSTEEL
- 3 Ricostruzione travetto con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Incollaggio di lamelle in fibra di carbonio
- 5 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTL
- 6 Finitura con intonaco

LO SAPEVI CHE...

Puoi contenere il collasso degli elementi di alleggerimento in laterizio con il sistema anti-sfondellamento (scheda 1.10 pag. 28)

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Demolizione del fondello in laterizio e pulizia delle superfici

FASE 2



Applicazione della resina epossidica ARMOFIX MTL per l'incollaggio delle lamelle

FASE 3



Applicazione delle lamelle ARMOSHIELD CFK sullo strato di resina ancora fresco



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP	cap. 4.2.2.3
Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>



PILASTRO IN C.A.

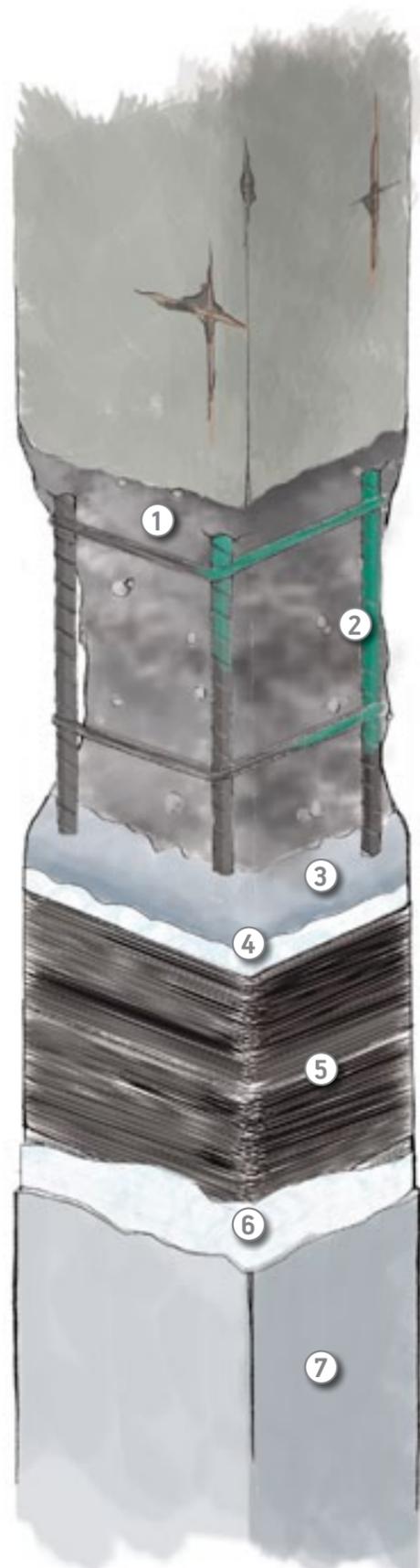
1.6

IL PROBLEMA Il pilastro semplicemente compresso presenta resistenza del calcestruzzo inferiore alle aspettative, oppure è necessario incrementare la resistenza a compressione del calcestruzzo per aumentare la duttilità della sezione.

LA SOLUZIONE Fasciando il pilastro con fasce di tessuto unidirezionale è possibile aumentare la resistenza a compressione del calcestruzzo. L'aumento di resistenza a compressione ottenibile in funzione della geometria della sezione, del materiale base e della disposizione delle fasciature di cerchiatura, e determina anche un aumento della deformazione ultima a compressione del calcestruzzo, in altre parole ne aumenta la duttilità.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del supporto in calcestruzzo prima dell'applicazione del rinforzo composito. Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (**DRACOSTEEL**). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (**FLUECO 40T**), eventualmente bicomponente (**FLUECO 80 T2**). Gli spigoli del pilastro dovranno essere arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura con sovrapposizione di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa di intonaco o altra protezione cementizia o resinosa, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.



VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO A COMPRESSIONE TRAMITE CONFINAMENTO CON TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

1.6

LEGENDA

- 1 Eliminazione del calcestruzzo ammalorato e pulizia dei ferri
- 2 Trattamento dei ferri di armatura con DRACOSTEEL
- 3 Ricostruzione con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Adesivo epossidico di incollaggio ARMOFIX MTX
- 5 Cerchiatura con tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET
- 6 Resina epossidica di impregnazione ARMOFIX MTX
- 7 Intonaco di finitura o resina protettiva

LO SAPEVI CHE...

Più alta è la grammatura del tessuto utilizzato, maggiore dovrà essere l'arrotondamento degli spigoli per evitare distacchi durante la posa.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Ricostruzione volumetrica del pilastro con malta fibrorinforzata della linea flueco



Posa in opera del tessuto ARMOSHIELD C-SHEET e impregnazione con resina epossidica ARMOFIX MTX



Visione di insieme - Pilastri in c.a. fasciati con tessuto in fibra di carbonio ARMOSHIELD C-SHEET



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Resistenza di progetto a compressione centrata o con piccola eccentricità dell'elemento confinato

cap. 4.5.2

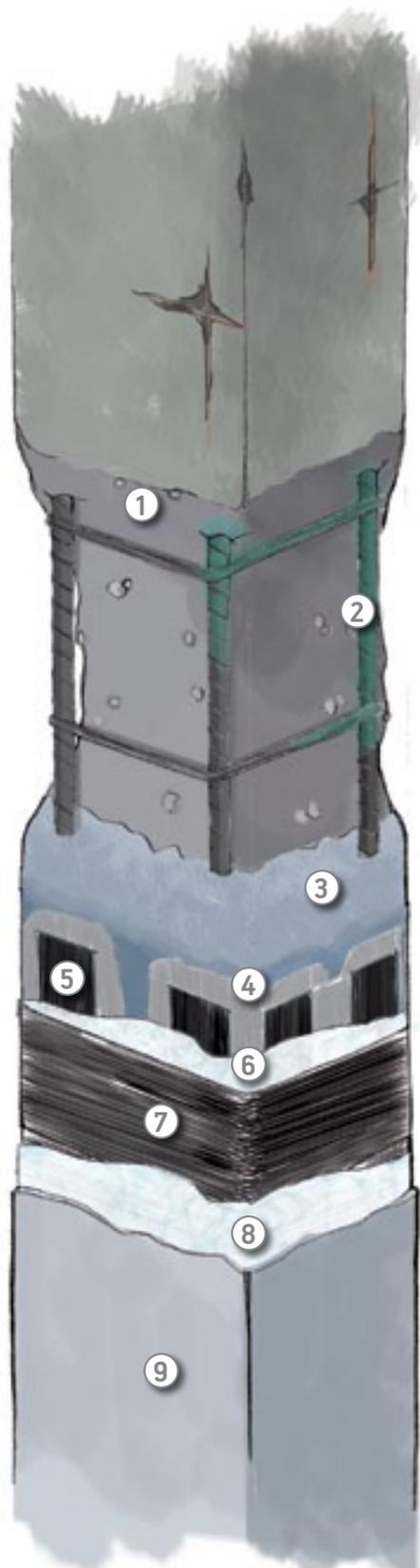
SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

PILASTRO IN C.A.

1.7

IL PROBLEMA Il pilastro presenta carenze di armatura longitudinale a flessione, di staffatura a taglio e necessità di un aumento di capacità portante per compressione.

LA SOLUZIONE L'armatura longitudinale può essere integrata mediante l'utilizzo di lamelle pultruse in fibra di carbonio, poste parallelamente all'asse del pilastro ed opportunamente ancorate nei nodi mediante connettori aramidici, mentre la resistenza a taglio e a compressione può essere adeguata con cerchiature di fibra unidirezionale disposte ad opportuno interasse o in avvolgimento completo.



OPERAZIONI PRELIMINARI Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (**DRACOSTEEL**). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (**FLUECO 40T**), eventualmente bicomponente (**FLUECO 80 T2**). Gli spigoli dovranno essere arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio per le lamelle in fibra di carbonio **ARMOFIX MTL** sul quale verranno posate le lamelle **ARMOSHIELD CFK** che dovranno essere adeguatamente premute a mano o con rullo in gomma dura per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata. Le lamelle saranno state preventivamente pulite con apposito solvente **ARMOCLEANER**. Successivamente alla posa delle lamelle potrà essere steso l'adesivo di incollaggio **ARMOFIX MTX** per la regolarizzazione della superficie e la posa del tessuto unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET**, che dovrà essere poi impregnato con il medesimo adesivo **ARMOFIX MTX**. Per eventuali strati successivi, applicare il tessuto sull'adesivo ancora fresco e procedere con l'impregnazione come descritto precedentemente. Sull'adesivo ancora fresco verrà infine data una spolverata di sabbia al quarzo per consentire l'aggrappo dell'intonaco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64
- Voce di capitolato lamelle 4.2 pag. 68

RINFORZO A PRESSOFLESSIONE E TAGLIO CON LAMELLE E TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

1.7

LEGENDA

- 1 Eliminazione del calcestruzzo ammalorato e pulizia dei ferri
- 2 Trattamento dei ferri di armatura con DRACOSTEEL
- 3 Ricostruzione con malta fibrorinforzata FLUECO
- 4 Stesura dell'adesivo epossidico ARMOFIX MTL
- 5 Lamelle per rinforzo a flessione ARMOSHIELD CFK
- 6 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 7 Cerchiatura con tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET
- 8 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 9 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Puoi consolidare lesioni e microfessure con EPOX INIEZIONE RM2.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Rimozione del rivestimento esistente e pulizia

FASE 2



Applicazione dell'adesivo epossidico di incollaggio ARMOFIX MTL e delle lamelle ARMOSHIELD CFK

FASE 3



Posa dei tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET sulla resina ARMOFIX MTX e impregnazione

FASE 4



Cerchiatura completa del pilastro



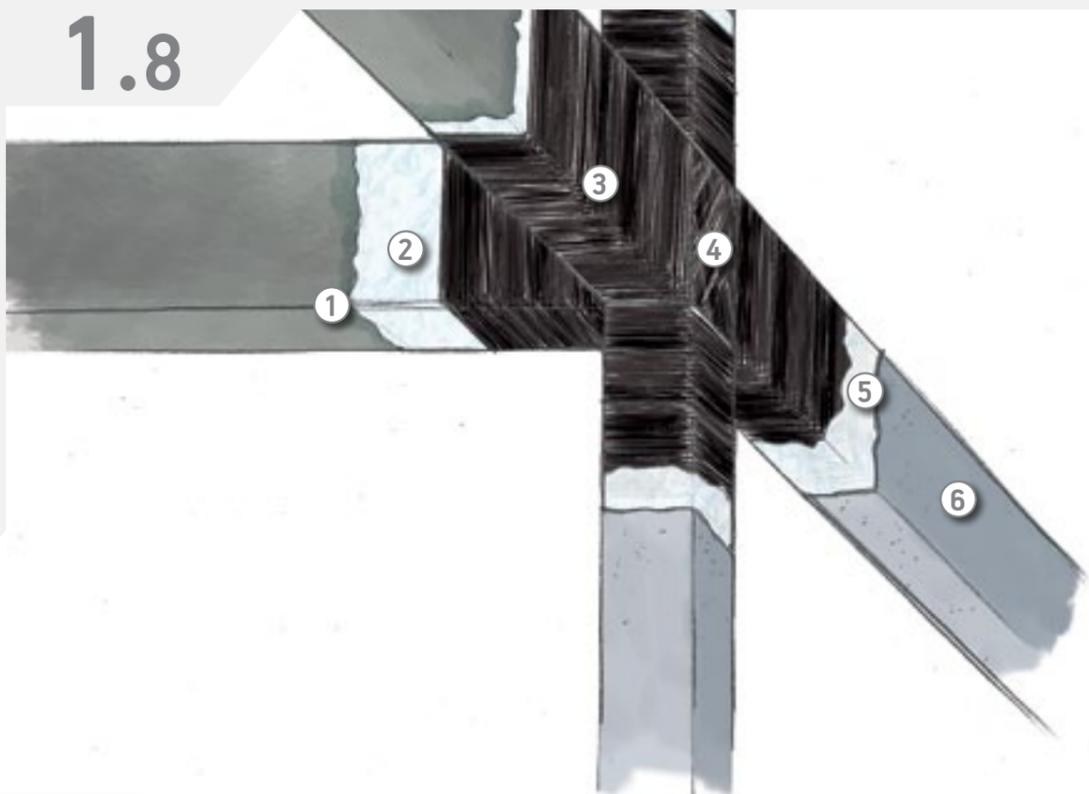
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Rinforzo a taglio	cap. 4.3.3
Resistenza di progetto a compressione centrata o con piccola eccentricità dell'elemento confinato	cap. 4.5.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

NODO TRAVE-PILASTRO

1.8



IL PROBLEMA È necessario incrementare le resistenze a taglio della trave e del pilastro nel punto di convergenza, in modo da ripristinare la corretta gerarchia delle resistenze tra gli elementi.

LA SOLUZIONE Fasciando la trave a taglio e cerchiando il pilastro entrambi con fasce di tessuto unidirezionale è possibile aumentare la resistenza a taglio di trave e pilastro nonché la duttilità del calcestruzzo del pilastro. In tal modo si migliora anche la capacità dissipativa del nodo alle azioni sismiche. Per rinforzare il pannello nodale è buona norma incollare un foglio di tessuto quadriassiale ARMOSHIELD C-QUADRAX, con opportuno prolungamento sulle anime di trave e pilastro e conseguenti risvolti.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del supporto in calcestruzzo prima dell'applicazione del rinforzo composito. Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (**DRACOSTEEL**). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (**FLUECO 40T**), eventualmente bicomponente (**FLUECO 80 T2**). Gli spigoli di trave e pilastro dovranno essere arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verranno posate sia il foglio di tessuto quadriassiale, sia le fasce di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliate a misura per la realizzazione del rinforzo a taglio per le travi e la cerchiatura sui pilastri, quest'ultima con sovrapposizione di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con **ARMOROLLER** per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente applicare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

- VOCI DI CAPITOLATO**
- Preparazione del supporto 4.0.1 pag. 62
 - Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO DEL NODO TRAMITE CONFINAMENTO CON TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

1.8

LEGENDA

- 1 Applicazione del primer ARMOPRIMER 100
- 2 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 3 Cerchiatura con tessuti unidirezionali o quadriassiali ARMOSHIELD C
- 4 Placcatura con tessuti quadriassiali ARMOSHIELD C-QUADRAX
- 5 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 6 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...
Puoi proteggere, decorare e rivestire l'intervento con la pittura acrilica elastica **ACRIFLEX**

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Nodo trave-pilastro prima dell'intervento



Cerchiatura del pilastro con tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C



Dettaglio della cerchiatura



Intervento di confinamento ultimato



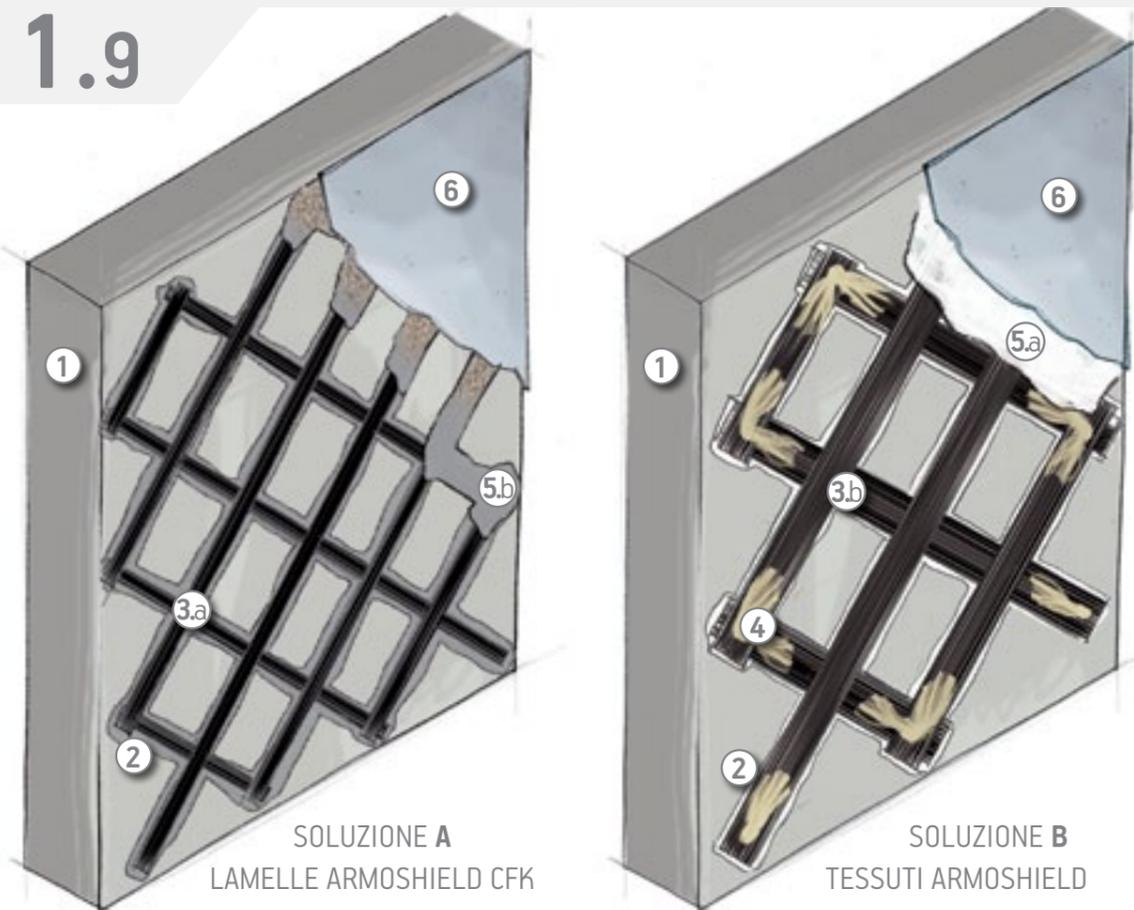
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Rinforzo a taglio	cap. 4.3.3
Resistenza di progetto a compressione centrata o con piccola eccentricità dell'elemento confinato	cap. 4.5.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

SETTI IN C.A.

1.9

SOLUZIONE A
LAMELLE ARMOSHIELD CFKSOLUZIONE B
TESSUTI ARMOSHIELD

IL PROBLEMA Si vuole migliorare il comportamento a taglio di setti in c.a. per miglioramento o adeguamento alle azioni sismiche da normativa.

LA SOLUZIONE Si crea un controventamento a croce di Sant'Andrea con fasce unidirezionali di fibra di carbonio posate sulle due facce del pannello, collegate tra loro da connettori passanti a doppio fiocco sugli incroci.

OPERAZIONI PRELIMINARI Le parti di calcestruzzo in fase di distacco vanno rimosse fino a scoprire la sottostante barra di armatura la quale dovrà essere adeguatamente trattata con prodotto passivante (**DRACOSTEEL**). La sezione di calcestruzzo dovrà poi essere ricostruita mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (**FLUECO 40T**), eventualmente bicomponente (**FLUECO 80 T2**).

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di calcestruzzo sanata e ricostruita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà steso il nastro di fibra unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET**. Il nastro dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e per far penetrare l'adesivo di incollaggio all'interno delle fibre per una prima impregnazione delle stesse. La definitiva impregnazione verrà realizzata con il medesimo adesivo **ARMOFIX MTX** applicato sulla fibra che verrà successivamente passata nuovamente con il rullino metallico. Accertarsi che tutte le fibre del tessuto siano perfettamente impregnate. Per eventuali strati successivi, procedere con la posa del tessuto sull'adesivo ancora fresco e procedere con l'impregnazione come descritto precedentemente. Sull'ultimo strato, con l'adesivo di impregnazione ancora fresco verrà infine data una spolverata di sabbia al quarzo per consentire l'aggrappo dell'intonaco.

▶	VOCI DI CAPITOLATO		
	- Preparazione del supporto	4.0.1	pag. 62
	- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64
	- Voce di capitolato lamelle	4.2	pag. 68

RINFORZO A TAGLIO CON TESSUTI E LAMELLE IN FIBRA DI CARBONIO

1.9

LEGENDA

- ① Setto in cemento armato
- ② Resina di incollaggio ARMOFIX MTL
- ③.a Rinforzo con lamelle ARMOSHIELD CFK su ambo i lati
- ③.b Tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C-SHEET su ambo i lati della parete
- ④ Doppio fiocco aramidico ARMOGRIP
- ⑤.a Resina ARMOFIX MTX
- ⑤.b Resina ARMOFIX MTL
- ⑥ Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

L'intervento deve preferibilmente essere eseguito su entrambe le facce del muro per evitare asimmetrie che possano indurre effetti secondari

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE


Esempio applicativo



Controventi con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ARMOSHIELD C



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione

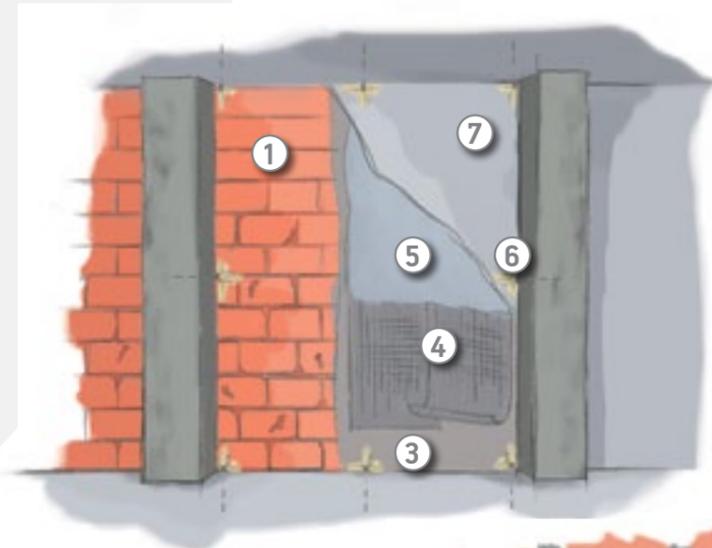
cap. 4.1.2

Lo schema di calcolo non viene riportato direttamente nel documento CNR, tuttavia è possibile schematizzare il sistema con lo schema tirante puntone, controllando la delaminazione e le tensioni di interfaccia.

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IIICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

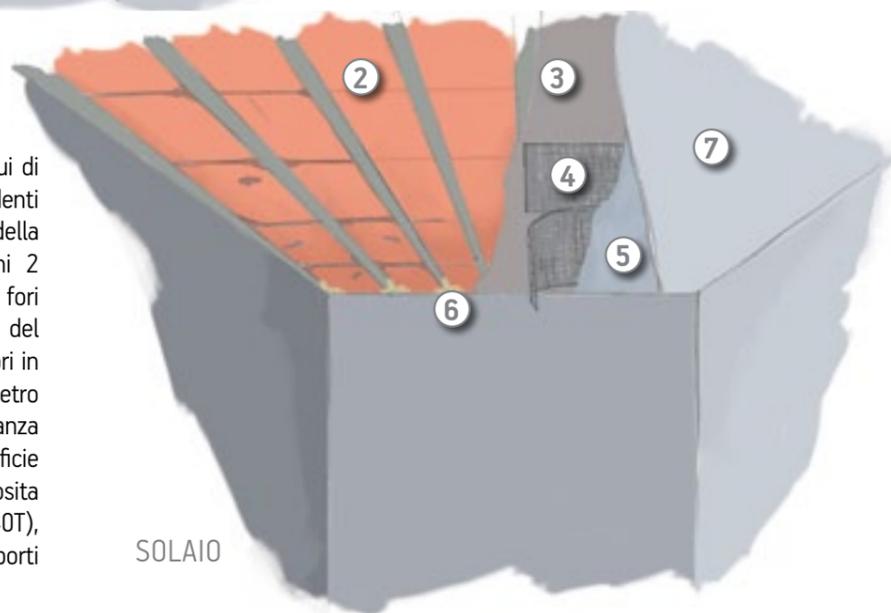
TAMPONAMENTI E SOLAI

1.10



PANNELLO NON STRUTTURALE

OPERAZIONI PRELIMINARI I residui di intonaco, i trattamenti superficiali precedenti e le parti degradate o in fase di distacco della muratura devono essere rimosse. Ogni 2 metri circa dovranno essere realizzati dei fori all'intradosso del solaio o sul perimetro del pannello per l'alloggiamento di connettori in fibra di aramide. I fori dovranno avere diametro di circa 20 mm e profondità di 10 cm (distanza dalla muratura 1,5 cm circa). La superficie dovrà essere regolarizzata mediante apposita malta strutturale fibrorinforzata (Flueco 40T), eventualmente bicomponente per supporti deboli (Flueco 80 T2).



SOLAIO

IL PROBLEMA Si teme la formazione di un cinematisma consistente nel collasso e ribaltamento dei tamponamenti in muratura e alla caduta di elementi di alleggerimento in laterizio dal solaio.

LA SOLUZIONE Miglioramento del comportamento sismico di tamponamenti in muratura e solai con sistema antiribaltamento che previene le fessurazioni e contiene il rischio di crolli e ribaltamento.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO **Posizionamento e ancoraggio del connettore:** tagliare il connettore della lunghezza necessaria. Preparare la resina **ARMOFIX MTX/EP FIX** e iniettare a mezzo cartuccia all'interno del foro avendo cura di riempirne circa la metà, inserire il connettore **ARMOGRIP** all'interno del foro e procedere all'impregnazione e riempimento della cavità del connettore per tutta la sua lunghezza con **ARMOFIX MTX**. **Applicazione del rinforzo:** sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta **ARMOTECH MONO** per regolarizzare la superficie e fornire un substrato omogeneo, il cui spessore medio sarà di circa 3 mm in funzione dell'irregolarità della tessitura muraria. Sul primo strato di malta verrà posata la rete in fibra di basalto **ARMONET B 250** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 10 cm. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di circa 3 mm di **ARMOTECH MONO** sulla malta non completamente indurita e sulla rete ricoprendola uniformemente. Per eventuali strati successivi ripetere il procedimento operando sempre fresco su fresco. **Ancoraggio del connettore:** a indurimento avvenuto dell'ultimo strato di malta **ARMOTECH MONO** procedere all'ancoraggio della parte terminale del connettore: la porzione di connettore non impregnata che fuoriesce dal foro (fiocco) dovrà essere aperta a ventaglio e fissata alla superficie circostante il foro mediante impregnazione di resina. L'adesivo dovrà essere applicato prima sulla superficie da incollare e poi sulle fibre aperte a fiocco. Ricoprire il fiocco con uno strato di malta **ARMOTECH MONO**.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato antiribaltamento - antisfondellamento 4.9 pag. 84

RINFORZO ANTIRIBALTAMENTO, ANTISFONDELLAMENTO E MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO SISMICO

1.10

LEGENDA

- 1 Tamponamento in muratura
- 2 Solaio
- 3 Primo strato di malta **ARMOTECH MONO**
- 4 Rete in fibra di basalto **ARMONET B 250**
- 5 Rasatura finale con malta **ARMOTECH MONO**
- 6 Connettori in aramide **ARMOGRIP**
- 7 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Nei tamponamenti in muratura il rinforzo va applicato su entrambi i lati

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Applicazione della rete tra due strati di malta **ARMOTECH MONO**



Intervento di rinforzo antiribaltamento ultimato



LA MURATURA

Il presente capitolo tratta la descrizione delle principali e più ricorrenti problematiche di rinforzo delle strutture in muratura. Saranno dunque presi in esame i rinforzi applicati a miglioramento di fenomeni locali (ribaltamento, flessione, ecc.) e a miglioramento della resistenza derivanti da valutazioni globali (rinforzo a flessione, taglio, cerchiatura, ecc.). Va ribadita l'importanza dell'analisi globale dell'edificio oggetto dell'intervento, al fine di operare con il rinforzo in maniera da non creare scompensi di comportamento strutturale soprattutto alle azioni sismiche, operando con consapevolezza su rigidità e resistenze dei singoli elementi strutturali. Tutto quanto descritto nelle seguenti schede, come già ribadito nella sezione relativa al calcestruzzo armato, non può prescindere dalla preliminare e corretta preparazione del supporto, allo scopo di ottenere un substrato di base tale da garantire una corretta applicazione del sistema di rinforzo assicurando efficacia e durata dell'intervento realizzato. Gli interventi descritti hanno solitamente carattere di vero e proprio rinforzo determinato da variazione delle esigenze d'uso della struttura o dalla necessità di apportare adeguamenti normativi alla stessa.

PILASTRO IN MURATURA

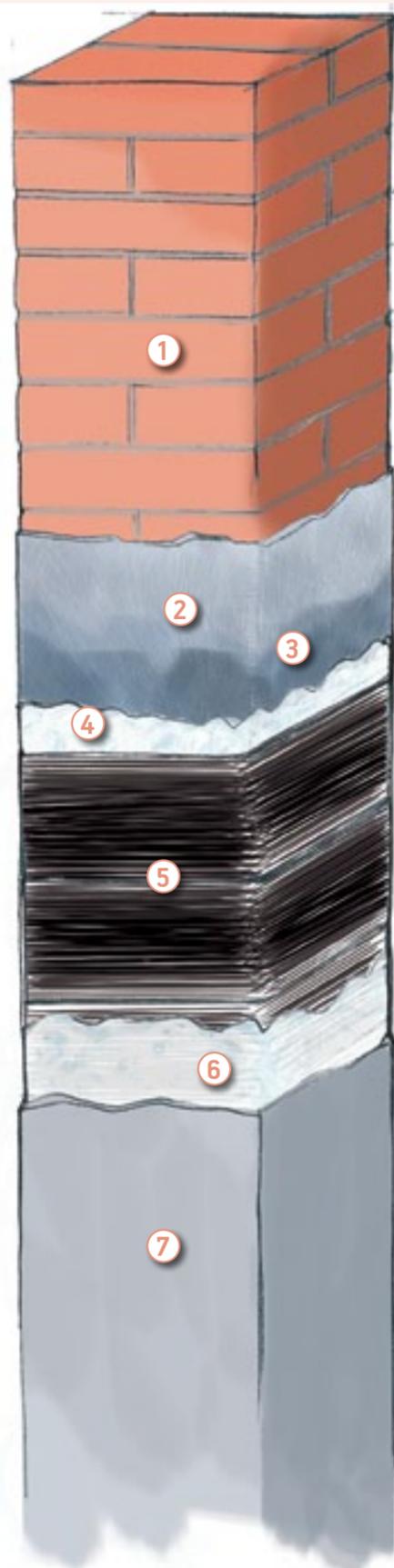
2.1

IL PROBLEMA Il pilastro semplicemente compresso presenta resistenza a compressione inferiore alle richieste progettuali, oppure è necessario incrementare la deformazione ultima ad esempio nel caso di incremento dei carichi sulla struttura o di ampliamento.

LA SOLUZIONE Fasciando il pilastro con nastri di tessuto unidirezionale è possibile aumentare la resistenza a compressione della muratura. L'aumento di resistenza a compressione ottenibile è funzione della geometria della sezione, del materiale base e della disposizione delle fasciature di cerchiatura, e determina anche un aumento della deformazione ultima a compressione della muratura, in altre parole ne aumenta la duttilità.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento del pilastro con eventuali interventi di ristilatura dei corsi e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta a basso modulo ARMOTECH MONO. La sezione di muratura dovrà essere compatta e regolare. Gli spigoli del pilastro dovranno essere arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T** o **FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione dell'irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura con sovrapposizione di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare della sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.



RINFORZO A COMPRESSIONE TRAMITE CONFINAMENTO CON TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

2.1

LEGENDA

- 1 Pilastro in muratura
- 2 Rasatura con malta fibrorinforzata
- 3 Primer ARMOPRIMER 100
- 4 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 5 Fibra unidirezionale in carbonio ARMOSHIELD C-SHEET
- 6 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 7 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Su pilastri a sezione quadrata o rettangolare è possibile migliorare il comportamento a compressione anche mediante l'utilizzo di barre ARMOSHIELD BC poste orizzontalmente, con e senza fasciatura.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Pilastro compresso in muratura prima dell'intervento



Cerchiatura del pilastro con tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Resistenza di progetto a compressione centrata dell'elemento confinato

cap. 5.6.1

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IIICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

PANNELLI MURARI PERIMETRALI

2.2



IL PROBLEMA Si teme la formazione di un cinematisma consistente nel ribaltamento del pannello murario rispetto ad una cerniera cilindrica alla base del pannello murario stesso.

LA SOLUZIONE Fasciatura di sommità con adeguato risvolto e ancoraggio sulle pareti ortogonali. Variante con massimizzazione dei benefici: cerchiatura completa della fabbrica muraria.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento della muratura eliminando le situazioni di degrado anche con eventuali interventi di ristilatura dei corsi, e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta fibrorinforzata a basso modulo ARMOTECH MONO. Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasce in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria. Gli spigoli del fabbricato dovranno essere arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente applicare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto	4.0.2	pag. 63
- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64

RINFORZO TRAMITE CERCHIATURA CON TESSUTI IN CARBONIO

2.2

LEGENDA

- 1 Cerchiatura con fasce unidirezionali
- 2 Connettori in aramide ARMOGRIP

LO SAPEVI CHE...

L'intervento FRP può essere ottimizzato con un adeguato intervento preventivo di ripristino della muratura. Scopri i prodotti ARMOLIME!

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Cerchiatura sulla sommità con fasce unidirezionali



Dettaglio della cerchiatura



Visione di insieme dell'intervento



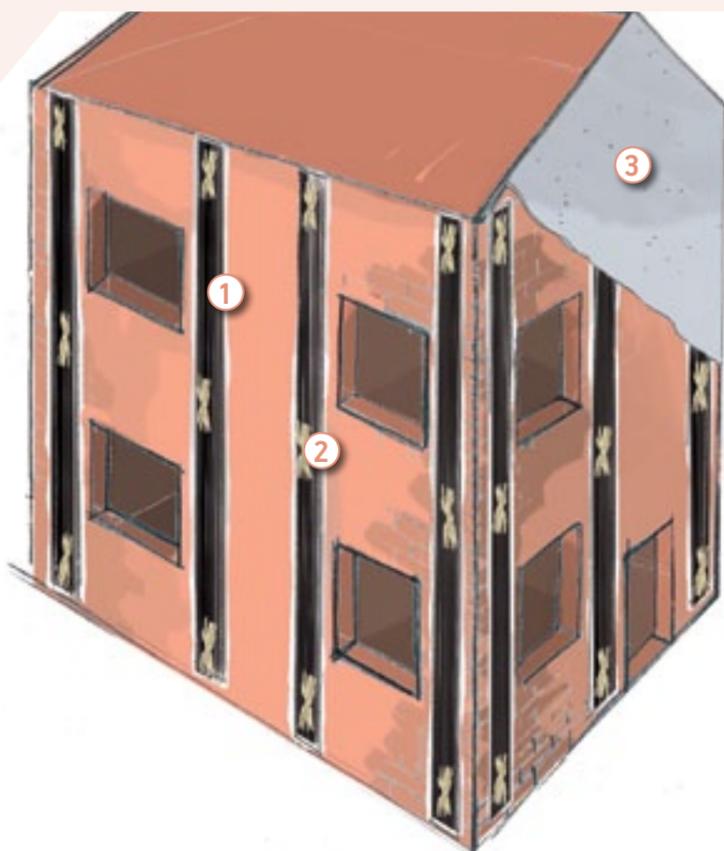
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica per ribaltamento semplice	cap. 5.4.1.1.1
Verifica a pressoflessione nel piano del pannello	cap. 5.4.1.2.1
Verifica per taglio nel piano del pannello	cap. 5.4.1.2.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

PANNELLI MURARI PERIMETRALI

2.3



IL PROBLEMA Per un pannello di muratura ben vincolato al piede ed in sommità, soggetto ad azioni orizzontali, si teme il collasso per effetto delle sollecitazioni di flessione che si instaurano in esso. Il collasso avviene per formazione di tre cerniere: una al piede, una in sommità e la terza posizionata ad una certa altezza del pannello.

LA SOLUZIONE Applicando sulle pareti del pannello fasce di materiale composito FRP con fibre verticali, si realizza una "muratura armata con FRP" nella quale gli sforzi di compressione associati alla flessione sono assorbiti dalla muratura e quelli di trazione dal rinforzo di FRP.

OPERAZIONI PRELIMINARI Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T** o **FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "ripres" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO VERTICALE A FLESSIONE

2.3

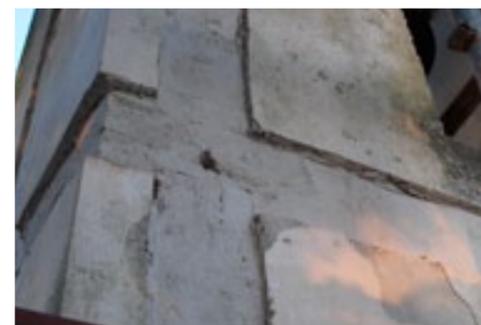
LEGENDA

- 1 Tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C-SHEET posati su corsie in malta FLUECO
- 2 Connettori in aramide ARMOGRIP inghisati
- 3 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Verifica sempre l'ipotesi di solai rigidi nel proprio piano

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Preparazione delle corsie di alloggiamento dei tessuti



Posa dei tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C sulle corsie di malta e inserimento dei connettori ARMOGRIP



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

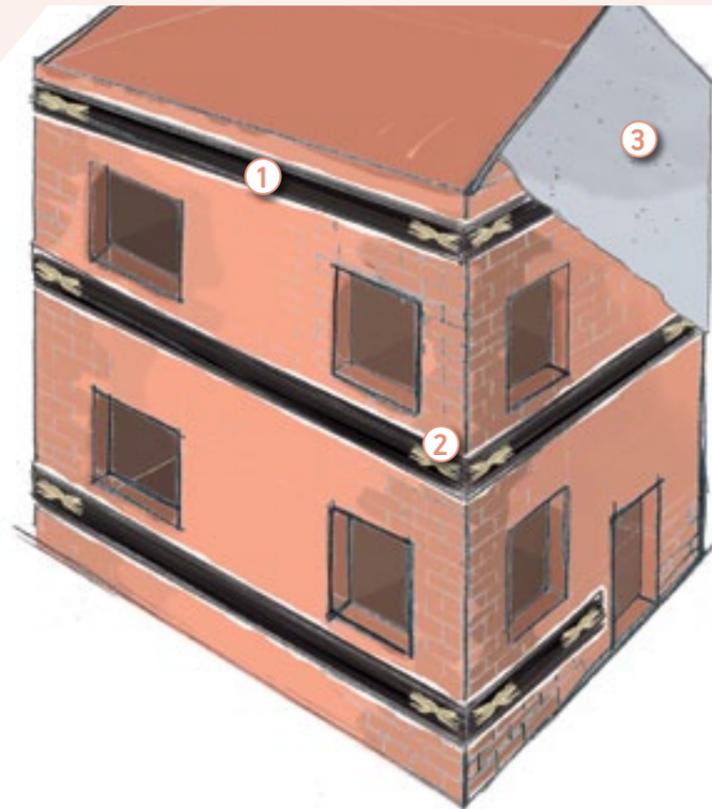
Verifica per flessione della striscia muraria verticale

cap. 5.4.1.1.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

PANNELLI MURARI PERIMETRALI

2.4



IL PROBLEMA Per un pannello in muratura ben vincolato al piede, in presenza di muri laterali che siano o meno in grado di esercitare azione di contrafforte, in presenza di azioni orizzontali, la fascia muraria orizzontale di sommità si comporta come una trave in muratura, e può crollare o per superamento del carico sopportabile dallo schema ad arco o per formazione di un meccanismo a 3 cerniere.

LA SOLUZIONE L'applicazione dei materiali compositi consente di contrastare tale meccanismo, conferendo capacità di resistenza a flessione alla striscia di altezza unitaria collocata in sommità del pannello, trasformata in una trave di muratura rinforzata con FRP.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento della muratura eliminando le situazioni di degrado anche con eventuali interventi di ristilatura dei corsi, e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta fibrorinforzata a basso modulo ARMOTECH MONO.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- | | | |
|------------------------------|-------|---------|
| - Preparazione del supporto | 4.0.2 | pag. 63 |
| - Voce di capitolato tessuti | 4.1 | pag. 64 |

RINFORZO A FLESSIONE ORIZZONTALE

2.4

LEGENDA

- 1 Tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C-SHEET posati su corsie in malta FLUECO
- 2 Connettori in aramide ARMOGRIP
- 3 Intonaco di finitura

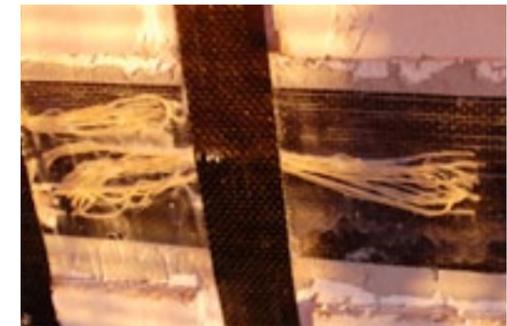
LO SAPEVI CHE...

Il fenomeno è più acuto sulla fascia di sottotetto per via delle travi lignee spesso spingenti. Ricorda di mettere in conto la loro azione!

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Realizzazione delle corsie di alloggiamento dei tessuti



Cerchiatura con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ARMOSHIELD C



Cerchiatura con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ARMOSHIELD C



Particolare dello spolvero finale con sabbia al quarzo per favorire la successiva posa dell'intonaco



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

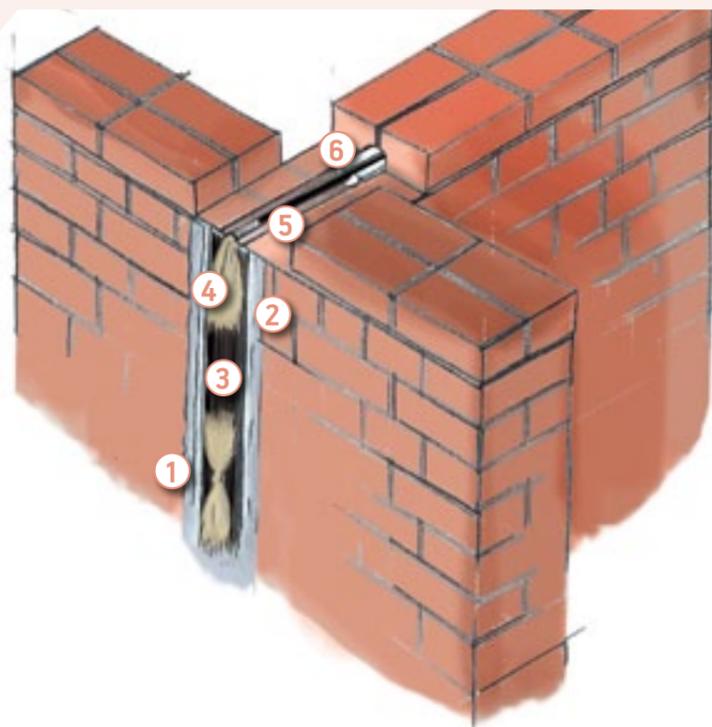
Verifica per flessione della striscia muraria verticale

cap. 5.4.1.1.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

INTERCONNESSIONE PARETI

2.5



IL PROBLEMA Pareti ortogonali ed entrambe resistenti alle azioni orizzontali si presentano scarsamente ammassate tra loro, questo comporta un pessimo comportamento sismico del fabbricato.

LA SOLUZIONE L'applicazione di barre in fibra di carbonio unitamente a fasciature verticali FRP conferisce un ancoraggio continuo tra le murature così connesse.

OPERAZIONI PRELIMINARI Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria e dovranno essere realizzati fori di opportuni diametro e lunghezza per l'inserimento delle barre. I fori dovranno essere puliti dalla polvere.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco. Prima della posa dell'ultimo strato verrà colato o iniettato all'interno del foro e riempendolo fino circa a tre quarti della profondità l'adesivo **ARMOFIX MT** o in alternativa **ARMOFIX MTX**, verrà inserita la barra, la parte terminale del connettore aramidico non impregnata che fuoriesce dal foro (fiocco) dovrà essere risvoltata e disposta a ventaglio fissandola alla superficie circostante il foro mediante impregnazione di resina. L'adesivo dovrà essere applicato prima sulla superficie da incollare e poi sulle fibre aperte a fiocco. Per proteggere il connettore dovrà essere applicato sulla mano di resina ancora fresca una porzione di tessuto in fibra di carbonio applicando il medesimo ciclo delle fasciature con tessuto in fibra di carbonio.

▶	VOCI DI CAPITOLATO	- Preparazione del supporto	4.0.2	pag. 63
		- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64
		- Voce di capitolato connettori	4.7	pag. 80

IN MURATURA ORTOGONALI

2.5

LEGENDA

- 1 Corsia di alloggiamento in malta fibrorinforzata
- 2 Resina di incollaggio e impregnazione
- 3 Tessuto in fibra di carbonio ARMOSHIELD C
- 4 Connettore in aramide ARMOGRIP BC
- 5 Barra in carbonio ARMOSHIELD BC
- 6 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX/MT

LO SAPEVI CHE...

Spesso l'interconnessione tra muri ortogonali unitamente alla presenza di solai rigidi nel piano permette di migliorare di molto le prestazioni sismiche di un edificio in muratura

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



In corrispondenza dei fori le fibre del tessuto in carbonio vanno accuratamente allargate

FASE 2



Inserimento del connettore aramidico ARMOGRIP BC all'interno del foro riempito con la resina ARMOFIX

FASE 3



Apertura a ventaglio e fissaggio del fiocco con la resina epossidica ARMOFIX MTX

FASE 4



Porzione di tessuto in fibra di carbonio ARMOSHIELD C applicato sul fiocco a protezione del connettore

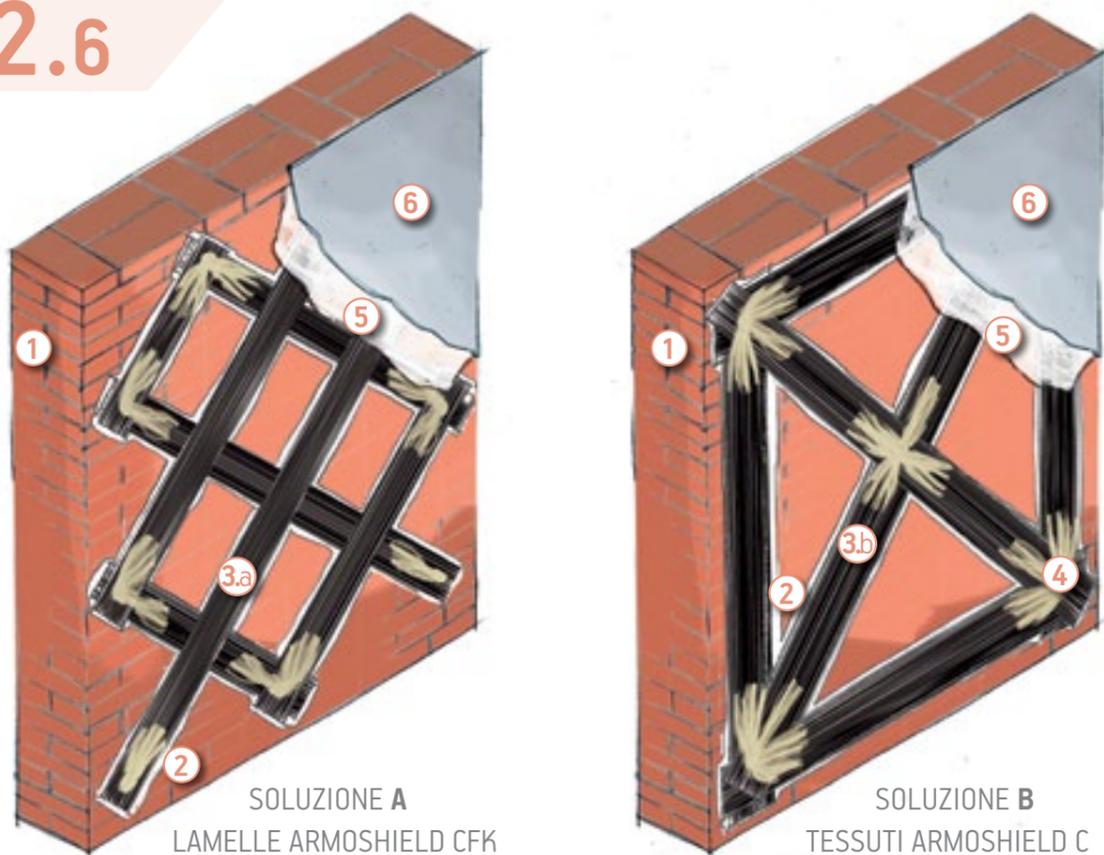
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo:

non esistono specifici riferimenti normativi per il dimensionamento dei connettori FRP benché il CNR DT 200/2004 ne faccia menzione al cap. 5.1.3. E' tuttavia possibile fare riferimento alle resistenze caratteristiche dichiarate dai produttori e al calcolo indicativo della lunghezza di ancoraggio secondo ETAG 001 (tenendo conto però che è stata pensata per barre in acciaio ancorate con ancorante chimico).

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

PARETI SOGGETTE A TAGLIO

2.6



IL PROBLEMA Si vuole rinforzare un pannello murario all'azione tagliante.

LA SOLUZIONE Si possono applicare fasciature su ambo le facce esterne del pannello in modo da creare un sistema atto ad attivare un comportamento secondo lo schema a traliccio.

OPERAZIONI PRELIMINARI Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer Armoprimer 100 per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMO SHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO	- Preparazione del supporto	4.0.2	pag. 63
	- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64
	- Voce di capitolato connettori	4.7	pag. 80

RINFORZO A TAGLIO

2.6

LEGENDA

- 1 Parete in muratura
- 2 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX/MTL
- 3.a Rinforzo con lamelle ARMO SHIELD CFK su ambo i lati
- 3.b Tessuto in fibra di carbonio ARMO SHIELD C-SHEET su ambo i lati
- 4 Doppio fiocco aramidico ARMOGRIP inghisato con ARMOFIX MTX
- 5 Intonaco



LO SAPEVI CHE...

Fasciature di rinforzo a taglio disposte in orizzontale aumentano la resistenza della parete, fasciature disposte in diagonale ne aumentano anche la rigidità poiché fungono anche da controvento. Ricorda sempre di verificare la parete anche a pressoflessione.



DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Applicazione dei tessuti sulle corsie di malta



Parete rinforzata su entrambe i lati con i tessuti in fibra di carbonio ARMO SHIELD C posizionati secondo schema di progetto



Interconnessioni con doppio connettore aramidico ARMOGRIP



Spolvero con sabbia al quarzo per favorire la successiva posa dell'intonaco



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

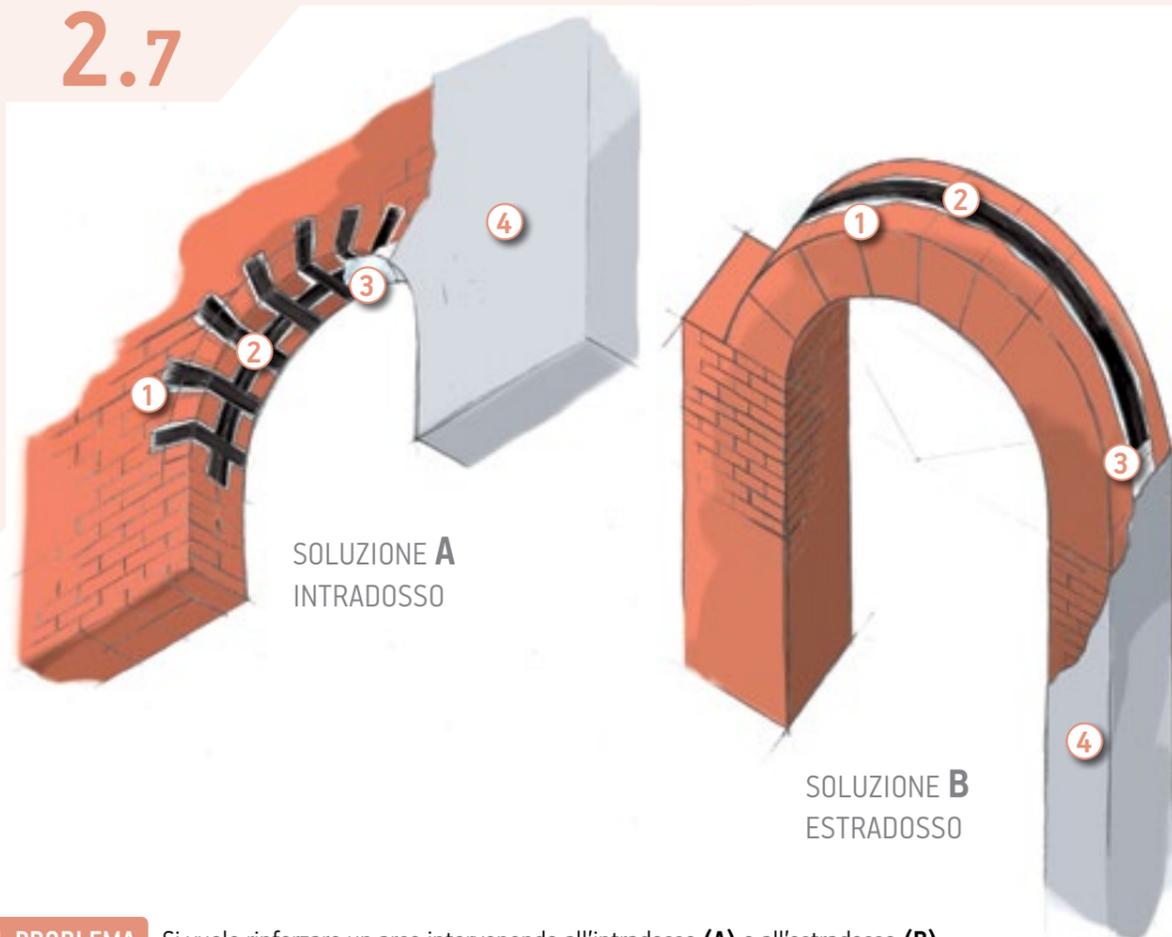
Verifica per taglio nel piano del pannello

cap. 5.4.1.2.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

ARCHI

2.7



IL PROBLEMA Si vuole rinforzare un arco intervenendo all'intradosso (A) o all'estradosso (B).

LA SOLUZIONE Si possono applicare fasciature all'intradosso, opportunamente ancorate, in modo da aumentare l'eccentricità ammissibile della risultante di compressione nello spessore dell'arco e aumentare di conseguenza i carichi che portano alla formazione delle cerniere plastiche che determinano il meccanismo di collasso.

OPERAZIONI PRELIMINARI Le situazioni di degrado della muratura devono essere rimosse. Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer Armoprimer 100 per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO ALL'INTRADOSSO/ESTRADOSSO

2.7

LEGENDA

- 1 Adesivo per l'incollaggio dei tessuti ARMOFIX MTX
- 2 Tessuto unidirezionale ARMOSHIELD C-SHEET
- 3 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 4 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

L'intervento in estradosso è senza dubbio migliore, ma quello in intradosso non è affatto un ripiego e può portare a notevoli miglioramenti di comportamento a rottura dell'arco.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Arco prima dell'intervento

FASE 2



Applicazione dei tessuti ARMOSHIELD C-SHEET

FASE 3



Particolare delle fasciature a "U" e connettori ARMOGRIP



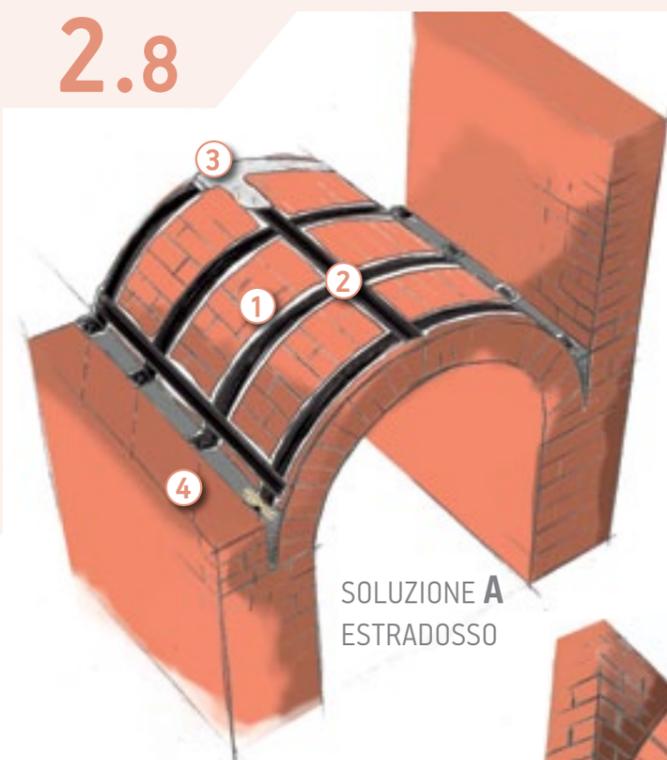
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica per schema ad arco	cap. 5.5.1.1
Verifica per schema a portale	cap. 5.5.1.2
Verifica a flessione	cap. 5.4.1.1.2
Verifica a taglio	cap. 5.4.1.2.2
Verifica a delaminazione	cap. 5.3.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

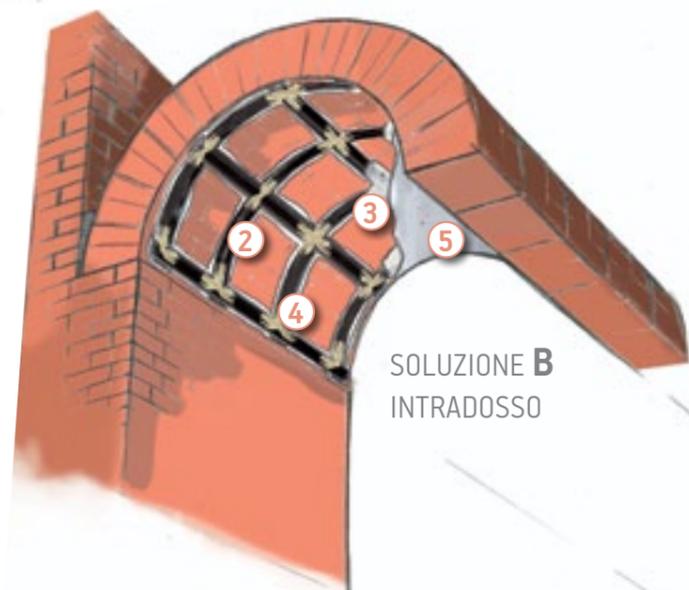
VOLTE A BOTTE

2.8

SOLUZIONE A
ESTRADOSSO

IL PROBLEMA Si vuole rinforzare una volta a botte intervenendo all'estradosso (A) o all'intradosso (B).

LA SOLUZIONE Si possono applicare fasciature all'estradosso o all'intradosso, in quest'ultimo caso opportunamente ancorate meccanicamente con connettori, in modo da aumentare l'eccentricità ammissibile della risultante di compressione nello spessore della volta permettendo di aumentare i carichi che portano alla formazione della cerniera plastica.

SOLUZIONE B
INTRADOSSO

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento della muratura con eventuali interventi di ristilatura dei corsi e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta fibrorinforzata a basso modulo ARMOTECH MONO. Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria. Nel caso di intervento in estradosso, prima della rimozione del riempimento della volta, assicurarsi di averla

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T** o **FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "ripres" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO ALL'INTRADOSSO/ESTRADOSSO

2.8

LEGENDA

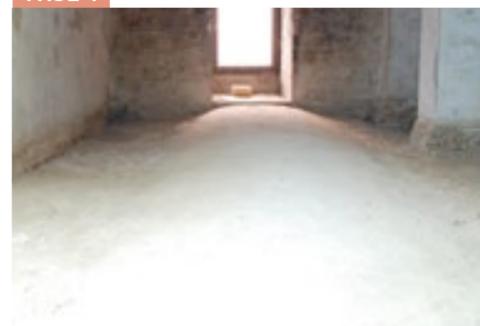
- 1 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 2 Tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET
- 3 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 4 Connettori aramidici in carbonio + barre ARMOGRIP BC
- 5 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Ricorda di connettere le volte alle murature d'ambito solo dove tale connessione non impedisce la normale deformazione della volta stessa, solitamente nei punti di appoggio della struttura.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Volta a botte prima dell'intervento

FASE 2



Particolare

FASE 3



Applicazione all'estradosso

FASE 4



Applicazione all'intradosso



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Volte a semplice curvatura - volte a botte	cap. 5.5.2
Verifica a flessione	cap. 5.4.1.1.2
Verifica a taglio	cap. 5.4.1.2.2
Verifica a delaminazione	cap. 5.3.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

VOLTE A CROCIERA

2.9

SOLUZIONE A
ESTRADOSSOSOLUZIONE B
INTRADOSSO

IL PROBLEMA Si vuole rinforzare una volta a crociera intervenendo all'estradosso (A) o all'intradosso (B).

LA SOLUZIONE Si possono applicare fasciature all'estradosso o all'intradosso, in quest'ultimo caso opportunamente ancorate meccanicamente con connettori, in modo da aumentare l'eccentricità ammissibile della risultante di compressione nello spessore della volta permettendo di aumentare i carichi che portano alla formazione della cerniera plastica.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento della muratura con eventuali interventi di ristilatura dei corsi e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta fibrorinforzata a basso modulo ARMOTECH MONO. Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria. Nel caso di intervento in estradosso, prima della rimozione del riempimento della volta, assicurarsi di averla

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (**FLUECO 40T O FLUECO 80T2**) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET** tagliata a misura, eventuali "ripres" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di **ARMOFIX MTX** sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo **ARMOFIX MTX** sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO ALL'INTRADOSSO/ESTRADOSSO

2.9

LEGENDA

- 1 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 2 Tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET
- 3 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 4 Connettori aramidici in carbonio + barre ARMOGRIP BC
- 5 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

La realizzazione della corsia di alloggiamento in malta garantisce la reversibilità dell'intervento: è per questo che gli FRP sono entrati a far parte delle linee guida per l'applicazione al patrimonio culturale storico.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



Volta a crociera prima dell'intervento

FASE 2



Particolare

FASE 3



Applicazione della resina di incollaggio

FASE 4



Veduta d'insieme del rinforzo



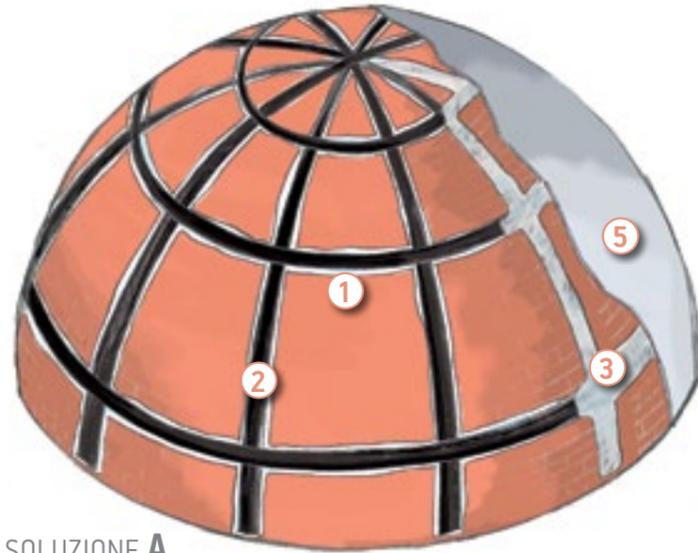
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Volte a semplice curvatura	cap. 5.5.2
Verifica a flessione	cap. 5.4.1.1.2
Verifica a taglio	cap. 5.4.1.2.2
Verifica a delaminazione	cap. 5.3.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

CUPOLE

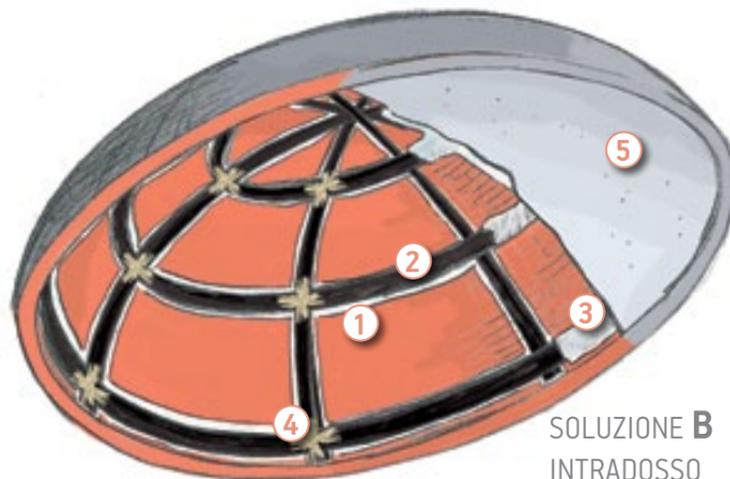
2.10

SOLUZIONE A
ESTRADOSSO

IL PROBLEMA Si vuole rinforzare una cupola o una volta a vela intervenendo all'estradosso (A) o all'intradosso (B).

LA SOLUZIONE Si possono applicare fasciature all'estradosso o all'intradosso, in quest'ultimo caso opportunamente ancorate meccanicamente con connettori, in modo da aumentare l'eccentricità ammissibile della risultante di compressione nello spessore della volta permettendo di aumentare i carichi che portano alla formazione della cerniera plastica.

OPERAZIONI PRELIMINARI Si procede al risanamento della muratura con eventuali interventi di ristilatura dei corsi e/o iniezioni anche armate. Si realizzano dunque le fasce ove si applicherà il rinforzo con la malta fibrorinforzata a basso modulo ARMOTECH MONO. Dovranno essere realizzate corsie in malta fibrorinforzata per l'alloggiamento delle fasciature in fibra di carbonio di spessore variabile a seconda della irregolarità della tessitura muraria. Nel caso di intervento in estradosso, prima della rimozione del riempimento della volta, assicurarsi di averla puntellata adeguatamente.

SOLUZIONE B
INTRADOSSO

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Sulla sezione di muratura risanata, verrà applicato uno strato di malta (Flueco 40T o Flueco 80T2) per regolarizzare la superficie e fornire al rinforzo FRP un substrato omogeneo, il cui spessore sarà funzione della irregolarità della tessitura muraria. Sulla base di malta verrà stesa a pennello una mano di primer Armoprimer 100 per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio specifico per i tessuti in fibra di carbonio Armofix MTX sul quale verrà posata la fascia di carbonio unidirezionale Armoshield C-Sheet tagliata a misura, eventuali "riprese" dovranno essere realizzate tramite semplice sormonto di almeno 20 cm nel senso delle fibre. Il tessuto posato dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e iniziare l'impregnazione delle fibre. Successivamente sarà steso un ulteriore strato di Armofix MTX sul tessuto in modo da completare l'impregnazione sempre mediante rullatura. Per eventuali strati successivi, procedere con la stesura di un ulteriore strato di adesivo Armofix MTX sopra la fascia precedentemente posata, e successivamente posare il secondo strato avendo cura di rullare bene per far uscire tutta l'aria e impregnare perfettamente le fibre. Sull'ultimo strato, per poter consentire la successiva posa dell'intonaco, è sufficiente spolverare con sabbia al quarzo sull'adesivo ancora fresco.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto 4.0.2 pag. 63
- Voce di capitolato tessuti 4.1 pag. 64

RINFORZO ALL'INTRADOSSO/ESTRADOSSO

2.10

LEGENDA

- 1 Resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 2 Tessuti unidirezionali ARMOSHIELD C-SHEET
- 3 Resina di impregnazione ARMOFIX MTX
- 4 Connettori aramidici in carbonio ARMOGRIP BC
- 5 Intonaco di finitura

LO SAPEVI CHE...

Puoi ristilare i corsi della muratura e sanare eventuali lesioni-crepe con la specifica malta a base di calce naturale ARMOLIME TA.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Volte a doppia curvatura - cupole	cap. 5.5.3
Volte a doppia curvatura su pianta quadrata	cap. 5.5.4
Verifica a flessione	cap. 5.4.1.1.2
Verifica a taglio	cap. 5.4.1.2.2
Verifica a delaminazione	cap. 5.3.3

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>



IL PROBLEMA La lunghezza di ancoraggio delle fibre è superiore allo spazio disponibile; sono presenti delle concavità che provocherebbero il distacco del rinforzo quando esso va in trazione.

LA SOLUZIONE È possibile ancorare il rinforzo FRP (tessuto o lamella) con inghisaggi in materiale fibroso (aramide o carbonio) in modo da garantire la continuità del trasferimento degli sforzi e l'omogeneità del materiale anche oltre la sezione terminale del rinforzo, oppure per realizzare un ancoraggio intermedio di tipo meccanico.

OPERAZIONI PRELIMINARI Deve essere realizzato un foro di opportuna lunghezza e diametro in funzione del connettore o della barra fioccata da porre in opera. Il foro deve essere poi adeguatamente pulito da residui di polvere da perforazione.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Iniettare a mezzo cartuccia l'adesivo **ARMOFIX MT** o **MTX** all'interno del foro avendo cura di riempirne circa la metà, inserire il connettore **ARMOGRIP** all'interno del foro e procedere all'impregnazione e riempimento della cavità del connettore per tutta la sua lunghezza con **ARMOFIX MT** o **MTX**. La parte terminale del connettore aramidico non impregnata che fuoriesce dal foro (fiocco) dovrà essere risvoltata e disposta a ventaglio fissandola alla superficie circostante il foro mediante impregnazione di resina. L'adesivo dovrà essere applicato prima sulla superficie da incollare e poi sulle fibre aperte a fiocco. Per proteggere il connettore dovrà essere applicato sulla mano di resina ancora fresca una porzione di tessuto in fibra di carbonio applicando il medesimo ciclo delle fasciature con tessuto in fibra di carbonio.

VOCI DI CAPITOLATO

- Preparazione del supporto	4.0.2	pag. 63
- Voce di capitolato tessuti	4.1	pag. 64

LEGENDA

- 1 Corsia di alloggiamento malta fibrorinforzata FLUECO e resina di incollaggio ARMOFIX MTX
- 2 Tessuto unidirezionale ARMOSHIELD C-SHEET
- 3 Connettori aramidici in carbonio ARMOGRIP BC

LO SAPEVI CHE...

L'ancoraggio è utile in tutti i casi di possibili azioni perpendicolari al piano di posa che tendono a staccare la fibra come ad esempio per la posa in concavità (intradosso di elementi curvi)

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE

FASE 1



In corrispondenza dei fori le fibre vanno accuratamente allargate

FASE 2



Inserimento del connettore aramidico ARMOGRIP BC

FASE 3



Apertura e fissaggio del fiocco con ARMOFIX MTX

FASE 4



Porzione di tessuto in fibra di carbonio applicato sul fiocco a protezione del connettore



Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo:

non esistono specifici riferimenti normativi per il dimensionamento dei connettori FRP benché il CNR DT 200/2004 ne faccia menzione al cap. 5.1.3. E' tuttavia possibile fare riferimento alle resistenze caratteristiche dichiarate dai produttori e al calcolo indicativo della lunghezza di ancoraggio secondo ETAG 001 (tenendo conto però che è stata pensata per barre in acciaio ancorate con ancorante chimico).

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

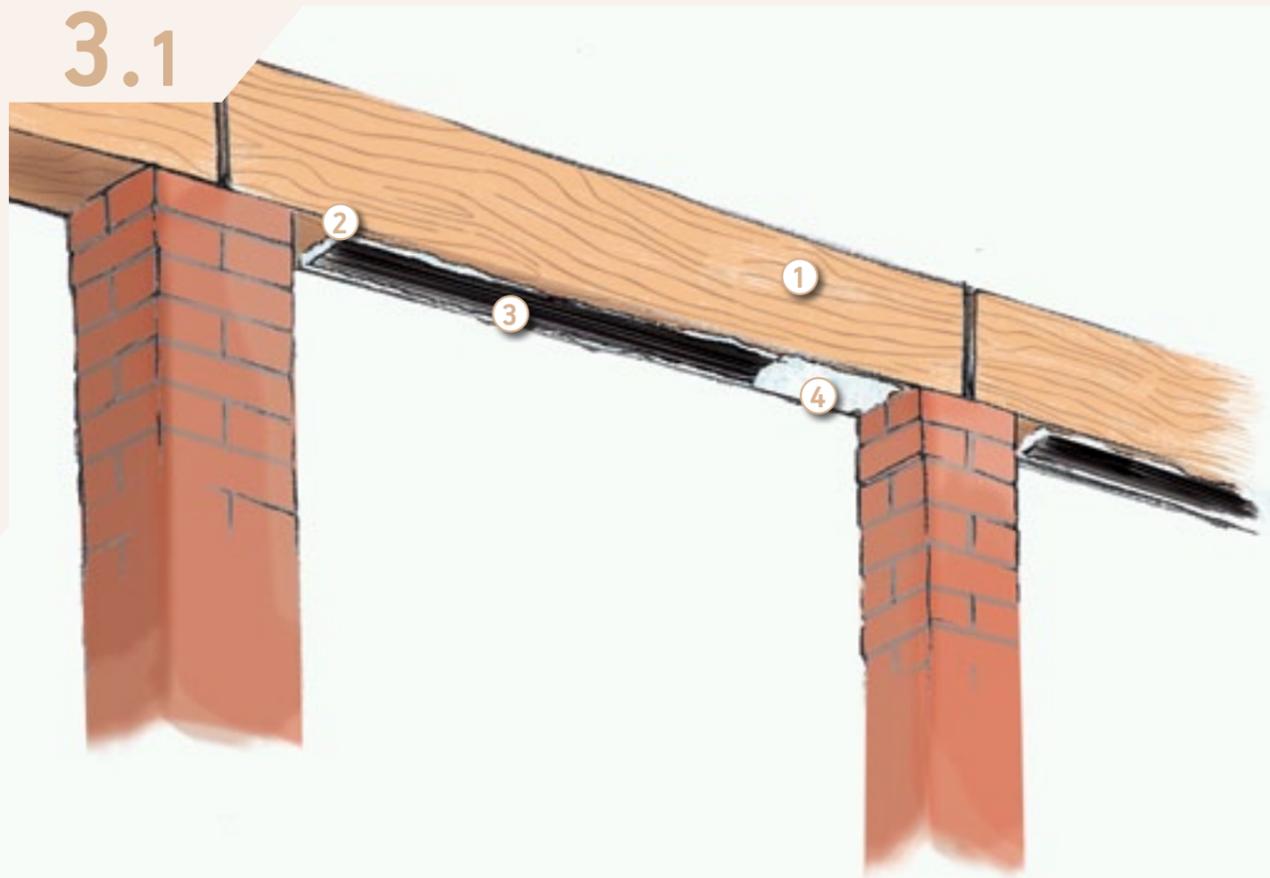


IL LEGNO

Il presente capitolo tratta la descrizione delle principali e più ricorrenti problematiche di rinforzo strutturale degli elementi lignei portanti. Verranno dunque presi in esame i rinforzi FRP applicati a miglioramento della resistenza di elementi strutturali prevalentemente inflessi. Il legno è un materiale naturale, non omogeneo che può presentare elevata variabilità nella tipologia e nella diffusione di difetti che contraddistinguono ogni singolo elemento. E' per questo che nell'esecuzione e nella progettazione di rinforzi strutturali di elementi lignei risulta di fondamentale importanza effettuare un'analisi accurata della componente legno, mediante adeguate indagini e prove al fine di stabilire lo stato di fatto dell'elemento e determinare il corretto intervento da eseguire in relazione alla problematica specifica riscontrata. E' per questo che tanto più accurata sarà la valutazione preliminare dello stato di fatto, tanto più accurati saranno i risultati delle analisi di progetto del rinforzo. Particolare attenzione dovrà infine essere prestata alle condizioni ambientali in cui si trova ad operare la struttura, dal momento che il materiale legno è sensibile alle condizioni di umidità, le quali provocano dilatazioni e contrazioni nel materiale base che potrebbero innescare distacchi del rinforzo o, viceversa, potrebbero determinare stati coattivi dannosi per via delle dilatazioni/contrazioni impediti dal rinforzo stesso. Anche in questo caso la superficie di incollaggio dovrà essere adeguatamente preparata per ricevere l'adesivo e garantire una corretta trasmissione delle tensioni, e dovrà presentarsi pulita, priva di polvere, di vernice e di elementi oleosi o grassi.

TRAVE IN LEGNO

3.1



IL PROBLEMA La trave lignea presenta carenza a flessione per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali.

LA SOLUZIONE La trave può venire armata in zona tesa mediante l'utilizzo di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio, con fibre poste parallelamente all'asse della trave, e incollate direttamente all'intradosso della trave stessa.

OPERAZIONI PRELIMINARI Eliminare vernici e trattamenti eventualmente presenti all'intradosso della trave, verificare la regolarità e planarità dell'intradosso, riempire eventuali fessure longitudinali con adesivo elastico che non impedisca i movimenti stagionali del legno.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO All'intradosso della trave lignea pulita, verrà applicata a pennello una mano di primer **ARMOPRIMER 100** per la preparazione del supporto, entro 2 ore verrà steso l'adesivo di incollaggio per i tessuti in fibra di carbonio **ARMOFIX MTX** sul quale verrà steso il nastro di fibra unidirezionale **ARMOSHIELD C-SHEET**. Il nastro dovrà essere adeguatamente rullato con rullino metallico dentato per far uscire tutta l'aria eventualmente inglobata e per far penetrare l'adesivo di incollaggio all'interno delle fibre per una prima impregnazione delle stesse. La definitiva impregnazione verrà realizzata con il medesimo adesivo **ARMOFIX MTX** applicato sulla fibra che verrà successivamente passata nuovamente con il rullino metallico. Accertarsi che tutte le fibre del tessuto siano perfettamente impregnate. Per eventuali strati successivi, procedere con la posa del tessuto sull'adesivo ancora fresco e procedere con l'impregnazione come descritto precedentemente. Sull'ultimo strato, con l'adesivo di impregnazione ancora fresco verrà infine data una spolverata di sabbia al quarzo per consentire l'aggrappo dell'intonaco.

VOCI DI CAPITOLATO - Voce di capitolato legno 4.4 pag. 74

RINFORZO A FLESSIONE CON TESSUTO IN FIBRA DI CARBONIO

3.1

LEGENDA

- 1 Trave lignea
- 2 Resina di incollaggio e impregnazione ARMOFIX MTX
- 3 Tessuto in fibra di carbonio ARMOSHIELD C
- 4 Resina e spolvero di sabbia al quarzo

LO SAPEVI CHE...

L'intervento è facile e rapido, ideale per sottotetti. È importante però proteggerlo dai raggi UV.

DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Applicazione dei tessuti in fibra di carbonio ARMOSHIELD C-SHEET all'intradosso della trave



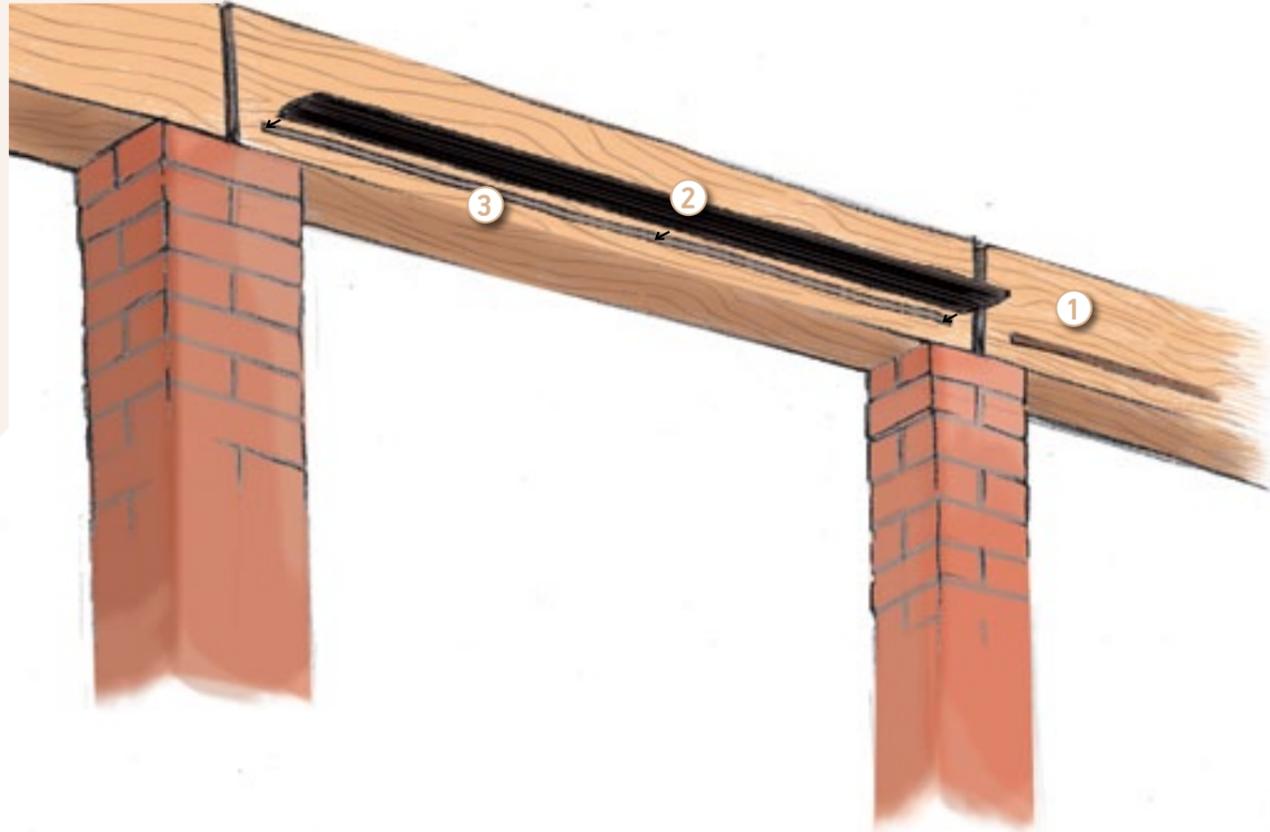
Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a flessione per SLU	cap. 6.4.1
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2 (CNR DT 200/2004 rev. 07/10/2008)

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IIICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>

TRAVE IN LEGNO

3.2



IL PROBLEMA La trave lignea presenta carenza a flessione per mutate condizioni di carico o per degrado delle prestazioni iniziali dei materiali.

LA SOLUZIONE La trave può essere armata in zona tesa mediante l'utilizzo di lamelle pultruse in fibra di carbonio, con fibre poste parallelamente all'asse della trave, e inserite in fessura sulle pareti laterali o all'intradosso. Tale intervento risulta particolarmente vantaggioso quando esso non debba risultare visibile o si sia in presenza di travi decorate.

OPERAZIONI PRELIMINARI Realizzare le fessature di spessore e profondità idonee all'inserimento della lamella e dell'adesivo, in parete verticale o in intradosso della trave, e pulire bene le stesse. Disporre del nastro adesivo sui bordi della fessura a protezione del legno.

APPLICAZIONE DEL RINFORZO Iniettare in fessura il primer **ARMOPRIMER 100** ed entro le 2 ore iniettare l'adesivo **ARMOFIX MTX** in modo da riempire circa a tre quarti della profondità la fessura. Inserire la lamella spingendola fino in fondo alla fessura ed eliminare l'adesivo in eccesso. Stuccare la fessura con la stessa resina di incollaggio impastata con la segatura prodotta nella fessatura, oppure chiudere con un listello tagliato a misura (in questo caso prevedere la fessatura qualche millimetro più profonda).

VOCI DI CAPITOLATO - Voce di capitolato legno 4.5 pag. 76

RINFORZO A FLESSIONE CON LAMELLE IN FIBRA DI CARBONIO

3.2

LEGENDA

- 1 Trave lignea
- 2 Lamella in fibra di carbonio ARMOSHIELD C
- 3 Fresatura riempita di resina di incollaggio

LO SAPEVI CHE...
 Per un miglior sfruttamento del carbonio, se le condizioni del cantiere lo consentono, è possibile dare una controfreccia alle travi lignee prima dell'inserimento della lamella, in modo da far lavorare il rinforzo anche per i carichi permanenti.

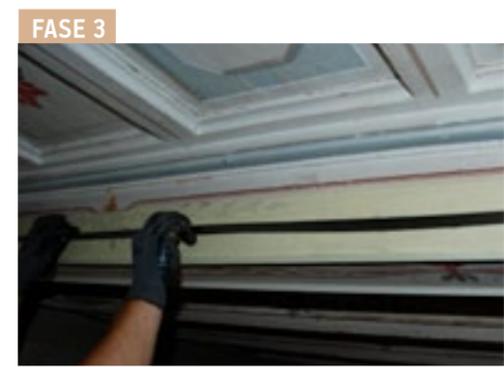
DAL CANTIERE: IMMAGINI APPLICATIVE



Realizzazione della fessura per l'alloggiamento della lamella



Iniezione dell'adesivo ARMOFIX MTX



Inserimento della lamella ARMOSHIELD CFK

Riferimenti Normativi per il dimensionamento del rinforzo: CNR DT 200/2004 (rev. 07/10/2008)

Verifica a delaminazione	cap. 4.1.2
Resistenza di progetto a flessione dell'elemento rinforzato con FRP	cap. 4.2.2.3
Rinforzo a presso-flessione	cap. 4.2.2.4
Verifica delle tensioni agli SLE	cap. 4.2.3.2

SCARICA LA NORMA: <http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT200.html>