

SOLUZIONI INNOVATIVE PER LA RIABILITAZIONE STRUTTURALE DI PONTI E VIADOTTI

Approfondimento su tecniche di intervento e materiali per l'edilizia per gli esperti in ingegneria

Panoramica sistemi di consolidamento strutturale.

Casi di studio: ripristino, rinforzo e protezione delle pile dei viadotti Italia e Jannello.

Relatore: Stefano Agnetti

Responsabile Ufficio Tecnico

CONVEGNO ON LINE
VENERDI' 8 MAGGIO 2026



04/02/2026

RIPRISTINO

=

SOSTITUZIONE DEL
CLS DANNEGGIATO

+

RIPRISTINO DI INTEGRITA' E
DURABILITA' STRUTTURALE

COME SI PUO' INTERVENIRE?

RINFORZO

=

MIGLIORAMENTO DELLA CAPACITA'
PORTANTE DELLA STRUTTURA

+

INCREMENTO DELL'AFFIDABILITA' E
DURABILITA' STRUTTURALE

E CON QUALI MATERIALI?

PRODOTTI PER IL RIPRISTINO E PROTEZIONE

- Tutti i prodotti utilizzati per la riparazione e protezione del calcestruzzo devono possedere il marchio CE
- Prodotti marcati CE secondo il Regolamento (UE) 305/2011
- La norma **UNI EN 1504** definisce le procedure e le caratteristiche dei prodotti da utilizzare per la riparazione, manutenzione e protezione delle strutture in cls



UNI EN 1504-3

RIPARAZIONE STRUTTURALE E NON STRUTTURALE

$R1 \geq 10 \text{ MPa}$

$R2 \geq 15 \text{ MPa}$

$R3 \geq 25 \text{ MPa}$

$R4 \geq 45 \text{ MPa}$

NON STRUTTURALI

STRUTTURALI

UNI EN 1504-7

PROTEZIONE DALLA CORROSIONE

RIVESTIMENTI ATTIVI

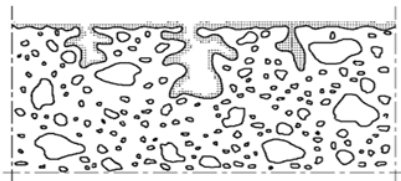
*Inibitori attivi della
corrosione*

RIVESTIMENTI BARRIERA

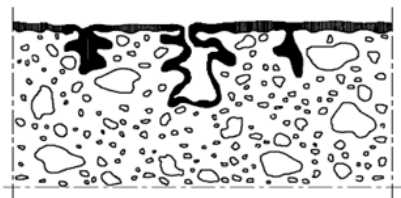
*Isolano dal possibile
contatto con acqua/aria*

UNI EN 1504-2

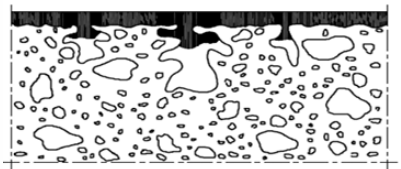
PRODOTTI E SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE SUPERFICI IN CLS E C.A.



Impregnazione
idrofobica



Impregnazione



Rivestimento

Sistemi compositi per il rinforzo strutturale



FRP

Fiber Reinforced
Polymers

Tessuto o lamina in fibra carbonio
+
Matrice organica (resina)



FRCM

Fiber Reinforced Cementitious
Matrix

Tessuto in acciaio inox o glv
Rete in basalto
+
Matrice inorganica (malta)
+
connettore opzionale



CRM

Composite Reinforced
Mortars

Rete in fibra di vetro A.R.
+
Matrice inorganica (malta)
+
connettore

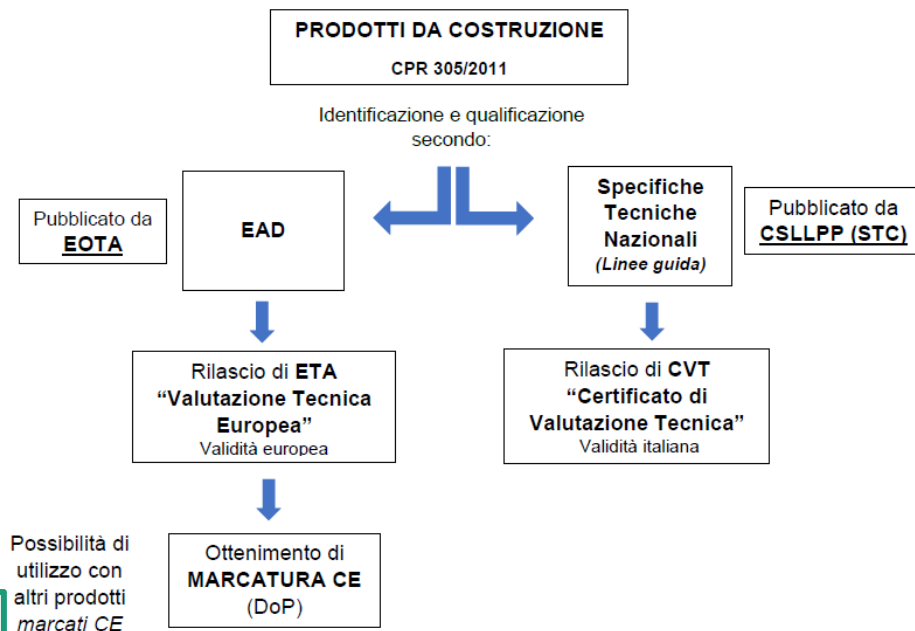


FRC

Fiber Reinforced Concrete
MATRICE CEMENTIZIA

CLS O MALTA DI
ELEVATA RESISTENZA A COMPRESSIONE
FIBRE CORTE DISCONTINUE
ACCIAIO, POLIMERICHE

Certificazioni sistemi compositi per il rinforzo strutturale



CVT vs ETA

Aspetto	CVT	ETA
Ambito	Nazionale (Italia)	Europeo
Emittente	STC - CSLPP	TAB (Organismo Tecnico Europeo)
Normativa	NTC 2018	Regolamento CPR 305/2011
Obiettivo	Uso in opere strutturali in Italia	Immissione su mercato UE con CE
Prove richieste	Laboratori autorizzati MIMS	Prove secondo EAD

RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO

Fasi d'intervento

Danni causati da infiltrazioni e umidità



Distacco di
intonaci



Corrosione
delle
armature



Formazione
e di muffe



Ponti
termici



Cedimenti
strutturali

- 1. SOSTITUZIONE DEL CLS DANNEGGIATO**
- 2. RIPRISTINO DELL'INTEGRITA' STRUTTURALE**
- 3. DURABILITA'**



PROTEZIONE FERRI



RIPRISTINO CORTICALE E RASATURA





Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



Viadotto San Francesco



TIPOLOGIE DI SISTEMI PER LA PROTEZIONE



PRODOTTI A BASE CEMENTIZIA



monocomponente

bicomponente

"ibrida" (cementizio-polimerica)

PRODOTTI A BASE DI RESINE



acriliche elastomeriche

poliuretaniche

base acqua

base solvente

PRODOTTI OSMOTICI



cementizi mono o bicomponenti

FRP

Fiber Reinforced Polymers



↕
**RESINA EPOSSIDICA BICOMPONENTE
MEDIA VISCOSITA'**



↕
STUCCO EPOSSIDICO BICOMPONENTE

connessioni non obbligatorie – da valutare nel singolo caso

SISTEMA DA IMPREGNARE IN SITU



PRIMER

**DA USARE QUANDO LA SUPERFICIE DEL
SUPPORTO E' POLVEROSA E FRIABILE
MIGLIORA L'ADESIONE DELLA RESINA**



REGOLARIZZAZIONE

**QUANDO LA SUPERFICIE NON E' REGOLARE
SE SI VUOLE RASARE LA SUPERFICIE IN BREVE
TEMPO – ALTRIMENTI VA UTILIZZATA UNA
MALTA DI CALCE PER LA REGOLARIZZAZIONE**



INCOLLAGGIO

**INCOLLAGGIO AL SUPPORTO
CONTROLLARE IL CONSUMO IN SCHEDA
TECNICA**



TESSUTO

**TESSUTO IN CARBONIO DA TAGLIARE A MISURA.
QUANDO SI NECESSITADI SOVRAPPORRE I
TESSUTI, ALMENO 20 CM (OVERLAP)**



IMPREGNAZIONE

**IMPREGNAZIONE
CONTROLLARE IL CONSUMO IN SCHEDA
TECNICA**

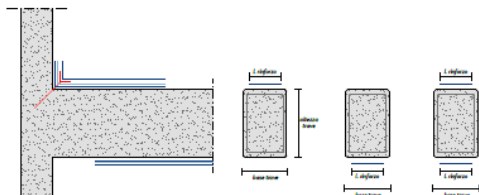
SAND

SPOLVERO DI QUARZO

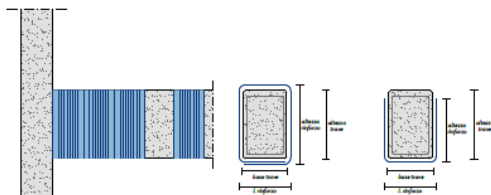
**SPOLVERO DI SABBIA SULLA RESINA FRESCA.
SERVE PER ANDARE A RASARE SOPRA CON LA
MALTA**



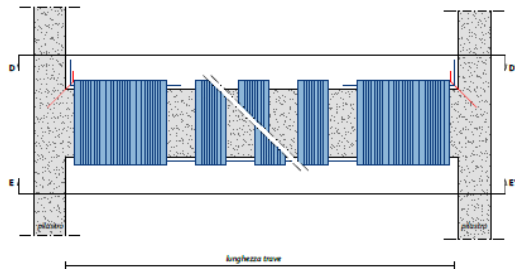
SEZIONI - RINFORZO A FLESSIONE DELLA TRAVE



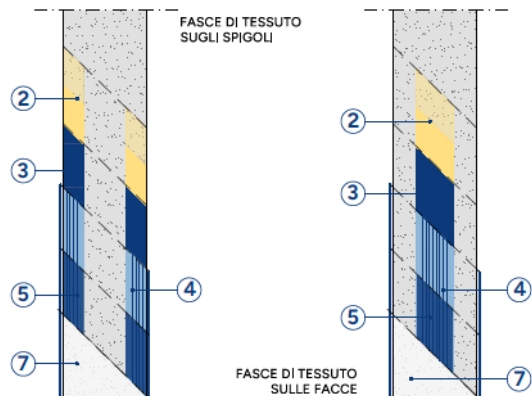
PROSPETTO E SEZIONI - RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE



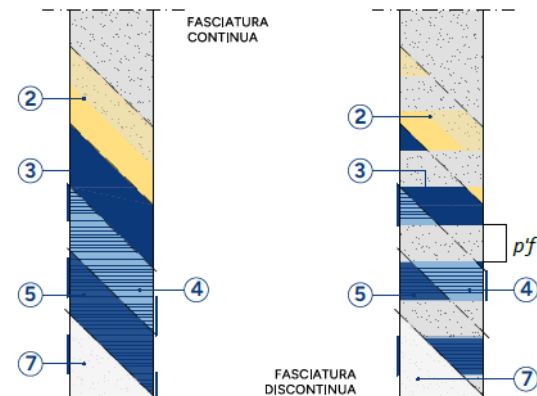
PROSPETTO - RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DELLA TRAVE



PROSPETTO - RINFORZO A FLESSIONE



PROSPETTO - RINFORZO A CONFINAMENTO

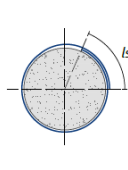


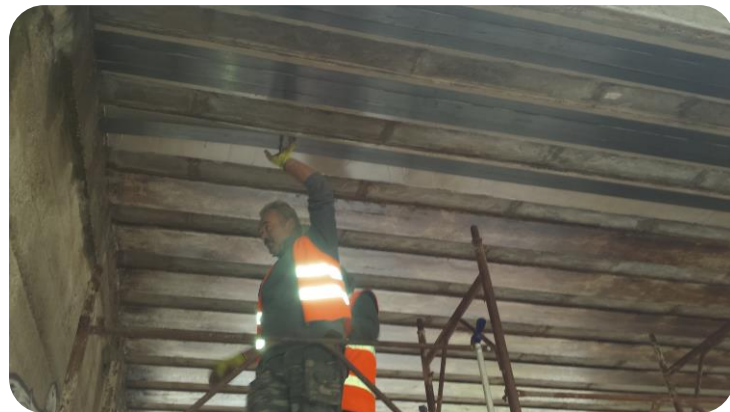
APPLICAZIONE SU PILASTRI CON DIFFERENTI SEZIONI

PILASTRO A SEZIONE QUADRATA



PILASTRO A SEZIONE CIRCOLARE





FRCM

Fiber Reinforced Cementitious Matrix



RETE IN FIBRA DI BASALTO



**TESSUTI IN FIBRA DI
ACCIAIO INOX**



**TESSUTI IN FIBRA DI
ACCIAIO GALVANIZZATO**



MALTA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE

connettori non obbligatori

FRCM – Ciclo Applicativo

- Malta (5 mm + 5 mm)
- Rete di rinforzo (20 mm x 20 mm)
- Connettori Kimisteel GLV 650
- Inghisaggio Limepor 100 GEL
- Rasatura (Fuori CVT)

QUANDO PROPORRE UN SISTEMA FRCM

- Devo realizzare bassi spessori di rinforzo
- Non si può appesantire la struttura
- Estradossi/intradossi volte
- Su murature regolari o di basso spessore in cui il rinforzo in proporzione può avere una maggiore efficacia
- Se devo contenere gli spessori del rinforzo per poter applicare sopra intonaci tradizionali / deumidificanti / termoisolanti







CRM

Composite Reinforced Mortars



RETI FLESSIBILI



RETI SEMIRIGIDE



RETI RIGIDE



MALTA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE

connettori obbligatori

CRM – Ciclo Applicativo

- Malta (1,5 mm + 1,5 mm)
- Reti alcali-resistenti
- Connettori
- Inghisaggio – resine per ancoraggio
- Rasatura

QUANDO PROPORRE UN SISTEMA CRM

- Devo realizzare spessori di rinforzo elevati
- Aumentare la rigidità strutturale e dare un contributo alle masse e agli spessori
- Estradossi di volte in pietrame disorganizzato di elevato spessore (reti flessibili o semi-rigide)
- Rinforzi di murature irregolari o geometrie con molti cambi di direzione (reti flessibili o semi-rigide)
- Su murature irregolari o di elevato spessore in cui il rinforzo in proporzione può avere una maggiore efficacia e offrire una migliore ridistribuzione degli sforzi e una maggiore omogeneità nel comportamento nei confronti delle deformazioni

CRM

Composite Reinforced Mortars



FRC

Fiber Reinforced Concrete

MATRICE CEMENTIZIA

CLS O MALTA DI
ELEVATA RESISTENZA A
COMPRESSIONE



FIBRE CORTE DISCONTINUE

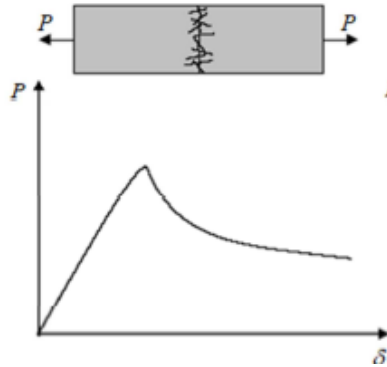
ACCIAIO, POLIMERICHE



Comportamento a trazione FRC

Gli FRC possono mostrare due diversi comportamenti:

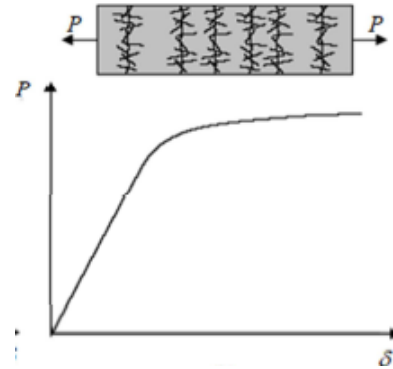
DEGRADANTE



Ramo DISCENDENTE

Tratto elastico fino al valore di prima fessurazione, poi il **carico scende** progressivamente. Si hanno **poche lesioni che aumentano di ampiezza**.

INCRUDENTE



Ramo INCRUDENTE

Tratto elastico fino al valore di prima fessurazione, **si aprono più lesioni** mentre il **carico continua a salire** fino a un massimo.

Vantaggi

- Elevata **RESISTENZA A COMPRESSIONE** della matrice utilizzata
- Significativa **RESISTENZA A TRAZIONE POST-FESSURAZIONE** (maggiore del solo conglomerato), con sviluppo di fessurazione diffusa.
- Migliore **DUTTILITA'** (dopo la prima fessurazione, subisce **deformazioni plastiche rilevanti**)
- Eccellente **TENACITA'** (capacità di **resistere all'avanzamento/apertura delle fessure**) in caso di tensioni di trazione dovute a ritiro o carichi esterni (**effetto cucente** delle fibre)
- Effetto **TENSION-SOFTENING** (**trasferimento sforzi** post-picco da un lembo all'altro della lesione) e **TENSION-STIFFENING** (**migliore aderenza** tra armatura e cls)
- Eccellente **DURABILITA'** agli **agenti atmosferici** perché le fibre migliorano il comportamento fessurativo: le **fessurazioni** sono diffuse ma di **ampiezza ridotta**.
- Maggiore resistenza alla **FATICA** (degrado dei materiali per **sollecitazioni cicliche** benché entro i limiti massimi) e **RESILIENZA** (capacità di **assorbire urti** senza rompersi)

Impieghi

RINGROSSO ELEMENTI IN C.A.



CONSOLIDAMENTO SOLAI



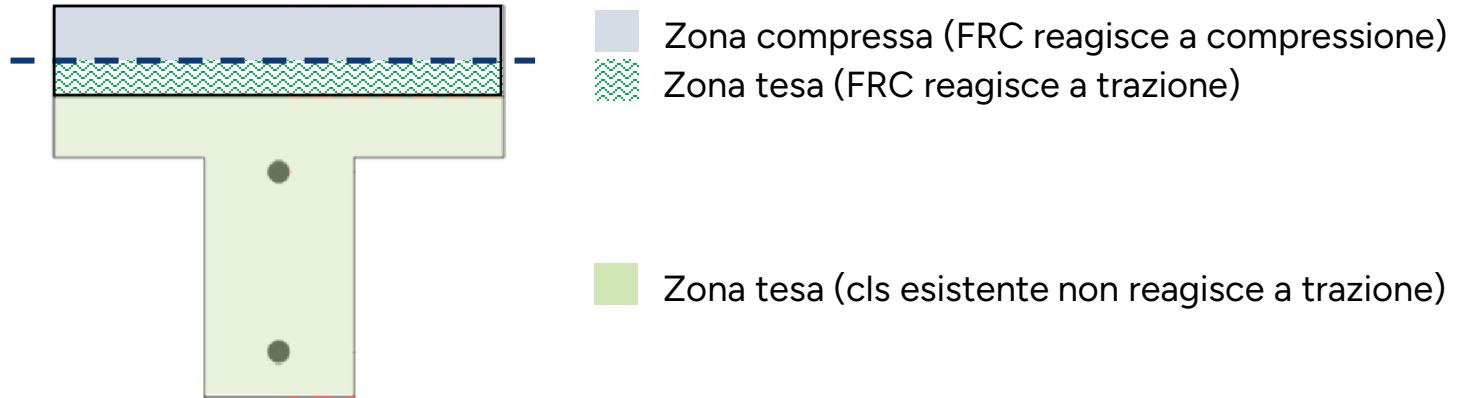
INFRASTRUTTURE STRADALI



- **RINGROSSI** di elementi in c.a.
- **RINFORZO DI SOLAI** all'estradosso (cappe collaboranti)
- **INFRASTRUTTURE STRADALI**: elementi prefabbricati (conci gallerie, new jersey resistenti agli urti, pozzetti)

RINFORZO DI SOLAI

- FRC da un contributo all'incremento di **RESISTENZA FLESSIONALE**



Casi di studio: ripristino, rinforzo e protezione dei viadotti e ponti

Viadotto Italia

Per il viadotto Italia, oltre all'intervento di rinforzo strutturale con fasce in fibra di carbonio Kimitech CB 320 eseguito sulle pile 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 nelle direzioni Nord e Sud, è stato necessario progettare ed eseguire il ripristino della funzionalità statica della pila 13 (ora ribattezzata pila 10) a seguito del crollo della quinta campata della carreggiata Sud del viadotto mentre erano in corso, nel 2015, i lavori sull'impalcato.



Viadotto Italia



Viadotto Italia



Viadotto Italia



Viadotto Italia



Viadotto Jannello

Intervento di ripristino corticale di tutte le pile e dei pulvini del viadotto e rinforzo strutturale di alcune pile utilizzando fasce in fibra di carbonio.



Viadotto Jannello



Viadotto Jannello



Viadotto Jannello



Grazie per l'attenzione!



Ing. Stefano Agnetti, PhD | stefano.agnetti@kimia.it
Resp. Ufficio Tecnico e Ricerca Scientifica KIMIA