



# RINFORZO STRUTTURALE SISTEMI FRCM SIKA®

BUILDING TRUST







# INDICE

## **04** 1. Introduzione

---

## **05** 2. Quadro normativo

- 2.1 Definizione
  - 2.2 Caratteristiche prestazionali ai fini della qualificazione
    - 2.2.1 Caratteristiche meccaniche
- 

## **07** 3. Tipologie di interventi

- 3.1 Rinforzo di strutture in muratura
    - 3.1.1 Rinforzo di maschi murari
    - 3.1.2 Rinforzo di colonne in muratura
    - 3.1.3 Rinforzo di volte in muratura
    - 3.1.4 Intonaco armato
  - 3.2 Rinforzo di strutture in C.A.
    - 3.2.1 Antisfondellamento solai in latero-cemento armato
    - 3.2.2 Antiribaltamento delle tamponature
- 

## **17** 4. Descrizione dei principali sistemi di rinforzo

---

# 1. INTRODUZIONE

**TRA I SISTEMI DI RINFORZO DIVENUTI ORMAI MOLTO COMUNI, I COMPOSITI FIBRORINFORZATI A MATRICE CEMENTIZIA/INORGANICA (FRCM – FIBER-REINFORCED CEMENTITIOUS MATRIX) SONO UNA VANTAGGIOSA TECNOLOGIA PER LA RIPARAZIONE ED IL RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. E MURATURA**, affiancandosi ai materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica/organica (FRP – Fiber-reinforced polymers).

Gli FRCM conservano tutti i vantaggi di leggerezza ed alta resistenza tipici delle applicazioni con FRP, ma come soluzione alternativa di rinforzo presentano proprietà della matrice cementizia/inorganica, di seguito indicate:

- Compatibilità con il substrato in muratura: permeabilità al vapore, possibilità di applicazione su superfici umide, compatibilità con le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche;
- Facilità di installazione;
- Resistenza ad alte temperature ed al fuoco.

D'altro canto, rispetto alle matrici polimeriche, le matrici cementizie/inorganiche hanno una limitata capacità di impregnare le fibre di un tessuto continuo: per questo i tessuti continui generalmente impiegati per gli FRP devono essere sostituiti con reti a maglia aperta.

In generale, poi, i sistemi di rinforzo FRCM sono caratterizzati da bassi spessori di applicazione, quindi non apportano significative variazioni di massa e rigidità alla struttura da rinforzare.

Le reti maggiormente testate e per le quali sono disponibili risultati sperimentali in letteratura internazionale, come evidenziato nel documento guida americano ACI 549.44-13, sono costituite da fibra di carbonio e fibra di vetro.

Le proprietà meccaniche dei sistemi FRCM sono influenzate dai seguenti aspetti:

- **Geometria della rete:** le reti SikaWrap® NET hanno geometria congruente con le esperienze sperimentali riportate nel documento ACI 549.44-13, consentono una perfetta impregnazione della rete con le matrici cementizie/inorganiche della linea SikaEmaco®;
- **Tipologia di fibra:** le reti SikaWrap® NET sono in fibra di carbonio o fibra di vetro, ossia le tipologie di materiale per le quali sono disponibili il maggior numero di test sperimentali e maggiore letteratura: offrono pertanto le migliori garanzie di effettiva efficacia dell'intervento.
- **Caratteristiche della matrice cementizia/inorganica:** ha il delicato compito di inglobare la rete costituendo un sistema solido e perfettamente aderente al supporto in cui gli sforzi vengono correttamente trasferiti.

Gli aspetti determinanti che rendono un intervento con FRCM efficace sono legati quindi non solo alla resistenza a trazione dei singoli fili della rete di rinforzo, ma a come quest'ultima nel complesso interagisce con la matrice cementizia/inorganica e con il supporto da rinforzare.

Ciò è particolarmente vero per le strutture murarie, per le quali il supporto è caratterizzato da prestazioni meccaniche modeste se paragonate al calcestruzzo armato.

# 2. QUADRO NORMATIVO

## AI FINI DELL'UTILIZZO DEI SISTEMI FRCM PER IL RINFORZO STRUTTURALE

è possibile fare riferimento ai seguenti documenti:

Ai fini dell'utilizzo dei sistemi FRCM per il rinforzo strutturale è possibile fare riferimento ai seguenti documenti:

- **Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM)** da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti;
- **Istruzioni CNR-DT-215-2018:** Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica;
- **Linea Guida per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l'utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM del CSLPP** (Ottobre 2019)
- **ACI 549.4R-13: Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures.**

### 2.1 DEFINIZIONE

I compositi FRCM presi in considerazione nella Linea Guida sono costituiti esclusivamente da matrice inorganica, rinforzo, eventuali connettori.

Il "sistema di rinforzo" in FRCM è realizzato in situ applicando alla struttura da consolidare il composito ed eventuali dispositivi di ancoraggio per impedire il distacco prematuro del composito dal supporto. I sistemi di rinforzo FRCM devono essere posti in commercio da un unico Fabbricante, che assume la responsabilità della dichiarazione delle prestazioni, analogamente a quanto previsto dalle definizioni di cui al Regolamento.

Nel caso in cui sia necessario regolarizzare il supporto in situ prima dell'applicazione del rinforzo FRCM, il Fabbricante deve riportare sulla scheda di installazione le indicazioni sul tipo di prodotto da utilizzare. Le fibre continue della rete sono raggruppate in fili o yarn, e possono essere secche o trattate con resine di tipo organico (apprettate o impregnate).

È possibile che nello strato di malta siano presenti più reti di rinforzo, sovrapposte e opportunamente distanziate, nel qual caso occorre definirne la distanza.

Il tipico legame costitutivo tensione - deformazione di un sistema di rinforzo FRCM in una prova di trazione monoassiale è assimilabile ad una polilinea costituita da tre rami consecutivi (Figura 1), corrispondenti, nell'ordine:

1. allo stadio di campione non fessurato (Stadio A),
2. a quello in fase di fessurazione (Stadio B) e
3. a quello fessurato (Stadio C), dove la tensione ( $\sigma$  o sforzo), espressa in MPa, è definita come:  
$$\sigma = F/A_f$$
 (con  $A_f$  area del tessuto senza matrice inorganica).

Tale legame non è sufficiente a caratterizzare il comportamento meccanico di un sistema FRCM, in quanto l'impiego di quest'ultimo come rinforzo di un elemento strutturale porta a dover considerare i molteplici meccanismi di crisi che possono verificarsi in seguito all'interazione substrato-sistema di rinforzo FRCM.

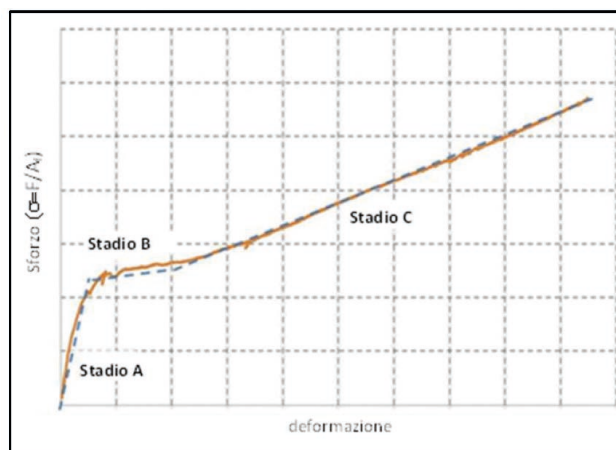


FIG. 1 - Legame costitutivo tipo a trazione uniassiale di un provino di FRCM ( $A_f$  area del tessuto senza matrice inorganica)

Essi sono descritti in Figura 2 ed includono:

- A. il distacco con rottura coesiva del supporto del sistema di rinforzo;
- B. il distacco all'interfaccia matrice-supporto;
- C. il distacco all'interfaccia matrice-tessuto/rete;
- D. lo scorrimento del tessuto nella matrice;
- E. lo scorrimento del tessuto/rete e fessurazione dello strato di malta più esterno;
- F. la rottura a trazione del tessuto/rete.



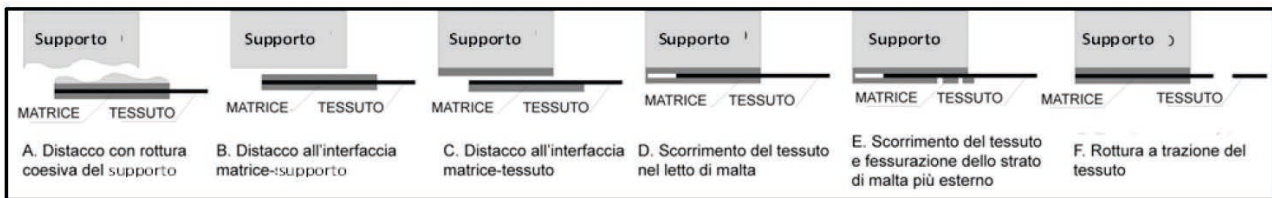


FIG. 2 - Meccanismi di crisi dei sistemi FRCM

Per questi motivi, è necessario che la caratterizzazione dei sistemi di rinforzo FRCM includa, oltre alla prova di trazione del sistema e del tessuto secco, anche la prova di distacco dal supporto, ed eventuali altre prove appropriate, in relazione alle caratteristiche specifiche del sistema FRCM.

La matrice inorganica deve essere preconfezionata dal Fabbricante e commercializzata in apposite confezioni, con chiara indicazione della data di scadenza.

Qualora il sistema di rinforzo FRCM preveda l'adozione di connettori meccanici, di angolari o accessori simili, il Fabbricante è tenuto a sottoporre al Servizio Tecnico Centrale, fin dalla fase di qualificazione, la richiesta di CVT per il kit complessivo costituito dal composito FRCM e dai connettori.

## 2.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI AI FINI DELLA QUALIFICAZIONE

### 2.2.1 CARATTERISTICHE MECCANICHE

I sistemi di rinforzo FRCM sono qualificati sulla base delle seguenti proprietà meccaniche determinate mediante prove di trazione monoassiale e prove di distacco dal supporto:

- tensione limite convenzionale  $\sigma_{lim,conv}$  (valore caratteristico) e deformazione limite convenzionale  $\epsilon_{lim,conv}$ , come di seguito definiti;
- modulo elastico a trazione  $E_1$  (valore medio) del campione di FRCM nello stadio A, se rilevabile;
- tensione ultima  $\sigma_u$  (valore caratteristico) e deformazione ultima  $\epsilon_u$  (valore medio) del campione di FRCM a rottura per trazione;
- tensione ultima a rottura per trazione  $\sigma_{ur}$  (valore caratteristico) della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- modulo elastico  $E_r$  (valore medio) della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- deformazione ultima a trazione  $\epsilon_{ur}$  ( $\epsilon_{ur} = \sigma_{ur} / E_r$ ), della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- resistenza a compressione della matrice/malta  $f_{c,mat}$ , caratteristica o nominale (quest'ultima assunta come caratteristica).

Le tensioni sono riferite all'area ( $A_r$ ) della sezione trasversale del rinforzo senza matrice inorganica presente nel provino di FRCM, prescindendo cioè dalla presenza della matrice/malta. La tensione limite convenzionale  $\sigma_{lim,conv}$ , per uno specifico sistema FRCM, rappresenta la resistenza del sistema di rinforzo ricavata mediante prove di distacco da supporti convenzionali e come tale è dipendente dal tipo di supporto; essa si ottiene dividendo il valore caratteristico dei picchi della forza traente  $F$ , registrati durante le prove di distacco dal supporto, per l'area  $A_r$  (7.2).

La deformazione limite convenzionale è pari a  $\epsilon_{lim,conv} = \sigma_{lim,conv} / E_r$  (Figura 3).

I valori limite di tensione e deformazione convenzionali possono pertanto dipendere dal tipo di supporto.

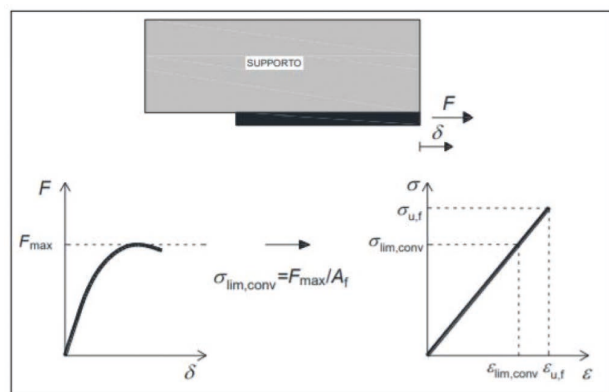


FIG. 3 - Determinazione della  $\sigma_{lim,conv}$  e della  $\epsilon_{lim,conv}$ . (la curva tensione-deformazione è relativa al tessuto senza matrice inorganica)

# 3. TIPOLOGIE DI INTERVENTI

**DA QUANTO INDICATO IN PRECEDENZA** appare evidente come il parametro resistente più importante per l'efficacia del sistema FRCM sia l'aderenza e la sinergia tra la rete e la matrice inorganica.

Proprio per questo motivo è necessario che la caratterizzazione meccanica includa, oltre alla prova di trazione del sistema, anche la prova di distacco dal supporto. Infatti, contrariamente a quanto presente per gli FRP, non sono disponibili per gli FRCM formule analitiche predittive di tale valore di tensione limite convenzionale in funzione dei parametri del sistema di rinforzo e del supporto.

L'accuratezza delle verifiche statiche condotte con l'ausilio di tali valori sperimentali è quindi subordinato a tali dati. In assenza, però, di corrispondenza tra le caratteristiche del supporto di prova e di quello realmente presente in cantiere, si rischia quindi in alcuni casi di sovrastimare le prestazioni affidate al sistema di rinforzo. In particolare per quanto riguarda ad esempio le murature in tufo tipiche delle aree mediterranee, l'efficacia dei sistemi FRCM con rete a basso modulo elastico è stata evidenziata dal fatto che tali sistemi manifestino la crisi dei campioni di muro rinforzato con FRCM senza distacco prematuro del rinforzo dal supporto, quindi con pieno sfruttamento dello stesso.

Il progettista dovrà quindi non farsi "abbagliare" dalle resistenze offerte dalle reti in commercio, ma capire criticamente quanto di quella resistenza potrà essere effettivamente sfruttata, valutando il grado di impregnazione del sistema, la qualità della matrice, le caratteristiche del supporto, la deformazione ultima della rete di rinforzo.

Vediamo nel seguito alcune indicazioni per i principali campi di impiego dei sistemi FRCM.

## 3.1 RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

Per le costruzioni in muratura gli FRCM consentono di ottenere i seguenti benefici:

- Rinforzo a taglio nel piano dei pannelli;
- Rinforzo a pressoflessione fuori piano, con incremento, a parità di sforzo normale, del momento resistente fuori piano del pannello.



FIG. 4 - Messa in opera di sistemi FRCM

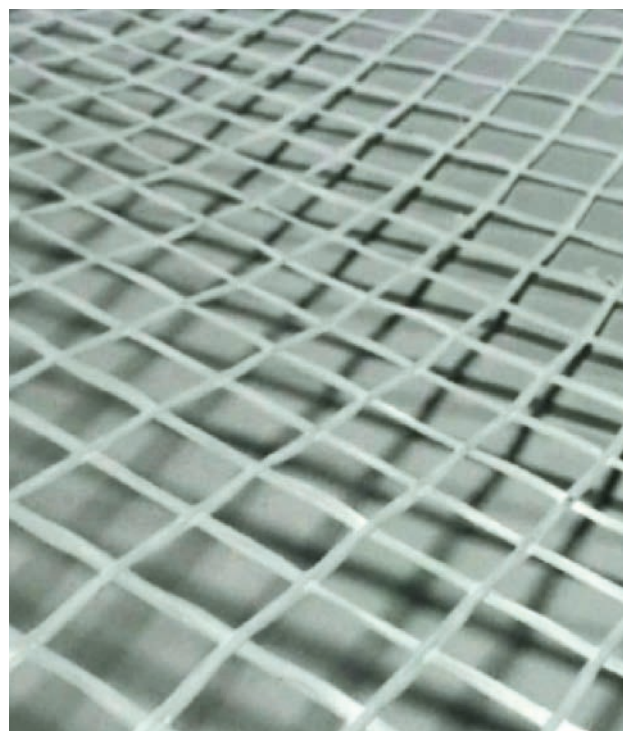


FIG. 5 - Reti SikaWrap® NET

Essi trovano quindi un importante campo di impiego nel rinforzo degli edifici in muratura principalmente nei confronti delle azioni orizzontali (sisma e vento), apportando un duplice beneficio sia a livello globale che locale:

- A livello globale, i pannelli murari lavorano prevalentemente in regime membranale, nel loro piano: in questo caso l'azione di taglio nel piano del pannello può essere fronteggiata efficacemente con sistemi di rinforzo FRCCM compatibili con il supporto;
- A livello locale, carenze nel collegamento tra orizzontamenti e pareti disposte lungo le due direzioni principali (in pianta) della costruzione, fanno sì che le sollecitazioni orizzontali non possano essere ripartite tra i vari elementi della struttura: in questo caso la singola parete dovrà fronteggiare autonomamente la sua aliquota di azione orizzontale in funzione dell'area di influenza della stessa.

In questa circostanza la parete entrerà in crisi prevalentemente per azioni ortogonali al proprio piano (meccanismi di primo modo).

I sistemi FRCCM possono, quindi, incrementare efficacemente il momento resistente fuori piano, agendo come rinforzo in zona tesa. In più gli FRCCM aiutano ad assorbire i momenti flettenti derivanti dalle eccentricità legate all'applicazione di carichi statici (scarico dei solai, disassamento muratura, eccentricità accidentali, spinte non contrastate di archi e volte).

### 3.1.1 RINFORZO DI MASCHI MURARI

#### Rinforzo a taglio nel piano (rinforzo del comportamento globale)

Il rinforzo a taglio nel piano dei pannelli murari con FRCCM consente un incremento della capacità globale della costruzione nei confronti di azioni orizzontali (sisma e vento), purché i collegamenti orizzontali pareti/solaio e verticali tra le pareti siano efficienti. Per verificare che la costruzione abbia effettivamente un comportamento scatolare è di aiuto lo studio dei modi di vibrare propri della costruzione, tenendo conto dell'efficacia dei suddetti collegamenti e della eventuale presenza di solai rigidi nel piano. Qualora i primi modi di vibrazione, con maggiore massa partecipante, coinvolgano effettivamente l'intera costruzione è possibile considerarla a comportamento scatolare (vedi figura 6, con evidenziato uno dei modi principali di vibrare di una costruzione in muratura).

Nel caso si abbiano incertezze sulla qualità dei collegamenti (fondamentali per la rispondenza del modello di calcolo), è consigliabile che il rinforzo delle singole pareti con FRCCM venga preceduto da interventi finalizzati a garantire l'efficienza di tali collegamenti: iniezioni armate tra le pareti con barre in composito Sika® CarboDur® BAR inghissate con SikaGrout®-960, inserimento di catene orizzontali a livello dei solai, rinforzo dei solai a lastra (ad esempio con soletta di estradosso realizzata con malte duttili fibrorinforzate SikaEmaco® S 445 FR),

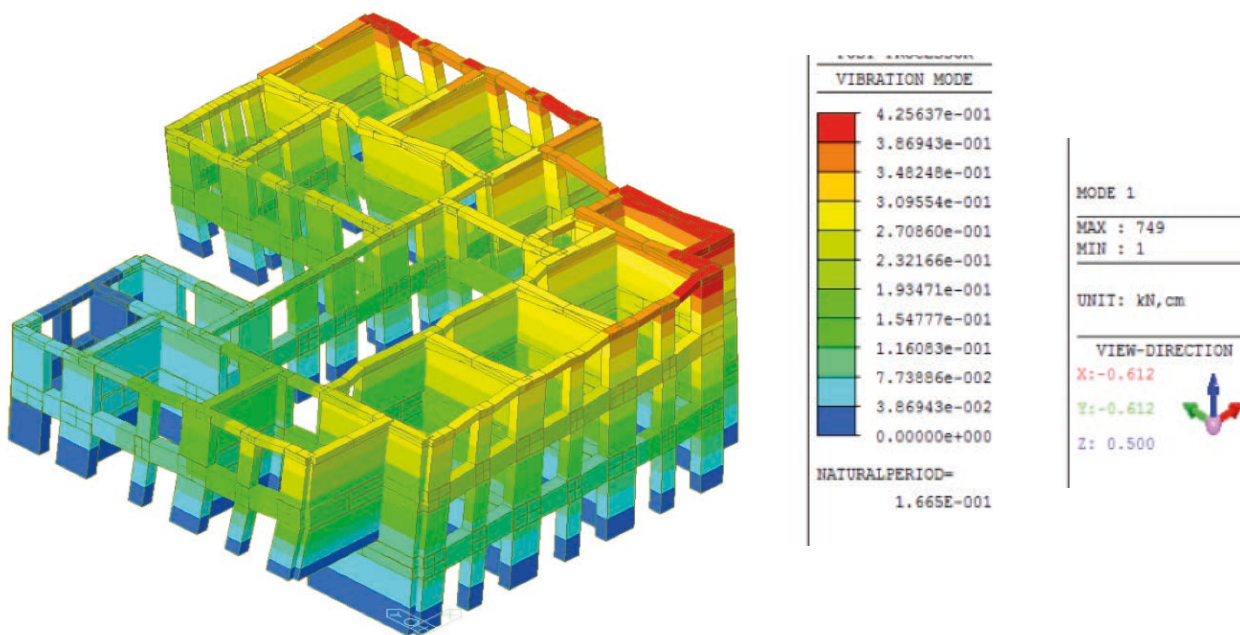


FIG. 6 - Primo modo di vibrare di struttura analizzata agli elementi finiti: si evidenzia una partecipazione generale della struttura che per tanto si può considerare avere un comportamento scatolare



cerchiatura esterna dell'edificio con tessuti SikaWrap® NET, realizzazione di cordoli sommitali.

Nei casi in cui il supporto sia costituito da muratura di modeste caratteristiche meccaniche è opportuna la scelta di un sistema con rete di rinforzo che presenti basso modulo elastico e grande deformazione ultima, al fine di garantire massima aderenza ed efficienza del supporto, sulla scorta delle evidenze sperimentali.

Nell'ottica di un miglioramento sismico globale dell'edificio in muratura, è di grande utilità pratica la tabella riportata dalle stesse istruzioni CNR, in cui viene sintetizzato l'effetto del rinforzo attraverso un coefficiente di amplificazione della resistenza a taglio in assenza di compressione (coesione).

Si sottolinea di nuovo l'importanza, soprattutto per murature di scadenti caratteristiche meccaniche, della scelta di reti di rinforzo contraddistinte da moduli elastici contenuti (SikaWrap® NET 240/100 GF) e dell'utilizzo di connettori meccanici SikaWrap® CON al fine di scongiurare perdite premature di adesione con il supporto che renderebbero poco attendibili i risultati forniti dal software di calcolo.



FIG. 7 - Applicazione della matrice inorganica SikaEmaco®

Tipo di muratura	Coefficiente correttivo	(N/mm)
Muratura di pietrame disordinato (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.5	44.60
Muratura a conci sbozzati con paramenti di spessore disomogeneo	1.5	44.60
Muratura di pietre a spacco con buona tessitura	2.0	32.20
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarite, ecc.)	2.0	44.60
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1.2	44.60
Muratura di mattoni pieni e malta di calce	1.7	24.50
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia	1.3	44.60

FIG. 8 - Tabella CNR

#### Rinforzo a presso-flessione (rinforzo del comportamento locale)

Qualora i collegamenti non siano efficaci e/o non vi sia la presenza di efficienti sistemi di controventamento di piano, i primi modi di vibrazione risulteranno con ogni probabilità di tipo locale, ovvero riguarderanno solo alcuni setti e/o limitate porzioni dell'edificio: in questo caso l'analisi globale della struttura allo stato di fatto ha poco senso in quanto non è possibile considerarla a comportamento scatolare. L'analisi dei modi propri di vibrare può comunque essere anche in questo caso di ausilio per l'individuazione qualitativa dei meccanismi cinematici di collasso più probabili.

I setti, quindi, non collaborano tra di loro per assorbire l'azione sismica e le azioni orizzontali non vengono trasferite ai pannelli più rigidi disposti nella direzione del sisma: per questo è necessario verificarli localmente principalmente per azioni fuori piano (meccanismi di primo modo).

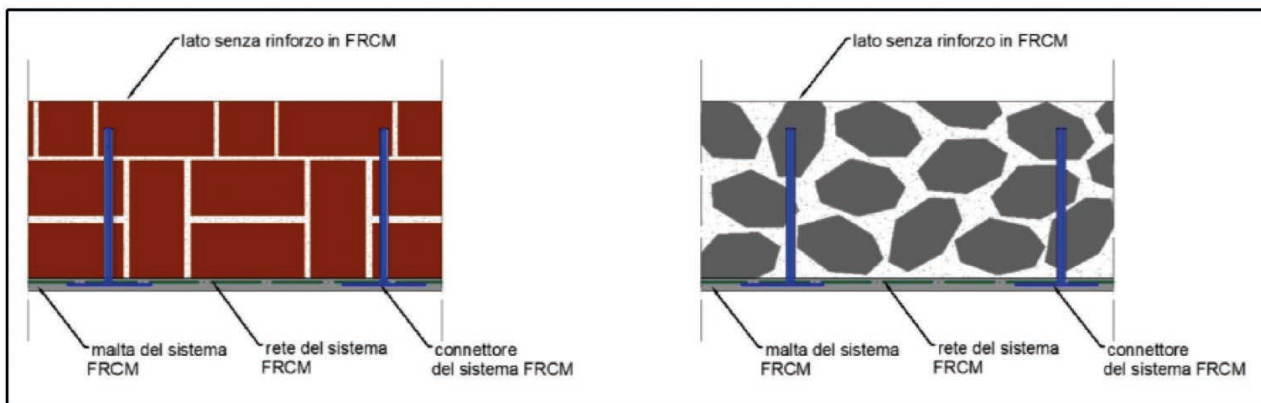


FIG. 9 - Impiego di connettori

In tale eventualità la normativa vigente consente di estrarre modelli locali per lo studio delle sollecitazioni agenti, assegnando ad esempio ad ogni setto oggetto di verifica una massa inerziale proporzionale alla competente area di influenza. Qualora non sia possibile intervenire globalmente su tutta la costruzione al fine di indurre un comportamento scatolare post-intervento, è tuttavia possibile operare sulle singole pareti attraverso un intervento locale, come definito dalle NTC 2018 al cap.8.

Tali interventi non devono variare masse e rigidzze locali dei pannelli murari in modo significativo e hanno come obiettivo prioritario quello di scongiurare l'innescio di cinematismi locali prematuri, ad esempio per ribaltamento del muro fuori piano. L'utilizzo a tal fine di interventi di rinforzo FRCM consente l'incremento del momento resistente fuori piano, senza variazioni significative di masse e rigidzze dei pannelli oggetto di intervento. Anche in questo caso sarà fondamentale avere rinforzi con modulo elastico non eccessivamente alto, più che tessuti di alta resistenza; a tal proposito, infatti, si mette in evidenza come le istruzioni ACI limitino la massima forza di trazione del rinforzo al valore di 87.60 kN/m.

In definitiva quindi:

- I sistemi FRCM non incrementano masse e rigidzza locale dei pannelli; al contempo, non contribuiscono ad incrementare la resistenza a compressione semplice della muratura in virtù del piccolo spessore di riporto del sistema;
- I sistemi FRCM possono contribuire ad incrementare in modo sostanziale la curva di capacità globale della struttura per azioni orizzontali (vento e sisma), in particolare aumentandone il taglio massimo alla base;
- In presenza di murature particolarmente degradate o che necessitino di interventi nei confronti dei carichi statici, è necessario far precedere all'intervento con FRCM interventi propedeutici finalizzati a scongiurare la crisi per disgregazione muraria, al ripristino della monoliticità del paramento, al rinforzo nei confronti di carichi verticali e dei collegamenti: ad esempio possono risultare utili i seguenti interventi di iniezione con SikaMur®-222 IT, inserimento di tirantini antispulsivi o diatoni artificiali, inserimento di catene e fasciature esterne di piano con FRP/FRCM, rinforzo a lastra dei solai, creazione cordoli sommitali;
- Qualora si abbia incertezza sulla qualità dei collegamenti e sul comportamento scatolare di assieme della struttura,



FIG. 10 - Applicazione di sistema FRCM con connettori

il rinforzo con FRM può comunque contribuire al rinforzo locale dei singoli pannelli per azioni fuori piano (meccanismi di primo modo);

- È opportuno dotare i sistemi FRM di dispositivi meccanici di ancoraggio al supporto;
- Nel caso di rinforzo su due facce di murature a sacco o con paramenti scollegati è obbligatorio che i connettori siano passanti per garantire il corretto trasferimento degli sforzi;
- Tali dispositivi vengono facilmente realizzati con i sistemi di ancoraggio SikaWrap® CON inghisato nella muratura e sfiocato esternamente con Sikadur® SAT 4500;
- Rinforzi caratterizzati da reti di rinforzo con basso modulo elastico hanno dimostrato grande efficacia di adesione in particolare per murature di modeste caratteristiche meccaniche (es. tufo).
- Tutti gli spigoli devono essere arrotondati con un raggio di curvatura  $>20$  mm per evitare che ci sia una concentrazione degli sforzi in prossimità dello spigolo che potrebbero alterare in maniera negativa la buona riuscita dell'intervento;
- Deve essere assicurata un'adeguata lunghezza di ancoraggio, al di là dell'estrema sezione in cui il rinforzo FRM è necessario. In mancanza di più accurate indagini, essa deve essere di almeno 30 cm. Le reti devono essere sovrapposte di almeno 30 cm.

### 3.1.2 RINFORZO DI COLONNE IN MURATURA

Il confinamento con FRM di elementi strutturali di muratura, sottoposti a prevalente sollecitazione di sforzo assiale, si attua attraverso la predisposizione di un rivestimento continuo di composito a matrice inorganica, le cui fibre siano prevalentemente disposte in direzione ortogonale all'asse dell'elemento, in modo da contrastarne la dilatazione

trasversale e conferire alla colonna un benefico stato di compressione triassiale. La lunghezza di sovrapposizione della rete è consigliata per almeno un quarto della circonferenza/perimetro della sezione trasversale e comunque per non meno di 30 cm. Interventi di confinamento sono praticabili sia per la riparazione di elementi danneggiati o deteriorati, sia per il rinforzo di elementi integri in vista di un miglioramento statico o sismico della struttura di appartenenza. Il confinamento con FRM deve essere realizzato ricoprendo interamente la superficie dell'elemento da rinforzare. Trattandosi di un rinforzo di tipo statico è possibile riferirsi anche in questo caso a modelli locali per la stima delle sollecitazioni agenti sulla colonna.



FIG. 11 - Confinamento di pilastro tramite FRM

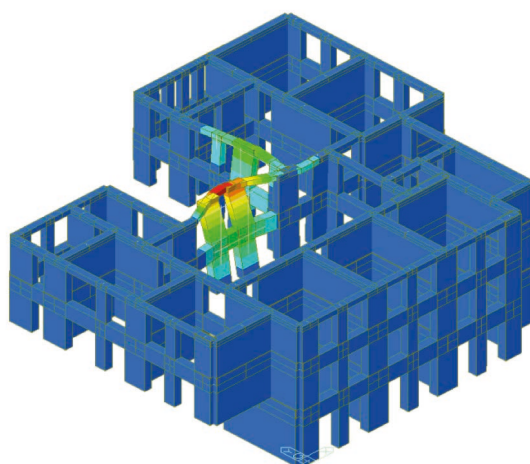
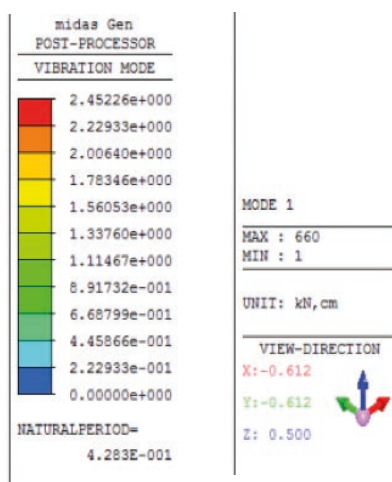


FIG.12 - Esempio di collasso locale di pannelli di struttura soegetta a forze orizzontali





### 3.1.3 RINFORZO DI VOLTE IN MURATURA

L'impiego di sistemi di rinforzo FRCM è in grado di migliorare il comportamento delle strutture a semplice e doppia curvatura, contrastando l'innescarsi di possibili meccanismi di collasso. Un principio che va tenuto presente nel rinforzo di elementi strutturali con tecnologia FRCM è che questi materiali, a differenza di altri sistemi di rinforzo, possono godere di qualche significativa proprietà di duttilità in trazione, legata



FIG. 13 - Rinforzo estradossale di volte, fasi di lavorazione

alla presenza del tratto semiduttile del legame costitutivo a trazione.

Pertanto accoppiando il rinforzo duttile ad un materiale in cui l'allungamento si determina per effetto del distacco tra due interfacce, l'elemento risultante è dotato dello stesso carattere di duttilità del rinforzo, purché questo sia in grado di tollerare il relativo sforzo senza perdere la solidarietà con il supporto murario.

La possibilità di conferire un comportamento duttile al sistema a livello strutturale si traduce in un aumento della capacità resistente e in un miglioramento qualitativo complessivo, tenendo presente della necessità di un affidabile modello di verifica della integrità del rinforzo e della connessione rinforzo-struttura.

Per non compromettere la duttilità della struttura, la verifica della solidarietà del rinforzo al supporto murario va fatta in relazione allo sforzo di trazione massimo.

Sia nel caso di rinforzi intradossali che estradossali, l'azione di impedimento della formazione di cerniere sul bordo opposto a quello rinforzato si ottiene per la trazione nel rinforzo, grazie all'aderenza con il supporto.

Data la curvatura, la presenza di sforzo normale nei rinforzi richiede la presenza di tensioni normali sulla superficie di interfaccia. La superficie di interfaccia è dunque soggetta sia a tensioni tangenziali che e radiali di trazione nel caso di rinforzo intradossale, e a tensioni tangenziali e radiali di compressione nel caso di rinforzo estradossale (più favorevole).

Si comprende quindi come i rinforzi intradossali tendano a staccarsi più facilmente dal supporto rispetto a quelli estradossali, a maggior ragione quanto più la fibra di rinforzo è rigida assialmente e soggetta a sforzi di trazione.

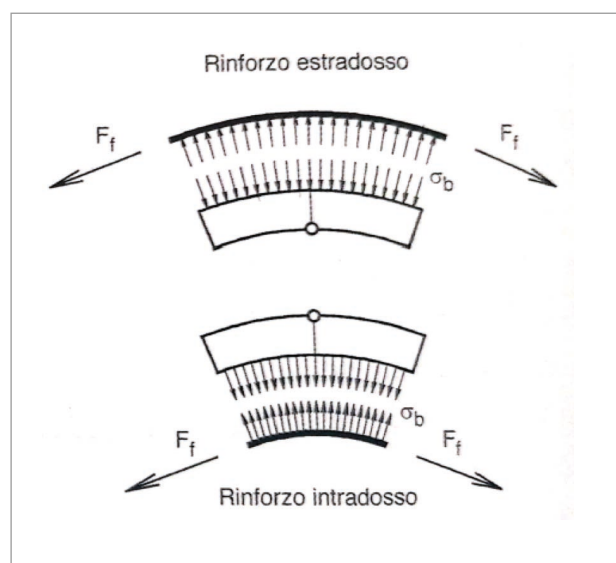


FIG. 14 - Trasferimento delle forze nel ripristino di una volta

### 3.1.4 INTONACO ARMATO

Come visto nei paragrafi precedenti, il rinforzo dei singoli elementi murari esclusivamente con sistemi FRCM non contribuisce all'incremento della resistenza a compressione degli stessi, per cui risulta spesso necessario operare propedeuticamente con altri interventi mirati tipo iniezioni, inserimento di diatoni artificiali, tirantini anti-espulsivi ecc.

Inoltre il miglioramento delle connessioni deve essere anch'esso realizzato attraverso ulteriori interventi tipo inserimento catene, cordoli di sommità, irrigidimento solai ecc, qualora si intenda conferire comportamento scatolare alla costruzione nel suo insieme. Un'alternativa a questo punto può essere rappresentata dall'intervento con intonaco armato.

Con tale intervento sia la resistenza a compressione che la rigidità locale originaria della parete vengono recuperati grazie ad un maggior spessore delle lastre armate con speciali connettori trasversali e ad una maggior rigidità del sistema

di rinforzo rispetto a quello con FRCM, che offre adeguato confinamento alla muratura esistente.

La tecnica di consolidamento classica mediante intonaci armati consiste nel realizzare in aderenza alla superficie muraria, delle lastre di materiale a base cementizia (malta, betoncino, gunite), armate con una rete metallica, e rese solidali ad essa da tiranti passanti in acciaio. Ai fini dell'affidabilità della tecnica svolgono un ruolo fondamentale i connettori trasversali, la cui efficacia è pressoché nulla, con il tipo di muratura in esame, se essi non sono passanti ed ancorati nella stessa pareteina armata, applicata su entrambe le facce della parete da rinforzare.

L'applicazione delle pareti non prevede alterazioni allo stato di sollecitazione della struttura durante l'esecuzione, ma modifica in maniera sostanziale le rigidità delle pareti e quindi la loro risposta sismica.

La tecnica consente di migliorare le caratteristiche di resistenza

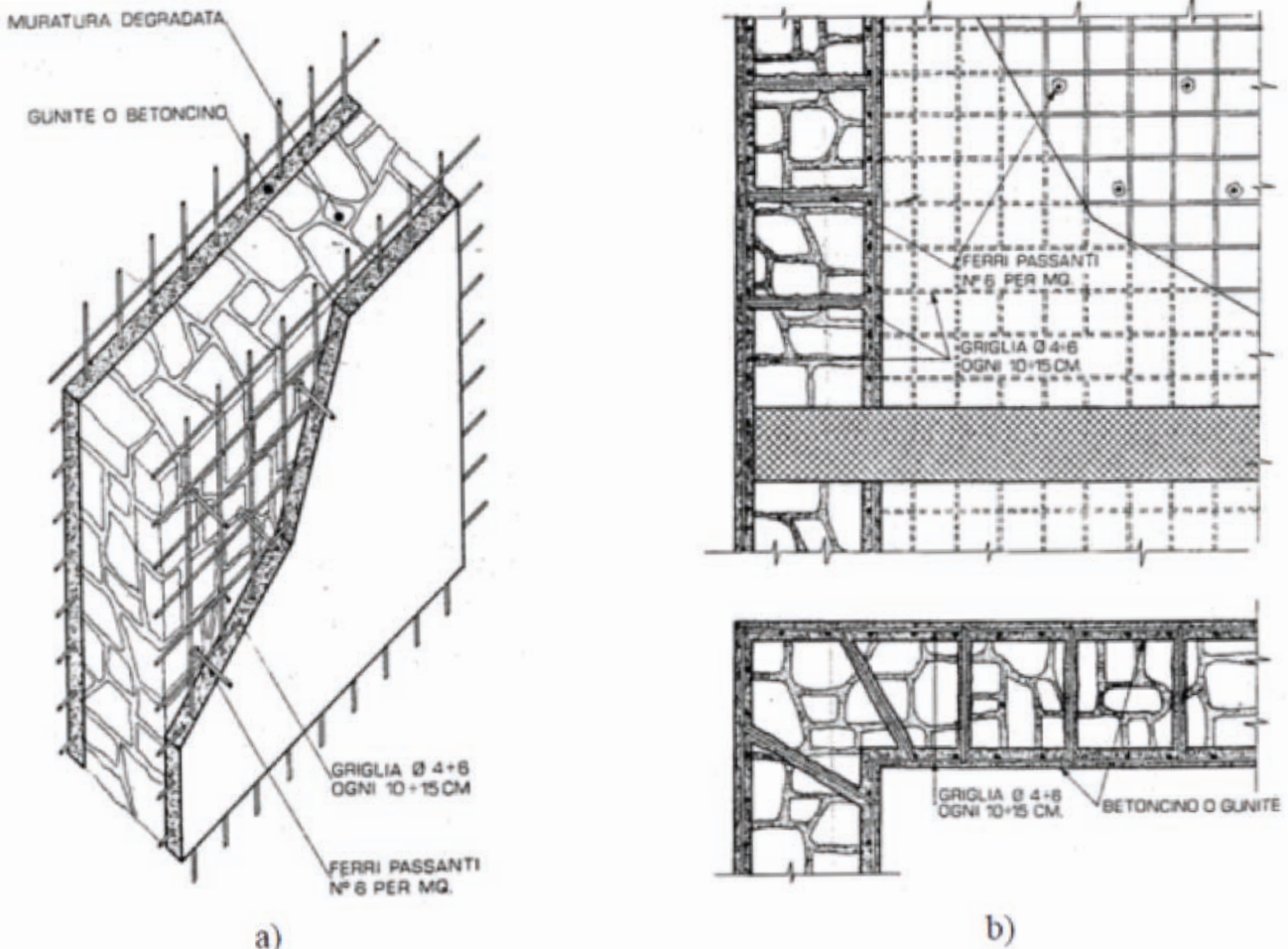


FIG. 15 -Tecnica dell'intonaco armato

dell'apparato murario, grazie all'incremento di sezione resistente apportato dalle lastre e all'effetto di confinamento esercitato sulla muratura degradata, e di aumentarne nel contempo la duttilità.

Al fini del calcolo, le NTC 2018 per tener conto di tale tipologia di rinforzo consentono l'utilizzo di coefficienti migliorativi da applicare sulle caratteristiche della muratura esistente, come riportati nella figura sottostante, presi dalla relativa Circolare esplicativa. In particolare tali coefficienti migliorativi, nelle verifiche post-operam, possono essere applicati alla resistenza media a compressione, alla resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali e ai moduli elastici E e G.

Ovviamente bisogna garantire il rispetto della regola dell'arte nell'esecuzione degli intonaci. In particolare nella Circolare alle NTC 2018 viene chiaramente rilevato che "il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di

sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento".

Inoltre, se ben realizzato negli incroci tra pareti, l'intervento con intonaci armati contribuisce anche al miglioramento dei collegamenti e del comportamento scatolare d'assieme.

Nonostante tutti i vantaggi appena descritti, la tecnica tradizionale ha tuttavia dimostrato sul campo anche alcuni svantaggi, in particolare i seguenti:

- Alterazione delle proprietà fisiche della parete, quali isolamento termico e traspirabilità;
- Deterioramento delle armature tradizionali di rinforzo a causa della corrosione delle armature stesse. Se poi la muratura ha problemi di umidità l'applicazione dello strato superficiale impedisce la sua evaporazione, aggravando il fenomeno a danno soprattutto dei connettori trasversali.

**Tabella C8.5.II** -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a  $1 \text{ N/mm}^2$ . In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0,25}$  ( $f_m$  in  $\text{N/mm}^2$ ).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

FIG. 16 - Stralcio NTC 2018



## 3.2 RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

Gli FRCM possono essere utilizzati per il rinforzo di elementi strutturali in c.a. nei seguenti ambiti:

1. Rinforzo a flessione di travi, pilastri e travetti di solaio;
2. Rinforzo a taglio di travi e pilastri;
3. Confinamento di pilastri;
4. Rinforzo di nodi trave-pilastro;
5. Rinforzo di setti in c.a.;
6. Antisfondellamento solai in latero-cemento armato;
7. Antiribaltamento delle tamponature.

Si precisa innanzitutto che secondo quanto indicato nel CNR-DT 215 e LG del CSLLPP la progettazione del rinforzo FRCM, su strutture in cemento armato, a differenza della muratura, riguarda solo problemi di carichi gravitazionali, escludendo quindi il sisma.

Per quanto poi riguarda i punti 1, 2, 3, 4, 5 l'utilizzo di sistemi FRCM è alternativo ad interventi con FRP nelle situazioni in cui sistemi a base resina non possono essere utilizzati o adeguatamente protetti ad esempio nei confronti dell'incendio.

Per questi casi le ipotesi e le configurazioni di progetto sono le stesse valide per il rinforzo con sistemi FRP (per le quali rimanda allo specifico quaderno tecnico dedicato agli FRP), chiaramente fatta salva la valutazione dell'aderenza tra sistema di rinforzo e sottofondo in calcestruzzo. Ipotesi fondamentale per la buona riuscita del rinforzo è infatti la perfetta aderenza FRCM-calcestruzzo esistente. Purtroppo, contrariamente a quanto presente per gli FRP, per gli FRCM le istruzioni CNR DT-215 non forniscono formule chiuse per la valutazione preventiva della tensione limite convenzionale, rimandando a tests sperimentali su supporti tipo.



FIG. 17 - Posa FRCM su calcestruzzo

Ad ogni modo, indipendentemente dall'esito dei test sperimentali, è comunque opportuna e a vantaggio di sicurezza la limitazione della massima deformazione di progetto degli FRCM come indicato dalle istruzioni americane ACI 549.4R-13 al valore massimo 1,2% a flessione, 0,4% a taglio e la predisposizione di sistemi di ancoraggio meccanico ad hoc (SikaWrap® CON). Inoltre si ricorda come per le CNR DT 215 l'incremento della capacità di calcolo dell'elemento rinforzato con FRCM ai carichi statici non possa risultare superiore del 50% rispetto a quello dell'elemento non rinforzato. Applicazioni dei sistemi FRCM su strutture in c.a. riguardano inoltre interventi tipicamente "non strutturali" sui solai (punto 6) e tamponature esistenti (punto 7), di seguito riportati.

### 3.2.1 ANTISFONDELLAMENTO SOLAI IN LATERO-CEMENTO ARMATO

Il danno consiste nel distacco e la successiva caduta delle cartelle inferiori dei blocchi di alleggerimento (pignatte) inseriti nei solai in latero-cemento armato, a causa della non corretta realizzazione del solaio o dell'utilizzo di laterizi con errato allineamento dei fori ed inadeguato impasto. Inoltre la corrosione delle barre di armatura dei travetti provoca l'espulsione del calcestruzzo ed, in particolare, dei punti di appoggio delle pignatte in laterizio che conseguentemente crollano. Nei casi meno severi, può essere limitato alla caduta del solo intonaco di intradosso e non interessare, se non parzialmente, le pignatte in laterizio. In tale circostanza il ritiro idraulico delle malte di cemento utilizzate per la realizzazione dell'intonaco del soffitto induce sforzi di compressione sul fondello inferiore del laterizio che determina la comparsa di tensioni tangenziali all'attacco del fondello stesso con i setti verticali dell'elemento in cotto provocandone la rottura.



FIG. 18 - Posa in opera di Sika® Drain-100 NET

Gli interventi di ripristino dei solai in latero-cemento a travetti in calcestruzzo armato e pignatte in laterizio hanno come obiettivi principali:

- la ricostruzione delle sezioni in calcestruzzo armato dei travetti dei solai interessati da corrosione dei ferri e da espulsione del calcestruzzo con conseguente crollo delle pignatte in calcestruzzo;
- la ricostruzione delle sezioni dei solai interessati dal solo crollo delle pignatte per rottura del fondello in laterizio promosso dall'eccessivo ritiro idraulico dell'intonaco di controsoffittatura;
- la prevenzione di futuri ulteriori crolli delle pignatte rimaste in posto aderenti all'intradosso della cappa di completamento del solaio.

In funzione del danno rilevato e della consistenza dei travetti si potrà intervenire all'intradosso con rete in fibra di vetro SikaWrap® NET 240/100 GF ancorata con tasselli SikaWrap® CON al travetto esistente annegata in matrice di malta duttile SikaEmaco® S 286 FR (casi meno severi, quando il crollo è legato al solo intonaco), oppure con rete in speciale acciaio anticorrosione ad alta resistenza appartenente al sistema Sika®Drain-100 NET.

Il ripristino dei solai in latero-cemento avviene quindi procedendo alla ricostruzione dei travetti degradati, al riempimento dei vuoti lasciati dal crollo delle pignatte con materiale leggero ed alla applicazione di un sistema antisfondellamento costituito da Sika®Drain-100 NET, speciale rete in acciaio anticorrosione fissata mediante viti di ancoraggio all'intradosso dei travetti ripristinati. Tale sistema viene realizzato per prevenire il crollo futuro di altre pignatte che pur ancora adese alla cappa di calcestruzzo potrebbero successivamente distaccarsi.

La rete Sika®Drain-100 NET può esser lasciata a vista oppure può essere applicata "a scomparsa" mediante impiego di specifiche

malte a base calce ad alte prestazioni come SikaEmaco® S 280 TIX, SikaEmaco® S 285 TIX o SikaEmaco® S 286 FR.

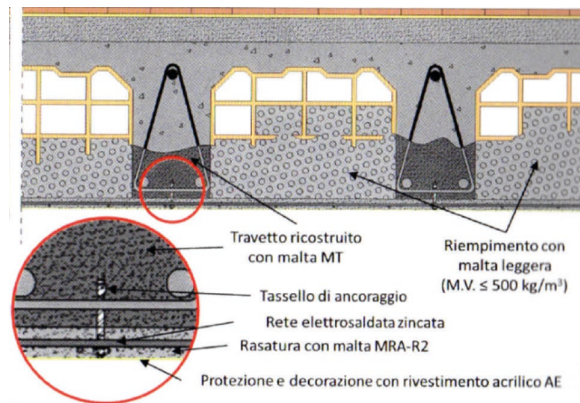


FIG. 19 - Ricostruzioni di solaio interessato da crollo delle pignatte

### 3.2.2 ANTIRIBALTAMENTO DELLE TAMPONATURE

Allo scopo di limitare possibili danni a carico delle tamponature dovute all'azione sismica è possibile utilizzare strisce di FRCM realizzate con rete in fibra di vetro SikaWrap® NET 240/100 GF opportunamente vincolata al supporto con sistemi di ancoraggio meccanico SikaWrap® CON in modo da collegare le tamponature stesse al telaio entro il quale sono inserite. Tale intervento è ben documentato al cap. 4 delle "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni" del Dipartimento Protezione Civile e ReLuis liberamente disponibile in rete al quale si rimanda per opportuni approfondimenti (vedi figura sottostante).

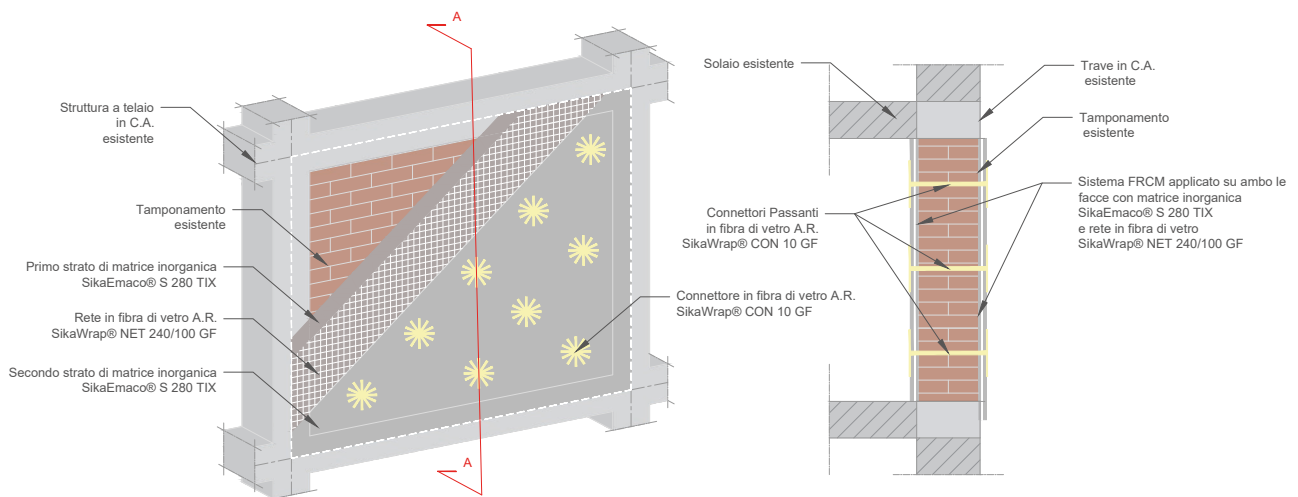


FIG. 20 - Applicazione di primo strato di malta e rete apprettata per rinforzo antiribaltamento di tamponamenti

# 4. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI SISTEMI DI RINFORZO

Si riepilogano nella tabella seguente i principali sistemi di rinforzo:

TIPOLOGIA DI STRUTTURA	TIPOLOGIA DI INTERVENTO			SCELTA DEL SISTEMA
<b>Muratura</b>	Rinforzo di maschi murari	Rinforzo a taglio	Malta a base di calce e pozzolana priva di cemento	<b>SISTEMA 5</b>
			Malta a base di calce NHL 3.5	<b>SISTEMA 4</b>
		Rinforzo a presso-flessione	Malta a base di calce e pozzolana priva di cemento	<b>SISTEMA 5</b>
			Malta a base di calce NHL 3.5	<b>SISTEMA 4</b>
	Confinamento di colonne	Malta a base di calce e pozzolana priva di cemento		<b>SISTEMA 5</b>
		Malta a base di calce NHL 3.5		<b>SISTEMA 4</b>
	Rinforzo di solai e volte	Malta a base di calce e pozzolana priva di cemento		<b>SISTEMA 5</b>
		Malta a base di calce NHL 3.5		<b>SISTEMA 4</b>
<b>Calcestruzzo</b>	Rinforzo a flessione di travi, pilastri e travetti di solaio			<b>SISTEMA 6</b>
	Rinforzo a taglio di travi e pilastri			<b>SISTEMA 6</b>
	Rinforzo di setti in c.a.			<b>SISTEMA 6</b>
<b>Elementi non strutturali</b>	Antisfondellamento solai in latero-cemento armato			<b>SISTEMI 1,2,3</b>
	Antiribaltamento delle tamponature			<b>SISTEMI 4,5</b>



# SISTEMA 1: ANTISFONDELLAMENTO

SikaEmaco® S 286 FR - Sika®Drain-100 NET - Sika®Drain-100 Connector

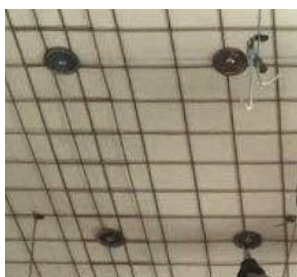
## SikaEmaco® S 286 FR



Malta da muratura di calce e pozzolana priva di cemento, fibrorinforzata con fibre HPF per garantire elevate resistenze e duttilità per interventi di rinforzo su murature.

Adesione	> 1 MPa
Assorbimento capillare	0,2 Kg·m <sup>-2</sup> ·min <sup>-0,5</sup>
Resistenza a compressione	> 18 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	4 MPa
Conduttività termica	0,83 W/mK
Modulo elastico statico	16000 MPa
Diffusione del vapore	μ<35

## Sika®Drain-100 NET



Rete in acciaio con trattamento di zincatura a caldo per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Modulo elastico	230 GPa	
Resistenza a trazione	>600 MPa	
	<b>5/5</b>	<b>10/5</b>
Maglia	50x50 mm	100x50 mm
Diametro	3 mm	3 mm
Formato	1000x2000 mm	1000x2000 mm
Peso	4,61 kg/pann.	3,50 kg/pann.
N. di fili per unità di lunghezza trasversali	41	21
N. di fili per unità di lunghezza longitudinali	21	21

## Sika®Drain-100 Connector



Connettore con trattamento anticorrosione per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Diametro	5,8 mm
Formato	a "L" 20x5 cm

# SISTEMA 2: ANTISFONDELLAMENTO

SikaEmaco® S 280 TIX - Sika®Drain-100 NET - Sika®Drain-100 Connector

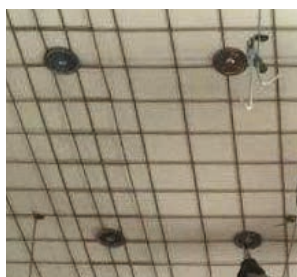
## SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti.

Diffusione del vapore	$\mu < 35$
Assorbimento capillare	$0,2 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-0,5}$
Resistenza a compressione	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	4 MPa
Adesione al supporto	> 1,0 MPa
Modulo elastico statico	16.000 MPa
Conducibilità termica	0,93 W/mK

## Sika®Drain-100 NET



Rete in acciaio con trattamento di zincatura a caldo per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Modulo elastico	230 GPa	
Resistenza a trazione	>600 MPa	
	<b>5/5</b>	<b>10/5</b>
Maglia	50x50 mm	100x50 mm
Diametro	3 mm	3 mm
Formato	1000x2000 mm	1000x2000 mm
Peso	4,61 kg/pann.	3,50 kg/pann.
N. di fili per unità di lunghezza trasversali	41	21
N. di fili per unità di lunghezza longitudinali	21	21

## Sika®Drain-100 Connector



Connettore con trattamento anticorrosione per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Diametro	5,8 mm
Formato	a "L" 20x5 cm

# SISTEMA 3: ANTISFONDELLAMENTO

SikaEmaco® S 285 TIX - Sika®Drain-100 NET - Sika®Drain-100 Connector

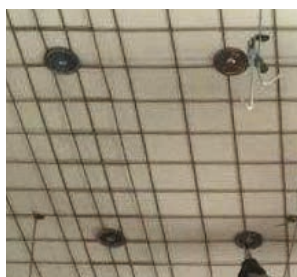
## SikaEmaco® S 285 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti.

Diffusione del vapore	$\mu < 35$
Assorbimento capillare	$0,1 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Resistenza a compressione	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	4 MPa
Adesione al supporto	> 1,0 MPa
Modulo elastico statico	16.000 MPa
Conducibilità termica	0.83 W/mK

## Sika®Drain-100 NET



Rete in acciaio con trattamento di zincatura a caldo per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Modulo elastico	230 GPa	
Resistenza a trazione	>600 MPa	
	5/5	10/5
Maglia	50x50 mm	100x50 mm
Diametro	3 mm	3 mm
Formato	1000x2000 mm	1000x2000 mm
Peso	4,61 kg/pann.	3,50 kg/pann.
N. di fili per unità di lunghezza trasversali	41	21
N. di fili per unità di lunghezza longitudinali	21	21

## Sika®Drain-100 Connector



Connettore con trattamento anticorrosione per adeguamenti sismici, applicazioni in galleria e interventi antisfondellamento.

Diametro	5,8 mm
Formato	a "L" 20x5 cm



# SISTEMA 4: FRCCM E ANTIRIBALTAMENTO

SikaEmaco® S 280 TIX - SikaWrap® NET 240/100 GF - SikaWrap® CON 10 GF

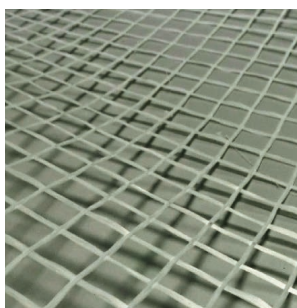
## SikaEmaco® S 280 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce NHL 3.5, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti.

Diffusione del vapore	$\mu < 35$
Assorbimento capillare	$0,2 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-0,5}$
Resistenza a compressione	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	4 MPa
Adesione al supporto	> 1,0 MPa
Modulo elastico statico	16.000 MPa
Conducibilità termica	0.93 W/mK

## SikaWrap® NET 240/100 GF



Rete bidirezionale in fibra di carbonio o vetro alcali resistente, per rinforzi di strutture in muratura e calcestruzzo.

Modulo elastico	65 GPa
Deformazione ultima	2,5 %
Spessore equivalente	0,036 mm
Resistenza a trazione	1.600 MPa
Resistenza a trazione del filato	3.200 MPa
Carico massimo per unità	55 kN/m
Resistività elettrica	Non Conduttivo

## SikaWrap® CON 10 GF



Corda in filato di carbonio o in vetro, ad alta resistenza del sistema SikaWrap® FIB (Fiber Reinforced Polymer).

Diametro	10 mm
Modulo elastico	65 GPa
Deformazione ultima	4 %
Resistenza a trazione	1200 MPa
Coefficiente di dilatazione termica	$5\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Resistività elettrica	isolante
Sezione resistente	25,91 mm <sup>2</sup>

# SISTEMA 5: FRCM E ANTIRIBALTAMENTO

SikaEmaco® S 285 TIX - SikaWrap® NET 240/100 GF - SikaWrap® CON 10 GF

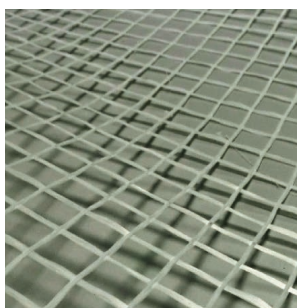
## SikaEmaco® S 285 TIX



Malta per muratura tixotropica a base di calce e pozzolana, priva di cemento, ad alta resistenza (M15) e traspirabilità per interventi di rinforzo su murature esistenti.

Diffusione del vapore	$\mu < 35$
Assorbimento capillare	$0,1 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-0,5}$
Resistenza a compressione	>15 MPa Classe M15
Resistenza a flessione	4 MPa
Adesione al supporto	> 1,0 MPa
Modulo elastico statico	16.000 MPa
Conducibilità termica	0.83 W/mK

## SikaWrap® NET 240/100 GF



Rete bidirezionale in fibra di carbonio o vetro alcali resistente, per rinforzi di strutture in muratura e calcestruzzo.

Modulo elastico	65 GPa
Deformazione ultima	2,5 %
Spessore equivalente	0,036 mm
Resistenza a trazione	1.600 MPa
Resistenza a trazione del filato	3.200 MPa
Carico massimo per unità	55 kN/m
Resistività elettrica	Non Conduttivo

## SikaWrap® CON 10 GF



Corda in filato di carbonio o in vetro, ad alta resistenza del sistema SikaWrap® FIB (Fiber Reinforced Polymer).

Diametro	10 mm
Modulo elastico	65 GPa
Deformazione ultima	4 %
Resistenza a trazione	1200 MPa
Coefficiente di dilatazione termica	$5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Resistività elettrica	isolante
Sezione resistente	25,91 mm <sup>2</sup>

# SISTEMA 6: FRCM

SikaEmaco® S 950 - SikaWrap® NET 200/100 CFS - SikaWrap® CON 12 CFS

## SikaEmaco® S 950



Malta tixotropica bicomponente strutturale, polimero modificata ad alta durabilità, resistenza alla fessurazione con inibitori di corrosione per interventi corticali da 3 a 20 mm.

Adesione	> 2,0 MPa
Assorbimento capillare	0,5 Kg·m <sup>-2</sup> ·min <sup>-0,5</sup>
Resistenza a compressione	1 g > 10 MPa 7 gg > 27 MPa 28 gg > 38 MPa
Resistenza a flessione	1 g > 2 MPa 7 gg > 5 MPa 28 gg > 7 MPa
Resistenza ai sali nei cicli gelo-disgelo	> 2,0 MPa
Modulo elastico statico	17000 ±2000 MPa

## SikaWrap® NET 200/100 CFS



Rete bidirezionale in fibra di carbonio o vetro alcali resistente, per rinforzi di strutture in muratura e calcestruzzo.

Modulo elastico	230 GPa
Deformazione ultima	1,4 %
Spessore equivalente	0,048 mm
Resistenza a trazione	2.500 MPa
Resistenza a trazione del filato	4.800 MPa
Carico massimo per unità	120 kN/m
Resistività elettrica	1,6·10 <sup>-5</sup> Ω·m Conduttivo

## SikaWrap® CON 12 CFS

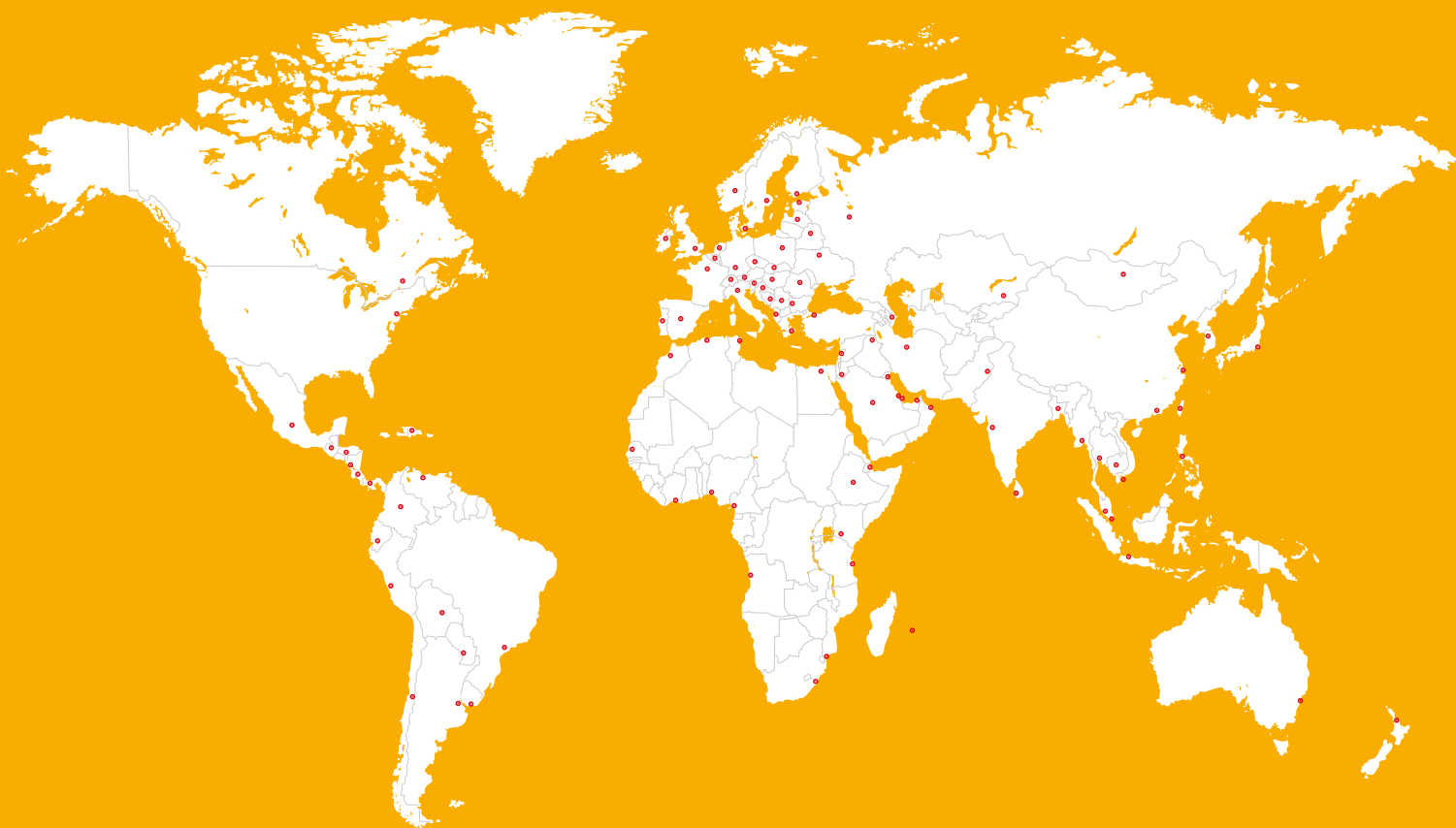


Corda in filato di carbonio o in vetro, ad alta resistenza del sistema SikaWrap® FIB (Fiber Reinforced Polymer).

Diametro	12 mm
Modulo elastico	230 GPa
Deformazione ultima	1,4 %
Resistenza a trazione	2500 MPa
Coefficiente di dilatazione termica	10 <sup>-7</sup> K <sup>-1</sup>
Resistività elettrica	1,6·10 <sup>-5</sup> Ω·m
Sezione resistente	31,40 mm <sup>2</sup>



# SIKA: LEADER MONDIALE DI PRODOTTI CHIMICI PER L'EDILIZIA



PER MAGGIORI INFORMAZIONI  
SULLE TECNOLOGIE SIKA®:



## SIKA SIAMO NOI

Sika è un'azienda attiva in tutto il mondo nella chimica integrata applicata all'edilizia e all'industria, leader nei processi di produzione di materiali per sigillatura, incollaggio, isolamento, impermeabilizzazione, rinforzo e protezione di strutture.

Sika produce additivi per calcestruzzo di elevata qualità, malte speciali, sigillanti e adesivi, prodotti per l'isolamento, l'insonorizzazione e il rinforzo strutturale, pavimentazioni industriali e prodotti impermeabilizzanti. La presenza locale in tutto il mondo, con filiali in 103 Paesi ed oltre 30.000 collaboratori, assicura il contatto diretto con Sika dei nostri Clienti.

Si applicano le condizioni generali di vendita in vigore. Prima dell'uso, consultare la Scheda Tecnica di Prodotto più recente disponibile.



## SIKA ITALIA S.P.A.

Via Luigi Einaudi, 6  
20068 - Peschiera Borromeo (MI)  
Italia

## Contatti

Tel. +39 02 54778 111  
Fax +39 0254778 119  
www.sika.it

**BUILDING TRUST**

