

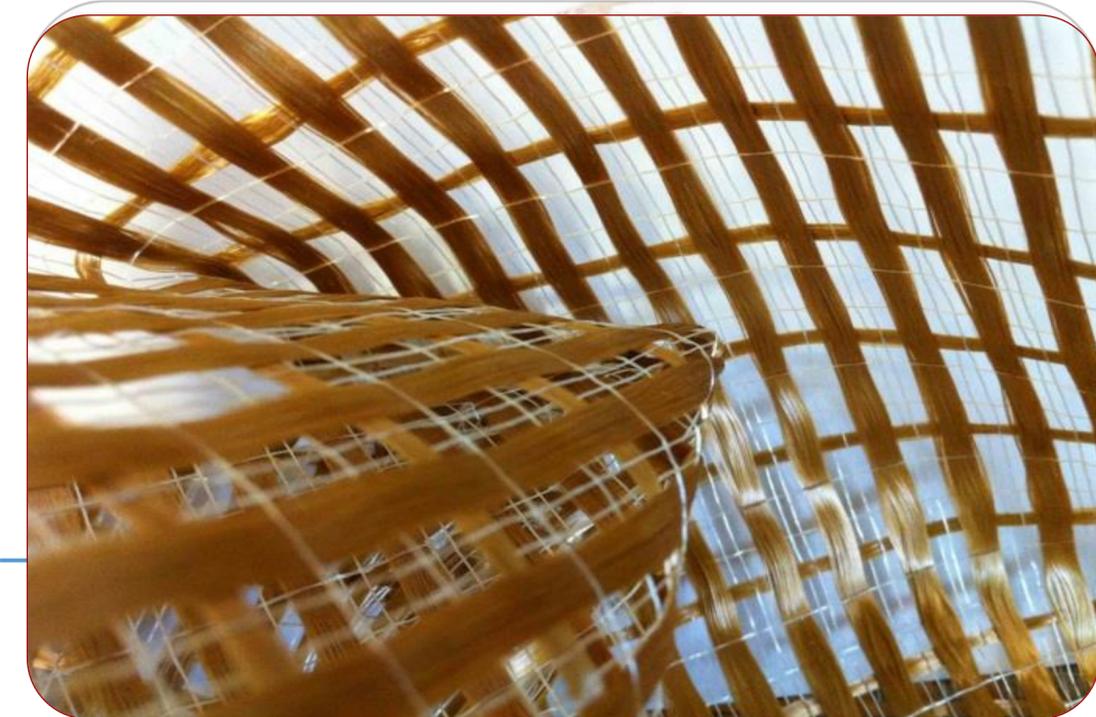
Rinforzo e Consolidamento Statico e Antisismico degli Edifici

Materiali Compositi in FRCM e FRP

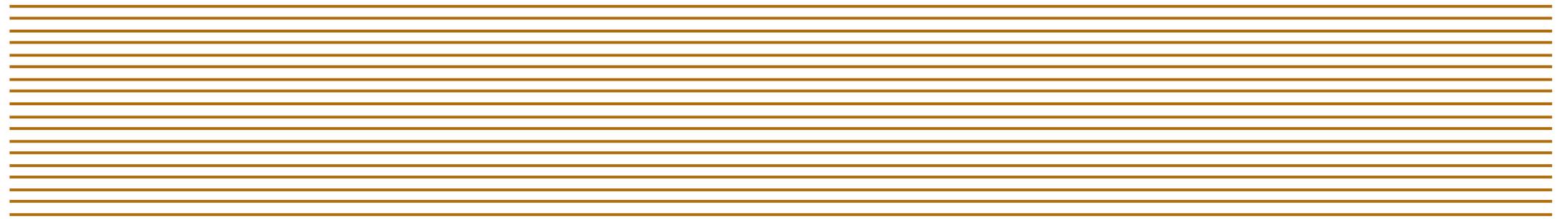
Sistemi in Calcestruzzo Leggero Strutturale

Sistemi tecnici e metodi di progettazione per il consolidamento delle murature, strutture in c.a., il rinforzo dei solai
l'interazione solai-pareti

1. Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.
2. Campi di applicazione dei sistemi FRCM: strutture in c.a. e muratura.
3. Sistemi CRM
4. Presidi antiribaltamento
5. Case History



Materiali compositi per il rinforzo strutturale



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



COSA SONO I MATERIALI COMPOSITI?

una fase omogenea
che trasferisce
le tensioni

MATRICE

una fase discontinua
che prende in carico le
tensioni

FIBRA

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRP - Fiber Reinforced Polymers



FIBRA



MATRICE ORGANICA



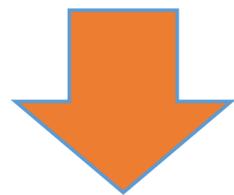
FRP

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

→ TIPOLOGIE RINFORZI F.R.P.

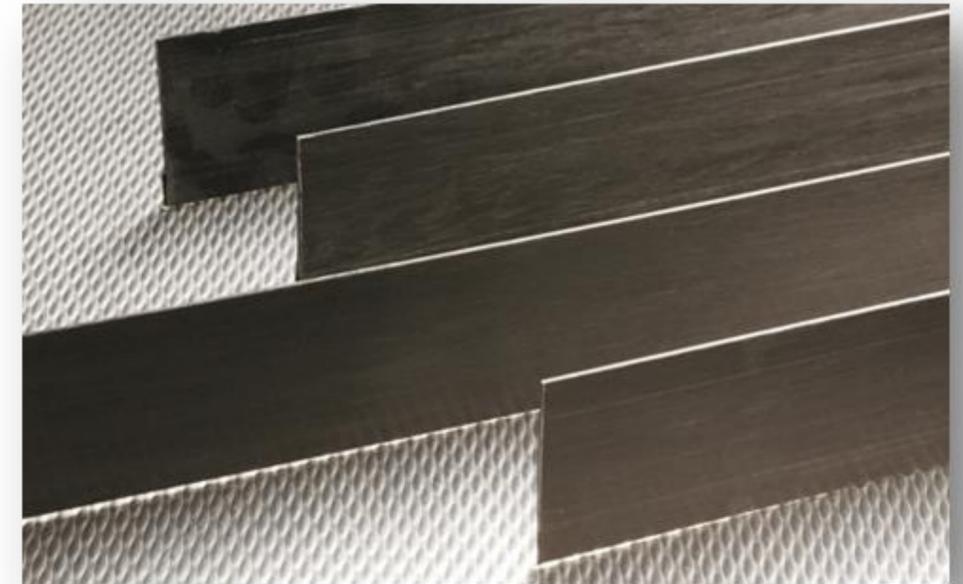


Nastri (tess. unidirezionali)

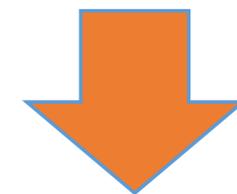


C-WRAP

(200 – 310 – 400 – 600)



Lamine (piatti pultrusi)



C-LAM S – C-LAM H



C – BAR

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



FRP - Fiber Reinforced Polymers

Vantaggi:

- Leggerezza
- Resistenza meccanica
- Resistenza alla corrosione

Fasi applicative:

1. Preparazione delle superfici
2. Applicazione di Primer Epossidico
3. Applicazione di Resina Epossidica
4. Applicazione di Tessuto
5. Applicazione di Resina Epossidica
6. Spolvero di sabbia asciutta
7. Finiture e Protezione del sistema di rinforzo

PRIMER

RESINA

TESSUTO



1 – Sistemi FRP e FRCCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRP - Fiber Reinforced Polymers

CNR - DT 200 R1 2013 par. 3.5.1.

(4) Effetti di temperature estreme e di cicli termici. Gli effetti primari della temperatura riguardano la risposta viscosa della resina e quindi del composito. Al crescere della temperatura si manifesta una diminuzione del modulo di elasticità normale della resina. Se la temperatura supera quella di transizione vetrosa, il livello di prestazione del composito si riduce in maniera significativa. I cicli termici, in generale, non sortiscono effetti deleteri, anche se possono favorire la formazione di microfessure nei sistemi che utilizzano resina ad alto modulo. Per gli intervalli di temperatura tipici delle infrastrutture civili è possibile evitare indesiderati decadimenti delle prestazioni scegliendo il sistema di rinforzo in modo che la temperatura di transizione vetrosa sia sempre più elevata della massima temperatura di esercizio. Si sconsiglia l'impiego di materiali FRP in presenza di temperature di esercizio superiori a quella di transizione vetrosa ridotta di 15° C. Se del caso, devono essere previsti protettivi con funzione di isolanti termici.

PRIMER
RESINA

TESSUTO



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRP - Fiber Reinforced Polymers

Criticità:

- **scarsa resistenza alle medie temperature:** le resine organiche subiscono modificazioni progressive già a basse temperature con la graduale perdita di adesione al supporto;
- **resistenza al fuoco nulla:** le resine organiche bruciano e rilasciano fumi tossici;
- **perdita di efficacia con elevata umidità ambientale di esercizio:** anche quando l'indurimento della matrice è già avvenuto, la resina manifesta una significativa perdita di adesione al supporto se l'umidità relativa dell'aria si mantiene elevata durante l'esercizio della struttura;
- **assenza di permeabilità al vapore:** l'applicazione del sistema può provocare fenomeni di condensazione superficiale anche sul lato opposto della parete rinforzata, innescando fenomeni di degrado delle superfici;
- **legame costitutivo elastico/lineare e quindi fragile:** l'elevata rigidità della matrice organica, rispetto a quella del supporto, dà luogo a un allungamento sotto carico così ridotto da provocare il distacco improvviso del rinforzo;
- **difficoltà di applicazione:** è necessario che il posatore sia specializzato



Applicazione su supporti umidi



Resistente al fuoco



Permeabilità al vapore



Matrice non nociva



Resistente alle alte temperature



Facilità di posa

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



FRP - Fiber Reinforced

Criticità:

- **scarsa resistenza alle medie temperature:** le resine organiche subiscono modificazioni progressive già a basse temperature con la graduale perdita di adesione al supporto;
- **resistenza al fuoco nulla:** le resine organiche bruciano e rilasciano fumi tossici;
- **perdita di efficacia con elevata umidità ambientale di esercizio:** anche quando l'indurimento della matrice è già avvenuto, la resina manifesta una significativa perdita di adesione al supporto se l'umidità relativa dell'aria si mantiene elevata durante l'esercizio della struttura;
- **assenza di permeabilità al vapore:** l'applicazione del sistema può provocare fenomeni di condensazione superficiale anche sul lato opposto della parete rinforzata, innescando fenomeni di degrado delle superfici;
- **legame costitutivo elastico/lineare e quindi fragile:** l'elevata rigidità della matrice organica, rispetto a quella del supporto, dà luogo a un allungamento sotto carico così ridotto da provocare il distacco improvviso del rinforzo;
- **difficoltà di applicazione:** è necessario che il posatore sia specializzato



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



FRP - Fiber Reinforced

Criticità:

- **scarsa resistenza alle medie temperature:** le resine organiche subiscono modificazioni progressive già a basse temperature con la graduale perdita di adesione al supporto;
- **resistenza al fuoco nulla:** le resine organiche bruciano e rilasciano fumi tossici;
- **perdita di efficacia con elevata umidità ambientale di esercizio:** anche quando l'indurimento della matrice è già avvenuto, la resina manifesta una significativa perdita di adesione al supporto se l'umidità relativa dell'aria si mantiene elevata durante l'esercizio della struttura;
- **assenza di permeabilità al vapore:** l'applicazione del sistema può provocare fenomeni di condensazione superficiale anche sul lato opposto della parete rinforzata, innescando fenomeni di degrado delle superfici;
- **legame costitutivo elastico/lineare e quindi fragile:** l'elevata rigidità della matrice organica, rispetto a quella del supporto, dà luogo a un allungamento sotto carico così ridotto da provocare il distacco improvviso del rinforzo;
- **difficoltà di applicazione:** è necessario che il posatore sia specializzato

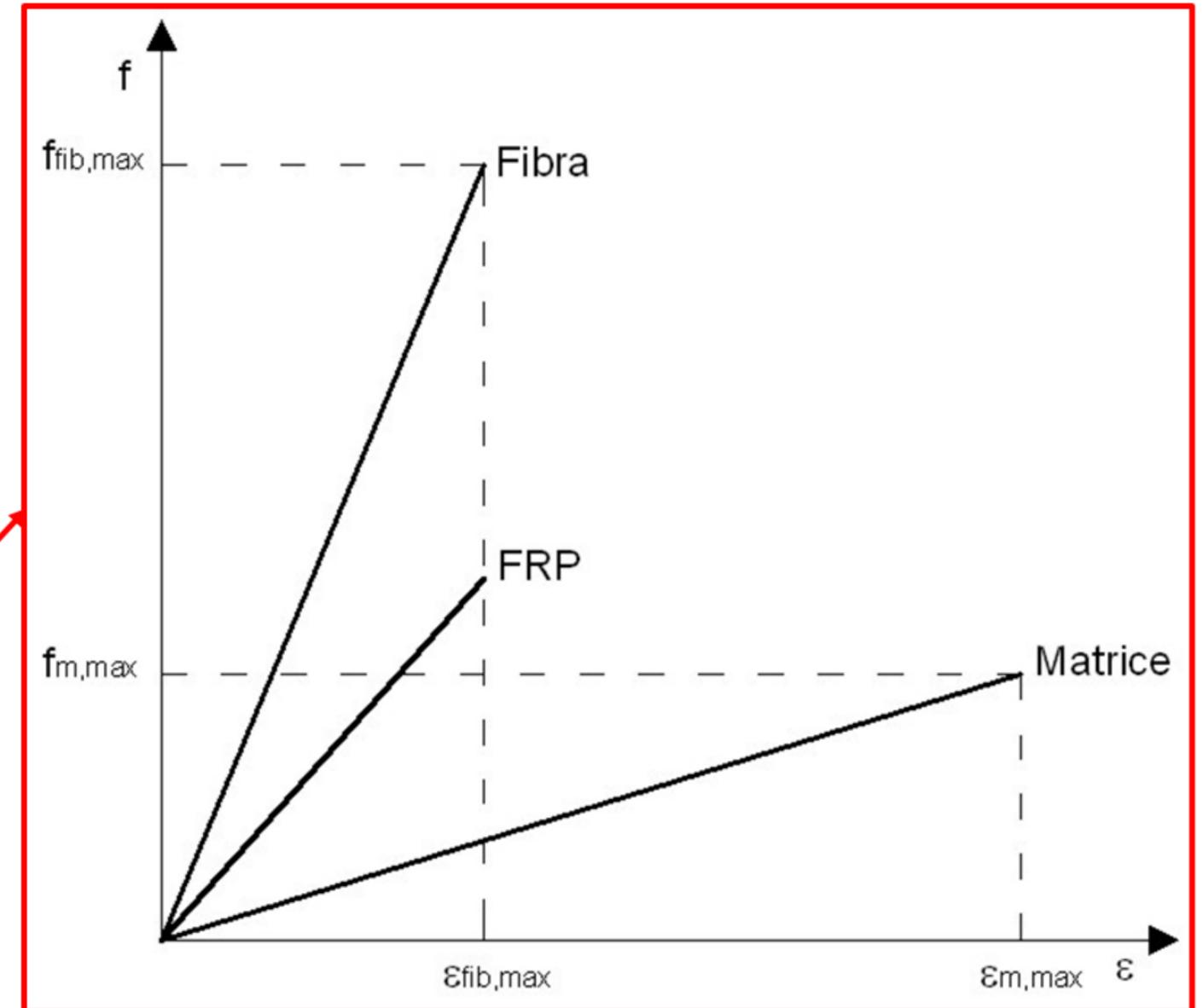


1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRP - Fiber Reinforced Polymers

Criticità:

- **scarsa resistenza alle medie temperature:** le resine organiche subiscono modificazioni progressive già a basse temperature con la graduale perdita di adesione al supporto;
- **resistenza al fuoco nulla:** le resine organiche bruciano e rilasciano fumi tossici;
- **perdita di efficacia con elevata umidità ambientale di esercizio:** anche quando l'indurimento della matrice è già avvenuto, la resina manifesta una significativa perdita di adesione al supporto se l'umidità relativa dell'aria si mantiene elevata durante l'esercizio della struttura;
- **assenza di permeabilità al vapore:** l'applicazione del sistema può provocare fenomeni di condensazione superficiale anche sul lato opposto della parete rinforzata, innescando fenomeni di degrado delle superfici;
- **legame costitutivo elastico/lineare, rottura di tipo fragile**: l'elevata rigidità della matrice organica, rispetto a quella del supporto, dà luogo a un allungamento sotto carico così ridotto da provocare il distacco improvviso del rinforzo;
- **difficoltà di applicazione:** è necessario che il posatore sia specializzato

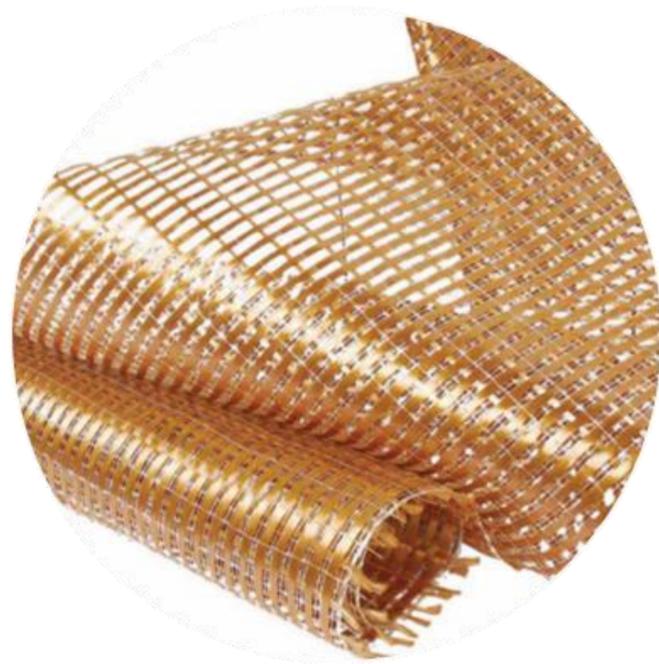


1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix



FIBRA



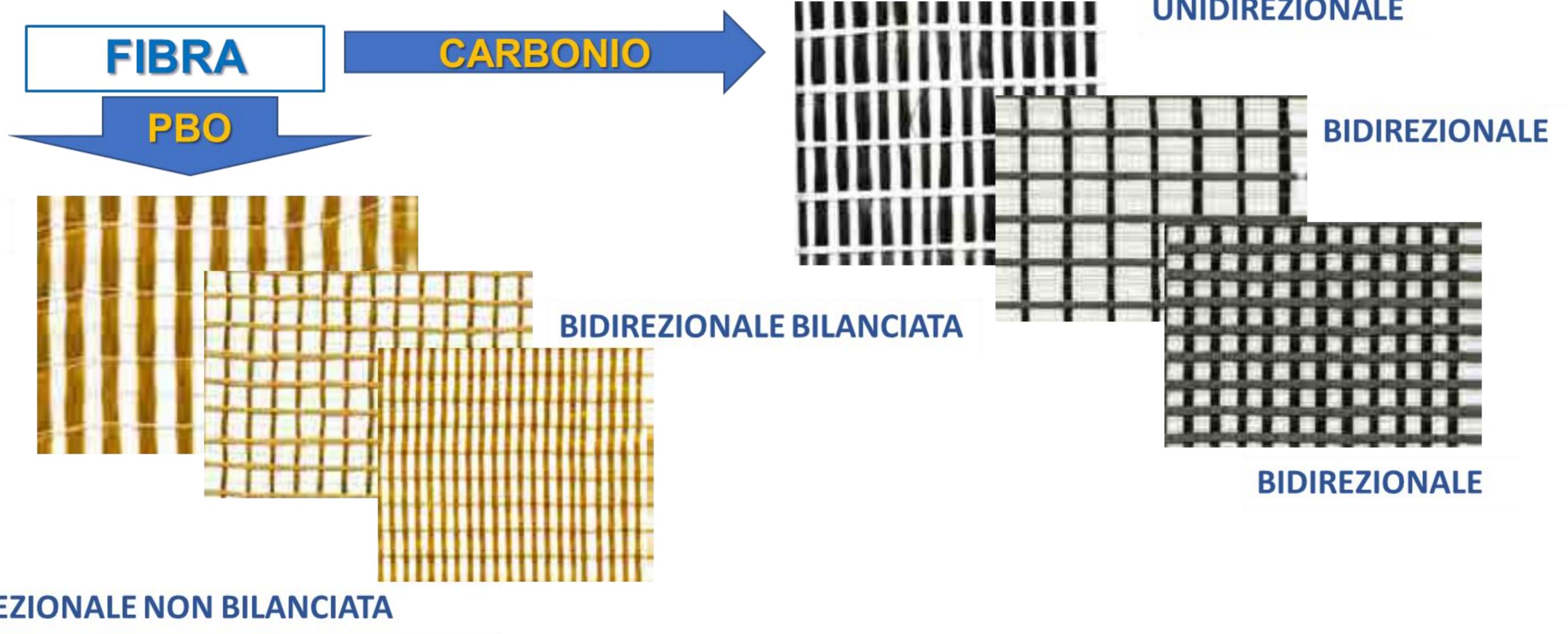
**MATRICE
INORGANICA**



FRCM

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix

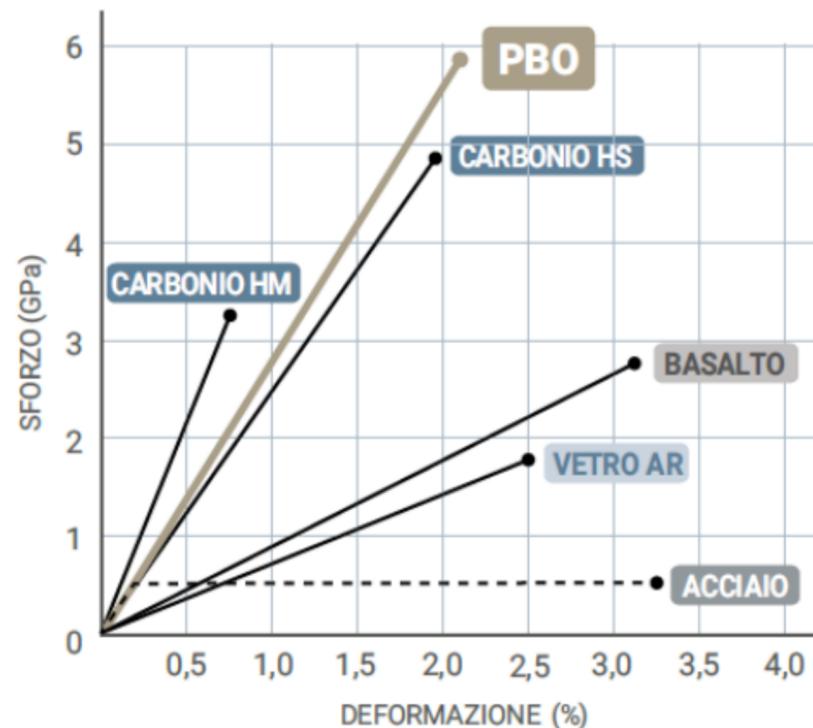


1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix

COSA È IL PBO?

Fibra di poli-parafenilen-benzo-bisoxazolo (P.B.O.)



CARBONIO HM = ALTO MODULO CARBONIO
 HS = ALTA TENACITÀ VETRO
 AR = ALCALI RESISTENTE

- La fibra di PBO possiede le migliori prestazioni meccaniche nel mercato delle costruzioni per soluzioni di rinforzo strutturale FRCM
- Le fibre di PBO hanno una resistenza a trazione superiore del 20% e un modulo elastico maggiore del 15% rispetto alle fibre in carbonio
- La fibra di PBO è in grado di assorbire gli sforzi generati dai sovraccarichi e dagli eventi eccezionali, quali i terremoti.

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix

Vantaggi:

- **Applicabilità su supporti umidi:** il legante impiegato è di tipo idraulico;
- **resistenza al fuoco:** a contatto diretto con il fuoco la matrice manifesta una reazione identica a quella del supporto, ovvero non è combustibile;
- **buona resistenza alle elevate temperature:** i leganti inorganici mantengono inalterate le loro caratteristiche meccaniche e di adesione al supporto da + 5 °C sino a + 550 °C;
- **elevata resistenza ai cicli di gelo e disgelo;**
- **permeabilità al vapore acqueo:** la matrice evita i fenomeni di condensazione che possono danneggiare le decorazioni parietali;
- **atossicità:** la matrice non è un prodotto nocivo per la salute degli operatori né per l'ambiente;
- **semplicità di posa:** la matrice premiscelata deve essere mescolata solo con acqua e non richiede l'impiego di squadre specializzate per la messa in opera;
- **elevata affidabilità del sistema di rinforzo anche dopo il raggiungimento del carico di rottura:** il comportamento duttile post-fessurazione evita il distacco del sistema FRCM dalla struttura rinforzata;
- **reversibilità del sistema:** il meccanismo di adesione della matrice inorganica consente l'eventuale rimozione del rinforzo;
- **velocità di impiego:** grazie alla posa "fresco su fresco"



Applicazione su supporti umidi



Resistente al fuoco



Facilità di posa



Eco



Permeabilità al vapore



Matrice non nociva



Compatibile con la muratura



Duttilità



Resistente alle alte temperature



Resistente ai cicli di gelo/disgelo



Presidio passivo



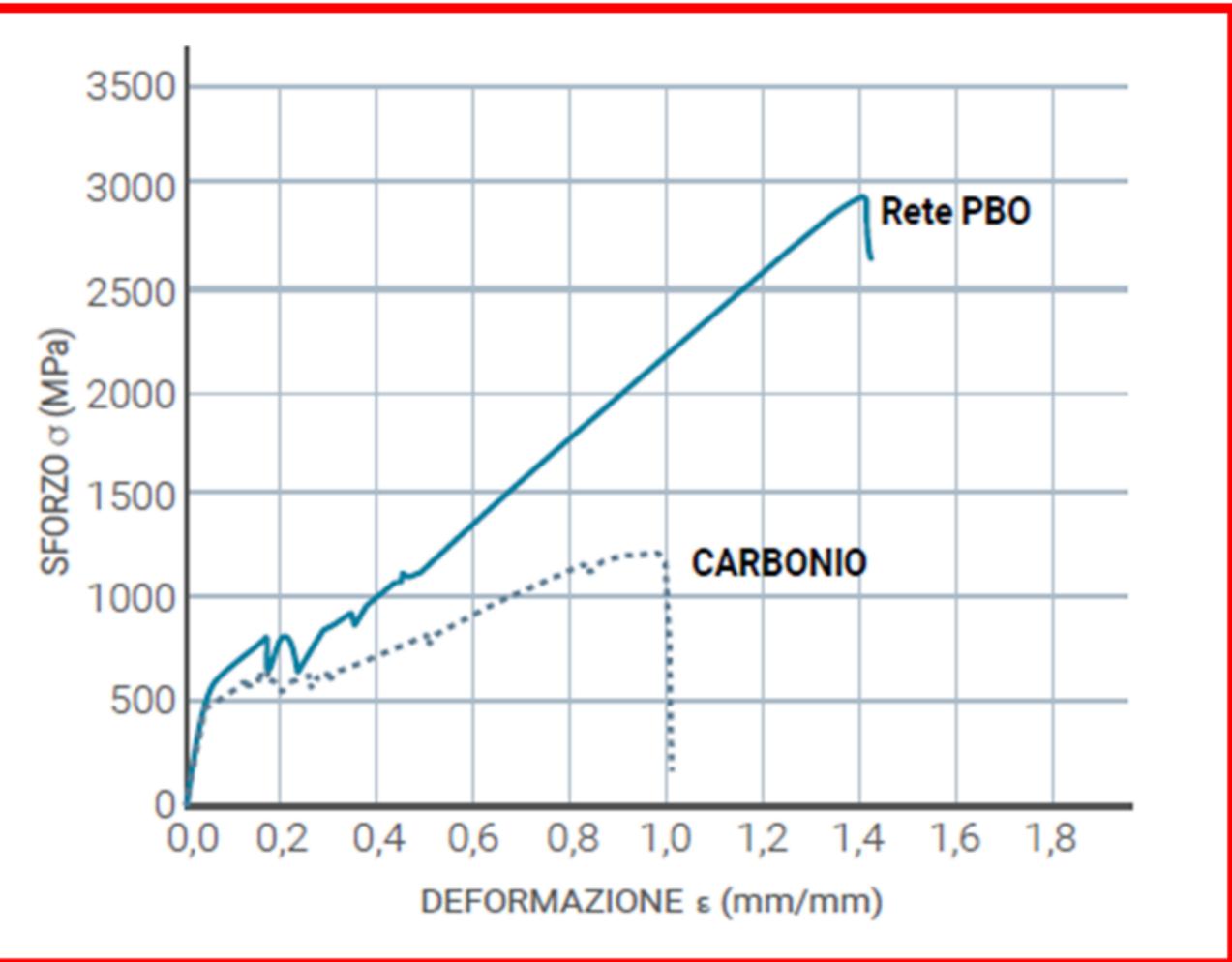
Reversibile

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix

Vantaggi:

- **Applicabilità su supporti umidi:** il legante impiegato è di tipo idraulico;
- **resistenza al fuoco:** a contatto diretto con il fuoco la matrice manifesta una reazione identica a quella del supporto, ovvero non è combustibile;
- **buona resistenza alle elevate temperature:** i leganti inorganici mantengono inalterate le loro caratteristiche meccaniche e di adesione al supporto da + 5 °C sino a + 550 °C;
- **elevata resistenza ai cicli di gelo e disgelo;**
- **permeabilità al vapore acqueo:** la matrice evita i fenomeni di condensazione che possono danneggiare le decorazioni parietali;
- **atossicità:** la matrice non è un prodotto nocivo per la salute degli operatori né per l'ambiente;
- **semplicità di posa:** la matrice premiscelata deve essere mescolata solo con acqua e non richiede l'impiego di squadre specializzate per la messa in opera;
- **elevata affidabilità del sistema di rinforzo anche dopo il raggiungimento del carico di rottura** il comportamento duttile post-fessurazione evita il distacco del sistema FRCM dalla struttura rinforzata,
- **reversibilità del sistema:** il meccanismo di adesione della matrice inorganica consente l'eventuale rimozione del rinforzo;
- **velocità di impiego:** grazie alla posa "fresco su fresco"



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.



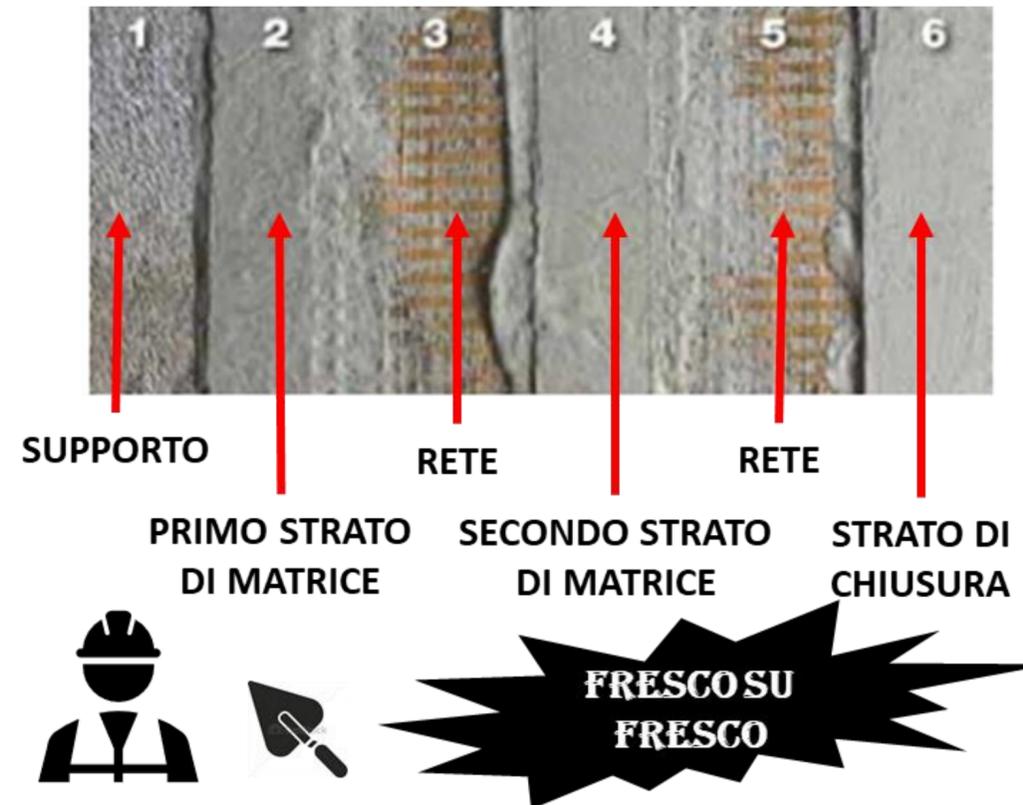
włókno P.B.O.
siatka RUREDIL GoldMesh
próbka 2

1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

Applicazione su supporto in CEMENTO ARMATO

Fasi lavorative :

1. Asportazione e rimozione parti incoerenti e pulizia dei ferri d'armatura
2. Applicazione del rivestimento anticorrosione
3. Preparazione della superficie – Ricostruzione con malte di tipo R4
4. Inumidire il supporto
5. Applicazione primo strato di matrice (3-5 mm)
6. Applicazione rete (come da progetto)
7. Applicazione secondo strato di malta (3-5 mm)

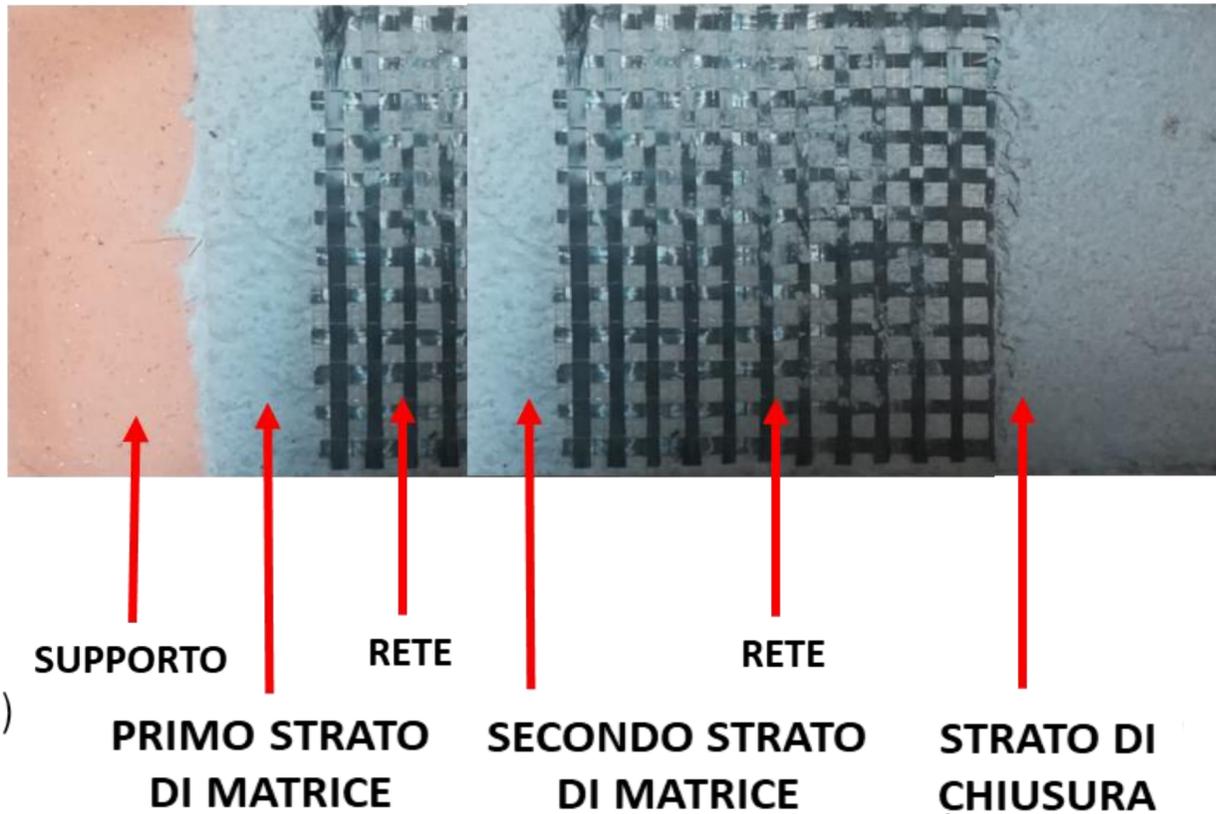


1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

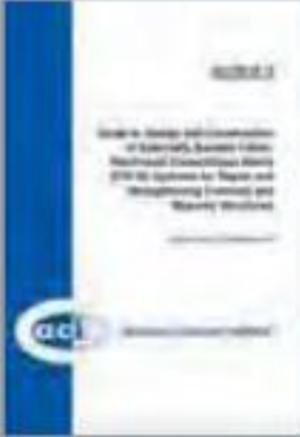
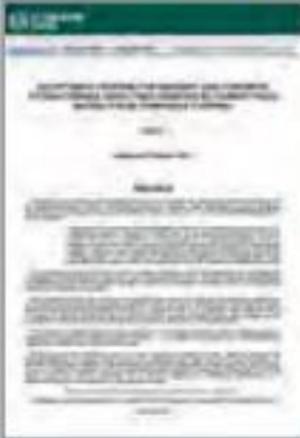
Applicazione su supporto in MURATURA

Fasi lavorative :

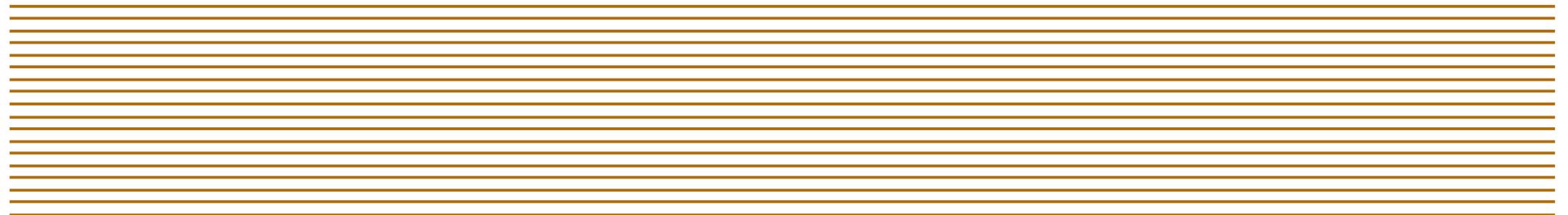
1. Asportazione e rimozione parti incoerenti
2. Preparazione della superficie:
 1. In base alle indicazioni della DL prevedere interventi di iniezioni, scaricatura delle lesioni, scuci/cuci, ristilatura dei giunti
 2. Regolarizzazione del supporto
 3. Inumidire il supporto
4. Applicazione primo strato di matrice (3-5 mm)
5. Applicazione rete (come da progetto)
6. Applicazione secondo strato di malta (3-5 mm)



1 – Sistemi FRP e FRCM: cosa sono, vantaggi, posa in opera.

	 FRP	 FRCM	 FRCM
Norme di calcolo	CNR-DT 200 R1/2013 	CNR-DT 215/2018 	ACI 549.4R-13 
Norme di accettazione	LINEE GUIDA Luglio 2015 	LINEE GUIDA Luglio 2018 	A.C. 434/2011 

Tecniche di intervento edifici in muratura e C. A.

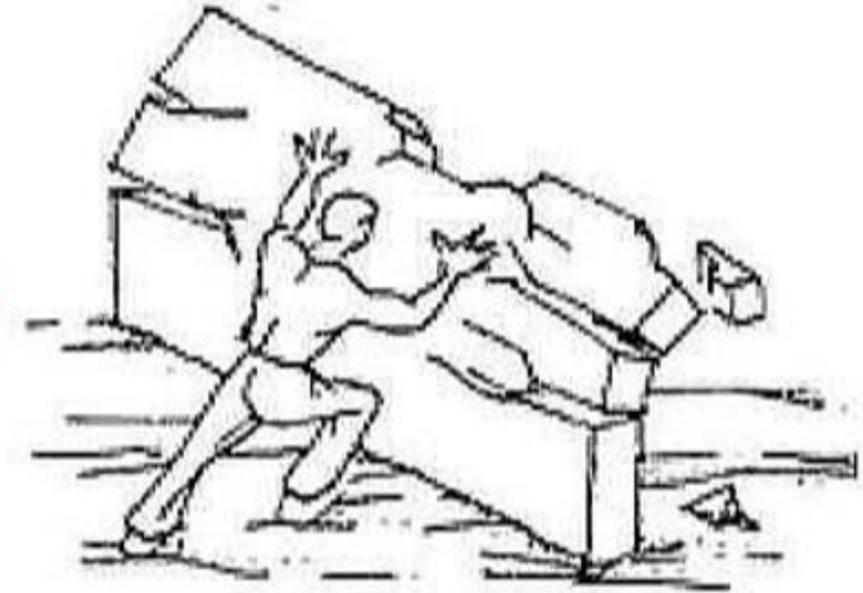


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

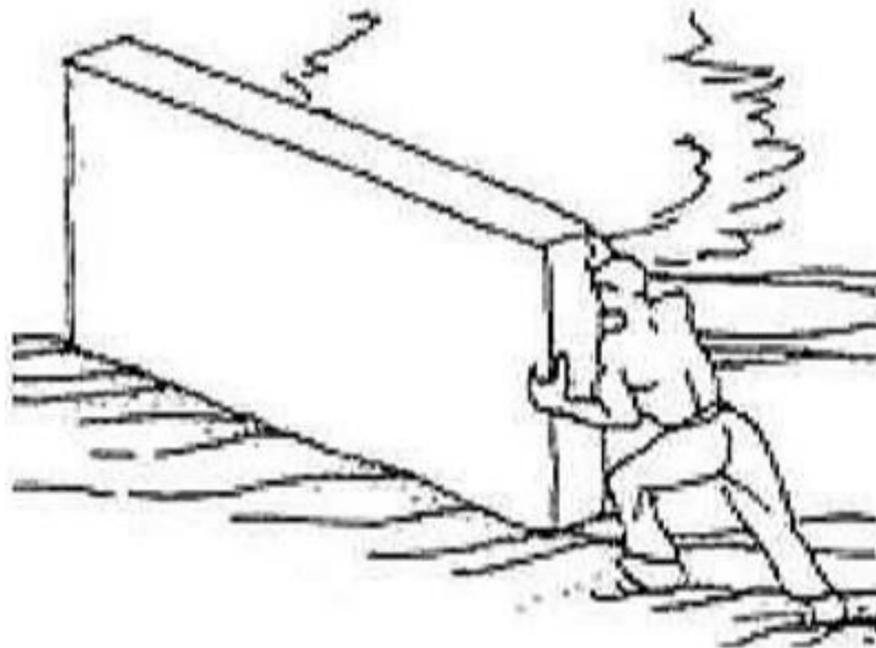


MECCANISMI DI DANNO

MECCANISMI DI PRIMO MODO = CINEMATISMI **FUORI PIANO**



Muro non resistente e non rigido fuori del piano



Muro resistente e rigido nel piano

MECCANISMI DI **SECONDO MODO** = TUTTO CIÒ CHE ACCADE **NEL PIANO**

2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

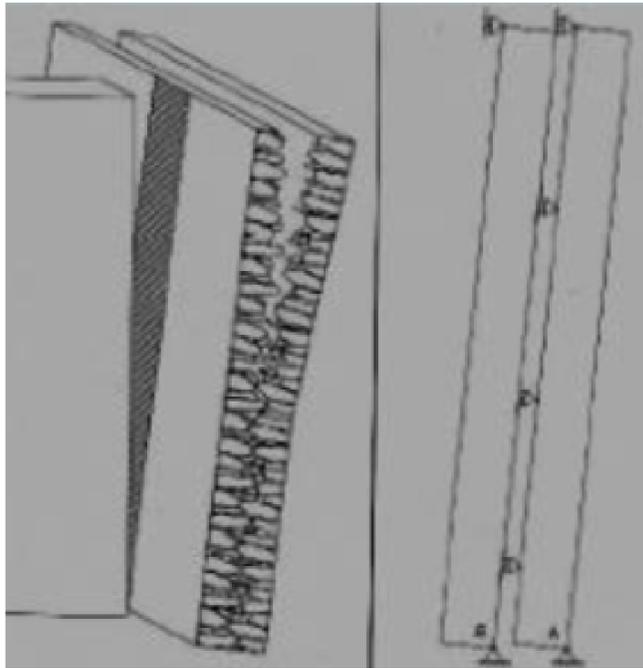


MECCANISMI DI DANNO

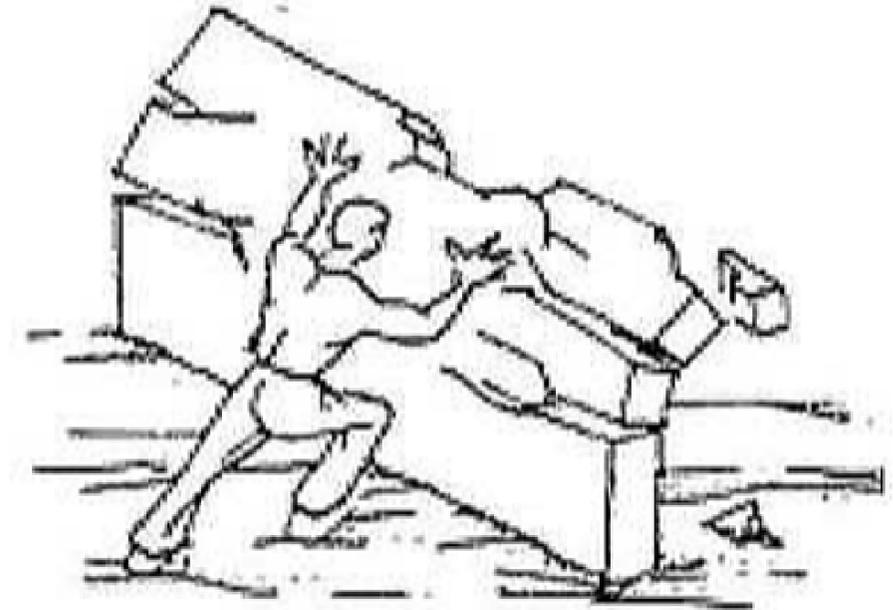
MECCANISMI DI PRIMO MODO = CINEMATISMI **FUORI PIANO**

CONSEGUENZA: CIASCUNA PARETE SI COMPORTA IN MANIERA INDIPENDENTE ATTIVANDO I MECCANISMI

FUORI PIANO



COMPORTAMENTO A **MENSOLA**



Muro non resistente e non rigido fuori del piano

2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM



MECCANISMI DI DANNO

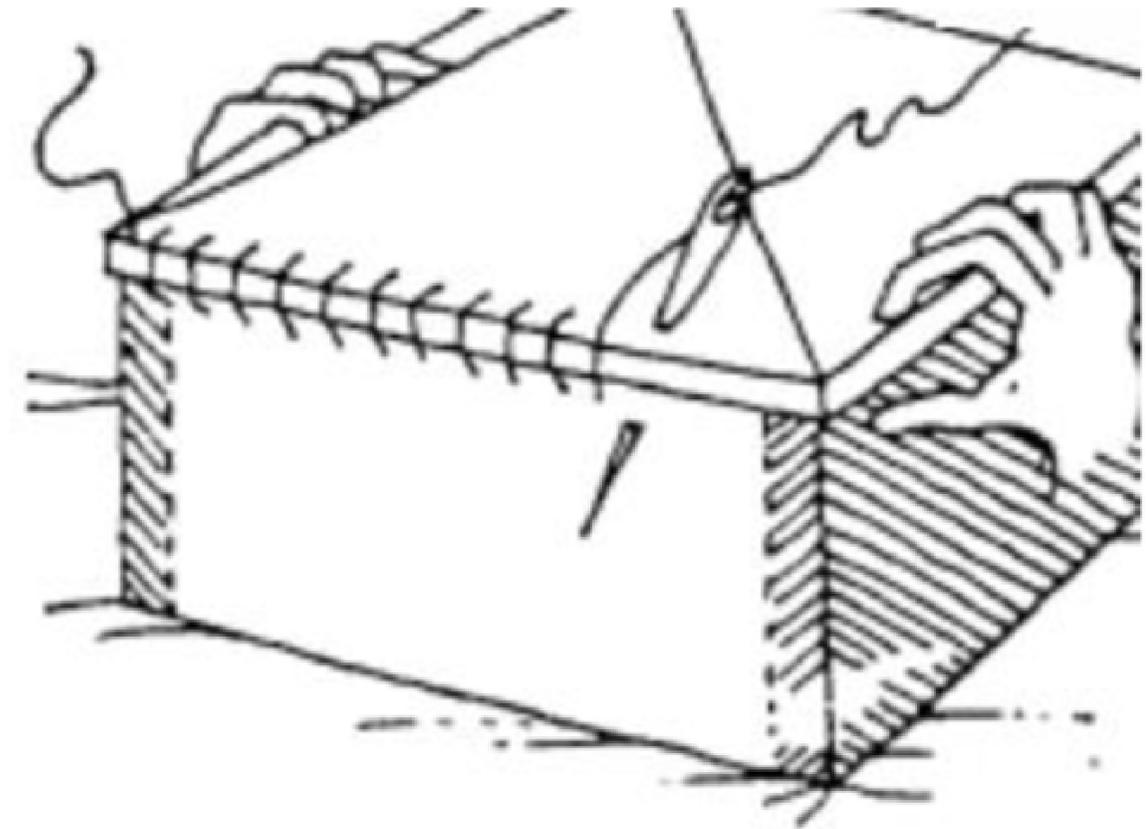
PARETE-PARETE



PARETE-ORIZZONTAMENTO



COMPORIAMENTO SCATOLARE



2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

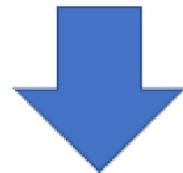


MECCANISMI DI DANNO
COMPORAMENTO SCATOLARE

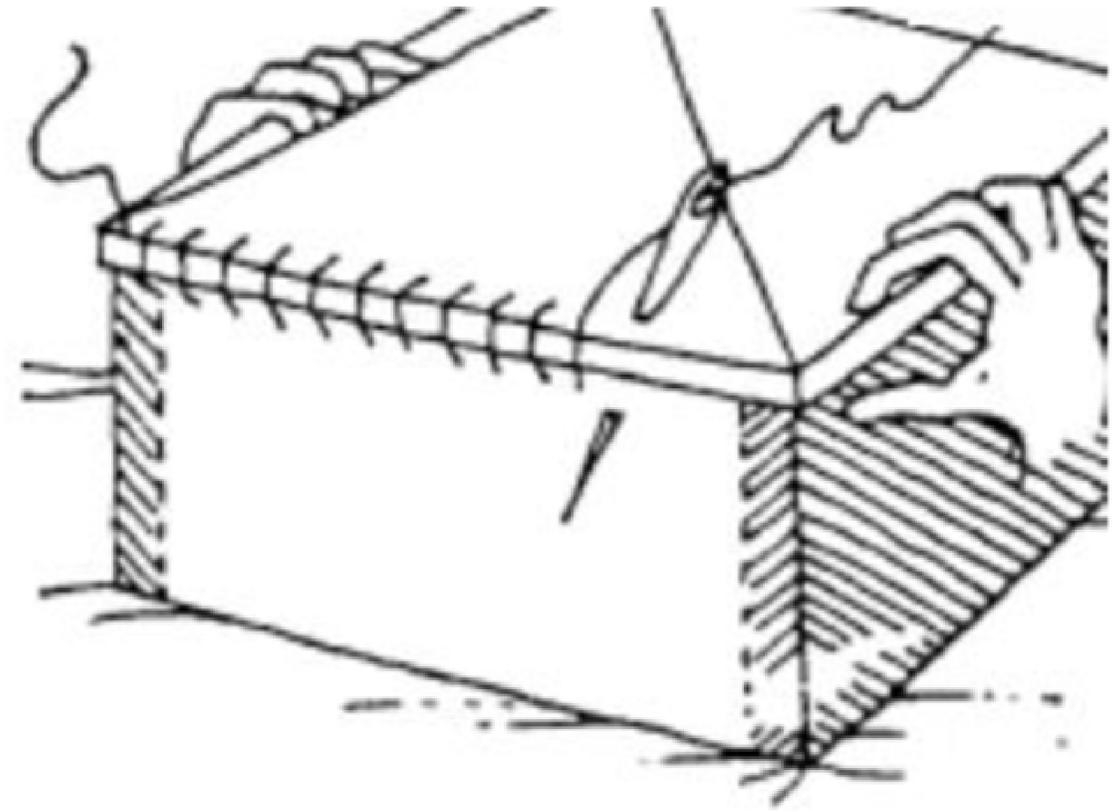


RIGIDEZZA DEGLI **ORIZZONTAMENTI**

RIPARTIZIONE DELLA SOLLECITAZIONE SISMICA TRA LE PARETI
IN BASE ALLA LORO RIGIDEZZA **NEL PIANO**



CIASCUNA PARETE SARA' CHIAMATA A RISPONDERE IN MODO PROPORZIONALE ALLA SUA **CAPACITA'**
DI RESISTERE, IL SUPERAMENTO DI QUESTE **RESISTENZE** PORTANO ALLA **ROTTURA**



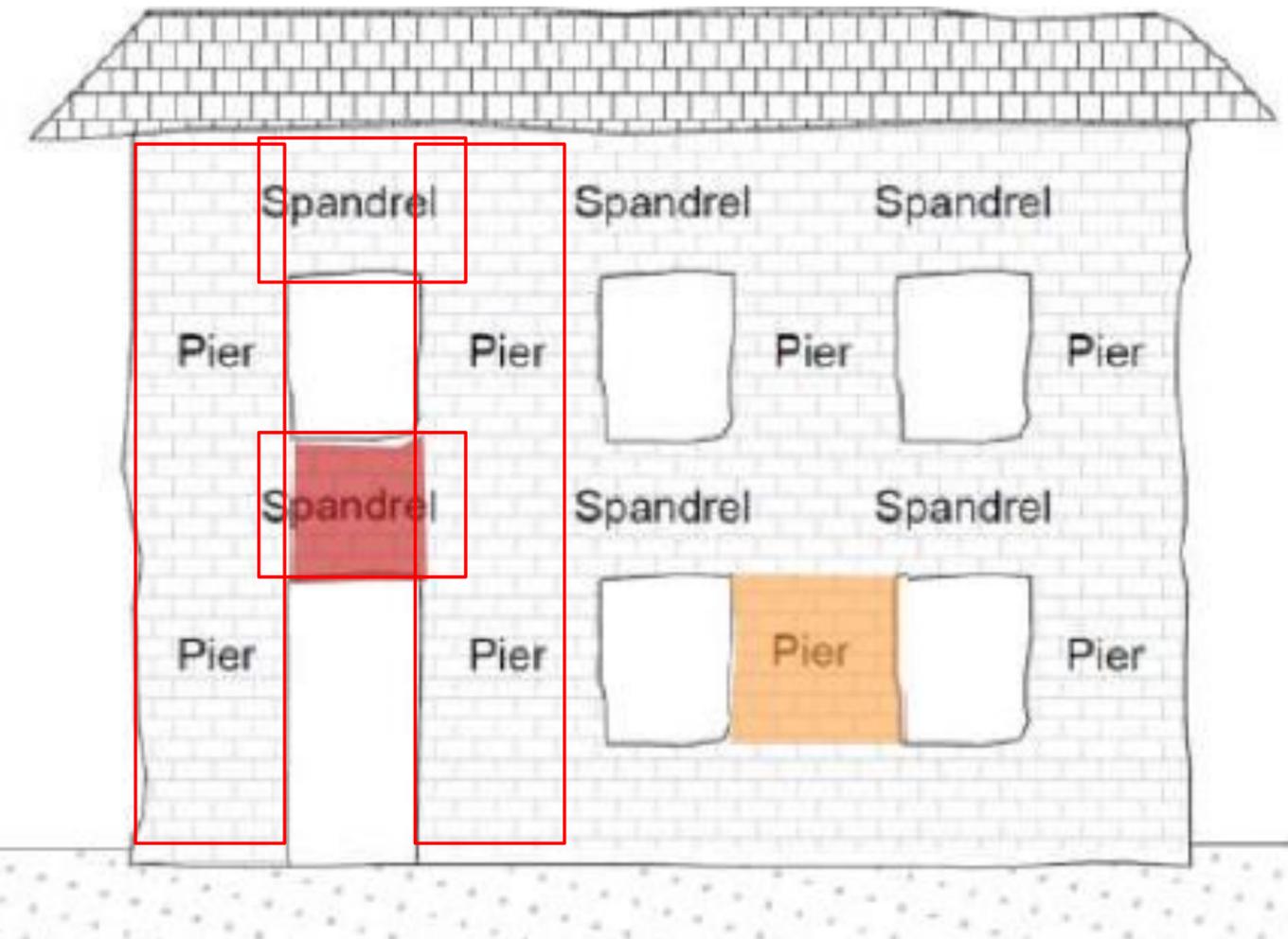
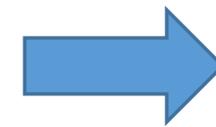
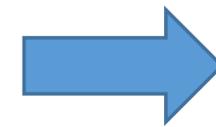
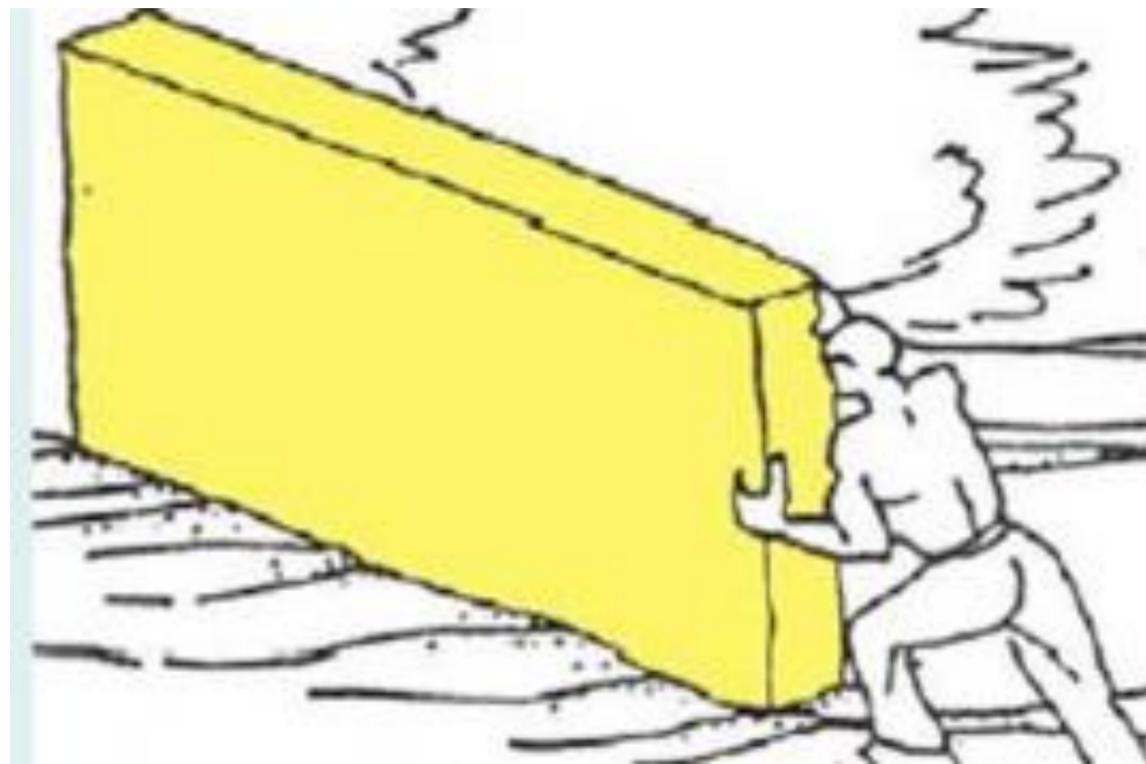
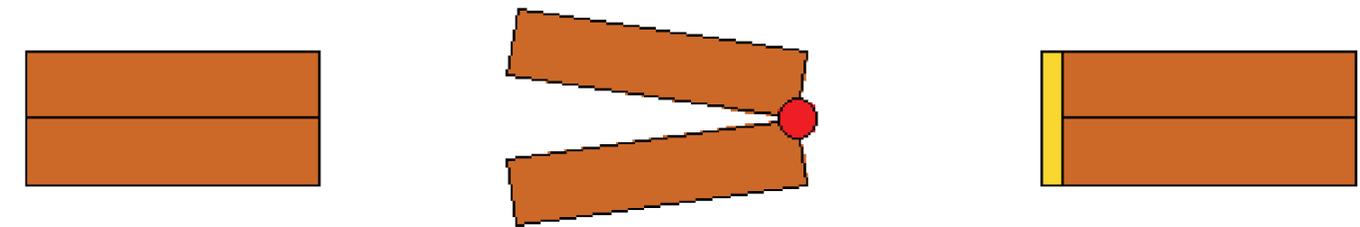
2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di pannelli murari **nel piano**

(presso – flessione e taglio)

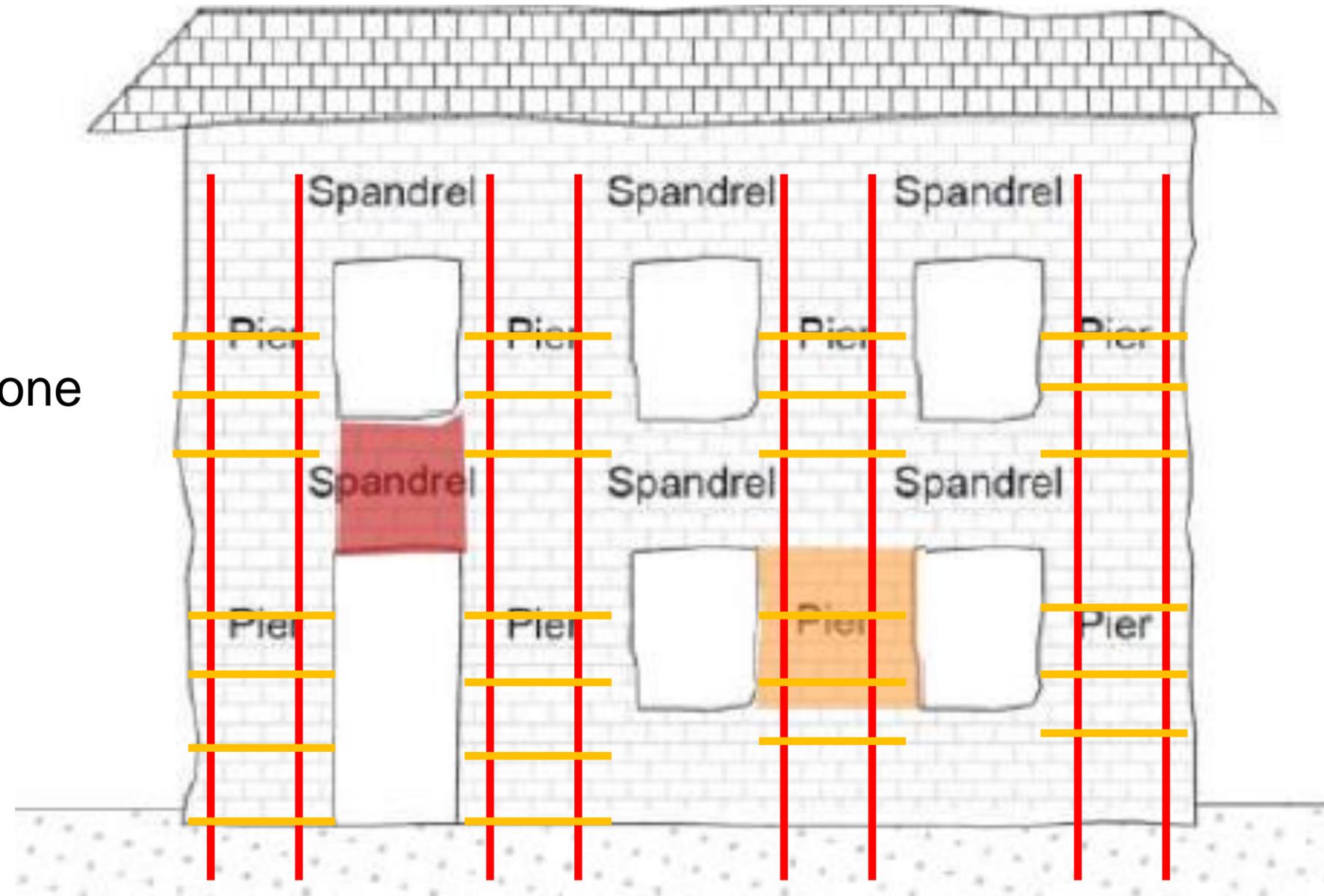
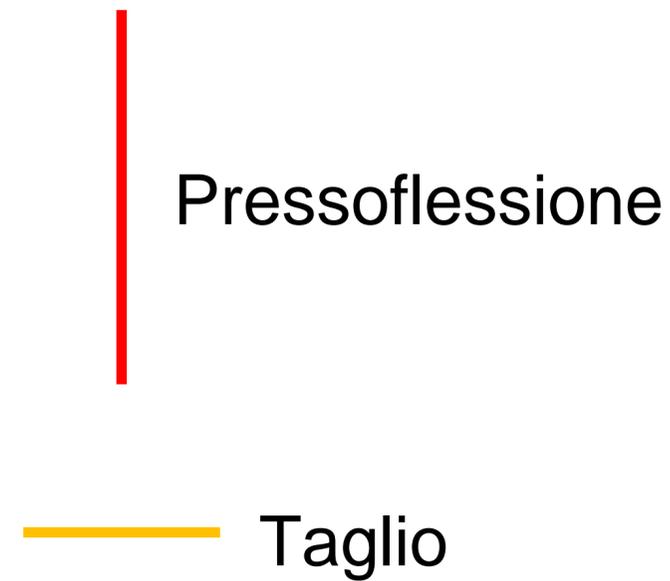


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di pannelli murari nel piano
(presso – flessione e taglio)

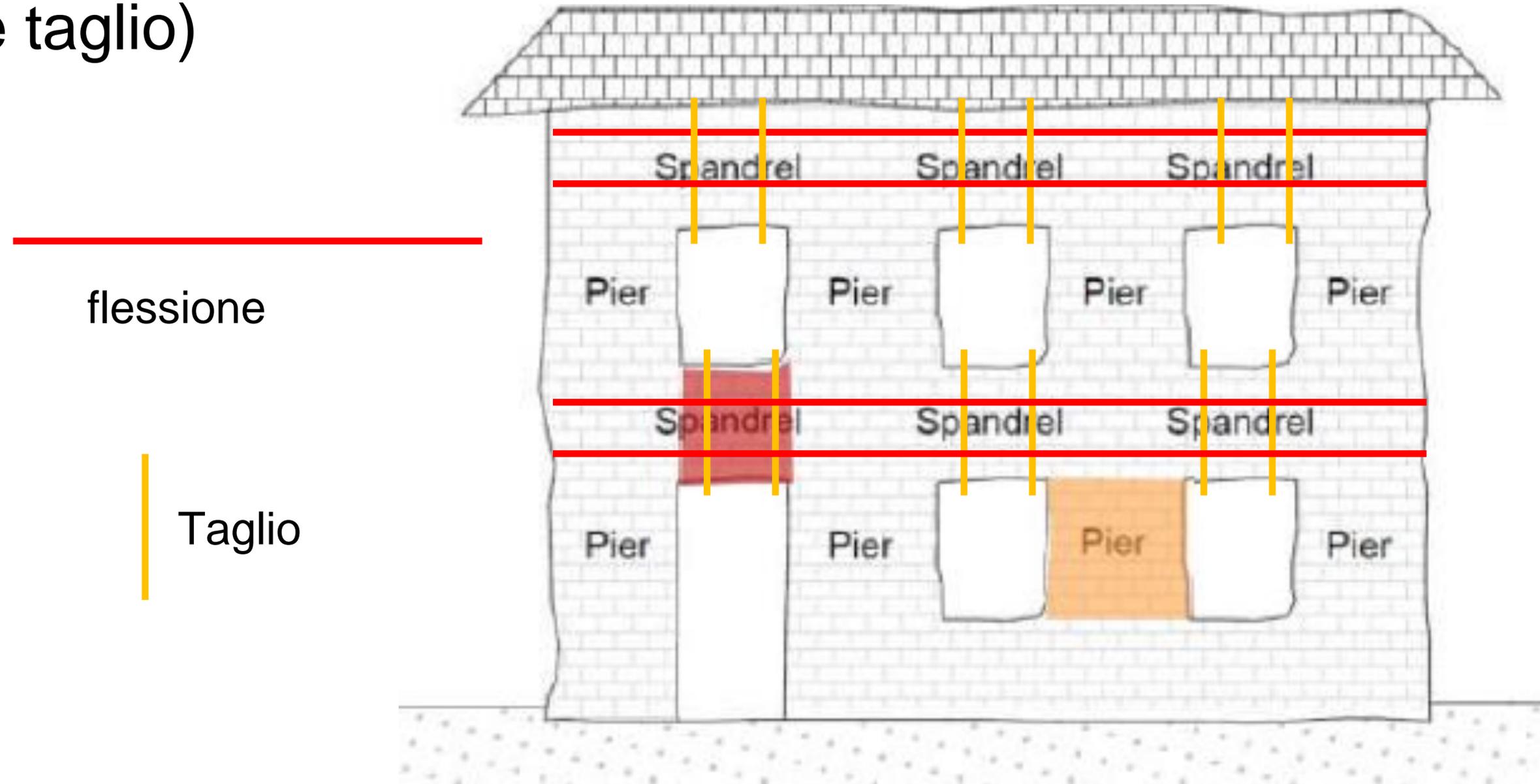


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di pannelli murari nel piano
(presso – flessione e taglio)



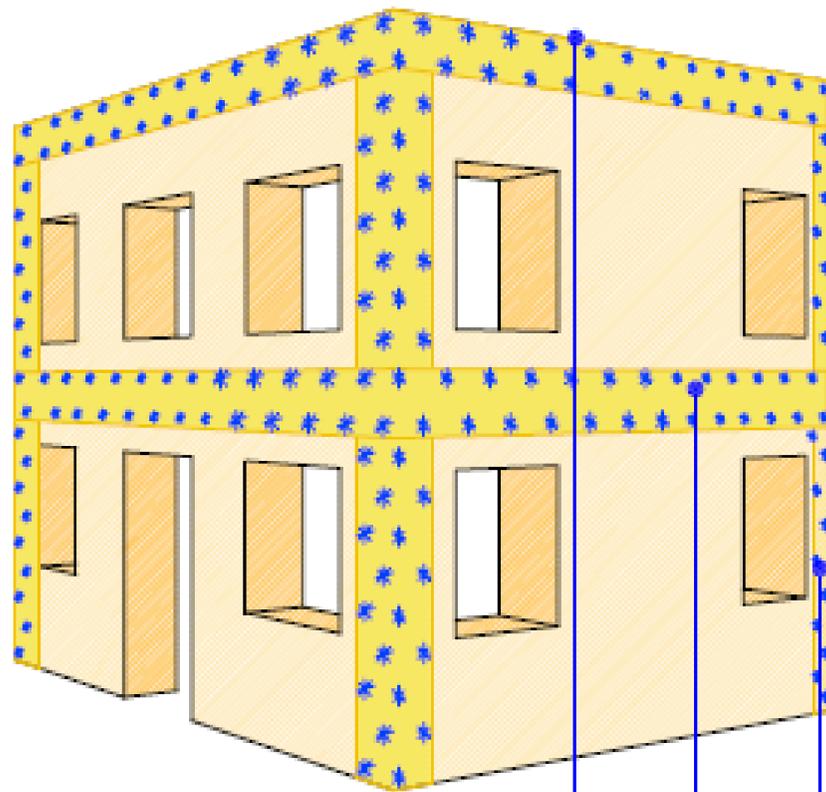
2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di pannelli murari

(cordoli di piano e cantonali)



Realizzazione del cordolo sommitale mediante
SISTEMA FRCCM IN PBO E CARBONIO

Realizzazione del cordolo perimetrale mediante
SISTEMA FRCCM IN PBO E CARBONIO

Rinforzo dei cantonali mediante
SISTEMA FRCCM IN PBO E CARBONIO

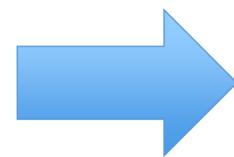
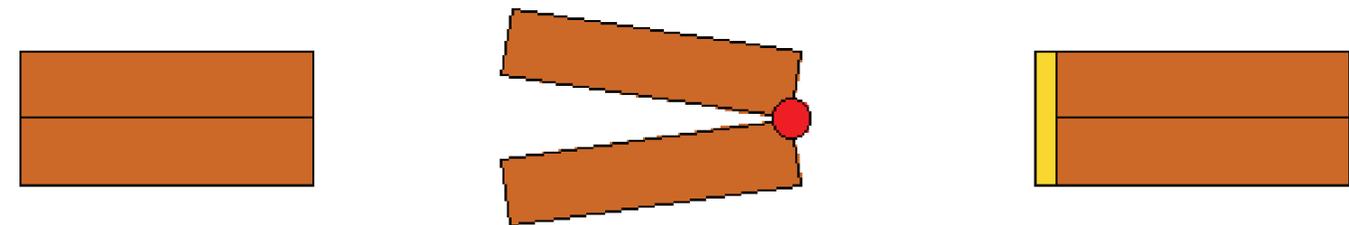
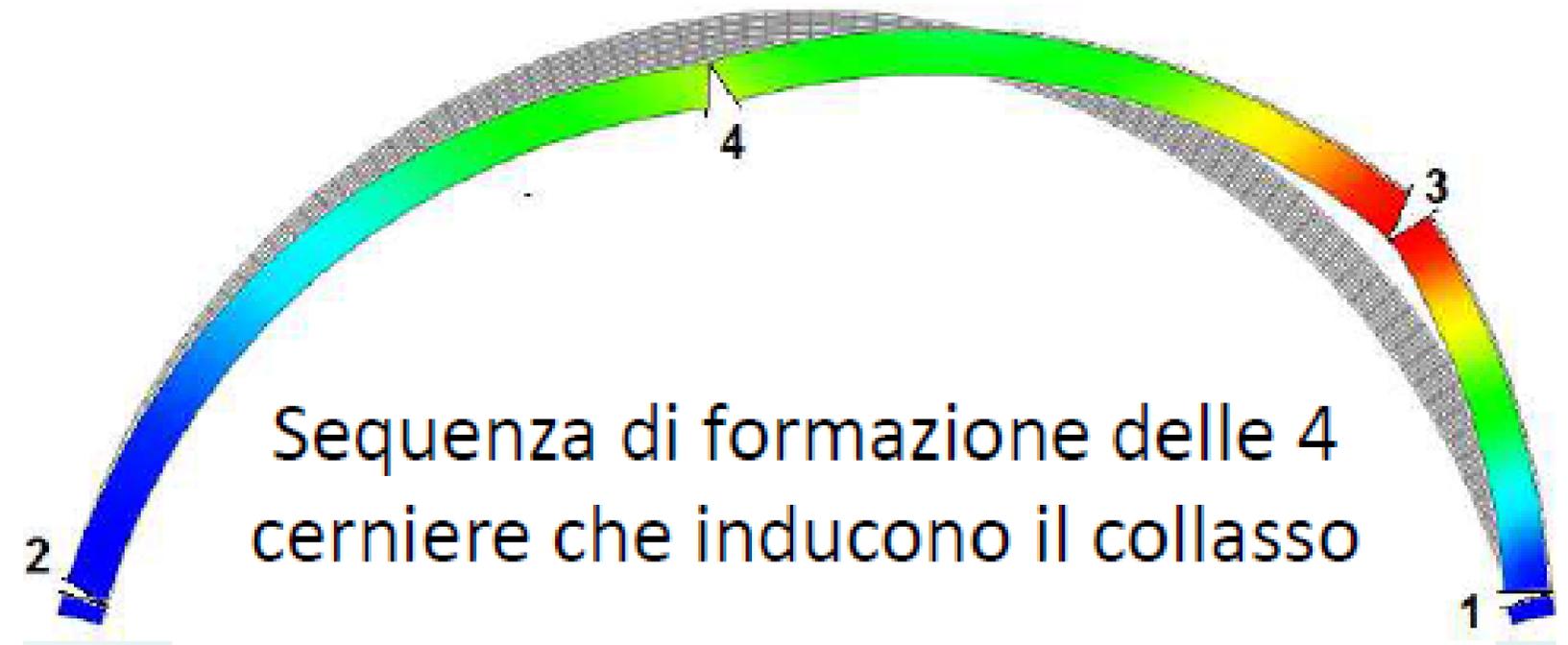
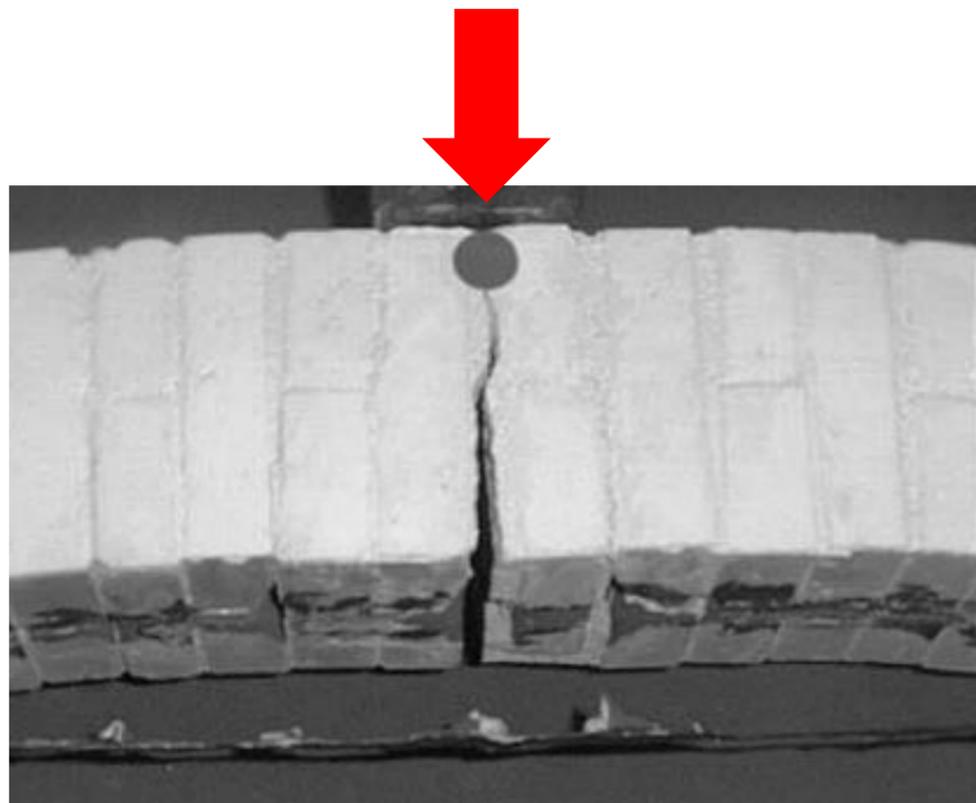


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta



RINFORZO ESTRADOSSALE/INTRADOSSALE

2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta

SENZA RINFORZO



2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta

CON RINFORZO

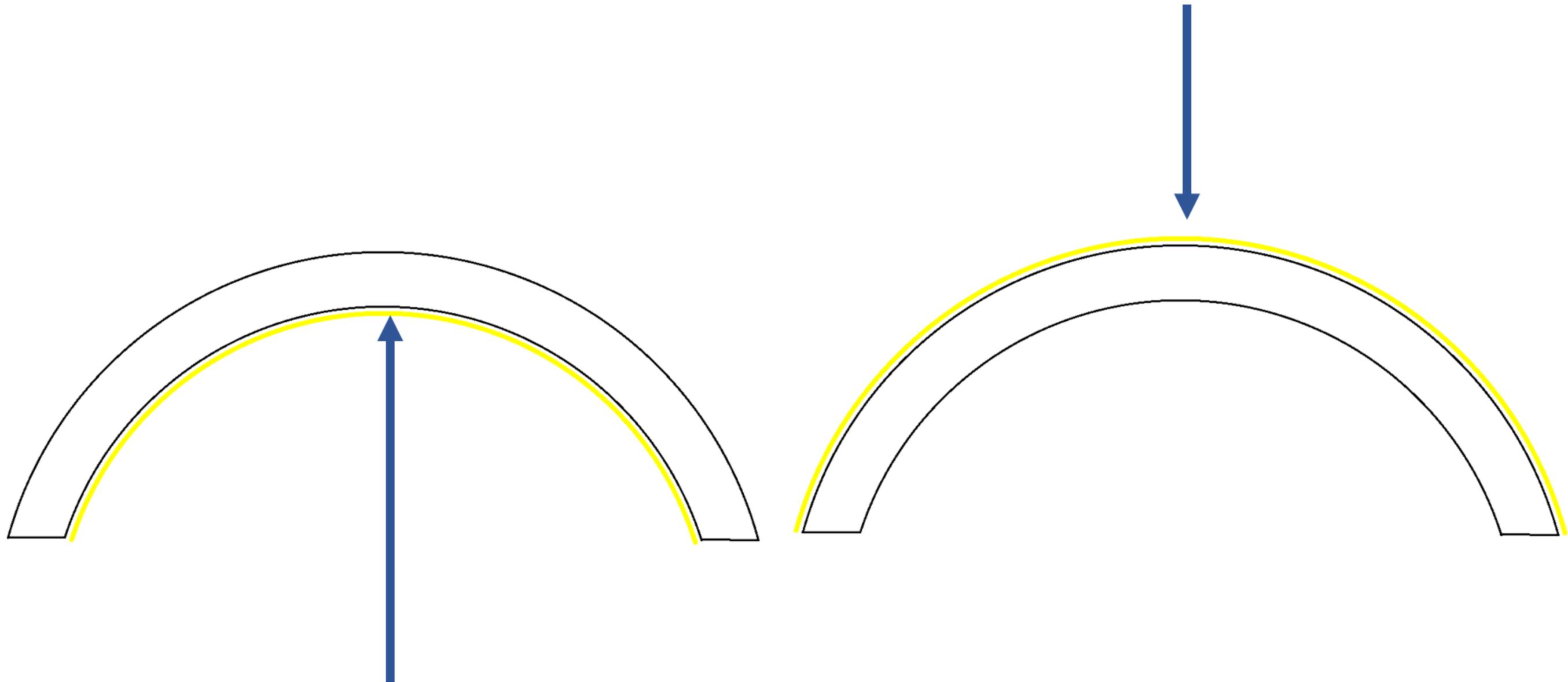


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Intradosso o estradosso?

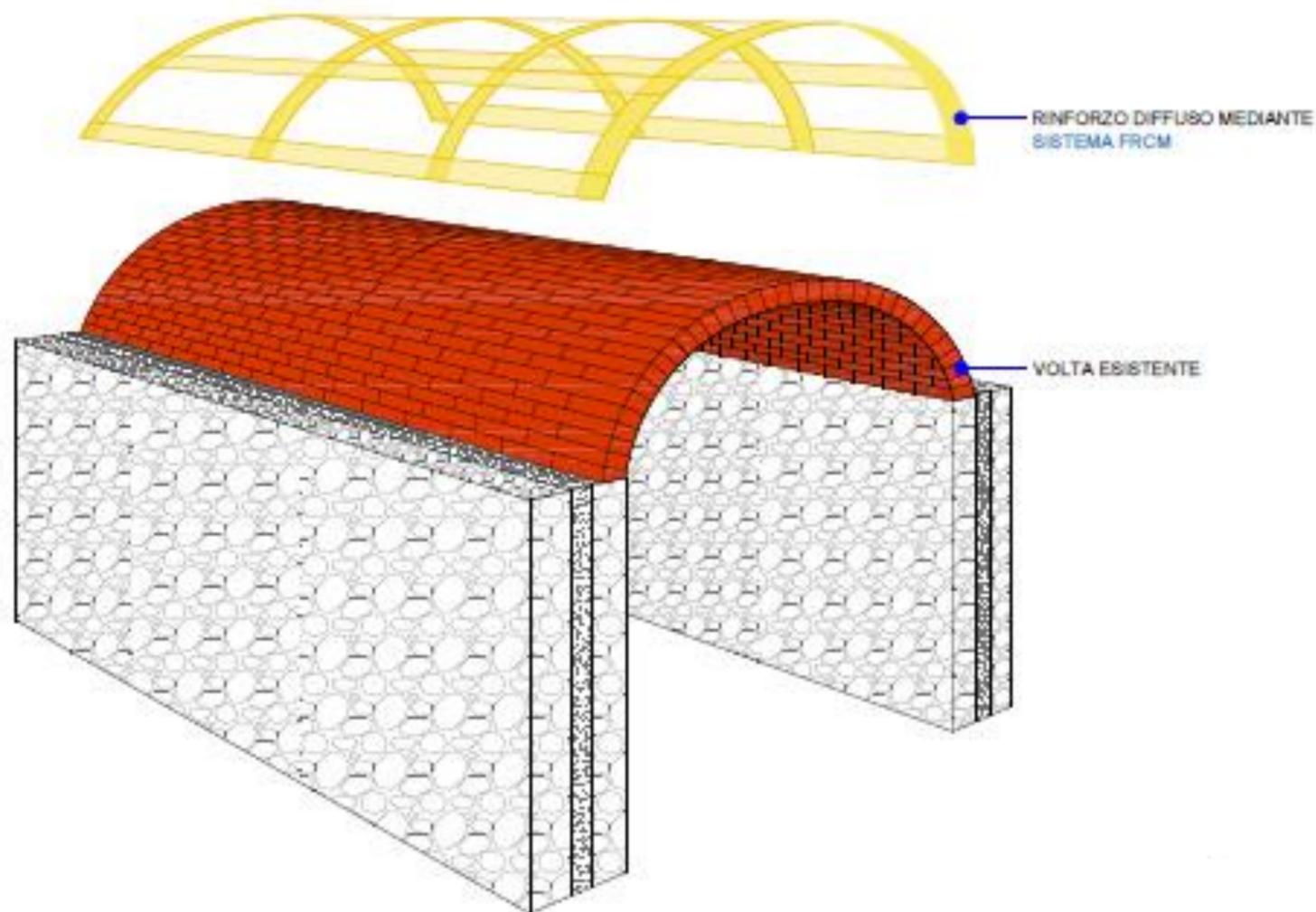


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

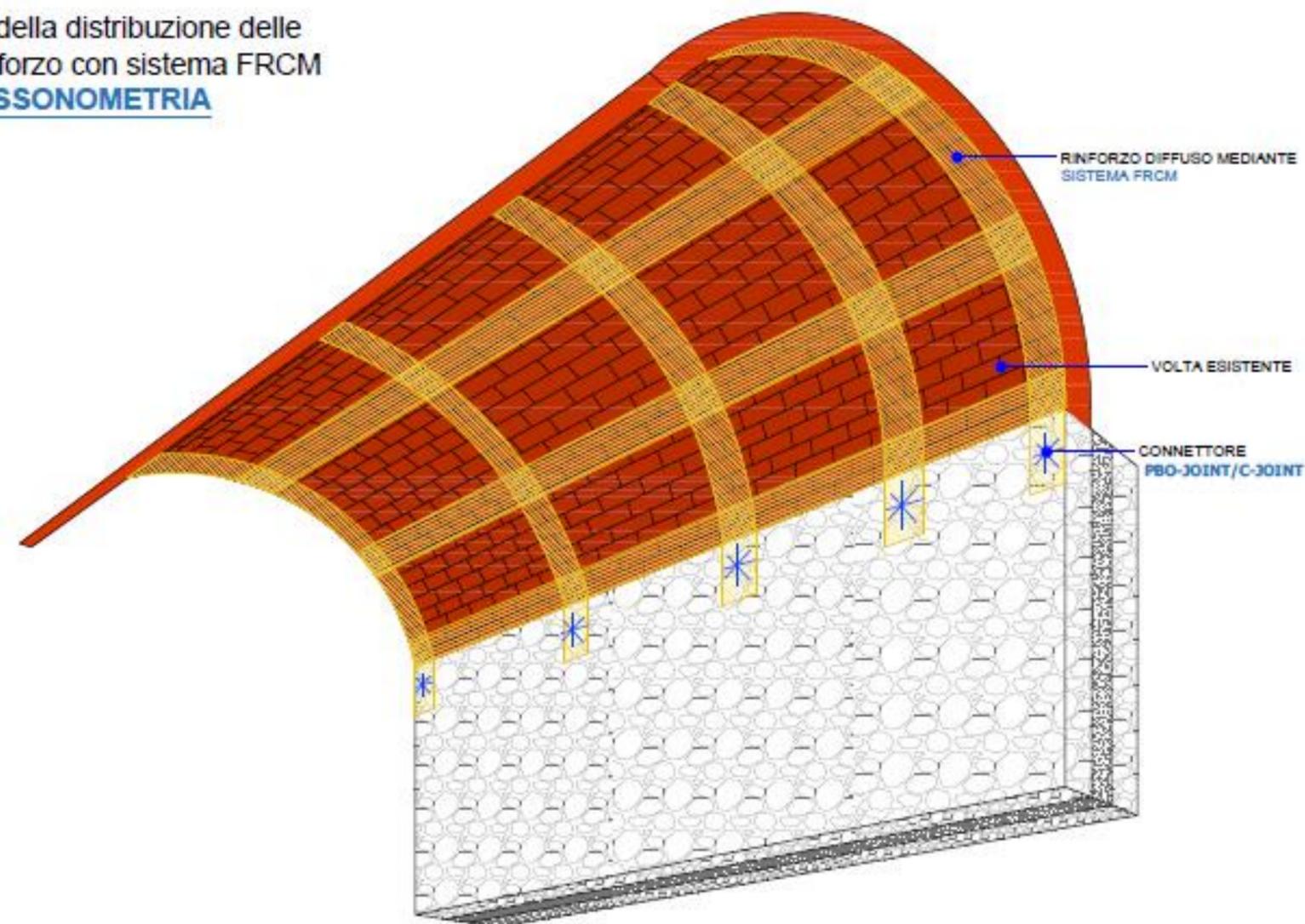


Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta



Dettaglio della distribuzione delle fasce di rinforzo con sistema FRCM
ASSONOMETRIA

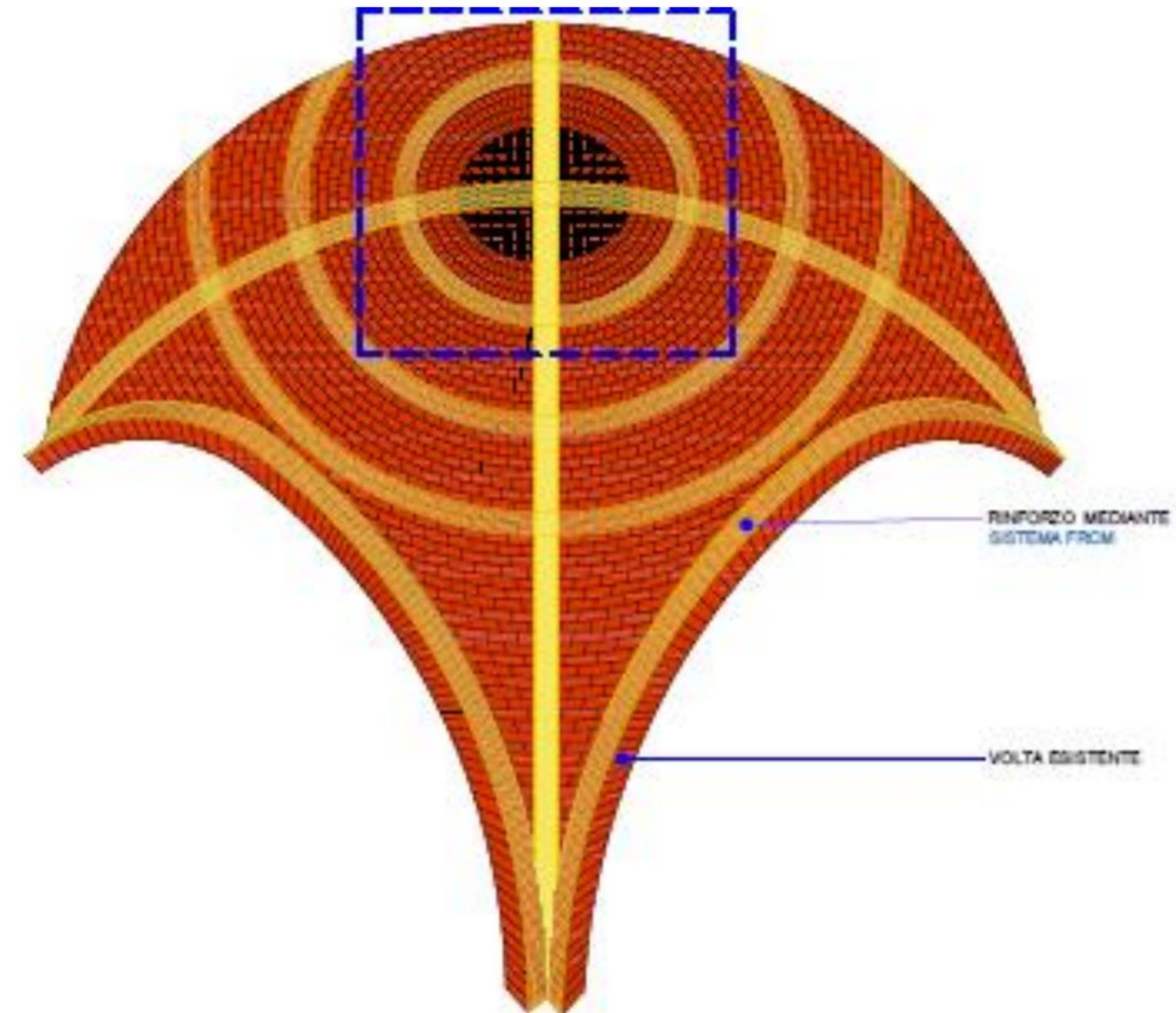
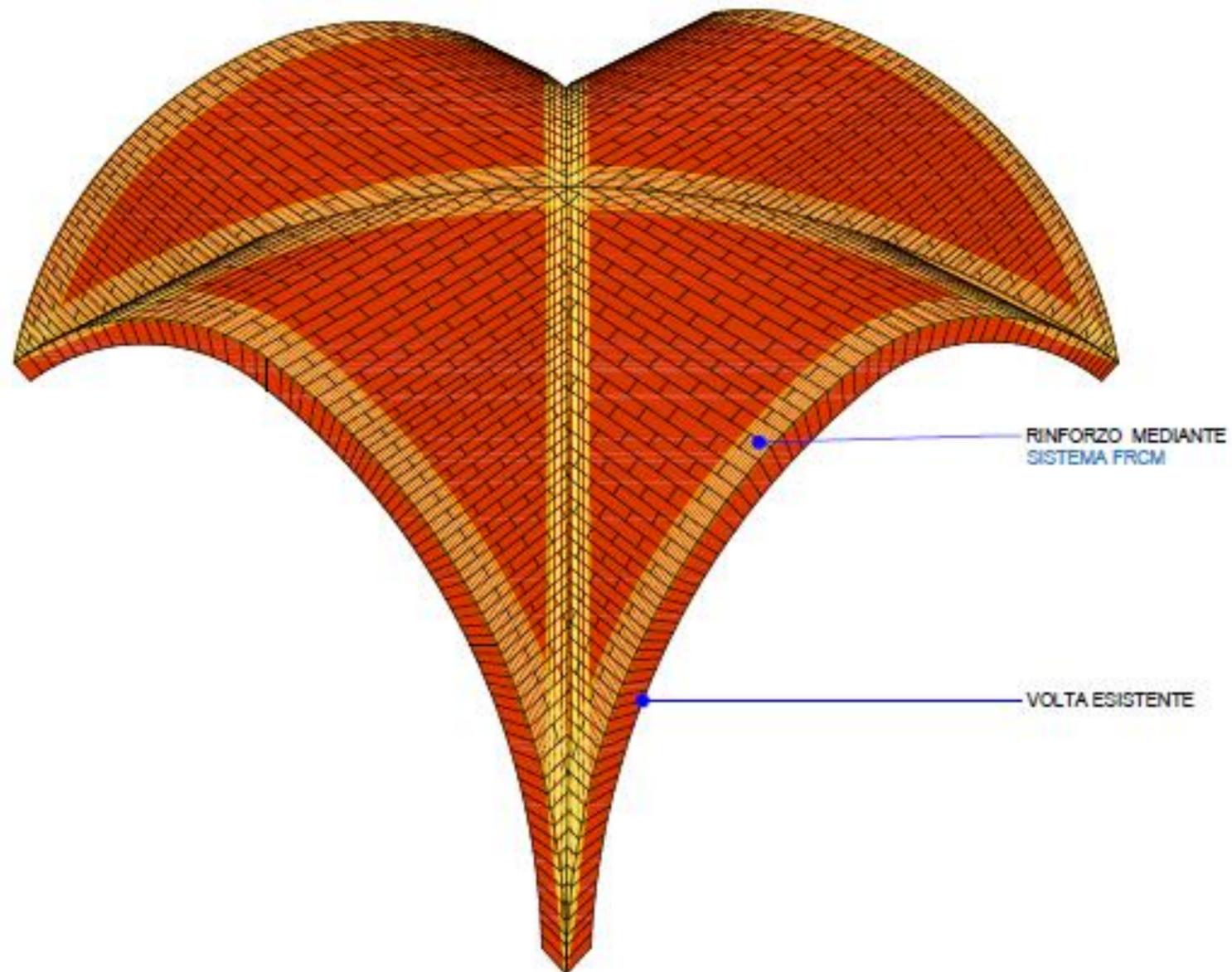


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

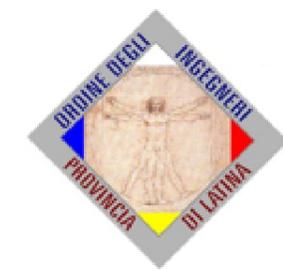


Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta

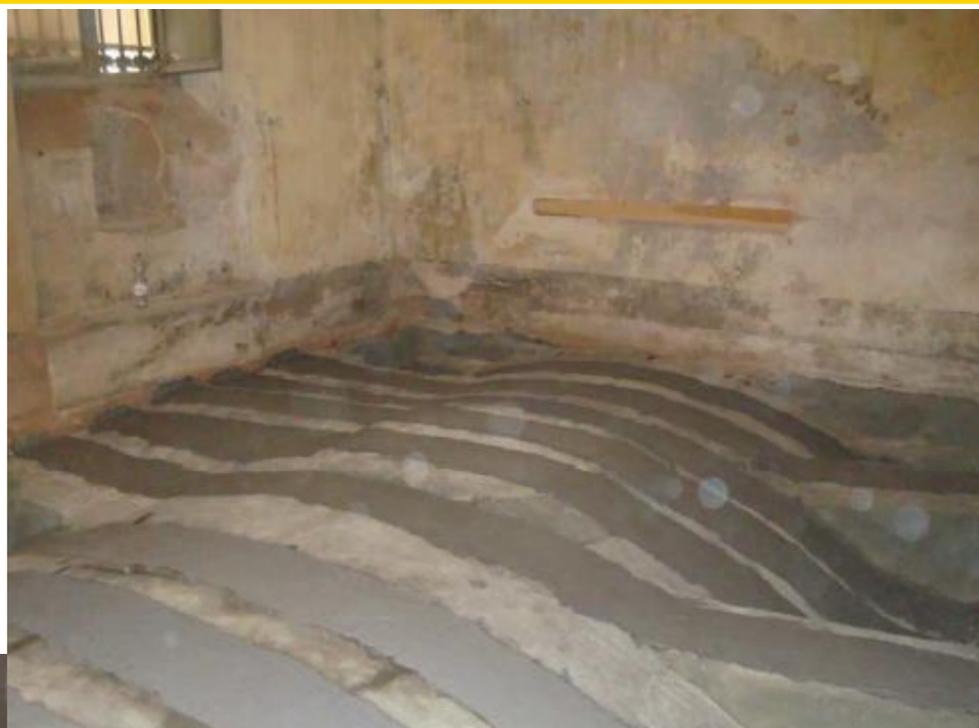


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCCM



Strutture in Muratura

Rinforzo di strutture a volta



2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM



Strutture in C. A. Rinforzo di PILASTRI

RINFORZO A PRESSOFLESSIONE

CALCESTRUZZO ESISTENTE
SCARFICA DEL CALCESTRUZZO AMMALORATO
PULIZIA DEI FERRI
APPLICAZIONE DEL PASSIVANTE RUREGOLD
RIPRISTINO DEL COPRIFERRO CON MALTA MX R4-Ripristino

I° STRATO DI
MATRICE INORGANICA
FRCM

RETE
PBO-MESH/C-MESH

II° STRATO DI
MATRICE INORGANICA
FRCM

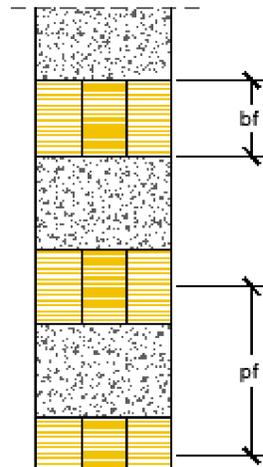
RINFORZO A TAGLIO E CONFINAMENTO

PRIMO STRATO DI MATRICE INORGANICA FRCM

RETE
PBO-MESH/C-MESH

SECONDO STRATO DI MATRICE INORGANICA FRCM

RINFORZO A TAGLIO



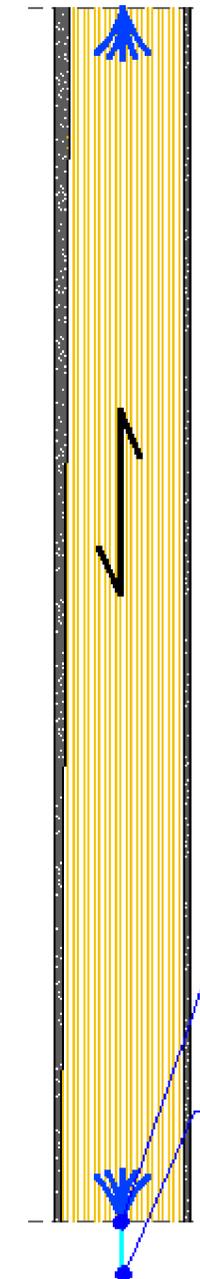
Sovrapposizione $s = \min(\frac{1}{4} \text{perimetro}; 300 \text{ mm})$ della rete facendola coincidere nella zona centrale della faccia del pilastro

CONFINAMENTO



Sovrapposizione $s = \min(\frac{1}{4} \text{perimetro}; 300 \text{ mm})$ della rete facendola coincidere nella zona centrale della faccia del pilastro

RINFORZO A PRESSOFLESSIONE



CONNETTORE IN FIBRA (vedere tavola di dettaglio connessioni)

MATRICE INORGANICA SPECIFICA PER CONNETTORI IN FIBRA

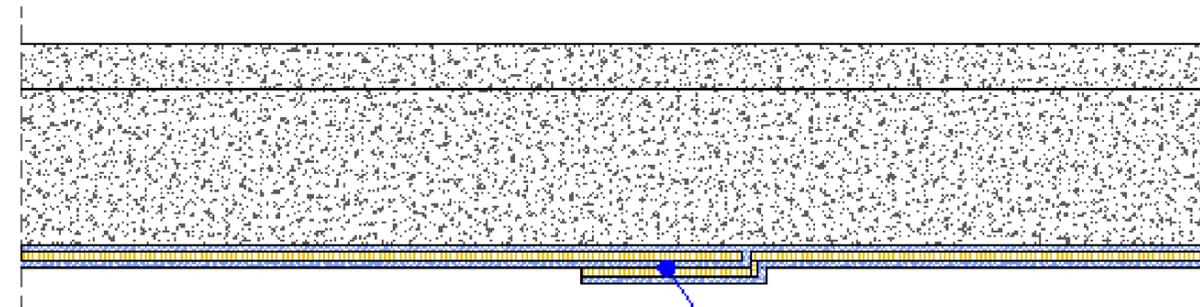


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

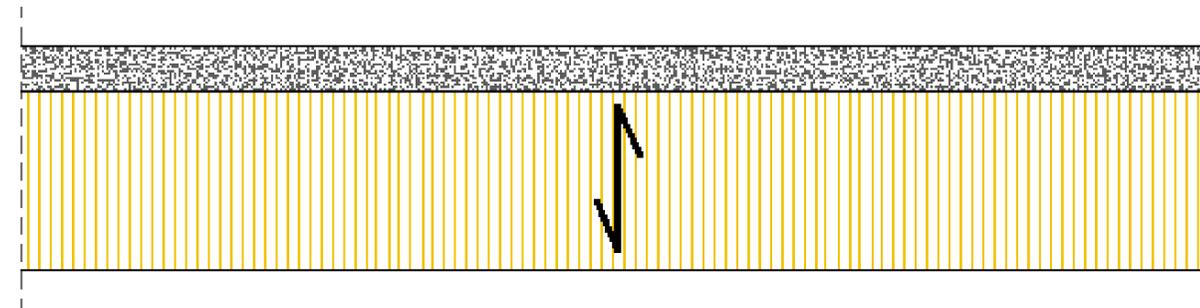
Strutture in C. A. Rinforzo di TRAVI



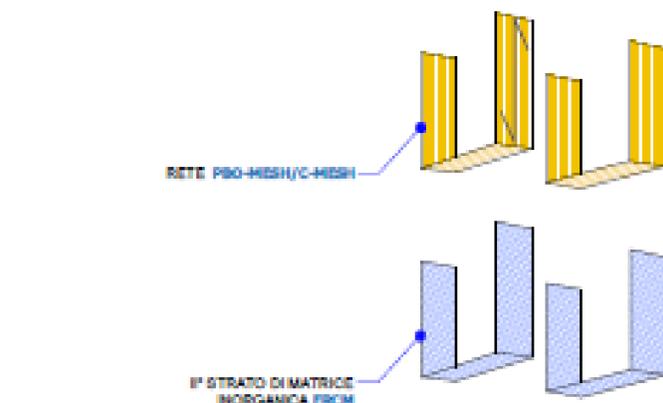
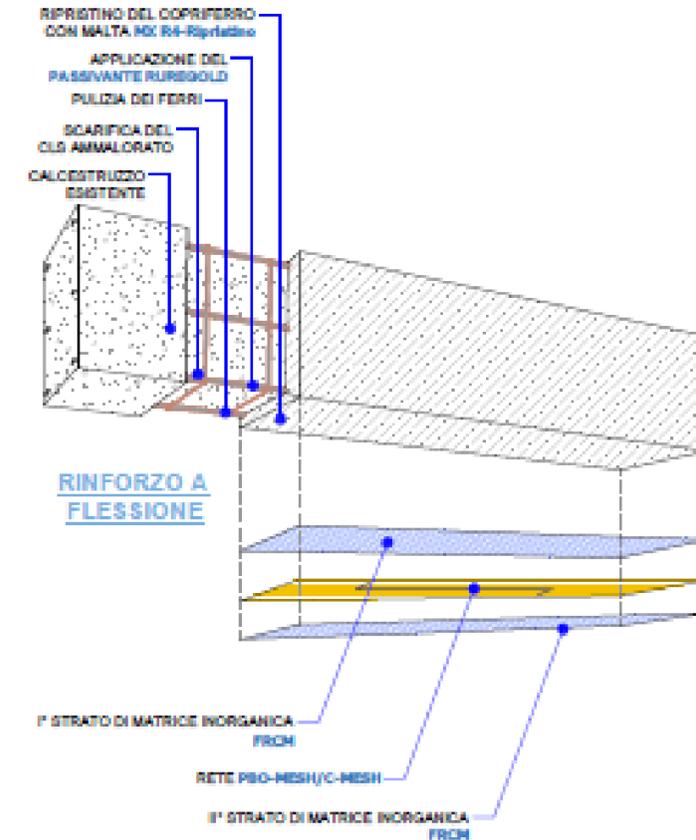
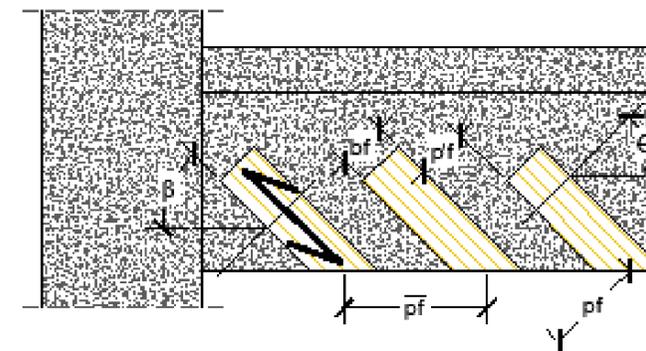
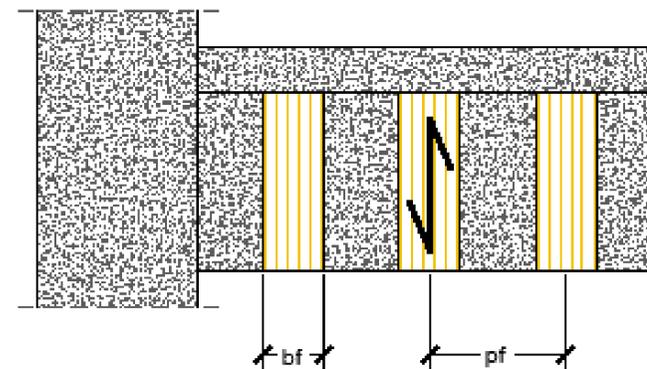
RINFORZO A FLESSIONE



RINFORZO A TAGLIO
CONTINUO



RINFORZO A TAGLIO
DISCONTINUO

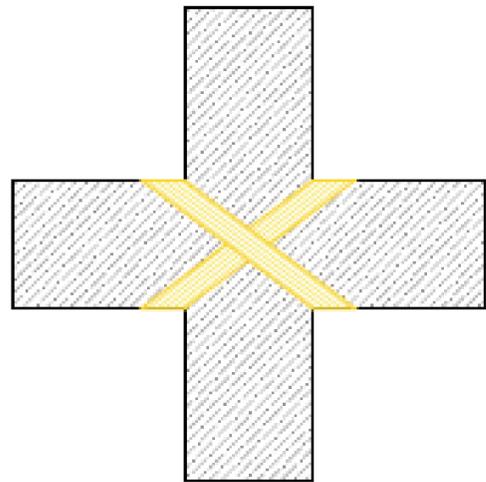


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM



Strutture in C. A. Rinforzo di NODI

RINFORZO PER ASSORBIRE LE AZIONI ESERCITATE DALLA TAMPONATURA



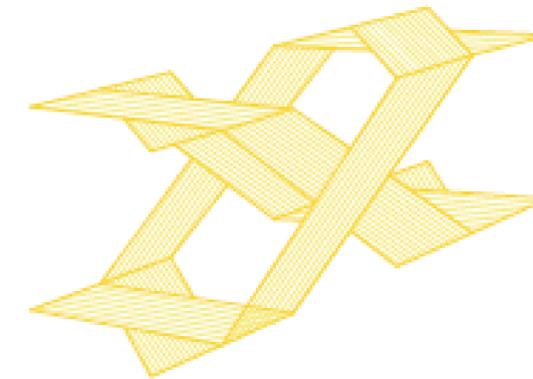
Vista frontale



Vista dall'alto



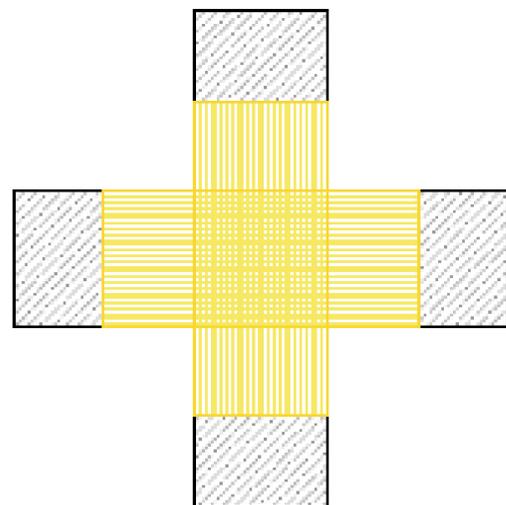
Vista dal basso



Assonometria



INCREMENTO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DEL PANNELLO DI NODO



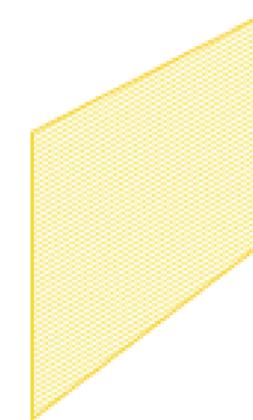
Vista frontale



Vista dall'alto



Vista dal basso



Assonometria

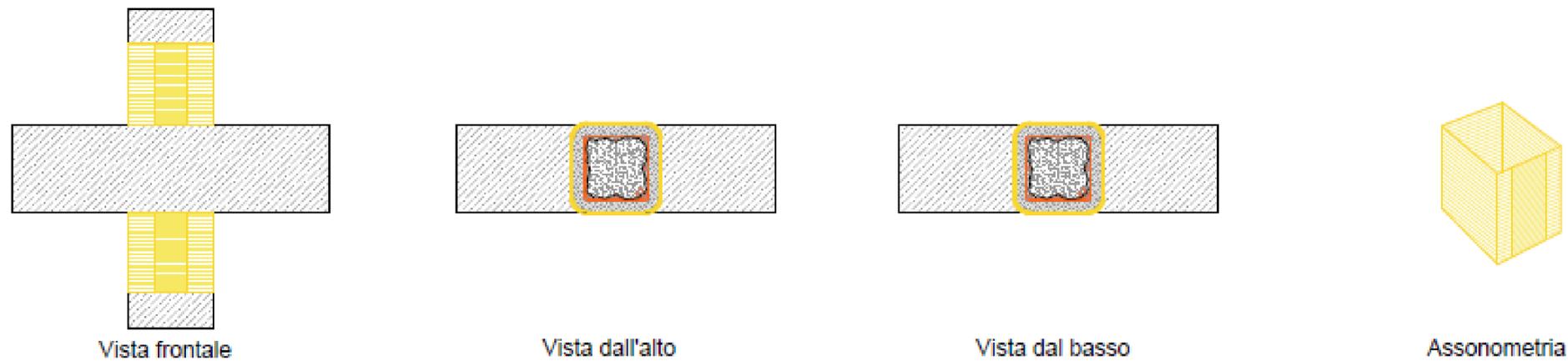


2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM

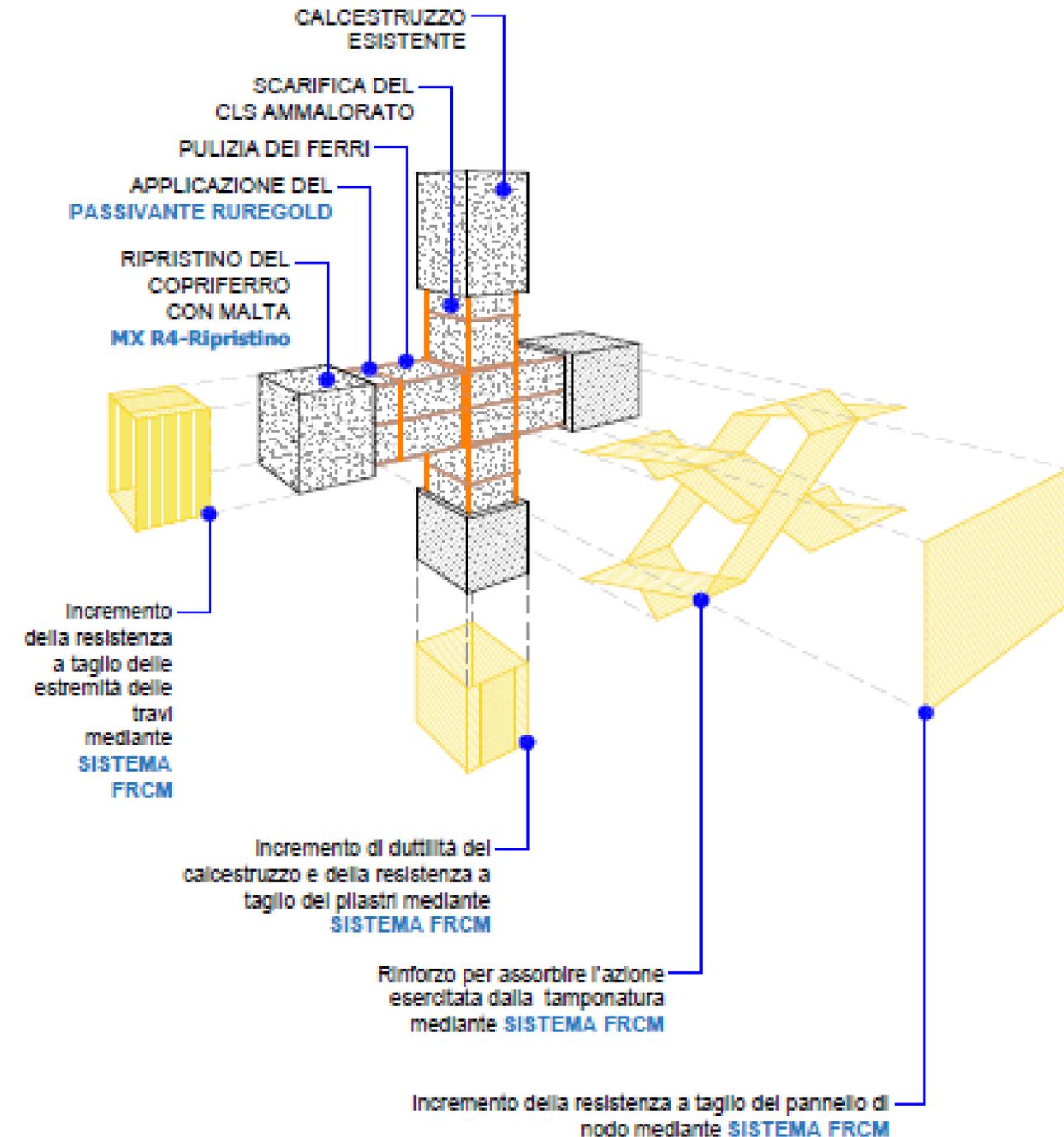
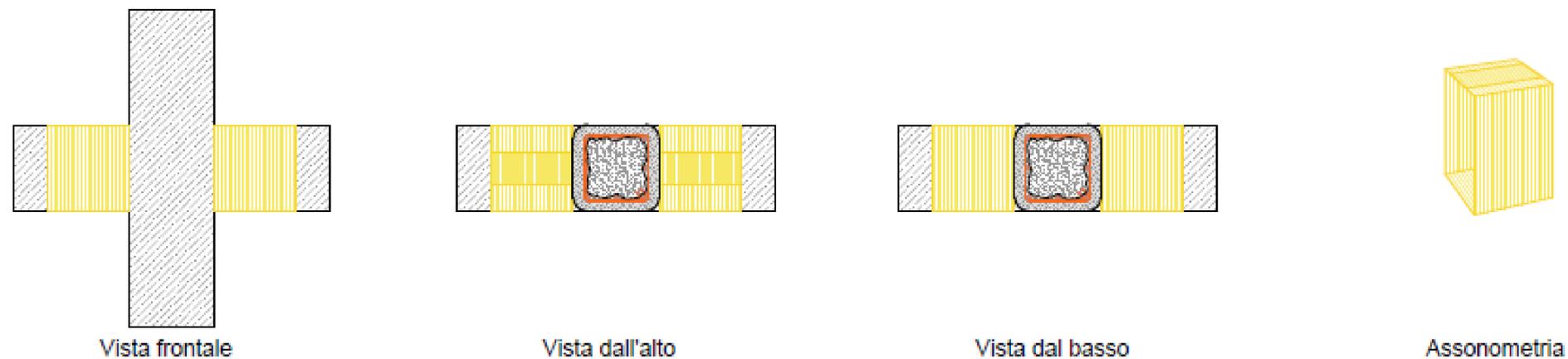


Strutture in C. A. Rinforzo di NODI

INCREMENTO DI DUTTILITÀ DEL CALCESTRUZZO E DELLA RESISTENZA A TAGLIO DEI PILASTRI



INCREMENTO DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLE ESTREMITÀ DELLE TRAVI



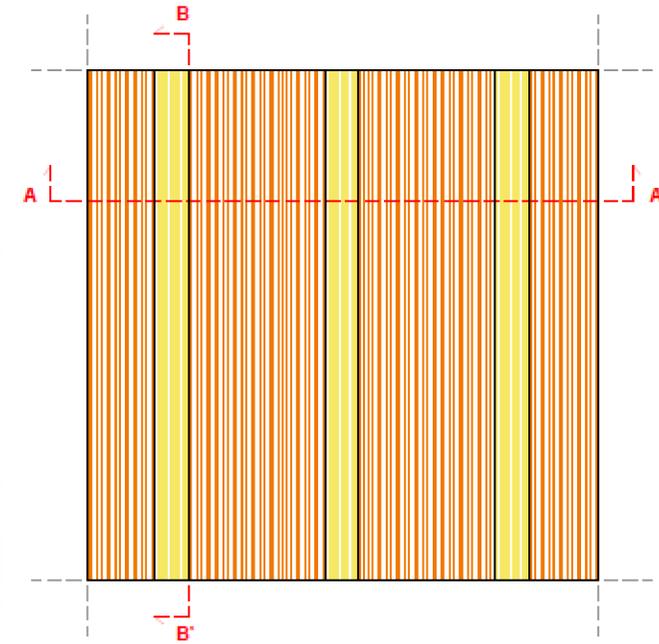
2 – Campi di applicazione dei sistemi FRCM



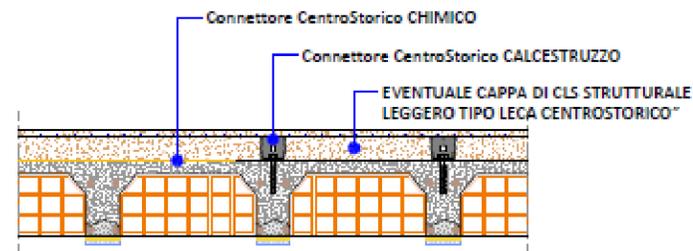
Strutture in C. A. Rinforzo di SOLAI



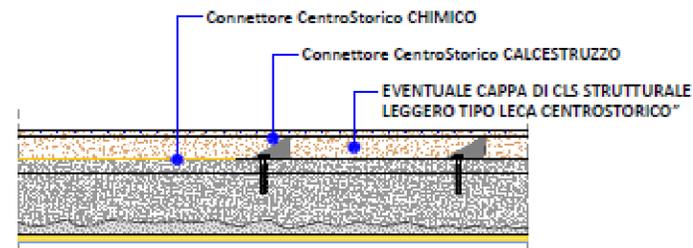
RINFORZO A FLESSIONE



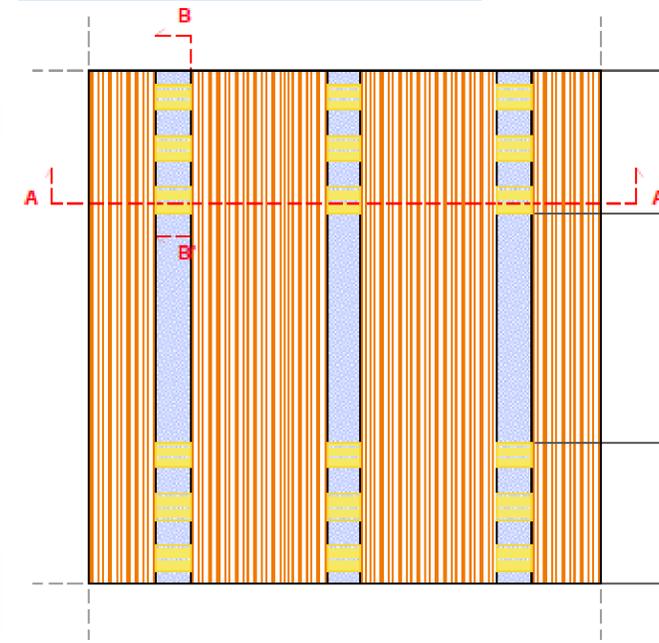
Sezione A-A'
Rinforzo a FLESSIONE di travetti con tessuto unidirezionale



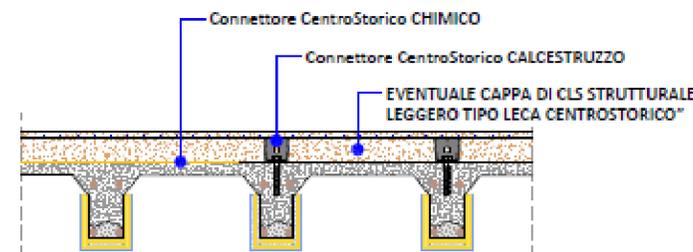
Sezione B-B'
Rinforzo a FLESSIONE di travetti con tessuto unidirezionale



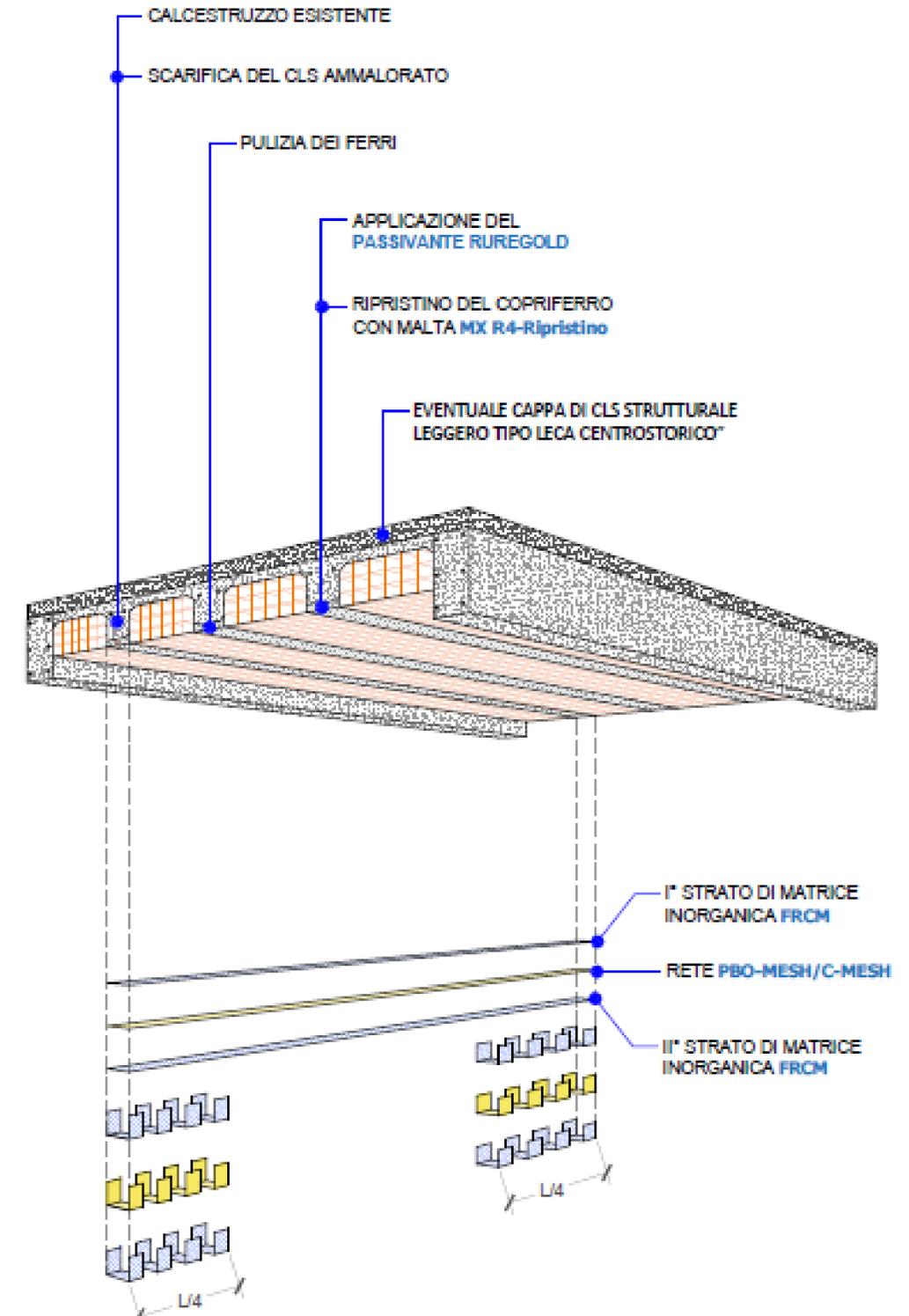
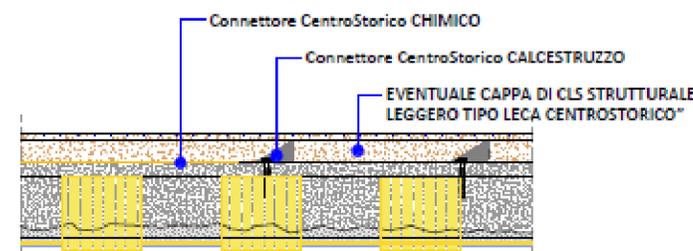
EVENTUALE RINFORZO A TAGLIO



Sezione A-A'
Rinforzo a TAGLIO di travetti con tessuto unidirezionale



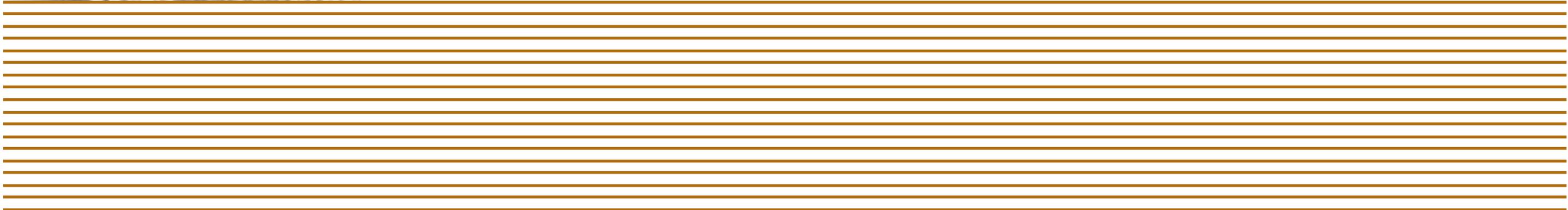
Sezione B-B'
Rinforzo a TAGLIO di travetti con tessuto unidirezionale



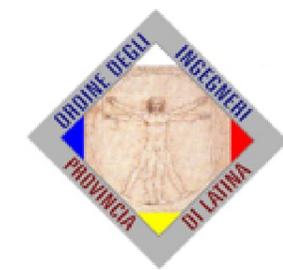
3 – Sistema CRM



SISTEMI CRM



3 – Sistema CRM

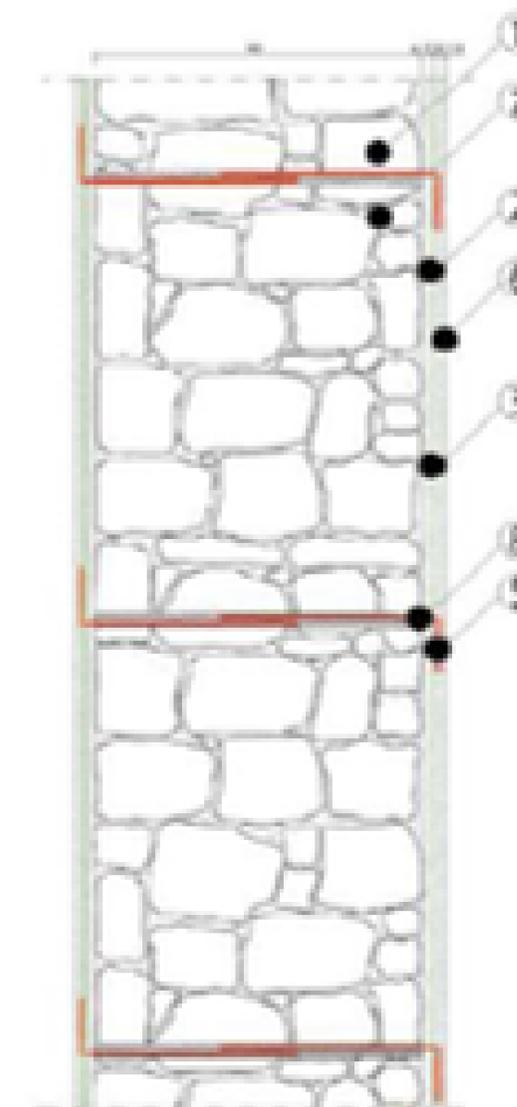
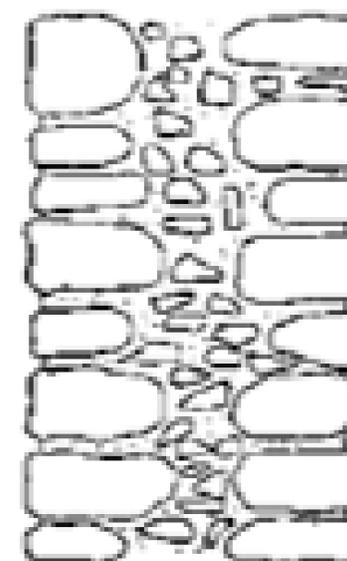


Interventi sulla qualità muraria : tecniche tradizionali

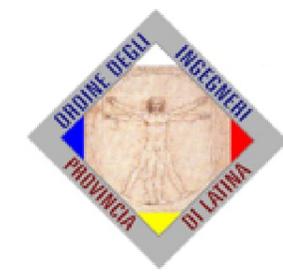
Intonaco armato: tecnica utilizzata per incrementare le prestazioni delle pareti murarie mediante l'utilizzo di intonaco cementizio, sistema di connessione e reti elettrosaldate

Efficace solo se:

- applicato su entrambi i lati del paramento murario
- è presente un'adeguata connessione trasversale
- Adeguata sovrapposizione delle reti di rinforzo per garantire la continuità del rinforzo



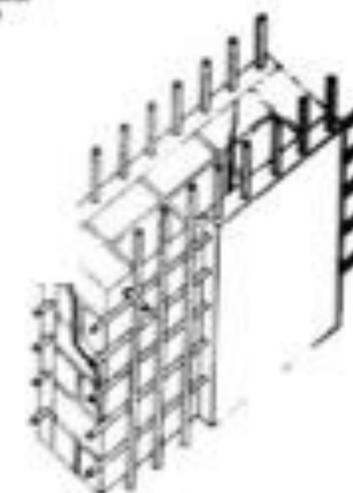
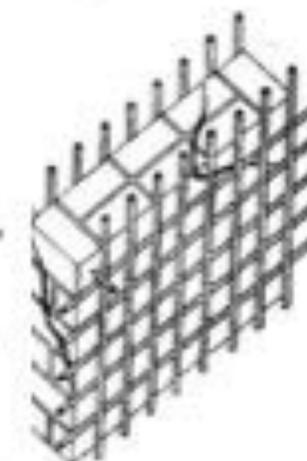
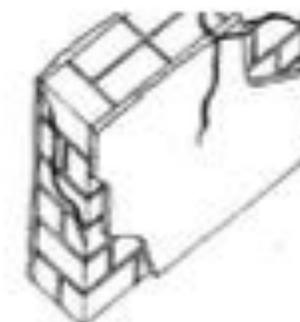
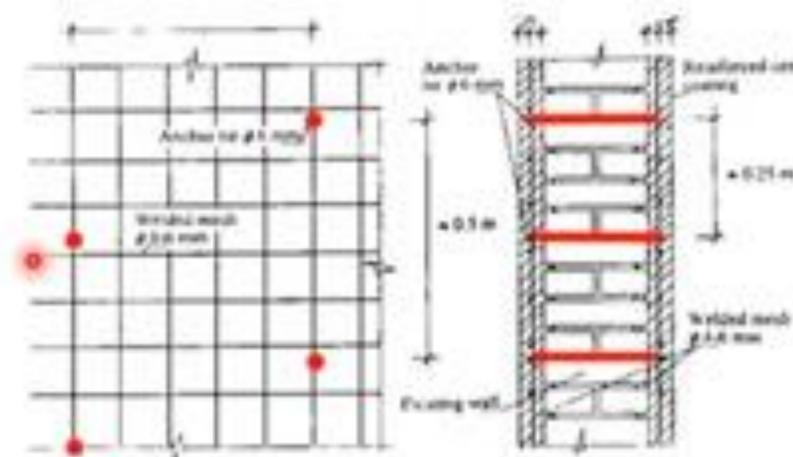
3 – Sistema CRM



2. Definizione di intonaco armato

Applicazione tradizionale dell'intonaco armato: **problematiche**

- Ossidazione della rete elettrosaldata e dei connettori aggiungere



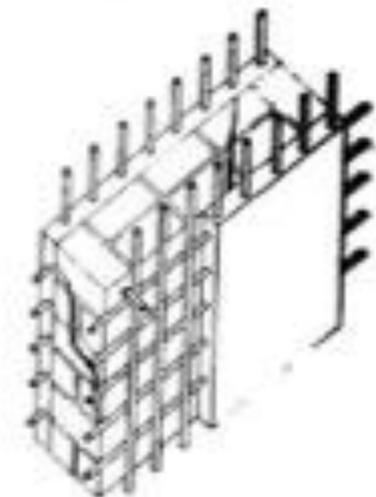
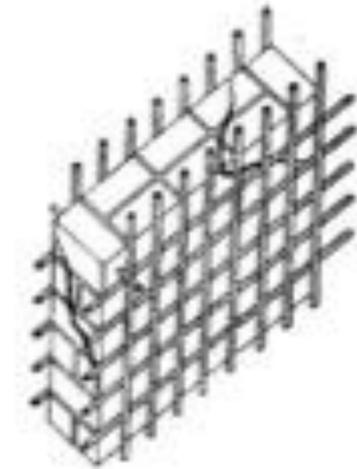
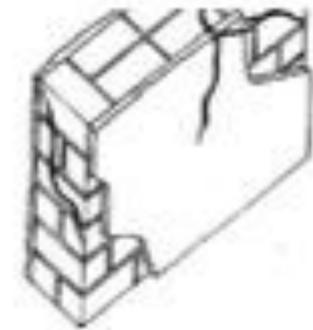
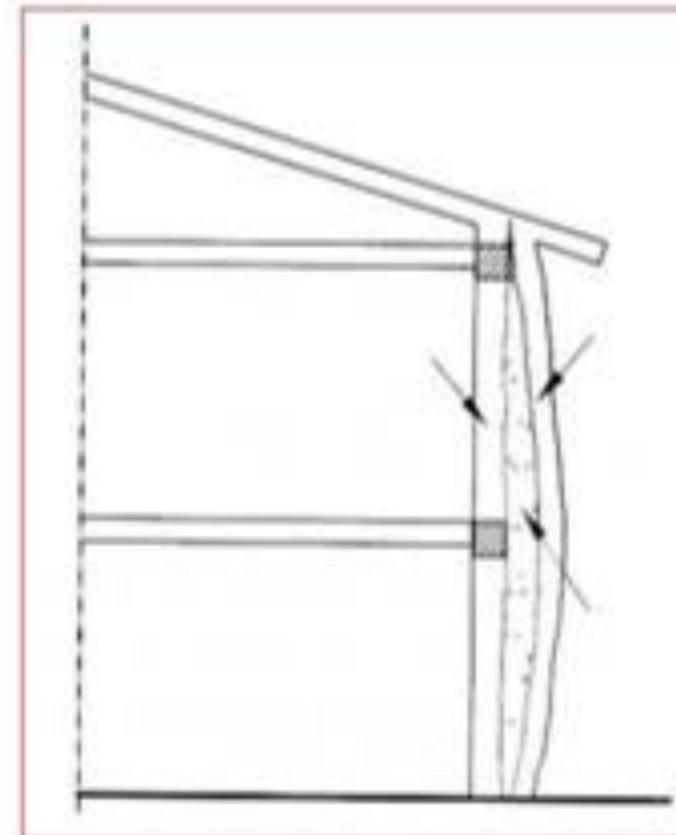
3 – Sistema CRM



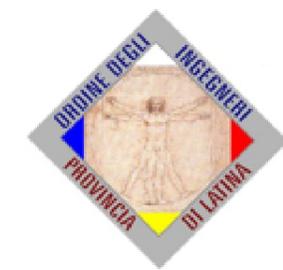
2. Definizione di intonaco armato

Applicazione tradizionale dell'intonaco armato: **problematiche**

- Applicazione dell'intonaco armato su una sola faccia: espulsione per schiacciamento



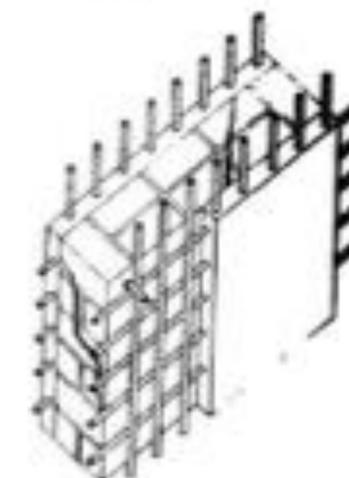
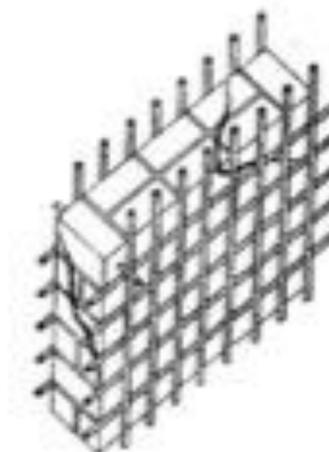
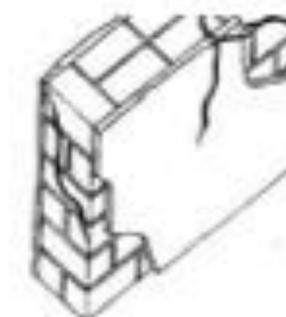
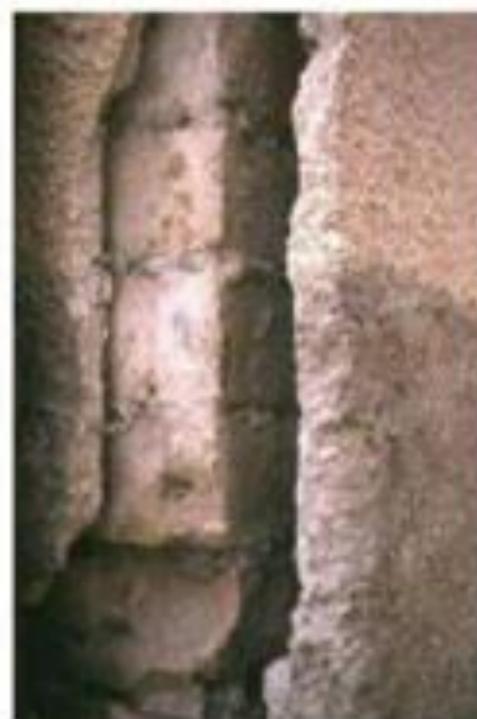
3 – Sistema CRM



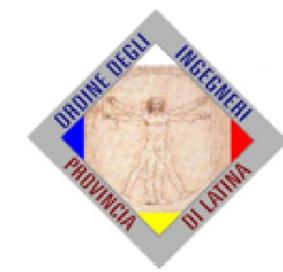
2. Definizione di intonaco armato

Applicazione tradizionale dell'intonaco armato: **problematiche**

- Inadeguata sovrapposizione dei reti in corrispondenza degli spigoli e lungo le pareti, ossidazione delle reti (copriferro inadeguato e problemi di risalita)



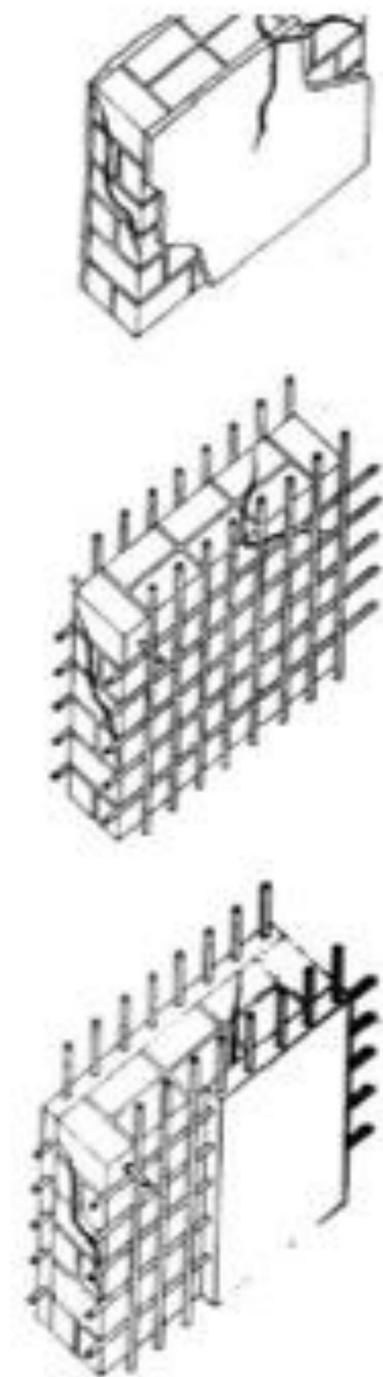
3 – Sistema CRM



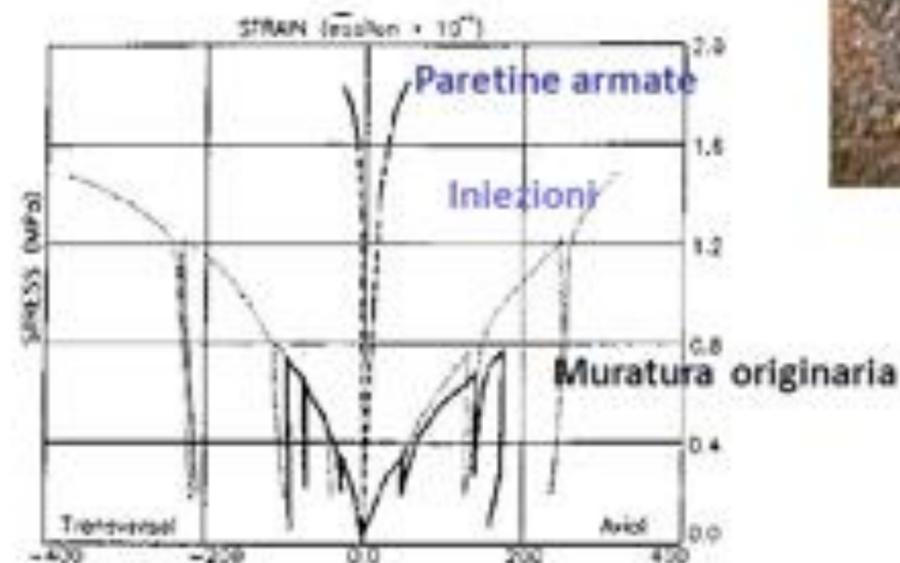
2. Definizione di intonaco armato

Applicazione tradizionale dell'intonaco armato: **problematiche**

- Inefficacia della connessione trasversale



- o addirittura dannosità per eccessiva rigidezza



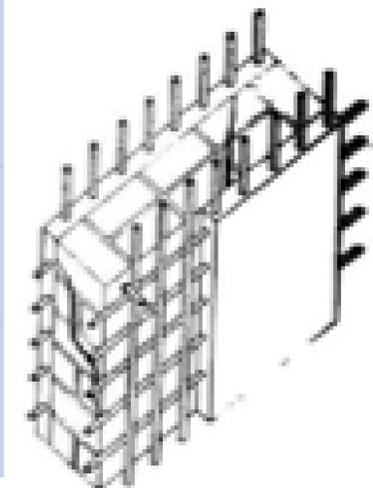
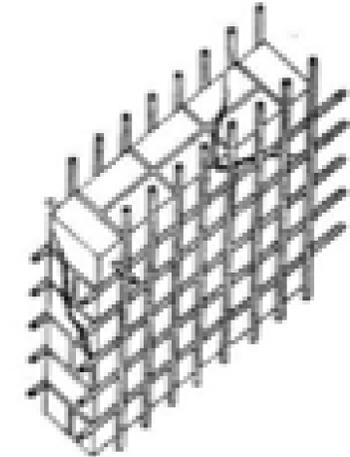
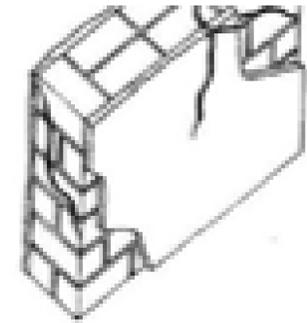
3 – Sistema CRM



2. Definizione di intonaco armato

Applicazione tradizionale dell'intonaco armato: **svantaggi**

- Necessità di applicazione su entrambe le facce
- Ossidazione delle reti elettrosaldate e dei connettori
- Traspirabilità del supporto: impermeabilizzazione che non consente all'umidità capillare di dissiparsi
- Comporta un notevole aumento di rigidità rispetto alle pareti su cui non si interviene, con conseguente distribuzione delle azioni non uniforme
- Incremento dei pesi
- Intervento Irreversibile



3 – Sistema CRM



3. Contesto ed inquadramento normativo

NTC 2018 e Circolare esplicativa par C8.7.4

4. Incremento della capacità delle pareti

Qualora i setti murari siano costituiti da materiale di bassa qualità, può risultare opportuno migliorare le caratteristiche meccaniche del materiale. Il tipo di intervento da applicare va valutato in base alla tipologia e alla qualità della muratura e può variare dalla ricostruzione parziale (interventi di *scuci-cuci*) al consolidamento mediante iniezioni o mediante interventi superficiali o altre tecniche opportune; si deve procedere alla verifica preliminare della compatibilità chimico-fisica dei materiali nuovi con quelli originari.

Nei casi in cui si operi attraverso le *iniezioni di miscele leganti*, si procede anche alla verifica della fattibilità dell'intervento in termini di capacità delle murature di assorbire e diffondere le malte iniettate ponendo attenzione nella scelta della pressione di immissione della miscela, per evitare dissesti locali.

L'intervento di *ristilatura dei giunti*, se effettuato su entrambe le superfici esterne, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura incrementandone, di fatto, l'area resistente. Particolare cura deve essere rivolta alla scelta della malta da utilizzare in relazione a quella esistente. L'eventuale inserimento nei giunti "ristilati" di piccole barre, trefoli o piattine metalliche o di altri materiali resistenti a trazione, specie se ancorati alla muratura attraverso connessioni trasversali dei paramenti ed organizzati come sistema continuo nelle tre direzioni, può migliorare ulteriormente l'efficacia dell'intervento.

Il placcaggio delle murature con *intonaco armato* costituisce un efficiente provvedimento soprattutto nel caso in cui le murature siano gravemente danneggiate o incoerenti, purché siano posti in opera i necessari collegamenti trasversali bene ancorati alle armature poste su entrambe le facce della muratura. Le *foldere* possono essere realizzate con malte a base di cemento o di calce e armatura in reti o tessuti di acciaio inossidabile, oppure con materiali compositi, utilizzando fibre di carbonio, vetro o aramidiche.

3 – Sistema CRM



3. Contesto ed inquadramento normativo

Tabella C8.5.1 -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_v = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_v (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbalzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,06	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura 540%)	3,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbalzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di rotte profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f può essere valutata attraverso le indicazioni del §11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

3 – Sistema CRM



3. Contesto ed inquadramento normativo

NTC 2018 e Circolare esplicativa par C8.7.4

Nel caso di intervento con intonaco armato → utilizzo di coefficienti correttivi

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			Massimo coefficiente complessivo
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	
Muratura in pietrame disordinata (cottioli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, 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 squadriati	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

Attenzione:

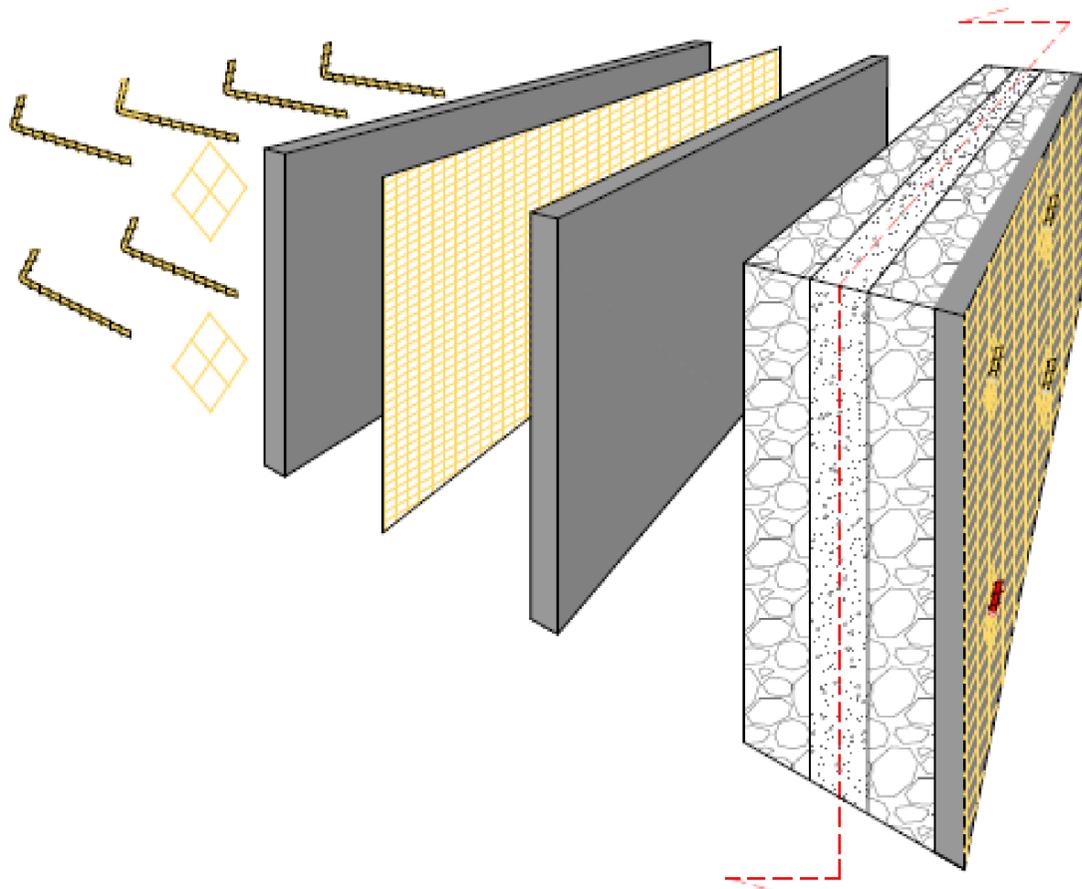
In tal caso non si applicano i coefficienti relativi alla connessione trasversale della muratura non consolidata e alla ristilatura armata. Si rileva che il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento.

3 – Sistema CRM

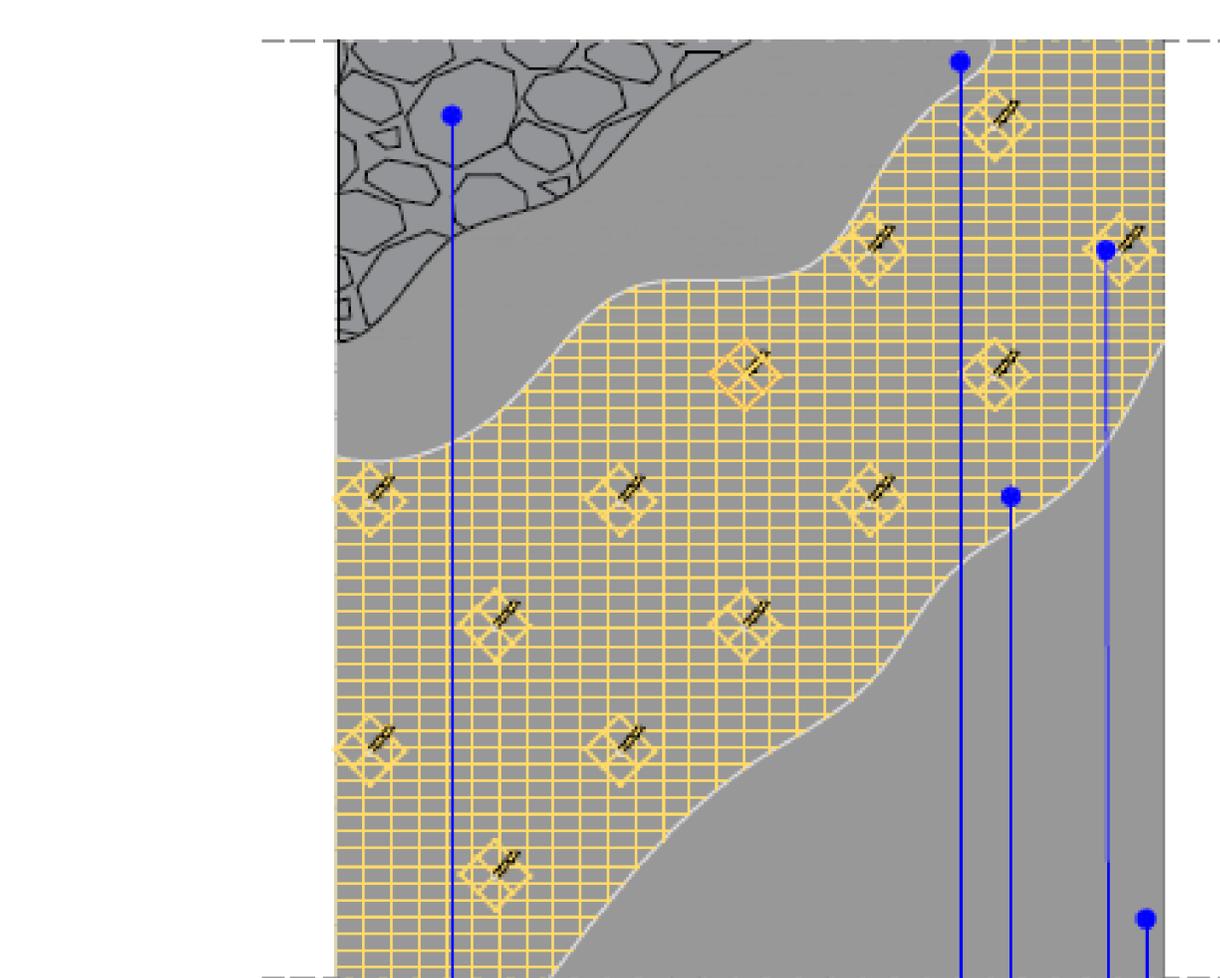


Passaggio dalla tradizionale **tecnica dell'intonaco armato con rete elettrosaldata** in acciaio e intonaco cementizio al **sistema CRM** mediante l'impiego di reti preformate in **materiale composito** al posto della tradizionale rete elettrosaldata e **intonaci cementizi o a base calce**

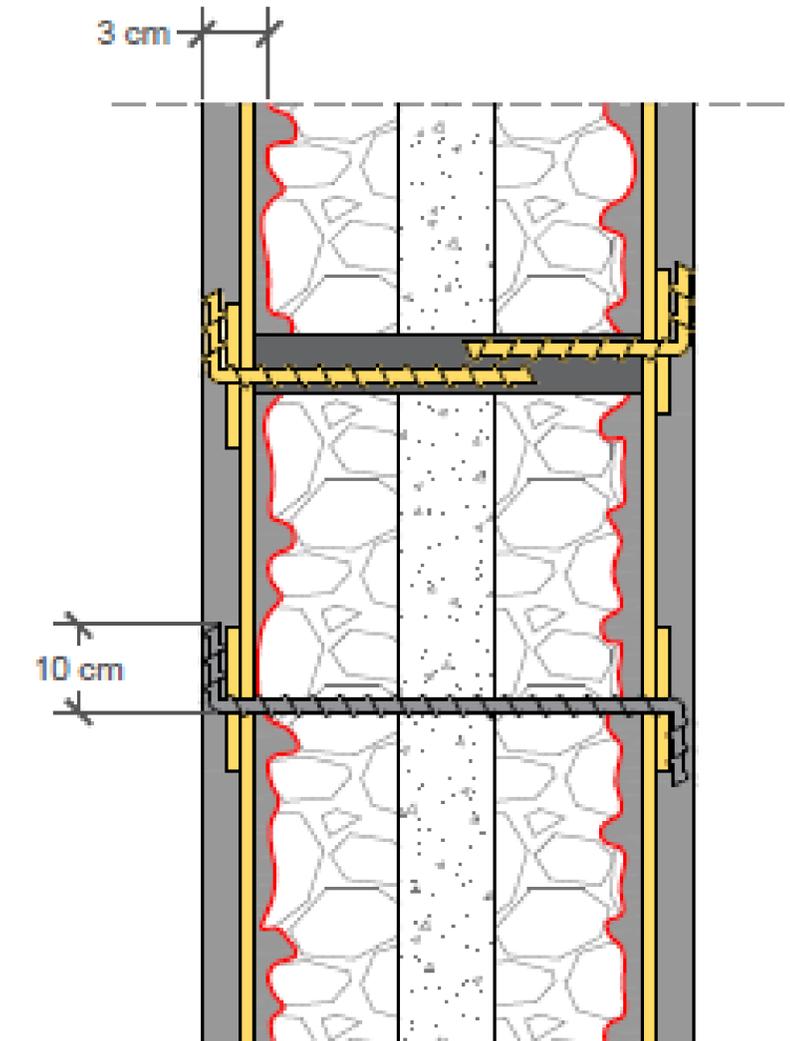
3 – Sistema CRM



PROSPETTO



- MURATURA ESISTENTE
- MALTA DA STILATURA E REGOLARIZZAZIONE *MX-RW Alte prestazioni, MX-CP Calce, MX-PVA Fibrorinforzata, MX-15 Intonaco
- RETE IN FIBRA DI VETRO G-MESH
- G-MESH FAZZOLETTO IN FIBRA DI VETRO + CONNETTORE ELICOIDALE IN ACCIAIO O G-MESH CONNETTORE IN FIBRA DI VETRO
- MALTA STRUTTURALE *MX-RW Alte prestazioni, MX-CP Calce, MX-PVA Fibrorinforzata, MX-15 Intonaco



Assorbimento delle concentrazioni di sforzo in corrispondenza dei sistemi di connessione

3 – Sistema CRM



Strutture in Muratura → tecnica del CRM – moderno intonaco armato

**Rinforzo di pannelli murari
(presso – flessione e taglio)**



G-MESH 490



G-MESH 400



Accessori

CONNETTORE ELICOIDALE

Barra in acciaio inox per sistemi di connessione. Disponibile in lunghezze: 150, 200, 400, 600, 1000 mm. Confezione da 25 pz. Da utilizzare con la **GUIDA ELICOIDALE** (confez. da 1 pz).



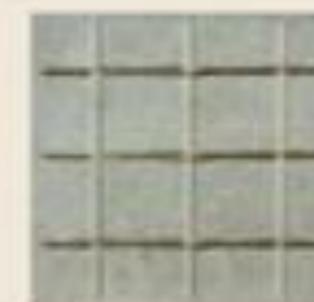
G-MESH ANGOLARE

Grammatura 490 g/m². Maglia 80 x 80 mm. Dimensione: H 2 m, L 30 cm per lato. Necessario per la formazione di angoli interni ed esterni. Confezione da 10 pz.



G-MESH FAZZOLETTO

Grammatura 490 g/m². Maglia 80 x 80 mm. Dimensione 160 x 160 mm. Da applicare in corrispondenza dei Connettori Elicoidali. Confezione da 200 pz.



Rete preformata in fibra di vetro impregnata alcali resistente per il rinforzo strutturale di murature esistenti

3 – Sistema CRM



Strutture in Muratura → malta MX-PVA Fibrorinforzata

Rinforzo di pannelli murari

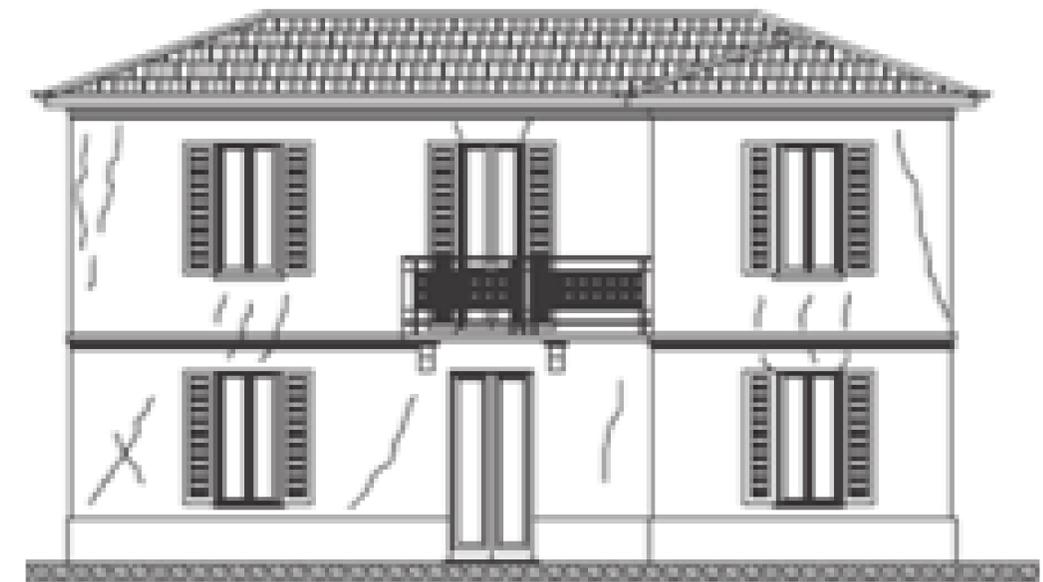
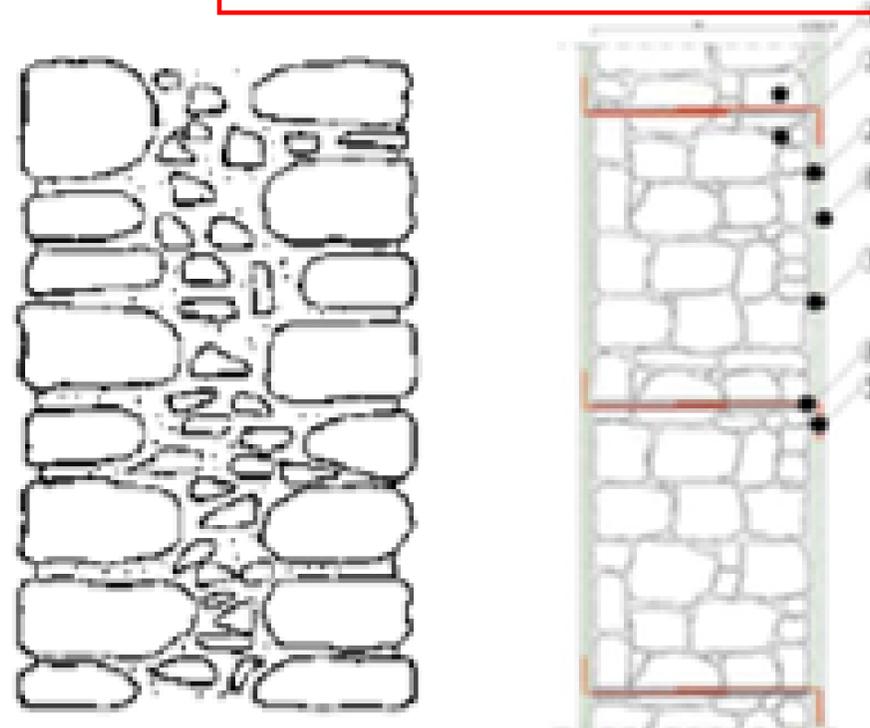
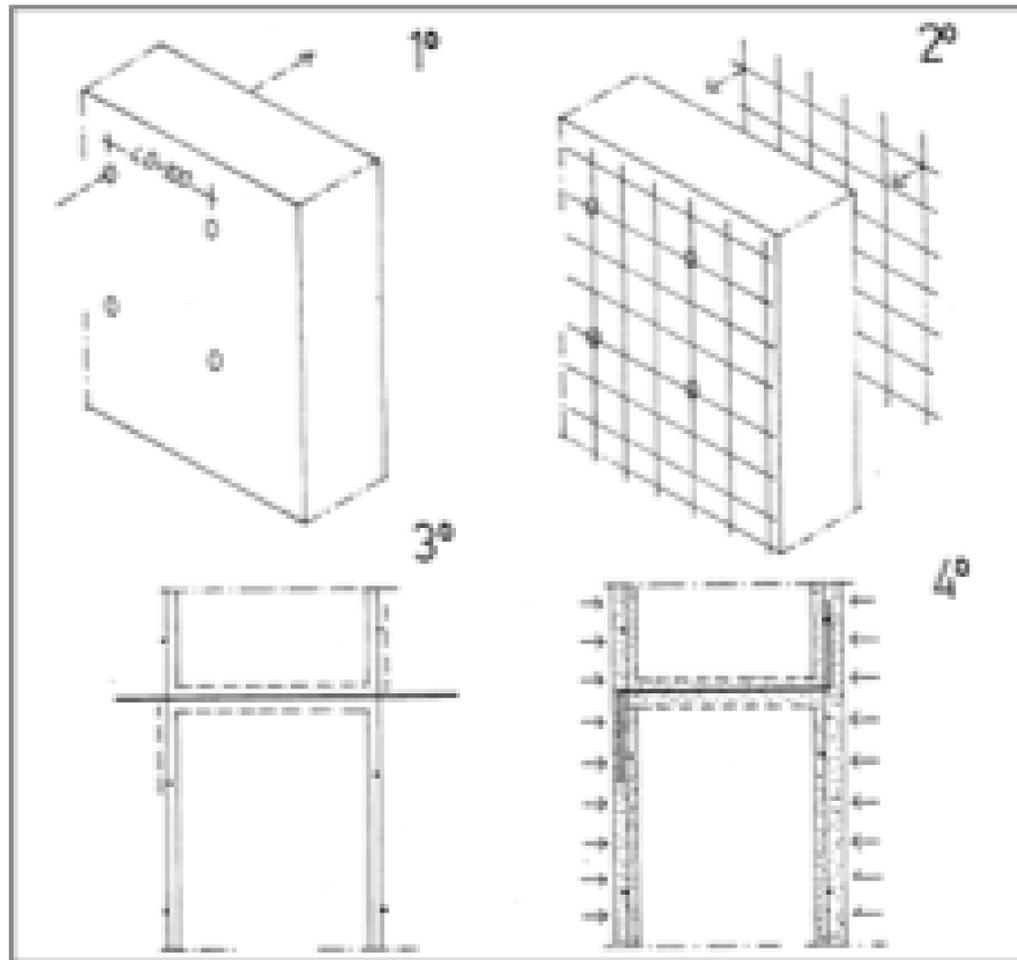


3 – Sistema CRM



QUANDO?

1. Interventi di carattere più **GLOBALE**
2. Muratura più **irregolare**
3. Applicazione su **entrambi i lati** del paramento murario
4. Necessarie **connessioni trasversali**



3. Contesto ed inquadramento normativo

NTC 2018 e Circolare esplicativa: **concezione strutturale e dettagli applicativi**

- NTC: “Gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme alle strutture.”

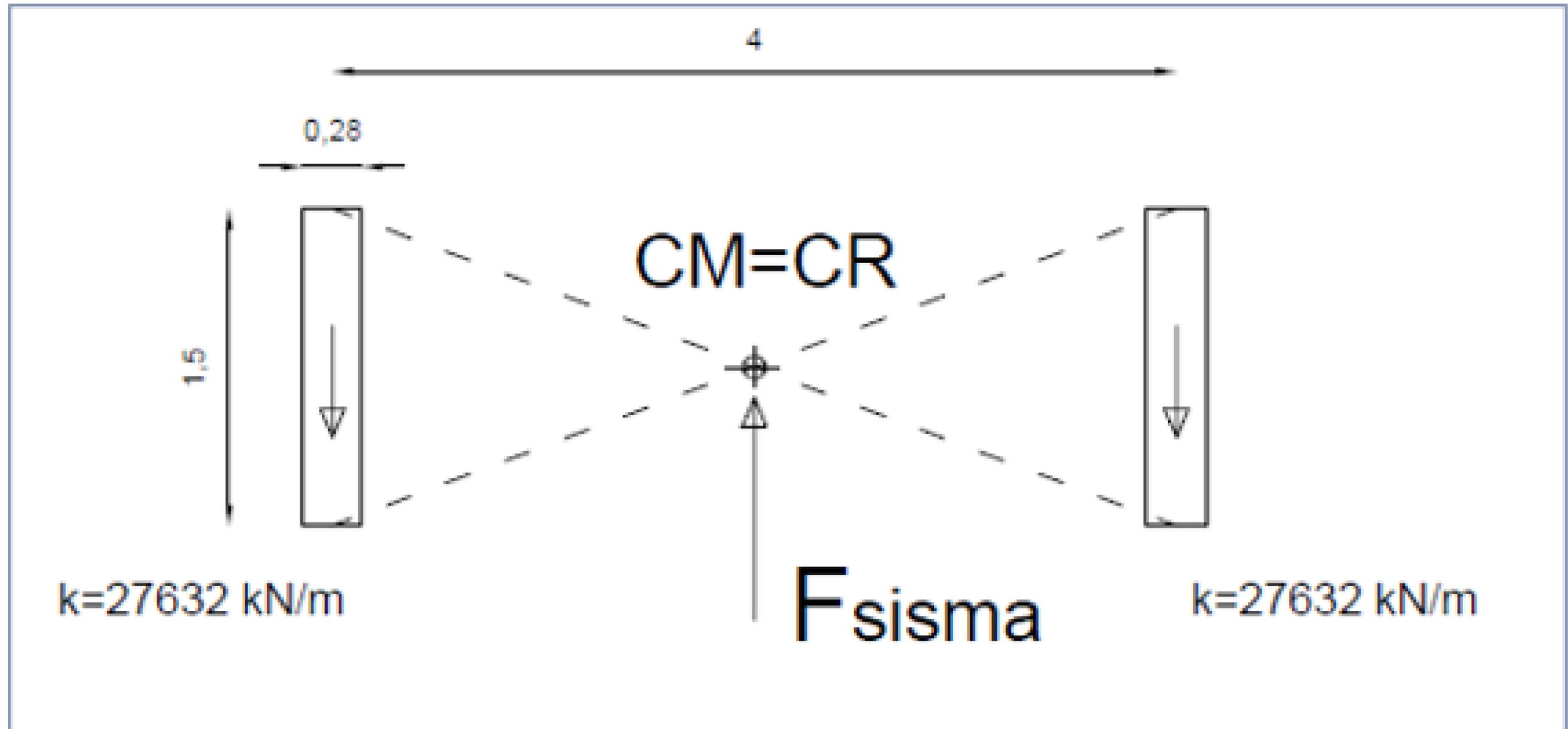
L’esecuzione di interventi su porzioni limitate dell’edificio va opportunamente valutata e giustificata calcolando l’effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidezze.”

- In altre parole, il rinforzo localizzato può in alcuni casi semplicemente “spostare” il problema in parti adiacenti alla zona rinforzata, in cui andrà a concentrarsi la richiesta di deformazione.

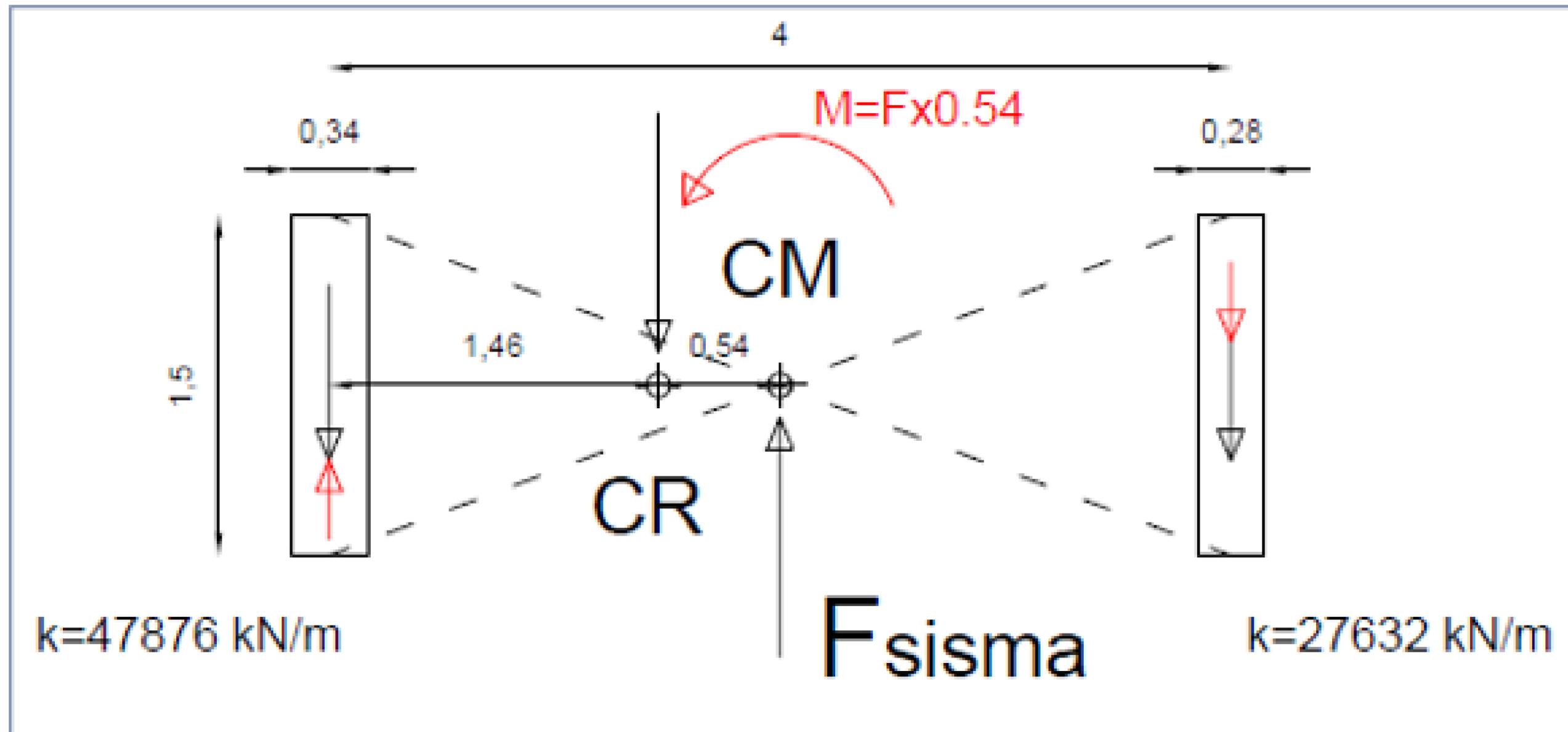




DIFFERENZA TRA SISTEMA CRM (o PVA) E FRCCM?

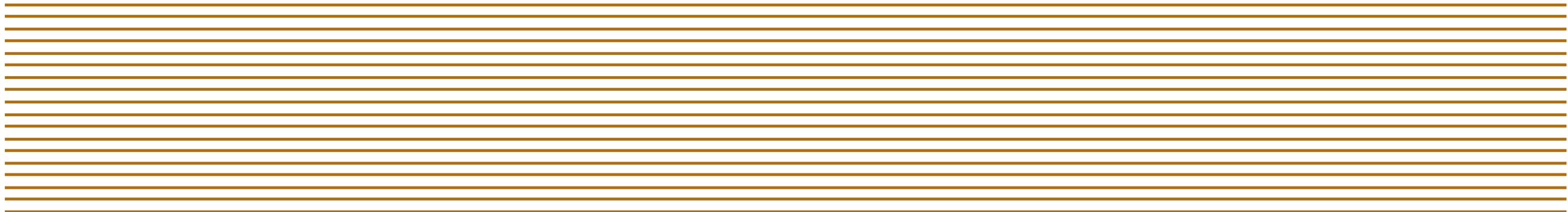


3 – Sistema CRM



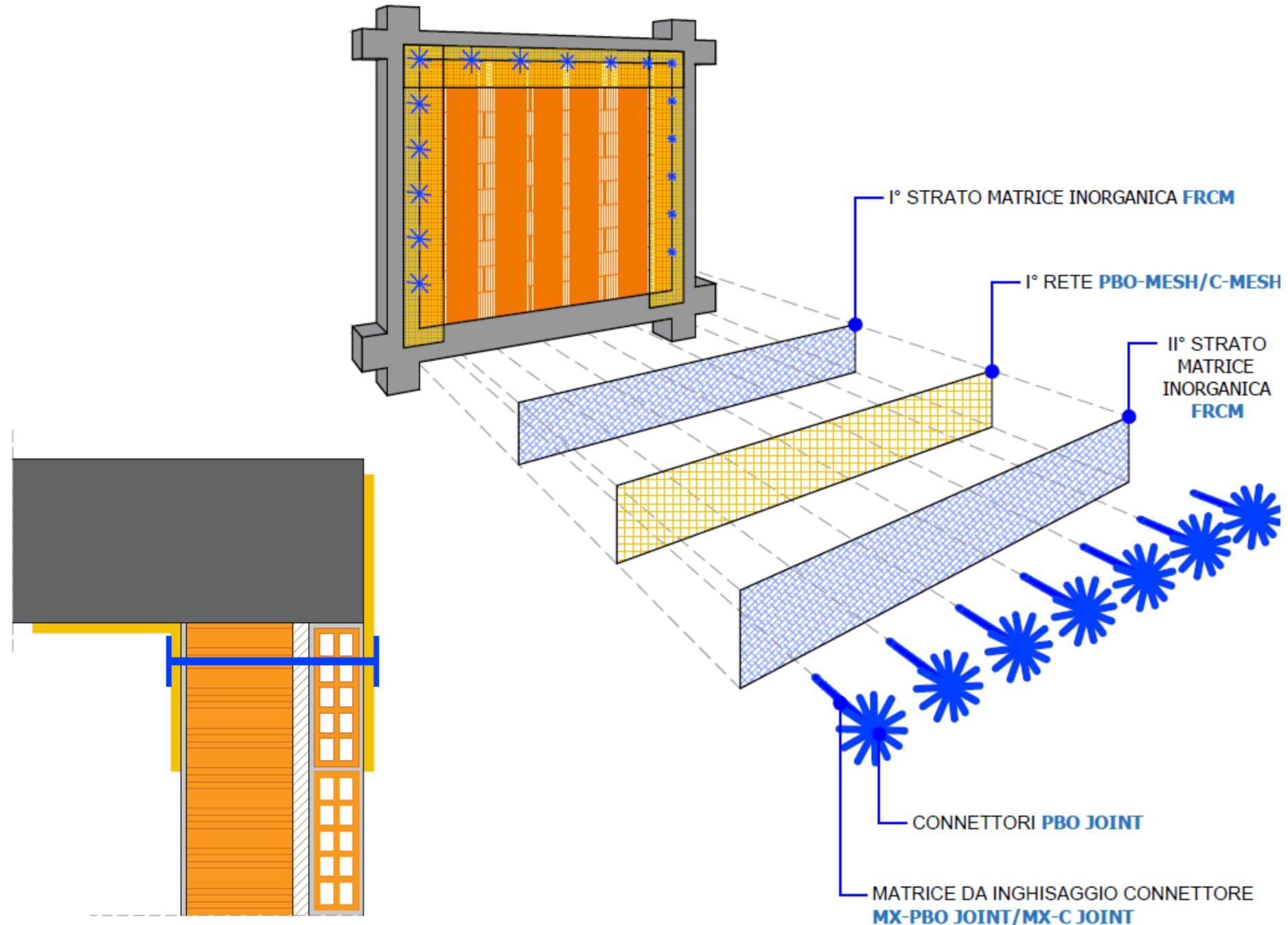
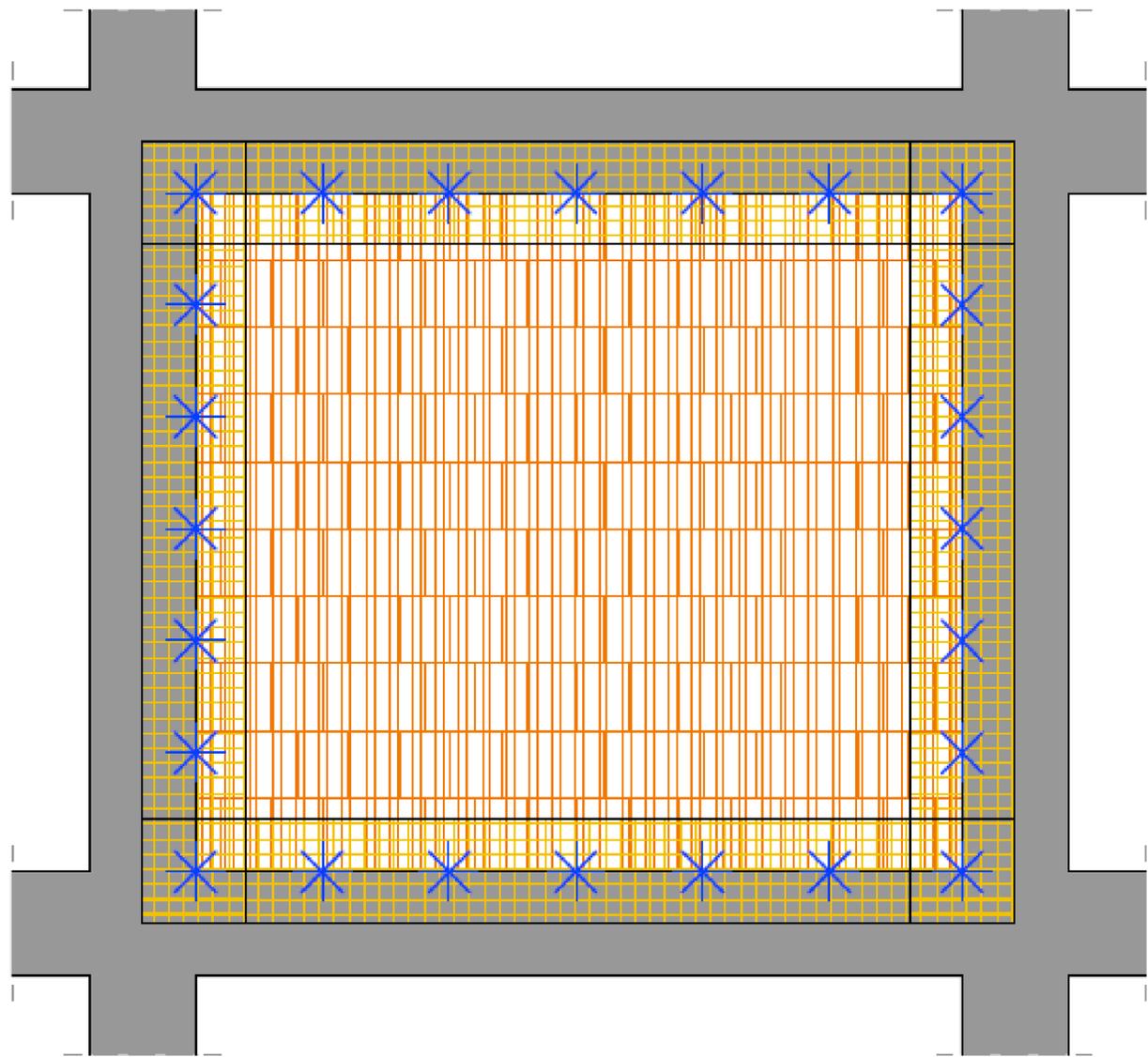


Presidi antiribaltamento



5 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

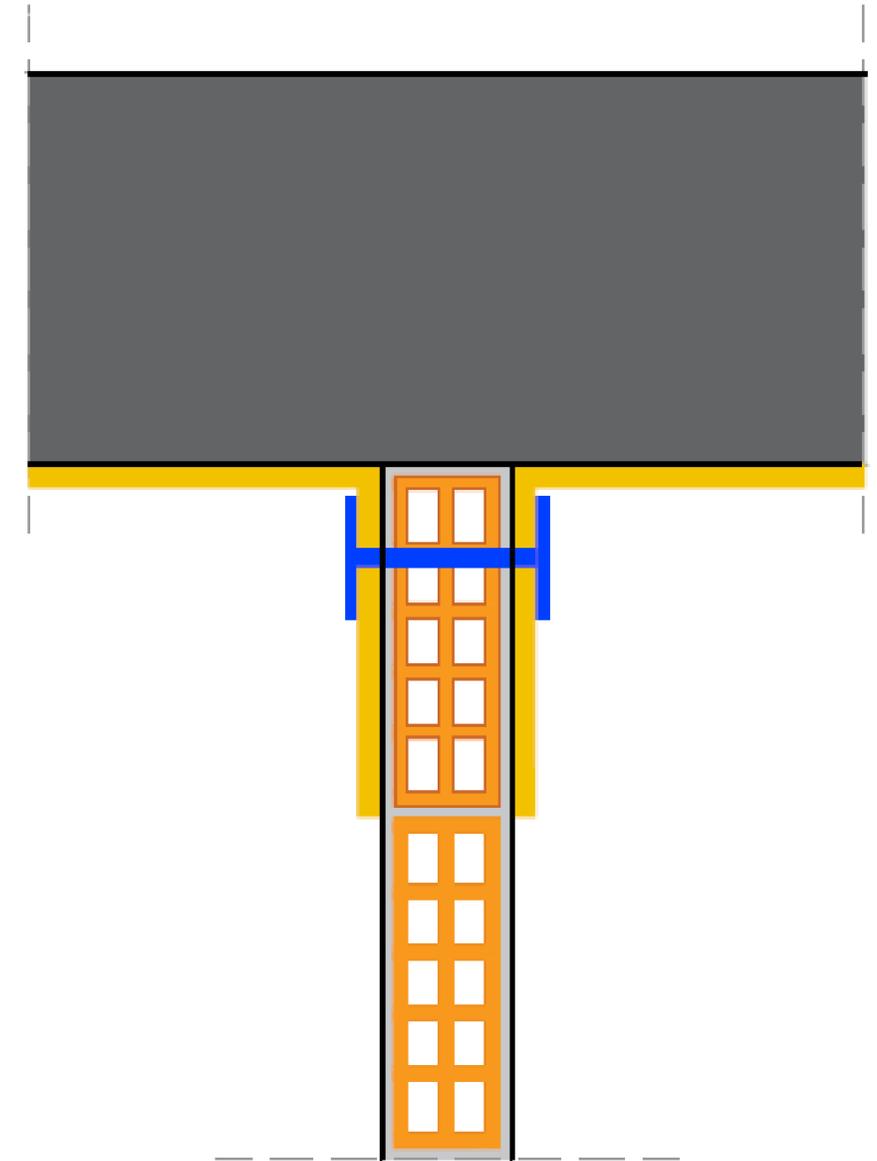
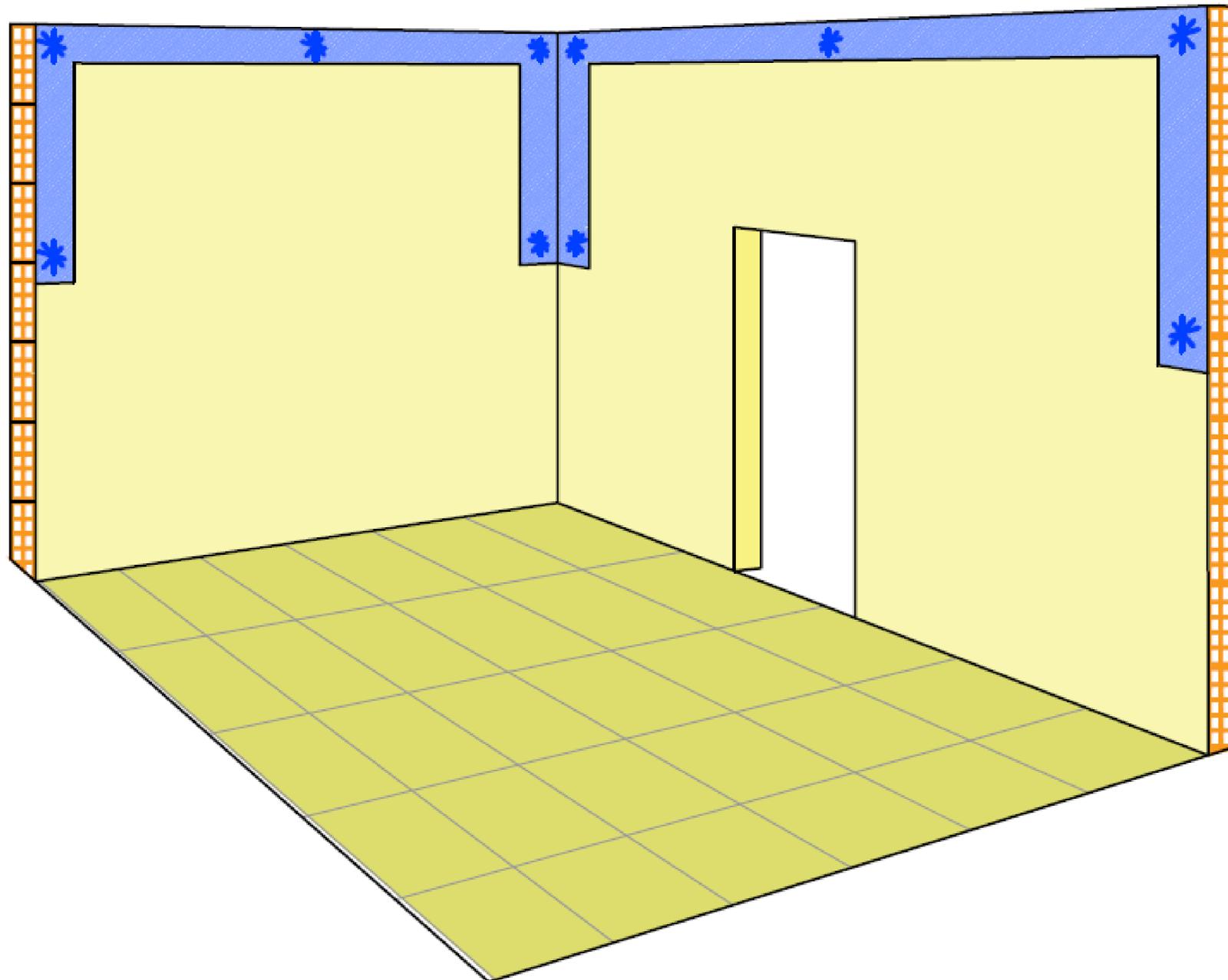
TAMPONATURE: intervento a cornice



4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento



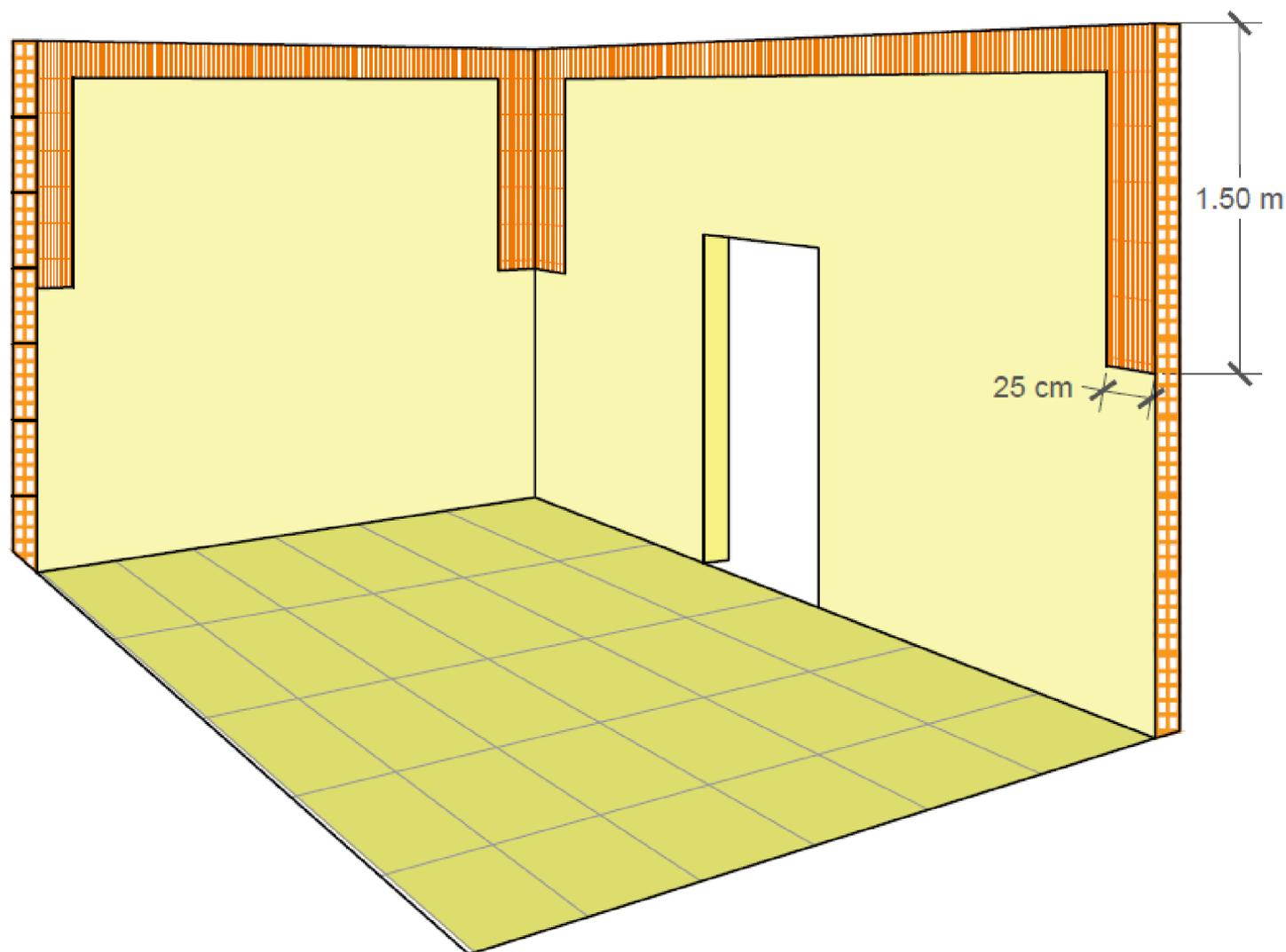
PARTIZIONI



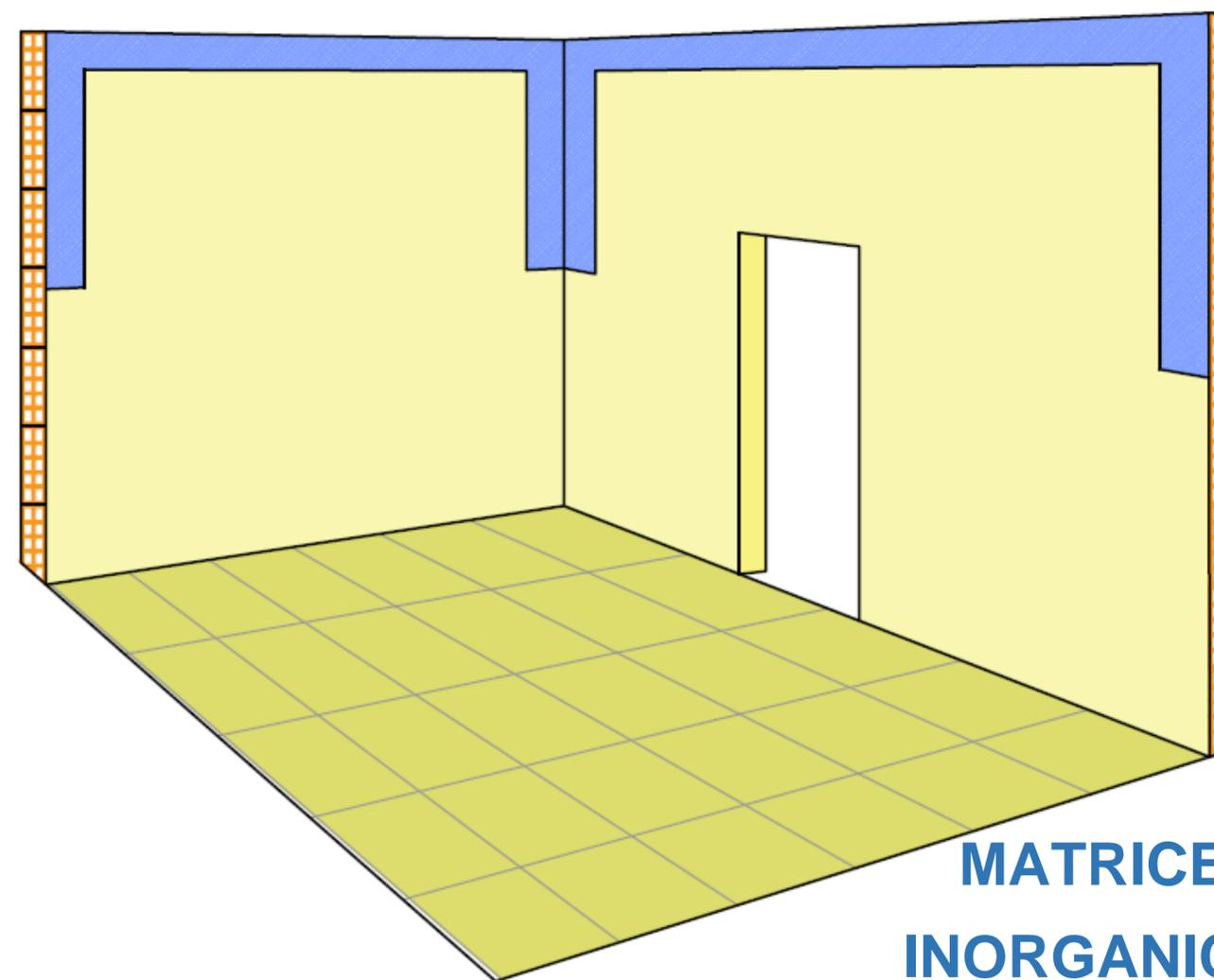
4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

FASE DI POSA PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO CON SISTEMA FRCM

FASE 1: Rimuovere l'intonaco per una larghezza di 25 cm ed un'altezza di 1,50 m nella zona superiore della tamponatura



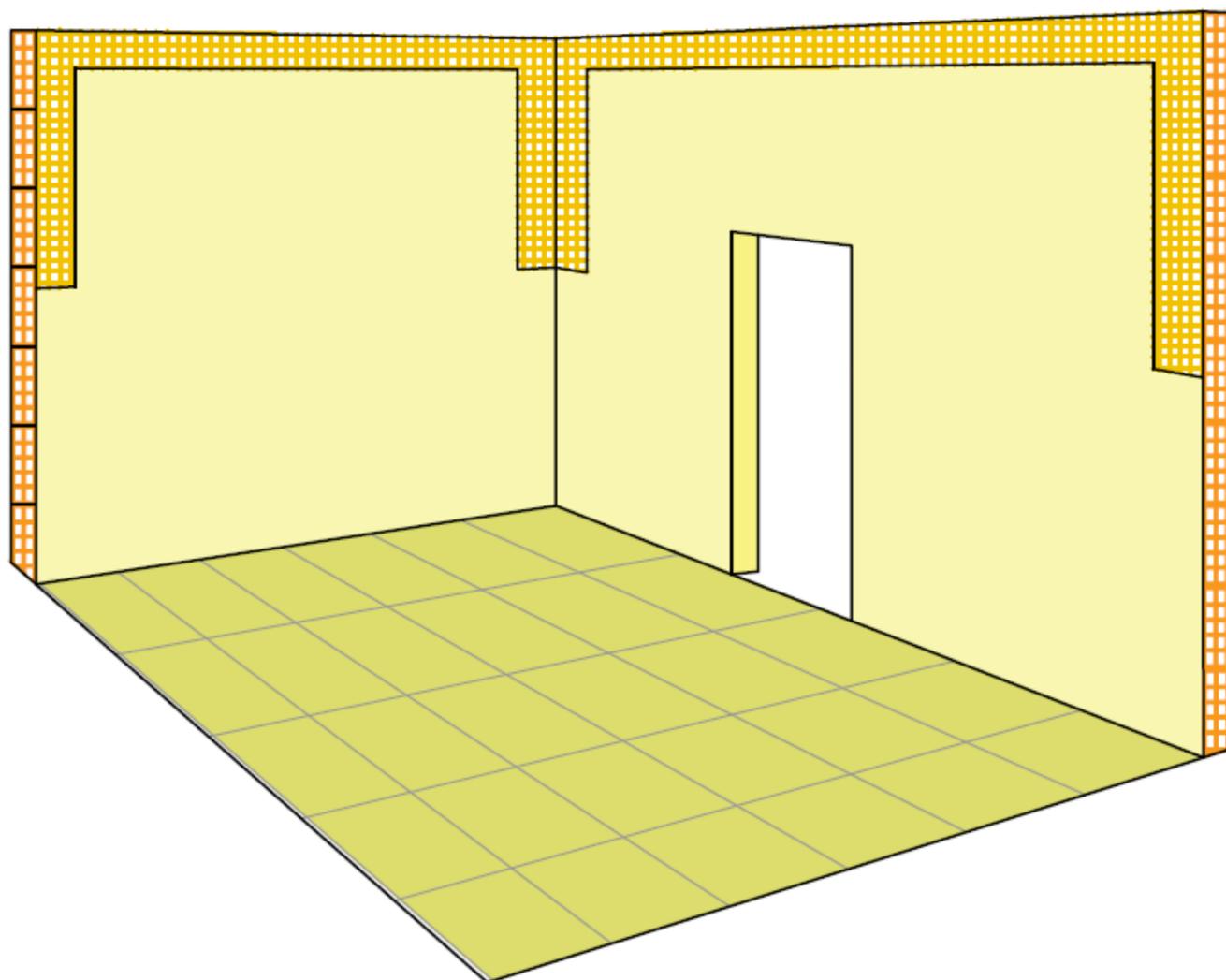
FASE 2: Applicare uno strato di 3-5 mm di MATRICE INORGANICA FRCM



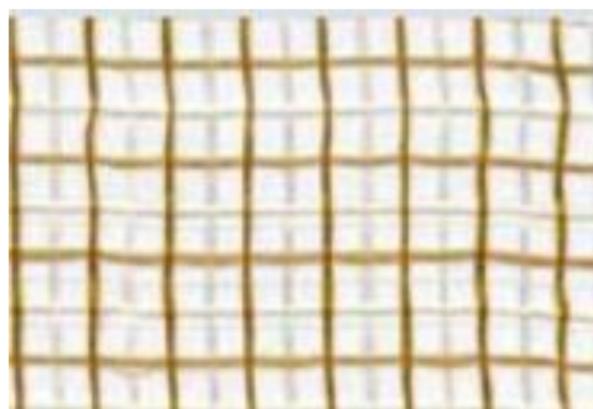
4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

FASI DI POSA PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO CON SISTEMA FRCM

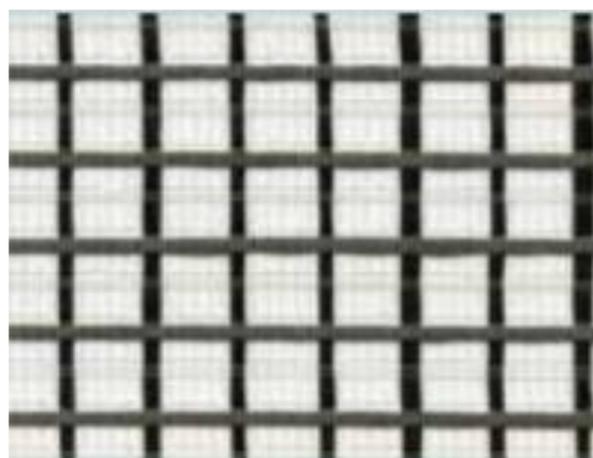
FASE 3: Applicare la rete



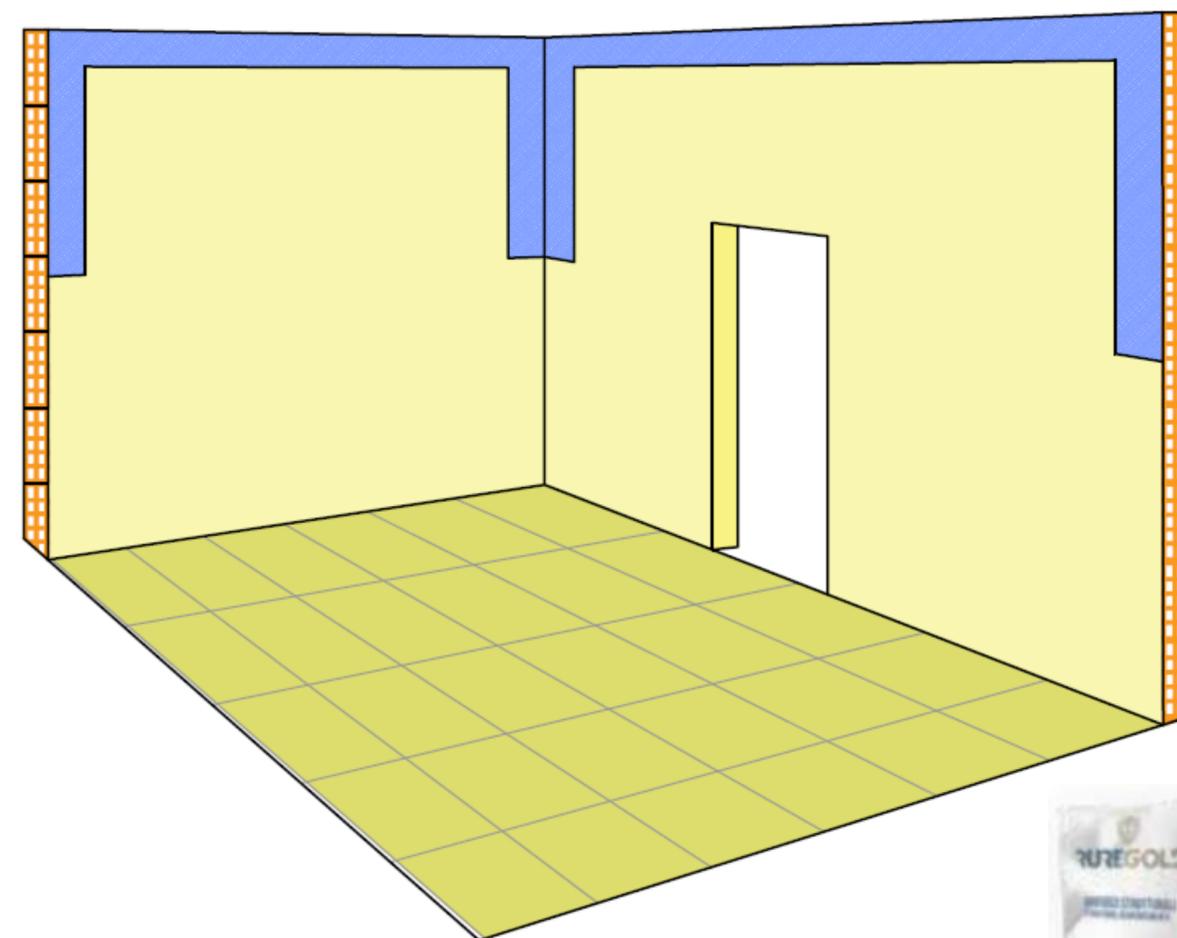
PBO MESH 10/10



C MESH 42/42



FASE 4: Applicare il secondo strato di MATRICE INORGANICA FRCM



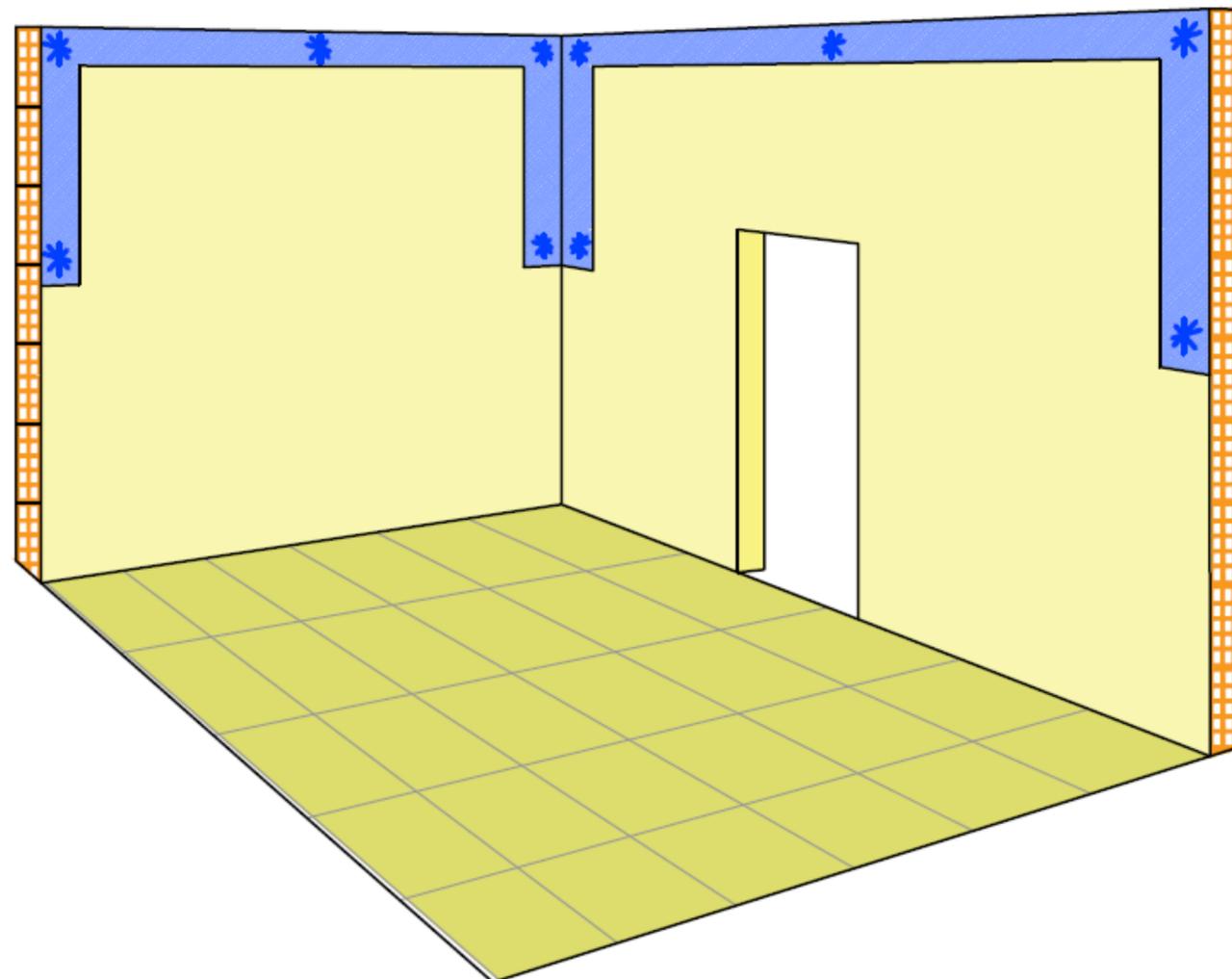
MATRICE INORGANICA



4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

FASI DI POSA PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO CON SISTEMA FRCM

FASE 5: Inserire i connettori **PBO-JOINT/C-JOINT**



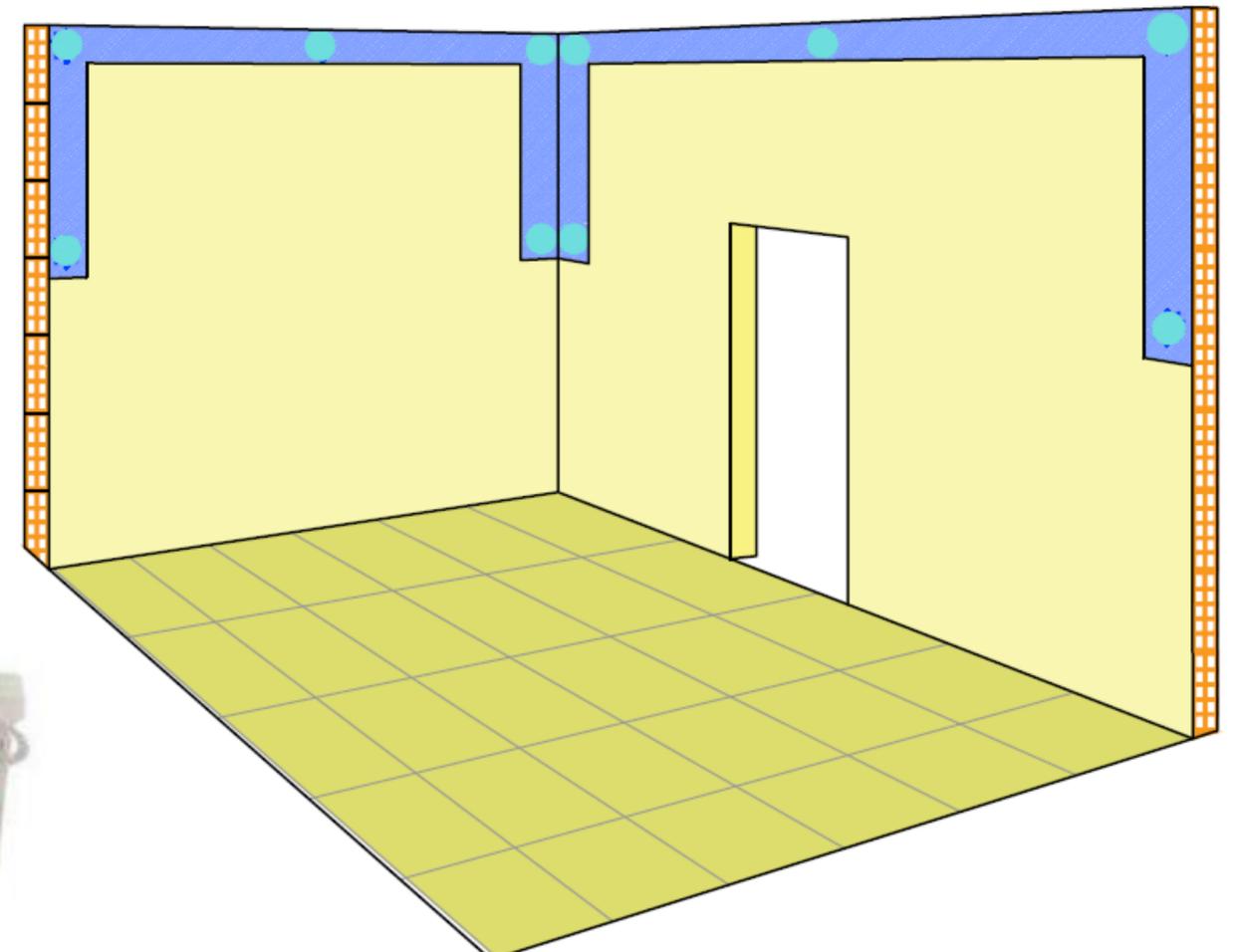
**PBO JOINT +
MX PBO JOINT**

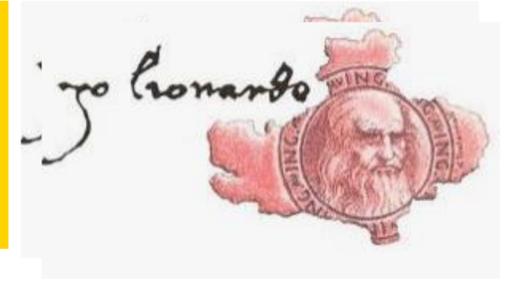


**C JOINT +
MX C JOINT**



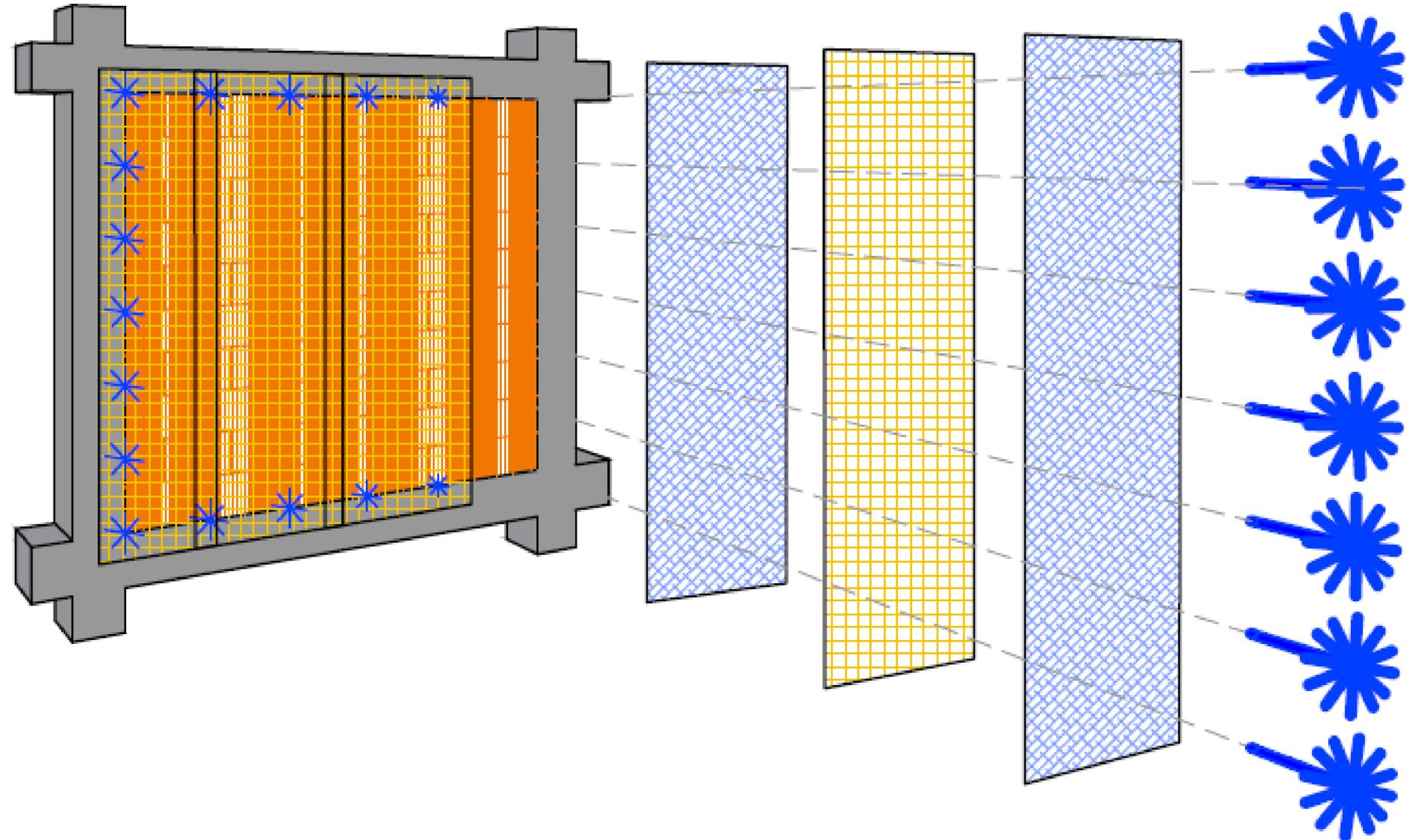
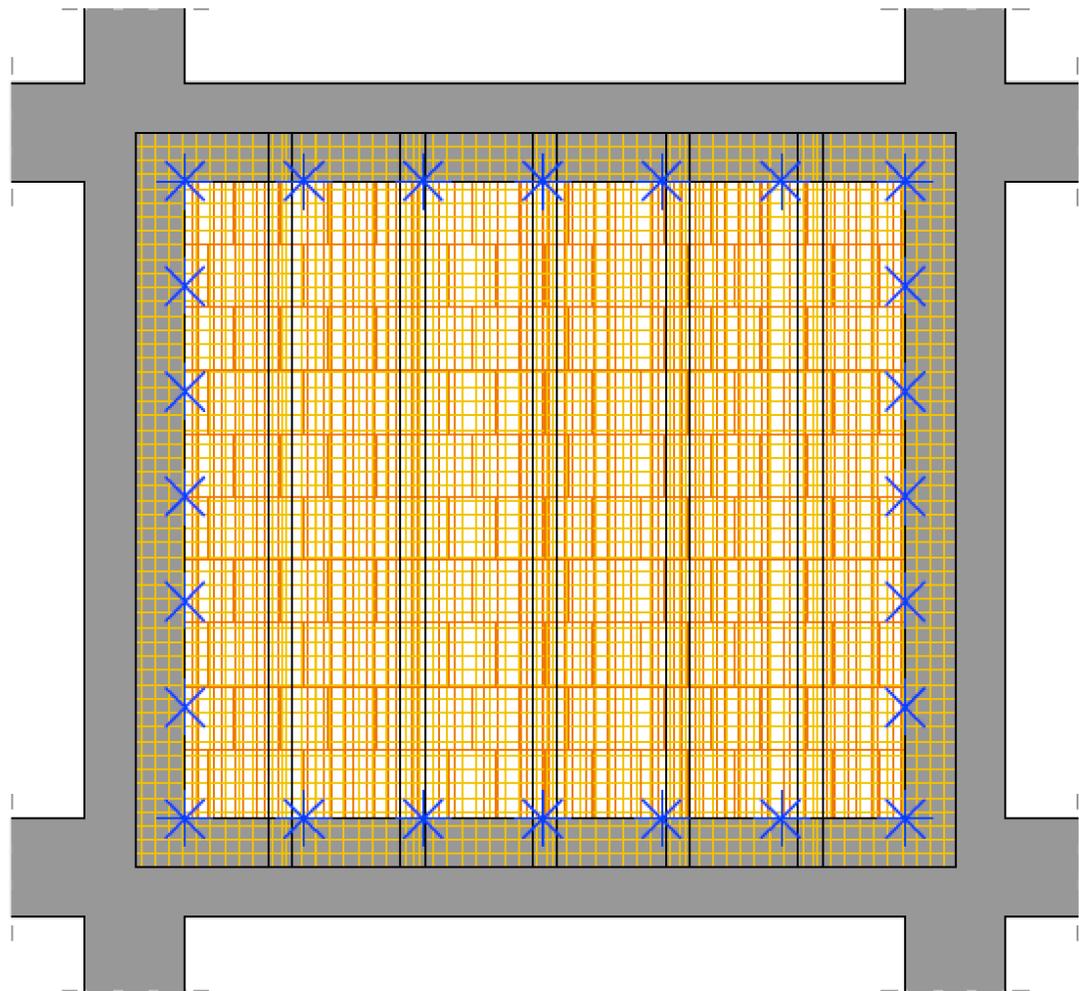
FASE 6: Sfioccare con la matrice inorganica **MX-PBO JOINT/MX-C JOINT**





Intervento con rete per prevenire rotture fragili: APPLICAZIONE DIFFUSA

SISTEMA FRCM



4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

Intervento con rete per prevenire rotture fragili:

APPLICAZIONE DIFFUSA

STUCANET SN

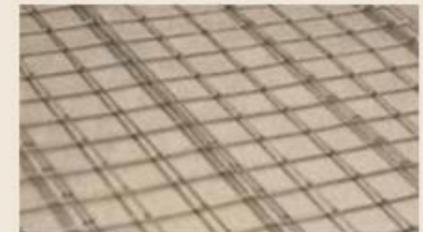
RETE IN ACCIAIO AD ALTA GALVANIZZAZIONE O INOSSIDABILE PER SISTEMI ANTIRIBALTAMENTO DI TRAMEZZATURE INTERNE E TAMPONAMENTI ESTERNI

CAMPI DI APPLICAZIONE

- Interventi di presidio antiribaltamento per elementi non strutturali.
- Messa in sicurezza di tamponamenti esterni di telai in calcestruzzo armato.
- Messa in sicurezza di tramezzature e partizioni interne.
- Presidi antisfondellamento.

ELEMENTI DEL SISTEMA

- **Rete**
STUCANET SN
Rete in acciaio zincato o inox in pannelli da 2,40 x 0,70 m (1,68 m²).



- **Malta**
MX-RW Alte Prestazioni
Resistenza a compr. $\geq 49,5$ MPa.
Modulo elastico ≥ 15 GPa.

- MX-CP Calce**
Base calce NHL 3.5.
Resistenza a compr. ≥ 15 MPa.
Modulo elastico $\geq 8,5$ GPa.

- MX-15 Intonaco**
Resistenza a compr. ≥ 15 MPa.
Modulo elastico ≥ 15 GPa.



- **Accessori**
Tassello Stucanet M6-F8-L45
Tassello per il fissaggio della rete al supporto

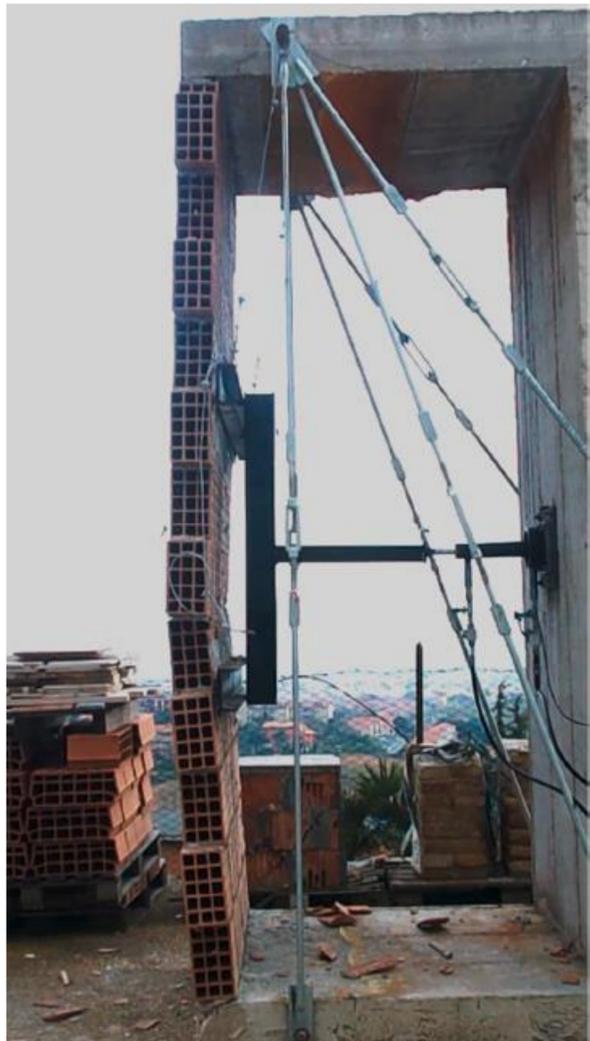


- Rondella Stucanet 9 x 70**
Rondella $\varnothing 7$ cm foro 9 mm per il fissaggio della rete al supporto



4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

SidLab s.r.l. Intervento con rete per prevenire rotture fragili: STUCANET SN APPLICAZIONE DIFFUSA



PROVA DI FLESSIONE

OBIETTIVO: VALUTARE IL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO, PER EFFETTO DI FORZE STATICHE ORTOGONALI AL PROPRIO PIANO, DI UNA STRISCIA DI PARETE DI MURATURA REALIZZATA CON BLOCCHI FORATI LEGGERI DISPOSTI A FORI ORIZZONTALI (CON SPESSORE PARI A CIRCA 140 MM) CON E SENZA UNO STRATO ESTERNO DI INTONACO E DI DETERMINARNE LA RESISTENZA E LA MODALITÀ DI ROTTURA.

4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

SidLab s.r.l. Intervento con rete per prevenire rotture fragili: STUCANET SN APPLICAZIONE DIFFUSA

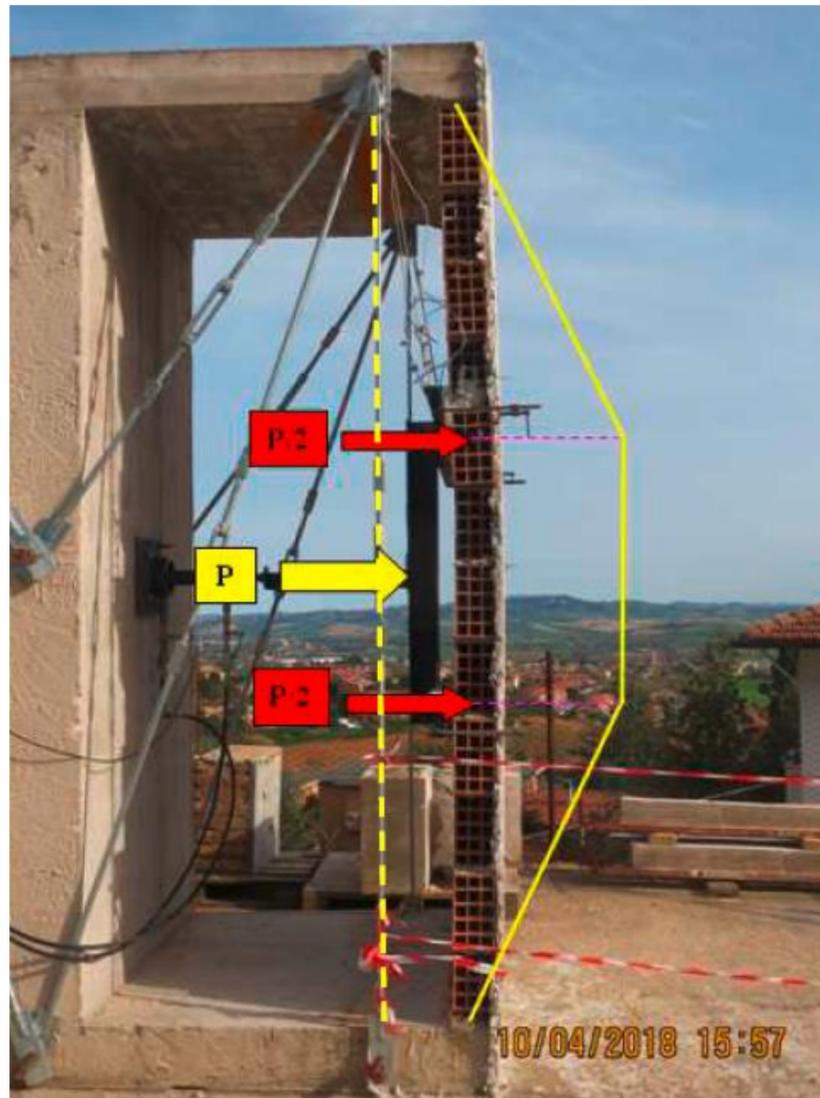


FIG. 1.1 – Schema di carico e diagramma dei momenti

PROVA DI FLESSIONE

L'EFFETTO DELL'AZIONE SISMICA ORIZZONTALE È STATO SIMULATO APPLICANDO UNA COPPIA DI FORZE CONCENTRATE AGENTI A CAVALLO DELLA SEZIONE SITUATA A METÀ DELL'ALTEZZA DEL MODELLO SPERIMENTALE. IN FUNZIONE DELLA FORZA RISULTANTE APPLICATA, SONO STATI MISURATI GLI SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

SidLab s.r.l. Intervento con rete per prevenire rotture fragili: STUCANET SN APPLICAZIONE DIFFUSA



PROVA DI FLESSIONE

DAI PANNELLI STUCANET® NON È STATO RIMOSSO IL CARTONE NEL QUALE È INSERITA LA RETE METALLICA CON LO SCOPO DI MINIMIZZARE L'ADERENZA TRA IL SISTEMA E LA PARETE.

LA RESISTENZA A SCORRIMENTO È AFFIDATA ESCLUSIVAMENTE AI TASSELLI DI FISSAGGIO.

OBIETTIVO: SIMULARE LA PRESENZA DI UN SUBSTRATO “INSTABILE” (INTONACO ESISTENTE FORTEMENTE DEGRADATO O ADDIRITTURA DISTACCATO DALLA PARETE MURARIA)

4 – Presidi antiribaltamento e antisfondellamento

SidLab s.r.l. Intervento con rete per prevenire rotture fragili: STUCANET SN APPLICAZIONE DIFFUSA

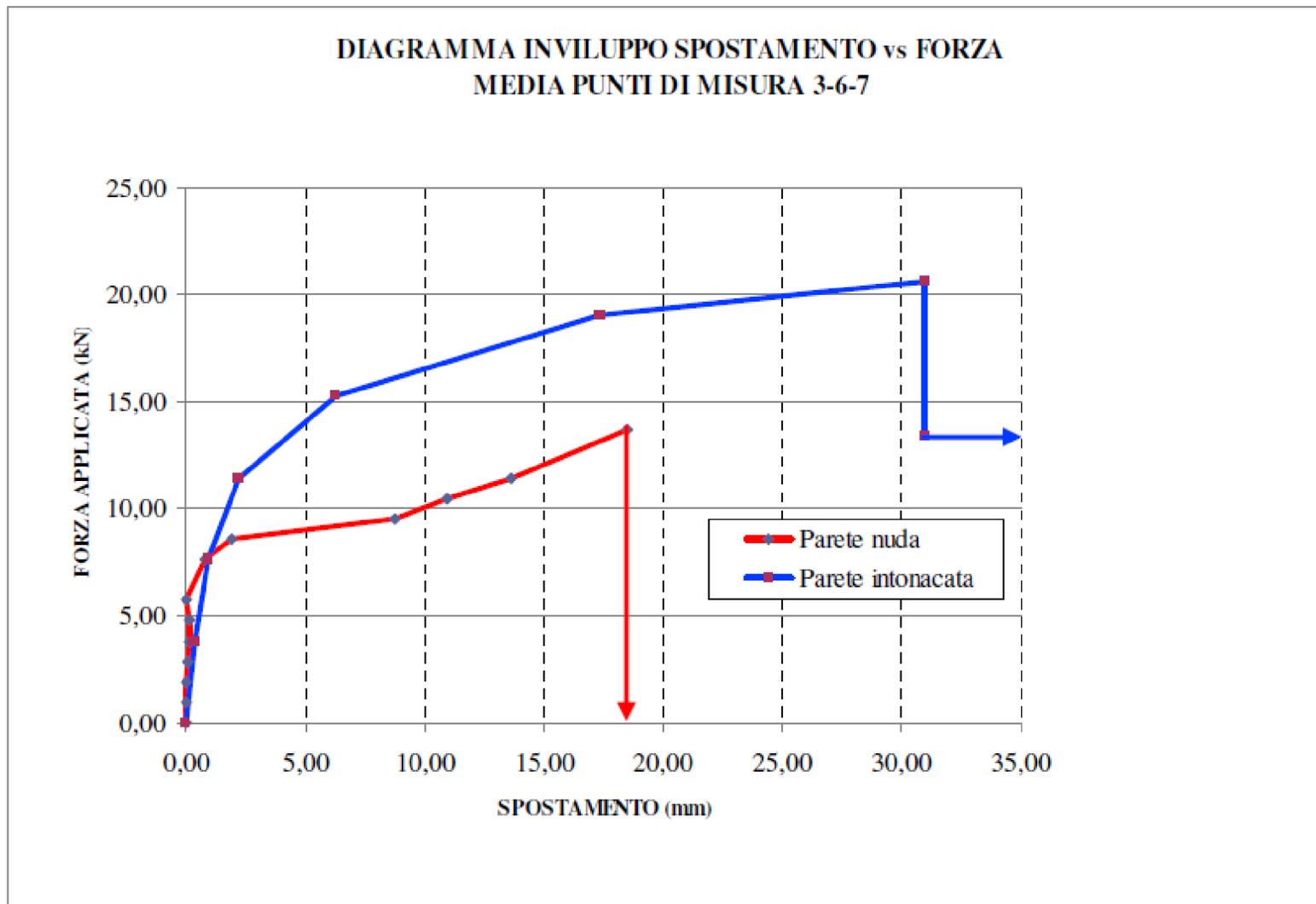


FIG. 4.1 – Diagrammi inviluppo delle due pareti indagate

CONCLUSIONI

APPARE QUINDI DEL TUTTO EVIDENTE CHE L'APPLICAZIONE DELLO STRATO DI INTONACO È BENEFICA IN TERMINI DI **RESISTENZA**, MA ANCHE IN TERMINI DI **“CAPACITÀ DEFORMATIVA”** OLTRE CHE DI **MECCANISMO DI ROTTURA**.

5 – Case History



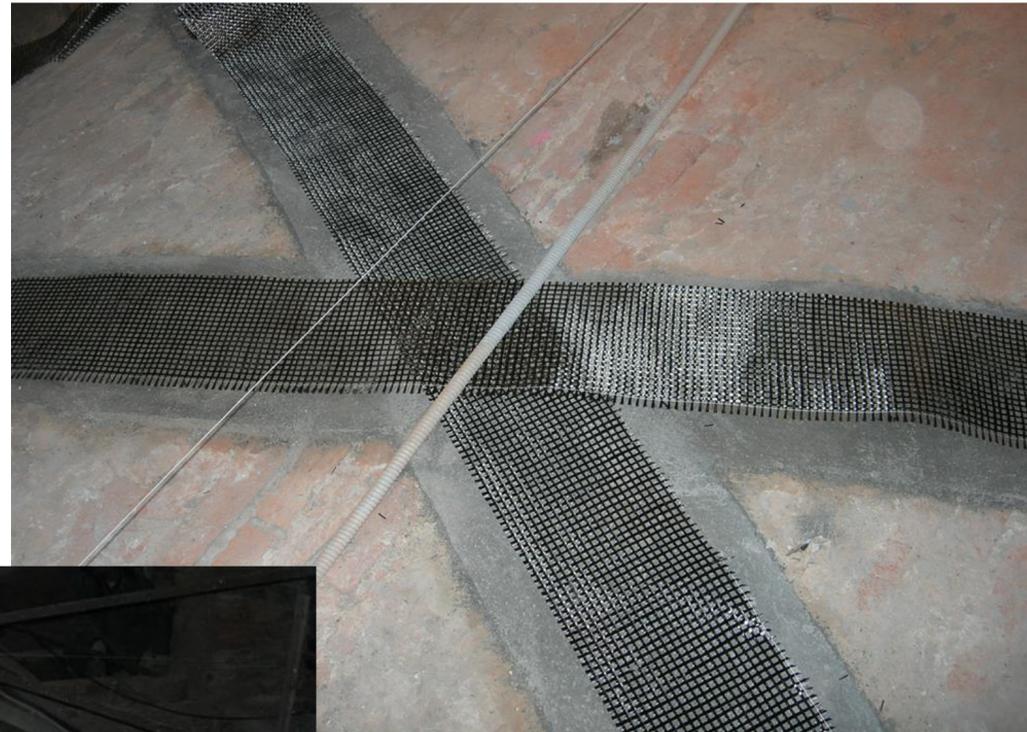
Castello di Parella (TO) rinforzo volte mediante sistema FRCCM



5 – Case History



Castello Masino - Caravino (TO) rinforzo volte mediante sistema FRCM



5 – Case History



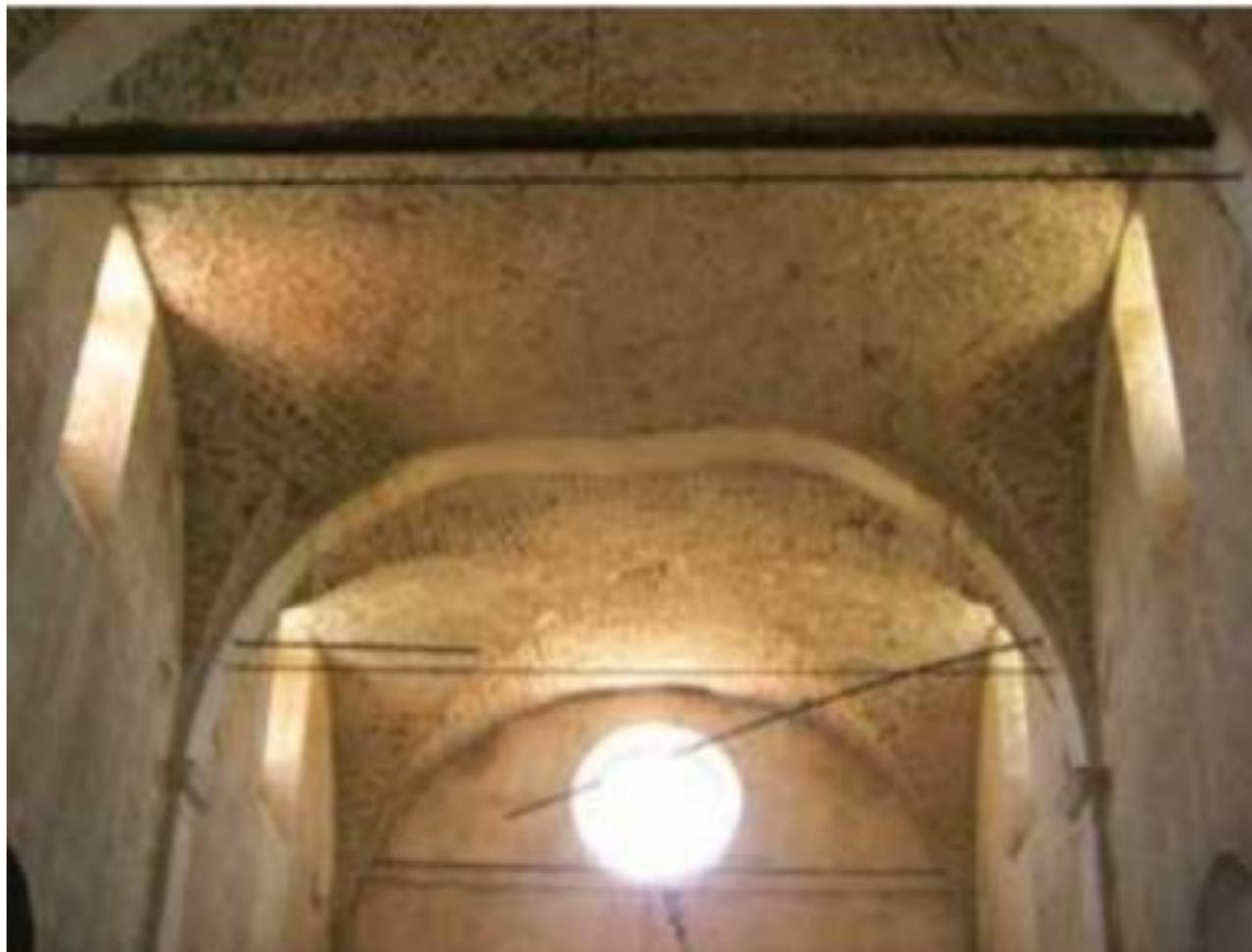
CRIPTA CHIESA SAN MARCELLINO - PARMA rinforzo travi mediante sistema FRCCM



5 – Case History



CHIESA DI SANTA MARIA DE' CENTURELLI – (AQ) **rinforzo volta mediante sistema FRCCM**



5 – Case History



PALAZZO MALENCHINI - PARMA **rinforzo mediante sistema FRCCM**



5 – Case History



EX PADIGLIONE OSPEDALE - SENIGALLIA (AN) rinforzo nodi mediante sistema FRM



5 – Case History



RINFORZO PARETI – cantiere Rapallo (GE)
G MESH 490 + elicoidali +GOLD RW



5 – Case History



RINFORZO PARETI – cantiere Rapallo (GE)
G MESH 490 + elicoidali +GOLD RW



5 – Case History



RINFORZO PARETI – cantiere Rapallo (GE)
G MESH 490 + elicoidali +GOLD RW



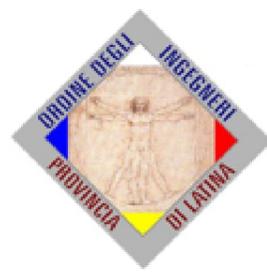
5 – Case History



RINFORZO PARETI – cantiere Rapallo (GE)
G MESH 490 + elicoidali +GOLD RW



5 – Case History



Ponte Corridonia (MC)

Anno: 2011

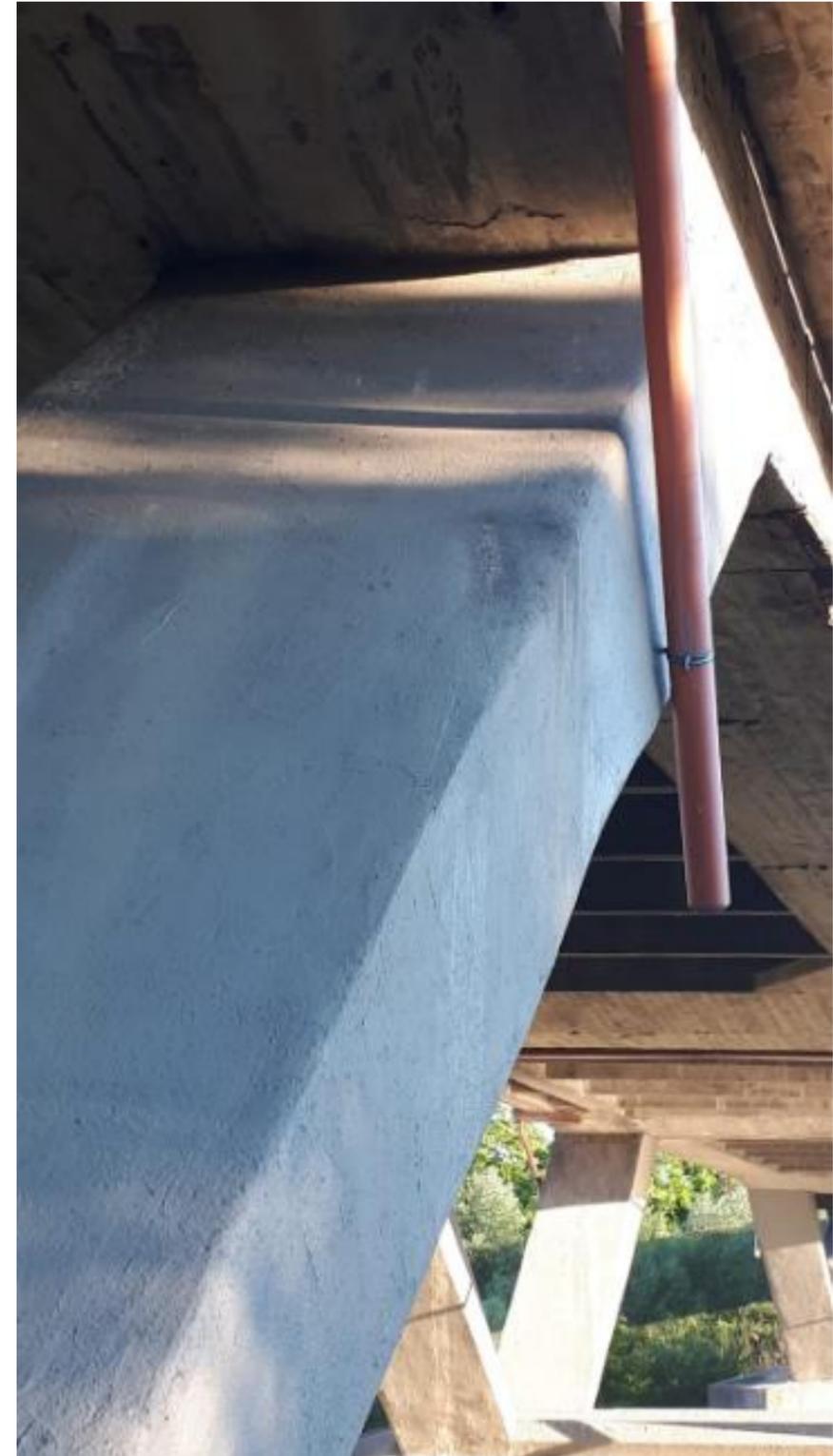


5 – Case History



Ponte Corridonia (MC)

Anno: 2020





**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI LATINA**

Grazie per aver partecipato

Ordine Ingegneri Latina



Microsoft Teams



zoom



Facebook Messenger



HANGOUTS



FaceTime



02.48011962



infoleca@leca.it



www.leca.it



Ing. Federica Caldosso

Cell.: 334 687 3270

Mail: federica.caldoso@ruregold.it