Location HOTEL BAIA TAORMINA

Date 7-8 NOVEMBRE 2019

Con il patrocinio di

CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

UniME INGEGNERIA

CONSULTA ORDINI INGEGNERI SICILIA

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI MESSINA

L'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI MESSINA
organizza il Corso Formativo

DAL TERREMOTO DI MESSINA AL CROLLO DEL PONTE MORANDI

Tecnologie di riqualificazione strutturale e antisismiche delle costruzioni esistenti – case history

Relatore: Dott. Ing. Giorgio Giacomin

G&P Intech srl – Divisione Hirun Engineering

G&P intech

INTERNATIONAL HIRUN ENGINEERING SOLUTION

MESSINA 1908

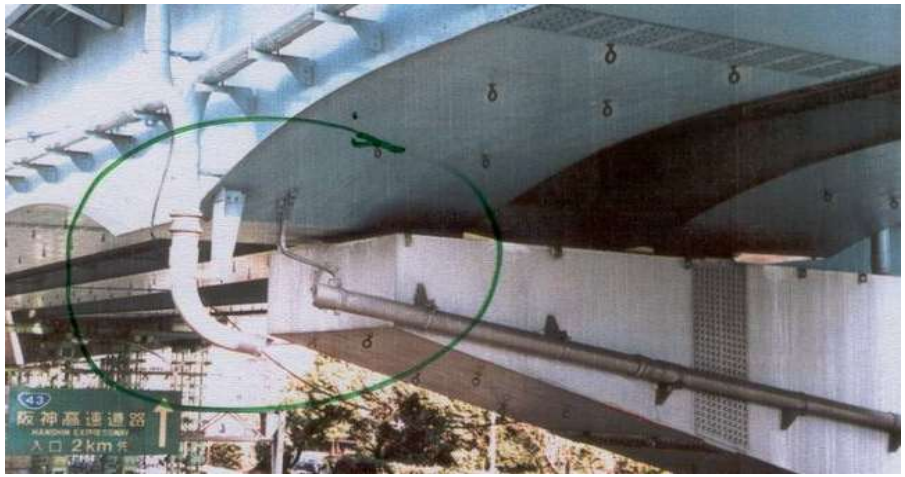
SANTA VENERINA (CT) 2002

L'AQUILA 2009

EMILIA 2012

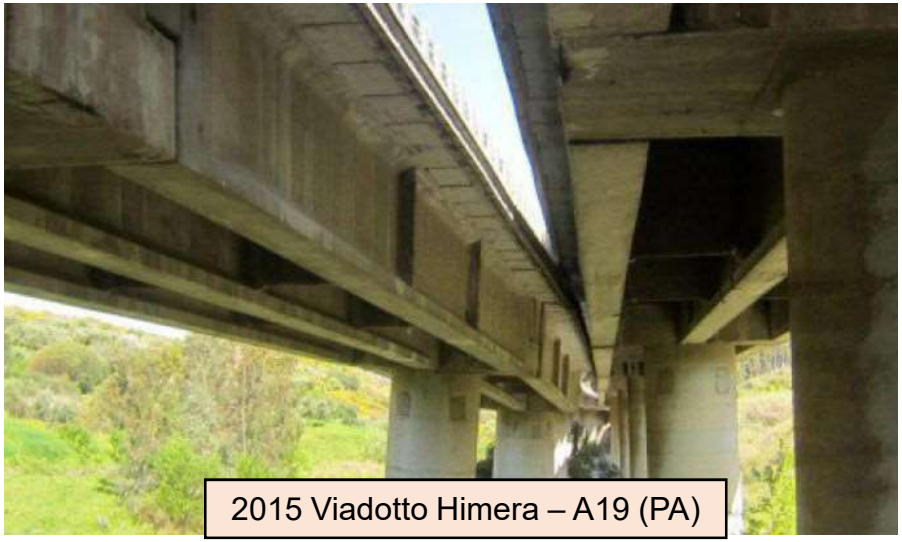
AMATRICE – CENTRO ITALIA 2016

KOBE (GIAPPONE) 1995, BHUJ (INDIA) 2001



CROLLO VIADOTTI

2014 Viadotto Lauricella – SS626 (AG)



2015 Viadotto Himera – A19 (PA)

2016 Cavalcavia SP49 (LC)

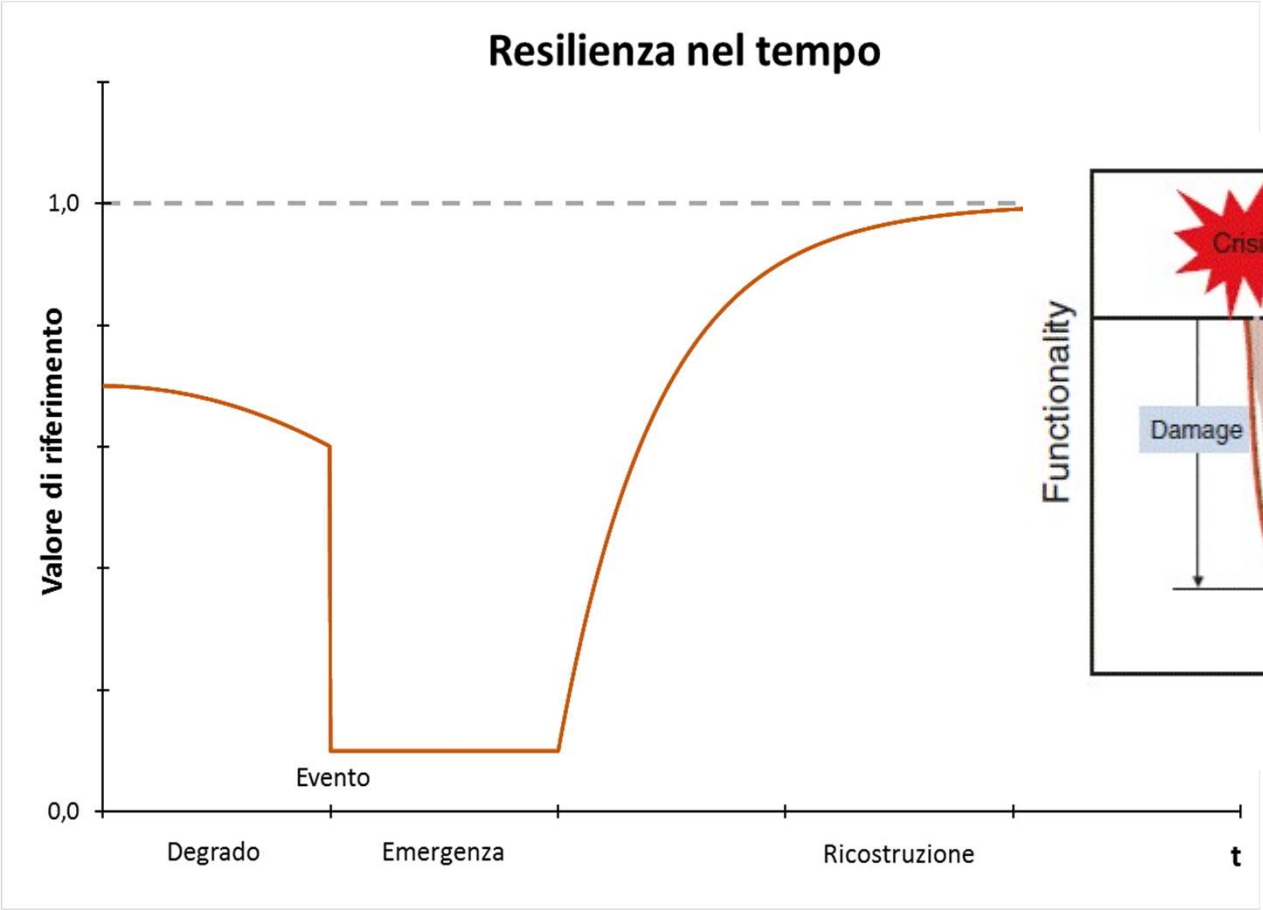
2017 Viadotto SS231 (CN)

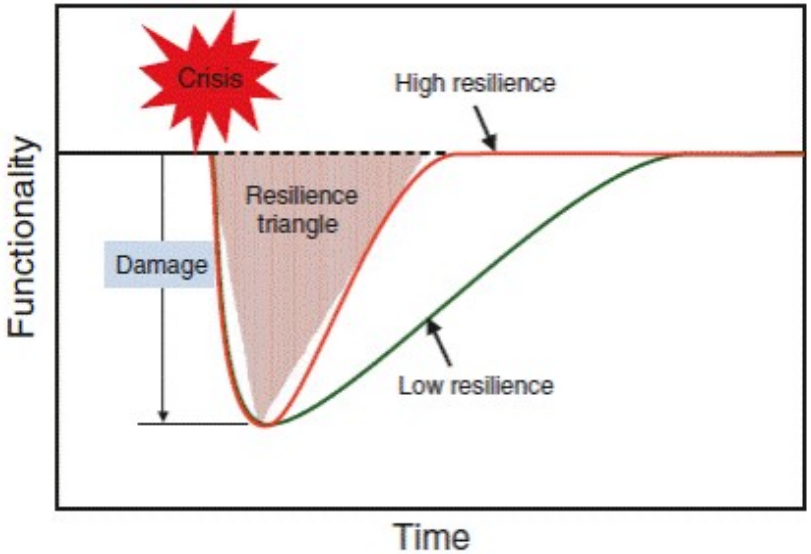
PONTE MORANDI

MANCANZA DI **PREVENZIONE E MANUTENZIONE**

RESILIENZA DI UN CONTESTO URBANIZZATO

IL CONCETTO DI RESILIENZA





RESILIENZA DI UN CONTESTO URBANIZZATO

L'IMPORTANZA DELLA RESILIENZA DEL CONTESTO URBANO

- Resilienza e sicurezza per i territori e le città. Progettare la prevenzione per il rischio sismico e idrogeologico
- Come prevenire efficacemente e in quali tempi i danni provocati da terremoti e catastrofi naturali che possono comportare un cambiamento fisico, sociale, culturale?
- Come e in quali tempi far ripartire una comunità dopo un evento naturale calamitoso?
- Si tratta di un cambiamento culturale ed operativo che dall'emergenza deve portare alla gestione ordinaria dei rischi naturali e che deve spingere a progettare e a realizzare strutture capaci di adattarsi ai cambiamenti climatici e a fronteggiare le fragilità del territorio nazionale.
- Va incentivata la capacità di sviluppare un'analisi critica delle debolezze del Paese avviando iniziative atte ad utilizzare al meglio conoscenze e competenze disponibili per intervenire in maniera più efficace sulla riduzione dei livelli di rischio.
- L'inadeguata gestione del territorio è uno dei problemi che occorre risolvere più urgentemente sviluppando maggiore consapevolezza nei cittadini per innescare comportamenti virtuosi.
- Per raggiungere l'obiettivo è fondamentale disporre di professionisti preparati e sensibili al problema, capaci di affermare la cultura e le buone pratiche di un'importante azione di prevenzione.

L'AZIENDA

G&P intech

- **G&P intech** rappresenta, grazie al **proprio know-how** e a **partnership internazionali**, una **importante realtà tecnologica di riferimento nell'ingegneria strutturale e nell'architettura**.
- **Da oltre 30 anni G&P Intech progetta e produce soluzioni innovative per l'edilizia ordinaria e monumentale e le infrastrutture nell'ambito dell'ingegneria sismica**, fornendo tecnologie di **rinforzo strutturale** ed **isolamento sismico**.
- Offriamo un **servizio completo** dalla **progettazione** e al **cantiere** con prodotti e tecnologie certificati, **consulenza** e **assistenza tecnica, formazione professionale**.
- Svolgiamo **attività di ricerca e sperimentazione** dei nostri prodotti presso le principali **Università italiane ed europee** (Cost, Rilem, Endure) ed **internazionali** (PIARC, IABMAS, Miami, Buenos Aires, Guangzhou).
- L'azienda produce secondo gli standard di **qualità ISO 9001, CE** e **CVT**.

SOLUZIONI ANTISISMICHE E DI RIQUALIFICAZIONE G&P INTECH

LE ATTIVITÀ DEL GRUPPO

G&P intech offre una gamma completa di **soluzioni antisismiche e di riqualificazione dell'esistente** mediante **rinforzi** con **materiali compositi** oppure con **tecnologie di isolamento e dissipazione sismica:**

SOLUZIONI

Sistemi di rinforzo e consolidamento
FRP – FRCM - CRM

- Aumento della resistenza
- Aumento della duttilità

Isolamento e dissipazione sismica
Div. HIRUN ENGINEERING

- Riduzioni delle azioni sismiche
- Incremento della dissipazione

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO

SISTEMI DI RINFORZO IN MATERIALI COMPOSITI

1. FRP - SRP: sono materiali **compositi** costituiti da un **tessuto** in **fibra lunga pre-impregnato** o da **impregnare in situ** (carbonio CFRP) o in **acciaio UHTSS** (SRP) in una **matrice** adesiva **organica**.

FIBRE E TESSUTI Carbonio
C-SHEET –CTB- Q

LAMELLE CFK

CONNETTORI
AFIX-CFIX-SFIX

CERTIFICATO CVT VALUTAZIONE TECNICA G&P INTECH FRP APPROVED

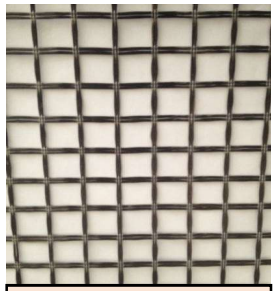
STEEL NET G

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO

SISTEMI DI RINFORZO IN MATERIALI COMPOSITI

2. FRCM – SRG: il sistema è formato da un kit di cui fanno parte i materiali compositi costituiti da una rete in fibra (carbonio, basalto o vetro AR) o da un tessuto in acciaio UHTSS (SRG) immersa in una matrice inorganica, cementizia o in calce idraulica o pozzolanica, fissate con specifici connettori.

C-NET 170 - 220BL

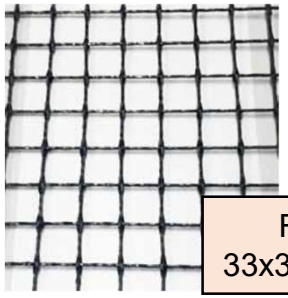


B-NET 450 BA

G-NET 301- 601 BAL

STEEL NET G

3. CRM: il sistema è formato dalla rete rigida preformata, in fibra di vetro AR, impiegata per intonaci armati.



RG NET BA
33x33 66x66 99X99

CONNETTORE
RG FIX 10

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – NORMATIVA

PROGETTAZIONE

- **FRP – SRP:** La normativa tecnica di riferimento principale è la **CNR DT 200 R1 2013**, che è stata recepita come normativa tecnica di comprovata validità, secondo le indicazioni del Cap. 12 delle NTC18. Ulteriori indicazioni, specialmente per il rinforzo dei nodi, sono fornite nelle ***Linee Guida ReLUIS*** *per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, nodi, tamponature e partizioni*.
- **FRCM – SRG**: La normativa tecnica di riferimento principale è la **bozza** della **CNR DT 215-2018**, che è stata recepita come normativa tecnica di comprovata validità, secondo le indicazioni del Cap. 12 delle NTC18. Ulteriori indicazioni, utili alla messa in opera dei rinforzi, sono fornite nelle ***Linee Guida ReLUIS*** *per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, nodi, tamponature e partizioni*.
- **CRM**: La normativa tecnica di riferimento principale sono le **NTC18**, che al Cap. 8 **prevedono** specificatamente **l'impiego di intonaci armati** per il rinforzo delle murature esistenti. Inoltre, secondo le indicazioni del Cap. 12 delle NTC18, si può sempre fare riferimento a normative tecniche di comprovata validità per una trattazione più esaustiva (**CNR-DT 203/2006**).

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – SOFTWARE

SOFTWARE DI CALCOLO
FRPsoftware, FRPnode, FRCMwall
PER CALCESTRUZZI E MURATURE RINFORZATI CON MATERIALI COMPOSITI

FRPsofTware

FRPnode

FRCM®wall

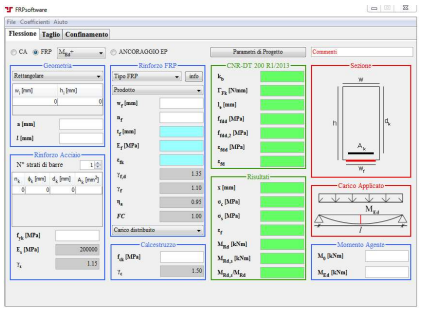
FRPwall

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – SOFTWARE

SOFTWARE DI CALCOLO
PER SISTEMI COMPOSITI FRP - FRCM

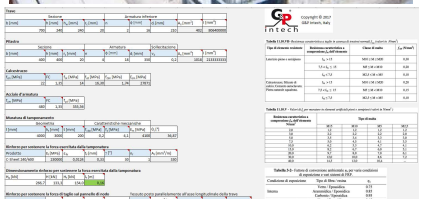
FRPsofTware®

Software per il calcolo di rinforzi strutturali per elementi in c.a. con materiali compositi FRP



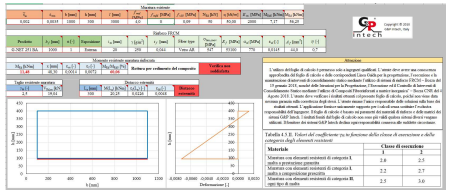
FRPnode®

Foglio di calcolo Excel per rinforzi di nodi Trave - Pilastro con materiali compositi FRP



FRCMwall®

Foglio di calcolo Excel per rinforzi di pannelli murari con intonaci armati FRCM



SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – SOFTWARE

PRESENTAZIONE DEI SOFTWARE

GENERALITÀ

- **FRPsofTware** e **FRPnode** costituiscono uno strumento di aiuto per il progettista che intenda rinforzare **elementi in c.a. e nodi a flessione, taglio e confinamento** con compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP).
- Il software è stato **sviluppato** da **G&P intech** in **collaborazione** con in Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'**Università degli Studi di Padova**.
- FRPsofTware e FRPnode sono **aggiornati** alle ultime normative tecniche e **linee guida DT 200 R1 2013** e alle recenti linee di qualificazione dei materiali compositi (FRP).
- **FRCMwall** è un **nuovissimo strumento di calcolo** per la progettazione dei **rinforzi strutturali** per le **murature** con sistemi **FRCM** (malte e reti) a disposizione dei progettisti.
- FRPwall… WORK IN PROGRESS!
- I **software e** i relativi **manuali** sono a disposizione **TOTALMENTE GRATUITI e SCARICABILI** sul sito:

www.gpintech.com

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – NORMATIVA

QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE

- FRP – SRP: D.P. C.S.LL.PP. n.293 del 29.05.2019
  - Per sistemi in **carbonio, vetro, aramide dal luglio 2016** è **obbligatoria** la qualifica **CVT** per l'impiego nel mercato nazionale.
  - Per **tessuti in acciaio e basalto** l'obbligo di **CVT** sarà dal giugno 2020.
- FRCM – SRG: DP C.S.LL.PP. n.1 del 08.01.2019
  - Per **tutti i sistemi FRCM** l'obbligo dei **CVT** sarà dal gennaio 2020, salvo proroghe
- CRM: D.P. C.S.LL.PP. n.293 del 29.05.2019
  - Per **tutte le reti CRM** l'obbligo dei **CVT** sarà dal giugno 2020 salvo proroghe.

DISPOSTO MINISTERIALE NEL PERIODO TRANSITORIO

SISTEMI DI RINFORZO E CONSOLIDAMENTO – NORMATIVA

DISPOSTO MINISTERIALE NEL PERIODO TRANSITORIO

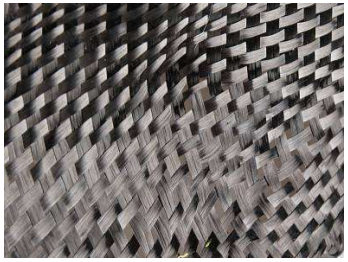
"Viene previsto un periodo transitorio di 12 mesi, entro il quale per quanto concerne l'impiego di compositi a matrice inorganica FRCM, i Fabbricanti che abbiano presentato al Servizio Tecnico Centrale istanza di CVT per compositi realizzati con le suddette fibre, nelle more del rilascio o diniego del certificato, possono commercializzare i medesimi prodotti per i quali è stata richiesta la certificazione; in tal caso, tutte le forniture devono essere accompagnate da una apposita dichiarazione – resa sotto la propria responsabilità – che i sistemi in questione sono conformi alle disposizioni della Linea Guida di cui all'art. 1 del decreto 8 gennaio 2019"

Analogamente lo stesso disposto ministeriale viene applicato per tessuti in acciaio e basalto FRP e per le reti CRM, essendo le linee guida di qualificazione state emanate il 29 maggio 2019.

1. FRP – SRP System: PRODOTTI

TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

I tessuti in carbonio a disposizione, tutti forniti di CVT sono i seguenti:



Nome prodotto	Classe	Direzione	Grammatura
C-SHEET 240/300	210 C (modulo standard)	Uniassiale	300 gr/m^2
C-SHEET 240/400	210 C (modulo standard)	Uniassiale	400 gr/m^2
C-SHEET 240/600	210 C (modulo standard)	Uniassiale	600 gr/m^2
C-SHEET 390/300	350/2800 C (alto modulo)	Uniassiale	300 gr/m^2
C-SHEET 390/400	350/2800 C (alto modulo)	Uniassiale	400 gr/m^2
CTB 240/360	210 C (modulo standard)	Biassiale (bilanciato)	360 gr/m^2
C-SHEET Q 240/380	210 C (modulo standard)	Quadriassiale (bilanciato)	380 gr/m^2

1. FRP – SRP System: PRODOTTI

LAMELLE PULTRUSE IN FIBRA DI CARBONIO

Le lamelle pultruse in carbonio a disposizione, **tutte** fornite di **CVT** sono le seguenti:

Nome prodotto	Classe	Direzione	Spessore
Lamella CFK 150/2000	C 150/2300 (modulo standard)	Uniassiale	1,4 mm
Lamella CFK 200/2000	C 200/1800 (alto modulo)	Uniassiale	1,4 mm

1. FRP – SRP System: PRODOTTI

TESSUTI IN ACCIAIO AD ALTA RESISTENZA UHTSS

I tessuti in acciaio galvanizzato (G) ad alta resistenza UHTSS (Ultra High Tensile Strength Steel) a disposizione, sono i seguenti:

Nome prodotto	Classe	Direzione	Grammatura
STEEL-NET G220	190 S	Uniassiale	2200 gr/m^2
STEEL-NET G350	190 S	Uniassiale	3500 gr/m^2

1. FRP – SRP System: PRODOTTI

RESINE

Le **resine e** gli **adesivi RESIN marcati CE** (EN 1504-4) sono utilizzati **per regolarizzare** le superfici **e incollare/impregnare il rinforzo FRP**; sono per la maggior parte bicomponenti, e si dividono in **primer, adesivi in pasta e fluidi**. È pertanto fondamentale **mescolare** i **componenti A e B** secondo i corretti rapporti di catalisi indicati dal produttore.

L'impregnazione del tessuto deve inoltre **essere garantita per tutto lo spessore.**

Le principali resine sono:

Nome prodotto	Descrizione
RESIN PRIMER	Primer epossidico per la preparazione del supporto all'incolaggio del tessuto.
RESIN 75	Adesivo epossidico per l'incolaggio e l'impregnazione dei tessuti in carbonio.
RESIN 90	Adesivo epossidico in pasta per l'incolaggio dei tessuti in acciaio e delle lamelle pultruse.

1. FRP – SRP System: PRODOTTI

CONNETTORI

I **connettori** non fanno parte del kit FRP certificato, tuttavia sono **impiegati** per **migliorare l'ancoraggio** dei **rinforzi FRP**.

Nome prodotto	Descrizione
AFIX	Connettore a fiocco in aramide
CFIX	Connettore a fiocco in carbonio
SFIX G	Connettore a fiocco in acciaio galvanizzato

I connettori a fiocco sono disponibili nei **diametri di 8-10-12 mm**.

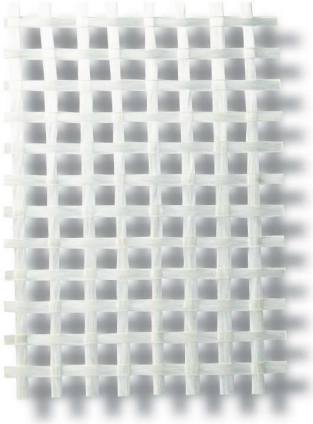
Per la sua resistenza al taglio e all'urto, in presenza di **fibre di carbonio, è preferibile il connettore in aramide AFIX a quello** in carbonio **CFIX**.

In presenza di **tessuti in acciaio** s'impiega solitamente il **connettore in acciaio galvanizzato SFIX G**.

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

RETI IN FIBRA DI VETRO APPRETTATE

Le reti in fibra di vetro AR (Alcali Resistente) apprettate a disposizione per la tecnologia **FRCM** sono le seguenti:

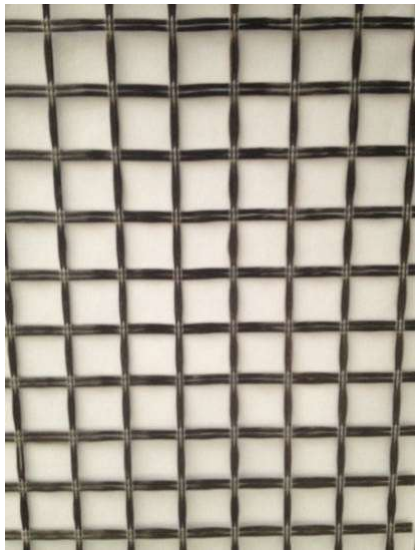


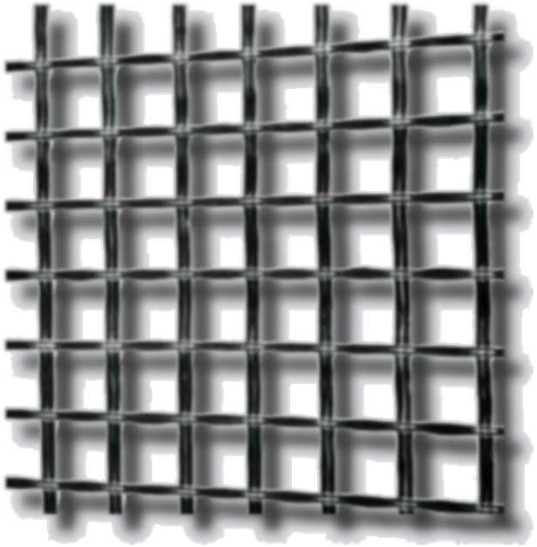
Nome prodotto	Direzione	Grammatura	Carico (per direzione)
G-NET 251 BA	Bidirezionale (bilanciata)	250 gr/m^2	> 50 kN/m
G-NET 301 BA	Bidirezionale (bilanciata)	300 gr/m^2	> 60 kN/m
G-NET 401 BAL	Bidirezionale (bilanciata)	400 gr/m^2	> 90 kN/m
G-NET 601 BAL	Bidirezionale (bilanciata)	600 gr/m^2	> 125 kN/m

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

RETI IN FIBRA DI BASALTO APPRETTATE

Le reti in fibra di basalto apprettate a disposizione per la tecnologia **FRCM** sono le seguenti:





Nome prodotto	Direzione	Grammatura	Carico (per direzione)
B-NET 250 BA	Bidirezionale (bilanciata)	250 gr/m^2	> 80 kN/m
B-NET 450 BA	Bidirezionale (bilanciata)	450 gr/m^2	> 145 kN/m

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

RETI IN FIBRA DI CARBONIO

La rete in fibra di carbonio a disposizione per la tecnologia **FRCM** è la seguente:

Nome prodotto	Direzione	Grammatura	Carico (per direzione)
C-NET 220 BL	Bidirezionale (bilanciata)	220 gr/m^2	> 115 kN/m

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

TESSUTI IN ACCIAIO AD ALTA RESISTENZA UHTSS

I tessuti in acciaio galvanizzato (G) ad alta resistenza UHTSS (Ultra High Tensile Strength Steel) a disposizione per la tecnologia SRG, sono i seguenti:

Nome prodotto	Direzione	Grammatura	Carico
STEEL-NET G80	Uniassiale	700 gr/m^2	220 kN/m
STEEL-NET G135	Uniassiale	1350 gr/m^2	432 kN/m
STEEL-NET G220	Uniassiale	2200 gr/m^2	698 kN/m

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

MALTE

Le **malte sono marcate CE in conformità alla normativa europea,** sono utilizzate **per regolarizzare** le superfici **e fissare il rinforzo FRCM al supporto**.

Le principali malte impiegate sono:

COMPATIBILITÀ

Nome prodotto	Descrizione
LIMECRETE	Malta a base di calce idraulica M15, marcata CE ai sensi della EN 998-2, è compatibile con le murature storiche.
CONCRETE ROCK S	Malta classe R2 a reattività pozzolanica, marcata CE ai sensi della EN 1504-3, ideale per murature e CLS.
CONCRETE ROCK V2	Malta cementizia tixotropica bicomponente classe R4, marcata CE ai sensi della EN 1504-3, ideale per CLS.

RESISTENZA

2. FRCM – SRG System: PRODOTTI

CONNETTORI

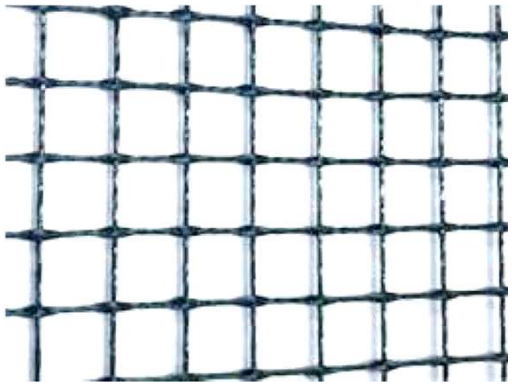
I **connettori** fanno **parte del kit** FRCM certificato, e sono **impiegati** per **migliorare l'ancoraggio** dei **rinforzi FRCM**.

Nome prodotto	Descrizione
AFIX	Connettore a fiocco in aramide (per reti in carbonio)
BFIX	Connettore a fiocco in basalto (per reti in basalto)
CFIX	Connettore a fiocco in carbonio (per reti in carbonio)
GFIX AR	Connettore a fiocco in vetro AR (per reti in vetro)
SFIX G	Connettore a fiocco in acciaio galvanizzato (per tessuti in acciaio)
RG FIX	Connettori rigidi a L in GFRP preformati (per tutte le reti)
I-FIX 40	Connettori ad L in acciaio inox AISI 304 (per tessuti in acciaio)
STEEL ANCHORFIX	Barra elicoidale in INOX, che piegata può essere impiegata come connettore (per tessuti in acciaio)

3. CRM System: PRODOTTI

RETI RIGIDE PREFORMATE IN FIBRA DI VETRO E CONNETTORI

Le reti in fibra di vetro AR (Alcali Resistente) preformate (GFRP) sono le RG-NET insieme ai **relativi pezzi speciali ad angolo E-corner RG L25.** Come **connettori** s'impiegano i connettori rigidi **RG FIX** (con lunghezze da 20 a 60 cm), preformati in GFRP e inghisati con malta o resine.



Nome prodotto	Direzione	Classe	Carico (per direzione)
RG33 NET BA	Bidirezionale (bilanciata)	G38/600	168 kN/m
RG66 NET BA	Bidirezionale (bilanciata)	G38/600	84 kN/m
RG99 NET BA	Bidirezionale (bilanciata)	G38/600	56 kN/m

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

PRINCIPI GENERALI

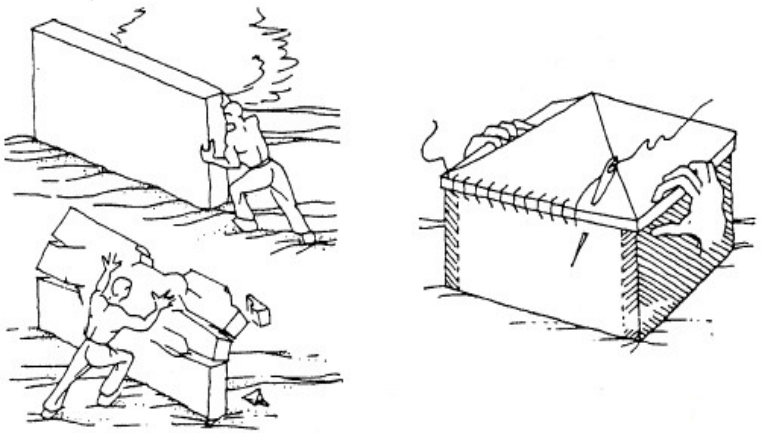
- **Rinforzi** possibilmente **in modo regolare ed uniforme.**
- L'esecuzione di **interventi su porzioni limitate** dell'edificio **va opportunamente valutata e giustificata calcolando l'effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidezze.**
- Particolare **attenzione** deve essere posta **ai materiali impiegati e alla fase esecutiva degli interventi.**
- Una **cattiva esecuzione può comportare un peggioramento** delle caratteristiche della muratura o del comportamento globale dell'edificio.
- **Chiara comprensione della struttura.**
- **L'intervento deve garantire anche** (miglioramento controllato):
  - **compatibilità** e **durabilità**;
  - integrazione e **non trasformazione** della struttura;
  - **rispetto** di concezione e **tecniche originarie della struttura**;
  - **bassa invasività**;
  - se possibile, **reversibilità o rimovibilità**;
  - **minimizzazione** dell'intervento.

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

PRINCIPI GENERALI

Nel **rinforzo delle murature** è necessario fare riferimento alla seguente gerarchia delle resistenze:

- Coesione muraria ➔ **iniezioni** di consolidamento
- Eliminazione dei meccanismi di collasso locale (fuori dal piano), perseguendo un funzionamento scatolare del fabbricato ➔
  - → riduzione di **spinte di volte e coperture;**
  - → **eliminazione o ampliamento di giunti;**
  - → **inserimento di tiranti, cerchiature** esterne;
  - → **ammorsatura fra pareti confluenti;**
  - → **cordoli in sommità;**
  - → **connessione dei solai** alle murature.
- Azioni orizzontali (nel piano) di **murature, colonne** e degli **elementi a semplice o doppia curvatura.**

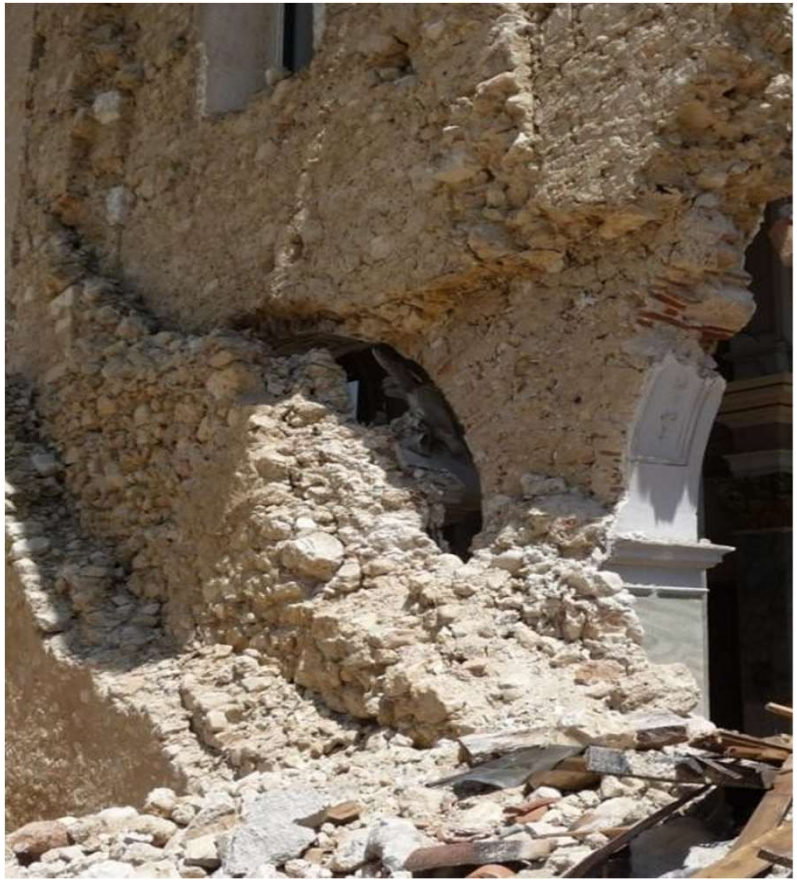


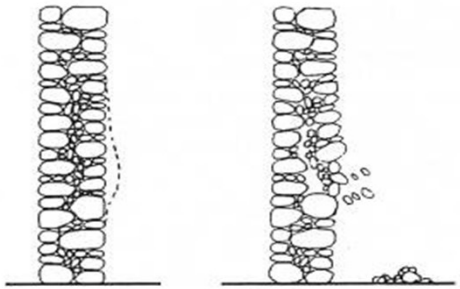
Concezione strutturale a "sistema scatolare"

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

COESIONE MURARIA

Per il **consolidamento della tessitura** muraria s'impiegano **iniezioni con malte** a base calce **LIMECRETE IR**

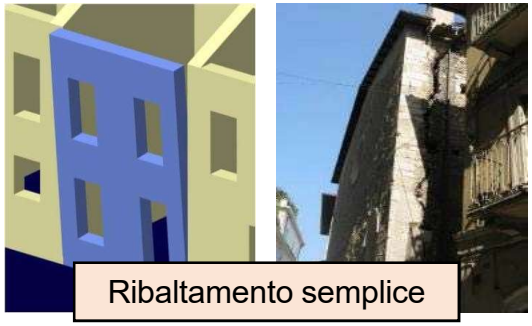




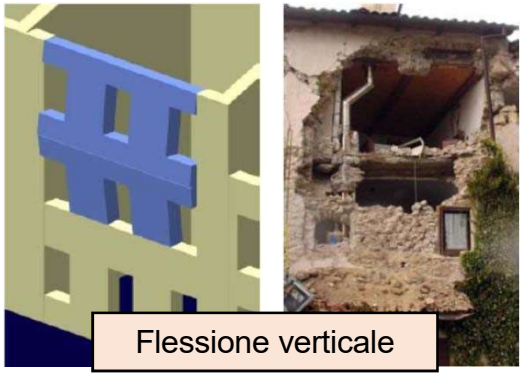
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

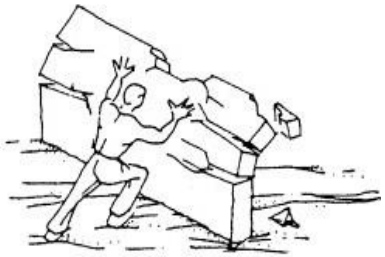
CRISI PER MECCANISMI DI COLLASSO LOCALE

Tali meccanismi interessano **principalmente la parte alta delle pareti**, in una zona dove la **muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione**. Ad aggravare la situazione vi è **l'insufficienza dei collegamenti tra pareti e tra pareti e orizzontamenti,** oltre alla presenza di **orizzontamenti di tipo spingente**, che possono portare all'attivazione di meccanismi di collasso anche ai piani intermedi.


Ribaltamento semplice

Ribaltamento composto


Flessione verticale

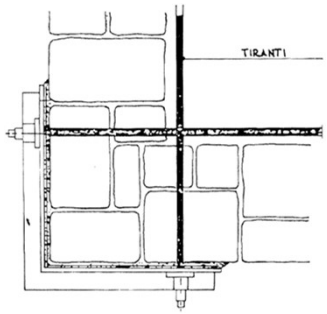


Flessione orizzontale

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

MIGLIORAMENTO DEI COLLEGAMENTI CON TIRANTI

Disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, a livello dei solai ed in corrispondenza delle pareti portanti, ancorati alle murature mediante capochiave (a paletto o a piastra), possono **favorire il comportamento d'insieme del fabbricato**. Migliorano il comportamento nel piano di pareti forate. Tipicamente è necessario un **consolidamento della muratura nell'area del capochiave**.



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

MIGLIORAMENTO DEI COLLEGAMENTI CON CORDOLI

Possono essere realizzati dei **cordoli in sommità alle pareti** per il **miglioramento del collegamento tra pareti e con la copertura**:

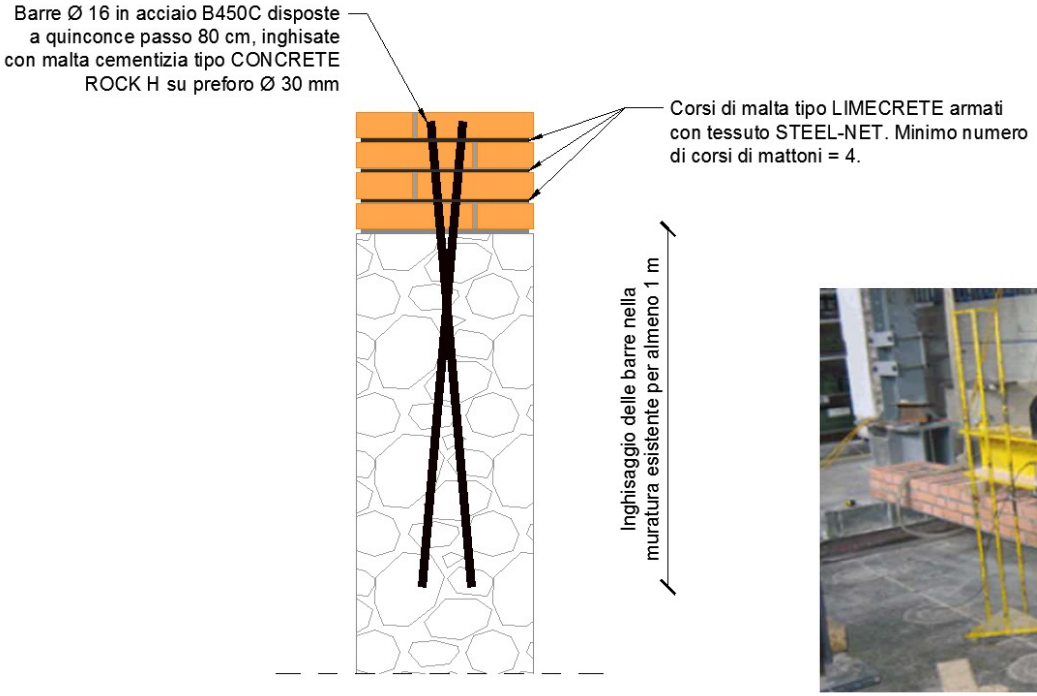
- In **calcestruzzo armato**, solo se di altezza limitata, per **evitare eccessivi appesantimenti ed irrigidimenti**, inoltre effetti negativi sulla conservazione.
- In **muratura armata con SRG** consentendo di realizzare il collegamento attraverso una tecnica volta alla **massima conservazione** delle caratteristiche murarie esistenti e **senza significativi appesantimenti**. In **alternativa rinforzo** con fascia di piano con **tessuto SRG interno-esterno e connettori di collegamento**.
- In **acciaio**, rappresentando una alternativa per la loro **leggerezza e la limitata invasività**. Si prestano particolarmente bene al collegamento degli elementi lignei della copertura.

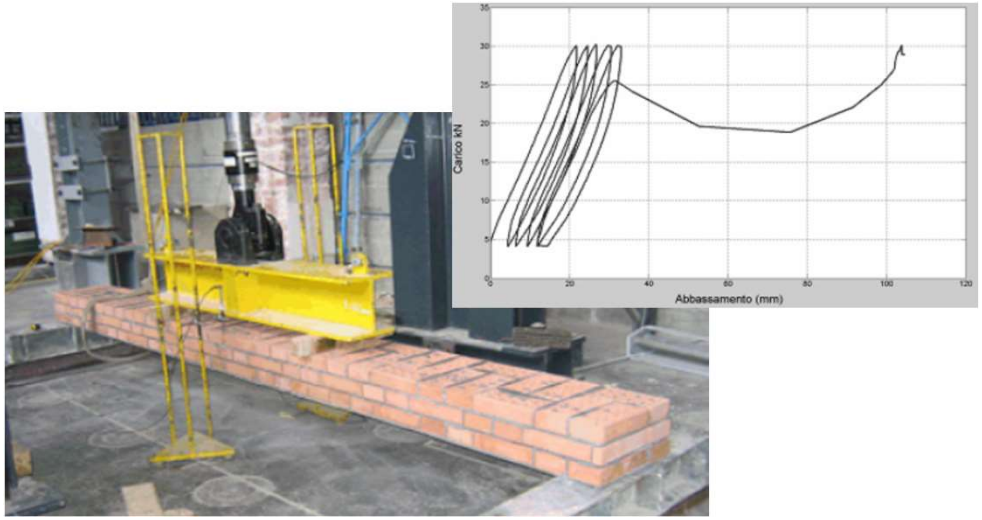
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

MIGLIORAMENTO DEI COLLEGAMENTI CON CORDOLI SRG

SCHEMA ED ESEMPI

- Cordolo ad **elevata resistenza** e con la **minima interferenza** sull'edificio esistente.





RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

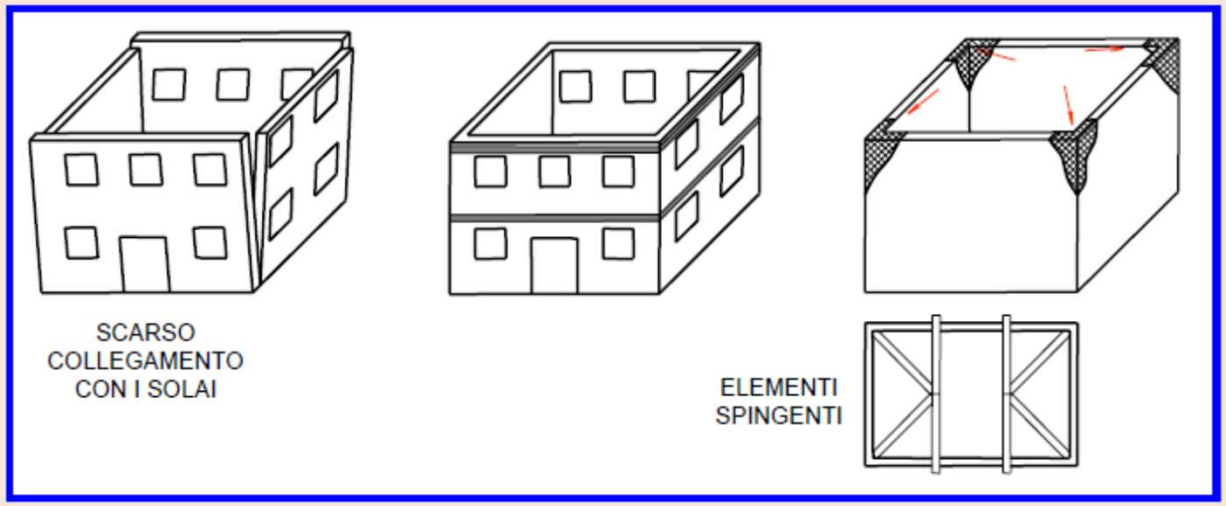
MIGLIORAMENTO DEI COLLEGAMENTI: CERCHIATURA DELLA FASCIA DI PIANO

"CINTURAZIONE"

La "cinturazione" dell'edificio migliora diversi aspetti:

- scarso collegamento tra pareti ortogonali
- spinte di elementi di copertura
- distribuisce forze orizzontali date dai solai

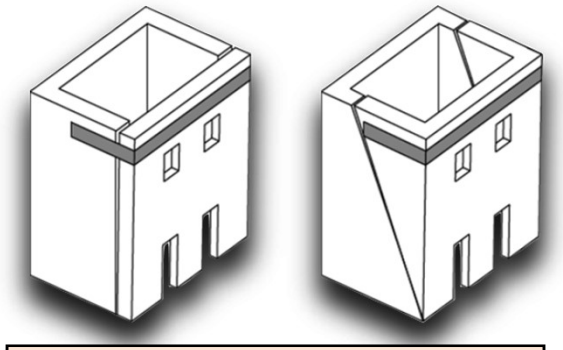
senza aggiungere peso, specie con i compositi.



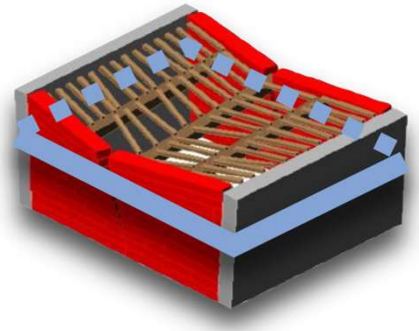
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

MIGLIORAMENTO DEI COLLEGAMENTI: CERCHIATURA DELLA FASCIA DI PIANO

PUÒ ESSERE REALIZZATA **CON SISTEMI FRP, FRCM, SRG**



Ribaltamento semplice o composto



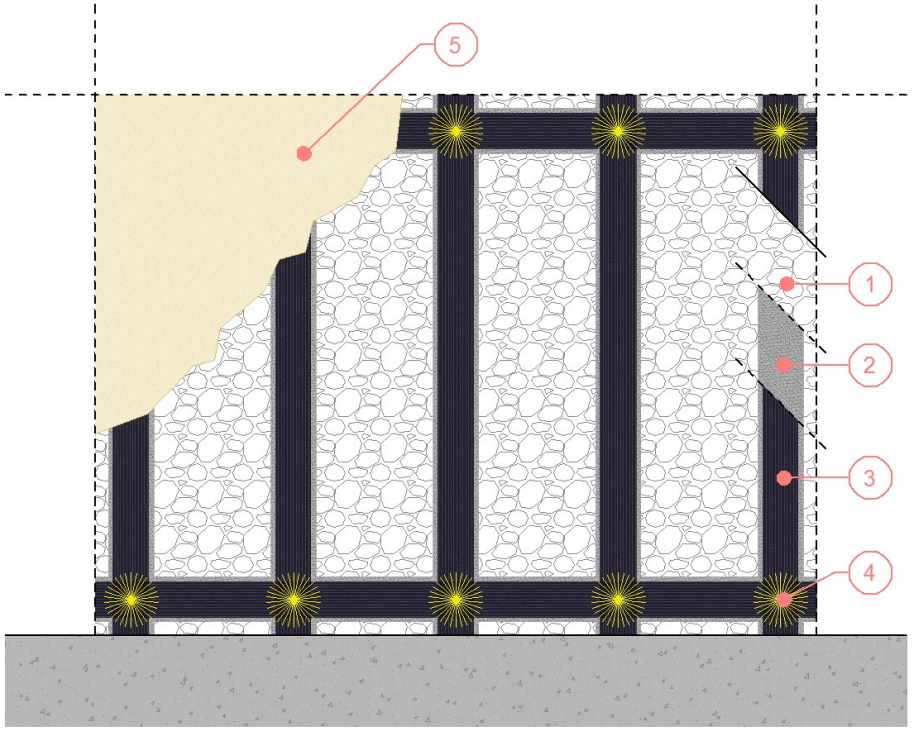
Flessione orizzontale

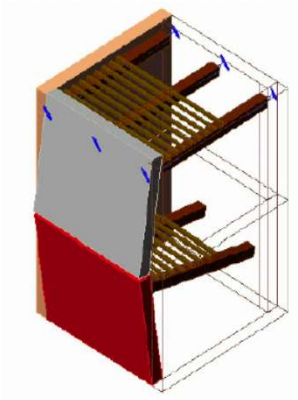
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

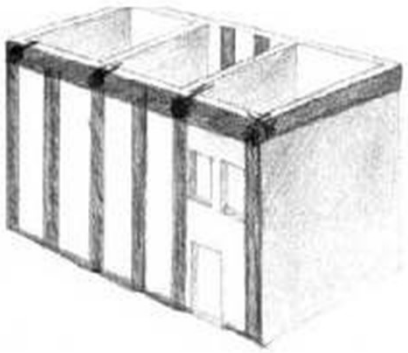
RINFORZO NEI CONFRONTI DEL COLLASSO PER FLESSIONE VERTICALE

SCHEMA ED ESEMPI

Applicazione di **fasce verticali distribuite** di con tecnologia **FRP System**.





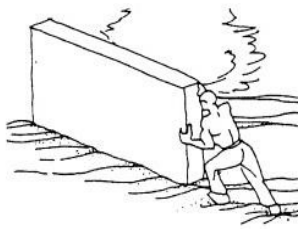


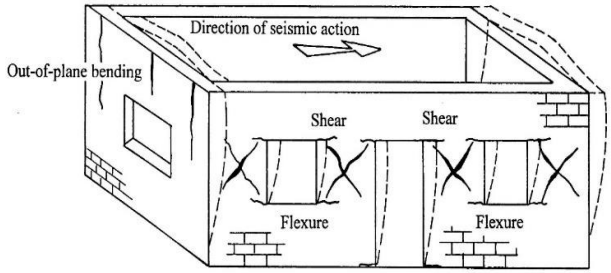
- Applicazione di tessuto in zona tesa
- Connessioni con le pareti ortogonali

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

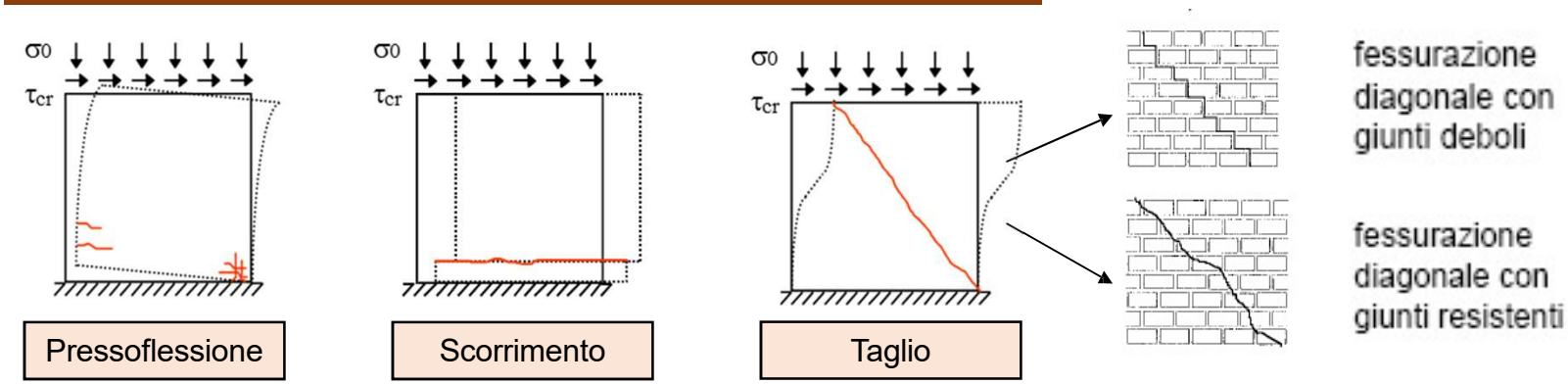
CRISI PER COLLASSO NEL PIANO DELLA MURATURA

Quando la **struttura muraria presenta sufficiente coesione** e **sufficiente resistenza** nei confronti dei **meccanismi di collasso locale**, esibendo pertanto un **comportamento di tipo scatolare**, sono possibili **fenomeni di collasso globali nel piano** della muratura.





POSSIBILI MODALITÀ DI COLLASSO PER AZIONI NEL PIANO

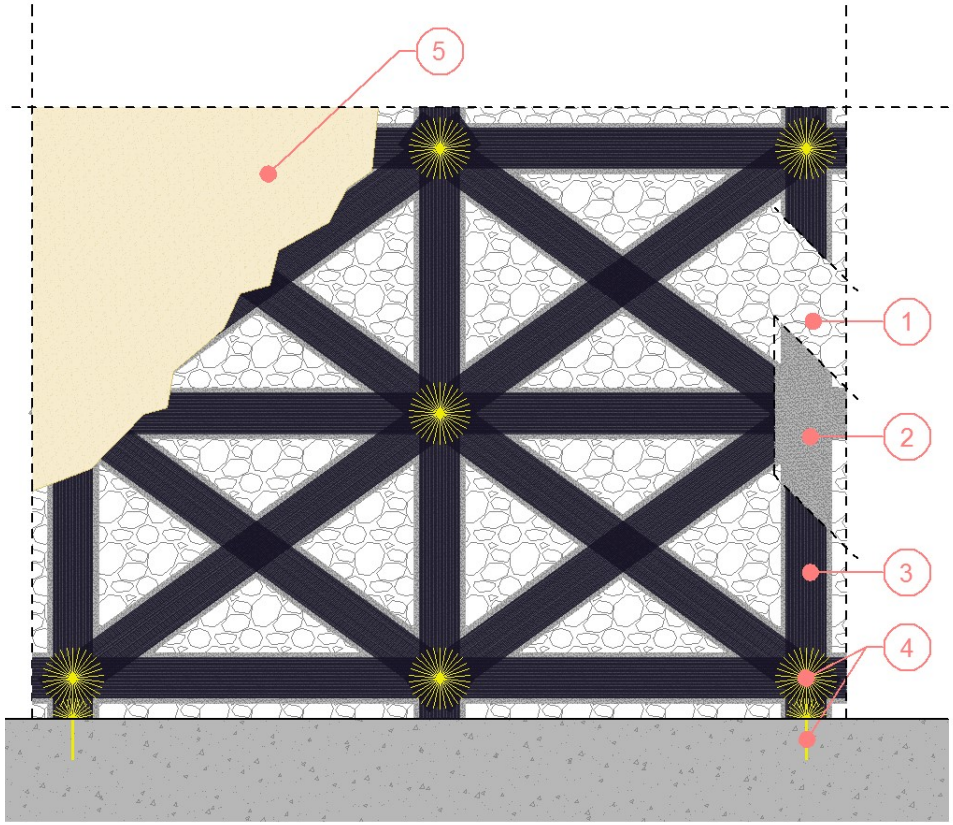


RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

1. FRP – SRP: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

FASI:

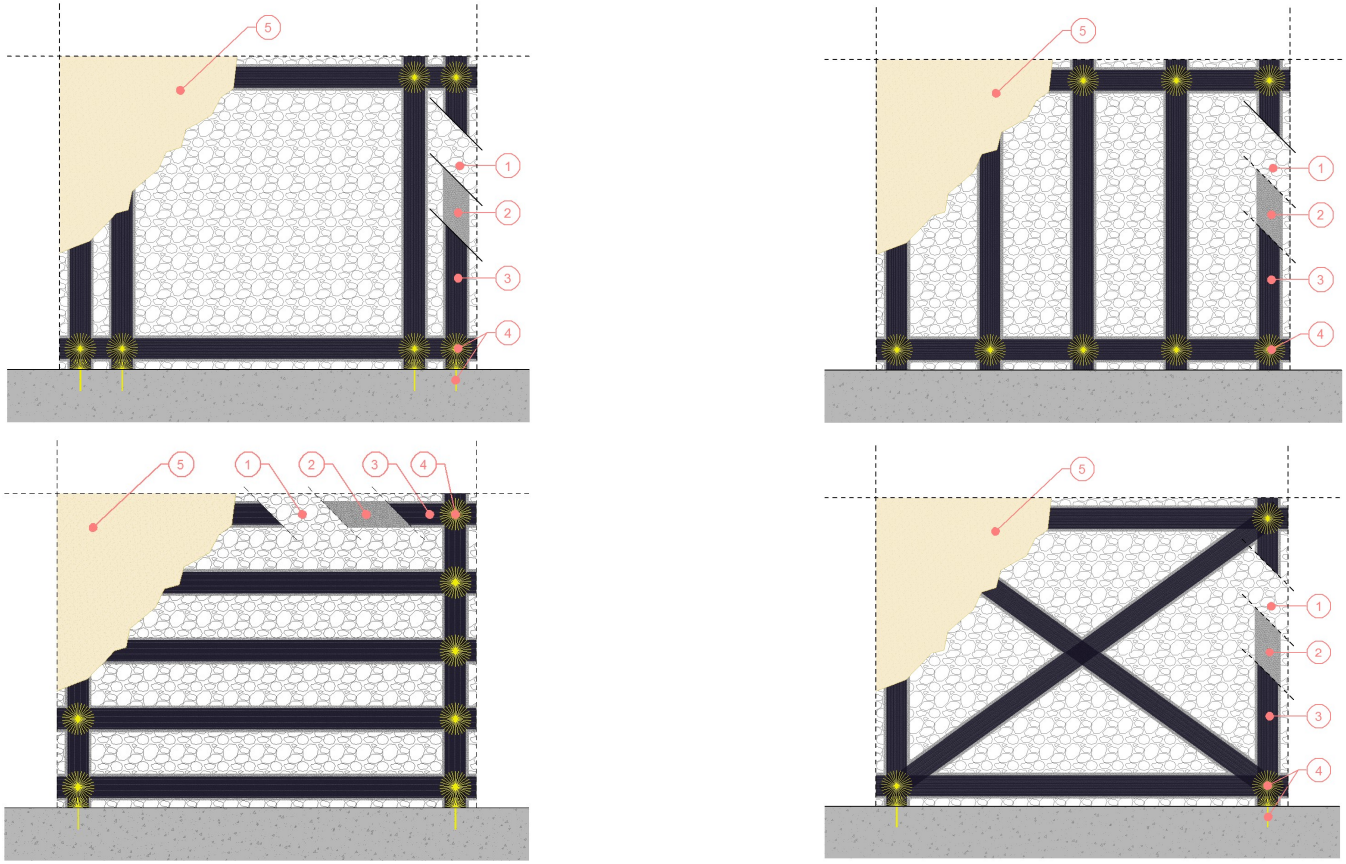
1. **Trattamento** della **superficie esistente** e arrotondamento degli spigoli (r = 2,5 cm).
2. Su **murature**, realizzare delle **corsie** di **alloggiamento** per il tessuto **con malta** pozzolanica o di calce idraulica.
3. **Pulizia** della superficie e applicazione del **Primer**, quindi stesura della **resina epossidica** e **incollaggio** del **tessuto** in fibra di **carbonio** o in **acciaio**.
4. Installazione di **connettori** (eventualmente passanti) a fiocco in fibra aramidica o di acciaio.
5. Eventuali **finiture** previo spolvero al quarzo.



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

1. FRP – SRP: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

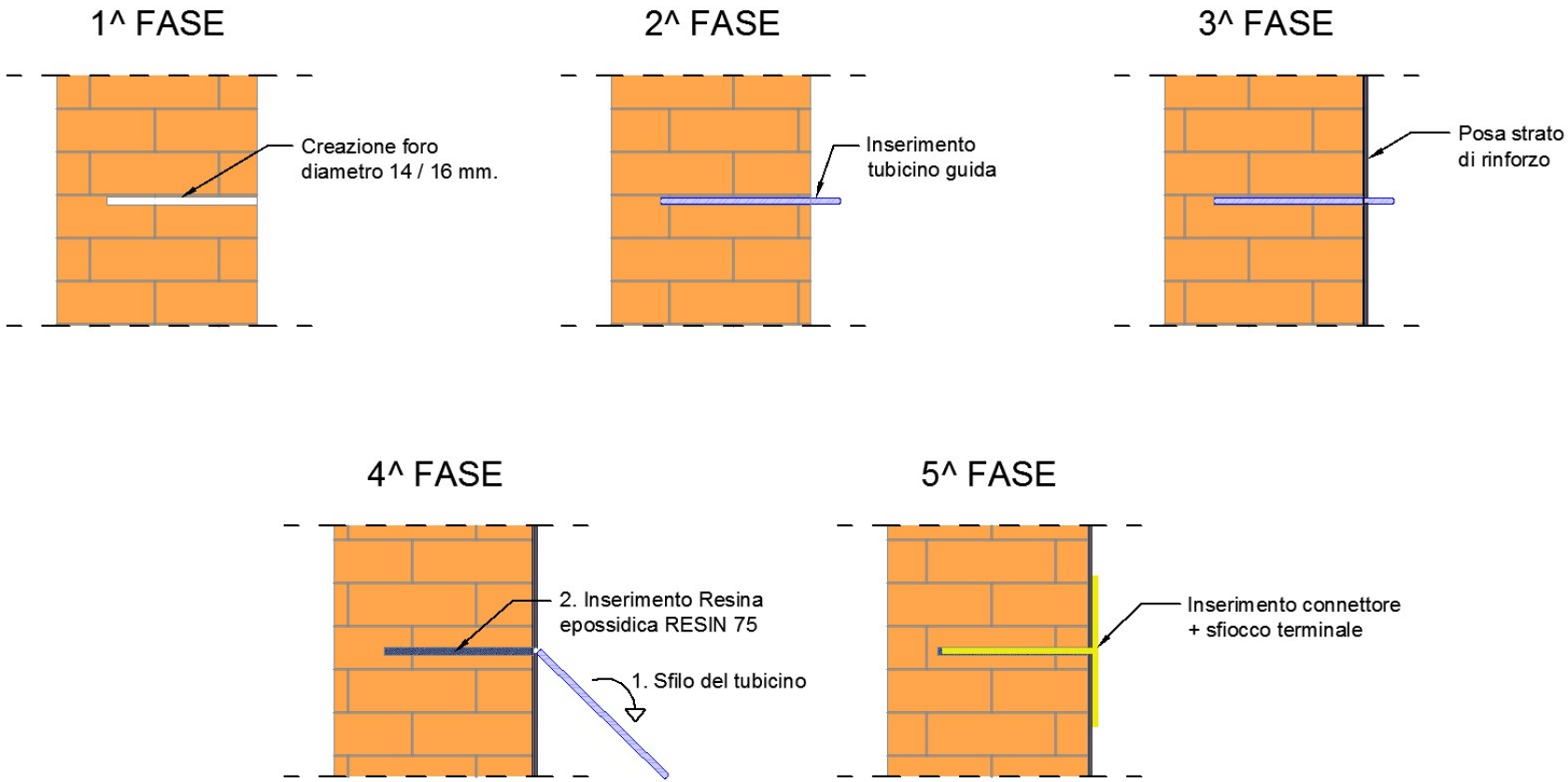
VARIANTI:



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

1. FRP – SRP: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

INSTALLAZIONE CONNETTORI



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

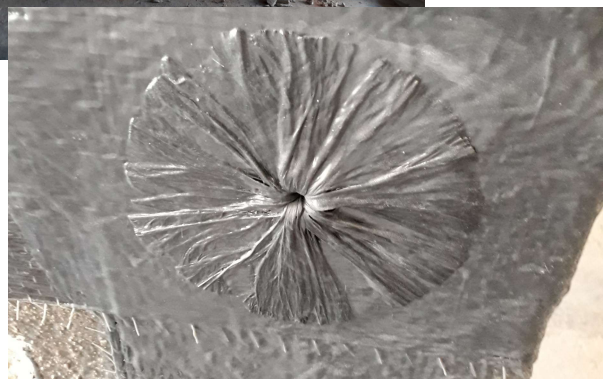
1. FRP – SRP: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

1. FRP – SRP: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

ESEMPI

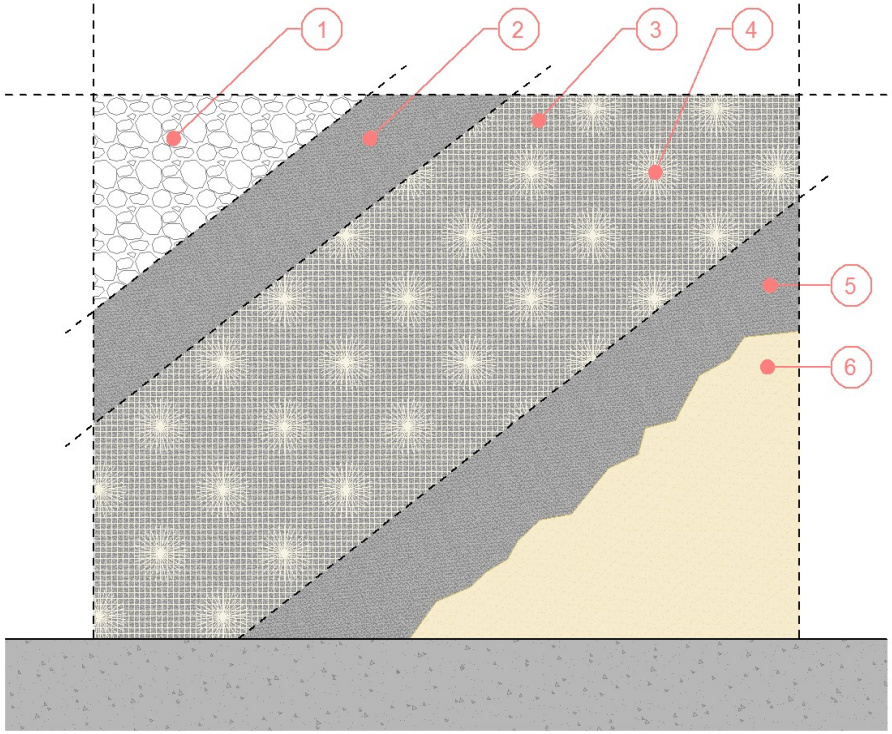


RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

2. FRCM: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente**.
2. **Applicazione del primo strato di malta** su tutta la superficie.
3. Stesura della **rete** in fibra di **vetro AR**, di **carbonio** o **basalto**.
4. Installazione dei **connettori**, a **fiocco o rigidi preformati,** mediante **resina**.
5. **Applicazione del secondo strato di malta**, prima del completo indurimento dello strato sottostante.
6. Eventuali finiture.



FRCM® wall

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

2. FRCM: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

2. FRCM: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

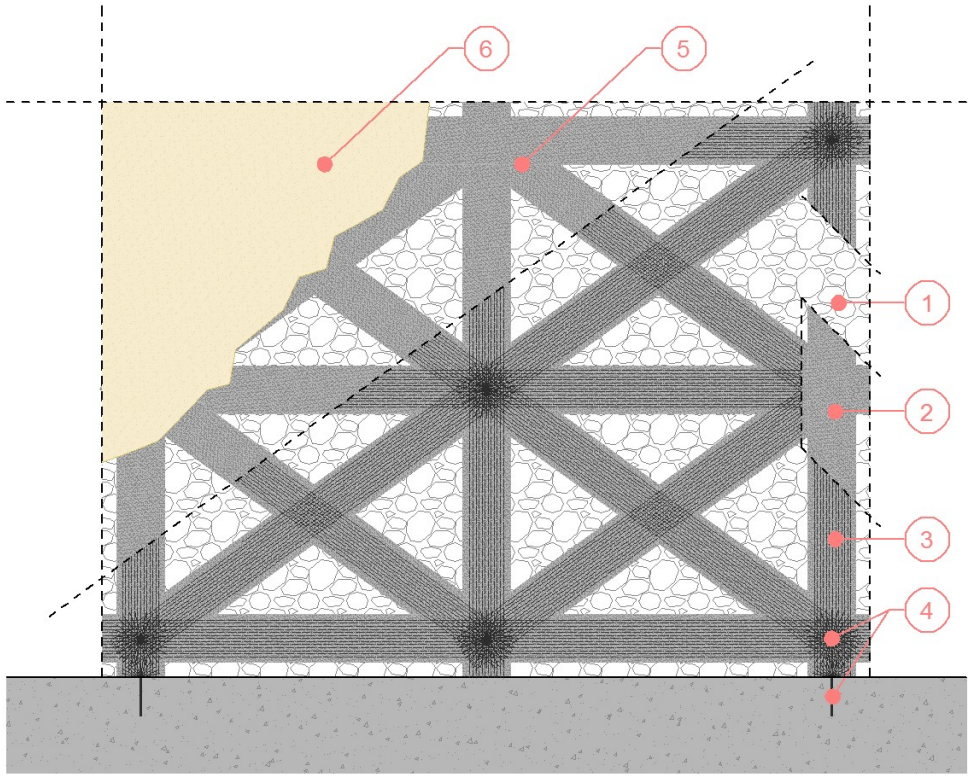
ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

3. SRG: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

FASI:

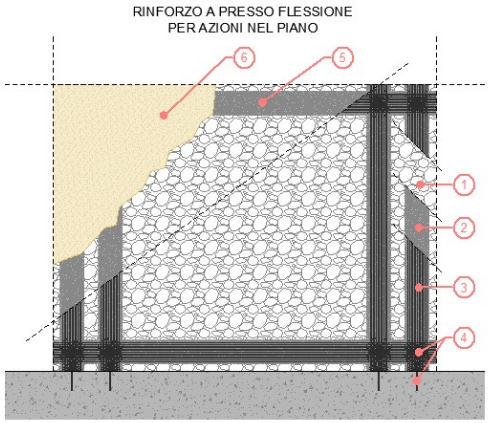
1. **Trattamento** della **superficie esistente.**
2. Realizzazione delle **corsie** di **alloggiamento** per il tessuto **con il primo strato malta** (pozzolanica o di calce idraulica).
3. **Pulizia**, quindi **stesura** del **tessuto in acciaio**.
4. Installazione di **connettori** a **fiocco** in **acciaio**, **barre elicoidali ripiegate**, oppure ad **L in acciaio**.
5. **Applicazione del secondo strato di malta**, prima del completo indurimento dello strato sottostante.
6. Eventuali finiture.

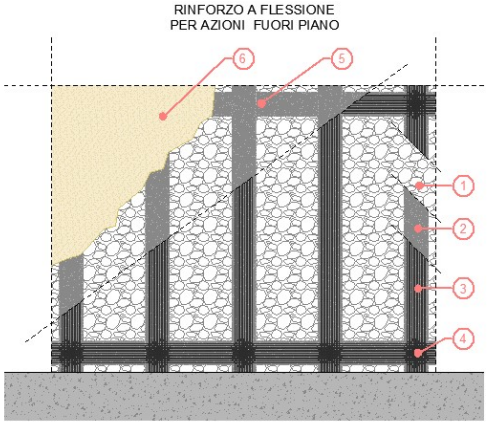


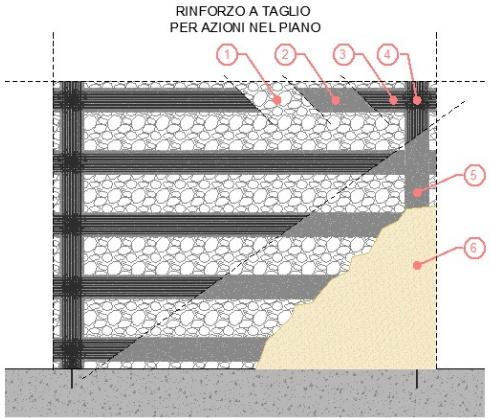
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

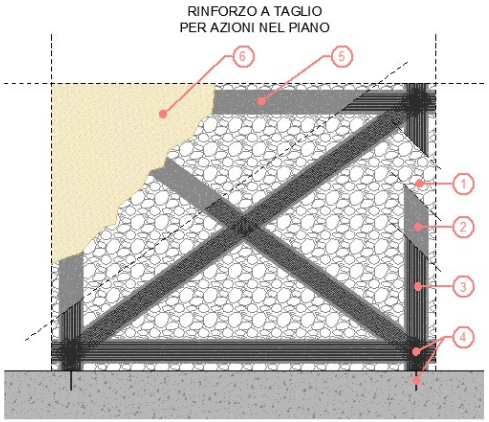
3. SRG: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

VARIANTI ED ESEMPI:









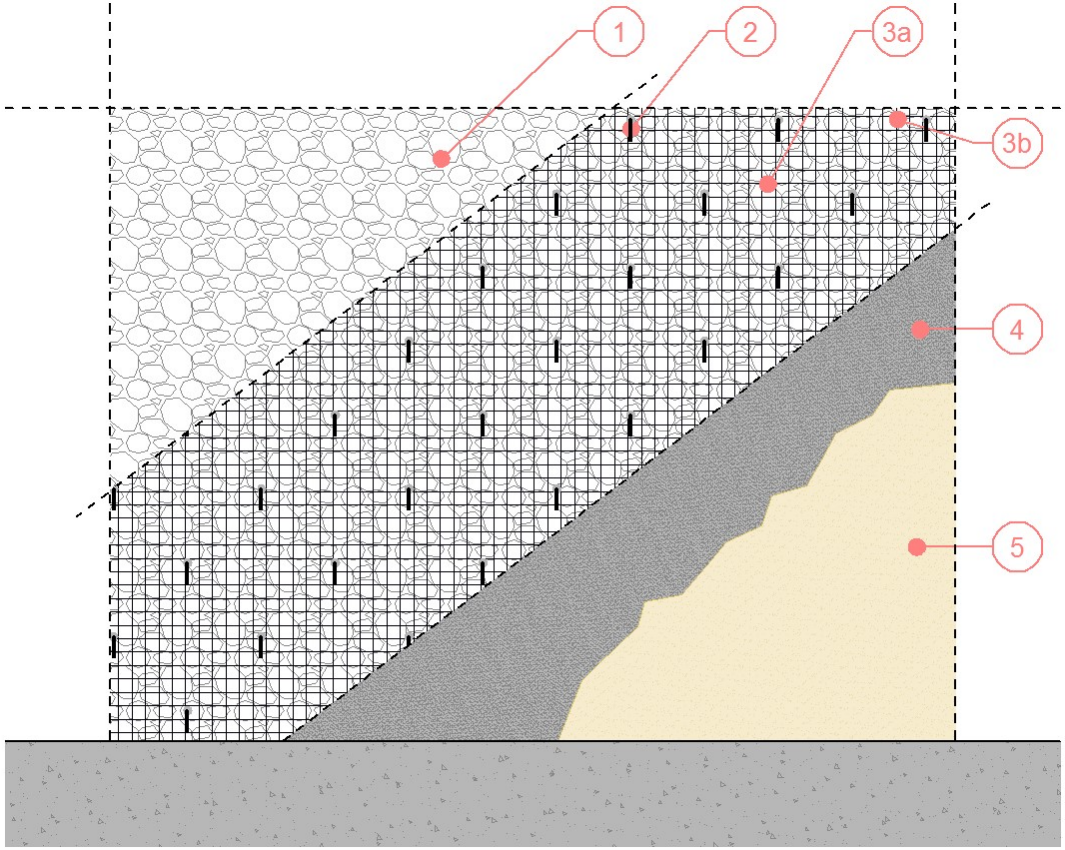
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

4. CRM: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI-INTONACI ARMATI

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente**.
2. Installazione dei **connettori rigidi in fibra di vetro** preformati **ad L** e alcali resistenti (4 al mq) con **resina**.
3. a) **Pulizia** e **stesura** della **rete** in fibra di **vetro rigida preformata.**

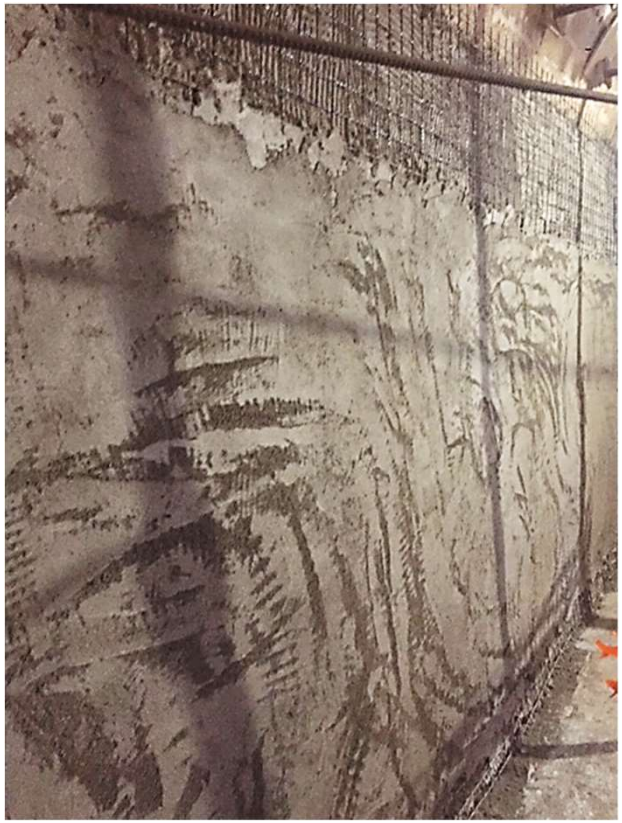
   b) Posizionamento degli **elementi speciali d'angolo**.
4. Realizzazione dello **strato di malta, betoncino o CLS**.
5. Eventuali finiture.



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

4. CRM: RINFORZI DI PARAMENTI MURARI

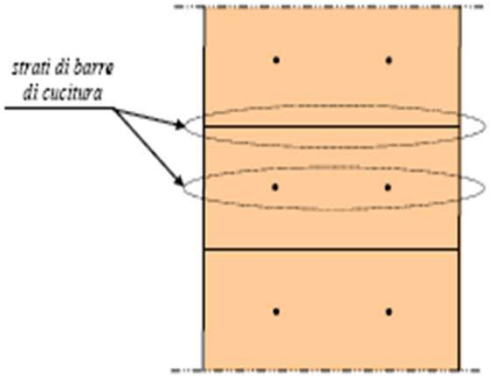
ESEMPI

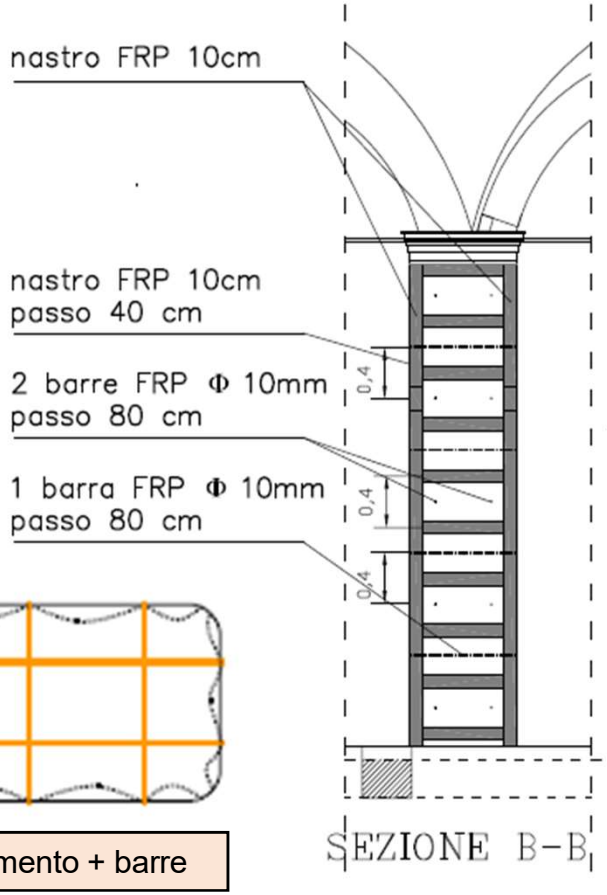


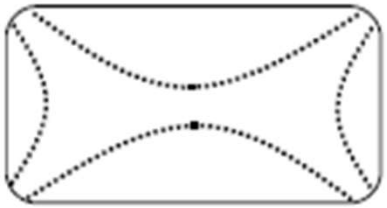
RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

5. FRP: INCREMENTO DELLA RESISTENZA DELLE COLONNE CON CONFINAMENTO

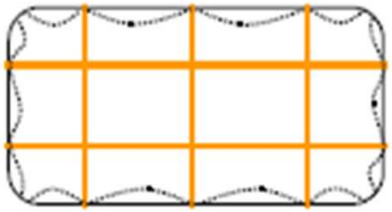
SCHEMA ED ESEMPI







Solo confinamento

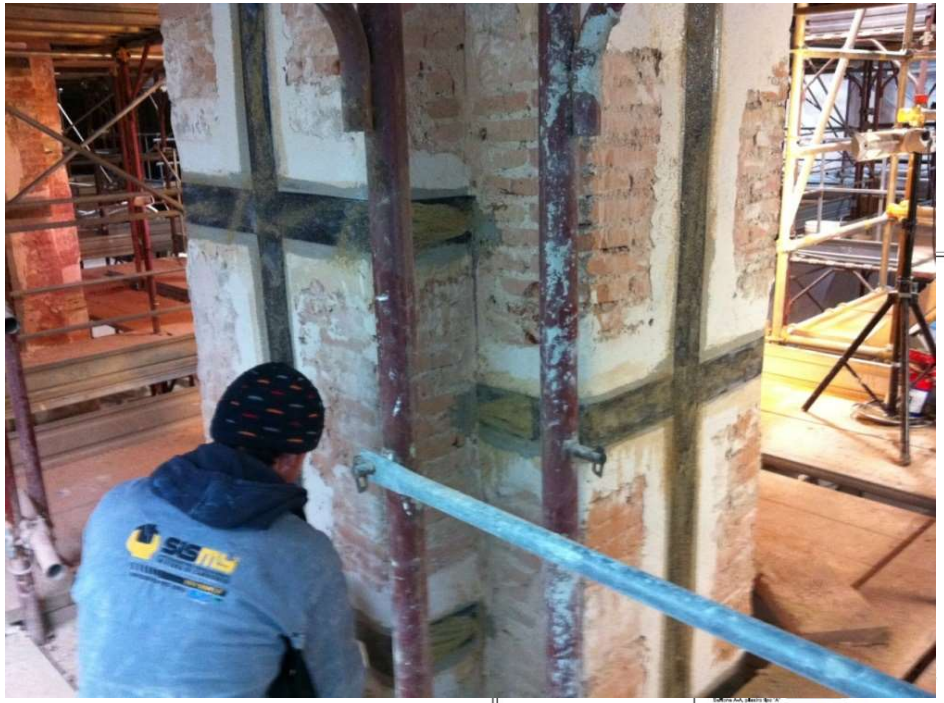


Confinamento + barre

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

5. FRP: INCREMENTO DELLA RESISTENZA DELLE COLONNE CON CONFINAMENTO

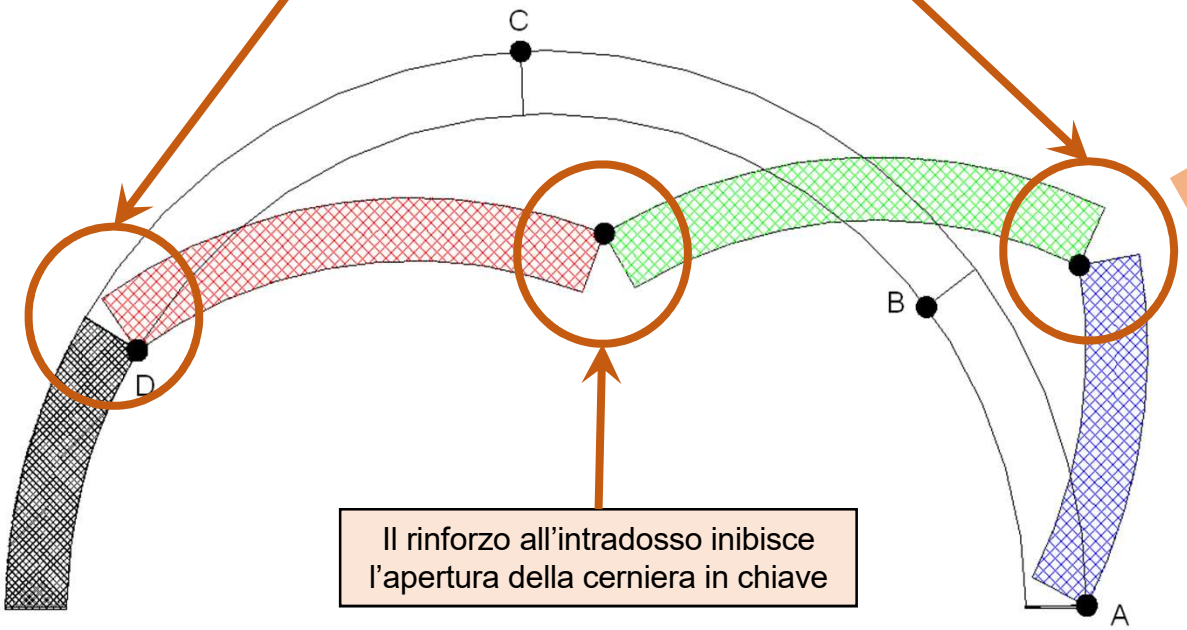
ESEMPI



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

RINFORZO DEL CINEMATISMO DI COLLASSO PER ELEMENTI A CURVATURA

Il rinforzo all'estradosso inibisce l'apertura della cerniera alle reni



Il rinforzo all'intradosso inibisce l'apertura della cerniera in chiave

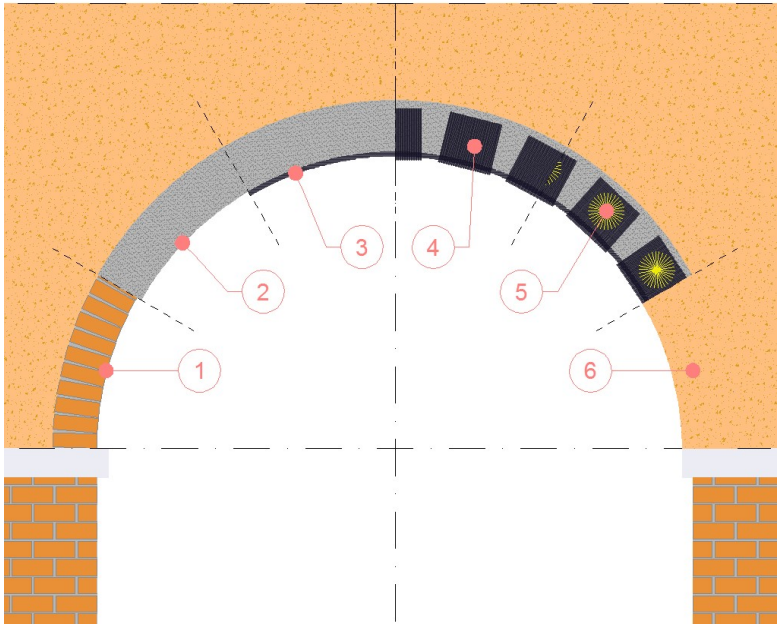
I RINFORZI PREVENGONO LA FORMAZIONE DI CERNIERE PLASTICHE

Formazione cerniere → Suddivisione in blocchi rigidi → Meccanismo di collasso

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

1. FRP – SRP: RINFORZO DI ARCHI

SCHEMA ED ESEMPI (fasi sostanzialmente analoghe al rinforzo FRP per setti murari)



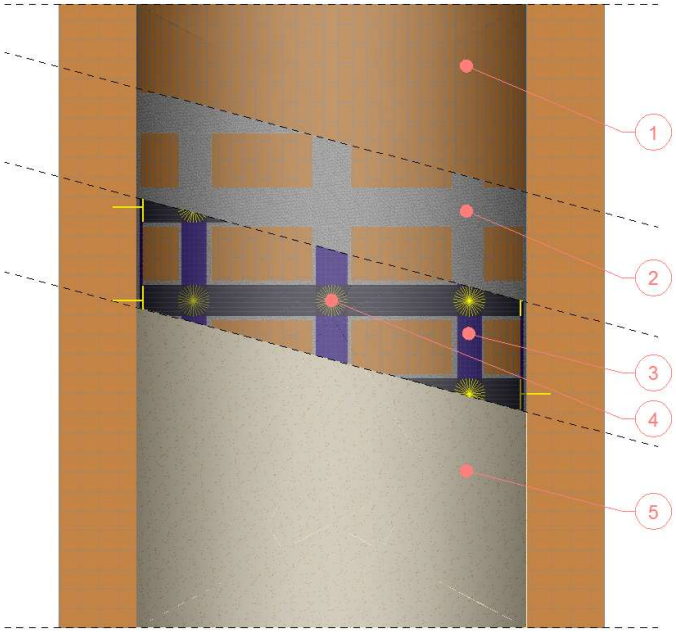
- Evitare lamelle rigide (peeling).
- Connettori e ancoraggio alle pareti.
- Tipicamente il rinforzo avviene all'intradosso.

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

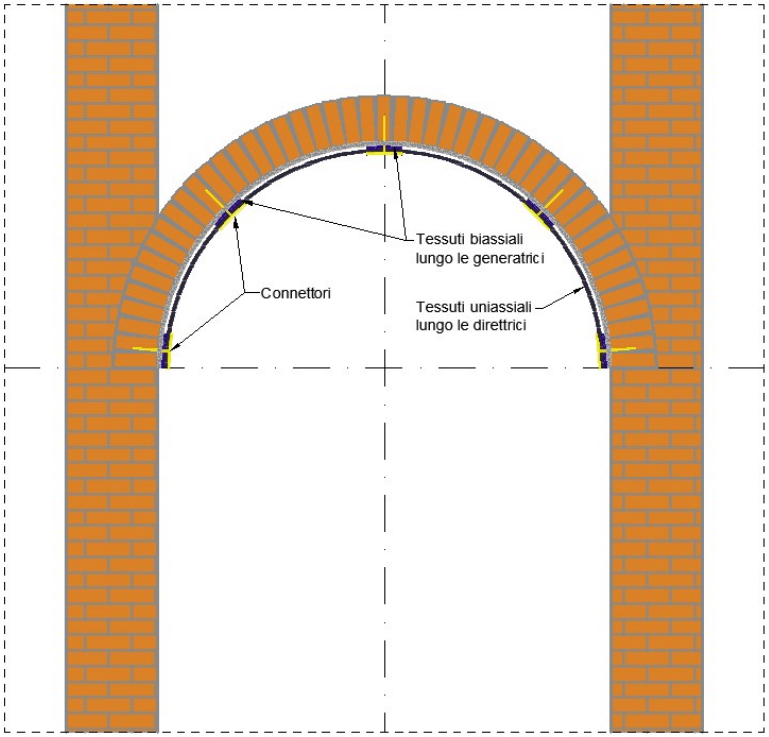
2. FRP – SRP: RINFORZO INTRADOSSALE DI VOLTA A BOTTE

SCHEMI (Le fasi sono analoghe al rinforzo FRP per setti murari)

FASI D'INTERVENTO - PIANTA VOLTA A BOTTE - VISTA INTRADOSSO



SEZIONE DI DETTAGLIO



- Evitare lamelle rigide (peeling).
- Connettori e ancoraggio alle pareti.

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

2. FRP – SRP: RINFORZO INTRADOSSALE DI VOLTA A BOTTE

ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

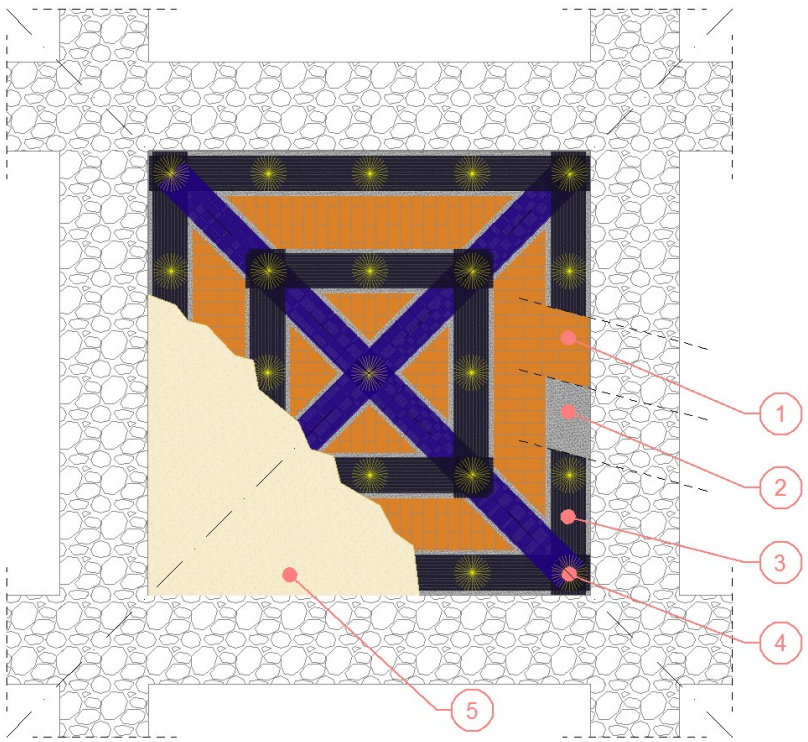
3. FRP – SRP: RINFORZO ESTRADOSSALE DI VOLTA A BOTTE

ESEMPI (fasi analoghe al rinforzo intradossale, cambia in parte il funzionamento)

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

4. FRP – SRP: RINFORZO ESTRADOSSALE DI VOLTA A CROCIERA

SCHEMA ED ESEMPI (Le fasi sono analoghe al rinforzo FRP per setti murari)



- Connettori e ancoraggio alle pareti.

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

5. FRCM: RINFORZO INTRADOSSALE DI VOLTA A BOTTE

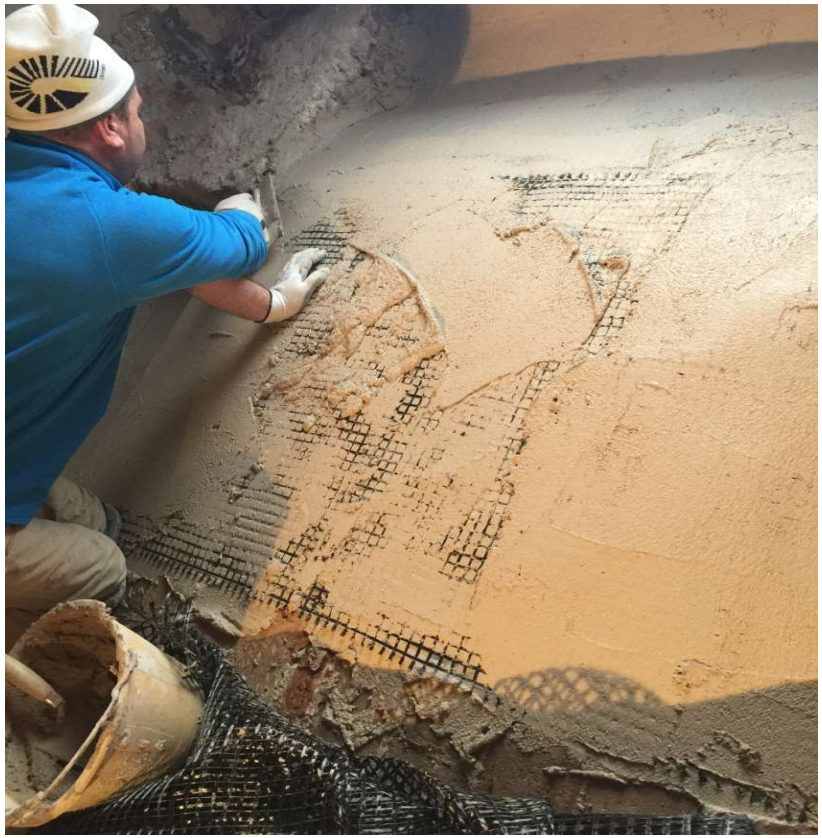
ESEMPIO (fasi analoghe al rinforzo murario con FRCM)

- Connettori e ancoraggio alle pareti.

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

6. FRCM: RINFORZO ESTRADOSSALE DI VOLTA A BOTTE

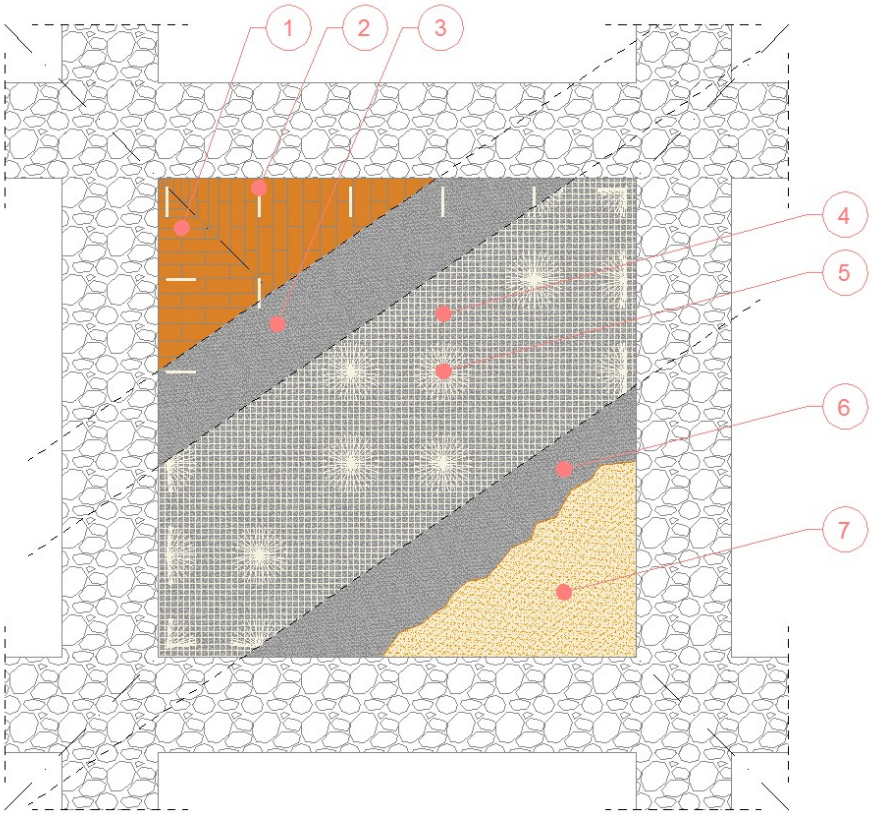
ESEMPI (fasi analoghe al rinforzo intradossale, cambia in parte il funzionamento)



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

7. FRCM: RINFORZO ESTRADOSSALE (INTRADOSSALE) DI VOLTA A CROCIERA

SCHEMA ED ESEMPIO (fasi analoghe al rinforzo murario con FRCM)



RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA

8. FRCM: RINFORZO ESTRADOSSALE DI CUPOLA

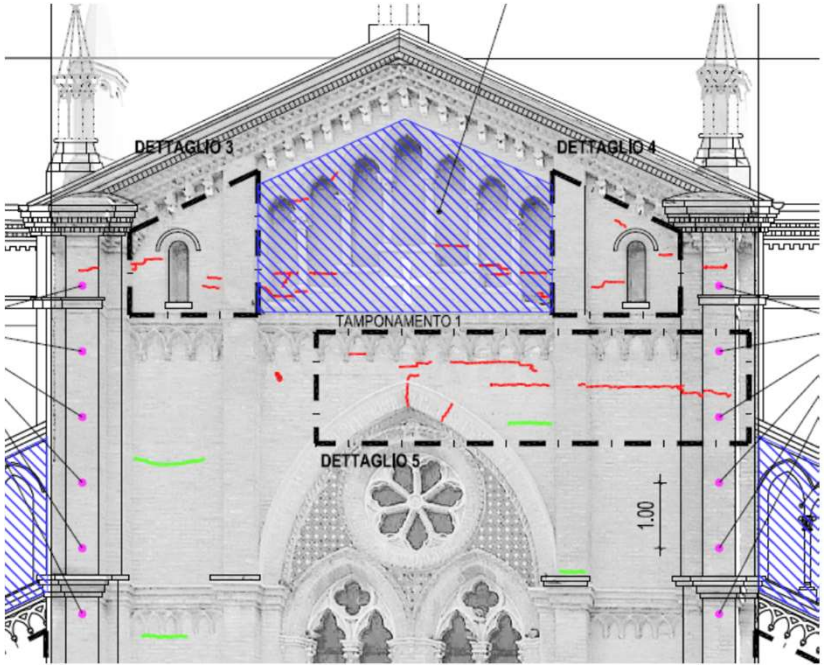
ESEMPIO (fasi analoghe al rinforzo murario con FRCM)

RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA – SISTEMI FACCIAVISTA

DESCRIZIONE DEL SISTEMA CON BARRE ELICOIDALI

Il Sistema prevede l'**impiego di barre elicoidali in acciaio INOX AISI 316 STEEL ANCHORFIX** di diametro variabile da 4,5 a 12 mm, **per:**

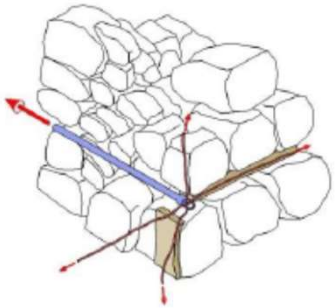
- La **cucitura a secco** delle lesioni murarie con **riparazione** del **danno** e **miglioramento** della **tessitura**;
- La realizzazione di **ristillature armate** dei giunti di malta;

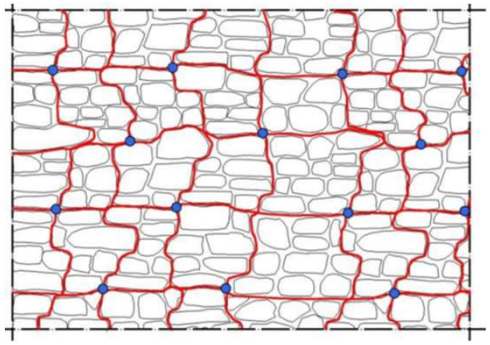


RINFORZO DI STRUTTURE IN MURATURA – SISTEMI FACCIAVISTA

SISTEMA A RETICOLO: ANCHORSTEEL NET

Il Sistema a reticolo prevede l'**impiego di barre STEEL ANCHORFIX** fissate all'interno della muratura e **sulle quali viene agganciato il trefolo ANCHORSTEEL** di diametro 0,9 mm, che viene poi **fatto passare nei giunti di malta a formare un reticolo armato** all'interno dei giunti in malta della muratura. Il sistema è completato con la **ristillatura dei giunti con malta**.





RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

PRINCIPI GENERALI

- Rinforzo dei **meccanismi/elementi fragili** nel rispetto della **gerarchia delle resistenze**: **nodi, pilastri** (pressoflessione e taglio) e **taglio nelle travi**.
- Rinforzo di **travi** e **solai** nei confronti dei **carichi verticali** (cambio dest. d'uso).
- Rinforzo **antiribalta** delle pareti di **tamponamento non strutturali** (tipicamente in muratura).
- Rinforzo **antisfondellamento** dei **solai** in latero – cemento.

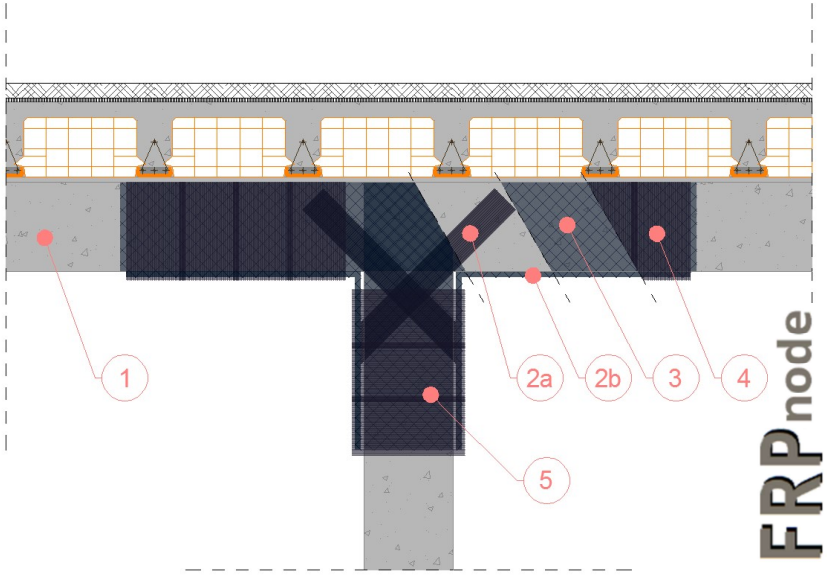
RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

1. FRP – SRP: RINFORZO DEI PANNELLI DI NODO IN C.A.

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente** e arrotondamento degli spigoli (r = 2,5 cm).
2. Pulizia e applicazione del **Primer**, quindi stesura della **resina epossidica** e **incollaggio** dei tessuti per il **taglio dovuto alla tamponatura**:
   a) **tessuto unidirezionale** disposto **diagonalmente** in **carbonio o in acciaio**;
   b) **tessuto quadriassiale a «L» all'intradosso dell'incrocio tra trave e pilastro.**
3. Applicazione di **tessuto quadriassiale** in fibra di **carbonio** in direzione **orizzontale** e **verticale** sul nodo.
4. Applicazione di **tessuto unidirezionale in carbonio per il taglio in travi (a) e pilastro (b)**.
5. Eventuali **finiture** previo spolvero al quarzo.

FASI D'INTERVENTO



FRPnode

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

1. FRP – SRP: RINFORZO DEI PANNELLI DI NODO IN C.A.

ESEMPI

SISMABONUS

Insieme ai rinforzi **antiribalta, il rinforzo nodale** è **essenziale** per applicare il **metodo semplificato** del **Sisma bonus** per edifici in c.a.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

1. FRP – SRP: RINFORZO DEI PANNELLI DI NODO IN C.A.

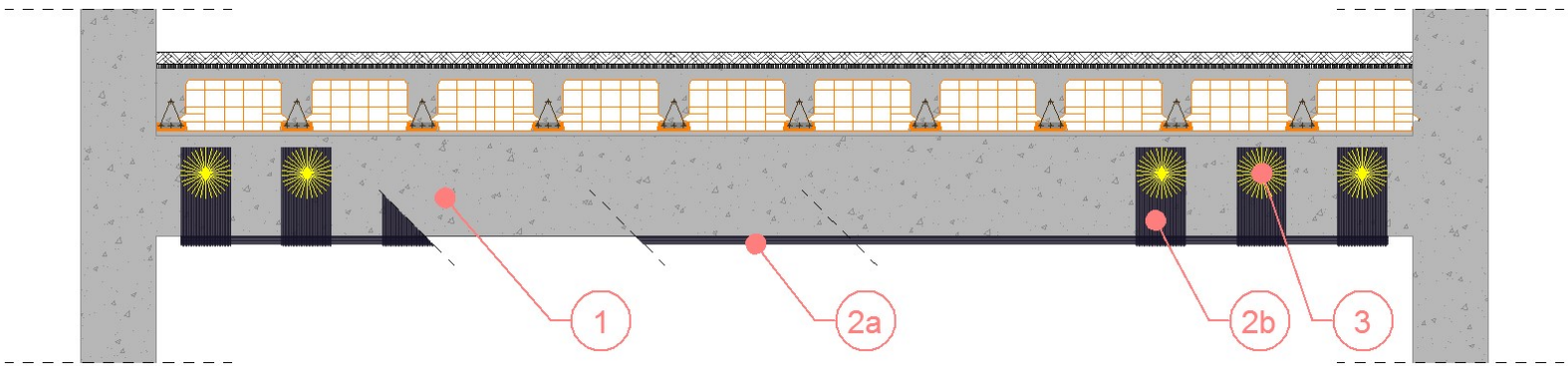
ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

2. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DI TRAVI IN C.A.

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente** e arrotondamento degli spigoli (r = 2,5 cm).
2. Applicazione del **Primer**, quindi stesura della **resina epossidica** e **incollaggio** del **tessuto** o delle **lamelle** in fibra di **carbonio**, o tessuto in **acciaio**.
   a) Tessuto o lamella **longitudinale** per rinforzo a **flessione**.
   b) Tessuto **trasversale** per rinforzo a **taglio e** per evitare il **distacco d'estremità**.
3. Installazione di **connettori a fiocco** in fibra **aramidica per carbonio** o in **acciaio**.
4. Eventuali **finiture** previo spolvero al quarzo.

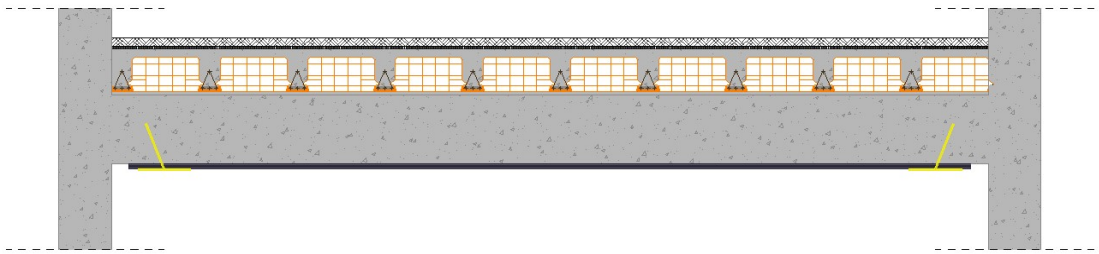


RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

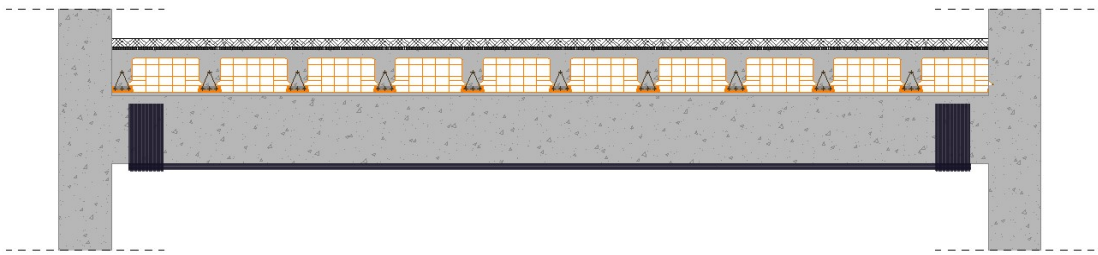
2. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DI TRAVI IN C.A.

RINFORZO PER SOLA FLESSIONE (soluzioni per l'ancoraggio)

RINFORZO A FLESSIONE CON CONNETTORI



RINFORZO A FLESSIONE CON FASCE D'ANCORAGGIO



Le fasce possono essere:
- «U-WRAP»
- In avvolgimento

IMPORTANTE

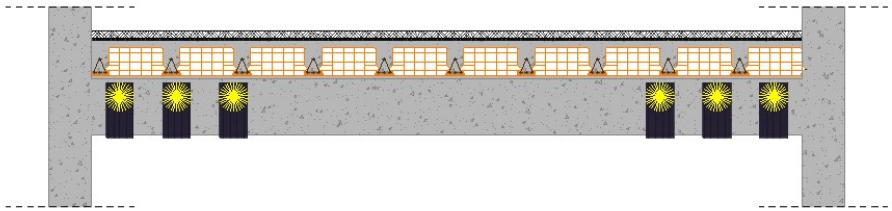
- **L'ancoraggio** è di **fondamentale** importanza soprattutto con l'impiego di **lamelle rigide** e può essere necessario anche in **punti intermedi, non solo alle estremità**.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

2. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DI TRAVI IN C.A.

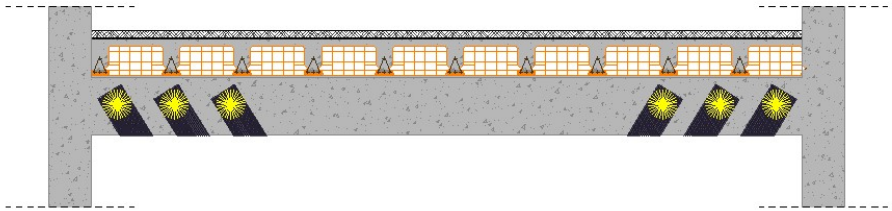
RINFORZO PER SOLO TAGLIO

RINFORZO A TAGLIO U-WRAP VERTICALE

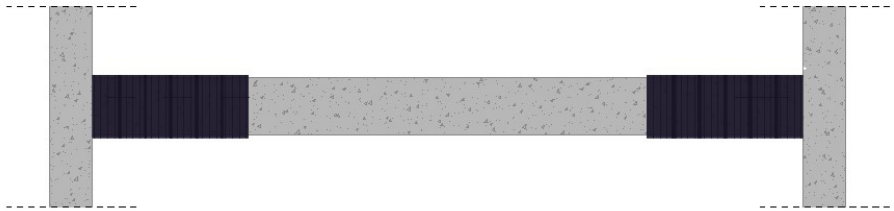


RINFORZO A TAGLIO CON AVVOLGIMENTO DISCRETO

RINFORZO A TAGLIO U-WRAP OBLIQUO



RINFORZO A TAGLIO CON AVVOLGIMENTO CONTINUO



IMPORTANTE

- L'ancoraggio con connettori è **molto importante** nella configurazione **«U-WRAP»**.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

2. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE E TAGLIO DI TRAVI IN C.A.

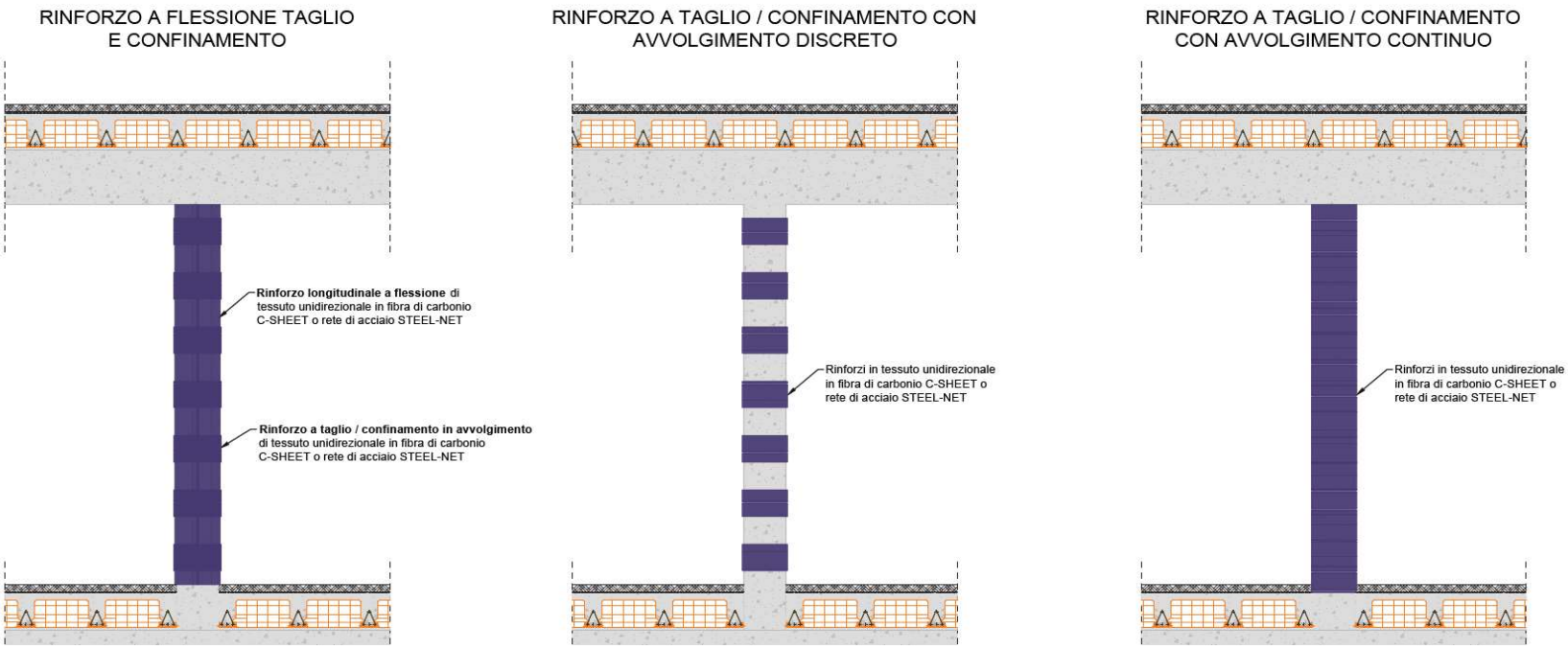
ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

3. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE, TAGLIO E CONFINAMENTO DI PILASTRI IN C.A.

SCHEMI

- Le **fasi** sono **analoghe** al caso di **rinforzo** di **travi**, con la precauzione di mettere sempre prima il rinforzo longitudinale a flessione e ancorarlo bene alle estremità.
- I **rinforzi a taglio** fungono anche da **confinamento** e **migliorano anche l'ancoraggio** del rinforzo **a flessione**.



RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

3. FRP – SRP: RINFORZO A FLESSIONE, TAGLIO E CONFINAMENTO DI PILASTRI IN C.A.

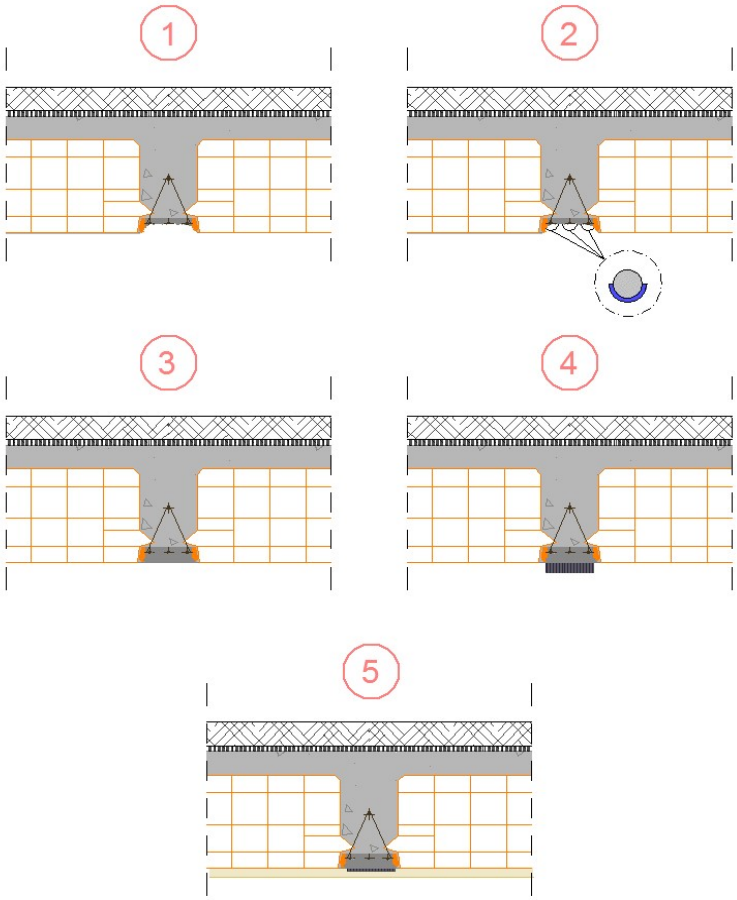
ESEMPI

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A.

4. FRP: RECUPERO E RINFORZO DI SOLAI IN LATERO – CEMENTO

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente** fino a scoprire i travetti ed eventualmente i ferri d'armatura.
2. **Pulizia** dei **ferri** d'armatura e **trattamento** con protettivo **anticorrosione**.
3. **Ricostruzione** dell'intradosso del **travetto** con malta cementizia idonea.
4. Applicazione del **Primer**, quindi stesura della **resina epossidica** e **incollaggio** del **tessuto** o di **lamelle** in **carbonio lungo i travetti**.
5. Eventuali **finiture** previo spolvero al quarzo.



RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

ANTIRIBALTA DEI TAMPONAMENTI – SISTEMA STG (STRONG TIE GLASS)

Il Sistema STG (Strong Tie Glass) è una soluzione particolarmente idonea per antiribalta a basso spessore nel rinforzo locale di elementi strutturali secondari e non strutturali quali tramezzature, tamponamenti, collegamenti perimetrali.

Il sistema consiste in una malta bicomponente RASEDIL AS a basso spessore, traspirante, con buone caratteristiche meccaniche e di aderenza alla muratura, armata con una rete in vetro apprettata alcali resistente G-NET 250 B. Il Sistema STG migliora la duttilità del paramento murario e la ripartizione delle sollecitazioni dinamiche.

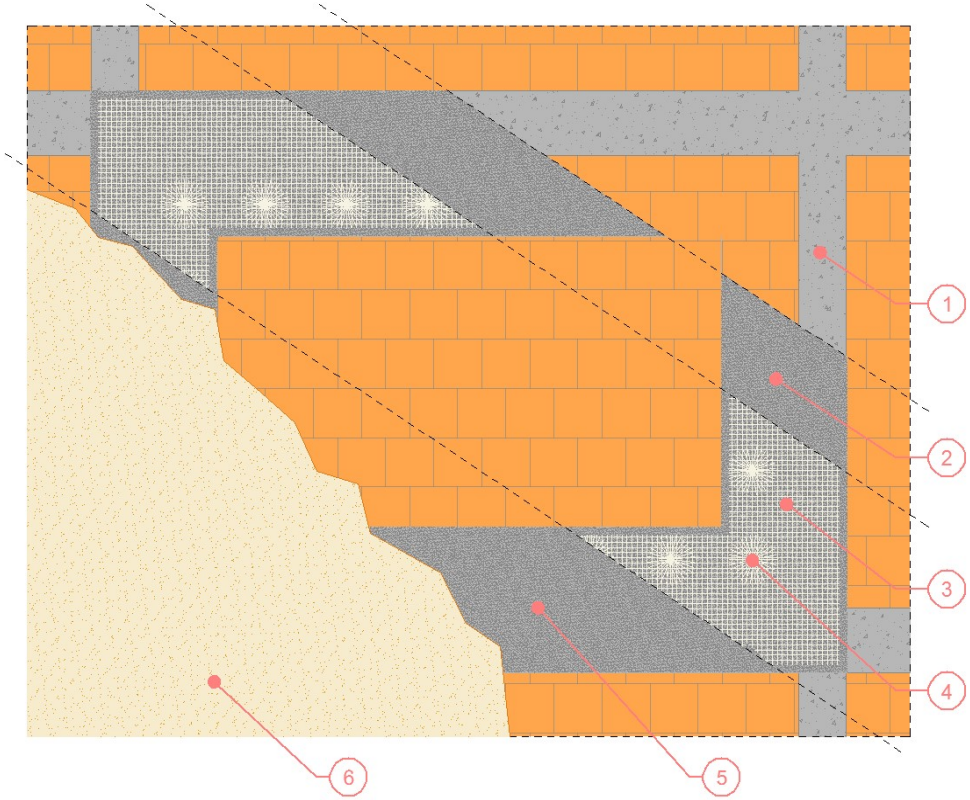
Il sistema NON è strutturale e non necessita di certificazioni.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

ANTIRIBALTA DEI TAMPONAMENTI – SISTEMA STG

FASI:

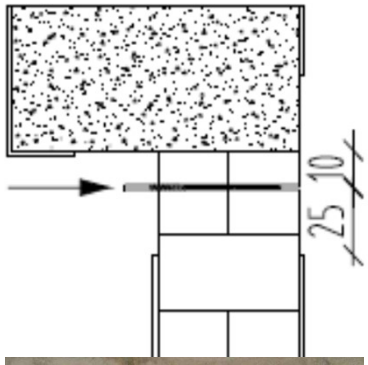
1. **Trattamento** della **superficie esistente** con **rimozione solo locale dell'intonaco**.
2. Stesura del **primo strato di malta cementizia bicomponente a ridotto spessore**.
3. Stesura della **rete** in fibra di **vetro (AR)**.
4. Installazione dei **connettori** a **fiocco in fibra di vetro** (tipicamente passanti e a passo di circa 50 cm) **con resina e sfioccatura sulla rete.**
5. Stesura del **secondo strato di malta cementizia bicomponente a ridotto spessore**
6. Eventuali **finiture**.

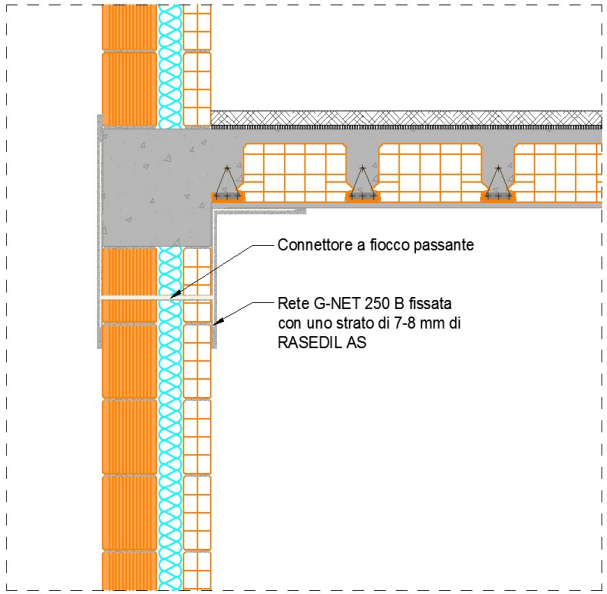


RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

ANTIRIBALTA DEI TAMPONAMENTI – SISTEMA STG

DETTAGLI E FUNZIONAMENTO





SISMABONUS

Insieme ai rinforzi nodali, **l'antiribalta** è **essenziale** per applicare il **metodo semplificato** del **Sismabonus** per edifici in c.a.

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO DEI SOLAI

A SECCO

AD UMIDO

RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO DEI SOLAI – SISTEMA A SECCO

Il Sistema **antisfondellamento dei solai a secco** prevede l'impiego di una **rete rigida preformata**, **fissata** ai travetti del solaio **mediante connettori metallici con tasselli tradizionali in nylon** provvisti di rondella.

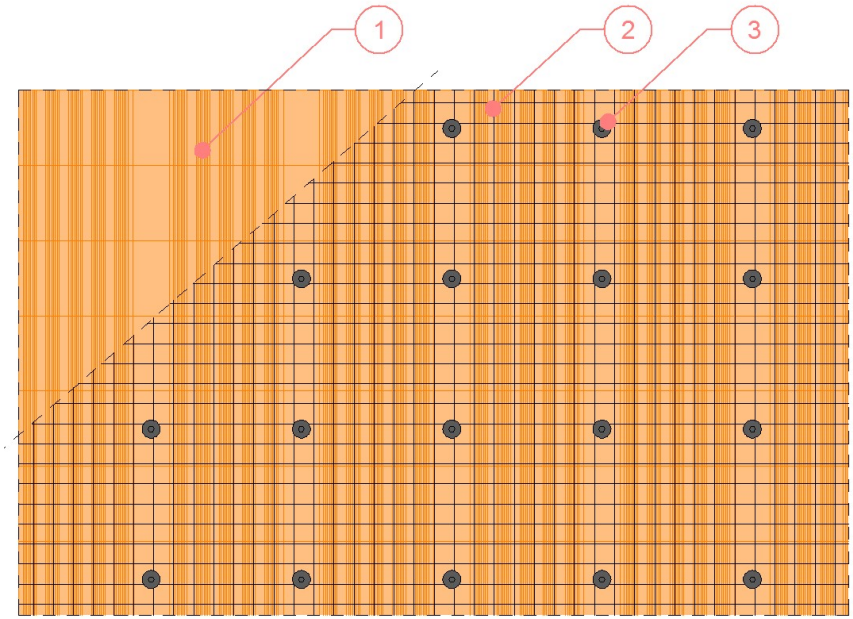
RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO DEI SOLAI – SISTEMA A SECCO

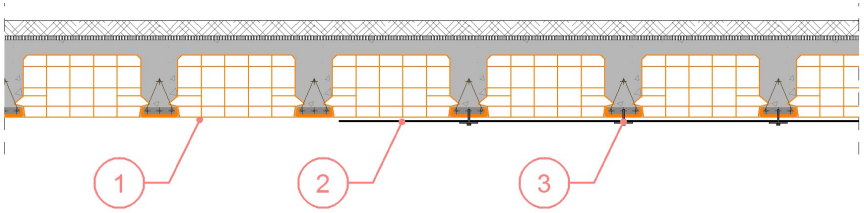
FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente** ed eventuale consolidamento dei travetti con tecnologia FRP System se necessario.
2. Posa della **rete** in fibra di **vetro (AR) preformata.**
3. Installazione dei **connettori metallici ad espansione con tassello** in nylon **e rondella ϕ 50 mm,** nel numero di **4 a mq.**

VISTA DELL'INTRADOSSO DEL SOLAIO



VISTA IN SEZIONE



RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO DEI SOLAI – SISTEMA AD UMIDO

Il Sistema **antisfondellamento dei solai ad umido** prevede l'impiego di un **intonaco armato** con una **rete in vetro AR apprettata, oppure una rete rigida preformata**, **fissata** ai travetti del solaio **mediante tasselli tradizionali in nylon** provvisti di rondella e mediante **malta**.

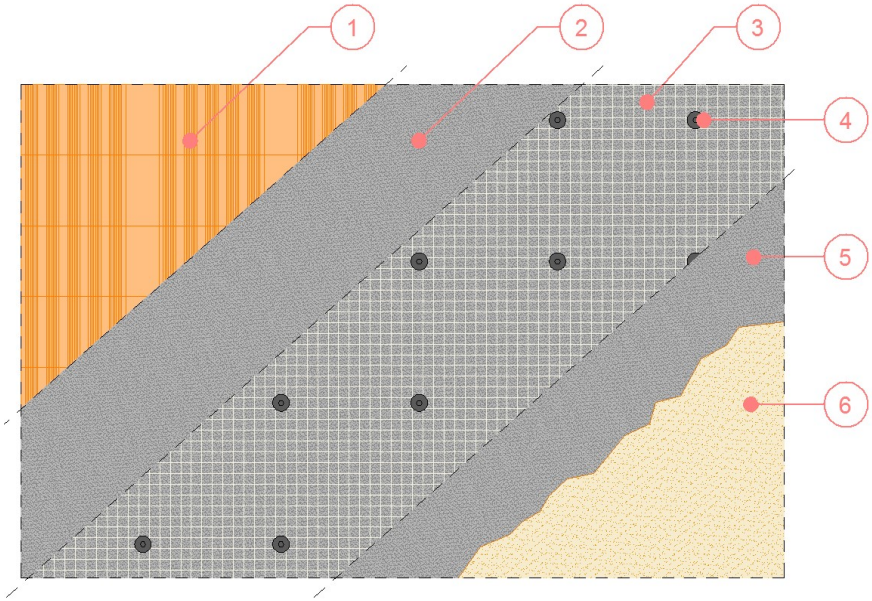
RINFORZO DI STRUTTURE IN C.A. – ELEMENTI NON STRUTTURALI

SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO DEI SOLAI – SISTEMA AD UMIDO

FASI:

1. **Trattamento** della **superficie esistente** ed eventuale consolidamento dei travetti con tecnologia FRP System se necessario.
2. Stesura del **primo strato di malta di calce o a reattività pozzolanica**.
3. Stesura della **rete** in fibra di **vetro (AR) apprettata o rete rigida.**
4. Installazione dei **connettori metallici ad espansione con tassello** in nylon **e rondella ϕ 50 mm,** nel numero di **4 a mq.**
5. Copertura della rete con il **secondo strato di malta**.
6. Eventuali **finiture**.

VISTA DELL'INTRADOSSO DEL SOLAIO



VISTA IN SEZIONE

RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

METODOLOGIA D'INTERVENTO

- Il rinforzo di **ponti e viadotti** avviene con le tecnologie impiegate anche per le strutture di edifici. Quindi, nel caso dei **ponti in c.a.**, s'impiegano tipicamente le **tecnologie FRP – SRP System con schemi applicativi analoghi a quelli previsti per le strutture in c.a**.
- Il rinforzo delle **gallerie** viene tipicamente realizzato con la **tecnologia FRCM – SRG System** od eventualmente **CRM System**. Tecnologie che consentono con il loro spessore della **matrice inorganica** a garantire anche la **protezione al fuoco del rinforzo**.

RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

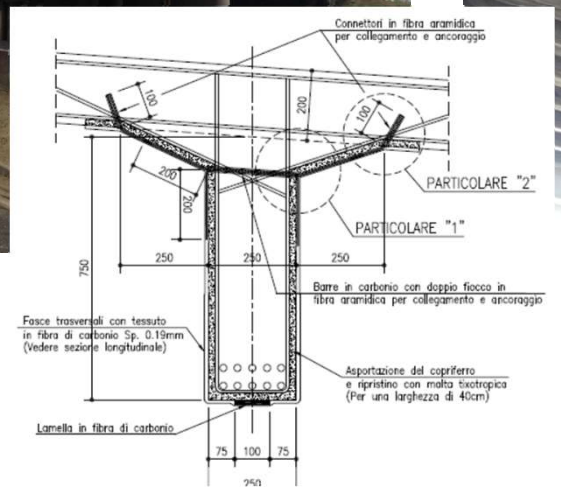
ESEMPIO: VIADOTTO BATTIFERRO – NAVILE – A 14 – TANGENZIALE DI BOLOGNA

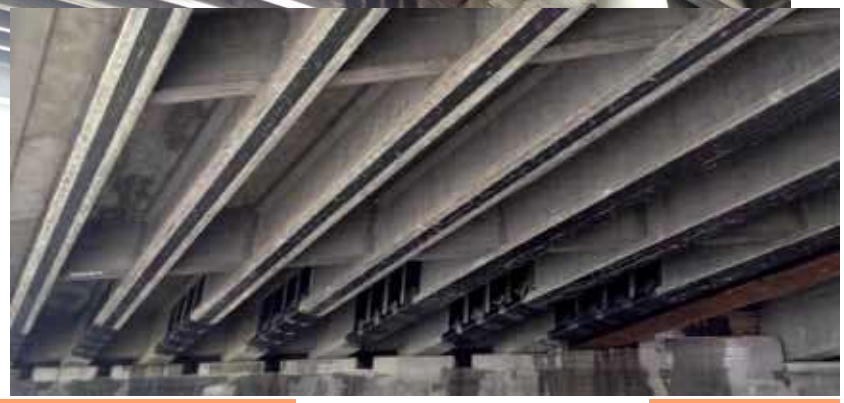
Rinforzo con pretensione di lamelle in fibra di carbonio CFK.

RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

ESEMPIO: ALLARGAMENTO 3° CORSIA A 14 CATTOLICA – FANO

Rinforzo travi ed impalcato di 30 viadotti con tecnologia in carbonio FRP System.





RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

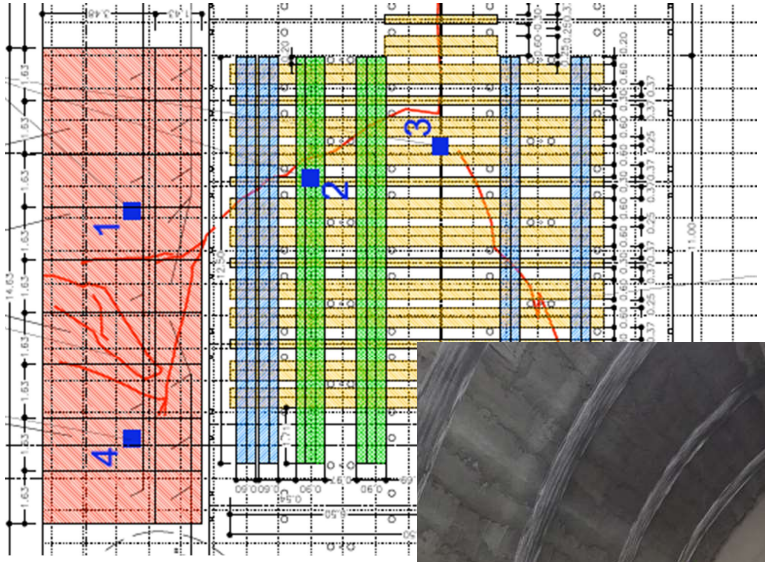
ESEMPIO: PONTE SUL PIAVE SP. 42 VENEZIA

Rinforzo dell'intradosso dell'impalcato con lamelle CFK e dei traversi con tessuto ad alto modulo.

RINFORZO DI PONTI, VIADOTTI E GALLERIE

ESEMPIO: RINFORZO GALLERIE IN A1 – BARBERINO E IMPRUNETA

Rinforzo di gallerie con tecnologia SRG System.



INTERVENTI IN SICILIA

RINFORZO STRUTTURE IN C.A. – OSPEDALE PIEMONTE – MESSINA

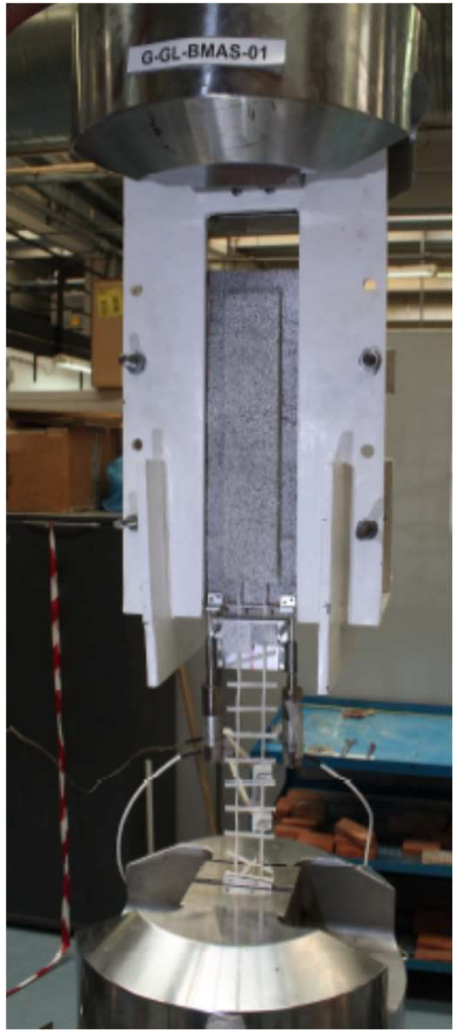
INTERVENTI IN SICILIA – RINFORZO VOLTE CHIESE

SAN SALVATORE – FITALIA (ME), SANTA MARIA LA NOVA – PALERMO

INTERVENTI IN SICILIA

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO CON FRP – PALAZZO D'AMICO – MILAZZO (ME)

SPERIMENTAZIONI



SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

OBIETTIVI DELLA SPERIMENTAZIONE

- Studiare il comportamento a **flessione di travi in c.a. e c.a.p.** in **scala reale**, **rinforzate** con **diverse tecniche** di applicazione di **lamelle CFK in CFRP** (Carbon Fiber Reinforced Polymer).
- **Confrontare l'incremento delle prestazioni** rispetto ad una trave non rinforzata, in termini di:
  1. Momento a fessurazione e rottura;
  2. Abbassamento in mezzeria;
  3. Rigidezza;
  4. Evoluzione del quadro fessurativo.
- **Valutare** in che percentuale le **diverse tecniche di applicazione** delle lamelle CFK consentano di **sfruttare le potenzialità del composito in termini di deformazione del CFRP a rottura**.

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

CARATTERISTICHE DEL RINFORZO

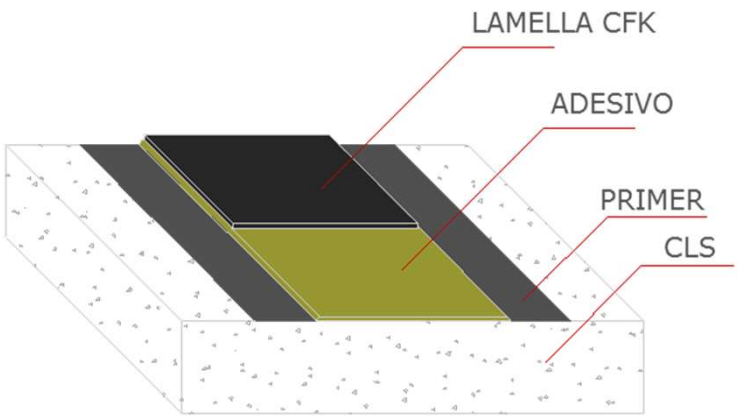
- Le **lamelle CFK in CFRP** sono composte da fibre (per circa il 70%) immerse in resina epossidica con la **tecnica della pultrusione**. Esse hanno **disposizione unidirezionale** per avere la massima efficienza.
- Tra i **vantaggi** di questo materiale ricordiamo che:
  1. **Non è soggetto a corrosione**;
  2. È **resistente agli attacchi chimici**;
  3. È **molto leggero**.

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

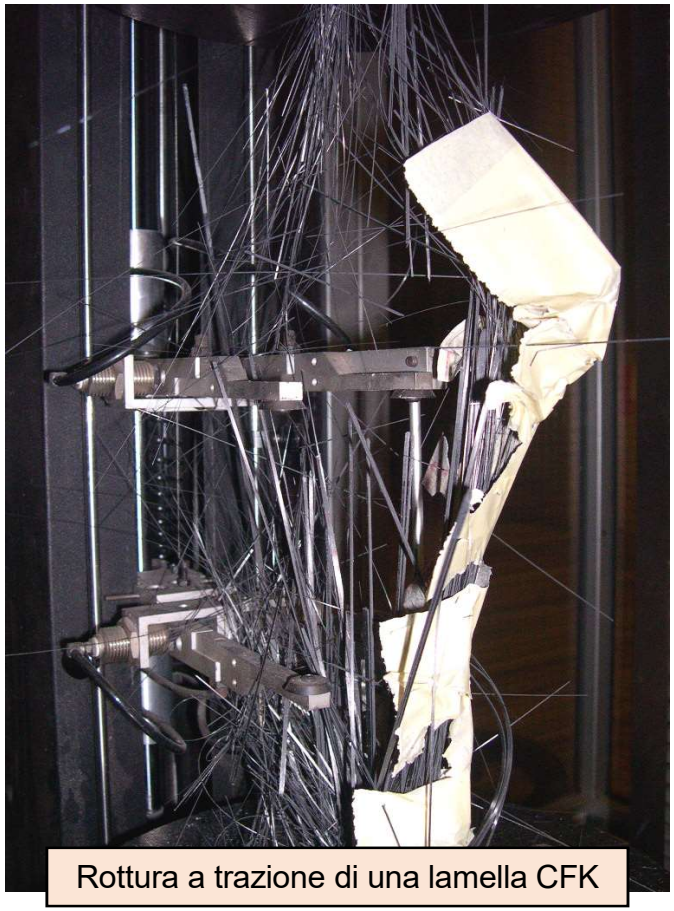
PROVA A TRAZIONE DEL RINFORZO

Caratteristiche meccaniche rilevate sperimentalmente:

- Resistenza a rottura: σ_{fu} = 2780 MPa
- Modulo elastico: E_f = 166500 MPa
- Deformazione a rottura: ε_{fu} = 1,8%



Modalità di applicazione del rinforzo



Rottura a trazione di una lamella CFK

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

LISTA CAMPIONI PROVATI

NOME	TIPO	TIPO DI RINFORZO	AREA DI FRP (mm^2)
n°1 RC-C	C.A.	--	--
n°2 RC-N	C.A.	INCOLLATO	120
n°3 RC-EA	C.A.	INCOLLATO ANCORATO	120
n°4 RC-PrEA	C.A.	PRETENSIONATO ANCORATO	96
n°5 PRC-PrEA	C.A.P.	PRETENSIONATO ANCORATO	96

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

LISTA CAMPIONI PROVATI

La **2ª e 3ª trave** sono state **rinforzate** con **lamelle incollate all'intradosso** tramite adesivi RESIN e previa preparazione del substrato di CLS.

n.2 RC-N: un **estremo** della lamella è lasciato **libero mentre l'altro** viene **fasciato con tessuto** in CFRP.

n.3 RC-EA: gli **estremi** della lamella CFK sono **ancorati alla trave con piastre in alluminio**.

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

LISTA CAMPIONI PROVATI

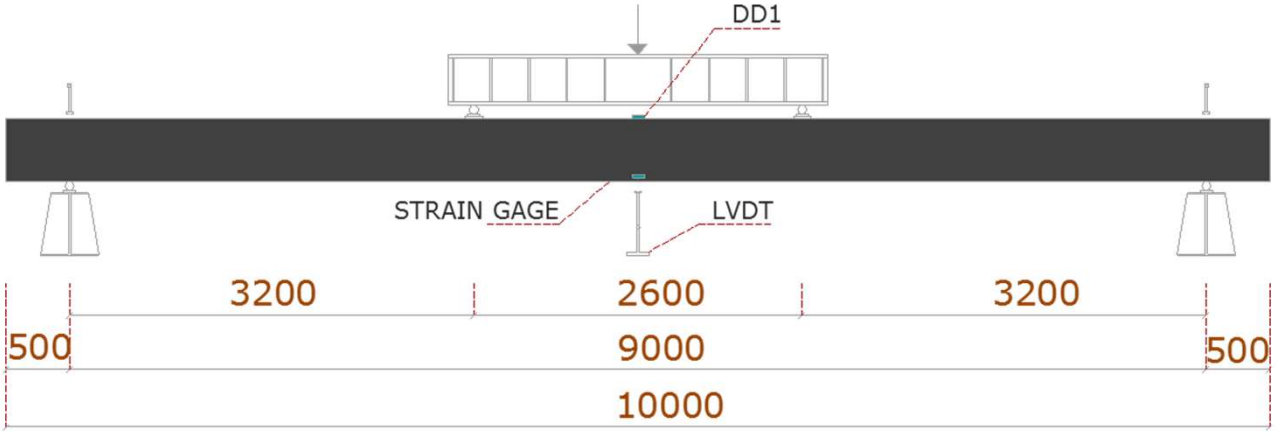
La **4ª trave in C.A. e la 5ª in C.A.P. sono state rinforzate con lamelle pretensionate** in sito tramite un martinetto che usa la trave stessa come contrasto. La **lamella** CFK viene **ancorata** ad **entrambe** le **estremità** e il **martinetto** viene **scaricato solo dopo** che **l'adesivo** è **indurito**.

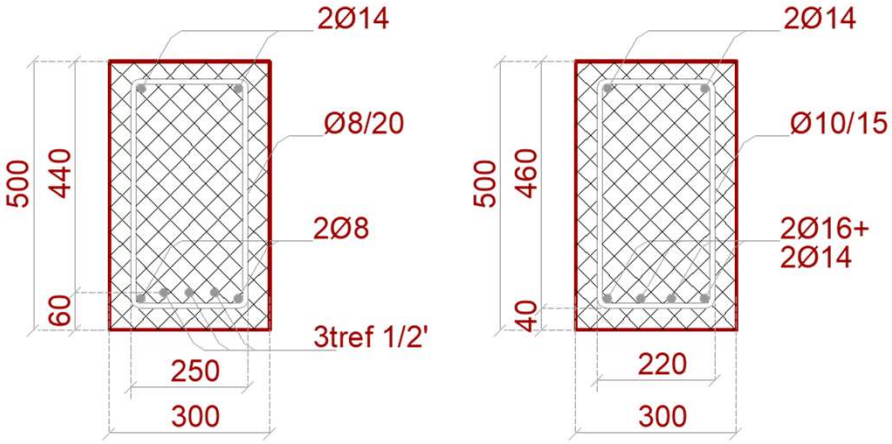
n.4 RC-PrEA: Trave in **C.A. con pretensione** dello 0,6 ÷ 0,65 %.

n.5 PRC-PrEA: Trave in **C.A.P. con pretensione** dello 0,4 ÷ 0,45 %.

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

SCHEMA DI CARICO E GEOMETRIA





SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

POSIZIONAMENTO DEGLI STRAIN – GAUGES

Dettaglio di strain gauge 10 mm

Strain gauge in prossimità di un ancoraggio

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

POSIZIONAMENTO LVDT

LVDT 200 mm per rilevare freccia in mezzeria

LVDT 20 mm per rilevare sollevamento agli appoggi

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

POSIZIONAMENTO DD1

DD1 100 mm per rilevare deformazioni del cls compresso

DD1 100 mm per rilevare deformazioni del cls trazione, accanto a FRP

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

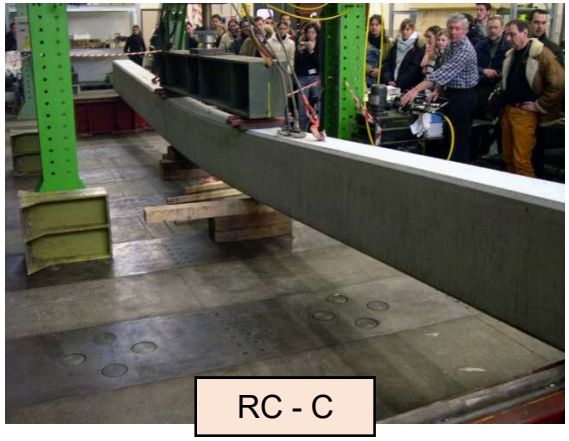
PROVE DI PULL – OFF

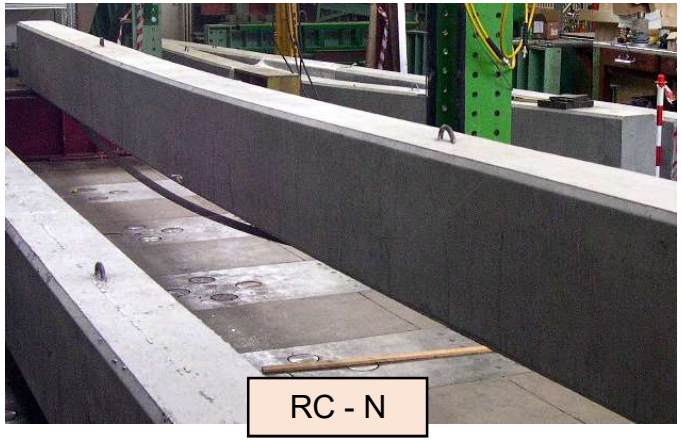
Tensione di picco allo strappo su CLS non inferiore a 0,9 MPa sull'80% delle prove (DT 200 R1 2013)

TIPO	Contrassegno	Modo di rottura	F_h (kN)	f_h (MPa)
1	TR 1	A	5,49	3,45
	TR 2	A	5,72	3,60
	TR 3	A	4,39	2,76
2	TR 1	A/B	2,83	---
	TR 2	A	4,89	3,07

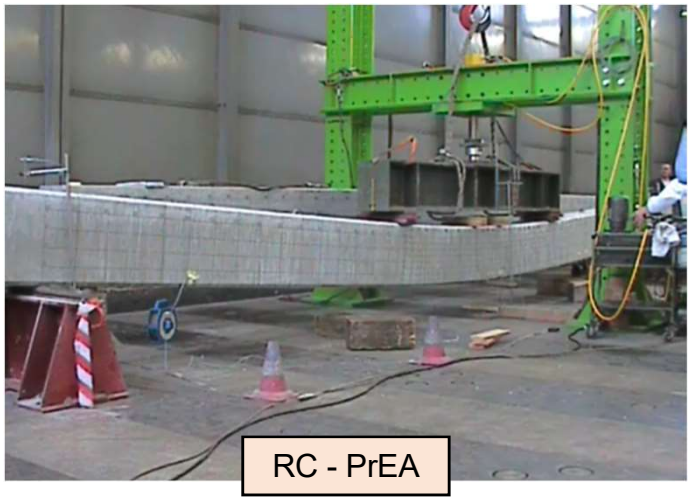
SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

ESECUZIONE DELLE PROVE


RC - C


RC - N

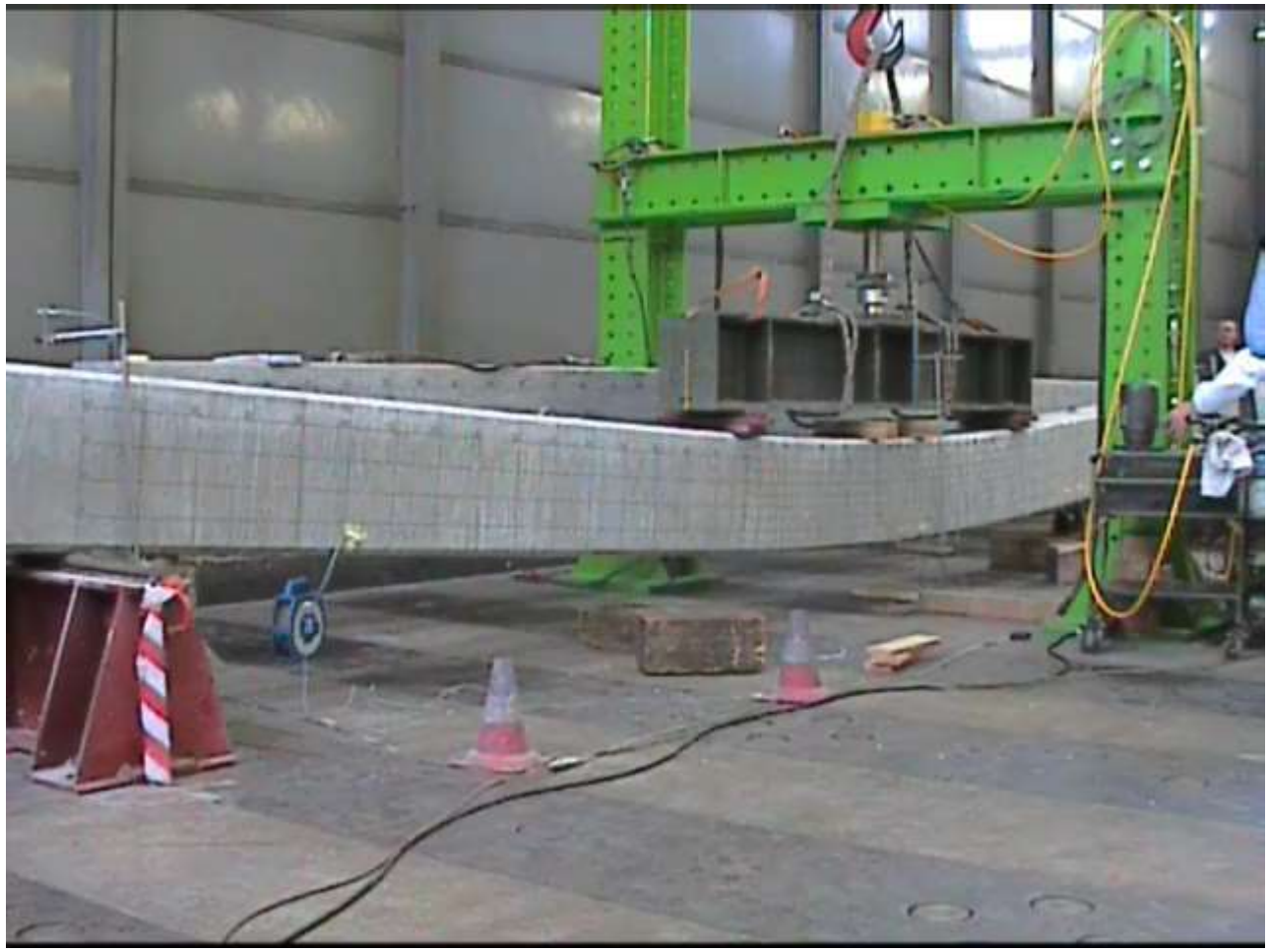
RC - EA


RC - PrEA

PRC - PrEA

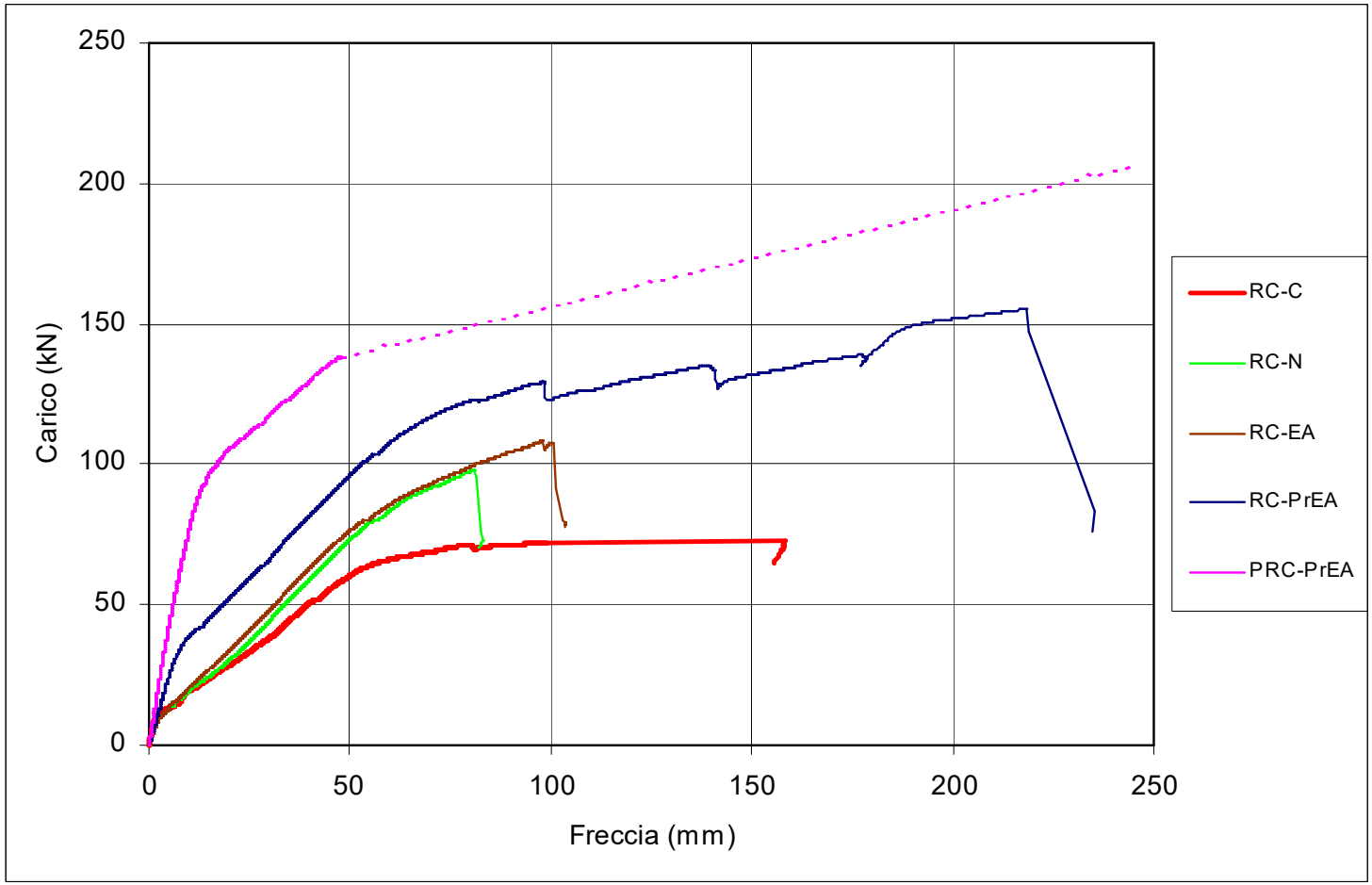
SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

PROVA SULLA TRAVE n.4 RC – PrEA



SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

DIAGRAMMA CARICO - FRECCIA



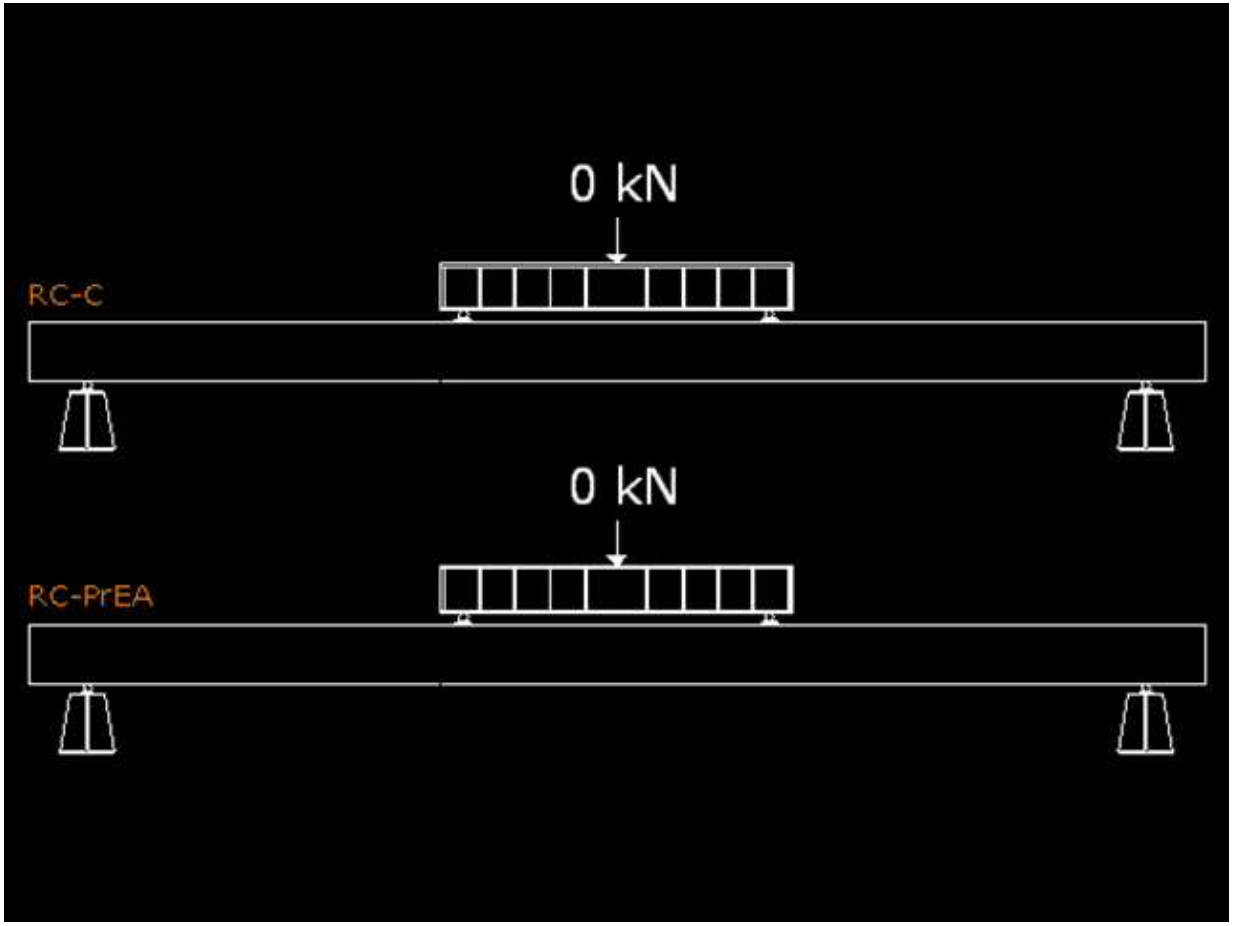
SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

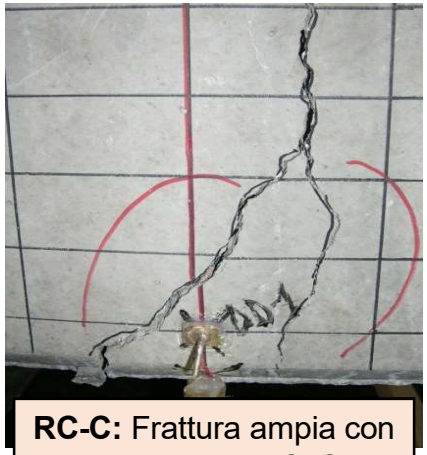
RISULTATI

TRAVE	MOMENTO A ROTTURA (kNm)	FRECCIA MASSIMA (mm)	AREA DI FRP (mm^2)
1. RC-C	161,36	158,20	--
2. RC-N	202,77	81,15	120
3. RC-EA	218,64	100,43	120
4. RC-PrEA	294,54	219,20	96
5. PRC-PrEA	375,81	(245)	96

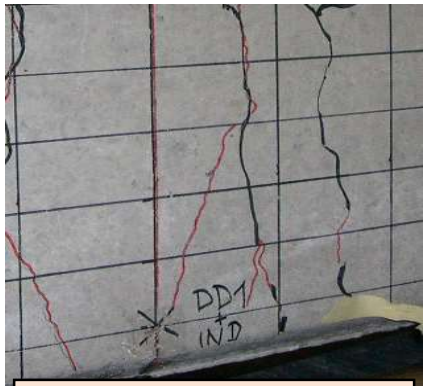
SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

EVOLUZIONE DEL QUADRO FESSURATIVO





RC-C: Frattura ampia con espulsione di CLS

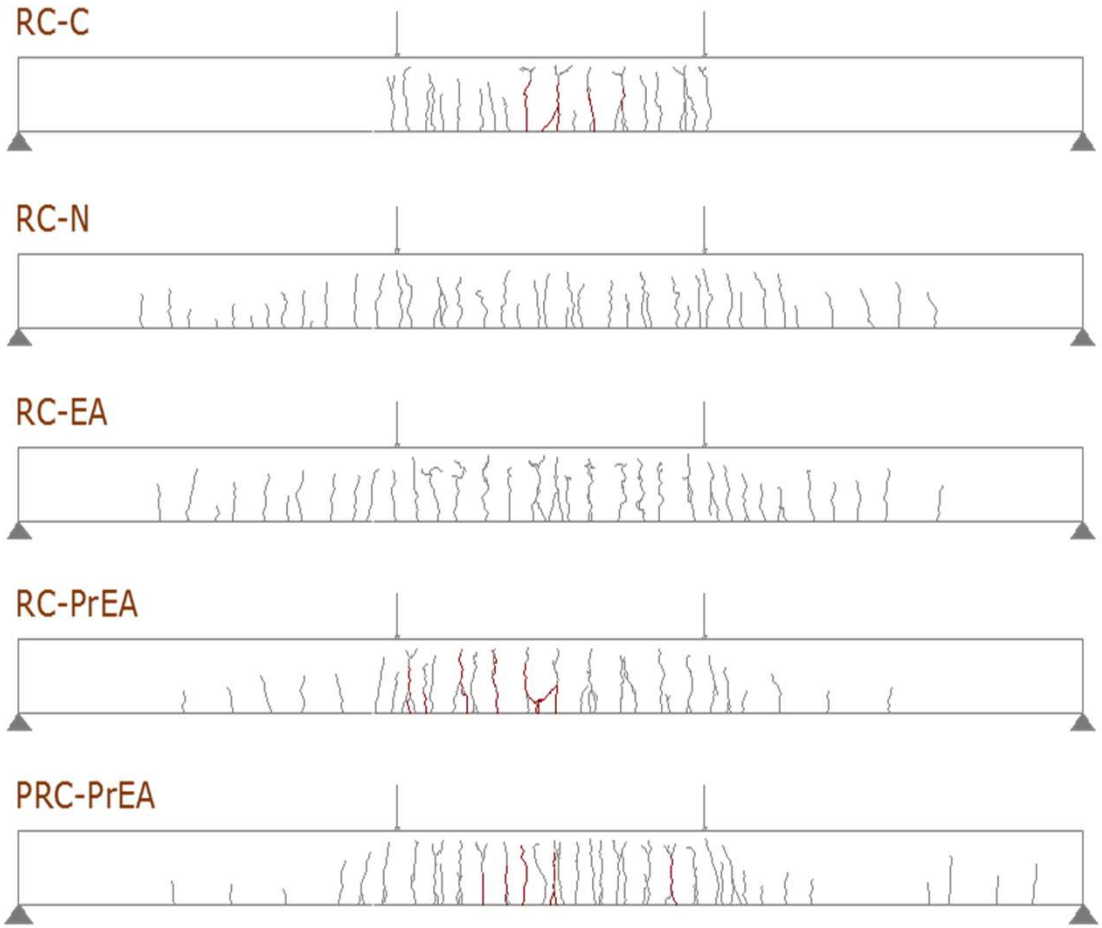


RC-EA: Fessure piccole

SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

EVOLUZIONE DEL QUADRO FESSURATIVO – CONFRONTO

- L'evoluzione del quadro fessurativo nella zona di momento costante evidenzia una **distribuzione più omogenea delle fessure e una riduzione della loro ampiezza**.
- In sostanza **la lamella tende a "ricucire" le fratture** del CLS a trazione, **ritardandone la fessurazione**.
- La presenza di **fessure verticali** di tipo flessionale **nelle zone di luce di taglio** dimostra come la lamella crei un meccanismo che consente di **coinvolgere contributi di resistenza dalle zone esterne** a quella di momento costante.



SPERIMENTAZIONI: 1. TRAVI C.A. E C.A.P CON FRP (DICEA UNIPD)

CONCLUSIONI

- La sperimentazione eseguita sulle cinque travi a scala reale ha mostrato la **grande efficacia del** sistema di **rinforzo a flessione in lamelle CFK** con:
  1. **Incrementi** del **momento** a rottura compresi **tra il 36 % e 85 %**;
  2. **Decrementi** della **freccia** in mezzeria;
  3. **Aumento** della **rigidezza** della sezione;

- In particolare, le **prestazioni migliori** in termini di incremento sono state registrate nelle **travi in cui la fibra era stata pretensionata** (nonostante in quelle travi fosse presente il 20% in meno di carbonio):
  1. **Notevole incremento del momento di prima fessurazione**, del 52 %;
  2. **Lamella utilizzata fino al 75 %** delle sue potenzialità;

SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

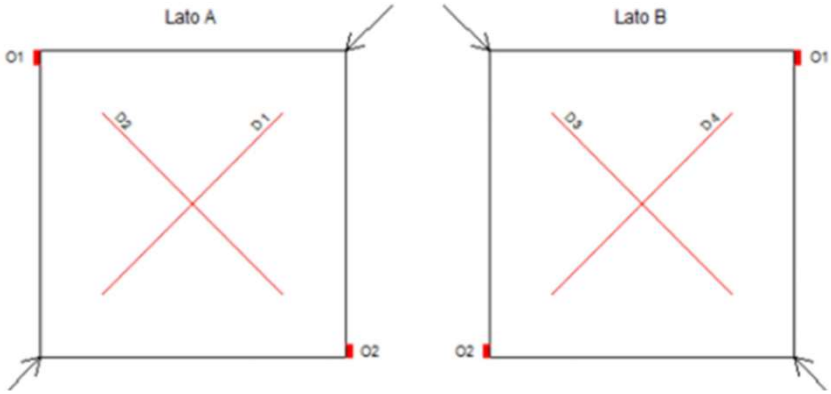
DESCRIZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE

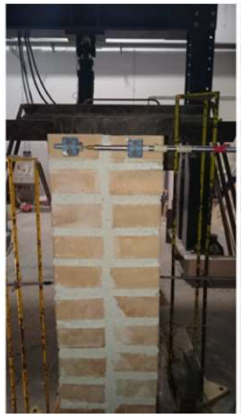
La sperimentazione ha riguardato **prove diagonali su pannelli murari rinforzati con FRP** e con **FRCM** e **connettori** presso l'Università di Perugia **secondo protocollo ReLUIS** PF 3b.3-UR05-1 – 2009.

I test sono stati condotti su 8 pannelli di dimensioni 1.2x1.2x0,25 m, a doppia fila non ammorsate, rinforzati su ambo le facce con CFRP, FRCM e FRCM + connettori, e testati a compressione semplice e a taglio attraverso prova diagonale secondo ASTM E 519.

Sono stati impiegati 4 Trasduttori di spostamento LVDT:

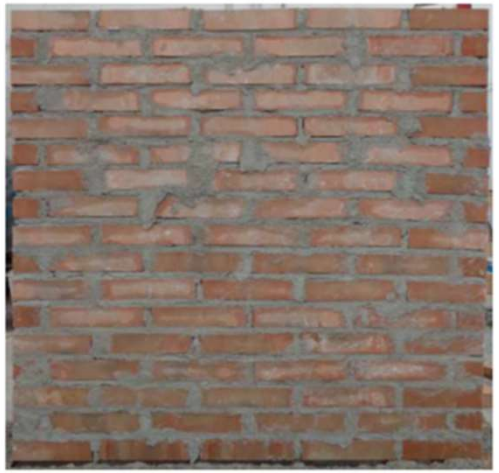
- 2 sulla faccia A: D1 (C) D2 (T)
- 2 sulla faccia B: D3 (C) D4 (T)





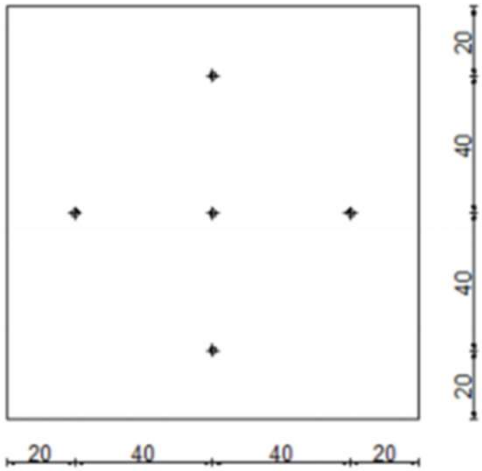
SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

CAMPIONI RINFORZATI CON FRP



SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

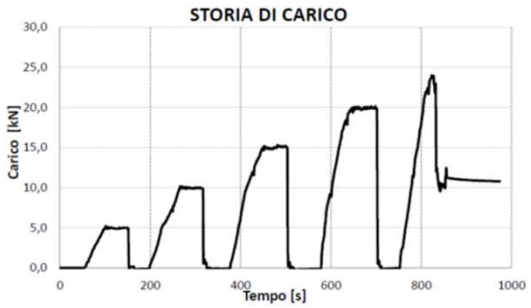
CAMPIONI RINFORZATI CON FRCM e con FRCM e CONNETTORI

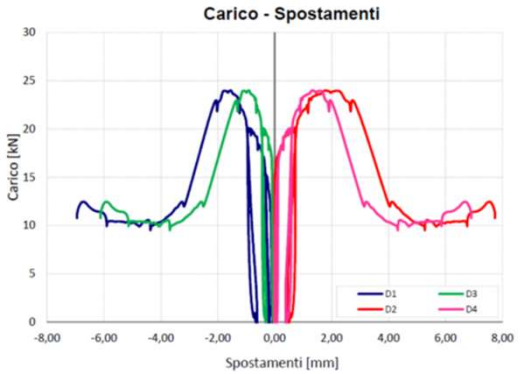


SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

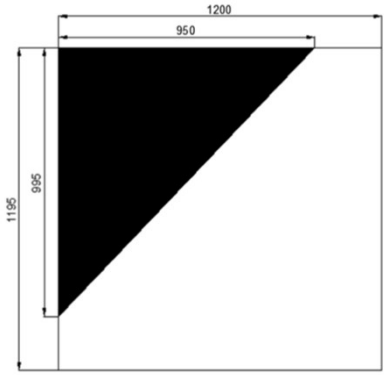
RISULTATI DEL PANNELLO CON FRP

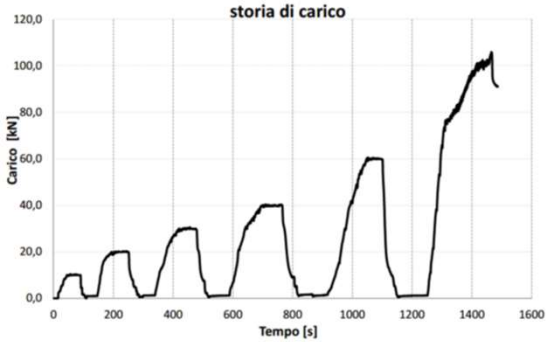
1. PANNELLO DI CONTROLLO

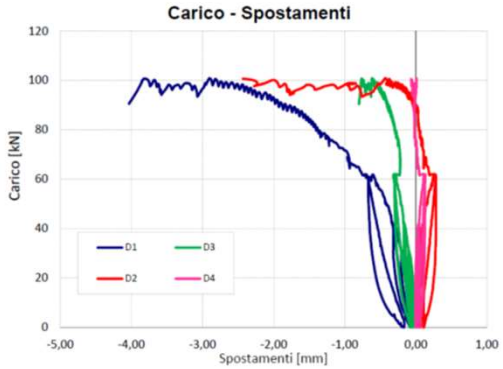




2. PANNELLO RINFORZATO CON FRP



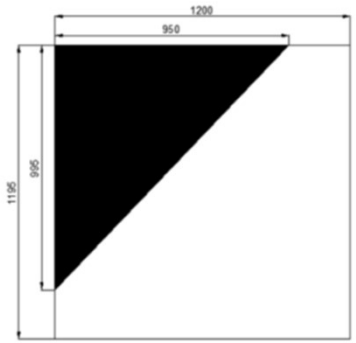


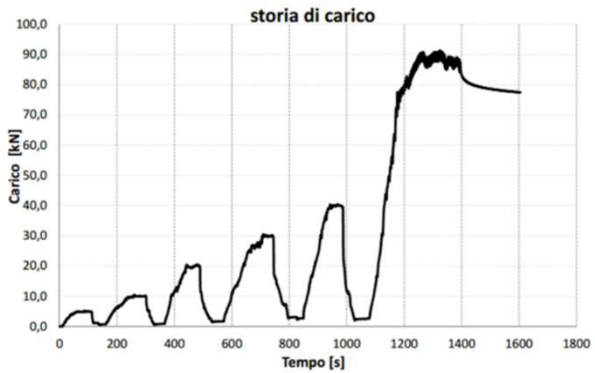


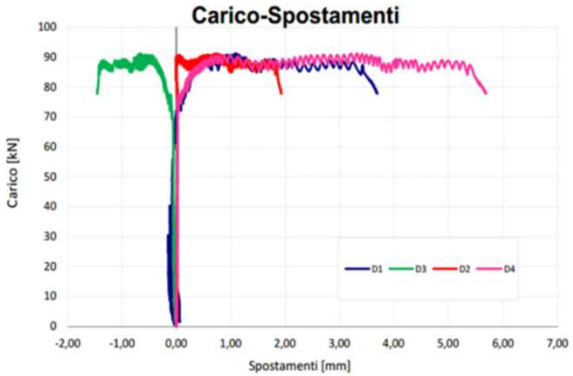
SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

RISULTATI DEL PANNELLO CON FRCM

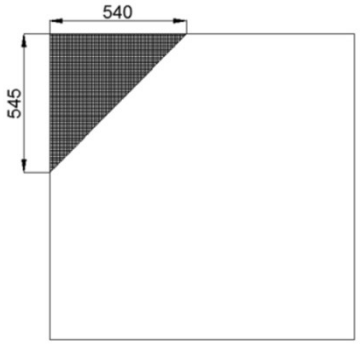
3. PANNELLO RINFORZATO CON FRCM

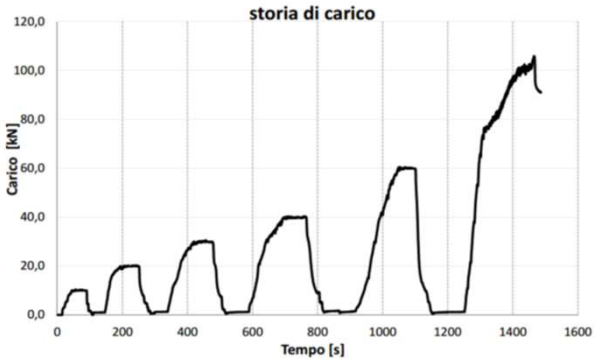


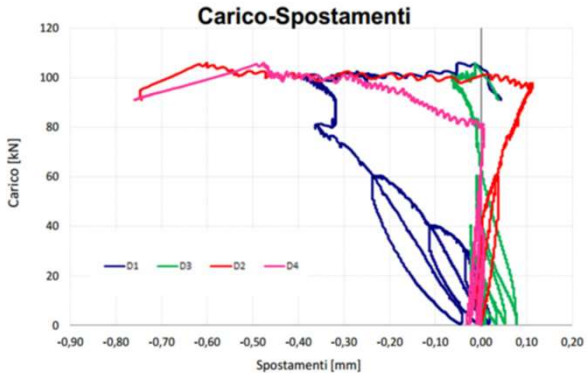




4. PANNELLO RINFORZATO CON FRCM E CONNETTORI







SPERIMENTAZIONI: 2. PANNELLI MURARI RINFORZATI (UNIPG)

CONFRONTO DEI RISULTATI

PANNELLO MURARIO	AUMENTO DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE	AUMENTO DELLA RESISTENZA A TAGLIO
FRP	+ 20,0 %	+ 325,0 %
FRCM	+ 73,6 %	+ 279,0 %
FRCM + Connettori	+ 116,3 %	+ 342,0 %

SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

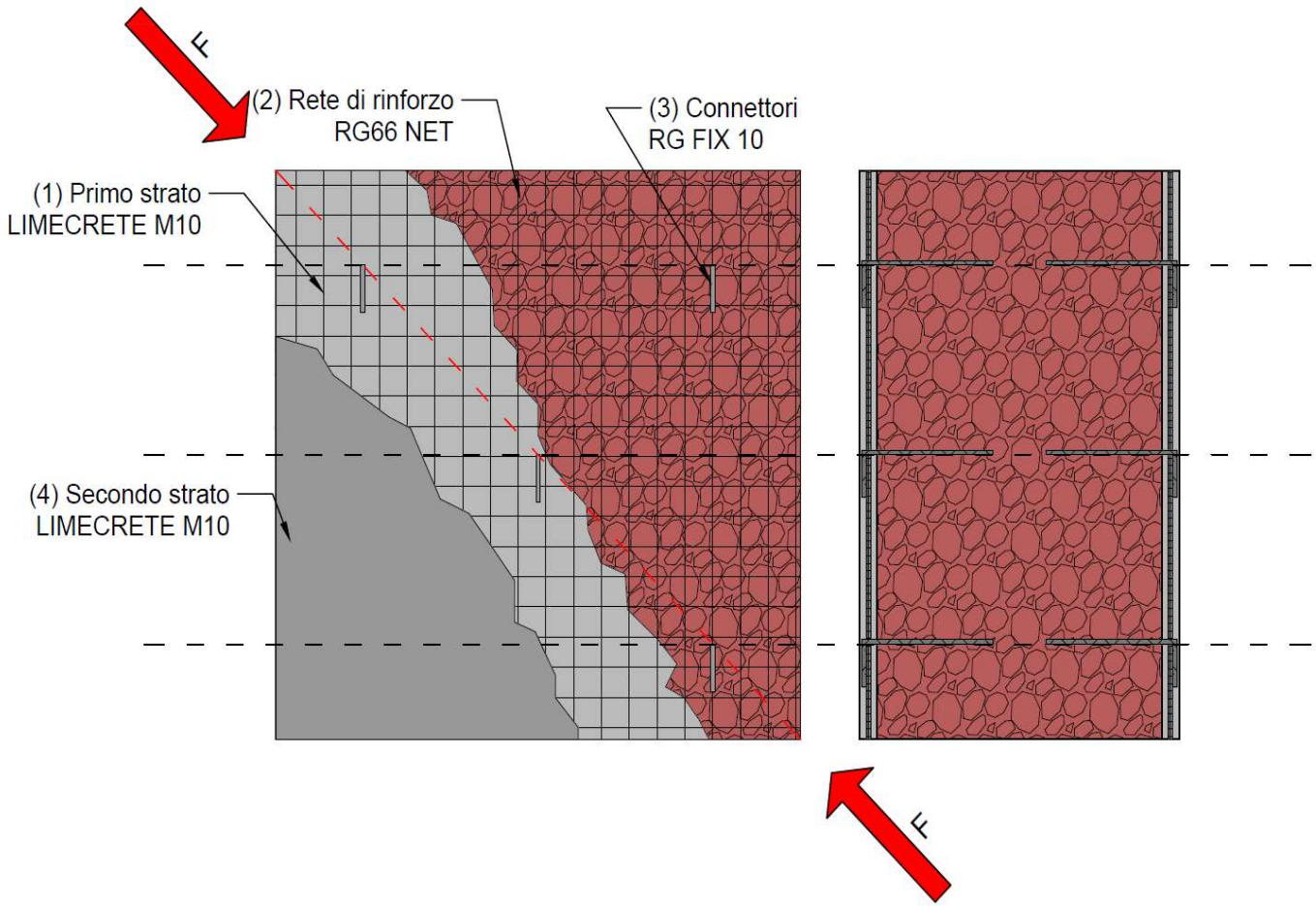
DESCRIZIONE DELLA SPERIMENTAZIONE

La sperimentazione ha riguardato la **prova diagonale in situ di murature rinforzate con CRM**, dell'aggregato Cirillo V nel centro storico di L'Aquila, **secondo protocollo ReLUIS** PF 3b.3-UR05-1 – 2009.
Visto lo stato della tessitura muraria si è proceduto ad un

- **Consolidamento con iniezione di malta LIMECRETE IR**
- **Rinforzo con intonaco armato CRM,** formato da: malta LIMECRETE M15 e rete preformata RG66 NET BA e 4 connettori/mq RG FIX 10.

SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

RINFORZO CRM

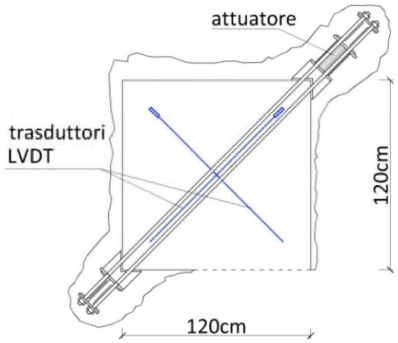


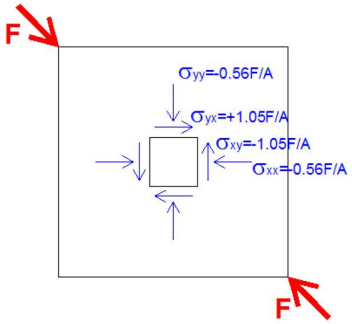
Rete di rinforzo preformata rigida in GFRP RG66 NET BA

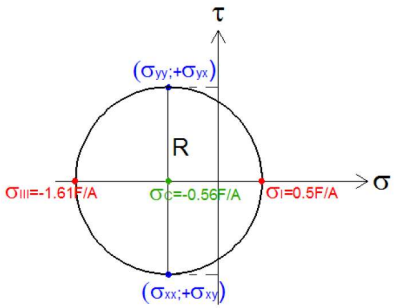
Connettore rigido ad L in GFRP RG FIX 10

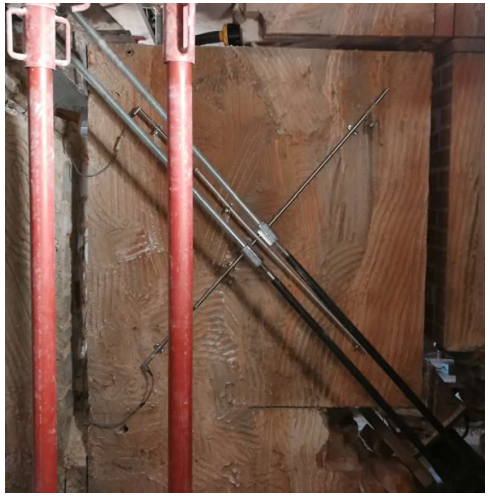
SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

ESECUZIONE DELLA PROVA DIAGONALE









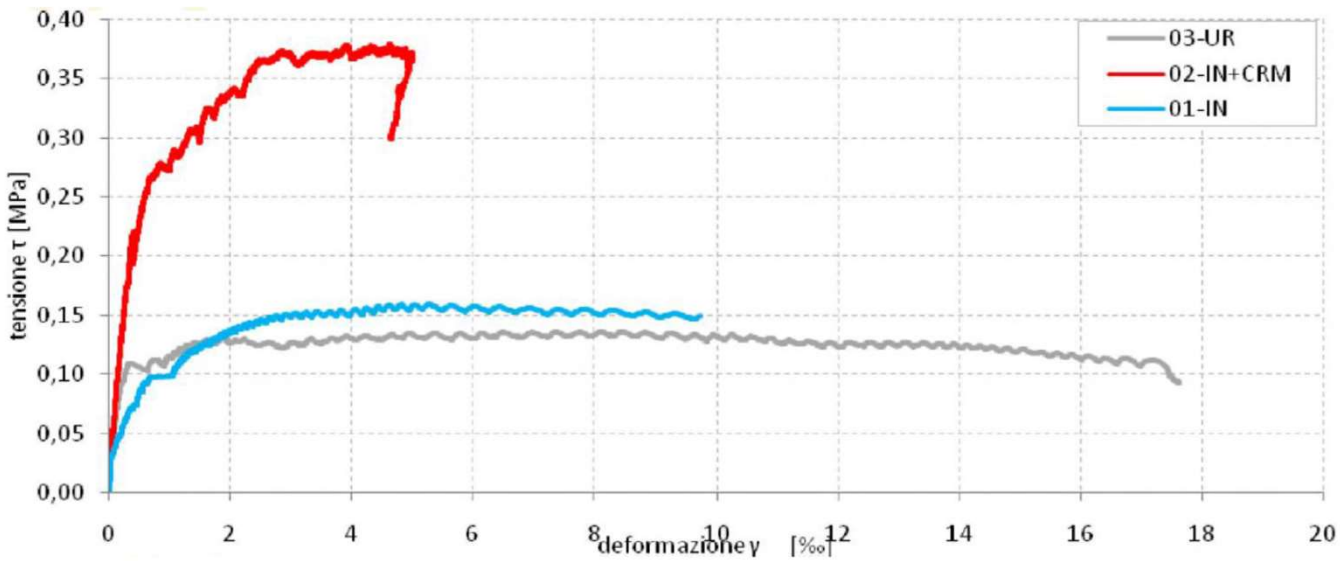
SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

RISULTATI

Sono stati testati **tre provini**:

- **01 – IN**: muratura con sola malta di iniezione
- **02 – IN + CRM**: muratura rinforzata con malta d'iniezione e rete CRM
- **03 – UR**: muratura allo stato di fatto, non rinforzata

In (*Figura*5.) vengono riportate le curve di inviluppo della tensione tangenziale - deformazione angolare ottenute per ognuno dei tre pannelli.



SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

RISULTATI

Si riportano in $Tabella1$ i riassunti dei risultati delle prove di compressione diagonale eseguite sui 3 provini, riportando il carico ultimo di fessurazione (F_{max}), la resistenza a trazione per fessurazione diagonale (f_t), la resistenza a taglio (τ_0), il rapporto tra la resistenza a taglio del campione rinforzato e di quello non rinforzato ($\tau_{0,r}/\ \tau_{0,UR}$) e i valori del modulo di taglio rispettivamente secante e bilineare (G_{sec} e G_{bil}). Di seguito le formule analitiche:

$$f_t = 0.5\frac{F_{max}}{A} \qquad \tau_0 = \frac{f_t}{1.5} \qquad G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{1.05}{A}\frac{F}{\gamma}$$

campione	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Altezza (mm)	F_{max} (kN)	f_t (MPa)	τ_0 (MPa)	$\tau_{0,R}/\ \tau_{0,NR}$ (%)	G_{bil} (MPa)	G_{sec} (MPa)
01 -IN	1205	722	1220	131.98	0.076	0.051	117%	111	176
02 - IN+CRM	1215	605	1200	265.16	0.180	0.120	279%	285	530
03 - UR	1213	588	1200	92.29	0.065	0.043	-	147	459

Tabella 1

SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

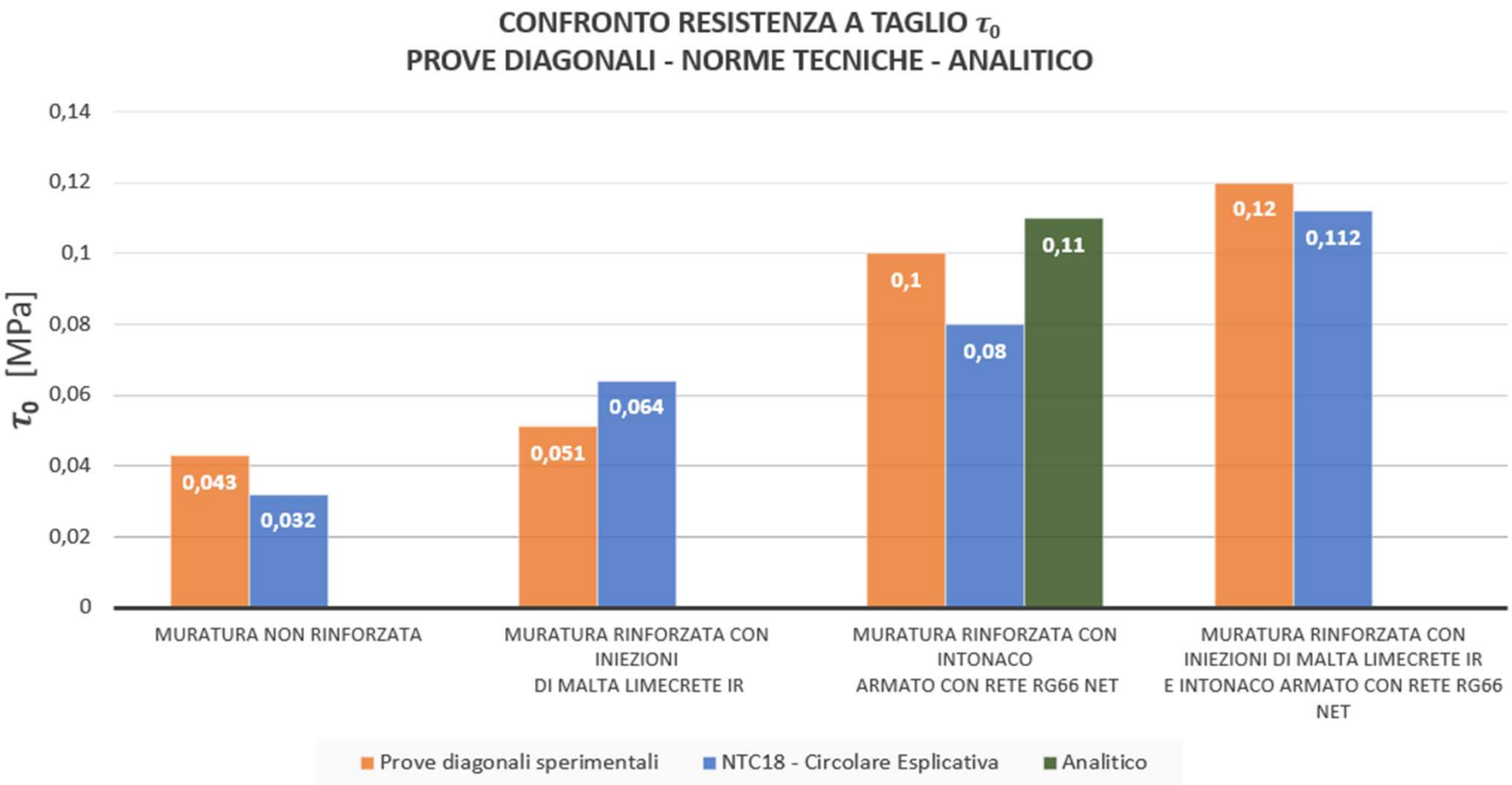
CONFRONTO DEI RISULTATI SPERIMENTALI CON LE NTC18 E CON IL CALCOLO

TABELLA RIASSUNTIVA	*NTC18 Circolare Esplicativa*	*Prove diagonali sperimentali*	*Calcolo analitico*
	$\tau_{0,1}$ $[MPa]$	$\tau_{0,2}$ $[MPa]$	$\tau_{0,3}[MPa]$
Muratura non rinforzata	0,032 (Tab. C8.5.I)	0,043	/
Muratura rinforzata con iniezioni di malta LIMECRETE IR	0,064	0,051	/
Muratura rinforzata con solo intonaco armato con rete RG66 NET	0,08	0,10	0,110
Muratura rinforzata con iniezioni di malta LIMECRETE IR + intonaco armato con rete RG66 NET	0,112	0,12	/

	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	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

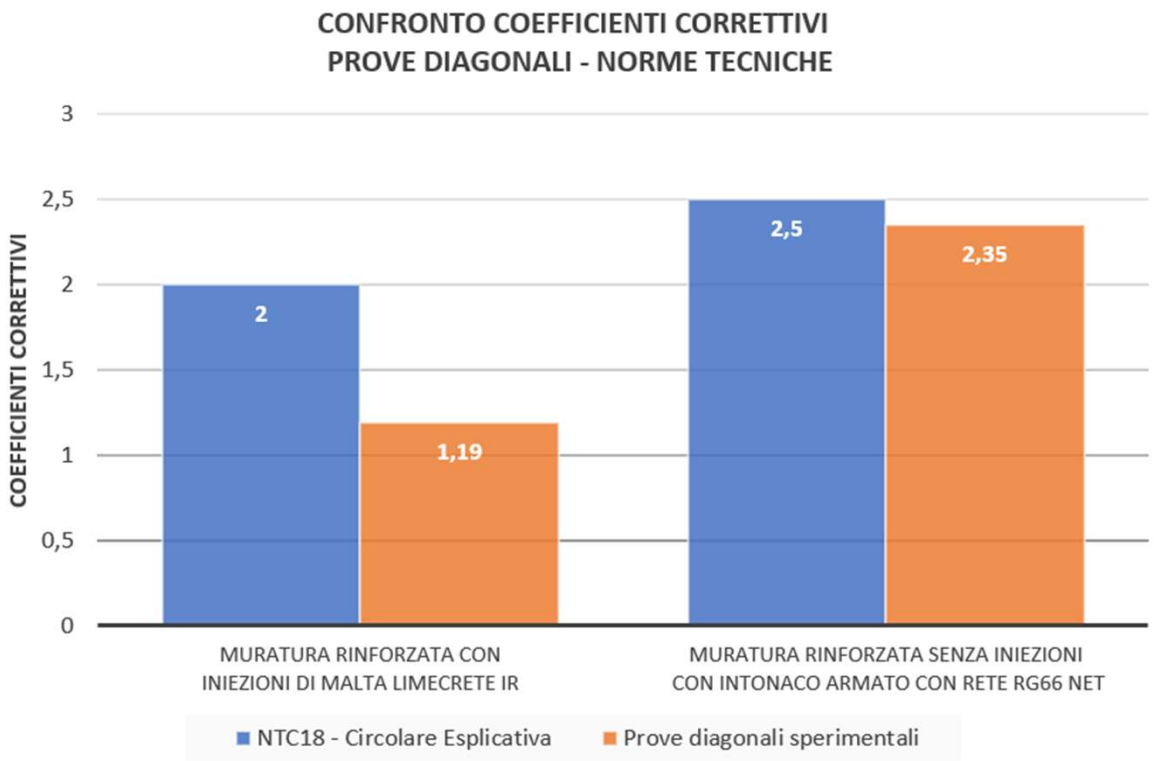
SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

CONFRONTO DEI RISULTATI SPERIMENTALI CON LE NTC18 E CON IL CALCOLO



SPERIMENTAZIONI: 3. PROVA DIAGONALE IN SITU SU CRM (UNIPG)

CONFRONTO DEI RISULTATI SPERIMENTALI CON LE NTC18 E CON IL CALCOLO



CONCLUSIONI: I coefficienti delle NTC18 corrispondono per l'intonaco armato, mentre sono sovrastimati per le iniezioni (più «variabili»)

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

HIRUN ENGINEERING

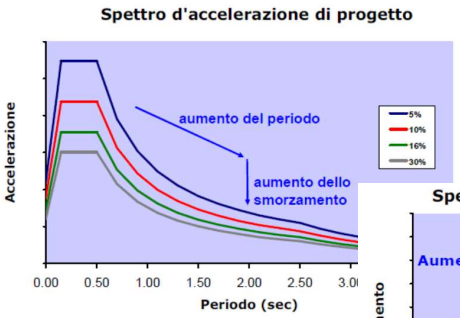
ISOLATORI E DISSIPATORI SISMICI

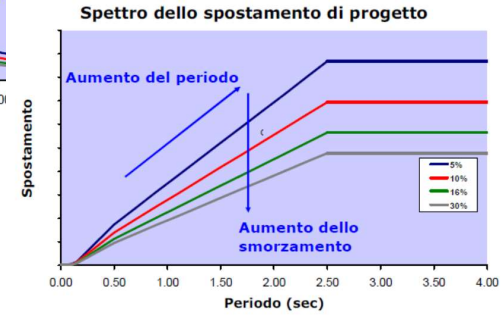
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO

PRINCIPIO

Aumento del **periodo** strutturale (T_{BF} = 0,1 ÷ 1,0 s ➔ T_{IS} > 2 s) con conseguente **riduzione** dell'ordinata **spettrale** + **smorzamento**.





➔ Aumento degli **spostamenti** ➔ **giunti**.

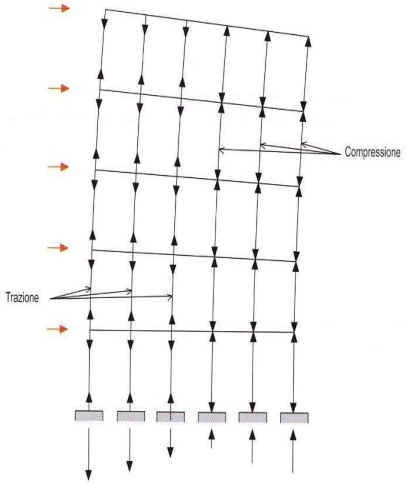
VANTAGGI

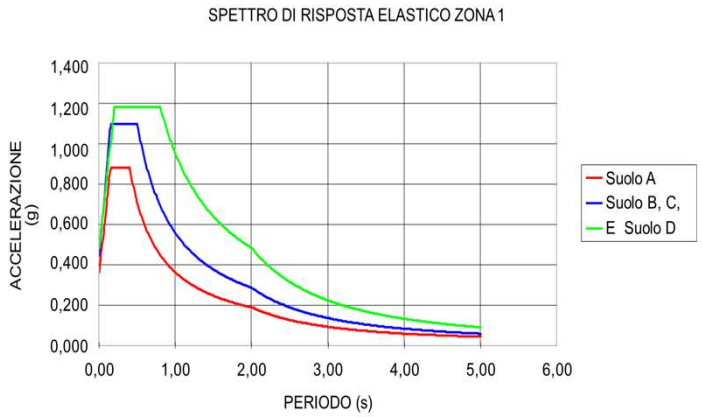
- **Abbattimento** delle forze di inerzia e quindi delle **sollecitazioni**.
- **Riduzione** degli **spostamenti** di **interpiano**.
- **No danni** a elementi strutturali e non strutturali. La sovrastruttura rimane in campo elastico.
- Elevata protezione del contenuto.
- **No interruzione d'uso** (funzionalità post sisma).
- Ridotta percezione del sisma dagli occupanti.
- **Eliminazione** possibili effetti **torsionali**.
- Possibilità di **svincolarsi** dalle **regolarità** ➔ maggiore libertà compositiva.
- **Riduzione** significativa dei **costi di ripristino** a fronte di un **modesto incremento** dei costi di **costruzione**.

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO: FATTIBILITÀ E CONVENIENZA TECNICO - ECONOMICA

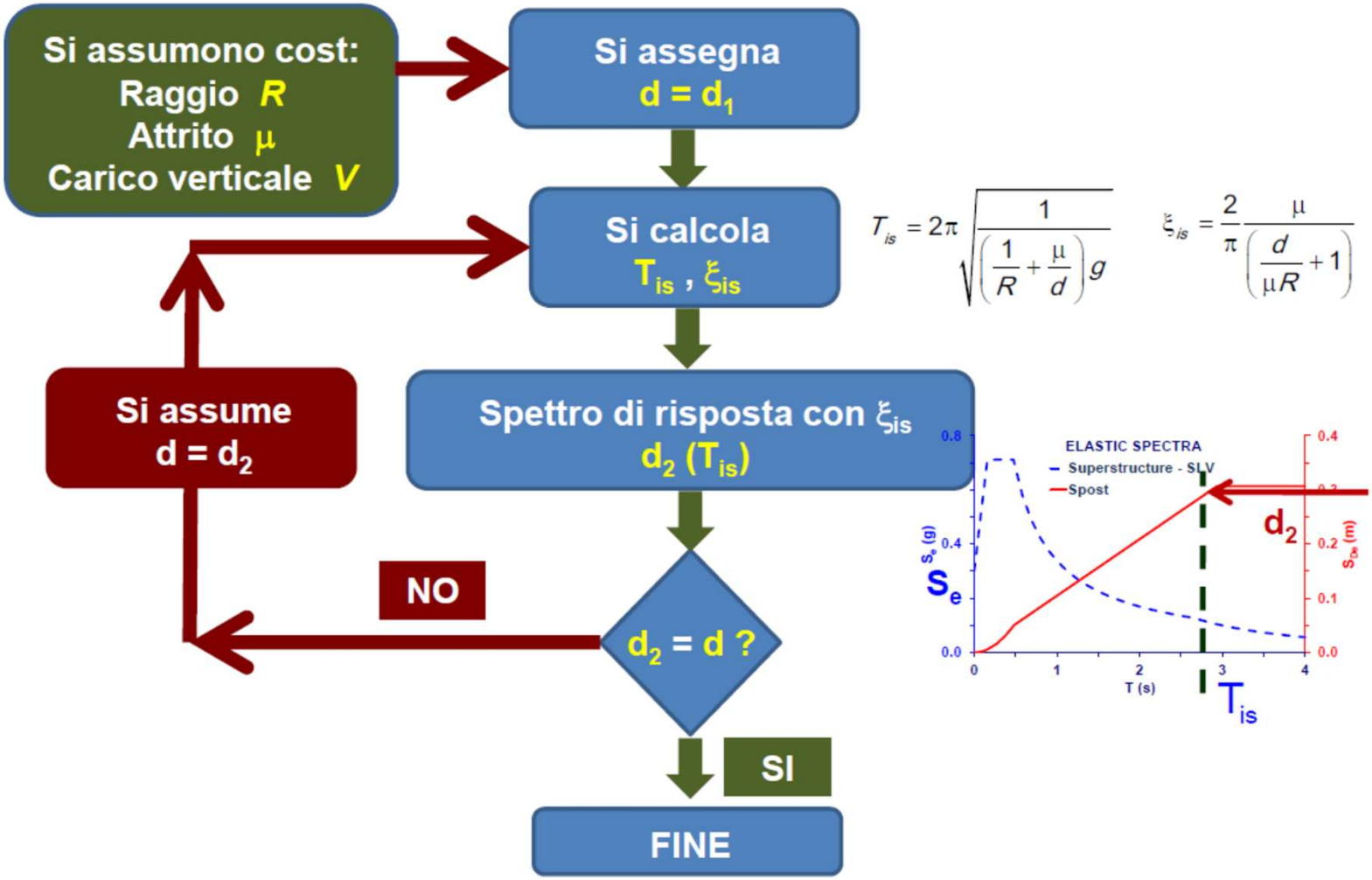
- **Sovrastruttura** sufficientemente **rigida** ➔ rapporto di isolamento $T_{IS} / T_{BF} = 3 \div 5$, tipicamente $2s < T_{IS} < 3s$.
- **Dimensioni geometriche** e **sistema resistente**. Edifici medio - bassi (max 10/15 piani), **trazioni** parassite per **H/B elevati**.
- Presenza di **piani rigido sotto** e **sopra** gli **isolatori**.
- Adeguata **rigidezza** contro **azioni orizzontali non sismiche** (frequente attivazione in esercizio: ad es. vento). Tipicamente carichi laterali di servizio ≤ 5%W.
- Caratteristiche geotecniche locali del suolo (accoppiamento periodo dominante suolo - struttura) ➔ **Attenzione suoli soffici**.
- Minor efficacia in condizioni «near - fault»
- **La convenienza** tecnico – economica **aumenta all'aumentare** di: **Pericolosità; Classe d'uso; Vita nominale.**





ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

CSS: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE



$$T_{is} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{d}\right) g}}$$

$$\xi_{is} = \frac{2}{\pi} \frac{\mu}{\left(\frac{d}{\mu R} + 1\right)}$$

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO: SOLUZIONI PER LA MESSA IN OPERA

NUOVE COSTRUZIONI

- Il **progetto** dell'edificio è pensato **attorno** al sistema d'**isolamento.**
- È possibile ottimizzare (dal punto di vista tecnico – economico) sulla sovrastruttura e sulla posizione degli isolatori.
- **+3 ÷ 5 %** rispetto **edificio** con **progettazione tradizionale**

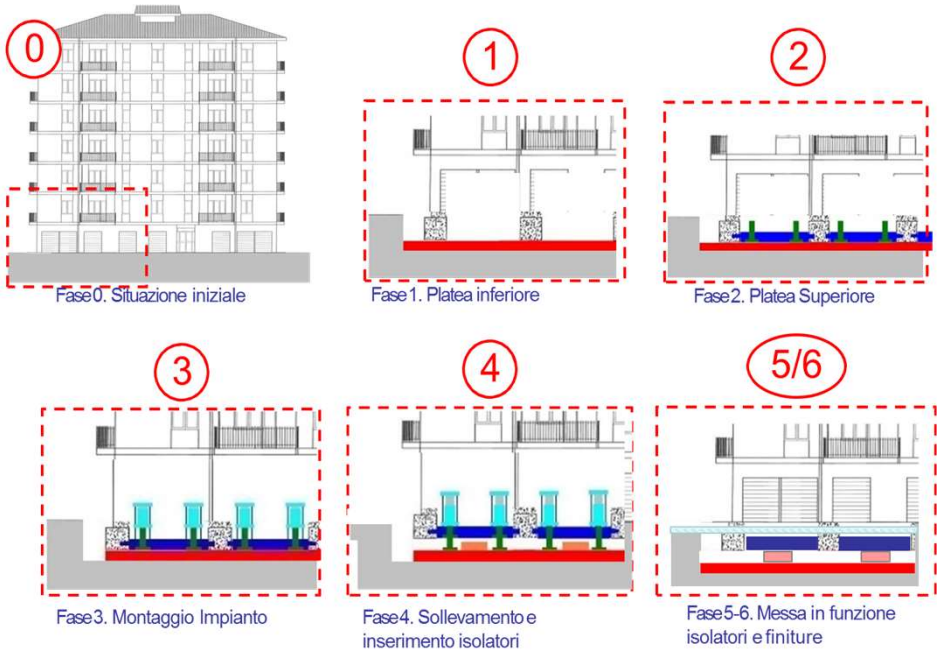
COSTRUZIONI ESISTENTI

Generalmente è necessario procedere con un intervento di **Retrofit** per l'installazione degli isolatori con maggiori spese:

- **Fattibile** in genere per strutture in **c.a.**
- Più **difficile** per strutture in **muratura** (sollevamento totale) e/o **vincolate** della Soprintendenza per beni culturali ➔ può essere **più semplice** procedere al **rinforzo.**

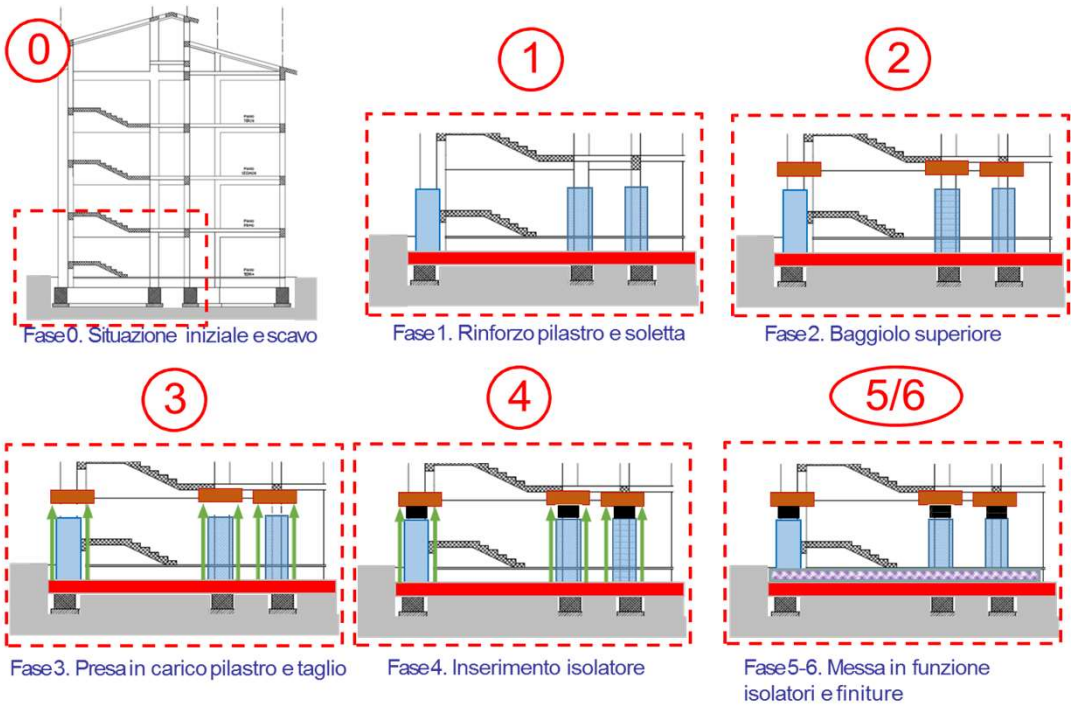
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO: RETROFIT CON SOLLEVAMENTO



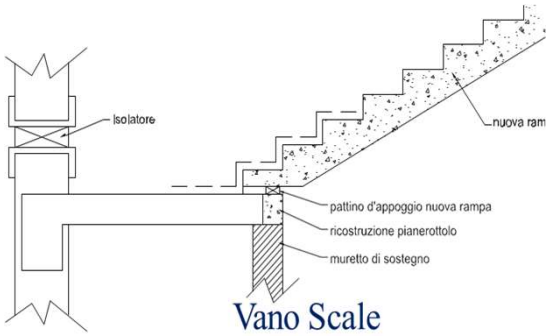
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO: RETROFIT CON TAGLIO PILASTRI



ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO SISMICO: GIUNTI SISMICI, IMPIANTISTICI E ISPEZIONABILITÀ

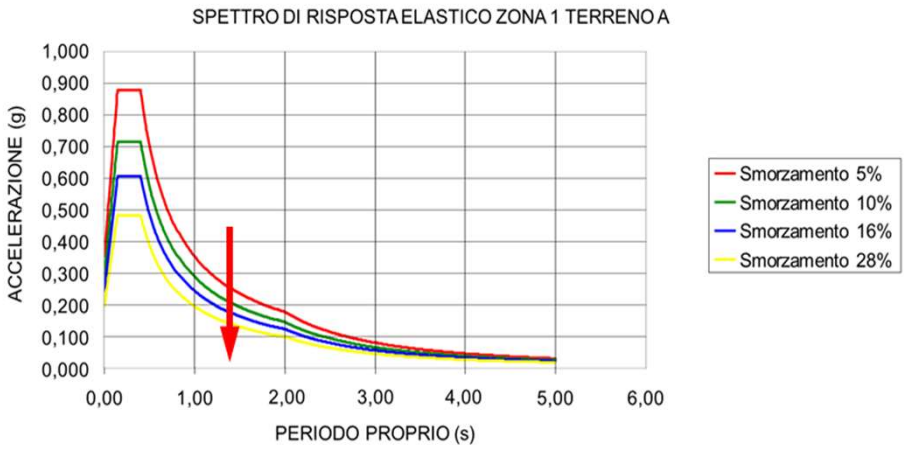


ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

DISSIPAZIONE SISMICA

PRINCIPIO

Dissipazione di parte **dell'energia sismica** con **riduzione dell'accelerazione** sismica e anche degli **spostamenti**.



VANTAGGI

- **Abbattimento** delle **sollecitazioni**.
- **Riduzione** degli **spostamenti** ➔ **eliminazione** possibilità di **martellamento**.
- **Riduzione danni** a elementi strutturali e non strutturali.
- Elevata protezione del contenuto.
- **No interruzione d'uso** (funzionalità post sisma).
- Ridotta percezione del sisma da parte degli occupanti.
- La sua **protezione** alla struttura è **assicurata** sempre **indipendentemente dalla frequenza** dell'evento sismico **e** dal tipo di **terreno**.

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

DIVISIONE HIRUN ENGINEERING

HIRUN ENGINEERING

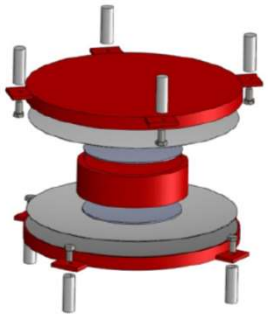
- Produzione di: **dispositivi sismici (isolatori e dissipatori)**, **appoggi** e **giunti per ponti**.
- Sede principale: Wuhan – Hubei (sedi anche in Italia).
- Proprietà: **Wuhan Marine Machinery Plant**, controllata dalla Società di Stato cinese China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC).
- L'azienda **opera** in regime di **qualità ISO 9000** certificata da CQC membro di IQNET, con i più severi **controlli di qualità** dalle materie prime al prodotto finito ai sensi della **EN 1090**.

I NUMERI

- Fra le **prime 500** aziende del **mondo**.
- Capacità produttiva **60.000 dispositivi annui**.
- Area produttiva di **20.000 mq**.

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

PRINCIPALI DISPOSITIVI HIRUN ENGINEERING



Isolatori a pendolo HISLIDE a semplice (HP1) doppia (HP2) superficie di scorrimento

Isolatori elastomerici in gomma e acciaio (HDRB) e in piombo (LRB)

Dissipatori sismici HIFLUID fluodinamici VSD e VDD e shock trasmitter LUD

Appoggi per ponti e viadotti HIFLOW e HIPOT

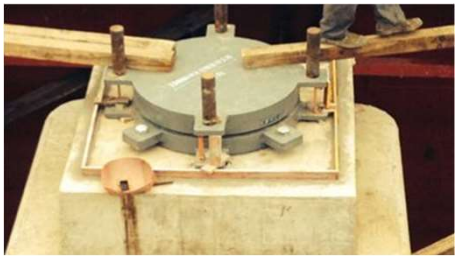
ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE PER I VIADOTTI

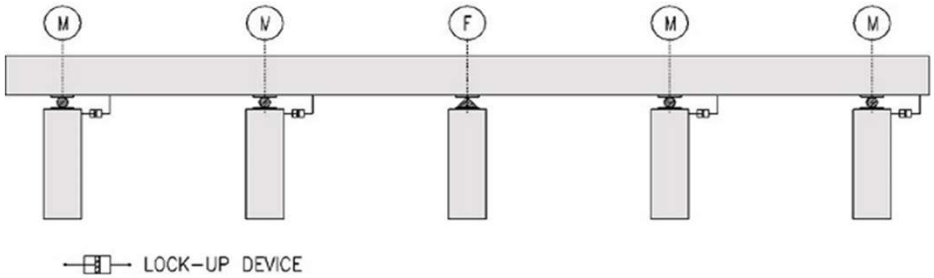
È possibile **adeguare i viadotti realizzando una catena cinematica isolata sismicamente,** operando la **sostituzione degli appoggi originari con isolatori;** aggiungendo, se necessario, dei dissipatori viscosi.

La **catena cinematica** presenta, in particolare nell'adeguamento di viadotti esistenti, i seguenti **vantaggi**:

- Comportamento sismico migliore;
- Riduzione del numero di giunti.



In taluni casi è necessario installare dei **Lock – Up Devices (LUD)**, anche detti **«shock trasmitter»** al fine di **bypassare gli appoggi mobili** in condizioni sismiche e **ridistribuire l'azione sismica** sulla strutture verticali.



ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

ISOLAMENTO VIADOTTO SAN MARINO

Il Viadotto San Marino, al km 5+334 della superstrada Ascoli Mare, è stato adeguato nel **2016** mediante l'inserimento di **isolatori HISLIDE (HP2) a doppia superficie curva di scorrimento**, caratterizzati da un **carico verticale massimo di 1000 kN** e uno **spostamento** massimo in condizioni sismiche **pari a 400 mm**.

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

QUALIFICA E ACCETTAZIONE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le normative vigenti che regolano le prove sui vari dispositivi d'isolamento e dissipazione sono:

- Normativa italiana: NTC08/18
- Normativa europea*: EN 15129*

Dall'interpretazione di tali norme si ha che:

- Tutti i dispositivi forniti devono essere **marcati CE** e pertanto le prove di qualificazione devono essere rigorosamente **conformi** in quantità e numero **alla** norma EN 15129.
- Tutti i dispositivi devono essere **conformi** alle norme vigenti sul **territorio** nazionale (NTC08/18) che governa il **quantitativo** di prove di accettazione da eseguire per ogni fornitura.

➔ Targa identificativa su dispositivi.

PROVE DI QUALIFICAZIONE ➔ CE

DISPOSITIVO	Quantitativo di prove da effettuare	Cosa è necessario verificare	Prove distruttive
ISOLATORI IN GOMMA	2	Rigidezza – capacità di movimento	SI
ISOLATORI A PENDOLO	2	Rigidezza – coefficiente d'attrito	NO
A VINCOLO PROVVISORIO	1	Rigidezza – smorzamento	SI
FLUIDO-DINAMICI	1	Legge costitutiva dinamica	NO

PROVE DI ACCETTAZIONE

DISPOSITIVO	Quantitativo di prove da effettuare	Cosa è necessario verificare	Prove distruttive
ISOLATORI IN GOMMA	20% (min. 4)	Rigidezza – capacità di movimento	NO
ISOLATORI A PENDOLO	20% (min. 4)	Rigidezza – coefficiente d'attrito	NO
A VINCOLO PROVVISORIO	20% (min. 4)	Rigidezza – smorzamento -Sovrapressione	NO
FLUIDO-DINAMICI	20% (min.4)	Legge costitutiva dinamica	NO

ISOLAMENTO E DISSIPAZIONE SISMICA

QUALIFICA E ACCETTAZIONE

IMPIANTO TEST HIRUN

HIRUN dispone di una delle **macchine** di **test** per la **qualificazione** e **l'accettazione** fra le più **grandi** al **mondo!**

Testing performance dinamiche (statiche):

- Carico verticale: 50.000 kN (75.000 kN)
- Carico orizzontale: 6.000 kN (20.000 kN)
- Corsa orizzontale: 1200 mm
- Velocità di picco: 1000 mm/s

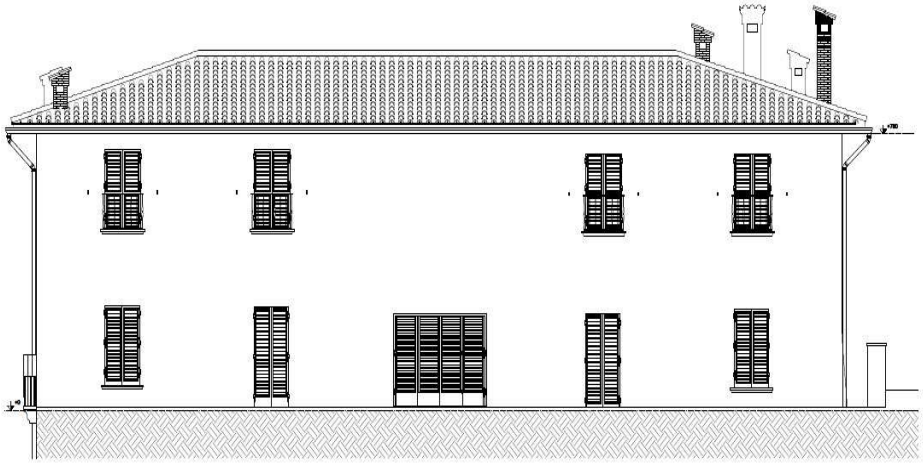
VIDEO TEST DISPOSITIVI:
http://www.gpintech.com/filmati/

CASE HISTORY

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

STATO DI FATTO

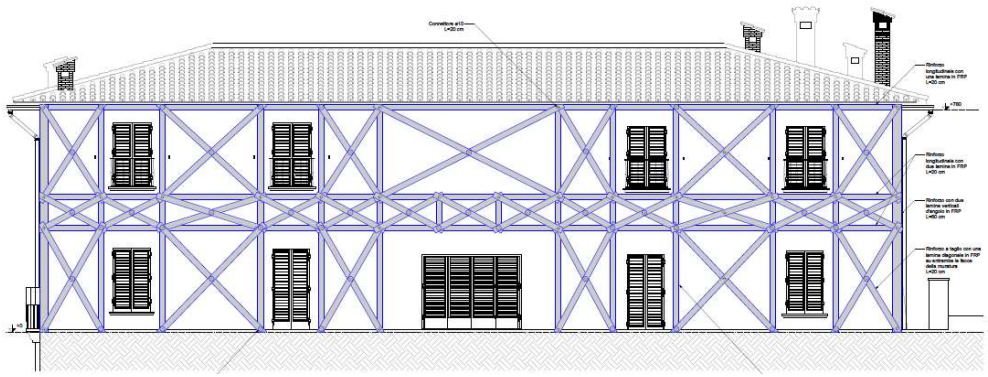
- Edificio in muratura mista inizio '900;
- Due piani fuori terra 1000 mq;
- Sono state eseguite indagini in-situ esaustive;
- Livello di conoscenza LC3 ➔ FC=1;
- Analisi dei carichi statici e sismici;
- Analisi Non Lineare (Domus Wall);
- V_N=50 anni C=II C=1 V_R=50;
- PGA_{DLC} = 0,1341 g;
- PGA_{CLC} = 0,027 g;
- T_{rC} = 10 anni allo SLV;
- *IS-V, PGA* = 0,20 allo SLV;
- *PAM* = 23,31 %;
- **Classe di Rischio G** (D.M. 58 del 28.02.2017).



CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

RINFORZO CON FRP

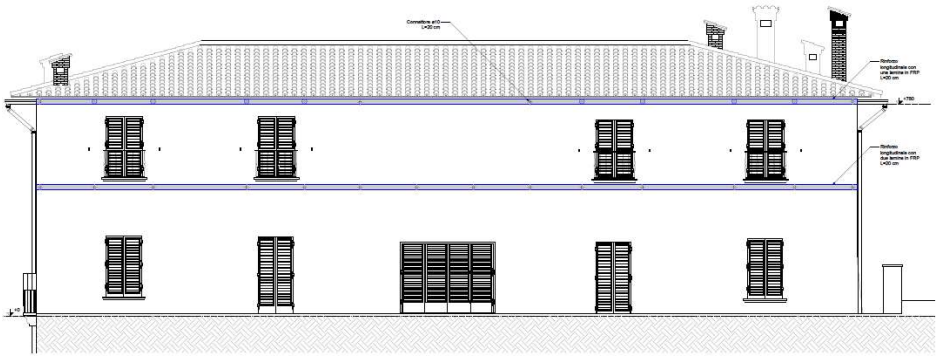
- Il progetto di rinforzo prevede l'utilizzo di un **sistema misto FRP – FRCM in fibra di carbonio** applicato sulle murature dell'edificio.
- Si utilizza un rinforzo in fibra di carbonio con le seguenti caratteristiche: **Classe 210C CVT**, avente:
  - t_f = 0,165 mm
  - b_f = 200-300 mm
- Lo **stato limite ultimo** del rinforzo si **raggiunge per distacco dal supporto** (non si arriva alla rottura a trazione della fascia di carbonio).
- La **resistenza dipende** dalle **caratteristiche** geometriche del **rinforzo** e dalle caratteristiche geometriche **e** proprietà meccaniche **del supporto** (muratura).



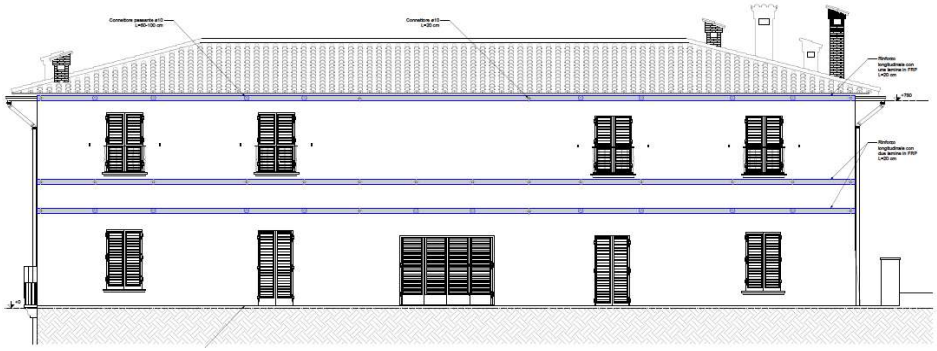
CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

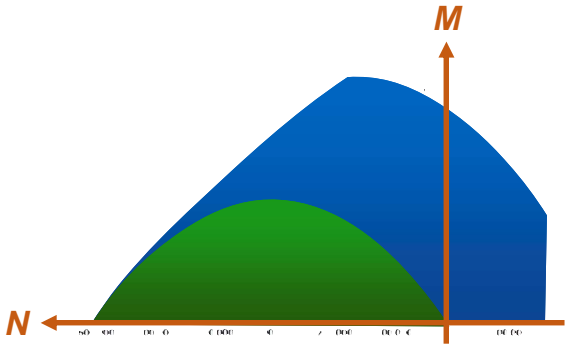
RINFORZO CON FRP

- Sono state applicate fasce di **cerchiatura perimetrale completa** alle quote di imposta del solaio di piano primo e di copertura nei confronti del **ribaltamento**.



- Si è **rinforzata** anche la **fascia muraria orizzontale** (pannello di fascia) sottostante il solaio del piano primo, nei confronti del meccanismo di **flessione orizzontale**.

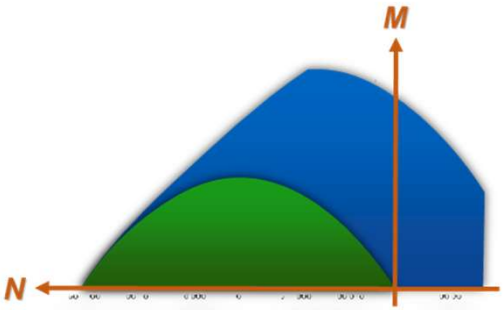




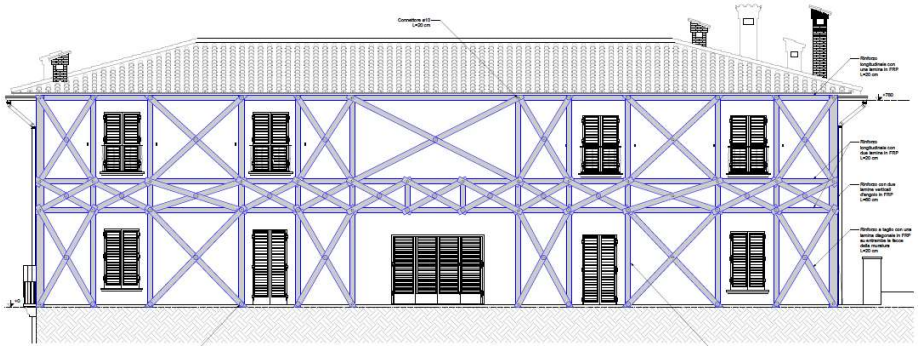
CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

RINFORZO CON FRP

- Sono state applicate **fasce verticali** nei confronti della **flessione verticale** delle pareti.



- Per aumentare la **resistenza a taglio dei pannelli murari** sono state applicati **fasce di rinforzo disposte a Croce di Sant'Andrea** su entrambe le facce della pareti, incrementando la resistenza dell'80%.



VRd = 1,80 Vt
(muro 50 cm)

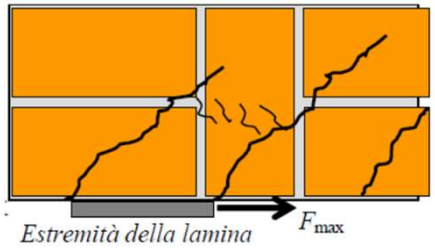
CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

CALCOLO DELLA RESISTENZA A DELAMINAZIONE DELL'FRP

Il documento **CNR-DT 200 R1/2013** fornisce un **metodo di calcolo** per la valutazione della resistenza nei confronti del distacco, si differenziano le seguenti resistenze:

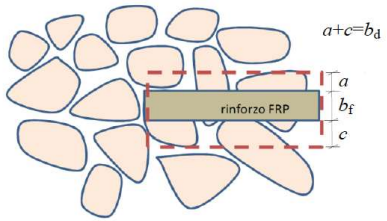
- Resistenza per **distacco di estremità** f_{fdd}
- Resistenza per **distacco intermedia** $f_{fdd,2}$

Parametro	1 nastro L=20	2 nastri L=20	1 nastro L=30
f_{fdd}	404 MPa	293 MPa	404 MPa
$f_{fdd,2}$	605 MPa	439 MPa	605 MPa
A_f	34 mm^2	68 mm^2	51 mm^2
N_{fld}	13736 N	19924 N	20604 N
$N_{fld,2}$	20570 N	29852 N	30855 N



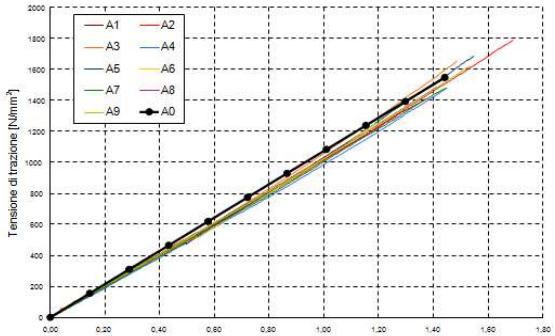
$$\Gamma_{Fd} = \frac{k_b \cdot k_G}{FC} \cdot \sqrt{f_{bm} \cdot f_{btm}}$$

$$f_{fdd} = \frac{1}{\gamma_{f,d}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_f \cdot \Gamma_{Fd}}{t_f}}$$



CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

CALCOLO DEI CONNETTORI



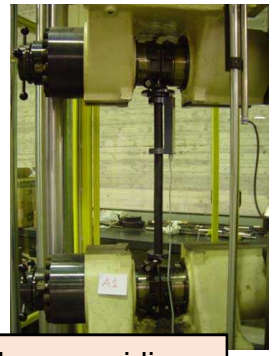


Diagramma σ-ε per connettori in fibra aramidica AFIX 10 per 9 campioni (IUAV Venezia)

CONNETTORE AFIX 10

Sezione di calcolo 33,49 mm^2

Tensione a rottura : 1547 MPa

Mod. elastico 107 GPa

Deformazione limite media : 1,44%

Da normativa tecnica la ε limite è data da:

$\varepsilon = \min(\eta * \varepsilon_{fk} / \gamma; \varepsilon_{fd})$

dove $\eta = 0{,}85$ $\gamma = 1{,}2$ $\varepsilon_{fk} = 1{,}35\%$ (dal valore caratteristico della resistenza)

$\varepsilon_{fd} = 0{,}006$ (minimo tra 0,006 e 0,009 risultante dai test a shear)

Sulla base del DT 200: $\varepsilon_{fd} = 0{,}0062$, si ottiene quindi:

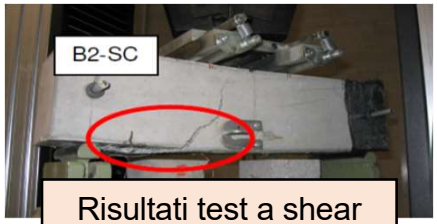
$\varepsilon = \min(0{,}0095; 0{,}006) = 0{,}006$

Pertanto la massima forza di ancoraggio per connettore è pari a:

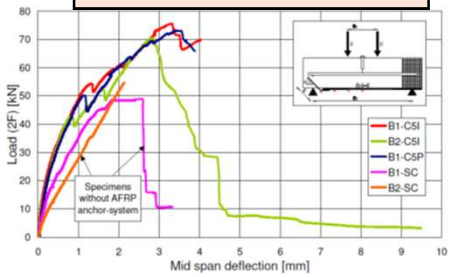
$F_{max} = E*A*\varepsilon = 107000 * 33{,}49 * 0{,}006 = 21{,}5$ kN

$$F_{max,c} = \sqrt{N_o^2 + 2b_f^2 E_f t_f \Gamma}$$

Va altresì ricordato che la lunghezza di ancoraggio è 150 mm.



Risultati test a shear



CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

PROVE DI PULL – OFF

La **resistenza media delle prove Pull – off** a strappo è stata pari a **0,6 MPa** (> 0,2 MPa = 10% f_{mm}).

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

PROVE DI ACCETTAZIONE FRP IN CANTIERE

Kit per la caratterizzazione dei compositi utilizzati nell'ambito delle costruzioni (COKIT) (Sviluppo Assocompositi con collaborazione del Politecnico di Milano)

Obiettivi:

- Verifica delle **caratteristiche del tessuto utilizzato** (peso del tessuto per unità di area)
- Verica delle **caratteristiche meccaniche del laminato composito preparato in cantiere** (rigidezza e resistenza del laminato – rigidezza e resistenza del laminato riferite all'area netta delle fibre)
- Verifica delle **proprietà meccaniche dell'adesivo** strutturale impiegato (resistenza del giunto adesivo) (opzionale)

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

FASI APPLICATIVE FRP

1. La **superficie muraria deve essere regolarizzata con malta** in modo da non presentare irregolarità.
2. Si devono **preventivamente realizzare i fori** per i connettori.
3. La tecnica di rinforzo prevede l'incollaggio di fasce in fibra di carbonio sulla muratura con applicazione di resine epossidiche.
4. Si stende una **mano di Primer per migliorare l'aderenza con il rinforzo**.
5. Si stende una mano di resina.
6. Si stende la fascia CFRP sulla resina.
7. Con il rullo si stende la fascia.
8. Si stende una seconda mano di resina.
9. Con il rullo si stende nuovamente la fascia.

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

FASI APPLICATIVE FRP

- Si inseriscono e si sfioccano i **connettori AFIX.**
- Si **spolvera la fascia con sabbia quarzifera** per avere una superficie aggrappante per la successiva applicazione dell'intonaco.

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

RINFORZO FRCM

Per tutte le **murature interne** si è adottato un sistema di **rinforzo a mezzo sistema FRCM con reti in carbonio C-NET 170 BL** e malte in calce strutturale M15 LIMECRETE, con l'aggiunta di **connettori AFIX 10**.

- Da test sperimentali la **tensione di delaminazione vale:** $\sigma_{lim,conv}$ = 1576 MPa.
- Incremento della **resistenza a taglio delle murature interne** di **più del doppio**.

VRd = 2,37 Vt
(muro 40 cm)

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

CALCOLO DELLA RESISTENZA SISMICA COMPLESSIVA DELL'EDIFICIO RINFORZATO

Piano	Direzione	Forza reattiva F_{Rd}	Azione sismica di progetto F_{Ed}	Coefficiente di sicurezza F_{Ed} / F_{Rd}
Piano primo	X	238	308	0,77
Piano primo	Y	282	308	0,92
Piano terra	X	479	710	0,67
Piano terra	Y	512	710	0,72

INDICE DI RISCHIO IS-V PGA = 0,67

CASE HISTORY: 1. RINFORZO STRUTTURALE VILLA A FIESOLE (FI)

RISULTATI

STATO DI PROGETTO

PGA_{DLC} = 0,1341 g

PGA_{CLC} = 0,0700 g

TrC = 97 anni SLV

IS-V,PGA = 0,67

PAM = 3,27 %

Classe di Rischio D

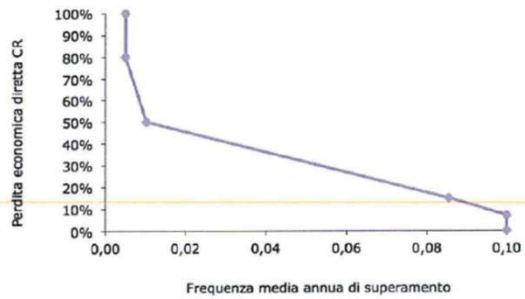
Allegato di calcolo - Pericolosità sismica del sito e azione sismica (D.M. 14.01.2008) Pagina 1 di 1

Individuazione della Classe di Rischio delle costruzioni

Calcolo delle accelerazioni al suolo di capacità e dei periodi di ritorno

	PGA_C	PGA_D	T_{rD}	T_{rC}	λ	CR(%)
SLID					0,100	0%
SLO		0,48	30		0,100	7%
SLD	0,320	0,58	50	12	0,085	15%
SLV	0,700	1,34	475	97	0,010	50%
SLC		1,72	975		0,005	80%
SLR					0,005	100%

Andamento della curva che individua il PAM



STATO DI FATTO

PGA_{DLC} = 0,1341 g

PGA_{CLC} = 0,027 g

TrC = 10 anni SLV

IS-V,PGA = 0,20

PAM = 23,31 %

Classe di Rischio G

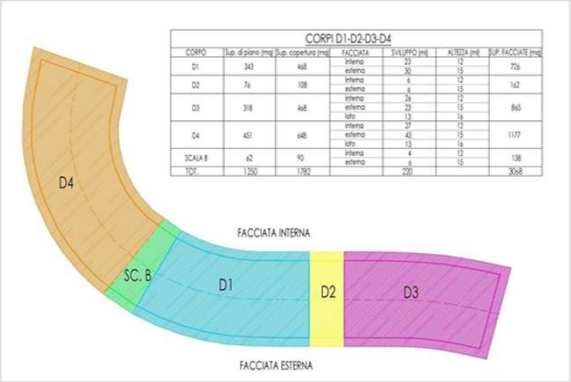
Miglioramento di 3 classi di rischio
Costo 450 Euro/mq

CASE HISTORY: 2. ISOLAMENTO SISMICO VILLA SERENA - JESI (AN)

ADEGUAMENTO SISMICO CON ISOLAMENTO ALLA BASE E RETROFIT

ANAGRAFICA GENERALE DELL'INTERVENTO

- Oggetto: Casa di cura «Villa Serena»
- Ubicazione: Via Colle Onorato n.2, Jesi (AN) (**zona 2**)
- Realizzazione: Anni '60 – '70
- Progetto: CDV engineering
- Struttura di **3 piani (≅ 16 m)** fuori terra (+ semint. + sottotetto) in **c.a. gettato in opera** formata da **blocchi strutturalmente separati, irregolari e con giunti non antisismici**.



CORPI D1-D2-D3-D4

CORPO	Sup. di piano [mq]	Sup. copertura [mq]	FACCIATA	SVILUPPO [m]	ALTEZZA [m]	SUP. FACCIATE [mq]
D1	343	468	interna	23	12	726
			esterna	30	15	
D2	76	108	interna	6	12	162
			esterna	6	15	
D3	318	468	interna	26	12	865
			esterna	23	15	
			lato	13	16	
D4	451	648	interna	37	12	1177
			esterna	43	15	
			lato	13	16	
SCALA B	62	90	interna	4	12	138
			esterna	6	15	
TOT.	1250	1782		220		3068

CASE HISTORY: 2. ISOLAMENTO SISMICO VILLA SERENA - JESI (AN)

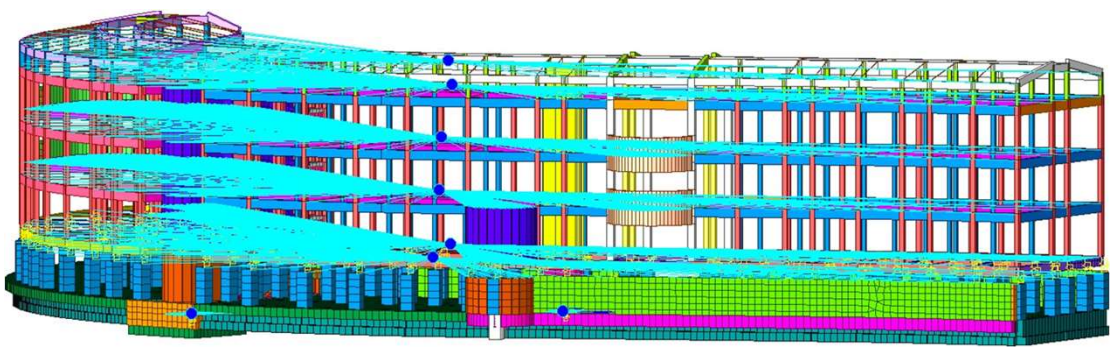
ADEGUAMENTO SISMICO CON ISOLAMENTO ALLA BASE E RETROFIT

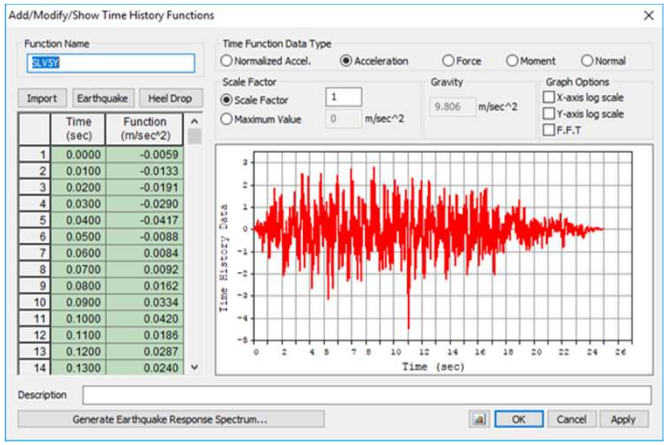
DIMENSIONAMENTO

- Impiego di isolatori a **pendolo** scorrevole a **doppia curvatura HISLIDE**;
- Periodo del sistema d'isolamento: T_{IS} = 3.33 s
- Resistenza verticale N_{Ed}: Tipo 1 (500 kN), Tipo 2 (1000 kN), Tipo 3 (1600 kN), Tipo 4 (2300 kN)
- Attrito di riferimento μ: 2.5% (Tipo 1 e 2), 1% (Tipo 3 e 4)
- Spostamento di progetto **d = 400 mm**.
- Raggio di curvatura **R = 3700 mm**.

$$T_e = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g\left(\frac{1}{R}+\frac{\mu}{D}\right)}}$$

$$K_e = W\left(\frac{1}{R}+\frac{\mu}{D}\right) \qquad \xi_e = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\mu}{\mu+\frac{D}{R}}\right]$$





CASE HISTORY: 2. ISOLAMENTO SISMICO VILLA SERENA - JESI (AN)

CONFRONTO DEGLI INTERVENTI POSSIBILI

MIGLIORAMENTO TRADIZIONALE

1. Costo unitario **206 €/mq** riferito alla superficie "strutturale";
2. Tempo per le lavorazioni minimo 180 giorni.

VANTAGGI

1. Costi leggermente inferiori;
2. Tempi leggermente inferiori.

SVANTAGGI

1. IS – V 70%, con danni proporzionali al sisma;
2. Maggiori costi di ripristino e maggiori tempi di fuori servizio;
3. Alterazione facciate (modifiche infissi).

ADEGUAMENTO CON ISOLAMENTO:

1. Costo unitario **292 €/mq** riferito alla superficie "strutturale";
2. Tempo per le lavorazioni minimo 250 giorni.

VANTAGGI

1. IS – V 100%;
2. Drift di piano della sovrastruttura molto contenuti;
3. Conservazione della copertura.

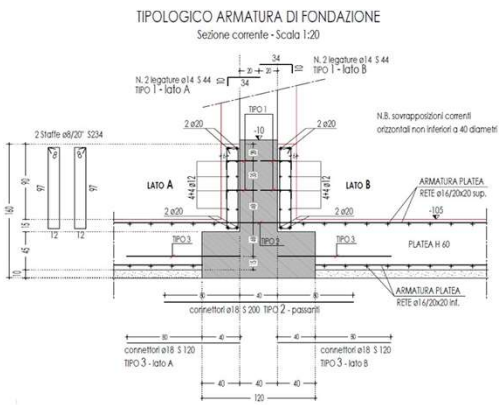
SVANTAGGI

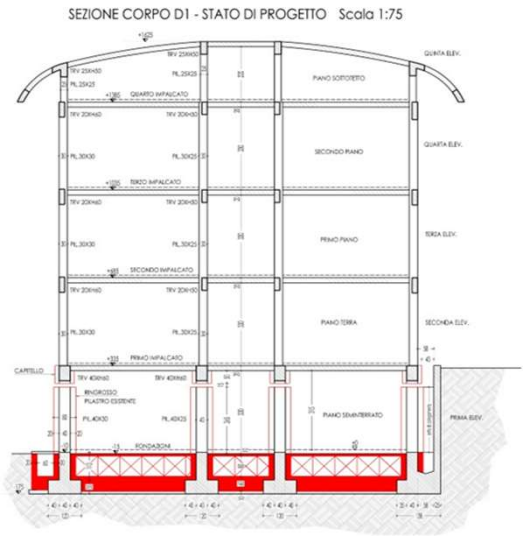
1. Costi leggermente maggiori;
2. Tempi leggermente superiori.

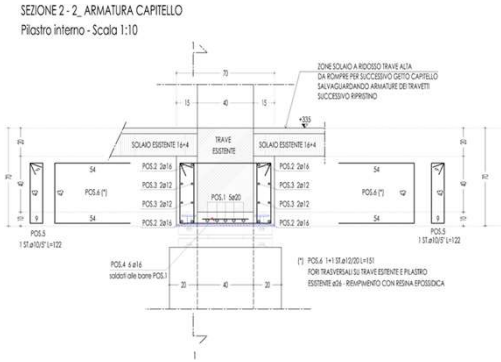
L'isolamento, consente di **adeguare** la struttura (**IS – V = 100%**) a differenza del miglioramento operato con tecniche tradizionali. Pertanto sulla base **dell'alto grado d'importanza della struttura** dichiarato dalla committenza è stato **scelto l'isolamento.**

CASE HISTORY: 2. ISOLAMENTO SISMICO VILLA SERENA - JESI (AN)

LAVORI DI RETROFIT E ALTRI INTERVENTI ACCESSORI







Adeguamento sismico con isolamento
Costo 300 Euro/mq

CASE HISTORY: 3. DISSIPAZIONE CAPANNONE INDUSTRIALE (CH)

FAMECCANICA.DATA S.P.A. – ADEGUAMENTO CON CONTROVENTI DISSIPATIVI

ANAGRAFICA GENERALE DELL'INTERVENTO

Oggetto: Fameccanica.Data S.p.a. – produzione macchine per confezionamento

Ubicazione: Via Aterno n.136, Sambuceto di San Giovanni Teatino (CH) (zona 3)

Progetto: CDV engineering

2 CORPI FABBRICA 70X40m

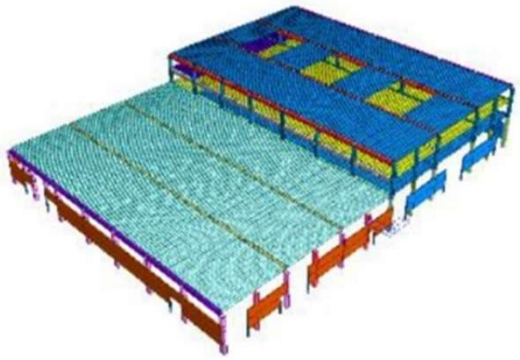
CDV engineering & consulting

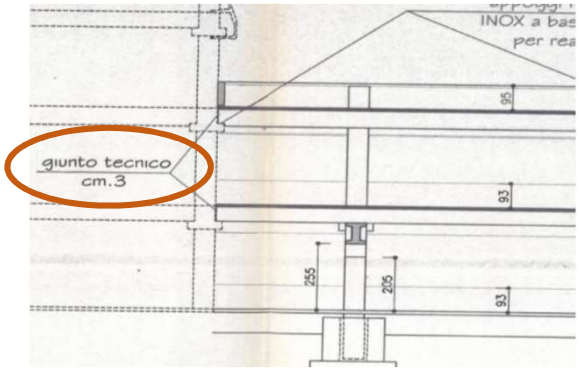
CASE HISTORY: 3. DISSIPAZIONE CAPANNONE INDUSTRIALE (CH)

STATO DI FATTO E INTERVENTO

PROBLEMATICHE DELLO STATO DI FATTO

- **Crisi flessionale** al **piede** dei **pilastri per i carichi sismici**.
- **Deformate** sotto azioni sismiche **incompatibili** con i **pochi centimetri** di **giunti** tecnici (ordine dei 3/6 cm) presenti rispetto ai corpi adiacenti ➔ **martellamento**.
- **Spostamenti eccessivi** (schema a mensola) in direzione d'appoggio delle travi (superiori a 15 cm) ➔ **perdita d'appoggio delle travi**.





OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

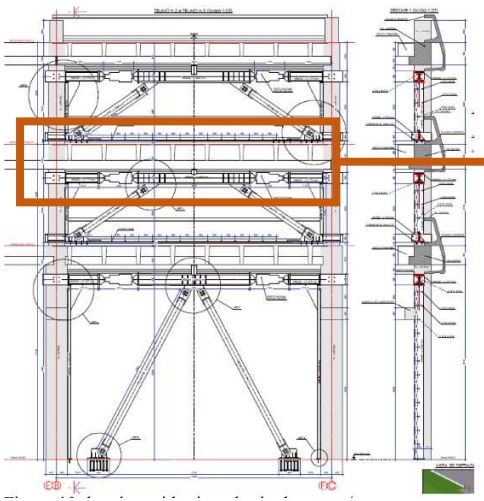
- **Riduzione** degli **spostamenti** e delle **accelerazioni** sismiche.
- **Limitare** al massimo **l'invasività dell'intervento** per non interferire con la produttività aziendale.

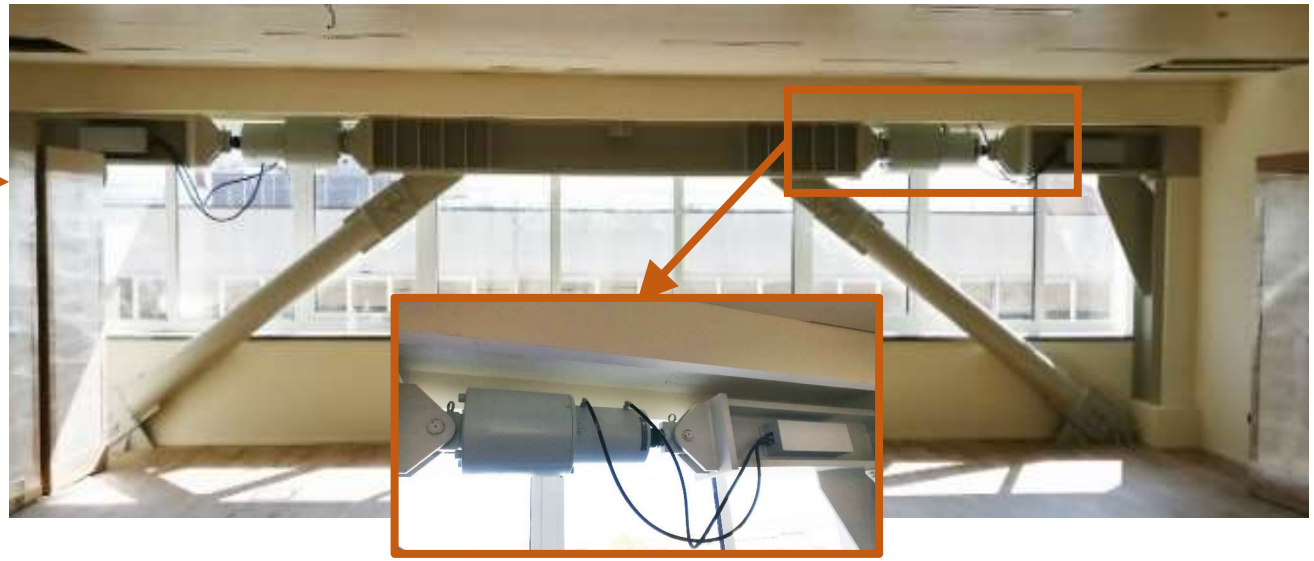
INSTALLAZIONE DI CONTROVENTI DISSIPATIVI CON DISPOSITIVI VISCOELASTICI TIPO VSD

$$F = C \cdot v^{\alpha}$$

CASE HISTORY: 3. DISSIPAZIONE CAPANNONE INDUSTRIALE (CH)

INTERVENTO REALIZZATO





$IS-V=\frac{PGA_{capacità}}{PGA_{richiesta}}$	IS-V Pre-intervento		IS-V Post-intervento
In termini di Sollecitazioni	0.831	⇨	1
In termini di Spostamenti	0.131	⇨	1

A seguito dell'intervento l'edificio è stato **adeguato sismicamente in termini di forze** e soprattutto in termini **di spostamenti**.

Adeguamento sismico con dissipazione
Costo 130 Euro/mq

Progetto CasA+

Riqualifichiamo il tuo condominio

Un pacchetto «chiavi in mano» per gli interventi di SICUREZZA SISMICA e di RISPARMIO ENERGETICO per i condomini, usufruendo degli incentivi fiscali del SismaEcoBonus.

PROGETTO CasA+

SISMA BONUS + ECOBONUS: l'unione fa la forza!

SismaBonus **EcoBonus**

Dal 2018 è possibile cumulare Sisma Bonus ed Ecobonus realizzando interventi combinati per la riduzione del rischio sismico e la riqualificazione energetica. Nel caso di edifici condominiali, ricadenti nelle zone sismiche 1, 2 e 3, è possibile raggiungere detrazioni fiscali fino all'85% a seconda del miglioramento sismico e fino ad un massimo di 136.000€ per ogni unità immobiliare.

PROGETTO CasA+

IL PROGETTO CasA+: COSA FACCIAMO

SERVIZI OFFERTI

- Ottenimento e gestione della cessione di credito;
- Gestione pratiche di sgravio fiscale;
- Consulenza specializzata tecnica, finanziaria e contrattuale;
- Supporto alle assemblee condominiali con personale specializzato;
- Prospetto economico, progettazione, realizzazione e asseverazione del professionista.

FASI OPERATIVE

- Pre-delibera del cessionario del credito;
- Pre-valutazione tecnica ed economica;
- Prospetto economico da portare in assemblea;
- Delibera di approvazione;
- Esecuzione dei lavori.

PROGETTO CasA+

ADEGUAMENTO SISMICO CONDOMINIO BELLAVISTA A SULMONA (AQ)

Adeguamento sismico con isolamento e riqualificazione energetica
Costo 500 Euro/mq

PROGETTO CasA+

ADEGUAMENTO SISMICO CONDOMINIO BELLAVISTA A SULMONA (AQ)

ANALISI COSTI – BENEFICI

Costo totale	Unità imm.	Costo per unità	Incentivo (85%)	Costo effettivo (15%)	Costo annuale	Costo mensile
2.500.000 €	41	60.975 €	51.830€	9.145 €	1.184 €	97 €

- Risparmio energetico 41%, pari a 450 €/anno per unità immobiliare.

Al costo di una colazione al giorno!

VANTAGGI DEL PROGETTO CasA+

- Tempi esecutivi mediamente rapidi;
- Manutenzione minima;
- Ridotta invasività operando al piano interrato;
- Livello di sicurezza sismica di adeguamento al 100%;
- 41 % di risparmio sulla bolletta energetica;
- Rivalutazione del valore immobiliare (≅ 25%);
- Polizza assicurativa a rischio integrale.

OPEN DAY – CANTIERI APERTI

Visita di studenti dell'Università di Cassino ai cantieri della ricostruzione di L'Aquila

Visita di professionisti al cantiere Palazzo della Ragione di Mirandola (MO)

OPEN DAY – CANTIERI APERTI: PROSSIMAMENTE

Prossima visita al cantiere di isolamento sismico in retrofit della clinica Villa Serena di Jesi (AN)

STRUTTURA TECNICO COMMERCIALE IN SICILIA

Dott. Giuseppe Occhiuto cell. 347 6748405
info@geodag.it

Ing. Francesco Alecci cell. 328 3278080
f.alecci@live.com

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

info@gpintech.com
www.gpintech.com