PREVENZIONE E SICUREZZA SISMICA

SUPERBONUS

SIMABONUS

BONUS FACCIATE

Soluzioni di miglioramento e adeguamento sismico per l'accesso alle agevolazioni fiscali

G&P intech

INTERNATIONAL HIRUN ENGINEERING SOLUTION

Soluzioni G&P Intech

Le grandi importanti trasformazioni che il nostro Paese sta vivendo in questo periodo, oramai vetusto per quel che riguarda il patrimonio edilizio, dai cambiamenti climatici alle nuove regolamentazioni da rispettare, in un contesto economico molto complesso, esige di una riqualificazione per il benessere e la sicurezza di chi vive tale patrimonio.

I terremoti che hanno colpito l'Italia nell'ultimo decennio hanno tristemente evidenziato come il patrimonio edilizio sia ancora troppo fragile nei confronti degli eventi sismici.

Occorre quindi, migliorare la sicurezza sismica di un edificio adottando una serie di misure atte a ridurne la vulnerabilità durante un evento sismico, in modo da:

- Garantire la propria incolumità e quella dei propri famigliari.
- Garantire la salvaguardia dei beni.
- Garantire la sicurezza delle persone e dei beni presenti in edifici confinanti che possono essere danneggiati.
- Valorizzare la propria abitazione.

Ad oggi tali misure consistono sia in sistemi di rinforzo in grado di aumentare la resistenza e la duttilità, senza alcuna modifica sostanziale del peso e della rigidezza della struttura, riducendone la fragilità, e sia in sistemi di isolamento e dissipazione sismica, in grado di ridurre la domanda sotto sollecitazione sismica. Dunque, materiali innovativi che affiancati alle tradizionali tecniche costruttive migliorano il risultato, costituendo una nuova concezione di intervento compatibile e rispettosa della struttura.

L'introduzione delle detrazioni fiscali, ha permesso di rappresentare un'interessante opportunità a tutti coloro che vogliono realizzare interventi di ristrutturazione, favorendo la riqualificazione del patrimonio esistente.

SUPERBONUS 110%, SISMABONUS e BONUS FACCIATE

Con l'introduzione del Superbonus 110%, agevolazione prevista dal Decreto Rilancio, operativo dallo scorso autunno, e la conseguente proroga fino alla fine del 2022 con la Legge di Bilancio 2021, è possibile ottenere le detrazioni in occasione dello svolgimento di interventi trainanti quali:

- interventi di isolamento termico sugli involucri
- sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale sulle parti comuni
- sostituzione di impianti di climatizzazione invernale sugli edifici unifamiliari o sulle unità immobiliari di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti
- interventi antisismici.

La detrazione già prevista dal Sismabonus (variabile dal 70% al 85%) è elevata al 110%, rientrando così nel Superbonus, per gli interventi che riescono ad essere conclusi per almeno il 60% entro giugno 2022.

Inoltre è stato eliminato ogni riferimento alla premialità e, inglobando le possibilità sia del bonus ristrutturazione che del Sismabonus, rende di fatto possibili tutti gli interventi ammessi per legge e quindi contenuti nelle Normative Tecniche per le Costruzioni: dall'intervento locale o riparazione (come la sostituzione di una trave) alla demolizione e ricostruzione; passando per tutti i livelli di miglioramento sismico.

Le detrazioni fiscali interessano anche gli interventi finalizzati al recupero o restauro delle facciate esterne degli edifici esistenti. Tale agevolazione sotto il nome di BONUS FACCIATE, riguarda esclusivamente interventi su strutture opache della facciata, balconi o ornamenti e fregi, compresi quelli di sola pulitura o tinteggiatura esterna, ben visibili dalla strada o da suolo ad uso pubblico. Tale bonus non spetta invece se le facciate sono interne e non visibili dalla strada.

Tali agevolazioni potranno essere applicate agli interventi effettuati da:

- condomìni;
- persone fisiche, al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arti e professioni, che possiedono o detengono l'immobile oggetto dell'intervento;
- Istituti autonomi case popolari (IACP) o altri istituti che rispondono ai requisiti della legislazione europea in materia di «in house providing»;
- cooperative di abitazione a proprietà indivisa;
- Onlus e associazioni di volontariato;
- associazioni e società sportive dilettantistiche, limitatamente ai lavori destinati ai soli immobili o parti di immobili adibiti a spogliatoi.

I soggetti IRES rientrano tra i beneficiari nella sola ipotesi di partecipazione alle spese per interventi trainanti effettuati sulle parti comuni in edifici condominiali.

Riepilogo informativo

	Bonus	Tipologia Immobile	Detraz.	Durata	Anni di Ripartizione Recupero fiscale	Max spesa detraibile	Cessione Credito	Sconto in fattura
SOGGETTI IRES-IRPEF-CONDOMINI-IACP	SUPERBONUS 110%	UNITA' IMMOBILIARI Unifamiliare	110 %	Fino al 30/06/2022	5 Anni	50.000 €	✓	✓
		CONDOMINI da 2 a 8 unità	110 %	Fino al 31/12/2022	5 Anni	40.000 €	✓	✓
		CONDOMINI con più di 8 unità	110 %	Fino al 31/12/2022	5 Anni	30.000 €	✓	✓
	SISMABONUS	UNITA' IMMOBILIARI	110 %	Fino al 30/06/2022	5 Anni	96.000 €	✓	✓
		CONDOMINI	110 %	Fino al 31/12/2022	5 Anni	96.000 €	✓	✓
SOGGETTI IRES-IRPEF-CONDOMINI	BONUS FACCIATE	UNITA' IMMOBILIARI	90 %	Fino al 31/12/2021	10 Anni	Nessuna Limitazione	✓	✓
		CONDOMINI	90 %	Fino al 31/12/2021	10 Anni	Nessuna Limitazione	✓	✓

G&P Intech da oltre trentanni progetta e produce soluzioni innovative per l'edilizia e le infrastrutture nell'ambito dell'ingegneria sismica, fornendo tecnologie di rinforzo strutturale ed isolamento sismico. Offriamo un servizio completo alla progettazione e al cantiere con prodotti e tecnologie certificati, consulenza e assistenza tecnica e formazione professionale. La nostra azienda offre una gamma completa di soluzioni antisismiche d'eccellenza, divise in tre linee tecnologiche principali.

LINEA FRP SYSTEM

Consolidamento strutturale per murature e calcestruzzo con materiali compositi FRP.

LINEA FRCM-CRM SYSTEM®

Sistemi di rinforzo strutturale per murature e calcestruzzo con reti in carbonio, vetro AR, basalto, tessuti di acciaio UHTSS in matrici inorganiche (FRCM) o con reti preformate in GFRP (CRM). Sistemi di ancoraggio.

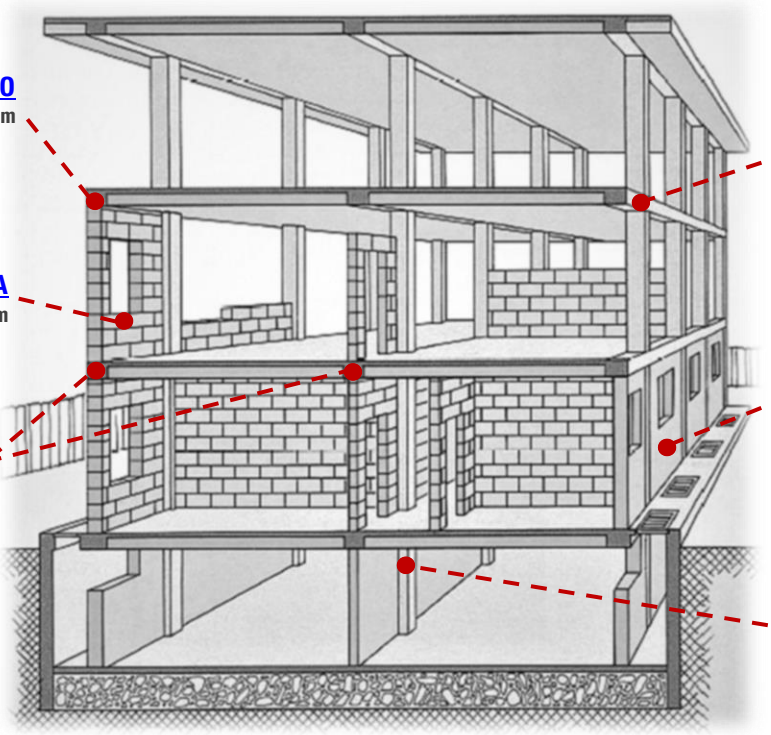
DIVISIONE INTERNATIONAL HIRUN ENGINEERING SOLUTION

Dispositivi per l'isolamento sismico: friction pendulum a singola e doppia superficie, isolatori elastomerici. Dispositivi per la dissipazione energetica

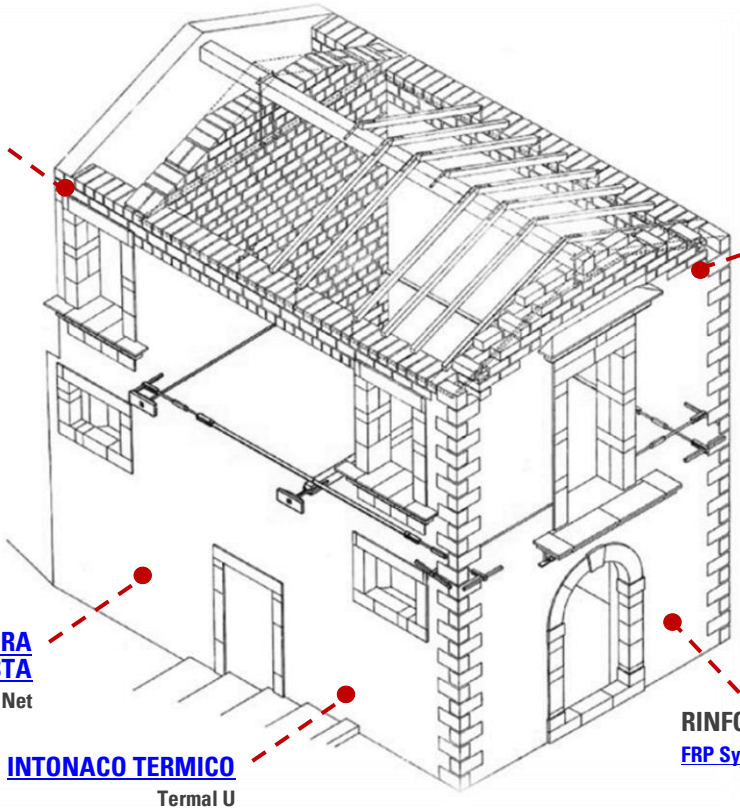
LINEA ISO®

Termointonaco minerale naturale in calce idraulica a basso spessore per l'isolamento termico degli edifici di Centri Storici, aggregati rurali, Beni Culturali.

EDIFICI IN CEMENTO ARMATO



EDIFICI IN MURATURA



1 Rinforzo di elementi strutturali in c.a., c.a.p. e murature mediante materiali compositi FRP System

1.1 Caratteristiche dei rinforzi FRP

Per il consolidamento delle strutture in cemento armato, cemento armato precompresso e muratura, una delle tecnologie più efficaci è sicuramente il sistema FRP (acronimo di *Fyber Reinforced Polymers*, più propriamente **CFRP** nel caso delle **fibre di carbonio**, **GFRP** nel caso delle **fibre di vetro**, **AFRP** in quello delle **fibre di arammide**, **SRP** nel caso di **tessuti** realizzati con **trefoli in acciaio**). Il rinforzo FRP consente di aumentare la resistenza a trazione (ed in consegeguenza anche a flessione e taglio) degli elementi in calcestruzzo e muratura. Indipendentemente dalla tipologia di fibra, la tecnica del rinforzo FRP consiste nell'**applicare le fibre**, alle strutture da consolidare, **mediante resine polimeriche** tipicamente di natura **epossidica**. La resina viene anche detta matrice e presenta proprietà meccaniche tipicamente inferiori a quelle della fibra. Pertanto il materiale composito risultante dall'unione di fibre e matrice avrà caratteristiche intermedie tra i due componenti.

I compositi per il rinforzo strutturale sono disponibili in diverse conformazioni: lamine pultruse (sistemi *preformati*), lamine rigide preimpregnate di resina e caratterizzate da una disposizione unidirezionale delle fibre, utilizzate preferibilmente per placcare superfici regolari; tessuti uni/bi-direzionali, facilmente adattabili alla forma dell'elemento strutturale rinforzato (sistemi *impregnati in situ*). Gli FRP risultano competitivi in tutti quei casi in cui sia necessario limitare l'impatto estetico sulla struttura originaria o garantire un'adeguata reversibilità dell'intervento (edifici di interesse storico o artistico), ovvero quando la limitatezza dello spazio a disposizione renderebbe difficile il ricorso a tecniche tradizionali.

1.1.1 Effetti del rinforzo sulla struttura

I principali effetti dell'impiego del sistema FRP sono i seguenti:

- aumento delle resistenze a flessione, taglio e torsione di travi e solai in c.a. e c.a.p. anche di grandi luci;
- aumento della resistenza a carico assiale e pressoflessione di colonne e pilastri confinati;
- aumento di duttilità per miglioramento e adeguamento antisismico quali nodi travi-pilastro;
- aumento della resistenza agli urti e riduzione dei meccanismi di collasso di tipo fragile;
- importante incremento del momento di prima fessurazione.

1.1.2 Vantaggi del sistema

Rispetto ad altre tecniche di consolidamento, il sistema FRP presenta i seguenti vantaggi:

- caratteristiche meccaniche e prestazionali molto elevate;
- elevate resistenze chimiche e alla corrosione;
- assenza di creep;
- assenza di scorrimento all'interfaccia rinforzo-struttura;
- moduli elastici elevati e diversi in funzione delle necessità statiche;
- affidabilità e durabilità del sistema FRP;
- buona resistenza del carbonio in ambiente umido (assorbimento d'acqua < 0,1%);
- elevata resistenza allo strappo del sistema anche su supporti non omogenei;
- peso del sistema molto ridotto;
- spessore medio del rinforzo 1-3 mm circa, quindi con ingombro pressochè nullo;
- semplicità applicativa del sistema senza onerosi allestimenti di cantiere e con disagi contenuti;
- sistema ampiamente testato nel tempo e certificato CVT;
- tempi e costi di applicazione ridotti.

1.1.3 Riferimenti normativi

1.1.3.1 Riferimenti per la progettazione

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.

1.1.3.2 Riferimenti per la qualificazione e l'accettazione

La qualificazione e l'accettazione dei materiali per rinforzi FRP è disciplinata, in Italia, dal **Decreto** del Presidente del **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.293 del 29.05.2019**, recante "Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti". Il documento sostituisce le precedenti Linee Guida di cui al DP CLSP n.220 del 09.07.2015 per quanto riguarda i materiali compositi in fibra di carbonio, vetro e aramide; inoltre aggiunge la qualificazione per le fibre di basalto e per i tessuti d'acciaio.

Le suddette Linee Guida specificano le modalità di qualificazione da parte del Ministero e il conseguente rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica - CVT", come previsto dalle NTC18, a sostituzione del precedente CIT per i materiali già qualificati dalle precedenti Linee Guida. Per quanto riguarda i materiali introdotti nella classificazione con le attuali Linee Guida e non normati dalla precedente versione (fibre di basalto e tessuti d'acciaio) fino al decorrere dell'anno dall'entrata in vigore del Decreto non è necessaria la Certificazione CVT. Per poter impiegare il materiale nell'anno di transizione, l'azienda fornitrice, nelle more della richiesta di certificazione al ministero, rilascia una dichiarazione di conformità dello stesso.

Le suddette Linee Guida prevedono la **distinzione in classi dei sistemi FRP** (in analogia a quanto previsto per i comuni materiali da costruzione come acciaio e calcestruzzo) definite sulla base della tensione di rottura e del modulo elastico.

Le fibre dei tessuti e le resine utilizzate devono essere conformi alle seguenti norme tecniche:

- fibre: ISO 13002 e UNI EN 13002-2 (fibre di carbonio); UNI 8746 e UNI 9409 (fibre di vetro e di basalto); UNI EN 13003-1-2-3 (fibre di arammide); ISO 16120-1/4, EN 10244-2, ISO 17823:2009 (fibre di acciaio ad alta resistenza). Sono ammessi unicamente acciai ad alta resistenza.
- resine: ISO 178, ISO 527, ISO 11359; quelle utilizzate per solidarizzare i sistemi di rinforzo realizzati in situ alla struttura da consolidare devono essere conformi alla norma UNI EN 1504-4.

G&P Intech possiede ben 9 sistemi FRP in possesso di CVT (Tabella 1)

1.2 Modellazione, Progetto e Calcolo FRP System

Ai fini della modellazione e del calcolo per il rinforzo delle strutture in c.a., c.a.p. e murature con l'impiego di FRP si fa riferimento alla CNR DT 200 R1 2013 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati".

Nel calcolo dei rinforzi, la caratteristica fondamentale da considerare è che la resistenza degli FRP è limitata dai fenomeni di **delaminazione**, che non consentono lo sfruttamento della resistenza ultima della fibra, a causa dell'insorgere del fenomeno di distacco dal supporto. Quest'ultimo dipende esclusivamente dalle **caratteristiche del supporto**, ossia dalle caratteristiche della muratura o del calcestruzzo su cui viene applicato il rinforzo. Per limitare il problema della delaminazione è necessario **disporre dei sistemi di connessione** all'uopo dimensionati.

Tra i sistemi di connessione maggiormente impiegati vi sono i connettori a fiocco.

1.2.1 Software di calcolo G&P intech

Per il calcolo dei rinforzi con tecnologia FRP System, G&P Intech mette a disposizione software gratuiti scaricabili dal sito.

1.2.1.1 FRPsofTware®

Le verifiche a **flessione, taglio, confinamento** per le **strutture in cemento armato rinforzate con FRP** possono essere condotte con l'ausilio di **FRPsofTware® scaricabile gratuitamente** al link http://www.gpintech.com/frp-software/ ed. 2016. Il software consente di scegliere nel menù a tendina ed utilizzare automaticamente prodotti FRP dotati di CVT (certificato di valutazione tecnica) rilasciati dal Cons. Sup. LLPP, STC e richiesti obbligatoriamente in Italia per il loro uso.

1.2.1.2 FRPnode®

Per quanto riguarda la modellazione ed il **calcolo dei nodi trave-pilastro in c.a.** da rinforzare si può fare riferimento alle **linee guida ReLuis** per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, nodi, tamponature e partizioni. Le verifiche per i nodi possono essere condotte con l'ausilio del foglio di calcolo **FRPnode® scaricabile gratuitamente** al link http://www.gpintech.com/frp-node/ ed. 2017. Il foglio di calcolo consente di scegliere nel menù a tendina ed utilizzare automaticamente prodotti FRP dotati di CVT (certificati di valutazione tecnica) rilasciati dal Cons. Sup. LLPP, STC e richiesti obbligatoriamente in Italia per il loro uso. Nel 2021 sarà a disposizione online **gratuitamente** il software **FRPwall®** per le verifiche su strutture in muratura con l'impiego degli FRP.

1.3 Elenco dei prodotti FRP certificati

I prodotti per la realizzazzione di rinforzi CFRP messi a disposizione da G&P Intech, tutti con la certificazione CVT rilasciata dal ministero, sono i seguenti:

Nome prodotto	Tipologia	Classe	Grammatura [g/m²]	Spessore [1] [mm]
C-Sheet 240/300	Tessuto unidirezionale	210C	300	0,165
C-Sheet 240/400	Tessuto unidirezionale	210C	400	0,220
C-Sheet 240/600	Tessuto unidirezionale	210C	600	0,330
C-Sheet 390/300 HM	Tessuto unidirezionale	350/2800 C	300	0,165
C-Sheet 390/400 HM	Tessuto unidirezionale	350/2800 C	400	0,220
C-Sheet 390/600 HM	Tessuto unidirezionale	350/2800 C	600	0,330
CTB 240/360	Tessuto bidirezionale	210C	360	0,100
C-Sheet 240/380/127Q	Tessuto quadriassiale	210C	380	0,053
CFK 150/2000	Lamella pultrusa	C 150/2300	larghezza cm 5-6-8-10-12-15	1,4
CFK 200/2000	Lamella pultrusa	C 200/1800	larghezza cm 5-6-8-10-12-15	1,4

Tabella 1: Elenco prodotti FRP G&P Intech certificati CVT.

[1] Lo spessore equivalente deve intendersi come il valore di spessore per ognuna delle direzioni in cui è ordito il tessuto.

La certificazione dei tessuti in acciaio è prevista solo dalle nuove Linee Guida n.293 del 29.05.2019.

1.4 Schemi applicativi per la posa in opera dell'FRP System

1.4.1 Prescrizioni generali

Il ciclo applicativo di un rinforzo strutturale per cemento armato, cemento armato precompresso o muratura con il sistema FRP richiede una preventiva **accurata preparazione del supporto**. Il calcestruzzo deve garantire una resistenza allo strappo di almeno 0,9 MPa e deve essere irruvidito a mezzo di sabbiatura o spazzolatura meccanica. Il **supporto** deve inoltre essere **asciutto** (< 4% di umidità) e privo di olii, grassi e materiale incoerente. Nel caso di superfici fortemente deteriorate è necessario **ricostruire le volumetrie mancanti** con malte ad alta resistenza CONCRETE ROCK. Qualora la superficie da rinforzare sia intonacata, **l'intonaco deve essere preventivamente rimosso**. In presenza di **spigoli** sui quali è prevista la stesura dei tessuti di fibra, questi **devono essere arrotondati** (raggio ≥ 25 mm), per assicurare l'efficacia dell'intervento, senza pervenire ad una rottrura prematura a causa del possibile tranciamento del tessuto. L'applicazione del rinforzo deve avvenire nell'intervallo di temperatura 10-35 °C. Dopo la **depolveratura** della superficie, **applicare** a rullo o pennello il **primer epossidico** RESIN PRIMER.

- ***LAMELLE***: Nel caso di applicazione di lamelle CFK, **entro le 24 ore dall'applicazione del primer** RESIN PRIMER e dopo la **pulizia delle lamelle con idoneo diluente** RESIN CLEANER, **stendere sul supporto e sulla lamella l'adesivo epossidico** RESIN 90 e posizionare quindi la lamella sulla superficie **premendo** con le mani e successivamente con un rullo di gomma dura **fino alla fuoriuscita dell'adesivo** tra lamella e supporto ed infine rimuovere l'adesivo in eccesso.

- ***TESSUTI:*** Nel caso, di applicazione di tessuti, **entro le 24 ore dall'applicazione del primer** RESIN PRIMER, viene applicata, se richiesta, la **rasatura con lo stucco epossidico** RESIN 90 a mezzo spatola; **applicare** quindi **l'adesivo di incollaggio** RESIN 75 a mezzo pennello o rullo. **Stendere** accuratamente il tessuto in fibra di carbonio **secondo l'orientamento di progetto** ed esercitare una pressione costante con rullino **fino a completa impregnazione delle fibre**. Dopo **alcune ore** e comunque **entro 24-48 ore stendere** una **seconda mano di adesivo** RESIN 75 a mezzo rullo **sino alla completa impregnazione delle fibre**. Ripetere il ciclo se sono previsti più strati di tessuto, applicando l'adesivo RESIN 75 a rullo per gli strati successivi. Sulla mano finale di adesivo potrà essere applicata della **sabbia di quarzo fresco su fresco, qualora si dovessero realizzare intonaci** o rivestimenti successivi in aderenza.

Indipendentemente dalla tipologia di rinforzo è di **fondamentale** importanza **l'adozione di sistemi d'ancoraggio** in modo da trasmettere adeguatamente le forze alla struttura di supporto **evitando** fenomeni di **delaminazione**

1.4.2 Esempi di schemi applicativi della tecnologia FRP System

A seguire sono riportati alcuni tra gli schemi applicativi più comuni per la realizzazione dei rinforzi FRP su strutture in c.a. e muratura. L'applicazione dei rinforzi deve essere eseguita secondo le indicazioni riportate al paragrafo precedente per assicurare un funzionamento ottimale e in linea con quanto previsto in sede di progettazione. Contattaci a tecnico@gpintech.com se vuoi avere gli schemi completi o maggiori informazioni.

1.4.2.1 Rinforzo nodi trave – colonna in c.a. mediante applicazione di tessuti in fibra di carbonio (CFRP).

Il rinforzo dei nodi trave colonna viene condotto in maniera da incrementare il confinamento e la resistenza a taglio del nodo, tenendo presente anche l'azione tagliante esercitata dai tamponamenti sul nodo in condizioni sismiche; secondo quanto previsto dalle "Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni" della ReLUIS.

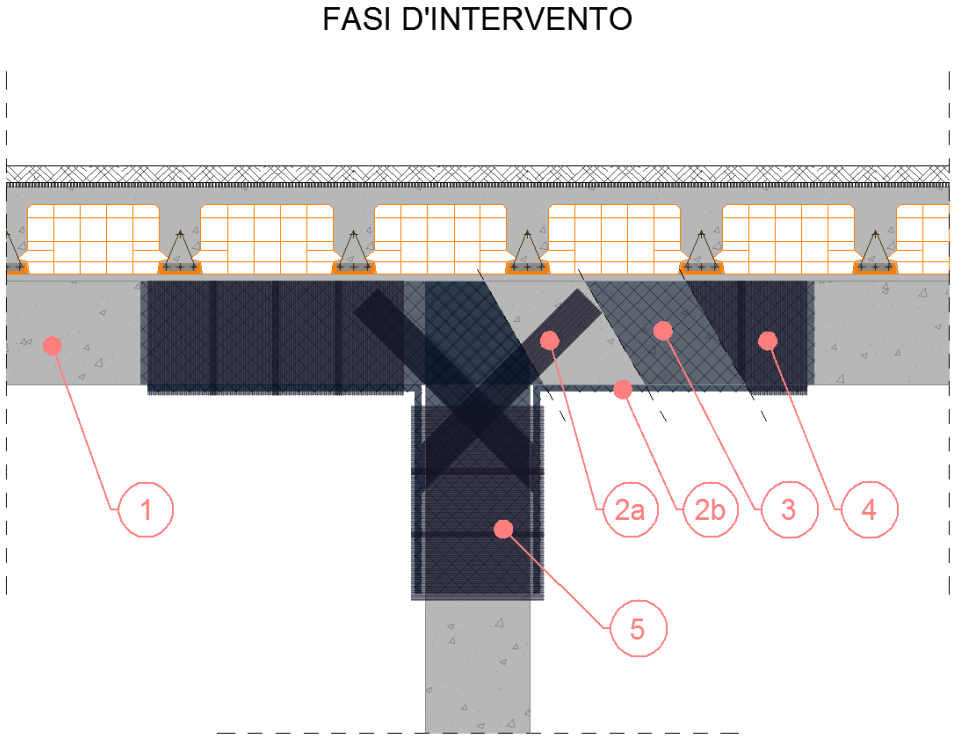


Figura 1 Nodo intermedio

FASI:

1. Trattamento del supporto esistente con pulizia e consolidamento dello stesso.
2. a) Applicazione di strisce in tessuto unidirezionale inclinate per contrastare la forza di taglio esercitata dalla muratura di tamponamento.
   b) Per aumentare il rinforzo nei confronti di questo meccanismo è possibile applicare delle fasciature con tessuto quadriassiale disposto ad *L* sotto lo spigolo d'incrocio tra trave e pilastro.
3. Applicazione di una striscia orizzontale e una verticale (ad incrocio sul nodo) di tessuto quadriassiale per il rinforzo a taglio del nodo.
4. Rinforzo a taglio delle estremità delle travi convergenti nel nodo mediante l'applicazione di tessuto unidirezionale disposto ad *U-wrap* o in completo avvolgimento.
5. Rinforzo a confinamento e a taglio dell'estremità del pilastro con avvolgimenti di tessuto unidirezionale.
6. Eventuali operazioni di finitura e intonacatura.

NOTE:

- L'applicazione del rinforzo prevede la parziale demolizione dei tamponamenti in corrispondenza al nodo al fine di avere lo spazio necessario all'applicazione del rinforzo.
- Il tessuto applicato nelle fasi 4 e 5 consente anche di migliorare l'ancoraggio dei tessuti messi in opera nelle fasi precedenti.
- Per il calcolo dei rinforzi può essere impiegato il software FRPnode®.

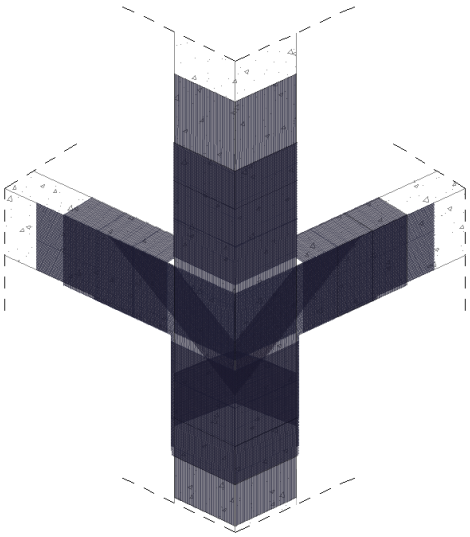


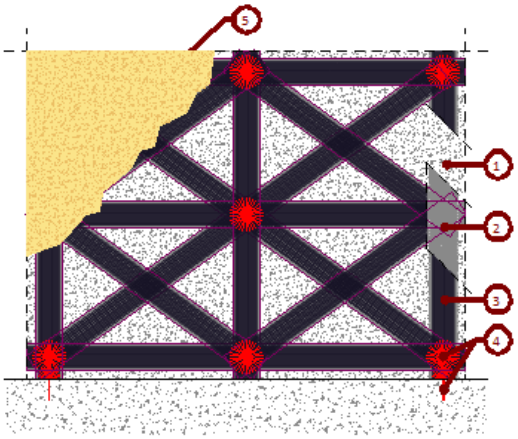
Figura 2 Nodo d'angolo

Figura 3: Esempi di rinforzo di rinforzo nodale con tecnologia FRPsystem

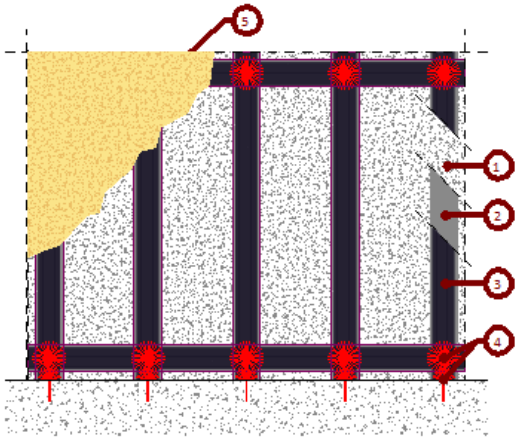
1.4.2.2 Rinforzo di setti murari in c.a. e muratura mediante applicazione di tessuti in fibra di carbonio (CFRP).

Il rinforzo di un setto murario può essere fatto per incrementare la resistenza a taglio, a flessione nel piano e a flessione fuori piano (verticale o orizzontale).

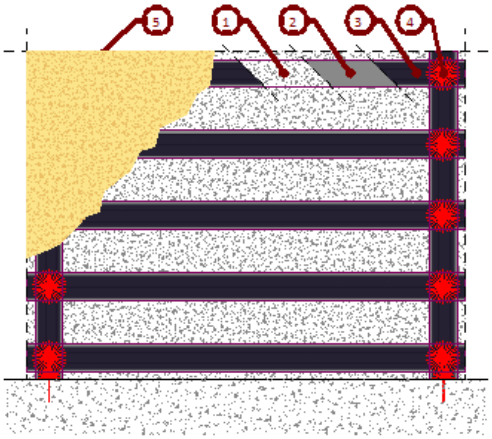
A. RINFORZO COMPLESSIVO, PER TUTTE LE TIPOLOGIE DI SOLLECITAZIONI SULLA PARETE



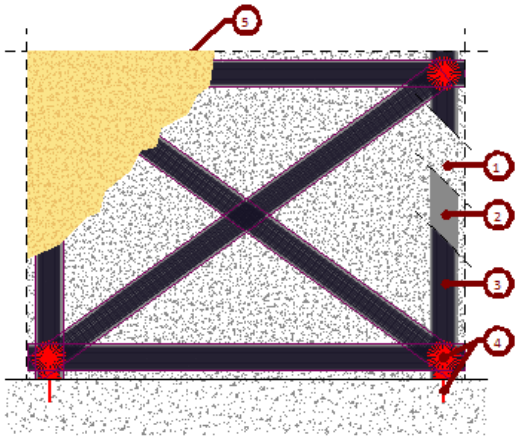
B. RINFORZO A FLESSIONE PER AZIONI NEL PIANO E PER FLESSIONE VERTICALE FUORI DAL PIANO



C. RINFORZO A TAGLIO PER AZIONI NEL PIANO E A FLESSIONE ORIZZONTALE FUORI DAL PIANO



D. RINFORZO A TAGLIO PER AZIONI NEL PIANO



FASI:

1. Trattamento del supporto esistente con pulizia e consolidamento dello stesso.
2. Applicazione di uno strato di regolarizzazione in malta, tipicamente a reattività pozzolanica (tipo CONCRETE ROCK S) nel caso di murature.
3. Applicazione del rinforzo FRP a flessione e/o a taglio con tessuto unidirezionale impregnato in situ con resina.
4. Impiego di connettori a fiocco per l'ancoraggio del rinforzo e impregnati con resina sul rinforzo.
5. Eventuali operazioni di finitura e intonacatura.

NOTE:

- L'impiego di malte di calce idraulica o a reattività pozzolanica è preferibile per murature storiche dove è essenziale garantire una buona traspirabilità, preferendo le prime alle seconde. Qualora sia necessaria una maggiore resistenza si possono impiegare malte a reattività pozzolanica. Nel caso di superfici di calcestruzzo è solitamente consigliabile l'impiego di malte cementizie data l'importanza della resistenza rispetto alla traspirabilità.
- L'installazione delle fibre di rinforzo può anche non comprendere tutte quelle rappresentate in figura e dipende dalla tipologia di rinforzo che si vuole realizzare (vedere schemi sottostanti).
- Per il calcolo dei rinforzi sarà presto disponibile gratuitamente il software FRPwall®.

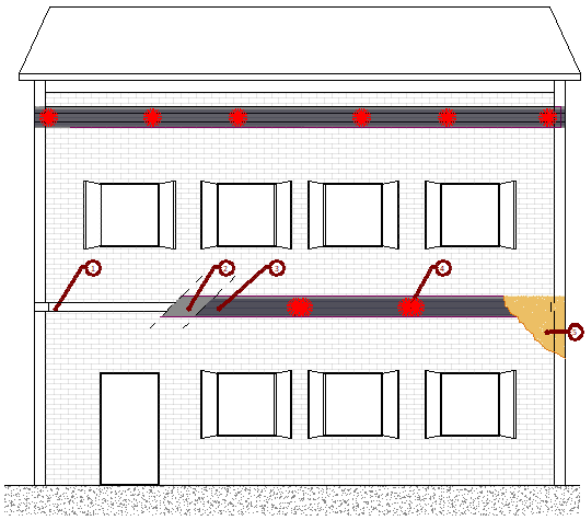
1.4.2.3

Figura 4: Esempi di rinforzo di rinforzo a taglio e a flessione di murature con tecnologia FRPsystem.

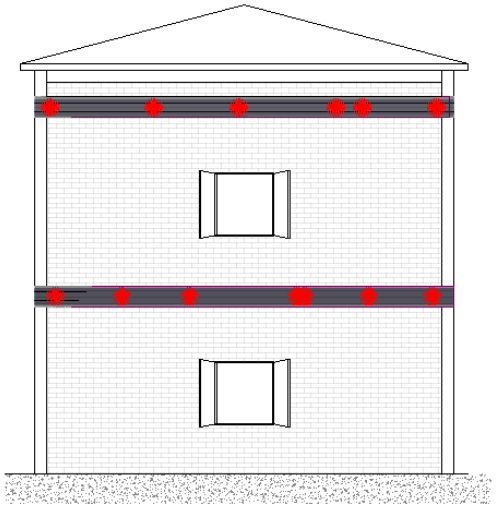
1.4.2.4 Fasciatura di piano mediante applicazione di tessuti in fibra di carbonio (CFRP).

Rinforzo di porzioni di edificio in ca e muratura mediante fasce di piano con tecnologia FRP System realizzata con tessuti in fibra di carbonio impregnati in situ. Con tale sistema è possibile migliorare il collegamento delle pareti ortogonali fra loro, incrementare la resistenza a flessione delle pareti perpendicolari all'azione del sisma e favorire un comportamento d'insieme dell'edificio.

PROSPETTO FRONTALE



PROSPETTO LATERALE



FASI:

1. Rimozione eventuale intonaco esistente e consolidamento delle zone ammalorate con malte base calce LIMECRETE o a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S. Arrontondare gli spigoli su cui è previsto il passaggio del tessuto.
2. Realizzare le corsie di regolarizzazione con malta a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S per la posa del tessuto, previa bagnatura del supporto.
3. Applicazione del rinforzo FRP con tessuto unidirezionale impregnato in situ con resina.
4. Impiego di connettori a fiocco per l'ancoraggio del rinforzo e impregnati con resina sul rinforzo.
5. Eventuali operazioni di finitura e intonacatura.

1.5 Esempi di voci di capitolato dell'FRP System

1.5.1.1 Rinforzo di c.a. e c.a.p. mediante applicazione di nastri in carbonio.

Fornitura e montaggio di armatura di rinforzo in fibra di carbonio tipo C-SHEET per intervento di rinforzo strutturale di travi, solai, capriate, colonne, impalcati in calcestruzzo e c.a.p. senza sovraccarico della struttura e con ridotti oneri di cantiere.

Sono da computarsi a parte l'arrotondamento di eventuali spigoli con raggio minimo r = 2,5 cm; la preparazione del supporto, eliminazione della boiacca di cemento superficiale nonché di tutte le parti del calcestruzzo lesionate e ammalorate mediante picconatura, sabbiatura, idrosabbiatura, idrodemolizione o altri metodi meccanici e/o manuali, la ricostruzione delle sezioni con malte reoplastiche tipo Concrete Rock V-V2 Classe R4. Sono inclusi: i lavori di pulizia finale tramite bruschino e/o aspirapolvere; l'applicazione di apposito primer approvato tipo RESIN PRIMER; l'applicazione della rasatura e dell'incollaggio con adesivi epossidici approvati tipo RESIN 90 e RESIN 75 marcati CE; l'applicazione della fibra di carbonio unidirezionale tipo C-SHEET 240/300-400-600 Classe 210C, bidirezionale tipo CTB 240/360 Classe 210C, quadriassiale tipo C-SHEET 240/380/127Q Classe 210C, oppure alto modulo HM 390/300-400 Classe 350/2800C, altezza nastro 20-30-50 cm; la stesura di adesivo epossidico di saturazione tipo RESIN 75, marcato CE; eventuale spargimento quarzifero per l'aggrappo dell' intonaco finale. Temperatura d'applicazione 10°C-35°C.

Per strati successivi: stesura di adesivo per multistrato tipo RESIN 75, applicazione della fibra di carbonio tipo C-SHEET, stesura di adesivo epossidico di saturazione tipo RESIN 75, eventuale spargimento quarzifero per l'aggrappo dell'intonaco finale.

Sono incluse le sovrapposizioni con sistema di incollaggio ad elevata resistenza allo strappo. Il tessuto deve presentarsi facilmente drappeggiabile ed impregnabile in tutta la sezione. Potranno essere applicati uno o più strati sovrapposti in funzione delle caratteristiche di progetto. La eventuale sovrapposizione in direzione fibra sarà di almeno 15-20 cm, quella trasversale di almeno 2 cm, o quanto stabilito in progetto.

Per applicazione di lamelle CFK, entro le 24 ore dall'applicazione del primer tipo RESIN PRIMER e dopo la pulizia delle stesse con idoneo diluente RESIN CLEANER, stendere sul supporto e sulla lamella l'adesivo epossidico tipo RESIN 90 e posizionare quindi la lamella sulla superficie premendo con le mani e successivamente con un rullo di gomma dura fino alla fuoriuscita dell'adesivo tra lamella e supporto ed infine rimuovere l'adesivo in eccesso. Ancoraggi terminali come da progetto.

I materiali dovranno essere corredati da appositi certificati CVT rilasciati dal Cons. Sup. LLPP e di conformità ai sensi del D.T. 200 R1 2013 attestanti i requisiti tecnici minimi richiesti.

Sono esclusi in quanto compensati a parte oneri di ponteggi, smontaggio e ricollocazione di linee, di cavidotti, grondaie, pluviali, oneri generali di pulizia e ripristino del c.a. al fine di garantire le superfici secondo le specifiche di progetto, eventuali oneri di preriscaldamento dell'area interessata, segnaletica e deviazione traffico ove richiesto, ogni altro onere non indicato in specifica. È compreso e compensato nel prezzo tutto quanto occorre per dare i nastri o le lamelle di carbonio collocati in opera a perfetta regola d'arte.

1.5.1.2 Rinforzo delle murature mediante applicazione di nastri in fibra di carbonio unidirezionali

Fornitura e montaggio di armatura di rinforzo in tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-SHEET 240/300 - 400 - 600, per intervento di rinforzo strutturale di paramenti murari e volte in muratura, senza sovraccarico della struttura e con ridotti oneri di cantiere. Sono da computarsi a parte l'arrotondamento di eventuali spigoli con raggio minimo r = 2,5 cm, la preparazione del supporto, l'eliminazione dell'eventuale intonaco, la messa a nudo della superficie d'applicazione dei rinforzi, la creazione di corsie d'alloggiamento del tessuto con malte fibrorinforzata idonee e compatibili tipo CONCRETE ROCK S-V2, LIMECRETE, LIMECRETE S2.

Sono inclusi: pulitura e depolveratura della superficie tramite bruschino e/o aspirapolvere; l'applicazione di apposito primer approvato tipo RESIN PRIMER; l'applicazione della rasatura e dell'incollaggio con adesivo epossidico approvato tipo RESIN 90 e RESIN 75 marcati CE; applicazione del tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-SHEET 240/300 – 400 - 600 Classe 210C, spessori rispettivamente di 0,165 mm (300 g/ m²), 0,22 mm (400 g/ m²), 0,33 (600 g/ m²); la stesura di adesivo epossidico di saturazione approvato tipo RESIN 75 marcato CE; eventuale spargimento quarzifero per l'aggrappo dell'intonaco finale. Temperatura minima d'applicazione 10°C.

Per strati successivi: stesura di adesivo per multistrato tipo RESIN 75, applicazione del tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-SHEET 240/300-400-600, stesura di adesivo epossidico di saturazione tipo RESIN 75.

Sono incluse le sovrapposizioni con sistema di incollaggio ad elevata resistenza allo strappo. Il tessuto deve presentarsi facilmente drappeggiabile ed impregnabile in tutta la sezione. Potranno essere applicati uno o più strati sovrapposti in funzione delle caratteristiche di progetto. La eventuale sovrapposizione in direzione della fibra sarà di almeno 15-20 cm, quella trasversale di almeno 2 cm, o quanto stabilito in progetto.

I materiali dovranno essere corredati da appositi certificati CVT rilasciati dal Cons. Sup. LLPP e di conformità ai sensi del D.T. 200 R1 2013 attestanti i requisiti tecnici minimi richiesti.

Sono esclusi perché da computarsi a parte i seguenti oneri: ponteggi, oneri per la messa in sicurezza ed impianto cantiere; fornitura acqua, energia elettrica, allacciamenti; demolizione dell'intonaco presente, degli elementi in laterizio, etc.; preparazione idonea del supporto.

1.5.1.3 Rinforzo sismico di nodi trave-pilastro di telai in c.a. mediante applicazione di nastri in fibra di carbonio unidirezionali e quadriassiali

Fornitura e posa armatura di rinforzo in tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-Sheet 240/300-400-600 e quadriassiale tipo C-SHEET 240/380/127 Q, per intervento di rinforzo strutturale antisismico e di incremento della duttilità nodo trave-pilastro di telai in c.a. senza sovraccarico della struttura e con ridotti onori di cantiere. Sono da computarsi a parte l'arrotondamento di eventuali spigoli con raggio minimo r = 2,5 cm, la preparazione del supporto, l'eliminazione dell'eventuale intonaco, la messa a nudo della superficie d'applicazione dei rinforzi. Sono inclusi: pulitura e depolveratura della superficie tramite bruschino e/o aspirapolvere; l'applicazione di apposito primer approvato tipo Resin Primer; l'eventuale applicazione della rasatura con adesivo epossidico approvato tipo Resin 90; stesura di un primo strato di adesivo epossidico approvato tipo RESIN 75; applicazione del tessuto in fibra di carbonio quadriassiale nel pannello di nodo tipo C-SHEET 240/380/127 Q aventi le seguenti caratteristiche: classe 210C, spessore equivalente per ogni direzione 0°-45°-90°-135° 0,055 mm ; successiva applicazione del tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-SHEET 240/300-400- 600 Classe 210C, spessori rispettivamente di 0,165 mm (300 g/ m²), 0,22 mm (400 g/ m²), 0,33 (600 g/ m²); stesura di adesivo epossidico di saturazione approvato tipo Resin 75; eventuale spargimento quarzifero per l'aggrappo dell'intonaco finale. Temperatura minima d'applicazione +10°C. Per strati successivi: stesura di adesivo per multistrato tipo Resin 75, applicazione del tessuto in fibra di carbonio unidirezionale tipo C-Sheet 240/300-400-600 o quadriassiale tipo C-SHEET 240/380/127 Q, stesura di adesivo epossidico di saturazione tipo Resin 75. Inserimento di idonei sistemi di ancoraggio delle fibre ove previsti in progetto. Sono incluse le sovrapposizioni con sistema di incollaggio ad elevata resistenza allo strappo. Il tessuto deve presentarsifacilmente drappeggiabile ed impregnabile in tutta la sezione. Potranno essere applicati uno o più strati sovrapposti in funzione delle caratteristiche di progetto. Le sovrapposizioni in direzione fibra sarà di almeno 20 cm. Il materiale dovrà essere munito del relativo Certificato di Idoneità Tecnica CVT emanato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e di conformità ai sensi del D.T. 200 R1 2013 attestanti i requisiti tecnici minimi richiesti. Gli adesivi dovranno essere marcati CE secondo la EN 1504-4. Sono esclusi perché da computarsi a parte i seguenti oneri: ponteggi, oneri per la messa in sicurezza ed impianto cantiere; fornitura acqua, energia elettrica, allacciamenti; demolizione dell'intonaco presente, degli elementi in laterizio, etc.; preparazione idonea del supporto; eventuali connettori ed ancoraggi secondo progetto.

Contattaci a info@gpintech.com per richiedere i prezziari completi per le varie lavorazioni con i relativi prezzi.

2 Rinforzo antisismico di murature e c.a. mediante intonaci armati con materiali compositi FRCM System e CRM System

2.1 Caratteristiche dei rinforzi FRCM e CRM

2.1.1 FRCM System

Per il consolidamento delle strutture in muratura, la tecnologia FRCM System prevede l'uso di rinforzi sotto forma di **intonaci strutturali armati con materiali compositi sotto forma di reti (non rigide)**: in fibra di vetro AR alcali resistente; in fibra di basalto; in fibra di carbonio e tessuti in fibra di acciaio UHTSS galvanizzato o INOX. I leganti impiegati sono: **leganti cementizi**; **leganti** idraulici a **reattività pozzolanica** e **leganti** a base di **calce idraulica**. Nei leganti è prevista l'eventuale aggiunta di additivi; nel caso di additivi di natura organica è consigliato che la componente organica non ecceda il 10% in peso del legante inorganico per non ridurre eccessivamente la traspirabilità.

I **sistemi FRCM sono caratterizzati** dalla peculiarità di avere uno **spessore dello strato d'intonaco compreso tra i 5 e 15 mm** in presenza di un singolo strato di rete, **fino a un massimo di circa 30 mm per più strati** e comunque al netto del livellamento del supporto. Inoltre, la **distanza netta tra il contorno dei fili o dei trefoli delle reti**, nelle direzioni in cui sono presenti, **non eccede** solitamente **2 volte lo spessore della malta** e comunque **non è mai maggiore di 30 mm**. Per **migliorare l'adesione al supporto** le **reti** dei sistemi **FRCM** sono tipicamente **fissate con connettori a fiocco mediante resine**.

L'impiego dei sistemi FRCM consente un **incremento** notevole delle caratteristiche di **resistenza a trazione** dell'elemento rinforzato con **incrementi di peso e di rigidezza sostanzialmente trascurabili** e praticamente paragonabili a quelli della tecnologia FRP System. Per le loro proprietà meccaniche, i rinforzi FRCM sono specificamente indicati nelle applicazioni per le quali sia richiesta la mobilitazione di deformazioni modeste, come tipicamente accade per il rinforzo di murature. Il **rinforzo** può riguardare: **pareti sollecitate nel proprio piano**, rinforzo di **pareti sollecitate fuori dal piano**, **strutture a semplice e doppia curvatura**, **confinamento** di colonne circolari e rettangolari, **cordoli in muratura armata** di sommità.

2.1.2 CRM System

Il rinforzo con CRM System prevede sempre la realizzazione di un rinforzo a trazione con la tecnica dell'intonaco armato, ma si distinguono dai sistemi FRCM per **l'impiego di reti rigide già preformate con fibre di vetro alcali resistenti**. Lo **spessore di intonaco** impiegato **aumenta** sensibilmente, essendo **di norma compreso tra 30 e 50 mm** al netto del livellamento del supporto. La **distanza netta tra i fili della rete** deve essere **maggiore di 30 mm e comunque al massimo pari a 4 volte lo spessore dell'intonaco**. Il maggiore spessore dello strato d'intonaco, insieme alla natura rigida della rete, modifica le modalità di trasferimento delle forze di aderenza con la matrice inorganica rispetto al sistema FRCM; rendendo il **comportamento del sistema CRM paragonabile a quello di un calcestruzzo** (o betoncino) **armato**, in cui l'armatura è fornita dalla rete preformata. Per **migliorare l'adesione al supporto** le **reti rigide** dei sistemi **CRM** sono tipicamente **fissate con connettori rigidi preformati, fissati al supporto con opportune resine** prima dell'applicazione dell'intonaco. Assieme alle reti sono disponibili pezzi speciali per realizzare la continuità strutturale in corrispondenza delle zone d'angolo.

Entrambe le tecnologie di miglioramento strutturale e antisismico sono **particolarmente indicate per il settore dei Beni Culturali e per gli edifici storico-artistici**. Tali tecniche, infatti, consentono un miglioramento generale delle caratteristiche meccaniche della muratura attraverso un rinforzo di matrice inorganica (malta) compatibile, reversibile e traspirante.

2.1.3 Effetti dei rinforzi FRCM e CRM sulla struttura

I principali effetti del sistema FRCM sono i seguenti:

- incremento di resistenza dei pannelli murari e di setti, pilastri in muratura, archi e volte;
- messa in sicurezza di pannelli di tamponamento e murature portanti sotto azione sismica;
- miglioramento della resistenza al taglio delle murature;
- miglioramento della resistenza alle azioni ortogonali al piano della muratura (antiribaltamento);
- collegamento di elementi collaboranti alle azioni esterne.

2.1.4 Vantaggi dei rinforzi FRCM e CRM

I sistemi presentano i seguenti vantaggi:

- buone caratteristiche meccaniche e prestazionali in ambito statico e sismico;
- ottima resistenza chimica, alle atmosfere umide, industriali e marine, alla carbonatazione;
- ridotti spessori di malta armata con reti di rinforzo in fibra rispetto a sistemi tradizionali con reti elettrosaldate;
- applicabilità su superfici anche irregolari con ridotti oneri di livellamento;
- applicabilità in ambienti umidi;
- permeabilità al vapore del sistema di rinforzo;
- migliore resistenza al fuoco del sistema;
- compatibilità e reversibilità del sistema in ambito Beni Culturali;
- maggiore facilità di movimentazione e di intervento in cantiere con l'impiego di tecniche tradizionali.

2.1.5 Riferimenti normativi per il sistema FRCM

2.1.5.1 Riferimenti per la progettazione

La normativa tecnica di riferimento principale è la **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.

2.1.5.2 Riferimenti per la qualificazione e l'accettazione

La qualificazione e l'accettazione dei materiali per rinforzi FRCM è disciplinata, in Italia, dal **Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.1 del 08.01.2019**, recante "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*".

Le suddette Linee Guida specificano le modalità di qualificazione da parte del Ministero e il conseguente rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica - CVT", ai sensi delle NTC18. **I sistemi FRCM sono qualificati come *kit*** che vengono testati dai laboratori per la certificazione ministeriale. **Ciascun *kit* è definito dall'insieme dei componenti del rinforzo** (malta, rete, numero di reti, connettori e supporto di applicazione del rinforzo). Per avvalersi di CVT, il sistema che viene messo in opera, deve essere realizzato con tutte le stesse componenti previste nel kit certificato. Attualmente, fino al decorrere dell'anno (la **scadenza** è stata attualmente **prorogata** dal Ministero, portando l'entrata in vigore dei **CVT a gennaio 2021**) dall'entrata in vigore del Decreto, non è necessaria la Certificazione CVT. Per poter impiegare il materiale nell'anno di transizione, l'azienda fornitrice, nelle more della richiesta di certificazione al ministero, rilascia una dichiarazione di conformità dello stesso.

Le reti e le malte devono inoltre essere conformi alle seguenti normative europee:

- fibre: UNI EN 13002-2 e ISO 13002 (fibre di carbonio); UNI EN 15422, UNI 8746 ed UNI 9409 (fibre di vetro e di basalto); UNI EN 14889-2 (fibre polimeriche); UNI EN 13003-1-2-3 (fibre di arammide e di PBO); ISO 16120-1/4; EN 10244-2 (fili di acciaio);
- matrice: UNI EN 998-2 e UNI EN 1504-3.

2.1.6 Riferimenti normativi per il sistema CRM

2.1.6.1 Riferimenti per la progettazione

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 rinferimento a normative tecniche di comprovata validità per una trattazione più esaustiva, tra cui la CNR-DT 203/2006.

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.

2.1.6.2 Riferimenti per la qualificazione e l'accettazione

La qualificazione e l'accettazione dei materiali per rinforzi CRM è disciplinata, in Italia, dal **Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.292 del 29.05.2019**, recante "*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)*".

Le suddette Linee Guida specificano le modalità di qualificazione da parte del Ministero e il conseguente rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica - CVT", ai sensi delle NTC18. Il documento prevede la **distinzione in classi dei sistemi CRM** (in analogia a quanto previsto per i comuni materiali da costruzione come acciaio e calcestruzzo) definite sulla base della tensione di rottura e del modulo elastico delle reti preformate. Attualmente, fino al decorrere dell'anno (la **scadenza** è stata attualmente **prorogata** dal Ministero, portando l'entrata in vigore dei **CVT a fine maggio 2021**) dall'entrata in vigore del Decreto, non è necessaria la Certificazione CVT. Per poter impiegare il materiale nell'anno di transizione, l'azienda fornitrice, nelle more della richiesta di certificazione al ministero, rilascia una dichiarazione di conformità dello stesso.

Le reti e le malte devono inoltre essere conformi alle seguenti normative europee:

- Per la descrizione delle caratteristiche tecniche delle armature con rete rigida del sistema e dei relativi metodi di prova, si deve far riferimento alle UNI-EN 13706-1-2-3.
- Le malte cementizie, di calce o i betoncini a prestazione garantita devono essere conformi alla UNI EN 998-1/2 e/o alla UNI EN 1504-2/3 con sistema di certificazione 2+.

2.2 Modellazione, Progetto e Calcolo dei rinforzi FRCM e CRM

2.2.1 FRCM System

Ai fini della modellazione e del calcolo per il rinforzo delle strutture in c.a., c.a.p. e murature con l'impiego di intonaci armati FRCM si può fare riferimento alla bozza della CNR-DT 215 - 2018*" Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a matrice inorganica"*.

Le **modalità di crisi dei rinforzi FRCM** (Figura 57) **dipendono dalle caratteristiche** dei **componenti** del *kit* di rinforzo messo in opera (**malte, reti, strati, connettori, supporto**, ecc…) e possono coinvolgere la delaminazione dal supporto oppure no. Qualora la modalità di **crisi** sia **dovuta alla delaminazione**, **l'impiego di connettori contribuisce** a **ridurre il problema** e aumentare la resistenza ultima del rinforzo.

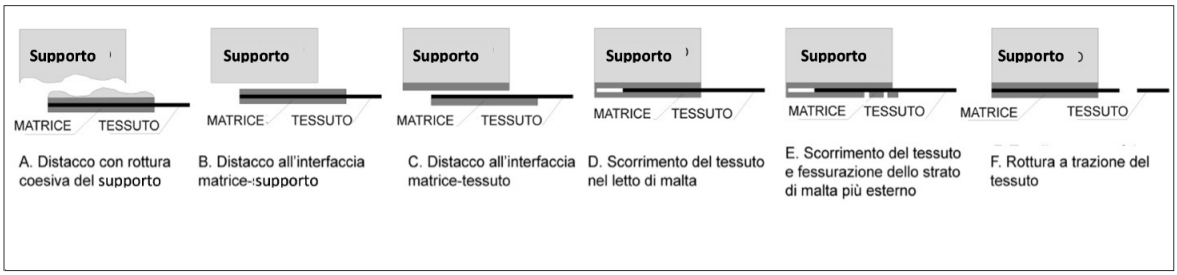


Figura 5: Modalità di crisi del Sistema FRCM.

Il calcolo della resistenza del rinforzo avviene sulla base dei risultati sperimentali delle prove di qualificazione, nelle quali vengono determinati i seguenti valori utili al dimensionamento:

- Tensione limite convenzionale di aderenza per distacco d'estremità $\sigma_{lim,conv}$
- Tensione ultima del sistema FRCM σ_u
- Tensione ultima della fibra della rete secca $\sigma_{u,f}$

La **proprietà di resistenza** che caratterizza il sistema, **da impiegare** nella progettazione, **è quella inferiore fra le tre sopra indicate**.

In attesa del rilascio dei CVT, ai fini della determinazione della **tensione limite convenzionale di delaminazione** (distacco dal supporto) sono già state condotte diverse sperimentazioni in laboratori universitari che consentono di eseguire le verifiche di sicurezza. **I valori sono già disponibili nella documentazione tecnica e sono stati inseriti all'interno del software FRCMwall®**.

2.2.1.1 Software FRCMwall®

Le verifiche dei rinforzi FRCM di murature possono essere condotte con l'ausilio del foglio di calcolo **FRCMwall® scaricabile gratuitamente** al link https://www.gpintech.com/frcm-wall/. Il foglio di calcolo consente di scegliere nel menù a tendina ed utilizzare automaticamente i prodotti FRCM G&P Intech testati.

2.2.2 CRM System

Per il calcolo dei rinforzi CRM la normativa tecnica di riferimento principale sono le **NTC18.** Al Cap. 8 è previsto specificatamente l'impiego di intonaci armati per il rinforzo delle murature esistenti, il calcolo viene fatto amplificando forfettariamente per un coefficiente amplificativo la resistenza della muratura esistente.

Secondo le indicazioni del Cap. 12 delle NTC18 è possibile fare riferimento a normative di comprovata validità, un riferimento utile è quindi fornito dalla CNR-DT 203/2006, che contempla il caso del calcestruzzo rinforzato con reti di FRP. Il calcolo è fatto in analogia a un calcestruzzo armato tradizionale in cui le proprietà dell'armatura saranno quelle delle reti preformate secondo le indicazioni della CNR stessa. Nel caso di rinforzo di una muratura è possibile adottare le ipotesi di calcolo di una muratura armata, in cui l'armatura è la rete FRP del sistema CRM.

2.3 Elenco dei principali prodotti FRCM e CRM G&P Intech

2.3.1 Reti FRCM

Nome prodotto	Tipologia	Grammatura [g/m²]	Maglia	Spessore eq.(1) [mm]	Resistenza a trazione rete(1) [kN/m]
G-NET 251 BA	Rete in vetro AR bidirezionale	250	25 x 25	0,050	50
G-NET 301 BAL	Rete in vetro AR bidirezionale	300	34 x 34	0,055	60
G-NET 401 BAL	Rete in vetro AR bidirezionale	400	26 x 26	0,076	90
G-NET 601 BAL	Rete in vetro AR bidirezionale	600	30 x 30	0,115	125
B-NET 250 BA	Rete in basalto bidirezionale	250	28 x 28	0,041	80
B-NET 450 BA	Rete in basalto bidirezionale	450	25 x 25	0,075	145
STEEL-NET 80	Tessuto in acciaio unirezionale	700	-	0,086	220
STEEL-NET 135	Tessuto in acciaio unirezionale	1350	-	0,169	432
STEEL-NET 220	Tessuto in acciaio unirezionale	2200	-	0,270	698

Tabella 2: Elenco delle reti FRCM G&P Intech.

(1) Lo spessore equivalente e la resistenza a trazione della rete devono intendersi per ciascuna delle direzioni in cui è ordita la rete.

(2) Matrici impiegate: calce idraulica LIMECRETE Classe M15, a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S Classe R2 e cementizia bicomponente CONCRETE ROCK V2.

2.3.2 Reti CRM

Nome prodotto	Tipologia	Grammatura [g/m²]	Maglia	Classe	Resistenza caratteristica a trazione della rete(1) [kN/m]
RG33-NET BA	Rete preformata in vetro AR bidirezionale	760	33 x 33	G38/600	135
RG66-NET BA	Rete preformata in vetro AR bidirezionale	380	66 x 66	G38/600	68
RG99-NET BA	Rete preformata in vetro AR bidirezionale	250	99 x 99	G38/600	45

Tabella 3: Elenco delle reti CRM G&P Intech.

(1) la resistenza a trazione della rete deve intendersi per ciascuna delle direzioni in cui è ordita la rete.

2.4 Schemi applicativi per la posa in opera degli intonaci armati

2.4.1 Prescrizioni generali FRCM System

2.4.1.1 1. Preparazione del supporto

Il ciclo applicativo di un rinforzo strutturale con FRCM System richiede una preventiva **accurata preparazione del supporto**. **L'intonaco preesistente deve essere demolito**, vanno rimosse eventuali pitturazioni, verniciature, oli, grassi a mezzo bruschinatura, idrolavaggio o idonei e approvati sistemi di irruvidimento superficiali. **La superficie dovrà essere ripristinata nelle volumetrie mancanti** con malte adeguate, in presenza di forti irregolarità, lesioni importanti e/o cavità. In presenza di **spigoli** sui quali è prevista la stesura di rinforzi, soprattutto se per il confinamento, questi **devono essere arrotondati** (raggio ≥ 25 mm) per assicurare l'efficacia dell'intervento, in modo da non pervenire ad una rottura prematura del rinforzo. **Bagnare** accuratamente **il fondo** fino a saturazione, questa operazione consente di ridurre la cessione d'acqua da parte della malta **evitando la formazione di fessurazioni e una scarsa adesione al fondo**. Se necessario stendere un rinzaffo di buona aderenza prima di applicare il ciclo dell'intonaco strutturale armato.

2.4.1.2 2. Applicazione del primo strato di malta

Stendere la malta scelta per il tipo di intervento con lo spessore richiesto a mezzo frattazzo metallico, cazzuola, o a spruzzo con intonatore. Mediamente **realizzare da 1 a 2 cm di spessore di malta**. Spessori diversi possono essere ottenuti con malte specifiche.

2.4.1.3 3. Applicazione della rete e del secondo strato di malta

Annegare, nella malta fresca, la rete in fibra di vetro AR, alcali resistente, in fibra di basalto, in fibra di carbonio od il tessuto in fibra di acciaio UHTSS galvanizzato. **Posizionare i connettori a fiocco** prevedendone l'installaziane **a mezzo di resina epossidica** RESIN 75 nel foro (diametro 14-16 mm) e sulla rete. Nel caso di **rinforzo su entrambi i lati** della muratura questi **connettori** saranno **passanti** per lo spessore della muratura stessa e saranno collegati alle reti su entrambe i lati. Il **numero minimo di connettori è di 4 al mq**. Prima della stesura dello strato finale di malta applicare uno spolvero al quarzo sulla zona di sovrapposizione tra connettore e rete. Quindi **applicare un secondo strato di malta** a copertura totale della rete o del tessuto **fresco su fresco**.

Per applicazioni di una seconda rete o tessuto, si procede fresco su fresco come nel ciclo precedente. Per i sormonti seguire le indicazioni progettuali, con un minimo comunque di 10 cm.

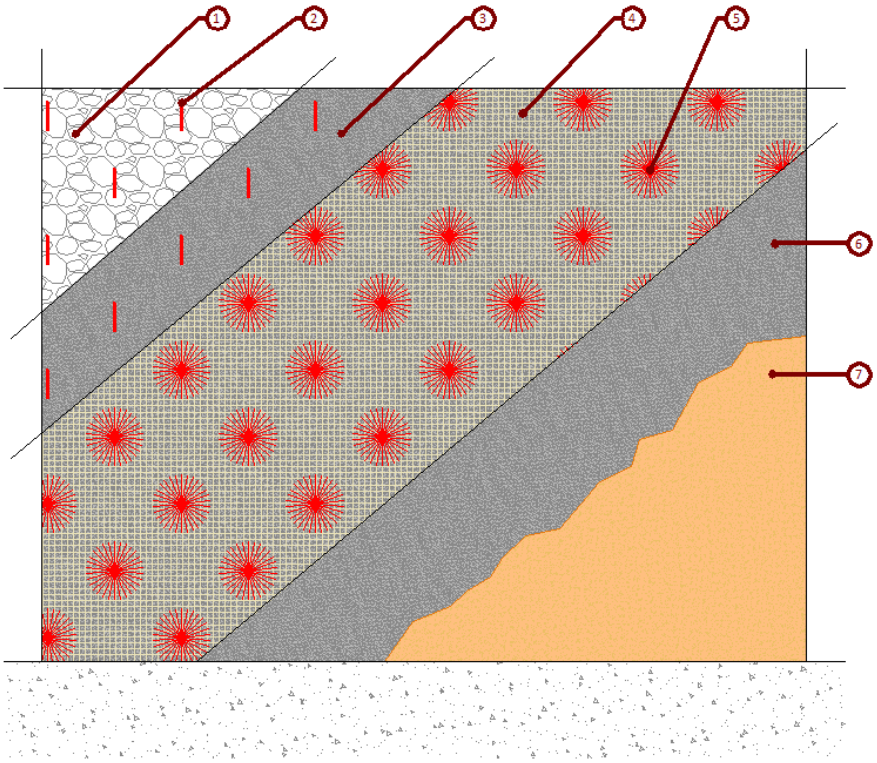
Evitare l'applicazione nelle ore calde estive ed in presenza di forte vento o in presenza di superfici gelate. Proteggere la maturazione della malta con idonee protezioni o sistemi di curing in presenza di forte irraggiamento, vento e pioggia.

2.4.2 Esempi di schemi applicativi della tecnologia FRCM System

A seguire sono riportati alcuni tra gli schemi applicativi più comuni per la realizzazione dei rinforzi FRCM su strutture in muratura. L'applicazione dei rinforzi deve essere eseguita secondo le indicazioni riportate al paragrafo precedente per assicurare un funzionamento ottimale e in linea con quanto previsto in sede di progettazione. Contattaci a tecnico@gpintech.com se vuoi avere gli schemi completi e maggiori dettagli.

2.4.2.1 Rinforzo di setti murari e in c.a. mediante applicazione di intonaco armato FRCM

Il rinforzo di un setto murario può essere fatto per incrementare la resistenza a taglio, a flessione nel piano e a flessione fuori piano (verticale o orizzontale).



FASI:

1. Trattamento della muratura esistente con rimozione dell'intonaco, degli strati incoerenti ed eventuale consolidamento della stessa.
2. Realizzazione dei fori e installazione dei connettori a fiocco (4/mq).
3. Realizzazione del primo strato di malta su tutta la superficie da rinforzare.
4. Stesura della rete in fibra con sormonto minimo di 10 cm.
5. Sfioccatura dei connettori a fiocco sulla rete e fissaggio degli stessi con resina epossidica RESIN 75.
6. Copertura della rete con lo strato finale di malta, da applicare quando il primo strato presenta consistenza ancora umida. Spessore minimo totale dei due strati di malta 15 mm.
7. Eventuali finiture.

NOTE:

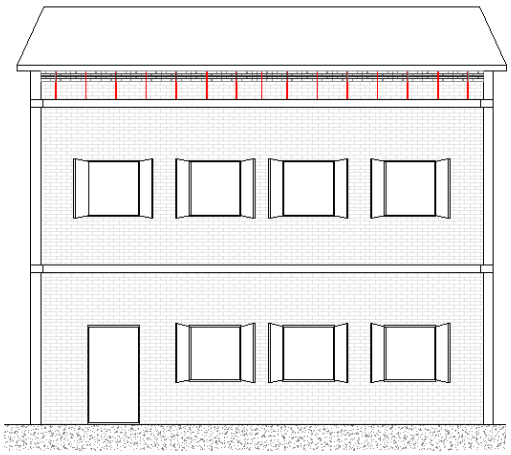
- Per il calcolo dei rinforzi può essere impiegato il software FRCMwall®.

Figura 6: Esempi di rinforzo murario con tecnologia FRCM System.

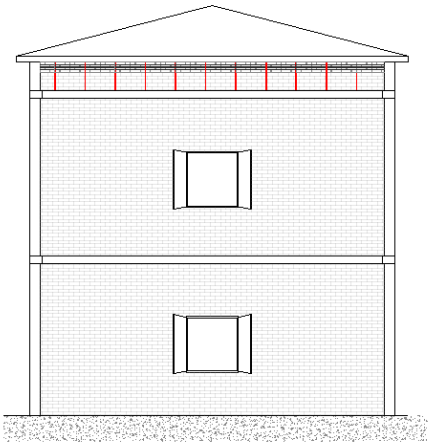
2.4.2.2 Posa in opera di cordoli in muratura armata

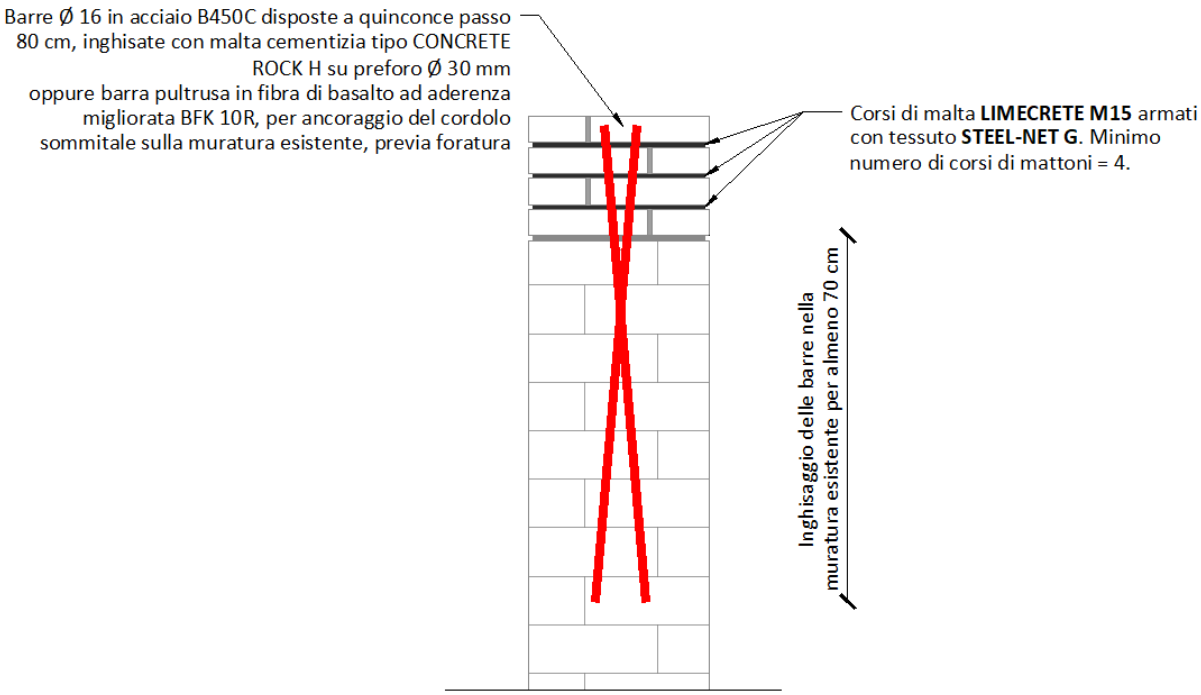
È possibile la realizzazione di **cordoli in muratura armata con tessuto in fibra di acciaio** UHTSS galvanizzato, che, garantendo una buona resistenza meccanica, **risultano più leggeri, meno rigidi e più duttili rispetto ad un normale cordolo in cemento armato**, comportandosi, quindi, in modo più omogeneo rispetto alla struttura muraria in cui viene inserito. Prove sperimentali hanno dimostrato l'ottimo comportamento del cordolo in muratura armata a carichi crescenti e ciclici. L'intervento consente la **creazione di una fascia di cerchiatura in sommità** che contribuisce ad evitare il ribaltamento fuori piano delle murature superiori. La realizzazione di detto cordolo è contemplata anche dalla bozza della CNR-DT 215 – 2018 al §4.3, dove sono specificate anche le modalità di calcolo dello stesso.

PROSPETTO FRONTALE



PROSPETTO LATERALE





FASI:

- Messa a nudo degli elementi strutturali mediante pulizia delle superficie; rincocciatura e sigillatura di eventuali lesioni con malta in calce idraulica LIMECRETE
- Realizzazione del primo corso di malta con calce idraulica LIMECRETE sulla striscia da rinforzare e stesura del tessuto in acciaio STEEL-NET G135 da 1350 g/m² o STEEL-NET G220 da 2200 g/m² da annegare nella malta fresca, con sormonto minimo di 20 cm.
- Procedere con un nuovo corso di mattoni armato con le stesse modalità per un'altezza del cordolo pari almeno a 4 corsi di mattoni e comunque secondo i dettagli costruttivi.
- Realizzazione di fori di diametro Ø16 nella parte sommitale della muratura esistente per 70 cm di profondità, o comunque secondo progetto, inserimento di barre Ø 16 in acciaio B450C disposte a quinconce passo 80 cm, inghisate con malta cementizia tipo CONCRETE ROCK H su preforo Ø 30 mm oppure inserimento di barre pultruse in fibra di basalto ad aderenza migliorata BFK 10R, inghisate con resina epossidica RESIN 75. disposte a quinconce passo 80 cm.

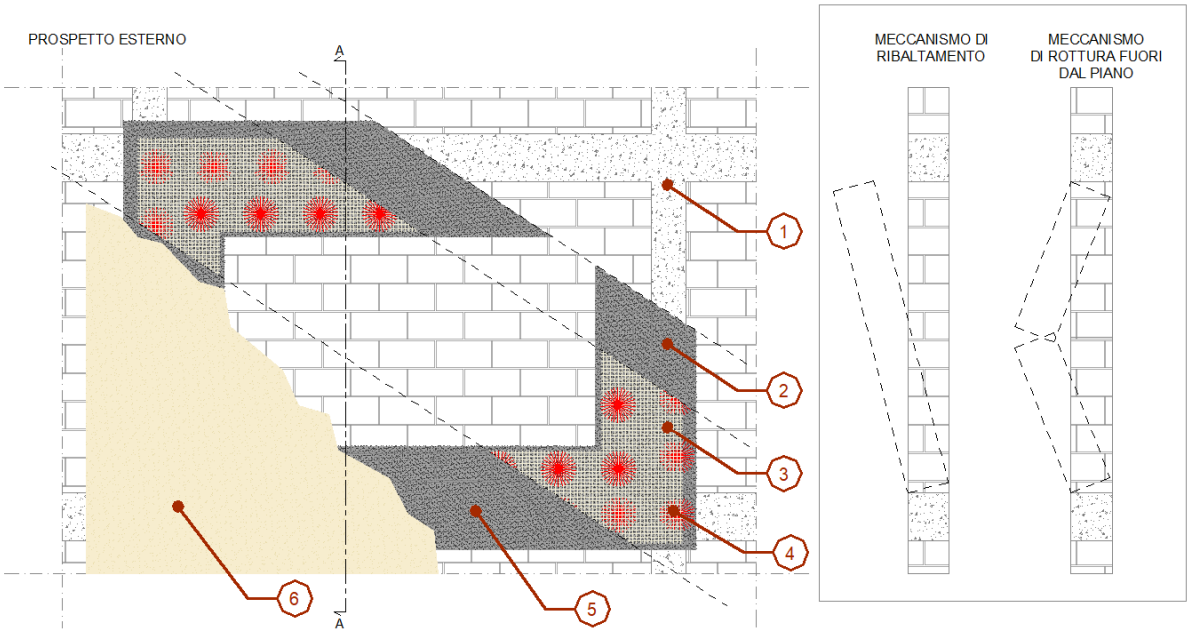
NOTE:

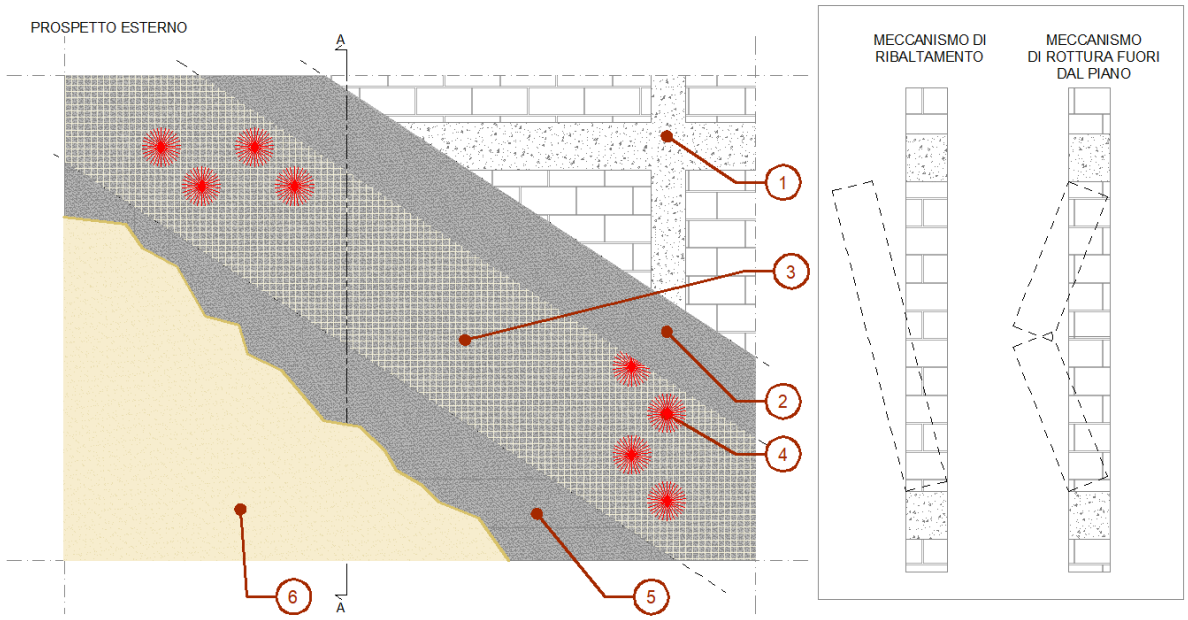
- Particolare attenzione deve essere posta nell'ancoraggio del cordolo alla muratura esistente e alle intersezioni d'angolo secondo disposizioni progettuali.

2.4.2.3 Sistema Antiribalta – STG e STG1 (Strong Tie Glass)

I Sistemi STG e STG1 Strong Tie Glass sono soluzioni particolarmente idonee per antiribalta a basso spessore nel rinforzo locale di elementi strutturali secondari e non strutturali quali tramezzature, tamponamenti, collegamenti perimetrali. I Sistemi STG e STG1 migliorano la duttilità del paramento murario e la ripartizione delle sollecitazioni dinamiche.
Il sistema **NON** è **strutturale** e **non necessita** di **certificazioni**.

Il Sistema STG è **indicato** per rinforzo di paramenti murari anche intonacati strutturali e non strutturali **sia all'interno che all'esterno**, per partizioni e tamponamenti, per collegamenti perimetrali antiribalta, mentre il sistema STG1 è particolarmente indicato per edifici con destinazione industriale, commerciale, produttiva e logistica.





FASI:

1. Rimozione dell'eventuale intonaco esistente.
2. Realizzazione del primo strato di malta di calce idraulica naturale LIMECRETE o a reattività pozzolanica CONCRETE ROCK S previa bagnatura del supporto; per ridotti spessori impiegare RASEDIL AS.
3. Annegare nella malta ancora fresca uno strato di rete in fibra di vetro AR:
   - **STG**: G-NET 250 B o G-NET 121 BA
   - **STG1**: G-NET 301 BAL o G-NET 401 BAL
4. Inghisaggio dei connettori a fiocco in fibra di vetro GFIX e successiva sfioccatura e impregnazione con resina epossidica
5. Copertura della rete con lo strato finale di malta, da applicare quando il primo strato presenta consistenza ancora umida. Spessore minimo totale della malta 15 mm.
6. Eventuali finiture con intonaco civile o di altro tipo, secondo le esigenze.

3 Prescrizioni generali CRM System

3.1.1.1 1. Preparazione del supporto

Il ciclo applicativo di rinforzo strutturale con CRM System richiede una preventiva **accurata preparazione del supporto**. Le modalità per la preparazione sono analoghe a quelle del FRCM System.

3.1.1.2 2. Applicazione dei connettori e della rete

Perforazione della muratura con diametro 14-16 mm e **installazione dei connettori rigidi ad L** RG FIX 10 a una profondità pari almeno al 60% dello spessore murario ed ancorati a **mezzo di resina epossidica** RESIN 75 o in cartucce RESIN RG 380 nel foro. Nel caso di **rinforzo su entrambe i lati** della muratura questi **connettori saranno passanti** per lo spessore della muratura stessa e saranno collegati alle reti su entrambe i lati. Il **numero minimo di connettori è di 4 al mq**. **Posa della rete preformata RG NET BA sui connettori** e fissaggio agli stessi. Posizionamento in corrispondenza agli **angoli** degli **elementi speciali tipo RG L25** secondo indicazioni del fornitore.

3.1.1.3 3. Applicazione della malta

Posa di idonea malta a base di calce idraulica tipo LIMECRETE, a reattività pozzolanica tipo CONCRETE ROCK S, cementizia bicomponente CONCRETE ROCK V2 o betoncini per lo spessore richiesto. **Spessore minimo della malta 30 mm**. Sormonto minimo della rete 10 cm o quanto previsto negli elaborati progettuali. Nel caso di applicazione della rete in entrambi i paramenti murari il collegamento passante dei connettori può essere realizzato sormontando gli stessi di almeno 10 cm avendo in tal caso cura di perforare la muratura con diametro di 24-26 mm per consentire il sormonto delle barre. Temperatura di applicazione + 5 °C, + 35 °C.

Evitare l'applicazione nelle ore calde estive ed in presenza di forte vento o in presenza di superfici gelate. Proteggere la maturazione della malta con idonee protezioni o sistemi di curing in presenza di forte irraggiamento, vento e pioggia.

3.1.2 Esempi di schemi applicativi della tecnologia CRM System

A seguire sono riportati alcuni tra gli schemi applicativi più comuni per la realizzazione dei rinforzi CRM su strutture muratura. L'applicazione dei rinforzi deve essere eseguita secondo le indicazioni riportate al paragrafo precedente per assicurare un funzionamento ottimale e in linea con quanto previsto in sede di progettazione. Contattaci a tecnico@gpintech.com se vuoi avere gli schemi completi e ulteriori informazioni.

3.1.2.1 Rinforzo di setti murari e in c.a. mediante applicazione di intonaco armato CRM

Il rinforzo di un setto murario può essere fatto per incrementare la resistenza a taglio, a flessione nel piano e a flessione fuori piano (verticale o orizzontale).

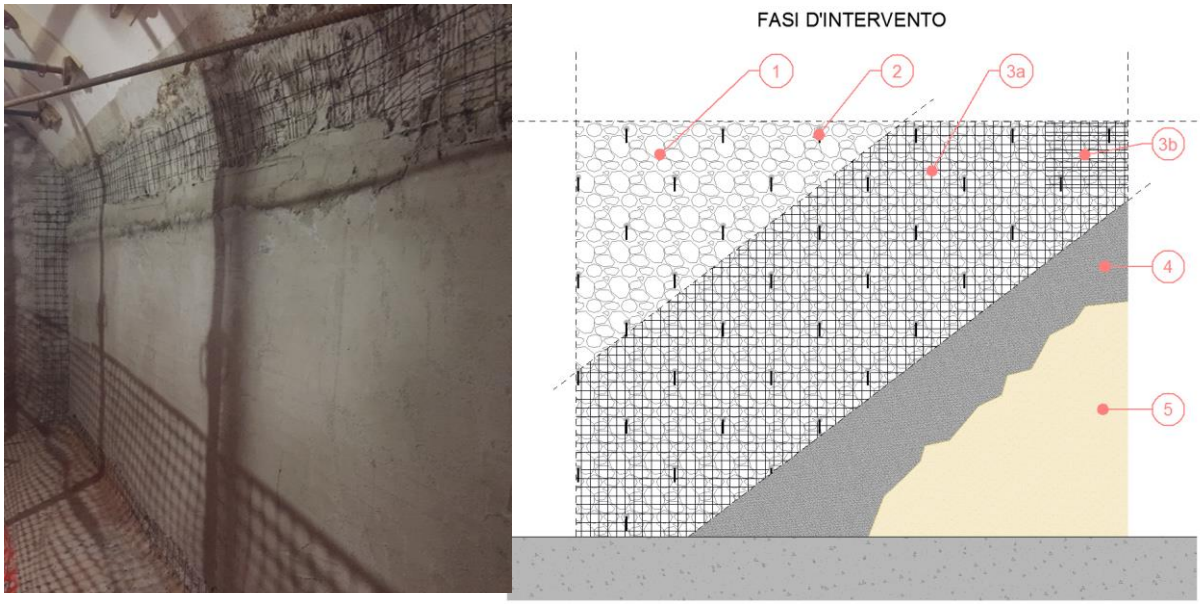


Figura 7 Applicazione Rete CRM

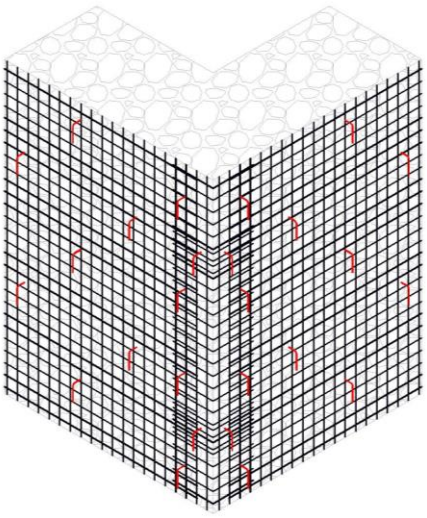


Figura 7 Vista d'angolo Rete CRM

FASI:

1. Trattamento della muratura esistente con rimozione dell'intonaco, degli strati incoerenti ed eventuale consolidamento della stessa.
2. Realizzazione dei fori e installazione dei connettori preformati rigidi ad L.
3. a) Installazione della rete RG-NET BA sui connettori.
   b) Installazione degli elementi di rete d'angolo RG L25.
4. Copertura della rete con lo strato di malta. Spessore minimo totale dello strato di malta 30 mm.
5. Eventuali finiture.

3.2 Esempi di voci di capitolato FRCM System e CRM System

3.2.1.1 Rinforzo di volte, pilastri, murature mediante applicazione di malte strutturali armate e connettori di ancoraggio con tecnologia FRCM System

Fornitura e posa in opera di malte strutturali a base di calce idraulica o a reattività pozzolanica armate con reti in fibra di vetro AR alcali resistenti apprettate con contenuto di zirconio >16% tipo G-NET 251 BA, G-NET 301 BAL, reti in fibra di basalto tipo B-NET 350 BA e reti in fibra di carbonio tipo C-NET 170 BL, per intervento di rinforzo strutturale di volte, pilastri, murature con ridotto sovraccarico della struttura e oneri di cantiere.

Sono da compensarsi a parte la preparazione del supporto, l'eliminazione dell'eventuale intonaco ove necessario, la messa in chiaro della superficie d'applicazione dei rinforzi, il ripristino di parti mancanti e/o rinzaffi con malte tipo LIMECRETE o CONCRETE ROCK S, l'arrotondamento degli spigoli con raggio minimo 2,5 cm, l'adeguata pulizia con idonei e approvati sistemi al fine di rendere la superficie adatta al successivo aggancio della malta di riporto strutturale.

È facoltà della DL provvedere a prove di pull off al fine di verificare i requisiti richiesti del substrato.

Sono comunque inclusi gli oneri relativi alla depolveratura tramite bruschino e/o aspirapolvere, la bagnatura della superficie. Stesura di idonea malta a resistenza a base di calce idraulica tipo LIMECRETE o a reattività pozzolanica tipo CONCRETE ROCK S per lo spessore richiesto. Annegare la rete nella malta fresca.

Stendere la successiva passata di malta a ricoprire completamente la rete. Spessore minimo della malta 15 mm.

Sormonto minimo della rete 10 cm o quanto previsto negli elaborati progettuali. Temperatura di applicazione + 5 °C, + 35 °C. Particolare attenzione dovrà essere posta, ove necessario, ai sistemi di ancoraggio a mezzo connettori tipo GFIX 10, BFIX 10 e CFIX 10 o altri idonei sistemi ove previsti in progetto in numero 4 al m² al fine di garantire una ulteriore sicurezza all'ancoraggio della rete. I connettori tipo GFIX 10, BFIX 10 e CFIX 10 di diametro 10 mm dovranno essere posti entro fori di 14-16 mm, sigillati con adesivo tipo RESIN 75 e sfioccati per almeno 20 cm e collegati alla rete di rinforzo con adesivo idoneo tipo Resin 75. Prima della stesura finale della malta applicare uno spolvero di quarzo in corrispondenza della sovrapposizione rete-connettore. In alternativa potranno essere impiegati connettori alcali resistenti inghisati e sfioccati con malte idonee.

È compreso e compensato nel prezzo tutto quanto occorre per dare le reti, le malte e i connettori collocati in opera a perfetta regola d'arte.

3.2.1.2 Rinforzo di murature mediante applicazione di intonaci armati con sistema CRM a reti preformate in vetro alcali resistenti GFRP e connettori in vetro ad L di ancoraggio

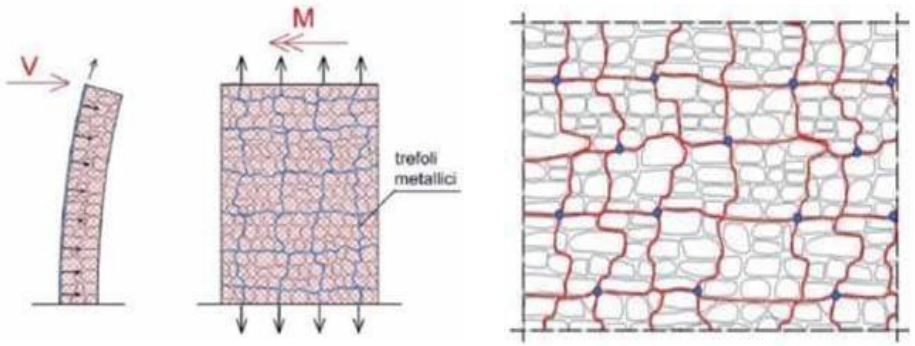
Fornitura e posa in opera di malte strutturali a base di calce idraulica tipo LIMECRETE o a reattività pozzolanica tipo Concrete Rock S armate con reti preformate in fibra di vetro alcali resistenti GFRP tipo RG NET BA per intervento di rinforzo strutturale di murature con ridotto sovraccarico della struttura e oneri di cantiere. Perforazione della muratura di diametro 14- 16 mm ed inserimento di connettori preformati ad L in vetro alcali resistente ad aderenza migliorata tipo RG FIX 10 di diametro 10 mm in numero di almeno 4 a m² per una profondità pari ad almeno il 60% dello spessore murario ed ancorati a mezzo adesivo epossidico tipo RESIN 75 o in cartucce tipo RG 380, posa della rete preformata in GFRP alcali resistente tipo RG NET BA maglie 33x33 mm, 66x66 mm o 99x99 mm e fissaggio alla muratura. Posizionamento in corrispondenza degli angoli degli elementi speciali tipo E-corner RG L25 secondo indicazioni del fornitore. Posa della malta a resistenza per lo spessore richiesto manualmente o a spruzzo. Spessore minimo della malta 30 mm. Sormonto minimo della rete 10 cm o quanto previsto negli elaborati progettuali. Nel caso di applicazione della rete in entrambi i paramenti murari il collegamento passante dei connettori può essere realizzato sormontando gli stessi di almeno 10 cm, avendo in tal caso cura di perforare la muratura con diametro di 24-26 mm per consentire il sormonto delle barre. Temperatura di applicazione + 5°C, + 35 °C.

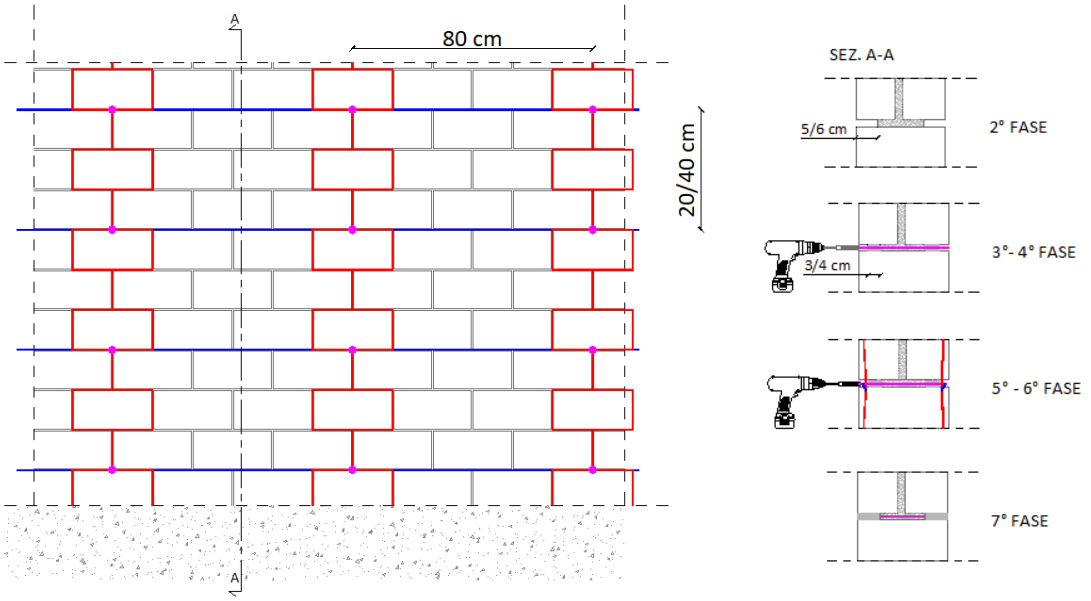
4 Tecnologia di Rinforzo delle murature FIACCIA A VISTA – Sistema ANCHORSTEEL NET

4.1 Caratteristiche del Rinforzo Anchorsteel Net

Il Sistema ANCHORSTEEL NET è un sistema di rinforzo per murature faccia a vista in pietrame grossolanamente squadrato o in laterizio regolare, che consiste nell'inserimento nei giunti di malta, scarniti per una profondità di 50- 60 mm, di una maglia continua realizzata con trefoli di acciaio UHTSS galvanizzato, i cui nodi, generalmente uno ogni due, sono fissati al paramento murario mediante le barre trasversali elicoidali in acciaio inox STEEL ANCHORFIX, secondo uno schema a quinconce irregolari.

La ristilatura finale dei giunti con la malta LIMECRETE TA, che ricopre completamente sia i trefoli che le teste delle barre trasversali, permette di conservare la finitura faccia-vista dellamuratura.





4.2 Campi di impiego

Il Sistema ANCHORSTEEL NET è indicato per il consolidamento di murature, sia in laterizio che in pietrame, quando è necessario mantenere la finitura faccia-vista dei paramenti murari.

4.3 Vantaggi

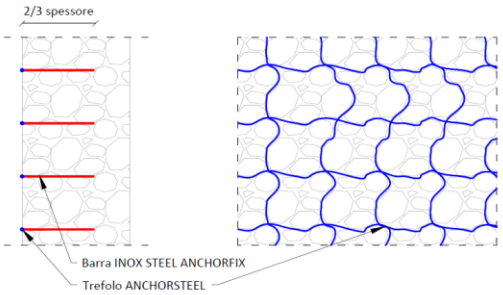
- Viene conservata la finitura faccia a vista del paramento murario originale.
- Buone caratteristiche meccaniche e prestazionali.
- Capacità di adattarsi a tessiture murarie molto diverse.
- Pretensionamento della maglia che rende subito "attivo" il rinforzo.
- Elevata resistenza all'aggressione ambientale.
- Affidabilità e durabilità del sistema.
- Peso molto ridotto del sistema.
- Sistema senza onerosi allestimenti, con impatto molto limitato sulla logistica del cantiere.

4.4 Istruzioni per l'impiego

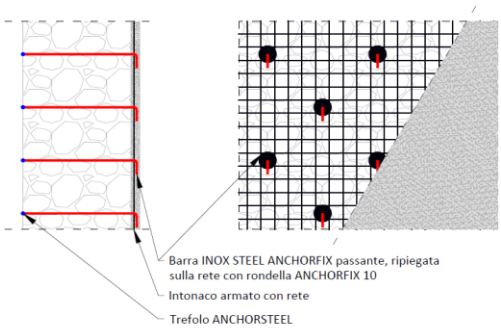
L'applicazione del sistema avviene secondo le seguenti fasi:

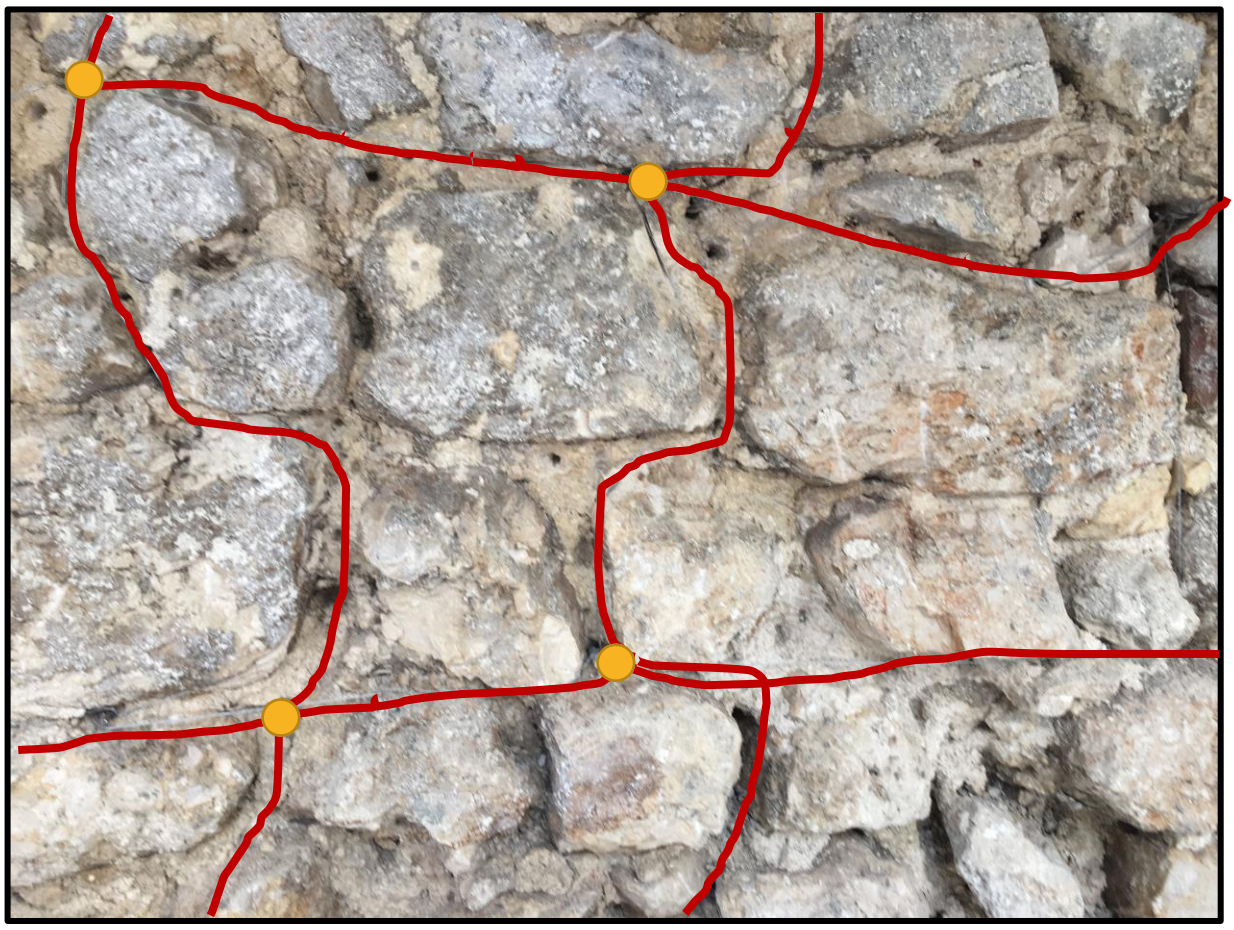
1. Preliminare studio della tessitura muraria per decidere il tracciato secondo cui disporre i trefoli metallici e la posizione dei nodi in cui realizzare le perforazioni per le barre.
2. Esecuzione della scarifica dei giunti di malta per una profondità di almeno 50-60 mm e idropulizia degli stessi. Applicazione di un primo strato di malta in calce idraulica da stilatura LIMECRETE TA nei corsi precedentemente scarificati (tale operazione può non essere richiesta in presenza di giunti regolari e non molto profondi).
3. Esecuzione del foro pilota diametro 8 mm con trapano a rotazione sulla faccia da trattare (se la tipologia muraria lo consente tale lavorazione può essere eliminata). Successiva pulizia per mezzo di getto d'aria.
4. Inserimento a secco delle barre elicoidali in inox STEEL ANCHORFIX in funzione dellle dimensioni del reticolo, o quanto previsto in progetto, a mezzo speciale mandrino e trapano a percussione di adeguata potenza per una profondità di ca. 2/3 dello spessore murario o quanto definito in progetto, avendo cura di lasciare sporgere i sistemi di ritegno posti nella parte superiore delle barre.
5. Stesura dei trefoli di acciaio galvanizzato lungo le traiettorie individuate a formare per murature in conci irregolari una maglia quadrata di lato 30-40 cm o in alternativa con andamenti sempre mutuamente ortogonali fra loro, ma diagonali rispetto ai giunti di malta; per murature regolari disporre i trefoli nei corsi orizzontali di malta (tipicamente ogni tre o sei rispettivamente 20/40 cm) da collegarsi fra loro da coppie di trefoli verticali disposte a una distanza di 80 cm l'uno dall'altro e comunque secondo le indicazioni progettuali, avendo cura di far passare i trefoli all'interno dei fori presenti sulla parte terminale delle barre.
6. Tensionamento dei trefoli mediante avvitamento finale con trapano a percussione delle teste sporgenti delle barre con contemporaneo inserimento finale della barra nella muratura.
7. Ristilatura finale dei giunti con malta LIMECRETE TA.
8. Nel caso in cui sulla faccia della muratura opposta a quella dove viene realizzato il sistema ANCHORSTEEL NET venga applicato un intonaco armato con reti in vetro G-NET, in basalto B-NET, in carbonio C-NET o preformate in vetro RG NET, si potranno collegare i rinforzi sulle due facce della muratura facendo fuoriuscire le barre elicoidali STEEL ANCHORFIX dalla parte dell' intonaco armato per circa cm 10, bloccando poi le barre con la Rondella ANCHORFIX e ripiegando la parte sporgente delle barre contro la rete.

Sistema ANCHORSTEEL NET su singolo paremento murario



Sistema ANCHORSTEEL NET su un paramento, accoppiato con intonaco armato sull'altro paramento





4.5 Voce di capitolato

Consolidamento di paramenti in pietrame grossolanamente squadrato o in laterizio regolare, in presenza o meno di listatura tipo “faccia a vista”, mediante la tecnica di ristilatura armata dei giunti di malta tipo ANCHORSTEEL NET, per interventi realizzati su una sola faccia o su entrambe, ottenuta con le seguenti lavorazioni:

Preliminare studio della tessitura muraria per decidere il tracciato secondo cui disporre i trefoli metallici e la posizione dei nodi in cui realizzare le perforazioni per lebarre;

Esecuzione della scarifica dei giunti di malta per una profondità di almeno 50-60 mm e idropulizia degli stessi;

Applicazione di unprimostrato di malta in calceidraulica da stilaturatipo LIMECRETE TAnei corsiprecedentemente scarificati (tale operazione può non essere richiesta in presenza di giunti regolari e non molto profondi);

Esecuzione del foro pilota di diametro 8 mm con trapano a rotazione sulla faccia da trattare (se la tipologia muraria lo consente tale lavorazione preliminare può essere eliminata). Successiva pulizia per mezzo di getto d’aria.

Inserimento a secco delle barre elicoidali in inox tipo STEEL ANCHORFIX in funzione dellle dimensioni del reticolo, o quanto previsto in progetto, a mezzo speciale mandrino e trapano a percussione di adeguata potenza per una profondità di ca. 2/3 dello spessore murario o quanto definito in progetto, avendo cura di lasciare sporgere i sistemi di ritegno posti nella parte superiore dellebarre;

Stesura dei trefoli di acciaio galvanizzato lungo le traiettorie individuate a formare per murature in conci irregolari una maglia quadrata di lato 30-40 cm o in alternativa con andamenti sempre mutuamente ortogonali fra loro, ma diagonali rispetto ai giunti di malta; per murature regolari disporre i trefoli nei corsi orizzontali di malta (tipicamente ogni tre) da collegarsi fra loro da coppie di trefoli verticali disposte a una distanza di circa 0,8-1 m l’uno dall’altro e comunque secondo le indicazioni progettuali, avendo cura di far passare i trefoli all’interno dei sistemi di ritegno dellebarre;

Tensionamento dei trefoli mediante avvitamento finale con trapano a percussione delle teste sporgenti delle barre con contemporaneo inserimento finale della barra nellamuratura;

Ristilatura finale dei giunti con malta tipo LIMECRETETA.

Caratteristiche tecniche delle barre inox elicoidali tipo STEEL ANCHORFIX ai sensi della EN 845-1: 2003+A1:2008: acciaio inox AISI 316, diametro 10 mm, tensione a rottura 1100 MPa, modulo elastico 200 GPa, carico di rottura

>15 kN, tensione di snervamento allo 0,2% di deformazione > 750 MPa.

Caratteristiche tecniche del trefolo: acciaio galvanizzato UHTSS ad alta resistenza, sezione trefolo 0,63 mm², resistenza a trazione > 1600 N, modulo elastico 190 GPa.

Caratteristiche tecniche della malta da allettamento in calce idraulica naturale tipo LIMECRETE TA: resistenza a compressione > 10 MPa, adesione al mattone > 0,5 MPa, permeabilità al vapore $\mu < 13$, resistente ai solfati, resistenza al fuoco Classe A1, assorbimento capillare W1.

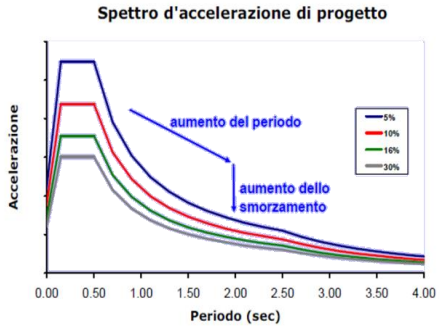
Sono compresi: la scarnitura dei giunti interessati dal rinforzo per una profondità di 50-60 mm; la pulitura degli elementi murari; l’abbondante lavaggio della superficie muraria, la realizzazione dei fori pilota, se necessari, la ristilatura dei giunti e quant’altro occorre per dare il lavoro finito a regolad’arte.

Conteggiato per la misura effettiva di singola faccia muraria interessata dal rinforzo, per reticolo di lato circa 30 cm, spessore muratura fino a 50 cm, massimo numero equivalente di barre 9/m² di lunghezza 30 cm.

Isolamento e dissipazione sismica degli edifici

5 Caratteristiche d'isolamento e dissipazione sismica

La protezione sismica delle strutture, nuove ed esistenti, civili, industriali e infrastrutturali a mezzo di dispositivi meccanici di isolamento e dissipazione, rappresenta un'importante tecnica dell'ingegneria strutturale allo scopo di minimizzare i danni alle costruzioni e di salvare vite in caso di terremoti di elevata intensità. In particolare **l'assenza di danni è un requisito essenziale per alcune tipologie di strutture strategiche** quali: strutture industriali che contengono componenti e materiali pericolosi (centrali nucleari, impianti chimici, ecc.), ponti e viadotti di primaria importanza per la viabilità anche in presenza di emergenze, importanti edifici pubblici affollati (scuole, prefetture, ospedali, centri di pronto intervento, centrali di comunicazioni ed energetiche), edifici strategici per la difesa del territorio nazionale. Per **adeguare sismicamente le nuove strutture, ma anche le esistenti, possono oggi essere adottate moderne tecnologie antisismiche**, che si basano sulla drastica riduzione delle forze sismiche agenti sulla struttura, piuttosto che affidarsi alla sua resistenza, garantendo un grado di sicurezza non perseguibile con tecniche tradizionali: un **edificio isolato sismicamente non si danneggia nemmeno in occasione di un terremoto violento** (terremoto di progetto), **preservando** anche **il contenuto**. Le **attuali norme tecniche consentono l'uso** delle più moderne tecnologie antisismiche, in particolare **dell'isolamento sismico e della dissipazione d'energia**.



Lo **spettro di risposta** elastico in termini di accelerazione previsto dalla normativa italiana presenta **forti amplificazioni nel campo dei bassi periodi di oscillazione** ($T < 1.0$ s), proprio in corrispondenza dei periodi propri **che caratterizzano la maggior parte delle costruzioni** dell'edilizia corrente, mentre vi è una rapida riduzione all'aumentare del periodo stesso. Pertanto, un edificio costruito con metodi tradizionali è molto sensibile alle azioni sismiche e, in occasione di un terremoto violento, oscilla subendo accelerazioni elevate, riportando danni severi alle parti strutturali e non strutturali. Con **l'isolamento sismico alla base**, che consiste nell'inserimento di particolari dispositivi tra la fondazione e la struttura in elevazione, si **incrementa consistentemente il periodo d'oscillazione** (tipicamente tra le 3÷5 volte quello della struttura a base fissa non isolata), **ottenendo il "disaccoppiamento" del moto della costruzione rispetto a quello del terreno**: la sovrastruttura, ossia la parte dell'edificio sopra il sistema di isolamento, non segue il moto delle fondazioni, solidali al terreno, ma tende a restare ferma con spostamenti assoluti non elevati (con notevole riduzione anche dei danni agli elementi non strutturali), mentre sono elevati gli spostamenti relativi tra struttura e fondazione (a carico dei dispositivi d'isolamento); quindi, **rispetto alle fondazioni, l'edificio oscilla lentamente come un corpo rigido**. Le azioni sismiche, proporzionali alle **accelerazioni, sono ridotte del 70-80% rispetto a quelle dell'edificio a base fissa**. La riduzione dell'accelazione sismica si ottiene anche grazie all'incremento di dissipazione (tipicamente intorno al 20%) dovuto all'attrito dei dispositivi d'isolamento nel loro moto. Con **l'isolamento sismico si persegue l'obiettivo di progettare le strutture in campo elastico**, ossia in modo che non subiscano danni significativi nemmeno in occasione di eventi sismici violenti. Ad **oggi,** una delle **tecnologie più mature ed affidabili è senz'altro l'isolamento sismico a mezzo di isolatori a semplice e doppia superficie curva di scorrimento** (friction pendulum).

5.1.1 Vantaggi dell'isolamento sismico con friction pendulum

L'isolatore **friction pendulum** HISLIDE, a **semplice (HP1)** o **doppia superficie (HP2)** curva di scorrimento (Figura 8), consente una serie di vantaggi:

- Il **periodo proprio è indipendente dalla massa della struttura**, il che offre un enorme **vantaggio** in fase di progettazione in quanto il **centro delle masse coincide sempre con il centro di rigidezza**, con notevoli vantaggi anche per strutture fortemente irregolari, mentre nel caso di **isolatori elastomerici** (HDRB, LRB) – a parità di progetto – a volte **si devono usare diverse tipologie di prodotti**, anche con l'impiego delle slitte (SD) al fine di regolarizzare maggiormente l'edificio, tuttavia senza mai raggiungere appieno l'obiettivo.
- Per quanto riguarda la posa, sempre **a parità di carichi e di spostamenti, l'isolatore in gomma armata risulta sempre più ingombrante e pesante dell'isolatore a pendolo**, con le evidenti necessità del caso.
- **Durabilità, resistenza al fuoco e costi sono altri vantaggi** del pendolo **rispetto all'elastomerico**.
- **Poca invasività, l'intervento è limitato ad un solo piano dell'intera struttura** e quindi tutti gli interventi di adeguamento e rinforzo locale dei pilastri e l'inserimento dell'isolatore riguardano solo quel piano specifico.
- **Protezione elementi non strutturali**, la struttura lavora sempre in campo lineare e quindi non induce nessuna deformazione sostanziale negli elementi principali, negli elementi secondari e nei tamponamenti; inoltre garantisce un'assoluta protezione di quanto contenuto nella struttura. Gli oneri di manutenzione della struttura dopo un terremoto di progetto sono praticamente azzerati.
- **Facilità d'installazione**, le modalità di intervento nel nuovo e nell'esistente sono ben definite e l'esperienza sviluppata in questo settore consente una buona velocità di intervento; il tutto garantendo un assoluto livello di sicurezza.
- **Bassi oneri di manutenzione**, gli isolatori a pendolo scorrevole sono completamente realizzati in materiali sintetici e carpenteria metallica verniciata con i massimi livelli di protezione, e quindi non sono soggetti a nessun fenomeno di deterioramento e a minima mautenzione.
- **Convenienza economica**, il fatto di dover intervenire ad un solo livello dell'edificio, unito ai ridotti oneri di manutenzione durante la vita utile, fa in modo di abbattere anche i costi dell'applicazione di un sistema di adeguamento come quello dell'isolamento sismico.

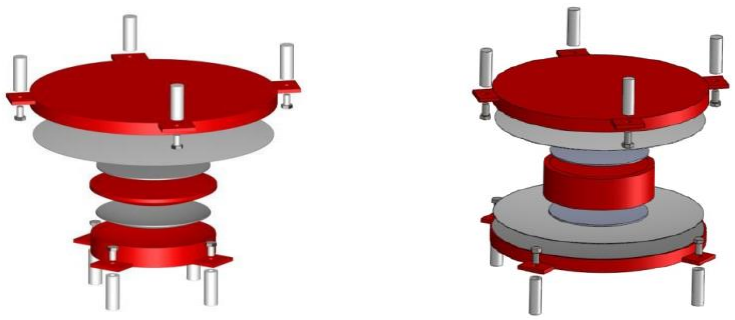


Figura 8: Friction pendulum a una superficie di scorrimento HISLIDE HP1 e a doppia superficie di scorrimento HISLIDE HP2.

5.1.2 Riferimenti normativi

5.1.2.1 Riferimenti normativi per la progettazione

Per la progettazione di sistemi d'isolamento in edifici nuovi la normativa di riferimento principale è costituita dalle **Norme tecniche per le Costruzioni NTC18** Cap. 7 e dalla relativa **circolare esplicativa Circ. n.7 2019 C.S.LL.PP**. Per la progettazione di interventi di Retrofit su strutture esistenti si deve fare riferimento anche al Cap.8 delle NTC18.

5.1.2.2 Riferimenti normativi per la qualificazione e l'accettazione

Le normative vigenti che regolano la qualificazione e l'accettazione dei dispositivi d'isolamento e dissipazione sono la normativa tecnica italiana: NTC18 e la normativa europea: EN 15129. Dall'interpretazione di tali norme si evince 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 inoltre essere conformi alle norme vigenti sul territorio nazionale (**NTC18**) che **governa il quantitativo di prove di accettazione** da eseguire per ogni fornitura. Nello specifico, per ciascuna tipologia di dispositivi, le prove di accettazione prevedono di testarne almeno il 20%, comunque non meno di 4 e non più del numero di quelli da mettere in opera.

5.2 Modellazione, Progetto e Calcolo

Per la realizzazione di un intervento d'isolamento è necessario valutare innazitutto la fattibilità tecnica dell'intervento. **Per l'utilizzo della tecnologia è necessario inserire gli isolatori tra due piani rigidi il primo a contatto col terreno mentre il secondo vincolato alla struttura**. Nel caso di **retrofit** può **esservi l'assenza di tali piani rigidi**, è **indispensabile allora che vengano creati** mediante getti integrativi in calcestruzzo (ringrosso di pilastri, baggioli, collegamenti) o travi in acciaio e graticci rigidi. Altra condizione essenziale è che la **struttura a base fissa sia sufficientemente rigida**, in caso contrario, infatti, l'efficienza dell'intervento d'isolamento risulterà inferiore e sarà necessario l'impiego di isolatori ad altissimo periodo con spostamenti, e quindi costi, maggiori. Importante è poi considerare gli effetti geotecnici del tipo di **suolo** che **dovrà essere sufficientemente rigido** per massimizzare l'efficienza dell'isolamento (suoli soffici, tipo C-D, presentano accelerazioni maggiori anche per periodi elevati), in modo da **evitare effetti di amplificazione locale** che riducono l'efficacia dell'isolamento. Particolare attenzione va posta anche in prossimità alla faglia sismica a causa dei possibili effetti amplificativi **near-fault** che possono produrre picchi di energia sismica concetrata su una fascia di periodi molto ristretta.

Affinche il sistema d'isolamento funzioni adeguatamente è altresì **necessario che l'edificio sia separato da altre strutture circostanti** solidali al suolo, pertanto è necessario prevedere l'installazione di un **giunto laterale per i necessari movimenti sismici**. I sistemi di **giunzione** riguardano anche tutti gli **allacci delle utenze impiantistiche**, in modo da evitare pericolose rotture durante il sisma, soprattutto in presenza di impianti industriali che convogliano sostanze pericolose. L'alloggiamento di suddetti giunti viene tipicamente ubicato in appositi **cavedi realizzati sul perimetro dell'edificio**, aventi anche lo scopo di consentire **l'ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione dei dispositivi d'isolamento**. Inoltre, adeguati sistemi di contrasto devono essere predisposti per consentire l'eventuale ricentraggio dei dispositivi qualora, a seguito di un sisma, sia stato calcolato il verificarsi di spostamenti residui incompatibili con la funzionalità della costruzione e/o con il corretto comportamento del sistema d'isolamento.

Con l'isolamento il periodo proprio di vibrazione può raggiungere valori anche superiori ai 3 secondi; è comunque ottimale avere rapporti **Tbi/Tbf = 3÷5 con Tbi < 4s** (dove Tbi e il periodo della struttura con la base isolata e Tbf è il periodo della struttura con base fissa). I valori raggiungibili di **smorzamento** sono tipicamente compresi **tra il 10% ed il 30%**. L'unione dei contributi anzidetti abbatte l'accelerazione sismica di progetto almeno dell'80%.

Per il **calcolo** del sistema d'isolamento con friction pendulum bisogna considerare la **natura non lineare del dispositivo**, come dimostrano le relazioni sotto riportate. Tuttavia, soprattutto in fase di predimensionamento, il sistema può essere **calcolato in maniera iterativa**, **linearizzandolo** a ciascun passo e seguendo lo schema riportato in Figura 10. **Variando le caratteristiche principali dell'isolatore** (Raggio di curvatura – R; coefficiente di attrito μ e carico verticale W, quest'ultimo noto e fissato dalla condizione di carico sismica) **si esegue il predimensionamento del sistema d'isolamento,** in maniera tale da **ottenere un periodo d'isolamento a cui corrisponda un'accelerazione sismica (agli SLV) sopportabile dalla sovrastruttura**. Dal calcolo si determina anche lo **spostamento massimo** (quest'ultimo calcolato **agli SLC** per garantire un maggior grado di sicureza secondo le indicazioni delle NTC18) che dovrà essere garantito dall'isolatore.

Il **sistema** dunque **dipende esclusivamente** dalle **caratteristiche del dispositivo**, ossia il **raggio di curvatura ed il coefficiente di attrito** di progetto. Inoltre è importante ricordare che il **periodo** di oscillazione **non dipende dalla massa** della struttura e quindi **sono annullati tutti i contributi di eccentricità**.

PERIODO EFFETTIVO:

$$T_{eff} = 2\pi\sqrt{\frac{W}{K_{eff}\,g}} = 2\pi\sqrt{\frac{RD}{(D+\mu R)g}}$$

RIGIDEZZA EFFETTIVA:

$$K_{eff} = \frac{V}{D} = W\left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{D}\right)$$

SMORZAMENTO EFFETTIVO:

$$\xi_{eff} = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\mu}{\mu + \frac{D}{R}}\right]$$

Dove:

W Carico verticale;

μ Coefficiente di attrito dinamico;

R Raggio di curvatura, nel caso di due superfici di scorrimento R assume il significato di Raggio di curvatura equivalente, pari a $R_{eq} = R\text{-}h$, dove h è la distanza tra superfici di scorrimento e centro dell'articolazione;

V Forza orizzontale;

D Spostamento di progetto.

Figura 9: Relazioni constitutive dell'isolatore friction pendulum.

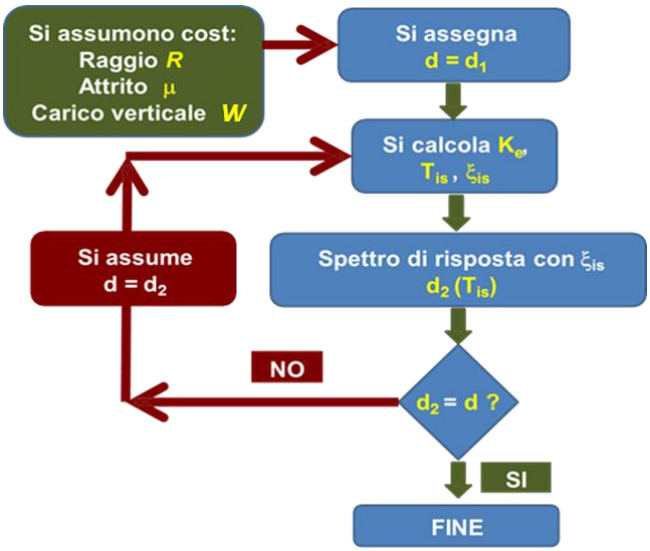


Figura 10: Schema iterativo per il predimensionamento del sistema d'isolamento con friction pendulum.

Qualora la progettazione sia allo stadio esecutivo, si consiglia il calcolo della struttura per mezzo di analisi dinamiche non lineari con integrazione al passo delle equazioni del moto, anche se non è sempre obbligatorio. L'utilizzo di questa metodologia di analisi consente peraltro di tenere debitamente in conto gli effetti della variazione del carico verticale durante l'azione sismica, consentendo di valutare anche la possibile nascita di problemi di sollevamento degli isolatori a causa della nascita di forze di trazione.

5.3 Prescrizioni per la posa in opera

5.3.1 Prescizioni generali

Ai fini di un idoneo fisaggio alla struttura, gli **isolatori** a pendolo sono **dotati di sistemi di ancoraggio di tipo meccanico** costituiti da zanche in acciaio S355JR, protette dalla corrosione in Classe C5 secondo EN 12944, **per il trasferimento delle forze orizzontali**, in accordo alle normative italiane ed internazionali. Possono inoltre essere fornite con l'isolatore delle opportune piastre in acciaio protette dalla corrosione in Classe C4 o C5 secondo EN 12944 che vanno a definire il piano di posa.

Gli isolatori devono essere installati da personale specializzato, sulla base di un disegno planimetrico recante le coordinate e la quota di ciascun dispositivo, le dimensioni delle eventuali nicchie predisposte nei getti di calcestruzzo per accogliere staffe o perni di ancoraggio, le caratteristiche delle malte di spianamento e di sigillatura.

La posa in opera dei sistemi d'isolamento differisce sostalmente a seconda che si tratti di un'installazione per una nuova costruzione oppure per una costruzione esistente mediante il cosidetto "Retrofit".

5.3.2 Installazione per nuove costruzioni

La tipica procedura di installazione dell'isolatore vincolato superiormente ed inferiormente a strutture in c.a. gettate in opera, prevede le seguenti fasi:

- **Getto della sottostruttura fino ad un livello più basso di alcuni centimetri** (tipicamente 3÷4) di quello degli isolatori, **prevedendo fori di alloggiamento delle zanche** di ancoraggio di diametro almeno doppio di quello delle stesse;
- **Posizionamento degli isolatori** al livello di progetto con la superficie di scorrimento piane orizzontali e correttamente orientate secondo le indicazioni riportate sulla superficie superiore dell'isolatore;
- **Regolazione del livello altimetrico** e della perfetta orizzontalità del dispositivo con impiego di cunei e viti di livellamento; **l'errore massimo** consentito sulla **planarità deve essere inferiore a 0,003 radianti (0,3%)** e comunque nel rispetto dell'istruzione CNR 10018 e della normativa EN 1337.
- Costruzione della cassaforma inferiore, di dimensioni leggermente più grandi dell'isolatore e più alta di circa un centimetro del livello inferiore dello stesso;
- **Allettamento e fissaggio con malta** epossidica tipo RESIN 97 o cementizia antiritiro tipo CONCRETE ROCK HF per inghisaggi secondo EN 1504-3,4,6 e secondo indicazioni di progetto, per uno spessore consigliato tra i 2 e i 5 cm;
- **Avvitamento delle zanche superiori** (se non già fissate);
- **Approntamento della cassaforma superiore** che deve adattarsi con assoluta precisione alla piastra superiore dell'isolatore;
- Posizionamento dell'armatura lenta della sovrastruttura ed esecuzione del **getto in c.a.**

Figura 11: Procedura d'installazione di isolatore friction pendulum su una nuova costruzione.

5.3.3 Installazione per costruzioni esistenti - Retrofit

Nell'ambito dell'intervento su strutture in c.a. esistenti, le opere devono essere eseguite, sulla base del progetto d'intervento, da **personale specializzato di comprovata esperienza** per interventi analoghi e dotato delle attrezzature necessarie per eseguire le opere. Il sistema di retrofit deve consentire l'inserimento dell'isolatore in ciascun elemento portante, previo **trattamento di adeguamento delle superfici in c.a.**, ivi incluso **eventuale ringrosso dei pilastri**, che garantisca una resistenza caratteristica di almeno 25 MPa. La procedura consiste nella:

- **Realizzazione di una struttura provvisoria di supporto**, prevedendo tipicamente anche la costruzione di capitelli in c.a. o in carpenteria al fine di consentire la presa in carico dell'edificio;
- **Scarico dell'elemento** portante da isolare mediante trasferimento del carico alla struttura provvisoria **con martinetti idraulici** (debitamente monitorati);
- **Doppio taglio del pilastro** con filo o sega diamantata allo scopo di estrarre il concio di calcestruzzo in cui verrà installato l'isolatore;
- Predispozione dei fori di alloggiamento dell'isolatore nella struttura esistente;
- **Inserimento dell'isolatore** e fissaggio dello stesso secondo le procedure già indicate per il caso di nuove costruzioni;
- Scarico dei martinetti e **rimessa in carico della struttura** sui pilastri isolati.

Figura 12: Procedura d'installazione di isolatore friction pendulum con intervento di retrofit.
Sotto si possono vedere gli isolatori installati per il caso del retrofit della casa privata di cura "Villa Serena" di Jesi (AN).

Contatta l'ufficio tecnico della G&P intech Div. Hirun Engineering a tecnico@gpintech.com per specifiche richieste e procedure di installazione.

5.4 Esempi di voci di capitolato per l'installazione di isolatori friction pendulum

5.4.1.1 Installazione di isolatori friction pendulum per costruzioni di nuova realizzazione

Fornitura e posa in opera di isolatore sismico del tipo a scorrimento a superficie curva semplice o doppia, ("friction pendulum "), costituito da due piastre in acciaio a superficie concava rivestite da una lamina in acciaio inox AISI 316 con elemento intermedio di accoppiamento alle piastre concave provvisto di pattini realizzati con polimero ad alta densità ad attrito controllato, opportunamente dimensionato nei raggi di curvatura con valori dei coefficienti di attrito atti a garantire la dissipazione di energia al presentarsi dell'azione dinamica. Il dispositivo del tipo HISLIDE di Hirun Engineering deve essere marcato CE secondo la EN 15129:2009. Sono compresi nel prezzo gli ancoraggi alla struttura, il trattamento delle superfici anticorrosione classe C5 secondo la EN ISO 12944-5 e quant'altro occorre per dare l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte. La portata verticale massima N_{Ed} (SLC) è il massimo carico verticale nelle combinazioni di carico comprensive dell'azione sismica o in qualsiasi combinazione di carico che preveda spostamento orizzontale.

Le prove di accettazione (FPCT) obbligatorie sono compensate a parte e da condurre ai sensi della EN 15129:2009 sul 5% dei dispositivi con il minimo di 4 per ciascuna tipologia di dispositivi aventi le medesime caratteristiche, oppure ai sensi delle NTC18 sul 20% dei dispositivi, comunque non meno di 4 e non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

5.4.1.2 Installazione di isolatori friction pendulum per costruzioni esistenti - Retrofit

Procedura di inserimento in pilastri di isolatori sismici del tipo a scorrimento a superficie curva semplice o doppia (friction pendulum) tipo Hislide di Hirun Engineering, dimensionalmente definiti dalla normativa vigente, di cemento armato di edifici esistenti (procedura di "retrofit"). Il sistema, opportunamente testato, deve consentire l'inserimento di isolatore sismico in ciascun elemento portante, previo trattamento di adeguamento delle superfici in c.a. che garantisca una resistenza caratteristica di almeno 25 MPa, opere da computarsi a parte. La procedura, mediante l'utilizzo di una struttura provvisoria di supporto, consiste nello scarico dell'elemento portante, mediante trasferimento del carico, nel successivo doppio taglio, con filo o sega diamantata, allo scopo di estrarre il concio di calcestruzzo, con relativa rimozione; nell'inserimento dell'isolatore; nella rimessa in carico della struttura. Sono compresi e compensati nel prezzo ogni prestazione, nolo e magistero per tutte le fasi della procedura: struttura di supporto, martinetti, centraline oleodinamiche e trasduttori di spostamento da utilizzare per le fasi di trasferimento del carico, mezzi di sollevamento necessari, installazione del sistema di aggancio e trasferimento dei carichi con relative movimentazioni, assemblaggio e messa in carico del sistema, attrezzatura per il taglio del pilastro, e quanto altro occorra, e ogni altro onere per dare l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte. È esclusa dal prezzo la fornitura degli isolatori.

Contattaci a info@gpintech.com per richiedere i prezziari completi per le varie lavorazioni con i relativi prezzi di riferimento.

INTONACO TERMICO

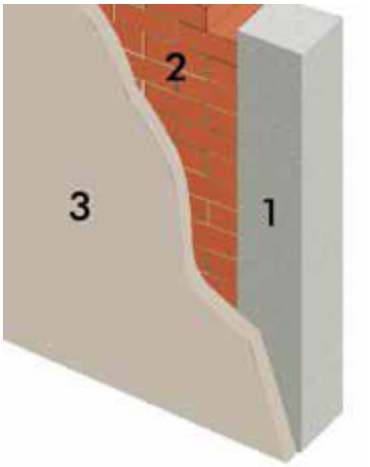
6 Caratteristiche d'intonaco termico

TERMAL U è un termointonaco minerale, naturale, fibrorinforzato, leggero, pronto all'uso per esterni ed interni, ad elevato potere coibente, assorbimento acustico, deumidificante, di alta traspirazione costituito da componenti leggeri naturali, inerti e calce idraulica NHL 3,5 marcato secondo la norma EN 998-1 Classe T1. **TERMAL U** non degrada, non si altera nel tempo, non viene intaccato da insetti o muffe e resiste agli agenti atmosferici. **TERMAL U** è un termointonaco biocompatibile ed ecosostenibile per sistemi a cappotto a basso spessore esterni ed interni per nuove costruzioni e ristrutturazioni edilizie, restauro centri storici, Beni Culturali.

CAMPI D'IMPIEGO

TERMAL U per l'elevato grado di isolamento termico, assorbimento acustico e capacità deumidificante consente la realizzazione di cappotti e intonaci termici traspiranti a spessori ridotti all'interno e all'esterno degli edifici nuovi e in ristrutturazione per qualsiasi superficie muraria ed in particolare nei centri storici, edifici aggregati, rurali e nei Beni Culturali. Particolarmente indicato per l'impiego su murature portanti, di tamponamento, soffitti, in laterizio, mattone, tufo, calcestruzzo, blocchi ed elementi cellulari, pietrame, fibrocemento.

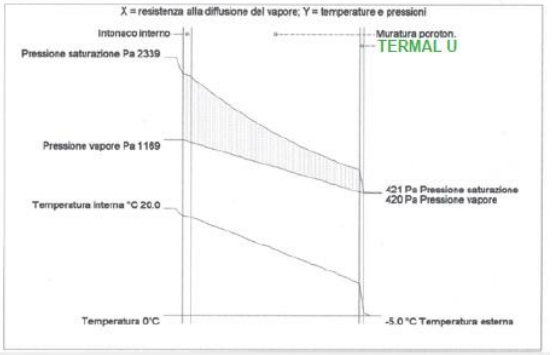
TERMAL U riduce decisamente le dispersioni di calore delle murature, risolvendo le problematiche di degrado legate ai ponti termici e alle muffe indotte dall'umidità di condensa, garantendo così la salubrità dell'ambiente, un ottimo comfort abitativo e il rispetto dei parametri di ecosostenibilità.



1. **Struttura portante in cls**
2. **Tamponamento – muratura**
3. **TERMAL U**

VANTAGGI

Traspirazione: grazie alle caratteristiche dei componenti inerti leggeri e leganti naturali che lo compongono e alla loro ottimale curva granulometrica, il termointonaco **TERMAL U** ha un alto grado di traspirazione μ= 9 che favorisce la trasmigrazione del vapore acqueo verso l'esterno, eliminando così ogni forma di condensazione e di umidità (e le conseguenti muffe) la cui presenza ridurrebbe di molto il potere isolante dei materiali coibenti. Le strutture degli edifici rimangono pertanto costantemente asciutte e l'isolamento termico costantemente elevato.



Durabilità: l'applicazione del termointonaco minerale **TERMAL U** a cappotto all'esterno, consente l'eliminazione degli sbalzi termici limitando pertanto le dilatazioni delle strutture che sono concausa di fessurazioni, garantendo così una protezione efficace e duratura nel tempo.

Coibenza: l'elevato potere di isolamento termico del termointonaco λD = 0,055 W/mK consente elevate prestazioni anche a spessori ridotti. Il sistema d'isolamento con l'intonaco **TERMAL U** consente inoltre la forte riduzione dell'effetto indotto dai ponti termici determinati da solai e pilastri, fino alla loro eliminazione ai sensi delle normative vigenti D.M. 26 giugno 2015.

Assorbimento d'acqua: TERMAL U è un termointonaco con ridottissimo assorbimento d'acqua Classe W1 garantendo così valori costanti di isolamento termico ed elevata durabilità.

Fibrorinforzato: con fibre naturali a garanzia del contenimento delle microcavillature da ritiro plastico.

Resistenza meccanica: il termointonaco **TERMAL U** è dotato di una buona resistenza meccanica alle sollecitazioni di compressione 1,5 N/mm2 ed è facilmente ripristinabile come un normale intonaco. Ha inoltre una buona adesione al supporto murario > 0,18 N/mm2. **Fonoassorbenza:** il termointonaco **TERMAL U** consente valori di assorbimento acustico ridotti oltre il 30% a frequenze superiori ai 1400 Hz con interessanti prospettive in ordine alla correzione acustica degli ambienti interni.

Reazione al fuoco: Euroclasse A1.

Ecosostenibilità: l'impiego di leganti ed inerti leggeri naturali garantiscono durabilità al prodotto installato e un impatto ambientale fortemente ridotto per emissioni e rifiuti solidi (LCA).

Lavorabilità: l'impiego di **TERMAL U** applicabile a spruzzo a mezzo intonacatrice nell'isolamento termico degli edifici consente una maggiore semplicità e velocità esecutiva superiore ad altri sistemi coibenti con significativi risparmi economici e di tempo.

6.1 Esempio di voce di capitolato

Isolamento termico a cappotto di edifici nuovi e in ristrutturazione all'interno e all'esterno con termointonaco minerale naturale fibrorinforzato traspirante in calce idraulica NHL 3,5

Fornitura e posa in opera di intonaco termico fonoassorbente premiscelato minerale naturale fibrorinforzato traspirante in calce idraulica NL 3,5 tipo Termal U composto da inerti leggeri, naturali e leganti idraulici. Le caratteristiche tecniche dell'intonaco marcato CE ai sensi della EN UNI 998-1 T1 saranno le seguenti : coefficiente di conducibilità termica λ D = 0,055 W/mK, coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ≤ 9, resistenza meccanica a compressione categoria CS I, adesione al supporto murario 0,18 N/mm² FP A, coefficiente di assorbimento d'acqua W1, classificazione al fuoco Euroclasse A1. La posa in opera avverrà manualmente o a mezzo intonacatrice tipo PFT Modello G4 o similari per un consumo di ca 4,5 kg/m² per cm di spessore applicato. Su nuova muratura irregolare o fuori piombo e su calcestruzzo procedere ove richiesto e dopo bagnatura con regolarizzazione a mezzo rinzaffo tipo Limecrete Rinzaffo F, da compensarsi a parte. Su vecchia muratura eventualmente irregolare o fuori piombo, applicare un rinzaffo tipo Limecrete Rinzaffo F sulla superficie precedentemente pulita e lavata, da compensarsi a parte. Ove necessario usare rinzaffo resistente ai sali e ai solfati tipo Limecrete Rinzaffo AS specifico per muratura anche con problemi di salinità, da compensarsi a parte. L'intonaco termico avrà uno spessore di almeno 3 cm o quanto previsto in progetto da posarsi per ca. 2 cm a passata. La finitura, da applicarsi prima delle pitture o rivestimenti colorati traspiranti, sarà realizzata con rasante tipo Limecrete F1 ad elevata traspirazione dopo adeguata maturazione dell'intonaco e secondo indicazioni del produttore. Il tutto su pareti verticali e orizzontali, compreso l'onere per spigoli, angoli, compresi i ponteggi di servizio fino a 3,50 metri di altezza ed ogni altro onere e magistero.

- Fornitura e posa in opera di termointonaco premiscelato minerale naturale fibrorinforzato tipo Termal U inclusa finitura tipo Limecrete F1 , escluse decorazioni finali a colore, per dare il lavoro compiuto a regola d'arte
    - in opera, vuoto per pieno fino a 4 m², per spessore di 3 cm €/m²
    - per ogni cm in più €/m²

• Fornitura e posa in opera di rinzaffo tipo Limecrete Rinzaffo F per ca. 4- 5 mm di spessore per dare il lavoro compiutoa regola d'arte €/m²

• Fornitura e posa in opera di rinzaffo resistente ai sali e solfati tipo Limecrete Rinzaffo AS per ca. 4-5 mm di spessoreper dare il lavoro compiuto a regola d'arte €/m²

36077 Altavilla Vicentina (VI) – ITALY

Via Retrone, 39

Ph: +39 0444 522797 – Fax: 0444 349110

E-mail: info@gpintech.com

www.gpintech.com