

## **6 DETTAGLI COSTRUTTIVI**

### **7 MANUTENZIONE E RIPARAZIONE**

### **8 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE E QUALITA'**

## **6 DETTAGLI COSTRUTTIVI**

I dettagli costruttivi da curare nella messa in opera di un sistema di rinforzo FRCM dipendono dalla geometria della struttura, dalla natura e consistenza del supporto e dal livello tensionale al quale è sottoposto.

L'utilizzatore è tenuto ad attenersi scrupolosamente alle istruzioni contenute nel manuale di installazione che il Fabbrikante è tenuto a fornire insieme con il sistema di rinforzo dallo stesso commercializzato.

Poiché la qualificazione dei sistemi FRCM è fatta con riferimento a supporti convenzionali, è consigliato, soprattutto per interventi di rilevante importanza strutturale, il ricorso a prove di distacco dallo specifico supporto da rinforzare. Le prove devono essere condotte secondo lo standard prescritto nella Linea Guida sulla identificazione, qualificazione ed accettazione.

In particolare, i meccanismi di rottura di distacco dal supporto e di sfilamento delle fibre dalla matrice possono essere evitati/ritardati osservando le seguenti regole di dettaglio:

- In tutti i casi in cui il sistema di rinforzo FRCM debba essere applicato intorno a spigoli, quest'ultimi devono essere opportunamente arrotondati ed il raggio di curvatura dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm. Tale arrotondamento può non essere necessario per reti di acciaio, anche in relazione a quanto dichiarato dal Fabbrikante, sempre che suffragato da specifiche prove di laboratorio. Va altresì indicato nel manuale di installazione il dispositivo di piegatura che deve essere utilizzato per realizzare le piegature.
- Deve essere assicurata un'adeguata lunghezza di ancoraggio, al di là dell'estrema sezione in cui il rinforzo FRCM è necessario. In mancanza di più accurate indagini, essa deve essere di almeno 300 mm.
- Deve essere assicurata un'adeguata sovrapposizione delle reti di rinforzo, seguendo le istruzioni contenute nel manuale di installazione. Di norma, negli interventi di confinamento, la lunghezza di sovrapposizione della rete deve essere almeno pari un quarto della circonferenza/perimetro della sezione trasversale e comunque non inferiore a 300 mm. Particolari indicazioni, supportate da adeguate sperimentazioni, devono essere fornite nei manuali di installazione per interventi di confinamento con reti di acciaio. Attesa la rigidità flessionale di queste reti, la lunghezza di sovrapposizione deve essere infatti in grado di prevenire fenomeni di distacco.
- Negli altri tipi di intervento, benché sconsigliate, sono possibili lunghezze di sovrapposizione inferiori a 300 mm, purché qualificate dal Fabbrikante in occasione del conseguimento della CVT.
- In presenza di più strati di rinforzo, le giunzioni devono essere opportunamente sfalsate. Sono sconsigliati sfalsamenti inferiori alla metà dello spessore dell'elemento rinforzato, con un minimo di 300 mm.

Negli interventi di confinamento, attesa la rigidità estensionale del ricoprimento di FRCM, allo scopo di evitare fenomeni di distacco dal supporto, può essere opportuno realizzare un giunto/gap tra il ricoprimento e le strutture cui l'elemento rinforzato è vincolato.

L'uso di connettori può risultare utile o addirittura indispensabile. Si forniscono al riguardo le seguenti regole di dettaglio.

- Se il sistema di rinforzo FRCM è applicato su una sola faccia del pannello è obbligatorio adottare connettori di lunghezza tale da penetrare all'interno dello strato più esterno del paramento non rinforzato (Figura 6.1).

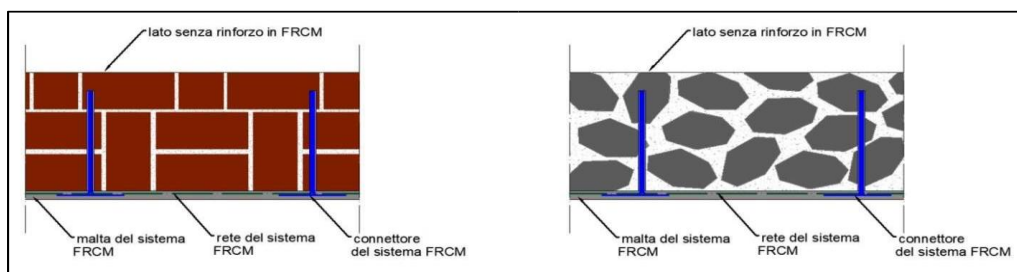


Figura 6.1 - Connettori che penetrano all'interno del primo strato di pietra del paramento non rinforzato.

- Nel caso di rinforzo su due facce di murature a sacco o con paramenti scollegati è obbligatorio che i connettori siano passanti.
- Nel caso di rinforzo di pannelli di spessore  $t \leq 400$  mm con FRCM e con l'impiego di connettori si suggerisce un interasse tra questi ultimi  $i \geq 3t$  e comunque non superiore a 1600 mm; in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari si suggerisce una lunghezza dei connettori  $l = 3t$ .
- Nel caso di rinforzo di pannelli di spessore  $t > 400$  mm si suggerisce un interasse  $i \geq 2t$  e comunque non superiore a 2000 mm; in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari si suggerisce una lunghezza dei connettori  $l = 3t$  disposti a quinconce (Figura 6.2).

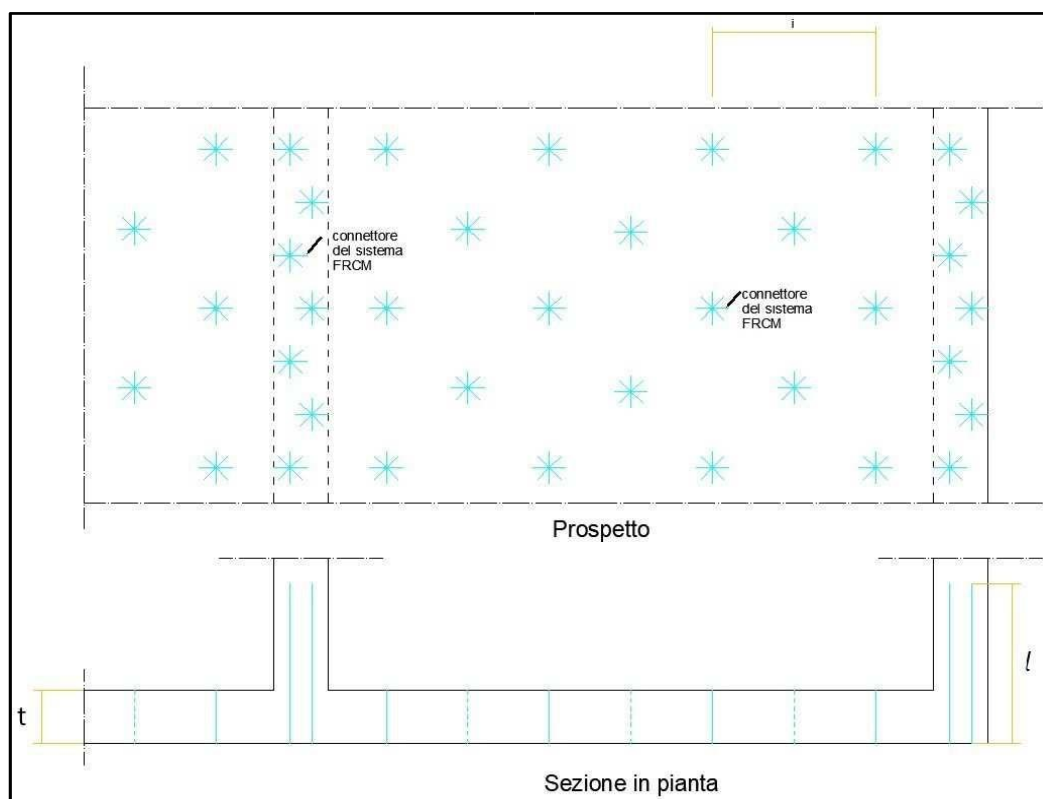


Figura 6.2 – Disposizione dei connettori passanti in corrispondenza dei cantonali e dei martelli murari.

## **7 MANUTENZIONE E RIPARAZIONE**

Gli interventi di riparazione con FRCM devono essere monitorati nel tempo con verifiche periodiche, la cui frequenza dipende dalle condizioni di esposizione e possibilità di ispezione. In tali occasioni devono essere rilevati eventuali danneggiamenti, di cui vanno individuate le cause ed i possibili rimedi. Occorre porre attenzione a punti di distacco, fessurazione, variazioni cromatiche o altre anomalie del sistema di rinforzo. A tal fine possono risultare utili, oltre che ispezioni visive, anche prove acustico stimolate, indagini soniche (consigliate se il sistema ha uno spessore ridotto), e prove termografiche indotte da calore artificiale. Tali prove risultano particolarmente necessarie nel caso di interventi con FRCM che hanno previsto la regolarizzazione del sottofondo.

Gli interventi di riparazione dipendono dalla causa del danneggiamento nonché dal tipo di FRCM e dalla tipologia ed estensione del danno. È opportuno che possibili interventi di riparazione siano indicati nel manuale di installazione, riparazione e manutenzione. Ove tali indicazioni mancassero è consigliato di concordare la scelta dell'intervento di riparazione e dei materiali da adoperare con il Fabbricante del sistema di rinforzo. Oltre alla realizzazione dell'intervento, è opportuno fornire indicazioni per evitare l'insorgere dello stesso fenomeno in futuro.

Nel caso di rifacimento delle superfici protettive (intonaci), è necessario ispezionare il sistema di rinforzo FRCM per valutare eventuali danni strutturali a seguito della rimozione della superficie protettiva.

## **8 CONTROLLO**

Il controllo del sistema di rinforzo deve essere svolto sia per l'accettazione dei prodotti in cantiere che per accertare la qualità della messa in opera del sistema. Una volta che l'intervento di rinforzo sia stato realizzato, è infatti necessario procedere al suo controllo ai fini del collaudo e, in seguito, al suo eventuale monitoraggio nel tempo. In entrambi i casi è possibile ricorrere sia a prove non distruttive che a prove parzialmente distruttive. Le prove devono essere eseguite da personale qualificato.

Qualora la configurazione del rinforzo lo consenta, come ad esempio nel caso di applicazioni in avvolgimento, ovvero in presenza di idonei dispositivi di ancoraggio, talune verifiche a carico del substrato possono essere omesse.

### **8.1 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

I sistemi di rinforzo FRCM devono essere assoggettati ad una serie di controlli in cantiere che assicurino un livello adeguato delle caratteristiche meccaniche e fisiche e la rispondenza delle stesse ai requisiti richiesti dal Progettista.

I controlli di accettazione in cantiere sono effettuati mediante prove distruttive su provini. Per il numero ed il tipo di prove si rinvia alla Linea Guida Ministeriale, intitolata "*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*".

### **8.2 CONTROLLO DI QUALITÀ DEL SISTEMA DI RINFORZO**

L'accertamento della qualità della messa in opera del sistema di rinforzo può avvenire mediante prove semi-distruttive o non distruttive. In particolare, le prove semi-distruttive sono soprattutto

indicative per la caratterizzazione meccanica del sistema di rinforzo messo in opera. L'eventuale presenza di difetti nella realizzazione può invece essere rilevata mediante prove non distruttive.

Il tipo e la numerosità delle prove da eseguire devono essere commisurati all'importanza dell'intervento, valutando l'incidenza delle zone trattate in rapporto alle dimensioni della struttura. In particolare, meritano una maggiore attenzione le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità.

In previsione di prove di controllo semi-distruttive, è buona norma predisporre zone aggiuntive ("testimoni") di rinforzo in parti della struttura opportunamente selezionate. Tali zone vanno suddivise in fazzoletti di dimensioni superiori a 500 x 200 mm<sup>2</sup>. I fazzoletti devono essere realizzati contestualmente all'intervento di rinforzo, con gli stessi materiali e tecniche costruttive, in zone in cui la loro rimozione non comporti alterazione dei meccanismi di collasso, curando che siano esposti alle stesse condizioni ambientali del rinforzo principale. Se in numero maggiore di uno, i fazzoletti devono essere distribuiti in maniera uniforme rispetto all'intervento complessivo.

### 8.2.1 Prove semi-distruttive

Possono essere eseguite prove di strappo a taglio facendo uso dei testimoni e, dove possibile, anche in zone del rinforzo non critiche in ragione di una prova per ogni 30 m<sup>2</sup> di applicazione per le strutture di c.a., e di una prova per ogni 50 m<sup>2</sup> di applicazione per quelle murarie. La loro numerosità non deve essere comunque inferiore a 3 per ogni tipo di prova omogenea ritenuta significativa in sede di definizione della campagna di controllo.

Prova di strappo a taglio. Tale prova è utile per l'accertamento della qualità dell'applicazione e della preventiva preparazione del supporto. Un modo per eseguirla è di seguito descritto. L'esecuzione avviene in corrispondenza di uno spigolo libero della struttura su cui il rinforzo è applicato (Figura 8.1). È richiesta la disponibilità di un'opportuna porzione libera di materiale composito (cioè non affogata nella malta), in continuità del materiale installato. È consigliabile impregnare tale parte libera del rinforzo con resina epossidica; a maturazione avvenuta, va applicata l'azione radente utilizzando come contrasto il suddetto spigolo.

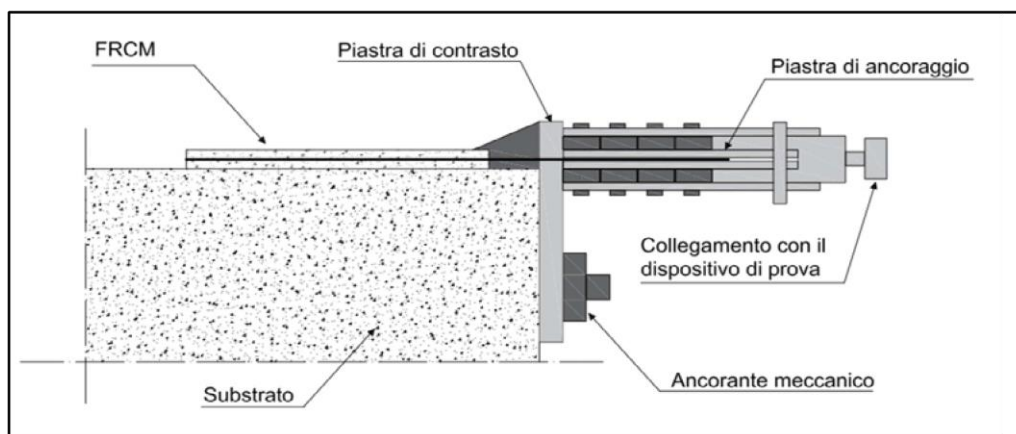


Figura 8.1 – Prova di strappo a taglio *in situ*.

La lunghezza di ancoraggio della porzione di FRCM deve risultare non inferiore a 300 mm. La qualità dell'applicazione e della preventiva preparazione della superficie di applicazione possono ritenersi accettabili se almeno l'80% delle prove (almeno due su tre nel caso di sole tre prove)

forniscono una forza di strappo di intensità non inferiore all'85% del valore della forza di progetto massima, ricavato dalla tensione limite convenzionale moltiplicata per l'area della rete secca testata

Prove di strappo normale (Figura 8.2) possono essere condotte, ma la loro interpretazione potrebbe risultare non completamente affidabile in termini di qualità e capacità del rinforzo, in ragione delle molteplici possibili combinazioni tra qualità del supporto e della malta di applicazione del rinforzo.

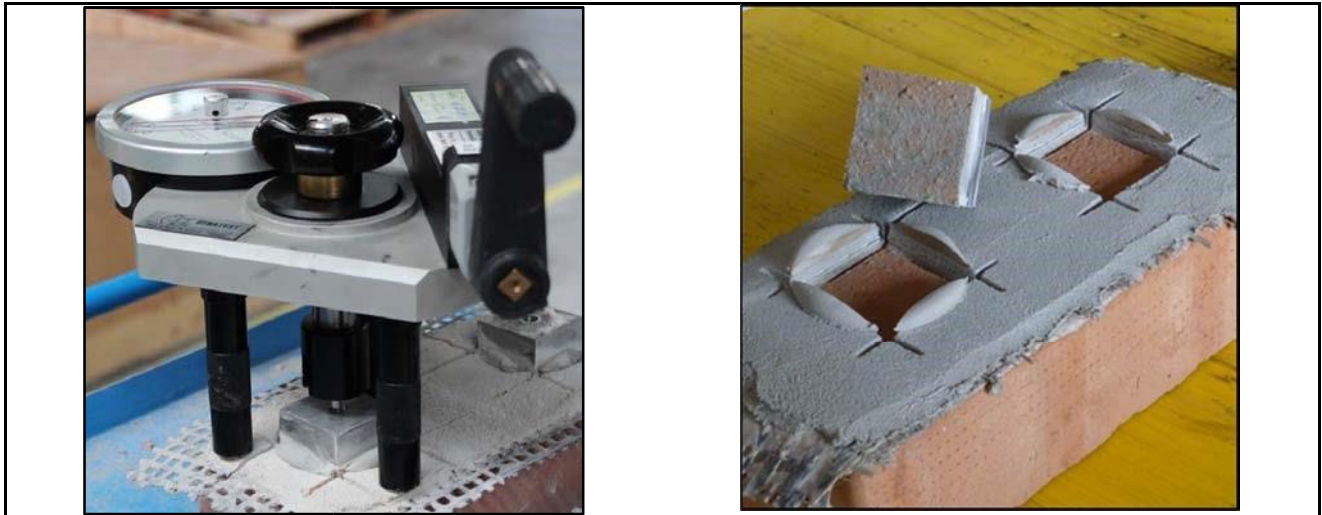


Figura 8.2 – Prova di strappo normale.

### 8.2.2 Prove non distruttive

La qualità dell'installazione del rinforzo può essere controllata mediante prove semi-distruttive; particolare attenzione o indagini più approfondite sono da considerarsi necessarie nel caso in cui si ravvisino difetti di applicazione con diametro equivalente dell'ordine dei 10 cm per applicazione diffuse o di 5 cm in zone critiche (ancoraggi, sovrapposizioni, etc...). L'intervento di rinforzo è da ritenersi non collaudabile in presenza di difetti di applicazione che coprano almeno il 20% della superficie rinforzata di ogni singolo elemento strutturale.

Le prove non distruttive più comuni in quest'ambito sono descritte nel seguito:

Prove di tipo acustico stimolato. Si basano sul diverso comportamento oscillatorio dello strato di rinforzo in presenza o in assenza di adesione con il substrato sottostante. Nella sua versione più elementare, la prova può essere eseguita da un tecnico esperto percuotendo la superficie del composito con una bacchetta rigida ed ascoltando la sonorità che scaturisce dall'impatto. Risultati più oggettivi possono essere ottenuti con sistemi automatizzati. Si segnala che tali prove potrebbero non essere significative per rilevare un'eventuale difettosità nel caso in cui lo spessore del sistema di rinforzo sia elevato.

Prove termografiche indotte da calore artificiale. Possono presentare una limitata efficacia in presenza di materiali di rinforzo caratterizzati da elevata conducibilità termica (fibre di carbonio o di acciaio). Il riscaldamento impartito nel corso della prova non deve danneggiare le fibre di rinforzo. Spessori di malta notevoli potrebbero limitare la capacità investigativa.