

4.8 INSTALLAZIONE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

4.8.1 Controllo e preparazione preventiva del substrato

4.8.2 Raccomandazioni per l'esecuzione a regola d'arte

4.8.2.1 Condizioni di umidità e temperatura dell'ambiente e del substrato

4.8.2.2 Particolari costruttivi e norme di esecuzione

4.8.2.3 Protezione del sistema di rinforzo

4.8 INSTALLAZIONE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

(1) Il funzionamento ottimale di un sistema di rinforzo è subordinato a diversi fattori. Oltre a quelli già richiamati nei precedenti capitoli, giocano un ruolo rilevante la preparazione preventiva del substrato su cui il rinforzo deve essere applicato e la messa in opera del composito.

4.8.1 Controllo e preparazione preventiva del substrato

(1) L'applicazione di un sistema di rinforzo FRP richiede il preventivo controllo delle condizioni di deterioramento del substrato con l'adozione di provvedimenti atti a migliorarne lo stato, fino a rimuovere e ricostruire le parti ammalorate. Se necessario, devono essere previsti provvedimenti di pulizia e passivazione delle armature metalliche corrose.

(2) I sistemi tecnologici utilizzati per l'ancoraggio delle estremità di lamine o tessuti devono essere oggetto di idonee indagini sperimentali condotte secondo criteri normalizzati. Il protocollo di applicazione deve riguardare sia i materiali utilizzati (adesivi e rinforzi) che la successione delle fasi indicate dal Produttore e/o dal Fornitore per la preparazione del substrato, i tempi di esecuzione, le condizioni ambientali, ecc... L'indagine deve saggiare anche l'eventuale sensibilità dei risultati nei confronti di tali parametri.

4.8.1.1 Valutazione del deterioramento del substrato

(1) Prima dell'applicazione del rinforzo per aderenza, il Progettista, nonché il Direttore dei Lavori, devono procedere a verificare le caratteristiche del substrato secondo le indicazioni riportate nel Capitolo 6. In ogni caso la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 N/mm^2 . In caso contrario, la tecnica di rinforzo descritta nel presente documento non può essere applicata.

(2) È opportuno eseguire delle prove di omogeneità su tutta l'area da rinforzare.

4.8.1.2 Rimozione e ricostruzione del substrato ed eventuale trattamento delle barre metalliche

(1) Il substrato di calcestruzzo può risultare danneggiato a causa di un deterioramento fisico-chimico, fisico-meccanico o in conseguenza di un eventuale impatto. Il calcestruzzo ammalorato va rimosso da tutta la zona danneggiata.

(2) La rimozione del calcestruzzo ammalorato e/o danneggiato consente di accertare lo stato delle armature metalliche e quindi di eseguire gli eventuali interventi atti ad eliminare le cause responsabili del deterioramento dello stesso calcestruzzo. Tali interventi sono assolutamente

necessari prima di procedere alla ricostruzione delle parti di calcestruzzo rimosse. Se è in corso un processo corrosivo a carico delle armature metalliche, è necessario rimuovere lo strato deteriorato mediante spazzolatura o sabbiatura e poi trattare la superficie con idonei inibitori di corrosione.

(3) Una volta che il calcestruzzo deteriorato sia stato completamente rimosso e siano stati adottati i provvedimenti più opportuni per arrestare la corrosione delle armature metalliche, nonché tutti gli altri fenomeni che siano causa di degrado (ad esempio infiltrazioni d'acqua o carente regimentazione delle acque), si può procedere al suo reintegro mediante l'utilizzo di betoncini reoplastici. Al ripristino delle parti di calcestruzzo ammalorate è opportuno associare il livellamento di eventuali asperità superficiali superiori a 10 mm, da effettuarsi ad esempio con stucco epossidico compatibile; nel caso in cui la zona da colmare abbia profondità superiore a 20 mm si deve utilizzare un idoneo materiale di apporto. Infine, se l'elemento da rinforzare presenta fessure di ampiezza superiore a 0.5 mm, è opportuno che queste ultime siano sigillate mediante iniezione prima di applicare il rinforzo.

4.8.1.3 Preparazione del substrato

(1) Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, può essere opportuno ricorrere ad un ulteriore provvedimento di sabbiatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. La sabbiatura deve assicurare un grado di ruvidezza almeno pari a 0.3 mm, valutabile mediante appositi strumenti quali, ad esempio, un profilometro *laser* oppure un'apparecchiatura per rugosimetria ottica.

(2) Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma che sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante.

(3) Nel caso in cui si operi sulla superficie di una struttura nuova, è necessario assicurarsi che le parti interessate dall'applicazione siano perfettamente pulite da eventuali *film* disarmanti presenti sui casseri in fase di getto. In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi.

(4) Nel confinamento di pilastri, nel rinforzo a taglio o a torsione ed in generale in tutti i casi in cui il sistema di rinforzo FRP debba essere applicato intorno a spigoli, quest'ultimi devono essere opportunamente arrotondati come di seguito specificato.

4.8.2 Raccomandazioni per l'esecuzione a regola d'arte

(1) La qualità dell'esecuzione del rinforzo con materiali compositi dipende strettamente dalle condizioni di temperatura ed umidità ambientali nonché da quelle del substrato su cui il rinforzo è applicato.

4.8.2.1 Condizioni di umidità e temperatura dell'ambiente e del substrato

(1) Si sconsiglia di non installare rinforzi di composito se l'ambiente è molto umido in quanto un elevato grado di umidità può ritardare la stagionatura delle resine nonché inficiare la perfetta realizzazione del composito nel caso di sistemi con polimerizzazione *in situ*.

(2) I compositi devono essere applicati nelle condizioni igrometriche e termiche definite nelle schede tecniche.

(3) In condizioni di pioggia, eccessivo soleggiamento, forti gradienti termici, elevata umidità o in presenza di polveri può essere opportuno avvalersi di teli protettivi o di altri provvedimenti succedanei.

4.8.2.2 Particolari costruttivi e norme di esecuzione

(1) Deve essere prevista una lunghezza di ancoraggio almeno pari a 200 mm. In alternativa, è possibile l'impiego di connettori meccanici.

(2) Negli interventi di rinforzo a taglio, torsione e confinamento è opportuno procedere ad un preventivo arrotondamento degli spigoli degli elementi rinforzati, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di tensione ivi localizzate, che potrebbero provocare una rottura prematura del composito. Il raggio di curvatura, r_c , dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm.

(3) Nella messa in opera di sistemi di rinforzo realizzati *in situ* le fibre devono essere disposte secondo l'orientamento previsto in progetto e devono essere esenti da ondulazioni.

(4) Nel caso di sistemi di rinforzo CFRP, ove necessario, è opportuno prevedere strati di materiale isolante, allo scopo di evitare l'innesco di corrosione galvanica per il contatto tra le fibre di carbonio e l'acciaio delle armature.

(5) Nella previsione di prove di controllo semi-distruttive, è buona norma predisporre zone aggiuntive ("testimoni") di rinforzo in parti della struttura opportunamente selezionate. Tali zone, suddivise in fazzoletti di dimensioni superiori a $500 \times 200 \text{ mm}^2$, devono presentare un'estensione totale minima di 0.1 m^2 e comunque non inferiore allo 0.5% di quella complessiva del rinforzo. 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.

4.8.2.3 Protezione del sistema di rinforzo

(1) Nel caso di applicazioni in ambiente esterno è opportuno proteggere il sistema di rinforzo dall'azione diretta dell'irraggiamento solare, che può produrre alterazioni chimico-fisiche nella matrice epossidica. Ciò può essere ottenuto mediante l'impiego di vernici acriliche protettive, sia in dispersione acquosa sia in solvente, previa pulitura della superficie del composito mediante l'uso di una spugna satura d'acqua saponata.

(2) In alternativa, una protezione più elevata può essere garantita con l'applicazione sul composito di intonaci o malte (preferibilmente di natura cementizia). Tali intonaci, i cui spessori sono generalmente consigliati dai Produttori e/o Fornitori, devono essere posati sul sistema di rinforzo previa preparazione della superficie mediante applicazione di resina epossidica con successivo spolvero "fresco su fresco" di polvere di quarzo.

(3) Ai fini della protezione al fuoco possono essere adottate due tecniche differenti: l'uso di pannelli intumescenti o l'applicazione di intonaci protettivi. In entrambi i casi Produttori e/o

Fornitori devono indicare sulle schede tecniche il grado di protezione conseguibile in relazione allo spessore del rivestimento. I pannelli – in genere a base di calciosilicati – vengono posati sul rinforzo previo inserimento di tasselli che non devono mai tagliare o forare le fibre. L'intonaco intumescente, di più frequente utilizzazione, deve essere applicato sul composito seguendo le indicazioni riportate al punto (2).