

SOLUZIONI E TECNICHE PER IL RIPRISTINO E RINFORZO DEL CALCESTRUZZO

Introduzione

Quello della protezione, ripristino e rinforzo delle strutture esistenti in cemento armato è un tema estremamente attuale. Sono infatti numerosi gli edifici esistenti che richiedono interventi di manutenzione o di rinforzo strutturale a causa di carenze nella progettazione originaria, per la scarsa cura nelle fasi realizzative o in generale per adeguare il loro livello di sicurezza alle esigenze attuali. Da una parte il rispetto dei criteri individuati dalle norme dell'epoca di realizzazione delle strutture, frutto del livello di conoscenza dell'epoca, implica il raggiungimento di standard di sicurezza non allineati con i criteri previsti dagli attuali codici di calcolo. Ad esempio, l'assenza di staffe nelle zone nodali dei telai può rappresentare un limite importante per il soddisfacimento delle verifiche in condizioni sismiche, così come la presenza di ferri piegati per assorbire le azioni taglianti non garantisce alle membrane la capacità richiesta nei confronti delle inversioni di taglio che derivano dal funzionamento sotto azione sismica. Sempre con riferimento al taglio, l'inosservanza dei criteri di gerarchia delle resistenze comporta spesso carenze di staffe negli elementi monodimensionali, il che può portare alla comparsa di meccanismi di collasso di tipo fragile e quindi limitati nella capacità di dissipazione dell'energia. Un altro aspetto rilevante è legato alla progettazione della durabilità, oggi guidata dalla definizione delle diverse classi di esposizione individuate dalla norma UNI EN 206 [1], dalla UNI 11104 [2] e dalle prescrizioni in termini di spessori del copriferro fornite dalle NTC 2018 [3] che rimandano a loro volta alla UNI EN 1992-1-1 [4]. Il calcestruzzo armato è un materiale versatile e capace di offrire ottime prestazioni meccaniche ma può essere soggetto ad una serie di fenomeni di degrado e danneggiamento capaci di produrre effetti estremamente dannosi. Tali fenomeni possono essere causati da azioni meccaniche (come urti ed azioni eccezionali), da azioni fisiche (tra le quali gelo e disgelo, ritiro, abrasione) o da azioni chimiche (come la corrosione delle armature e gli attacchi da cloruri o solfati). Mentre le prime portano ad effetti fisiologici e non dipendenti dalla progettazione delle miscele (ad esempio la dissipazione di energia chiamata in causa nella progettazione sismica svolta secondo le Norme di riferimento comporta il danneggiamento degli elementi strutturali), la resistenza al degrado indotto da fenomeni chimici dipende dalla capacità del conglomerato di opporsi alla penetrazione di sostanze aggressive, tra le quali acqua, ossigeno, anidride carbonica, cloruri e solfati. Da questo punto di vista gli scenari possono essere molteplici e le fonti di criticità risiedono tanto nell'errata prescrizione del calcestruzzo quanto nell'adozione di spessori di copriferro non adeguati alla protezione delle armature metalliche o, ancora, nella non corretta definizione di dettagli costruttivi, strutturali e non. Questi ultimi, tra i quali si può citare a titolo di esempio l'inefficace disposizione di elementi per l'allontanamento delle acque reflue, possono portare a condizioni in opera che non rispecchiano la classe di esposizione prevista in fase di progetto. Per quanto riguarda invece le criticità legate a carenze esecutive si possono citare fenomeni come la scarsa compattazione del conglomerato, il mancato rispetto degli spessori di copriferro previsti dal progetto e l'aggiunta di acqua in cantiere. La scarsa compattazione porta all'ottenimento di una matrice porosa e, nei casi più evidenti, alla formazione dei cosiddetti nidi di ghiaia. Questo rende il materiale permeabile agli agenti esterni e limita di conseguenza la durabilità delle strutture. Un basso spessore del copriferro comporta invece l'accorciamento del periodo di innesco della corrosione, definito come il tempo che le sostanze in grado di attivare i processi elettrochimici di ossidazione impiegano per

penetrare nella matrice e raggiungere le armature. In aggiunta a quanto sopra, l'eccessiva aggiunta di acqua è una pratica che comporta l'incremento del rapporto acqua – cemento, portando a sua volta allo sviluppo di una pasta cementizia con maggiore porosità e quindi a resistenze meccaniche inferiori e ad una maggiore permeabilità del calcestruzzo.



(a) (b)
Figura 1a e 1b. Degrado di elementi strutturali in cemento armato: a) Struttura degli anni '50 - espulsione del copriferro e corrosione delle armature lisce; b) Nido di ghiaia causato da inadeguata compattazione.

Tecniche di intervento

Le tecniche di intervento sulle costruzioni esistenti hanno lo scopo di incrementare il livello di sicurezza delle strutture in senso generale. Il livello di sicurezza strutturale può risultare inadeguato a causa di una serie di motivi, tra i quali la presenza di fenomeni di degrado, carenze degli elementi strutturali come concepiti nella fase di progettazione originaria, cambi di destinazione d'uso. Di conseguenza, lo scopo dell'intervento può essere il ripristino delle condizioni iniziali della struttura andando a riparare i difetti dovuti al degrado oppure il rafforzamento di membrature che non presentano difetti. Lo stato di conservazione delle strutture esistenti e la necessità di incrementare la sicurezza nei confronti delle azioni statiche e sismiche per aderire alle richieste delle Normative attuali fa sì che spesso questi scenari coesistano. Le tipologie di intervento di interesse in questo approfondimento sono quelle basate sull'utilizzo di malte cementizie e sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica. Tassullo ha da poco ampliato la proposta tecnica, aggiungendo soluzioni per il ripristino e il rinforzo del calcestruzzo che rispondono alle più comuni esigenze di cantiere.

Interventi con malte da ripristino

L'utilizzo di malte cementizie permette sia di conseguire la riparazione e la protezione degli elementi degradati sia di rinforzare le membrature esistenti. Gli interventi di riparazione e protezione hanno lo scopo di sostituire le parti degradate dei manufatti siano esse porzioni di conglomerato o armature metalliche ripristinando la situazione iniziale e di proteggere i manufatti dal degrado futuro. Considerando quanto sopra esposto è evidente che, per massimizzare l'efficacia degli interventi e garantirne la durabilità, i materiali di apporto da utilizzare devono essere resistenti all'ingresso di sostanze esterne ed inoltre esenti da fenomeni fessurativi dovuti al ritiro. La formazione di cavillature rappresenta infatti una via preferenziale per l'ingresso nella matrice da parte di agenti esterni e può

quindi minare in modo importante la durabilità dei manufatti. Gli interventi di rinforzo basati sull'utilizzo di malte premiscelate consistono principalmente nell'incamiciatura in calcestruzzo armato come definita nella Circolare [5] e nell'aggiunta di barre di armatura che possono essere solidarizzate al conglomerato esistente mediante specifiche miscele cementizie oppure utilizzando resine. Questi interventi sono trattati dalla serie di Norme Armonizzate UNI EN 1504 [6] che individuano un iter progettuale specifico per gli interventi di rinforzo, ripristino e protezione delle strutture in calcestruzzo armato. La parte 9 della Norma [14] individua i principi che rappresentano i possibili obiettivi conseguibili dall'intervento e, per ciascuno dei principi, elenca una serie di metodi che permettono di raggiungere l'obiettivo selezionato. Una volta definiti principi e metodi si selezionano i prodotti e i sistemi conformi alle pertinenti parti da 2 a 7 della Norma ([7], [8], [9], [10], [11], [12]). Ad esempio, se l'obiettivo dell'intervento è il rinforzo strutturale, il principio pertinente è il 4 - Rafforzamento strutturale, conseguibile secondo i metodi:

- Aggiunta o sostituzione delle barre di armatura interne o esterne;
- Aggiunta di barre annegate in fori preformati o realizzati a trapano;
- Collegamento mediante piastre;
- Aggiunta di malta o calcestruzzo;
- Iniezione nelle fessure, nei vuoti o negli interstizi;
- Riempimento delle fessure, dei vuoti o degli interstizi;
- Precompressione (post-tensionamento).

Dove applicabili, sono inoltre indicate le parti della norma di riferimento per la selezione dei prodotti da impiegare nell'intervento. Ad esempio, se si sceglie di intervenire mediante aggiunta di barre annegate in fori preformati o realizzati a trapano, la parte pertinente della Norma che individua i criteri di conformità dei prodotti da utilizzare è la parte 6 – Ancoraggio dell'armatura di acciaio [11].

La parte 3 della Norma prevede la classificazione dei prodotti secondo quattro classi. Due classi sono destinate ai prodotti non strutturali (R1 ed R2) mentre le classi R3 ed R4 sono relative a prodotti che possono essere utilizzati per finalità strutturali. Le classi non differiscono soltanto per la resistenza meccanica richiesta ma anche per i requisiti in termini di adesione al substrato, modulo elastico, compatibilità termica e ritiro. Secondo la classificazione i prodotti in classe R4 sono quindi quelli che offrono le massime resistenze meccaniche e sono soggetti a limitazioni che garantiscono le massime prestazioni anche in termini di adesione e di ritiro, caratteristiche essenziali per garantire il corretto comportamento dell'elemento strutturale ripristinato o rinforzato.

La parte 10 della Norma [15] definisce inoltre i requisiti relativi all'applicazione dei prodotti e sistemi, alla preparazione del substrato in termini di calcestruzzo e di armatura, al controllo di qualità dei lavori ed alla manutenzione post-intervento. La parte 1 della Norma [6] è invece relativa alle definizioni richiamate nelle diverse parti della serie, mentre la parte 8 tratta il controllo di qualità al quale devono essere soggetti i prodotti [13]. Dal punto di vista del calcolo strutturale nella Norma UNI EN 1504 [6] non si trovano indicazioni. Nel caso delle incamiciature in cemento armato si può fare riferimento alla Circolare [5] che definisce le ipotesi di calcolo e fornisce indicazioni per la valutazione della resistenza a taglio e flessione e della capacità di deformazione degli elementi rinforzati. La realizzazione di camicie in cemento armato permette di ottenere benefici in termini di capacità portante degli elementi verticali, in termini di capacità a flessione e taglio e di incrementare la capacità di deformazione. L'incremento di

sezione resistente comporta anche l'incremento della massa e della rigidità ed è un intervento piuttosto invasivo.

Interventi con sistemi compositi

L'utilizzo di materiali compositi permette di rinforzare elementi monodimensionali e bidimensionali nei confronti di azioni taglianti e flettenti, di confinare pilastri compressi e di incrementare la duttilità. Nel confronto con l'incamiciatura in cemento armato la tipologia di intervento è caratterizzata da una minore invasività e da incrementi di massa e di rigidità trascurabili. La maggior parte dei sistemi FRP prevede l'utilizzo di fibre di carbonio e resine epossidiche ma sono possibili anche altre combinazioni fibra – matrice. Questi sistemi si dividono in due macrocategorie a seconda della tipologia di applicazione. I sistemi preformati sono composti da lamine in materiale composito realizzate in stabilimento che vengono applicate agli elementi strutturali mediante incollaggio con resine, mentre i sistemi impregnati in situ sono composti da tessuti secchi e da matrici organiche, per i quali la laminazione del composito avviene in cantiere direttamente sull'elemento strutturale da rinforzare. Per via della maggiore qualità della laminazione ottenibile in stabilimento i sistemi preformati offrono generalmente proprietà meccaniche migliori rispetto a quelle riscontrabili per sistemi impregnati in situ, le quali sono accompagnate da notevoli incrementi dei costi. I sistemi impregnati in situ possono essere risvoltati attorno agli spigoli della struttura garantendo la massima versatilità, mentre l'utilizzo di sistemi preformati richiederebbe lamine appositamente sagomate per tutte le applicazioni che vedono il sistema applicato in configurazione non planare, limitandone di fatto la versatilità. Rimanendo nel campo dei sistemi che utilizzano fibre di carbonio, una ulteriore distinzione può essere fatta in funzione del tipo di fibra utilizzata. Le fibre di carbonio ad alta resistenza hanno resistenze a trazione nell'ordine dei 3500 - 4800 MPa e moduli elastici compresi tra 210 e 230 GPa, mentre le fibre di carbonio ad alto modulo hanno resistenze che variano tra i 2500 ed i 3100 MPa e moduli elastici nel range 350 – 500 GPa [16]. Sistemi ad alto modulo risultano generalmente più efficaci rispetto ai sistemi ad alta resistenza anche se nelle applicazioni più comuni le differenze in termini di prestazioni riscontrabili risultano piuttosto limitate, mentre i costi relativi ai sistemi ad alto modulo sono notevolmente superiori.

Semplificando il concetto l'aggiunta di fasciature in FRP corrisponde all'aggiunta di armature integrative che vengono applicate sulla superficie esterna degli elementi strutturali. Pertanto, la loro disposizione ricalca l'andamento delle armature metalliche che si dispongono negli elementi per rispondere alle diverse sollecitazioni agenti. Di conseguenza, l'efficacia del rinforzo dipende dalla quantità di armatura presente nelle membrature e risulta tanto maggiore quanto più debolmente è armato l'elemento strutturale. Per quanto riguarda il calcolo strutturale per i sistemi FRP si fa riferimento alle Linee Guida Ministeriali [16] che condividono i principi e le metodologie di calcolo con le istruzioni CNR-DT 200 R1/2004 [17] oggi in fase di revisione [18].

Prodotti e sistemi Tassullo

Tassullo ha recentemente integrato la sua proposta tecnica introducendo una gamma di prodotti specifici per gli interventi di riparazione, rinforzo e protezione di manufatti in calcestruzzo armato. Questi prodotti formano sistemi che integrano la linea ARMIS, già completa per quanto riguarda gli

interventi su strutture in muratura, andando a coprire le più comuni tipologie di intervento strutturale per edifici esistenti in calcestruzzo armato. La proposta dedicata al calcestruzzo armato comprende la famiglia **RENOVA** composta da prodotti premiscelati conformi alla serie di norme UNI EN 1504 [6] e la famiglia **CARBON** che comprende prodotti per sistemi compositi fibrorinforzati FRP. Tutti i prodotti sono stati sviluppati per comporre sistemi capaci di semplificare la proposta rispondendo a tutte le principali esigenze riscontrabili nell'ambito degli edifici esistenti, sia in termini di ripristino che in termini di rinforzo strutturale.

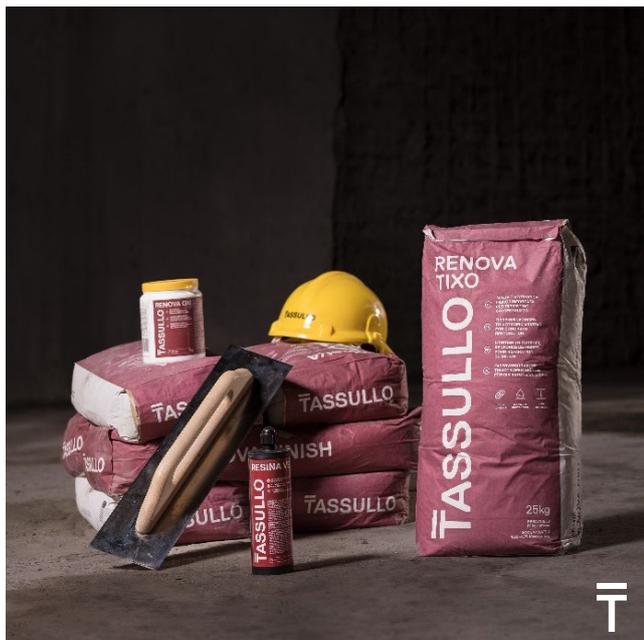


Figura 2. I prodotti RENOVA della linea ARMIS di Tassullo

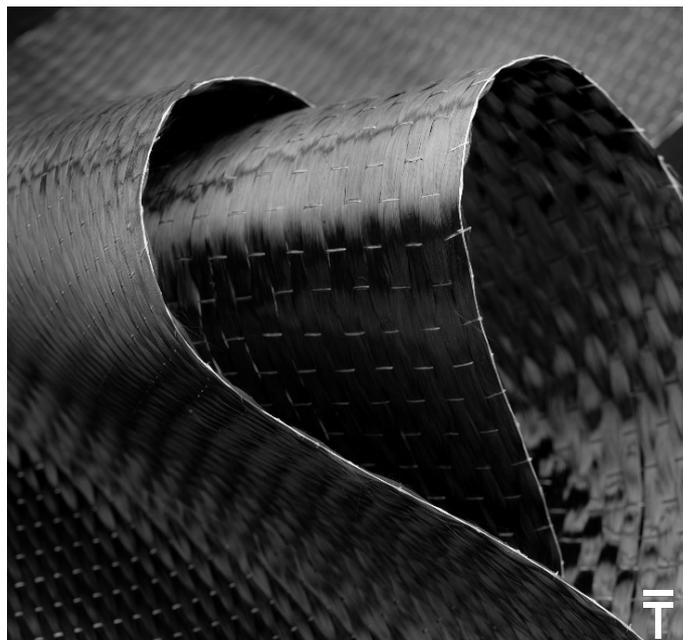


Figura 3. I tessuti ARMIS CARBON per il rinforzo

I prodotti RENOVA – sistemi per il ripristino, il rinforzo e la protezione del calcestruzzo armato

I prodotti della famiglia RENOVA sono stati sviluppati per rispondere ai criteri individuati dalla serie di Norme UNI EN 1504. La linea RENOVA comprende prodotti formulati sulla base dell'innovativa **No Crack Technology** sviluppata dall'Istituto Interno di Ricerca e Sviluppo di Tassullo. L'implementazione di questa speciale tecnologia ha portato alla formulazione di prodotti a ritiro compensato estremamente prestazionali senza ricorrere all'utilizzo di fibre. Come conseguenza i prodotti interessati godono di ottime caratteristiche di lavorabilità che ne permettono, in alcuni casi, l'applicazione a mezzo di comuni macchine intonacatrici a miscelazione continua. Tutto ciò a vantaggio dell'efficienza di cantiere e della semplificazione delle operazioni di posa. Al fine di garantire la massima efficacia degli interventi tutti i prodotti certificati secondo la parte 3 della Norma UNI EN 1504 facenti parte della famiglia RENOVA rientrano nella classe R4.

Per quanto riguarda la sostenibilità i prodotti della famiglia RENOVA sono certificati in riferimento alla UNI Pdr 88 [16] come aventi un contenuto di materiale sottoprodotto di origine interna fino al 60% e rispondono quindi al requisito 2.5.2 imposto dai Criteri Ambientali Minimi per l'edilizia [17]. Tutti i prodotti della famiglia RENOVA sono inoltre dotati di dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) dalla quale emerge una ridotta emissione di CO₂ in fase produttiva (A1 – A3) legata alla particolare tecnica

estrattiva dell'inerte utilizzato, dettaglio che emerge dallo studio del LCA svolto dall'Università Degli Studi di Trento. I prodotti della linea RENOVA formano quattro sistemi che rispondono alle più comuni tipologie di lavorazione riscontrabili in cantiere nell'ambito del ripristino e del rinforzo di elementi strutturali in calcestruzzo armato. Il sistema **Ripristino CLS** è sviluppato per la riparazione volumetrica di elementi in cemento armato degradati e si articola in 3 varianti. Ipotizzando in questi casi la presenza di barre di armatura esposte, o che vengono esposte a seguito della rimozione del calcestruzzo ammalorato, tutte le varianti prevedono l'utilizzo del passivante **RENOVA OXI**, da applicare previa rimozione delle porzioni di ossido presenti mediante spazzolatura o sabbiatura. Nel caso di corrosione severa è tuttavia sempre consigliabile la sostituzione delle barre di armatura o l'aggiunta di armature, specialmente nei casi in cui il processo ossidativo sia stato promosso da cloruri. Questi sono infatti in grado di innescare il pericoloso fenomeno del pitting, corrosione localizzata che comporta anche significative riduzioni della sezione dell'acciaio e di più rapido sviluppo rispetto alla corrosione indotta da carbonatazione. Le varianti di sistema differiscono per il tipo di materiale da apporto utilizzato. La variante a prodotto unico propone l'utilizzo di **RENOVA**, malta tixotropica applicabile in spessori compresi tra 3 e 40 mm. RENOVA è marcato CE in accordo alla UNI EN 1504 – 2 [7] ed alla UNI EN 1504 – 3 [8] in classe R4. In alternativa, le varianti per applicazioni in alto spessore prevedono l'utilizzo delle malte tixotropiche **RENOVA TIXO** o **RENOVA MEC**, entrambe coperte da marcatura CE in classe R4 secondo la UNI EN 1504 – 3 [8]. In questo caso è prevista la finitura superficiale con il rasante protettivo **RENOVA FINISH**, marcato CE secondo la UNI EN 1504 – 2 [7], in modo da garantire la protezione contro l'ingresso di agenti esterni e per il controllo dell'umidità.



Figura 4. Applicazione del passivante RENOVA OXI



Figura 5. Applicazione di RENOVA MEC, a seguito del passivante RENOVA OXI, per il ripristino volumetrico di un pilastro in calcestruzzo armato.

Il sistema **Ringrosso CLS** rappresenta invece la proposta Tassullo per la realizzazione di interventi volti al rinforzo strutturale mediante incremento di sezione degli elementi resistenti, come nel caso delle incamiciature in calcestruzzo armato. Questo tipo di intervento permette sia di incrementare le dimensioni della sezione resistente sia di aggiungere armature integrative inglobandole nel nuovo getto. Anche qui la proposta è versatile e si adatta alle diverse esigenze di cantiere. Sono infatti disponibili 3 diverse varianti, 2 delle quali realizzate con prodotti colabili ed una terza che prevede l'utilizzo di prodotto tixotropico applicabile a macchina. Le versioni con prodotto colabile si differenziano tra loro in base allo spessore massimo di applicazione ed alle proprietà meccaniche dei prodotti utilizzati. **RENOVA FLUID HP** è una malta colabile ad alte prestazioni e pompabile a macchina in spessori che non superano i 5 cm, mentre **RENOVA FLUID** permette applicazioni fino a 15 cm di spessore senza richiedere l'aggiunta di ghiaia o di altri componenti in cantiere, operazione questa che farebbe decadere qualsiasi tipo di certificazione. Per le situazioni nelle quali le esigenze di cantiere richiedono l'utilizzo di una malta

tixotropica la variante di sistema adatta si basa sull'utilizzo del betoncino tixotropico **RENOVA MEC**, applicabile a mezzo di macchina intonacatrice tradizionale a ciclo continuo. Questa variante è maggiormente indicata per applicazioni a parete e laddove non si possano eseguire le lavorazioni accessorie per il getto del prodotto colabile (casseratura a tenuta, fori per il getto nel solaio superiore). Tutte e tre le varianti del sistema Ringrosso CLS prevedono la rasatura finale con il prodotto **RENOVA FINISH** che garantisce la protezione contro l'ingresso di agenti esterni ed il controllo dell'umidità. I prodotti proposti sono marcati CE in classe R4 secondo la Norma EN 1504-3.

L'ancoraggio di armature integrative nel calcestruzzo esistente (ad esempio nella realizzazione di incamiciature per il posizionamento delle barre di ripresa e per l'inserimento di cuciture tra il calcestruzzo esistente e il nuovo) può essere eseguito con il sistema **Inghisaggio CLS**, anch'esso declinato in 3 diverse varianti. Queste ultime differiscono tra loro per via dell'ancorante utilizzato: **RESINA VE**, **CARBON EPOX** oppure **RENOVA CONNECT**. **RESINA VE** è una resina bicomponente vinilestere senza stirene fornita in cartucce predosate e garantisce la massima rapidità di applicazione e di sviluppo delle resistenze. **CARBON EPOX** è una resina epossidica bicomponente, mentre **RENOVA CONNECT** è una miscela cementizia specifica per l'ancoraggio di barre di armatura nel calcestruzzo.

Il sistema **Rasatura CLS** è invece pensato per tutte quelle applicazioni che non richiedono un ripristino volumetrico ma piuttosto la sola rasatura superficiale del calcestruzzo. In questi casi è possibile utilizzare **RENOVA FINISH** oppure, nel caso di superfici maggiormente irregolari, **RENOVA**. Quest'ultimo permette infatti anche di regolarizzare le superfici, grazie alla sua capacità di coprire spessori variabili tra 3 e 40 mm. Per le applicazioni che richiedono invece la protezione nei confronti dell'attacco chimico severo è invece possibile utilizzare il prodotto cementizio bicomponente **HYDRO STOP** della linea **AQUA**, prodotto marcato CE secondo la UNI EN 1504 – 2 [7].

Tutti i prodotti che compongono i sistemi Tassullo sono marcati CE in accordo alle pertinenti parti della Norma UNI EN 1504 o, nel caso della **RESINA VE**, in possesso di marcatura CE sulla base di ETA per applicazione di barre di armatura post-installate e di barre filettate nel calcestruzzo esistente.

I prodotti **CARBON** – sistemi **FRP**

In aggiunta ai prodotti premiscelati in polvere la proposta tecnica Tassullo indirizzata alle strutture in cemento armato comprende nuovi sistemi compositi a matrice polimerica **FRP** conformi alla Linea Guida Ministeriale [21]. I sistemi sono stati sviluppati considerando le tipologie di rinforzo più ricorrenti nell'ambito degli edifici e puntando alla massima versatilità, efficienza e facilità applicativa. Si tratta nello specifico di 3 sistemi impregnati in situ a matrice epossidica con tessuti in fibra di carbonio ad alta resistenza. I sistemi utilizzano la stessa matrice **CARBON EPOX**, resina epossidica bicomponente specificamente studiata in termini di viscosità al fine di massimizzarne le capacità impregnanti senza presentare fenomeni di colatura nelle applicazioni su supporti verticali o a soffitto. **CARBON EPOX**, in combinazione con i tessuti con costruzione a 24k, permette di semplificare le operazioni di laminazione in cantiere garantendo ottimi risultati in termini di impregnazione delle fibre. Per questi sistemi la corretta impregnazione in cantiere è infatti fondamentale al fine di assicurare l'efficacia dell'intervento e la sua rispondenza alle prescrizioni progettuali. La proposta Tassullo comprende 2 sistemi con tessuti monodirezionali ed un sistema con tessuto quadriassiale. **FRP CARBON 300** ed **FRP CARBON 600** sono sistemi monodirezionali con tessuti da 300 g/m² (**ARMIS CARBON 300**) e da 600 g/m² (**ARMIS**

CARBON 600) rispettivamente e sono adatti per la realizzazione di rinforzi a flessione ed a taglio di travi e di pareti oltre che per il confinamento di pilastri. FRP CARBON QUAD è un sistema realizzato con tessuto quadriassiale da 380 g/m² con fibre disposte nelle direzioni 0°, 90°, ±45° ed è indicato per le casistiche dove è prevista la presenza di stati di sollecitazione piana con sforzi diretti lungo più direzioni, come per i pannelli nodali. In abbinamento ai sistemi FRP è possibile utilizzare il primer **CARBON FIX** da stendere sul supporto prima dell'applicazione della resina (operazione sempre consigliabile per favorire l'adesione del composito al supporto). Per le casistiche dove è necessario prevedere connessioni puntuali con il supporto la famiglia CARBON comprende la corda in fibra di carbonio ad alta resistenza **ARMIS CARBON JOINT** da utilizzare in abbinamento con CARBON EPOX per l'impregnazione e per l'inghisaggio al supporto. ARMIS CARBON JOINT è disponibile in diametri compresi tra 8 e 12 mm e viene fornita in bobine di 10 m di lunghezza, massimizzando la versatilità e permettendo di realizzare connessioni di varie lunghezze. I sistemi FRP Tassullo sono in possesso di Valutazione Tecnica Europea (ETA) e rientrano nella classe prestazionale 210 C come definita dalla Linea Guida Ministeriale [21].

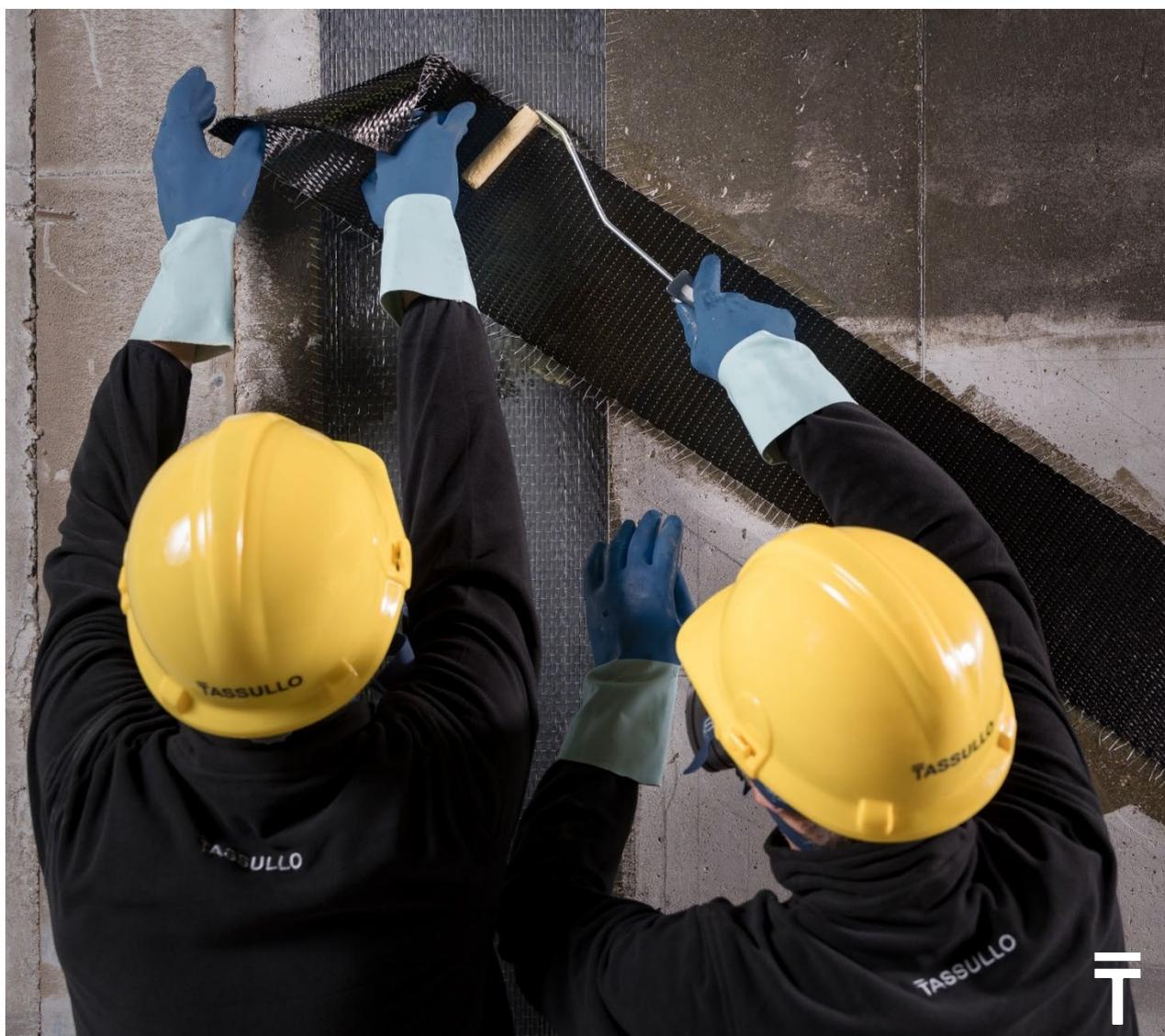


Figura 6. Applicazione del tessuto CARBON pre-impregnato, in un sistema FRP

RIFERIMENTI

- [1] Ente Italiano di Normazione, UNI (2021). “UNI EN 206. Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”. UNI EN 206:2021.
- [2] Ente Italiano di Normazione, UNI (2016). “UNI 11104. Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206”. UNI 11104:2016.
- [3] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, MIT (2018). “D. M. 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- [4] Ente Italiano di Normazione, UNI (2024). “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici, ponti e strutture di ingegneria civile”. UNI EN 1992-1-1:2024.
- [5] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, MIT (2018). “Circolare 21 gennaio 2019 n°7, Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- [6] Ente Italiano di Normazione, UNI (2005). “UNI EN 1504-1. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 1: Definizioni”. UNI EN 1504-1:2005.
- [7] Ente Italiano di Normazione, UNI (2005). “UNI EN 1504-2. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo”. UNI EN 1504-2:2005.
- [8] Ente Italiano di Normazione, UNI (2006). “UNI EN 1504-3. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 3: Riparazione strutturale e non strutturale”. UNI EN 1504-3:2006.
- [9] Ente Italiano di Normazione, UNI (2005). “UNI EN 1504-4. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 4: Incollaggio strutturale”. UNI EN 1504-4:2005.
- [10] Ente Italiano di Normazione, UNI (2013). “UNI EN 1504-5. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 5: Iniezione del calcestruzzo”. UNI EN 1504-5:2013.
- [11] Ente Italiano di Normazione, UNI (2007). “UNI EN 1504-6. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 6: Ancoraggio dell’armatura di acciaio”. UNI EN 1504-6:2007.
- [12] Ente Italiano di Normazione, UNI (2007). “UNI EN 1504-7. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 7: Protezione contro la corrosione delle armature”. UNI EN 1504-7:2007.
- [13] Ente Italiano di Normazione, UNI (2016). “UNI EN 1504-8. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 8: Controllo di qualità e valutazione e verifica della costanza di prestazione (AVCP)”. UNI EN 1504-8:2016.
- [14] Ente Italiano di Normazione, UNI (2009). “UNI EN 1504-9. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 9: Principi generali per l’utilizzo dei prodotti e dei sistemi”. UNI EN 1504-9:2009.
- [15] Ente Italiano di Normazione, UNI (2017). “UNI EN 1504-10. Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori”. UNI EN 1504-10:2017.
- [16] Ente Italiano di Normazione, UNI (2020). “UNI PDR 88. Requisiti di verifica del contenuto di riciclato e/o recuperato e/o sottoprodotto, presente nei prodotti. UNI PDR 88:2020.
- [17] Ministero Della Transizione Ecologica (2022). “Decreto Ministeriale 23 Giugno 2022. Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi.” DM 256 del 23/06/2022.
- [18] Servizio Tecnico Centrale, STC (2009). “Linee guida per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP”.
- [19] Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR (2014). “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”.

- [20] Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR (2024). “CNR-DT 200 R2/2024, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati”. *Versione del 20/11/2024 sottoposta a inchiesta pubblica*.
- [21] Servizio Tecnico Centrale, STC (2019). “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”.