



MESSA IN SICUREZZA E INTERVENTI DI RISANAMENTO DEL PONTE SAN FELICE CON FRP E MALTE TECNICHE CAM COMPLIANT- FIBRE NET

AUTORI: Ufficio tecnico commerciale B.U. Infrastrutture Fibre Net

La manutenzione e la messa in sicurezza delle infrastrutture in calcestruzzo armato o muratura richiedono soluzioni all'avanguardia. I materiali fibrorinforzati offrono risposte efficaci per garantire durabilità e resistenza. Questo articolo presenta motivazioni e i vantaggi dell'intervento sul Ponte San Felice eseguito con malte tecniche e sistemi FRP di Fibre Net.

Il ponte San Felice rappresenta un caso significativo nel panorama del ripristino, rinforzo e protezione di opere d'arte esistenti attraverso interventi straordinari di manutenzione in cui la Divisione Infrastrutture Fibre Net ha fornito una serie completa di soluzioni d'intervento: il consolidato know how sull'utilizzo degli FRP è stato integrato con indicazioni sull'utilizzo di prodotti e malte tecniche appositamente sviluppati dall'azienda per rispondere alle più stringenti esigenze dei gestori stradali. Fibre Net ha da tempo iniziato un processo volto allo sviluppo di prodotti conformi ai criteri CAM in modo da garantire interventi rispettosi delle normative ambientali e compatibili con i requisiti del PNRR.



Fig. 1 Il Ponte San Felice si trova in provincia di Belluno e collega i comuni di Borgo Valbelluna e Sedico. La struttura, inaugurata nel 1930, è composta da 8 campate ad arco delle dimensioni cadauna di circa 38m x 8m per una lunghezza totale di 302m; l'altezza varia dai 9 ai 13m.

Circa 15 anni or sono, il manufatto è stato oggetto di un importante intervento di ristrutturazione attraverso il rifacimento della carreggiata, la realizzazione di una pista pedonale-ciclabile e l'esecuzione di primo rinforzo strutturale mediante la costruzione di setti e pilastri fra le arcate; oggi, con il progredire delle azioni di degrado provocate dalla severa esposizione ambientale ed in considerazione del forte volume di traffico che quotidianamente transita su questa struttura nonché dell'importanza che riveste questa arteria stradale, si è reso necessario intervenire nuovamente



INDAGINI DI DIAGNOSTICA: DANNI E DEGRADO DEL PONTE SAN FELICE

Tutte le indagini di diagnostica condotte sul ponte hanno messo in evidenza un degrado riconducibile ad una pluralità di concause che vanno da difetti di costruzione, come ad esempio lo scarso copriferro, fino alla mancata gestione delle acque piovane che hanno agevolato l'ingresso di agenti aggressivi nel calcestruzzo. Tipicamente quest'ultimi sono riconducibili a danni da esposizione all'anidride carbonica e alla penetrazione dei cloruri.



Figg. 2 e 3 Particolari di degrado della struttura prima dell'intervento

Come ricorda il Prof. Felitti in "[Penetrazione dei cloruri nelle strutture in calcestruzzo armato](#)", i cloruri sono anche presenti artificialmente nei sali disgelanti e, laddove utilizzati, rendono particolarmente esposte a degrado tutte le opere in c.a. di tipo autostradale e le pavimentazioni esterne. I cloruri, oltre ad aggredire le barre di armatura, possono danneggiare in modo diretto anche il calcestruzzo. La corrosione delle barre di armatura ad opera dell'anidride carbonica o dei cloruri è un processo elettrochimico molto complesso che si manifesta in presenza di ossigeno e di acqua. In queste condizioni, il ferro metallico si trasforma chimicamente in ossido o idrossido di ferro formando la cosiddetta ruggine. È importante distinguere l'azione dell'anidride carbonica, che distrugge completamente il film protettivo delle barre provocando corrosione diffusa, dall'azione dei cloruri che provocano una corrosione localizzata. Mentre in "Come riconoscere e contrastare la carbonatazione nelle strutture in c.a." lo stesso autore evidenzia che "quando l'anidride carbonica viene a contatto con i manufatti in calcestruzzo armato, neutralizza i componenti alcalini presenti nel calcestruzzo e il pH passa da valori >13 a valori <9 , riducendo il pH del calcestruzzo "fisiologicamente" basico. Tale processo è noto come carbonatazione. Essa non produce danni direttamente al calcestruzzo ma, riducendo il pH della soluzione nei pori, comporta che questo non assicuri le condizioni di passività alle barre di armatura predisponendo le condizioni chimico-fisiche favorevoli alla corrosione delle stesse. Quando la carbonatazione penetra l'intero spessore del copriferro, il film protettivo (ossido ferrico) delle barre di armatura diventa poroso ed incoerente e non è più in grado di bloccare l'ingresso dell'ossigeno e dell'acqua al substrato metallico. Il ferro si trasforma in ruggine, con aumento di volume pari a circa 4 volte il volume del ferro non corroso e il copriferro si fessura".

Entrambe queste azioni sul ponte di San Felice hanno provocato la forte ossidazione delle armature, tanto da determinare la scomparsa delle staffe in alcune zone, e l'espulsione di ampie porzioni di copriferro, suggerendo quindi un articolato intervento di riparazione, rinforzo strutturale e protezione delle opere in calcestruzzo armato del ponte.



SOLUZIONI INTEGRATE PER L'INTERVENTO DI RIPRISTINO DELL'INFRASTRUTTURA

Una delle principali scelte progettuali ha riguardato il miglioramento della capacità portante degli elementi strutturali attraverso l'impiego di sistemi FRP. Questi materiali compositi fibro-rinforzati, oltre a garantire eccellenti prestazioni meccaniche, offrono un'elevata resistenza alla corrosione e una notevole facilità di applicazione, risultando ideali per interventi di ripristino e adeguamento.

Come evidenziato anche nell'articolo del Prof. Raffaele Poluzzi, "[Tecnologie e interventi mirati per la riqualificazione funzionale e antisismica di alcuni ponti esistenti in c.a.](#)", l'utilizzo di soluzioni in carbonio rappresenta una strategia efficace per il ripristino strutturale, l'incremento dei carichi e il miglioramento statico e sismico di ponti. Questi interventi riducono le sollecitazioni a deformazione e flessione, migliorano le prestazioni degli elementi con armature degradate o insufficienti, e garantiscono durabilità nel lungo periodo

Nodi trave-pilastro, arconi e soletta sono stati oggetto di rinforzo strutturale con tessuti e reti in fibra di carbonio ad alta tenacità ed alto modulo abbinati a resine epossidiche termoindurenti [della linea BETONTEX di Fibre NET](#). Per il risanamento del calcestruzzo, sia nelle zone da rinforzare con FRP che in ogni altra porzione di struttura degradata, sono stati selezionati ed utilizzati prodotti afferenti alle linee tecniche **Struttura, Integra, Protection** di Fibre Net; in particolare è stata utilizzata una malta passivante contro la corrosione dei ferri d'armatura seguita dalla ricostruzione con una malta strutturale tixotropica di tipo CC classe R4 e successiva posa in opera di malta da rasatura e ciclo protettivo di finitura.

Tutti i materiali impiegati rispondono ai requisiti progettuali e sono conformi ai capitolati tecnici dei principali gestori stradali e ferroviari, rendendoli ideali per interventi di ripristino e adeguamento di elementi in conglomerato cementizio armato, precompresso e opere in muratura.

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E DELLE FASI DI LAVORAZIONE

All'esito delle indagini per il riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado e con l'intento di prolungare la vita utile della struttura e al contempo garantire la massima durabilità dell'intervento di ripristino, sono state individuate le aree su cui intervenire e gli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare. Le tecniche di intervento, definite in funzione del tipo di elemento strutturale (orizzontale o verticale), degli spessori e dell'estensione dell'intervento, unitamente ai requisiti dei materiali per prestazioni e durabilità, tutte le lavorazioni sono state divise nelle opportune fasi, partendo dalla preparazione e dall'asportazione delle parti incoerenti o in fase di distacco del calcestruzzo, passando poi per le fasi di ripristino e rinforzo strutturale con FRP per concludersi con la posa della malta di finitura e del rivestimento protettivo.



Figg.4, 5 e 6 Asportazione del calcestruzzo ammalorato e successiva passivazione dei ferri d'armatura



RIPRISTINO E RICOSTRUZIONE DEL CALCESTRUZZO CON MALTE TECNICHE FIBRE NET

Tutte le parti in calcestruzzo deteriorato della struttura, inclusi pilastri, travi e arconi in cemento armato, sono state trattate con un intervento mirato: rimozione delle porzioni ammalorate, pulizia delle armature esposte e applicazione della malta passivante [INTEGRA FERRO - FR 718](#). Successivamente, le porzioni di copriferro sono state ricostruite utilizzando [STRUTTURA TIXO - TX 500](#), una malta cementizia strutturale tixotropica espansiva ad alte prestazioni meccaniche, di tipo CC e classe R4 secondo UNI-EN 1504-3, in linea con le specifiche del progettista.



VANTAGGI DELL'INTERVENTO CON MALTE TECNICHE FIBRE NET

- La scelta di utilizzare una malta espansiva in aria fibrorinforzata di classe R4 è stata guidata dalla necessità di garantire di eseguire interventi durevoli, affidabili e con una buona rapidità di messa in esercizio delle strutture, garantendo la resistenza agli agenti atmosferici ed ai cicli di gelo disgelo.
- STRUTTURA TIXO - TX 500 con il suo contenuto di micro-fibre sintetiche e macro-fibre inorganiche, ha permesso di eliminare la rete di contrasto grazie alla matrice di armatura diffusa ed estremamente efficace nel controllo dell'espansione in fase plastica e nell'incremento della resistenza a flessione.

RINFORZO STRUTTURALE DEGLI ELEMENTI DEL PONTE MEDIANTE L'UTILIZZO DI FRP FIBRE NET

I nodi in cemento armato sono stati rinforzati mediante l'applicazione di tessuti e reti in fibra di carbonio ad alta resistenza, abbinati a resine epossidiche termoindurenti della linea BETONTEX. Questo intervento di cerchiatura con placcaggio fibrorinforzato ha consentito di migliorare significativamente la capacità portante degli elementi strutturali, incrementandone la resistenza a trazione e a taglio, e aumentando la duttilità complessiva per un confinamento ottimale. La soluzione di rinforzo degli arconi, nelle porzioni indicate dal progettista, è stata individuata mediante la cerchiatura con tessuto uniassiale in carbonio allo scopo di incrementarne la resistenza a taglio, mentre per l'intradosso della soletta di impalcato è stata applicata come rinforzo una rete biassiale e connettori sempre in fibra di carbonio, il tutto utilizzando elementi del sistema FRP.

Il rinforzo degli arconi, eseguito nelle aree individuate dal progettista, è stato realizzato tramite tessuto uniassiale in carbonio, progettato per potenziare la resistenza a taglio. Per l'intradosso della soletta dell'impalcato, invece, si è adottata una rete biassiale in fibra di carbonio abbinata a connettori dello stesso materiale, sfruttando le potenzialità del sistema FRP. Questa soluzione si è dimostrata tecnicamente efficace e ha rappresentato una valida alternativa ai tradizionali interventi con ferri d'armatura inghisati e successiva applicazione di malte cementizie.

A completamento delle operazioni di rinforzo, sono stati utilizzati connettori e fiocchi in carbonio ad alta tenacità per garantire l'ancoraggio meccanico dei sistemi alla struttura, in piena coerenza con le specifiche progettuali.



VANTAGGI DELL'INTERVENTO CON FRP FIBRE NET

- L'attenta valutazione in fase progettuale delle quantità e della disposizione delle fibre ha consentito di ottimizzare le proprietà meccaniche del rinforzo secondo le necessità di miglioramento richieste.
- La scelta di utilizzare tessuti in carbonio da impregnare in situ ha permesso il facile e rapido adattamento alle geometrie complesse ed irregolari della struttura, consentendone l'agevole applicazione.



Figg. 7 e 8 dettagli del sistema FRP BETONTEX applicato in situ

FINITURA E PROTEZIONE

Ad ulteriore incremento della vita di servizio della struttura grazie alla sua maggior protezione dalle azioni aggressive ambientali, l'intervento si è concluso con la posa in opera su tutte le superfici, ripristinate e non, di [**STRUTTURA RASO FINO – RF 114**](#) una malta da rasatura, finitura e protezione di elementi in calcestruzzo, di classe R1 e tipo PCC, indicata per la protezione superficiale contro i rischi di penetrazione (PI), nonché del primer acrilico [**PROTECTION PRIMER – P 105AC**](#) e della finitura protettiva acrilica anticarbonatazione elastomerica [**PROTECTION FINISH – F 140AC**](#) nella colorazione RAL 7032.

Stazione appaltante: Veneto Strade S.p.A. – Viale Paolucci, 34 – 30175 Marghera (VE)

Progettista: Proto Studi - Piazza San Valentino – 54/7 - 33031 Basiliano (UD)

Direzione dei Lavori: Veneto Strade S.p.A. – Direzione Distaccata di Belluno

Impresa Esecutrice: Deon SPA – Via degli Agricoltori, 13 – 32100 Belluno (BL)



Fibre Net sviluppa e produce in Italia **sistemi certificati di rinforzo strutturale** che trovano utilizzo nell'ambito degli interventi di risanamento, ripristino e miglioramento del patrimonio infrastrutturale esistente; ogni giorno traduce le esigenze progettuali ed esecutive della committenza sviluppando soluzioni tecniche e prodotti, anche customizzati, **in grado di rispondere efficacemente alle differenti problematiche del cantiere**. Grazie ad una solida competenza progettuale ed esecutiva, l'azienda coniuga know-how tecnico e tecnologico ad un'ampia capacità produttiva di prodotti e di sistemi di rinforzo in FRP, unitamente a malte tecniche di ripristino e consolidamento.

La divisione Infrastrutture di **Fibre Net** non si occupa solo di sviluppo di prodotto, ma fornisce anche **servizi aggiuntivi utili a migliorare il processo applicativo** attraverso il supporto al personale tecnico e alle maestranze sia in fase di formazione che di assistenza in cantiere coadiuvando l'impresa nelle operazioni di preparazione e di posa in opera dei materiali. Il servizio **Fibre Net** prevede, inoltre un'accuratissima **programmazione logistica** che gioca un ruolo importante nel procedere dei lavori.

L'azienda mette a disposizione dei propri partners **laboratori, attrezzature e competenza** per l'esecuzione di prove, anche on-site, per la diagnosi delle problematiche, per la caratterizzazione meccanica e chimica di materiali e cicli di intervento. Inoltre, sviluppa attività di **ricerca e sperimentazione** in collaborazione con università, istituti di ricerca ed enti indipendenti. Da queste sinergie derivano attività di validazione e certificazione di prodotti e sistemi a supporto del progettista, DL e committenza in accordo con le normative nazionali ed europee.

Fibre Net concorre alla **sostenibilità ambientale** realizzando prodotti a basso impatto, sviluppati per ridurre il consumo energetico, compatibili e riciclabili, facili da trasportare e movimentare.