

LA MANUTENZIONE DEI GIUNTI DEL VIADOTTO DEI PARCHI

UN ECCELLENTE ESEMPIO DI DURABILITÀ NEL RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO ARMATO

Il territorio metropolitano milanese, con la realizzazione della Tangenziale Est di Milano seppur a metà degli anni Settanta, riesce a dotarsi di un sistema viabilistico all'avanguardia, predisposto per la percorrenza veloce, capace di collegare complessivamente tutte le cinque tratte autostradali convergenti sulla città di Milano. Nei piani dei Progettisti, la Tangenziale Est di Milano è quindi il naturale proseguimento della Tangenziale Ovest, creando - insieme alle altre autostrade (A4, A1, A8/A9) - un nuovo sistema stradale ortogonale che verrà potenziato ed esteso ulteriormente a partire dagli anni Novanta.

La realizzazione della Tangenziale Est è stata complessa a causa dell'elevata urbanizzazione del territorio attraversato, dei conseguenti vincoli posti dai vari Piani regolatori comunali e in parte dal tracciato. Sono, infatti, state necessarie notevoli opere di attraversamenti stradali e ferroviari, realizzati spesso senza interrompere la funzionalità dei collegamenti preesistenti. Nell'Ottobre del 1971 è aperto al traffico il primo tratto della Tangenziale Est di Milano: il manufatto principale della nuova arteria viaria è il viadotto dei Parchi, un'opera imponente che si sviluppa in sopraelevata da viale Forlanini per oltre 3 km.

Il viadotto dei Parchi è tra i più lunghi della Lombardia. Esso è stato costruito tra il 1968 e il 1973 circa e successivamente negli anni novanta sono stati eseguiti i lavori di ampliamento a tre corsie per senso di marcia allargando il viadotto stesso dalla parte interna.

La struttura è stata concepita come una serie, praticamente indefinita, di telai zoppi appoggiati l'un l'altro attraverso una sella di appoggio di tipo Gerber. Gli apparecchi di appoggio, che di fatto materializzano il punto di momento nullo, sono in gomma neoprene. Il viadotto nella parte sottostante, in prossimità del giunto trasversale, ha manifestato nel tempo fenomeni di corrosione.

Mentre le pile sono realizzate in c.a. ordinario, l'impalcato è invece precompresso sia longitudinalmente che trasversalmente e caratterizzato da una notevole concentrazione di ferri di armatura.



1.

LA MANUTENZIONE DEL VIADOTTO DEI PARCHI

Stante dunque la difficoltà oggettiva di eseguire interventi di manutenzione su parti d'opera così nevralgici e purtroppo non facilmente accessibili, si è deciso di effettuare un intervento "tecnologicamente avanzato" che potesse sopperire alla difficoltà concreta di eseguire interventi di manutenzione ordinaria. In tale ottica la Società Milano Serravalle-Milano Tangenziali, da sempre attenta all'equilibrio tra la necessaria manutenzione e il minor disagio alla circolazione autostradale, dopo numerose analisi e prove ha deciso di intervenire nella parte sottostante il giunto realizzando la cosiddetta "protezione catodica galvanica". La corretta progettazione, realizzata sulla base di un'attenta indagine delle cause del degrado, l'utilizzo di materiali di primissima qualità e tecnologicamente testati, rappresentano elementi irrinunciabili in un contesto infrastrutturale di elevato utilizzo.

LA DIAGNOSI DEL DEGRADO

L'obiettivo principale dell'indagine è stato quello di evidenziare fino a che punto la corrosione, partendo dai giunti di dilatazione, si sia estesa alle barre di rinforzo e se abbia aggredito i sistemi di ancoraggio delle barre di precompressione. Per fare ciò si scelto di utilizzare la tecnica della mappatura, un'indagine di tipo non distruttivo che attraverso l'acquisizione dei dati del potenziale elettrico delle armature (espressi in millivolt), consente di localizzare possibili aree di corrosione.

Nel caso specifico è stata mappata una superficie totale di 1.500 m² al fine di determinare il livello e l'estensione della corrosione in prossimità dei giunti di dilatazione, sia sulla parte originaria del manufatto risalente agli anni Settanta sia sulla parte dell'allargamento degli anni Novanta, oltre che sui coronamenti esterni. A seguito della mappatura, ai fini della verifica dei dati ottenuti, sono state eseguite analisi distruttive su campioni di calcestruzzo prelevati nelle aree oggetto di indagine e sono stati verificati i livelli di carbonatazione ed il contenuto dei cloruri.

La superficie esaminata corrisponde a circa il 10% di quella totale del manufatto e può essere ritenuta un campione rappresentativo per l'intera struttura.

A seguito delle misure in campo, attraverso l'aiuto di un software, è possibile riprodurre su diagrammi a colori la distribuzione delle aree in corrosione, permettendo quindi la loro localizzazione in modo puntuale.

Grazie al costo contenuto di tale tecnica d'analisi e dai risultati prodotti, il metodo è ritenuto molto utile allo scopo di monitorare grandi costruzioni esistenti. Una lettura periodica delle stesse misure si tradurrà in un quadro chiaro e storico del processo di corrosione.

L'espressione dei risultati

I risultati della mappatura del potenziale, del caso in oggetto, sono indicati nella Figura 2, dove il colore di ogni punto di misura indica il range di potenziale misurato. Le zone evidenziate con i colori giallo e rosso indicano una elevata probabilità di corrosione in atto. Come si può notare, l'area si estende per circa 2 metri su entrambi i lati dei giunti di dilatazione.

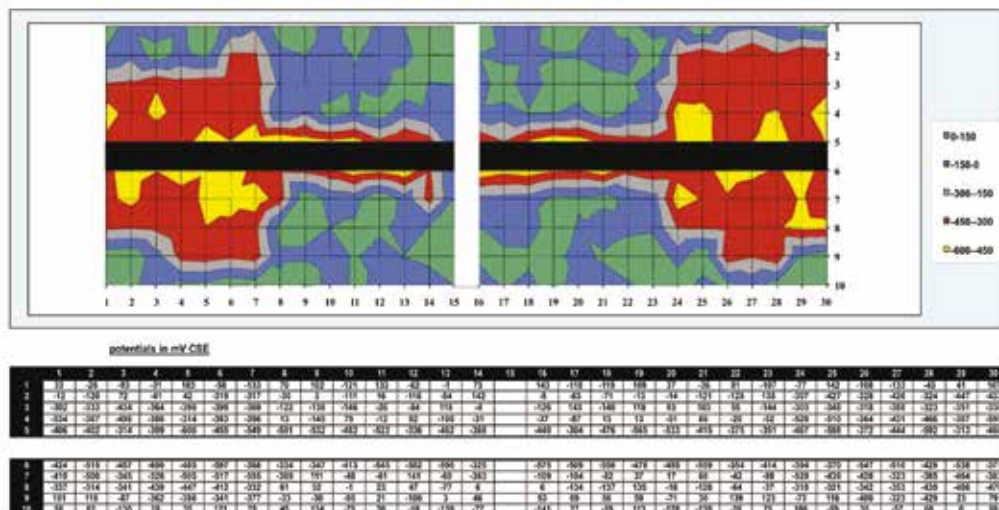
DEFINIZIONI E RISOLUZIONI

Le indagini hanno indicato uno stadio di corrosione avanzata, dovuta principalmente alla presenza di cloruri, confermata anche dalle analisi di laboratorio eseguite sui campioni di calcestruzzo prelevati.

Nello specifico i risultati della mappatura del potenziale hanno evidenziato quanto segue:

1. I cloruri sono penetrati nel calcestruzzo attaccando le armature ed innescando la corrosione. Questo processo si è sviluppato piuttosto rapidamente;
2. l'area delle armature in corrosione è rimasta contenuta mediamente all'interno dei 2 m per lato a cavallo del giunto nella parte più "antica" (viadotto originario anni Settanta), ed entro 0,5 - 1 metro nella parte più nuova (allargamento anni Novanta).

Quando il danno diventa visibile sulla superficie del copriferro, le armature all'interno sono già in uno stato avanzato di corrosione e di conseguenza, a causa di questo fenomeno latente, se non s'interviene in maniera adeguata, si rischia di raggiungere livelli di degrado estremamente elevati.



2. Il diagramma della mappatura di potenziale



3. L'area ove è stata eseguita la misura del potenziale

È per questa ragione che è di fondamentale importanza arrestare o mitigare il processo di corrosione in atto. Una valida soluzione a tale problema è data dall'installazione di un sistema di protezione catodica con il quale è possibile arrestare il processo di degrado.

Questa tecnica prevede l'uso di un materiale "sacrificale" (polo positivo o anodo) che, a contatto con l'acciaio dell'armatura (polo negativo o catodo), si corrode al suo posto, consumandosi lentamente nel tempo e favorendo così la conservazione dei ferri d'armatura e dell'intera struttura. Il sistema funziona in pratica come una batteria dove il calcestruzzo funge da elettrolita. Tali sistemi, sia quello a corrente impressa che richiede l'uso di una fonte di energia elettrica, sia quello di tipo galvanico, che non richiede alcuna fonte di energia esterna, possono arrestare i processi di corrosione in atto sulle armature in acciaio prolungando sensibilmente la vita utile della struttura.

Nel caso specifico è stato previsto un sistema di protezione catodica di tipo galvanico composto da anodi laminari di zinco, conformi alla Norma ISO 12696 "la protezione catodica dell'acciaio nel calcestruzzo". Tale sistema ha la caratteristica di essere facilmente applicabile e fornisce un elevato livello di protezione anticorrosiva grazie alla notevole superficie anodica installata ed esposta all'armatura da proteggere.

I vantaggi riscontrati nell'utilizzo di tale tecnica sono risultati:

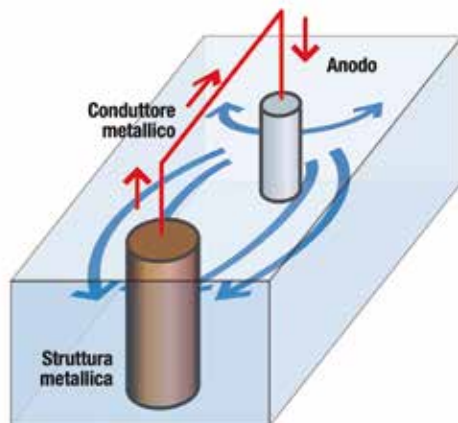
- distribuzione della corrente ottimale;
- nessun costo di manutenzione;
- possibilità di aggiungere anodi sacrificali anche dopo l'installazione;
- nessuna interferenza;
- facilità di installazione.

Inoltre, intervenendo sullo spessore delle lamine, è possibile dimensionare il sistema per una durata utile di funzionamento che va dai 20 ai 50 anni.

Il sistema di protezione ad anodi di sacrificio (anche detto "galvanico") è in questi casi solitamente preferito ai sistemi a corrente impressa in quanto, grazie alla sua bassa "driving force" elettrochimica pari a circa 1 Volt, non costituisce pericolo per tutti gli acciai armonici pretesi ad alta resistenza inclini al fenomeno di infragilimento da idrogeno.

IL RIPRISTINO DI RIPRISTINO

Grazie alla particolare attenzione da parte del gestore dell'opera, si è deciso di intervenire per ripristinare e proteggere in maniera durevole ed innovativa le zone particolarmente degradate della soletta in corrispondenza dei giunti del viadotto.



4. Il principio di funzionamento della protezione catodica

L'impresa Nuove Iniziative S.r.l. di Milano, nel corso del 2015 ha eseguito i lavori di ripristino utilizzando il ciclo d'intervento di seguito descritto.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Dopo un'attenta diagnosi delle cause e dell'estensione del degrado la prima operazione eseguita, è stata la preparazione del supporto. Questa lavorazione è fondamentale per conseguire un risanamento durevole, in quanto necessaria per eliminare materiale inquinato, non coerente ed in fase di distacco.



5. Il supporto in corrispondenza dei giunti preparato mediante idroscarifica manuale

Sono stati rimossi mediamente 2-3 cm di calcestruzzo, dopodiché, su alcuni ferri esposti sono state fissate - tramite saldatura - delle barre (tre per ogni giunto) filettate zincate. Queste fungono da collegamento tra la lamina di zinco, applicata successivamente, e le armature all'interno del calcestruzzo.

IL RIPRISTINO DELLO SPESSORE DI CALCESTRUZZO

Dopo l'idroscarifica, le superfici sono state nuovamente lavate con acqua in pressione, in modo da ottenere un supporto saturo ma asciutto in superficie (condizione s.s.a.), successivamente è stato eseguito il ripristino dell'intradosso della soletta mediante una malta strutturale premiscelata. Nello specifico, è stato molto vantaggioso utilizzare la malta tissotropica strutturale fibrinforzata Mapegrout Easy Flow in quanto in grado di essere pompata per lunghe distanze e notevoli prevalenze, oltre che poter essere applicata a spessore,



6. La miscelazione di Mapegrout Easy Flow, mediante macchina intonacatrice dotata di premiscelatore



7. L'applicazione a spruzzo di Mapegrout Easy Flow e la successiva rifinitura mediante frattazzo

anche a plafone, senza la necessità di posizionare casseri. Mapegrout Easy Flow soddisfa tutte le caratteristiche precedentemente descritte oltre a rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4.

LA PROTEZIONE DEI FERRI D'ARMATURA CON SISTEMA CATTODICO GALVANICO LAMINARE

Gli anodi utilizzati per la protezione dei giunti, composti da una lamina di zinco puro e da un gel elettrolitico che funge anche da adesivo, dopo il collegamento con le armature generano una differenza di potenziale che blocca il processo corrosivo e ne impedisce la sua formazione anche quando l'ambiente circostante è particolarmente aggressivo. Infatti, all'interno della soletta in calcestruzzo armato del viadotto, pur avendo preparato il supporto, non è esclusa la presenza di cloruri penetrati in profondità.

Gli anodi laminari autoadesivi Mapeshield E45 sono stati applicati sulla superficie del calcestruzzo ripristinato e collegati alle armature mediante le barre filettate saldate durante le operazioni di preparazione del supporto. Sono state applicate 6 strisce di Mapeshield E45 per un totale di 1,5 m a destra e a sinistra del giunto.



8. Un particolare del collegamento realizzato mediante barra zincata saldata alle armature preesistenti

Una volta applicate, per garantire la continuità tra una lamina e l'altra, sono state tassellate con chiodi di plastica e di acciaio zincato. Gli anodi Mapeshield E45 proteggono le armature contro la corrosione in accordo con quanto descritto nella Norma ISO 12696, richiamata all'interno del principio 10 della EN 1504-9 per quanto riguarda i sistemi per la protezione delle armature contro la corrosione.



9. Vista d'insieme del giunto protetto con la lamina di zinco autoadesiva Mapeshield E45

LA PROTEZIONE FINALE

Dopo aver applicato tutte le lamine, per evitare infiltrazioni di acqua al di sotto delle stesse, sono stati sigillati tutti i bordi in corrispondenza del giunto con Mapeflex PU 45, sigillante poliuretano elastico.

A protezione della lamina e del calcestruzzo adiacente, a spruzzo mediante pompa intonacatrice dotata di ugello per rasature è stato applicato Mapelastic Guard, rasatura cementizia elastica in grado di incrementare la durabilità della struttura anche in presenza di agenti aggressivi.

Infatti, in questo modo è stato possibile impermeabilizzare gli elementi della struttura contro l'ingresso di nuovi agenti inquinanti, oltre che regolarizzare le superfici.



10. La sigillatura dei bordi esterni delle lamine con Mapeflex PU45



11. L'applicazione a spruzzo di Mapelastic Guard, mediante intonacatrice dotata di ugello per rasature

DATI TECNICI

Stazione Appaltante: Milano Serravalle - Milano Tangenziali SpA

Impresa Appaltatrice: Nuove Iniziative Srl

RUP: Dott. Ing. Giuseppe Colombo

Direzione dei Lavori: Dott. Ing. Guido Ferro

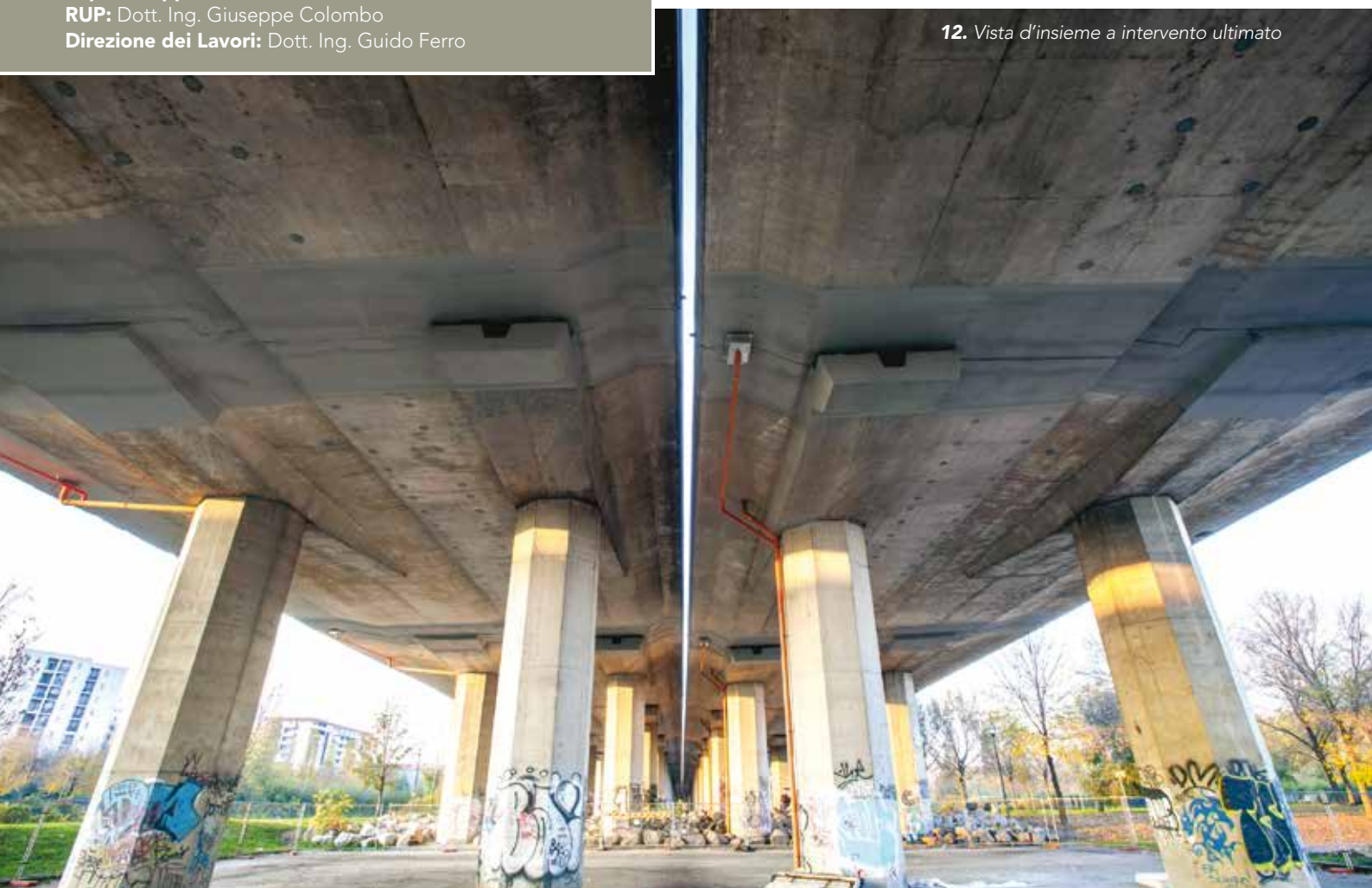
CONCLUSIONI

È importante ribadire le caratteristiche protettive del materiale, certificate da prove eseguite presso importanti laboratori nazionali e internazionali (si veda "S&A" n° 111). Oltre a mantenere inalterata la sua elasticità anche in climi molto rigidi, Mapelastic Guard è molto resistente e protegge efficacemente il calcestruzzo armato sia dalla penetrazione della CO₂ (carbonatazione) sia dei cloruri. La protezione è stata completata applicando la finitura Elastocolor Pittura, vernice elastica protettiva e decorativa a base di resine acriliche in dispersione acquosa, in grado di garantire ulteriore protezione oltre a un grado di uniformità cromatica eccellente. Il sistema Mapelastic ed Elastocolor Pittura è vantaggiosamente utilizzabile su strutture soggette a deformazioni dovute a carichi dinamici e risponde ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 ("Sistemi di protezione della superficie del calcestruzzo") per i rivestimenti (C) secondo i principi PI (protezione contro i rischi di penetrazione), MC (controllo umidità) ed IR (aumento della resistività) definiti nella EN 1504-9. ■

⁽¹⁾ Ingegnere, Responsabile Ufficio Sorveglianza Opere d'Arte e Fabbricati di Milano Serravalle-Milano Tangenziali SpA

⁽²⁾ Ingegnere corrosionista, Consulente per la Metalnastri Srl

⁽³⁾ Ingegnere per l'Assistenza Tecnica Edilizia di Mapei SpA



12. Vista d'insieme a intervento ultimato