Della necessità di manutenzione delle infrastrutture della rete viaria nazionale molto si è già detto e scritto. Alla condizione non felice in cui spesso versano questi grandi manufatti, a causa del loro gravoso utilizzo, talvolta si sommano anche ulteriori situazioni di degrado causate da eventi naturali non prevedibili quali, per esempio, i terremoti.

Tre campate IN SICUREZZA

In caso di eventi sismici, una delle priorità spetta alle operazioni di messa in sicurezza degli edifici e delle strutture danneggiati. Un intervento simile è avvenuto nei pressi di Ancona, con la messa in sicurezza di un viadotto situato ad Arcevia. Questa struttura, denominata ex S.S. 360, è un manufatto realizzato negli anni Sessanta: a seguito dei danni prodotti dal terremoto verificatosi nel settembre 1997 e a causa dello stato di avanzato degrado in cui si trovava l'opera, si è deciso di procedere al ripristino delle sue condizioni d'esercizio e al suo adeguamento sismico.

La struttura del viadotto

Il viadotto è una struttura formata da tre campate semplicemente appoggiate sulle pile: le due laterali sono in cemento armato precompresso, di 36 m di luce; quella centrale è in cemento armato, con luce di 20 m. La lunghezza del viadotto è di circa 100 m, con una larghezza di 9,5 m (di cui 7,5 m per la piattaforma stradale e 2 m per i due marciapiedi). Le due campate in cemento armato precompresso sono costituite da cinque travi a doppia "T" presollecitate con cavi post-tesi ad andamento parabolico, collegate trasversalmente da sette traversi solidali alla soletta.
La campata centrale è costituita da travi a sezione rettangolare da 40x210 cm collegate da cinque traversi. In corrispondenza delle discontinuità della soletta, sulle pile e sulle spalle, in origine erano posizionati i giunti di dilatazione che l'indagine conoscitiva ha permesso di individuare quale causa principale del degrado rilevato sull'impalcato (soletta, testate delle travi e sedi degli appoggi) per le ripetute infiltrazioni di acqua piovana. Anche le pile - realizzate con 8 pilastri di dimensioni 60x60 cm collegati tra di loro trasversalmente da cordoli e dal pulvino di sommità - erano interessate da un avanzato stato di degrado che aveva prodotto i fenomeni

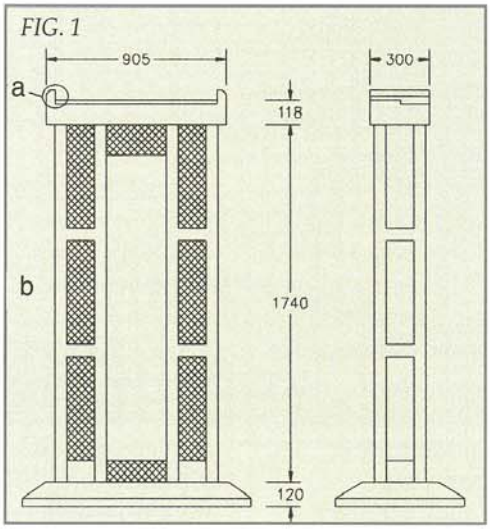


Figura 1 - Adeguamento sismico delle pile
a: ritegno sismico
b: getti di nuova esecuzione.

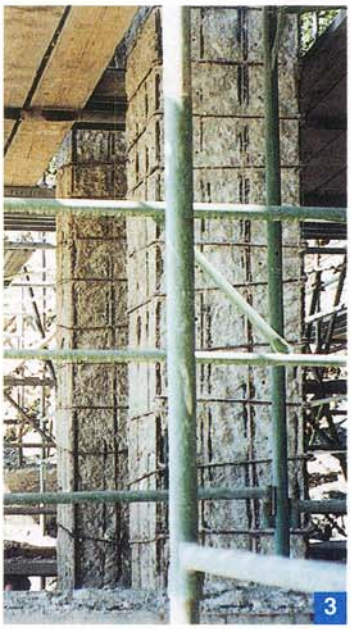


Foto 1. Il viadotto prima dell'intervento: la sua struttura presenta ancora la conformazione a pilastri.

Foto 2. Per l'adeguamento sismico delle pile è stato scelto di realizzare la continuità delle solette sugli appoggi. L'immagine evidenzia lo stato di degrado delle pile dovuto - principalmente - alle pessime condizioni dei giunti di dilatazione originali, ma anche alle sollecitazioni provocate dal terremoto del 1997. In particolare, i fenomeni di degrado più evidenti erano l'affioramento del copriferro e l'ossidazione delle armature.

Foto 3. Rimozione del calcestruzzo degradato.

Foto 4. Una delle prime operazioni di risanamento è stata il trattamento delle armature delle pile: dopo aver rimosso il calcestruzzo ammalorato dalle parti interessate e aver opportunamente agito con una sabbiatura e un lavaggio superficiale, sulle armature è stata applicata una protezione anticorrosiva.

tipici del degrado dei manufatti in calcestruzzo: espulsione del copriferro e ossidazione delle armature.
Analizzate le cause di degrado e condotte le indagini conoscitive preliminari sui materiali costituenti gli elementi strutturali dell'impalcato e delle pile, sono stati predisposti gli interventi di ripristino e di adeguamento sismico. Questi ultimi, messi a punto dall'Ing. Luigino Dezi e dall'Ing. Stefano Niccolini, in qualità di progettisti e direttori lavori, hanno riguardato alcune attività specifiche: il ripristino delle superfici di calcestruzzo degradato; la sostituzione degli appoggi; l'eliminazione dei giunti stradali; l'adeguamento sismico del viadotto mediante il rinforzo delle pile; il collegamento delle campate in soletta e la realizzazione di giunti sismici trasversali e longitudinali; il rifacimento della pavimentazione e la realizzazione dei marciapiedi, dei sicurvia e dei canali.

Il ripristino delle strutture

Per il ripristino delle strutture ammalorate, si è proceduto seguendo una metodologia consolidata: la demolizione del calcestruzzo nelle aree interessate dal degrado, la sabbiatura e la protezione anticorrosiva delle armature interessate dal processo di ossidazione, la ricostruzione delle parti di calcestruzzo asportato con malte a ritiro compensato, la regolarizzazione delle superfici e l'applicazione di uno strato protettivo finale. Tali interventi sono stati eseguiti - nel rispetto delle appropriate tecnologie - dall'impresa G.P.L. Costruzioni Generali di Ancona che, sotto l'attenta direzione tecnica dell'Ing. Mirko Paolini, ha contribuito ad assicurare un risultato ottimale. I materiali utilizzati in questo ciclo di lavorazioni sono stati selezionati nella gamma Mapei per il ripristino del calcestruzzo. Per la protezione delle armature, dopo la sabbiatura e la pulizia delle superfici da elementi incoerenti, è stato applicato MAPEFER*, malta cementizia anticorrosiva composta da polimeri in dispersione acquosa, leganti cementizi e inibitori di corrosione.
L'integrazione delle strutture nelle parti asportate è stata realizzata con MAPEGROUT T60*, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati. La qualità principale di MAPEGROUT T60* è quella di trasformarsi, una volta miscelato, in un impasto molto lavorabile e di consistenza tissotropica, facilmente applicabile su superfici verticali senza bisogno di particolari casserature.
Altro prodotto della linea Mapei utilizzato per il ripristino di zone puntuali è MAPEGROUT BM*, malta cementizia bicomponente a basso modulo che si usa - come in questo caso - per il ripristino corticale di strutture in calcestruzzo ammalorato soggette a piccole deformazioni sotto carico o a cicli termici o esposte a condizioni climatiche avverse.
La regolarizzazione delle superfici è avvenuta con MAPEFINISH*, malta cementizia bicomponente per la finitura del calcestruzzo. Applicato sulle strutture, ha permesso di ottenere nuove superfici regolari sulle quali, successivamente, si è potuto stendere lo strato protettivo finale, realizzato - a completamento del ciclo descritto - con ELASTOCOLOR*, vernice elastica (protettiva e decorativa) per calcestruzzo, a base di resine acriliche in dispersione acquosa. Prima di procedere

alla stesura dello strato finale, le superfici - accuratamente pulite - sono state trattate con PRIMER ELASTOCOLOR*, prodotto che consente di ottimizzare i risultati finali dell'applicazione della vernice protettiva. ELASTOCOLOR* protegge le strutture dagli agenti aggressivi e forma, ad essiccamento avvenuto, una pellicola elastica impermeabile all'acqua (ma, allo stesso tempo, permeabile al vapore).

L'adeguamento sismico

L'adeguamento sismico del viadotto è stato conseguito con interventi sia sull'impalcato che sulle sottostrutture. Per l'impalcato è stato scelto lo schema a "catena cinematica", che si ottiene realizzando la continuità delle solette sugli appoggi (tra una campata e l'altra). A tale scopo, sono stati sostituiti i vecchi appoggi con nuovi elementi in grado di consentire le dilatazioni longitudinali di tutte le estremità delle travi. L'intero impalcato è stato ancorato ad una spalla (lato verso Senigallia), mantenendo un unico giunto sulla pavimentazione stradale in corrispondenza dell'altra spalla (lato Arcevia). Per la sostituzione degli appoggi si è dovuto sollevare l'impalcato - campata per campata - utilizzando dieci martinetti idraulici sorretti da una struttura metallica opportunamente predisposta sulla sommità delle pile e delle spalle, che ne ha contrastato le azioni meccaniche.
I basamenti per i nuovi elementi d'appoggio sono stati realizzati utilizzando MAPEGROUT COLABILE*, malta a ritiro controllato fibrorinforzata indicata per gli interventi d'integrazione di elementi in cemento armato dove le particolari situazioni impongono l'impiego di malte fluide. In corrispondenza della spalla "lato Senigallia", per fronteggiare l'azione sismica longitudinale dell'intero impalcato, è stato realizzato un ritegno (vedi fig. 1) costituito da un blocco di calcestruzzo vincolato a terra con 28 micropali inclinati, nel quale sono state ancorate le armature della soletta. Per quanto riguarda le pile, non essendo esse in grado di fronteggiare le azioni sismiche orizzontali trasversali, come previsto dalla normativa vigente, sono state irrigidite in direzione trasversale mediante inserimento di quattro pareti in cemento armato nelle campate terminali del telaio e due travi di dimensioni 60x150 cm in corrispondenza del plinto di base del pulvino di sommità. Risultato: a intervento eseguito, le pile sono costituite non più da 8 pilastri 60x60 cm, ma da 4 setti di dimensioni 60x260 cm. Sui pulvini delle pile e delle spalle, inoltre, sono stati realizzati due cordoli - uno per ogni lato dell'impalcato - aventi la funzione di ritegni sismici trasversali.
Per questi interventi è stato largamente utilizzato un altro prodotto Mapei:

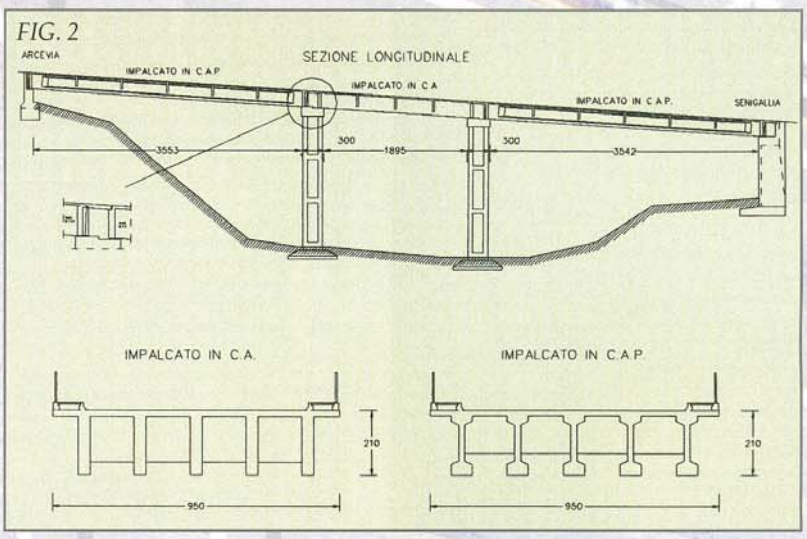


Figura 2. Sezione longitudinale e sezioni trasversali del viadotto.

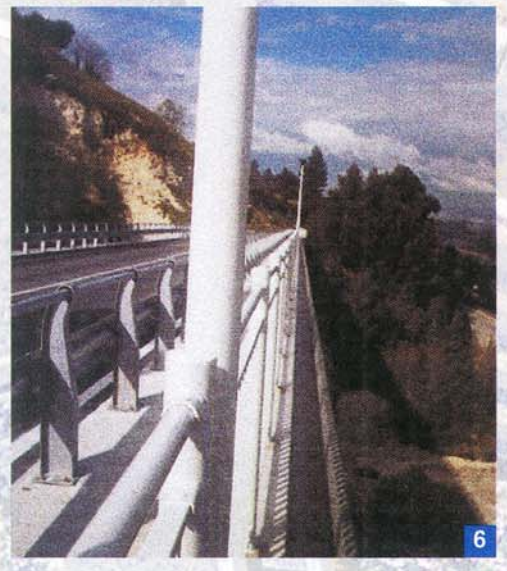
Foto 5. Estradosso della soletta prima della sua sistemazione mediante getto di betoncino a base di STABILCEM.

Foto 6. Per evitare il riaffiorarsi di fenomeni di degrado dovuti al percolamento delle acque meteoriche dall'impalcato, sono stati realizzati due canali di regimentazione in grado di raccogliere e convogliare le

STABILCEM*. È un legante cementizio espansivo superfluido con il quale si ottengono calcestruzzi pompabili di consistenza fluida e superfluida e ad alta resistenza meccanica che non danno luogo a segregazioni. Molta attenzione, poi, è stata posta nelle opere di sistemazione del piano viario e di raccolta e allontanamento delle acque piovane. Per la "regimentazione" delle acque meteoriche sono stati realizzati due canali (uno su ogni lato dell'impalcato) in grado di raccogliere e convogliare le acque del piano stradale in una condotta interrata. Per l'impermeabilizzazione di questi nuovi elementi è stato utilizzato AQUAFLEX*, un prodotto a base di resine sintetiche in dispersione acquosa che, dopo essiccazione, dà origine ad una membrana elastica continua e impermeabile. A completamento delle operazioni d'impermeabilizzazione, si è proceduto alla sigillatura dei giunti dei canali di raccolta utilizzando MAPEFLEX PU30*, un sigillante poliuretanico indicato per la realizzazione di giunti sottoposti ad allungamento d'esercizio non eccessivo.

RM

precipitazioni sul piano stradale in una condotta di scarico.



6

Foto 7. Ultimate le operazioni di cantiere e risolte le situazioni di degrado, gli interventi di adeguamento sismico sono ben evidenti dal confronto con le foto precedenti. In particolare, con la realizzazione di pareti in cemento armato per fronteggiare le azioni sismiche, gli otto pilastri delle pile sono divenuti a tutti gli effetti quattro setti.

**I prodotti citati in questo articolo appartengono alla linea "Prodotti per edilizia". Le relative schede tecniche sono contenute nel CD "Mapei Global Infonet" e nel sito internet "www.mapei.it".*

Mapefer: *malta cementizia anticorrosiva per ferri d'armatura*
Mapegrout BM: *malta cementizia bicomponente a basso modulo per il risanamento del calcestruzzo*
Mapegrout T60: *malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati per il risanamento del calcestruzzo*
Stabilcem: *legante cementizio espansivo superfluido per ottenere boiacche da iniezione, malte, betoncini e calcestruzzi*
Mapegrout Colabile: *malta a ritiro controllato fibrorinforzata per il risanamento del calcestruzzo*
Mapefinish: *malta cementizia bicomponente per la finitura del calcestruzzo*
Elastocolor: *vernice elastica protettiva e decorativa per calcestruzzo a base di resine acriliche in dispersione acquosa*
Aquaflex System: *membrana liquida elastica impermeabilizzante e antifessure*
Mapeflex PU30: *sigillante poliuretanico bicomponente tissotropico.*

SCHEDA TECNICA

Viadotto ex S.S. 360 – Arcevia (An)
Intervento: ripristino strutture e adeguamento sismico
Anno di costruzione: fine anni Sessanta
Anno di intervento: 2000-2001
Committente: Comune di Arcevia (An)
Progetto e Direzione Lavori: Prof. Ing. Luigino Dezi e Dr. Ing. Stefano Niccolini - Ancona
Direttore tecnico di cantiere: Ing. Mirko Paolini
Impresa esecutrice: G.P.L. Costruzioni Generali – Ancona
Prodotti Mapei: MAPEFER, MAPEGROUT BM, MAPEGROUT T60, STABILCEM, MAPEGROUT COLABILE, MAPEFINISH, PRIMER ELASTOCOLOR, ELASTOCOLOR, AQUAFLEX, MAPEFLEX PU30
Coordinamento Mapei: Manuele Borghi, Carlo Campinoti e Luca Consorti