



COMUNE DI SERINO

(Provincia di Avellino)



Messa in sicurezza della strada Turistica
per il Monte Terminio ex SS.574 - 2°lotto

CUP: E47H24001890002

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
art. 41 D.Lgs n. 36/2023

ELABORATO : REL_PON_01_Relazione_stato_conservativo_e_manutentivo

VISTI ED APPROVAZIONI

Approvazione PFTE : D.G.M. n.209 del 17/12/2024
Provincia di Avellino N.O. : 13/12/2024
Validazione RUP : Verbale prot. n.12876 del 17/12/2024
Aggiornamento economico : Determina n. 228/2026

SCALA:

DATA: dicembre 2024

AGG: agosto 2026

RUOLI TECNICI-AMMINISTRATIVI

ANNO 2024

PROGETTISTA PFTE : dott. ing. Antonio Ragano

R.U.P. PFTE : geom. Alfonso Moscariello

ANNO 2026

PROGETTISTA PFTE : dott. ing. Antonio Ragano

R.U.P. PFTE : dott. ing. Vincenza Amoroso

Responsabile IV Settore Tecnico
dott. ing. Vincenza Amoroso

Premessa

Il ponte in oggetto di intervento è un ponte di tipo fisso, avente l'impalcato che poggia su una sottostruttura ad arco in calcestruzzo armato gettato in opera.

Lo schema statico del ponte consente di modulare parte del suo peso e dei suoi carichi in forze orizzontali contrastate dai piedi ad entrambi i lati.

Lo sviluppo dell'arco è circolare (arco di cerchio), mentre il piano viabile è posto al di sopra dell'arco, detto quindi *"a via superiore"*. L'impalcato è sostenuto dall'arco mediante una serie di elementi verticali, sollecitati a compressione (piedritti).

Esso è di tipo ad arco a tre cerniere, il cui funzionamento avviene considerando che la linea di pressione è obbligata a passare per i perni delle cerniere d'imposta e per quello della cerniera in chiave.

Descrizione dello stato di fatto

Il ponte in esame è costituito da una parte centrale ad arco e di due accessi a travi. La sovrastruttura è sorretta da un arco in calcestruzzo armato gettato in opera per la parte centrale, e da pile e traversi per le parti di approccio alle spalle, la cui corda teorica è di 40,70 m circa mentre la freccia teorica è di 14,60m; il raggio interno dell'arco centrale è pari a circa m 20.90; lo spessore varia fino a m 1.20.

L'impalcato, di larghezza complessiva pari a m 7,90 è collegato alla parte curva della struttura a mezzo setti con la parte centrale forata avente sezione costante di cm 40, mentre l'altezza è variabile da m 1,00 a m 7,00;

Allo stato, il ponte si presenta in uno stato conservativo al quanto precario, dovuto alla mancata manutenzione, talchè dall'esame visivo e dai rilievi effettuati in sito, è emerso che le armature sono in uno stato di diffusa ossidazione, ciò a causa della loro esposizione alle azioni disgreganti degli agenti atmosferici.

Inoltre, dagli eseguiti accertamenti e verifiche è stato riscontrato che il calcestruzzo costituente la soletta dell'impalcato si presenta in uno stato di diffuso degrado, per cui necessita di urgenti interventi di manutenzione al fine di non compromettere la stabilità.

I fenomeni di degrado del calcestruzzo sono riconducibili alle infiltrazioni diffusa delle acque meteoriche che sottoposte ai cicli di gelo e disgelo hanno contribuito in modo incidente alla formazione dei riscontrati livelli di degrado.

Inoltre, rileva evidenziare che le ulteriori cause possono ricondursi:

- all'inadeguatezza del sistema di impermeabilizzazione e di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche;
- alla fessurazione ed espulsione del copriferro, peraltro accertato di ridotte dimensioni e quindi particolarmente vulnerabile, a causa della carbonatazione e dell'ossidazione delle barre

Soluzioni di risanamento conservativo

Intervento corticale

Il "ripristino e la protezione" di una "struttura in calcestruzzo armato" è un'operazione che richiede conoscenze specifiche, dalle indagini preliminari per valutare lo stato dell'opera, fino alla realizzazione dell'intervento, con tecniche e materiali idonei. Come in precedenza dedotto lo stato di degrado degli elementi che costituiscono la struttura è aumentato nel corso delle espletate ispezioni visive, dovuti essenzialmente alle azioni degli agenti atmosferici.

Lo stato di corrosione riscontrato nel corso dell'esame ispettivo, è da ricondursi ai fenomeni di carbonatazione e, soprattutto, alla presenza di cloruri che possono realisticamente innescare danni strutturali.

Con la stessa puntualità e scrupolosità devono essere indagati eventuali altri difetti poiché qualora non risolti o sottovalutati, possono compromettere la qualità dell'intervento e, quindi, la sua durata nel tempo, che si traduce inevitabilmente in maggiori costi manutentivi. Diverse sono le soluzioni da impiegarsi per il risanamento e la protezione dei manufatti strutturali, tuttavia i prodotti da utilizzare devono essere in accordo alla norma europea UNI EN 1504 "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo".

Le procedure d'intervento sono ben definite dalla stessa norma e prevedono le seguenti fasi:

- Protezione dei ferri di armatura.
- Risanamento mediante l'impiego di malte cementizie.
- Protezione contro l'ingresso degli agenti aggressivi.

La passivazione dei ferri di armatura, deve essere eseguita con cura in due mani, per uno spessore totale di 2 mm. Al riguardo rileva puntualizzare che se la corrosione è stata generata dalla penetrazione dei cloruri e questi non vengono rimossi completamente qualora la parte posteriore

dei ferri di armatura non venga trattata; il processo di corrosione in presenza di ossigeno ed umidità riprende anche se l'ambiente è alcalino.

È fondamentale perciò, dopo avere definito il loro profilo di penetrazione, rimuovere tutto il calcestruzzo interessato.

Per la riparazione con malte cementizie la norma prevede quattro classi, da classe R1 a classe R4, con prestazioni e caratteristiche differenti.

Tra i vari prodotti disponibili è fondamentale scegliere quelli che hanno la proprietà di impedire il ripetersi del problema e che siano capaci, se richiesto, di ridare alla struttura degradata non solo le caratteristiche meccaniche perse, ma anche quelle fisiche e chimiche, in molti casi purtroppo mai possedute per la dubbia qualità del calcestruzzo impiegato e/o per la carenza di copriferro.

La ricerca, anche per i prodotti cementizi, ha sicuramente fatto importanti progressi nell'ottica di innovare i sistemi esistenti, investendo, in particolare, per la durabilità alla quale è direttamente collegata la sostenibilità.

Il ritiro per esempio è uno dei parametri principali, perché il rischio di avere fessurazioni dello strato applicativo è sempre ricorrente, così come è importante valutarne la compatibilità chimica, fisica e meccanica con il supporto sul quale le malte vengono applicate.

Dal punto di vista fisico-chimico, il processo, è sicuramente complesso ed è paragonabile, per semplificare, all'azione che viene svolta da un curing interno.

Alla stabilità dimensionale si aggiunge inoltre un valore di permeabilità ai cloruri, inferiore a 1×10^{-12} m²/s., caratteristica essenziale per la durabilità.



Fig. 6 e 7 – Intervento di idroscarifica delle pile



Fig. 8 – Risultato dell'intervento di idroscarifica



Fig. 9 – Applicazione di Mapegrout Easy Flow a spruzzo

Le fibre sintetiche corte, comunemente utilizzate per il rinforzo delle malte da ripristino, consentono come è noto, di ridurre la formazione di fessure dovute al ritiro plastico, ma non contribuiscono a conferire alla malta alcun miglioramento delle proprietà fisico – meccaniche come la duttilità, caratteristica che, in molti casi, diventa essenziale quando le strutture sono soggette ad un carico dinamico e a fatica.

Questo è stato reso possibile dall'introduzione delle fibre strutturali che vengono impiegate sia per il confezionamento di calcestruzzi speciali, sia per il confezionamento di malte e betoncini per il risanamento ed il rinforzo delle infrastrutture esistenti mediante colatura in cassero.

Le fibre strutturali aggiunte alla matrice cementizia hanno superato il test di creep a lungo termine, secondo la CSLLPP, 2019, *“Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)”* e formano una “armatura” tridimensionale in grado di contrastare la progressiva apertura delle fessure e di rallentarne la propagazione, grazie alla perfetta interazione e compatibilità con la matrice stessa.

FASI LAVORATIVE:

Idrodemolizione

L'idrodemolizione è effettuata con lance manuali capaci di garantire un getto d'acqua costante fino alla pressione massima di 700 bar e la demolizione può essere completata con mezzi meccanici per piccole porzioni di materiale. La scelta di tale pressione massima è dettata dalla necessità di rimuovere in maniera mirata solo le parti superficiali non solidali al resto del calcestruzzo. Si menziona al riguardo la parte 10 della norma UNI EN 1504-10 "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo.

Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori", la quale indica la pressione di 600 bar come limite superiore fra il campo delle alte e delle altissime pressioni. Infatti la stessa norma al paragrafo A.7.2.4

riporta la seguente classificazione in base al valore della pressione d'acqua, solitamente letta sul manometro della pompa:

- idropulizia a bassa pressione fino a 180 bar - utilizzata per pulire il calcestruzzo ed il supporto di acciaio;
- rimozione del calcestruzzo ammalorato ad alta pressione da 180 bar a 600 bar - utilizzata per pulire il supporto di acciaio e per rimuovere il calcestruzzo;
- rimozione del calcestruzzo ammalorato ad altissima pressione da 600 bar a 1100 bar - Utilizzata per rimuovere il calcestruzzo quando si usi un volume d'acqua ridotto.

Come indicato dalla norma UNI, la pressione di 700 bar è sufficiente a rimuovere il calcestruzzo disgregato e a pulire le barre di armatura senza rischiare di creare dannose lesioni nel calcestruzzo non disgregato. L'uso di una pressione superiore condurrebbe alla rottura e demolizione anche di parte del calcestruzzo sano, attività esplicitamente sconsigliata anche dalla norma succitata oltre che non contemplata in fase progettuale, aumentando di conseguenza le quantità di ripristini indicate negli elaborati di progetto senza d'altronde apportare alcun miglioramento al risultato finale dell'intervento, né in termini di qualitativi né prestazionali. Si sottolinea inoltre che i 700 bar sono all'incirca il limite di pressione gestibile manualmente, anche su cestello, che garantisce di operare quindi selettivamente sulla superficie degradata producendo il necessario irruvidendo delle superfici ed insistendo solo nelle parti visibilmente ammalorate fino alla rimozione del cls da intendersi come degradato per le finalità del presente progetto. L'operazione manuale ed il controllo visivo sono

pertanto condizione necessaria per garantire il rispetto delle quantità dei vari interventi di ripristino conservativo indicati in progetto.

Tale lavorazione deve essere spinta fino alla completa rimozione del calcestruzzo disgregato o in fase di distacco. L'idrodemolizione deve portare alla luce lo strato di calcestruzzo di buona qualità ed omogeneità ed eliminare ogni altro elemento che possa alterare la coesione dei successivi trattamenti e deve essere spinta fino ai valori di rimozione non eccedenti quanto stabilito nei disegni progettuali (da intendersi come valor medio sulla superficie interessata dal trattamento, come di seguito meglio esposto). Dopo aver raggiunto le profondità indicate nei disegni progettuali si opererà una verifica sulla qualità ed omogeneità del sottofondo. Tale verifica sarà effettuata, in contraddittorio con la DL, proiettando la lancia d'acqua per alcuni minuti alla pressione costante di 400 bar, puntando l'idrodemolitore sul materiale con angolo ortogonale alla superficie interessata. Se a fine verifica non si manifesterà un evidente stato fessurativo, sulla superficie in esame non verrà attuata alcuna ulteriore attività di idrodemolizione; in caso contrario si procederà avanzando con la profondità di idrodemolizione sotto la sorveglianza della DL fino ai valori ritenuti congrui dalla DL, operando progressivamente la verifica del sottofondo con le modalità sopra descritte con la pressione di 400 bar.

L'operazione di idrodemolizione si ritiene conclusa quando il calcestruzzo appare compatto e le superfici così ottenute devono essere pulite, prive di elementi estranei e zone poco resistenti.

Le superfici di raccordo fra le aree demolite e quelle integre devono essere perpendicolari alle prime o al più inclinate di circa 45 gradi in modo tale da garantire un'ottimale adesione della malta (o betoncino, come indicato in progetto) al supporto.

Durante e alla conclusione della lavorazione saranno eseguiti i seguenti controlli:

- pressione di idrodemolizione;
- verifica della presenza di calcestruzzo non compatto al termine della demolizione;
- presenza di difetti o anomalie sulla superficie demolita;
- inclinazione delle superfici di raccordo

A seguito dell'asportazione del calcestruzzo degradato, la superficie di supporto deve essere *scabra*, quindi caratterizzata da asperità non inferiori ai 5 mm.

Rispettando tale prescrizione si ottimizza l'aderenza tra la malta da ripristino ed il calcestruzzo esistente.

Le superfici trattate devono essere infine pulite ad aria compressa.

Pulizia delle armature

Con l'operazione di asportazione del calcestruzzo ammalorato, le barre di armatura sono messe a nudo. Qualora da tale trattamento emergesse la presenza di ruggine a scaglie, si rende necessaria la loro pulizia mediante sabbiatura. La pulizia deve essere completa, al fine di ripristinare le caratteristiche di aderenza. A seguito della pulizia occorre valutare l'effettivo degrado delle armature, per poter prevedere, eventualmente, il posizionamento di armature aggiuntive necessarie per ripristinare l'originaria capacità portante. La valutazione dell'effettivo degrado delle armature deve essere

effettuata dalla Direzione dei Lavori e comunicata al Progettista e alla Committenza, che possono concordare ulteriori interventi.

Trattamento delle armature

L'applicazione di prodotti inibitori della corrosione deve essere valutata in funzione:

- della tipologia specifica di degrado;
- della malta/betoncino da utilizzare;
- della possibilità che si inneschino macrocoppie.

Se l'ammaloramento è causato da carbonatazione, la rimozione completa delle porzioni di calcestruzzo degradato è sufficiente per ripassivare l'armatura.

Quest'ultimo aspetto è favorito da alcuni componenti delle malte da ripristino, appositamente introdotti per elevare il pH della matrice.

Posizionamento di armature aggiuntive

Tale lavorazione – stabilita dal Progettista - dipende dagli esiti della campagna di indagini diagnostiche preliminari e dalla valutazione dell'effettivo degrado delle armature esistenti a seguito della loro pulizia (§7.2). Qualora il degrado da corrosione avesse intaccato in maniera significativa il diametro delle armature esistenti, infatti, è opportuno inserire nuove barre, di diametro compatibile con lo spessore del nuovo copriferro ed in quantità tale da ripristinare la capacità portante dell'elemento ammalorato. Le nuove barre devono essere affiancate alle corrose. In caso di strutture esposte a significativo degrado, qualora le condizioni ambientali lo richiedessero, è possibile utilizzare barre inerti alla corrosione, quali ad esempio le barre in acciaio inox o in fibra di vetro.

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

Posizionamento di rete elettrosaldata di contrasto

La rete elettrosaldata di contrasto deve essere applicata quando lo spessore di calcestruzzo asportato è significativo e comunque in funzione dello specifico materiale da ripristino utilizzato.

Quando si richiede l'utilizzo di rete di contrasto, questa dovrà essere ben ancorata al supporto e lo spessore minimo di intervento non potrà essere inferiore a 40 mm. La rete infatti dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e

dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm, mediante l'uso di distanziatori (altrimenti si hanno minori aderenze all'interfaccia vecchio/nuovo materiale e fessurazioni in superficie per assenza di contrasto nello spessore più esterno del materiale utilizzato per il ripristino).

Nel caso sia previsto nel progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate in progetto.

Pulizia della superficie di supporto

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione, occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco, eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo

così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi, la pulizia della superficie di supporto dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale), per asportare polvere e parti incoerenti eventualmente ancora presenti dopo la scarifica meccanica del calcestruzzo.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali ad espansione contrastata in aria.

Applicazione dei materiali da ripristino

Le porzioni di calcestruzzo asportate vengono ricostruite tipicamente con malte cementizie fibrorinforzate a ritiro controllato. In alternativa alle malte, per ampie porzioni di calcestruzzo ammalorato da ripristinare, è possibile utilizzare specifici calcestruzzi da ripristino. Le caratteristiche specifiche del materiale da utilizzarsi sono indicate dal Progettista.

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti:

1. Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto:

- la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrastata con maturazione in aria. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria;
- l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito;
- le caratteristiche meccaniche della malta devono risultare simili a quella del calcestruzzo di supporto.

2. Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio:

i materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del

calcestruzzo di cui l'opera è costituita. I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive. A tal fine, i requisiti fondamentali che devono essere garantiti sono:

- o resistenza alla fessurazione da ritiro plastico;
- o resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico;
- o resistenza a cicli di gelo-disgelo;
- o impermeabilità all'acqua.

I materiali da ripristino da utilizzarsi devono essere normati ai sensi della UNI-EN 1504.

Il materiale che effettivamente viene utilizzato in opera viene scelto dall'Impresa Esecutrice e proposto al Direttore dei Lavori, che deve valutarne la compatibilità con le prescrizioni progettuali. Il parametro che deve caratterizzare la scelta delle malte da ripristino è il valore di adesione intrinseca. Tipicamente tale valore si aggira intorno a 1.5-2.0 MPa, purché il supporto sia caratterizzato da sufficiente scabrosità e sia ben pulito. Tale indicazione è puramente indicativa, in quanto l'adesione tra i due materiali dipende anche dalla resistenza a trazione del supporto. Se il supporto è caratterizzato da una resistenza a trazione più bassa della resistenza di adesione intrinseca della malta, il nuovo copriferro tenderà inevitabilmente a distaccarsi, qualsiasi sia il trattamento superficiale effettuato.

La posa in opera del materiale da ripristino deve essere eseguita nel rispetto delle indicazioni fornite dalla Ditta Produttrice.