

**SOSTITUZIONE DI UN IMPALCATO DA PONTE IN C.A.P.
A CAVI PRETESI: IL PONTE SUL TORRENTE ASA**

**REPLACEMENT OF A PRE-TENSIONED DECK BRIDGE: THE
BRIDGE ON THE ASA STREAM**

Antonio Alfano, Umberto Bergamo,
Elide Nastri, Rosario Montuori
Vincenzo Piluso
University of Salerno Fisciano, Italy
a.alfano10@gmail.com
umbertobergamo@gmail.com
enastri@unisa.it, r.montuori@unisa.it
v.piluso@unisa.it

Giovanni Cannoniero, Manuela Modesti
Domenico Ranesi
Provincia di Salerno
Settore viabilità e trasporti
Salerno, Italy
giovanni.cannoniero@provincia.salerno.it
manuela.modesti@provincia.salerno.it
domenico.ranesi@provincia.salerno.it

ABSTRACT

As part of the activities carried out in collaboration between the Department of Civil Engineering of the University of Salerno and the Viability and Transport sector of the Province of Salerno for the inspection of some bridges managed by the Province itself, the results of the inspection activity are illustrated and the consequent project for the restoration and adaptation to the current standard of the bridge located in the municipality of Pontecagnano (SA) to cross the ASA stream. Downstream of the inspection activities, the project involved the complete replacement of the deck with a new deck in a composite steel-concrete section and a series of interventions aimed at the restoration of the reinforced concrete abutments.

SOMMARIO

Nell'ambito delle attività svolte in collaborazione fra il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno e il settore Viabilità e trasporti della Provincia di Salerno per l'ispezione di alcuni ponti gestiti dalla Provincia stessa, vengono illustrati i risultati dell'attività di ispezione e il conseguente progetto di ripristino ed adeguamento alla norma attuale del ponte situato nel comune di Pontecagnano (SA) per il superamento del torrente ASA. A valle delle attività ispettive, il progetto ha previsto la completa sostituzione dell'impalcato con un nuovo impalca-

to in sezione composta acciaio-calcestruzzo e una serie di interventi volti al recupero delle spalle in c.a.

1 INTRODUCTION

La Provincia di Salerno ha tra le proprie competenze fondamentali la gestione di una rete stradale estesa per circa 2500 Km, della quale il Settore Viabilità e Trasporti dell'Ente cura la manutenzione ed il mantenimento dei necessari standard di sicurezza.

Tale settore ha avviato negli ultimi anni un processo di riorganizzazione basato sulla conoscenza, l'analisi e la condivisione delle informazioni, mediante la costituzione del Catasto Strade e del Sistema Informativo Stradale. Fin dal 2016 è stato iniziato il rilievo georeferenziato delle consistenze stradali implementando tale processo alla fine del 2017 con il censimento dei ponti e viadotti di competenza dell'Ente.

Gli oltre 700 ponti e viadotti censiti sono stati inseriti nel sistema informativo geografico dell'Ente (Geoportale) attraverso l'acquisizione di molteplici dati, quali le coordinate geografiche, la strada di competenza, la denominazione, il materiale di costruzione, larghezza, lunghezza, tipo ostacolo oltrepassato, numero di campate e foto da punti di vista accessibili.

Successivamente, a partire dall'agosto 2019,

La Provincia di Salerno e il Dipartimento, nell'ambito dei comuni interessi istituzionali hanno convenuto di svolgere una attività di collaborazione al fine della realizzazione di attività specialistiche atte alla redazione di un "Disciplinare metodologico per la verifica ed il monitoraggio dei ponti e viadotti della Provincia di Salerno ed attività pilota ad esse connesse".

Successivamente all'avvio delle operazioni di ispezione, viste le risultanze della ispezione del ponte sul torrente ASA, sito nel comune di Pontecagnano, questo veniva tempestivamente chiuso al traffico. A seguito di tale decisione, il Dipartimento di Ingegneria Civile conveniva di svolgere una attività di supporto alla Provincia di Salerno per le attività necessarie al ripristino della transitabilità dello stesso, nonché per le eventuali attività di progettazione degli eventuali interventi necessari.

2 RISULTANZE DELLA PRIMA ISPEZIONE

Fin dalla prima ispezione è stato chiaro che ci si trovava in presenza di uno stato di degrado molto avanzato e molto esteso riguardante tutte le travi longitudinali del ponte in oggetto. In particolare, appariva evidente che tutte le travi, realizzate in cemento armato precompresso a fili aderenti, presentavano fenomeni estesi ed avanzati di corrosione.

Come rilevabile dalle foto riportate in Fig. 1, molti trefoli risultavano spezzati, mentre per molti altri si rilevava una significativa riduzione di sezione dovuta alla corrosione. Inoltre, per quasi tutte le travi, e in più punti delle stesse, le ali del bulbo inferiore della sezione risultavano oramai completamente assenti e con esse tutti i trefoli e le armature lente ivi contenute.

Oltre alle travi longitudinali, particolarmente critico è apparso lo stato di conservazione delle spalle in prossimità degli appoggi delle travi stesse. Come si evince dalle foto riportate in Fig. 2, risultava evidente che l'originario strato di interposizione esistente fra trave e spalla era completamente schiacciato e risultava quindi essere praticamente assente. Inoltre, in corrispondenza di diversi appoggi la spalla presentava evidenti fenomeni di deterioramento. A valle di tale ispezione, il degrado strutturale rilevato era tale da palesare una forte riduzione di resistenza che non poteva lasciare adito a dubbi circa la non transitabilità in condizioni di adeguata sicurezza.



Fig. 1. Degrado delle travi rilevato alla prima ispezione del ponte sul torrente ASA nel comune di Pontecagnano (SA)



Fig. 2. Degrado delle spalle in prossimità degli appoggi

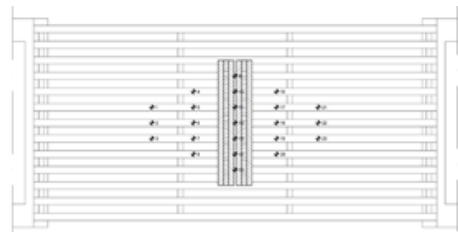
Pertanto, il transito venne immediatamente interrotto in attesa di una più dettagliata valutazione della sicurezza.

A seguito della chiusura ci furono diverse richieste da parte della società civile di lasciare aperto il ponte almeno al traffico leggero. Purtroppo, nonostante approfondite ricerche, nulla del progetto originario è stato recuperato; pertanto, ci si è trovati nella situazione di non conoscere nulla del ponte oggetto di indagine. Per tali motivi, la Provincia ha chiesto il supporto del Dipartimento, al fine di valutare le condizioni di sicurezza per la possibile riapertura almeno del traffico leggero.

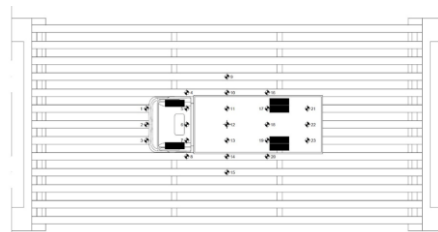
3 RIAPERTURA AL TRAFFICO LEGGERO

A seguito della richiesta della Provincia, il Dipartimento, in collaborazione con la Provincia stessa, ha organizzato delle prove di carico atte a valutare la risposta elastica della struttura in presenza del solo carico leggero. Ci si trova nel dicembre del 2019, pertanto non erano ancora disponibili le “Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti” che sarebbero state approvate qualche mese più tardi.

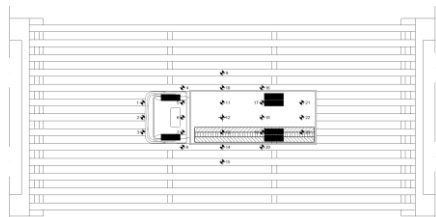
Pertanto, è stata considerata la possibilità di una apertura al traffico veicolare, limitatamente alla parte centrale dell’impalcato, con riferimento ai carichi previsti per i parcheggi per veicoli leggeri dalle NTC2018. In tali casi, i carichi previsti per la categoria F: rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (con veicolo che a pieno carico non supera i 30 kN), sono pari a 2.5kN/m^2 . Per tale valore del carico uniformemente distribuito, considerando una larghezza della riapertura al traffico di 2.4 metri, si è ottenuto un carico totale a metro lineare pari a $2.4 \times 2.5 = 6\text{kN/m}$. E’ questo il carico che si è considerato agente nella parte centrale del ponte per calcolare le massime sollecitazioni che la struttura deve assorbire in campo elastico. L’applicazione del carico è stata effettuata attraverso barriere New Jersey ed un autocarro; mentre la deformazione delle travi è stata misurata attraverso sensori di spostamento LVDT in 23 punti delle 7 travi centrali del ponte (Fig. 3).



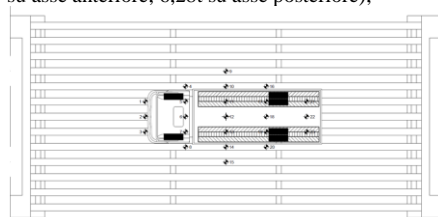
2 blocchi di cemento New Jersey posizionati trasversalmente in mezzzeria (7,28 tonnellate totali)



Autocarro in mezzzeria (12,24 tonnellate totali: 5,96t su asse anteriore; 6,28t su asse posteriore);



Autocarro in mezzzeria caricato con 1 blocco New Jersey (15,86 tonnellate totali: 6,22t su asse anteriore; 9,64t su asse posteriore);



Autocarro in mezzzeria caricato con 2 blocchi New Jersey (19,52 tonnellate totali: 6,44t su asse anteriore; 13,06t su asse posteriore)

Fig. 3. Posizionamento dei carichi per le verifiche di transitabilità

Al fine di determinare le azioni massime sono stati usati 2 new jersey da 3.64 t ciascuno, e un autocarro da 12.24 t, determinando sollecitazioni massime pari almeno a 2.7 volte quelle massime di esercizio. Avendo ottenuto una risposta elastica della struttura, si è deciso di consentire il passaggio nella sola zona centrale di automezzi con massa totale non superiore a 3 tonnellate. Si è inoltre richiesto di limitare la velocità massima a 15km/h in modo da eliminare qualsiasi fenomeno di amplificazione dinamica.

4 LA SCELTA PROGETTUALE DELLA SOSTITUZIONE DELL'IMPALCATO

A seguito dei rilievi geometrici si è accertato che il ponte in esame presenta un'unica campata con luce netta di 18,00 m ed un'altezza libera di circa 4 m, con travi realizzate in cemento armato pre-compresso a fili aderenti. Le spalle e la soletta sono realizzate in c.a. ordinario. Il piano viario presenta, nello stato di fatto, lunghezza pari a 19,40 m e larghezza pari a 10,30 m. Esso è sorretto da 13 travi longitudinali in c.a.p. a fili aderenti collegate da 4 trasversi gettati in opera. Le travi hanno un'altezza di 100 cm e la soletta ha uno spessore complessivo di 22 cm costituiti da 17 cm di calcestruzzo gettato in opera su di una tavella in laterizio di spessore pari a 5 cm impiegata come cassaforma a perdere.

Le spalle in calcestruzzo armato hanno dimensioni di 10,00 m di larghezza e 2,95 m di altezza dall'estradosso della fondazione all'appoggio. Lo spessore della fondazione, così come evidenziato dalle perforazioni effettuate nel corso delle indagini geologiche, risulta pari a circa 1,10 m.

Le spalle trasmettono i carichi al terreno sottostante tramite delle fondazioni dirette superficiali la cui dimensione minima è stata ricavata oltre che dalle misure immediatamente riscontrate dalle ispezioni visive in loco anche dalle risultanze delle indagini geologiche e strutturali effettuate a valle dei sopralluoghi. In particolare, a seguito dei carotaggi effettuati, è stato accertato che la fondazione presenta una base a contatto con il terreno di almeno 4.10 m, ottenuti come somma del dente anteriore, pari a 1,40 m, dello spessore della spalla, pari a 1,10m (risultata da una prova di carotaggio) e di almeno 1,60 m per il dente posteriore. Questa ultima dimensione deriva dalla distanza tra il foro di sondaggio, eseguito per la caratterizzazione geotecnica, e il filo interno della spalla.

In adiacenza all'impalcato è stata realizzata, nel corso degli anni 90, una passerella ciclopedonale in legno che presenta una struttura ad arco, su una luce di circa 27 metri, che trova vincolo su spalle appositamente realizzate, arretrate ed indipendenti rispetto a quelle del ponte stesso. Tale struttura, che risulta essere quindi totalmente indipendente e separata dalle strutture del ponte, viene lasciata inalterata. In una prima stesura del progetto, era stata prevista la eliminazione della passerella in legno e la sua sostituzione con uno sbalzo nella zona lato mare che ne avrebbe completamente assorbito la funzione. Successivamente, in fase di acquisizione dei pareri, la Soprintendenza competente ha prescritto la conservazione della passerella in legno, accogliendo la richiesta in tal senso fatta dalla Commissione Ambientale del comune di Pontecagnano.

Una prima ipotesi di intervento di consolidamento delle travi longitudinali è stata immediatamente scartata per diversi motivi:

- 1) il ripristino dei cavi di precompressione totalmente deteriorati per tutto il bulbo inferiore di tutte le travi, oltre che essere tecnicamente difficile e di dubbio risultato, appariva un intervento lungo ed estremamente costoso che, inoltre, avrebbe incrementato significativamente il peso proprio dell'impalcato.

- 2) lo spessore della soletta dell'impalcato risultava pari a soli 17 cm e, pertanto, non idonea secondo le attuali norme tecniche che prevedono uno spessore di almeno 20 cm. Conseguentemente, sarebbe necessario procedere ad un incremento della stessa determinando un ulteriore incremento di peso, oltre che di costi.

3) la zona delle spalle in prossimità degli appoggi avrebbe dovuto essere completamente sostituita, sia per il ripristino della spalla che per la realizzazione degli appoggi che, nello stato di fatto, risultavano totalmente inesistenti. Inoltre, tale operazione sarebbe stata di notevole complessità stante la configurazione dell'insieme impalcato-spalla che precludeva ogni possibilità di inserimento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

4) a lato monte non era presente alcun marciapiede, per cui la passerella in legno doveva assolvere alla duplice funzione sia di pista ciclabile che di passerella pedonale, con pericolosa commistione dei percorsi.

5) infine, si deve aggiungere che lo stato di carbonatazione del calcestruzzo prelevato è risultato notevole per tutti i provini di analizzati; pertanto, anche per i trefoli non ancora scoperti il processo di ossidazione è certamente in fase avanzata.

Per i motivi sopra riportati, la scelta progettuale è ricaduta sulla sostituzione totale dell'impalcato lasciando inalterata la passerella in legno. In particolare, l'impalcato avrà uno sbalzo a monte che assolverà alla funzione di marciapiede. In tal modo sarà possibile differenziare i due percorsi (ciclabile e pedonale) con un aumento sia della sicurezza sia del confort.

La soluzione progettuale, nel dettaglio, prevede la realizzazione di un'unica campata di lunghezza in asse agli appoggi pari a 18,80 m, poggiate esclusivamente sulle spalle. L'impalcato presenta una larghezza complessiva di 11,71 m, nella quale la carreggiata è di 9,50 m e a lato monte si ha uno sbalzo destinato a marciapiede pedonale come schematicamente riportato in figura Fig. 4.

La scelta progettuale ha avuto come risultato la minimizzazione sia delle risorse economiche da impiegare e sia dei tempi necessari alla realizzazione.

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali, l'impalcato è stato realizzato in sistema composto acciaio-calcestruzzo. Lo schema strutturale è quello classico dell'impalcato a graticcio. Sono state previste 5 travi longitudinali in profilo HSA760/257 in acciaio S355J2 di altezza pari a 760 mm collaboranti con una soletta in c.a. avente spessore complessivo pari a 220 mm (150 mm gettati in opera su una "predalle" di spessore pari a 70 mm). Sono stati inoltre realizzati 4 trasversi intermedi in profilo IPE360 in acciaio S355J2 oltre ai due di testata IPE500. In particolare, i trasversi di testata sono stati dimensionati anche per prevedere il sollevamento dell'intero impalcato in caso di necessità di intervento di manutenzione degli apparecchi di appoggio.

Per tener conto della estrema aggressività della zona in cui viene realizzato l'intervento, è stato previsto per le sezioni in acciaio la protezione attraverso il cosiddetto sistema "duplex", ovvero zincatura e verniciatura, mentre per le strutture in c.a. è stato previsto, così come richiesto dalle norme, un ricoprimento dell'armatura di almeno 4.5 cm.

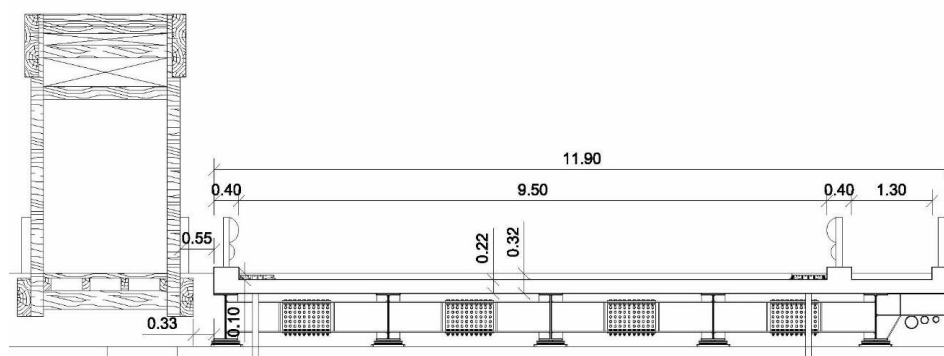


Fig. 4. Sezione impalcato di progetto



Fig. 5. Interventi sulle spalle



Fig. 6. Realizzazione impalcato

Inoltre, per la soletta è stato previsto l'impiego di barre di acciaio zincate. Anche i tralicci delle predalle sono stati protetti mediante zincatura a caldo.

Per quanto riguarda le spalle, per esse si è previsto un intervento di scarnificazione e ripristino per tutta la parte ammalorata avente una profondità di circa 20 cm. Inoltre, nella parte superiore è stata realizzata ex novo la "trave cuscino", atta ad accogliere e diffondere idoneamente gli sforzi concentrati trasmessi dalle travi longitudinali, e la "trave paraghiaia". In tal modo, anche per questo elemento strutturale si è potuto garantire la realizzazione di un ricoprimento dell'armatura di almeno 4.5 cm.

Si osserva che l'impalcato esistente aveva un peso complessivo di circa 325 tonnellate, mentre la soluzione prevista in progetto ha un peso di circa 255 tonnellate; pertanto, vi è un alleggerimento del sovraccarico sulle spalle di circa 70 tonnellate.

Infine, relativamente alla problematica idraulica, si osserva che la sezione dell'alveo preesistente viene ad essere maggiorata. Infatti, in conseguenza della differenza fra le dimensioni dell'impalcato da realizzare ($76+22=98$ cm) e quello preesistente ($100+22=122$ cm) il tirante idrico massimo utile ai fini del convogliamento della massima portata di piena, risulta maggiorato di 24 cm. Ovviamente, per quanto riguarda la larghezza, essa è restata immutata rispetto allo stato di fatto. In Fig. 5 si riportano alcune foto relative agli interventi sulle spalle, mentre in Fig. 6 si riportano delle foto relative alla realizzazione dell'impalcato

5 CONCLUSIONI

Nel lavoro sono state riassunte le attività conseguenti l'ispezione di un ponte in c.a.p. a cavi pretesi della provincia di Salerno. La situazione di estremo degrado dei cavi ha determinato la necessità di sostituzione dell'intero impalcato. Da questo esempio si possono trarre delle indicazioni che possono avere una validità che va oltre il singolo caso analizzato. Per prima cosa, un impalcato in c.a.p. costruito intorno agli anni sessanta in prossimità della costa può presentare livelli di degrado elevatissimi che ne pregiudicano fortemente la stabilità, pertanto è estremamente opportuno procedere ad ispezioni di tali strutture nel più breve tempo possibile; la possibilità di intervenire per un eventuale ripristino può essere molto difficile da attuare o non conveniente rispetto ad una completa sostituzione; spesso le spalle a gravità esistenti possono essere facilmente recuperate visti i bassi livelli tensionali a cui sono sottoposte; in prossimità della costa la realizzazione di strutture in acciaio adeguatamente protette, ovvero con zincatura e verniciatura come in questo caso, appare una delle migliori scelte per garantire una adeguata durabilità. Infine è solo il caso di notare che la scelta effettuata permette una grande facilità di ispezione e una notevole semplicità di intervento nel caso si rendesse necessario.

REFERENCES

- [1] Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018). D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17 gennaio 2018
- [2] Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- [3] UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio

PAROLE CHIAVE

Ispezioni ponti, impalcato a sezione composta, travi in c.a.p. a fili aderenti