

PONTE DELLA BECCA PAVIA

Ponte della Becca: Messa in sicurezza e rinforzo. Ponte, progettazione, direzione lavori, consolidamento strutturale.

Committente

Provincia di Pavia

Progetto e D.L.

Studio Calvi Srl

Responsabili delle prestazioni:

Prof. Ing. Gian Michele Calvi, Ing. Matteo Moratti

Dati dimensionali

Lunghezza impalcato: 1.040 m

Numero campate: 13

Classi e categorie dei lavori

Ig, IXb, IXc € 5.873.349,15

Inizio progettazione Fine progettazione

Novembre 2010

Marzo 2012

Inizio lavori Fine lavori

Novembre 2010

Agosto 2012

Sintesi dell'intervento

Si descrivono di seguito gli interventi di messa in sicurezza progettati sul Ponte della Becca in regime di somma urgenza che hanno riguardato tre elementi strutturali: realizzazione di presidi in corrispondenza della pila n.9

-numerata a partire dalla spalla lato Pavia- (definitivamente collassata nel marzo 2011), consolidamento delle fondazioni della pila n.8 e rinforzo e ripristino della struttura in acciaio costituente l'intradosso del ponte. A causa delle inadeguate condizioni di sicurezza, nel corso delle lavorazioni di somma urgenza si è anche progettato ed eseguito l'intervento di rinforzo locale della sommità della pila n.3. L'intervento sulla struttura in acciaio dell'impalcato ha comportato l'ideazione di numerose soluzioni tecniche ad-hoc. La particolare complessità degli interventi ha riguardato una molteplice varietà di aspetti, da quelli fondazionali e idraulici a quelli strutturali per il degrado di strutture in acciaio e in c.a. Ci si è confrontati con la necessità di stabilire protocolli d'intervento per le più disparate casistiche di patologie strutturali. Ogni intervento ha dovuto confrontarsi con: le procedure di sicurezza, il mantenimento in esercizio della struttura, la determinazione di fasi di messa in opera delle componenti strutturali che fossero compatibili con l'accessibilità degli spazi e con l'utilizzo di idonei mezzi d'opera.

Il Ponte in località Becca, in corrispondenza della confluenza del fiume Ticino nel fiume Po sul tronco Pavia-Broni della ex-Strada Statale 617 in prossimità del km 4+500, si caratterizza come un'opera dalla notevole rilevanza storica. L'inaugurazione dell'opera risale al 1912. Successivamente il ponte è stato significativamente danneggiato durante l'ultimo conflitto mondiale e poi riparato. L'infrastruttura svolge da un secolo un ruolo di primaria importanza nella mobilità dell'area, in relazione



all'elevato flusso di traffico da e verso l'Oltrepò orientale con punte di traffico superiori a 15.000 passaggi al giorno. Dal punto di vista statico si tratta di una struttura in acciaio con impalcato a sezione reticolare chiusa, con travi laterali di carreggiata alte 8 m. Il ponte è costituito da 3 distinte travate continue formate rispettivamente da 4-5-4 campate da 80 m ciascuna, per una lunghezza complessiva di 1040 m. La via di corsa è inferiore ed è costituita da una soletta in c.a. di 20 cm di spessore poggiante su un graticcio di travi metalliche.

La larghezza complessiva dell'impalcato, costituito da piano viario (larghezza 7 m) e travi laterali di carreggiata (larghezza 60 + 60 cm), è pari a 8.20 m. Le pile (con sezione esterna alla base pari a 10.1 x 3.2 m) e le spalle sono in muratura con riempimento in calcestruzzo a basso dosaggio di cemento. Le fondazioni delle pile sono di tipo a pozzo in calcestruzzo a basso dosaggio di cemento.

Opere sostitutive della pila n. 9 pericolante

Nel pomeriggio di martedì 16 novembre 2010, in seguito a normali controlli sui giunti di dilatazione del piano viario del ponte, è emerso un insolito abbassamento del giunto di dilatazione posto in corrispondenza della quarta pila a partire dalla spalla del ponte posta in direzione Stradella (pila n. 9 a partire dalla spalla lato Pavia). È risultato evidente fin da subito che la criticità emersa riguardasse il punto di congiunzione tra le prime quattro campate ed il tratto centrale.

Da un primo esame visivo delle strutture apparve un anomalo fenomeno di rotazione e traslazione della Pila n.9 con un conseguente marcato scostamento dal proprio

asse verticale teorico. Al momento del sopralluogo non era disponibile alcun elemento che permettesse di escludere che la rotazione fosse attribuibile allo sviluppo di fenomeni di turbolenza idraulica con conseguente erosione del fondo dell'alveo in corrispondenza della fondazione della pila che avrebbero potuto portare allo scalzamento della fondazione. Non era inoltre disponibile alcun dato relativamente alla velocità di sviluppo del dissesto. Data la potenziale pericolosità di tali fenomeni, storicamente causa di numerosi crolli per opere analoghe, si è ritenuto indispensabile procedere con la chiusura totale del ponte per poter intraprendere le attività necessarie per valutare la sicurezza della pila.

Nella giornata di mercoledì 17 novembre 2010 si sono allestite le opere provvisorie per poter accedere sulla sommità della pila e per poter verificare lo stato degli apparecchi di appoggio, collocati tra impalcato e sommità della pile. Già un primo esame visivo della testa della pila evidenziò il grave dissesto dei dispositivi di appoggio a calotta cilindrica, attribuibile a fenomeni di progressivo danneggiamento ed in misura importante alla rotazione e al cedimento della pila.

Lo stato osservato pregiudicava seriamente lo stato di equilibrio dell'intera struttura, al punto tale da ritenere possibile il completo collasso della campata interessata dal fenomeno.

L'intervento di messa in sicurezza ha previsto la realizzazione di due nuove pile, realizzate a 16 m di distanza dalla Pila n.9 rispettivamente lungo la direzione Broni e lungo la direzione Pavia con il fine di garantire



Sopra. 1.Dispositivo di appoggio di pila n.9 - Incipiente perdita di equilibrio per dissesto fondazionale pila. 2.Pila n.8 - Ammaloramento del basamento. 3.Impalcato trave corrente inferiore - Lesione completa del pannello d'anima esterno. 4.Trave secondaria di impalcato (traverso) - Materiale dell'ala inferiore gravemente corroso. 5.Vista generale intradosso impalcato pre-lavori - Panoramica stato degrado elementi metallici. 6.Nodo giunzione travi secondarie e terziarie - Lesione passante completa dell'anima del profilo metallico.

Sopra. Nuove pile, realizzate a 16 m di distanza dalla Pila n.9, definitivamente collassata nel Marzo 2011, rispettivamente lungo la direzione Broni e lungo la direzione Pavia con il fine di garantire l'azione di sostegno necessaria ad evitare il crollo dell'impalcato nell'eventualità del collasso della Pila.

l'azione di sostegno necessaria ad evitare il crollo dell'impalcato nell'eventualità del collasso della Pila.

Dal punto di vista tecnologico ciascuna pila sostitutiva è realizzata attraverso la perforazione di due triplette di pali di grande diametro in alveo di 45 m di lunghezza e di 1,2 m di diametro (realizzate rispettivamente a monte e a valle del ponte). Ciascuna tripletta è collegata in sommità da un pulvino semi-prefabbricato di forma trapezoidale; i due pulvini -di monte e di valle- sono a loro volta collegati da un traverso, sempre in struttura mista acciaio calcestruzzo, che sostiene due nuovi apparecchi d'appoggio unidirezionali longitudinali posti al di sotto dei due correnti inferiori delle travi reticolari esterne che costituiscono l'ossatura portante dell'impalcato del ponte. Il traverso, realizzato con tecnologia semi-prefabbricata REP, presenta una sezione trasversale 150 x 153 cm ed una luce netta, tra un pulvino e l'altro, di 10,50 m.

Si sono inoltre realizzate opere atte al rinforzo locale delle travi reticolari principali, con il fine di consentire il passaggio del traffico leggero anche con il mutato schema statico dell'impalcato nell'evenienza del collasso della pila. Infine le nuove pile sono state dotate di un sistema di presidio idraulico che riducesse sensibilmente i possibili effetti di accumulo del materiale solido di trasporto e la spinta idrodinamica nel corso di eventi di piena.

Consolidamento della struttura metallica intradosale

I lavori di messa in sicurezza strutturale sull'impalcato avviati del gennaio 2011 si sono sviluppati progressivamente su tutte le 13 campate del ponte e si sono conclusi nell'agosto 2012. Tali lavori si sono articolati nei punti seguenti.

1. Trattamenti superficiali elementi metallici;
2. Rinforzo a taglio delle connessioni di estremità dei traversi;
3. Rinforzo nodi travatura reticolare (riparazione e rinforzo struttura in acciaio dell'impalcato compresa tra le due pile realizzate in adiacenza della posizione della pila n.9);
4. Consolidamento dei correnti inferiori della travatura reticolare in prossimità dei balconi di sosta rimossi;
5. Rinforzo dei correnti inferiori ammalorati;
6. Rinforzo delle pile con tessuto in fibra di carbonio;
7. Rinforzo in calcestruzzo traversi gravemente ammalorati;

Consolidamento fondazionale pila n.8

A partire dall'agosto 2011 si è dato inizio alle attività di consolidamento delle fondazioni della pila n.8 in posizione adiacente alla pila n.9, crollata nel marzo 2011.

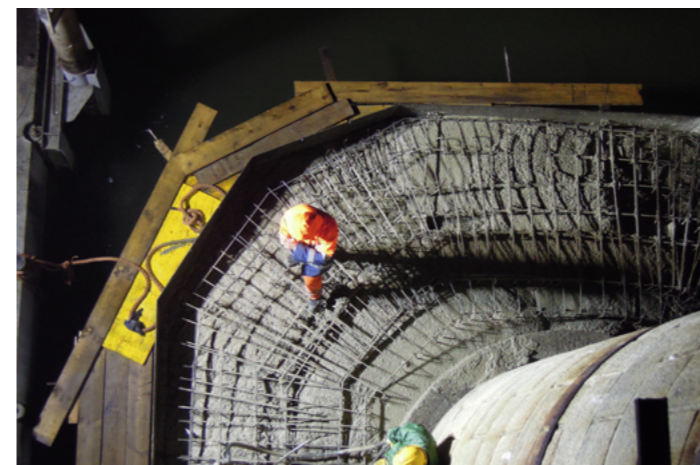
I risultati del monitoraggio dell'alveo del fiume per mezzo di ecoscandaglio hanno mostrato, da un lato, come fosse in corso un fenomeno di scalzamento della fondazione della pila n.8 che ne poteva minare la stabilità e, dall'altro, che l'attuale situazione dell'alveo del fiume Po in prossimità della Becca è tale che eventi di piena anche di importanza piuttosto limitata possano determinare lo spostamento di

masse significative di fondale. Il ponte, in corrispondenza della pila n.8, presenta un punto di continuità della sezione dell'impalcato. L'intervento di messa in sicurezza ha previsto la realizzazione di opere di presidio alla fondazione della pila n.8. Esse consistono nella realizzazione di un anello in c.a. attorno all'attuale base della pila in muratura, che costituisce la trave testa palo di una serie di pali di medio diametro con punta impostata ad una profondità di 30 m circa dallo zero idrometrico. L'intervento ha compreso la realizzazione di un numero totale di 62 micropali con diametro teorico pari a 300 mm e interasse di 600 mm, con un armatura metallica tubolare $\Phi 168$ mm e spessore 10 mm assemblati in segmenti di opportune dimensioni di volta in volta giuntati per mezzo di manicotti esterni. I micropali sono realizzati tramite perforazione ed infissione di una camicia in acciaio, costituita da un tubo $\Phi 300$ mm di spessore pari ad 1 cm e lunghezza di circa 30 m, con funzione stabilizzante per il terreno circostante e progressivamente estratta. Per eseguire tutte le operazioni di consolidamento è stato necessario operare da **1 pontone** (cassone metallico galleggiante di dimensione in pianta pari a 9 x 24 m circa) in grado di trasportare i macchinari e i materiali necessari alle perforazioni ed alla realizzazione dei pali. Il consolidamento è terminato nell'ottobre 2011.



Sopra a destra. Vista d'insieme rinforzo locale delle travi reticolari principali, con il fine di consentire il passaggio del traffico leggero anche con il mutato schema statico dell'impalcato in seguito al collasso della pila n. 9.

Sotto nella pagina a fianco. Vista di insieme dell'intradosso del ponte a fine lavori – In vista verniciature, rinforzo trave secondaria, inserti metallici e strutture miste acciaio-cl.



Sopra. 1. Lavorazioni da pontone in alveo (cassone metallico galleggiante di dimensione in pianta pari a 9 x 24 m circa) in grado di trasportare i macchinari e i materiali necessari per l'esecuzione dei lavori. 2. Posa in opera del pulvino semi prefabbricato per i presidi della pila n.9. 3. Fase di getto notturno trave testa palo per rinforzo fondazionale pila n.8. 4. Realizzazione di perforazione del basamento di pila n.8 per inserire barre passanti A.R. di ancoraggio.