

Una nuova sfida



Il ponte prima dell'inizio lavori

Vinta dall'azienda veronese in provincia di Cuneo, dove l'esperienza nel settore delle fondazioni speciali è stata indispensabile per portare a termine con successo un progetto complesso e ricco di insidie. Ve lo raccontiamo



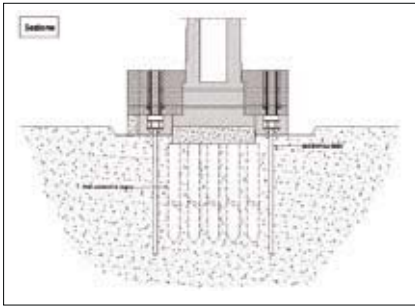
Il cedimento ben visibile sull'impalcato



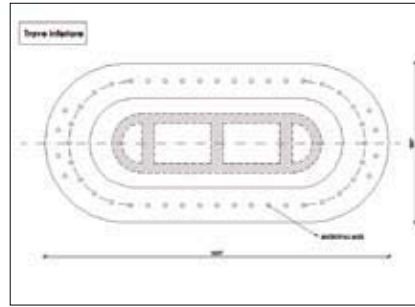
Scogliera provvisoria propedeutica ai lavori

Quando all'interno di Keller si è presa la decisione di affrontare quest'impresa, molti di noi erano un po' scettici. L'opera su cui ci si doveva cimentare era il ponte sul Po presso l'abitato di Cardè, in provincia di Cuneo, struttura interessata nel febbraio 2004 da un improvviso cedimento della pila 1 avvenuto nel corso della realizzazione di precedenti opere di palificazione per il rinforzo

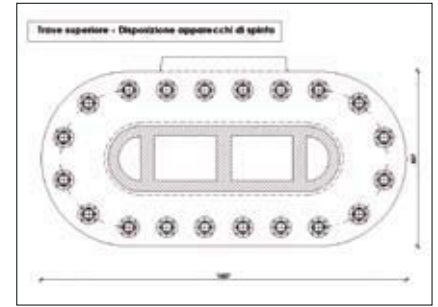
delle pile poste in alveo fluviale. Il basamento, originariamente fondato su pali di legno, aveva subito in poche ore un abbassamento di 35 cm circa, comportando la formazione sull'impalcato di una ben visibile lesione. L'esercizio del ponte era stato ovviamente interrotto immediatamente dopo l'incidente deviando il traffico su un ponte provvisorio, tipo Bailey, per permettere il passaggio alle autovetture e ai mezzi agricoli.



Sezione tipo dell'intervento



Trave inferiore



Trave superiore

La Provincia di Cuneo ha commissionato e diretto i lavori di ripristino finalizzati al completo recupero della funzionalità del ponte. Gli stessi sono partiti nei primi mesi del 2008 e hanno avuto una durata di circa un anno, di cui otto mesi fino al completo sollevamento della pila 1.

L'opera, in cemento armato, risalente ai primi anni del Novecento, è composta da tre luci pari rispettivamente a 27 m, 33,5 m e 27 m. Sotto la campata centrale scorre l'alveo inciso del Po, che in queste zone presenta comunque una larghezza limitata a pochi metri.

A Keller Fondazioni, responsabile anche della fase progettuale, non è stata chiesta solo la realizzazione della nuova fondazione, da solidarizzare alla struttura preesistente, ma anche l'ideazione del sistema di sollevamento per riportare l'impalcato alla sua quota originale e consentire, in futuro, il completo ripristino della struttura.

Le strutture portanti del ponte sono fondate su alternanze di stratificazioni incoerenti sabbioso-ghiaiose di buone caratteristiche meccaniche intervallate, nei primi metri di profondità, da lenti limose. A pochi metri di profondità dal livello dell'alveo, nel corso dei sondaggi è stata rilevata la presenza di falda in pressione, probabilmente la causa principale del collasso dovuto al rifluimento dei materiali fini trasportati dal flusso d'acqua venutosi a creare nel corso delle operazioni.

Il progetto e le opere di sottofondazione

Per creare la nuova fondazione della pila sono stati realizzati 48 nuovi micropali del tipo Mesi Keller (tubolare diametro 127, spessore 12,5 mm e lunghezza di 12 m) disposti lungo il perimetro della sagoma del plinto esistente. Le previsioni analitiche di progetto, in termini di portan-

za verticale dei pali, sono state verificate sperimentalmente effettuando prove di carico su elementi fuori opera. Particolare attenzione è stata posta alla realizzazione dei micropali, visti i problemi incorsi nelle precedenti attività. In particolare, le difficoltà si sono concentrate ovviamente nella corretta gestione dell'interferenza con la falda in pressione. Sui micropali è stata fondata poi la nuova trave anulare di fondazione, non collegata alla pila e avente dimensione pari a circa 110x70 cm.

Intorno ai micropali, esternamente agli stessi, nei primi 6 m dal piano campagna, sono state realizzate inoltre iniezioni cementizie Soilfrac Keller, con canne metalliche a manchettes, finalizzate a riempire e compattare eventuali zone detensionate presenti nel terreno, incrementarne di conseguenza la portanza superficiale e minimizzare il rischio di possibili anomalie locali in fase di spinta.



I nuovi micropali di fondazione



Tazza livellometrica



Terminale acquisizione dati



La pila 1 ad inizio sollevamento



I sistemi di spinta



Il basamento a fine sollevamento

Il sistema di sollevamento

Sulla trave di fondazione ne è stata realizzata una seconda di dimensioni pari a 190x150 cm, al cui interno sono state alloggiati gli apparecchi di spinta per il sollevamento. La trave superiore è stata resa poi solidale alla struttura preesistente tramite l'inserimento, previo carotaggi nel fusto pila, di 10 barre Dywidag passanti di diametro pari a 40 mm. La trave anulare è stata inoltre "post tesa" con cavi a trefolo viplati lungo l'anello esterno al fine di precomprimere la stessa e schiacciarla contro il fusto pila, in modo da solidarizzare meglio la nuova struttura al fusto preesistente. All'interno della trave superiore sono stati alloggiati 20 apparecchi di sollevamento, ovvero sistemi oleodinamici composti essenzialmente da due scatole cilindriche metalliche coassiali, di cui l'esterna solidale alla trave superiore e l'interna che contrasta sulla trave di fondazione. Tra i due elementi è ovviamente inserito il martinetto di spinta per esercitare la forza necessaria a sollevare la struttura.

Il sistema di monitoraggio

Particolare attenzione è stata posta alla definizione, installazione e manutenzione del sistema di monitoraggio, che è stato mantenuto in esercizio lungo tutto l'iter lavorativo, dalle prime fasi – in cui era fondamentale verificare eventuali ulteriori cedimenti della struttura nel corso delle perforazioni – alla fase finale di spinta, per verificare la risposta della struttura e il corretto raggiungimento del limite previsto a progetto, ovvero il sollevamento per un valore minimo di 35 cm. È stata predisposta una rete di controllo basata su un sistema di tazze livello metriche, ovvero sull'impiego di trasduttori che rilevano, secondo il principio dei vasi comunicanti, la variazione di pressione del fluido nei singoli sensori rispetto a uno di riferimento. La tazza di riferimento viene installata all'esterno della potenziale zona influenzata dall'attività. Le differenze di pressione sono poi convertite in variazioni di altezza in modo da fotografare costantemente l'opera e segnalare rapidamente l'evolversi dei cine-

matismi. Alle tazze livellometriche, dotate tutte di sensori di temperatura, sono stati affiancati due estensimetri posti a cavallo della lesione, in modo da verificare – nel corso del sollevamento – le variazioni sull'apertura della stessa. Nelle fasi di sollevamento, al fine di ottenere un controllo incrociato sui valori rilevati, si sono effettuati anche tradizionali rilievi topografici, unitamente ai dati direttamente segnalati dai singoli apparecchi di spinta. Il sistema di acquisizione della rete di tazze livellometriche è stato impostato in modo da registrare dati con cadenza pari a due minuti nel corso delle operazioni di sollevamento.

Il sollevamento

Tutte le operazioni propedeutiche alla spinta sono state completate verso la fine del mese di agosto 2008. Il sollevamento è stato programmato in tre distinti step, in modo da poter controllare, nell'intervallo tra le diverse fasi,



Panoramica del ponte al termine del sollevamento

eventuali comportamenti anomali della struttura.

Ovviamente il primo step, che ha avuto inizio il 10 settembre 2008, è stato caratterizzato dalle maggiori difficoltà operative, nonché dalle maggiori tensioni "emotive", legate alle inevitabili incertezze iniziali e alla necessità di vincere le forze di primo distacco. La forza totale di spinta si è as-

sestata sulle 1.000 t, in linea con le previsioni del modello numerico di progetto. Il secondo step di sollevamento è seguito una settimana dopo; infine, nelle giornate del 24 e 25 settembre 2008 è stato portato a termine il terzo step, che ha permesso di raggiungere un sollevamento finale della pila 1 pari a 36 cm. Nel corso delle operazioni di spinta non si sono registrati danneggiamenti alla struttura superiore del ponte che, visivamente, si è chiaramente riportato nella sua sagoma iniziale. Successivamente l'intercapedine creata tra le due travi è stata sigillata con calcestruzzo ad alta resistenza, opportunamente armato, in modo da procedere poi alla rimozione finale dei martinetti di spinta. L'eccellente risultato finale è stato il coronamento di un lavoro di gruppo svolto di concerto con la direzione tecnica dell'ente appaltante, i progettisti e i tecnici di Keller Fondazioni per una volta rivolti, alla fine del lavoro, con lo sguardo verso l'alto, lontano dal terreno! ■