

Nell'ambito dei lavori per la nuova linea AV Torino-Milano, la sostituzione del viadotto a due campate con due moderni solettoni in cemento armato precompresso

IL NODO DI CERTOSA

Marco Petrangeli
Gaetano Usai**
Marco Orlandini***
Francesco Magnorfi****
Armando Leoncini*****
Stefano Grigolon******



Figura 1 - Il nuovo nodo di Certosa

Il tracciato della nuova linea ferroviaria ad Alta Velocità Torino-Milano corre per tutto il tratto piemontese in affiancamento sul lato Sud all'Autostrada A4. In località Pregnana Milanese, circa 17 km a Est del Fiume Ticino, la linea sovrappassa l'autostrada spostandosi a Nord di quest'ultima.

Una volta oltrepassata, la nuova ferrovia inizia l'ampia curva verso Sud-Est per entrare in Milano in affiancamento alla Linea Storica (LS). In entrata a Milano quindi, a poche centinaia di metri dal polo fieristico di Rho-Però, la linea sottopassa nuovamente l'autostrada con una galleria artificiale (Figura 1) posta appunto in affiancamento alla Linea Storica per Torino e per Domodossola (quattro binari).

L'opera di scavalco con la quale l'autostrada sovrappassa il fascio di binari del nodo di Certosa era realizzata con un viadotto a due campate con fortissima obliquità (con un angolo di incidenza pari a 29° circa) e che presentava evidenti segni di degrado (Figura 2).

Nell'ambito dei lavori per la nuova linea AV, si è pertanto deciso di sostituire tale opera con due moderni solettoni in calcestruzzo armato



Figura 2 - Il viadotto autostradale preesistente con accanto la nuova galleria AV già realizzata

precompresso, uno per ogni carreggiata autostradale, di larghezza adeguata a contenere tre corsie più banchina (18,4 m ciascuno).

Dovendo realizzare una nuova struttura, Ferrovie dello Stato SpA hanno manifestato l'interesse all'eliminazione dell'appoggio intermedio, presente nel vecchio manufatto sotto forma di pareti e di pilastri, e all'aumento del franco disponibile per le linee sottostanti. La concomitanza di queste richieste ha comportato la realizzazione di una struttura con un ingombro massimo sotto la livelletta autostradale inferiore al metro su una luce di 47 m. Considerato che su una tale luce gli 80 cm strutturali disponibili non sarebbero stati sufficienti, si è quindi reso necessario inserire, per ciascun solettone, due travi di bordo estradossate. Il risultato è un'opera di elevato contenuto strutturale e di forte plasticità e snellezza, che ha richiesto un notevole impegno sia nella fase di progettazione sia di successiva realizzazione e varo, come descritto più avanti.

L'opera è stata terminata nel mese di Giugno 2009. La progettazione è stata affidata alla Società Tecnimont che si è avvalsa della Società Integra. La realizzazione è stata opera del Consorzio CAV.TO.MI. General Contractor per la costruzione della nuova linea AC Torino Milano, linea per altro ormai in fase di completamento anche nella tratta lombarda. Nella realizzazione dei due manufatti, il CAV.TO.MI. - di cui fanno anche parte Impregilo SpA e Condotte SpA - si è avvalso della Ditta specializzata Guerini Elio Srl.

Il progetto stradale

Lo scavalco di Certosa è posizionato a poche centinaia di metri da un'altra opera simile (Figura 3), il solettone di Firenze, con il quale la A4 sovrappassa il fascio di binari che serve il centro di manutenzione di Rho di Trenitalia (dove è concentrata la manutenzione delle motrici dell'Alta Velocità).

Tale solettone, realizzato in due fasi negli anni Settanta e Ottanta, è stato oggetto di interventi di riabilitazione e di rafforzamento in anni recenti. La sua presenza non ha permesso di innalzare significativamente la livelletta autostradale per non aumentare il carico agente sullo stesso.



Figura 3 - L'ortofoto del nodo di Certosa

Il nuovo attraversamento di Certosa è stato comunque posto in corrispondenza di un vertice convesso della livelletta autostradale per guadagnare franco su i binari sottostanti. Tale vertice, è però adiacente ad altri due vertici concavi posti immediatamente prima e dopo l'opera, per i motivi discussi in precedenza.

Per permettere la realizzazione della nuova opera senza interferenze con il traffico autostradale - in questo tratto intensissimo -, l'autostrada è stata deviata temporaneamente a Nord; per tale deviazione si è reso necessario realizzare un attraversamento provvisorio sulla ferrovia con un impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo. Tale cambio di direzione ha comportato l'inserimento di tre vertici planimetrici con curve di raggio pari a circa 340/600 m, sufficienti a posizionare tale attraversamento a circa 80 m dall'asse autostradale originario, ovvero dalla posizione in cui sono poi stati realizzati i due nuovi solettoni.

E' interessante ricordare che la sola rotazione della sagoma autostradale per la prima curva della suddetta variante che si incontra venendo da Torino ha richiesto uno studio apposito per valutare gli effetti che le ricriche necessarie alla sua realizzazione avrebbero potuto produrre sul sottostante manufatto di Firenze. Rotazioni di sagoma anche modeste, sulle attuali larghezze autostradali, comportano infatti sopraelevazioni dei cigli di oltre 50 cm, a fronte di spessori strutturali - nel caso dei manufatti di Firenze e di Certosa - comunque inferiori a 1 m.

Le barriere di sicurezza

Il problema delle barriere di sicurezza per le opere a via inferiore con travi estradossate è un tema molto interessante che gli Autori hanno già dovuto affrontare in altre circostanze (per progetti di viabilità ANAS e per i nuovi cavalcavia di Autovie Venete - Figura 4).

Le vie inferiori hanno infatti efficacia se si riesce a limitare l'interasse delle travi laterali al minimo onde ridurre i momenti flettenti trasversali. L'inserimento di barriere bordo ponte deformabili aggiunge oltre 2 m per lato alla larghezza dell'impalcato (4 m in totale), riducendo fortemente l'efficacia della sezione trasversale e quindi della soluzione stessa.

Molto interessante è, viceversa, la possibilità di derogare utilizzando le stesse travi strutturali quali ridirettivi rigidi, assimilando in pratica il ponte a una galleria.

Fermo restando che le barriere deformabili assicurano una maggiore protezione passiva in caso d'incidente, parrebbe però ragionevole avere dei tratti nei quali è ammesso andare in deroga utilizzando ridirettivi rigidi.

Queste deroghe potrebbero essere normate specificando anche i criteri prestazionali che questi ridirettivi debbono soddisfare in modo da ottimizzarne l'efficacia ai fini della protezione passiva e della riduzione del danno in caso di incidente.

In mancanza di studi e normative specifiche è stata proposta la sagomatura interna delle travi come quella delle barriere New Jersey bordo ponte con sovrapposto il tubolare anti-ribaltamento (Figura 5).



Figura 4 - Il nuovo svincolo di Sfercia sulla S.S. 77, progettato dagli Autori

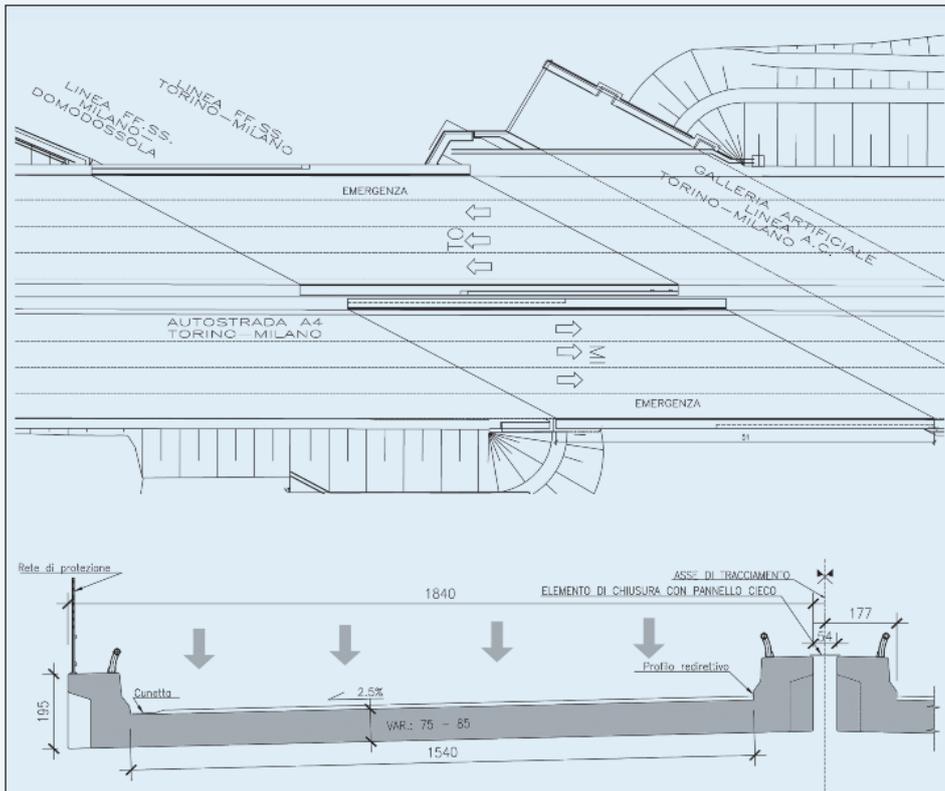


Figura 5 - La pianta e la sezione dei solettoni di Certosa

L'altezza di tali travi è risultata pertanto essere determinata sulla base dell'altezza di una barriera standard bordo-ponte. Fortunatamente tale altezza, così come l'interasse tra le due carreggiate che ne fissa la larghezza massima, era compatibile con le esigenze strutturali dell'opera.

La struttura

L'elemento strutturale determinante dei due solettoni di Certosa è la loro fortissima obliquità (61°). Una piastra con questa obliquità e con un rapporto luce/larghezza pari circa a 2 m ha un comportamento estremamente complesso in quanto sviluppa un campo tensionale con gradienti elevatissimi ovvero con forti momenti torcenti. Queste sollecitazioni sono, molto probabilmente, la causa delle fessurazioni sviluppate dal vicino solettone di Firenze, il quale ha la stessa obliquità ma luci e larghezza pari a circa l'80% di quello di Certosa.

Il vecchio scavalco di Certosa non aveva invece sofferto di questo problema in quanto realizzato con travi affiancate, soluzione forse meno elegante ma senz'altro cautelativa e con un comportamento di più facile comprensione, soprattutto al tempo della sua progettazione, quando non si disponeva dei moderni mezzi di calcolo agli elementi finiti. Per i solettoni di Certosa, in aggiunta all'obliquità si è sommata la complicazione di dover inserire delle travi di bordo estradossate. Sin dalle prime analisi, è stato infatti evidente che lo spessore disponibile di 80 cm non sarebbe stato sufficiente perché, se è vero che la luce in retto dell'attraversamento è pari a circa 23 m, è anche certo che i bordi liberi longitudinali hanno una lunghezza pari a 47 m (luce libera misurata lungo l'asse autostradale) e che lungo tale bordo, in assenza di un ispessimento strutturale, si sarebbero ottenute sollecitazioni e deformazioni inammissibili.

Le travi estradossate, quando associate a un soletta strutturale eccentrica, tendono a localizzare le sollecitazioni e, da una certa prospettiva, possono diventare gli stessi elementi fragili del sistema.

Ignorando infatti per un momento l'obliquità, si vede che nel comportamento flessionale in semplice appoggio la compressione nei martelli superiori delle travi può raggiungere valori molto elevati quando gli stessi abbiano un'area molto inferiore rispetto a quella complessiva della sezione.

Se poi si aggiunge l'obliquità e quindi la torsione, si vede che tali travi attraggono non solo molto momento flettente ma anche molto momento torcente. In definitiva, se da un lato si è stati costretti a inserire queste travi di bordo irrigidenti, dall'altro il loro inserimento ha aggiunto un ulteriore elemento di localizzazione allo stato tensionale.

Nonostante tutte le difficoltà del caso, la progettazione ha confermato gli studi esistenti per questo tipo di strutture (F. Leonhardt, Vol. VI - "I ponti"). Il comportamento strutturale dell'opera è stato comunque oggetto di approfondite analisi mediante modellazione numerica agli elementi finiti 3D dell'intero manufatto e della precompressione in tutte le differenti fasi di varo e di esercizio (Figura 6).

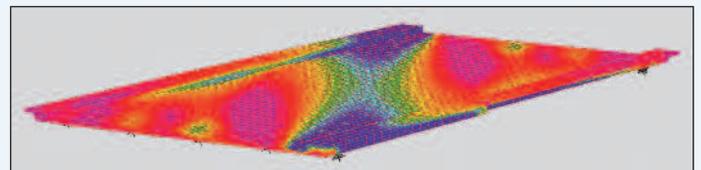


Figura 6 - Il modello agli elementi finiti

Per le travi di bordo è stato scelto un disegno funzionale alle sollecitazioni agenti con un tratto adiacente agli angoli ottusi, dove le sollecitazioni sono molto elevate, con sezione piena e i restanti 2/3 della lunghezza verso gli angoli acuti con sezione scavata con martello. La transizione tra le due sezioni è ottenuta con una sagoma che richiama le motrici dell'Alta Velocità (Figura 7).



Figura 7 - Il dettaglio delle travi di bordo del solettone

Il solettone è stato precompresso nelle due direzioni (Figura 8); l'inserimento delle travi di bordo ha permesso di portare la precompressione trasversale tutta in retto. Quella longitudinale è stata invece sventagliata seguendo le linee di forza che tendono ovviamente a ruotare allineandosi con la congiungente dei due angoli ottusi, dove finisce il 60% del carico totale.

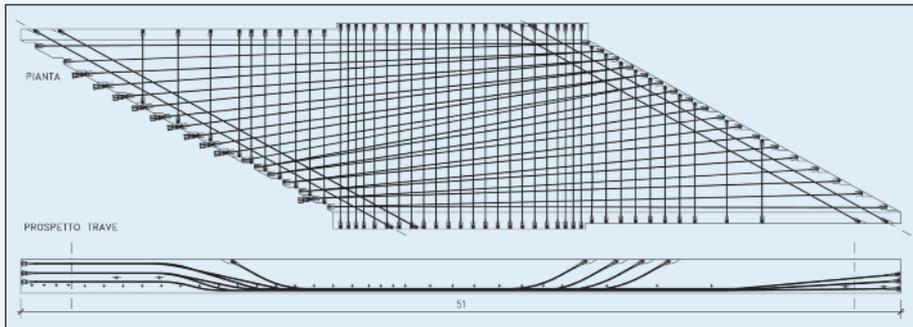


Figura 8 - La pianta e il prospetto della precompressione

Anche le travi di bordo sono state precomprese con cavi il cui tracciato somiglia a quello impiegabile in una trave in semplice appoggio (Figura 9) salvo il fatto che in parte sono stati rialzati sull'appoggio ottuso dove l'obliquità della piastra fornisce un momento di incastro non trascurabile.



Figura 9 - La posa in opera delle guaine

Tutti i cavi trasversali sono da 15 trefoli 0,6" super mentre quelli longitudinali sono da 19 trefoli così come quelli delle travi di bordo. Tensacciai SpA ha provveduto alla fornitura e messa in opera della precompressione. L'incidenza della precompressione è pari a 50 kg/m^2 e quella dell'armatura lenta pari a 130 kg/m^3 .

Il solettone, nella loro configurazione definitiva, trovano sostegno su dieci appoggi ciascuno, quattro dei quali posti ai quattro angoli sotto le travi di bordo e altri sei (tre + tre) distribuiti in posizione equidistante sui bordi obliqui della soletta. Gli appoggi sotto gli angoli ottusi prendono 650 t ciascuno sotto i carichi permanenti a fronte di un peso complessivo pari a circa 2.400 t per singolo solettone.

Le reazioni vincolari citate sono state calibrate, e di conseguenza indagato lo stato di sollecitazione del manufatto, secondo uno studio specifico che ha consentito di eliminare le azioni di coazione iperstatiche della precompressione, inevitabili per il numero di appoggi di-

sposti e per la geometria dei cavi, che avrebbero notevolmente ridotto l'effetto benefico della precompressione stessa.

Contemporaneamente, un ulteriore vettore di distorsioni, applicato a quota appoggi prima dell'inghisaggio definitivo, ha consentito di modificare le reazioni vincolari riducendo significativamente "l'effetto sella", tipico per impalcati con forte obliquità che tendono inevitabilmente a caricare la maggior parte del proprio peso sugli appoggi disposti negli angoli ottusi, sgravando quasi completamente, e talora sollevando, gli angoli acuti.

La costruzione e il varo

Considerata l'importanza del fascio di binari che passa sotto l'opera, si è dovuto escludere la possibilità di realizzare l'opera direttamente nella sua posizione definitiva. Tale soluzione avrebbe richiesto la realizzazione di almeno un supporto intermedio e di una importante centina per sostenere il getto. La costruzione di

queste strutture provvisorie e il successivo getto in opera avrebbero quindi comportato interruzioni dell'esercizio ferroviario non tollerabili. Si è dunque deciso di varare a spinta i due manufatti precedentemente realizzati sul tratto di sedime autostradale lato Milano lasciato libero dalla deviazione temporanea della A4. In una prima fase si è pensato di realizzare il varo mediante l'ausilio di un supporto intermedio, eventualmente le pile stesse dell'opera preesistente da demolire, opportunamente adattate e rinforzate. In una seconda fase questa soluzione è stata abbandonata in quanto richiedeva due fasi distinte di lavorazione con interferenza al traffico ferroviario; la prima per la demolizione dell'impalcato esistente, la seconda con la successiva rimozione degli appoggi intermedi.

Si è arrivati quindi alla soluzione definitiva che ha previsto il varo dell'intero manufatto, senza appoggi intermedi, su di una luce di poco inferiore ai 50 m (superiore alla luce finale di calcolo per evitare interferenza con i baggioli già realizzati).

La soluzione adottata per il varo è quella proposta dalla Guerini Elio Srl, successivamente studiata e approfondita in associazione con i Progettisti dell'opera (di Integra Srl). Le due Società già hanno collaborato su progetti simili, ma è senz'altro la Guerini Elio Srl che può vantare una tra le maggiori esperienze a livello internazionale nel settore dei vari di grandi manufatti in c.a.p..

La soluzione proposta prevede il varo a spinta del manufatto già completato e precompresso. Il superamento della luce di progetto viene effettuato grazie all'impiego di tre grandi tralicci in acciaio che collegati al solettone fuoriescano in avanti per una lunghezza superiore a quella di varo.

I tralicci hanno sezione rettangolare (quattro correnti) con una sezione di transizione realizzata a parete piena che permette agli stessi di sormontare il solettone passando da un posizione intradossata nella parte a sbalzo a una posizione estradossata nel tratto in cui gli stessi tralicci "poggiano" sull'estradosso del solettone. La connessione tra i tralicci e il solettone è realizzata in parte con delle barre verticali ancorate nel solettone (Figura 10), in parte con i cavi stessi di precompressione longitudinale del solettone (quattro per ciascun traliccio) che ne assicurano la connessione frontale (Figura 11).

La posizione planimetrica dei tralicci è stata studiata in modo da ripartire uniformemente il carico sugli stessi. Due tralicci sono pertanto accostati alla trave di bordo dal lato dell'angolo ottuso e uno da quella dell'angolo acuto.



Figura 10 - Gli elementi di ancoraggio dei tralicci di varo nel solettone

I solettoni sono stati quindi realizzati su dei muretti provvisori di varo in calcestruzzo armato (c.a.) lunghi poco meno di 100 m che hanno permesso il getto, la precompressione e il montaggio degli avambecchi tutti dal lato Milano.

I primi 50 m di spinta, sono serviti quindi a varare gli avambecchi sulla ferrovia, i secondi 50 m a varare i solettoni (Figura 12).

I cavi sono stati tesati a meno di una settimana dal getto. Del resto, le prove su cubetti prelevati dal getto hanno mostrato una resistenza media a una settimana superiore ai 60 MPa a fronte di una specifica di progetto per un calcestruzzo con R_{ck} (in esercizio) pari a 55 MPa.



Figura 11 - Il dettaglio degli avambecchi e del loro collegamento al solettone

In fase di varo non è stato necessario utilizzare precompressione provvisoria nonostante le sollecitazioni in tale contesto fossero sostanzialmente differenti da quelle in esercizio e nonostante il peso proprio rappresenti circa l'80% dei carichi totali agenti.

Per ridurre i momenti negativi massimi, opposti a quelli d'esercizio, che si sarebbero avuti con il solettone a circa metà del varo, si è preferito imporre delle distorsioni sollevando i pattini d'arrivo sulla spalla lato Torino. Questi pattini, realizzati con un sistema idraulico apposito, hanno permesso infatti di mantenere il solettone in fase di varo con una geometria "concava" ovvero evitando trazioni significative all'estradosso delle travi di bordo (Figura 13).



Figura 12 - Il varo degli avambecchi sulla ferrovia



Figura 13 - La fase finale di spinta del secondo solettone; in primo piano i pattini idraulici

La regolazione delle reazioni vincolari, durante le fasi tensionali critiche di avanzamento del solettone, è quindi stata effettuata sulle slitte lato Torino, con l'accortezza però di verificare, attraverso opportune operazioni di pesatura predisposte nella prima fase di avanzamento, anche la corretta distribuzione del peso proprio tra travi di varo e le slitte lato Milano.

Ciò ha permesso di sincerarsi che le ipotesi progettuali di rigidezza reciproca fossero correttamente rispettate e, di conseguenza, che le reazioni vincolari ad esse associate, sensibili anche a variazioni non previste di quota, fossero rispondenti ai modelli di calcolo.

Lo stesso sistema idraulico è stato utilizzato per staccare il solettone dalle travi di varo prima degli ultimi metri di spinta durante i quali il solettone ha poggiato solo su i pattini posti sulle spalle Torino e Milano (Figura 14). Anche le fasi di tesatura sono state studiate, oltre che per minimizzare le perdite e gli effetti localizzati generati via via dalle forze di introduzione della precompressione alle testate, per limitare, entro i valori di norma, le trazioni prodotte in fase di varo lungo l'estradosso delle travi di bordo. Proprio per questa ragione, parte dei cavi di precompressione disposti lungo le travi laterali sono stati tesati a varo longitudinale concluso.

Terminato il varo longitudinale, per il primo solettone si è quindi provveduto a effettuare una traslazione trasversale onde poter realizzare



Figura 15 - Il primo solettone è stato traslato, il secondo è pronto per il varo

e varare il secondo solettone utilizzando le stesse opere provvisorie (muretti di varo, sistema di supporto casseri, ecc.) impiegate nella realizzazione e varo del primo solettone (Figura 15).

Il primo solettone è stato gettato, nonostante le pessime condizioni meteorologiche, negli ultimi giorni del mese di Gennaio 2009 e il suo varo longitudinale è terminato a fine Marzo. Il secondo solettone è stato gettato negli ultimi giorni del mese di Aprile e il varo completato nel mese di Maggio. Per il calaggio e la pesatura degli appoggi è stata sufficiente una settimana (Figura 16).



Figura 16 - I due solettoni varati



Figura 14 - Una fase di spinta del primo solettone vista dalla variante autostradale

Anche in fase di varo, la fortissima obliquità dell'opera ha comportato notevoli complicazioni. Nonostante il varo sia stato effettuato infatti lungo l'asse autostradale e quindi potesse apparire una operazione sostanzialmente di traslazione longitudinale lungo tale asse (lo stesso dei tralicci di varo), in effetti la variazione, in fase di avanzamento, delle reazioni verticali sui vari elementi di scorrimento (muretti di varo e slitte), associata con l'asimmetria tra lato destro e sinistro dovuta all'obliquità, ha comportato la nascita di forti coppie rotazionali. In altre parole i due angoli ottusi, uno avanzato lato Torino a Sud e uno arretrato lato Milano a Nord, si sono caricati diversamente nelle diverse fasi di varo causando reazioni attrittive sbilanciate tra l'allineamento Sud e Nord e in definitiva delle coppie che tendevano a ruotare planimetricamente il manufatto. Questo fenomeno, in forma più blanda, esiste anche per le prime fasi di spinta di viadotti standard, ma si esaurisce rapidamente all'aumentare della lunghezza varata sino a diventare completamente trascurabile dopo che sono state varate le prime due campate circa.

Un'ultima curiosità da cui possono senz'altro essere tratti diversi spunti di riflessione è stata la seguente. Terminato il varo longitudinale, i solettoni hanno poggiano per alcuni giorni su degli appoggi provvisori che avevano una posizione planimetrica leggermente differente da quella degli appoggi definitivi. In questa configurazione i solettoni presentavano una freccia in mezz'opera facilmente apprezzabile a occhio nudo.

Nonostante il modello di calcolo prevedesse questo comportamento e fornisse dei valori tensionali associati compatibili con la resistenza del calcestruzzo utilizzato, l'effetto era senz'altro inusuale. Una volta calati sugli appoggi definitivi, i manufatti hanno quindi recuperato tale freccia dimostrando una notevole elasticità e una sensibilità molto elevata rispetto al posizionamento planimetrico degli appoggi, sensibilità dovuta alla fortissima obliquità e alla presenza delle travi di bordo. Anche se molte strutture in c.a.p. di grande luce posseggono una flessibilità apprezzabile a occhio nudo, una flessibilità così evidente in piastre di luci similari è un fatto che ha sorpreso chi non avesse avuto modo di studiarne il comportamento con il modello numerico.

Conclusioni

Una serie di condizioni al contorno predeterminate ha richiesto la realizzazione di un'opera di scavalco delle linee ferroviarie storiche a Certosa che si distingue oltre che per le dimensioni importanti e la forte snellezza anche per una serie di peculiarità legate alla fortissima obliquità e al sistema di varo adottato. Nonostante l'opera sia quindi unica nel suo genere, si possono comunque trarre alcune conclusioni valide anche per altre strutture in calcestruzzo armato in ambito stradale e ferroviario:

- ◆ il varo a spinta del manufatto si è confermato una soluzione particolarmente efficace sia dal punto di vista tecnico che da quello dei tempi e dei costi di realizzazione. Il getto in opera permette infatti oggi di realizzare manufatti monolitici di ottima fattura che non necessitano di essere trasportati, movimentati e quindi solidarizzati in opera con gli ovvi benefici tecnico-economici che si hanno dal-

la eliminazione di ciascuna delle tre fasi anzidette. Il varo a spinta è sorprendentemente facile e spedito; tale tecnica dovrebbe sempre essere presa in considerazione quando si progettano luci importanti, sia si tratti di strutture metalliche sia di opere in c.a.p.;

- ◆ le strutture a via inferiore in c.a. e c.a.p. hanno grandi potenzialità che potranno trovare sicuramente interessanti applicazioni anche in altre situazioni. Contrariamente, infatti, alle strutture a via inferiore metalliche, le strutture in c.a.p. hanno maggiore robustezza e non soffrono quindi di problemi di instabilità da urto accidentale, punto debole di quelle in acciaio;
- ◆ l'utilizzo di calcestruzzi ad alta e altissima resistenza, soprattutto quando associati a elevata duttilità per l'impiego di fibre, ha di fatto reso possibile la realizzazione di strutture in c.a. e c.a.p. con un comportamento molto differente da quello a cui eravamo abituati nel secolo scorso. Nel calcolo di queste strutture è necessario prestare particolare attenzione a problemi di snellezza, di flessibilità e di controllo della fessurazione. ■



Figura 17 - La fortissima obliquità è causa del sorprendente effetto ottico che fa apparire differenti i due impalcati perfettamente uguali

* Professore di Tecnica delle Costruzioni dell'Università "G. D'Annunzio" di Pescara e Presidente e Direttore Tecnico di Integra Srl

** Ingegnere Vice Presidente e Direttore Tecnico di Integra Srl

*** Ingegnere Responsabile della Progettazione Alta Velocità di CAV.TO.MI.

**** Ingegnere Direttore del Dipartimento Infrastrutture di Tecnimont SpA

***** Ingegnere Responsabile di Commessa di Tecnimont SpA

***** Ingegnere dell'Alta Sorveglianza Alta Velocità Torino-Milano di Italferr SpA

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare i seguenti colleghi e amici che hanno fattivamente contribuito, a vario titolo, al buon esito della costruzione dell'opera: Ing. Paolo Tortolini, Ing. Aldo Mancarella di Tecnimont SpA, Elio e Guido Guerini della Guerini Elio Srl, Ing. Roberto Vela e Ing. Gianni Carlo Canavesi della Tecnimont SpA, Ing. Michele Firpo di Condotte SpA, Ing. Carlos Ballardini e Ing. Eva Silva di CAV.TO.MI SpA, Geom. Michele Iasimone di Ponteco Srl.