

Edmondo Vitiello,
Alberto Miazzon

Cavalcaferrovia a Rho (Milano)

La città di Rho (Milano) è attraversata da un importante tronco ferroviario, che ne separa il nucleo storico (a nord) dalle aree di espansione a sud. Per ovviare a questa situazione che penalizza l'identità comunale e la permeabilità regionale l'Amministrazione Comunale si è impegnata nella realizzazione di un nuovo sovrappasso stradale (con piste pedonali e ciclabili) (figura 1).

La zona per l'attraversamento è stata scelta con criteri prevalentemente urbanistici. Poiché l'unico attraversamento stradale esistente (un sottopasso) è collocato a est della stazione ferroviaria, il nuovo attraversamento doveva essere a ovest della medesima per poter rendere più diffusamente permeabile lo spazio urbano. In questa zona a nord della ferrovia è esistente un asse (la via Volturmo) che punta verso la strada statale del Sempione; a sud è presente la strada per Magenta che, scavalcando il fiume Olona, si dirige verso la stazione dell'autostrada Milano-Torino. Il nuovo sovrappasso sulla ferrovia doveva essere il trait d'union tra queste realtà esistenti per realizzare un'importante nuova linea di traffico (figura 2).

IL PROGETTO PRELIMINARE

La localizzazione che l'urbanistica ha dettato presentava queste caratteristiche:

- si doveva attraversare un tratto ferroviario a 9 binari di grande traffico (Milano-Torino, e Milano-Varese, più linee di precedenza, più fascio merci);
- il piano del ferro dei binari era posto circa un metro sopra la quota delle strade urbane circostanti.

La prima soluzione ipotizzata dall'Amministrazione era un sottopasso. Questa soluzione fu però scartata perché il modesto dislivello tra ferrovia e strade avrebbe richiesto trincee di accesso molto penalizzanti per la città. Inoltre preoccupava la presenza a nord del torrente Bozzente, col rischio

La nota riferisce di un progetto di sovrappasso stradale sopra la ferrovia a Rho (Milano), tuttora in corso di realizzazione.

Il tracciato di nuova strada urbana a due corsie con marciapiede e pista ciclabile (per uno sviluppo di 600 m), comprende rampe di accesso su rilevato e su viadotto ed una campata centrale sul sedime ferroviario.

La nota riferisce in dettaglio sulle soluzioni strutturali adottate per la campata centrale: due archi a cassone in acciaio che s'incrociano in chiave ed un impalcato a graticcio di travi in acciaio-calcestruzzo appeso alla chiave dell'arco con quattro stralli.

Si sottolineano gli aspetti d'immagine della soluzione ad arco: visibile da lontano per significare la ritrovata continuità tra due parti città a lungo divisi dalla ferrovia.

Si mette in luce che la soluzione ad arco, a spinta eliminata con impalcato appeso, minimizza lo spessore strutturale di quest'ultimo (1.15 m su una luce di 55 m in obliquo), consentendo così un risparmio su tutta la livelletta dell'opera.

Si riferisce poi il metodo di costruzione piuttosto inusuale per un'opera di queste dimensioni: per non interferire con la ferrovia, tutta la struttura in acciaio (archi, impalcato, stralli) che presenta un'altezza di 25 m, è stata montata (in due settimane) a lato della ferrovia e poi posta in opera sulle pile con un unico tiro (240 t, 25 m di sbraccio), nell'arco di tempo di un'ora.

Bridge over a railway in Rho (Milano)

The paper deals with the design of a bridge over a railway in Rho (MI) currently under construction. The bridge is part of a new road inside the town, consisting of two approach bridges and one main span over the railway.

The paper mainly regards the structural solutions of the central girder: two steel box arches crossed on key and a steel and concrete truss beam deck suspended from four stayed-cables to the arch key. The arch is shown from a distance, and serves the purpose of reuniting the community that had been divided in two for some time by the railway line.

The structural solutions minimises the deck thickness (1.15 m on a span of 55 m) and ensures the minimum gradient of the road surface. The original erection method is shown. With a view to reducing interference to rail traffic to the minimum, the whole arch bridge was assembled to the side of the railway line (55 m length, 17 m width, 25 m height) in about two weeks, and then positioned on the piers in a single operation [240 t (weight) x 25 m (radius)] lasting around one hour.

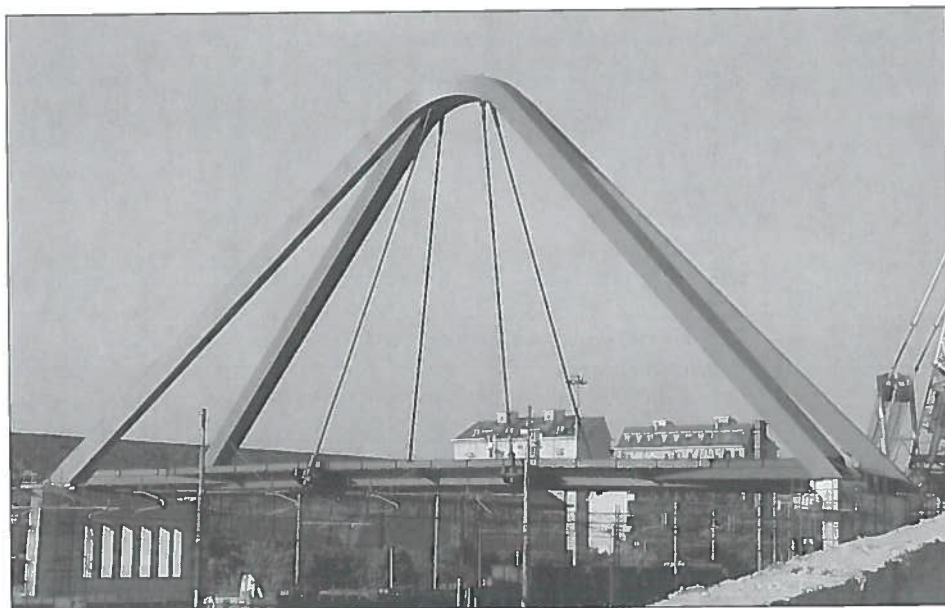


Figura 1 - Il ponte ad arco montato

Figura 2 -
Planimetria del
sovrappasso
stradale

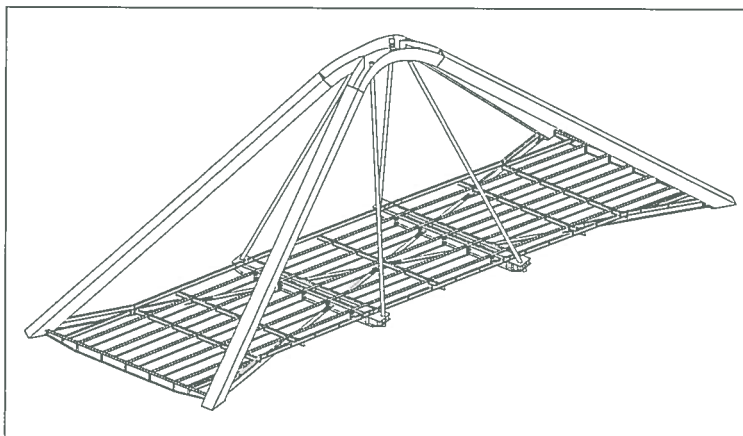
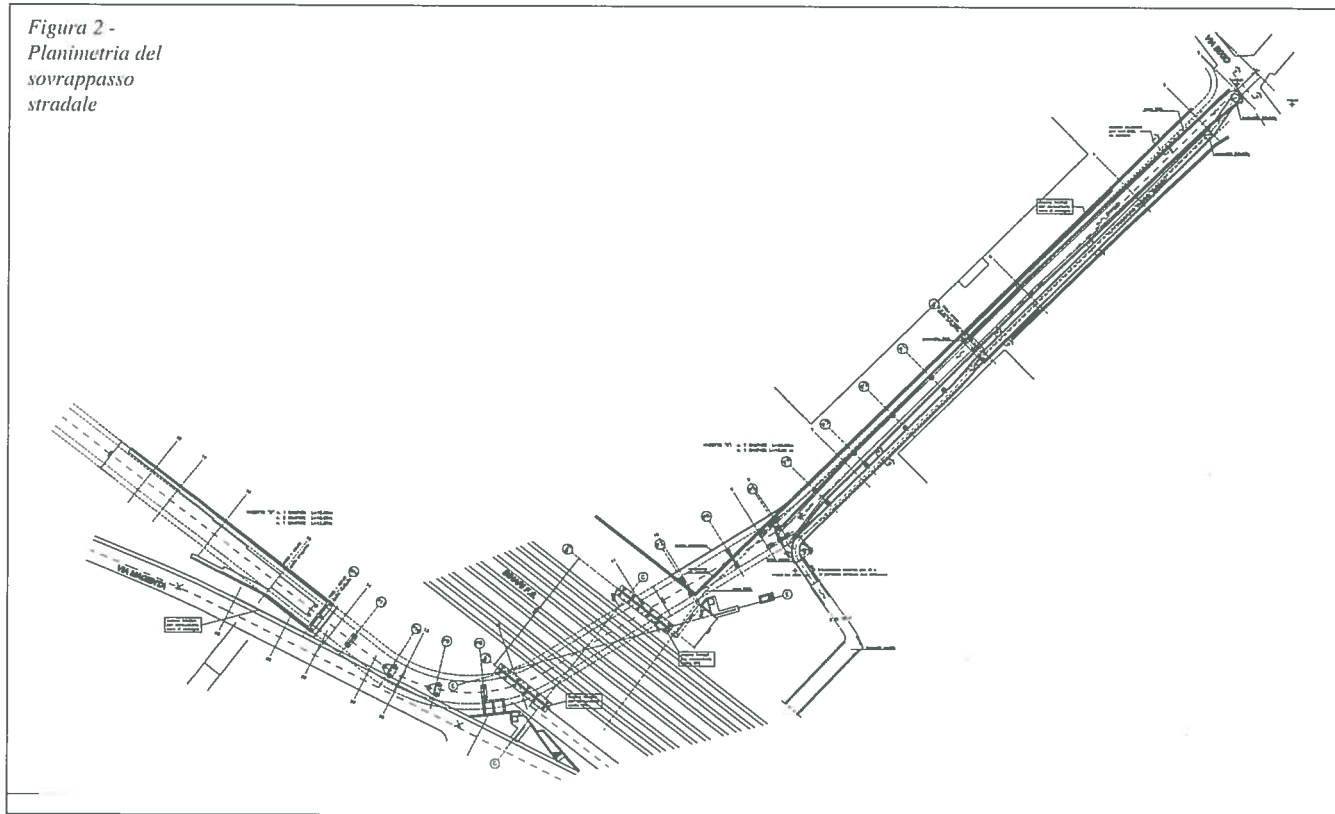


Figura 3 -
Assonometria
strutturale

di pericolose esondazioni all'interno del sottopasso. E' stata quindi adottata la soluzione del cavalcaferrovia. L'esigenza progettuale principale dal punto di vista stradale per questa soluzione risultava quella di progettare la campata centrale in modo che la livelletta stradale fosse più in basso possibile. Tenendo conto delle nuove richieste ferroviarie che richiedono un franco di 6.8 m sopra la quota del ferro, ciò ha voluto dire ricercare una tipologia strutturale che presentasse un impalcato di minima altezza. Queste esigenze imponevano per la campata centrale una struttura portante superiore alla strada, con impalcato appeso.

Le soluzioni strutturali più correnti a questo scopo sono due: il ponte strallato con pilone a lato della ferrovia o l'arco a spinta eliminata a livello dell'impalcato.

Nel concorso internazionale per il progetto preliminare il Prof. Edmondo Vitiello, poi designato come progettista dell'opera, ha proposto la seconda tipologia strutturale (figura 3).

Ciò perché dal punto di vista dell'immaginazione,

una struttura ad arco è ben visibile da lontano ed ha una forte carica espressiva nel significare la ritrovata unione tra due parti della medesima città separate (per più di un secolo) da una barriera ferroviaria.

L'Amministrazione e l'opinione pubblica hanno sostenuto la scelta dell'arco. ("Un arcobaleno sopra Rho" intitolarono i giornali locali ai tempi dell'aggiudicazione del concorso).

Ma si aprivano alcuni problemi costruttivi, che la soluzione strutturale con stralli da una pila laterale (già utilizzata in un sovrappasso sulla medesima ferrovia pochi chilometri verso Milano) non avrebbe presentato.

IL PROGETTO ESECUTIVO

Le rampe di accesso non presentavano grandi difficoltà progettuali, anche perché i punti di sbarco erano comunque lontani dalla campata centrale e le pendenze erano comunque dolci. Dalle due rotonde di svincolo che segnano la partenza dell'opera rispettivamente a nord e a sud, si dipartono due tratti in rilevato fino a una quota di circa 4 metri. Poi le rampe di accesso diventano viadotti. Essi sono stati in un primo tempo progettati in struttura di cemento armato di piccola luce (8 -12 m), e poi trasformati in campate di circa 18 m con due travi continue in acciaio e soletta in cemento armato collaborante.

La scelta dell'acciaio-calcestruzzo per le rampe di accesso è stata soprattutto dettata da esigenze di uniformità costruttiva con la campata centrale e per questioni di rapidità di montaggio. Ci si è resi conto infatti che almeno una parte di queste rampe doveva essere messa in opera dopo la campata centrale, come sarà chiaro vedendo i disegni al prossimo capitolo, che illustrano il varo della campata centrale. Il tempo di esecuzione dei viadotti di accesso diventava perciò critico.

Il problema progettuale principale è stato comunque la campata centrale sulla ferrovia.

Essa ha una pianta obliqua per 21° rispetto l'ortogonale ai binari ferroviari. E' stato spontaneo allora prevedere due archi incrociantsi in chiave, di cui uno perfettamente ortogonale ai binari e l'altro più inclinato (figura 4). L'allargamento di questi archi all'imposta è stato dimensionato in modo da comodamente accogliere la sede stradale, tenendo anche conto di veicoli con altezza di 5,5 m.

L'incrocio degli archi è perciò un punto strutturalmente ed esteticamente singolare: è sembrato opportuno concentrare in questa zona anche l'ancoraggio dei quattro stralli che reggono l'impalcato. Perciò l'arco risulta pochissimo inflesso alle reni, ed è logico disegnarne lo sviluppo rettilineo tra imposta e chiave.

Il risultato, illustrato nei disegni e nelle foto, è quello di due archi-capriate, che insieme agli stralli formano una specie di ventaglio di rette che convergono in un unico punto di schema posto circa 5 metri al di sopra della chiave.

L'effetto estetico è che l'arco "spinge in su" e gli stralli "tirano in giù", perciò la statica dell'insieme risulta di immediata percezione (figura 5).

L'impalcato è stato progettato con cinque travi in acciaio di 90 cm di altezza, parallele all'asse stradale obliquo. Esse sono appoggiate, oltre che sulle pile-spalla, anche su due traversoni intermedi in acciaio, di uguale altezza, retti dagli stralli (figura 6).

L'ultimo problema progettuale è stato quello degli elementi per eliminare le spinte orizzontali a livello delle imposte degli archi: le catene.

Si è pensato dapprima a tiranti o travi orizzontali che congiungessero gli appoggi da ciascun lato. Data la divaricazione dei punti di imposta rispetto alla larghezza stradale, ciò avrebbe però comportato collocare due elementi in tensione molto all'esterno dell'impalcato, difficilmente supportabili oltre che poco estetici.

Si è scelto allora di porre due tiranti (costituiti da una lamiera di grosso spessore, irrigidita per essere autoportante) posti planimetricamente in diagonale, all'altezza circa del baricentro delle travi di impalcato, in modo che le penetrassero.

Ciascun arco perciò ha la sua "catena" nel suo piano e le reazioni sulle spalle sono prevalentemente verticali, senza intervento sull'equilibrio dei traversoni di testata (figura 7).

E' stato poi facile "vestire" questa concezione strutturale con elementi in acciaio:

- travi a cassone per gli archi;
- travi composte saldate per l'impalcato e le catene diagonali;
- travi a cassone, parzialmente aperte, per i traversoni dell'impalcato, sorretti dagli stralli;
- fasci di trefoli con ancoraggi a cuneo su ghiera per gli stralli,

come mostrano i disegni di assieme e i dettagli qui di seguito riprodotti.

Tutto l'insieme è stato oggetto di presentazione e discussione anche in sede internazionale [1], [2].

IL PROGETTO E LA COSTRUZIONE D'OFFICINA

La progettazione costruttiva d'officina ha richiesto alcune attenzioni particolari, al fine di rendere l'ese-

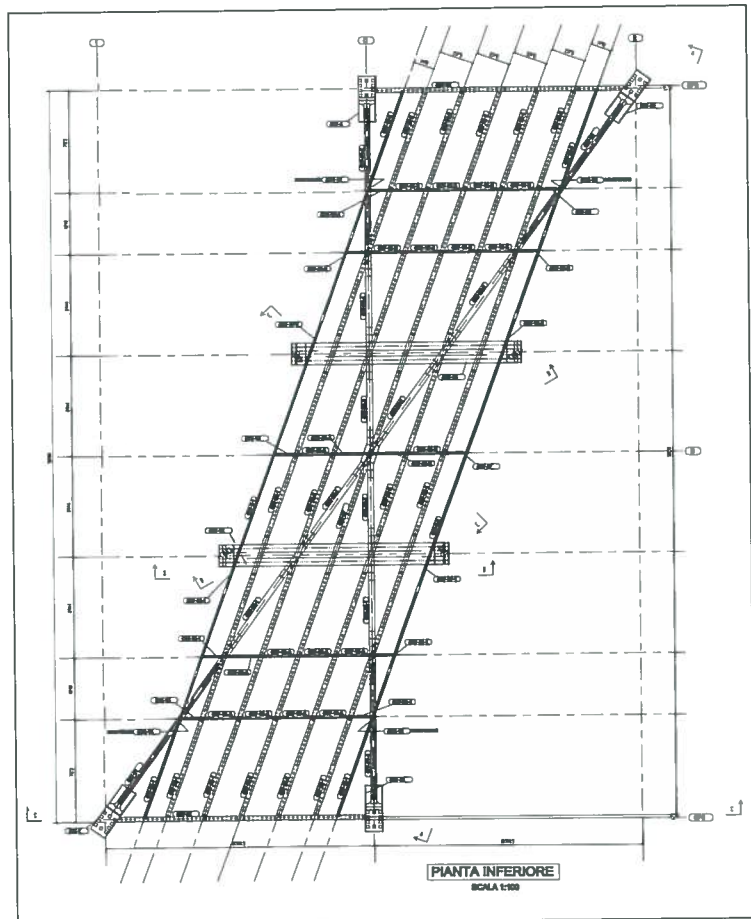


Figura 4 - Pianta archi e travi d'impalcato

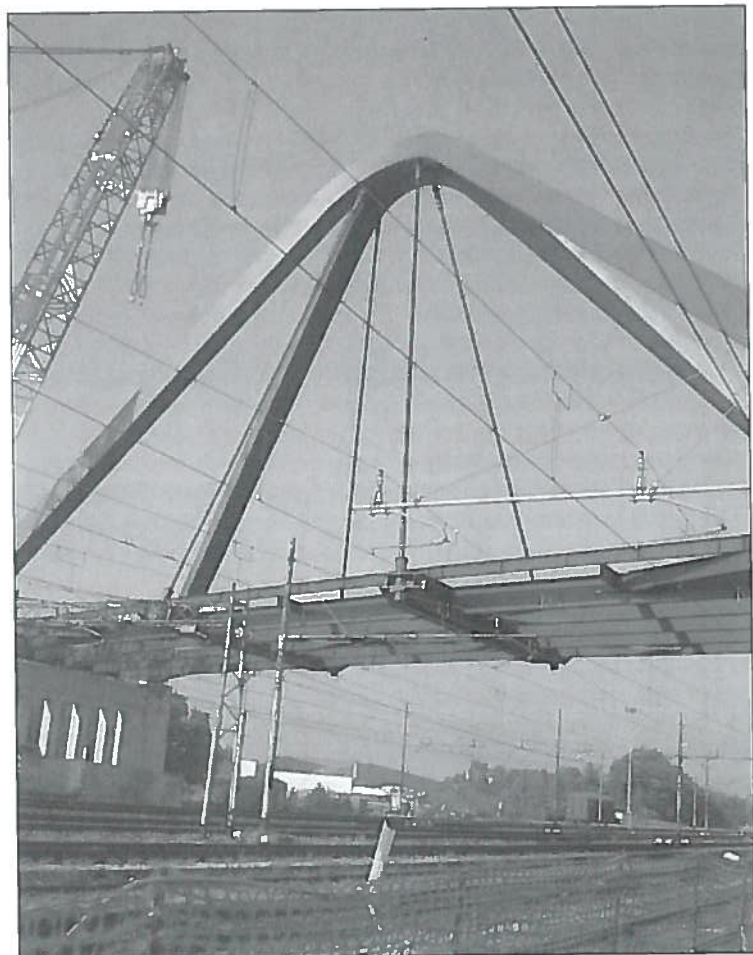
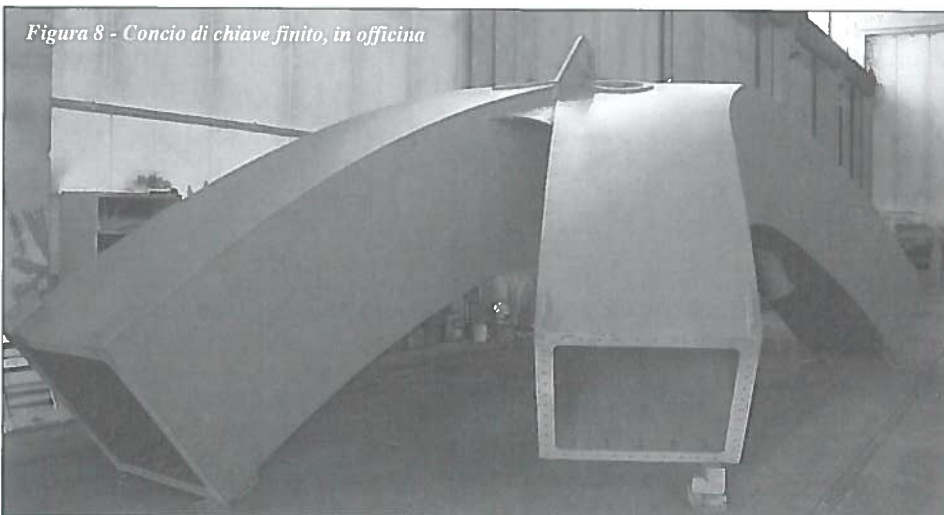
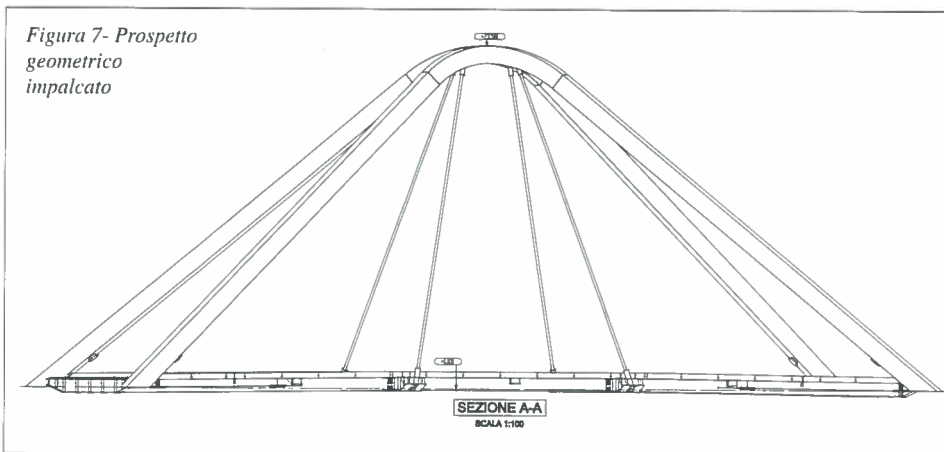
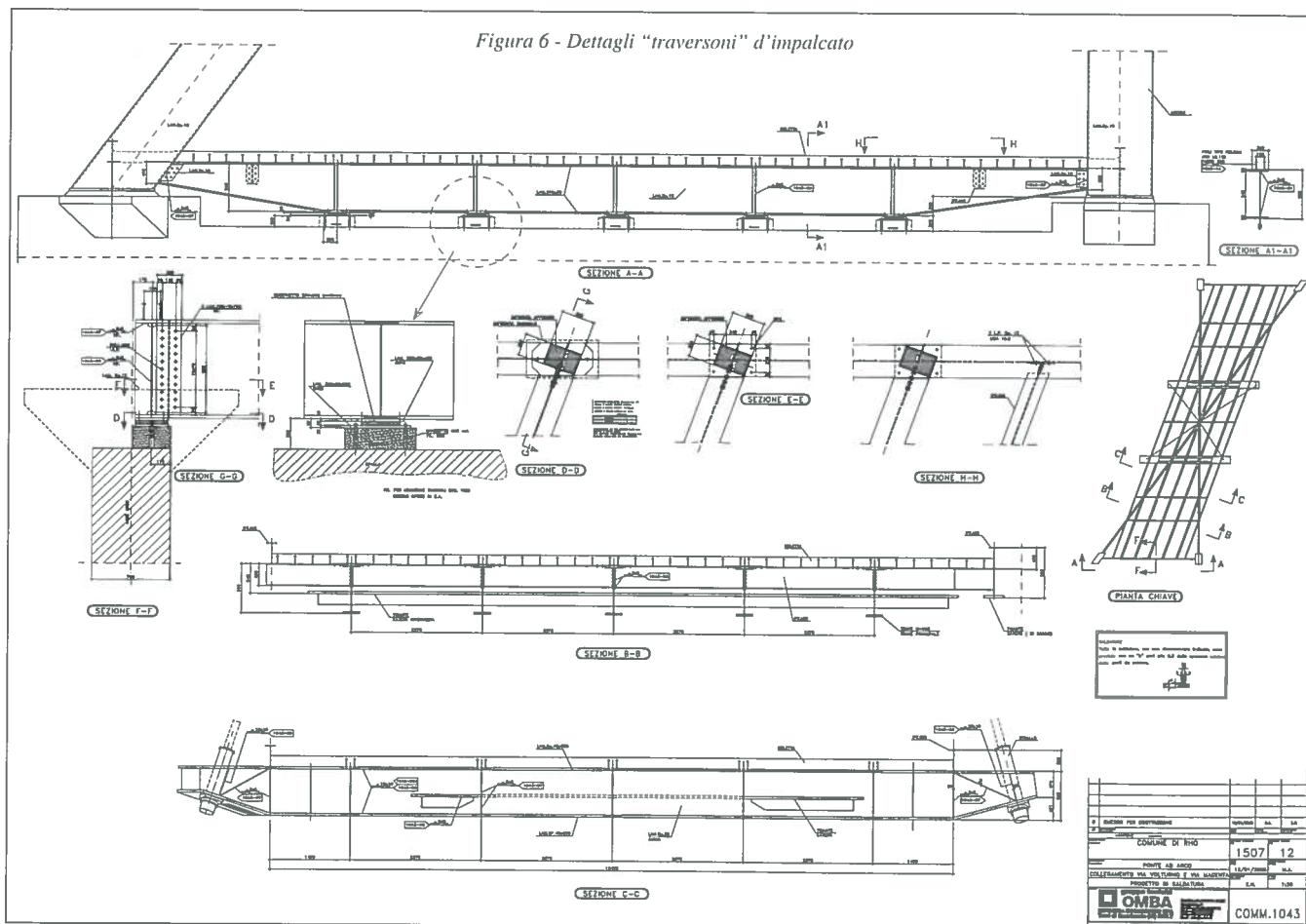


Figura 5 - Vista dell'impalcato montato, effetto "tira in giù - spingi in su"



cuzione dell'intera opera il più possibile affidabile, rendendo minimi gli eventuali aggiustaggi, sia al premontaggio in officina sia in fase di assemblaggio in cantiere. Mentre la struttura d'impalcato, che come detto è essenzialmente costituita da un graticcio di travi intersecantesi secondo un angolo di circa 21°, può essere considerata un elemento bidimensionale (con l'usuale significato che tecnicamente viene attribuito agli elementi che presentano due dimensioni assolutamente prevalenti sulla terza, dimensione quest'ultima che è rappresentata dall'altezza delle travi d'impalcato pari a 90 cm), quindi schematizzabile in modo relativamente semplice, altrettanto non può dirsi per la struttura costituita dagli archi-capriata ed in particolare per il conco di chiave (figura 8). Quest'ultimo elemento può essere rappresentato correttamente solo attraverso un modello spaziale, essendo essenzialmente costituito dall'intersezione, secondo un angolo di circa 21°, di due travi a cassone ad asse curvilineo di raggio variabile (figura 9). Al fine di rendere congruente l'intersezione dei due archi è stato de-

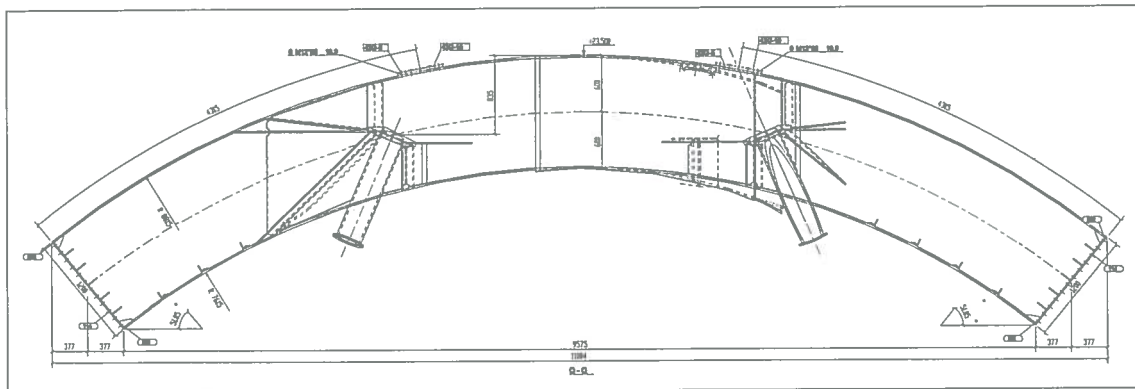


Figura 9 - Prospetto concio di chiave

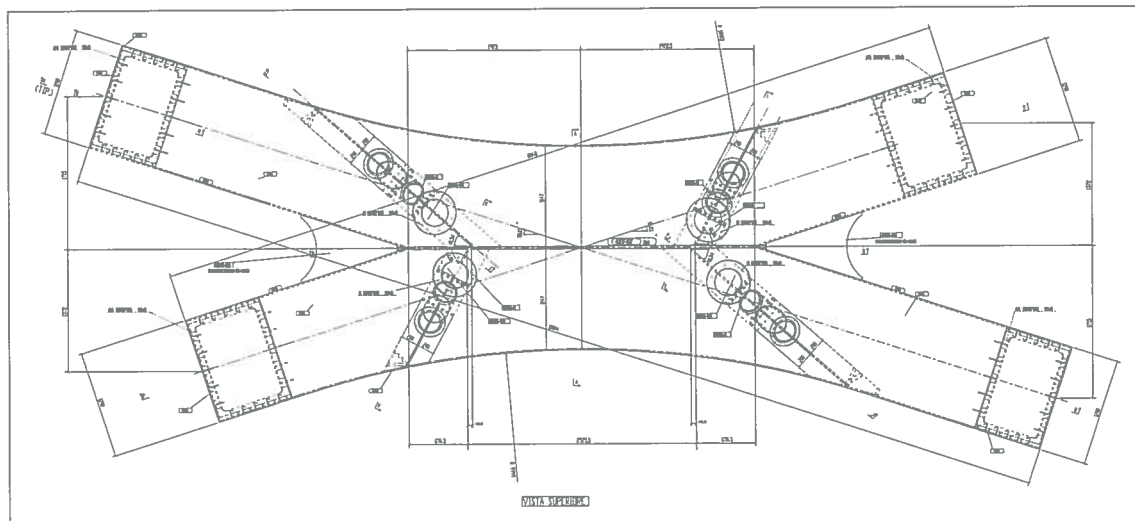


Figura 10 - Pianta concio di chiave

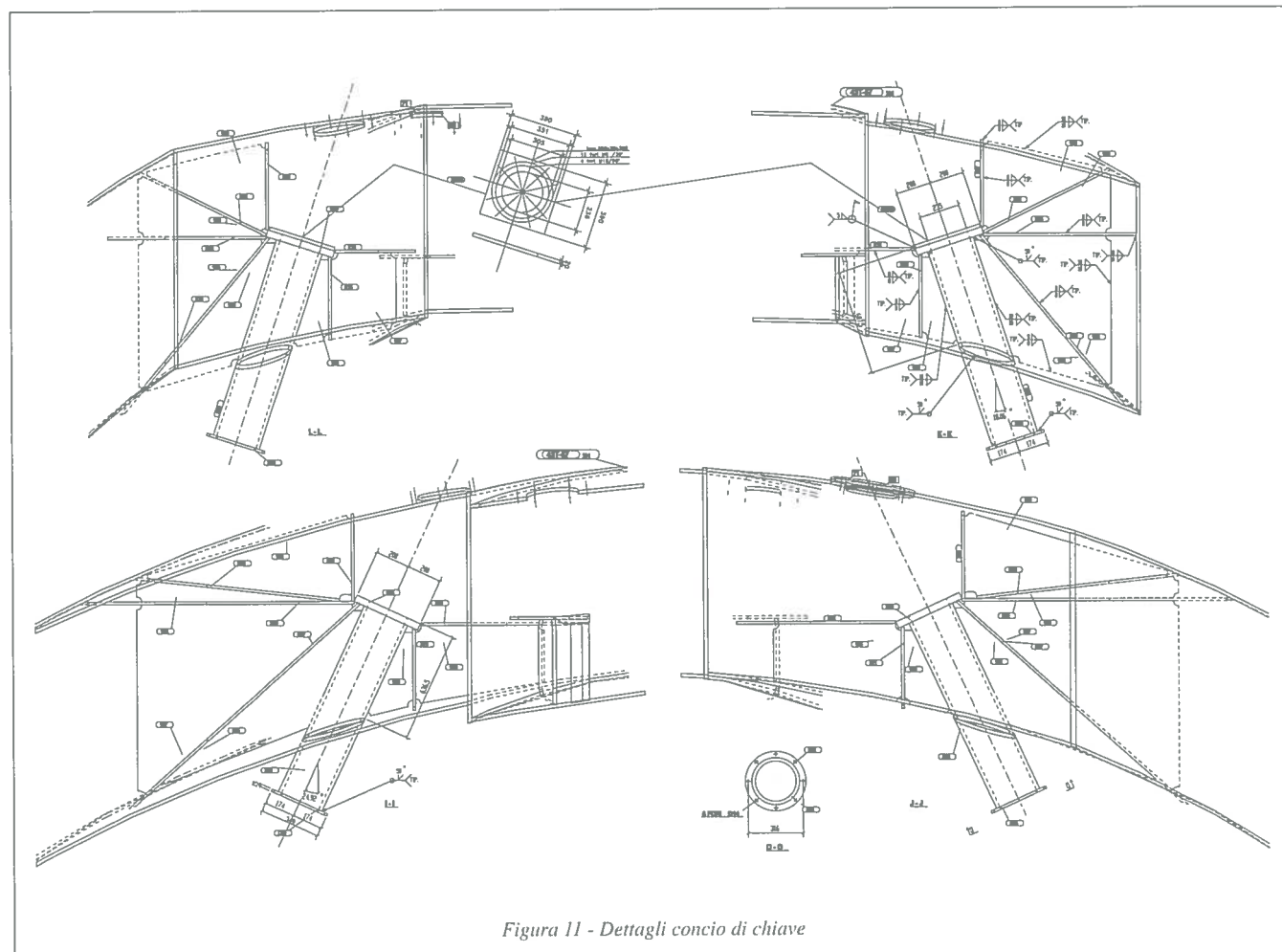


Figura 11 - Dettagli concio di chiave

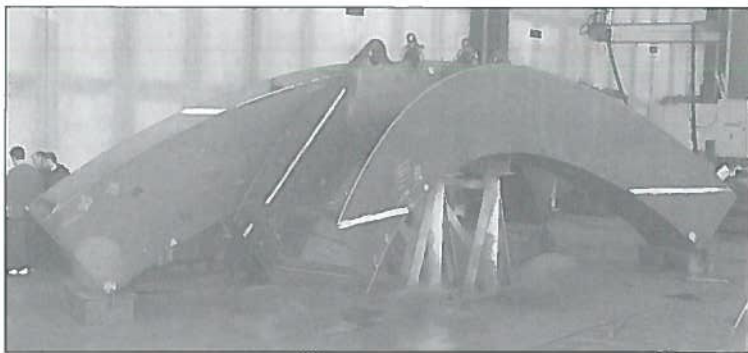


Figura 12 -
Concio di chiave,
fasi di
assemblaggio e
saldatura in
officina

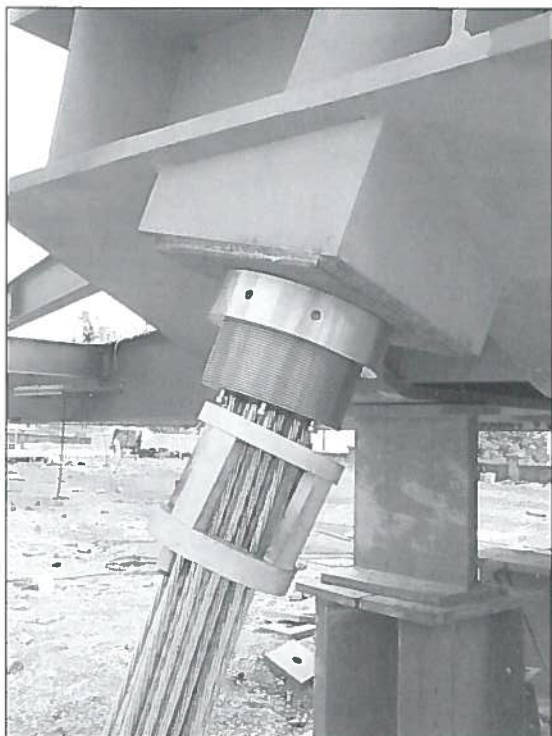


Figura 13 -
Attacco
traversone-strallo

ciso, in fase di progetto costruttivo, di inserire un diaframma piano verticale al quale gli elementi d'arco sono stati saldati; questo elemento è risultato anche utile per realizzare i punti di aggancio per il sollevamento dell'intero ponte in fase di varo (figura 10). L'elemento di chiave, prefabbricato integralmente in officina, costituisce anche l'ancoraggio superiore degli stralli di sospensione, stralli che, come ricordato, si incontrano idealmente in un punto al di sopra della sommità della chiave di circa 5 m; i diaframmi di irrigidimento inseriti all'interno del concio di chiave e le piastre di appoggio delle ghiera di ancoraggio degli stralli, sia per la giacitura "spaziale" di questi, sia per l'assenza di simmetrie, sia ancora per l'esiguità degli spazi a disposizione all'interno degli elementi a cassone, hanno rappresentato una notevole complessità, non solamente di rappresentazione grafica (figura 11). Solo una modellazione di tipo tridimensionale completa ha consentito l'individuazione delle interferenze fra elementi strutturali, l'esatta forma e geometria di taglio delle piastre componenti, la corretta sequenza di montaggio e saldatura, per fasi successive, necessaria poi durante la fase di costruzione in officina.

Il modello tridimensionale adottato per la rappresentazione grafica degli elementi ha anche consentito la corretta determinazione delle coordinate, nello spa-

zio, dei vertici delle quattro flangie di estremità del concio di chiave, indispensabili alla corretta costruzione della chiave (figura 12).

Problematiche analoghe sono state risolte anche per quanto riguarda il posizionamento geometrico delle piastre d'ancoraggio inferiore degli stralli, in corrispondenza dei traversoni d'impalcato; le contropiastre di "battuta" degli stralli, sulla base anche di analoghe esperienze acquisite nella costruzione di ponti strallati, sono state ottenute da lamiera di grosso spessore (circa 300 mm), per lavorazione meccanica alla macchina utensile: una delle due facce è quindi congruente con la geometria del traversone, l'altra, lavorata a macchina, è ortogonale all'asse dello strallo (figura 13).

Uno studio accurato è stato condotto anche relativamente all'ordito d'impalcato, alle problematiche inerenti le verifiche a fatica dei principali nodi ed intersezioni degli elementi strutturali.

Giova in particolare ricordare i seguenti aspetti:

- le travi longitudinali, in numero di 5 ed a sezione a doppio T composto saldato, intersecano con nodo di continuità (flessionale) i traversoni, trovando in corrispondenza di questi anche vincolo d'appoggio (più correttamente si dovrebbe dire, come in effetti è stato schematizzato, nodo interno di graticcio di travi);
- i traversoni, con sezione a cassone (parzialmente aperto) e quindi a doppia anima, debbono consentire la trasmissione delle sollecitazioni flessionali longitudinali determinate dalle travi di cui al precedente punto;
- le due catene attraversano, con continuità ed obliquamente, secondo due diversi angoli, sia le travi longitudinali che i traversoni, sino ad individuare, in corrispondenza del nodo centrale, un unico elemento di congiunzione.

Al fine di dare una corretta soluzione alle problematiche sopra descritte, e ad altre che per brevità qui sono state omesse, in fase di progetto d'officina sono state individuate alcune razionali soluzioni, onde determinare corretti dettagli costruttivi, sia per quanto riguarda il rispetto della normativa sulle verifiche a fatica, sia per quanto riguarda la pratica realizzativa d'officina, con particolare riferimento alla realizzazione dei giunti saldati.

La sezione degli elementi costituenti le catene è stata realizzata con piatti d'acciaio, irrigiditi, che attraversano le anime delle travi, sia longitudinali che trasversali, passando in apposite tasche ricavate nelle anime di queste (figura 14). I nodi di intersezione delle travi longitudinali con i traversoni, sono stati realizzati con coprigiunti d'ala passanti all'esterno delle piattabande dei traversoni medesimi, onde non indurre, per quanto possibile, un indesiderato stato biassiale di sollecitazione né ricadere in dettagli eccessivamente penalizzanti per le verifiche a fatica, quali ad esempio quelli corrispondenti alle espansioni laterali saldate alle piattabande (figura 15).

La costruzione in officina ha riguardato la prefabbricazione di tutti gli elementi strutturali, essenzialmente costituiti da composti saldati, travi a doppio T ed a cassone, conci dell'arco e concio di chiave.

Al fine di assicurare rapidità e sicurezza per le operazioni di assemblaggio in cantiere, si è proceduto al premontaggio in bianco dell'intero impalcato, esclusi gli arconi, in una configurazione corrispondente a

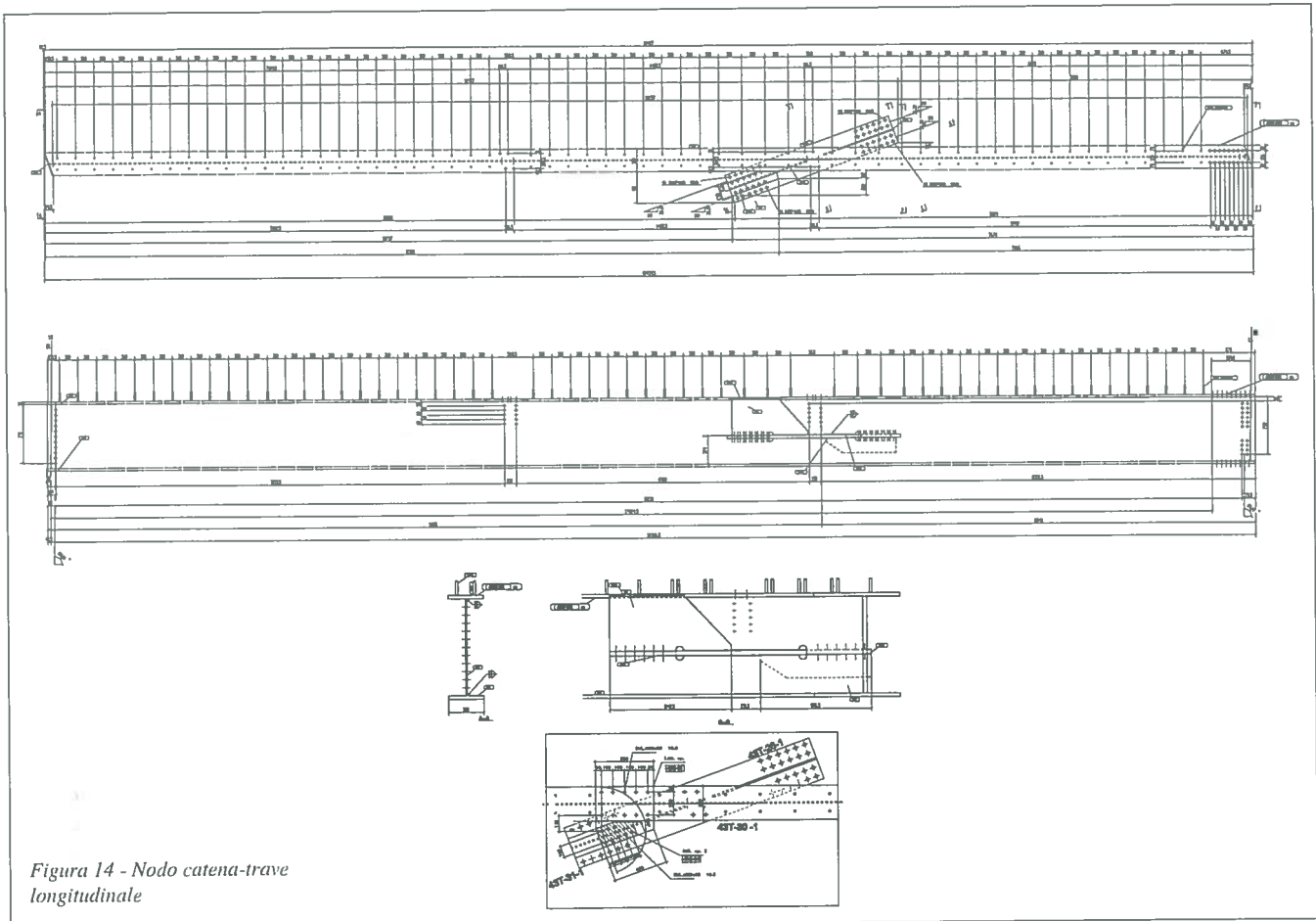


Figura 14 - Nodo catena-trave longitudinale

quella di montaggio in opera, comprese le contro-monte. Durante questa fase sono state imbastite alle travi principali le piastre, oblique, di continuità delle catene, sono stati provati i giunti bullonati, sono state eseguite tutte le verifiche geometriche relative a questo elemento "bidimensionale"; si è inoltre potuto premontare il semiconcavo iniziale di ciascuna delle gambe degli arconi (figura 16).

IL MONTAGGIO

Come detto in altra parte della presente nota, al fine di rendere minimo l'impatto sull'esercizio delle linee ferroviarie, interessate dalle operazioni di varo in opera del cavalcaferrovia, dopo una prima ipotesi, poi scartata, di assemblaggio in opera con l'ausilio di pile provvisorie, si è deciso di assemblare l'intero impalcato metallico a fianco della sede ferroviaria, e successivamente eseguire la posa in opera in posizione definitiva con l'ausilio di gru di idonea capacità.

La struttura della campata centrale pur essendo di rilevanti dimensioni in pianta (60x14 m circa) e in altezza (25 m circa) presenta un insieme fortemente connesso e relativamente leggero (240 t d'acciaio di carpenteria e 4 t di stralli).

A lato del sedime ferroviario è stato quindi assemblato l'intero impalcato, arconi compresi, appoggiato su calaggi provvisori alti circa 1.5 m, ancorché lo spazio di cantiere a disposizione fosse estremamente ridotto (figura 17).

Il montaggio dell'impalcato ha richiesto circa 8 gg. lavorativi.

Gli archi sono giunti in cantiere in 9 pezzi: la chiave

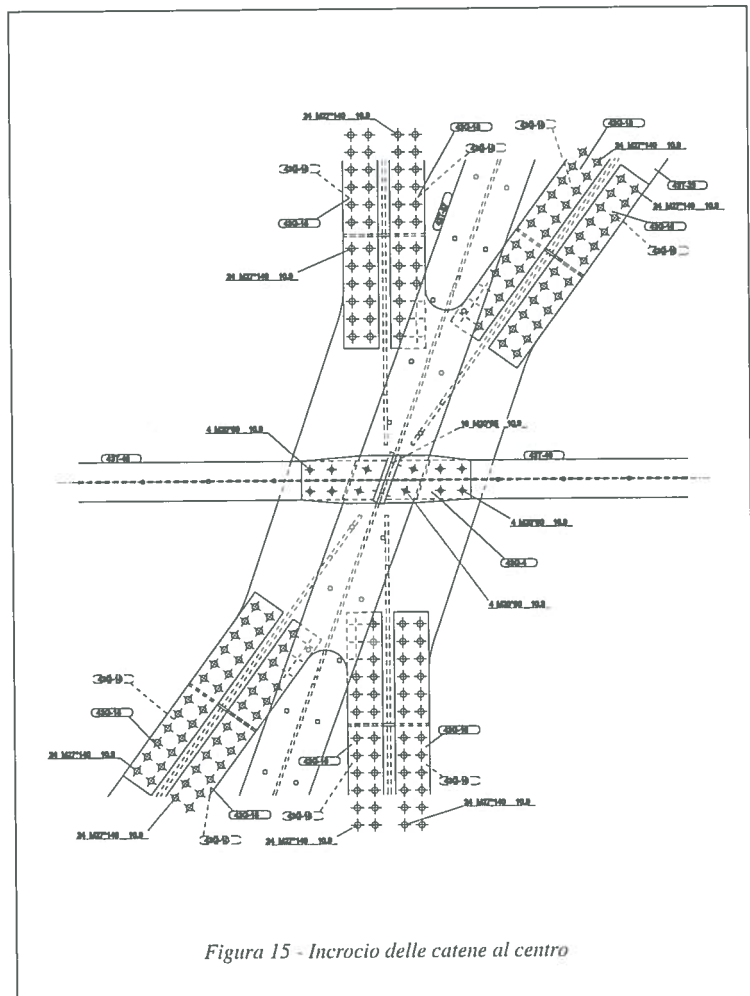


Figura 15 - Incrocio delle catene al centro

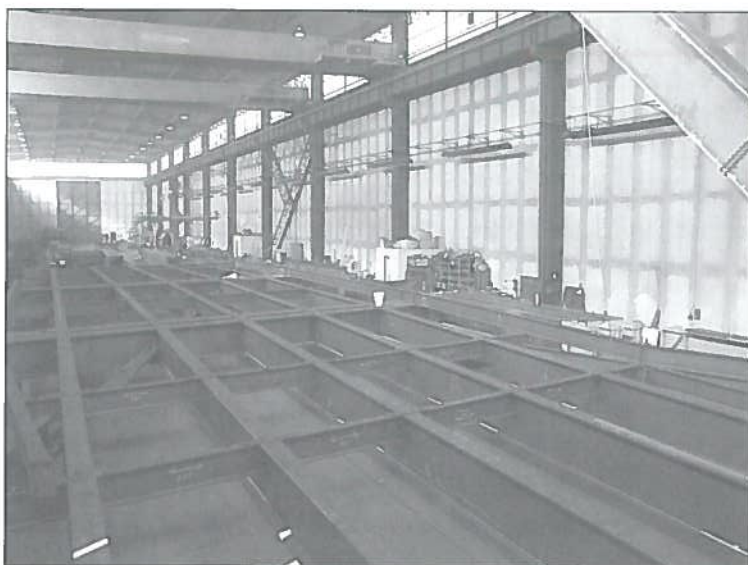


Figura 16 -
Premontaggio
dell'impalcato in
officina



Figura 17 -
Impalcato
assemblato a lato
ferrovia



Figura 18 -
Dettaglio stralli,
ancoraggio mobile



Figura 19 -
Dettaglio stralli,
nodo di chiave
arco

(con trasporto eccezionale) e quattro coppie di travi a cassone (ciascuna per una delle gambe) con trasporto normale.

Una volta saldate in cantiere le coppie di cassoni e realizzate così le gambe, i due archi erano composti da 5 pezzi, uniti tra loro e all'impalcato con bullonature: giunti a flangia con bulloni ad alta resistenza fra le gambe e la chiave, giunti a coprigiunto con le travi trasversali di testata. Essi sono stati montati tutti in 8 ore, con l'ausilio di 3 gru di portata ordinaria. Da ultimo gli stralli: i trefoli sono stati infilati ad uno ad uno procedendo dal basso, e perciò operando comodamente da terra (figura 18, figura 19).

La tesatura degli stralli, avvenuta quando erano agenti carichi relativamente modesti (in pratica i soli pesi propri degli elementi strutturali in acciaio), è sta-

ta condotta sulla base di considerazioni geometriche: dalla base di impalcato in monta appoggiato in corrispondenza dei traversoni (in pratica negli stessi punti coniugati a quelli di sospensione stralli) e delle estremità (basi degli archi), su appositi calaggi provvisori, la tesatura degli stralli ha comportato il distacco dei traversoni dagli appoggi provvisori di un valore non nullo (circa 10 mm). Si è ugualmente verificato il valore di pretesatura, determinato geometricamente, al fine di garantire il rispetto dei valori teorici, come ulteriore verifica. L'impalcato al termine di queste operazioni è risultato staticamente in una condizione quasi equipollente a quella del montaggio finale in opera, in quest'ultima, invero, le travi longitudinali trovano appoggi di estremità, ancorché per reazioni verticali assai modeste; tuttavia questa era la condizione propedeutica più idonea al varo.

Le operazioni di montaggio, controllo, tesatura verniciatura finale sono durate poco più di 2 settimane.

IL VARO

Se questo metodo di assemblaggio in cantiere ha semplificato il montaggio, ha però richiesto un varo di tipo eccezionale, ed anche un po' "spettacolare" date le circostanze in cui si è svolto.

È da premettere che l'esecuzione di operazioni di sollevamento e varo di elementi di grandi dimensioni e di rilevante peso è tecnica ben nota a chi scrive, per averla utilizzata ormai molte volte; tuttavia per il caso in esame si sono dovuti risolvere alcune problematiche del tutto singolari connesse sia agli spazi esigui di cantiere, sia alla presenza di ostacoli fissi rappresentati dai tralicci di sostegno e tesatura delle linee di alimentazione elettrica della rete ferroviaria. È stato quindi necessario eseguire un attento studio planoaltimetrico sia per quanto riguarda la posizione di assemblaggio dell'impalcato, sia per quanto riguarda il posizionamento della gru necessaria per il varo (figura 20).

La individuazione della gru idonea avviene essenzialmente in relazione al valore del momento ribaltante che essa è in grado di sopportare in condizioni di sicurezza (75%), non certamente al valore del massimo carico che può sollevare. Infatti il peso da sollevare dell'ordine delle 250 t (2.500 kN) (accessori di sollevamento compresi) non rappresenta un valore in assoluto eccezionale. Detto carico deve essere però posizionato, in relazione alla presenza e rispetto dei binari ferroviari, ad una distanza di circa 24 m dall'asse gru (asse ralla), quindi per un momento ribaltante dell'ordine di 6.000 tm (60.000 kNm), determinato dal solo carico da sollevare; quest'ultimo parametro sicuramente fa intuire la necessità di impiegare un mezzo di caratteristiche ecce-

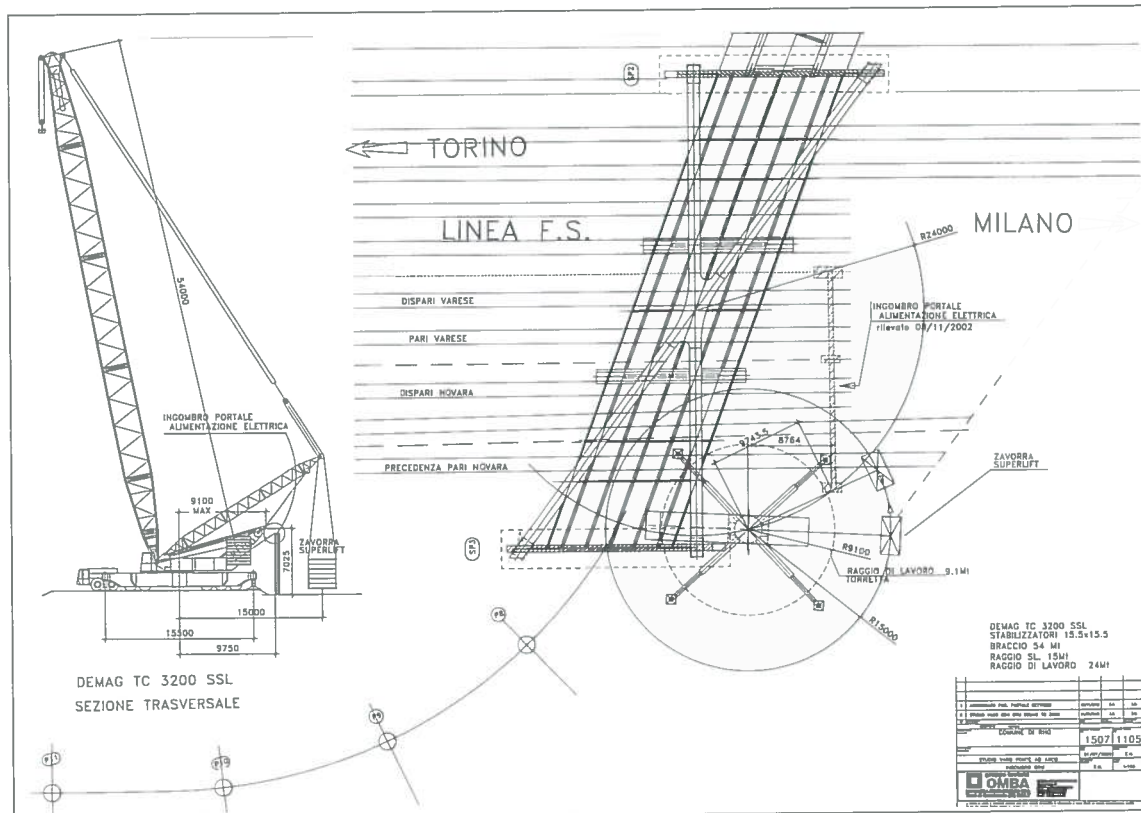


Figura 20 - Studio del varo

zionali (figura 21).

Il progetto di varo ha garantito il rispetto dell'esercizio ferroviario durante tutte le fasi di montaggio dell'impalcato e di allestimento della gru, con la sola interruzione di tensione nelle linee elettriche e del traffico ferroviario nella notte del varo per circa 4 ore complessive.

La gru è stata allestita in posizione baricentrica fra la posizione di assemblaggio dell'impalcato e quella finale di impalcato in opera; ciò ha consentito non solo l'ottimizzazione delle operazioni, ma anche di eseguire la simulazione del sollevamento dell'impalcato, in condizioni equipollenti a quelle del varo vero e proprio, quasi 48 ore prima di quest'ultimo (figura 22).

Per dare conto della precisione attuata con lo studio di varo si consideri che il posizionamento della gru e dell'impalcato rispetto agli ostacoli fissi (tralicci di alimentazione elettrica FS, binari, opere in c.a. delle spalle, ecc...), era tale da consentire la rotazione della torretta gru e relativo braccio, in configurazione simile a quella di derrick, per circa 30 cm; altre soluzioni di posizionamento planimetrico, garantendo il contemporaneo rispetto di tutti i vincoli presenti, non risultavano di pratica attuazione (figura 23).

La gru impiegata, capace nella configurazione di derrick con contrappeso supplementare (assetto variabile) di sopportare un momento ribaltante pari a 7.000 tm, è del tipo autocarrato con braccio tralicciato e deve essere assemblata in opera, nella posizione definitiva; è da ricordare che la durata delle operazioni di completo allestimento gru hanno richiesto oltre una settimana. Dimensioni e caratteristiche principali della gru sono le seguenti:

- capacità massima di sollevamento 800 t;
- contrappeso sulla torretta 120 t;
- contrappeso mobile supplementare 300 t;
- ingombro stabilizzatori (vertici) 15 m x 15 m;



Figura 21 Fasi del varo in "notturna"



Figura 22 Fasi del varo. sollevamento dagli appoggi provvisori e rotazione dell'impalcato



Figura 23 - Fasi del varo. l'impalcato e sopra ai binari prima di esser calato

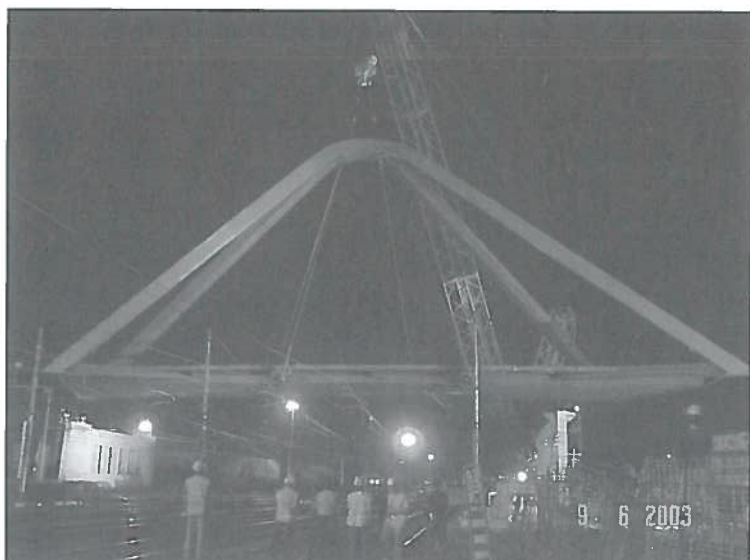


Figura 24 - Fasi del varo: l'impalcato è in posizione prima del calaggio sulle pile



Figura 25 - Il ponte è posato sulle pile spalle

- lunghezza del carro gru 18 m circa;
- lunghezza braccio (per il varo in oggetto) 48 m.
È stato spontaneo prevedere i punti di sollevamento dell'impalcato, come già accennato, in corrispondenza del diaframma verticale del concio di chiave. In relazione alla particolare condizione di vincolo determinata dalle fasi di sollevamento, che comporta il funzionamento degli archi a trazione e le catene a compressione (in modo sostanzialmente opposto a quello d'esercizio), si sono eseguite accurate verifiche statiche, utilizzando un apposito modello di calcolo agli elementi finiti. Grazie al relativamente ri-

dotto peso proprio non è stato necessario variare il dimensionamento di alcun elemento strutturale. Il solo diaframma centrale è stato prolungato all'esterno del concio di chiave e adeguatamente conformato per ricevere i due grilli di sollevamento (ciascuno da 175 t); l'accoppiamento assimilabile a quello di cerniera a perno (fra piastra e grillo) trasferiva tramite corte brache di funi (due complessivamente) il carico al gancio ad ancora della gru. La catena cinematica così realizzata assicurava la perfetta isostaticità della sospensione del carico, e quindi dell'impalcato, all'unico punto (gancio della gru) senza presentare incertezze di sorta.

Durante le fasi di sollevamento dell'impalcato si è potuto verificare la perfetta centratura del carico (allineamento bozzello - baricentro), con distacco simultaneo dai quattro punti di appoggio provvisorio. Il varo è avvenuto con pieno successo in un tempo largamente inferiore a quello disponibile (poco più di un'ora complessiva); gli arconi sono stati calati, con ottima precisione, in asse ai punti di vincolo, consentendo il centraggio di tutti i tirafondi come previsto a progetto (figura 24, figura 25).

RICONOSCIMENTI

Il progettista e direttore dei lavori prof. Edmondo Vitiello è stato coadiuvato dall'ing. Americo Stefanelli per i calcoli strutturali e dagli architetti Emanuele Panzeri e Gianfranco Dazzi per l'arredo urbano. La consulenza idraulica è stata fornita dal prof. Ugo Maione. Il progetto costruttivo delle parti in cemento armato è stato redatto dal prof. Antonio Capsoni. Il progetto costruttivo delle parti in acciaio è stato curato dall'ing. Alberto Miazzon, nell'Ufficio Tecnico OMBA, che ha impostato anche il metodo di varo. La revisione del progetto in acciaio è stata fatta dagli esperti delle Ferrovie dello Stato, RFI, ing. Marco Tisalvi, ing. Giangrande, ing. Salvatore Di Trapani; i collaudi per RFI sono stati curati dal geom. Faruolo. Il collaudatore statico è il prof. ing. Fabrizio De Miranda, il collaudatore tecnico-amministrativo è l'ing. Gazzarrini.

L'impresa generale è stata la SICES di Brescia. Il subappaltatore per le opere in cemento armato è stata l'impresa CETTI S.p.A. di Como, coordinatori geom. Frigerio e Vittadini.

Le carpenterie metalliche sono state disegnate e costruite dalla OMBA Impianti & Engineering S.p.A. di Torri di Quartesolo (VI), che ha eseguito anche i montaggi insieme alla SIMI s.r.l. di Pisogne (BS), il direttore di cantiere è stato l'ing. Stefano Novello. Gli stralli sono stati forniti dalla Tensacciai S.p.A. di Milano. La gru per il varo principale è stata fornita dalla DELTA Besenconi S.p.A. di Brescia.

Gli autori apprezzano il sostegno ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Rho, ed in particolare dagli Assessori prof. Sergio Brenna e sig. Tommaso Brancati, dai Responsabili del procedimento arch. Andrea Barbato e ing. Giovanni Battista Fumagalli e dal dirigente dell'Ufficio Tecnico arch. Massimo Zappa.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] E. Vitiello, A. Stefanelli, E. Panzeri, G. Dazzi, "A new arch bridge with suspended deck". Proc. ESE - IABSE Bridge Engineering Conference, 2000, Sharm El Sheik, march 2000.
- [2] E. Vitiello, A. Miazzon, "Cavalcaferrovia a Rho (Milano)". Memoria presentata al XIX Congresso del C. T. A., Genova 28-29-30 settembre 2003.

Prof. dr. ing. Edmondo Vitiello,
Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni,
Facoltà di Architettura - Politecnico di Milano

Dr. ing. Alberto Miazzon
presidente OMBA Impianti & Engineering S.p.A. -
Torri di Quartesolo (VI)