

Uno stabilimento siderurgico presso Vicenza Ovest ha riorganizzato la propria logistica aziendale in occasione dell'acquisizione di una nuova area oltre il fiume Retrone, nella quale ha spostato l'ingresso principale e i parcheggi per i dipendenti e per gli automezzi pesanti.

Si è resa perciò necessaria una nuova viabilità interna, ferroviaria, stradale e pedonale.

Sul Retrone sono stati infatti progettati due ponti (uno già realizzato), ognuno dei quali con un settore dedicato al traffico stradale ed uno al traffico ferroviario, ed è stata costruita una passerella pedonale, baricentrica rispetto all'area di proprietà, contenente anche la dorsale tubazioni e cavidotti, che collega il parcheggio dei dipendenti in destra fiume con la zona uffici e spogliatoi posta in sinistra. Tale passerella è oggetto della presente nota.

Il fiume, nel tratto interno allo stabilimento, ha uno sviluppo rettilineo di circa 500 m ed una distanza tra le sommità arginali di circa 30 m. Il corso d'acqua finora è stato visibile solo dall'esterno dell'acciaieria, dato che i piazzali sono contornati dall'argine sinistro pensile, ma lo sviluppo in destra orografica - con i piazzali posti a quota della sommità arginale - apre ora la possibilità di nuove viste prospettiche.

I VINCOLI

Le tipologie possibili e realizzate per gli attraversamenti pedonali sopra strade e corsi d'acqua sono le più svariate, anche in considerazione della libertà compositiva permessa dalla minore entità dei carichi mobili rispetto a quelli insistenti sui ponti e viadotti stradali e ferroviari.

Il vincolo principale è costituito, anche in questo

La logistica interna dell'acciaieria richiede l'attraversamento pedonale del fiume Retrone, che ha distanza tra gli argini pari a circa 30 m. Per lo stabilimento la passerella rappresenta un elemento caratterizzante ed un richiamo, per la vista sull'acqua e per la sua tipologia ad arco ribassato e via di corsa sospesa, che ricorda l'architettura dei ponti in legno svizzeri del '700.

La struttura, interamente in acciaio, è ad archi fortemente ribassati e contrapposti e riporta al terreno solo i carichi verticali, dato che l'eliminazione delle spinte avviene sul piano del camminamento, realizzato con un grigliato di profilati e completato da tiranti orizzontali. Le fondazioni sono, infatti, 4 pali isolati in calcestruzzo, posti alle estremità dell'impronta del manufatto.

Gli archi sono realizzati con tubolari, mentre gli elementi di sospensione sono barre in AISI. Il varo è avvenuto con sollevamento dell'intera struttura assemblata a pié d'opera, data la sua leggerezza e la sua stabilità di forma.

Footbrige on Retrone River

Due to the requirements of internal logistics, the steelworks requires a pedestrian walkway across the River Retrone, spanning a distance between the banks in the region of 30 metres.

This passageway adds a distinguishing feature to the factory, with its view over the water and its segmented arch formation and suspended deck, this latter somewhat reminiscent of the Swiss wooden bridges of the 18th century.

The structure is built entirely of steel, and is made up of flat arches resting on converging planes, with the result that only vertical loads are transferred to the foundations, while horizontal thrust is eliminated by means of tension rods at the level of the pedestrian walkway. The foundations are made up of four separate concrete piles located at the extremities of the span structure.

The arches take the form of round steel bars, with AISI steel suspension bars.

The bridge was launched by raising the entire structure assembled adjacent to the installation site, an operation that was possible due to the lightness of the structure and the stability of its form.

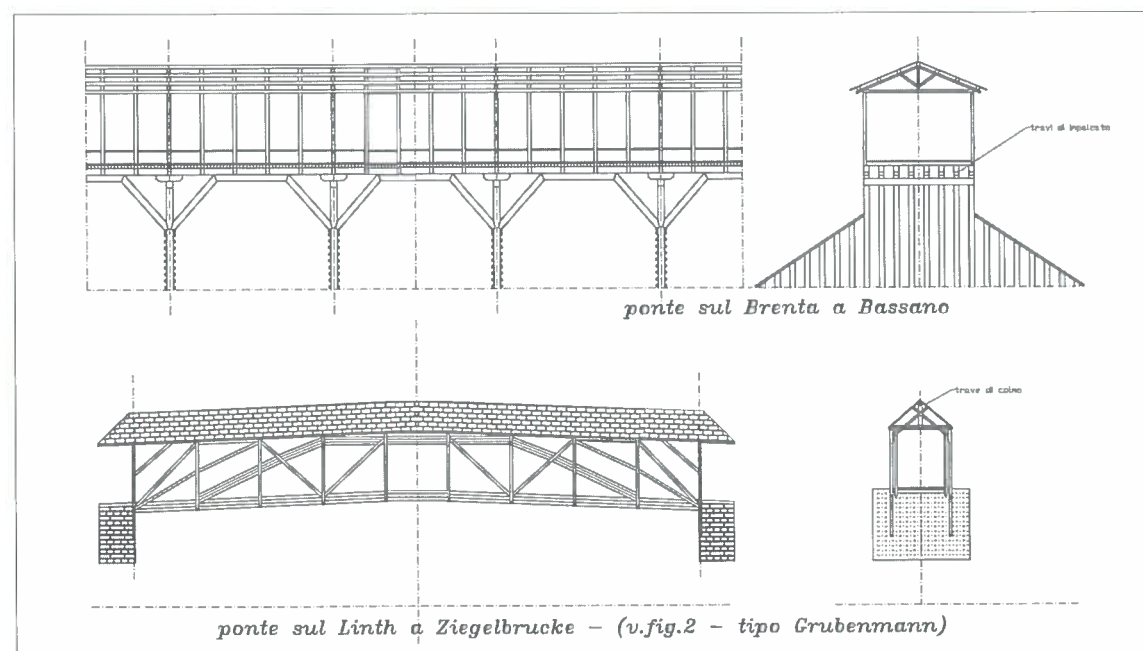


Fig. 1
Confronto tra
alcune tipologie di
ponti in legno

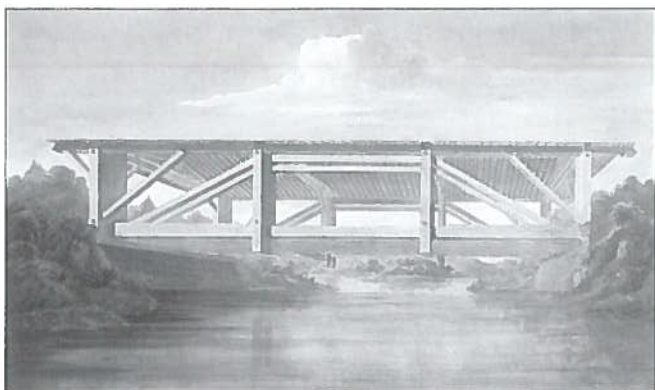


Fig. 2 - Ponte di Schwanden, tratto da "John Soane e i ponti di legno svizzeri" (op. cit.)



Fig. 3 - Ponte di Ziegelbrücke, tratto da "John Soane e i ponti di legno svizzeri" (op. cit.)

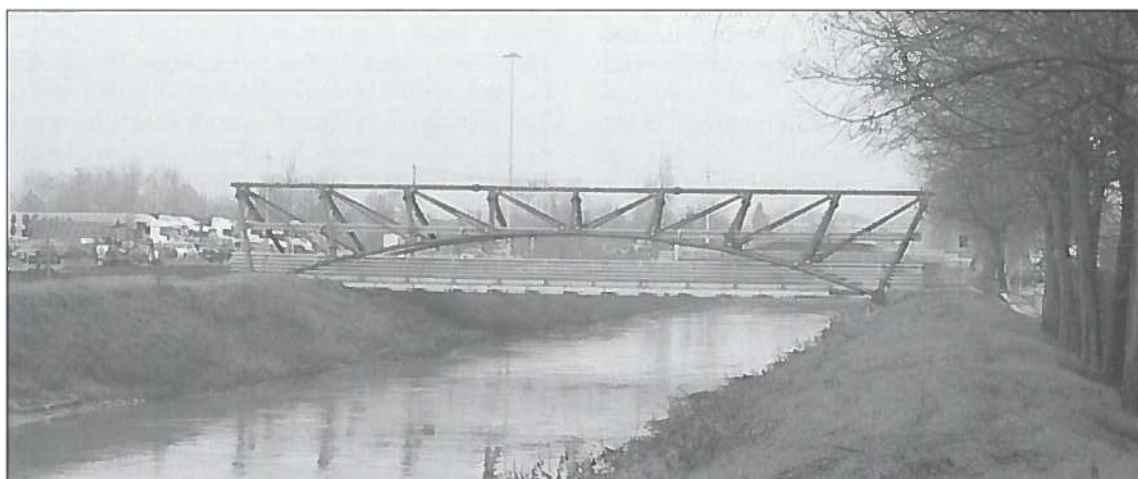


Fig. 4
La passerella sul
Retrone a Vicenza:
vista da valle

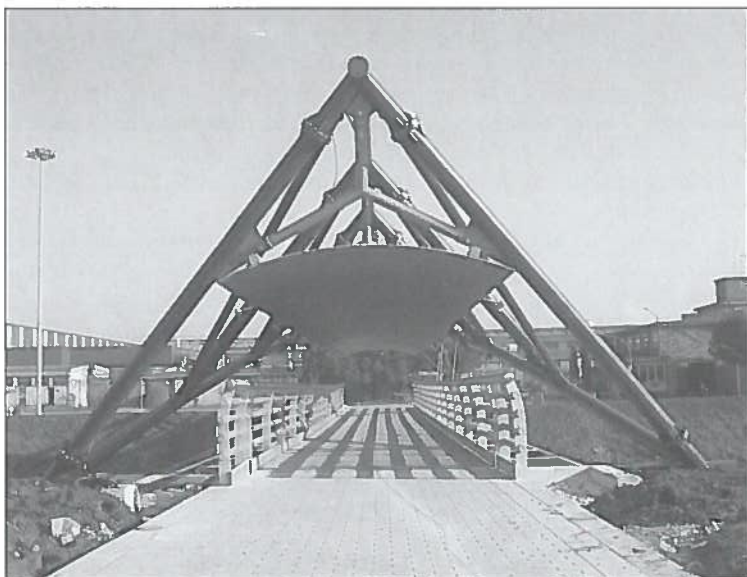


Fig. 5
La passerella sul
Retrone a Vicenza:
l'imbocco verso
l'acciaieria

caso, dal dislivello da superare tra il camminamento e il terreno circostante, che deve essere il più ridotto possibile, al fine di ridurre ingombro, costo ed occupazione delle rampe di raccordo.

A metà del '700 in Svizzera i fratelli Grubenmann, carpentieri del legno, realizzano strutture che, unanimemente, sono riconosciute come l'inizio della moderna architettura dei ponti, e che sono state fonte di ispirazione per la forma della passerella dell'acciaieria. I Grubenmann innovano profondamente la tradizione, realizzando l'impalcato dei loro ponti appeso tramite tiranti alla struttura principale, che viene posta sopra il piano carrabile.

Ricordiamo che i principali ponti in legno sono da sempre coperti da un tetto a spioventi sostenuto da montanti, per ottenere una maggiore durabilità dei materiali. I tiranti dei Grubenmann non sono perciò un'aggiunta alla struttura, ma riutilizzano con altra funzione i montanti, già normalmente presenti.

Il piano stradale rimane orizzontale, senza che la struttura intralci il flusso delle acque e senza la necessità di rampe di accesso. Un arco poligonale molto ribassato, disegnato all'interno della fascia dei montanti, sostituisce allora i saettoni inferiori di sostegno del piano di camminamento, usati per esempio dal Palladio nel ponte di Bassano (v. fig. 1), ovvero gli ingombranti archi inferiori della tradizione romana oppure le travi reticolari, queste ultime usate ancora dal Palladio nel ponte in legno di Montebello Vicentino (i riferimenti sono tratti da: *John Soane e i ponti in legno svizzeri* - Centro internazionale di studi di architettura Andrea Palladio, Vicenza 2002).

Ne risultano eleganti, semplici e fragili strutture in legno (v. fig. 2 e 3), nate dall'intuizione empirica e dalla geniale capacità realizzativa dei carpentieri svizzeri. Essi arrivano a realizzare luci libere superiori a quelle possibili per i tempi, ovvero luci pari a oltre 60 m.

FORMA E FUNZIONE

Una passerella vuole essere un luogo che tutti vorrebbero attraversare; nel passato, infatti, i ponti erano anche luoghi abitati e di mercato.

L'ambizione della passerella nell'acciaieria (v. fig.

4 e 5) è di diventare il fulcro, non solo geometrico, dello stabilimento, per cui la sua forma dev'essere immediatamente riconoscibile, caratterizzando il paesaggio (un landmark, come dicono gli anglosassoni), ma dev'essere contemporaneamente garantita la funzionalità del manufatto nei suoi vari aspetti.

Le principali funzioni richieste sono:

- l'accessibilità, facilitata dall'assenza di rampe;
- la sicurezza del percorso anche notturno, dato che lo stabilimento funziona 24 ore al giorno, ottenuta con la copertura e l'illuminazione del camminamento;
- l'economicità della costruzione e la facilità di montaggio;
- il piano calpestabile largo 3 m, protetto da parapetti;
- le ampie mensole porta tubazioni e cavi;
- la vista sull'acqua e sulle rive, ottenuta attraverso la trasparenza degli elementi posti sopra il piano calpestabile;
- la massima durabilità della struttura, a fronte di una manutenzione ridotta.

Il Progettista ha scelto una struttura originale interamente in acciaio, il cui comportamento statico è percepito facilmente dall'osservatore.

La struttura è inserita in un prisma a sezione triangolare, adagiato su una faccia laterale, che ha le basi sghembe, dato che due spigoli hanno lunghezza 27 m ed il terzo 31 m (tutte le lunghezze sono arrotondate e riferite agli assi). Il triangolo è isoscele, con il lato maggiore orizzontale pari a 8 m, sul quale è appoggiato il camminamento coperto e la dorsale servizi, ed altezza pari a 4,425 m. La sezione triangolare si presta all'utilizzo dei settori laterali di altezza ridotta per accogliere cavi e tubazioni.

Sulle facce superiori del prisma vengono realizzate due strutture reticolari, che hanno in comune la linea di colmo. I tralicci hanno la linea inferiore appoggiata sulla superficie laterale di un cilindro ad asse orizzontale, perpendicolare al prisma principale (v. fig. 6). Si tratta, quindi, di una struttura reticolare spaziale, simmetrica rispetto ai piani verticali passanti per il colmo e trasversale passante per la mezzeria, appoggiata a quattro vertici complanari, che delimitano in pianta un rettangolo 8x27 m (v. fig. 7 e 8).

Il reticolo viene mantenuto stabile nella sezione trasversale da stelle, pure in acciaio tubolare, poste nel piano dei montanti dei tralicci.

La passerella copre la luce netta di 27 m tramite due archi contrapposti con monta di circa 2,50 m, e distanza reciproca in pianta

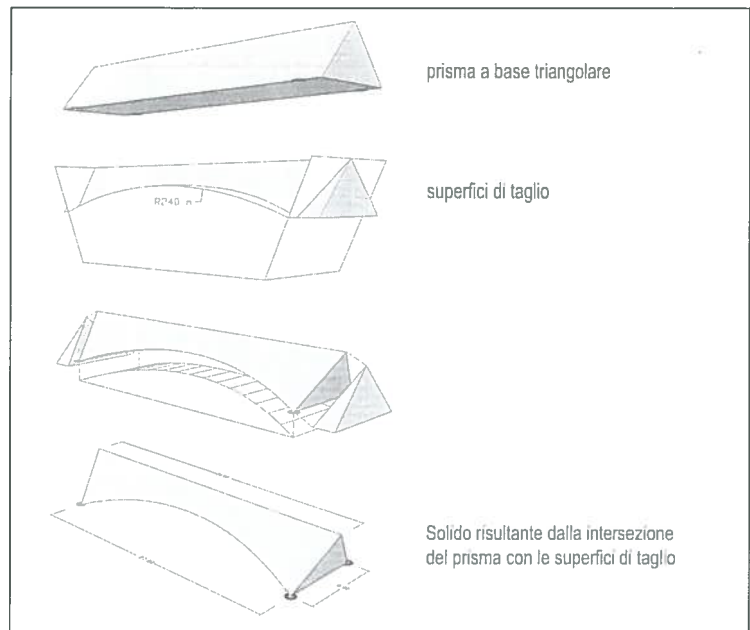


Fig. 6 - Costruzione della figura geometrica

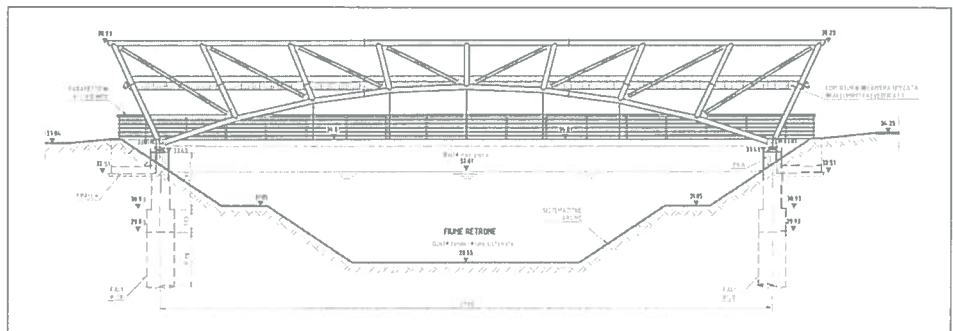


Fig. 7 - Prospetto della passerella

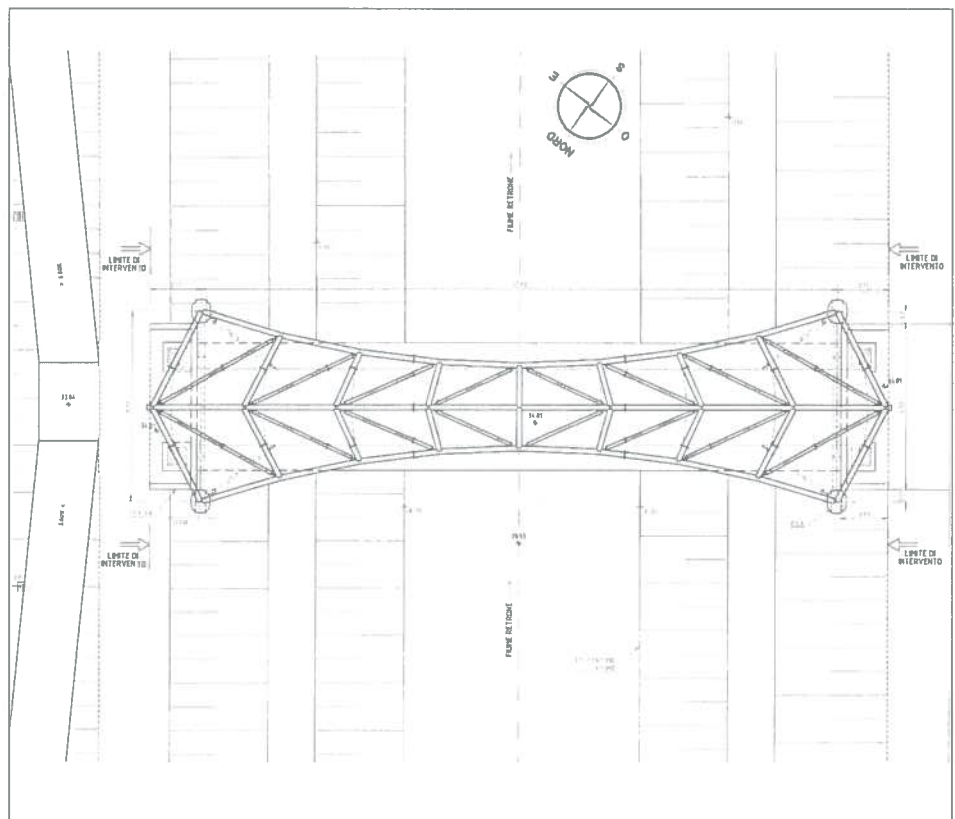


Fig. 8 - Pianta della passerella

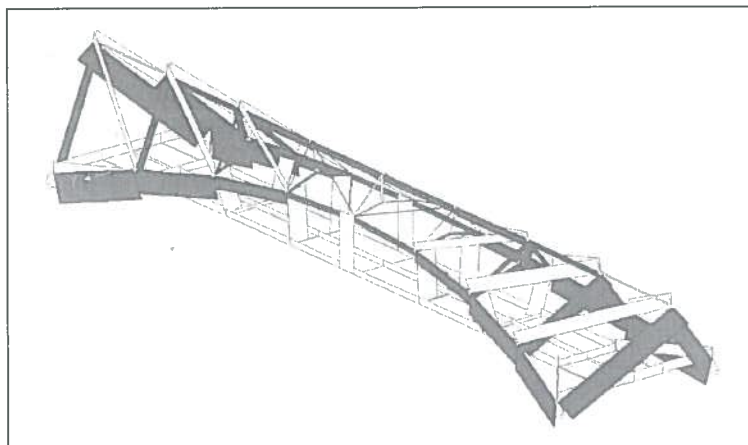


Fig. 9 - Diagramma degli sforzi assiali



Fig. 10 - Il varo della passerella: sollevamento con una gru posta in sponda destra



Fig. 11
Prova di carico
con elementi di
acciaio

che varia tra 8 m e 3 m, ed un terzo elemento longitudinale costituito dal corrente di colmo rettilineo ed orizzontale, che presenta in mezzeria un'altezza di 2 m superiore alla chiave degli archi e che viene prolungato di 2,10 m oltre l'appoggio degli archi inferiori. I diagonali di collegamento della reticolare vengono posizionati ad interasse pari a 3,90 m e proseguono inferiormente con i tiranti di sostegno del camminamento. La porzione longitudinale della struttura viene realizzata con tubi $\varnothing 219,1 \times 7,1$ mm; i diagonali e le stelle, che fungono anche da sostegno della copertura, sono tubi $\varnothing 127,0 \times 5,6$ mm, mentre i tiranti $\varnothing 24$ mm sono barre di acciaio AISI 403.

La sede pedonale, di larghezza utile pari a 3 m, è realizzata con travi longitudinali IPE 400 e con tra-

vi trasversali HEA 240 ad interasse 1,70 m e con grigliato metallico superiore. In corrispondenza dei 4 appoggi il collegamento tra le due arcate è realizzato con un profilato HEA 400. Lateralmente al camminamento, su entrambi i lati, è realizzata un'ulteriore piattaforma larga 1 m per tubazioni, sostenuta a sbalzo dai profilati trasversali.

Inserito nel piano di calpestio, in corrispondenza di ciascuno dei 4 appoggi, un saettone tubolare $\varnothing 139,7 \times 8,8$ mm collega l'appoggio dell'arco alle travi longitudinali, equilibrando le spinte orizzontali longitudinali e trasversali. Il sistema risulta perciò assimilabile ad una coppia di archi a spinta eliminata.

Gli apparecchi d'appoggio sono del tipo a disco elastomerico confinato e trasmettono solo sforzi verticali a 4 pali $\varnothing 1,20$ m di 15 m di lunghezza. Sono previste nicchie per il sollevamento della struttura in caso di manutenzione degli appoggi.

Tutta la struttura, con eccezione dei tiranti AISI, è di acciaio Fe510 zincato a caldo, e per questo è stata segmentata tramite giunzioni bullonate, distanziate in funzione delle dimensioni della vasca con il bagno di zinco.

I colori della pitturazione finale (rosso e grigio) sono caratteristici dell'azienda.

COMPORTAMENTO STATICO

Il camminamento, come detto, funge anche da tirante della sua struttura nel suo complesso, dato che è collegato rigidamente da saettoni orizzontali ai punti di appoggio delle falde reticolari; tali saettoni/tiranti fungono anche da controvento della griglia sul piano orizzontale.

Il comportamento della struttura spaziale può esse-

re letto anche attraverso quello del telaio bidimensionale ottenuto proiettando le falde e i carichi sul piano longitudinale verticale, constatato che le componenti antimetriche sono assorbite dalla scomposizione di forze sui piani delle falde.

Le simulazioni della distribuzione delle sollecitazioni sono state comunque effettuate per mezzo di un modello a telaio spaziale, che evidenzia la distribuzione delle sollecitazioni nelle varie membrature (v. fig. 9). E' interessante notare la aliquota di sforzo assiale assorbita dal tubolare di colmo, che collabora sostanzialmente con gli archi, e che conferma ancora una volta la geniale intuizione dei carpentieri svizzeri del '700 (v. fig. 1, la robusta trave di colmo del ponte sulla Linth).

VARO E PROVE DI CARICO

La leggerezza (circa 25 t complessive) ed il controventamento di forma della struttura ne hanno permesso il varo con sollevamento della passerella completa e senza irrigidimenti provvisori con un'unica autogru operante dall'argine destro (vedi fig. 10).

DATI DI PROGETTO

Committente:

AFV ACCIAIERIE BELTRAME S.p.A. di Vicenza

Progetto architettonico, strutturale e direzione lavori:

ing. Gianmaria De Stavola
IDROESSE INGEGNERIA SRL di Padova

Imprese appaltanti:

Opere civili

TECNO s.r.l. - Costruzioni generali di Marostica (VI)

Carpenteria metallica

CARRARO Steel and Technology S.p.A.
di Grumolo delle Abbadesse (VI)

Dati caratteristici:

Peso della struttura al varo 25 t
completata 28 t
Distanza tra gli appoggi 27,05 m

Il varo e il collaudo si sono svolti nel dicembre 2002. Durante le prove di carico la struttura è stata sollecitata con carichi concentrati costituiti da masse di acciaio da 1,5 t ciascuna, opportunamente disposte (vedi foto n. 11).

La deformazione misurata è stata congruente con quella stimata attraverso il modello matematico.

NORME DI RIFERIMENTO:

- a) L. 5 Novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- b) D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 – “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”
- c) Circ. LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. 252 – “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 9/01/1996;
- d) D.M. 16 Gennaio 1996 – “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”
- e) Circolare n. 156AA.GG./STC. del 4 Luglio 1996 del Ministero LL.PP. – “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al D.M. 16/01/1996”
- f) D.M. 4 Maggio 1990 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali”
- g) Circolare LL.PP. n. 34233 del 25 Febbraio 1991 – “Istruzioni relative alla Normativa tecnica dei ponti stradali”
- h) Norma CNR-UNI 10011/88 – “Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.