

## Nuove configurazioni per ponti in acciaio urbani

G. C. Giuliani, G. Valentini con M. E. Giuliani, C. Carini

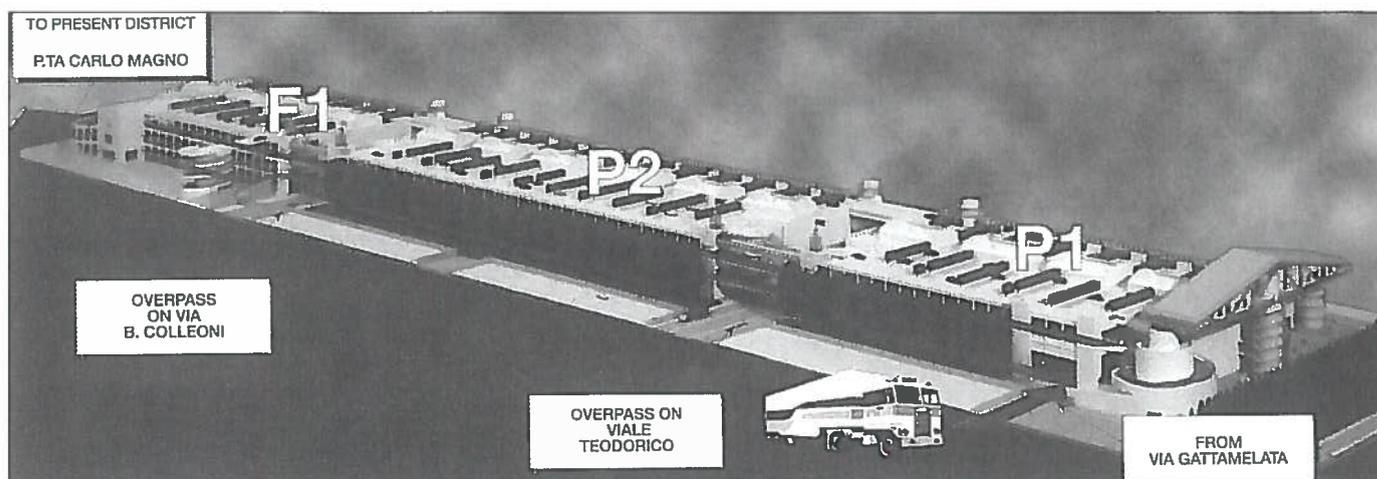


Fig. 1

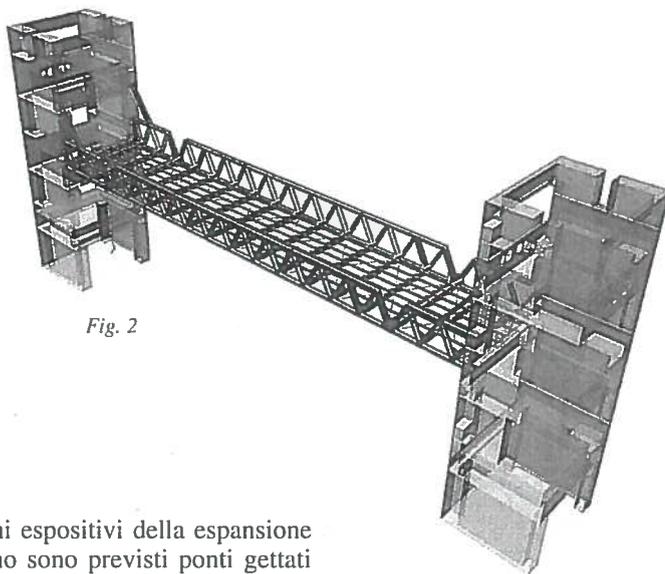


Fig. 2

### 1. GENERALITÀ

Nel progetto dei nuovi padiglioni espositivi della espansione sul Portello della Fiera di Milano sono previsti ponti gettati sopra le strade urbane Colleoni e Teodorico allo scopo di collegare i tre edifici senza interferenze con il traffico cittadino (fig.1), assicurando l'arrivo dei mezzi pesanti (440 kN secondo lo standard europeo) fino alla quota del 2° livello espositivo posto a 15 m di altezza, oltre che al 1° livello posto alla quota stradale, nonché l'accesso al parcheggio delle autovetture posto sulla copertura alla quota 23 m.

Un altro ponte, posto alla quota 23 m, collega direttamente una rampa elicoidale a doppio senso di marcia per autovetture con il parcheggio in copertura.

Dr. ing. Gian Carlo Giuliani, dr. ing. Giorgio Valentini,  
dr. ing. Mauro Eugenio Giuliani, dr. ing. Cesare Carini  
Redesco, Milano

### 2. REQUISITI PROGETTUALI

I ponti posti alle quote 7 e 15 sono previsti per transito di mezzi pesanti (strada di 1ª categoria), con due corsie parallele, mentre quelli della quota 23 sono per autovetture e mezzi leggeri (strada di 2ª categoria) sempre su due corsie parallele.

#### 2.1 Ponti a travata

Per limitare l'impatto visivo dato da tre ponti sovrapposti, è stata studiata una configurazione con travi reticolari molto ribassate (rapporto luce/altezza = 17) così che, a causa della altezza degli autoveicoli in transito, è stato necessario attribuire alla struttura una sezione a U, e quindi rinunciare a collegamenti e controventature dei correnti superiori (fig.2).



Fig. 3

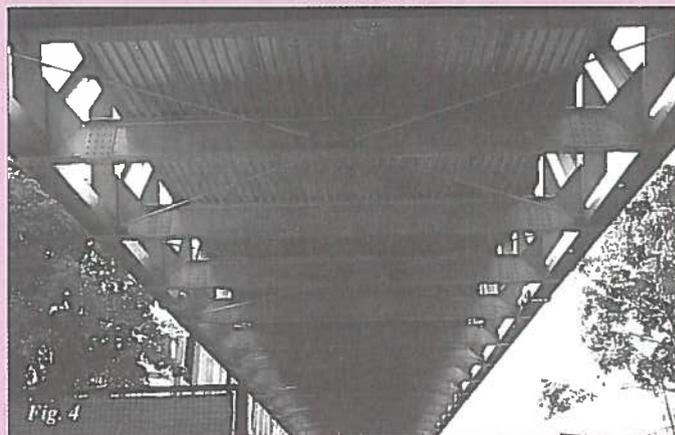


Fig. 4



Fig. 7

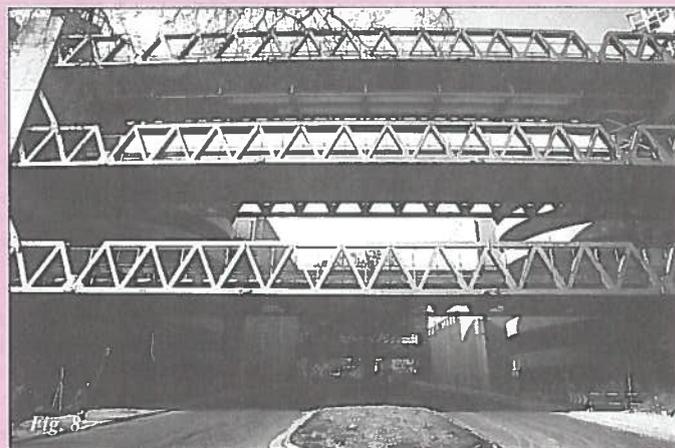


Fig. 8

I ponti sono vincolati a torri in calcestruzzo armato e sono costituiti da travature reticolari parallele disposte nel piano verticale e collegate inferiormente da traversi e barre di controventamento orizzontale; tutti i profili tipo HE ad ali larghe delle travature sono disposti con giacitura dell'asse di massima rigidità nel piano verticale.

Il piano di scorrimento dei veicoli è costituito da un grigliato sopportato direttamente da longherine longitudinali; per evitare gocciolamenti sulle vie sottostanti sono predisposte, parallelamente alle longherine, lamiere zincate che convogliano i deflussi verso gli appoggi (figg. 3,4).

Una costruzione saldata è stata ritenuta migliore di una bullonata in quanto più leggera sia in relazione all'aspetto che al quantitativo di materiale.

Allo scopo di conferire unità stilistica a tutti i ponti, è stata mantenuta la stessa tipologia per gli attraversamenti delle due strade, pur in presenza di luci diverse (rispettivamente m 45.90 per viale Teodorico e m 32.36 per via Colleoni).

Sono state esaminate anche altre soluzioni strutturali, quali ad esempio l'arco ribassato e la trave strallata, ma i problemi derivanti dalla applicazione a rilevante altezza di spinte o tiri con elevate componenti orizzontali hanno portato all'abbandono di tali schemi.

## 2.2 Ponte a struttura tridimensionale con soletta collaborante

Questo ponte è di modesta luce ma, per motivi di vincolo alle strutture collegate e di eleganza formale per il raccordo con la rampa elicoidale e per la posizione dominante, ha una inusuale configurazione tridimensionale con una trave assiale ad anima piena integrata con tralicciatura tubolare di collegamento ai correnti di bordo (fig.5).

## 3. CARATTERISTICHE STRUTTURALI

### 3.1 Ponti a travate reticolari

In relazione ai requisiti enunciati, il problema della instabilità flessio-torsionale globale dei ponti con sezione aperta superiormente è stato risolto adottando elevata rigidità degli elementi trasversali che collegano i correnti inferiori e studiandone un particolare attacco ai diagonali, così da conferire ai correnti superiori compressi un vincolo orizzontale elastico con caratteristiche di ridotta flessibilità; è stata inoltre prevista la realizzazione dei correnti mediante profili ad ali larghe disposti con l'asse del massimo momento quadratico di superficie nel piano verticale.

L'attacco dei diagonali (di tipo HE disposti orizzontalmente) ai traversi (di tipo IPE disposti verticalmente) è ottenuto mediante collegamento alle piattabande interne ed alle anime che, dovendo convergere sugli analoghi elementi dei traversi, si sviluppa nello spazio e termina con le predisposizioni necessarie per la giunzione bullonata trasversale (fig.6).

La disposizione orizzontale dei profili di tipo HE dei correnti e dei diagonali, consente saldature dirette delle ali e delle anime senza necessità di piastre; i cordoni realizzati in officina sono ad angolo o a completa penetrazione e la giunzione delle anime è limitata alla parte centrale di queste a causa degli "slots" necessari in vicinanza al raccordo con le piattabande.

Per limitare l'ingombro degli elementi da trasportare, le travate sono suddivise in tre parti da assemblare fra loro a piè d'opera e da collegare con i traversi.

Le giunzioni degli elementi delle travate sono realizzate per il corrente inferiore teso con semplici perni alloggiati in piastre parallele alle piattabande e saldate a queste, mentre per il corrente superiore compresso sono previsti semplici bulloni,

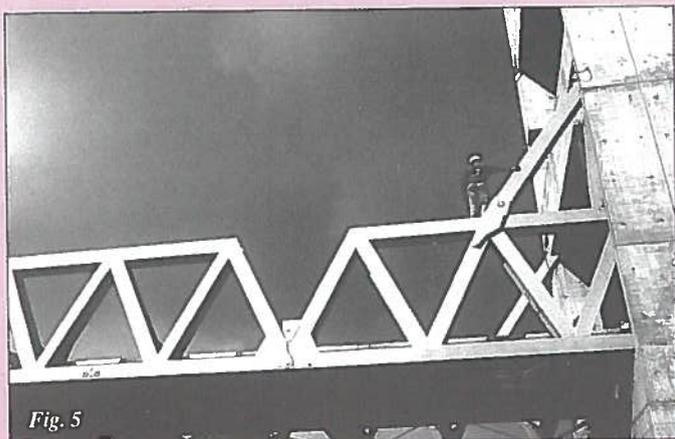


Fig. 5



Fig. 9

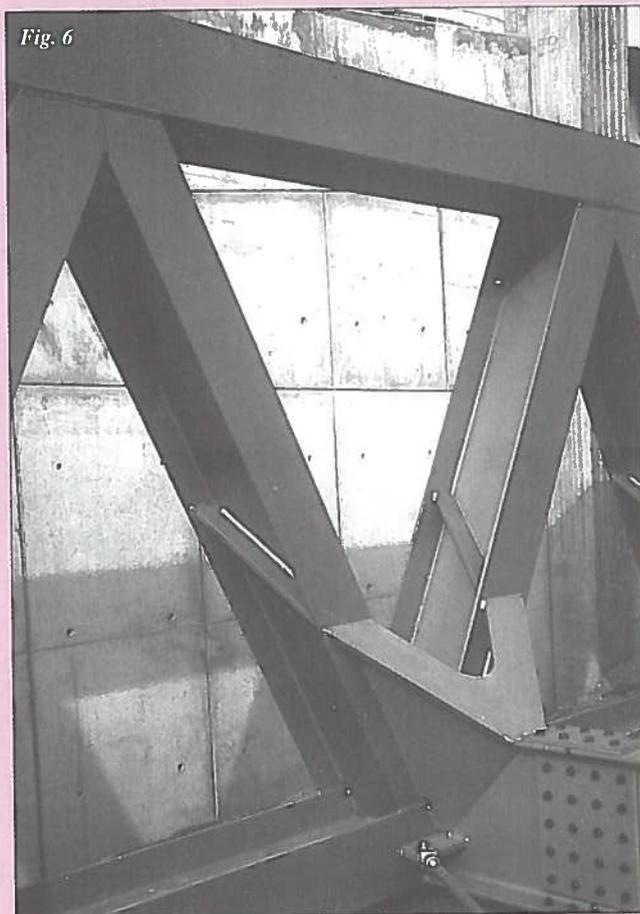


Fig. 6

mascherati all'interno dei diagonali (fig.7).

Le predette soluzioni progettuali risultano molto efficienti, in quanto compatte pur in presenza di elevati carichi assiali, di semplice realizzazione in officina e di rapido montaggio a piè d'opera.

In relazione alla minore entità delle azioni trasmesse dai traversi, le giunzioni di questi alle travate sono realizzate mediante piastre e bulloni ad alta resistenza che impegnano sia le anime che le piattabande.

Gli schemi strutturali sono differenti per i ponti sulle due citate; a causa della maggiore luce necessaria su via Teodorico (45.90 m), si sono adottati per questo attraversamento elementi pure reticolari, posti in aggetto dalle torri in calcestruzzo, per il sostegno della travata centrale che, in tal modo, ha la stessa dimensione unificata per le due vie (fig.8).

Il collegamento della travata centrale agli elementi fissati alle torri è ottenuto mediante bielle verticali costruite con piatti e perni alloggiati in cuscinetti a strisciamento dotati di rivestimento in teflon e bronzo sinterizzato così da ridurre al massimo gli attriti che contrastano le deformazioni termiche (fig.9); in uno dei due collegamenti i cuscinetti sono sostituiti da accoppiamenti perni/fori rettificati e sono presenti anche bielle orizzontali in modo da costituire un vincolo per le azioni orizzontali.

Gli elementi a sbalzo hanno la stessa configurazione delle travate centrali con l'aggiunta di aste inclinate che sono fissate alle torri mediante testate provviste di barre post-tese di tipo Dywidag (fig.10); le estremità dei correnti inferiori sono pure fissate alle torri con bulloni non presollecitati.

Per ridurre i momenti parassiti nelle membrature, il collegamento delle aste inclinate sia alle testate che ai nodi della travata a sbalzo è realizzato mediante perni.

Per i ponti di minore lunghezza su via Colleoni sono stati previsti appoggi del tipo in neoprene cerchiato dei quali uno fisso, uno unidirezionale montato trasversalmente all'asse del ponte, uno pure unidirezionale longitudinale sul lato opposto della via ed uno, pure su tale lato del tipo multidirezionale.

### 3.2 Ponte a struttura tridimensionale con soletta collaborante

Lo schema a trave centrale ad anima piena integrata con tralicciatura tridimensionale, conferisce alla struttura sia una maggiore larghezza efficace della piattabanda superiore collaborante realizzata in calcestruzzo, sia la rigidità torsionale necessaria per i carichi veicolari eccentrici (fig.11).

Il parapetto, realizzato con un unico pannello prefabbricato in calcestruzzo solidarizzato alla struttura limita le deformazioni dei bordi esterni dell'impalcato.

## 4. COSTRUZIONE E MONTAGGIO

### 4.1 Ponti a travate reticolari

La costruzione è avvenuta in officina secondo la procedura ideata in fase di progetto ed illustrata nel seguito:

- assemblaggio e saldatura dei tronchi previsti per le travi reticolari
- taglio e foratura dei traversi inferiori
- taglio e allestimento delle longherine.

Le saldature più impegnate sono state controllate con radiografie mentre per le altre sono stati impiegati ultrasuoni e liquidi penetranti.

Il montaggio dei tronchi di ogni ponte, composti dalle due travi reticolari di bordo, dai traversi e dalle longherine, è

Fig. 10

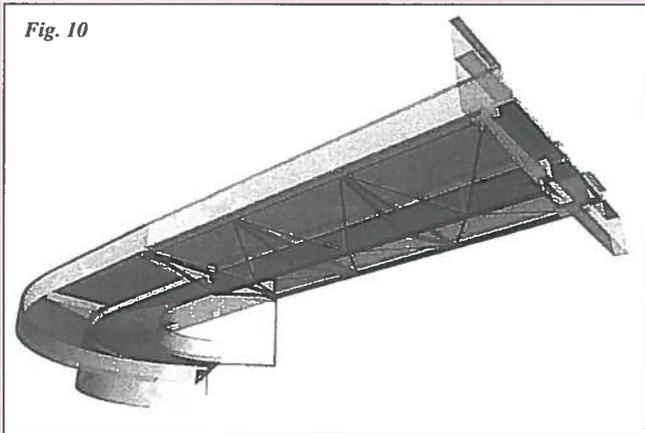


Fig. 11

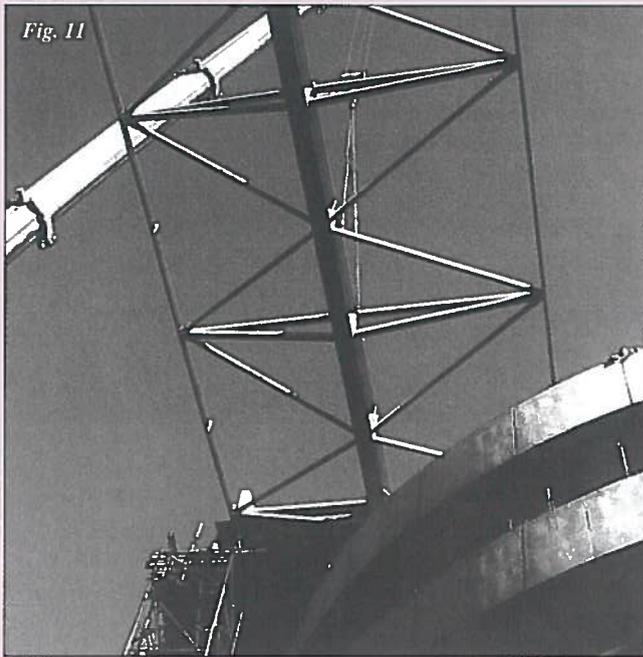


Fig. 12

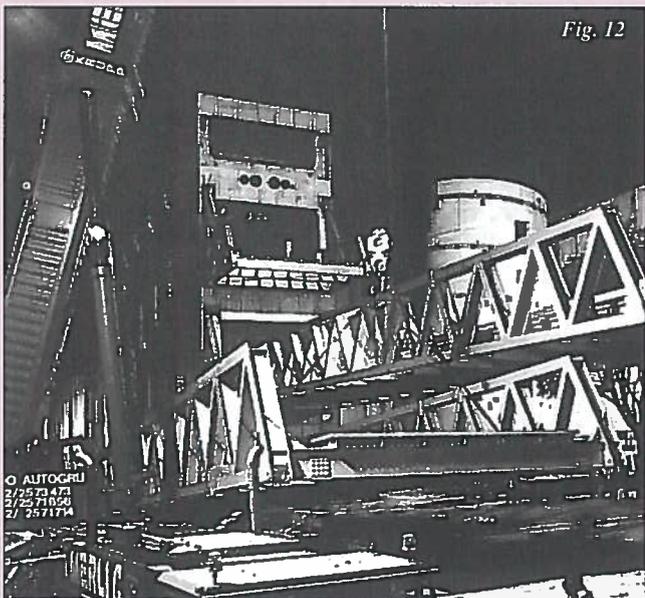
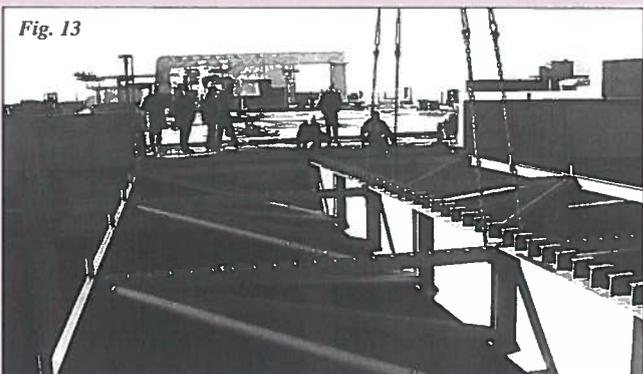


Fig. 13



avvenuto a piè d'opera.

I tronchi così prefabbricati sono stati collegati mediante i perni previsti per la briglia inferiore ed i bulloni per la briglia superiore.

Sono stati posizionati i tronchi aggettanti dalle torri in c.a., poste in tensione le barre Dywidag di ancoraggio ed effettuata l'iniezione delle relative guaine.

Sulla via Teodorico ogni ponte è stato montato mediante due autogrù e fissato mediante le bielle alle sezioni in aggetto dalle torri in c.a. (fig.12); analoga operazione ma con posizionamento su appoggi posati direttamente sulle torri in c.a. è stata effettuata per i ponti su via Colleoni.

Le quantità di materiale sono:

a) carpenteria metallica totale per i sei manufatti	kg	405.000
b) grigliati autocarrabili	kg	193.000
c) lamiere grecate	kg	35.800

#### 4.2 Ponte a struttura tridimensionale con soletta collaborante

La struttura è completamente saldata ed è stata assemblata a piè d'opera e montata con autogrù (fig.13); il getto in opera collaborante è stato effettuato sopra predalles nervate che non necessitano di puntellazione provvisoria.

Le quantità di materiale sono:

a) carpenteria metallica	kg	7300
b) calcestruzzo armato collaborante	m <sup>3</sup>	3 26.5
c) parapetti prefabbricati	m <sup>3</sup>	6.6

#### 5. PERSONALIA

La progettazione e le specifiche strutturali sono state predisposte da Redesco srl, ed in particolare, per i ponti a travata, dal dr. ing. Gian Carlo Giuliani e dal dr. ing. Giorgio Valentini che ha sviluppato la progettazione dei componenti meccanici e delle giunzioni; il ponte a struttura tridimensionale è stato progettato dal dr. ing. Mauro Eugenio Giuliani con la collaborazione del dr. ing. Cesare Carini per la modellazione matematica della struttura. Le attività di cui sopra sono state svolte nell'ambito della progettazione completa ed integrata del nuovo complesso espositivo dell'E.A.Fiera di Milano, alla quale hanno inoltre collaborato:- Mario Bellini Associati per la progettazione architettonica, - Intertecno srl per la progettazione impiantistica, SPI (Soc.Prog.Integrali) per i computi e le specifiche civili, - dott. ing. A. Vettese per la Direzione del Progetto di Riqualficazione e sviluppo dell'E.A.Fiera di Milano.

A seguito di appalto internazionale è risultato aggiudicatario dei lavori di costruzione "chiavi in mano" il consorzio costituito da: CMC / Recchi / G.Maltauro / E.Frabboni / CGC / Italtel Telesis / Kone.

I controlli della esecuzione delle saldature sono stati effettuati da IIS (Istituto Italiano della Saldatura).

Le strutture in acciaio dei ponti a travate reticolari sono state realizzate e montate dalla soc. GED di Pievesestina Cesena (FO), mentre quelle del ponte a struttura tridimensionale sono state approntate dalla soc. MAEG di Vazzola (TV).