

2

COSTRUZIONI METALLICHE

ANNO LXI

MAR APR 2009



ISSN n° 0010-9673 Poste Italiane Spa Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in L.27.02.04 n° 46) / Art. 1, comma 1 CNS PD - Prezzo a copia, € 11,50 - In caso di mancato recapito si prega di restituire al mittente che si impegna a pagare la relativa tassa - Contiene I.P.



Rivista bimestrale
per la diffusione della
cultura dell'acciaio

60°
ANNIVERSARIO

Realizzazione di un nuovo asse di viabilità primaria, in sotterraneo, da Viale De Gasperi a Via Gattamelata in Milano.

Project for an underground road to carry large volumes of traffic from Viale De Gasperi to Via Gattamelata in Milan.

Il comune di Milano, nell'ambito del progetto "Portello", si pone l'obiettivo di razionalizzare uno dei maggiori nodi di accesso alla città di Milano con riferimento sia alle problematiche di viabilità esistenti, sia agli sviluppi di carattere urbanistico ed infrastrutturale che potranno caratterizzare l'area in un prossimo futuro.

Il riordino dello schema viario ha, come principale caratteristica, la creazione di una nuova direttrice, di carattere primario, tra il viale De Gasperi e la via Gattamelata.

Tale direttrice, affiancandosi a quella attuale in direzione di viale

Nuovo ponte metallico ad arco "De Gasperi" a Milano

New De Gasperi steel arch bridge in Milan

Andrea Lo Giudice
Andrea Longo
Andrea Bongiorno



Fig. 1 - Rendering del ponte



Fig. 2 - Traverso intermedio

Scarampo, costituirà un rafforzamento dei collegamenti viari tra la città e le autostrade A8, A9 e A4.

In tale ambito il ponte "De Gasperi" rappresenterà, per i veicoli che percorrono il collegamento Gattamelata, una porta di ingresso alla città di Milano.

DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il ponte "De Gasperi" è realizzato mediante un impalcato metallico ad arco a spinta eliminata e via inferiore, con luce netta fra gli appoggi di 80 metri. Il piano viario è largo 13,50 metri ed è costituito da tre corsie, una di 3,50 metri e le altre due di 3,25 metri ciascuna, da due banchine di 0,50 e 1,00 metri e da un marciapiede di 1,50 metri.

La struttura portante è costituita da due archi metallici a sezione tubolare di 1,219 metri di diametro e di 30 mm di spessore, giacenti su piani inclinati verso l'esterno di 22,5° rispetto alla verticale. La spinta degli archi è contrastata dalla struttura dell'impalcato. Staticamente il ponte si comporta come una trave su due appoggi. L'impalcato è del tipo a struttura mista in acciaio - calcestruzzo.

La parte metallica è costituita da 4 travi longitudinali a doppio T alte 1,340 metri. Le travi interne hanno l'anima verticale mentre quelle esterne hanno l'anima inclinata verso l'esterno del ponte.

Il collegamento tra le travi longitudinali dell'impalcato e gli archi avviene mediante undici traversi (2 di testata e 9 intermedi) a sezione scatolare rastremata agli estremi (altezza minima 1,355 metri altezza massima 1,950 metri) che terminano fuori dall'impronta dell'impalcato e si collegano a montanti inclinati a sezione tubolare di 620 mm di diametro e 23.8 mm di spessore.

L'attacco dei montanti tubolari con l'arco è realizzato da giunti a snodo cardanico. Si ottiene in tale modo un collegamento attivo per le componenti di forza e libero nei riguardi dei gradi di libertà rotazionali.

La soletta del ponte è gettata su lastre predalles e si collega al ponte metallico mediante pioli Nelson.

La soletta collabora con la sottostruttura metallica dell'impalcato per reggere parte della forza di trazione antagonista alla spinta. Alcune zone della soletta, a scavalco dei traversi dell'impalcato, sono chiamate a lavorare a momento flettente negativo sia per i carichi permanenti sia per i carichi dinamici. A tale regime, per condizioni di carico accidentale asimmetrico, si aggiunge un ulteriore contributo ai momenti negativi che coinvolge le zone poste circa ai quarti della luce. Per ridurre le tensioni di trazione, per evitare marcati stati fessurativi della soletta e per aumentare la durabilità dell'impalcato, si è provveduto ad inte-



Fig. 3 - Giunto cardanico

grare le normali disposizioni costruttive con un'azione di precompressione. A tale scopo, immediatamente al di sotto della soletta e nell'involucro della scatola dell'impalcato, sono stati disposti nove cavi di precompressione, filanti in rettilineo, a quota baricentrica da testata a testata.

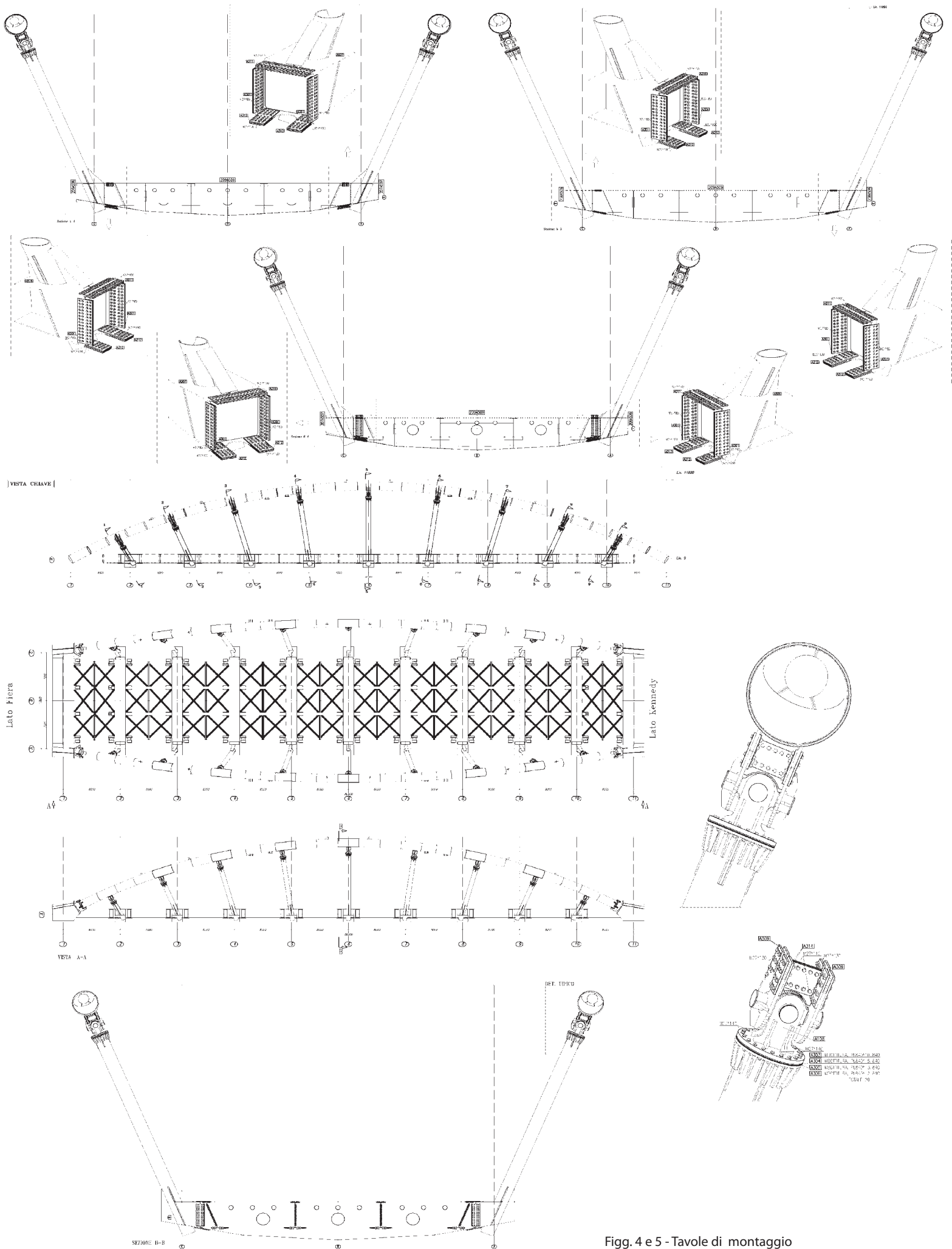
IL PROGETTO COSTRUTTIVO DI OFFICINA E LA REALIZZAZIONE IN STABILIMENTO

La realizzazione del progetto costruttivo di officina, a causa anche dei pesanti vincoli architettonici imposti dalla committenza, è stata molto complessa ed è scaturita da un costante confronto con il progettista generale dell'opera Prof. Ing. Malerba.

I disegni costruttivi di officina, al fine di eliminare quanto più possibile le interferenze tra i vari elementi strutturali sono stati realizzati impiegando un programma di disegno tridimensionale (Bocad).

L'arco, avente uno sviluppo pari a circa 85,00 metri, è stato realizzato in "spezzata" approssimando il più possibile la curva "teorica". Per ottenere l'effetto curvo si è proceduto alla realizzazione di virole di circa 2,980 metri ottenute calandrando lamiera di 30 mm spessore.

Successivamente le virole sono state unite tra loro con giunzioni testa a testa a piena penetrazione formando 3 tronconi per



Figg. 4 e 5 - Tavole di montaggio

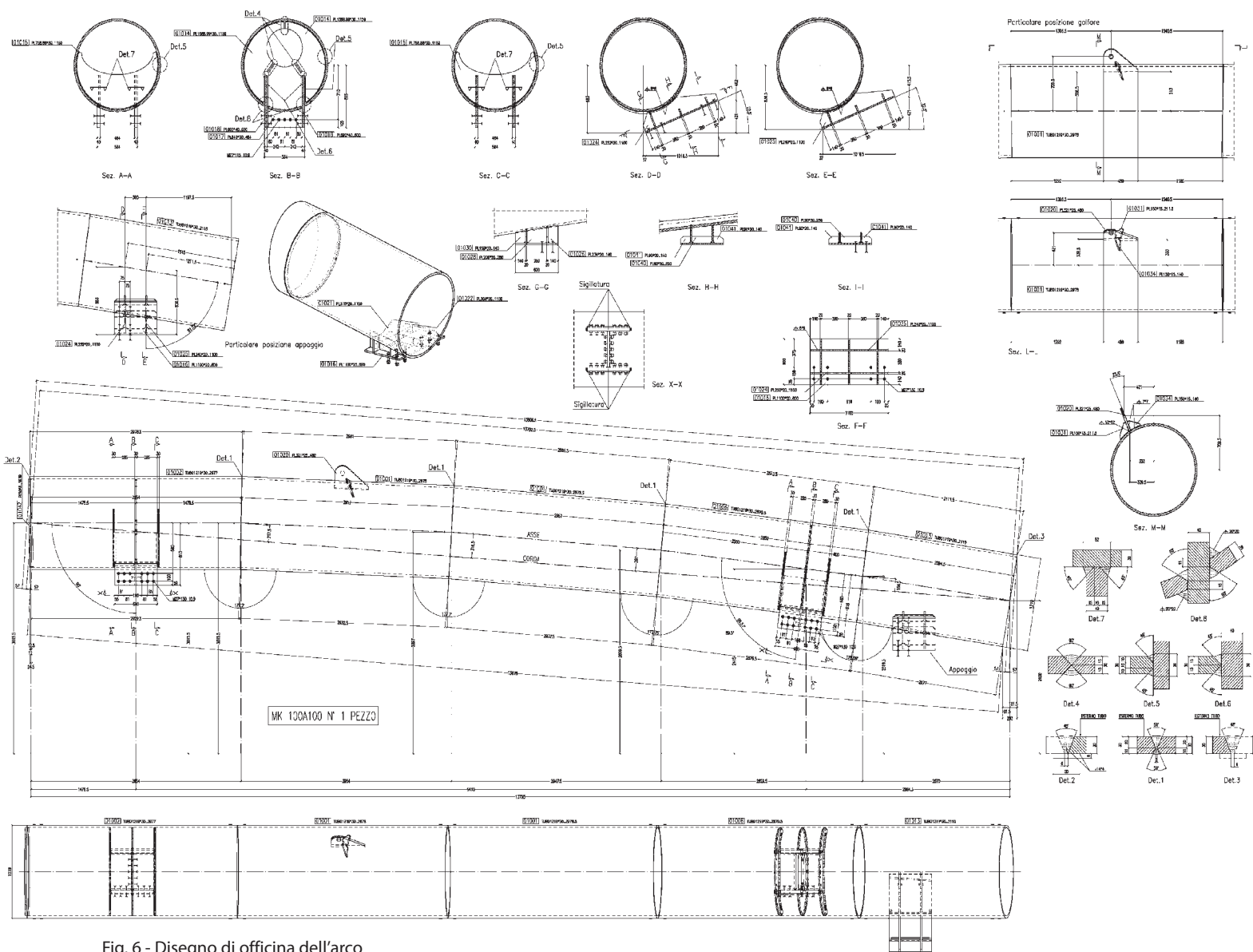


Fig. 6 - Disegno di officina dell'arco



Fig. 7 - Trasporto eccezionale da 28 m di un conccio dell'arco

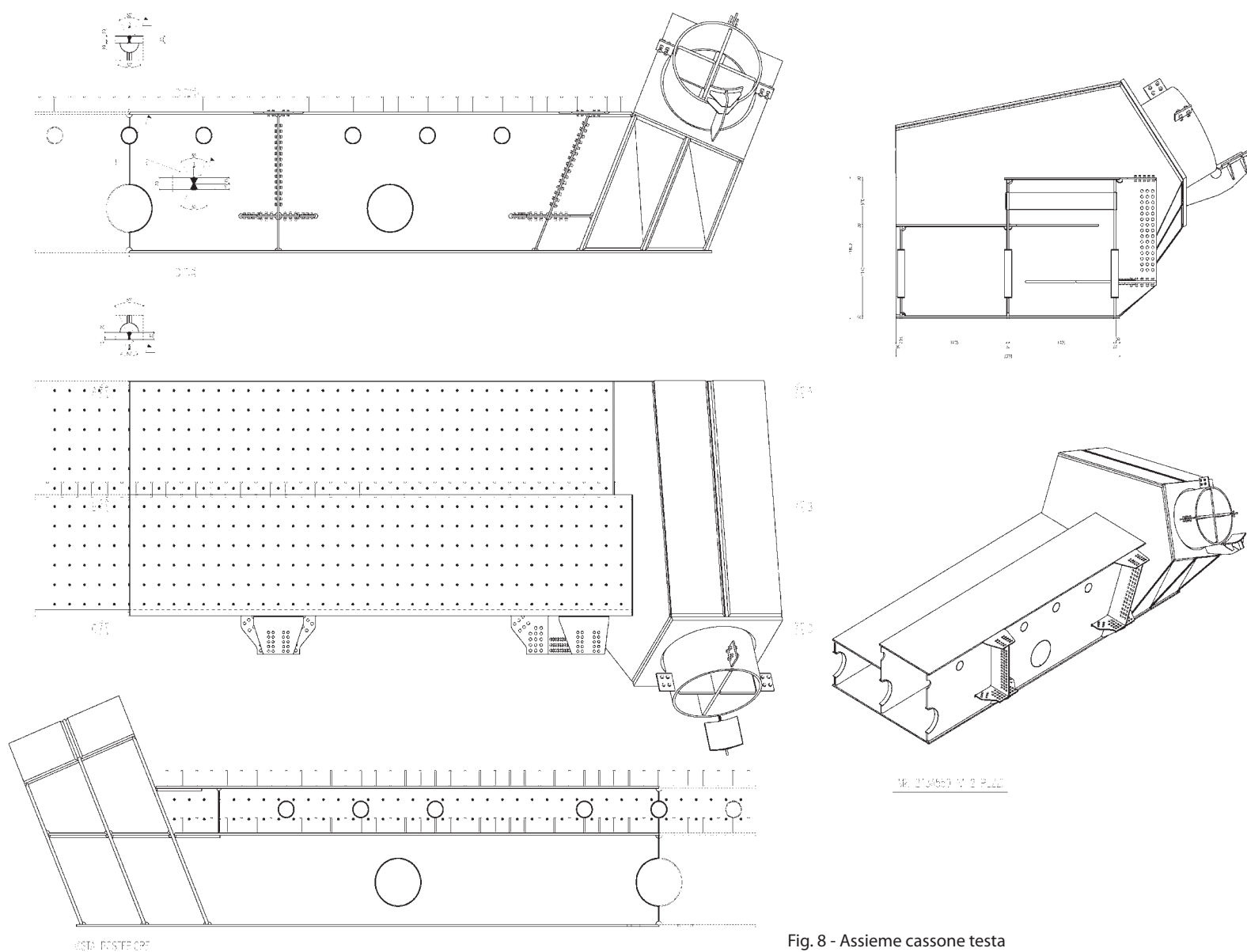


Fig. 8 - Assieme cassone testa

arco di circa 28 metri. In seguito sono stati applicati i rinforzi e gli attacchi dei montanti tubolari.

Particolarmente complessa è stata la costruzione in officina dei cassoni di testata, richiedendo un eccezionale impegno delle maestranze della Bit Spa. La complessità riguardava soprattutto la realizzazione della parte di attacco dell'arco che necessitava di precise sequenze di montaggio e saldatura al fine di consentire il corretto posizionamento di tutti gli elementi strutturali necessari per dare stabilità all'opera.

Il cassone inoltre, vista la sua imponenza è stato suddiviso in due parti, unite poi in cantiere mediante saldatura, rendendo comunque necessario un trasporto eccezionale in larghezza e peso (oltre 3,00 metri

e pesante 45 tonnellate). I montanti, detti anche "pendini", si presentano come un elemento tubolare di lunghezza variabile compresa tra due nodi: il nodo pendino – impalcato e il nodo pendino – arco.

Il primo nodo è costituito da un cassone, vincolato all'impalcato con dei giunti bullonati e al pendino con delle saldature a parziale penetrazione; il secondo, invece, da uno snodo cardanico vincolato al pendino con un giunto flangiato e all'arco con un classico giunto a doppio coprigiunto.

Le numerose saldature presenti nel cassone di base hanno sconsigliato il montaggio in officina del pendino "completo", poiché sarebbero bastate anche lievi rotazioni (che le saldature inevitabilmente comportano) per andare ben oltre le tolleranze concesse.

Per questo motivo si è deciso di far arrivare in cantiere il cassone di base senza il "coperchio" e di realizzare così le saldature necessarie al completamento del nodo in opera, a montaggio avvenuto.

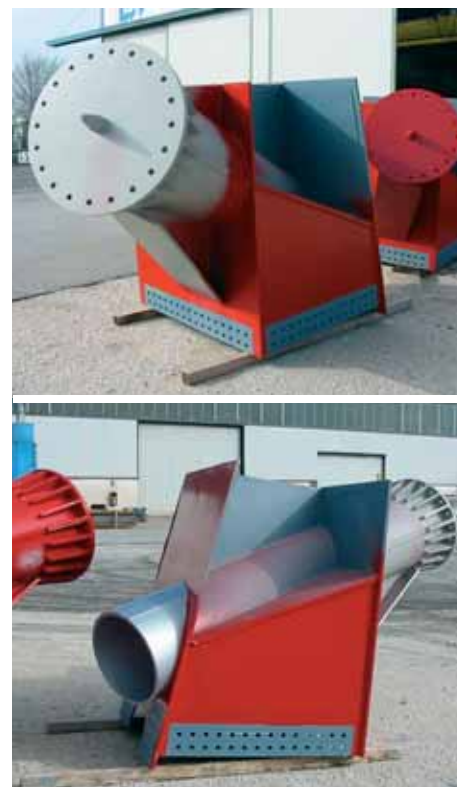
Il giunto cardanico, invece, essendo stato oggetto di un approfondito studio già in fase di gara, non è stato modificato. Data la sua particolarità, infatti, il giunto a snodo era stato oggetto, in fase preliminare di gara, di uno specifico studio sia teorico che sperimentale su di un prototipo in scala 1:1 che è stato propedeutico alla fase di progettazione esecutiva.

I TRATTAMENTI SUPERFICIALI

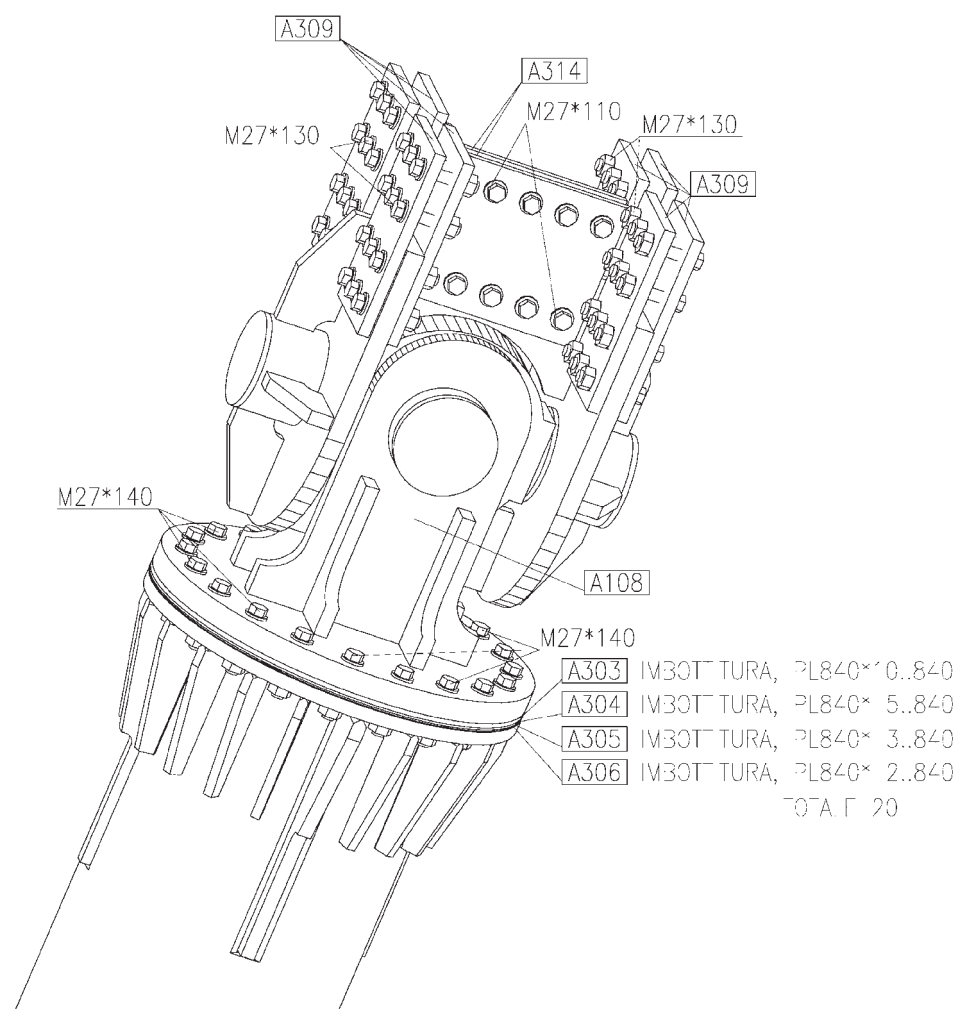
Merita particolare menzione l'aspetto cromatico dell'opera che è caratterizzato da



Fig. 9 - Trasporto eccezionale da 45 t metà cassone di testata



Figg. 10 e 11 - Particolari dei pendini



DETTAGLIO TIPICO CONNESSIONE STRALLO/ARCO

Fig. 12 - Particolare giunto cardanico



Fig. 13 - Impianto cantiere

tre colorazioni, differenti e contrastanti tra loro, che ne evidenzia i tre elementi principali rendendo così il ponte un facile punto di riferimento nella viabilità urbana della città di Milano.

Nello specifico per l'impalcato vero e proprio (cassoni, traversi, ecc.) è stato impiegato un colore rosso RAL 3002, per l'arco ed i pendini un colore grigio metallizzato RAL 9006, mentre per i giunti cardanici un colore arancione RAL 2004.

Il ciclo di verniciatura applicato a tutte le superfici esterne, dopo un'adeguata sabbiatura a metallo bianco, è composto da una prima mano di primer epossidico sp. 140µ e da una seconda mano di finitura

poliuretana sp. 60 μ .

Al fine di garantire una maggiore durabilità delle strutture metalliche anche le superfici interne dei vari elementi strutturali sono state verniciate.

Per questo motivo durante la fase di stesura del progetto definitivo sono stati introdotti complessivamente n. 84 passi d'uomo nei cassoni di testa ed intermedi.

Il ciclo applicato alle superfici interne è stato determinato dalla tipologia dell'elemento e dal relativo metodo di fabbricazione.

In particolare l'interno dei tubi costituenti l'arco è stato trattato con una mano di primer saldabile a base di zinco sp. 40 μ mentre ai pendini è stata applicata una mano di primer epossidico sp. 120 μ .

Infine, l'interno di tutti i cassoni è stato verniciato con una mano di zincante epossidico ad alto contenuto di zinco sp 70 μ .

IL PIANO DI MONTAGGIO

Anche la stesura del piano di montaggio è stata particolarmente complessa a causa dei molteplici aspetti peculiari che riguardano l'opera.

In particolare si è dovuto affrontare:

- la configurazione planoaltrimetrica dell'impalcato avente sia pendenza longitudinale sia trasversale;
- la configurazione statica del ponte avente una struttura non autoportante se non a montaggio concluso: archi aperti verso l'esterno senza tiranti di unione, impalcato sostenuto dagli archi che a loro volta necessitano della collaborazione delle travi di impalcato;
- l'ubicazione del cantiere, posto tra le due carreggiate a due corsie di un viale principale di accesso a Milano (viale De Gasperi appunto) e quindi con la conseguente esigenza degli spazi di manovra disponibili per l'assiemaggio a terra, e con la necessità di mantenere la suddetta viabilità cittadina sempre in esercizio.

La posa dell'impalcato metallico è iniziata con l'impianto delle attrezzature provvisorie di cantiere, in particolare con il posizionamento di cinque stilate provvi-



Fig. 14 - Cassoni intermedi



Fig. 15 - Impalcato completato

sorie, per il sostegno dei nove cassoni intermedi, alte 2,00 metri al fine di creare un piano orizzontale per superare le difficoltà create dalla particolare configurazione geometrica.

Le stilate provvisorie sono state poste in asse al ponte a 16,00 metri una dall'altra al fine di supportare il carico di una maglia di impalcato lunga 16,00 metri che è stata preassemblata a terra unendo i cassoni con le relative travi di collegamento.

Ultimata la posa dell'attrezzatura provvisoria si è proceduto con il posizionamento

dell'impalcato partendo dalla spalla lato Fiera con il cassone di testa vincolandolo al ritegno metallico longitudinale e trasversale precedentemente posizionato sulla spalla stessa.

Sono stati posti in opera in seguito i nove cassoni intermedi con le relative travi di collegamento.

Completato l'impalcato con la posa delle controventature e delle strutture secondarie si è proseguito con il montaggio delle quattro stilate provvisorie alte 12 metri necessarie per supportare i tre tronconi costi-



Fig. 16 - Posa primo troncone costituente l'arco



Fig. 17 - Posa quarto troncone costituente l'arco ultimato

tuenti ciascun arco.

Ogni stilata era dotata di un ballatoio per consentire l'esecuzione delle saldature testa a testa in quota in totale sicurezza.

La posa dei tre tronconi è avvenuta nel pieno rispetto di precise sequenze di montaggio necessarie per poter rispettare la geometria finale dell'opera.

Al termine delle saldature di testa degli archi, sono stati posizionati i montanti tubolari (pendini) collegandoli con l'arco stesso mediante giunti cardanici ed ai cassoni dell'impalcato con giunzioni bullonate.

Particolarmente curato è stato l'aspetto geometrico con continui controlli stru-

mentali al fine di rispettare le tolleranze ristrette imposte dal progetto.

Completata la posa in opera delle strutture si è proceduto con il relativo calaggio sugli appoggi definitivi.

Anche in questa fase sono state rispettate precise sequenze di abbassamento per consentire il posizionamento dell'impalcato nella sua configurazione planoaltimetrica definitiva.

Il collegamento tra la struttura metallica e le spalle in calcestruzzo avviene mediante quattro appoggi acciaio-teflon a disco elastomerico inghisati nelle spalle in calcestruzzo.



Fig. 18 - Posa "pendini"



Fig. 19 - Giunti cardanici



Fig. 20 - Vista laterale

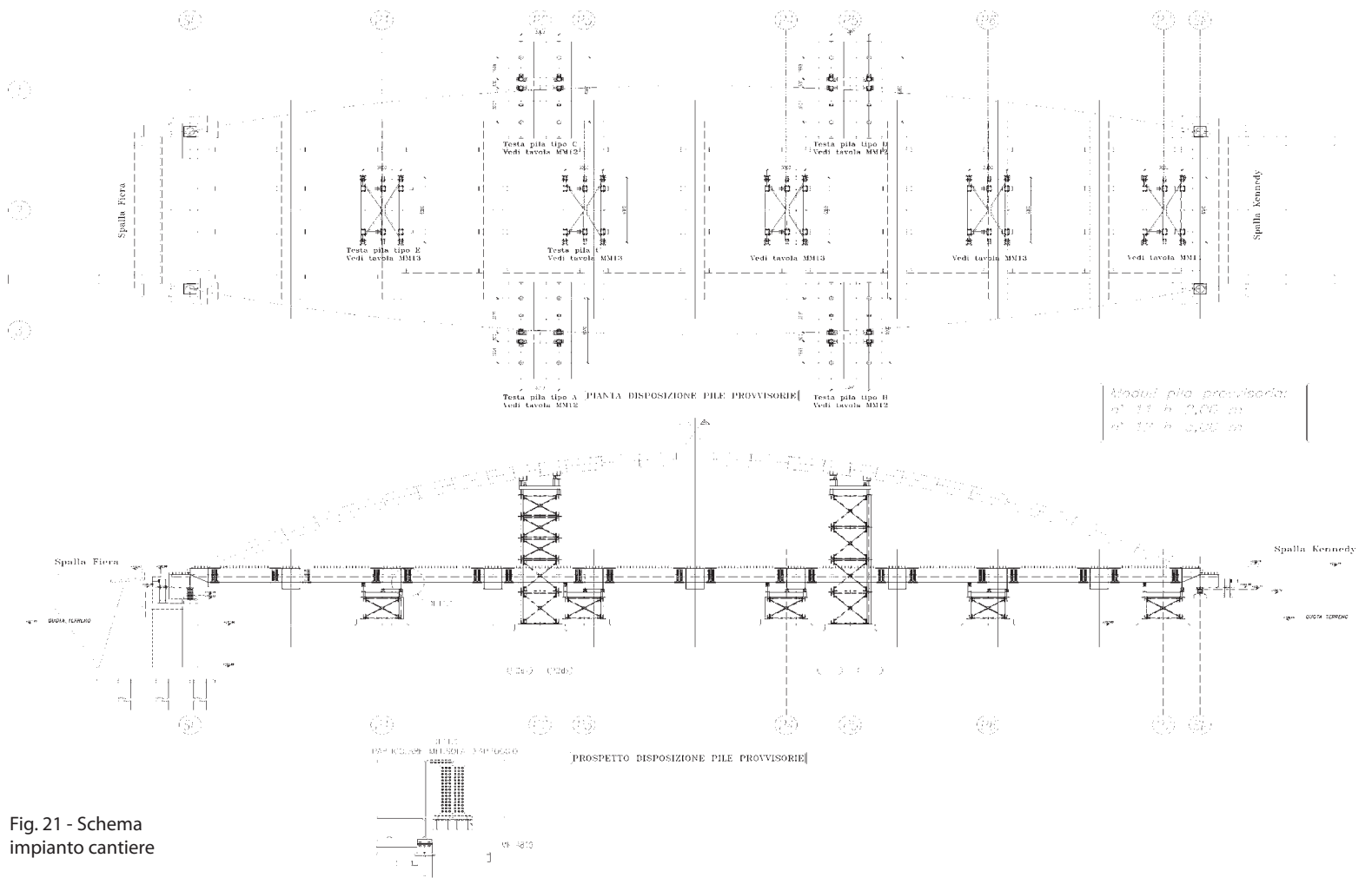


Fig. 21 - Schema impianto cantiere

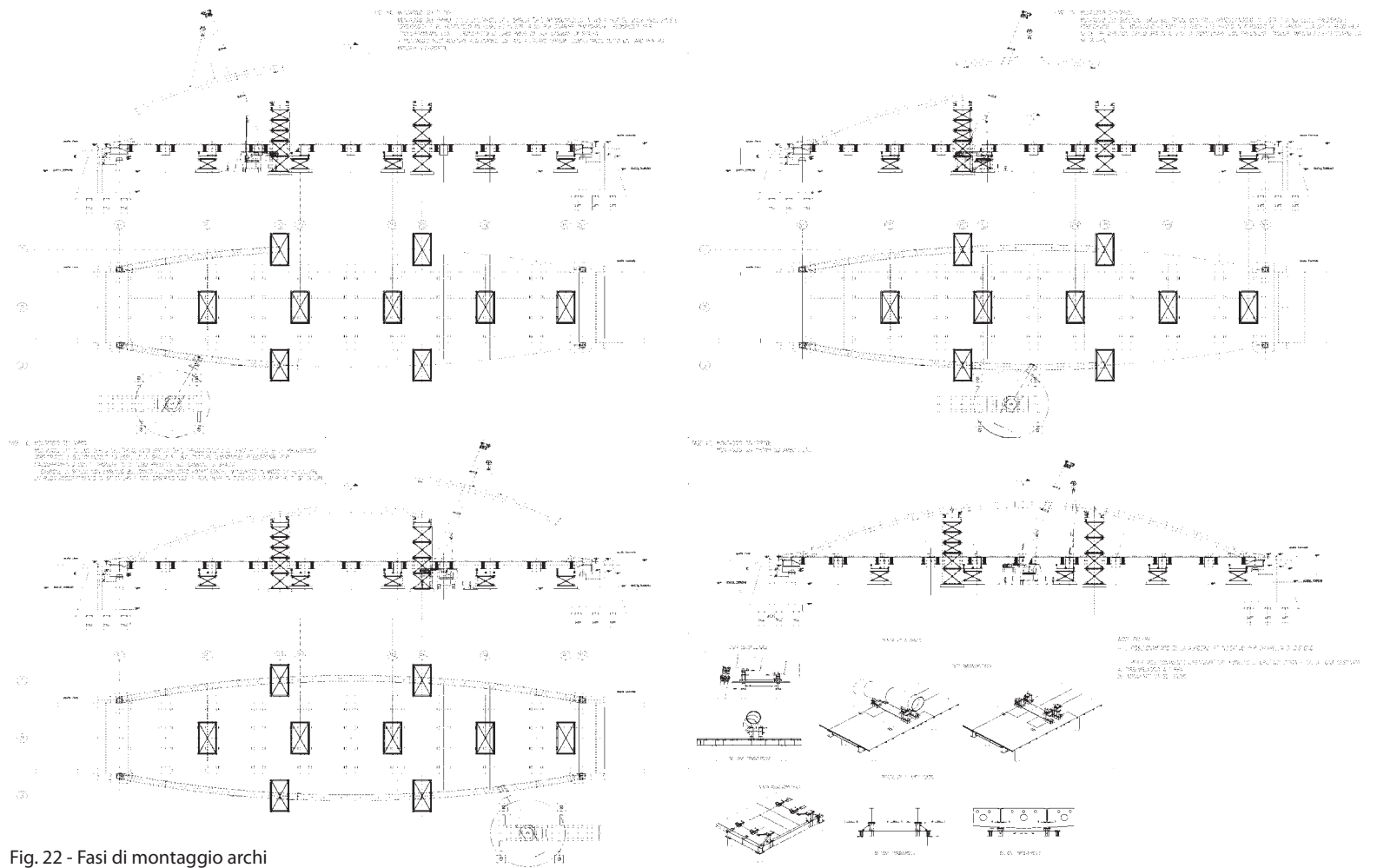


Fig. 22 - Fasi di montaggio archi



Fig. 23 - Posa ultimata



Fig. 24 - Vista aerea del ponte

CONCLUSIONI

L'opera sopra descritta fa parte del progetto di riqualificazione urbana dell'area "Portello" a Milano con l'obiettivo di realizzare uno dei maggiori nodi di accesso alla città. Il progetto prevede la realizzazione di un itinerario di circa 1,5 chilometri da piazza Kennedy a via Teodorico che comprende un nuovo svincolo su viale De Gasperi che consentirà l'accesso al percorso in galleria. Lo svincolo è caratterizzato dallo scenogra-

fico porte ad arco realizzato dalla BIT Spa che diventerà uno dei simboli della Milano proiettata verso l'EXPO 2015.

Geom. Andrea Lo Giudice

Resp. di Commessa BIT Spa

Dr. ing. Andrea Longo

Resp. Commerciale BIT Spa

Dr. ing. Andrea Bongiorno

Resp. di Cantiere BIT Spa

DATI TECNICI

Peso strutture acciaio: 750 t

Qualità acciaio: S355J2G3

Bulloni: alta resistenza 10.9

Pioli: Nelson $\varnothing 19$ ST37-3K

Luce tra gli appoggi: 80 m

Diametro dell'arco: 1,219 m

Peso cassone di testata: 45 t

Lunghezza tronco arco: 28 m

DATI GENERALI

Committente:

Comune di Milano

Concessionario:

Metropolitana Milanese Spa

Impresa generale:

Ing. Claudio Salini Grandi Lavori Spa

Progetto strutturale:

Studio Martinez, Milano

Prof. Ing. Piergiorgio Malerba

Strutture metalliche:

BIT Spa, Cordignano (Tv)

Progetto costruttivo:

Ufficio Tecnico BIT Spa

coordinato dall'Ing. Mauro Cereser

Piano di montaggio:

Ufficio Tecnico BIT Spa ed

Euroengineering Srl, Pordenone

Posa in opera delle strutture metalliche:

M.F.G. Europa Srl, Artogne (Bs)