

**VIADOTTO MARCHETTI - PROGETTAZIONE E MONTAGGIO
PONTE AUTOSTRADALE AD ARCO A SPINTA ELIMINATA DI
LUCE 250M**

**VIADUCT MARCHETTI - DESIGN AND ASSEMBLING
BOWSTRING ARCH BRIDGE WITH A SPAN OF 250M**

Prof. Ing. Pierangelo Pistoletti
Ing. Paolo Maestrelli
Ing. Simone Varni
SETECO Ingegneria S.r.l.
Genova, Italia
ufficiotecnico@setecoge.it

Ing. Roberto Petrali
ATIVA S.p.a.
Strada della Cebrosa 86
10156 Torino, Italia
info@ativa.it

ABSTRACT

This paper presents the Marchetti Viaduct, the most important structure in the new connection between A5 Torino – Quincinetto and A4/A5 Ivrea – Santhià.

It is a bowstring arch bridge 250m long and 41.1m wide, with a maximum distance between the arch and the stiffening girder of 52m.

Building criteria, performance requirements and the assembly steps that have influenced design and structural choices will be described. In particular, starting with the geometrical properties of the bridge, all the principal structural subjects are analyzed and even the aerodynamic behavior of the section, checked in the Wind Tunnel. Finally, after a brief part about the natural cooling of the structure, the erection method is described.

SOMMARIO

L'oggetto della presente memoria è il Viadotto Marchetti, l'opera più significativa degli interventi previsti per ridurre le interferenze tra le fasce fluviali del "nodo idraulico di Ivrea e le autostrade A5 Torino – Quincinetto e A4/A5 Ivrea – Santhià". Si tratta, infatti, di un Ponte ad Arco a spinta eliminata di 250m di lunghezza e 41.1m di larghezza, con una altezza dell'arco in chiave di 52m. La memoria descrive tutte le fasi della progettazione, da quelle iniziali relative alla scelta delle sezioni strutturali fino a quelle finali riguardanti il montaggio.

In particolare, partendo dalla descrizione geometrica dell'opera, viene descritto il comportamento strutturale degli elementi principali. Si parla poi delle analisi in Galleria del Vento, sia per quanto

concerne la caratterizzazione del vento sia per analizzare il comportamento aerodinamico della struttura. Dopo un breve cenno sul sistema di ventilazione naturale che è stato appositamente studiato per quest'opera, si affrontano l'assemblaggio e il successivo varo dell'impalcato, con la descrizione di tutte le attrezzature utilizzate. Infine vengono descritti il montaggio dell'arco e le fasi di tesatura dei pendini.

1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto è realizzato con una struttura ad arco singolo a via inferiore, con luce tra le spalle di 250 m. L'impalcato, appeso all'arco per mezzo di 26 pendini di sospensione, comprende due carreggiate autostradali, ciascuna larga 14.5 m.

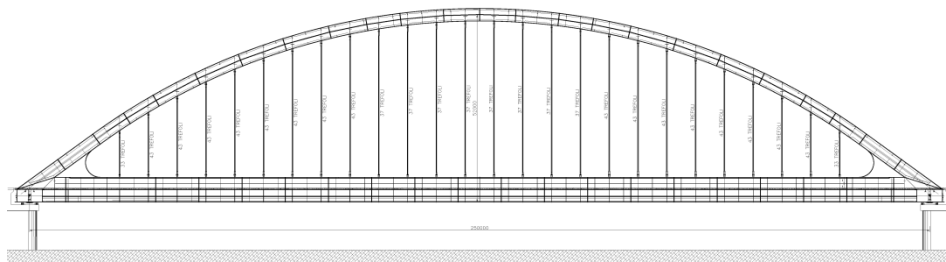


Fig. 1: Prospetto dell'impalcato

L'arco metallico, situato in asse all'impalcato sottostante, è costituito da un cassone trapezio a sezione costante (altezza 3.5m, base maggiore 5.9m e base minore 3.9m), incastrato all'impalcato in corrispondenza delle spalle.

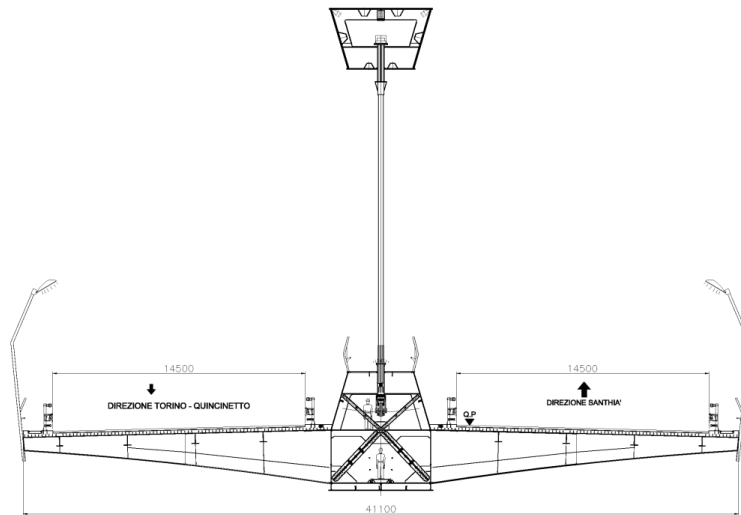


Fig. 2: Sezione trasversale dell'impalcato

L'impalcato è costituito dalla trave catena centrale, da mensole trasversali ordite ortogonalmente ed essa con passo 8 m e dalla soletta in cemento armato di spessore 20 cm gettata su predalles metalliche di spessore 4 mm saldate ai remi.

La trave catena è costituita da un cassone trapezoidale (altezza 6.85m, base maggiore 6m e base minore 3.9m) la cui sommità giace al di sopra del piano di scorrimento stradale, riparando così gli attacchi delle funi da possibili danneggiamenti dovuti al traffico veicolare.

Il cassone è appeso, in corrispondenza dei diaframmi trasversali, ai pendini e quindi all'arco ed è vincolato su ogni spalla per mezzo di dispositivi di appoggio multidirezionali a pendolo semplice posti ad interasse di 13 m in corrispondenza dei traversi di appoggio. In mezzeria è posta una guida unidirezionale con spina a rottura necessaria per equilibrare i carichi trasversali da vento.

I ventisei pendini d'appensione sono realizzati con trefoli a fili paralleli con quattro livelli di protezione dalla corrosione.

2. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

Dal punto di vista strutturale sia la sezione dell'arco che della catena sono dei cassoni chiusi. In particolare per la catena è necessaria una sezione torsiorigida in quanto, essendo prevista una sola cortina centrale di pendini, è l'unico elemento strutturale può portare agli appoggi i carichi non simmetrici.

Per quanto riguarda l'arco, invece, è stata adottata una sezione a cassone non per la necessità di avere una sezione torsiorigida, ma in quanto è la forma migliore per avere un'elevata rigidità flessionale in entrambi i piani.

Di particolare interesse strutturale è anche l'impiego delle predalles metalliche, dovuta essenzialmente a due motivi:

- aumentare per quanto possibile la sicurezza del personale in fase di varo;
- ridurre la soggezione al traffico autostradale in fase di montaggio.

Le coppelle metalliche possono infatti essere varate insieme alle strutture principali del ponte.



Fig. 3: Varo dell'impalcato con predalles metalliche

Questo permette di avere l'impalcato interamente percorribile anche in fase di avanzamento, con evidente vantaggio per la sicurezza del personale dedicato al controllo. Inoltre il varo con le strutture principali praticamente complete evita di dipendere dal traffico autostradale, non essendo necessario l'intervento di gru da quel lato dell'impalcato.

3 GALLERIA DEL VENTO

Vista la complessità dell'opera sono stati svolti studi in galleria del vento per la valutazione delle forze statiche equivalenti agenti sull'arco e per l'analisi del comportamento dinamico della struttura. Come primo passo è stata eseguita la caratterizzazione del vento; in particolare, sfruttando i dati raccolti dalle stazioni meteorologiche di Milano Malpensa, Novara Cameri e Torino Caselle relativi ad un periodo di circa 50 anni, sono state ricavate le velocità in funzione delle varie direzioni del vento.

Confrontando i dati ricavati con le prescrizioni della normativa italiana si è visto che la velocità media del vento di progetto è lievemente maggiore di quella prescritta in forma adirezionale per un vento proveniente da Nord; è invece molto minore per vento proveniente da Sud alle quote superiori a 10 m.

Successivamente, mediante un'analisi di un modello sezione dell'impalcato, sono stati valutati i coefficienti di drag, lift e momento per calcolare le forze statiche equivalenti.

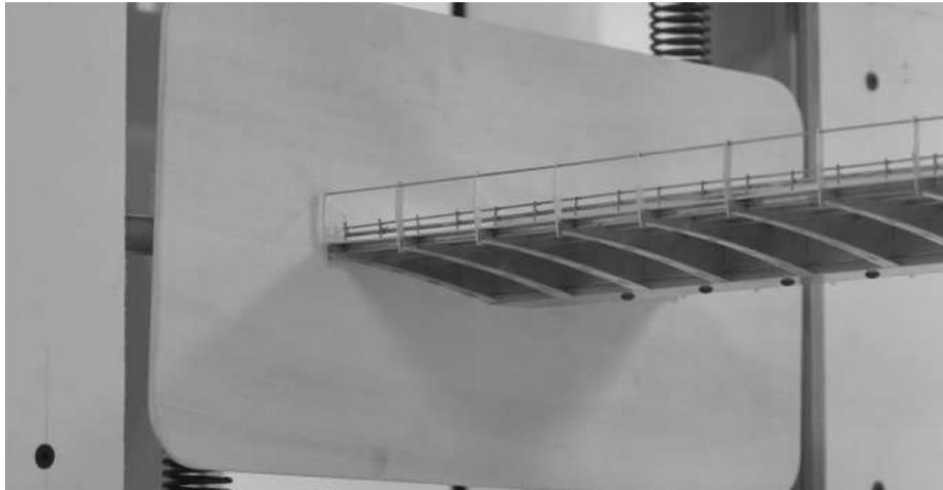


Fig. 4: Modello sezionale dell'impalcato per le prove in galleria del vento

I carichi ricavati sono stati applicati al modello di calcolo per eseguire le opportune verifiche di resistenza e stabilità degli elementi principali.

4 SISTEMA DI VENTILAZIONE NATURALE

Per gli elementi portanti del viadotto, realizzati con cassoni chiusi in acciaio, è stato previsto un impianto di ventilazione naturale. Si tratta di un'applicazione altamente innovativa, impiegata per la prima volta a un ponte a struttura metallica. Una soluzione nuova ad un problema noto: è un dato storico facilmente riscontrabile che una delle criticità fondamentali delle strutture casonate metalliche consiste nell'accumulo di condensa all'interno delle travi, fenomeno dovuto al disequilibrio termico e igrometrico tra l'aria presente all'interno del volume delle travi e l'aria esterna. È

stato quindi fondamentale trovare una soluzione che permettesse di evitare la formazione della condensa e i fenomeni di corrosione dell'acciaio che essa innesca, allo scopo di prolungare il più possibile la vita utile dell'opera.

La soluzione proposta è stata studiata per sfruttare in maniera ottimale la conformazione geometrica e strutturale del viadotto. L'intero sistema è stato dimensionato per far sì che il tasso di rimozione del vapor d'acqua in eccesso sia tale da impedire, nelle normali condizioni operative, l'accumulo di acqua in fase liquida sulle pareti interne o, quanto meno, da consentire la sua rimozione in tempi brevi, così da minimizzare il fenomeno della corrosione.

Sia sull'arco che sulla catena sono stati inseriti dei ventilatori naturali, in alluminio marino, per l'estrazione ogni tempo dell'aria interna dalla trave catena. Per l'ingresso dell'aria fresca di ricambio sono stati inseriti 22 gruppi di 4 fori circolari disposti in linea, nella piattabanda inferiore della trave catena, e 4 gruppi di 3 fori circolari disposti sui vertici di un quadrato sulle pareti laterali della trave ad arco nei pressi del congiungimento con la trave catena. I fori sono coperti con delle griglie a persiana, per impedire l'ingresso di acqua piovana. In ogni apertura sono anche installati dei dispositivi anti-intrusione animale.



Tutti i movimenti dell'aria saranno forniti dai valori termodinamici naturalmente presenti all'interno e attorno ai volumi considerati. L'aria calda, per i moti termoconvettivi, si dirige verso l'alto. Grandi quantità d'aria e di fumi caldi sono smaltiti tramite ventilatori naturali. Il sistema funziona senza consumo di energia.

Fig. 5: Aperture per la ventilazione naturale

5 MONTAGGIO E VARO

La realizzazione del viadotto si è articolata in varie fasi caratterizzate ognuna da una tipologia differente di montaggio. In particolare si possono distinguere due fasi principali:

- il varo frontale a spinta della catena, sulla cui piattabanda superiore è poggiato l'arco, suddiviso in 6 macroconci;
- il sollevamento dei 6 macroconci dell'arco mediante una coppia di gru di grossa portata.

Per la prima fase è stato necessario allestire un adeguato campo di varo retrostante la Spalla Est di dimensioni circa 160 m di lunghezza e 35 m di larghezza.

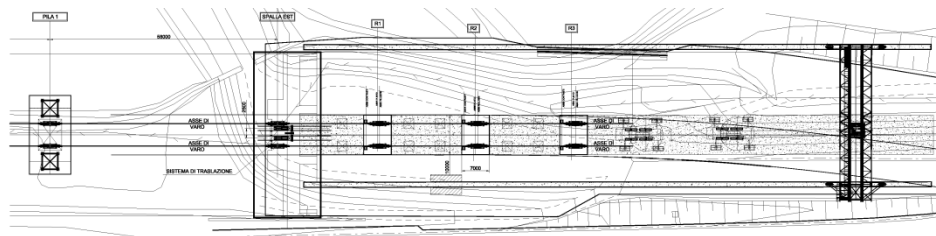


Fig. 6: Campo di varo - Pianta

La parte più arretrata del campo varo è stata destinata alla costruzione dei conci dell'arco e della catena. I vari elementi che arrivavano dall'officina venivano facilmente movimentati mediante l'utilizzo di una cavallina di altezza 21 m libera di muoversi su due binari laterali.

La parte anteriore è stata dedicata all'assemblaggio dei conci in monta e alla prima parte del varo vero e proprio. Sono state previste tre coppie di slitte a interasse di circa 25 m.

Una volta assemblati i primi cinque conci della catena e montato l'avambecko di 42 m, è stato possibile cominciare con la spinta dell'impalcato. Sulla catena, mediante idonee strutture di calaggio disposte in monta, sono stati poggiati i conci dell'arco, suddiviso in totale in sei macro-conci.

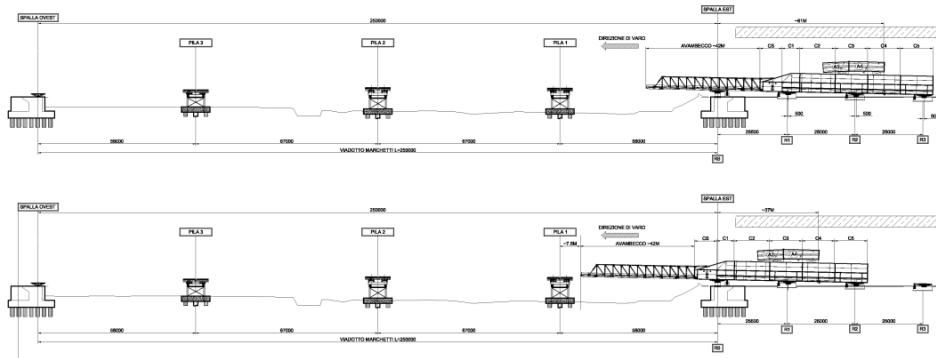
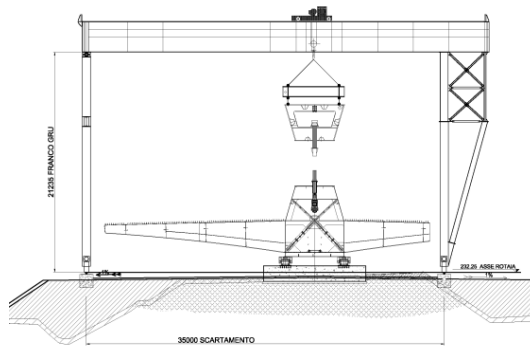


Fig. 7: Fasi di varo iniziali

Una volta terminato il varo frontale, sono state erette 3 torri di altezza massima circa 55 m necessarie per il montaggio dell'arco, per il quale sono state utilizzate 2 gru di portata 600 t e 550 t.

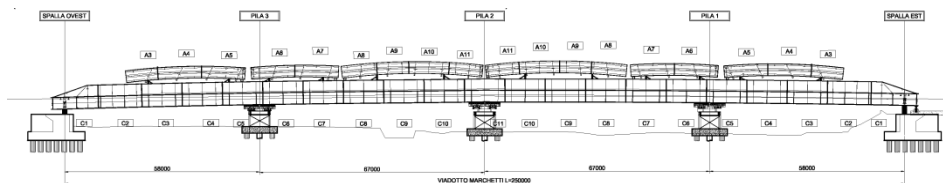


Fig. 8: Fase di varo finale

In particolare il montaggio dell'arco è stato effettuato partendo dalla Spalla Ovest e arrivando fino alla mezzeria. Successivamente si è operato a partire dalla Spalla Est per terminare con la chiusura in chiave. Per collegare i vari macroconci sono state previste delle opportune giunzioni bullonate ad attrito in maniera tale da garantire il mantenimento della forma dell'arco prima dell'esecuzione delle saldature.

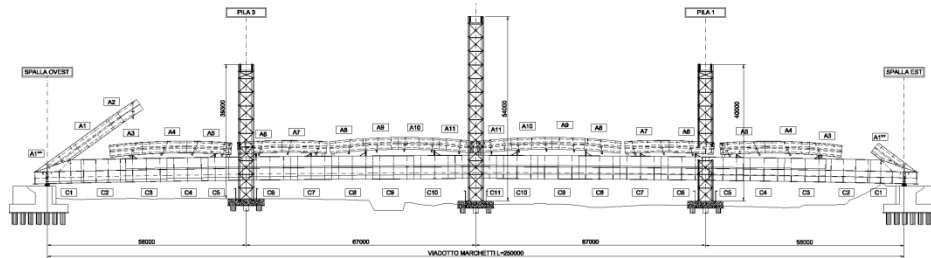


Fig. 9: Sollevamento primo macroconcio



Fig. 10: Sollevamento macroconcio in chiave

6 DATI SIGNIFICATIVI

Lunghezza complessiva:	250 m
Larghezza complessiva:	41.1 m
Larghezza carreggiate:	2 x 14.5 m
Altezza arco in chiave:	52 m (~L/5)
Numero di pendini:	26
Peso complessivo:	6800 t
Committente:	ATIVA S.p.A
Impresa Appaltatrice:	Mattioda S.p.A. - Itinera S.p.A.
Costruzione e montaggio carpenteria metallica:	Giugliano - Omba.
Progetto Esecutiva:	SETECO Ingegneria S.r.l.
Progetto di Montaggio:	SETECO Ingegneria S.r.l.

PAROLE CHIAVE

Acciaio, Arco, cassone chiuso, ventilazione naturale, predalle metallica, galleria del vento.



Fig. 11: Sollevamento macroconcio in chiave



Fig. 12: Ponte terminato