

Un ponte per Treviso-Ostiglia sul fiume Brenta a Campo San Martino (Padova)

Progettazione e calcolo strutturale di un ponte viario e ciclo-pedonale

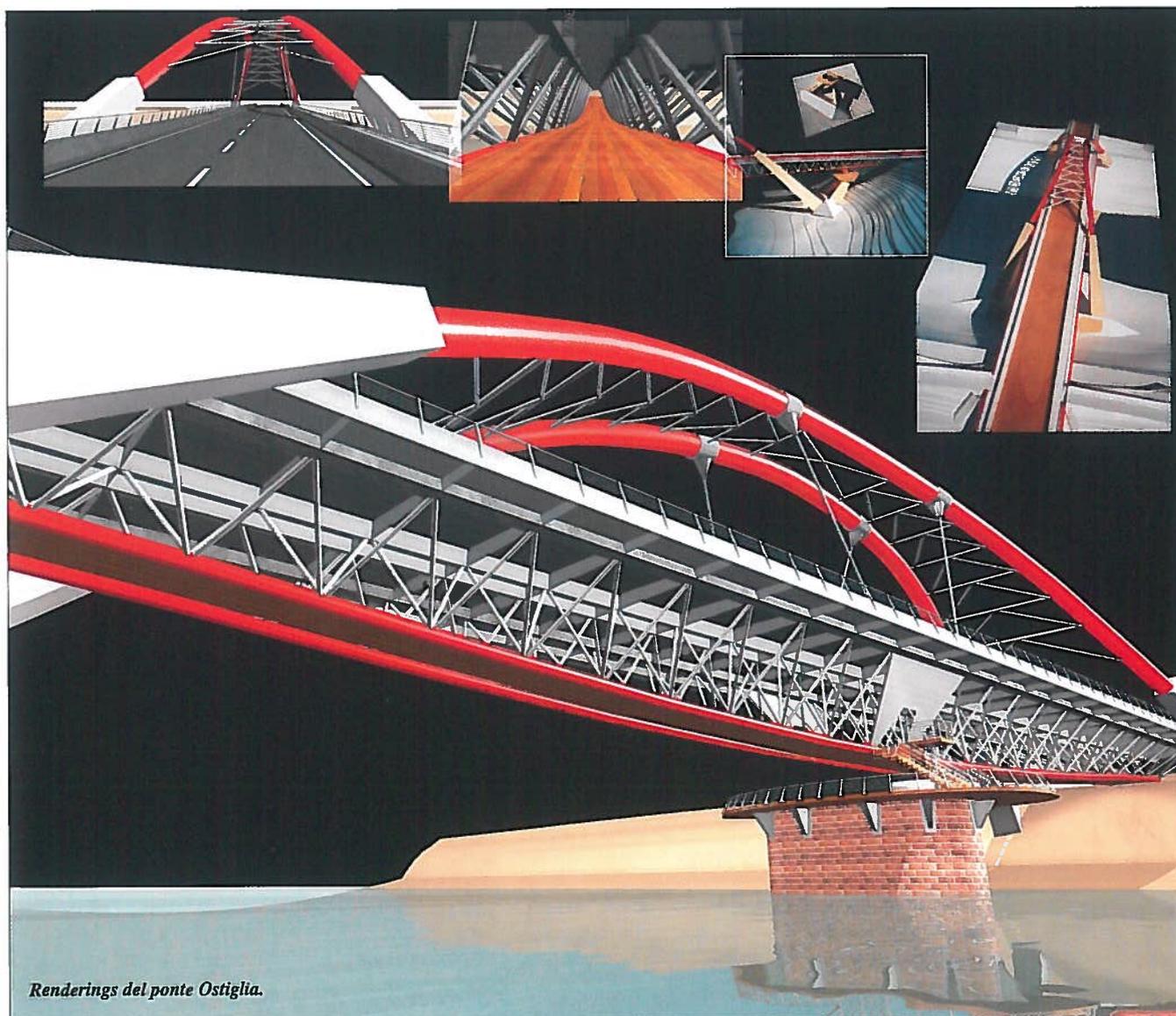
Da circa vent'anni l'ex linea ferroviaria Treviso-Ostiglia, una fascia di terreno che si estende dal territorio lombardo, dalla città di Ostiglia a Treviso, è oggetto di dibattiti politico-amministrativi. Nel 1999 una legge regionale la destinò a un percorso ciclabile di 116 chilometri, il più lungo d'Italia. Tuttavia le discussioni sulla funzione da affidarle sono ancora aperte. La linea conserva quasi intatta la massicciata e molte strutture collaterali come muri di sostegno, viadotti a travata metallica, vari ponti in muratura. Il ponte sul Brenta ha subito gravi danni a causa dei bombardamenti della seconda guerra mondiale e attualmente l'unica testimonianza rimasta, la pila verso riva Treviso, si trova in una condizione precaria di abbandono.

Gli studi svolti sull'area di intervento evidenziano la possibilità e la necessità di un nuovo ponte sul Brenta a Campo San Martino che permetterà il

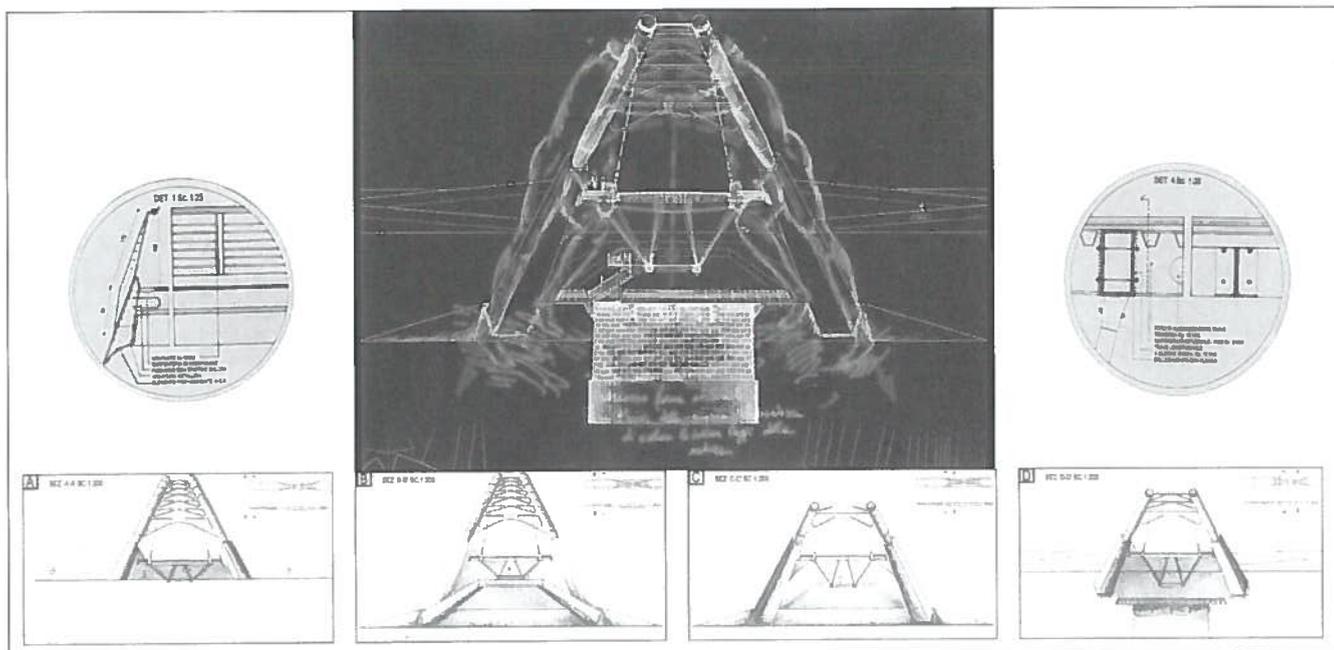
Un ponte ad arco in acciaio su due livelli con tipologia ad arco lungo il sedime dell'ex tracciato ferroviario Treviso-Ostiglia. Un manufatto studiato per il superamento del fiume Brenta riattivando una ex linea ferroviaria come strada a scorrimento veloce di attraversamento dell'alto Veneto. Un progetto che mira a conciliare l'utilità infrastrutturale della strada con la possibilità di vivere il fiume Brenta con la testimonianza storica della pila percorrendo la passerella pedonale, al piano inferiore.

Proposal for a bridge over the river Brenta at Campo San Martino along the old Treviso-Ostiglia railway line

A project for a steel arched bridge on two levels along the old Treviso-Ostiglia railway line. The purpose of the bridge is to span the River Brenta to reuse the old railway line as part of a fast through-road in the north of the Veneto region. The ultimate aim of the project is to reconcile the infrastructural utility of the road with an opportunity to enjoy the Brenta river and its historical heritage, the pier, by providing a footbridge on the lower level.



Renderings del ponte Ostiglia.



In alto:
Sezione
dell'impalcato del
ponte nel punto in
cui il cassone
raggiunge la
massima altezza,
con studio della
statica attraverso
la figura umana,
con riferimento
agli studi di
Leonardo da Vinci.
Al livello
superiore trovano
spazio il traffico
veicolare, le
banchine di
sicurezza e le piste
ciclabili; al livello
inferiore la
passerella ciclo-
pedonale.

Ai lati:
Sx: dettaglio del
parapetto e della
veletta.
Dx: dettaglio
dell'impalcato.

Sotto:
Sezioni trasversali
del ponte da cui si
può notare la
variazione
dell'altezza della
trave a cassone
tralicciata.
Quadri A, B, C:
sezioni verso riva
Ostiglia.
Quadro C:
Sezione verso riva
Treviso.

flusso veloce dei veicoli, la riscoperta della memoria storica e delle bellezze naturali. Negli anni '80 si è fatto vivo l'interesse per vedere l'Ostiglia come una strada a scorrimento veloce. Una superstrada avrebbe portato molti vantaggi, specie per gli allacciamenti con le strade esistenti, come la SS. 307. La proposta derivava dalla consapevolezza che il sistema della viabilità risentiva notevolmente della trasformazione socio-economica che già negli anni settanta-ottanta stava coinvolgendo tutto il Veneto.

PROPOSTA PROGETTUALE

La linea guida seguita è protesa allo studio di una forma efficace, capace di una struttura in cui linee semplici prive di elementi superflui e forme pure dominassero l'evoluzione del progetto al fine di rendere esplicito il rapporto tra forma degli elementi e schema funzionale che li origina. L'idea è quella di un ponte su due livelli che riprenda planimetricamente la costruzione precedente. La scelta vuole rispondere alla necessità di offrire un percorso di transito veloce conciliando il desiderio di avvicinarsi al tracciato Treviso-Ostiglia percorrendolo a piedi o con la bici. Esplorando soluzioni che prevedevano l'appoggio dell'impalcato a cassone sulla pila esistente, si presumeva, previo un consolidamento delle sue fondazioni, lo sviluppo del progetto in questa direzione. L'intenzione era di ripristinare la funzione per cui era stata realizzata. Tuttavia dopo una stima sommaria dei costi che si sarebbero dovuti sostenere per recuperarla, senza peraltro renderla garante di un valido appoggio, si è scelto di rispettarla rinnovandola unicamente con un intervento di ripristino e guardarla come un elemento il cui asse longitudinale stabilisse la centralità del nuovo ponte valorizzandone sia l'aspetto imponente sia il valore di testimonianza storica. La traccia guida è dunque quella di esaltare questo segno, dando l'identità ad un luogo che prima si confondeva con gli altri, avendo come risultato un luogo più che un singolo ponte. Nella scelta tipologica tra le possibili alternative la

figura dell'arco è risultata essere la più rapportabile al contesto naturale e svolge la funzione di sorreggere l'impalcato per mezzo di due archi inclinati, uniti da una reticolare, e quattro stralli. Gli archi sono innestati a piloni in calcestruzzo in cui sono predisposti dei sostegni a cuscinetto offrendo dei punti di appoggio all'impalcato stesso.

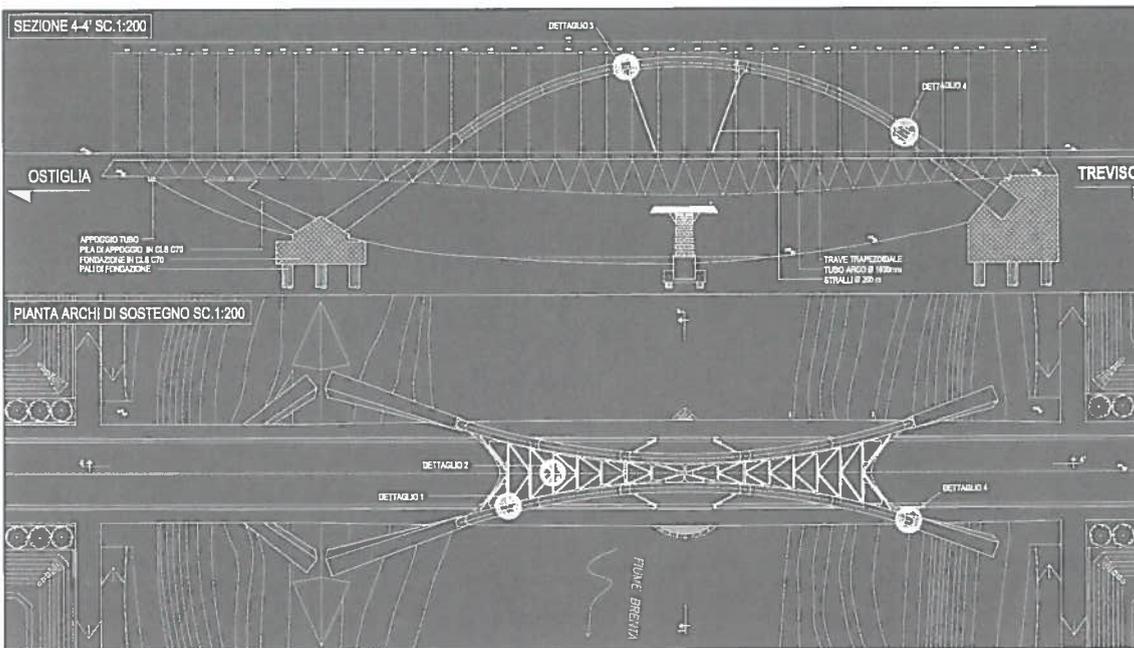
Longitudinalmente ha una forma a "ventre di pesce" presentando una concavità che tende a sfiorare la pila esistente. Il piano superiore è costituito da una piastra ortotropa in acciaio su cui corrono due corsie carrabili di 3.75m, affiancate da due travi trapezoidali che fungono da guard-rail e due piste ciclo-pedonali di larghezza che varia da un minimo di 1.5m fino a raggiungere 2.13m, in corrispondenza dell'asse della pila esistente. L'accesso al piano inferiore è consentito da rampe perpendicolari all'asse longitudinale del ponte. Le due piattaforme sono collegate da aste circolari inclinate Ø 200mm, di lunghezza variabile. Il cassone che ne risulta ha uno spessore variabile da un minimo di 4.27m a un massimo di 7.35m, con un'altezza utile che varia da 2.80m fino a 5.70m.

Per la passerella pedonale si è posta particolare attenzione a garantire la facile fruizione anche per i portatori di handicap disponendo il tavolato di calpestio in senso longitudinale al percorso con pendenza del 5% fino all'area centrale corrispondente all'asse della pila. Qui il tavolato è disposto in senso trasversale ed ha una superficie piana permettendo così la facile rotazione della carrozzina. Da questa soglia è possibile accedere, attraverso una scala o una piattaforma elevatrice, ad un'altra superficie appoggiata sulla pila da cui poter ammirare il paesaggio e una vista del ponte.

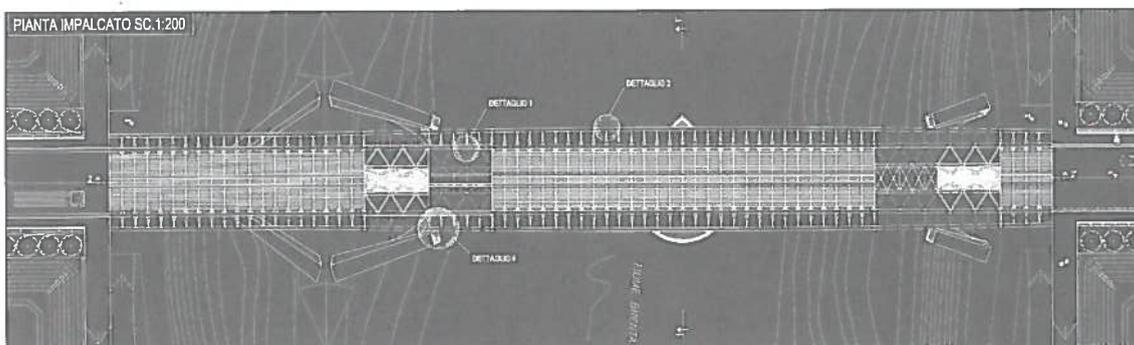
DETTAGLI COSTRUTTIVI

Ogni singolo elemento è stato studiato salvaguardando la qualità del design garantendo un risultato architettonico e tecnico che va oltre la scelta dei prodotti già presenti in commercio.

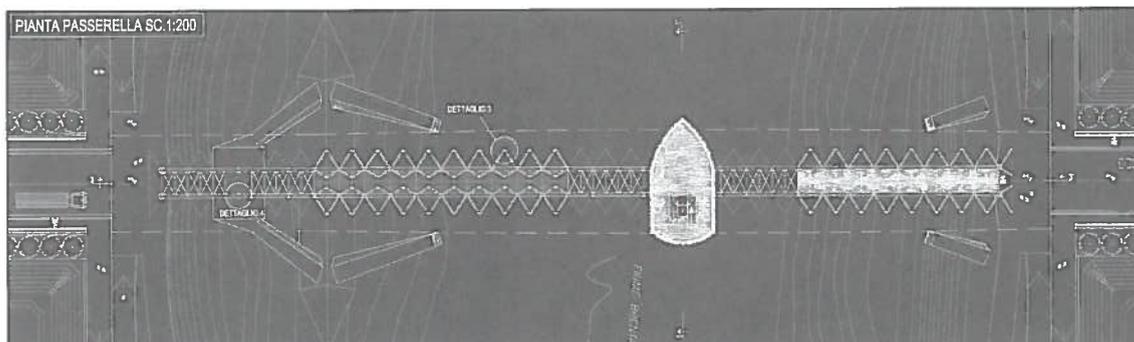
La trave principale d'impalcato ha una sezione di forma trapezoidale il cui piano superiore è costitui-



Profilo longitudinale e pianta dell'insieme.



Livello dell'impalcato.



Livello della passerella pedonale.

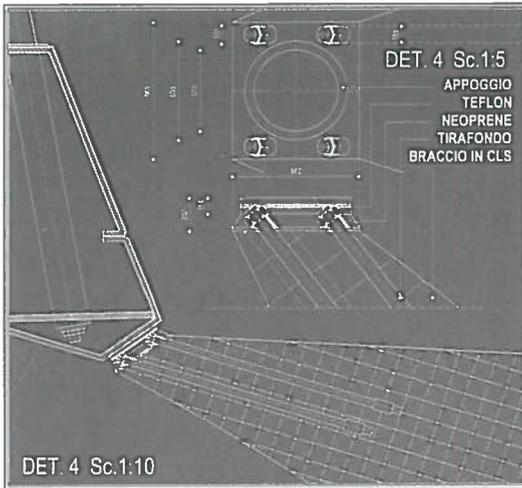
to da un cassone in acciaio con una sezione costante di h 81cm, un intradesso libero con i traversi e nervature longitudinali in vista, e quindi di facile manutenzione. Mensole aggettanti a sezione a doppio T sono saldate alle pareti laterali della trave trapezoidale dal lato dei marciapiedi. La stessa trave presenta un'anima centrale sulla quale si innestano due travi scatolari chiuse, mentre è irrigidita longitudinalmente da nervature a sezione chiusa (ribs) e trasversalmente da diaframmi o traverse aventi la funzione di assorbire gli sforzi di taglio. Nella soluzione di attacco bullonato delle traverse a T rovescia alla trave trapezoidale longitudinale è interposto un capitello, un tratto di trave a doppio T saldato da un lato alla trave stessa e dall'altro collegato alle travi ortogonali mediante giunto flangiato. L'inserimento del capitello è dato dall'esigenza del fissaggio dei bulloni in opera e offre un punto di at-

tacco che facilita il montaggio garantendo un facile allineamento delle traverse.

La soletta inferiore è costituita da tubi collegati secondo il modulo di 4.32m. Il tubo principale ($\varnothing 600 \times 70$ mm) è l'elemento torsio-rigido dell'impalcato. Il controvento è in tubi ($\varnothing 5$ mm) a croce di Sant'Andrea. La pavimentazione è in legno massiccio di tavole in legno teak lungh. 2.16m (sottomodulo), sp.60mm.

Lo sviluppo dei due archi, di $\varnothing 1.6$ e sp. 350mm, è di 84.94 m (75.4m di lungh. piana). Essi sono composti da 6 tronchi di arco ciascuno rispettivamente di lunghezza piana di 13.95, 1.88, 9.85m collegati con saldatura.

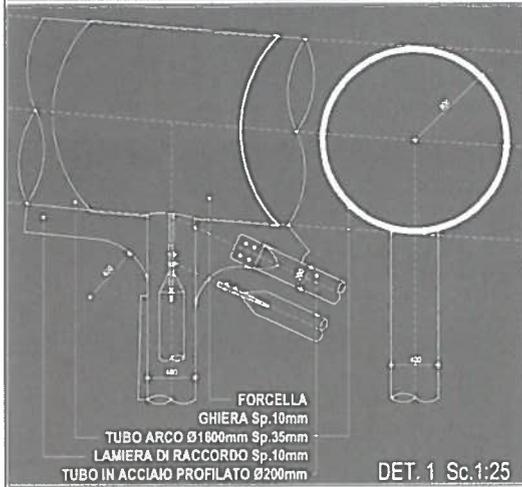
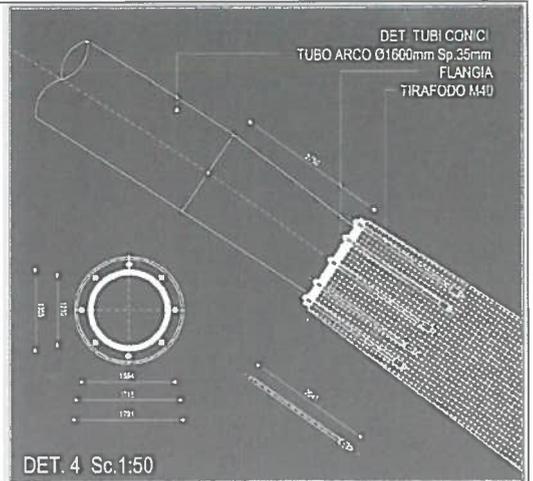
Il reticolo a maglia triangolare è costituito da tubi di acciaio profilato collegati attraverso giunti assiali a forcina e giunti trasversali flangiati per assorbire gli sforzi di taglio.



Dettagli tecnici:

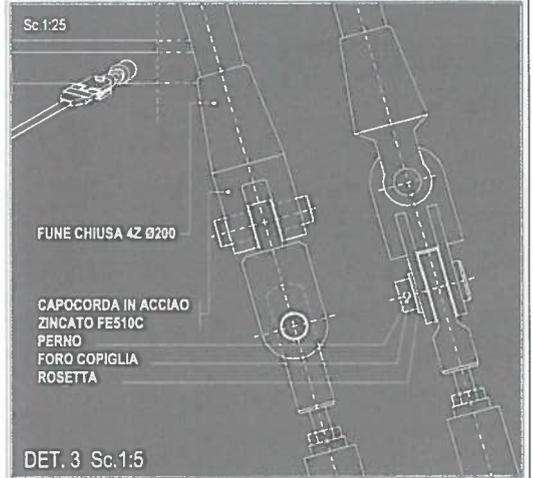
⇐ *Appoggio arco-pilone.*

Innesto arco-pilone cls. ⇒



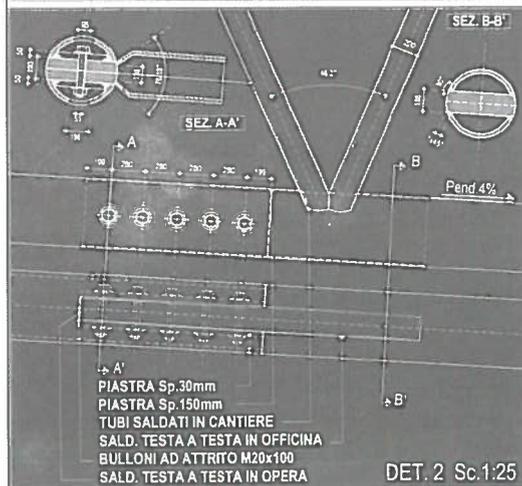
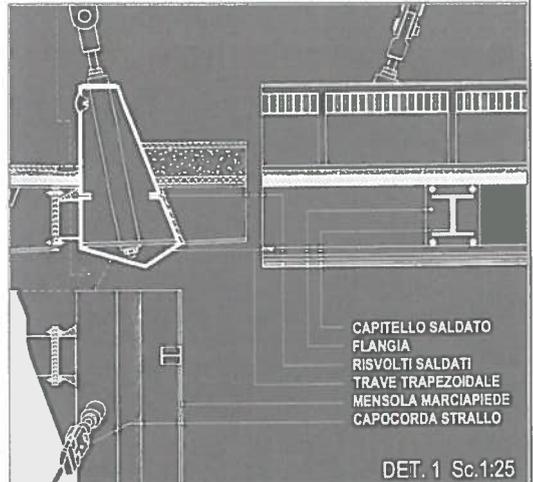
⇐ *Tubo dell'arco e raccordo della reticolare.*

Giunto strallo-trave trapezoidale. ⇒



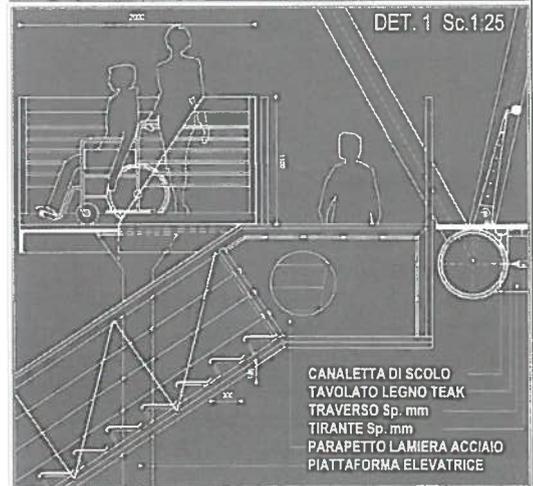
⇐ *Giunto trave trapezoidale-traverse dell'impalcato.*

Giunto trave trapezoidale-aste della passerella del livello inferiore. ⇒



⇐ *Giunto dei conchi del corrente inferiore curvo della passerella pedonale.*

Blocco verticale della scaletta e piattaforma elevatrice di accesso alla piattaforma sulla pila in muratura. ⇒



ANALISI STRUTTURALE

L'analisi strutturale, effettuata per mezzo di un codice di calcolo ad elementi finiti (SAP2000), dimostra un corretto funzionamento della struttura. Data la complessità della struttura l'analisi è stata condotta per parti.

L'arco lavora prevalentemente a compressione (23kN/cm^2) e si inflette in corrispondenza della campata maggiore dell'impalcato.

Le travi trapezoidali dell'impalcato sono sollecitate a momento negativo in corrispondenza dell'attacco degli stralli e degli appoggi, mentre le travi scatolari centrali sono sollecitate prevalentemente a momento positivo raggiungendo il suo valore massimo in corrispondenza della campata che va dall'attacco degli stralli verso gli appoggi alla passerella in direzione Ostiglia.

Importanti sono le deformazioni che l'impalcato raggiunge nel punto di massimo abbassamento di 25cm, comunque al di sotto dei limiti ammissibili ($F_{adm}=28.57\text{cm}$).

Per quanto riguarda la torsione per il cassone tralicciato, formato dal piano carrabile e dalla passerella pedonale, i valori dei momenti non sono significativi in relazione anche alla forma stessa della struttura: una trave scatolare con pareti realizzate da una reticolare di tubi inclinati.

L'arco progettato con uno spessore di 35mm viene teso con una tensione maggiore di quella ammissibile ($47\text{kN/cm}^2 > 24\text{kN/cm}^2$), per cui si dovrà aumentare lo spessore da 35 a 45mm. Esso presenta

Pesi propri e carichi perm. portati

Carico Ponte:	LC1 (Ppropri Ponte)	= 322 kN/m
(D.M. 4/5/1990)	LC2 (Pperm. Ponte)	= 25 kN/m
	LC1 + LC2	= 347 kN/m

Carichi di azione

Carico vento:	WINDCA (P.carico):	V = 7.5 kN/m
(D.M. 4/5/1990)	WINDSCA (P.carico):	V = 3.5 kN/m

Carico vento:	P1(verso aste)	= 10.9 kN/m
(D.M. 16/1/1996)	P2(verso arco)	= 750 kN/m
	P3(verso corr. inf. curva)	= 281 kN/m

Carichi mobili:	P1(verso aste)	= 10.9 kN/m
(D.M. 4/5/1990)	P2(verso arco)	= 750 kN/m
	P3(verso corr. inf. curva)	= 281 kN/m

Combinazioni di carico (Pre-processing)

COMB1:	LC1 + LC2 + MOVE
COMB2:	LC1 + LC2 + WINDCA + MOVE
COMB3:	LC1 + LC2 + WINDSCA + MOVE

I risultati e le verifiche (Post-processing)

Arco

Spostamento Max:	23cm < 27.7cm
Sollecitazioni:	MMax (kN^*m) = 20666 (frame 1221)
	NMax (kN) = 11730 (frame 1217)

L'arco progettato con uno spessore di 35mm viene teso con stress adm = $47\text{kN/cm}^2 > 24\text{kN/cm}^2$, per cui si dovrà aumentare leggermente lo spessore da 35 a 45mm.

Trave trapezoidale

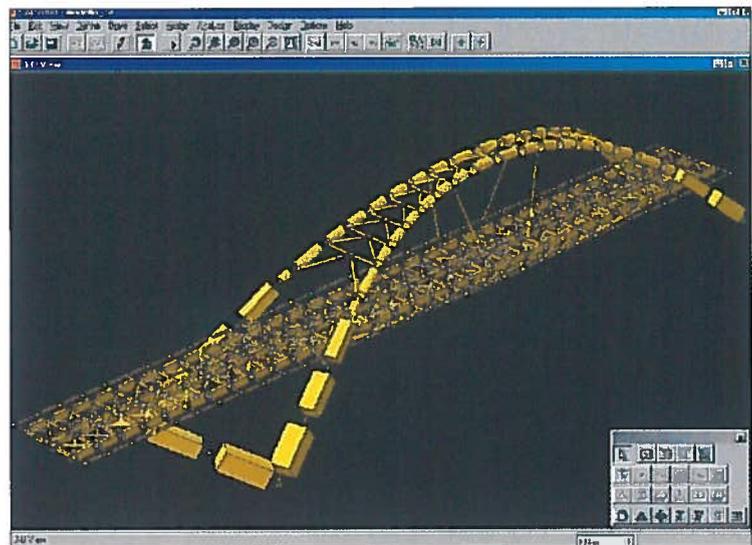
Spostamento Max:	25 cm < 27.7cm
Sollecitazioni:	MMax (kN^*m) = 1989.18 (frame 487)
	NMax (kN) = 8257 (asta 12)

Trave scatolare

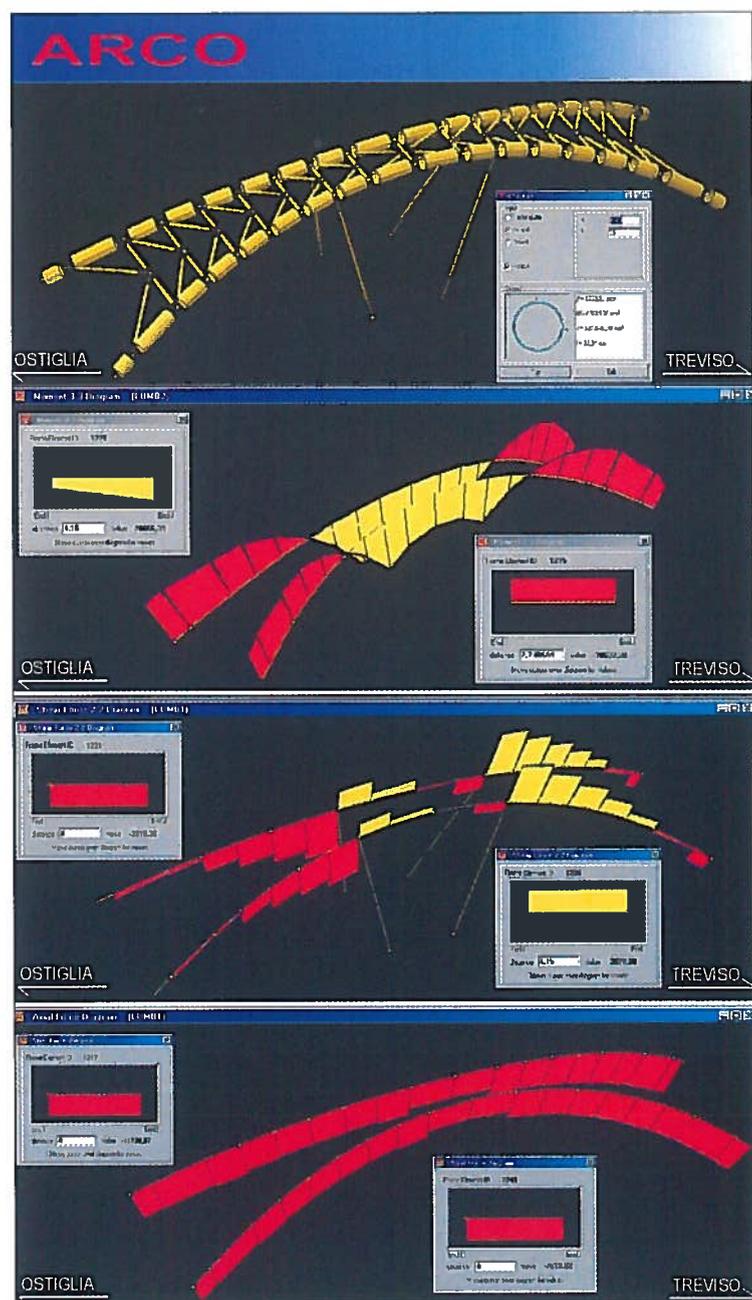
Spostamento Max:	24 cm < 27.7cm
Sollecitazioni:	MMax (kN^*m) = 6634.58 (frame 360)
	NMax (kN) = 11356 (frame 452)

Corrente curva

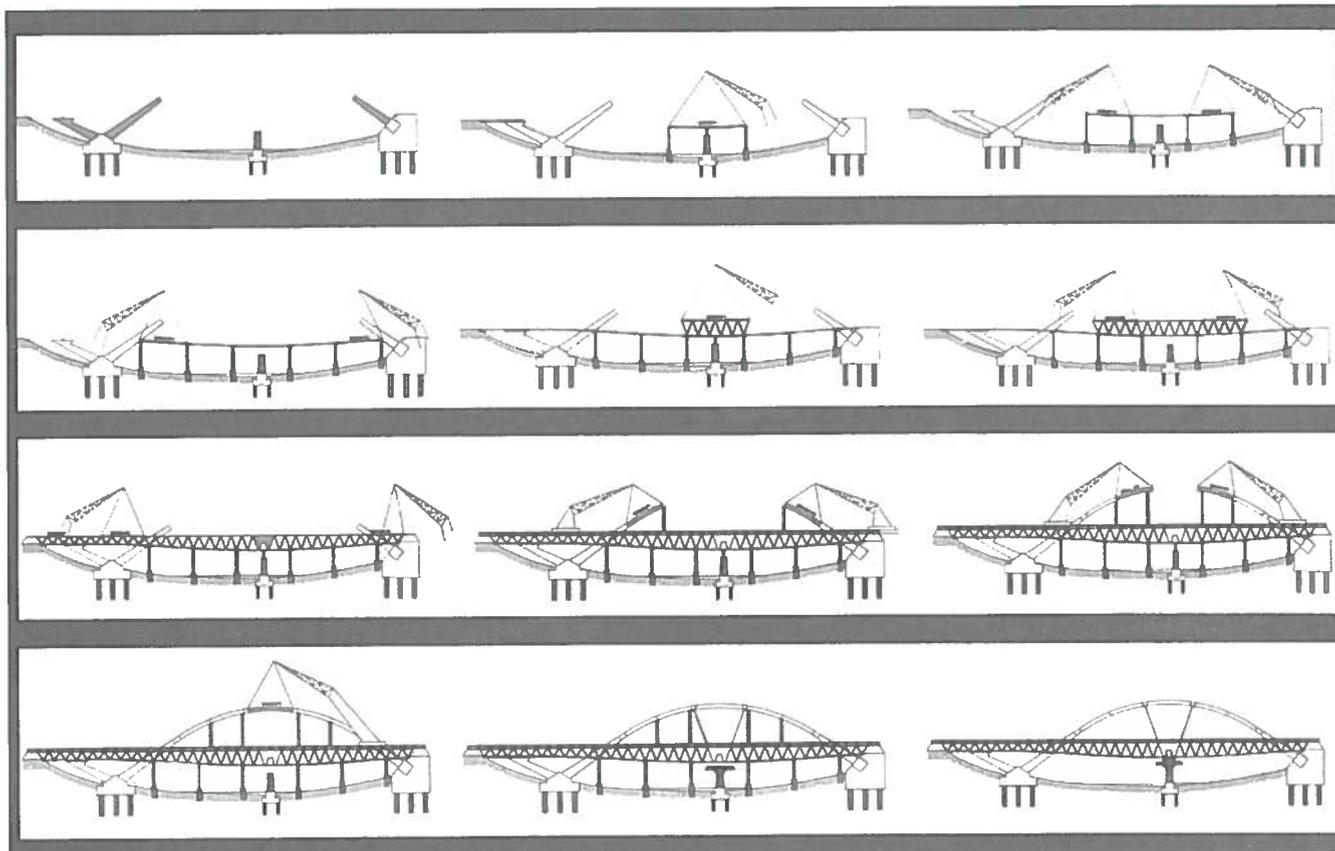
Spostamento Max:	24 cm < 27.7cm.
------------------	-----------------



Modello strutturale del ponte.



Modello strutturale degli archi e sollecitazioni a momento, taglio e sforzo normale.



*Il montaggio.
Figg. da sx a dx:
Palificazione e
getto delle pile.
Posa del primo
concio di 22.5m su
stilite provvisorie.
Posa del secondo
e del terzo concio
di 17.3m con
avanzamento
simmetrico.
Posa dei concetti
completando la
passerella con il
tamponamento
centrale.
Posa dei primi due
tronchi degli archi
di 15m con
collegamento
flangiato ai piloni.
Posa dei rimanenti
tronchi fino a
quello centrale di
18m.
Montaggio degli
stralli.
Prelievo delle
stilite e
montaggio del
blocco verticale
sulla pila
esistente.
Posa del tavolato
di calpestio, del
manto stradale e
le opere di
finitura.*

in sommità una zona fortemente compressa dovuta all'aggancio degli stralli posizionati nella zona corrispondente al massimo abbassamento della passerella, simmetrici all'asse della pila.

REALIZZAZIONE

La trave a cassone che costituisce la struttura portante del ponte è formata interamente da lastre ortotrope. Il ponte in progetto verrà assemblato e collaudato prima in officina. Seguirà lo smontaggio per parti ponendo particolare attenzione che la lunghezza non superi i 15÷20m per consentire il trasporto, che sarà comunque di tipo eccezionale. Giunti in cantiere si procede alla disposizione degli elementi su calaggi in un'area di montaggio spianata in modo da poterne fare uso nella successione del ri-montaggio.

CONCLUSIONE

I ponti dovrebbero essere ciò che essi stessi si aspettano di rappresentare: monumenti del nostro tempo, strade che aprono nuovi orizzonti e nuove speranze che portano sviluppo e agevolano lo scambio tra le genti. Ma, soprattutto, dovrebbero essere "opere d'arte" che esprimono equilibrio, armonia e bellezza.

Questa è la filosofia che mi ha accompagnato nella proposta progettuale per l'Ostiglia con la tensione della conciliazione della concezione strutturale e costruzione, l'architetto e l'ingegnere.

Dr. arch. Francesca Zanarella, laureata con lode presso il Dipartimento di Costruzione della Facoltà di Architettura dello IUAV università degli studi di Venezia con la tesi "Progetto di un ponte sul fiume Brenta a Campo San Martino lungo l'ex tracciato ferroviario Treviso-Ostiglia", Relatore Prof. Ing. E. Siviero. Segnalazione Premio ACAI-Collegio degli Ingegneri di Padova per tesi di laurea nel settore delle costruzioni in acciaio, edizione 2002.

BIBLIOGRAFIA

L. Berti, Convegno sulla Ostiglia-Treviso come infrastruttura primaria di collegamento interregionale tra la Bassa Lombardia e l'Alto Veneto, Cologna Veneta, 10 novembre 1986.

Legge regionale 24 dicembre 1999, n.61 (B.U.R. 112/1999), Norme per l'acquisizione di sedi ferroviarie dismesse.

R. Marconato, La figura e l'opera di Leone Wollemborg. Il fondatore delle casse rurali nella realtà dell'Ottocento e del Novecento. Ed. La vita del popolo, Treviso, 1984.

Municipio di Padova, Ulteriori cenni illustrativi relativamente al tracciato di una ferrovia militare Ostiglia-Montagnana-Treviso, Padova, 1910.

Casucci S., Cecchi A., Siviero E. (a cura di), Il progetto del ponte. Architettura e Strutture vol.6, ed. Collegio degli Ingegneri della Provincia di Padova 1994.

Symposium International, Ponts métalliques, bridge in steel. Nationale du Batiment, Paris, France, 29 et 30 avril 1992.

Galileo n° 137, Marzo 2001. Il ponte dei congressi. Una nuova opera d'arte sul Tevere. Concorso Nazionale di Progettazione.

C. Bianco, Costruzioni di ponti, tavole e dettagli di elementi costitutivi e di insieme strutturale. Parte prima. Ponti in acciaio. Libreria Eredi Virgilio Veschi, Roma, 1977.

G. Romaro, Problematiche connesse alla posa in opera di ponti in acciaio: il varo. Acciaio, 1989.

E. Dal Pont, V. Nascè, Tecniche di montaggio, CISIA, Centro Sviluppo Italiano, 1971.