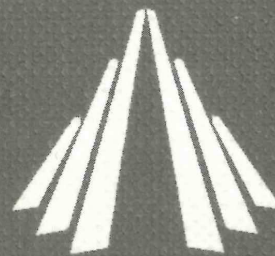


Collegio dei Tecnici dell'Acciaio

20121 Milano - Piazzale Morandi, 2 - Tel. 02.78.47.11



PROMOZIONE ACCIAIO

c/o ACAI - 20131 Milano
Viale Abruzzi, 66 - Tel. 02.29.513.413

SETTIMANA DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

NAPOLI 3 - 4 - 5 - 6 - 7 OTTOBRE 1999

XVII CONGRESSO C.T.A.

VOLUME 3

FACCIATE E REALIZZAZIONI
PONTI
RESTAURO E CONSERVAZIONE

THE STEEL BRIDGES OF LOT 3 OF PONTEBBA-TARVISIO-ITALIAN BORDER RAILWAY LINE

I PONTI METALLICI DEL LOTTO 3 DELLA LINEA FERROVIARIA PONTEBBA-TARVISIO-CONFINE DI STATO

S. Di Trapani¹, G. Lorenzi², G. Nati³, M. Orlandini³, P. Pistoletti⁴, G. Traini⁵

¹ FERROVIE DELLO STATO S.p.A. Div. Infrastrutture Ponti - P.za Croce Rossa 1 - 00161 Roma

² SCL MONTAGGI E COSTRUZIONI s.r.l. - Via della Pieve 59 - 37020 San Floriano (VR)

³ SOCIETA' ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.a. - Via Salaria 1039 - 00138 Roma

⁴ SETECO S.a.S. - Corso Aurelio Saffi 1B/8 - 16128 Genova

⁵ ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Armamento - Via Marsala 53 - 00185 Roma

ABSTRACT

In this paper, the main structures of lot 3 of the Pontebba-Tarvisio-Italian Border railway line are described. They consist of Slizza and Vallone steel-concrete deck bridges. In particular the first one, which crosses the Slizza river by means of a steel V-frame spanning about 90m, represents the first railway structure of this type in Italy. The design criteria and the assembly operations are also discussed.

SOMMARIO

Nella nota sono descritte le principali opere d'arte del lotto 3 della linea ferroviaria Pontebba-Tarvisio-Confine di Stato costituite dal ponte Slizza e dal viadotto Vallone, ambedue con impalcato a struttura mista acciaio-calcestruzzo. Il primo rappresenta in particolare un'opera unica nel suo genere in Italia, realizzando l'attra-

1. PREMESSA

La linea Pontebba-Tarvisio-Confine di Stato rappresenta sicuramente una delle tratte ferroviarie più dense di opere d'arte del Paese. In particolare il III lotto, a causa della morfologia del terreno e della presenza di altre importanti infrastrutture come l'autostrada A 23 e le opere dell'interporto, si estende per una lunghezza di 1100 m con una sequenza continua di viadotti ed attraversamenti.

All'uscita della galleria Leila la linea attraversa in viadotto una profonda incisione naturale con il ponte sul torrente Slizza, lungo 170 m, a travata in struttura mista continua sull'appoggio centrale realizzato da un cavalletto a V rovescio in acciaio corten. La spalla finale del viadotto è in comune con l'opera di scavalco dell'autostrada A23, costituita da impalcati in c.a.p. per una lunghezza complessiva di 163 m di linea; l'opera, a sua volta, ha il manufatto della seconda spalla in comune con il successivo viadotto Vallone, altro impalcato a struttura mista lungo 100 m.

La linea prosegue poi per circa 300 m in rilevato, realizzato in parte con muri tradizionali tirantati e in parte con terra armata su ambedue i lati, per poi giungere al viadotto Dogana, lungo 94 m, con impalcato del tipo a travi in acciaio inglobate nel calcestruzzo, che realizza il superamento di un vecchio tombino autostradale in pietra e l'accostamento alla vecchia linea in corrispondenza degli edifici della ex dogana.

La presente nota descrive le caratteristiche principali delle due opere più significative, il ponte Slizza ed il viadotto Vallone.

2. STORIA DEL PROGETTO

La storia di questo progetto rappresenta un esempio di fattiva cooperazione tra Committente, Impresa e Progettisti nella risoluzione delle numerose problematiche sorte durante l'esecuzione della progettazione e dei lavori. Questo sia per la tipologia delle opere, il ponte Slizza rappresenta infatti un'opera unica nel suo genere in Italia, sia per il periodo di grande innovamento della normativa tecnica in genere e di quella ferroviaria in modo particolare, legata alla realizzazione delle opere dell'Alta Velocità.

Il contratto originario infatti, firmato nel 1993, prevedeva il superamento del torrente Slizza con un ponte ad arco in c.a.o., di 86.15 m di luce e 19.93 m di freccia, su cui erano impostate le pile e un impalcato del tipo a cassone tricellulare continuo in c.a.o. con appoggi fissi sulle pile e scorrevoli sulle spalle. Per quanto riguarda il viadotto Vallone, 2 campate di 50 m ciascuna, era invece previsto un impalcato a

Nel gennaio '94 l'Associazione Temporanea di Imprese guidata dalla SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA, aggiudicataria della gara, sviluppava il progetto esecutivo del ponte Slizza ed il relativo programma dei lavori sulla base del progetto di massima di contratto, della normativa vigente e di alcune prime integrazioni fornite dall'Ufficio Ponti e Strutture delle Ferrovie. Il risultato di tale progettazione metteva in evidenza soprattutto che la realizzazione delle opere, viste anche le condizioni estremamente rigide del clima locale, non poteva avvenire nel rispetto dei tempi contrattuali; inoltre la necessaria interruzione dei lavori di costruzione dell'arco nel periodo invernale avrebbe comportato una serie di problemi legati alla scelta della tecnologia costruttiva, alla verifica delle strutture ed al mantenimento in sicurezza delle opere provvisorie.

Nel luglio del medesimo anno veniva anche redatto il progetto esecutivo del viadotto Vallone che prevedeva l'ottimizzazione dell'impalcato realizzato con 4 travi in acciaio tra di loro collegate a coppie in modo da ottenere 2 cassoncini torsiorigidi collegati da diaframmi in testata ed in campata.

Nel frattempo era in piena elaborazione la nuova normativa per la progettazione dei ponti ferroviari, pertanto l'Ufficio Ponti e Strutture delle Ferrovie emetteva nel gennaio del 1995 un documento di sintesi, specifico per questi lavori, con nuove prescrizioni progettuali.

Sulla base di tale documento, nel marzo del 1995, veniva modificato il progetto del viadotto Vallone e, contemporaneamente, veniva presentato un progetto alternativo al ponte Slizza ad arco in c.a.o. consistente in un impalcato a struttura mista e in un cavalletto in acciaio a V rovescia che sosteneva le due campate centrali continue da 45 m e 2 campate laterali semplicemente poggiate ciascuna da 40 m di luce. Tale soluzione presenta il vantaggio di diminuire il numero delle fondazioni sui versanti da 4 a 2, di ridurre al minimo le strutture in c.a.o. da realizzare in opera, di prefabbricare in officina quelle in acciaio, di minimizzare i carichi verticali e conseguentemente le azioni sismiche, di ridurre i carichi sulle fondazioni ed infine di ottimizzare le quantità e ridurre al minimo i tempi di realizzazione rispettando quindi gli importi ed i tempi contrattuali.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE E CRITERI PROGETTUALI

3.1 Viadotto Vallone

L'impalcato del viadotto Vallone è realizzato a struttura mista acciaio-calcestruzzo con schema statico di trave appoggiata di luce pari a 49 m circa. La soletta d'impalcato, con spessore da 31 cm a 40 cm, ha una larghezza di 12.3 m ed è dotata

La travata metallica è costituita da quattro travi affiancate ad interasse di 2.7 m e di altezza pari a 4.1 m, collegate a coppie da un controvento inferiore di torsione e da diaframmi reticolari di passo di 6.12 m.

La struttura è concepita, in esercizio, come una coppia di cassoni torsiorigidi alla Bredt, costituiti dalle anime delle travi metalliche, dalla soletta compresa tra le piattabande delle travi stesse e dai tralicci inferiori.

I due cassoni sono interconnessi, oltre che dalla soletta, per mezzo di diaframmi reticolari, in mezzeria, ai quarti ed in testata.

Durante la fase di montaggio è operante un controvento superiore per assorbire le forze orizzontali.

I conci terminali sono rastremati fino ad un'altezza di 2.5 m sugli appoggi per contenere il braccio di rotazione ai fini della stabilità del binario.

3.2. Ponte Slizza-Coccau

L'impalcato del ponte Slizza-Coccau è realizzato anch'esso con struttura mista acciaio-calcestruzzo, ha uno sviluppo complessivo di circa 170 m ed è composto da 2 campate laterali, ciascuna di luce pari a 39.5 m, aventi schema statico di trave appoggiata e da una trave centrale continua, di luce pari a 44.5 m + 44.5 m.

L'andamento planimetrico è curvilineo, con curva circolare di raggio pari a circa 496 m. L'asse della travata metallica delle campate laterali è rettilineo ed incrocia circa ai quarti il tracciato mediando l'eccentricità che così risulta in mezzeria di circa 20 cm verso l'esterno, mentre sugli appoggi è di uguale entità ma di verso opposto. L'asse della travata centrale invece approssima la linea curva con una spezzata, costituita dai singoli conci, che rimane interamente all'interno della linea d'asse di tracciato e che partendo con la stessa eccentricità delle campate laterali arriva ad un'eccentricità nulla in mezzeria.

La travata metallica è costituita da quattro travi affiancate ad interasse di 2.7 m e di altezza pari a 3.6 m, collegate a coppie da un controvento inferiore di torsione e da diaframmi reticolari con passo di circa 5.5 m. I due cassoni così formati, sono collegati da diaframmi reticolari posti in mezzeria e ai quarti delle singole campate ed a parete piena sugli appoggi. I conci terminali sono rastremati fino ad un'altezza di 2.1 m sugli appoggi per contenere il braccio di rotazione ai fini della stabilità del binario.

- Pulvino: realizzato con sezione scatolare di dimensioni 1.9 x 2.71 m. E' supporto diretto delle travi metalliche soprastanti, che si appoggiano sull'asse del pulvino stesso.
- Travi di sostegno: realizzate a doppio T saldato con altezza pari a 2.4 m e con asse a doppia inclinazione, verticalmente disposte come un V rovescio dal pulvino alle basi delle pile laterali; orizzontalmente sono divergenti dal centro, con interasse 5.4 m, alle basi con interasse 10.5 m. In sommità sono incastrate al pulvino, mentre alla base sono vincolate alla fondazione con cerniere meccaniche con l'asse disposto ortogonalmente all'asse del cavalletto.
- Controventi: disposti in doppio strato su ciascuno dei due rami, come collegamenti delle due piattabande delle travi principali e realizzati con sezione a doppio T dissimmetrica. La controventatura è poi completata da diaframmi a schema reticolare, realizzati con briglie a T e diagonali in HE.

Staticamente la struttura è concepita in modo del tutto analogo a quella del viadotto Vallone.

L'impalcato continuo, a struttura mista, con il suo appoggio centrale costituito da un cavalletto interamente metallico a V rovescio, rappresenta, per i ponti ferroviari, una soluzione costruttiva unica quantomeno sul territorio italiano.

L'idea progettuale è di un cavalletto che vincola verticalmente e longitudinalmente la travata, mentre in direzione trasversale è la travata che vincola il cavalletto stesso.

Al fine di contenere il valore delle trazioni in soletta dovute alla continuità strutturale entro lo stato limite di apertura delle fessure, è prevista una precompressione della stessa mediante una coazione impressa, ottenuta attraverso un abbassamento dell'impalcato, a maturazione avvenuta della soletta, di 23 cm.

4. MONTAGGIO

4.1 Viadotto Vallone

Vista la limitata altezza delle pile del viadotto, le due campate sono state montate in opera, con procedure praticamente identiche, dalla rampa sottostante per mezzo di un'autogrù e di due pile provvisorie intermedie realizzate in profili tubolari. Il montaggio è iniziato con l'impalcato lato Austria: dapprima sono stati montati i conci laterali, lunghi circa 17.3 m e del peso ciascuno di 24.2 t, tra la spalla Austria e la prima pila provvisoria, quindi sono stati montati i controventi di piano superiori ed inferiori di ciascuna coppia di travi ed infine i diaframmi di spalla ed intermedio. Terminata questa fase si è proceduto analogamente al montaggio dei conci centrali e dei conci laterali lato pila. Posta in posizione tutta la campata, si è proceduto al controllo delle geometrie ed all'esecuzione di tutte le alesature dei giun-

4.2 Ponte Slizza

La messa in opera del ponte ha comportato un piano di montaggio particolarmente articolato. Dapprima si è proceduto al montaggio della campata laterale lato Austria; grazie alla presenza di una piazzola sottostante il viadotto, le travi sono state assemblate a pié d'opera per tutta la loro lunghezza di 40 m, per un peso complessivo di 45 t, e varate nella posizione finale una alla volta per mezzo di un' autogru. Si è quindi proceduto alla realizzazione dei controventi e dei diaframmi.

Per la campata lato Italia, a causa della morfologia del versante, non è stato invece possibile disporre l'autogru in posizione ravvicinata all'impalcato. E' stato quindi necessario ricorrere all'ausilio di una seconda autogru posta a tergo della spalla e varare tutte le travi sugli appoggi più vicini alle gru e quindi traslarle lateralmente su slitte nella posizione finale.

Il montaggio della parte centrale è diviso in 3 fasi:

- montaggio del cavalletto
- varo a spinta dell'impalcato continuo delle due campate centrali
- getto della soletta ed abbassamento dell'impalcato sull'appoggio centrale

Le gambe del cavalletto sono preassemblate sulle due campate laterali, in 2 pezzi quelle lato Austria ed in 3 pezzi quelle lato Italia comprendenti il pulvino. I diversi elementi sono quindi calati con autogru posta sulle campate laterali e montati in verticale; le gambe sono poi abbassate ruotando intorno alle cerniere di base fino alla posizione teorica che è ottenuta grazie ad un sistema di regolazione disposto alla base delle cerniere.

L'impalcato è invece messo in opera attraverso un varo a spinta dalla spalla lato Italia verso l'Austria. I primi 5 elementi di tutte le travi sono assemblati comprensivi di controventi e diaframmi per una lunghezza complessiva di 65.3 m. Viene quindi montato un corto avanbecco sulle sole travi esterne che prolunga la struttura di circa 2.5 m. Le travi sono quindi spinte in avanti per mezzo di un argano di tiro e scivolano su slitte in legno azobè ingrassato. La direzione viene controllata per mezzo di ritegni in acciaio montati sulla spalla, sulle pile e sul cavalletto centrale. Nella posizione di massimo sbalzo, l'equilibrio è garantito da un retrobecco di 3.5m, opportunamente zavorrato.

Il transito delle travi in corrispondenza del cavalletto avviene a 2.3 m sopra la quota finale grazie a degli opportuni sostegni delle slitte nel punto centrale. Una volta giunta la punta dell'impalcato sulla pila finale, vengono smontati l'avanbecco ed il retrobecco e le travi sono posizionate sugli appoggi definitivi delle pile. A questo punto inizia la prima manovra di abbassamento sull'appoggio centrale tramite un sistema di martinetti e lo smontaggio progressivo dei sostegni delle slitte. Tale manovra termina quando l'impalcato si trova 23 cm sopra la posizione teorica finale.

Viene quindi eseguito il getto della soletta e la relativa maturazione. La seconda manovra di abbassamento per la precompressione della soletta avviene con mar-

Il completamento del ponte è previsto per ottobre 1999 in accordo a quanto previsto nei programmi.

ATTORI

- *Committente:* FERROVIE DELLO STATO S.p.A.
- *Direzione Lavori e Supervisione Progettazione:* ITALFERR S.p.A.
- *Impresa:* Associazione Temporanea di Imprese composta da SOCIETA' ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.(capogruppo mandataria), CARENA S.p.A., ING. ITALO E ANTONIO DELLA MORTE S.p.A., ING. PROVERA E CARRASSI S.p.A.
- *Project Management linea Pontebbana:* ing. Giovanni Marchiol
- *Direzione Lavori:* ing. Michele Roccia
- *Supervisione progetto:* ing. Salvatore Di Trapani,
ing. Giuseppe Traini,
ing. Marco Tisalvi
- *Progettazione:* ing. Gabriele Nati,
ing. Marco Orlandini
- *Direzione tecnica:* ing. Marco Cingano
- *Costruttivo d'officina:* ing. Pierangelo Pistoletti,
ing. Paolo Maestrelli
- *Progetto montaggio Slizza:* ing. Giulio Lorenzi,
ing. Giovanni Candiani
- *Carpenteria metallica Slizza:* LONARDI COSTRUZIONI S.r.l.

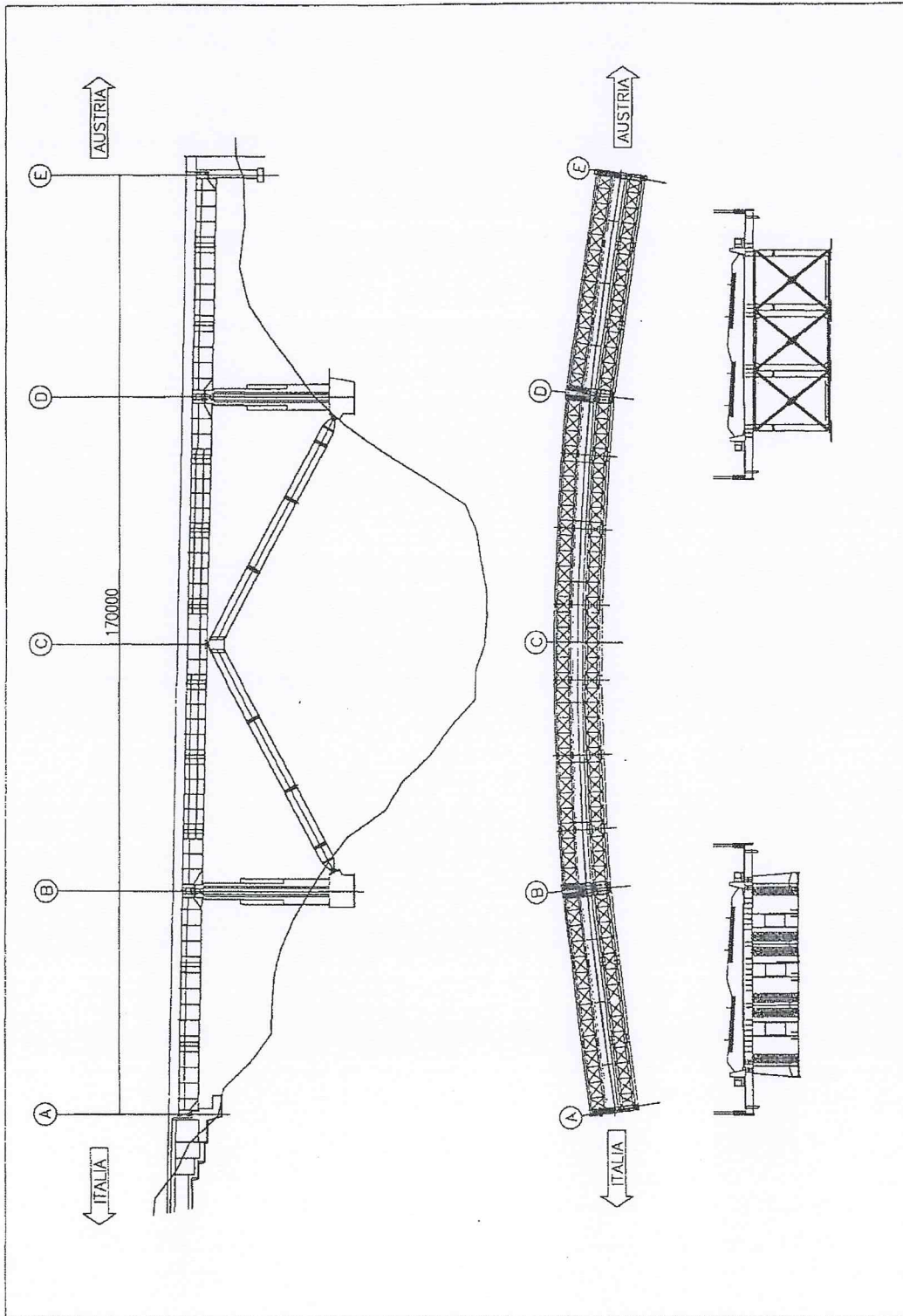


Figura 1:

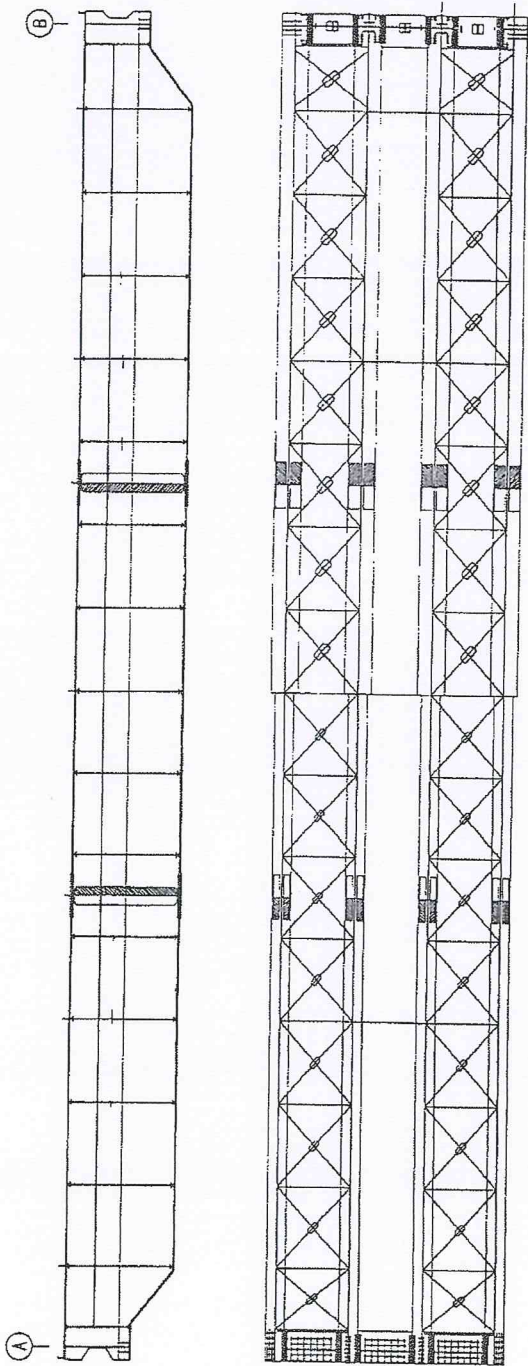


Figura 2:
Viadotto Vallone: disegno d'assieme

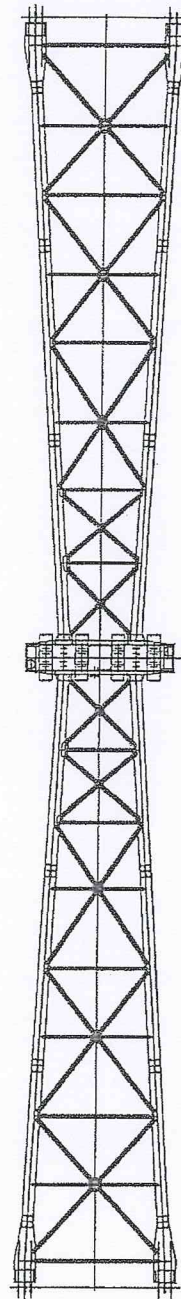


Figura 3:
Ponte Slizza: Pianta del cavalletto

Figure 4 e 5:

Fasi di montaggio del cavalletto

Arch frame assembly phases

