Fondazione
Promozione Acciaio
CRESCE L'ACCIAIO, CRESCE IL PAESE.

## PONTE CICLOPEDONALE SUL FIUME ADIGE – NOMI/CALLIANO (TN)

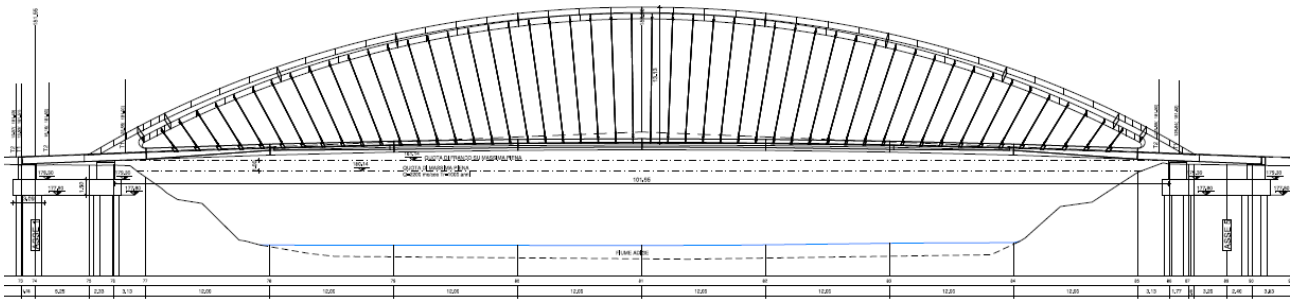
La passerella ciclopedonale sul fiume Adige nel tratto Nomi-Calliano raccorda la viabilità ciclopedonale esistente sulle sponde destra e sinistra a valle del fiume, con l'obiettivo di favorire ed incentivare forme di mobilità diverse ed alternative all'auto, in particolare l'uso della bicicletta.

| | |
|---|---|
| Nome opera | Ponte ciclopedonale sul fiume Adige |
| Luogo | Nomi - Calliano (TN) |
| Anno costruzione | 2013 |
| Committenza | Servizio Ripristino e Valorizzazione Ambientale della Provincia Autonoma di Trento - Ufficio Piste Ciclabili |
| Progetto | T&D Ingegneri Associati - Ing. Giorgio Raia |
| Costruttore metallico | C.M.M. Fratelli Rizzi |
| Fotografie | Nicola Agostini / T&D Ingegneri Associati |
| Schema statico | Arco a via inferiore |
| Luce totale | 120,75 m |
| Campate | Campata unica |

| | |
|---|---|
| Impalcato | Tipologia: cassone chiuso a sezione trapezoidale centrale e travi a sbalzo<br>Larghezza: 5,53 m<br>Altezza variabile: 0,26 ÷ 1,13 m |
| Acciaio impiegato per strutture in carpenteria metallica | S355 J0W per spessori t ≤ 20 mm<br>S355 J2W per spessori 20 < t ≤ 40 mm<br>S355 K2W per spessori 40 < t ≤ 60 mm |
| Altri dati significativi | Altezza arco: 12,73 m<br>Peso delle strutture in acciaio: 460 t<br>Costo complessivo opera: 1.930.000 euro ca. |

## Descrizione dell'opera

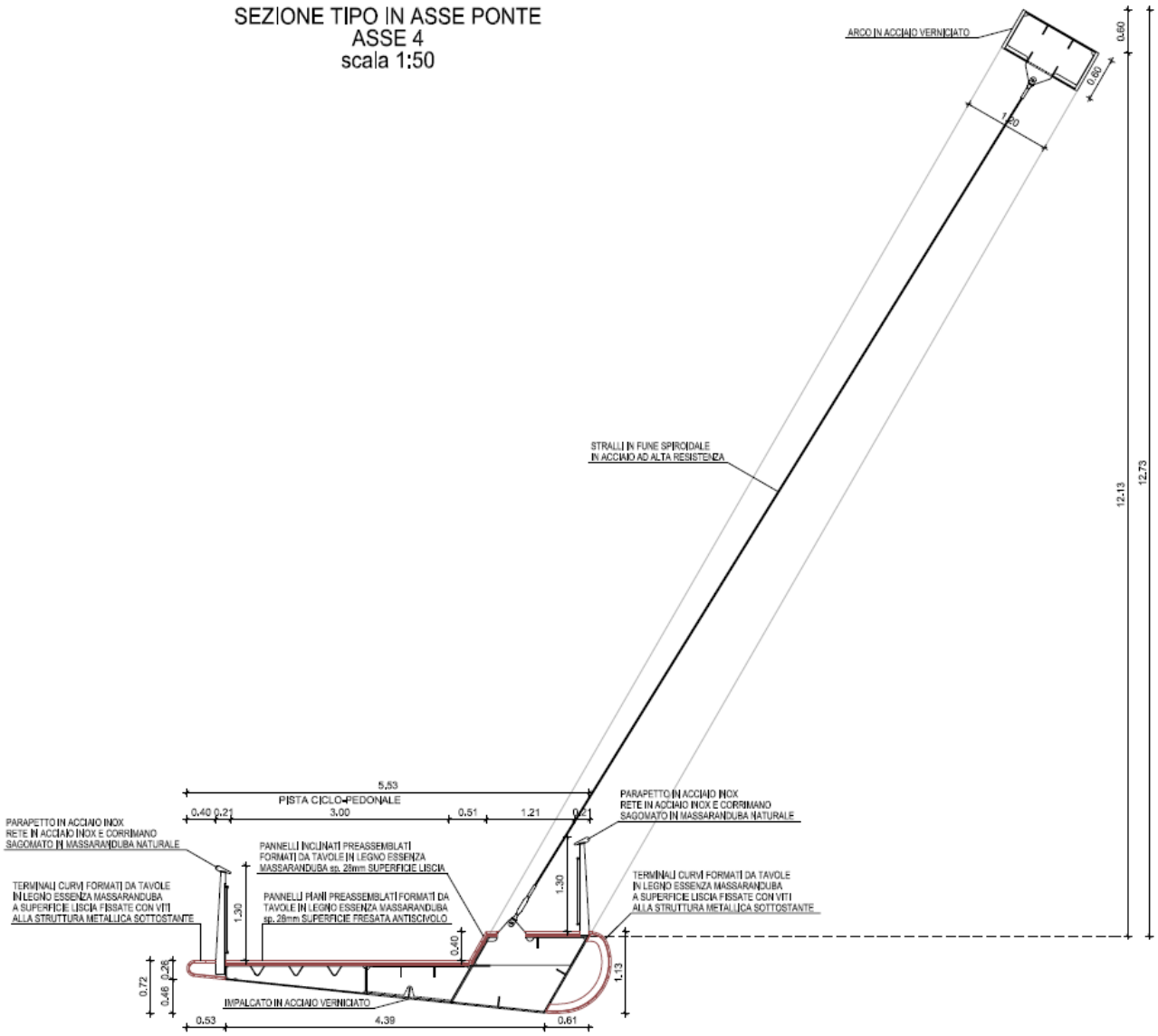
Il ponte ciclabile di attraversamento dell'Adige a Nomi ha un significato del tutto particolare in quanto rappresenta il definitivo completamento della ciclopista del Sole e di fatto la definitiva unione del tratto nord, verso Trento, posizionato in destra orografica dell'Adige, con quello a sud, verso Rovereto, posto sulla sponda opposta del fiume.



**Sezione longitudinale del ponte**

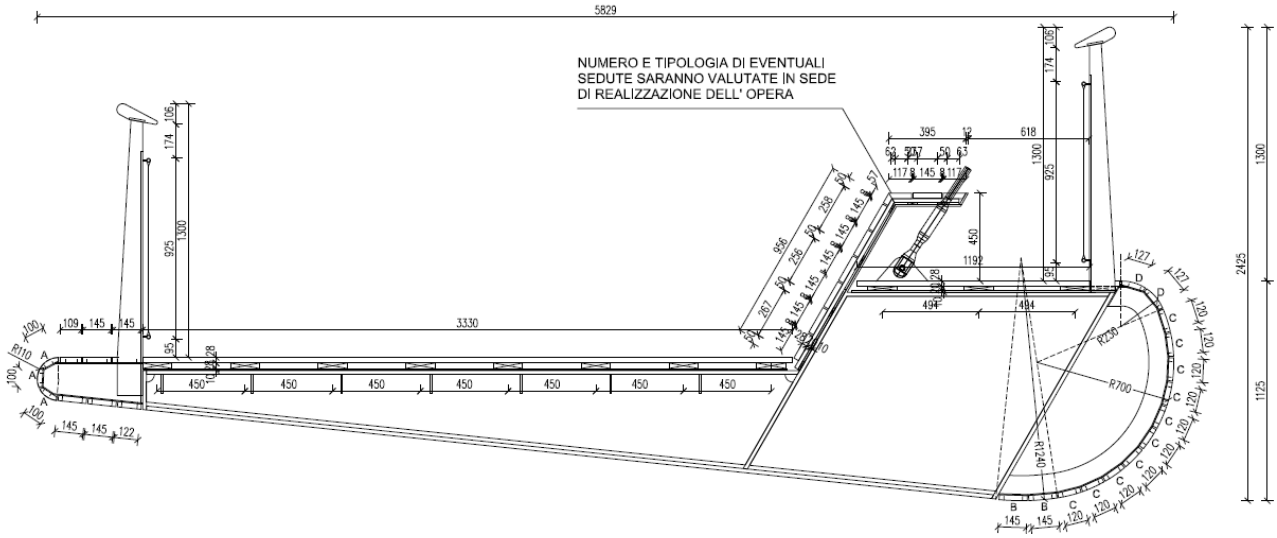
Con lunghezza complessiva di 120,75 m, la luce netta fra le spalle è di 101,95 m, la freccia (misurata nel piano dell'arco) è di circa 14,60 m. L'arco presenta una configurazione a tracciamento circolare con sezione rettangolare a cassone su tutto lo sviluppo, con larghezza pari a 1,20 m, ed altezza variabile fra l'imposta e la chiave da 1,20 a 0,60 m.

La caratteristica principale della struttura è rappresentata dalla completa asimmetria della sezione trasversale. L'arco risulta disposto su un piano inclinato di 30° rispetto alla verticale, con l'impalcato per gran parte a sbalzo rispetto agli elementi di sostegno costituiti da una serie di pendini.




**Sezione trasversale tipo del ponte**

L'impalcato ha una larghezza complessiva di 5 m mentre quella netta della pista ciclabile è pari a 3,25 m. In senso longitudinale l'impalcato presenta una leggera monta verticale di circa 1 m ed è costituito da un cassone chiuso di forma trapezoidale verso monte e da uno sbalzo realizzato con una piastra irrigidita dal lato di valle. La sezione del cassone dell'arco è variabile, con altezza massima in prossimità delle spalle e minima nella parte centrale.

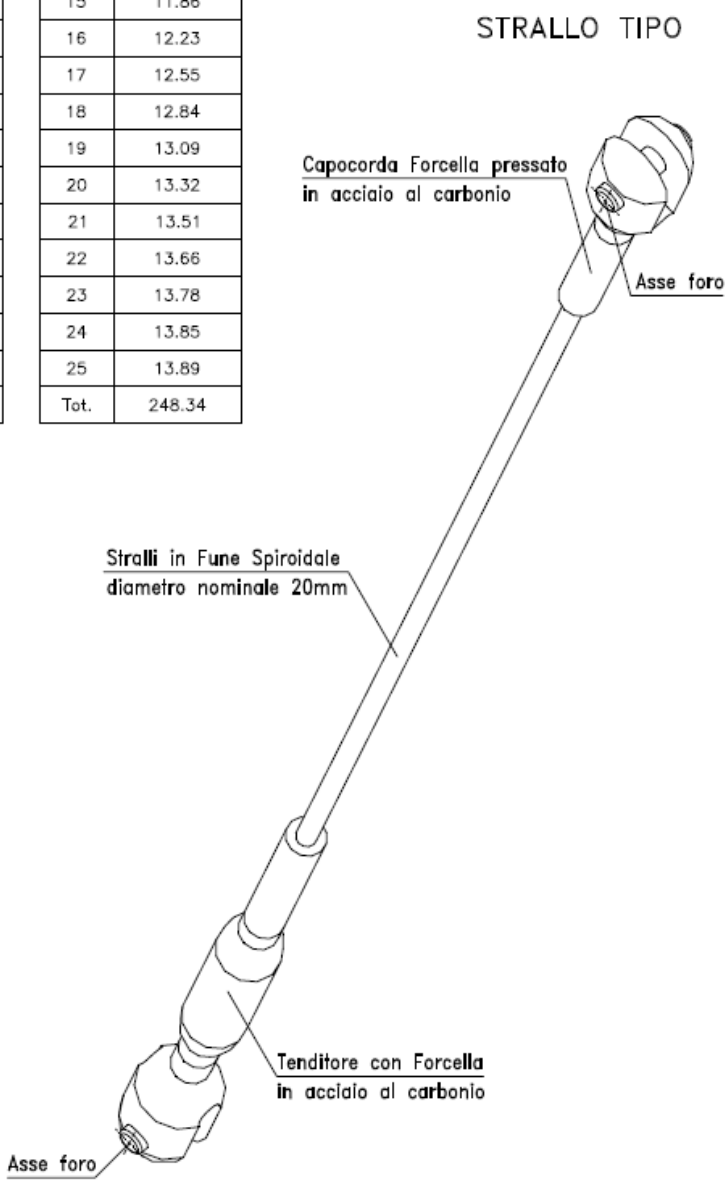



**Dettaglio sezione trasversale dell'impalcato**

**Vista di un concio di impalcato durante la fase di montaggio**

Il sistema di sospensione è costituito da 50 pendini, in funi spiroidali da 20 mm di diametro, disposti radialmente con un passo di 2 m. Le fondazioni di ciascuna spalla sono realizzate da due linee di diaframmi in c.a. affiancati, orientati in direzione trasversale al ponte, costituiti da 5 elementi di dimensione 2,50x1,20 e 20 m di profondità e da una platea di raccordo con le spalle alta 1,50 m. Essendo la struttura fortemente iperstatica, la scelta di tale sistema di fondazione è dettata dalla necessità di dover assorbire delle forze orizzontali di notevole entità. Il sistema è in grado di contrastare il momento torcente nell'ordine di 6.000 kNm con azione nel piano dell'impalcato che si sviluppa in prossimità dell'incastro tra l'arco e l'impalcato-catena.

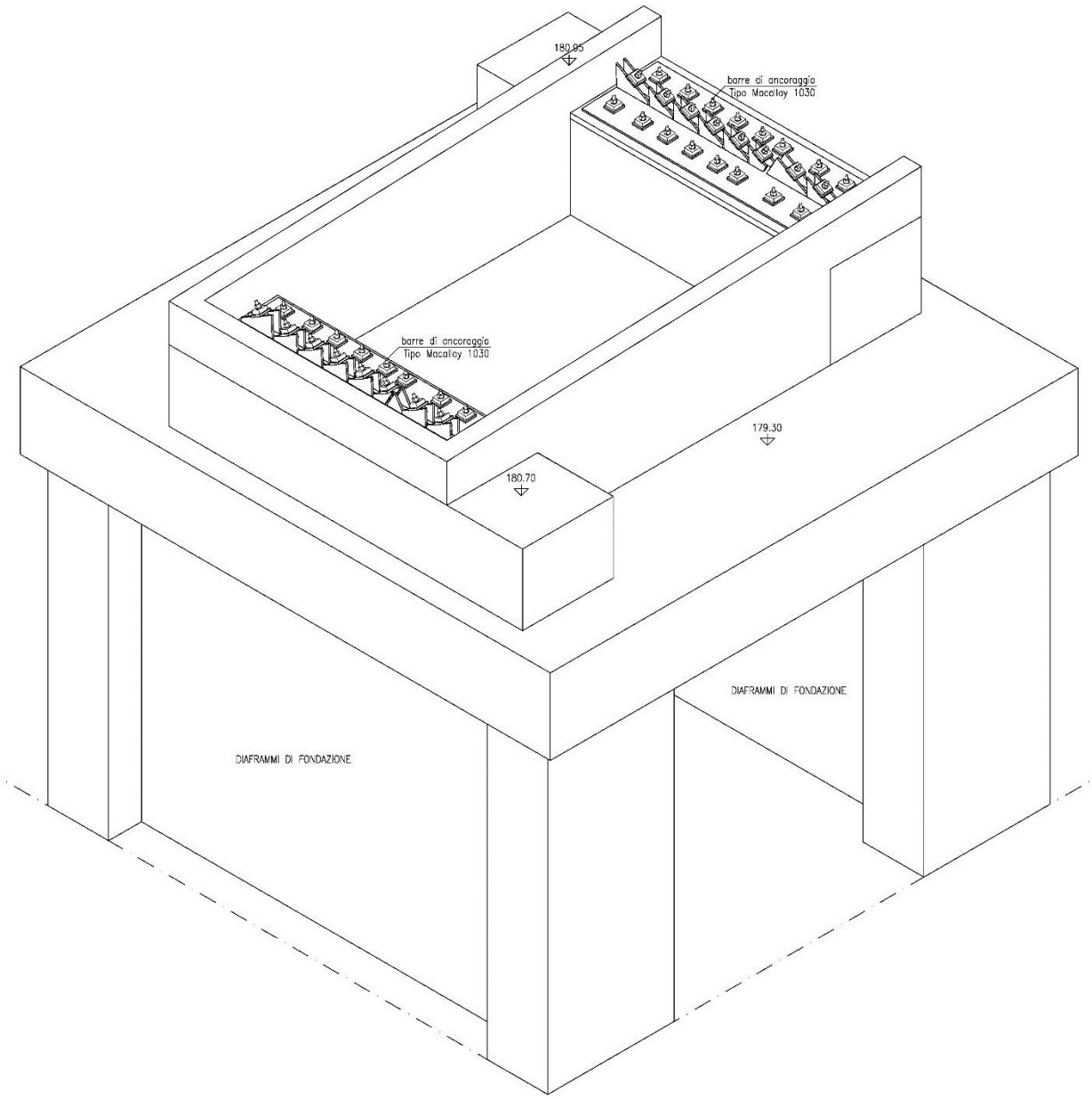
| LUNGHEZZA PENDINI IN ASSE FORI COMPRENSIVA DI CAPICORDA | | | |
|---|---|---|---|
| Nr. | L [m] | Nr. | L [m] |
| 1 | 2.11 | 14 | 11.45 |
| 2 | 3.15 | 15 | 11.86 |
| 3 | 4.12 | 16 | 12.23 |
| 4 | 5.03 | 17 | 12.55 |
| 5 | 5.88 | 18 | 12.84 |
| 6 | 6.68 | 19 | 13.09 |
| 7 | 7.45 | 20 | 13.32 |
| 8 | 8.16 | 21 | 13.51 |
| 9 | 8.81 | 22 | 13.66 |
| 10 | 9.42 | 23 | 13.78 |
| 11 | 9.99 | 24 | 13.85 |
| 12 | 10.51 | 25 | 13.89 |
| 13 | 11.00 | Tot. | 248.34 |




**Vista 3D di uno strallo tipo**

La spinta dovuta alla messa in esercizio dell'arco viene eliminata attraverso la contemporanea messa in trazione dell'impalcato metallico che, essendo solidamente collegato all'arco, svolge anche la funzione di catena. Per quanto riguarda lo schema di vincolo, data la particolarità della struttura, è risultato conveniente adottare una soluzione cosiddetta "integrale" ovvero una soluzione che prevedesse il ripristino della continuità fra sovrastruttura e sottostruttura. Tale soluzione elimina la necessità di ricorrere a dispositivi di vincolo specifici, nonché a dispositivi per assorbire le dilatazioni della struttura, come accade invece assumendo schemi di vincolo esternamente isostatici.

L'impalcato è solidarizzato alle sottostrutture attraverso una coppia di ancoraggi realizzati con barre in acciaio ad alta resistenza tipo "Macalloy".

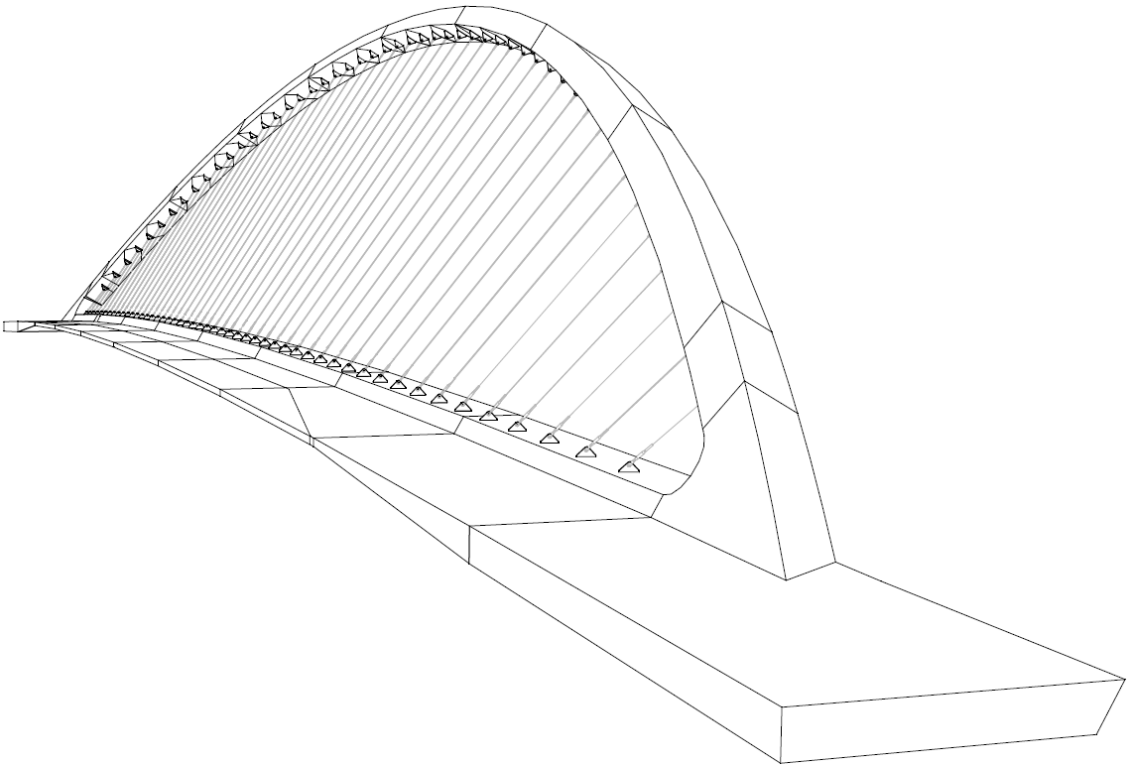



**Vista 3D del sistema di ancoraggio alla sottostruttura**

La scelta di questa tipologia d'impalcato è stata dettata in particolare dalla necessità di ottemperare ai limiti imposti dal Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento che nella fase autorizzativa ha categoricamente escluso la presenza, in alveo e nelle zone golenali, di elementi di sostegno ed inoltre ha imposto l'entità del franco netto tra il pelo libero dell'evento di massima piena e l'intradosso dell'impalcato. La soluzione scelta è stata perciò ritenuta complessivamente la più conveniente e quella che è riuscita a soddisfare maggiormente dal punto di vista architettonico le esigenze paesaggistiche e di visibilità del sito.

**Vista del ponte lato Calliano**

L'arco è stato rastremato per due motivi: il primo per sfruttare al massimo il rapporto peso/efficienza della struttura, il secondo scaturito dallo studio, eseguito dal Politecnico di Milano, del comportamento aeroelastico della struttura sottoposta all'azione del vento. A tale proposito si ritiene utile ricordare che le frequenze critiche di vibrazione dipendono dalla geometria della sezione, se tali grandezze vengono forzatamente fatte variare per effetto della rastremazione strutturale la medesima variabilità sarà assunta anche dalla frequenza critica propria di quella sezione. Per questo motivo l'azione forzante dovuta all'evento avrà una frequenza propria che potrà incidere esclusivamente con una piccola porzione della struttura attorno alla sezione e quindi limitarne le conseguenze indesiderate.



**Vista modello 3D della carpenteria metallica del ponte**

La successiva modellazione matematica degli effetti dinamici sulla struttura eseguita dall' Università degli Studi di Trento (UNITN), ha individuato nell'ambito dell'analisi modale alcuni modi di vibrare della struttura per i quali si è ritenuto indispensabile procedere con sistemi di smorzamento esterni quali i TMD.

**Vista prospettica modello di studio 3D**

**Fase di studio della struttura**

È stata effettuata una campagna di prove finalizzata all'identificazione dinamica della passerella ed alla taratura del sistema di smorzamento, mirato sulle frequenze ritenute critiche tra 0,74 Hz e 2,13 Hz. Il sistema è costituito da quattro diversi TMD di cui tre di massa pari a 2.000 kg ed uno, posizionato in chiave all'arco, di 400 kg. Le numerose misure in termini di frequenza e accelerazione hanno permesso il riconoscimento dei principali modi di vibrare in direzione verticale e orizzontale. A tutt'oggi la struttura è costantemente monitorata dall' UNITN.

**Viste varie del ponte**

Materiale utilizzato

La passerella è realizzata interamente in acciaio autopatinabile (corten) verniciato, scelta determinata dalla necessità di avere un materiale ad alta resistenza e di grande durabilità. Il progettista ha proposto una serie di cicli di verniciatura che permettessero una limitata manutenzione. Nel dettaglio sono stati impiegati:

- acciaio autopatinabile per carpenteria metallica:
    - S355J0W per spessori per $t \leq 20$ mm
    - S355J2W per spessori $20 < t \leq 40$ mm
    - S355K2W per spessori $40 < t \leq 60$ mm
- funi spiroidali in acciaio zincato ad alta resistenza e basso rilassamento, diametro nominale 20 mm e sezione nominale 245 $mm^2$; tensione caratteristica di rottura $f_{ptk}$ 1.570 $N/mm^2$
- l'ancoraggio dell'impalcato alle sottostrutture è realizzato impiegando barre in acciaio ad alta resistenza e basso rilassamento tipo "Macalloy", diametro nominale 40 mm e sezione nominale 1.257 $mm^2$, tensione caratteristica di rottura $f_{ptk}$ 1.030 $N/mm^2$
- parapetti in acciaio inox tipo 1.4301.

**Vista del ponte dal lato Nomi**

Montaggio

Il montaggio della struttura è avvenuto attraverso quattro distinte fasi, su una penisola provvisoria appositamente realizzata e idraulicamente protetta mediante palancole tipo Larssen.

**Vista delle palancole tipo Larssen**

La fase finale ha previsto il montaggio e la messa in tiro degli stralli e quindi la chiusura del sistema statico, arco-catena del ponte con la possibilità quindi di rimozione dei sostegni provvisori dell'arco e dell'impalcato. In particolare per la fase 4, che prevedeva il montaggio sopra il fiume, mantenuto in scorrimento, del tratto d'impalcato costituito dai conci 2-3-4 preventivamente saldati a terra tra loro, l'ipotesi progettuale ha previsto la post-tensione esterna dei tre conci in modo tale da giungere all'eliminazione della deformata dovuta ad un funzionamento flessionale dell'impalcato-catena. Per il sollevamento è stata impiegata un'autogru a braccio variabile da 500 t. Tutte le fasi di montaggio sono state costantemente seguite e controllate mediante una stazione topografica.

Fondazione
Promozione Acciaio
CRESCE L'ACCIAIO, CRESCE IL PAESE.

**Fasi di montaggio e varo**

*Contenuti a cura di Fondazione Promozione Acciaio – Riproduzione riservata.*
*Pubblicazione: gennaio 2019*
*Si ringraziano C.M.M. F.lli Rizzi srl e T&D Ingegneri Associati per il materiale tecnico fornito*

**Fondazione Promozione Acciaio | Via Vivaio 11 | 20122 Milano | Italia**
**T +39 02 86313020 | F +39 02 86313031 | info@fpacciaio.it | www.promozioneacciaio.it**