BRIDGE ITALY 2007

Venezia, 27 giugno 2007

PONTI IN CONTESTO URBANO

FORMA E CONCEZIONE STRUTTURALE

Ing. Luca ROMANO, libero professionista in Albenga

INTRODUZIONE

In molti paesi europei negli ultimi 20 anni si è manifestato un crescente interesse sull'aspetto dei ponti.
La gente ha una maggior coscienza del territorio e non apprezza più strutture mal inserite nell'ambiente.
Si sono iniziate a vedere realizzazioni più curate e ci si è resi conto che esistono alternative di approccio al progetto.
In quei paesi si è capito che il ponte non è solo un'infrastruttura e la committenza inserisce l'estetica e la concezione come un'esplicita richiesta nel progetto.
Si ha un numero sempre crescente di concorsi sulla base dei quali vengono realizzati molti ponti.

Lo strumento principe per ottenere tali risultati è senz'altro il concorso di progettazione, cui deve far seguito la realizzazione del progetto vincitore.
Per questo è fondamentale che il concorso sia ben strutturato e con commissioni competenti: non è solo un concorso di bellezza, bisogna dar prova che le idee funzionino, tenendo anche conto di problemi quali la manutenzione e la durabilità, ormai importanti.

In Italia siamo stati governati da decenni di cattivo costruire, legati ad un abuso della prefabbricazione da parte di ingegneri e costruttori, che non hanno saputo integrarla con la bellezza delle forme.
Quindi si è passati da una parte ad un eccesso di pratica, con la realizzazione di ponti scontati, dall'altra ad un eccesso di teorizzazione, cioè modellazione strutturale slegata dal fatto compositivo.
A tutt'oggi, mentre in Europa, Francia e Spagna avanti a tutti, si è presa coscienza dell'importanza architettonica che le infrastrutture hanno nel territorio, in Italia si sono perse molte occasioni e se ne continuano a sprecare, producendo raddoppi autostradali, varianti e superstrade, ponti per l'alta velocità e quant'altro, con strutture scontate e prive di plusvalore di forma ed estetico, ripetizioni e banalizzazioni di schemi e forme strutturali nelle quali gli italiani hanno eccelso negli anni '50 e '60 con Nervi e Morandi e successivamente con Zorzi e De Miranda.

Tale situazione continua a produrre mostri nel territorio, né peraltro, le leggi sulla valutazione dell'impatto ambientale sono state in grado di dare risultati positivi.
Le grandi infrastrutture realizzate a seguito di VIA hanno dato vita a opere di scarso contenuto progettuale, sia architettonico che strutturale, ed inserimenti ambientali del tutto irrispettosi del contesto: intere vallate attraversate da travate in C.A.P. o struttura mista acciaio-calcestruzzo ad altezza costante, magari di 5:6 metri, che tagliano le colline senza armonia né forma; alte pile monolitiche in C.A., grandi prismi senza neppure un tentativo di ricerca formale.

INGEGNERI E ARCHITETTI

Il ponte coinvolge struttura, resistenza dei materiali, flusso delle forze ma anche estetica, inserimento nel contesto, cura del dettaglio, arredo, luce: un equilibrio di qualità architettoniche ed ingegneristiche.
Il valore estetico di una struttura va oltre la questione puramente ingegneristica.
Questo ha portato ad una maggior partecipazione degli architetti nel progetto dei ponti, generando forte dibattito.
A volte il coinvolgimento degli architetti nella progettazione di un ponte porta al solo risultato dell'introduzione di decorazioni non necessarie o ad un allontanamento della struttura dal giusto flusso delle forze.

Per contro gli ingegneri devono essere educati per poter gestire completamente il progetto del ponte: gli si deve insegnare la storia dell'architettura e la cultura del dettaglio e delle finiture per essere completi.
Gli architetti sono utili soprattutto per i ponti in contesto urbano ma devono affiancare l'ingegnere nello studio della forma finale senza operare solo sulle decorazioni.

L'esperienza dimostra che le migliori realizzazioni si hanno quando si raggiunge un equilibrio tra prestazione, economia e aspetto.

Recentemente su “Bridge”:

“fortunatamente alcuni ingegneri sono capaci di inserire pile e archi inclinati anche se non necessari e curvare impalcati anche se non richiesto, per ottenere strutture espressive, anche se ciò riduce l’efficienza dei materiali e rende difficile la costruzione”.

Non sono d’accordo con tale approccio, in tal senso ritengo che il plusvalore che un’infrastruttura può avere per motivi estetici debba rientrare nel 10% del giusto prezzo.

Non si deve forzare una soluzione strutturalmente illogica solo per la volontà di stupire o scimmiottare altri progettisti.
Un ponte deve essere sviluppato seguendo la miglior soluzione per un dato contesto e la sua scelta deve essere giustificabile e razionale, basata sulla conoscenza della storia dei ponti, lo sviluppo della tecnica e dei materiali odierni.

Il progetto di un ponte dovrebbe legare l’eleganza formale all’efficienza strutturale.

PROGETTO DEI PONTI

Il progetto dei ponti è una questione di trasferimento dei carichi viaggianti e questo processo deve essere guidato dal flusso delle forze.
Ma non basta risolvere il flusso di tali forze, l'ingegnere deve essere in grado di progettare una soluzione strutturalmente efficiente anche in termini di durabilità, sicurezza, estetica, curandone anche l'inserimento nel paesaggio.
Le scuole d'ingegneria devono cambiare profondamente per educare gli ingegneri ad una sensibilità architettonica del progetto: saper gestire le giuste proporzioni, i dettagli, le luci e le ombre ad ogni livello, sia che si tratti di spalle, pile, semplici impalcati o strutture ardite.

L'attenzione al luogo, la bellezza delle forme e l'armonia con il contesto devono guidare a progettare strutture ben proporzionate, come in passato seppero fare Nervi, Morandi, Torroja e altri.

Spesso il segreto del successo di un progetto sta nella semplicità ed essenzialità dello stesso:
bisogna ridurlo ai minimi termini, fino a che non si può eliminare nient'altro come diceva Mies Van der Rohe:
"il meno è il più".

Michelangelo (XVI sec.) "Un ponte dovrebbe essere pensato e costruito al pari di una cattedrale, con la stessa attenzione e con gli stessi materiali"
Eiffel "Il primo principio dell'estetica architettonica comanda che le linee essenziali di un'opera siano determinate dalla completa aderenza alla funzione, dove per funzione si intende quella statica".
Nervi "Il progettare consiste nello scoprire ed adottare forme e volumi aderenti alle immutabili leggi naturali, che sono poi quelle della fisica e del calcolo matematico". "Per inventare una struttura e darle delle proporzioni esatte, bisogna seguire sia la strada dell'intuito che quella della matematica".
Torroja "Il mio scopo finale è sempre stato l'aspetto funzionale, strutturale ed estetico del progetto, per arrivare ad un tutt'uno tra essere ed apparire".
Louis Kahn "i ponti non sono sculture perché la loro funzione è misurabile, comunque possiedono straordinarie doti scultoree".
Zorzi ""Occorre avere una perfetta coscienza della necessità, nel progetto architettonico, di un'unità inscindibile di estetica e tecnica, di forma e struttura".

CONCEPTUAL DESIGN

La chiave del successo sta nel comprendere il progetto che meglio risponde alle esigenze del sito e che meglio dialoga col contesto, valutando il plusvalore richiesto per la sua estetica.

Si sta progettando un'opera di dimensioni importanti, vista da migliaia di persone e che rimarrà per decenni: già questo merita la nostra attenzione.

Per questo l'ottimizzazione della forma, senza fermarsi alle prime scontate idee, così come la cura del dettaglio, sono fondamentali per la riuscita del progetto.

Il processo deve perlomeno seguire questi minimi passaggi:

- Sopralluogo, studio del contesto, richieste dell'Amministrazione
- Indagini geologiche per comprendere i problemi che si ripercuotono sulla scelta del tipo di fondazione ma anche del ponte (arco spingente, a spinta eliminata, strallato ad una sola antenna,…)
- Problemi idraulici, calcolo piena duecentennale, simulazione interazione ponte corrente, quote d'imposta ecc.
- Prime idee (2 o 3) da sottoporre all'Amministrazione; Render o modello della soluzione scelta
- Seguono i tre livelli di progettazione: preliminare, definitivo, esecutivo (cantierabile!)
- Concezione strutturale: divisione in conci e costruibilità in officina
- Problemi di dimensioni e mezzi di trasporto (sagoma limite e trasporti eccezionali)
- Montaggio in cantiere in funzione dell'area a disposizione, dei mezzi che possono accedervi, dello spazio, del posizionamento autogrù, ecc.

PONTI IN CONTESTO URBANO

Rappresentano un'ulteriore sfida per gli ingegneri, poiché le problematiche costruttive in ambito urbano non riguardano solo problemi tecnici ma devono rispondere anche a richieste sociali e culturali della popolazione.

Sono richiesti progetti e metodi costruttivi appropriati.

Ai problemi precedenti si aggiungono

- necessità di mantenere le viabilità esistenti
- rapporto con ponti o edifici esistenti
- corretta tipologia e rapporto di scala
- tempi di costruzione ridotti

I ponti urbani sono spesso punti di riferimento per una città e la struttura va oltre il mero significato ingegneristico ed è importante come fatto culturale e di bellezza.

Problematiche idrauliche, spessori ridotti per deflusso massima piena, no pile in alveo, velocità d'esecuzione:

Albenga: il vecchio ponte, danneggiato dall'alluvione del 1994

Albenga: il nuovo ponte, un arco che inviluppa idealmente i tre archi del vecchio demolito

Interazione con ritrovamenti archeologici, spessori ridotti, fondazioni semplici:

Ponte ad arco a Pozzuoli (NA)

Contesto vegetazionale, e parco naturale: ponte ad arco a Campogalliano (MO):

Rapporto con centro storico, struttura snella, ottimizzazione strutturale, luci: ponte strallato a Villanova d'Albenga (SV)

ARCH BRIDGE IN ALBENGA (1995)

Problemi idraulici: massima piena duecentennale, no pile in alveo

Problemi di spessore dell'impalcato: rampe di accesso con pendenza inferiore all’8%

Ponte di 100 metri in campata unica e con l'impalcato di spessore complessivo inferiore a 180 cm

Ponte tradizionale: troppo spesso, allora un ponte strallato od uno ad arco.

Tipologia ad arco poiché era meno costosa e legata all’immagine del vecchio ponte.

Velocità d'esecuzione: l'utilizzo dell'acciaio ha permesso la costruzione in officina dei vari conci costituenti il ponte, mentre in cantiere si realizzavano le spalle e l'assemblaggio senza bisogno di centinature provvisorie.

In 12 mesi si è progettato, appaltato, realizzato ed inaugurato il nuovo ponte.

Vista notturna del ponte illuminato

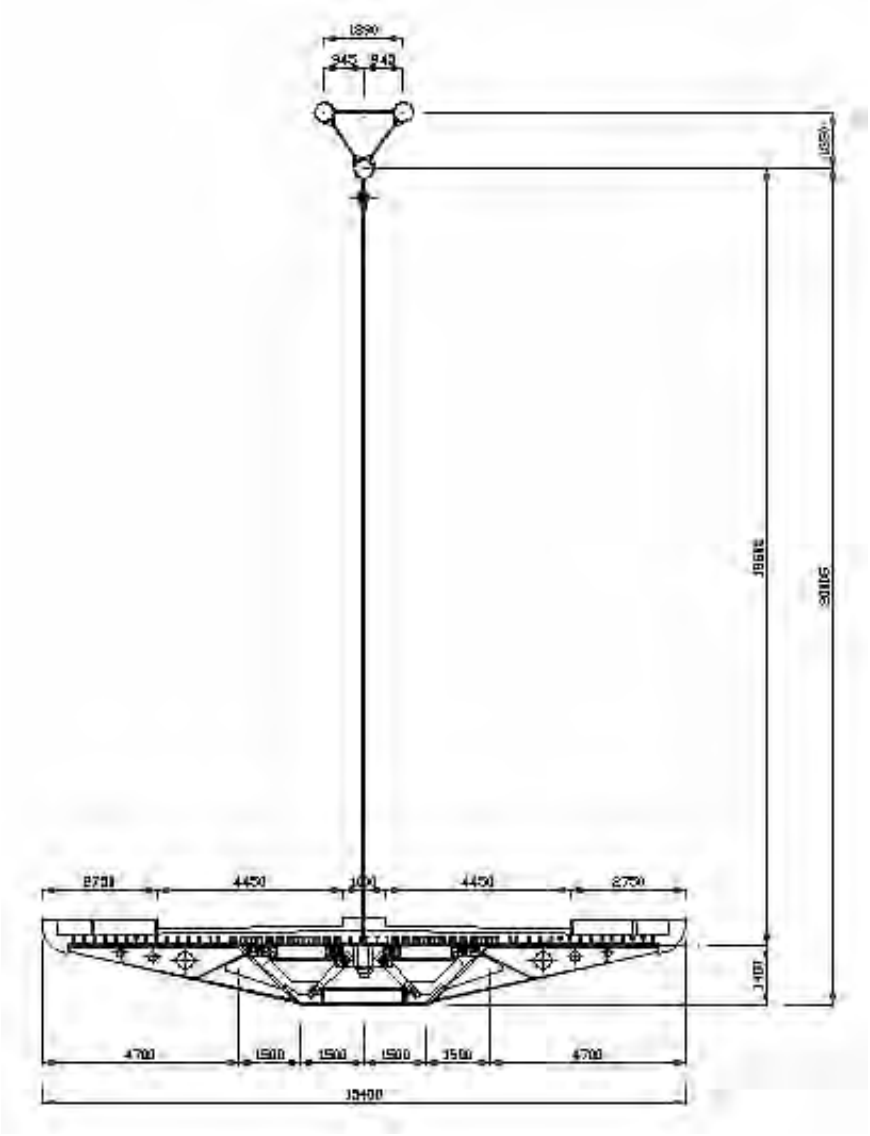
Ponte ad arco a spinta eliminata e sospensione centrale con cassone torsio-rigido

Arco reticolare, molto sottile e slanciato, formato da tre tubi principali ϕ = 609.6 x40 mm

Impalcato a cassone, di spessore ridotto a 140 cm, sostenuto da un'unica serie di funi spiroidali ogni 5 m, poste al centro delle carreggiate, areato con fori ogni 5 metri

Remi esterni che hanno il compito di riportare i carichi eccentrici al cassone attraverso un comportamento schematizzabile in uno schema puntone-tirante; alleggeriti con vari fori per aumentarne la leggerezza ed evidenziarne il funzionamento.

Esecutivi:



Sezione trasversale

La cura dei particolari: notevoli sforzi presenti nelle connessioni, nei giunti, nei collegamenti; sono tipici temi di ottimizzazione strutturale e di cura del dettaglio, legati ai ponti in contesto urbano e di particolare valenza estetica.
Tutte le connessioni, i vincoli, i punti singolari sono D-Regions (zone a sforzi diffusivi); eventuali loro crisi locali possono mettere in crisi l'integrità dell'intero organismo strutturale, quindi vanno studiati con attenzione, spesso con schemi derivanti dalla diffusione degli sforzi.
L'emergere di effetti usualmente secondari preoccupa la progettazione.
Per questo assumono particolare importanza alcuni argomenti "scontati" delle costruzioni metalliche, quali:

- *problemi legati alla concezione dei disegni costruttivi:*
  - *convergenza degli assi di truschino*
  - *assenza di eccentricità e momenti secondari*
  - *eliminazione di apici, intagli e quant'altro possa generare picchi di tensione*
  - *utilizzo di particolari arrotondati*
- *problemi legati alla produttività in officina:*
  - *valutare la effettiva realizzabilità di quanto concepito*
  - *procedimenti di lavorazione, saldatura e controllo*
- *problemi legati alla divisione in conci ed al montaggio degli stessi*
  - *concezione dei giunti e metodi di connessione in opera*
- *problemi legati alle tolleranze dei prodotti*
  - *specifiche di prodotto e premontaggi in officina*

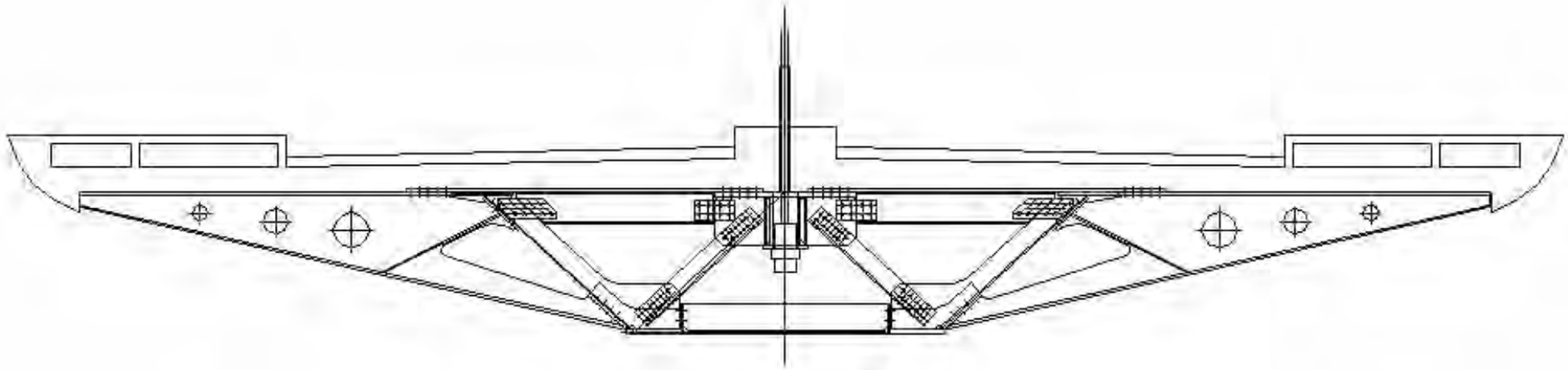
In questo ponte si ritrovano tutti questi argomenti nello studio del dettaglio, mirato a minimizzare l'uso del materiale e delle connessioni strettamente necessari alla resistenza.

Funi spiroidali chiuse nel piano centrale: il punto di ancoraggio inferiore dei cavi interagisce con la sezione a cassone metallico, con tipici problemi di diffusione degli sforzi:

Si può vedere come il cassone presenta collegamenti ed irrigidimenti tutti interni, per valorizzare le valenze estetiche o aerodinamiche della sezione.

Apparecchio di ancoraggio con dispositivi per la messa in tensione dei cavi e l'eventuale controllo in esercizio.

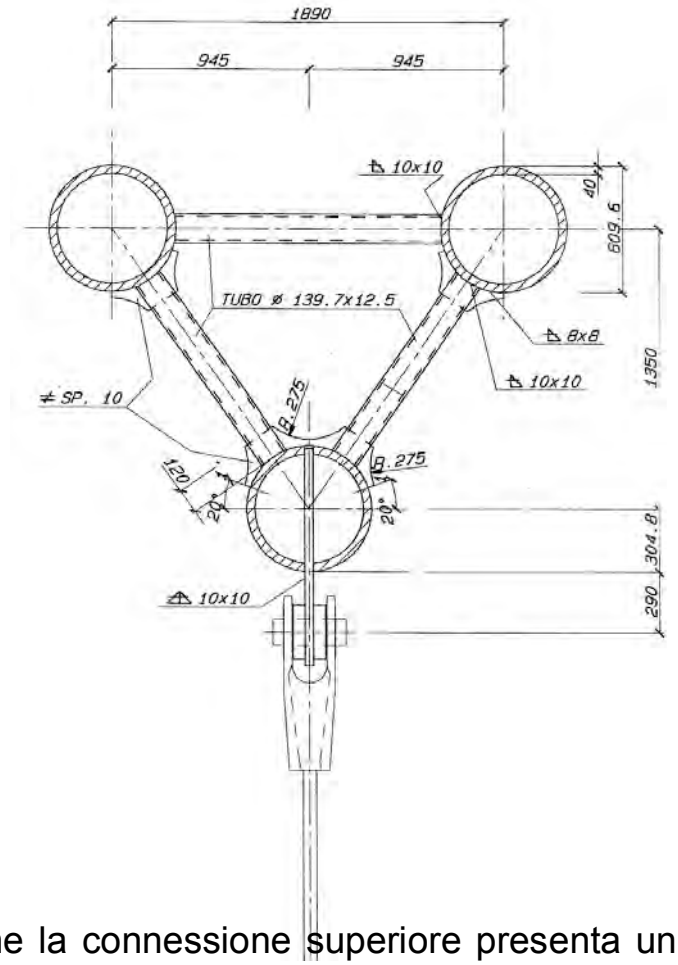
Esecutivi:

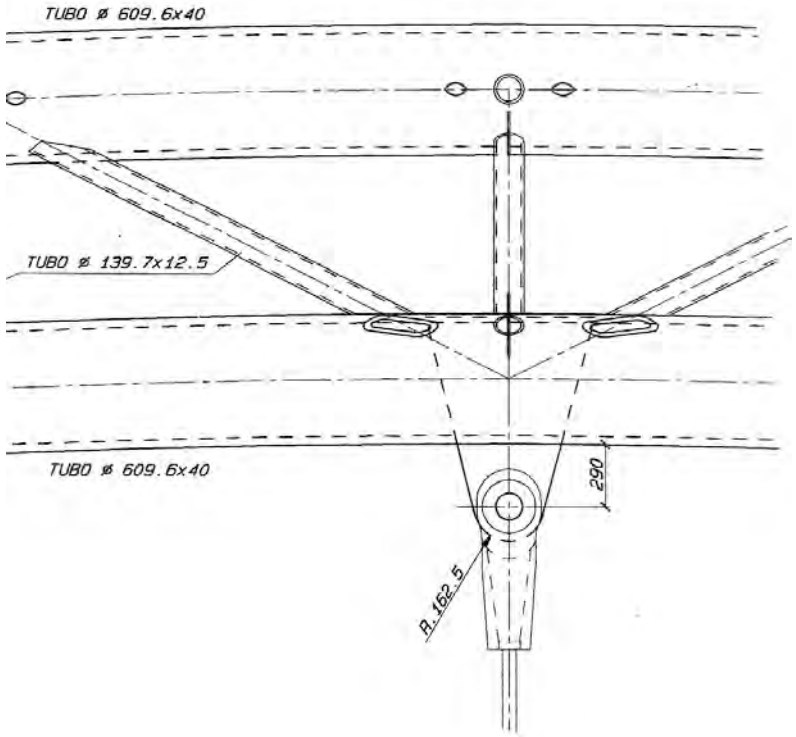


SEZIONE TRASVERSALE

particolare attacco inferiore funi sul traverso con capocorda regolabile

Esecutivi:

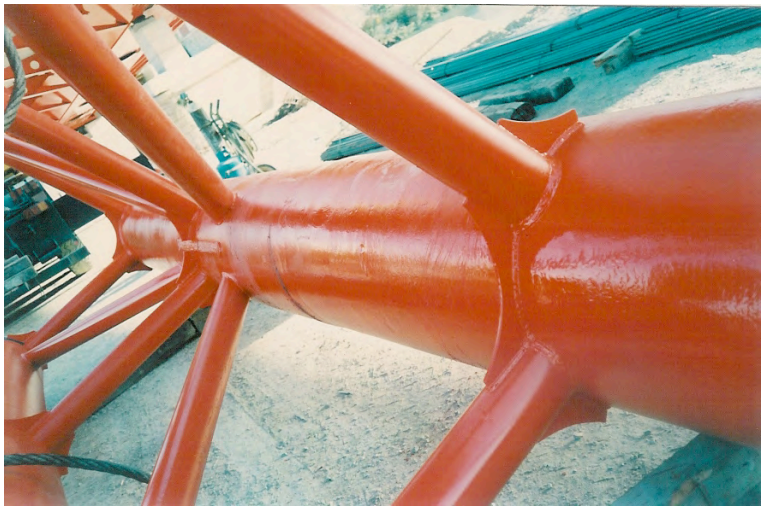




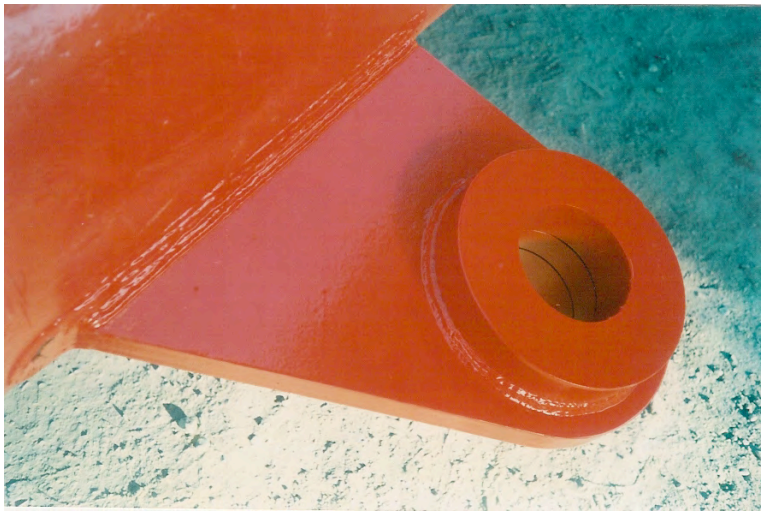
Anche la connessione superiore presenta uno studio del dettaglio legato a problematiche di ottimizzazione del nodo:

- dettaglio arco e attacco tirante con capocorda fisso tipo ‘fork’:
- perno con blocco (verifiche locali)
- lamiera passante nel tubo e a contrasto, senza saldature in trazione che hanno problemi di fatica
- fazzoletti di irrigidimento passanti nei tubi secondari della struttura reticolare

Cura del dettaglio:



particolari arco

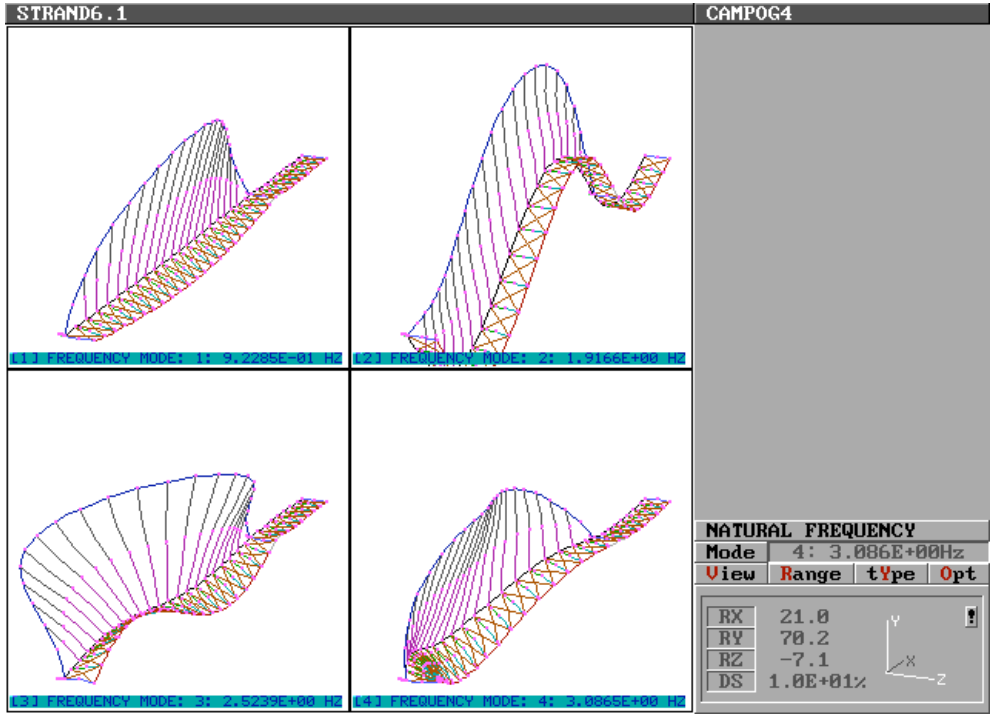


particolari attacco superiore funi

ARCH BRIDGE IN MODENA (1999)

- Collegamento ciclo-pedonale tra due zone a parco verde, sulle due sponde del fiume Secchia
- Ponte come punto di riferimento per l'attraversamento
- Snello, trasparente, in acciaio con pavimento in legno, luce centrale di 55 m e laterale di 20 m
- il ponte appoggia su spalle e pile inclinate secondo la tangente dell'arco, la pila e la campata di riva hanno funzionamento a puntone (la pila) e tirante (i tubi)

Il problema principale era la deformabilità, perché la struttura richiede una certa deformazione per funzionare: i carichi eccentrici sono trasferiti al tubo principale d'impalcato come sollecitazioni torsionale, mentre i carichi verticali sono portati dall'arco e dall'impalcato, ognuno con la propria componente di piano

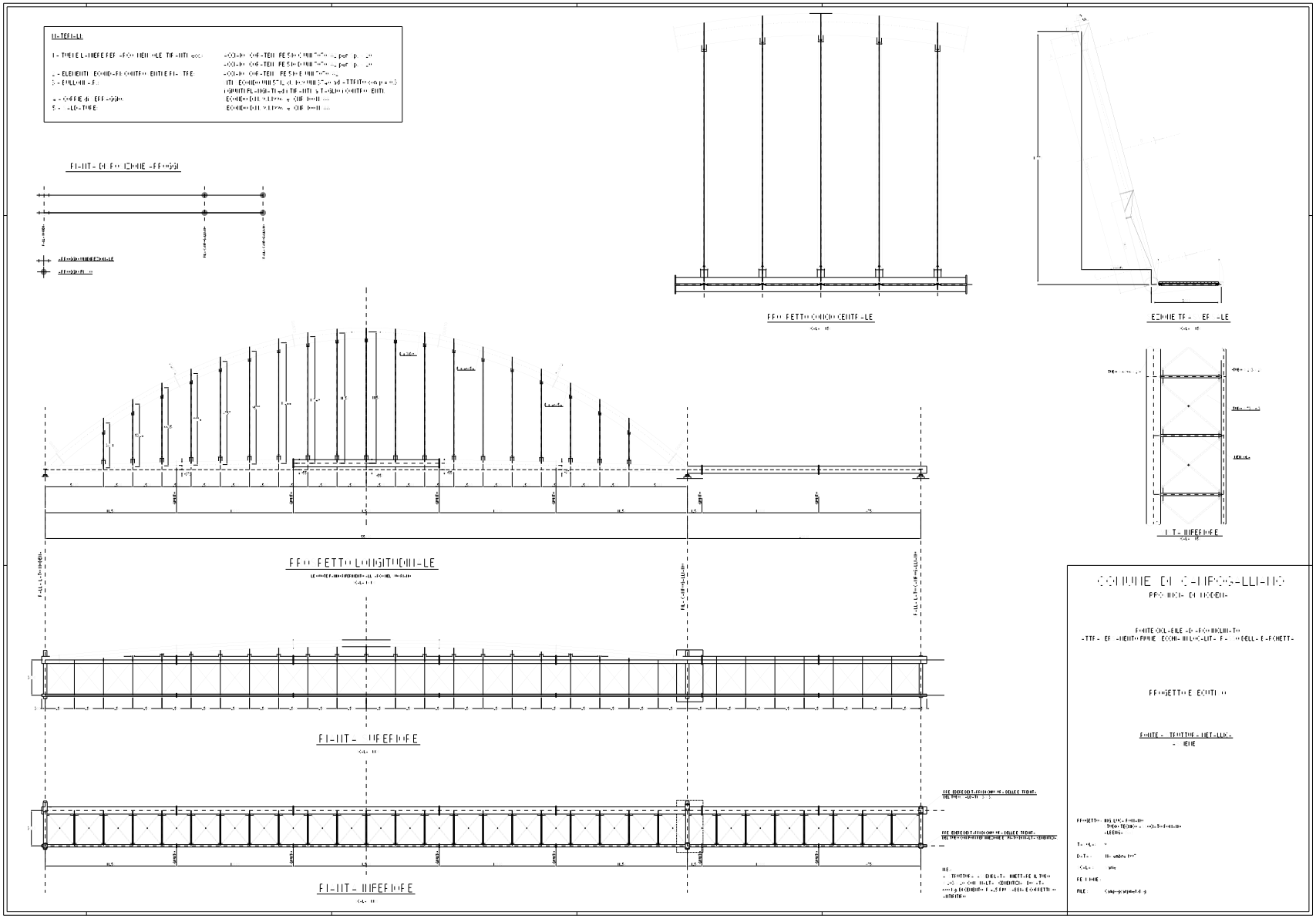


Analisi dinamica: modi principali di vibrare

- l'arco ha sezione triangolare ed è inclinato di 25°
- sospeso con elementi a sezione triangolare variabile e ottimizzata

Dettaglio del parapetto e pavimentazione in legno

Esecutivi:



PONTE SUL PARCO ARCHEOLOGICO POZZUOLI (NA) 1998

- Sito archeologico trovato sulla circonvallazione a Pozzuoli: necessità di un ponte di 60 m spesso 80 cm
- Richiesta della committenza di un ponte snello e leggero in acciaio
- Problemi fondazionali con pali tra i reperti, tombati con sabbia: semplicità nelle fondazioni
- Soluzione a due archi convergenti, a spinta eliminata, con due piani di pendini nei rispettivi piani
- I reperti archeologici si trovano a soli 30 cm dall'intradosso ponte

Cura del dettaglio:

Parapetti in plexiglas e inox alti 2 metri per prevenire caduta oggetti sul parco archeologico
Rivestimento spalle in tufo

Cura del dettaglio:

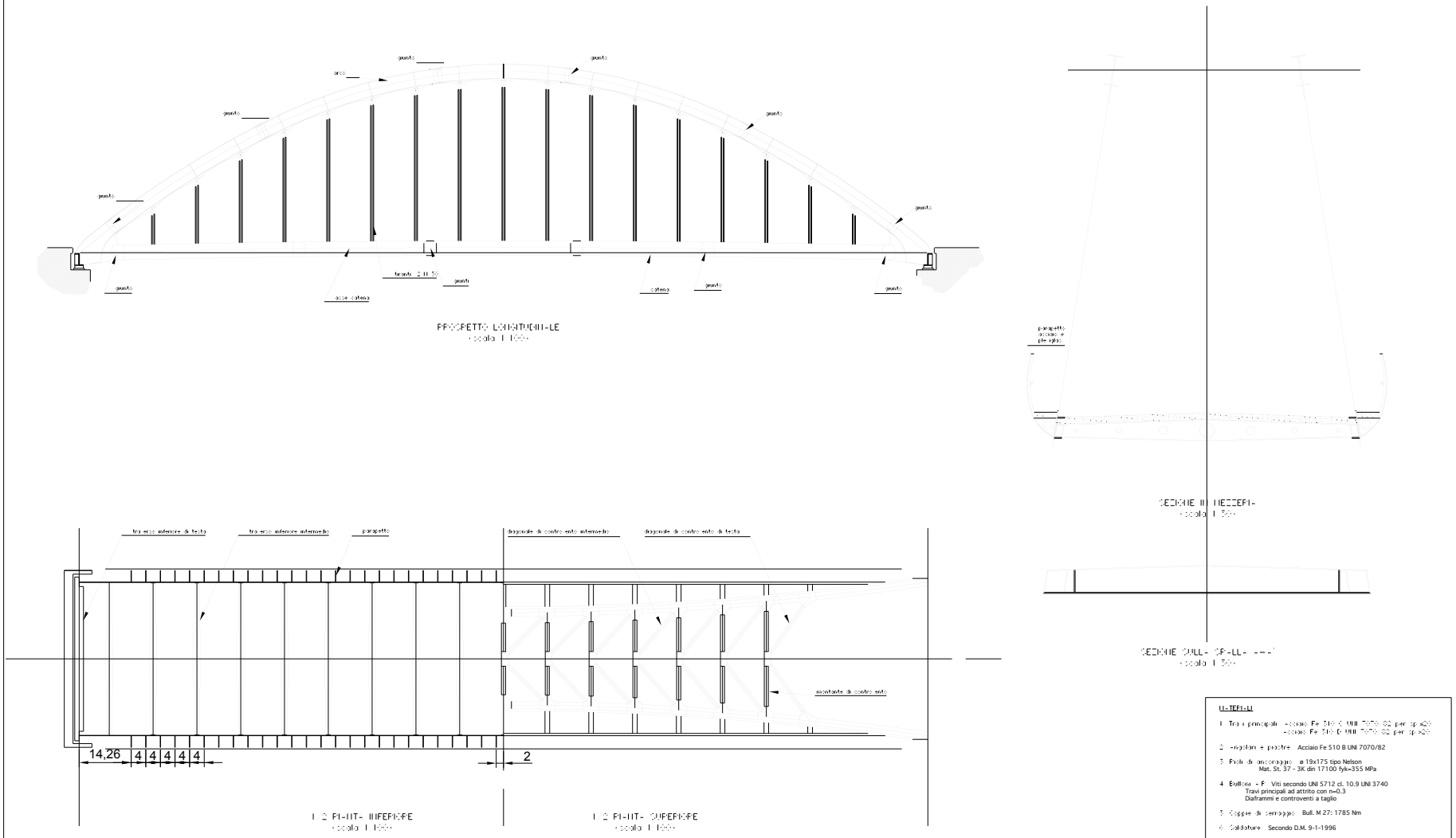
Archi a “doppio “T” con anima a festoni passanti per appensione dei cavi di sospensione

Coprigiunti sagomati

Cura del dettaglio:

Archi alti 12.5 m in mezzeria, con controventi a “K” sagomati e coprigiunti che ne seguono la curvatura

PONTE SUL PARCO ARCHEOLOGICO DI POZZUOLI (NA)



CAVALCAVIA AUTOSTRADALE SVINCOLO AUTOSTRADALE DI BORGHETTO S.S. (SV) 2004

- *Sovrappasso autostradale di 117 metri di luce, su quattro campate, in acciaio, a via inferiore*
- *Contesto della nuova viabilità dello svincolo autostradale delll'Autostrada dei Fiori.*
- *Grande visibilità della struttura, soprattutto della linea inserita nelle colline e dell'intradosso*
- Durabilità: *Acciaio cor-ten verniciato, soletta in c.a. collaborante sui traversi*
- *Costruzione senza interruzione traffico*

- *Vince il premio di architettura PAI 2006 "premio di architettura e ingegneria delle Province di Cuneo, Savona, Imperia, quale miglior struttura del biennio 2004:2006.*

- *La struttura principale è costituita da due travi d'estremità, in acciaio, ad altezza variabile, sulle quali sono connessi i traversi alleggeriti*
- *Tali travi sono costituite da una piattabanda inferiore e da un tubo superiore collegati da un'anima piena*
- *Le pile sono sormontate da un pulvino in acciaio forato e irrigidito*

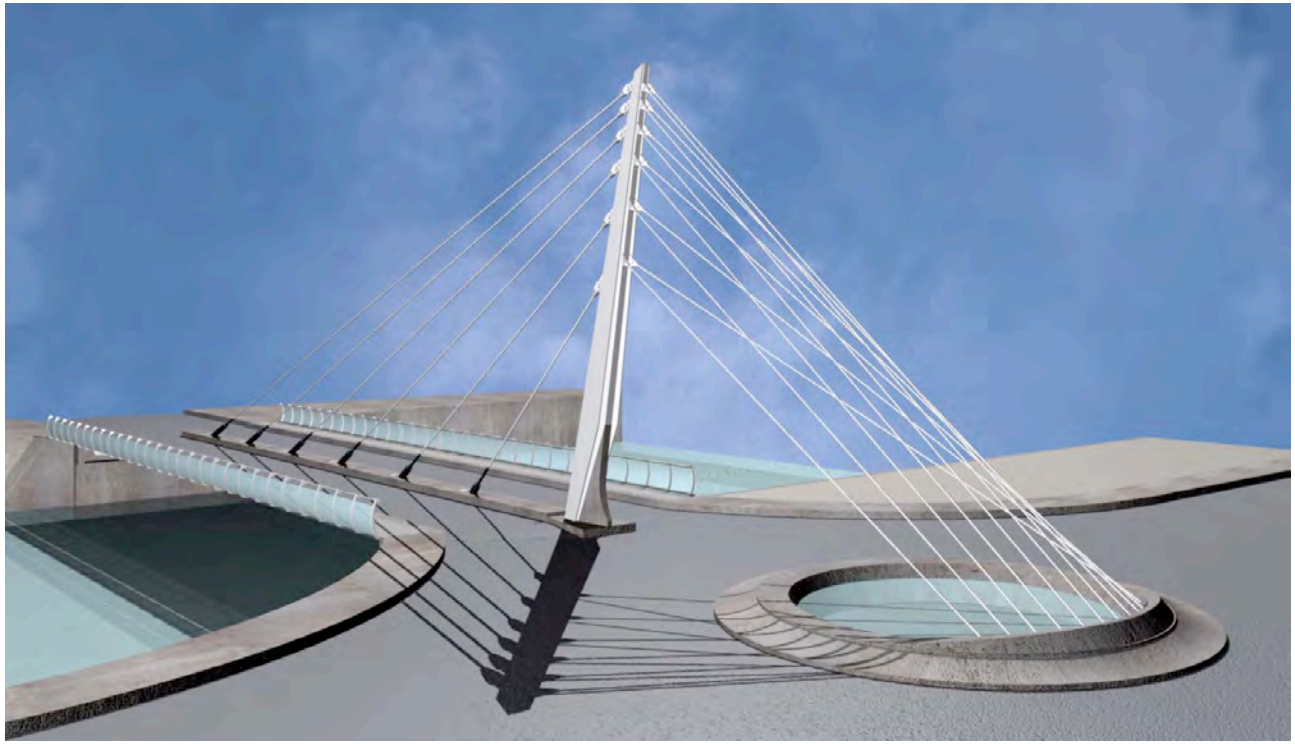
Vista del ponte terminato: lamiera microforata con forma del diagramma momenti flettenti

Il bordo ponte è costituito da un parapetto in policarbonato trasparente, curvo, alto 2 metri

PONTE STRALLATO IN VILLANOVA d'ALBENGA (SV) (2003)

- ponte strallato di 40 m di luce, singola antenna su spalla su roccia
- spessore impalcato di 70 cm per massima piena
- realizzazione di una metà a contatto con vecchio ponte, collaudo, deviazione traffico e fine lavori
- sospensione centrale e cavi di riva in configurazione spaziale
- richiesta di scultura urbana di ingresso alla città

-

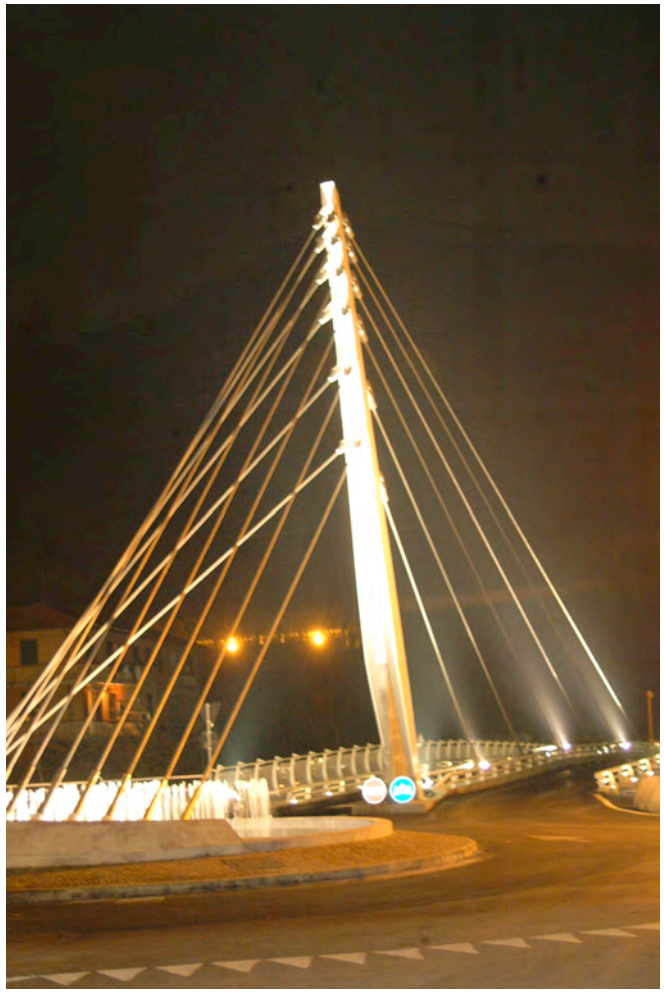


- render di progetto

- necessità di rotatoria e paraboloide dei cavi di riva

vista della rotatoria con la fontana

vista dell’antenna



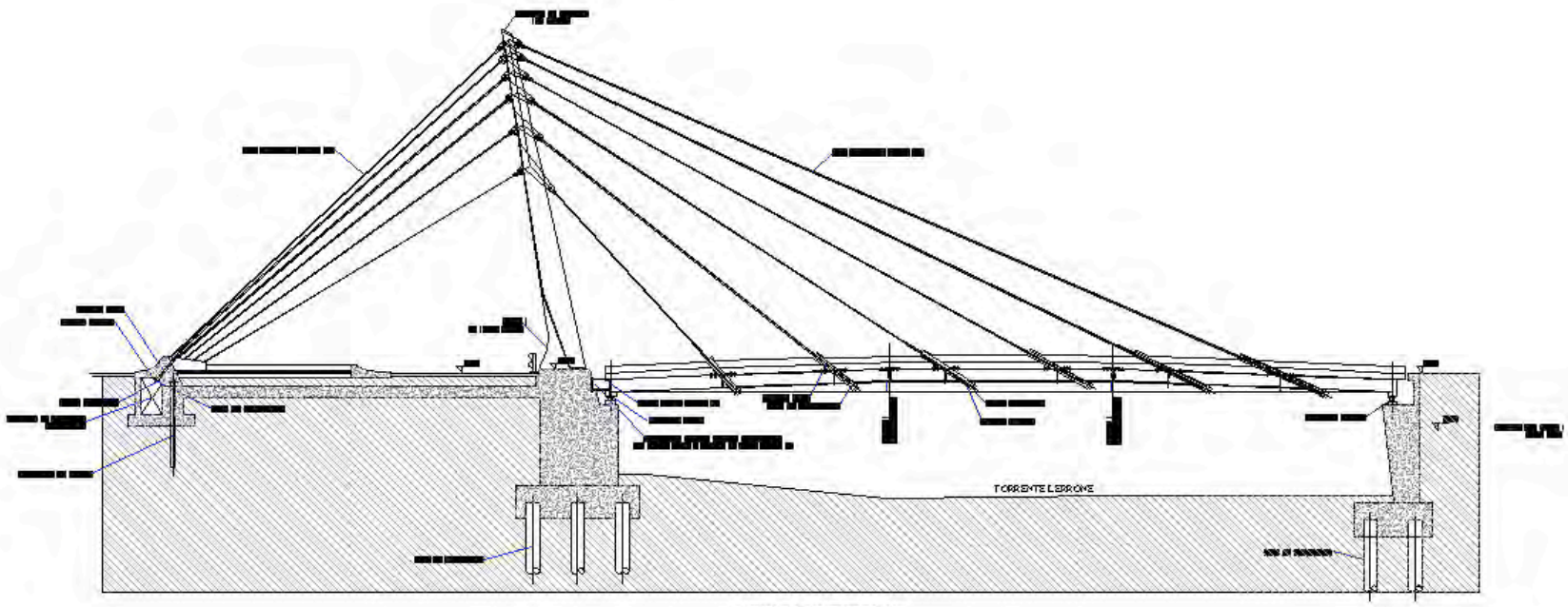
illuminazione

Antenna realizzata con lamiere, piegate a simulare le ali di un aereo di carta (aeroporto in città)
Attacco stralli all'antenna: open socket

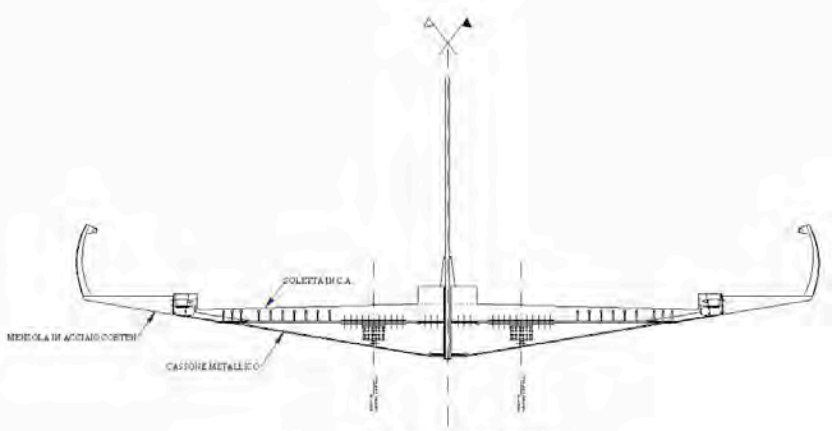
cassone torsio-rigido con fori per aerazione e leggerezza - ancoraggio stralli in tubi in asse coi traversi

Trasparenza e leggerezza del ponte: marciapiedi grigliati e parapetti trasparenti

Esecutivi:

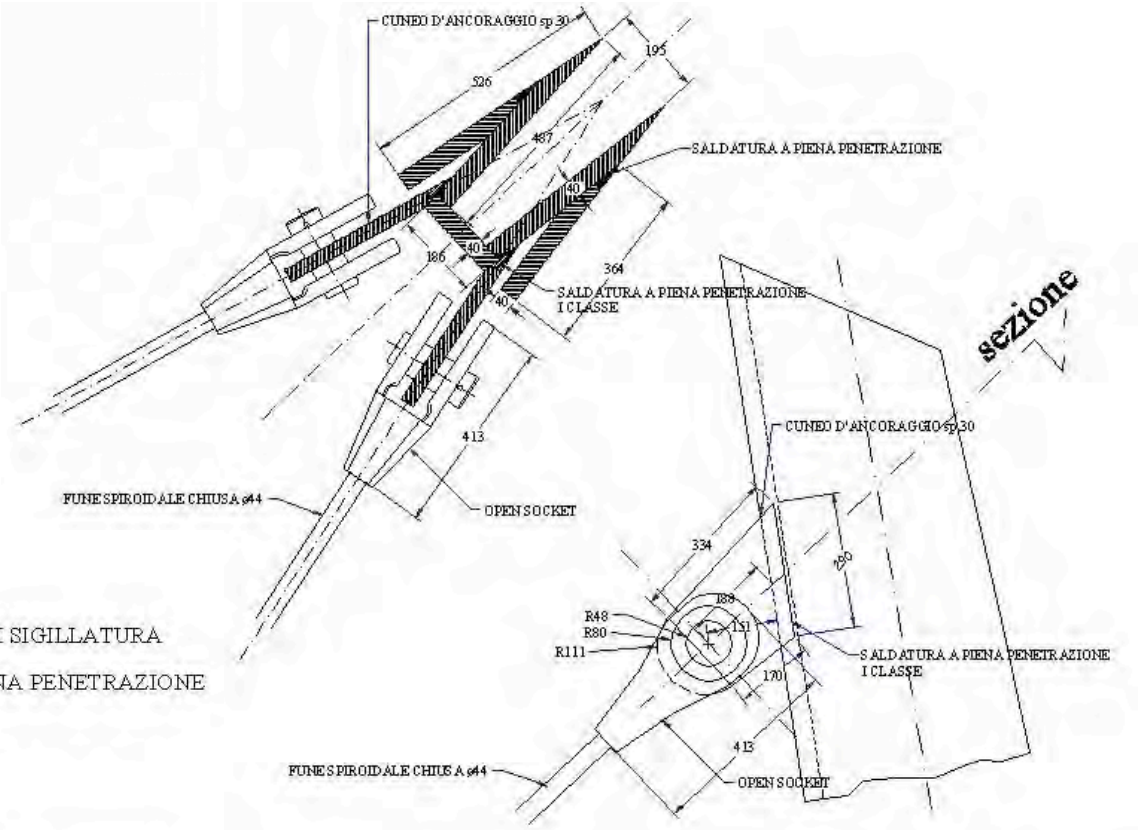
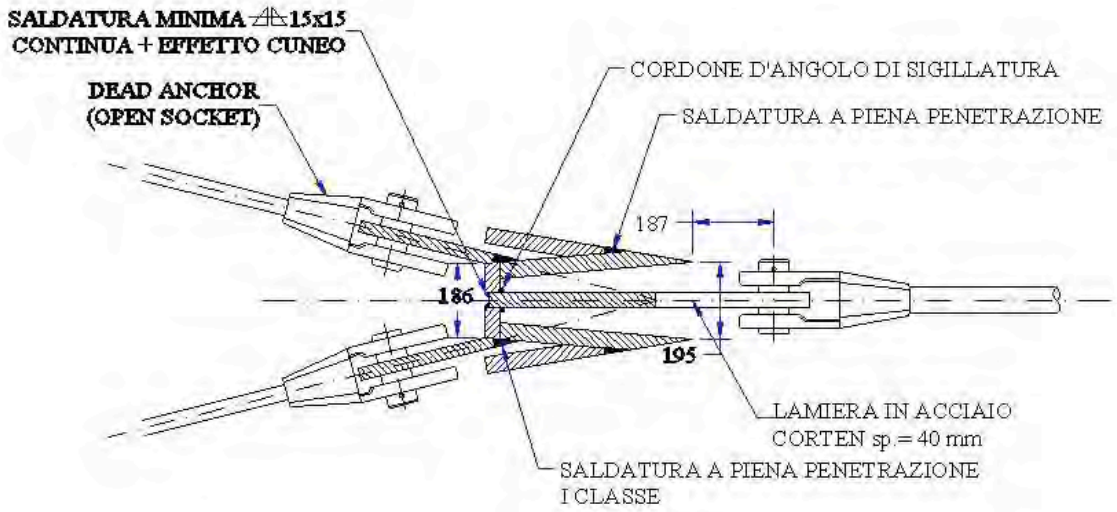


SEZIONE LONGITUDINALE
scala 1:100



SEZIONE TRASVERSALE C-C
IN CORRISPONDENZA DEL TRAVERSO
scala 1:50

Esecutivi:



PARTICOLARE OPEN SOCKET
E CUNEO D'ANCORAGGIO
STRALLI DI RIVA IN SOMMITA' ALL'ANTENNA
scala 1:10