

# Il nuovo ponte sul Serchio a Lucca

# The new bridge over the River Serchio near Lucca

Massimo Viviani

Il nuovo ponte sul fiume Serchio è una struttura composta da viadotti di accesso in acciaio con soletta in calcestruzzo ed attraversamento principale a via inferiore con impalcato in c.a.p. ed arco in acciaio. Lo studio dell'attraversamento, caratterizzato da forte obliquità, è stato sviluppato in modo da ottenere un buon inserimento nell'ambiente unitamente ad una corretta funzionalità dell'intersezione stadale.

The new bridge over the River Serchio is a composite structure with steel deck for the approach spans and arch bridge like bowstring with pre-stressed concrete deck and steel arch for the main skew span. The paper shows how the design has achieved a good combination of aesthetic and static requirements.

#### INTRODUZIONE

Nell'ambito della nuova viabilità di collegamento tra la città di Lucca e la Garfagnana, l'attraversamento del fiume Serchio rappresenta l'opera d'arte di maggiore rilievo. Il superamento è caratterizzato



Fig. 1 – Vista aerea del nuovo attraversamento

da una forte obliquità ed ha richiesto uno studio dettagliato sia per le tipologie strutturali, sia per i materiali da impiegare. Dopo l'analisi di tutte le variabili presenti e delle possibili soluzioni, la progettazione si è articolata su una struttura con attraversamento principale in sistema misto arco trave a via inferiore e viadotti di accesso in travate a sezione mista acciaio-calcestruzzo tradizionali.

# INQUADRAMENTO VIABILE DELLA NUOVA OPERA

Il fiume Serchio presenta lungo il suo sviluppo due viabilità di sponda: la prima, in riva destra di carattere provinciale destinata al collegamento della Piana di Lucca con la Garfagnana; la seconda sulla riva opposta, di carattere nazionale, SS12 del Brennero. Nell'ambito della razionalizzazione delle arterie di transito le due vie sono state riunite in prossimità dell'abitato di Ponte a Moriano in modo da ridurre, per quanto possibile, l'impatto sul territorio derivante dall'adequamento ai nuovi flussi di traffico. Il punto di riunione delle due viabilità è collocato in prossimità dell'abitato del Piaggione ed è caratterizzato da una forte obliquità unitamente ad un dislivello di circa 7,00 metri (fig.1). Lo studio dello svincolo è stato sviluppato cercando di minimizzare, per quanto possibile, l'occupazione di territorio mantenendo un corretto livello di funzionalità. Dall'analisi dei flussi di traffico sono state definite le direttrici principali e corrispondentemente i rami di svincolo necessari. Dal punto di vista altimetrico le due strade sono state sovrapposte restringendo la zona di collegamento alle sole rampe di svincolo: questa scelta ha permesso da un lato di evitare conformazioni del ponte di eccessivo impatto ambientale e dall'altro di mantenere una corretta funzionalità della via. In definitiva l'attraversamento del fiume Serchio è costituito da un ponte viadotto con il superamento del fiume e della viabilità statale SS12 del Brennero unitamente ai due rami di svincolo, uno dei quali in viadotto. Il vincolo di funzionalità della SS12 ha imposto il superamento della parte stradale con una struttura mista caratterizzata da una elevata velocità di montaggio sia per la parte di attraversamento che per la rampa di svincolo (fig.2).

Per l'attraversamento fluviale vero e proprio i principali vincoli sono derivati dall'Autorità di Bacino del fiume Serchio che ha imposto l'assenza di qualsiasi sottostruttura di ostacolo alla piena con tempo di ritorno duecentennale unitamente alla Soprintendenza competente che ha richiesto una struttura, per quanto possibile, di modeste dimensioni e ben integrata nell'ambiente.

Nel ventaglio di possibilità sottoposte alla Committenza e agli Enti preposti ai pareri in ambito fluviale ed ambientale, la soluzione è ricaduta sul ponte ad arco sottile e trave irrigidente con elevato ribassamento ed arco singolo centrale. Le altre soluzioni sono state scartate in quanto in contrasto con i vincoli presenti: la struttura strallata è stata ritenuta eccessivamente impattante; le strutture a via inferiore, tipo Maillart, incompatibili con il deflusso di piena; infine, la soluzione a via inferiore tradizionale, archi gemelli con ribas-



samento di circa 1/5, paesaggisticamente incompatibile.

#### **SCELTE DI PROGETTO**

La definizione dei parametri significativi di una struttura richiede, in linea generale, una serie di valutazioni di carattere statico, funzionale ed economico in modo da raggiungere un punto di equilibrio ottimale. Nel caso in esame l'attraversamento è composto da due viadotti di accesso, il ponte vero e proprio e una rampa di svincolo. I viadotti di accesso sono caratterizzati da luci medie, 40,00 metri, con forti vincoli per la presenza della strada statale di raccordo, da mantenere in esercizio durante le lavorazioni. In pratica la progettazione è stata sviluppata con l'utilizzo di impalcati in sistema misto acciaio calcestruzzo con soletta collaborante che ha consentito la



Fig. 2 - Planimetria delle opere di attraversamento

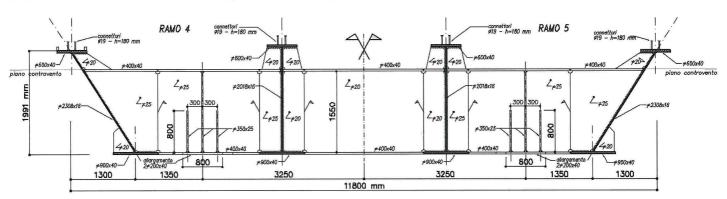


Fig. 3 – Sezione trasversale viadotti di accesso

riduzione delle interruzioni del traffico alla strada statale ai tempi strettamente necessari al varo delle travi metalliche.

I due impalcati di approdo al ponte sono stati realizzati in struttura mista acciaio calcestruzzo di tipo ordinario di luce netta pari a 40,00 metri, altezza d'impalcato di 2,40 metri e con sezione trasversale con quattro travi a doppio T di cui le due estreme inclinate in modo da ricongiungersi al profilo della sezione trapezia del ponte principale (fig.3-4-5). Per il viadotto in sponda sinistra, in relazione alla contiguità con la rampa di svincolo, la sezione trasversale è stata conformata con le due travi estreme ad inclinazione variabile in modo da realizzare un



Fig. 4 – Vista dal basso dei viadotti di accesso





Fig. 5 - Particolare anima inclinata

perfetto passaggio tra il profilo trapezio del ponte ed il profilo ad anime verticali della rampa di svincolo (fig.6-7-8). Il ramo di svincolo è costituito anch'esso da una struttura mista in acciaio e soletta collaborante in trave continua organizzata sulle luci di 29,50-53,00-25,00 metri ad asse curvilineo in modo da assecondare perfettamente il tracciato stradale d'inserimento della via provinciale sulla SS12 (fig.9).

Per l'attraversamento principale sono state compiute numerose valutazioni parametriche sia per le caratteristiche geometriche principali, sia per i materiali da utilizzare per le conseguenze di carattere tecnico, funzionale ed estetico che derivano dalle varie possibilità.

Lo studio dei sistemi combinati arco-trave e, più precisamente, di funicolare e trave irrigidente riguarda un'estesa varietà di strutture. In linea del tutto generale i parametri che influenzano il comportamento del sistema riguardano sia la geometria complessiva e delle singole membrature sia la tipologia dei materiali con cui sono realizzate le due parti. Per i sistemi combinati arco-trave a via inferiore i parametri principali di comportamento sono i seguenti:

 $E_aA_a/E_tA_t$  = rapporto di rigidezza estensionale arco/impalcato

E<sub>a</sub>A<sub>a</sub>/E<sub>c</sub>A<sub>c</sub>= rapporto di rigidezza estensionale arco/cortina di sospensione

 $E_aJ_a/E_tJ_t=$  rapporto di rigidezza flessionale arco/impalcato

F/L = rapporto di forma o ribassamento, freccia arco/luce dell'impalcato

Una trattazione rigorosa del problema conduce a procedure di ottimizzazione che, nella forma più generale, portano alla ricerca del punto di minimo di una funzione obiettivo

(f(xi)=min) con vincoli di tipo semidefinito (gj(xi)<=0) che descrivono il complesso di limitazioni da rispettare: resistenza; stabilità locale e globale; fatica; deformabilità, a cui si aggiungono altri vincoli di tipo tecnologico e funzionale. La funzione obiettivo, talvolta fortemente condizionata da fattori di natura estetica, rappresenta la caratteristica saliente del processo e può riguardare sia i tempi di esecuzione, sia i pesi complessivi o il costo totale. In linea generale non esiste un punto di minimo relativo per il processo di ottimizzazione all'interno dei campi di validità dei parametri fissati; in altri termini non è definibile a priori alcun vettore soluzione che identifichi in modo univoco un punto ottimale di progettazione.

Il ribassamento (F/L) rappresenta un parametro significativo del processo di ottimizzazione che tuttavia è fortemente condizionato dalla tipologia del materiale costituente l'arco e dal suo sistema di stabilizzazione laterale. Il rapporto (F/L) di 1/5 è il valore più frequente nelle strutture ad arco a via inferiore anche se, per archi liberi come nel caso di sospensione centrale, non rappresenta sicuramente una soluzione ottimale. Archi con forti ribassamenti (1/7-1/10) presentano migliori condizioni di stabilità rispetto ad archi con ribassamenti ordinari (1/4-1/5).

La rigidezza della sospensione condiziona il funzionamento combinato tra le due membrature: del resto, le trattazioni classiche hanno come ipotesi di studio proprio l'inestensibilità di cortina. Abbandonare l'uguaglianza degli spostamenti verticali

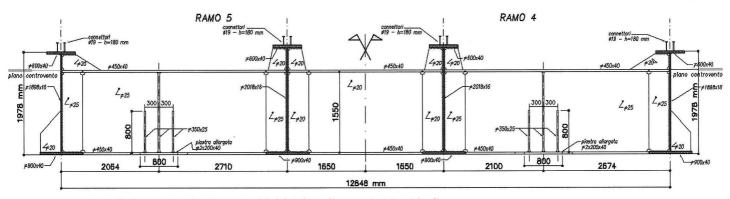


Fig. 6 – Sezione trasversale ad una estremità del viadotto di accesso in sinistra idraulica





Fig. 7 – Vista prospetica del bordo trave dell'intero attraversamento



Fig. 8 – Sezione trasversale rampa di svincolo

tra l'arco e l'impalcato vanifica ogni sforzo di ottimizzazione delle due membrature con la conseguenza di un arco che sostiene solo se stesso e l'impalcato che, a guisa di trave semplicemente appoggiata, costituisce il ponte vero e proprio. Nella pratica costruttiva la rigidezza di cortina sufficiente a garantire il funzionamento del sistema combinato è facilmente raggiungibile con interassi di pendinatura modesti (1/10-1/30 L) e con sezioni trasversali condizionate essenzialmente dalla resistenza e dalla fatica. Il rapporto di rigidezza estensionale tra arco ed impalcato garantisce principalmente il comportamento strutturale del primo, in quanto una sensibile deformazione assiale dell'impalcato si riflette in cadute di spinta e momenti flettenti nell'arco assolutamente intollerabili. Tuttavia le necessità legate al transito impongono, in linea generale, strutture d'impalcato sufficientemente rigide dal punto di visa estensionale per assicurare il funzionamento ad arco della membratura superiore.

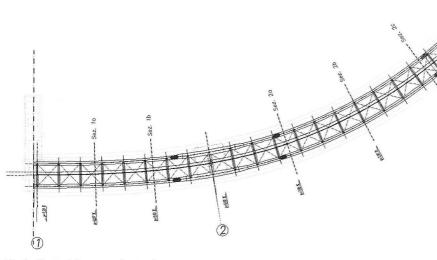
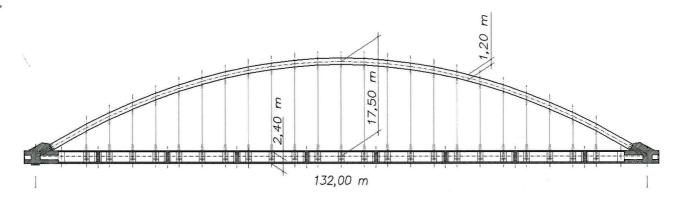


Fig. 9 – Pianta della rampa di svincolo



Il parametro di rigidezza flessionale tra le due membrature ed il ribassamento rappresentano quindi le principali variabili di progetto di un ponte in sistema combinato arco-trave a via inferiore correttamente impostato, cioè tale che sia ipotizzabile una pratica inestensibilità della cortina di sospensione e con cadute di spinta per effetto della deformabilità assiale dell'impalcato non condizionanti per la progettazione.

Nel ventaglio di possibilità dei sistemi combinati arco-trave la configurazione ad arco sottile e trave irrigidente (EaJa/EtJt = 0), proposto da F. Langer nella seconda metà del XIX secolo, presenta delle caratteristiche peculiari. Il comportamento statico ha affinità dirette con strutture apparentemente molto diverse come i ponti sospesi o Maillart; la struttura così concepita porta alla massima efficienza per le due membrature (arco, impalcato) costituenti il sistema. L'arco per la sua conformazione geometrica è destinato al sostegno di tutti i carichi uniformi, in pratica i permanenti e le quote uniformi dei carichi di servizio. L'impalcato assume l'impegno di sopportare tutte le azioni disuniformi e quindi i carichi di servizio comunque disposti. In questa combinazione si ottiene il massimo dell'efficienza nei riguardi dell'impegno dei materiali con conseguente risultato in termini di leggerezza ed eleganza della struttura. Nella pratica corrente le strutture di questo tipo presentano impalcati snelli (Ht/L= 1/50-1/70) ed archi sottili (Ha/L= 1/50-1/100) con ribassamenti variabili tra 1/4 e 1/8.

Dal punto di vista dell'impegno delle membrature l'arco è sollecitato essenzialmente 2,50 m 2,40 m 16,10 m

Fig. 10 – Sezione longitudinale e trasversale del ponte ad arco

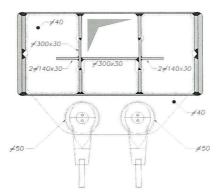


Fig. 11 – Sezione trasversale arco metallico

da sforzo normale con escursione tensionale limitata ai carichi di servizio di tipo uniforme. L'impalcato si presenta in condizioni permanenti come catena del sistema, con sollecitazioni di trazione uniforme, ed azioni flettenti modeste dovute essenzialmente alla discontinuità della cortina di sospensione. Per i carichi di servizio l'impalcato è soggetto a sollecitazioni variabili per entità e segno. Questa particolare caratteristica del comportamento strutturale del sistema combinato diventa in pratica il punto critico dell'intera progettazione. Il transito del carico di servizio di lunghezza pari a circa metà luce, sintetizzabile dalle due disposizioni possibili, sollecita l'impalcato con le massime e minime azioni flettenti con escursioni sensibili dei livelli tensionali ai bordi della sezione.

Le soluzioni ibride, con valori di rigidezza flessionale dell'arco e dell'impalcato comparabili, presentano situazioni di estrema delicatezza: l'arco viene impegnato da caratteristiche flettenti di segno alterno alla stessa stregua dell'impalcato con escursioni tensionali importanti rispetto alle soglie di fatica per i dettagli strutturali normalmente utilizzati.

Nel ventaglio di possibilità costruttive, la soluzione interamente in acciaio è stata scartata per i pesi eccessivi di carpenteria che derivano da una corretta progettazione di fatica. La soluzione mista con arco in acciaio ed impalcato in travi metalliche con soletta in calcestruzzo collaborante non presentava particolari vantaggi rispetto alla precedente a causa della presenza diffusa sull'intera lunghezza di caratteristiche flettenti negative, che impegnano esclusivamente la sezione in acciaio, con valori dello stesso ordine di grandezza dei massimi positivi per i quali la sezione mista diventa efficiente: il computo dei costi, sviluppato in dettaglio [1], ha mostrato un incremento del 20% sulla soluzione poi realizzata.



Fig. 12 – Vista della piastra di attacco arcoimpalcato

La soluzione mista con arco in acciaio ed impalcato in c.a.p. rappresenta un punto di equilibrio di sicuro interesse: l'impalcato in c.a.p. consente di utilizare completamente la soletta d'impalcato come parte strutturale attiva senza alcun rischio di trazioni; la rigidezza estensionale e flessionale derivante dalla sezione trasversale a cassone precompresso consente di avvicinare il comportamento strutturale allo schema classico Langer con i conseguenti vantaggi in termini di riduzione delle sollecitazioni flettenti nell'arco. Parimenti l'uso dell'acciaio per l'arco rappresenta la migliore soluzione in grado di utilizzare al meglio il materiale con ampie garanzie nei confronti della stabilità e del comportamento d'insieme. Del resto l'impiego dell'acciaio con altri materiali, dal tradizionale calcestruzzo ai più moderni composti fibrorinforzati, rappresenta oggi la migliore alternativa per lo studio di strutture capaci di fornire ottimi risultati espressi in termini di funzionalità ed economicità.

#### **IL PONTE AD ARCO**

Dall'analisi delle varie soluzioni possibili è emersa la scelta di un sistema misto acciaio calcestruzzo con impalcato in c.a.p. ed arco in acciaio. La combinazione dei due materiali ha consentito di utilizzare al meglio le possibilità statiche e funzionali del ponte ad arco sottile e trave irrigidente. Le caratteristiche geometriche del ponte sono sintetizzabili come segue (fig.10):

- · Luce netta tra gli appoggi: 132,00 m
- · Larghezza d'impalcato: 16,10 m
- Freccia arco: 17,50 m rapporto F/L = 1/7,5



Fig. 13 - Vista della cortina di sospensione

• Altezza arco: 1,20 m rapporto Ha/L =1/110 • Altezza trave: 2,40 m rapporto Ht/L = 1/55L'impalcato, a cassone bicellulare in c.a.p., ha una rigidezza flessionale notevole e grazie alla precompressione baricentrica non presenta situazioni di decompressione per qualsiasi condizione di carico. La variazione del campo tensionale nei materiali, acciaio e calcestruzzo, è largamente contenuto nei limiti di fatica. L'arco in acciaio (fig. 11), disposto secondo un profilo parabolico è costituito da una sezione a cassone di forma rettangolare con lamiere di spessore variabile composte in modo da ottenere la massima efficienza nei riguardi della resistenza e della stabilità.

I due lati corti presentano spessori di 110 mm mentre i due lati lunghi hanno spessore costante di 20 mm. La sezione è irrigidita con diaframmi trasversali e nervature longitudinali in modo da garantire lo sfruttamento della sezione con assenza di fenomeni di

gamento tra l'arco e la pendinatura posta ad una distanza di 5,00 metri utilizzando direttamente i diaframmi trasversali. In prossimità delle imposte la sezione trasversale è stata gradualmente modificata con maggiorazioni di spessore nei due lati lunghi e nervature a tutta altezza in modo da evitare concentrazioni di sforzi ai lati e consentire un agevole trasferimento del carico al calcestruzzo d'impalcato con tensioni di contatto limitate ai valori di norma. La modifica di carpenteria ai due conci terminali ha consentito di mantenere compatta la connessione arco-trave, con piastre di appoggio sul calcestruzzo di dimensioni pari alla sezione a cassone dell'arco (fig.12). Le sezioni di contatto acciaiocalcestruzzo sono compresse in ogni fase di servizio mentre durante il montaggio si verifica una parzializzazione della sezione in

instabilità locale anche in caso di tensioni su-

periori ai limiti di proporzionalità. L'interasse

dei diaframmi, 2,50 metri consente il colle-



Fig. 14 – Vista superiore della rampa di svincolo



Fig. 15 – Montaggio travate principali della rampa di svincolo





Fig. 16 – Vista dell'impalcato completato e inizio della costruzione dell'arco



Fig. 17 – Postazioni di saldatura in opera

caso di vento forte e durante la fase di tesatura della cortina che ha richiesto la posa di alcuni tirafondi in barre GEWI del diametro di 50 mm.

Il sistema di sospensione è costituito da una cortina di coppie di funi spiroidali chiuse del diametro di 72 mm d produzione TENSOTECI poste ad interasse di 5,00 metri (fig. 13). Il collegamento di estremità è del tipo a forcella sull'arco ed a ponte per l'impalcato in c.a.p. con rotazioni parassite praticamente trascurabili.

Il comportamento strutturale della struttura così concepita si avvicina molto allo schema Langer classico di arco sottile e trave irrigidente con i corrispondenti vantaggi espressi in termini di sicurezza, funzionalità ed economicità. La particolare forma a cassone diaframmato dell'arco presenta delle rigidezze estensionali, flessionali e torsionali in grado di portare la sicurezza verso fenomeni di instabilità a livelli elevati. La verifica è stata compiuta considerando imperfezioni geometriche e perturbazioni instabilizzanti con combinazioni di carichi di servizio amplificati e controllando con analisi non lineare che la tensione nell'acciaio restasse all'interno del campo di comportamento proporzionale.

#### **IL MONTAGGIO**

Il montaggio della struttura di attraversamento è stato eseguito in modo differenziato per i viadotti di accesso e per il ponte



Fig. 18 – Vista dell'arco completamente libero

vero e proprio. I ponti in struttura mista sono stati montati dal basso, con gru di portata sufficiente secondo normali tecniche esecutive (fig. 14-15).

Per il ponte ad arco il montaggio ha richiesto particolare attenzione sia per le caratteristiche reologiche dell'impalcato, ritiro e viscosità, sia per le ridotte capacità portanti delle due membrature, arco ed impalcato, prese separatamente.

Infatti, in linea generale, le soluzioni di montaggio per un ponte ad arco a via inferiore sono strettamente legate alle caratteristiche geometrico-statiche delle due membrature composte. In casi di archi con elevata rigidezza flessionale è possibile operare un montaggio dei conci d'impalcato seguendo



tecniche affini ai ponti sospesi; diverso è il caso, come quello in esame, di arco sottile incapace di resistere a qualsiasi azione flettente derivante dal posizionamento di conci isolati d'impalcato comunque pesanti. In casi come questo la soluzione di montaggio difficilmente passa da metodologie diverse da quelle che prevedono la costruzione dell'impalcato e il successivo montaggio dell'arco. Il completamento dell'arco è seguito dall'attivazione della cortina di sospensione pretesa in modo da congelare nella struttura una condizione permanente tale da trasferire tutto e solo il carico portante e portato attraverso l'arco. Questa fase di montaggio è estremamente delicata in quanto una carente o eccessiva presollecitazione porterebbe come diretta conseguenza una forte sottostima dei momenti flettenti in travata con ripercussioni sulla resistenza dell'intera struttura. L'impalcato è stato realizzato con prefabbricazione parziale in cantiere fino al completamento su pile provvisorie (fig.16-17). L'arco, suddiviso in conci, è stato posizionato nella sua configurazione finale su pile provvisorie e completato con i giunti trasversali saldati in opera (fig.18).

L'attivazione della cortina di sospensione



Fig. 19 – Operazioni di pretensione della pendinatura

è stata studiata per fasi in modo da garantire la sicurezza dell'arco durante le varie condizioni intermedie e raggiungere una configurazione finale di arco funicolare dei carichi permanenti [2]. La successione delle operazioni di tesatura ha portato al sollevamento dell'impalcato dalle pile provvisorie ed ha consentito anche una verifica indiretta della condizione di rottura di un pendino che potrebbe accadere durante la vita della struttura (fig.19). Dopo l'ultimazione delle

finiture l'attraversamento è stato collaudato confermando il comportamento previsto in sede di progetto con abbassamenti in linea con i valori teorici, ed è stato posto in esercizio nel maggio 2007 (fig. 20-21).

# **DURABILITÀ E MANUTENZIONE**

La struttura di atraversamento è stata progettata tenendo presente la sua durabilità ed in modo da consentire una facile manutenzione. I viadotti di accesso sono caratte-



Fig. 20 – Vista prospettica all'ingresso del ponte

N°sequenza					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0		pendini			-	-	-	-	-	-	-	н	H	-	-	-	min	max	tiroMAX
1	5	6	18	19	-	-	-	=	566	2988	*	н	-	=	-	-	566	2988	2988
2	11	12	12	13	۳	-	-	-	3752	3820	-	-	-		3115	2409	2409	3820	3115
3	4	7	17	20	-	-	-	2696	1652	1806	2839	-	-	=	2879	2376	1652	2879	2839
4	3	10	14	21	н.	E	2309	1489	1347	1685	2373	-	-	2271	1664	1448	1347	2373	2309
5	8	9	15	16		Ŀ	2413	1587	1315	1274	1296	1320	1333	1338	1339	1339	1274	2413	1333
6	1	2	22	23	2120	1337	1337	1337	1337	1337	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1337	2120	2120

Tab. I – Successione di tiro dei pendini di sospensione

rizzati da sezioni di tipo aperto con controvento inferiore di torsione per la parte curva, comunque accessibili per controlli periodici sullo stato della struttura e degli appoggi. L'arco in acciaio presenta due passi d'uomo alle estremità ed è percorribile da una parte all'altra attraversando tutti i diaframmi di attacco della sospensione. L'impalcato è dotato di due ingressi alle estremità del ponte con la possibilità di ispezionare l'intero cassone di altezza netta di circa 1,90 metri con accesso in piena funzionalità agli attacchi dei pendini. La struttura metallica è in acciaio patinabile tipo CORTEN ed è stata verniciata, per motivi estetici, limitatamente all'arco ed alle travi di bordo dei viadotti di accesso. Il ciclo di verniciatura utilizzato prevede la sabbiatura SA21/2 con mano di fondo in zincante epossidico, mano intermedia con zincante epossidico e successivamente strato di finitura con vernice poliuretanica con RAL 1013.

Le funi di sospensione sono del tipo chiuso



Fig. 21 – Vista panoramica

con fili zincati a caldo con i vuoti di composizione con tamponante interno Tensofill e con i fili esterni a Z che prevengono l'ingresso di agenti esterni.

I capicorda a forcella superiore sono di tipo

zincato così come i capicorda a ponte della parte inferiore di attacco all'impalcato.

Dr. ing. Massimo Viviani,

SE.I.CO. srl, Lucca

#### **DATI CARATTERISTICI**

#### Committente:

Amministrazione Provinciale di Lucca

## Imprese esecutrici:

A.T.I. CO.E.STRA. Spa (FI)

ORTOLAN SpA (TV), costruzione
carpenteria metallica

### Responsabile del Procedimento:

Ing. Riccardo Gaddi (Amm.ne Prov.le Lucca)

# Progetto:

Ing. Gabriele Cerri (Amm.ne Prov.le Lucca) Ing. Massimo Viviani (SE.I.CO. srl) (LU) Acciaio da carpenteria Fe 510 D

#### Peso acciaio arco:

480 ton

#### Peso Viadotti di accesso:

180 x 2 ton

#### Peso rampa di svincolo:

220 ton.

# Inaugurazione dell'attraversamento:

5 maggio 2007

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] F. Galassini, "Ponte a sistema combinato arco trave: studio di un caso concreto", Tesi di Laurea, A.A. 2004/2005 Università degli Studi di Udine, Facoltà di Ingegneria

[2] M. Viviani, G. Del Guerra, "Sulla pretensione di cortina nei ponti ad arco a via inferiore" Atti XXI Congresso CTA, Catania 2007.

