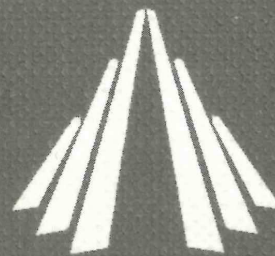


Collegio dei Tecnici dell'Acciaio

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

FACCIAE E REALIZZAZIONI
PONTI
RESTAURO E CONSERVAZIONE

VIADUCT VERRAND

VIADOTTO VERRAND

Paolo Maestrelli¹ - Pierangelo Pistoletti²

¹ e ² SETECO s.a.s. di Pistoletti ing. Pierangelo
Corso Aurelio Saffi 1B/8 - 16128 Genova

ABSTRACT

The report discusses the building technologies of Verrand Viaduct, an important orthotropic plate bridgework of the Monte Bianco - Aosta (Courmayeur - Morgex trunk, 13th site) highway building project.

The structure is now being built up and it will be completed on or before the 2000th year.

The report is going to show the main bridge features, dwelling upon the cause that have led to the actual structural choices and upon the construction launch problems, both linked to the hard ground shape.

SOMMARIO

La relazione tratta del Viadotto Verrand, importante opera autostradale in piastra ortotropa inserita nell'ambito dei lavori di costruzione dell'Autostrada Monte Bianco - Aosta, tronco Courmayeur - Morgex, lotto 3.

La struttura è in fase di costruzione e se ne prevede il completamento entro l'anno 2000.

Se ne illustrano le principali caratteristiche soffermandosi sulle motivazioni

1. SCELTE PROGETTUALI

Il viadotto in oggetto è situato su un versante molto acclive e corre parallelamente all'attuale Statale Aosta – Monte Bianco, a quota inferiore di quest'ultima.

La forte pendenza del versante ha imposto come prima fondamentale scelta costruttiva un'unica piattaforma per entrambe le carreggiate autostradali. Lo sdoppiamento delle pile, con la necessità del mantenimento delle stesse quote per entrambe le carreggiate, avrebbe infatti comportato sottostrutture di grandissimo impatto, soprattutto per quelle di valle, nonché di notevole difficoltà realizzativa.

Per quanto riguarda la tipologia d'impalcato l'iter di scelta è stato più sofferto.

Si è partiti da una soluzione in c.a.p., con campate di 100 m di luce e schema realizzativo tipo DIWIDAG, nell'intento di contenere i costi di realizzazione.

Con l'inizio della fase realizzativa però, prospezioni mirate nei siti di costruzione delle singole pile hanno evidenziato la natura franosa del versante e la sua poco affidabile stabilità, con conseguente richiesta di grandi opere di fondazione e consolidamento per porre in sicurezza le stesse sottostrutture.

Da qui la necessità di ridurre per quanto possibile il numero di interventi sul versante, ovvero il numero di pile, nonché di evitarne il posizionamento in punti di particolare rischio di instabilità.

La soluzione alternativa, ricercata con l'intento di rispettare un isocosto complessivo rispetto alla soluzione di base, è stata individuata in un sistema misto acciaio-clc con piastra unica in c.a. di ~ 20 m di larghezza e doppia trave metallica, di altezza pari a 7 m ed interasse 13 m, con interposta una trave di spina quale rompitratta della soletta in c.a.

La soluzione è stata studiata a livello di Progetto Esecutivo, ottenendo conferma della previsione di isocosto rispetto alla soluzione originaria.

L'esecutivo delle sottofondazioni però, in considerazione di fatti accaduti sul versante in corso d'opera, ha evidenziato ancora consistenti problemi di realizzazione dei pozzi di sottofondazione e di eccessiva deformabilità degli stessi nei confronti dei carichi d'impalcato, che rendevano non sufficientemente affidabile la soluzione individuata.

Per lo schema di impalcato si è quindi giunti alla soluzione definitiva di piastra ortotropa, attualmente in esecuzione, con i seguenti benefici:

- Riduzione di ~ 20 % di carichi orizzontali trasversali, ottenuta con la riduzione di altezza della trave da 7 m a 5,5 m (effetto vento).

- Riduzione della sensibilità della struttura del ponte agli spostamenti differenziali orizzontali degli appoggi, dovuta alla minore rigidità della piastra ortotropa rispetto alla sezione corrispondente del sistema misto.

Benefici che hanno consentito soprattutto un dimensionamento del sistema di sottofondazioni (pozzi) sufficientemente affidabile e quindi realizzabile.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto autostradale in oggetto, posto in località VERRAND (AO) da cui ha preso il nome, è realizzato interamente in acciaio, a piastra ortotropa, con schema statico di trave continua su 5 campate rispettivamente di 97,5 m, 135 x 3 m e 97,5 m di luce teorica, per uno sviluppo complessivo di circa 600 m tra gli assi appoggi terminali.

Le prime tre campate sono in rettilineo, la quarta in raccordo clotoideo e la quinta è in curva a raggio costante pari a circa 500 m.

La struttura è costituita da due travi principali poste ad interasse di 11,166 m collegate inferiormente da un controvento reticolare e superiormente dall'impalcato in piastra ortotropa.

Quest'ultimo è costituito da una lamiera, di spessore variabile da 12 a 16 mm, irrigidita longitudinalmente da canalette, con sezione chiusa trapezia, disposte ad interasse 600 mm e trasversalmente da traversi a \perp posti ad interasse di 3,25 m per le campate di riva e 3,114 m per le campate centrali.

La larghezza complessiva d'impalcato è di 19,75 m per le prime tre campate con allargamento graduale a 20,966 m per la quarta e quinta campata.

I N.J. laterali in acciaio occupano 0,5 m per lato mentre al centro è posizionato un cordolo separatore, con N.J. in cls alleggerito, di larghezza pari a 1400 mm.

L'altezza di trave è costante, pari a 5,5 m, per il tratto in rettilineo, mentre per il tratto in curva la variazione di pendenza trasversale si ottiene con rotazione della piattaforma superiore, mantenendo il fondo costantemente orizzontale ai fini del varo ed ottenendo quindi due altezze diverse per le travi principali.

3. ESECUZIONE DEL MANUFATTO

Trasversalmente la piattaforma è suddivisa in 7 conci, con ingombri variabili da 2,7 a 3,0 m.

I giunti in opera di travi principali, traversi e canalette sono bullonati ad attrito, ad eccezione dei giunti di piastra superiore che sono saldati.

I collegamenti dei controventi inferiori e degli elementi reticolari dei diaframmi sono realizzati con bulloni AR a taglio.

L'orografia del sito non consente di poter eseguire il montaggio della struttura con sollevamenti dal basso.

E' possibile un'agibilità parziale intorno a Pila 3, che comunque richiederebbe qualche intervento per consentire l'accesso a mezzi pesanti quali gru di portata adeguata, ~ 300 t, e bilici di trasporto conci.

E' pertanto necessario il montaggio in quota, per il quale si è preferito il varo frontale rispetto al montaggio in avanzamento a sbalzo per conci successivi.

Le considerazioni che hanno condotto alla scelta del varo frontale sono le seguenti :

- Minor onerosità in termini di mano d'opera, con risparmio stimato fra il 25 e il 30 %. L'assemblaggio dei vari conci viene infatti eseguito in aree facilmente accessibili ed opportunamente attrezzate in modo da semplificare notevolmente sia il controllo geometrico che tutte le altre operazioni di assiemaggio. Per il montaggio a sbalzo a conci successivi invece si sarebbe obbligati a preassiemare i vari conci in opera, direttamente sul fronte di varo, con imbastitura di tipo meccanico per il controllo della geometria, altrimenti impossibile.
- Maggiore flessibilità di cantiere, con possibilità di aprire più fronti di lavoro contemporaneamente all'esecuzione delle opere civili riducendo i tempi globali di esecuzione. Mentre nel caso di montaggio a sbalzo il fronte di lavoro è forzatamente legato all'avanzamento delle opere civili ed alla loro maturazione.
- Maggior facilità di protezione e controllo delle lavorazioni con possibilità di predisposizione di vere e proprie officine di cantiere.
- Minor sensibilità ad eventuali riparazioni di saldatura. Non si bloccherebbe infatti il preassiemaggio ma solo la spinta per la possibilità di eseguire comunque l'assiemaggio di altri conci eseguendo poi la spinta con volata maggiore.
- Minor quantità di acciaio. Per il montaggio a sbalzo infatti si inducono nella struttura momenti flettenti fino ad oltre due volte maggiori di quelli previsti in esercizio per i conci di

La conformazione planimetrica del viadotto, con tratti in rettilineo e tratti in curva, obbliga al varo su due fronti, richiesto peraltro per accorciare i tempi di montaggio.

Occorre infatti considerare che la spinta può soltanto essere effettuata in retto e quindi secondo l'asse di un manufatto rettilineo, oppure secondo la tangente di un manufatto curvilineo a raggio pressoché costante.

In quest'ultimo caso i meccanismi di scivolamento, predisposti sulle varie pile, risultano infatti sulla stessa linea curva accompagnando il manufatto durante la spinta.

Sono necessari semplici ritegni orizzontali, comunque presenti per sicurezza anche con la spinta in rettilineo, e slitte che consentano le escursioni orizzontali causate dall'andamento reale dell'asse di travata, conformato secondo una spezzata approssimata alla curva teorica.

Tali eccentricità sono comunque molto modeste e per questo accettabili con tutta sicurezza.

Nel caso in questione, con Raggio di curvatura di ~ 500 m e conci di ~ 15 m, si hanno eccentricità dell'ordine di $5/6$ cm.

Il varo è previsto con l'ausilio di un avambecco reticolare di ~ 90 m di lunghezza e slitte bilanciate di scorrimento con portata di ~ 1000 t cadauna.

Ciascuno dei due fronti verrà dotato di capannoni di lavoro necessari al fine di rendere l'area di assiemaggio protetta e quindi indifferente alle situazioni climatiche avverse.

4. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

La struttura è concepita, in esercizio, come un cassone torsiorigido alla Bredt con le anime delle travi metalliche, piastra superiore ed il traliccio inferiore che costituiscono le quattro pareti delimitanti il cassone stesso e quindi il percorso per il flusso di tensione tangenziale.

I diaframmi verticali, disposti al passo di $9,75$ m. nelle campate di riva e $9,342$ m. nelle campate centrali, costituiscono valido ritegno per consentire il mantenimento di forma della sezione.

Lo schema statico globale, come detto, è di trave continua su 6 appoggi.

Ai fini della stabilità d'anima, sono stati predisposti irrigidenti trasversali e idonei irrigidenti longitudinali nella disposizione richiesta dalle relative verifiche di stabilità.

Per gli indici di deformabilità si è provveduto a controllare che le frecce indotte dai carichi permanenti, prima fase, siano contenute entro il valore di $L/300$, pur predisponendo opportune contromonte d'officina e che infine le deformazioni per i carichi mobili, terza fase, siano

Data la notevole larghezza di piattaforma a doppia carreggiata, ~ 20 m, le valutazioni delle caratteristiche statiche delle varie sezioni sono ottenute considerando una riduzione di larghezza collaborante di piastra (effetto share leg) in analogia a quanto usualmente effettuato per le sezioni miste.

Per quanto riguarda la piastra ortotropa, ai fini della distribuzione locale delle azioni, si hanno due distinti schemi statici:

- Le canalette : considerate come travi continue su appoggi rigidi sollecitate da una linea di carico, ridotta del 15 % per la compartecipazione delle canalette adiacenti. Suddivisione comprovata da studi a grigliato effettuati su analoghe situazioni statiche.
- I traversi : sollecitati dalle reazioni max. delle canalette ed operanti come travi semplicemente appoggiate sulle travi principali.
La determinazione della porzione di piastra collaborante è stata effettuata in analogia alla porzione collaborante delle solette di sezione mista.

Per entrambi gli elementi strutturali si considera un coefficiente $\varphi = 1,4$.

Per l'analisi statica globale si distinguono tre fasi:

- Fase 1 : è agente il peso proprio della struttura metallica.
- Fase 2 : sono agenti i permanenti portati, ovvero la pavimentazione, i cordoli, i N.J. impianti vari.
- Fase 3 : corrisponde al transito dei carichi accidentali.

Particolare attenzione è stata rivolta alla determinazione delle lunghezze delle stese di carico per ottenere in ciascuna sezione la condizione di massimo valore di taglio, di momento flettente o di momento torcente.

A tal fine il treno di carico è stato fatto scorrere su tutta la campata ricercandone successivamente gli effetti peggiori su ciascuna sezione.

Le sollecitazioni nella sezione resistente, sempre la stessa nelle tre fasi, sono state calcolate in due modi:

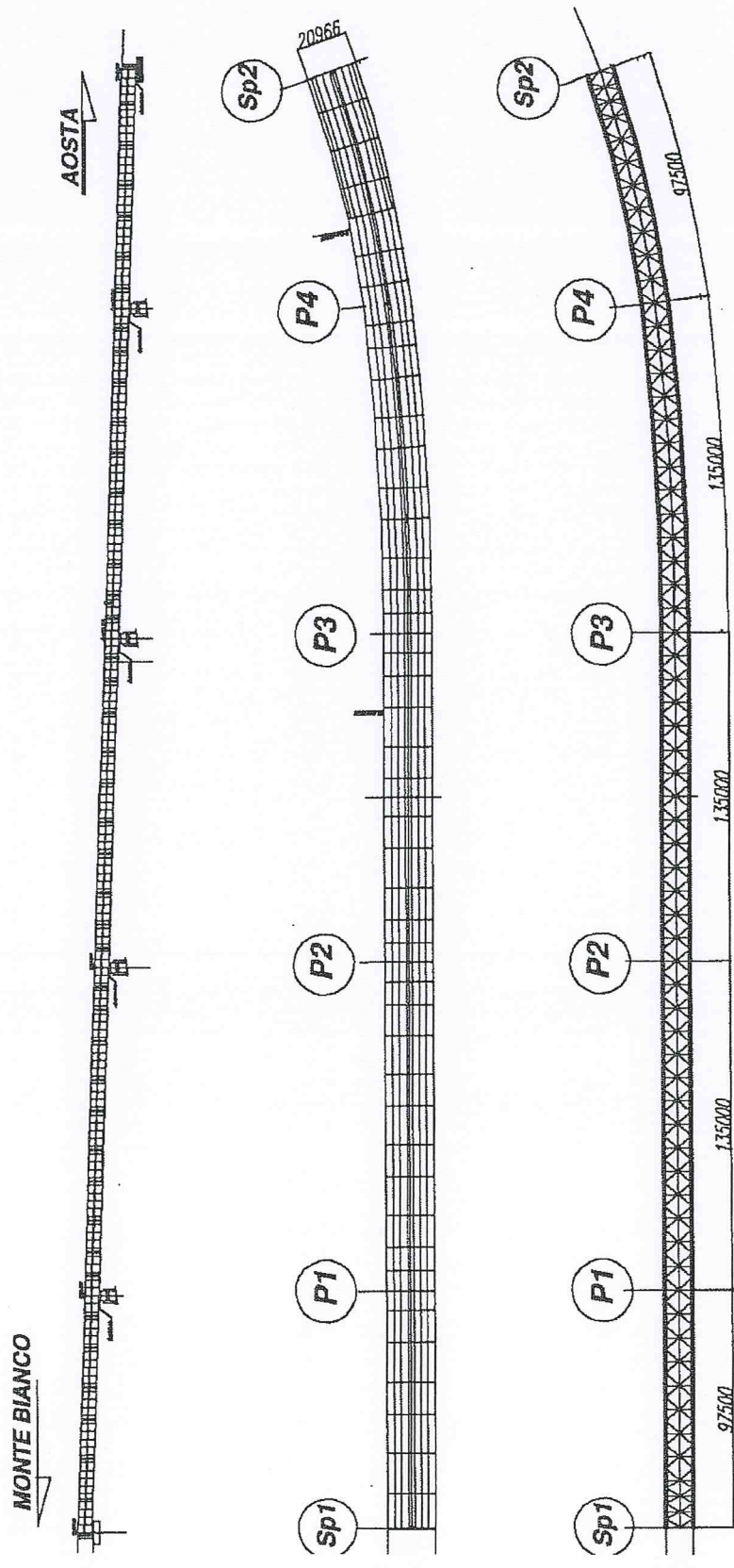
- considerando le canalette come spalmate sulla piastra superiore per verifiche di stabilità delle anime (canalette non reagenti a taglio) e dimensionamento dei giunti.

5. MATERIALI IMPIEGATI

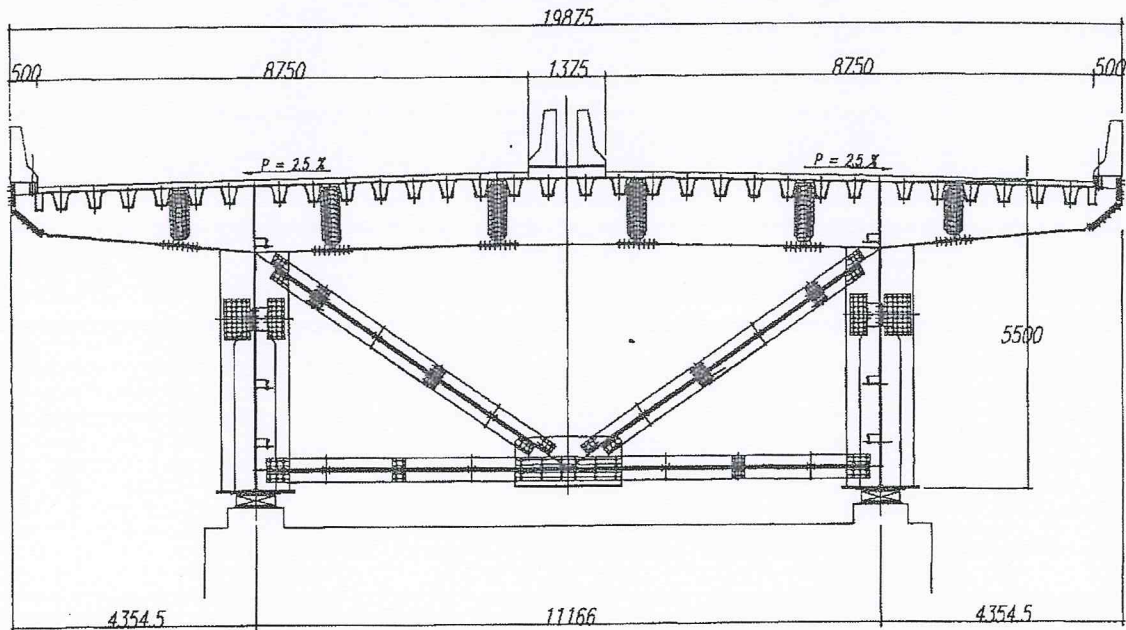
Travi principali	Acciaio tipo Fe 510 con grado: D per spessori ≤ 40 mm DD per spessori > 40 mm
Angolari e piastre bullonate	Acciaio tipo Fe 510 C
Bulloni A.R.	Viti secondo UNI 5712, cl. 10.9 UNI 3740 Serraggi secondo D.M. 09.01.96
Saldature	Secondo DM 09.01.96
Giunti in opera	Bulloni ad attrito con $v = 0,3$: - giunti d'anima e di piattabanda delle travi principali - giunti dei traversi - giunti di canaletta Saldati in P.P. su supporto ceramico: tutti i giunti di piastra Bulloni a taglio: - controventi - diaframmi reticolari

6. IL VIADOTTO IN CIFRE

- Sviluppo complessivo	: 600 m
- Superficie d'impalcato	: ~ 12000 m ²
- Acciaio strutturale	: ~ 6040 t
- Larghezza d'impalcato	: 19,7 m + 20,97 m
- Committente	: RAV – Raccordo Autostradale Valle D'Aosta S.p.A.
- Progetto Esecutivo	: SPEA S.p.A. Milano SETECO s.a.s. di Pistoletti ing. Pierangelo
- Realizzazione opere civili	: Viadotti Courmayeur A.T.I. ASTALDI - GIUSTINO



SEZIONE IN ASSE SPALLA M.BIANCO



SEZIONE IN ASSE SPALLA AOSTA

in Curva R=500 m.

