

Nuovi orientamenti per la progettazione di **PONTI E VIADOTTI**

a cura di **Marcello Arici** – Università degli studi di Palermo
Enzo Siviero – Università IUAV di Venezia

- Normativa sui ponti ed Eurocodici
- Calcestruzzo e tipologie strutturali
- Collaudo e gestione
- Ponti in zona sismica e fondazioni
- Adeguamento dei ponti esistenti



AUDACI SISTEMI DI VARO PER PONTI A CONCI CONIUGATI: IL VIADOTTO CANNETO SULL'AUTOSTRADA MESSINA-PALERMO

V. Scalesse, F. Di Iullo^{*}, A. Recupero^{**}, G. Sceusa^{***}

^{*}Ingegneri – Studio Scalesse – Roma

^{**}Ingegnere – Università di Messina

^{***}Ingegnere – Consorzio per le Autostrade Siciliane – Messina

Sommario

In questo nota viene descritta una particolare tecnica di montaggio degli impalcati di ponti a cassone monocellulare prefabbricato a conci, utilizzata per il viadotto "Canneto" sull'autostrada A20 Messina – Palermo. Viene altresì descritta l'attrezzatura impiegata, la struttura ausiliaria resasi necessaria ed appositamente progettata e costruita, le verifiche di sicurezza e tutto ciò che ha reso possibile il felice esito dell'operazione. Tale tecnica, alternativa a quelle classicamente disponibili, rappresenta una valida scelta quando da una carreggiata già realizzata si voglia condurre in parallelo il montaggio di quella adiacente senza usare le più costose attrezzature per varo longitudinale o verticale.

1 INTRODUZIONE

I viadotti della tratta (fig. 1) Furiano (ME) - Castelbuono (PA) sono costituiti da impalcato continui con struttura a cassone monocellulare di grande luce, mediamente 70-90-100 metri, realizzati con l'impiego di conci prefabbricati, a piè d'opera, con giunti coniugati. Gli impalcato sono stati assemblati a sbalzo dalle pile con l'ausilio di tipologie particolari di attrezzature a seconda della metodologia di varo scelta dall'impresa appaltatrice.

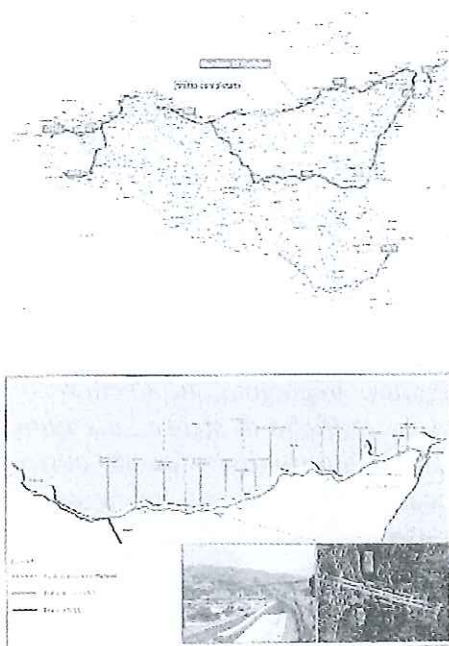


Fig. 1. Sito oggetto di intervento

Le tipologie di varo adottate sono state, essenzialmente, due e, più specificatamente:

1. varo longitudinale con l'ausilio di un carro ponte reticolare metallico (Fig. 2, 3);
2. varo verticale con l'ausilio di autogrù, e/o navetta e castelletto di varo.

Tutti gli impalcato dei viadotti realizzati e posti in esercizio lungo la tratta in argomento sono stati montati con i due metodi sopra riportati. In condizioni normali, infatti a variare delle condizioni orografiche del cantiere, degli accessi, delle posizioni delle piazzole di stoccaggio, la soluzione ottimale, sia tecnica che economica, è da ricercare tra queste due.

Il primo dei due metodi è stato utilizzato anche per la realizzazione della carreggiata sud (direzione ME) del viadotto "Canneto", facente parte del lotto 26 bis appaltato all'RTI Gepco/Salc/Ricciardello.

Per quanto riguarda invece il completamento della carreggiata nord (direzione PA), è stata utilizzata una, inedita, terza tipologia ovvero quella del varo laterale con autogrù sbracciante dall'impalcato già realizzato.

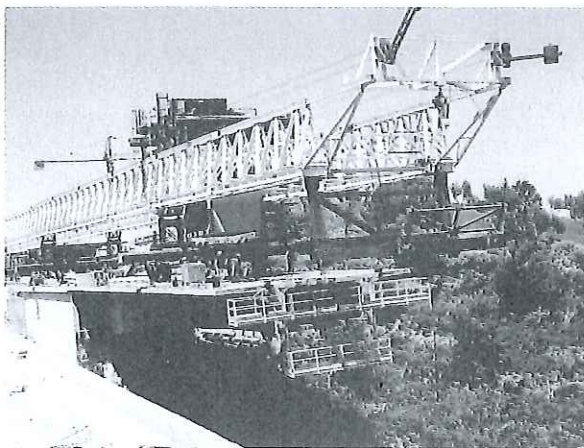


Fig. 2. Montaggio dei viadotti con carro di varo



Fig. 3. Posizionamento del primo conio sulla pila

La particolare tecnica di montaggio dei conci di questo impalcato ha richiesto l'impiego di una specifica attrezzatura ausiliaria, appositamente progettata e costruita, resasi necessaria per le sopravvenute necessità di montaggio, certamente non programmate inizialmente.

2 IL VIADOTTO "CANNETO"

Il viadotto "Canneto", come genericamente i viadotti della autostrada Messina-Palermo, è costituito da due carreggiate distanziate e praticamente parallele:

- la carreggiata destra (pista per Palermo) ubicata verso mare, lunga 433,00 m (4 campate centrali da 90 m, 1 campata laterale da 50 m e 1 campata laterale a contrappeso da 23 m);
- la carreggiata sinistra (pista per Messina) ubicata verso monte, lunga 370,00 m (3 campate centrali da 90 m e 2 campate laterali da 50 m).

Le due piste sono ad interasse di circa 25 m; il viadotto è una trave continua di grande luce (90 m per le campate centrali) eseguita con conci prefabbricati, resi solidali con resina epossidica e precompressi, le pile sono del tipo a fusto unico monocellulare:

- per la pista destra quattro pile intermedie, una spalla lato Palermo a semplice appoggio, una spalla a contrappeso lato Messina (staticamente equivalente ad un incastro) lunga 23,00 m;
- per la pista sinistra quattro pile intermedie e due spalle a semplice appoggio.

Le pile della pista destra sono sfalsate di circa 10 m verso Palermo rispetto alle corrispondenti della pista sinistra.

Per il montaggio dell'impalcato era previsto l'impiego di un "carro-varo" con alimentazione dei conci, loro collocamento, incollaggio e precompressione, seguendo una tecnica ampiamente sperimentata (Fig. 2, 3).

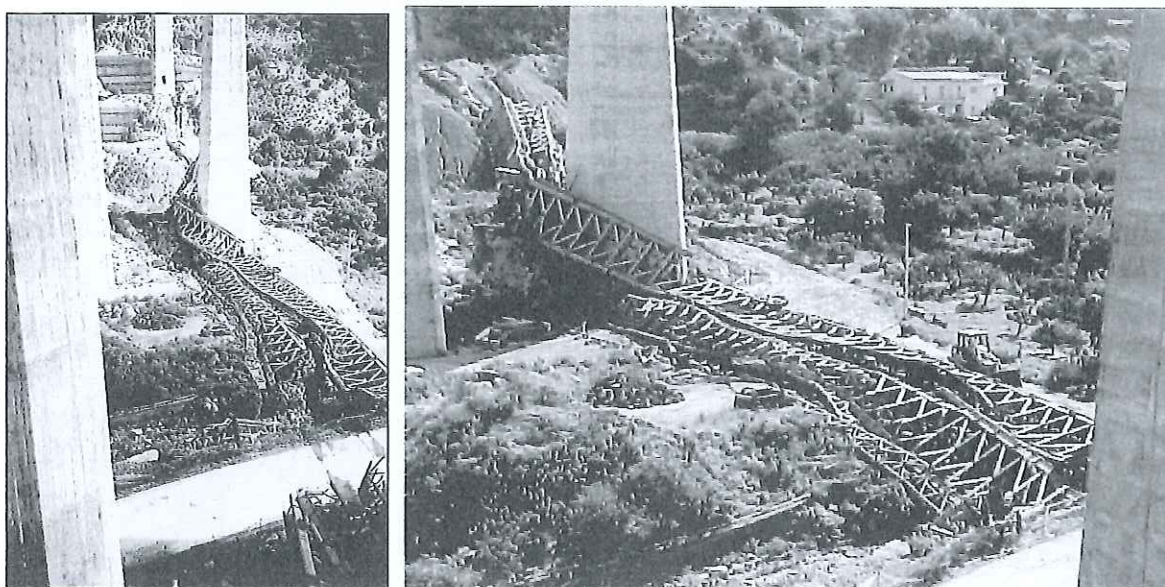


Fig. 4. Resti del carro di varo dopo il crollo

3 L'EVENTO IMPREVISTO

Per prima fu completata la carreggiata sud; poi fu iniziata la pista verso Palermo partendo dalla spalla-contrappeso lato Messina: venivano realizzate e connesse le "stampelle" delle pile n. 1 e n. 2 e il carro si autovarava poggiando in una prima fase le gambe anteriori sulla pila n. 3 e successivamente sui conci n. 0 e n. 1 ME facenti parte della struttura di "testa pila".

Nella notte del 15-16 settembre 2002, durante un furioso temporale, il carro-varo si ribaltava di fianco verso monte precipitando al suolo e in pratica distruggendosi.

Per effetto della caduta lo sbalzo di impalcato subiva ampi squarci nei conci 5 PA ÷ 5 ME probabilmente coinvolti dai traversoni di appoggio del carro-varo e, con minore profondità ma più estesamente, nello sbalzo della stampella 1 nei conci da 10 a 13 PA (Fig. 5 e 6).

Fortunatamente gli squarci non interessavano il fascio principale dei cavi di precompressione longitudinali per cui la stabilità globale delle stampelle 1 e 2 e dell'impalcato già montato non erano stati compromessi. Nasceva, quindi, il problema di come proseguire il montaggio del viadotto, e di cosa fare dei conci n. 0 e n.1 ME montati sulla pila n. 3.

Nel frattempo il fallimento dell'impresa mandataria Gepco - Salc S.p.A. fece sorgere un ulteriore problema. Dopo lo svolgimento dell'iter procedurale di rito, alla mandataria subentrò, l'impresa mandante Geom. Ricciardello Costruzioni s.r.l.

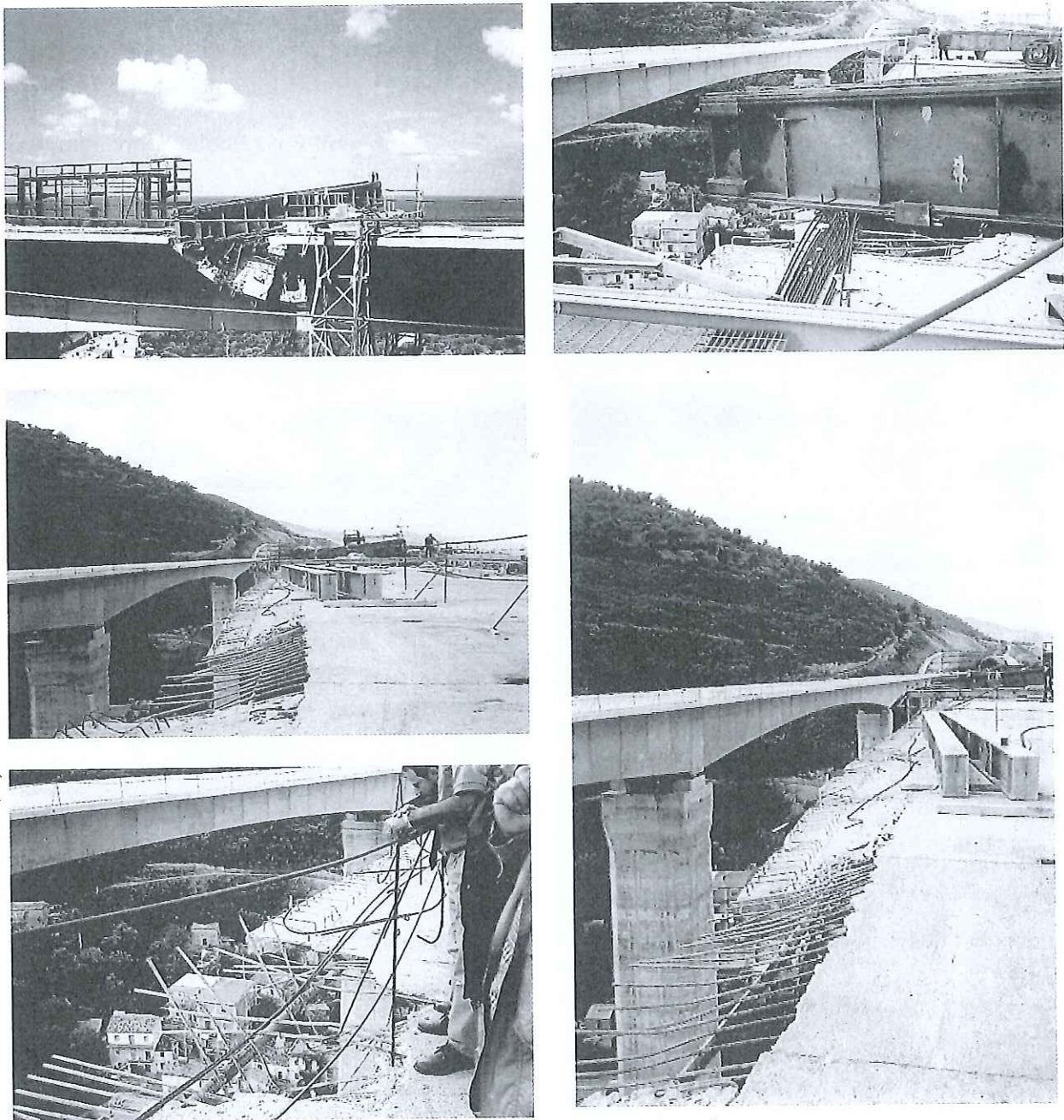


Fig. 5. Danni sull'impalcato provocati dal crollo del carro

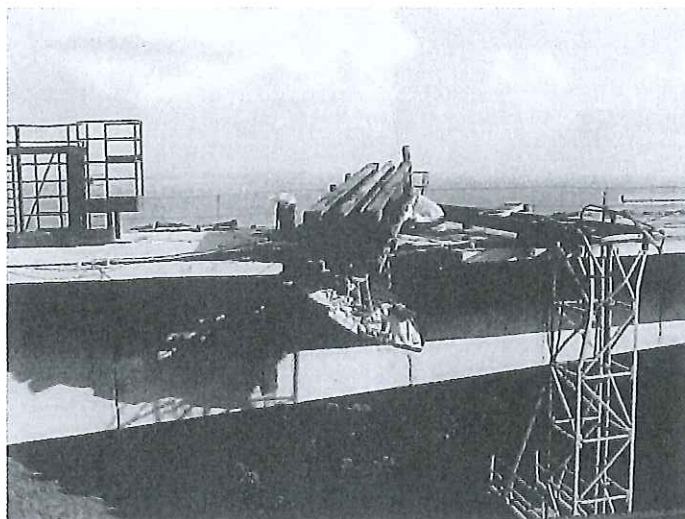


Fig. 6. Particolare dello sbalzo danneggiato

4 LA REALIZZAZIONE

Allorché l'impresa Ricciardello dovette decidere le modalità di messa in opera del tratto rimanente di impalcato, fu fatto il tentativo di reperire sul mercato le classiche attrezzature di varo. Ma venne scartata, la ricerca e l'impiego di un altro carro-varo a causa dei lunghi tempi richiesti e per l'impossibilità di iniziare il varo sulla spalla Palermo, interessata dai lavori della galleria "Contura", ma anche per la pericolosità di farlo dalla spalla Messina poggiandosi sulle stampelle danneggiate, prima degli interventi di riparazione, ed infine per il costo.

La soluzione di varo più logica sembrava quella dal basso, nonostante la grande altezza delle pile (circa 70 m la pila 3), utilizzando l'attrezzatura della Impresa Pontello e le "navette" relative già sperimentate e conosciute, sia dai progettisti dello Studio Scalesse che dalla impresa Ricciardello.

Infatti l'impresa Pontello aveva realizzato, nella tratta Castelbuono – Furiano, i viadotti Lauro, Periano, Buzza, Fontanazza, Chiappe, Pagliaro e Serravalle, nonché l'impalcato del viadotto Pollina per conto dell'impresa Ira/Ferrari.

Pertanto veniva avviata e conclusa, dopo lunghe vicissitudini, una trattativa di collaborazione per il montaggio e tutto sembrava risolto. Ma in data 10/10/03 l'Impresa Pontello comunicava di non poter fare fronte agli impegni presi per sopravvenuta cessazione di attività.

Nasceva così, da un colloquio fra l'impresa, i progettisti, la direzione lavori ed i consulenti, l'idea di una soluzione di varo trasversale utilizzando un'autogrù posizionata sulla carreggiata già costruita.

L'idea era semplice e allettante ed avrebbe potuto risolvere tutti i problemi anche se non era stata mai realizzata con queste modalità prima. Infatti in precedenti applicazioni le autogrù erano state usate solo appoggiandole direttamente sul terreno.

La pianificazione del montaggio nasceva da una valutazione di fattibilità e di sicurezza ed era preceduta da un serie di verifiche sul manufatto d'appoggio a seguito delle azioni generate dalle attrezzature utilizzate.

I dati del varo erano conosciuti;

-) larghezza della pista sinistra 11.60 m già costruito;
-) peso max del concio 85 t;
-) sbraccio della gru 25.50 m in retto.

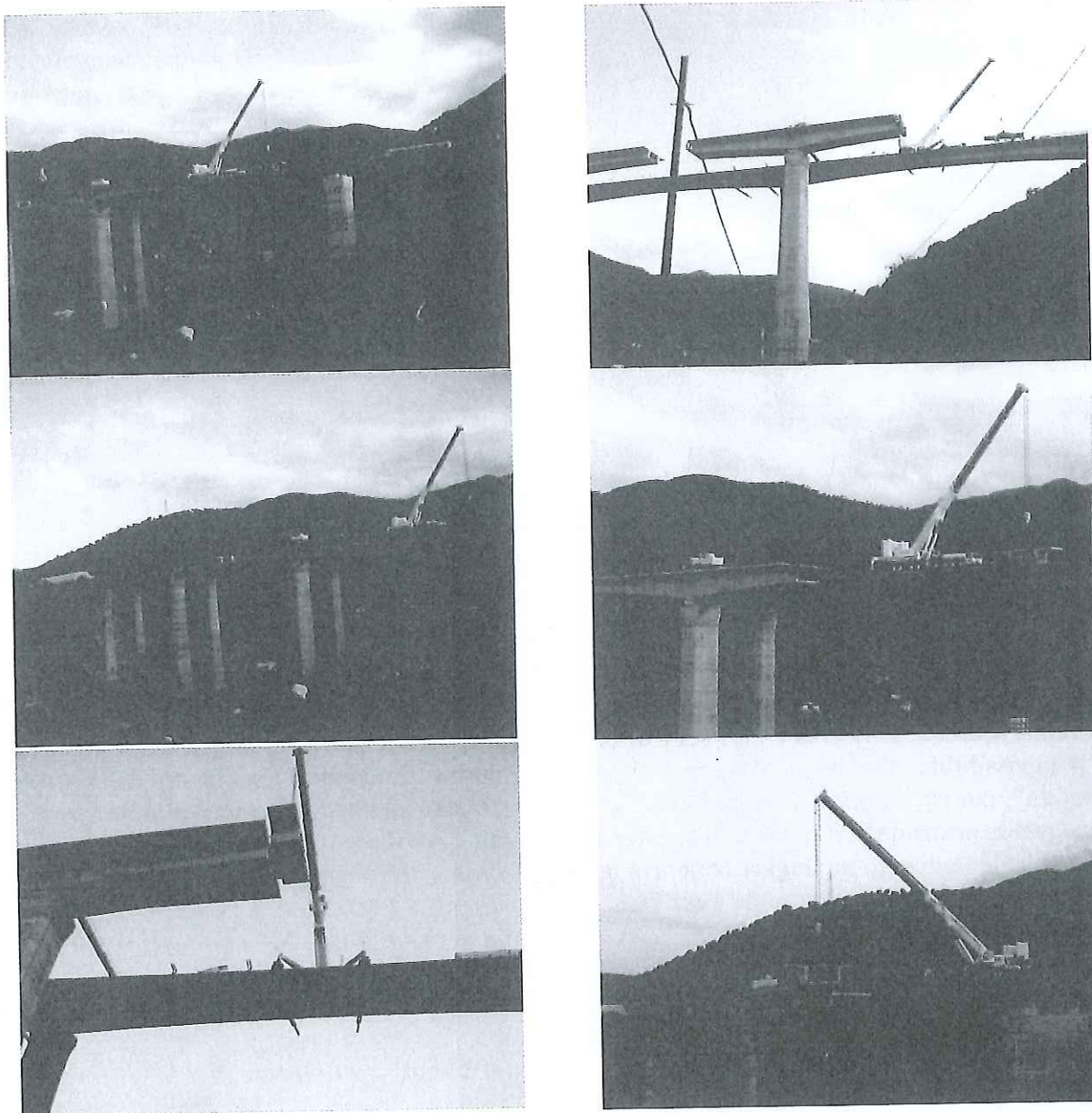


Fig. 7. – Viadotto Canneto, modalità di varo utilizzate

Una ricerca sul mercato individuava possibile una autogrù DEMAG AC 650 con carico totale compresa zavorra e conco di circa 380 t. Una seconda autogrù DEMAG TC 2800 veniva scartata perché troppo pesante.

L'autogrù DEMAG AC 650 è una macchina a 9 assi larga 3 m, poggiante su quattro stabilizzatori e provvista di ralla direzionale e supporto zavorra. In condizioni operative i carichi sotto i quattro appoggi devono essere sempre positivi a evitare capovolgimenti e uscite di bolla che avrebbero bloccato il funzionamento in automatico (Fig. 8).

Scelta la macchina, le sperimentazioni sulla stessa furono intensificate. Con questi parametri si procedeva ad una serie di prove sul terreno e veniva individuata una posizione della macchina con asse longitudinale spostato di 90 cm verso monte (rispetto all'asse longitudinale dell'impalcato), i due stabilizzatori del fianco destro uscenti 4.70 m e distanziati di 12.20 m, quelli del fianco sinistro uscenti 2.90 m, e distanti 9.18 m (Fig. 8).

Venivano effettuate 13 prove possibili senza e con il conco per individuare le forze trasmesse

dagli stabilizzatori (Tab. 1). Le reazioni risultavano sempre positive con un valore max. di 171 ton e minimo di 2 ton, ciò escludeva quindi il rischio di ribaltamento.

R_A (t)	R_B (t)	R_C (t)	R_D (t)	Condizione
95	68	171	49	pos. 1 A – carico concio dal carrello lato PA – $\alpha = 0^\circ$ - braccio 20 m
39	122	77	146	pos. 1 B – carico concio dal carrello lato ME – $\alpha = 180^\circ$ - braccio 20 m
136	109	38	97	pos. 2 – concio a 45° (lato ME) - braccio 20 m
127	149	72	32	pos. 3 – $\alpha = 85,95^\circ$ - braccio 25,50 m
126	149	70	35	pos. 4 – $\alpha = 90^\circ$ - braccio 25,50 m
127	152	64	37	pos. 5 – $\alpha = 94,05^\circ$ - braccio 25,50 m
13	43	133	118	pos. 6 – $\alpha = 94,05^\circ$ - braccio 25,50 m - scarica
12	45	131	121	pos. 7 – $\alpha = 90^\circ$ - braccio 25,50 m - scarica
11	40	134	121	pos. 8 – $\alpha = 85,95^\circ$ - braccio 25,50 m - scarica
2	72	85	146	pos. 9 – $\alpha = 45^\circ$ - braccio 20 m - scarica
19	106	49	131	pos. 10 – $\alpha = 0^\circ$ - braccio 20 m - scarica
78	45	153	28	pos. 11 – $\alpha = 180^\circ$ - braccio 20 m - scarica
50	37	158	63	pos. 12 – $\alpha = 135^\circ$ - braccio 25 m - scarica

Tab. 8. – GRU – Tabella riepilogativa scarichi sui piedi

I quattro stabilizzatori scaricavano le forze a 50 cm dal bordo dell'impalcato, ma l'entità delle reazioni era incompatibile con gli spessori e le armature degli sbalzi. È noto infatti come per il calcolo degli effetti locali sull'impalcato si utilizzi il carro convenzionale Q_{1a} da 60 ton.

Era necessario quindi diffondere i carichi fortemente concentrati in carichi maggiormente distribuiti che sollecitassero l'impalcato d'appoggio senza metterlo in crisi.

Allo scopo occorre progettare una struttura ausiliaria capace di riportare i carichi verticali e torcenti al nucleo resistente rappresentato dalla sezione scatolare centrale (travi-parete, soletta e controsoletta).

Tale struttura doveva essere rapidamente smontabile dall'alto senza necessità di bilance di servizio e leggera per non aggravare la situazione di sicurezza e naturalmente con un costo contenuto. Due travi di acciaio, poggianti sulle pareti portanti ed ad esse connesse, che collegavano i due stabilizzatori anteriori e i due posteriori, avrebbero risolto il problema.

Era necessario creare una "cravatta" fra le due travi di acciaio e la sezione scatolare, attiva per qualunque situazione di forze trasmesse dagli stabilizzatori. Il problema veniva risolto prima concettualmente e poi costruttivamente.

Le due travi superiori (traversoni) venivano realizzate con 4 profili HEM 600 e connessioni imbullonate, l'incravattatura ottenuta con due traversini costituiti da 2 HEM 240 poggianti sulla controsoletta e collegati ai traversoni con una barra DW $\varnothing 36$ messa in pretensione e comandata dall'alto, il tutto con terminali snodati per tener conto di pendenze ecc..

Lo spessore dei traversoni e delle piastre di appoggio è di 67 cm e quindi si è reso necessario creare una pista della stessa misura per l'appoggio delle ruote dell'autogrù, con gli inviti di salita e discesa.

Il peso della attrezzatura ausiliaria e dei segmenti della pista è risultato di 30 ton, la movimentazione fu affidata alla stessa autogrù.

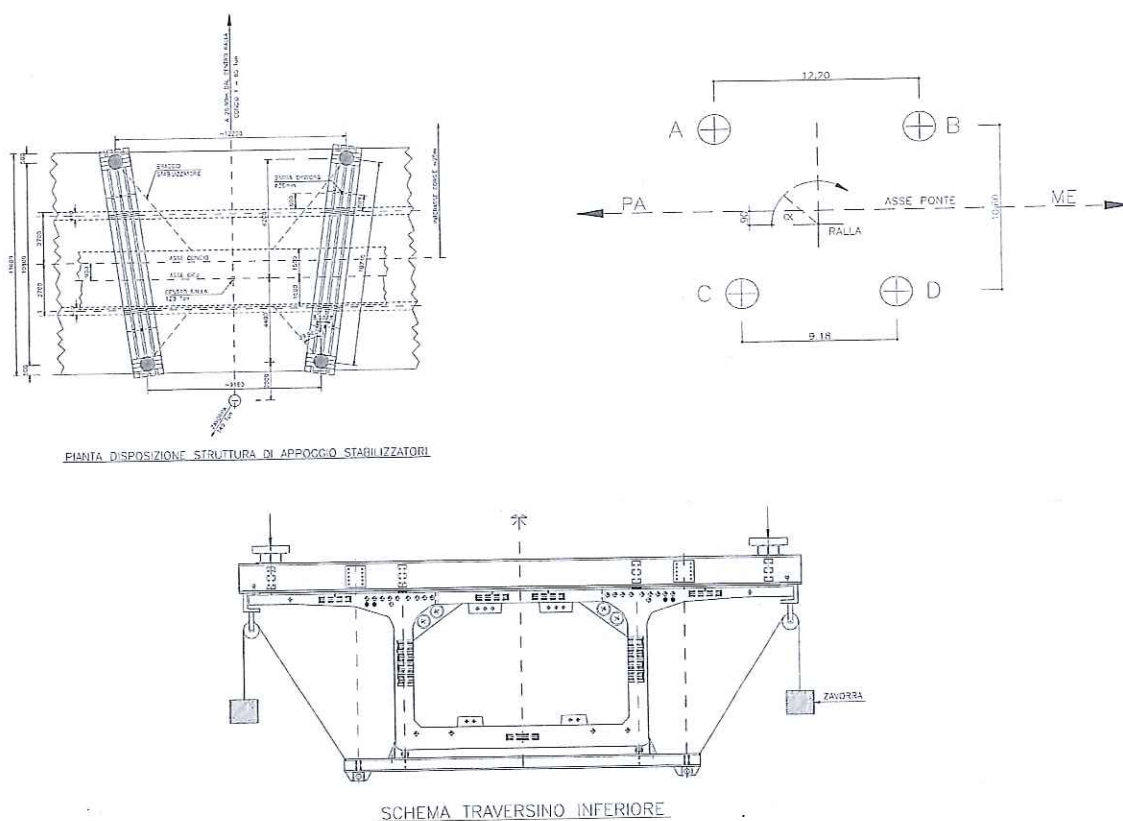


Fig. 8. - Schemi delle attrezzature ausiliare

LE OPERAZIONI DI VARO, CONTROLLI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Normalmente negli impalcati a conci prefabbricati la stampella viene eseguita con operazioni simmetriche, incollando e montando il concio di un lato, poi ripetendo l'operazione sul concio simmetrico, infilando i cavi definitivi e tesandoli, ossia accettando in linea provvisoria lo squilibrio di un concio.

In questo caso bisognava ridurre al minimo il numero delle stazioni della gru con tutte le operazioni connesse (montaggio e smontaggio dell'attrezzatura ausiliaria e della pista sopraelevata etc.), e questo si poteva ottenere accettando lo squilibrio temporaneo di due conci per lato. La verifica teorica era favorevole, naturalmente utilizzando tutti i fori delle lesene di ancoraggio presenti nell'intradosso della soletta di impalcato e riducendo il momento di sbalzo della stampella con l'impiego di una zavorra mobile di 30 t (in pratica un autocarro) poggiato sulla stampella dalla stessa gru.

In questa maniera sono bastate 14 stazioni della gru in posizione opportuna per varare tutti i conci della pista destra e completare tutte le stampelle, risultato superiore alle più ragionevoli aspettative.

Ad ogni "stazione" della gru era necessario controllare l'effetto dei carichi da essa trasmessi, un carico verticale max. di circa 410 ton (fra gru, zavorra, peso del concio, peso attrezzatura e cuscinetti ruote) e un torcente variabile con la fase operativa, per ogni sezione della trave continua di impalcato della pista sinistra del viadotto.

Come risultato è stato necessario introdurre precompressioni ausiliarie longitudinali con barre DW Ø32 (ed eccezionalmente Ø36) in varie sezioni dell'impalcato, e predisporre per ogni "stazione" una tabella degli interventi (numero e tipo delle barre DW da tesare (o da mollare) etc.

per ottenere la necessaria resistenza), utilizzando tutti i fori delle lesene presenti in soletta e controsoletta.

Infatti l'eccezionalità delle azioni transitorie imponeva la nascita sia pure per un breve lasso di tempo di stato di sollecitazione che doveva essere contenuto con il ricorso a precompressione temporanea.

CONCLUSIONI

Talvolta eventi eccezionali ed imprevisi mettono a dura prova le scelte progettuali, ma è in questi casi che l'ingegnere deve mostrare il meglio di se tirando fuori tutte le sue conoscenze, le sue esperienze, le sue capacità.

In quel momento al progettista sono richiesti capacità di sintesi ed abilità a coordinarsi con l'impresa perché le procedure progettuali vanno oltre l'ordinario e in queste circostanze egli deve inventarsi le modalità che meglio si adattano alle attrezzature necessarie ma anche immediatamente disponibili in cantiere. È quello il momento in cui trionfa l' "Ingegneria" con la I maiuscola. Il felice esito del varo e montaggio del viadotto, oltre ad aprire future applicazioni operative, è stato premio a fantasia, inventiva e perché no coraggio di tutti i protagonisti.