

Con i lavori sulla Statale 212 della Val Fortore, l'ANAS realizza nel Sannio un importante collegamento tra Benevento e Pietralcina. L'infrastruttura è caratterizzata da gallerie e viadotti di notevole impegno strutturale e geotecnico

ARCHITETTURA E PAESAGGIO: L'ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME TAMMARO NELLA VALLE DEL FORTORE

Marco Petrangeli*
Mauro Nanni**
Massimo Pietrantonio***

Camillo Andreocci****
Duilio Mura*****

La nuova S.S. 212 della Val Fortore, collegando Pietrelcina a San Bartolomeo in Galdo (BN), ridurrà drasticamente i tempi di percorrenza lungo la direttrice che da Benevento porta in direzione San Marco dei Cavoti. Oggi questo collegamento avviene lungo strade relativamente strette e tortuose che si adagiano sui rilievi collinari e pedemontani di questo angolo del Sannio, ricco di bellezze storiche e naturalistiche di grande valore.

I lavori del primo lotto di questo collegamento sono stati banditi dall'ANAS nel 2004 con la formula dell'appalto integrato e sono stati quindi aggiudicati all'ATI Consorzio Ravennate delle Cooperative di Produzione e Lavoro, Uniland Scarl (Gruppo Intini SpA di Noci (BA)), Rillo Costruzioni Srl di Ponte (BN).

Per l'esecuzione dei lavori il Consorzio Ravennate (mandante), Uniland (mandataria) e Rillo (mandataria) si sono costituite nel Consorzio Fortorina Scarl composto da Coop. Costruzioni Soc. Coop. di Bologna (per



Figura 1 - Il Tammaro II in costruzione

il consorzio Ravennate), Intini Angelo Srl (per il Gruppo Intini SpA) e Ril-
lo Costruzioni Srl.

Il lotto, di una lunghezza complessiva di circa 17,50 km, presenta una
elevata incidenza di opere d'arte in quanto l'orografia collinare è trop-
po accidentata per permettere il naturale inserimento di una strada
extraurbana tipo C1 del D.M. 05.11.2001 con velocità di progetto pa-
ri a 90 km/h.

La progettazione del corpo stradale e delle opere d'arte lungo il lot-
to ha inoltre dovuto tener conto delle scadenti caratteristiche mec-
caniche dei terreni interessati e degli associati fenomeni franosi in
essere, quiescenti o potenzialmente attivabili dai lavori stessi.

In definitiva, lungo il lotto si incontrano otto viadotti, per una lun-
ghezza complessiva di 1.845 m e otto gallerie per una lunghezza
complessiva di 3.788 m, dei quali il 70% di gallerie naturali.

Nel seguito sarà illustrata la progettazione e costruzione dei tre via-
dotti principali che si incontrano lungo questo primo lotto. I lavori
su questi viadotti sono praticamente terminati.

Alcuni interventi di finitura devono ancora essere effettuati e pro-
babilmente gli stessi saranno posticipati aspettando che termini la
costruzione delle gallerie.

Gli scriventi, d'accordo con la testata, intendono dare un succes-
sivo aggiornamento a lavori ultimati, mettendo l'accento su taluni
di questi aspetti di finitura e manutenzione che reputano molto im-
portanti.

Nel presente lavoro saranno invece discussi in maggior dettaglio
gli aspetti di progettazione strutturale e antisismica e quelli di can-
tierizzazione e costruzione, anche con riferimento alle lavorazioni
di officina della carpenteria metallica e successivo assemblaggio
e montaggio in opera.

La progettazione esecutiva

Il Progetto Definitivo posto a base di gara prevedeva per tutti i viadot-
ti una soluzione in c.a.p. con travi prefabbricate in semplice appoggio
di lunghezza generalmente tra 25 e 30 m circa, a eccezione del via-
dotto Tammaro, che aveva una lunghezza complessiva di circa 1.300
m con 27 campate da 48 m. Questa soluzione, certamente economi-
ca e ben collaudata, non è però priva di pesanti controindicazioni.

Tra queste alcune sono ben note e riconosciute: lo scarso valore ar-
chitettonico, a meno di non ricorrere a interventi di finitura con carter
o gusci; la necessità di realizzare ingombranti pulvini in modo da di-
sporre di spazio sufficiente per retrotravi, appoggi e garantire la loro
ispezionabilità; l'onere manutentivo di questi elementi di testa pila, in-
clusi gli eventuali giunti.

Un altro aspetto fortemente condizionante dei viadotti con travi pre-
fabbricate in semplice appoggio è la difficoltà di realizzare luci supe-
riori ai 30 m a meno di non solidarizzare le travi prefabbricate rinun-
ciando quindi allo schema in semplice appoggio. Questa limitazione
diventa molto condizionante nel caso di ponti alti dove luci così pic-
cole sono antieconomiche oltre che molto impattanti dal punto di vi-
sta dell'inserimento paesaggistico.

Le controindicazioni maggiori del caso specifico erano però legate ad
aspetti di sismica e geotecnica. Con la soluzione a travi poggiate non
si poteva evitare di posizionare le pile su tratti di versante instabili e
quindi, anche a causa della forte sismicità dell'area, si richiedevano
sottostrutture e fondazioni molto onerose.

I viadotti a travi poggiate hanno infatti lo svantaggio di presentare una
maggiore incidenza delle sottostrutture, sia per le luci modeste - mag-
gior numero di pile a parità di lunghezza del viadotto - sia per il fatto
che le stesse tendono a essere piuttosto rigide in quanto è comunque





Figura 2 - Una panoramica del Tammaro I e del Tammaro II (sullo sfondo). I due viadotti hanno le spalle poste a poche decine di metri

necessario realizzare un pulvino di grandi dimensioni per accomodare le travi prefabbricate; questo suggerisce di avere fusti pila anch'essi generosi, per ridurre gli oneri di casseri e armature del pulvino.

I fusti pila rigidi, richiedono a loro volta delle fondazioni molto resistenti per assicurare una corretta gerarchia delle resistenze, ovvero assicurare che la resistenza della fondazione (quella a taglio della palificata nel caso di specie) sia superiore a quella del fusto pila.

In definitiva, viadotti a travi poggiate in zona sismica su terreni di proprietà meccaniche scadenti sono difficilmente competitivi rispetto a soluzioni più snelle a travata continua, specialmente per viadotti di altezza superiore ai 15 m per i quali l'ingombro e il costo delle sottostrutture può diventare determinante sia dal punto di vista economico sia da quello dell'inserimento paesaggistico dell'opera.

Queste criticità si sono rilevate particolarmente gravi per i viadotti Lesce e Tammaro, per i quali gli studi geologico-geotecnici eseguiti in sede di progetto esecutivo hanno evidenziato situazioni geomorfologiche molto delicate. Per questi settori si sono infatti evidenziate aree di instabilità diffusa con presenza di frane complesse (da roto-traslazionali a "colate") in uno stato di attività pronunciato, anche a causa di riattivazioni recenti di frane più antiche considerate quiescenti nei precedenti studi. Particolarmente complessa è apparsa la situazione del viadotto Tammaro che interessa una lunga colata di frana, con dimensioni e caratteri di attività tali da suggerire forti perplessità sull'idoneità delle soluzioni adottate in sede di progetto definitivo. Dopo aver ipotizzato strutture di fondazioni su pozzo, ben più onerose e delicate rispetto a quelle del progetto definitivo, a seguito degli studi di dettaglio e in attesa dei risultati sul monitoraggio di questa frana (che non avrebbe potuto fornire dati affidabili nei ristretti tempi affidati alla progettazione), si è ritenuto di procedere con una variante plano-altimetrica del tracciato. Con questa variante il tracciato è stato spostato lateralmente rispetto alla colata, lunga alcune centinaia di metri, che avrebbe interessato, a partire dalla zona di testata, l'imbocco della galleria Fucello, un tratto di rilevato, la spalla e le prime sei campate del viadotto.

Con la variante è stata migliorata la situazione dell'imbocco della galleria e inoltre gli appoggi del viadotto sono stati ubicati in aree che, sia pur ancora geomorfologicamente delicate, non evidenziavano segni di frane attive. Con la stessa variante è stato inoltre possibile suddividere il lungo viadotto in due tratti, migliorandone il comportamento strutturale.

Questo approccio si è rivelato particolarmente vincente dopo aver acquisito i successivi risultati del monitoraggio inclinometrico della frana, che hanno individuato superfici di scorrimento attive (che hanno provocato la rottura dei tubi inclinometrici dopo le prime letture) a profondità di 10-15 m, superiori a quelle ipotizzate per il primo dimensionamento dei pozzi, che quindi si sarebbero trovati in condizioni fortemente critiche. Anche per il viadotto Lesce si presentava il problema del superamento di una zona di frana i cui caratteri dimensionali e di attività erano incerti.

Per i tre viadotti principali del lotto (Lesce, Tammaro I e Tammaro II) è stata pertanto presentata una variante con impalcato continuo a struttura mista acciaio-calcestruzzo.

Questa soluzione ha consentito di realizzare campate di luce ben più generosa e differenziata anche all'interno del singolo viadotto, selezionando i punti di appoggio e riducendo le zone di interferenza tra struttura e terreno. Tale variante ha riscosso il favore del Cliente e degli Enti interessati ed è stata pertanto sviluppata rapidamente al livello di progettazione esecutiva e quindi costruttiva in modo da poter individuare i fornitori delle carpenterie metalliche, che sono quindi risultati essere la BIT di Treviso e la Giugliano Costruzioni Metalliche di Napoli.

Pile e fondazioni

Per i viadotti a trave continua, specialmente se in zona sismica, il progetto delle pile è l'elemento determinante e distintivo dell'opera. Se poi l'impalcato è realizzato in economia con travi a doppio T in acciaio autopatinante (Corten), forma e finitura delle pile divengono ancora più importanti ai fini del risultato complessivo dell'opera.



Figura 3 - La pila in sponda destra del Tamaro II

I viadotti in questione hanno un'altezza delle pile variabile tra 10 m circa fino a un massimo di 30 m circa. Per queste altezze il ricorso a sezioni cave è superfluo e antieconomico.

Soluzioni a sezione piena hanno minor costo, maggiore durabilità e generalmente una migliore duttilità in quanto più facilmente confinabili e con un'ottima resistenza a taglio (quindi immuni da rotture di tipo fragile).

Certo, per altezze di 30-40 m, la sezione piena può risultare non ottimale dal punto di vista flessionale in quanto si può verificare una certa diseconomia di materiale. In questo caso si rende necessario utilizzare sezioni nervate, avendo l'accortezza di contemperare le esigenze di una cassatura e di una armatura ragionevolmente semplice con quelle di disporre di inerzie e moduli di resistenza appropriati nelle due direzioni.

Per i viadotti in oggetto si è pertanto scelta una sezione a "osso di cane" ovvero una sezione a H con l'inerzia maggiore nella direzione trasversale, quella più sollecitata in caso di sisma. Nella direzione longitudinale i viadotti a prevalente andamento rettilineo soffrono infatti molto meno rispetto alla direzione trasversale in quanto le forze di inerzia generate dall'impalcato agiscono nella direzione dell'infilata delle pile. Quest'ultime contribuiscono tutte a sopportare queste forze; quelle con appoggi fissi con un diretto impegno flessionale, quelle con appoggi mobili grazie all'attrito e alla forte dissipazione associata a questo meccanismo.

La sezione ad H permette inoltre di divaricare le ali della sezione stessa, nella parte alta fino ad arrivare a una distanza pari all'interasse travi, che per i viadotti in oggetto è di 7,20 m.



Figura 4 - La pila e il pulvino del Tamaro II

Si noti che una pila con una dimensione trasversale pari all'interasse travi sarebbe stata troppo rigida e avrebbe aumentato inutilmente le forze sismiche trasmesse in fondazione con un aggravio ingiustificato dei costi.

L'aspetto principale di questo tipo di pile da ponte però è senz'altro il pulvino. Le pile di altezza medio-bassa hanno una sezione ottimale che è necessariamente minore di quanto serve in quota per sorreggere un bitrave, ovvero un cassone. Si rende pertanto necessario realizzare un allargamento. Realizzare questo allargamento (pulvino) in maniera aggraziata, strutturalmente efficiente ed economicamente conveniente dal punto di vista realizzativo non è banale.

La soluzione adottata dagli scriventi è senz'altro valida ed è infatti relativamente diffusa in diverse declinazioni formali, soprattutto all'estero.

Il fusto presenta i tre allineamenti della H molto staffati e confinati che portano i tagli sismici nelle due direzioni. La sezione è però lobata - mediante una ulteriore scalanatura laterale - che permette di ottimizzare la rigidezza flessionale risparmiando materiale e slanciandone il prospetto.

Le trazioni che nascono al livello della corda superiore del pulvino dovute alla divaricazione a giglio delle due nervature principali vengono assorbite dall'anima stessa. Per le travi si ricavano in quota due aree di appoggio rettangolari di dimensioni pari a 1,80 * 3,00 m collegate dall'anima di spessore pari a 0,80 m.

Un ultimo aspetto di cui è necessario accennare, è quello relativo alle finiture. Le pile da ponte di impalcato in acciaio Corten tendono a macchiarsi con la prima ossidazione dell'impalcato.

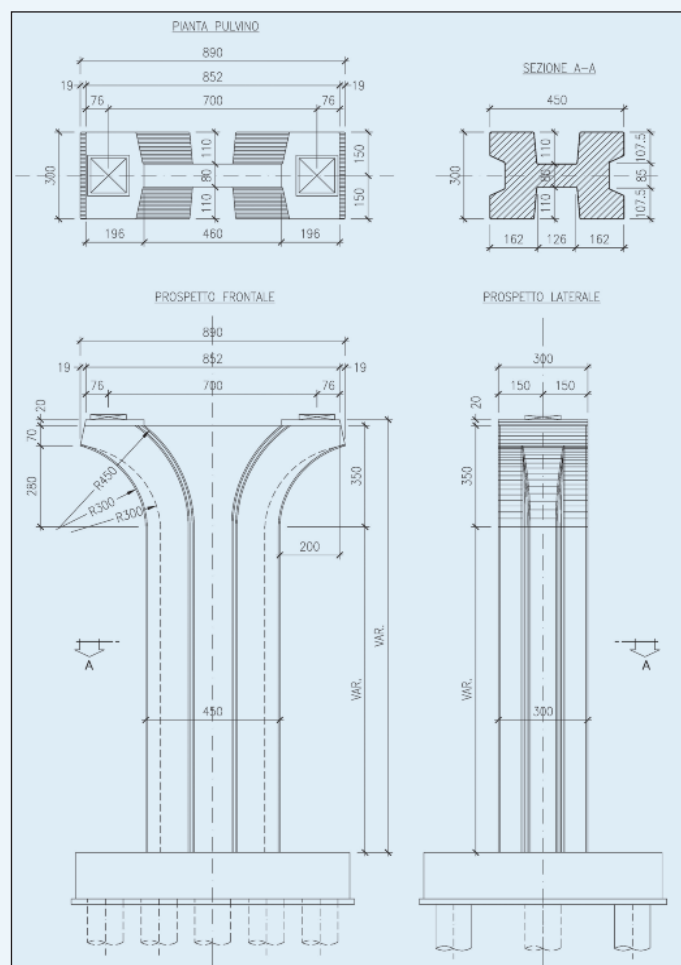


Figura 5 - Le carpenterie di pile e pulvini

Se a questo si aggiunge che non sempre è possibile ottenere calcestruzzi di colore perfettamente omogeneo per tutta l'altezza del fusto quando lo stesso è realizzato a ripresa durante un intervallo temporale di diverse settimane si comprende l'opportunità di prevedere una finitura del facciavista.

Là dove si ottenessero dei facciavista molto omogenei e di un'ottima qualità cromatica - tipicamente i calcestruzzi chiari sono molto più piacevoli di quelli scuri - si dovrebbe avere l'accortezza - come viene prescritto in altri paesi industrializzati - di proteggere le superfici fintanto che le travi non siano ossidate o comunque la soletta non sia terminata riducendo quindi drasticamente le eventuali percolazioni di ossidi. Queste prescrizioni non erano contenute nel capitolato dei viadotti in oggetto. Si sta però valutando la possibilità di realizzare delle opere di finitura che migliorino ulteriormente la durabilità, il valore architettonico e l'inserimento paesaggistico di queste opere



Figura 6 - L'effetto della verniciatura delle pile su i viadotti in Corten. Il ponte sul Sangro

A tutto quanto detto sopra si aggiunge in ultimo il fatto che gli impalcati in Corten, inducono nell'osservatore comune l'effetto "ferrovecchio". Questo effetto viene drasticamente ridotto se il viadotto presenta altre componenti di finitura pregevole. In questo caso il brunito dell'ossido delle travi può diventare una nota cromatica positiva, come si può facilmente apprezzare dalle Figure 6A e 6B, che si riferiscono alle pile del ponte sul Sangro prima e dopo la verniciatura.

[Di questo aspetto si tratterà in maggior dettaglio con la presentazione dell'opera finita, prevista per il prossimo anno.](#)



Figura 7 - Un plinto a nove pali del Tammaro II

Per le fondazioni dei tre viadotti è stata adottata la soluzione comune di plinto su pali di grande diametro (del diametro di 1.200 mm), con lunghezze differenziate tra 15 e 26 m a seconda delle caratteristiche locali dei terreni di fondazione.

Dove possibile sono state realizzate spalle passanti fondate su un unico allineamento di pali, caratterizzate da un comportamento longitudinale flessibile, mentre altrove sono state previste spalle scatolari su due allineamenti di pali e quindi caratterizzate da un comportamento longitudinalmente decisamente più rigido.

L'adozione di fondazioni in un certo senso tradizionali e comuni è stata possibile a seguito della variante descritta in precedenza che ha permesso di evitare le aree geologicamente instabili per le quali sarebbe stato necessario rafforzare decisamente le strutture di fondazione (con un maggior numero e/o diametro dei pali se non addirittura con strutture a pozzo) per assorbire le forze laterali aggiuntive derivanti dalle spinte dei terreni.

L'impalcato

La sezione dell'impalcato è realizzata con un bi-trave in acciaio Corten. Le travi hanno altezza costante per i due viadotti con luci minori ($H = 2,50$ m per il Lesce con luci massima da 55 m e $H = 2,60$ m per il Tammaro I con luce massima da 60 m). L'altezza travi è anche costante per le campate laterali del Tammaro 2 ($H = 2,80$ m) ma è ad altezza variabile per la campata principale di scavalco del Tammaro, con luce pari a 88 m e altezza trave variabile tra 3,80 e 2,80 m.

Con questa variabilità si ottiene un'ottimizzazione strutturale e un effetto di richiamo architettonico agli archi del ponte in muratura su cui passa la strada esistente. Questo ponte risulta infatti incorniciato dall'ampio telaio del nuovo viadotto.

Essendosi valutato, già in fase di progetto, che i viadotti sarebbero stati messi in opera dal basso con autogrù, si sapeva che la variabilità di intradosso non avrebbe costituito un aggravio tecnico nelle fasi di montaggio contrariamente al caso nel quale il viadotto fosse stato varato di punta.

Tutti i viadotti sono stati quindi realizzati con un solo pannello d'anima a meno dei conci di pila della campata principale dove si è dovuto ricorrere a una saldatura longitudinale per ottenere anime con altezza massima di 2,10 m. Questa unione è stata effettuata ricorrendo a un piatto orizzontale che ha permesso di realizzare due cordoni in automatico costituendo al contempo irrigidimento longitudinale per l'anima stessa.



Figura 8 - Un dettaglio dell'impalcato e dei traversi del tammaro I

Le piattabande hanno spessore massimo di 50 mm, là dove tale spessore non era sufficiente si sono realizzati sandwich fino a uno spessore massimo di 100 mm. La larghezza delle piattabande inferiori varia da un minimo di 900 mm a un massimo di 1.200 mm. Quelle superiori variano in larghezza da 550 mm a 1.000 mm.

I traversi sono stati realizzati quasi tutti ad anima piena, imbullonati agli irrigidenti verticali. Nel tratto con variazione dell'altezza d'anima (campata principale Tammaro II) i traversi sono invece di tipo a K, sia per una maggiore facilità nella realizzazione della variabilità richiesta sia perché per altezze importanti si ottiene un certo risparmio di materiale.

Il comportamento sismico

La Val Fortore è zona sismica; l'Ordinanza n° 3519 del 28.04.2006 stabilisce per questa area una PGA con probabilità di superamento 10% in 50 anni ovvero una PGA con periodo di ritorno 475 anni pari a 0,275 g. Con questi valori di accelerazione al suolo, è necessario progettare con l'obiettivo di ridurre le forze che si sviluppano nella struttura in fase di sisma. Una progettazione che non tenga conto di questo obiettivo comporta degli oneri in fondazione molto elevati. Per alcuni dei viadotti previsti inizialmente lungo questo lotto, con pile a setto di altezza ridotta, si aveva la necessità di realizzare fondazioni fino a 15 pali del 1.200 per luci di appena 30 m. Queste fondazioni così onerose si ottengono calcolando le sollecitazioni con analisi modale e spettro di risposta di normativa, con la PGA specificata e la duttilità massima ammessa per questo tipo di strutture.

I risultati così ottenuti sono però particolarmente penalizzanti: in primo luogo perché il calcolo elastico è generalmente conservativo e in secondo luogo perché, a parere degli scriventi, lo è anche l'azione sismica da considerare nelle verifiche.

Per i viadotti in oggetto si è pertanto fatto il possibile per ridurre le forze che si sviluppano in fase di sisma. Questo obiettivo era fondamentale per la fattibilità stessa della variante proposta. Passare infatti da un impalcato a travi poggiate con luci da 30 m a dei viadotti a struttura mista con luci variabili tra i 55 e i 90 m comporta ovviamente un incremento di costo per gli impalcati. Tale incremento è più che ripagato dal miglioramento architettonico e funzionale dell'opera ma è ovvio che poter recuperare su i costi delle sottostrutture è stato determinante.

Si è quindi partiti studiando una sezione di pila che avesse l'inerzia minima necessaria. Questa sezione è stata ovviamente calibrata sulle pile più alte del Tammaro II, quelle a cavallo del fiume omonimo, che hanno un'altezza di 30 m circa.

Per il Tammaro II queste pile hanno sufficiente flessibilità e duttilità per assorbire l'azione sismica senza per altro trasferire tagli sismici proibitivi in fondazione.



Figura 9 - Uno scorcio dei testa pila e dell'impalcato del Tammaro I con gli appoggi dotati di ritegni elasto-plastici

Tutti gli appoggi del Tammaro II sono pertanto unidirezionali a meno di quelli delle due pile centrali, quelle più alte, su cui sono stati posizionati i fissi. In caso di sisma, a queste due pile se ne aggiunge una terza adiacente, vincolata in direzione longitudinale all'impalcato mediante un accoppiatore oleodinamico.

Per i due viadotti più bassi, Lesce e Tammaro I, le stesse pile, nonostante siano relativamente snelle e molto duttili, portavano a delle sollecitazioni in fondazioni troppo gravose.



Figura 10 - La disposizione dei ritegni Lesce e Tammaro I



Figura 11 - Un ritegno elasto-plastico bidirezionale per le pile fisse del Tammaro I

Dir. Longitudinale					
	Allineam.	F _{al}	u _y	F _{max}	u _{max}
P1	X, Y	1.700	15	1.800	150
		[kN]	[mm]	[kN]	[mm]
Dir. Trasversale					
	Allineam.	F _{al}	u _y	F _{max}	u _{max}
Spalla A	X, Y	600	10	700	80
P1	X	-	-	-	-
	Y	1.200	15	1.400	120
P2	X, Y	600	15	700	120
Spalla B	X, Y	600	10	700	80
		[kN]	[mm]	[kN]	[mm]

Tabella 1 - Caratteristiche ritegni elasto-plastici - Lesce

Dir. Longitudinale					
	Allineam.	F _{el}	u _y	F _{max}	u _{max}
P2	X, Y	1100	20	1200	150
P3	X, Y	1100	20	1200	150
P4	X, Y	1100	20	1200	150
		[kN]	[mm]	[kN]	[mm]
Dir. Trasversale					
	Allineam.	F _{el}	u _y	F _{max}	u _{max}
Spalla A	X, Y	600	10	700	80
P1	X, Y	850	12	1000	100
P2	X, Y	850	12	1000	100
P3	X, Y	850	20	1000	160
P4	X, Y	850	20	1000	160
P5	X, Y	850	12	1000	100
P6	X, Y	850	12	1000	100
Spalla B	X, Y	600	10	700	80
		[kN]	[mm]	[kN]	[mm]

Tabella 2 - Caratteristiche ritegni elasto-plastici - Tammaro I

Per questi due viadotti si sono utilizzati pertanto dei ritegni elasto-plastici di modo da tagliare le forze massime tra pile e impalcato. Questi ritegni sono stati calibrati di modo da limitare i tagli massimi trasmessi alle pile e quindi in fondazione e spostando contestualmente il periodo secante della struttura, composta da pile più ritegni, il più possibile fuori spettro.

In definitiva sono stati posizionati ritegni elasto-plastici in direzione trasversale su quasi tutte le pile e in direzione longitudinale su una e tre pile rispettivamente per il Lesce e per il Tammaro I.

Il posizionamento e le caratteristiche dei ritegni per questi due viadotti sono dati in Figura 10 e in Tabella 1.

Da notare come, nonostante isolamento e dissipazione possano essere applicati alle spalle, anzi in teoria la dissipazione è ottimizzata quando applicata a un elemento rigido, in pratica gli scriventi repu-



Figura 13 - Il montaggio della campata sul Tammaro



Figura 14 - Operazioni di serraggio dei bulloni sul concio di chiusura del Tammaro II

tano sia sempre opportuno che le pile fisse siano quelle più alte e flessibili e generalmente, per valli di configurazione regolare, anche baricentriche rispetto all'estensione longitudinale del viadotto, come nel caso in oggetto.



Figura 12 - Il montaggio della campata sul Tammaro

Quindi i ritegni elasto-plastici longitudinali sono stati comunque posizionati sulle pile centrali ottenendosi una configurazione ottimale nell'esercizio di tutti i giorni in quanto si riduce l'escursione termica di giunti e appoggi e le corrispondenti forze dovute all'attrito.

Nel caso di terremoti di debole intensità i ritegni hanno comunque l'effetto di abbattere il periodo proprio di vibrazione dell'opera e quindi sostanzialmente fanno sì che la risposta (di ritegni e pile) resti in campo elastico. Solo per i terremoti di maggiore intensità si ha un'escursione decisa in campo elasto-plastico dei ritegni con spostamenti previsti fino a 150 mm circa.

La cantierizzazione

La parte più impegnativa per il cantiere, è stata sicuramente la predisposizione dei piani di varo e di montaggio degli impalcati, che ovviamente, ha comportato uno studio delle fasi realizzative delle opere in funzione, oltre che del progetto, anche delle attrezzature di varo disponibili, dell'orografia dei luoghi e della possibilità di trasporto dei singoli elementi.

Particolare attenzione ha comportato lo studio del montaggio relativo al ponte Tammaro II soprattutto per quanto riguarda la campata da 88 m di scavalco del fiume omonimo.

Per questo varo, a differenza delle altre campate dove è stata montata una sola pila provvisoria (nessuna pila provvisoria sugli altri due ponti), si sono dovute predisporre due pile provvisorie a ridosso del fiume. Il varo del concio tra le pile provvisorie, sopra il fiume, è stato eseguito con una autogru di portata massima pari a 400 t opportunamente stabilizzata.

In generale le fasi di varo e montaggio si possono descrivere nella seguente successione:

- ◆ posizionamento sui baggioli degli appoggi definitivi;
- ◆ sollevamento e posizionamento delle travi su calaggi provvisori pochi centimetri più alti degli appoggi definitivi;
- ◆ montaggio, campata per campata, dei diaframmi e dei controventi.

A partire dalla terza campata sollevata, si è incominciato a calare l'impalcato sugli appoggi definitivi cementando i tirafondi. Nel frattempo, proseguono le operazioni di sollevamento e di assiemaggio delle altre campate, il varo delle predalles e il montaggio del ferro per c.a., mantenendosi sempre distanti due campate da quella in fase di varo e di assiemaggio, il getto della soletta effettuando prima i tratti in campata e solo successivamente quelli in corrispondenza delle pile.

Conclusioni

Gli impalcati continui a struttura mista acciaio calcestruzzo rappresentano uno strumento formidabile per la realizzazione delle nuove infrastrutture stradali e ferroviarie. Luci da 100 m e più possono essere realizzate a costi relativamente contenuti con una tecnologia ormai collaudata.

La produzione di travi, anche di grosse dimensioni, è infatti oggi alla portata di molti carpentieri italiani.

Il loro trasporto, assiemaggio e varo sono altrettanto semplici e spediti e comunque sicuramente più facili della realizzazione di manufatti in calcestruzzo armato precompresso di ugual portata.

L'impiego di acciaio autopatinante permette inoltre di ridurre gli oneri di manutenzione assicurando, là dove le condizioni ambientali lo permettano, una durata delle travate metalliche più che sufficiente in rapporto alla vita utile dell'infrastruttura stessa.

L'aspetto su cui è invece necessario che i progettisti pongano il massimo dell'attenzione è quello dell'inserimento architettonico e paesaggistico delle opere nel contesto dove le stesse sono realizzate. Così come accadde per le travi prefabbricate in c.a.p. negli anni Ottanta, si assiste, in alcuni casi, a un utilizzo improprio di questa tecnologia.

Travate in Corten prive di qualunque finitura realizzate in ambiente fortemente antropizzato e costruito hanno un pessimo impatto e costringeranno a una loro riabilitazione negli anni a venire.

Sottostrutture inutilmente massicce, realizzate senza sufficiente cura per i facciavista conferiscono spesso a queste strutture un senso di trasandatezza e precarietà che sarebbe possibile evitare con pochi e semplici accorgimenti.

Gli stessi viadotti della Val Fortore, non si potrebbero probabilmente riproporre in un ambiente urbano senza pensare a una diversa finitura delle carpenterie metalliche, ma nelle campagne del Sannio, sembrerebbe abbiano riscosso il favore della committenza, delle imprese esecutrici, ma soprattutto delle popolazioni locali. ■

* Università "G. D'Annunzio" Pescara

** Direttore Tecnico del Consorzio Fortorina Scarl

*** Responsabile Geologia e Geotecnica di Integra Srl

**** Responsabile Strutture di Integra Srl

***** Responsabile Ingegneria e Progettazione del Consorzio Fortorina Scarl



Figura 15 - Il montaggio della carpenteria metallica e la posa in opera delle predalles avanzano di pari passo sul Tammaro II