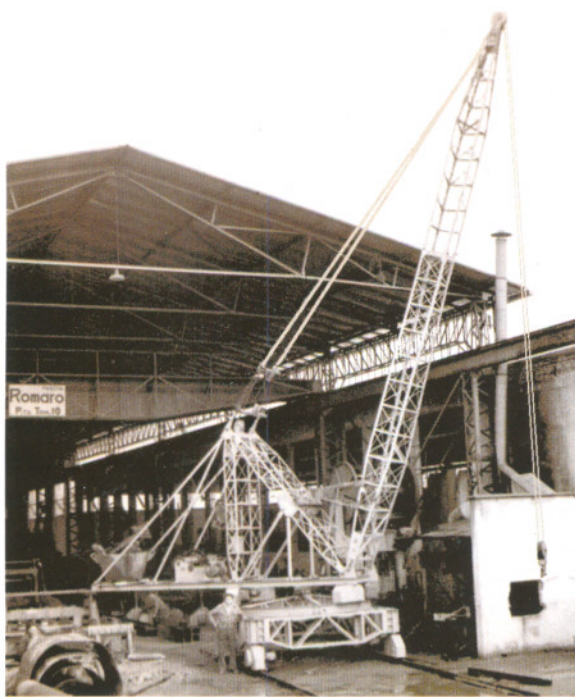


## Ponti ferroviari di piccola luce (20-25 metri) e rapido montaggio e smontaggio (2-3 ore)

Giorgio Romaro



1. Gru ferroviaria «Romaro» (anni Quaranta) mentre sta montando la fiancata di una campata reticolare. Di fianco la gru derrick di servizio analoga a quella di figura 2.



2. Gru derrick «Romaro» (anni Quaranta) girevole e scorrevole su rotaie con scartamento da 4 a 8 m secondo la portata.

La prima volta che ho visto risolvere questo problema è stato durante l'ultima guerra mondiale quando, con inventiva tutta italiana, si trovò conveniente non costruire completamente i ponti ferroviari colpiti dalle incursioni aeree alleate, ma lasciarli con una campata mancante: campata che si montava all'imbrunire e si smontava all'alba.

Il cantiere era localizzato a qualche centinaio di metri dal ponte con due gru: una ferroviaria di conveniente portata e un derrick girevole oltre che traslabile di servizio che veniva impiegato per l'assiemaggio dei blocchi di ponte da montare e per posizionare davanti alla gru ferroviaria i pezzi da traslare e montare in opera.

In figura 1 è ripreso il montaggio di una campata reticolare montata in tre pezzi, una fiancata alla volta e poi l'impalcato, con una gru ferroviaria a braccio fisso Romaro da 30 t, mentre in figura 2 una gru derrick tipo Romaro come quella di servizio.

Per luci più modeste erano usate campate a travi gemelle (figura 3), che venivano montate in tempi veramente brevi (circa un'ora), posizionando prima una via di corsa composta da una coppia di travi (gemelle) sorreggenti una rotaia, poi l'altra, collegandole quindi con traversi bullonati. Significativa a questo riguardo è la vicenda del ponte ferroviario a Vigodarzere vicino a Padova, che, distrutto dai bombardamenti alleati, fu ricostruito aggiungendo delle stilate provvisorie e lasciando smontata una campata. La campata, in travi gemelle, veniva poi montata all'imbrunire e smontata all'alba. Solo dopo 106 azioni di bombardamento e a pochi giorni dalla fine della guerra, gli alleati scoprirono l'utilizzazione notturna di questo e di altri ponti come testimonia un rapporto alleato del 5 marzo 1945 che riportiamo di seguito:

«Una campata di circa 50 piedi [15 metri circa, N.d.R.] è stata individuata dalla ricognizione aerea come rimossa nel periodo tra le due rilevazioni aereofotografiche degli attacchi aerei del 31 gennaio e del 6 febbraio. Nell'intervallo non vi erano stati attacchi aerei. Guardammo con sospetto questo strano ponte [...] si ebbe conferma quando una missione di ricognizione notturna rivelò che la campata era al suo posto e una successiva nel seguente pomeriggio rivelò che la campata era stata rimossa». <sup>1</sup>

Nei successivi sessant'anni, pur interessandomi sempre di strutture metalliche, ponti e montaggi speciali, non mi ero più trovato a dover risolvere problemi analoghi fino al 2002, quando venni coinvolto nel progetto che descrivo di seguito.



## Ponti ferroviari di rapido montaggio e smontaggio per la costruzione di sottopassi

Nel 2002 la struttura tecnica della Direzione Compartmentale di Bologna, la struttura di Ingegneria Civile della Direzione Investimenti RFI di Roma e i Tecnici della ditta Triches di Belluno, mi hanno richiesto di progettare dei ponti provvisori per la costruzione di sottopassi pedonali e carrabili.

Prima di indicarmi le esigenze di questi ponti mi fecero un breve riassunto dello stato dell'arte nella costruzione di sottopassi pedonali e carrabili ottenuti oggi giorno mediante infissione oleodinamica di monoliti.

### Stato dell'arte nella costruzione di sottopassi

Oggi vi è una grande richiesta a livello mondiale di realizzare sottopassi per eliminare intersezioni a raso con passaggi a livello, che solo in Italia sono ancora svariate migliaia.

La tecnica che si è affermata è quella della costruzione fuori opera di un manufatto prefabbricato tubolare a sezione rettangolare (monolite), che viene quindi successivamente posto in esercizio sotto il binario attraverso spinta a mezzo di martinetti idraulici opportunamente riscontrati (infissione oleodinamica).

Per non provocare dissesti nella sede ferroviaria durante le spinte del monolite si è dapprima pensato di rendere più sicuro l'appoggio tra monolite e via ferroviaria attraverso interventi di consolidamento della stessa.

Il primo di questi sistemi è consistito nell'utilizzare fasci di rotaie della lunghezza di 36 metri (figura 4) che, accoppiate ad un sistema ortogonale di travi di manovra interrate sotto a questi fasci con interasse di circa 2 metri consentono con 4 o 5 interventi tra un giorno e l'altro per ciascun binario, di infiggere il monolite con una durata di rallentamento (30 km/ora) di 20-22 giorni.

Il secondo e più raffinato è il sistema Essen (brevettato), essenzialmente costituito da travi longitudinali speciali (denominate ponti Essen) alte solo 20 cm (figure 5 e 6) e lunghe 12 m, o multipli di 12 m, da travi trasversali di manovra, travi di controvento e pali in legno diametro 300 mm lunghi 7 metri (figura 7). A montaggio completato il sistema Essen si presenta come un reticolo di travi e colonne opportunamente vincolate nello spazio avente elevata rigidità strutturale e staticamente determinate nelle diverse configurazioni di esercizio (mano a mano che il monolite avanza i pali in legno vengono via via tolti) attraverso una modellazione strutturale agli E.F. dei vari elementi durante le fasi di infissione del monolite.

Mediamente si considerano 16-18 giorni di rallentamento a 50 km/ora.

Il terzo sistema che si basa sempre sul far posare il binario, attraverso il ballast sul monolite, ma senza l'adozione di sistemi di consolidamento è il sistema Istrice (pure brevettato) (figura 8) esso consiste nell'attrezzare il monolite in c.a. con un particolare rostro metallico completo di nastri di scorrimento metallici finalizzati all'abbattimento dell'attrito monolite terreno.

La variabilità del terreno attraversato unitamente alla possibile presenza di pietre e o trovanti rende necessario spingere in assenza di traffico ferroviario e la presenza di una macchina livellatrice predisposta per il ripristino dell'assetto geometrico del binario ove si fosse perso questo assetto.

Questo sistema perciò è di norma utilizzato per interventi in ambito di stazioni, cioè in presenza di facili itinerari alternativi per la circolazione dei treni.

A questi tre sistemi che non rinunciano al collegamento di sostegno tra monolite e rotaie si è sovrapposto da qualche anno un sistema diverso che è consistito nel rimuovere un tratto di linea di circa 18-20 metri, asportare il ballast sottostante per una profondità di circa 1-1,2 metri e posare su due basamenti (prefabbricati molte volte in c.a.) due vie di corsa in travi gemelle (figura 3) opportunamente collegate da diaframmi bullonati, ottenendo di non essere più preoccupati che il binario si posi convenientemente e omogeneamente (attraverso il ballast) sul dorso del monolite.

Sia nella soluzione a consolidamento del ballast sia nella soluzione a travi gemelle, i treni vengono rallentati fino a 30-50 km/ora.

### Committente

Rete Ferroviaria Italiana Spa, Bologna  
Direzione Compartmentale Infrastruttura  
Tecnico-amministrativa-armamento e opere civili

### Costruttore

Triches Enrico e Diego Srl, Belluno

### Progetto generale, strutturale e di montaggio

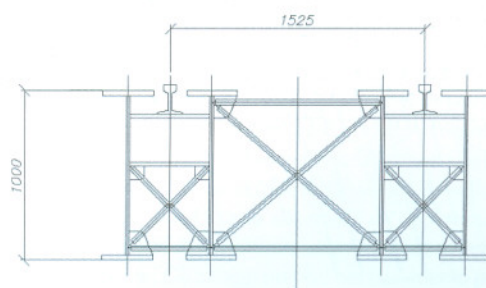
Studio Tecnico Ing. Giorgio Romaro, Padova

### in collaborazione con

Direzione Compartmentale delle RFI di Bologna

### e con la

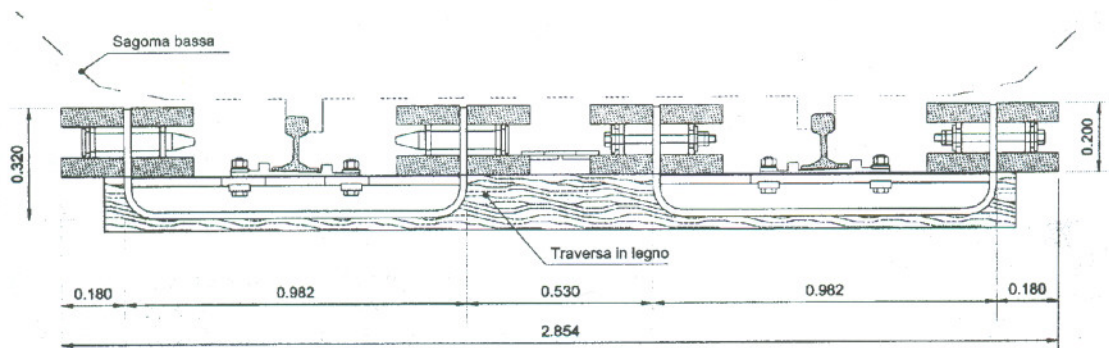
Struttura di Ingegneria Civile della Direzione Investimenti di RFI di Roma e con i Tecnici della Triches di Belluno



3. Sezione trasversale del ponte a travi gemelle.



4. Fasci di rotaie disposti in opera.

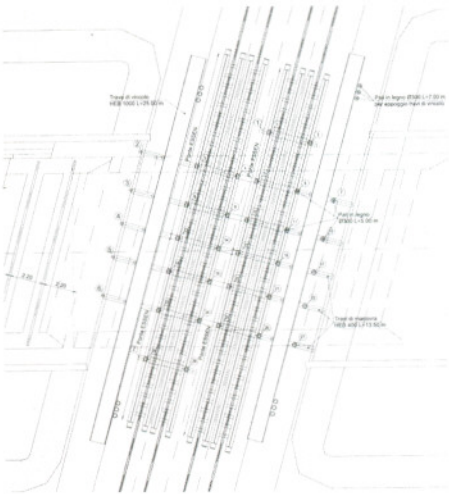


5. Sezione trasversale del ponte Essen standard: travi longitudinali del sistema Essen (cfr. anche figure 6 e 7).

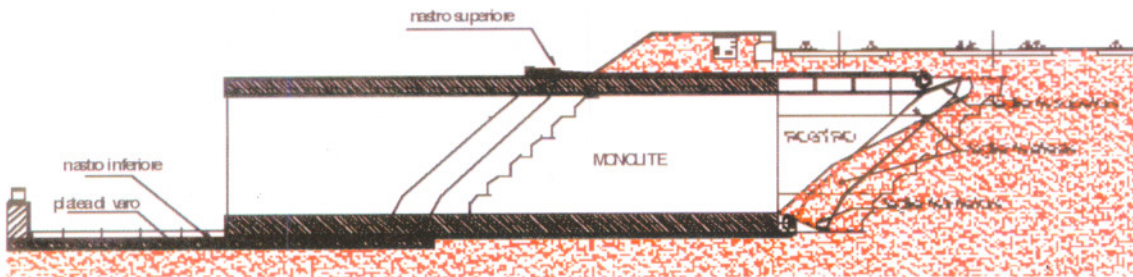




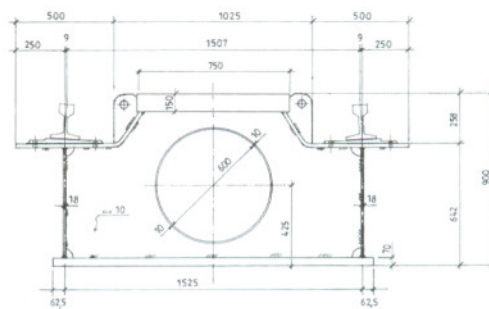
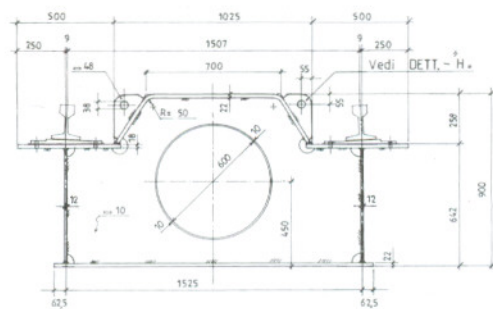
**6. Sistema Essen disposto in opera.**



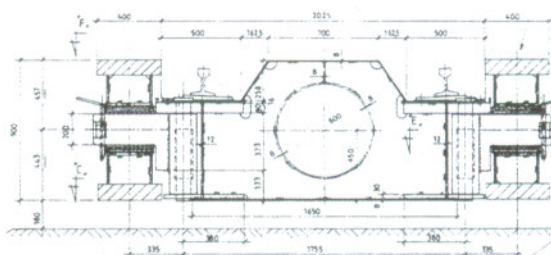
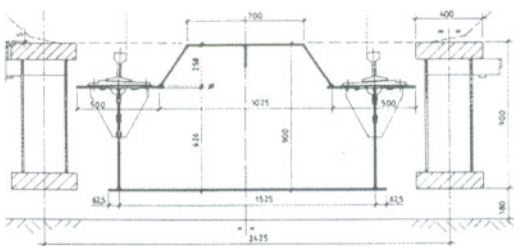
**7. Visione planimetrica tipo degli elementi del sistema Essen.**



**8. Schema di avanzamento del monolite con sistema Istrice.**



**9. Sezioni tipiche Ponte Bologna 17 e Belluno 27 rispettivamente per sottopassi pedonali e stradali.**



**10. Ponte Bologna 25 per sottopassi stradali: sezioni correnti e sezioni in corrispondenza dell'appoggio per mezzo di mensole della trave centrale sulle travi laterali, appoggi che sono realizzati in mezzzeria e ai quarti.**

## Il progetto dei nuovi ponti provvisori per la costruzione di sottopassi pedonali e carrabili

Si tratta di affrontare in modo nuovo il problema: non più consolidamento o sostegni provvisionali, ma progettare spalle e impalcato di uno o più ponti categoria D4 per un solo binario (in caso di più binari si affiancano più ponti), che possono essere posti in opera al posto di un tratto di binario in meno di 3 ore di interruzione della linea (praticamente tra un treno e l'altro) e smontati, compreso il riassetto della linea) nello stesso tempo.

Per ottimizzare la posa in opera si è studiata la tipologia di questi ponti rispettando le seguenti caratteristiche:

- ogni ponte è composto di un numero esiguo di pezzi da montare in opera;
- i collegamenti in opera sono realizzati con rapidi sistemi ad incastro (senza bullonatura);
- gli elementi che compongono il ponte, ova possibile, sono simmetrici;
- i ponti si adattano a due differenti tracciati (rettilineo e in curva con R pari a 1170 m circa);
- i ponti permettono una velocità di percorrenza pari a 80 km/ora;
- l'altezza massima dell'impalcato (che si ripercuote sulla quota altimetrica del sottopasso) è di soli 85 cm misurati dal piano del ferro.

Inoltre si sono contenuti gli ingombri in modo da permettere:

- il trasporto su carro ferroviario degli elementi costituenti il ponte;
- lo scarico a terra a fianco del binario mediante l'uso di gru ferroviaria;
- il montaggio di due ponti affiancati nel caso di linea con doppio binario.

Tenendo conto di tutte le caratteristiche richieste, oltre ovviamente gli ingombri ferroviari, dai nostri studi la sezione migliore è risultata una sezione tipica realizzata con spessori diversi per sottopassi pedonali (ponte Bologna 17) e stradali (ponte Belluno 27: figura 9).

Ponti che sono progettati in soli tre pezzi: due basamenti e una sola trave.

Inoltre si è progettato un ponte in cinque pezzi: due basamenti e tre travi opportunamente collegate tra loro in mezzzeria e ai quarti (figura 10) (Ponte Bologna 25) che, pur essendo adatto a sottopassi stradali, può essere montato con le gru ferroviarie oggi in dotazione alle F.S. che raggiungono al massimo le 18 t a 12,5 m.

Si descrivono di seguito i due ponti Bologna, soffermandosi maggiormente sul ponte Bologna 17; essi sono già stati costruiti in numerosi esemplari, collaudati in prototipo (figure 11-13) e posti in opera in decine di interventi.

In attesa del ponte Belluno, la cui travata monolitica del peso di circa 60 t non è stata ancora costruita, si è montata con una gru ferroviaria noleggiata all'estero il ponte Bologna 25 con assietti





**11. Posa dell'impalcato monolitico del ponte Bologna 17 durante il collaudo statico del prototipo presso un binario di scalo a Bologna.**



**12. I due ponti Bologna assemblati «in serie» durante il collaudo statico.**

fuori opera i tre pezzi costituenti l'impalcato, riportando i tempi del montaggio di questo ponte a circa quelli del ponte Bologna 17 (due ore invece che tre).

#### **Ponte Bologna 17: descrizione tecnica**

Il ponte Bologna 17 per la costruzione di sottopassi pedonali è formato di soli tre elementi portanti: una trave a cassone, su cui viene premontato l'armamento ferroviario, e due basamenti di acciaio su cui poggia la trave con schema isostatico su luce di calcolo di 14 m (luce netta 11,2 metri). Tutti gli elementi, per facilitare il montaggio, sono ambidestri (l'unica limitazione è data dall'armamento ferroviario nel caso di tracciato in curva). Il montaggio è semplicissimo (figura 14). La trave a cassone, lunga 16,9 m (14,0 m luce centrale e 1,45 m retrotrave) è realizzata in lamiera saldata (per le dimensioni della sezione v. figura 9a) ed è diaframmata in testa, in corrispondenza delle spalle, in mezzzeria e ai quarti con lamiere in piatto sp. 10 mm sui quali sono aperti dei passi d'uomo circolari per garantire l'ispezionabilità dell'interno del cassone. L'altezza del cassone dal fondo al piano di posa armamento ferroviario è pari a 850 mm. Sulle piattabande superiori sono previste le forature per il fissaggio delle rotaie con passo di circa 600 mm in due configurazioni differenti: tracciato

rettilineo e tracciato curva con  $R = 1170$  m circa. L'eccentricità massima tra asse anima e asse rotaia, pari a 15,3 mm, si ha solo nel caso di tracciato in curva, in corrispondenza della mezzzeria e delle spalle.

La trave poggia in corrispondenza delle spalle su un basamento (2,80 x 3,20 m), realizzato con una lamiera sp. 15 mm irrigidita da 10 travi longitudinali e da una trave trasversale centrale a «T». Sulla piattabanda della trave trasversale è fissata una striscia di neoprene armato larga 36 cm su cui appoggia la trave a cassone. Il neoprene poggia su una cuffia, che può essere solidarizzata al ponte; in caso di cedimento del basamento sollevando il ponte con martinetti si possono interporre opportuni spessori tra basamento e cuffia. Il basamento standard comporta una sollecitazione sul terreno non superiore a 1,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Oltre al basamento standard è stato progettato un basamento di dimensioni ridotte (2,8 x 2,8 m), con analoghe caratteristiche di quello standard, da utilizzare in presenza di marciapiedi in ambito stazione e con portata del terreno di 1,8 kg/cm<sup>2</sup> o con un'opportuna riduzione di velocità.

Il collegamento tra basamento e ponte è affidato a riscontri trasversali e longitudinali regolabili. I due riscontri trasversali sono realizzati da elementi in piatto (80x140) di lunghezza 500 mm che si inseriscono nel basamento all'esterno della trave

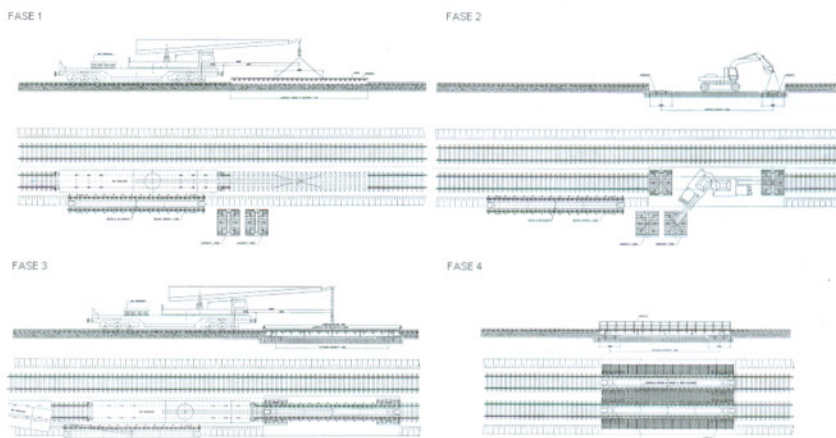
a cassone e sono provvisti di un pacchetto di piattini a spessore variabile così da assicurare il contatto tra riscontro e diaframma trasversale della trave. Il collegamento longitudinale tra basamento e ponte è affidato ad un elemento in piatto (160x100) di lunghezza 550 mm, che, inserito al montaggio senza gioco sul basamento, si riscontra su una finestra di circa 360x400 mm sul fondo della trave centrale ed in asse alla stessa; un'opportuna serie di piattini di imbottitura danno sicuro riscontro al ponte. Gli alloggi previsti nel basamento per i riscontri longitudinali e trasversali sono il doppio del necessario per mantenere la simmetria del basamento.

Il basamento è collegato al terreno con quattro chiodi di bloccaggio (diametro 60 mm) infissi nel terreno per circa 300 mm, per mantenerlo in posizione durante il montaggio.

Le passerelle di servizio sono state realizzate in due versioni standard per un sovraccarico verticale di 500 daN/m<sup>2</sup> e un sovraccarico orizzontale sui parapetti di 150 daN/m<sup>2</sup> e le alleggerite con portata inferiore (sovraccarico verticale 300 daN/m<sup>2</sup> e sovraccarico orizzontale sui parapetti di 100 daN/m<sup>2</sup>). Le passerelle alleggerite sono analoghe alle passerelle standard, rimanendo inalterate le dimensioni generali e le tipologie di attacchi, e modificando unicamente alcuni spessori e diametri.



**13. Le operazioni di collaudo «fuori opera» dei prototipi dei ponti Bologna mediante locomotore 656.**



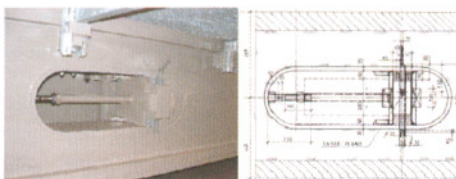
#### **14. Fasi di montaggio ponte Bologna 17.**

- fase 1: taglio e successiva rimozione delle campate di binario con gru ferroviaria;
- fase 2: scavo e successiva posa dei basamenti con escavatori;
- fase 3: con la gru ferroviaria viene posizionata la trave a cassone;
- fase 4: si riscontra la trave sui basamenti, si saldano le rotaie ridando continuità al binario, si montano i parapigliaia e le passerelle laterali.





15. Il ponte Bologna 17 durante un periodo di disservizio nella configurazione a doppio binario.



16. il collegamento a mensole tra trave centrale e travi laterali nel ponte Bologna 25.



17. Il ponte Bologna 25 durante un periodo di esercizio nella configurazione a doppio binario (vedi anche figura 10).



18. Monitoraggio di un ponte Bologna 17 mediante flessimetri.

Nel caso di linea con binario singolo, il ponte viene attrezzato con le passerelle esterne da entrambi i lati, nel caso di linea con doppio binario vengono posati due ponti affiancati attrezzati con due passerelle tipo esterno e una passerella centrale (figura 15). Tempo medio di montaggio tutto compreso dalle interruzioni di linea alla sua riattivazione: circa due ore (40-45 minuti il montaggio vero e proprio).

#### Ponte Bologna 25: descrizione tecnica

Il ponte Bologna 25, per sottopassi carrabili, è composto da cinque elementi portanti. Mantenendo per la trave a cassone, che regge l'armamento ferroviario, la stessa sezione dei ponti Bologna 17, che hanno luce di calcolo di 14 m, e affiancando ad essa due travi, a cassoncino, atte a dare appoggio in tre punti al cassone centrale (figura 10), si è riusciti a realizzare il ponte lungo 24,52 metri con una luce di calcolo di 21,34 metri e con una luce netta di 17,7 m in presenza di una distanza piano del ferro/sottotrave di 85 cm e senza superare le 18 t per pezzo.

Le tre travi poggiano con schema isostatico su due basamenti di acciaio.

La trave centrale e le due travi laterali sono collegate in mezzeria e a 5,4 m dalla mezzeria (circa ai quarti) per mezzo di mensole, in piatto di grosso spessore, solidali alla trave centrale che s'inscrivono su appositi alloggiamenti delle travi laterali. In fase di montaggio le mensole, collegate alla trave centrale attraverso un perno, rimangono all'interno dell'ingombro della trave centrale: una volta affiancate le travi, le mensole vengono ruotate fino a portarle all'interno degli alloggiamenti delle travi laterali. Il gioco verticale tra foro e piatto, necessario per semplificare e velocizzare le operazioni di montaggio, viene eliminato con piatti di spessoramento. Il fissaggio della posizione della mensola è ottenuto longitudinalmente con un semplice manicotto a vite e trasversalmente con una spina. Il collegamento assicura il bloccaggio relativo degli spostamenti verticali (figura 16).

Le travi laterali sono collegate anche nelle sezioni di appoggio da opportuni perni verticali di richiamo che ne garantiscono, oltre al posizionamento orizzontale, la diaframmatura di appoggio.

Nel caso di linea con binario singolo, il ponte viene attrezzato con le passerelle esterne da entrambi i lati, nel caso di linea con doppio binario vengono posati due ponti affiancati attrezzati con due passerelle tipo esterno e una passerella centrale (figura 17) Tempo medio di montaggio tutto compreso: tre ore.

## Conclusioni

In definitiva si sta imponendo un concetto nuovo: non più operazioni di consolidamento del ballast o uso di manufatti provvisori (travi gemelle su basamenti approssimativi), che impongono rallentamenti molto penalizzanti: 30-50 km/orari, ma ponti studiati in ogni particolare con speciale riguardo non solo ai tempi ridotti di montaggio, ma anche alla progettazione dei basamenti (muniti di paraghiaia) e adatti a ricevere il ponte in più posizioni e adatti alla possibilità di recupero (a mezzo martinetti) di eventuali cedimenti dei basamenti e che permettono una riduzione minima della velocità di transito dei convogli. In effetti si è già largamente sperimentata su decine di interventi la velocità di 80 km/ora che potrà essere certamente aumentata mano a mano che si avranno, come già si sono raccolti, risultati confortanti dalla sperimentazione monitorata che si sta facendo (figura 18). •

## Note

1. Sergio Nave, «L'offensiva aerea alleata, le missioni militari alleate e la resistenza nel Veneto», La Garangola, Padova 1993, pp. 37-41.