

LINEA ALTA CAPACITÀ MILANO-BOLOGNA: SUB-TRATTA MODENA-BOLOGNA

Sistema viadotti Modena

UNA SCELTA VINCENTE

RAFFAELLA CHIERICI

Dei 182 chilometri entro la linea ad Alta Capacità che collegherà Milano a Bologna, circa quaranta sono stati assegnati alla società consortile Modena Scarl, costituita dalle imprese Snamprogetti e Pizzarotti, per la realizzazione della sub-tratta Modena-Bologna. Una sub-tratta caratterizzata da un insieme di opere in terra e manufatti di elevato livello qualitativo sotto l'aspetto progettuale, esecutivo e, non ultimo, estetico. Tutto ciò dovuto soprattutto ad un sistema, quello denominato "Viadotti Modena", che ha permesso di attraversare, senza snaturarla, la fertile area agricola modenese

Come ormai tutti sanno le linee ferroviarie ad alta velocità si stanno sviluppando sulle principali direttrici italiane: da Torino a Trieste, da Milano alla Sicilia, senza dimenticare i collegamenti di valico con il resto d'Europa. Collegamenti che permetteranno di realizzare, entro il 2010, una rete veloce ferroviaria tra i vari Paesi dell'Unione

Europea. Oggi è difficile, se non impossibile, riuscire a percorrere l'Autostrada A1 senza osservare, seppure di sfuggita, gli innumerevoli cantieri che si stanno susseguendo per il miglioramento del servizio di trasporto ferroviario che sta interessando la penisola italiana. Qui parliamo della tratta Milano-Bologna che attraverserà sette differenti province

(Milano, Lodi, Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena e Bologna) e che, ove possibile, sta sorgendo affiancando l'Autostrada A1.

In provincia di Modena, peraltro, circa all'altezza del fiume Secchia, dove la linea veloce lascia l'Autostrada A1 e, tracciando un ampio arco, attraversa in viadotto un territorio ad uso prevalentemente





Cantiere prefabbricazione

agricolo, aggirando le aree urbanizzate a nord di Modena.

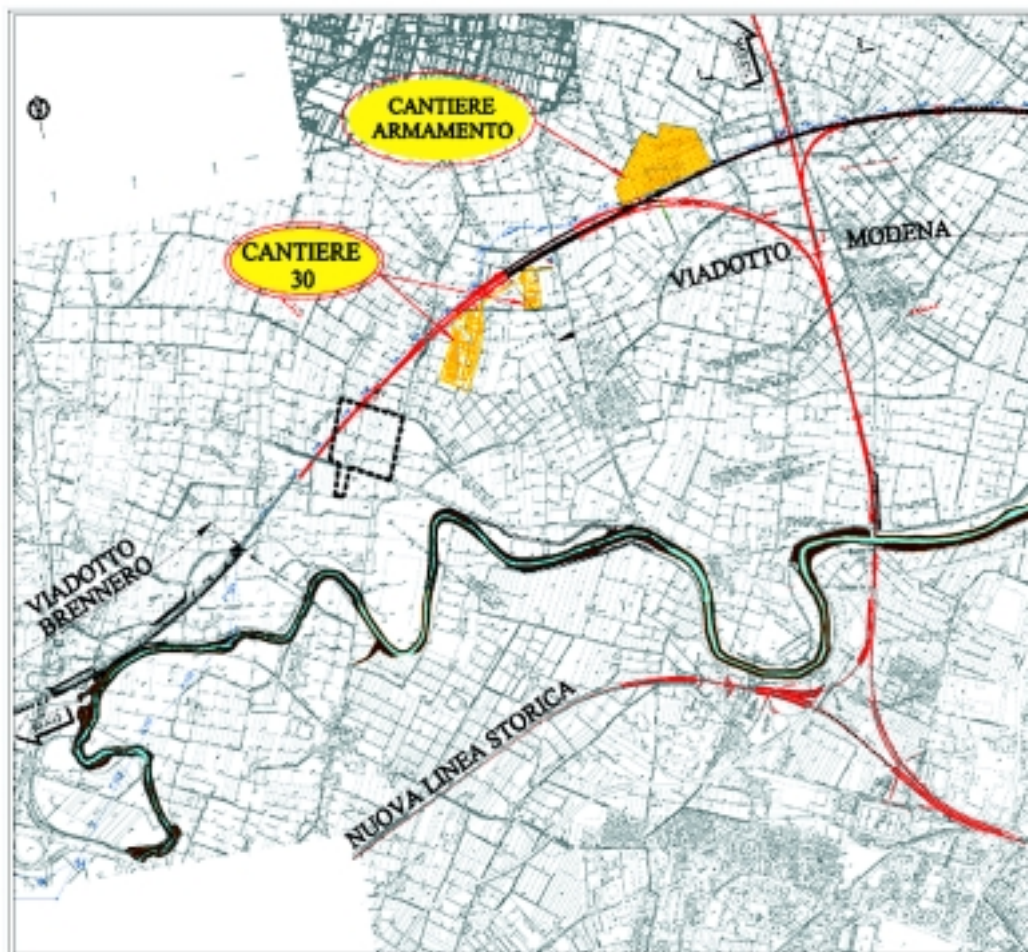
In questo punto si inserisce l'interconnessione di Modena Ovest che permetterà l'accesso alla città ai treni a lunga percorrenza e il collegamento con altre linee ferroviarie - attraverso la linea Modena-Mantova che verrà raddoppiata sino alla stazione di Soliera -.

Il tracciato, poi, prosegue sempre a nord di Modena, nella zona di Albareto, scavalcando il fiume Panaro per proseguire in rilevato di altezza media di due metri fino ad affiancarsi alla linea ferroviaria esistente alla quale si collega tramite l'interconnessione di Modena Est. Detta sub-tratta (denominata Modena-Bologna) si sviluppa per circa quaranta chilometri interessando i comuni di Campogalliano, Modena, Castelfranco Emilia, in provincia di Modena, e Anzola Emilia in provincia di Bologna. La Modena-Bologna è stata assegnata in esecuzione alla Modena Scarl - società consortile composta da Snamprogetti per il 59,33% e Pizzarotti per il restante 40,67% - alla quale è stata assegnato anche il raddoppio, per circa otto chilometri, della linea ferroviaria

Modena-Mantova (dalla stazione di Modena a quella di Soliera). Le opere d'arte principali da realizzare per la costruzione della linea A.C. sono il "Sistema viadotti Modena" (composto dai viadotti Brennero, Modena, Secchia, Panaro e Interconnessione di Modena Ovest). Vi sono inoltre le interconnessioni di Modena Est, di Lavino, i ponti sui torrenti Samoggia, Martignone e Ghironda, le tre gallerie artificiali di scavalco della linea A.C. e delle suddette interconnessioni, i sei cavalcavia ferroviari, i sottopassi e sottovia necessari a risolvere la viabilità interferita e, per finire, i rilevati per circa venticinque chilometri di linea A.C.

Il "Sistema viadotti Modena"

Ciò che caratterizza e qualifica questa sub-tratta è, senza dubbio, il "Sistema viadotti Modena" ossia la soluzione tecnica

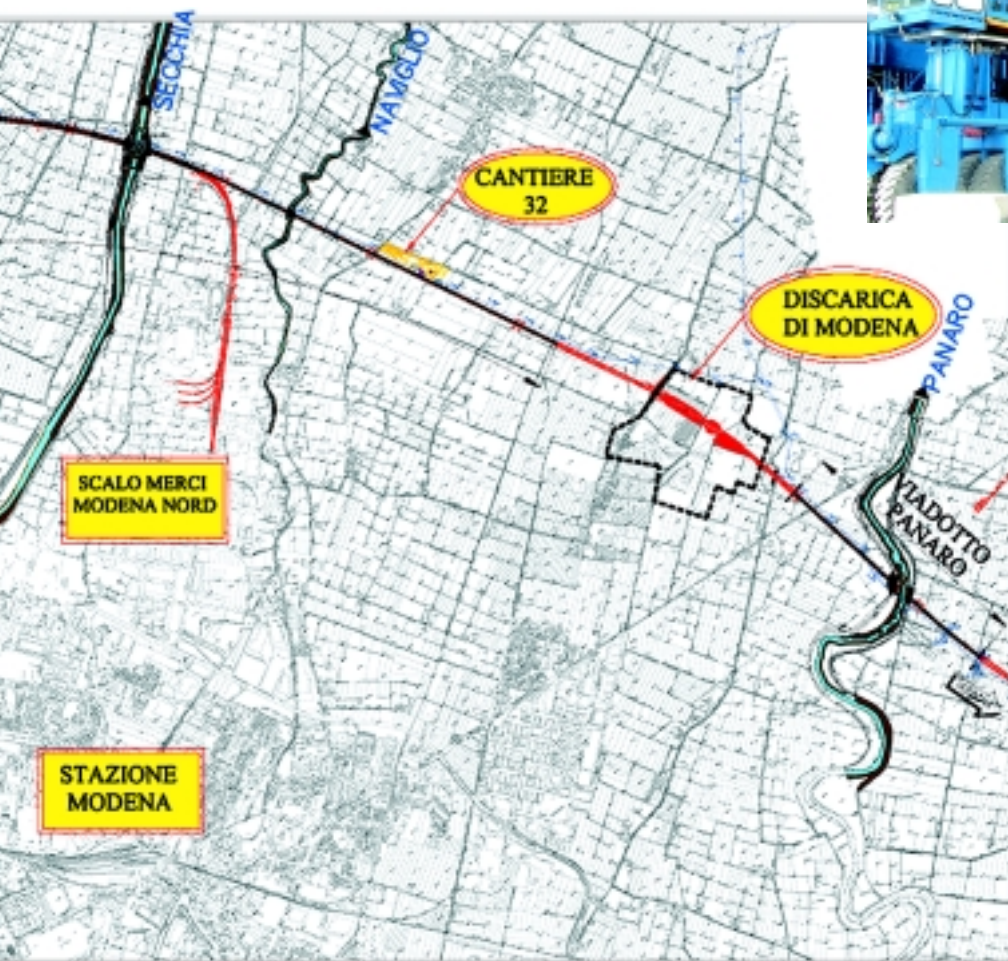




Armatura trave

di attraversamento del territorio ad uso prevalentemente agricolo che è stata studiata al fine di limitare l'impatto che infrastrutture di questa portata, spesso inevita-

bilmente, producono. La scelta della soluzione in viadotto è stata il compromesso vincente che



Prelievo trave

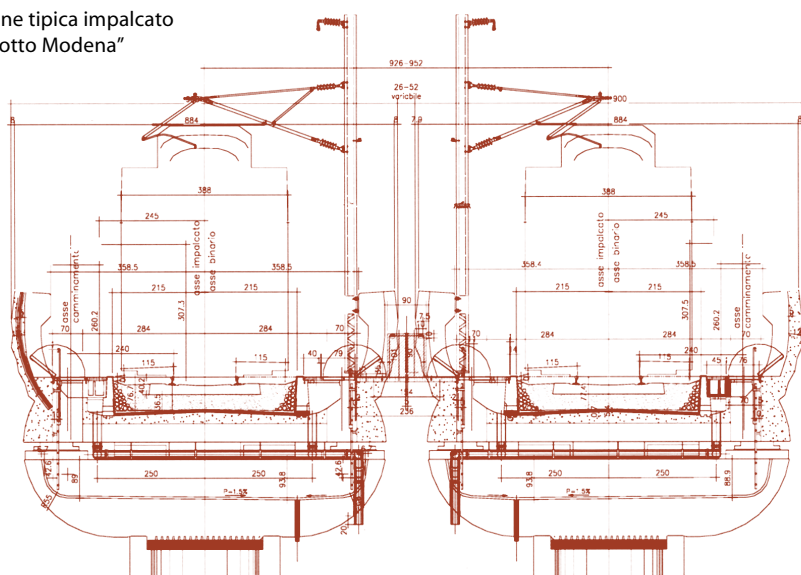
treni ad elevata velocità.

Detti elementi ad omega sono stati, inoltre, progettati al fine di ridurre l'impatto visivo: l'effetto longitudinale "striscia orizzontale" viene temperato dalla presenza di filanti sfaccettature."

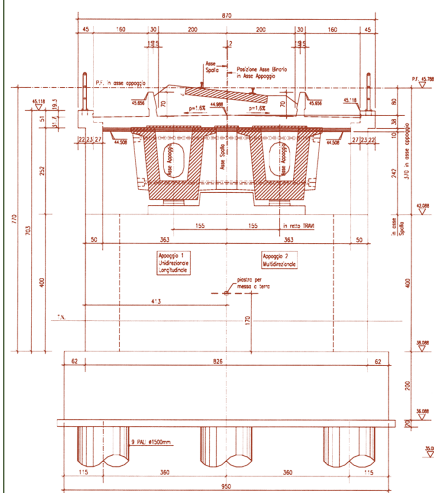
Lo sviluppo complessivo dell'impalcato è di circa 22.700 m ed è costituito da 755 elementi isostatici - con una lunghezza massima di 31,50 m - e da 9 elementi iperstatici necessari per lo scavalco dei fiumi Secchia e Panaro, dell'Autostrada A22 del Brennero e dell'interconnessione Modena Ovest. Dei nove elementi iperstatici sette travate sono eseguite mediante casserratura appesa a centine soprastanti in acciaio e due travate ipersatiche sono eseguite con cassero appoggiato. Gli impalcato sono costruiti in opera ed hanno campate di luce 40-56-40 m.

"Le fondazioni necessarie per la realizza-

Sezione tipica impalcato
"viadotto Modena"



Sezione tipica impalcato interconnessione



zione del sistema viadotti Modena - sotto-
linea il direttore generale - sono state
realizzate su pali del diametro di 150 cm
con una profondità variabile tra i 35 e 50 m.
Gli impalcato iperstatici poggiano su setti di
diaframmi dello spessore di 120 cm.
In elevazione dalle fondazioni sono rea-
lizzati i plinti e le pile cilindriche che

sostengono i pulvini per l'appoggio delle
travi. Il disegno dei pulvini ha risposto
appieno alle funzionali esigenze derivanti
dalla necessità di ospitare le complesse
apparecchiature di appoggio delle travi, i
ritegni antisismici, il sistema di smalti-
mento delle acque meteoriche e dalla ne-
cessità di completa ispezionabilità."

Passaggio cantiere viadotti





Stoccaggio



Inizio viadotto

Le altre opere principali

I viadotti delle interconnessioni di Modena Est e Lavino (per uno sviluppo complessivo di 9.248 m) sono eseguiti con

fondazioni indirette su pali del diametro di 1.200 e 1.500 mm, su cui poggiano plinti, pile e pulvini. Gli impalcati della larghezza di 8,70 m sono eseguiti con due travi a cassoncino della lunghezza di 24,50 m.



Le interconnessioni comprendono tre gallerie artificiali fondate su pali, con uno sviluppo di circa 142 m l'una; una delle tre gallerie è realizzata sulla sede della vecchia linea "storica" Milano-Bologna.

I sei cavalcaferrovia - che si sviluppano complessivamente per 1.600 m - hanno fondazioni indirette su pali del diametro di 1.200 mm e impalcati costituiti da travi con sezione a "doppio T" di altezza 1,60 m o di 1,80 m a seconda delle luci di campata. Il ponte sul torrente Samoggia è composto da un impalcato precompresso gettato in opera a tre campate di 22 m di luce ciascuna, mentre i ponti sui torrenti Ghironda e Martignone si presentano con impalcati realizzati con struttura mista in acciaio e calcestruzzo.

I rilevati costruiti, soprattutto nei comuni di Castelfranco e Anzola Emilia hanno un'altezza media di circa tre metri sopra il piano campagna e sono costituiti da uno strato di materiale anticapillare dello spessore di 50 cm avvolto entro un tessuto non tessuto, un corpo in materiale in rilevato appartenente ai gruppi A1 o A2-4 di altezza variabile. Il rilevato si completa con uno strato "supercompattato" dello spessore di 30 cm sormontato dallo strato finale di sub-ballast in conglomerato bituminoso dello spessore di 12 cm (binder). L'intera struttura è protetta sui lati da uno strato di terreno vegetale inerbito, con funzione impermeabile.

Al piede dei rilevati si trovano due fossi di guardia rivestiti in calcestruzzo e due piste di servizio per la manutenzione, che seguono tutto l'andamento della tratta.

In affiancamento alla linea storica Milano-Bologna (nove chilometri nel comune

di Anzola Emilia) si è reso necessario eseguire il consolidamento del piano di posa dei rilevati mediante la realizzazione di pali ad elica di lunghezza compresa tra 22 e 30 m sotto la quota del piano campagna. I lavori civili sono completati con le fondazioni dei pali della trazione elettrica e con basamenti, polifore e cunicoli per le tecnologie.

È, inoltre, prevista un'attività di mitigazione ambientale con la realizzazione di opere a verde su aree adiacenti alla linea per una superficie complessiva di circa 2.500.000 mq.

Per coordinare al meglio i lavori sull'intera sub-tratta affidata alla Modena Scarl sono stati realizzati otto cantieri distribuiti lungo tutti i circa quaranta chilometri che compongono il percorso dell'alta capacità da Modena a Bologna.

"Questi otto insediamenti - ci chiarisce il Geom. Bianchi - posizionati ad una distanza di circa sei chilometri l'uno dall'altro, servono da base logistica sia per la struttura di cantiere (uffici, laboratori, magazzini, officine, ecc.), sia come logistica

per gli operai. In ogni cantiere, infatti, troviamo le mense, gli spogliatoi e i dormitori.

La produzione si è stabilizzata a regime ai massimi livelli a inizio 2003 e per assicurarla sono state impegnate risorse complessive di circa 1.000 unità, suddivise in oltre 600 presenze di personale in forza ai sub appaltatori, 250 presenze di personale direttamente assunto dalla società consorile e circa 120 impiegati per le attività di direzione e gestione.

Per il controllo sono in campo due strutture; la Direzione Lavori composta da n° 3 DL, n° 2 Direttori Operativi e n° 8 collaboratori e l'Alta Sorveglianza Italferr formata da n° 8 funzionari".

Travi ad "omega" prefabbricate: produzione, trasporto e varo

Considerando le dimensioni sopraccennate degli impalcati che formano il Sistema viadotti Modena è stata necessaria la costruzione, da parte dell'impresa Pizza-

rotti, di uno stabilimento di prefabbricazione all'interno di uno degli otto cantieri. In un'area di circa 110.000 mq sono stati realizzati due capannoni per la prefabbricazione e lo stoccaggio delle travi ad omega.

È stata, inoltre, necessaria la realizzazione di un impianto per il confezionamento dei calcestruzzi oltre a magazzini, uffici e strutture accessorie.

Parliamo ora, nello specifico, della realizzazione delle travi ad omega. Come detto, i capannoni per la realizzazione delle travi sono due. Il primo, di circa 11.000 mq, ospita otto dime per il montaggio del ferro ad armatura lenta, la posa delle guaine e l'infilaggio dei trefoli di precompressione. Tutto ciò si completa con la dotazione di due carroponti per la movimentazione del ferro, delle testate e dei trefoli.

Giornalmente vengono realizzate due gabbie complete; gabbie che vengono trasportate - per mezzo di un carrellone dotato di un apposito bilancino di sollevamento - all'interno del secondo capannone dedicato al getto dei manufatti.

All'interno del secondo capannone, di

Scavalco iperstatico fiume Secchia





Varo 1° trave del "sistema viadotti Modena"



Sbloccaggio rulliere



Avanzamento trave



Avanzamento sottoponte



Varo trave



Dettaglio varo

circa 6.000 mq, trovano collocazione sei casseri esterni disposti su due linee di tre casseri. Le linee dispongono ciascuna di un cassero interno mobile su rotaie sopra il quale sono stati installati due bracci per il getto. Il calcestruzzo, proveniente dalla torre di miscelazione e pompato mediante tubazioni poste entro cunicoli sotto il pavimento, alimenta i bracci di getto che vengono manovrati dal personale preposto alla colata.

Ogni trave include un volume di 270 metri cubi di calcestruzzo.

Per il getto delle travi ad omega è stato realizzato un impianto di confezionamento con due punti di carico, uno tradizionale per autobetoniere di riserva e l'altro principale costituito da una torre di miscelazione comprendente due turbomiscelatori da 3,2 mc cadauno che scaricano in due agitatori da 7 mc l'uno. Dagli agitatori il calcestruzzo viene a sua volta scaricato in due pompe carrellate che alimentano i bracci di distribuzione attraverso due linee di tubazioni per ciascun cassero.

Il punto di carico a secco costituisce la soluzione di emergenza in caso di avaria della torre di mescolazione. A servizio dell'impianto è prevista un'area di stoccaggio per gli inerti di 3.500 mq divisa in sei scomparti.

Ciascuno dei sei casseri esterni è dotato di un sistema di vibrazione elettrico con vibratori a parete con frequenza variabile. Analogamente per il cassero interno è stato realizzato un sistema di vibrazione elettrica a parete. Per la parte superiore del getto delle pareti, vengono utilizzati anche vibratori elettrici ad ago. Ogni cassero è servito da un impianto ad aria compressa e idrico necessari alle lavorazioni di pulizia delle tubazioni di getto.

Completata l'attività di getto (al giorno vengono realizzati due getti) si attende la maturazione naturale che avviene nell'arco di 12-18 ore e, dopo il disarmo del cassero interno, si provvede ad una prima precompressione (con una tesatura dei cavi pari al 35% del valore di progetto). A questo punto il manufatto - dello straordinario peso di settecento tonnellate - viene agganciato dal carrellone e trasportato nel piazzale di stoccaggio.

Il piazzale è predisposto per uno stoccaggio massimo di quindici travi ed è il luogo preposto per il completamento della tesatura, l'iniezione dei cavi, la chiusura delle testate. Qui vengono eseguite le finiture e tutte le operazioni necessarie a preparare la trave per il varo. La tempistica necessaria per la realizzazione delle sopraccitate fasi varia dai due ai cinque giorni.

L'ultima fase - composta dal trasporto e dal varo della trave - avviene per mezzo del carrellone che agganciata la trave ne permette lo spostamento.

"Estremamente speciale - ci illustra il Geom. Bianchi - è il carrellone di varo che consente di effettuare tutte le operazioni sopradescritte movimentando un manufatto del peso di 700 tonnellate.

Questo carrellone è costituito da un travone scatolare di sviluppo pari a 45 m tra gli assi delle ralle e da due carrelli, uno anteriore (Slave) e uno posteriore (Master) entrambi comandati da una coppia di motori. Gli argani per il sollevamento della trave sono stati realizzati in maniera tale da permettere lo spostamento relativo di quello posteriore e consentire il sollevamento delle varie lunghezze di trave.

Una volta prelevata la trave dallo stoccaggio, e raggiunto l'imbocco del viadotto, il carrellone trasporta le travi viaggiando all'interno della via di corsa già realizzata attraverso un sistema di guida automatica che si avvale di sensori ad ultrasuoni.

Quando il carrellone arriva sull'ultima trave varata, il carrello anteriore si posiziona sopra il sottoponte di varo e viene sollevato dall'apposito carrellino mediante quattro martinetti idraulici.

A questo punto, con azione combinata di trazione del carrello master e del carrellino di servizio, si procede all'avanzamento

Pali trivellati ad elica continua "Trelicon"

Il palo ad elica continua "Trelicon" ha trovato nei cantieri della linea Alta Capacità della tratta Milano - Bologna, in particolare nella sub-tratta Modena - Bologna realizzata dalla società Modena Scarl, una funzione strutturale specifica che ne ha consigliato un impiego estensivo. La particolare disposizione della linea ad Alta Capacità che viaggia in affiancamento all'esistente linea ferroviaria "storica", adagiandosi sui terreni alluvionali della Pianura Padana, con rilevati di notevole lunghezza e con altezze che arrivano ai 5-6 m, ha reso necessario la predisposizione di una fondazione del rilevato che, permettendo il trasferimento dei carichi indotti, consentisse in tempi brevi la messa in opera dei rilevati stessi, evitando le lunghe attese che si sarebbero dovute sostenere nel caso di un consolidamento mediante dreni verticali prefabbricati. Inoltre la massa di rilevato costruita in affiancamento non deve assolutamente influenzare il rilevato dell'esistente linea "storica", determinando potenziali deformazioni del binario tali da pregiudicare l'esercizio ferroviario. Considerando i problemi posti in termini di cedimenti dalle linee ferroviarie ad Alta Capacità, ove la riduzione sia dei cedimenti a breve che a lungo termine risultano fondamentali, così come fondamentale risulta la necessità di salvaguardia dell'infrastruttura esistente in af-

fiancamento da ogni possibile interferenza, si comprende quanto possa contribuire la scelta progettuale del consolidamento mediante il sistema messo a punto dalla Trevi spa al successo dell'opera stessa. Per questi interventi sono stati utilizzati pali aventi diametro pari a 50 cm non armati, le profondità variabili dai 22,0 ai 30,0 m sono state determinate sia in funzione delle caratteristiche dei terreni di base sia in funzione dell'altezza del rilevato. Il collegamento fra i pali e il rilevato sovrastante è stato realizzato mediante l'inserimento di un dado circolare fra la testa del palo e la base del rilevato.

località : Anzola Emilia - Modena

Quantità : 350.000 m

Diam 500 mm

Profondità: 22,0 - 30,0 m



fino alla posizione di varo bloccando il carrello posteriore del carrellone e sfilando il sottoponte fino a liberare lo spazio per calare la trave. Si posiziona, quindi, la trave sui pulvini e viene fatta arretrare la trave di varo per consentire il ritorno del carrello slave sulla trave appena varata. A questo punto, scaricati i pistoni del carrellino di servizio, si permette al carrellone di ripercorrere a ritroso il percorso verso il piazzale di stoccaggio."

Per quanto riguarda, invece, la realizzazione degli elementi iperstatici del "Sistema viadotti Modena" sono state utilizzate attrezzature, in parte acquistate e in parte noleggiate, dalle ditte Hünnebeck/Röro e Alpi. Le attività necessarie alla caseratura, montaggio ferro e getto si ripetono tre volte per ogni trave da 136 m. Il tempo complessivo per eseguire una trave è di circa quattro mesi.

A questo punto ci è parso naturale chiedere al Geom. Bianchi cosa abbia necessitato di più impegno: la realizzazione delle 755 travi ad "omega" oppure la realizzazione in opera delle trava-

te continue.

"Certamente le travi prefabbricate - ci spiega il Direttore Generale - hanno comportato un'attenzione speciale, viste le dimensioni sia di lunghezza che di peso, soprattutto in fase progettuale e di sviluppo del cantiere. L'iter di qualifica dell'impianto di prefabbricazione e del processo produttivo è durato per buona parte dell'anno 2002 e, questo, soprattutto perché, essendo le travi ad omega di nuova concezione, tutte le attrezzature per la costruzione sono state progettate e realizzate senza basi precedentemente testate.

Tutto è stato fatto in funzione di questo specifico cantiere e, quasi sicuramente, verrà utilizzato solo in quest'occasione. Difficilmente, infatti, si potranno riscontrare situazioni analoghe in Italia soprattutto per quanto riguarda le dimensioni totali della tratta da realizzare. Utilizzare queste travi prefabbricate per modeste lunghezze d'impalcato si rivelerebbe assolutamente troppo dispendioso, sia come tempi che come risorse

economiche."

Una volta affinato il sistema produttivo tutto è proceduto senza nessun intoppo. Lo dimostrano le produzioni annuali: mentre nel 2002 sono state prodotte circa venti travi, nel 2003 si è arrivati ad una produzione di circa 250 travi riuscendo, nel secondo semestre, ad avere sistematicamente due travi prodotte al giorno; per il 2004 è previsto il mantenimento, senza problemi, della stessa produzione costante di n° 2 travi al giorno che consente di completare la fornitura.

Travi continue gettate in opera

"Per quanto riguarda - prosegue il Geom. Bianchi - le travi gettate direttamente in opera - necessarie allo scavalco dell'Autostrada del Brennero e all'attraversamento dei fiumi Secchia e Panaro -

All'estimazione attrezzatura iperstatica



le attrezzature impiegate sono state studiate in funzione della particolarità dei luoghi da valicare. Per quanto concerne l'Autostrada era assolutamente improponibile una chiusura parziale delle corsie per lunghi periodi. Stessa cosa si può dire per i due fiumi: deviare i corsi di fiumi pensili è assolutamente irrealistico."

È prevista la realizzazione complessiva di nove vie di corsa a travata continua di lunghezza pari a m 136 con campate di 40-56-40 m fra gli assi delle pile. La sezione di queste travi è sempre del tipo ad omega con la presenza di risalti in corrispondenza delle zone di momento flettente negativo. La travata di ogni via di corsa viene realizzata in tre conci, di lunghezze rispettivamente di 53,10 - 57,45 e 25,45 m. Il procedimento costruttivo adottato consente di avere le stesse sollecitazioni di una struttura realizzata in un'unica fase.



Campata scavalco A22

"Per quanto riguarda lo scavalco dei fiumi Secchia e Panaro e dell'Autostrada del Brennero - spiega il geom Bianchi - si è ricorso all'utilizzo di una centina autovarante che ha lo scopo di sostenere dall'alto le casseforme per il getto della trave. Il montaggio dei cas-

seri esterni avviene assemblando a terra tutte le parti che li costituiscono, dal telaio di fondo agli elementi delle casseforme, successivamente si movimentano gli elementi già assemblati."

Sulla travatura principale si predispongono le barre di sospensione che servono per collegare il cassero. L'insieme telaio di fondo-cassero viene movimentato dall'area di stoccaggio fin sotto la centina, e sollevato da terra tramite una gru a cavalletto che corre su apposite rotaie posizionate sui correnti esterni delle travi reticolari. Una volta in quota, viene ruotato e fissato nella propria posizione mediante le citate barre di sospensione.

Completato il montaggio di tutti gli elementi del cassero si provvede alla loro corretta messa in quota, operando sulle barre di sospensione.

A questo punto si effettua il montaggio dell'armatura direttamente sul cassero, dalla maglia esterna a quella interna. Il getto di calcestruzzo avviene utilizzando due pompe distinte. Il disarmo dei casseri di testata avviene il giorno successivo al getto, successivamente si provvede al disarmo del cassero interno, alla prima fase di tesatura delle barre di precompressione ed alla successiva rimozione del cassero esterno.

Per la realizzazione della fase successiva si effettua l'avanzamento della centina, si carica l'appoggio appositamente predisposto sullo sbalzo e si scarica la retrostante torre di pila.





Avanzamento attrezzatura

Esaurite le fasi di getto della singola via di corsa, la centina torna verso la posizione del secondo concio ed effettua la traslazione sulla via di corsa adiacente.

Esemplificativo, per comprendere la costruzione delle travi in opera, è il viadotto realizzato per lo scavalco dell'interconnessione Modena Ovest. Questo viadotto, costruito in aperta campagna senza nessun vincolo sottostante, non ha comportato particolari difficoltà costruttive ed è stato realizzato con un sistema tradizionale di cassero sostenuto da torri. Una volta assemblate e posizionate le torri si procede alla movimentazione dei telai di fondo e del relativo elemento di cassero esterno precedentemente assemblato a terra.

Il posizionamento del cassero sopra le torri avviene mediante l'ausilio di autogrù. Eseguita la corretta disposizione di tutti gli elementi costituenti la cassetta esterna di getto, si procede al montaggio del ferro di armatura lenta, nonché dell'armatura di precompressione, operando direttamente sul cassero.

Gli elementi che compongono il cassero interno vengono anch'essi assemblati a terra e posizionati successivamente per la chiusura definitiva con l'elemento cassero esterno.

Un impianto di betonaggio che lavora alla grande

L'impianto di betonaggio

Quello realizzato da Cifa per l'Impresa Pizzarotti è un impianto per calcestruzzo prefabbricato da 300 m³ di stoccaggio con doppia linea di dosaggio che alimenta un punto di carico a secco per autobetoniere complete di tutti gli accessori e, mediante un lungo nastro inclinato, la torre di mescolazione con doppio mescolatore a doppio asse orizzontale. Le operazioni sono controllate e gestite da una speciale apparecchiatura automatica, che sovrintende ai dosaggi e alla gestione magazzino.

La zona pompe

I mescolatori a doppio asse orizzontale da 3 m³ scaricano direttamente all'interno di due agitatori idraulici da 7 m³ ciascuno, che garantiscono

una ricezione e un'alimentazione in continuo alle pompe. Gli agitatori riversano il materiale nelle tramogge delle due pompe carrellate, posizionate lateralmente all'impianto. La gestione in automatico dello scarico e del consenso alla

produzione del calcestruzzo avviene in manuale o in automatico mediante segnali trasmessi dalle sonde di livello poste negli agitatori.

La rete fissa di distribuzione

Il calcestruzzo è poi convogliato attraverso una rete di speciali tubazioni metalliche antiusura. Queste, installate in appositi cunicoli realizzati nei piazzali e all'interno dei capannoni di prefabbricazione, presentano speciali

deviatori idraulici che collegano i vari rami di linea raggiungendo le 6 postazioni di getto.

È quindi possibile alimentare, in modo continuo e contemporaneo, 2 postazioni di prefabbricazione scelte sulle 6 disponibili.

I bracci di distribuzione all'interno dei casseri

I bracci di distribuzione permettono uno sfilaggio verticale del tubo di getto in tutte le zone di lavoro.

Su ogni cassero interno sono quindi installati 2 bracci a doppio elemento rotante, il tutto applicato su una torretta con movimento verticale (di circa 4 m) dell'intero braccio. I bracci sono stati opportunamente scelti per garantire la messa in opera di 40+40 m³/h di calcestruzzo in due punti del cassero contemporaneamente.

Riciclaggio del calcestruzzo.

Con sistemi di distribuzione così complessi, a fine ciclo è necessario provvedere rapidamente alla pulizia dell'intera tubazione, evitando intasamenti e rispettando le norme sul riciclaggio



Il getto avviene utilizzando due pompe disposte sui due lati dell'impalcato: a partire dai tre/quarti della luce della prima campata, si procede al getto del fondo muovendo le due pompe in direzione opposta.

Sul cassero esterno sono posizionati vibratori elettrici a parete. Sono inoltre previste finestre sul cassero interno in corrispondenza dei pulvini per consentire la vibrazione ad ago.

Anche le pareti vengono vibrare ad ago dall'alto. Una volta completata la soletta, si procede al getto delle pareti: questa volta le due pompe operano in modo simmetrico e con continuità lungo una

sola direzione e per strati di 50 cm.

Il disarmo del cassero fermagetto avviene il giorno successivo al getto ed a seguire si prosegue con il disarmo del cassero interno. Si procede poi alla prima fase di tesatura delle barre di precompressione ed alla successiva rimozione del cassero esterno avendo cura di abbassare e sfilare prima le torri e poi il fondello con il cassero.

L'applicazione del carico sullo sbalzo per passare alla fase successiva di getto avviene mediante l'utilizzo di una traversa posta sulla sommità della trave e l'applicazione dello stesso carico mediante stralli ancorati in fondazione. Si comple-

possiamo affermare che nel Comune di Campogalliano le opere sono al 65%, nel Comune di Modena al 75%, nel Comune di Castelfranco Emilia al 60% e nel Comune di Anzola Emilia al 75%. Complessivamente nella sub-tratta la percentuale di avanzamento è del 70%. Per quanto riguarda invece, nello specifico, l'avanzamento del "Sistema viadotti Modena" possiamo affermare che la percentuale raggiunta è del 85%.

A questo punto le idee sono chiare: nulla del "Sistema viadotti Modena" è lasciato al caso.

I circa quaranta chilometri che corrispondono alla sub-tratta Modena-Bolo-

Casserratura campata iniziale iperstatica Panaro



del calcestruzzo e liquidi di pulizia.

Pertanto, a fine getto, i residui di calcestruzzo vengono introdotti nella vasca di ricezione del Projeko Roller.

Al suo interno viene trattato il recupero degli inerti lavati e lo scarico dell'acqua, attraverso un'apposita vasca tenuta in agitazione continua da pale a comando elettrico.

Dalle vasche, l'acqua può quindi essere inviata ai punti di lavaggio delle betoniere, o ai punti di dosaggio dell'acqua per la produzione di nuovo calcestruzzo.

tano le operazioni di tesatura e si procede con l'iniezione dei cavi.

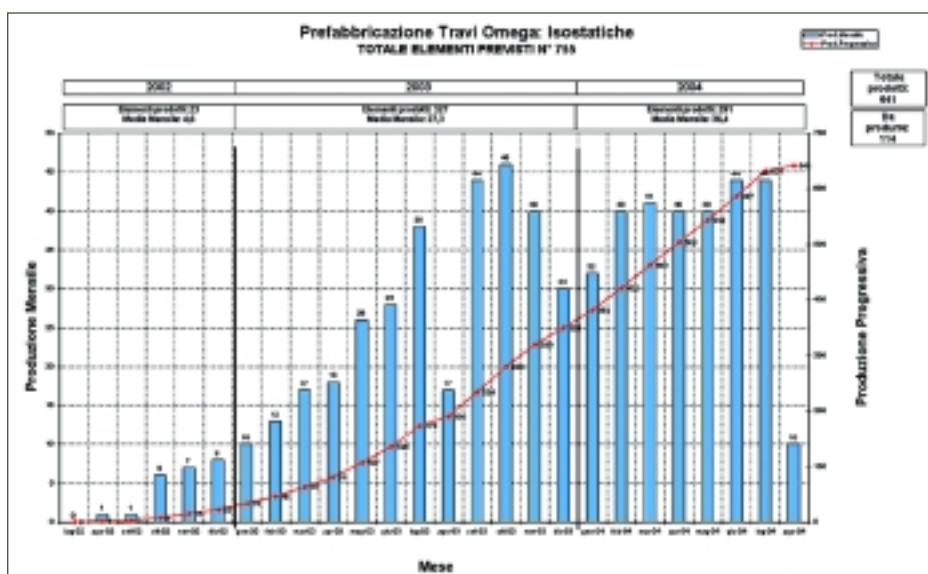
Conclusioni

E con la tempistica a che punto siamo?

"Parlando di avanzamento in percentuale - ci risponde il Geom. Corrado Bianchi - suddiviso per i vari Comuni interessati dai lavori (con dati riferiti al 31 agosto 2004)

gnà rappresentano oggi, come rappresenteranno domani, un esempio di alta progettazione e realizzazione di un'infrastruttura che saprà migliorare radicalmente la viabilità ferroviaria italiana.

Tutto questo senza danneggiare il contesto che la circonda ma, anzi, sapendone trarre lo spunto per realizzare un'opera esteticamente pregevole e strutturalmente perfetta.



SISTEMA VIADOTTI MODENA

ATTIVITÀ	QUANTITÀ PREVISTE	REALIZZATE NEL 2001	REALIZZATE NEL 2002	REALIZZATE NEL 2003	REALIZZATE al 31.08.2004
Pali di Fondazione n.	5.564	133	2.356	2.749	326
Diaframmi n.	308	44	135	118	11
Plinti n.	455	3	116	245	91
Pile n.	773	1	125	439	208
Pulvini n.	773	0	85	372	291
Travi Isostatiche n.	755	0	23	327	294
Travi Iperstatiche n.	27	0	1	13	7

MATERIALI (quantità complessive)

		QUANTITÀ PREVISTE	REALIZZATE NEL 2001	REALIZZATE NEL 2002	REALIZZATE NEL 2003	REALIZZATE al 31.08.2004
Calcestruzzi	m³	1.500.000	44.400	428.000	599.600	250.000
Ferro	t	130.000	3.000	35.000	49.000	30.000
Anticappillare	m³	473.000	-	30.000	303.000	140.000
Rilevati	m³	2.490.000	-	150.000	1.460.000	500.000
Pali ad Elica	m³	357.000	25.000	277.000	23.000	32.000

I PROTAGONISTI

Il committente: TAV

La TAV, costituita nel 1991, ha ottenuto da FS Spa la concessione per la progettazione esecutiva e la realizzazione delle linee e delle infrastrutture del sistema italiano Alta Capacità. La Tav ha affidato a General Contractor la progettazione esecutiva e la costruzione delle nuove tratte ferroviarie. La tratta Milano-Bologna è stata affidata a CEPV UNO.

Il General Contractor per la tratta MI-BO: CEPV UNO

Cepav Uno, costituito il 19 luglio 1991, è un consorzio che si propone la realizzazione della tratta ferroviaria Alta Capacità Milano-Bologna promuovendo e coordinando le imprese consorziate.

Le aziende consorziate sono Snamprogetti Spa, Aquater Spa, Saipem Spa, Consorzio Cooperative Costruzioni, Impresa Pizzarotti & C., Grandi Lavori Fincosit.

Le assegnatarie

I consorziati hanno costituito delle società consortili, definite assegnatarie, con sedi operative lungo la tratta.

Il "sistema viadotti Modena" si sviluppa interamente nel tratto di competenza di Modena Scarl. Modena Scarl è composta da Snamprogetti e Impresa Pizzarotti & C. Nell'ambito dei lavori di propria competenza la Modena Scarl ha affidato all'Impresa Pizzarotti & C. la realizzazione di tutte le travi ad "omega" del sistema viadotti Modena e relative travi continue.

I progetti più importanti realizzati con casseforme Alpi nella sub-tratta Modena-Bologna della linea A.C. Milano-Bologna

1. Scavalco dell'Interconnessione di Modena Ovest

- Sostegno del tratto a travate continue con luci da 40-56-40 metri a due vie, realizzati mediante 3 + 3 conci gettati in opera (peso di oltre 230 kN/m).

- Problematica: avere meno punti d'appoggio possibili per velocizzare e semplificare la regolazione e la movimentazione del cassero stesso e per semplificare la preparazione della struttura di fondazione.

- Soluzione: torri ad alta portata realizzate con il sistema "meccano" che hanno una portata di 300 kN per montante, indipendentemente dall'altezza (in questo caso 11 m) grazie alla modularità del sistema che permette sempre di controventare i montanti

- Specifiche: la foratura multipla brevettata del profilo "meccano" permette di realizzare montanti, controventi o traverse portanti sempre con lo stesso profilo riutilizzabile per numerosi impieghi su progetti di vario tipo; nel presente caso il profilo "meccano" è stato usato per i montanti, i controventi orizzontali, la reticolare trasversale necessaria per la distribuzione del peso del getto sulle due sole gambe posizionate a distanza di 6m, le traverse delle strutture portanti dei casseri interno ed esterno collegate con tiranti DW26,5 al fine di minimizzare il loro numero; la superficie del cassero è montata sulle travi secondarie tipo omega, in acciaio ad alta resistenza, leggere e nello stesso tempo riutilizzabili per parecchi impieghi.

Tale superficie è ricoperta con doghe in polistirolo del marchio Arbloc, inserite in una lamiera fine in acciaio per la realizzazione della sagomatura speciale dei Viadotti Modena.

- Ciclo di getto: montaggio delle torri portanti, posa della struttura reticolare trasversale con fondello e lati del cassero mediante collegamento rapido a perni (40mm, montaggio dell'armatura, inserimento del cassero interno, getto, rimozione del cassero interno, aggancio del cassero esterno completo - sul concio indurito e parzialmente tesato - tramite i tiranti esistenti, abbassamento e rimozione delle torri, rimozione del cassero esterno insieme alla relativa travatura reticolare con l'utilizzo di appositi carrelloni: durata media di n° 5 settimane per un ciclo completo.



Iperstatica - interconnessione Modena Ovest

- Risultato: ottima qualità della superficie del calcestruzzo, sagomatura perfetta, pochi fori rimanenti per la presenza dei necessari tiranti, linearità longitudinale grazie alla rigidità della struttura, economia (grazie all'utilizzo di strutture standard facilmente noleggiabili e alla riduzione al minimo indispensabile di componenti speciali).

2. Gallerie Artificiali delle interconnessioni di Modena Est e Lavino tra Linea AC e Linea storica RFI:

- Costruzione di gallerie artificiali per le interconnessioni di Modena Est e Lavino realizzate mediante la configurazione a "salto di montone".

- Problematica: Pareti alte 11,6m, dello spessore di 1,2m, gettate in opera in un'unica soluzione caratterizzate da una serie di finestre aventi dimensioni $l=3,0m$ x $h=4,6m$. Si doveva definire una cassatura priva di giunti visibili sulla superficie, con pochissimi tiranti e con casseri scatolari interni ben ancorati in modo da contrastare la notevole spinta del calcestruzzo fresco. Vi era inoltre il problema della copertura della galleria (sp. 1,55m) da sostenere con un carro traslabile su binari che consentisse il passaggio continuo delle autobetoniere.

Galleria artificiale GA 18



- Soluzione: Cassero per parete tipo meccano 180 con pannelli di grande dimensione a superficie liscia senza giunti visibili e senza viti sulla facciata esterna onde evitare segni nel calcestruzzo a getto avvenuto. Applicazione di vibratori pneumatici esterni. Sostegno meccano per la soletta con la parte orizzontale reticolare avente base su due torri laterali distanti 3,9m una dall'altra.

- Specifiche: Per i pannelli delle dimensioni

$h=11,5m$ x $l=7,5m$, scelta di travi verticali meccano 180, doppi profilati ad U alti 18cm che reggono alla pressione del calcestruzzo fresco fino a 80kN/mq con tiranti DW20 distanti 1,6x2,0m, garanzia per una facciata continua senza tanti fori rimanenti. Dato che i tiranti vengono montati sul retro della superficie avvitandoli dallo stesso lato anziché dalla facciata esterna, come verrebbe fatto usando invece travi in legno, sono realizzabili pareti veramente lisce. Struttura per il getto della soletta realizzata con il conosciuto meccano 120, come parte superiore utilizzo di una struttura reticolare costruita al 100% da componenti standard.

Le torri di sostegno si basano su cubi da 500kN; in fase di disarmo vengono semplicemente abbassate le torri finché le ruote si trovano a contatto coi binari per la successiva traslazione longitudinale.

- Ciclo di getto: Per ogni parete si effettuano getti da 15ml. Tra messa a piombo del lato esterno, montaggio dei finestrini, armatura, chiusura del cassero, getto e disarmo, si stima una durata di una sola settimana. Per un getto di 14,5ml di soletta, si stima in media una durata di n°2 settimane.

- Risultato: Pareti perfettamente lisce grazie anche all'ottima qualità del calcestruzzo e all'esperienza del personale impiegato. Elevata velocità permessa dalla scelta di pannelli di grande dimensione caratterizzati da collegamenti semplici. Soletta piana eseguita velocemente grazie ad un numero ridotto di punti d'appoggio (regolazione) ed alla rigidità dei carri traslabili.

3. Ponte Samoggia, per scalco del fiume Samoggia:

- Realizzazione di un'impalcatura iperstatica a n°3 campate da 22ml ciascuna, largo 13,7ml,

da gettare in un'unica fase di getto, con il peso di oltre 380kN/ml.

- Problematica: Superamento del fiume in un'unica fase di getto. I punti d'appoggio erano realizzabili solo sulle fondazioni delle pile distanti 18ml tra di loro. Presenza di differenti quote tra fondazione delle spalle e delle pile, quest'ultime disposte non perpendicolarmente all'asse del viadotto. Necessità di individuare una struttura non solo resistente ma anche adattabile, in altre parole modulare.

- Soluzione: Impalcatura meccano 240, con n°4 centine in modo da superare facilmente le luci richieste adattandosi sia alle diverse altezze degli appoggi, sia alle inclinazioni pile-viadotto. Cassero a doppio fondello con vitoni regolabili, in modo da permettere l'applicazione di una leggera contromonta per l'assorbimento delle flessioni della struttura e per correzioni architettoniche.

- Specifiche: Sistema meccano 240 reticolare quattro volte più resistente del meccano 120,



Ponte Samoggia

composto da travi HEA240 collegate con piastre e bulloni M30, controventate nuovamente con componenti meccano 120, il tutto standardizzato, perciò su richiesta anche noleggiabile. Tale sistema è adatto per il superamento di 18-24ml di luce senza alcun appoggio intermedio contro i 12-18ml superabili da centine meccano 120, sempre con distanze tra i nodi di 3,0m; appoggi verticali creati da cilindri idraulici da 3000kN, spinta orizzontale verso spalle e pile trasmessa da martinetti da 1000kN; risoluzione del problema delle differenti altezze delle pile tramite un triangolo d'appoggio posto accanto alle pile, in modo così di avere un unico nodo per centina; accoppiamento di due centine, sfalsamento in pianta delle due coppie conseguenti all'inclinazione di spalle e pile; disarmo idraulico della struttura completa mediante rulli e binari che consentono la rimozione laterale al fine di evitare di dover eseguire lo smontaggio sotto il ponte esistente.

- Ciclo di getto: La realizzazione dell'intera opera può essere suddivisa in: montaggio dell'impalcatura e del cassero su un piazzale vicino, messa in opera della struttura comple-

ta, armatura, getto, tesatura-indurimento. Si stima un tempo complessivo di 4 mesi.

- Risultato: Intradosso del ponte di ottima qualità per quanto riguarda sia la superficie del calcestruzzo che la forma del viadotto; gli estremi delle ali, i cordoli, sono ancor meglio realizzabili se gettati in un secondo momento, dato che ogni piccola tolleranza su tale parti sporgenti può creare un certo fastidio all'occhio, facilmente evitabile se il getto avvenisse successivamente utilizzando carri per cordoli.

4. Viadotto Panaro, scavalco del fiume Panaro:

- Superamento del fiume Panaro con n°2 vie di corsa a travata continua con luci di 40-56-40 metri di lunghezza, con quota di imposta che rimane al disopra degli argini; anche in questo caso si tratta di una variazione rispetto alle luci standard prefabbricate per effetto della particolarità dell'interferenza da scavalcare.

- Problematica: Casserare la tipica sezione ad omega senza però puntellare da sotto poiché l'intervento insiste sull'area del fiume all'interno degli argini; i tempi di esecuzione devono essere contenuti per permettere il passaggio dei carrelloni con i conci isostatici prefabbricati.

- Soluzione: Utilizzo dello stesso cassero

dell'Interconnessione di Modena Ovest, questa volta però rinunciando per forza alle torri di sostegno ed invece usando due travi a cassone mecano TAC-2500 deputate a sostenere da sopra il cassero appeso; tali travi a loro volta appoggiano su torri di sostegno, basate sulle pile del viadotto in costruzione.

- Specifiche: Si tratta di una combinazione dei più diversi componenti del programma mecano: Il cassero è rimasto invariato, composto da reticolare trasversale, fondello e lati, completato dal cassero interno, praticamente tutto creato da componenti standard; doppia fila di pendini DW36 a sostegno del cassero, quest'ultimi sono agganciati sulle travi a cassone del modello TAC-2500 che hanno lunghezza di 96 metri, le quali a loro volta poggiano su cilindri idraulici da 6000 kN e, per il varo longitudinale da una fase di getto all'altra, vengono abbassati sui rulli di traslazione; le torri di sostegno delle travi a cassone TAC-2500, di altezza maggiore di 10 m, sono in parte costruite da componenti mecano; la traslazione delle travi, di peso pari a

2400 kN cadauna, avviene tramite dei tirfor idraulici; le travi a cassone adottate riescono a combinare nel modo migliore praticità (dimensioni h=2,5 m, l=2,4 m con lunghezze unitarie di 12 m, scelte per facilitare il trasporto, montaggio veloce, comportamento sotto carico perfettamente prevedibile, ecc.) e prestazioni (più di dieci volte superiori a quelle di una centina mecano 240).

- Ciclo di getto: Appensione dei casseri esterni, posa armatura, montaggio dei casseri interni, getto, smontaggio casseri interni, tesatura, rimozione casseri esterni, varo longitudinale delle travi; tempo occorrente n°5 settimane nella fase di getto più lunga, da 57 m

- Risultato: di buon livello, considerando la complessità del progetto, sia per quanto riguarda la superficie, che la linearità del viadotto anche nelle aree di ripresa di getto; il tutto con un investimento relativamente modesto, trattandosi di componenti modulari e per questo riutilizzabili per i più diversi progetti futuri, seguendo la filosofia di Alpi.



Il "vibrante" contributo di Somai

Somai grazie alla sua trentennale esperienza nel campo della prefabbricazione ha contribuito alla buona riuscita dei "getti iperstatici" degli impalcati del "Sistema viadotti Modena" nel cantiere della subtratta Modena-Bologna in affidamento alla Pizzarotti. Il mandato ricevuto dall'impresa Pizzarotti

SpA di Parma prevedeva la vibrazione elettrica di una cassaforma Hunnebeck e di una Alpi: le due casseforme sono state realizzate in modo da soddisfare le esigenze di getto, pertanto entrambe composte da una serie di m. 2,5. Inoltre la cassaforma Alpi, a differenza della Hunnebeck interamente metallica, prevedeva una struttura portante metallica e una rivestimento in legno multistrato. Questo tipo di cassaforma non si prestava ad essere vibrata con un sistema di vibratori elettrici, ma grazie agli studi eseguiti dalla Somai con l'ausilio di una serie di accelerometri collegati in parallelo ad un PC, è stato possibile arrivare alla scelta del vibratore elettrico e del relativo supporto da fissare al cassero, verificando al contempo la distribuzione della vibrazione sul cassero.

L'impianto fornito prevedeva:

- un quadro tipo "Varis" di gestione e controllo

utilizzato su entrambe i casseri, dotato di un inverter per il funzionamento in contemporanea di 12 vibratori, un PLC di gestione di tutte le funzioni, un radio comando per il comando a distanza. Inoltre sul quadro è stato previsto un touch pannel che raffigura la serigrafia del radio

comando in modo da facilitare i comandi nel caso si volessero comandare i vibratori da quadro. Tutto il sistema di controllo ha la possibilità di memorizzare e trasferire su PC i dati di tempi e frequenze utilizzate.

Il radio comando è del tipo a marsupio con display alfanumerico che permette all'operatore di sapere quali vibratori sono in funzione, quale frequenza è inserita e eventualmente se è stato inserito un program-

ma manuale o automatico e, non da ultimo, si può avere la diagnostica di eventuali allarmi.

Attrezzature per il cassero Alpi:

- n. 63 vibratori elettrici multifrequenza tipo VEMM 421423.

- n. 11 sotto quadri collegati tra di loro in parallelo da prolunghe con connettore multiplo; i sotto quadri sono dotati di moduli in grado di riconoscere i segnali dei quadri Varias. La soluzione adottata permette di posizionare il sotto quadro in qualsiasi posizione del cassero

e nella fase di scasseratura il sistema di vibrazione non deve essere smontato.

Attrezzature per il cassero "Hunnebeck"

- n. 44 vibratori elettrici multifrequenza tipo VEMM 422023.

- n. 8 sotto quadri con le stesse caratteristiche di quelli utilizzati sul cassero "Alpi".

La fornitura ha previsto il montaggio e collaudo in cantiere; inoltre l'impresa ha richiesto che il fornitore garantisse l'intervento entro 24 ore in caso di guasti: a riprova dell'affidabilità dei vibratori e degli impianti messi a punto, la Somai non è mai dovuta intervenire.

La buona riuscita dei manufatti è stata possibile grazie alla collaborazione tra Somai, le aziende che hanno fornito le casseforme e i tecnici dell'impresa Pizzarotti ed alla loro professionalità.

