P.A.T.O. Srl al lavoro sul sottopasso dell'Autostrada A4 a servizio della linea Merotram SIR 1, in corrispondenza di Via Fornace Morandi a Padova

TECNOLOGIE "TRENCHLESS" PER UNA STRUTTURA SCATOLARE IN CALCESTRUZZO ARMATO

*Giorgio Salvini**
*Andrea Zani***

Per realizzare l'attraversamento della Autostrada A4 "Serenissima" da parte del tracciato della Linea Tranviaria denominata SIR 1 in un settore posto a Nord della città di Padova (in corrispondenza di Via Fornace Morandi), è stata prevista la realizzazione di una struttura scatolare in calcestruzzo armato da mettere in opera a spinta nell'ambito del rilevato autostradale.

Figura 1

La scelta di utilizzare una tecnologia "trenchless" è naturalmente legata alla finalità di evitare la chiusura completa del traffico, in corrispondenza di un'arteria caratterizzata da elevati e continui carichi di flusso veicolare, durante tutto l'arco dell'anno.
La Società APS Holding SpA, intestataria del progetto della linea tranviaria, ha affidato la progettazione del tratto in oggetto alla Idroesse Infrastrutture SpA di Padova, che inoltre ha anche coperto l'incarico di Direzione Lavori e di Coordinamento della Sicurezza.
Il lavoro è stato in seguito appaltato, per quanto riguarda la opere civili, al Consorzio Mantegna-Metrobus Padova (Sicea-Rizzani de Eccher).

Figura 2 - Uno stralcio di un'immagine con l'ubicazione dell'attraversamento

L'Impresa appaltatrice ha infine affidato i lavori, previsti con tecnologie "trenchless"(spinta del manufatto in c.a.), alla Impresa P.A.T.O. Srl di Occhiobello (RO), Impresa da molti anni presente sul mercato e avente al suo attivo ormai molteplici interventi in ogni categoria di tali tecnologie.
In particolare - come si vedrà più dettagliatamente in seguito - lo scatolare è stato messo in opera grazie all'impiego della tecnologia P.A.T.O., che prevede l'infissione del manufatto per mezzo di una spinta oleodinamica, con l'ausilio di doppio lamierino antitrascinamento che annulla l'attrito tra l'estradosso del manufatto e il terreno sovrastante, che presenta uno spessore di poco superiore ai 2,5 m, permettendo comunque di mantenere attivo il flusso veicolare sulla sede autostradale.

Le caratteristiche principali dell'opera

La struttura del sottopasso è rappresentata da uno scatolare in c.a., avente sezione esterna di 11,8x6,6 m e sezione interna pari a 10,0x4,70 m.
La soletta inferiore presenta uno spessore di 1 m ed una lunghezza di 52,00 m, mentre i piedritti laterali e la soletta di copertura presentano spessori di 0,90 m. Il peso complessivo del monolite risulta di circa 4.800 t.
Ai due imbocchi del sottopasso sono stati allestiti, prima della spinta, due muri d'ala in c.a., gettati a partire dalle berlinesi, realizzate con micropali DN 300 mm, radicati nel terreno per circa 8 m.

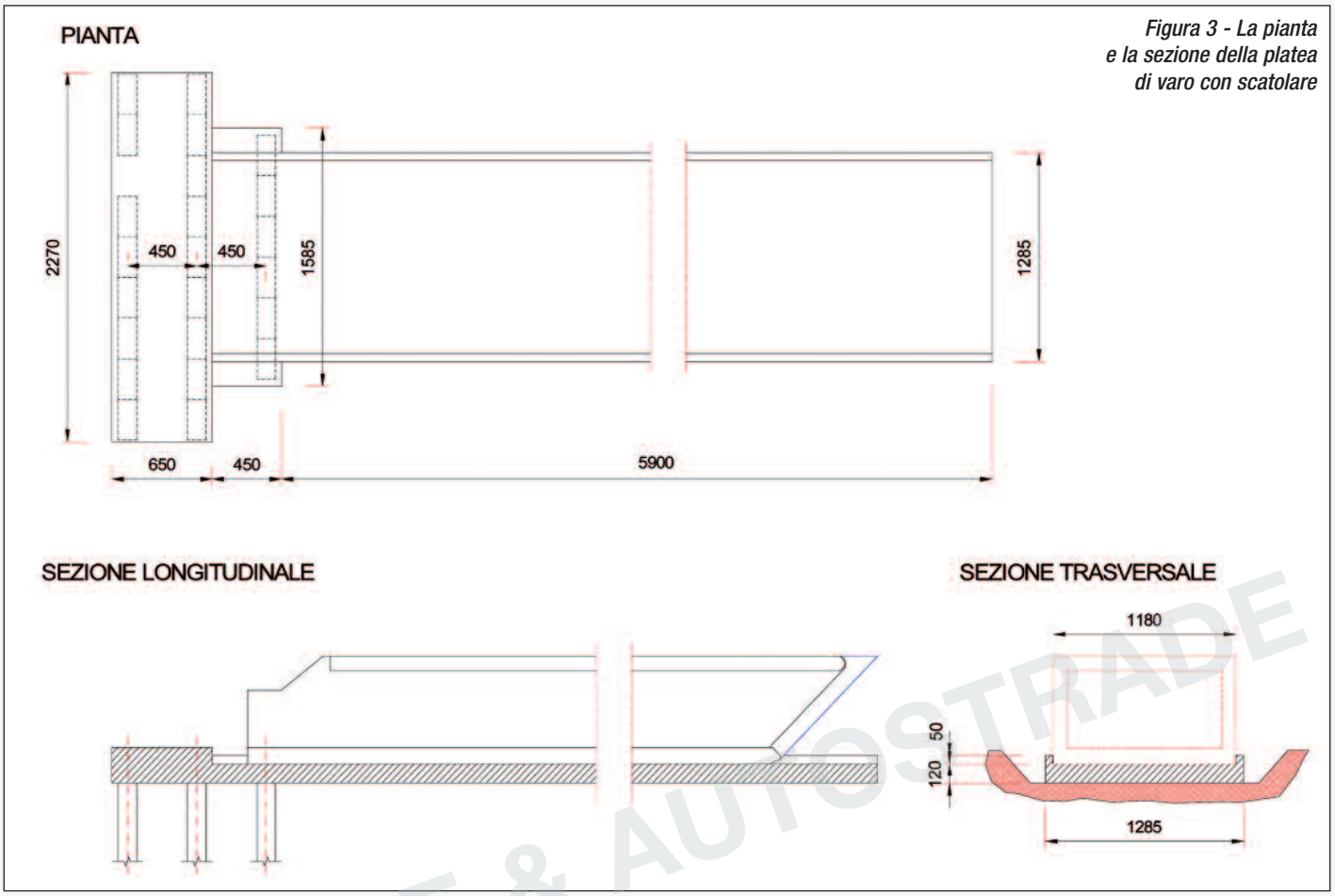

Figura 3 - La pianta e la sezione della platea di varo con scatolare

L'intero scatolare, che costituisce il sottopasso, è stato realizzato sulla platea di varo, posta in adiacenza al rilevato autostradale, che presenta uno spessore di 1,2 m, una larghezza complessiva di 12,85 m e uno sviluppo totale di 59 m. Ai bordi laterali sono stati gettati due cordoli guida, aventi altezza e larghezza di 0,50 m.
All'estremità della soletta di varo è presente la struttura reggispinta costituita da tre file di diaframmi in c.a., aventi spessore di 1,20 m e lunghezza di 15 m. La quota di imposta superiore è posta a –2,0 m circa dal p.c.. Le estremità dei diaframmi sono poi collegate tra loro da una soletta in c.a., dello spessore complessivo di 2,20 m, che presenta dimensioni di 6,5x22,7 m, a sua volta direttamente collegata con la soletta di varo (Figura 3).

Le valutazioni sulla costituzione del rilevato da attraversare

Da informazioni raccolte si poteva ritenere che il rilevato, entro il quale era prevista l'infissione del manufatto, fosse da considerare, in linea di massima, costituito da terreno a prevalente composizione limoso-sabbiosa.
In considerazione della valenza dell'opera, tuttavia, per verificare che non esistessero particolari corpi estranei che ostacolassero o comunque creassero condizioni di anisotropia lungo la sezione di spinta, con conseguenti difficoltà o impedimenti durante l'avanzamento, è stata eseguita in asse al fronte di scavo una TOC con l'inserimento di un tubo in PEAD, attraverso il quale è stato possibile eseguire una indagine tomografica geoelettrica, che investigasse tutto il nucleo di terreno interessato dalla spinta. Tale indagine ha evidenziato che non esistevano ostacoli di rilevanza lungo il tracciato del sottopasso.

Le modalità operative per la messa in opera dello scatolare

Le modalità operative per la messa in opera del monolite in c.a. sono state attentamente studiate dai Tecnici della P.A.T.O., allo scopo di rispondere alle due esigenze fondamentali di evitare la chiusura dell'autostrada e di evitare che comunque, durante i lavori, si ingenerasse qualche danno alla sede autostradale stessa, con le rilevanti conseguenze ipotizzabili.
Dopo attente e approfondite valutazioni, che hanno tenuto conto delle molteplici complesse problematiche presenti, i Tecnici P.A.T.O. hanno ritenuto opportuno prevedere il varo del manufatto mediante infissione attraverso la spinta oleodinamica e con l'ausilio del sistema con doppio lamierino inox antitrascinamento a perdere e l'utilizzo in continuità di fanghi bentonitici.
Di seguito vengono presentate, in sintesi, le fasi costruttive che hanno consentito di portare l'opera a compimento con pieno successo:

- sono stati realizzati dapprima sia il portale di ingresso, sul quale è stata posizionata la trave reticolare di ritegno, a cui sono stati collegati i lamierini antitrascinamento, la cui funzione si vedrà meglio in seguito, sia il portale di uscita, con la funzione di contenere eventuali fenomeni di trascinamento/allentamento del corpo stradale nella fase di fuoriuscita dello scatolare dal rilevato;
- sul lato di spinta sono state realizzate la platea di varo (sulla quale è stato fatto scorrere il manufatto) e la struttura reggispinta, costituita da diaframmi in calcestruzzo che hanno contrastato l'azione dei 16 martinetti idraulici impiegati;
- si è proceduto in seguito alla costruzione dell'intero manufatto sulla platea di varo, previo posizionamento, sulla sua superficie, di due

STRADE & AUTOSTRADE

Figura 4 - La posizione dei lamierini sull'estradosso scatolare

Figura 5 - Le rulliere con i lamierini

fogli di polietilene, lubrificati da uno strato di grasso intermedio. Il manufatto è stato provvisto di un "rostro" in acciaio, per permettere e agevolare la penetrazione dello scatolare nel terreno;

- la particolare conformazione del rostro, inclinato di 45°, ha permesso lo scavo all'interno del manufatto, consentendo all'escavatore di sagomare il fronte di scavo con una scarpa di pari inclinazione: in tal modo, è stata garantita la sua stabilità durante le fasi di avanzamento e il mantenimento di condizioni di sicurezza sia per le Maestranze che hanno operato all'interno, sia per il traffico veicolare che è continuato a transitare durante tutte le operazioni di spinta;
- sull'estradosso dello scatolare sono stati fissati lamierini in acciaio inox, tramite incollaggio e tassellatura (Figura 4). All'interno del monolite sono stati predisposti altri lamierini, alloggiati in rulliere posizionate in prossimità del rostro (Figura 5); tali lamierini, passando dall'intradosso all'estradosso della soletta superiore attraverso apposite aperture realizzate nella stessa in corrispondenza del rostro, si srotolavano mano a mano che il manufatto veniva spinto, essendo la loro estremità ancorata a una trave di ritegno realizzata in corrispondenza del portale di entrata (Figura 6);
- in queste condizioni, tra il terreno di ricoprimento e il lamierino inox in srotolamento non c'è alcun moto relativo e, di conseguenza, nessuna frizione (eccettuata la fascia larga 10 cm tra lamierino e lamierino): l'unica forza di attrito che si genera all'estradosso è quindi tra le due superfici di acciaio, minimizzata tramite iniezione di grasso;
- l'attrito terreno-calcestruzzo presente su piedritti e soletta inferiore è stato invece ridotto con iniezioni continue di lubrificanti bentonitici, praticate attraverso opportuni fori precostituiti nel getto. Tale lubrificazione forzata è stata effettuata a pressione controllata e con prodotti biodegradabili. Non è stata invece lubrificata la porzione di estradosso compresa tra l'estremità del rostro e l'asola di uscita dei lamierini;
- la fase di infissione è stata realizzata tramite l'asportazione del terreno dal fronte di scavo, fino al limite estremo del rostro; di seguito si è proceduto con la spinta per una lunghezza di circa 0,5 m, ripetendo quindi tale ciclo fino al termine della traslazione. Al termine di ciascuna sessione di spinta i martinetti, ove fosse raggiunta l'estensione massima (pari a 1 m), sono stati retratti nella loro posizione di riposo e sono state posizionate delle prolunghe in acciaio (Figura 7);
- la posizione plano-altimetrica del manufatto è stata rilevata in continuo con l'ausilio di strumenti laser e topografici di precisione. La regolarità planimetrica è stata assicurata dall'azione dei cordoli guida, realizzati sull'intera lunghezza della platea di varo. La quota altimetrica del manufatto è stata invece stabilizzata regolando, in fase di scavo, il volume e la costipazione del terreno davanti al rostro, in corrispondenza della soletta inferiore.

Operando secondo lo schema sopra riportato, si sono raggiunte produzioni di spinta estremamente soddisfacenti, comprese tra un minimo di 0,50 m/giorno a un massimo di 6 m/giorno, con una media giornaliera, considerati i tempi di spinta effettiva, di oltre 2 m/giorno.

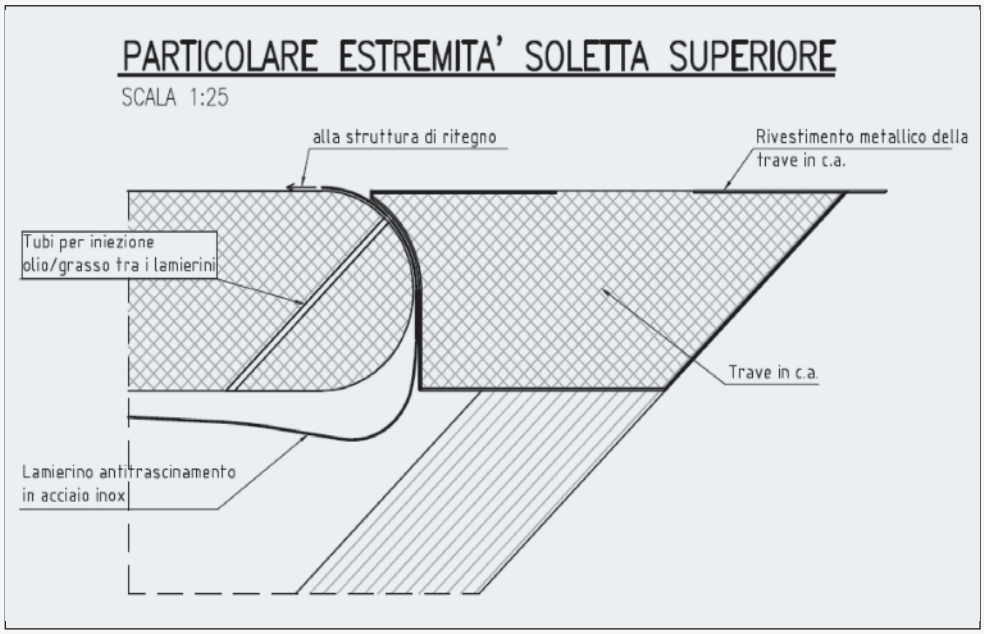

Figura 6 - Un particolare dell'estremità della soletta superiore con la fessura fuoriuscita del lamierino di interfaccia terreno/soletta superiore

STRADE & AUTOSTRADE

Figura 7 - La fase di spinta

Conclusioni

L'attraversamento dell'Autostrada A4 "Serenissima", eseguito con le modalità sopra descritte, evidenzia il contributo che oggi alcune tecnologie possono dare per risolvere problematiche che fino a qualche decennio fa parevano insuperabili.

E' del tutto ovvio che non risulta sufficiente la presenza di tecnologie, pur raffinate, sul mercato se non subentra la capacità delle Imprese specializzate nel metterle in atto e nell'utilizzarle nella maniera più corretta e più conveniente.

L'esempio presentato evidenzia l'importanza del comportamento delle Imprese nell'approccio con talune situazioni molto vincolanti, di fronte alle quali la P.A.T.O. ha messo in campo tutta la potenzialità delle sue esperienze pregresse (Tabella), pervenendo ad un risultato quanto mai soddisfacente, portando a termine l'intervento nei tempi previsti (circa 30 giorni) e mantenendo l'agibilità e quindi il flusso di traffico attivo durante tutto l'arco dei lavori, in corrispondenza di un "nodo" autostradale tra i più congestionati e importanti della rete, la cui chiusura, anche parziale, avrebbe causato condizioni veramente traumatiche da sopportare. ■

Figura 8 - Il rostro frontale in acciaio a fine spinta

** Dottore Geologo e Consulente dell'Impresa P.A.T.O. Srl*
*** Responsabile di commessa dell'Impresa P.A.T.O. Srl*

Tipologia di varo	Località	Dimensioni esterne	Traslazione	Descrizione attraversamenti
Stradale	Roma	16,00x7,00	50,00	Via Tintoretto - Roma
Ciclopedonale	Brescia	3,80x3,70	30,00	Tangenziale di Brescia
Ciclopedonale	Roma	4,00x4,00	50,00	Via Tiburtina
Stradale	Orte	11,70x8,20	54,00	Autostrada A1 MI-NA al km 494+332
Canalizzazione	Rimini	4,90x4,70	48,00 cad.	Quattro manufatti sotto le Strade Provinciali
Stradale	Genova	10,50x7,10	30,00	Corso Maurizio Quadrio
Ferrotramviario	Padova	11,80x6,60	50,00	Via Fornace Morandi

Le referenze di lavori eseguiti dalla P.A.T.O. per il varo di manufatti scatolari sotto rilevati stradali con l'utilizzo del sistema dei doppi lamierini antitrascinamento e lubrificazione forzata