leStradeLS

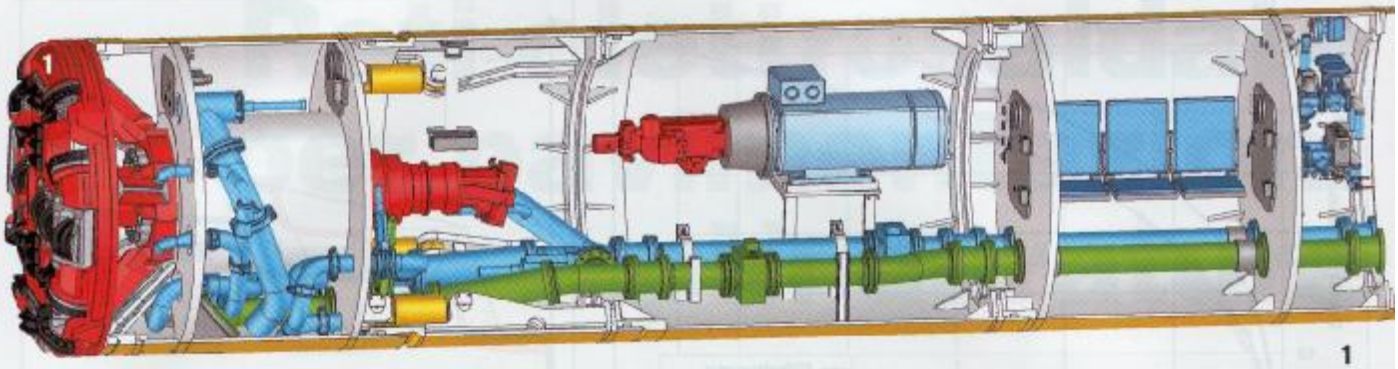
Aeroporti Autostrade Ferrovie

Numero 3 - Marzo 2005

PONTI E VIADOTTI
Nuova accessibilità a Venezia: un'ipotesi progettuale dello IUAV

MOBILITÀ E TRAFFICO
Sicurezza Stradale: il bilancio delle attività svolte dalla Provincia di Milano

FERROVIE
Archimede, il treno diagnostico delle linee ferroviarie italiane



1

Le peculiarità del Microtunnelling

Elena Albini
Renzo Chirulli
ingegneri

1. Microtunneller (per gentile concessione della Società Herrenknecht AG e della sua rappresentante italiana Timeco Srl)

Il Microtunnelling è una delle principali tecnologie No-Dig per l'installazione di tubazioni interrate. Mediante Microtunnelling è infatti possibile installare tubi nel sottosuolo senza dover scavare trincee lungo il percorso di installazione e di conseguenza, come per altre tecnologie No-Dig, evitare la manomissione ed il disturbo del soprasuolo (strade, infrastrutture di trasporto in genere, mobilità, ecc.). Rispetto ad altre tecnologie No-Dig, destinate all'installazione di tubi interrati, la peculiarità del microtunnelling consiste nell'elevata precisione di posa che è possibile conseguire (in termini di accuratezza nel seguire una prestabilita traiettoria) e nelle grandi dimensioni che possono raggiungere i tubi installabili. Mediante questa tecnica, si arriva infatti ad installare (come nel caso applicativo che esamineremo nel presente articolo) tubazioni di diametro sino a 3 metri, con tolleranze di pochissimi centimetri, sia in altimetria che in planimetria, anche quando l'installazione copre diverse centinaia di metri in lunghezza. Inoltre è possibile effettuare installazioni anche a notevole profondità (oltre i 20 metri dal piano campagna).

La tecnologia del Microtunnelling ricorda quella delle TBM (Total Boring Machine) utilizzata nello scavo a sezione piena di gallerie. Lo schema esecutivo prevede lo scavo di due pozzi, uno di partenza ed uno di arrivo, che vengono collegati mediante una perforazione realizzata utilizzando una testa fresante a piena sezione che viene fatta avanzare per spinta, a partire dal pozzo di partenza aggiungendo, man mano che la perforazione procede, conci successivi di condotta, che al termine dell'installazione vanno a comporre una tubazione unica.

Questi pozzi, generalmente rivestiti per contenere la spinta delle terre, possono avere anche una notevole profondità. Il pozzo di arrivo, quando non costituisce una stazione intermedia (come accade nei tracciati di notevole lunghezza) è in genere di dimensioni (sezione) più contenute rispetto al pozzo di partenza. Quest'ultimo infatti accoglie almeno due elementi che lo rendono più ampio di quello di arrivo, e cioè: un muro di controspinta (costruito in genere in cemento armato) ed una slitta di scorrimento lungo la quale vengono fatti scorrere i conci di tubazione che vengono aggiunti man mano che la testa fresante detta "microtunneller" (fig. 1) avanza nel terreno.

Una volta realizzati i due pozzi,

e posizionato sulla parete di approccio un opportuno anello di centraggio che accoglie anche gli eventuali dispositivi per il contenimento (preventer) di possibili venute d'acqua, nel pozzo di partenza viene calato il microtunneller, posizionato inizialmente su due binari di scorrimento paralleli alla direzione di avanzamento, che terminano sull'anello di centraggio (fig. 2). In coda al microtunneller, attraverso un anello di distribuzione in acciaio, vengono esercitate le forze di spinta, generate da un opportuno gruppo di spinta idraulico che, nel caso più generale, è composto da quattro pistoni idraulici ad escursione indipendente, controllati da una centrale computerizzata che permette di dosare le forze sviluppate da ogni singolo pistone, sui quattro punti diametrali ortogonali dell'anello di distribuzione, in modo da poter esercitare anche forze di spinta non simmetriche, in modo da attuare manovre direzionali correttive della traiettoria.

Con tecnologia di Microtunnelling vengono infatti realizzate perforazioni ad andamento rettilineo, tuttavia con un controllo attivo della traiettoria, ovvero con la possibilità di controllare e manovrare la direzione di avanzamento del microtunneller in modo da mantenerlo lungo la traiettoria preassegnata. Questa possibilità di manovra, più limitata rispetto ad altre tecnologie No-Dig come ad esempio il Directional Drilling, permette tuttavia di realizzare perforazioni anche ad andamento debolmente curvilineo (ovvero con raggi di curvatura molto ampi - in genere superiori alle centinaia di metri).

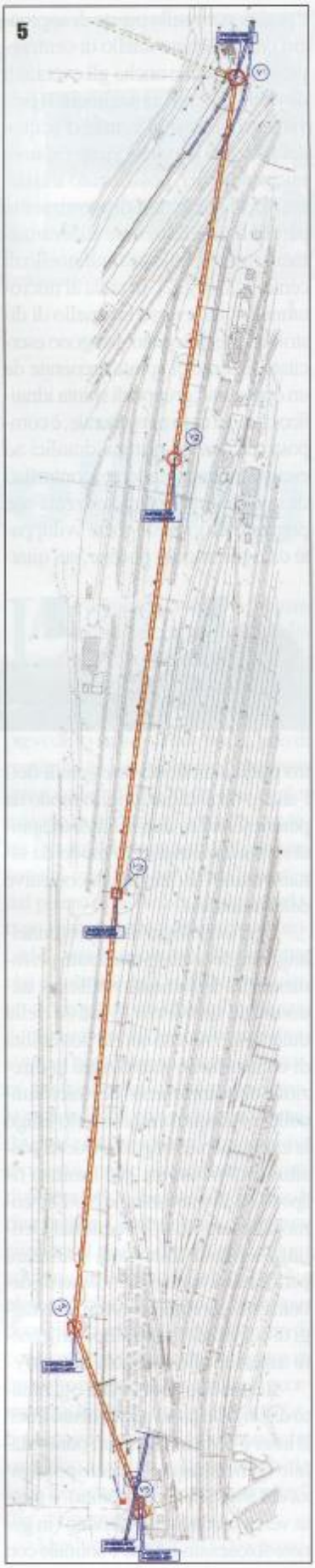
Il controllo direzionale è garantito da un sistema di puntamento laser. Il laser è posizionato in un punto stabile (generalmente in corrispondenza del muro di controspinta), e punta verso un target monitorato (in genere fotosensibile) che è solidale con la faccia interna dello scudo frontale del microtunneller. La posizione del fascio laser rispetto a questo target viene controllata in tempo reale dal sistema di controllo computerizzato di tutto l'impianto, ed in funzione della traiettoria e delle tolleranze impostate, determina le manovre correttive, ed in ultima analisi le forze da sviluppare, istante per istante, sui pistoni del gruppo di spinta idraulico, per ottenere la spinta complessiva in modulo e direzione desiderati.

All'inizio della perforazione il microtunneller riceve la spinta direttamente attraverso l'anello di distribuzione. L'azione di escavazione è data dalla rotazione dello scudo frontale del microtunneller. Questa rotazione, in genere generata idraulicamente, permette un'escavazione del terreno omogenea e precisa. Naturalmente lo scudo e quindi in ultima analisi gli utensili di scavo su di esso montati, saranno adatti al tipo di terreno che si prevede di incontrare. Nel caso che esamineremo, lo scudo è dotato a tergo di camera iperbarica, per permettere l'accesso di personale anche in presenza di sovrapressioni esterne di acqua. L'accesso del personale può rendersi necessario qualora occorra intervenire sullo scudo per motivi connessi con la manutenzione in corso d'opera o con la sostituzione utensili. Una volta che il microtunneller è completamente penetrato nel terreno, ovvero quando la sua coda attraversa la parete di contenimento del pozzo di partenza, in corrispondenza dell'anello di centraggio, allora si arretrano il gruppo

2. Fasi preparatorie del microtunnelling: a) microtunneller fuori terra; b e c) sollevamento del microtunneller; d) inserimento nel pozzo; e ed f) collocamento sulla slitta di scorrimento (per gentile concessione della PATO Srl)

3. Sezione intermedia di spinta

4. Le tubazioni in calcestruzzo utilizzate per la costruzione del collettore DN3000



5. Planimetria del tracciato

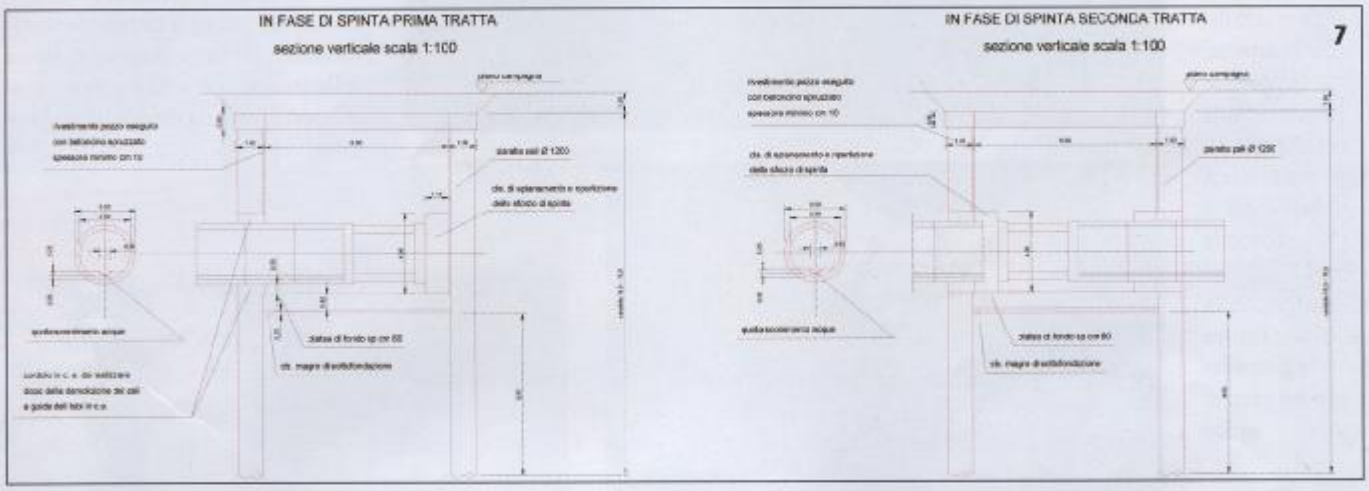
di spinta e l'anello di distribuzione, e si inserisce il primo concio di condotta che va quindi ad interporsi tra anello di distribuzione e coda del microtunneller. Si riprende quindi l'azione di spinta che viene trasferita dal gruppo di spinta, attraverso l'anello di distribuzione, mediante il concio di condotta interposto. Quando anche questo concio è completamente penetrato nel terreno, si ripete lo stesso schema esecutivo inserendo un secondo concio, e così via.

Questo significa che man mano che la perforazione procede, la spinta per l'avanzamento viene trasferita attraverso un numero crescente di conci. Da un punto di vista meccanico questo significa anche che, man mano che la perforazione avanza, una quota parte crescente della spinta generata dal gruppo idraulico viene assorbita dalle forze di attrito che si sviluppano lungo la superficie di contatto tra conci di condotta e terreno e dalle deformazioni dei conci stessi e degli elementi interposti tra anello di distribuzione e microtunneller.

Ecco perché quando si superano certe lunghezze di perforazione, in funzione anche del diametro della perforazione e della natura del terreno attraversato, è in genere necessario interporre, in certe sezioni prestabilite, dei gruppi idraulici di spinta intermedi, che sono costituiti da corone di martinetti idraulici (fig. 3). La scelta del numero di pozzi intermedi, così come delle sezioni idrauliche di spinta intermedie, scaturisce da un calcolo teso ad ottimizzare la funzione di costo dell'intera opera.

Durante la perforazione il materiale escavato viene allontanato dal fronte di scavo mediante un sistema di smarino che generalmente è a liquido, con circolazione di acqua o di fanghi bentonitici. Il fluido di perforazione viene anche impiegato per lubrificare il contatto tra tubazione in conci e terreno, e quindi ridurre le forze di attrito che altrimenti renderebbero oneroso se non impossibile l'avanzamento. Una volta che il microtunneller raggiunge il pozzo di arrivo e fuoriesce in esso completamente, viene tirato fuori terra, ed a quel punto l'installazione è sostanzialmente completata. Qualora il pozzo di arrivo costituisca stazione intermedia, allora in esso, dopo il completamento del tronco di condotta che precede, viene realizzato il muro di controspinta, e lo schema esecutivo riprende esattamente per come appena descritto. In questa sede non vi è spazio sufficiente per esaminare i molti aspetti specifici della tecnologia in se, ne tanto meno le metodologie di calcolo che sono alla base di questo gene-

re di applicazioni (rimandando per questo alle pubblicazioni più specifiche che verranno distribuite dalla casa editrice La Fiaccola, nel corso di quest'anno). Tuttavia è bene sottolineare che il Microtunnelling presenta ormai una notevole maturità sia sotto l'aspetto progettuale che esecutivo, che la rendono una delle tecnologie No-Dig certamente più codificata ed ingegnerizzata.



CASO APPLICATIVO

Realizzazione di un collettore fognario DN 3000 mm per l'attraversamento dello Scalo Ferroviario Ravone della Stazione di Bologna - ultimato nel dicembre 2004

Committente: ITALFERR Spa
Main Contractor: ASFALTI SINTEX Spa
Esecutore: PATO Srl (Italia)

6. Schema operativo utilizzato

7. Sezioni tipo dei pozzi di partenza/arrivo

8. Fase dell'avanzamento dei conci nel microtunnel

Il caso applicativo che esaminiamo è relativo alla realizzazione di un grande collettore fognario, costruito con tubi in calcestruzzo di diametro esterno pari a 3000 mm e diametro interno pari a 2500 mm (fig. 4 e fig. 10), realizzato in attraversamento del fascio di binari dello Scalo Ferroviario Ravone, nella città di Bologna.

L'importanza di questo lavoro consiste nel fatto che in esso ricorrono tutte le problematiche che tipicamente possono esserci in lavori di microtunnelling. La tecnologia utilizzata e con essa le attrezzature ed i metodi di calcolo e di lavoro, rappresentano lo stato dell'arte attuale del microtunnelling.

Come mostrato nella planimetria di fig. 5, il tracciato complessivo di questa grande condotta ha una lunghezza di 1176 m. Considerata la strategicità del nodo ferroviario, la sua struttura, ed ovviamente la necessità di non interferire in nessun modo sulle attività che hanno luogo in questo importante impianto infrastrutturale ferroviario, la scelta di ricorrere ad un'installazione di tipo No-Dig, è stata quasi naturale.

In questo caso proprio le dimensioni della tubazione da installare e le precisioni richieste nel rispettare la pendenza di posa del fondo condotta imposte dal progetto (1.45 per mille), hanno fatto orientare la scelta verso il microtunnelling.

Il tracciato complessivo di 1176 m è stato scomposto in quattro tratte di lunghezze rispettivamente pari a 322, 348, 348 e 157.6 m, con un totale di 5 pozzi. In fig. 6 è mostrato lo schema operativo del microtunnelling, nel quale viene indicata la direzione di avanzamento del microtunneller per ogni

9. Il microtunneller AVN2000 AB modificato, collocato sulla slitta di scorrimento in uno dei pozzi di partenza

10. Collocamento di un concio di condotta intermedio sulla slitta in uno dei pozzi di partenza. Si notino le tubazioni per la circolazione dei fluidi, preinstallate nel concio di condotta

11. Fase conclusiva del lavoro: l'arrivo del microtunneller in uno dei pozzi di arrivo

singola tratta. In questo modo solo due pozzi (il V2 e V4) hanno avuto la doppia valenza di pozzo di spinta/arrivo. In fig. 7 sono mostrate le sezioni costruttive di questa tipologia di pozzo a doppia valenza; mentre in fig. 8 viene mostrato uno dei pozzi di partenza con il microtunneller già completamente nel terreno. L'opera è stata iniziata nel maggio del 2003 e completata nel dicembre del 2004. Su un totale di 19 mesi di durata della cantierizzazione, occorre precisare che ben due mesi sono stati impegnati in una sosta forzata causata al rinvenimento di un ordigno bellico. Per la realizzazione dell'opera è stata impiegata un'unità di perforazione modello AVN2000 AB della Herrenknecht modificata e potenziata per permettere l'installazione di condotte DN 3000 (fig. 9).

I terreni attraversati, erano del tipo limo argilloso-sabbioso e argilla limosa di colore avana e nocciola consistente, con assenza di falda ma a tratti umida, e con presenza di intercalazioni sabbioso/ghiaiose. I principali parametri geotecnici del terreno erano invece: Cu = 40 -100 kPa; $\gamma = 20$ kN/m^3 ; c' = 0 kPa; $\varphi' = 27°$.

Il tasso di avanzamento medio giornaliero è oscillato nel range 8.5÷12.5 m/giorno. L'impianto era completato da un sistema di smarino e vagliatura/dissabbiatura dei fanghi di perforazione. Lungo le tratte sono state previste delle sezioni intermedie di spinta (fig. 3).

CONCLUSIONI

Il microtunnelling è una tecnologia affidabile, matura, ben conosciuta nei metodi di progettazione ed in quelli esecutivi. Il ricorso a questa tecnologia permette di risolvere, con tutti i vantaggi tipici delle tecnologie senza scavo a cielo aperto, una molteplicità di problematiche esecutive, alcune delle quali possono essere affrontate e risolte solo ricorrendo a questa soluzione tecnologica specifica.

Il caso applicativo illustrato rappresenta una di queste situazioni.

Tuttavia anche in questo caso, come per altre tecnologie No-Dig, esiste un gap informativo e formativo tra industria ed imprese specialistiche da una parte ed enti appaltanti e progettisti dall'altra, che occorre colmare, perché vi sia una corretta ed ampia diffusione anche in Italia del microtunnelling così come del No-Dig nel suo complesso.