

Tubi Spalla idraulici: l'evoluzione



Astaldi sta realizzando la tratta centrale della Linea 2 della metropolitana di Varsavia. Una commessa del valore complessivo di 3.375 miliardi di zloty, equivalenti a 800 milioni di euro. La consegna delle opere è prevista per il 2013. Tra le aziende protagoniste del progetto c'è l'impresa salernitana, con una soluzione all'avanguardia nell'applicazione di Tubi Spalla per diaframmi

La realizzazione “chiavi in mano” della Linea 2 della metropolitana di Varsavia rientra nel “Programma Operativo Infrastruttura e Ambiente” destinato alle aree geograficamente collocate nell’Est del Vecchio Continente promosso e finanziato dalla UE. L’infrastruttura si colloca tra le più interessanti attualmente in costruzione, in riferimento al cospicuo importo dei lavori, alle peculiarità dell’opera e alle innovative tecnologie applicate.

Forte di un’esperienza consolidata nella realizzazione di metropolitane e di grandi infrastrutture sotterranee in contesti urbani, la Astaldi (socio leader dell’iniziativa con un quota pari al 45%) si è aggiudicata la progettazione ed esecuzione dell’opera in associazione temporanea di imprese (Consorzio AGP Metro Polka) con la Gülermak (una delle maggiori imprese di progettazione e costruzione in Turchia) e la polacca PBDIM (il maggiore costruttore a livello nazionale).

L’iniziativa porterà alla progettazione e realizzazione della tratta centrale della Linea 2 della metro con 6,3 km di binari e sette stazioni comprese tra i due capolinea di Rondo Daszynskiego e di Dworzec Wilenski. Tra le stazioni Powisle e Stadion il tracciato prevede l’attraversamento in sottoterraneo del fiume Vistola. Gran parte del tracciato correrà nel sottosuolo di Varsavia (4,5 km di gallerie divise in sei tratte distinte) e si sostanzierà in una coppia di tunnel paralleli a binario singolo, una soluzione progettuale che renderà più sicura la nuova linea eliminando il rischio di collisioni frontali tra i convogli.

Lo scavo delle gallerie sarà eseguito utilizzando contemporaneamente tre TBM (Tunnel Boring Machine) del diametro di 6,32 m, ma è prevista anche la realizzazione di un’ulteriore galleria mono-binario per il

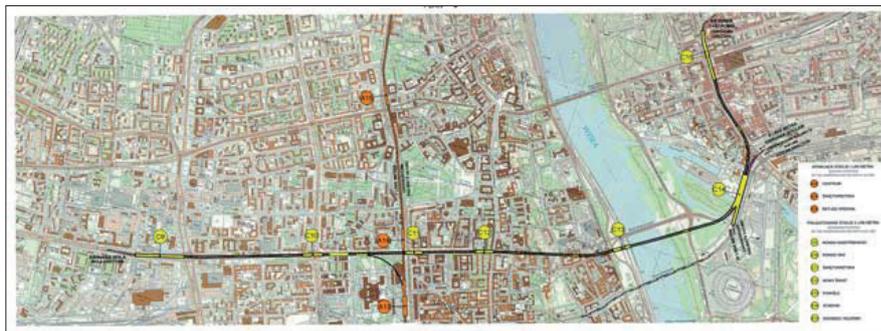
collegamento con la linea esistente, oltre che di tre manufatti per il ricovero e la manutenzione dei convogli. Nel contratto rientrano, inoltre, le attività per il cablaggio della linea di alimentazione e l'armamento ferroviario ed elettromeccanico.

La divisione Icotekne-Polonia - e più precisamente la "Icotekne Polska" Sp. z o.o. - ha ricevuto dal Consorzio AGP Metro Polka l'affidamento dei lavori, progettazione definitiva ed esecutiva comprese. L'infrastruttura è di tipo pesante e prevedrà il trasporto di 22.500 passeggeri/ora. Attualmente, tra le tante fasi operative si stanno eseguendo diaframmi in calcestruzzo armato per due stazioni e tre pozzi per circa 50.000 m², tappi di fondo con jet-grouting per circa 16.000 m³, nonché due interventi di iniezione dei terreni, preventivi al passaggio della TBM, a salvaguardia delle preesistenze, realizzati con perforazioni guidate fino a 320 m e iniezioni di miscele cementizie e chimiche.

L'inquadramento dell'opera

La linea ha inizio dal Rondo Daszynskiego, dove attualmente è in corso di costruzione il primo pozzo di lancio degli scudi, e si costituisce di una coppia di gallerie di sezione circolare a singolo binario di diametro 6,3 m. I due tubi corrono affiancati per metà tratta lungo la larga Ulica Swietokrzyska passando per le stazioni di Rondo Onz, Swietokrzyska (dove passano al di sotto della Prima Linea) e, infine, Nowy Swiat, prima di scendere ai piedi della scarpata di Varsavia nel quartiere di Powisle, sede della stazione C13 situata nelle strettissime adiacenze della riva occidentale del fiume Vistola e secondo pozzo di lancio delle macchine TBM.

Al di là del suddetto imponente corso d'acqua che le gallerie sottopassano si arriva alla Stazione Stadion, prima dell'ultimazione del tracciato a Dworzec Wilenski, ultima Stazione del progetto che si trova oltre il sottoattraversamento del Vecchio Molo di Port Praski e delle fatiscenti abitazioni del quartiere di Praga. I principali numeri caratterizzanti il progetto sono riassumibili in sette stazioni, 6.320 m di linea per canna, dei quali 4.650 m da scavare in naturale, e impianti elettroferroviari conclusivi.



Vista planimetrica del percorso della Linea 2 della metropolitana di Varsavia

Il sistema di monitoraggio

La realizzazione di una tale opera in sotterraneo in ambito urbano richiede un controllo attento e sistematico delle deformazioni, tale da fornire tempestivamente gli elementi utili per valutare eventuali situazioni di pericolo che richiedano un adeguamento delle modalità esecutive e delle fasi di lavoro del progetto.

Il sistema di monitoraggio esterno sarà costituito da sezioni di controllo disposte trasversalmente all'asse delle gallerie e composto da strumentazioni geotecniche in foro (assestimetri, inclinometri, piezometri) e di livellazione superficiale (caposaldi topografici). È inoltre prevista la misura di deformazione delle preesistenze ricadenti nell'area d'influenza delle gallerie. Le sezioni sono finalizzate al monitoraggio delle deformazioni del piano campagna, dell'ammasso nell'intorno delle gallerie, del livello di falda e alla ricostruzione dello stato tenso-deformativo

vo all'interno del rivestimento. Le letture vengono attivate secondo le frequenze di progetto, in una fascia intorno al fronte di scavo secondo una logica di "cantiere mobile" che segue l'avanzamento di ciascuna TBM.

Tubo Spalla "Classico"

Questo, in breve, l'oggetto dei lavori che prevede - tra le tante cose - la realizzazione di diaframmi a una profondità di 33 m, aventi schemi verticali di spessore pari a 1.000 mm, cioè ridotto rispetto allo sviluppo in profondità.

Come ricorderete, a suo tempo pubblicammo un articolo sui Tubi Spalla prodotti da SIP&T e utilizzati dalla Icotekne nel progetto della costruzione del nuovo parcheggio adiacente la Metro Linea B1 - Annibaliano (Roma). In quel caso analizzammo in dettaglio le caratteristiche del Tubo Spalla il cui triplice obiettivo è di sostegno per gli scavi verticali, imper-



Collocazione della gomma sul Tubo Spalla



Estrazione e recupero del Tubo Spalla



Il Tubo Spalla viene staccato dal calcestruzzo (si notano i tubi idraulici)



Particolare del distacco del Tubo Spalla a mezzo martinetti idraulici



Particolare del Tubo Spalla a contatto con il calcestruzzo

mealizzazione e come elementi portanti profondi in sostituzione dei pali.

Il Tubo Spalla realizzato da SIP&T aveva come peculiarità quello di essere robusto ma allo stesso tempo leggero, al fine di po-

ter essere estratto facilmente dal diaframma dopo l'inizio della presa del calcestruzzo. In più, al fine di ottimizzare la produzione, i Tubi Spalla furono utilizzati con un *hydraulic power pack* che alimentava

un estrattore capace recuperare il Tubo Spalla dal diaframma in modalità verticale, al contrario cioè della modalità classica (e poco funzionale) che prevede lo "strappo" del Tubo Spalla dal diaframma a mezzo gru cingolata.

La centralina idraulica HPP60-45

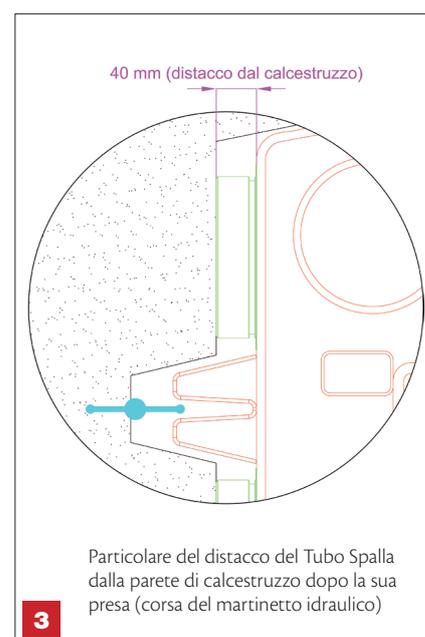
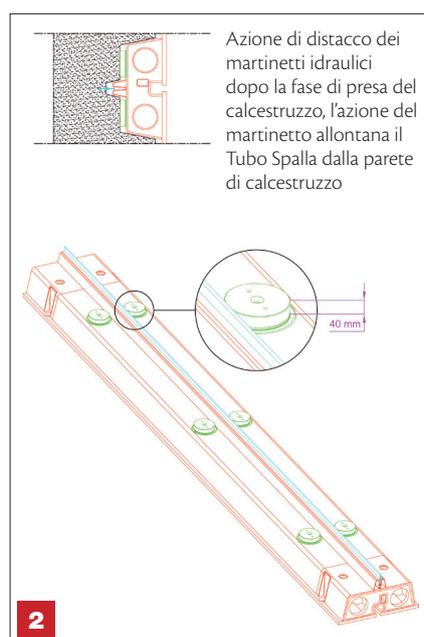
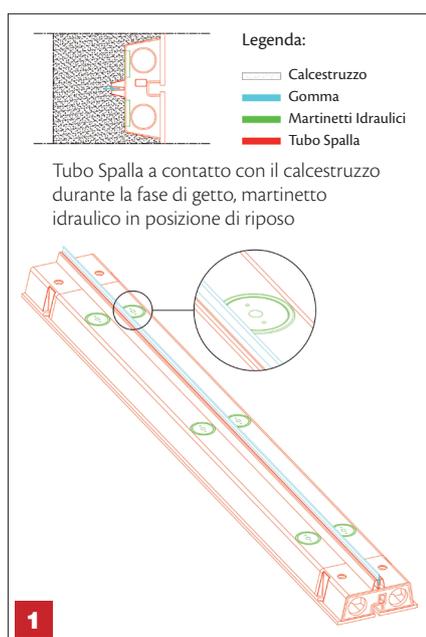


Evoluzione del Tubo Spalla

Di norma i Tubi Spalla sono messi in opera non appena completata la perforazione, la loro verticalità è controllata con sistemi ottici per tutta la profondità del pannello. Ad avvenuta presa del getto si provvede alla pulizia del Tubo Spalla a mezzo raschiatori/scalpellini, che hanno come obiettivo non solo quello di pulire il tubo, ma soprattutto quello di eliminare eventuali fuoriuscite di calcestruzzo dal diaframma che, cementandosi con il tubo, potrebbero creare notevoli difficoltà per la sua rimozione, che avviene mediante uno "strappo" da parte di una gru o grazie a un estrattore verticale alimentato idraulicamente.

Come si può immaginare, di tutto il processo la fase di distacco del Tubo Spalla a contatto con il calcestruzzo è quella più delicata. Nel caso in cui le dimensioni del pannello siano considerevoli, il solo estrattore potrebbe non essere sufficiente a garantire il distacco del tubo spalla; lo stesso tubo potrebbe rimanere intrappolato con il calcestruzzo e un suo conseguente "strappo" ne potrebbe causare la deformazione e, quindi, il danneggiamento irreversibile, con un conseguente profilo del pannello cementato non uniforme e simmetrico. Infine, uno scorretto distacco del tubo potrebbe creare una discontinuità della gomma isolante che precluderebbe l'imperme-

Motore diesel	Perkins Power Pack
Potenza installata	44 kW @ 3.000 giri/min
Pressione massima	400 bar
Portata idraulica massima	~ 36 l/min @ 3.000 giri/min
Numero linee di uscita	Due
Capacità serbatoio diesel	90 l
Capacità serbatoio olio	220 l
Scambiatore aria-olio	Sì
Dimensioni (l x h x p)	2.310 mm x 1.190 mm x 1.050 mm
Peso	1.200 kg



abilità del pannello senza trascurare i ritardi della produzione.

Ed è proprio in questo contesto che la SIP&T ha sviluppato proposto e realizzato per la Ikotekne un nuovo Tubo Spalla il cui distacco dal calcestruzzo avviene appunto idraulicamente, mediante una serie di pistoni che allontanano per alcuni centimetri la superficie del Tubo Spalla dalla parete di calcestruzzo, garantendo la continuità della gomma isolante nel pannello e facilitando il distacco e la successiva estrazione del tubo.

Nel caso in cui si voglia staccare il Tubo Spalla "strappandolo" dal calcestruzzo, si ha un distacco sequenziale, molto difficoltoso e con un rendimento molto basso in termini di finitura del lavoro, sicurezza e integrità dei tubi.

In alternativa, volendo staccare il Tubo Spalla usando un estrattore verticale, si migliora certamente il rendimento soprattutto, ma dovendo vincere la forza di attrito per una lunghezza media di 20 m non è difficile incappare in notevoli difficoltà dovute essenzialmente alla fuoriuscita di calcestruzzo, che blocca il tubo in diverse parti e ne aumenta notevolmente la sua resistenza durante la fase estrattiva.

Il compromesso ottimale è l'utilizzo dei martinetti idraulici: in altri termini, la fase di distacco della colonna di Tubi Spalla

dal calcestruzzo avviene in modo contemporaneo lungo tutte le pareti dei tubi stessi; così facendo, il Tubo Spalla è totalmente libero e può essere recuperato facendo a meno dell'estrattore (che a ogni modo si suggerisce di avere), ma grazie semplicemente a una gru che lo afferra dalla testa di sollevamento e lo estrae.

Tubo Spalla Idraulico

Come già evidenziato in precedenza, sono i pistoni idraulici azionati da un'opportuna centralina l'elemento di differenziazione rispetto al modello classico. L'ufficio tecnico SIP&T ha sviluppato un modello a elementi finiti per individuare tutti i parametri di progetto: quelli fondamentali sono rappresentati dalla forza di spinta dei martinetti (cilindri idraulici), dal loro passo lungo la superficie del tubo spalla, dalla forza di estrazione e, quindi, dalla potenza fornita dal power pack.

Realizzato il primo pannello si dispone la colonna dei tubi spalla lungo tutta la profondità di scavo e su ambo i lati, quindi s'invia al dissabbiatore la bentonite, s'inserisce nel pannello la gabbia metallica di rinforzo e, dopo aver collocato la batteria di tubi getto, s'effettua la colata di calcestruzzo. Durante questa fase (Fig. 1) il Tubo Spalla è a contatto con il calcestruzzo, tutto il pannello va a riempirsi di calcestruzzo che aderisce lungo la superficie

trapezoidale del tubo e investe la gomma disposta all'interno di un particolare profilato e su tutta la lunghezza della colonna. Fatto ciò si passa alla realizzazione del secondo pannello, aspettando che il calcestruzzo indurisca idoneamente e si possa estrarre il Tubo Spalla impiegato precedentemente. Quando ciò avviene si passa alla fase di distacco e recupero del Tubo Spalla che, nel caso specifico, avviene grazie ai martinetti idraulici. (Fig. 2 + Fig. 3) Sarà sufficiente che i martinetti allontanino il tubo dalla parete di calcestruzzo per una corsa pari a 40 mm, cioè un valore sufficiente a garantire il completo distacco di tutta la superficie della colonna, il suo recupero mediante gru o estrattore e la perfetta aderenza nella gomma all'interno del pannello di calcestruzzo armato. Le stesse operazioni vengono ripetute in modo speculare su tutti i successivi pannelli, fino a chiudere il perimetro di scavo ed estrarre l'ultima colonna di tubi spalla. Cronometro alla mano, la Ikotekne ha constatato un incremento di produttività del 70% rispetto ai metodi classici che non prevedono l'utilizzo di martinetti idraulici. Tutto ciò ha inorgoglitto la SIP&T, che in occasione di Intermat, presso il suo stand D042 (Hall E2), ha deciso di portarne un campione per mostrarlo e promuoverlo agli operatori del settore. ■