Tecnologie Trenchless

Esempi di microtunnel

IN UN'AREA DENSAMENTE URBANIZZATA NEL COMUNE DI IMOLA SI È FATTO RICORSO A TECNOLOGIE TRENCHLESS PER LA POSA DI UNA SEZIONE DEL NUOVO COLLETTORE FOGNARIO, REALIZZATO PER CONVOGLIARE LE ACQUE MISTE DI PROVENIENZA RESIDENZIALE E QUELLE DI PRIMA PIOGGIA DI UNA NUOVA VIABILITÀ. LA SCELTA DI UTILIZZARE IL MICROTUNNELLING SI DEVE AL DIAMETRO DELLA CONDOTTA E ALLA COMPLESSITÀ DEGLI ATTRAVERSAMENTI CON LA VIABILITÀ ESISTENTE.

1

Gallerie

Riccardo Miotto
Ingegnere
Responsabile di commessa
Impresa PATO srl

Giorgio Salvini
Geologo
Consulente Impresa
PATO srl

Il Consorzio Azienda Multiservizi Intercomunale, CON.AMI, con sede a Imola, ha finanziato un progetto, redatto da Prisma Ingegneria, riguardante la realizzazione di un collettore fognario, di potenziamento di quello esistente in Via Pirandello, che partendo dalla località Montericco-Pedagna, convoglia le acque verso oriente, conferendole infine nel Fiume Santerno.
Il progetto prevedeva che la costruzione del collettore, dovendo transitare, con coperture significative, in zone completamente urbanizzate, con attraversamenti impegnativi di tratti di importante viabilità, fosse realizzata, per circa 1300 m, con l'utilizzo di tecnologie *trenchless*. In particolare, in considerazione del diametro della condotta fognaria da mettere in opera (DNi 1600 mm) e delle condizioni superficiali presenti, è risultato opportuno prevedere la realizzazione del collettore con il sistema del *microtunnelling*. L'appalto, per la realizzazione del progetto è stato affidato alla Impresa CESI (Cooperativa Edil-Strade Imolese), con sede a Imola, la quale a sua volta ha subappaltato la parte relativa alla realizzazione del tratto in *trenchless* alla Impresa PATO di Occhiobello (RO), Impresa specializzata in tale settore che ha ormai al suo attivo molteplici realizzazioni di microtunnel, nelle condizioni geologiche e logistiche più complesse.

1. Cantiere di Imola, in primo piano l'uscita della fresa

2. Tracciato del condotto fognario riportato su foto aerea. In evidenza le interferenze con la viabilità urbana della zona

Caratteristiche del progetto

Come accennato, il progetto prevedeva la realizzazione con tecnologie *trenchless* di un tratto, di circa 1250 m, della prevista condotta fognaria, da mettere in opera tra l'area residenziale di Montericco-Pedagna e il corso del F. Santerno (fig. 2). In particolare, operando da un unico pozzo di spinta sono stati realizzati due microtunnel, in direzione quasi opposta, della lunghezza rispettivamente di 935 m e di 315 m.
Il pozzo di spinta, che è stato disposto circa all'angolo tra via San Benedetto e Via Papa Onorio II, presentava una profondità prossima ai 10 m e da esso hanno preso origine le due perforazioni (fig. 3).
La prima, avente lunghezza di 935 m, ad andamento planimetrico curvilineo, si è sviluppata al di sotto della pista ciclabile presente lungo la Via San Benedetto e la Via Pirandello, fino al pozzo di arrivo, profondo circa 4 m, posto in Via Pirandello - angolo Via Tiro a Segno.
Questa perforazione ha attraversato inoltre importanti strutture viarie come le ampie rotatorie, presenti lungo la Via San Benedetto e la Via Pirandello.
La seconda perforazione, avente sviluppo di 315 m, sempre ad andamento planimetrico curvilineo, ha avuto inizio dal medesimo pozzo di spinta ed è terminata in Via Giuliana, dopo aver attraversato il consistente e impegnativo tratto del nuovo asse attrezzato, opera viaria di notevole valenza.
Le due perforazioni prevedevano la messa in opera di conci in c.a. della lunghezza di 3 m cadauno, e aventi diametro interno di 1600 mm ed esterno di 1940 mm.

Condizioni geologiche e idrogeologiche dell'area

Tutti gli elementi relativi alle caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche sono stati ripresi dalla "*Relazione geologico-tecnica sul progetto esecutivo*", redatta nell'anno 2007, dallo Studio Tecnico Caggese del Dott. Geol. Enrico Caggese e Ing. Riccardo Caggese, con sede in Bologna. Lo studio di cui sopra, è stato supportato da alcuni sondaggi geognostici e alcune prove di laboratorio eseguite nell'anno 2006. Tali sondaggi sono anche stati equipaggiati con tubi piezometrici, attraverso i quali è stato possibile rilevare la soggiacenza della falda. L'area in cui si sviluppa il progetto in oggetto è situata nel settore posto a Sud-Ovest del centro di Imola, in corrispondenza della piana in sinistra idrografica del Fiume Santerno, che in questo tratto scorre in direzione SO-NE.
I terreni presenti, nel territorio interessato dal progetto, sono ascrivibili a depositi alluvionali terrazzati del F. Santerno, sviluppati in sinistra idrografica dello stesso corso d'acqua.
Il terrazzo più antico, di età tardo pleistocenica, si attesta a quote intorno ai 100 m s.l.m e da questo livello, i più recenti si sviluppano verso SE, degradando progressivamente verso il corso del fiume, ove si ritrovano le alluvioni attuali dell'alveo.
Nel dettaglio, si può evidenziare che sono presenti 4 ordini di terrazzi, che si sviluppano in fasce sub-parallele al corso del Santerno e che indicativamente possono essere compresi entro i seguenti limiti di sviluppo, a partire dal più antico e quindi dal più alto in quota assoluta. Essi vengono riportati mantenendo la stessa simbologia indicata nella Relazione geologico-tecnica di progetto, in precedenza citata:
• Terrazzo b4: di età tardo pleistocenica con estensione dal piede della collina a Via Selice-Montanara,
• Terrazzo b3: di età olocenica pre-romana con sviluppo da Via Selice-Molinara al Canale dei Molini,
• Terrazzo b2: di età olocenica post-romana con sviluppo dal Canale Molini al ciglio superiore del F. Santerno,
• Terrazzo b1: di età olocenica-depositi attuali presenti nel letto attuale del F.Santerno.

Va notato che spesso i limiti tra i diversi terrazzi risultano alquanto difficili da discriminare a causa dei consistenti e reiterati interventi antropici operati e collegabili all'alto grado di urbanizzazione presente nell'area in oggetto. Dal punto di vista litologico i depositi terrazzati sopra citati risultano caratterizzati da sedimenti compresi tra le argille più o meno limose, le sabbie limose e le ghiaie.
In particolare si può rilevare che nell'ambito di tutti i terrazzi sembra ripetersi una tipica sequenza che inizia con tessiture più fini nelle parti medio basali del loro spessore per giungere, verso la superficie, a sedimenti più grossolani fino alle ghiaie. Al di sopra di esse si trova poi un ridotto livello di copertura eluvio-colluviale limoso-argilloso, di spessore assai contenuto (0,20-2 m). Alla base dei depositi terrazzati, come evidenziato dai sondaggi perforati, sono state rinvenute sabbie limose con frammenti conchigliari, delle quali tuttavia non si è raggiunta la base e che risultano di difficile collocazione stratigrafica, potendo rappresentare o un ulteriore episodio alluvionale o il substrato pre-alluvionale (Sabbie Gialle di Imola).
La quasi totalità dei depositi terrazzati evidenzia una struttura lentiforme abbastanza articolata, con talora repentine variazioni di facies, che possono passare dalle argille più o meno limose fino alla ghiaie. Anche gli spessori dei livelli lenticolari variano sensibilmente da settore a settore.
Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche, in considerazione delle condizioni litostratigrafiche sopra indicate, si può ritenere che non esistano falde separate ma che tutti i depositi terrazzati si configurino come una unica falda freatica, i cui flussi risultano collegati coi deflussi superficiali del Santerno, che opera una funzione drenante sulla stessa.
Dalle misure eseguite nei piezometri e dagli elementi presenti nella letteratura, anche se i dati non risultano molto significativi, tuttavia si è potuto ricostruire l'andamento della soggiacenza della falda freatica, che in genere risulta attestarsi tra 5-8 metri di profondità rispetto al piano campagna.
Da tutti gli elementi sopra menzionati si poteva dedurre quindi che i due microtunnel si sarebbero sviluppati in una successione abbastanza disomogenea, costituita da alternanze di argille più o meno limose e sabbie anch'esse talora limose e da subordinati episodi di ghiaie sabbiose, presenti specie nella parte terminale del microtunnel di maggior sviluppo, come evidenziato nel profilo di fig. 4, ripreso dalla Relazione geologico-tecnica di progetto in precedenza citata.
Esaminando le condizioni idrogeologiche va inoltre sottolineato che lo sviluppo globale dei due microtunnel era da prevedere costantemente sotto falda, come poi è stato verificato.

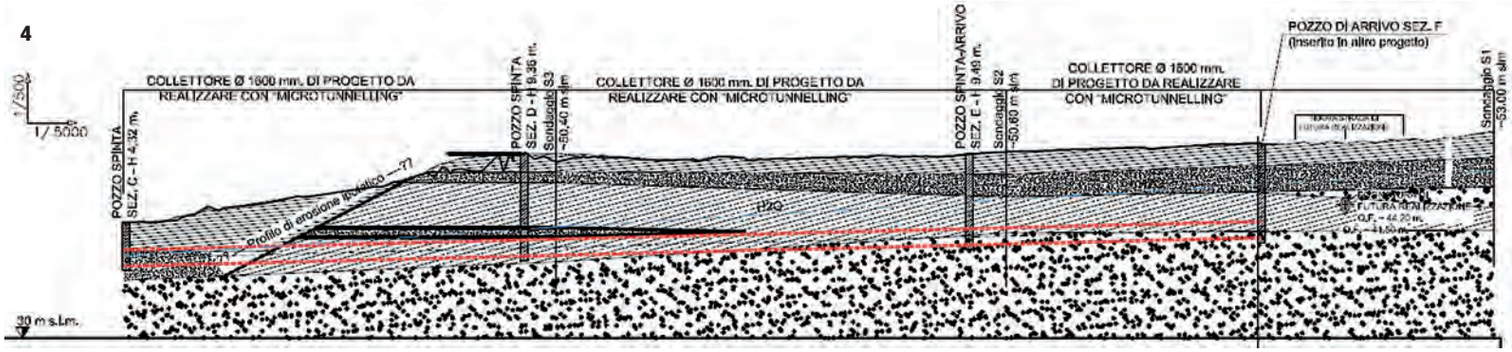
Attrezzature impiegate

Per la realizzazione dei microtunnel sono state utilizzate le seguenti attrezzature:
• fresa DN 1600 mm a smarino idraulico con testa mista;
• unità di separazione smarino con capacità di trattamento flusso di 300 mc/h e cut point 30 microns + filtropressa con capacità di trattamento di 30 mc/h;
• prodotti per lubrificazione biodegradabili;
• sistema di guida con teodolite e prismi mobili.
La loro scelta è stata operata, in particolare, tenendo presente questi due elementi:
• la disomogeneità litologica prevedibile, che tuttavia faceva ipotizzare una prevalenza di materiali a tessitura piuttosto fine (limi, limi argillosi, argille più o meno limose), con subordinati episodi più grossolani (sabbie e ghiaie),
• l'andamento curvilineo dei due microtunnel.
Per rispondere adeguatamente alla prima condizione si è dotata la macchina di una testa appositamente predisposta per la perforazione in terreni essenzialmente fini, ma dotati di una certa consistenza, quindi con taglienti adatti, e corredata di opportune aperture, sufficientemente ampie, per facilitare l'ingresso di eventuali grumi di materiali argillosi, così da evitare l'intasamento delle stesse, durante il transi-

Legenda

- Coltre limosa argillosa con sabbia
- Argilla passante ad argilla limosa con intercalazioni sabbioso-limose
- Profilo ipotetico di erosione
- Pozzo di spinta
- Ghiaia in matrice sabbiosa
- Sabbia limosa con frammenti conchigliari
- Collettore di progetto
- Livello Statico Falda

4



5

3. Pozzo di spinta

4. Profilo geologico

5. Impianto di separazione

to dei *cutting* con i fluidi di perforazione, lungo il circuito di smarino idraulico.
Inoltre, per far fronte all'abbattimento di eventuali episodi ghiaiosi è stata anche prevista la presenza di alcuni taglienti a rullo.
Anche il circuito di smarino è stato progettato in modo particolare con una quantità e una tipologia di pompe tali da poter gestire i flussi e le pressioni necessarie all'avanzamento e alla percorrenza di quasi ben 2 km di condotte (tubi di mandata e di aspirazione).
Per soddisfare la seconda condizione, ovvero per poter procedere in maniera adeguata al mantenimento regolare della direzionalità dell'asse, essendo i due microtunnel previsti ad andamento curvilineo, è stato utilizzato il sistema di guida con teodolite e prismi mobili montati all'interno del tunnel.
Anche l'unità di separazione dello smarino è stata approntata tenendo presenti le particolari condizioni litologiche, prevedibili in base alle indagini eseguite, che evidenziavano la marcata variabilità nella tessitura dei materiali, con la netta prevalenza dei fini.
Tale impianto di tipo compatto ma completo di tutti gli stadi di separazione (dal *prescreener* fino al *desilter*), in grado di separare solidi fino a una pezzatura di 30 microns, è stato continuamente settato per adattarne la funzionalità alle frequenti e spesso repentine variazioni geolitologiche, presenti lungo uno sviluppo globale molto significativo dei due tunnel.
È stato comunque indispensabile installare e utilizzare, per gran parte dello sviluppo delle 2 perforazioni, anche un impianto di filtropressatura per riuscire a separare anche le particelle solide di dimensione inferiore ai 30 microns presenti nel circuito di smarino.
Tale attrezzatura, complessivamente ben dimensionata e quindi adattata ai litotipi presenti, ha risposto in maniera molto positiva, contribuendo efficacemente alla regolarità dell'avanzamento e alla realizzazione di buone produzioni orarie.
Grande rilevanza, specie nella esecuzione del microtunnel più lungo, 935 m, hanno avuto poi le modalità di lubrificazione e la tipologia dei prodotti utilizzati, appositamente testati per le condizioni esistenti e iniettati in maniera mirata, 'a tempo', con tempi o cadenza opportuna a seconda della consistenza dell'attrito rilevato per la spinta, o con andamento 'a spirale', per una più rapida diffusione del lubrificante lungo l'estradosso del rivestimento durante l'avanzamento.
Infine, sostanziale importanza, durante l'avanzamento, ha avuto la messa in opera di stazioni intermedie di spinta le quali, parzializzando la stessa lungo un determinato tratto del treno di conci, hanno evitato di concentrare carichi troppo elevati sulle strutture stesse, con possibile loro danneggiamento. A tale proposito va ricordato comunque che, grazie all'utilizzo dei migliori e più adeguati prodotti lubrificanti e delle tecniche di iniezione più performanti, si è ridotto al minimo il numero di stazioni intermedie di spinta, utilizzate solamente nella tratta di 935 m.
Le attrezzature, i prodotti e le modalità di lavorazione sopra descritti hanno consentito l'esecuzione dei due microtunnel in tempi molto contenuti: poco più di 5 mesi per quello più lungo e circa 2 mesi per quello più corto, con produzione media di 12,5 m/turno.

Conclusioni

Con l'intervento sopra descritto, ancora una volta viene evidenziata la valenza e la versatilità della tecnologia del *microtunnelling* nella messa in opera di strutture (condotte per trasporto di fluidi liquidi o gassosi, per la posa di cavi elettrici di grossa capacità, per cavi telefonici, ecc.), senza interventi rilevanti sulla superficie del suolo e quindi sulle infrastrutture esistenti.
In particolare, con la perforazione dei due microtunnel in oggetto, per uno sviluppo totale di 1235 m, se si eccettua la formazione dei tre pozzi, il centrale per la spinta e i due terminali per il recupero della macchina, nessun altro intervento ha coinvolto la superficie e l'immediato sottosuolo, settore entro cui si concentrano, in maniera talora molto complessa per gli spazi occupati, tutti i normali servizi utili per la comunità (condutture acqua, gas, cavi telefonici, elettrici, condotte fognarie ecc.).
Pertanto, utilizzando la tecnologia del *microtunnelling* non si è interferito, se non marginalmente, con la superficie del suolo, evitando le conseguenze negative immaginabili dovendo operare in tessuto urbano, e si è evitato ancor più di interferire con tutti i sotto servizi sopra indicati, strutture la cui ubicazione è spesso molto difficile da valutare e che quindi rappresentano uno ostacolo e una 'sorpresa', talora anche molto spiacevole da sopportare, quando si incontrano durante i lavori di scavo.
Inoltre, utilizzando tutte le possibilità tecnologiche attuali, che supportano lo scavo con macchine da *microtunnelling*, è possibile, oggi, eseguire perforazioni curvilinee, che aumentano ancor più la flessibilità di tali metodologie.
Infine, si vuole porre in rilievo come il metodo utilizzato per la messa in opera della struttura fognaria abbia permesso di sottopassare senza nessuna incidenza sul normale flusso di traffico esistente, importanti strutture viarie come l'Asse attrezzato o alcune grosse rotatorie lungo la via San Benedetto o lungo la via Pirandello.
I responsabili e i tecnici di PATO Srl hanno da tempo compreso la valenza e la duttilità di tali tecnologie e, dedicando passione, capacità tecniche e gestionali, sono approdati a risultati, certamente molto corroboranti, per il prosieguo di questo impegno.