

L. Petronio (1), F. Poletto (1), A. Schleifer (1), G. Dordolo (1), A. Morino (2), B. Fabbri (3)

(1) Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste

(2) GD Test, Torino

(3) S.B.T., Bolzano

Prima applicazione del metodo TSWD per la predizione di discontinuità davanti al fronte di scavo

Nella progettazione e realizzazione di gallerie profonde la possibilità di conoscere le caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo che sarà attraversato mediante indagini dirette e indirette risulta difficile ed onerosa, talvolta non possibile. Questa carenza di informazioni può essere sopperita con l'esecuzione di fori di sondaggio orizzontali eseguiti in fase di costruzione dal fronte di scavo in avanzamento. Nel caso di gallerie realizzate con macchine fresatrici a piena sezione (Tunnel Boring Machine – TBM) le perforazioni al fronte possono determinare significative interferenze con i lavori di scavo. Questi sondaggi, inoltre, campionando una porzione ridotta rispetto alla sezione della fresa, possono essere non rappresentativi delle reali condizioni della massa rocciosa. Recentemente sono state sviluppate diverse tecniche di indagine non-invasiva, basate su metodologie geofisiche, per individuare la presenza di discontinuità davanti alla TBM. Le metodologie di tipo sismico fino ad ora sviluppate (Sattel et al., 1992, Inazaki et al., 1999) richiedono l'interruzione dello scavo. La loro acquisizione, interferendo con l'attività di scavo, è pianificata per confermare discontinuità geologiche previste in fase di progetto. Il monitoraggio in continuo (while-drilling) è realizzato dal metodo SST (Kneib et al., 2000), applicabile esclusivamente per macchine TBM di tipo EPB operanti in terreni non competenti o con BEAM, che utilizza un monitoraggio della polarizzazione indotta con una tecnica simile a quella usata nei Laterolog. Entrambe le metodologie richiedono degli interventi strutturali sulle macchine TBM per poter installare i sensori utilizzati per la misura.

Con un diverso approccio il metodo TSWD (Tunnel Seismic While Drilling) utilizza come sorgente sismica il rumore generato dalla perforazione per ottenere informazioni sulla presenza di discontinuità davanti al fronte di scavo (Petronio e Poletto, 2002). Sulla base dei promettenti risultati ottenuti nel corso del primo test (Petronio et al., 2000) è stato acquisito un rilievo TSWD sperimentale nel corso dello scavo della galleria Stavoli Ravorade eseguita nell'ambito dell'esecuzione del metanodotto per l'importazione di metano dalla Russia. La galleria monitorata ha una lunghezza di 950 m ed è ubicata a sud dell'abitato di Moggio Udinese (Udine), in sinistra orografica del Fella, alla base del versante settentrionale del massiccio del monte Plauris. Il settore interessato dallo scavo è costituito dalla presenza della formazione della Dolomia Principale (Norico). Nel suo insieme, l'ammasso roccioso presenta caratteristiche geolitologiche costanti ad esclusione di alcuni settori caratterizzati dalla presenza di faglie, a cui sono associate delle fasce cataclasate di modesto spessore (Salvini, 2002). La galleria è stata scavata con una macchina TBM di tipo aperto con diametro di 3.6 m. Nel corso della acquisizione sono stati utilizzati un sistema telemetrico multicanale gestito da un PC con sistema operativo Linux e due stazioni sismologiche remote sincronizzate con GPS. All'interno della galleria sono state utilizzate quattro triplette di accelerometri, tre delle quali accoppiate alle pareti del tunnel ed una in prossimità della testa fresante (segnali pilota) mentre all'esterno, in corrispondenza dei due imbocchi, due geofoni a tre componenti. La cross-correlazione dei dati acquisiti in galleria ed all'esterno con i segnali pilota ha permesso di ottenere, in maniera del tutto analoga alle acquisizioni con la sorgente Vibroseis, dei dati sismici interpretabili. Dall'analisi dei dati risulta che la perforazione con TBM produce sia onde di taglio (S) che compressionali (P) con predominanza delle prime (Fig. 1). La rilevazione di arrivi P ed S permette di ottenere, in maniera indiretta, informazioni sulle caratteristiche geomeccaniche delle rocce utili a definire gli interventi di stabilizzazione e consolidamento della galleria. Analogamente ai VSP, i dati cross-correlati ed ordinati per distanza progressiva, forniscono informazioni relative alla presenza di discontinuità poste davanti alla TBM.

Allo scopo di verificare i risultati dell'indagine con le effettive condizioni della massa rocciosa incontrate nel corso dello scavo è stato successivamente eseguito un rilievo geostrutturale su tutta la lunghezza della galleria con particolare evidenza alle discontinuità e alle eventuali zone con anomalie litologiche e stratigrafiche.

La Fig. 2 mostra il dato registrato da un canale posto sulla progressiva di 600 m in cui è riconoscibile un evento riflesso provocato da un cambio di proprietà litologiche posto alla progressiva di 820 m. Il segnale riflesso è riconoscibile quando il fronte dello scavo ha raggiunto la progressiva 725 m. In questo caso, considerato un avanzamento medio di 20 m/giorno, 95 m di distanza di predizione consentono di approntare le opportune contromisure con largo anticipo (circa 5 giorni) evitando rallentamenti nell'avanzamento.

La metodologia TSWD è ancora in fase sperimentale ma le potenzialità dimostrate in questo test appaiono promettenti per un suo impiego come sistema di monitoraggio while-drilling nello scavo di gallerie.

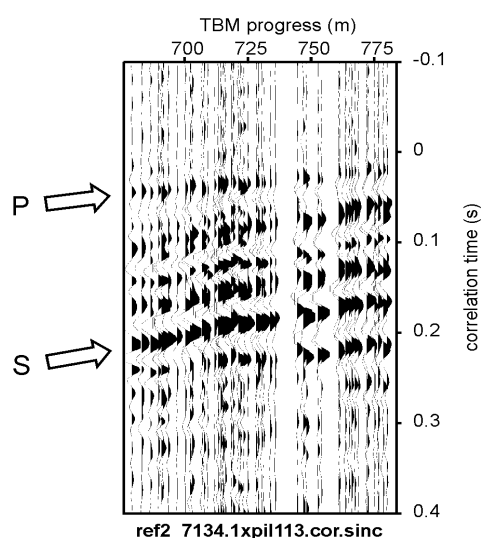


Fig. 1 - Componente verticale della stazione remota posta davanti al fronte di scavo (imbocco est). Le frecce indicano gli arrivi P e quelli S.

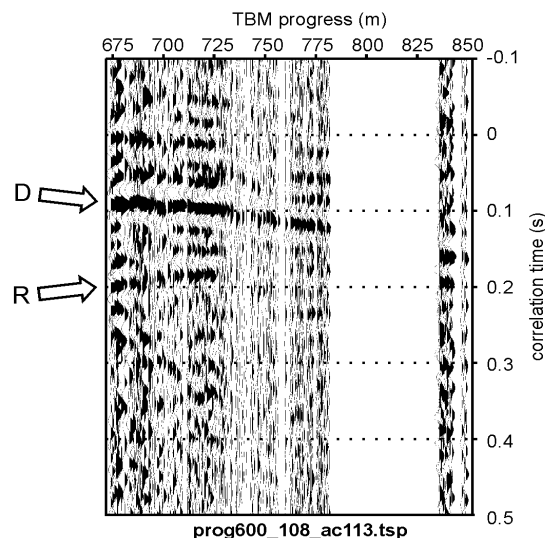


Fig. 2 - Componente trasversale punto di misura ubicato in galleria (progressiva 600 m). Le frecce indicano l'arrivo S diretto e la riflessione prodotta da una interfaccia posta alla progressiva 820 m.

Ringraziamenti.

Un ringraziamento al capocantiere ing. Alexander Herz per la gentile collaborazione ed al personale STRABAG impegnato nello scavo per la disponibilità dimostrata durante le fasi di installazione e manutenzione delle linee sismiche in galleria.

BIBLIOGRAFIA

- Inazaki, T., Isahai, H., Kawamura, S., Kurahashi, T., and Hayashi, H., 1999: Stepwise application of horizontal seismic profiling for tunnel prediction ahead of the face: The Leading Edge, 18, 1429-1431.
- Kneib G., Kassel A. and Lorenz K., 2000: Automatic seismic prediction ahead of the tunnel bore machine. First Break, 18, 295-302.
- Petronio, L. e Poletto, F., 2002: Seismic-While_Drilling using the Tunnel-Boring-Machine noise: Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstract n. 0397.
- Petronio, L., Poletto, F., Schleifer, A., and Fabbri, B., 2000: Seismic-While_Drilling using the Tunnel-Boring-Machine noise: Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstract n. 0397.
- Salvini G., 2002. Galleria Stavoli Ravorade – Relazione geologico-tecnica.
- Sattel G., Frey P., and Amberg R.; 1992: Prediction ahead of the tunnel face by seismic methods - pilot project in Centovalli Tunnel, Locarno, Switzerland. First Break, 10, 19-25.