

TBM 工法における 3 次元反射法弾性波探査による切羽前方探査の実績

鹿島建設(株) 正会員 ○鈴木友幸 白鷺 卓 栗原啓丞 黒川紗季 重永晃洋
黒部川電力(株) 山崎純一 竹 正太郎

1. はじめに

日進 50m 前後の高速掘進が可能な TBM 工法においては、切羽前方の地質状態の変化を的確に予測することが重要である。そのために切羽前方探査が行われるが、高速掘進性能を最大化するには、マシン停止を伴う切羽前方探査はできるだけ少ない回数で、かつ、1 回の探査時間ができるだけ短いものが良い。そこで、1 回の探査で遠くまで予測することができる反射法弾性波探査が一般的に適用されており、黒部川電力(株)新姫川第六発電所建設工事のうち、約 4km の導水路トンネルを TBM で掘削する工事においても 3 次元反射法弾性波探査 (TRT) を適用し、常に切羽前方 150m の地質リスクを予測しながら掘進した。探査実績を報告する。

2. 3 次元反射法弾性波探査 (TRT) の概要

マシン後方の坑壁に加速度計を 10 個設置し、マシンテール近辺の 12 箇所において大ハンマーで坑壁を打撃する (図-1)。これにより発生した弾性波は地山を伝播し、地質境界や断層といった変化点で一部が反射する。その反射波を加速度計で記録し、専用プログラムで解析することにより、地質状態の変化点の位置や幅を予測するものである。他の同等技術では震源に火薬を必要とするものが多いが、TRT では不要である。現場での探査時間は 2~3 時間である。

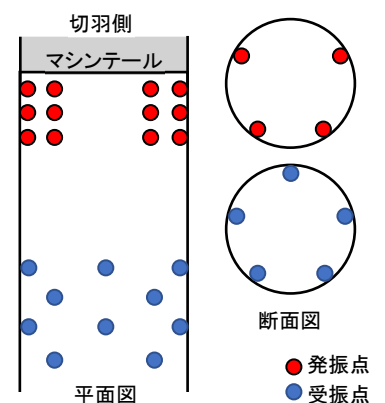


図-1 発受振点配置

3. 不良地山区間の実績

図-2 に示すように、TD3310~3360m の区間では、TRT から不良地山の区間が予測されていた。これに対して、TBM 統合管理画面においてマシンデー

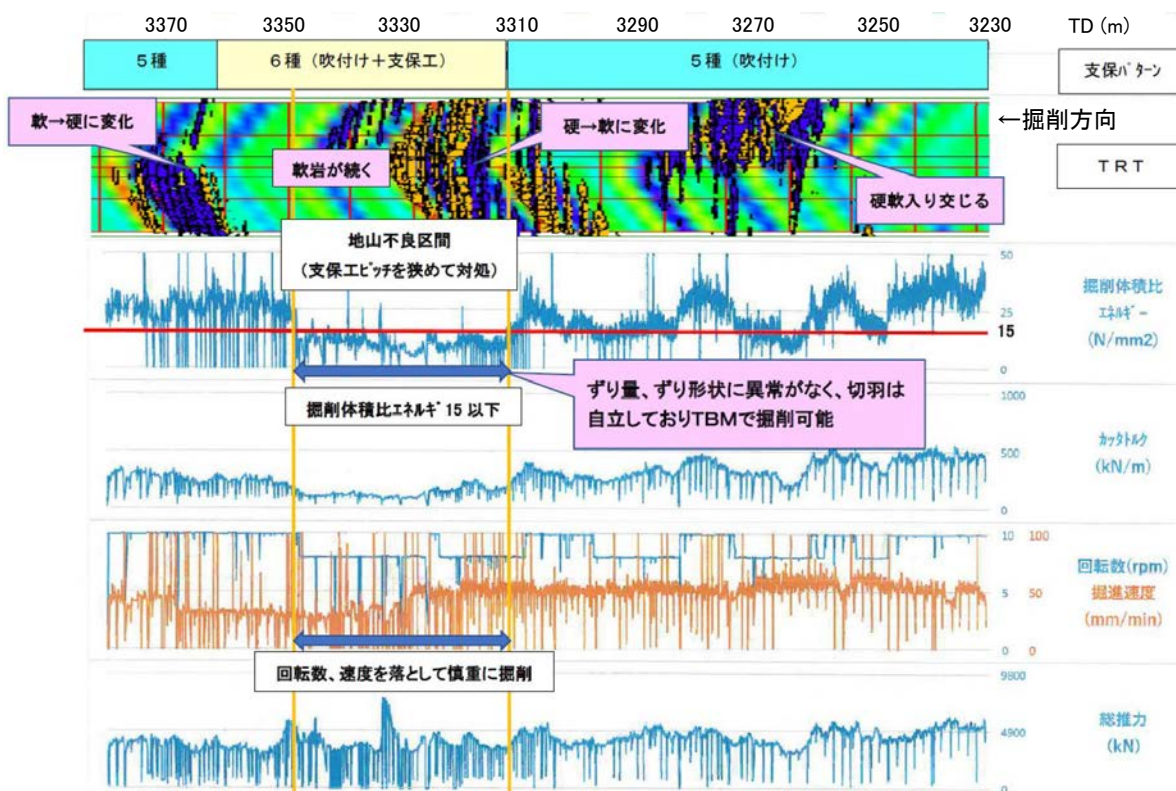


図-2 不良地山区間 (TD3310~3360m) における TRT 結果と掘削実績の比較

キーワード TBM 工法, 3 次元, 反射法弾性波探査, 不良地山, マシンデータ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

タやずり量データを監視しながら、地山の状況に応じてカット回転数、掘進速度を調整し慎重に掘削を進めた。地山の硬軟を表す掘削体積比エネルギーが、当現場においてあらかじめ設定したしきい値である 15 J/cm^3 以下となったが、切羽は抜け落ちがなく自立しており、ずり量にも異常がなかったため、掘進継続可能と判断した。マシン後方で坑壁の一部に剥落が発生したが、切羽は自立していたため掘進を継続しつつ、支保パターンを6種（ファイバーモルタル吹付けと鋼製支保工）に変更し、かつ、支保工ピッチを狭める対応で不良地山区間を大きなトラブルを起こすことなく通過した。

4. 探査実績の分析結果

TBM 工法区間の約4kmにおいて、探査領域を重複させながら全部で33回のTRTを実施した。図-3にTRT結果と日進、実施支保パターン、発生した地質的事象及びTBMデータを比較した巻物のうち、TD2500~3500mを抜粋したものを一例として示す。このような巻物を全線作成したうえで、TRT結果と実際に発生した各種地質的事象を比較した。なお、今回は、第13回（~2020m）までの探査結果と実事象との比較・分析結果に基づき、解析時のフィルタリング設定等を最適化した第14回（TD1950m~）から最終回（~TD3960m）までの探査結果を分析した。

この区間で検出された反射面数は全部で50で、そのうち、具体的な地質的事象としての坑壁の肌落ちや湧水に加え、具体的事象までは発生しなかったが掘削体積比エネルギーなどに変化が見られた箇所と合致した反射面が34と約7割の的中率であった。なお、それ以外の16反射面のうち15は、実事象はなかったが反射面が検出されたものであり、安全側の予測であった。また、掘削遅延を引き起こした事象が13箇所が発生したが、12箇所において反射面として検出することができた。検出できなかった1箇所は、区間が2m弱と短い地質不良部で、支保パターンをランクアップしたものの地質がすぐに好転したため、掘削遅延はわずかな区間だった。

5. おわりに

反射法弾性波探査の特性として、小さな地質変化の検出は難しく、また、測定ノイズ等により実在しない反射面を検出することもあるが、当現場では高い精度での予測ができたと考えている。

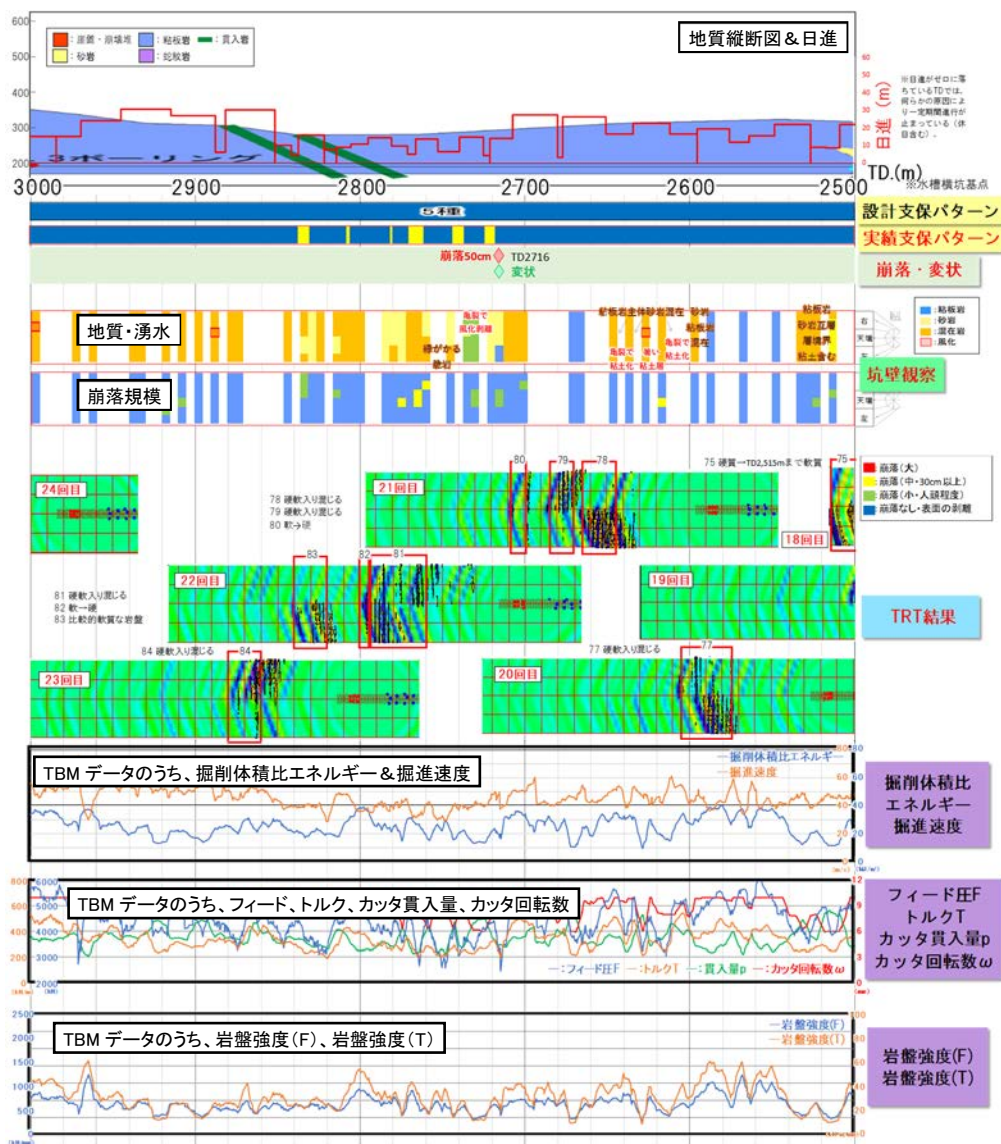


図-3 TRT結果と日進、実施支保パターン、発生した地質的事象及びTBMデータを比較した巻物の一例(TD2500~3000m)