

超長尺先進ボーリングを用いた穿孔振動探査法による切羽前方探査

大成建設（株）技術センター 正会員 ○山上 順民，今井 博
 大成建設（株）関西支店 正会員 加藤 宏征，三隅 宏明
 西日本高速道路（株） 正会員 山下 学

1. はじめに

山岳トンネルでは，地表からの屈折法探査により求めたP波速度によって，事前設計が行われている．屈折法探査は，土被りが大きくなるに従い精度が低下するため，想定外の不良地山との遭遇を回避するためには，施工時の切羽前方探査が有効である．そこで先進ボーリングの穿孔振動を震源とし，切羽前方のP波速度分布を把握する弾性波探査法（T-SPD：Tunnel Seismic Probe Drilling）を開発した¹⁾²⁾．

今回，1000m以上の穿孔能力をもつ超長尺先進ボーリングを実施するトンネル掘削現場において，T-SPDの適用性について実証実験を行った．

2. T-SPD

T-SPDは，石油資源探査で実施されている，坑井掘削中に発生する振動を利用した探査方法（SWD：Seismic While Drilling）をトンネルに応用したものである．これまで，穿孔機械としてドリルジャンボ（探査深度50m）とウォーターハンマードリル（探査深度88m）を用いて，2箇所のトンネルで実証実験を行った．具体的な原理や解析法は，参考文献^{1)，2)}に示す．この結果，穿孔長が50～100m程度の先進ボーリングでは，探査区間のトンネル掘削後に路盤で実施した屈折法探査による実測値と調和的な分布を示し，有効性が確認された．

3. 実証実験

3.1 実施概要

本実験は，新名神高速道路箕面トンネル東工事にて実施した．実験実施区間は，中生代の混在岩（頁岩主体で砂岩，チャート等含む）が分布し，最大土被り150m程度である．

本トンネルは，小土被りで河川下を通過するため，周辺水環境を保全する目的で非排水構造（ウォータータイト）を採用する予定である．この非排水構造区間の水理地質情報を事前に得ることを目的として，

掘削方向を制御しながら高速で1000m程度を掘削できる超長尺先進ボーリング³⁾が採用された．

3.2 実験方法

T-SPDを図-1，図-2に示すレイアウトで実施した．超長尺先進ボーリングのスイベル部に穿孔ビットの穿孔振動をモニターするための受振器（パイロットセンサー）を設置した．地山中の受振器は，ノイズ源となる坑内の機械などの影響を減らすために，右側壁に長さ21mを削孔し，この中に3m間隔で7個の3成分ジオフォンを設置した．測定は，穿孔長676mについて，トンネル掘削作業にかかわらず，穿孔中は連続測定をおこなった．今回，トンネル掘削が完了した250m区間について，P波速度値やその他の掘削データと比較し検証を行った．

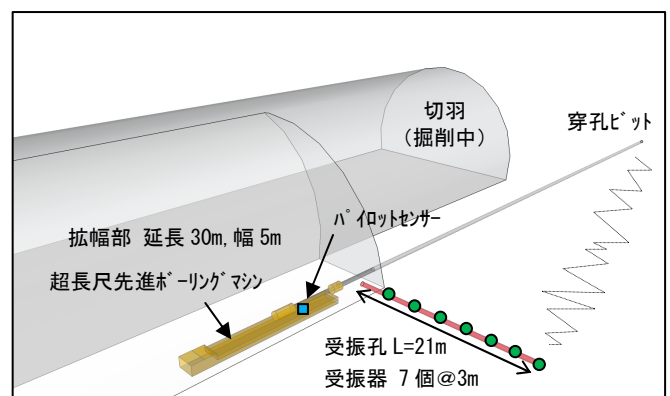


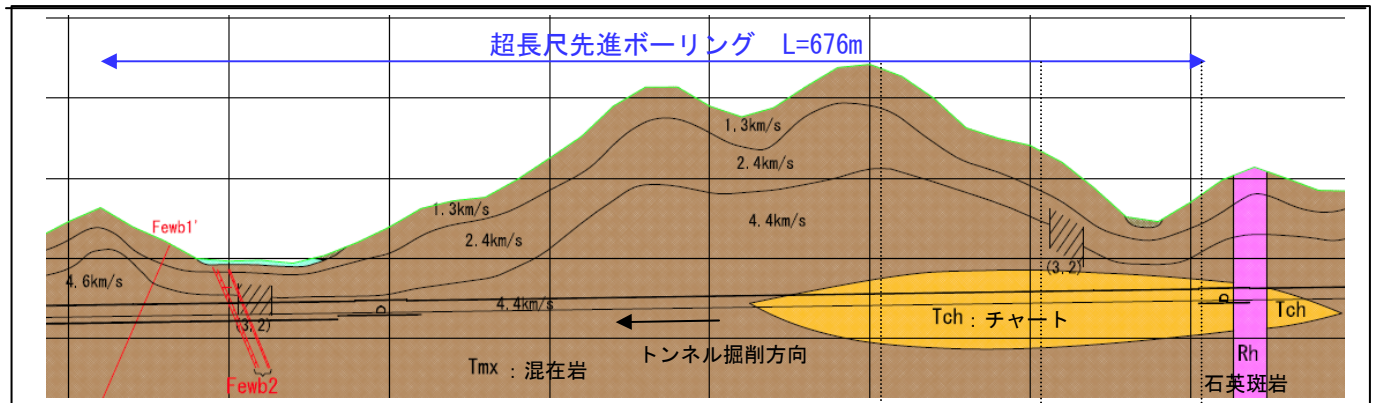
図-1 T-SPD 実施イメージ図



図-2 T-SPD 実施状況写真

キーワード 山岳トンネル，切羽前方探査，穿孔振動探査，T-SPD，P波速度

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7236 FAX045-814-7253



3.3 実験結果

実験結果として、解析処理後の走時曲線を図-3に示す。深度0～30mは受振器位置のオフセットの影響があるため、深度180～200mはS/N比が低かったため、解析に用いなかった。

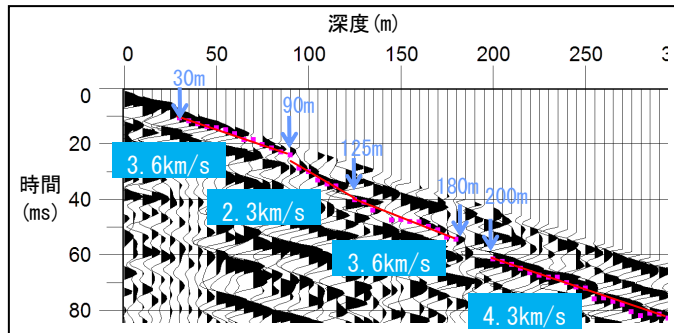


図-3 走時曲線

4. 考察

T-SPDより得られた、切羽前方のP波速度分布の妥当性を検証するために、掘削後のトンネル路盤で測定（屈折法探査）した実測値（緩み層下の地山部のP波速度）と掘削実績（切羽評価点）とを比較した。検証データは、深度0～60mがCⅡ地山（4.3km/s）、深度60～125mがDⅠ地山の低評価点部（3.7km/s）、深度125～230mがDⅠ地山の高評価点部（4.2～4.9km/s）、深度230～250mがCⅡ地山（4.9km/s）となり、切羽評価点とP波速度が対応することが確認できた。T-SPD結果とこの検証データと比較すると、CⅡ地山中のDⅠ地山低評価点部（路盤でのP波速度が3.7km/s）を、T-SPDで得られた2.3～3.6km/sの相対的に低い速度層として確認することができた（図-4ピンク色枠参照）。その他の区間は、4km/sと

参考文献

- 1) 山上ほか：SWDによるトンネル切羽前方探査，土木学会第67回年次講演概要集，2012
- 2) 山上ほか：穿孔振動を用いたトンネル切羽前方探査法の開発，トンネル工学報告集 第22巻 pp157-161，2012
- 3) 萩原ほか：先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して（その2），トンネルと地下，第42巻12号，pp53-61

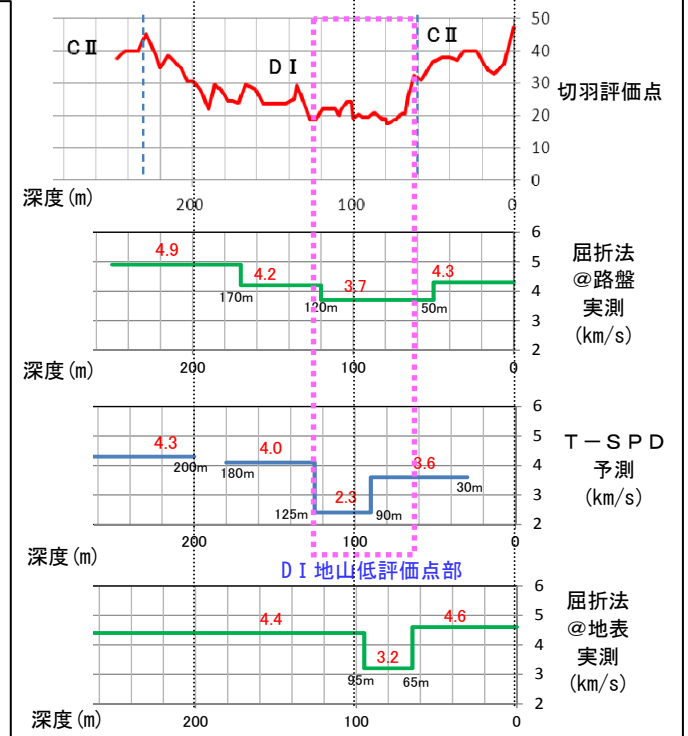


図-4 T-SPD結果と実測値・掘削実績との比較

中生代の頁岩としては高いが、掘削前の地表からの屈折法探査結果とも調和的であった。

5. おわりに

今回の実験では、T-SPDを実施した深度676mのうち250mの区間において、検証データと相対的に整合する結果を得ることができた。この結果は、トンネル掘削前調査として地表から実施した屈折法とも調和的であることから、T-SPDは大土被りの山岳トンネルのように、地表からの屈折法探査の実施が困難なケースにおいて、屈折法探査の代替の探査方法として有効と考える。今後は、残りの深度250～676m区間についても同様に検証を続けていく予定である。