

双葉断層を含む破碎帯推定区間での切羽前方探査による地山性状把握

清水建設（株）土木技術本部 ○Al Adzam Shah Bin Azman, 小島 英郷, 安藤 拓,
清水建設（株）東北支店 秦 健二, 石橋 均

1. はじめに

相馬福島道路の一部を形成する相馬西道路の塩手山トンネル工事では、事前の地質調査により No.169+10～No.175+11 付近の約 121m にわたって断層破碎帯が想定されており、この中には日本有数の活断層と評される双葉断層が含まれていた(図 1)。この区間において安全なトンネル掘削と適切な支保パターンを選定を行うために、切羽前方探査（TSP303 探査、水平調査ボーリング）と原位置試験を実施した。

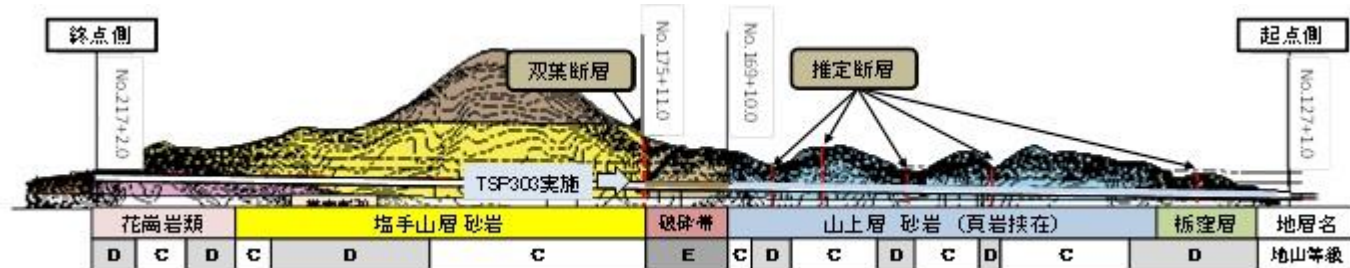


図 1 地質縦断面図(破碎帯：栗津層 砂岩)

2. 切羽前方探査

1) TSP303 (坑内地震波探査)

TSP303 は、トンネルに特化した弾性波による切羽前方探査システムで、切羽前方の反射面や地山中における弾性波速度の分布状況、岩盤物性値を三次元的に推定・把握することができる。想定された破碎帯区間までの距離が約 60m の切羽 No.178+10 で TSP303 による切羽前方探査を実施した。調査により得られた速度分布の解析結果(図 2)より P 波速度(V_p)、S 波速度(V_s)、動弾性係数 (E) の 3 要素を総合して地山状況の評価を行った。

探査区間の平均的な V_p 分布を見ると、No.178 付近を境に 3.85km/s から 4.0km/s 以上に変化していることから、この位置が塩手山層の属する第三紀層から栗津層の属する中生層へ変化する境界であると推定した。No.176 付近までは、多数の反射面と速度分布のばらつきが大きく不均質な地山状態が続くとみられ、特に、No.176+5 付近は、その前後と比べて V_p が約 0.5km/s 大きく落ち込む箇所があり、この箇所が双葉断層本体と判断して、その前後は破碎帯影響部であると推定した。一方、反射面の位置を見ると、切羽前方の左下に比較的集中しており、掘削進行

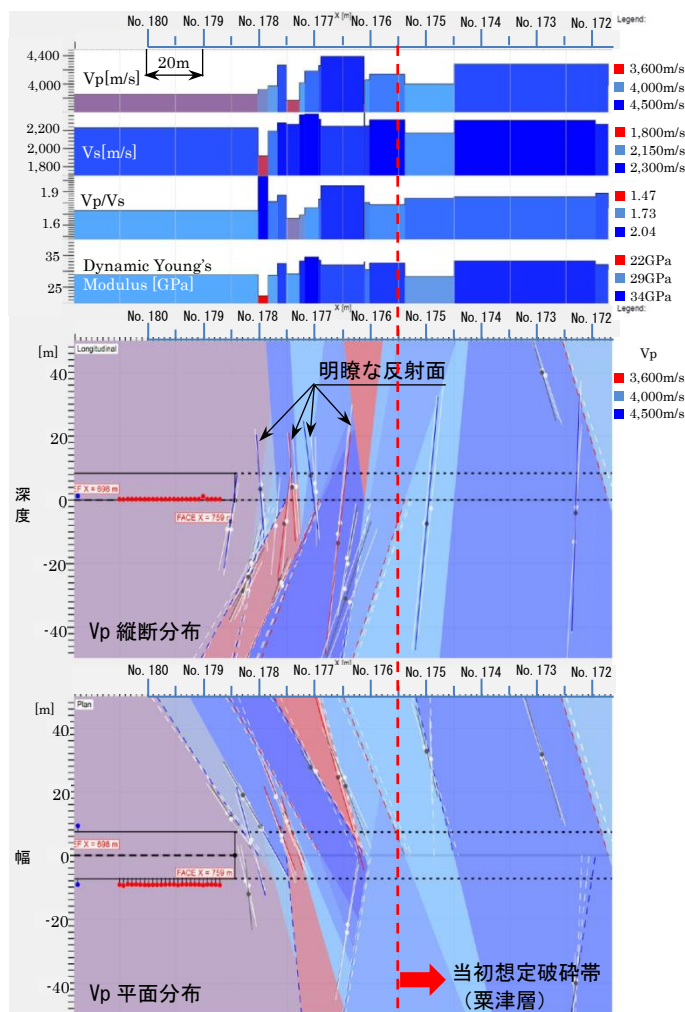


図 2 TSP303 探査結果

キーワード 切羽前方探査, TSP303 探査, 水平調査ボーリング

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 TEL.03-3561-3891 FAX.03-3561-8672

とともに左下から順次弱層部が出現するものと想定された。当初、破碎帯区間の始まりになると思われた No.175+10 付近以降は、反射面の数も少なく弾性波の速度分布をみても、比較的均質な状態が続いている。以上のことから、双葉断層を含む破碎帯の出現が早まることが予想されたため、支保パターン変更の準備を早期に始めることとした。

2) 水平調査ボーリング

破碎帯予定の約 40m 手前 (No. 177+13) の切羽から左右天端の 3 箇所 (各 60m) においてパーカッションワイヤーラインサンプリング工法による水平調査ボーリングを実施した。3 本のボーリング結果からは、すべて当初の破碎帯位置の No.175+ 10 付近よりも約 20m 手前の No.176+10 付近に砂岩頁岩互層から砂質土層へ変化する境界面が確認され、No.176+10 から No.176+00 付近には破碎帯粘土が互層となって出現した (図 3)。

この結果は、No.176+10 付近に認められる明瞭な反射面と No.176+5 付近に分布する V_p が約 0.5km/s 落ち込む箇所に対応している。

3. 支保パターン変更の位置と内空変位

切羽前方探査結果から、当初設計位置に対し約 20m 手前の No.176+10 より、早期に下半インバート閉合を行う Ea パターンを設定し、長尺鋼管先受工と鏡補強ボルトによる切羽安定対策工を実施しながら掘削を進めた。掘削中には強圧縮破碎された鏡肌を呈する部分に湧水が付き、その流れ目に沿った肌落ちが発生する切羽 (図 4) に遭遇することがあったが、鏡ボルト(ウレタン系注入率 90%)の効果もあり、大きな崩壊への発展を防止できた。下半インバート閉合の効果も相まって、双葉断層部の内空変位 (水平測線) は 45 mm で収束している。現在、原位置試験により得られた物性値に基づき 3 次元解析による掘削挙動の検証を行っている。

4. まとめ

当初は、土被りが約 50m 程度の地上からの調査によって破碎帯区間が設定されていたが、坑内から TSP303 を実施することで破碎帯出現位置のずれを把握することができ、その結果、早期に施工段取りに着手できた。TSP303 を用いれば、現場での実測から約 1 日で探査結果を得ることができる。水平調査ボーリングと組み合わせることによって効率的に切羽前方の地山状況を推定できたことは有意義であった。

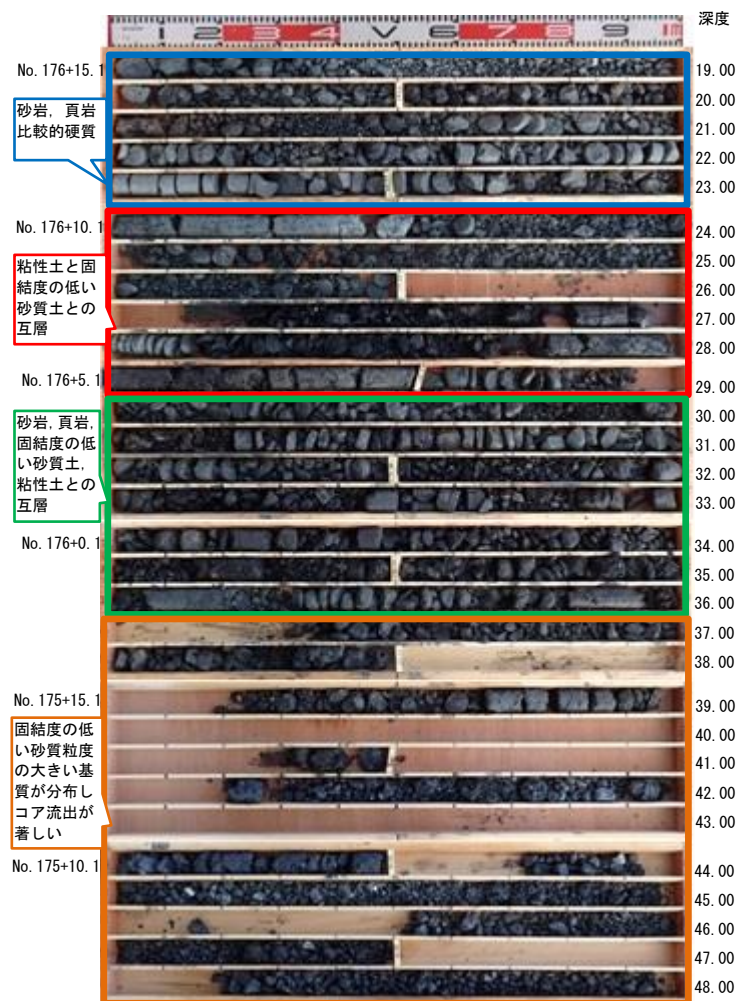


図 3 水平調査ボーリング (左孔)



図 4 鏡肌と肌落ち状況