

断層破碎帯区間における切羽前方探査による地山性状の把握

国土交通省近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 松田 全良
清水建設(株) 正会員 大西 勝 ○郡司 恭志 安藤 拓 征矢 雅宏

1. はじめに

北近畿豊岡自動車道の一部を形成する八鹿日高道路の(仮称)三谷トンネル(南側)工事では、事前の地質調査により No.26+90～No.27+40 (TD617～667) 付近に約 50m にわたる断層破碎帯の存在が予測されていた(図1)。そこで当該区間において適切な支保パターンを選定し、かつ安全なトンネル掘削を行うために、切羽前方探査(TSP303 探査, 水平ボーリング)を実施して地山性状を推定したので、その結果について報告する。

2. 切羽前方探査

今回、切羽が No.26+46 (TD573) に達した際に、TSP303 により約 No.27+23 (TD650) までの弾性波探査を行った。探査にあたっては、まず、現場において 24 孔の各発振による P 波, SH 波, SV 波を 4 孔の受振孔で測定した。次に、その測定結果を基にトンネルを中心に据えた高さ 100m, 幅 100m, 奥行 200m (格子寸法 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$) の 3 次元モデルを用いて弾性波速度解析を実施し、その解析結果(図2)から相対的に反射エネルギーの大きい優勢な反射体を抽出した(図3)。その結果の内、速度解析から得られた P 波速度(V_p), S 波速度(V_s) および抽出した優勢な反射体から得られた反射面の分布状況を図4に示す。同図には、事前調査によって想定されていた断層破碎帯の範囲も合わせて示している。なお、 V_s は SH 波速度と SV 波速度を合成して求めた。

以下に V_p , V_s および反射面の分布を総合して切羽前方の地山を評価した結果を示す。まず、図4の反射面分布より、切羽から TD594 までは、反射面が密集(その規模, 位置, 角度等によりトンネル断面内に出現する可能性が低いと見なしたもの(図中に破線で表示)を含む)しており、割れ目の多い地山であることがうかがえる。この内、TD576～584 に認められる反射面は、トンネル断面内 TD585～594 の弾性波速度低下域の境界面になって

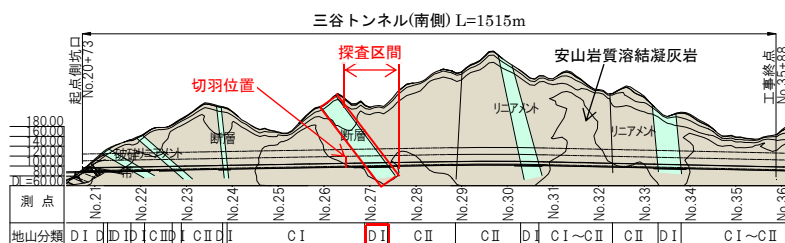


図1 地質縦断図

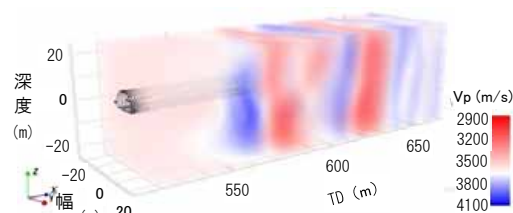


図2 P波速度分布の解析結果

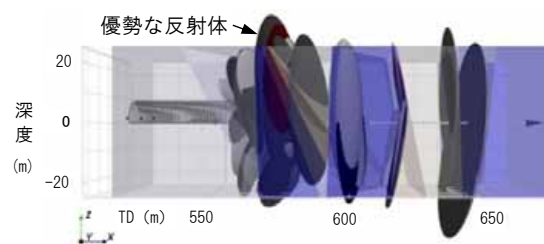


図3 優勢な反射体の抽出結果

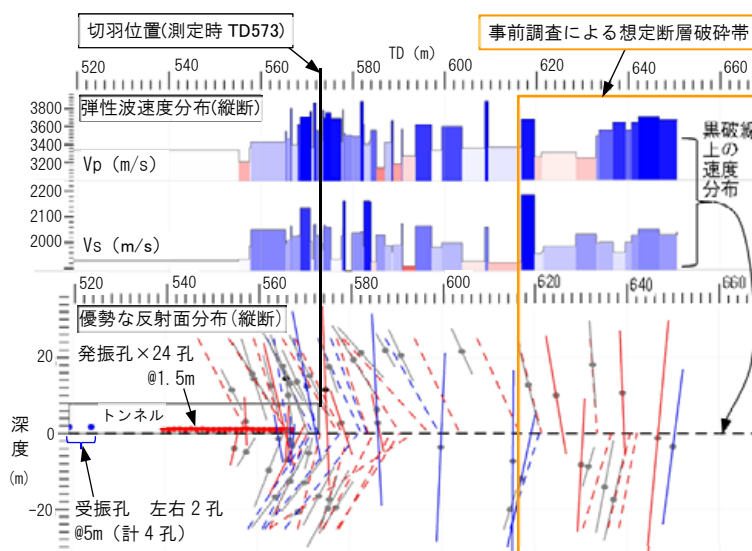


図4 TSP303 探査結果

- 注1)赤線は、反射面を境に $V_p(\text{トンネル側}) > V_p(\text{以奥})$ であることを、
青線は、反射面を境に $V_p(\text{トンネル側}) < V_p(\text{以奥})$ であることを表わす。
2)破線は、本来はトンネル掘削領域に出現する可能性が低い反射面を表わす。
(図ではトンネル中心まで反射面を延長)

キーワード 切羽前方探査, TSP303, 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

いる。反射面を境とした速度低下が顕著であり、この間は破碎帯または弱層部である可能性が高い。

TD600 以奥では、反射面を境に TD604～617 に V_s の低下域が、また、TD620～633 に V_p の低下域が認められる。反射面の数が相対的に少ないため、TD585～594 と同程度の破碎帯とは考えられないが、弱層部である可能性は排除できない。これに続く TD634～642 の範囲は、弾性波速度の低下域は認められないが、反射面の数が中程度に多い。そのため、割れ目のやや発達した地山である可能性はある。

図 5 に、以上を踏まえて TSP303 探査時に作成した切羽前方地山の概略モデルを示す。

次に、TSP303 探査の後に No.26+64 (TD591) の切羽から実施した水平調査ボーリング（コア採取、 $L=90\text{m}$ ）の結果を示す（図 6）。その結果、岩種は事前地質調査による予測の通り、安山岩質溶結凝灰岩であったが、破碎帯は設計当初の位置よりも約 25m 手前の TD593～615 の区間に断続的に確認された。したがって、TSP303 探査結果の内、反射面が密集した V_p 、 V_s の低下域（TD585～594）および V_s の低下域（TD604～617）が、破碎帯の存在をとらえていたことになる。この他に、図 6 のボーリングコアでは、TD640 付近に破碎された箇所が認められる。この箇所は、TSP303 の探査結果では反射面の数が中程度に多い区域に含まれることから、反射面の頻度も不良地山の出現予測にとって無視できない情報であると考えられる。

3. トンネル掘削時の検証

以下に TD593 以奥のトンネル掘削時の切羽状況を示す。全体的に安山岩質溶結凝灰岩が主体であったが、TD593～615 区間では、割れ目が多く、その中に風化によって褐色化した割れ目と数条の断層および粘土質砂礫状を呈する部分を確認された（写真 1）。これらの切羽状況は、TSP303 探査結果および水平調査ボーリング結果に整合的である。また、TD620 付近にも、褐色化した数条の断層と切羽の中央部から右側にかけて帯状の脆弱部が確認された（写真 2）。これは TD 620 付近に V_p の低下域が存在するという TSP303 の探査結果に対応した地山状況である。水平調査ボーリングでは脆弱部をとらえていなかったが、これは割れ目が相対的に少ない岩盤内を線状に削孔していたことによると考えられる。

TD640 付近の切羽には、層状の割れ目と割れ目が発達して小岩塊状を呈し、剥離しやすい部分が認められた。この状況は、TSP303 の反射面の数が中程度に多いという探査結果に対応する。なお、TD615～620、TD625～637 および TD642 以奥の区間では、層状の割れ目が所々に存在するものの、全体的に良好な地山状況が確認されている。

4. まとめ

TSP303 の探査結果を水平調査ボーリング結果およびトンネル掘削時の地山状況と比較することにより、その有用性を概ね確認することができた。今後、更なる活用に向け、検証を進める所存である。

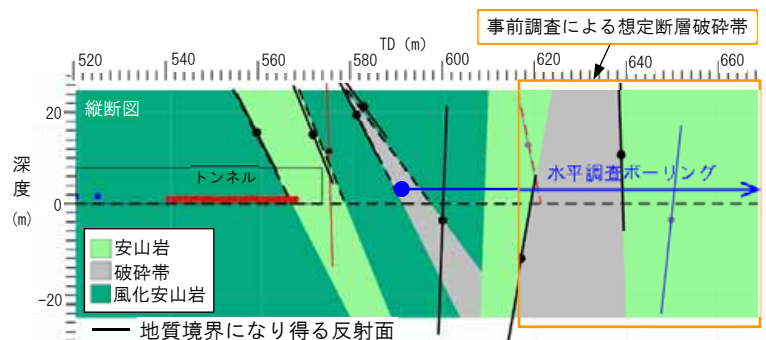


図 5 TSP303 探査結果に基づく切羽前方概略地山モデル

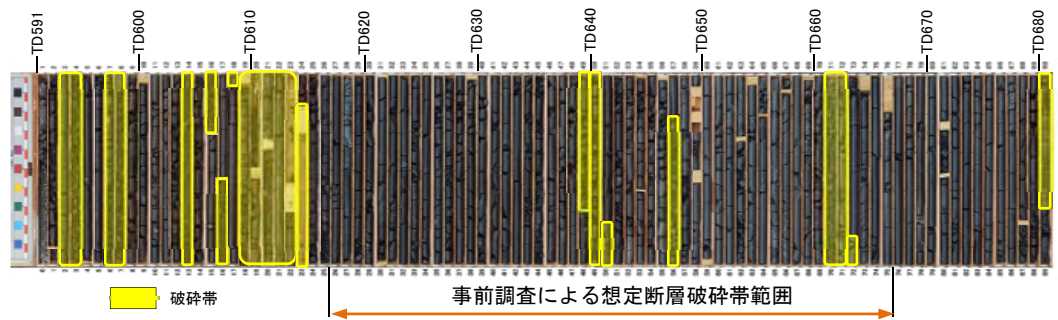


図 6 水平調査ボーリング結果

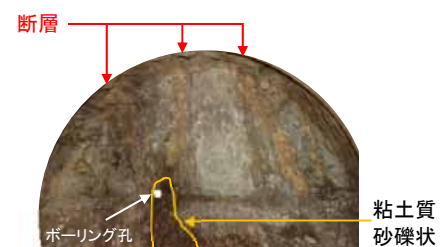


写真 1 切羽写真 (TD610 付近)

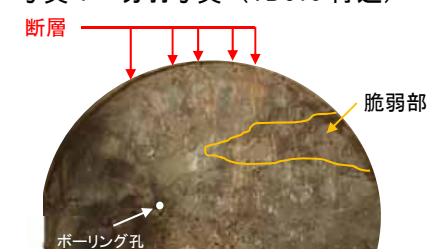


写真 2 切羽写真 (TD620 付近)