

トンネル浅層反射法探査 (S²R-T) による己斐断層周辺の切羽前方地質予測

(株)フジタ技術センター 正会員 ○加藤卓朗 村山秀幸
 広島高速道路公社 岡村浩孝
 (株)フジタ広島支店 望月齋也 中野常夫
 (株)地球科学総合研究所 清水信之

1. はじめに

近年、弾性波反射法による切羽前方探査として TSP, HSP が多くのトンネルに適用され、施工時における坑内からのトンネル切羽前方予測として設計・施工への反映が期待されている。しかしながら、これらの探査法は通常発破を起振源とするため、発破掘削以外の自由断面掘削機や TBM など発破使用許可申請を実施していないトンネルにおいては別途発破使用許可申請が必要となる。そのような背景から筆者らは発破を用いないトンネル浅層反射法探査 (S²R-T) ¹⁾を開発し、現場実証実験を実施している。本稿では広島高速4号線トンネル第2工区において実施した探査についてその概要を述べる。

2. トンネル概要

切羽前方探査を実施した広島高速4号線トンネル第2工区は広島市内に位置し、トンネル地質は花崗岩類であり、風化深度が非常に深くマサ化が地下深部まで及んでいる。事前調査として実施された弾性波屈折法探査によると、断層破砕帯と推定される低速度帯 (Vp=1.9~3.4km/s) が数ヶ所存在し、特に No30+00m 付近において活断層である己斐断層の存在が確認されており、地山が著しく脆弱化していることが明らかにされていた。また、探査対象付近は最小土被り約40mであり、TSPは探査深度が土被りに左右される²⁾ことから、探査深度が土被りに左右されない本手法を用い、断層の発達に伴う破砕・脆弱部の性状と分布を事前に把握し施工に反映させることを目的として、切羽前方探査を実施した。

3. 探査方法

本手法の測定方法の特徴は、多点起振・多点受振であり、起振源は発破に限定されないことにある。今回は起振源として、油圧インパクトと発破の2種類を使用した。油圧インパクトとは図1に示すように、重錘落下起振源であり、都市部における弾性波反射法探査などに利用されている³⁾。測線配置を図2に示す。油圧インパクトの起振点は受振測線に平行に約1m離れた位置に6.0m間隔で21点配置した。なお、油圧インパクト起振は探査精度の向上と探査深度を深くする目的で同一箇所を複数回打撃するスタッキングを行った。発破孔は右側壁に1.5m間隔で24孔配置した。発破は1孔あたり含水爆薬を100g使用した。受振器はトンネル軸方向に100Hz上下動1成分受振器を1.5m間隔で40点、切羽側トンネル横断方向に10Hz3成分受振器を10点設置した。



図1 油圧インパクト起振状況

本手法は、CMP 重合法を用いた探査区間の直下の大局的な水平構造解析と、VSP 処理と前方後方強調処理の2種類の鉛直構造解析を実施し、それぞれの結果を総合的に判断して切羽前方を評価する。

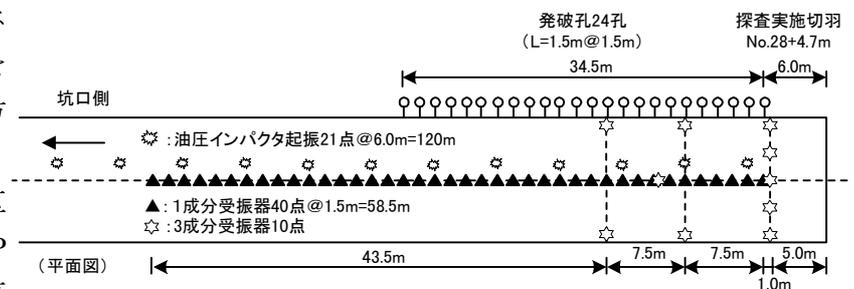


図2 測線配置図

キーワード：トンネル，切羽前方探査，弾性波反射法，油圧インパクト，活断層

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 TEL 046(250)7095 FAX 046(250)7139

4. 探査結果と掘削実績との対比

図3に事前調査結果，探査結果，切羽観察結果及び水抜き対策工として実施した水平ボーリング結果などを総合的に示す．抽出された反射面は測定された平均的弾性波速度 $V_p=4.0\text{km/s}$ を用いて切羽前方距離に換算した．反射面の評価方法として，TSP では「反射面が集中する区間」を著しい地山変化，すなわち破碎帯と考え施工上課題となる区間と想定し，「反射面がない（少ない）区間」は岩質が一樣で安定した区間と想定する場合⁴⁾がある．本手法も反射面の分布状況により評価を実施し，探査結果として「反射面・多」，「反射面・少」と区分した．なお，今回の探査では起振源として油圧インパクトと発破の2種類を使用した，探査限界は油圧インパクトが約200m，発破が400m以上であった．表中の前方探査結果には，2つの探査結果の総合的な評価を記載した．

探査結果は図中に示すように4ヶ所を反射面が多い区間として評価した．このうちNo.29+45m～No.30+15mの区間に反射強度の強い反射面が2ヶ所に検出され，探査当初は活断層調査，斜めボーリングの結果などからNo.30+05m付近の強反射面が己斐断層本体に相当すると予測した．一方，掘削の進行に伴ない，No.29+87m付近で連続性の高い幅10cm程度の粘土脈が出現し，己斐断層であると推定され，断層通過後約30mで次第に岩盤強度が増加した．このことからNo.29+80mの強反射面が己斐断層付近の著しく脆弱化した区間に相当し，「反射面が多い」区間と「反射面が少ない」区間との境界であるNo.30+15m付近が岩盤強度の増加に相当すると考えられる．このように出現位置に多少のずれはあったものの，そのほかの評価区間においても反射面分布状況と掘削実績は多くの場合調和的であり，本手法は低土被り区間においても充分適用可能であることが示唆されたといえる．

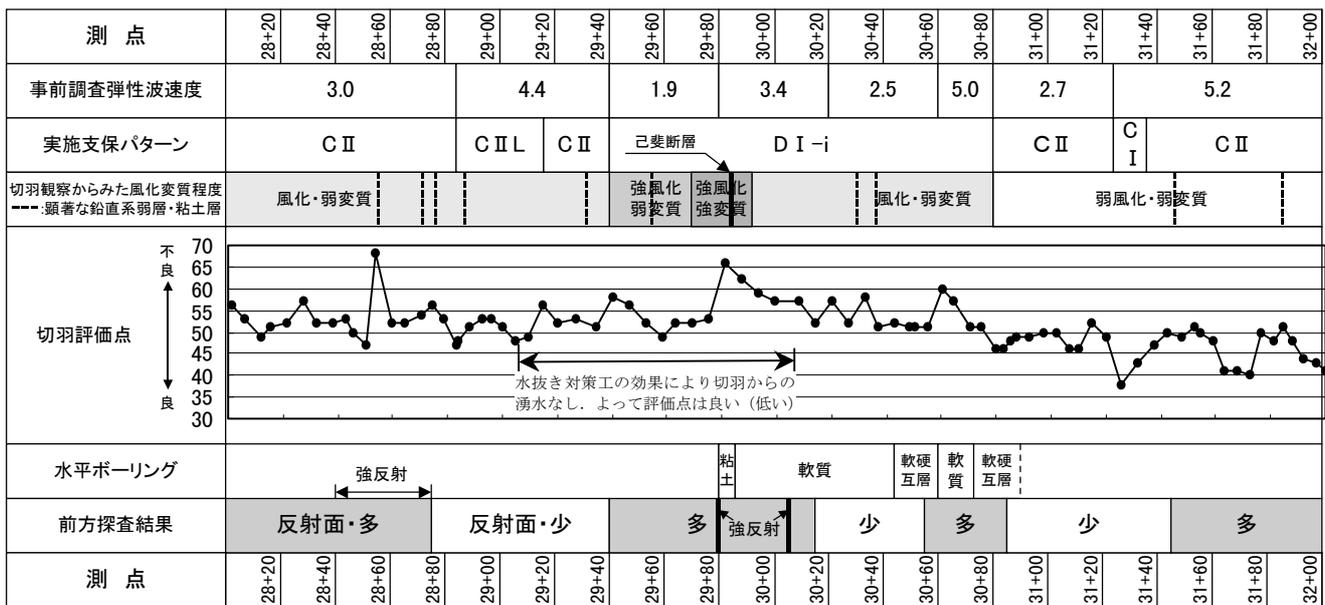


図3 探査結果と掘削実績の比較

5. おわりに

トンネル浅層反射法探査 (S²R-T) による切羽前方地質予測を実施した結果，探査結果は掘削実績とおおむね調和的であった．本手法は今後も現場での適用を継続し，測定方法の改良や解析・評価方法の検討をおこない，探査結果を定量的に評価する探査システムを構築する必要がある．

【参考文献】1) 加藤・柳内・村山・清水：油圧インパクトを起振源とする切羽前方弾性波反射法探査の開発と適用，第31回岩盤力学に関するシンポジウム，土木学会，pp.22-28，2001．2) 越野・山本・笠・宇津木・工藤：土被りが小さい区間におけるTSP法による切羽前方探査の適用性，第31回地盤工学研究発表会，pp.2251-2252，1996．3) 例えば，佐々・芦田・菅野：建設・防災技術者のための物理探査，森北出版株式会社，pp.66-68，1993．4) 明石・山下・石山・稲葉：TSP法による切羽前方地質推定についての基礎的検討，第51回土木学会年次講演会Ⅲ-A，734-735，1996．