

阪和自動車道4車線化事業における高田山トンネルⅡ期線施工に向けた検討事例

西日本高速道路(株) 技術本部技術環境部 正会員 ○小林 康範

西日本高速道路(株)関西支社 和歌山工事事務所 正会員 高尾 俊一郎 非会員 野々下 剛・山本 拓哉

(株)ダイヤコンサルタント 正会員 杉浦 高広 非会員 東 篤義・日小田 稜介

1. はじめに

阪和自動車道 印南IC～みなべICに位置する高田山トンネルはⅠ期線施工時に付加体地質により難工事であった。本報告では同トンネルの、Ⅱ期線施工に向けた検討事例を紹介する。

高田山トンネルは、和歌山県日高郡みなべ町東岩代～みなべ町筋地区の高田山（標高222m）を貫く延長約1,700mのトンネルである。当該トンネル周辺の地質は、古代三紀四万十帯音無川層群瓜谷累層・羽六累層であり頁岩を主体とした付加体地質である。Ⅰ期線設計時の地山等級別延長比率はCⅠが62%、CⅡが16%を占めていた。しかし、実際の地質は想定と明らかに異なり、掘削による応力開放やごくわずかな湧水の影響により容易に細片化しやすい不良地山であったため、施工支保パターンはDⅡが75%、DⅠが15%となった。（図-1、写真-1）度重なる変状が生じたためAGF工法や長尺鏡止めボルト、インバートの早期閉合等の補助工法を採用した。当初約1年半の工事計画であったが、掘削開始から貫通までに約3年もの施工期間を要した。



図-1 Ⅰ期線施工概要図（高田山トンネル）



写真-1 天端崩落状況（高田山トンネル）

キーワード 山岳トンネル, 付加体, Ⅱ期線, 調査計画

連絡先 〒640-8323 和歌山県和歌山市太田3-10-6 西日本高速道路(株)和歌山工事事務所 TEL073-474-7810

2. Ⅱ期線設計へ向けた課題

課題①：適切な支保パターンの検討

当該地域の地質構造は、太平洋プレートにより、海底堆積物の泥質岩が押し上げられて構成された、付加体で構成されている。付加体は、沈み込みの付加により、激しい褶曲運動や断層運動を受けている特徴がある。Ⅰ期線施工実績から、何れも破砕した頁岩が多く、トンネル掘削による緩み域の拡大が顕著で変位が大きく、天端沈下量が150mm、内空変位量が200mmにも達する区間があった。調査・設計時に弾性波速度を主体に地山分類、支保割が決定され、CⅠ主体だったが、施工時ではDⅡが大半で、大きな乖離が生じた。

課題②：Ⅰ期線への近接施工影響の検討

Ⅰ期線施工時の先行緩み測定（切羽前方の先進ボーリングでP波速度検層）が実施され、弾性波速度3.8km/secが、切羽前方20～30m位置で1.1～1.5km/secまで低下することが確認されており、Ⅱ期線掘削による、ゆるみ域の急激な拡大が想定される。

3. Ⅱ期線設計へ向けた調査計画

上記のとおり、付加体地質を踏まえた適切な支保パターン設計とⅡ期線掘削に伴うゆるみ域の拡大で供用線に影響を与えないよう以下のように、精度の高い調査を実施し設計に反映する。

(1) Ⅰ期線施工実績の収集整理

Ⅰ期線施工時のデータは隣接するⅡ期線の設計を行う上で非常に有益な情報となる。トンネル掘削は平成12年～平成14年頃であり、デジタルデータが少ない時代であるため、当時の資料や施工者のヒヤリング等の地道な情報収集が非常に重要である。収集した既往資料から施工時の支保パターンや補助工法、切羽崩壊位置、変位計測データ等を整理し、地質縦断図に整理した。（図-2）さらに、切羽観察記録や切羽写真を踏まえて、切羽の破砕度を整理した。これらのⅠ期線情報は、Ⅱ期線で用いる支保パターンや補助工法検討の基礎資料となる。

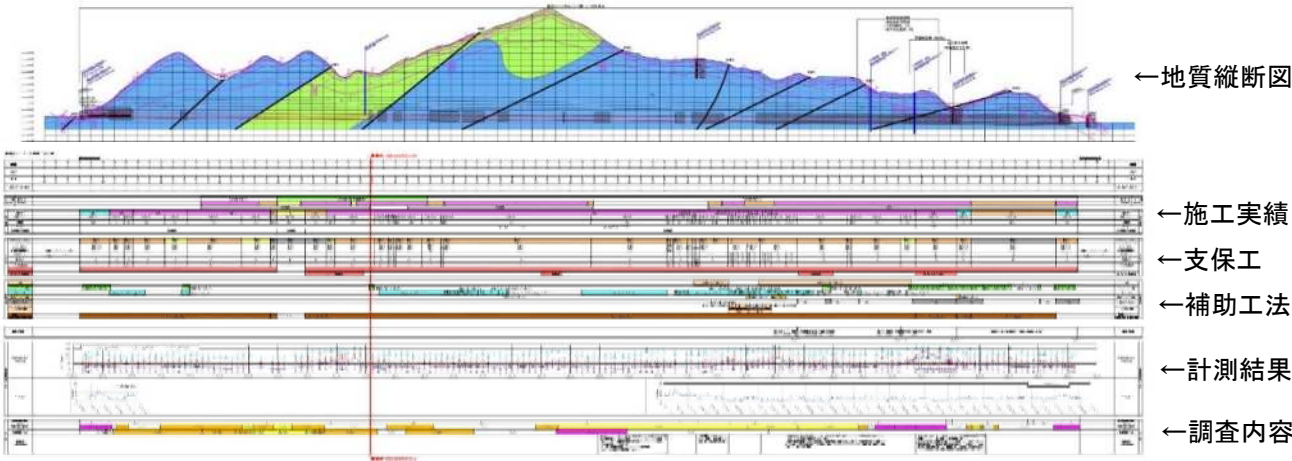


図-2 I 期線施工データの復元（高田山トンネル）

(2) 不良地山や地山の緩み状況の把握

I 期線施工当時に切羽崩壊が発生すると同時に地表変状が発生した区間があり、I 期線周辺の地山の緩みが大きい事が想定されることから、現在の地山状況や緩み状況を把握するため、地形判読、地表踏査と合わせて以下の調査を行った。

- ① 高品質ボーリングによる良質なコア採取を行い、大変位区間の地山の状況や空洞等の有無を直接把握した。またボアホールカメラを用いて緩み状況を把握するとともに、地質構造や開口割れ目の有無、割れ目の方向性(流れ盤、受け盤)について検討した。(図 - 3) 大変位区間 (DⅡパターン区間) で空洞等は認められなかったが、破碎程度が高く非常に脆弱な地山状況(D 級相当)を広く確認した。



図-3 高品質ボーリング(左) ボアホールカメラ(右)

- ② 高密度弾性波探査、高精度電気探査の複合探査を行い、大変位区間では横断測線を配置し、縦横断測線の交点付近のボーリング孔にも受信点を設け、鉛直方向の探査精度を高めた。また解析は三次元トモグラフィ解析を行った。(図 - 4)

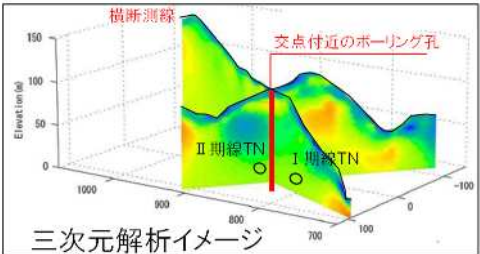


図-4 三次元解析イメージ図(解析中)

(3) I 期線トンネルへの影響検討

調査結果を踏まえて、FEM 解析(2 次元非線形弾性解析)を行う。実施箇所は I 期線トンネルで顕著な変位・変状があった区間等を設定し、I 期線トンネルの再現解析、II 期線トンネルの順解析を行った上で、II 期線トンネルの支保構造や補助工法を検討する。

また I 期線トンネルへの影響を監視する目的で I 期線計測工を施工前～施工後にかけて行う情報化施工を計画している。(表 - 1)

表-1 I 期線計測工

項目	目的	使用計器	計測頻度
①坑内観察	・計器設置位置の確認 ・II 期線施工による影響の有無を確認	目視	・施工前: 1回 ・施工中: 年2回 ・施工後: 1回
②覆工内空変位計測	・II 期線施工による影響を変位量で管理 ・内空変位の挙動を把握	トールステーション 1.5インチブリズム	・施工前: 2回(春秋通行止め時計測) ・施工中～施工後: 通年(自動計測) ※1時間に1回
③覆工応力計測	・II 期線施工による影響を増加圧縮応力、 増加引張応力で管理 ・覆工に作用する応力を確認	ひずみ計	
④覆工ひび割れ測定	・覆工ひび割れおよび目地の開口進行状況の 確認 ・II 期線施工による影響を変位量で管理	亀裂変位計	・施工前: 通年(自動計測) ※1時間に1回 ・施工中～施工後: 通年(自動計測) ※1時間に1回
⑤坑内温度測定	・坑内温度変化の確認 (覆工の変状や応力変化の温度影響を評価)	温度計	

4. おわりに

本検討では、付加体地山での難工事であった I 期線トンネルに隣接する II 期線に対し、詳細な調査を行って地山状況の把握に努めたものである。本稿執筆中は、調査結果の取り纏めの段階であるため、今後、詳細な調査、設計の内容については追って報告する予定である。

参考文献

1) 地盤の可視化技術と評価法 平成 21 年 12 月(財)災害科学研究所 トンネル調査研究会