

脆弱な不良地山における掘削補助工法の選定とその評価

大成建設株式会社 中国支店 正会員 ○岡 幸宏
大成建設株式会社 中国支店 正会員 畑山 昌之

1. はじめに

静間仁摩道路は、整備中の山陰道のうち、島根県大田市内に位置する延長7.9kmの区間である。五十猛（いそたけ）トンネルは、この区間のうち、延長L=1,082mの2車線道路トンネルである。本トンネルは、トンネル全長のうちの約半分が土かぶり1.5D以下の小土被り区間で、当初設計支保パターンは約9割がDパターンであった。その中でも、起点側小土かぶり部では、泥質な凝灰岩を主体とした不良地山が出現し、多数の掘削補助工法を併用しながら掘削を行ったが、一部区間では変位が増大した。本稿は、このような不良地山に対する掘削補助工法選定の経緯および評価について述べるものである。

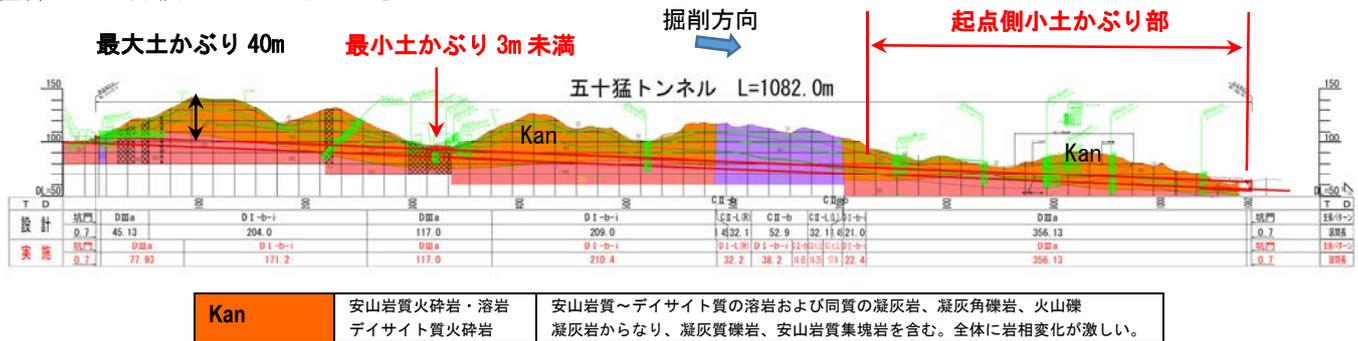


図-1 地質縦断面図

2. 施工上の課題

本トンネルは、当初設計段階から不良地山の出現が予測されていたが、実施工においても切羽が自立せず、部分的な崩落や肌落ちが度々発生していた。そこで、安全に掘削するために、①不良地山出現の有無の事前把握、②天端崩落および鏡面崩落対策、③変位増大区間への対策工の3点を課題として挙げた。

3. 解決策の立案と結果

上記課題を解決するために、以下の施工計画を策定し実施した。

- ① 切羽前方調査ボーリング（ノンコア）を実施し、前方地山の状態を把握した。調査ボーリングでは、ドリルジヤンボにより鏡面の3箇所（左・中央・右）に延長約30mの穿孔（ビット径φ64mm）を行い、削孔速度・削孔水の色・くり粉（削孔した際に孔から出る岩片）の状態・湧水の有無を調査した。また、ロッド1本あたりの削孔に要する時間を計測して得られた1m当りの平均削孔速度Vの大小により、地山の硬軟を判断した。本トンネルでは、既往の施工実績りを参考に、30(sec/m)を下回る数値が見られた場合には、地山は「危険」な状況であり、補助工法の検討が必要な程度と判断した。切羽前方調査ボーリングデータと掘削後の取得データ（坑内変位計測結果、切羽評価点）を比較してみると、削孔速度は前方地山の変化のトレンドと整合しており（図-2）、前方地山の状況を大まかに把握するには有用であった。
- ② 天端部における安定確保および先行変位抑制を目的とした掘削補助工法として、注入式フォアボーリングや注入式長尺鋼管フォアパイリング（以下、AGF）を施工した。また、鏡面の安定対策を目的とした掘削補助工法としては、鏡吹付けコンクリートや注入式鏡ボルトを施工した。掘削補助工法の決定にあたっては、切羽観察結果をベースに切羽前方調査ボーリングの結果も参考にした。例えば、削孔速度に目立った変化がなければ、

キーワード 山岳トンネル、軟弱地山、掘削補助工法、切羽前方調査

連絡先 〒730-0041 広島県広島市中区小町2-37 大成建設株式会社 中国支店 TEL082-242-5331

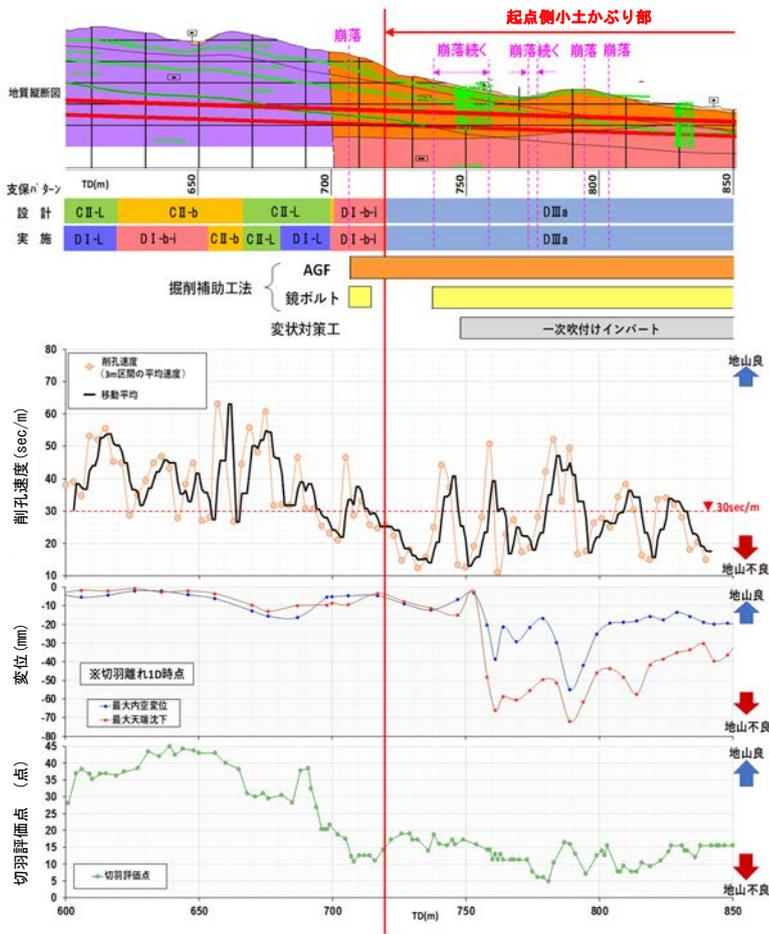


図-2 切羽前方調査ボーリング結果と掘削データ

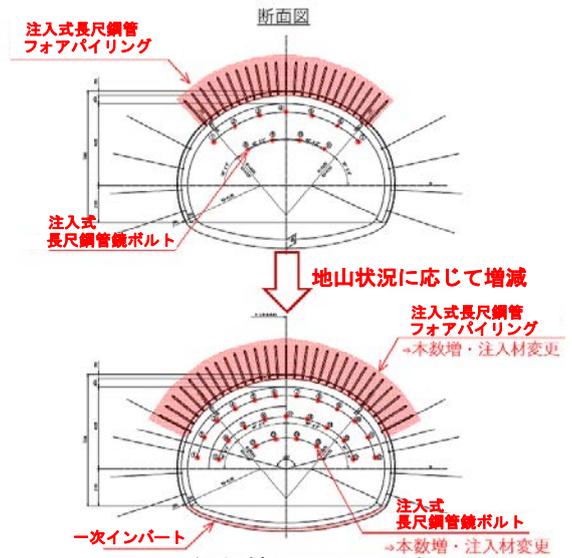


図-3 掘削補助工法の選定

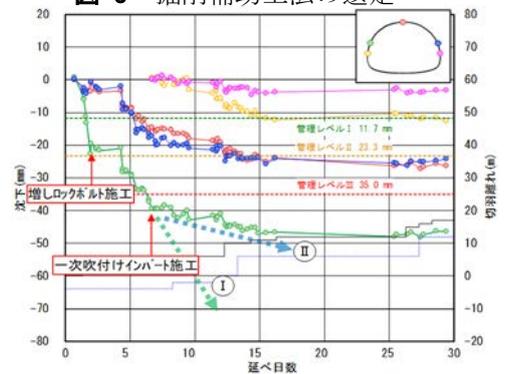


図-4 坑内沈下量計測結果 (TD=758m)

同様の掘削補助工法 (AGF, 鏡ボルト) の継続を協議した。また, 手前で施工した注入結果 (注入量, 圧力上昇) および切羽観察結果から地山状況に応じて施工本数, 施工位置・間隔, 注入量などを増減し選定した。(図-3)。このように, 岩相の変化に富む不良地山対して掘削補助工法を随時見直すことで, 効率的な天端崩落・鏡面崩落の抑止と, 施工費用の低減に努めた。

- ③ 起点側小土かぶり部では, 掘削直後から天端沈下・内空変位が急激に増大し, 約 1 日で管理レベル II (23mm) を超過した箇所があった。変位抑制対策として, 増しロックボルトを施工した。それでも, 変位の収束が確認できない箇所では切羽を中断し, 一次吹付けインバートの施工を行った。一次吹付けインバート施工中に切羽崩落が発生する可能性もあることから, 安全を考慮して, 上半からの離れが約 1D になってから, 掘削・吹付・埋戻しを 2m ずつ計 6~8m 区間毎に実施した。図-4 に, 坑内沈下計測の例を示す (TD=758m)。図より, 一次吹付けインバート施工後は沈下抑制に効果があったことがわかる。その先の区間においても, 約 1 日で管理レベル II を超過する箇所では, 一次吹付けインバートによる早期閉合を継続実施したところ, 天端沈下量を 30mm 程度まで抑えながら掘削を進めた。

4. おわりに

本トンネルでは, 当初設計で想定されていた以上の不良地山が出現し, 相次ぐ天端崩落や鏡面崩落の発生, 変位増大区間が出現した。その都度, 地山状況に応じた掘削補助工法や変状対策工を適用したことで, 無事故無災害でトンネル掘削を終えることができた。

参考文献

1) 技術研究部会 トンネル補助工法委員会 平成22年~23年度 活動報告書, NPO法人 臨床トンネル工学研究所, 2012.3