

低土被り区間のトンネル施工の問題と対策

くまさか —熊坂トンネル—

九州支店	土木工事部	大塚 正
東京土木支店	土木工事部	伊東高士
東京土木支店	土木工事部	太田有一
大阪支店	土木工事部	小林正憲

1. はじめに

熊坂トンネルは、長野県中野市北西部に位置する斑尾山南山麓の標高 500m 付近を東西方向に通過する II 期線トンネルである(図-1 参照)。地質は、新第三紀層の大川層および第四紀層の飯綱火砕岩層からなり地層は、ほぼ全線に亘りトンネル軸に対して 45°方向に伸びている、傾斜は 80°程度と著しく褶曲している。本トンネルの低土被り区間は、延長 70m で弾性波速度 0.5~1.8km/sec の大川層の風化帯に位置し、当初設計で施工が難航すると予想される D 地質と判断している。

当該区間は、トンネル掘削時のグランドアーチ効果が期待できず、II 期線掘削に伴う地山緩みが I 期線へ及ぼす影響を懸念し、当初設計の先受け工を照査した。

本稿では、追加変更した掘削方法・支保構造・補助工法を採用する過程で抽出した問題点および実施工の内容および結果について報告する。



図-1 熊坂トンネル位置図

2. 工事概要

工事名：上信越自動車道 熊坂トンネル工事

工事場所：長野県中野市大字永江地内

発注者：東日本高速道路株式会社 新潟支社

施工者：(株)ピーエス三菱・北野建設 (株)JV

工事内容：延長 L=974m

トンネル延長 801m (最大掘削断面積 104.8m²)

掘削工法：NATM (New Austrian Tunneling Method)

上半先進ベンチカット工法

工期：平成 17 年 6 月 22 日~平成 19 年 12 月 8 日

3. 低土被り区間施工上の問題点

①供用中の I 期線トンネルと近接施工のため、II 期線施工

が原因で I 期線が変状をきたした場合、対策等を行うために長期間通行止めを余儀なくされ社会的影響が大きい。

②I 期線覆工コンクリートにクラックがあり、湧水が見られることから覆工背面の地盤劣化が考えられ掘削の影響で顕著な挙動を示す可能性がある。

③I 期線施工中において大川層で天端崩落が発生しており、当該区間で崩落危険性を孕む同地層の出現が予測されている。

④ボーリング調査結果から地山の風化が顕著な未固結地山であり、地下水位はトンネル天端から+3m 上方に位置し、集中湧水等が懸念される厳しい地質条件と判断される。

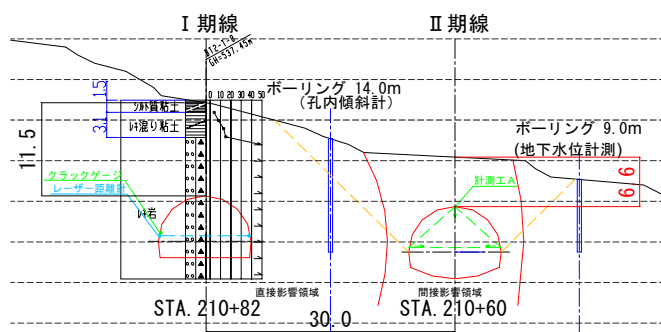


図-2 低土被り部トンネル断面図

4. 低土被り区間対策工の施工方針

施工による問題発生を未然に防止するためには「地下水の影響も含めたトンネル地質予測と状況に応じた対応策の比較検討と選定」を予め行うことが重要である。補助工法の採用方針は、II 期線の切羽・地質状況と計測結果、地質予測および I 期線の地質・変位データを総括的に判断し効果的なものを実施する方針とした。

4.1 掘削・補助工法

①地質予測、②切羽鏡面安定、③地表面沈下・内空変位の抑制を切羽状況や変位状況等の計測結果を判断した上で①~③の対策を組み合わせる方針を検討した。

①水抜きボーリングで前方の地山の地質・硬軟を判定。

ボーリングを実施し地質予測の基礎データを取得。

②リングカット、高強度吹付けコンクリート(鏡・1次吹付け)、鏡ボルトの採用。削孔水低減のため NJD (Non Jamming Drilling) 工法(泡削孔)を採用。

③注入式長尺鋼管フォアパイリング(AGF工法: All Ground Fasten)、初期材齢強度に優れる高強度吹付けコンクリート(吹付けインバート・上半仮吹付けインバート)の採用。

4.2 地下水対策工

切羽前方への水抜きボーリングの実施や沢部滞水箇所には排水トレンチ設置を行い、可能な限り低土被り区間の地下水位を施工前に低下させ、トンネル掘削時の湧水影響を低減する。

4.3 計測工

計測工は、I期線トンネルや周辺地山の挙動把握、支保構造の効果や妥当性の判断などトンネルの安定性を確認するために重要であり、表-1の方針で進めた。計測工で採用している管理基準は、II期線施工に先立って、地質状況やI期線施工実績等から設定した。

表-1 計測工

項目	数量	観測内容
II期線坑内変位観測	5m 毎	坑内天端沈下・内空変位を5m間隔で2回/日計測。蓄積データを用いて最終変位量を推定し管理基準値で管理する。
地表面沈下観測	53箇所	5mメッシュのグリッドで掘削に伴う地表面沈下および水平変位を経時的に計測。管理基準値で管理する。
地下水位変動観測	5箇所	沢底中軸となるSTA210+60ラインにそって、II期線を跨ぐ形で地下水位観測を経時的に計測。
地中変位観測	1孔	I・II期線の間設置し、孔内傾斜計により微量な地中変位を経時的に計測。
I期線内空変位観測	3箇所	I期線への影響を直接的に監視するためにI期線側壁に設置したレーザー距離計で経時的に覆工コンクリートの挙動を計測。管理基準値で管理する。

5. 実施施工概要

切羽地質は、写真-1に示すように油目が顕著で非常に脆弱な泥岩や亀裂間隔が小さく風化が進行した砂岩層が主体の中に薄層の砂礫層を挟在するものであった。施工は、多種の計測工を組み合わせた監視体制のもと慎重に進めた。地表面沈下および内空変位の先行変位を効果的に抑制し、トンネル掘削による地山の緩み範囲を小さくするための補助工法はAGFを採用することとし、延長は最小土被り部を含む27m(3シフト)を行った。掘削時の鏡面安定対策は、リングカット、鏡吹付け(通常強度)、水抜きボーリング(φ75 L=24m N=8)等を用い、特にロックボルトおよびフォアパイリング打設の削孔作業水が切羽に及ぼす影響を減らすためNJD工法を採用した。これは、砂質系小礫箇所等の削孔時の孔壁閉塞対策としても有効であった。また、下半切羽との最小ベンチ長3mまでインバートコンクリートを打設し早期閉合を進めた。

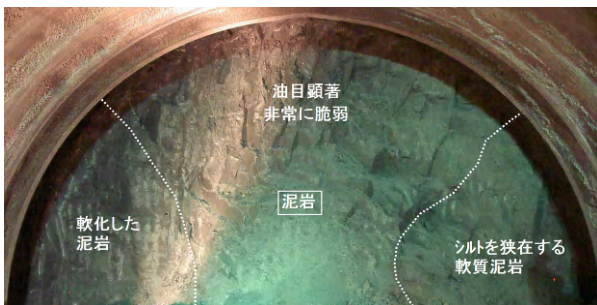


写真-1 切羽写真

補助工法であるAGFは、先受け範囲を事前のFEM解析結果により当初予定した写真-2に示す120°打設(鋼管 N=27本/シフト)から90°打設(鋼管 N=19本/シフト)とし合計1,200万円のコスト低減を図った。計測結果は、II期線坑内変位観測では天端沈下の区間最大値14.2mm、地表面沈下観測の区間最大値19.4mm、またI期線内空変位観測も1mm未満で管理レベルI以内での収束、地中変位観測では横断方向5.5mm、縦断方向1.4mmと微量な変位量であり地山の緩みを極力抑えた施工結果と捉えることができる。



写真-2 AGF工法(左:120°, 右:90°)

6. まとめ

今回、供用線が近接する低土被り区間の施工について報告した。結果は、AGFおよびインバートの早期閉合が十分な効果を示し、必要最小限の補助工法で工費低減の目的は達成した。問題点は早期閉合を重視したため工程が30日程度増加したことである。今後は、掘削進度を下げない施工法の選択が必要である。今回の施工事例は、単独トンネルであれば従来の安全性を主眼とした補助工法併用施工に対し、II期線トンネルの特徴であるI期線掘削時の地質・水・変位・変状データという情報を最大限利活用することでコスト低減を図りつつ低土被り区間を施工したものである。供用線および施工の安全性を十分に検討し日々の検証を行ってきた結果、顕著な挙動を発生させずに当該区間を掘削することが出来、平成19年4月に無事トンネル貫通を迎えることができた。本報告が同種工事の参考となれば幸いである。



写真-3 長野側(貫通側)坑口を望む

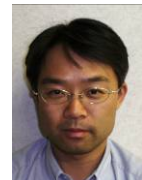
Key Words : 低土被り, NATM, AGF, 近接施工, グランドアーチ, NJD



大塚正



伊東高士



太田有一



小林正憲