

強変質地山における支保変状と覆工補強対策

飛島建設 東北支店 正会員 ○寺島 佳宏
飛島建設 東北支店 小川 勲
国土交通省 東北地方整備局 正会員 吉田 良勝
国土交通省 東北地方整備局 檜岡 民幸

1. はじめに

東北中央自動車道大笹生トンネル工事は、東北中央自動車道(福島 JCT～米沢 IC 間)の内、福島県福島市郊外に位置する全長 2,089m の山岳トンネルである。本トンネルでは掘削時に STA.25+8～STA.26+34.1 の 126.1m 区間(以後、変状区間 A と記す)と STA.34+63.5～STA.37+53.5 の 290m 区間(以後、変状区間 B と記す)において塑性圧を起因とする地山や支保変状が発生し、覆工にも後荷によるひび割れが複数箇所が発生した¹⁾。本稿では、覆工損傷の発生原因、対策工の実施およびその効果検証について報告する。

2. 工事概要 および地形・地質概要

工事概要を表-1 に、地質縦断面図と施工実績を図-1 に示す。本トンネルが貫く台山は、通称「まないた山」と呼ばれ、標高 462m で、350m 前後の平坦地ないしは緩斜面を呈する台地形状の山であり、西側の栗子峠より延びる山地東縁部に位置する。

地質は新第三紀中新世の凝灰岩類（天王寺層：湖沼堆積）およびそれらに貫入した流紋岩類よりなる。当初の想定では流紋岩類がルートの約 7 割を占め、比較的硬質で良好な地山が分布するとされていた。しかしながら、実際は、熱変質を受け粘土化した流

紋岩や軽石を含む脆弱な凝灰岩が連続して出現した。とくに変状区間 A の STA.25+0～STA.26+0 付近は、流紋岩と軽石凝灰岩の境界部にあたり、ともに脆弱な地質となっていた。STA.34+63.5 からは、天王寺層に属する凝灰質シルト岩が出現し、出口側坑口まで分布した。この凝灰質シルト岩も多くは変質などにより粘土化しており、とくに変状区間 B の軽石凝灰岩との境界・混在部では脆弱な地質となっていた。

3. 地山および支保の変状

変状区間 A および B では湧水による地山劣化と地山強度比の低下に起因した支保変状が発生し、支保パターンを D I もしくは D II に変更した。また、度々

表-1 工事概要

工事名称	東北中央自動車道大笹生トンネル工事
工事場所	福島県福島市大笹生地内
発注者	国土交通省 東北地方整備局
工期	平成19年3月20日～平成23年2月28日
施工者	飛島建設株式会社
トンネル延長	2,089m
掘削断面積	77m ²
掘削工法	D I -b: 上半先進ベンチカット工法 D II : ミニベンチカット工法 C II -b: 補助ベンチ付き全断面掘削工法
掘削方式	発破掘削
ずり出し方式	連続ベルトコンベヤ

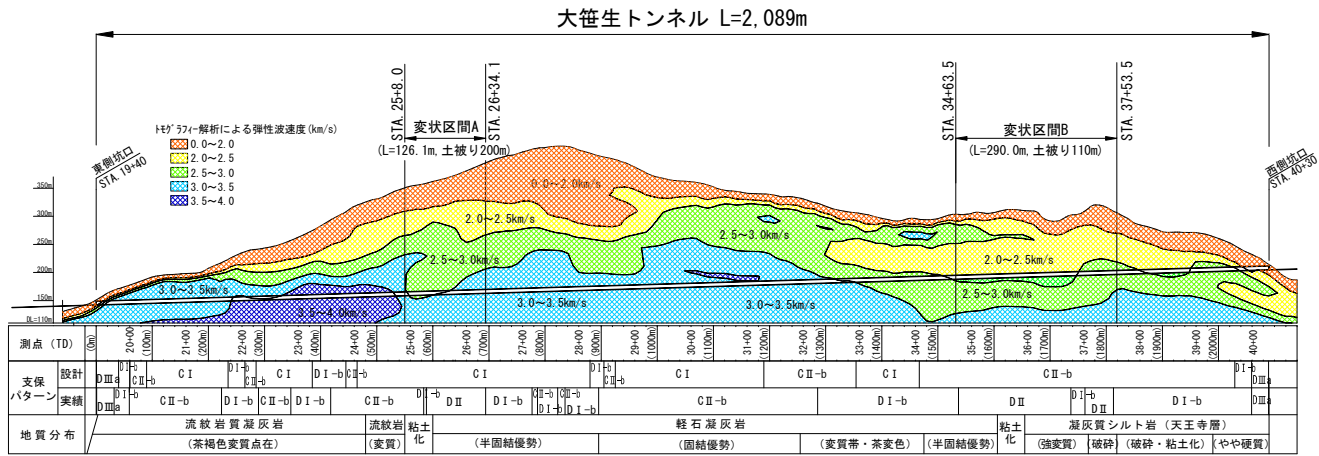


図-1 地質縦断面図と施工実績

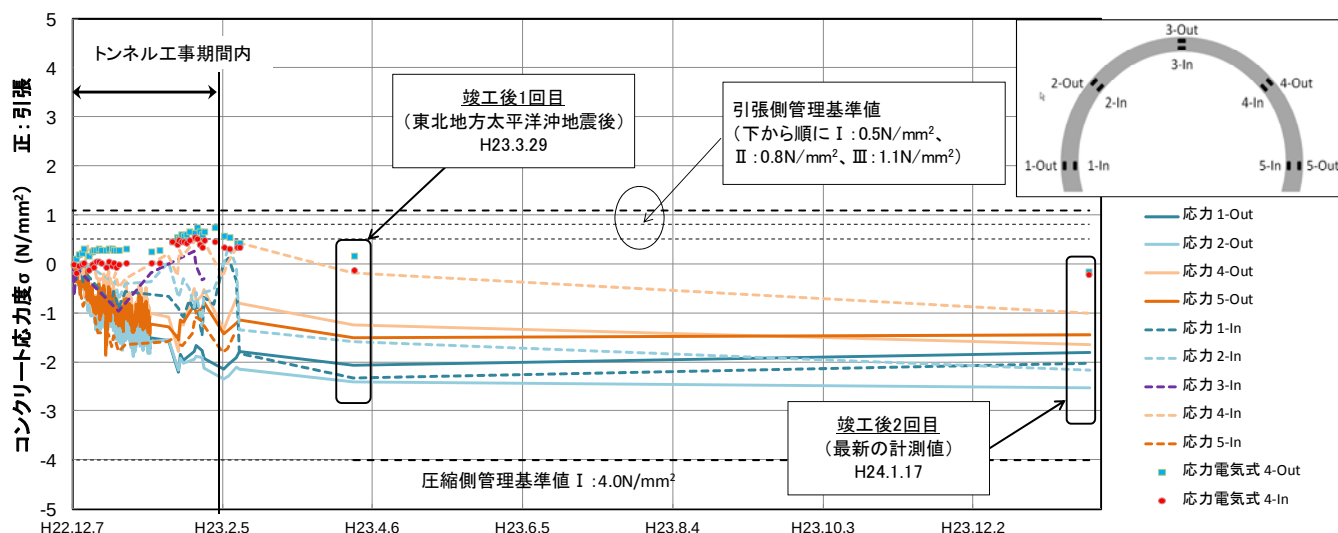


図-2 覆工コンクリート応力の経時変化

発生した切羽崩壊に対し、材齢 10 分で 1.5N/mm^2 の強度が発現する早強吹付けコンクリートによる鏡補強対策を実施²⁾するとともに、複数台のレーザ距離計により切羽の押し出し量を多点で面的に計測監視する切羽安全監視システムを開発・適用³⁾し、掘削を無事完了することができた。

4. 亜鉛メッキ鋼繊維による覆工補強

変状区間 A では、打設完了区間の覆工に写真-1 に示すような亀甲状のひび割れが発生した。この変状は、①鉛直方向の塑性圧の作用しやすいトンネル形状である、②地山強度比が小さく収束確認後に微小変形が発生している、③地下水の浸潤により局所的に塑性化している、ということから、塑性圧による外力（長期残留荷重）に起因する可能性が高いと判断された。そこで、点、線、面で作用する外力に対し、高い靱性を有する鋼繊維補強コンクリートで覆工を補強した¹⁾。なお、鋼繊維は、国内初の適用となる防錆効果の高い亜鉛メッキ鋼繊維とした。

5. 覆工コンクリート応力の長期計測

覆工補強区間は、竣工後も地山劣化に伴う塑性圧が作用することが想定されたため、耐久性に優れた FBG 光ファイバセンサを採用し、施工中だけでなく竣工後も覆工応力を長期的に計測監視することとした。図-2 に覆工応力の経時変化を示す。

覆工応力は右肩部を除き最大 3N/mm^2 程度の圧縮応力状態で安定している。右肩部の引張応力も最大 0.8N/mm^2 程度になった後、圧縮側に推移しながら安定している。また、計測期間中に東北地方太平洋沖地震が発生したが、その前後で計測値に変動は見ら

れなかった。目視観察でも 2012 年 1 月時点でひび割れ等の異常は発生していないことを確認している。

6. おわりに

本トンネルにおける変状と覆工補強に関する検証で得られた知見は、以下のとおりである。

- ・覆工の補強対策として、亜鉛メッキ鋼繊維補強コンクリートを採用し、錆の発生リスクを低減した。
- ・FBG 光ファイバセンサによる覆工応力の計測監視体制を構築するとともに、約 1 年経過した時点で、計測結果に基づき繊維補強の効果を確認できた。

本トンネルで実施した鋼繊維による覆工補強対策と効果検証のための長期計測監視体制が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 吉田良勝，檜岡民幸，寺島佳宏，熊谷幸樹：強変質地山における支保の変状対策と覆工補強－東北中央自動車道大笹生トンネル，トンネルと地下，Vol.42，No.2，pp.7-18，2011.
- 2) 小川勲，寺島佳宏，大沼正浩，池口正晃，檜岡民幸，平間昭信，熊谷幸樹：吹付けコンクリートの強度発現性向上に関する研究，土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集VI-8，pp.15-16，2010.
- 3) 熊谷幸樹，寺島佳宏，吉田良勝：切羽安全システムの開発と不良地山での試験適用，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，VI-327，pp.653-654，2011.
- 4) 寺島佳宏，熊谷幸樹，松元和伸，田村琢之：大笹生トンネルにおける覆工コンクリートの長期ひずみ計測，とびしま技報，No.60，pp.137-138，2011.



写真-1 覆工変状(変状区間 A)