

特殊地山条件における山岳トンネルの施工～北関東自動車道 出流原トンネル～

NEXCO 東日本関東支社宇都宮工事事務所 正会員 ○宗像 慎也
 NEXCO 東日本関東支社宇都宮工事事務所 今井 恵史
 NEXCO 東日本関東支社宇都宮工事事務所 正会員 湯浅 芳樹

1. はじめに

北関東自動車道出流原工事の出流原トンネルは、トンネルが軟岩と埋土（鉱山廃棄物シルト等）の境界を通り、土被りが小さく、埋土が軟弱かつ未固結な地山条件であった。トンネルの構造及び施工方法を検討するにあたり、長期的な構造安定性の観点と掘削時の切羽の安定や地震時の耐震性が懸念されたため、数値解析を用いて構造の見直しや対策工の選定及びその効果について検討した。また、耐震対策として行ったせん断補強による過密配筋区間では、施工性を考慮して中流動覆工コンクリートを採用した。

本文では、数値解析に基づく構造検討概要と耐震照査及び施工に関して報告するものである。

2. 検討概要

出流原トンネルでは、地形・地質の特徴を踏まえ、小土被りの特殊地山条件に基づく長期安定性、耐久性を考慮し、カルバート、トンネル工法カルバート、山岳工法といった複数の構造形式を検討し、FEMによる数値解析により、トンネル施工時の挙動の把握、切羽安定のための対策工（補助工法）、施工手順、計測工管理基準値の設定といった項目に関して設計をした。

2.1 トンネル構造の検討

トンネル構造検討では、山岳工法による施工となることから、掘削サイクルへの影響が少なく、掘削前に確実な効果が得られる地山改良を掘削補助工法として選定した。

また、トンネル下部の地山においては、土質試験の結果、圧密による残留沈下が想定されたため、基盤となる地山（軟岩・硬岩）まで改良する事で沈下の抑制を行った。

改良施工は、対象とする地山が、レキを含む建設残土と粘性の高いシルト（鉱山廃棄物シルト）の埋土であること。また、埋土との境界部分にある軟岩に改良体を着底させる必要があった。このように、不均質かつ、硬質な地盤でも削孔と攪拌が可能な、深層混合処理工法を採用した。

改良範囲は、3.0m・4.0m・5.0mで比較を行い、経済性と数値解析結果に基づき、4.0mとし、その改良体配列は、トンネル掘削時の天端の抜け落ちをさけるため、未改良部分を残さないラップ配列（改良率100%）で施工した。

補助工法の効果もあり、掘削時には大きなトラブルもなく無事掘削を完了することができた。

キーワード 山岳トンネル、数値解析、補助工法、耐震照査、中流動覆工コンクリート

連絡先 〒321-0954 栃木県宇都宮市元今泉 3-22-1 TEL：028-638-1600



写真-1 現場状況（2010.2）

表-1 工事概要

工 事 名	北関東自動車道 出流原工事 (出流原トンネル)
工 事 場 所	栃木県佐野市寺久保町～出流原町
工 期	H21.7～H22.11
発 注 者	東日本高速道路株式会社 関東支社
請 負 業 者	(株)鴻池組・(株)本間組・矢作建設工業(株) 特定建設工事共同企業体
工 事 内 容	延 長
	上り線L=279.0m 下り線L=188.0m
	断 面
	上り線：内空A=68.7m ² 、掘削A=87.1m ² 下り線：内空A=77.7m ² 、掘削A=98.5m ²
	施 工 法
	NATM工法
掘 削 方 式	発破掘削、機械掘削
掘 削 工 法	DIIIa、E-K ^{※1} ハターン（上半先進 ^ハ ンチカット工法） D I ハターン（補助 ^ハ ンチ付き全断面掘削）
補 助 工 法	深層混合改良

※1) E-Kは耐震検討パターン

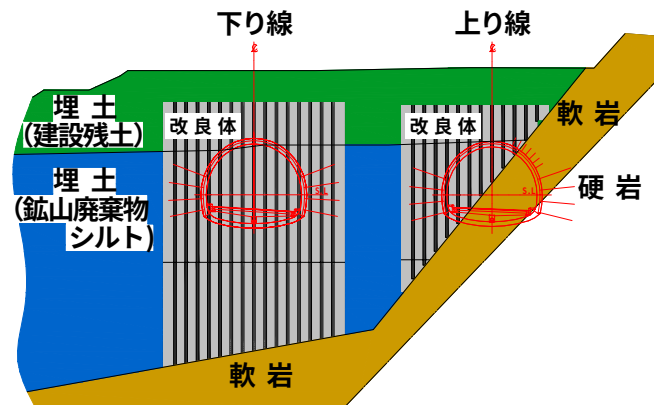


図-1 地山改良標準断面

2.2 耐震照査結果

断面力が大きく発生するインバートと側壁の境界部の解析結果に関して図-2に変位量コンターを示し、図-3にM-N関係図を示す。軸方向剛性を鉄筋のみとした場合は、引張力はさほど大きくなく、応答値は当初設計で設定した許容値を少し上回る程度であった。また、軸方向剛性を全断面有効とした場合は、圧縮力が大きく発生するが許容値以下となった。

これらの結果からトンネル覆工厚は複鉄筋断面としては最小の40cmとし、周面方向の鉄筋径を変更すれば対処可能であるとした。

なお、トンネルと岩盤の位置関係によっては、せん断補強鉄筋を密に配置する区間があった(図-4)。

このようにせん断補強筋が密に配置される箇所の施工では、確実に覆工コンクリートの充填を図り、品質を確保するため、従来よりも流動性の高い中流動覆工コンクリート(NEXCO3社・NEXCO総研共同開発)を採用した。表-2に中流動覆工コンクリートの配合表を示す。

施工に際しては、実物大の模擬型枠(天端部)により流動性及び充填性を確認し、また、中流動覆工コンクリート打設時の圧力管理のため、過度な圧力が発生した時に、作業員が迅速に対応できるよう、光るデータコンバータ(写真-2)を導入した。

3. まとめ

今回、軟岩と埋土(鉱山廃棄物シルト等)の境界部という特殊地山条件において、山岳トンネルの構造及び施工法の検討を数値解析(予測解析、耐震解析)を行い実施した。

その結果、対策工としての地盤改良範囲や耐震照査に基づく配筋(せん断補強)を決定した。さらに中流動覆工コンクリートを採用したことにより高品質で確実な覆工コンクリートの施工が可能となった。

本文が今後、同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 福田毅, 遠藤太嘉志, 今井恵史, 牛口美信, 山田浩幸: 山岳トンネルゆるみ領域の解析結果について, 第64回土木学会年講, III-411, 2009
- 2) 西村学, 森崎啓, 今井恵史, 牛口美信, 山田浩幸: 特殊地山条件における山岳トンネルの地震時挙動解析, 第64回土木学会年講, III-412, 2009

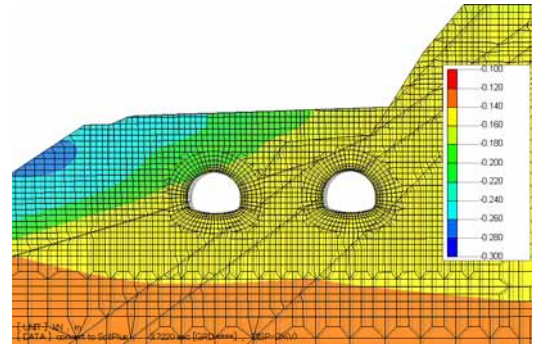


図-2 解析結果(変位量コンター)

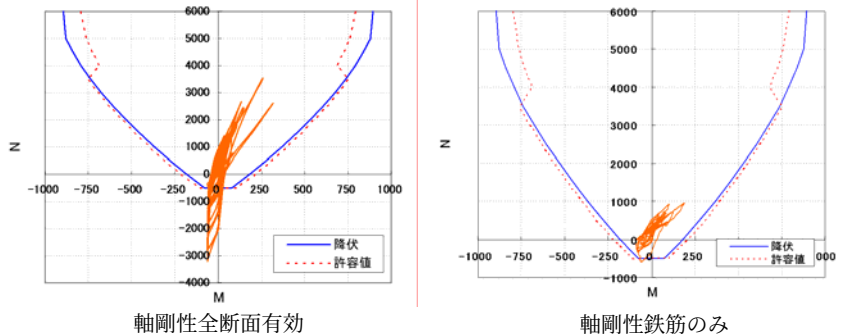


図-3 解析結果(M-N関係図)

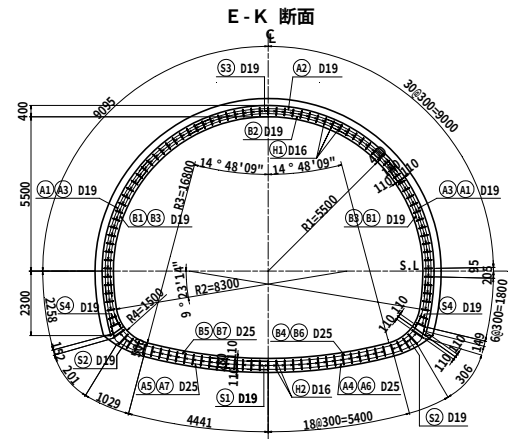


図-4 配筋図(E-K断面)

表-2 中流動コンクリート配合表

W/P (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m³)						
		水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	PP ¹⁾ 繊維
42.7	49.0	175	390	20	827	876	7.175	2.73

*ポリプロピレン繊維 L=47mm



写真-2 圧力管理(光るデータコンバータ)