

山岳トンネルの地山ゆるみ領域の解析結果について

株式会社地層科学研究所 正会員○福田 毅 遠藤太嘉志

NEXCO 東日本関東支社宇都宮工事事務所 今井 恵史

鴻池組・本間組・矢作建設工業特定建設工事共同企業体 牛口 美信

株式会社鴻池組土木技術部 正会員 山田 浩幸

1. はじめに

北関東自動車道の寺久保～出流原間に位置する本トンネル（出流原トンネル）は、当初がねトンネルで計画されていたが、道路線形の見直しによりトンネル離隔を 30m 確保した併設トンネルに計画変更された。

そこで、現設計では地形・地質の特徴を踏まえて「開削カルバート」「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が選定され、有限要素解析手法による解析検討に基づきトンネル設計を実施した。しかし、当初設計から以下の点で検討条件が変更となった。

- ① 埋土（泥土）が進み、設計当初の盛土高さに比べ高くなっていること。
- ② トンネルの解析条件（土質定数、除荷時変形係数）を追加調査により把握したこと。
- ③ 用地収用の関連で工期短縮が必要となったこと。
- ④ トンネル構造の連続性といった観点から全線を山岳工法により施工する。

本論文では、上記の変更に伴って実施した解析結果についてまとめた。主に、当初設計との比較を目的とした開削工法と非開削工法の比較検討、および圧密沈下の懸念を考えた補助工法の効果について記述した。

2. 工事概要

表 1 工事概要

北関東自動車道は群馬県高崎市を起点とし、茨城県ひたちなか市に至る延長約 150km の高速道路で、平成 12 年度末までに高崎 JCT～伊勢崎 IC 間約 15km、栃木都賀 JCT～宇都宮上三川 IC 間約 19km、友部 IC～ひたちなか IC 間約 32km が供用され、その後供用区間が順次延ばされ平成 20 年 12 月に真岡 IC～桜川筑西 IC 間が開通して東北道と常磐道がつながった。本路線は茨城・栃木・群馬 3 県の主要都市と常陸那珂港を連結し、東京港に一極集中する物流体系を再編する機能を有するとともに、北関東の沿線地域の交流と連携を促進して新たな経済文化圏の創造に寄与する重要な幹線道路である。本トンネル工事はその内、寺久保町～出流原（いずるはら）間の上下線トンネル 2 本を NATM により新設する。

工 事 名 称		北関東自動車道 佐野東工事(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		2006.12.23～2010.10.27
発 注 者		東日本高速道路株式会社 関東支社
施 工 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
	掘削方式	発破工法、機械掘削
	掘削工法	DIIIa、E-K ^{※1} パターン（上半先進ベンチカット工法） DI パターン（補助ベンチ付き全断面掘削）
	補助工法	・深層混合改良

注1) E-Kは耐震検討パターン

3. 開削工法と非開削工法の検討

下り線に地下構造物を設置する工法として、埋土が進んだ盛土を開削せず低土被りで施工する工法は、技術的に困難であることから、開削工法によりアーチカルバートを施工し埋め戻す工法案を検討し、これは当初設計で採用されていた工法である。また、上り線は人工盛土を行い NATM によりトンネルを掘削する。

一方非開削工法は、現状の未固結地山では切羽の安定が図れず掘削が困難であるとの判断から、上下線とも開削せず掘削以前に地山を地盤改良して掘削する。表 2 に各工法におけるゆるみ係数分布を示した。上り線ではゆるみ域の範囲に顕著な違いは見られないが、下り線では非開削工法のゆるみ域が小さくなった。

キーワード 山岳トンネル, 特殊地山, 非線形弾性解析, トンネル構造

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-7-19-301 (株)地層科学研究所 TEL 06-6886-7774

表2 各工法におけるゆるみ係数分布

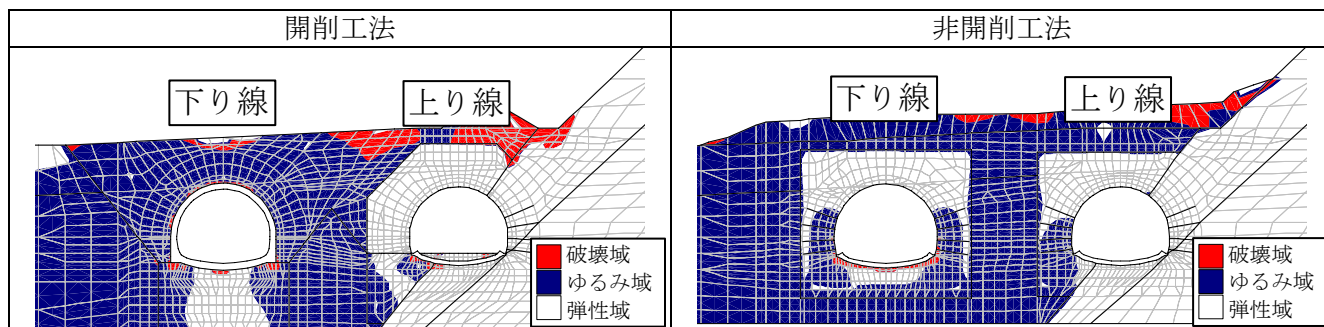


表3 上り線変位量一覧

変位着目箇所	No.	開削工法		非開削工法	
		水平変位	鉛直変位	水平変位	鉛直変位
	1	-32.5mm	-132.3mm	0.7mm	-26.9mm
	2	-26.4mm	-64.3mm	6.8mm	-26.6mm
	3	-0.8mm	-1.9mm	-0.3mm	-2.1mm
	4	-16.1mm	-36.1mm	9.3mm	-12.3mm
	5	-0.7mm	-0.8mm	-0.5mm	-0.6mm

表3に上り線の変位量を示す。ゆるみ域の分布からもわかるように、非開削工法にすることで変位が抑制されていることがわかる。以上より、非開削工法による施工が開削工法に比べて有効であることが数値解析結果から判断することができる。

4. 圧密沈下に対する対策

トンネル施工後の下方への沈下は極めて少ないと考えられるものの、トンネル周辺における有効応力は変わらないと考えられるためトンネルの圧密沈下は避けられないと思われる。そこで、トンネル下方の地盤改良域を基盤まで広げた場合にどの程度の変位抑制効果が得られるのか確認した。

表4 下り線掘削完了時の下り線変位量一覧（先行変位は含まない）

変位着目箇所	No.	4.0m 改良		基盤まで改良	
		水平変位	鉛直変位	水平変位	鉛直変位
	1	-3.2mm	-56.4mm	-3.0mm	-34.7mm
	2	-12.6mm	-44.9mm	-3.5mm	-30.0mm
	3	5.4mm	-45.2mm	-2.6mm	-30.9mm
	4	-3.4mm	-47.9mm	8.3mm	-16.4mm
	5	-7.3mm	-48.7mm	-11.7mm	-16.7mm

表4に下り線の変位量を示す。地盤改良範囲の違いによるトンネルの変位量は、天端沈下に着目すると下方4.0mの場合が56.4mm、基盤まで改良した場合が34.7mmと約62%の変位抑制効果があった。また、基盤まで地盤改良を実施することにより、水平方向の変位に関してはさほど変位抑制効果はみられないものの鉛直方向の変位（沈下）には抑制効果が見られた。以上の結果より、地盤改良範囲を基盤まで実施することで、沈下に対する変位抑制効果が期待できることが確認された。

5. まとめ

施工方法の違いによる変位抑制効果について解析的な検討を実施した。開削・非開削工法では、非開削工法による施工が有効であるとわかった。また、将来的な圧密沈下の懸念を考慮すると、基盤まで地盤改良することが変位を抑制させるには効果的であることがわかった。

参考文献

- トンネル数値解析マニュアル，旧日本道路公団試験研究所技術資料，平成14年3月