

矢板工法トンネルの盤膨れに対するインバート補強の検討

(株) 高速道路総合技術研究所※¹ 正会員 伊藤 哲男

(株) 高速道路総合技術研究所※¹ 正会員 海瀬 忍

(株) 高速道路総合技術研究所※¹ 正会員 ○前川 和彦

応用地質 (株) 正会員 國村 省吾

応用地質 (株) 正会員 奥井 裕三

応用地質 (株) 正会員 桑島 滉

1. はじめに

高速道路 3 会社（以下「NEXCO」という。）は、トンネルの盤膨れ対策の手引きとして「盤膨れに伴うトンネル補強対策工法に関する手引き」（以下「手引き」という。）を定めている。しかし、現在の手引きには、NATM トンネルを対象としていることから、矢板工法トンネルについても記述する必要があった。

H29 に報告したとおり、対策インバートの形状は二次元解析の結果、インバート半径と上半半径の比は概ね 2.0 で「覆工脚部を覆工厚さの 1/2 まではずり、覆工下部の掘削も覆工厚さの 1/2 までとし、インバートと覆工を接合する方法」が有利な結果となった。

本稿については、その成果を基に、施工時の課題抽出のため、施工ステップを考慮した FDM による三次元解析を実施し、その一施工単位についての検討内容を報告する。

2. 水平打継ぎ目部の評価について

矢板工法トンネルについては、上半アーチ部と側壁部に水平打継ぎ目（以下「セメ部」という）が存在し、矢板工法トンネルの補強対策を実施する上ではセメ部の取扱いを考慮する必要がある。

今回解析ソフトは FLAC 3D を使用しており、解析上のセメ部のモデル化はインターフェイス要素を使用して表現した。図 1 にインターフェイスのモデル図、表 1 に入力物性値を示す。なお、別途解析した結果、内部摩擦角が 60 度未満の場合には、上半に沈下傾向が見られたことから 60 度を採用している。

3. 解析モデルおよび入力物性値

解析のモデル図を図 2 および図 3 に入力物性値を表 2 に示す。解析領域は土被り 100m とし、地山の入力物性値については NEXCO の「トンネル数値解析マニュアル」の D I 相当の物性値を使用した。現状の変状再現は路面隆起量 100mm と設定し、トンネル路盤部より下の領域について地山を劣化させ、地山の強度低下は粘着力を低下させることにより路盤隆起量 100mm を再現できる物性値をパラメトリックスタディで設定した。

4. 解析ケース

解析ケースは、一施工単位を変化させて図 4 のとおりとした。caseA は足付けコンクリートと中間土平コンクリートの打継ぎ目（以下「鉛直目地」という）を跨いだ形で覆工上半 1 スパンの半分の延長を一施工単位とした抜き掘り施工、caseB はさらに一施工単位を短くしての抜き掘り施工のもの、caseC は覆工上半 1 スパンを一施工単位とした連続施工で、側壁に事前補強としてロックボルトを施工したもの、そして caseC' としてロックボルトを施工しないものを設定した。

表 1 インターフェイス要素の入力物性値

	ばね定数 kn,ks (MN/m)	粘着力 coh (MN/m ²)	内部摩擦角 φ (°)	引張耐力 ten (MN/m ²)
自重解析時	5,000	10,000	60	10,000
現況の変状再現時	5	0	60	0
インバート 施工時	5	0	60	0

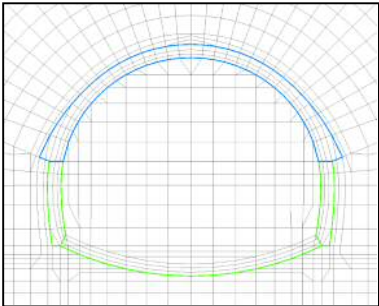


図 1 インターフェイスモデル図

キーワード トンネル, 盤膨れ, 矢板工法, インバート補強, 大規模修繕, 数値解析

連絡先 ※1〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1629

caseC のロックボルトについては耐力 170kN、側壁部左右に 2 本を周方向 1.2m 奥行き 1.0m 間隔で打設することとした。なお、ロックボルトのモデル化はケーブル要素を使用した。

5. 解析結果

解析の結果を取りまとめたものを表 3 に示す。解析の結果より以下のことが解った。

- ・ caseA および caseB の抜き掘り施工では、caseC および caseC' の連続施工と比較して水平変位（地山）で 2 倍程度、水平変位（覆工）で 5 倍程度の変位抑制効果があった。
- ・ caseA は caseB に比較（抜き掘りの一施工単位）して変位抑制効果が若干劣るが、その差は小さい。
- ・ caseC と caseC' を比較しても変位にほとんど差が見られず、解析上ロックボルトの効果は確認することが出来なかった。
- ・ インバート掘削の地山に与える影響は、caseB<caseA<caseC<caseC' となった。

6. まとめ

解析の結果から、caseA と caseB の抜き掘り施工については変位の差も少なく両ケースともに D I 相当に適用できると考え、D I については施工上、工期の観点から基本パターンとして caseA、D I より地山が悪いと判断される場合は、変位抑制効果が若干高い caseB の適用を提案する。

また、事前に施工するロックボルトの補強効果については解析上評価することができなかったが、一般道の事例および施工中の不測の事態を考慮すると必要であるとする。

7. 今後の課題

今回セメ部はインターフェイス要素を用いてモデル化しているが、その採用した物性値は一番安全側となっており、過大評価となっている可能性がある。また、解析上ロックボルトの補強効果を表現できていない可能性があり、それらについて、実施工における計測等にて効果の検証を実施する必要がある。

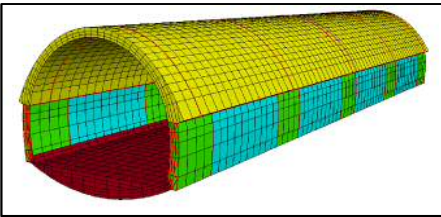


図 2 覆工目地を考慮したモデル図

表 2 三次元解析の入力物性値

解析段階	適用箇所	変形係数 (MN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	引張強度 (kN/m ²)
自重解析	地山	500	0.49			
上半掘削時	地山	500	0.35	400	35	80
下半掘削時	覆工	22000	0.2			
現状の変状再現時	地山 (劣化)	500	0.35	170	35	80
	覆工	22000	0.2			

表 3 解析変位量 (D I 地山相当)

	最大水平変位		最大隆起量		最大沈下量	
	地山	覆工	地山	覆工	地山	覆工
caseA	7mm	3mm	16mm		1mm	
caseB	6mm	1mm	13mm		1mm	
caseC	14mm	13mm	26mm		5mm	
caseC'	14mm	15mm	26mm		5mm	

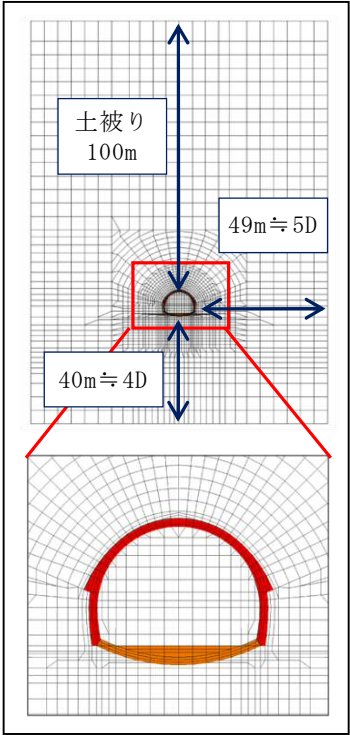


図 3 解析メッシュ

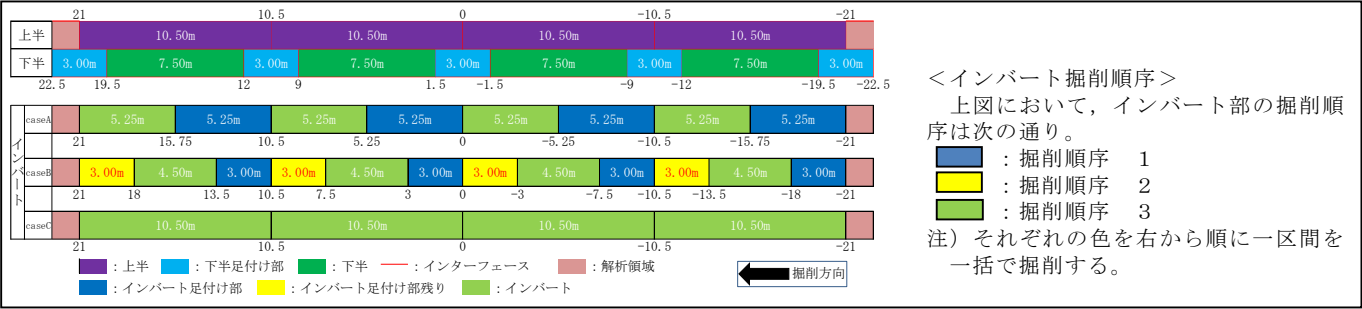


図 4 解析ケース（一施工単位）