

二車線トンネルへの高規格支保材料の適用性検討

中日本高速道路㈱中央研究所 正会員○ 関 茂和

中日本高速道路㈱中央研究所 正会員 海瀬 忍

1. はじめに

現在第二東名・名神高速道路の大断面トンネルに使用している高規格支保材料(高強度吹付けコンクリート、高耐力ロックボルト、高規格鋼アーチ支保工)の二車線トンネルへの適用性について検討するものである。本検討の主旨は、高規格支保材料を二車線トンネルに適用することによる支保軽減に期待し、二車線トンネルの支保パターンの合理性・経済性・安定性を探求することにある。ここでは、二車線トンネルに高規格支保材料を適用するに際し、現在の二車線トンネルの標準支保パターンからどのような軽減が可能であるかについて、数値解析的手法により求め、新支保パターンを設定するものである。

表-1 二車線トンネルの支保構造

地山 等級	支保パタ ーン	標準 1掘 進長 (m)	ロックボルト				吹付コ ンクリ ート	鋼アーチ支 保工		覆工厚 (cm)		変形 余裕 (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔(m)		施工 範囲	厚さ (cm)	上半 サイ ズ	下半 サイ ズ	ア ー チ・ 側 壁	イン バ ート		
				周方 向	延長 方向								
B	B-a	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	5	—	—	30	0	0	補 助 ベンチ 付き全 断 面 工法ま た は 上 半 工法
C I	C I-a	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	10	—	—	30	(40)	0	
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上下半	10	—	—	30	(40)	0	
	C II-b			1.5	1.2			H12 5					
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上下半	15	H12 5	H12 5	30	45	0	
	D I-b	1.0	4.0					H12 5	H12 5				
D II	D II-a	1.0 以下	4.0	1.2	1.0 以下	上下半	20	H15 0	H15 0	30	50	10	

2. 二車線トンネルの支保構造

二車線トンネルで用いられている支保構造および支保材料について、表-1 に示す。支保材料の規格については、吹付けコンクリートの設計強度は 18N/mm²、ロックボルト耐力については地山状況により 110KN および 170KN としている。

3. 第二東名・名神の大断面トンネルの支保構造の仕様

第二東名・名神高速道路の大断面トンネルの支保部材として、従来の材料仕様の支保部材を使用した場合は、これまでにない支保規模となることから、施工性の悪化によるサイクルタイムの増加による施工速度の低下、品質確保の問題などさまざまな課題があり、これらの課題を解決

表-2 二車線トンネルと第二東名・名神トンネルの支保材料規格の比較

支保部材	二車線トンネル	第二東名・名神トンネル
吹付けコンクリート	18N/mm ²	36N/mm ²
ロックボルト	110KN、170KN	170KN、290KN
鋼アーチ支保工	NH-125、NH-150	HH-154、HH-200

する目的で高耐力、高強度、高規格の材料を新たな仕様として用い、薄肉化、軽量化を図り、安定性、施工性、経済性に優れた支保パターンを設定している。第二東名・名神高速道路トンネルの支保材料規格については、吹付けコンクリートについては設計強度が 2 倍程度、ロックボルト耐力については 1.6～2.7 倍程度の耐力を有している。表-2 に二車線トンネルと第二東名・名神トンネルの支保材料規格の比較を示す。

4. 高規格支保材料の適用性検討

表-2 の第二東名・名神トンネルに使用されている高規格支保材料を二車線トンネルの支保部材への適用性について、どのような支保の軽減が可能かについて検討を行うため、FEM による二次元線形弾性解析を実施した。解析検討にあたっては、図-1 に従って行うこととした。なお、検討にあたっては、解析上の地山条件および地山・各支保部材の物性値を表-3、表-4 に示す。

キーワード：トンネル、支保パターン、高規格支保材料、第二東名・名神高速道路

〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 Tel：042-791-1621 Fax：042-791-2380

数値解析については、トンネル掘削によるゆるみ土圧の有無（図-2）による、①各支保部材の発生応力と許容値との比較および②M-N 曲線による耐力評価を行い、高規格支保材料の適用性について検討を行った。

また、支保材料の高規格化は、「吹付けコンクリート」と「ロックボルト」を対象としている。なお、鋼アーチ支保工については、高規格材料が二車線トンネル支保形状への加工性について課題があるため、今回は対象としていない。支保の軽減は二次元 FEM 解析の評価結果より、吹付けコンクリートについては高強度化による薄肉化、ロックボルトについては高耐力化による本数の削減とし、表-5 に示す条件を基本として検討することとした。

表-3 地山物性値

	変形係数 N/mm ²	ポアソン比	単位体積重量 kN/m ³
C I	2000	0.30	24
C II	1000	0.30	23
D I	500	0.35	22

表-4 支保材料の物性値

支保部材	変形係数 N/mm ²	ポアソン比
吹付け コンクリート	18N/mm ²	4000
	36N/mm ²	20000
ロックボルト	210000	-

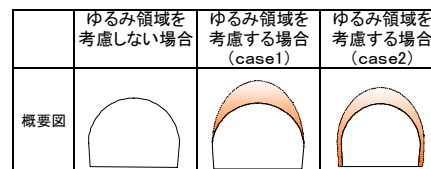


図-2 解析モデル一覧

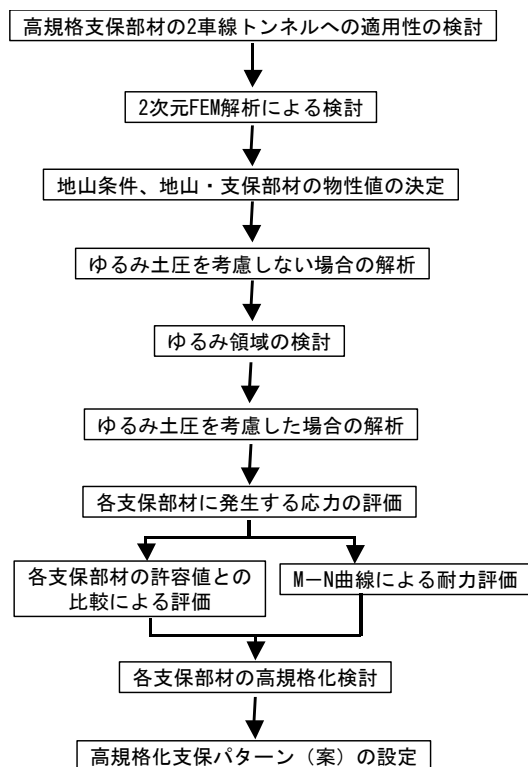


図-1 検討の流れ

表-5 支保材料の高規格化検討（案）

	吹付けコンクリート	ロックボルト	吹付けコンクリートとロックボルトの組合せ
C I	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm	・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 11本⇒7本	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm ・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 11本⇒7本
	C I-1, C I-2	C I-3	C I-4, C I-5
C II-a	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm	・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 15本⇒11本	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm ・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 15本⇒11本
	C II-a-1, C II-a-2	C II-a-3	C II-a-4, C II-a-5
C II-b	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm	・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 15本⇒11本	・厚さ: 10cm⇒5cm ・厚さ: 10cm⇒7.5cm ・耐力: 110KN⇒170KN ・周方向ピッチ: 1.5m⇒2.5m ・本数: 15本⇒11本
	C II-b-1, C II-b-2	C II-b-3	C II-b-4, C II-b-5
D I-a	・厚さ: 15cm⇒10cm	・耐力: 170KN⇒290KN ・周方向ピッチ: 1.2m⇒1.8m ・本数: 18本⇒11本	・厚さ: 15cm⇒10cm ・耐力: 170KN⇒290KN ・周方向ピッチ: 1.2m⇒1.8m ・本数: 18本⇒11本
	D I-a-1	D I-a-2	D I-a-3
D I-b	・厚さ: 15cm⇒10cm	・耐力: 170KN⇒290KN ・周方向ピッチ: 1.2m⇒1.8m ・本数: 18本⇒11本	・厚さ: 15cm⇒10cm ・耐力: 170KN⇒290KN ・周方向ピッチ: 1.2m⇒1.8m ・本数: 18本⇒11本
	D I-b-1	D I-b-2	D I-b-3

5. 検討結果

表-5 のケースにおいて、数値解析により検討した結果より、各支保パターンにおける高規格支保材料の適用性について、各支保パターンにおける応力の許容値に関する評価は、いずれの高規格支保材料を使用したパターンも標準支保パターンと同等レベルであることを示しており許容値内にある。また、解析値より得られた軸力、曲げモーメントから、標準支保パターンと同等レベルにあるという結果を得ることができた。ゆえに、高規格支保材料を適用した支保パターンは、構造的に安定しており、十分適用が可能であると考えられる。

6. まとめ

今回の支保高規格化の検討については、数値解析上、構造的に安定しており、適用が可能であるという結果が導きだされた。よって今後は、上述の高規格化支保パターンについて現地での試験施工を実施し、施工性、安全性および経済性を確認した上で、最終的な支保パターンを選定し、新たな標準支保パターンとして設定する予定である。