

Ⅲ－B125 都市NATMによるめがねトンネルの弾塑性圧密解析

前田建設工業（株） 正会員 松井 幹雄、森田 篤、宮野前俊一
東京工業大学 工学部 正会員 太田 秀樹

1. はじめに

NATMによるめがねトンネルを例に、弾塑性圧密FEM解析¹⁾を行った。

2. 解析条件

- (1) めがねトンネルの掘削工法：3本導坑方式とした。
- (2) 解析ケース：表－1に示す3ケースで行った。
- (3) 物性：地山の物性を表－2に、コンクリート・支保部材の物性を表－3に示す。

弾性解析は一軸圧縮試験結果に、弾塑性圧密解析は圧密・三軸試験結果に基づいて地山物性値を設定した。

- (4) 解析メッシュ：図－1に示すモデルで解析を行った。
トンネルの土かぶり厚は2.5mである。

- (5) 解析ステップ：図－2に解析ステップ、掘削に伴う応力解放率、各ステップ時間を示す。

表－1 解析ケース

ケース	解析方法
I 水を考慮しない	弾性解析
II 掘削面排水※	弾塑性圧密解析
III 掘削面非排水	弾塑性圧密解析

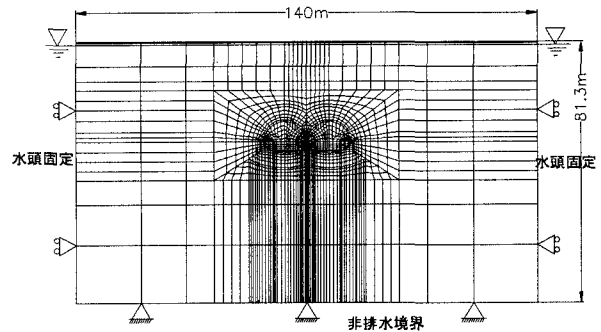
※掘削時、掘削面を排水境界とし

吹付けコンクリート施工後非排水境界とした

表－2 地山物性

地山	弾性解析	弾塑性圧密解析
弾性係数 E (tf/m ²)	526.4	—
ポアソン比 ν	0.4	0.4
単位体積重量 γ (tf/m ³)	1.9	1.9
内部摩擦角 ϕ (°)	55	55
粘着力 C (tf/m ²)	0.798	—
静止土圧係数 K	0.5	0.5
圧縮指数 λ	—	9.087×10^{-3}
膨潤指数 κ	—	1.142×10^{-3}
透水係数 k (m/s)	—	7.83×10^{-7}
透水係数変化率 ω	—	11.4
先行有効応力 σ'_{y0} (tf/m ²)	—	115.185
間隙比 e_0	—	1.595

※金沢大学新校舎の地山土質試験結果²⁾より



図－1 解析メッシュ

表－3 コンクリート、支保部材物性

	弾性係数 E (tf/m ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (tf/m ³)	要素
ピラー、側壁コンクリート	2.2×10^6	0.2	2.50	線形弾性
吹付けコンクリート	4.0×10^5	—	2.35	トラス
鋼製支保工	2.1×10^7	—	7.80	ビーム
インバート	2.2×10^6	—	2.50	ビーム

3. 解析結果

ピラー上載荷重、本坑支保工軸力、天端及び地表面沈下に着目した解析結果を表－4～6に示す。その概略図を図－3に示す。

センターピラーの上載荷重及びライニングに作用する断面力は、圧密解析では弾性解析よりも小さくなる。ただしその差は、ピラーの上載荷重よりもライニングの断面力の方が顕著である。

これは、圧密パラメータ（圧密解析に使用）から換算される弾性係数が、一軸圧縮試験より求めた弾性係数（弾性解析に使用）よりも大きいためと思われる。よって今後このような解析を行う場合には、どのよう

キーワード：圧密、NATM、めがねトンネル

〒179-8903 東京都練馬区高松5丁目8番 J.CITY TEL 03-5372-4758 FAX 03-5372-4766

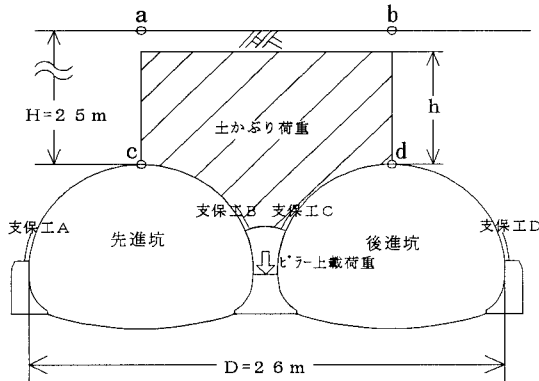


図-3 着目点概略図

表-4 センターピラー上載荷重結果

	ピラー上載荷重 (tf)	土かぶり荷重
I	596	$h=0.85H$
II	517	$h=0.72H$
III	567	$h=0.80H$

表-5 支保工軸力結果

	先進坑		後進坑	
	支保工A軸力 (tf)	支保工B軸力 (tf)	支保工C軸力 (tf)	支保工D軸力 (tf)
I	261	234	198	235
II	134	128	106	112
III	143	146	156	133

表-6 沈下量結果

	地表面沈下量 (mm)		天端沈下量 (mm)	
	a	b	c	d
I	318	324	529	558
II	28	29	31	30
III	12	11	23	23

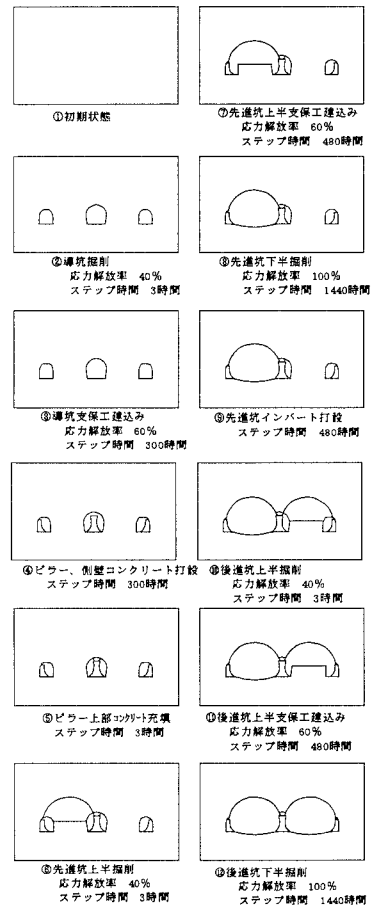


図-2 解析ステップ

な物性値を用いるべきかよく検討する必要がある。

圧密解析の比較では掘削面を排水条件にした方が、センターピラーやライニングに作用する力が小さいことがわかった。このことは、排水により水の重量が軽減したことで、間隙水圧が減り有効応力が増加するため、地山の剛性が増加したことに起因していると考えられる。従って、掘削時において地表面沈下の問題等がない場合は、施工可能な範囲で水を排出させる方が支保工の負担が軽減されると考えられる。

また最近の施工実績から1本導坑めがねトンネルのセンターピラー上載荷重は、土かぶりが浅い場合、全土かぶり荷重に等しくなることが報告されている³⁾。しかし今回の検討では上載荷重が少し低減している。これは3本導坑方式を採用したことにより、両端部の支持力が大きくなり、アーチ効果が発揮されているためと考えられる。

【参考文献】 1) 太田秀樹：粘土の異方性クリープを考慮した非線形 FEM プログラムの開発

昭和54年度科学研究費補助金（試験研究(2)）研究成果報告書、1980.3

2) 中原史晴：自然固結砂の力学特性

平成5年度金沢大学修士学位論文、1994.1

3) 松田哲夫、豊里栄吉、五十嵐瑞穂、梨本 裕、相山孝司

1本導坑センターピラー共有型メガネトンネルの設計法と検証

トンネル工学研究論文・報告書第7巻、pp.1～6、1997.11