

4連めがねトンネルにおけるピラーコンクリート構造の検討

西日本高速道路株式会社 関西支社 枚方工事事務所
大成建設株式会社

森 正明 中野 将宏
正会員 大島 基義 小池 真史 ○松村 謙治

1. はじめに.

小路トンネルは第二京阪道路のうち約265mの4連めがねトンネルである。土被りは最大約10mで、地表付近には盛土や沖積層が存在し、トンネルは大阪層群の砂質土と粘性土の互層に位置する。4連めがねという特殊な形状に加え、人家が密集する住宅地の浅層部に位置するため、周辺環境への配慮から、先進導坑ピラーコンクリート支持方式が採用された。

一般に、めがねトンネルにおけるピラーコンクリートは、覆工の一部として利用する場合が多く、その場合には覆工と同等の鉄筋で補強されることが多い。小路トンネルはウォータータイト構造であり、止水性の確保のため、ピラーコンクリートを覆工の一部として利用しない覆工支持形式とした。一次支保を支える機能のみ有する必要があるため、施工中に引張応力が生じる箇所のみ補強する設計とした。また、本坑一次支保における鋼製支保工との連続性を考慮し、同等の鋼製支保工を補強仕様の基本として、ピラー構造の検討を行った。

2. ピラーコンクリート構造の検討フロー

4連めがね構造をモデル化した二次元FEMモデルを用いて、トンネル掘削完了時を模擬した変形・応力解析を実施し、ピラーの補強仕様の検討を行う。図-3に検討フローを示す。

3. 4連めがね構造による応力解析

解析は図-4に示すように、まず、一次支保および地盤をモデル化し、自重を付加することで、全土被り厚相当の荷重が作用することを考慮した。

(1) 解析条件

解析モデルは、地盤、吹付けコンクリートおよびピラーコンクリートを平面ひずみ要素で、鋼製支保工を梁要素でモデル化し、全て線形材料とする(図-5)。解析に用いる地盤の物性値および支保部材の物性値を表-1および表-2に示す。

(2) 解析結果

解析結果を図-6から図-8に示す。覆工と接する部分(側

キーワード：めがねトンネル、ピラーコンクリート、NATM、低土被り、地盤改良

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 TEL03-5381-5296 大成建設(株)本社土木設計部トンネル地下設計室

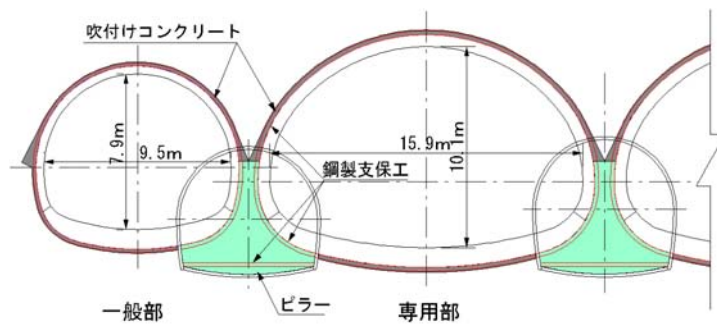


図-1 構造図

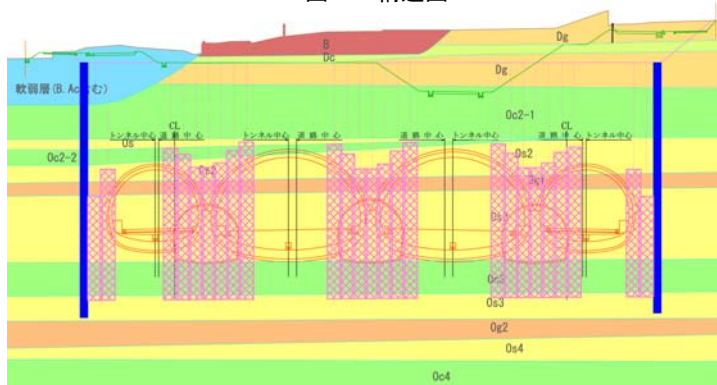


図-2 地層図

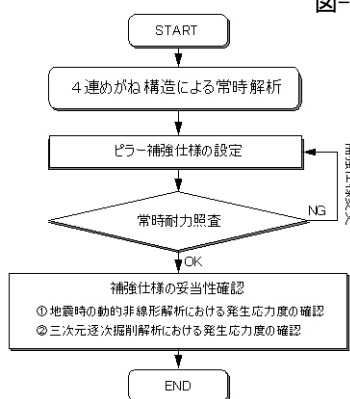


図-3 検討フローチャート

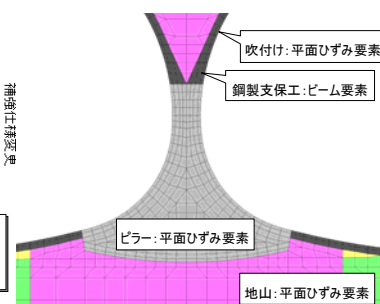
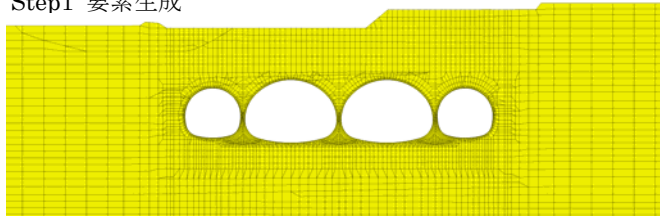


図-5 モデル図(ピラー周辺)

Step1 要素生成



Step2 自重付加

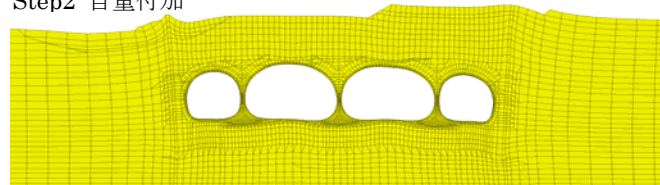


図-4 解析ステップ

表-1 地盤物性値

地層名		記号	代表N値	単位体積重量 (kN/m ³)	変形係数 (kN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
盛土層		B	10	18.0	5.00E+03	0.3	0	27.0
沖積層		Ac	4	19.0	2.00E+03	0.4	25	0.0
段丘層	礫質土	Dg	17	19.5	1.19E+04	0.3	0	31.0
	粘性土	Dc	12	18.0	8.40E+03	0.4	120	0.0
大阪層群	粘性土	Os2	10	17.0	1.60E+04	0.4	100	0.0
	礫質土	Os1	40	17.0	4.09E+04	0.3	0	40.4
	砂質土	Os2	40	20.0	3.80E+04	0.3	0	39.5
	粘性土	Os3	18	17.5	2.88E+04	0.4	200	0.0
	砂質土	Os3	46	20.0	4.37E+04	0.3	0	41.3
	礫質土	Os2	49	21.0	4.66E+04	0.3	0	42.1
	砂質土	Os4	45	20.0	4.28E+04	0.3	0	41.0
	粘性土	Os4	28	18.0	4.48E+04	0.4	180	0.0
	砂質土	Os3	50	21.0	4.75E+04	0.3	0	42.4
	砂質土	Os3	50	21.0	4.75E+04	0.3	0	42.4

表-2 支保部材解析用物性値

支保部材	単位体積重量 (kN/m ³)	変形係数 (kN/m ²)	ポアソン比	断面積 (m ²)	断面二次モーメント (m ⁴)	備考
地盤改良土	21.0	1.36E+05	0.2	—	—	1.0MPa (改良率90.6%)
地中連続壁	ソイルセメント 芯材 1-400×200	21.0 77.0	7.50E+04 2.00E+08	0.3	— 8.34E-03	— 2.35E-04
ビラーコンクリート	25.0	2.80E+07	0.2	—	—	30N/mm ²
AGF	21.0	1.95E+06	0.3	—	—	—
専用部吹付けコンクリート	23.0	6.00E+06	0.2	—	—	σ=36N/mm ²
一般部吹付けコンクリート	23.0	4.00E+06	0.2	—	—	σ=18N/mm ²
専用部鋼製支保工	77.0	2.00E+08	0.3	6.35E-03	4.72E-05	HH-200
一般部鋼製支保工	77.0	2.00E+08	0.3	3.97E-03	1.62E-05	H-150

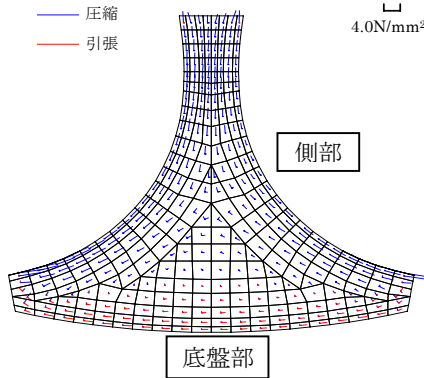


図-6 主応力図

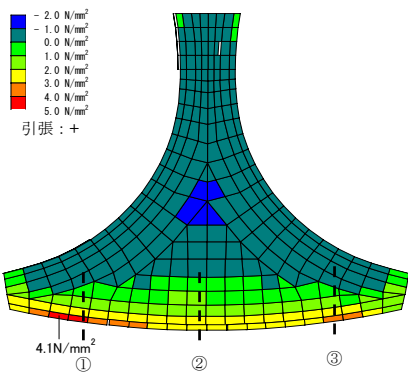


図-7 最大引張主応力図

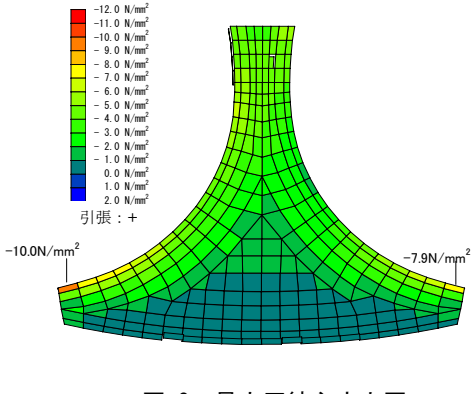


図-8 最大圧縮主応力図

部)には最大 10.0N/mm²の周方向圧縮応力、底盤部には最大 4.1N/mm²の周方向引張応力が発生することが分かる。

4. 設計照査

応力解析の結果からは、底盤部のみ鋼材による補強が必要であるが、一次支保との連続性を考慮して、図-1 のように底盤部および側部に補強鋼材を設置する。引張に関しては底盤部に集中しているため、引張力は鋼材が全て受け持つものとし、ビラー底盤部の①,②,③を代表断面(図-7 参照)として照査を行う。まず、要素に生じている引張応力に要素高さを乗じたものを、それぞれの要素の発生断面力とし、これらの和を各断面での発生引張力とする。この発生引張力を設置するH形鋼の断面積で割ったものをその断面での引張応力度とし、許容応力度内にあるかどうか確認する。表-3 に示すように発生応力度は許容応力度内となった。一方、圧縮に関しては、最大で 10.0N/mm²の圧縮応力が発生しているが、吹付けコンクリートの短期許容応力度 12.75N/mm²以下である。

表-3 照査結果

	断面番号	発生引張力 kN	発生応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	備考
ビラー (中央)	①	1189	130.0	<210	H-250
	②	1251	136.9	<210	断面積
	③	944	103.2	<210	91.43cm ²

5. 妥当性確認

レベル1地震時の動的非線形解析の結果、トンネルは図-9 のように変形し、底盤部および側部にも引張応力が生じる結果となった。また、別途行った施工手順を忠実に再現した三次元逐

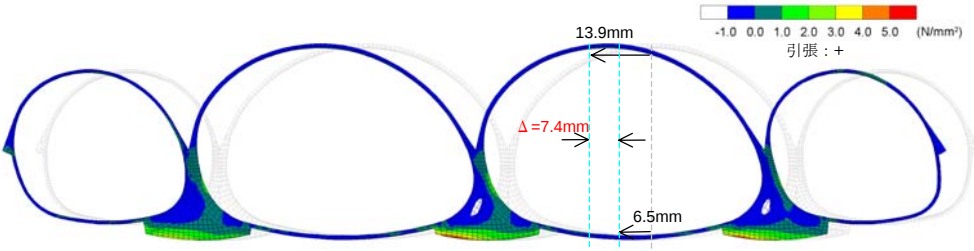


図-9 最大引張主応力(地震時検討)

次掘削解析の結果、施工途中にビラーに偏荷重が作用するような状態もあり、底盤部および側部に引張応力が生じた。これらの発生応力度が許容応力度内に収まることを確かめ、ビラー補強仕様の妥当性を確認した。

6. おわりに

本稿では、二次元 FEM を用いた応力解析を行い、ビラーコンクリートの補強仕様を設計し、地震時を含めてビラーコンクリートの健全性を確認した。今後は、実際の本坑掘削に伴う周辺地山の動きや支保部材の応力状態を監視し、本検討手法の妥当性の検討とトンネルの安定性を評価していく予定である。

参考文献

人家密集地における大断面浅層 4 連めがねトンネルの支持力対策/土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集 349-350 頁 H18.9 森正明
中野将宏 白川賢志 大島基義