

大断面 TBM トンネルにおけるシングルシェル覆工の設計

－ 東海北陸自動車道 飛驒トンネル工事 －

中日本高速道路株式会社

正会員 森山 守

大成建設(株)

正会員

小林 伸次

フェロー会員

領家 邦泰

正会員

大塚 勇

正会員

○板垣 賢

1. はじめに

飛驒トンネルは、東海北陸自動車道清見 JCT～白川郷 IC 間に位置する延長約 10.7km の長大トンネルである。本坑の約 4.3km の掘削は直径 12.84m の TBM にて行った。TBM 区間は一次支保に RC ライナーを用い、二次覆工は NATM と同様に厚さ 30cm の無筋コンクリートで施工した。しかしながら、工期短縮を目的に、TBM 解体ヤード区間で一次支保の RC ライナーに二次覆工の機能を持たせたシングルシェル構造を採用した。大断面トンネルにおけるシングルシェルは、国内の山岳工法トンネルでは初の試みである。そこで本報告ではシングルシェルの設計について述べる。

表 1 RC ライナーの仕様

		一次支保	シングルシェル
コンクリート	設計基準強度	42N/mm ²	45N/mm ²
	厚さ	250mm	300mm
鉄筋	材料	SD345	SD345
	被り	50mm (中心位置)	70mm (中心位置)
	配筋	D16×7本 複鉄筋	D16×7本 複鉄筋

2. シングルシェル RC ライナー仕様の設定

表 1 に一次支保とシングルシェルの RC ライナーの仕様を示す。

鉄筋のかぶりについては RC ライナーを永久構造物とするため耐久性を考慮して設定する必要がある。示方書¹⁾に示される基本のかぶりから最も大きい値を採用し、環境条件としても安全側を考慮し特に厳しい腐食性環境とした。コンクリートの設計基準強度による補正およびプレキャスト部材であることによる補正を行い、主鉄筋のかぶりは鋼材中心位置で 70mm とした。ライナー厚については、ライナーの緩み土圧に対する必要耐荷性能を考慮し 300mm とした。図 1 にシングルシェル RC ライナー配置図を示す。

シングルシェル RC ライナーの採用にあたり、耐火構造・防水構造に対する検討も行ったが別途報告する。



図 1 シングルシェル RC ライナー配置図

3. 構造解析

本検討では RC ライナーを梁、地盤をばねでモデル化する梁ばねモデルによる構造解析を実施し、RC ライナーの応力度照査を行った。考慮する荷重は完成時の荷重状態を考慮し、自重、自重反力、緩み土圧による鉛直荷重および水平荷重とした。山岳トンネルの掘削では切羽到達時点である程度の初期応力が解放されている。さらに本トンネルの場合は無支保の状態で TBM の機体長分 (約 7.8m) 以上の掘削が行われることや、比較的ルーズな豆砂利による裏込め充填が機体通過後に行われることから、ライナーに作用する地山の荷重は初期応力から相当に低下すると考えられる。以上の考察から RC ライナーに作用する荷重は掘削解放力ではなく緩み土圧とした。緩み土圧は、緩み高さを TBM 径の 13m 程度と設定し、鉛直荷重で 300kN/m²とした。側圧係数については K=0.2, 0.5, 1.0 の 3 ケースを検討した。

検討ケースを表 2 に示す。本検討においてはライナー間継手がライナー本体に与える影響が不明なため、ライナー間継手を剛構造としたケースと回転ばねとしてモデル化したケースについて検討を行った。

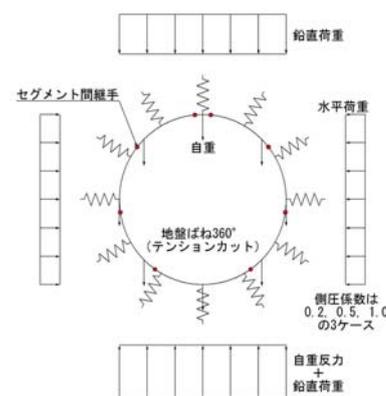


図 2 検討モデル

表 2 検討ケース

ケース	セグメント継手部	側圧係数
1	剛 (継手無し)	0.2
2	回転ばね	
3	剛 (継手無し)	0.5
4	回転ばね	
5	剛 (継手無し)	1.0
6	回転ばね	

キーワード シングルシェル, TBM, RC ライナー

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設土木設計部 TEL 03-5381-5296 FAX 03-3345-0490

図3に示すように回転ばね定数は荷重偏心率に依存する値として設定するため、軸力が卓越する（荷重偏心率が小さい）ときはばね定数が大きくなり、曲げモーメントが卓越する（荷重偏心率が大きい）ときはピン構造に近くなる。

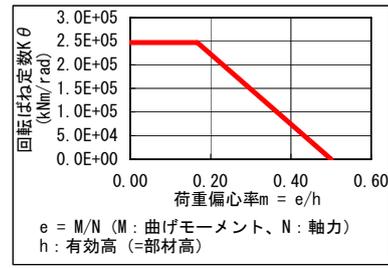


図3 ライナー間継手の回転ばね定数

地盤反力係数は示方書²⁾の算出式により決定した。変形係数は裏込め材の影響を考慮した換算変形係数を用いた。ここで、裏込め材の変形係数は緩い砂質土相当とし、地盤の変形係数はD Iパターンの標準値³⁾とした。表3に地盤反力係数を示す。

表3 地盤反力係数

	変形係数 (kN/m ²)	層厚 (m)	換算変形係数 (kN/m ²)	基礎幅 (m)	奥行 (m)	α	換算載荷幅 (m)	地盤反力係数 (kN/m ³)
裏込め材	4.77E+03	0.21	5.00E+04	12.50	1.00	4	3.54	1.05E+05
地盤	5.00E+05	37.29						

5. 構造解析・応力度照査結果

図4にケース1の断面力図を示す。全ケースの曲げモーメントおよび軸力に対する照査結果を図5に示す。曲げモーメントおよび軸力に対する照査は許容応力度 MN カーブに断面力をプロットすることにより行った。各ケースを比較すると側圧係数0.2のケースが最も厳しくなり、ライナー間継手については剛（継手無し）としたケースで断面力が大きくなる。いずれのケースも許容応力度照査を満足した。せん断力に対する照査は最大せん断応力（τ_m）と補正したコンクリートの許容せん断応力度（τ_a）を比較⁴⁾したが、全ケースで許容応力度照査を満足した。

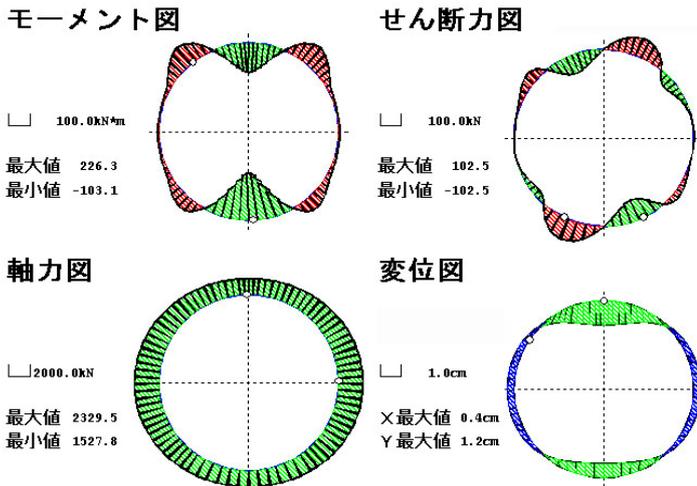


図4 ケース1断面力図

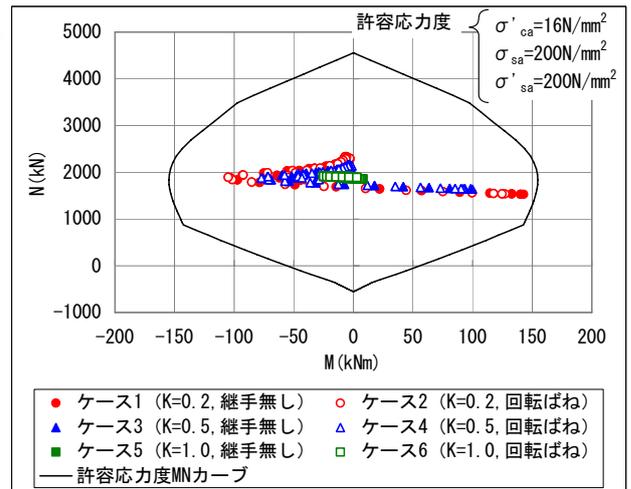


図5 曲げモーメントおよび軸力に対する照査

6. まとめ

大断面トンネルでは国内初の試みとなるシングルシェル構造について、RC ライナーの仕様を決定し構造解析によりその妥当性を確認した。本報告が今後の類似設計の参考になれば幸いである。

謝辞

本稿の作成に際してご協力頂きました飛驒トンネル施工技術検討委員会の皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2002
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編・IV下部構造編，2002
- 3) 日本道路公団：試験研究所技術資料第358号トンネル数値解析マニュアル，1998
- 4) (社)土木学会：トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説，1996