

吹付け仕上げによる小規模トンネルの改築

広川町 建設課 平井忠明
 石田晴善
 鴻池組 大阪本店 石橋武司
 技術部 正 岩田文吾

1. はじめに

通常のトンネル改築は、吹付けコンクリート、ロックボルトを使用するNATMで掘削・支保した後、防水工を実施し、最後にセトルを用いて2次覆工を施工して完成する。しかし、本報告の対象となる工事では、断面、延長とも小規模であるため、工期短縮とコスト低減を目的に吹付けコンクリートによる仕上げを行った。吹付けコンクリートは覆工厚低減および長期耐久性を考え、鋼繊維補強吹付け配合とした。また防水工は、吹付けコンクリートの付着性を考え、吹付け式の防水膜を採用した。

2. 工事概要

トンネルは昭和初期に築造されたトンネルであり、覆工の老朽化が顕著であった。本トンネルは小中学生の通学路にもなっており、早急な対策が必要であった。

- 工事名称：白木トンネル改修工事
- 工事場所：和歌山県有田郡広川町
- 地質：秩父累帯中生代 砂岩・頁岩互層
- 工事内容：トンネル延長 50.2m
- 既設トンネル幅員 2.67m
- 新設トンネル幅員 3.00m
- (仕上がり内空断面積 9.9 m²)

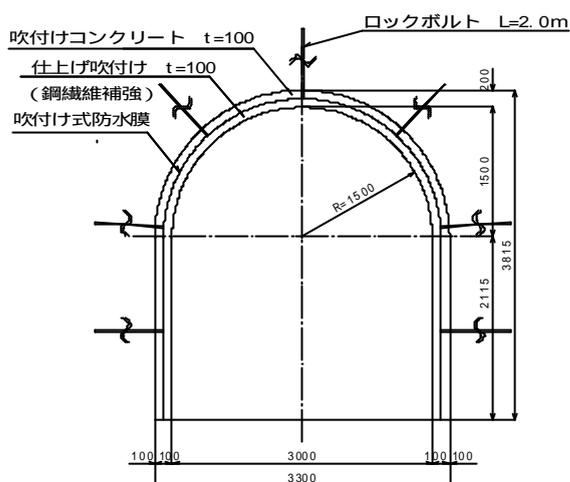


図 - 1 標準断面図

3. 掘削工

拡幅掘削から支保工構築までは通常のNATMと同じ手順で施工した。図-1に標準断面図を表-1に使用機械を示す。掘削中による変位は水平変位で5mm程度で収束していた。

表 - 1 主要機械一覧

工種	機械名	仕様	製品名
掘削	大型ブレーカ	300kg級	
ずり出し	ダンプトラック タイヤショベル	4t バケット容量0.3m ³	WA-30
吹付けコンクリート	吹付け機 吹付けロボット	12m ³ /h 半径6m	MBSA-1002HD MACR2000A
ロックボルト	クローラジャンボ	135kg級 1ブーム	HCD-101

4. 防水工

覆工を吹付けコンクリートで仕上げる場合、一般的に用いられている防水シートでは吹付けコンクリートが付着しにくいことが懸念された。そこで支保工表面に密着でき、仕上げ吹付けコンクリートとの付着も確保できる吹付け式防水膜を採用した。これはアクリル酸塩を主体とする2液からなる薬剤を重合反応させて、アイソレーションと防水の機能を持った膜を形成するものである¹⁾。この防水膜は支保工表面と密着するため導水用の間隙ができない。そこで湧水処理として、拡幅掘削後掘削地山表面に3m間隔で縦排水材を設置した。また支保工完成後にその表面から漏水している個所については、防水工施工前に不織布で導水した。

5. 仕上げ吹付け

小断面トンネルの覆工厚は20cmが標準である²⁾。この値は力学的な根拠はなく、むしろ施工性が確保で

きる最小厚とされている。一方、今回のように吹付けでコンクリートで仕上げる場合には、その厚みをさらに小さくできる。そこで工事費全体としてのコスト低減を考え鋼繊維補強コンクリートを採用し、覆工厚を低減した。

なお吹付厚の確認と出来形への配慮から、トンネル縦断方向に2mピッチで10mmの鉄筋を定規として配置した。

表 - 2 仕上げ吹付けコンクリートの配合

最大 骨材寸法 (mm)	W / C (%)	細骨材率 s / a (%)	単位量 (kg/m ³)				鋼繊維 S F (kg)	高性能減水剤 FlowAce2100 (C × %)
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
15	55.0	75	215	390	1249	427	80	1.5

1)単位水量は減水剤を含む 2)鋼繊維は 0.6 × 30 mm

1) 配合

仕上げ吹付けコンクリートの配合を表 - 2 に示す。急結剤はアルカリフリーの液体タイプ(レス

コン社製, AFK-777) を用いた。このアルカリフリー液体急結剤は、貫通はしているが小断面であり、極力粉じんを低減したい、小断面であり撤去作業が困難なはね返りを低減したい、仕上げ用吹付けコンクリートであり、長期的な強度、耐久性を確保したい、等の目的を達成できるため採用した。

2) 品質試験結果

施工に際して実施した試験は、24h プルアウト試験、7d および 28d コア供試体圧縮強度試験、はね返り率(コンクリートおよび鋼繊維)である。コア供試体の寸法は10 × 20 cmとし、はね返り率は実施工での天端部吹付け時に測定した。結果を表 - 3 ~ 5 に示す。

はね返り率は小断面トンネルにもかかわらず小さい値が得られた。これはアルカリフリー液体急結剤の効果と考えられる。なお同じ吹付け機械で粉体急結剤を用いた支保工施工時ののはね返り率は30%以上であった。また鋼繊維のはね返り率は15.8%となった。

粉じん量についても、同じ吹付け機械で粉体急結剤を用いた支保工施工時の半分の測定値となった。これは、写真 - 1 に示す吹付け状況がこれまで粉体急結剤使用時に撮られた写真と比べて鮮明に写っていることから実証されている。

6. おわりに

小規模トンネルの改築において、新しい試みとして吹付け式防水膜とアルカリフリー液体急結剤を用いた鋼繊維補強吹付けコンクリートによる覆工を採用した。このようなトンネルのリニューアル工事は今後増えると予想されるなか、今回の方法はトンネルリニューアル工事における覆工構造および施工の合理化への一案となるであろう。今回は支保工と覆工の間に緩衝材が挟まれているダブルシェル構造であったが、シングルシェル構造を採用することで、より合理的なトンネル施工が可能になると考えられる。

【参考文献】

- 1) 礫岩他「防水膜吹付け工法の実施工 一般国道 42 号日置トンネル」 トンネルと地下 第 22 巻 7 号 1991 年
- 2) 日本道路公団「設計要領 第三集 トンネル」

表 - 3 プルアウト試験結果

材令	換算圧縮強度(N/mm ²)			
	1	2	3	平均
24h	8.5	10.5	9.0	9.3

表 - 4 コア供試体圧縮強度試験結果

材令	圧縮強度(N/mm ²)			
	1	2	3	平均
7日	24.1	28.0	27.1	25.4
28日	37.2	33.5	37.2	36.0

表 - 5 はね返り率等試験結果

跳ね返り率 (%)	鋼繊維	鋼繊維
	はね返り率 (%)	残存率 (%)
9.92	15.8	93.7



写真 - 1 吹付け状況