

中越地震で被災したトンネルの薄肉覆工への繊維混入高流動コンクリートの適用

西松建設(株) 技術研究所^{※1}

正会員 新谷 壽教, 正会員 高橋 秀樹

西松建設(株) 国道和南津トンネル (作) ^{※2}

河原 博, 正会員 楠田 弘治

国土交通省 北陸地方整備局 六日町国道 (出) ^{※3}

齊藤 修三, 越野 正史

1. はじめに

2004年10月の新潟県中越地震で被災した国道17号和南津トンネルの復旧工事において、支保工（鋼製支保工・吹付けコンクリート）による内巻補強のため巻厚が15cmと薄くなる2ブロックの覆工に、バイブレータによる締固めが困難なことから自己充てん性に優れた高流動コンクリートの適用を検討した。

トンネルの覆工コンクリートには、脱型工程から早期の強度発現が要求されるが、高流動コンクリートは高性能AE減水剤を比較的多量使用することから、初期強度の発現が遅くなる。また、材料の分離抵抗性を確保するためセメントなどの粉体量が多くなり、乾燥収縮等によるひび割れが懸念される。これらの要求性能を勘案し、剥落防止と初期の乾燥収縮ひび割れを低減するために合成繊維を混入した高流動コンクリートの配合を選定し、施工した。

本文では、和南津トンネル復旧工事において繊維混入高流動コンクリートを適用し、ひび割れの少ない良好な仕上がり結果が得られたので、主として配合と施工について報告する。

2. 繊維混入高流動コンクリートの配合

2.1 使用材料の選定と配合仕様

トンネル覆工コンクリートは、型枠セントルのスライド工程から、通常打設後15時間程度で1.5～3N/mm²程度の脱型強度が目安とされる。しかし、高流動コンクリートは、流動性を付与するため高性能AE減水剤を比較的多量使用することから、凝結が遅れ初期強度の発現が遅くなる。さらに、材料の分離抵抗性を確保するためセメントなどの粉体量が多くなり、その水和発熱による温度応力によるひび割れを低減するため、低熱型セメントやフライアッシュ、石粉などの粉体材料の使用が望まれる。

そこで、震源地に近く物資の供給が十分でない生コン工場において確保可能な粉体材料としては、早期強度の発現性と高炉セメントより乾燥収縮抵抗性が高い普通ポルトランドセメントを選定した。

また、剥落防止と初期の乾燥収縮ひび割れを低減するために、鋼繊維のように錆びないポリプロピレン繊維(300μm)を混入する高流動コンクリートの配合とした。使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

材 料	種 類	記号	密度
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.15
細骨材 (粗)	大和町産陸砂	S1	2.63
細骨材 (細)	中之島町産川砂	S2	2.57
粗骨材	大和町産陸砂利 25mm	G	2.78
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系 (標準型)	SP	1.04
合成繊維	ポリプロピレン短繊維	PP	0.91

2.2 配合

高流動コンクリートの配合仕様は、設計基準強度は21N/mm²以上、流動性の指標となる管理目標のスランプフローは55～70cm、50cmフロー時間は5～10秒、空気量は4.5±1.5%とした。

配合は、生コン工場の試験室における試験練りにおいて、セメント量、細骨材率、高性能AE減水剤量、繊維量をパラメータとして選定した。ポリプロピレン繊維は、当初30mmのもので0.3vol.%で予備試験を実施したが、流動性の調整が難しく、種類を変更するとともに長さ12mmの短繊維を選定し、使用量は0.1vol.%とした。

また、高流動コンクリートの流動性は経過時間で大きく変化することから、2バッチ分1.5m³の実機試験練りを実施し、フレッシュコンクリートの経時変化を調べ、所要の流動性（スランプフロー55cm以上）を2時間まで確保できることを確認した。また製造後30分程度経過するとスランプフローが10cm延びることがわかり、これを製造時に考慮することとした。選定した配合を表-2に示す。

表-2 繊維混入高流動コンクリートの配合

設計強度 (N/mm ²)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	Gmax (mm)	セメント比	細骨材率	単位量 (kg/m ³)					混和材	
				W/C(%)	s/a(%)	W	C	S1	S2	G	SP	PP
21 以上	62.5±7.5	4.5±1.5	25	32.0	50.0	170	532	568	238	858	5.32	1.0

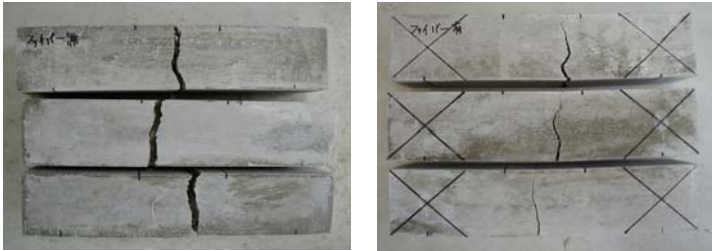
キーワード： 高流動コンクリート, ポリプロピレン繊維, トンネルバルーン, トンネル覆工

連絡先：
^{※1} 〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL 046-275-0286 / FAX 046-275-6796
^{※2} 〒949-6600 新潟県南魚沼市六日町 479-9 TEL 025-773-2383 / FAX 025-773-2380
^{※3} 〒949-6600 新潟県南魚沼市六日町 137-2 TEL 025-772-4688 / FAX 025-778-1683

2.3 硬化後のコンクリート試験結果

実機試験練り時に採取した繊維混入供試体の材齢28日の曲げ強度は8.16N/mm²で、無混入の曲げ強度7.27N/mm²に比較し、10%程度高くなり、ひび割れ抵抗性が高くなっていることを確認できた。

また曲げ靱性係数は1.08N/mm²であったが、靱性向上からひび割れや剥落防止に対する効果が期待できる。曲げ靱性試験後の供試体状況を写真-1に示す。



無混入 ポリプロピレン繊維混入
写真-1 曲げ靱性試験後の供試体状況

3. 施工

トンネル覆工の復旧区間120mの内、高流動コンクリートの施工は、覆工厚さが薄くなる2ブロック（4BL、2BL）で実施し、打設数量は計92m³であった。

ポンプ車は55m³/h級を使用し、型枠のセントルまでは4吋管で、セントル部分は閉塞を防ぐため6吋管に拡張して打設した。圧送距離は、4BLがセントルまで36m（2BLは15m）、セントル部分が15m、総延長で約50mであった。

品質管理状況を表-3に示す。スランプフローは65cm程度で、設定した55～70cm以内で管理ができた。

なお、強度の発現は14時間で1.54N/mm²と計算で求めた1.0N/mm²以上の脱型可能な強度を確保できていた。

コンクリート打設後は、貫通トンネルであることから、脱型後の乾燥を防ぐためにトンネルバルーン（空気膜）による保湿養生を2日、計3日間の養生を行った。養生状況を写真-2に示す。

その結果、懸念されていた温度ひび割れや乾燥収縮などによるひび割れの発生がない、良好な仕上がりの覆工コンクリートを構築できた。覆工仕上り状況を写真-3に示す。

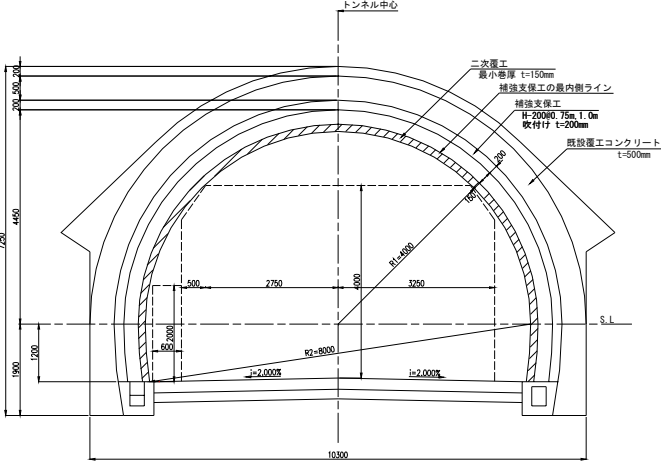


図-2 繊維混入高流動コンクリート適用断面図

表-3 品質管理状況

打設 BL (打設日)	スランプ フロー(cm)	空気量 (%)	温度 (℃)	圧縮強度 (N/mm ²)	数量 (m ³)
4 BL(12/15)	64.0	4.5	14.0	70.6	40.0
2 BL(12/17)	64.5	4.0	10.0	66.9	52.0

4. まとめ

和南津トンネルの復旧工事において、支保工による内巻補強のため覆工厚さが15cmと薄くなる2ブロックの覆工に、繊維混入高流動コンクリートを施工した。

高流動コンクリートは、粉体量が多くなることから、仕上り面は肌理細かく美観上満足 of いくものであった。

また温度ひび割れや乾燥収縮によるひび割れ発生が懸念されたが、ポリプロピレン繊維混入による曲げ強度向上や良好な品質管理、さらにバルーンによる保湿養生効果などがひび割れ発生を抑制したものと考えられる。本報告が今後のトンネル覆工コンクリートの参考になれば幸いである。

最後に、繊維混入高流動コンクリート施工においてご協力戴いた関係者の皆様に深謝します。

参考文献：1）「膨張性高流動コンクリートを用いた薄肉のトンネル二次覆工の施工-長崎自動車道 長崎トンネル工事」酒井松男 他、コンクリート工学 Vol. 41, No. 7, 2003. 7



写真-2 トンネルバルーンによる養生



写真-3 繊維混入高流動コンクリート仕上り状況



写真-4 覆工コンクリート復旧区間の全景