

鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリートのトンネル二次覆工コンクリートへの適用

大成建設 土木技術研究所 正会員 ○坂本 淳

大成建設 土木設計部 正会員 伊藤 文雄

大成建設 土木技術研究所 フェロー会員 新藤 竹文

大成建設 東京支店 北村 俊紀

国土交通省 中国地方整備局 中国技術事務所 森脇 広志

1. はじめに

中国地方に建設された道路トンネル工事では、地山からの偏圧を受ける一部区間の二次覆工構造について、補強対策を施すこととなった。検討の結果、偏圧に対する将来的なトンネル構造物としての安全率を確保するため、二次覆工部（覆工厚 300 または 450mm）には鉄筋をダブルで配置し（写真-1、主鉄筋D19 またはD29 @200、配力鉄筋D19@300）、さらに剥落防止の観点から鋼繊維を混入することとなった。通常は無筋構造物である二次覆工部材内に多量の鉄筋が配置され、さらに鋼繊維補強コンクリート仕様となったことから、スランプ仕様のコンクリートをバイブレータで締め固める一般の施工方法では確実な充てん性を確保することは困難と判断された。

このため、材料分離抵抗性が高く、確実な充てん性が期待できる高流動コンクリートに鋼繊維を混入した配合を検討し、本部材へ適用することとなった。本報では、適用された鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリート配合の特徴、および実施工時に得られた品質管理試験結果について報告する。



写真-1 二次覆工部配筋状況

2. 鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリートの配合

本工事で対象とした高流動コンクリートの目標性能として、対象部材の鉄筋の最小あき（62mm）や鋼材量（最大 150kg/m³）を考慮し、目標の自己充てん性はランク 2 相当とした。また、鋼繊維混入後のスランプフロー目標範囲は 650±50mmとし、その保持時間は 90 分間とした。硬化後の物性としては、工程上の理由から早期の強度発現性（目標圧縮強度＝材齢 1 日で 2N/mm²程度）、および所要の曲げ靱性（JHS-730「鋼繊維補強覆工コンクリートの曲げ靱性試験方法」において個々の試験値が設計基準線 4.1kN以上、曲げ靱性係数平均値が 1.40N/mm²以上）を満足することを目標とした。以上の目標性能に対して室内配合選定試験練りを行い、選定した鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリートの配合を表-1 に示す。

早期強度発現性に対しては、一般部の二次覆工用コンクリート配合を参考に水セメント比を設定し、結合材には普通ポルトランドセメントを使用することとした。ひび割れ抑制のため、所要のフレッシュ性状が確保できる範囲で水とセメントの単位量を低減し、不足する粉体量は石灰石微粉末により補った。鋼繊維（長さ 30mm、径 0.8mm）添加量は、旧日本道路公団の剥落防止用鋼繊維コンクリートにおける既往の実績を参考に、0.3vol.%外割添加とした。さらに、ひび割れ抑制対策として水和熱抑制型膨張材を、品質安定性や材料分離抵

表-1 鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリート 配合表

Gmax (mm)	自己 充てん性 のランク	スランプ フロー (mm)	水 結合材比 (%)	単位粗骨材 絶対容積 (m³/m³)	単 位 量 (kg/m³)								鋼繊維 (kg/m³)
					水	普通 セメント	石灰石 微粉末	膨張材	細骨材	粗骨材	混和剤		
											高性能 AE減水剤	増粘剤	
20	2	650±50	48	0.28	167	328	282	20	758	748	6.3	0.25	24

キーワード 高流動コンクリート、鋼繊維、膨張材、二次覆工

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7288

抗性の確保を目的に多糖類ポリマー系増粘剤を添加した。

3. 実施工時のコンクリート製造・品質管理試験結果

本コンクリートは、市中のレディミクストコンクリート工場にて鋼繊維以外の材料によるベースコンクリートを製造し、現場受入れ時に鋼繊維をアジテータ車に投入して製造した。ベースコンクリートは二軸強制練りミキサ（容量 2.25m³）を使用し、1.5m³/バッチ×3 バッチとして製造した。現場への運搬は 4.5m³/台積みのアジテータ車にて行い、運搬時間は 40 分程度であった。現場ではベルコンを利用してアジテータ車のドラム内に鋼繊維を投入した後、高速攪拌を 2 分間行い、二次覆工の打設に供した。

1 日当りの打設数量が少量（100m³程度）であったため、荷卸し時の試験頻度は 1 回/50m³（午前・午後に 1 回ずつ）とした。鋼繊維混入前後のスランプフローの測定結果を図-1 に、曲げ靱性係数の測定結果例を図-2 に示す。

事前に実施した試験練り結果より、鋼繊維添加によるスランプフローロスは最大 50mm 程度であったため、ベースコンクリートの荷卸し時スランプフロー管理値を 700±50mm とした結果、鋼繊維混入後の平均スランプフローは 660mm を確保できた。また、鋼繊維混入後の U 形充てん高さは平均 352mm であり、所要の充てん性能を十分に満足する結果であった。鋼繊維混入率は、設計値 0.3vol.% を下回ることなく平均で 0.32vol.% を確保できたことから、今回採用した一般的な鋼繊維の現場添加方法は、高流動コンクリートのような流動性の高いコンクリートに対しても十分な混合効果があったと考えられる。曲げ靱性係数は、所要の 1.40N/mm² 以上を十分満足しており、平均で 3.0 N/mm² であった。

4. 二次覆工コンクリートへの適用結果

本コンクリートの施工では適用対象区間 16 ブロックにおいて、計 1700m³を打設した。施工のサイクルは、表-2 に示すように 1 ブロック/3 日間を基本として実施した。施工の手順・内容は、一般的な山岳トンネルの二次覆工コンクリートの場合と基本的には同様であるが、高流動コンクリートの適用にあたり、セントル支保工の増強、打設時に締固め作業を行わないこと、および初期養生を入念に行うことなどに留意した。

コンクリート打設時の充てん状況、適用部の仕上がり状況を写真-2 に示す。鉄筋量の多い二次覆工部材においても確実にコンクリートが充てんされており、目立ったひび割れも発生しておらず、仕上がり状況は良好であった。

5. おわりに

本工事では、密に鉄筋が配置された二次覆工コンクリート部材へ鋼繊維補強・収縮補償型高流動コンクリートを適用し、良好な施工結果が得られた。二次覆工コンクリートの品質確保対策として、参考にして頂ければ幸いである。

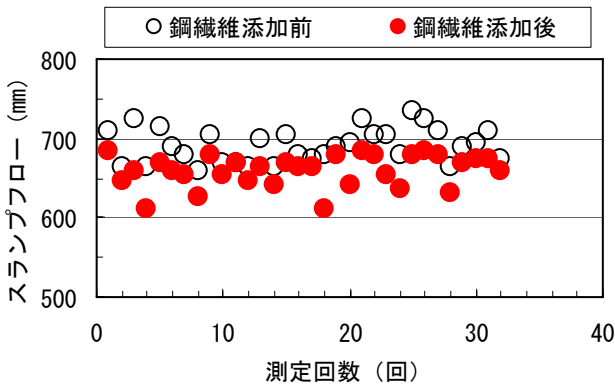


図-1 スランプフロー測定結果

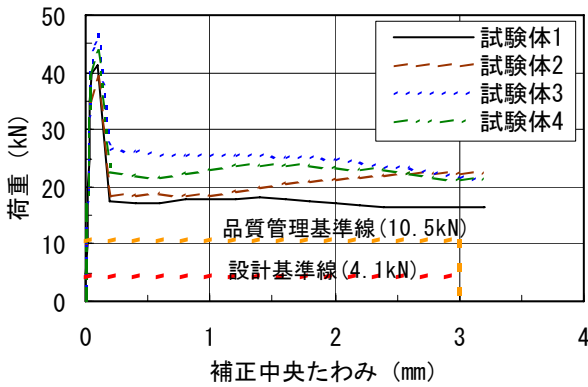


図-2 曲げ靱性係数測定結果例

表-2 施工サイクル

	1日目	2日目	3日目
午前	コンクリート打設	コンクリート養生	セントルセット・妻枠組
午後	コンクリート打設・養生	脱型・セントル移動	補助支保工セット・打設準備



写真-2 コンクリート充てん状況・覆工仕上がり状況