

トンネル覆工における高流動鋼繊維補強コンクリートの採用

日本道路公団四国支社高知工事事務所 正会員 笠松弘治 正会員 小川 澄
 熊谷組・松村組 JV 松生トンネル作業所 正会員 伊藤省二
 熊谷組土木本部トンネル技術部 岡本哲也 正会員○福田博光

1. はじめに

日本道路公団では、トンネル覆工コンクリートの剥離・剥落防止および長期耐久性の向上を目的として、地山区分D区間の覆工について鋼繊維補強コンクリートを採用している¹⁾。しかし、坑口補強鉄筋区間では鋼繊維や粗骨材が鉄筋を通過しにくいなど施工性の低下が原因となり、コンクリートの品質および出来映えの低下が懸念された。このため、当該工事ではコンクリートの品質向上および施工性の改善を目的として、高流動鋼繊維補強コンクリートの検討・開発を進めてきた。昨年度は開発した高流動鋼繊維補強コンクリートの模擬型枠試験施工による良好な施工性および品質について報告した²⁾。本報告では、開発した高流動鋼繊維補強コンクリートを坑口部補強鉄筋区間の実施工に採用した施工結果および覆工セントルの側圧計測結果について報告する。

2. 施工概要

2-1. コンクリートの仕様・配合

表-1に高流動鋼繊維補強コンクリートの仕様を示し、表-2に高流動鋼繊維補強コンクリートの配合を示す。

2-2. 施工方法

今回の施工では、補強鉄筋区間および一部通常の無筋区間についても高流動鋼繊維補強コンクリートの打設を実施した。コンクリート打設は吹上げ方式で行い、また今回、高流動鋼繊維補強コンクリートは、自己充填性能を有する仕様であったため、振動締固めは行わず施工した。なお、高流動鋼繊維補強コンクリートが型枠に及ぼす影響等を明確にするため、打設時におけるセントル側圧の計測を実施した。表-3に各種施工条件を示す。

3. 打設状況・品質管理試験結果

3-1. コンクリート打設状況

コンクリートは、無筋区間、鉄筋区間のいずれのスパンでも、適度な流動性を保ち、材料分離することなく、密実に充填できた。施工時のトラブルは特に見られず非常に安定した施工を行えた。打設中のコンクリート天端面は、注入口からスパン端部までほぼ同じ高さで上昇した。

3-2. 品質管理試験結果

(1) 空気量・スランプフロー(JSCE-F513・F503)

表-4に空気量試験結果を示す。鋼繊維混入後の空気量は鋼繊維混入前のものに比べて、1.2%の範囲で増加している。これは、鋼繊維をアジテータ

表-1 高流動鋼繊維補強コンクリートの仕様

設計基準強度 (N/mm ²)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	最低セメント量 (kg/m ³)	最大単位水量 (kg/m ³)	鋼繊維混入率 (%)	曲げ強度 曲げ靱性
18	650±50	4.5±1.5	280	175	0.5以上	基準線以上

表-2 高流動鋼繊維補強コンクリートの配合

W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	鋼繊維 混入率 (%)	単位量 (kg/m ³)					高性能 AE減水剤 (P×%)
				W	C	L	S	G	
55	31.7	59.2	0.5	173	315	231	982	726	1.30

セメント(C) : 高炉セメントB種、密度3.02g/cm³、比表面積3940g/cm²
 石灰石微粉末(L) : 密度2.72g/cm³、比表面積4000g/cm²
 細骨材(S) : 土佐町地蔵時字滝砕砂と中土佐町加江崎沖海砂の混合
 表乾密度2.79g/cm³、吸水率1.17%
 粗骨材(G) : 土佐町地蔵時字滝砕石2005、表乾密度3.01g/cm³、吸水率0.34%
 混和剤(SP) : ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
 鋼繊維(SF) : φ0.7×50mm:φ0.6×30mm=50:50(質量比)

表-3 各種施工条件

項目	無筋区間	鉄筋区間
覆工厚	300mm	350mm
コンクリート設計打設量 (延長1mあたり)	6.242m ³ /m	7.280m ³ /m
打設スパン長	Aスパン:10.5m Bスパン:5.05m	C・Dスパン:10.5m Eスパン:9.6m
鉄筋	なし	7-7周方向: D16@300mm トナリ延長方向: D19@200 単鉄筋構造
締固め	なし	なし
打設速度	18m ³ /時	18m ³ /時

表-4 空気量試験結果

スパン名		空気量 (%)	
		SF混入前	SF混入後
A	1台目	3.1	3.1
	50m ³	5.2	5.5
B	1台目	3.2	4.0
	50m ³	3.5	4.7
C	1台目	3.5	4.7
	50m ³	5.0	5.8
D	1台目	4.8	5.4
	50m ³	3.2	3.3
E	1台目	3.6	4.2
	50m ³	3.5	4.1
	1台目	3.5	4.1
	50m ³	4.5	5.4

キーワード：高流動鋼繊維補強コンクリート、トンネル覆工、自己充填性能、曲げじん性

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1(株)熊谷組土木本部 TEL 03-3235-8649 FAX 03-3266-8525

車に添加する過程で高速攪拌を行い、空気を巻き込んだためと考えられる。図-1にスランプフロー値分布図を示す。鋼繊維混入前のスランプフローは67～75cmであるのに対し、鋼繊維混入後は、鋼繊維混入によって5～7cm程度スランプフローのロスが生じ、60～70cmとなった。

(2)圧縮強度試験結果(JIS-A1108)

表-5に圧縮強度試験結果を示す。圧縮強度は54.4～64.8N/mm²であった。また、鋼繊維を混入することで強度が低下している場合も一部あったが、鋼繊維混入による圧縮強度への影響は認められず、変わらなかった。

(3)曲げじん性試験結果(鋼繊維補強コンクリート施工基準¹⁾)

図-2にAスパンの曲げじん性試験による曲げじん性曲線を示す。曲げじん性曲線は日本道路公団規定¹⁾の基準線を上回った。また、他のスパンについても曲げじん性曲線は基準線をどれも上回った。

4. コンクリート側圧計測結果

表-5 圧縮強度試験結果

スパン名	圧縮強度 (N/mm ²)	
	SF無混入	SF混入
A	58.3	54.4
B	59.1	58.7
C	58.1	59.5
D	60.6	64.8
E	55.2	56.0

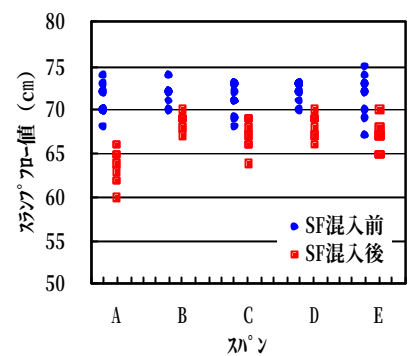


図-1 スランプフロー値分布図

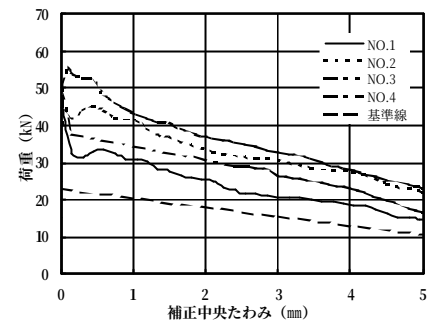


図-2 Aスパン曲げじん性曲線

図-3に鋼繊維補強コンクリート、高流動鋼繊維補強コンクリートそれぞれの打設高さ毎の側圧分布を示す。当初、高流動鋼繊維補強コンクリートは、液圧に近い側圧が作用し、通常の鋼繊維補強コンクリートよりも大きな側圧が生じると考えていたが、どの計測結果にもそのような結果は見られなかった。右記計測データでは、下端において鋼繊維補強コンクリートが37kN/mm²であるのに対し、高流動鋼繊維補強コンクリートは18kN/mm²と約50%程度の側圧であった。これについては、高流動鋼繊維補強コンクリートには粒径の小さい（比表面積の大きい）材料が多いため、コンクリート中の余剰水が少なく、また夏季の施工であったために高流動鋼繊維補強コンクリートの硬化が早かったことなども要因として考えられる。

5. まとめ

(1)高流動鋼繊維補強コンクリートは、自己充填性能が高く、補強鉄筋区間の施工性・品質向上を図ることが可能である。また、トンネル覆工の無筋区間への適用、あるいはトンネル覆工以外の自己充填性を必要とする狭小部等へ採用することで、コンクリートの品質・出来映えの向上さらには労務コストの削減をも図ることが出来ると考える。

(2)今後の課題としては、生コン製造工場において安定した品質のコンクリート製造・運搬・供給を確実にを行うとともに、受け入れ施工側における迅速な品質管理の実施・施工管理体制の確立、また極力連続打設が可能な施工方法を採用しておく事が特に重要であると考えられる。

参考文献 1)日本道路公団：鋼繊維補強覆工コンクリート施工基準（案），平成11年12月

2)笠松弘治，伊藤省二，林順三，トンネル覆工模擬試験体による高流動鋼繊維補強コンクリートの物性確認，第57回年次学術講演会講演会講演概要集V（土木学会），V-498，pp995～996，平成14年

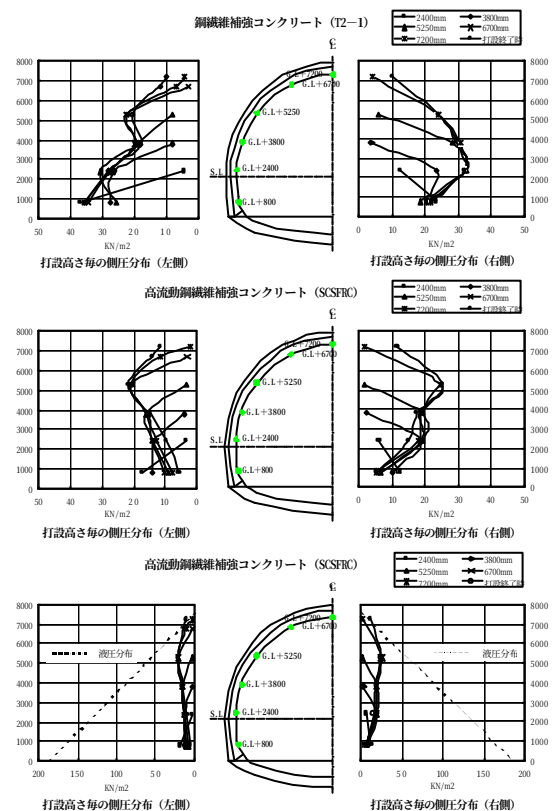


図-3 コンクリート打設高さ毎の側圧分布