

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

日本道路公団四国支社高知工事事務所 正会員 笠松弘治
 熊谷組・松村組 JV 桧生トンネル作業所 正会員 伊藤省二 福田博光
 熊谷組 正会員 林 順三 正会員 岡本哲也

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長期耐久性を向上し、コンクリートの剥離・剥落を防止することを目的として、平成11年12月に「鋼繊維補強覆工コンクリートトンネル施工管理基準（案）」¹⁾を作成している。高知自動車道桧生トンネル工事においても、平成12年3月より鋼繊維補強覆工コンクリートの施工を実施しているが、坑口補強鉄筋区間では鋼繊維や粗骨材が鉄筋間を通過しにくく施工が困難となり、コンクリート品質の低下及び仕上がり面の見栄え等が懸念された。そのため、当該工事ではコンクリート品質の確保及び施工性の改善を目的として、締め固め不要で且つ密実な充填が可能となる高流動鋼繊維補強コンクリートの検討を行った。

本報文は、覆工コンクリート天端模擬型枠に高流動鋼繊維補強コンクリートを打設し、コア供試体による圧縮強度、鋼繊維の混入率及び配向性の各試験結果についてまとめたものである。

2. 試験概要

(1) コンクリートの配合

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。

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 (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

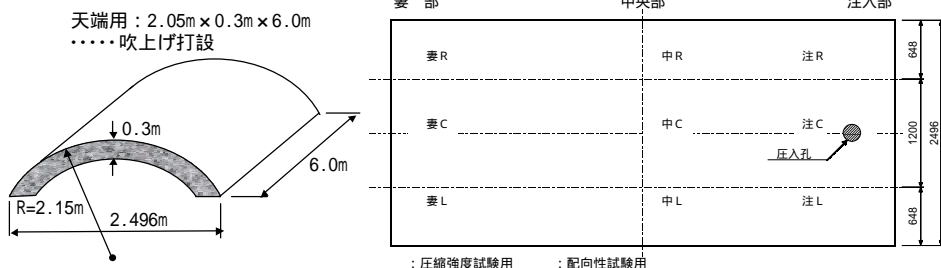
セメント(C) : 高炉セメントB種, 密度 3.02g/cm³, 比表面積 3940g/cm³
 石灰石微粉末(L) : 密度 2.72g/cm³, 比表面積 4000g/cm³
 細骨材(S) : 土佐町地蔵時字滝砂と中土佐町加江崎沖海砂の混合
 表乾密度 2.79g/cm³, 吸水率 1.17%
 粗骨材(G) : 土佐町地蔵時字滝砂石 2005, 表乾密度 3.01g/cm³, 吸水率 0.34%
 混和剤(SP) : ポリカルボン酸系高性能A E減水剤
 鋼繊維(SF) : 0.7×50mm: 0.6×25mm=50:50 (質量比)

(2) 模擬型枠形状及びコア供試体採取箇所

図-1に覆工コンクリート天端模擬型枠の形状及び各試験用コア供試体採取位置を示す。型枠内にはアーチ周方向にD16@300mm, トンネル延長方向にD19@200mmで配筋し、コンクリート打設は吹上げ方式で行った。

(3) 試験項目及び試験方法

表-3にコア供試体による試験項目及び試験方法を示す。圧縮強度試験は材齢28日で行った。また、鋼繊維の混入率及び配向性は馬場らの報告²⁾を参考に行った。



(a) 模擬型枠の形状 (b) コア供試体採取位置

図-1 模擬型枠の形状及びコア供試体採取位置

3. 試験結果

3.1 品質管理試験

表-4にコンクリート品質管理試験結果を示す。材齢28日における圧縮強度は56.1N/mm²と設計基準強度18N/mm²を

表-3 コア供試体による試験項目及び試験方法

試験項目	試験方法	供試体寸法	試験数量		
			注入部	中央部	妻部
圧縮強度	JIS A 1107	10×20cm	2	2	2
鋼繊維	配向性	X線透過法による	6	6	6
	混入率	配向性確認試料で実施	6	6	6

キーワード：鋼繊維補強, 高流動コンクリート, トンネル覆工, 曲げ靱性, 配向性

〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 (株)熊谷組技術研究所 TEL 0298-47-7501 FAX 0298-47-7480

十分上回る結果であった。また、図 - 2 に曲げ靱性試験結果を示すが、高流動鋼

表 - 4 コンクリート品質試験結果

	スラブ 70- (mm)	500mm 70- 到達時間 (sec)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
Λ-ス	700×680	6.0	3.0	56.1
鋼繊維混入後	580×570	8.0	3.4	

3.2 模擬体各部位の物性

(1)コンクリート打設状況

コンクリートは模擬型枠内を流動し、パイプレーター等で締め固めを行わなくとも密実に充填した。

(2)圧縮強度

図 - 3 に部位ごとのコア圧縮強度を示す。各部位の圧縮強度は設計基準強度 18N/mm² を十分上回る 38.8~50.1N/mm² となり、全平均で 43.0N/mm² であった。

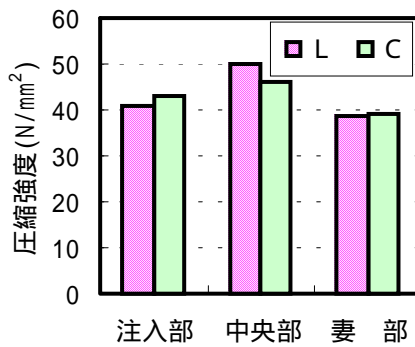


図 - 3 部位ごとの圧縮強度

(3)鋼繊維混入量

図 - 4 に部位ごとの鋼繊維混入率を示す。鋼繊維の実測混入率は全平均で 0.51% と、仕様混入率 0.5% を満足する結果となった。また、部位ごとの平均繊維混入率は注入部で 0.57%、中央部で 0.51%、妻部で 0.45% と注入部から妻部にコンクリートが流動するに従い、低くなる傾向となった。

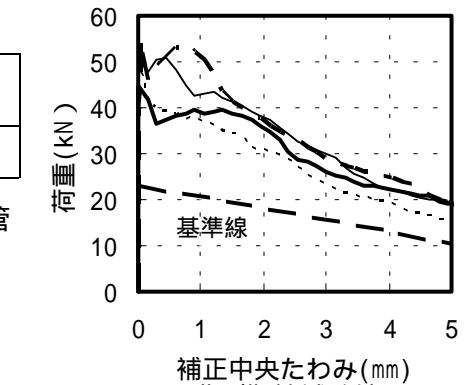


図 - 2 補正中央たわみ(mm) 曲げ靱性試験結果

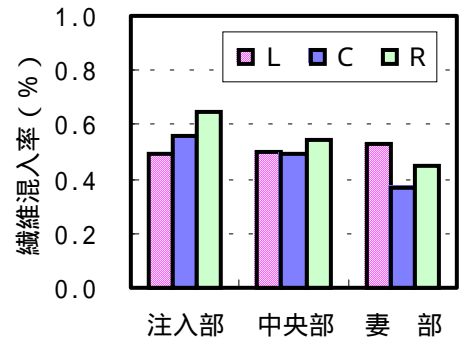
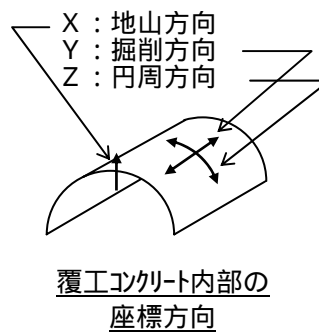


図 - 4 部位ごとの鋼繊維混入率

(4)鋼繊維配向性

図 - 5 に部位ごとの鋼繊維配向性を示す。中央部は注入部及び妻部に比較して、掘削方向の配向係数が高く、これはコンクリート流動時に鋼繊維が流動方向に配列したためと考えられる。各部位の平均配向係数は 0.57 程度となり、鋼繊維がある程度均一に部材内に配列していると考えられる。



覆工コンクリート内部の座標方向

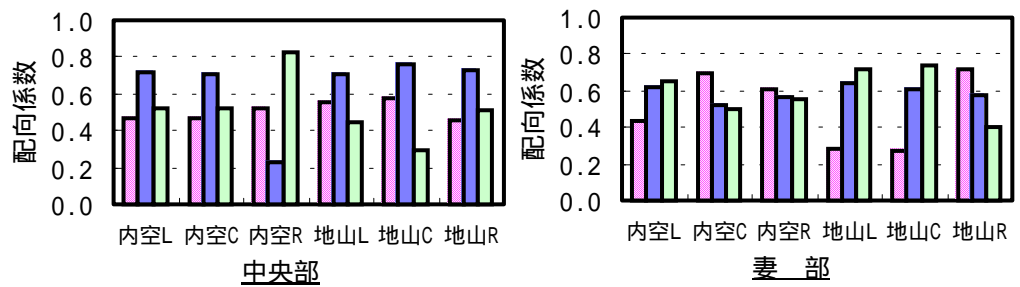


図 - 5 部位ごとの鋼繊維配向性

4. まとめ

- (1)高流動鋼繊維補強コンクリートは、平均圧縮強度が 43.0N/mm² と設計基準強度 18N/mm² を十分上回り、鋼繊維の実測混入率及び配向係数から部材内に均一に鋼繊維が配列していることが確認された。
- (2)高流動鋼繊維補強コンクリートは、締め固めを行わなくともトンネル覆工コンクリート型枠内で密実な充填が可能となり、トンネル坑口部の補強鉄筋区間の施工に対して改善効果があると考えられる。

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)馬場弘二，伊東哲男，城間博通，鋼繊維補強覆工コンクリートにおける繊維の配向・分散特性と有効に関する研究，日本道路公団試験研究所報告，vol.38，pp60～69，2000