

場所打ちライニング工法に用いる鋼繊維補強コンクリート

清水建設土木本部 正会員 渡辺真帆 川口博行 阿曾利光
清水建設技術研究所 正会員 長澤保紀 栗田守朗

1. はじめに

場所打ちライニング工法(以下、ECL 工法)は、セグメントの代わりにシールド掘削機のテール部でフレッシュコンクリートを加圧充てんして覆工体を構築するシールド工法である。ECL 工法の実績のうち、覆工コンクリートに鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を用いたものはわが国では 1 件のみであり、セグメント工法に比較して各種データ等が少ないのが現状である。そこで著者らは、大断面トンネルを対象として SFRC 覆工体の耐力および変形性能を検討する目的で、別に報告する軸圧縮曲げ載荷実験を行った。

本文は、軸圧縮曲げ載荷実験の試験体製作に用いた SFRC の基礎的な性状について報告するものである。

2. SFRC に求められる性能

ECL 工法に用いる SFRC には、その施工上の諸条件から次のような性能が要求される。

- 1) ポンプ圧送性に優れた流動性および材料分離抵抗性があること。
- 2) シールド掘進・内型枠組立の一連のサイクルの間に、SFRC がポンプ配管内に静置されても再圧送可能な流動性の経時保持性があること。
- 3) 覆工部はもちろん地山の空隙などにバイブレータを用いなくて容易に充填される自己充填性があること。
- 4) 内型枠の脱型が早期に可能となる強度発現性があること。
- 5) 通年施工となるため、季節の温度変化に対して所定の性能(流動性、材料分離抵抗性、強度など)を満足すること。

このような要求性能を満足するため高流動コンクリートの概念を導入し、鋼繊維を混入した高流動コンクリート(以下、高流動 SFRC)が開発され、実施工に適用されている¹⁾。

3. 高流動 SFRC の材料・配合

本実験で用いた高流動 SFRC の材料および配合を表-1 および表-2 に示す。配合は、実施工に供した配合²⁾を参考にして設計し、鋼繊維の混入率(V_f)は 1.0%(容積比)とした。高流動 SFRC の配合上の特徴としては、材料分離抵抗性を高めるために増粘剤を使用し、さらに、鋼繊維と粗骨材との機械的な絡み合いを防止するために細骨材率を大きくしている。

高流動 SFRC のフレッシュ時の品質は次のように設定した。なお、高流動 SFRC は覆工コンクリートであり凍結融解作用を受けることがないため、空気量を小さく設定した。

- ・スランプフロー：62.5±7.5 cm
- ・空気量：3±1.5 %

4. 高流動 SFRC の製造・供試体の作製

高流動SFRCの製造は、市中のレディーミクス

ストコンクリート工場で、容量 3 m³の強制二

表-1 使用材料

セメント(C)	早強ポルトランドセメント 密度3.14g/cm ³ 、比表面積4460cm ² /g
フライアッシュ(F)	フライアッシュII種 密度2.13g/cm ³ 、比表面積3520cm ² /g
細骨材(S)	市原市産山砂(60%)と鳥形山産砕砂(40%)との混合砂 表乾密度2.61g/cm ³ 、吸水率1.95%、粗粒率2.62
粗骨材(G)	上磯町産義朗石灰砕石、最大寸法(MS)20mm 表乾密度2.70g/cm ³ 、吸水率0.54%、粗粒率6.54、実積率62.0%
混和剤	高性能AE減水剤(SP)：ポリカルボキレート系 増粘剤(VA)：水溶性シリコンを主成分
鋼繊維(SF)	両端フック付結束型、直径0.6mm×長さ30mm

表-2 配合

V_f (%)	MS (mm)	W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
					W	C	F	S	G	SF	SP	VA
1.0	20	38	20	65	190	400	100	1032	573	78.5	10	1.05

キーワード：ECL 工法，鋼繊維補強コンクリート，高流動コンクリート

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 TEL:03-5441-0518 FAX:03-5441-0508

軸練りミキサを用いて行った．練混ぜは図-1の方法で行った．練混ぜ直後のフレッシュコンクリートに関する試験はトラックアジテータからサンプリングした試料を用いて行い，同時に，圧縮強度，曲げ強度などの硬化コンクリート試験用供試体を作製した．

5. 高流動 SFRC の諸性状

(1) フレッシュ性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表-3 に示す．コンクリート温度が高かったが，スランプフローは約 60 cm であり，所定の品質を満足していた．これは実施工に供したコンクリートの品質とほぼ同等であると考えられる．目視観察の結果ではあるが，鋼繊維は沈降したり，あるいは部分的に集まっている様子は見られず，コンクリート中に均一に分散していることが確認された．スランプフローの状況を写真-1 に示す．

(2) 硬化性状

高流動 SFRC の硬化性状を把握するために，圧縮強度試験，静弾性係数試験，曲げ強度試験等を所定の材齢で実施した．試験結果を表-3 に示す．圧縮強度，ヤング係数とも材齢とともに増加し，材齢 28 日ではそれぞれ 64N/mm^2 ， 33kN/mm^2 程度得られた．また，曲げ強度は材齢 28 日で 8N/mm^2 程度得られており，圧縮強度の $1/8$ 程度であった．なお，せん断強度試験は材齢 28 日でのみ実施したが， 9N/mm^2 程度と曲げ強度より若干大きな値であった．

6. 鋼繊維の有無による影響確認

鋼繊維の有無による影響を比較するため，同配合で鋼繊維を混入しないコンクリートを用いて，各種性状試験を行った．材齢 28 日の圧縮強度は， $V_f=1.0\%$ が 73.8N/mm^2 ， $V_f=0\%$ が 71.0N/mm^2 と鋼繊維混入の影響はほとんどないと考えられる．一方，曲げ強度については， $V_f=1.0\%$ が 7.96N/mm^2 ， $V_f=0\%$ が 4.90N/mm^2 と鋼繊維を 1% 混入したものは，混入しないものに比べて約 1.6 倍であった．図-2 に曲げタフネス試験結果を示す．ただし，縦軸は曲げ引張応力度 ($=3P/h^2$: P は荷重， h は供試体高さ)，横軸は単位スパン当りの中央変位 ($=\delta/L$: δ は中央変位， L は供試体スパン長) である．以上の試験結果から，鋼繊維を混入することにより，曲げ強度および曲げじん性が大幅に向上することが確認できた．

7. おわりに

本実験により，高流動 SFRC の基礎的なデータを得ることができた．今後は耐火性状，鋼繊維の配向性なども含めた各種性状を検討する予定である．

【参考文献】1) 原田俊作，浜江都男：ECL 工法入門（施工実績），トンネルと地下，1996.12

2) 田中博一，川端 誠，金子泰治，栗田守朗：鋼繊維を混入した高流動コンクリートの ECL 工法への適用，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，1998

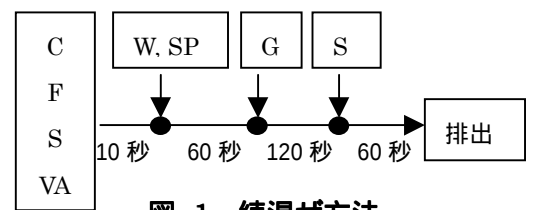


図-1 練混ぜ方法



写真-1 スランプフロー試験状況

表-3 試験結果

スランプ 70- (cm)		59.5
50cm70-到達時間 (秒)		7.0
空気量 (%)		2.1
コンクリート温度 ()		30
		標準養生
圧縮強度 (N/mm ²)	材齢36 h	34.2
	材齢 7日	51.4
	材齢28日	64.1
ヤング 係数 (kN/mm ²)	材齢36 h	22.8
	材齢 7日	28.3
	材齢28日	32.9
曲げ強度 (N/mm ²)	材齢36 h	6.28
	材齢 7日	8.63
	材齢28日	8.11

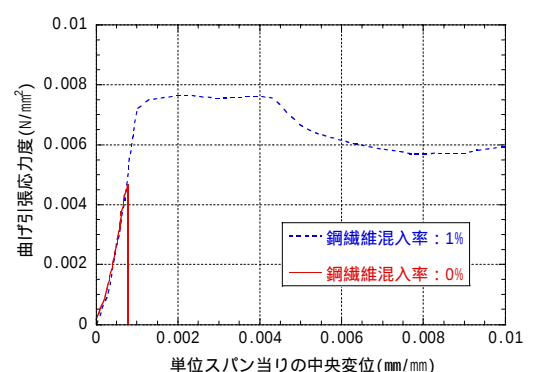


図-2 曲げタフネス試験結果