

鋼繊維補強高流動コンクリートの強度特性とRCセグメントへの適用性

(株)大林組 正会員 ○浦野 知子
 首都高速道路公団 正会員 角田 浩
 首都高速道路公団 正会員 小西 由人
 大林・大豊・東急JV 正会員 高橋 寛
 石川島建材工業(株) 正会員 若林 正憲

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリートは、従来のコンクリートに比べ、引張・せん断等の強度およびじん性が高く、また、ひび割れの分散に伴い耐久性が向上することが判っている¹⁾。そこで、これらの特徴を活かし、鋼繊維補強コンクリートを二次覆工省略型シールドトンネルのRCセグメントに用いた場合、耐久性の向上、およびコンクリート片のはく落防止等の安全性の向上が図れるだけでなく、鉄筋量の低減によるセグメント製作の省力化およびコスト縮減が期待できる。さらに、コンクリートを自己充てん可能な高流動コンクリートとすることで、コンクリート打設時の省力化が図れ、型枠の剛性が低減できるとともに、セグメントの現地製作が可能となることから、製作コストの低減が期待できる。

そこで、鋼繊維補強高流動コンクリートのRCセグメントへの適用に向け、強度試験により鋼繊維補強高流動コンクリートの強度特性を把握し、施工性および経済性を考慮した配合選定を行った。本稿では、その結果について述べる。

2. 配合選定

本検討で用いたコンクリートの使用材料および試験配合を、表-1および表-2に示す。鋼繊維種類およびアスペクト比は、施工性を考慮し選定した。試験配合は、経済性を考慮した場合に施工可能である範囲で鋼繊維の混入量を変化させた3種類に

加え、比較用として、従来のRCセグメントに使用しているスランプタイプコンクリートの計4種類とした。

本検討で実施したコンクリートの強度試験項目を表-3に示す。

強度試験に用いた供試体は、従来のRCセグメント製作時と同様の蒸気養生（打設後2時間経過した後に、最高温度40℃で3時間蒸気養生）を行い、除冷した後21時間で脱型し、その後は、試験日（材齢28日）まで20±3.0℃の恒温恒湿室で封緘養生とした。

強度試験結果を表-4に示す。

圧縮強度試験での荷重－ひずみ曲線（圧縮タフネス）を図-1に、曲げ強度試験での荷重－たわみ曲線（曲げタフネス）を図-2

表-1 使用材料

使用材料	記号	種類
セメント	C	普通ポルトランド 密度：3.16 g/cm ³
高炉スラグ微粉末	F	密度：2.90 g/cm ³
細骨材	S	陸砂 表乾密度：2.62 g/cm ³
粗骨材	G	碎石(2005) 表乾密度：2.65 g/cm ³
AE減水剤	AE	アミン系
高性能AE減水剤	SP	ポリカルボキシル酸系
鋼繊維	SF	両端フック付結束型 (l=30mm, φ=0.6mm)

表-2 コンクリート試験配合

コンクリート タイプ	配合 No.	粗骨材 最大径 (mm)	スランプ (フロー) (cm)	空気 量 (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和 剤	鋼繊維混入量	
							W	C	F	S	G		容積比 (%)	単位量 (kg/m ³)
鋼繊維 高流動	0.6 SC	20	67.5 ±5.0	3.0 ±1.5	29.0	62.9	180	310	310	964	575	SP	0.6	47
	0.8 SC						180	310	310	1037	501		0.8	63
	1.0 SC						180	310	310	1111	427		1.0	79
従来		20	3.0 ±1.5	2.0 ±1.0	29.0	41.0	125	215	215	765	1116	AE	—	—

表-3 試験項目

試験項目	規格
圧縮強度	JSCE-G 551
圧縮タフネス	
引張強度	JIS A 1113
曲げ強度	JSCE-G 552
曲げタフネス	
せん断強度	JSCE-G 553
破壊エネルギー試験	破壊エネルギー試験(案)

キーワード RCセグメント、鋼繊維、耐久性、コスト縮減、RCセグメント現地製作、じん性

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土木材料研究室 TEL：0424-95-0934

に示す。また、破壊エネルギー試験結果より算出した引張軟化曲線を図-3に示す。

本試験結果では、従来の鋼繊維無混入の場合に比べ、鋼繊維を混入した場合、引張・せん断強度が大きくなり、圧縮タフネスおよび曲げタフネスが向上する結果を示した。圧縮タフネスについては、混入量の違いによる有意な差は認められなかった。

曲げタフネスについては、鋼繊維の混入量を0.6%とした場合に比べ、0.8・1.0%とした場合の方が大きくなる結果を示したが、0.8%と1.0%とでは、ほぼ同等の結果となった。

表-4 試験結果一覧

試験項目	試験結果（平均値） (N/mm ²)			
	0.6_SC	0.8_SC	1.0_SC	従来
圧縮強度	67.9	66.0	69.1	69.2
圧縮タフネス	50.6	46.4	50.6	41.0
引張強度	4.15	4.30	4.84	4.08
曲げ強度	8.09	8.12	7.88	8.35
曲げタフネス	4.94	6.38	5.81	—
せん断強度	11.9	13.5	12.7	8.88
引張伝達応力*	1.68	3.19	3.54	—

*開口変位：0.2mmの時

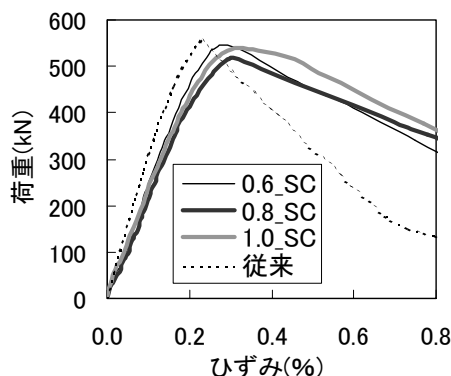


図-1 荷重-ひずみ曲線
(圧縮タフネス)

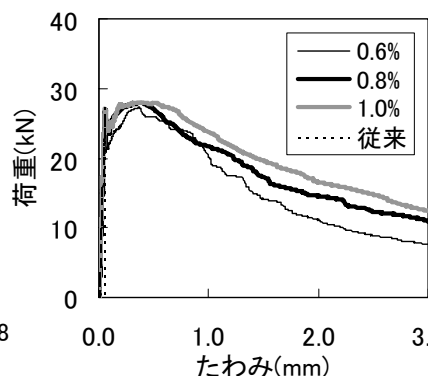


図-2 荷重-たわみ曲線
(曲げタフネス)

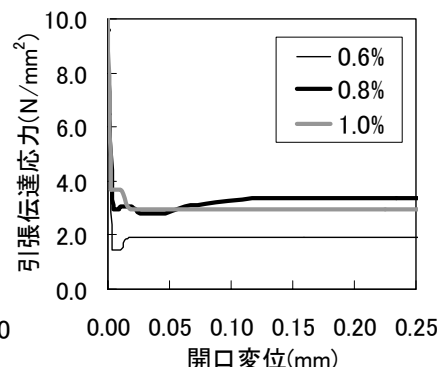


図-3 引張軟化曲線

引張軟化曲線についても、曲げタフネスと同様に、鋼繊維の混入量を0.6%から0.8%に増加させると、同一開口変位における引張伝達応力は大きくなる傾向を示したが、0.8%と1.0%については、ほぼ同程度の値を示した。

この結果から、鋼繊維の混入量と対費用効果の関係には、変曲点が存在すると考えられ、本試験結果では、使用効果を効率的に発揮できる鋼繊維の混入量は、0.8%であると考えられる。よって、経済性・施工性を考慮し、表-2の配合No. 0.8_SCを選定配合とした。

3. 鋼繊維の分散状況の確認

上記の鋼繊維補強高流動コンクリートの強度特性を活かすためには、鋼繊維を良好に分散する必要がある。そこで、前述の選定配合を用いて実大セグメントを製作し、その切断片のX線写真により、鋼繊維の分散状況の確認を行った。

実大セグメントは、図-4に示すように、蓋型枠を設置した型枠の中央部より、コンクリートの打設を行った。

図-4に示すセグメント切断片のX線写真を写真-1に示す。

X線写真により、鋼繊維が鉄筋周りや隅角部を含めた全断面にわたり分布していることが確認できた。また、ファイバーボールも発生していないことから、鋼繊維は良好に分散していることが確認できた。他の部分の切断片についても同様に、鋼繊維の良好な分散性状が確認された。

参考文献

- 1) 例えば、コンクリートライブラリー50 鋼繊維補強鉄筋コンクリート設計施工指針(案) 土木学会

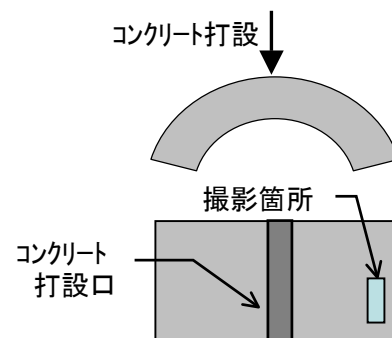


図-4 コンクリート打設方法

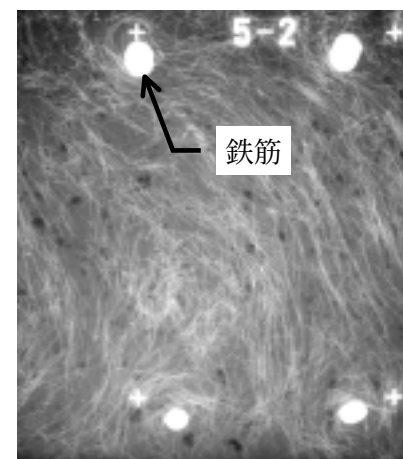


写真-1 鋼繊維分散状