

繊維補強コンクリートの強度特性に関する基礎実験

飛島建設 技術研究所 正会員 ○熊谷幸樹 正会員 小林 薫
正会員 松元和伸 正会員 筒井雅行

1. はじめに

トンネル覆工体などを繊維補強コンクリートによって補強する場合、一体化する既設部材を考慮した繊維補強コンクリートの強度特性を評価して設計を行う必要がある。全断面が繊維補強されているコンクリート部材の設計法¹⁾は整備されているが、吹付けや打込みコンクリートによって繊維補強されたコンクリート部材の設計法は確立されていない。本文では、断面の一部が繊維補強されたコンクリート部材の設計法を確立することを目的として実施した、各種強度特性試験の結果について考察を加えた。

2. 実験概要

(1) コンクリートの配合

表 - 1 に、コンクリートの配合を示す。繊維は長さ 30mm、 $\phi 0.6\text{mm}$ の両端フック付結束型の鋼繊維を用いた。繊維混入率は 0.0～1.5% の範囲で 4 段階に設定した。粗骨材は吹付けによる補強を想定して最大寸法 15mm の骨材を用いた。

(2) 強度試験と供試体の作成方法

表 - 2 に、強度試験の項目と試験概要を示す。曲げタフネス試験とせん断強度試験の供試体(寸法:150×150×530)は、図 - 1 に示すように下縁側から厚さ t まで繊維補強コンクリートを打設後、直ちに配合 SF0.0 のコンクリートを打設して作成した。なお、強度試験において支点や載荷面となる表面部分は、早強モルタルにより平滑に仕上げた。

(3) 実験ケース

曲げタフネス試験とせん断強度試験は、配合と補強厚さを組合せて表 - 3 に示す全 10 ケース実施した。曲げタフネス試験は、トンネル覆工体などが地山の大変形に追従できる支保機能を保持しているかを評価するため、ひび割れ幅が限界ひび割れ幅 $W (= 10\text{mm})$ ¹⁾ 以上になるまで行った。また、圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比の測定試験は、各配合で 1 回実施した。

3. 実験結果と考察

(1) 圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比

表 - 4 に、圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比の試験結果を示す。配合 SF1.5 の圧縮強度は他の 3 配合よりも 9% 程度小さい値となった。これは、配合 SF1.5 の細骨材率が 70% と他の 3 配合に比べて大きいことが起因したと考えられる。

表 - 1 コンクリートの配合表

配合名	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	鋼繊維混入率 (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤添加率 C × (%)	
				セメント	水	細骨材	粗骨材	鋼繊維	高性能減水剤	消泡剤
SF0.0	44.4	58.2	0.0	450	200	972	712	0	0.8	0.010
SF0.5		61.0	0.5	450	200	1011	659	40	1.0	0.025
SF1.0		63.8	1.0	462	205	1034	598	80	1.2	0.030
SF1.5		70.0	1.5	518	230	1047	457	120	1.1	0.070

表 - 2 強度試験項目と試験概要

試験項目	試験概要
圧縮強度試験	JIS A 1108に準拠 ①材齢:56日 ②養生方法:標準水中養生 ③供試体数:3供試体 ④供試体寸法:円柱供試体 $\phi 100 \times 200$
ヤング係数とポアソン比測定	JSCE-G 502に準拠。測定は、圧縮強度試験と同時に行った。
曲げ強度、曲げタフネス試験	JSCE-G 552に準拠 ①材齢:56日 ②養生方法:標準水中養生 ③供試体数:4供試体 ④供試体寸法:150×150×530
せん断強度試験	JSCE-G 553に準拠 ①材齢:56日 ②養生方法:標準水中養生 ③供試体数:3供試体 ④供試体寸法:150×150×530

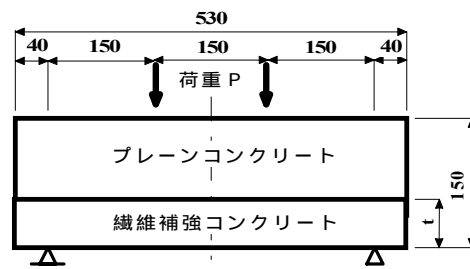


図 - 1 供試体と曲げタフネス試験

表 - 3 実験ケース

実験ケース	鋼繊維混入率 (%)	補強厚さ: t (cm)	配合名	
			上縁側	下縁側
①-1	0.0	0	SF0.0	
②-1	0.5	5	SF0.0	SF0.5
②-2		10	SF0.0	SF0.5
②-3		15	SF0.5	
③-1	1.0	5	SF0.0	SF1.0
③-2		10	SF0.0	SF1.0
③-3		15	SF1.0	
④-1	1.5	5	SF0.0	SF1.5
④-2		10	SF0.0	SF1.5
④-3		15	SF1.5	

キーワード：繊維補強コンクリート、曲げ強度、曲げタフネス、せん断強度、トンネル覆工

連絡先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472 TEL：04-7198-7572 FAX：04-7198-7586

（２）曲げ強度および曲げタフネスについて

図 - 2 および図 - 3 に、それぞれ補強厚さと曲げ強度および補強厚さと曲げタフネスの関係を示す。

図 - 2 より、補強厚さが同じ場合には曲げ強度は繊維混入率が高いほど大きくなり、繊維混入率が同じ場合には全断面を補強するケースではなく、断面の 2/3 を補強するケースの曲げ強度が最大となることがわかる。図 - 3 より、曲げじん性係数は、補強厚さ 10cm、配合 SF1.5 のケース - 2 を除くと、曲げ強度と同じ傾向を示した。ケース - 2 の曲げじん性係数がケース - 2 より小さいのは、配合 SF1.5 の圧縮強度が配合 SF1.0 よりも小さいことなどが起因したと推察される。これらのことから、部材を曲げ補強する場合、断面の 2/3 を繊維補強することが効果的であると考えられる。

図 - 4 に、補強厚さ 5cm のケースについて破断面を横断する繊維本数と曲げ強度特性の関係を示す。補強厚さ 5cm では、破断面を横断する繊維本数と曲げ強度特性には正の相関があり、繊維混入率に比例して曲げ強度特性が大きくなることがわかる。

（３）せん断強度について

図 - 5 に、補強厚さとせん断強度の関係を示す。図 - 5 より、繊維混入率が同じ場合にはせん断強度は補強厚さが厚いほど大きくなり、補強厚さが同じ場合には繊維混入率が高いほど大きくなることがわかる。このことから、今回の試験条件においては繊維補強によりせん断補強する場合、全断面で繊維混入率を高くすることが効果的であると考えられる。

（４）限界ひび割れ幅 W に対する試験結果について

全ケースにおいて、限界ひび割れ幅 $W = 10\text{mm}$ 以上になるまで曲げタフネス試験を行った結果、補強厚さ 5cm の場合にはすべてのケースで破断に至り、それ以外のケースでは破断しないことを確認した。以上のことから、地山の大変形などに伴う曲げ補強に対しては、断面の 1/3 のみを繊維補強した部材では支保機能を損なう可能性があり、断面の 2/3 を繊維補強することが曲げ強度特性を考慮すると有効であると考えられる。

表 - 4 圧縮強度他の試験結果

配合名	圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)	ポアソン比
SF0.0	57.5	35.5	0.212
SF0.5	55.9	35.8	0.214
SF1.0	55.5	35.2	0.207
SF1.5	52.1	33.3	0.204

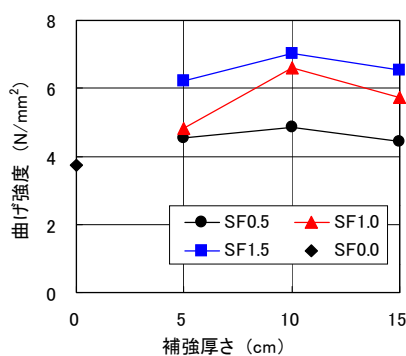


図 - 2 補強厚さと曲げ強度

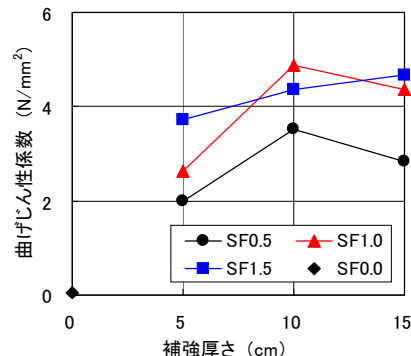


図 - 3 補強厚さと曲げタフネス

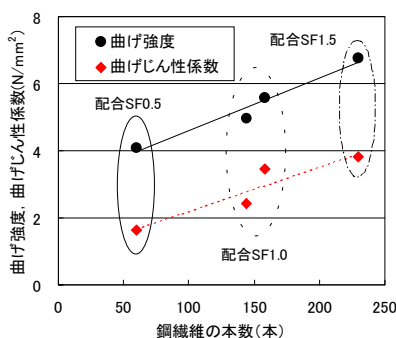


図 - 4 繊維本数と曲げ強度特性

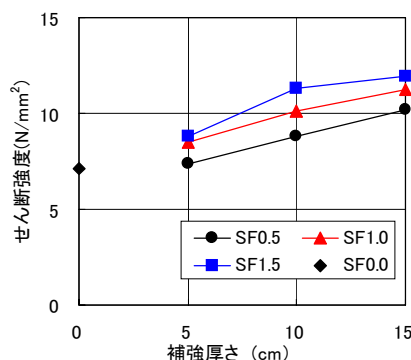


図 - 5 補強厚さとせん断強度

4. おわりに

本文では、断面の一部が繊維補強された部材を設計するための基礎データを得るために実施した強度試験結果について考察を加えた。今回の試験条件においては、断面の 2/3 を繊維補強することが曲げ強度特性と大変形に対する機能保持の観点から効果的な補強であることなどがわかった。今後は、今回得られた強度特性を踏まえて、断面の一部が繊維補強されたコンクリートの設計強度などについて検討を進めていきたい。

【謝 辞】本実験の実施に際しては、飛鳥建設技術研究所の野口和幸氏および関係各位の方々に多大な協力を得ました。紙面を借りて改めて感謝致します。【参考文献】1) 鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル（トンネル編），鋼材倶楽部 SFRC 構造設計施工研究会編，1995。