

繊維径および繊維長が UFC のフレッシュ性状および硬化性状に与える影響

宇部興産（株） 正会員 ○玉滝 浩司

宇部興産（株） 正会員 吉田浩一郎

宇部興産（株） 藤野 由隆

宇部興産（株） 正会員 桐山 宏和

1. まえがき

超高強度繊維補強コンクリート（UFC：Ultra High Strength Reinforced Concrete）は、高強度モルタルと高張力の鋼繊維で構成されている。UFC の圧縮強度や耐久性は使用する高強度モルタルの性能に影響を受け、じん性や引張強度は使用する鋼繊維の影響を受ける。本検討では、同一の高強度モルタルに対して繊維径および繊維長の異なる鋼繊維を添加した場合のフレッシュ性状や硬化性状を確認した。

2. 実験概要

2.1 使用材料，配合および練混ぜ方法

使用材料を表-1 に示す。結合材はポゾラン材を含むプレミックス材とし、細骨材は粒径 5mm 以下の砕砂とした。減水剤にはポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した。補強用繊維には、直径と長さが異なる 8 種類の鋼繊維を使用した。鋼繊維の引張強度はいずれも 2000N/mm² 以上である。

UFC の配合を表-2 に示す。いずれの水準も鋼繊維を除くマトリックス部分の配合は同一とした。鋼繊維の添加率は 2.0vol%を基本としたが、φ0.16×13mm の繊維では添加率が異なる水準も実施した（No.2, 3）。また、添加率を 2.0vol%とし、径と長さの異なる 2 種類の繊維を混合使用した場合の性状も確認した（No.11～13）。なお、異種の繊維を使用する場合の混合割合は 1:1 とし、混合使用した時のアスペクト比は個別のアスペクト比と混合率から算出した暫定値とした。

練混ぜには容量 55L の二軸強制練りミキサを使用し、1 バッチ当たりの練混ぜ量を 30L とした。プレミックスと細骨材を投入して 30 秒間練り混ぜ、高性能減水材を含む水を投入した後、15 分間練り混ぜた。その後所定量の鋼繊維を投入してさらに 2 分間練り混ぜた後排出した。

2.2 試験内容，供試体成形および養生方法

フレッシュ性状については、スランプフローと空気量を測定し、スランプフロー試験時に目視で鋼繊維の分散を確認した。硬化性状については、圧縮強度と曲げ強度を測定した。供試体成形後、翌日脱枠し、試験まで 20℃の水中で養生した。試験材齢はいずれも 28 日とした。

3. 試験結果

3.1 フレッシュ性状

スランプフローおよび空気量の測定結果を図-1 に示す。スランプフローは混和剤の添加率によって 700mm 程度に調整した。しかし、繊維添加率の多い水準ではスランプフローが小さい場合やフローしない場合もあった（No.2, No.3）。また、アスペクト比が大きい水準では（No.5）、フローが若干小さくなる傾向や、スランプフロー試験後に繊維が絡んでファイバーボールができている箇所が認められた。これは、既往の研究で示されているように^{1), 2)}、繊維のアスペクト比の増加による表面積の増加に伴って、拘束するモルタルが増えたことや、流動の際、繊維同士の間で干渉が大きくなったことが一因と考えられる。さらにアスペクト比が大きい繊維を用いた場合に認められたファイバーボール中には細骨材も多く認められたことから、鋼繊維の分散性にはベースモルタル中の細骨材量や粒度

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート，鋼繊維，アスペクト比

連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲 4-11-3 宇部興産(株) 技術開発研究所 TEL 03-5547-5356

表-1 使用材料

材料	備考	記号
プレミックス	ポゾラン材を含む	B
細骨材	粒径 5mm 以下	S
高性能減水剤	ポリカルボン酸系	SP
鋼繊維	繊維径および繊維長 ・φ0.16×13mm(81.3)* ・φ0.20×13mm(65.0) ・φ0.20×20mm(100) ・φ0.22×13mm(59.1) ・φ0.22×16mm(72.7) ・φ0.22×17mm(77.3) ・φ0.22×20mm(90.9) ・φ0.25×20mm(80.0)	SF

*カッコ内の数値はアスペクト比を示す

表-2 UFC の配合

水準 No.	単位量 (kg/m ³)				SF	
	W	B	S	SP	種類	vol%
1	230	1830	330	21		2.0
2					φ0.16×13mm	3.0
3						4.0
4					φ0.20×13mm	2.0
5					φ0.20×20mm	
6					φ0.22×13mm	
7					φ0.22×16mm	
8					φ0.22×17mm	
9					φ0.22×20mm	
10					φ0.25×20mm	
11					φ0.22×13mm φ0.22×20mm	
12					φ0.16×13mm φ0.22×16mm	
13					φ0.16×13mm φ0.22×20mm	

注) 水の単位量は減水剤の水分を含む。

も影響していると考えられた。なお、空気量はいずれの水準も2%程度であった。

3.2 硬化性状

(1) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-2に示す。いずれの水準も圧縮強度は195~205N/mm²程度であった。実験の範囲内では、繊維添加率や繊維の径および長さが圧縮強度に与える影響は明確ではなかった。

(2) 曲げ強度

曲げ強度試験結果を図-3に示す。鋼繊維添加率が4vol%の場合、流動性が低く、型枠端部からの流込みによって供試体を成形することが困難であった。繊維径と曲げ強度との関係を図-4に示す。繊維径が13, 20mmとも、曲げ強度は繊維径が大きくなると小さくなる傾向が認められた。また、繊維長と曲げ強度との関係を図-5に示す。繊維径が0.20, 0.22mmともに、曲げ強度は繊維長が大きいくほど、大きくなる傾向が認められた。

アスペクト比と曲げ強度との関係を図-6に示す。曲げ強度はアスペクト比が大きいくほど大きくなる傾向が認められた。径と長さの異なる鋼繊維を組み合わせた場合も、ばらつきはあるが同様の傾向が認められた。本UFCの性能上必要な曲げ強度は、ばらつきを考慮すると図に示す赤線が下限値(33N/mm²)となる。また、上述のように鋼繊維の添加率を2.0vol%とすると、フレッシュ性状(繊維の分散性)を満足するアスペクト比は、90以下が好ましい。以上のことから、本検討の範囲内では、アスペクト比が70~90の鋼繊維を2.0vol%使用することで、所定の性能を満足するUFCが得られることがわかった。

4. まとめ

- (1) 鋼繊維の添加率とアスペクト比が大きくなるほど分散性は悪くなるものの、曲げ強度は大きくなる。
- (2) 検討の範囲内では、アスペクト比が80前後の鋼繊維を2.0vol%程度使用することで、フレッシュ性状および硬化性状の優れたUFCを製造することが可能である。

【参考文献】

- 1) 石関嘉一, 平田隆祥, 片野啓三郎, 竹田宣典: 鋼繊維の種類が高強度高じん性セメント複合材料の引張特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.215-220, 2010
- 2) 松原功明, 大野俊夫, 坂井五郎, 山田真人: 超高強度繊維補強コンクリートの諸特性に及ぼす鋼繊維の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1253-1258, 2006

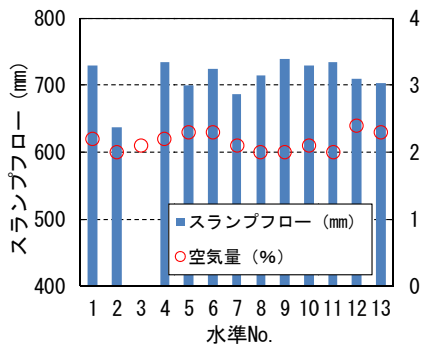


図-1 フローおよび空気量

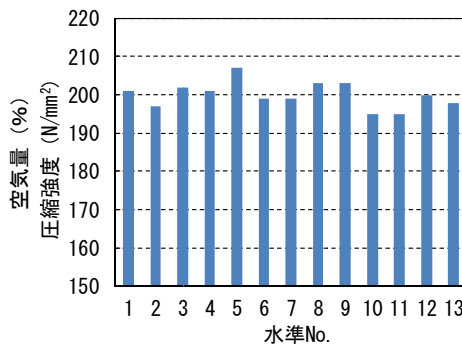


図-2 圧縮強度

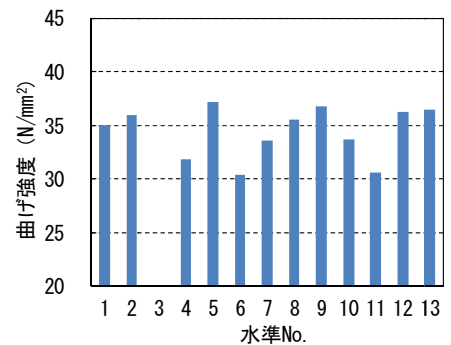


図-3 曲げ強度

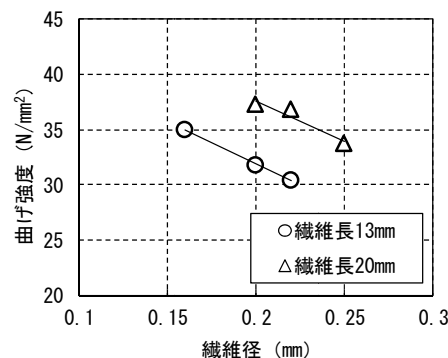


図-4 繊維径と曲げ強度の関

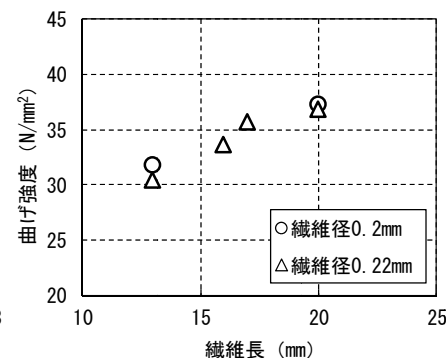


図-5 繊維長と曲げ強度の関係

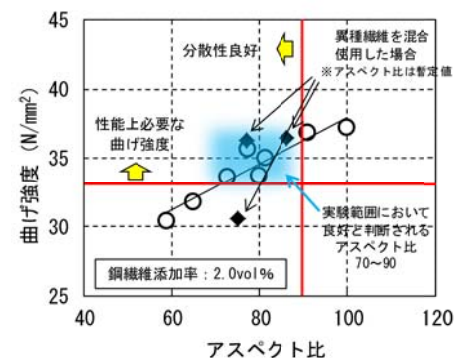


図-6 アスペクト比と曲げ強度の関係