

長さの異なる鋼繊維を混入したコンクリートのコンシステンシー

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○友村 圭祐

呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至

呉工業高等専門学校 正会員 市坪 誠

呉工業高等専門学校 正会員 竹村 和夫

1. まえがき

30mm 程度の短鋼繊維を混入した鋼繊維補強コンクリートには、ひび割れの伝播や拡大を抑制する効果があると言われている。しかし、繊維混入率の増加に伴い補強効果は増加するが、同時に繊維が絡まりやすくなり施工性が低下するという問題点がある。そこで短鋼繊維の一部を長さ 15mm 以下の微小鋼繊維で置換することで施工性を向上できるのではないかと考えた。本研究では長さの異なる鋼繊維を混入したハイブリッド鋼繊維補強コンクリートのコンシステンシーについて検討することを目的とした。また、低い混入率では微小鋼繊維の繊維長が短いためひび割れ拘束効果は小さいので、力学特性についても検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

表-1 に使用した繊維の特性を示す。SF6 は長さ 6 mm、SF13 は長さ 13 mm の微小繊維、SF30 は長さ 30 mm の短鋼繊維のことである。また、配合表を表-2 に示す。SC13、SC30 はそれぞれ 1% ずつ SF13、SF30 を混入した鋼繊維補強コンクリートを表す。HC0630、HC1330 は SF6 と SF30、SF13 と SF30 をそれぞれ 0.5% ずつ混入したハイブリッド鋼繊維補強コンクリートを表す。なお、SP はポリカルボン酸系の高性能減水剤である。最適細骨材率を求めるために細骨材率を表-2 の範囲で変化させた。最適細骨材率とは W と繊維混入率と W/C を一定にして細骨材率を変化させたときにコンシステンシーが最小になる細骨材率である¹⁾。

2.2 実験方法

本研究ではコンシステンシー試験としてスランプ試験と VB 試験を行い最適細骨材率を求めた。VB 試験は振動台上の円筒容器中のコーンにコンクリートを充填し、コーンを引き抜いた後にコンクリート上面に透明なプラスチック円盤を置く。振動台を振動させてプラスチック円盤の全面がコンクリートと接触するまでの時間を測定し、この時間を VB 値(秒)とした。VB 試験に用いるコーンはスランプ試験に用いるものと同じなのでスランプ試験も VB 試験の過程で行った。

力学特性試験は曲げ試験と圧縮試験を行った。曲げ試験は角柱供試体(100×100×400 mm)、圧縮試験は円柱供試体(φ100×200mm)を使用し、材齢は 28 日とした。曲げ試験は載荷点をスパン中央から左右対称に 50 mm とり、変位計を用いた変位測定装置によりスパン中央の変位をスパンの 1/150 である 2 mm まで測定した。これによって最大荷重と荷重-変位曲線を求めた。荷重-変位曲線より曲げ強度とタフネスの指標である曲げ靱性係数を求めた。

3. 結果と考察

3.1 コンシステンシー試験結果

図-1 に細骨材率と VB 値の関係を示す。SC30、HC0630 は 47%、43% を最適細骨材率としたが SC13 と HC1330 は s/a を減少させていくと、ある s/a より低い配合になると SF13 が絡まって塊になりコンクリート中に均等に分散しなかった。そのため SC13 は鋼繊維が均等に分散

表-1 繊維の特性

記号	長さ (mm)	直径 (mm)	アスペクト 比	引張強度 (N/mm ²)	形状
SF6	6	0.16	38	2000	ストレート
SF13	13	0.16	81	2000	ストレート
SF30	30	0.62	48	1100	両端フック

表-2 コンシステンシー試験用の配合表

記号	Vf (%)	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	AE (C×%)	SP
SC13	1	50	50~62	186	1	0.6
SC30	1	50	39~51	186	1	-
HC0630	1	50	39~51	186	1	-
HC1330	1	50	46~54	186	1	0.1

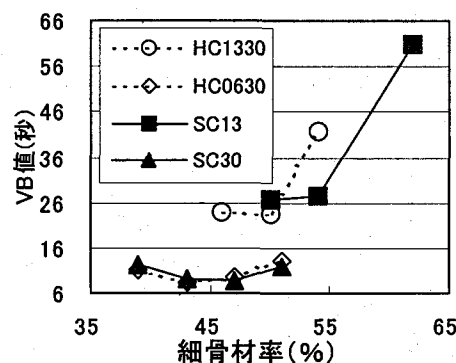


図-1 細骨材率と VB 値の関係

した配合の中で最も小さい細骨材率の 54%を最適細骨材率とした。
また、HC1330 は 46%と 50%に差がなかったのでスランプ値が大きかった 46%を最適細骨材率とした。

次に図-2 に各繊維補強コンクリートの最適細骨材率を示す。ただし、長さ 6mmの微小繊維を 1 %混入した SC6 の結果は既往の研究²⁾のデータを用いた。図から SC13 は SC30 よりも最適細骨材率が高くなることがわかる。アスペクト比の高い繊維は絡まりやすいので、繊維を均等に分散させるためにモルタル分を多くする必要があるため最適細骨材率が増加したと考えられる。HC0630 は、SF30 の一部を SF6 で置換することで最適細骨材率は低下したため、ハイブリッド鋼繊維補強が鋼繊維補強コンクリートのコンシステンシー低下に対して効果的であると言える。一方、HC1330 は、コンシステンシーを増加させる SF13 を混入するため、SC30 と同等の最適細骨材率となった。以上よりコンシステンシーの点からは SF6 によるハイブリッド鋼繊維補強が効果的であると言える。そこで、ハイブリッド鋼繊維補強コンクリートの力学特性の検討は HC0630 について行った。

3.2 力学特性試験結果

表-3 に力学特性試験用の配合を示す。力学特性試験用の供試体は繊維による巻き込み空気の影響を減少させるため、消泡剤 (Df) により空気量調整を行った。表中にスランプと空気量を併記した。

図-3、4、5 に各供試体の曲げ強度、曲げ靱性係数、圧縮強度の比較を示す。図-3 より繊維補強コンクリートの曲げ強度は全て PC より高くなり、HC0630 は SC30 と同等と言える。一方、図-4、5 より HC0630 の曲げ靱性係数、圧縮強度は SC30 と SC6 の中間の値を示した。

HC0630 は SF6 と SF30 を組み合わせて混入してあるので曲げ靱性係数、圧縮強度は SC30 と SC6 の中間程度の値を示したが、曲げ強度は SC30 と同程度の値となった。曲げ試験終了後の供試体の破断面を観察すると強度の高い順に SF30 の本数は多かったため、ハイブリッド鋼繊維補強では微小繊維の置換率を変化させることで力学特性は異なる可能性もあるため、更なる今後の検討が必要である。

4. まとめ

- (1) 長さ 30 mmの鋼繊維の一部を長さ 6 mmの微小鋼繊維で置換したハイブリッド鋼繊維補強コンクリート HC0630 は、鋼繊維補強コンクリート SC30 のコンシステンシーを低下させることができる。
- (2) ハイブリッド繊維補強コンクリート HC0630 の曲げ靱性係数、圧縮強度は単一の繊維補強である SC30、SC6 の中間値を示したが、曲げ強度は SC30 と同程度の値を示した。

参考文献

- 1) 小林一輔, 岡村雄樹: 所要のコンシステンシーを得るための鋼繊維補強コンクリートの配合設計方法, 土木学会論文報告集, No. 296, 1980-4, pp.111-119
- 2) 吉岡慧 他: 微小鋼繊維補強コンクリートのコンシステンシーおよび曲げ特性, 第 56 回 平成 16 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, V-18, 2004, pp473-474

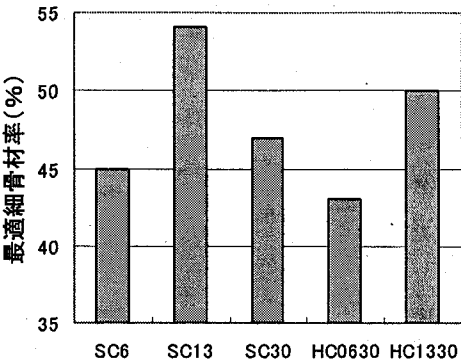


図-2 最適細骨材率の比較

表-3 力学特性試験用の配合表

記号	Vf (%)	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	AE		SP	Df	slump (cm)	air (%)
					(C × %)					
PC	—	50	45	186	1	—	—	—	8.0	5.0
SC6	1	50	45	186	1	0.1	3	—	7.5	5.4
SC30	1	50	47	186	1	0.2	2	—	7.0	6.0
HC0630	1	50	43	186	1	0.2	2	—	9.0	4.9

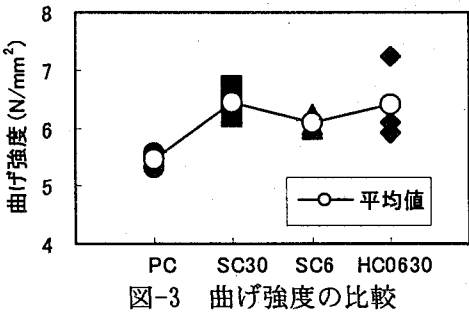


図-3 曲げ強度の比較

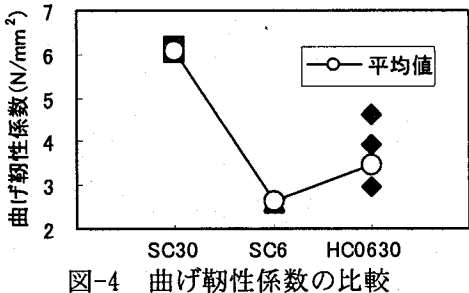


図-4 曲げ靱性係数の比較

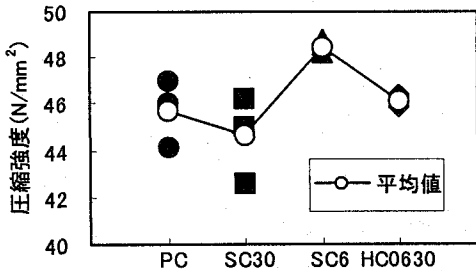


図-5 圧縮強度の比較