

コンクリートの流動性および曲げ特性に対する微小鋼繊維の影響

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○吉岡 慧

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

コンクリートに発生したひび割れの伝播・拡大を抑制する一つの方法として、コンクリート中に長さ 30mm 程度の短繊維を混入した鋼繊維補強コンクリートが挙げられる。コンクリート中に繊維を混入することで、繊維の架橋効果によってひび割れの拡大・伝播を抑制することができる。しかし、現在の鋼繊維補強コンクリートの利用方法は、トンネルや地山法面の吹き付けコンクリート等の無筋コンクリートが主である。なぜなら鋼繊維補強コンクリートは繊維混入率の増加に伴い施工性が低下し、施工不良や鋼繊維の分散が不均一になるなどの問題点が挙げられるからである。

本研究では長さ 15mm 以下の微小鋼繊維を用いることで、従来の短繊維を混入したコンクリートに比べ、繊維自体のかさばりを減らすことにより施工性を向上できるのではないかと考えた。そこで、本研究では高い施工性を保持した微小鋼繊維補強コンクリートの開発を目指し、コンクリートの流動性および曲げ特性に対する微小鋼繊維の影響について検討することを目的とした。

2. 実験概要

鋼繊維は微小鋼繊維として長さ 6mm の鋼繊維(SF6) と一般的に使用されている長さ 30mm の鋼繊維(SF30)の2種類を用いた。表-1 に繊維の特性を示す。表-2 に配合表を示す。表中の記号は、 V_f が繊維混入率を、PC がプレーンコンクリートを示す。また SC6 は SF6 を、SC30 は SF30 を混入したコンクリートを示す。ハイフンに続く数字は鋼繊維の混入率を意味する。SP はポリカルボン酸系の高性能減水剤である。

なお、単位水量が異なっているのは打設時期が異なったために気温・水温が変化し、コンシステンシーに影響が現れたためである。しかし、基本となる PC のスランプ値を 8 ± 2.5 cm、空気量 5 ± 1.5 % という一定の条件に設定しているので本研究においてはコンシステンシーへの単位水量の影響は小さいと考えた。

鋼繊維補強コンクリートにおいては、水セメント比、繊維混入率および単位水量を一定とし細骨材率を変化させると最もコンシステンシーが小さくなる細骨材率、すなわち最適細骨材率が存在する¹⁾。そこで、本研究では細骨材率を表-2 のように変化させてコンシステンシー試験として VB 試験を行い、鋼繊維補強コンクリートの最適細骨材率を求めた。また、繊維補強コンクリートの曲げ特性を求めるために曲げ特性試験として「繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法(JSCE-G 552)」に基づいて曲げ変形試験を行い、たわみをスパンの 1/150 である 2mm まで測定した。

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
SF30	30	0.62	48	1100	両端フック

表-2 配合表

記号	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	AE (C×%)	SP (C×%)
PC	50	45	186	1.0	-
SC6-1		37~53			-
SC6-2		40~56			-
SC6-3		38~58			0.8
SC6-4		45~61			1.2
SC6-5		49~61			2.0
PC	50	45	192	4.0	-
SC6-1		45~53			-
SC6-2		45~57			-
PC	50	45	180	1.0	-
SC30-1		45~53			-
SC30-2		55~63			-

3. 結果と考察

3.1 コンシステンシー試験

図-1にSC6およびSC30の繊維混入率と最適細骨材率の関係を示す。図よりSC6およびSC30において繊維混入率を増加させると最適細骨材率が上昇することがわかる。また、図より繊維混入率の上昇における最適細骨材率の増加量はSC30の方が著しく大きいことがわかる。

以上の試験結果よりSF30に比べてSF6のほうがコンクリートのコンシステンシー増加に対する影響が小さいことがわかり、すなわち微小鋼繊維の方がコンクリート中に多量に混入できると言える。

3.2 曲げ変形試験

図-2にSC6およびSC30の繊維混入率と曲げ強度の関係を示す。図よりSC6において、繊維混入率2%までの低い混入率ではPCと比べて曲げ強度の増加は見られないが、2%を超える繊維混入率では曲げ強度が増加していることがわかる。また、SC6は繊維混入率3%以上の場合において、繊維混入率2%のSC30よりも曲げ強度が大きくなっていることがわかる。

次に、図-3にSC6およびSC30の繊維混入率と曲げ靱性係数の関係を示す。図より同一の繊維混入率においてSC30に比べてSC6の方が曲げ靱性係数が小さくなるが、2%以上混入することが困難であるSF30に比べてSF6は5%まで混入することで繊維混入率が2%のSC30と同等のタフネスを得ることができると言える。

既往の研究によると、一般的な長さ30mm程度の鋼繊維には拡大したひび割れの補強効果が大きくなるという性質があるが、微小繊維には微小ひび割れの拡大を抑制する性質がある²⁾とされている。そのため、微小繊維をコンクリート中に多量に混入することで曲げ強度を増加させることができ、また繊維長さが短くても十分なタフネスを得ることができる。

4. まとめ

以下に、本研究で得られた知見を示す。

- (1) SC6の最適細骨材率の増加率がSC30に比べて低い傾向を示した。したがって、SC6はSC30に比べてコンシステンシーが小さい、すなわち微小鋼繊維のほうが多量に混入できると言える。
- (2) 繊維混入率2%のSC30に比べて、SC6は3%以上微小鋼繊維を混入することによって曲げ強度を大とすることができ、同等のタフネスを得ることがわかった。

参考文献

- (1) 小林一輔 著：繊維補強コンクリート-特性と応用-、オーム社、1981年
- (2) P. ROSSI, P. ACKER, Y. MALIER: Effect of steel fibres at two different stages: the material and structure, Materials and Structures/Materiaux et Constructions, 1987, 20, pp. 436-439

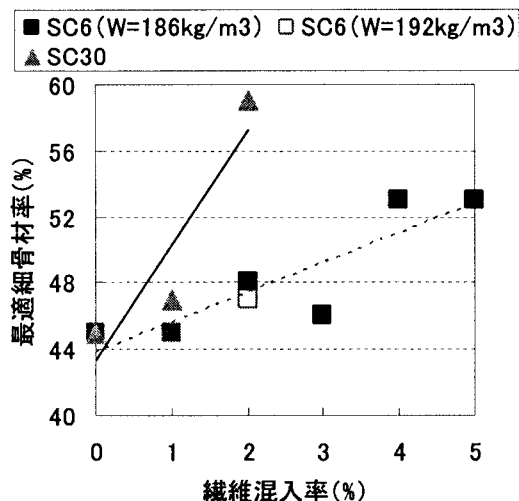


図-1 繊維混入率と最適細骨材率の関係

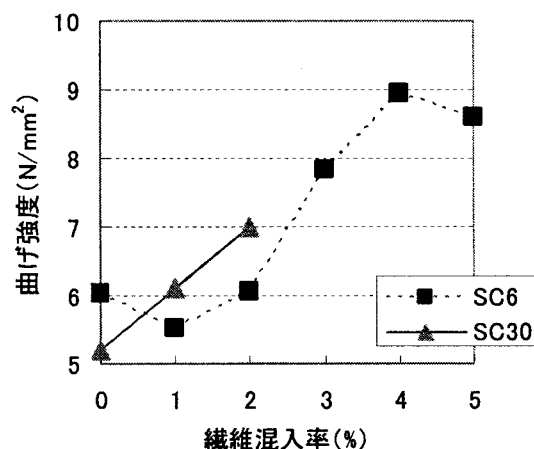


図-2 繊維混入率と曲げ強度の関係

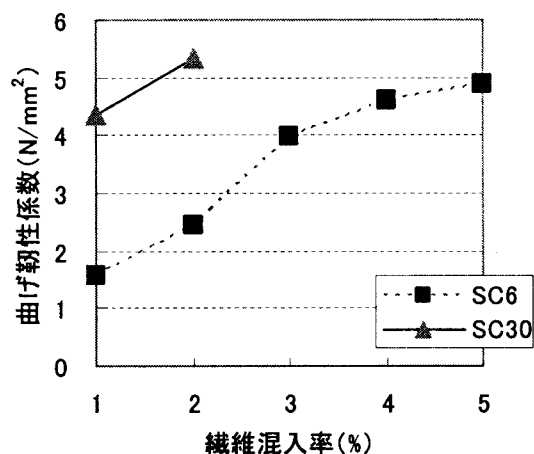


図-3 繊維混入率と曲げ靱性係数の関係