

繊維の素材および形状が繊維補強コンクリートの曲げ特性に及ぼす影響

名古屋工業大学

学生員

堀田 新之介

学生員

牛田 耕悟

正会員

上原 匠

正会員

糸山 豊

正会員

梅原 秀哲

1. はじめに

繊維補強コンクリートに用いる短繊維には、繊維の素材および形状の異なる多様な種類が存在することから、用途に応じた繊維の選定が重要となる。すなわち、コンクリートの補強効果は繊維の特性に大きく影響される。そこで本研究では、繊維の引抜き試験に基づいて、繊維の素材および形状の違いが、繊維の引抜き特性に及ぼす影響について検討を行うとともに、コンクリートの曲げ特性に及ぼす影響について実験を基に検討した。

2. 実験概要

試験項目は、繊維の引抜き試験、コンクリートのフレッシュ試験（スランプフロー試験・空気量試験）および硬化コンクリートの曲げ試験（10×10×40cm）である。曲げ試験は JCI-SF4 に準じ、各繊維とも 4 本の供試体に対して行った。

表 1 に使用材料を、表 2 に繊維の諸特性を示す。繊維は、形状の異なる 3 種類の鋼繊維、およびエンボス加工の施されたポリプロピレン繊維の合計 4 種である。

表 3 にコンクリートの配合を示す。コンクリートの繊維混入率は 1%とし、目標スランプフロー650±50 mm、目標空気量 4.5±1.5%のベースコンクリート（高流動コンクリート）の配合を基に粗骨材の一部を繊維と置換し、細骨材量を調整することにより配合設計を行った。なお、繊維の違いに着目するため混和剤による調整は行わなかった。

3. 繊維の引抜き試験

3. 1 試験方法

繊維の引抜き試験は、JCI-SF8 に準じて行った。図 1 に試験方法を示す。供試体は、ドックボーン型の鋳型に、繊維を二分する位置にプラスチックセパレーターを組み込んだ後、その中にモルタルを慎重に打ち込み作製した。モルタルの配合は、水セメント比を 35%、セメント細骨材比を 63%、SP 添加率 C×(%)を 1.4%とし、モルタルの水セメント比が曲げ試験で使用するコンクリートと同じとなるように設定した。試験では各繊維とも 3 体の供試体を対象に、載荷速度は 0.35mm/分で、繊維の破断が確認されるまで荷重－すべり量曲線を計測した。

表 1 使用材料

材料	記号	種類(主成分等)
セメント	C	早強ポルトランドセメント(密度:3.13g/cm ³)
細骨材	S	山砂(密度:2.56g/cm ³)
粗骨材	G	碎石(密度:2.69g/cm ³ 、最大寸法15mm)
短繊維	SF	鋼繊維(密度:7.85g/cm ³)
	PP	ポリプロピレン繊維(密度:0.91g/cm ³)
混和剤	SP	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)

表 2 繊維の諸特性

種類	記号	形状	引張強度(N/mm ²)	弾性係数(N/mm ²)
鋼繊維 (両端フック型)	SF1		1100	206 × 10 ³
鋼繊維 (ドックボーン型)	SF2		780	206 × 10 ³
鋼繊維 (インデント型)	SF3		1100	206 × 10 ³
ポリプロピレン (エンボス加工)	PP	扁平断面(表面親水性加工)	450	10 × 10 ³

※繊維長:30mm
繊維径:SF 0.6mm PP 7100d(真円とした場合の径0.81mm)

表 3 配合

	W/C (%)	単位 粗骨材量 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)					SP C× (%)
			繊維	W	C	S	G	
SF	35	0.199	78.5	175	500	1053	535	2.1
PP			9.1					

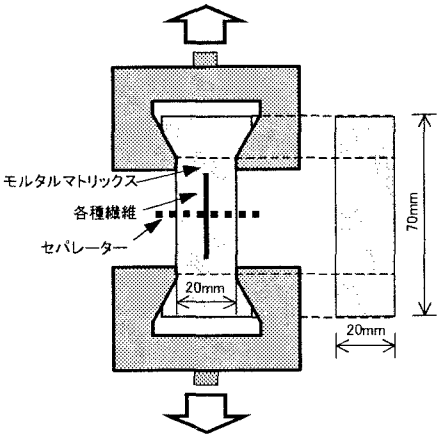


図 1 引抜き試験

3. 2 試験結果

図2に引抜き荷重—すべり量曲線を示す。供試体の破壊状況は、繊維の引抜きと破断に分類できる。引抜きは SF1 と PP であり、破断は SF2 と SF3 である。引抜け後の繊維の目視観察によると、SF1 は、完全な直線ではないが両端のフック加工部がほぼ伸展していた。また、PP はエンボス加工された表面の凹凸が滑らかになっていた。したがって、SF1 の場合は繊維の伸展のために、また PP の場合は繊維の凹凸が削られるために、繊維の引張強度よりも引抜き抵抗が小さくなり、最終的には繊維が引抜かれたと考えられる。一方、SF2 と SF3 の場合は、引抜け荷重は大きい、荷重上昇過程において繊維が破断したためコンクリートのじん性の向上には寄与しにくいものと考えられる。

4. コンクリートの曲げ特性

表4にコンクリートの試験結果を示す。フレッシュ性状は繊維形状による影響を受けることが確認された。また、PP は SF と比べスランプフロー値が小さく表れた。この結果は、PP の密度が小さいことや繊維形状による影響などが考えられる。しかしながら、4 配合とも状態は良好であり、今回のフレッシュ状態の違いが曲げ特性に及ぼす影響はないと判断した。

曲げ強度および曲げ靱性係数は、SF1 が最も大きく、SF2 と PP はほとんど同じ値となった。また、曲げ試験後の破断面の目視観察によると、破壊状況は、単繊維の引抜き試験における破壊状況と同様の傾向が見られた。SF1、PP は一部の繊維に若干の破断が見られたものの、ほとんどの繊維が引抜かれており、SF2、SF3 ではほとんどの繊維が破断していた。

図3に荷重—たわみ量曲線を示す。曲線は各供試体4本の試験結果の代表値を示す。SF1 は他の鋼繊維と比べ、最大荷重までの補強効果が最も大きく、その後の耐力保持能力も優れていた。また、PP は SF よりも弾性係数が小さいために、曲げひび割れ発生直後の荷重低下が著しい。しかし、ひび割れ発生による荷重低下後は、繊維の架橋により荷重は増加し、非常になだらかな曲線を示した。このことから、PP も大変形領域における耐力保持能力を有すると言えよう。以上の結果より、繊維の素材および形状は繊維の破断に関係し、荷重—たわみ量曲線における最大荷重以後の耐力の保持能力に大きな影響を及ぼすことが実験より明らかとなった。

5. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- 1) フック型鋼繊維は繊維の伸展のために、またポリプロピレン繊維は表面の凹凸が削られるために、破壊時には繊維が引抜かれる。
- 2) 繊維の素材および形状は、繊維の破断に関係し、コンクリートの曲げ特性に大きな影響を及ぼす。

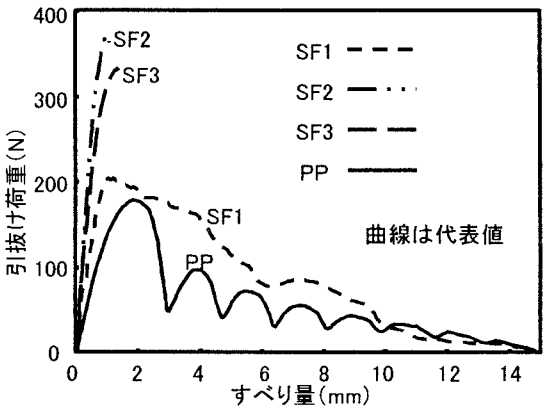


図2 引抜き荷重—すべり量曲線

表4 コンクリートの試験結果

	スランプフロー (mm×mm)	500mm フロー 到達時間 (s)	空気量 (%)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げじん性 係数 (N/mm ²)
SF1	650×610	13	6.0	10.55	8.55
SF2	690×680	7	8.1	7.95	5.38
SF3	600×590	16	5.2	9.55	6.74
PP	530×530	28	3.9	7.96	5.48

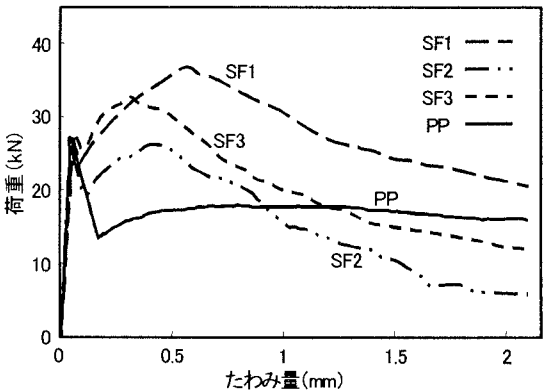


図3 荷重—たわみ量曲線