

複合繊維を使用したコンクリートの引張軟化特性に関する実験的研究

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○三桶 達夫, 正会員 福浦 尚之, フェロー会員 丸屋 剛
正会員 堀口 賢一

1. はじめに

鋼繊維を混入したコンクリートの力学特性に関しては多くの研究がなされており, 近年では鋼繊維補強コンクリートを用いて, 内部の配筋を簡素化したセグメントも開発され実用化されている. 今回, 鋼繊維と有機繊維を混入した複合繊維コンクリートの引張軟化特性について切り欠き曲げ試験を行った.

本論文は, これらの試験により得られた結果について報告するものである.

2. コンクリートの配合および試験ケース

今回, 繊維混入によるスランプロスを考慮し, 配合は高流動仕様とした. ベースコンクリートとする高流動コンクリートの基本配合は, 設計基準強度 60N/mm^2 として定めたものである. 鋼繊維及び有機繊維は外割で混入し, 混入量は体積混入率とした. 今回選定した繊維は, 鋼繊維 (SF) 1 種類, 有機繊維はポリプロピレン (PP) 3 種類, ポリエチレン (PE) 1 種類, ポリビニルアルコール (PVA) 1 種類とした. 鋼繊維及び有機繊維の一例を図-1 に, 試験ケースを表-1 に示す.



鋼繊維 : SF①

ポリプロピレン : PP②

図-1 鋼繊維および有機繊維

切り欠き曲げ試験は載荷スパンを 300mm とし, アムスラー試験機で荷重制御で実施した. 載荷装置は両支点下にローラーを配置し, 水平方向に可動な構造とした. 計測項目は載荷荷重, 切り欠き部の開口変位 (CMOD) および載荷点の鉛直変位とした.

3. 試験結果と考察

切り欠き曲げ試験結果について, 荷重-開口変位関係を図-2 に示す. 試験結果は荷重-開口変位関係の 4 本の試験結果の平均曲線で示す.

図-2 より SF1.0%が一番良好な結果を示していた. 改

表-1 試験ケース

繊維材料	試験ケース	種別、形状 (太さ、長さ) 及び組合せ	記号	繊維混入率
鋼繊維	1	スチール $\phi 0.6 \times 30$ フック有り	SF0.5	0.50%
	2	スチール $\phi 0.6 \times 30$ フック有り	SF0.75	0.75%
	3	スチール $\phi 0.6 \times 30$ フック有り	SF1.0	1.00%
有機繊維	4	ポリプロピレン① $\phi 18 \mu \times L=10\text{mm}$	PP①0.5	0.50%
	5	ポリプロピレン② $0.5 \times 0.9 \times L=48\text{mm}$	PP②0.5	0.50%
	6	ポリプロピレン② $0.5 \times 0.9 \times L=48\text{mm}$	PP②0.75	0.75%
	7	ポリプロピレン② $0.5 \times 0.9 \times L=48\text{mm}$	PP②1.0	1.00%
	8	ポリプロピレン③ $\phi 1.0 \text{mm} \times L=30\text{mm}$	PP③0.5	0.50%
	9	ポリエチレン $\phi 12 \mu \times L=6\text{mm}$	PE0.5	0.50%
	10	ポリビニルアルコール $\phi 660 \mu \times 30\text{mm}$	PVA0.5	0.50%
複合繊維	11	1+4	SF0.5+PP①0.5	0.5%+0.5%
	12	1+5	SF0.5+PP②0.5	0.5%+0.5%
	13	1+6	SF0.5+PP②0.75	0.5%+0.75%
	14	1+8	SF0.5+PP③0.5	0.5%+1.0%
	15	1+9	SF0.5+PE0.5	0.5%+0.5%
	16	1+10	SF0.5+PVA0.5	0.5%+0.5%

キーワード 繊維補強コンクリート, 鋼繊維, 有機繊維, 引張軟化特性, 切り欠き曲げ試験
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7230

善効果は SF0.5%から SF0.75%と SF0.75%から SF1.0%とほぼ同等であった。SF0.5%+PP②0.5%と SF0.5%+PP②0.75%を混入した荷重－開口変位曲線は、繊維混入率の増加にも関わらず改善効果はわずかであった。ただし、試験結果のバラツキの影響の可能性も考えられ、鋼繊維と有機繊維を混入する場合には最適な有機繊維の混入率が存在する可能性も考えられた。

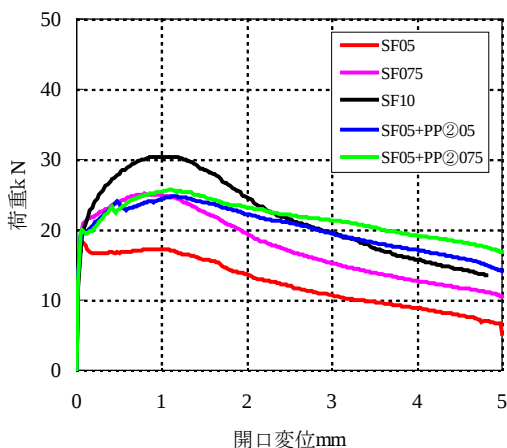


図-2 荷重－開口変位関係

次に、引張軟化特性の算出にあたっては、切り欠き曲げ試験より得られた荷重－開口変位曲線を、供試体中央に仮想ひび割れモデルを組み込んだ多直線近似解析法により逆解析し、繊維補強コンクリートの引張軟化曲線を求めた。なお、逆解析にあたっては、JCIにて公開されているプログラムを使用した。

各ケースごとに個々に得られた引張軟化曲線 4 本を平均して求めた平均軟化曲線を図-3 および図-4 に示す。ここで、PP③0.5%単体の結果については、荷重－開口変位曲線が最大荷重で脆性的に低下していたため、逆解析結果が正確に得ることができなかったので結果は省略する。また、繊維補強効果の小さかった、PP①0.5%、PE0.5%、SF0.5%+PP①0.5%、SF0.5%+PP③0.5%および SF0.5%+PE0.5%については、今回試験結果のグラフから省略した。

図-3 より、鋼繊維単独の場合は、開口幅が 1.0mm 以下の小さい範囲で繊維の架橋効果が大きい傾向であるのに対して、有機繊維単独の場合はひび割れ発生直後には応力の低下が急激に生じるものの、開口幅が 1.0mm 以上の比較的大きな範囲で架橋効果により応力が回復し、持続している。

図-4 は繊維を複合した結果であり、SF0.5%+PP②0.5%、SF0.5%+PP②0.75%の繊維を複合したケースでは SF0.75%程度の性能が確保されることが確認できた。また、合計量が同じ SF1.0%と比較して、開口幅が 1.0mm 以下の小さい範囲では鋼繊維よりも下回る傾向であるのに対

して、開口幅が 1.0mm 以上の範囲では SF1.0%の性能を上回っている。このように、個々の繊維の特性を生かすよう合理的に組み合わせることで要求性能に応じた適切な引張軟化曲線を得ることができる可能性が示された。

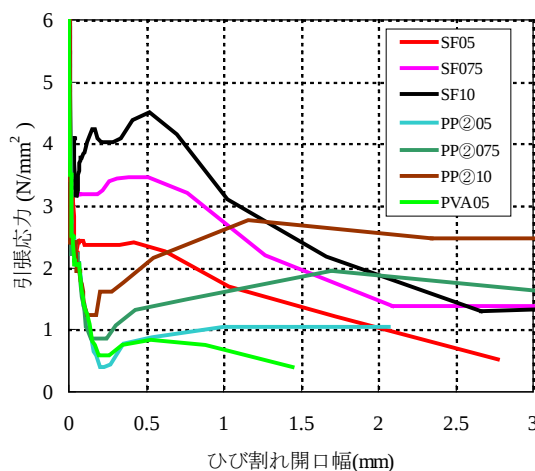


図-3 引張軟化曲線①

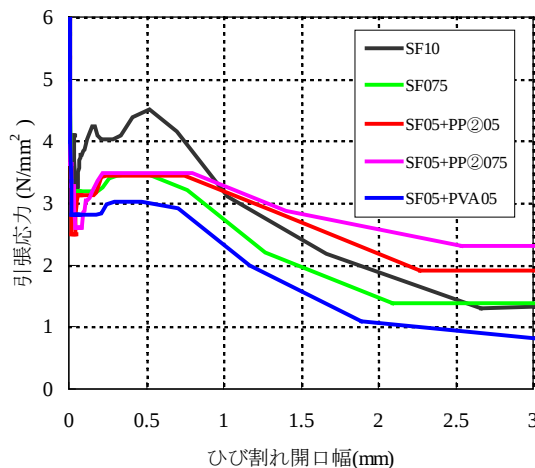


図-4 引張軟化曲線②

4. 結論

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- ① 切欠き曲げ試験結果について、鋼繊維混入量の増加にともない最大荷重も増加し、SF1.0%が一番良好な結果を示していた。
- ② 鋼繊維単独の場合は、開口幅が 1.0mm 以下の小さい範囲で繊維の架橋効果が大きい傾向であるのに対して、有機繊維単独の場合はひび割れ発生直後には応力の低下が急激に生じるものの、開口幅が 1.0mm 以上の比較的大きな範囲で架橋効果により応力が回復し、持続していた。
- ③ 鋼繊維と有機繊維の引張軟化特性は異なるが、個々の繊維の特性を生かすよう合理的に組み合わせることで、要求性能に応じた適切な引張軟化曲線を得ることが出来る可能性が示された。