

曲げ応力下における HPFRCC のひび割れ幅について

ジェイアール東海コンサルタンツ(株)

正会員 ○稲熊 唯史

岐阜大学 学生会員 畑 朋宏

学生会員 水田 武利

岐阜大学

正会員 六郷 恵哲

1. はじめに

HPFRCC は短繊維で補強されたセメント複合材料で、一軸引張応力下における初ひび割れ後の疑似ひずみ硬化と複数微細ひび割れを特徴とする材料である。現在、HPFRCC の特性を有効に構造物利用させることを目的に設計施工指針案の策定が進められている。HPFRCC に発生するひび割れは、複数に分散することから、ひび割れ幅が非常に小さく抑制される。従って、ひび割れから外部因子の進入を抑制することに寄与し、高い耐久性を有することが期待されている。しかし、HPFRCC のひび割れ幅は微細であるがゆえに正確な計測が困難で、応力とともに変化するひび割れ幅の挙動について報告されているものは、特定の材料に限定されている。そこで本研究では、ひび割れ幅に支配的な影響を及ぼす補強繊維について、2種類の繊維を用い3種類の配合のHPFRCC で曲げ載荷試験を実施し、発生するひび割れ幅の変化及び形態について検証した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

繊維はいずれも有機繊維でポリビニルアルコール繊維（以下 PVA）と高強度ポリエチレン繊維（以下 PE）の2種類を使用し、3種類の配合を用いた。

使用材料と配合の主な諸元を表-1及び表-2に示す。

表-1 繊維の仕様

材 料	仕 様
ポリエチレン繊維	繊維径12 μ m, 繊維長12mm 引張強度2600MPa, 弾性係数88GPa,
ビニロン繊維	繊維径40 μ m, 繊維長12mm 引張強度1600MPa, 弾性係数40GPa
セメント	JIS R 5210 早強ポルトランドセメント
フライアッシュ	JISA6201 2種
細骨材	珪砂 7号
混和剤	ポリエーテル系高性能AE減水剤 ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
AE剤	高級脂肪酸塩及び非イオン系界面活性剤

表-2 配合諸元

配合種別	線維種類	繊維量	W/C	FA/(C+FA)
PVA 1	PVA	2.5%Vol	48.0%	39.4%
PVA 2		2.5%Vol	50.0%	41.2%
PE 1	PE	1.5%Vol	30.1%	—

2.2 載荷試験及びひび割れ計測

載荷試験は10cm×10cm×40cm 曲げ試験体を3等分点載荷にて曲げ試験し各配合についてN=3で試験を実施した。計測は載荷中の荷重と中央変位量及び図-1に示したモーメントスパンにおいて、発生したひび割れから5本のひび割れを選択し、各荷重段階においてマイクロSCOPE（倍率50倍）を用いてひび割れを撮影し、画像解析によってひび割れ幅を計測した。

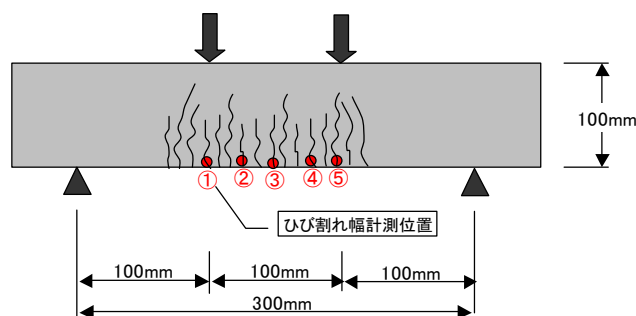


図-1 載荷試験

3. 実験結果

曲げ載荷試験によって得られた載荷荷重と中央たわみの関係を図-2に示す。全ての試験体について初ひび割れ後荷重の増加を示し、曲げ応力下でのひずみ硬化（たわみ硬化）特性を有しており複数微細ひび割れが観察された。

また、PVA1とPVA2では繊維の種類及び混入量は同一であるが最大荷重に差が生じ、PVA1及びPVA2に対してPE1は軟化開始の変位量が大きく、韌性に優れていた。

キーワード HPFRCC, 微細ひび割れ, ひび割れ幅, 曲げ応力, ひずみ硬化

連絡先 〒460-0008 名古屋市中区栄二丁目5番1号（宝第一ビル）TEL 052-232-4120

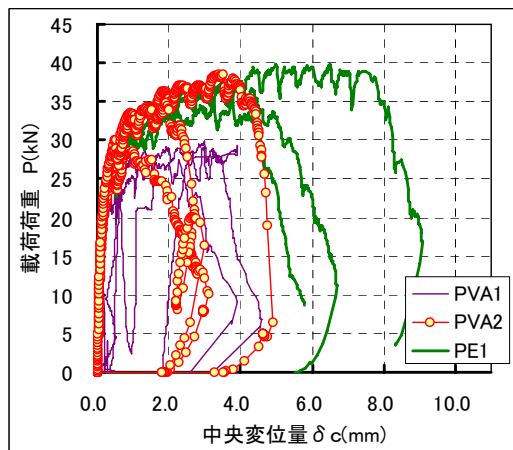


図-2 荷重変位量



図-4 PE1 ひび割れ状況

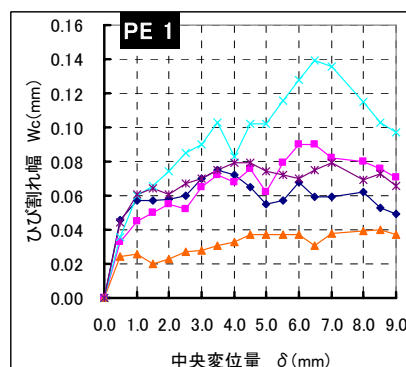
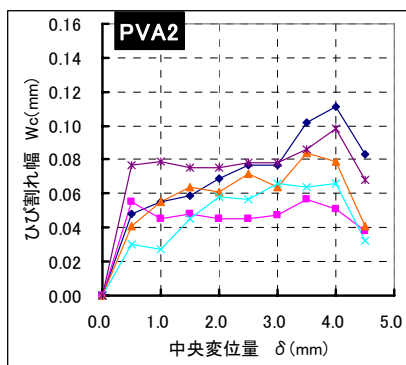
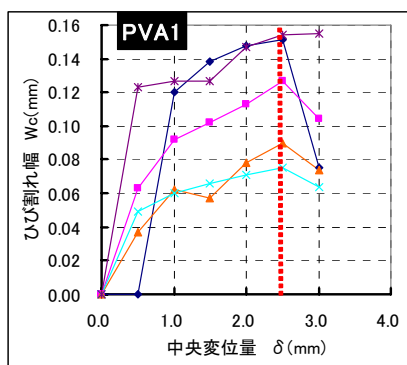


図-3 ひび割れ幅

図-3に各荷重段階において計測したひび割れ幅の変化を示す。いずれの供試体についても発生したひび割れ幅は0.16mm以下で微細なものであった。

ひび割れ発生直後より中央変位量の増加とともにひび割れ幅も増加するが、ある一定の変位量以降はひび割れ幅増加の変動量が減少し、PVA2及びPE1では一定の幅に収束している。また、PVA1とPVA2では補強繊維の種類及び混入量は同じであるが、配合の相違によりひび割れ幅の絶対値に違いがある。

HPFRCCの破壊挙動としては、ある一ヶ所のひび割れの幅が拡大し、荷重変位曲線に軟化が生じる。図-3に示した破線は曲げ载荷における軟化開始変位量を示しているが、軟化開始と同時に幅が拡大したひび割れを除く他のひび割れでは幅は減少している。

図-4にPE1のひび割れ発生状況を示す。曲率を持ったモーメントスパン内では、ひび割れが放射線状に枝分かれしている状況が確認できる。最外縁の曲げ引張ひずみの増加とともに、曲げひび割れ間に新たなひび割れが発生しひび割れ幅がある一定値で収束したと考えられる。

4. まとめ

HPFRCCの曲げ载荷試験におけるひび割れ幅の観察によって得られた知見をまとめる。

- (1)本研究で用いた材料では、HPFRCCの曲げ载荷によって発生するひび割れは0.16mm以下の微細なひび割れであった。
- (2)同一の繊維及び混入量であっても配合の相違により発生するひび割れ幅の絶対値は異なる。
- (3)曲げ供試体のモーメントスパン内では、中立軸から引張縁に向かうにつれて引張ひずみが大きくなるが、ひび割れ本数が増加することにより、HPFRCCに発生するひび割れ幅は一定値に収束する挙動を示す。

参考文献

- 1)土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルの評価と利用，コンクリート技術シリーズ64，2005，7
- 2)日本コンクリート工学協会：高靱性セメント複合材料に関するシンポジウム論文集，2003，12
- 3)国枝稔，六郷恵哲，他：断面修復材の靱性が補修材のひび割れ分散性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1517-1522，2003