

曲げ・せん断を受ける鋼繊維補強RCはりの载荷試験及びFE解析

長崎大学 正会員 出水 享 長崎大学大学院 学生会員 Timothy NYOMBOI
 長崎大学 正会員 松田 浩 長崎大学大学院 学生会員 平山 龍

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリートは、コンクリートに鋼繊維を混入することによってじん性を高めた複合材料である。その力学的特徴として、ひび割れ発生後も鋼繊維が引張力を受け持つことによりひび割れ幅を低減し、せん断耐力を向上させることが確認されている¹⁾。

本研究では、鋼繊維補強 RC はりの 4 点曲げ試験を実施し、ひび割れ発生挙動、曲げ及びせん断耐力の特性に関して検討する。試験中は電子スペックルパターン干渉法²⁾ (以下 ESPI) を用いて非接触全視野ひずみ計測を行った。また、計測結果と比較を行うために非線形 FE 解析を行った。

2. 鋼繊維補強 RC はりの 4 点曲げ試験

2.1 試験体

配合には普通ポルトランドセメントを使用し、鋼繊維混入率を 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% と変化させた。鉄筋は D6 を使用して引張側に 2 本配置した。試験体は有効高さを $d=82\text{mm}$ とした。試験体寸法と配合表を図-1、表-1 にそれぞれ示す。

2.2 試験概要

試験状況を写真-1 に示す。载荷位置に関しては、 a/d が 1.0 と 1.5 の 2 パターンで行った。载荷中は、試験体表面を ESPI により計測し、スパン中央部のたわみ、最大主ひずみ及びせん断ひずみの計測を行い、 a/d や鋼繊維混入率の違いにおけるひび割れ発生挙動の比較、可視化、その評価を行った。

2.3 実験結果

材料試験結果を表-2 に示す。鋼繊維を混入すると静弾性係数が大きく増加していることが確認される。

$a/d=1.0$ および $a/d=1.5$ の場合の荷重-たわみ曲線をそれぞれ図-2 および図-3 に示す。

図-2 より鋼繊維混入率が増加すると降伏荷重も大きくなり、破壊に至るまでの変形能が大きく、粘り強く破壊していることが確認できた。 $a/d=1.0$ の場合は、 $a/d=1.5$ に比べて最大耐力の増加が大きくなること

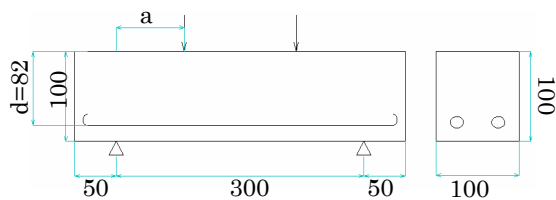


図-1 試験体寸法 (mm)

表-1 配合表

鋼繊維混入率	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	AE剤 (kg/m ³)
0.0%	377	712	938	171	3
0.5%	377	707	930	171	3
1.0%	377	707	923	171	3
1.5%	377	695	926	171	3

W/C=45%



写真-1 試験状況

表-2 材料試験結果

鋼繊維混入率	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比 ν
0.0%	39.7	4.0	4.3	34.2	0.18
0.5%	46.2	4.4	5.4	54.0	0.19
1.0%	42.4	4.6	5.6	57.4	0.20
1.5%	42.1	5.3	6.7	60.6	0.19

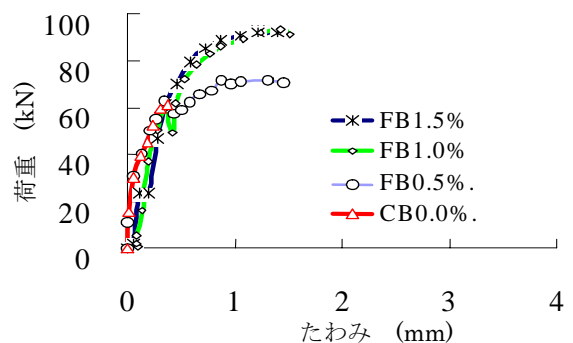


図-2 荷重-たわみ曲線 ($a/d=1.0$)

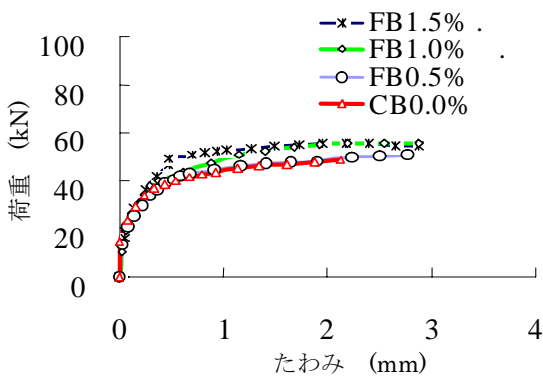


図-3 荷重-たわみ曲線 (a/d=1.5)

確認でき、鋼繊維は、せん断耐力の向上に対してより効果を発揮することが確認できた。

ひび割れ図及びESPIにより得られたコンクリート表面の最大主ひずみ分布をそれぞれ図-4及び図-5に示す。試験体の破壊形態と比べると、ひび割れが発生している箇所にひずみの集中が確認できる。a/d及び鋼繊維混入率を変化させた場合においても同様の結果が得られた。ESPIにより非接触全視野でひび割れの発生状況や分布状況を可視化することができた。

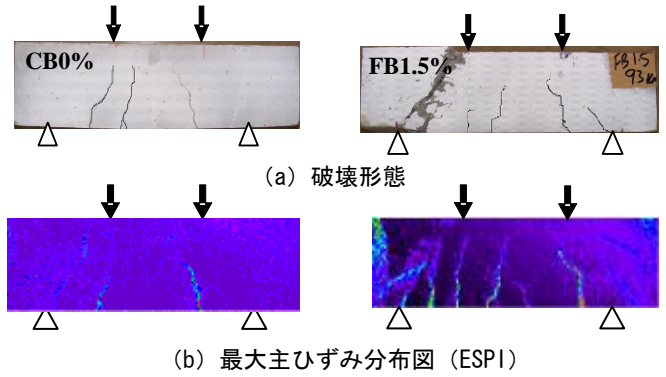


図-4 試験結果 (a/d=1.0)

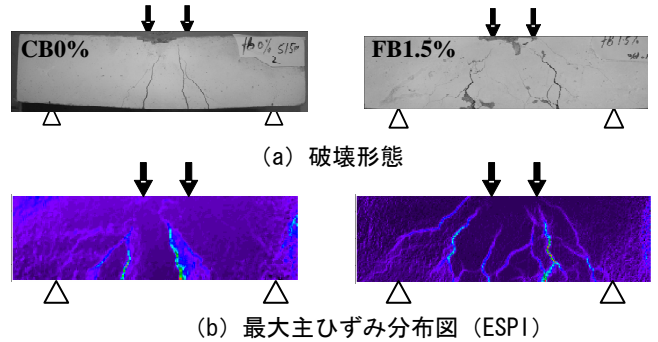


図-5 試験結果 (a/d=1.5)

3. 非線形FE解析

3.1 解析概要

実験結果と比較するため、汎用FE解析コードSofistikを用いて2次元非線形解析を行い4点曲げ試験をシミュレートした。解析で用いた材料定数は材料試験の結果(表-2)を用いた。メッシュ分割図を図-6に示す。

3.2 解析結果

解析によって得られた a/d=1.0 および a/d=1.5 の場合の荷重-たわみ曲線をそれぞれ図-7 および図-8 に示す。解析でも実験結果と同様に a/d や鋼繊維混入率の違いによる最大耐力や荷重-たわみをシミュレートできている。



図-6 メッシュ分割図

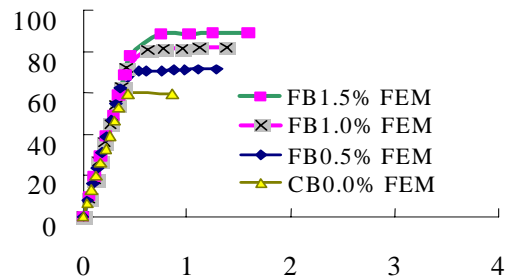


図-7 荷重-たわみ曲線 (a/d=1.0)

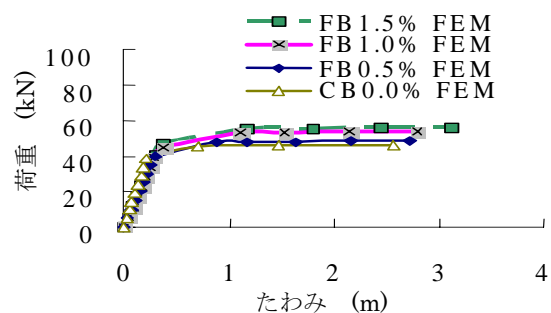


図-8 荷重-たわみ曲線 (a/d=1.5)

4. まとめ

- ① 4点曲げ試験及び解析結果により、せん断破壊 (a/d=1.0) の場合は、鋼繊維混入により、せん断耐力の増大とじん性の向上が確認できた。
- ② 4点曲げ試験及び解析結果により、曲げ破壊 (a/d=1.5) の場合は、せん断破壊 (a/d=1.0) の場合に比べて、鋼繊維混入の効果はそれほど大きくなかった。
- ③ ESPIにより、非接触に試験体の変位、ひずみ計測が可能となり、ひび割れの発生、及び進展状況を可視化することができた。

参考文献

- 1) 真嶋光保[ほか]著:「繊維補強セメント/コンクリート複合材料」, 技報堂出版, 1994
- 2) Nyomboi, T. et al., "Strength and Deformation Behavior in Normal Steel Fiber Reinforced Concrete by Optical (ESPI) Methods," Concrete Engineering, JCI Vol.30, No.3, 2008, pp. 1489-1494.