

6. せん断補強鉄筋のない鋼繊維補強 RC はりの非線形挙動特性に関する研究

長崎大学 学生会員 ○ 西田 博詞

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

長崎大学 非会員 山下 務

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、ひび割れ発生後も引張力を受け持つことや、変形能力が増すことが挙げられる。また、その結果としてせん断耐力が上昇することも定性的にはわかっているが、定量的には十分に明らかにされていない。本研究では、鋼繊維が RC はりの破壊挙動に与える影響を確かめることを目的として、せん断補強鉄筋のない鋼繊維補強 RC はりの曲げ試験を実施した。その際、通常のひずみゲージと光学的計測法である電子スペckルパターン干渉法 (ESPI) を用いて計測し、ESPI 計測の非接触全視野計測の有効性、ならびに有用性について検討した。また、実験では、曲げひび割れ、斜めひび割れの発生から進展に至る状況を計測するとともに、はりの変形能、曲げおよびせん断耐力などに関して検討した。

2. 鋼繊維補強コンクリートの材料試験

まず、鋼繊維補強コンクリートの鋼繊維混入量に伴う材料強度の変化について定量的なデータを得るために材料試験を実施した。材料試験は鋼繊維混入率が 0.0, 0.5, 1.0, 1.5% の 4 種類の供試体について実施した。コンクリート配合表を表-1 に、試験結果を表-2 に示す。試験結果より鋼繊維の混入量の増加に伴い、引張強度、曲げ強度が上昇し、また、弾性係数が向上していることが確認できた。

表-1 コンクリート配合表 単位: kg/m³

鋼繊維混入率	セメント	細骨材	粗骨材	水	鋼繊維	AE減水剤
0%	377.3	712	937.7	170.7	0.0	3.0
0.5%	377.3	706.5	930.4	170.7	39.3	3.0
1.0%	377.3	700.9	923	170.7	78.5	3.0
1.5%	377.3	695.3	915.7	170.7	117.8	3.0

表-2 材料試験試験結果 W/C=45%

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 (N/mm ²)	ポアソン比
0%	41.2	3.84	4.26	34210	0.21
0.5%	41.5	3.89	5.59	53966	0.35
1.0%	38.3	4.33	6.14	57449	0.27
1.5%	39.9	5.07	6.68	60641	0.39

3. 鋼繊維補強 RC はりの曲げ試験

鋼繊維補強 RC はりの曲げひび割れや斜めひび割れの発生・進展過程の可視化を目的として、せん断スパン有効高さ比(a/d)を変化させて (a/d=1.0, 1.5, 1.83) 載荷実験を実施し、鋼繊維混入がはりの変形能、せん断耐力、および曲げ・斜めひび割れ性状に及ぼす影響について検討した。試験体概要を図-1 に示す。配合は、表-1 に示した通りであり、鋼繊維混入率が 0.0, 0.5, 1.0, 1.5% の 4 種類の試験体について曲げ試験を実施した。

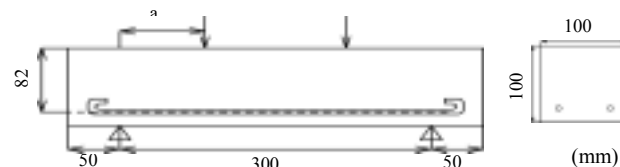


図-1 試験体概要

3.1 スパン中央のたわみ計測

鋼繊維混入が RC はりの変形能に及ぼす影響を確認するために、ESPI を用いてスパン中央のたわみの推移を計測し、鋼繊維混入率ごとに比較した。a/d=1.0, 1.5 試験体に関する計測結果の比較を図-2 に示す。a/d=1.0 試験体はせん断破壊に至り、a/d=1.5 試験体は斜め引張破壊に至った。試験結果より、せん断破壊した試験体に関しては、鋼繊維混入により耐力の上昇が確認でき、粘り強く破壊に至っていることから、脆性的な破壊を防止できたことが確認できる。また、曲げひび割れを伴い斜め引張破壊した試験体においては、鋼繊維混入による耐力の上昇を確認することができなかったが、変形能の大幅な向上を確認することができた。

3.2 せん断ひずみ計測

鋼繊維補強が RC はりのせん断耐力にもたらす影響を確認するために、ESPI を用いて a/d=1.0 試験体の定点のせん断ひずみ推移を計測し、鋼繊維混入率ごとに比較した。せん断ひずみ計測箇所、および各鋼繊維混入率ごとの計測結果の比較を図-3 に示す。試験結果より、鋼繊維補強により試験体のせん断耐力が向上していることが確認できた。

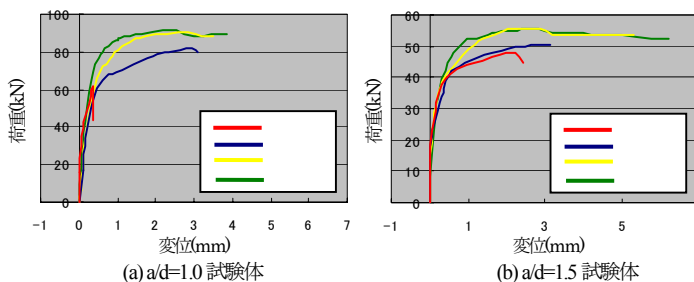


図-2 スパン中央のたわみ計測

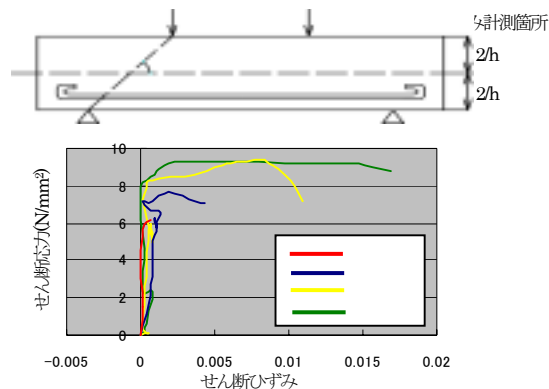


図-3 せん断ひずみ計測箇所およびせん断ひずみの推移(a/d=1.0)

3.3 鋼繊維補強 RC はりの曲げ・斜めひび割れ挙動の可視化

鋼繊維補強 RC はりの曲げ試験において、その曲げ、および斜めひび割れ挙動を可視化し、鋼繊維混入がそれぞれのひび割れ性状に及ぼす影響を確認することを目的とし、 $a/d=1.83$ 、鋼繊維混入率0.05%の破壊形態のよく似た二つの試験体を用いて、同一箇所には発生した曲げひび割れのひずみの推移、および曲げひび割れのひび割れ幅の推移を比較した。また、同一箇所には発生した斜めひび割れ発生箇所におけるひずみの推移の比較を行った。図-4 に各試験体の破壊形態、および最大主ひずみ分布図の推移を示す。

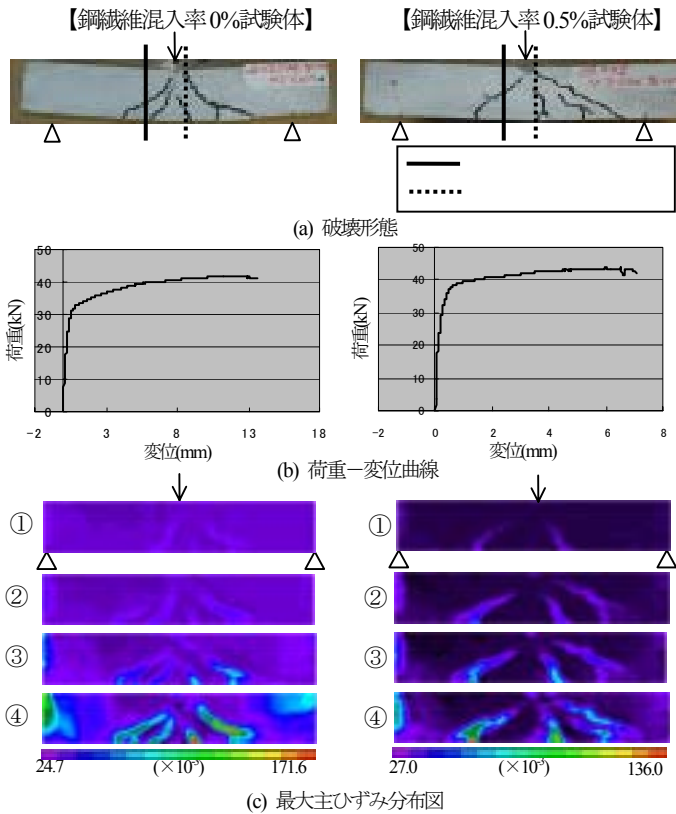


図-4 破壊形態および最大主ひずみ分布図

3.3.1 曲げひび割れに関する検討

図-5 に、図-4(a)に示した両試験体の同一箇所には発生した曲げひび割れ発生断面の 0%試験体降伏時における最大主ひずみを示す。また、このひび割れ幅の進展過程の比較を図-6 に示す。試験結果より、鋼繊維混入により曲げひび割れ発生箇所のひずみの進展を低減することができ、それに伴うひび割れ幅の低減も確認することができた。

3.3.2 斜めひび割れに関する検討

図-7 に、図-4(a)に示した両試験体の同一箇所には発生した斜めひび割れの発生断面におけるせん断ひずみの推移を示す。試験結果より、鋼繊維混入率0%試験体降伏時において、斜めひび割れ発生箇所におけるひずみの進展を約 1/2 に低減することができ、鋼繊維のせん断補強鉄筋としての効果を確認することができた。

4. 実験値と非線形解析モデルとの比較

本研究では、ESPI 計測によって得られたせん断破壊に至るまでのせん断応力-せん断ひずみの関係および鋼繊維 RC はりのせん断耐力に関する非線形解析モデルの比較を実施し、実験値の評価を行った。 $a/d=1.0$ 、鋼繊維混入率1.0%試験体の試験結果を図-8 に示す。グラフは、終局時まで比較した結果と 3000 μ まで比較した結果を示している。計測箇所は、図-3 に示した計測箇所とする。試験結果より、ESPI によって計測されたせん断ひずみの推移は弾性域、塑性域ともにおいて非線形解析モデルと同じような挙動を示しており、本研究における実験値の信頼性を得ることができた。

せん断耐力に関する非線形解析モデルの比較を実施し、実験値の評価を行った。 $a/d=1.0$ 、鋼繊維混入率1.0%試験体の試験結果を図-8 に示す。グラフは、終局時まで比較した結果と 3000 μ まで比較した結果を示している。計測箇所は、図-3 に示した計測箇所とする。試験結果より、ESPI によって計測されたせん断ひずみの推移は弾性域、塑性域ともにおいて非線形解析モデルと同じような挙動を示しており、本研究における実験値の信頼性を得ることができた。

5. まとめ

- せん断ひずみ、およびスパン中央のたわみの推移より鋼繊維混入率ごとの鋼繊維補強 RC はりのせん断耐力、および変形能を確認することができた。
- 鋼繊維補強により、曲げひび割れ幅を低減できるとともに、せん断ひずみも低減することができた。

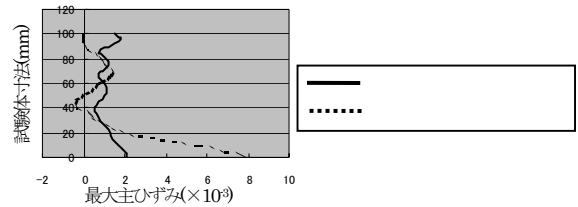


図-5 曲げひび割れ発生断面におけるひずみの比較 (0%試験体降伏時)

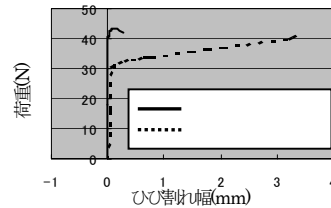


図-6 ひび割れ幅の比較

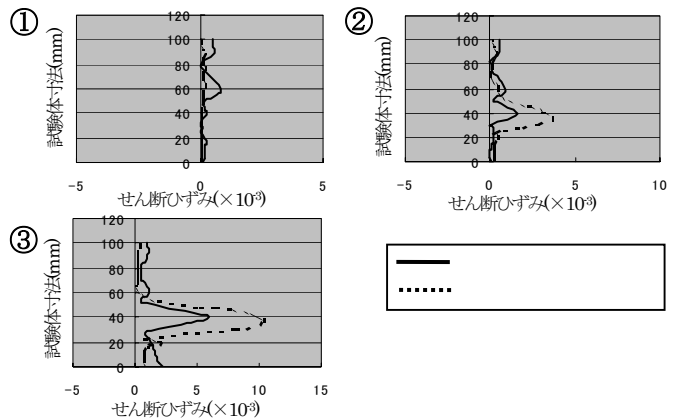


図-7 斜めひび割れ発生断面におけるひずみの推移の比較

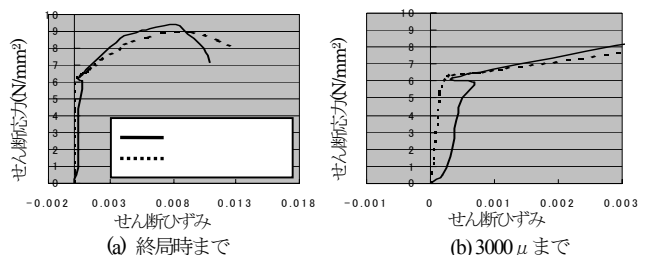


図-8 理論値と実験値のせん断ひずみの推移比較