

神戸大学 学生会員 ○北 皓輔

神戸大学 正会員 三木朋広

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート（以下 UFC）部材においては、収縮が拘束されることによりひび割れが発生する場合があるため、せん断補強鉄筋の使用は UFC の設計・施工指針（案）¹⁾においては推奨されていない。ただし、適切な方法により鋼材による拘束に伴うひび割れ発生を抑制できれば、UFC の適用範囲は広がるものと考えられる。しかし、せん断補強鉄筋が UFC はりのせん断耐力の向上にどの程度有効であるかを検討した研究は少ないのが現状である。そこで本研究では、UFC はりのせん断耐力に及ぼす影響を検討することを目的として、繊維混入率 (F_{vol})、せん断補強鉄筋比(r_w)、収縮量の大小をパラメータとした UFC はりの載荷試験を行った。

2. 実験概要

2.1 載荷試験用 RC はり

実験ケースを表-1 に示す。収縮量の大小は、材齢 12 時間で養生条件を変えることで変化させることを試みた。既往の検討により、材齢 1 週間程度の UFC 供試体では収縮ひずみは SD の方が大きくなることがわかっている²⁾。供試体は、せん断破壊が先行するように設計した。その寸法は、 $100 \times 180 \times 1000\text{mm}$ である。せん断補強鉄筋比 0.3% の場合、奥行き方向に 1 本の定着部を設けたせん断補強鉄筋を用い、せん断補強鉄筋比 0.6% の場合は、閉合スターラップを用いて、いずれも 100mm 間隔でせん断スパン内に 3 本配置した。載荷方法は 2 点集中載荷とし、測定項目は、荷重、中央たわみ、供試体（RC はり、角柱）内部の収縮ひずみ、養生時の温度と湿度である。収縮ひずみを測定するひずみゲージは、それぞれの供試体スパン中央の高さ中央の位置に設置した。収縮ひずみは、打設後から載荷試験を行うまで、1 時間ごとに周辺の温度、湿度とともに計測した。

表-1 実験ケース

供試体名	F_{vol} (%)	r_w (%)	養生条件*1
F0SD-0	0	0	SD
F0DS-0	0	0	DS
F0SD-3	0	0.3	SD
F0SD-6	0	0.6	SD
F1SD-0	1	0	SD
F1DS-0	1	0	DS
F1SD-3	1	0.3	SD
F1DS-3	1	0.3	DS
F1SD-6	1	0.6	SD
F2SD-0	2	0	SD

*1 SD：材齢 12 時間まで封緘養生，12 時間以降を気中養生，DS：材齢 12 時間まで気中養生，12 時間以降を封緘養生

2.2 収縮ひずみ計測用角柱供試体

鋼材が与える収縮の影響を確認するために、RC はりとは別に繊維混入率と収縮量をパラメータとした 5 体の $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱供試体を作製した。供試体名は RC はりと同様に、F0SD, F0DS, F1SD, F1DS, F2SD とした。

3. 実験結果と考察

3.1 収縮ひずみ測定

角柱供試体で測定した材齢 7 日での収縮ひずみは、それぞれ、F0SD が -1498×10^{-6} 、F0DS が -583×10^{-6} 、F1SD が -819×10^{-6} 、F1DS が -415×10^{-6} 、F2SD が -661×10^{-6} であった。表-2 より RC はりにおいて測定された材齢 7 日での収縮ひずみの値と比べてみると、収縮量はいずれの場合でも角柱供試体の方が大きいことがわかる。このことから、RC はり内部の鋼材が収縮を拘束していることが確認できる。

3.2 各パラメータが RC はりの収縮に与える影響

表-2 より、繊維混入率が大きいと収縮ひずみは小さくなることがわかる。また、養生条件 SD より養生条件 DS の方が収縮ひずみは小さくなることがわかる。せん断補強鉄筋比については、本研究では収縮

表-2 材料試験，RC はりにおける収縮ひずみ，ならびに載荷試験の結果

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	載荷材齢 (日)	収縮ひずみ(×10 ⁻⁶)		最大荷重時	
				材齢 7 日	載荷直前	P_{max} (kN)	V_{max} (kN)
F0SD-0	93.8	3.4	17	-495	-578	78.8	39.4
F0DS-0	102.1	3.9	9	-171	-186	119.9	60.0
F0SD-3	52.7	4.2	10	-812	-846	121.0	60.5
F0SD-6	100.3	3.2	13	-651	-709	226.6	113.3
F1SD-0	95.2	8.3	11	-364	-404	279.8	139.9
F1DS-0	91.7	14.1	20	-214	-387	258.0	129.0
F1SD-3	62.1	7.2	14	-284	-341	301.2	150.6
F1DS-3	120.6	14.3	11	-63	-85	302.6	151.3
F1SD-6	83.2	6.9	11	-331	-367	346.5	173.3
F2SD-0	78.7	12.7	9	-285	-305	329.0	164.5

ひずみとの間に関係は見られなかった．この原因として，本研究での収縮ひずみ測定場所に最も近い鋼材は主鉄筋であり，主鉄筋が収縮に及ぼす影響が大きいことが挙げられる．

3.3 各パラメータがせん断耐力に与える影響

表-2 より，繊維混入率が大きいとせん断耐力は大きくなることがわかる．また，せん断補強鉄筋比が大きいとせん断耐力は大きくなることがわかる．収縮量については，繊維無混入，せん断補強鉄筋なしの場合，収縮量の小さい養生条件 DS の方がせん断耐力は大きくなった．しかし，繊維混入，せん断補強鉄筋なしの場合，収縮量の大きい養生条件 SD の方がせん断耐力は大きくなった．このような挙動を示した原因について次節で述べる．

3.4 各パラメータがひび割れ進展に与える影響

ひび割れ進展を確認するために，画像相関法を用いて画像解析を行った．その最大主ひずみ分布の一例を図-1 に示す．解析対象範囲はせん断スパン内の約 180×400mm である．図-1 の(1)と(2)を比較するとわかるように，鋼繊維を混入することでひび割れ本数が増加した．また，(2)と(3)，(4)と(5)を比較すると，同じ荷重時に，収縮量の小さい F1DS-3 のほうが，収縮量の大きい F1SD-3 よりもひび割れ本数が少なく，1 本の斜めひび割れに引張ひずみが集中した．そのひび割れが大きく開口することによって，先ほど述べたようにせん断耐力が低下したものと推察する．

4. 結論

繊維混入率が大きいと収縮ひずみは小さくなり，また，せん断耐力は大きくなることがわかった．せん断補強鉄筋比が大きいとせん断耐力は大きくなる

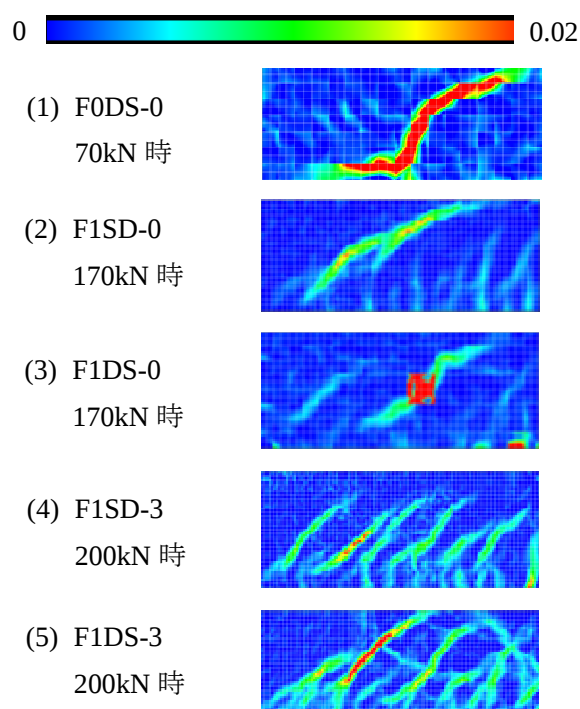


図-1 最大主ひずみ分布

ことがわかった．ただし，F1SD-6 のせん断補強効果は，繊維を 2%混入した場合よりも若干大きな効果を示した．さらに，収縮量が小さいとせん断耐力は大きくなるが，ひび割れ本数が少なくなり，引張ひずみが集中することでせん断耐力が低下する場合もあることがわかった．

参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），2008
- 2) 生田麻実，三木朋広，河野克哉：超高強度繊維補強コンクリートの内部および表面の収縮特性に関する実験的研究，土木学会 67 回年次学術講演会講演概要集，V-490，pp.979-980，2012.9