

各種繊維補強コンクリートのひび割れ抑制効果に関する実験的検討

五洋建設（株）	正会員	酒井 貴洋
早稲田大学	フェロー	清宮 理
早稲田大学	正会員	安 同祥
東洋建設（株）	フェロー	佐野 清史
東亜建設工業（株）	正会員	羽渕 貴士

1. はじめに

本研究は、表層部補強および繊維混入コンクリートのひび割れ抑制効果など具体的な補強効果の検討を目的として実施したものである。ここで補強に用いた繊維は、①ガラス繊維、②ポリプロピレン繊維、③ガラスメッシュ、④FRP 格子筋の 4 種類である。

2. 実験概要

実験は表-1 に示すように、力学的性能の確認を目的とした要素試験および小型 RC はりによる載荷試験の 2 種類を実施した。前者においては、圧縮強度、静弾性係数、割裂引張強度、切り欠き曲げ強度に対する試験を実施した。また、後者においては曲げ載荷試験を実施した。表-2 に、各繊維の名称および標準混入量を示す。小型 RC はりによる載荷試験では、各供試体に標準量の繊維を混入した。

曲げ載荷試験は、全長 1800mm、幅 100mm、高さ 200mm のはりで、せん断スパン 600mm、等モーメント区間 300mm の 2 点載荷で実施した。試験体は、繊維を混入しない①無対策試験体、ガラス短繊維を標準量混入した②G 繊維試験体、ポリプロピレン繊維を標準量混入した③PP 繊維試験体、ガラス繊維メッシュを 1 枚配置した④G メッシュ試験体、FRP 格子筋を配置した⑤FRP 試験体の 5 種類で各種類について実施した。

表-3 にコンクリートの配合を示す。試験体用コンクリートは、W/C = 48.5%のレディーミクストコンクリートとし、高炉セメント B 種使用で呼び強度を 30N/mm²とした。計測内容は、スパン中央・載荷点直下および支点位置における変位とし、載荷点直下およびスパン中央を含む等曲げ区間全体におけるひび割れ幅についても計測を行った。

3. 実験結果

3. 1 圧縮強度・ヤング係数・割裂引張強度

表-4 に、材齢 28 日の圧縮強度・ヤング係数・割裂引張強度を示す。この表に示されるとおり、G 繊維・PP 繊維および G メッシュの混入により割裂引張強度は増加した。また、G 繊維・PP 繊維および G メッシュによる補強は、ヤング係数に変化を与えなかった。

表-1 各試験の試験項目と目的

項 目	試験名	規格／方法	内 容
要素試験	圧縮強度 (静弾性係数)	JIS A 1108,1113	各種強度特性
	割裂引張強度試験		
	切り欠き曲げ強度	JCI-S-001-2003 JCI-S-002-2003	引張軟化曲線とひび割れ吸収エネルギーの把握
小型 RC はりによる載荷試験	曲げ試験	180×10×20cm 小型 RC はりに対する単純支持 2 点載荷	ひび割れ抵抗性、初期剛性、曲げ耐荷力への影響

表-2 繊維詳細

繊維種類	材質・物性	標準混入量
ガラス繊維	耐アルカリ性ガラス繊維 (引張強度 1700 N/mm ²)	0.60kg/m ³
ポリプロピレン繊維	100%ポリプロピレン、比重 0.91、繊維長 12mm	0.91kg/m ³
ガラスメッシュ	耐アルカリ性ガラス繊維 (引張強さ 15000 N/mm ² 以上)	1 枚
FRP 格子筋	引張強度 1400N/mm ² 、引張弾性率 100000N/mm ²	1 枚

表-3 コンクリートの配合

名称	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
30-12-20BB	48.5	43.3	159	328	784	1041	3.49

※Ad: AE 減水剤(ボゾリス No.70)

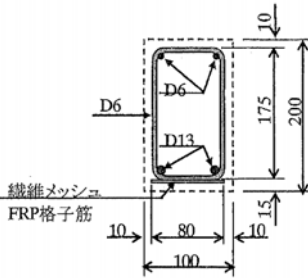


図-1 繊維メッシュ・FRP 格子筋の配置

表-4 圧縮強度・ヤング係数・割裂引張強度一覧

材齢	内容	無補強	G 繊維			PP 繊維			G メッシュ	
			標準量	標準量 ×1.5	標準量 ×2.0	標準量	標準量 ×1.5	標準量 ×2.0	1 枚	2 枚
28 日	圧縮強度 (N/mm ²)	40.8	42.9	44.7	51.4	45.5	45.8	42.9	40.0	38.7
	増加率	1.00	1.05	1.10	1.26	1.11	1.12	1.05	0.98	0.95
	ヤング係数 (kN/mm ²)	30.3	30.2	29.0	31.1	30.0	30.5	28.8	30.3	29.4
	増加率	1.00	1.00	0.96	1.03	0.99	1.01	0.95	1.00	0.97
	引張強度 (N/mm ²)	3.0	3.2	3.5	3.6	3.4	3.2	3.4	3.1	3.3
	増加率	1.00	1.08	1.17	1.23	1.15	1.09	1.13	1.05	1.11

キーワード 繊維補強コンクリート、破壊エネルギー、ひび割れ分散性、ひび割れ幅低減

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設（株）技術研究所 TEL 0287-39-2109

3. 2 切り欠き曲げ試験

表-5 に得られた破壊エネルギー一覧を示す。G 繊維は繊維量が1.0倍で0.252N/mm, 1.5倍で0.254N/mmであり, 無対策とほぼ同等の値を示している。G メッシュ試験体は, メッシュが1枚で1.657 N/mmと無対策試験体の7.13倍, 2枚では3.222 N/mmと, 13.6 倍の大きな値を示した。

3. 3 曲げ載荷試験

図-2 に使用時荷重 30kN 時のひび割れ発生状況を示す。無対策では, ひび割れは載荷点から外側に 200mm の区間のせん断補強筋の下でのみ発生した。一方, G 繊維ではひび割れはせん断補強筋の下以外にも発生した。FRP 格子筋では, せん断補強筋の下以外で 2 本発生し, 右側の載荷点から 280mm の位置にも発生した。このように, 繊維補強により使用時のひび割れ分散性の向上が認められた。表-6 にひび割れ発生荷重と発生ひび割れ本数を示す。繊維補強によりひび割れ本数は増加したが, ひび割れ発生荷重自体には大きな差は見られなかった。

図-3 は, 曲げ載荷試験における各繊維補強と無対策の荷重-変位曲線を比較したものである。部材降伏までにおいて, 全ての試験体で無対策とほぼ同様の挙動を示したことから, 繊維補強の効果は認められない。また G 繊維・PP 繊維・G メッシュでは無対策と比べて終局変位が増大しており, 各繊維補強によって負担する荷重が分散されたものと推察される。

図-4 に鉄筋応力と最大ひび割れ幅の関係および平均ひび割れ幅と作用荷重の関係を示す。G 繊維・PP 繊維・G メッシュおよび FRP 格子筋の最大ひび割れ幅はほぼ同等で, 無対策の半分程度の値であった。また, 作用荷重に対する平均ひび割れ幅は, 無対策と比べて 0.05~0.07mm 程度小さかった。これらのことから, 繊維補強によってひび割れ幅を半減させる効果が認められた。

4. まとめ

切り欠き曲げ試験より, PP繊維・Gメッシュの場合に破壊エネルギーの増加が認められた。また今回の繊維補強により, 曲げ載荷試験ではひび割れの発生荷重はほぼ同程度であったが, ひび割れ分散性が向上し, ひび割れ幅を約半分程度に低減できた。

なお本実験は, 早稲田大学清宮研究室, あおみ建設(株), 五洋建設(株), 東亜建設工業(株), 東洋建設(株), 若築建設(株)の共同研究として実施したものである。

表-5 切り欠き曲げ試験からの破壊エネルギー

No.	無補強	G 繊維				PP 繊維				G メッシュ	
		標準量	標準量 ×1.5	標準量 ×2.0		標準量	標準量 ×1.5	標準量 ×2.0		1 枚	2 枚
1	0.236	0.265	—	0.604	0.343	0.454	0.297	1.563	2.899		
2	0.236	0.232	0.270	—	0.273	0.386	0.423	1.574	3.384		
3	0.253	0.256	0.238	0.242	0.326	0.307	0.451	1.910	3.384		
4	0.251	0.256			0.449			1.686			
5	—	—			0.328			1.508			
6	—	—			—			1.698			
平均	0.244	0.252	0.254	0.423	0.343	0.383	0.390	1.657	3.222		

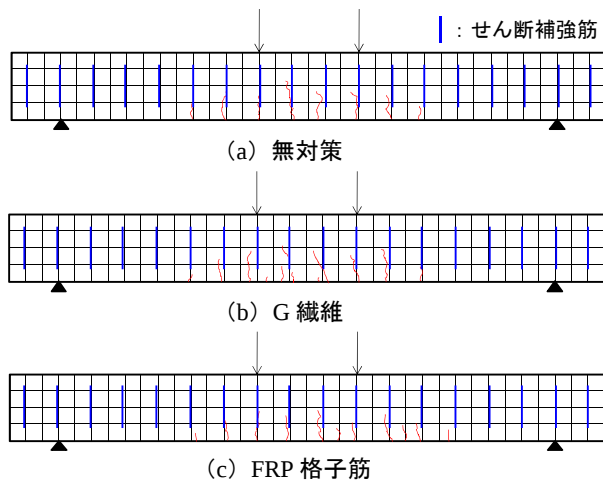


図-2 使用時荷重 30kN 時のひび割れ発生状況

表-6 ひび割れ発生荷重およびひび割れ本数

試験体	ひび割れ発生荷重 (kN)	全体ひび割れ本数 (本)		平均ひび割れ間隔 (mm)	
		降伏時	終局時	降伏時	終局時
無対策	17.3	16	17	57.4	54.1
G 繊維	14.4	21	23	52.8	48.2
PP 繊維	16.6	18	22	57.7	47.2
G メッシュ	16.9	23	30	43.6	33.4
FRP 格子筋	18.5	24	24	43.8	43.8

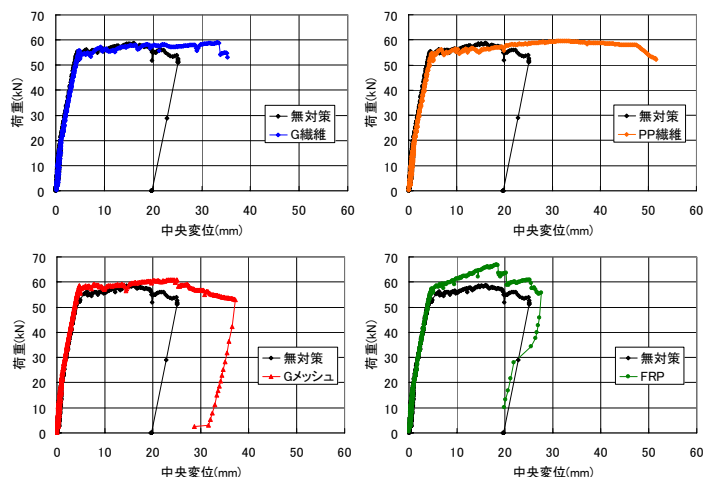


図-3 曲げ載荷試験における荷重-変位曲線

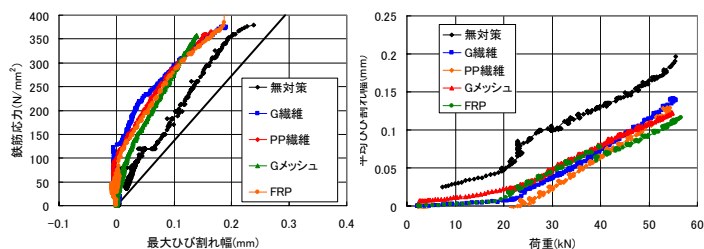


図-4 繊維補強によるひび割れ幅の低減効果