

V-454

FRP棒材を用いたはり部材のひび割れ性状に及ぼすかぶりの影響について

東洋建設㈱鳴尾研究所 正会員 中村 亮太 東洋建設㈱鳴尾研究所 正会員 末岡 英二
滋 賀 県 庁 新屋敷 保 大阪市立大学工学部 正会員 眞嶋 光保

1. はじめに

近年、FRP棒材（連続繊維補強材）は、軽量、高強度、高耐食性等の優れた特性を有することから従来用いられてきた補強材の代替としての研究が盛んに行われている。特に、腐食環境の厳しい海洋構造物への適用が積極的に考えられている。一般に、かぶりは補強材を保護し、耐久性、耐火性を確保する意味で必要とされるだけでなく、コンクリートとの付着にも影響を及ぼす要因となる。FRP棒材は鉄筋と比べて弾性係数が小さいことやコンクリートとの付着が小さいことなどから、かぶりを小さくした場合の力学的な検討が必要であると考えた。本研究はFRP棒材を補強筋に用いたはり部材の曲げ載荷試験を行い、かぶりと力学特性の関係について調べたものであり、本稿ではそのひび割れ性状に関して報告する。

2. 実験概要

試験体（かぶり39mmのもの）は図-1に示すような形状寸法で、有効高さを一定（ $d=15.5\text{cm}$ ）とし、かぶりを6、13、26、39mmの4種類（全高さ16.7～20cm）に変えたものをそれぞれ2本作製した。補強筋には表-1に示す特性値を持った炭素繊維2種類（CFCC：より線、FIBC：組み紐）、アラミド繊維1種類（FIBA：組み紐）、鉄筋の計4種類を用いた。載荷方法は対称2点載荷とし、ひび割れ発生時と破壊荷重のおよそ1/2程度で一旦除荷し、その後破

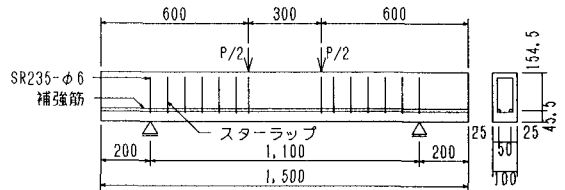


図-1 試験体形状寸法（かぶり39mm）

表-1 補強筋の特性

繊維の種類	公称直径 (mm)	公称断面積 (mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)	弾性伸び (%)
炭素(より線)	12.8	76.0	230	14,400	1.60
炭素(組み紐)	12.8	128.3	199	11,200	1.77
アラミド(組み紐)	12.9	130.1	161	6,930	2.33
鉄筋(SR235)	12.7	126.7	30	21,000	0.20

表-2 試験結果

試験体名	最大ひび割れ間隔 (mm)	最大ひび割れ 幅(mm)	耐荷力 (t)	曲げ耐力 力(t)	せん断耐力 力(t)	耐荷力 EX/CL _{max}	破壊モード
STEEL-6	5.0	0.16	5.30	5.44	9.95	0.97	鉄筋の降伏
	5.0	0.19	5.43			1.00	鉄筋の降伏
STEEL-13	10.0	0.22	5.71			1.05	鉄筋の降伏
	7.0	0.21	5.71			1.05	鉄筋の降伏
STEEL-26	8.0	0.41	5.83			1.07	鉄筋の降伏
	7.0	0.21	5.71			1.05	鉄筋の降伏
STEEL-39	14.0	0.34	5.40			0.99	鉄筋の降伏
	10.0	0.39	5.79			1.06	鉄筋の降伏
CFCC-6	7.0	1.65	9.41			0.94	斜め引張
	7.0	1.07	10.39			1.04	斜め引張
CFCC-13	11.0	1.56	9.54			0.96	斜め引張
	9.0	1.36	10.25			1.03	斜め引張
CFCC-26	10.0	1.01	8.99			0.90	斜め引張
	10.0	2.12	8.83			0.88	斜め引張
CFCC-39	15.0	0.61	7.73			0.77	斜め引張
	12.0	1.70	10.25			1.03	斜め引張
FIBC-6	8.0	0.69	10.08			1.00	斜め引張
	8.0	0.61	9.25			0.92	斜め引張
FIBC-13	8.0	0.59	11.05			1.10	斜め引張
	8.0	0.57	10.16			1.01	斜め引張
FIBC-26	12.0	1.05	10.31			1.03	斜め引張
	10.0	1.02	10.45			1.04	斜め引張
FIBC-39	14.0	2.01	13.40			1.33	コンクリートの圧壊
	15.0	1.60	10.95			1.09	斜め引張
FIBA-6	9.0	1.04	8.50			0.89	斜め引張
	10.0	1.58	10.06			1.05	斜め引張
FIBA-13	12.0	1.34	9.18			0.96	斜め引張
	13.0	1.70	10.27			1.07	斜め引張
FIBA-26	14.0	2.08	9.86			1.03	斜め引張
	14.0	1.53	8.80			0.92	斜め引張
FIBA-39	20.0	3.18	11.46			1.20	コンクリートの圧壊
	18.0	2.72	10.88			1.14	コンクリートの圧壊

3. 実験結果および考察

3.1 破壊荷重および破壊形式

試験結果の一覧を表-2に示す。破壊荷重はRC示方書の計算方法によって求めた曲げ耐力（コンクリートの終局ひずみ $\epsilon'_u=3500\mu$ に達したときの荷重）およびせん断耐力（コンクリートとスターラップが受け持つ耐力を越えたときの荷重）のいずれかの計算値とほぼ一致していた。破壊形式は鉄筋を用いたはりでは鉄筋が降伏した後コンクリートが圧壊し、FRP棒材を用いたはりでは弾性係数の小さなFIBC、FIBAのかぶり39mmでコンクリートが圧壊した以外はいずれも斜め引張り破壊の性状を呈した。かぶりによる破壊荷重

の違いは見られなかった。

3.2 ひび割れ状況

ひび割れの発生状況は、鉄筋を用いたはりで、曲げひび割れが卓越したのに対し、FRP棒材を用いたはりでは破壊荷重の60%程度まで曲げひび割れが進展し、その後斜めひび割れへと進行してからは曲げひび割れの進展が抑

制され、斜めひび割れのみが成長した。また、補強筋に沿ったひび割れがかぶりの小さなはりで底面に、大きなはりで側面に、それぞれ破壊直前になって発生したものも見られた。その傾向が顕著に見られたアラミド繊維を用いたはりのひび割れ発生状況を図-2に示す。

3.3 曲げひび割れ幅について

補強筋のひずみと曲げひび割れ幅の関係をRC示方書の計算式①と比較して図-3に示す¹⁾。なお、コンクリートの乾燥収縮等のひずみは考慮していない。ここで、この計算式をFRP棒材を用いた場合においても適用できるとし、付着性状の影響を表す定数kについて評価すると、今回の実験では鉄筋を用いたはりとは破壊形式が異なるため厳密な比較はできないが、鉄筋を用いたはりでは、かぶりによらず①式でkの値を1.0（異形鉄筋）にしたものとよく一致したのに対して、FRP棒材を用いたはりではかぶりによりkの値が1.4～4.5と異なった。このことから本実験において、FRP棒材を用いたはりの曲げひび割れ幅を①式で求めることは困難であると考えられた。

$$w = k \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} [\sigma_{s,e} / E_s + \varepsilon'_{s,e}] \quad \dots \textcircled{1}$$

w: ひび割れ幅(cm)
k: 付着性状の影響を表す定数
異形鉄筋: 1.0、丸鋼: 1.3
 $\varepsilon'_{s,e}$: コンクリートの乾燥収縮およびクリープによるひび割れの増加を考慮するための数値
c: かぶり(cm)
 ϕ : 鋼材径(cm)
 c_s : 鋼材の中心間隔(cm)
 $\sigma_{s,e}$: 鉄筋応力度の増加量(kgf/cm²)
 E_s : 鋼材の弾性係数(kgf/cm²)

4. まとめ

- (1) ひび割れ発生状況において、FRP棒材を用いたはりの一部で補強筋に沿ったひび割れが発生した。その場所はかぶりの小さなはりで底面に、大きなはりで側面に、それぞれ破壊直前で見られた。特にFRP棒材の弾性係数が小さいもので顕著であった。
- (2) FRP棒材を用いたはりの曲げひび割れ幅を①式で評価するには、かぶりによってkの値が大きく異なるため、困難であると考えられた。

FRP棒材の弾性係数が小さいことや破壊時の変形性状等の影響を考慮する必要があると思われた。

参考文献 1) コンクリート標準示方書〔平成3年版〕設計編、土木学会 pp. 82-88

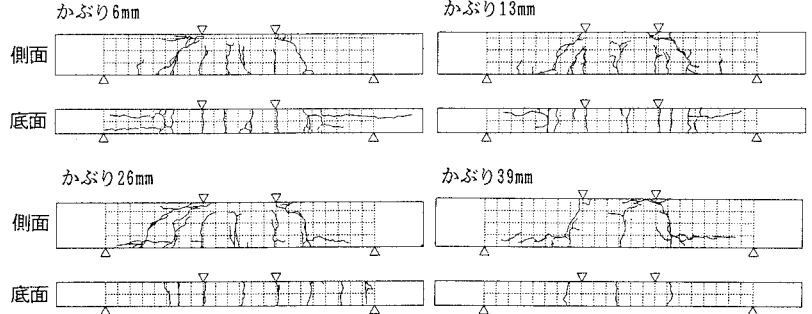


図-2 アラミド繊維を用いたはりのひび割れ発生状況

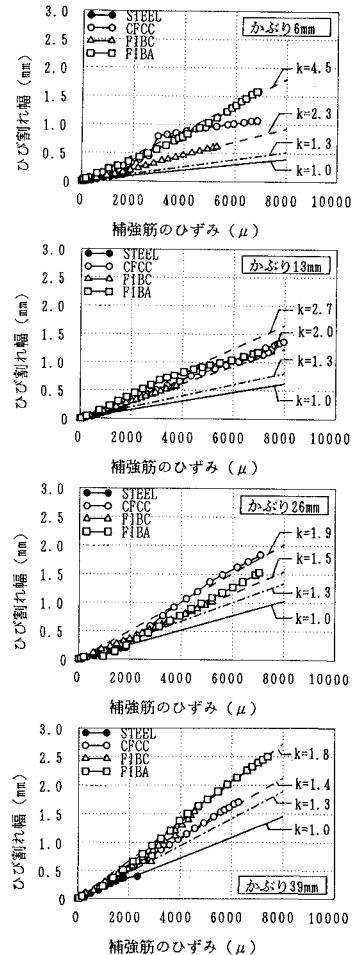


図-3 補強筋のひずみとひび割れ幅の関係