

V-112

FRP ロッドを緊張材に用いたはり部材の曲げ挙動特性

日本国土開発 正員 田中正和
 大阪市立大学工学部 正員 眞嶋光保

1. はじめに

従来用いられてきた補強用鋼材やPC鋼材の代替品として注目されているFRPロッドは、使用する繊維素材や結束材の種類により力学的な性質が異なる。したがって、FRPロッドを緊張材として部材に用いた場合、その種類により部材の挙動も異なると考えられる。そこで本研究では、従来用いられてきたPC鋼材の代替品として考えられているうちの3種のFRPロッド、CFRP、GFRP、AFRPを緊張材に用いたポストテンションPCはり供試体について、使用したFRPロッドの力学的な相違点がPCはり部材の挙動にどのような影響を及ぼすかを検討することとした。

2. 実験概要

実験の要因と水準を表-1に示す。PC鋼棒を用いたPCは緊張材CFRP、GFRP、AFRP、PC鋼棒の破断荷重の60%、40%の2水準とした。表-2 FRPロッド、PC鋼棒の緒元および導入緊張力を使用したFRPロッドとPC鋼棒の緒元および導入緊張力を表-2に示す。なお、PC鋼棒はC種1号の丸棒である。コンクリートの配合表を表-3に示す。コンクリートの設計基準強度は $f'_{c,k}=450\text{kgf/cm}^2$ だが、載荷試験時の圧縮強度は $f'_c=613\text{kgf/cm}^2$ 、曲げ強度は $f_s=51\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数は $E_c=314,000\text{kgf/cm}^2$ であった。供試体の形状および寸法、配筋を図-1に示す。図-1に示す位置に緊張材を配置したときの緊張材比を表-2に併記する。スターラップにはSR30 $\phi 6$ の普通丸鋼を用い、せん断補強筋比 $p_w=0.0043$ とした。試験はアムスラー型試験機を用い、スパン中央に対称2点載荷とし、曲げひびわれ発生時に繰り返し載荷を行った。たわみの測定は、スパン中央供試体下縁に配置した変位計により行い、ひびわれ幅の測定は供試体側面、スターラップ下縁部位置に配置した π ゲージにより行った。せん断スパン比は $a/d=2.94$ である。

表-1 実験の要因と水準

要因	水準
緊張材	CFRP, GFRP, AFRP, PC鋼棒
緊張力	緊張材の破断荷重の60%, 40%

表-2 FRPロッド、PC鋼棒の緒元および導入緊張力

緊張材	公称断面積 (cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	導入緊張力(kgf)		緊張材比
				40%	60%	
CF	1.130	1,272,000	17,900	8,100	12,100	0.0085
GF	1.130	442,000	14,200	6,400	9,600	0.0085
AF1	0.849	540,000	19,000	6,500	9,700	0.0064
AF2	1.000	660,000	14,000	5,100	7,600	0.0075
PC鋼棒	0.950	2,050,000	13,600	5,200	7,800	0.0071

表-3 配合表

粗骨材寸法 (mm)	スラング (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	A/E 減水剤
10	7.5±1	3.5±0.5	40	43	175	438	698	949	2.628

粗骨材寸法 (mm) 10
 スラング (cm) 7.5±1
 空気量の範囲 (%) 3.5±0.5
 水セメント比 W/C (%) 40
 細骨材 s/a (%) 43
 水 W 175
 セメント C 438
 細骨材 S 698
 粗骨材 G 949
 A/E 減水剤 2.628

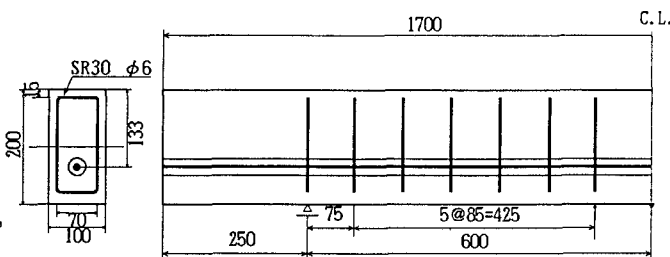


図-1 供試体の形状および寸法、配筋

3. 結果

(1) 曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重の実測値と計算値および破壊形式

表-4に曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重の実測値と計算値および破壊形式を示す。なお、供試体名末尾の数字は緊張力を表す。曲げひびわれ発生荷重の計算値は、全断面有効とした等価断面二次モーメントを用いて求めた。実測値と計算値は、その比が0.84~1.03の間にあり、ほぼ一致していると考えられる。曲げひびわれ発生荷重は、高プレストレスの導入が確保でき、かつFRPロッドの中でも比較的高弾性なCFRPが、他の供試体に比べ大きくなっている。曲げ破壊荷重の計算値は、従来通りの終局状態を仮定し、等価

応力ブロックを用い、力の釣合条件とひずみの適合条件により求めた。せん断破壊荷重の計算値は、FRPロッドを用いた供試体ではコンクリートの負担するせん断力V。の低下を辻ら¹⁾の方法により計算したものである。またプレストレスの効

表-4 曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重の実測値と計算値および破壊形式

供試体	曲げひびわれ発生荷重			せん断破壊荷重		実測値 (kgf)	破壊形式	実/計
	計算値	実測値	実/計	計算値 (kgf)	計算値 (kgf)			
CF-4	3,570	3,650	1.02	9,350	9,960	10,100	コンクリート上縁側圧壊	1.08
CF-6	4,630	4,600	0.99	11,090	11,000	11,313	斜め引張破壊	1.03
GF-4	3,080	2,930	0.95	7,050	8,600	7,300	コンクリート上縁側圧壊	1.04
GF-6	3,940	4,050	1.03	8,380	9,440	8,210	コンクリート上縁側圧壊	0.98
AF1-4	3,110	2,600	0.84	6,960	8,560	6,700	コンクリート上縁側圧壊	0.96
AF1-6	3,970	3,380	0.85	8,280	9,410	7,810	コンクリート上縁側圧壊	0.94
AF2-4	2,740	2,440	0.89	6,590	8,310	6,700	コンクリート上縁側圧壊	1.02
AF2-6	3,410	3,010	0.88	8,000	9,130	8,800	コンクリート上縁側圧壊	1.10
PC-4	2,800	2,250	0.80	5,620	10,210	6,260	コンクリート上縁側圧壊	1.11
PC-6	3,510	3,110	0.89	5,620	9,540	6,800	コンクリート上縁側圧壊	1.21

果はディコンプレッションモーメントにより考慮した。破壊形式はCF-6を除けば、すべての供試体でコンクリート上縁側の圧壊によるものとなった。実測値と計算値の比較については、その比が0.94~1.21の間にあり、曲げひびわれ発生荷重と同様、両者はほぼ一致していると考えられる。

(2) 変形特性

図-2に荷重-たわみ関係を示す。曲げひびわれ発生後は、曲げ剛性の低下が認められた後、破壊まで荷重の増加にともないたわみは増加していく。同一緊張材における、緊張力の違いによる比較では、緊張力が大きいほどたわみ量は少ない。緊張材の違いによる比較では弾性係数の違いが表れており、高弾性なCFでたわみ量は最も少ない。

(3) ひびわれ性状

ひびわれの進展状況は全ての供試体で、まず最大曲げモーメントが作用する曲げスパン内のスターラップ位置に発生した曲げひびわれが、荷重の増加とともに鉛直に進展していった。その後、FRPロッドを用いた供試体では斜めひびわれが生じた。PC鋼棒を用いた供試体では斜めひびわれはみられなかった。図-3に荷重-最大ひびわれ幅関係を示す。曲げひびわれ発生後の同一荷重におけるひびわれ幅はCFが最も小さく、緊張材にCFを用いると、ひびわれ幅を小さくすることが可能と考えられる。

4. まとめ

(1) 耐力の算定は、従来通りの算定方法で実測値と計算値がほぼ一致する。

(2) CFでは高プレストレスの導入が確保できるため、曲げひびわれ発生荷重を大きくすることができる。

(3) 曲げひびわれ発生後のたわみ量とひびわれ幅はCFが最も小さい。

【参考文献】

1) 辻ら：FRPで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.10, NO.3, 1988, pp547-552

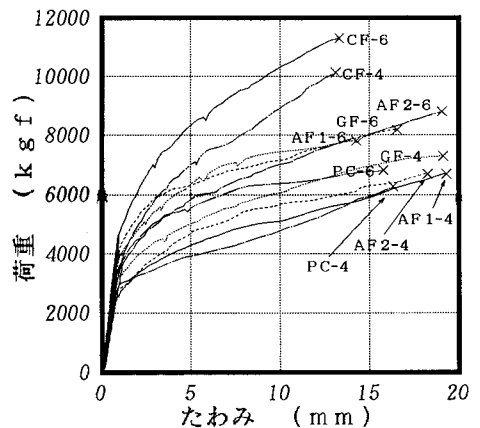


図-2 荷重-たわみ関係

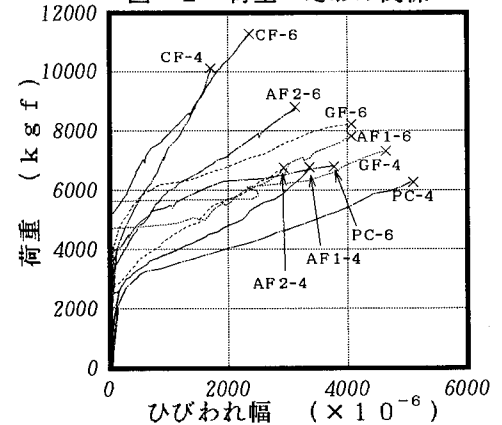


図-3 荷重-ひびわれ幅関係