

各種FRPロッドを用いたコンクリートはりの部材特性

大阪市立大学工学部 学生員○田中正和
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その力学的な性質が異なるため、FRPロッドを補強材として部材に用いた場合、使用するFRPロッドによって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鋼材の代替品として考えられている4種のFRPロッド、CFRP、GFRP、AFRP、VFRPを主筋に用いたRCはり供試体を作製し、載荷試験を行いFRPロッドの力学的な相違点がRC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。異形鉄筋を

表-1 実験の要因と水準

用いたRCはり供試体を比較供試体として実験の水準に加えた。使用したFRPロッドと鉄筋の断

要因	水準
主筋の種類	CFRP, GFRP, AFRP, VFRP, 異形鉄筋

面積、弾性係数、引張強度および補強材比を表-2に、

表-2 FRPロッドおよび鋼材の諸元

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 $f'_{ck}=280\text{kgf/cm}^2$ 、載荷試験時の圧縮強度 $f'_c=397\text{kgf/cm}^2$ 、曲げ強度 $f_b=45\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数 $E_c=261,000\text{kgf/cm}^2$ であった。供試体の形状および寸法、配筋を図-1に示す。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 $p_w=0.00335$ とした。試験はアムスラー型試験機を用いて、スパン中央に対称2点載荷とし曲げひびわれ発生時と終局荷重計算値の1/2の荷重の2点で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

主筋	公称断面積 (cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	補強材比 (鉄筋比)
CFRP1	1.130	1,250,000	15,500	0.0133
CFRP2	1.130	1,272,000	17,900	0.0133
CFRP3	0.760	1,420,000	22,500	0.0089
GFRP1	1.130	440,000	12,000	0.0133
GFRP2	1.130	442,000	14,200	0.0133
AFRP1	0.283	540,000	19,000	0.0100
AFRP2	1.000	560,000	14,000	0.0118
VFRP	1.130	224,000	6,400	0.0133
SD30	1.267	2,100,000	3,000	0.0149

変位計により行った。せん断スパン比 $a/d=2.94$ である。

表-3 配合表

3. 結果

表-4に曲げひびわれ発生荷重、

破壊荷重の実測値および計算値と破壊形式を示す。曲げひびわれ発生荷重の計算値は、ひびわれが発生するまでコンクリートは完全弾性体とみなし、全断面有効とした等価断面二次モーメントを用いて、はりの下縁応力度が曲げ引張強度に達したときに曲げひびわれが生じるとして求めた。計算値と実測値はほぼ一致していると考えられる。

また曲げ破壊荷重の計算値は、等価応力ブ

粗骨材の最大寸法 (mm)	スパンの範囲 (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	AE減水剤
10	7.5 ± 1	5.0 ± 0.5	59	45	175	297	782	980	0.594

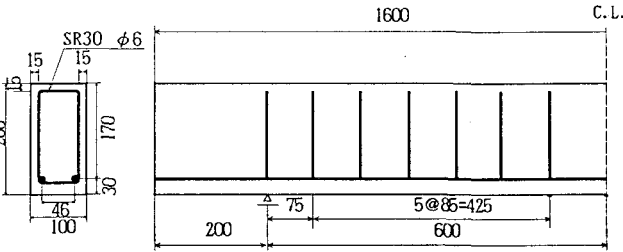


図-1 供試体の形状、寸法および配筋

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。その際、FRPロッドを用いた供試体に

関してはFRPロッドの破断よりもコンクリート上縁側の圧壊が先行するとして、また鉄筋を用いた供試体の場合は、鉄筋が降伏した後、上縁側コンクリートが圧壊するとして計算を行った。せん断破壊荷重の計算値は辻ら¹⁾の提案による、従来のせん断耐力算定式中の補強筋比に鋼材とFRPロッドとのヤング係数比を乗じて計算したものである。

破壊形式は鉄筋を除いた全ての供試体について、斜め引張破壊となった。計算上は曲げ破壊荷重の方がせん断破壊荷重より小さく曲げ破壊により耐力を失うはずであるが、実際にはせん断破壊が先行している。またAFRP1、V

FRPに関しては、曲げ破壊荷重以上の値でせん断破壊を生じている。同一条件で載荷試験を行ったSD30の場合の破壊形式は、鉄筋の降伏に続いてコンクリート上縁側が圧壊する典型的な曲げ破壊

表－4 曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重の実測値および計算値

	曲げひびわれ発生荷重			曲げ破壊荷重 計算値 (kgf)	せん断破壊荷重 計算値 (kgf)	実測値 (kgf)	破壊形式	実／計
	計算値	実測値	実／計					
CFRP1	1,410	1,440	1.02	9,810	9,940	8,480	斜め引張破壊	0.85
CFRP2	1,410	1,150	0.82	9,870	9,970	8,140	斜め引張破壊	0.82
CFRP3	1,380	1,760	1.28	8,980	9,600	6,790	斜め引張破壊	0.71
GFRP1	1,330	1,510	1.14	6,770	8,770	6,430	斜め引張破壊	0.73
GFRP2	1,330	1,250	0.94	6,780	8,780	6,780	斜め引張破壊	0.77
AFRP1	1,320	1,110	0.83	6,620	8,710	8,200	斜め引張破壊	0.94
AFRP2	1,340	1,340	1.00	7,540	9,050	5,930	斜め引張破壊	0.66
VFRP	1,300	1,240	0.95	5,160	8,200	6,070	斜め引張破壊	0.74
SD30	1,520	1,330	0.88	4,820	10,880	7,150	コンクリート上縁側圧壊	1.48

であり、FRPロッドを主筋に用いた場合とはタイプの異なる破壊挙動を示す。図－2に荷重－中央点たわみ関係を示す。図中、荷重が1 tを越えたあたりで勾配が緩くなっているが、これは曲げひびわれの発生により部材の剛性が低下したためであり、弾性係数の小さいFRPロッドほどその度合いは大きいたわみの増加量も大きい。

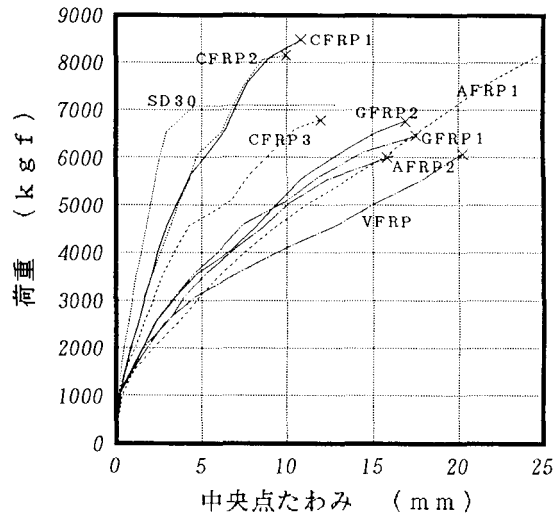
また、FRPロッドを用いた供試体では、いったん曲げひびわれが発生すると、ひびわれは急激にはり上縁部にまで進展し、斜めひびわれが発生すると、それが急激に進展し破壊へ至った。

4. まとめ

- ・FRPロッドを主筋に用いた場合、計算上では曲げ破壊であっても、実際には何らかの原因でせん断破壊へ移行する。
- ・剛性の低下は低弾性のものほど顕著であり、たわみの増加量も低弾性のものほど大きい。

【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－中央点たわみ関係