

大阪市立大学工学部 学生員○中村忠善
正 員 真嶋光保

1. はじめに

近年、炭素繊維、アラミド繊維等を補強材とするFRPに関する研究が多く実施され、すでに試験的に橋梁の施工もなされつつある¹⁾。しかし、現段階においては鋼材の設計手法をFRP棒材に流用しているだけで、本格的な実用化を図る上では、FRP棒材を用いたコンクリート部材の力学的特性を明らかにして、設計手法を確立することが重要である。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ロッドである炭素、アラミド、ビニロン、ガラス（以下CFRP・AFRP・VFRP・GFRPとする）をせん断補強筋だけに用いたもの（①シリーズ）と主筋とせん断補強筋の両方に用いたもの（②シリーズ）の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。①シリーズでは、丸鋼を用いRCはり供試体を比較供試体として実験の水準に加えた。②シリーズに使用したFRPロッドと丸鋼の断面積、弾性係数、引張強度を表-2に、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 $f'_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 、載荷試験時における圧縮強度は $f'_c=330\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数 $E_c=280,000\text{kgf/cm}^2$ であった。供試体の形状および寸法、配筋を図-1に示す。①シリーズの主筋にはSD295 D13の異形鉄筋を用い、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の荷重でく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った。

表-1 実験の要因と水準

要因	水準
せん断補強筋の種類	CFRP, GFRP, AFRP, VFRP, 丸鋼
主筋の種類	CFRP, GFRP, AFRP, VFRP

表-2 各種FRPおよび鋼材の諸元

主筋および スリット	公称断面積 (cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)
CFRP	0.210	1,470,000	18,100
GFRP	0.283	554,000	17,500
AFRP	0.250	660,000	14,800
AFRP	0.283	540,000	19,000
VFRP	0.283	257,000	9,100
丸鋼φ6	0.283	2,100,000	3,000
主筋D13	1.267	2,100,000	3,000

表-3 配合表

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの範 囲 (cm)	空気重の 範囲 (%)	水セメ ント比 率 W/C (%)	細骨材 比 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					A/E減 水剤
					水	セメン ト	細骨材	粗骨材		
10	12±2	5.0±0.5	56	44	186	333	743	936		0.25

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。①シリーズは計算値と実測値はほぼ一致していると考えられるが、②シリーズは実測値の方が小さめになっている。また曲げ破壊荷重の計算値は、等価応力ブロックを用い、力

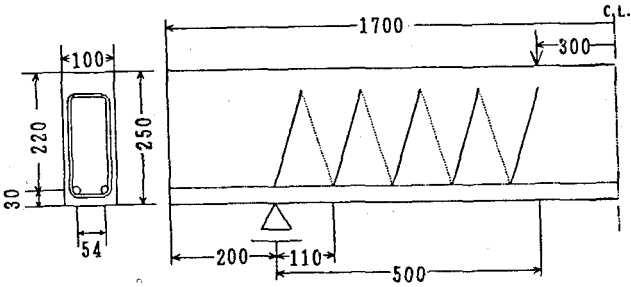


図-1 供試体の形状、寸法および配筋 (mm)

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辻ら²⁾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、①シリーズではGFRPを除いた全ての供試体について、コンクリート上縁側

圧壊となった。また②シリーズではCFRP・A₁FRPが主筋ロッド破断破壊、GFRP・VFRP・A₂FRPが斜め引張破壊を呈した。計算上は、①シリーズで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GFRPはせん断破壊が先行している。同一条件で載荷試験を行ったSD295の場合は、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であった。②シリーズでは、VFRP以外は曲げ破壊で耐力を失うはずであるが、GFRP・A₂FRPはせん断破壊が先行している。

またCFRP・A₁FRPに関しては、主筋に使用したFRPロッドが破断するという鉄筋には見られない挙動が見られた。図-2に荷重-スターラップひずみ関係を示す。

①シリーズでは、鉄筋の降伏に伴いせん断補強筋のひずみが徐々に増加してきている。②シリ

ーズでは、主筋ロッドのたわみ増加に伴い結束されたせん断補強筋がひずみ始める傾向にある。①②シリーズとも、ひずみ量は弾性係数が小さいものほどよくひずむようである。また①シリーズと比較すると②シリーズの方がより小さい荷重値で歪んでいる。これはFRPロッドが鉄筋に比べて弾性係数が非常に小さいためと考えられる。

4. まとめ

- ・主筋に鉄筋を用いた場合、計算上ではすべて曲げ破壊するはずであっても、GFRPのようにせん断破壊を示すものがあり、GFRPについては何らかの原因でせん断破壊に移行する。
- ・せん断補強筋のひずみは主筋に使用する部材によって多少異なるが、弾性係数の小さいFRPロッドを用いた方が小さい荷重値でひずみ始める。
- ・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) 田中正和：FRPロッドを主筋および緊張材に用いたはり部材の力学的挙動に関する研究、1992、p3
- 2) 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

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			曲げ荷重 計算値	せん断破壊荷 重計算値	実測値 (kgf)	破壊形式	実/計
	計算値	実測値	実/計					
SCFRP	1,720	1,400	0.81	5,290	17,790	9,200	コンクリート上縁側圧壊	1.18
SGFRP	1,760	1,800	1.02	6,290	11,520	9,710	斜め引張破壊	0.85
SA ₁ FRP	1,760	1,700	1.04	5,290	10,880	9,700	コンクリート上縁側圧壊	1.26
SA ₂ FRP	1,720	1,700	0.99	5,290	12,200	10,220	コンクリート上縁側圧壊	1.31
SVFRP	1,720	2,200	1.28	5,290	19,900	8,990	コンクリート上縁側圧壊	1.15
SS	1,710	1,800	1.06	5,290	11,990	9,700	コンクリート上縁側圧壊	1.24
CCFRP	1,470	1,100	0.75	6,280	15,770	6,100	主筋ロッド破断	0.97
GGFRP	1,460	1,200	0.82	5,700	8,600	6,300	斜め引張破壊	0.73
AA ₁ FRP	1,460	1,300	0.89	5,120	8,050	6,200	主筋ロッド破断	1.01
AA ₂ FRP	1,460	1,200	0.82	6,250	9,170	5,320	斜め引張破壊	0.58
VVFRP	1,450	1,200	0.83	4,240	8,380	4,140	斜め引張破壊	1.22

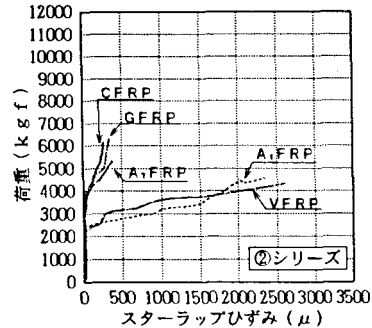
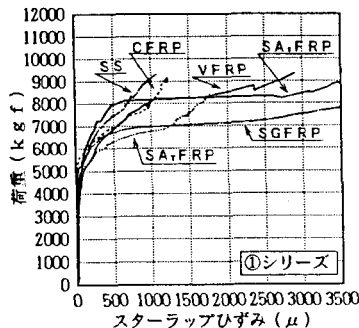


図-2 各シリーズの荷重-スターラップひずみ