

V-159 CFRPロッドを主筋およびスターラップに用いたRCはりのせん断耐荷性状

日本コンクリート工業 正会員 本間雅人

日本コンクリート工業 正会員 丸山武彦

1 はじめに

近年、CFRPロッドをコンクリート補強材として用いるための実験が盛んに行われている。せん断性状に関する幾つかの研究から、CFRPロッドを主筋に用いると、コンクリートの負担せん断力が小さいこと、骨材のかみあわせの影響が小さいこと、主筋のほぞ作用が小さいことなどが指摘され、CFRPロッドをスターラップに用いると、その耐力は理論値より小さいこと、曲げ加工部分の強度が低下することなどが報告されている。しかし、これらを設計に反映させるにはまだデータが不足していると思われる。そこで、CFRPロッドをスターラップとして用いたRCはりの載荷試験を行い、せん断耐荷性状について検討した。

2 使用材料および実験方法

RCはりの主筋には公称径12.5mmのCFRPストランドおよび呼び径19mmの異形鉄筋を使用し、スターラップには公称径6mmの繊維巻付け型CFRPロッドおよび直径9mmの鉄筋を使用した。それらの特性を表1に示す。CFRPロッド製のスターラップはプリブレグを型に沿って曲げ、加熱硬化させたものである。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、粗骨材の最大寸法は15mm、水セメント比は40%、セメント量は 400kg/m^3 、細骨材率は45%で、試験時の圧縮強度は $495\sim 645\text{kgf/cm}^2$ であった。

試験体の形状を図1に、試験体の一覧表を表2に示す。CFRP製のスターラップは15cmの間隔で、鉄筋のスターラップは10cmの間隔で配置した。試験体はせん断スパンと有効高さの比を2.0として載荷した。スターラップのひずみは折曲げ位置から5cmの位置に、主筋のひずみは中央に張付けたストレインゲージにて測定し、斜めひびわれ幅は載荷点から 45° の角度ではりの上面から10cmの位置にとり付けた π ゲージにて測定した。

3 実験結果

3.1 ひびわれおよび破壊性状

試験体のひびわれ状況の一例を図2に、実験結果を表2に示す。最初に載荷点付近に曲げひびわれが発生し、CFRPストランドを主筋に用いた場合、その曲げひびわれは荷重10tf前後で圧縮縁近くにまで達する。その後、せん断スパン内に発生したひびわれが載荷点および支点方向に伸展し斜めひびわれとなり、せん断破壊に至った。異形鉄筋を用いた場合、曲げひびわれの伸展はそれ程顕著ではなく、荷重の増加にともない載荷点と支点とを結ぶ線上に斜めひびわれが発生し、鉄筋定着部の破壊からせん断破壊に至った。CFRP製スターラップの破壊は曲げ加工部に斜めひびわれが達した部分で起こり、異形鉄筋を用いた場合は主筋に沿って生じたひびわれによってもスター

表1. 補強筋の特性

名 称	断面積 (cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 (kg/cm^2)	伸び (%)
主筋				
CFRPストランド	0.76	21,600	1.4×10^6	1.6
異形鉄筋	2.87	3,640	1.8×10^6	25.0
スターラップ				
CFRPロッド	0.28	17,700	1.5×10^6	1.2
鉄筋	0.64	3,620	2.0×10^6	30.3

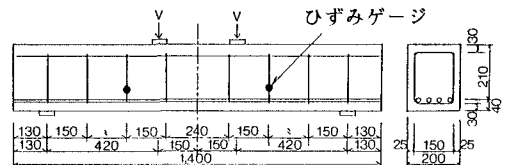


図1. 試験体の形状

表2. 実験結果

記 号	計 算 値			実 験 値			R_s
	V_{CO} (tf)	V_{SD} (tf)	P_{CAL} (tf)	P_{CR} (tf)	P_{MAX} (tf)	$\frac{P_{MAX}}{P_{CAL}}$	
主筋							
C-N-1	6.8		13.7	7.2	20.5	1.50	
C-C-1	6.9	12.2	38.2	6.9	16.6	0.43	0
C-C-2	7.1	12.2	38.5	6.2	30.5	0.79	0.41
S-N-1	9.6		19.3	19.1	29.5	1.52	
S-C-1	10.4	12.2	45.1	15.2	42.0	0.93	0.51
S-C-2	10.5	12.2	45.5	17.4	40.0	0.88	0.43
S-S-1	10.1	8.4	37.0	19.6	45.9	1.24	0.98

$$1) V_{CO} = f_v \cdot 0.75 + 1.4/a/d \cdot (1 + \beta \cdot t/d) \cdot f_v \cdot b \cdot w \cdot d$$

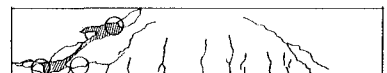
$$2) V_{SD} = A_w \cdot f_{wy} \cdot (z/s)$$

$$3) P_{CAL} = 2(V_{CO} + V_{SD}), R_s = (P_{MAX} - P_{NMAX}) / 2 V_{SD}$$

○はスターラップ破断位置



C-C-1



S-C-2

図2. 試験体のひびわれ状況

ラップが破断した。スターラップを配置していないC-N-1とS-N-1のせん断耐力は計算値の約1.5倍である。これは、はりのせん断スパンと有効高さの比が2で、タイドアーチの耐荷機構に近くなっているためと考えられる。各はりの実験値からスターラップを配置していない試験体のせん断耐力を差引いたものと、トラス理論を適用して計算したスターラップのせん断耐力とを比較すると、鉄筋スターラップは計算値とほぼ等しいが、CFRPスターラップは計算値の0~0.5倍であり、C-C-1のようにスターラップを配置していないものより耐力の低下したのもあった。これは、図3に示すように、CFRPストランドを主筋に用いた場合は斜めひびわれ幅が大きくなるため、スターラップの引張強度が低下すること、曲げ加工部に応力が集中することなどが考えられる。しかし、C-C-1を除けば、CFRPスターラップの負担せん断耐力は主筋の違いにかかわらず、大差ないようにも見える。

3. 2 荷重とひずみの関係
図4にスターラップのひずみ、図5に主筋のひずみを示す。どの試験体においてもスターラップに作用する引張応力はトラス理論から求められるものより小さいが、C-CおよびS-Cのように、主筋の違いによって、スターラップに作用する応力には大きな違いが見られる。これは、CFRPに比べて鉄筋はほぼ作用が大きいと考えられるが、スターラップの負担せん断耐力に大差は見られなかったという、せん断耐力を区分して得られる前述の結果とは一致しない。このことは、異形鉄筋を用いた場合、はりはタイドアーチ機構に近づくため鉄筋定着部の破壊が起こり、同時にスターラップも破断したため十分な補強効果が発揮されなかったと説明できる。また、主筋のひずみは引張側コンクリートを無視した弾性計算値の勾配とほぼ一致し、従来からいわれているように、CFRPを用いてもRCの曲げ理論の考え方が適用できることがわかる。

3. 2 荷重とひずみの関係

図4にスターラップのひずみ、図5に主筋のひずみを示す。どの試験体においてもスターラップに作用する引張応力はトラス理論から求められるものより小さいが、C-CおよびS-Cのように、主筋の違いによって、スターラップに作用する応力には大きな違いが見られる。これは、CFRPに比べて鉄筋はほぼ作用が大きいと考えられるが、スターラップの負担せん断耐力に大差は見られなかったという、せん断耐力を区分して得られる前述の結果とは一致しない。このことは、異形鉄筋を用いた場合、はりはタイドアーチ機構に近づくため鉄筋定着部の破壊が起こり、同時にスターラップも破断したため十分な補強効果が発揮されなかったと説明できる。また、主筋のひずみは引張側コンクリートを無視した弾性計算値の勾配とほぼ一致し、従来からいわれているように、CFRPを用いてもRCの曲げ理論の考え方が適用できることがわかる。

4 まとめ

今回行った実験の範囲から次のことがいえる。

- 1) CFRPを主筋とした場合、せん断スパン内の曲げひびわれが伸展して斜めひびわれとなり、異形鉄筋を主筋とした場合、曲げひびわれの伸展が停滞すると載荷点と支点とを結ぶ線上に斜めひびわれが発生した。
- 2) CFRPスターラップのせん断耐力は、トラス理論から求められる値の半分以下となり、主筋もCFRPとしたRCはりの場合、とくにせん断耐力が低下する可能性がある。
- 3) 鉄筋定着部の破壊が生じると、CFRPスターラップの補強効果が十分発揮されないことが考えられる。

〔参考文献〕 1)小沢、関島、岡村：FRPで補強したコンクリートはりの曲げ疲労性状、JCI年次論文報告集、9-2、1987

2)寺田、鳥取、蒲井、宮田：FRPをせん断補強に用いたRCはりの破壊性状について、JCI年次論文報告集、10-3、1988

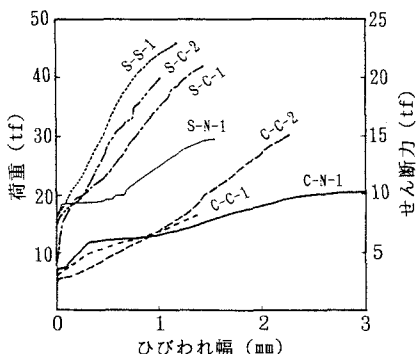


図3. 荷重と斜めひびわれ幅の関係

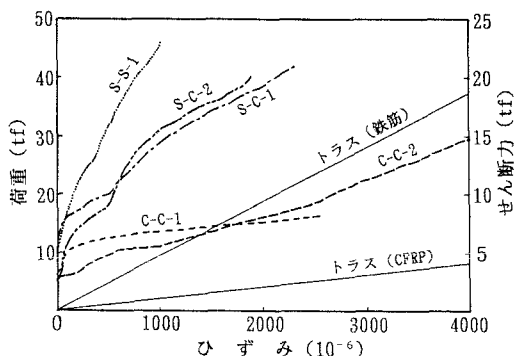


図4. 荷重とスターラップのひずみの関係

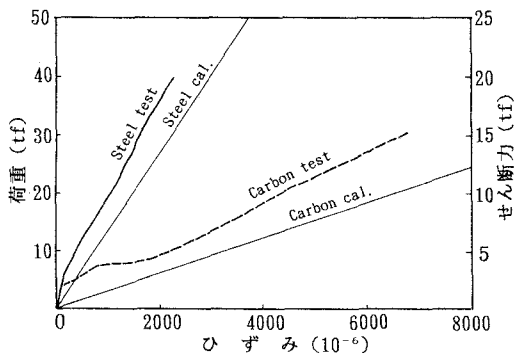


図5. 荷重と主筋のひずみの関係