

15. CFRP 製せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力評価

田北 翔

1. 目的

近年新素材として注目されている CFRP は、高強度・軽量・耐食性などの特徴を有し、コンクリート構造物における補強材としての適用に関する研究が行われている。九州大学では独自に CFRP ロッドの開発を進めており、鉄筋や PC 鋼材の代替材として用いた場合の検討を行っている。本研究では、CFRP をせん断補強筋として用いた場合のせん断耐力評価について検討した。

2. 内容

2.1 CFRP せん断補強筋隅角部強度試験

CFRP せん断補強筋の隅角部強度を把握するために、CFRP せん断補強筋隅角部強度試験を行った。図 - 1 に示す供試体のコンクリート部に引張荷重を与えた。隅角部強度の理論値は式(1)により算出している。ここで、 $f_{fbk}$ ：隅角部強度( $N/mm^2$ )、 $f_{fuk}$ ：一軸引張強度の特性値( $N/mm^2$ )、 $r$ ：曲げ内半径( $mm$ )、 $h$ ：連続繊維補強材の断面高さ( $mm$ )である。この値を用いて算出すると、隅角部強度は  $2067 N/mm^2$  となり、直線部強度  $4000 N/mm^2$  の 52% となる。

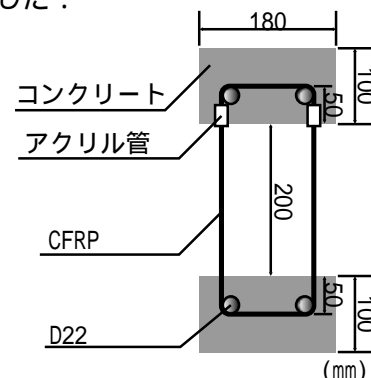


図 - 1 隅角部強度試験供試体図

$$f_{fbk} = (0.05r/h + 0.3) f_{fuk} \quad (1)$$

結果を表 - 1 に示す。アクリル管によりコンクリートとの付着を切った両隅角部で破断していた。引張耐力の平均値は 24.9kN となり、実験値と理論値との比は 0.93 であった。この結果から、理論値が実験値を上回ったものの、CFRP 隅角部強度は式(1)により概ね評価可能であると考えられる。

表 - 1 隅角部強度試験結果

No.	理論値 (kN)	実験値 (kN)	実験値/理論値	破断個所
1	26.6	23.3	0.88	隅角部
2		25.2	0.95	隅角部
3		26.1	0.98	隅角部
平均		24.9	0.93	-

2.2 CFRP をせん断補強筋に用いた RC はり試験

2.2.1 供試体概要

供試体概要を表 - 2 に、供試体概略図を図 - 2 に示す。本研究で用いる供試体は、 $a/d=3.0$  とする単純 RC はりとし、パラメータはせん断補強筋の種類および配置間隔である。

表 - 2 はり供試体概要

Type	a/d	主筋	せん断補強筋	せん断補強筋配置間隔(mm)
S	3.0	3-D22	-	-
SS			D6	80(d/2)
SCa			CFRP	120(d/1.33)
SCb				

使用した補強筋、コンクリートの力学特性を表 - 3、表 - 4 に示す。主鉄筋は D22、圧縮鉄筋は D10、せん断補強筋は D6 (断面積  $31.7mm^2$ ) および矩形状の CFRP (断面積  $11.2mm^2$ ) を使用した。

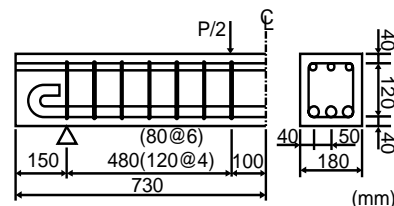


図 - 2 はり供試体概略図 (Type SS, SCa)

2.2.2 せん断耐力の評価方法

本研究では、コンクリート標準示方書式、連続繊維補強材と鉄筋のヤング係数比を考慮した RC はりのせん断耐力評価方法および連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)によるせん断耐力評価方法の 3 種類の計算式を用いてせん断耐力の理論値を算出した。ここで、ヤング係数比を考慮した評価方法とは、コンクリート標準示方書式において、主筋またはせん断補強筋に CFRP を使用している場合、断面積に CFRP と鉄筋のヤング係数比を掛けて主筋およびせん断補強筋の断面積を換算断面積として計算を行う方法であり、指針による評価方法とは、コンクリート標準示方書において、

表 - 3 補強筋の力学特性

種類	断面積 ( $mm^2$ )	降伏強度 ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 ( $N/mm^2$ )
D6	31.7	303	$1.75 \times 10^5$
D10	71.3	354	$1.89 \times 10^5$
D22	387	386	$2.02 \times 10^5$
CF	6.44	4000	$2.30 \times 10^5$
CFRP	11.2	2300	$1.32 \times 10^5$

表 - 4 コンクリートの力学特性

強度( $N/mm^2$ )			ヤング係数 ( $N/mm^2$ )	ポアソン比
圧縮	引張	曲げ		
35.6	3.09	4.57	$2.80 \times 10^4$	0.22

表 - 5 試験結果

Type	実験値 (kN)	理論値(kN)			実験値/理論値			破壊形式			
		曲げ	せん断		示方書	係数比	指針				
			示方書	係数比					指針		
S	121	233	85	-	-	1.42	-	-	斜め引張		
	123					1.45	-	-	せん断圧縮		
	111					1.30	-	-	斜め引張		
SS	269		152	-	-	1.77	-	-	せん断圧縮		
	226					1.48	-	-	せん断圧縮		
	229					1.50	-	-	せん断圧縮		
SCa	209		264	204	178	0.79	1.03	1.17	斜め引張		
	237					0.90	1.17	1.33	斜め引張		
	177					0.67	0.87	0.99	斜め引張		
SCb	199	205				164	147	0.97	1.21	1.35	斜め引張
	144							0.70	0.88	0.98	斜め引張
	194							0.95	1.18	1.32	斜め引張

主筋に CFRP を使用している場合は断面積に CFRP と鉄筋のヤング係数比を掛けて主筋の断面積を換算断面積とし、せん断補強筋に CFRP を使用している場合はせん断補強筋の降伏強度  $f_{wyd}$  を式(1)に示す隅角部強度に置き換える方法である。

2.2.3 結果および考察

結果を表 - 5 に、実験値と理論値との比較を図 - 3 に示す。コンクリート標準示方書式では、S および SS は安全側に評価できているが、せん断補強筋に CFRP を用いた SCa および SCb では全供試体において実験値が理論値を下回った。これは CFRP せん断補強筋が隅角部で破断した一方で、理論値のせん断補強筋負担分せん断耐力の算出には直線部引張強度を用いたためと考えられる。また、ヤング係数比を考慮した方法は、コンクリート標準示方書式を用いた場合と比較して、安全側に評価できている。しかし、この評価方法でも十分であるとは言えない。そこで、連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)による指針式を用いて算出した理論値と実験値とを比較すると、最も安全側に評価できることがわかる。

供試体のひび割れ状況を写真 - 1 に示す。ひび割れは荷重点と支点を結ぶ線上に発生した。SCa および SCb 供試体については、主要なせん断ひび割れが発生した後、破壊と同時に引張筋上に大きなひび割れが発生した。また、SCa および SCb について CFRP せん断補強筋の破断状況を確認したところ、いずれの供試体においても、写真 - 2 に示すように CFRP せん断補強筋は隅角部において破断していた。CFRP せん断補強筋は直線部では破断しておらず、隅角部のみが破断していたため、供試体のせん断破壊と同時に隅角部が破断したと考えられる。以上より、CFRP せん断補強筋を用いた RC はりのせん断耐力は、せん断補強筋隅角部の破断を考慮した指針式により評価することが適切であると言える。

3. 結論

CFRP をせん断補強筋に用いた場合、(1)せん断補強筋は隅角部で破断する。(2)せん断耐力はヤング係数比を考慮する方法と指針式により評価可能であるが、CFRP せん断補強筋が隅角部で破断していることを考慮すると、指針式により評価することが適切である。



図 - 3 実験値と理論値との比較

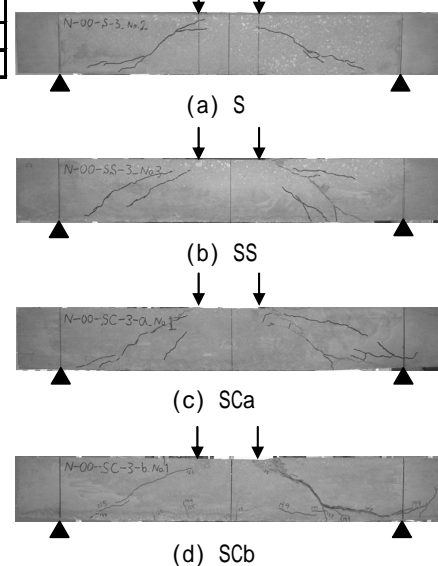


写真 - 1 ひび割れ状況

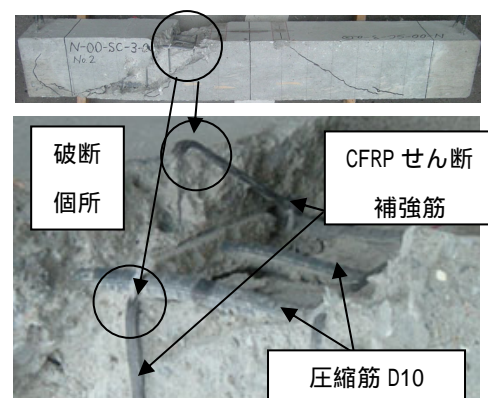


写真 - 2 CFRP 破断状況(SCa)