

CFRPシートでせん断補強したRCはりの力学的挙動

鳥取大学 正会員 西林新蔵
鳥取大学 正会員 井上正一

岡山能開短大 正会員 ○宮内克之
川鉄テクノコンストラクション 今村忠志

1. はじめに

既存のRC構造物の耐震補強方法あるいは地震により被災したRC構造物の早期修復方法として、CFシート貼り付けによる補強工法は極めて有望である。しかしながら耐力算定あるいは靱性向上においてその効果を定量的に把握しておく必要があるにもかかわらず、必ずしもせん断補強効果については定量的に把握できていないと言え難い。そこでスターラップ、CFRPシートおよびスターラップとCFRPシートの併用によってせん断補強したRCはりの力学的特性、特にせん断力の分担機構と、CFRPシートのせん断補強効果について検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いたRCはりの条件を表-1に、形状寸法を図-1に示す。供試体は幅12.5cm、高さ20cm（有効高さ16.5cm）の矩形断面で、せん断スパン比は $a/d=2.0$ とした。また隅角部での応力集中によるシートの破断を防止するために、せん断スパンの隅角部に半径1cmの加工を施した。CFRPシートおよび鉄筋の強度特性を表-2、3に示す。コンクリートの実験時における圧縮強度は、 399kgf/cm^2 （供試体番号：No.1,3,4,8）および 391kgf/cm^2 （供試体番号：No.2,5,6,7）であった。

3. 実験結果および考察

実験の結果、供試体No.2（無補強）とNo.3（CFRPシート1/2ゼブラ）がせん断破壊を呈した。その他のはりではすべて曲げ破壊を呈した。実験の結果を表-4に示す。また実験終了後のひびわれ状況の一例を図-2に示す。

3.1 せん断力分担機構

図-3にせん断スパン中央における各供試体のスターラップおよびCFRPシートのひずみとせん断力との関係を示す。スターラップの補強量が同一でCFRPシートの補強量が異なる供試体No.6とNo.7とを比べると、No.7の方が同一せん断力においてスターラップのひずみが小さくなっている。このことよりCFRPシートがせん断力に対して有効に作用しており、CFRPシート貼り付けによりスターラップの受け持つせん断力を軽減できることがわかる。またスターラップとCFRPシートを併用した供試体（No.6,7）において、スターラップのひずみはひびわれ発生後より、せん断力の増加とともに

表-1 供試体の条件

供試体番号	主鉄筋	せん断補強	
		スターラップ	CFRPシート
1	2D19	D10-55	—
2		無補強	—
3		無補強	周囲1/2ゼブラ
4		無補強	周囲1層
5		無補強	周囲2層
6		D6-110	周囲1/3ゼブラ
7		D6-110	周囲1/2ゼブラ
8	2D22	無補強	周囲1層

表-2 CFRPシートの特性

設計厚さ (mm)	繊維目付 (g/m^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	弾性係数 (kgf/cm^2)
0.110	200	35,500	2.35×10^4

表-3 鉄筋の強度特性

種別	規格 (SD345)	引張強度 (kgf/cm^2)	弾性係数 (kgf/cm^2)
主鉄筋	D19	4,150	2.10×10^4
	D22	4,038	2.10×10^4
スタップ	D6	3,850	2.10×10^4
	D10	3,850	2.10×10^4

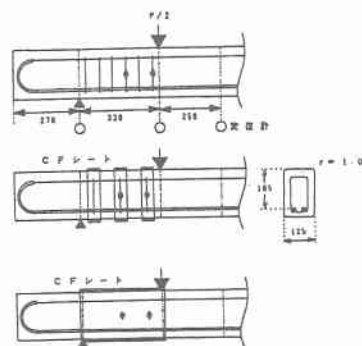


図-1 供試体の形状寸法

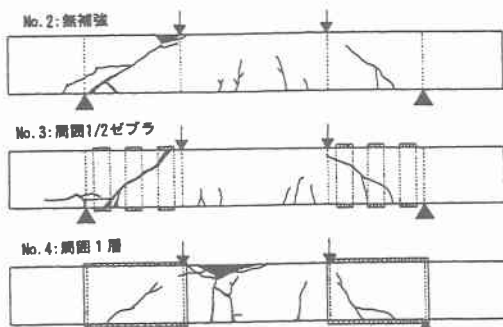


図-2 ひびわれ状況（実験終了後）

一様な伸びを示す。これに対してCFRPシートのひずみは、せん断力が8tonf辺りからひずみの伸びに対するせん断力の増加割合が大きくなっている。このことより、スターラップはひびわれ発生初期から効果的に働くが、CFRPシートはある程度せん断力が大きくなり、変形が進行した段階において有効に働くものと考えられる。

3.2 せん断補強効果

実験においてせん断破壊を示した No.2 (無補強) と No.3 (CFRPシート1/2セブラ) の供試体の終局耐力の差が、CFRPシートの受け持つせん断力と考えると次式によりCFRPシートのせん断補強の有効係数 k_e を求めた。その結果 $k_e=0.63$ を得た。同様の考えに基づき他の研究者が行った結果^{1), 2), 3)}について有効係数を求め、せん断スパン比との関係で示したのが図-4である。図よりCFRPシートのせん断補強に対する有効係数は、せん断スパン比とほぼ直線の関係があることがわかる。これはせん断スパン比が小さくなると、せん断ひびわれの入る角度が大きくなり、見かけ上CFRPシートの引張強度が小さくなるためと考えられる。

$$k_e = \frac{V_{CF}}{2 \cdot t \cdot f_{CF} \cdot z \cdot \alpha}$$

k_e : シートのせん断補強に対する有効係数

V_{CF} : シートが受け持つせん断力

f_{CF} : シートの引張強度

t : シート1層の厚さ

z : 偶力のアーム (= $d/1.15$)

α : シートの貼り付け枚数

4. まとめ

CFRPシートをせん断補強に使用した場合、効果的に作用し、スターラップの負担を軽減できる。またCFRPシートはある程度せん断力が大きくなり、変形が進行した段階において有効に働くものと考えられる。更に実験結果に基づいてCFRPシートの有効係数を求めた結果、せん断スパン比が $a/d=2.0$ である本実験の場合、概ね $k_e=0.6$ であった。

表-4 実験結果

供試体番号	曲げひびわれ発生荷重 (tonf)	斜めひびわれ発生荷重 (tonf)	終局耐力 (tonf)	曲げ耐力 (tonf)	せん断耐力				
					実験値 (tonf)	計算値*1 (tonf)	V_e *2 (tonf)	V_e *3 (tonf)	V (tonf)
1	3.16	9.1	21.00	19.74	5.07	14.21	—	—	38.56
2	3.23	9.2	*11.94	19.65	5.00	—	—	—	19.00
3	3.15	9.6	*18.99	19.74	5.07	—	—	3.36	16.86
4	3.28	—	20.75	19.74	5.07	—	—	6.72	23.58
5	3.19	—	20.04	19.65	5.00	—	—	13.45	36.90
6	3.23	9.4	20.84	19.65	5.00	3.18	2.24	20.84	—
7	3.21	9.3	19.80	19.65	5.00	3.18	3.36	23.08	—
8	3.18	—	25.70	24.27	5.59	—	—	6.72	24.62

*1 : せん断破壊、その他は曲げ破壊

*2 : 二式による

*3 : 土木学会標準式方眼 (設計値)

*4 : シートの有効係数を $k_e=0.6$ として計算

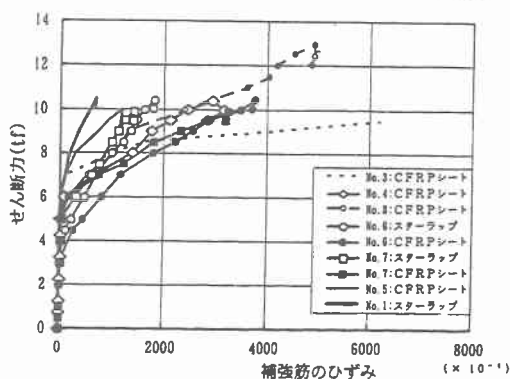


図-3 補強筋のひずみとせん断力との関係

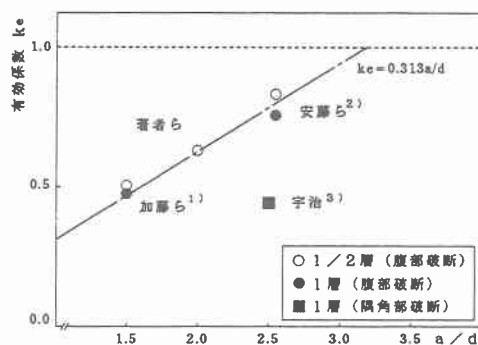


図-4 CFRPシートの有効係数

謝辞：本研究において使用したCFRPシートは、東燃（株）より提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 加藤博文・児島孝之・高木宜章他：炭素繊維シートによるコンクリート部材の補強に関する実験的研究：コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.2，pp.899-904，1995 / 2) 安藤博文・前田良文・緒方紀夫・岡野素之・小島克朗：炭素繊維によるせん断補強効果に関する研究，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集V，pp.934-935，1994.9 / 3) 宇治治隆：シート状連続炭素繊維補強材を用いた既設鉄筋コンクリート部材のせん断耐力向上効果に関する研究，コンクリート工学論文集，第3巻第2号，pp.37-47，1992.7