

# 連続繊維シートを貼付した RC のせん断変形性状に関する実験検討

日本大学 正会員 ○子田 康弘  
 日本大学 正会員 岩城 一郎

## 1. はじめに

近年、連続繊維シート(以下 CFRP シート)を用いた鉄筋コンクリート(以下 RC)構造物の補強は、頻繁に行われている。この CFRP シートをせん断補強材として用いた場合、せん断力は、RC と CFRP シートによって担うこととなる。しかしながら、CFRP シートを貼付した場合のせん断変形や、せん断変形に及ぼす CFRP シートの影響に関して、未だ検討の余地が多いように思われる。

本検討は、せん断力の作用を受ける RC に対する CFRP シートの影響について検討を行った。ここでは、せん断力の作用とせん断変形をモデル化した Push-off 試験体<sup>1)</sup>によるせん断試験を行った。これより、CFRP シート貼付によるせん断力作用下の RC の変形と、せん断応力-鉄筋ひずみの関係に関する基礎的な性状を明らかにすることを目的とした。

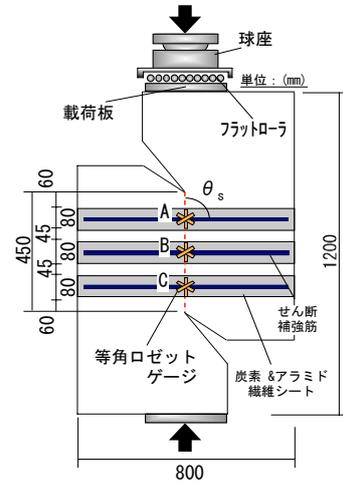


図-1 試験体形状および荷重方法

## 2. 実験概要

試験体形状は、図-1 に示すように、Push-off 型であり、高さ 1200mm×幅 800mm×奥行 150mm、せん断面長さは 450mm である。せん断補強筋には、D10 を 125mm 間隔で 3 本配置した。実験条件は、表-1 に示すように、CFRP シートの有無、種類、補強量とした。CFRP シートは、炭素繊維とアラミド繊維とし、補強量、貼付枚数、およびシート幅を条件とした。ここで、せん断補強筋の角度  $\theta_s$  は、せん断面と直角方向に配置し、 $\theta_s=90^\circ$  とした。

試験体作製は、普通セメントによるレディーミクストコンクリート ( $G_{max}=20\text{mm}$ 、目標 Slump=12cm) を使用した。各使用材料の性質は、表-2 に示すとおりである。

荷重方法は、図-1 に示すように、破壊まで漸次増加荷重とし、フラットローラーを介し摩擦、および試験体の拘束を低減させた。計測では、せん断面の鉛直変位 VD、および水平変位 HD を高感度変位計 (1/1000mm) により測定した。また、荷重時のひずみ測定は、等角ロゼットゲージによる主ひずみの測定と鉄筋ひずみの測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

図-2 は、ひび割れ発生時および最大荷重時のせん断応力と、シート補強量の関係を示したものである。図-2 より、最大せん断応力は、CFRP シートを貼付した場合、無貼付に比べ大きな値を示したが、ひび割れ発生時のせん断応力は各条件とも概略同じ値であった。また、貼付枚数によっても最大せん断応力は、同程度であった。次に、図-3 は、ひび割れ発生までのせん断面上の主ひずみ変化の傾向をモールのひずみ円を用いて示したものである。

表-1 実験条件

Specimen	せん断補強筋	$p_{sw}$	$\theta_s$ (Deg)	シートの種類	シート幅貼付枚数	$p_{CFRP}$	$p_{CFRP} \times \sigma_{CFRP}$ (N/mm <sup>2</sup> )
I-90-0				-	-	-	-
I-90-A	3×D10	0.380	90	アラミド	1枚	0.24	5.03
I-90-C				炭素	幅:80mm	0.14	4.76
II-90-0				-	-	-	-
II-90-A	3×D10	0.380	90	アラミド	2枚	0.49	10.09
II-90-C				炭素	幅:80mm	0.29	9.86

$p_{sw}$ : せん断補強筋比  $\theta_s$  (Deg): せん断補強筋とせん断面の交角  
 $p_{CFRP}$ : 連続繊維シートの補強比  $p_{CFRP} \times \sigma_{CFRP}$ : 連続繊維シートの補強量

表-2 使用材料の性質

材料	性質	I-series	II-series with CFRP	II-series without CFRP
コンクリート	圧縮強度 $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	22.6	32.5	30.2
	ヤング係数 $E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> )	22.7	21.7	22.5
	引張強度 $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	2.47	2.93	2.47
	$\epsilon_t=f_t/E_c$ ( $\mu$ )	109	135	110
鉄筋	降伏点 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	356	342	342
	引張強さ $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	502	497	497
	ヤング係数 $E_s$ (kN/mm <sup>2</sup> )	1910	1950	1950
炭素繊維シート	引張強度 $\sigma_{GFS}$ (N/mm <sup>2</sup> )	3400		
	ヤング率 $E_{GFS}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	230		
	設計厚さ $t_{GFS}$ (mm)	0.167		
アラミド繊維シート	引張強度 $\sigma_{AFS}$ (N/mm <sup>2</sup> )	2060		
	ヤング率 $E_{AFS}$ (kN/mm <sup>2</sup> )	118		
	設計厚さ $t_{AFS}$ (mm)	0.286		

キーワード 連続繊維シート、せん断力、せん断変形、Push-off 型試験体

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

図に示すように、主ひずみの方向は、CFRP シートの有無、種類、および補強量に関係なく、ほぼ同じ軌跡を示していた。図- 2、3 より、ひび割れ発生時直前までのせん断力作用下の RC は、CFRP シートの貼付によらず、せん断応力とそれまでの変形過程が無貼付の場合と同様の傾向を示した。次に、図-4 は、せん断面における鉛直・水平変位の関係を示したものである。図に示すように、最大荷重までの鉛直・水平変位は、CFRP シートの有無に関係なく、1 mm 以下の変位であった。しかし、最大荷重以後では、CFRP シートの拘束によって水平変位が無貼付より小さくなる傾向を示した。さらに、炭素繊維シートの方がアラミド繊維シートよりヤング率が大きいため、水平変位が小さくなる傾向であった。なお、シートはく離が顕著になったのは、鉛直変位 2mm 以降である。これより、せん断変形に対する CFRP シートの貼付の影響は、ひび割れ発生までは関係なく、その後のひび割れの水平変位を拘束することであると思われた。

図- 5 は、せん断応力と鉄筋ひずみの関係を示したものである。図より、ひび割れ発生までの鉄筋ひずみの変化は、CFRP シートの有無、種類、およびシート補強量に関係なく、ほぼ同じ傾向であった。また、最大荷重は、各条件とも、鉄筋の降伏ひずみ(約 2000  $\mu$ )前後で達する傾向であった。しかし、無貼付の場合の鉄筋ひずみは、ひび割れ発生後、直に降伏ひずみに達する傾向であったが、CFRP シートを貼付した場合の鉄筋ひずみは、ひび割れ発生後、せん断応力が増加しながら、徐々に降伏ひずみに達する傾向を示した。これより、CFRP シートは、ひび割れ発生後にせん断力を分担すると思われ、その結果、徐々に降伏ひずみに至る傾向を示すと思われた。よって、このことが CFRP シートを貼付した場合にせん断耐力が大きくなることと関係しているように思われ、今後、さらに検討を行う必要がある。

4. まとめ

本検討結果を要約すると、以下に示すようになる。

まず、せん断変形は、ひび割れ発生まではせん断応力、せん断変形ともに CFRP シート貼付の影響が無く、無貼付とほぼ同じ挙動を示した。次に、せん断補強筋のひずみ変化は、CFRP シートの有無に関係なく、最大荷重時でほぼ降伏ひずみに達した。しかし、無貼付の場合は、ひび割れ発生後、直に降伏ひずみに達するのに対して、CFRP シートを貼付した場合、せん断応力の増加を伴いながら、徐々に降伏ひずみに達する傾向であった。これは、CFRP シートがひび割れ発生後に鉄筋の変形を抑制したためであり、このことが、せん断耐力の増加に影響したものと思われた。

謝 辞

本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学工学部）：研究課題「中山間地及び地方都市における環境共生とそれを支える情報通信技術（研究代表：小野沢元久）」の一環として実施した。

【参考文献】

1) Mattock, A.H. and Hawkins, N.M. : Shear Transfer in Reinforced Concrete – Recent Research, PCI Journal, Vol.17, No.2, pp.55-75, March-April (1972)

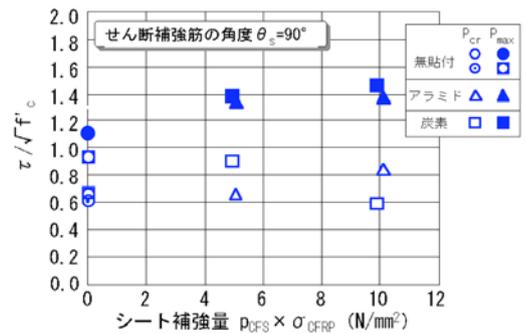


図- 2 セン断応力—シート補強量関係

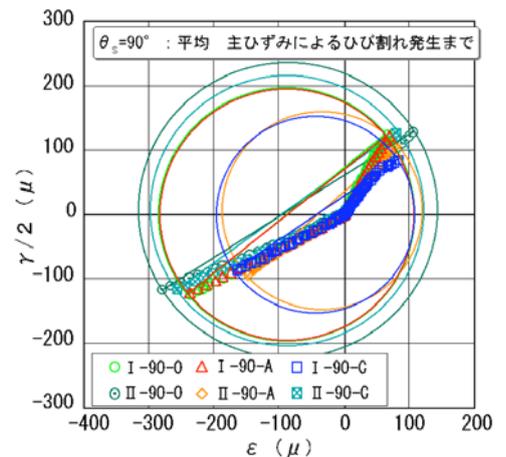


図- 3 モールのひずみ円

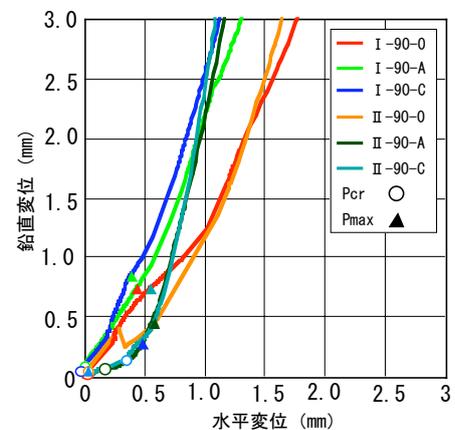


図- 4 鉛直変位—水平変位関係

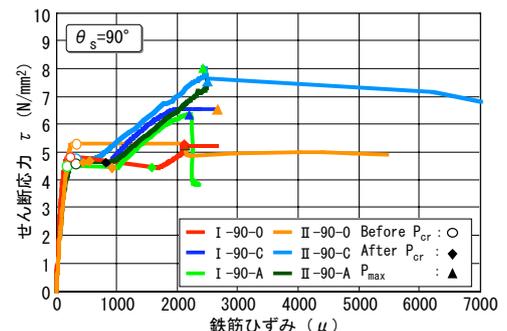


図- 5 セン断応力—鉄筋ひずみ関係