

# 連続繊維シートによる RC はりのせん断補強

立命館大学理工学部 学生員 浅野 義 立命館大学理工学部 正会員 濱田 譲  
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之

## 1. はじめに

本研究では、連続繊維シートによりせん断補強した RC はりの曲げせん断載荷試験を行い、シートの種類、性能、せん断補強量の変化が、せん断補強に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

実験要因を表 1 に示す。はりにシートを樹脂で直接接着する方法をシリーズ 1、樹脂で固化したシートとはりの間に膨張ペーストを注入して予めシートを緊張する方法をシリーズ 2 とする〔1〕。連続繊維シートには、炭素繊維シート(CFS)とアラミド繊維シート(AFS)を用いた。コンクリートの水セメント比は 60%、膨張ペーストの水結合材比は 60%とした。膨張ペーストのシリカフェーム置換率は結合材質量の内割で 20%、膨脹材混入率は結合材質量の外割で 55%とした。供試体はせん断破壊先行型とするために、引張鋼材に異形 PC 鋼棒( 23、 $f_y=1030\text{N/mm}^2$ )を使用し、緊張せず定着板とナットにより供試体端部に定着した。スターラップに D6(SD295)を、圧縮鉄筋に D10(SD345)を使用した。供試体は、打設後 1 週間散水養生を行い、シート補強は材齢 28 日以降に実施した。図 1 に示すようには、せん断スパン 40cm、曲げスパン 80cm の 2 点对称単調載荷とし、 $a/d$  は 2.0 とした。

## 3. 実験結果および考察

斜めひび割れ発生せん断力とせん断補強比の関係を図-2 に示す。せん断補強比( $p_w \cdot E_w$ )は、式(1)により算定した。

$$p_w \cdot E_w = p_s \cdot E_s + p_{fip} \cdot E_{fip} \quad (1)$$

ここで、 $p_s = 2A_s / (b_w \cdot s)$ 、 $p_{fip} = 2t_{fip} / b_w$

$E_s, E_{fip}$ : スターラップ、シートの弾性係数  $A_s$ : スターラップ 1 本の断面積、 $b_w$ : 供試体幅(シリーズ 1: 150mm、シリーズ 2: 160mm)、 $s$ : スターラップ間隔(100mm)、 $t_{fip}$ : シートの設計厚さ

斜めひび割れ発生せん断力は、スターラップの影響をほとんど受けず、シートのせん断補強比の増加に伴い増大する傾向を示した。AFS より CFS を用いた方が、シート接着よりシート緊張した方が斜めひび割れ発生せん断力は大きくなった。これは、シートの弾性係数が大きいほど拘束効果があること、シートを緊張することによりプレストレスが導入されるためである。

せん断耐力とせん断補強比の関係を図 3 に示す。スターラップを配置しない場合、曲げ破壊した高強度 CFS の 2 例を除き、せん断圧縮破壊した。AFS はシート緊張することによりシート接着時よりせん断耐力は向上

表 1 実験要因

シリーズ	種類	性能	目付量	供試体数
シリーズ 1	炭素	高弾性	100 or 200 g/m <sup>2</sup>	4
		高強度		3
	アラミド	高弾性		4
		標準		4
シリーズ 2	炭素	高弾性		4
		高強度		4
	アラミド	高弾性		4
		標準		4
合計				31

表 2 連続繊維シートの力学的特性

種類	性能	目付量 (g/m <sup>2</sup> )	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (x10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )
炭素 (シリーズ 1)	高弾性	100	0.054	2510	4.33
		200	0.109	(5800)	
	高強度	100	0.056	3680	
		200	0.111	(16400)	
炭素 (シリーズ 2)	高弾性	100	0.054	2940	3.72
		200	0.110	(7900)	
	高強度	100	0.056	3480	
		200	0.111	(15100)	
アラミド (シリーズ 1,2)	高弾性	100	0.069	2060	1.09
		200	0.138	(18900)	
	標準	100	0.069	2060	
		200	0.139	(28700)	

注: ( ) 内は、引張強度時のひずみ

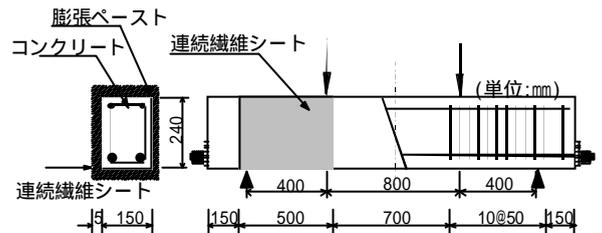


図 1 載荷条件

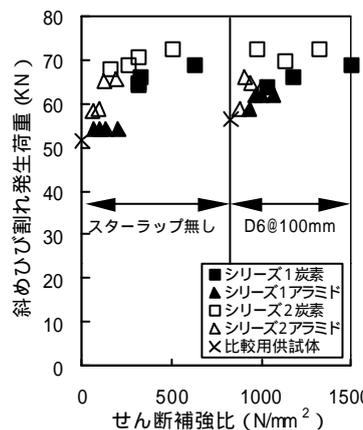


図 2 斜めひび割れ発生せん断力とせん断補強比の関係

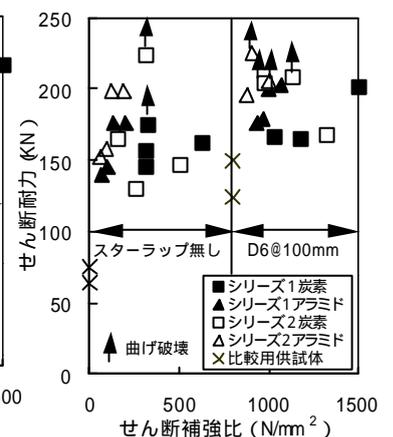


図 3 せん断耐力とせん断補強比の関係

キーワード: 連続繊維シート、せん断補強、せん断耐力、シートの有効係数

したが、CFSでは補強方法の影響は観察されなかった。スターラップを配置した場合、AFSではシート緊張することにより曲げ破壊する供試体が多く観察され、せん断補強効果が向上した。CFSはシート接着が、AFSはシート緊張による補強方法が適していると考えられる。せん断耐力の実験値と計算値の関係を図4に示す。せん断耐力の計算値は式(2)で算定した。

$$V = V_c + V_w = V_c + (V_s + V_{frp}) \quad (2)$$

ここで、 $V_c = 0.20 \cdot d \cdot p \cdot (f'_c)^{1/3} \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w \cdot d$ 、

$V_w = (p_w \cdot w) b_w \cdot z$ 、 $p_w \cdot w = p_s \cdot s + p_{frp} \cdot frp$

$s$  : スターラップの降伏強度、 $frp$  : シートの引張強度

せん断破壊した供試体の破壊形式がせん断圧縮破壊であるため、耐力算定式として式(2)を使用すると過小な計算値となる。その結果、膨脹ペーストの注入が不十分なために早期にせん断圧縮破壊した供試体を除くと、実験値は計算値を上回った。

最大荷重時のシートひずみをシートの設計ひずみ(引張強度に対応するひずみ)で除して算定したシートの有効係数を図5に示す。シートのひずみはせん断破壊箇所の最大値を使用した。シートの有効係数は、シートの種類と性能、補強方法により大きく変動するものの、シートの性能と補強方法が同じ時には、せん断補強比の増加に伴い小さくなる傾向にあった。CFSの有効係数は、高強度シートより高弾性シートを使用の方が、シート緊張よりシート接着の方が大きい傾向にあった。AFSでは、曲げ破壊が多いために、シートの性能と補強方法が有効係数に及ぼす影響は見出せなかった。(3)式から算定したシート負担せん断力( $V_{frp}$ )に対応するシートひずみを設計ひずみで除した有効係数とせん断補強比の関係を図6に示す。

$$V_{frp} = V_{u,exp} - (V_c + V_s) \quad (3) \quad \text{ここで、} V_{u,exp} : \text{実験値}$$

曲げ破壊した供試体を除くと、有効係数は100%以上となった。これは、修正トラス理論により算定したせん断耐力に余裕があること、また、シートの拘束効果あるいはシート緊張によるプレストレスの導入効果による $V_c$ の増加分を考慮していないためである。シートの有効係数は、シートの種類と性能、補強方法、せん断補強比などにより異なり、安全性を考慮して樹脂接着した高弾性CFSで約90%、高強度CFSで約60%、AFSではシートの性能と補強法に関わらず、約40%の値が推奨される。

#### 4. まとめ

シートによるせん断補強効果は、CFSでは高弾性シートを樹脂接着する方法が、AFSではシート緊張する方法が有効である。シートの有効係数は、シートの種類と性能、補強方法、せん断補強比などにより異なる。

【参考文献】[1] 東野・濱田・高木・児島：連続繊維シートによるRCはりのせん断補強、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.20, No.1, pp.443~448, 1998

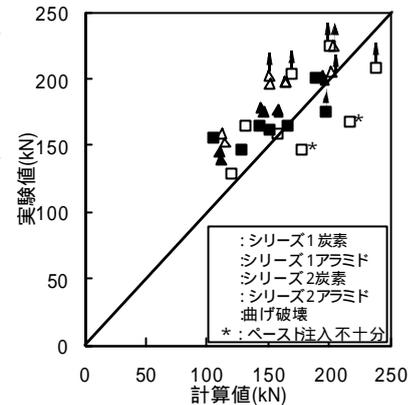


図4 せん断耐力

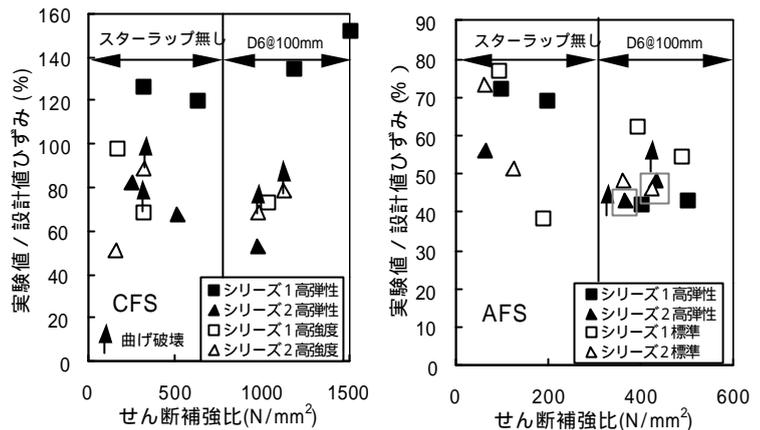


図5 シートの有効係数(実験値/設計ひずみ)

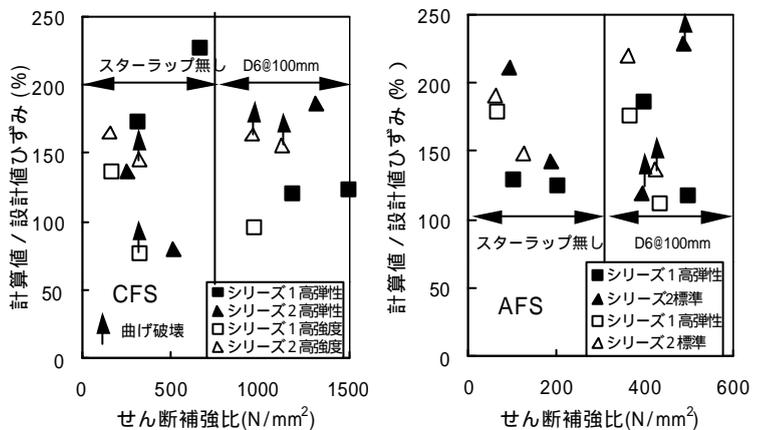


図6 シートの有効係数(計算値/設計ひずみ)