

V-435

連続繊維シートを用いたRCはりのせん断補強について

立命館大学大学院 学生員 阪上德行 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
立命館大学大学院 正会員 濱田 譲 (株) きんでん 正会員 東野幸史

1. はじめに

連続繊維シートによる既存コンクリート構造物のせん断補強は、シートを樹脂で接着する工法が一般に採用されている。本研究では、シート補強方法（樹脂接着方法、ペースト注入によりシートを予め緊張する方法）、シートの種類と性能がRCはりのせん断耐力に及ぼす影響について実験検討した。

2. 実験概要

供試体の名称および要因を表1に示す。タイプA供試体はシートを樹脂ではりに直接接着したものであり、タイプB供試体は樹脂で固めたシートとはりの間に膨張ペーストを注入することにより、シートを予め緊張したはりである。使用した連続繊維シートの力学的特性を表2に示す。膨張ペーストは水結合材比60%、シリカフェームは結合材質量の内割で20%、膨張剤は結合材質量の外割で55%を使用した。引張鋼材には、供試体をせん断破壊先行型とするために異形P C鋼棒（ $\phi 23, f_y = 1030 \text{ N/mm}^2$ ）を使用し、緊張せず定着板により供試体端部に定着させた。供試体は約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。荷重条件は、支点間距離160cm、曲げスパン80cmの2点集中単調曲げ荷重とし、せん断スパン有効高さ比（ a/d ）は2.0とした。荷重条件および補強状況を図1に示す。

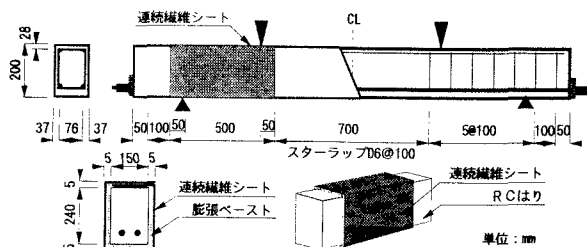


図1 荷重条件および補強状況

3. 実験結果および考察

実験結果および計算耐力を表3に示す。タイプB供試体では、シート補強方法の相違による断面変化を考慮している。RCはりを連続繊維シートで補強した場合、スターラップの有無およびシート補強方法に関わらず、既報告[1]同様、せん断補強量の増加に伴いせん断耐力は向上する。膨張ペーストの注入が不十分なために、シート破断後早期にせん断圧縮破壊した2つの供試体（Nb-CE200、Nb10-CE200）を除くと、実験値は計算値を上回った。しかし、シートの種類と性能によっては、耐力増加の程度と破壊形式へのシート補強キーワード：連続繊維シート、せん断補強、せん断耐力、膨張ペースト

〒525-0058 滋賀県草津市野路東1-1-1（立命館大学理工学部土木工学科） TEL/FAX 077-561-2805

表1 供試体の名称および要因

せん断補強材			タイプA				タイプB			
スターラップ*	連続繊維シート		性能	供試体名	P _w (%)	P _w ・σ _w (N/mm ²)	供試体名	P _w (%)	P _w ・σ _w (N/mm ²)	
	種類	目付量 (g/m ²)								
	未使用	N								
なし	FRP繊維	100	高弾性	Nb-AE100	0.092	1.89	Nb-AE100	0.086	1.77	
			標準	Nb-AS100	0.093	1.90	Nb-AS100	0.087	1.79	
		200	高弾性	Nb-AE200	0.184	3.78	Nb-AE200	0.172	3.55	
			標準	Nb-AS200	0.185	3.81	Nb-AS200	0.174	3.57	
	炭素繊維	100	高弾性	Nb-CE100	0.072	1.82	Nb-CE100	0.069	2.02	
			高強度	Nb-CS100	0.074	2.72	Nb-CS100	0.069	2.41	
		200	高弾性	Nb-CE200	0.145	3.63	Nb-CE200	0.137	4.04	
			高強度	Nb-CS200	0.148	5.44	Nb-CS200	0.139	4.83	
	D6@10cm	FRP繊維	100	未使用	N10	0.422	1.45	—	—	—
				高弾性	Nb10-AE100	0.514	3.34	Nb10-AE100	0.482	3.13
			200	標準	Nb10-AS100	0.515	3.35	Nb10-AS100	0.483	3.15
				高弾性	Nb10-AE200	0.606	5.23	Nb10-AE200	0.568	4.91
炭素繊維		100	標準	Nb10-AS200	0.607	5.26	Nb10-AS200	0.569	4.93	
			高弾性	Nb10-CE100	0.495	3.27	Nb10-CE100	0.464	3.38	
		200	高強度	Nb10-CS100	0.496	4.17	Nb10-CS100	0.465	3.77	
			高弾性	Nb10-CE200	0.567	5.08	Nb10-CE200	0.533	5.40	
高強度	Nb10-CS200	0.535	6.19	Nb10-CS200	0.535	6.19				

注) $P_w \cdot \sigma_w = p_w \cdot \sigma_s + p_m \cdot \sigma_m$, $p_s = 2 \cdot A_s / (b \cdot s)$, $p_m = 2 \cdot b_m / b_w$
A_s: スターラップ1本あたりの断面積, s: スターラップ間隔
b_m: 連続繊維シートの設計幅さ, σ_w: スターラップの降伏強度(343 N/mm²)
b_w: はりの断面幅, σ_m: 連続繊維シートの引張強度

表2 連続繊維シートのも学的特性

種類	性能	比重	目付量 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
炭素繊維*	高弾性	1.84	100	0.0543	2510	4.33x10 ⁴
			200	0.1086	(4210)	(4.36x10 ⁴)
	高強度	1.80	100	0.0555	3680	2.24x10 ⁴
			200	0.1111	(4900)	(2.30x10 ⁴)
炭素繊維**	高弾性	1.82	100	0.0549	2940	3.72x10 ⁴
			200	0.1098	(4220)	(3.84x10 ⁴)
	高強度	1.80	100	0.0555	3480	2.30x10 ⁴
			200	0.1111	(4900)	(2.31x10 ⁴)
FRP	高弾性	1.45	100	0.0689	2060	1.08x10 ⁴
			200	0.1379	(2350)	(1.11x10 ⁴)
	標準	1.44	100	0.0694	2060	0.72x10 ⁴
			200	0.1388	(3020)	(0.72x10 ⁴)

注) () 内は、連続繊維単体の
*: タイプA供試体, **: タイプB供試体

方法の影響が観察された。高弾性炭素繊維シートでは、シート緊張すると実験値は計算値を上回るものの、シート接着の方がシート緊張よりもせん断耐力が大きくなる傾向にあった。一方、高強度炭素繊維シートあるいはアラミド繊維シートで補強した供試体は、シート接着時よりシート緊張した供試体の方が最大荷重が大きくなった。これらの供試体では、スターラップ併用時にシート緊張によりせん断耐力が大きく増加し、破壊形式はせん断圧縮破壊から曲げ破壊に移行する供試体が多く観察された。これは、高弾性炭素繊維シートに比較して、弾性係数が小さいことが影響を及ぼしているものと考えられる。

最大荷重時のシート破断ひずみに対するシートひずみの割合を図2に示す。高弾性炭素繊維シートは、最大荷重時にほぼ破断ひずみに達しており、せん断耐力の実験値は計算値を上回り、せん断圧縮破壊した。しかし、高弾性炭素繊維シート以外のシートは、最大荷重時に破断ひずみに達していない。これらの供試体は、シートのみで補強した供試体では、その後の供試体の変形の増大に伴い、シート破断後にせん断圧縮破壊し、シートとスターラップで補強した供試体では、曲げ破壊するものが多く観察された。シートは破断ひずみに達してなくても、これらのRCはりのせん断耐力の実験値は計算値を上回っている。これは、シート補強することにより、はり周方向が拘束され、トラス作用以外で抵抗するせん断耐力が増大するためと考えられる。シートによるこの拘束効果は、シートを緊張することにより高まる場合がある。比較的弾性係数の低いシート、つまり高強度炭素繊維シートあるいはアラミド繊維シートとスターラップで補強した供試体では、シートによる拘束効果が大きく、せん断耐力が増大した結果、曲げ破壊したものと考えられる。

4. まとめ

- (1) シート補強の施工が十分であれば、シートの種類、性能、補強方法に関わらず、満足のいくせん断補強効果を得ることができる。施工の難易および得られる効果から、炭素繊維シートはシート接着法が、アラミド繊維シートはシート緊張する方法が適している。
- (2) シートによるせん断補強は、シート自身によるせん断抵抗力ばかりでなく、シートの拘束効果により、トラス作用以外で抵抗するせん断耐力を増大させる効果がある。
- (3) シートによるこの拘束効果は、弾性係数が比較的小さいシートを緊張した時に著しい傾向にある。

【参考文献】[1]東野、児島、高木、濱田：”炭素繊維シートによるRCはりのせん断補強に及ぼすケミカルプレストレスの影響”コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19 No.2, pp.183-188, 1997

表3 実験結果および計算耐力

供試体名	タイプA						タイプB					
	計算値(kN)	P _{su}	P _{su}	P _{scr}	P _{scr}	形式/実/計	計算値(kN)	P _{su}	P _{su}	P _{scr}	P _{scr}	形式/実/計
N	117	103	---	186	S	1.59	---	---	---	---	---	---
Na-AE100	221	108	---	290	S*	1.31	Nb-AE100	224	118	---	317	S* 1.42
Na-AS100	222	108	---	279	S*	1.26	Nb-AS100	228	117	---	304	S* 1.33
Na-AE200	315	108	---	353	S*	1.12	Nb-AE200	328	131	---	397	S* 1.21
Na-AS200	317	108	---	352	S*	1.11	Nb-AS200	329	130	---	397	S* 1.21
Na-CE100	209	128	---	313	S*	1.50	Nb-CE100	239	137	---	258	S* 1.08
Na-CS100	255	129	---	292	S*	1.15	Nb-CS100	262	135	---	329	S* 1.26
Na-CE200	303	137	---	323	S*	1.07	Nb-CE200	356	145	---	293	S** 0.82
Na-CS200	394	132	---	350	F	0.85	Nb-CS200	403	141	---	448	F 1.08
N10	192	113	191	251	S	1.31	---	---	---	---	---	---
Na10-AE100	288	123	245	358	S*	1.24	Nb10-AE100	303	127	294	405	F 0.97
Na10-AS100	293	118	221	351	S*	1.20	Nb10-AS100	303	118	284	392	S* 1.29
Na10-AE200	387	123	284	405	S*	1.05	Nb10-AE200	403	132	314	410	F 0.99
Na10-AS200	383	123	245	399	S*	1.02	Nb10-AS200	408	129	284	449	F 1.09
Na10-CE100	284	132	265	331	S*	1.17	Nb10-CE100	315	142	274	317	S* 1.01
Na10-CS100	328	127	235	331	S*	1.01	Nb10-CS100	338	145	274	407	F 0.99
Na10-CE200	373	137	274	403	S*	1.07	Nb10-CE200	433	145	265	335	S** 0.77
Na10-CS200	---	---	---	---	---	---	Nb10-CS200	476	139	304	417	F 1.01

(注) P_{su}: 曲げ破壊荷重、P_{scr}: せん断破壊荷重、P_{scr}: 荷めひびわれ発生荷重、P_{scr}: 降伏荷重、P_a: 最大荷重、S: せん断圧縮破壊、F: 曲げ破壊、*: シート破断により破壊、** : ベース注入が不十分な供試体、実/計: 実験値/計算値、#: P_{su}/P_{su}

$$V = V_c + V_w \quad V: \text{せん断耐力}$$

$$V_c: \text{せん断補強鋼材を用いない棒部材のせん断耐力}$$

$$V_w: \text{せん断補強材により受け持たれるせん断耐力}$$

$$V_c = 0.20 \beta_d \cdot \beta_p (f'c)^{1/3} \cdot \{0.75 + 1.4(a/d)\} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_w = (p_w \cdot \sigma_w) \cdot b_w \cdot z$$

$$\beta_d = (100/d)^{1/4}, \beta_p = (100/p_w)^{1/3}, f'c: \text{コンクリートの圧縮強度、}$$

$$a: \text{せん断スパン長さ、} d: \text{有効高さ、} b_w: \text{はりの断面幅、} p_w = A_s / (b_w \cdot d),$$

$$A_s: \text{引張鉄筋の断面積、} z = d / 1.15$$

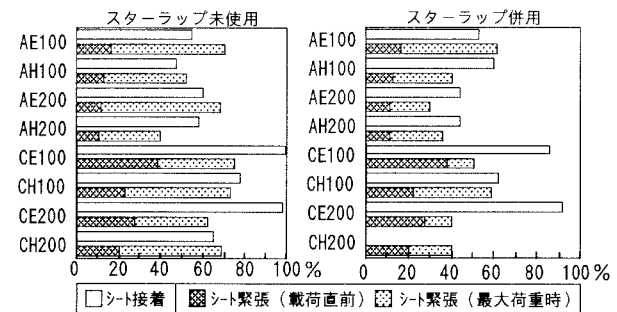


図2 シート破断ひずみに対する最大荷重時のシートひずみの割合