

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 立命館大学大学院 学生員 阪上徳行

1. はじめに

本研究では、シート補強方法およびシートの種類と性能がRCはりのせん断耐力、せん断補強材の分担せん断力の割合におよ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PC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。載荷条件は、支点間距離160cm、曲げスパン80cmの2点集中単調曲げ載荷とし、せん断スパン有効高さ比(a/d)は2.0とした。載荷条件および補強状況を図1に示す。

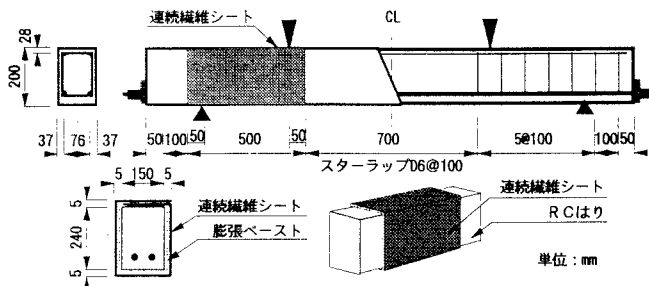


図1 載荷条件および補強状況

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

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		種類	目付量 (g/m ²)	性能	供試体名	p _v (%)	p _v ・σ _v (N/mm ²)	供試体名	p _v (%)	p _v ・σ _v (N/mm ²)	
なし	未使用	N	0.000	0.00	---	---	---	---	---	---	---	
	アラミド 繊維	100	高弾性 標準	Na-AE100	0.092	1.89	Nb-AE100	0.086	1.77			
		標準	Na-AS100	0.093	1.90	Nb-AS100	0.087	1.79				
		200	高弾性 標準	Na-AE200	0.184	3.78	Nb-AE200	0.172	3.55			
		標準	Na-AS200	0.185	3.81	Nb-AS200	0.174	3.57				
	炭素 繊維	100	高弾性 標準	Na-CE100	0.072	1.82	Nb-CE100	0.069	2.02			
		標準	Na-CS100	0.074	2.72	Nb-CS100	0.069	2.41				
		200	高弾性 標準	Na-CE200	0.145	3.63	Nb-CE200	0.137	4.04			
		標準	Na-CS200	0.148	5.44	Nb-CS200	0.139	4.83				
未使用	N	0.422	1.45	---	---	---	---	---	---	---		
D6#10cm	アラミド 繊維	100	高弾性 標準	Na10-AE100	0.514	3.34	Nb10-AE100	0.482	3.13			
		標準	Na10-AS100	0.515	3.35	Nb10-AS100	0.483	3.15				
		200	高弾性 標準	Na10-AE200	0.606	5.23	Nb10-AE200	0.568	4.91			
		標準	Na10-AS200	0.607	5.26	Nb10-AS200	0.569	4.93				
	炭素 繊維	100	高弾性 標準	Na10-CE100	0.495	3.27	Nb10-CE100	0.464	3.38			
		標準	Na10-CS100	0.496	4.17	Nb10-CS100	0.465	3.77				
		200	高弾性 標準	Na10-CE200	0.567	5.08	Nb10-CE200	0.533	5.40			
		標準	Na10-CS200	0.567	5.08	Nb10-CS200	0.535	6.19				

注) $p_v \cdot \sigma_v = p_v \cdot \sigma_v + p_{tr} \cdot \sigma_{tr}$, $p_v = 2 \cdot A_s / (b \cdot s)$, $p_{tr} = 2 \cdot b_m / b \cdot w$
A: 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厚さ, σ_v : スターラップの降伏強度(343 N/mm²)
b_w: はりの断面幅, σ_{tr} : 連続繊維シートの引張強度

表2 連続繊維シートの力学的特性

種類	性能	比重	目付量	設計厚さ	引張強度	弾性係数
			(g/m ²)	(mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
炭素繊維*	高弾性	1.84	100	0.0543	2510	4.33x10 ⁵
		標準	200	0.1086	(4210)	(4.36x10 ⁵)
	高強度	1.80	100	0.0555	3680	2.24x10 ⁵
		標準	200	0.1111	(4900)	(2.30x10 ⁵)
アラミド繊維	高弾性	1.82	100	0.0549	2940	3.72x10 ⁵
		標準	200	0.1098	(4220)	(3.84x10 ⁵)
	高強度	1.80	100	0.0555	3480	2.30x10 ⁵
		標準	200	0.1111	(4900)	(2.31x10 ⁵)
アラミド繊維	高弾性	1.45	100	0.0689	2060	1.08x10 ⁵
		標準	200	0.1379	(2950)	(1.11x10 ⁵)
	高強度	1.44	100	0.0694	2060	0.72x10 ⁵
		標準	200	0.1388	(3020)	(0.72x10 ⁵)

注) () 内は、連続繊維単体の

*1: タイプA供試体, *2: タイプB供試体

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ひずみと分担せん断力を、各々図2と図3に示す。図3では、せん断破壊した近傍のせん断補強材の実ひずみを用いて、せん断補強材の分担せん断力とトラス作用以外で抵抗するせん断耐力を求めた。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いなくても、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(V_{c1})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

タイプA										タイプB									
供試体名	計算値(kN)			実験値(kN)			形式	実/計		供試体名	計算値(kN)			実験値(kN)			形式	実/計	
	P _{max}	P _{vu}	P _{ves}	P _{ss}	P _s	P _{max}					P _{vu}	P _{ves}	P _{ss}	P _s					
N	117	103	---	---	186	S	1.59			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*	1.30	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	238	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*						
Na10-AE200	387	123	284	405	S*	1.05	Nb10-AE200		403	132	314	410	F						
Na10-AS200	393	123	245	399	S*	1.02	Nb10-AS200		408	129	284	449	F						
Na10-CE100	284	132	265	331	S*	1.17	Nb10-CE100		315	142	274	317	S*						
Na10-CS100	328	127	235	331	S*	1.01	Nb10-CS100		338	145	274	407	F						
Na10-CE200	378	137	274	403	S*	1.07	Nb10-CE200		433	145	265	335	S**						
Na10-CS200	---	---	---	---	---	---	Nb10-CS200		476	139	304	417	F						

注) P_{max}: 曲げ破壊荷重、P_{ss}: せん断破壊荷重、P_{ss}: 斜めひびわれ発生荷重、P_{ss}: 降伏荷重、P_u: 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_u/P_{max}

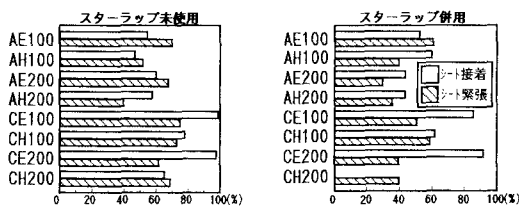


図2 シート破断ひずみに対する最大荷重時シートひずみの割合

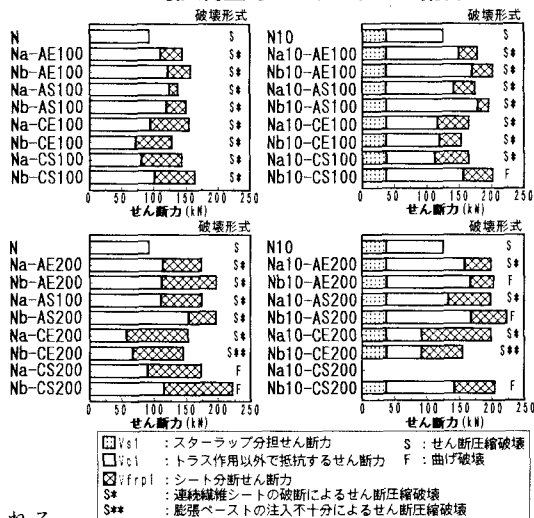


図3 最大荷重時の分担せん断力