

第V部門

炭素繊維シートによるRCはりのせん断補強へのケミカルプレストレスの影響

立命館大学理工学部 正会員 見島孝之 立命館大学理工学部 正会員 高木直章
立命館大学大学院 学生員 〇東野幸史 (株) 熊谷組 伊藤浩二

1. はじめに

炭素繊維シートによる既存コンクリート構造物の補強が多く施工されるようになってきた。本研究では膨張ペーストの注入により緊張した炭素繊維シートが、RCはりのせん断耐力に及ぼす影響について検討する。

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供試体は通常行われているシートを樹脂ではりに接着したもの[1]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。使用した炭素繊維シートの特性を表-2に示す。膨張ペーストの膨張材量は2水準とし、その示方配合を表-3に示す。供試体寸法は15x24x200cmの鉄筋コンクリートはりで、有効高さは20cmとした。供試体がせん断破壊をするように引張鋼材として異形PC鋼棒を使用し、緊張せずに定着板により供試体端部に定着させた。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。タイプA、タイプB供試体のコンクリートの圧縮強度は、載荷試験時で各々30.2N/mm²、38.6N/mm²であった。代表的な供試体のシート

補強状況および載荷条件を図-1に示す。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。

3. 実験結果および考察

膨張ペーストによる炭素繊維シートひずみは、測定位置あるいは供試体により変動は大きいものの、載荷試験直前までに膨張材量40%および55%使用時に、高強度シートでは各々約3000μ、4000~4500μ、高弾性シートでは各々約1500μ、3000μのひずみが生じた。シートの破断ひずみは、高強度シートで17000μ、高弾性シートで6600μであるので、シートの緊張力はシートの引張強度の20~50%程度であった。

図-2に荷重とせん断補強材のひずみの関係を示す。シートを緊張したタイプB供試体とシート接着したタイプA供試体とでせん断補強材のひずみの変化に差が観察された。タイプB供試体のスターラップとシートのひずみの増加率はほぼ等しく、斜めひびわれ発生後からシートがせん断力に対して有効に抵抗している。一方、タイプA供試体では、斜めひびわれ発生後のシートの負担は小さく、

表-1 供試体の名称および要因

せん断補強材	タイプA供試体	タイプB供試体
炭素繊維シート	供試体名	供試体名
目付量	$P_w \cdot \sigma_w$ (N/mm ²)	$P_w \cdot \sigma_w$ (N/mm ²)
未使用	N	P
	0.00	0.00
	D6@10cm	P10
	1.48	1.48
	N-E100	P-E100
	1.84	2.11
100g/m ²	N10-E100	P10-E100
	3.32	3.59
高弾性	N-H100	P-H100
	2.78	2.89
高強度	N10-H100	P10-H100
	4.26	4.36
	N-E200	P-E200
	3.69	4.22
200g/m ²	N10-E200	P10-E200
高弾性	5.16	5.70
高強度	N-H200	P-H200
	5.57	5.77

*: せん断補強量は次式による $P_w \cdot \sigma_w = P_s \cdot \sigma_s + P_{ef} \cdot \sigma_{ef}$
 P_s , P_{ef} : スターラップおよび炭素繊維シートのせん断補強比
 σ_s , σ_{ef} : スターラップの降伏強度および炭素繊維シートの破断強度

表-2 炭素繊維シートの力学的特性

種 類	目付量 (g/m ²)	比重	設計厚さ (mm)	タイプA供試体		タイプB供試体	
				引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
高弾性	100	1.84	0.0543	2510	4.33x10 ⁵	2870	4.33x10 ⁵
	200	1.84	0.1086	(4210)	(4.36x10 ⁵)	(4210)	(4.36x10 ⁵)
高強度	100	1.80	0.0556	3680	2.24x10 ⁵	3820	2.24x10 ⁵
	200	1.80	0.1111	(4900)	(2.30x10 ⁵)	(4900)	(2.30x10 ⁵)

()内の数値は炭素繊維単体の特性

表-3 膨張ペーストの示方配合

W/(C+SF)	SF/(C+SF)	EP/(C+SF)	単位量(kg/m ³)
			W C SF EP
60	20	40	550 733 184 367
		55	525 700 175 481

SF: シリカフェーム EP: 膨張材

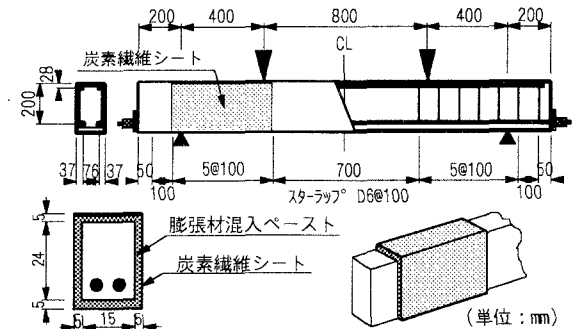


図-1 供試体の補強状況および載荷条件

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Koji HIGASHINO, Koji ITOH

その後スリップするよ
うに急激にひずみが増
加した後、タイプB供
試体と同様にせん断力
を負担している。シー
トを緊張することによ
ってシートのスリップ
現象が現れず、斜めひ
びわれ発生直後からシ
ートが効果的にせん断
力を負担しているもの
と考えられる。

代表的なシート破断を示した破壊状況を図-3に示す。破壊状況
に着目すると、タイプAおよびタイプB供試体ともにシートが破
断した直後、脆性的なせん断破壊で終局に至った。シートの破断
箇所は、タイプA供試体では斜めひびわれにほぼ沿っているが、
タイプB供試体では供試体軸方向に生じており、シートの緊張の
有無により相違が観察された。

せん断破壊荷重とせん断補強量の関係を図-4に示す。P-E100
(EP=40%)供試体およびP-E200(EP=55%)供試体のせん断力の実験値
は、計算値を下回る結果となり、シートははりの圧縮コーナー部
で軸方向に破断していた。これら2つの供試体の荷重試験後の観
察から、シートの破断箇所周辺への膨張ペースト注入が不十分で
あったことが、シート破断およびそれに伴うせん断耐力の低下の
原因であることが明らかになった。膨張ペースト注入が不十分で
シートが早期に破断した供試体、曲げ破壊したN-H200供試体を除
くと、幾分の変動はあるものの、シート緊張の
有無に関わらず、せん断補強量が増えるにつれ、
せん断破壊荷重が増加している。また、せん断
破壊した供試体の実験値は計算値を上回っており、安全側の値を示した。膨張ペーストの注入
が適切であれば、せん断耐力はせん断補強量をパラメーターとし
て安全側に評価することができる。

4. まとめ

(1) 膨張ペーストを使用して予め炭素繊維シートを緊張すること
により、斜めひびわれ発生直後からシートはせん断力を効果的
に負担することができる。

(2) 膨張ペーストの注入が適切であれば、せん断耐力はせん断
補強量をパラメーターとして安全側に評価できる。

【参考文献】

[1] 加藤、児島、高木、濱田：”炭素繊維シートによる鉄筋コンクリートはりのせん断補強効果に関する実
験的研究”，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18 No.2，pp.101-106，1996

表-4 荷重試験結果および計算耐力

タイプA供試体							タイプB供試体										
供試体名	計算値 (kN)		実験結果(kN)				供試体名	計算値 (kN)		EP=40% 実験結果(kN)				EP=55% 実験結果(kN)			
	P _{mu}	P _{vu}	P _{ver}	P _u	形式	実/計		P _{mu}	P _{vu}	P _{ver}	P _u	形式	実/計	P _{ver}	P _u	形式	実/計
N	417	115	100	130	S	1.13	P	427	125	105	153	S	1.22	—	—	—	—
N10		192	115	253	S	1.31	P10		202	120	305	S	1.51	—	—	—	—
N-E100		211	131	319	S*	1.51	P-E100		235	141	180	S**	0.77	175	283	S*	1.20
N10-E100		288	135	338	S*	1.17	P10-E100		312	160	333	S*	1.07	181	338	S*	1.08
N-H100		260	132	298	S*	1.14	P-H100		276	132	295	S*	1.07	149	300	S*	1.09
N10-H100		337	130	338	S*	1.00	P10-H100		353	143	400	S*	1.13	150	475	S*	1.35
N-E200		307	142	330	S*	1.07	P-E200		345	—	—	—	—	150	208	S**	0.60
N10-E200		384	145	411	S*	1.07	P10-E200		422	—	—	—	—	187	454	S*	1.08
N-H200	405	137	358	F	0.88	P-H200	426	—	—	—	—	160	371	S*	0.87		

P_{mu} ：曲げ破壊荷重 P_{vu} ：せん断破壊荷重 P_{ver} ：斜めひびわれ発生荷重 P_u ：最大荷重 S：せん断圧縮破壊
F：曲げ破壊 実/計：(実験値)/(計算値) *：炭素繊維シートの破断によって破壊した供試体

**：ペースト注入が不十分で、はりの圧縮コーナー部に沿ってシートが破断

計算値 $P_{vu} = 2V$, $V = V_c + V_w$, $V_c = 0.20\beta_d\beta_s(f'c)^{1/2}\{0.75 + 1.4/(a/d)\}bwd$, $V_w = (p \cdot \sigma_w)b_wz$

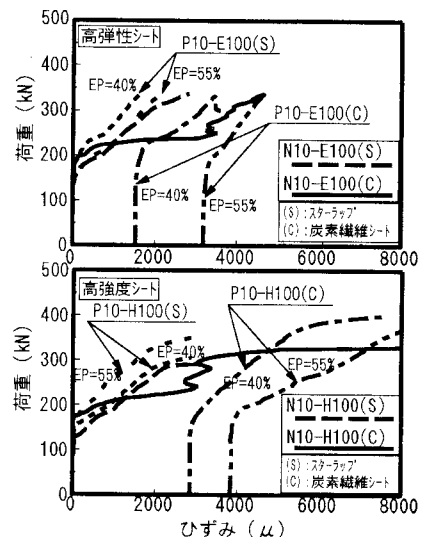


図-2 荷重とひずみの関係

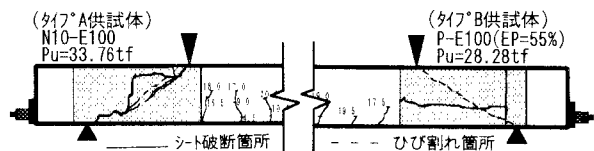


図-3 破壊状況図

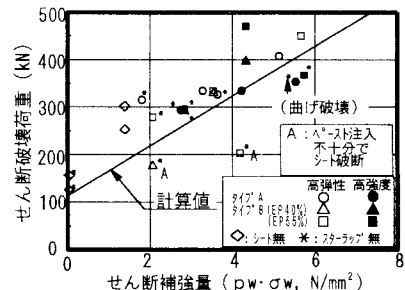


図-4 せん断破壊荷重とせん断補強量の関係