

V-199

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

立命館大学大学院 学生員 加藤博文 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章

1. はじめに

高強度繊維による既存コンクリート構造物の補強方法は、従来の鋼板接着工法に比べ施工性に優れていることから注目されており、これに関する研究も増えつつある。本研究では、高強度繊維の1つである炭素繊維シートに着目し、シートの補強量、弾性係数および巻付け方を要因として鉄筋コンクリート（RC）はりを作製し、炭素繊維シートのせん断に対する補強効果を検討した。

2. 実験概要

供試体の名称および要因を表-1に示す。No.2～No.5

の供試体には高強度タイプの炭素繊維シートを、No.6およびNo.7の供試体には高弾性タイプの炭素繊維シートをせん断補強として使用した。実験に使用した炭素繊維シートの特性を表-2に示す。炭素繊維シートは補強量を変化させるため、目付量100および200g/cm²の2種類を使用した。シートの接着にはエポキシ樹脂系接着剤を使用した。シート接着時および載荷試験時におけるコンクリートの圧縮強度は各々、350kgf/cm²および390kgf/cm²であった。

載荷条件および代表的な供試体の補強方法を図-1に

示す。供試体は寸法が15x24x200cmのRCはりで、全ての供試体に引張鉄筋としてD16(SD345)を3本、圧縮鉄筋としてD10(SD345)を2本配筋した。供試体のコーナー部には半径1cmの面取りを設け、シートの接着は材令28日から行った。載荷条件は、支点間距離160cm、曲げスパン100cmの曲げ載荷とし、せん断スパン有効高さ比(a/d)は1.5とした。

3. 実験結果および考察

表-3に曲げ破壊荷重およびせん断破壊荷重の計算値と、実験により得られた破壊荷重と破壊形式を示す。炭素繊維シートの破断によりせん断破壊した供試体は、極めて脆性的な破壊性状を示した。ゼブラ状に巻付けた供試体と全面に巻付けた供試体の破壊状況に大差は見受けられず、炭素繊維シートの破断は、せん断スパンの斜めひびわれに沿って生じた。したがって、巻付け方法の相違が破壊性状に及ぼす影響は少ないものと考えられる。せん断破壊荷重とせん断補強量($p_w \cdot \sigma_w$)の関係を図-2に示す。せん断破壊荷重の算定に

表-1 供試体の名称および要因

No.	供試体名	スラップ ^{a)}	せん断補強 炭素繊維シート			p _w ・σ _w (kgf/cm ²)
			タイプ	目付量(g/m ²)	巻き方	
1	N15	D6@15cm	高強度	100x1層	—	9.85
2	N15-100Z				ゼブラ	19.00
3	N15-100			全面	29.40	
4	N15-200				200x1層	48.95
5	N-200	—	—	—	39.09	
6	N15-E100Z	D6@15cm	高弾性	100x1層	ゼブラ	17.49
7	N15-E100				全面	26.17
8	N5	D6@ 5cm	—	—	—	29.56

*: せん断補強量で次式による

$$p_w \cdot \sigma_w = p_s \cdot \sigma_s + \lambda \cdot p_{eff} \cdot \sigma_{eff}$$

p_s, p_{eff} : スラップおよび炭素繊維シートのせん断補強比

σ_s, σ_{eff} : スラップの降伏強度および炭素繊維シートの破断強度

λ : 炭素繊維シートの低減係数で2/3

表-2 炭素繊維シートの特性

タイプ	目付量 (g/m ²)	比重	設計厚さ (mm)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)
高強度	100	1.80	0.056	39500	2.32x10 ⁹
	200	1.80	0.111	(50000)	(2.35x10 ⁹)
高弾性	100	1.84	0.054	34300	4.45x10 ⁹
				(43000)	(4.45x10 ⁹)

()内の数値は炭素繊維単体の

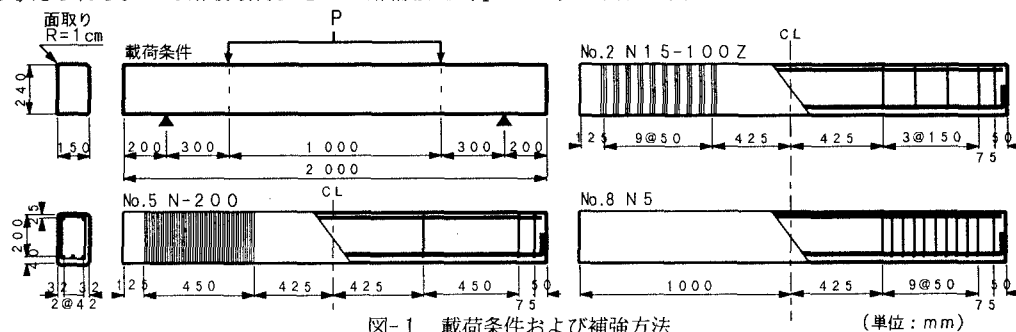


図-1 載荷条件および補強方法

(単位: mm)

は、炭素繊維シートのばらつきと接着による低減係数を2/3とした。せん断破壊した供試体に着目すると、高強度シートでせん断補強した供試体は、巻付け量の増加にともない実験値は危険側へ移行している。しかし、高弾性シートで補強した供試体では、巻付け量に関係なく安全側の値を示している。したがって、炭素繊維シートの低減係数の設定には、シートの巻付け量および弾性係数を考慮する必要があると考えられる。

図-3(a)に、No.1～No.3およびNo.8の供試体の荷重とスターラップひずみの関係を示す。斜めひびわれ発生後の荷重とスターラップひずみの関係は、全体的にせん断補強量の増加に伴って急勾配になっており、炭素繊維シートがせん断力に対して抵抗し、スターラップの負担を軽減している。スターラップのみで補強された供試体（No.1およびNo.8）は、斜めひびわれ発生後スターラップひずみが単調増加しているのに対して、スターラップと高強度シートの両方で補強された供試体（No.2およびNo.3）は、荷重が約20tfに達する付近で勾配が変化している。したがって、せん断補強としてスターラップと高強度シートを併用した場合、せん断力に対して各々が分担する力の比は荷重の増加により変化し、高強度シートは高荷重領域において効果を発揮する傾向にある。

図-3(b)に、No.2、No.3およびNo.6、No.7の供試体の荷重とスターラップひずみの関係を示す。高強度シートで補強した供試体（No.2およびNo.3）では、荷重とスターラップひずみの関係の勾配がある荷重で変化しており、シートとスターラップ両者のせん断力の負担率が変化している。しかし、高弾性シートで補強した供試体（No.6およびNo.7）には、そのような明確な勾配の変化は見受けられず、斜めひびわれ発生後のスターラップひずみの挙動はスターラップのみで補強された供試体のものに類似している。したがって、スターラップと炭素繊維シートによるせん断力の分担割合は、シートの弾性係数の影響を受けるものと考えられる。

4. 結論

(1) 炭素繊維シートの巻付け量を増やすことでせん断耐力は向上する。せん断耐力の算定には、炭素繊維シートの低減係数の設定を十分に検討する必要がある。

(2) せん断補強としてスターラップと炭素繊維シートを併用した場合、両者の分担するせん断力の割合はシートの弾性係数の影響を受ける。

表-3 実験結果および計算耐力

No.	供試体名	理論値(tf)		実験結果(tf)		実験値
		P_{mu}	P_{vu}	P_y	P_u 破壊形式	
1	N15	24.00	—	26.50	SD	1.10
2	N15-100Z	28.77	—	30.40	SD*	1.06
3	N15-100	34.20	31.25	33.80	BSD*	0.99
4	N15-200	44.40	31.00	34.80	BD	1.06
5	N-200	39.26	32.80	36.20	BD	1.10
6	N15-E100Z	27.99	—	29.80	SD*	1.06
7	N15-E100	32.52	31.00	33.80	BD	1.03
8	N5	34.28	31.50	33.00	BD	1.00

P_{mu} : 曲げ破壊荷重, P_{vu} : せん断破壊荷重

P_y : 曲げ降伏荷重, P_u : 破壊荷重

SD : せん断破壊, BD : 曲げ破壊, BSD : 曲げ降伏後せん断破壊

* : 炭素繊維シートの破断で破壊

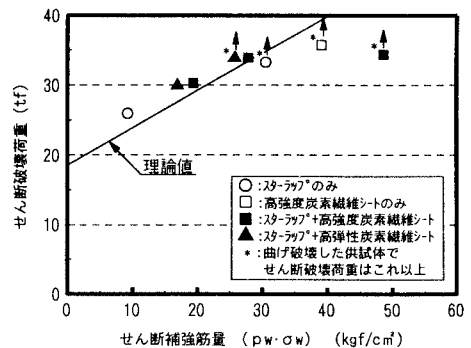
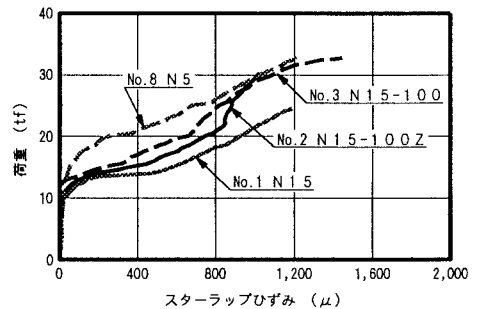
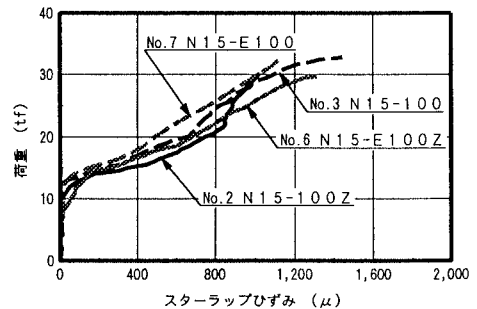


図-2 せん断破壊荷重とせん断補強量の関係



(a) 炭素繊維シートの有無による比較



(b) 炭素繊維シートのタイプによる比較

図-3 荷重とスターラップひずみの関係