

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
 トービー建設工業(株) 正会員 濱田 譲 静岡県 正会員 加藤博文
 立命館大学大学院 学生員 〇東野幸史

1. はじめに

連続繊維シートによる既存コンクリート部材の補強は、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。本研究は、炭素繊維シートによるRCはりのせん断に対する補強効果把握するために補強量および補強方法を適宜組み合わせ、検討したものである。

2. 実験概要

供試体の名称および要因を表-1に示す。No.1～No.11供試体は、スターラップの有無、炭素繊維シートの目付量を組み合わせ、せん断補強量を変化させた。No.4～No.7供試体は全面巻き付け、No.8～No.11供試体は側面接着によるシート補強を施した。使用した炭素繊維シートの特性を表-2に示す。シート接着にはエポキシ樹脂系接着剤を使用した。コンクリートの圧縮強度はシート接着時において260kgf/cm²、載荷試験時において310kgf/cm²であった。供試体は寸法15x24x200cmの鉄筋コンクリートはりで、有効高さは20cmとし、コーナー部に半径1cmの面取りを設けた。全ての供試体がせん断破壊するように、引張鋼材として異形PC鋼棒(ケビンデスターφ23)を2本、圧縮鉄筋としてD10(SD345)を2本配置した。異形PC鋼棒は緊張せず、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、シートの接着は材令28日から実施した。代表的な供試体の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。

表-1 供試体の名称および要因

No.	要因	供試体名	スターラップ	炭素繊維シート		P _w ・σ _w [*] (kgf/cm ²)
				目付量	補強方法	
1		N	—	—	—	0.00
2	比較用	N10	D6@10cm	—	—	14.78
3		N5	D6@5cm	—	—	29.56
4	シートの 目付量	N-E100	—	100g/m ²	全面	18.43
5		N10-E100	D6@10cm	100g/m ²	全面	33.21
6		N-E200	—	200g/m ²	全面	36.86
7		N10-E200	D6@10cm	200g/m ²	全面	51.64
8	補強 方法	N-E100S	—	100g/m ²	側面	18.43
9		N-E100SS	—	100g/m ²	側面斜め	26.06
10		N10-E100S	D6@10cm	100g/m ²	側面	33.21
11		N10-E100SS	D6@10cm	100g/m ²	側面斜め	40.84

*: せん断補強量は次式による

$$P_w \cdot \sigma_w = P_s \cdot \sigma_s + P_{st} \cdot \sigma_{st}$$

P_s, P_{st}: 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_{st}: 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 炭素繊維シートの特性

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)
100	1.84	0.0543	25600	4.42x10 ⁶
200	1.84	0.1086	(43000)	4.45x10 ⁶

() 内の数値は炭素繊維単体の特性

3. 実験結果および考察

表-3に実験により得られた供試体の最大荷重および破壊形式を示す。シート全面巻き付け補強供試体は全てシート破断後せん断破壊、側面接着補強供試体は全てシート剥離後せん断破壊という結果であった。無補強のNo.1供試体およびスターラップのみで補強したNo.2供試体に対して、せん断補強材として炭素繊維シートのみで補強したNo.4とNo.6供試体、およびスターラップと炭素繊維シートで補強したNo.5とNo.7供試体の最大荷重は増加していることから、スターラップの有無に関わらず、炭素繊維シートはせん断補強材として

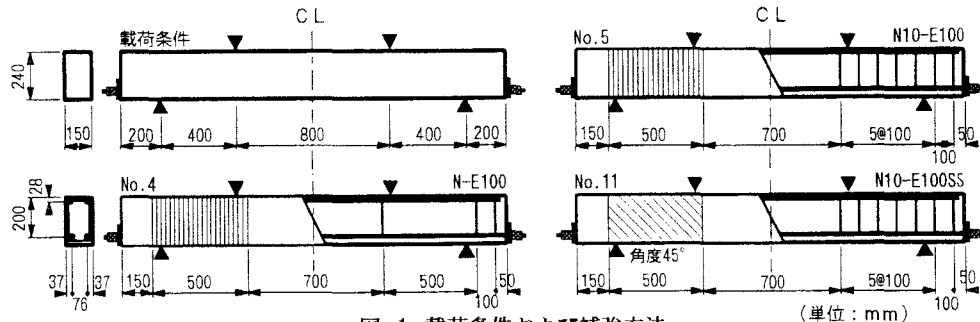


図-1 載荷条件および補強方法

Takayuki KOJIMA, Nobuyuki TAKAGI, Yuzuru HAMADA, Hirohumi KATO, Koji HIGASHINO

有効に作用すると考えられる。シートを側面に接着したNo.8およびNo.10供試体の最大荷重は、No.1およびNo.2供試体に比べて増加している。しかし、全面巻き付け補強を施したNo.4およびNo.5供試体に比べて減少していることから、炭素繊維シートを側面に接着することによってせん断耐力は向上するものの、全面巻き付け補強と同等の補強効果は期待できないと考えられる。図-2にせん断破壊荷重とせん断補強量の関係を示す。理論値はシートの低減係数を考慮せず、せん断補強量をパラメーターとしている。スターラップ、シートあるいは両方による補強に関わらず、せん断補強量の増加に伴いせん断耐力は増加している。全面巻き付け補強供試体のせん断耐力は、スターラップと同様にせん断補強量で評価できるものと考えられる。

図-3に荷重とスターラップおよび炭素繊維シートひずみの関係を示す。シートとスターラップの両方で補強したNo.5とNo.7供試体のスターラップひずみは、同一荷重において目付量100g/m²のNo.5供試体よりも目付量200g/m²のNo.7供試体の方が小さくなっていることから、目付量の増加によってせん断力に対するスターラップの負担が軽減しているのが分かる。スターラップとシートの両方で補強したNo.5およびNo.7供試体よりも、シート補強のみのNo.4およびNo.6供試体の方が低い荷重で急激にシートひずみが増加している。これは、スターラップとシートの両方で補強した場合、シートひずみの急増する荷重が増加することを示している。

図-4にNo.8およびNo.9供試体の破壊状況を示す。側面補強の供試体はシート破断ではなく、シート剥離後にせん断圧縮破壊により終局に至った。シートの剥離は斜めひびわれ上側の三角形部分に見られた。No.8～No.11供試体の最大荷重時におけるシートひずみは全て約4000μ程度であった。シートの破断ひずみが5800μであることを考慮すると、シートの効果が十分に発揮されないまま破壊に至ったものと推測される。これは破壊形式が接着切れによるシートの剥離に支配されたためであり、側面接着補強では、シートとコンクリートの接着強度がせん断耐力および破壊性状に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

4. まとめ

(1) せん断補強材として炭素繊維シートを巻き付けることにより、せん断耐力は増加する。炭素繊維シートとスターラップを併用した場合、スターラップによるせん断力の負担力は軽減され、その程度はシートの目付量の影響を受ける。

(2) 炭素繊維シートを側面に接着することにより、部材のせん断耐力は向上する。しかし、その補強効果はシートとコンクリートの接着強度に大きく依存しており、耐力の算定にはこの接着強度を考慮する必要がある。

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_{su}	P_{vu}	P_u	破壊形式	
1 N		11.50	12.98	せん断圧縮	1.13
2 N10		19.21	25.25	せん断圧縮	1.31
3 N5		26.92	32.95	せん断圧縮	1.22
4 N-E100		21.11	31.90	せん断圧縮*	1.51
5 N10-E100		28.82	33.76	せん断圧縮*	1.17
6 N-E200	41.70	30.73	33.01	せん断引張*	1.07
7 N10-E200		38.44	41.10	せん断圧縮*	1.07
8 N-E100S		21.11	20.50	シート剥離	0.97
9 N-E100SS		25.09	21.40	シート剥離	0.85
10 N10-E100S		28.82	27.75	シート剥離	0.96
11 N10-E100SS		32.80	29.10	シート剥離	0.89

P_{su} : 曲げ破壊荷重 P_{vu} : せん断破壊荷重 P_u : 最大荷重

*: 炭素繊維シートの破断により破壊した供試体

理論値 $P_{vu} = 2V$ $V = V_c + V_w$

$V_c = 0.94\beta_s\beta_g(f'c)^{1/3}\{0.75+1.4/(a/d)\}b_wd$

$V_w = (p_w\sigma_w)b_wz$

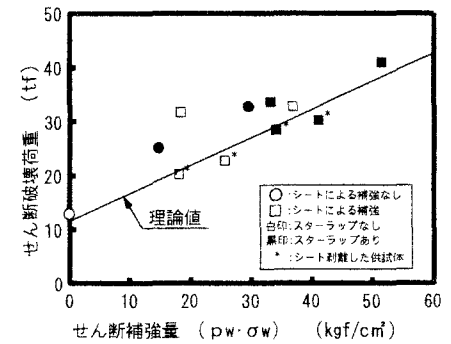


図-2 せん断破壊荷重とせん断補強量の関係

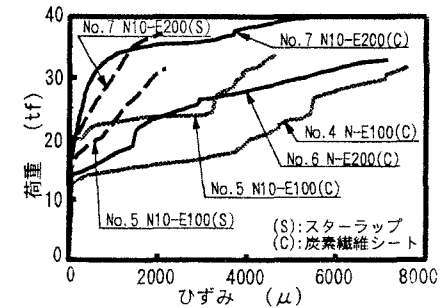


図-3 荷重とひずみの関係

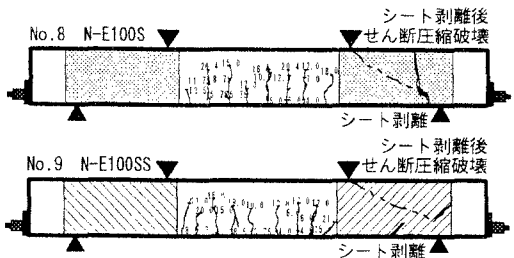


図-4 破壊状況図