

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
立命館大学大学院 正会員 濱田 譲 立命館大学大学院 学生員 東野幸史

1. はじめに

炭素繊維シートによる既存コンクリート部材構造物のせん断補強は、近年比較的多く施工され、その有効性が報告されている。アルカリ骨材反応により損傷した既存コンクリート構造物のせん断補強へのシートの有効性を検討することを目的として、RCはりの曲げせん断荷重試験を実施した。

2. 実験概要

供試体の名称および要因を表-1に示す。シリーズ1では健全な普通コンクリートを使用し、シリーズ2ではアルカリ骨材反応により劣化したコンクリートをモデル化するために、膨張材を用いて強度低下を与えた。膨張コンクリートはせん断スパンのみに使用し、曲げスパンは健全な普通コンクリートを使用した。スターラップ量は一定とし、炭素繊維シートの目付量および弾性係数によりせん断補強量を変化させた。供試体は全面巻き付けで補強を施した。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。コンクリートの示方配合を表-3、コンクリート圧縮強度を表-4に示す。供試体は寸法15x24x200cmのRC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。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、シート接着は材齢28日から実施した。代表的な供試体の補強状況および荷重条件を図-1に示す。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。

表-1 供試体の名称および要因

シリーズ	No.	要因	供試体名	炭素繊維シート タイプ	目付量 (g/m ²)	$p_w \cdot \sigma_w^*$ (N/mm ²)
シリーズ1	1	比較用	N10	—	—	1.48
	2	シートの弾性係数	N10-E100	高弾性	100g/m ²	3.32
	3	弾性係数	N10-E200	〃	200g/m ²	5.16
	4	目付量	N10-H100	高強度	100g/m ²	4.26
シリーズ2	5	比較用	B10	—	—	1.48
	6	シートの弾性係数	B10-E100	高弾性	100g/m ²	3.59
	7	弾性係数	B10-E200	〃	200g/m ²	5.70
	8	目付量	B10-H100	高強度	100g/m ²	4.36
	9	目付量	B10-H200	〃	200g/m ²	7.25

スターラップ間隔はシリーズ1およびシリーズ2ともに10cm間隔
*:せん断補強量は次式による $p_w \cdot \sigma_w = p_s \cdot \sigma_s + p_{ser} \cdot \sigma_{ser}$
 p_s, p_{ser} : 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_{ser} : 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)	シリーズ1		シリーズ2	
				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	4.33×10^5	2870	4.33×10^5
	200	1.84	0.1086	(4210)	(4.36×10^5)	(4210)	(4.36×10^5)
高強度	100	1.80	0.0556	3680	2.24×10^5	3820	2.24×10^5
	200	1.80	0.1111	(4900)	(2.30×10^5)	(4900)	(2.30×10^5)

()内の数値は炭素繊維単体の特性

表-3 コンクリートの示方配合

配合No.	シリーズ	W/C	s/a	単位量(kg/m ³)				水和剤(cc/m ³)	
		(%)	(%)	W	C	EP	S	G	AE減水剤
I	1	60	46	174	290	—	824	1008	2900
II	2(普通)*	60	46	174	290	—	824	1008	2900
III	2(膨張)*	60	46	174	217	73	821	1005	2900

EP: 膨張材(膨張材量は、セメント質量の内割で25%)

AE減水剤は25%溶液、AE助剤は1%溶液で使用

*: 普通: 普通コンクリート(曲げスパン)、膨張: 膨張コンクリート(せん断スパン)

表-4 コンクリート圧縮強度

シリーズ	28日強度(N/mm ²)		載荷時強度(N/mm ²)	
	圧縮強度	弾性係数	圧縮強度	弾性係数
1	23.2	2.93×10^4	30.2	3.12×10^4
2(普通)*	36.0	3.43×10^4	39.1	3.47×10^4
2(膨張)*	2.16	0.40×10^4	3.72	0.46×10^4

*: 普通コンクリート(曲げスパン)、膨張コンクリート(せん断スパン)

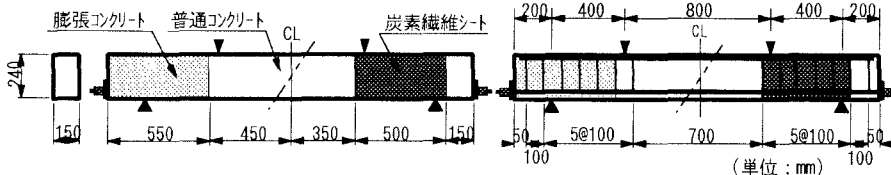


図-1 供試体の補強状況および荷重条件

3. 実験結果および考察

シリーズ2のはり供試体の曲げスパンには配合IIの普通コンクリートを、せん断スパンには配合IIIの膨張コンクリートを使用している。膨張コンクリート(φ10x20cm)の動弾性係数と音速は、普通コンクリートと比較して各々80%、40%低下しており、圧縮強度の低下は約90%であり、大きな損傷を受けている。

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Yuzuru HAMADA, Koji HIGASHINO

荷重とせん断補強材のひずみの関係を図-2に示す。膨張コンクリートの使用によるケミカルプレストレスの導入により、スターラップひずみは変動はあるものの、載荷試験直前で1000~1500 μ であった。せん断スパンに膨張コンクリートを使用することにより導入されるケミカルプレストレスのために、斜めひびわれ発生荷重は大きくなる。また、スターラップを有する供試体に炭素繊維シートをせん断補強材として補強すると、せん断耐力に対するスターラップの負担は軽減し、その割合はシートの弾性係数の影響を受けることは既に報告[1]した。シートの弾性係数が荷重-ひずみ関係へ及ぼす著しい影響は観察されなかった。

荷重とたわみの関係を図-3に示す。せん断補強量が大きくなると、せん断スパン内の曲げせん断ひびわれの発生が少なくなるので曲げ剛性が大きくなり、たわみは小さくなる。また、膨張材により導入されるケミカルプレストレスのために、せん断補強量がほぼ同じ供試体であっても、同様にたわみは小さくなる。そのために、シリーズ2供試体のたわみは、シリーズ1供試体より小さくなった。

実験結果および計算耐力を表-5に、せん断破壊荷重とせん断補強量の関係を図-4に示す。曲げ破壊した一例を除き、全てせん断破壊した。スターラップの膨張拘束によりケミカルプレストレスが導入されているために、せん断スパンに膨張コンクリートを使用したシリーズ2供試体の斜めひびわれ発生荷重は、普通コンクリートを使用したシリーズ1供試体より増加している。スターラップとシートを併用し、せん断補強量がほぼ同等の供試体であれば、せん断スパンに損傷コンクリートを使用しても、はりのせん断耐力は低下することなく、健全なコンクリートを使用した供試体と同等であった。シリーズ2供試体のせん断耐力は、シリーズ1供試体と同様に、せん断補強量に伴い増加し、実験値は計算値を上回っている。損傷コンクリートを有する部材のせん断補強も、通常の部材同様にせん断補強量をパラメーターとして評価することができる。

4. まとめ

(1) アルカリ骨材反応により損傷した部材を炭素繊維シートでせん断補強する効果は、健全な部材を補強したときと同等に評価することができる。

(2) 炭素繊維シートによりせん断補強した部材の耐力は、損傷コンクリートに対しても、従来のシートのせん断補強量をパラメーターとする算定式で計算することができる。

【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-5 実験結果および計算耐力

シリーズ	No.	供試体名	計算値(kN)		実験値(kN)		実験値/計算値
			P_{au}	P_{vu}	P_{ver}	P_u 破壊形式	
シリーズ 1	1	N10		192	115	253 せん断圧縮	1.32
	2	N10-E100	417	288	135	338 せん断圧縮*	1.17
	3	N10-E200		384	145	411 せん断圧縮*	1.07
	4	N10-H100		337	130	338 せん断圧縮*	1.00
シリーズ 2	5	B10	428	203	150	277 せん断圧縮	1.36
	6	B10-E100		313	184	348 せん断圧縮*	1.11
	7	B10-E200		423	200	412 せん断圧縮*	0.97
	8	B10-H100		353	175	365 せん断圧縮*	1.03
	9	B10-H200		504	190	420 曲げ圧縮	0.83

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
 P_{au} :曲げ破壊荷重 * :炭素繊維シートの破断により破壊した供試体
 計算値 $P_{vu} = 2V$, $V = V_e + V_w$,
 $V_e = 0.20\beta_a\beta_s(f'_s)^{1/3}\{0.75 + 1.4/(a/d)\}bwd$, $V_w = (p_w \cdot \sigma_w)bwz$

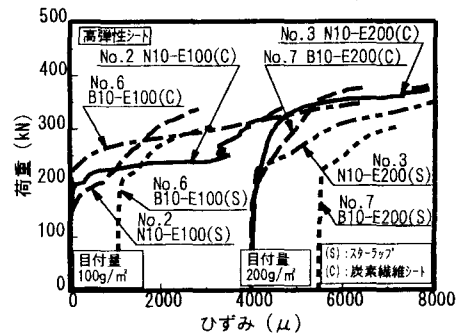


図-2 荷重とひずみの関係

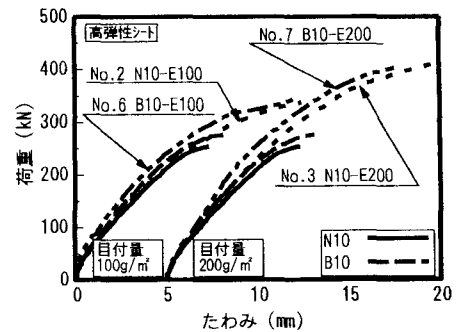


図-3 荷重とたわみの関係

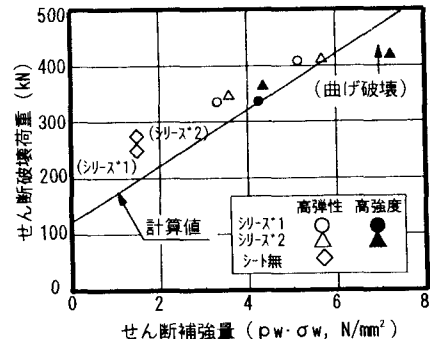


図-4 せん断破壊荷重とせん断補強量の関係