

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 正会員 高木宜章 立命館大学大学院 正会員 濱田 諒
(株)きんでん 正会員 東野幸史 (株)奥村組 正会員○平塚文敬

1. はじめに

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連続繊維シートの有効性を検討することを目的として、RCはりの載荷実験を行った。

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は、健全な普通コンクリート(W/C=60%)を使用し、シリーズ2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[W/(C+EP)=60%, EP/(C+EP)=25%, EP:膨張材]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(D6, SD295, $f_y=340\text{N/mm}^2$)は一定とし、連続繊維シートの種類、目付量および弾性係数を変化させた。補強方法は、シート接着したタイプA供試体とシート緊張したタイプB供試体の2種類とした。使用した連続繊維シートの特性を表-2に示す。シート接着はエポキシ樹脂系接着剤を使用した。シート緊張は、予め樹脂で固めたシートとはりの隙間に膨張ペーストを注入した。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($\phi 23$, $f_y=1050\sim 1100\text{N/mm}^2$)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。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。

3. 実験結果および考察

損傷の大きい膨張コンクリート($\phi 10 \times 20\text{cm}$)では、普通コンクリートより音速で約80%、動弾性係数で約40%、圧縮強度で約90%の低下が観察された。はり載荷試験後、載荷ひび割れのない箇所から採取したコア($\phi 6.8 \times 15\text{cm}$)の圧縮強度を表-3に示す。損傷度により幾分異なるが、膨張コンクリートの圧縮強度は、スターラップによる拘束効果のため健全な普通コンクリートの55~80%であった。

実験結果および計算耐力を表-4に示す。せん断補強量およびせん断耐力の計算は、シート補強方法の相違

による断面
変化を考慮
し、また、
損傷コンク
リートの圧
縮強度は採

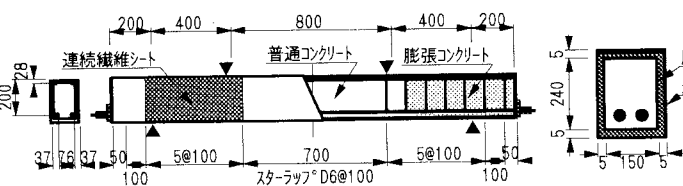


図-1 供試体の補強状況および載荷条件

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Yuzuru HAMADA, Koji HIGASHINO, Fumitaka HIRATSUKA

表-1 供試体の名称および要因

供試体名	連続繊維シート	種類	目付量	性能	(N/mm ²)	供試体名	連続繊維シート	種類	目付量	性能	(N/mm ²)
Na	未使用				1.45	Da-C	未使用				1.45
Na-CE100	*1	高弾性	3.26			Da-CE100	*2	高弾性	3.53		
Na-CS100	炭素	高強度	4.17			Da-CS100	炭素	高強度	4.28		
Na-CE200	繊維	200	高弾性	5.08		Da-CE200	繊維	200	高弾性	5.61	
Na-AE100		100	高弾性	3.34		Da-CS200		200	高強度	7.11	
Na-AS100	アラミド		標準	3.35		Db-C	未使用				1.45
Na-AE200		200	高弾性	5.23		Db-CE100	*2	高弾性	3.31		
Na-AS200	繊維		標準	5.26		Db-CS100	炭素	高強度	4.01		
Nb	未使用				1.45	Db-CE200	繊維	200	高弾性	5.26	
Nb-CE100		100	高弾性	3.37		Db-CS200		200	高強度	6.67	
Nb-CS100	*3	高強度	3.77			Db-A	未使用				1.45
Nb-CE200	炭素	200	高弾性	5.39		Db-AE100		100	高弾性	3.13	
Nb-CS200	繊維		高強度	6.19		Db-AS100	アラミド	標準	3.14		
Nb-AE100		100	高弾性	3.13		Db-AE200	繊維	200	高弾性	4.90	
Nb-AS100	アラミド		標準	3.14		Db-AS200		200	標準	4.93	
Nb-AE200	繊維	200	高弾性	4.90							
Nb-AS200			標準	4.93							

$p = p_1 + p_2 + 2 \cdot A_s / (b \cdot s) + 2 \cdot b_s / b$
 p_1 : スターラップのせん断補強比
 p_2 : 連続繊維のせん断補強比
 A_s : 連続繊維シートの引張強度
 A : スターラップ1本の断面積
 s : スターラップの間隔、 b_s : はりの断面幅
 b : 連続繊維シートの設計幅

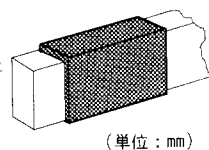
表-2 連続繊維シートの特性

種類	タイプ	比重	目付量 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (弾性係数) (N/mm ²)
炭素繊維	高弾性	*1*2 1.84	*1*2 0.0543	*1*2 0.0549	*1 2509 (4.23×10 ⁵) *2 2871 (4.33×10 ⁵)
			*3 1.82	*1*2 0.1086 *3 0.1038	*3 2940 (3.72×10 ⁵)
	高強度	1.80	100	0.0555	*1 3675 (2.24×10 ⁵)
			200	0.1111	*2 3822 (2.24×10 ⁵) *3 3479 (2.30×10 ⁵)
アラミド繊維	高弾性	1.45	100	0.0689	2058 (1.08×10 ⁵)
			200	0.1379	
	標準	1.44	100	0.0694	2058 (0.72×10 ⁵)
			200	0.1388	

表-3 コアの圧縮強度

測定日	Da-C	Db-C	Db-A
材料28日	34.5	2.11	26.7
材料28日	34.5	2.11	26.7
載荷試験時	37.5	2.98	29.6
コア採取	38.4	20.9	33.1

注: 材料28日, 載荷試験時: ($\phi 10 \times 10\text{cm}$)
 コア採取: ($\phi 6.8 \times 15\text{cm}$), 単位: N/mm²
 普通: 曲げスパンの普通コンクリート
 膨張: せん断スパンの膨張コンクリート



(単位: mm)

取コアの値を採用した。膨張ペーストの注入が不十分なために、シートが早期にせん断圧縮破壊した供試体を除くと、既報告[1]同様、損傷供試体においても、せん断補強量が増加するにつれてせん断耐力が増加した。そして、実験値は、幾分の例外を除くと、スターラップにより拘束状態にある損傷コンクリートから採取したコアの圧縮強度を用いて算出した計算値を上回った。これは、せん断スパンに使用した膨張コンクリートにより軸方向および周方向に導入されたプレストレスによるトラス作用以外で抵抗するせん断耐力(V_c)の増加も一因と考えられる。膨張コンクリートの使用により生じるスターラップひずみは平均約1000 μ 程度、せん断スパン中央での軸方向鋼材ひずみは約220 μ であった。導入されたプレストレス量は、軸方向引張鋼材位置で約4.7N/mm²、軸方向単位長さ当たりは周方向で約0.87N/mm²であり、軸方向に導入されたプレストレスにより V_c は約1.06倍程度増加することになる。

最大荷重時のシートひずみと分担せん断力を各々図-2、図-3に示す。シート補強方法がRCはりの耐力に及ぼす影響が損傷供試体においても観察された。高強度炭素繊維シートを緊張した健全供試体は、せん断耐力が向上し曲げ破壊した。しかし、損傷供試体では、炭素繊維シートを緊張すると一例を除き、全てせん断圧縮破壊した。アラミド繊維シートは、図-2に示すように、最大荷重時に破断ひずみに達していな

いにも関わらず、シート緊張補強することにより健全供試体同様、せん断耐力が増加し、曲げ破壊するものが多く観察された。弾性係数の小さいアラミド繊維シートを緊張することによる拘束効果の改善は、図-3の V_{cl} に示すように損傷供試体においても期待することができる。

4. まとめ

(1) 損傷を与えたRCはりをシートでせん断補強する効果は、供試体から採取した損傷コンクリートの圧縮強度を使用すれば、健全供試体と同様に評価することができる。

(2) 弾性係数の小さいシートを緊張することにより得られる拘束改善効果は、損傷供試体においても期待することができる。

[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-4 実験結果および計算耐力

供試体名	計算値(kN)				実験結果(kN)	破壊型式	実験値/計算値	供試体名	計算値(kN)				実験結果(kN)	破壊型式	実験値/計算値
	P_{mu}	P_{cu}	P_{cr}	P_u					P_{mu}	P_{cu}	P_{cr}	P_u			
Na-C	192	113	251	S	1.31	Da-C		176	147	272	S	1.54			
Na-CE100	283	132	331	S*	1.17	Da-CE100	419	284	180	341	S*	1.20			
Na-CS100	328	127	331	S*	1.01	Da-CS100		324	172	357	S*	1.10			
Na-CE200	378	137	403	S*	1.07	Da-CE200		393	196	404	S*	1.03			
Na-CS200	412	---	---	---	---	Da-CS200		471	186	412	F	#0.98			
Na-AE100	288	123	358	S*	1.24	---		---	---	---	---	---			
Na-AS100	293	118	351	S*	1.20	---		---	---	---	---	---			
Na-AE200	387	123	405	S*	1.05	---		---	---	---	---	---			
Na-AS200	392	123	399	S*	1.02	---		---	---	---	---	---			
Nb-C	198	115	299	S	1.51	Db-C		176	147	274	S	1.56			
Nb-CE100	316	142	317	S*	1.00	Db-CE100	415	296	186	303	S*	1.02			
Nb-CS100	339	145	407	F	#0.98	Db-CS100		336	176	382	S*	1.14			
Nb-CE200	434	145	335	S**	0.77	Db-CE200		407	201	390	S*	0.96			
Nb-CS200	477	139	417	F	#1.00	Db-CS200		487	186	382	S*	0.78			
---	---	---	---	---	---	Db-A		185	137	293	S	1.59			
Nb-AE100	303	127	405	F	#0.97	Db-AE100	408	295	172	381	F	#0.93			
Nb-AS100	304	118	392	S*	1.29	Db-AS100		296	162	380	F	#0.93			
Nb-AE200	404	132	410	F	#0.99	Db-AE200		396	176	355	S**	0.90			
Nb-AS200	408	129	449	F	#1.08	Db-AS200		397	172	389	F	#0.95			

注: (S):せん断圧縮, (F):曲げ圧縮, P_{mu} :最大荷重, P_{cu} :曲げ破壊荷重, P_{cr} :斜めひびわれ発生荷重
 P_u :せん断破壊荷重(φ6.8x15cm)コア採取による内柱供試体の圧縮強度より計算
 *:連続繊維シートの破断によって破壊した供試体, **: P_u/P_{mu}

**膨張ペーストの注入不十分により早期にシートが破断し破壊した供試体

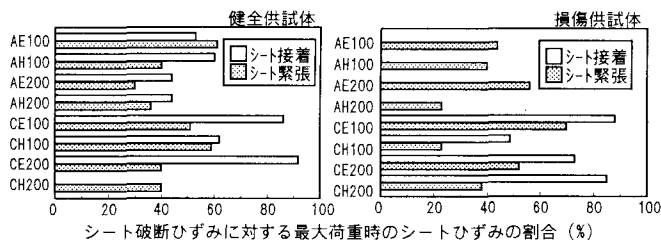


図-2 最大荷重時のシートひずみ

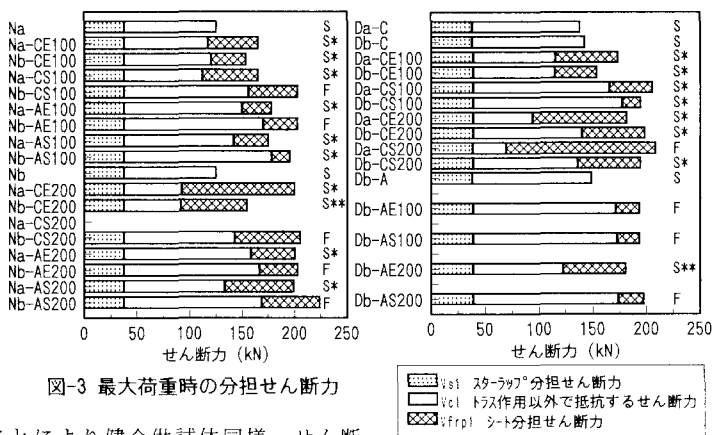


図-3 最大荷重時の分担せん断力