

V-384

超高強度コンクリートを用いたPRCはりの曲げ挙動

熊谷組 正会員 ○望月秀朗 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 ビーシー橋梁技術部 正会員 竹内正喜
ドービー建設工業技術センター 正会員 濱田 譲

1. はじめに

本研究は、圧縮強度 1000kgf/cm^2 以上の超高強度コンクリートを使用し、 $200\sim 250\text{kgf/cm}^2$ の高プレストレスを導入したPRCはりの曲げ挙動および靱性改善の方法について実験検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。曲げに対する補強量を一定として、導入プレストレス量、曲げスパン内の補強材の種類（スターラップ、炭素繊維シート）とその組合せ、補強量を要因とした。

コンクリートの配合は、水結合材比22%、シリカフェーム置換率10%、単位水量 150kg/m^3 とした。粗骨材の最大寸法は13mmである。供試体寸法、配筋および載荷条件を図-1に示す。供試体は、 $12\times 20\times 200\text{cm}$ のはりを使用した。引張側軸方向鉄筋の有効高さを17cmとし、D16(SD345)を2本配置した。緊張材の位置は、はり下縁より7cmとし、 $\phi 26$ (SBPR110/125)のPC鋼棒を1本用いた。せん断補強筋として、D6(SD295)を5cm間隔で配置した。また、曲げスパン内に配置する補強材として、D10(SD345)またはD6(SD295)を5cmまたは8cm間隔で用いた。炭素繊維シートで曲げスパンを補強する供試体は、断面の隅角部に半径1cmの面取りを設け、はり中央75cmの区間にはり断面全面に巻き付けた。シートは、1層巻きで底面でオーバーラップ(10cm)させた。載荷条件は、支持スパン180cm、曲げスパン40cmの2点集中載荷とし、引張側軸方向鉄筋に対する a/d は4.1とした。プレストレスの導入は、材令7日でポストテンション方式で行った。鋼材の機械的性質を表-2に、シートの力学的特性を表-3に、コンクリートの力学的特性を表-4に示す。

表-1 実験計画

供試体名	導入プレストレス量 (kgf/cm^2)	曲げスパン内の スターラップ ^a	炭素シート の目付量 (g/m^2)	横拘束度 $p_w \cdot \sigma_w$ (kgf/cm^2)	コンクリート f'_c (kgf/cm^2)
C0-0-0	0	—	—	0	B
C0-0-10	100	—	—	0	A
C0-0-20	—	—	—	0	A
C0-8D6-20	—	D6@8cm	—	34.30	B
C0-5D6-20	—	D6@5cm	—	54.60	B
C0-8D10-20	—	D10@8cm	—	83.02	B
C0-5D10-20	—	D10@5cm	—	132.99	B
C2-0-20	—	—	200	46.08	B
C3-0-20	—	—	300	69.12	B
C2-5D6-20	—	D6@5cm	200	100.68	B
C0-0-25	250	—	—	0	A
C3-0-28	—	—	300	69.12	B
C2-5D6-28	—	D6@5cm	200	100.68	B
C0-5D10-28	—	D10@5cm	—	132.99	B

A、B：載荷試験時のコンクリート圧縮強度 $A=1240\text{kgf/cm}^2$ 、 $B=1140\text{kgf/cm}^2$

$p_w \cdot \sigma_w = p_y \cdot \sigma_y + p_{ef} \cdot \sigma_{ef}$ 、 $p_y = \frac{2A_s}{b_1 \cdot s}$ 、 $p_{ef} = \frac{2b_{ef}}{b_1 \cdot s}$
ここで σ_y ：スターラップの降伏強度 b_1 ：スターラップの短辺長さ
 b_w ：はりの断面幅 σ_{ef} ：炭素シートの引張強度
 b_{ef} ：炭素シートの設計厚さ A_s ：スターラップ1本の断面積
 s ：スターラップの間隔

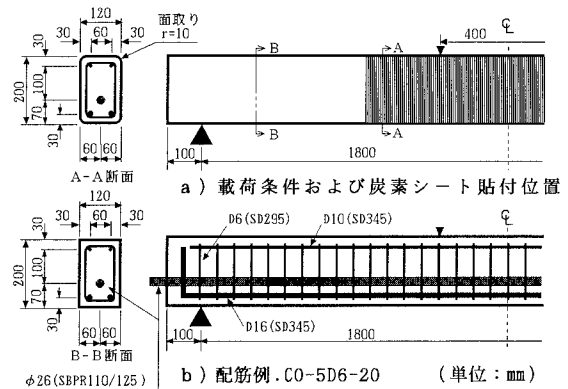


図-1 供試体寸法および載荷条件

3. 実験結果および考察

(1) 終局曲げ耐力

静的試験結果を表-5に示す。断面下縁の有効プレストレス量は、緊張材に貼付したひずみゲージから求めた。部材の終局曲げ耐力は、2種類の方法で算定した。方法1は土木学会「コンクリート標準示方書・設計編」による等価応力ブロック法である。方法2は、土木学会「シリカフェームを用いたコンクリートの設計

・施工指針(案)」による終局曲げ耐力の算定式を用いた。両方法ともコンクリートの材料係数は1.0とし、コンクリートおよび鋼材の特性値は実測値を用いた。

終局曲げ耐力の算定に圧縮鉄筋を考慮している影響もあり、土木学会「コンクリート標準示方書」算定式(方法1)による計算値が実験値を上回る場合があった。しかし、圧縮強度800～1000kgf/cm²のコンクリートを対象とした土木学会「シリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針(案)」算定式(方法2)による計算値は実験値をかなりの精度で推定している。

(2)破壊性状および変形性状

代表的な荷重-たわみ曲線を図-2に示す。全てのはりが、引張鉄筋降伏後、圧縮部コンクリートの圧壊により破壊した。

曲げスパン内を補強していない供試体は、最大荷重時に圧縮部コンクリートが爆裂し、その後急激な荷重の低下がみられた。炭素繊維シートのみで補強した供試体は、最大荷重時には上縁の面取り部でシートが破断すると同時に圧縮部コンクリートが圧壊し、

その後は補強していない供試体ほどの急激な荷重低下はないものの、エネルギー吸収能力は小さい。スターラップのみで補強した供試体は、圧縮部コンクリートの圧壊によりかぶりコンクリートが剥落し荷重が低下するが、最大荷重の80%程度の荷重を一旦は保持するものの、その後変形の増加に伴い荷重は順次低下する。

スターラップとシートの両方で補強した供試体は、最大荷重時にシートが破断し、スターラップのみで補強した供試体と同様に圧縮部コンクリートの圧壊によりかぶりコンクリートが剥落し荷重が低下するものの、変形がかなり大きくなって最大荷重の80%程度の荷重を保持することができ、靱性が大きく改善された。C2-5D6-20供試体は、横拘束度がほぼ同じスターラップのみで補強された供試体(C0-8D10-20)より、靱性改善効果が著しい傾向にある。

4. まとめ

(1)終局曲げ耐力は、土木学会「シリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針(案)」算定式により良好な精度で推定することができる。

(2)曲げスパンをスターラップとシートの両方で拘束補強することにより、はりの靱性を大きく改善することができる。

謝辞 本研究において使用した炭素繊維シートは、ショーボンド建設(株)より提供して頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

表-2 鋼材の機械的性質

種類	P C 鋼棒	異形鉄筋			
呼び径(mm)	26.21	6	10	16	
降伏強度(kgf/cm ²)	11540	3500	4030	3940	
引張強度(kgf/cm ²)	12600	5530	5870	5760	
弾性係数(kgf/cm ²)	2069000	2.1×10 ⁸			
伸び(%)	8.0	16.1	24.2	22.8	

表-3 炭素シートの力学的特性

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)
200	1.84	0.1086	25600	4.42×10 ⁸
300	1.84	0.1629	(43000)	(4.45×10 ⁸)

()内の数値は炭素繊維単体の特性

表-4 コンクリートの力学的特性

目標強度	f' _c	f _b	f _t	E _c ×10 ⁵
1200 A*	1240 (1050)	101	74	5.0 (4.8)
1200 B*	1140 (1040)	113	67	4.8 (4.6)

(単位: kgf/cm²)

*: A、Bは打設日が異なる

(): プレストレス導入時(材令7日)

表-5 静的試験結果

Py: 引張側軸方向鉄筋降伏荷重

供試体名	σ_{pe} (kgf/cm ²)	横拘束度 $p_w \cdot \sigma_w$ (kgf/cm ²)	Py(tf) 実験値	終局耐力 P_u (tf)				
				方法 1 土木学会	実/理	方法 2 SF指針(案)		
						実/理	実/理	
C0-0-0	8	0	12.50	17.69	19.81	0.89	17.06	1.04
C0-0-10	93	0	16.95	21.70	22.21	0.98	19.40	1.12
C0-0-20	158	0	18.55	21.40	23.34	0.92	20.84	1.03
C0-8D6-20	177	34.30	22.30	21.01	22.91	0.92	20.78	1.01
C0-5D6-20	184	54.60	21.48	22.75	23.04	0.99	20.95	1.09
C0-8D10-20	190	83.02	21.86	23.25	23.14	1.00	21.10	1.10
C0-5D10-20	182	132.99	23.20	24.10	22.99	1.05	20.88	1.15
C2-0-20	162	46.08	22.21	25.60	22.27	1.15	20.15	1.27
C3-0-20	164	69.12	22.61	24.80	22.30	1.11	20.20	1.23
C2-5D6-20	169	100.68	21.78	24.25	22.40	1.08	20.33	1.19
C0-0-25	224	0	21.76	23.10	24.03	0.96	22.52	1.03
C3-0-28	239	69.12	24.73	26.40	23.77	1.11	22.18	1.19
C2-5D6-28	243	100.68	24.60	25.95	23.21	1.12	22.29	1.16
C0-5D10-28	254	132.99	22.50	23.25	23.46	0.99	22.81	1.02

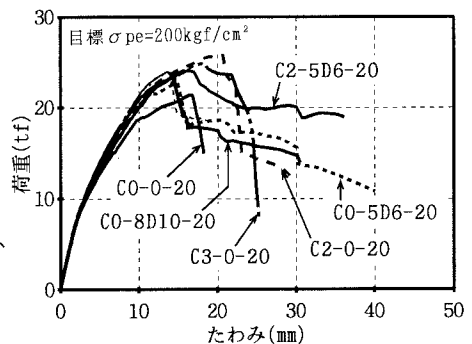


図-2 荷重-たわみ曲線