

アンボンドPCはりの繰返し荷重下における塑性変形特性

京都大学 正員 岡田 清 京都大学 正員 小林和夫

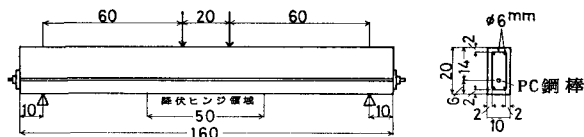
京都大学 学生員 井上 晋 日本国土開発 正員 藤田高浩

1. まえがき

アンボンドPC部材はボンドPC部材に較べマ施工上有利な点が多いが、フォーリングブランチ領域までを含めた塑性域における耐荷性状や変形特性に関してはまだ不明な点が多いようである。本研究は、PC鋼材指数と拘束筋ピッチを主因子に選定したアンボンドおよびボンドPCはりを含めた24体作製し、一方向ならびに正負交番繰返し載荷試験を行なうことにより、両PCはりの耐荷性状と塑性変形特性を比較検討したものである。

2. 実験計画

PCはりの断面形状・寸法を図1に示す。実験因子としては、i) PC鋼材の付着の有無、ii) 鋼材指数 $q (=A_{p, \text{steel}}/A_{p, \text{base}})$ 、iii) 拘束筋（閉口スターラップ）ピッチ、の3つを設定した。ii) に関しては、日本建築学会規準、ニュージーランド規準を参考に3レベルを採り上げた。iii) に関しては、スパン中央の降伏ヒンジ領域（長さ50cm）に配置する拘束筋のピッチを $\phi/4$ ($=3.5\text{cm}$)、 $\phi/2$ ($=7\text{cm}$)、および配置しないものの3種類とした。ただし設計基準強度は $R_k=450\text{kg/cm}^2$ とした。また、いずれのほりも計算上せん断破壊が先行しないよう、土木学会PC標準示方書に従ってせん断スパンにせん断補強を施した。以上の組合せにより一方向載荷用に18体、正負交番載荷用に6体作製した。供試はりの種類を表1に示す。



注) 図示したのは一方向繰返し載荷試験用のはりであり、正負交番繰返し載荷試験用のはりにはPC鋼棒を上対称に2本配置した。

図1 はりの断面形状・寸法

表1-(1) はりの種類・耐力 (一方向)

供試体 No.	PC鋼材 の付着 の有無	鋼材指数 q	拘束筋 ピッチ $s(\text{cm})$	PC鋼棒 (種一径)	準入プレストレス $\sigma_{cp}(\text{kg/cm}^2)$		ひびわれ 発生荷重 $P_{cr}(t)$	最大耐力 $P_u(t)$
					上縁	下縁		
1	無	0.133	3.5	B- $\phi 11$	-4.2	81.0	3.6	5.80
2	無		7.0		-8.5	81.2	3.6	5.40
3	有		7.0		0.0	80.8	3.4	5.93
5	有		3.5		-4.3	82.5	3.6	6.64
6	有		3.5		-4.4	84.0	3.2	6.64
7	有		7.0		-5.7	81.1	3.6	6.86
9	無	0.216	3.5	B- $\phi 13$	-8.6	110.1	4.0	7.70
10	無		7.0		-18.6	85.4	3.6	7.26
11	有		7.0		-3.0	112.6	4.0	7.30
13	有		3.5		-8.7	112.9	4.4	7.80
14	有		3.5		-7.4	115.7	4.0	8.00
15	有		7.0		-8.8	114.3	3.6	8.52
17	無	0.241	3.5	A- $\phi 17$	-15.1	159.3	5.6	9.08
18	無		7.0		-19.1	159.5	5.6	8.66
19	有		7.0		-31.3	161.5	5.6	8.87
21	有		3.5		-24.5	161.1	5.2	9.57
22	有		3.5		-38.0	110.8	5.2	9.39
23	有		7.0		-33.9	160.3	5.8	10.20

表1-(2) はりの種類・耐力 (正負交番)

No.	付着の有無	q	s(cm)	PC鋼棒 (種一径)	σ_{cp} ($\frac{kg}{cm^2}$)	$R_r(t)$	$P_u(t)$		
						正方向負方向	正方向負方向		
4	無	0.133	3.5	B- $\phi 11$	77.5	3.5	3.2	7.26	5.80
8	有				74.1	3.6	3.6	7.30	6.70
12	無	0.216		B- $\phi 13$	102.2	3.6	3.6	7.60	6.22
16	有				102.8	3.2	3.2	8.20	7.74
20	無	0.241		A- $\phi 17$	121.2	5.1	5.1	9.08	8.20
24	有				138.4	5.2	4.8	10.33	9.28

3. 実験方法

i) 一方向繰返し載荷試験：スパン中央のコンクリート圧縮縁ひずみを測定しながら1000 μ 、2000 μ 、2500 μ 、3000 μ の各荷重レベル、および最大荷重、さらにフォーリングブランチ領域でスパン中央のたわみが25mm ($\delta_e=1/56$)、40mm ($\delta_e=1/55$) の荷重レベルで各一回ずつ除荷、再載荷による繰返し載荷を行なった。

ii) 正負交番繰返し載荷試験：各繰返し荷重レベルに対応するたわみがi)で試験した同一条件のほりと等しくなる荷重で、

KIYOSHI OKADA, KAZUO KOBAYASHI, SUSUMU INOUE, TAKAHIRO FUJITA

各サイクルでの正負最大たわみが同一となるようなたわみ制御下で交番載荷を行なった。

4. 実験結果および考察

曲げひびわれ発生荷重と最大耐力を表1に、最大耐力と鋼材指数の関係の一例を図2に示す。正負交番載荷での正負方向最大荷重の比(P/P_0)と正方向最大荷重と最大耐力との比(P/P_{max})との関係を図3に、変形回復率(α)および等価粘性減衰常数(h_{eq})と各サイクルの最大荷重と最大耐力との比(P/P_{max})との関係の一例を図4、図5に示す。さらにじん性率(μ)と鋼材指数(q)の関係の一例を図6に示す。

1) 耐荷特性：アンボンドPCはりとはボンドPCはりと比較して、曲げひびわれ発生荷重は低下しないが(表1)、最大耐力は低下する。その低下の程度は、鋼材指数 q が0.133では15~20%、 $q=0.20\sim0.24$ では10%程度である(図2)。また、PCはりか正負両方向に対して等しいたわみ制御下で交番載荷を受けるとき、負方向最大荷重は正方向より5~30%低下する。この低下の程度は荷重レベルで変化するが、アンボンドPCではボンドPCより顕著である。(図3)

2) 塑性変形特性：アンボンドPCはりでは、ボンドPCはりに比較してフォーリンググラunch領域も含めて除荷時の変形回復率が高くなる傾向が認められる。その様相は拘束筋ピッチが $\frac{1}{4}$ の場合に特に顕著である(図4)。また、PC鋼材の付着の有無が h_{eq} におよぼす影響の程度は q でかなり相異し、 $q=0.13$ 程度ではアンボンドPCはりとはボンドPCはりに較べ h_{eq} がかなり小さいが、 $q=0.216\sim0.241$ ではその影響がきわめて小さくなる(図5-(1))。しかし、正負交番載荷下では一方向載荷より付着の劣化が著しくなるため、 $q=0.133$ の場合でも h_{eq} はアンボンドPCはりの方がむしろ大きくなる傾向すら認められる(図5-(2))。さらに、拘束筋を配置しないアンボンドPCはりとはボンドPCはりとは比べてじん性が劣るが、その配置により著しく改善され、 $q=0.216\sim0.241$ のアンボンドPCはりでも $\frac{1}{4}$ ピッチの拘束筋で7以上のじん性が確保できる(図6)。(参考文献) 例えば、岡田清、藤井学、小林和夫：プレストレストコンクリート構造学

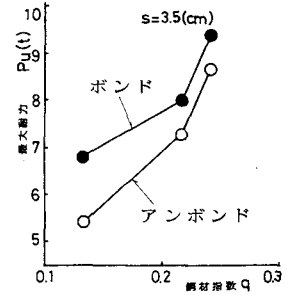


図2 最大耐力ー鋼材指数

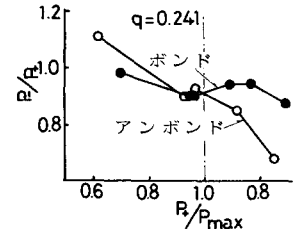


図3 正負方向荷重比

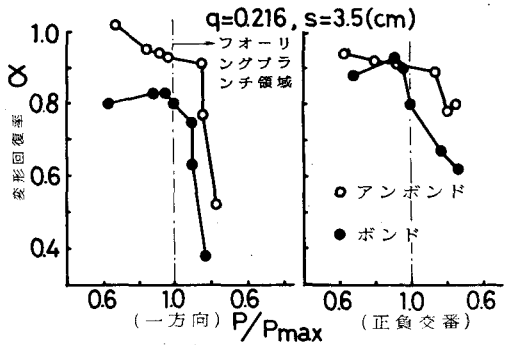


図4 荷重レベルー変形回復率

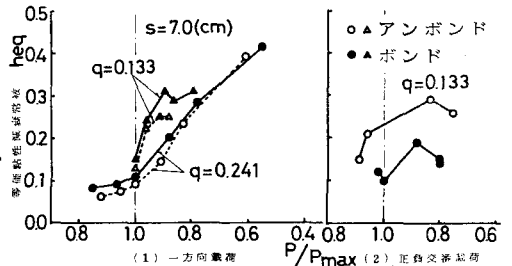


図5 荷重レベルー等価粘性減衰常数

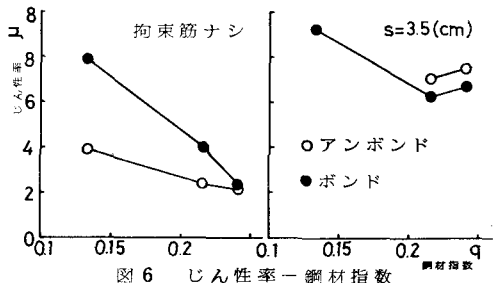


図6 じん性率ー鋼材指数