

立命館大学理工学部 正 員 児島孝之 正 員 高木宣章

立命館大学大学院 学生員○采尾直久

1. まえがき プレストレスト鉄筋コンクリート(PRC)部材の終局ねじり耐力は、プレストレスの導入により増加し、導入プレストレスが小さい場合には土木学会「コンクリート標準示方書」の終局ねじり耐力算定式による理論値は危険側を示すことが指摘されている¹⁾。また、かぶりがねじり挙動に及ぼす影響が大きいことも報告されている²⁾。本研究では、かぶり、導入プレストレス量を主要因とした比較的大断面を有するPRC部材の正負交番および一方純ねじり載荷試験を行ない、終局純ねじり耐力に及ぼすかぶりとプレストレスの効果について検討を行なった。

2. 実験概要 実験計画を表-1に示す。かぶりは0cmと1cmの2水準、導入プレストレス量は3水準とした。PRCはりは、 $\phi 13$ のPC鋼棒

表-1 実験計画

はりタイプ	かぶり (cm)	軸方向鋼材		横方向鉄筋	鋼材比 (%)			終局時のせん断流			σ_{pe} (kgf/cm ²)
		鉄筋	PC鋼棒		pl	pw	pl/pw	q _l	q _w	q _l /q _w	
RC	0	4D16	----	D10@100	0.91	0.95	0.96	255.0	269.6	0.95	----
PRC	0	----	4 $\phi 13$	D10@100	0.61	0.95	0.64	481.6	269.6	1.79	5,25,45
RC	1	4D16	----	D10@100	0.91	0.88	1.03	306.9	265.3	1.16	----
PRC	1	----	4 $\phi 13$	D10@100	0.61	0.88	0.69	445.8	265.3	1.68	5,20,40

 $pl = \sum At_l / (b \cdot d)$, $pw = At_w \cdot u / (b \cdot d \cdot s)$, $q_l = \sum At_l \cdot fld / u$, $q_w = At_w \cdot fwd / s$, $u = 2(b_o + d_o)$
 b_o, d_o : 横方向鉄筋の短辺と長辺の長さ, b, d : はり断面の幅と高さ, s : 横方向鉄筋間隔(cm)

 q_l, q_w : 軸方向鋼材と横方向鉄筋のせん断流(kgf/cm), σ_{pe} : 導入プレストレス

 At_l, At_w : 軸方向鋼材と横方向鉄筋の断面積, fld, fwd : 軸方向鋼材と横方向鉄筋の降伏点

はりの両支点部に取り付けた偏心載荷用アームを直接載荷し、ねじり回転角による変位制御により行なった。かぶり0cmのはりでは、一方純ねじり載荷試験も実施した。

3. 実験結果および考察 PRCはりのひびわれ状況例を図-1に示す。

かぶり0cmのはりのひびわれはかぶり1cmのはりよりひびわれ本数が少なく、はり中央にひびわれが集中する傾向にあった。また、PRC-25はりのようにコンクリートの大きな剥落が観察されたはりもあった。軸方向鋼材ひずみを図-2に示す。RCはりの軸方向鉄筋は、最大ねじりモーメント時にほとんど降伏しているが、PRCはりのPC鋼棒ひずみは導入プレ

表-2 使用鋼材の機械的性質

かぶり	種類の記号	径	降伏点	引張強度
0cm	SD345	D10	3780	5400
	SD345	D16	3720	6750
	SBPR785/930	$\phi 13$	10520	11150
1cm	SD345	D10	3720	5530
	SD345	D16	4170	6100
	SBPR785/930	$\phi 13$	9070	9830

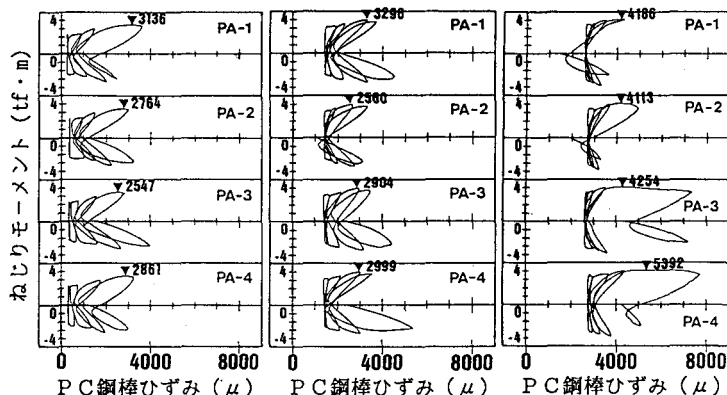
単位: kgf/cm²

図-2 ねじりモーメントとPC鋼棒ひずみの関係 (かぶり1cm)

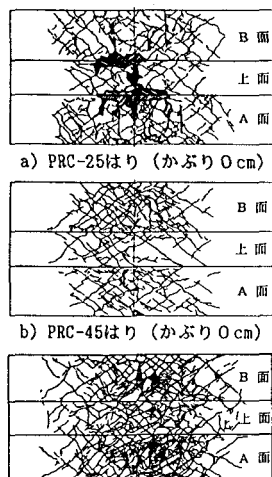
注) ▼最大ねじりモーメント時のひずみ, 降伏点ひずみ: 6230 μ 

図-1 ひびわれ状況図

トレス量の影響を受けた。導入プレストレス量が小さいP R CはりのP C鋼棒は、最大ねじりモーメント時に降伏していないが、ねじりモーメントの増加に伴いP C鋼棒ひずみは増加した。導入プレストレス量が大きくなると最大ねじりモーメント時に鋼材の降伏ひずみ近傍まで達し、ねじりに効果的に抵抗している。スターラップひずみを図-3に示す。全てのはりのスター

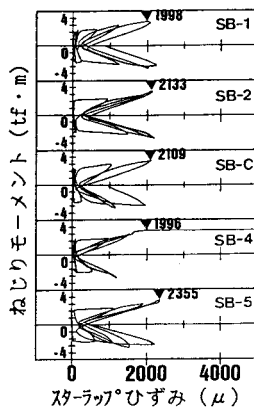
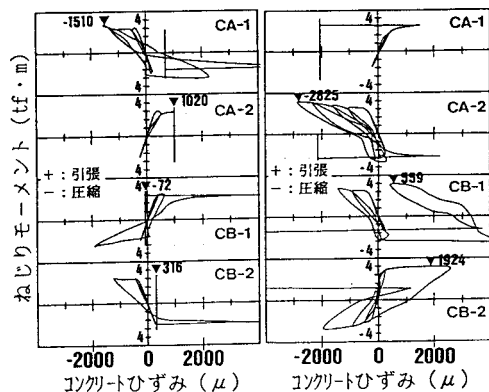


図-3 スターラップひずみ (PRC-5はり、かぶり1cm)



a) PRC-25はり、かぶり0cm b) PRC-20はり、かぶり1cm
図-4 ねじりモーメントとコンクリートひずみの関係

表-3 終局ねじり耐力

かぶり (cm)	載荷 方法	はり タイプ*	σ_{pe}	コンクリート強度			γ	実験値	土木学会式			
				$f'c$	f_t	f_b			M_{tcu}	M_{ty}	M_{ty}'	M_{ty}''
0	一 方 向	RC	----	410	29.3	65.6	----	350.0	404.0	427.9 (0.82)	398.0 (0.88)	352.4 (0.99)
		PRC-5	5.8	456	34.0	53.3	1.08	356.3 [1.00]	426.0	491.9 (0.72)	457.6 (0.78)	386.4 (0.92)
		PRC-25	24.3	456	34.0	53.3	1.30	391.3 [1.10]	426.0	491.9 (0.80)	457.6 (0.86)	386.4 (1.01)
0	正 負 交 番	RC	----	408	28.5	50.8	----	356.3	403.0	427.9 (0.83)	398.0 (0.90)	352.4 (1.01)
		PRC-5	5.7	410	29.3	65.6	1.09	350.0 [1.00]	404.0	491.9 (0.71)	457.6 (0.76)	386.4 (0.91)
		PRC-25	24.2	441	39.1	71.1	1.27	425.0 [1.21]	419.0	491.9 (0.86)	457.6 (0.93)	386.4 (1.10)
		PRC-45	43.4	441	39.1	71.1	1.45	493.8 [1.41]	419.0	491.9 (1.00)	457.6 (1.08)	386.4 (1.28)
1	正 負 交 番	RC	----	489	30.8	61.3	----	325.0	441.2	401.8 (0.81)	371.5 (0.87)	325.5 (1.00)
		PRC-5	4.1	489	30.8	61.3	1.06	350.0 [1.00]	441.2	417.6 (0.84)	386.2 (0.91)	321.2 (1.09)
		PRC-20	17.2	446	29.9	56.9	1.26	395.0 [1.13]	421.3	417.6 (0.95)	386.2 (1.02)	321.2 (1.23)
		PRC-40	34.8	446	29.9	56.9	1.47	407.0 [1.16]	421.3	417.6 (0.97)	386.2 (1.05)	321.2 (1.27)

γ : プレストレス係数 $= \sqrt{1 + (\sigma_{pe}/f_t)}$, σ_{pe} : 有効プレストレス (kgf/cm²)
 $f'c, ft, fb$: 載荷試験時のコンクリートの圧縮、引張、曲げ強度 (kgf/cm²)
 M_{tcu} : 斜め圧縮破壊耐力 $= 4Kt \cdot \sqrt{f'c}$ で、 $Kt = b^2 \cdot d / (3.1 + 1.8b/d)$
 $M_{ty}, M_{ty'}, M_{ty''}$: ねじり有効断面積をスターラップ中心、スターラップ内側、軸方向鋼材中心で求めた時の終局ねじり耐力 $= 2A_m \cdot \sqrt{q_w \cdot q_t}$, (): 実験値/理論値
 []: 導入プレストレス 5kgf/cm² の供試体に対する増加率

を表-3に、終局ねじり耐力と有効プレストレス量の関係を図-5に示す。終局ねじり耐力は導入プレストレスの増加に伴い増加した。これは、終局時に軸方向鋼材が降伏していないためである。かぶり0cmのPRC-25はりの耐力(実験値/計算値)がかぶり1cmのPRC-20はりに比較して小さいのは、コンクリートの剥落によるものと考えられる。本実験で使用したはり比較的大断面であるが、ねじり有効断面積が終局耐力に及ぼす影響が観察された。ねじり有効断面積をスターラップ内側と軸方向鋼材中心で求めた耐力は、スターラップ中心で求めた値より各々約10%、20%小さかった。かぶりが小さく比較的大断面はりでは、ねじり有効断面積をスターラップ内側で計算した終局耐力が実験値とほぼ一致した。かぶりの影響もあり、一方荷重時の耐力は正負交番荷重時より必ずしも大きくならず、荷重方法が耐力に及ぼす明瞭な影響は確認できなかった。

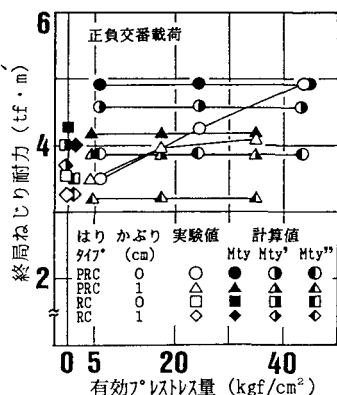


図-5 終局ねじり耐力と有効プレストレス量の関係

参考文献 1)児島他, 大断面を有するPRC部材の終局純ねじり耐力に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, 1991 2)高木他, PRC部材の純ねじり挙動に及ぼすかぶりの影響, 土木学会第47回年次講演会, 1992