

純ねじりを受ける大断面P R C部材の終局耐力に関する研究

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章 併大林組 正会員〇上垣義明

1. まえがき 土木学会「コンクリート標準示方書」(以下、示方書)では、P C部材の終局ねじり耐力をR C部材と同様に求めることが規定されている。しかし、プレストレスト鉄筋コンクリート(P R C)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、示方書の終局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⁾本研究では、軸方向鋼材量・横方向鉄筋量・導入プレストレス量を要因とした大断面を有するP R C部材の正負交番純ねじり載荷試験を行い、終局ねじり耐力に及ぼすプレストレスの効果、鋼材の寄与について検討を行った。

2. 実験概要 実験計画を表-1に示す。鋼材比 $m(p_l/p_w)$ は、1シリーズを除いてほぼ1に、終局時の軸方向鋼材と横方向鉄筋のせん断流 q_l と q_w の比を $0.8 \leq q_l/q_w \leq 1.25$ になるように4シリーズの供試体を作製した。さらに、示方書による終局ねじり耐力は、全シリーズでほぼ同じになるように設計した。

表-1 実験計画

シリーズ	軸方向鋼材		横方向鉄筋		鋼材比 (%)			終局時のせん断流 (kgf/cm)					λ	σ_{pe}
	鉄筋	P C鋼棒	記号	径	s	p_l	p_w	m	q_s	q_p	q_l	q_w	r	
R 1	—	4 ϕ 13	KSS80	D10	14	0.61	0.58	1.05	—	467.1	467.1	502.9	0.93	1.00 5,20,40
R 2	4D13	2 ϕ 13	KSS80	D10	14	0.88	0.58	1.52	191.3	233.6	424.9	502.9	0.84	0.55 5,20
R 3	4D16	2 ϕ 13	SD35	D13	11	1.21	1.32	0.92	292.8	233.6	526.4	434.8	1.21	0.44 5,20
R 4	4D19	—	SD35	D13	11	1.31	1.32	0.99	452.8	—	452.8	434.8	1.04	0 —

$p_l = \Sigma A_{tl} / (b \cdot d)$, $p_w = A_{tw} / (b \cdot d \cdot s)$, b_o, d_o : 横方向鉄筋の短辺と長辺の長さ $b_o = 20\text{cm}$ $d_o = 30\text{cm}$
 $q_l = \Sigma A_{tl} \cdot f_{ld} / u$, $q_w = A_{tw} \cdot f_{wd} / s$, $u = (b_o + d_o)$, s : 横方向鉄筋間隔(cm), $m = p_l / p_w$, $r = q_l / q_w$
 q_s, q_p : 軸方向鉄筋, P C鋼材のせん断流, $q_l = q_s + q_p$, λ : 終局プレストレス率 $= \Sigma A_p f_{py} / (\Sigma A_p f_{py} + \Sigma A_s f_{sy})$
 A_s, A_p : 軸方向鉄筋, P C鋼材の断面積, f_{sy}, f_{py} : 軸方向鉄筋, P C鋼材の降伏点, σ_{pe} : 導入プレストレス(kgf/cm²)

表-2 使用鋼材の機械的性質

記号	径	引張強さ	降伏点
KSS80	D10	105.2	98.7
SD35	D13	57.5	37.8
SD35	D16	58.2	36.9
SD35	D19	62.2	39.5
SBPR80/95	ϕ 13	97.0	88.0

(kgf/mm²)



図-1 供試体の表示法

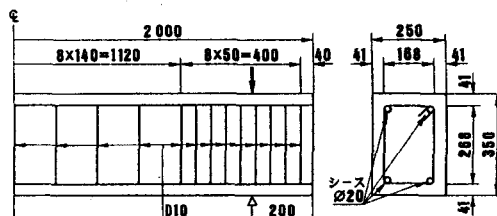


図-2 配筋図及び断面図の一例

供試体の表示法を図-1に、P R Cはりの配筋図及び断面図の一例を図-2に示す。全供試体寸法は、25

×35×200cm、横方向鉄筋の短辺と長辺の長さは、20cmと30cmである。横方向鉄筋には高強度せん断補強筋D10(KSS80)とD13(SD35)を、軸方向鉄筋にはD13、D16、D19(SD35)とP C鋼棒に ϕ 13(SBPR80/95)を使用した。使用鋼材の機械的性質を表-2に示す。ねじり載荷は、ねじり回転角による変位制御により行った。

3. 実験結果及び考察 ねじりモーメントと軸方向鋼材のひずみの関係の一例を図-3に示す。R C供試体であるR 4の軸方向鉄筋は、正負両方向のねじりモーメントに対して有効に抵抗しており、最大ねじりモーメント時に4本のうち1本がほぼ降伏している。それに対して、断面の四隅にP C鋼棒のみを配置し導入プレストレスが5kgf/cm²であるR 1-5のP C鋼棒のひずみは、最大ねじりモーメント時に載荷試験前の有効ひずみから多少の増加があるものの降伏点ひずみの3分の1にも満たず、P C鋼棒の終局ねじり耐力に対する寄与はかなり小さい。また、導入プレストレスが40kgf/cm²であるR 1-40のP C鋼棒のひずみは、有効ひずみからほとんど変動がないまま最大ねじりモーメントに達している。したがって、最大ねじりモーメント時のP C鋼材応力度は、導入プレストレスが大きい場合には有効引張応力度(プレストレス導入直後のP C鋼材引張応力度から減少量を差し引いた応力度)と等しいと考えてもよく、導入プレストレスが小さい

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Yoshiaki UEGAKI

場合には有効引張応力度から増加するが、その増加量は少なく、終局ねじり耐力に対する寄与は小さいと考えられる。

終局ねじり耐力の実験値と土木学会式による理論値を表-3と図-4に示す。終局ねじり耐力の実験値は、導入プレストレスの増加に伴い増加する。しか

し、導入プレストレスが 5kgf/cm^2 で軸方向鋼材にP C鋼棒のみを使用した供試体の実験値は、他の供試体よりかなり小さい。また、同程度の補強をしたR C部材と同じ終局ねじり耐力を得るためには、軸方向鋼材に普通鉄筋とP C鋼材を併用した場合には約 15kgf/cm^2 、P C鋼棒のみの場合には約 25kgf/cm^2 のプレストレスの導入が必要であると考えられる。

載荷試験における腹部コンクリートのひずみの測定結果より、コンクリートの斜め圧縮破壊は生じていないと考えられる。示方書の設計ねじり耐方式による理論値(Mtyd)は一定値となり、全供試体で危険側を示す。したがって、鋼材比がほぼ1で、終局時のせん断流の比が $0.8 \leq q_1/q_w \leq 1.25$ である大断面を有するP R C部材であっても、導入プレストレスが本研究のように小さい場合には、終局ねじり耐力は理論値よりかなり小さくなる。これらの原因は、図-3において前述したように、導入プレストレスが小さい場合にはP C鋼材の終局ねじり耐力に対する寄与が小さく、導入プレストレスを大きくしてもP C鋼材が有効引張応力度までしか終局ねじり耐力に寄与しないためと考えられる。したがって、示方書を含めた全ての終局ねじり耐力算定式において、終局状態時のP C鋼材応力度に降伏点応力度を用いると危険側の値となるので、導入プレストレスのレベルに見合ったP C鋼材応力度を用いることにより、安全な設計を行うことが必要であると考えられる。

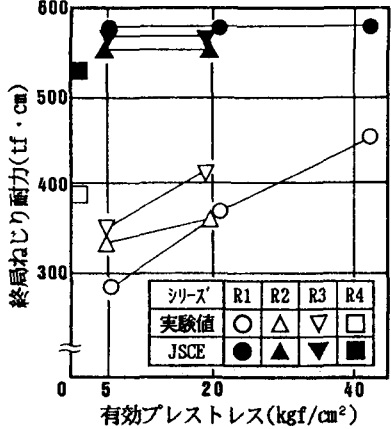


図-4 終局ねじり耐力

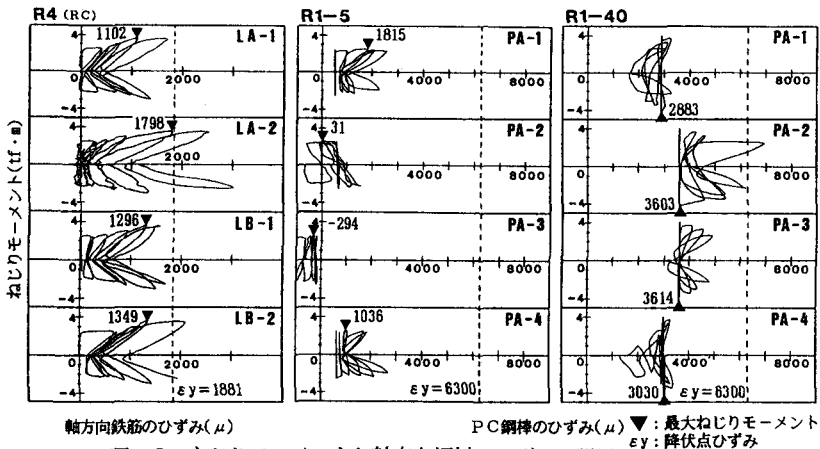


図-3 ねじりモーメントと軸方向鋼材のひずみの関係

供試体	σ_{pe}	f_c	f_t	f_b	γ	実験値	土木学会式	
							Mtcud	Mtyd
R1-5	5.6	397	28	53	1.10	279	398	582
					[1.00]	[1.00]	(0.70)	(0.48)
R1-20	21.0	476	36	49	1.26	373	435	582
					[1.15]	[1.34]	(0.86)	(0.61)
R1-40	42.1	457	36	63	1.47	455	427	582
					[1.34]	[1.63]	(1.07)	(0.78)
R2-5	5.0	373	34	68	1.07	333	385	555
					[1.00]	[1.00]	(0.86)	(0.60)
R2-20	19.3	449	32	71	1.27	359	423	555
					[1.19]	[1.08]	(0.85)	(0.65)
R3-5	5.2	408	26	46	1.10	351	403	574
					[1.00]	[1.00]	(0.87)	(0.61)
R3-20	19.2	404	33	46	1.26	417	401	574
					[1.15]	[1.19]	(1.04)	(0.73)
R4(RC)	—	483	26	49	—	392	438	533
							(0.89)	(0.74)

γ : プレストレス係数 $=\sqrt{1+(\sigma_{pe}/f_t)}$ 、(): 実験値/理論値
 f_c, f_t, f_b : 載荷試験時のコンクリートの圧縮、引張、曲げ強度
[] : 導入プレストレス 5kg/cm^2 の供試体に対する増加率
Mtcud: 設計斜め圧縮破壊耐力 $=4\sqrt{f_c} \cdot K_t$ 、 $K_t=b^2 d/(3.1+1.8b/d)$
Mtyd: 設計ねじり耐力 $=2A_m \sqrt{q_w \cdot q_1}$ (鋼材の降伏が先行する場合)

参考文献 1) 児島他: P R C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, 1990