

V-319

純ねじりを受けるPRCはりの終局耐力に関する基礎的研究

立命館大学 学生員 采尾直久

立命館大学 正 員 高木宣章 正 員 児島孝之

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。本研究では、はり断面の大きさ、かぶり、導入プレストレス量を要因としたPRC部材の正負交番純ねじり載荷試験を行ない、終局耐力に及ぼす影響について検討を行なった。

2. 実験概要 実験計画を表-1に、鋼材の機械的性質を表-2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、はり断面を2種類とした。PRCはりは、 ϕ 9.2あるいは ϕ 13のPC鋼棒を4本配置した。供試体寸法は25x35x200cmと15x24x200cmである。ねじりの載荷は、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。

表-1 実験計画

はり タイプ	かぶり (cm)	軸方向鋼材 鉄筋 PC鋼棒	横方向鉄筋	鋼材比 (%)			終局時のせん断流			σ_p (kgf/cm ²)
				pl	pw	pl/pw	ql	qw	ql/qw	
LRC	0	4D16	D10@100	0.91	0.95	0.96	255.0	289.6	0.95	---
LPRC	0	4 ϕ 13	D10@100	0.81	0.95	0.84	481.6	289.6	1.79	5,25,45
LRC	1	4D16	D10@100	0.91	0.88	1.03	306.9	285.3	1.18	---
LPRC	1	4 ϕ 13	D10@100	0.81	0.88	0.89	445.8	285.3	1.68	5,20,40
SRC	0	4D13	D10@100	1.41	1.47	0.96	252.0	289.6	0.93	---
SPRC	0	4 ϕ 9.2	D10@100	0.74	1.47	0.50	391.4	289.6	1.45	5,25,50
SRC	1	4D13	D10@100	1.41	1.31	1.08	282.7	289.6	1.05	---
SPRC	1	4 ϕ 9.2	D10@100	0.74	1.31	0.56	438.8	289.6	1.63	5,25,50

pl= $\Sigma A_{tl}/(b \cdot d)$, pw= $A_{tw}/u/(b \cdot d \cdot s)$, ql= $\Sigma A_{tl} \cdot f_{ld}/u$, qw= $A_{tw} \cdot f_{wd}/s$, u=2(botdo)
bo, do: 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)
ql, qw: 軸方向鋼材と横方向鉄筋のせん断流(kgf/cm), σ_p : 導入プレストレス
Atl, Atw: 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

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。大断面はりではひびわれの本数が多く分散性が良いが、小断面はりは大断面はりに比較するとひびわれが少なく、かぶりコンクリートの剥離が多く観察された。

表-2 使用鋼材の機械的性質

はり断面	かぶり	種類の記号	径	降伏点	引張強度
15x24cm	0, 1cm	SD345	D10	3780	5400
		SD345	D13	3680	5620
		SD345	D16	3720	6750
		SBPR785/930	ϕ 9.2	10890	11040
25x35cm	0cm	SBPR785/930	ϕ 13	10520	11150
		SD345	D10	3720	5530
25x35cm	1cm	SD345	D16	4170	6100
		SD345	ϕ 13	9070	9830
		SBPR785/930	ϕ 13	9070	9830

単位: kgf/cm²

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ストレス量の影響を受けた。導入プレストレス量が小さいはりのPC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PC鋼棒ひずみは増加した。特に、大断面はりでは、導入プレストレス

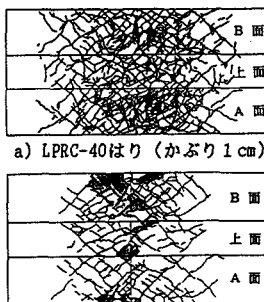


図-1 ひびわれ状況図

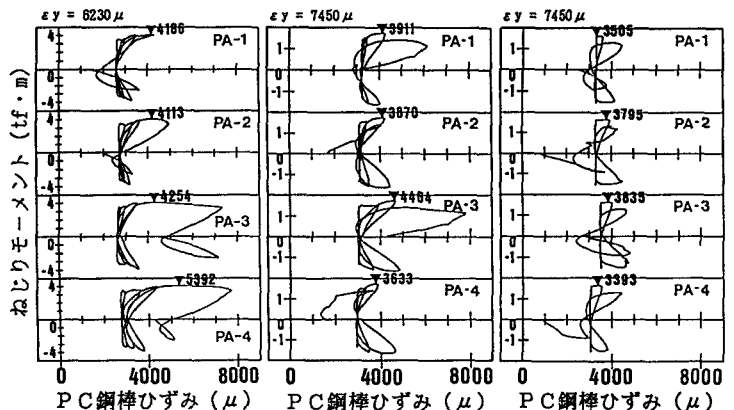


図-2 PC鋼棒ひずみ 注) ▼最大ねじりモーメント時のひずみ

量が大きくなると最大ねじりモーメント時に鋼材ひずみは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。しかし、かぶり1cmの小断面はりでは、導入時のP C鋼棒ひずみ近傍で最大ねじりモーメントに達した。

大断面はりのスターラップは、最大ねじりモーメント時にほとんど降伏していた。しかし、小断面はりでは図-3に示すように導入プレストレス量の増大に伴いスターラップひずみは増加するものの、かぶり1cmのはりでは最大ねじりモーメント時に降伏は観察されなかった。

終局ねじり耐力を表-3に示す。終局ねじり耐力は、図-4に示すように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LPRC-25はりの耐力(実験値/理論値)がかぶり1cmのLPRC-20はりに比較して小さいのは、かぶりコンクリートの剥落によるものと考えられる。大断面P R Cはりの終局耐力の実験値は、例外はあるもののプレストレスを20kgf/cm²以上導入すると、土木学会式による理論値とほぼ一致した。しかし、小断面P R Cはりの実験値は理論値を大きく下まわり、この傾向はかぶりが大きくなると著しくなった。特に、かぶり1cmでプレストレスを25kgf/cm²以上導入したはりでは、ねじりひびわれ発生時が最大耐力になった。また、大断面R Cはりは鋼材が終局時に降伏し、ひびわれ状況からも立体トラスが形成されているにもかかわらず、実験値は土木学会式による理論値より約20%危険側であった。更に、小断面R Cはりの実験値は、理論値より約35%小さかった。はり断面が小さくなると、ねじり有効断面積が終局耐力に及ぼす影響も大きい。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大断面(小断面)P R Cはりの耐力は、スターラップ中心で求めた値より各々約8(12)%、22(36)%ほど小さい。

小断面はりでは、土木学会式による理論値がかなり危険側になるので、ねじり有効断面積を軸方向鋼材中心で求めるなどの配慮が必要である。

参考文献 1)児島他, 大断面を有するP R C部材の終局純ねじり耐力に関する研究, 1977年工学年次論文報告集, 1991

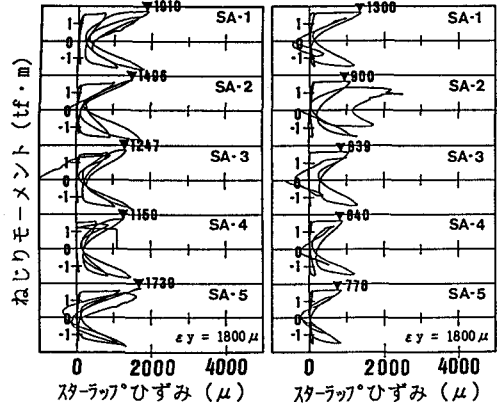


図-3 スターラップひずみ (SPRC-50はり)

表-3 終局ねじり耐力

はり断面 (cm)	かぶり (cm)	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	ft	fb			Mtcu	Mty	Mty'	Mty''
25x35	0	LRC	---	408	28.5	50.8	---	356.3	403.0	427.9 (0.83)	398.0 (0.90)	352.4 (1.01)
		LPRC-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)
		LPRC-25	24.2	441	39.1	71.1	1.27	425.0 (1.21)	419.0	491.9 (0.86)	457.6 (0.83)	386.4 (1.10)
		LPRC-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)
25x35	1	LRC	---	489	30.8	61.3	---	325.0	441.2	401.8 (0.81)	371.5 (0.87)	325.5 (1.00)
		LPRC-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)
		LPRC-20	17.2	446	29.9	58.9	1.26	335.0 (1.13)	421.3	417.6 (0.95)	386.2 (1.02)	321.2 (1.23)
		LPRC-40	34.8	446	29.9	58.9	1.47	407.0 (1.18)	421.3	417.6 (0.97)	386.2 (1.05)	321.2 (1.27)
15x24	0	SRC	---	455	33.7	81.4	---	110.3	109.1	167.9 (0.66)	149.1 (0.74)	126.2 (0.87)
		SPRC-5	8.1	487	37.0	67.3	1.10	90.0 (1.00)	112.8	194.1 (0.46)	172.4 (0.52)	129.0 (0.70)
		SPRC-25	36.1	487	37.0	67.3	1.41	113.3 (1.26)	112.8	194.1 (0.58)	172.4 (0.66)	129.0 (0.88)
		SPRC-50	47.2	455	33.7	81.4	1.55	131.3 (1.46)	109.1	194.1 (0.68)	172.4 (0.76)	129.0 (1.02)
15x24	1	SRC	---	441	39.1	71.1	---	86.3	107.4	139.1 (0.62)	121.5 (0.71)	99.9 (0.86)
		SPRC-5	6.5	431	34.2	73.8	1.09	84.4 (1.00)	106.1	151.9 (0.56)	132.6 (0.64)	94.6 (0.89)
		SPRC-25	25.2	431	34.2	73.8	1.32	105.0 (1.24)	106.1	151.9 (0.69)	132.6 (0.79)	94.6 (1.11)
		SPRC-50	50.2	441	39.1	71.1	1.51	123.8 (1.47)	107.4	151.9 (0.82)	132.6 (0.93)	94.6 (1.31)

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)

Mtcu: 斜め圧縮破壊耐力 $=4Kt \cdot \sqrt{f'c}$, $Kt=b^2 \cdot d / (3.1+1.8b/d)$

Mty, Mty', Mty'': 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 $=2A_m \sqrt{q_w \cdot Q_1}$, (): 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

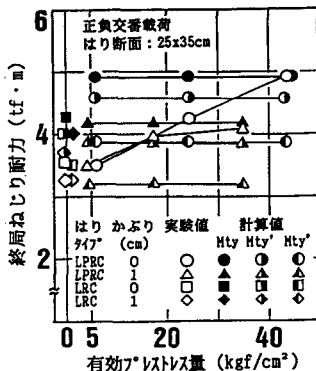


図-5 終局ねじり耐力と有効プレストレス量の関係