

V-438

P R Cはりのねじり耐荷機構へのプレストレスの影響

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. はじめに

P R C部材の終局ねじり耐力は、導入プレストレス量の増加にともない大きくなる[1]。しかし、P R C部材の終局ねじり耐力へのプレストレスの効果に関しては、不明な点が多い。

本研究では、スターラップ間隔を、軸方向鋼材とスターラップの終局時のせん断流がほぼ等しくなる5cmから、10cmまで変化させた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るをねじり耐荷機構から検討した。

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。スターラップ間隔は5, 7.5, 10cmの3水準とし、導入プレストレス量は、5, 20~25, 40~45kgf/cm²の3水準とした。軸方向鋼材に、P C鋼棒φ13.0を4本配置した。供試体寸法は25×35×200cmである。ねじり載荷は、

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った。

3. 実験結果および考察

終局ねじり耐力を表-3に示す。終局状態において、スターラップは降伏するが軸方向鋼材は降伏しないP R C部材では、導入プレストレス量の増加にともない終局ねじり耐力は大きくなる。

土木学会の終局ねじり耐力算定式による理論値と実験値を図-1に示す。土木学会式は、軸方向鋼材とスターラップとも終局時に降伏するとして、立体トラス理論に基づく力の釣合により誘導された設計ねじり耐力式であり、補強鋼材のいずれか一方の補強量が卓越する場合には、少ない方の1.25倍までを補強用鋼材とみなしている。また、P R C部材では、一般に、P C鋼棒の降伏強度はスターラップよりかなり大きい。そのため、スターラップ量が少ないタイプCはり(q_l/q_w≒1.8)では、20~45kgf/cm²のプレストレスを導入すると、実験値は土木学会式による理論値とほぼ等しくなる。しかし、スターラップ量を大きくして、終局時のP C鋼棒とスターラップのせん断流をほぼ等しくしたタイプAとBはりでは、同量のプレストレスを導入しても、実験値は土木学会式による理論値よりかなり小さくなる。また、軸方向鉄筋とスターラップのせん断流がほぼ等しく、両者の鋼材比もほぼ等しいR Cはりにおいても、実験値は幾分の変動はあるものの、土木学会式による理

表-1 実験計画

供試体 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(kgf/cm)		σ _{pe} (kgf/cm ²)
					p _l	p _w	p _l /p _w	q _l	q _w	
A-a	1.0	—	4φ13	D10@50	0.61	1.76	0.34	479.6	559.1	0.86
B-a	1.0	—	4φ13	D10@75	0.61	1.17	0.52	479.6	372.7	1.29
C-a	1.0	—	4φ13	D10@100	0.61	0.88	0.69	479.6	279.5	1.72
C-b	0	—	4φ13	D10@100	0.61	0.95	0.64	481.6	269.6	1.79
C-c	1.0	—	4φ13	D10@100	0.61	0.88	0.69	483.1	265.3	1.82
ARC-a	1.0	4D22	—	D10@50	1.77	1.76	1.01	552.3	559.1	0.99
BRC-a	1.0	4D19	—	D10@75	1.31	1.17	1.12	366.7	372.7	0.98
CRC-a	1.0	4D16	—	D10@100	0.91	0.88	1.03	263.9	279.5	0.94
CRC-b	0	4D16	—	D10@100	0.91	0.95	0.96	255.0	269.6	0.95
CRC-c	1.0	4D16	—	D10@100	0.91	0.88	1.03	306.9	265.3	1.16

p_l=ΣAt_l/(b·d), p_w=At_w·u/(b·d·s), u=2(b₀+d₀), s:横方向鉄筋の軸方向間隔(cm) b, d:25cm, 35cm
q_l=ΣAt_l·f_{ld}/u, q_w=At_w·f_{wd}/s, q_l, q_w:終局時における軸方向鋼材とスターラップのせん断流
b₀, d₀:スターラップの短辺長さおよび長辺長さ, σ_{pe}:有効プレストレス量(kgf/cm²)

表-2 使用鋼材の機械的性質

鋼材の 種類	規格	呼び名	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
a	SD345	D10	3920	5720
b		D10	3780	5400
c		D10	3720	5530
a	SD345	D16	3590	5730
b		D16	3720	5750
c		D16	4170	6100
a	SD345	D19	3460	5350
a	SD345	D22	3850	5660
a	SBPR785/930	φ13.0	9760	10700
b		φ13.0	10500	11100
c		φ13.0	9070	9800

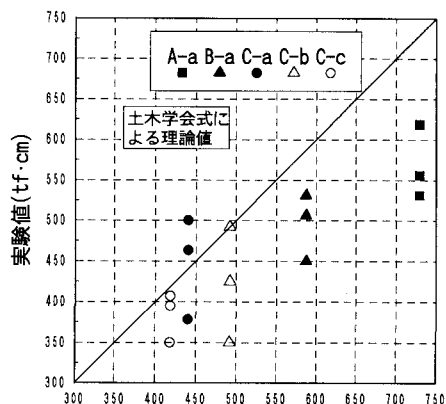


図-1 実験値と理論値

表-3 終局ねじり耐力

供試体	σ_p (kgf/cm ²)	コンクリートの諸強度			γ	実験値	Mtcu	土木学会式(tf·cm)	
		f'c	ft	fb				(*)	(*)
A-5-a	4.2	452	37.0	64.6	1.05	531 <1.00>	359	729 (0.73)	729 (0.73)
A-25-a	23.2	471	35.0	57.0	1.29	556 <1.05>	367	729 (0.76)	729 (0.76)
A-45-a	41.2	471	35.0	57.0	1.48	619 <1.17>	367	729 (0.85)	729 (0.85)
B-5-a	5.0	482	36.7	60.4	1.07	450 <1.00>	371	587 (0.77)	595 (0.76)
B-25-a	23.1	510	33.3	52.8	1.30	506 <1.12>	382	587 (0.86)	595 (0.85)
B-45-a	40.9	482	36.7	60.4	1.45	531 <1.18>	371	587 (0.91)	595 (0.89)
C-5-a	5.1	510	33.3	52.8	1.07	378 <1.00>	382	440 (0.86)	516 (0.73)
C-25-a	22.9	485	40.3	54.7	1.25	463 <1.22>	372	440 (1.05)	516 (0.90)
C-45-a	42.6	485	40.3	54.7	1.43	500 <1.32>	372	440 (1.14)	516 (0.97)
C-5-b	5.7	410	29.3	65.6	1.09	350 <1.00>	404	491 (0.71)	588 (0.60)
C-25-b	24.2	441	39.1	71.1	1.27	425 <1.21>	419	491 (0.86)	588 (0.72)
C-45-b	43.4	441	39.1	71.1	1.45	494 <1.41>	419	491 (1.00)	588 (0.84)
C-5-c	4.1	489	30.8	61.3	1.06	350 <1.00>	441	418 (0.48)	484 (0.72)
C-25-c	17.2	446	29.9	60.6	1.25	395 <1.13>	421	418 (0.95)	484 (0.82)
C-45-c	34.8	446	29.9	60.6	1.46	407 <1.16>	421	418 (0.97)	484 (0.84)
ARC-a	—	484	36.3	68.0	—	581	439	782 (0.74)	782 (0.74)
BRC-a	—	452	37.0	64.6	—	484	424	521 (0.93)	521 (0.93)
CRC-a	—	484	36.3	68.0	—	363	439	382 (0.95)	382 (0.95)
CRC-b	—	408	28.5	50.8	—	356	403	428 (0.83)	428 (0.83)
CRC-c	—	489	30.8	61.3	—	325	441	402 (0.81)	402 (0.81)

 σ_p : 有効プレストレス量(kgf/cm²) γ : プレストレス係数 $=\sqrt{1+(\sigma_p/ft)}$ fc, ft, fb: 載荷試験時のコンクリートの圧縮、曲げ、引張強度(kgf/cm²)Mtcu: 斜め圧縮破壊耐力 $=4Kt\sqrt{f'c}$, $Kt=b\cdot d/(3.1+1.8b/d)$ < >: プレストレス5kgf/cm²の供試体に対する増加率

(): 安全率=実験値/理論値

(*) : q1とqwの比を $0.8 \leq q1/qw \leq 1.25$ で制限した時の理論値

(**) : q1とqwの比を制限しない時の理論値

論値の75~95%と、低い値を示した。

終局時のP C鋼材とスターラップのせん断流の比

による制約条件($0.8 \leq q1/qw \leq 1.25$)を無視した時の終局ねじり耐力の理論値と実験値の関係を図-2に、圧縮ストラットの角度を表-4に示す。一般に、ねじりひびわれ発生時のひびわれ角度(α)と終局時のコンクリートの圧縮ストラットの角度(ψ)は異なる。軸方向鋼材とスターラップの降伏強度が等しく、両者の鉄筋比が同じであれば、 ψ は45°である。しかし、P R C部材では、軸方向鋼材の降伏強度はスターラップより大きく、両者の鉄筋比は異なる。P R C部材では、軸方向鋼材量が同じであれば、スターラップ量が少なくなるに従い、 ψ は45°より小さくなる。また、ねじりひびわれ発生時のひびわれ角度は45°以下であり、導入プレストレス量の増加にともないひびわれ角度は小さくなる。従って、例外はあるものの、タイプC-45-aは(導入プレストレス量45kgf/cm²)のように終局時においても α と ψ がほぼ等しくなるはりでは、立体トラスの耐荷機構が効果的に機能しているものと考えられる。しかし、タイプAはりとはBはりでは、同量のプレストレスを導入しても、 α と ψ が大きく異なるために、実験値が理論値よりかなり小さい値となったものと考えられる。

【参考文献】

- [1] 児島孝之・高木宣章・池田光伸・上垣義明: 純ねじりを受けるP R C部材の終局耐力に関する一実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.11、No.2、pp.363-368、1989.6

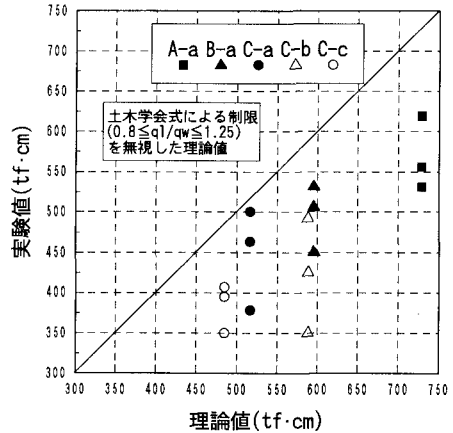


図-2 実験値と理論値

表-4 終局時の圧縮ストラットの角度

	実験値		ひびわれ発生時 α°	圧縮ストラットの角度(*)		圧縮ストラットの角度(**)	
	正 α°	負 α°		$\tan \psi$	ψ°	$\tan \psi$	ψ°
A-5-a	45.3	51.6	43.5	1.325	53.0	1.08	47.2
A-25-a	44.4	45.8	37.8	1.181	49.7	1.08	47.2
A-45-a	38.7	39.7	34.1	1.068	47.4	1.08	47.2
B-5-a	44.4	47.7	43.2	1.204	50.3	0.88	41.3
B-25-a	41.3	44.1	37.6	0.988	44.7	0.88	41.3
B-45-a	37.2	40.4	31.3	0.922	42.7	0.88	41.3
C-5-a	47.7	46.4	43.0	1.051	46.4	0.76	37.2
C-25-a	45.6	43.2	38.6	0.882	41.4	0.76	37.2
C-45-a	41.7	42.3	34.9	0.799	38.6	0.76	37.2

ひびわれ発生時の角度: $\tan 2\alpha = \frac{2\tau}{\sigma_p}$, $\tau = ft\sqrt{1 + \frac{\sigma_p}{ft}}$ 圧縮ストラットの角度: $\tan^2 \psi = \frac{S_y/s}{R_y/u}$

Sy: 降伏時のスターラップの力, Ry: 軸方向鋼材の降伏時の合力,

u: スターラップ中心線の周長, s: スターラップ間隔

(*) 最大ねじりモーメント時のP C鋼棒ひずみから求めた圧縮ストラットの角度(スターラップは降伏している)

(**) 軸方向鋼材、スターラップ共に降伏した場合の圧縮ストラットの角度