

PRC部材の終局純ねじり耐力に及ぼすかぶりの影響

立命館大学 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
(株)三井ホーム 正会員 〇島村篤志

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大断面を有するPRC部材の正負交番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、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。かぶりはタイプH3とH3-Rはりで1cm、タイプH2とH2-Rはりで2cmとした。タイプH3はりを除き、鋼材比(pl/pw)はほぼ1に、終局時のせん断流の比(q1/qw)は0.8 ≤ q1/qw ≤ 1.25とした。供試体の表示法を図-1に、はりの配筋図の一例を図-2に示す。供試体寸法は25x35x200cm。使用鋼材の機械的性質を表-2に示す。

タイプH2はりでは、横方向鉄筋として高強度せん断補強鉄筋を使用した。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なった。

3. 実験結果および考察

はりのひびわれ状況を図-3に示す。かぶり2cmのタイプH2はりは高強度せん断補強鉄筋を使用してい

る影響もあるが、かぶり1cmのタイプH3はりに比較してひびわれ本数が少なく分散性が悪い。しかも数本のひびわれのひびわれ幅が卓越しており、終局時に立体トラスが形成されていないと考えられる。軸方向鋼材ひずみを図-4に示す。タイプH2はりは、PC鋼棒の緊張ひずみの小さいタイプH2-5はりを除き、プレストレス導入時の緊張ひずみ近傍で最大ねじりモーメントに達した。タイプH3はりでは、ねじりモーメントの増加に伴い軸方向鋼材ひずみが増加し、導入プレストレス量の大きいタイプH3-40はりでは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。横方向鉄筋ひずみは、高強度せん断補強鉄筋を使用したタイプH2では最大ねじりモーメント時のひずみは

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Atsushi SHIMAMURA

表-1 実験計画

はり タイプ	かぶり (cm)	軸方向鋼材 PC鋼棒 鉄筋	横方向鉄筋 記号 径 s	鋼材比 (%)			終局時のせん断流			σ _{pe} (kgf/cm ²)
				pl	pw	pl/pw	q1	qw	q1/qw	
H3	1.0	4φ13	SD35 D10	0.61	0.88	0.69	445.8	265.3	1.68	5,20,40
H3-R	1.0	----	4D16 SD35 D10	0.91	0.88	1.03	306.9	265.3	1.16	----
H2	2.0	4φ13	KSS80 D10	0.61	0.58	1.05	467.1	502.9	0.93	5,20,40
H2-R	1.9	----	4D19 SD35 D13	1.31	1.32	0.99	452.8	434.8	1.04	----

pl=ΣAtl/(b・d), pw=Atw・u/(b・d・s), q1=ΣAtl・fld/u, qw=Atw・fwd/s, u=2(bo+do)
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)
q1,qw: 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
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

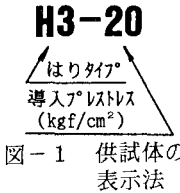


表-2 使用鋼材の機械的性質

記号	径	降伏点	引張強度	はりタイプ
KSS80	D10	9870	10520	H2
SD35	D10	3720	5533	H3, H3-R
SD35	D13	3775	5754	H2-R
SD35	D16	4172	6100	H3-R
SD35	D19	3951	6216	H2-R
SBPR80/95	φ13	9070	9830	H3
		8800	9700	H2

単位: kgf/cm²

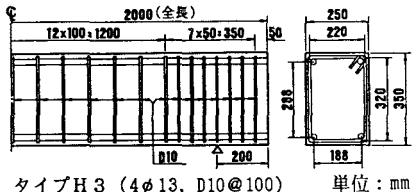


図-2 はり配筋図の一例

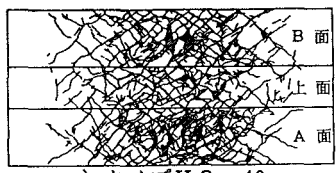
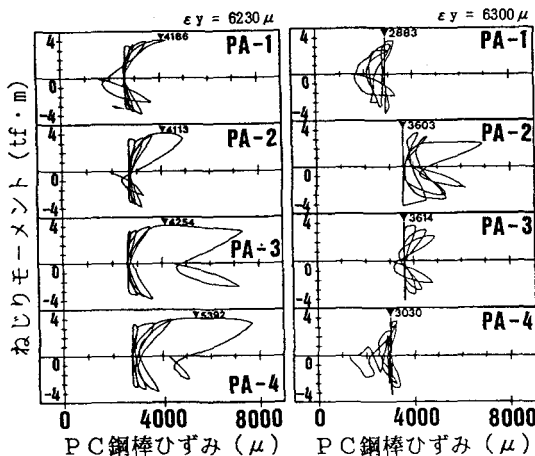


図-3 はりのひびわれ状況例

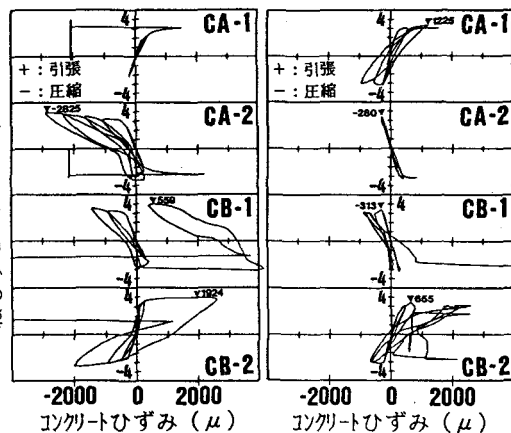


a) タイプ H 3-40 b) タイプ H 2-40

図-4 ねじりモーメントと軸方向鋼材ひずみの関係
注) ▼: 最大ねじりモーメント時のひずみ, ϵy : 降伏点ひずみ

非常に小さい。タイプ H 2 以外のはりでは、最大ねじりモーメント時に横方向鉄筋は降伏している。コンクリートひずみを図-5 に示す。かぶり 1 cm のタイプ H 3、H 3-R はりのコンクリート圧縮ひずみは最大ねじりモーメント時に約 2000 μ に達しているが、かぶり 2 cm のはりの圧縮ひずみは非常に小さく、終局時に立体トラスが形成されていないためにコンクリートストラットが圧縮斜材として効果的に抵抗していないものと考えられる。終局ねじり耐力を表-3 に、終局ねじり耐力と有効プレストレス量の関係を図-6 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する。これは、終局時に軸方向鋼材が降伏していないためであり、かぶりが大きい P R C 部材では終局時に立体トラスが形成されていないために、この傾向が顕著である。立体トラスが形成されていない時には、導入プレストレス量が終局ねじり耐力に及ぼす影響が大きい。土木学会の終局ねじり耐力式はプレストレスの効果を無視しているため、かぶりが大きくて導入プレストレスが少ない時には危険側となる。タイプ H 3-7 (R C) はりは、終局時に軸方向鉄筋と横方向鉄筋とも降伏し、コンクリートの圧縮ひずみは 2000 μ 以上に達し、ひびわれ状況図からも終局時に立体トラスが形成されていると考えられるにもかかわらず、実験値は土木学会式による理論値より約 20% 危険側となった。これは、本実験が正負交番ねじり载荷であるため、一方ねじりに比べコンクリートストラットの耐力が小さいこと、また土木学会式ではねじり有効断面積を横方向鉄筋中心で求めているためと考えられる。

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) 長瀧他, 鉄筋コンクリート部材のねじり耐荷機構に関する一考察, 土木学会論文集第 390/V-8, 1988



a) タイプ H 3-20 b) タイプ H 2-20

図-5 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)	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			Mtcd	Mtyd
1.0	H3-5	4.1	489	31	61	1.06	350.0 [1.00]	441.2	417.6 (0.84)
1.0	H3-20	17.2	446	30	57	1.26	395.0 [1.13]	421.3	417.6 (0.95)
1.0	H3-40	34.8	446	30	57	1.47	407.0 [1.16]	421.3	417.6 (0.97)
1.0	H3-R	---	489	31	61	---	325.0	441.2	401.8 (0.81)
2.0	H2-5	5.6	397	28	53	1.10	279.1 [1.00]	397.5	581.6 (0.48)
2.0	H2-20	21.0	476	36	49	1.26	373.2 [1.34]	435.3	581.6 (0.64)
2.0	H2-40	42.1	457	36	63	1.47	455.4 [1.63]	426.5	581.6 (0.78)
1.9	H2-R	---	483	26	49	---	391.8	438.4	532.5 (0.74)

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)
Mtcd: 斜め圧縮破壊耐力 $= 4Kt \cdot \sqrt{f'c d}$, $Kt = b \cdot d / (3.1 + 1.8b/d)$
Mtyd: 終局ねじり耐力 $= 2Am \sqrt{q w \cdot q t}$, (): 実験値/理論値
[]: 導入プレストレス 5 kgf/cm² の供試体に対する増加率

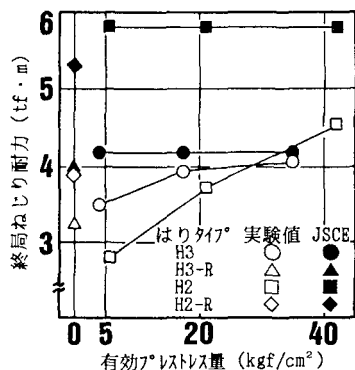


図-6 終局ねじり耐力と有効プレストレス量の関係