

ねじり・せん断・曲げを受けるプレストレストコンクリートはり に関する一実験

立命館大学 正員 児島 孝之
立命館大学 学員 和田 教志

1. まえがき コンクリート部材がねじりを受ける場合、ねじりのみを受けることは稀れであり、通常曲げ・せん断を伴うことが多い。ねじり・せん断・曲げの組合せ荷重を受けるP.C部材の終局強度は荷重の組合せ(T/M)の他に軸方向鉄筋比(ρ_x)、ウェブ鉄筋比(ρ_w)、せん断スパン有効高さ比(a/d)、有効プレストレス(P_e)等に影響されるものと考えられる。本研究は長方形断面を有するP.Cはりについて、ねじり・せん断・曲げを同時に作用させた静的載荷実験を行ない、ウェブ鉄筋比、 a/d の要因が終局強度、挙動等を与える影響について検討したものである。

2. 実験概要 供試はりの断面はすべて高さ20cm、幅12cmの長方形とした。軸方向鉄筋およびウェブ鉄筋にはSD30のD6を使用した。 ρ_x 、 ρ_w 、 a/d 、スターラップ間隔、スパン長を表-1の実験計画に示す。プレストレスは偏心距離33mmでコンクリート上縁の応力が0となる三角形分布とし、 $\phi 17$ mmのP.C鋼棒(C種1号)を用い、付着ありポストテンショニング方式で材令約3ヶ月で導入し、3~4週間養生した後、載荷試験を行った。プレストレス導入時のコンクリートの強度、弾性係数を表-2に示す。載荷時有効プレストレスは約19tonであった。(下縁応力が 158 kg/cm^2) 載荷装置を図-1に示す。載荷手順は各シリーズにおいて先ず

表-1 実験計画

シリーズ	鉄筋比(%)	a/d	スターラップ間隔(cm)	スパン(m)
	P1	Pv		
1	0.3	0.5	2.6	6.5
2	0.3	1.0	3.4	13.0

注) $P1 = A_s / b \cdot d$ P_v は体積鉄筋比
軸方向鉄筋、スターラップにはD6
P.C鋼棒には $\phi 17$

純ねじり載荷、曲げ載荷により、純ねじり強度(T_u)、曲げ強度(M_u)を求め、次に無次元化した強度 $T/T_u - M/M_u$ の相関関係図上で実験値がほぼ等角度になるようにT/Mを設定して、このT/Mが一定となるようにねじり・せん断・曲げの組合せ載荷実験を行なった。

表-2 コンクリートの強度および弾性係数

	およひ弾性係数
圧縮強度	4 2.4
引張強度	3 4.0
曲げ強度	5 4.7
弾性強度	3. 43 x 10 ⁵

(kg/cm^2)

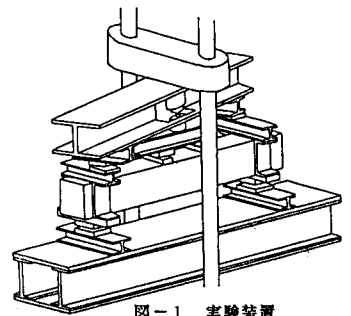


図-1 実験装置

3. 実験結果および考察 表-3に実験結果を示す。図-2にひびわれ発生荷重の相関関係を示す。この図より曲げひびわれ発生曲げモーメントはシリーズ1のNo-7を除いてT/Mが大きくなるに従ってやや小さくなる傾向が認められるがほぼ一定であり、曲げひびわれ発生荷重はねじりの影響は少なく主にコンクリートの強度に関係するものと考えられる。一方、斜めひびわれ発生ねじりモーメントはT/Mが小さくなるに従って小さくなり、斜めひびわれ発生荷重はせん断力によるせん断応力とねじりせん断応力

表-3 実験結果

シリーズ	NO	T/M	ひびわれ時 (kg-cm)				終局時 (kg-cm)				破壊形式
			曲げひびわれ		斜めひびわれ						
			Moment	Torque	Moment	Torque	Moment	Torque	Moment	Torque	
1	1	0.00	180000				313000			M (M)	
	2	0.04	181000	7230			326000	13000		M (M)	
	3	0.08	157000	12500	232000	21000	309000	24800		M (M)	
	4	0.13	178000	23000	235000	30300	280000	36400		M + T (M)	
	5	0.20	166000	33000	179000	35300	232000	45900		S (S)	
	6	0.34	161000	54200	179000	60300	192000	65300		T (S)	
	7	0.70	92900	64400	92900	64400	94400	66500		T (S)	
	8					80000		60000		T (M)	
2	1	0.00	180000				342000			M (M)	
	2	0.04	175000	7020			331000	13300		M (M)	
	3	0.08	193000	15400	264000	21100	324000	25900		M + T (M)	
	4	0.13	177000	23000	253000	32900	312000	40500		M + T (M)	
	5	0.19	168000	32000	196000	37300	259000	49300		M + T (M)	
	6	0.33	146000	48200	151000	49800	204000	67300		T (S)	
	7	0.70			87000		60600	70700		T (S)	
	8					60000		64800		T (M)	

Takayuki KOJIMA Takashi WADA

の和に係るものと考えられる。

図-3にねじりモーメントとねじり剛性の関係を示す。この図よりねじり剛性はねじりモーメントが大きくなるに伴って小さくなる。また T/M が小さくなるに従ってねじり剛性は低下し、ねじり剛性は

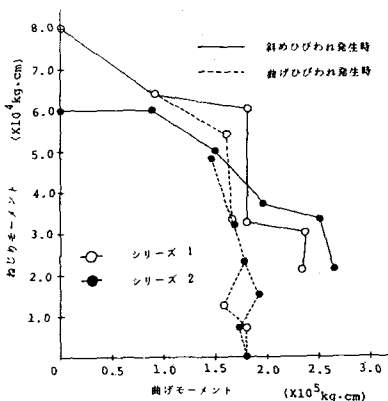


図-2 ひびわれ発生時のねじりモーメントと曲げモーメントの関係

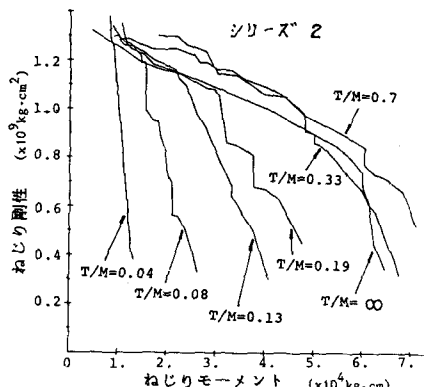


図-3 ねじり剛性とねじりモーメントの関係

曲げ・せん断に影響されるものと考えられる。図-4に曲げモーメントと曲げ剛性の関係を示す。この図より曲げ剛性にはばらつきが大きいが T/M に関係せず一定であった。このことより曲げ剛性へのねじりの影響はほとんどないものと考えられる。

図-5に終局強度比 $T/T_u - M/M_u$ の相関関係を示す。表-3の終局強度には α の相異による差が認められたが相関関係を図-4の終局強度比で表わすと $T/M \approx 0.33 \sim 0.34$ を除いて実験値はほとんど同じ点にプロットされた。図-4よりP.Cはりにおいても非対称に主鉄筋を配筋したR.Cはり同様、ねじりの支配的な範囲では終局ねじりモーメントは純ねじり強度を上回り、曲げの支配的な範囲($T/M=0 \sim 0.08$)では実験値は $M/M_u = 1$ 上にプロットされた。このことよりP.Cはりの $T/T_u - M/M_u$ の相関関係はR.Cはりと同じであれば α/α , μ_u にかかわらず同じ形となった。

破壊形式は曲げ破壊(M)、せん断破壊(S)、ねじり破壊(T)、曲げとねじりの複合破壊(M+T)、ねじりとせん断の複合破壊(T, S)に大別できた。曲げが支配的な範囲では曲げ破壊、ねじりが支配的な範囲ではねじり破壊、中間範囲ではせん断破壊、曲げとねじりの複合破壊、ねじりとせん断の複合破壊がそれぞれ生じた。せん断破壊、ねじりとせん断の複合破壊はシリーズ1でのみ認められ、 $\mu_u = 0.5\%$ ではせん断破壊に対する補強には不十分であったと考えられる。

最後に本実験の実施にあたり田中裕樹氏(京都府方)、谷口宏氏(日立情報エンジニアリング)より多大な援助を受けました。ここに謝意を表わします。

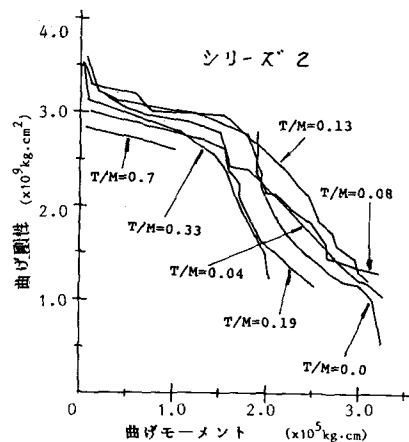


図-4 曲げ剛性と曲げモーメントの関係

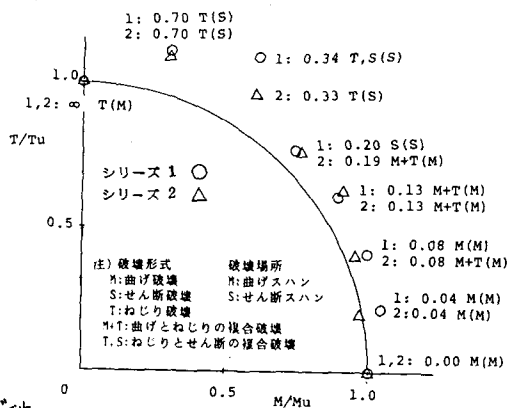


図-5 $T/T_u - M/M_u$ の関係