

立命館大学 学生員 ○田中 玲光
立命館大学 正会員 児島 孝之

1. まえがき コンクリート構造物にねじりのみが作用する場合は、極めて少なく通常は曲げ、せん断、軸力とともに作用する場合が大半であり、他の外力に比べ二次的であるとみなされる場合には設計上無視されることが多い。しかし、最近では構造物の大型化、超高層化、制約された立地条件のもとでの非対称構造物の建設等によりねじりの影響を無視できなくなってきた。地震力、風圧等によってねじりモーメントが作用する場合が考えられるが、特に我が国は有数の地震国であり、地震時には相当大きな変形をもたらしている破壊にまでいたらしめる正負交番のねじりモーメントが作用すると考えられる。曲げ、せん断との複合荷重を受ける部材に関する研究は最近比較的活発に行われているが正負交番のねじりを受ける部材に関する研究は極めて少ない。本研究は、正負交番のねじりおよび軸力を受ける鉄筋コンクリート柱部材を想定し、その挙動および力学的特性等の検討を行ったものである。

2. 実験概要 実験要因として軸方向鉄筋比(P1)を2種類、横方向鉄筋比(Pv)を3種類、軸力を2種類選んだ。実験計画を表-1に示す。使用鉄筋は軸方向鉄筋に D10、D13(SD35)、横方向鉄筋に D6(SD30)を使用した。供試体は全て同じ配合で高さ20cm、幅12cmである。載荷時のコンクリートの諸強度を表-2に示す。図-1に供試体配筋図の1例を示す。図-2に載荷方法の概略図、図-3に載荷装置を示す。正のねじり載荷は、両支点部に取り付けた偏心載荷用アームに直接試験機で載荷することによって、また負のねじり載荷は、両支点部のアームと支承用はりに間にPC鋼棒を取り付け、これとセンターホール油圧ジャッキを用いることにより行った。偏心距離はそれぞれ $e_1=10\text{cm}$ 、 $e_2=30\text{cm}$ である。変形が各部で拘束されないようにPC鋼棒とジャッキ、アームの間にボールベアリングを支点および載荷点に球座を使用した。軸力は、断面中央の $\phi 30$ のシースに $\phi 23$ のPC鋼棒を付着なしポストテンショニング方式でプレストレスによって与えた。

表-1 実験計画

Pv P1 軸力 (ton)	0.5 % 0.66%	1.0% 1.2%	1.5% 1.2%
0	1	4	7
9.6	2	5	-
19.2	3	6	-

表-2 コンクリートの諸強度

圧縮強度	360
引張強度	32.9
曲げ強度	61.5
ヤング係数	3.19×10^5

(kg/cm^2)

プレストレスの導入は載荷実験直前に行った。各シリーズともはじめに一方の純ねじり載荷を一体行った。載荷手順は、処女載荷時可視ひびわれの発生まで加力し、その後徐々に除荷し、負のねじり載荷と交代する。2回目以降の載荷の上限は、それまでの最大経験ねじり回転角を上回るか新しい可視ひびわれが数本確認された後除荷に移り、正負回数上記の手順を繰り返し破壊に到らしめた。

3. 実験結果および考察 表-3に正負それぞれ処女載荷時のひびわれ発生ねじりモーメントと終局ねじりモーメントを示す。正のねじりモーメントによるひびわれは、軸力の等しいシリーズ間ではほぼ等しい値で発生した。負のねじりモーメントによるひびわれは、ほとんどの供試体で正のひびわれ発生モーメント

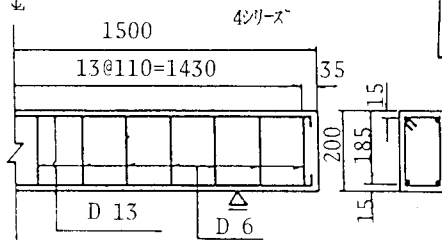


図-1 配筋図

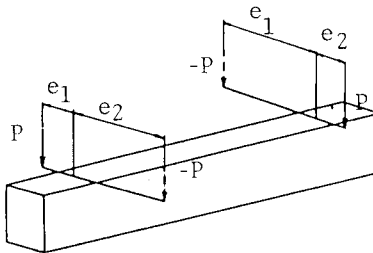


図-2 載荷方法の概略図

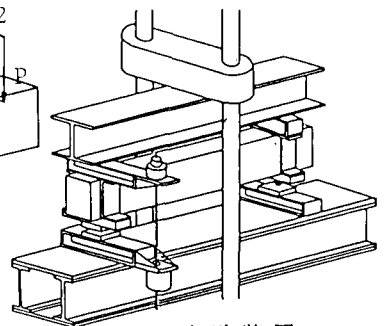


図-3 実験装置

よりも絶対値で低い値（約90％）で発生した。正負のひびわれ発生ねじりモーメントは軸力のみの影響を受け横方向鉄筋の影響はないと考えられる。図-4にねじりモーメントと回転角の関係を示す。履歴曲線の形状に注目してみると軸力=0の1・4・7シリーズでは、1回目のループはほぼ紡錘形であるが、載荷回数の増加につれて、ねじりモーメントの正負が交代する前後の領域においてスリップ現象が生じ、紡錘形から逆S字形に移行している。この現象は供試体全てにみられ、横方向鉄筋量が少ないほどスリップする回転角の値が大きく残留変形（ねじりモーメント=0の時の回転角）も大きい。軸力が作用しないシリーズでは、ループの形にスリップ現象はみられずほぼ紡錘形であるが最大（終局）ねじりモーメントを経験すると変形は軸力=0のシリーズに比べ急激に起こる。すなわち極めてじん性を欠く破壊を呈する。残留変形は、軸力=0のシリーズとは逆に横方向鉄筋量が多いほど大きく軸力の大小による影響は顕著にはみられなかった。図-5にねじり剛性比と載荷回数（初期ねじり剛性（載荷回数=0）に対するねじり剛性の比である。この場合のねじり剛性の値は、ねじりモーメント-回転角のグラフでねじりモーメントが、正から0に減少する時および負から0に増加する時の接線の傾きを表わすもので、回数は正負が交代する回数を示す。実線は軸力=0のシリーズ、一点破線は軸力が作用するシリーズである。1・4・7シリーズは、初期の載荷による剛性低下が著しいが、その後徐々に低下する。軸力の作用するシリーズ特に2・3シリーズは剛性比の低下が一時とどまる現象が見られるが、その後の変形能は劣っている。5・6シリーズは剛性の低下はややゆるやかであるが破壊はやはり急激に生じた。今後正負交替ねじりの復元力特性の解析的研究および異なる断面を有する部材の実験が必要である。

表-3 実験結果 (t・cm)

シリーズ	No.	ひびわれ発生トルク		終局トルク	シリーズ	No.	ひびわれ発生トルク		終局トルク
		正	負				正	負	
1	No. 1	33.75	—	33.75	4	No. 1	32.50	—	40.00
	2	32.50	27.50	32.50		2	32.50	30.00	44.00
	3	35.00	27.50	35.50		3	32.50	30.42	42.50
	4	32.50	22.53	32.50		4	32.50	27.50	40.00
2	No. 1	46.25	—	51.25	5	No. 1	48.75	—	51.25
	2	46.00	46.00	47.52		2	48.75	46.25	54.25
	3	46.25	46.25	48.75		3	47.50	46.25	52.50
	4	45.00	45.00	48.63		4	48.75	43.75	54.90
3	No. 1	55.50	—	58.75	6	No. 1	55.00	—	65.00
	2	53.75	47.50	60.00		2	57.50	50.00	60.50
	3	60.00	51.25	62.50		3	61.25	55.00	64.00
						4	57.50	45.00	66.25
	No. 1	35.00	—	48.75	7	No. 1	35.00	—	48.75
	2	32.50	—	48.10		2	32.50	30.00	48.10
	3	31.25	31.25	49.50		3	31.25	31.25	49.50
	4	33.75	30.00	42.50		4	33.75	30.00	42.50

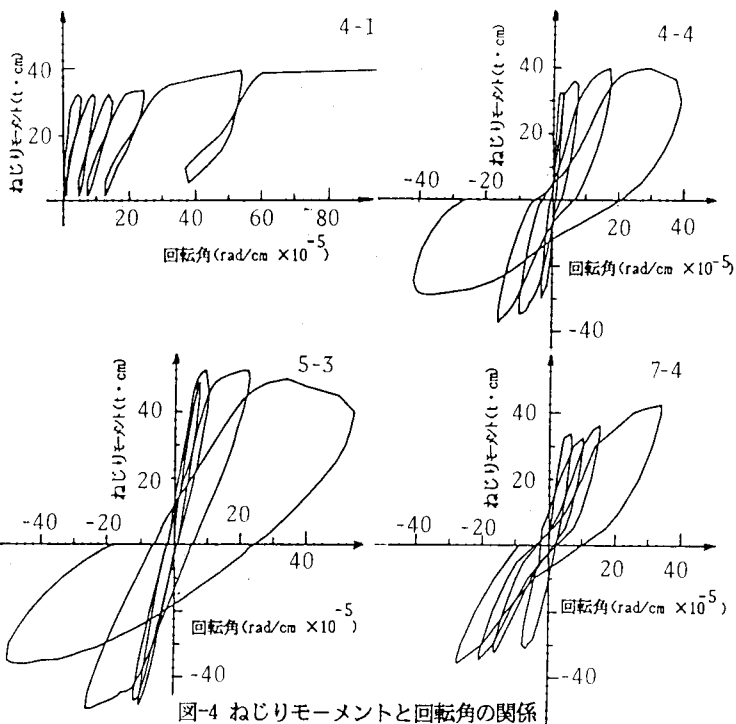


図-4 ねじりモーメントと回転角の関係

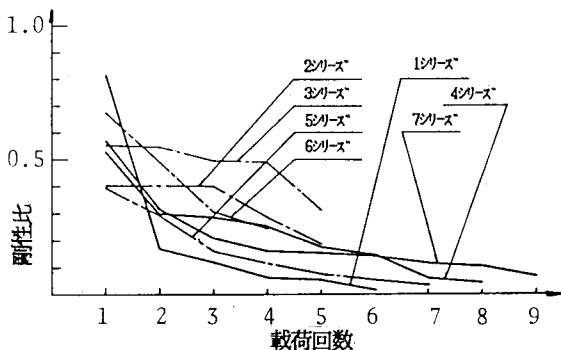


図-5 剛性比と載荷回数の関係