

立命館大学大学院 学生員 田中 玲光
立命館大学理工学部 正 員 児島 孝之
立命館大学理工学部 正 員 高木 宜章

1. まえがき 常時にはねじりモーメントの発生を見ない構造物でも地震時には地震による水平力のためねじりモーメントが発生し、正負に交番するねじりを含む複合荷重が作用すると考えられる。近年ねじりを含む複合荷重下におけるRC構造物の耐力、変形特性等に関する実験的および解析的研究は比較的活発に行なわれておりひびわれ後の部材の挙動もかなり正確に予測できるようになってきたが、正負に交番するねじりを含む複合荷重下の部材に関する研究は極めて少ない。本研究は地震時におけるRC橋脚を想定し正負交番ねじり・曲げ・せん断実験を実施しその変形特性および減衰性等の復元力特性の検討を行なったものである。

2. 実験概要 実験要因として横方向鉄筋比(P_v) 2種類、せん断スパン比(a/d) 2種類の組合せを考え、 $a/d=4.64$ の曲げモーメントが支配的なシリーズを M1, M2、 $a/d=2.32$ のせん断力が支配的なシリーズを S1, S2とした。各シリーズとも偏心距離（以下 e ）は0, 5, 10, 20 cmとした。また純ねじりを受けるシリーズとして T1, T2シリーズを設定した。供試体の鉄筋比($P_l=1.41\%$ $P_v=0.46\%$) は、実際の橋脚の設計例を参考にして選んだ。実験計画を表-1に示す。供試体の基礎部はすべて $60 \times 80 \times 50$ cmで、はり部は 15×24 の断面を有し、高さはMシリーズ 120cm、Sシリーズ 60cmとした。配筋図の一例を図-1に示す。図-2に載荷装置を、図-3に載荷方法の概略図を示す。正負とも載荷は偏心アームに予めキャリブレーションしたPC鋼棒を取り付け、センターホール式油圧ジャッキによって引っ張ることによって与えた。また変形が拘束されないように偏心アームとPC鋼棒の連結位置にはベアリングを使用した。載荷方法は、たわみによる変位制御によって行なった。すなわち処女載荷時はいずれかの軸方向鉄筋が降伏ひずみ（ $+1\delta$ ）に達するまで載荷し、その後負の荷重が

-1δ に達するまで載荷した。2回目以降は鉄筋降伏時たわみの整数倍のたわみ量（ $\pm 2\delta$ 、 $\pm 3\delta \dots$ ）で各々 1回ずつループさせて破壊に至らしめた。荷重増分は、処女載荷時には50kg毎に、また再載荷時にはループの形状が把握できる範囲内で100kg～200kg 毎とした。

3. 実験結果および考察 図-4に荷重とたわみに関係する、図-5にひびわれ状況を示す。ループの形状に注目すると e の増加に伴いX字状のひびわれが大きくなるとスリップ現象が

表-1 実験計画			
横方向鉄筋比 (Pv)	曲げ・せん断・ねじり		純ねじり
	せん断スパン比 (a/d)		
	4.64	2.32	
0.46%	M 1	S 1	T 1
0.77%	M 2	S 2	T 2

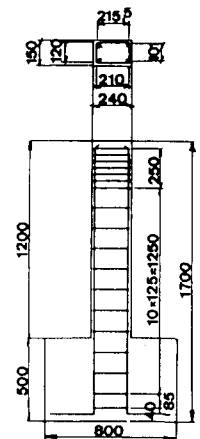


図-1 配筋図

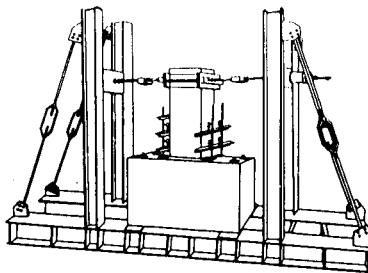


図-2 載荷装置

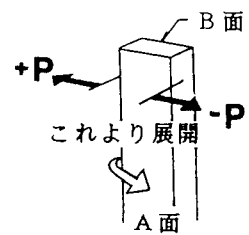


図-3 載荷方法の概略

顕著となる。従ってMシリーズよりSシリーズの方が2回目以降の載荷でスリップ現象が顕著となり、同じeの供試体では横方向鉄筋によるせん断補強効果のためS1シリーズよりS2シリーズの方が最終ループ近傍で紡錘形に近くなる傾向がみられた。M1、M2シリーズは、横方向鉄筋比の相異による顕著な差異は認められずほぼ紡錘形を呈したが e=20 cmの供試体に限り最終ループ近傍で若干スリップ現象が観察された。スリップ現象はa/d および横方向鉄筋比が小さいほどまたeが大きいほど顕著に生じる。図-6に曲げモーメントとたわみの関係より得られた等価粘性減衰定数（以下 heq）と変位塑性率（軸方向鉄筋降伏時のたわみに対する各ループのたわみの比： δ / δ_y ）の関係を示す。荷重とたわみの履歴ループが紡錘形を示したMシリーズは、スリップ形を示したSシリーズより変位塑性率=1におけるheqは低く、破壊はheqが高い値で生じた。Mシリーズは、e=20の供試体を除いて曲げ型の破壊を示し、Sシリーズよりheqは高くじん性的な破壊を呈した。Sシリーズは、ねじりモーメントの影響が大きいほど(e=10, 20 cm) heqが低くねじり・せん断型のぜい性的な破壊を呈した。図-6に終局ねじりとの終局曲げモーメント相関図を示す。相関曲線は土木学会の式であるが全ての供試体で1.3～1.5倍程度安全側の値が得られた。

今後ねじりを含む複合荷重下のじん性率、等価粘性減衰定数等を考慮した耐震設計に関する解析的研究が望まれる。

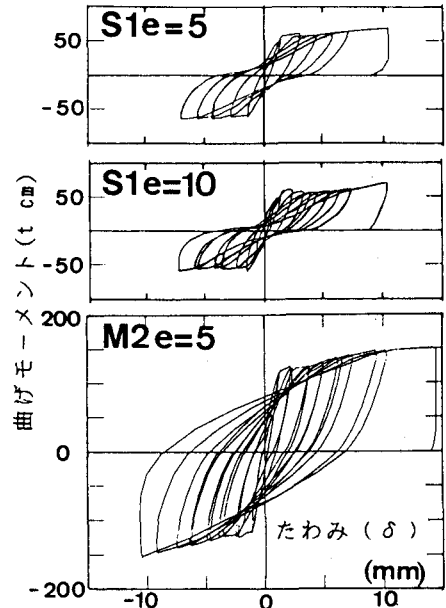


図-4 曲げモーメントとたわみの関係

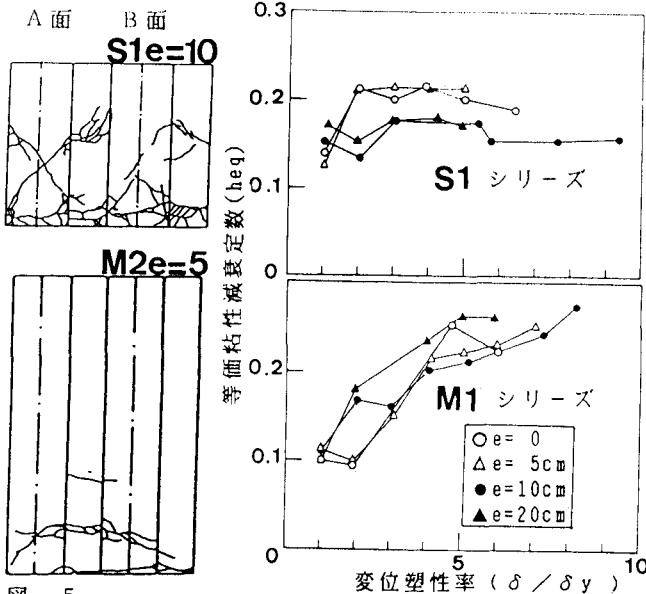


図-5 ひびわれ状況図

図-6 heqと δ / δ_y の関係

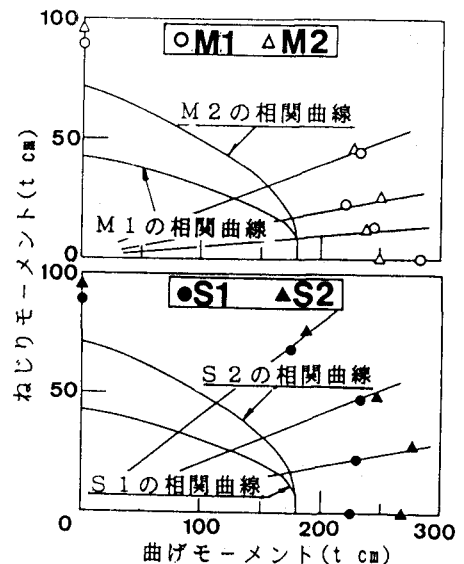


図-7 相関図