

せん断スパン比の小さい鉄筋コンクリート部材の塑性ヒンジの回転能

徳島大学大学院 学生員 ○松垣 和明

徳島大学工学部 正 員 水口 裕之

1 まえがき

不静定の鉄筋コンクリート構造物と限界状態設計法で設計する場合には、モーメントの再分配を考慮することが前提であるが、このモーメント再分配については、まだ不明確な部分が残されている。本実験は、せん断スパン比 z/d の小さい単鉄筋コンクリートはりを対象とし、弾性域を越え塑性域になるような大荷重を作用させた低サイクル疲労試験を行い、このときの塑性回転量について静的載荷を行、た場合と比較検討したものである。

2 実験の概要

供試体は、長方形断面の単鉄筋コンクリートはりとし、その寸法、配筋状態および諸元を、図1および表1に示す。載荷方法は、載荷点距離20cmの対称2点載荷とし、1シリーズにつき各2本ずつ静的および繰返し載荷を行、た。繰返し載荷は、上限荷重を静的強度の約90%とし、下限荷重を0.5 tonもしくは0.2 tonとする荷重制御により10回繰返し、破壊に達しない場合は、その後静的載荷により破壊させた。曲率は、モーメントスパンを含む25cm間のはり側面の上下部に配置した元型変位計により測定したみずみから算定した。また、塑性回転量は、塑性回転が載荷点下に集中し、それ以外の部分は弾性変形のみと仮定し、次式で求めた。

$$\theta_p = 4 S_p / (l' - a) \quad (1)$$

S_p : 塑性たわみ l' : スパン長 a : 載荷点間の距離

理論解析による塑性回転量 θ_p' は、ACI基準の等価応力プロックを使用し、Chan⁽¹⁾の提案式により求めた。計算に用いた数値を、表2に示す。

3 実験結果および考察

静的載荷時の終局曲がモーメントを基に定めた繰返し載荷荷重の上限値 M_{Tp} と10回繰返し後の静的載荷による終局強度 M_u との比、静的載荷および繰返し後の静的載荷時の終局曲率 ϕ_p 、塑性回転量およびこれらの比などの実験結果を表3に示す。

終局強度については、静的載荷の場合、 $z/d = 1.0$ ではせん断斜裂破壊が生じ、他のシリーズにくらべ小さい値となっている。 $z/d = 1.5 \sim 2.0$ の範囲ではせん断圧縮破壊となり、 z/d の増加とともに終局強度が減少している。終局強度の85~90%の載荷上限荷重による10回程度の繰返し載荷履歴を持つはりにおいては、 z/d による影響は明確でなく、静的載荷の終局強度に対して数%以内の差となっており、その大小も一定の傾向を示し

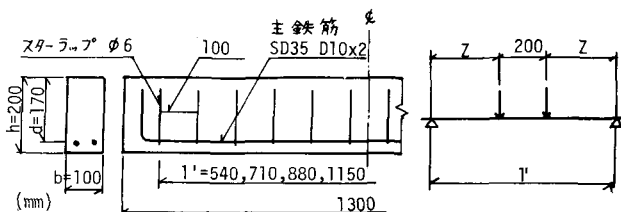


図1 供試体寸法、配筋状態および載荷状態

表1 実験の諸元

シリーズ	はりの幅 b (cm)	有効高さ d (cm)	鉄筋比 p (%)	スパン長 l' (cm)	せん断 スパン長 Z (cm)	せん断 スパン比 Z/d	コンクリート 強度 (kgf/cm ²)
A	10	17	0.84	54	17	1.0	300
B				71	25.5	1.5	
C				88	34	2.0	
D				115	42.5	2.5	

表2 理論値計算に用いた数値

コン クリ ート	終局ひずみ ϵ_u	0.003	
	塑性ひずみ ϵ_p	0.002	
	圧縮強度 σ_{cu}	300	kgf/cm ²
	静ヤング係数 E_c	2.37×10^5	kgf/cm ²
鉄 筋	降伏ひずみ ϵ_{sy}	0.002	
	降伏強度 σ_{sy}	3500	kgf/cm ²
	静ヤング係数 E_s	2.10×10^6	kgf/cm ²

表3. 実験結果

供試体 番号	せん断 スパン比	載荷 方法	曲げモーメント (kgf/cm ²)		繰返し 回数	モーメント比 (%) Mrp/Mu	たわみ (mm)		曲率 ($\times 10^{-6}/\text{cm}$)		曲率比 (%) 繰/静	塑性回転量 ($\times 10^{-2}$)		回転量比 (%) 繰/静	
			Mu	Mrp			δu	δp	ψu	ψp		繰/静	理論値		ϕp
A-1	1.0	静的	39.8	-	-	-	2.39	0.86	239	50	120.0	2.76	0.10	50.0	
A-2		繰返し	41.1	30.0	10	73.0	1.16	0.48	204	60			0.05		
B-1	1.5	静的	47.8	-	-	-	5.97	3.98	1134	948	121.3	3.06	3.12	137.8	
B-2		繰返し	45.8	41.0	10	86.5	7.74	5.48	1416	1150			4.30		
C-1	2.0	静的	45.6	-	-	-	7.56	5.81	1167	993	105.5	3.29	3.46	103.5	
C-2		繰返し	42.7	36.9	10	86.3	8.88	6.09	1300	1043			3.58		
D-1	2.5	静的	43.3	-	-	-	10.00	8.18	1405	1186	122.3	3.47	3.85	110.6	
D-2		繰返し	45.6	39.2	10	86.0	14.16	9.60	1861	1451			4.26		

ていない。したがって、履歴を持たないはりとはほぼ同等の強度が期待できると思われる。

図2および図3に、はりの繰返し載荷の上下限時におけるたわみおよび曲率を繰返し回数に対して示す。たわみおよび曲率は、繰返し回数とともに増加している。A-2、B-2のたわみおよび曲率の増加率は、繰返し回数の増加とともに減少し、繰返し回数を対数にとるとほぼ直線になっている。C-2、D-2は、繰返し回数目のところより傾きが急となり、載荷の上下限時とも同様で、その傾向は曲率の方により明確に示されている。このたわみおよび曲率の急増は、主として鉄筋の降伏によるものと考えられる。たわみおよび曲率は、 M/d が大きくなると大となり、繰返し載荷によるその増加量も M/d が大きいほど大きい。また、塑性たわみおよび塑性曲率も M/d とともに増える傾向となっている。塑性回転量は、 $M/d = 1.0$ を除くと、理論値と同様に M/d とともに増加し、Chanの理論値は、 M/d

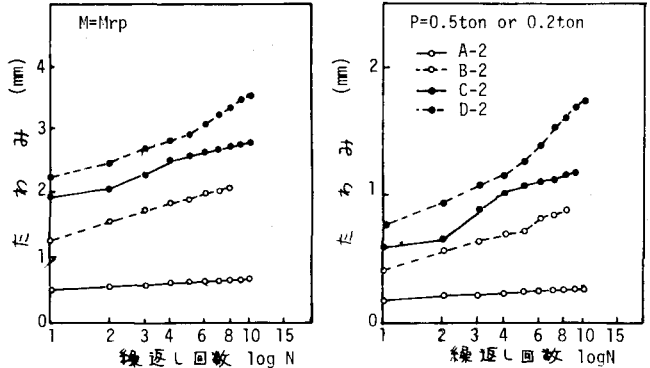


図2 繰返し上下限時におけるたわみと繰返し回数の関係

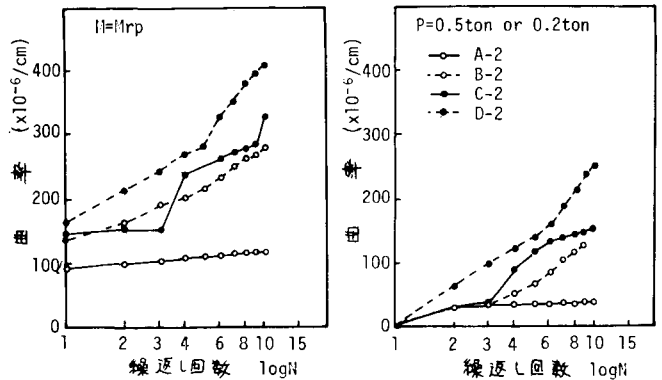


図3 繰返し上下限時における曲率と繰返し回数の関係

1.5以上では安全側の値を与える結果となっている。このように M/d が1.5~2.5と小さい範囲でも少量であるが塑性回転が生じ、モーメントの再分配を期待でき線形解析が適用できると思われる。また載荷履歴を持つはりの塑性回転量は、 $M/d = 1.0$ を除くと、履歴を持たないはりの値に比べて、大きくなっている。

4 あとがき

せん断圧破壊をおこす範囲における鉄筋コンクリートはりでは、終局強度の85~90%を上限とする片振りの繰返し載荷を10回程度受けても、静的載荷と同等の強度および静的載荷の場合よりも若干ではあるが大きい塑性回転量が期待できる。

参考文献 1. Chan, W. W., The relation of reinforced concrete plastic hinge at ultimate load, Magazine of Concrete Research, Vol. 14, No. 41, pp. 63-72, 1962.