

東北大学 正 鈴木 基行
国鉄建設 正 宮崎 修輔
○ 東北大学 学 高橋 直正

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の合理的で簡便な耐震設計法の確立のためには、交番繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート部材や構造物の線形範囲を越えた領域の挙動を、正確に把握しておかなければならない。地震応答解析においては、復元力特性のモデルの違いが解析結果に与える影響が非常に大きい。解析に用いるモデルは実際の復元力特性をよく反映しているものでなければならず、さらに、解析の容易さから、できるだけ簡単なものが望ましい。本研究は、このような観点から、曲げスパンを横方向に拘束した矩形断面R.C単純梁にZ点対称な静的交番繰返し荷重を加え、その時の荷重-変位の履歴復元力特性のモデル化を図り、さらに、等価剛性、等価粘性減衰定数を求め、考察を加えたものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体諸元を表-1に、供試体配筋例を図-1に示す。供試体は対称断面で、断面寸法 $20\text{cm} \times 40\text{cm}$ 、有効高さ 36cm 、スパン 396cm で、 $a/d=3.5$ である。なお、使用した鉄筋は、D16、D19はSD35、D6はSD30である。

表-1. 供試体諸元

変形原因 供試体	軸方向 主鉄筋比	曲げ区 間内 スタ ップ 量	載荷時コン クリート 圧縮率	計算耐力	実験耐力
A-2	3-D16 0.828%	D6, $s=18\text{cm}$, 0.176%	308%	$P=11.23\text{t}$	14.5t
A-4		D6, $s=36\text{cm}$, 0.089%	280 "		14.1t
A-6		D6, $s=48\text{cm}$, 0.066%	280 "		13.0t
B-2	3-D19 1.194%	D6, $s=18\text{cm}$, 0.176%	341 "	$P=15.87\text{t}$	19.9t
B-4		D6, $s=36\text{cm}$, 0.089%	333 "		20.6t
B-6		D6, $s=48\text{cm}$, 0.066%	333 "		19.2t

(2) 載荷方法およびたわみ測定方法

載荷は、曲げスパン/44 cm なるZ点対称載荷とし、支承は両端ともローラー支承とした。交番繰返し載荷の載荷パターンを図-2に示す。(図中、 s_y は梁断面降伏時のスパン中央のたわみである。)

たわみの測定は、梁側面に 18cm 間隔に測点を設けて、電気式変位計を用い、同一載荷パターンの1サイクル目と3サイクル目について行った。

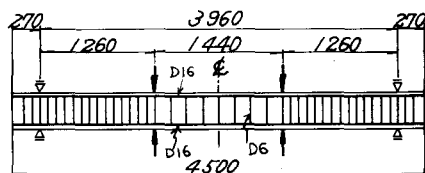


図-1. 供試体配筋例(A-2)

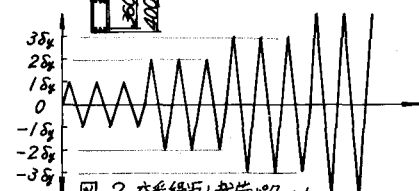


図-2. 交番繰返し載荷パターン

3. 結果および考察

(1) 荷重-変位の履歴関係について

図-4に破線で示した曲線が、実験で得られた供試体A-2のスパン中央での荷重-変位履歴曲線(3サイクル目のみ)であるが、

終局に至るまで、きれいな紡錘形を示している。このことは曲げ区間内の他の測点についても、又、他の供試体についても同様であった。表-2に各供試体についてスパン中央点の降伏点剛性 K_i および降伏後の剛性 K' を示す。(K_i , K' については、図-3参照) 降伏点剛性については、明らかにBシリーズ、すなわち軸方向主鉄筋量の多いものの方が大きく、Bシリーズの降伏点剛性はAシリーズのその約1.3倍である。降伏点剛性に対する降伏後の剛性の割合を表わす係数 $\gamma (=K'/K_i)$ については、Aシリーズで0.007~0.046、Bシリーズでは、0.029~0.049の値が得られた。

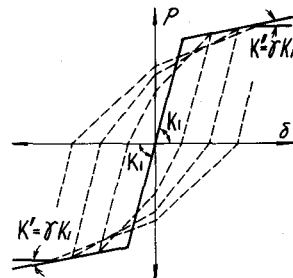


図-3. K_i , K' , γ の説明図

(2) 荷重-変位の履歴復元力特性のモデル化

本研究での、荷重-変位の履歴復元力特性のモデル化様式を図-5に示す。スケルトンカーブは δ -linearであり、各ループは、実験で得られたループが紡錘形であることを考慮し、荷重ゼロ軸と変位ゼロ軸で折れ曲がる六角形で表わすこととし、実験で得られた荷重-変位履歴復元力特性から、除荷剛性は、降伏点剛性 K_i と同一とした。又、荷重ゼロ軸を横切つて、除荷から逆載荷が行われる場合の剛性 K_n ($n = \delta/\delta_y$) の決定に際し、モデル化した $P-\delta$ 図のループの囲む面積が、実験で得られた $P-\delta$ 図のループの囲む面積と一致することを考慮して、 $K_n = K_i/(an + b)$ と表わした。 (a, b) は供試体によって定まる定数。今回実験した供試体については、Aシリーズのすべてにおいて $a = 1.1$, $b = -0.1$, すなわち、 $K_n = K_i/(1.1n - 0.1)$, Bシリーズのすべてにおいて $a = 1.0$, $b = 0.0$, すなわち、 $K_n = K_i/n$ とすれば、モデル化した $P-\delta$ 図のループの囲む面積と、実験で得られた $P-\delta$ 図のループの囲む面積の差が、ほとんどないことが確かめられた。以上から、 a, b の値を決定する主な要因は軸方向主鉄筋量であり、横方向拘束筋量はあまり影響がないものと思われる。(供試体A-2の $P-\delta$ 図をモデル化したものを図-4に実線で示す。)

(3) 等価剛性および等価粘性減衰定数

供試体A-2とB-2のスパン中央点での各たわみ振幅における等価剛性 R_e を、降伏点剛性に対する割合で表わしたものを図-7に、又、それらの等価粘性減衰定数 R_d を図-8に示す。図-7、図-8とも、荷重が正の領域に対しての値を示しているが、負の領域でも同様の値が得られた。(R_e, R_d については図-6参照。) 等価剛性は、降伏点剛性の大きいもの程、降伏以降も大きな値を示すが、その減少のしかたについては、AシリーズとBシリーズでほとんど差異は認められなかった。すなわち、本実験で採用した軸方向主鉄筋量の違いでは、 R_e の減少のしかたに違いは認められなかった。又、同一シリーズ中で横方向拘束筋が R_e に与える影響も認められなかった。等価粘性減衰定数は、たわみ振幅の増加によって、A, Bシリーズともほぼ同様の増加のしかたを示し、たわみ振幅 $\delta_y \sim 4\delta_y$ で $0.28 \sim 0.30$ 程度の最大値を示した。又、断面降伏時には、ほとんどの供試体で $0.03 \sim 0.04$ の間の値を示した。

4. あとはき 本実験で用いた供試体の軸方向主鉄筋比のつり合い鉄筋比に対する割合は、Aシリーズで20%, Bシリーズで27%の2種類であったが、今後は、それ以外の数種の軸方向主鉄筋比の供試体についても実験を行い、 δ, R_e, R_d および定数 a, b との定量的関係の把握に努めたい。

表-2. K_i, K', δ (スパン中央点の値)

供試体	荷重の増減	K_i (t/cm)	K' (t/cm)	$\delta = K'/K_i$
A-2	+	8.67	0.06~0.16	0.007~0.018
	-	8.26	0.38	0.046
A-4	+	8.43	0.10~0.34	0.012~0.040
	-	9.22	0.38	0.041
A-6	+	10.00	0.16	0.016
	-	8.83	0.26	0.029
B-2	+	11.34	0.52	0.046
	-	12.26	0.36	0.029
B-4	+	11.73	0.34	0.029
	-	11.87	0.48	0.040
B-6	+	10.12	0.40	0.040
	-	10.68	0.52	0.049

図-4. $P-\delta$ の履歴曲線とそのモデル化 (供試体A-2)

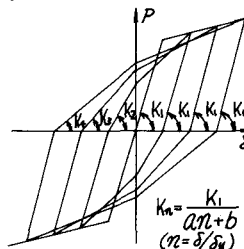
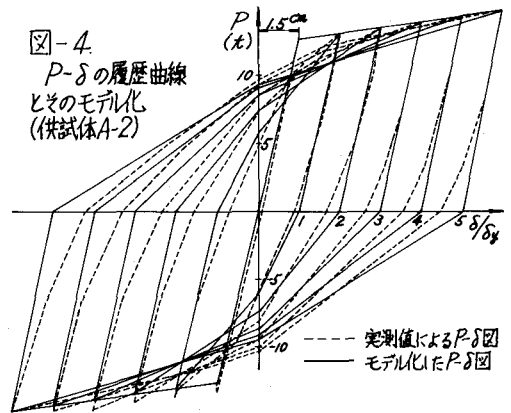


図-5 モデル化様式

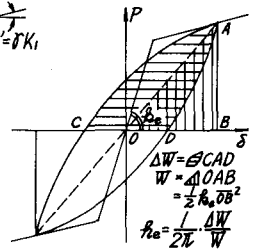


図-6 R_e, R_d の説明図

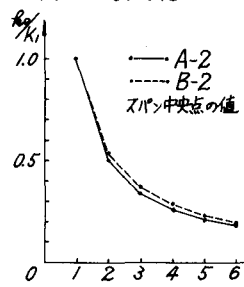


図-7 等価剛性

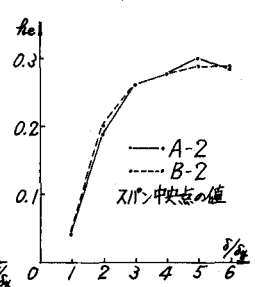


図-8 等価粘性減衰定数