

冷間加工薄肉梁の繰り返し荷重変形特性

豊田工業高等専門学校 正会員 ○忠 和男
 豊田工業高等専門学校 正会員 桜井孝昌
 豊田工業高等専門学校 正会員 草間晴幸

1. まえがき 構造物の耐震安全性を検討するためには、その非弾性挙動を算定し得る動的弾塑性解析が必要である。繰り返し荷重を受ける骨組の弾塑性解析では、(1)繰り返し荷重に対する部材断面の断面力-断面変形履歴関係のモデル化、及び(2)繰り返し荷重を受ける骨組の荷重-変形関係の解析が必要となる。既往の研究より、(1)の履歴関係モデルは多数提案され、その中には実用化されたものもある。しかし、研究の対象とされてきた部材は、中実あるいは厚肉部材が大半であり、薄肉部材に関する研究は少ない。本報告では、局部座屈を生じる程度の薄肉部材を用い(1)の部材断面の断面力-断面変形に関して検討するものである。ここでは、構造用部材としてしばしば用いられる冷間成形角形鋼管梁の繰り返し曲げに対する履歴変形挙動を実験的に求めた。実験は梁部材に対する耐震安全性の基礎資料を得ることを目的とし、繰り返し外力として横荷重のみを受ける梁を対象とした。特に、繰り返し荷重下で発生消滅する局部座屈に注目し、梁の耐力特性について検討を行った。

2. 実験概要 単調載荷試験および繰り返し載荷試験を行うため、それぞれ2体の冷間成形角形鋼管梁を準備した。4体とも材質は、STKR41である。供試体の一般図をFig. 1に示した。載荷にとりあつて供試体の局部変形を防止するため載荷点、両端、およびそれらの中間位置を補剛板で補強した。供試体の諸量をTable 1に示した。供試体番号M-1, M-2は単調載荷用であり、C-1, C-2は繰り返し載荷用である。実験は2点載荷で行ない、載荷点および測定点をFig. 2に示した。単調載荷および繰り返し載荷とも変位制御により実験を行なった。繰り返し載荷での正負の最大振幅値は、単調載荷の結果から得られた応力-歪曲線を基に決めた。その最大振幅値を一定にして、10サイクルまで静的に交差載荷を行ない、その後は振動数が0.01/Hzの正弦波で交差載荷を行った。測定した変位と歪は、Fig. 2の d_i と ϵ_i で示すように、梁中央の4面の歪、梁中央とその中央点から200mm離れた点の下端部の変位である。材料試験は、本試験用供試体から切り出した鋼板をJIS 5号試

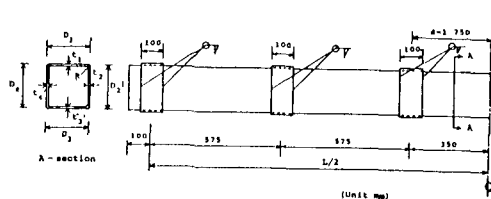


Fig. 1 Test Specimen

Table 1 Dimensions of Test Specimens

Specimen	D (mm)	t (mm)	A (mm ²)	D/t	d (mm)	R (mm)	L (mm)	W (cm ³)
M-1	200.8	4.3	3416.8	46.7	351.4	9.3	3000.0	216.7
M-2	200.7	4.45	3532.5	45.1	351.2	9.3	3000.0	223.6
C-1	200.8	4.68	3715.2	42.9	351.4	9.3	3000.0	234.5
C-2	200.7	4.52	3587.8	44.6	351.2	9.3	3000.0	226.8
Ave	200.8	4.49	3563.1	44.8	351.3	9.3	3000.0	225.4

$$D = (D_1 + D_2 + D_3 + D_4)/4, \quad t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)/4$$

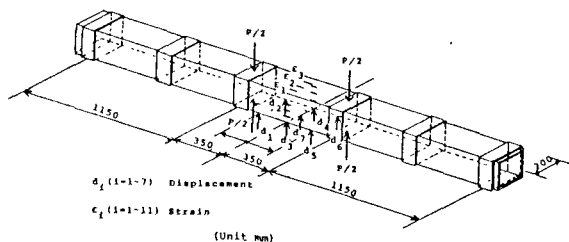


Fig. 2 Measured Points

験片の現準で加工して引張り試験を行った。試験結果を、Table 2に示した。

3. 実験結果

実験に用いた供試体は、Table 1 に示す4体である。局部座屈が生じない幅厚比D/tの最小値は、STKR 417、39.6

である。これに対し、実験に用いた供試体のそれは44.8であり、局部座屈が生じる断面を選んだ。実験結果を無次元化するため、材料の降伏応力 σ_y 、降伏外力 P_y 、および P_y を載荷したときの微小変位理論による梁中央点のたわみ δ_0 を次式のように定義する。

$$\sigma_y = E \epsilon_{0y}, P_y = 2W\sigma_y / (L/2 - d)$$

$$\delta_y = P_y (L - 2d) (L^2 + 2Ld - 2d^2) / 48EI, (1 \sim a \sim c)$$

ここに、 W 、 L 、 d 、 E はTable 1に示す値を表わす。ひずみ ϵ_{0y} は、 σ_y が与えられた場合式(1-a)で定義される値である。実験結果を無次元化する場合に用いるこれらの数値は、4体の供試体の平均値を用いた。Fig. 3は、縦軸に σ/σ_y を横軸に ϵ/ϵ_{0y} をとり、供試体C-2の結果を示した。変位制御の描を一定にしているのに対し、歪は

載荷を繰り返すごとに増加し、紡錘形の面積で表わされるエネルギー損失は繰り返し回数の増加に伴って増加している。Fig. 3は、21回目で繰り返し載荷した場合の $\delta/\delta_y - \epsilon/\epsilon_{0y}$ の結果である。繰り返し1回当りの鉛直下方向の最大荷重の低下率を π として n 回目の最大荷重 P_{crn} と n 回目の $P_{crn'}$ から π を $\pi = (P_{crn} - P_{crn'}) / (n' - n) P_y$ として計算し、その結果をTable 3に示した。この表において、 P_{cr1} 、 δ_{cr} 、 δ_0 、および π は、それぞれ鉛直下方向の荷重の最大値、それに対応する変位、制御変位、および最大荷重の低下率を表わす。本実験の変位制御では、1回の交番載荷に対し最大荷重が1~2%低下した。最後に、本研究は、昭和59年度文部省特定研究経費の一部により、豊田工業高等専門学校材料構造疲労試験センターの試験装置を用い、土木工学科、建築学科の研究スタッフの下で行なわれたものである。関係者各位に記して感謝の意を表します。

参考文献 1) Y. Fukumoto and H. Kusama: Cyclic bending tests of thin-walled box beams, PROC. OF JSCE Structural Eng./Earthquake Eng. Vol. 2, NO. 1 April 1985.

Table 2 Coupon Test Results

Specimen Series	Cross Section Area (mm ²)	Young's Modulus E ($\times 10^4$ kg/mm ²)	Yield Stress σ_y (kg/mm ²)	Yield Load P _y ($\times 10^4$ kg)	Yield Displacement δ_y (mm)	Strain Hardening Modulus E _{st} ($\times 10^2$ kg/mm ²)	Poisson's Ratio ν
M-1, 2		2.05	40.2	1.58	26.2	7.52	
C-1	268	1.96	36.2	1.42	24.8	5.60	0.312
C-2		2.16	40.5	1.59	25.1	5.77	
Average	268	2.06	39.0	1.53	25.4	6.30	0.312

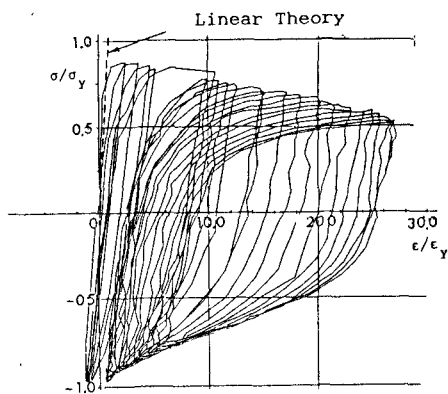


Fig. 3 $\sigma/\sigma_y - \epsilon/\epsilon_y$ Curve (C-2)

Table 3 Experimental Results

Specimen	P_{cr1}/P_y	δ_{cr}/δ_y	δ_0/δ_y	π		
				$n=1$ $n'=4$	$n=4$ $n'=10$	$n=10$ $n'=21$
M-1	0.91	0.88				
M-2	0.88	0.88				
C-1	0.83		0.83	0.63%		
C-2	0.82		0.83	1.27%	1.58%	1.9%