

I-88

くり返し荷重を受ける箱丁たの耐力実験

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

薄肉断面ばりがくり返し荷重を受ける場合、局部座屈に伴う局部的な塑性変形のため、その耐力がくり返し回数の増加に伴って低下することが知られている。福知は、H型鋼ばりについてフランジの局部座屈が履歴曲線と疲労破壊にどう影響するかを調べている。また宇田川らは、H型鋼ばりの定常限界変位振幅を越えてくり返し載荷された場合の耐力低下量を変位振幅比との関係で求めている。本研究は、くり返し荷重を受ける薄肉断面ばりの耐力特性について検討したものである。供試体は、構造用部材として用いられている冷間加工成形薄肉角形鋼管ばりを用い、そのくり返し曲げに対する履歴変形挙動を実験的に求めた。特にくり返し荷重下で発生消滅する局部座屈が、耐力低下にどのように影響を及ぼすかについて検討を行った。

2. 実験概要

供試体として、単調載荷試験用2体、くり返し載荷試験用4体の冷間成形角形鋼管ばり（STKR41）を用いた。供試体の一般図をFig. 1に示す。載荷に伴う供試体の局部座屈を防止するために載荷点、両端およびそれらの中間位置を補剛板で補強した。供試体は、Table 1に示すように、幅厚比が平均で $D/t = 44.6$ 、

$$R = 1.02 (R = (D/t) \sqrt{12(1-\nu^2)} \sigma_y / 4\pi E)$$

のものである。 $R \leq 0.7$ の範囲では、局部座屈が生じない断面であるのに対して、本実験の供試体はそれが生じる断面を選んだ。供試体番号M-1, 2は単調載荷用で、C-1~4はくり返し載荷用である。実験は2点載荷で行ない、供試体の両支点は上下両方向とも単純支持されている。供試体の載荷点および測定点もFig. 1に示す。載荷は、変位制御で行ない、くり返し載荷での正負の最大振幅値は、単調載荷実験の結果から得られた応力-歪曲線を基に3種類の大きさを選定した。実験は、まず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、その後は振動数を0.01 Hzの正弦波で交差載荷した。材料の特性は、本試験用供試体から切り出したJIS 5号試験の基準に基づく試験片を作製し、引張試験を行った。その結果を、

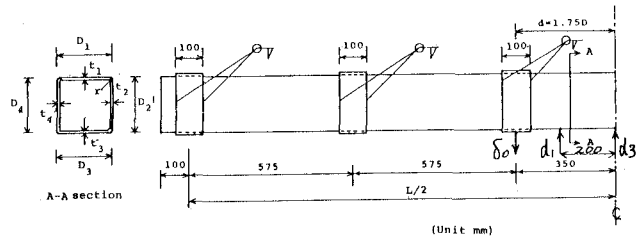


Fig. 1 Test Specimen

Table 1 Dimensions of Test Specimens

Specimen	D (mm)	t (mm)	A (mm ²)	D/t	d (mm)	r (mm)	L (mm)	Z (cm ³)
M - 1	200.8	4.3	3379.8	46.7	351.4	9.3	3000	216.7
M - 2	200.7	4.45	3493.3	45.1	351.2	9.3	3000	223.6
C - 1	200.8	4.68	3671.4	42.9	351.4	9.3	3000	234.5
C - 2	200.7	4.52	3546.9	44.4	351.2	9.3	3000	226.8
C - 3	200.8	4.55	3571.8	44.1	351.3	9.3	3000	228.4
C - 4	200.8	4.50	3533.4	44.6	351.3	9.3	3000	226.1

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

Table 2 Coupon Test Results

Specimen Serise	Cross Section Area ¹	Young's Modulus	Yield Stress	Yield Strain	Tensile Strength	Strain Hardening Modulus	Poisson's Ratio
	A (mm ²)	E (x10 ⁴ kg/mm ²)	σ_y (kg/mm ²)	ϵ_y (x10 ⁻³)	σ_m (kg/mm ²)	E_{st} (x10 ⁴ kg/mm ²)	ν
M - 1, 2	252.8	2.05	40.2	3.96	50.0	4.31	0.312
C - 1	282.9	1.96	36.2	3.85	44.4	3.20	
C - 2	252.8	2.16	40.5	3.87	49.6	3.30	
C - 3, 4	252.8	2.14	40.3	3.88	49.6	3.62	

Table 2 に示す。

3. 実験結果と考察

実験結果を無次元化するために降伏荷重 P_y , および P_y を載荷したときのはりの中央点のタワミ δ_y を次式のように定義する。

$$P_y = 2Z\sigma_y / (L/2 - d) \cdots (1), \quad \delta_y = P_y(L - 2d)(L^2 + 2Ld - 2d^2) / 48EI \cdots (2)$$

これらの式中の Z, σ_y, L, d および E は, Table 1, 2 に示した値を用いる。また, I は断面2次モーメントである。Fig. 3 は供試体(C-2, 4)の最大荷重とくり返し回数の関係を示したものである。図中で上側は, 鉛直下方向を正とし, 下側は鉛直上方向を負としたときの最大荷重値をそれぞれ表わしている。Table 3 は, くり返し1サイクル当りの鉛直上下両方向の低下率を κ として, m サイクル目の最大荷重 $P_{cr,m}$ と n サイクル目の $P_{cr,n}$ から κ を

$$\kappa = (P_{cr,m} - P_{cr,n}) / (m - n) P_y \cdots (3)$$

として計算したものである。表中の P_{cr} と δ_{cr} は, 最大荷重と対応する最大変位を, また δ_0 は, はりの載荷点の変位をそれぞれ表わす。Fig. 2 にくり返し幅 $\delta_0/\delta_y = 1.23$ (供試体C-2) の場合の $P/P_y - \delta/\delta_y$ 曲線を示す。このくり返し幅は, 座底直後の変形量を選んだ。くり返し回数の増加に伴う耐荷力の減少はごくわずかである。Fig. 3 にくり返し幅を大きく選んだ $\delta_0/\delta_y = 1.60$ (供試体C-4) の場合についての $P/P_y - \delta/\delta_y$ 曲線を示す。Fig. 2 と比較して, 数回のくり返し載荷により, 耐荷力が大きく低下する。Fig. 4 に異なる3種類のくり返し幅 δ_0/δ_y に対する耐荷力の減少状態を P/P_y - くり返し回数曲線で示す。くり返し幅が $\delta_0/\delta_y = 1.23$ では, はほぼ直線的に低下し低下率 κ は1%程度, $\delta_0/\delta_y = 1.53$, および 1.60 では, 6サイクルまで耐荷力が急激に低下し $\kappa = 7 \sim 9\%$ となる。くり返し回数が, さらに増加すると低下率は1%程度となる。本研究は, 昭和59年度文部省特定研究費の一部により, 豊田工業高等専門学校建築学科宇野洋平, 加藤貴治諸氏の御協力のもとで行なわれたものである。関係者各位に謝意を表します。

(参考文献) 1) 堀知・小倉;

日本建築学会論文集, 228号,

1975. 2) 宇田川他; 日本建築

学会論文集, 256号,

1978. 3) 忠・森井・草間;

土木学会中部支部研究発表

会要集, 3, 1986.

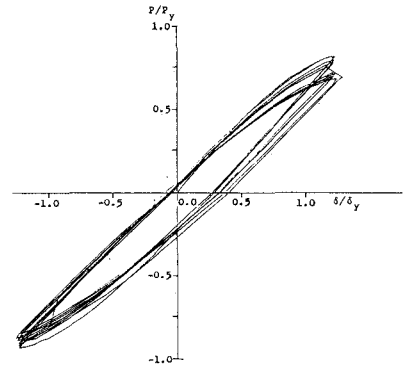


Fig. 2 (a) Curves for Specimen C - 2

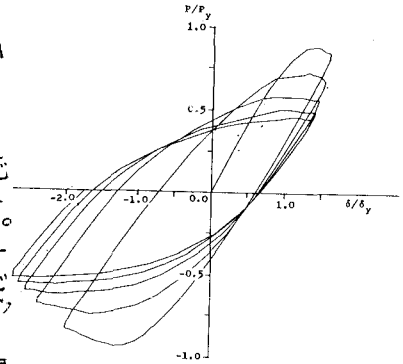


Fig. 3(b) Curves for Specimen C - 4
Alternating load-Deflection Curves

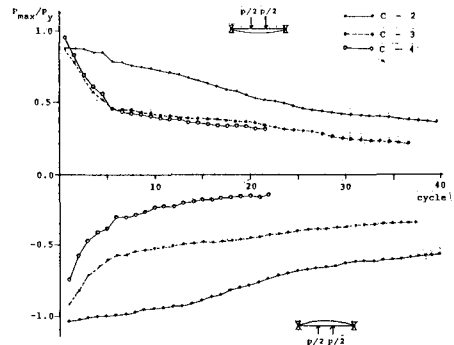


Fig. 4 Maximum Load and Number of Cycles

Table 3 Experimental Results

specimen	dir. of load	P_{cr}/P_y	δ_{cr}/δ_y	δ_0/δ_y	$n=1, n'=6$	$n=6, n'=11$	$n=11, n'=21$	$n=21, n'=35$
M - 1	down	0.94	1.16					
M - 2	down	0.90	1.34					
C - 1	down	0.89		1.29	0.94 %			
	up	1.00			0.95 %			
C - 2	down	0.81		1.23	1.75 %	1.0 %	1.6 %	0.79 %
	up	0.93			0.88 %	0.88 %	1.9 %	0.73 %
C - 3	down	0.94		1.53	8.9 %	0.97 %	1.25 %	0.95 %
	up	1.04			7.2 %	1.1 %	0.97 %	0.52 %
C - 4	down	0.88		1.60	9.3 %	1.25 %	0.75 %	
	up	0.93			8.4 %	1.26 %	0.82 %	