

溶接軽量H形鋼はりの横座屈に関する実験

名城大学 正員 ○久保 全弘

名古屋大学 正員 伊藤 義人

名古屋大学 正員 福本 啓士

1. まえがき

本実験的研究は、高周波抵抗溶接法(サマーツール法)によって製作された軽量H形鋼はりの横座屈挙動を調べたものである。軽量形鋼部材は、通常の熱向圧延部材よりも薄肉断面で構成されることから、部材の全体座屈に与える板要素の局部座屈の影響を検討することが重要となる。ここでは、部材の初期変形や残留応力の実測結果、および中央集中荷重によるはりの横座屈実験結果を報告する。

2. 実験内容

実験に用いた溶接軽量H形鋼は、公称断面寸法がI-250×125×3.2×4.5とI-300×150×3.2×4.5の2種類であり、ここでは、それぞれをB1部材、B2部材と呼ぶことにする。材質はJIS G3553に規格化されているSWH 41(公称降伏点応力 $\sigma_{yn}=25 \text{ kgf/mm}^2$ 以上)からなる。両部材に対するフランジの自由突出板としての幅厚比は $b/t_f=13.9, 16.7$ 、腹板の幅厚比は $h/t_w=75.3, 90.9$ であり、わが国の軽量形鋼構造設計施工指針で規定する制限値 $b/t_f \leq 16, h/t_w \leq 71$ を上まわるが、それに近い値である。

実験では、B1, B2部材を4本ずつ用意し、各部材から引張試験片、残留応力測定部材、および載荷実験はりを切り出した。はりの横座屈実験は、両端単純支持のもとでスパン中央断面の上フランジ上面25mmの高さに、鉛直集中荷重を作用して行った。はりのスパン長 L は、B1部材では $L=1.5, 2.0, 2.85 \text{ m}$ 、B2部材では $L=1.8, 2.4, 3.35 \text{ m}$ の3種類であり、同一スパン長に対して2本ずつの合計12本の実験を行った。なお、スパン中央の載荷点下には $t=3.2 \text{ mm}$ のステプナーをとりつけて断面補強加してある。載荷実験におけるたわみとひずみ測定は、スパン中央からフランジ幅 b_f だけ離れた断面で行い、そのデータをマイクロコンピュータを使用して自動集録した。

3. 実験結果と考察

(1) 材料強度 B1, B2部材のフランジと腹板に対する5号試験片を用いた引張試験結果を表-1に示す。一般の軟鋼と同様に、塑性流動域($E_{st}/E_y=8, 11$)を有し、比較的ゆるやかなひずみ硬化現象($E_{st}/E=1/70$)を示す応力-ひずみ曲線がえられた。

Table 1

Plates		σ_y (kg/mm^2)	σ_u (kg/mm^2)	E $\times 10^4$ (kg/mm^2)	E_{st} $\times 10^4$ (kg/mm^2)	C_{st} $\times 10^{-6}$	ν	Δl (%)	Nominal thickness
Flange No. 16	m	30.36	85.44	2.151	0.0310	10989	0.280	39.1	$t=4.5 \text{ mm}$
	s	2.54	2.13	0.014	0.0033	1952	0.004	3.2	
Web No. 8	m	32.27	47.29	2.151	0.0299	15893	0.278	37.2	$t=3.2 \text{ mm}$
	s	1.79	1.25	0.010	0.0019	2733	0.003	1.7	

N= Number of specimens, m= Mean value, s= Standard deviation.

(2) 初期変形 実験はりに用いた部材12本の材長方向の初期曲がりの平均値 δ_0 は、各部材の最大値を材長 L の比で表わすと、強軸(X軸)まわりで $\delta_{0,x}/L=1/10989$ 、弱軸(Y軸)まわりで $\delta_{0,y}/L=1/5050$ が実測された。また、上フランジ側面で測定した水平曲がりは $\delta_{0,f}/L=1/3497$ であり、腹板高さの中央線上の値 $\delta_{0,y}$ よりも大きい。軽量形鋼の許容曲がり量 $1/500$ を十分満足するものである。

(3) 残留応力分布 材長方向の残留ひずみをB1, B2部材とも各4本について、フランジおよび腹板の両面で測定した。その結果、両面のひずみ差はフランジで大きく生じ、腹板で比較的小さかった。

図-1は、その平均ひずみを用いたB1部材の残留応力分布を示す。残留応力の大きさはフランジ先端で $\sigma_{rc}/\sigma_y = -0.52$ 、フランジ中央で $\sigma_{rc}/\sigma_y = 0.67$ であり、比較的大きな残留応力が存在している。

(4) 荷重-たわみ曲線 図-2は、B2部材を用いた実験はりB2Bシリーズ($L=1.8, 2.4, 3.35m$)の荷重-たわみ曲線である。縦軸には、スパン中央の曲げモーメント $M=PL/4$ と断面の降伏モーメント M_y の比がとってある。鉛直たわみ v は、1点鎖線で示すせん断力を考慮した計算値とよく一致している。水平たわみは荷重の早期から生じ、 u_c と u_t が逆方向に進展することから、断面全体のねじれ変形を生じたことがわかる。

(5) 荷重-ひずみ曲線 図-3は、図-2と同じ実験はりの上フラン

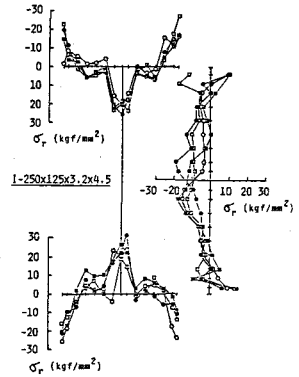


Fig. 1

ジ先端の両面に貼ったひずみの変化を示す。はりの横座屈が生ずると、その方向と一致する側のひずみ(ϵ_2, ϵ_4)は作用曲げによる圧縮ひずみと横曲げによる引張ひずみが相殺され、両面のひずみとも減少し、最高荷重後には引張ひずみに転じる。これに対し、横曲げの圧縮側になるひずみ(ϵ_1, ϵ_3)は圧縮ひずみの増加となるが、局部座屈による板曲げを伴うと両面のひずみに差が生じ、やがてひずみの反転を起す。図中の実験はり

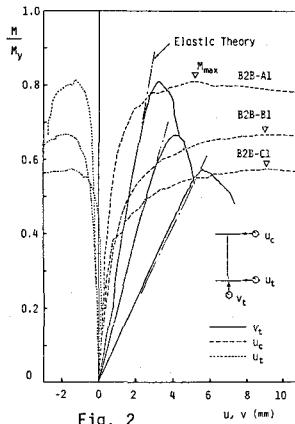


Fig. 2

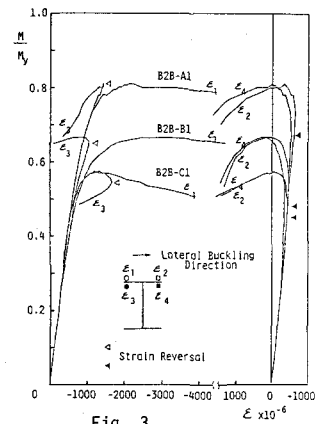


Fig. 3

B2B-A1, B1は最高荷重前に、B2B-C1は最高荷重後に、それぞれ圧縮フランジの局部座屈が生じたことが認められる。

(6) 横倒れ耐荷力と崩壊形 本実験からえられた横倒れ耐荷力 M_u と崩壊形を表-2に示す。実験断面に対する降伏モーメント M_y 、全塑性モーメント M_p 、および弾性横座屈モーメント M_E の計算値も与えてある。図-4は、 $M_u/M_p - \lambda = \sqrt{M_p/M_E}$ 座標に実験値をプロットし、ECCSの提案式と比較したものである。表-2の横座屈のみで崩壊した実験値は、システム係数 $n=2.5$ と 1.5 の曲線間に位置している。これに対し、横座屈と圧縮フランジの局部座屈とで連成崩壊した実験値は、 $n=1.5$ と 1.0 の曲線間に低下し、その低下度は幅厚比 b/t_f の大きいB2Bシリーズの方が大きい。

4. あとがき

はりの圧縮フランジの局部座屈を伴う横座屈挙動を明らかにすることができた。現在、有効幅の概念を用いた横倒れ耐荷力の評価法について検討している。最後に、実験に用いた軽量H形鋼は、住友金属工業(株)鹿島製鉄所から提供されたものである。

Table 2

Test Beams	b/t_f	h/t_w	L/r_y	M_y/M_p	M_p/M_E	M_u/M_p	M_u/M_E	$\lambda = \sqrt{M_p/M_E}$	Buckling Mode
B1B-A1	14.8	80.3	53.5	4.70	5.39	12.00	4.09	0.739	0.670
B1B-A2	14.9	61.5	53.8	5.22	5.65	11.87	4.79	0.898	0.630
B1B-B1	14.8	81.6	71.3	4.69	5.37	6.89	3.62	0.674	0.883
B1B-B2	14.9	80.9	71.6	5.28	5.74	6.91	4.45	0.775	0.912
B1B-C1	14.8	78.7	102.4	4.72	5.43	3.55	3.11	0.573	1.237
B1B-C2	14.7	80.0	101.7	5.35	5.81	3.63	3.04	0.523	1.266
B2B-A1	17.5	94.9	53.8	6.71	7.46	17.85	5.44	0.729	0.646
B2B-A2	17.6	96.6	53.7	6.67	7.46	17.69	5.56	0.745	0.649
B2B-B1	17.5	95.0	71.6	6.72	7.46	10.24	4.48	0.601	0.854
B2B-B2	17.5	95.6	71.6	6.73	7.54	10.20	4.80	0.637	0.860
B2B-C1	17.8	98.6	99.7	6.59	7.28	5.31	3.79	0.521	1.171
B2B-C2	17.8	99.8	99.6	6.61	7.38	5.31	3.98	0.539	1.179

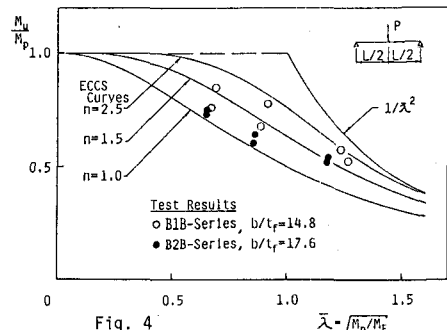


Fig. 4