

名城大学 正員 ○久保全弘
名古屋大学 正員 福本 勝士

1. まえがき

軽量形鋼のように断面が薄肉で構成される部材では、板要素の局部座屈と部材全体座屈の達成強度を検討することが重要である。本研究では、比較的大きな板要素の幅厚比を有する溶接軽量H形鋼を用いて、はりの曲げ実験を行い、局部座屈が横倒れ座屈強度に与える影響を調べた。実験結果の概要は、既に文献1)に報告した。ここでは、板要素の有効幅の概念を適用した横倒れ耐荷力の評価法についても考察した。

2. 実験内容

本実験に使用した溶接軽量H形鋼は、高周波抵抗溶接法（サーマツール法）によって製作されたものであり、B1B シリーズ：I-250x125x3.2x4.5mm と B2B シリーズ：I-300x150x3.2x4.5mm の2種類の断面寸法からなる。材質は、JIS G3353 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)であり、引張試験結果からは、降伏点応力の平均値として $t=4.5\text{mm}$: $\sigma_y=30.38\text{kgf/mm}^2$, $t=3.2\text{mm}$: $\sigma_y=32.27\text{kgf/mm}^2$ がえられた。

はりの曲げ実験は、両端単純支持の状態です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。スパン長 L は、B1B シリーズでは $L=1.5, 2.0, 2.85\text{m}$, B2B シリーズでは $L=1.8, 2.4, 3.35\text{m}$ の3種類を選定し、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。

3. 実験結果

図-1は、I-250x125 断面の実測残留応力分布であり、板要素の両面で測定した残留ひずみの平均値を用いて整理した4本の結果が与えてある。残留応力の大きさは、フランジ先端で降伏点応力の52%の圧縮応力、フランジ中央で87%の引張応力、腹板中央で35%の圧縮応力が存在し、比較的大きな値である。

図-2は、実験はり B2Bシリーズ ($L=1.8, 2.4, 3.35\text{m}$) に対するスパン中央からフランジ幅だけ離れた断面の上フランジ先端のひずみの変化を示す。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 の比が与えてある。はりの横座屈が生ずると、座屈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するため、板両面のひずみとも減少し、最高荷重後には引張ひずみに移行している。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板両面のひずみに差が生じ、やがてひずみの反転を起している。図中の実験はりでは、B2B-A1, B1は最高荷重前に、B2B-C1は最高荷重後に、圧縮フランジの局部座屈がそれぞれ生じたことを確認できる。なお、局部座屈波形は、スパン中央の載荷点からフランジ幅の約1/2の位置に発生したが、腹板の座屈変形は認められなかった。

本実験からえられたはりの横倒れ耐荷力 M_0 と崩壊形を表-1に示す。実測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。

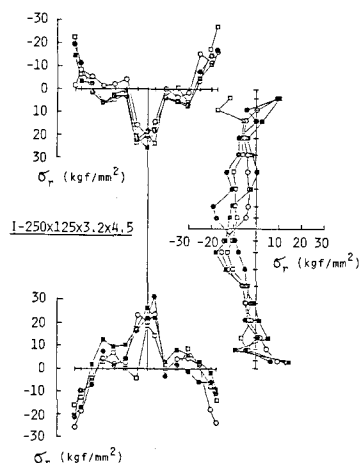


Fig. 1

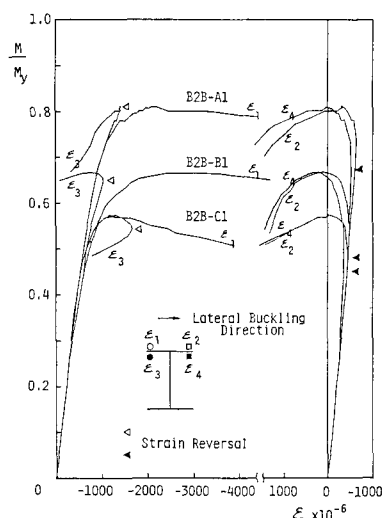


Fig. 2

図-3は、 $M_u/M_p - \bar{\lambda} = \sqrt{M_p/M_E}$ 座標に実験値をプロットし、ECCS の設計式と比較したものである。局部座屈が最高荷重前に生じなかったはりの実験値は、システム係数 $n=2.5$ と 1.5 の曲線間に位置しているのに対し、局部座屈が最高荷重前に生じたはりの実験値は、 $n=1.5$ と 1.0 の曲線間に低下している。これまでの研究から、幅厚比の小さい圧延や溶接はりの実験強度の下限は、 $n=1.5$ 曲線によって与えられることから、フランジの局部座屈と横座屈の連成強度は、幅厚比の程度によっては相当の低下が予想される。

4. 横倒れ耐力の評価法

はり断面の局部座屈によって支配される耐力を有効幅の概念にもとづく後座屈強度で推定する。圧縮応力を受ける板要素（幅厚比 w/t ）の有効幅 w_e は、次の Winter 式を用いて定める。

$$\left. \begin{array}{ll} R \leq 0.673 \text{ のとき} & \rho = w_e/w = 1 \\ R > 0.673 \text{ のとき} & \rho = w_e/w = (1 - 0.22/R)/R \end{array} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、幅厚比パラメータ $R = (1.052/\sqrt{k}) w/t \sqrt{\sigma_y/E}$ 、座屈係数 k である。図-4に示す曲げを受けるI形断面において

$$\left. \begin{array}{ll} \text{フランジ: } w/t = b/t_f, & k = 0.425 \\ \text{ウェブ: } w/t = h_c/t_w, & k = 5.91 \end{array} \right\} \dots \dots (2)$$

と考えて、式(1)を適用する。ウェブの有効幅 h_e は図-4のように $h_{e1} = 0.4\rho h_c$ 、 $h_{e2} = 1.5h_{e1}$ にとり、 $\rho < 1$ になる場合には中立軸の高さ h_c の決定に繰返し計算を必要とする。このようにして、有効断面の断面係数 S_e および耐力 $M_u' = \sigma_y S_e$ を算定できる。横倒れ耐力の推定には、ECCS の設計式にて M_p を M_u に置換えた式(3)を用いる。

$$M_u/M_y = (Q - n + \lambda^2 n)^{-1/n} \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 $\lambda = \sqrt{M_y/M_E}$ 、 $Q = S_e/S = M_u'/M_y$ 、全断面有効の断面係数 S であり、この Q が局部座屈を考慮するための低減係数である。

図-5は、縦軸に M_u/QM_y 、横軸に $\lambda' = \sqrt{Q}\lambda$ をとって実験値をプロットしたものである。式(3)で表わす $n=2.5$ 曲線は実験強度の平均を、 $n=1.5$ 曲線は下限をそれぞれ与えている。

5. あとがき

はりの場合も、 Q -factorを導入することによって局部座屈と横座屈の連成強度を評価できるようである。実験における自動測定では、名古屋大学助手の伊藤義人氏に協力を願った。また、実験供試体は、JSSC 溶接軽量H形鋼特別小委員会の提供によるものである。ここに、厚く感謝致します。 参考文献 1) 久保・伊藤・福本：溶接軽量H形鋼はりの横座屈に関する実験，土木学会中部支部研究発表会講演集，1985. 3.

Table 1

Test Beams	b/t_f	h/t_w	L/r_y	M_y (t-m)	M_p (t-m)	M_E (t-m)	M_u (t-m)	M_u/M_p	$\lambda \sqrt{M_p/M_E}$	Buckling Mode
B18-A1	14.8	80.3	53.5	4.70	5.39	12.00	4.09	0.759	0.670	Lateral and Local
B18-A2	14.9	81.5	53.8	5.22	5.65	11.87	4.79	0.848	0.690	
B18-B1	14.8	81.6	71.3	4.69	5.37	6.89	3.62	0.674	0.883	
B18-B2	14.9	80.9	71.6	5.28	5.74	6.91	4.45	0.775	0.912	Lateral
B18-C1	14.8	78.7	102.4	4.72	5.43	3.55	3.11	0.573	1.237	
B18-C2	14.7	80.0	101.7	5.35	5.81	3.63	3.04	0.523	1.266	
B28-A1	17.5	94.9	53.8	6.71	7.46	17.85	5.44	0.729	0.646	Lateral and Local
B28-A2	17.6	96.6	53.7	6.67	7.46	17.69	5.56	0.745	0.649	
B28-B1	17.5	95.0	71.6	6.72	7.46	10.24	4.48	0.601	0.854	
B28-B2	17.5	95.6	71.6	6.73	7.54	10.20	4.80	0.637	0.860	Lateral
B28-C1	17.8	98.6	99.7	6.59	7.28	5.31	3.79	0.521	1.171	
B28-C2	17.8	99.4	99.6	6.61	7.38	5.31	3.98	0.539	1.179	Lateral

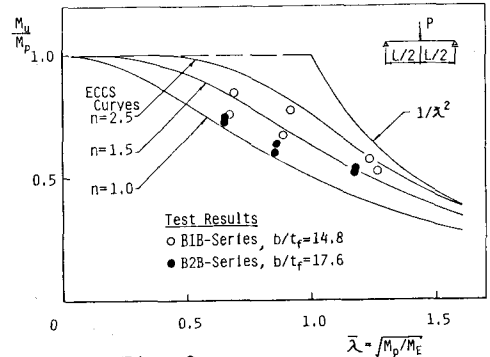


Fig. 3

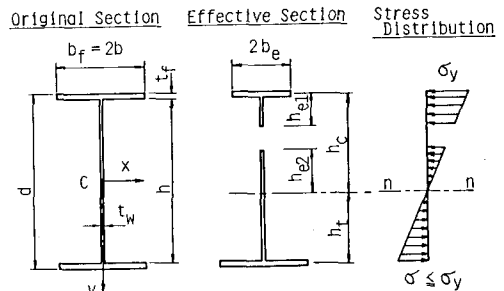


Fig. 4

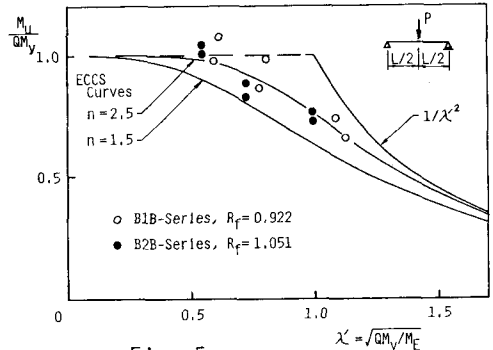


Fig. 5