

I-90

コンパクトな非対称鋼I形はりの横ねじれ座屈実験

名城大学 正員 久保全弘
名城大学大学院 学生員 北堀裕隆

1. まえがき

鋼はりの横ねじれ座屈に関する実験データは、二軸対称のI形断面については豊富であるが、不等フランジを有する一軸対称断面については非常に不足している。断面の非対称性が座屈強度に及ぼす影響は、弾性座屈解析に基づく研究によって明らかにされているけれども、はり部材の設計法をより詳細に検討するためには非弾性解析と実験的検討が必要である。本研究ではコンパクトなI形断面の溶接はりを用いて横ねじれ座屈実験を行い、荷重-変形性状と極限強度について考察した。

2. 実験はり

実験はりは、SS41材による溶接組立材であり、上フランジと腹板の幅厚比 ($b/t_c=10.8$, $h/t_w=77.4$) が一定で下フランジの幅を3種類に変化させたI形断面である。各シリーズの実測平均断面寸法は図-1のようであり、断面の非対称度を表すパラメータ $\rho=I_c/(I_c+I_t)$ を用いて、次のように区別した。ここに、 I_c , I_t は上フランジ及び下フランジの弱軸まわりの断面2次モーメント。

1) DS10シリーズ：対称断面

($\rho=0.5$, $R_f=0.831$, $R_w=0.825$; $R_s=0.828$)

2) MS10シリーズ：上フランジ小の非対称断面

($\rho=0.3$, $R_f=0.831$, $R_w=0.888$; $R_s=0.859$)

3) ML10シリーズ：上フランジ大の非対称断面

($\rho=0.74$, $R_f=0.832$, $R_w=0.558$; $R_s=0.594$)

ここに、 R_f , R_w は圧縮フランジと腹板の幅厚比パラメータ、 $R_s=\sqrt{R_f R_w}$ は断面の等価幅厚比パラメータであり、各断面とも AISC LRFD で規定するコンパクト断面 ($R_f=0.813$, $R_w=0.808$; $R_s=0.704$) をほぼ満足する。スパン長は、各シリーズで $L=1.5, 2, 2.5, 3$ m の4種類に変化させた。

3. 実験方法

実験装置は文献(1)で用いたベアリング支承と水平移動型ジャッキを使用した。載荷実験は図-2のように両端単純支持はりのもとでスパン中央断面の上フランジ面上に鉛直集中荷重を作用させて行った。スパン中央断面の鉛直と水平たわみ、腹板のたわみ、圧縮フランジのひずみを測定した。又、支点上の沈下とはり端の腹板高さの中央に水平に取り付けたアングル材を用いて支点から外側に800mm離れた点の鉛直たわみも測定し、両支点上の回転角を求めた。

4. 実験結果

(1) 材料性質と初期変形

実験に用いた鋼板のJIS 5号試験から得られた引張試験結果を表-1に示す。フランジ(公称板厚 $t=8$ mm)は4本、及びウェブ($t=3.2$ mm)は9本の結果による平均値である。部材の初期変形はウェブのたわみ δ_w 、上フランジの幅方向と長手方向の鉛直たわみ δ_a , δ_f 及び上下フランジの水平曲がり測定した。各部材の最大初期たわみを用いて整

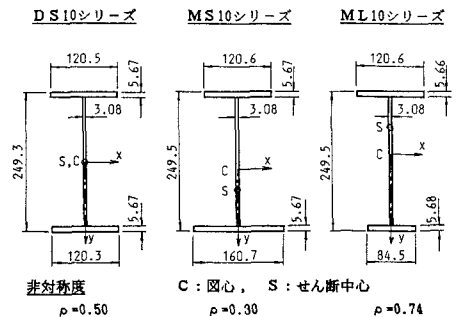


図-1 断面形と実測断面寸法

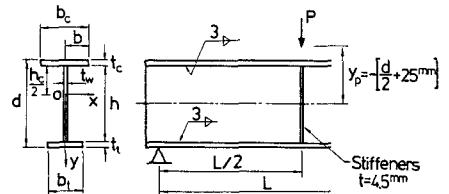


図-2 支持条件と載荷形式

表-1 引張試験結果

鋼板 公称板厚	降伏点応力 σ_y (kgf/cm ²)	引張強さ σ_u (kgf/cm ²)	ヤング係数 E (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν	伸び ΔL (%)
フランジ $t=8$ mm	2874	3886	2.08×10^6	0.290	30
ウェブ $t=3.2$ mm	2978	3863	2.16×10^6	0.287	32

理した統計結果を表-2に示す。上フランジの直角度と平面度は、部材長の中央、すなわち、鉛直スチフナーの取り付け点で最も悪かった。初期変形量は上フランジの直角度以外は、わが国の道路橋示方書による製作精度の許容値をすべて満足している。

(2) 荷重-変形特性

図-3は圧縮フランジ大の非対称断面(ML10 シリーズ)のスパン中央断面で測定した鉛直たわみ v_t 、ならびに上下フランジの水平たわみ u_c, u_t から算出したねじれ角 $\phi=(u_c-u_t)/d$ をそれぞれプロットしたものである。鉛直たわみは一点鉛線で示すせん断力の影響を考慮した弾性計算値と小さい荷重では良く一致している。

(3) 耐荷力特性

縦軸に最大荷重 P_u 、横軸に弱軸まわりの細長比 L/r_y をとって耐荷力が及ぼす非対称性の影響を調べると、図-4のようになる。対称断面($\rho=0.5$)よりも圧縮フランジ大の断面($\rho=0.74$)が大きく、圧縮フランジ小の断面($\rho=0.3$)が小さい傾向にある。図-5は曲げ耐荷力を全塑性モーメント M_p ベースの無次元座標軸で整理したものであり、本実験値と文献2)の対称断面の結果がプロットしてある。図中には式(1)による強度曲線が与えてある。

$$\frac{M_u}{M_p} = 1 / \{ Y + \sqrt{Y^2 - \bar{\lambda}_b^2} \} \leq 1 \dots (1)$$

ここに、 $Y = 0.5 \{ 1 + \alpha (\bar{\lambda}_b - \bar{\lambda}_{b0}) + \bar{\lambda}_b^2 \}$

α = 初期不整係数, $\bar{\lambda}_b = \sqrt{M_p/M_e}$,

$\bar{\lambda}_{b0} = M_p$ に到達する限界細長比,

M_e = 弾性横ねじれ座屈モーメント。

この図から、非弾性域での実験値は $\bar{\lambda}_{b0}=0.4$ で $\alpha=0.25$ の曲線に沿って変動している。そして、図-4でみられたような断面形の相違による顕著な差は認められない。

5. あとがき

現在、ノンコンパクト断面に対する同様な実験を実施中である。本研究に際し、鋼材の提供を頂いた住友金属工業(株)、及び供試体の製作でご協力を頂いた瀧上工業(株)に厚く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 久保・福本: 鋼圧延I形はりの横ねじれ座屈強度に及ぼす曲げモーメント分布の影響, 土木学会論文集 第368号/I-5, 1986-4.
- 2) Fukumoto, Y. and Itoh, Y.: Statistical Study of Experiments on Welded Beams, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.107, No.ST1, 1981.

表-2 初期変形の実測値

測定値	ウェブ	上フランジ			
		平面度 h / δ _w	直角度 b _c / δ _s	平面度 ^b l _s / δ _f	曲り L / δ _u
データ数 N = 12					
平均値 m	579	131	575	1768	
標準偏差 s	225	71	214	340	
変動係数 v	0.39	0.54	0.37	0.19	
許容値 ^a	250	200	150	1000	

a) 道路橋示方書, b) $l_s = 330 \text{ mm}$

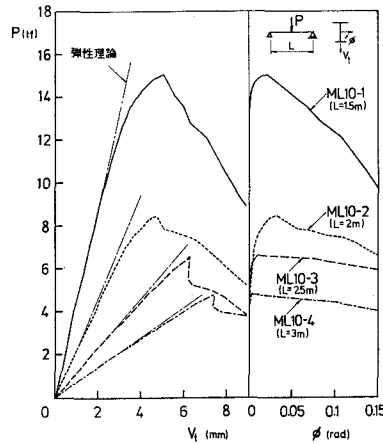


図-3 荷重-変形曲線

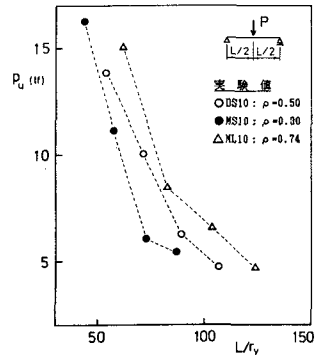


図-4 最大荷重

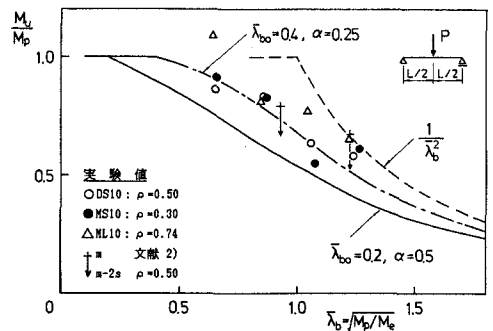


図-5 無次元耐荷力