

愛知工業大学 正員 青木 徹 考  
名古屋大学 正員 福本 秀 士

## 1. 序 言

鋼柱の中心軸座屈強度は鋼構造部材耐力の最も基本的なものであり、従来から多くの研究がなされている。ヨーロッパ鋼構造連合 (ECCS) では柱強度の統計的特性を設計式に反映させるために過去に多数の座屈実験を行った。しかしながら、全データの約半数はフランジ幅がウェブ高さの約1/2の反逆I形断面に対するものであり、他の断面形についてのデータは充分な数とは言えない。溶接H形断面柱に対する ECCS データは細長比90の柱22体のみで、しかもその耐力は他の断面形部材に比べ幾分低いところに位置している。一方、我国で過去に行なわれた統計的実験の溶接柱供試体<sup>1)</sup>は断面寸法が比較的小さく (幅×高さ = 100×100 mm)、また、フランジ部における圧縮残留応力量も大きかったために座屈耐力の低下が顕著に現われている。溶接H形柱が実構造物中でもよく使用されることを考えると、より信頼度の高い設計式を定めるために、さらに多くの実験データが要求されるところである。本研究は幅×高さ = 200×200 mm の溶接H形柱の中心軸座屈実験 30 体に対する実験結果をまとめたものである。

## 2. 実験内容、および結果

(1) 実験計画 供試体は材質を SM50A とし、フランジ厚 10 mm、ウェブ厚 8 mm の溶接H形断面とする。断面諸元 (公称値) を Fig. 1 に示す。おもな実験、および測定の種類は 1) 残留応力の測定、2)

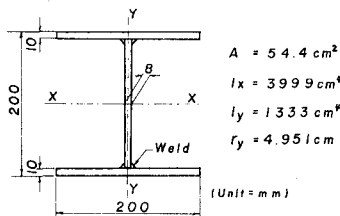


Table 1 実験計画

| 実験の種類   | 長さ(mm)                   | 本数 |
|---------|--------------------------|----|
| 短柱実験    | 986                      | 30 |
| 残留応力の測定 | 986                      | 30 |
| 中心軸座屈実験 | $\lambda/\lambda_0 = 40$ | 10 |
|         | 70                       | 10 |
|         | 100                      | 10 |

初期たわみの測定、3) 短柱実験、および 4) 中心軸座屈実験である。各試験体の長さ、および本数を Table 1 に示す。これらの供試体は長さ約 8.9 m の原柱 30 本に不規則に割付け、切出したものである。

(2) 残留応力の測定 測定用供試体の中央部のフランジ、およびウェブ表面上に  $\phi 1.4 \text{ mm}$  鋼球を打込み、機械的切断法によって残留応力の解放を行った。測定には標点間 10 mm のコンタクトゲージを用いた。

残留応力の測定例を Fig. 2 に示す。他の測定結果もこの図とほぼ同様である。本溶接H形断面部材の残留応力分布の特徴はフランジ端部に酸素溶断 (Oxygen-Cut) の影響による引張り残留応力が生じていることである。これはフランジを機械的切断して製作した溶接H形部材の残留応力分布形<sup>1)</sup> (Fig. 3 参照) とは明らかに異なるものであり、フランジ端部の圧縮残留応力分布幅の減少は、特に弱軸回転支持座屈柱の耐力に大きな影響を及ぼすものと思われる。

(3) 初期たわみの測定 柱の 8 等分点に 1/100 mm 精度 Dial Gage をあて、初期値を読取り、つぎに柱を半回転させて読取りを行い、両者の差の 1/2 を柱端で 0 となるよう補正すれば初期たわみ量が求められる。弱軸方向の測定値に対し、次式に示す 3 項からなるフーリエ級数近似を行い、係数  $a_1, a_2, a_3$  の値を最小自乗法により求めた。

$y_i = a_1 \sin(\pi x_i / l) + a_2 \sin(2\pi x_i / l) + a_3 \sin(3\pi x_i / l)$  (i = 測定番号 1~9, l = 柱長)  
上式による最大値  $f_{max}$  を求め、 $a_1, a_2, a_3$  の値とともに図示すると Fig. 4 が得られた。

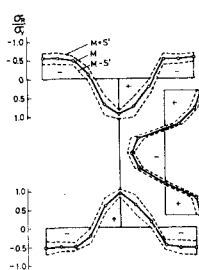
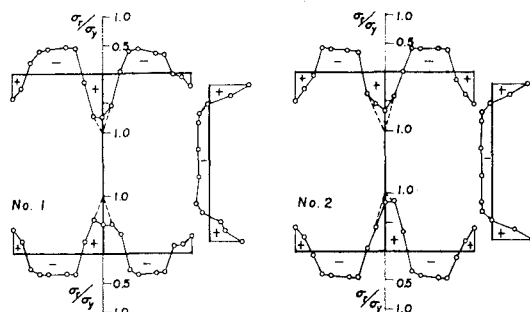


Fig. 3 (100×100 mm)  
(文献 1) より引用)

各細長比とも柱20本の平均値を示している。図より明らかなように本供試体の初期たわみの平均値は1万分1程度の小さな値であった。しかし変動係数の値は65~74%と大きい。図中  $f_{0.2}$  の記号で示したのは柱長の1/2点における式(1)によるたわみを示しており、 $l/r=100$  の柱では  $f_{max}$  に対し、約22%低い値となっている。

(4) 短柱実験 細長比20相当の長さ(986mm)の柱30体を上下端で平押し、柱の断面平均的応力-ひずみ関係を求める。ひずみは柱中央部で2枚のフランジ表面上に塑性ひずみゲージを貼り、また、1/1000 mm 精度 Dial Gage を取付けた変位計により測定した。実験結果を Fig. 5 に図示する。

他の供試体についても類似の結果が得られている。0.6~0.70 $\gamma$  附近に比例限が現われており、その後、ほぼ直線的に応力-ひずみ関係が変化する。これは前述の残留応力分布形とも符合する結果となっている。実験より得られた降伏応力の平均値は  $\bar{\sigma}_y = 3868 \text{ kg/cm}^2$  ( $V=1.37\%$ )、ヤング係数の平均値は  $\bar{E} = 2.13 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  ( $V=1.60\%$ )、( $V$ =変動係数)であった。

(5) 中心軸座屈実験 実験柱は両端弱軸方向の回転支持とし、柱端の断面中心を支持器の回転中心に一致させる「材端中心軸載荷」とした。これにより柱の耐力には初期たわみの影響が積極的に取り入れられることになる。支持器の回転部には市販の内外輪付ローラーベアリングの円周方向1/3分割部分が固定されており、回転摩擦抵抗は充分小さいものである。

実験結果のうち最大荷重の平均値  $M$ 、標準標準偏差  $S$ 、変動係数  $V$  の各値を Table 2 に示す。これら3つの値は短柱実験による降伏荷重の平均値で無次元化してある。Fig. 6 に本実験結果を  $M \pm 2S$  で示した。同図にはまた ECC 5 実験結果 (E 印各8本、e 印各3本)、および我国で行なわれた 100x100 mm 溶接 H 形柱

の実験結果 (各細長比30本、一部63本) が合わせ記入されている。後者の柱のフランジは Shear Cut されており、Fig. 3 に示す残留応力分布を有している。この柱の最大耐力は本実験結果に比べかなり低下していることが Fig. 6 よりわかる。図中に実線で示したのは ECC 5 柱曲線 (No. 3) と同位置にある道路橋設計示方書 (JHA) の基本耐力曲線であり、また、破線で示した2本の曲線は溶接 H 形柱のフランジが酸素溶断 (Oxygen-Cut) されている場合

と圧延板 (Universal mill) を用いた場合の弱軸まわりの座屈耐力の計算値 (初期たわみ  $l/1000$ ) を示しており、両者の差は最大約22%生じている。これらはそれぞれ前記2つの実験結果に対応している。

同じ溶接 H 形部材でもこのようなフランジ板の製作方法によって座屈耐力に大きな差が現われることに注意する必要がある。

参考文献 1) 青木、福本: "溶接 H 形柱の座屈強度分布について", 土木学会論文報告集 No. 222, 1974. 2月

2) Structural Stability Research Council, "Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures", 3rd Edition, & Sons

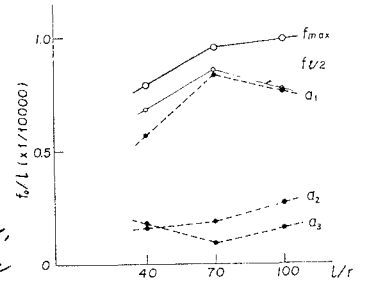


Fig. 4 初期たわみとモーメント係数

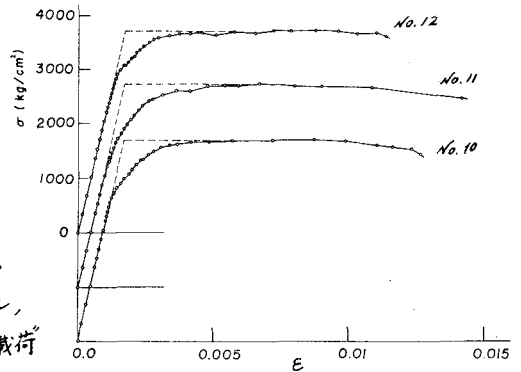


Fig. 5 短柱実験による耐力(σ)-ひずみ(ε)関係

| $l/r$   | Stub  | 40    | 70    | 100   |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| $M$     | 1.0   | 0.851 | 0.704 | 0.496 |
| $S$     | 0.012 | 0.011 | 0.031 | 0.014 |
| $V(\%)$ | 1.2   | 1.4   | 4.5   | 2.9   |

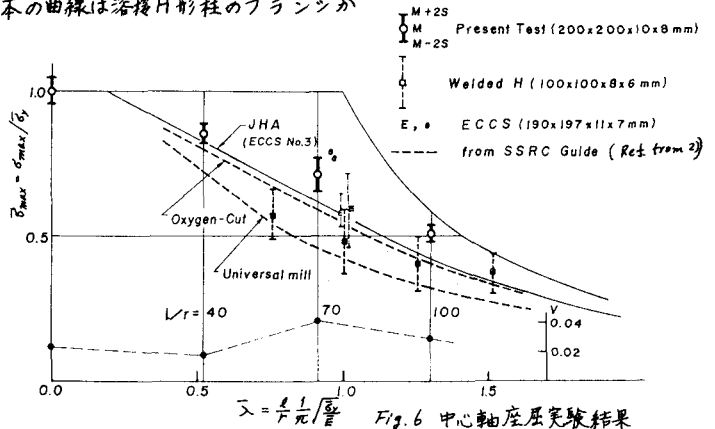


Fig. 6 中心軸座屈実験結果