

名古屋大学 正員 ○ 青木 徹 彦
 名古屋大学 正員 橋本 晴 士

1. はじめに 柱の座屈強度に関する知識は他の座屈部材設計の基礎としても用いられ、従来から多くの研究がなされてきているが、そのばらつきの基本的性質については未だ不明確な点が多いようである。近年、構造物の安全性についての多方面での研究と相まって、鋼柱座屈強度の統計的研究も各国で行なわれている。本研究は溶接組立てされたH形鋼柱を対象とし、残留応力と初期たわみを有する柱の座屈強度のばらつきについて、その基本的性質を明らかにしようとするもので、断面内の残留応力分布と初期たわみを簡単な形状に仮定し、数値計算モデルにより、座屈荷重分布の様子を調べる。結果はすでに行なわれた座屈実験結果と比較、検討される。

2. 解析モデル ここで用いた数値解析モデルは座屈荷重のばらつきとそれに及ぼす主な要因としての初期たわみと残留応力との間の関係について、基本的性質を明らかにしようとするもので、各要因について、それぞれ一つのパラメーターにより制御できるような最も簡単なモデルとした。このような単純なモデルを用いれば座屈荷重推定の精度が幾分犠牲になるかわりに、ばらつきの全体的性質を手短かに知ることができようであろう。以下にこのモデルの要点を記す。

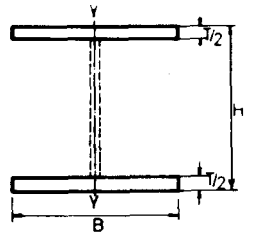


Fig. 1 IDEALIZED CROSS SECTION

- (1) 柱の原断面はH形であるが、これを2枚のフランジだけから成るサンドウィッチ構造におきかえる。(Fig. 1)。
- (2) フランジ内の残留応力分布は Fig. 2 のような矩形分布とし、引張り残留応力の大きさは常に降伏応力に等しくとする。また圧縮残留応力の大きさは σ_y とおき、 γ の値を変化させ断面内で残留応力が自己つりあいを保つように圧縮残留応力のひろがり定める。
- (3) 柱のたわみ曲線は荷重つりあひ状態でも、初期たわみ状態でも、 \sin 半波形とし、柱の両端はピン支持と考える。(Fig. 3)。

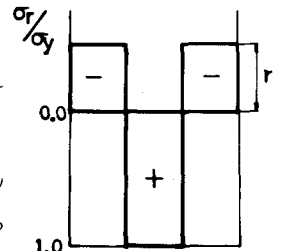


Fig. 2 IDEALIZED RESIDUAL STRESS DISTRIBUTION

3. 計算例 数値解析には、すでに行なわれた座屈実験¹⁾の供試体寸法(断面 $100 \times 100 \times 8 \times 6 \text{ mm}$)の値に近似するものを用い、Fig. 1 の記号 $B = 100 \text{ mm}$, $T = 16 \text{ mm}$, $H = 100 \text{ mm}$, $l/r = 60, 80, 100, \text{ および } 120$ の各細長比に対し、強軸、弱軸まわりについての計算を行なった。また γ の値を 0.05 きざみに 20 通り、初期たわみ f_0/l の値を 0.002 まで適当な間隔で 20 通りかえて P_{max} の値を求めた。なお材料常数として $E = 2.123 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_y = 3070 \text{ kg/cm}^2$ の値を使用した。

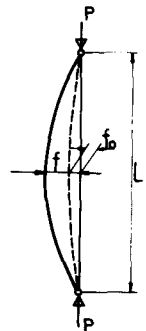


FIG. 3

Fig. 5 は $l/r = 100$, 弱軸まわりの柱について P_{max}/P_y を求めた結果で、横軸には f_0/l , 斜軸には γ の値をとっている。同図からわかるように、

f_0/l と γ によってつくられる P_{max} 曲面は f_0/l の値が 0 から大きくなるに従って、ほぼ平面に近くなって来る。

4. 座圧荷重のばらつき の推定

P_{max} について Fig. 5 のような関係が各細長比について求められていけば f_0 と γ の値を実験から求めて、最高荷重とそのばらつきを推定することができる。

溶接H形柱についてすでに行われた測定結果のうち短柱実験結果を Fig. 4 に示す。同図は縦軸に $\sigma/\bar{\sigma}_y$ を、横軸に E_t/E をとっている。ここに $\bar{\sigma}_y$ は降伏応力の平均値、 E はヤング係数の平均値。同図中、原点から放射状に引いた直線は、一定の細長比について、その直線と $\sigma-E_t$ 曲線との交点が座圧荷重を与えるという関係がある(詳細は文献2)参照)。数値計算に用いる γ の値は各細長比ごとに、Fig. 4 のヒストグラムから $(1.0 - \sigma/\bar{\sigma}_y)$ の値を計算して求めた。

初期たわみ f_0/l の値は同じシリーズの測定結果から最大たわみを求め、Fig. 6 (a) に示すヒストグラムを得た。Fig. 6 (a), (b) は f_0/l と γ のばらつきがおのおの単独に変化するとき、座圧荷重がどのくらいにばらつくかを示したもので、 $f_0/l = 0.003$ 、 $\gamma = 0.5$ はそれぞれ測定値の平均的な値である。この場合、 γ による P_{max} のばらつきは f_0/l によるものの約 2.5 倍大きい。

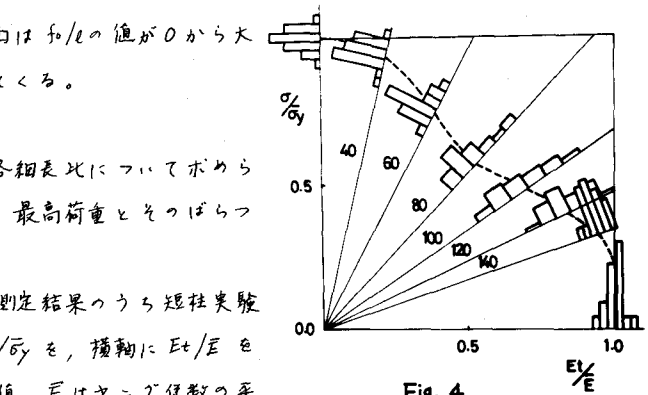


Fig. 4

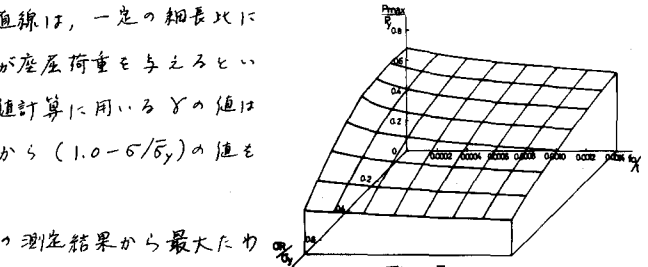


Fig. 5

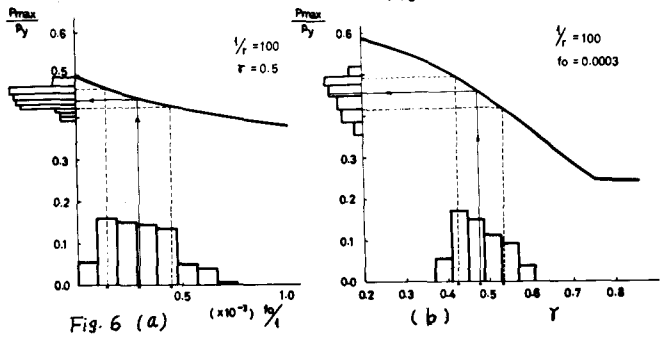


Fig. 6 (a)

(b)

Fig. 7 は細長比 60, 80, 100, それに 120 に対する座圧荷重とそのばらつきについての数値計算結果である。ヒストグラムの下方に示めた実線は変動係数を表わしている。図中の点線は前述の座圧実験結果である。同図から l/r が小さくなるに従ってモデルによる座圧荷重が上方にあるが、 $l/r = 100$ 附近では両者の間により一致がみられることがわかる。一方座圧荷重のばらつきを示す変動係数曲線は両者の間に著しい一致がみられる。

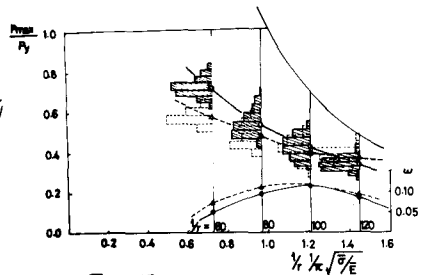


Fig. 7

5. おわりに

初期たわみと残留応力を有する溶接H形鋼柱の座圧耐力を求めらるるのに、個々の要因がそれぞれ一つ一つのパラメーターで定まるような簡単なモデルを用いた。モデルによる座圧荷重の値が l/r が小さい範囲で実験値をえきわたったのはおのづかしの仮定とモデルの近似性によるものと思われる。しかし、このような簡単なモデルによっても座圧荷重のばらつきについては高い精度で実験値を推定できることがわかった。この分野の研究の発展のためには f_0 と γ 等の実験データが必要となる。

- 1) 青木 福本, "鋼柱座圧強度の統計的解析" 土木学会年次講演会 5.47, 1.70 P185
- 2) 青木 福本, "鋼柱座圧強度のばらつきに及ぼす残留応力分布の影響について," No. 201, 1972. 5.