

名城大学 正 員 久保 全弘

名城大学 学生員 ○ 小川春由樹

1. まえがき

鋼薄肉部材の終局強度と変形能力は、部材全体座屈と断面を構成する板の局部座屈によって支配される。一般に、鋼部材は幅厚比が異なる板要素の集成断面であり、隣接する板要素の相互作用を考慮した局部座屈強度の評価が必要である。このような薄肉断面部材の設計には、有効幅理論に基づく終局強度の評価法が通常適用される。本報告では、純圧縮を受ける鋼H形及び箱形断面の局部座屈によって決まる終局強度の簡単な評価法について述べる。

2. 部材断面の等価幅厚比と座屈係数

断面を構成する板要素の単一板としての弾性座屈応力 σ_{cr} は、次式で与えられる。

$$\sigma_{cr} / \sigma_y = 1 / R^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 R は幅厚比パラメータであり、図-1 に示すフランジと腹板で構成される断面では、

$$R_f = \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_f}} \sqrt{\frac{\sigma_{yf}}{E}}; \quad R_w = \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_w}} \sqrt{\frac{\sigma_{yw}}{E}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

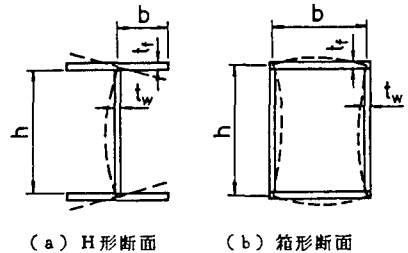


図-1 断面寸法と局部座屈変形

式(2)において、座屈係数は板要素の接合辺を単純支持と考えるとH形断面では $k_f = 0.43$ 、 $k_w = 4$ 、箱形断面では $k_f = k_w = 4$ を用いる。部材断面の局部座屈強度を評価するための等価幅厚比パラメータとして、これまでに次の2つの方法が提案されてきた。

1) 板要素間の後座屈強度の相違を考慮した等価座屈係数を用いる方法¹⁾

2) 座屈変形時の隣接板による回転拘束を考慮した等価座屈係数を用いる方法^{2), 3), 4)}

本研究では、断面の等価幅厚比として式(2)で表す2つの値を相乗平均した次式を簡便的に用いる。

$$R_s = \sqrt{R_f R_w} \quad \dots\dots\dots (3)$$

この場合の等価座屈係数は、 $\sigma_{yf} = \sigma_{yw}$ において式(1)から求めると、

$$\text{フランジを基準にした場合} \quad k_{fw} = \sqrt{k_f k_w} \alpha \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{腹板を基準にした場合} \quad k_{wf} = \sqrt{k_f k_w} / \alpha \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $\alpha = b t_w / (h t_f)$ 、 $\sqrt{k_f k_w}$ は純圧縮のH形断面では 1.311、箱形断面では 4 で与えられる。

次に、板要素の接合辺での固定支持条件 (H形断面; $k_{fw} = 1.28$ 、 $k_{wf} = 6.97$ 、箱形断面; $k_{fw} = k_{wf} = 6.97$) を考えると、式(3)の適用範囲は

$$\text{H形断面に対し} \quad 0.188 \leq \alpha \leq 0.978 \quad \dots\dots (6)$$

$$\text{箱形断面に対し} \quad 0.574 \leq \alpha \leq 1.742 \quad \dots\dots (7)$$

となる。したがって、式(6)、(7)の適用範囲を超えた場合は、上記の接合辺固定支持の k_{fw} 値を用いてフランジの R_f で表す。又、下まわる場合は、接合辺固定支持の k_{wf} 値を用いて R_w で表す。

フランジを基準にした場合の等価座屈係数 k_{fw} 値をH形と箱形断面について式(4)から求めると図-2、3のようになる。H形断面(図-2)では、Bleich²⁾、山尾・崎元³⁾の算定式と比較してあるが、 $b/h \leq 0.5$ の範囲において式(4)でほぼ

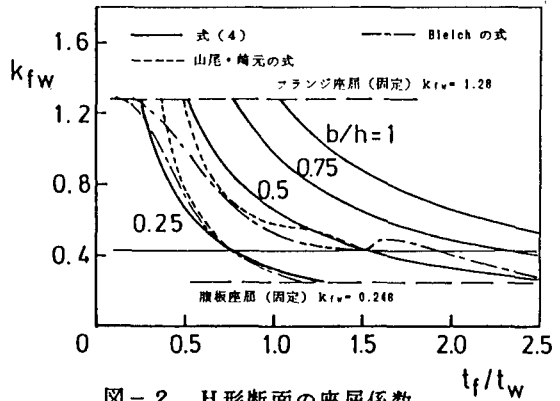


図-2 H形断面の座屈係数

近似できる。箱形断面(図-3)では Bleich²⁾、中井・北田⁴⁾の算定式と比較すると $b/h \leq 1.0$ の範囲にて式(4)で近似できる。又、宇佐美¹⁾の式は $b/h \geq 1$ で $t_f/t_w=1$ の場合に適用できるが、 $b/h < 1.8$ では式(4)との差は5%以内である。このように、実用部材断面寸法の範囲では式(4)の等価座屈係数を利用できることがわかる。

3. 部材断面の極限圧縮強度

既往文献から収集した溶接H形及び箱形断面短柱の実験結果を用いて、式(2)の適用性と部材断面強度の評価式を検討した。実験データの整理ではヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ の一定値を用いた。

図-4はH形断面短柱の最大強度 $Q = \sigma_u / \sigma_y$ を等価幅厚比パラメータ R_s でプロットしたものである。ここに、 σ_y はフランジと腹板の降伏点応力 σ_{yf} 、 σ_{yw} の断面積による加重平均値である。鋼種別(SS41、SM50、SM58)にN=91個のデータを分類してあるが、鋼種を問わず、しかも断面内で幅厚比の異なる実験値をよく整理できることがわかる。図から、H形断面強度の平均値曲線として次式が提案できる。

$$Q = 1 / (R_s + 0.2) \leq 1.0 \quad \cdots (8)$$

なお、実験値との適合性は、 $R_s \geq 0.8$ で平均値1.028(標準偏差0.078)である。

同様に、箱形断面短柱の最大強度 Q を整理した結果が図-5である。図中には正方形(N=87)、長方形(N=18)及び補剛材付き(N=28; 補剛材剛比 $\gamma / \gamma^* = 0.57 \sim 4.48$)断面の実験値がまとめてプロットしてあるが、いずれの断面でも R_s で表現できる。この図から、箱形断面強度の平均値曲線を求めると次式になる。

$$Q = 1 / (R_s + 0.4) \leq 1.0 \quad \cdots (9)$$

ここに、実験値との適合性は、 $R_s \geq 0.8$ で平均値1.024(標準偏差0.104)である。

4. あとがき

本研究で用いた簡単な等価幅厚比パラメータでも部材断面強度を比較的精度よく表現できることから、局部座屈を伴う長柱の極限強度の評価法における強度低減係数 Q として利用できると思われる。

参考文献

- 1) 宇佐美・福本・青木：溶接箱形断面柱の局部座屈と全体座屈の連成強度に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No. 308，1981。
- 2) Bleich, F.: Buckling Strength of Metal Structures, McGraw-Hill, 1952。
- 3) 山尾・崎元：薄肉H形短柱の耐荷力挙動に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No. 308 / I-7, 1987。
- 4) 中井・北田・酒造：圧縮を受ける薄肉箱形短柱の終局強度特性と終局強度算定法に関する研究，構造工学論文集，Vol. 31A，1985。

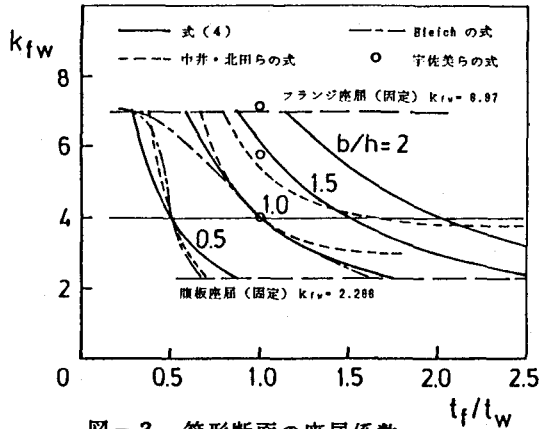


図-3 箱形断面の座屈係数

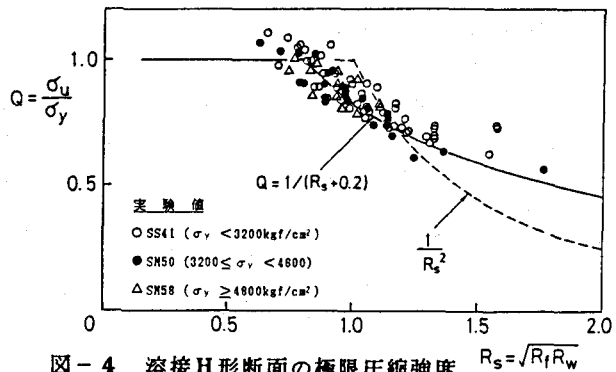


図-4 溶接H形断面の極限圧縮強度

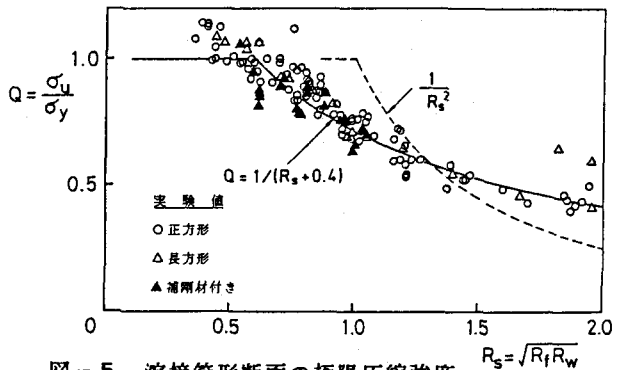


図-5 溶接箱形断面の極限圧縮強度