

I-49

鋼薄肉断面柱の極限強度の一評価法

名城大学大学院 学生員 ○ 小川春由樹
名城大学 正 員 久保 全弘

1. まえがき

薄肉断面鋼柱の極限強度は、断面の局部座屈と部材全体座屈によって支配される。この種の部材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。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。

本研究は、純圧縮を受ける鋼H形及び箱形部材の局部座屈によって決まる断面強度の簡単な評価法を提案し、既往の溶接薄肉鋼柱の実験データに基づいて極限強度を考察したものである。

2. 部材断面の等価幅厚比

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、

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

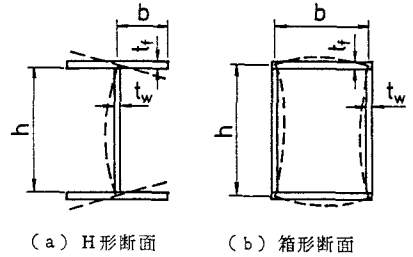


図-1 断面形と局部座屈変形

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、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（宇佐美ら）、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（Bleich、山尾・崎元、中井・北田ら）がこれまでに提案されてきた。

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、 $\alpha = bt_w / (ht_f)$ 、 $\sqrt{k_f k_w}$ 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。なお、フランジを基準にした場合の等価座屈係数 k_{fw} について式(4)と既往の算定式を比較した結果¹⁾、H形及び箱形とも実用部材断面寸法の範囲では大差ないことがわかった。

3. 部材の断面強度

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

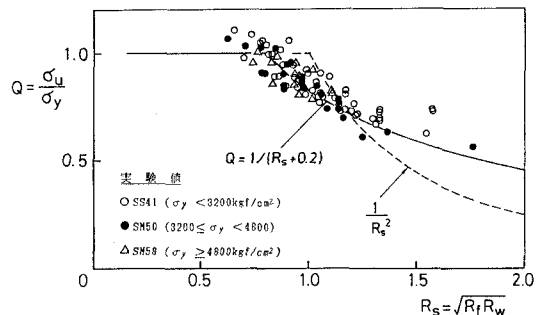


図-2 溶接H形断面短柱の極限強度

$E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ を用いた。

図-2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 で整理したものである。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まとめることができる。H形断面強度の平均値曲線として、次式が提案できる。

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

ここに、実験値との適合性は、 $R_s > 0.8$; $N=80$ 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-3である。正方形($N=100$)、長方形($N=23$)及び補剛材付き($N=26$; 補剛材剛比 $\gamma / \gamma^* = 0.57 \sim 4.48$) 断面の実験値がまとめて整理してあるが、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

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

ここに、実験値との適合性は、 $R_s \geq 0.6$; $N=126$ で平均値1.017(標準偏差0.097)である。

4. 部材の建成強度

既往文献から収集した溶接H形及び箱形断面長柱の実験結果に基づいて部材の建成強度を検討した。局部座屈を伴う全体座屈強度の評価には、断面強度の低減係数を用いる Q -factor 法を適用する。

図-4はH形断面長柱の実験データを式(8)の Q を用いて縦軸に $P_u / (Q P_y)$ 、横軸に修正細長比 $\lambda'_c = \sqrt{Q} \lambda_c$ をとって表した結果である。ここに、 $\lambda_c = 1 / \pi (L/r) \sqrt{\sigma_y / E}$ 。図中には、Eurocode 3の設計曲線(座屈曲線 c ; 初期不整係数 $\alpha=0.49$)が示してあるが、ほぼ実験強度の下限値を与えている。

同様に、箱形断面長柱の実験データを式(9)の Q を用いて整理した結果が図-5である。 $\lambda'_c < 0.5$ の実験値の一部を除けば $\alpha=0.49$ の曲線は下限値に適合している。又、平均値強度は両断面とも $\alpha=0.2$ 程度の曲線と与えられるようである。

5. 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鋼柱の断面強度を比較的精度よく表現でき、実験データからH形及び箱形断面に対する算定式を具体的に導くことができた。そして、 Q -factorを適用すれば部材の建成強度も評価できることを示した。

参考文献

- 1) 久保全弘・小川春由樹：鋼圧縮部材の局部座屈強度の簡単な評価法、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、1990年 3月。

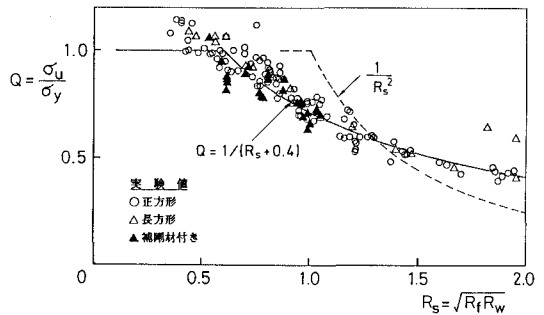


図-3 溶接箱形断面短柱の極限強度

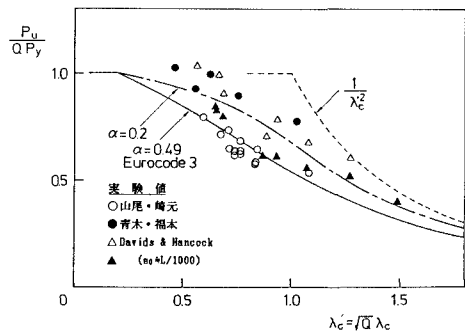


図-4 溶接H形断面長柱の建成強度

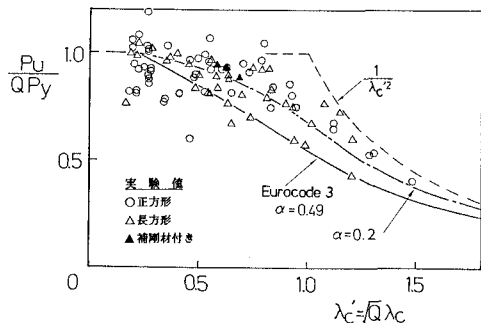


図-5 溶接箱形断面長柱の建成強度