

鋼 H 形断面柱の連成座屈強度に関する一考察

大阪大学工学部 正 員 西村宣男

大阪大学工学部 学生員 ○吉田信博

1. はじめに 現在、鋼構造の設計法が、許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しつつあり、極限強度の適正な評価法の確立と、設計法の合理化が重要な課題となっている。

H 形断面部材の弱軸まわりの座屈現象においては、局部座屈の発生による断面剛性の減少が箱形断面の場合より顕著であり、このことが連成座屈特性に与える影響を、明らかにすることが必要である。

これまで、連成座屈強度については、箱型断面や H 形断面において、理論的、実験的研究が成されているが、本研究では、連成座屈特性において断面形状の違いによる影響に注目して、局部座屈を生じる鋼薄肉 H 形断面柱の極限強度特性、ならびに挙動を骨組・板ブロックの結合モデルによる弾塑性有限変位解析プログラム¹⁾を用いて、明らかにするとともに、合理的な設計公式を提案する。

2. 局部座屈強度および柱強度 連成座屈強度を評価する際、局部座屈強度と柱強度が適正に評価されている必要がある。そこで本研究では、連成座屈解析に先立ち、短柱解析と骨組解析を行い、局部座屈強度と柱強度を評価することを試みた。

まず、短柱解析結果を図-1に示す。この図は、山尾ら²⁾が提案した、フランジとウェブの相互作用を考慮した幅厚比パラメータ R_{fw} と板強度との関係を示している。そこで、つぎのような式で板強度を精度よく評価することが出来ると考えた。

$$\frac{P_{fu}}{P_y} = (1 + (R_{fw} - 0.7))^{-1} \quad (1)$$

つぎに、骨組解析結果の1例を図-2および3に示す。大きな残留応力を用いて解析しているので、ECCS 曲線 C より低くなっている。そこで、ECCS 複数柱曲線の係数を解析結果と合うように、式(2)で表した。

ECCS 複数柱曲線

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \frac{1}{2\lambda^2} [1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2 - (1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2)^2 - 4\lambda^2]$$

$$\alpha = 1.25(2r/b) + 0.1 \quad (2)$$

ここに r : 断面回転半径, b : フランジ幅

3. 連成座屈強度 図-4に示すような、骨組要素と板要素を結合させたモデルを用い連成座屈解析を行った。結果の1例を図-2および3に示す。図-2はウェブが局部座屈するタイプを、図-3はフランジが局部座屈するタイプを示している。連成座屈特性として、定性的には箱形断面柱と同じだが、定量的には大きく異なり、ウェブ局部座屈タイプでは、

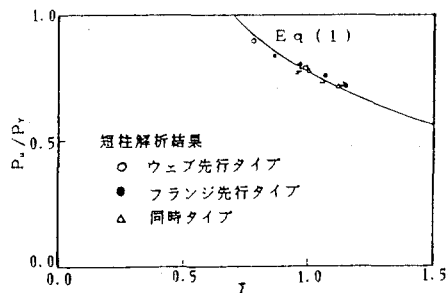


図-1 板強度と R_{fw} の関係

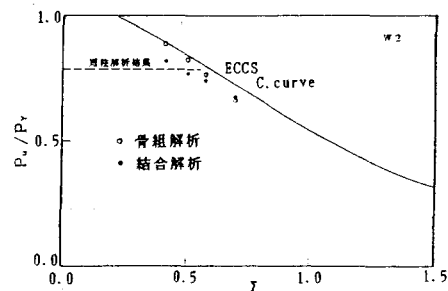


図-2 極限強度と λ の関係

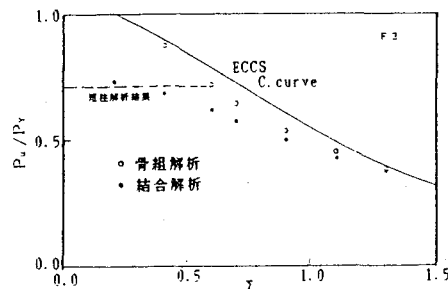


図-3 極限強度と λ の関係

低減はより小さく、フランジ局部座屈タイプでは、より大きく低減した。また、フランジとウェブがともに局部座屈するタイプは両者の中間に位置した。そこで、連成座屈強度を評価する式としては、西村ら¹⁾が箱形断面柱で提案した式を用い、低減係数 f における係数を、ウェブとフランジの幅厚比の関係を表す $(h_w t_f)/(b_f t_w)$ を変数とする式(4)で表した。

$$\frac{N}{N_v} = \frac{F - (F^2 - 4f\lambda^2)^{1/2}}{2\lambda^2} \quad (3)$$

ここに

$$F = 1 + \frac{(1-\kappa)(1-\kappa\lambda^2)}{\kappa} + f\lambda^2$$

$$\text{柱の基本強度} \quad N = \kappa N_v$$

$$f = \{1 + a(R_{rw} - 0.7)\alpha\}^{-1/\alpha} \quad R \geq 0.7$$

$$a = A\lambda + 1 \quad \alpha = C\lambda + 1$$

$$A = 0, \quad C = 0.25(h_w t_f / b_f t_w) + 0.25 \quad (4)$$

この提案式と解析結果との比較の1例を図-5に示す。 $\lambda = 1.0$ 以下ではよく対応しており、 1.0 以上では提案式はやや安全側の強度を与える。

4. 提案式と実験データとの比較

熊本大学で行われた実験データ²⁾との比較を図-6に示す。実験供試体の初期不整は、本研究で用いたものよりも、大小差があるので、提案式より強度が高い場合、低い場合があるが、ほぼ平均的な値を提案式は与えていると考えられる。

5. 現行設計基準との比較 図-7 は柱強度としてはECCS曲線Cを、板強度としては提案式(2)を使用した。したがって図による比較の対象は各設計基準の柱強度からの低減規定である。図-8 では板強度に、各設計基準の規定を使用して比較している。低減規定の比較ではAISC, SIAいずれも提案式より低減度合は大きく λ が 0.2 を越えた時点から低減する。またウェブ先行、フランジ先行の区別はない。図-8では、板強度を高く評価しているSIAは提案式より高い連成強度を与える。

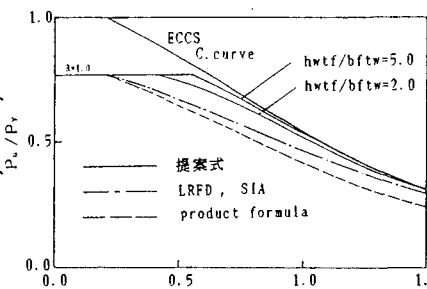


図-7 現行設計基準との比較 その1

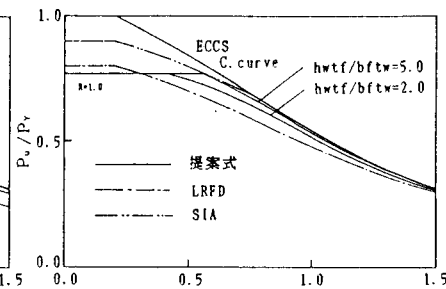


図-8 現行設計基準との比較 その2

参考文献

- 1) 西村宣男・小松定夫・西出俊亮・西村良司：局部座屈を考慮した鋼箱形断面柱の設計公式，構造工学論文集，Vol.33A，1987。
- 2) Yamao, T. and Sakimoto, T.: Nonlinear analysis of thin-walled structures by a coupled finite element method, 土木学会論文集，No.374/I-6，pp.57~66，1986。