

名古屋大学 学生員 小瀬古信博
愛知工業大学 正員 青木 徹彦
名古屋大学 正員 福本 晴士

1. はじめに

鋼構造物を構成する部材の断面形状のうち、閉断面形としては箱形断面、パイプ断面が代表的なものである。断面を構成する板要素の局部座屈と全体座屈、初期不整と構造安定との関連については、箱形とパイプ断面ではかなり異なる性状を示している。本研究は多角柱（4～10角形）の座屈安定についての検討を行ったもので、各種座屈モード、すなわち板要素座屈、シャイブ形（断面変形）座屈、オイラー（長柱）座屈と多角形形状との関連性を調べ、塔状構造物としての多角形断面柱の力学特性を明らかにし、設計のための基礎的資料を得ることを目的としている。

2. 解析法

多角形パイプを折板閉断面柱と看做し、有限帯板法により固有値解析を行う。各帯板要素の両端を単純支持として、変位関数を次のように仮定する。^{(2),(3)}

$$u = \sum_{m=1}^r \left[\left(1 - \frac{x}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right) \right] \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \sin \frac{m\pi y}{a} \quad \text{---- (1-a)}$$

$$v = \sum_{m=1}^r \left[\left(1 - \frac{x}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right) \right] \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{Bmatrix} \cos \frac{m\pi y}{a} \quad \text{---- (1-b)}$$

$$w = \sum_{m=1}^r \begin{Bmatrix} \left(1 - 3\frac{x^2}{b^2} + 2\frac{x^3}{b^3}\right) \\ \left(x - 2\frac{x^2}{b} + \frac{x^3}{b^2}\right) \\ \left(3\frac{x^2}{b^2} + 2\frac{x^3}{b^3}\right) \\ \left(-\frac{x^3}{b} + \frac{x^3}{b^2}\right) \end{Bmatrix}^T \begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \sin \frac{m\pi y}{a} \quad \text{---- (1-c)}$$

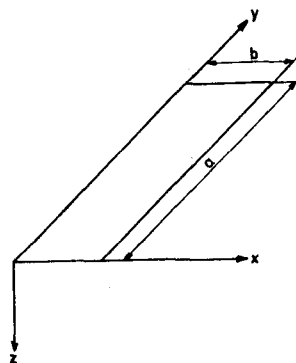


Fig. 1.

ここに m は長さ方向の座屈モードである。座屈変形による全ポテンシャルエネルギーの停留条件より、座屈方程式は次式のようなになる。

$$([K] + \lambda [K_G]) \{S\} = \{0\} \quad \text{---- (2)}$$

ここに $[K]$ は板曲げと平面応力とを重ね合わせた剛性マトリックス、 $[K_G]$ は幾何剛性マトリックスである。詳細は文献(2),(3)を参照。

3. 計算例

計算例は断面形として、4, 5, 6, 7, 8, 10角形の6通りについてそれぞれ柱の長さおよび構成板厚を変えた柱を対象とした。荷重は柱の両端で一様圧縮とした。断面積を等しくするために、どの多角形もその周長を等しく（40 cm）おいた。

4. 結果と考察

計算結果のいくつかを Fig. 2, 3, 4 に示す。Fig. 2 は板厚 $t = 0.50 \text{ cm}$ のときの断面形の違いによる座

屈強度の変化を示している。同図では4, 5, 6, 7角形までは構成板の局部座屈モードで座屈している。ところが8, 10角形では、 $L < 75 \text{ cm}$ では折線部が変位して、シェイブ(断面変形)の座屈挙動を示すという興味深い結果が得られた。Fig. 3. は Fig. 2. と断面寸法は等しく、板厚のみを 0.25 cm に減じた場合の結果である。同図では断面形変化の座屈モードは現れていない。これは板が薄くなつたために板の局部座屈が低い荷重で現われたためである。Fig. 4 は正八角形の板厚のみを $t = 0.25 \sim 0.50 \text{ cm}$ (断面積 $A = 10 \sim 20 \text{ cm}^2$) まで変えたときの座屈強度を示したものである。板厚が厚くなるにつれて、シェイブ形(断面変形)の座屈が顕著に現われている。

5. まとめ

以上の結果より、断面の辺数や板厚の変化によって、断面の座屈形は部材が長くなるにつれて板の局部座屈モードからパイプの座屈形に類似した3次、2次モードへと移行して全体座屈が現われることが明らかになった。今後は残留応力を考慮した非弾性解析が必要である。

参考文献

- (1) W. Flügge, Stress in Shells, Springer-Verlag (2) Y. K. Cheung, Finite Strip Method in Structural Analysis, Pergamon Press (3) 吉田博, H型鋼柱の局部座屈と曲げ座屈の座屈強度, 土木学会論文報告集 243号, 1975年, 11月

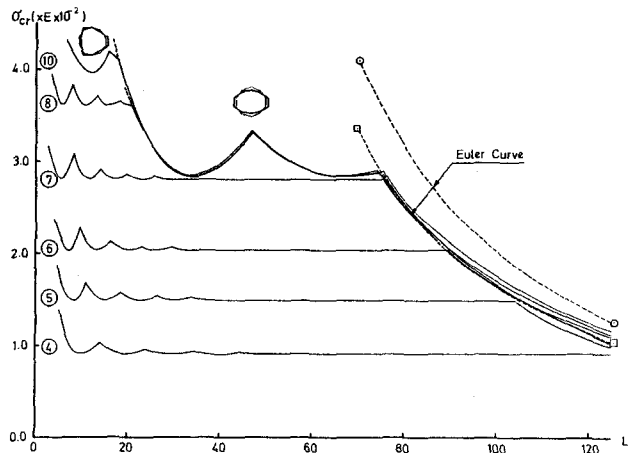


Fig. 2.

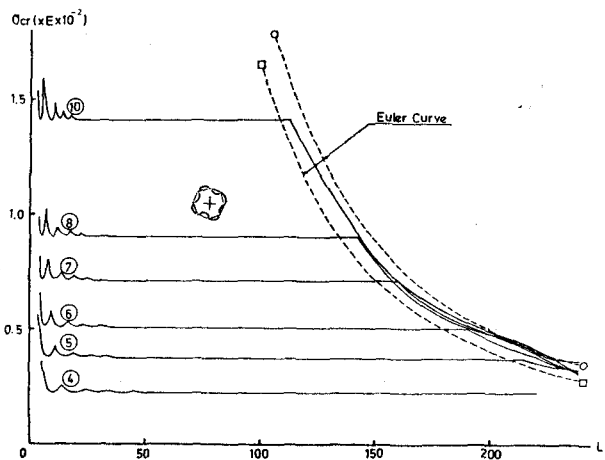


Fig. 3.

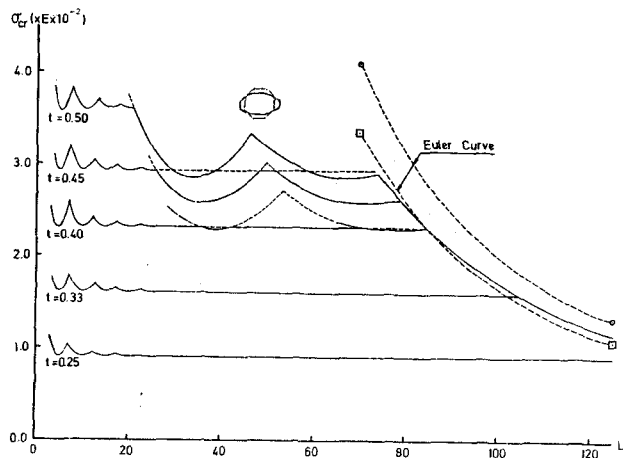


Fig. 4.