

不等辺 2 枚折れ板の座屈係数に関する考察

九州東海大学 工学部 学生会員 ○栗生 啓
正会員 右田 泰弘

1. はじめに

近年、土木構造物に対する価値観が多様化している。それに伴い鋼構造物に用いられる閉断面部材の断面形状も、R付き箱型断面、小判型断面など、従来の四角形断面や円形断面以外の断面形状が構造部材などに多く採用されるようになった。一方、四角形断面と円形断面の中間に位置する多角形断面も中小規模のものから大規模のものまで多く採用されるようになった。しかし、多角形断面部材の力学的挙動に関する検討は少なく特に不等辺多角形断面を有する部材についての研究は見当たらない。本報告では、不等辺多角形断面鋼柱の座屈係数に関する基礎データを得るため、周辺単純支持の 2 枚折れ板の座屈係数を解析的に求め、その算定式を提唱する。なお、解析には汎用構造解析アプリケーション NASTRAN¹⁾を用いる。

折れ板の座屈係数に影響を与える要素として境界条件、折れ曲げ内角、アスペクト比および板幅比が挙げられる。これら影響要素のうち折れ曲げ内角については吉田²⁾の研究があるので、ここでは折れ曲げ内角を 135° とし、周辺単純支持の 2 枚の折れ板について板幅比をパラメータとし座屈係数について考察を加えた。

2. 解析モデル

2 枚折れ板の形状を図 1 に示す。

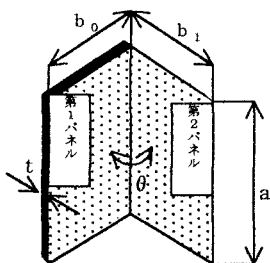


図1 解析モデル

寸法および材料定数を、板幅 $b_0=60.0(\text{cm})$ 、板厚 $t=1.0(\text{cm})$ 、折れ曲げ内角 $\theta=135^\circ$ 、ヤング係数 $E=2.1 \times 10^6(\text{Kgf/cm}^2)=205.8(\text{GPa})$ 、境界条件は周辺単純支持とした。要素分割数は 1 枚の板要素の解析結果と既往の結果との比較から 1 要素の表面積を板要素表面積の 1% とした。

3. アスペクト比に関する検討

等辺折れ板 ($b_1/b_0=1.0$) について座屈係数とアスペクト比 (a/b_0) との関係を求め図 2 に示した。

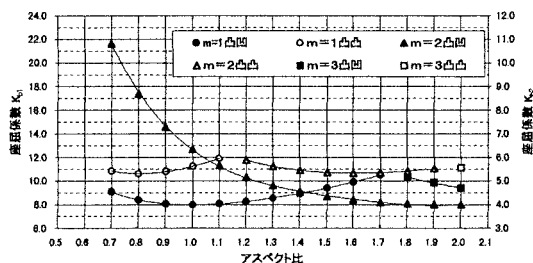


図2 2枚折れ板の座屈係数とアスペクト比との関係

図 2 において $m=a$ 凸凹 などの表示は、

a = 長手方向 sin 半波数
凸 = 第 1 パネル幅方向座屈モード
凹 = 第 2 パネル幅方向座屈モード

などである。

図 2 より第 1 パネルと第 2 パネルの幅方向の座屈モードが凸凹となる (以後凸凹モード) 場合、アスペクト比と座屈係数の関係は単純支持の単一板要素と同一である。これらの結果は、折り曲げ内角 $\theta=50^\circ \sim 170^\circ$ では板要素を単純支持の単一板要素と扱えるとする吉田¹⁾の研究結果と一致しており解析結果は十分な精度を有していると考えられる。図 3 には $m=1$ 凸凹モード、図 4 には $m=1$ 凸凸モードを示している。

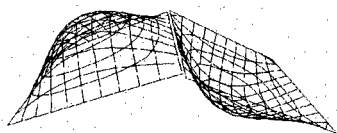


図3 凸凹座屈モード ($m=1$)

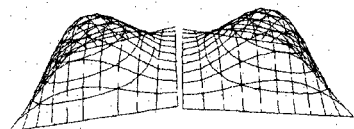


図4 凸凸座屈モード ($m=1$)

4. 板幅比に関する検討

折れ板の板幅比($\lambda = b_1/b_0$)をパラメータとし、座屈係数および変形形状を検討した。図5は折れ板の座屈係数と板幅比との関係を示したものである。アスペクト比は

$\lambda < 1.0$ のとき・・・ $a/b_0 = 1.8$

$\lambda = 1.0$ のとき・・・ $a/b_0 = 2.0$

$\lambda > 1.0$ のとき・・・第2パネルを基準板とした。

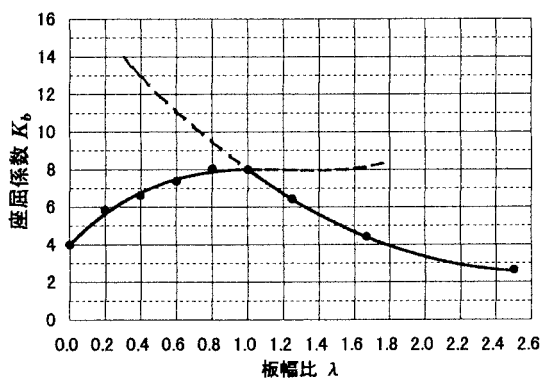


図5 座屈係数と板幅比の関係および近似曲線

図5より $\lambda=1.0$ を境界として板幅比に対する座屈係数の挙動が異なる。これらの解析結果から不等辺折れ板の座屈係数算定式として次の式(1)、(2)を得ることができる。これらの相関係数はそれぞれ0.999および1.00であるので、不等辺折れ板座屈係数算定式(4.1)、(4.2)は十分な精度を有する。

$$K_b = 1.80\lambda^3 - 7.40\lambda^2 + 9.60\lambda + 4.00 \quad (0.0 \leq \lambda \leq 1.0) \quad \dots (1)$$

$$K_b = -0.10\lambda^3 + 2.62\lambda^2 - 11.80\lambda + 17.27 \quad (1.0 \leq \lambda \leq 2.5) \quad \dots (2)$$

図6に板幅比 $\lambda=0.2$ の変形形状、図7に板幅比 $\lambda=0.8$ の変形形状を示す。図6、図7を比較すると、板幅比が大きい場合、第2パネルの座屈モードは顕著に現れる。

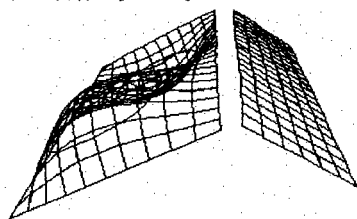


図6 折れ板の変形形状($\lambda=0.2$)

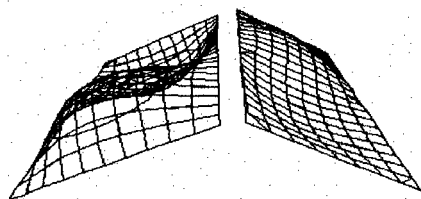


図7 折れ板の変形形状($\lambda=0.8$)

5. 結論

1. 等辺折れ板の座屈モードが凸凹の場合アスペクト比と座屈係数の関係は、単純支持の単一板要素と同一である。
2. 折れ板の板幅比に対する座屈係数の挙動は1.0を境界として異なる。
3. 式(1)、(2)の相関係数は1.0に近い値であり、不等辺折れ板の座屈係数算定式(1)、(2)は十分な精度を有する

参考文献

- 1) 日本エムエスシー株式会社：NASTRAN ユーザーマニュアル，1992年
- 2) 吉田宏一郎：帯板要素法による平板構造解析，日本造船学会論文集，第130号，P.P. 161～171，1971年2月。