

I - 21 折れ板構造における折り曲げ効果に関する研究

東北大学 学生員 ○猪村康弘
東北大学 正 員 倉西 茂

1. まえがき

折れ板構造とは、多角形平板要素が立体的に連続し、かつ、隣接する平板要素同士がある角度を以て結合されているものをいう。折れ板構造は、隣接する板要素が互いに影響しあい、面内外への変形作用が常に共存しているという特徴のために問題を複雑化しており、隣接板要素間の構造力学的相互作用は十分に解明されていない。ここでは図-1のような二枚の長方形板からなる構造に注目して、面内方向に単純圧縮を受けたとき、一方の板がもう一方の板の座屈強度に与える影響を近似的に解析し、板の形状、大きさ、交角の大きさ等に支配される折曲げ効果を評価する。そこで、座屈を防ぐ働きをする板を弾性拘束を与えるバネに置き換え、弾性バネの作用をうける板（A）の座屈問題と、境界に外力が作用する板（B）と弾性バネの等価性の問題の二つの観点に関して考察し、その相互作用について論じる。

2. 弾性バネ支持板の座屈強度

圧縮辺を含む三辺が単純支持、一辺が鉛直、回転方向のバネにより支持される板の、つり合い方程式を満たすたわみ関数を圧縮軸方向に m 個の正弦半波形と仮定する。 $Y = 0$, b_A における境界条件式を、たわみ、たわみ角に比例した反力が各断面力とつり合うとして得、これにたわみ関数を代入して得られるモード係数に関する同次連立方程式の係数行列式が、座屈時には 0 であることから座屈条件式が得られる^{1),2)}。

この座屈条件式を解いて求めた板Aの座屈係数と縦横比の関係を図-2に示す。ここで、 h_v, h_r は鉛直方向、回転方向のバネ定数であり、それぞれの値を変化させて計算した結果、回転バネよりも、鉛直バネの変化に対する影響の方が顕著に現われており、回転バネの効果は、鉛直バネがある程度の剛性をもち単独でも単純支持辺に近い座屈強度を有するときに初めて現れてくることがわかる。

3. 板のバネ作用

板Aが四辺単純支持条件に準じる座屈強度を確保する、という基準を考え、これを満たす板Bのバネ定数をその形状、交角の大きさをパラメータとして表現する。

前節の結果から、まず折れ板の稜線で曲げモーメントが生じないヒンジを仮定し、鉛直方向のバネのみを考える。非圧縮辺が一辺単純支持、一辺自由の境界をもち、自由辺に面外へ正弦半波形の外力をうける板Bのもつ面外方向バネ反力と、面内に対し梁柱としての剛性で評価する面内方向バネ反力の二成分の合力が鉛直バネによる反力であるとして、板Bの鉛直方向のバネ定数が外力とたわみとの比から求まる。

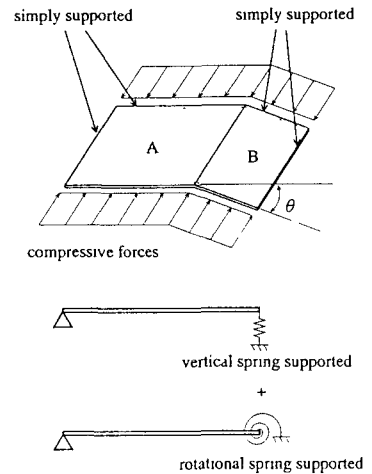


図-1 解析対象の概要

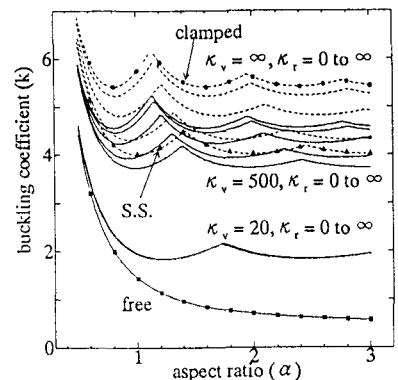


図-2 バネ支持板の座屈

次に板Aが単純支持条件に準じているならば、境界での鉛直方向変位は無視されるので、回転パネのパネ定数を、四辺単純支持条件の板の境界に面外曲げが作用するときの境界におけるモーメントとたわみ角との比から求める。図-3～図-5に、各パネ定数と、板Aと板Bの幅厚比の比との関係を示す。面外、回転方向のパネ定数は、パラメータとして幅厚比の比と縦横比に支配され、面内方向のパネ定数はそれ以外に板B自身の幅厚比に大きく影響されることが確認された。

4. 相互作用

以上の過程から得られた各パネ定数を前述の座屈条件式に代入して解き、板Bの拘束を境界で受ける板Aの座屈強度を求める。計算例として、縦横比 = 1.0，幅厚比 = 100 の座屈係数と、交角との関係を図-6に示す。

さらに、数値解析法の一つである有限帯板法³⁾を用いて一体構造として解いた座屈強度との比較を行った結果、交角が増すにつれて有限帯板法の解に漸近しており、ある角度以上では、十分な精度を有する解を得られた。

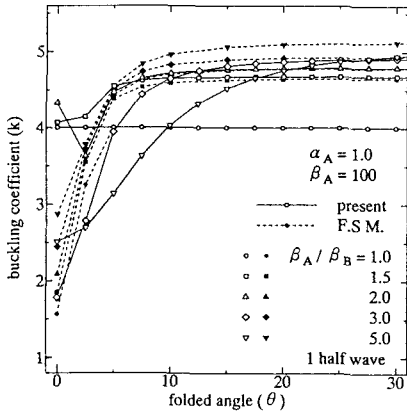


図-6 座屈係数 k と交角 θ の関係

5. まとめ

以上の近似的解析により、以下のような結論を得た。

- 境界が弾性パネにより支持されている平板の座屈強度を解析的に求め、任意の二方向のパネ定数に対する座屈係数を得ることができた。
- 二枚の板の座屈に対する作用を単独で考え、板Aが単純支持条件に準じる座屈強度を確保し得る板Bの形状、交角の大きさの適用範囲を決定する方法を提案した。
- 本解析による構造強度の評価が折曲げ効果を表現するモデルとして妥当なものであることを確認した。

参考文献

- 1) Timoshenko, S.P. and Gere, J.M.: *Theory of Elastic Stability*, second edition, McGraw-Hill, New York, 1961
- 2) 小堀 為雄, 吉田 博: 鋼構造設計理論, 森北出版, 1977.
- 3) 吉田 宏一郎: 帯板要素による平板構造の座屈解析, 日本造船学会論文集 第130号, pp161-171, 1971

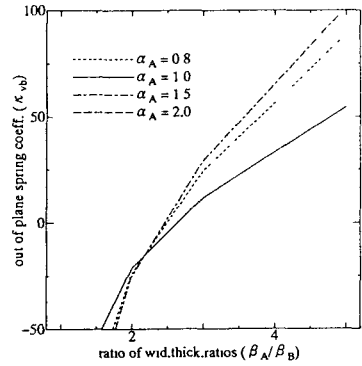


図-3 面外パネ定数

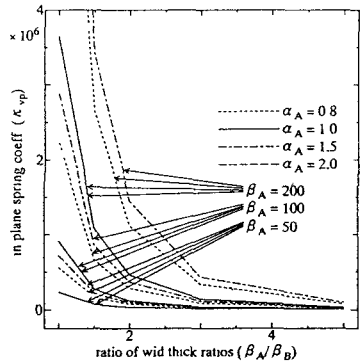


図-4 面内パネ定数

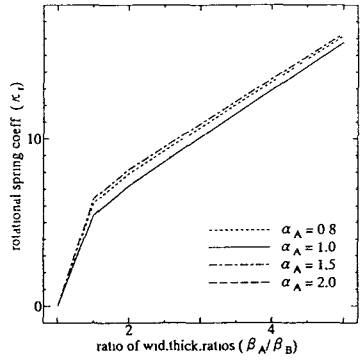


図-5 回転パネ定数