

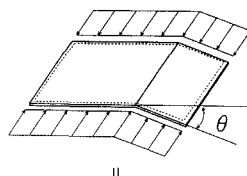
I - 34

折れ板構造における折り曲げ効果の影響について

N K K 正員 ○猪村康弘
 東北大学工学部 正員 倉西 茂
 東北大学工学部 正員 中沢正利

1. まえがき

折れ板構造は、平板に対し座屈強度が高く、将来土木構造物への適用が考えられる。しかし、隣接する板要素が互いに影響しあう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はいない。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、幅の広い方の板（メインパネル）の座屈を防ぐ働きをする、幅の狭い方の板（サブパネル）を、弾性拘束を与えるバネに置き換えたモデルを考え、弾性バネによる拘束をうけるメインパネルの座屈問題と、面内圧縮力を受けるサブパネルのバネ作用と弾性バネとの等価性の問題、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。



サブパネル = 鉛直, 回転バネ

図-1 解析対象

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。非圧縮辺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得られ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メインパネル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、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われてくることがわかる。

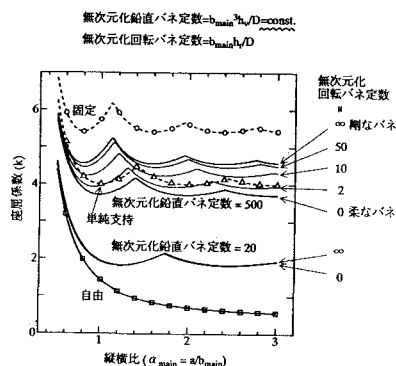


図-2 バネ支持板の座屈

3. 板のバネ作用

サブパネルのバネ作用を図-3のように3方向のバネに分解し、それぞれ独立に、板にかかる外力と変位の比をもってバネ定数とする。設計の観点から、メインパネル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

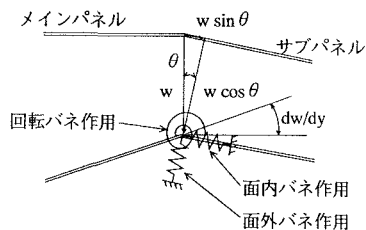


図-3 バネ作用の概要

たすサブパネルの鉛直、回転2方向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。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、鉛直方向のバネ作用を、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のもつ面外方向バネ作用と、面内に対し梁柱としての剛性で評価する面内方向バネ作用の二成分の合成として考える。次にサブパネルの回転に対する拘束度を考慮するために、メインパネルが単純支持条件に準じているので、境界での鉛直方向変位を無視できるとし、境界に面外曲げをうける四辺単純支持条件の板について解く。図-4に鉛直バネ定数と交角との関係、図-5に回転バネ定数と二枚の板の幅厚比の比との関係の例を示す。鉛直バネ定数は、交角が増すにつれ面内方向のバネ作用が大きく影響を与えている。回転方向のバネ定数は、幅厚比の比と縦横比に支配され2枚の板幅が等しいとききわめて0に近い値となっている。

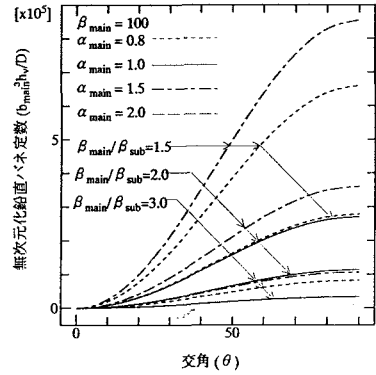


図-4 鉛直バネ定数

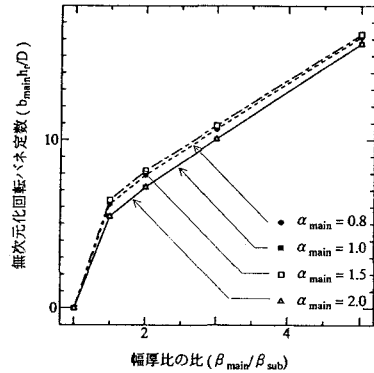


図-5 回転バネ定数

4. 相互作用

以上の過程から得られた各バネ定数を前述の座屈条件式に代入して解き、サブパネルの拘束を境界で受けるメインパネル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。また、数値解析法(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、または、サブパネルの板幅が大きいときには、十分な精度を有する解を得られた。

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。

- メインパネルに対する折曲げ効果を、これを支えるサブパネルを弾性バネに置き換えるモデルによって、折れ板構造の弾性座屈強度を評価できることが分かった。
- 一辺を弾性バネに拘束される板の弾性座屈強度を求めた。
- 面内圧縮力を受ける板のバネ作用をバネ定数として表し、形状、交角等のパラメータで特性を評価した。

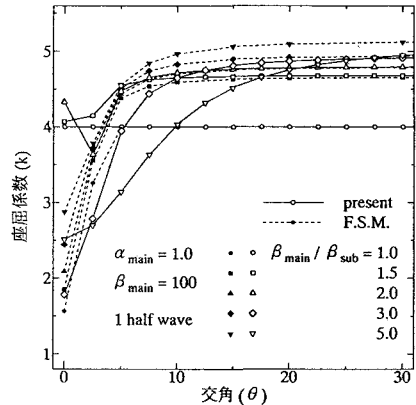


図-6 座屈係数と交角の関係

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.