

I - 16

板パネルの線形座屈強度評価式の導出

東北大学工学部 ○学生員 石丸 久
東北大学工学部 正 員 中沢 正利
東北大学工学部 正 員 倉西 茂

1. まえがき

板パネルの強度を論じる際、最も基本的な強度パラメータとしての弾性座屈強度の情報に対する需要はいまだ少なくないと思われる。この線形座屈強度は一般にパネル形状を表わす縦横比を用いて陽な表現式で近似でき、これまで曲げ、圧縮およびせん断荷重等を個々に受ける場合については近似評価式が種々提案されている。しかし、これらの簡易評価式は単独荷重以外には数も少なく、かつ境界条件も単純支持の様な簡単な場合に対するものが大半である。そこで、本研究ではこれら板パネルの線形座屈強度を簡便に計算できる近似評価式の有無を荷重条件および各種境界条件に相照らして取りまとめ、評価式のない場合および連性荷重を受ける場合などについてあらたに近似式を導出したので報告する。

2. 既存の弾性座屈強度評価式

これまで、板の弾性座屈強度評価式^{1),2)}は上記の様に、単独荷重のみを受ける場合や簡単な境界条件の場合には多数提案されているが、複数の荷重が連成する場合や異なる境界条件の場合には一般に評価式の構築が難しくなる。これは、座屈モードが変化して座屈強度曲線の傾向が把握しにくいからである。また、座屈強度評価式が同じケースについて複数存在する場合もある。二軸圧縮を受ける場合には、各種境界条件に対して評価式が提示されているが、二軸方向の作用応力の符号が反対の場合については充分考慮されていないようである。また、一般に曲げをうける場合の評価式は少なく、かつ連成荷重を受ける場合には単独強度の相関関係を仮定するのが定石であるが、この場合評価式の精度はさほど高いものとはならない場合が多い。

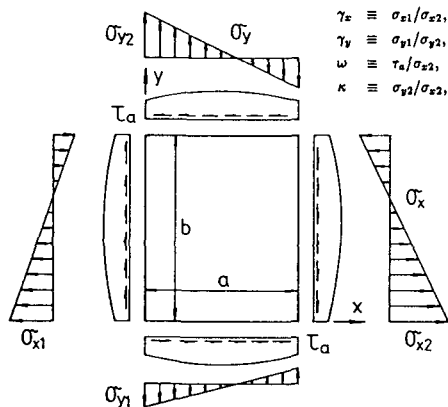


図-1 パネルに作用する外力

3. 基礎理論の概要と荷重パラメータ

種々の境界条件のもとで各種荷重を受ける板パネルの弾性座屈強度はこれまでの研究³⁾により線形固有値問題として定式化されている。ここで取り扱い得る荷重条件は 図-1 に示され、荷重パラメータとして α_x, α_y はそれぞれ x, y 方向の縁曲げ応力と軸方向応力の割合を表わす係数、 γ_x, γ_y は不等曲げの比、 ω は縁曲げ応力とせん断応力の比、 κ は x と y 方向の作用応力の比を示し、Ref. 3)と同様である。境界条件は type 1: 両辺単純支持, type 2: 両辺固定の2種類を考え、各々 x, y 方向で選択可能である。bc:12 は $x = 0, a$ の辺で単純支持、 $y = 0, b$ の辺で回転固定であることを意味する。

4. 弾性座屈強度の簡易評価式の構築

ここで構築した座屈強度簡易評価式は、二軸圧縮を受ける場合 (b.c.:11, b.c.:12, b.c.:21, b.c.:22) および二軸曲げを受ける場合 (b.c.:11, b.c.:12, b.c.:21, b.c.:22) である。不等曲げとせん断を受ける四辺単純支持平板の線形座屈強度を求める簡易評価式はすでに求められている⁴⁾ ので、ここでは、追加的な境界条件 b.c.:12, b.c.:22 で不等曲げとせん断を受ける場合について検討している。各々の場合の座屈係数 k は、

$$k = a_0 + \frac{a_1}{\alpha} + \frac{a_2}{\alpha^2}, \quad \alpha \equiv \frac{a}{b} \text{ (aspect ratio)}, \dots\dots\dots (1)$$

二軸圧縮および曲げ： $a_i = f(\kappa \text{ の二次項まで}) \quad (i = 0, 1, 2)$

不等曲げとせん断： $a_i = f(\gamma_x, \omega \text{ の二次項まで}) \quad (i = 0, 1, 2)$

の形式で統一的に回帰され、陽な形で表わされる。以下の図に表れる白丸、黒丸等の離散点は数値解析により得られた座屈強度であり、実線は式 (1) による回帰曲線である。図-2,3 は二軸圧縮応力を受ける板パネルの座屈強度特性を示すが、二軸圧縮応力の符号が異なる場合 ($\kappa < 0$) には、縦横比が大きくなるにつれて座屈モードが変化し、それに伴って座屈強度が急激に低下する現象が見られる。この座屈強度の低下は二軸圧縮応力の比 κ の値が負で大きいほど著しく、引張り座屈現象を示している。二軸曲げを受ける場合の座屈強度特性は、図-4 に示される様に縦横比の増加に対して比較的単調な低下を示す。図-5 に不等曲げとせん断を受ける場合の座屈強度を示すが、せん断の影響により縦横比の増加に従って座屈強度が指数関数的に低下する傾向を示している。

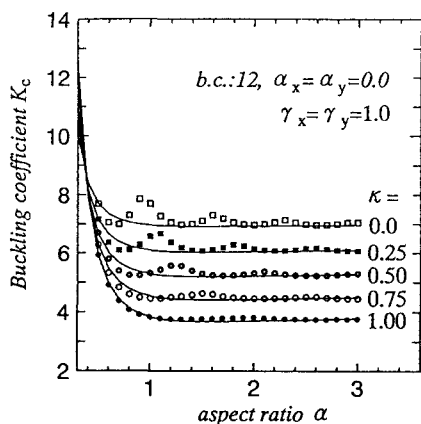


図-2 二軸圧縮を受ける板の座屈 ; b.c. : 12, $\kappa \geq 0$

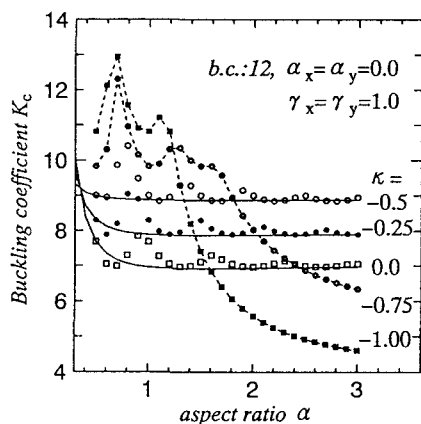


図-3 二軸圧縮を受ける板の座屈 ; b.c. : 12, $\kappa \leq 0$

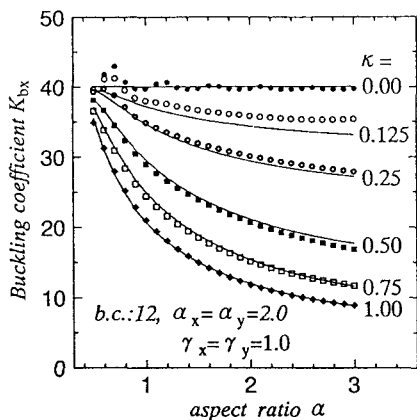


図-4 二軸曲げを受ける板の座屈 ; b.c. : 12

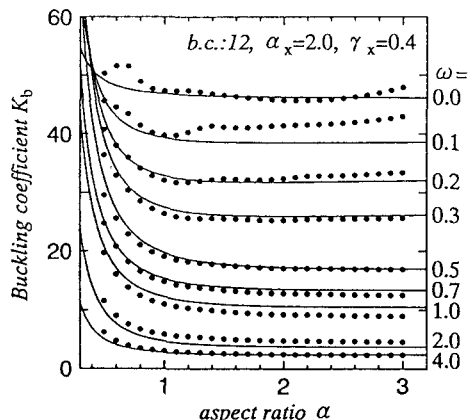


図-5 不等曲げとせん断を受ける板の座屈 ; b.c. : 12, $\gamma = 0.4$

参考文献

- 1) Bleich F : *Buckling Strength of Metal Structures*, McGRAW-HILL. 1952.
- 2) Ed by CRC Japan : *Handbook of Structural Stability*, Corona Pub. Co. LTD. 1971.
- 3) 横幕・中沢・倉西 : 種々の境界および荷重条件を考慮した板の線形座屈解析法, 東北支部技術研究発表会, I-26, pp.52-53, 1992.3.
- 4) Nakazawa et al : Elastic buckling strength and post-buckling behavior of a panel under unequal bending and shear, *Structural Eng./Earthquake Eng.*, Proc. JSCE, Vol 8, No 1, pp 11s-20s, 1991