

補剛材を有する Shear elastic plate の座屈解析について

愛媛大学 正員 見沢繁光, 正員 大賀水田生
徳山高等 正員 中松恒美, 正員 原 隆

1. まくか

本研究は、前報¹⁾に続いて、せん断剛性が小さく、解析において、せん断変形の考慮が必要となる板 (shear elastic plate) の中間 1 縦方向の補剛材をとりつけた場合の座屈解析を行なった。荷重状態は、一方向に等分圧縮荷重を受けるとし、また、支持状態は、圧縮端では単純支持、他の二辺は任意の支持状態とする。解析は伝達マトリックス法を用いて行ない、板区間では格間マトリックス、補剛材位置では補剛材のねじりバネと等価 1 格点マトリックスが用いられている。数値計算では、種々の境界条件に対し、縦補剛材を 1 本、または 2 本配置した場合の座屈係数を、さまざまなパラメータのもとに求めた。

2. 解析方法

一方向に等分圧縮荷重を受け、圧縮端が単純支持とした Shear elastic plate の微分方程式を、せん断変形を考慮し板要素をつくりあつかうため、せん断力に応力関数、応力関数に変位関数と導入し、2 階微分方程式 (2) とし、変位量 w , ψ_1 , ψ_2 , 断面力 M_1 , M_2 , Q_1 を用いれば、6 次の格間マトリックス (F) は、次式で表される。(図 1 参照)

$$[Z] = [F][Z] \quad (1)$$

また、補剛材位置前後の状態量 $[Z]$, $[Z+i]$ の関係は、補剛材のねじりと等価した変位量、断面力をつらあつかうから、

$$[Z+i] = [R][Z] \quad (2)$$

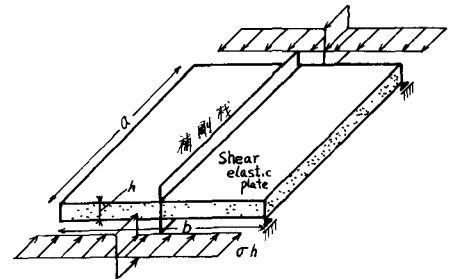


図 1 支持、荷重状態

となる。ここに $[R]$ が 6 次の格点マトリックスである。

以上 (1), (2) で求められた格間マトリックス、格点マトリックスを用いて、伝達マトリックスを求める。すなわち、

補剛材が 1 本の場合

$$[Z]_{j=b} = [F_2][R][F_1][Z]_{j=0} \quad (3)$$

補剛材が 2 本の場合

$$[Z]_{j=b} = [F_3][R][F_2][R][F_1][Z]_{j=0} \quad (4)$$

3. 数値計算及び検討

前項で求められた式 (3), 及び式 (4) を用いて、伝達マトリックスを組み立て、数値計算を行なった。境界条件としては、固定-固定、単純支持-単純支持、自由-自由、単純支持-自由の 4 種類について、それを行なった。パラメータとしては、shear elastic plate の形状比 $\alpha = a/b = 0 \sim 40$, せん断剛性比 $\varepsilon = \pi^2 D/b^2 S$

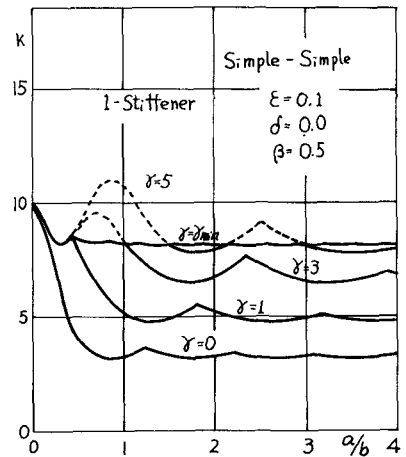


図 2 座屈係数

(D ; 板の曲げ剛性, S ; 板のせん断剛性) 補剛材と shear elastic plate の剛性比 $\gamma = EJ_p b D / (EJ_R; \text{補剛材の曲げ剛性})$, 面積比 $\delta = Fr/bh$ (Fr ; 補剛材の断面積), 補剛材位置 $\beta = b/b_0$ を用いた。

以下に数値計算の数例を示す。

図2は $\varepsilon = 0.1$, $\delta = 0.0$, 両端単純支持の境界条件で, 補剛材を板の中央に1本配置したときの座屈係数である。座屈係数は, γ の増加にともなって増加し, γ が5以上では, ほぼ上限値 $k = 8.2$ に達している。また $\gamma = 0$ では, せん断座屈の座屈係数 $k = 1/2 = 0.5$ となっており, 他の形状比では, 曲げの座屈係数値である。

図3は, $\varepsilon = 0.3$, $\delta = 1.0$, 両端単純支持の境界条件で, 補剛材を板の中央に1本配置したときの座屈係数である。 γ が5以下の場合には, 補剛材を用いなかったとき ($\gamma = 0$) の座屈係数より下回る部分が生じている。また, γ が5以上では, 座屈係数は増加し, 上限値 $k = 3.3$ となっている。この例では, 板の形状比 a/b に無関係に, せん断座屈の座屈係数 $k = 1/2 = 0.5$ が上限値である。

図4は, $\varepsilon = 0.1$, $\delta = 0.0$, 両端単純支持の境界条件で, 補剛材を板の三等分点に配置したときの座屈係数である。 γ が5以上で上限値に $k = 10$ に達している。この場合も, 座屈係数の上限値は, 板の形状比に関係なく, せん断座屈の座屈係数 $k = 1/2 = 0.5$ となっている。本例の数値計算結果は, 無限の長さをあつ shear elastic plate に対して得られた結果²⁾と一致している。

図5は一端単純支持, 他端自由の境界条件で $\delta = 0.0$, $\varepsilon = 0.1$, 0.3 , 0.5 のときに補剛材を板の三等分点に配置したときの座屈係数の最大値を描いたものである。それぞれ $\varepsilon = 0.1$ で $k = 5.2$, $\varepsilon = 0.3$ で $k = 3.2$, $\varepsilon = 0.5$ で $k = 2$ である。

4 あとがき

補剛材を有する shear elastic plate の座屈解析を行なう場合, 曲げによる座屈と, せん断による座屈を考慮しなければならない。shear elastic plate のせん断剛性比が大い場合, または補剛材の剛性が大い場合には, せん断による座屈が上限の座屈係数となっており, せん断剛性比が小さい場合には, 曲げによる座屈が上限の座屈係数となっている。従って, せん断剛性比が大い場合には, 補剛材がないときと, 補剛材したときの座屈係数の上限値の差が小さく, 小さい剛性比の補剛材によって板は強化されるが, それによる座屈係数の増加はわずかである。

5 参考文献

- 1) 見栄他; 弾性線支持上のサンドイッチ板の座屈解析について 第32回土木学会年次学術講演会講演概要集 昭和52年10月
- 2) P.Seide; Compressive buckling of Sandwich plates on longitudinal elastic line supports, AIAA paper 1974

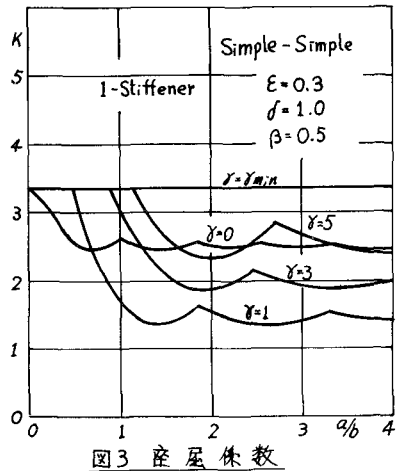


図3 座屈係数

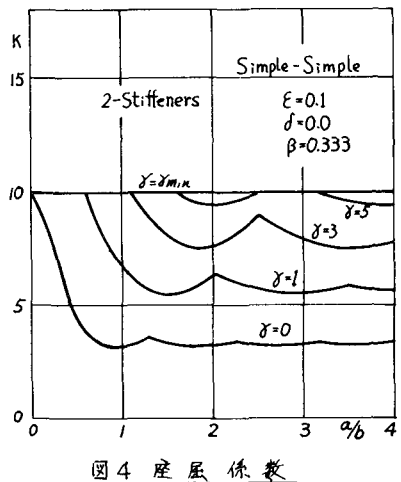


図4 座屈係数

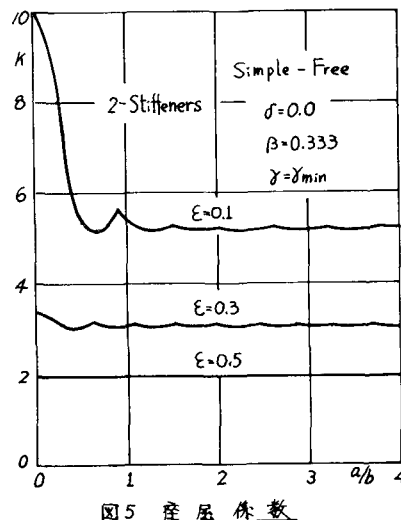


図5 座屈係数