

補剛材のねじり考慮した補剛板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
徳山大学 正員 重松恒美, 正員 〇原 隆

1 はじめに

本研究は、一向に等分布圧縮荷重を受け、荷重に垂直な二辺は単純支持とし、他の二辺は任意に支持された等角性矩形板の中間または、端部に任意の大きさの補剛材を、板中立面に対称、または非対称に配置（下図）の座屈解析と、補剛材のねじりの影響を考慮して行なう。解析は、伝達マトリックス法を用いて行なわれ、補剛材と梁との格点マトリックスを用いて行なう。下図の場合、補剛材を板として格間マトリックスを用いて行なう場合は計算結果を考慮して、座屈係数を決定する。また、得られた結果をもとに、従来求められた解析結果とを比較検討を行なう。

2 座屈条件式

2-1 補剛材1格点マトリックスを適用する場合 ($D_2=0$)

図1に示す荷重、支持状態の板の微小要素のフリあいから、1次の格間マトリックスが得られ、また補剛材と梁として、ねじり考慮したときの状態量をつぎから格点マトリックス R が得られる¹⁾。従って図2(a)の場合、伝達マトリックス U は、

$$U = R_{m+1} R_m R_{m-1} \cdots R_2 R_1 \quad (1)$$

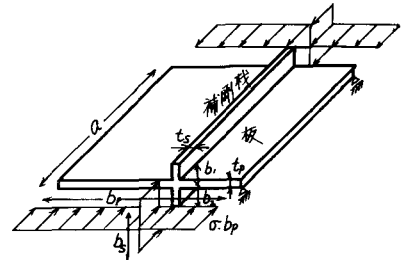


図1 荷重、支持状態

とあり、 c, b の境界条件を考慮すれば、座屈条件式 $D_2=0$ が得られる。

2-2 補剛材に格間マトリックスを適用する場合 ($D_p=0$)

補剛材と板として解析する場合には、図2(b)に示すように、補剛材は格点とみなして単純支持された連続板とし、補剛材は一端単純支持、他端自由の境界条件の板として扱われる。境界条件を考慮した状態量を用いると、それでの伝達式は、次式となる。

$$\left. \begin{aligned} Z_{01} &= F^1 Z_0 \\ Z_{03} &= S^1 Z_{02} \\ Z_{05} &= S^2 Z_{04} \\ Z_{01} &= F^2 Z_{06} \end{aligned} \right\} \text{格点①} \quad \left. \begin{aligned} Z_{01} &= F^n Z_{(n-1)6} \\ Z_{03} &= S^n Z_{02} \\ Z_{05} &= S^{n-2} Z_{04} \\ Z_{06} &= F^{n+1} Z_{06} \end{aligned} \right\} \text{格点②} \quad (2)$$

また、格点が単純支持されているので、格点の下わりの ω は0であり、下わりの $\bar{M}_y$ が等しく、モーメント $\bar{M}_y$ がつりあっていることを考慮すれば、次式の連立一次方程式となる。

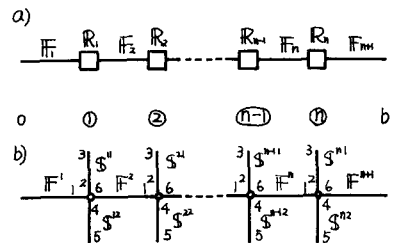


図2 計算モデル

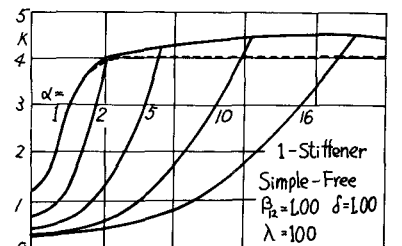


図3 座屈係数

$$D_p Z = 0 \quad (3)$$

$= 1 = Z = [Z_0^T Z_1^T \cdots Z_6^T Z_7^T]^T$ であり $Z = 0$ より $D_p = 0$ と得る。

例えば両端単純支持で、補剛材が中間に1本の場合には、

$$D_p = \begin{bmatrix} F_{12} & F_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{12} & F_{14} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F_{12} & F_{14} & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{32}^{II} & 0 & S_{33}^{II} & S_{34}^{II} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{32}^{II} & 0 & S_{33}^{II} & S_{34}^{II} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{32}^{II} & 0 & 0 & 0 & S_{33}^{II} & S_{34}^{II} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{32}^{II} & 0 & 0 & 0 & S_{33}^{II} & S_{34}^{II} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = 0 \quad (4)$$

となり、単純支持、自由の境界条件で自由縁を補剛したときの D_p は、図4の線部分を除いた 8×8 のマトリックスである。

3 数値計算結果及び検討

前項で求めた座屈条件式 $D_p = 0$, $D_p = 0$ を用いて、座屈係数を求める。パラメータとしては、板の形状比 $\alpha = b_0/b$ 、板幅補剛材間隔 $\lambda = b_0/b_p$ 、板厚幅比 $\lambda = b_0/b_p$ 、補剛材偏心量 $\beta_{12} = b_{12}/b_0$ を用い、板厚補剛材厚比 $\delta = t_0/t_p$ は1とする。

図4の図4は、一端単純支持、他端自由の境界条件のもと、自由縁に補剛材を配置した場合の座屈係数 K を求めたもので、 $K \cdot K_{Euler}$ の求めた β の増加にもともって、座屈係数は増加し、 $\beta_{12} = 1.0$ (対称) のとき $\beta = 0.9$ で $K_{max} = 4.5$, $\beta_{12} = 0.0$ (片側) のとき $\beta = 0.2$ で $K_{max} = 4.3$ とそれぞれ最高値となり、以後は低下していく。なお、ねじりを考慮しないと $K_{max} = 4.7$ である (図中破線)。

図5は、両端単純支持の境界条件で、板の中央に補剛材を1本配置、 β と β_{12} の座屈係数である。同様に β の増加に伴って座屈係数は増加し、ねじりを考慮しないと $K_{max} = 16$ に対して $\beta_{12} = 1.0$ と $\beta = 0.2$ で $K_{max} = 17.2$ となり、 $\beta_{12} = 0.0$ と $\beta = 0.1$ で $K_{max} = 16.7$ となる。図6は、図5を $\alpha = 0.0 \sim 4.0$ の範囲で描いたものである。

以上の計算例より、座屈係数は、補剛材寸法が、ねじりを考慮しないと δ_{min} より小さい場合には、 $D_p = 0$ で決定され、それより大きい場合には $D_p = 0$ で決定される。また、ねじりを考慮した場合と、しないものの座屈係数の差は、 δ_{min} までほぼほとんどなく、それ以降で大きくなる。補剛材を偏心させると、対称に配置した場合に比べて、 β の増加に対する座屈係数の増加は急激であるが、 K_{max} の値は小さい。なお、数値計算では4倍精度計算を行ない、正規化した格間マトリックスを用いた行列式の値を消去法により求めた。

5 参考文献

- 1) 見取他、伝達マトリックス法による補剛材を有する板の座屈解析について、第29回土木学会中国四国地方学術講演会、昭和52年5月
- 2) K.Kloppel; Baulwerte der dreiseitig gelenkig gelagerten Rechteckplatte, der Stahlbau 12/1968

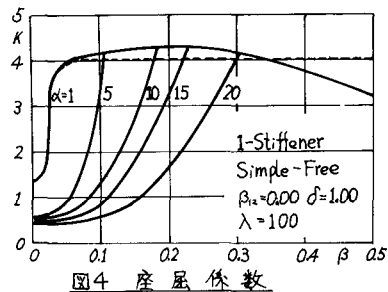


図4 座屈係数

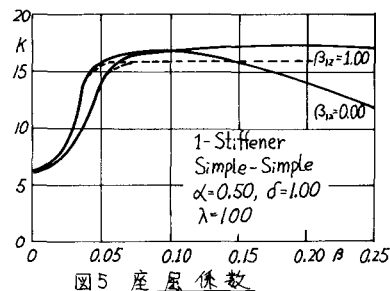


図5 座屈係数

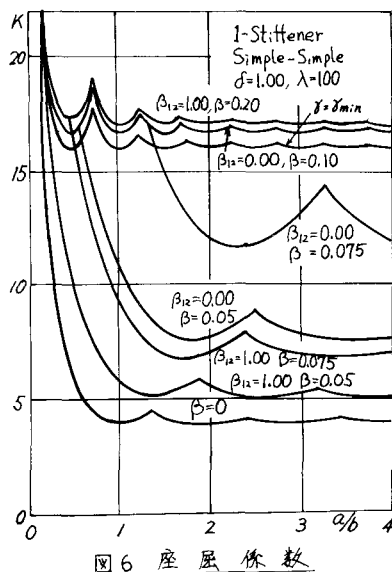


図6 座屈係数