

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

1. まえがき

本研究では、前報¹⁾に従って、一方向に等分布圧縮荷重を受け、荷重に垂直な二辺が単純支持された等方性サンドイッチ板が、他の二辺の境界で、一方、または両方が、リブにより弾性線支持された場合の座屈強度を、サンドイッチ板とリブの剛性比、面積比をパラメータとして求め、さらに、この結果をもとにリブの必要最小剛性比について検討を行なった。解析方法としては伝達マトリックス法を用いた。伝達マトリックスは、サンドイッチ板の微分方程式の一般解から得られる格間伝達マトリックスに、サンドイッチ板とリブのせん断力のつりあい条件より求める格点マトリックスをわけあわせることによりつくられる。なお、数値計算においては、この伝達マトリックスをもとに、両端の境界条件を考慮して座屈条件式を組み立て、二分法により行なった。

2. 解析方法

一方向に等分布圧縮荷重を受け、荷重に垂直な二辺が単純支持されたサンドイッチ板の微分方程式は、板要素のつりあいを考え、せん断変形を考慮することにより得られる。

さらに、せん断力と応力関数に、たわみと変位関数に変換して、この微分方程式を解き、その一般解を基に、状態量 $[Z]$ として変位置 w , ψ , F_R , 断面力 $F_{Tz} = F_{Tz}$, F_y , Q_y をとリ、境界条件を考慮すれば、 $[6 \times 6]$ の格間伝達マトリックス $[F]$ が求まる²⁾。

次に、リブ取り付け位置の前側のサンドイッチ板の状態量 $[Z_i]$, $[Z_{in}]$ とし、軸力を受けるリブのねじり剛性を無視すれば、せん断力のつりあい条件は、次式となる。

$$Q_{yin} - Q_{yi} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} - \sigma F_R \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

ここに、 σ : 圧縮荷重, F_R : リブの断面積

(1)式に、格点伝達マトリックス法³⁾に用いた変換を行なうと、

$$Q_{yin} = Q_{yi} - \left\{ \frac{E_R (m\pi)}{D} - \frac{\sigma F_R (a)}{D (m\pi)} \right\} w_i \quad (2)$$

となる。ここに、 E : リブの弾性係数, F_R : リブの断面二次モーメント, D : サンドイッチ板の曲げ剛性

(2)式をもとに状態量のマトリックス表示を行なうと、

$$[Z_{in}] = [R][Z_i] \quad (3)$$

となる。ここに $[R]$ が格点マトリックスで、主対角要素がすべて1で、6行1列に(2)式の右辺第2項の要素をまつ $[6 \times 6]$ のマトリックスである。

以上に求められた格間伝達マトリックス $[F]$, 格点マトリックス $[R]$ を用いて、伝達マトリックス $[U]$ を求めると、一方に弾性

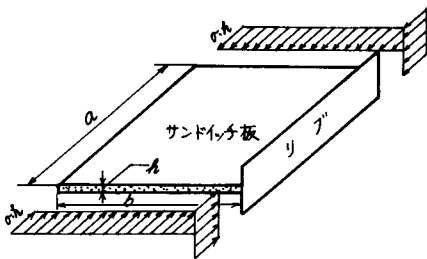


図1 荷重状態

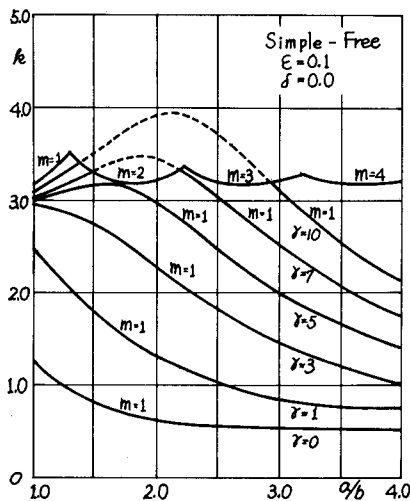


図2 座屈係数

線支持した場合（図1参照）は、 $[U]_0 = [F] \times [R]$ 、両方に弾性線支持した場合は $[U]_0 = [R] \times [F] \times [R]$ となる。

3. 数値計算および検討

$[U]_0$, $[U]_0$ を用いて、座屈条件式を組み立て、サンドイッチ板のせん断弾性 $E = \frac{10D}{b^3S}$ (S はせん断剛性)、形状比 q/b 、サンドイッチ板とリブの曲げ剛性比 $\gamma = \frac{EJ_r}{EJ_b}$ 、面積比 $\delta = \frac{F_r}{b h}$ をパラメータとして二分法により数値計算を行なった。その結果を図2～図5に示す。

図2、図3は、単純支持、自由の境界条件のサンドイッチ板の自由縁にリブを配置したときの座屈係数曲線である。図2は、リブに加わる軸力を考慮せず、曲げ剛性の影響のみを示めた図である。剛性比の増加と共に、座屈係数は増加するが、その最大値は自由縁の境界条件が $W = M_y = M_z = 0$ となったときのサンドイッチ板のみの座屈係数曲線と一致している。図3は、リブの軸力を考慮した場合であり、上限値は図2の場合と同様であり、また軸力を考慮したための座屈係数の低下が見られ、リブを取り付けない場合の座屈係数と下回る場合も生じている。図4は、両端自由の境界条件のサンドイッチ板の両境界にリブを配置したときの座屈係数曲線であり、上限値は、 $W = M_y = M_z = 0$ の両端の境界条件とするサンドイッチ板のみの座屈係数曲線と一致している。図5は、図2～図4とともにして、サンドイッチ板の形状比 $q/b = 2.00$ の場合のリブの必要最小剛性比を求めるための図であり、この場合にはそれぞれ図2に対しては、 $\gamma_{min} = 6.1$ 、図3に対しては、 $\gamma_{min} = 11.8$ 、図4に対しては、 $\gamma_{min} = 18.9$ となっている。

4. まとめ

サンドイッチ板の自由縁の境界にリブを取り付けることにより座屈強度は数倍～数十倍に増加する。しかしながら、その上限値となる値は、リブを取り付けることによって、サンドイッチ板自体のせん断変形が抑制することからでるから、 $\gamma = 0$ という通常の単純支持と異なり、 $M_y = 0$ という境界条件を満足する単純支持の解に一致している（図2～図4参照）。また、実用的なリブの面積比、剛性比は、例えば図3に示されたように、上限となる座屈係数曲線、及び $\delta = 0$ の座屈係数曲線の間に存在している。さらに、効果的な剛性比としては、例えば図5に示された座屈係数曲線の屈折点の値が相当している。

5. 参考文献

1. 重松, 見沢, 大賀: 伝達マトリックス法によるサンドイッチ板の座屈解析に関する研究, 第31回土木学会年次学術講演要集
2. K. Klöppel: Beulwerte der dreiseitig gelenkig gelagerten Rechteckplatte, der Stahlbau 12/1963

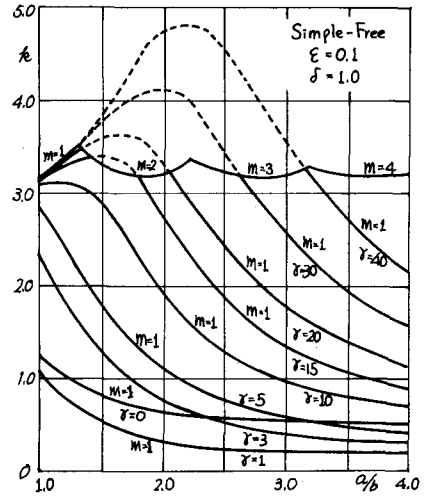


図3 座屈係数

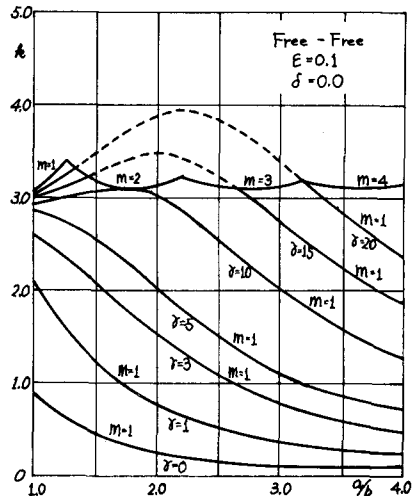


図4 座屈係数

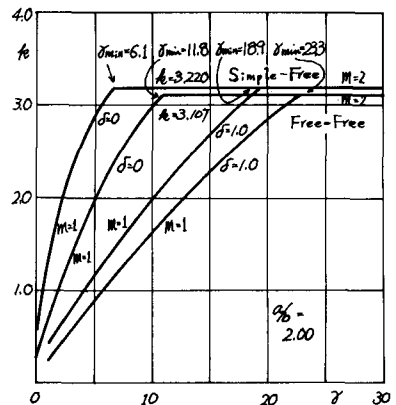


図5 座屈係数