

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 原 隆

1. まえがき

サンドイッチ板は二枚の表板とそれらにはさまれた心材より構成される。補剛板を有するサンドイッチ板の座屈解析において、補剛板の接合方法により二種類の異なる境界条件が考えられる。すなわち、補剛板で両表板を結合し、せん断変形を拘束する場合（以下、剛接合とよぶ）と表板と拘束しない場合（以下、柔接合とよぶ）である（図3参照）。本研究では、これら二つの境界条件を考慮して、前報¹⁾において用いた解析法を適用して補剛サンドイッチ板の座屈解析を行なった。

2. 座屈条件式

本研究では伝達マトリクス法を用いて、はりモデル、板モデルについて座屈解析を行なった。²⁾また、荷重支持条件は図1に示すように、一方向等分布圧縮荷重と受付、載荷辺が単独支持され、非載荷辺のうら、一辺は単独支持され他辺は補剛板と結合されている。

2-1. はりモデルの座屈条件式

状態量ベクトル Z の成分を次式であらわす。

$$Z = \{w, \varphi_y, \varphi_x, M_{xy}, M_y, \varphi_y\}^T \quad (1)$$

ここに、 w はたわみ、 φ_y, φ_x はたわみ角、 M_{xy}, M_y はモーメント、 φ_y はせん断力である。格点 $0, i+1$ の状態量ベクトル Z_0, Z_{i+1} の関係は次式の伝達式で表わされる（図2の参照）。

$$Z_{i+1} = R \cdot F \cdot Z_0 \quad (2)$$

ここに、 R は格点マトリクス、 F は格間マトリクス

はりモデルの座屈条件式は、格点 $0, i+1$ の境界条件を考慮して求められる。格点 0 の状態量ベクトル Z_0 は次式で示される。

$$Z_0 = \{0, \varphi_y, 0, M_{xy}, 0, \varphi_y\}^T \quad (3)$$

格点 $i+1$ の状態量ベクトル Z_{i+1} は剛接合の場合には、

$$Z_{i+1} = \{w, \varphi_y, 0, M_{xy}, 0, 0\}^T \quad (4)$$

また、柔接合の場合には、

$$Z_{i+1} = \{w, \varphi_y, \varphi_x, 0, 0, 0\}^T \quad (5)$$

はりモデルの座屈条件式はそれぞれ、剛接合については式(3)、(4)、また柔接合については式(3)、(5)より得られる。

2-2. 板モデルの座屈条件式

図2 b) に示す板モデルの伝達式は次式となる。

$$Z_n = T \cdot Z_0$$

$$Z_{n+1} = P_1 \cdot Z_{n+2}$$

$$Z_{n+2} = P_2 \cdot Z_{n+4}$$

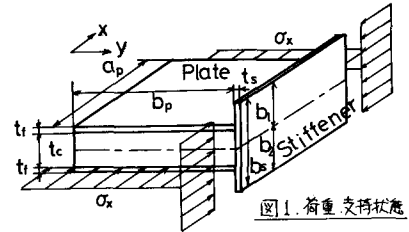


図1. 荷重支持状態

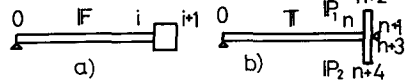


図2. はりモデル(a)と板モデル(b)

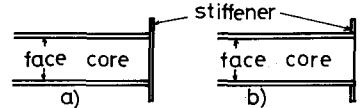


図3. 剛接合(a)と柔接合(b)

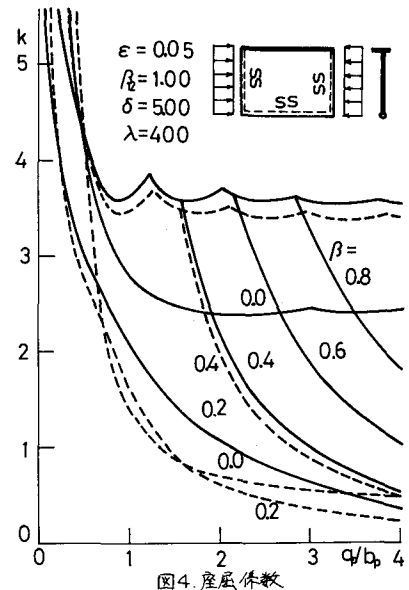


図4. 座屈係数

ここに、 $Z_0 \sim Z_{n+4}$ は格点 $0 \sim n+4$ の状態量ベクトルであり、 T, P_1, P_2 は格間マトリクスである。 Z_0 の状態量も式(9)と同様である。また、格点 $n+2, n+4$ では補剛材が薄板であり、せん断変形を無視できることより式(9)と同様である。

式(6)で示される状態量ベクトル Z_n, Z_{n+1}, Z_{n+3} の成分のつりあいは次のようになる。たわみおよび曲げモーメントについて、

$$W_n = W_{n+1} = W_{n+3} = 0 \quad (7)$$

$$M_{yn} + M_{y,n+1} + M_{y,n+3} = 0 \quad (8)$$

さらに、剛接合の場合には $\varphi_x = 0$ であるから、

$$\varphi_{xn} = \varphi_{x,n+1} = \varphi_{x,n+3} = 0 \quad (9)$$

$$M_{zyn} + M_{zy,n+1} + M_{zy,n+3} = 0$$

また、柔接合の場合にはせん断変形が生じるので

$$\varphi_{xn} = \varphi_{x,n+1} = \varphi_{x,n+3} \quad (10)$$

$$M_{zyn} = M_{zy,n+1} = M_{zy,n+3} = 0$$

板モデルの座屈条件式は以上の手順により、剛接合については式(7), (8), 柔接合については式(9), (10)より得られる。

3. 数値計算結果および検討

前節で得られた剛接合、柔接合のそれぞれの接合条件と考慮したはりモデルと板モデルの座屈条件式をもとに座屈係数を求める。図4～図6に得られた座屈係数曲線を示す。以下 $X-Y$ として、 $\delta (= t_y/2t_x$; 板厚比) = 5.0, $\lambda (= b_y/2t_x$; 板厚幅比) = 400, $\beta_2 (= b_x/b_y) = 1.0$, $\beta (= b_x/b_y$; 板幅比), ε (せん断剛性比)を用いて(図1参照)形状比 a_0/b_0 に対する座屈係数の関係を示している。なお、図中で、実線は剛接合、破線は柔接合の値をあらわす。

図4は $\varepsilon = 0.05$ の場合の座屈係数とあらわす。いずれの場合も柔接合の値より剛接合の値の方が大きく、また、 β が小さくなるほどその差は顕著になり、 $\beta = 0.0$ では剛接合の値は柔接合の値の約3倍となっている。座屈係数 k 上限値は剛接合では $k = 3.6$ 、柔接合では $k = 3.4$ である。図5は $\varepsilon = 0.01 \sim 0.10$ に対して、それぞれ k 座屈係数の最大値を示す。剛接合と柔接合による座屈係数の差は1～6%

であり、いずれも剛接合の値の方が大きい。また、その差は $\varepsilon = 0.05$ の場合が最大となり、 ε がこの値より離れるほど小さくなる。図6は、図1に示す荷重支持条件のもとで、サントイッチ板の非載荷辺が単純支持され、板の二等分点に補剛材を配置した場合の座屈係数曲線を示す。なお、この曲線は $\varepsilon = 0.01 \sim 0.10$ についてそれぞれ最大値を示している。図5の場合(非載荷辺が一辺単純支持、他辺補剛材)と同様に、いずれも柔接合に比べ剛接合の方が座屈係数が大きく、その差は0～3%である。 ε との関係も図5の場合と同様の傾向であり、 $\varepsilon = 0.05$ で剛接合と柔接合の値の差が最大である。しかしながら図5の場合と比べその差はそれぞれ小さく、なっている。さらに図5、図6の荷重支持条件のもとで補剛材を板中立面に偏り結合しても同様の結果となる。

<参考文献>

1. 見栄来; 補剛材のねじり考慮した shear-elastic plate の座屈解析について, 第33回土木学会年次学術講演会要録集 (昭和53年)
2. K. Klippel; Beulwerte der dreiseitig gelenkig gelagerten Rechteckplatte, Der Stahlbau 13/1968

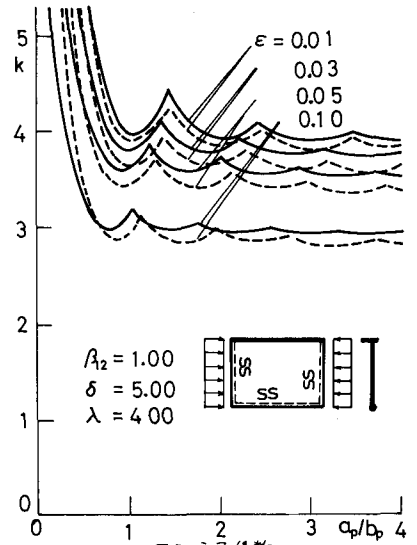


図5. 座屈係数

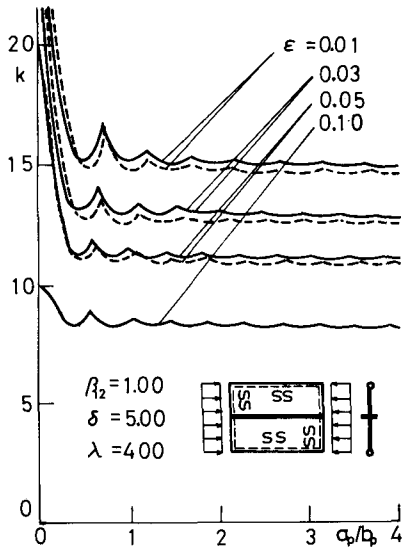


図6. 座屈係数