

愛媛大学 正員 見次 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

前報におい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、他の二辺の片方、または両方が弾性線支持された等方性サンドイッチ板の座屈解析を伝達マトリックス法を用いて行ない、数値計算結果を報告している。そこで、今回は弾性線支持上のサンドイッチ板の実際の耐荷力を検討するために座屈試験を行なったのでその結果を報告する。境界条件は荷重に垂直な二辺は単純支持、他の二辺のうちの一辺は弾性線支持とした。そして、弾性線支持として取り付けたリブの剛性をいろいろ変化させ、リブの剛性変化による耐荷力の変化を検討した。また、理論解析は心材の異方性を考慮するため、従来の伝達マトリックス法の他に有限要素法を導入した。そして、伝達マトリックス法による解と有限要素法による解の比較・検討および実験値と理論値との比較・検討を行なった。

2. 実験概要

今回の実験では表板として亜鉛引き鉄板(厚さ 0.025 cm , $E = 185000\text{ kg/cm}^2$)を心材としてアルミニウムハニカム($G_{cx} = 1500\text{ kg/cm}^2$, $G_{cy} = 650\text{ kg/cm}^2$)を使用した。また、表板と心材の結合にはエポキシ樹脂(商品名: ショーボンドPBA)を使用した。

サンドイッチ板の制作は、まず亜鉛引き鉄板を表面処理し、その表面に接着剤を貼布する。そして心材を、せん断弾性係数 $G_{cx} = 1500\text{ kg/cm}^2$ の方向を長手方向に一致させて、両表板の間に挿入し、加圧養生を行なった。

図-1にその供試体を示している。端部の局部座屈を防ぐために図-1に示しているように荷重載荷辺をアングルで補強した。なおサンドイッチ板の形状は $60\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ で形状比 $a/b = 3.0$ で、心材厚は 0.5 cm である。したがって、サンドイッチ板の曲げ剛性 K および曲げ剛性とせん断剛性の比である、せん断剛性比 ε はそれぞれ次のようになる。

$$K = \frac{E((h/2t)^3 - h^3)}{12(1-\nu^2)} = 7010\text{ kg/cm}^2, \quad \varepsilon = \frac{\pi^2 K}{b^2 G_c h} = 0.35$$

ここで、 h : 心材厚, t : 表板厚である。

リブとしてアルミニウムアングルを用いたが、サンドイッチ板の曲げ剛性とリブの曲げ剛性の比である剛性比 $\beta = E_A J_R / bK$ は $0.0 \sim 2.85$ の間で計21種類とした。ここで、 E_A : リブの弾性係数, J_R : リブの断面二次モーメントである。

3. 結果及び配慮

今回、有限要素法では心材の異方性を考慮したが、伝達マトリックス法では現段階で心材の異方性を考慮することが困難なため相乗平均のせん断弾性係数 $G_c = \sqrt{G_{cx} \cdot G_{cy}} = 987\text{ kg/cm}^2$ を用いて計算を行なった。なお、有限要素法ではリブ断面積 I を考慮していないが、伝達マトリックス法では

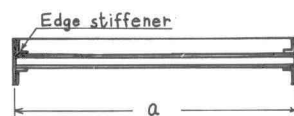
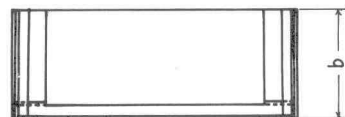


図-1 サンドイッチ板

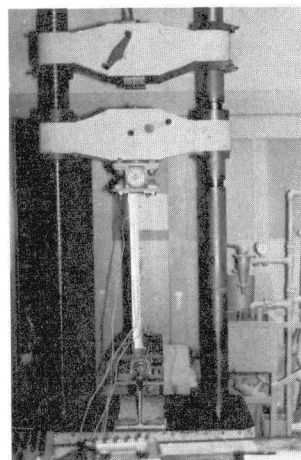


写真-1 実験風景

リブ断面積 δ を考慮する場合と考慮しない場合の両方について計算を行なった。図-2は有限要素法による解と伝達マトリックス法による解の比較、心材の異方性を考慮する場合としない場合の比較、そして、有限要素法の収束状態を示したものである。心材を等方性と考えた場合、有限要素法による解は伝達マトリックス法による解より約8%大きくなっている。有限要素法において、心材を異方性と考えた場合と等方性と考えた場合では前者の方が若干大きくなっている。これは心材の強度の大きい方向を長手方向にとっているためであると考えられる。

実験結果を図-3に示している。横軸にリブの剛性比 γ 、縦軸に座屈係数 k をとっている。鎖線は有限要素法による解であり、一点鎖線はリブの断面積を考慮しない伝達マトリックス法による解である。そして、実線はリブ断面積を考慮した伝達マトリックス法による解である。リブ剛性比 $0.0 \sim 10.0$ では、座屈係数 k は有限要素法による解、リブ断面積を考慮しない伝達マトリックス法による解、リブ断面積を考慮した伝達マトリックス法による解の順になっている。実験値もリブ剛性の増大にともなうて大きくなっており、リブ剛性比 $\gamma = 5.0$ でリブのない場合の座屈係数の約3倍となっている。しかし、リブ剛性比 $\gamma = 5.0$ 以上ではほとんど座屈係数の増加はみられない。理論値と実験値の比較では、いずれも理論値より実験値が小さくなくなり、リブ断面積を考慮した伝達マトリックス法が最も実験値に近い値を示している。

図-4はサンドイッチ板の表板のヒズミと荷重の関係を示している。ここでのヒズミは圧縮力によるヒズミを差し引いたもの、つまり、曲げによるヒズミを示している。リブ剛性が大きい場合($\gamma = 5.27$)は荷重が耐荷力に近くなるまでヒズミがそれほど大きくなり、今回用いた理論の仮定に近い挙動をしていると考えられる。しかし、リブ剛性が小さい場合($\gamma = 1.33$)は、かなり早くから曲げ変形が生じていると考えられる。

4. 結び

今回の実験の精度および供試体の初期不正などを考えると実験値は理論値より小さくなるのが考えられるが、今回の実験からはリブ断面積を考慮した伝達マトリックス法が妥当といえる。

参考文献；見栄他：弾性線支梁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報告集

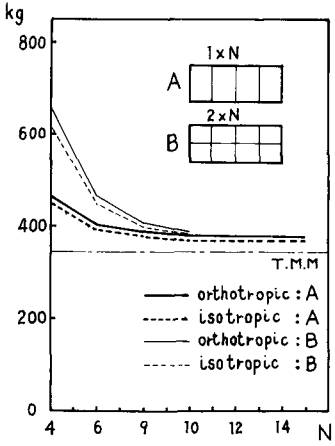


図-2 等方性と異方性の比較

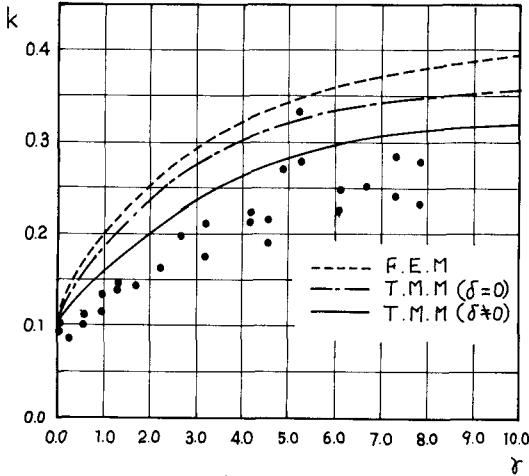


図-3 座屈係数

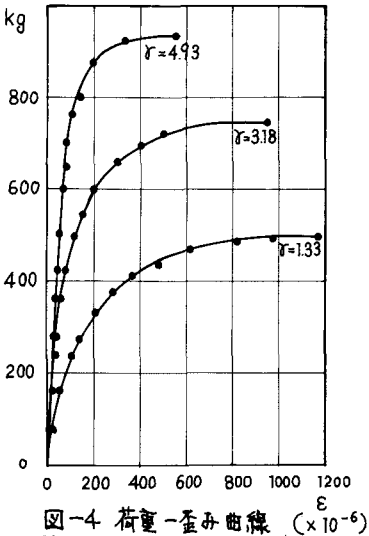


図-4 荷重-歪み曲線 ($\times 10^{-6}$)