

愛媛大学工学部 正 員 大賀 水田生
 三 井 建 設 正 員 三宅 義 樹
 愛媛大学大学院 学生員 ○崎濱 忍

1. はじめに

本研究では、これまでに開発されている伝達マトリックス法を用いた圧縮力を受ける薄肉断面部材の座屈解析法を面外荷重をも取り扱うことが出来るよう拡張し、面外荷重を受けるシェルパネルおよびシェルパネルより構成される薄肉断面部材の座屈強度のみならず座屈時の変形モードをも求めることができる解析プログラムを開発し、面外荷重を受けるシェルパネルおよびシェルパネルより構成される薄肉断面部材の座屈解析を行い、本解析法の有効性および妥当性を検討するとともに、これらの部材の座屈強度および座屈時の変形モードなどについて考察を行った。

2. 伝達マトリックス法を用いた面外荷重を受ける円筒シェルパネルの座屈解析法

図-1 に示すような円筒シェルパネルが面外荷重を受ける場合の断面力の釣り合い方程式は次式となる。

$$N'_x + N^*_{\varphi x} = 0, \quad N'_{x\varphi} + N^*_{\varphi} + \frac{Q_{\varphi}}{R} = 0, \quad Q'_x + Q^*_{\varphi} - \sigma_{\varphi}(\varphi)tw'' = 0, \quad M'_x + M^*_{\varphi x} - Q_x = 0,$$

$$M'_{x\varphi} + M^*_{\varphi} - Q_{\varphi} = 0, \quad N_{x\varphi} - N_{\varphi x} - \frac{M_{\varphi x}}{R} = 0 \quad (1)$$

ここに： $\sigma_{\varphi}(=pR/t)$: 単位面積当たりの φ 軸方向の面内圧縮力， p : 等分布面外荷重， $' \equiv \partial/\partial x$ ， $* \equiv \partial/\partial \varphi$ 。

この断面力の釣り合い方程式(1)を用いることにより、圧縮力を受ける場合と同様な手順により格間伝達マトリックス、さらには座屈荷重及び座屈モードを求めることができる。

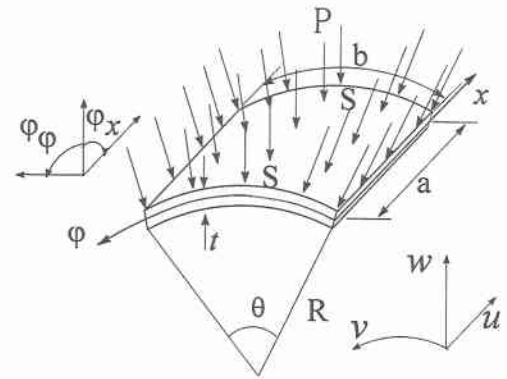


図-1 面外荷重を受ける円筒シェルパネル

3. 本解析法の妥当性の検討

本解析法を用いて図-1 に示す円筒シェルパネル ($b=100(\text{cm})$, $\theta=0.1, 0.5, 1.0, 2.0(\text{rad})$, $b/t=1000, 200, 100$,

66.7)が面外荷重を受ける場合の座屈解析をシェルパネルの部材長を種々変化させ行い、得られた座屈強度および座屈時の変形モードを変分法(VM), Pignataroの解法により得られた結果と比較した。なお本解析例での境界条件は単純-単純($S-S; w=u=0$)とした。図-2 に中心角 $\theta=1.00(\text{rad})$ の場合の座屈強度曲線の比較を示している。

図-2 より明らかなように、いずれのパネル厚比 b/t の円筒シェルパネルにおいても、本解

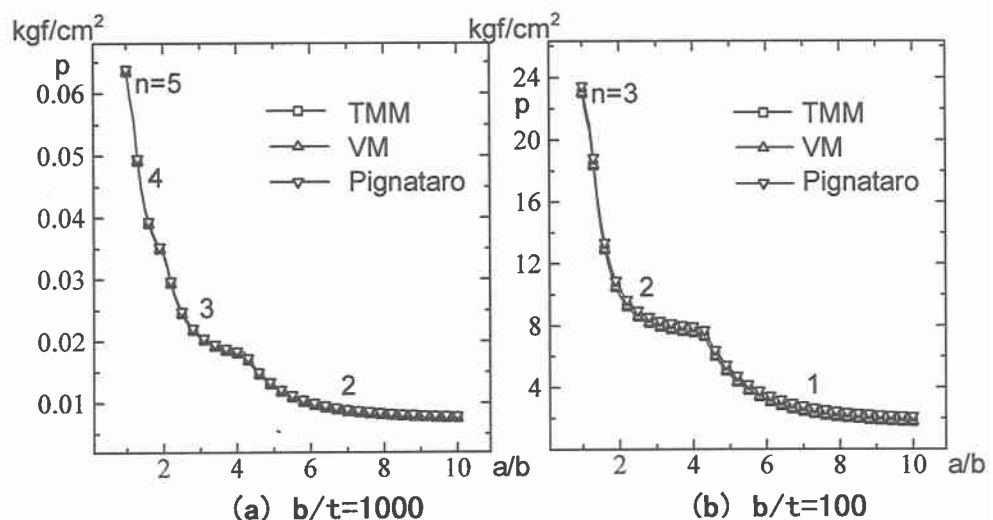


図-2 円筒シェルパネルの座屈強度曲線 ($\theta=1.0$)

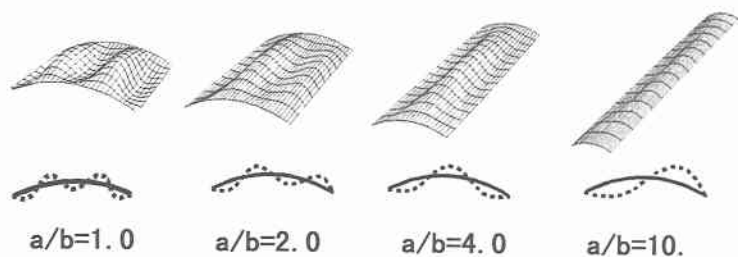


図-3 変形モード ($\theta=1.0$, $b/t=1000$)

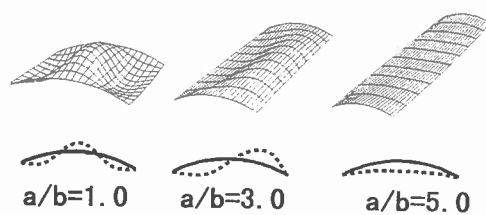


図-4 変形モード ($\theta=1.0$, $b/t=100$)

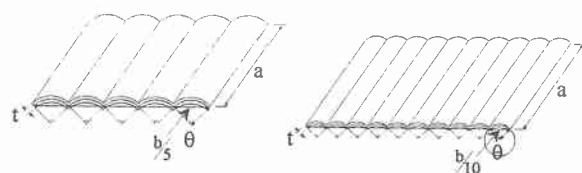
析法(TMM)による座屈強度は他の解法による結果とよく一致している。図-3,4 に本解析法により得られた円筒シェルパネル ($\theta=1.0$, $b/t=1000,100$) の変形モードを示している。この変形モードから得られる円周方向座屈モード n は、いずれの場合も図-2 に示している他の2解法による値と完全に一致している。

4. 面外荷重を受ける連結円筒シェルの座屈強度および変形モード

本解析法を用いて図-5 に示すような種々の円筒シェルパネル(構成パネル)から成る薄肉断面部材(連結円筒シェル)が面外荷重を受ける場合の座屈解析を行い、部材の座屈強度および座屈時の変形モードについての検討を行うとともに、構成パネル数が連結円筒シェルの座屈強度および座屈時の変形モードに及ぼす影響を検討した。

図-6 に構成パネル数 ($N=1, 2, 3, 4, 5, 10$) での連結円筒シェルが面外荷重を受ける場合の座屈強度曲線を、図-7, 8 に $N=3, 5$ の場合の座屈時の変形モードを示している。

図-6 より明らかなように、座屈強度は構成パネル数および部材長が大きくなるとともに減少する傾向にある。座屈時の変形モードは、パネル数および部材長が小さな範囲では構成パネルの連結部分の変位がほとんど生じない構成パネルでの局所的な変形を、パネル数および部材長が大きくなるとともに部材全体としての変形を示すようになる(図-7, 8)。



$b=2000(\text{cm})$, $\theta=2.0(\text{rad})$, $b/t=1000$

図-5 連結円筒シェル

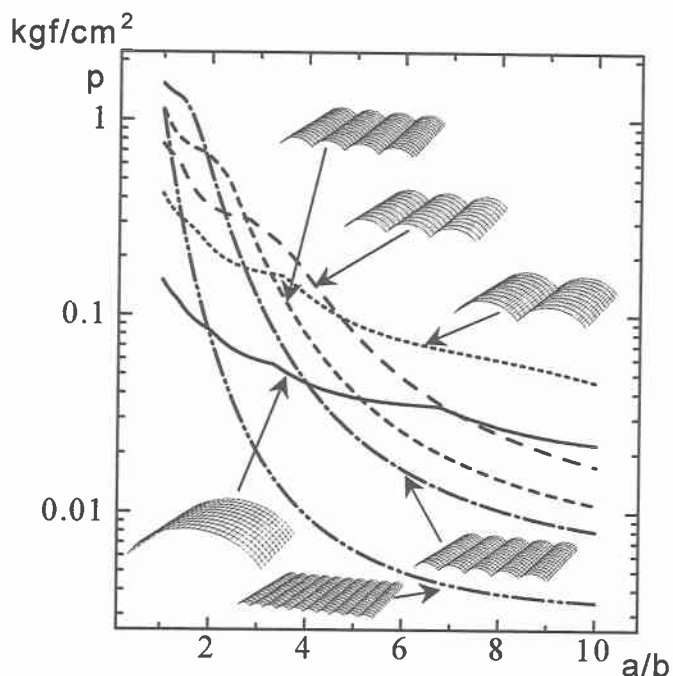


図-6 連結円筒シェルの座屈強度曲線

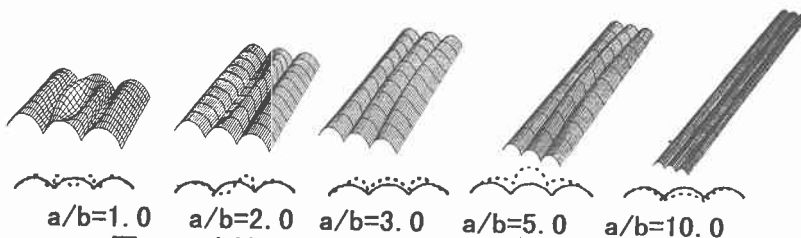


図-7 連結円筒シェルの変形モード ($N=3$)

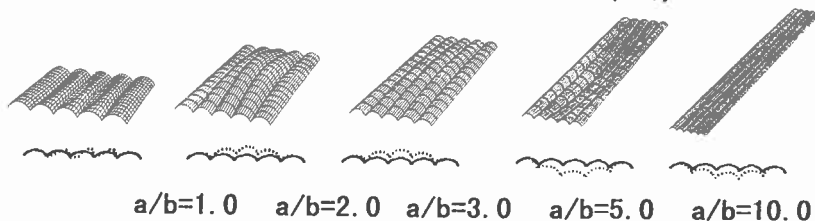


図-8 連結円筒シェルの変形モード ($N=5$)