

せん断変形を有する板構造の振動解析

愛媛大学工学部

正 員 大賀 水田生

愛媛大学大学院

学生員 ○三宅 義樹

徳 山 高 専

正 員 重松 恒美

1. まえがき

鋼構造物の大型化および軽量化傾向から近年、薄肉断面部材の力学的な特徴をさらに増大させるため、サンドイッチ断面を有する薄肉断面部材が実際に建設されている。ところで、このような断面を有する部材においてはせん断変形が大きくなるため、部材の力学的特性を明らかにするには、このせん断変形の影響を考慮することが重要であると思われる。そこで本研究では、サンドイッチ断面を有する板および円筒シェルパネルのせん断変形を考慮した振動解析式を、伝達マトリックス法に基づき開発するとともに、種々の境界条件を有する板および円筒シェルパネルの振動解析を行い、せん断変形がこれらの部材の固有振動数および変形モードに及ぼす影響を検討した。

2. 解析理論

せん断変形を有する円筒シェルパネルの微小要素(図-1)に関する断面力の釣合式、ひずみ-変位関係式および断面力-ひずみ関係式より、状態量 Z に関する連立偏微分方程式を誘導し、相対する2辺($x=0, a$)が単純支持されていることを考慮して、 x 方向成分を三角関数で置き換えることにより、次のような連立常微分方程式が得られる。

$$dZ/Rd\varphi = Z \cdot A(\varphi) \cdot Z, \quad Z = (w, \varphi, M_\varphi, Q_\varphi, v, u, N_\varphi, N_x, M_{\varphi x}, M_{x\varphi})^T \quad \cdots \cdots (1)$$

式(1)を数値積分することにより格間伝達マトリックス F_x が求め

られる。この格間伝達マトリックスを用いて、両端の状態量 Z_0 および Z_1 を関係づけ、さらに両端の境界条件を考慮することにより固有振動数が求められる。得られた固有振動数を用いて再び伝達計算を行うことにより、その固有振動数に対する振動モードが得られる。なお、板パネルに対する格間伝達マトリックス F_p は、式(1)において曲率半径 R を $R \rightarrow \infty$ とすることにより得られる。

3. 数値計算及び考察

せん断変形が固有振動数および変形モードに及ぼす影響を検討するため、本法を用いて、図-2に示す3種類の境界条件を有する板パネル($\theta=0.0$)および円筒シェルパネル($\theta=1.0$)の振動解析を行った。

図-3, 4に単純-単純(S-S)の境界条件を有する板および円筒シェルパネルに対する1~5次の固有振動数および変形モードを示している。なお、これらの図におけるせん断剛性比は $\varepsilon = \pi^2 D / S b^2 = 0.0, 0.5$ (D : 曲げ剛性, S : せん断剛性)としている。また、 $\varepsilon=0.0$ はせん断変形を考慮しない場合の結果であることを示している。図-3より明らかなように、板パネルにおいてはいずれのモードにおいてもせん断変形を考慮することにより固有振動数は低下しており、その低下の程度は次数の増大とともに大きくなる傾向にあるが、せん断剛性比の変化によるモードの入れ替わりは見られない。一方、図-4に示す円筒シェルパネルにおいてはせん断剛性比の変化による固有振動数の変化は板パネルの場合とよく似た傾向を示しているが、変形モードは板パネルに比較してより複雑な形状となっている。また、すべてのモードにおいて次数の入れ替えが生じている。

図-5, 6に固定-固定(C-C)の境界条件を有する板および円筒シェルパネルに対する解析結果示している。図-5より明らかなように、板パネルにおいては単純-単純(S-S)の場合同様、いずれのモードにおい

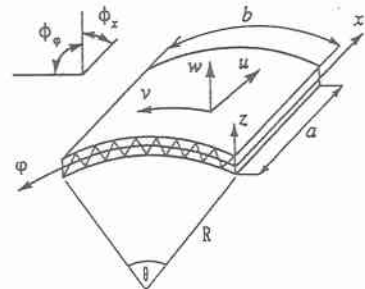


図-1 円筒シェルパネル

でもせん断変形により固有振動数は低下しており、またその低下の程度は単純-単純(S-S)に比較してより大きくなっている。なお、せん断剛性比の変化によるモードの入れ替わりは見られない。一方、図-6に示す円筒シェルパネルにおいては固有振動数および変形モードとも単純-単純(S-S)の場合と同様の傾向を示している。

図-7, 8に自由-自由(F-F)の境界条件を有する板および円筒シェルパネルに対する解析結果を示している。図-7より明らかなように、板パネルにおいては単純-単純(S-S)および固定-固定(C-C)の場合同様、いずれのモードにおいてもせん断変形を考慮することにより固有振動数は低下しているが、その低下の程度は他の2つの境界条件に比較して小さくなっている。また3次および4次のモードの間で次数の入れ替えが生じている。一方、図-8に示す円筒シェルパネルにおいては固有振動数および変形モードとも単純-単純(S-S)および固定-固定(C-C)の場合と同様の傾向を示している。

4 あとがき

今後、本解析法を薄肉断面部材に拡張し、せん断変形がこれらの部材の振動特性に及ぼす影響について検討する予定である。

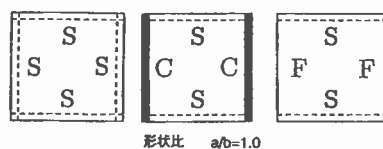


図-2 解析モデル

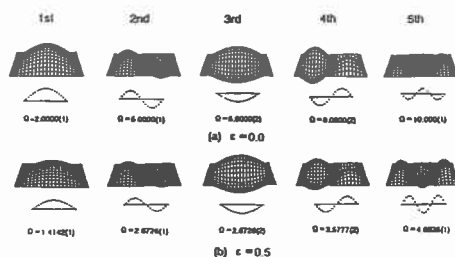


図-3 固有振動数および変形モード(S-S, $\theta=0.0$)

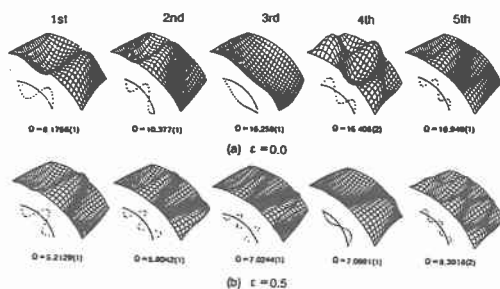


図-4 固有振動数および変形モード(S-S, $\theta=1.0$)

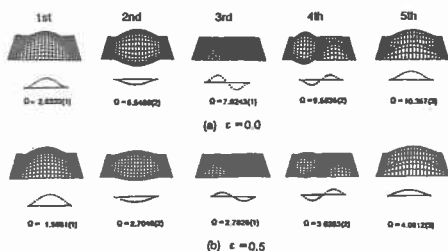


図-5 固有振動数および変形モード(C-C, $\theta=0.0$)

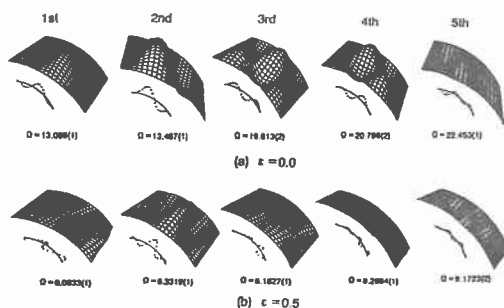


図-6 固有振動数および変形モード(C-C, $\theta=1.0$)

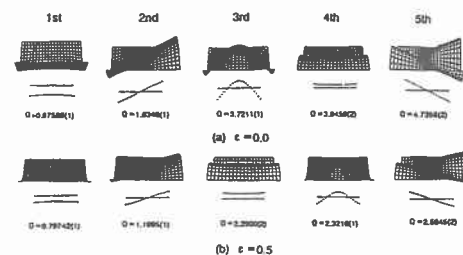


図-7 固有振動数および変形モード(F-F, $\theta=0.0$)

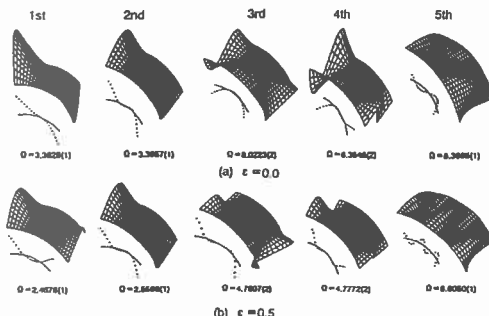


図-8 固有振動数および変形モード(F-F, $\theta=1.0$)