

I-663

隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の固有振動数及び変形モードについて

愛媛大学工学部

正 員 大賀 水田生

日建技術コンサルタント

正 員 ○高尾 英樹

徳 山 高 専

正 員 重松 恒美

1. まえがき

本研究では、伝達マトリックス法を用いて隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の固有振動数のみならず変形モードをも同時に求めることのできる解析プログラムを開発し、さらに本法を用いて隅角部に曲率を有するL型、C型及びBox型断面部材の解析を行ない、部材の固有振動数及び変形モードについて考察するとともに、隅角部の曲率の大きさが部材の固有振動数及び変形モードに及ぼす影響についての検討を行なった。

2. 解析理論

1) 円筒シェルパネルに対する格間伝達マトリックスの誘導

図-1に示す円筒シェルパネルの微小要素に関する断面力の釣合式、ひずみ-変位関係式及び断面力-ひずみ関係式より状態量 $Z = \{w, \psi, M_\psi, V_\psi, v, u, N_\psi, N_{\psi x}\}^T$ 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 $w(x, \psi) = w(\psi) \sin(m\pi x/a)$ (m : 振動モード)で置き換えることにより、次のような一階の連立常微分方程式が得られる。

$$\frac{dZ}{d\psi} = AZ \quad \cdots \cdots (1)$$

式(1)を積分することにより円筒シェルパネルの両端($\psi = 0, b$)の状態量を関係づける格間伝達マトリックス F_ψ が誘導される。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)において円筒シェルパネルの曲率半径 r を $r \rightarrow \infty$ とすることにより得られる。

$$F_\psi = \exp(A\psi) = I + (A\psi) + (A\psi)^2/2! + (A\psi)^3/3! + \cdots \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに I : 単位マトリックス

2) 固有振動数及び変形モード 板及び円筒シェルパネルに対する格間伝達マトリックスを掛け合わせるにより、例えば図-2に示すC型断面部材に対して両端での状態量 Z_0 及び Z_5 を関係づける伝達式が次のように得られる。

$$Z_5 = F_{P3} F_{S2} F_{P2} F_{S1} F_{P1} Z_0 = U Z_0 \quad \cdots \cdots (3)$$

ここで、両端での境界条件を考慮することにより、振動数方程式が次のように得られる。

$$U Z_0' = 0, \quad |U| = 0 \quad \cdots \cdots (4)$$

得られた固有振動数を用いて再び伝達計算(3)を行い、未知初期状態量の1つを $z_{01} = 1$ と置くことにより、 $z_{01} = 1$ に対する相対的な値が求められる。求めた初期状態量を用いて、さらに伝達計算を行うことにより、任意の断面での状態量(変形モード)が求められる。

3. 数値計算結果及び考察

1) 隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の固有振動数及び変形モード

本法を用いて、図-3に示す隅角部に曲率を有するL型、C型及びBox型断面部材の振動解析を行い、部材の固有振動数及び変形モードについて基本的な検討を行った。図-4及び5にC型断面部材($r/B=0.0, 0.5$)の形

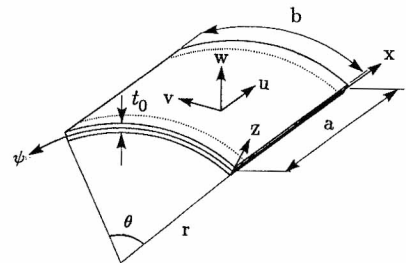


図-1 円筒シェルパネル

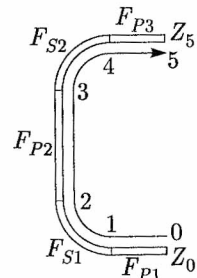


図-2 C型断面部材

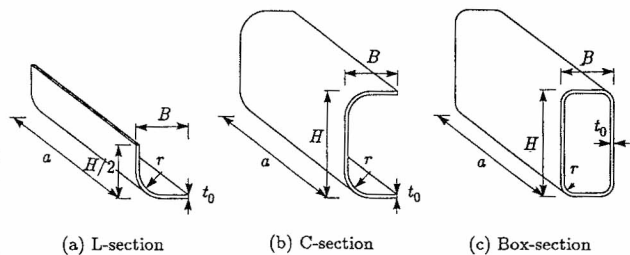


図-3 解析モデル

形状比 $a/H=2.0$ 及び 10.0 の場合について1~5次の固有振動数、 x 方向モード数及び変形モードを示している。

図-4に示す形状比 $a/H=2.0$ では、いずれの場合においても大きな断面変形が生じており、各板パネルが変形する局部変形が支配的となっている。一方、図-5に示す形状比 $a/H=10.0$ の場合には断面の変形は小さくなり、断面全体での梁としての変形が支配的となっている。

2) 隅角部の曲率の大きさが部材の固有振動数及び変形モードに及ぼす影響

本法を用いて、図-3に示すL型、C型及びBox型断面部材の振動解析を行い、隅角部の曲率の大きさが部材の固有振動数及び変形モードに及ぼす影響について基本的な検討を行った。図-6にC型断面部材の $r/B=0.0$ のときの1~5次の固有振動数について、断面隅角部の曲率の大きさが連続的に変化した場合($r/B=0.0\sim0.5$)の固有振動数の変化の様子を形状比 $a/H=2.0$ (図-6(a))及び 10.0 (図-6(b))について示している。

図-6(a)に示す形状比 $a/H=2.0$ では、いずれのモードにおいても隅角部の曲率の増大にともない固有振動数が増大している。これは $a/H=2.0$ の場合にはいずれのモードも局部変形が支配的であり、断面隅角部の曲率の増大により各板パネルが連成して変形するために固有振動数が増大するものと考えられる。一方、図-6(b)に示す形状比 $a/H=10.0$ では、局部変形が支配的な5次の変形モード以外は隅角部の曲率の増大にともない固有振動数が減少しており、その変化の程度も形状比 $a/H=2.0$ の場合に比較して小さくなっている。これは断面全体での梁としての変形が支配的であるため、曲率の増大による断面全体の梁としての剛性が低下するために固有振動数が減少するものと考えられる。また形状比 $a/H=2.0$ に比較して $a/H=10.0$ の場合には隅角部の曲率の影響が小さくなる傾向にある。

4. あとがき

本解析法を用いることにより、薄肉断面部材の固有振動数及び変形モードが極めて少ない変数(通常8個)及び計算量により精度良く求められる。また本研究で示したような隅角部に曲率を有する薄肉断面部材の変形モードはこれらの部材の複雑な振動特性を明らかにするのに有効であると思われる。

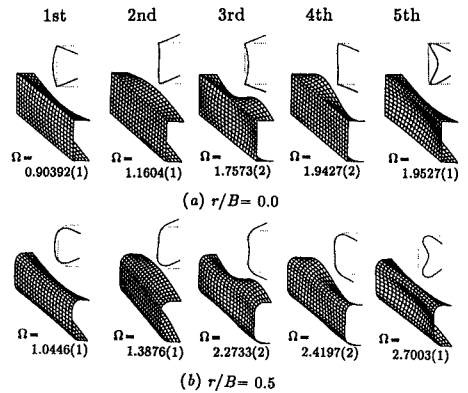


図-4 固有振動数及び変形モード($a/H=2.0$)

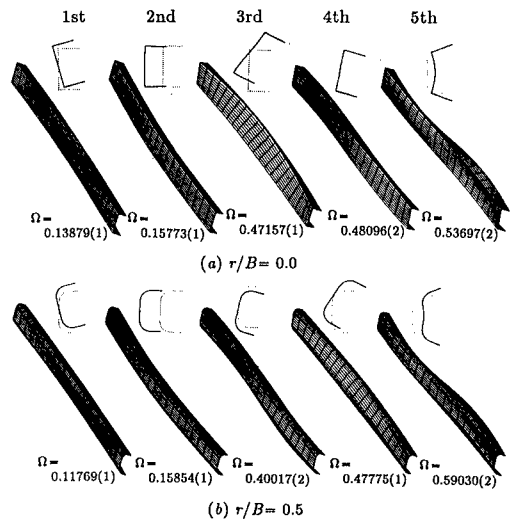


図-5 固有振動数及び変形モード($a/H=10.0$)

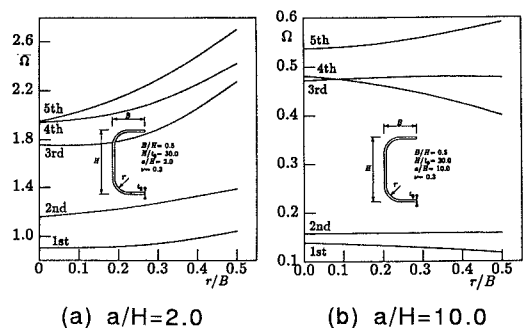


図-6 隅角部の曲率の変化による固有振動数の変化

参考文献 1) Ohga, M., Takao, H. and Shigematsu, T., Vibration Analysis of Curved Panels with Variable Thickness; The 3rd World Congress on Computational Mechanics, 1994. 2) Ohga, M., Takao, H. and Shigematsu, T., Free Vibration Analysis of Thin-Walled Members; The 5th International Conference on Steel Structures, 1994.