

面内力を受ける薄肉断面部材の振動解析

愛媛大学工学部
愛媛大学大学院
アースコンサルタント

正 員 大賀 水田生
学生員 ○西本 公治
大塚 雅史

1. まえがき

実際の構造物においては常に自重などによる応力が生じており、これらの構造物の振動特性を考察する場合、このような応力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、これまでに開発されている伝達マトリックス法による座屈および振動解析理論を組み合わせることで発展させることにより、面内力を受ける薄肉断面部材の固有振動数及び変形モードを求める解析プログラムを開発するとともに、種々の面内力を受ける薄肉断面部材の振動解析を行い、面内力が薄肉断面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

(1) 格間伝達マトリックスおよび座標変換マトリックスの誘導

面内力を受ける板パネルの微小要素(図-1)に関する支配方程式より、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。

$$dZ/dy = Z' = A(y) \cdot Z, \quad Z = (w, \psi_y, M_y, V_y, v, u, N_y, N_{xy})^T \quad \cdots (1)$$

式(1)を数値積分することにより、板パネルの両端($y=0, b$)での状態量を関係づける格間伝達マトリックス F が誘導される。また、隣接する板パネル間の状態量の関係を考慮することにより座標変換マトリックス P が次のように得られる。

$$Z^L = PZ^R \quad \cdots (2)$$

(2) 固有振動数および変形モード

(1)で誘導した板パネルに対する格間マトリックス F および座標変換マトリックス P を用いることにより、例えば図-2に示すC型断面部材の両端での状態量 Z_0, Z_5 を関係づける伝達式が次のように得られる。

$$Z_5 = F_5 \cdot P_4 \cdot F_4 \cdot P_3 \cdot F_3 \cdot P_2 \cdot F_2 \cdot P_1 \cdot F_1 \cdot Z_0 = UZ_0 \quad \cdots (3)$$

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。

$$UZ_0' = 0, \quad |U'| = 0 \quad \cdots (4)$$

得られた固有振動数を用いて再び伝達計算を行い、未知初期状態量の1つを $z_{01} = 1$ とおくことにより、初期未知状態量 $z_{01} = 1$ 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. 面内力が固有振動数および変形モードに及ぼす影響の検討

本解析法を用いて図-3に示すL型, Box型およびI型断面部材($a/H=2.0, 5.0, 10.0$)が等分布および曲げの面内力を受ける場合の振動解析を行い、面内力が固有振動数および変形モードに及ぼす影響の検討を行った。図-4にI型断面部材($a/H=5.0$)の曲げ面内力の大きさを種々変化させた場合の1~5次の固有振動数の変

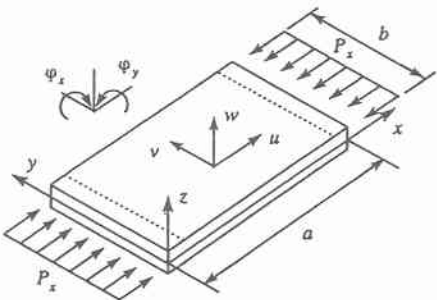


図-1. 面内力を受ける板パネル

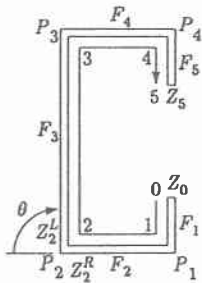


図-2. C型断面部材

化を示している。縦軸には各々の固有振動数 Ω を面内力を受けない場合の固有振動数 Ω_0 で除した値 (Ω/Ω_0) 、横軸には面内力を座屈荷重で除した値 (P/P_{cr}) を示している。また、図中の括弧内の数字 (m,n) はそれぞれ x 方向モード m およびそのモードにおける次数を示している。この場合の座屈モードは $m=6$ となっており、座屈モードと同一のモード $(6,1)$ の固有振動数は $P/P_{cr}=1.0$ で $\Omega=0.0$ となっている。また、固有振動数は面内力の増加とともに減少するケースが多いが、逆に2次モード $(2,1)$ のように増加する場合もある。図-5に $P/P_{cr}=0.0, 0.5$ および 1.0 における変形モードを示している。座屈モードと同一のモード $(6,1)$ での $P/P_{cr}=0.0$ における変形は、上下対称の局部座屈を示しているが、面内力の増加とともに引張側の変位が小さくなり、 $P/P_{cr}=1.0$ すなわち座屈モードではほとんど変形が生じていない。面内力の増加とともに振動数が増加する2次モード $(1,2)$ では、ねじれ変形を示しており、面内力の増加とともに圧縮側の変形が小さくなっている。また、局部変形を示している4次 $(1,3)$ および強軸方向の梁として変形を示している5次 $(1,4)$ においては、面内力の増加による振動数および変形モードの変化はほとんどみられない。

4 あとがき

L型、Box型断面部材での検討結果および等分布面内力を受ける場合の結果については当日発表する予定である。

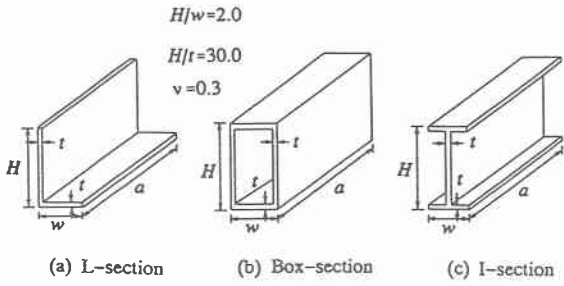


図-3. 解析モデル

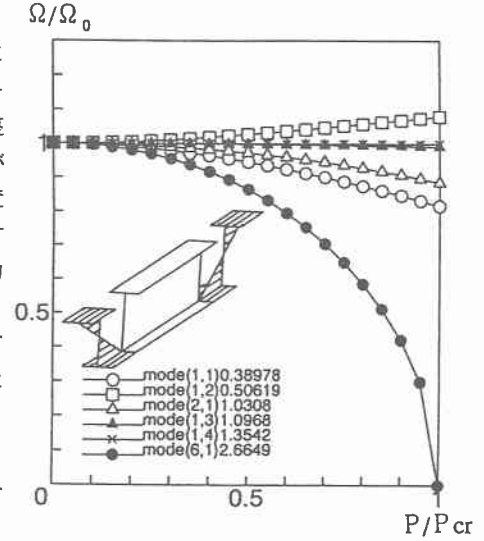


図-4. 面内力の変化による固有振動数の変化

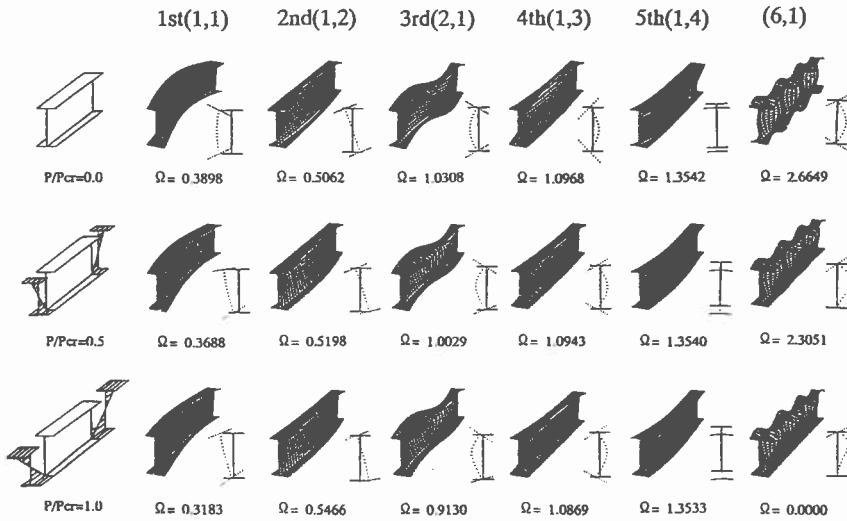


図-5. 変形モード