

種々のプロフィールド断面を有する薄肉断面部材の座屈強度

愛媛大学大学院 学生会員 ○星出紘規
愛媛大学大学院 正会員 大賀水田生

1.序論

現在,土木分野において橋梁のデッキプレートなどに薄肉断面部材が多く用いられている.薄肉断面部材を圧縮材として使用する場合,薄肉ゆえに座屈に対して強度が不足するケースが多くあるため,補剛して用いる場合が多い.その補剛方法として開断面リブや閉断面リブを有する補剛板や薄板自体を加工した,プロフィールド断面など多くの方法がある.このプロフィールド断面は,薄板の一部を三角形,四角形及びシェル型に加工し,剛性を大きくしているものである.このような断面を有する圧縮板の強度は,今まで求められておらず,明らかになっていない.

そこで,本研究では,固有値解析法(伝達マトリックス法)によってプロフィールド断面を有する薄肉箱型部材の座屈問題に対する伝達方程式を誘導し,その座屈強度及び座屈形状を求め,圧縮材としての座屈挙動を明らかにしようとするものである.

2.理論解析

伝達マトリックス法では,まず,薄肉断面部材の断面を構成する板パネルの断面力と変位のつり合いより一階連立常微分方程式を得て,それらを数値積分することで格間伝達マトリックスFを誘導する.次に隣接する2つのパネル間の状態量の関係から格点伝達マトリックスPを求め,求めた格間伝達マトリックスFと格点伝達マトリックスPを掛け合わせるにより座屈方程式を誘導する.両端の境界条件を考慮して,座屈条件式を求める.座屈条件式を数値的に解くことにより,部材の座屈強度,座屈変形モードを求める.

2.1 座屈条件式

格間伝達マトリックスF_i及び格点伝達マトリックスP_iを用いて図-1に示すモデルの座屈条件式を組み立てる.箱型断面の対象性を考慮して半断面についての条件式を組み立てると以下の式を組み立てることができる.

$$Z_{14} = F_{14} \cdot P_{13} \cdot F_{13} \cdot P_{12} \cdot F_{12} \cdot P_{11} \cdot F_{11} \cdot P_{10} \cdot F_{10} \cdot P_9 \cdot F_9 \cdot P_8 \cdot F_8 \cdot P_7 \cdot F_7 \cdot P_6 \cdot F_6 \cdot P_5 \cdot F_5 \cdot P_4 \cdot F_4 \cdot P_3 \cdot F_3 \cdot P_2 \cdot F_2 \cdot P_1 \cdot F_1 \cdot P_0 \cdot F_0 \cdot Z_0 \quad (1)$$

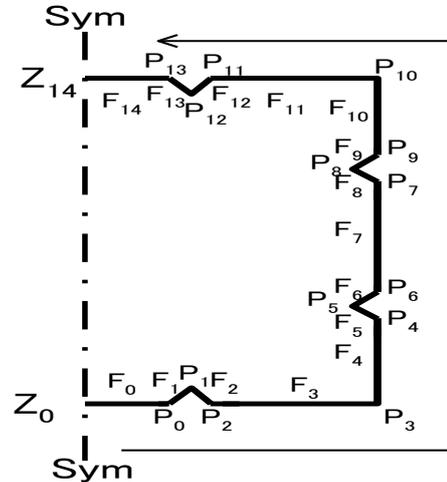


図-1 対称性を考慮した箱型断面の状態量の伝達

2.2 境界条件式

パネル断面の座屈形状を対象形と仮定すると,状態量のうち,たわみ角φ_y,せん断力V_y,y方向変位v,せん断力N_{yx}が0となり,状態量ベクトルは次式となる.

$$Z_{sym} = \left\{ \begin{matrix} w, 0, \overline{M}_y, 0, 0, \overline{u}, \overline{N}_y, 0 \end{matrix} \right\}^T \quad (2)$$

表-1 解析モデルの断面諸量

	model-1	model-2	model-3	model-4
板幅(b)	600 (mm)	600 (mm)	600 (mm)	600 (mm)
板厚(t)	7.8 (mm)	7.8 (mm)	7.8 (mm)	7.8 (mm)
突起形状	なし	三角形	四角形	シェル型
突起数(n)	1, 2, 5, 10			
突起高さ(h)	20 (mm)	20 (mm)	20 (mm)	20 (mm)
形状比(a/b)	0.2~100.0			
支持条件	対称条件			
ヤング係数	205.8 (GPa)			
ポアソン比	0.3			

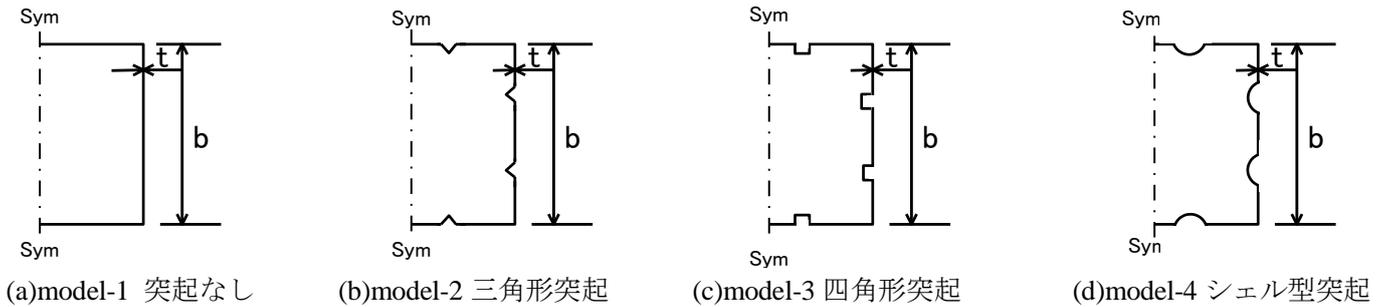


図-2 解析モデル

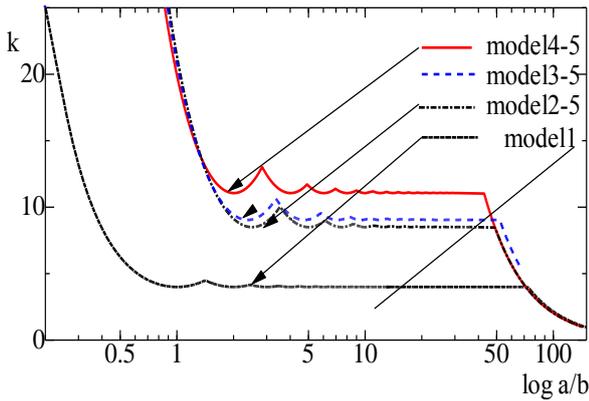


図-3 座屈係数曲線(model-1~4,n=5)

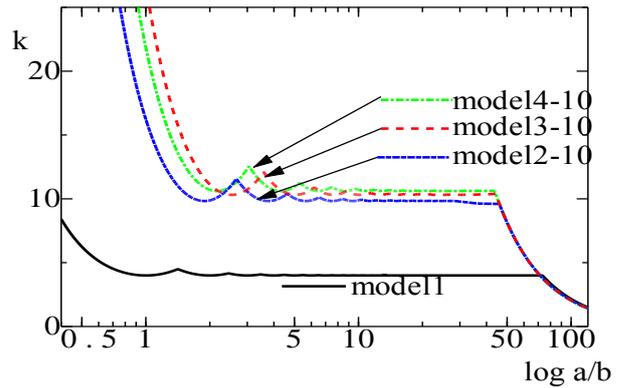


図-4 座屈係数曲線(model-1~4,n=10)

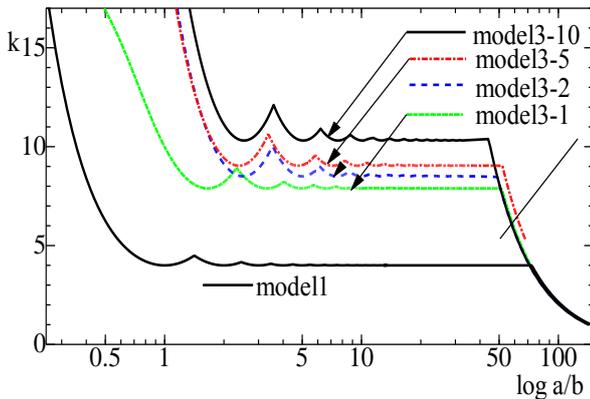


図-5 座屈係数曲線(model-3)

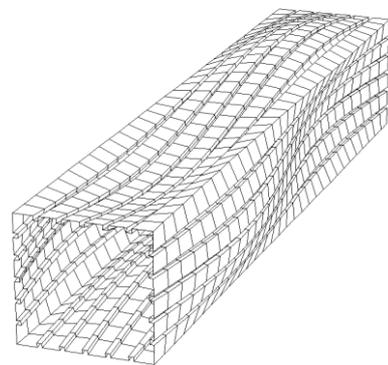


図-6 局部座屈モード(model-3,n=5)

3.解析結果

本研究で対象とした4種類の解析モデル(model-1~4)の断面諸量及び断面形状を表-1,図-2に示す。model-1は通常の箱型断面部材であり,model-2~4はそれぞれ三角形,四角形,シェル型の補剛突起(突起)を有する断面である。なお各板パネルの突起数nはそれぞれn=1,2,5,10とした。

図-3に突起数n=5の場合のそれぞれのモデルでの座屈係数曲線の比較を示している。ここで、縦軸には座屈係数 $k(k=b^2 \sigma_x / \pi^2 K, K:曲げ剛性)$,横軸には部材長比 a/b を対数表示で示している。図-4は四角形突起(n=1,2,5,10)における座屈係数曲線を示している。また図-5では突起数n=10の場合のそれぞれのモデルでの座屈係数曲線を示している。図-6は、四角形突起(n=5)の局部座屈モードを示す。 $a/b=5.5$ の時に, $k=8.6$ とな

り, $m=2$ の局部座屈が発生している。

4.結論

本研究では,種々のプロフィールド断面を有する薄肉箱型断面部材の座屈解析について伝達マトリクス法を用いて行った。プロフィールド断面については,円形突起を用いた場合がもっと補剛効果が得られ,突起の形状に関わらず,突起数が増加するごとに座屈強度も向上するが,突起数が多くなるにつれ,突起形状による座屈強度の違いはなくなってきている。また,プロフィールド断面を有する薄肉箱型断面は形状比が小さい範囲では板自体の局部座屈が発生しており,一定の形状比を超えると全体座屈の挙動を示している。