

構成則が圧縮板の繰返し荷重下の局所化挙動に与える影響

名古屋工業大学 王 慶雲 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顕

名古屋工業大学 学生員 松岡 宏典 名古屋工業大学 正員 小畑 誠

1. まえがき

薄板集成構造の圧縮板要素では、塑性座屈モードの局所化により変形能が低下することが知られている。著者らはすでに塑性座屈モードの局所化現象の解析手法を提案し、多点支持柱¹⁾、圧縮板²⁾、円筒殻³⁾などに対して、繰返し荷重下の局所化現象を解析し、それが強度劣化に与える影響について検討を加えてきた。局所化現象は材料の塑性領域で生ずるため、材料特性が影響するものと考えられる。ここでは圧縮板を対象に J2 流れ則の枠内で、Bi-linear モデルと、Dafalias-Popov⁴⁾の2曲面モデルとの差異を検討する。

2. 解析手法と解析モデル

材料の塑性挙動は、上に述べたように移動硬化のみ考慮した J2 流れ則の枠内で、図1に示す Bi-linear モデルと、2曲面モデルにより表現する。板要素の有限変位挙動の解析には剛体変位除去の手法を用い、有限要素には面内回転自由度を考慮した Bergan と Fellip⁵⁾による三角形平面シェル要素を適用する。なお要素の面内に7点、板厚方向に11点の Gauss 積分点を設け、数値積分により剛性方程式を誘導した。

解析モデルとしては図2に示す4辺単純支持板を対象とし、x 方向の一方方向圧縮による座屈モードの局所化現象を解析する。局所化現象はこのような圧縮板の場合には第2分岐点での分岐挙動に起因するものであるが、板の場合は数値計算上、第2分岐点での分岐までを正確に解析することが困難であることが多いため、ここでは以下に示す初期不整 u_0 を与えることで局所化挙動を解析する。

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq x \leq b/2 : u_0 &= b \sin(\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-4} + b \sin(2\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-5} \\ b/2 \leq x \leq b : u_0 &= b \sin(\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-4} \end{aligned} \right\} a/b = 1$$

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq x \leq b : u_0 &= (1 + 0.1) b \sin(\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-4} \\ b \leq x : u_0 &= b \sin(\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-4} \end{aligned} \right\} a/b = 2$$

本解析プログラムと汎用プログラム MARC とについて単調載荷条件下で Bi-linear モデルに関して比較した結果を図3に示す。図より $b/t=100$ の板について座屈後挙動に関して若干差があるが、全般的に本解析プログラムと MARC とは良い一致を見せている。

3. 構成則の影響

幅厚比 $b/t=50, 100$ 、辺長比 $a/b=2$ の圧縮板をとり上げ、その局所化挙動に及ぼす構成則の影響を調べる。単調載荷条件下の挙動を図4に示す。

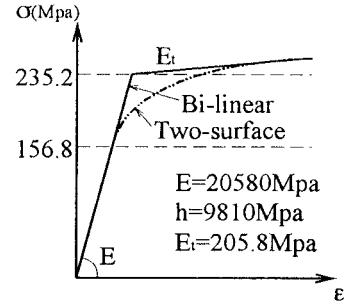


図1 一軸下の応力-ひずみ関係

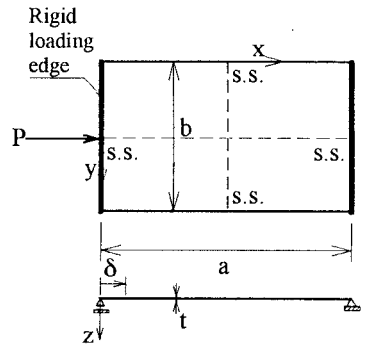


図2 周辺単純支持板

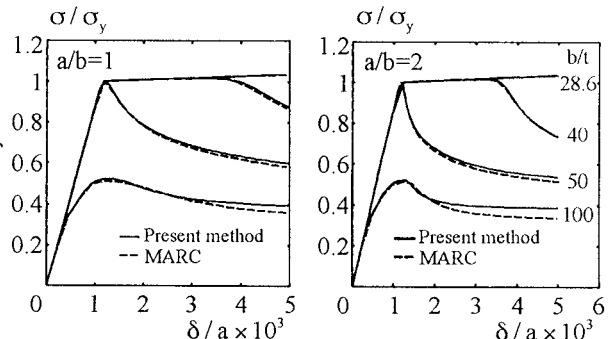


図3 Bi-linearモデルでのMARCとの比較

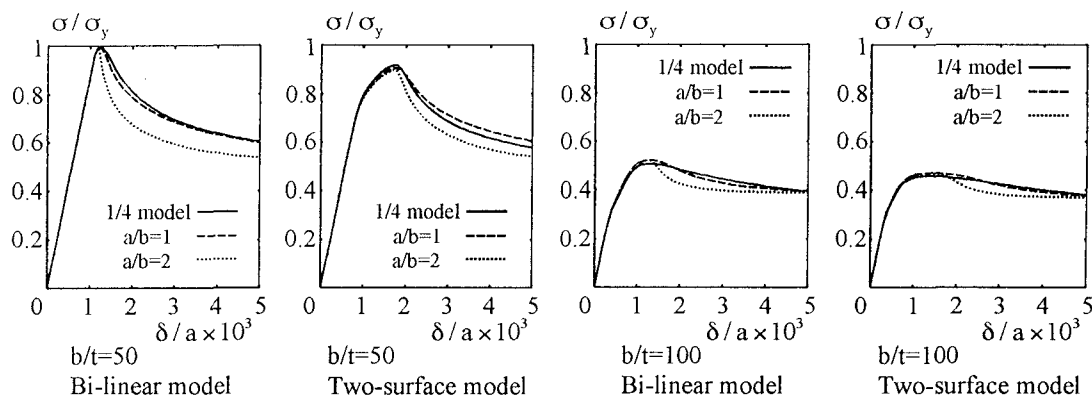


図4 単調载荷条件下の挙動

図中には従来の耐力解析で用いられる $a/b=1$ の 1/4 モデルの板の結果も比較のために記入している。図より Bi-linear モデルでは 1/4 モデルを除き、すべての場合に局所化が生じたが、2 曲面モデルでは局所化の発生が遅れ、 $a/b=1$ の場合には $b/t=50, 100$ いずれも局所化は生じなかった。また、局所化が生ずる場合も Bi-linear モデルの方が荷重低下が大きいく。これは Bi-linear モデルでは降伏後剛性が大きく低下することによって考えられる。同じモデルに両振りの定変位振幅 ($\delta/a = 1.5 \times 10^{-3}$) を与えたときの $b/t=100$ の板について得られたヒステリシスループを図5に、荷重の低下の傾向と6サイクル目の変形モードを図6に示している。これより Bi-linear モデルではいずれも局所化により荷重が低下し、 a/b が大きいほど低下する割合が大きい。一方、2 曲面モデルでは局所化は生じず、強度の劣化傾向は 1/4 モデル、 $a/b=1, 2$ いずれも同様である。以上のように局所化挙動は構成則に敏感であり、その荷重劣化を正確に把握するには、適切な構成則の設定が重要と考えられる。

参考文献

- 1) 後藤、川西、鳥羽、小畑：土木学会論文集, No. 483/I-26, pp87~96, 1994.
- 2) Goto, Y. Toba, Y. and Matsuoka, H. : J. of Eng. Mech., ASCE, 1995, April (To Appear)
- 3) 鳥羽、後藤、小野、小畑：土木学会第 49 回年次学術講演会概要集, I - 85, pp170~171, 1994.
- 4) Dafalias, Y. E. and Popov, E. P. : J. Appl Mech. Vol. 43, pp645~651, 1976.
- 5) Bergan, P. G. and Fellipa, C. A. : Computer Methods in Appl. Mech. and Eng. Vol. 50, pp25~69, 1985.

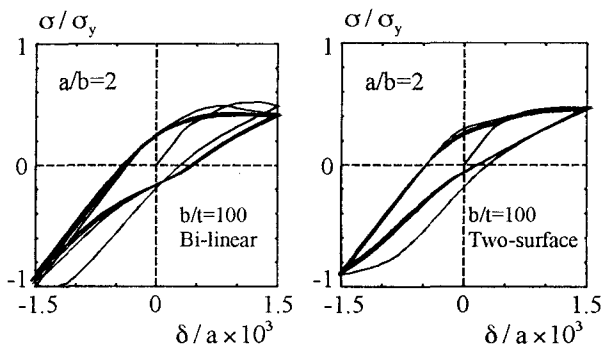
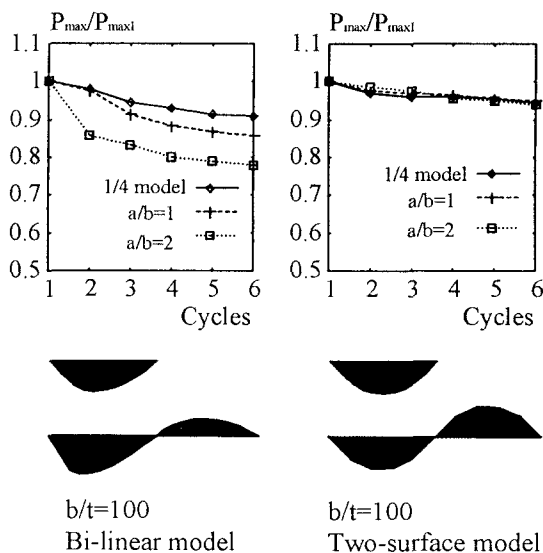


図5 繰り返し载荷条件下の挙動

図6 サイクル数と最大荷重との関係
および6サイクル目の変形モード