

I-34

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 学生員 王 慶雲 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顯
 静岡県庁 正員 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。ここでは初期不整ある圧縮板を対象に 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理論的に検討する。

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 Fellipa⁵⁾による三角形平面膜要素と三角形平面曲げ要素を適用する。分岐解析は多軸応力下の Hill の分岐条件に基づき実施するのであるが、局所化を生ずる分岐点が一般にピーク到達後の荷重減少経路上に存在するため、ここでは変位制御の手法を用いる。分岐点は $\text{Det}[\tilde{\Delta K}_{ij}^c] = 0$ より求める。ここで $\tilde{\Delta K}_{ij}^c$ は変位増分型の接線剛性マトリックス、c は除荷の場合でも負荷剛性を用いる Comparison solid として構造システムを表す。

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、ここでは初期不整 $u_0 = b \sin(\pi x/b) \sin(\pi y/b) \times 10^{-4}$ を与え、局所化現象を近似的に第1分岐点の問題として解析する。

3. 単調載荷時の構成則の影響

幅厚比 $b/t=50, 40$ 、辺長比 $a/b=1, 2$ 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。数値計算結果によると、いずれも $a/b=1$ の場合、局所化は生じないが、 $a/b=2$ の場合局所化が生じる。 $a/b=2$ について局所化の挙動を局所化が生じない場合(基本経路)と比較して図3に示す。なお、基本経路とは周期的な局部座屈が発生する場合に対応しており、この経路と局所化経路との差が局所化による荷重低下に対応している。図より2曲面モデルに比べ、Bi-linear モデルでは局所化が小さな変位量で発生する。また、局所化が生じる場合も Bi-linear モデルの方が荷重低下が大きい。これは Bi-linear

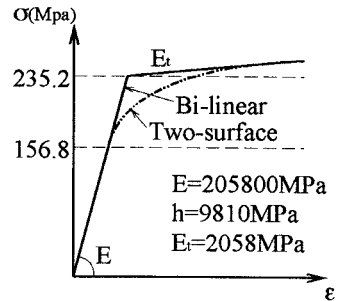


図1 一軸下の応力-ひずみ関係

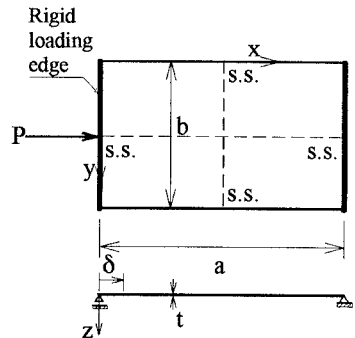


図2 周辺単純支持板

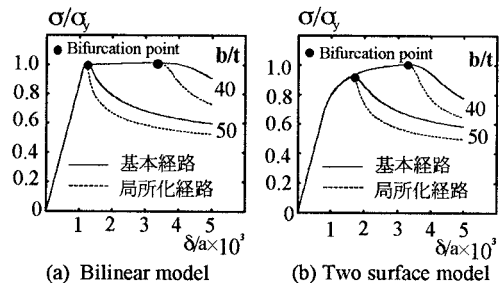


図3 単調載荷条件下の挙動

モデルでは降伏後剛性が大きく低下することによると考えられる。つまり、応力-ひずみ関係における降伏棚の存在は局所化を促進し、さらに変形能を低下させる原因となりうる。

4. 繰り返し荷重時の構成則の影響

繰り返し荷重下の挙動としては、同じモデルに両振りの定変位振幅($\delta/a = 2.0 \times 10^{-3}$)を与えたときの $b/t=50$, 40 の板について得られたヒステリシスループと変形モードを図4に、荷重の低下の傾向を局所化が生じない場合(基本経路)と比較して図5に示している。与えた振幅の値はどちらのモデルも単調荷重条件下で $b/t=50$ の場合では局所化が生じ、 $b/t=40$ の場合では局所化が生じない値である。この図より、局所化が発生しない基本経路での荷重低下の傾向はいずれのモデルにおいてもほぼ同様であるが、局所化による荷重の低下傾向は異なっている。すなわち、 $b/t=50$ の場合では1サイクル目に局所化が生じ、その後のサイクルで荷重が低下するが、Bi-linear モデルの方が荷重低下が大きい。一方、 $b/t=40$ の場合、Bi-linear モデルでは局所化が3サイクル目に発生し、2曲面モデルでは局所化が5サイクル目に発生する。6サイクル目までは、Bi-linear モデルの方が荷重低下が大きく、2曲面モデルでは荷重低下がほとんどない。以上のように繰り返し荷重下でも局所化挙動は構成則に敏感であり、降伏棚の存在は繰り返しによる荷重劣化を促進させる原因となるものと考えられる。

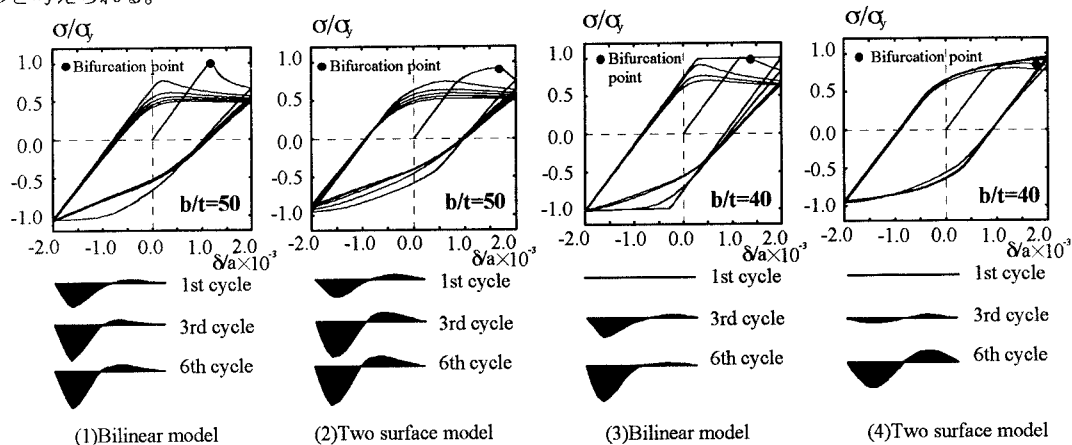


図4 繰り返し荷重下の挙動 ($b/t=50, 40$, $a/b=2$)

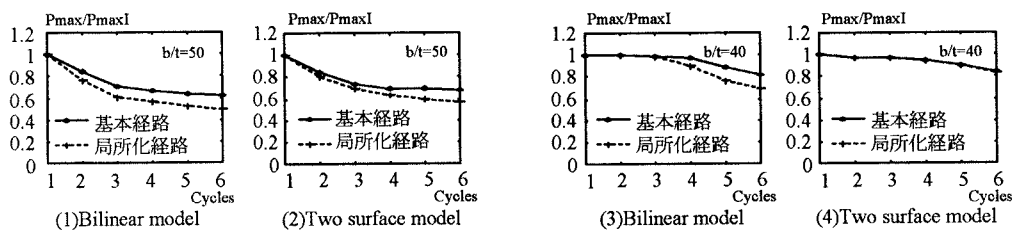


図5 サイクル数と最大荷重との関係 ($b/t=50, 40$, $a/b=2$)

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.