

圧縮板の塑性座屈モードの局所化と繰り返し荷重下の劣化挙動

名古屋工業大学 学生員 松岡 宏典 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顕
名古屋工業大学 学生員 鳥羽 保行

1. まえがき：座屈モードの局所化とは、座屈直後に周期性等の対称性を有する初期座屈波形が生ずる場合載荷を進めていくうちに、この波形の特定の部分だけに塑性変形が集中する現象である。薄板集成構造物の圧縮板要素では、繰り返し荷重下において、このような現象により、耐力、変形能が大きく低下していくことが実験等で観察されている。著者らは、鋼構造物の耐震性を損なう原因の一つとして、塑性座屈モードの局所化が関与しているという観点からこの現象への理論的アプローチ方法について検討を加えてきた。その結果、多点支持柱等の単純なモデルを対象として、局所化現象は第1分岐経路が最大荷重点に到達後の荷重減少経路上に存在する第2分岐点での分岐挙動に起因することを確認するとともに、この現象が繰り返し荷重下においてより発生しやすいこと、さらに、構造物の劣化にかなりの影響を及ぼすこと等を数値解析により明らかにした¹⁾。ここでは、土木分野の鋼構造物の構成要素としてより重要な圧縮板を取り上げ、繰り返し荷重下の局所化現象について検討する。

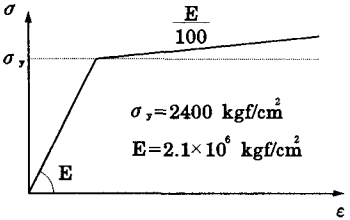


図1 一軸応力下の応力-ひずみ関係

2. 解析手法：多軸応力下の構成則は降伏条件にVon Misesの条件、流れ則には降伏曲面を塑性ポテンシャル面とする関連流れ則、また硬化則はZieglerの移動硬化則による。なお、相当応力-相当ひずみ関係に図1に示すBi-linear型を仮定する。有限変位解析は四辺形要素を用いた剛体変位除去の手法によっている。²⁾

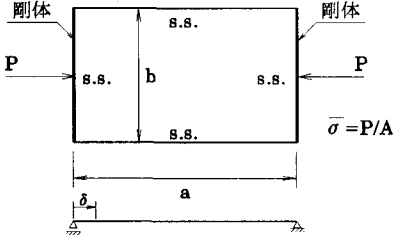


図2 圧縮板

3. 圧縮板の塑性座屈モードの局所化と劣化挙動：図2に示す4辺単純支持板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。

パラメータとしては幅厚比パラメータを4種類 ($R=0.508, 0.711, 0.889, 1.78$) 辺長比を2種類 ($a/b=2, 3$) 変化させている。ここで辺長比は各幅厚比に対し第1分岐点で半波の座屈波形が2波および3波生ずる場合を対象としている。

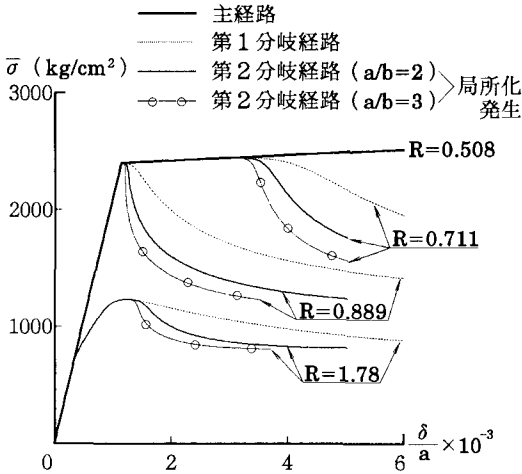


図3 単調載荷条件下の挙動

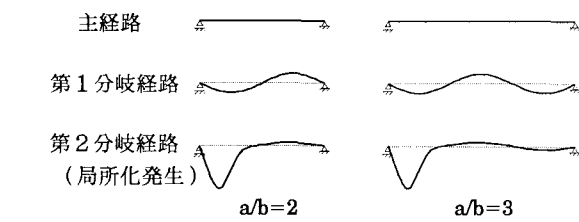


図4 変形モード

まず図3に単調荷重条件下の局所化挙動を荷重辺の平均応力と無次元化軸方向変位の関係として示している。また図4には各経路での変形モードを示している。この図より端部変位 $\delta/a=6$ の範囲で、 $R=0.508$ の場合を除いて、全ての場合に局所化現象が生じている。このとき R の値が小さいほど局所化現象の発生は遅いが、逆に局所化による荷重の低下は大きいことがわかる。また辺長比については、これが大きいほど局所化による荷重の低下が大きい。

繰り返し荷重下の挙動として $R=0.889$ を一定とし、 $a/b=1$ 、 $a/b=2$ の2種類の構造について、2通りの両振り変位振幅を与えたときの挙動を図5-a、bに図3の軸関係と同様に描いている。振幅としては第1分岐点と第2分岐点間の値 $\delta/a=1.2 \times 10^{-3}$ と第2分岐点以降の値 $\delta/a=1.5 \times 10^{-3}$ を与えている。 $\delta/a=1.2 \times 10^{-3}$ の場合には単調荷重では局所化は生じないが、繰り返し荷重下においては3サイクル目に局所化が生じ荷重が低下する。一方、 $\delta/a=1.5 \times 10^{-3}$ では1サイクル目に局所化が生じ、その後の荷重サイクルでは大きく耐力が低下している。図6には各荷重サイクルで圧縮方向の最大振幅を与えたときの板縦断面の変形の推移を表示している。この図からいずれも座屈モードの局所化は端部に発生し、荷重サイクル数の増加により局所的な変形量が増加し、最大荷重が低下していくことがわかる。また、変形量の増加は荷重低下の大きなサイクルにおいて著しい。以上の挙動は、すでに示した多点支持柱の場合の挙動と同様である。

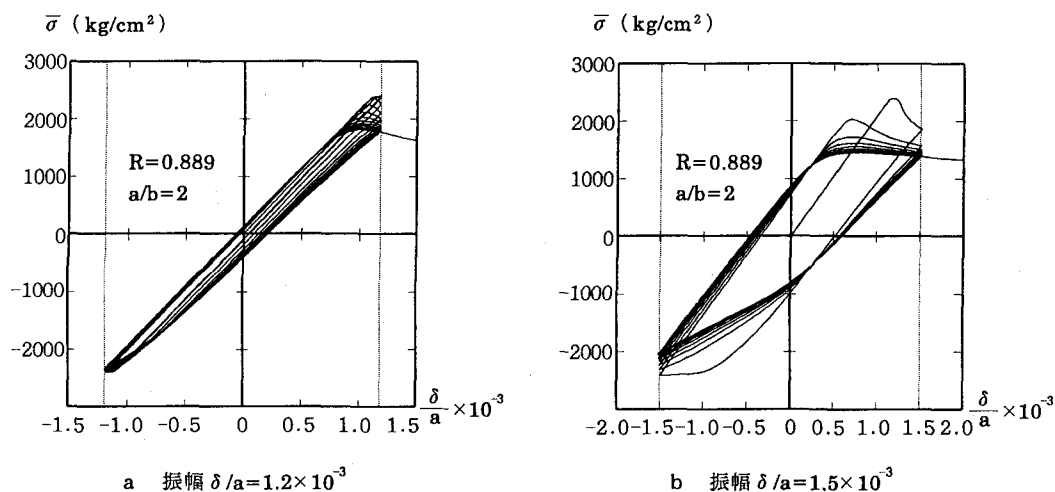


図5 繰り返し荷重下の挙動

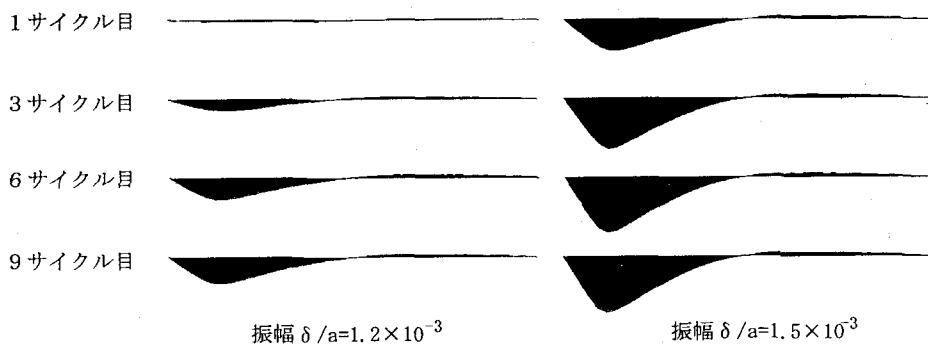


図6 板縦断面の変形の推移

参考文献：1) 後藤、川西、鳥羽、小畑：構造物の塑性座屈モードの局所化による変形能の低下と繰り返し荷重下の挙動：土木学会論文集 1994.1

2) MARC analysis Res. Co. : Background information, Vol. F, May, 1991