

引張座屈挙動に対し解析上の諸条件が与える影響

信州大学工学部

○進藤 薫

信州大学工学部

正会員

清水 茂

1.はじめに

通常、引張荷重のもとでは座屈は発生しないものとされている。しかし、穴あき板では、引張荷重により穴周囲に局所的な圧縮応力が発生し、この圧縮応力が穴周囲において座屈を引き起こす場合があることが知られている[1][2]。本研究では、このような座屈を「引張座屈」とよぶ。

穴あき平板の固有値引張座屈解析は文献[2][3]で行われ、図-4のような穴あき平板の引張座屈について、図-1,2,3のような引張座屈1次から3次までのモードが示されている。

一方、最近、文献[2][3]とは異なった座屈モードが現れ

たとの報告が寄せられた[4]。それによると、図-2のような引張座屈2次のモードが現れず、図-3のような引張座屈3次のモードが2次のモードになったとのことであった。

著者らは、これが解析上の諸条件、特に有限要素法による離散化の相違に起因するものと考え、条件を変えた解析を種々行った。本文はそれらの諸条件が解析結果に与える影響を報告する。

2.解析モデル

本研究で用いた解析モデルを図-4に示す。

解析モデルは、縦800mm、横800mmの正方形板に、縦400mm、横200mmの長方形の穴を板中央に有する穴あき平板で、板厚は10mmである。材料係数は、ヤング率200GPa、ポアソン比0.3とする。

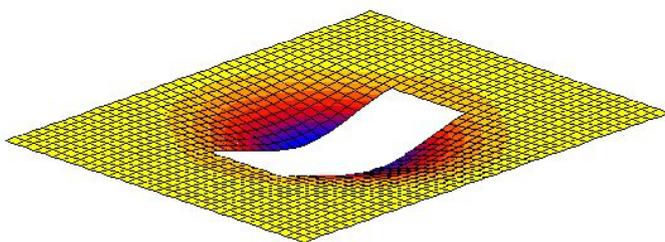


図-1 引張座屈1次のモード

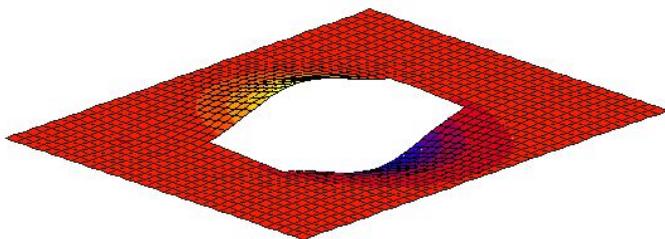


図-2 引張座屈2次のモード

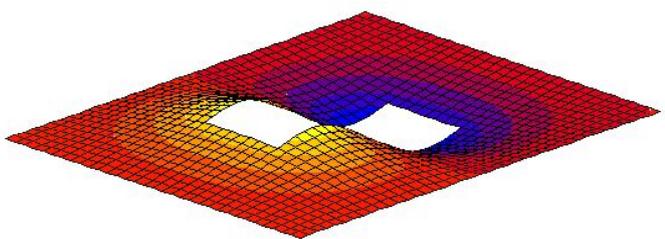


図-3 引張座屈3次のモード

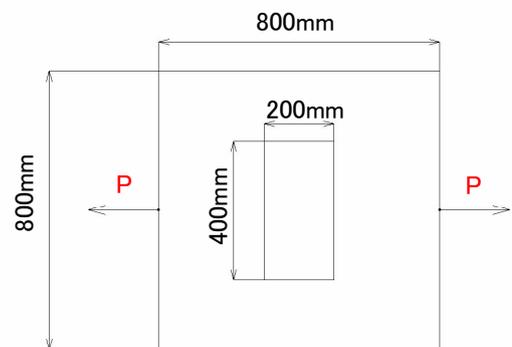


図-4 解析モデル

本研究では、座屈解析として固有値座屈解析と初期たわみを与えた大変形による座屈解析の2種類の解析を行う。それぞれの解析には、汎用FEM解析プログラムMSC.Marc mentat 2005 r 2を使用する。

解析では次の諸条件に注目した。

- 要素特性の相違の影響
 - 板全体の要素分割の粗密の影響
 - 場所により要素分割の粗密が異なることの影響
- 解析で用いた要素分割の一部の例を図-5に示す。

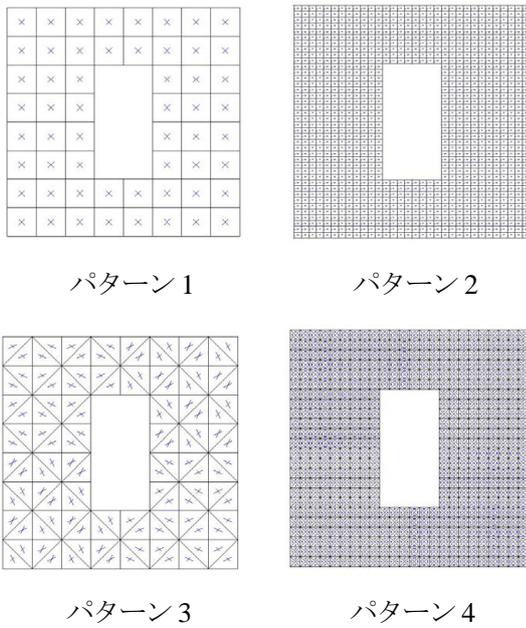


図 - 5 要素分割

ここで、それぞれの要素分割の特徴を説明する。

- パターン1：四角形シェル要素で全体を粗く分割
- パターン2：四角形シェル要素で全体を細かく分割
- パターン3：三角形シェル要素で全体を粗く分割
- パターン4：三角形シェル要素で全体を細かく分割

また、大変形座屈解析における初期たわみは、図 - 6 に示すように長方形の穴の長辺中央部分のみに 0.5 mm を与えることとした。

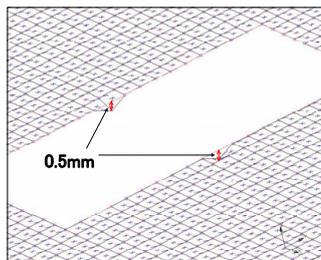


図-6 初期たわみ

3.解析結果

ここでは、固有値座屈解析の結果を示す。

まず、引張座屈だけの結果をみると、パターン1,2,3,4 のモデルとも引張座屈 1 次から 3 次のモードは、文献[2][3]で示された図 - 1,2,3 と同じ座屈モードとなった。また、それぞれの座屈荷重は表 - 1 に示すとおりとなる。これより、それぞれの座屈モードでの座屈荷重の誤差は1次で 34 %、2次で 36 %、3次で 47%程度となりかなりの誤差がみられる。座屈荷重は要素分割の特に分割の粗密の影響をかなり受けるものと考えられる。

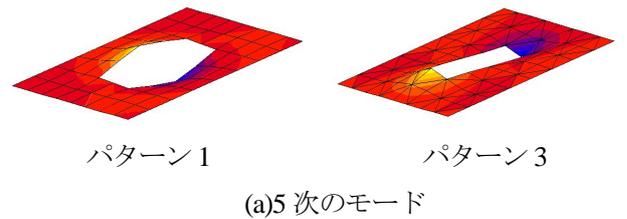
表-1 座屈荷重

	1次	2次	3次
パターン1	1741	1865	2448
パターン2	1295	1374	1661
パターン3	1642	1801	2116
パターン4	1320	1401	1696

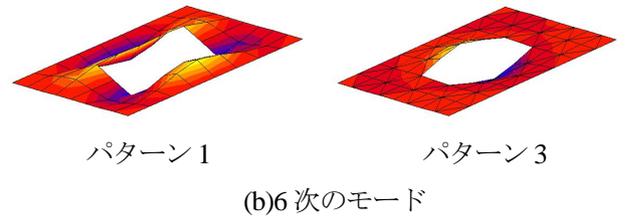
(単位:kN)

しかし、[4]でのような引張座屈 2 次のモードが現れないということはなかったの、指摘されたような結果は得られなかった。

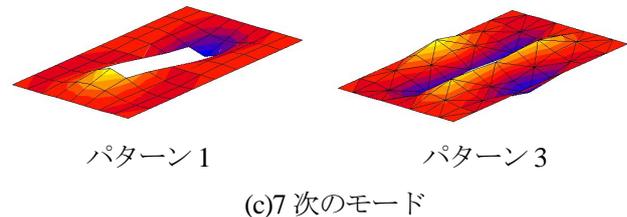
次に、引張座屈だけでなく圧縮座屈を含めた解析の結果を示す。ここで得られた座屈モードで、座屈 5,6,7 次のモードが異なる結果となった。それを図 - 7 に示す。



(a)5 次のモード



(b)6 次のモード



(c)7 次のモード
図 - 7 座屈モード

パターン 3 のみ他のパターンとは違うモードとなった。圧縮座屈を含めた解析ではパターン 3 のような要素分割は異なった結果が得られる可能性がある。

なお、大変形による座屈解析は現在解析中であり、詳細は当日発表する。

[参考文献]

[1] Bamberger, Y and Voldoire, F : Stabilité en Traction D'une Plaque Trouée , Proc . of ECCS Collo . on Stability of Plate and Shell Structures , pp.241-246, 1987.
 [2] S.SHIMIZU : Tension Buckling of Plate Having a Hole , Thin walled Structures
 [3] shimizu , S. , Yoshida, S. and Enomoto, N. : Buckling of Plates with a hole under Tension, Thin walled Structures, Vol. 12, pp. 35-49, 1991.
 [4] mohammad tehrani : private contact