

I-57

有孔板の引張り座屈に関する基礎的研究

横河工事㈱ 正員 ○中野慶太

信州大学工学部 正員 清水 茂

信州大学工学部 正員 吉田俊彌

1. はじめに

孔のあいた板に引張り荷重がかかると、孔の周辺で応力集中による圧縮応力が増加し、それにより孔の近傍が局部的に座屈することがある。この引張りによる座屈現象は、引張部材の破壊問題を複雑にするばかりでなく、部材の強度にも好ましくない影響を与える。この問題に関しては、機械の分野において中央き裂板についてのみ調べられており¹⁾、また土木の構造の分野では、Bamberger, Y らが、円孔を有する板が引張り荷重によって座屈を生じることを示しているにすぎない²⁾。そこで本報告では、引張り荷重を受ける有孔板について、アスペクト比、荷重幅、板厚の変化が、座屈モード、座屈係数および座屈応力に及ぼす影響と、引張り座屈が生じる限界を調べ、有孔板の設計において考慮すべき問題点を明らかにする。

2. 解析方法

解析には有限要素法を用いた。ここで問題となるのは、有孔板の引張りでは固有値解析において、正と負の固有値が存在するという点である。これは、有孔板の座屈が圧縮・引張りのどちらの荷重条件に対しても生じることを意味する。つまり、正の固有値は引張り座屈に対応し、負の固有値は圧縮座屈に対応する。また、圧縮座屈は引張りの場合に比べて小さな荷重で生じるので、計算により得られた固有値の絶対値の最小値が、引張り座屈の最小固有値に相当するとは限らないことに注意する必要がある³⁾。

3. 解析モデル

解析に用いたモデルは図-1に示すような、一軸引張荷重を受ける中央に長方形の孔を有する板で、境界条件は周辺単純支持である。このモデルを基本として、孔の大きさを一定としたまま、表-1のようにアスペクト比、荷重幅比、板厚を変化させて、パラメータ解析を行なう。

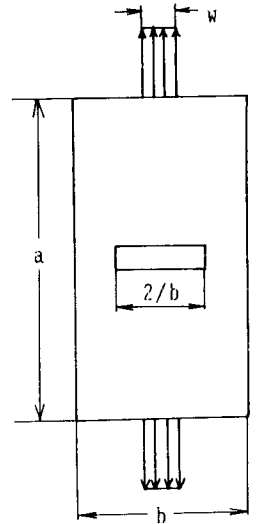


図-1 解析モデル

表-1 パラメータの値

$\alpha=a/b$	0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
w/b	0, 1/4, 1/2, 3/4, 1
t (cm)	0.3, 0.4, 0.6, 1.0, 1.4

4. 解析結果と考察

(1) 座屈モード；解析によって得られた座屈モードの例を、図-2に示す。このうち(a)は、x, y軸について対称・逆対称で、x軸方向の座屈波形の半波の数が2の座屈モード、(b)は対称・対称で半波の数が3の座屈モードである。どちらのモードもy軸方向の座屈波形は、孔を境にして板が折れ、反りかえるような形を示す。このようなモードの変化は、アスペクト比、荷重幅比の値によって決まる。ここで半波の数が1のモードは、圧縮座屈に対応するものである。

(2) 座屈係数；図-3は、アスペクト比と座屈係数の関係を、荷重幅比ごとに示したグラフである。荷重幅比が1/2 以上の場合は、図中の一点鎖線を境に左右で異なった座屈モードを示す。すなわち左側では図-2(a)、右側では図-2(b)の座屈モードになる。この座屈モードが変化する点は、荷重幅比が小さい程左に移り荷重幅比が1/4, 0 の場合には、座屈モードの移りかわりは見られなくなる。また荷重幅比が大きい

程、座屈係数の値も大きく、これはアスペクト比が小さい程、顕著な傾向といえる。

いずれの荷重幅比の場合も、アスペクト比が0.5～1.2の範囲内で座屈係数は最小の値をとる。一方アスペクト比が1.2以上になると、アスペクト比の増加に伴って座屈係数も増加する傾向がある点で、圧縮の場合とは異なっている。しかし、いずれの荷重幅比の場合も、アスペクト比が1.4～2.0の間の変曲点を境に座屈係数の値は次第に $k=47.5$ に収束し、荷重幅比の変化の影響は見られなくなる。

（3）座屈強度曲線；図-4は、縦軸に座屈応力

を降伏応力（ $\sigma_y=325\text{MPa}$ ）で無次元化した値をとり、横軸に幅厚比をとった、アスペクト比が0.5, 3.0の場合の座屈強度曲線を、荷重幅比ごとに示したものである。各荷重幅比とも、図中A～Eの点（限界幅厚比）より右側では、孔周辺に生じる局部座屈を考慮しなくてはならない。この限界幅厚比の値は、荷重幅比が大きい程大きい。また、荷重幅比が0～3/4の曲線はアスペクト比が大きくなるにつれて右に移動するが、荷重幅比が1の場合はほとんど一定であり、アスペクト比が3.0になると、いずれの荷重幅比の場合も、限界幅厚比の値は170～195とかなりまとまった値になる。

<参考文献>

1) 藤本・角：引張荷重を受ける中央き裂板の弾性座屈，日本機械学会論文集，vol.52, No.478, pp1579～1586, 1987. 2) Bamberger, Y and Voldoire, F: Stabilité en Traction D'une Plaque Trouée, Proc. of ECCS Collo. on Stability of Plate and Shell Structures, pp241～246, 1987.

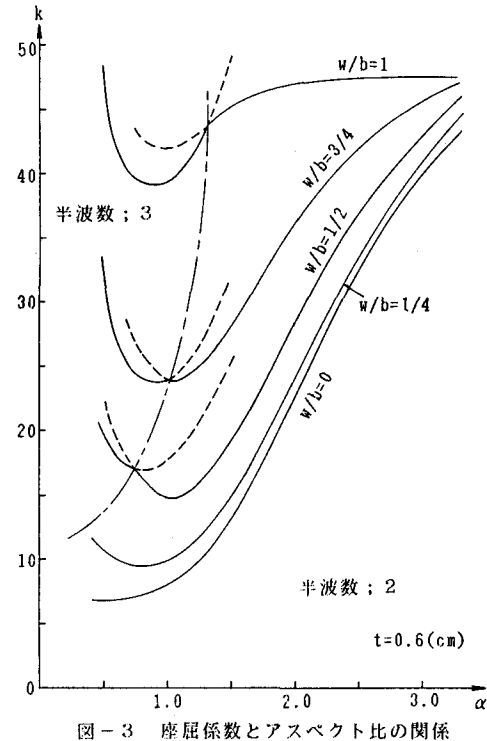


図-3 座屈係数とアスペクト比の関係

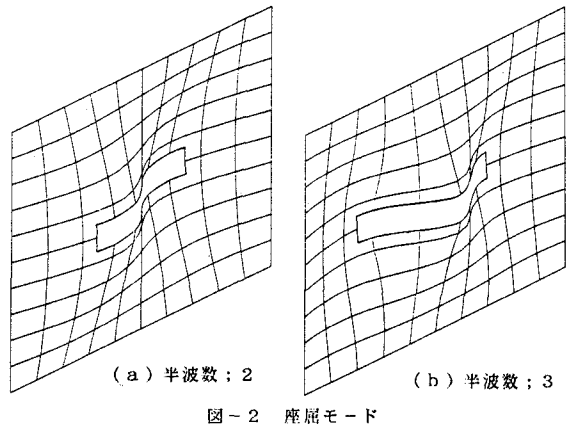


図-2 座屈モード

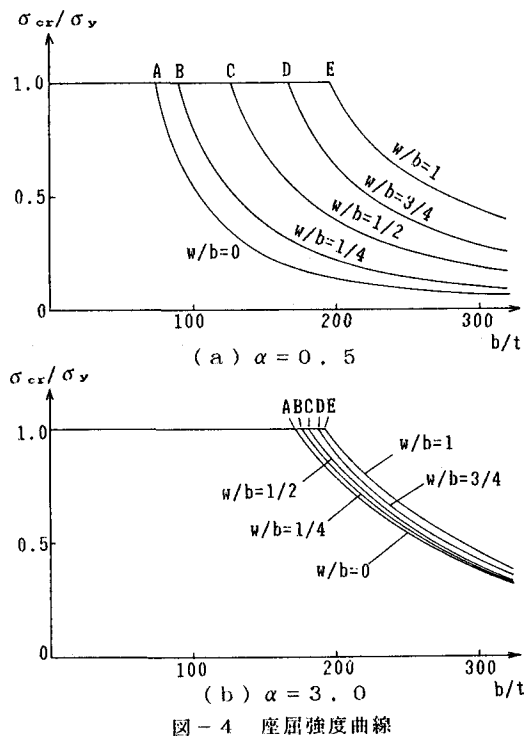


図-4 座屈強度曲線