

I-74 2円孔を有する直交異方性板の応力集中について

熊本大学 正員 川本 龍 万

2個の円孔を有する等方性無限板の応力解析は、双極座標の使用によって多くの研究がいろいろの荷重の場合についてなされているし、また光弾性実験を用いて応力集中の測定も行われている。しかし直交異方性板については2個の円孔を含む場合の久保氏の解析<sup>1)</sup>と見ただけである。久保氏は2個の円孔の各主軸およびその中心線が弾性対称軸に平行であり、その中心線に垂直に無限遠で一様な引張りが作用するような場合についてのみの解を求めているが、このような特別な場合に対してもその解法はかなり煩雑であり、応力の計算は容易ではない。

ここでは直交異方性板が2個の等円孔を含む場合に対して、円孔周辺の応力と久保氏の解および皮膜法による光弾性実験によって求め、それらと比較検討するとともに、2円孔を含む等方性板および1円孔を有する直交異方性板の場合の周辺応力分布とも比較し、異方性が応力集中に及ぼす影響について考察した。

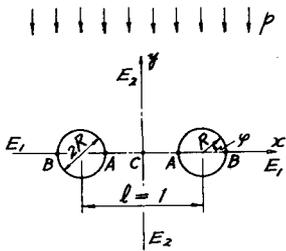


図-1

図-1に示すごとく単位距離だけ離れた半径Rの2つの等円孔がある場合を考へ、2円孔の中心線に垂直な方向に無限遠で均分布圧縮荷重が作用するものとする。久保氏の解を2円孔の場合に用いると、円孔周辺上のA, B点、2円孔間の中点C等における応力および最小断面の合力が円孔半径Rのべき級数として与えられる。これらの応力式中の係数はいずれも異方特性を示す常数  $\beta_1, \beta_2$  ( $\beta_1^2 \beta_2^2 = E_1/E_2, \beta_1^2 + \beta_2^2 = E_1/G_{12} - 2\nu_1$ ) の関数として与えられ、 $R^{10}$ の項まで求められている。計算の簡単のため  $\nu_1 = 0$  と仮定し、 $E_2/E_1 = 1/10 \sim 10$

であるような直交異方性板に対して、A, BおよびCの各点の応力と最小断面における合力および平均応力を、それぞれ  $l/2R = 1.5, 2.0, 2.0, 4.0, 5.0$  の場合について求めた。その結果の一部を図示すると図-2(a), (b)のようである。この計算式は  $R^{10}$ の項までの係数を与えているだけであるから、 $E_2/E_1$  が大きい場合に対して適用できるが、 $E_2/E_1 < 1$  の場合には収斂性がかなり悪くなる。それで  $E_2/E_1 < 1$  の場合の応力集中が問題にされるときにはさらに多くの項数を取る必要があり、その計算はさらに煩雑になる。また荷重が2円孔の中心線方向に作用する場合の解はいまだ求められていないし、さらに一般的に2円孔の中心線と弾性主軸の方向が傾斜したり、荷重が任意方向から作用する場合の理論的な応力解析はほぼたゞ困難である。そこでこのように計算の困難な場合に対する応力集中状態を考察するとともに、さきの久保氏の解による応力値と比較するために、皮膜法による光弾性実験を行った。

直交異方性板に対する光弾性実験としては、さきに1円孔を含む場合について報告<sup>2)</sup>を行っているが、こゝにおける実験もさきの場合と同様に行われた。すなわち規則正しく配

列した金属線を入れてキャストしたエポキシ樹脂板 (厚み 13 mm) より 1辺約 10 cm の板を作り、それに半径  $R = 6 \text{ mm}$  の円孔を 2 個、 $l/2R = 1.5, 2.5$  の間隔に穿って模型とした。これに皮膜として厚み 2 mm の epoxy rubber がアルミ箔をはさんで接着された。皮膜の特性は  $E_c = 5500 \text{ kg/cm}^2 (15^\circ\text{C})$ ,  $\nu_c = 0.40 (15^\circ\text{C})$ ,  $\alpha = 0.190 \text{ cm/kg} (11^\circ\text{C})$  である。異方性板は  $E_1 = 4.2 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  で  $e = E_2/E_1 = 1/4, 1/2, 1.0, 2.0, 4.0$  が用いられ、また等分布荷重の作用方向が大きい方の主弾性係数となる角  $\delta$  を  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  になるようにとった。反射式光弾性装置により撮影された等色線写真の 1 例を示せばつぎのようである。円孔周辺の応力値は縮次  $N$  より次式を用いて求められる。

$$\bar{\sigma}_y = \frac{1}{\{(1+2\nu_c)^2 \cos 2\varphi + \cos 2\varphi\} - \frac{1}{e}(1 - \cos 2\varphi) \cos 2\varphi + (1 + 1/e + 2\nu_c) \sin^2 2\varphi} \cdot \frac{N}{tK/E_1}$$

円孔周辺の応力分布の 1 例を図示すれば「図-3」のようである。比較のため本題の場合の久保氏の解、等方性の場合の Ling, C. の解および 1 円孔を有する異方性板の場合の S.G. Lechnizki の解等を用いて求めた応力値が同時に書かれている。なおこのほかの結果およびこれらの考察については講演会当日に述べることにする。

- 1) 久保敏彦: 2 円孔を含む直交異方性板の応力, 日本機械学会論文集 25-159, p.1101, 昭 34
- 2) 丹羽, 川本: 円孔を有する異方性平板の光弾性実験, 土木学会第 16 回 年次学術講演会概要 p.99

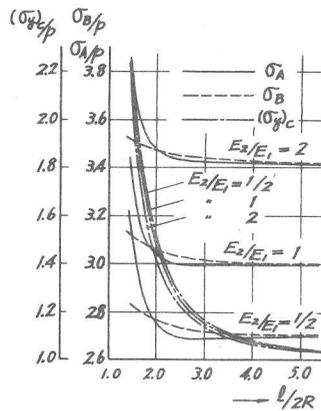


図-2 (a)

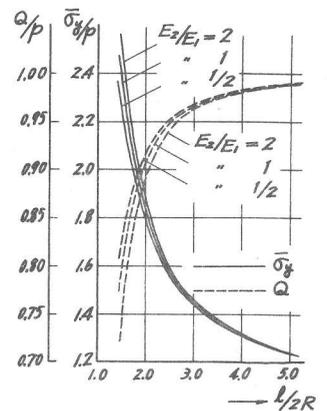


図-2 (b)

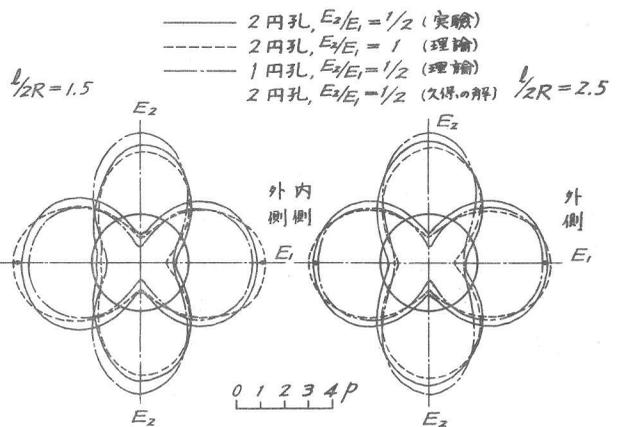
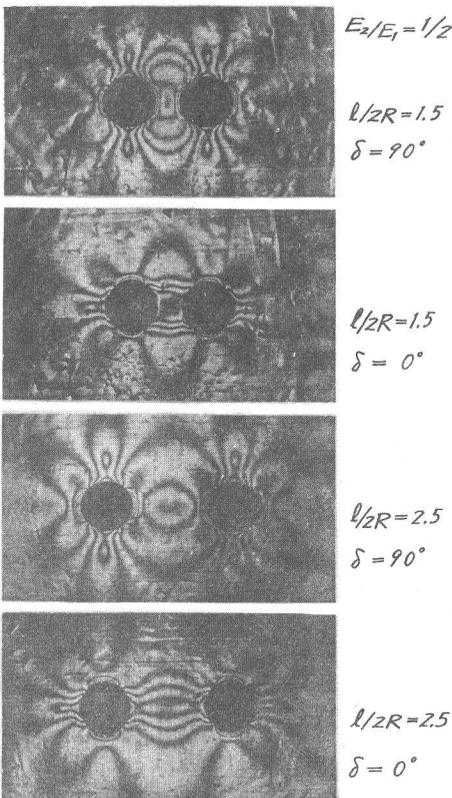


図-3