

京都大学・工学部 正員 丹羽義次

京都大学・工学部 正員 平島健一

立命館大学・工学部 学生員 オス 武勝保

1. まえがき

筆者らは先に坑径に比して充分遠方より作用する三次元荷重状態のもとにおける等方性ならびに異方性の弾性地山内の一個の坑道周辺の応力と複素変数法を用いて理論的に解析した¹⁾。ここではその手法と虚点法と組み合わせることでより二個の円形ないし楕円形の坑道周辺の応力分布を求めたものである。

2. 解法の概要²⁾

いま、Fig. 1のように二個の大きさおよび形の異なる楕円孔 Σ_1 および Σ_2 の各々の中心軸が x , x' 軸と一致するような二つの直交座標系 (x, y, z) および (x', y', z') と設ける。これらの中心間の水平および鉛直距離をそれぞれ s および h_0 とすれば、これらの座標系間にはつぎの関係が成立する。

$$x' = x + s, \quad y' = y + h_0, \quad z' = z$$

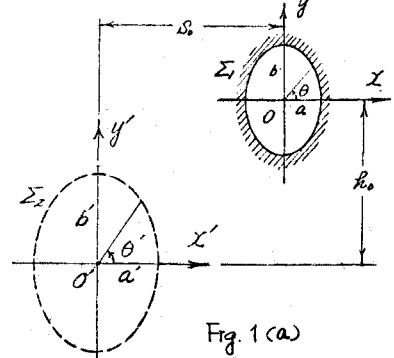


Fig. 1(a)

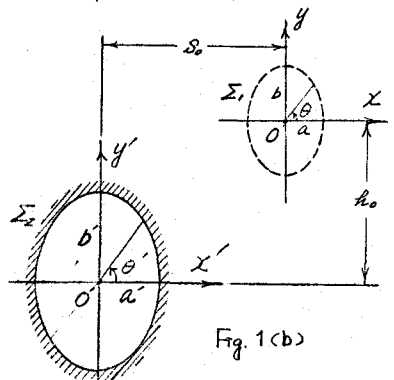


Fig. 1(b)

さて、各々の座標系内の一個の坑道をもつ単結合領域の問題の解は比較的簡単に求められる¹⁾。したがって、一個の楕円形坑道周縁およびその近傍の応力から、虚点法を適用して繰返し計算により Σ_1 および Σ_2 の二個の坑道と有する異方性無限体内の応力分布を計算することが可能である。すなわち (I): 一個の坑道 Σ_1 と有する異方性体内に無限遠より外荷重応力 $\sigma_x^\infty, \sigma_y^\infty, \sigma_z^\infty, \tau_{xy}^\infty, \tau_{yz}^\infty$ および τ_{zx}^∞ が作用した場合の坑道周縁 Σ_1 および仮想の坑道 Σ_2 (Fig. 1(a)の点線) 上の応力を求め、つぎに、(II): (I)で与えられた仮想境界 Σ_2 上の応力と大きさ等しく逆符号の応力と外荷重として Σ_2 上に作用させ、 Σ_2 上およびFig. 1(b)の仮想境界 Σ_1 上に生じる応力を計算する。

以上の(I)および(II)の操作と坑道周縁での境界条件(自由境界)が十分に満たされるまで繰返しを行ない、各段階で与えられた応力値を重ね合わせれば、所期の目的の問題の解がえられることになる。

3. 数値計算例

数値計算に際してまず、この方法によって与えた結果に対する精度を検討するために、二個の等円孔と有する等方性板に面内荷重 $\sigma_x^\infty, \sigma_y^\infty$ および τ_{xy}^∞ が作用した場合の孔縁での最大および最小応力およびその位置を従来までに求められている結果と比較した。

それによれば、孔の境界上での選点数
を $\Delta\theta=2.5^\circ$ 間隔 (i.e. 144 点) とし、境界条
件式中の級数項を $m=25$ 、繰返し回数
を 4 回として計算したものは、他の
著者 (橋戸口³⁾, Ling⁴⁾, Haddon⁵⁾) の結果と
0.5% 以内の差で一致した。また、大
きさの異なる二円孔 (Fig. 2) に対する Haddon
の結果との比較に対しても 15° 間隔の各
点において 0.2% 以内の差で一致した。

Fig. 2 に直交異方性板 ($e=E_1/E_2=\pm 3.0, \nu_1=0.15$)
の場合の同一条件下での応力分布も図
示してある。Fig. 3 は等方性弾性体内
に二個の等円孔がある場合に面外せん
断応力 $\tau_{yz}^0=1.0$ が作用した場合の τ_{yz}
の分布を示したものである。Fig. 5 は
Fig. 4 のような三次元的地山荷重が作
用した場合の二等円形坑造同様の応力
 σ_θ および τ_{yz} の分布図である。

Fig. 3 および Fig. 5 の中の点線で示したも
のは一円孔のみが存在する場合の結果
である。

なお、Fig. 5

は $e=E_1/E_2=$

$E_1/E_2=3.0$

であるよ

うに直交
異方性体

に対する

結果である。

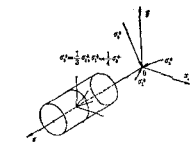


Fig. 4 地山内の応力状態の一例

	σ_1^0 方向	σ_2^0 方向	σ_3^0 方向
上	$64^\circ 14'$	$32^\circ 43'$	$71^\circ 15'$
中	$119^\circ 37'$	$94^\circ 20'$	$30^\circ 00'$
下	$41^\circ 09'$	$122^\circ 22'$	$67^\circ 27'$

$$\sigma_1^0 = \frac{1}{3} \sigma_1^0, \quad \sigma_2^0 = \frac{1}{3} \sigma_2^0$$

$$(\sigma_1^0 = 0.387 \sigma_1^0, \quad \sigma_2^0 = 0.813 \sigma_1^0, \quad \sigma_3^0 = 0.384 \sigma_1^0)$$

$$(\tau_{12}^0 = 0.203 \sigma_1^0, \quad \tau_{23}^0 = 0.055 \sigma_1^0, \quad \tau_{31}^0 = 0.253 \sigma_1^0)$$

参考文献:

- 1) 丹羽, 小林, 平島; 土木学会論文集, 173号
- 2) 丹羽, 平島; 第三回岩の力学国内シンポジウム (1970-11) pp. 143-147
- 3) 橋戸口; 応用数学力学, 1-1, 1-2 (1947)
- 4) Ling; J. Appl. Phys. 19 (1948) 77.
- 5) Haddon; Quart. J. Mech. Appl. Math. Vol. 20 (1967) 277.

