

三次元直交異方性弾性体内の円形空洞周辺の応力状態

京都大学 工学部 正員 丹羽義次

京都大学 工学部 正員 小林昭一

京都大学 工学部 正員 平島健一

1. まえがき

地下に空洞を掘削する前の岩盤内の3つの地山初期主応力は鉛直や水平に対して傾くのが一般的な状態であり、最近になって各種の試験方法により実験的に空洞内での初期主応力(2次主応力)を求める試みが行なわれている。このような場合、空洞内周辺で生じた応力状態から空洞掘削の影響を受けない位置の初期主応力(1次主応力)を算定することが必要である。現在、2次主応力から1次主応力の算出に際しては岩盤を等質等方の完全弾性体という仮定を設けた解析が行なわれている。ここでは岩盤をより一般的に等質の三次元直交異方性弾性体と仮定して、この岩盤内の弾性主軸に対して任意の角度をなす円形または楕円形空洞を掘削した場合に、任意方向より直交する3つの独立な地山初期主応力の作用に対して空洞周辺に生じる応力状態を理論的に求めた結果を示す。この解を求めるに際して設けた仮定は次のようなものである。

(a) 岩盤は等質の三次元異方性弾性体、(b) 空洞の形状は円形ないし楕円形、

(c) 空洞軸方向に対して応力は変化しない、(d) 物体力は無視する。

2. 問題の設定

いま岩盤内に掘削された円形ないし楕円形空洞の坑道軸方向にZ軸、これに直交するX、Y軸の座標系を設定する。この場合、三次元直交異方性弾性体と仮定した岩盤の弾性主軸はこの座標系とは独立に任意方向に傾斜しているものとする。

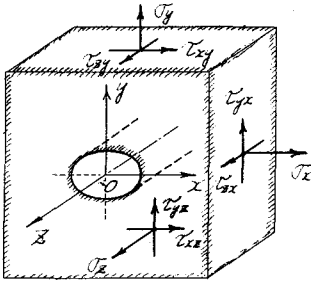


Fig. 1-(a)

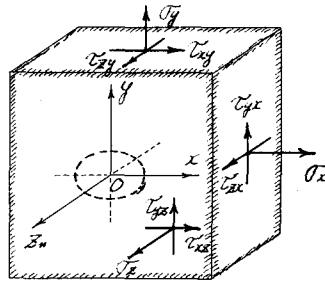


Fig. 1-(b)

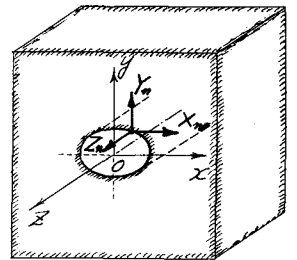


Fig. 1-(c)

3次元的地山初期主応力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ が任意方向より作用する場合、これらの3主応力はFig. 1-(a)に示すような6個の応力成分に分解することが可能である。しかるに岩盤は弾性体であるという仮定からFig. 1-(a)の応力状態はFig. 1-(b), (c)の2つに分解した応力分布を重ね合わせたものに等しくなる。ここに、Fig. 1-(b)は岩盤内に空洞がないとした場合のものであり、Fig. 1-(c)は(b)の応力分布によって仮想した空洞境界上に生じる応力と大きさ等しく方向反対の外応力が空洞の境界周辺に作用した場合のものである。Fig. 1-(b)に対する応力分布は既知であるから、結局、問題はFig. 1-(c)の外荷重応力の作用のもとにおける応力状態を求めることに帰着される。

3. 数値計算例

解析方法は == で省略するが、複素関数を用いて導かれた応力式に含まれる3つの解析関数により Fig. 1-(c) の境界条件を満足する解を求め、円孔周辺の応力分布と数値計算により算出した。

(計算例1)

直交異方性弾性体の主弾性係数、ポアソン比 ν

$$E_1 = 6.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2, E_2 = 4.0 \times 10^4, E_3 = 2.0 \times 10^4$$

$$\nu_{12} = \nu_{21} = \nu_{13} = 0.250,$$

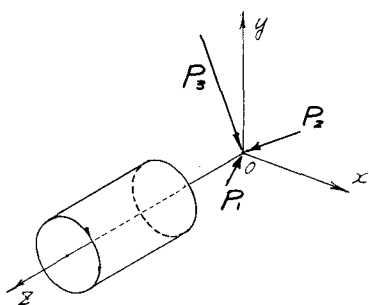
せん断弾性係数を例1とは

$$1/G_{12} = 1/E_1 + 1/E_2 + 2\nu_{12}/E_1$$

の如く与えられるものとして、 σ_y および τ_{yz} が作用した場合の応力分布を Fig. 2 に示した。 (代表例)

(計算例2)

例1と同一の弾性係数を仮定し、Fig. 3 のような外荷重が作用した場合の一例を Fig. 5 に示した。 Fig. 4 は同一荷重が作用した場合の等方性弾性体に対する応力分布である。



	P_1 方向	P_2 方向	P_3 方向
x	$64^\circ 14'$	$32^\circ 43'$	$71^\circ 15'$
y	$11^\circ 37'$	$94^\circ 20'$	$30^\circ 00'$
z	$41^\circ 09'$	$122^\circ 22'$	$67^\circ 27'$

$$P_2 = \frac{1}{3} P_3, P_1 = \frac{1}{4} P_3$$

Fig. 3

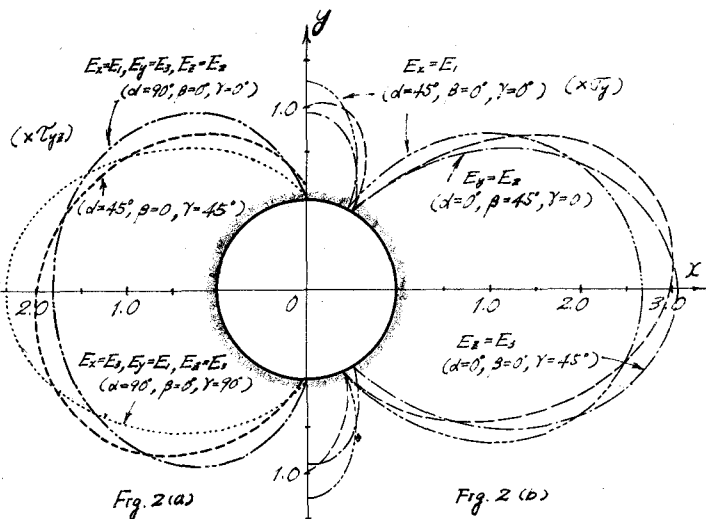


Fig. 2(a)

Fig. 2(b)

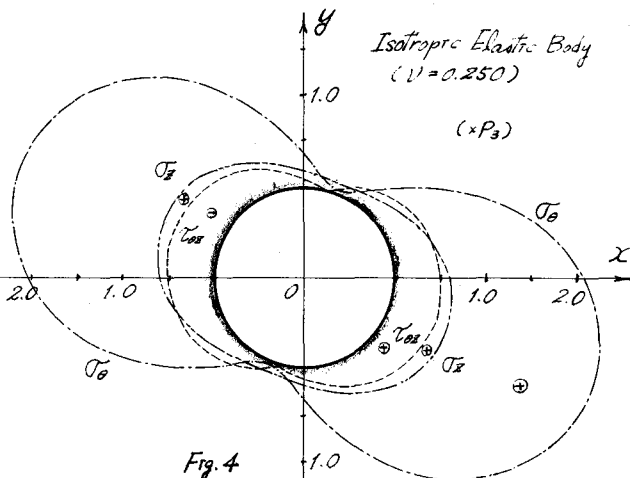


Fig. 4

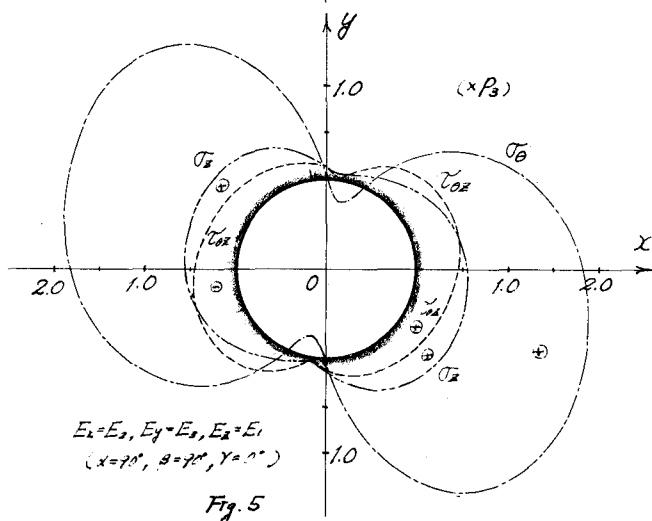


Fig. 5