

III-69

異方性岩盤の地下空洞の形状に関する考察

八戸工業大学 正会員 長谷川 明

1. はじめに

掘削技術の開発により、社会資本の代替空間として、地下空間の利用が拡大している。ここでは、貯蔵を目的とする地下空洞についてその空洞の形状と空洞掘削後の力学的挙動に着目し、異方性弾性岩盤に建設される空洞の形状と掘削後の力学的挙動の関係について検討した。空洞形状は種々の楕円と考え、岩盤は直交異方性弾性岩盤であるとし、有限要素解析によって変位、応力および提案する危険度を計算し、空洞形状とこれらの力学的挙動値がどのような関係にあるか考察した。

2. 計算方法

空洞は一度に開放されるものと考え、掘削前に境界面に作用していた応力を逆方向にけることによって、掘削後に発生する変位と応力を求めた。計算モデルを図-1に示す。

(1) 岩盤の異方性の扱い

直交異方性岩盤の平面ひずみ状態を、1) 岩盤を層状としその面内では等方性を有する、2) せん断弾性係数は方向に無関係である、と仮定したときの応力とひずみの関係を用いることとした。岩盤は単位体積重量 $\gamma = 2.6 \text{ tf/m}^2$ と考え、弾性係数などはヤング率 $E_H = 1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、水平ひずみに対する水平ひずみによるポアソン比 $\nu_{HH} = 0.3$ 、鉛直ひずみに対する水平ひずみによるポアソン比 $\nu_{HV} = 0$ とした。また、弾性係数比 ($n = E_H/E_V$: E_V は鉛直方向の弾性係数) は $n = 0.5, 1.0, 2.0$ 、弾性主軸の傾きは $\beta = 0^\circ$ としている。^{1), 2)}

(2) 空洞モデル

図-1に示す空洞は、ここで使用した空洞モデルの一例で岩盤内の地下150mの位置を中心とする楕円とした。空洞形状の傾きは $\alpha = 0^\circ$ としている。

(3) 応力の変化による危険度判定

危険度判定にはモールクーロンの公式を使用し、要素応力から図-2に示す勾配 ϕ' と内部摩擦角 ϕ の勾配との比で表された $S = \tan \phi' / \tan \phi$ を危険度と考え計算した。

3. 計算結果と考察

(1) 形と n による内空変位の変化

図-3~5は弾性係数比 $0.5, 1.0, 2.0$ と変え空洞の形と n について内空変位を調べたものである。これによると、1) 図-3に示す天端中央鉛直変位と図-4に示す底盤中央鉛直変位は b_1/a あるいは b_2/a が大きくなると変位は小さくなる、2) 図-5に示す側壁中央水平変位は横長円から縦長円になるにつれ変位は大きくなる、3) 弾性係数比 n が大きくなると天端と底盤の鉛直変位は減少し、側壁水平変位は大きくなることがわかる。

(2) 空洞形状と最大危険度

図-6に弾性係数比 $n = 0.5$ の時の、空洞の上半分と下半分のそれぞれの縦横比の形状としたときに発生する最大危険度を縦横比との関係で示した。この図によれば横長の楕円とすることにより最大危険度の値は低下する。これを弾性係数比を変化させ比較検討しているがほぼ同じ結果になり弾性係数比による変化は少ないと考えられる。

4. おわりに

本文は、岩盤を直交異方性弾性体とした時の空洞形状と異方性パラメータが掘削後の力学的挙動に与える基礎的な影響を調べたものである。今後、岩盤の安全性の指標をどのように取ればよいのか、岩盤の傾きと空洞形状の傾きがどのような関係にあればよいかなどさらに検討したいと考えている。

参考文献

- [1] 川本 跳万, 藤田 益夫: 自由斜面の変形と応力状態について (その 1. 等方性および異方性線形弾性斜面), 土と基礎, 16-8, pp. 37-46, 1968
- [2] 土木学会編: 土木技術者のための岩盤力学, pp. 276-280, 土木学会, 1975

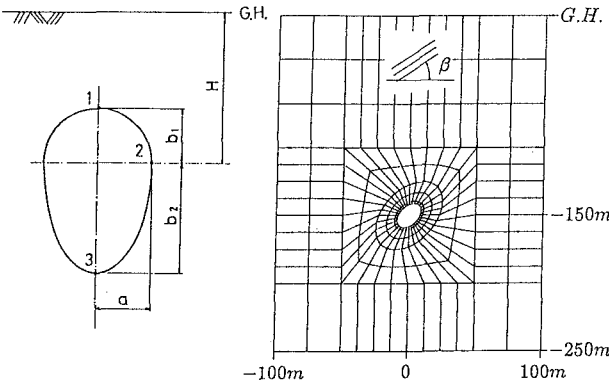


図-1 計算モデル

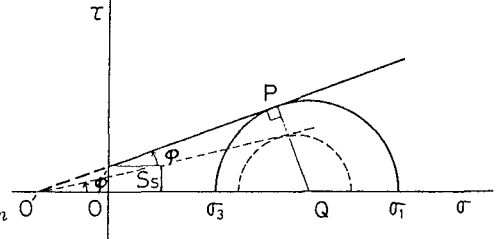


図-2 危険度の評価方法

S_s : 一軸せん断強さ, ϕ : 内部摩擦角,
 σ_1, σ_2 : 主応力

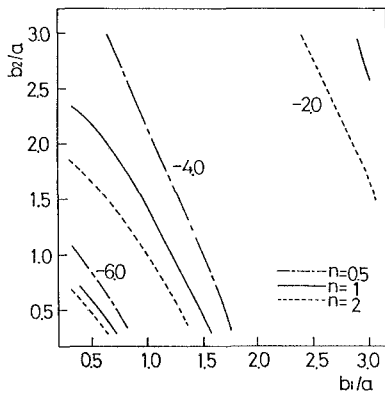


図-3 空洞周囲の変位 (nによる変化)
天端中央鉛直変位

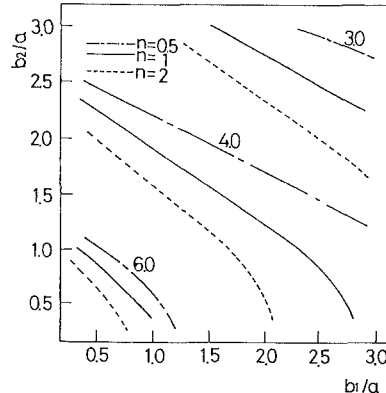


図-4 空洞周囲の変位 (nによる変化)
底盤中央鉛直変位

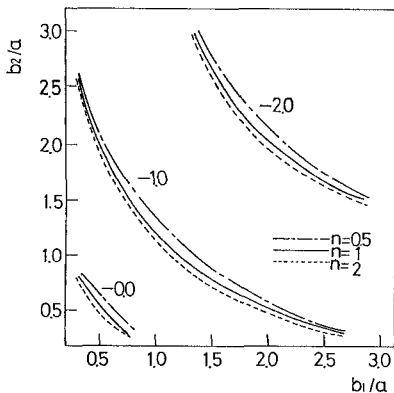


図-5 空洞周囲の変位 (nによる変化)
側壁中央水平変位

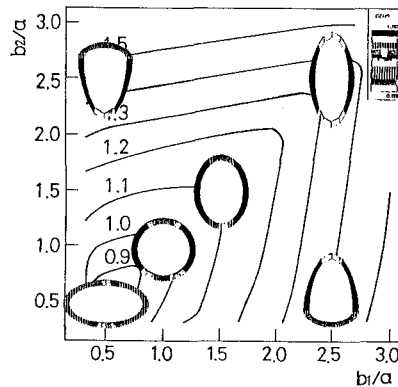


図-6 空洞形状と最大危険度
($n = 0.5, S_s = 400 \text{ kgf/cm}^2, \phi = 50^\circ$)