

I-519

異方性岩盤における地下空洞形状と掘削後の力学的挙動の関係

八戸工業大学 正会員 長谷川 明

1. はじめに

石油備蓄などの貯蔵を目的とする地下空間は、施工の立場や空洞の安全性および経済性から決められるいくつかの条件のもとで貯蔵量をできるだけ大きくするような形が望まれる。ここでは、安全性と係わりのある力学的な条件によって決められる空洞の望ましい形を検討することを考え、地下空洞の形と空洞掘削後の力学的挙動の関係について考察する。特に、建設される岩盤を直交異方性弾性体としてとらえたとき、空洞の形と異方性を表現するパラメーターによって空洞掘削後の力学的挙動がどのように変化を受けるかを考察し、その結果どのような形が地下空洞として望ましいかを検討する。

2. 計算方法

(1) 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(参考文献[1])を用いることとした。このとき異方性を表現するパラメータとして、鉛直方向と水平方向の弾性係数比 n 、弾性主軸の傾き β が扱われる。

(2) 計算モデル

図-1 はここで使用した計算モデルの一例で、空洞は地下150mを中心とする断面積 $225m^2$ の楕円(長軸:短軸 = 1.6:1)と円とした。地盤は、単位体積重量 $\gamma = 2.6tf/m^2$ と考え、異方性解析に使われる弾性係数などは、水平方向の弾性係数 $E_H = 1 \times 10^5 kgf/cm^2$ 、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^[2]。ここでは弾性係数比 ($n = E_H/E_V$; E_V は鉛直方向の弾性係数) が0.25, 1および4について計算した。また、一軸せん断強さ $S_s = 400kgf/cm^2$ 、内部摩擦角 $\phi = 40^\circ$ としている^[3]。空洞は一度に応力解放されるものとし、空洞掘削境界に掘削前に作用していた応力を逆方向にかけることによって、掘削後に発生する変位と応力を求めた。

(3) 安全性の評価

要素応力から、図-2に示すMohr-Coulombの破壊条件を参考に、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、各要素の安全性を計算した。

3. 計算結果と考察

ここでは、空洞の傾き $\alpha = 0, 90^\circ$ 、地盤の傾き $\beta = 0$ の場合について述べる。

(1) 形と n と変位

空洞周辺の掘削後の変位は、天端および底盤の鉛直変位と側壁の水平変位が大きい値を示している。これらの変位を形と n との関係で調べると、1) 形が縦長の方が鉛直変位は小さく水平変位は大きい、2) 同じ形の空洞の場合、 n が小さい岩盤の方が鉛直変位は増大し水平変位は減少する、3) 地盤の傾き β によって各変位はわずかに変化する、ことが示されている。

(2) 形と n と応力分布

空洞を掘削したときの空洞周辺の主応力分布(深さ1m地点)を調べると、 n が大きいと応力全体が小さい値となっている。また、空洞形状に沿う接線方向の応力は底盤部、天端部で引張力となっていて、その大きさは形が鉛直方向に長いとき、 n が大きいとき小さな値となっている。

(3) 危険度の平均値と空洞の形(地盤の傾き $\beta = 0$ の場合)

この危険度も同じ形の時は、 n の増大にともなって低い値となっている。図-3に断面積の等しい3種類の形の空洞を掘削したときの空洞周辺の要素応力から計算される危険度 \bar{S} の平均値を示す。この図によれば n が

0.25 のときは、縦長の楕円とすることにより危険度の平均値が低下しているが、 n が 4 の場合は逆に横長の方が望ましいことが示されている。

(4) 考察

このような結果から、 n が大きい場合は変位、応力、危険度のいずれもが減少することが示されている。これらは、 n の増大は水平方向の弾性係数の増大を意味することから、これによって応力が水平方向に分散され空洞への影響を減少させていることが考えられる。

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影響を調べたものである。今後、これらの結果を踏まえ、空洞境界の安全性の指標を検討すると共に、地盤の傾き β と空洞の傾き α の関係など、地下空洞の形状最適化を異方性との関係を考察したいと考えている。

参考文献

- [1] 川本眺万, 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
- [3] I.W.Farmer: Engineering Properties of Rocks, pp.55-69, SPON, 1968

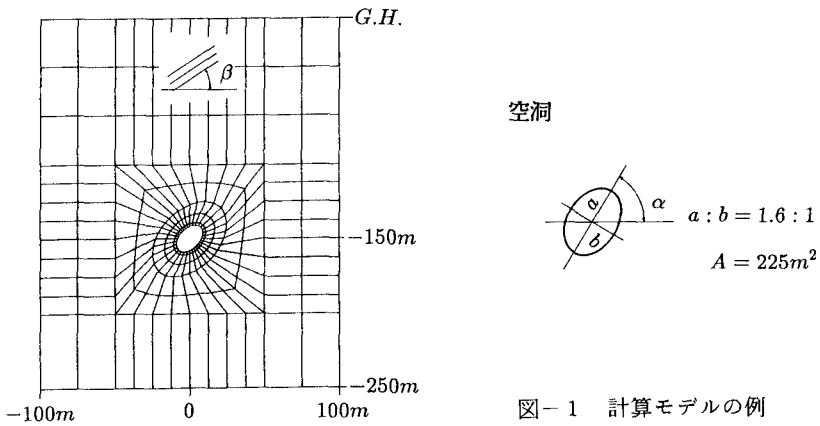


図-1 計算モデルの例

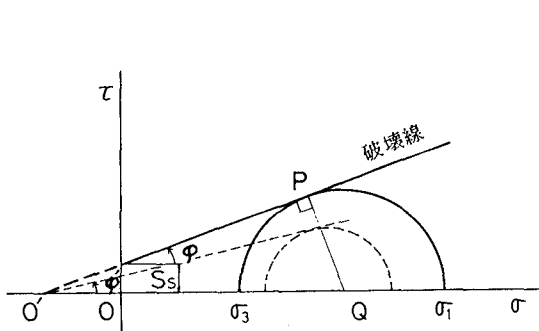


図-2 危険度の評価方法

S_s : 一軸せん断強さ, ϕ : 内部摩擦角 σ_1, σ_3 : 主応力

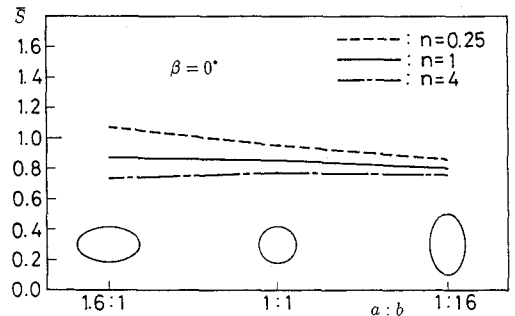


図-3 危険度の平均値(形と n による変化)