

I—20

異方性岩盤における空洞掘削後の力学的挙動について

八戸工業大学 正会員○長谷川 明
 学生員 片桐 充崇

1. はじめに

石油備蓄などの貯蔵施設、地下鉄などの交通施設あるいは発電所などのエネルギー施設のために地下空間の利用が行われている。この地下空間の形については、建設される施設の機能から決定されなければならないが、石油備蓄などの貯蔵を目的とする地下空間は、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。これらの条件には、施工の立場からきめられるものや空洞の安全性からきめられるものなどがある。ここでは、力学的な条件によって空洞の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検討する。

本文は、建設される岩盤を直交異方性弾性体として有限要素解析し、空洞の形と異方性を示す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たものである。

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。

(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 $\gamma = 2.6\text{tf/m}^2$ 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 $E_H = 1 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$ 、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^[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、また弾性主軸の傾き β が 0° , 22.5° および 45° について計算した。また、せん断強さ $S_s = 400 \text{kgf/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi = 40^\circ$ としている。さらに、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

(1) 弾性係数比 n による応力分布と危険度の変化（いずれも地盤の傾き β は 0° ）

図-3 に円断面の空洞を掘削したときの主応力分布を $n = 0.25, 1, 4$ で表示する。 n が大きいと応力全体が小さい値となっていることがわかる。前記の危険度 S で表示すると図-4 となる。この図から、空洞の底盤と天端部に大きな値が表れていること、 n の増大にともない全般に危険度が小さくなっていることがわかる。

(2) 危険度の平均値と空洞の形

図-5 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の平均値を示す。この図によれば n が 1 より小さいときは、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 1 より大きい場合は形による変化は少ないと言える。

(3) 形と n と変位

図-6 は天端の鉛直変位が n と β でどのように変化するかを調べたものである。この図によれば、1) 形が縦長の方が変位は小さい、2) n が小さい岩盤の方が大きい変位を発生する、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。

(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、地下空洞の形状最適化を異方性との関係で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

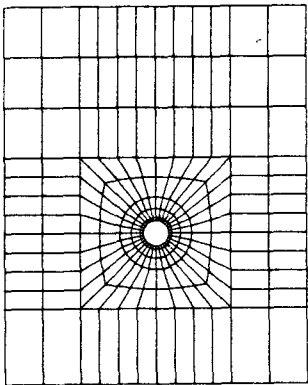


図-1 計算モデルと要素分割の例

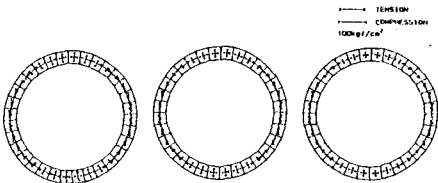


図-3 主応力分布 (円: 左から $n = 0.25, 1, 4$)

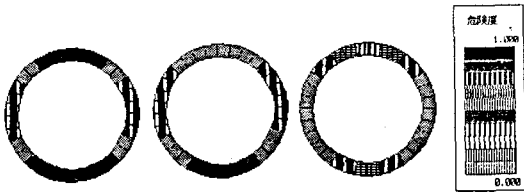


図-4 危険度の分布 (円: 左から $n = 0.25, 1, 4$)

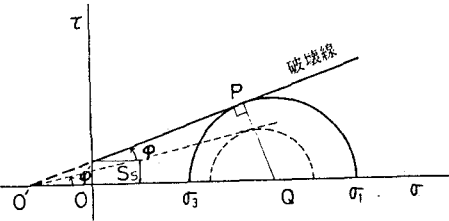


図-2 危険度の評価方法

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

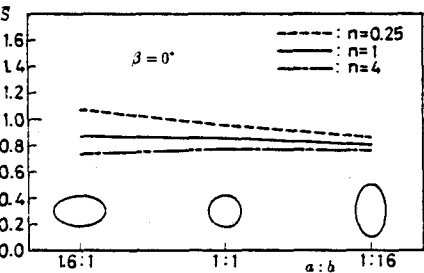


図-5 危険度の平均値 (形と n による変化)

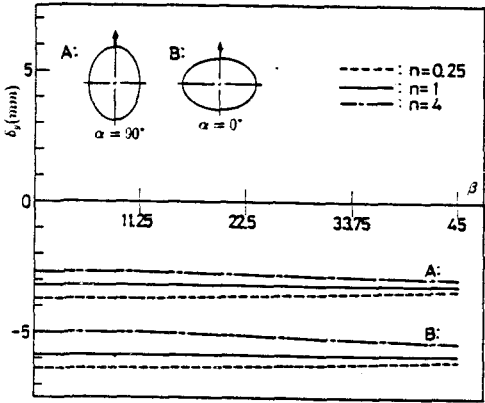


図-6 空洞周囲の変位図 (n と β による変化)