

I—32

地下空洞解析のための前処理および後処理プログラムの開発

八戸工業大学 学生員 駒谷 太子
 学生員 桜田 文明
 正会員 長谷川 明

1. はじめに

都市の過密化，地価の高騰などの社会的背景と掘削技術の発達にともない地下空間の利用が拡大している．このような地下空間を築造することによる力学的影響を調べる方法として有限要素法による数値解析がある．この解析手法を使うことによって，空洞形状をどのようにすれば力学的に最適であるかを検討することが可能である．そのためには，空洞形状を変える作業とその結果をとりまとめる作業を効率化しておく必要がある．

そこで，主に地下空洞の掘削後の力学的挙動を制約として，空洞断面の形状最適化を推進することを目的として，空洞形状変更に対応した有限要素分割の自動化を中心とした前処理プログラムと空洞解析を通して得られた変位や応力などの掘削後の力学的挙動の整理，理解あるいは評価のための後処理プログラムを開発した．空洞解析は，岩盤を対象とするため異方性，節理あるいは緩みなど多くの考慮を必要とするが，ここでは簡単に弾性解析するものとして準備している．

本文は，開発されたこれらのプログラムの概略と，これまでに示されている空洞の形と掘削後の力学的挙動の関わりについて述べる．

2. 前処理プログラム

ここでは，図-1のような上半と下半に楕円関数を用いた卵形の空洞を解析するものと考えている．空洞の周囲は等角度で空洞中心から放射上に延ばした線で分割し，掘削後の空洞周囲の応力を調べるため同一深さで要素を構成している．また，異方性岩盤の空洞形状をも検討できるように対称断面でも空洞周辺全領域を解析領域としている．このプログラムによって得られた要素分割状況の一例を図-2に示す．この図は空洞周囲を32分割したもので，節点数313要素数304となっている．なお，岩盤は半無限領域であるが図-2に示す領域としている．

3. 後処理プログラム

有限要素解析によって得られた力学的挙動の計算値が理解されやすいようにできるだけビジュアルに表現されるよう工夫し，プロッタとCRTに解析結果を表示するプログラムを開発した．計算例とその表示例を示しながら空洞形状と掘削後の力学的挙動について検討した結果について述べる．

図-3にいくつかの空洞形状の掘削後の変位を描く．空洞中

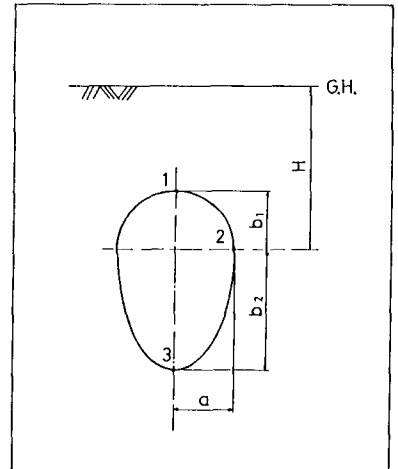


図-1 半楕円を使った空洞モデル

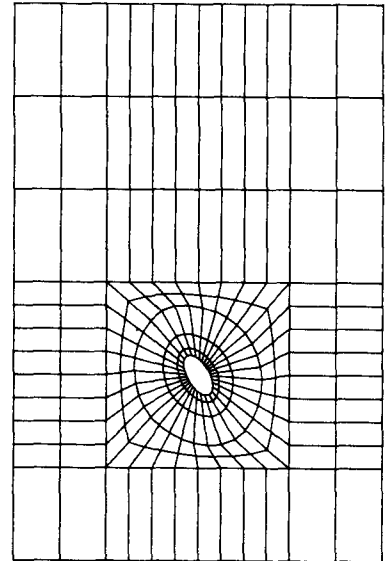


図-2 要素分割の一例

心位置（ $H = 200\text{ m}$ ）と空洞断面積（ $A = 225\text{ m}^2$ ）が同一の楕円空洞である。空洞が鉛直方向に長いと天端および底盤の鉛直変位が減少し、側壁の水平変位は増大することがわかる。

上記と同じ3種の空洞の掘削後の空洞周囲の主応力分布を描いたのが図-4である。これによると水平方向に長い空洞の天端および底盤の応力が小さく、一部には引っ張り応力が働いている。これは、掘削前から比較すると大きな応力変化を受けることを意味すると考えられる。

掘削後の応力状態を使って、図-5に示すような破壊条件を仮定し、図中のような危険度判定パラメータ S を設定してこの値の分布を描いたのが図-6である。一軸圧縮強度を 300 kg/cm^2 、内部摩擦角を 45° としたときのもので、形状と安全性の関わりを検討するための材料となると考えている。

4. おわりに

今回、開発したプログラムは、解の精度の確保あるいは適用されうる形状が限られているなど問題を残しているが、このようにして開発されたプログラムは、今後、掘削後の力学的挙動を制約とした空洞形状の最適化問題に適用し、形と力学的挙動について検討したいと考えている。

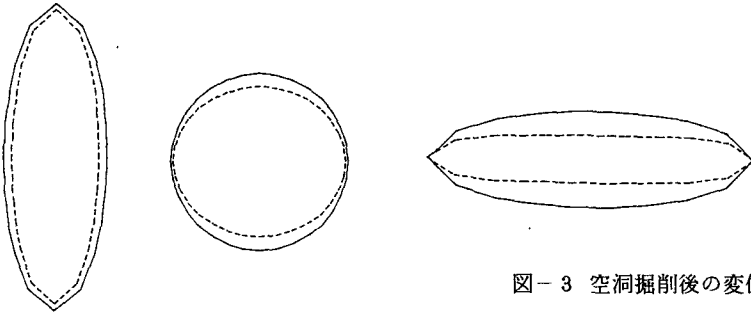


図-3 空洞掘削後の変位（破線が拡大した変位）

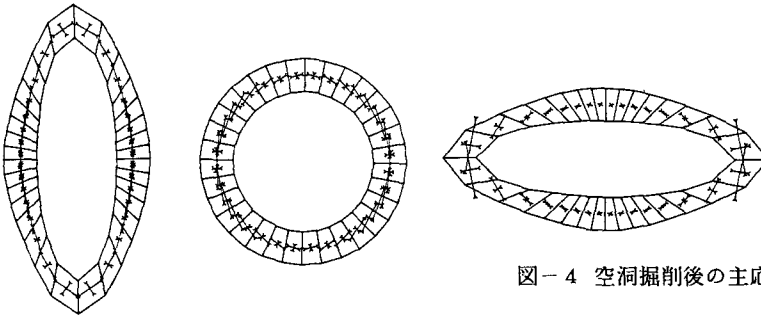


図-4 空洞掘削後の主応力状況

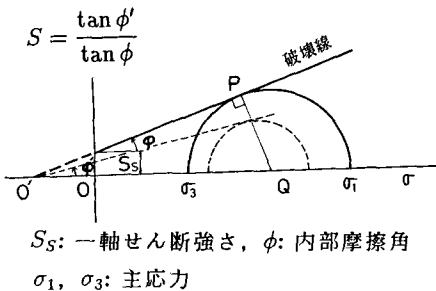


図-5 危険度パラメータ S の仮定

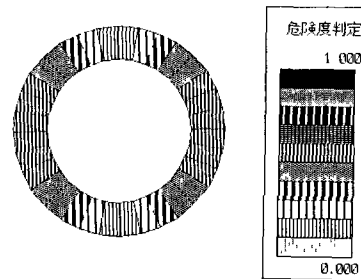


図-6 危険度判定の例（円断面）