

1. はじめに

トンネルなど地下空洞の掘削時に得られる現場計測結果は速やかに解析され、施工にフィードバックされなければならない。筆者らは、既に、トンネル掘削時の変位計測結果から地山の初期応力及びヤング係数を推定する方法(直接逆解析法-DBAP)を提案した。^{1),2)} しかし、この方法では掘削過程を考慮せず、大規模な地下空洞掘削問題に、これを直接適用することは適当ではない。本文は、直接逆解析法を発展させ、掘削過程を考慮した、変位計測結果の逆解析法の提案を行なうものである。

2. 基本方針

一般に、計器は各掘削段階終了後、設置されるため、計測開始は次掘削段階からとなる。つまり、図-1において、地中変位計及び内空変位計線①は、 $i-1$ 次掘削終了後設置され、 i 次掘削以降の変位の変化を測定することになる。この“計測遅れ”を考慮した逆解析法を提案することが本文の目的である。まず、次の仮定を設ける。

- (i) 地山の変位は連続、弾性的である。
- (ii) 掘削による周辺地山のゆるみは小さい。

上記仮定の下に、解析の基本方針を以下に示す(図-2参照)。解析モデルには、等方等質線形弾性体を用いる。

- 1) $i-1$ 次掘削終了後の応力分布より i 次掘削時の掘削面の解放応力を求める。この解放応力は初期応力と線形関係にある。
- 2) i 次掘削によって生じる変位増分と掘削解放応力との関係式を誘導する。
- 3) 1)及び2)において得た関係式を組み合わせて、 i 次掘削の変位増分と初期応力の関係式を求める。
- 4) これを変形して、変位増分～初期応力パラメータ(初期応力/ヤング係数)の関係式を求める。
- 5) ポアソン比を仮定し、測定値と4)の関係式の残差の二乗和が最小となるような初期応力パラメータを求める。

初期応力パラメータから初期応力及びヤング係数を求める手順は[2]と同様である。

3. 定式化

2の方針に基づいた逆解析法の定式化を行う。定式化は、有限要素法、境界要素法を利用して、それぞれについて行なう。本文では、後者についてのみ記述する。なお、以下、式は離散化した形で表示する。

1) i 次掘削時の解放応力と初期応力の関係式

$i-1$ 次掘削終了時、成立する方程式を次のように表す。

$$[T]_{i-1}\{P\}_{i-1} + [N]_{i-1}\{\sigma^0\} = \{0\} \quad (1)$$

ただし、 $[T]$ は応力ベクトルの基本特異解を積分して得られる影響係数、 $[N]$ は空洞壁面の外法線ベクトルより構成されるマトリックスである。また、 $\{P\}$ は未知ベクトル、 $\{\sigma^0\}$ は初期応力ベクトル $\{\sigma_{11} \ \sigma_{22} \ \sigma_{33}\}^T$ である。なお、添字 $i-1$ は掘削段階を表す。掘削面に作用する応力 $\{P\}_{i-1}$ は $\{P\}_{i-1}$ を用いて次のように表される。

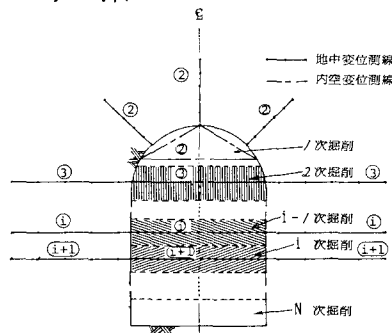


図-1 掘削モデル

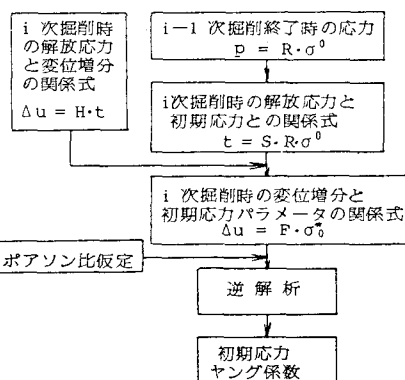


図-2 解析手順

