

シールド機挙動に関する地盤物性値の逆解析アルゴリズムの開発

地盤工学研究室 向 直樹

指導教官 杉本光隆

1. はじめに

既往の研究において、シールド機力学モデルを基にシールドトンネル掘削に関連する地盤物性値を求める逆解析プログラムを開発したが、1データごとに地盤物性値を求めていたため、収束・安定性が悪いという問題点があった。そこで、本研究では、ある区間のトンネル掘進データを用いて最適な地盤物性値を求めるための逆解析アルゴリズムを開発した。さらに粘性地盤の直線・曲線におけるシールド機挙動・制御力を入力値として、これに新たに開発した地盤物性値逆解析アルゴリズムを適用し、入力値と計算値を比較することにより、地盤物性値逆解析アルゴリズムの妥当性を検証した。

2. 解析方法

2.1 地盤物性値逆解析アルゴリズム

地盤物性値の逆解析において、与条件はシールド機挙動（シールド機位置，回転）とジャッキ制御力で，未知数は以下に示す地盤物性値となる。

K_0 : 静止土圧係数

a_h : 水平方向地盤反力係数

a_v : 鉛直方向地盤反力係数

a : 切羽土圧計算式における V/f_r 係数

b : 切羽土圧計算式における定数

m_{ms} : 土とシールド機の動摩擦係数

c_{ms} : 土とシールド機の動的付着力

R_{RE} : 余掘り有効率

R_{CC} : コピーカッター有効率

上記の 9 つの地盤物性値は掘削領域に関する

物性値と掘進速度に関する物性値の，2 つに分けることができ，グループ内の物性値と互いに強い共線性を有する。そこで，地質調査報告書などを元に決めることのできない a ， R_{RE} ， R_{CC} を未知数として逆解析を行った。

また，目的関数は次式に示すようにトンネル線形からの偏差，ヨーイング角・ピッチング角の偏差の二乗和である。

$$v = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta f_y \\ \Delta f_p \end{bmatrix} \quad S = v^T W v \quad (2)$$

したがって

$$v = A \Delta x \quad (3)$$

を解き，地盤物性値を求めた。ここで，

A : ヤコビアン行列， W : 重み行列

$$x = [a \ R_{RE} \ R_{CC}]^T \quad (4)$$

である。

3. 解析条件

解析の単純化を図るため，単一層を想定し， $a=30$ ， $R_{RE}=0$ ， $R_{CC}=0$ でマシン直径 4m，マシン長さ 5m のシールド機を用いて掘進速度 4cm/min で，水平直線のトンネルを 10m 掘削した後，表 - 1 に示すトンネルを掘進した場合のシールド機挙動，制御力を入力値とした。粘性地盤，曲線における例として，シールド機挙動・シールド機制御力を図 - 1 に示す。また，逆解析における地盤物性値の初期値を表 - 2 に示す。

表 - 1 解析ケース

線形	半径 (m)	総掘進時間(分)
直線		980
曲線	300	980

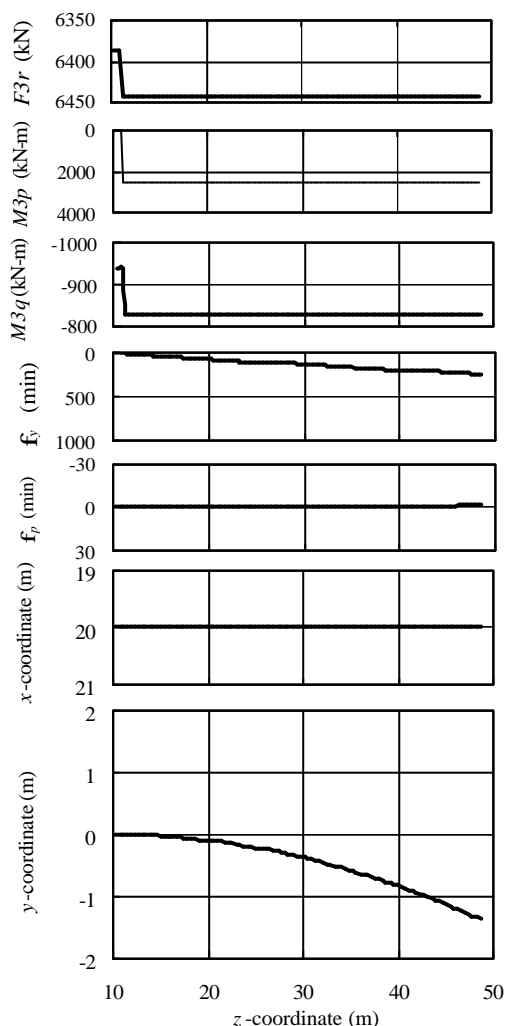


図 - 1 シールド機挙動とシールド機制御力
(曲線 粘性地盤)

4. 地盤物性値逆解析結果

粘性地盤，直線・曲線における地盤物性値の収束状況，および，式(2)の残差二乗和 S の変化を図 - 2 に示す．

- 1) 直線・曲線における地盤物性値逆解析結果は， $a=30$ ， $R_{RE}=0$ ， $R_{CC}=0$ となり，入力値と一致すること，
- 2) 直線では 20 回，曲線では 36 回の収束計算で地盤物性値の最適解が得られていること，

がわかる．これらは，本研究で開発した地盤物性値逆解析アルゴリズムが安定的に最適値を求められることを示している．

表 - 2 地盤物性値の初期値

線形	a	R_{RE}	R_{CC}
直線	15.000	1.000	1.000
曲線	15.000	1.000	1.000

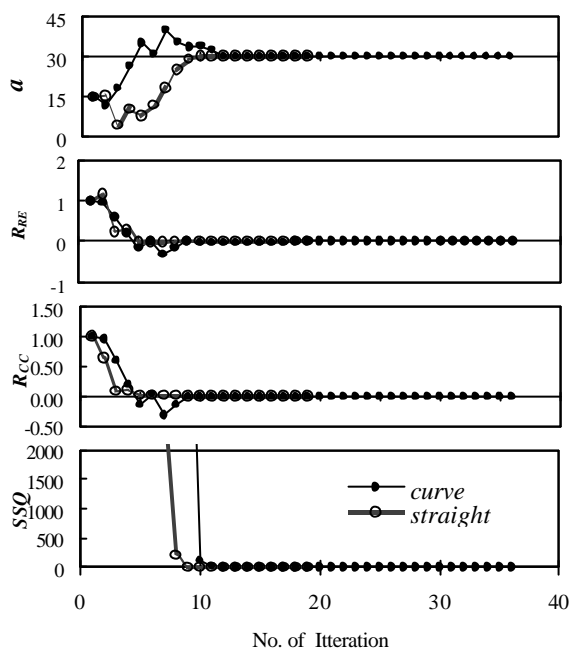


図 - 2 地盤物性値と残差二乗和の収束状況
(直線・曲線 粘性地盤)

5. まとめ

- 1) 掘進地盤全体の地盤物性値を安定的に求めることができる逆解析アルゴリズムを開発した．
- 2) 地盤物性値逆解析アルゴリズムは，粘性地盤において，直線，曲線を問わず最適な地盤物性値を求めることができることを確認した．

参考文献

- 1) 杉本光隆・Aphichat.Sramoom：施工実績に基づくシールド機動力学モデルの開発，土木学会論文集，No.673/ -53，2001．