

軟弱地盤中の中折れシールド機挙動のシミュレーション

指導教官 杉本 光隆

氏名 佐藤 和正

1. 研究の目的

現在、シールドマシンの制御・操作は自動掘進システムにより行われるようになってきている。しかし、地盤物性値、マシン作用力、掘進中のシールド機挙動は未解明な点が多い。そこで、掘削領域、テイルクリアランス、動的釣り合い、CF 回転方向、シールド機のスライド、緩み領域を考慮できるシールド機動力学モデルが開発されてきた。そこで本研究では、超軟弱地盤における中折れシールド機挙動の実測値と動力学モデルによる計算値とを比較することにより、超軟弱地盤における中折れシールド機動力学モデルの妥当性を検証することを目的とする。

2. 解析方法

解析手順は以下のとおりである。

- (1) 現場実測データの整理・検討
- (2) 現場実測データによる地盤物性値の逆解析
- (3) 地盤物性値を用いたシールド機挙動予測
- (4) シールド機挙動計算値と実測値を比較して、超軟弱地盤における動力学モデルの妥当性を検証する。

3. 現場概要

本モデルの適用性を検証するため、日本堤幹線工事における、シールド機の挙動計測

データを用いることにした。本現場は、流域面積 177.83 ha の三河島処理区において、荒川区南千住から台東区千束までの流域の老朽管対策および都市化に伴う雨水量の増加に対応するために施工される。また現場概要図を図-1、現場概要を以下に示す。

解析範囲：中折れ実験位置

概要

平面線形：直線，曲線 R17

縦断線形：下り 0.06%

土被り：13.53～13.42m

地下水位：GL-8.6～5.4

地盤：下部有楽町層粘性土層

(N 値=0～6)：超軟弱地盤

トンネルは、下部有楽町層粘性土層上部と下部の境界に位置。

シールド

泥土圧式 V 中折れシールド

実測データ特徴

ジャッキ水平モーメント：右向き

ジャッキ鉛直モーメント：下向き

ピッチング角：上向き (5～30min)

4. 地質概要

トンネル全長にわたり沖積層により構成されている。地質構成は、砂層・砂礫層を主体とする上総層群（洪積層）を基盤層として、下位より東京層、東京レキ層などが

分布し、厚い層厚を有する沖積層に被覆されている。現場地質の概要図を図-2 に示す。

シールド機は、この沖積層のうち下部有楽町層といわれる非常に軟弱なシルト層（N 値 0～2）を掘進する。

なお、解析トンネルは、N 値が 0 である超軟弱地盤の下部有楽町層粘性土層上部（Ylcu 層）と N 値が 0～6 である軟弱地盤の下部有楽町層粘性土層下部（Ylcl 層）の境界に位置している。

5. 解析結果

5.1 カッターフェイス法線方向土水圧分布図

図-3 はカッターフェイス法線方向土水圧分布図で、縦軸、横軸はシールドの掘削半径 2.36（m）である。この図より以下のことがわかる。

中心にいくほど切込角が大きくなり掘進抵抗が大きくなっている。

下部で境界ができていますが、これは上部層と下部層の境目で、上部層の方が軟弱なため地盤が変形しやすくカッターフェイスに大きな全土圧が作用するためである。

5.2 スキンプレート法線方向地盤変位分布図

図-4 はスキンプレート法線方向地盤変位分布図で、縦軸はシールド機軸方向（上端：カッターフェイス）、横軸は、シールド機周方向（0,360 度：インバート）である。この図より以下のことがわかる。

前胴の左右の分布は異なっている。これは、左右で異なる余掘り低減率を設定していること、シールド機が蛇行しながら進んでいることのためである。

値が正ではシールド機が地盤を押し込む受働状態となり、値が負では地盤が変位し

てシールド機に接触する主働状態となっている。

5.3 スキンプレート周法線方向全土圧分布図

図-5 は図-4 に地盤反力曲線をあてはめて得られる全土圧分布図である。この図より以下のことがわかる。

0-30 度、330-360 度では大きい土圧が作用している。これは、図-4 のスキンプレート周法線方向地盤変位が正、すなわち、シールド機が地盤を押し込み受働状態になっていることに対応している。この下部の地盤反力は、シールド機自重を支えるために発生している。

5.4 シールド機挙動計算値と実測値の比較

図-6 にシールド機挙動を示す。これらの図より以下のことがわかる。

ヨーイング角（ γ ）

計算値は実測値と近い値を示しており設定した余掘り量・コピーカッターの低減率は妥当である。

ピッチング角（ ρ ）

2548m 付近までは、実測値より解析値は 10min 程下向きとなっているが、2548m 以降では下向きとなり、2559m 付近では実測値より解析値は約 40min 下向きとなっている。これは地盤物性値の変化、地質構造の変化が影響したと考えられる。

掘進速度（ v ）

計算値は実測値と合っている。解析区間において、最大で 0.02m/min の差がある。

5.5 シールド位置軌跡

図-7 よりシールド機の軌跡は、平面線形、縦断線形ともに計算値と実測値がよく一致していることがわかる。

6.まとめ

計算値の挙動と実測値の挙動がほぼ等しいことより、軟弱地盤中の中折れ対応シ-

ールド機動力学モデルは実際の挙動を表現することができる。

参考文献

1) 杉本光隆・Aphichat Sramoon：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.



図-1 現場概要図

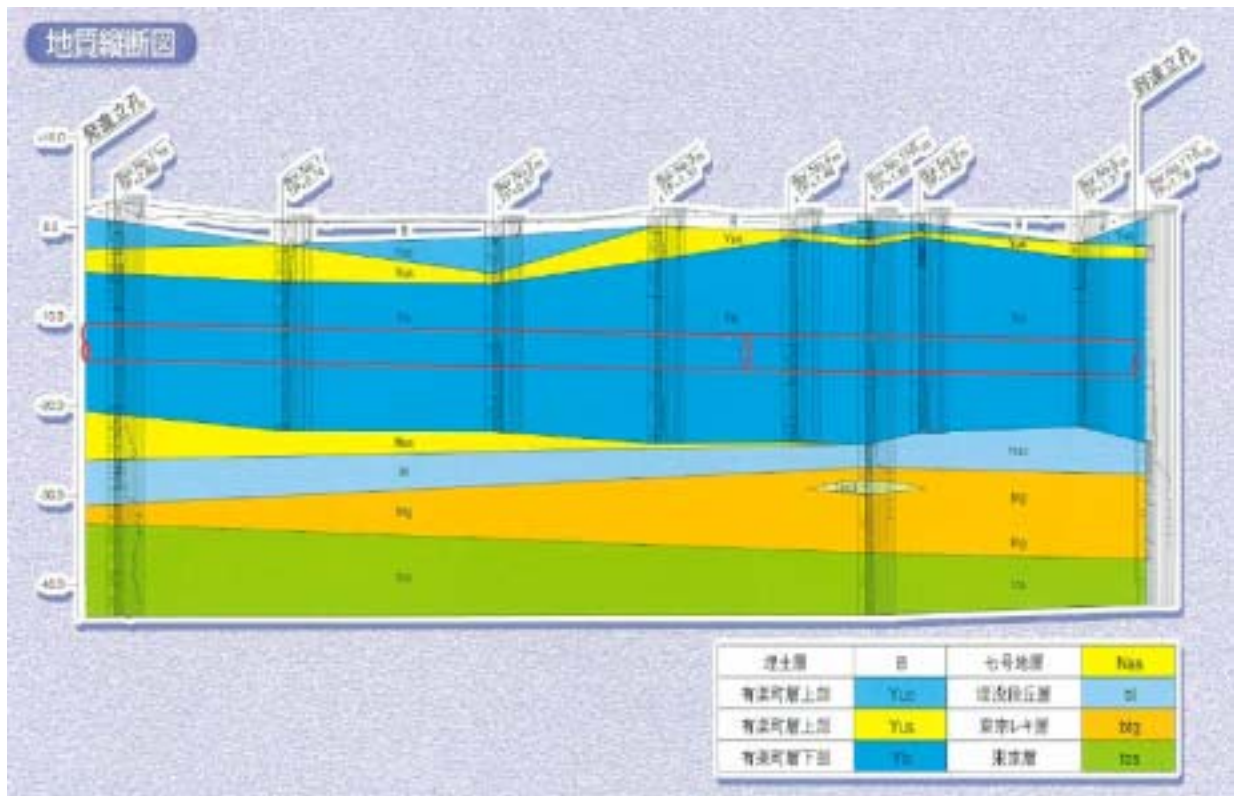


図-2 地質概要図

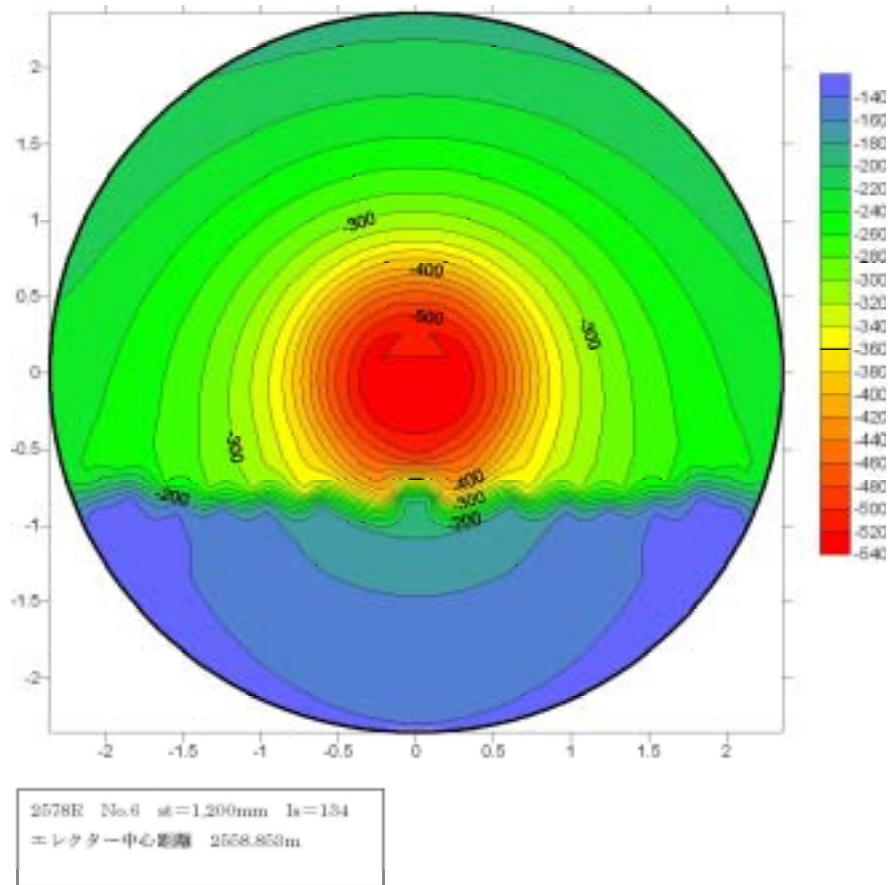


図-3 カッターフェイス法線方向土水圧分布

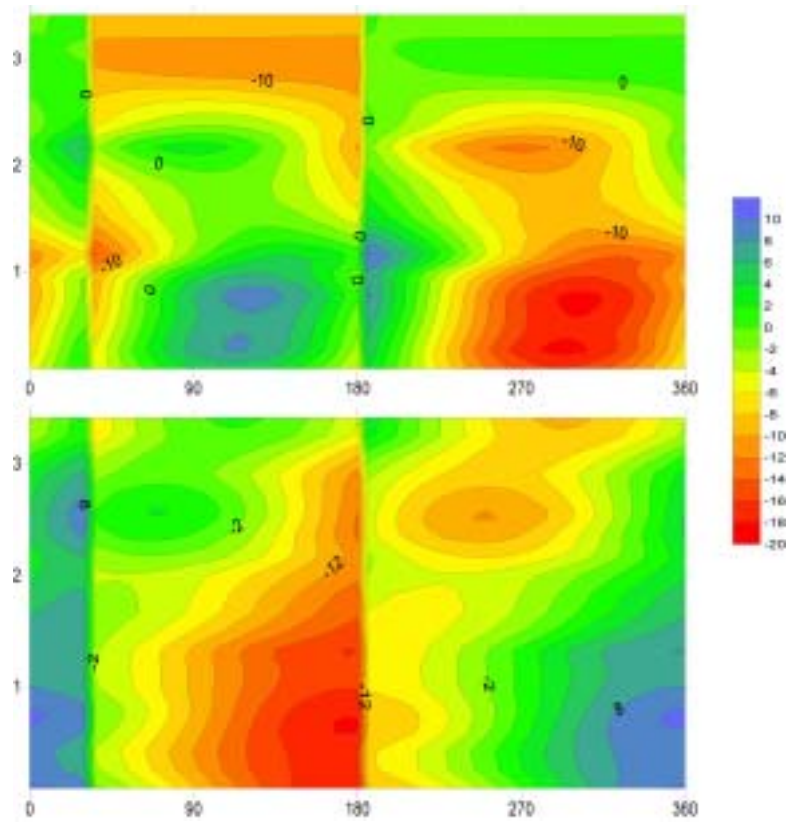


図-4 スキンプレート法線方向地盤変位

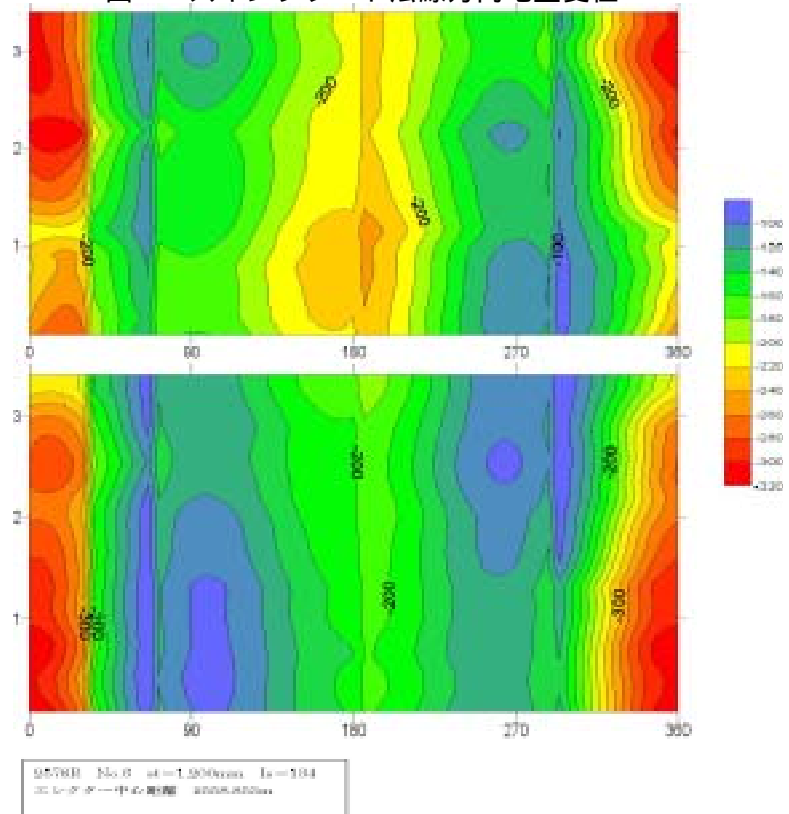


図-5 スキンプレート法線方向全土圧分布

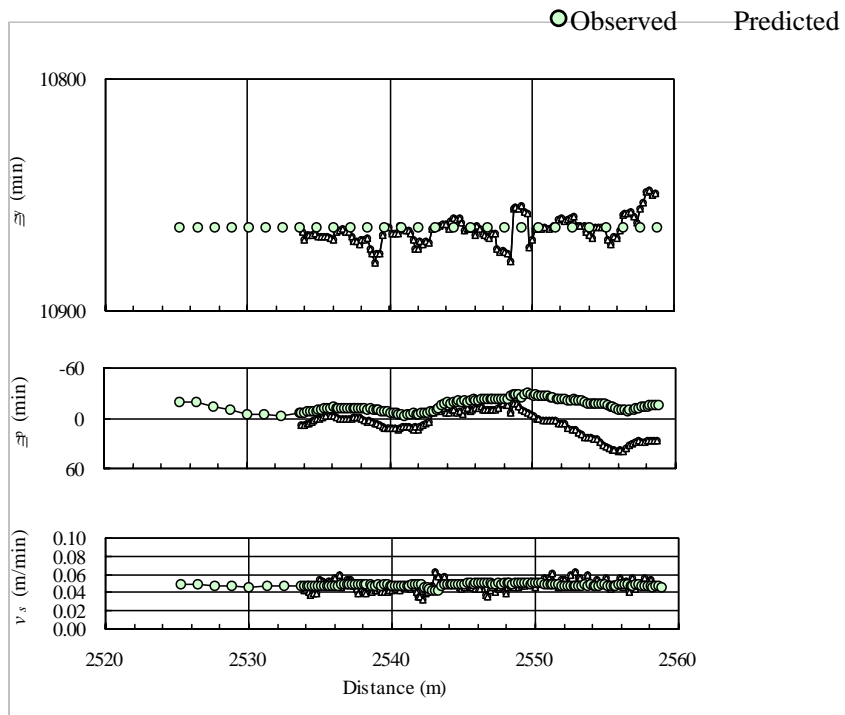


図-6 v_s p s 時系列変化

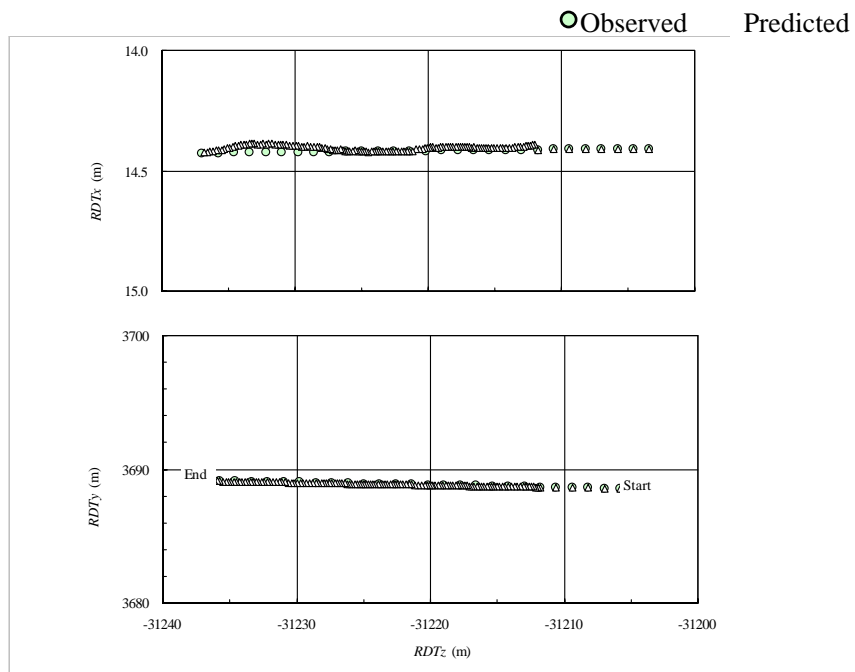


図-7 シールド機軌跡