

# シールド機動力学モデルによる 沖積粘性土層における現場実測データのシミュレーション

長岡技術科学大学 学生会員 ○山口貴幸 正会員 杉本光隆  
(株)間組 正会員 三木章生

## 1. はじめに

シールド機自動掘進システムの開発により、シールド機操作、挙動等に関する多くのデータが自動計測されるようになった。しかし、シールド掘削に関連する地盤物性値やシールドマシンに作用する外力、およびその挙動については未解明な点が多く、これらを明らかにするためには、シールドマシンの作用力が力学的釣り合い条件を満たすよう、シールドマシンの挙動・掘進条件を考慮できるシールド機動力学モデルの確立が必要である。

本研究では、沖積粘性土層におけるシールド機挙動の、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、本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) 現場実測データによる地盤物性値の逆解析
- 2) 1)で求めた地盤物性値とマシン制御力によるシールド機挙動予測
- 3) 2)で求めたシールド機挙動計算値と実測値を比較

## 3. 解析データ

解析には、偏心多軸方式による泥土圧シールド工法(マシン外径  $\phi 7.15\text{m}$ )にて施工された「みなとみらい 21 線本町シールドトンネル」の現場実測データを使用した。解析区間は上り勾配 2~12%の縦断曲線を有し、掘進地盤はN値 0~10、一軸圧縮強度  $0.1\sim 0.2\text{N/mm}^2$ の比較的安定した粘性土層である。現場の地質縦断図を図-1 に、解析に使用した地盤物性値を表-1 に示す。ここで、 $K_{H0}$ : 静止土圧係数、 $k_H$ : 地盤反力係数、 $\mu_{ms}$ : 地盤とスキンプレート間の摩擦係数、 $c_{ms}$ : 地盤とスキンプレート間の付着力、 $a, b$ : 切羽土圧係数である。

## 4. 解析結果

解析は、84~141Ring の区間において行った。図-2、3 にシールド機挙動、シールド機軌跡を示す。これらにより以下のことがわかる。

- 1) ピッチング角  $\phi_p$ ・縦断線形に関しては、計算値と実測値とのずれは最大で 5min、3cm 程度で、計算値は実測値

とほぼ一致した。

2) 実施工では、地盤の不均一性や本マシンの特性などの影響によって、60m 付近まで水平ジャッキモーメントを約  $2000\text{kN}\cdot\text{m}$ (右向き)作用させることにより、シールド機はほぼ直線上を進んでいた。そこで、トンネル横断方向傾斜地盤を考慮して、計算値を実測値に近づけるように、切羽土圧分布を補正し、左向きの水平モーメントを発生させた。しかし、実施工では 60m 付近からほぼ左右均等にジャッキを使うようになり、水平ジャッキモーメントが0に近づいたため、ヨーイング角  $\phi_y$ のシミュレーション結果は、切羽土圧分布補正による左向きの水平モーメントによって左回転を示すようになった。この結果、ヨーイング角  $\phi_y$ ・平面線形の計算値と実測値とのズレは最大で 25min、15cm 程度となった。図-4 は、補正の有無によるヨーイング角の変化を比較したものである。これより、60m 付近までは補正有のシミュレーション結果の変化が、それ以降は補正なしのシミュレーション結果の変化が、実測データの変化と一致する傾向となっていることがわかる。これは、トンネル横断方向の地質構造が 60m 付近までは非対称で、その後対称に変化したためと考えられる。

3) シミュレーション開始直後に、ヨーイング角は 10min、ピッチング角は 5min 程度急に変化した。これは、初期位置データとして、セグメント組立中に得られたマシン位置測量データを用いたこと、地盤物性値が適切でなかったこと等から、シミュレーション開始時に力の釣り合いがとれるまで、シールド機が回転したためと考えられる。

図-5 は、シールド機が上向き縦断曲線掘進中のスキンプレート周り法線方向地盤変位分布である。これより、天端部ではカッターフェイス側で、インバート部ではシールドテイル側で、地盤変位が0に近くなっており、掘削領域とシールド機の位置関係をよく反映していると考えられる。図-6 はスキンプレート周り法線方向土圧分布で、図-5 の地盤変位分布を反映している。

## 5. まとめ

上記より以下のことが明らかとなった。

キーワード: シールド工法、シミュレーション、現場実測データ、沖積層

連絡先: 〒940-2136 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学環境・建設系 TEL/FAX 0258-46-6000/9600

1)トンネル横断方向の地質構造は、特に水平面内のシールド機挙動に影響を与える。本研究で用いたシミュレーションプログラムでは、トンネル横断方向の地質構造が、非対称で変化する場合を想定しておらず、ヨーイング角・平面線形にズレを生じた。

2)ピッチング角・縦断線形については、計算値は実測値とほぼ一致した。

3)セグメント組立時にはシールド機の姿勢が変化してしまうので、初期位置データとしては、ジャッキ推力作用時

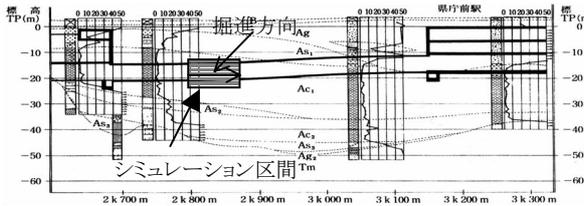


図-1 地質縦断図

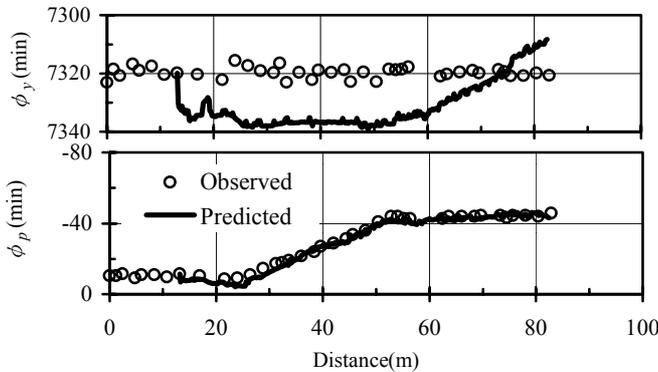


図-2 シールド機挙動に関するパラメータ

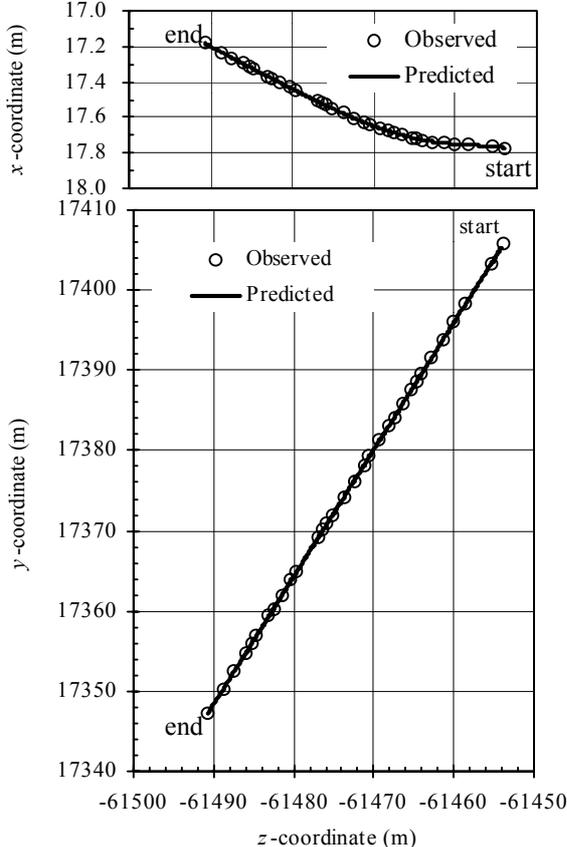


図-3 シールド機軌跡

のマシン座標・角度データが必要である。

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/III-54, 2001.03

表-1 地盤物性値

地盤名	$K_{H0}$	$k_H$ (MN/m <sup>3</sup> )	$\mu_{ms}$	$C_{ms}$ (kN/m <sup>2</sup> )
A <sub>c1</sub>	0.865	30.0	0.000	1

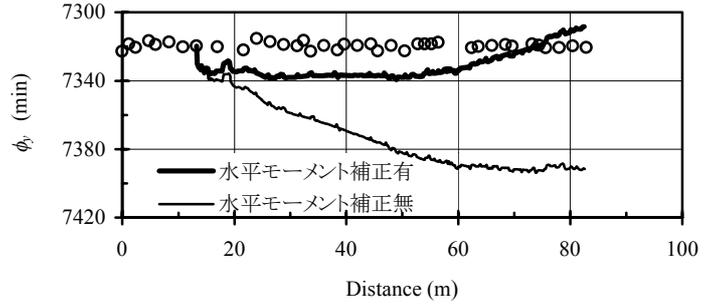


図-4 水平モーメント補正のヨーイング角への影響

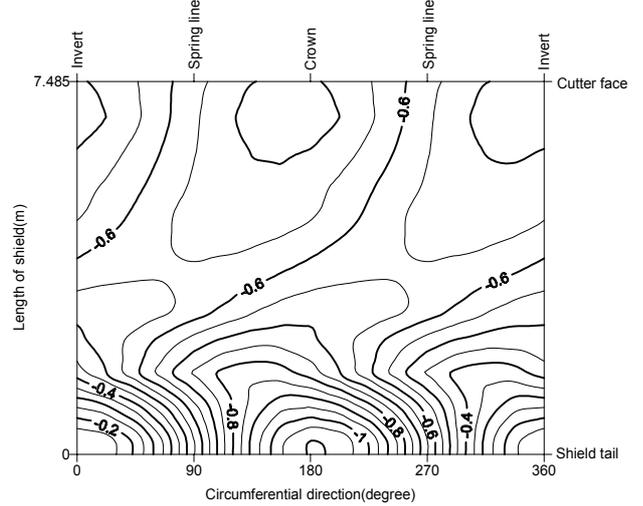


図-5 法線方向地盤変位分布 (cm)  
(Distance 34.632m)

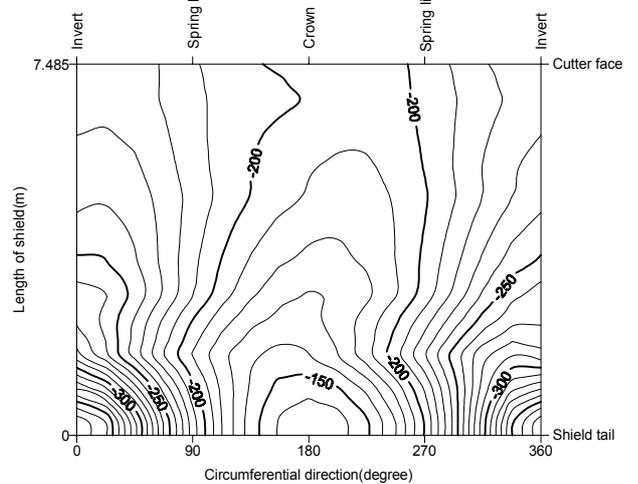


図-6 法線方向土圧分布 (kN/m<sup>2</sup>)  
(Distance 34.632m)