

現場実測データによるシールド機挙動のシミュレーション(1)洪積層

大原技術 正会員 小柴 暢
長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆 A.Sramoon
鉄道総合技術研究所 正会員 小西真治
奥村組 津坂 治

1.はじめに

現在、シールド機の制御・操作に自動掘進システムが採用されてきている。しかし、シールド掘削に関連する地盤物性値やシールド機に作用する外力、およびその挙動については未解明な点が多く、これらの問題を解決するためには、シールド機の挙動・掘進条件を考慮できる、シールド機挙動に関する力学モデルの確立が必要である。新たに開発したシールド機動力学モデル¹⁾の合理性を評価するため、通常の自動掘進システムによる現場実測データを平滑処理し、シールド機挙動シミュレーション²⁾を行ったが、本研究では、ヨーイング角を高い精度で計測できる、2 台のトータルステーションを用いたシールド機挙動計測システムを開発し、同システムで得られた洪積層におけるシールド機挙動の実測値³⁾を基に、シールド機挙動シミュレーションを行った。

2.解析方法

図 1 に示すシールド機作用力モデルを用いて、
(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を基にしたシールド機挙動シミュレーション、(3)(2)で求めたシールド機挙動の計算値と実測値の比較、を行った。

3.解析データ

解析に用いた実測データは、洪積層に属する大宮層・東京層中に、土被り約 17～27m、地下水位以下約 3～12m で、シールド機外径 9.7m・機長 8.2m の単胴型泥水式シールドで掘削された埼玉高速鉄道桜町トンネルの実測データ(441Ring～468Ring)である。また、トンネル線形は、平面線形が右カーブ R803m(拡幅円)、縦断線形が下り 33‰～上り 2‰の変化点で R4000m である。

4.解析結果

シールド機軌跡、シミュレーション結果を図 2、図 3 に示す。シールド機挙動は、シールド機位置・シールド機回転角の 6 自由度と、シールド機軌跡の方位角 2 自由度、合わせて 8 自由度で表現されるが、図 3 のシールド機ヨーイング角 ϕ_y 、シールド機ピッチング角 ϕ_p 、カッタートルク抵抗係数 α 、シールド機掘進速度 V 、トンネル平面曲率 κ_H 、トンネル縦断曲率 κ_V 、平面偏角(シールド機軌跡ヨーイング角から、シールド機ヨーイング角への偏差) θ_{yT} 、縦断偏角(シールド機軌跡ピッチング角から、シールド機ピッチング角への偏差) θ_{pT} が、その 8 自由度に対応している。これらの図より、シールド機軌跡、シミュレーション結果の計算値と実測値はよく一致していることがわかる。ここで、ピッチング角の計算値が、実測値よりやや大きく変動しているのは、実際の鉛直方向地盤反力係数を過小評価したためと考えられる。

また、Ring No. 457+1m での、スキンプレート周りの法線方向地盤変位分布、法線方向土圧分布を図 4、図 5 に、シールド機に作用する力の一覧を表 1 に示す。これらの図表より、コピーカッターを使用しないで右カーブを掘進しているため大きな水平モーメント(M_{3p})をかけていること、この位置ではテールシール部

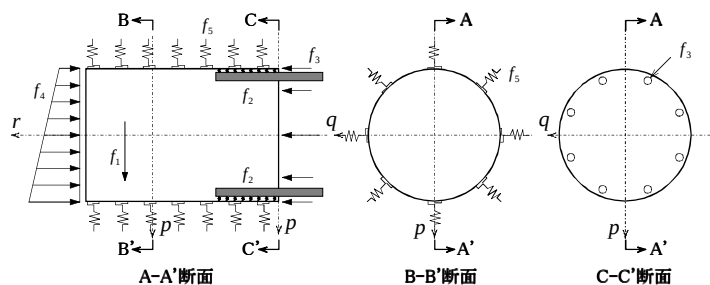


図 1 作用力モデル

f_1 : シールドマシン自重による作用力
 f_2 : シールドテール作用力
 f_3 : ジャッキ推力による作用力
 f_4 : 切羽作用力
 f_5 : スキンプレート作用力

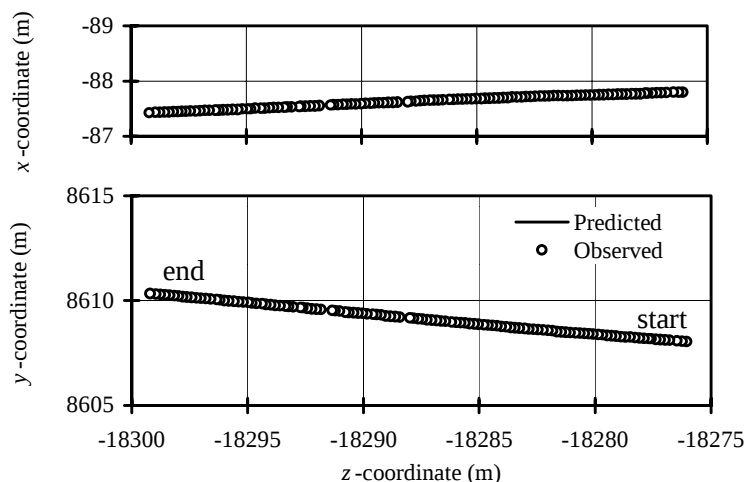


図-2 シールド機軌跡

表-1 作用力一覧[kN, kN-m](Ring No.457+1m)

	F_p	F_q	F_r	M_p	M_q	M_r
F_1	7600	0	124	0	-2963	0
F_2	7	-13	0	-68	-37	0
F_3	0	0	22553	18290	2205	0
F_4	247	-302	-21562	651	2877	2081
F_5	-7854	315	-1115	-18873	-2082	-2081
ΣF	0	0	0	0	0	0

で発生するシールド機作用力(F_2)は小さいこと、カッターフェイスより 3m 程入ったカーブ内側のスプリングライン付近で、シールド機が地盤を 1cm 程押し込みながら、シールド機が進行していて、それに対応する法線方向土圧が発生していること、がわかる。これらは、トンネル計画線形と整合している。

5.まとめ

シールド機動力学モデルによる洪積層におけるシールド機挙動は、実際のシールド機挙動と概ね一致していることが明らかとなった。なお、本研究は、平成 11 年度運輸分野における基礎的研究推進制度「大都市部地下インフラストラクチャー整備のための動力学に基づくシールド機挙動の理論的・実証的解明」において行ったものである。

参考文献

- 1) 杉本光隆, 吉保範明: コピーカッター効果の定量的評価, トンネル工学研究論文・報告集, Vol. 7, pp. 69-76, 1997.
- 2) 佐藤有美, 杉本光隆, サラムーン アピチャート: 平滑処理を行った現場計測データによるシールド機動力学モデルの検証, 第 54 回年次学術講演会講演概要集第 3 部(B), pp. 258-259, 1999.
- 3) 小西真治, 新井泰, 粥川幸司, 津坂治, 杉本光隆: 新しい計測システムを用いたシールド機の挙動計測結果と考察, 土木学会トンネル工学研究論文・報告集第 9 巻, pp. 289-294, 1999.

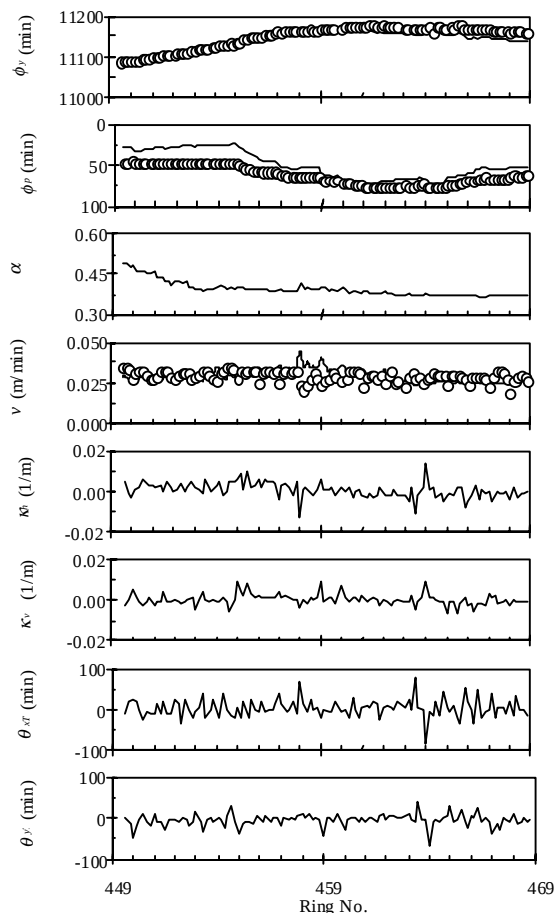


図-3 シミュレーション結果

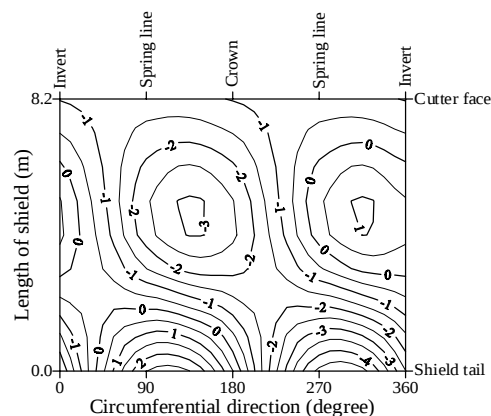


図-4 法線方向地盤変位分布[cm]

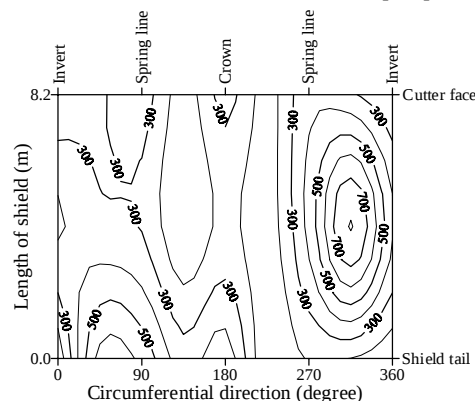


図-5 法線方向土圧分布[kN/m²]