

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(2)沖積層

ライト工業 正会員 有賀裕彦
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
間組 正会員 粥川幸司

1.はじめに

現在、シールドマシンの制御・操作には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、これらの問題点を解決するためには、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沖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。

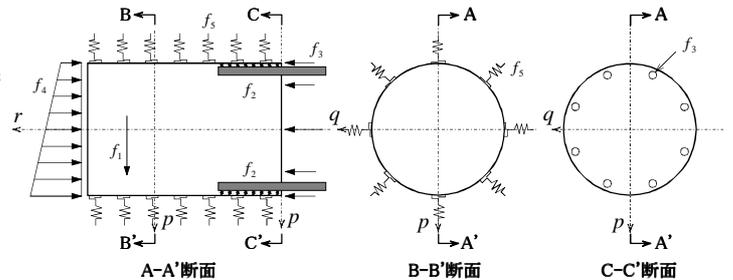


図1 作用力モデル

- 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

3.解析データ

解析に用いた実測データは、沖積層に属する、上部は有楽町層粘性土層、下部は七号地層砂層に、土被り約14~15m、地下水位約1mで、シールド機外径10.6m、機長9.26mの単胴型泥水式シールドで掘削された常磐新線弘道トンネルの実測データ(140~156 Ring)である。また、計画線形は、平面線形が左カーブR600m、縦断線形が下り33%である。

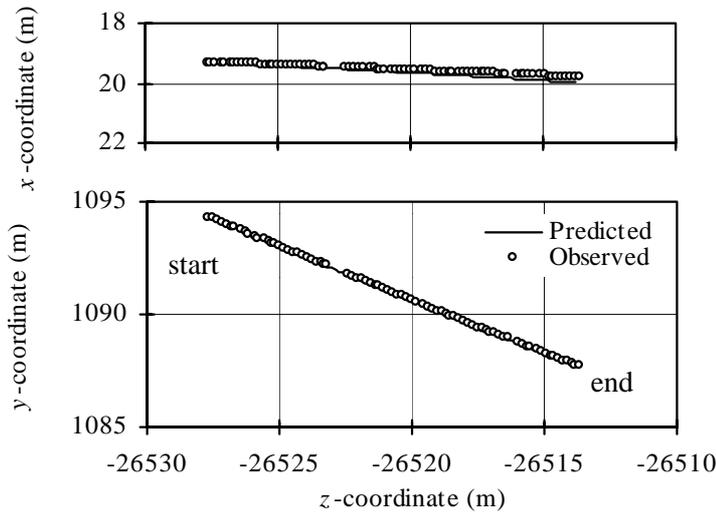
4.解析結果

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_{IT} 、トンネル縦断曲率 κ_{VT} 、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_{yT} 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なって、シールド機が下向きになっているのは、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. 152+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左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ド部で発生するシールド機作

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 1603-1 長岡技術科学大学建設系 TEL/FAX 0258-46-6000/9600



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、シールド機スキ

図2 シールド機軌跡

表2 作用力一覧[kN, kN-m] (Ring No.152+1m)

	F_p	F_a	F_r	M_p	M_a	M_r
F_1	8650	0	411	2	-6569	-43
F_2	13	16	0	103	-80	0
F_3	0	0	28893	-19549	14037	0
F_4	1641	1152	-28013	-2921	140	6996
F_5	-10304	-1168	-1291	22365	-75298	-6953
ΣF	0	0	0	0	0	0

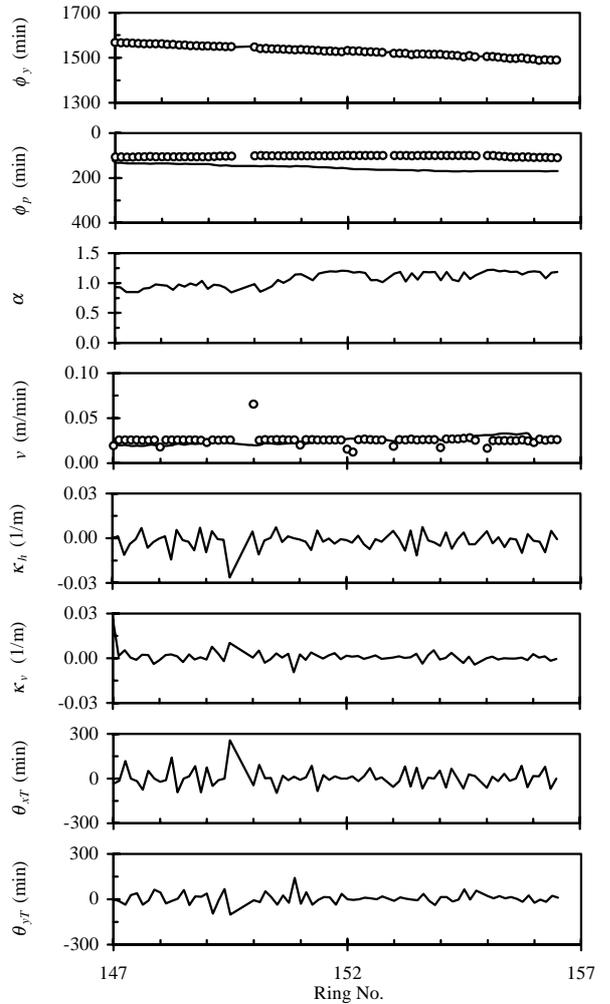


図3 シールド機挙動に関するパラメータ

ンプレートと掘削領域がほぼ一致し、テイル上部で地盤を1.5cm程押し込みながら、シールド機が進行している、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沖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.

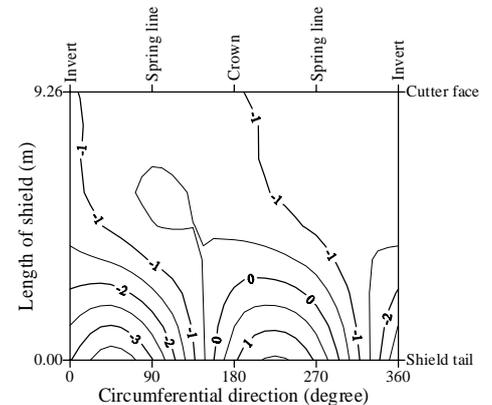


図4 法線方向地盤変位分布[cm]

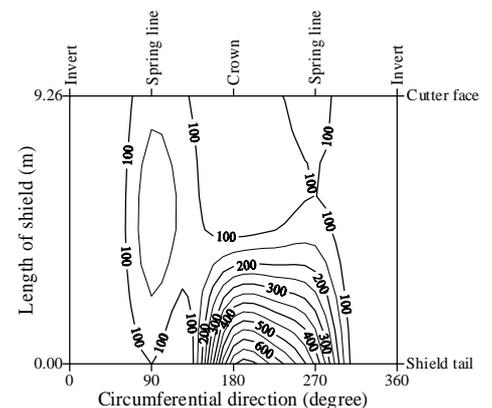


図5 法線方向土圧分布[kN/m²]