

シールド機動力学モデルによるシールド挙動シミュレーション

長岡技術科学大学 学 〇岩渕崇宏 学 相馬裕希 正 杉本光隆
清水建設 正 武本怜真 正 安井克豊

1. はじめに

都市の過密化に伴い、都市機能の拡充や環境整備に対する要求などから、地上空間を補う空間資源として地下空間が着目され、地下開発が望まれるようになった。シールド工法は、開削工法に比べ周辺の生活圏に対する影響が少ないなどの特徴から、都市に適したトンネル工法として急速に発展してきた。

近年、シールドトンネルは大深度化や急曲線化が進み、厳しい条件下での施工が求められている。そこで、安全かつ確実に施工を行うためには、事前にシールド機挙動などの予測が重要であると考えられる。

本研究では、シールド機動力学モデル¹⁾の妥当性を検討することを目的として、シールドトンネルの直線部の現場データを用いて、シールド機動力学モデルによるシールド挙動シミュレーションを行い、シールド機挙動の解析結果と現場実測データを比較した。

2. 解析対象現場

解析範囲（シミュレーション範囲：距離程 348.3m から 383.8m）の地質縦断図を図 1 に示す。解析対象トンネルは、土被り 25m~28m、地下水位 GL-6m 程度に位置し、天端部には洪積粘性土層 Dc(N 値 1~26)、洪積砂質土層 Ds(N 値 5~50+)が、その下部には新第三紀泥岩層 Km(N 値 29~300)が分布している。本解析対象現場では、機長 10.845m、掘削外径 10.860m、シールド機外径 10.830m の中折れ式泥土圧シールドを用いて、外径 10.60m、厚さ 0.4m、セグメント幅 1.5m のセグメントを組立て、下り 7.0% のほぼ直線トンネルを構築した。

3. 解析方法

3.1. シールド操作条件

現場で記録されたシールド操作を図 2 に示す。ここで、 F_r はジャッキ推力、 M_H はジャッキ水平モーメント（右向き正）、 M_V はジャッキ鉛直モーメント（下向き正）で、Copy cutter は使用範囲（0：インバート、テールより見て時計回り正）と長さで、 θ_{CH} は水平中折れ角（前胴左向き正）である。この図から、ほぼ直線部であるにもかかわらず、ジャッキ推力が、距離程 360m 以前や距離程 380m 以後と比較して、距離程 372m 付近でピークの 6 割程度に

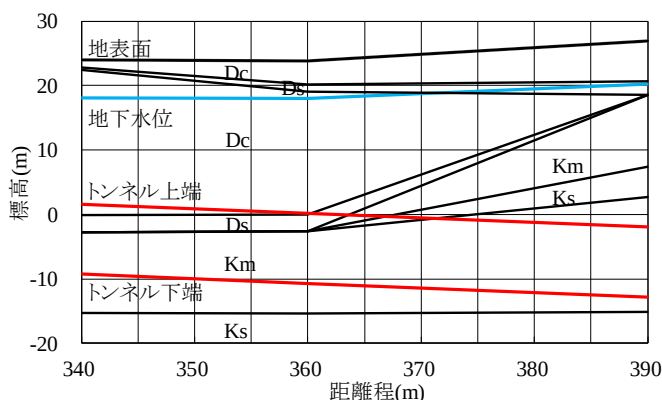


図 1 地質縦断図

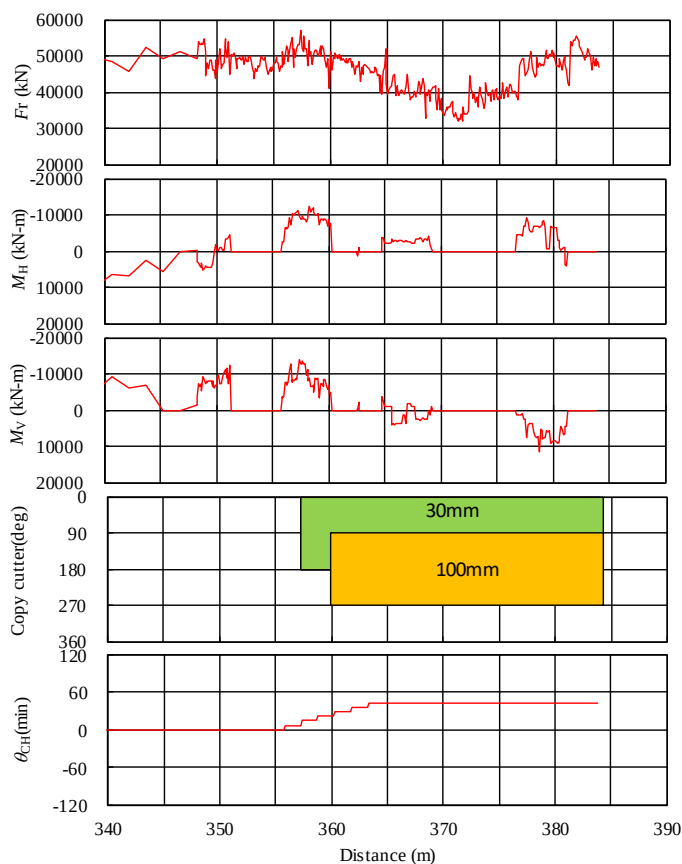


図 2 シールド機操作

キーワード シールド工法, シールド機動力学モデル, シールド制御, シミュレーション

連絡先 〒940-2188 長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-46-6000(代表)FAX0258-47-9600

減少していること、距離程 360m 以降で左曲線となることから、左側でコピーカッターによる余掘りを行い、前胴左向きの中折れを使用していることがわかる。また、本解析では、1Ring を 15 分割し、約 10cm 間隔を 1 step としてシミュレーションを行った。なお、シールド機挙動シミュレーションモデルは連続掘進を前提としているので、シールドが停止している状態および掘進開始直後、掘進終了直前などの過渡的なデータを除外した。

3.2. 地盤条件、施工条件の推定

ボーリング調査による地盤物性値にはばらつきがあることから、シールド機の挙動に大きな影響を与える地盤反力等を調整するとともに、余掘りの取り残し等を考慮して、周方向とシールド掘進方向に分布する余掘り有効率を調整した。

3.3. シールド機挙動シミュレーション

上記で設定したデータを、シールド機動力学モデルに入力し、シールド機挙動シミュレーションを行った。

4. 解析結果と考察

シールド機動力学モデルによって得られた、掘進速度とトンネルの縦断線形・平面線形を、実測値とともに、図 3 に示す。

ステップ毎にシールド操作条件（ジャッキ力、コピーカッター使用条件、中折れ角等）を入力しているため、シミュレーションで得られる線形を実際の線形に合わせるためには、まず掘進速度を合わせる必要がある。掘進速度は、主として地盤物性値を適切に調整することにより、また、縦断線形と平面線形は、余掘り有効率やコピーカッター有効率を適切に設定することにより、実測値と解析値がよく一致する結果となった。

また、ジャッキ推力が、距離程 372m 付近で大きく減少するにもかかわらず、掘進速度が 2cm/min とほぼ一定となったのは、図 2 に示すように距離程 360m 前位からコピーカッターによる余掘りを行っていて、地盤反力が低下し、その結果スキンプレート周りの周面抵抗が減少したこと、また、図 1 に示すようにシールド機が洪積粘性土層 Dc、洪積砂質土層 Ds を通過し、全断面で新第三紀泥岩層 Km となり周面抵抗、切羽抵抗が減少したためと考えられる。

5. まとめ

本研究では、現場実測データとシールド機動力学モデルによるシミュレーションの結果を比較し、適切な条件を設定すれば、シールド機動力学モデルは、実際のシールド機の挙動を再現できることがわかった。今後は、急曲線部で同モデルの適用性を検討する予定である。

参考文献：1) 杉本光隆, A. Sramoon : 施工実機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, pp.163-182, 2001.3.

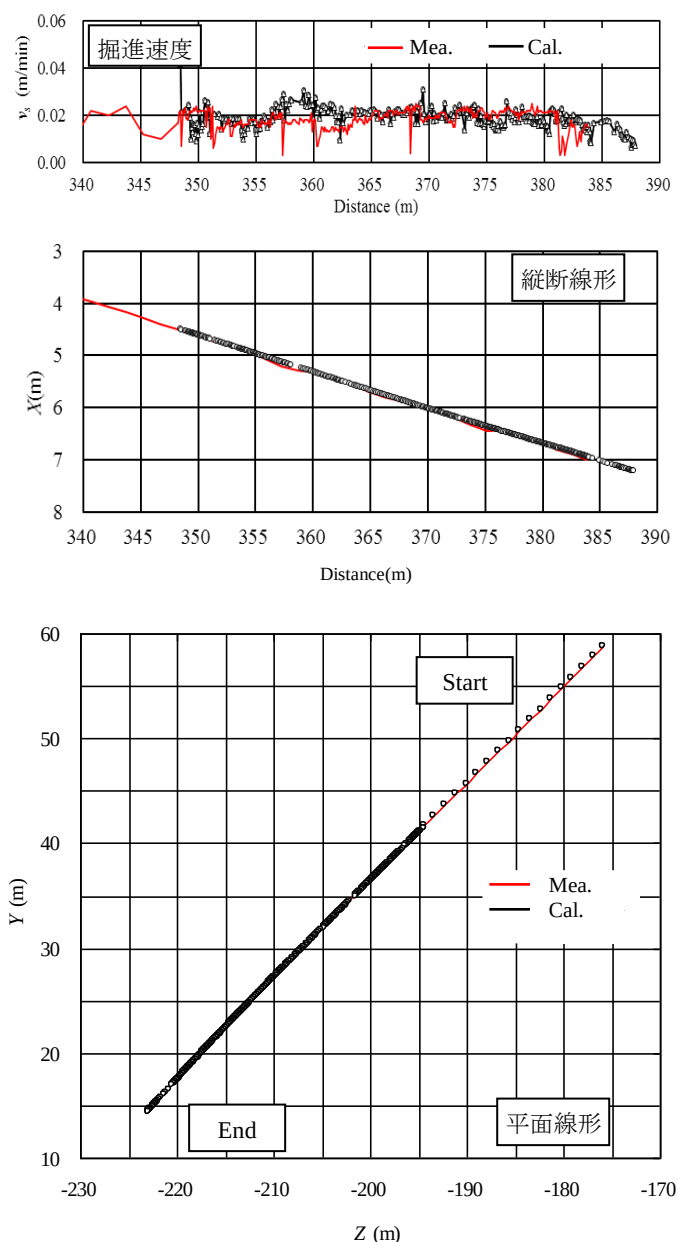


図 3 シールド機挙動