

シールド機動力学モデルに基づく リアルタイムシールド機シミュレータの開発

DEVELOPMENT OF REAL TIME SHIELD SIMULATOR BASED ON THE KINEMATICS SHIELD MODEL

杉本光隆¹⁾・金澤秀和²⁾・佐藤有美³⁾・小川原ゆりえ⁴⁾

Mitsutaka SUGIMOTO, Hidekazu KANAZAWA, Yumi SATO, Yurie OGAWAHARA

Real time shield simulator, called as 3DSS/PC, was developed to visualize the simulation results of shield behavior, such as, the shield trace, the normal ground displacement, and the normal earth pressure around the shield periphery based on the kinematics shield model. The shield operation also can be done, observing the response of the shield by the operation. Real time shield simulator is helpful to understand the shield behavior.

Keyword: Kinematics shield model, Simulation, Real time, Visualization

1. はじめに

現在、シールドマシンの制御にはエキスパートシステムやAIを利用した自動掘進システムが用いられることが多い。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、シールドマシン挙動については未だ未解明な点が多く、これらのシステムは、経験的な関係を基にしており、理論的な背景を持たない。このため、複雑な地質構造下におけるシールドマシンの挙動予測やマシン装備能力設計は、模型実験や経験に基づいて行なわれているのが現状である。また、特殊条件下でのシールドマシンの制御が困難となることもある。

こうした状況を踏まえ、著者らは、地盤変位量・動的釣り合い・カッターフェイス回転方向・シールド機のスライド・緩み土圧・テール部でのシールド機とセグメントの競りを考慮できる、シールド機動力学モデルを開発・研究し^{1,2)}、その合理性を確認してきた^{3,4)}。しかし、今まで開発してきたシールド機シミュレーションプログラムでは、実用的には、以下のような問題点があった。

- 1) シールド機操作に関するパラメータをファイル入力するため、シミュレーション結果を基にした次のシールド機操作ができない。
- 2) シールド機シミュレーション結果をファイル出力するため、シールド機挙動をリアルタイムにビジュアルに連続的に把握できない。

こうした状況を踏まえ、本研究では、上記シールド機動力学モデルの計算結果を、リアルタイムにビジュアルに表示できるリアルタイムシールド機シミュレータを開発することを目的とする。

-
- 1) 正会員 工学博士 長岡技術科学大学 環境・建設系
 - 2) (株)川崎重工業
 - 3) 学生会員 修士(工学) 長岡技術科学大学大学院 工学研究科
 - 4) 正会員 学士(工学) 新潟県

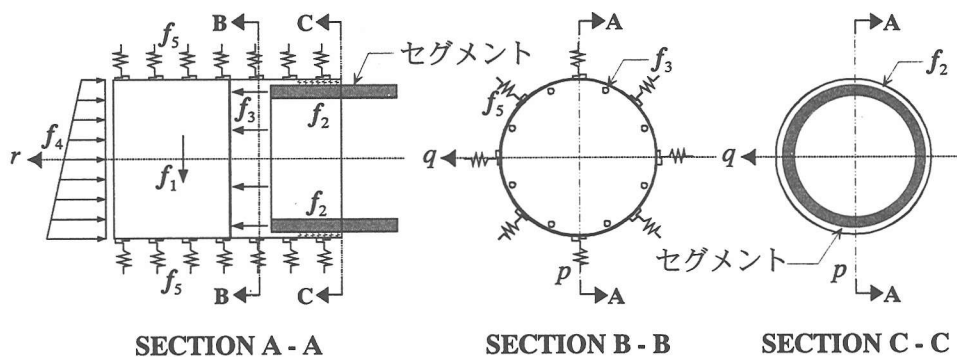


図-1 作用力モデル

2. シールド機動力学モデル

動力学モデルにおけるシールド機に作用する力は、図-1に示すように、自重 f_1 、シールドテール作用力 f_2 、ジャッキ推力 f_3 、切羽作用力 f_4 、スキンプレート作用力 f_5 の5つである。シールド機動力学モデルは、地盤変位量、カッターフェイス回転方向、マシンの横・縦滑り、シールドテール部におけるシールド機とセグメントの相対的位置関係、緩み土圧を考慮し、動的釣り合い式を満足する事が特徴である。

3. システム概要

3.1 全体概要

リアルタイムシールド機シミュレータは、シールド機挙動シミュレーションに必要なパラメータを設定した後、通常使用されているシールド機操作画面上でシールドジャッキ等の操作を行い、その設定値を基に、シールド機動力学モデルを用いて、シールド機挙動のシミュレーションを行い、その結果をリアルタイムにグラフィック画面に表示するシステムである。

3.2 システム構成

本リアルタイムシールド機シミュレータはPC上で稼働し、パラメータ設定プロセス、シールド機操作プロセス、シミュレーションプロセス、グラフィック表示プロセスから構成されている。これら4つのプロセスは図-2に示すように、ファイルを媒体としてデータ伝達を行い、かつ同期を取りながら動作する。

3.3 開発環境

本システムは、パラメータ表示プロセスとシールド機操作プロセスを Visual basic 6.0、シミュレーションプロセスを Fortran 77、グラフィック表示プロセスを AVS/EXPRESS Developer 5.0 と Visual C++ 6.0 にて開発した。なお、CRT 解像度は 1280×1024 ピクセル、OS は Windows 95/98 である。

4. シミュレータ

4.1 メインメニュー

シミュレータを起動すると、図-3の画面が表示される。この画面で、パラメータ設定とシミュレーションとシミュレータ終了を行う。

4.2 パラメータ設定画面

メインメニューでパラメータ設定を選択すると、図-4の画面が表示される。これらの画面上でシミュレーシ

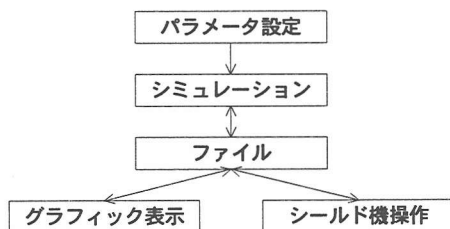


図-2 システム構成

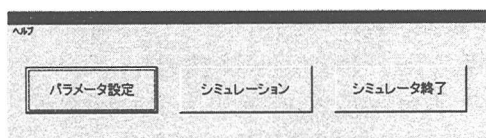


図-3 メインメニュー

ョンを行うために必要な項目を表-1に示す。プロジェクト設定画面では、シミュレーションするために必要なファイル名を設定する。

4. 3 シールド機操作画面

メインメニューでパラメータを設定した後、メインメニューに戻りシミュレーションを行うと、図-5に示すシールド機操作画面が表示される。

4. 4 グラフィック表示画面

1) メニュー

メニューでは、[ファイル]、[画面]、[画面変換]、[その他]を指定できる。[ファイル]では、シミュレーション結果の読み込み・保存と、表示されている画面を保存・印刷する。[画面]では、最初に表示されるデフォルト画面の他に、詳細データ画面・3D画面を表示できる。[画面表示]では、移動・拡大／縮小・回転・リセットを選択し、画面を操作する。[その他]では、AVS/EXPRSS 付属のコントロールパネルと呼ばれる画面を表示させることにより、より詳細に画面を操作できる。

2) グラフィック表示

最初に表示される画面は、図-6に示すように、シールド機軌跡の平面線形・縦断線形、地盤変位分布図、土圧分布図、および、シールド機の計画線形からの偏差、基本データ画面である。

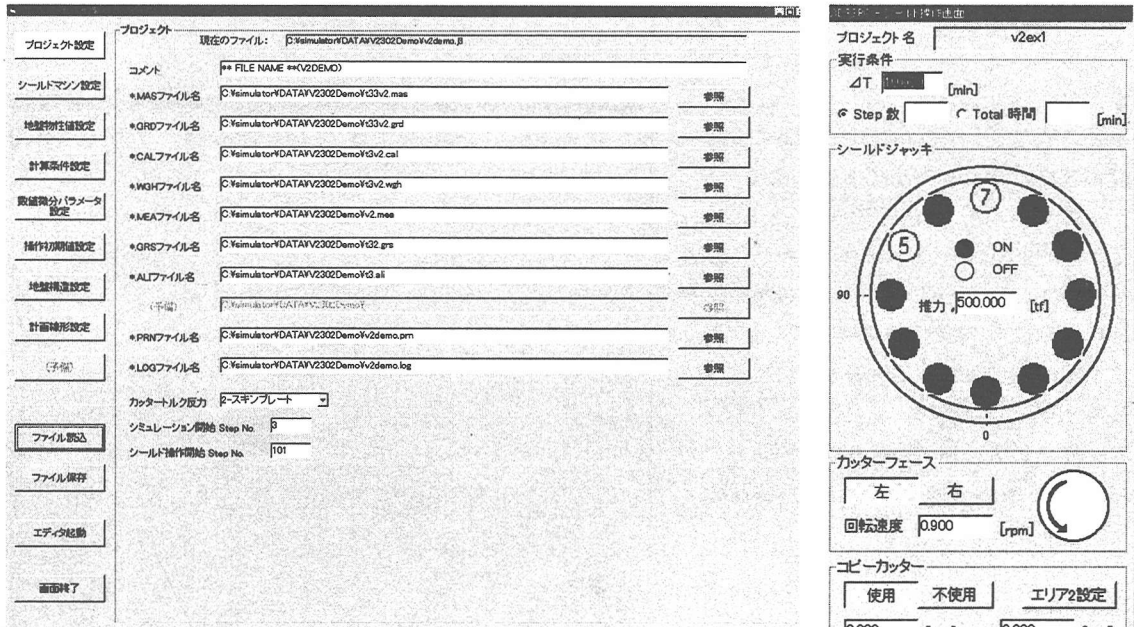


図-4 パラメータ設定画面

表-1 パラメータ設定項目

パラ メー タ 設 定 画 面	プロジェクト設定
	シールドマシン設定
	地盤物性値設定画面
	計算条件設定画面
	数値微分パラメータ設定画面
	操作初期値設定画面
	計画線形設定画面

その他	
泥水圧	2.000 [kgf/cm ²]
泥水密度	1.200 [tf/m ³]
グリース圧	0.000 [kgf/cm ²]
グラウト圧	0.000 [kgf/cm ²]
開始	Default設定
画面終了	

図-5 シールド機操作画面

そのほかに表示できる画面は、詳細データ画面と、3D 画面である。3D 画面表示の例を図-7に示す。

5. おわりに

今まで開発してきたシールド機シミュレーションプログラムでは、リアルタイムにシールド機を操作できない、リアルタイムにビジュアルに連続的にシールド機挙動を把握できないといった問題点があった。しかし、リアルタイムシールド機シミュレータを用いることにより、シールド機操作に対するシールド機の応答や、シールド機スキンプレート周りの地盤変位分布や、法線方向土圧分布等が、リアルタイムにビジュアルに容易に把握できるようになるとともに、シールド機の応答をみて、シールド機の操作をビジュアルに行えるようになり、シールド機挙動の把握やシールド機制御に関する検討が容易に行えるようになった。本システムによるシールド機周辺の変位分布図、土圧分布図および、テールクリアランスのリアルタイムの表示は、シールド機挙動を理解する上で、有効であると考えられる。

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：シールドトンネル，講座「地盤工学における逆解析」，土と基礎，Vol.44，No.4，pp.57-62，1996.
- 2) 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.
- 3) 小柴暢・杉本光隆・Aphichat Sramoon・小西真治・津坂治：現場計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，土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-B152，2000.
- 4) 有賀裕彦・杉本光隆・Aphichat Sramoon・小西真治・粥川幸司：現場計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，土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-B153，2000.

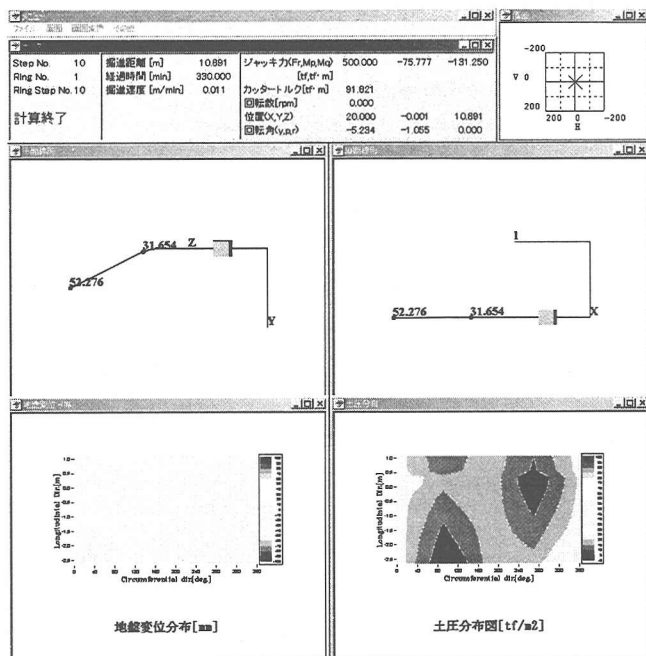


図-6 グラフィックス表示画面の例

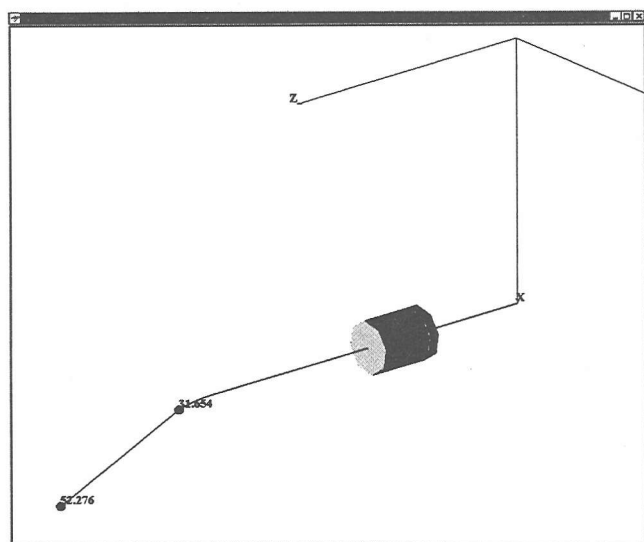


図-7 3D 表示画面の例