

## CIM を活用した掘進シミュレーションシステムの実用

東京ガス(株) 奥寺太郎 田坂将太郎  
 鹿島建設(株) 正会員 石原泰幸 大林信彦  
 鹿島建設(株)関東支店 正会員 堤 和大 西岡和也 ○衛藤 優

### 1. はじめに

品質の良いシールドトンネルを構築するためには、シールド掘進組立時の真円度確保と線形確保のためのマシン制御およびシールド機とのクリアランスの確保等が重要になる。ところが、曲線施工や蛇行修正の手法は経験者の「暗黙知」に依るところが大きいことから、蛇行量やクリアランス、曲線施工時の余掘り量を定量的に見える化し、そのデータを基に掘進管理できるよう「CIM を活用した掘進シミュレーションシステム」を開発した。本稿ではその開発・運用状況を報告する。



図-1 3Dモデルによるシミュレーション画面

### 2. 開発背景と目的

シールド線形は、測量によりシールド機とセグメントの座標・方位・ピッチングを正確に把握し、現地点からの掘進方位やセグメントの割付を決定することで管理する。その際、許容偏差内でシールド機とセグメントの進行軌跡が一致するように計画することが肝要となる。特にカーブ施工時や蛇行修正時には、シールド機の内側と外側の適切な余掘り範囲と余掘り量および中折れ設定が重要となるが、余掘り量が大きすぎるとシールド機の姿勢制御が不安定になり、地表面沈下のリスクも増大する。シールド機の余掘りの範囲と量、中折れ角、セグメントとのクリアランスを可視化し、正確な線形・クリアランス管理を行うことが高品質なトンネルを構築するためのポイントとなる。そこで、デジタルデータ化した「掘進・組立指示書」による3次元モデルによる掘進シミュレーションが可能で、実例データに基づく将来の掘進軌跡を予測・図化する「KaCIM'S」(Kajima CIM Shield System)を開発し、運用した。

「KaCIM'S」に期待する効果は、①掘進指示書の妥当性を事前に確認することでヒューマンエラーを防止できる。②掘進シミュレーションを3Dモデル、2Dモデルの双方で確認できるため管理職員とオペレーターや協力会社技能工の認識を一致させることができる。③計画と実施工の差を記録し蓄積することで、地盤条件・シールド機の癖等を掘進指示に反映させることが可能となる。

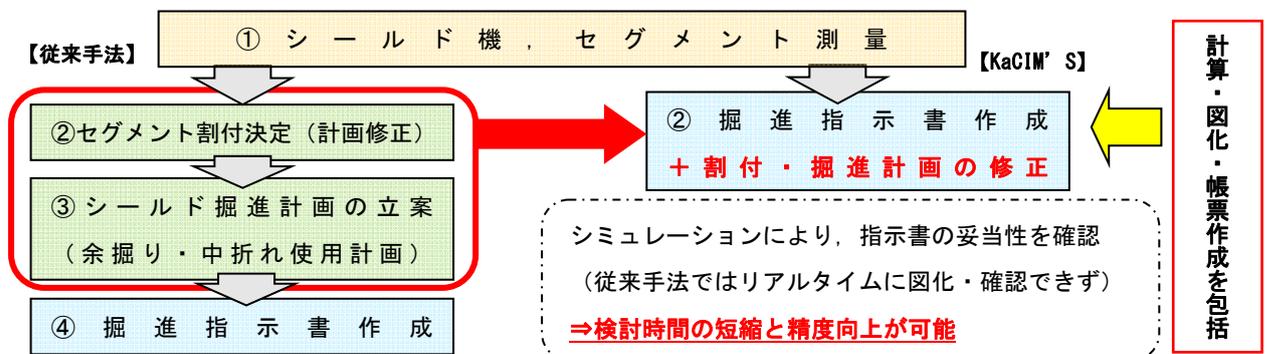


図-2 従来手法と「KaCIM'S」利用時の線形管理フロー

キーワード シールド, CIM, 線形管理, シミュレーション, 生産性向上

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設株式会社土木管理本部 TEL : 03-5544-0678

### 3. システム概要

「KaCIM'S」では、図-2のとおり、線形管理のフローを短縮させることが可能である。掘進指示書に座標・ピッチング等の指示値を入力すればシミュレーションを即時に行うことができるため、指示値の妥当性や値に込められた意味を目視により確認することができるようになる。

### 4. 運用方法

測量結果の登録後、現地から先の掘進指示書を作成することができる。作成状況を写真-1に示す。下画面で指示書作成、上画面に掘進シミュレーションが表示される。

シールド機の掘進指示値を入力すると、シールド機の進行シミュレーションおよびテールクリアランスの計算を自動で行う。テールクリアランスは設定した閾値によって色分けして表現される。これにより、曲線施工時の余掘り不足や過多を防止し適正な掘進が可能となる。更に、ワンクリックで掘進シミュレーションを3Dモデル化することができ、水平・鉛直だけでなく視点からの見える化を実現している(図-3)。シミュレーションにより決定した掘進指示書のアウトプットデータ例は、互換性の高いExcelファイルで帳票を発行することができる。

### 5. システム導入の効果と今後の課題

3D・2Dモデルの双方で掘進計画のシミュレーションを目視で確認できるようになり、経験の浅い技術者でも状況を理解しやすく、的確な指示を出すことが可能となった。また、掘進計画作成後にシミュレーションで目視確認することで、計画の妥当性確認ができ、入力ミス等のヒューマンエラーの防止にもつながっている。さらに、数値を入力するだけで容易に掘進指示書および組立指示書が作成でき、従来指示書作成にかかっていた時間を大幅に短縮することができており、作業効率化、生産性向上にも役立っている。また、掘進中はシールド機に搭載した計測装置により、指示書(シミュレーション)通りに掘進できているかリアルタイムで確認することで、修正が必要な場合にはその場で指示することが可能となった。

今後は、3Dモデル図上に、発進・到達立坑や地層境界、ランドマーク等を表示させる予定であり、これらを表示させることで、より詳細に掘進状況を把握し、掘進計画に活かすことができる。また、工事関係者はもとより現場見学者に対しても、理解を深めてもらうことができる。さらに、実寸モデルだけでなく、シールド機とセグメントのクリアランスや余掘り量など、掘進計画において重要となる要素をデフォルメしてモデル化し、詳細部まで可視化を進めることで、掘進管理・掘進計画のさらなる作業効率化、生産性向上につながることを考える。

現在、当システムは東京ガス(株)発注のシールド工事現場にて運用している。今後も適用現場を拡大し、様々なデータを蓄積することで掘進自動化等への進化を目指している。

### 参考文献

- 1) 遠藤勉, 畠田大規, 渡邊和英ら: シールドトンネル工事におけるCIMの取組み, 土木学会第72回年次学術講演会, 2017.09.
- 2) 石原泰幸, 大林信彦ら: シールド掘進管理の見える化と生産性向上への挑戦, 第46回土木学会関東支部技術研究発表会, 2019.03.



写真-1 システムの運用状況

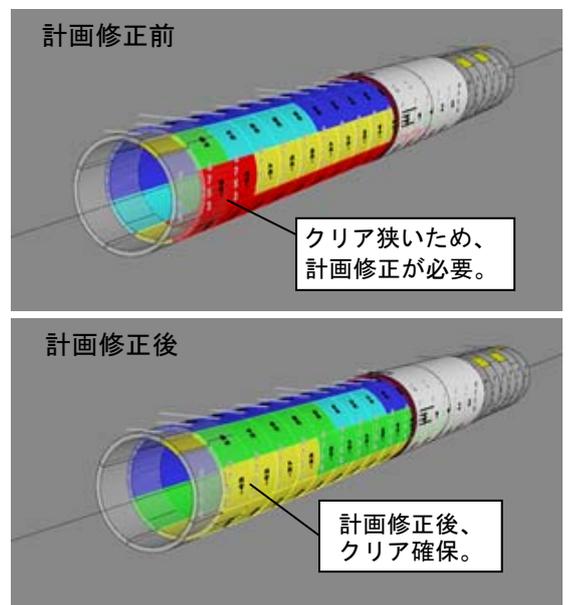


図-3 3Dモデルによるクリアランス確認