

シールド工法用プロダクトモデルの基盤としての 3D-CAD の構築

熊本大学大学院 学生会員 ○寺中愛瑛 熊本大学大学院 正会員 小林一郎
株式会社大林組 正会員 古屋弘 株式会社トリオン 非会員 柿本亮大

1. はじめに

建設工事において、CALS/EC の取り組みの浸透により近年 CAD は大きく普及し、一部の現場では 3 次元データを活用した合理的な設計・施工も行われつつある。なかでも施工管理へのプロダクトモデルの活用は特に注目されており、橋梁や道路への適用例がいくつか存在する。トンネルに関しては大阪大学の矢吹らにより、モデルが整備されつつある IFC を用いたプロダクトモデルのスキーマの開発¹⁾が行われているが、実現場に適用された例はない。そこで本研究では、シールドトンネルを対象に 3 次元モデルを基盤としたプロダクトモデルの実証を行う。

2. プロダクトモデルの概要

(1) 土木分野の電子化の現状²⁾

情報化施工の浸透とともに電子化は急速に普及し、ライフサイクルにおける各作業はコンピュータでのアプリケーションシステムを用いた自動化により効率化が図られている。一方で、様々なアプリケーションの乱立により、①情報共有が円滑に行われていない（現場と支援部門、受注者と発注者など）、②設計図書と施工データ、および出来形データの連係がない、③データフォーマットがシステムにより異なる、といった問題が起きている。このような問題を解決するために、近年プロダクトモデルの研究開発が行われている。

(2) プロダクトモデルの有効性

プロダクトモデルとは、構造物や工業製品を設計・製造するための 3 次元データに、各オブジェクトに関する様々な属性情報、オブジェクト間の関係等を定義したデータモデルである。一般的にはデータを XML 等のテキストファイルとして表現し、コンピュータで実装したものをいう（図-1, 2）。

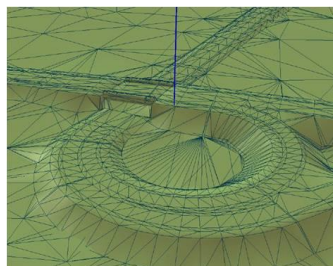


図-1 プロダクトモデル例



図-2 XML データ

プロダクトモデルを用いることにより複数のアプリケーションシステム間のデータの相互運用を自動化することが可能となり、効率化が図れる他、人の手入力によるミスを防ぐ事にも繋がる。飛行機・自動車などの機械業界にとっては、プロダクトモデルは既に根幹の技術となっており、造船やプラントの世界でも一般的になりつつある。このように元来、機械分野を主対象として規定化されてきたが、最近では建築分野において IAI (International Alliance for Interoperability) が IFC (Industry Foundation Classes) を開発している³⁾。これを受けて、土木分野では道路、橋梁等のプロダクトモデルが開発、提案されている。シールドトンネルについては、現在研究段階であり IFC のスキーマに関する検証が行われているが、実現場への適用までには至っていない。

シールドトンネルとは極めて機械的な工法で施工される線形構造物であり、掘削中の土壌の性質によって線形や横断形状が適宜、微調整される。そのため、プロダクトモデルを実施工へ適用することで、工事全体を一元管理し、形状変化等を設計へフィードバックすることが容易となると考えられる。

3. シールド工法の概要

(1) シールド工法の特徴

シールドトンネルは主に都市部で開削工事が不向きな箇所にある道路トンネル、鉄道トンネル、地下河川、下水道等に採用され、専用のマシンによって施工される。シールド工法には多くの種類があるが、シールドマシンによって掘削された土砂を泥土に変換し、泥土圧でシールドマシンの前面の安定管理を行う土圧シールド工法が主流を占めている。掘削土砂を泥土に変換できるため、砂礫層、シルト粘土層、シラス層など広範囲の土質に適応が可能となっている⁴⁾。

(2) 施工方法

具体的な施工法としてはまず立坑を掘削し、クレーンによって降下された図-3 のようなシールドマシンを立坑内で組立てて掘進を行う。掘進と同時にマシン内部では、あらかじめ工場製作された図-4 に示すセグメント（トンネル本体を分割した円弧の部材）を、機械により組みあげ、セグメントリングを構築する。一つのセグメントリングが完成すると、シールドマシンはセグメントリングにジャッキの反力をもってシー

ルドマシンを前進させ、さらに掘進を行う。以上の工程を繰り返し行いトンネル建設が行われる。



図-3 シールドマシン



図-4 トンネルセグメント

4. 適用事例

(1) 現場概要

トンネル工事における設計対象物の3次元化を行う。対象事業に関しては文献5)を参照されたい。現場は、大規模構造物に近接する環境条件や軟弱粘性土を主体とする土質条件となっており、トンネル部には周辺地盤への影響が小さい、泥土圧シールド工法の1つであるURUP工法が採用されている（図-5）。

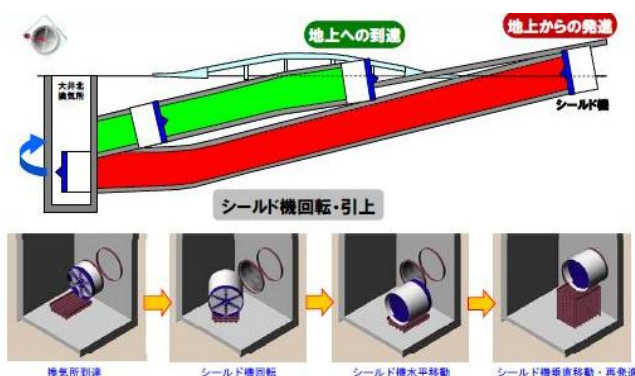


図-5 URUP工法施工手順

(2) 3次元モデルの作成

構造物のプロダクトモデルの構築に関して、材質や価格といった属性情報を定義することは可能であるが、その基盤としての形状は3D-CADを利用しソリッドモデルを作成しなければならない。そこで本研究では3D-CADソフトとしてAutodesk社のAutoCAD Civil3D2011を、また将来的なIFCスキーマの取り込みを考慮して同社の構造解析・モデリングソフトであるRevitStructure2011（以下、Revit）を使用した。これら

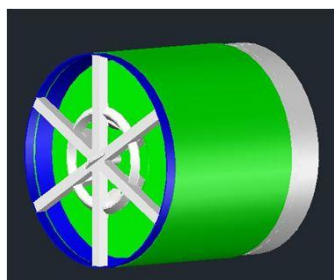


図-6 シールドマシン

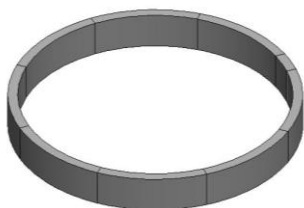


図-7 セグメントリング

2種類のソフトを利用し、現時点では図-6, 7に示すモデルが完成している。

5. 期待される効果

(1) 施工工程の可視化

完成した3Dモデル全てを専用のビューワに取り込むことで工事の完成状態を把握することができる。さらに、工程表を利用することで各施工を段階的に可視化するだけでなく、折り返し部分等の複雑な施工工程の現場理解を深めることにつながる。

(2) コスト管理

Revitの機能を使用し、セグメントの部材毎に価格情報を与える。図-8に示すオブジェクトプロパティにおいて属性情報を定義することが可能である。そのため、3D-CAD上で数値を拾うことにより距離呈でのコスト算出が可能となる。また、集計機能も備えており帳票出力が可能である。これにより発注者への説明などの情報共有の際に効果を発揮すると考えられる。

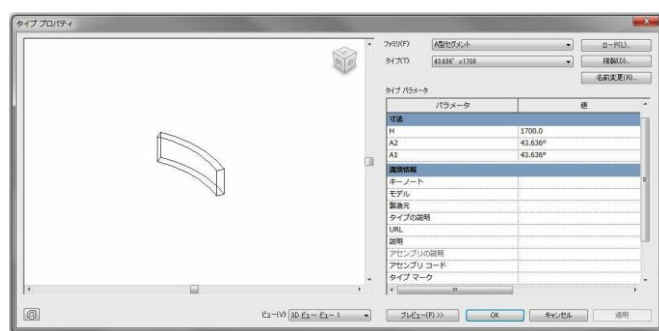


図-8 オブジェクトプロパティ

6. おわりに

プロダクトモデルの詳細とその基盤となる3D-CADの構築について述べた。今後は事業全体における施工対象物の3次元モデル化を行い、工程やコスト管理を可能とするためのプロダクトモデルのあり方を検討していく。詳細は発表時に述べる。

<参考文献>

- 1) 矢吹信喜、志谷倫章：PC橋梁の3次元プロダクトモデルの開発と応用、土木学会論文集、No.784、pp.171-187、2005.3
- 2) 矢吹信喜ほか：セマンティック Web を用いたシールドトンネルのデータモデルに関する研究、JACIC 研究報告書、第2006-2号
- 3) IAI 日本：<http://www.iai-japan.jp/mission/index.html>
- 4) STA：<http://www.shield-method.gr.jp/>
- 5) 江頭遼一、小林一郎、古屋弘、柿本亮大：3次元データを基盤としたシールド工事の可能性、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2011.3