

# シールドトンネルにおけるCIMモデルの開発および一考察

（株）熊谷組 正会員 ○河越 勝

## 1. はじめに

近年、i-Construction の推進に伴い土木分野における3次元データの活用が急速に進んでいる。しかしながらシールドトンネルにおいてはCIMの方向性が見えていない状況にある。今回、Excelと連動させたシールドトンネルのCIMモデルの開発を行ったので報告する。

## 2. 開発経緯

以前より、シールドトンネルの線形管理を正確に行うために、3DCADを用いた「曲線シミュレーションモデル」の開発を行ってきた。これは、仮想空間にトンネルを構築し施工シミュレーションを行うものであり、この技術を応用する事により組み立てたセグメントの3Dモデルの自動作成を可能とした。さらに属性も付加する「CIMモデル」の作成システムを開発した（図-1）。

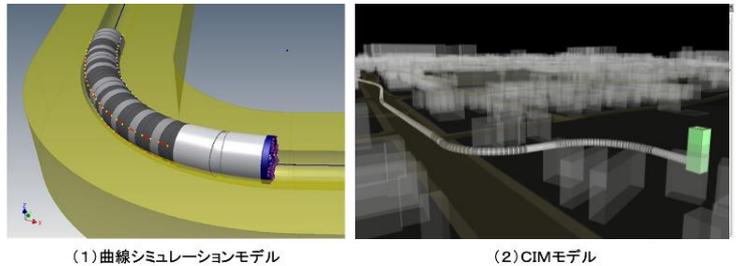
## 3. 3Dモデル作成システムの特徴

本システムの特徴は、Excelシートの一覧表に入力した数値諸元に連動して、3DCAD上のモデル形状と位置が変化することである（図-2）。3DCADは「パラメトリックモデリング機能」と「Excelとの連携機能」に優れた機械系3DCADのInventorを使用した（パラメトリックモデリング機能とは、3Dモデルが持つ寸法情報、接続情報などを後から変更することで形状を変えることが出来る機能のことである）。これにより、どのようなシールドトンネルでも、3DCADを直接操作する事無く、セグメントの3次元モデルを作成することを可能とした。

セグメントモデルは、データサイズやパソコンの能力などの関係から、各ピースのアウトラインレベルまでを形状化した。ピース分割やKセグメントの挿入角なども一覧表に諸元を入力することで自動生成する（図-3）。

## 3. 3DモデルからCIMモデルへの変換

CIMモデルとは、3次元モデルに属性情報が付与されたものである。Inventorで作成したモデルをNavisworks（3Dデータを属性も含めて統合するソフト）で読み込み、掘進時のデータを付与した状況を図-4に示す。



モデル	運用時期	内容・項目
1)曲線シミュレーションモデル	施工前	セグメントテーパ量検討 セグメント割付 シールド装置中折れ角チェック テーパセグメント使用シミュレーション ジャッキストローク差シミュレーション
	施工中	中折れ角設定シミュレーション 蛇行量変化予想 クリアランス変化予想
2)CIMモデル	施工後	セグメント種類、組立方向、蛇行量を自動モデリング ↓ NavisWorks (CIMソフト)に取込み、属性(リング報、検査記録等)を付加

※モデリングは機械系3DCAD (Autodesk Inventor)とExcelの連動により実施。

図-1 シールドトンネル3Dモデル

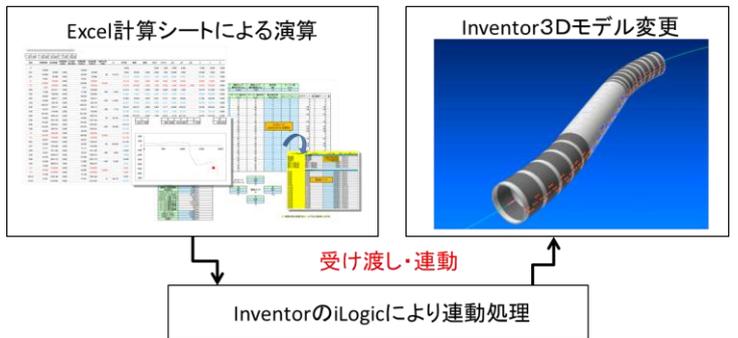
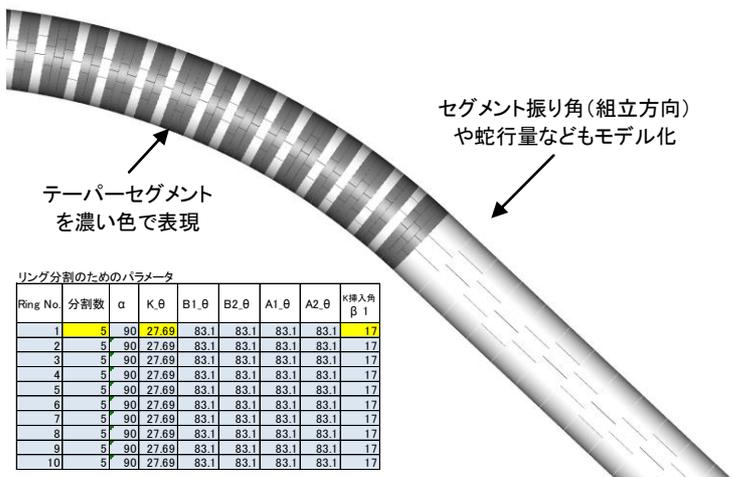


図-2 CIMモデルにおける諸元パラメータの連携



リング分割のためのパラメータ

Ring No.	分割数	α	K.θ	B1.θ	B2.θ	A1.θ	A2.θ	K挿入角β1
1	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
2	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
3	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
4	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
5	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
6	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
7	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
8	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
9	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17
10	5	90	27.69	83.1	83.1	83.1	83.1	17

図-3 ピース分割モデル

キーワード シールドトンネル, CIM, 3次元CAD, パラメトリックモデリング, Excel連動, 自動作成  
連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 株式会社熊谷組 土木事業本部 シールド技術部 TEL 03-3235-8649

図-4 の右表の属性値はモデルを作成するときに与えたパラメータであり、リング毎のプロパティとして直接取り込まれる。図-4 の左表の属性値は掘進データであり、Navisworks のアドオンソフトを用いて追加したものである。このように、検査記録や品質データなどを必要に応じて後から追加することが可能である。

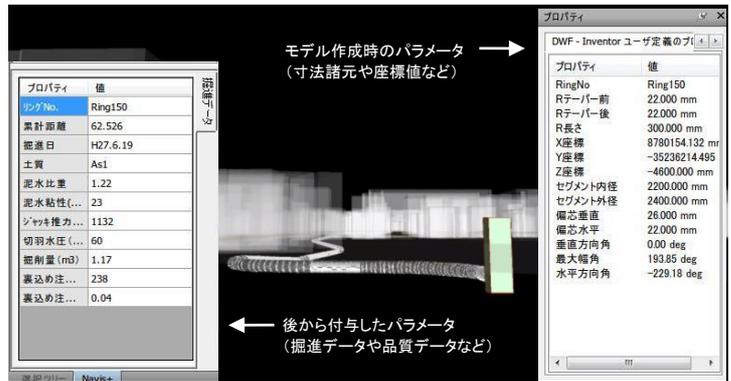


図-4 属性値の付与(Navisworks 上で合成)

4. 現状における課題と考察

(1) データサイズとモデルの作り込みレベル

今回、千葉県発注の下水道工事の実施工データを用いてモデルを作成したが、約 3,000 リング×5 ピースのデータ量であり、モデルの作成に時間を要し、またデータの処理にもパソコンにかなりの負荷がかかるものであった。図-5 が地上構造物とトンネルを合成した全体のモデルであるが、このようなモデルにセグメントの細部までを作り込むのは現実的では無い。

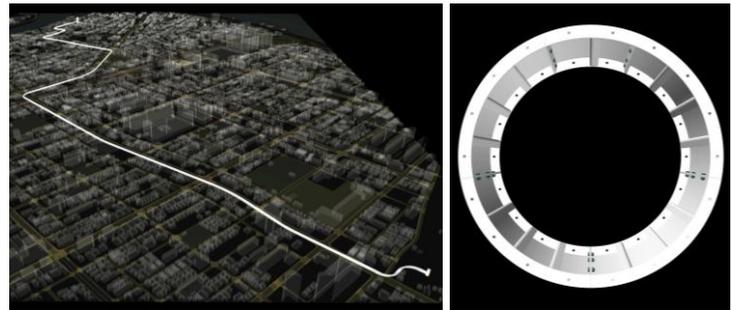


図-5 全体モデル(地上&トンネル) 図-6 単リングモデル例

3Dモデルはその活用場面に応じて詳細度のレベルを変えて作り込むべきであると考えられる。

「CIMモデル作成仕様(検討案) <橋梁編> H27.4[国総研]」では、部材のアウトライン形状モデルの「レベル1」から、全ての部材を正確に表現する「レベル4」までの4段階のレベルが設定されている。シールドトンネルにおいては、図-5 のような全体モデルではセグメントピースのアウトライン形状(レベル2相当)までが限界と思われる。セグメントピースの詳細形状(レベル4相当)は図-6 のような単リングモデルを別ファイルで作成し、全体モデルのプロパティでリンク付けをすることが現実的と考える。

(2) ファイル形式および汎用ソフトとの互換性

CIMモデルは維持管理に寄与することが目的の一つであり、そのためには構造物の管理者がデータを容易に閲覧できなければならない。今回作成したデータと無償のビューワーソフトとの互換性を表-1 に示す。

Navisworks で作成したファイルは、Navisworks Freedom という無償のビューワーで殆どそのまま読み込むことが可能である。しかしながら Navisworks はその他の中間形式のファイルへの書き出し機能が少なく汎用性に欠けるところが課題である。セグメントモデルの作成を行った Inventor は、3DPDF や IFC 形式での書き出し機能があるが、いずれも属性情報が失われた単なる3次元モデルとなる。

表-1 ファイル形式と無償ビューワーソフトとの互換性

ファイル形式	拡張子	無償のビューワーソフト	互換性
Navisデータ	nwd,nwf	Navisworks Freedom	外部リンクファイル以外は全て読み込み可能
3DPDF	pdf	Acrobat Reader	Inventorから変換可能だが属性が失われる
IFC	ifc	Solibri Model など	Inventorから変換可能だが全てが一つのパーツになり、属性も失われる

CIMモデルを活用するためには、ファイル形式の標準化と属性データを含めたデータ変換方法が必要不可欠と考える。

3. おわりに

シールド分野は以前より情報化施工が進んでいるとの認識もあるようだが、近年においては土工事関連の技術革新の方が目覚ましいものと感じている。本システムは Excel シートに連動して3次元モデルを自動作成するもので、殆どのシールドトンネルに適用可能であることより、他の工事にも活用し、更に実用性を高めて発展させる所存である。