

## (34) 道路施設の3次元モデル作成における 設計テンプレートの有効性に関する一考察

井上 裕司<sup>1</sup>・宮城 大助<sup>1</sup>・武内 雄司<sup>2</sup>・宮澤 啓之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ(株) (〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)

E-mail: inoue\_y@cfk.co.jp, miyagi\_d@cfk.co.jp

<sup>2</sup>正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) (〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7)

E-mail: y.takeuchi.aa@c-nexco-het.jp, h.miyazawa@c-nexco-het.jp

インフラにおける建設・管理の生産性向上を目指す取組みの一つとして BIM/CIM の導入が進められて  
いる。BIM/CIM を導入するためにはコンピュータ上のサイバー空間に3次元のデジタルモデルを作成する  
必要があるものの、3次元モデルの作成には多くの労力を要することが課題となっている。本論文では、  
高速道路におけるトンネルと道路の標準断面を対象に、設計テンプレートによる3次元モデルを作成し、  
その有効性について考察した。

**Key Words:** BIM/CIM, 3-dimension model, design template, highway road, road tunnel, im-  
provement of construction productivity

### 1. はじめに

我が国は、今後、人口減少と少子高齢化に伴い、労働力が急激に不足すると見込まれている。特に、建設業では労働力不足による生産性の低下が懸念されており、幅広い年代で担い手の確保や生産性の向上が必要と考えられている<sup>1)</sup>。このような背景を踏まえて、国土交通省ではインフラの建設・管理の生産性を向上させる方策の一つとして BIM/CIM の導入を進めている。

BIM/CIM (Building/ Construction Information Modeling, Management) とは、コンピュータ上に作成した3次元の形状情報(3次元モデル)に加え、構造物及び構造物を構成する部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値(強度等)、数量、そのほか付与が可能な情報(属性情報)とそれらを補足する資料(参照資料)を併せ持つ構造物に関連する情報モデル(BIM/CIM モデル)を構築し、BIM/CIM モデルに内包される情報を管理・活用することと定義されている<sup>2)</sup>。国土交通省は BIM/CIM の導入を推進するため、建設・管理の各段階において適用又は参照する BIM/CIM に関する基準・要領等を策定し、ウェブサイトに公開している<sup>3)</sup>。

インフラの建設・管理に BIM/CIM を導入して生産性を向上させるためには、コンピュータ上のサイバー空間に3次元のデジタルモデルを作成する必要がある。しか

し、コンピューターによる3次元モデルの作成には時間と労力を要することが BIM/CIM を導入する際の障害の一つになっている。

この課題に対する解決策の一つとして「設計テンプレート」と呼ばれる手法がある。設計テンプレートとは、単位長さの3次元モデルのことであり、設計テンプレートの延長を変化させることによって、任意長さの3次元モデルを短時間で作成することを目指した手法である。

筆者らは、中日本高速道路(以下、「NEXCO 中日本」という。)における道路施設の維持管理を対象に、BIM/CIM による生産性向上に取り組んできた<sup>4)7)</sup>。本論文では、NEXCO 中日本におけるトンネルと道路の標準図を対象に、Autodesk 社のソフトウェアを使用して単位長さの3次元モデルを作成し、設計テンプレートの有効性について検討した。

### 2. 対象施設と使用ソフトウェア

#### (1) 対象施設

設計テンプレートの有効性検討に用いた施設と形式を表-1に示す。設計テンプレートの有効性は、NEXCO 中日本の標準図集に示されているトンネルと道路の標準断面<sup>8)9)</sup>を対象に検討した。

表-1 対象施設

施設	標準図集	形式
トンネル	トンネル標準設計図集	C I-a, C II-a, D I-a, D II-a, D IIIa
道路	設計要領第四集	1種1級A規格, 1種2級B規格の橋梁部および土工部

トンネルは、道路規格第1種第2級完成2車の監視員通路あり（II-a）の標準断面における支保パターン C I-a, C II-a, D I-a, D II-a, D IIIa の5断面を対象とした。道路は、1級A規格土工部、1級A規格長大橋、2級B規格土工部、2級B規格長大橋の4断面を対象とした。

(2) ソフトウェア

設計テンプレートは、Autodesk社のAutoCADとCivil3Dの2つのソフトウェアを使用して検討した。このうちAutoCADは2次元図面に作成に使用されているソフトウェアであるが、3次元座標を有しており3次元モデルも作成することができる。Civil3Dは3次元のモデル作成に特化したソフトウェアであり、土木インフラの3次元モデル作成によく使用されている。

トンネルの設計テンプレートは、AutoCADのブロックとCivil3Dのアセンブリを用いて作成した。また、道路の設計テンプレートは、AutoCADのブロックとダイナミックブロック、及びCivil3Dのアセンブリを用いて作成した。

3. 設計テンプレートの作成と留意点

(1) トンネル

a) 設計テンプレートの作成条件

トンネルの設計テンプレートは詳細度400とし、3次元でモデル化する部材はロックボルト、フォアポーリング、鋼アーチ支保工、吹付けコンクリート、覆工コンクリート、インバートコンクリート、覆工コンクリート内

の鉄筋とした。設計テンプレートの作成対象とした5断面のうち、覆工コンクリート内に配筋されている支保パターンはD II-aとD IIIaの2断面である。D II-aの標準支保パターンに示されている100mmの変形余裕量は、鋼アーチ支保工の不連続を避けるため、設計テンプレートでは変形余裕量を0mmとした。また、トンネル標準設計図集の補強筋配筋図は、III-aを対象としていたため、支保パターンD II-aの設計テンプレートには別途作成したII-aの配筋図を用いた。

設計テンプレートの単位長さは、支保工の構成部材は各支保パターンの1掘進長（C I-a : 1.5m, C II-a : 1.2m, D I-a・D II-a・D IIIa : 1.0m）、覆工コンクリートは1センチメートル長10.5mとした。なお、トンネル標準設計図集に示されている支保パターンの断面図には路面に2%の横断勾配が付いているため、トンネル線形が直線と曲線（R=2,700m : 100km/hにおける横断勾配2.0%の最小曲線半径）の2つを対象に、トンネルの設計テンプレートを作成した。

b) 設計テンプレートの作成手順

トンネルの設計テンプレートでは、初めにトンネル支保工（ロックボルト、フォアポーリング、鋼アーチ支保工、吹付けコンクリート）の設計テンプレート（1掘進長当たりの3次元モデル）を作成した。次いで、覆工コンクリート（覆工コンクリート、インバートコンクリート、覆工コンクリート内の鉄筋）の設計テンプレート（1センチメートル当たりの3次元モデル）を作成した。最後に、覆工コンクリートの設計テンプレートに支保工の設計テンプレートを配置して端部を調整することにより、トンネルの設計テンプレート（延長10.5m当たりの3次元モデル）を作成した。

c) 設計テンプレートの作成に関する留意点

トンネルの設計テンプレートの作成には、AutoCADのブロックとCivil3Dのアセンブリと呼ばれる機能を使用した。作成したトンネルの設計テンプレートの例を表-2に示す。この結果、Civil3Dのアセンブリでは、鋼アーチ支保工や主筋をコリドー形式で作成できないことが

表-2 AutoCADのブロックにて作成したトンネルの設計テンプレート（直線）

	CI-a	CI-a	DI-a	DII-a	DIIIa
アセンブリ					
ブロック					

判明した。また、Civil3D 2018 以前の低位バージョンではアセンブリ形式の設計テンプレートが LandXML に書き出せなかった。ブロック形式の設計テンプレートは AutoCAD と Civil 3D の双方で使用可能であることから、トンネルの設計テンプレートの作成は Civil 3D のアセンブリより AutoCAD のブロックの方が有意であった。

本検討では道路規格第 1 種第 2 級完成 2 車の監視員通路あり (II-a) のタイプを対象としたが、これ以外のタイプでも同様の手法にて設計テンプレートの作成が可能であり、直線・曲線・緩和曲線等の線形条件は問わず、どのような線形にも対応可能である。ただし、設計テンプレートはパラメトリックモデルのように断面形状をパラメトリックに変更できないため、タイプやパターンごとに設計テンプレートを作成する必要がある。

なお、設計テンプレートとして作成した 3 次元モデルのうち、配力筋はパスを調整することにより、長さを調整することが可能である。鋼アーチ支保工は、鋼アーチ支保工+継ぎ材で構成されているため、延長方向の端部は配置後にブロックを分解して継ぎ材を削除する等の調整が必要である。

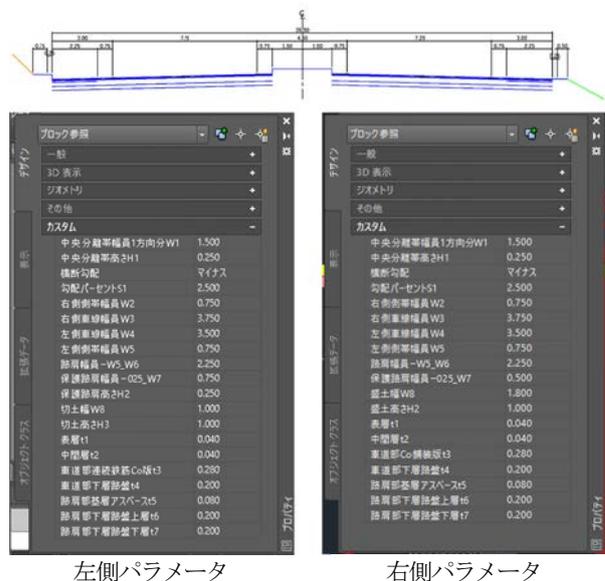
## (2) 道路

### a) 設計テンプレートの作成条件

道路は延長方向に同一断面 (標準断面) となるため、道路の設計テンプレートは 2 次元の断面モデルとした。また、設計テンプレートの作成対象とした標準断面は左右対象であるため、道路の設計テンプレートは片側のみの標準断面をパーツとして作成し、上りと下りのパーツを組み合わせることにより、1 級 A 規格土工部、1 級 A 規格橋梁部、2 級 B 規格土工部、2 級 B 規格橋梁部の設計テンプレートを作成した。

土工部は、道路脇の土工勾配が現場ごとに異なるため、道路脇の土工勾配をパラメトリックに変更することによって、任意の土工勾配を有する設計テンプレートを作成できるようにした。

橋梁部の中小橋と長大橋における標準断面の違いは路肩幅のみであるため、橋梁部の設計テンプレートでは路



左側パラメータ 右側パラメータ

図-1 片側パーツを組み合わせて作成した道路の設計テンプレート (1 級 A 規格土工部)

肩幅をパラメトリックに変更することによって、中小橋と長大橋のどちらの 3 次元モデルも作成できるようにした。また、橋梁部の設計テンプレートでは、標準断面に示されている上部工もモデル化した。

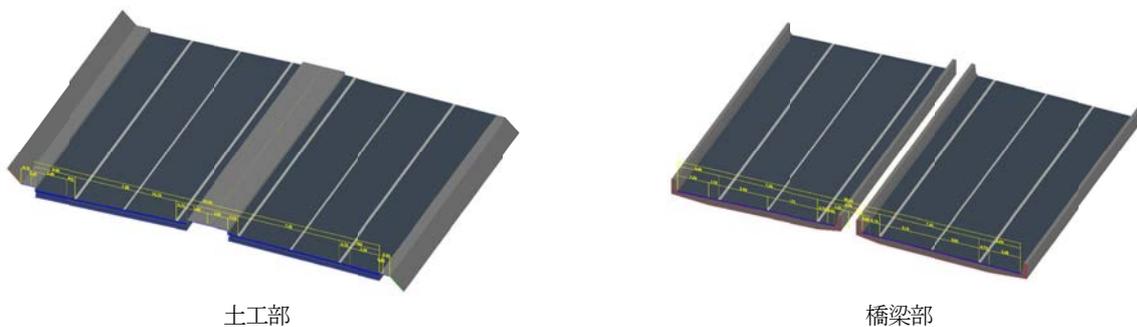
道路の 3 次元モデルは、設計テンプレートとして作成した 2 次元の断面モデルを押し出して作成するため、標準断面に示されている路面上の車線はサーフェスによる実線とし、支柱を含む防護柵 (ガードレール等) は設計テンプレートの対象外とした。

### b) 設計テンプレートの作成手順

道路の設計テンプレートの作成では、初めに設計テンプレートのパーツとして、対象とした標準断面の片側を作成した。次いで、作成した片側パーツを組み合わせて上下線の道路断面を作成し、路肩幅や道路脇の土工勾配をパラメトリックに変更することによって道路の 2 次元断面モデル (設計テンプレート) を作成した。最後に、作成した設計テンプレートを延長方向に押し出すことにより、延長 20m の 3 次元モデルを作成した。

### c) 設計テンプレートの作成に関する留意点

道路の 3 次元モデルは、設計テンプレートとして作成



土工部

橋梁部

図-2 道路の設計テンプレートから作成した 3 次元モデル (1 級 A 規格)

した2次元断面を押し出すことによって作成した。道路の設計テンプレートを図-1に示し、これより作成した道路の3次元モデルの例を図-2に示す。直線道路の場合は断面の幾何形状が変化しないため、押し出しによる3次元モデルにて作成可能である。しかし、横断勾配が変化する曲線や拡幅が含まれる場合は、変化点ごとに設計テンプレートを配置し、ロフト（断面形状をつなぐこと）にて擦り付ける必要があるため、断面形状の変化点ごとに設計テンプレートを作成しなければならない。特に、インターチェンジのように道路線形が複雑に変化する場合は、設計基準に応じて横断勾配や土工形状を指定でき、小構造物も配置できる道路設計の専用ソフトウェアによって道路の横断形状を決定する方が効率的であった。

また、設計図面がある場合は設計図に示されている横断面図で設計テンプレートを代用することができる。そのため、設計テンプレートの活用機会は、横断面図がまだ決定されていない路線計画や設計検討の段階の3次元モデル作成に限定される。

#### 4. 設計テンプレートの有効性に関する考察

設計テンプレートは単位長さ当たりの3次元モデルであり、延長方向に押し出すことによって3次元モデルを短時間で作成するための手法である。

トンネルは、支保パターン毎に構造が定められており、単位長さ当たりの構造が標準断面図に示されている。同じ支保パターンのトンネル断面は、拡幅や分岐等を除いて基本的に同じであるため、設計テンプレートを予め作成して延長方向に押し出すことによって、ロックボルトや覆工コンクリート内の配筋もモデル化した詳細度400の3次元モデルでも短時間で作成することができる。そのため、トンネルの3次元モデルを詳細度400にて作成する場合は、設計テンプレートの有効性が高い。ただし、覆工コンクリートの外形をモデル化する詳細度300以下の3次元モデルを作成する場合は2次元の標準断面を延長方向に押し出すことによってモデル化できるため、設計テンプレートの有効性はさほど高くない。

一方、道路はトンネルと比べると拡幅や分岐が多く、横断面の幾何形状が箇所ごとに変化する。また、トンネルのようにロックボルトや支保工がなく、2次元の横断面が設計テンプレートとなるため、設計テンプレートの有効性はさほど高くない。特に、既設道路の場合は横断面の幾何形状が竣工図に記載されているため、この横断面図を用いれば設計テンプレートを予め作成しておく意味はほとんどない。しかし、道路の線形や形状を決める

計画や予備設計の段階では道路の横断面が決まっていないため、設計テンプレートを予め作成し、施工前の地形モデルと組み合わせることによって掘削土量等の概算施工量を3次的に把握しやすくなる効果が期待できる。

#### 5 最後に

本論文では、NEXCO 中日本の標準図に示されているトンネルと道路を対象に、Autodesk社のソフトウェアを用いて設計テンプレートを作成し、BIM/CIMに用いる3次元モデル作成における設計テンプレートの有効性について考察した。3次元モデル作成の効率化は、BIM/CIMによる建設生産システムの生産性向上における重要なテーマの一つであることから、別報<sup>10)</sup>に示すパラメトリックモデルと合わせて、3次元モデルを効率的に作成する手法について引き続き検討を進める。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：令和2年版 国土交通白書，pp.108-115，2020。
- 2) 国土交通省：BIM/CIM活用ガイドライン（案）第1編 共通編，pp.3，2021。
- 3) 国土交通省：BIM/CIM関連 基準要領等（R3.3），<[https://www.mlit.go.jp/tec/tec\\_fr\\_000079.html](https://www.mlit.go.jp/tec/tec_fr_000079.html)>，（入手 2021.6.14）。
- 4) 谷野知伸，宮澤啓之，前田憲治，西岡幹雄，井上裕司：3次元モデルを活用した維持管理の高度化に向けた取り組み，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.61，pp.31-35，2020。
- 5) 谷野知伸，宮澤啓之，井上裕司：SfM技術を用いた3次元モデル生成による高速道路維持管理の高度化に向けた取り組み，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.45，pp.261-264，2020。
- 6) 井上裕司，前田憲治，谷野知伸，武内雄司，宮澤啓之，矢野裕：高速道路橋の健全度判定を高度化・効率化するための3次元モデルの標準化，年次学術講演会講演概要集，Vol.75，CS14-26，2020。
- 7) 井上裕司，前田憲治，谷野知伸，武内雄司，宮澤啓之，矢野裕：3次元モデルを活用した維持管理への取り組み，年次学術講演会講演概要集，Vol.74，CS11-02，2019。
- 8) 中日本高速道路株式会社：トンネル標準設計図集，2020。
- 9) 中日本高速道路株式会社：設計要領第四集本線幾何構造【本線幾何構造編】，2015。
- 10) 井上裕司，森博昭，武内雄司，宮澤啓之：道路施設の3次元モデル作成におけるパラメトリックモデルの有効性に関する一考察，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.46，2021。（投稿中）