

(33) 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

井上 裕司¹・森 博昭¹・武内 雄司²・宮澤 啓之²

¹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, mori_h@cfk.co.jp

²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、高速道路における標識、防護柵、ボックスカルバート、自家発電装置の 4 つの施設を対象に、パラメトリックモデルによる 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, parametric model, highway road facilities, improvement 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¹⁾。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²⁾。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、ウェブサイトにて公開している³⁾。

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に、パラメトリックモデルと呼ばれる手法がある。パラメトリックモデルとは、あらかじめ定義されたテンプレートに寸法等の値 (パラメータ) を入力することにより、3 次元モデルを簡単に作成又は修正できるモデルのことである⁴⁾。

本論文では、中日本高速道路 (以下、「NEXCO 中日本」という。) における標識、防護柵、ボックスカルバート、自家発電装置の 4 つを対象に、Autodesk 社のソフトウェアを使用してパラメトリックモデルによる 3 次元モデルを作成し、パラメトリックモデル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

パラメトリックモデルの有効性検討に用いた施設とソフトウェアを表-1 に示す。パラメトリックモデルの有効性検討は、NEXCO 中日本における道路施設のうち、標識、防護柵、ボックスカルバート、自家発電装置の 4 つを対象とした。これらの標準図⁵⁾⁷⁾からパラメトリッ

表-1 対象施設と使用ソフト

施設	使用ソフト	機能
標識	AutoCAD	ダイナミックブロック
防護柵	Civil 3D	ダイナミック、ダイナミックブロック
ボックスカーポート	AutoCAD	ダイナミックブロック
	Revit	拘束
自家発電装置	Revit	ファミリー、コネクタ

クモデルとして変化させるパラメーターを設定し、3次元パラメトリックモデルの作成を通じて、パラメトリックモデルの作成と操作における留意点を確認した。

(2) ソフトウェア

パラメトリックモデルの検討には、Autodesk社のAutoCAD、Civil 3D、Revitの3つのソフトウェアを使用した。ここで、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。Civil 3D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。Revitは建築のBIMソフトウェアであり、建築物の3次元モデル作成によく使用されている。

また、これらのソフトウェアには様々な機能が備えられており、AutoCADのダイナミックブロックは3次元モデルの構成要素（ブロック）に条件を付与（パラメータセット）することにより、外観や動作がコントロールできる機能であり、ダイナモとは、だれでも簡単に使用できることを目的として開発されたビジュアルプログラミングツールである。

3. パラメトリックモデルの作成と留意点

(1) 標識

標識のパラメトリックモデルは、F型、T型、門型の3つを対象に、AutoCADのダイナミックブロックを用いて検討した。

a) 制約条件とパラメータの設定

標識は、いずれの標準図も路面から標識板下端までの高さが5mであったことから、これをパラメトリックモデルの制約条件とした。標識の標準図にはこの条件を満たすように、道路脇の切り・盛り勾配に応じて3つの異なる支柱長さが表示されていた。また、標識板の寸法は標示する内容毎に複数のタイプが設定されていた。これより、標識のパラメトリックモデルは「支柱の長さ」と「標識板のタイプ」の2つをパラメータとした。

2つのパラメータのうち、支柱の長さは数値入力によりベースプレートから下横梁中心までの柱部長さを任意



図-1 標識（F型）のパラメトリックモデル

に変更できる可変パラメータ（ストレッチ・パラメータ）とし、標示板は寸法の異なる標示板のタイプを予め設定し、プルダウンで選定できる可視パラメータとした。

b) パラメトリックモデルの作成

AutoCADのダイナミックブロックにて作成した標識のパラメトリックモデルを図-1に示す。標識のパラメトリックモデルでは、入力値に応じて柱部長さを変更し、標示タイプに応じた標示板を選定できることを確認した。このモデルを用いることにより、任意の柱部長さと標示板タイプを有する標識の3次元モデルを短時間で作成することができる。

c) 留意点

標識のパラメトリックモデルの作成を通じて、AutoCADは元々2次元CADのソフトウェアであるため、XY平面でなければダイナミックブロックのパラメータが設定できないことが判明した。標識のパラメトリックモデルを作成する際、XY平面にて標識の3次元モデルを作成し、ダイナミックブロックにて柱部の長さを可変し、標示板を選定した後、Z（高さ）方向に回転させて3次元空間に配置する必要があった。また、標示板のタイプを選定できるように設定したパラメトリックモデルでは、可視パラメータとして設定したすべての標示板の3次元モデルがパラメトリックモデルに付与されるため、ファイルのデータ量が大きくなることが判明した。

(2) 防護柵

防護柵（ガードレール）のパラメトリックモデルは、Gr-A種、Gr-SB種の2つを対象に、Civil 3Dのダイナミックブロックとダイナモを用いて検討した。

a) 制約条件とパラメータの設定

防護柵のパラメトリックモデルでは、①タイプ、②支柱間隔、③設置延長、④設置線形、⑤向きの5つをパラメータとした。予め防護柵のタイプ（Gr-A種又はGr-SB

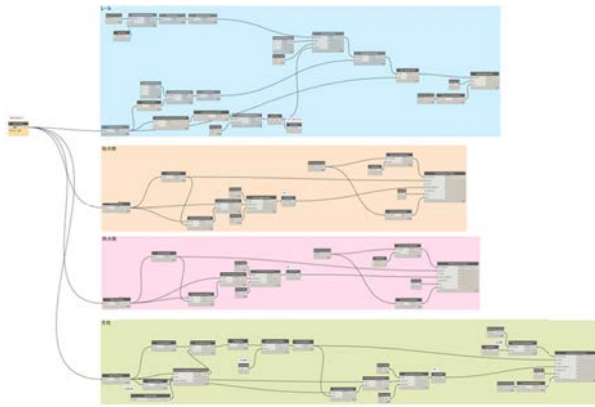


図-2 防護柵のパラメトリックモデルを作成した
ダイナモのビジュアルプログラミング

種)の3次元モデルを登録し、支柱間隔は標準図に従って 2m 又は 4m のどちらかとした。ダイナミックブロックでは防護柵のタイプと支柱間隔はプルダウンで選定できる可視パラメータとし、設置延長は任意に変更できる可変パラメータとした。

b) パラメトリックモデルの作成

Civil 3D のダイナミックブロックとダイナモにて作成した防護柵のパラメトリックモデルによって、異なるタイプの防護柵の3次元モデルを短時間で作成できることを確認した。

c) 留意点

防護柵のパラメトリックモデルの作成を通じて、ダイナミックブロックでは防護柵のタイプ、支柱間隔、設置延長はパラメトリックに変更することができるものの、設置線形は直線のみで曲線を含む任意の線形に変更できないことと、梁（ガードレールの横板）の向きを変更できないことが判明した。一方、ダイナモを用いれば、前項の a) に示した 5 つのパラメータはいずれもプログラムコードを変えることにより変更することができた。ダイナモのビジュアルプログラミングの例を図-2 に示す。ただし、ダイナモにてパラメトリックモデルを作成するためには初めに必要な機能をプログラミングする必要がある。現在ではダイナモのプログラミングマニュアルは英語のみであり、パラメトリックモデルを作成するためには最初のプログラミングにスキルと時間を要することに留意する必要がある。

(3) ボックスカルバート

ボックスカルバートのパラメトリックモデルは、標準図の C-BX-5.00×5.00 を対象に、AutoCAD のダイナミックブロックと Revit の拘束と呼ばれる機能を用いて検討した。

a) 制約条件とパラメータの設定

ボックスカルバートのパラメトリックモデルでは、延

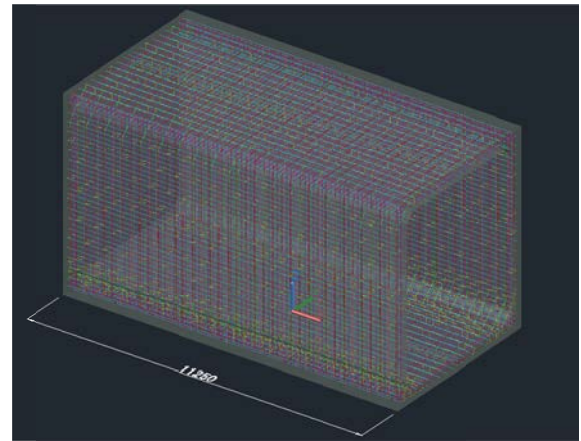


図-3 ボックスカルバートのパラメトリックモデル
(AutoCAD)

長をパラメータとし、延長の変更に伴って躯体の外形、両端の主筋、配力筋の配置を変更できるかを確認した。標準図の主筋間隔が 150mm ピッチであるため、ボックスカルバートの延長（パラメータ）の変更範囲は 11.075m から 11.275m までとし、AutoCAD ではダイナミックブロックの直線状ストレッチペア、Revit では拘束と呼ばれる機能によって必要かぶりが確保できるように両端の主筋が自動配置されるようにした。

b) パラメトリックモデルの作成

AutoCAD の直線状ストレッチペアにて作成したボックスカルバートのパラメトリックモデルを図-3 に示す。これと Revit の拘束にて作成したボックスカルバートのパラメトリックモデルによって、延長の変化に伴って端部の主筋を自動配置できることを確認した。ただし、両端以外の主筋とせん断補強筋はブロック内部の配列複写オブジェクトにて手動で作成し、端数は両端の鉄筋間隔が必要鉄筋間隔以下となるように手動で調整した。

c) 留意点

ボックスカルバートのパラメトリックモデルによって、延長の変更に伴って端部の主筋を自動配置できるものの、自動変更できる配筋は端部の主筋と配力筋のみであり、その他の鉄筋は手動で配置しなければならなかった。また、Revit の拘束にて対応できるパラメトリック機能は AutoCAD のダイナミックモデルと同じであり、特に Revit の優位性は見られなかった。

(4) 自家発電装置

自家発電装置のパラメトリックモデルは、パッケージ型と呼ばれる自家発電装置の標準図を対象に、Revit の MEP コンポーネント（ファミリー、コネクタ）と呼ばれる機能を用いて検討した。

a) 制約条件とパラメータの設定

自家発電装置のパラメトリックモデルでは、自家発電装置と燃料タンク（ファミリー）の選択と配置、及びこれ



図-4 自家発電装置のパラメトリックモデル (Revit)

らの接続（コネクタ）をパラメータとした。自家発電装置を設置する発電室の寸法は、最大の自家発電装置と燃料タンクが必要離隔を確保して設置できるように設定し、発電室を Revit の建築モデルにて作成し、ファミリとして作成した発電装置および燃料タンクを発電室に配置した。また、自家発電装置と燃料タンクを接続する給油管をコネクタにて接続した。

b) パラメトリックモデルの作成

Revit の MEP コンポーネント（ファミリ、コネクタ）によって作成した自家発電装置のパラメトリックモデルを図-4 に示す。このモデルで自家発電装置と給油タンクのタイプを選定し、予め設定した発電室に必要離隔を確保して配置し、自家発電装置と給油タンクを結ぶ給油管の配管のタイプを選定して接続できることを確認した。なお、自家発電装置の給油管は床下の溝に配管されるため、このパラメトリックモデルでは床下の配管経路に溝と給油管の高さを別途手動にて設定した。

c) 留意点

Revit は建築用の BIM ソフトウェアであり、自家発電装置のような特殊な機器や部材についてはファミリや拘束等の条件を予め手動で設定する必要があるため、3次元モデルをパラメトリックに作成することの優位性はそれほど大きくない。また、Civil 3D のような土木用の 3次元 CAD と異なり、Revit には世界測地系に基づく座標（絶対座標）の概念が無いため、Revit にて作成した 3次元モデルを統合モデルに組み込むためには、手動で座標を合わせる必要がある。

4. パラメトリックモデルの有効性に関する考察

パラメトリックモデルはパラメータを変更することによって容易に 3次元モデルを作成することができるものの、パラメトリックモデルを作成するためには予め変更

させるパラメータや拘束等の制約条件をモデルに組み込む必要がある。土木は個別に設計される施設が多く、標準タイプをパラメトリックに変更させることで 3次元モデルを構築できる施設は必ずしも多くない。そのため、パラメトリックモデルを作成する際は、最初にパラメトリックに変更させるパラメータやパラメータを変更する際の制約条件から、パラメトリックモデルのパラメータを変更して 3次元モデルを作成する場合と 3次元モデルを個別に作成する場合に要する労力を比較し、パラメトリックモデルの有効性を見極めることが重要と考えられる。また、本検討では使用するソフトウェアを Autodesk 社に限定したものの、ソフトウェアによって設定可能なパラメータや制約条件が異なるため、パラメトリックモデルの有効性を見極めるためには、各ソフトウェアの機能や操作性を十分把握することが重要である。

5 最後に

本論文では、NEXCO 中日本の標準図に示されている標識、防護柵、ボックスカルバート、自家発電装置を対象に、Autodesk 社のソフトウェアを用いてパラメトリックモデルを作成し、BIM/CIM に用いる 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⁹⁾に示す設計テンプレートと合わせて、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>，（入手 2021.6.14）。
- 4) 国土技術政策総合研究所：データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方（素案），2021。
- 5) 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社：標識標準図集，2011。
- 6) 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社：防護柵標準図集，2011。
- 7) 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社：ボックスカルバート標準設計図集，2005。
- 8) 井上裕司，宮城大助，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設計テンプレート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）