

# (1) 橋台を対象とした3次元プロダクトモデルの 数量算出と積算に関する検討

影山 輝彰<sup>1</sup>・矢吹 信喜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 博士後期課程

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

E-mail: kageyamt@jacic.or.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

E-mail: yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

土木工学分野におけるプロダクトモデルの利用については、2012年7月より国土交通省が開始したCIM (Construction Information Modeling/Management) によりその重要性が認識されつつある。CIMは調査、設計、施工、維持管理・サービス提供に跨る情報を一元的に連携・共有することで品質の向上と作業の効率化を図り労働生産性の向上を目指すものである。しかし、現状では3次元モデルの形状を主体とした取組みであり、属性情報を含む3次元プロダクトモデルの利用に関する事例や研究は少ない。本検討では、官積算への連携を目指し3次元プロダクトモデルを用いて新土木工事積算体系に従った工事数量算出を行うため、設計から積算に関する情報の流れを把握し、橋台を対象に3次元プロダクトモデルと工事数量算出との関連性をIFC-BRIDGEにあてはめて実装可能なエンティティを検討した事例を報告する。

**Key Words:** CIM, product model, quantity survey, cost estimation, IFC-BRIDGE

## 1. はじめに

国土交通省では、建築分野におけるBIM (Building Information Modeling) の広がりを踏まえ、土木分野にBIMの概念を取り入れたCIM試行を2012年度より開始した。国土交通省におけるCIMは「調査、設計段階から3次元モデルを導入し、施工、維持管理の各段階での3次元モデルに連携・発展させることにより、設計段階での様々な検討を可能とするとともに、一連の建設生産システムの効率化を図るものである。」と定義している。

国土交通省では、2016年度に3次元プロダクトモデルの作成目安などを取りまとめた『CIM導入ガイドライン』<sup>2)</sup>を策定した。これまでのCIM試行の事例は、鉄筋干渉などの従来の2次元図面を可視化する取組みが多く、属性情報を含む3次元プロダクトモデルの利用に関する事例は少ない。本検討では、官積算への連携を目指し3次元プロダクトモデルを使用して新土木工事積算体系に従った工事数量算出を行うため、「積算用単位」に着目して橋台を対象に3次元プロダクトモデルと工事数量算出との関連性を概念データモデルに整理し、橋梁のプロダクトモデルであるIFC-BRIDGEに実装可能なエンティティを検討した事例を報告する。

## 2. 既往の研究

プロダクトモデルの国際標準に関する動向には、BSI (buildingSMART International) が各国と協業して開発を進めているIFC4 (Industry Foundation Classes Release 4)<sup>3)</sup>を拡張したIFC-BRIDGE V3<sup>4)</sup>がある。IFCは、BIMにおいて使用する様々なソフトウェア間のデータ交換を行うための国際標準フォーマットである。

橋梁を対象としたプロダクトモデルに関する既往の研究には矢吹ら<sup>5)</sup>によるPC橋梁を対象に構造物のライフサイクルにおける各種アプリケーションシステム間の相互運用を目的としたプロダクトモデルの開発と研究が行われている。設計から積算への利用には、藤澤ら<sup>6)</sup>により実際の鉄道プロジェクトに適用させて、現在の設計から施工における積算の流れを確認し、3次元設計に使用したプロダクトモデルを積算・施工に利用することの効果と課題の検証や道路路橋の下部工を対象に、詳細設計で作成したプロダクトモデルを積算に活用する際の手法を検討している。しかしながら、橋梁を対象としたプロダクトモデルは、開発・提案段階であり、官積算への連携を視野に入れた新土木工事積算体系とプロダクトモデルの関係にまで着目した研究までは行われていない。

### 3. 国土交通省における積算

#### (1) 積算に関する要領及び基準

「積算・見積りとは、対象とする工事を完成させるにはいくらかかるが、その金額を算出すること」<sup>7)</sup>である。一般的に土木工事では、発注者が行う工事費算出までを“積算”といい、受注者が行うそれを“見積り”という。国や地方公共団体が発注する公共工事では、発注者側で積算を行い『会計法』や『地方自治法』などに基づいて「予定価格」を設定して調達を行っている。

国土交通省では、請負工事の予定価格の算定を適正にすることを目的に『土木工事工事費積算要領及び基準』を定めている。これは、国土交通省直轄の土木工事を請負施工する場合に工事の設計書に計上すべき当該工事の工事費の算定について必要な事項を定めたものである。

#### (2) 工事工種体系

国土交通省では、従来の積算体系について合理的・機動的かつ、統一性・一貫性のある体系への見直しを行い、新しい積算の枠組みを作るため「新土木工事積算大系」と称する作業に取り組んでいる。この作業により、直接工事費の積算に使用する工事工種の体系化を行い積算階層数や階層定義、細分化方法などの構成方法、用語名称や数量単位などの表示方法を工種ごとに標準化と規格化を進めている<sup>8)</sup>。工事工種体系の階層（レベル）を表-1に示す。工事工種体系は、さまざまな工事の内容を標準的に細分化するための体系ツリー図である。この体系ツリー図は、7つの階層（レベル）により構成されている。これにより、契約対象となる工事目的物の必要かつ標準的な構成要素を把握することができる。

#### (3) 工事数量算出と新土木工事積算システム

国土交通省は、「新土木工事積算システム」と称し

た積算システムを開発し、運用している。新土木工事積算システムは、工事工種体系に基づき工事に必要な材料費、労務費、直接経費を積み上げて工事価格を算出し、「工事数量総括表」や「積算計算書」を作成するものである。

図-1に設計から積算までの流れをDFD（Data Flow Diagram）に整理した結果を示す。工事数量算出は、設計にて作成した図面を基に土木工事数量算出要領の数量算出項目及び区分に示されるレベル4（細別）とレベル5（規格）の工事数量を集計して「工事数量集計表」に取りまとめる。積算では、詳細設計段階の工事数量集計表に記載されるレベル4（細別）、レベル5（規格）の数量と図面を照合し、記載内容や工事数量に間違いがないことを照査する。その後、新土木工事積算システムを使用して、工事数量集計表の記載内容に加え、施工条件に従ったレベル6（積算要素）の歩掛と施工地域の単価を選択して入力する。

表-1 工事工種体系の階層（レベル）

レベル	名称	内容
レベル0	事業区分	予算制度上および事業執行上の区分を中心とした区分
レベル1	工事区分	工事発注ロットおよび発注者を考慮してレベル0を分割したもの
レベル2	工種	レベル1を構成する要素のうちで、一定の構造をもつ部位を施工するための一連作業の総称
レベル3	種別	体系全体の見通しを良くするため、レベル2とレベル4をつなぐレベル区分
レベル4	細別	工事を構成する基本的な単位目的物もしくは単位仮設物であって、単位とともに契約数量を表示するレベル
レベル5	規格	レベル4を構成する材料等の客観的な材質・規格ならびに契約上明示する条件等
レベル6	積算要素	レベル4の価格算定上の構成要素であって、基本的には契約上明示しないもの。

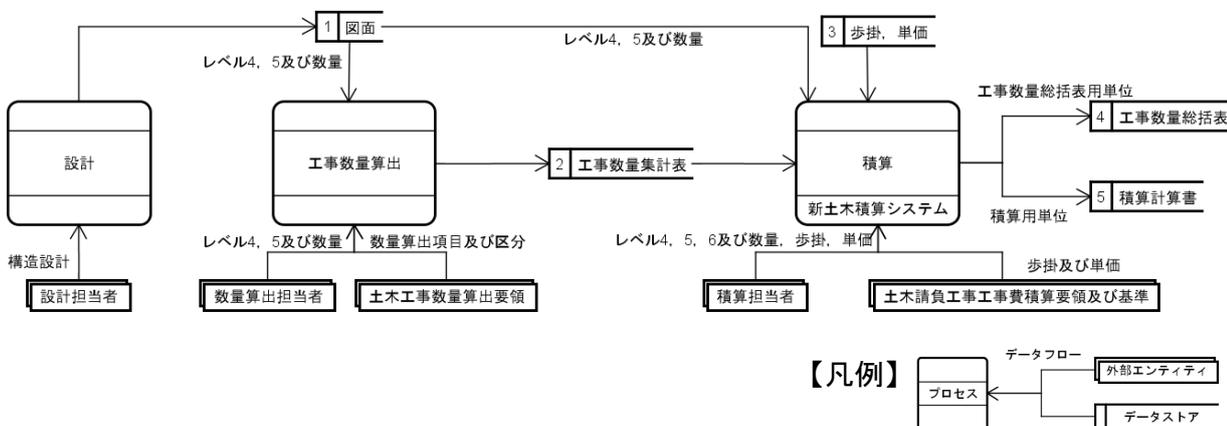


図-1 数量算出から積算までの流れ

積算に使用する単位は、「積算用単位」と「工事数量総括表用単位」の2種類が定義されている。積算用単位は、積算計算書において積算を行う際に用いる単位である。工事数量総括表用単位は、工事数量総括表に記載する単位であり、契約上の単位である。両者は、工事目的物に対しては同一であるが仮設物に対して受注者の施工方法の任意性を阻害する恐れがある場合には“式”といった単位(=工事数量総括表用単位)にする。指定仮設など数量明示が必要な場合には「m<sup>2</sup>」や「掛 m<sup>2</sup>」などの数量明示用の単位(=積算用単位)を用いる。

#### (4) 工事数量算出項目との関連性

工事数量算出から積算に利用している情報を整理し、データの意味的な集まりと関連付けを行うため、逆T式橋台(構造物高さ5m未満、翼壁厚0.4m以上0.6以下の場合)を例に、工事数量集計表より新土木工事積算システムへの入力情報を表-2に整理した。3次元プロダクトモデルを構成する情報は、3次元の形状を表す「形状情報」と付与する「属性情報」に大別される。そこで、工事工種体系のレベル6(積算要素)の積算用単位に着目し工事数量集計表に記載する内容を分析した。形状情報は、体積、面積や長さを直接的に求める必要がある部材とし、形状情報より間接的に求められる部材や使用の

表-2 新土木工事積算システムへの入力情報

工事区分(レベル1)	工種(レベル2)	細別(レベル3)
橋梁上部	橋台・橋脚工	T型橋台

レベル4(細別)	レベル5(規格)	レベル6(積算要素)			
		単位	数量	歩掛	単価
橋台・橋脚本体コンクリート	歩掛適範囲	m <sup>3</sup>	○	○	○
基礎砕石	有無	m <sup>2</sup>	-	○	○
均しコンクリート	-	m <sup>2</sup>	-	○	○
型枠	-	m <sup>2</sup>	○	○	○
鉄筋	-	t	○	○	○
足場	有無	掛 m <sup>2</sup>	-	○	○
水抜パイプ	有無	m	○	○	○

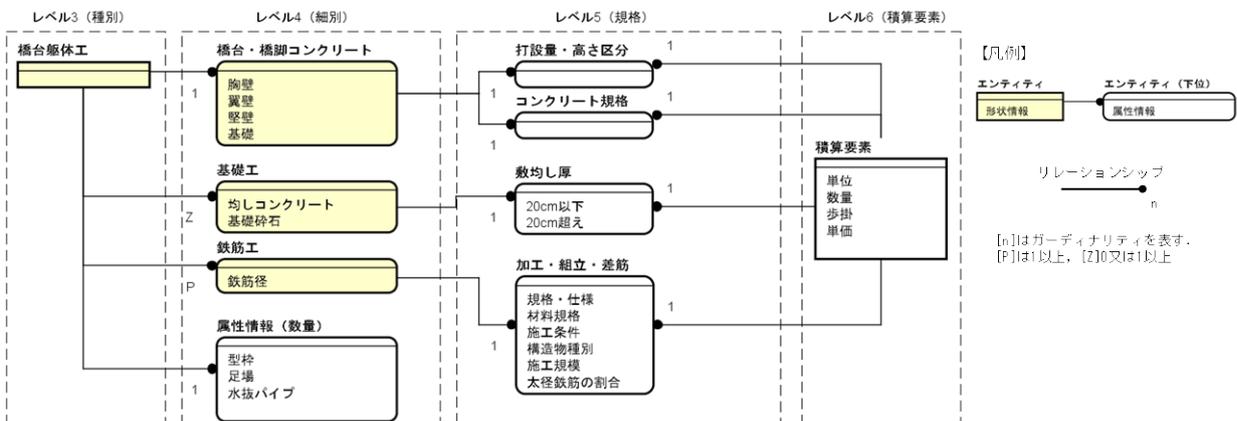


図-2 概念データモデル

有無により工事数量を算出できる部材は属性情報とした。この分析結果を工事工種体系の階層(レベル)との関連が分かるようにER図(Entity Relationship Diagram)を用いて、図-2に示す概念データモデルに整理した。

#### 4. IFC-BRIDGEへの適用

##### (1) IFC-BRIDGE

IFC-BRIDGEとは、bSI (buildingSMART International)が開発・運用しているIFC (Industry Foundation Classes)を拡張した橋梁のプロダクトモデルである。IFCは、BIMにおいて使用する様々なソフトウェア間のデータ交換を行うための国際標準フォーマットである。IFCでは、製品データを表現する基本単位をエンティティ(Entity)、エンティティの内容を記述するものをアトリビュート(Attribute)、エンティティで構成しプロダクトモデルとして記述されたものをスキーマ(Schema)と呼んでいる。IFC4は、Core Data Schemas(中核データスキーマ)、Shared Element Data Schemas(共通エレメントデータスキーマ)、Domain Specific Data Schemas(領域細目データスキーマ)とResource Definition Data Schemas(リソース定義データスキーマ)の4つのスキーマで構成されている。IFC-BRIDGEの特徴のひとつに新たにプロダクトモデルを開発するのではなく、既存のIFC4を利用して橋梁を構成するために必要なエンティティを新たに定義していることである。

##### (2) IFC-BRIDGEへの適用

IFC-BRIDGEは、橋梁全体を階層化した空間に関する情報を表す空間要素(Structure Elements)と物理的な形状や特性などの情報を表す物理要素(Physical Elements)で構成されている。そこで、橋台を対象に工事数量算出を行う3次元プロダクトモデルを構築するため、図-2

に示すエンティティとリレーションシップの関係を基に、IFC-BRIDGE への適用を検討した。IFC-BRIDGE は、上部構造を主体に定義されている。そこで、(ABS) IfcBridgePart の下位に形状情報に区別した橋台を表す IfcAbutment のエンティティを新たに追加した (図-3)。

既存の IFC4 では、橋台を構成する部材や材質を表現する情報が不足する。そこで、IfcWall の Type に胸壁などを追加し、材質は IfcMaterial へモルタルなどを追加した。IfcAbutment を表現するために使用した IFC4 のエンティティを表-3 に示す。属性情報の表現は IfcAbutment の PropertySetsforObjects に橋台数量算出用の「Pset\_Cost-EstimationofAbutment」を追加して型枠、足場と水抜きパイプの数量を記述できるようにした。また、既存単位のない足場の「掛 m2」は、IfcUnit に積算用単位を追加する。図-4 に IfcAbutment のインスタンスを示す。

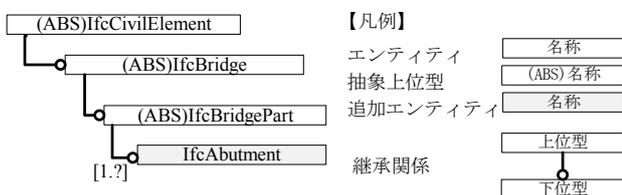


図-3 追加した IFC-BRIDGE のエンティティ

表-3 使用した IFC4 のエンティティ

ENTITY	Quantity (数量)	Material (材質)
橋台・橋脚コンクリート		
(胸壁) IfcWall Type: PARAPET_WALL	Qto_WallBaseQuantities Q_VOLUME "m <sup>3</sup> "	Pset_MaterialConcrete IfcPressureMeasure
(翼壁) IfcWall Type: WING_WALL		
(壁) IfcWall Type: ABUTMENT_WALL		
(基礎) IfcFooting Type: FOOTING	Qto_FootingBaseQuantities Q_VOLUME "m <sup>3</sup> "	IfcMaterial 【以下の材質を追加】 ・ Mortar ・ CrushedStone
(基礎工) IfcFooting IfcMaterialLayerを使用して材料層を表現する。 ・均しコンクリート ・基礎砕石	Qto_FootingBaseQuantities Q_VOLUME "m <sup>2</sup> "	
(鉄筋工) IfcReinforcingBar	Qto_ReinforcingElementBaseQuantities Q_VOLUME "g"	MaterialProfileSetUsage

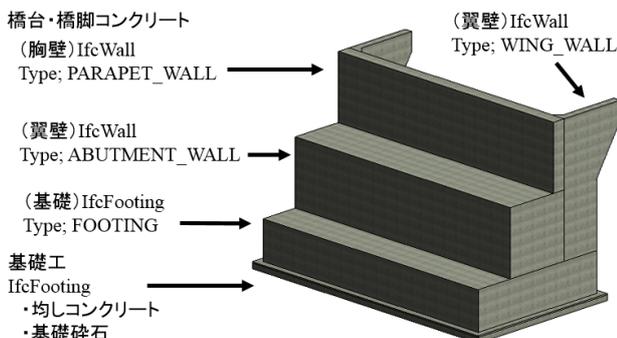


図-4 IfcAbutment のインスタンス

## 5. 結論

本検討では、設計から積算に関する情報の流れを把握して橋台を対象に積算用単位に着目して形状情報と属性情報に区別し、新土木積算体系の工事工種体系との関係について ER 図を用いて明らかにした。官積算に使用する工事数量を算出するため橋梁の 3 次元プロダクトモデルである IFC-BRIDGE にあてはめて、新土木工事積算体系に従った工事数量算出と 3 次元プロダクトモデルを関連付けることができることを検討した。IFC4 は、建築向けに策定した 3 次元プロダクトモデルの仕様であるが既存の IFC4 のエンティティなどを使用し、不足する情報を付加することで土木構造物である橋台も表現することができる。今後、3 次元プロダクトモデルを用いた工事数量算出を行い新土木工事積算システムへの連携に関する検討を進めるには、対象工種を広げて業務分析と検証精度を高めて IDM (Information Delivery Manual) と呼ばれる、利用場面、手順や情報を体系的に定義して、IFC4 をどのように扱うかを記述した MVD (Model View Definition) を定義する必要がある。

## 参考文献

- 1) 矢吹 信喜：CIM 入門—建設生産システムの変革，理工図書株式会社，p.208，2016。
- 2) 国土交通省「技術調査関係」ホームページ，CIM 導入ガイドライン，<<http://www.mlit.go.jp/tec/it/>>，（入手 2017.4.3）
- 3) Industry Foundation Classes Version 4 - Addendum 2，<<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/>>，（入手 2016.10.17）
- 4) IFC-BRIDGE V3 Data Model IFC4 Edition R3, February 2013.
- 5) 矢吹 信喜, 李 占涛：日仏橋梁プロダクトモデルの統合化による新 IFC-BRIDGE の開発と CAD コンバータの改良，土木情報利用技術論文集, Vol. 15, pp.55-66, 2006。
- 6) 藤澤 泰雄, 矢吹 信喜, 五十嵐 善一, 吉野博之：鉄道高架橋を対象とした三次元設計モデルの積算・施工への利用，土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 67, No. 2, pp.8-17, 2011。
- 7) 國島正彦, 庄子幹雄：建設マネジメント原論，株式会社山海堂，p.224，1997。
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ，体系階層（レベル）の定義，<<http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme-theme2/sekisan/tree/t1-2.pdf>>，（入手 2017.4.15）