

(15) 横断歩道橋の落下防止設置工を対象とした 三次元モデルの利用方法の検討

永富 大亮¹・藤澤 泰雄²・鷺見 英吾³・竹重 和馬⁴

¹正会員 八千代エンジニアリング(株)名古屋支店 道路・構造部
(〒460-0004 名古屋市中区新栄2-9 スカイオアシス栄)
E-mail:ds-nagatomi@yachiyo-eng.co.jp

²正会員 八千代エンジニアリング(株)技術推進本部 CIM推進室
(〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12)
E-mail:fujisawa@yachiyo-eng.co.jp

³正会員 八千代エンジニアリング(株)名古屋支店 道路・構造部
(〒460-0004 名古屋市中区新栄2-9 スカイオアシス栄)
E-mail:sumi@yachiyo-eng.co.jp

⁴応用技術(株)エンジニアリング本部 防災・環境解析部 CIM推進室
(〒112-0012 東京都文京区大塚1-5-21 茗溪ビルディング)
E-mail:takesige@apptec.co.jp

近年、我が国は建設生産プロセスへの情報通信技術(ICT)の活用の一つとして、CIMの導入検討がなされ、建設分野の三次元モデルのデータ利活用が始まっている。属性情報が付与された三次元モデルが建設ライフサイクルで活用されることで、建設事業全体の生産性の向上が期待される。しかしながら、現段階では、三次元設計手法が確立されていないため、三次元モデルを作成しても従来の設計手法との重複など作業の負担増が懸念される。本研究は、設計で作成した三次元モデルから、従来形式の契約図書を出力する方法を検討した三次元モデルの利用方法について報告する。

Key Words : 3D Models, design, product model, bridge falling prevention device, CIM

1. はじめに

建設分野にCIMが導入されると、設計から施工、維持管理に至るまでの建設ライフサイクルのあらゆる工程で属性情報を付与した三次元モデルを活用され、建設事業全体の生産性が向上すると期待される。

国土交通省は、平成24年度にCIM試行業務をスタートさせ、設計段階における効果検証が始まった。三次元設計モデルを活用した積算手法は、藤澤・矢吹の研究¹⁾で紹介されている。しかしながら、現段階では、受発注間における三次元モデルを取り扱う環境整備の進捗差により、施工段階にデータを引き渡す際には、従来手法の契約図書(二次元図面、数量計算書等)が必要となる。このため、三次元設計に加えて、従来設計が必要となり、設計の効率化が図られていない。そこで、本研究は、横断歩道橋の落下防止装置という小規模な詳細設計を対象に、設計段階で作成した三次元モデルを元に契約図書を出力する方法を検討した結果を報告する。

2. 横断歩道橋の落下防止装置設計の課題

(1) 詳細設計の概要

対象は、図-1に示す既設の横断歩道橋の階段取付部に、地震時の落下防止を目的とした落下防止装置を設置するための詳細設計である。

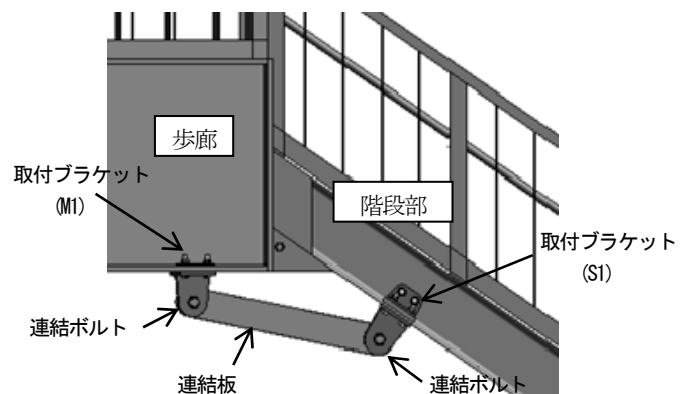


図-1 既設横断歩道橋の落下防止装置

落下防止装置は単純な構造で、2つの取付ブラケット、連結板、これらを繋ぐ2つの連結ボルトから構成される。施工規模が小さいため、地元施工業者が請け負うことが多く、設計成果は、二次元設計図面、数量計算書等、従来の契約図書を作成する。

(2) 現状の設計手法の課題

横断歩道橋の落下防止装置が設置される階段取付部は、図-2のように立体的に複雑に部材が交差する。現状の設計では、落下防止装置の取付角度(θ)や連結板の部材長(L)を、設計段階で詳細に決定することが困難であり、施工段階で、足場設置後に現況を計測し、部材寸法を決定後、再設計するが多い。

仮に、こうした取り合いを三次元化すると、設計段階で正確な部材寸法が決定できるため、現場工期の短縮が期待できる。

3. 契約図書としての数量計算書の仕様

(1) 数量算出に使用する適用基準

現段階で工事発注(積算)に必要な数量は、数量算出要領²⁾に準じて算出された数量計算書となる。使用する構造名称、形式記号等は、鋼道路橋数量集計マニュアル(案)³⁾に従って記述する。これらの基準は、数量算出時に必要な算出区分や、単位、数位等の取り決めが詳細に規定されており、現段階で工事発注(積算)するには、この基準に準じてとりまとめた数量計算書が必要となる。

(2) 鋼材質量の算出区分

鋼構造物の数量は、構造形式、材種、材質、寸法に区分して鋼材質量を算出する。三次元モデルから、詳細設計の数量計算を作成するには、ボルト1本まで、細分化したモデルを作成する必要がある。

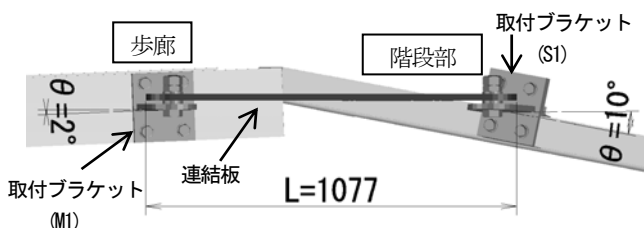


図-2 取付ブラケットと連結板の関係を下から見た図

表-1 ネットとグロスで計算するモノの例²⁾

ネットで計算するモノ	グロスで計算するモノ
全長にわたってテーパのついた部材	ガセットプレート

(3) ネット質量とグロス質量

鋼構造物の数量算出のうち、特徴的な算出方法として、ネット質量とグロス質量の区別(表-1)がある。異形部材の組合せ等により矩形部材と考えられるものは、その部材の実質量(ネット質量)で計上することが原則とされるが、極端な異形部材で、四辺形部材から切り出す場合は、グロス質量で計上することとなる。

(4) 単位と数位

数量計算に用いる単位と数位(数値の丸め)は、数量算出要領²⁾に規定される。このうち、鋼材質量算出に関連する仕様を抜粋すると、表-2の通りとなる。

4. 三次元モデルの作成

(1) 三次元モデル作成仕様

属性情報を付与した三次元モデルの作成は、国土交通省のCIMモデル作成仕様[検討案]〈橋梁編〉(以下、CIMモデル作成仕様)⁴⁾を参考にした。

(2) 三次元モデルの活用場面の設定

設計を三次元化することで、取付ブラケットの計画における形状(取付角度、部材長)の決定精度を向上する。作成した三次元モデルの活用は、従来設計成果の出力を想定した。具体的には、二次元図面、数量計算書の契約図書の他、落下防止装置の構造計算、概算工事費の算出までのデータ連携に有効活用する。

(3) 三次元モデルの作り込みレベル(詳細度)

数量計算書では、ボルトの本数まで集計するため、落下防止装置の三次元モデルは、すべての部材を正確に再現した。CIMモデル作成仕様(表-3)によれば、レベル4の三次元モデルの作り込みレベルに該当する。

表-2 数量計算の単位及び数位一覧表(抜粋)²⁾

計算書	種別	単位	数位	摘要
鋼材質量	幅,高,長	m	小数位以下3位止	4位四捨五入
	質量	kg	整数位止	1位四捨五入
ボルト質量	単位質量	g/本	整数位止	1位四捨五入
	本数	本	整数	
	質量	kg	整数位止	1位四捨五入

表-3 三次元モデルの作り込みレベル(詳細度)⁴⁾

レベル	内容
レベル1	直方体等で部材形状の特徴を表現した構造ブロックモデル
レベル2	主要部材の外形状が正確
レベル3	レベル2に加え、主要部材以外の一部部材外径形状が正確
レベル4	全ての部材が正確

(4) 属性情報の設定

CIMモデル作成仕様によれば、基本属性情報の他に、利用目的別に属性情報を定めることができると記載されている。今回の場合、数量計算の他、構造計算、概算工事費算出に属性情報を利用すること想定されるが、数量計算書の情報があれば、構造計算と概算工事費算出ができることが確認できたため、今回の三次元モデルは、数量集計書に必要なパラメータを、属性情報として付与した。

今回設定した属性情報は、工場製作時に必要となる属性情報「材片」、ボルト・ナットで板材を締め付けた際の首下長さの計算に必要となる属性情報「(ボルトの)首下長さ」、ネット質量を計算させるための属性情報「net」等表-4に示す全21種類である。

既設の横断歩道橋と新設の落下防止装置の三次元モデルの作成には、Autodesk社のRevit Structure 2014(以下、RSTとする)を用いた。

数量計算及び構造計算で必要となる形状寸法のうち、長さを表す属性情報「幅」、「厚さ」、「長さ」は、寸法可変するパラメータとして定義(図-3)した。これにより、モデルの寸法を変更すると連動して関連する属性情報が変更され、数量計算等が更新される仕組みとした。

(5) 三次元モデルからの図面作成

RSTから出力された三次元の形状データを、再度Autodesk社のAutoCAD 2014(以下、ACDとする)で読み込み寸法等を加筆し、ワイヤーフレームと陰線処理を併用して、二次元の契約図面(図-4)を作成した。また、ACDの機能を利用して、図-5に示すような各部材をオフセットで移動させた立体組立図を作成した。

表-4 21種類の属性情報

C(連番)	幅	グロス質量(鋼材)
ファミリー	厚さ	質量(ボルト類)
分類	長さ	材質
グループ名	首下長さ	摘要
形式記号	比重	net
材片	質量	メッキ
呼び径	ネット質量(鋼材)	備考

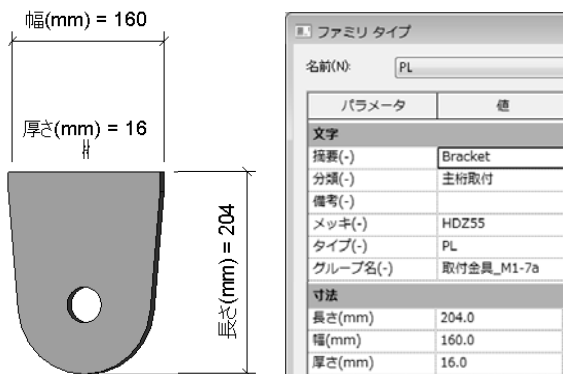


図-3 形状寸法の属性情報の定義の例

5. 表計算ソフトとの連携

RSTは、細分化したモデルの個数を集計できる。属性情報と個数集計データを表計算ソフトに連携することで、表計算ソフトで作成した既存の数量計算書が活用できる。表計算ソフトは、既存の計算シートで利用していたMicrosoft社のExcel 2010(以下、EXL)を使用した。EXLの数量計算書は、計算過程を表現するため、形状寸法や材料等を属性情報としてパラメータ化される。この属性情報(パラメータ)を参照する仕組みを、従来使用してきたEXLの既存計算シート(構造計算、概算工事費の算出)にデータ連携させて活用を図った。

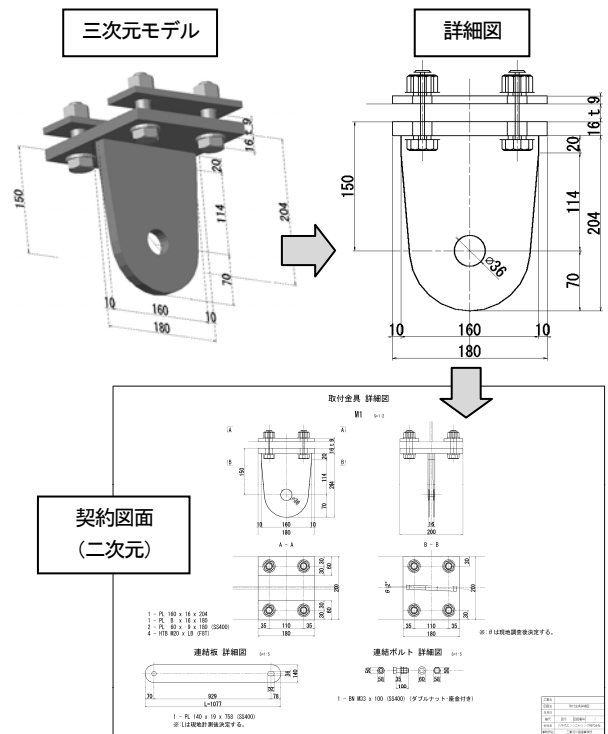


図-4 三次元モデルから図面の作成(取付ブラケットM1)

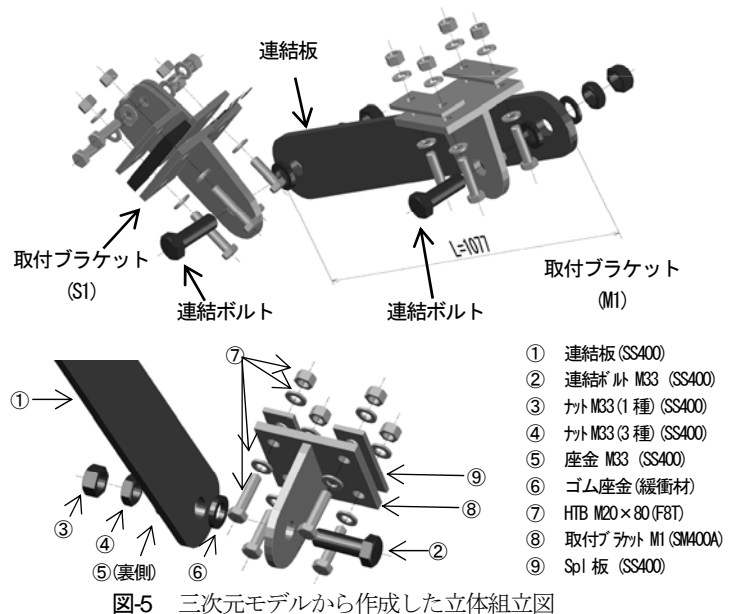


図-5 三次元モデルから作成した立体組立図

6. まとめ

横断歩道橋の落下防止装置の詳細設計を例に、三次元モデルからの契約図書を出力する方法を検討した結果をまとめると以下の通りとなる。

(1) CIMによる三次元データの利活用

RSTで作成した三次元モデルは、EXLとデータ連携することで、契約図書としての数量計算書、構造計算書、概算工事費算出書を作成可能であることが検証できた。

(2) 数量算出に必要な三次元モデルの詳細度区分

契約図書で使用できる数量計算書は、ボルト1本まで細分化された個数が要求される。よって、数量計算書を作成するには、レベル4の三次元モデルの作り込み(詳細度区分)が必要となる。

(3) 数量計算書の作成に必要な属性情報

落下防止装置(鋼部材)の数量計算に必要なパラメータを網羅して定義すると全21種類の属性情報になった。また、構造計算等で必要となる属性情報は、数量計算で必要となるパラメータで対応できることを確認した。

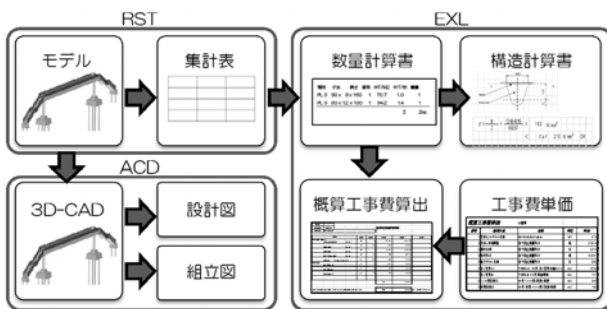


図-6 設計の三次元化の概念図

1) 作用断面力
 曲げモーメント $M = 83227 \times X \times 150 = 12484050 \text{ N}\cdot\text{mm}$

2) 断面照査(A-A)
 $Z = \frac{1}{6} \times 16 \times 160^2 = 68267 \text{ mm}^3$
 $A = 160 \times 16 = 2560 \text{ mm}^2$
 $\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{12484050}{68267} = 183 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_a = 210 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$

図-7 取付ブラケット(M1)の構造計算の適用例

(4) 数量計算

契約図書に使用する数量計算は、鋼材算出区分、ネット率、単位、数値等の詳細な仕様がある。現行のRSTで対応することは困難であるため、三次元モデルをEXLを連携させ、既存の計算シートを活用することで、数量算出要領³⁾の詳細な仕様を満足できる。これにより、余分なシステム開発が不要で、既存のツールが活用でき、効率的である。

(5) 契約図面の作成

現段階の生産システムで工事発注するには、当面、二次元の契約図面が求められるが、三次元モデルから二次元図面を作成することによって効率的に図面作成が可能となる。

参考文献

- 1) 藤澤泰雄, 矢吹信喜: CIM モデル事業の事例と三次元モデルの積算への利用方法の検討, 土木情報シンポジウム講演集 vol.38, pp.127-130, 2013.
- 2) 国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センター: 平成26年度 土木工事数量算出要領(案), 2014.
- 3) 国土交通省道路局国道・防災課(監修), 土木工事積算研究会(編著), 財団法人建設物価調査会(出版): 鋼道橋数量集計マニュアル(案)改定, 2003.
- 4) 国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センター メンテナンス情報基盤研究室: CIM モデル作成仕様【検討案】<橋梁編>, 2015.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
53																									
54																									
55																									
56																									
57																									
58																									
59																									
60																									
61																									
62																									
63																									

図-8 数量計算書の出力の例

経費名	工程	単位	数量	単価	金額
落下防止可働工		組	4	37,814	151,256
芯出し素地調整	M1 S1	本	32	1,019	32,608
腐蝕孔明	M1 S1	組	4	41,547	166,188
部材取付	M1 S1	本	40	843	33,720
高力ボルト本挿	M1 S1	kg	208	300	62,400
材料費 亜鉛メッキ仕上げ		m2	20	4,742	94,840
吊り足場 A1		m2	20	707	14,140
吊り足場 B		m2	20	788	15,760
橋張防護工					
計					572,658

図-9 落下防止装置設置工の概算工事費の適用例