鉄道高架橋を対象とした三次元モデルと解析ソフトウェアとの連携に関する検討

藤澤 泰雄¹・矢吹 信喜²

¹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: fujisawa@yachiyo-eng.co.jp

²正会員 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

土木分野での三次元モデルの利用は、設計・施工などの各分野の中の一部で利用されているにすぎない。特に設計においては解析が重要な位置を占めているが、発注者も受注者も三次元モデルに慣れていないため三次元モデルの利用は進んでいない。本研究では、鉄道高架橋を対象に、三次元モデルから二次元解析ソフトウェア用の解析データと三次元解析ソフトウェア用の解析データを出力することにより三次元モデルと解析ソフトウェア、IAI日本が発表しているST-BRIDGEとの連携方法を示し、その課題を検討した。

Key Words : 3D Models, design, product model, viaduct, BIM, ST-BRIDGE

1. はじめに

建築分野ではBIM(Building Information Modeling)の概念を実現するために様々な努力が行われている。BIMにおいては、三次元プロダクトモデルが構造物の設計・施工および維持管理のライフサイクルにわたって利用されることをめざしている。土木分野では、IFC-BRIDGE¹⁾やIFC-Shield Tunnel²⁾などが開発されているものの、全体としてはBIM概念の採用はあまり進んでいない。土木分野における三次元モデルの利用は、施工時における複雑な配筋部分の干渉チェックや設計時・施工時の住民への説明などその時に必要とされる現実的な問題を解決するために利用されており、設計と施工が連携した利用などフェーズ間を渡った利用はあまり行われていない。これは、現在の入札システムが設計と施工を分離したシステムとなっているためであり、その結果が、土木分野でのライフサイクルに渡る三次元プロダクトモデルの流通を妨げていると考えられている³⁾。

土木構造物の発注の多くは、国土交通省や都道府県などの公共団体等が行っている。これらの発注者の多くは、BIM、三次元プロダクトモデルやこれらの統合に関する知識をあまり持っていないこともあり、三次元の利用をためらうことが多い。また、設計者も従来の二次元設計

における作業に慣れており、設計ツールなども整備されているため二次元モデルに基づいた設計のまま変更しようと考えていないし、その余裕もないのが現状であろう。今後、生産性を向上し設計段階・施工段階での単純なミスを防止するためには、受発注者双方がBIMの必要性を理解していくことが重要であると考えられている。そして、こうした現状を変えていくためには、従来の設計手法を、三次元モデルを中心とした設計手法に変更するための方策と、その長所、短所を明確にした新しい設計を提案していくことが求められている。

こうした状況を受けて、国土交通省では、営繕分野でBIMの利用を開始した。さらに、2012年7月から土木にもBIMの概念を取り入れるためConstruction Information Modeling (CIM)として三次元モデルの活用を始めるための検討会を発足した。この検討会での結果を受けて実証実験を開始する予定であり、これにより発注者、受注者など関係者のBIM (CIM)に関する理解が進むことが期待されている。

CIMが開始されたとは言え、国内の土木分野では、実際にはまだほとんど三次元モデルを利用していないため、どのように利用できるのかが理解されておらず検証もされていない。既往の研究でも、三次元プロダクトモデルの開発・適用に関する事例は多いが、プロダクトモデル

と土木構造物の解析に関して研究されている事例は見当たらない。建築分野では、三次元CADで建物モデルを作り、IFCで出力したファイルを、熱環境解析ソフトウェア（例えば、環境シミュレーション社のWindPerfect DX）に入力すると、建物などのデータがそのまま解析に使われている事例がある。CIMを推進するためには、プロダクトモデルとしてどのように三次元モデルを作成しどのような形で利用し、その結果を次のフェーズに連携していくかが重要なテーマである。筆者らは以前、設計で作成した三次元モデルの適用性を示すために、三次元設計モデルの設計・施工への適用事例を示し数量算出、施工計画に適用できることを示した⁴⁾。設計の現場では、三次元設計を普及するには設計業務の中心となっている構造解析において三次元モデルをどのように用いていくかが次の課題として考えられている。

本研究では、設計における構造解析を対象に、三次元モデルと解析ソフトウェアとの連携方法について検討することとした。対象とした構造物は、RC鉄道高架橋で、解析ソフトウェアはJRSNAP（鉄道総合技術研究所）とDARS(株式会社 構造計画研究所)である。JRSNAPとDARSは、鉄道構造物を対象として、材料と地盤抵抗の非線形性を考慮した平面骨組静的非線形解析ソフトウェアであり、解析対象は主として直接基礎形式または杭基礎形式を持つラーメン高架橋、橋台および橋脚である。

2. 設計時における構造解析の現状

二次元モデルで設計する場合は、図-1に示すように線路方向と線路直角方向のいくつかの断面で解析モデルを設定するが、二次元モデルであるため、これらは相互には直接連携していない。このため、どちらか一方だけを修正して、他方を修正し忘れるなどのミスが発生しやすい。特に複雑な構造物では、作成する図面数は100枚

以上に及ぶ場合もあり、修正ミスが発生することが多い。解析に三次元モデルを用いた場合、流れ自体は同じであるが、三次元モデルを修正すると線路方向と線路直角方向双方に関連する部材は自動的に変更されるため、この三次元モデルから二次元解析モデルを作成すれば修正による断面相互の修正ミスはほとんど発生しないはずである。また、三次元モデルでは不整形なラーメン高架橋なども検討が可能であり、従来の二次元モデルでは評価できなかった地震時のねじれなどの複雑な挙動も評価できるなど、今後複雑化する構造物の解析には三次元解析は必須であり、実際、道路橋などでは耐震解析は三次元解析が標準となっている。

こうした状況においても設計の現場では三次元モデルの利用が進んでいない。この主な理由は、(1) 三次元モデルを扱えるソフトウェアが少なく、高価であったこと、(2)二次元設計のためのツールが充実しており、設計者はこれを用いることに慣れている、(3) 受発注者双方が二次元設計の結果の評価に慣れているが、三次元解析の結果をどのように評価してよいか十分に理解できていないためなどである。

確かに、現状で三次元設計を行うためには、(1) 三次元モデルを作成、(2) 三次元モデルから三次元解析モデルへの変換、(3) 三次元解析結果の評価、(4) 三次元解析結果から二次元図面の作図 といった手順を行い、これらのモデルの作成手法・評価などを再度習得しなければならず手間がかかる。また、現状で利用されている三次元解析ソフトウェアは、その解析ソフトウェアのためのモデル作成ツールが付属しているが、操作方法などは固有で、データフォーマットも独自形式であり、三種類の三次元解析を行うためには三種類のソフトウェアのモデル作成ツールの使用方法を学習しなければならない。こうした課題も普及を阻害している原因と考えられる。

こうした中で、BIMの進展により汎用的な三次元モデルを作成できるツールが登場しており、buildingSMART

	Design model	Analysis model
2D
3D

図-1 設計モデルと解析モデル

が提唱するIFCがISOとして国際標準となる予定であり三次元モデルの標準化も進んでいる。矢吹⁵⁾は、PC橋梁の三次元プロダクトモデルを開発しており、今後もこうした土木構造物のプロダクトモデルの開発と普及も促進されると思われる。一方で、既往の三次元構造解析プログラムは独自のモデル作成ツールを持っており、これらの解析ソフトウェアもIFCに対応するのが望ましいと思われるが、上記のように土木構造物のプロダクトモデルは開発途中であり対応には時間がかかる。こうした中で、IAI日本構造分科会では、構造モデルの普及活動と実証実験結果の展開およびアグリメント作成とソフトウェアへのIFC実装環境整備のために、国内構造関連アプリケーションの連携用標準フォーマット「ST-BRIDGE」を開発している⁶⁾。ST-BRIDGEは、XML形式を採用しており、IFCよりも形式が簡易なため扱いやすい。ST-BRIDGEは、既に福井コンピュータ社製の建築用三次元CADソフトウェアGLOOBEに実装されているなど一部の製品間では連携も始まっており、汎用的な三次元モデル作成ツールで作成した三次元モデルと解析ソフトウェアが連携すれば、設計者の利便性は向上するものと思われる(図-2)。

3. 三次元モデルと解析ソフトウェアの連携方法

(1) 対象とした解析ソフトウェアの特徴

鉄道分野の設計では、設計者は、認証された解析ソフトウェアの利用が義務付けられている。本研究では三次元モデルデータから出力する解析ソフトウェアとして二次元ソフトウェアは鉄道総合技術研究所社製のJRSNAPを、三次元ソフトウェアは構造計画研究所社製のDARSを対象とした。JRSNAPとDARSは鉄道構造物等の設計に用いられている鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物 平成16年改訂)、鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計 平成11年制定)に準拠したプログラムである。DARSはJRSNAPの三次元版として開発されているため、解析に必要とする情報は非常に似ているが、DARSでは三次元モデルを用いることによりスラブへの直接的な荷重配置により複雑な荷重計算、荷重

分担計算の省略や、1モデル2方向に解析・照査することにより解析ケース数、作業量を大幅に軽減できるなどの特徴がある。

JRSNAPは、地震時の動的解析が行えるなど一般的解析ソフトウェアより機能が多いが、こうした機能に対応するため入力パラメータが他のソフトウェアよりも複雑となっている。

(2) 三次元モデル作成ツールと変換ソフトウェア開発環境

三次元モデルの作成には、Autodesk社製のRevit Structure 2012(以下 RSTとする)を用いた。RSTでは、Familyと呼ばれる部品を事前に作成しておき、この部品を組み合わせることで簡易にモデルを作成することが可能である。RSTで作成した三次元モデルからJRSNAPおよびDARSへの変換ソフトウェアは、RSTのSoftware Development Kit (SDK)とMicrosoft社製のVisual Studio 2010を用いてRST上で稼働するアドインソフトウェアとして作成した。

(3) 解析ソフトウェアのデータ構造と解析モデル作成上の特徴

本検討で対象とする解析は、構造解析であり、解析に必要な事項は、解析フレーム(軸線)とフレームを構成する部材の断面形状、部材特性(材料強度、配筋など)、荷重、境界条件(支点条件、地盤条件)、解析制御データである。JRSNAPではこれらの解析データを表-1に示すようなブロックと呼ばれる単位で分類しておりデータの先頭はヘディングカードをセットする。本研究では解析に必要な表-1の太枠の必須項目と適用断面データを変換対象とした。

モデル作成上の特徴は、以下の通りである。

- ・部材ごとに断面形状の他、鉄筋の配置位置を入力する必要がある(図-3)。
- ・JRSNAPでは、梁、柱部材では図に示すような位置で剛域と非線形性を考慮するための10mm幅のばね部材を設定する必要があり、節点を追加しこの部材を作成する必要がある(図-4)。

図-2 ST-BRIDGEでの連携の考え方⁶⁾

表-1 JRSNAPの解析データ

ブロックデータ番号	ヘディングカード	データの内容	入力
BLOCK1	START	タイトルデータ	必須
BLOCK2	DIMENSION	構造基本データ	必須
BLOCK3	DA	非線形解析制御データ	必須
BLOCK4	JOINT	節点座標データ	必須
BLOCK5	MEMBER	要素データ	必須
BLOCK6	SUPPORT	支点データ	必須
BLOCK7	MF	材料非線形特性データ(固定値入力)	オプション
BLOCK8	DL	材料非線形特性自動設定用データ	オプション
BLOCK8	AP	適用断面データ	オプション
BLOCK9	LOAD	荷重データ	オプション
BLOCK10	PP	有効抵抗土圧データ	オプション
BLOCK11	ED	地盤変位データ	オプション
BLOCK12	DI	強制変位データ	オプション
BLOCK13	KG	杭基礎設定用データ	オプション
BLOCK14	OT	地盤変位量連携用データ	オプション
BLOCK15		解析の実行開始	必須

図-3 鉄筋の配置

図-4 剛域と回転ばねの設定

(4) 三次元モデルのデータ構造

RSTで作成されるモデルは、一つ一つがFamilyと呼ばれる部品で作成されており、この部品に属性情報が格納されている。この部品を組み合わせて全体のモデルを作成する。RST SDKでこうした属性情報にアクセスするためのAPIが提供されている。RST APIを用いると、Family

表-2 RSTモデルのデータ構造

分類名	内容	値がセットされる時期
Category	要素型を識別するクラス	Family作成時
Location	配置情報クラス	モデル作成時
Materials	材料特性クラス	Family作成時
Parameters	属性クラス	Family/モデル作成時
AnalyticalModel	構造解析クラス	モデル作成時

からは、表-2に示すような情報を取得できる。変換プログラムでは、これらの情報をRSMemberとNodeという2つのクラスに格納して利用するものとした。RSMemberは、表-2のCategory、ParametersとAnalyticalModelを部材ごとにまとめたもので、NodeクラスはLocationを中心に節点座標データを格納している。こうすることにより部材ごとに各種の情報にアクセスすることが可能となる。また部材の断面情報や各種の属性は三次元モデルではParametersから取得できるため、取得した属性を形状、配筋などの分類ごとにRSMemberのサブクラスとした。

(5) 解析のためのモデル化の検討

解析ソフトウェアのデータモデルと三次元モデルの構造から、作成すべき三次元モデルをどのように作成すべきかを検討した。

節点、要素データは、AnalyticalModelから情報を取得できるため、構造解析のための部品を用いてFamilyを作成する必要がある。この節点、要素データから図-4に示

図-5 高架橋の三次元モデル

した剛域、ばね部材を追加するための新しい節点位置は内部で計算可能である。また、上部のT型梁は左右で形状が異なるため、別々のFamilyとした。

当初、配筋データもモデル化できるため、モデルデータとして作成して検討を始めたが、配筋モデルを作成すると非常にデータ量が多く負荷が高いため、属性情報としてFamilyに追加することとした。

境界条件には、支点情報の他、地盤の物性を設定する必要があるため、これも属性データとして追加することとした。このように検討した結果、図-5に示すモデルを作製した。

(6) 変換ソフトウェアの機能検討と作成

対象とするモデルの構成を元に変換するソフトウェアの機能の検討を行った。変換対象は、表-1に太枠で示す必須項目とモデルデータから取得できる形状データとした。

変換ソフトウェアの機能として考慮した点とその内容は以下の通りである。

- ・単純ミスを起こさないように可能な処理は内部で行うこと

JRSNAPでは、線路方向、線路直角方向の各々の解析を行う際の梁の解析線分の高さは、断面の図芯位置と定められている。この際、鉄筋は無視しているが、断面形状を変更するとJRSNAPのモデル形状も変更する必要がある。このため、部品の形状から梁の図芯高さや断面2次モーメントも内部で計算できるようにしておくことにより自動化とミスの軽減を図った。

- ・RSTのアドインであるが、設定などはわかりやすく入力できること

属性情報はRSTの機能として図-6のように設定できるが、設定しやすくするために図-7のようなダイアログを作成している。

DARSでは、解析データを作成するために、スクリプト機能というテキスト形式での操作手順ファイルを作成しておく、このファイルを読み込むことにより解析モ

デルを作成することが可能であり変換ソフトウェアは、このスクリプトファイルを作成するものとした。変換内容は、JRSNAPと同様に形状および部材断面に関する部分とした。DARSは二次元解析ソフトウェアであるJRSNAPを三次元化したものであるため、必要とするパラメータはほぼ同じである。軸方向鉄筋の配置に関してはJRSNAPでは、配筋位置は配置高さだけを入力すれば良かったが、DARSで水平位置も必要であるため内部で配置を計算した。このように、変換ソフトウェアの作成は二次元用に設定した各種の属性を用いることにより比較的簡単に作成が可能であったため、作成時間は一週間ほどであった。また、事前にJRSNAPで各種の機能を理解していたことにもよるが、形状データはその形式をほとんど変更する必要がないため、三次元解析モデルに変換する方が明らかに簡易であった。図-8に変換データをDARSで入力して検証した結果を示す。

(7) 変換ソフトウェアの評価

現状ではまだ三次元モデルを用いて設計を開始していないため、この変換ソフトウェアでどの程度作業が効率化するかは評価できていない。

現状での二次元モデルを用いて鉄道高架橋を設計するための一般的な手順を図-9に示す。図-9に示す作業項目の括弧内は一般的な作業日数を示している。荷重計算、地盤定数設定作業は、三次元モデルを利用しても作業に変更はないため、三次元モデルを利用することにより効率化されるのは、図-8の太枠で示している作業が主体となる。したがって、三次元モデルを利用して解析データを出力する場合は、解析までの16日間のうち三次元モデルを作成する太枠の6日間の作業が効率化されると思われる。その他に、モデルを変更した場合の修正忘れ等の単純ミスの防止や、本検討では対象としていないが荷重の作成なども効率化できていると考えている。

図-6 RSTのFamilyとプロパティの設定(T型梁)

図-7 配筋位置のダイアログ

(a) 梁断面(T型)

(b) 解析モデル

(c) 形状モデル

```

*InsertPoint Point37 23009. 22729. -6005. 513612. -1400
*InsertPoint Point38 32534. 22729. 2494. 486388. -1400
*InsertPoint Point39 32534. 22729. -6005. 513612. -1400
*InsertPoint Point40 -26515. 77271. 2494. 486388. -1400
*InsertPoint Point41 -26515. 77271. -6005. 513612. -1400
// ラインの作成
// 柱
*InsertLines 3 C1 Point0 Point1
*InsertLines 3 C2 Point2 Point3
*InsertLines 3 C3 Point4 Point5
*InsertLines 3 C4 Point6 Point7
    
```

(d) DARS用スクリプトの例

図-8 DARSによる表示

図-9 設計における解析の流れと日数

スから、部材データと断面データはRSMemberクラスから出力している。軸はX,Y軸として固定情報で、階はNodeクラスからZ値の最大値と最小値の情報を出力した。

ここで問題となったのは、T型断面の取扱いであった。土木分野では梁、柱として荷重を負担すると考える場合が多いが、建築分野では柱間が広い梁・スラブ構造として考えることが多い。ST-BRIDGEは梁・スラブとしての取扱いが主体で、本研究で対象とした鉄道高架橋のT型断面を直接扱うことができなかったため、便宜的にT型断面、桁受けは矩形構造として出力した(図-10)。図-11にST-BRIDGEで変換結果の一部を、図-12にGLOOBEで表示した結果を示す。

このように土木分野と建築分野でほぼ同じものを対象とする場合に、基本的な考え方が違う場合があるなどは今後の検討課題である。

表-3 ST-BRIDGEのタグ

タグ	内容
<StbCommon>	建物の共通情報を表す
<StbModel>	節点・部材の情報(位置・断面)を表す
<StbNodes>	節点
<StbAxes>	軸
<StbStories>	階
<StbMembers>	部材
<StbSections>	断面
<StbFromIfc>	Ifcデータを表す(敷地・複雑な形状用)

図-10 T型梁の対応

4. ST-BRIDGEへの対応

前述のように解析のための標準フォーマットしてST-BRIDGEが開発されており最新版はVer1.0である。実際に実装されたソフトウェアが発表され実用化が開始されたため前述の三次元モデルをST-BRIDGEのフォーマット形式に出力してGLOOBEで読み取りが可能かを検証した。

(1) ST-BRIDGEの形式

ST-BRIDGEのフォーマットはXML形式で標準的なタグは表-3のようにになっている。建築分野を中心としているため軸、階という土木分野では使用しない呼び方が使われているが、軸は橋脚位置、階はレベルとして考えればよい。

(2) ST-BRIDGE フォーマットへの変換

ST-BRIDGEフォーマットへの変換は、基本的にはDARSの出力とほぼ同じように節点データは、Nodeクラ

```

<?xml version="1.0" encoding="shift_jis" standalone="yes" ?>
<ST_BRIDGE version="1.00.000">
  <StbCommon globalID="ERB*352-10001S" project_name="" app_name="Revit2012">
    <StbModel>
      <StbNodes>
        <StbNode id="0" x="-16990.773" y="-4455.514" z="-1400" />
        <StbNode id="1" x="-16990.773" y="-4455.514" z="10000" />
        <StbNode id="2" x="-16990.773" y="944.486" z="-1400" />
        <StbNode id="3" x="-16990.773" y="944.486" z="10000" />
        <StbNode id="4" x="-6990.773" y="-4455.514" z="-1400" />
        <StbNode id="5" x="-6990.773" y="-4455.514" z="10000" />
      </StbNodes>
      <StbAxes>
      <StbStories>
      <StbMembers>
      <StbColumns>
        (省略)
        <StbColumn id="1" name="Column21" idNode_bottom="0" idNode_top="1" rotat
        <StbColumn id="2" name="Column22" idNode_bottom="2" idNode_top="3" rotat
        <StbColumn id="3" name="Column23" idNode_bottom="4" idNode_top="5" rotat
        <StbColumn id="4" name="Column24" idNode_bottom="6" idNode_top="7" rotat
        <StbColumn id="5" name="Column25" idNode_bottom="8" idNode_top="9" rotat
        <StbColumn id="6" name="Column26" idNode_bottom="10" idNode_top="11" ro
        <StbColumn id="7" name="Column27" idNode_bottom="12" idNode_top="13" ro
        <StbColumn id="8" name="Column28" idNode_bottom="14" idNode_top="15" ro
        <StbColumn id="9" name="Column29" idNode_bottom="16" idNode_top="17" ro
        <StbColumn id="10" name="Column210" idNode_bottom="18" idNode_top="19"

```

図-11 ST-BRIDGEに変換した結果の一部

図-12 GLOOBEで表示した結果

5. まとめ

(1) 結論

本研究では、三次元モデルを用いて解析ソフトウェアと連携するためのモデルの作成方法、パラメータの設定について検討し、解析データを作成する変換ソフトウェアを作成した。

その結果として以下のことが分かった。

- ・構造フレーム形状の取得、変換は、三次元モデルの節点、要素データを取得することで対応可能なため比較的簡単に行える
- ・T型断面・桁受け・ハンチ部のような複雑な形状の断面取得は、モデル側と解析側でその形状(T型など)を特定できる機能がないと難しい
- ・配筋のモデル化も可能であるが、鉄筋径、位置などを属性として与えることで簡易に連携できる
- ・特定の解析のためには、非常に多くの属性を追加する必要がある
- ・変換ソフトウェアの作成には、三次元モデルと解析ソフトウェア双方の知識が必要で、作成には非常に手間がかかる

今後の三次元設計を推進していくためには、やはり三

次元解析を行っていく必要がある。しかし前述のように、受発注者ともに三次元モデルを利用するためのハードルが高い。また、一般的に三次元モデルで解析した結果を二次元モデルで解析した結果と比べると、構造物の応力レベルでは三次元モデルで解析したほうが小さくなる傾向にある。このため、三次元解析に慣れていない技術者はその結果をどのように判断してよいかわからない。これから三次元設計を進めていく過渡期においては、二次元の結果と三次元の結果を比較してその相違をどのように評価していけばよいかを検証していく必要があり、そのためにも三次元モデルと二次元解析との連携を当面は続ける必要があると考える。

(2) 今後の課題

現状での課題として三次元モデルを作成するツールや、三次元解析ソフトウェアは普及し始めているが、従来から行っている二次元モデルを利用した設計の進め方に受注者も発注者も慣れており、新しい三次元モデルを利用することは難しく、また手間がかかると考えており適用を開始していない。このため、三次元モデルはなかなか利用されず、従来手法が使われ続けている。今後、三次元モデルの利用が進んだ場合でも、二次元と三次元で解析した結果の比較を行うなど、三次元解析結果をどのように評価していくかが受発注者の今後の課題となる。

また、今後普及していくと思われる多くのモデル作成ツールごとに独立した解析ソフトウェアとの変換ソフトウェアを開発していくには非常にコスト(時間)がかかり、これも普及の妨げとなることが考えられる。図-2に示すような解析データの連携のためのIFCやST-BRIDGEなどが普及すればこうした課題も解消されると思われる。

しかし、構造解析では同じような構造物でも建築系と土木系でスラブ構造と考えるか梁構造物として捉えるかなど、従来の二次元解析との整合性なども考慮に入れて、今後の三次元解析のあり方も議論していく必要がある。

今後は、対応できる断面形状、非線形パラメータの入力の追加など機能を向上させ、実際の設計へ適用して効率化の検証を行い、三次元モデルから二次元解析、三次元解析のどちらでも利用できる環境や標準フォーマットの利用などを通して、三次元モデル設計の普及方法を検討する予定である。

謝辞：本研究の遂行に際して、三次元解析ソフトウェアDARSを提供していただきました株式会社 構造計画研究所、ST-BRIDGEのサンプルを提供いただきました福井コンピュータ株式会社の関係者の皆様にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Yabuki, N., Lebegue, E., Gual, J., Shitani, T. and Li, Z.: International Collaboration for Developing the BRIDGE Product Model "IFC-BRIDGE", Proc. of the Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal, Canada, 1927-1936, 2006.6.
- 2) Yabuki, N.: Representation of caves in a shield tunnel product model, Proc. of the 7th European Conference on Product and Process Modelling, Sophia Antipolis, France, CRC Press, 545-550, 2008.9.
- 3) Yabuki, N.: Toward Adoption of Virtual Construction in the Infrastructure Domain, Journal of Society for Social Management Systems, SMS10-160, 2010.
- 4) 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, Vol. 67No. 2, pp. 8-17, 2011.
- 5) 矢吹信喜, 志谷倫章: PC橋梁の3次元プロダクトモデルの開発と応用, 土木学会論文集, No.784/VI-66, pp.171-187, 2005.
- 6) IAI 日本支部構造分科会ホームページ, <http://www.building-smart.jp/meeting/structure.php>.

(2012. 10. 17. 受付)

THE COOPERATION BETWEEN A 3D MODEL AND ANALYSIS SOFTWARE FOR RAILWAY VIADUCTS

Yasuo FUJISAWA and Nobuyoshi YABUKI

Much effort is underway to realize the concept of Building Information Modeling (BIM) in the building industry. However, in the civil infrastructure domain, the BIM concept has not been adopted yet in practice because few engineers are accustomed to 3D models. As the interaction between 3D models and structural analysis software packages is important in the design phase, two structural analysis software packages for railway viaduct were selected to investigate the linkage between 3D models and the packages. Furthermore, a method of the interaction with ST-BRIDGE, which has been developed by the Structural Group of buildingSMART Japan was demonstrated. Finally, issues related to 3D modeling were discussed.