

(40) 鉄道高架橋を対象とした三次元モデルと二次元解析ソフトとの連携

The cooperation between a 3D model and 2D analysis software for railway viaducts

藤澤泰雄¹・矢吹信喜²

Yasuo FUJISAWA and Nobuyoshi YABUKI

抄録：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、鉄道高架橋を用いて、三次元モデルから二次元解析ソフト用の解析データを出力することにより三次元モデルと二次元解析ソフトとの連携方法を示した。

キーワード：三次元モデル，設計，プロダクトモデル，高架橋，BIM

Keywords : 3D Models, design, product model, viaduct, BIM

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概念の採用は進んでいない。土木分野における三次元モデルの利用は、非常に複雑な配筋部分の干渉チェックや住民への説明など現実的な問題の解決のためにだけ利用されているに過ぎない。また、設計と施工を分離している現在の土木分野での入札システムが、土木分野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³⁾。

土木構造物の発注の多くは、政府や公共団体等が行っており、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。このため、設計コンサルタントからは二次元モデルを用いた結果が提出されている。今後、効率をあげ設計でのミスを防止して、施工での事故を低減するためには、発注者が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、従来の設計スタイルを、三次元モデルを中心とした設計スタイルに変更するための手法と、そのメリットとデメリットを明確にした新しい設計スタイルを提案してことが求められる。

こうした状況を受けて、国土交通省では、管轄分野でBIMの利用を開始したことを受けて、2012年7月から土木分野にも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。

本報告では、設計において重要な位置を占めている構造解析において、三次元モデルと二次元解析ソフトとの連携方法について報告する。対象とした構造物は、RC鉄道高架橋で、解析ソフトはJRSNAP(鉄道総合技術研究所)である。JRSNAP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. RC 鉄道高架橋の設計の流れ

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易い。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。

鉄道分野では、認証された解析ソフトの利用が義務

1 : 正会員 工修 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

2 : 正会員 Ph. D. 大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1, Tel :06-6879-7660, E-mail : yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp)

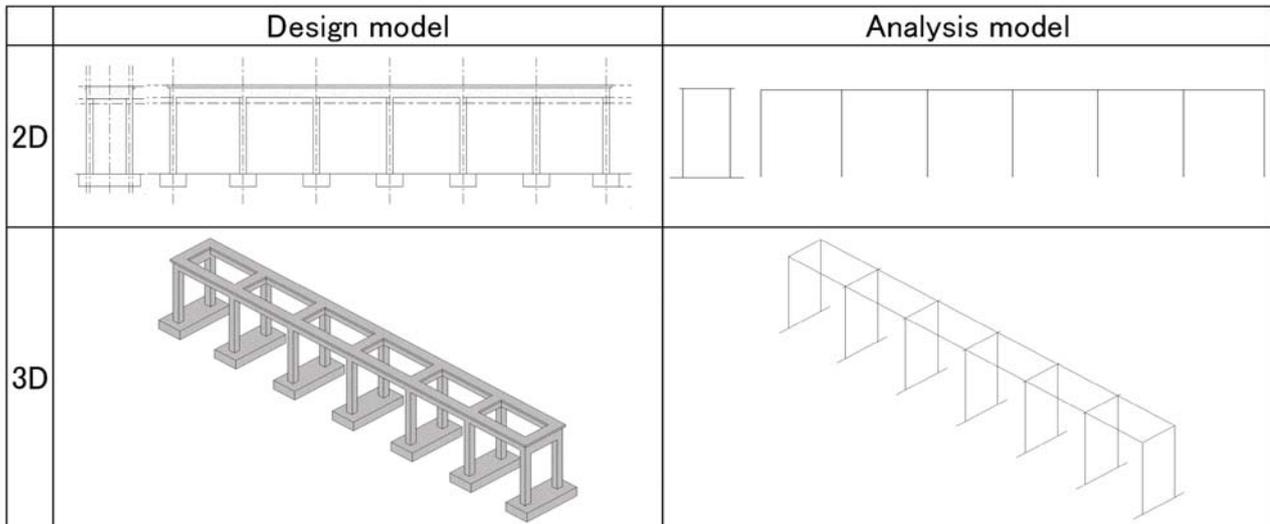


図-1 設計モデルと解析モデル

表-1 JRSNAPの入力データ構造

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
	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

付けられており、耐震性能を照査するためのソフトとしては、二次元解析ソフトである JRSNAP と ASCARS と、三次元解析ソフトである DARS が認証されており、設計者は、これらのソフトで解析した結果を用いて、断面などの構造を決定しなければならない。三次元モデルを利用して三次元解析を行うことが自然であるが、現在の設計の基本は二次元設計であり、受発注者ともに二次元解析の結果に習熟しているため、三次元解析ソフトよりも二次元解析ソフトが多く利用されている。

JRSNAP は、前述のように二次元の静的非線形解析ソフトで、地震時の動的解析が行えるなど一般的解析ソフトより機能が豊富だが、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よりも複雑となっている。

解析に必要な主な入力データ項目を表-1 に示す。一般的な二次元解析では、鉄筋量は無視して解析し、

解析した断面耐力を発揮出来るように鉄筋を配置するが、JRSNAP では解析モデルに対してこれらの部材形状と鉄筋の配置、量も入力する必要がある。

このように設計の中における解析に要する時間は多く、モデルの変更が起こると手戻りも非常に多くなっている。

3. モデル化と解析

三次元モデルの作成には、Autodesk 社の 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により簡易にモデルを作成することが可能である。図-2(a) に示すような三次元の高架橋モデルを作成して、線路方向、線路直角方向の

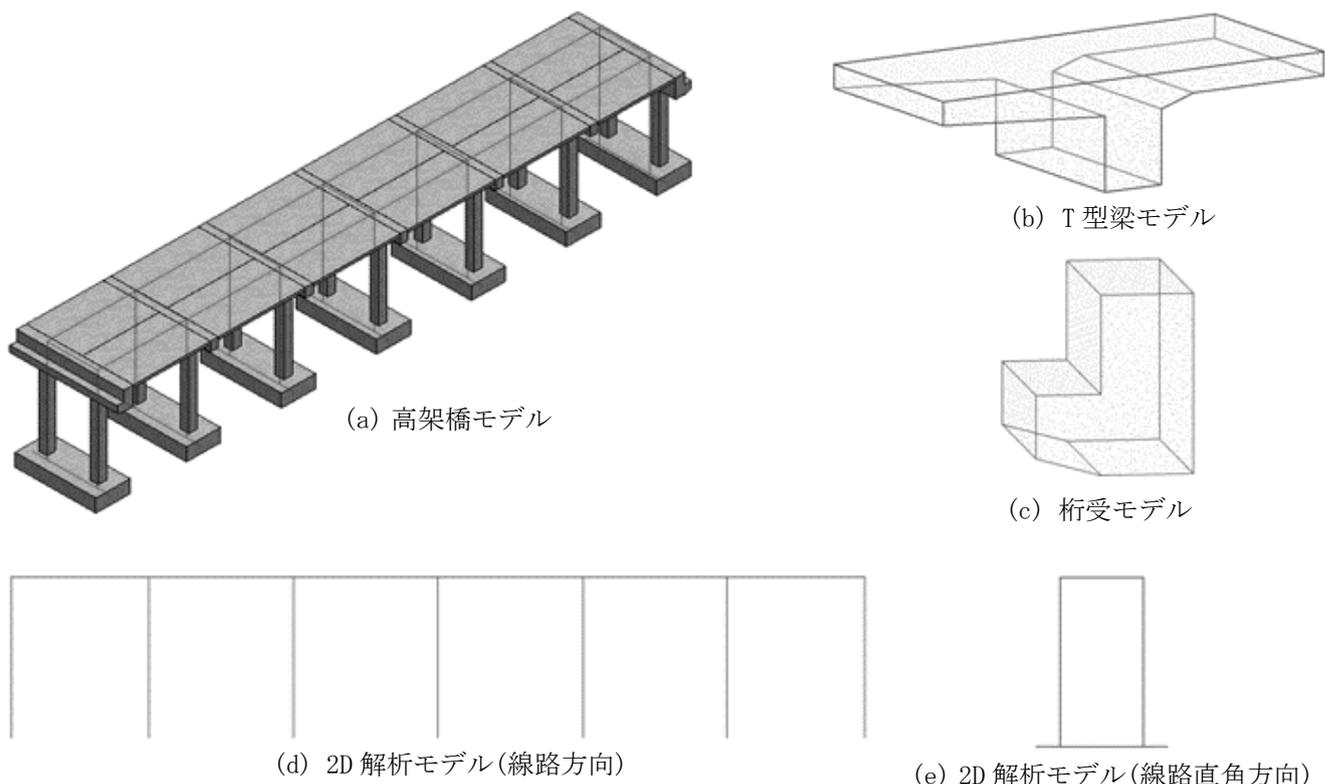


図-2 モデル

JRSNAP 用の解析データを出力するシステムを作成した。

対象としたRC高架橋は、長方形梁、長方形柱、長方形基礎の他に図-2(b), (c)に示すようなT型梁と桁受けで構成されており、JRSNAPでの解析モデルは、線路方向、線路直角方向で各々図-2(d), (e)のような解析モデルとして検討する。

三次元モデルから JRSNAP への変換ソフトの作成にあたっては、RST の Software Development Kit (SDK)を用いて、RST のアドインソフトウェアとして作成した。JRSNAPの入力は表-1に示すように多岐にわたるが、今回は必須入力項目をカバーし、かつオプションの断面データまで(表-1の太字のパラメータ)を取得できるようにした。

JRSNAP では、BLOCK8 適用断面データの入力においては、断面形状の他に、鉄筋の配置位置を入力する必要がある。当初、実際に三次元モデルに鉄筋を配置し、配置したモデルから鉄筋径・本数・配置を取得するように検討を始めたが、モデルを修正するたびにこうした配筋を変更する必要があることと、モデル全体に配筋を入れると処理速度が低下するために、鉄筋の配置は、部品の中のプロパティとして定義するだけで、三次元モデルには反映しないこととした。配筋の配置例、設定ダイアログと RST の Family でのプロパティの設定を図-3に示す。こうすることにより、モデルの表示や修正処理などが高速に実行できるようになった。

また、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。

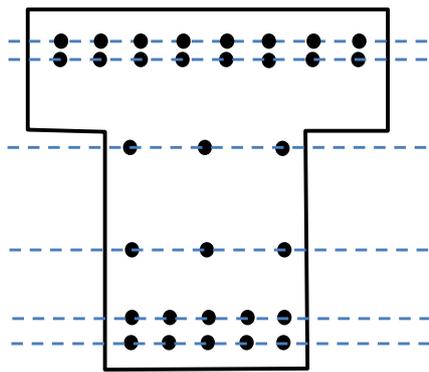
さらに、解析要素は部材の剛域を考慮して細分化する必要があるため、接合位置での部材の結合状況を確認して解析要素、これに関連する情報を出力させている。

4. まとめ

本報告では、三次元モデルを用いて二次元解析ソフト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ソフトの作成について記述した。

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スタイル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、また手間が掛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。

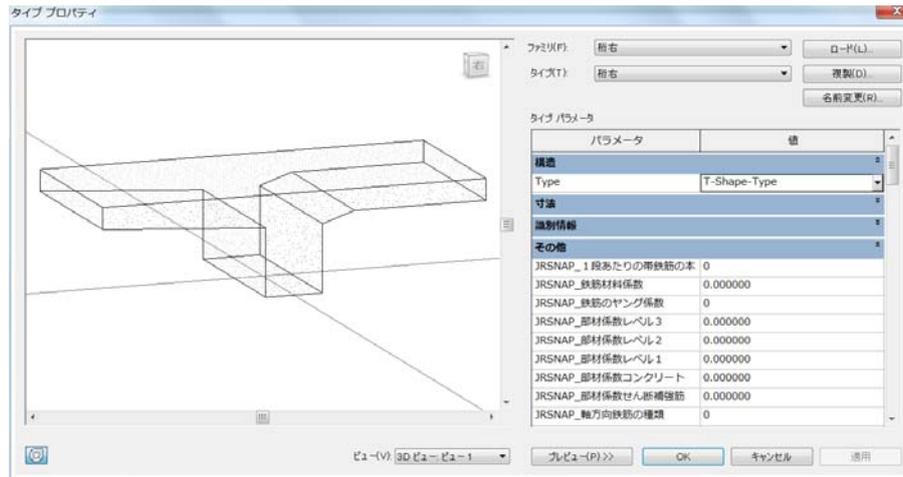
三次元モデルから従来の二次元モデルでの設計手法をサポートしつつ、三次元モデルを利用した手法を提示していく中で、三次元モデル設計の普及を進めて



(a) 配筋の配置イメージ

矩形断面	T型断面	桁受	断面定数	軸方向鉄筋	引張鉄筋	係数
				軸方向鉄筋の全段数	5	
				軸方向鉄筋の種類	345	鉄筋のヤング係数 200
No	上面からの位置(mm)	直径(mm)	本数			
1	85	32	7			
2	149	32	5			
3	213	32	0			
4	1254	32	2			
5	1318	32	7			

(b) 配筋設定ダイアログ



(c) RSTのFamilyとプロパティの設定(T型梁)

図-3 配筋の設定

いくことが重要で、本研究でその一歩を示すことができたと考えられる。

今後は、実際の設計への適用を行い、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を行い、効率化の検証を行い、一方で三次元解析との連携も検討し、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を構築し、その解析結果の差や照査の方法などの検討を行い、三次元モデル設計の普及方法を検討する予定である。

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.