

Revit を用いた構造解析連携システムの構築

Development of a Structural Analysis Integration System with Revit

○舟津 翔大*¹, 藤田 慎之輔*²
Shodai FUNATSU*¹, Shinnosuke FUJITA*²

*1 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科 大学院生

Graduate Student, Faculty of Environmental Engineering, The University of Kitakyushu

*2 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科 准教授

Assoc. Prof., Faculty of Environmental Engineering, The University of Kitakyushu, Dr. Eng.

キーワード : Revit ; Rhino.Inside.Revit ; OpenSees

Keywords : Revit ; Rhino.Inside.Revit ; OpenSees

1. はじめに

近年, 建築設計の分野においては, 2次元 CAD から Building Information Modeling(以下, BIM) への移行が推奨されはじめ, 設計事務所だけでなく, 施工, 積算事務所など多くの企業が連携して BIM をどのように活用していくべきか研究を行い, 実際に BIM を用いて設計を行っている. 国土交通省は平成 26 年官庁営繕事業において, BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン¹⁾を公表し, 平成 30 年には改定するなど, BIM を用いた設計の試行することを発表しているように, 今後, BIM を利用した建築設計が現在以上に増加することが予測される. 現在では, BIM の持つ 3次元 CAD としての機能やデータ標準 IFC (Industrial Foundation Classes) を基盤としたデータの統合による効率化のみだけでなく, Information の機能, 室等の名称・面積, 材料・部材の仕様, 仕上げ等, 建築物の属性情報を合わせ持つ建築情報モデル²⁾としての機能を活用し, 設計の効率化と高度化を目指す研究開発が活発になっている. 本研究では, BIM の特徴である建築物の属性情報を合わせ持つ建築情報モデルを活用し, BIM の属性情報を構造解析ソフトウェアに読み込み, BIM と構造解析ソフトウェアとの双方向連携を可能にするプログラムを開発し, 新たな構造設計のワークフローを検証する.

2. BIM の概要

BIM とは Building Information Modeling の略語であり, コンピュータ上に 3次元の建築デジタルモデルを作成し, 構成される空間や各部材・機器等に, 仕様・性能, コスト等の属性情報を建築モデルに与え建築設計を行うことができるツールである. 建築の初期段階から施工, 維持管理まで幅広く活用でき, 近年, 多くの建築設計事

務所や施工会社で導入されている. BIM はモデルを作成することで図面が自動作成されるため図面作成ツールとして用いられる. 意匠, 構造, 設備の設計者が BIM で設計することで, 躯体とダクト・配管などの干渉チェックや収まり検討を行うことができ(図 1), 設計の効率化, 図面の不整合の防止が期待できる. さらに, 構造, 設備設計で用いる情報を BIM に与えることで構造解析ソフトウェアや環境シミュレーションソフトウェア³⁾とも連携が可能である. しかし, 実務で用いる多様なソフトウェアは BIM との連携が未対応のものも多く, BIM とソフトウェアの連携が課題となっている. このように, BIM は 3次元の建築デジタルモデルとしての表現としての利用だけでなく, 材料, コスト, 機器性能, 数量管理など様々な情報を入力でき, 様々な領域を 1つに統合したプラットフォームになりつつある.

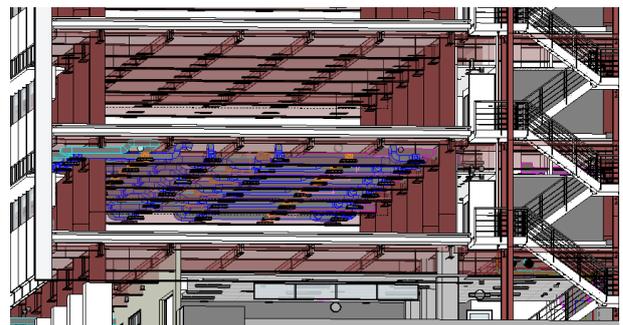


図 1: 干渉チェックの様子 (Autodesk 社 Revit のサンプルモデルから作成)

2.1. BIM と構造設計

BIM ソフトウェア上においては, ある建築物のデータについて, 平面図ビュー, 立面, 断面ビュー, 3次元パー

スビューといったインターフェイスのいずれかによって作成・修正を行うため、その建物のデータの追加・変更は他のビューに反映される。つまり、あるビューで建築データを生成すると、自動的に別のビューでの図面が生成され、変更時にも変更箇所が別図面に反映され、図面間での整合性が確保される。また、BIMの集計の機能を用いることで、BIMモデルの情報をもとに、柱、梁などのリストを作成や注釈を一括でつけることも可能である。これらの機能によって設計変更の際の、変更漏れ、転記ミス、図面の不整合を防ぐことができ、また図面作成を効率的に行うことが可能となる。構造設計で作成する図面は構造伏図、軸組図、断面リスト、詳細図などがあるが、設計変更の多い基本設計段階ではBIMを用いた設計により図面作成において従来の2次元CADを用いた作成と比べて大きな省力化が期待できる。

2.2. BIMを用いた構造設計のワークフロー

従来の構造設計のワークフローでは、構造解析モデルを作成し、解析結果をもとに個別に伏図、軸組図、リストの作成を行っていた(図2)。設計変更が行われた際には、構造解析モデルを変更しそれに伴い図面変更を行う必要があり、変更漏れ、転記ミス、時間の浪費、図面の不整合などの恐れが心配される。

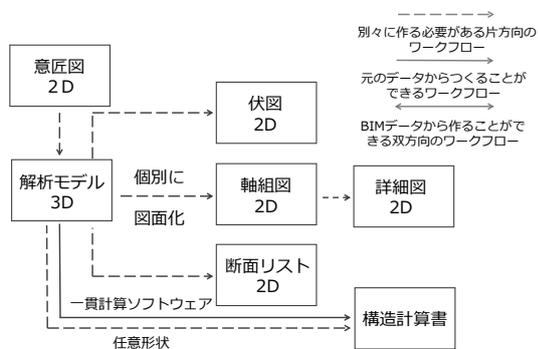


図2: 従来の構造設計ワークフロー

設計変更時の変更漏れ、転記ミス、図面間の不整合はBIMを用いることで解決できる。構造解析モデルの変更に伴う図面変更が従来の構造設計ワークフローでは様々な問題につながり、図面作成に時間を要する原因であった。BIMを用いた理想的な構造設計ワークフローは構造解析ソフトウェアの双方向連携によるワークフローである(図3)。BIMを中心に構造設計が行われるため、構造BIMモデルの変更に伴い図面や構造解析モデルが変更され、図面間そして構造解析モデルの整合性が保たれる。BIMと構造解析ソフトウェアの連携の多く

は、ST-BridgeやIFCなどの中間ファイルを用いた片方向連携だが、BIMと構造解析ソフトウェアの双方向連携が可能になると、構造設計を効率的に行える。

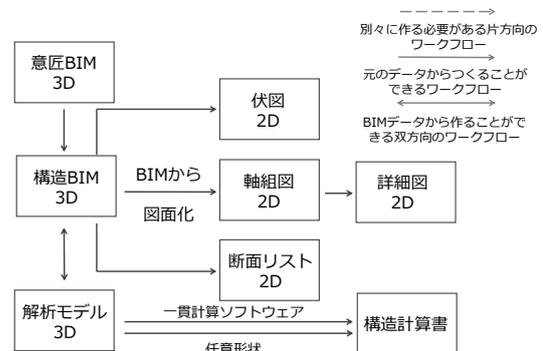


図3: BIMと構造解析ソフトウェアの双方向連携による構造設計ワークフロー

3. BIMと構造解析ソフトウェアの連携

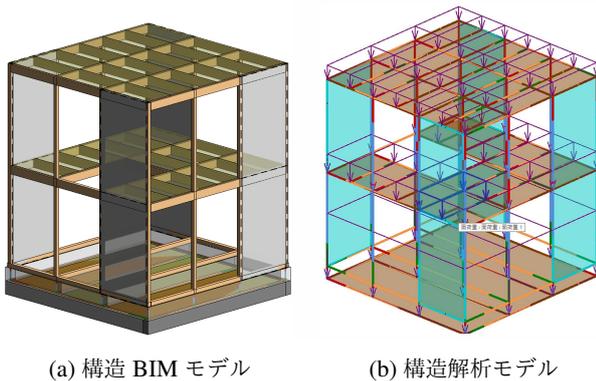
本研究では、BIMソフトウェアとしてAutodesk社のRevitを用い、構造解析ソフトウェアとしてOpenSees for Grasshopper⁴⁾を用いる。OpenSeesとはカリフォルニア大学バークレー校がオープンソースとして公開している有限要素解析フレームワークである。OpenSees for Grasshopperは同ワークフレームをベースに日本の建築基準法に準拠した断面算定機能を実装したコンポーネント群であり、Grasshopper上でパラメトリックに構造解析を実行することが可能である。本研究では、構造解析に必要な情報をRevit上で設定し、それをRevitのアドオンで、Grasshopper上でRevitの情報を読み込むことのできるRhino.Inside.Revitを用いて、OpenSees for Grasshopperに情報を読み込み、BIMと構造解析ソフトウェアを双方向に連携させ、Revit上の部材の変更や部材の追加に連動して構造解析結果がリアルタイムに可視化できるシステムを開発する(図4)。



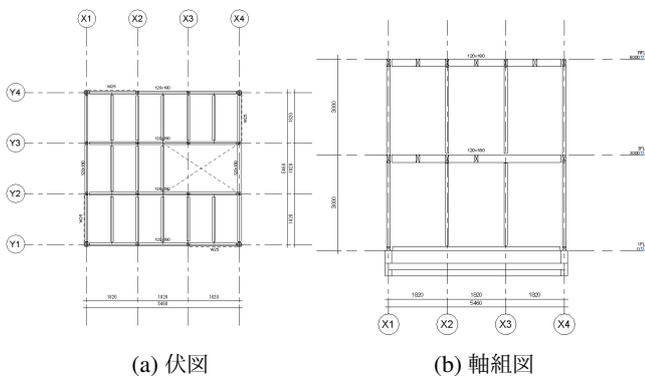
図4: Rhino.inside.Revitを用いたRevitとOpenSees for Grasshopperの連携フロー

3.1. BIM モデルの作成

BIM モデルを作成する際には、BIM モデルを構造解析モデルに利用でき、かつ、構造図としても整合性がとれたものでなくてはならない。したがって、構造解析モデル作成と図面作成を意識した BIM モデルを作成する(図 5)。構造伏図では大梁と小梁の接合を表現するとき、剛接合の場合は大梁と小梁の間に隙間をあけるという製図ルールがある。実際の梁の接合において、梁と小梁を離して施工することはあり得ないが、曲げモーメントの伝播の有無を情報伝達する図面表記として広く採用されている⁵⁾。構造解析モデルでは、各部材の節点が接合している必要があるため、梁ファミリを作成する際に、小梁の場合には図面上では隙間をあけ、解析モデル上では節点が接合しているように作成する(図 6)。節点が接合していない場合や部材同士が重なっている場合は、構造解析ソフトウェアに情報を読み込むことができない。



(a) 構造 BIM モデル (b) 構造解析モデル
図 5: 構造 BIM モデルを用いた構造解析モデル



(a) 伏図 (b) 軸組図
図 6: 構造 BIM モデルを用いた構造図作成

完成した BIM モデルに構造解析に必要な断面情報、材

料情報、接合部情報、壁倍率、荷重等を設定し、OpenSees for Grasshopper に読み込むための準備をする(図 7)。情報の設定漏れや設定の不備があると、構造解析ソフトウェアに情報を読み込むことができない。

構造解析	
Fb	28.200000 MPa
Fc	22.200000 MPa
Fs	2.400000 MPa
Ft	17.700000 MPa
rho	5.0
poi	0.4
E	6500000.00 kN/m ²
勝-勝	<input type="checkbox"/>
勝-負	<input type="checkbox"/>
負-勝	<input type="checkbox"/>
負-負	<input checked="" type="checkbox"/>

図 7: 情報の入力

3.2. Rhino.inside.Revit を用いた構造解析

Rhino.Inside.Revit は Revit のアドオンで、Rhinceros と Grasshopper を Revit の環境に統合することができる。技術的には、他の Revit アドオンと同様に、Rhino とそのプラグイン (Grasshopper など) を Revit のメモリにロードし、Revit と Grasshopper を連携するものである⁶⁾。OpenSees for Grasshopper は Grasshopper のプラグインであるため、Revit の情報は Grasshopper 上で Rhino.Inside.Revit を用いたプログラムを構成することで読み込むことができる(図 8)。読み込む情報は、構造部材(柱、梁、床、壁、基礎)の位置情報とジオメトリ、部材断面、材料性能、接合部条件、荷重、壁倍率、床倍率等、構造解析に必要な情報である。読み込んだ情報を OpenSees for Grasshopper に読み込むことで構造解析が可能となる。このように、情報を双方向に連携できるシステムを構築することで Revit での部材変更や部材追加に連動して、リアルタイムで構造解析結果が変わり、BIM 作成と同時に構造解析が可能になる。

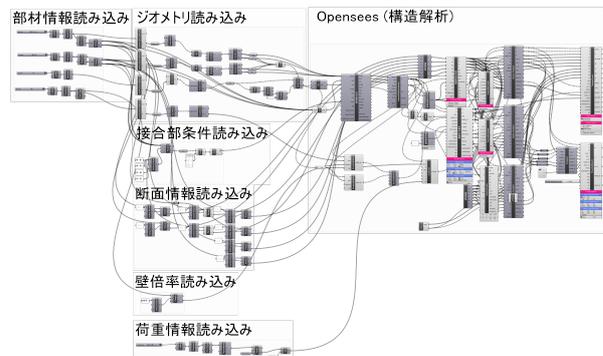


図 8: 連携プログラム

構造解析結果は Rhinoceros に表示される。Rhinoceros に表示された構造解析結果を確認しながら、Revit の部材を変更、追加していくことで、構造解析結果がリアルタイムに変わり、構造解析ソフトウェアを操作することなく、構造設計が可能になる (図 9)。

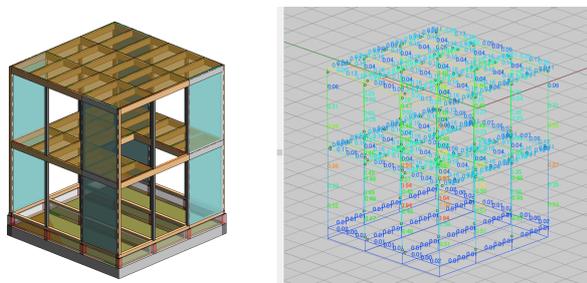


図 9: Revit を用いたリアルタイムな構造解析

3.3. 他構造への応用

本研究では、主に木造を対象として、BIM と構造解析ソフトの連携を検証したが、他の構造への応用も検証する。本研究では、鉄骨造への応用を試みる。鉄骨造では、H 鋼や角型鋼管を用いるため、部材断面の読み込み、また、材料性能の読み込みに関するプログラムを再度組む必要がある。また、OpenSees for Grasshopper のプログラムを鉄骨造用に再度組み直し、構造解析を行う。鉄骨造においても、木造と同様に、Revit で部材変更や部材の追加を行うと、同時に構造解析ソフトウェアのプログラムが回り、リアルタイムに構造解析結果を確認できる (図 10)。鉄骨造は一貫計算ソフトウェアである構造システム社が開発した BUS-6+Revit Op.⁷⁾ においても、本研究と同様のワークフローで Revit と構造解析ソフトウェアの双方向の連携が可能だが、リアルタイムに構造解析結果が変化するのではなく、一度、Revit から BUS-6 に情報を読み込む際に、タイムラグがあり、リアルタイムに解析結果は確認できない。

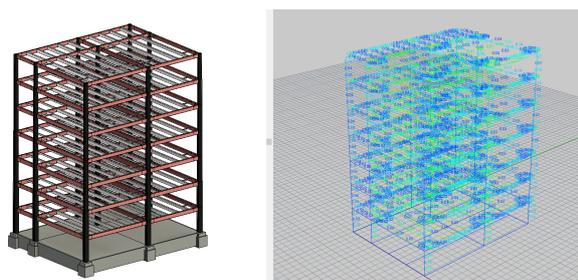


図 10: 鉄骨造への応用

4. 結論

本研究では、BIM の属性情報を Rhino.Inside.Revit を用いて OpenSees for Grasshopper に読み込み、BIM と構造解析ソフトウェアとの双方向連携を可能にするプログラムを作成し、新たな構造設計のワークフローを提案した。得られた結果は以下のようにまとめられる。

- ・構造設計において、Revit と OpenSees for Grasshopper を用いた新たなワークフローによって、構造設計業務の効率化を高めることができる。

- ・本研究で用いた BIM-構造解析の連携プログラムは木造、鉄骨造に対応可能であり、プログラムがブラックボックス化していないため、様々な構造形式に応用できる。

本研究では、Revit を用いた一貫設計と構造解析との連携を Rhino.Inside.Revit を用いて行った。今後の展望として、Revit 以外の BIM ソフトウェアを用いた一貫設計と構造解析との連携を比較、検証を行うことが考えられる。また、本研究では、Rhino.inside.Revit を用いた BIM と構造解析ソフトウェアの連携を行ったが、Revit の API を用いた BIM と構造解析ソフトウェアの連携も考えられる。さらに、Grasshopper 上で、BIM と構造解析ソフトウェアを連携可能なコンポーネントの作成も考えられる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省. 官営管轄事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン. 官庁管轄, 2018.
- 2) 国土交通省. 官営事業における BIM の活用. https://www.mlit.go.jp/gobuild/gobuild_tk6_000094.html [accessed 2023.9.29].
- 3) 太田羽, 山羽基, 横江彩. 設備情報を BIM で活用するためのデータ構造に関する研究. 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 2016.
- 4) Shinnosuke FUJITA and Makoto Ohsaki. Development of opensees component for grasshopper for varioustypes of computational morphogenesis. *roceedings of the IASS Annual Symposium 2020/21 and the 7th International Conference on Spatial StructuresInspiring the Next Generation*, 2021.8.
- 5) 飯島憲一. BIM 推進 10 年目の課題. 建築コスト研究, 2016.10.
- 6) Rhinoceros. Rhino.inside.revkit. <https://www.rhino3d.com/jp/features/rhino-inside-revit/> [accessed 2023.9.29].
- 7) 構造システム. Bus-6+Revit Op. https://www.kozo.co.jp/program/kozo/bus/bus-6/revit_op/index.html [accessed 2023.9.29].