

建築構造計算プログラムの BIM 連携機能 「SEIN ST-CNV」の開発

マーケット開発部長 奥村 幸司
 構造設計システム部担当部長 荒川 延夫
 EHS&S 研究センター上級研究員 兼 建築構造技術本部長 齊藤 賢二

Keyword : BIM, 一貫構造計算プログラム, Revit, SEIN, ワークフロー, 差分変換

1. はじめに

BIM (Building Information Modeling) の効用、活用が報告され、迅速化、合理化、不整合の払拭などに期待が寄せられている。大手設計事務所やゼネコンにおける BIM の推進も活発化している。しかしながら、構造設計分野での取り組みは進んでいないのが現状である。これは構造設計分野での BIM 連携は、設計料は変わらずに負担のみが増加するというデメリットばかりが先行しているためと思われる。

本稿では、構造 BIM の現状、構造設計者に求められる BIM 連携について述べるとともに、当社が提供している建築構造計算プログラム「SEIN FAMILY」^{注1)}と BIM ソフトとの連携プログラム「SEIN ST-CNV」(2014年1月 Ver.1リリース)の開発について説明する。

2. 建築構造設計における BIM の現状

2.1 構造 BIM の現状

すでに BIM を実践しているゼネコン、設計事務所へのヒヤリング結果を以下に示す。

- ・ BIM ソフトを中心に、各業務アプリケーションソフトとデータ連携している。
- ・ BIM ソフトは単一ではなく、業務や構造種別に応じて複数の BIM ソフトを使用している場合が多い。
- ・ データ連携はソフト間で直接データのやり取りをし、IFC (ST-Bridge)^{注2,3)}の利用頻度は低い。
- ・ 意匠データと構造データは別管理している。
- ・ 構造計算プログラムから BIM ソフトへのデータ連携は不十分で、手作業で行われている場合もある。
- ・ 構造計算プログラムへのデータ入力、従来の2次元図面から手作業で行われている。
- ・ BIM ソフトから成果物(図面など)を得るアプリケーションの開発が進んでいる。
- ・ 協力事務所に対し BIM データでの納品を要求する場合もある。

このように構造設計分野での BIM 連携は十分とは言えず、アウトプットが中心であり、構造部門にとって BIM は負担増につながっていることがうかがえる。また、

構造設計事務所へのヒヤリングでは全般に BIM への意識は低く、今後の取り組みも具体化されていない傾向にある。

意匠データとの一元管理は、設計者の意図や判断により建物形状と構造データが必ずしも一致しないため、機械的にやり取りすることは難しい。一方、BIM ソフトの特長として、別ファイルの意匠データや設備データを重ね合わせることができ、不整合の確認などが行えることから、必ずしも一元管理が必要とは言えない。

2.2 構造設計者への要求

BIM に関して構造設計者に求められるのは、建物形状(特に部材断面情報)を BIM データに反映することである。その情報レベルは設計フェーズに応じて異なり、基本設計段階ではスピードが重視され、実施設計段階では正確かつ適切な情報が要求される。これらに対応するためには、BIM データと構造計算用データは双方向に連携することが必要となる。さらに、データ連携において情報の劣化を起こさないことが何より重要となる。

3. SEIN ST-CNV の開発

3.1 SEIN FAMILY と BIM の連携

「SEIN ST-CNV」(以下 ST-CNV)は、「SEIN FAMILY」(以下 SEIN)とオートデスク社の BIM モデラー「Revit Structure」(以下 Revit)との連携プログラムである。SEIN の各プログラムが使用する建物情報データベースと Revit のプロジェクトデータ間で双方向のデータ変換を行う。構成とデータ連携を図1に示す。

BIM から構造計算に必要なデータを取り出すことと、構造計算によって得られる部材断面情報(サイズや配筋など)や部材配置情報を BIM にわたすことを目的とした、構造設計者のための BIM 連携ソフトとして開発した。

2013年、ST-CNVのプロトタイプとして、「SEIN ⇄ Revit コンバータ(プロトタイプ)」(以下 SEIN ⇄ Revit コンバータ)を開発し、モニター使用とヒヤリングを経て、ST-CNVの開発要件を検討した。

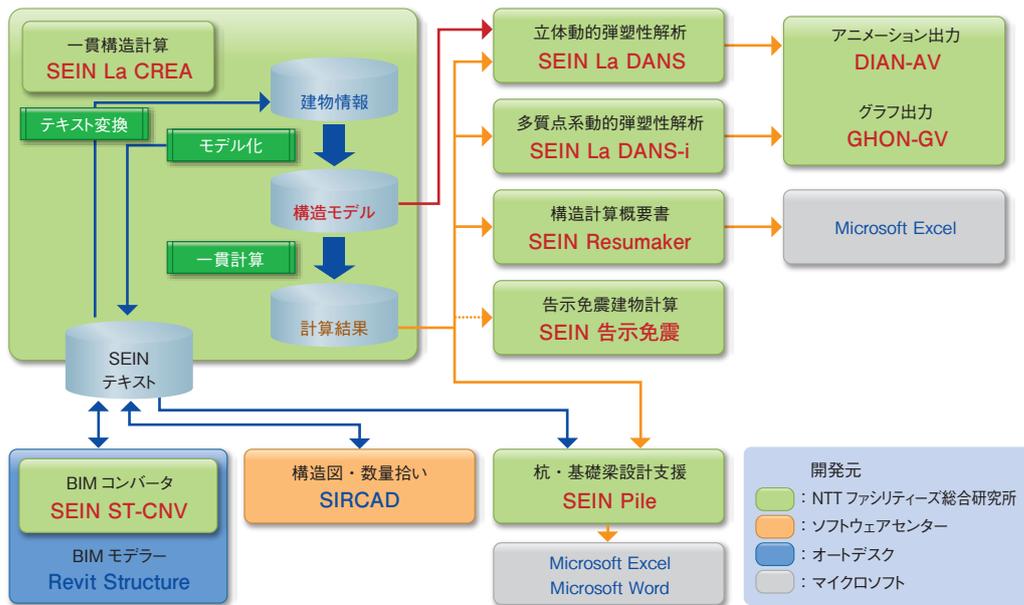


図1 SEIN FAMILYの構成とデータ連携

3.2 プロトタイプの開発

プロトタイプの開発にあたり、以下の開発要件を設定した。

- ・鉄骨造建物を対象（基礎梁・基礎小梁・スラブは配筋情報を除き対象とする）。
- ・双方向のデータ変換。
- ・断面形状、配置座標と併せて配置属性（部材の寄り、鉛直方向位置、回転、継手位置など）を変換対象とする。
- ・ファミリータイプ（Revitのオブジェクトの名称）はSEIN独自のファミリータイプとする。
- ・Autodesk Revit Structure 2013のアドインコマンドとして開発する。

一般に一貫構造計算プログラムと3次元CADとの間でデータ変換をする場合、一貫構造計算プログラムの適用制限によりデータが劣化することが問題となる。しかし、SEINの場合は建物形状を入力する際、グリッドにとらわれず部材配置できるため、自由度が高く、3次元CADと比較しても同様の形状を入力することが可能であり、双方向のデータ変換を行う上で支障とならない。

構造計算（解析）プログラムのうち、FEM解析プログラムなどを除く大半のプログラムでは、節点と線材で構成される線材置換した解析モデルを使って計算を行う。従って、柱や梁、壁などの部材は部材芯で接合された形状となるが、これは実際の建物形状とは異なる。SEINでは解析モデルと実際の建物形状との違いを、寄りや鉛直方向位置などの配置属性データにより補間している。配置属性を併せて変換することにより、実際の建物形状を維持することが可能となる。

データ変換時は、符号や連携階（層）、配置属性などのSEIN独自の情報を加味した、「SEIN S梁」や「SEIN 鋼管ブレース」といった「SEINファミリータイプ」を

生成することとした。

ユーザのモニター使用を経て、ST-CNVの開発仕様について検討を行い、要求される機能の追加を以下とした。

- ・RC造、SRC造、CFT造部材への対応。
- ・Revitで入力されたデータの変換（RevitスタートのBIM）。Revit標準ファミリーなど他のファミリータイプで入力されたデータの変換。
- ・差分変換機能（SEIN → Revit）。SEIN側で変更した部材のみの変換。

3.3 SEIN ST-CNV for Autodesk Revitの開発

RC造への対応は鉄筋径、本数、ピッチ、鉄筋材料をオブジェクトのパラメータ（数値データ）として変換することとした。BIMデータでは一本一本の鉄筋を形状そのままに表現するものもあるが、データ量が膨大となり、実際に使用する用途も限られており、現実的ではない。また、部材数量の算出や切断面の描画機能を用いた断面リストの作成などに利用できるデータだが、これらはオブジェクトのパラメータを使用して処理を行うアプリケーションに委ねるべきであろう。SRC造への対応も同様に鋼材と鉄筋をパラメータとして変換することとした。

プロトタイプでは、SEINファミリータイプを使用した変換であるため、RevitデータをSEINデータに変換できるのは、SEINファミリータイプで入力、あるいは変換されたRevitデータのみであった。一方、Revitの構造データを作成するルートはさまざまに存在する。Revitの意匠データからの変換、IFC（ST-Bridge）の読み込み、他のプログラムデータの変換などである。また、ユーザが他のプログラムとの連携をとるために独自のファミリータイプを作成している場合もある。ST-CNV

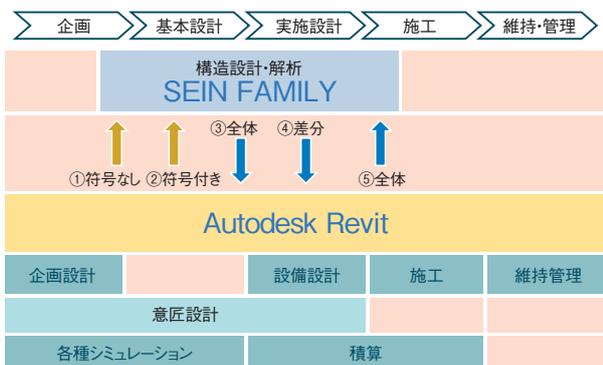


図2 SEIN ST-CNV における設計の流れと変換パターンの関係

変換方向	変換方式	変換内容
① Revit⇒SEIN	全体変換	部材位置による符号割付 断面形状ごとに符号割付
	S部材 + 基礎梁	部材ごとに符号割付
②	符号付き	符号,断面情報をファミリープロパティから変換
③ SEIN⇒Revit	全体変換	変換対象部材の選択
	差分変換	上書き バルーン確認
④		変換対象部材および,通り芯,配置属性の変換を選択
⑤ Revit⇒SEIN	全体変換	通り芯,フロア,部材配置・属性一括変換

■ : 標準(他社)ファミリータイプによる変換
■ : SEINファミリータイプによる変換

図3 SEIN ST-CNV における各変換パターンの処理内容

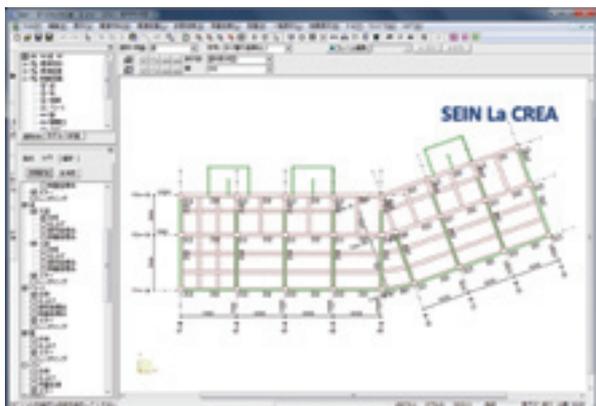


図4 データ変換例 (SEIN)

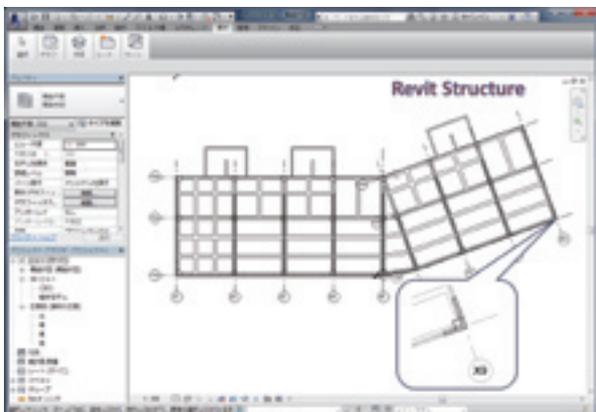


図5 データ変換例 (Revit)

でこれらの他社ファミリーのデータを変換するために、ファミリータイプごとに SEIN データとの対応テーブルを設定することとし、対応テーブルはユーザが自由に追加、編集できるテキスト形式とした。他社ファミリーデータの SEIN データへの変換は符号を自動発生する方法(符号なし変換)と符号を含め詳細データを変換する方法(符号付き変換)の2通りとした。これは、Revit データの設計フェーズに応じた変換を行うことを目的としている。たとえば、基本設計段階で、柱位置や梁位置のみが決まっているデータの場合、符号を自動発生させて SEIN データに変換し、構造計算によって小梁(横補剛材)の配置、部材符号や詳細な断面情報を決定することとなる。一方、構造計算によって詳細な断面情報が定義されているデータに対し設計変更や VE を行う場合、符号を含む詳細な情報を SEIN データに変換し処理を行うこととなる(図2, 図3-①②)。

差分変換はユーザモニターにおいて、必須機能であるとの意見があった。SEIN データを Revit データに変換し、Revit 側での情報追加や変更が行われた後に SEIN データが変更された場合、再度データ変換を行うと二重にデータを生成することとなる。差分変換は両データの比較をし、変更や追加のあったオブジェクトのみを変換する機能である。その際、部材種別ごとに SEIN データの上書きか、対象オブジェクトごとに上書きか元データを残すかの判断をする方法(バルーン確認変換)を指定できるようにした(図2, 図3-④)。

3.4 SEIN ST-CNV の今後の開発について

現状 ST-CNV は、一定レベルの BIM 連携機能を有しているが、今後は以下の項目について検討を進める。

<対象外部材への対応>

- ・柱脚, 制振部材, 免震装置, 基礎(フーチング, 杭)など。

<SEIN データへの差分変換>

<建物形状以外の情報への対応>

- ・解析モデルに関する情報(材端接合条件, 支点条件など)への対応。
- ・荷重に関する情報(積載荷重, 仕上げ荷重, 特殊荷重など)の変換および自動発生。

<Revit 以外のプログラムとの連携>

<共通フォーマット(IFC, ST-Bridge)への対応>

4. ワークフローの提案

BIM ソフトと構造解析ソフトのデータ連携をスムーズに進め、業務の効率化を図っていくためには、連携ソフトの機能向上も重要であるが、ユーザが BIM 導入によるワークフローを定義することも重要である。

BIM 導入メリットの一つに部材の干渉チェックがあ

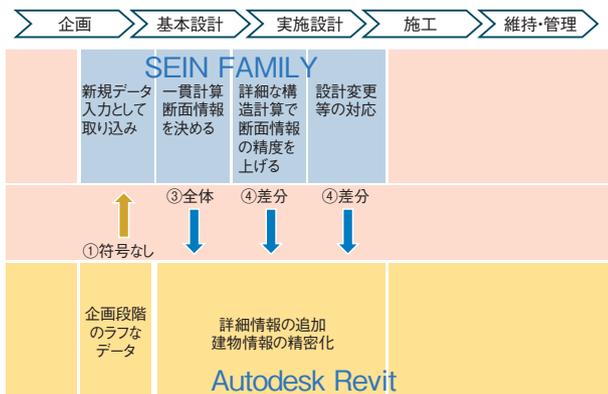


図6 ワークフロー A

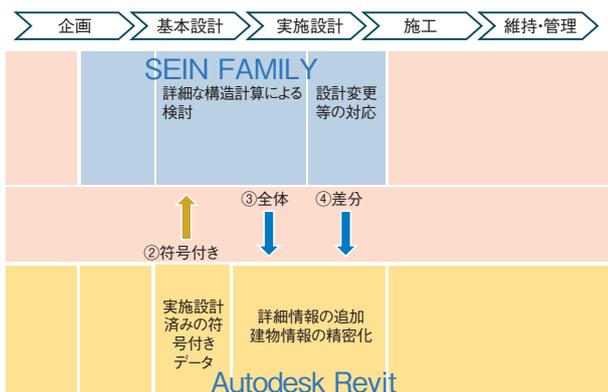


図7 ワークフロー B

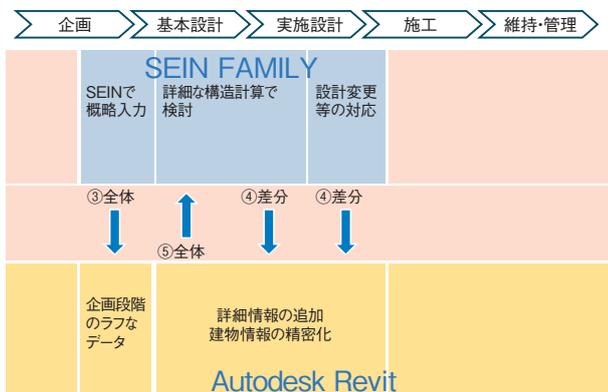


図8 ワークフロー C

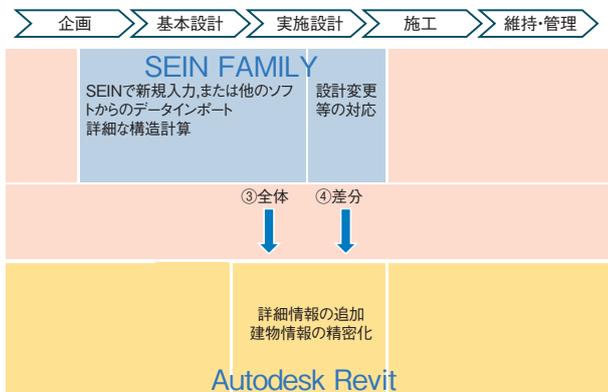


図9 ワークフロー D

るが、これは従来着工後の作業であった。しかし、BIMモデルを活用することで、この作業は着工前に実施することが可能となる。これは1例であるが、BIMの導入により着工前の検討作業は確実に増加し、必然的に着工前のワークフローは変わっていく。ユーザはそれぞれの業務や環境にあったBIMワークフローを定義すべきであり、このワークフローはそれぞれ異なるであろう。

ここでは、ST-CNVの5種の変換パターン(図2, 3)を使用するワークフロー例を提案する。

<ワークフローA>

- ・企画段階のRevitデータを符号なし変換でSEINへ。
- ・SEINでの構造計算後のデータをRevitに全体変換。
- ・SEINでの変更を差分変換。

<ワークフローB>

- ・実施設計済みの詳細なRevitデータを符号付き変換でSEINへ。
- ・SEINでの構造計算後のデータをRevitに全体変換。
- ・SEINでの変更を差分変換。

<ワークフローC>

- ・概略入力したSEINデータをRevitデータに全体変換。
- ・Revitで詳細入力後SEINデータに全体変換。
- ・SEINでの構造計算後のデータをRevitに差分変換。
- ・SEINでの変更を差分変換。

<ワークフローD>

- ・SEINで新規入力、または他プログラムのデータを変換。
- ・SEINでの構造計算後のデータをRevitに全体変換。
- ・SEINでの変更を差分変換。

5. おわりに

冒頭で構造BIMは負担増のデメリットが目立ち、メリットが感じられないと述べた。プログラムでデータ連携がスムーズに行われても負担が減るだけでメリットはないと感じるであろう。確かに従来の業務の流れではそうかもしれない。しかしながら、BIMを前提としたワークフローを確立し、設計業務の効率化を図ることによって、本来のBIMの効用である迅速な合意形成、手戻りの軽減、各分野間の整合性の担保など、必ずメリットを見いだせると思われる。

ST-CNVはVer.1をリリース(2014年1月)したばかりであり、よりスマートなBIM連携を実現できるよう、メニューの拡充(特に荷重や解析モデルに関する情報の連携)に取り組んでいく予定である。

[参考文献]

- 1) 一般社団法人日本 IAI 日本, <http://www.building-smart.jp/>
- 2) オートデスク株式会社, <http://www.autodesk.co.jp/>
- 3) 齊藤賢二, 奥村幸司, 平賀章: 建築構造設計分野における BIM の動向, NTT ファシリティーズ総研レポート, No.24, 2013.6

[注記]

- 注 1) SEIN FAMILY: 一貫構造計算プログラム「SEIN La CREA」, 立体動的弾塑性解析プログラム「SEIN La DANS」等で構成される建築構造計算用プログラムの総称 (図 1)
- 注 2) IFC (Industry Foundation Classes): IAI が定義する, 建物を構成するすべてのオブジェクトの体系的な表現方法の仕様
- 注 3) ST-Bridge: 日本国内の建築構造分野での情報交換のための標準フォーマット



おくむら こうじ
奥村 幸司

マーケット開発部長
1980年より現在まで一貫して構造計算プログラムの開発, サポート, 販売に従事



あらかわ のぶお
荒川 延夫

構造設計システム部担当部長
構造計算プログラムの開発, SE 業務に従事
一級建築士



さいとう けんじ
齊藤 賢二

EHS&S 研究センター上級研究員 兼 建築構造技術本部長 兼 構造設計システム部長
構造解析システムの開発製造, 構造関連の SI 業務に従事
2004年日本免震構造協会賞技術賞受賞
工学博士, 一級建築士, 構造設計一級建築士, 技術士(建設部門), APEC Engineer
日本建築センター構造計算適合性判定委員, 日本建築学会, 建築構造技術者協会会員

Synopsis

Development of BIM Coordination Function for Structural Calculation Program, SEIN ST-CNV

Koji OKUMURA

Nobuo ARAKAWA

Kenji SAITO

This paper considers the current situation of BIM in the field of structural design based on interviews with general contractors and design offices, which are users of the structural calculation program, to discuss issues of the construction BIM and the BIM coordination required for structural designers.

This paper describes the development details and future development schedule of SEIN ST-CNV (Ver. 1 was released in January, 2014), which is a software program that provides cooperation between our structural calculation program, SEIN FAMILY, and Autodesk's BIM modeling software, Autodesk Revit. In addition, it proposes a workflow using SEIN ST-CNV.