

BIMを用いた建築設計の効果について

磯谷 優里¹・川原 昌広¹・的場 喜郎¹

¹九州地方整備局 営繕部 整備課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

国土交通省では、インフラ分野のDX(デジタル・トランスフォーメーション)を推進し、その取組の一つとして「BIM/CIMの導入及び普及推進」が図られている。建築分野においても、官民が一体となり、建物の企画、設計、施工、維持管理の各段階で、従来の2次元CADから、デジタル情報が一貫して活用される新たなワークフローを可能とするBIMへの移行が図られている。本稿は、名瀬第2地方合同庁舎の整備事業において、建築設計のうち基本設計段階でBIMを用いた試行事例を通じて、BIM導入の効果や課題を検証し、今後の普及推進に向けた改善提案を行うものである。

キーワード BIM, 基本設計, 景観, 地域連携, 生産性向上

1. はじめに

(1) BIMとは

BIM(Building Information Modeling)とは、3次元の形状情報に加え、建物属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築するシステムのことである。BIMの効率的、効果的な活用により、生産性の向上とともに、建築物の品質確保等に資することが期待されている。

(2) BIM/CIMについて国内の動向

BIM/CIMについて、土木分野、建築分野ともに活用が進められており、BIM/CIM活用業務・工事業は年々増加している。民間も含めた建築分野でのBIMの活用については、設計、施工の各分野での活用はされているが、各分野でそれぞれ個別に活用することに留まっており、情報の一貫性が確保できていない。

国土交通省では、デジタル情報の一貫性を確保するために、BIMを活用する業務の進め方についての標準的なワークフローを「建築分野におけるBIMの標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン(第1版)」に示している。BIMを活用する上での留意事項や具体的作業要領については、協議が進められている段階であり、ガイドラインに関する関係団体等を中心に産業や社会全般の様々な事業で、ガイドラインに沿って試行的にBIMを導入した際の効果検証や課題分析に取り組んでいる。

(3) BIMモデル試行の試行対象と目的

本事業では、官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針に基づき、基本設計段階においてBIMを試行し、BIMを用いた基本設計図書の作成及び納品に関する試行

を行い、BIM活用を通して基本設計BIMにおいて属性情報の入力及び活用並びに、基本設計図書をBIMデータによって納品を行うことに関する効果、課題等の検証を行った。なお、本試行では、官庁営繕事業を対象に、BIMモデルの作成に関する基本的な考えや留意事項を示した「官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン」、BIM電子成果品の作成方法及び確認方法を定めた「BIM適用事業における成果品の手引き(案)」を参照し、基本設計図書を作成し、BIMによる提出を受理している。

2. 試行対象事業の事業概要

(1) 計画概要

名瀬第2地方合同庁舎(以下、庁舎)は、市内に点在する奄美海上保安部、鹿児島財務事務所名瀬出張所、名瀬測候所の3官署を集約し、各官署が抱えている耐震性能不足、老朽・狭あいを解消することを目的として奄美市が整備を進めるマリントウン地区への建設を予定している(図-1)。整備にあたり災害応急対策活動に従事する官署を集約することで、地域防災の機能強化および奄美市が策定しているまちづくり事業への貢献に取り組んでいる。本事業については2019年度に事業化され、現在設計を行っており、工事については、2022年度に着工を予定している。

(2) 事業の特徴

a) 施設内容

庁舎は、鉄筋コンクリート造6階建て、延べ面積3,057㎡を予定している。入居予定の3官署は、特性の異なる

官署であることから、各業務体制に応じた機能の確保が求められている。

b) 地域連携（まちづくり）

庁舎は、海の玄関口である名瀬港と中心市街地を結ぶ役割を担うマリントウン地区に位置する。景観形成にあたっては、奄美市景観計画の景観形成基準に従うとともに、庁舎周辺の魅力ある景観づくりのためのルール(案)を作成し、外構計画や植栽計画を行った。

隣地には消防組合庁舎が建設予定であることから、入居官署である海上保安部と消防が連携をすることで、災害時の活動拠点として機能する計画としている。

津波発生時には、津波避難ビルとして、市民が屋上へ避難するスペースを確保することで、災害に強く、地域の安全・安心に貢献する計画としている。

これらを決定するにあたり奄美市や入居官署等の関係者と連携をしながら、名瀬のまち全体での一体感を創出し、まちづくりを先導する施設づくりとした。関係者への説明においては、的確に意図を伝えることのできる資料のもと円滑な合意形成を図ることが求められた。



図-1 計画位置図

3. 基本設計について

(1) 建築設計のプロセス

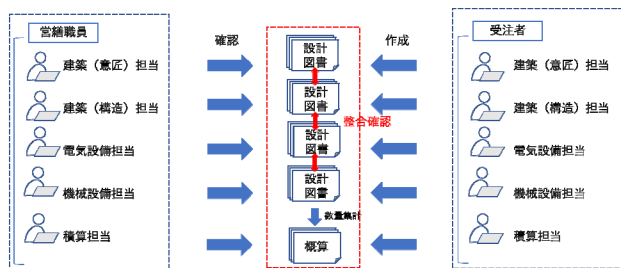
本事業は、建築設計のうち、基本設計段階でBIMを用いた。建物完成までは、企画、設計、施工の順に事業が進み、設計では、主に基本設計と実施設計を行う。まず、基本設計では、建物の概要を作成し、建物の構想を具現化した基本設計図書や工事費概算書等の作成を行う。その後、実施設計では、詳細検討と施工に必要な図面等の作成を行う。

(2) 基本設計の内容

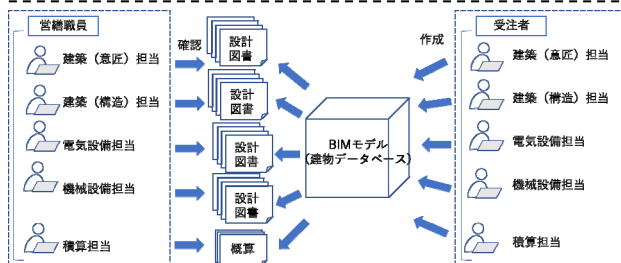
基本設計での検討内容としては、プラン作成をし、機能検討、設備との干渉確認、景観検討や概算工事費の算出等を繰り返すことで、建物概要を決定する。これらの各作業を連携したデータで行うことができると作業の効率化に繋がり、生産性の向上だけでなく、精度の高い設計にもつながる。

基本設計では、多数の関係者との調整が欠かせない。

入居官署とは、業務形態や要望等の聞き取りやプラン説明を行い、受注者とは、作成資料確認などのやりとりを行う。営繕職員の各分野担当とは、情報や問題の共有を行う。多数の関係者との調整が欠かせないため、やりとりに齟齬が生じた場合、各分野間での成果物に不整合が生じるおそれがある。そのため、BIMを用いて、情報を一元化できれば、成果物の不整合を防ぐことができる(図-2)。



2D CAD使用の場合



BIM使用の場合

図-2 情報連携体制

(3) 基本設計の主な作成資料

基本設計BIM成果物(表-1)は、電子媒体での提出とした。

表-1 基本設計BIMの主な成果物

基本設計図書	内訳
・ 建築（総合）基本設計図書	企画説明書 仕様概要書 仕上概要表 面積図 求積図 敷地案内図 配置図 平面図（各階） 断面図 立面図（各面）
・ 工事費概算書	
・ 建築（構造）基本設計図書	構造計画説明書 構造設計概要書
・ 工事費概算書	
・ 電気設備基本設計図書	電気設備計画説明書 電気設備設計概要書
・ 工事費概算書	
・ 機械設備基本設計図書	機械設備計画説明書 機械設備設計概要書
・ 工事費概算書	

4. BIMモデルの活用

本事業では、基幹ソフトウェアを受注者が選定した Revit2020(以下、「Revit」と記載)とし、BIMモデルの作成と設計条件の整理を行った。解析やシミュレーションは、他解析ツールと連携することで、各ソフトウェアの特性を生かして、法令上の諸条件の整理、構造の検討、設備との調整、レンダリング(対象物に色合いや陰影の表現をすること)等の詳細検討を行った(表-2)。

表-2 解析/シミュレーションソフトウェア

名称	用途	特徴
Revit	基幹ソフト	BIMモデル作成 属性情報の入力
ADS	建築基準法 集団規定解析	建築可能範囲の シミュレーション
OCTAS Drafter	3次元地質解析	3次元での地盤の可視化
SS7	構造解析	整形な構造の検討
MIDAS	構造解析	不整形な構造の検討
ST-Bridge	構造解析変換	変換プログラム
Lumion	レンダリング	短い処理時間で質感の高い レンダリング

(1) 設計条件の整理

設計の条件整理において、BIMの活用により、発注者から提示される諸条件を設計条件ごとに「建築全体に適用される性能」又は「室ごとに適用される性能(面積、床積載荷重、活動拠点室、防災性、防犯性、防音性など)」に分類し、パラメーターとして入力することで、情報を一元化し、図面やリストにて管理した(図-3)。

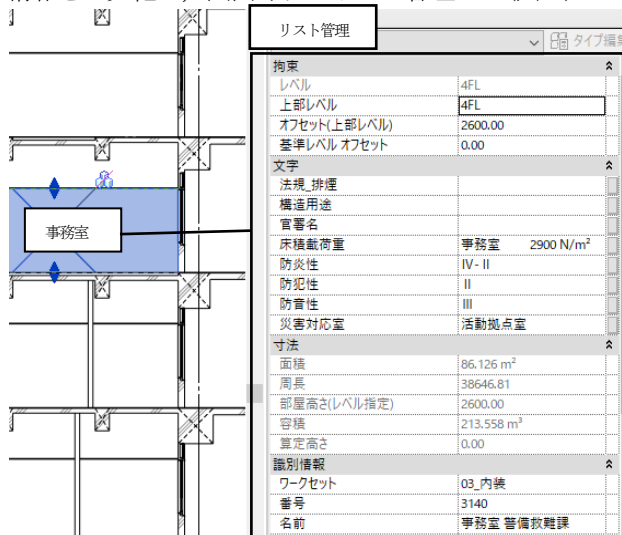


図-3 パラメーター

(2) 法令上の諸条件の整理

法令上の諸条件の整理において、解析ソフトADSの活用により、Revitで作成した敷地や建物情報等をADSにインポートし、与条件を設定することで、建築基準法集団規定による法規制(建築物の各部分の高さ制限)等により受ける設計と条件を整理し、3Dで建築可能範囲を可視化した(図-4)。

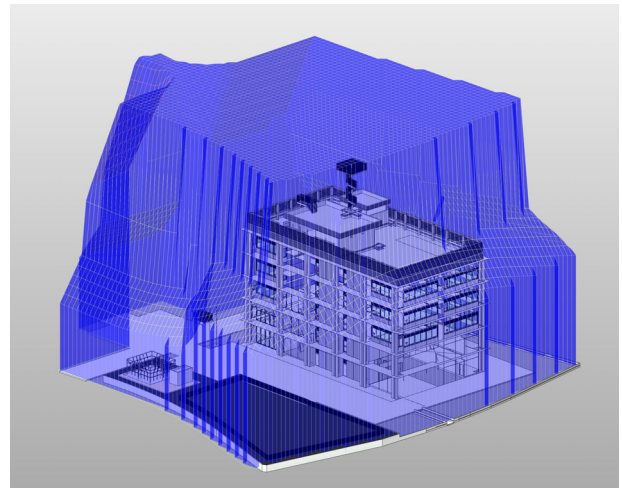


図-4 建築可能範囲の検証

(3) 構造の検討

杭の検討について、ボーリング柱状図データから支持地盤の曲面モデルをOCTAS Drafterで作成し、Revitで読み込み、全ての杭が傾斜している支持地盤への貫入を視覚的に確認した。

主架構の構造計算では、解析モデルをSS7で作成し、建物の巨視的な検討を行った。また、SS7で作成したモデルをST-Bridge変換プログラムを使用し、Revitに取り込むことで、モデル間の整合性確認や躯体数量の算出を行った。

屋上測風塔(気象観測用)の構造解析については、屋上測風塔を設計建物と分離し、複雑な形状モデルの解析や詳細検討を行うために、MIDASを使用した。手法としては、Revitで作成した測風塔モデルの線(部材心)データをCADデータ(DFX)に書き出し、構造解析ツールMIDASに読み込んだ。

(4) 設備の検討

設備検討として、Revitを使用し、建物内の主要ダクト、配管、ケーブルラック、上下水道、ガスのインフラ配管について、主要なルート及び詳細な収まり検討が必要な部分について入力を行った(図-5)。インフラについては、入手した情報からモデリングを行った。

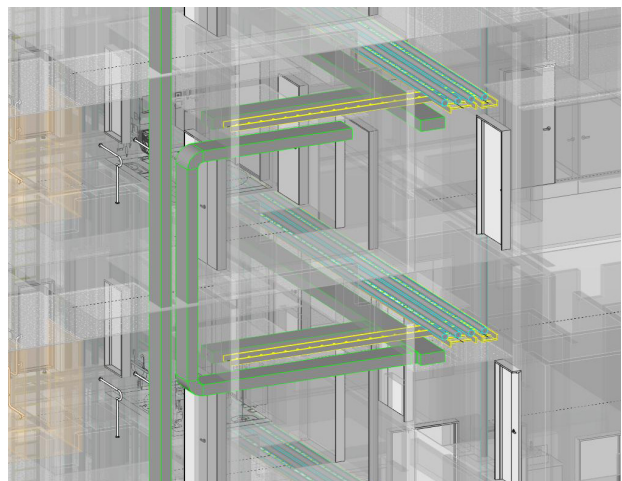


図-5 主要な設備情報を含むBIMモデル

(5) 基本設計内容の説明

外構計画を含めた画像や動画作成には、建築レンダリングソフトLumionにBIMモデルと地形データを取り込むことで、建物内部や外部などの複数のアングルからイメージ図出力(図-6)や動画作成を行った。また、コンクリートやガラスなどの素材の色や質感、反射性を考慮した現実的なモデルを作成した。



図-6 施設の外觀パース

(6) コスト管理

BIMにより作成したモデルから自動的に集計される躯体・仕上げ数量をExcelに書き出し、単価を入力の上、概算工事費を算出した。

5. 成果と課題

(1) 設計条件の整理

設計条件の整理について、Revit上でパラメーターを指定し、色やパターン分けにより情報整理を行うことで、設計者が管理しやすいだけでなく、営繕担当職員も要求水準を満たしているのかを容易に確認できた。

(2) 法令上の諸条件の整理

法令上の諸条件の整理について、従来は建物形状が変わる毎に条件の整理を別途行っていたが、BIMモデルと連携し、シミュレーションによる適合性確認を行うことで、建築可能範囲を確認しながらプランニングできた。

図面については、Revitで作成したBIMモデルをもとに作成することで、各図面において整合の取れた図面を作成できた。仕上概要表や面積表については、Revitのレイアウト機能により、BIMモデルとデータが連携しているため、数値の齟齬がなく、基本設計図書を作成できた。

(3) 構造の検討

主架構の構造解析において、SS7の構造計算結果一覧では、条件を満たさない結果がカラーとメッセージにより表示され、計算結果の一覧から解析項目を表示して確認できた。複数結果の同時表示により、建物形状を変更した場合の比較検証が行えることで、解析時間を短縮できた。また、Revitにモデルを取り込むことで、意匠での構造フレーム入力の手間を省略できた。

(4) 設備の検討

設備ダクト、配管、配線の入力を行うことで、3次元で干渉チェックを行うことができたが、入力作業に時間

を費やすため、基本設計のプラン検討段階では、従来の2次元断面の検討で十分ではないかと考えられる。

上下水道、ガス、電力、通信等の供給状況の調査において、引き込みインフラをBIM内にモデリングすることで、位置やレベル、干渉の有無を視覚的に確認できた。一方で、提供される情報の精度に依るところが大きく、モデリングの労力に対しての効果が限定的であるという課題がある。

(5) 基本設計内容の説明

a) 担当者間の合意形成

設計取組時に、空間イメージを共有することで、限られた設計期間の中での検証効果を高めることに寄与した。設計業務中に、設計事務所と行った設計審査会では、入居官署から要望のあった海への視認性確保に支障がないか、BIMモデルを操作することで、建物内部から海への眺望を瞬時に確認し、設計に問題がないかを検討できた(図-7)。

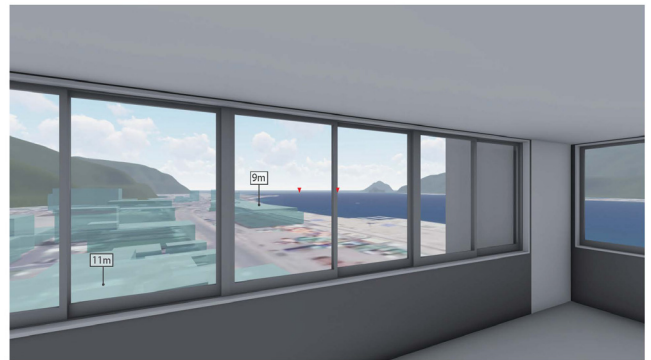


図-7 海への監視についての検証

b) 外観イメージの比較検討

BIM活用により、BIMモデルからパースと基本設計図面を同時に作成できた。また、基礎となるBIMモデルが作成されていることから、追加の要望については、モデルに少量の手を加えるだけで、複数案の図面や画像を作成でき、より高密度な案の構築に寄与した。案の比較では、概算数量と連動する機能を活用することで、外壁や窓形状等の全体工事費への影響が大きい要素を考慮した比較検討ができた(図-8)。

これらの検討により、立面計画においては、水平と垂直を強調し、統一感のある意匠とすることで、風格を表現し、外壁はコンクリート打ち放しとし、南北面は構造フレームを表現させた意匠とすることで、重厚感を表現できた。圧迫感の低減に関しては、構造体が壁面をさらに分割し、また奄美の伝統的建築である高倉をモチーフにすることで、親しみを感じることでできるデザインとすることができた。国の施設として、また津波避難ビルとして、「安心・安全」のシンボルとなり、地域の景観に配慮した設計を実施できた。

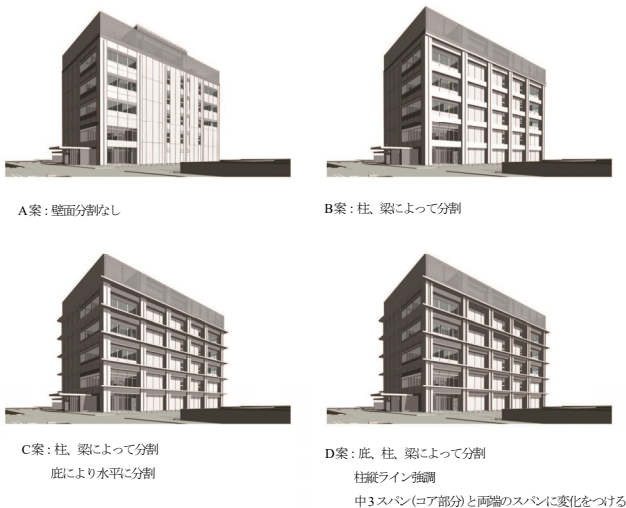


図-8 立面検討

c) 関係者への説明

景観計画、津波避難ビルとしての設計方針等の整備概要について、九州財務局、奄美市に対してリモートで説明を行った。景観計画と避難計画においては、建物周辺の情報も含めた外構計画のイメージ図を用いて説明することで周辺から受ける影響と周辺へ与える影響を整理できた(図-9)。また、人の視点からの動画を用いることで、建物周辺を歩行している感覚で建設予定建物と外構を風景の一部として検証できた。リモート会議のため、図や動画などの電子資料が有効であった。

今後は、津波避難ビルとして、避難者の視点からの避難シミュレーション動画作成により地上から避難スペースまでの経路の説明を行う予定である。



図-9 外構計画のイメージ例

(6) コスト管理

概算工事費の算出に関して、従来の手拾いと比較して、躯体・仕上げ数量がBIMモデルから自動的に集計されることで、迅速に概算額を算出できた。算出される躯体・

仕上げ数量についてはBIM精度によるため、確度の高いコスト算出には、BIMの詳細度を上げる、または数量補正をする必要があるが、基本設計段階としては十分な精度であった。

6. おわりに

基本設計図書において、BIM活用により整合のとれた図面を作成できた。また、各種解析やシミュレーションの活用により詳細検討を行った基本設計図書を作成できた。設計説明においては、外観や内観パースを用いることで設計意図を具現化した内容により説明できた。

課題としては、従来の図面表現への諸々の調整作業と時間が伴うことが挙げられる。現状として、3次元データを発注者と受注者の間で共有、確認するまでの環境には至っていないため、2次元資料作成への時間を費やしている。

課題の改善提案として、一つ目は発注者への本格的なBIM導入が挙げられる。BIMへの移行には、発注者と受注者、双方のBIM導入により担当者間の調整を直接BIMにて行う試行が必要ではないかと考える。二つ目は基本設計図書の作成を従来と同様の提出方法からBIMを活用して提出を行いやすい方法への見直しが挙げられる。受注者が成果物を提出する方法として、BIMでの提出を選択可能とし、発注者も提出を受理できる体制を整えることが必要だと考える。

今回はBIMについて基本設計段階での試行であったが、今後はBIMモデルを企画、実施設計、施工、維持管理、全ての段階で活用していきたい。

参考文献

- 1)建築分野における BIM のワークフローとその活用方策に関するガイドライン(第1版).国土交通省.2020-03.
- 2)志手一哉.建築生産における BIM 活用の現状.建築技術.2020,no.849,p.78-81
- 3)田伏翔一.建築 BIM 推進会議の目的と検討状況,今年度の「BIM を活用した建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業」.建築技術.2020,no.849,p.82-85.
- 4)柳井崇.建築設備技術者協会の取組み. 建築技術.2020, no.849,p.100-101.
- 5)長岡拓哉.BIM 業務の標準化.建築技術.2020,no.849,p.120-121.
- 6)繁戸和幸.安井建築設計事務所の BIM 活用.主として建築設計者のための BIM ガイド.2017,p.78-81.