BIMを活用した建築施工の現状について

清水建設株式会社　技術研究所　高度空間技術センター　平林（ひらばやし）　裕治（ゆうじ）
東京支店　生産総合センター　吉原（よしわら）　裕之（ひろゆき）
生産技術本部　生産計画技術部　田淵（たぶち）　統（とう）

1.　はじめに

清水建設では，BIMが「何に使えるか」という試行段階から，「どう使いこなすか」という活用段階に入っている。BIMを実案件で使うことにより具体的なメリットを生み出すことが目的になっている。従来から，建築生産プロセスでは，発注者・設計者・ゼネコン・専門工事業者などが相互に情報共有して合意形成をすることで成り立っている。BIMはこの合意形成を迅速に手戻りなく行うことができる有効なツールである。結果的に，関係者間で短時間の打ち合わせで情報共有できて風通し良くプロジェクトを遂行できる効果をもたらしている。

清水建設ではBIMをマネジメントできる人材が必要と認識しており，BIMを使いこなせる社員や施工図チーフの育成に組織的に取り組んでいる。また，各種BIMツールを使いこなすために，社内仕様に準拠したテンプレートを作成したり，IFCデータ変換を補完する独自データ中間ファイルによる情報連携のためのノウハウを積極的に蓄積している。将来を見据えて，竣工後のファシリティマネジメントに役立つBIMの使い方についても検討を始めたところである。

本稿では，BIMを活用した建築施工の三つの最新事例を紹介した後に，今後を展望する。

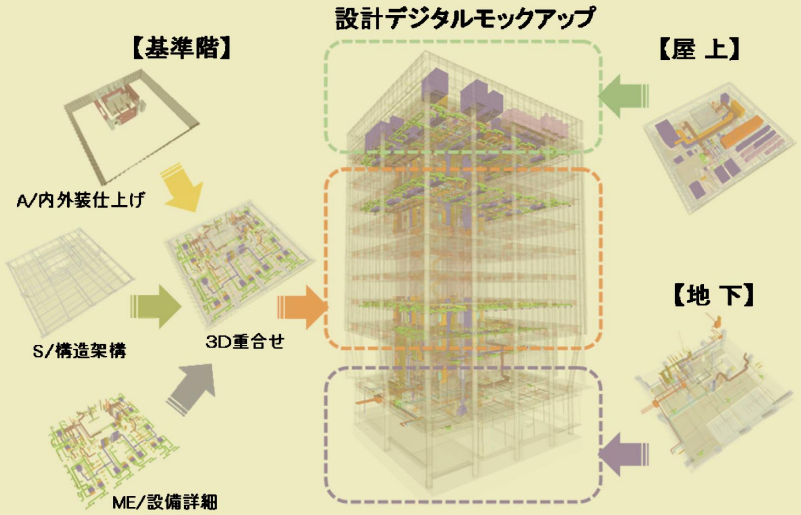
2.　日本ガス協会ビルでのBIM活用事例

日本ガス協会ビルの建替工事での生産設計・施工計画・施工プロセスにおけるBIM活用事例を紹介する。工事概要は，延床7,500m²ほどの鉄骨造で，地下１階・地上９階・PH１階の事務所ビルであり，2011年１月に着工して2012年10月に竣工予定である。

(1)　設計でのデジタルモックアップ

設計でのBIM活用の特長は，設計と施工を統合した検討を組織的に日常業務として行っていることである。設計段階ではほぼ全案件を対象として，その案件の特性に応じて有効な対象を絞り込んでデジタルモックアップをBIMツールで構築している。日本ガス協会ビルでは，全館のデジタルモックアップを作成した。

生産設計では，いわゆる“フロントローディング”で，施工段階で検討していた事項を前倒しして施工を担当する部署が加わり検討した。内外装仕上げ・構造架構・設備詳細を３次元で重ね合わせて意匠・構造・機械・電気（以下「ASME」という）の整合を取った設計デジタルモックアップとしてまとめ上げている（**図－1**）。



図－1　基準階ASME各モデルの重ね合わせによる整合調整

従来は設備サブコンが施工段階で検討する内容にまで踏み込んで生産設計の段階で検討し，BIMにその結果を盛り込んで施工段階に引き継いでいることが特長である。建築と設備を統合した合理的な提案や，施工ノウハウをBIMに盛り込むことで，生産性の向上や後工程での手戻りを防止している。

(2) BIMツールで施工図を作成

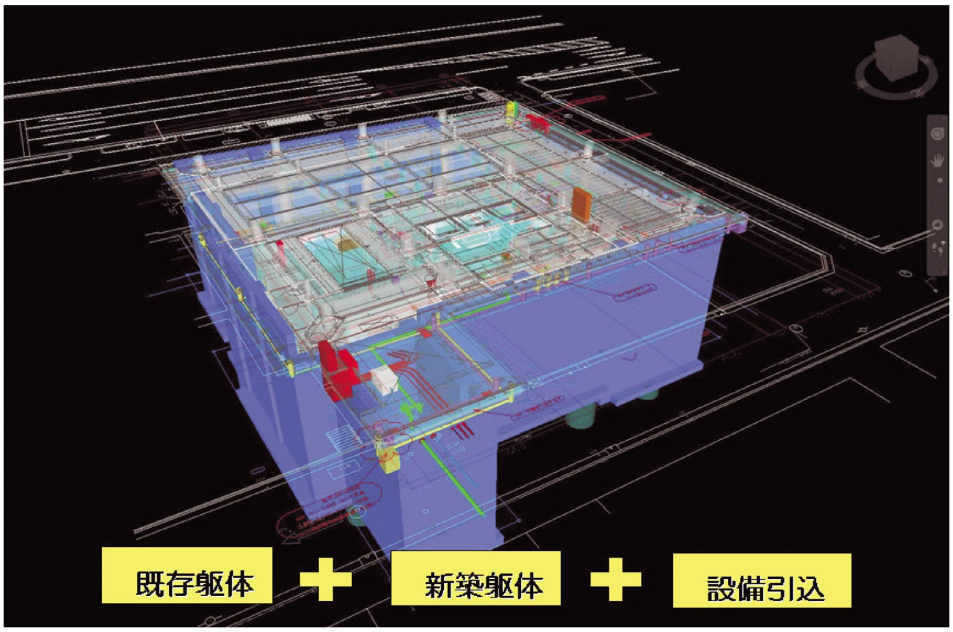
日本ガス協会ビルでは，BIMツールだけで施工図を完成させることに初めて挑戦した。これまでのBIMによる施工図は，BIMツールで作成したモデルから２次元CAD形式の図面を出力し，２次元CADで修正を加えて施工図としたものだった。BIMツールには施工図に必要な細かい作図表現手法が確立されていなかったからである。

日本ガス協会ビルでは，BIMツールによる作図表現手法を確立するために，施工図作成に必要なテンプレート（図面作成のひな形）を準備した。実際にBIMの施工図を作成すると情報量が多いために，２次元CADに比べて約３倍の作図時間がかかった。一方，BIMでは平面図，立面図，断面図の整合性が担保されているので，施工図の修正時間は約1/2～1/3と短縮された。今後テンプレートが充実し作図手順が確立すれば，細かい調整が多い施工図作成で，全体の作図時間を短縮することが期待できる。これまで担当者および施工図工の技量に左右されていた「図面間の整合」がBIMで検証でき，手戻りを抑制できることがBIMツールで施工図を作成するメリットと考えている。

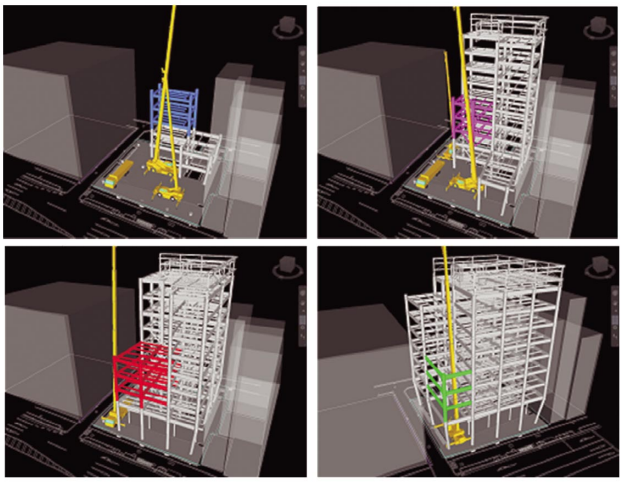
(3) 詳細な施工計画

清水建設では，これまで既存地下外壁外周部を山留め壁として新築地下躯体を計画し，解体コンクリート排出量を削減し環境にも配慮した設計を工夫してきた。日本ガス協会ビルは建替工事であったため，**図－２**に示すように，BIMツールを用いて既存躯体を入力した。さらに，新築の地下躯体と地中埋設の設備配管や電気に引込幹線を重ね合わせた。特に，地中埋設の設備配管や引込幹線については，生産設計段階で前倒しの施工計画が可能となった。BIMを使うと地中の見えない部分を総合的に可視化して，より具体的に詳細な検討ができ，解体範囲を削減する検討を早期に行うことができた。

BIMを用いることにより，現場の状況に応じて短い時間で正確な判断ができるようになり，無駄な余裕をみて解体範囲を広げておく必要がなくなる。解体範囲が減ることで，安全上も，近隣への騒音・振動の面でも，工程・コスト面においても



図－２　地下解体工事のBIMによる検討



図－３　BIMによる鉄骨建方シミュレーション

メリットがあった。

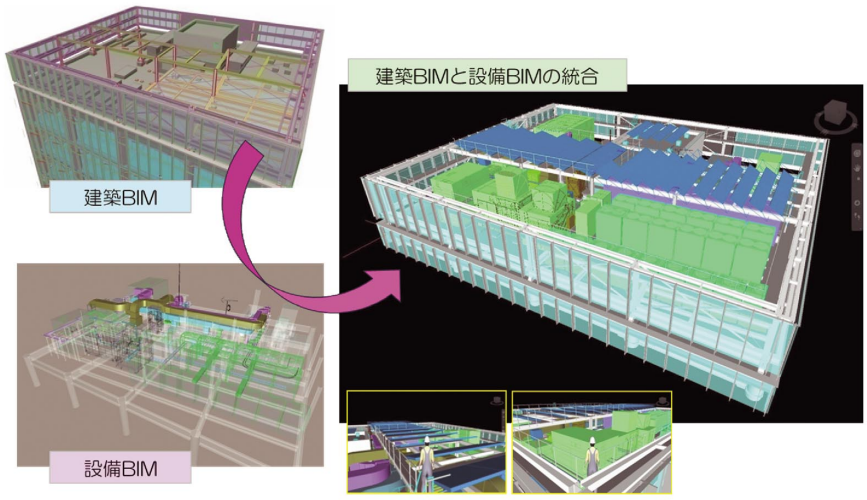
図－３は，BIMを施工計画・鉄骨建方シミュレーションで活用した例を示している。日本ガス協会ビルでは，①鉄骨重量の算定・柱の節割，②揚重機の選定・狭い敷地で道路使用を極力なくした配置計画，③安全ネットや足場などの安全設備，④本締め・溶接などの手順を計画など，現場担当者の思い込みや読み違いによる施工計画の不具合を解消できた。

建物の屋上には最新の太陽光発電装置やガスを使用した多くの機器が設置される設計であったが，着工後に設備機器の変更があった。この変更に対し，建築の最新情報を反映した建築BIMと，現場で変更に対応した設備BIMを重ね合わせて調整した（**図－４**）。

込み合った機器の配置計画にBIMを最大限に活用し，安全な点検ルートなどの検証にも最後までBIMを使用し，効率良く，また早い時期に発注者の合意を得ることができた。施工図レベルの建築BIMと設備BIMを統合することにより，建築と設備との調整業務が効率化できた。

⑷　施工図BIMで合意形成のあり方を変える

BIMの活用により，図面を囲んで行う打ち合わ



図－4　建築情報と設備情報のBIMによる統合

せの風景も変わってきている。**写真－1**は定例会議の様子で，モニター上には常に該当するBIMが映っている。打ち合わせ内容を「見える化」することで，施工関係者が共通の認識で取り組めるようになった。

一品生産の建築施工では，打ち合わせのためだけに作成する３Dデータは実際の変更に追随できなくなり陳腐化してしまう。施工図をBIMとすることで，施工現場で打ち合わせに用いる３Dデータが最新情報を反映していることが保証される。

BIMをもとに打ち合わせを行えば，関係者のコミュニケーションも円滑になる。建築業界は意匠，構造，設備，施工のように分野ごとに専門化，細分化が進んでおり，分業化され，縦割りになっている。この縦割り分業の関係者間のコミュニケーションをBIMによる情報の共有化で活性化することができた。

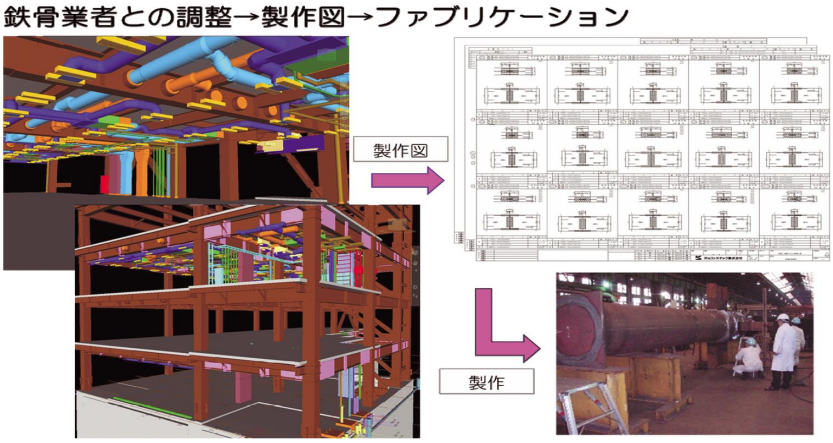
写真－1　BIMモデルで全員参加の議論

3.　京橋清水三平商会ビルにおける鉄骨専用BIM適用事例

専門工事業者のBIM活用事例として京橋清水三平商会ビルにおける鉄骨での取り組みを紹介する。清水建設では，見積図を鉄骨専用BIMツールで入力し，正確な数量を算出して業者の見積数量査定に利用する手法は，すでに多くの案件で実施され一定の成果を上げている。

京橋清水三平商会ビルでは，次のステップとして鉄骨の製作図をBIMで作成し，総合調整に使用することに取り組んだ。清水建設の関連会社である片山ストラテックの鉄骨図面に関するノウハウをもとにして，片山ストラテックが開発している鉄骨専用BIMツールであるKAPで実現した。

図－5に示すように，設計段階でのBIMによる総合調整は，構造解析データ連動により構造BIMを作成し，これに設備BIMを重ねた。鉄骨貫通ができない部分を３Dモデルに表現することで設備との調整が容易になった。鉄骨などの専門分野では，施工業者決定前にエンジニアリング業務としてBIMに取り組み，製作図まで繋げて，より効果的に活用できることを確認した。



図－５　BIMによる鉄骨業者との調整

4.　清水建設新本社プロジェクトでのBIM適用事例

清水建設新本社プロジェクトでの施工計画でのBIM活用について紹介する。工事概要は，地下３階・地上22階・延床面積が51,355m^{2}のオフィスビルである。

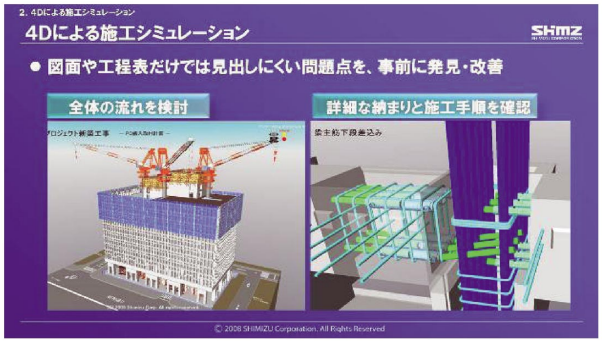
(1)　施工シミュレーション

施工シミュレーションのためのBIMは，工事種別・工区等により細分化したBIMに，事前にライブラリ化した揚重機や仮設部品を付加して作成した。

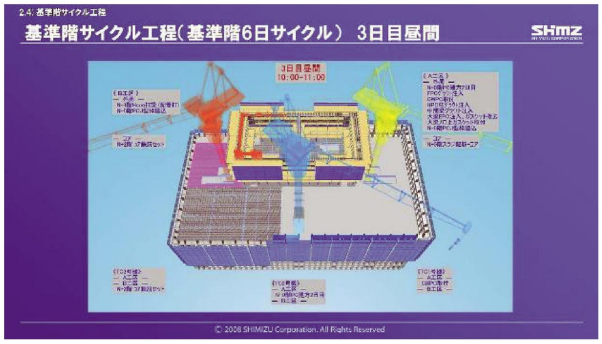
３次元に時間を加えた４Dによる施工シミュレーションは，施工計画用の３Dモデルに手順を加えることにより作成した。**図－６**に示すように，計画した歩掛りやコストを実現するために，専門工事会社と一体となって，詳細な納まりや施工手順を確認し，改善するために活用した。

基準階サイクル工程のシミュレーションは，まず，工区ごとの大まかな手順を視覚化することから始めた。問題点や矛盾が発見された部分について，詳細な施工手順を作成し関係者が集まり見直して，工程全体を再調整することを繰り返した。

この過程で，工区境での調整の必要性や，仮設の盛替や移動中の干渉などの２次元の図面と工程表を見比べるだけでは気づくのが難しい施工計画上の課題が一目瞭然となり，現場での手戻りの少



図－６　４Dによる施工シミュレーション



図－７　基準階サイクル工程の検討

ない精度の高い施工計画を立案することができた。

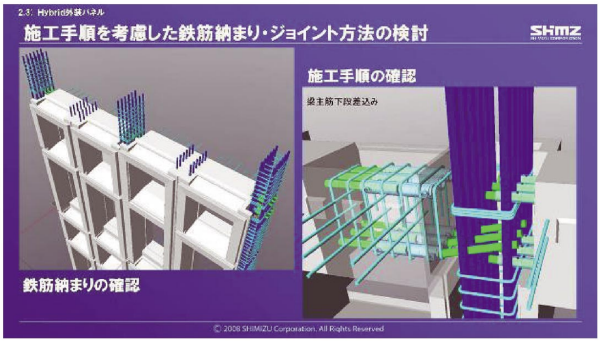
また，作成した施工シミュレーションを現場や本社スタッフと専門工事会社が一緒に改善を繰り返すことで関係者間の意思疎通が円滑化した（**図－7**）。

(2) 外装PCa板の施工デジタルモックアップ

清水建設新本社の構造上の最大の特徴である外装PCa板を実現するために，基本設計段階から施工計画の造り込みを前倒しして開始した。

このPCa板は，構造体として外周フレームを構成しているため，隣接するPCa板の鉄筋と緊結しておく必要がある。そのため，施工手順と鉄筋のジョイント方法と足場の計画が密接に関係することになった。関係者による３Dを利用した鉄筋・スリーブジョイントの納まりの検討と，４DによるPCa板の建方や鉄筋ジョイント手順の検討を繰り返し行った（**図－8**）。

その後に実物大の模型によるスリーブジョイントへのグラウト注入試験や，実物大の施工試験による施工性と歩掛りの確認を経て，実施工に至っている。これらのシミュレーションを行うことにより，設計者・現場担当者・PCa製作取付業者間の意思疎通の円滑化が図られた（**図－9**）。



図－8　施工手順を考慮した鉄骨納まり・ジョイント方法の検討

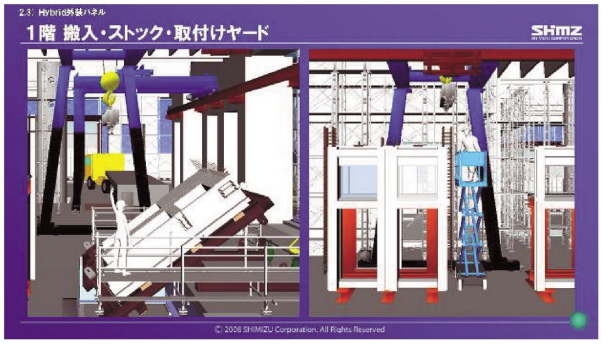
図－9　モックアップによる確認

(3) 外装PCa板の搬入・取り付けシミュレーション

清水建設新本社は都心に立地しているため，建物の周囲にストックヤードを設ける余裕がない。そのため，１階に外装PCa板の搬入・ストックと鉄筋・パネルを取り付けるヤードを設けることとした。

取り付け前々日の夜間に搬入したPCa板は，２台のゴライアスクレーンによりストック用架台に移動し，前日には，別途搬入した柱鉄筋や太陽光パネルの取り付けを行った。

当日垂直揚重架台に移動し，タワークレーンにより取り付けた。外装PCa板の搬入・取り付けシミュレーションにおいては，建物と搬入・ストック設備の納まりや，外装PCa板の搬入・取付過程における建物や仮設との干渉の有無を詳細に確認することにより，複雑な施工計画を高い精度で立案できた（**図－10**）。



図－10　１階搬入・ストック・取付ヤード

5.　今後の展望

建築施工の分野では，BIMを活用した生産設計，施工計画，合意形成でメリットある使い方は

確立されてきている。また，製作・施工での活用も進みつつある。今後は，建築施工での透明化と発注者の立場に立ったBIM活用が発展の方向として展望できる。

(1) 施工数量の透明化

施工数量の透明性を増すことにもBIMが役立つ。清水建設では，鉄骨・型枠・コンクリートなどについては，BIMで施工数量を検証する案件が増えている。

仕上数量については，BIMソフトと積算ソフトの連携が始まっており，発注者に対して今までわかりにくかった見積数量の見える化が可能になる。BIMデータに基づき積算することで施工数量の積算根拠が明確になる。さらに，発注者と設計者とゼネコンのみならず，専門工事業者まで含めて施工数量が共有できる。

(2) 合意形成での活用

発注者との合意形成はゼネコンにとって重要なことである。合意形成のためにBIMを使えば，バックヤードまで含めて完成予想を３次元で可視化でき，避難経路やセキュリティなど運用面まで考慮した検討ができるようになる。また，維持管理段階での運用に配慮して，配管のバルブ，各種メーターが読みとりやすい位置にあるかを事前に確認できるようになる。

(3) 維持管理への適用

建物の企画・設計から運用を経て解体されるまでのライフサイクルコストに占める建設費の割合は２～３割で，残りの７～８割は運用や維持管理などにかかる費用である。

BIMは維持管理段階で保全業務や大規模修繕，改築や建物管理，資産管理（ファシリティマネジメント）に活用できる。

BIMがあれば，壁や天井板の裏側にある各種機器や配管，ダクト，電線などの見えない場所を見ることができる。タブレット端末で閲覧できるようにすれば，使い勝手が大幅に向上する。属性情報に施工年月やメーカーなどを記録しておけば，故障時の対応もスムーズにできる。長期修繕計画の時期やコストも属性情報をもとに自動作成できるようになる。改修履歴や部品交換記録により資産管理も可能となる。

維持管理BIMを保有することで，運用や維持管理段階でのビジネスの方法が変わる可能性がある。BIMを活用した次世代のストックビジネスは，今後の新しい成長分野になることが期待できる。清水建設ではBIM活用を提案し，グループ会社と連携して維持管理段階でのBIM活用方策を具体化する予定である。

6. おわりに

BIMを建築施工で活用している最新事例を紹介した。BIMは，設計，施工段階から，さらに維持管理段階へと成長させ進化させることが必然と思える。

BIMの真価は，発注者，設計，ゼネコン，設備サブコン，各種製作業者全体，建物運営会社等，建物に関わる全ての関係者がBIMに取り組むことにより発揮できる。BIMを使いこなして関係者間でメリットを共有するために，さらなる試行錯誤を重ね，ノウハウを蓄積してBIMを展開していく。