

受注・設計編

構造部材との干渉を避けた設備設計を実現



清水建設株式会社関東支店生産支援部
生産支援グループグループ長
藤咲 雅巳 氏

清水建設株式会社関東支店では、あるオフィスビルの建設プロジェクトで「事前に干渉を避けた設備計画」を行うことにより、施工段階の設計変更や手戻りを大幅に削減することに成功しました。プロジェクトを担当した関東支店生産支援部 生産支援グループ長の藤咲雅巳氏に、BIM による設備設計・施工の生産性向上の秘訣についてお話をうかがいました。

構造部材との干渉を 事前に避けた設備計画

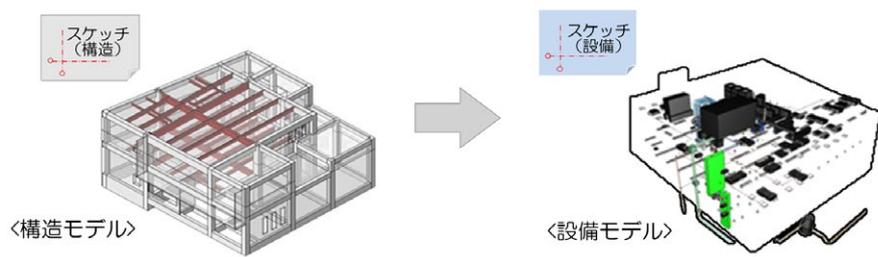
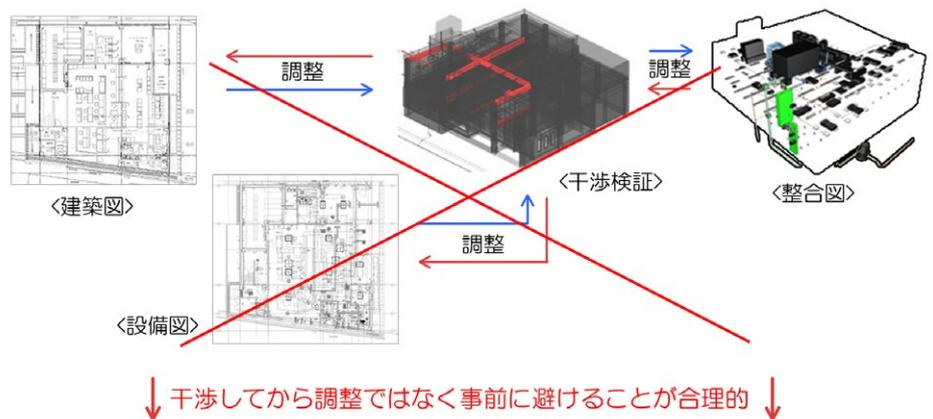
これまでの設計の流れは意匠、構造、設備の設計者が作成した図面を施工段階で重ね合わせて「総合図」を作り、干渉部分を発見して調整するのが一般的でした。そのため、施工段階に入ってから設計変更や作業の手戻りなどの無駄が発生する傾向がみられました。

そこで藤咲氏は、コンピューター上に構築した建物の3次元モデルを使って設計するBIMの手法を用いて、小規模な事務所ビルの建設プロジェクトで「事前に干渉を避けた設備計画」を実現することを計画しました。その設備設計ソフトとして選んだのが、BIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）

対応の建築設備専用CAD「Rebro」（レブロ）でした。

2010年4月に支店内の設計者や施工担当者、そして協力会社とともにプロジェクトチームを結成、設計が始まりました。工事の受注前に構造計算ソフトにて（仮）計算をし、そのデータからRevit Architectureにて構造モデルを作りました。

次に設備を計画していきます。構造モデルを「テンプレート」としてレブロに読み込み、空調ダクトや給水・排水管、照明、ケーブルラックなどを配置していきましました。その目的は、構造フレームとの干渉を事前に避けるように設備を計画することでした。



▲構造モデルを「テンプレート」として、構造部材を避けるように設備モデルを設計

CORPORATE PROFILE

清水建設株式会社

本社：東京都中央区京橋二丁目16番1号

代表者：代表取締役社長 宮本 洋一

設立：1804年（文化元年）

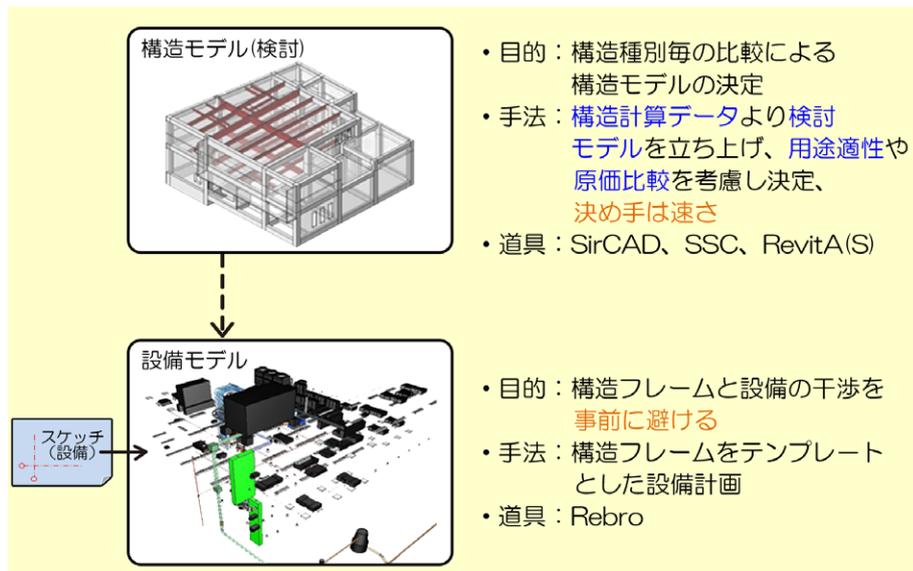
資本金：743.65億円

従業員数：11,050人 2013年4月1日現在

事業概要：建築・土木等建設工事の請負
（総合建設業）

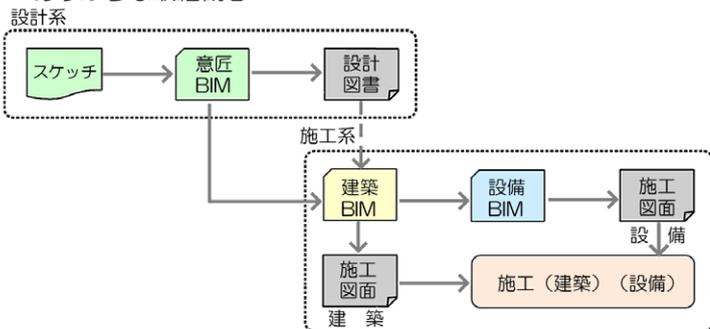
「設備設計で目指したのは、後で干渉を発見して対応する“結果型”の設計ではなく、事前に干渉を避けて配管や空調ダクトなどのルートを計画する“造り込み型”の設計にすることでした。特に構造フレームとの干渉は致命的になりますから」と藤咲氏は説明します。

レプロには、梁や柱、床、壁といった建物の形状をBIM用の「IFC形式」や、3次元の「DWG形式」、「DXF形式」で読み込み、統合モデルを作る機能が搭載されています。躯体と設備が干渉した場合には、3Dモデル上に番号のついた「バルーン」が表示されるので干渉箇所がすぐに発見できます。つまり“造り込み型”の設計を行うためには最適なソフトなのです。

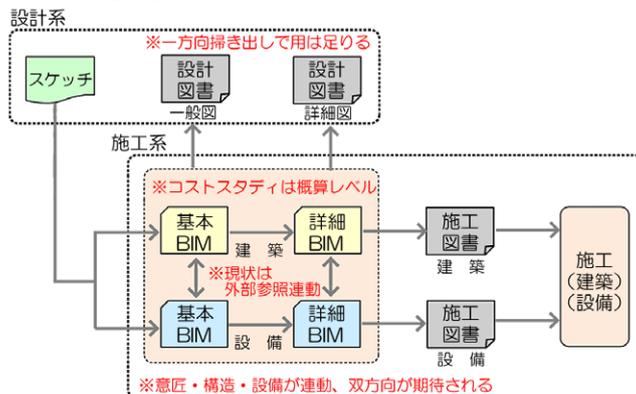


▲ 構造モデル（上）をテンプレートとして活用し、構造フレームを避けるようにレプロで設備モデルを作成

■ありがちな取組概念



■今回の取組概念

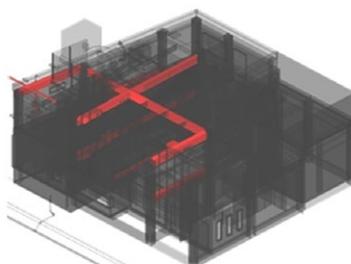


▲従来の「結果型設計」と今回の「造り込み型設計」のワークフロー概念図

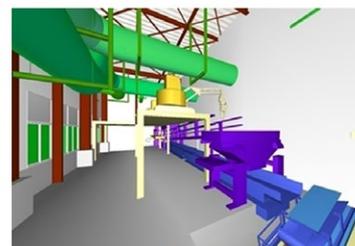
設備設計こそBIMの メリットが生かせる

「設備設計こそBIMのメリットが最も生かせる分野でしょう。というのも、ダクトや配管も継手、バルブなどの部材は規格化されているため、BIMモデルが作りやすく、そして建物の用途や形状が変わっても使う部材は同じであるからです」と藤咲氏は説明します。

レプロには日本の設備工事で使われる配管やダクト、ケーブルラックなどの3次元部品が豊富にそろっており、特殊な機器は独自の部品を作れます。そのため、機械室などのモデリングも機器の形状や寸法を忠実に再現できるのです。また、配管などのルート変更や厳密な勾配の設定、ダンパと継手の重なりを防止する「禁則処理」など使いやすい機能が用意されているため、効率的にモデリングが行えます。



＜干渉チェック＞



＜総合調整＞

▲ 別工事の設備の3Dデータも合体させて干渉チェックを行うとともに4Dシミュレーションで施工手順などの総合調整も行えます

建物の構造部材と設備部材は、コストに大きく影響する要素です。これらをプロジェクトの初期段階でしっかり計画しておくことで、初期段階から建物のコストも高い精度で見積もることができ、施主への技術提案も説得力のあるものになります。

「レブロを使って設備モデルから角ダクトの㎡数、配管の長さ、機器の数量などを自動的に拾い集計しました。設備の設計と同時に積算の資料ができるので、工事の原価計算はとても楽でした」（藤咲氏）。

工事の受注が決まった後は、さらに詳細な設計へと進んで行きました。意匠、構造、設備の BIM モデルと、他のメーカーが据え付けを担当する機器の 3 次元モデルを Navisworks で一つにまとめて「BIM 総合図」を作り、干渉がないかも確認できます。

その後、設備設計は実施設計段階に入り、より詳細な設備 BIM モデルへと設計情報が付け加えられていきました。例えば、配管やダクトを設置するための「ブドウ棚」の吊りボルトやステーなどを避けて細かい位置調整を行ったり、天井

板やタイルの目地に合わせて照明器具の位置を決めたりといった作業です。「これまでは、設計変更に備えて吊りボルトや、構造部材の貫通穴を多めに設置しておくこともありました。逆に吊りボルトの位置がどうしても足りなくなり、コンクリートの打設後にアンカーボルトを打ち込むこともありました。これらは品質の不具合やコストアップにつながりますので、事前に解決しておくべきでしょう」と藤咲氏は語ります。



▲意匠モデルの内部の天井割や外壁のタイル割と設備モデルを連動させることで手戻りを防止する

日本で開発された 設備専用 CAD の強み

藤咲氏は BIM ツールを選ぶ際に強い信念を持っています。それは「道具を選んでからやることを決める」のではなく、「やることを決めて道具を選ぶ」ということです。前者の場合、「やること」が「やれること」に変わってしまい、本来、目指している BIM 活用の目的から外れてしまうことがあるからです。

今回のプロジェクトにおける設備設計の目的は、企画・基本設計段階から構造部材との干渉を避け、積算検証しながらの「造り込み型設計」を行うことで、従来の「結果型設計」から脱却することでした。

その目的を果たすため、藤咲氏がレブロを選んだ理由の一つは、日本

で開発された設備専用 CAD のため、日本の設備工事によく合っていたからです。また設備 CAD としては IFC 形式のデータ書き出し機能を先行して搭載していることもありました。

これまでのワークフローと違った「造り込み型設計」を行っていると、ソフトの機能として新たに盛り込んでほしいものも出てきます。こんなときには開発元の NYK システムズの技術者がスピーディーに対応したことも、レブロに対する信頼を高める結果となりました。

BIM モデル通りに納まったダクトや配管

あるオフィスビルの建設プロジェクトの設計、施工を BIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）で行った清水建設株式会社関東支店は、構造部材をあらかじめ避けて設備計画を行う「造り込み型設計」を行った後、設備の施工に移りました。果たして、現場の業務は従来の方法からどう変わったのでしょうか。プロジェクトを担当した関東支店生産支援部生産支援グループ長の藤咲雅巳氏に、施工業務の実際と、完成後の保全業務における BIM 活用についてうかがいました。

事前の数量計算と 専門工事会社の積算がほぼ一致

施工段階での原価管理で重要なのは、専門工事会社と早期に工事内容を合意し、契約することで、設備部材の数量はその根拠となります。「レプロで作成した設備の BIM モデルには、ダクトや配管から貫通部のスリーブ、バルブなどに詳細な属性情報が付いており、自動的に数量計算を行えます。例えば、角ダクトの板厚毎の㎡数や口径別の配管長・バルブ個数などの集計は、非常に高精度で行えました」と藤咲氏は振り返ります。

「BIM モデルから自動集計した数量と専門工事会社が積算で提出してきた数量を比較してみたところ、ほぼ一致していました。BIM モデルの属性情報は、設計段階のコストスタディーや専門工事会社の見積内訳の妥当性を検証するためにも大いに役立ちます」（藤咲氏）。

スリーブなどの部材は、現場によっては数万個も必要ことがあります。施工中に足りなくなると作業に手待ちが生じてしまうことがあるため、多めに発注する必要がありますが、逆に多すぎるとコストロスにもつながります。BIM の属性情報を活用した自動数量積算で、必要十分な個数を発注することができました。このことは、建築工事における補強部材の拾い出しも同時に行われていることとなります。

今回の東日本大震災では、各地の建物で天井が落下し、大きな被害が発生しました。内装材である天井では、これまで本格的な耐震性の検討は、天井のふところの条件により行われておりました。しかし、今後は地震時の横揺れを防ぐため、斜材などを取り付けることが重要となります。

「今後は天井の耐震対策が必要になるでしょう。斜材がさらに追加されることで、ただでさえ狭い天井裏の空間は、設備と吊り部材との干渉が今以上に多くなります。あらかじめ干渉を避けた設計を BIM で行い施工品質が確保されることはもちろん、正確な数量を集計しておくことで、吊り部材や吊りアンカーを無駄なく発注できるでしょう。以前では設備 CAD にそこまで求めることは無理がありましたが、レプロというツールがその可能性を感じさせてくれました」と藤咲氏は語ります。

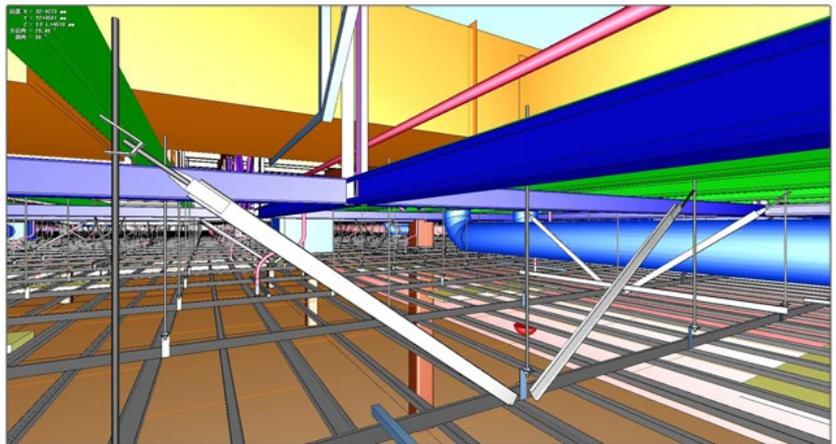


<設備図>

名称	規格	数量	単位	備考
共振フランジダクト(低圧)				
亜鉛鉄板	0.5mm	12.1	㎡	
スパイラルダクト				
	100φ	3.8	m	
	125φ	4.8	m	
	150φ	71.9	m	
	175φ	43.8	m	
	200φ	33.8	m	
	250φ	57	m	
	350φ	0.5	m	

<設備集計表>

- ▲ 図面と数量計算が連動し、設計段階のコストスタディーや専門工事会社の見積内訳の妥当性を検証するためにも大いに役立った



- ▲ 斜材を取り付けた天井。天井の耐震化とともに、設備との干渉を「フロントローディング」によって設計段階で解決しておくことは、施工時手戻りやコストロスを防止するためますます重要性が高まる

.....

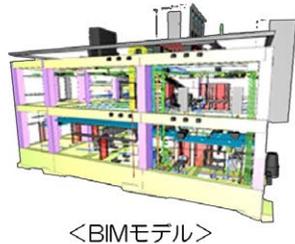
配管やダクトをあらかじめ色分けした施工図

.....

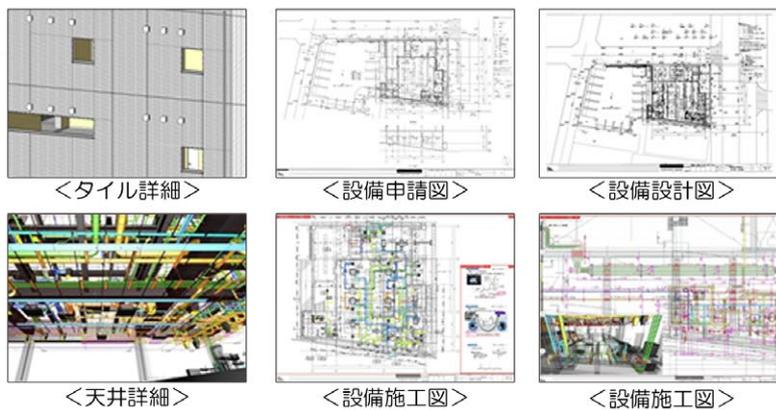
複雑に入り組んだダクトや配管を正確に施工するためには、分かりやすい施工図が必要です。これまではモノクロで印刷した施工図を色鉛筆などを使ってダクトや配管の種類ごとに色塗りすることにより見やすくしていました。「せっかく BIM を使って設計するのなら、大判カラープリンターが普及している今、使うことで手間が省けると思いました」という藤咲氏。あらかじめ設備ごとに色分けされた図面をカラーで出力。さらに施工図の片隅に細部の納まりを立体画像で表した 3 次元パースや施工管理基準の図などを貼り付けました。



▲ BIM モデルから大判カラープリンターで印刷した施工図。3次元パースでダクトや配管などの細部の納まりを表したほか、図面の隅には施工管理基準なども貼り付け、分かりやすくした



<BIMモデル>



<タイル詳細>

<設備申請図>

<設備設計図>

<天井詳細>

<設備施工図>

<設備施工図>

▲ BIM モデルから各種設備図面を作成

.....

BIM モデルのダクト、配管がそのまま実物に

.....

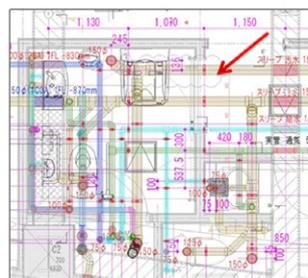
あらかじめ「造り込み型設計」で意匠や構造部材と設備の干渉を解決した設計を行っていたため、着工後の設計調整はほとんど必要なくなりました。その結果、専門工事は、現場での施工

作業に専念できました。施工時の問題を設計段階で解決しておく「フロントローディング」の効果で、手戻りがなくなったため、現場の生産性は大いに高まりました。「隠ぺい部の施工が終わった後、BIM モデルと実物のダクトや配管を見比べてみると、BIM モデルがそのまま実物に置き

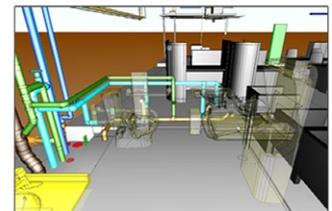
換わったかのようなものでした。各設備が設計通りに納まり、手戻りが発生したような形跡がほとんど見当たりません」と藤咲氏は語ります。その状況は、図面、CGパース、施工写真を見比べてみるとよく分かります。



▲ 着工前の BIM モデルによる合意形成の場



<BIM-2D>



<BIM-3D>



<施工写真>

▲ 設計初期段階では、カウンターの中に給水管と通気管が納まっていなかったが、BIM モデルによる「見える化」によりカウンターを広げることで最適に納めることができた

BIMモデルによる「造り込み型設計」は、次のステップとして「ものづくり」につながります。

これらは、設備でのプレハブ化やモジュール化を可能とします。工場製作をすることで、品質 (Q)、コスト (C)、工期 (D)、安全 (S)、そして残材の減少などにより環境 (E) のすべてが向上できそうです。レプロには、配管加工機能が実装されているのでこれから機械室のユニットなどで搬入計画 (4D) を含めた BIM ならではの専門業者とのコラボレーションが期待されます。

2011年2月にプロジェクトの竣工を見届けた藤咲氏は、「これは、建設業におけるプロセスイノベーションの一步です」と語った。

▶ BIMモデルから作成した図面やCGと、完成した設備はそっくりで施工中の設計変更や手戻りの形跡はみられない



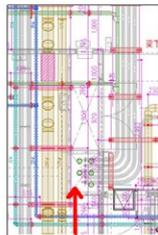
<BIM-2D>



<BIM-3D>



<施工写真>



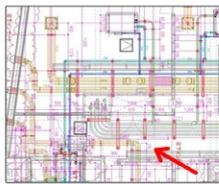
<BIM-2D>



<BIM-3D>



<施工写真>



<BIM-2D>



<BIM-3D>



<施工写真>

建設会社の保全ビジネスにも活用できる BIM モデル

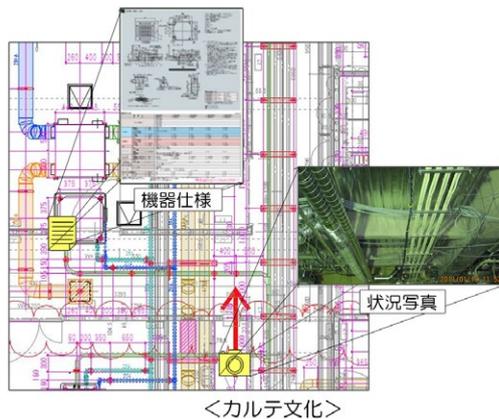
「竣工時の BIM モデルの属性情報に、施工中の写真や機器情報や修補情報をひも付けておくことで、病院の『カルテ』のような資料として、将来の保全業務に有効利用できそうです。壁や天井、床下に隠れてしまう設備だからこそ、実物同様の設備の位置や内容を記録した BIM モデルは役に立ちます。不具合があったときはすぐに対応できるでしょう」と藤咲氏は保全業務への BIM モデルの活用を展望します。

建物が誕生してから運用期間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と言われています。これまでの建設業は前者の部分だけでビジネスを行っていたと言っても過言ではありません。

BIMモデルを建物のカルテとして、完成後も保全業務を通じて施主とかわりを持つことにより、効率的な維持管理や大規模修繕、改築などが可能になります。壁や天井板の裏側にある各種機器や配管、ダクト、電線などの位置が分かり

ます。また、属性情報に施工年月やメーカーなどを記録しておくことで、故障時の対応もスムーズに行えます。長期修繕計画の時期やコストも属性情報を元に自動作成することも可能です。

つまり、竣工時の BIM モデルを保有することで、運用や維持管理段階での新しいビジネスチャンスが開けるのです。BIMモデルを活用した次世代のストックビジネスは、今後のこの業界にとって新しい成長戦略の一つとして重要な分野になりそうです。



NYK SYSTEMS

株式会社NYKシステムズ
<https://www.nyk-systems.co.jp/>

東京事業所 〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町1-13-1 水戸部ビル

TEL (03) 5833-7172 FAX (03) 5833-7173

大阪事業所 〒530-0041 大阪府大阪市北区天神橋1-19-8 MF南森町3ビル

TEL (06) 6881-5052 FAX (06) 6881-5063

※「Rebro®」は株式会社NYKシステムズの登録商標です。その他記載の商品名は各社の商標または登録商標です。

※記載事項は予告なく変更することがございます。予めご了承ください。