

現場力を高める BIM 最前線

家 入 龍 太

建設業界では2009年ごろから、従来の図面を使った設計から、コンピューター上に構築した建物の3Dモデルを使って設計する「BIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）」と呼ばれる手法が本格的に普及しはじめた。

当初、BIMは設計段階でのデザイン検討やプレゼンテーション、部材同士の干渉チェックに使われることが多かったが、施工段階での活用へと進むと3Dプリンターによる実物大モックアップや施工シミュレーション、さらにはコンクリートを材料として実際の建物を建設する巨大3Dプリンターも開発が進み、実用化レベルに迫っている。こうした最近の動きを紹介しよう。

キーワード：BIM, 3D プリンター

1. BIM とは

BIM（「ビム」と読む）とは、コンピューター上に実物の建物と同じような3次元モデルを作って設計を進める手法だ。

図面は建物を表すためにいろいろな方向や角度、切り口から建物を見た状態を図形で表現する。これに対してBIMは、コンピューター上に実物と同じ形や構造、大きさで3次元の仮想の建物を作って表現する。いわば、建築模型をコンピューターでバーチャルに作りながら設計を進めていく手法と言えるだろう。

BIMでは柱や梁、鉄骨、配管、空調ダクトといった壁や天井の裏に隠れたところまで忠実に3次元でモデル化する。隠れた柱や配管まで忠実に作ってあるので、ある階でBIMモデルを水平方向に切断すると外壁や仕切り壁、柱、エレベーターなどの断面が現れ、「平面図」になる（図—1）。また、BIMモデルを外から見ると「立面図」、鉛直方向に切断すると「断面図」になる（図—2）。

これらの図面は、1つのBIMモデルから切り出して作るので、従来の図面のように平・立・断の各図面間で不整合は起こらない。

建物の形や構造などを3次元で表現することは、一般の3次元CADでもできる。BIMが従来の3次元CADと違うのは、壁や柱などの中に「属性情報」が格納されていることだ。属性情報には部材の材質や型番、メーカー名など、必要に応じていろいろなものを



図—1 BIMモデルの例。内部には隠れた柱や梁、配管なども忠実に作られている（資料提供：美保テクノス）



図—2 BIMモデルをいろいろな視点で切断することで図面が作れる（資料提供：福井コンピュータアーキテクト）



図一3 設備の属性情報の例。円内の空調機の BIM モデルを開くと、右側の画面にメーカー名や電源の電圧、質量などの属性情報が入力されている（資料提供：グラフィソフトジャパン）

入れることができる（図一3）。

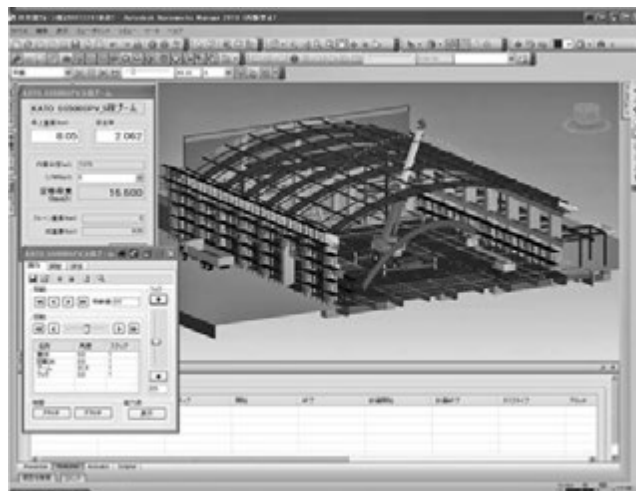
つまり、BIM とは建物や設備の 3 次元形状や寸法とともに、建物のデータベースとも言える属性情報をまとめて扱うことで、図面作成や数量計算、空調シミュレーションなどの作業を大幅に自動化、効率化することができるのだ。

2. 施工の効率化に有効な干渉チェック機能

BIM ソフトを使って施工の効率化を図る上で最も便利な機能の 1 つに「干渉チェック」がある。

意匠、構造、設備の BIM モデルを 1 つに統合し、部材同士が空間的にぶつかっている個所を見つける機能だ。これまでは意匠、構造、設備の図面を 1 枚の図面上にまとめた「総合図」というものを作り、技術者が目を凝らしながら部材が干渉している部分を見つけては設計を修正していた。

BIM ソフトの干渉チェック機能を使うと、BIM モデル上で干渉している部分を自動的に検索し、BIM モデル上に色分け表示したり、それに対応する一覧表を表示したりする。BIM モデルと一覧表はリンクし



図一5 クレーン作業中の 4D による干渉チェック（画像提供：美保テクノス）



図一6 細かい部材を含めて干渉チェックを行う「バーチャル竣工」のイメージ（画像提供：竹中工務店）

ており、相互に行き来して干渉部分を確認められるのだ（図一4）。

現場での施工時には、各部材を取り付け場所まで搬入する必要がある。この搬入経路上で他の部材や仮設材などと接触しないかをチェックすることを 4D による干渉チェックという（図一5、6）。4D とは、3D に時間軸を加えたものという意味だ。

3. 建設業界での 3D プリンターの使われ方

BIM の普及に伴って、建物の 3D モデルデータから模型や実物の建物などを作る 3D プリンターという機械も建設業界で使われ始めた。その用途は、複雑なデザインの模型作成から施工手順・施工方法の検討、さらには巨大 3D プリンターによる実物の建物の施工にまで広がっている。

（1）意匠的なデザインの検討

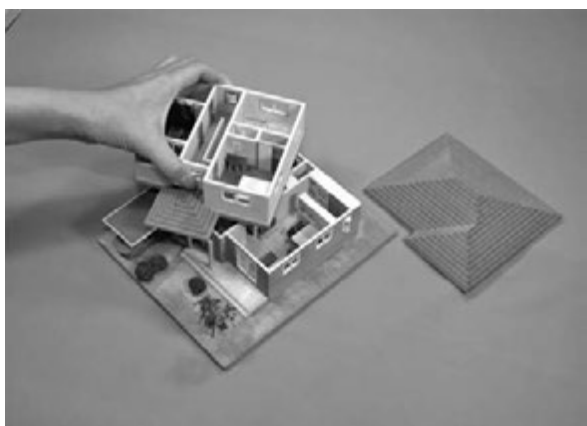
3D プリンターのメリットのうち、設計者のにとって最大のものは何と言っても「設計の見える化」だろう。



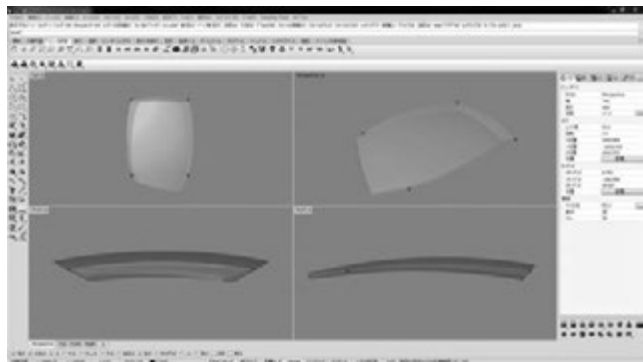
図一4 構造部材と配管の干渉チェックの例（画像提供：テクラ）

設計中の建物を3Dプリンターで模型にすると、設計中の建物がまるで実物の建物のように見えるので、誰にでも完成時のイメージがわかる。そのため、図面では気がつかなかったデザインや間取りなどの問題も、工事に着手する前にわかり、希望通りの建物ができるように設計を修正しておくことが可能になる。

最近は前述のようにBIMの普及で屋根などの形をコンピュータープログラムによって生成する「アルゴリズムックデザイン」という手法も使われるようになった。複雑な曲面を正確に模型化するのは手作業では難しいため、3Dプリンターによる造形が用いられている(図一7, 8)。意匠デザインを重視した建物で



図一7 3Dプリンターで作成した住宅の模型。屋根や階ごとに分解できる(写真:メガソフト)



図一8 アルゴリズムックデザインにより設計された複雑な屋根形状(上)と3Dプリンターで作成した模型(下)(資料・写真:梓設計)



図一9 清水建設における実物大モックアップの作成例(写真:家入龍太)

は、窓のサッシ枠やドアノブなどを特注で作る場合も多い。デザインはスケール感とともに、人間の体感も含めて検討される。そのため、サッシ枠の断面を3Dプリンターで実物大のモックアップを作成し、スケール感や実際の見え方、手触りなどを確認することもある(図一9)。

(2) 施工手順、施工方法の検討

建設会社にとっての3Dプリンターの活用メリットは、工事現場での「手戻り防止」にあるといえるだろう。工事現場で大きな問題となるのが、構造部材と配管、空調ダクトなどの部材同士の干渉だ。平面の図面を使った設計では、どうしても干渉が残ったままになり、現場で施工をやり直す「手戻り」がよく発生することになる。

そこでBIMソフトで設計した意匠、構造、設備の3Dモデルを3Dプリンターで出力して模型を作ると、各部材が干渉していないかを確認することができる。同時に、施工手順も検証し現場で組み立てが可能かどうかともチェックすることができる(図一10)。

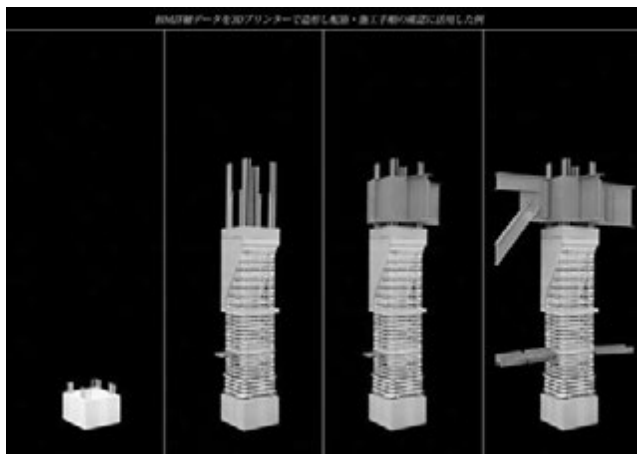
(3) 巨大3Dプリンターによる建物の施工

3Dプリンターで模型を作る原理は、模型を薄い断面ごとにスライスし、その断面に沿って0.1mm厚程度の材料を積み重ねていくことにある。

この仕組みを大型化し、実際の建物を作れる「巨大3Dプリンター」が今、実用化の域に達しつつある。コンクリート状の材料を数センチずつ積み重ねて壁を造っていくタイプと、砂状の材料を固化材で固めて造形するタイプが代表的だ。

代表的な巨大3Dプリンターの1つは、建物の壁を型枠なしで現場施工するタイプだ。

生コンクリート状の材料を建物の壁の断面に沿っ



図—10 清水建設が3Dプリンターで作った構造部材の模型（上写真：家入龍太）。3Dプリンターで作成した模型による施工手順の検討（下写真：清水建設）

て、一定厚で積み重ねることによって、壁を造形する。まるでデコレーションケーキの上に生クリームでいろいろな装飾を施していくような感じで建物を造っていく。

このタイプの巨大3Dプリンターは、造形範囲をまたいで平行に設置された2本のレールに沿って動く門形クレーンのような形をしており、材料を吹き出すノズルが取り付けられている。ノズルは造形範囲内をX、Y、Zの3方向に動くようになっており、壁の断面に沿って下から上へと一定の厚さで材料を吹き出しながら層状に積み重ねていく。

このタイプの巨大3Dプリンターは、南カリフォルニア大学で開発中の「コンター・クラフティング（Contour Crafting）」が代表的だ（図—11）。ソフトベンダーや建設会社などの協力を受けて、実用化に向けての取り組みが行われている。同様のタイプの巨大3Dプリンターは中国やスロベニアなどでも開発されている。

もう1つの巨大プリンターは、砂状の材料を固めて



図—11 巨大3Dプリンター「コンター・クラフティング」の完成イメージ（上）。壁の造形風景（下）。壁の内側、外側、内部を順次、層状に積み重ねて造っていく（資料・写真：南カリフォルニア大学）



図—12 米国ミネソタ州のアンドレー・ルーデンコ氏が巨大3Dプリンターで造った住宅サイズのお城（写真・資料：Andrey Rudenko）

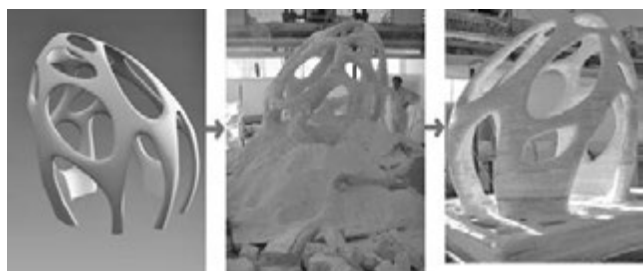
彫刻や家具、建物のブロックなど任意の3D形状の立体を造るタイプだ。石こうなどの粉末を固めて造形する3Dプリンターを、そのまま大きくしたような仕組みである（図—12）。

このタイプの代表的な巨大3Dプリンターは、イタリア・ピサに住むエンリコ・ディニ氏が開発した、幅7.5 m、奥行き7.5 m、高さ3.18 mの「D-SHAPE」だ（図—13）。

造形の仕組みは、砂状の材料を5～10 mmの厚さで平らに敷きならしては、造形する物体の断面に沿って液体の固化材をプリンターヘッドから噴射して固め



図—13 D-SHAPE の外観 (写真：家入龍太)



図—14 D-SHAPE の造形手順 (資料：Enrico Dini)

ていく、という作業を延々と繰り返すというものだ。最後に固まっていない部分の砂を除去すると、3D モデルの形通りに固まった彫刻や家具が現れる (図—14)。

D-SHAPE の特徴は、複雑な曲面からなる物体を自由自在に造形できることだ。建物を造る場合は、建物の各部分をブロックに分割して造形し、ワイヤなどでつないで一体化する方法などが考えられている。

(4) 3D プリンターによる鋼橋の架設計画

オランダのアムステルダムで、3D プリンターを使って実物の鋼橋を架設しようというプロジェクトが進んでいる (図—15)。使用する 3D プリンターは、産業用ロボットのアームに溶接機を取り付けたような形だ (図—16)。

このプロジェクトを進めているのは、MX3D という企業で、オートデスクや、オランダの建設会社、ハ



図—15 3D プリンターで鋼橋を架ける現場のイメージ (資料：MX3D B.V.)



図—16 産業用ロボットのような形をした 3D プリンター (写真：MX3D B.V.)

イジマーズ (Heijmans) のほか、重電メーカーの ABB、デルフト工科大学など十数の企業や学校、自治体が協賛している。

4. おわりに

ここ十数年、建設業の実務にはインターネットや様々な IT 機器が導入されてきた半面、設計・施工の方法は従来とあまり変わらなかった。BIM の導入は、こうした建設業のワークフローを革新することにつながり、本格的な生産性の向上の実現を期待している。

J C M A

【筆者紹介】

家入 龍太 (いえいり りょうた)
建設 IT ジャーナリスト
㈱イエイリ・ラボ
代表取締役

