

BIM推進10年目の課題

株式会社安井建築設計事務所 設計本部 ICT/BIMデザインセンター センター長 飯島 憲一

1 はじめに

当社がトップダウンでBIM（Building Information Modeling）の取組みを開始して、本年度で10年目を迎えた。これまでにクリアできた課題もあれば、未だにクリアできない課題もある。建築設計事務所に所属し、BIMを社内の設計者に普及・教育する筆者の立場から、未だ解決できていないBIM推進の課題について、具体例を挙げながら考察を試みる。

2 構造図面とBIM

構造設計BIMに着手してまもなく当社で採用したBIMツールではRC造の柱・梁断面リストが出力できないことが分かった。2010年頃の話であるが、2014年ようやくメーカーが対応して機能が付加された。同時に開発された一貫構造計算ソフトとのデータ連携と相まって、構造設計BIMが大いに進展する期待が一気に高まった。しかし未だに解決できていない課題がある。

例えば、構造伏図では大梁と小梁の接合を表現するとき、剛接合の場合は大梁と小梁を密着させ、ピン接合の場合は大梁と小梁の間に隙間を開けるといった製図ルールがある。実際の梁の接合において、大梁と小梁を離して施工することはあり得ないが、曲げモーメントの伝播の有無を情報伝達する図面表記として広く採用されている。ま

た、軸組図では、壁を有せず柱梁のみで構成されるオープンなフレームの箇所や耐震壁内の開口部分には壁がないことを示す×印を描く。部材が存在しない箇所に×印を施すことは矛盾した行為でもあり、データベース内に存在しない部品を図示することは難しい。また、軸組図では、直交する梁断面が表示されず、どの位置から見た（どの位置で切り出した）図面であるのか分からない。

階	符号 位置	B1		B2		
		端部	中央	左端	中央	右
4FL	断面					
	上縁筋	6-D25	4-D25	5-D25	5-D25	8-D
	下縁筋	4-D25	4-D25	5-D25	5-D25	5-D
	筋	2-D13#200		2-D13#200		
	腹筋	2-D10		2-D10		
3FL	断面					
	上縁筋	6-D25	4-D25	5-D25	5-D25	8-D
	下縁筋	4-D25	4-D25	5-D25	5-D25	5-D
	筋	2-D13#200		2-D13#200		
	腹筋	2-D10		2-D10		

図1 RC造梁リスト図のサンプル



図2 構造図（伏図）のサンプル

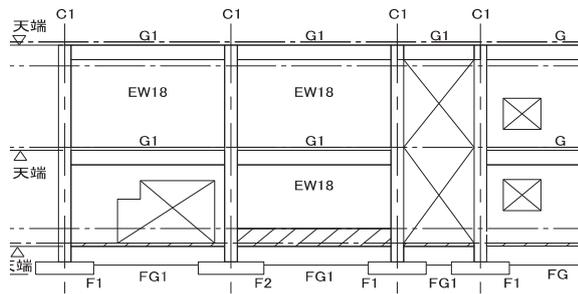


図3 構造図（軸組図）のサンプル

このように、構造図の伏図や軸組図は主要構造部材をありのままに表現しているのではなく、構造設計者の設計意図を伝えるべくモデル化された図であることが分かる。

海外製BIMツールから出図される構造図面を初めて見たとき、「施工図に似ている」と感じた。このことは、我が国における設計と施工の分解点が海外のそれより前にあることを表していると思われる。このような図面に対する考え方の違いや、設計と施工の境界時点が国内外で異なることが、海外製BIMツールからの設計図面出力が困難となっている一因であろう。

3 コンピュータによる解析と製図

2次元CADでは、設計者やオペレータが描こうとする図面をイメージし、それを具象化すべくCADに入力していく。一方、BIMにおけるモデリング作業は、建物構成要素（3次元）をデータベースとして入力していくが、その際に図面の出来栄はイメージしない。図面はあくまでもモデリングの一つの結果として得られるところが2次元CADとの大きな違いである。つまり、BIMは図面制作を主目的としていないと思われる。

コンピュータの構造解析への利用と製図への利用を比較する。例えば、構造解析におけるコンピュータ利用では、大規模立体架構を非線形性（鋼材の降伏やコンクリートのひび割れ）を考慮して解析できる。更には、時刻歴応答解析では、例えば0.01秒の刻み幅で地震時の建物挙動をシミュレーションできる。このように、本来の機能

である計算機という特徴を活かして、アナログ時代の計算（手計算、電卓等）では現実的に不可能であった計算を可能にした。

一方、コンピュータの製図利用はどうだろうか。2次元CADという道具において、1本の線分を描くことは、始点と終点をマウスでクリックすることであるが、鉛筆で線分を描くことと作業負荷は同じである。複雑な図形の複写や作業の取消し、再編集のしやすさなどはCADの得意とするところであるが、構造解析のコンピュータ利用に比べるとコンピュータの演算処理能力が発揮されていない。

コンピュータが得意とするのは数値演算処理をベースとした情報処理である。建築設計のワークフローが2次元CADからBIMへ進化したことは、図形処理から情報処理への移行であり、コンピュータの処理能力を活かした生産ワークフロー到来に期待が寄せられているのである。

4 求積図における面積計算

求積図において、面積を求める部屋を長方形等で構成される複数の部位に分割し、その部位毎に根拠式（縦×横）を示し、その計算結果を提示する。その際、算出された部位毎の面積（単位：㎡）は小数点第4位以下を切り捨て、それら切り捨てられた部位毎の面積を室面積として合計することが作法となっている。当然、BIMデータベースには、室毎の面積がそのシステムが許容する有効桁数まで精緻に自動計算されているが、小数点第4位以下を切り捨てて集計した求積図の面積と一致するはずがない。このような手順は、確認申請で面積をチェックする側がその根拠をトレースしやすいための措置であると思われる。

BIMによる設計であっても従来どおりの確認申請を受けなければならないため、小数点以下第4位を切り捨てる求積図の作成が求められるが、そのような図表をBIMツールで作成することが非常に困難であることは想像に難くない。

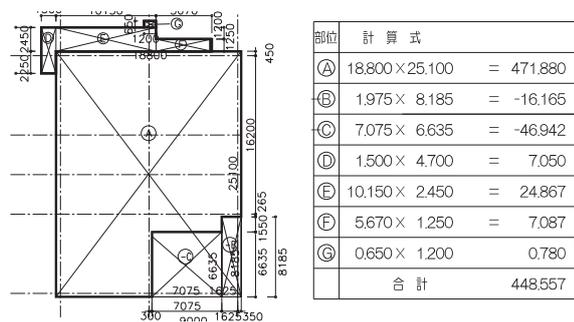


図4 求積図のサンプル

5 連携ソフトウェアでのリモデリング

「建築数量積算基準・同解説（平成23年版）」によると、壁のコンクリート数量算出において「見付面積が1ヵ所あたり0.5㎡以下の開口部の面積は差し引かない」とある。0.5㎡の開口部とは、直径が約80cmの円形、一辺が約70cmの正方形である（開口面積0.5㎡×壁厚0.18mの壁開口部分に相当するコンクリート体積は0.09㎡、重量にして0.21tonである）。仮に無開口壁としてコンクリートを打設し、その後、開口部分のコンクリートを除去するのであれば、取り除かれた部分のコンクリートも工事に必要な量であったと解釈でき、このようなコンクリート数量の算出方法にも妥当性があるが、そのような施工方法は採用されない。

一方、BIMでモデリングされた建物モデルには開口部の大小に関わらず入力されたままのコンクリート数量がアウトプットされるので、BIMと積算基準の間にコンクリート数量の不一致が生じる。積算基準の算出方法はおそらく手拾いによるアナログ的計算をベースとし、ある一定の開口部は無視してよいという配慮であろう。コンピュータが正確な数量を算出しても、その値は積算における建築数量としては採用されない。

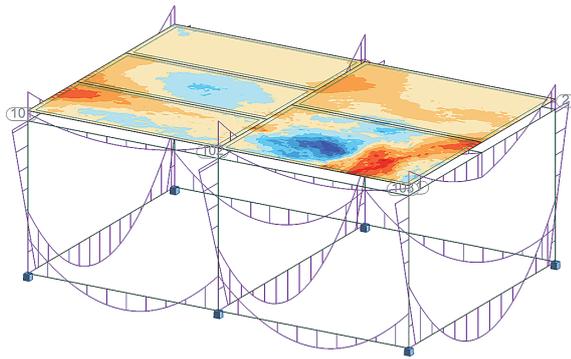
現状、BIMと連携した建築積算システムは、BIMのデータベースにその数量根拠が保存されているが、その値によらず、BIMデータベースから部材や部品とそれらの配置情報を取り出し、積算ソフトウェア内でリモデリング（再モデル化）を

行い、積算基準に則った計算を行う仕組みとなっている。アナログ的計算における作業の効率化のための配慮・措置のため、但し書きの多いアルゴリズムを実装したソフトウェアを開発し、それを用いなければならない。

リモデリングは、BIMと構造解析の連携においても生じている。製造工業の分野では、3次元CADモデルのデータをそのままメッシュ分割し、有限要素法（FEM）で構造解析を行っている。建築における構造解析では、柱や梁は「1方向の長さに対して、他の2方向の長さが十分に小さい」という幾何学的特徴に着目し、線材に置換し、骨組モデルとして扱われる。この線材骨組モデルへの置き換えがBIMツールと構造解析ソフトウェア間のリモデリングの原因となっている。BIMツールと構造解析ソフト間のデータ連携においても部材情報とその座標値が情報交換され、荷重条件や応力解析条件などは情報流通していない。躯体の自重や仕上重量、室用途に応じた積載荷重などは比較的簡単に連携できそうなものである。このような一部情報の不連携が、BIMツールと構造解析ソフトウェアの双方向かつダイレクトな連携を阻害する要因となっており、一部分の設計変更が生じた際の対応でも、設計者は全モデルの総入れ換えを余儀なくされている。

日本の構造設計では、柱・大梁・壁・ブレースは一貫構造計算ソフトウェアで存在応力を求め、部材断面をチェックするが、小梁・スラブなどは荷重や柱・大梁などの剛性付加要素として扱われ、応力解析や部材断面チェックの対象外となっている。構造設計者は一貫構造計算ソフトウェア以外の方法で小梁・スラブの設計を行っている。BIMツールと連携した海外の構造解析ソフトウェアには、柱・大梁・小梁・スラブを一括して応力解析の対象としているものがある。2次元部材（面材）のスラブは自動的にメッシュ分割され有限要素法で解析されている。図5を参照されたい。1次元部材の柱・大梁・小梁の曲げ応力はモーメント図として、また2次元部材のスラブの存在応力

はコンター図として図示され、更にそれらが一つのモデル内に表現されている。すべての部材を応力解析の対象とし、解法の異なる二つの応力解析（骨組解析、FEM解析）の結果を同時に表示している。BIM時代の構造解析ツールとしてのあり方を窺わせている。



（図提供：青木隆広氏／㈱日立建設設計）

図5 柱、梁、スラブの応力解析

設計変更にも対応可能でBIMツールと双方向ダイレクト連携を実現した構造解析システムは国内外で確認できていない。BIM出現以前の構造解析ソフトウェアとBIMツールではシステムの開発思想が異なるためダイレクトな連携が難しい。BIM出現後においては、BIMデータベースと直接連携した新しい発想の構造解析システムの出現が期待される。

6 図面の必要性

建築業界において、図面を作成しなければならない法的根拠は主に次の3点による。①建築基準法では建築主に対し建築確認申請書の提出等を義務付け、同施行規則で確認申請図書の一部として図面と明記されている。②建築士法では、設計図を15年間保管することを設計事務所の開設者に対して義務付けている。③建築主と施工者が工事請負契約を締結する際の契約図書として図面が必要となっている。

一方、製造工業において図面作成を義務付ける法規制は確認できない。製造工業で図面が用いら

れているのは、業者間の承認としてである。これは、建築の施工において、元請の施工会社と専門工事会社間で施工図を用いて承認行為を行っていることと同じである。これら業者間の図面授受はそれぞれのシステム化により軽減化・省略化されていくはずである。

古来、設計者は自らが発想したデザインを他者に伝達するには、紙に描く以外に手法を持ち得ていなかった。これは、3次元で設計を行うための合理的手法を有していなかったためである。昨今のICTの進化がもたらしたBIMにより、その道具を手に入れることができたのである。しかしながら、デジタルデータには、複製のしやすさや再編集の簡便さなどの長所を有する反面、改ざんが容易でその痕跡も残りにくく、また記録媒体の経年劣化等により内容の消失等が起きやすい等の短所があり、設計情報の保存・管理上の技術的課題を有している。この課題を克服し、図面による情報伝達ではなく、3次元デジタルデータによる情報伝達を推し進めたいものである。そのためには、BIMによるプロジェクトに関しては設計図面を作成しなくてもよい運用ルールが必要である。

7 まとめ

BIMが我が国で使われ始めて約10年が経過した。これまで多くのBIM推進者が既存の建築設計・生産のワークフローにBIMを適合させようと努力し、多少その成果も得られた。しかし、未だに解決できていない課題もある。それはこれまでに述べたように、BIM以前の業務慣習が手描き・手計算・手拾いをベースにしたアナログ手法に依存しているためである。このままでは、インダストリー 4.0（第四次産業革命）に端を発したBIMに適合できず、そのメリットを享受できない。BIM推進者側が既存業務慣習にBIMを寄せるだけでは限界があり、BIMに適合する業務慣習作りが必要となっている。