

海外調査報告：

シンガポールにおけるBIMの現状と将来展望

構造コンサルティング部係長
構造設計システム部担当部長

平尾 卓也
荒川 延夫



Keyword：BIM, BIMソフトウェア, 構造解析ソフトウェア, IFC, 3次元CAD, 確認申請, FM

1. はじめに

シンガポールは、東京都の約1/3の面積に540万人以上の人々が暮らす、高度に都市化された国である。この国では政府主導で建設分野の生産性向上の取り組みを行い、2009年頃からBIM (Building Information Modeling) による電子申請の導入を行っている。2013年から2万m²以上の建築申請において、意匠に関するBIMデータの提出、2014年からは構造および設備に関するBIMデータの提出、2015年からは5,000m²以上の建築申請において、意匠・構造・設備のBIMデータの提出を義務付け、段階的にBIMデータによる建築確認申請を推し進めている。

BIMの先進国であるシンガポールで、BIMに先進的に取り組んでいる設計事務所・施工会社・鉄骨ファブrikエーター・建設現場を訪問し、BIMの活用状況や将来展望について情報収集を行った。また、NTTファシリティーズシンガポール支店を通じて、シンガポールの建築建設庁BCA (Building and Construction Authority) にヒヤリングを行った。

調査の主要な訪問先は以下のとおりである。

- ・五洋建設シンガポール事業所
- ・Changi General Hospital 現場事務所 (五洋建設)
- ・Yongnam Engineering & Construction Pte. Ltd.
- ・Arup Singapore Pte. Ltd
- ・NTTファシリティーズシンガポール支店

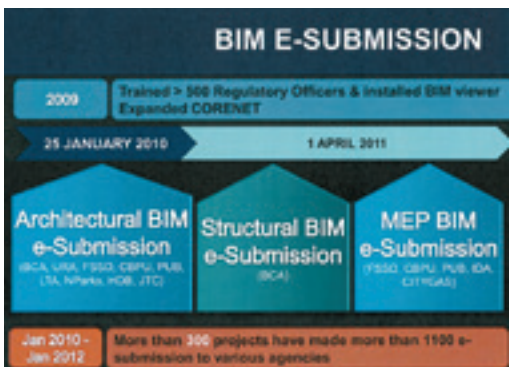


図1 確認申請におけるBIM運用履歴²⁾



写真1 訪問先の会社がかかわった建物。左からSingapore Flyer, Art Science Museum, Marina Bay Sands

2. シンガポールにおけるBIM推進施策

BIMを推進する上で、業界団体からの反対意見もあったようであるが、建設関係者がBIMの導入を行い、実際の業務で円滑に運用できるように、BCA主導のもとさまざまな取り組みが進められている。

2.1 資金面の支援

BCAはBIM導入費用の補助を行っており、BIMソフトウェアの購入費やハードウェアの購入費といった設備投資面の費用補助のほか、BIMのスペシャリストを育成するための教育費などの補助を行っている。今回訪問した各社においても、表1に示す補助金を有効に利用し、BIMの導入に積極的に取り組んでいる。

表1 BIM補助金制度の対象と補助金額²⁾

	企業レベル	プロジェクトコラボレーション方式
補助対象	1. トレーニング費用 2. ハードウェア (サーバーを除く) 購入費 3. BIMソフトウェア購入費 4. 人件費	1. トレーニング費用 2. BIMコンサル費用 3. ハードウェア (サーバーを除く) 購入費 4. BIMソフトウェア購入費 5. 人件費
補助のレベルと上限	・各項目費用の50%まで ・BIMソフトウェア S\$20,000/ライセンスまで	・各項目費用の50%まで ・1社, S\$35,000まで
対象プロジェクト規模	申請1回目 : 100m ² 以上の延床面積 申請2回目 : 200m ² 以上の延床面積 申請3回目 : 500m ² 以上の延床面積 申請4~6回目 : 1,000m ² 以上の延床面積	

2.2 人材育成の支援

補助金対象でもあるBIMのトレーニングを、BCAの教育機関であるBCAアカデミーが実施している。BIMスペシャリスト認定コースの一部を紹介する。図2に示す仮想の建物を、意匠設計者・構造設計者・設備設計者・BIM責任者の4人1組で設計を実施し、BIMモデルの作成を行っていくという内容である。意匠・構造・設備のBIMデータを統合し、躯体と設備の干渉や建具と設備の納まりなどのチェックを行い、不整合のない設計モデルを完成させるという実践的な研修を実施している。

2.3 実務での支援

シンガポールには、建物を設計する際に容易に建設できるかどうか（生産性の高さ）を測るために、Buildability Scoreという制度があり、必要な点数を獲得できないと建築が認可されなくなっている。BCAでは、BIMデータから自動的にBuildability Scoreを計算するためのeBDAS BIMというアドオン機能をBIMソフトウェアに追加するなど、BIM利用により設計作業の効率化が図られるよう建築団体やソフトウェア会社と一緒にBIMソフトウェアのカスタマイズも進めている。また、各ソフトウェアのテンプレートを作成し、規則性のある図面作成ができるようにしている。設計者の意見としても、規則性がある見やすいと評価されているようである。

3. 確認申請のBIM運用

3.1 確認申請について

現在、シンガポールで確認申請に提出できるBIMソフトウェアは、Revit・Bentley・ArchiCAD・Teklaの4製品である。RevitとArchiCADにおいては、BCAのテンプレートが用意されている。2015年からは、確認申請でBIMの提出が義務付けられている範囲が広がっており、建築申請の約8割が対象となる予定である。

構造審査は、構造計算書・構造計算の入力データ・2D図面・BIMデータ（延床面積5,000m²以上の建物）を、電子申請で提出するシステムになっている。構造計算に利用するソフトウェアに関しては特別な制限はないが、構造計算を第三者として設計をチェックする認定審査員（Accredited Checker）と建築審査官がダブルチェックする制度が確立されている。なお、現状では2D図面とBIMデータとの整合を電子的にチェックするシステムは導入されていない。

3.2 確認申請の変化

BIMを導入した際の審査期間は、4～5週間となっており、以前に比べ審査期間が短くなっている。BIMのテンプレートを用いるので、データの不整合が少なくなっている。建物計画段階における稼働が45%削減になったという指標もあるようである。

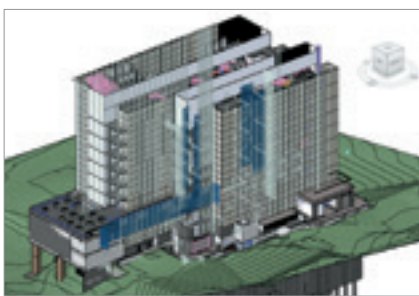


図2 BIM研修用建物モデル³⁾



図4 BIMデータのクラッシュ箇所³⁾

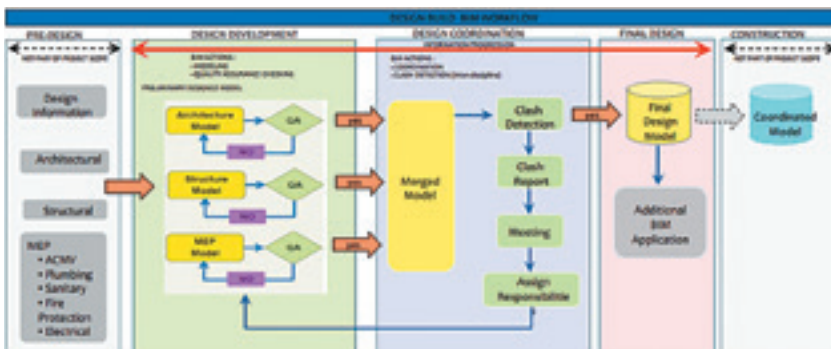


図3 BIM研修の設計フロー³⁾

Wall Name	Label	External Length (m)	Internal Length (m)	% Length Increase = (External - Internal) / Internal	Substrate Score	Total Score	
1. CONCRETE WALL HEAVY GLASS PARTITION WITH INTERIOR WALL PARTITION WITH FINISH							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
2. PRECAST CONCRETE PANEL WALL (Include: normal height concrete panels, lightweight concrete panels, structural steel-reinforced panels)							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
3. MASONRY WALL							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
4. GLASS CURTAIN WALL							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
5. PRECAST/CAST-IN-PLACE CONCRETE WALL							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
6. METAL PANEL WALL							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
7. GLASS WALL SYSTEM WITH GLASS CURTAIN WALL (Glass curtain wall for 12 before providing)							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
8. CONCRETE WALL							
External Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Internal Length (m)	1.0	0.0	0.0	0.0%	1.0	1.0	
Substrate Score	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Buildability Score Calculation From SIA CAD Add-in Tool							
Sub-total for wall systems (BIM) (maximum 40 points)					32.28		

図5 Buildability Score³⁾

4. BIM事例紹介

4.1 鉄骨ファブリケーターのBIM利用

Yongnam社のファブリケーターは、シンガポールの中でも技術レベルが高く、Marina Bay Sandsのスカイパーク部分やSports HUBのドーム部分など、複雑な鉄骨架構にBIMモデルを活用し、シンガポールのシンボルとなる数多くの建物の鉄骨製作を行っている。実建物のBIMデータや設計者とのやり取り、鉄骨製作とBIMの連動などについて紹介する。

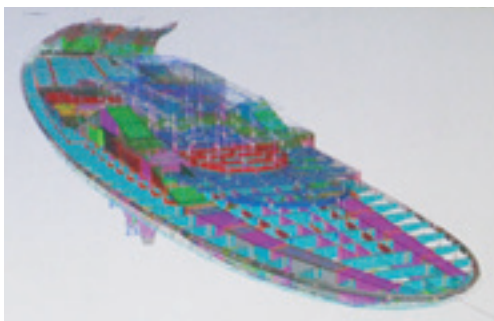


写真2 Marina Bay Sandsスカイパーク部分のBIMモデル

プロジェクト内の情報伝達は、すべてIFC (Industry Foundation Classes) という国際的なデータ規格で行っており、各工程において担当者が変更点をCSV形式のデータで差分チェックしながら運用している。また、プロジェクトを円滑に進めるために、変更した項目は履歴を残し、データ共有をするというフローで実施しており、規則立った運用を行っていた。

鉄骨ファブリケーターにとって、BIMを利用することは下記の利点がある。

- BIMで作成したデータをそのまま部材単位で切出し、

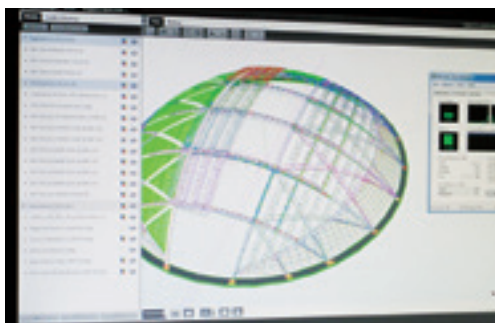


写真3 Sports HUBのBIMモデル

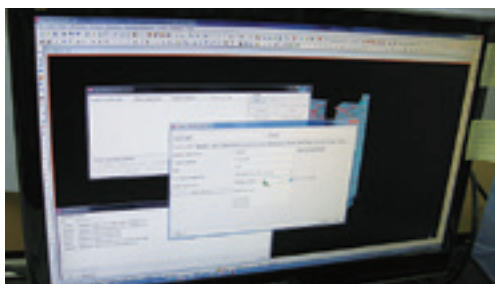


写真4 SAP2000の情報をTeklaにインポート

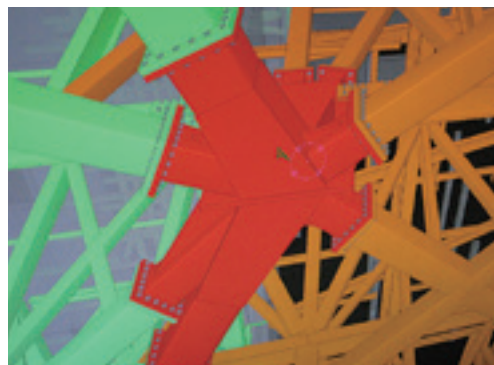


写真5 鉄骨製作単位での情報抽出

鉄骨製作機へ加工情報を伝達することが可能

- 2Dでは表現が難しい架構も、3Dの情報をそのまま鉄骨製作機にデータ送信できるため、正確に加工することができる
- 加工単位、運搬単位、施工時の組立単位で情報管理することが可能で、各工程の検証を同一モデルの情報で行うため、情報の不整合が生じない

4.2 建設現場のBIM利用

五洋建設が建設工事を行う、シンガポール東部地域医療の中核となるチャンギ総合病院（図6）の建設現場で実施しているBIM事例を紹介する。

出典：「五洋建設コーポレート2014」



図6 チャンギ総合病院CG

五洋建設は、Marina BayにあるArt Science Museumなど、これまで3D CADを用いた建物の施工を数多く手がけているが、これらはBIMではなく、単なる3D CADに過ぎないという。チャンギ総合病院での取り組みは、BCAからもシンガポールで初めてのアセットプランニングに取り組んでいる建物といわれており、まさしくBIMの最先端に取り組んでいる現場であった。以下に現場での取り組みを紹介する。

(1) BIM運用での施工体制

BIMを現場で活かすためには、構造・内装・外装・設備のすべてが同じBIMソフトウェアを使用することが重要で、チャンギ総合病院ではRevit2013を用いている。データを一元管理するために、プロジェクトで1つのサーバーを準備して運用している。BIM関係者の人数は、

以前の施工図作成者の人数と同じで、BIMマネージャを設置し、アシスタント2名・モデラー10名・外部コンサルタント2名（軌道にのった段階で1名）で実施していた。現場の作業員には、3Dから2Dに自動変換した図面を用いて、施工説明を実施している。

BIMデータの不整合をなくすために、各パーツに情報管理責任者を割り当てており、たとえば、情報管理責任者以外が間仕切り壁を移動する場合は、責任者へメッセージを送信し、承認されなければ移動できない仕組み（Auto Desk社のBlue Streak利用）を作っている。

（2）BIM利用による施工の利点

チャンギ総合病院の施工現場では、着工早々にBIMモデルを作成し、設計図どおりの天井高さでは設備寸法が納まらないことがわかり、天井高さを変更している。このほか、施工当初に設計図面どおりに作成したBIMデータではかなり多くの部材干渉が検出されたが、早期に整合を図り遅延なく現場を進めている。このように、BIMモデルは2Dでは気がつき難い、施工の問題を迅速に把握でき、解決策を3D画像で提案できるメリットを持つ。特に設備の配管は非常に複雑で、現場で調整することが多々あるが、BIMモデルを用いて確認した場合は、工場で精度よく製作した配管を現場で調整することなく施工でき、生産性の向上が可能である。また、BIMモデルを用いると見積情報が正確であり、物品の発注数量に誤差が生じることがないといったメリットもある。

（3）BIMデータとFM

チャンギ総合病院は、6D BIM（3次元モデル（3D）に時間軸（4D）、材料・機器情報（5D）を追加し、さらに完成後の維持管理領域（6D）までBIMを活用しようとするもの）を念頭において、BIMデータの属性入力で機器情報などを入力している。ライフサイクルコストを正確に把握し、FMの運用に活用することを目的として取り組んでいるが、シンガポールにおいてもまだBIMデータを活用したFM運用の指針はなく、現場ではどこまで情報を入力するかが不明のため、現状では属性入力費用の算出が難しいようである。BCAは、6D BIMの運用も視野に入れており、今後も建設団体やソフトウェア会社と連携して、BIMの発展を推し進めていく計画のようである。

5. まとめ

シンガポールの建設環境は、建築資材価格の高騰や現場労働者の海外依存の増加など、決してよい状況とはいえない。シンガポール政府は、このような環境下においてBIMを普及し活用することで、建設生産性の向上を目標としている。

一方、日本の建設環境もシンガポールと同様であり、建設労働者の高齢化、若手の人材不足、外国人労働者の増加など建設労働者の問題は深刻化している。BIMの普及を行政・民間・大学などが一体となって推進していくことが、この問題の解決策の一つと考えられる。

当社は、2013年から自社で開発・販売を行っている構造解析ソフトウェア SEIN La CREAと、Autodesk社 Revit Structureとのデータ変換ソフトウェア（双方向変換可能）を提供し、構造設計者が従来のワークフローからスムーズにBIM導入ができるよう取り組んでいる。また、国内の建築ソフトウェア企業もBIMソフトウェアと連携するさまざまなソフトウェアを提供している。

シンガポールでは、すでに多くの日本企業がBIMに取り組んでおり、日本の技術力は期待されている。また、国内のBIMを取り巻くソフトウェア環境も整備されており、日本でBIMによる設計がスタンダードになる日は近いと思われる。

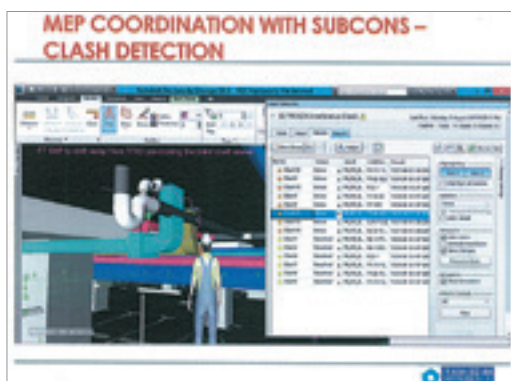


図7 配管とダクトの干渉チェック¹⁾

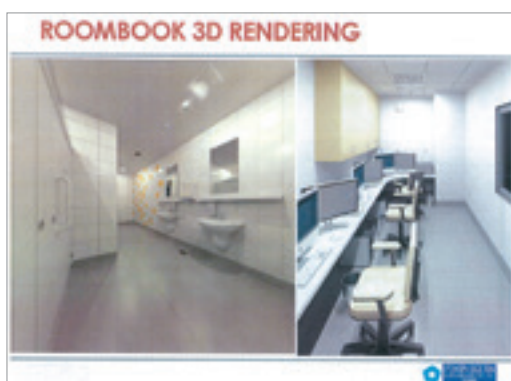


図8 BIMモデルによるCG図面¹⁾

【参考文献】

- 1) BIM SET UP (PENTA-OCEAN CONSTRUCTION CO.,LTD JUNE 2014)
- 2) BIM Briefing (Centre for Construction IT,,Building and Construction Authority)
- 3) BIM Applications for a10th Story with Basement for Yong Loo Lin School of Medicine (A Project Report in Partial requirement for the successful completion for the Specialist Diploma in Building information Modeling Oct 2013)