

近代化遺産の維持管理を目的とした BIM モデルの構築に関する研究 A Study on the Construction of a BIM Model for the Maintenance and Management of Modern Heritage

○眞瀬 寛人*¹, 小林 由季*¹, 中澤 公伯*²
Hiroto MASE*¹, Yuki Kobayashi*¹, and Kiminori NAKAZAWA*²

*1 日本大学大学院生産工学研究科建築工学専攻

Graduate Student, Department of Architecture, Graduate School of Industrial Technology, Nihon University.

*2 日本大学生産工学部創生デザイン学科 教授 博士 (工学)

Professor, Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University, Ph.D.

キーワード : BIM ; 近代化遺産 ; 歴史的建造物 ; LOD

Keywords: Building Information Modeling; structure; environment; planning; information; Level of Detail

1. はじめに

1.1. 背景

近年, 国内外問わず, BIM の急速な普及が進んでいる。著者らは 2018 年より, BIM の新たな可能性の検討として, 歴史的建造物である近代化遺産^{註1}を対象に, 歴史的価値の顕在化を目的とした BIM を用いた修繕・維持・保存手法の検討を行ってきた^{リ2)}。

BIM は目的によってそのモデルの構築手法が異なるため, 設計 BIM モデルをそのまま施工や維持管理用の BIM モデルに流用できないことが多い。そこで, 設計・施工・維持管理の各プロセス間で必要なデジタル情報を適切に受け渡す仕組みを構築することが求められる。これらは, 令和元年, 国土交通省では建築 BIM 推進会議が発足され, 建築 BIM 推進会議の建築 BIM 環境整備会 (部会 1) にて「建築分野における BIM の標準ワークフローとその活用方策に関するガイドライン (第 1 版) (以下, 建築 BIM 推進ガイドライン) ³⁾」が令和 2 年 3 月に取りまとめられている。

1.2. 目的

本稿では, 近代化遺産の維持管理を可能にする BIM モデルに求められる詳細度の検討を行うことを目的とする。初めに, 国土交通省が示している建築 BIM 推進ガイドラインのレビューを行い, BIM 業務のワークフローと業務区分の明確化, また各ステージに応じた BIM の作成方法を明らかにする。続いて, 東京都板橋区教育委員会生涯学習課へのインタビュー調査から, 近代化遺産 (旧理化学研究所板橋分所) の維持管理の実態を明らかにする。これらの情報を相対化することで, 近代化遺産の維持管理を実現する BIM モデルに必要な情報の明確化, またその詳細度を示す。この詳細度を, 国際的に広く参照されている LOD (Level Of Detail/Development) のガイドラインである BIM Forum LOD Specification⁴⁾で示されている数値を用い

ることで定量的に示すことで, 近代化遺産を事例とした今後の維持管理 BIM の LOD 仕様の標準化をいかに進めていくべきかを考察する。

2. 研究対象

本研究の対象地は東京都板橋区加賀公園であり, その中に現存する近代化遺産群の一つである旧理化学研究所板橋分所を研究対象建造物とする (Fig.1)。これらは, 1876 年に明治政府が設置した初の近代的な火薬製造所であり, 当該地で行われた諸研究が現在の板橋区における産業の発展を象るとして 2017 年 10 月に国の史跡に指定された。こうした文化財の保存・活用に向けた機運の高まりの中, 板橋区は 2017 年に「板橋区史跡公園 (仮称) 基本構想」を策定, その後, 2019 年にこれに基づきながら, 史跡の価値を未来に向けて保存し, 活用するための指針となる「史跡陸軍板橋火薬製造所跡保存活用計画 ⁵⁾」の策定を行い, 対象敷地及び遺産群を整備, そして保存・活用していくための取組みを行っている。

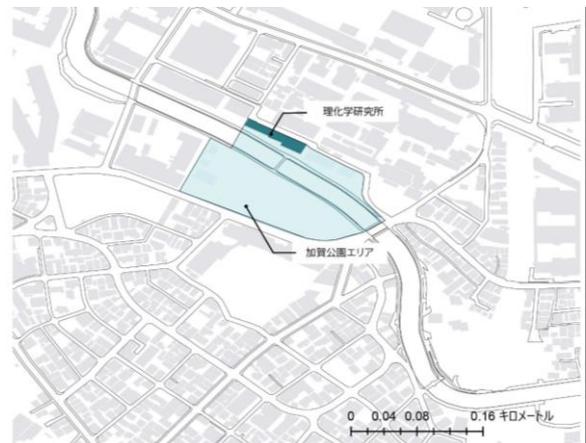


Fig.1 研究対象敷地と建造物

3. BIM 推進ガイドライン

3.1. BIM 業務のワークフロー

国土交通省の定めた「建築 BIM 推進ガイドライン」によると、BIM の形状情報と仕様情報の詳細度に応じて、S0~S7 の 8 つの業務区分（ステージ）が設定されている（Table 1）。建築物の設計・施工や維持管理・運用までの各段階における標準的な BIM 形状と仕様の詳細度が示されたことで、追加となる業務量を判断し、適切な業務の実施に繋がる。

3.2. BIMForum LOD Specification

BIM に含まれる情報の詳細の度合いを表す指標として、LOD がある。この度合は、100 から 500 の数値で定量的に示され、BIM モデルに含まれる各モデル・エレメントの進捗度の指標として利用される。これは「LOD の基本定義」と呼ばれ、利用者やプロジェクトに依存しない普遍的な指標であるとされる。LOD に関するガイドラインとして国際的に広く参照されている BIMForum LOD Specification が規定する設計フェーズごとの LOD の値を Table 2 に示す。

3.3. 維持管理に引き継ぐ BIM データ

BIM モデル構築の目的がステージによって異なるため、設計 BIM モデルをそのまま施工や維持管理用の BIM に流用できない。BIM のデジタル情報は、目的に応じて設計から維持管理 BIM 作成、そして維持管理段階に受け渡される流れがある（Fig.2）。維持管理・運用に引き継ぐ BIM データは、モノづくりが目的の詳細の高い施工 BIM ではなく、設計 BIM をベースとして、施工段階で確定していく維持管理・運用で必要な情報を加えて構築する流れが示されている。また、将来を見据えると完了調査の内容も反映した竣工時点の設計 BIM データを引き継ぐことも必要になるため、維持管理 BIM はこの竣工時点の設計 BIM データを引き継ぐことが必要となるため、維持管理 BIM はこの就航時点の設計 BIM データをもとにした方がスムーズで、これに施工段階で決まるメーカー情報を加えて作成することが推奨されている⁶⁾。

Table 1 8つの業務区分と主な業務内容

業務区分	業務内容
S0	業務計画の検討・立案
S1	条件整理のための建築計画の検討・立案
S2	基本的な機能・性能の設定
S3	機能・性能に基づいた一般図（平面、立面、断面）の確定
S4	工事を的確に行うことが可能な設計図書を作成
S5	設計意図伝達、工事管理、施工、本体工事の引渡し、本体工事の維持管理 BIM 作成
S6	本体工事の維持管理 BIM 引渡し別途工事の維持管理 BIM データ作成・引渡し
S7	維持管理・運用

Table 2 LOD の定義

LOD	定義
100	LOD100 のモデル・エレメントは幾何学的な表現ではない。コンポーネントの存在を示すための例として、他のモデル・エレメント又はシンボルに付属された情報であり、形状、大きさあるいは正確な位置を示すものではない。LOD100 のエレメントから得たいかなる情報も近似値であると捉えるべきである。
200	LOD200 のモデル・エレメントは一般的なプレースホルダである。これらはコンポーネントの代理であり、スペースを確保するためのボリュームと認識しても良い。LOD200 のエレメントから得たいかなる情報も近似値であると捉えるべきである。
300	メモや書き込み寸法等のモデル化されていない情報を参照せずに、設計されたエレメントの数量、大きさ、形状、位置、方向はモデルから直接測ることが可能である。プロジェクトの骨格が定義され、これに関してエレメントは正確な位置に配置される。
400	LOD400 のモデル・エレメントは、これを製作するのに十分なディテールと正確さでモデリングされる。メモや書き込み寸法等のモデル化されていない情報を参照せずに、設計されたエレメントの数量、大きさ、形態、位置、方向はモデルから直接測ることが出来る。
500	LOD500 は実物と照合した表現であり、モデルの形状情報や属性情報のより高いレベルの発達を指示するものではないため、この仕様書では LOD500 を定義・図解しない。

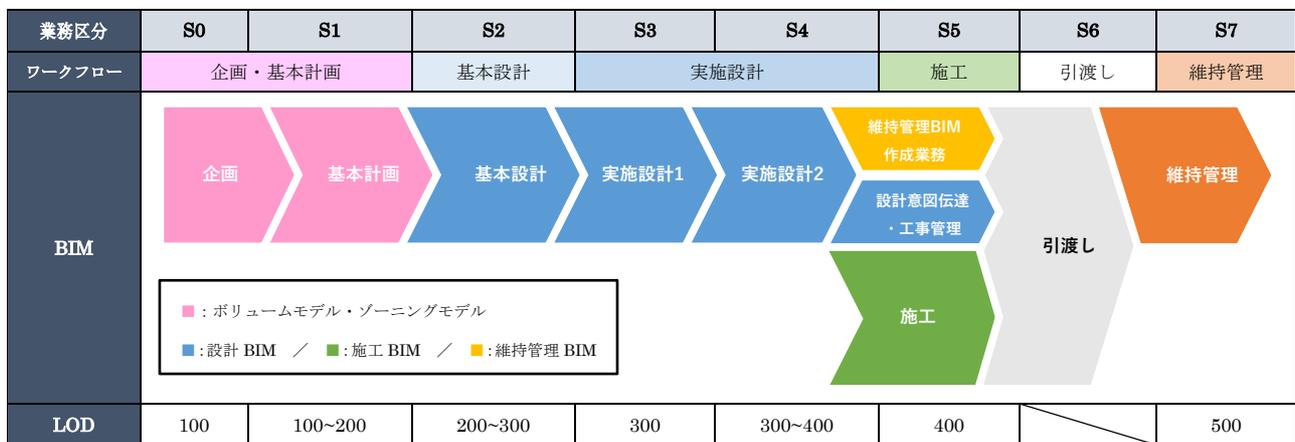


Fig.2 業務区分で必要となる BIM データと LOD

4. 研究方法

4.1. 近代化遺産における維持管理

東京都板橋区教育委員会生涯学習課へのインタビュー調査より、現状、資料の管理は紙媒体で行っており (Fig.3・文献 7)、近代化遺産の維持管理に必要な業務内容として、①資料の一元管理、②合意形成の 2 つがあることが明らかになった。

近代化遺産の維持管理上重要な事項として、「保護の方針の設定」、「部位の仕様の確認」があげられる。これらを BIM で一括管理することを試み、其々に必要な情報を BIM 上にパラメータとして付加していく。

地域住民に対する合意形成には、2 次元成果物 (画像・動画)、3 次元成果物 (模型)、VR/AR やメタバースなどの仮想空間によるものを想定している。

以上から、BIM 上で行う近代化遺産の維持管理に必要な業務内容と成果物を設定した (Table 3)。

4.2. BIM の作成方法

本報告では、「BIM=形状情報+仕様情報」という整理を行う。形状情報 (LOG : Level Of Geometry) は寸法・位置・面積・奇蹟等を含む情報を指し、仕様情報 (LOI : Level Of Information) は性能・仕様・分類・フェーズ等を含む情報を指す。本研究では、BIM の使用目的を認識し、それを実現させるために最低限必要なレベルの LOD (LOG 又は LOI) を定める。Table 4 に、本研究における BIM の使用目的とそれに必要な情報を想定し整理した。

Table 3 近代化遺産の維持管理に必要な業務内容と BIM に求められる成果物

業務内容	BIM
資料の一元管理	パラメータによる情報追加・管理
合意形成	レイトレーシングによる 2 次元成果物 (動画像)
	3 次元成果物 (模型)
	VR/AR
	メタバース

Table 4 BIM の使用目的と情報の詳細度

	形状情報				仕様情報				基準 注 2
	構造要素	建築要素	空間要素	設備要素	性能	仕様	分類	プロジェクト	
パラメータ	-	○	-	-	-	◎	◎	-	◎
2 次元成果物	-	○	△	-	-	-	-	-	-
3 次元成果物	-	○	○	-	-	◎	-	-	-
VR/AR	-	○	○	-	-	◎	-	-	-
メタバース	△	△	△	△	△	△	△	△	△

◎ : 高い詳細度が必要 / ○ : 低い詳細度が必要 / △ : 必要に応じて

5. BIM の作成と LOD の検討

ヒアリングと成果物の想定に基づき、BIM モデルを作成した (Fig.4)。

5.1. 資料の一元管理について

近代化遺産の維持管理上重要な「保護の方針」は、文化財の価値を守るために設定されるもので、「基準 1」～「基準 5」のレンジで、BIM の各エレメントに相当する建造物の部位ごとに設定される。例えば「基準 1」は、可能な限り現状部材の保存を試み、劣化、損傷部分については、必要最小限の修理にとどまる必要がある。また「基準 2」は、材料自体の保存を行う必要のある部位で、修理、繕いが必要になった場合、既存部位と同形状、同材質、材料、仕上げ、色彩とし、歴史的建造物の本質的価値の維持を図らなければならない。したがって、BIM 上のそれぞれの部位の基準がわかる Information と、部位の仕様の状況が把握できる Geometry とする事が望ましい (Fig.4)。



※「史跡陸軍板橋火薬製造所跡整備基本計画 7」資料 132 参照。

Fig.3 紙媒体による現状情報管理

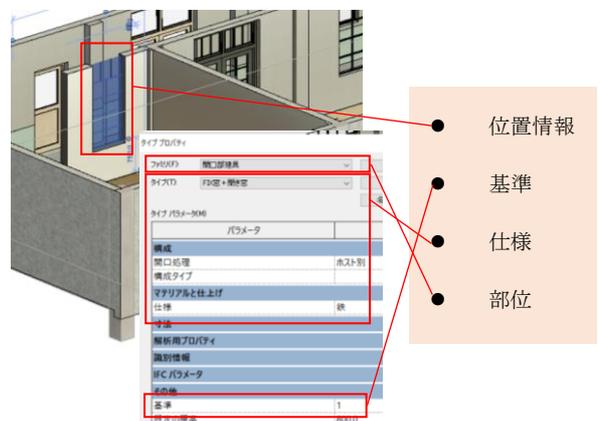


Fig.4 本報告で作成した BIM (Revit 画面)

Table 5 近代化遺産におけるワークフローと各フェーズにおける LOD の提案

ワークフロー	企画・基本計画	基本設計	実施設計	施工	維持管理
活用法	・意思決定 ・レイアウト検討 ・プレゼンテーション	・合意形成 ・図面化 ・施工計画 ・数量算出	・合意形成 ・図面化 ・積算 ・干渉チェック	・安全教育	・資料の一元管理 ・合意形成
LOG (形状)	100~200 (部屋・マス)	200~300 (意匠・構造・設備)	300 (意匠・構造・設備)	400 (意匠・構造・設備)	意匠：200 (躯体・建具) 設備：100 (位置情報)
LOI (情報)	100~200 (階数・部屋名)	200~300 (意匠・構造・設備)	300 (意匠・構造・設備)	400 (意匠・構造・設備)	意匠・設備： 400 (表形成)

Table 6 本報告で作成した成果物別の作成方法

成果物	作成		未作成
	BIM	BIM 以外	
表整理	○		
トレーシング		○	
模型	○		
VR/AR		○	
メタバース			○



Fig.5 他のアプリケーションへの連携

：レンダリング画像 (左：Revit・右：レンダリングソフト)

5.2. 合意形成のための成果物の生成

BIM モデルを用いることで、精度の高いレンダリング画像やウォークスルー動画、VR/AR や 3D プリントのデジタルファブリケーションへの展開が可能である (Fig.5)。歴史的価値を担保する劣化や損傷部分をさらに顕在化することができる。これらは、BIM 上でも実装していきたい目的ではあるが、二次加工や更に高い LOG が必要である為、外部ソフトに書き出すための information に止めておく事が現実的であろう。

5.3. LOD の検討

以上の検討をふまえ、近代化遺産の維持管理に必要な BIM モデルの現時点での LOD 案を (Table 5) にまとめた。

6. まとめと考察

以上、本報告では、歴史的建造物である近代化遺産に着目し、BIM による維持管理のプロセスに対して、適切な詳細度 (LOD 値) の可能性を探る検討を行った。

歴史的価値を担保する劣化や損傷部分をリアリティーをもって説明するには、建築 BIM ソフト (本研究では

Revit を使用) のみで完結できていない (Table 6)。レンダリングソフト等の他のアプリケーションを介すことは、現状、歴史分野の専門家の手に余る。高い LOI として保有した劣化や損傷に関する information と外部ソフトとの連携やレンダリングの自動化に検討が今後の課題である。

謝辞

本研究は、東京都板橋区教育委員会生涯学習課の連携・協力により進められているプロジェクトの一部です。また、日本工営株式会社の遠藤陽希氏より有益な助言を得ました。

補注

- 幕末から第二次世界大戦までの間に、近代的手法によって建設され、我が国の近代化に貢献した産業、交通、土木に関する遺産のこと。
- 本建造物は重要文化財と同様の保護措置が図られるべきであり、標準的な区分に対して、規準 1~5 の保護の方針が定められている。

[参考文献]

- 渡邊美幸, 眞瀬寛人, 中澤公伯: 近代化遺産の保存再生を目的とした複数年代 BIM 再現モデル分析, 環境情報科学 学術研究論文集 36, pp.161-166, 2022.11
- 眞瀬寛人, 渡邊美幸, 中澤公伯: 近代化遺産の保存再生のための BIM モデルの活用に関する研究, 日本建築学会 第 45 回, 情報・システム・利用・技術, シンポジウム, 2022.12
- 設計 BIM ワークフローガイド建築設計三会 (第 1 版), 建築設計三会 設計 BIM ワークフロー検討委員会 (日本建築士連合会・日本建築士事務所協会連合会・日本建築家協会)
- BIMForum Level of Development Specification, BIMForum, 21p, 2016 年 10 日
- 板橋区教育委員会事務局生涯学習課: 史跡陸軍板橋火薬製造所跡保存計画, 2020.3
- 設計 BIM ワークフローガイド建築設計三会 (第 1 版), 建築設計三会 設計 BIM ワークフロー検討委員会 (日本建築士連合会・日本建築士事務所協会連合会・日本建築家協会), p130
- 区教育委員会事務局生涯学習課: 史跡陸軍板橋火薬製造所跡整備基本計画, 2021 年 3 日