

令和3年度 BIM を活用した建築生産・維持管理

プロセス円滑化モデル事業

(パートナー事業者型)

検証結果報告書

応募提案名：増築工事における、BIM モデル活用による

生産性向上の検証

令和4年3月

東急建設株式会社

目次

1. プロジェクトの情報.....	2
1-1 建築物の概要	2
2. 本事業を経て目指すもの、目的.....	3
3. BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について	4
3-1 設定した「分析する課題」	4
3-2 検討の方向性（検討の前提条件を含む）、実施方法・体制	5
3-3 課題分析等の結果	6
4. BIM の活用による生産性向上、建築物・データの価値向上や様々な サービスの創出等 を通じたメリットの検証等について.....	8
4-1 設定した「定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準」	8
4-2 検証等の方向性・前提条件、実施方法・体制	9
4-3 検証等の結果	11
5. 結果から導き出される、より発展的に BIM を活用するための今後の課題	14
5-1 増築工事における BIM 活用について	14
5-2 既存部分の BIM と実際の検証について	14
5-3 乾式壁のプレカット施工のための BIM 活用について.....	14
6. BIM 実行計画（BEP）の検証結果	15
参考資料	16
A-1 BIM 実行計画書（サンプル）	16
A-2 第4回 先導型モデル事業 WG 発表資料	16

1. プロジェクトの情報

1-1 建築物の概要

建物用途：事務所、店舗

延床面積：既存部：12,557.47 m²、増築部：2,083.08 m²、合計：14,640.55 m²

規模：地上10階

構造：鉄骨造

竣工予定：2022年6月30日

1-2 検証対象の概要

図1-1に令和3年度のプロジェクト工程と事業のスケジュールを示す。事業の対象としたプロジェクトの竣工は、6月末となっており、内装工事中で事業のまとめの時期を迎えるため、検証の1)-2、2)-2、課題分析の1)-2、2)-2については、施工途中で得られたデータを元に検証を行っている。

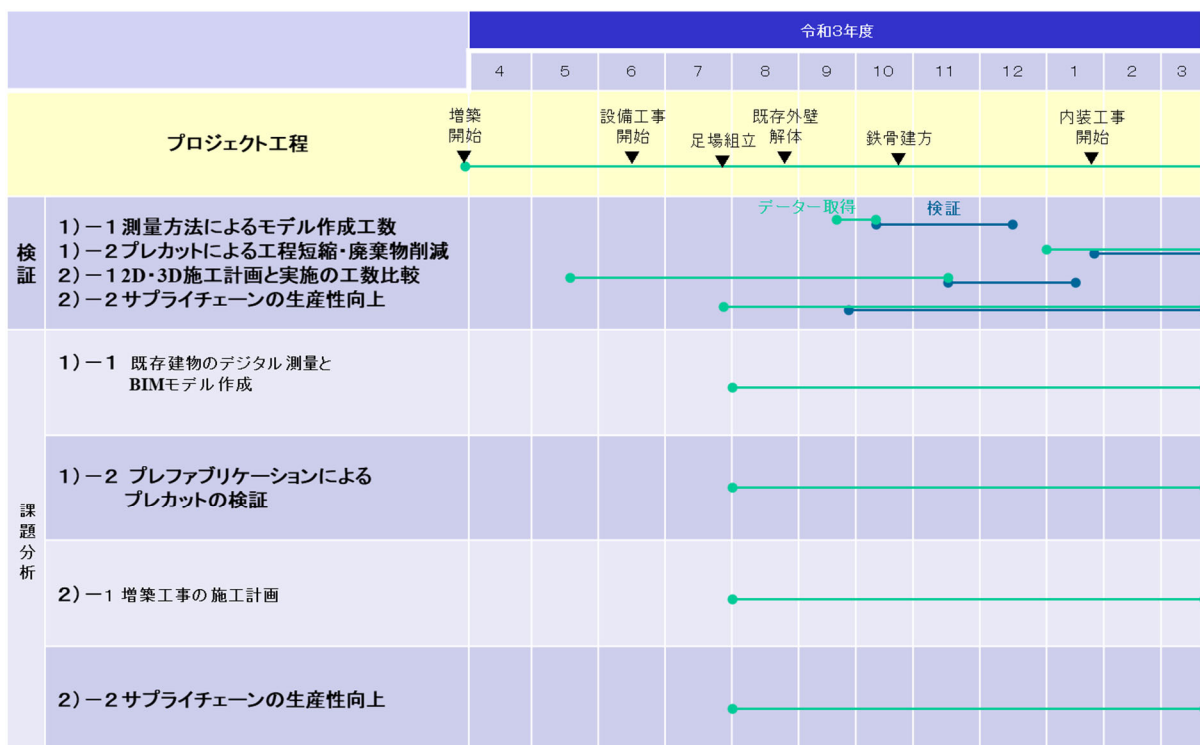


図1-1 プロジェクトと事業のスケジュール

2. 本事業を経て目指すもの、目的

2次元の設計図を元に、施工 BIM モデルとして作成し、施工に活用する。また生産性向上による環境負荷の低減を検証し、自社及び事業主のメリットにつなげる。

1) 既存解体を含む増築工事における施工精度の確保と生産性向上

1)-1 既存部を正確にモデリングし、設計から引き継いだ新築モデルと統合し、BIM モデルとして完成させる。

1)-2 専門工事会社と連携し、新築部の正確なモデリングを行う。

2) 既存解体を含む増築工事における的確な工事手順の確立と生産性向上

2)-1 専門工事会社と連携して仮設計画モデルを作成し、既存躯体解体から増築に至る正確な工程ステップを作成する。

2)-2 各工程における施工数量を正確に把握する。

3. BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について

3-1 設定した「分析する課題」

分析する課題としては、下記の4つの項目とした。

1) 既存解体を含む増築工事における施工精度の確保と生産性向上

1)-1 既存部デジタル測量との統合モデル作成

→目的やスケジュールに適合したデジタル測量工法の選定、設計統合モデルワークフローの課題分析

1)-2 プレカットやプレファブ리케이션による施工

→専門工事会社とのデータ連携、プレカット等のワークフローの課題分析
※総じて、納まり検討から製作・施工に至る部分における生産性向上と環境負荷低減の課題分析

2) 既存解体を含む増築工事における的確な工事手順の確立と生産性向上

2)-1 増築工事の施工計画

→BIMモデルによる施工検討、会議でのBIMモデル活用、関係者間の情報共有・伝達、日常業務におけるBIMモデル活用の手法の課題分析

2)-2 サプライチェーンの生産性向上

→解体材・足場材の数量積算手法における課題分析

→具体的な手法に関する課題分析

※総じて施工計画から施工に至る部分での生産性向上と環境負荷低減の課題分析

3-2 検討の方向性（検討の前提条件を含む）、実施方法・体制

1) 既存解体を含む増築工事における施工精度の確保と生産性向上

1)-1 既存部デジタル測量との統合モデル作成

増築工事のため、既存を含む設計統合データ作成の目的を明確にし、デジタル測量とモデリングワークフロー・ルールの検討を行う。

増築鉄骨接続部は、既存外壁を解体しないと測量ができないため、足場構築、既存外壁の解体、デジタル測量の実施の順で実施する体制を整えた。

1)-2 プレカット等による工程短縮と廃棄物削減

専門工事会社各社によるモデリングにより、BIM モデル精度を上げ、製作精度向上や手戻り防止の手法を検討する。

また、BIM モデルを活用して廃棄物を削減する方法を検討する。

乾式壁のプレカットについて、石膏ボードの割付など専門工事会社へのヒアリングにより、実際の施工ルールを反映したモデリングができる体制とした。

2) 既存解体を含む増築工事における、的確な工事手順の確立と生産性向上

2)-1 BIM モデルを活用して安全性・施工性の高い施工手順を検討し関係者間の情報共有を行う。

2D、3D ハイブリッドの施工検討手法のワークフロー検討。既存アプリの組合せによる、関係者間の情報共有・情報伝達、最適解の検討。特に既存解体工事に関わる安全性の確保。

既存外壁解体・鉄骨建方・足場構築に関わる鳶工が、自ら、2D・3D のハイブリッドな施工検討を行い、施工性・安全性の両面で最適な施工手順を検討できる体制を整えた。

2)-2 正確な資材数量把握によるサプライチェーンの生産性向上、及び CO2 排出量削減

正確な資材数量の算出がサプライチェーンに連動し、CO2 削減の効果が上がる手法を検討する。

足場については、既存外壁解体、増築のステップごとの数量を鳶工自らが、確実に把握し、乾式壁については、専門工事会社の施工要領を反映した割付により、施工を考慮した資材数量を把握できる体制を整えた。

3-3 課題分析等の結果

1) 既存解体を含む増築工事における施工精度の確保と生産性向上

1)-1 既存部デジタル測量との統合モデル作成

既存外壁を解体し、既存鉄骨を現した後、鉄骨位置の計測を行う手順となるが、すでに解体用足場が設置されているため、通常の測量方法が使えない。そこで、足場と既存建物間に設置した 360 度レーザースキャナーによる点群測量の結果から、既存鉄骨のブラケット溶接部分の位置（座標）を BIM モデルにフィードバックした。

取り外された外壁は、ウィンチを使って、足場と既存建物の間を通して、地上まで降ろす。点群測量は、この足場と既存建物の間で行われるため、点群を取得するタイミングをとることが難しかった。

手待ちは発生するが、関連工種と打合せて、測量時間を決めて実施した。

1)-2 プレカット等による工程短縮と廃棄物削減

スラブ～梁下、スラブ～スラブの距離について、レーザー距離計を使用し、設置スパンで 3～4 点計測し、プレカット寸法にフィードバックした。

石膏ボードのプレカットについて、廃棄物量が少なくなる割付を考えているが、パーツが細くなることにより、施工時に見つけにくく施工性が落ちたり、運搬時の安定を図るために入れるスペーサー（石膏ボードの端材）が大量に必要なことになる。最適な割付を試行により、見極める必要がある。

2) 既存解体を含む増築工事における、的確な工事手順の確立と生産性向上

2)-1 BIM モデルを活用して安全性・施工性の高い施工手順を検討し関係者間の情報共有を行う。

既存外壁沿いに設置する足場について、設置目的の既存外壁解体、増築鉄骨建方を考慮して、組立・解体・再組立が最小限となる足場位置を検討した。

過去には、実際に足場を組まない人間が、計画を検討し、BIM モデルを作っていた。責任施工という観点でも、効率が最大となる計画を目指す、鳶工自らが計画し、モデリングすることが生産性を上げる手法である。

2)-2 正確な資材数量把握によるサプライチェーンの生産性向上、及び CO2 排出量削減

足場について、施工ステップに応じた数量を搬入し、無駄な資材を運搬しないことで、現場仮置き資材の低減・CO2削減につながった。乾式壁については、定尺（在来）施工に比べて、プレカット施工では、LGS、石膏ボードともに搬入数量・廃棄物量ともに少なくなり、資材運搬量・廃棄物量ともにCO2削減に大きく貢献できた。

足場については、課題となるものは特になし。

乾式壁については、石膏ボードのプレカット材を運ぶときに、梱包を安定させるため、スペーサー（石膏ボードの端材）が大量に必要な。パレット上に積んだ石膏ボードをクレーン等で、使用場所に間配りする場合、スペーサーを持ち帰ることがないため、スペーサーはそのまま廃材となる。スペーサー以外の梱包方法を検討する必要がある。

4. BIM の活用による生産性向上、建築物・データの価値向上や様々な

サービスの創出等を通じたメリットの検証等について

4-1 設定した「定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準」

定量的に検証する効果としては、下記の7つの項目とし、それぞれの目標を設定した。

- 1) デジタル測量とアナログ測量の、測量及び設計統合モデル作成工数（人、日）
30%削減
- 2) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による
①工程短縮（人、日） 25%削減
- 3) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による
②廃棄物数量比較（t） 20%削減
- 4) 施工計画に関わる 2D・3D 工数の比較（人、日） 30%削減
- 5) 安全巡視指摘の是正や足場等の組み換えに関わる人工の比較（人、日）
20%削減
- 6) 数量積算に関わる工数の比較（人、日） 80%削減
- 7) サプライチェーンの生産性向上及び CO2 削減（台） 20%削減

効果を測定するための比較基準については、BIM を利用していない同様のプロジェクトの各プロセスでの業務量・数量等を比較基準とする。ただし、2)、3) については、在来（定尺）施工を比較基準とする。

4-2 検証等の方向性・前提条件、実施方法・体制

標準ワークフロー、建築プロジェクトのプロセスマップの各フェーズ・マイルストーン等で業務量の比較、数量の比較や項目比較一覧を（業務時間や人工など）まとめ、それぞれで工数や環境負荷低減の検証を実施する。

1) デジタル測量とアナログ測量の、測量及び設計統合モデル作成工数

増築鉄骨と接続する既存鉄骨の位置計測をデジタル測量により実施し、ガセットプレートの取付位置調整に適用できるか検証

足場と既存建物の上に 3D スキャナを設置する方法により、点群計測が可能な施工図会社で実施。

2) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による

① 工程短縮

鉄骨造事務所の基準階施工において、プレカット施工と定尺（在来）施工の検証

内装工事専門工事会社と打合せし、プレカット施工の要項を作成し、施工イメージを共有。

プレカット材の揚重を担当する会社とは十分に打合せ・意識合わせができずに実施。

3) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による

② 廃棄物数量比較

鉄骨造事務所の基準階施工において、プレカット施工と定尺（在来）施工の検証

内装工事専門工事会社と打合せし、プレカット施工の要項を作成し、施工イメージを共有。

プレカット材の揚重を担当する会社とは十分に打合せ・意識合わせができずに実施。

4) 施工計画に関わる 2D・3D 工数の比較

鉄骨造の鉄骨の建方計画と足場設置計画の検証

2D・3D のハイブリッドの手法を用いて、BIM を扱える鳶工による検討

5) 安全巡視指摘の是正や足場等の組み換えに関わる人工の比較

足場設置計画の検証

鳶工と現場職員の計画打合せ、鳶工による足場計画、施工ステップの作成

6) 数量積算に関わる工数の比較

足場数量拾いの検証

鳶工と現場職員の計画打合せ、鳶工による足場計画、施工ステップの作成

7) サプライチェーンの生産性向上及び CO2 削減

プレカット資材の CO2 削減量の検証

定尺（在来）階とプレカット施工階の廃棄物量の検証

4-3 検証等の結果

1) デジタル測量とアナログ測量の、測量及び設計統合モデル作成工数

20%削減

デジタル測量では、機材の設置、計測まで1人で実施、従来の方法では2人で実施。計測は、足場のせり上げ・既存外壁解体に伴い5回に分けて実施。デジタル測量では、データ処理にプラス3人かかった。

デジタル：アナログ=8：10

足場と既存建物の上に3Dスキャナを設置する必要があり、3Dスキャナの設置場所・方法が課題であった。既存は動かないものと考え、既存鉄骨にマグネットマウントを使用して3Dスキャナを設置し、解決した。

当初、測量は1回の実施を考えていたが、既存外壁の解体後、すぐに計測し、ブラケットの加工を行う必要があったため、5回実施となった。5回に分割したデータ処理のうち、重ね合わせに想定以上の時間がかかった。

2) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による

① 工程短縮

11%増加

(8F未施工の結果のため、最終結果は改善の可能性あり)

プレカットは、4F, 5F, 8Fで実施予定。(8Fは報告書作成時点で未実施)

プレカット施工2フロア目の5Fと、定尺(在来)の6Fで比較を行う。

プレカット 5F：LGS 15時間、石膏ボード 24時間、合計 39時間

定尺(在来) 6F：LGS 15時間、石膏ボード 20時間、合計 35時間

LGSのプレカット施工では、ほとんど高速カッターを使用せずに建て込みができた。

石膏ボードのプレカット施工については、ボードに壁位置を詳細に指定していたことから、材料を探しづらく、施工性の低下となった。

石膏ボードのプレカット施工については、材料の間配りと、使用材料の探しやすさを考慮できなかったことが問題で、8Fプレカット施工で、可能な範囲の改善を計画している。

3) プレカットやプレファブリケーションによる施工と、従来手法による

② 廃棄物数量比較

47%削減

(フロアの平均削減量で評価すると、これより低下する可能性あり)

プレカットは、4F, 5F, 8Fで実施予定。(8Fは報告書作成時点で未実施)

プレカット施工の 4F と、定尺（在来）の 2F,3F で廃棄物量の比較を行う。
プレカット 4F：LGS 50.8kg、石膏ボード 414.3kg（ほとんどがスペーサー）

定尺（在来）3F：LGS 125.1kg、石膏ボード 561.5kg

LGS 廃棄物量削減→59%

石膏ボード廃棄物量削減→26%

CO2 排出量換算して比較

プレカット廃棄物量 240.2kg-CO2

定尺（在来）廃棄物量 456.3kg-CO2

石膏ボードについては、プレカットにより、スペーサーを使用し、運搬時に破損しないよう対処する必要がある。そのスペーサーは、工場プレカットしたときに出る端材を利用している。

結果的には当初の目標をクリアしているが、運搬用の専用スペーサー（リユース可能）を開発し、工場プレカット後の端材をスペーサーとして使用せず、そのままリサイクルすることにより、廃棄物量の更なる削減が見込める。

4) 施工計画に関わる 2D・3D 工数の比較

17%削減

2D のみの計画では、鉄骨の建て逃げ時のブーム干渉の検討が難しく、12 人工を想定

3D の計画では、10 人工で実施

BIM による施工計画が想定以上にかかった。ただし、既存外壁解体、足場と増築鉄骨の干渉回避など、2D のみでは、干渉を見逃す可能性のある部分は確実に解決できた。

鉄骨 FAB から受領する BIM モデルや、足場のモデルのハンドリングに時間がかかっている。

今後は、Dynamo などのツールを開発し、ハンドリングを向上させる。

5) 安全巡視指摘の是正や足場等の組み換えに関わる人工の比較

30%削減

安全巡視での指摘事項に対しては、2D の計画でも想定されるものはないと考えられる。

足場の組み換えについては、既存外壁の解体用足場から、鉄骨建方用の足場に組み替える際に、2D では、20 人工（想定）、3D では、14 人工（実施）となった。2D では足場建地の組み換えが発生すると想定。

狭い敷地で、建て逃げで 10 階の鉄骨を建方する計画で最後の建方時のクレ

ーンのブームが鉄骨に干渉するかどうか、ギリギリの検討があったが、精緻な鉄骨モデル・クレーンファミリのため、スムーズに検討できた。

狭い敷地、難しい計画では、2D 計画より、精緻な BIM モデルを使用した検討が有効である。

6) 数量積算に関わる工数の比較

83%削減

2D による足場の拾い、全体で4人工、嵩上げで2人工、合計で6人工を想定

3D による足場の拾い、全体で1人工BIM モデルからの足場の数量拾いは、他物件で十分な実績もあり、特に問題はなかった。

7) サプライチェーンの生産性向上及び CO2 削減

47%削減

(フロアの平均削減量で評価すると、これより低下する可能性あり)

(3番と同じ結果となる)

プレカット施工と定尺(在来)施工の廃棄物量を CO2 に換算して比較。

サプライチェーンの車両の台数について、検証する想定であったが、各階平面規模は大きくないため、搬入回数等、有意に変わるものではないことが事業スタート後に分かった。

結果的に廃棄物となる分を運搬しなくて良くなるプレカット施工では、車両の台数が同じとしても積載重量の違いがあり、車両の CO2 排出量も削減されると考えられる。

5. 結果から導き出される、より発展的に BIM を活用するための今後の課題

5-1 増築工事における BIM 活用について

増築工事では、新築工事にはない、図面と実際の既存建物の2つのモデルが存在する課題がある。

増築部と既存部の接続方法により、実際の既存建物を図面と照合する必要がある。

着工時に、既存建物の梁・柱位置を正確に計測することは難しい。今後、BIM 施工図が残される建物が増えていくと期待される。竣工図書に躯体図、平面詳細図が正確に反映されて入れば、増築工事の計画～施工で大いに役立つデータとなる。

このため、建物の BIM モデルの竣工モデルを正確に残すことは重要である。

5-2 既存部分の BIM と実際の検証について

今回のプロジェクトでは、既存部分の BIM モデルは、2D 竣工図から必要な部分を作図した。

既存鉄骨と増築鉄骨の接続部の取り合い調整のため、正確な位置を把握するため、点群測量により検証を行った。点群データから、ガセットプレート位置を算出するには相応の時間がかかった。

足場越しの計測という条件がなければ、トータルステーションなどの測量機を活用した方が、必要な結果を早く得られる。

既存を BIM モデルに正確に反映するためには、測量技術の向上と、点群データから容易に位置を算出できるツールの開発が期待される。

5-3 乾式壁のプレカット施工のための BIM 活用について

今回、乾式壁のプレカット施工を3フロアで実施して、現在の仕組みでは、施工性に課題はあるものの、プレカット施工は、廃棄物の削減に対して有効であることが確認できた。

プレカットのための軽量壁のモデリングについては、最終的に施工要項を反映したものとなる必要があり、そのモデルを作成するための工数や手法については、まだまだ課題がある。

ただし、BIM モデルが設計初期段階から作成できることで、今までのワークフローでは、アバウトな数量拾いのまま施工フェーズを迎えていた状態から、一気に精緻なモデル・数量拾いに変わり、BIM データをもとに、工場で資材がプレカットされるため、設計～施工～製造へのつながりで廃棄物（CO₂）削減の確実な効果を得ることができる。

このため、より使いやすい BIM モデル作成のためのアドイン等を開発し、廃棄物の削減だけでなく、現場施工がシステム化されることにより、内装専門工事会社のワークフローを変革し、内装工の負担を軽減し、魅力を上げ、就業率を上げる効果もあると考える。

6. BIM 実行計画 (BEP) の検証結果

本プロジェクトにおける BIM 実行計画書を参考資料に示す。

BIM 実行計画書を使用して、キックオフ会議を開き、協力会社等と共有し、プロジェクトを進めている。

BIM 実行計画書に則り、複数社で、BIM データを共有した。

プロジェクトの途中の現在まで、問題となることはない。

ただし、プレカット施工が終了し、プロジェクトのクロージング会議を実施する際には、改善の余地がないか、議論する予定である。

参考資料

A-1 BIM 実行計画書（サンプル）

A-2 第4回 先導型モデル事業 WG 発表資料