

# 三次元モデルを活用した建設生産性向上 研究小委員会報告

## ACTIVITY REPORT OF THE CONSTRUCTION PRODUCTIVITY IMPROVEMENT RESEARCH COMMITTEE USING A THREE DIMENSIONAL MODEL

渡邊武志<sup>1</sup>・中嶋道雄<sup>1</sup>・井口重信<sup>2</sup>・柳川正和<sup>3</sup>

Takeshi WATANABE, Michio NAKAJIMA, Shigenobu IGUCHI, Masakazu YANAGAWA

<sup>1</sup> 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

<sup>2</sup> 正会員 東日本旅客鉄道株式会社 東京建設 PMO (〒141-0031 東京都品川区西五反田三丁目 5 番 8 号)

<sup>3</sup> 清水建設株式会社 土木技術本部 イノベーション推進部 (〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1)

本報は土木情報学委員会「三次元モデルを活用した建設生産性向上研究小委員会」での活動内容(期間 R2.7~R3.6)について報告するものである。本小委員会の活動内容を以下に示す。①建設プロセス(調査・設計・施工・維持管理)における BIM/CIM の実施状況と課題整理, ②汎用 PCa 採用時のメリット, 構造物を構築時の接合方法の検討, ③厳島神社改修状況見学報告

**Key Words:** BIM/CIM, 3Dmodel, precast concrete

### 1. はじめに

我が国の建設業界は少子高齢化に起因する労働力不足を解消し, 生産性向上を図る手段として BIM/CIM を積極的に導入してきた。その結果, 土工を対象として一定の効果が確認されている。その一方で, BIM/CIM 導入の目的である生産性向上が建設プロセス(設計・施工・維持管理)の各段階で図れていない場面も散見される。こうした状況を踏まえ, 本研究小委員会では①現状における BIM/CIM 活用状況と課題, ②PCa 製品の活用について議論を重ねてきた。以下, 本研究小委員会活動の活動状況について報告する。

### 2. 建設プロセスにおける BIM/CIM データの活用

BIM/CIM は導入フェーズを経て, 活用フェーズ(調査・計画, 設計, 施工, 維持管理)の各建設プロセスでの 3Dモデル活用と建設プロセス間におけるシームレスな情報伝達へと移行してきている。

このため建設プロセス毎に BIM/CIM データをどのように活用し, 何が課題となっているかについて以下にとりまとめた。

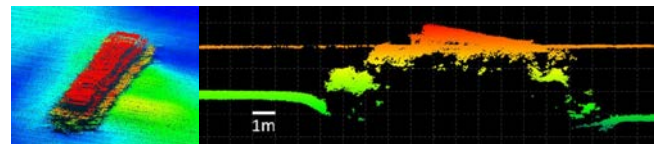


図-1 離岸堤の3次元測量データ(左:鳥瞰, 右:断面)

#### (1) 調査時の BIM/CIM の実施事項と課題

調査時の BIM/CIM の活用については, 航測会社が事例を紹介し, 討議を行った。調査段階は, BIM/CIM の起点であり, 調査時に取得したデータを設計や施工段階で有効に活用することが期待されている(図-1)。近年, 測量はドローン測量や地上レーザスキャナの普及により, 3次元データの取得が大部分を占めている。例えば, 航空レーザによって取得された3次元データは広範囲であり, データ容量も大きい(ペタバイト)。このようなデータの取り扱いについて, 測量会社では GIS をベースとした3次元に対応したソフトにより対応している。しかし, 後続する建設プロセス(設計以降)で使用される CAD ソフトでは読み込みが困難なケースもあり, 設計以降の建設プロセスでの3次元測量データ活用上の課題となっていることが確認された。

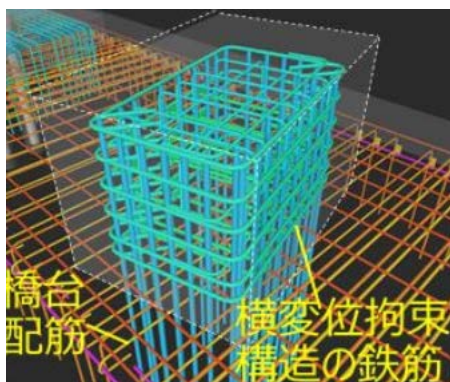


図-2 設計時での活用事例

## (2) 設計時の BIM/CIM の実施事項と課題

設計時の BIM/CIM の活用については、コンサルが事例を紹介し、討議を行った。設計時での活用は、複雑な鉄筋の取り合いや干渉等の確認や改善に利用している。

また、点群や既存 3D モデルから、複雑な形状の構造物の建築限界の確認に利用している事例も確認できた。その他、数量の自動算出や設計時での施工検討に利用していることも確認された。(図-2)

設計時に正確な現地形状を受け取ることで、建築限界や既存施設との取合いについて判断できるため、これらのデータを受け取り、設計成果を施工側に送り出す事が重要な点であると考えられる。ただし、設計時には 3D モデル作成が多いが、流通のための規格が定まっていない状況もあり、ソフトウェアの充実度が不足しているといった課題がある。また、本来必要なプロダクトモデル(3次元データに鉄筋や鋼管杭と言った分類が定まったモデル)の規格が定まっていない事や作成可能なソフトが不足していることが課題となっていることが確認された。

## (3) 施工時の BIM/CIM の実施事項と課題

施工時での BIM/CIM の活用については、建設会社が事例を紹介し、討議を行った。施工段階で BIM/CIM の利用は、3D モデルで可視化する事により工事内容の周知や説明などに利用している例が多かった。

図-3 に施工時の活用事例(トンネル施工)を示す。

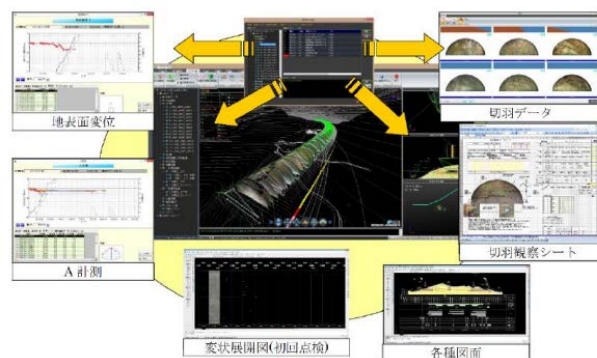


図-3 施工時の活用事例(トンネル施工)

次いで、3D データを利用し、ICT 施工に活用するケースが多かった。これは自動化施工の一環であり、設計時の BIM/CIM データをベースとしてその形状になるように施工機械を自動的に作動させる施工方法である。

この他、ドローン等で点群を取得し、現地の再現や施工結果の検証などに利用している。これらのデータの活用及び情報の付加を考慮すると、今後は施工成果となる出来形を自動的に BIM/CIM モデルに付与し、維持管理での活用を行う事が考えられる。

## (4) 維持管理時の BIM/CIM の実施事項と課題

維持管理の BIM/CIM の活用については、鉄道会社や高速道路会社での維持管理事例を紹介し、討議を行った。鉄道会社や高速道路会社は、その施設によって営業を行っていることもあり、非常に細かな維持管理を行っている状況である。また、各社独自の維持管理データベースを作成し、その中ですでに情報の付加とそれによる補修計画や補修によってアップデートされた情報を管理している状況である。このように道路や鉄道などはすでに予防保全型の高度管理を行っている。

また、例えば道路や線路などの構造物であれば管理は拠点からの距離で管理しており、その事業主体によって管理単位が違う等、現状管理しているデータ構造を変化させる必要がある。このように構造等の差や、民間や公共の事業主体別で維持管理情報の情報量や項目を考慮する必要があると考えられる。

## (5) まとめ

調査、設計、施工、維持管理での各建設プロセスでの、事例や課題を紹介してきた。調査で発生した大量のデータはその後のプロセスでの活用に必要不可欠であるため、データ流通の観点から標準的なプラットフォームが必要であると考えられる。また、設計段階では作成のためのデータ形式規格の設定や対応ソフトが必要である。施工段階では建設プロセスでの生産性の向上から、自動化施工を支える建設機械や資材の移動を入・出力できる

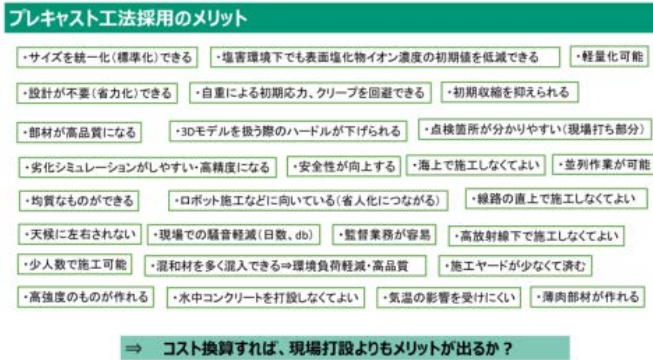


図-4 プレキャスト工法採用のメリット

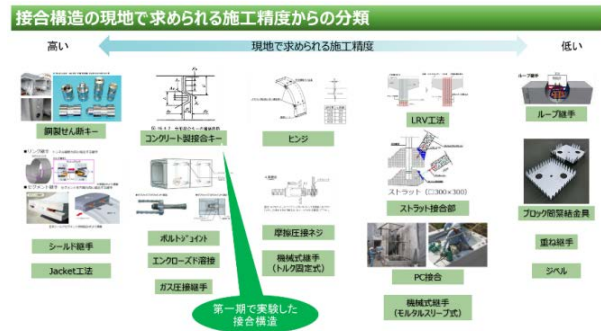


図-5 現地で求められる施工精度からの接合構造分類

BIM/CIM 規格が必要であり、また GPS 等で得られた施工データは自動的にデータに取り込める仕組みが必要である。維持管理プロセスでは、構造形式や事業主体によってこれらのデータを変換し、それぞれに応じた維持管理活用が可能なプラットフォームが必要と考えられる。

### 3. プレキャスト部材の接合構造に関する検討

建設業における生産性向上の施策の一つとして、プレキャスト化促進に向けて各所で様々な検討が進められている。しかし、課題は多く一朝一夕に進んでいないのが現状だと思われる。レゴブロックのように各ピースをロボットが積んでいくことで構造物を構築できないか、というような将来のあるべき姿からバックキャスト的な思考で、プレキャスト化促進のための検討を行ったので以下に、その概要を示す。

#### (1) プレキャスト化のメリット

まず初めに、プレキャスト化促進のための起動力となるプレキャスト化によるメリットについて、ブレインストーミング手法で列挙した(図-4)。プレキャスト化により、海上や線路直上、高放射線下などの厳しい環境下での作業を極力減らすことができることや、並列作業が可能、少人数でも施工可能といったコストや工期に直結しそうな効果も挙げられたが、品質のばらつき軽減、品質自体の向上、軽量化・高強度化がしやすい、といった現場打設のときよりも高品質・高度化する内容のほか、安全性の向上、点検箇所が分かりやすくなるといった定性的な効果も多く挙げられた。これら定性的な効果は、コスト換算することで現場打設よりもメリットを挙げられる可能性を秘めていると思われる。また、どのような効果を得たいのかを先に考えてから、それに適したプレキャスト工法を選定するということが重要だと思われる。

#### (2) プレキャスト化促進の主要課題(接合構造)解決に向けた検討

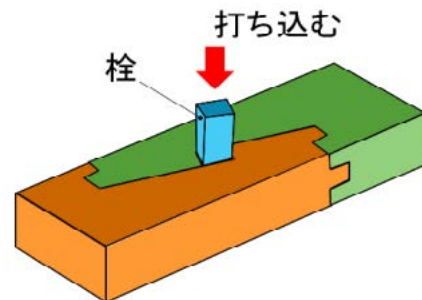


図-6 木質継手の例

#### a) コンクリート部材を対象にした場合の接合

プレキャスト化を促進する上で大きな課題となるのが、接合構造である。接合部は、一体でコンクリート打設した構造物と比べて弱点となりやすいだけでなく、必要な性能を確保するためにコストが増大する要因ともなる。また、接合精度を高く求められるほど、現地での施工精度も高く求められ、結果としてコスト増となることから、現状用いられている接合構造の例を挙げ、それらを現地で求められる施工精度から分類を試みた(図-5)。鋼製せん断キー、シールドトンネルの継手などは、高い精度で製作され、現地での接合管理も厳格なものとなるが、完成後には一体で施工したものと同等の性能を期待できる。一方で、床版の接合などによく用いられるループ継手や、鉄筋の重ね継手などによる接合は、耐荷力を発揮する作用の方向や種類が限定されるといった条件はあるが、現地での接合が容易であり低コストで接合が可能である。第一期での小委員会ではコンクリート製接合キーを対象に縮小模型による載荷試験を実施したが、第二期となる今期は、プレキャスト化が進まない要因の一つである価格が安く、汎用性が高い構造を目指し、従来よりも材料は増やさず、現場作業も極力増えない構造の検討を行うこととした。

#### b) 他構造(木構造)の接合構造の例

コンクリート構造に限らず発想の転換をはかるため、他構造(木構造)の接合構造について調査を行った。木質継手構造は、日本古来の宮大工などで用いられて

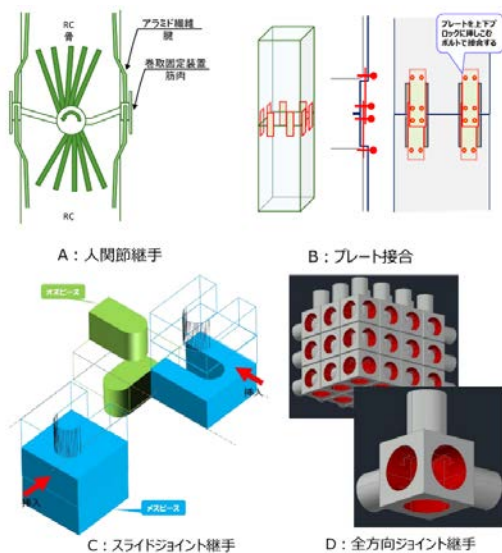


図-7 接合構造のアイデア

いる部材接合方法で、多種多様な継手が存在する。基本的には引張に弱く、最後に楔や栓を打ち込んで効果を出す継手も多数存在する。コンクリートのプレキャスト製品で言うモルタル充填に近いイメージである。また、継手によって使用する部位が異なり、伝達する断面力などが異なる。柱の接合構造には、腐食時に部分的に入れ替える際に用いる「金輪継」といった継手構造もあり、用途や使用部位・作用断面力に合わせて選定されている(図-6)。この点は、コンクリート製のプレキャスト構造を検討する際にも、多に参考になる知見かと考える。

#### c) 新しい接合構造のアイデア

前述のような検討を踏まえ、既成概念にとらわれない新しい接合構造のアイデアを出し合った。図-7にその一例を示す。Aは人の間接を模した継手で、RC部材から伸びるアラミド繊維が接合部付近の巻取固定装置で巻き取ることで接合できるものである。塑性域以降は巻取装置が緩むことで、全体破壊を防ぐことも考慮している。Bは鉛直荷重のみを主に支持することに機能を絞ることで、現地作業の省力化やロボット等での施工を念頭に置いたものである。CおよびDはレゴブロックのようなジョイントを多く設ける構造である。引張荷重への抵抗は少ないと思われるが、積み上げるだけで施工が可能である。いずれのアイデアも、一部の機能を犠牲にしながらも、一部の機能に特化した接合構造であるが、使用箇所や使用用途を考慮することで適用可能かと考える。

#### (3) まとめ

プレキャスト化には課題が多いのが実情であるが、そのメリットとして定性的なものも多いので、定量化する



写真-1 鳥居全景



写真-2 回廊部 東柱

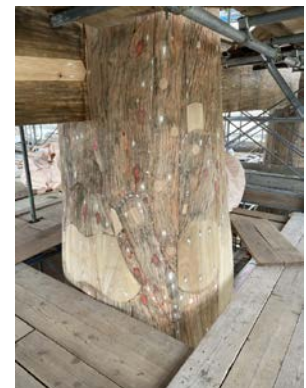


写真-3 親柱補修状況

などの方向性も大切かと思われる。その際、期待する効果からプレキャスト構造を選定するという思考も重要だと考えられる。また、接合構造についても、機能や性能を限定したり、限定された性能でも適用可能なプロジェクトで適用するといった考え方もあるかと思われる。今後、ブラッシュアップし、実用的な接合構造を検討していきたい。

#### 4. 巖島神社見学

PCa化検討にあたり、構造物の弱部を予め想定しておく、①損傷の状況に合わせて適宜取り換える、②取り換えやすい構造(ヒューズ部材化)も着目する事項の1つである。今回、大鳥居修理工事の状況を巖島神社のご厚意により、見学させて戴く機会を得たので今回、報告させて戴く。

写真-1に改修状況外観を示す。写真-2に回廊部の東柱の改修状況を示す。回廊部の東柱は材料劣化(虫害・腐食)が激しいため、基本的に傷んだ部分を撤去し、新材を入れ替える構造となっている。写真-3に鳥居親柱の補修状況を示す。親柱も無垢材ではなく、傷んだ箇所を撤去し、別の材料で補修する構造を採用していることが確認された。今回の見学で得られた知見を本小委員会での研究に活かしていきたいと考えている。

本報は研究1年目の成果について報告した。引き続き、業界の垣根を超え、委員が一丸となって研究を継続することで、明るい建設業界の構築に少しでも寄与できるよう邁進していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 中嶋道雄: 建設プロセスにおけるBIM/CIMデータ活用展望と課題、年次学術講演会、2022。
- 2) 井口重信: バックキャストの思考によるプレキャスト部材の接合構造に関する検討、年次学術講演会、2022。

(2022.8.09 受付)