

設計・施工におけるCIMの有効活用のための 情報マネジメントに関する一考察

都市工学専攻

学籍番号 1681724

藤岡 佳祐

目次

第1章 序論 -----	4
1. 背景	
2. 既往の研究	
3. 目的	
第2章 BIM/CIMの概要 -----	10
1. BIMの概要	
(1) BIMの定義	
(2) BIMによる利点	
2. 国際プロジェクトにおけるBIMの位置付け	
(1) 世界のBIMに関する動向	
(2) 国際プロジェクトでのBIM活用	
3. CALS/ECー日本の建設業におけるBIM導入以前の情報技術利用	
(1) CALS/ECの概要	
(2) CALS/ECの効果と課題	
(2) CALS/ECとBIM/CIMの関係	
4. CIMとi-Construction	
(1) CIMの概要	
(2) CIMとi-Constructionの関係	
第3章 CIMモデルの有用性の分析 -----	25
1. 地下構造物と埋設管の干渉の3次元モデルによる把握	
(1) 研究対象	
(2) 提供資料	
2. CIM モデル作成と課題	
(1) 2次元設計図面を用いた3次元モデル作成	
(2) 工程を含むCIMモデル作成における問題	
3. 異なるタイミングで作成された2次元図面間の比較	
(1) 比較対象である2次元図面の概要と問題	
(2) 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出	
(3) 2次元図面間の比較結果とその分類	
第4章 CIMにおける情報マネジメント -----	62
1. CIMによる建設生産性向上のための施策検討の必要性	
2. 人材育成に関する方法論の検討	
3. プロジェクト執行形態の検討	
(1) IPDの概要	
(2) CM方式の概要	
(3) CM/GC方式の概要	
(4) ECI方式の概要	
(5) 契約執行形態の整理	
4. BIMにおける情報マネジメントの取り組み	
5. CIMの効果的活用のための情報のマネジメント法の導入に関する検討	
(1) 情報マネージャーの役割の任命	
(2) 情報の承認プロセス設定	
(3) 発注者に求められる役割の限定	

(4) 受注者の役割

第5章 結論-----	75
1. 結論	
参考文献-----	77

第1章

序論

1. 序論

(1) 背景

現在の日本において建設業の生産性向上は急務である。技能者不足が顕著となるなか、情報技術を用いた生産性向上は建設業の長時間労働など、労働環境改善にも大きな寄与を果たすと期待されている。日本国内では 1996 年から取り組みが始められた CALS/EC(Continuous Acquisition and Life-cycle Support /Electronic Commerce)においてライフサイクルにおける情報技術の活用を目指していたが、電子入札、電子納品など全体の一部での活用に留まった。

その一方で、2000 年代に建築分野で属性を持つ 3 次元モデルを作成・発展させてライフサイクルを通して利活用する BIM(Building Information Modeling)の概念が広がりを見せ、2009 年には国土交通省による「BIM ガイドライン」¹⁾が整備された。BIM の概念図を図-1 に示す。BIM の活用を背景に、国土交通省は土木分野への BIM の拡大導入と活用を目指した、CIM(Construction Information Modeling)を掲げ、2017 年には「CIM ガイドライン(案)」²⁾を策定するなど導入が進みつつある。また、2016 年には i-Construction と掲げられた建設分野における生産性向上の取り組みとして情報技術の活用が重要項目として挙げられている。3 次元モデルを中心とした BIM や CIM の導入が進みつつあるが、諸外国に比べてその導入レベルは必ずしも高くないのが現状である。

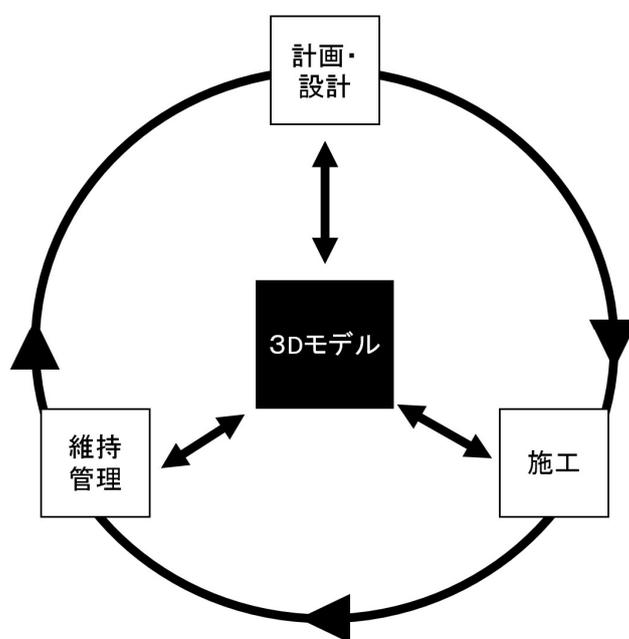


図-1 BIM の概念図

(2) 既往の研究

我が国における BIM や CIM に関する研究の状況を概観する。我が国においては、2次元図面から3次元プロダクトモデルへの移行、3次元モデルのデータ構築やその表現、標準化などに関する研究が多く行われてきた。

効率的なデータ作成に関しては、小林ら³⁾は、2次元図面と VR を用いた 3次元可視化を検討して2次元図面資産の有効活用を提案し、矢吹ら⁴⁾は膨大な BIM データからデータ量の小さいモデルを作成する方法を提案し、景観シミュレーションへ応用した。3次元データ構造の提案については、有賀ら⁵⁾は、開削トンネルに対するプロダクトモデルを開発し、実構造物に適用できることを示し、有賀ら⁶⁾は、維持管理の重要性に鑑み、変状に関する情報作成過程の記録と経年変化の管理を目的として、IFC を拡張したプロセスモデルを開発した。さらに、有賀ら⁷⁾は光波測量機で取得したコンクリート構造物のひび割れデータに対するプロダクトモデルの生成方法を開発し、時系列の維持管理データの総合的な管理分析を可能とした。小林ら⁸⁾は、CIM として作成する部材が多い鋼上部工を対象として、3次元モデルをパラメトリックモデリング手法により効率的に作成する方法を提案した。

データのマネジメントシステムに関しては、四月朔日ら⁹⁾は、橋梁に関する CIM データは、ライフサイクルで発生する膨大なデータ量となり、それを効率的に扱うことのできるデータベースマネジメントシステム (DBMS)が必要となることから、データを格納する方法を検討した。藤田ら¹⁰⁾は、点群データを BIM において活用するためマニュアル操作で編集し属性を与えるシステムを開発した。

3次元モデルに関連するその他の標準化に関して、窪田ら¹¹⁾は、3次元地形モデルの表記の標準として「3次元地形描画ガイドライン」を提案し、板倉ら¹²⁾は、3次元モデルを作成するコストを算出するとともに、モデル適用の便益の算出方法を検討した。これにより最適なモデル詳細度の特定する方法を提案した。より包括的な取り組みとして、田中ら¹³⁾は、建設事業において3次元 CAD ソフトを迅速低コストで導入活用できるように、国際規格に準拠した汎用3次元 CAD エンジンを開発した。

ライフサイクルにおける各フェーズでの CIM 活用に関する研究も多く行われている。設計に関して、また藤澤ら¹⁴⁾は、鉄道高架橋を対象に、3次元モデルより二次元解析のためのデータを出力できること、IFC との連携等について検討し、宮武ら¹⁵⁾は、築堤工事の設計における CIM の有効性を示すとともに、CIM を導入する場合のプロセスについて論じ、さらに、宮武ら¹⁶⁾は、堤防設計に3次元データ利用による受発注者間の業務プロセスの変化の有効性を論じている。

積算における CIM 活用に関して、藤澤ら¹⁷⁾は、実際の鉄道プロジェクトにおいて3次元設計モデルでの積算が可能であることを示し、5次元モデルの必要性に言及し、藤澤ら¹⁸⁾は、道路橋の下部工を対象に、詳細設計で作成した3次元モデルを発注者側の積算で活用する手法を検討した。

施工における CIM 活用に関して、杉浦ら¹⁹⁾は、工事着手から CIM 導入に取り組まれた国内初のプロジェクトについて、施工時の CIM の取り組みが紹介されるとともに、維持管理への効率的なデータ受け渡しに関する課題が論じ、畑ら²⁰⁾は、施工時の安全性向上に CIM を利用しようとする先進的な事例として、トンネル施工時の重要な情報である切羽前方地質情報を CIM に連携する予測型 CIM の開発の状況を報告した。また、宮武ら²¹⁾は、CIM の築堤事業において、発注者・施工者以外の第三者の発注者支援により 3次元モデル作成・修正を実施し、業務フローについて考察した。発注者支援業務として導入している。

維持管理における CIM 活用に関して、清水ら²²⁾は、3D 情報モデルをベースとして点検における撮影位置や工事履歴、図面などの情報の関係者間での一元管理を可能とし、石田ら²³⁾は、標準的なウェブブラウザで 3D グラフィックスを表現できる WebGL を土木構造物の点検業務に応用し、その有効性を検討した。

以上のように、我が国における研究状況としては、2次元データとの連携、3次元データの作成やその構造、データベースなどの情報のマネジメント技術、情報環境に関して活発に行われ、その応用についても、設計から施工、維持管理と幅広い。

しかし、建設プロジェクトのライフサイクルで情報をマネジメントするための、組織や役割分担に関する研究は少ない。これに関して、藤澤ら¹⁸⁾が設計施工分離発注から設計施工一括発注への移行の必要性を指摘し、また、宮武ら²¹⁾が、発注者支援業務として 3次元モデル作成者を導入した事例を検討し、FIDIC 約款におけるいわゆる“*The Engineer*”が 3次元モデルの管理に関わることについて考察している。また、設計と施工との連携など、フェーズをまたいだ CIM を核とした連携に関する研究は進んでいない。

次に、海外における BIM に関する研究の状況を BIM に関連するマネジメントという観点から概観する。Chen らは²⁴⁾、Chen らは、設計から施工へのプロセスを支援するポテンシャルを BIM は有しており、設計品質改善に有効であり、BIM と組織・プロセスを統合したモデルが必要であることを指摘してその有効性を事例により示し、Chien らは²⁵⁾は、BIM を利用する際の技術的、マネジメント的、個人的、法律的なリスクを特定し、クリティカルなリスクを同定するとともに、リスク対応戦略を提案している。Ding らは²⁶⁾は、4D モデルを用いた品質マネジメントの重要性を指摘し、さらには、安全マネジメントや環境マネジメントの分野の BIM 活用研究が進んでいないこと、実際行われている BIM に基づくプロジェクトは一つのフェーズあるいは一つの領域における活用に限定されていることを指摘した。Eadie らは²⁷⁾は、BIM ユーザに対する調査により、大きな成果を上げるためには協調作業が重要であり、ソフトウェア技術よりプロセスマネジメントがより重要であると指摘した。Porwal らは²⁸⁾は、公共工事プロジェクトにおける BIM 活用を進めるため、連携のフレームワークを検討し、設計コンサルタント (BIM アーキテクトを含む) および発注者が作成した初期設計モデルを、発注

者・コンサルタントとのコンカレントエンジニアリングにより施工性やコスト評価などを行って最終設計モデルを構築するため、連携コントラクタ（BIM アーキテクトを含む）を置く、新しい契約執行形態を提案している。Miettinen ら²⁹⁾は、技術並びに協調環境という面から BIM を分析し、契約執行のあり方の検討、様々な組織や環境における実験的利用とソリューションの検討が不可欠であり、特に組織間の境界を越えて学び経験することが重要と指摘している。Liu ら³⁰⁾は、BIM による協調設計・施工の成否に影響する因子を IT の能力、技術マネジメント、態度、役割分担、信頼、コミュニケーション、リーダーシップおよび学習と経験に分類し、さらに技術、人的資源、プロセスの 3 次元に再分類してその影響を議論している。

このように、組織や役割分担に関する研究、あるいは新しいパラダイムを導入する際の個人の人々の考え方や価値観に関する考察が、ライフサイクルにおける有効活用という観点から多く行われている。国内の研究においても、その重要性は指摘されており、実務的には、国土交通省において CIM 導入推進委員会が CIM 実施体制検討 WG を設けて検討をすすめており³¹⁾、今後の進展が期待されている。

(3) 目的

本論文では、第 2 章において BIM、CIM 等の情報技術の導入を進める施策の位置付けを明確にし、第 3 章で設計から施工への、少なくとも情報マネジメントに関してはシームレスな環境が CIM 導入効果を最大化するためには不可欠であることを、設計施工分離発注の民間実工事を対象とした分析により示す。

具体的には、地下駅舎の施工を担当する JV が、設計図書として提供された 2 次元の地下既存埋設管情報をもとに、図面の整合性や図面の不整合や設計の施工性の観点からの課題に対する、JV の対処履歴を分析する。さらに、CIM が検討すべき施工が行われる前の図面と竣工時の図面からそれぞれ作成した 2 種類の CIM モデルの比較を行い、施工中の設計変更を抽出する。その変更が設計時に CIM モデルがあることによって事前回避が可能であるか、別の効率的な施工法が可能であるか、第三者の施工経験者へのヒアリングに基づき考察する。この分析により、CIM 導入がもたらす効果と限界を考察する。

次に、第 4 章において、第 2 章と第 3 章で位置づけた情報マネジメントの重要性を基に、CIM におけるライフサイクル情報マネジメントの実現のための方法論を、BS1192³²⁾および PAS1192-2³³⁾に基づいて考察する。BS1192 は、The British Standard Institute（英国規格協会、以後 BSi.）が「Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice」（建築、エンジニアリング、建設の協調生産 – 実務コード）であり、PAS1192-2 は設計及び施工フェーズにおける BIM における情報マネジメントに関する BS1192 のサポートドキュメントである。

第2章

B I M / C I M の概要

1. BIM の概要

(1) BIM の定義

BIM の起源は諸説ある。Building Information Model という用語を初めて作り出したのは Nederveen and Tolman³⁴⁾であるが、BIM の概念としての起源はそれ以前に遡る。Dave³⁵⁾によれば 1975 年に Eastman が米国建築家協会(AIA)のジャーナルに寄稿した「建築記述システムの概要 研究報告書 No. 50」³⁶⁾における建築記述システム (Building Description System)である。この報告書は、図面に代わるものとして、設計、建設、運用分析を可能にする詳細な設計情報を格納・操作するのに役立つコンピュータシステムの設計について概説したものである。このシステムにおいて建物は部品のセットの空間構成とみなされ、材料やその供給者などの属性情報が付与される。また 3 次元空間からの投影図の生成する機能があり、現在の BIM の思想を見出すことができる。

国土交通省の BIM ガイドラインでは BIM とは「コンピュータ上に作成した 3 次元の形状情報に加え、室等の名称・面積、材料・部材の仕様・性能、仕上げ等、建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築すること」¹⁾と定義されている。これは 3 次元形状に属性情報を加えた建物情報モデルを構築することに主眼が置かれた字義通りの定義である。イギリスにおける BIM のガイドラインである「AEC (UK) BIM Protocol 2.0」では BIM は「設計および施工におけるプロジェクトに関する整合され内部的に一致した計算可能な情報の作成と使用」³⁷⁾と定義されている。また、BIM は複数の略語としての定義があり (Building Information Model, Building Information Modelling and Building Information Management), 全体のプロセスは、Building Information Modelling and Management と呼ばれ、「BIMM」と略されることもある。日本ではモデリングとマネジメントの両方の意味を持たせる場合にも BIM と表記している。

以上のように定義も複数存在し、統一は困難であるが、本論文では BSi(The British Standards Institution)の PAS1192-2 による定義である「電子オブジェクト指向情報を使用して建物または社会基盤資産を設計、施工または運用するプロセス」³³⁾を定義として採用する。

(2) BIMによる利点

BIMにより得られると考えられているメリットを表-1に挙げる.

表-1 BIMによるメリット

①情報の利活用による設計の可視化
②設計の最適化(整合性の確保)
③施工の高度化(情報化施工), 判断の迅速化
④維持管理の効率化, 高度化
⑤構造物情報の一元化, 統合化
⑥環境性能評価, 構造解析等高度な技術解析の適用

a) 情報の利活用による設計の可視化

図面とは、建物を色々な方向や切り口から見て、平面図、立面図、断面図といった2次元の組み合わせで表現する手法である。これに対し、BIMは、コンピュータ上に実際の建物を3次元で作り上げる手法である。CG(Computer Graphics)と混同される面があるが、可視部分だけをモデル化するCGに対し、BIMは壁や天井裏に隠れた柱や梁、配管や空調ダクト等の素材や用途などの属性まで忠実にモデル化できる。

b) 設計の最適化(整合性の確保)

図面を途中で変更すると、関連する他の図面も修正して整合させる必要があるが、実際にはそこで修正間違いが頻発する。BIMでは3次元の基データを修正することになるので、整合性を自動的に確保することができる。このBIMにおける特性はチェック作業の大幅省力化につながる。

c) 施工の高度化(情報化施工), 判断の迅速化

施工段階では、設計、構造、設備の干渉問題が頻発する。BIMには干渉を抽出する機能があるため、設計段階でそれを発見することができる。このようにBIMの特性は作業の前倒し(フロントローディング)を可能にする。

d) 維持管理の効率化, 高度化

維持管理において必要なデータ(属性データ等)を連携させることにより、維持管理での3次元モデルが構築され、管理の効率化・高度化が可能となる。

e) 構造物情報の一元化，統合化

施工時，3次元モデルに時間軸とコストを追加し1つのモデルに統一することで，施工計画の最適化，効率的な施工管理，安全の向上等が可能となる．

f) 環境性能評価，構造解析等高度な技術解析の適用

BIM データを気流・音・熱環境シミュレーションなどへの活用や合理的構造形式の検証や設備機器の立体的納まりの検証に展開されている．

2. 国際プロジェクトにおける BIM の位置付け

(1) 世界の BIM に関する動向

2025 年を目標とした英国政府の建設産業政策 (Our vision for 2025) では, Working together, industry and Government have developed a clear and defined set of aspirations for UK construction. 「産業と政府は共に働き, 英国の建設のための明確なそして確かな達成目標を築き上げる。」と冒頭に述べられている。達成目標として, Lower cost (コスト低減) 33% 減, Faster delivery (時間短縮) 50% 減, Lower emission (エネルギー低減) 50% 減, Improvement (海外事業拡大) 50% 増と目標を定め, 政府発注プロジェクトは 2016 年から BIM 使用の義務付けを決定した。その背景として, 2025 年までに国際建設市場は 70% 増加すると予測されていることがあり, BIM 活用の産業戦略は国際市場展開への布石となっている。

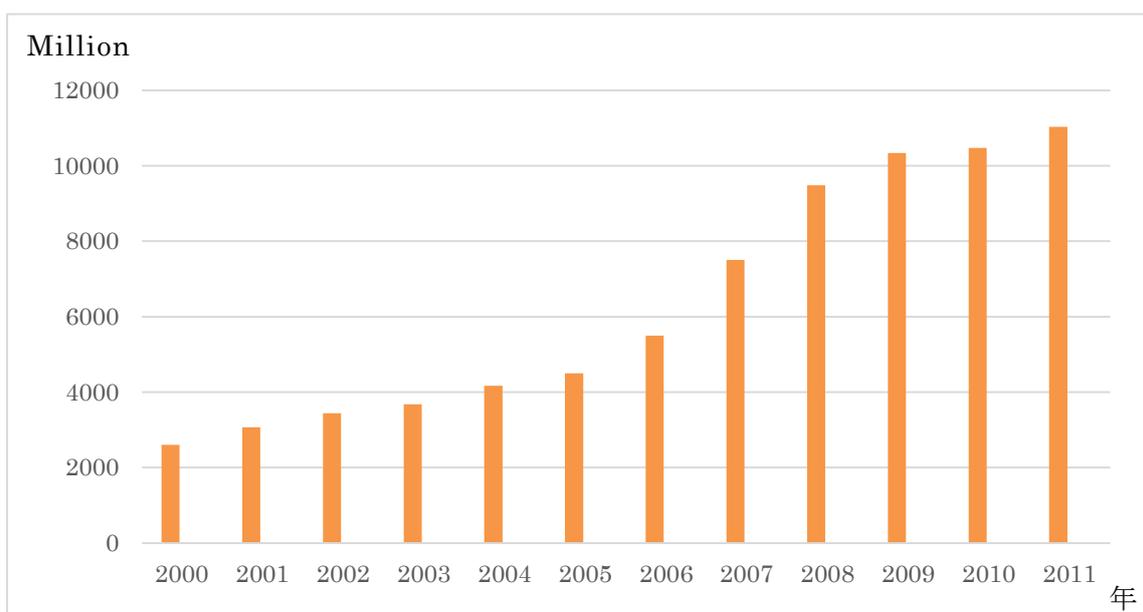


図-2 イギリスの事業量

(2) 国際プロジェクトでの BIM 活用

1. プロジェクト計画

- 事業実現性調査 (F/S) や実施計画の精度向上

2. 設計

- 概念設計, 基本設計, 詳細設計, 製作設計の各段階での活用
- 性能設計の実施, 検証, 精度向上

3. 施工: 仮想施工 (Virtual construction) による生産性の向上

- 施工性分析, 安全性検証
- 干渉調査 (鉄筋, ダクト, 埋め込み物, 地下埋設物等)
- 契約管理: 追加費用や工期延伸請求対応, 契約紛争解決

4. 維持補修

- 維持補修作業の生産性検証

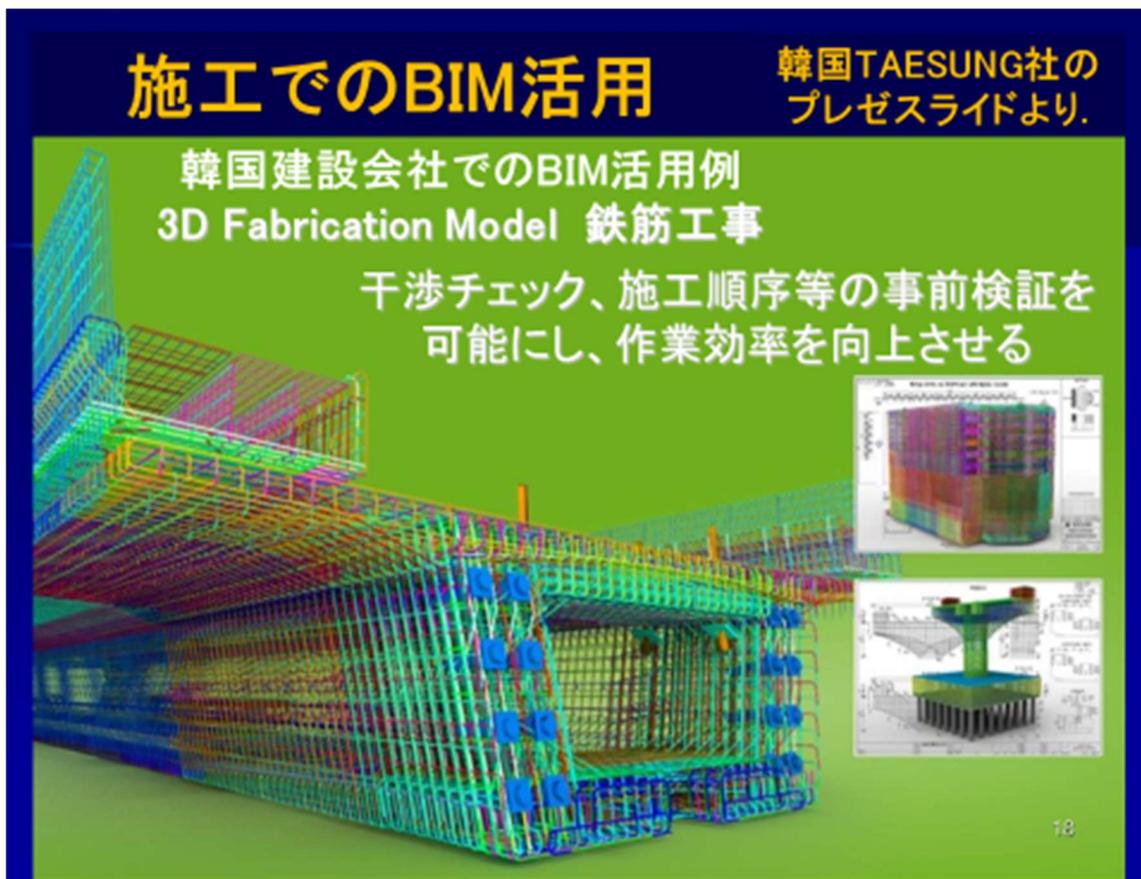


図-3 施工での BIM 活用

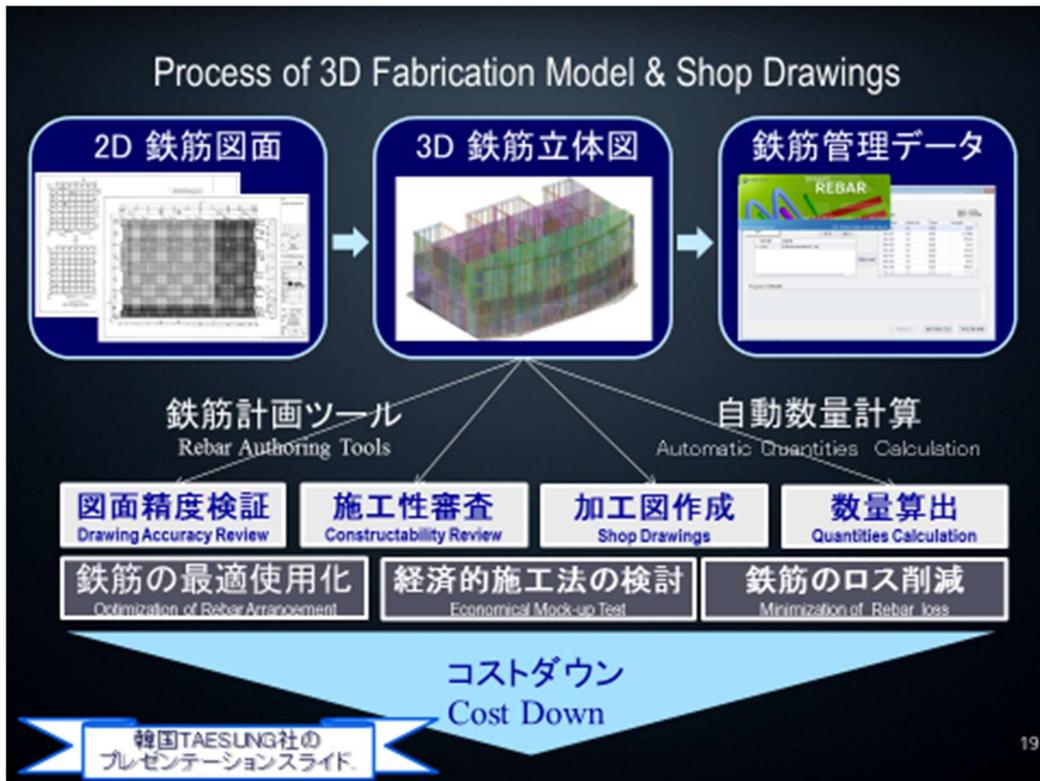


図-4 施工での BIM 活用

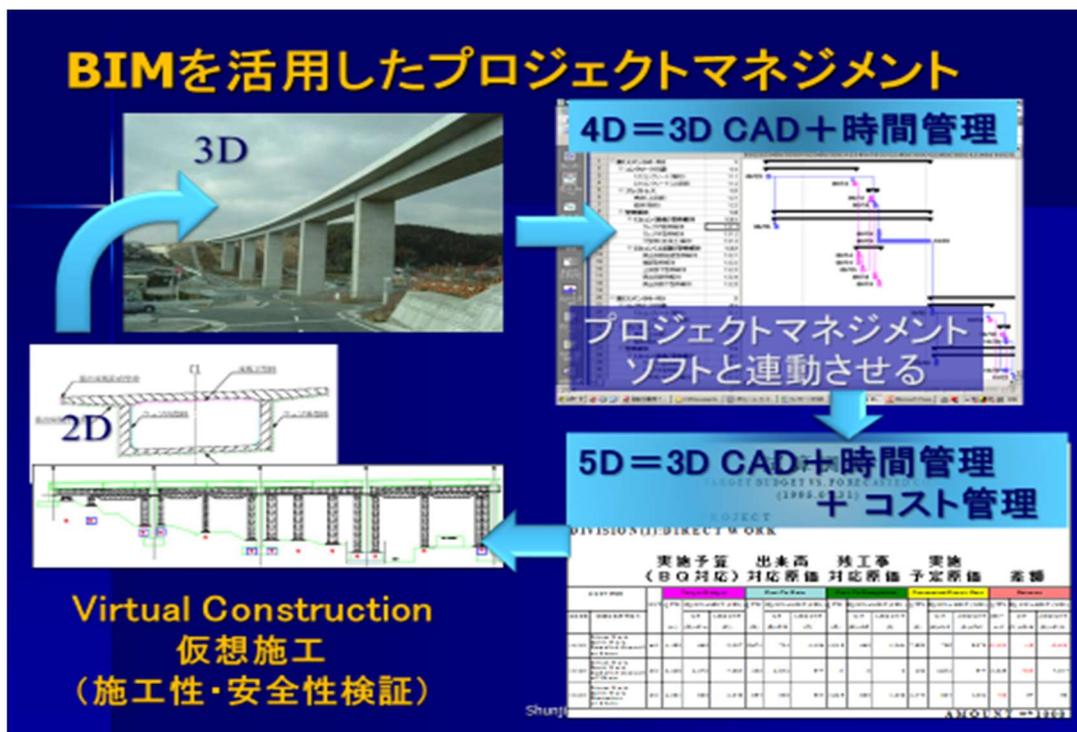


図-5 BIMを活用したプロジェクトマネジメント

① ロンドンのクロスレール計画の概要³⁷⁾

英国ロンドンの「クロスレール(Crossrail)」プロジェクトは英国工業規格(BS1192)に基づき、徹底した ICT 化を図ったプロジェクト情報の先進的で組織的な活用事例である。

a) クロスレール路線概要

クロスレールはロンドンの東西間を結ぶ新路線である。クロス型に東西間に路線が伸びているのが特徴として挙げられる。ナショナルレールのグレートウェスタン線とグレートイースタン本線に、ロンドン中心部を地下で横切るトンネルを経由して、相互に乗り入れる。ロンドン中心部では、現在の地下鉄各路線よりも深い位置にトンネルを建設する予定である。従来の地下鉄よりもロンドン中心部の駅が少なく、高速運転が実施されることから、パリの RER に似た機能を持つ鉄道である。ロンドン中心部のトンネル区間には 6 駅が建設され、既存の地下鉄・ナショナルレールの各線と乗り換え可能である。なお、ロンドン中心部の各駅はロンドン地下鉄の駅と一括で管理が行われる。ロンドン中心部のトンネル区間を抜けると、東側は二手に分かれて、片方はストラットフォード駅からグレートイースタン本線に乗り入れる路線であり、もう片方はロンドンの再開発地域であるカナリーワーフ方面への路線である。また、トンネル区間の西側ではロンドンのターミナル駅であるパディントン駅からグレートウェスタン線に乗り入れる。

b) クロスレールからの空港・ユーロスターアクセス

クロスレールの一部の列車はヒースロー空港に乗り入れる予定である。現在、パディントン駅からヒースロー空港までは直通列車であるヒースローエクスプレスと、途中駅に停車するヒースローコネクトの 2 種類の列車が運行されているが、クロスレール開業と同時にヒースローコネクトはクロスレールに統合される。現在、カナリーワーフからヒースロー空港までの所要時間はヒースロー風力発電の電気を一部使用して走行する電車(マルメ、スウェーデン)エクスプレス経由で約 50 分、地下鉄のみで約 1 時間 10 分(乗り換え時間含む)であるが、これが乗り換えなしの 43 分に短縮される。また、クロスレールからヒースロー空港以外のロンドンの各空港へのアクセスは、1 回の乗り換えで可能である。さらに、ストラットフォード駅近くに、パリ・ブリュッセル方面のユーロスターが停まるストラットフォード国際駅があり、ユーロスターへの乗り換えも簡便となる。このように、クロスレールは空港アクセスやユーロスターへのアクセスが容易な路線となる。

c) 車両・運賃概要

クロスレール用の車両は 1 両あたり 20m の車体長であり、ロンドン地下鉄で用い

られる 16～18m の車両よりも長い。開業当初は 10 両編成で運行予定であるが、プラットフォームは将来を見越して 12 両編成に対応できるように建設される。また、都心部のトンネルの直径は 6m であり、Tube タイプのトンネル直径の 3.81m よりも大きく、従来よりも大型車両が走行可能である。ラッシュ時には 2 分 30 秒間隔で運転する。これによって、従来の地下鉄よりも高容量での運行が可能になる。また、ロンドン中心部の各駅にはホームドアが設置され、安全性が高められる。クロスレールの運賃は、ロンドン交通局の運賃体系と同一のゾーン制となる。またロンドンで運用されている IC カードのオイスターカードも利用可能である。

d) BIM の活用 ³⁸⁾

この工事では集中化された情報モデル内で CAD ファイルが作成・承認・統合される。最新の設計はすべて 3D ルールとプロセスに従って行われている。100 万を超える CAD ファイルが統合情報モデルに格納されている。3D の設計情報モデルはクロスレールが主催し、建設請負業者と共有している。そして、最終的には鉄道の運営者や保守者へ情報が受け渡される。これにより、契約とプロジェクト段階間の情報損失が大幅に削減することができ、設計・施工過程の可視性が向上し、事業リスクを低減させることができ、技術活用で効率的にコストを下げ、事業の混乱を最小限に抑えることができる。クロスレールにおける BIM 利用の主な利点を表-2 に示す。

表-2 クロスレールにおける BIM 利用の主な利点

・設計および施工の共通の問題と作業への可視性の向上によるリスクの削減
・現場での複雑な詳細やプロセスの簡単な見直しによる施工意識の向上による安全性の向上
・モデル、図面、ドキュメントの最も適切なバージョンのみを保証するなど、データ管理に対する信頼できる「単一の真実のソース」を使用することによるエラーの低減
・物理的な建設物を構築する前に「仮想」の建設物を作成し、設計と施工の洗練を可能にする、リンクされたデータセットと統合された 3D モデルによるコラボレーションの改善
・プロジェクトフェーズ間の情報損失を削減し、完全な資産情報をとらえて維持管理フェーズに確実に引き渡す
・データの相互運用性と可動性を含む技術の進歩を活用したプロジェクト納品の改善

② World Trade Center 再開発事業(アメリカ)³⁹⁾

・プロジェクト概要

発注者

ニューヨーク州・ニュージャージー州港湾局

プロジェクト

WTC 統合交通ターミナル施設建設パーソンズプリンカホフ&URS プログラムマネジメント共同業体

WTC 統合交通ターミナル施設総事業費

2,200 億円

a) プログラムマネジメントにおける課題と解決策³⁹⁾

WTC 跡地を記念碑として残す必要があり、地下工事と地上記念碑の工事を平行する必要があった。そのため基本・設計計画段階でそれぞれの請負計画を色分けで表現し、施工計画内容（地下工事と地上メモリアル）の干渉チェックを事前に行い不整合を確認することができた。

仮設（青）、本設（赤）、完成モデル（白）でモデル化して統合、干渉チェックを実施した。更に、困難な状況ゆえに、時間軸を追加した 4D で検討が重要であったため、PDF 上の構造物と詳細な情報がリンクされるシステムを構築した。モデルは工事進捗に合わせた道路の仮配置にも使われ、BIM が計画進行の要となっている。

事業規模や関係者の多さに加え、完成後の維持管理にもデータを活用する計画があり、モデル自体が高精度に構築されている。BIM 先進国の米中でも、将来を見据えた象徴的なプロジェクトの 1 つとなっている。

③ シカゴ鉄道局 Wilson Transfer Station

パイロットプロジェクト(アメリカ)³⁹⁾

・プロジェクト概要

シカゴ市内を走る環状鉄道駅舎のアップグレードプロジェクト。

Revit(計画モデル)と Re Cap(現状モデル)を Infra Works で結合し、設計施工を行うためのモデルを作成。このパイロットモデルにより、シカゴ鉄道局(CAT)は今後 BIM を採用する方針である。

将来的に他のプロジェクトでも活用できるようにライブラリ化も行い、さらに地下埋設物は埋設 GIS データから自動的にモデル化を実現している。建物の詳細を認識するだけでなく、プロジェクト全体を把握するためのモデルを作成することが重要であり、細部のレベル・全体の都市モデルから建設現場に必要なモデルを再現・計画し、それをまた全体モデルに反映した。

④ Connecticut 道路局高速道路

インターチェンジ(アメリカ)³⁹⁾

・プロジェクト概要

発注者：コネチカット州道路局

プロジェクト：インターステート 95 号線ニューヘブロン湾横断線改良工事

NEW HAVEN HARBOR CROSSING IMPROVEMENT PROGRAM

高速道路 3 号線のインターチェンジ改良工事

延長距離 70 マイル

総事業費：2000 億円

発注者が BIM の ROI(return on investment)に着目し、設計、施工業者の BIM 化に対して出資した 2 億円を BIM によるプログラムマネジメントに投資した。目的は既存の交通の流れを阻害しないで安全かつ、高速道路を毎日 4 時間しか封鎖しないで施工することであった。4D-CAD がない場合では、工程管理者は工程計画、設計者は設計、施工者は施工計画をそれぞれ作成し、発注者はそれらが問題なく進むことを祈ることしかできないが、BIM 技術によって上記の心配をする必要がなくなるだけでなく、施工スケジュールの短縮が可能となった。

発注者への納品物は 2 次元図面だが、Navisworks を利用し、補完資料として提出している。将来的にこの資料を公式とするためには法律上、契約上の課題はあるが、ソフトウェアとしては既に可能である。建設では既に法律、契約上の整備が整っているが、土木分野もこれらを参考にして事業に適用する必要がある。従来、発注者は施工者に任せっきりでスケジュール管理も行っていなかったが、Design-Build、PPP などにより状況は変わりつつある。

3. CALS/EC—日本の建設業における BIM 導入以前の情報技術利用

国土交通省が 1996 年から行った情報技術を用いた取り組みである CALS/EC をとりあげる。この取り組みの目的や結果、BIM との関係を考察することで日本国内における BIM/CIM との位置付けを明確にする。

(1) CALS/EC 概要⁴¹⁾

CALS/EC(Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce)とは、「公共事業支援統合情報システム」の略称であり、従来は紙で交換されていた情報を電子化するとともに、図-6 に示すように、ネットワークを活用して各業務プロセスをまたぐ情報の共有・有効活用を図ることにより公共事業の生産性向上やコスト

縮減等を実現するための取り組みである。表-3 に CALS/EC により効率的となる業務例を示した。これは、国土交通省が 1996 年に 2010 年度までを対象期間として策定された「建設 CALS 整備基本構想(以下基本構想と表記)」に端を発した取り組みである。なお 2008-2010 年を対象とした「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008(以下 AP2008 と表記)」⁴²⁾以降、後続の施策は公表されていない。20 世紀末のアメリカによるコンピュータを用いた調達支援、さらに電子商取引という情報技術発展を背景とした CALS/EC は「建設 CALS 整備基本構想」において①情報交換（主に発注者・受注者間）、②情報共有・連携（主に発注者側）、③業務プロセスの改善、④技術標準、⑤国際交流・連携といった 5 つの目標を設定している。また、表-4 に示すように、基本構想の目標を AP2008 はおおよそ引き継いでいる。

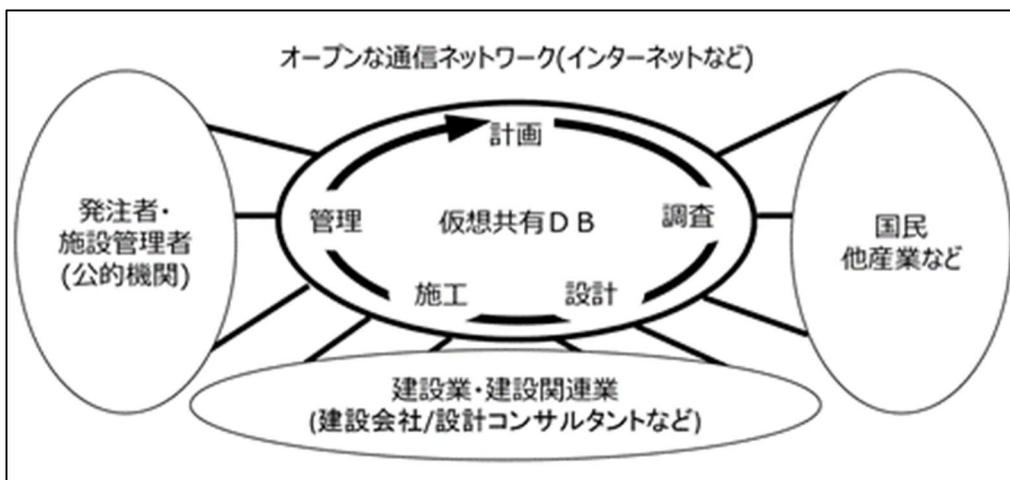


図-6 CALS/EC の概要

表-3 CALS/EC により効率的となる業務例

情報の電子化により、保管スペースが削減され、かつ、検索が簡易・短時間で可能となる
通信ネットワークを利用し、短時間でどこでも情報交換でき、より迅速な業務の執行が可能となる
情報の共有により、行き違いや伝達ミスがなくなる

表-4 AP2008 における目標

AP2008目標
入札契約書類の完全電子化による手続きの効率化
受発注者間のコミュニケーションの円滑化
調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用
情報化施工の普及推進による工事の品質向上
電子納品化に対応した品質検査技術の開発
CALS/ECの普及

表-5 CALS/EC に期待されていた利点とその課題

Type	Merits	Issues
設計→施工 設計の大局化	コンサルタント:次フェーズで 必要な業務に集中	コンサルタント:ビジネス 機会の減少を受け入れ 難い。
設計←施工 フロントロー ディング	請負者:予測不能な条件変更 の可能性減少	契約により、設計者と 施工者の情報共有は 制約。
施工段階	発注者、請負者、設計者の協 調作業による生産性向上	プロジェクトごとのソフト ウェア利用。その連携。
維持管理段階	情報蓄積により、コスト削減と 適切な意思決定	発注者が必要な情報を 特定する必要。

(2) CALS/EC の効果と課題

CALS/EC による期待されていたメリットとその問題を表-5 に示す。成果として①情報交換においては電子入札・納品が普及し、②情報共有・連携においては情報共有システムが効果を挙げた。一方で課題も多い。以下に CALS/EC において残された課題を挙げる。

- 情報共有の理念が先行し、そのメリットを明確に把握しなかった
- 2D-CAD の標準化が志向されたが、負荷が大きい割にメリットが限定的であった
- 設計施工分離発注では、コンサルタントは請負者と情報共有できない。ビジネス機会の再編を含むようなプレイヤーの役割変更には踏み出すことができなかった

(3) CALS/EC と BIM/CIM の関係

国土交通省の「官庁営繕事業における BIM 導入プロジェクトの開始について」⁴³⁾において「国土交通省では、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」に基づく具体的な実施項目として、「3次元データを活用したモデル設計・施工の実施」を掲げており、今回の試行はその一環として実施するものです」と述べている。このように日本の官庁における BIM は設計・施工段階における実施を念頭に置いており、CALS/EC の AP2008「調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用」の延長に位置すると考えられる。

AP2008 において示された「3次元データを活用したモデル設計・施工の実施」は「調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用」³⁹⁾の具体的な実施項目に含まれている。ここではライフサイクルを通じた電子データ活用が目指されており、3次元データを活用する設計・施工段階だけではなく、調査や維持管理段階に関しても目標が設定されている。

4. CIM と i-Construction

(1) CIM の概要

CIM とは Construction Information Modeling/ Management の略称である。国土交通省の CIM ガイドラインでは CIM の概念について「計画，調査，設計段階から 3 次元モデルを導入することにより，その後の施工，維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし，一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としている」²⁾と説明している。CIM に関しても CIM ガイドラインにおいて「建築分野での“BIM”(Building Information Modeling)を建設分野に拡大導入」²⁾したものとして位置付けられているため，CALS/EC に連なる取り組みであると考えられることができる。

CIM(Construction Information Modeling/ Management)は国土交通省の造語であり，海外では社会基盤整備において情報技術を用いた手法は BIM For Infrastructure，特にアメリカでは CIM(Civil Integrated Management)と呼称されている。本論文では CIM を BIM と同義として「電子オブジェクト指向情報を使用して建物または社会基盤資産を設計，施工または運用するプロセス」という定義を採用する。また，CIM による利点は表-1 で示した BIM による利点と重なる。

(2) CIM と i-Construction の関係

i-Construction は 2015 年に国土交通省が表明した建設業における情報化施工や CIM の取り組みを包含した生産性向上の取り組みであり，現在は土工を中心にその推進が図られている。また，今後橋梁や様々な工種への拡大が想定されている。

CIM ガイドラインの整備や建設生産プロセス全体における 3 次元モデル構築と適用拡大が i-Construction の取り組みのロードマップ⁴⁴⁾の「3D データの利活用」に記載されていることから，CIM を包含するものであると考えられる。

一方，日本建設業連合会の発行している「施工 CIM 事例集 2017」⁴⁵⁾には写真測量やレーザー測量などの 3 次元測量や自動化施工なども含まれており，i-Construction の主要な取り組みである「ICT 活用に向けた取組」と重なる面があり，i-Construction と CIM の関係は不明瞭な状態となっている。

本論文では CIM を i-Construction における「3D データの利活用」に位置づけられるものであり，3 次元 CIM モデルに基づく情報マネジメントが核となると捉える。i-Construction における「ICT 活用に向けた取組」は，ライフサイクルにおけるプロセスを対象とした取り組みではなく ICT を用いた測量や自動化施工に注力しているため，測量という情報入力，自動化施工という情報出力を対象としていると捉える。これはあくまで便宜上の分類である。

以上のような分類を行うことで、CIM と i-Construction における差異化を図ることができ、現在、主だった議論のなされていない CIM における核となる情報のマネジメントを強調させることが可能となる。また、今後「ICT 活用に向けた取組」が土工だけでなく、3次元データに大きく関わってくる橋梁分野の i-Bridge などに広がると、制度設計の検討が交錯すると考えられる。

第3章

CIM モデルの有用性の分析

1. 地下構造物と埋設管の干渉の3次元モデルによる把握

実際に行われた工事における資料を基に CIM モデルを構築することで、3次元 CIM モデルの有用性の十分な活用には情報のマネジメントが不可欠であることを示す。

(1) 研究対象

本研究が対象とするのは都市部における地下駅舎の新設工事である。表-6に本工事の概要をまとめた。また、この工事において工程管理ソフトウェアや3次元の図面は使用されていない。この工事では大きな問題は地下から図面に存在しない管が発見され、対処されたこと、埋設管の位置が設計で把握していたものより深く、それに対する設計の変更をしたこと以外は大きな問題はなかったとヒアリングにて確認している。

(2) 提供資料

本研究は建設共同企業体(JV)に協力していただき、資料提供を受け、その資料を基に3Dのモデルや工程の構成を行った。提供資料を以下に示す。

- 設計図面（2次元 DWG データ）
- 全体工程表
- 月間工程表（予定、60枚、平成17年12月まで）
- コスト概算表（2枚）

表-6 研究対象工事の概要

工事概要	地下駅舎の新設
発注者	鉄道会社
設計・関連コンサルタント	鉄道会社、建設コンサルタント
請負者	建設共同企業体（JV）

また、月間工程表は実施工程ではなく予定であり、CIMモデルに組み込もうと試みたが、に月間工程表の前後月の関係を一部示すように、先月存在しなかったタスクが数多く表れるなど正確な工程として使用できるものではなかった。施工計画書、工事数量総括表は古いものであり既に破棄したとJV側から報告を受けたためCIMモデル作成に使用できなかった。入手することのできなかった施工計画書、数量計画書の用語を木下が解説したもの⁴⁶⁾を以下に示す。

① 施工計画書

工事帳票の一つで、受注者が工事着手前に工事目的物を完成するために必要な手順や工法等について記して監督職員に提出する資料。工事概要、計画工程表、現場組織票、指定機械等を記載する。なお、受注者の任意で施工する場合においても、施工方法等の変更の際には施工計画書の修正、提出は必要となる。

② 工事数量総括表

工事施工に関する工種、設計数量及び規格を示した書類を言う(発注機関により名称は異なる。国土交通省「土木工事共通仕様書(案)」(平成25年3月)においては、この名称を用いる)。記載の工種(レベル2)、種別(レベル3)、細別(レベル4)の体系は、新土木工事積算大系の工事工種体系ツリーが基本となる。

2. CIMモデル作成と課題

(1) 2次元設計図面を用いた3次元モデル作成

対象プロジェクトにおいて2次元図面の3次元モデル化を行った。用いた図面は仮設構造一般図、止水壁工断面図(A断面～M断面)上下線各側面図、各段の切梁平面図、路面覆工図である。作業はBentley社のMicroStation V8iを用いて行った。図-7に架設構造一般図を、図-8に路面覆工図の一部を示す。

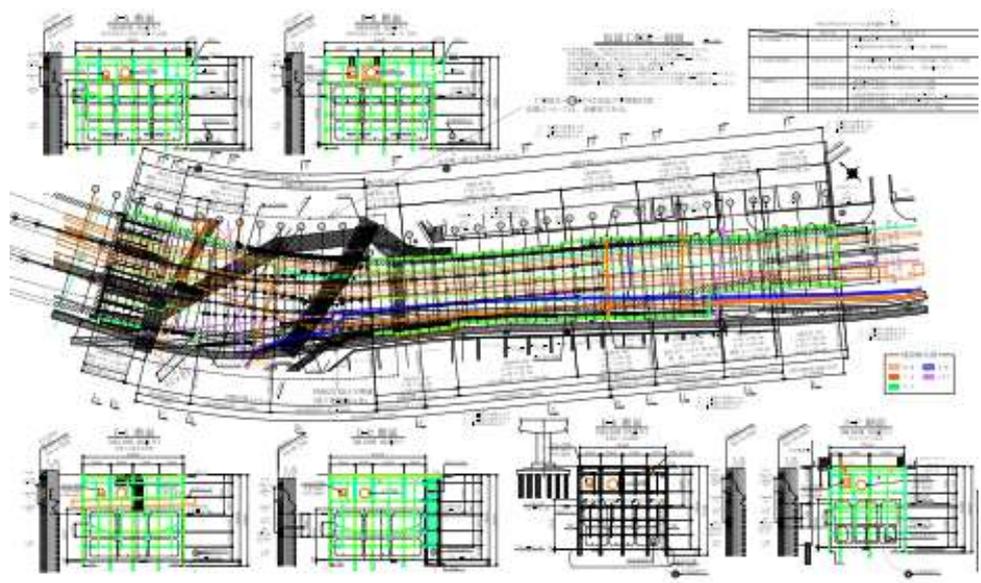


図-7 架設構造一般図

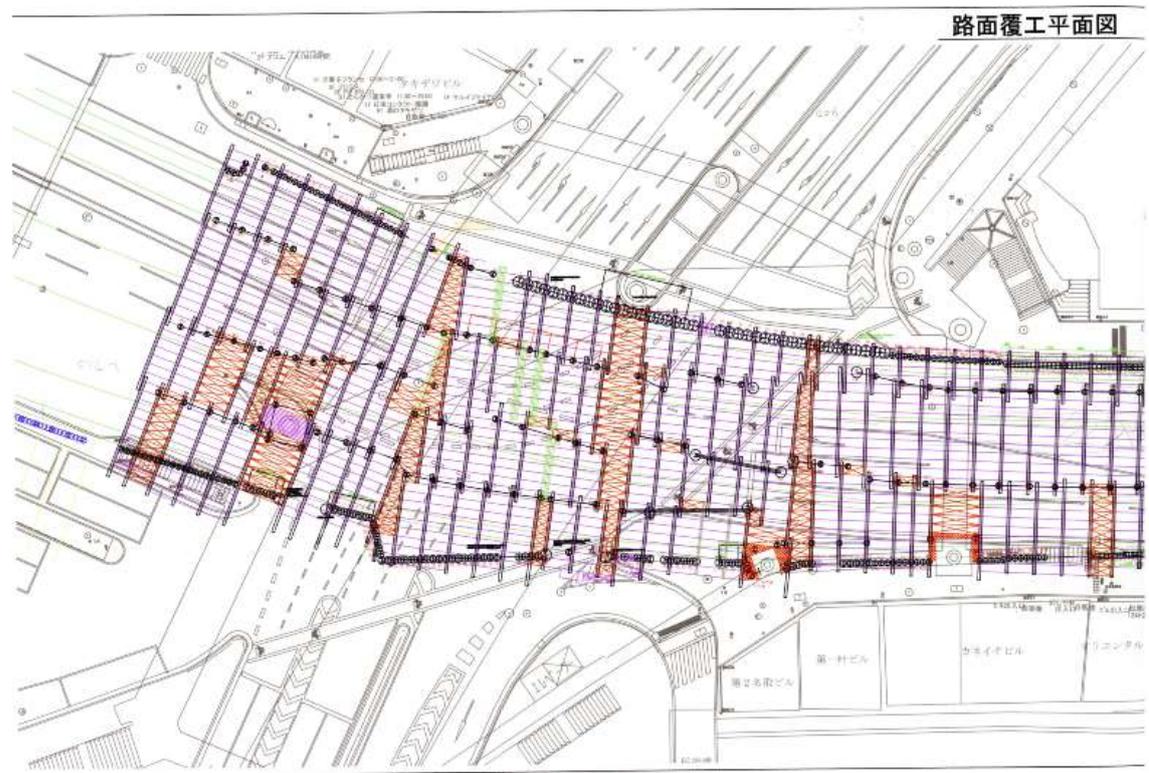


図-8 路面覆工図の一部

a) セルの作成

セルとは部材のみの寸法・属性を含むデータである。提供された2次元図面の部材寸法を基に各部材ごとセルを作成した。

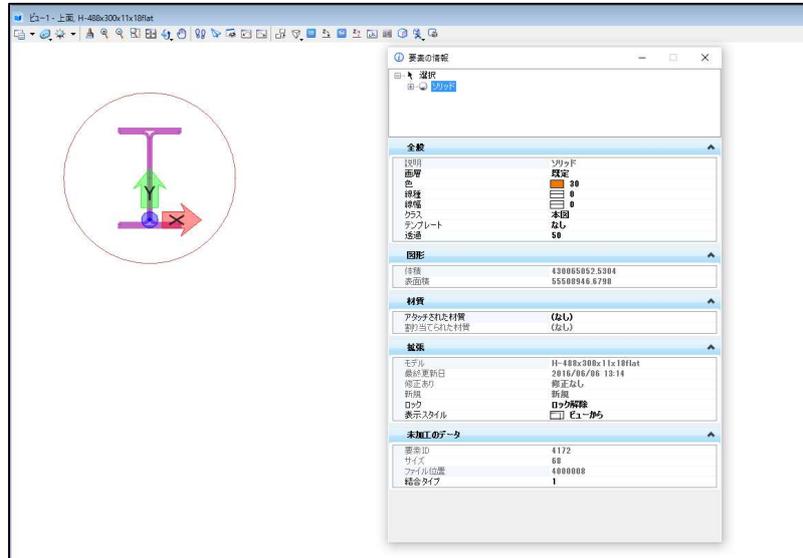


図-9 セルとプロパティの例

b) 2次元図面の3次元空間配置

それぞれの2次元図面を止水壁工の断面を基に3次元空間に配置した。このとき切梁平面図における中間杭や止水壁の位置が他の図面と異なることが確認できた。

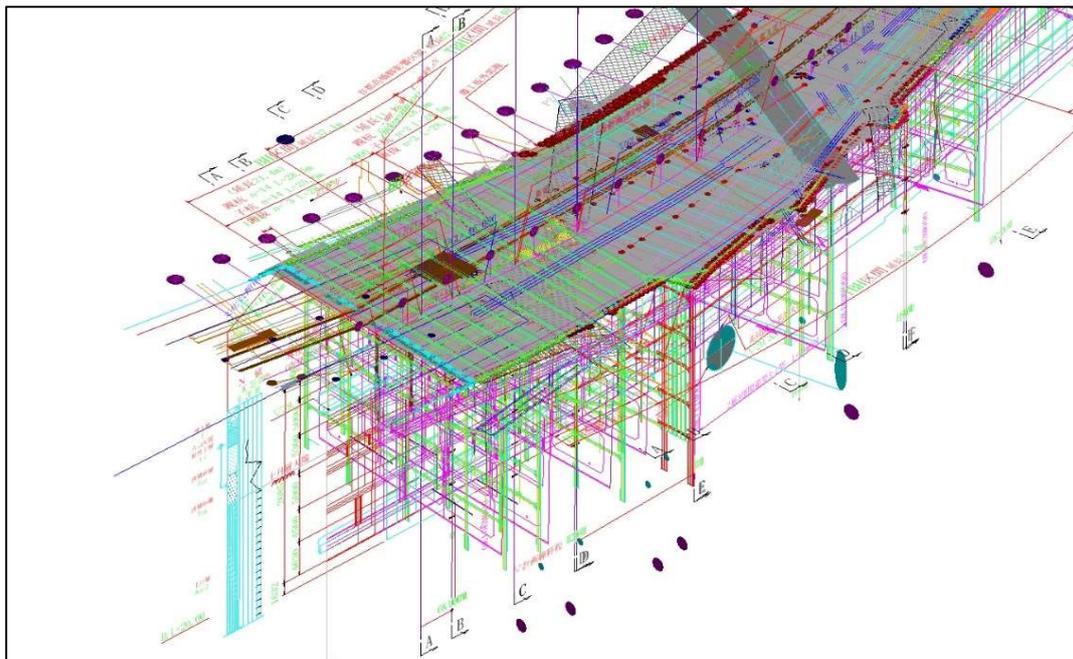


図-10 2次元図面の3次元配置(1)

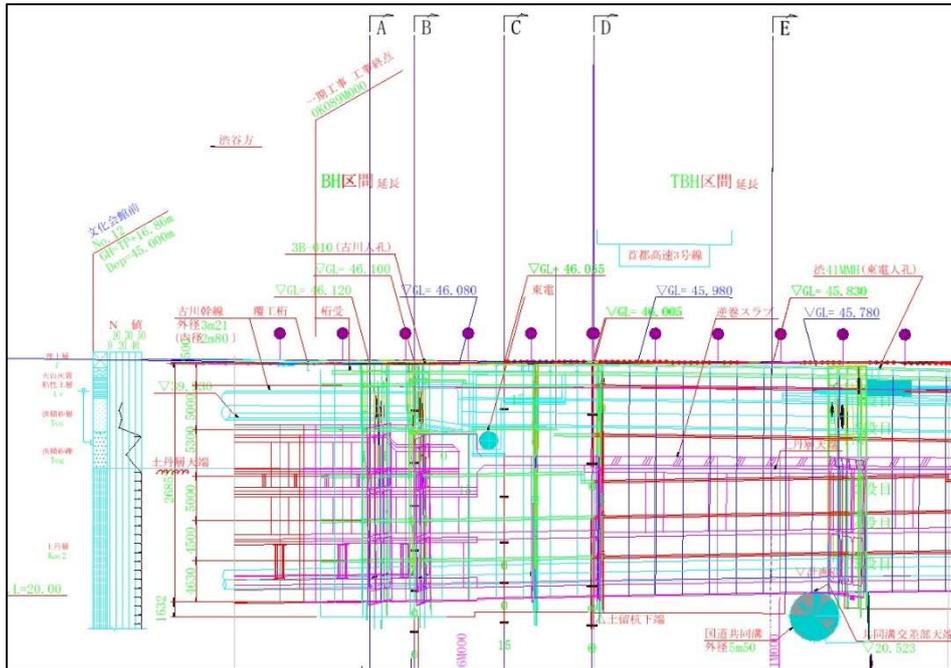


図-11 2次元図面の3次元配置(2)

c) セルの配置

図-36のように配置した2次元図面を基に事前に作成したセルを配置した。またここでは切梁の詳細なモデルまでは作成していない。図-37で示すように埋設管に関しては平面をつなぐロストサーフェス機能を用いたが2次元図面で示されていた埋設管との差異が生じたため簡易的なモデル作成のみに留めたほうが良いと考えられる。

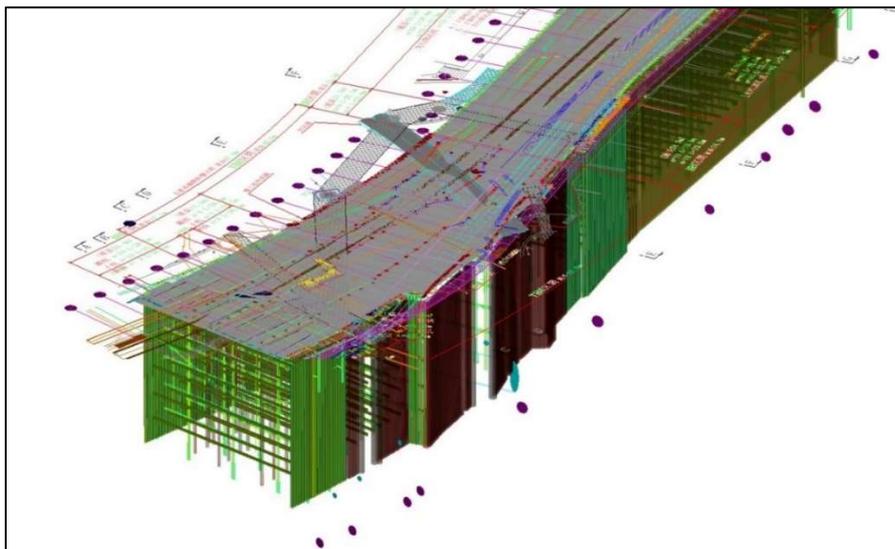


図-12 簡易 3 次元モデル

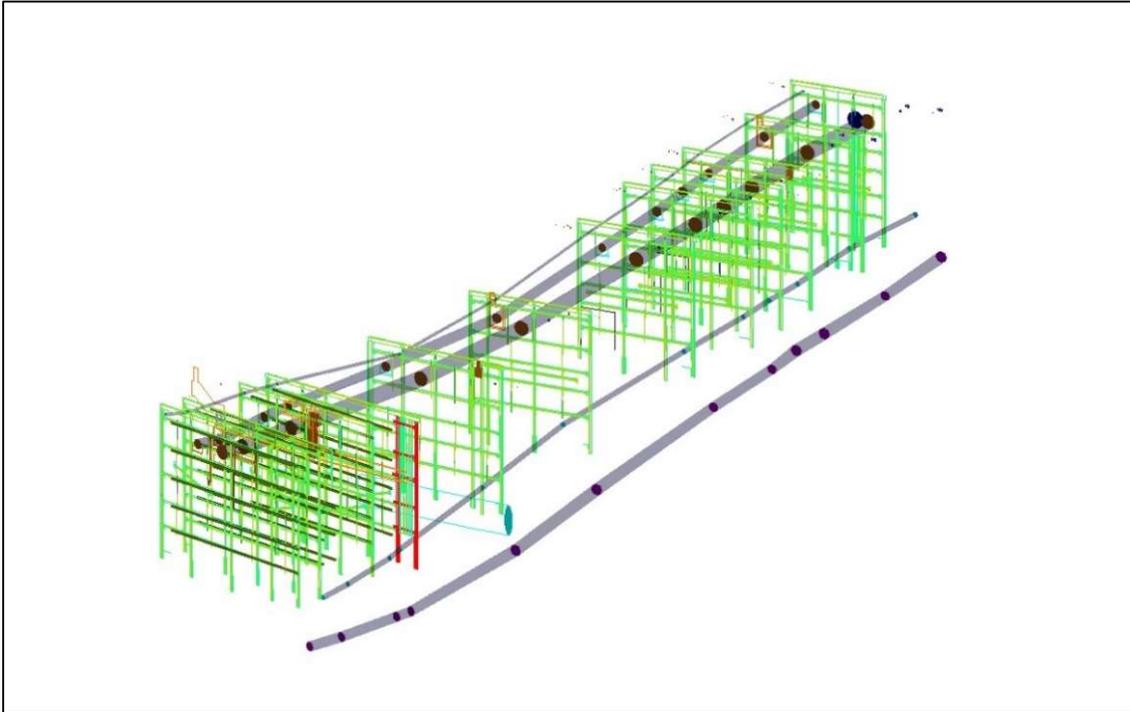


図-13 止水壁断面図と埋設管モデル

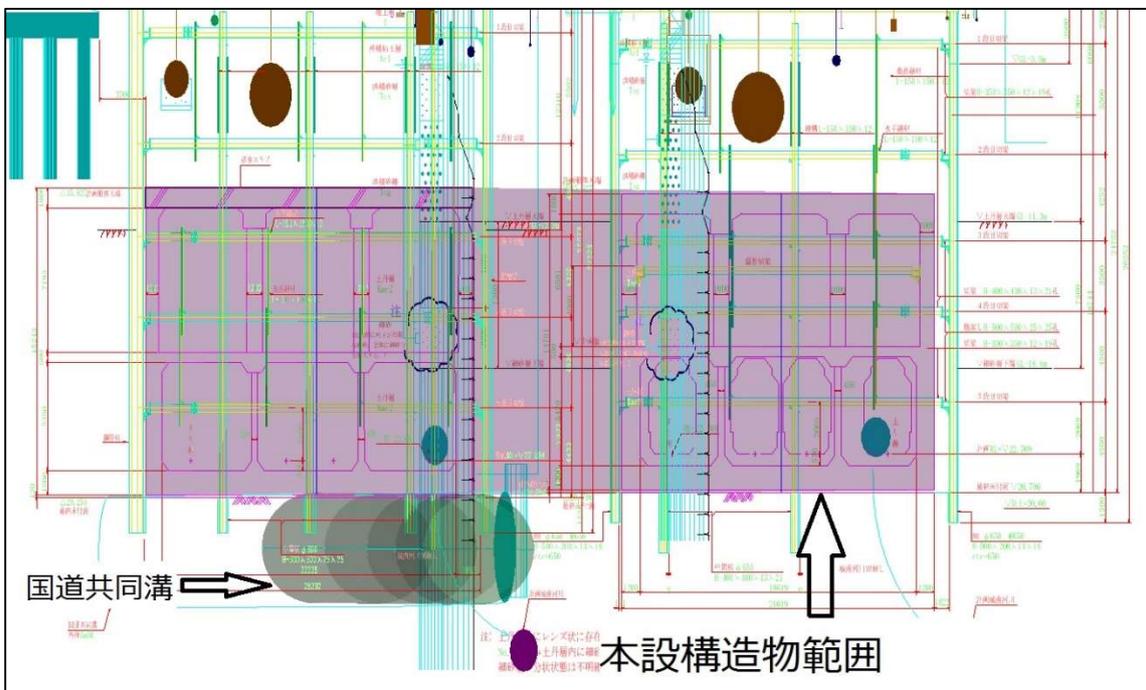


図-14 本設構造物と国道共同溝の空間配置

(2) 工程を含む CIM モデル作成と問題

提供資料から CIM モデルを作成したところ、以下の項目が 3 次元モデル化と工程表と連携させる作業の際に障害となった。

a) 2 次元図面間の不整合

作成した簡易的な 3 次元モデルから下水道幹線、国道共同溝、既設・計画幹線において図面間の不整合が複数確認された。図-39 では J 断面における止水壁断面図と側面図での下水道幹線の不整合を示した。図-40 で示した国道共同溝では図-41 のように平面図に準拠した埋設管と側面図において不整合が確認された。また図-42 と図-43 で示した既設・計画幹線では、図-44 のように平面図・止水壁断面図準拠の埋設管と側面図の不整合や図-45 のように平面図準拠の埋設管と止水壁断面図の不整合が確認された。ここで不整合を確認するための埋設管は止水壁断面図からのロストサーフェスのみでなく平面図情報も使用した。

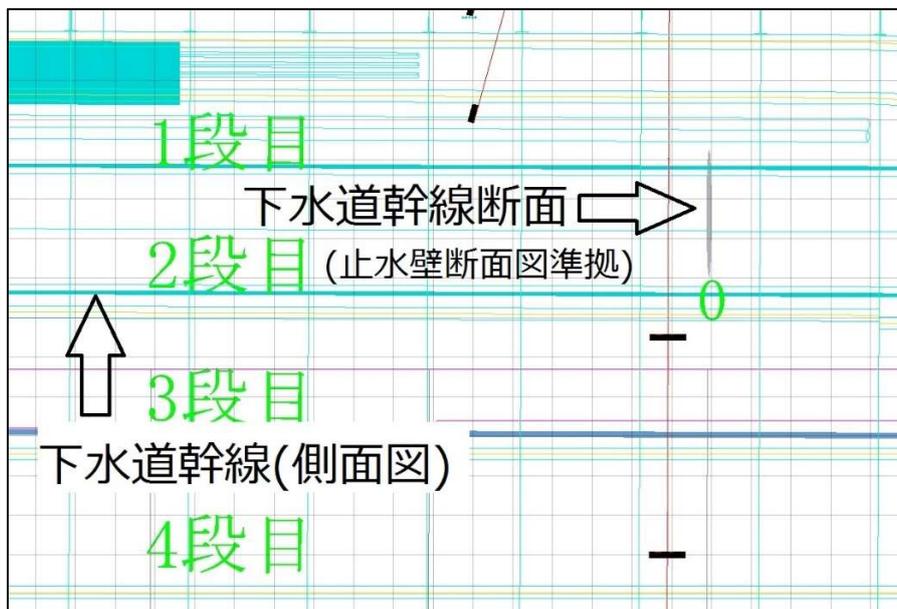


図-15 下水道幹線における図面不整合

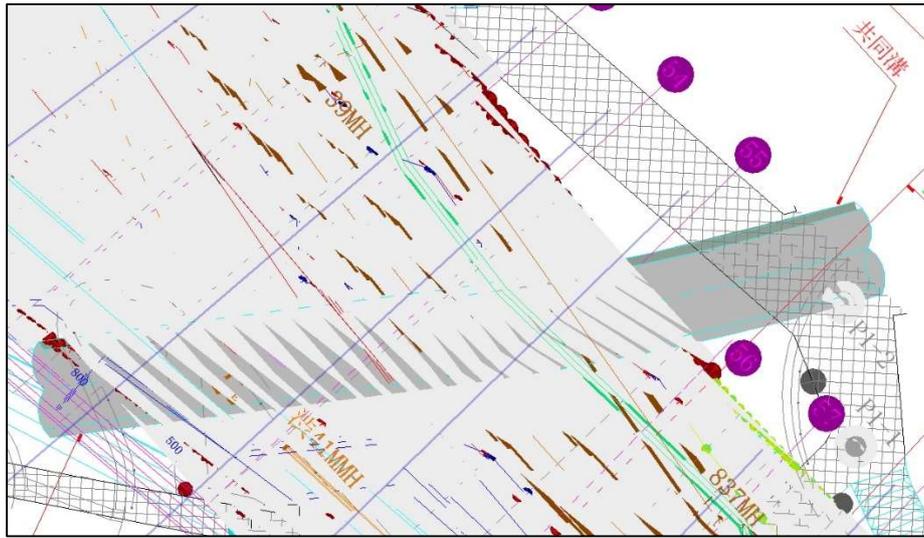


図-16 国道共同溝

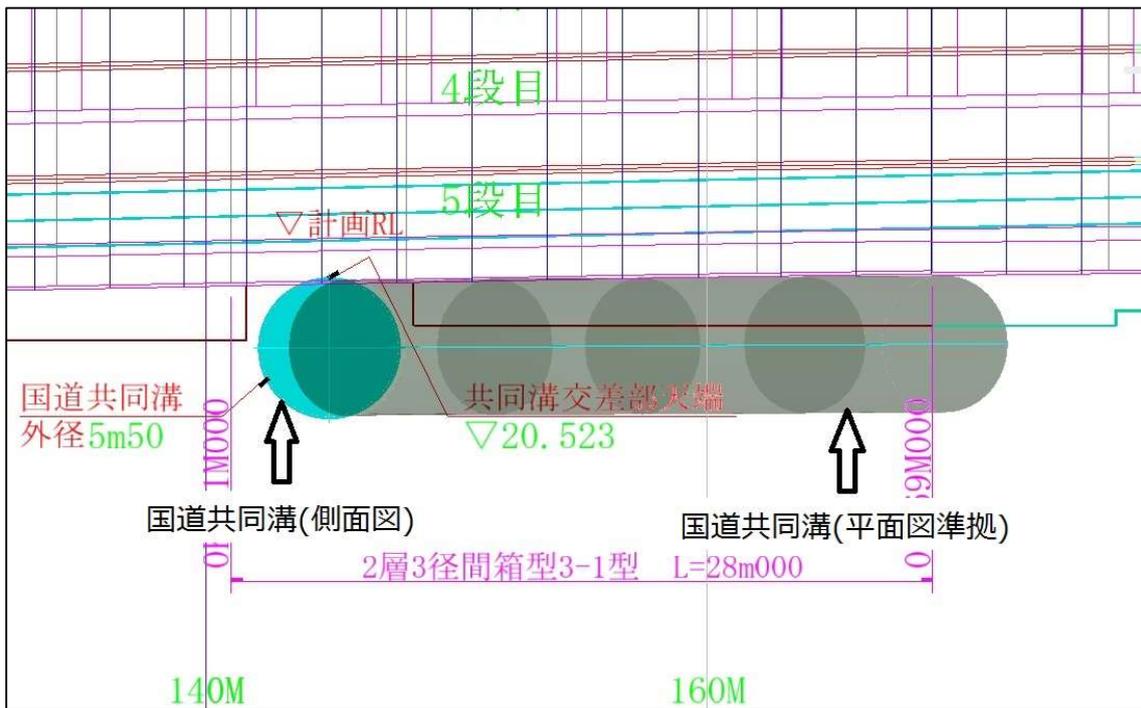


図-17 国道共同溝における図面不整合

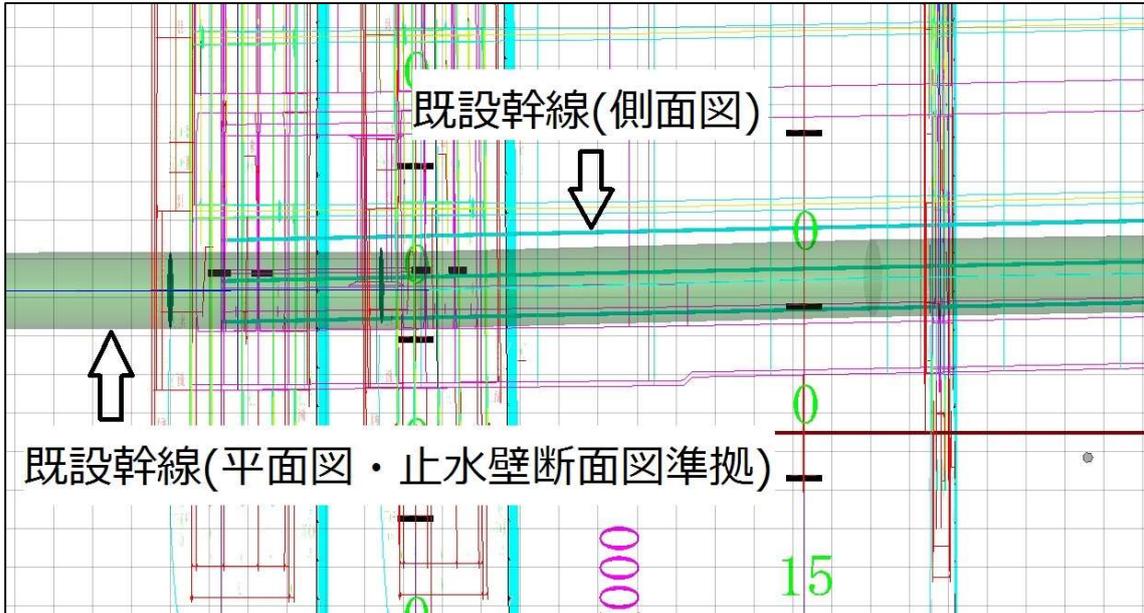


図-20 既設幹線における図面不整合

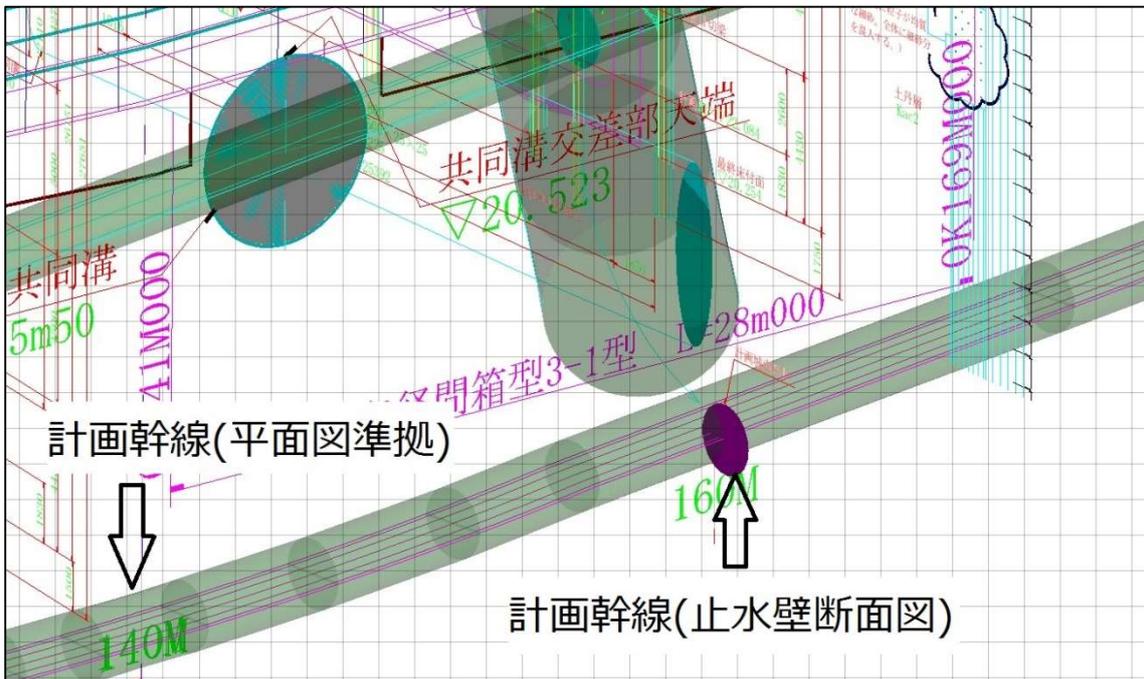


図-21 計画幹線における図面不整合

- b) 支障物撤去のタスクの詳細が不明
 図面内に工程に影響を及ぼすと考えられる支障物が存在するが、支障物撤去のタスクが月間工程表のうちに見られない。

c) 月間工程表(予定)の変動

提供いただいた工程表で最も詳細なものが月間工程表(予定)であったので、CIMモデルに組み込む工期とする検討をしたが、実施工程表ではないため前後月であっても変動が激しく、CIMモデルに工程を組み込むことは断念した。表-7と表-8に2005年1月から6月までの月間工程表(予定)のタスクと前後月との関係を示す。

表-7 2005年1月から3月までの月間工程表(予定)のタスクと前後月との関係

2005年1月度月間工程表		番号	工種	タスク名称	来月/先月との関係
		1	準備工	トランプース測量 試掘位置 (無記入)	
				試掘位置出し	
		2	試掘工(車道部)	舗装切断工	
				内-7 ⑨⑩	
				内-2 ①②③	来月なし
				内-1 ①②③	来月なし
			掘削・調査・埋戻・仮舗装	内-7 ⑦⑧	
				内-2 ①②③	来月なし
		3	試掘工(歩道部)	舗装切断工	
				外-11,12 作業帯⑪⑫	
				内-6,8 ⑦⑧⑨⑩	
				内-3,4,5 ④⑤⑥	
				内-1 ①②③	来月なし
			掘削・調査・埋戻・仮舗装	外-11,12 作業帯⑪⑫	
				内-8 ⑨⑩	
				内-6 ⑦⑧	
				内-3,4,5 ④⑤⑥	来月なし
				内-1 ①②③	来月なし
2005年2月度月間工程表		番号	工種	タスク名称	次月/先月との関係
		1	測量工	平板測量 現場全般	先月なし
				現況平面測量	
				チェック 国道部	
平成17年1月11日 承認		2	試掘工(都道 車道部)	外廻り	先月なし
				①	先月なし
				⑦	
				⑨	
				⑤	
				②	
				東電緊急工事	
				車道仮復旧工 ⑦⑨	
				⑤	
				②	
				子傭日	
			内廻り	⑦	先月なし
				②	
				予	
				②	
				⑦	来月なし
平成17年1月11日 承認		3	試掘工(都道 歩道部)	外廻り	先月なし
				⑧	先月なし
				⑥	先月なし
		4	試掘工(国道 車道部)		
		5	試掘工(国道 歩道部)		
				⑩	
				⑬	
				⑬	
		判断不能	家屋調査工	(無記入)	
2005年3月度月間工程表		番号	工種	タスク名称	次月/先月との関係
平成17年2月18日 承認		1	試掘工(国道 車道部)	(無記入)	来月なし
平成17年2月18日 承認		2	試掘工(国道 歩道部)	⑩	先月なし
				予	先月なし
				予	先月なし
平成17年1月11日 承認		3	試掘工(都道 磁気探査)	外廻り	来月なし
				(無記入)	
			内廻り		
平成17年2月18日 承認		4	試掘工(国道 磁気探査)	(無記入)	来月なし
平成17年1月28日 承認		5	家屋調査工	(無記入)	先月の続き

表-8 2005年4月から6月までの月間工程表(予定)のタスクと前後月との関係

2005年4月度月間工程表		番号	工種	タスク名称	次月/先月との関係
平成17年2月18日	承認	1	試験工(国道 車道部)	舗切	
				④	
				③	
				②	
				①	
				舗切	
				⑪	
				⑩	
				⑤	
				⑥	
				予備	来月なし
			試験工(国道 歩道部)	⑭	
				⑬	
				予備	
平成17年1月11日	承認	2	試験工(都道 追加分)	磁1	
				磁2	
				⑬⑭	
				磁11	
				⑮	
				予備	
				⑰	
				⑱	
				予備	
平成17年1月11日	承認	3	探査工(都道 磁気探査)	磁1 ○○河川	来月なし
平成17年2月18日	承認		(国道 磁気探査)	磁10 国道共同溝	来月なし
平成17年2月18日	承認	4	家屋調査	事前挨拶	先月の続き
平成17年2月18日	承認			調査工	先月の続き
2005年5月度月間工程表					
平成17年2月18日	承認	1	試験工(国道 車道部)	①~④	
				⑥再	
				⑨再	
				⑪再	来月なし
平成17年2月18日	承認		試験工(国道 歩道部)		
平成17年1月11日	承認	2	試験工(都道 追加分)	⑬	
				磁②	
				⑮	
				⑰	
				⑱	
				⑲	
平成17年1月11日	承認	3	探査工(都道 磁気探査)	磁2	
				磁6	来月なし
平成17年2月18日	承認		(国道 磁気探査)	磁9	
				磁4	来月なし
平成17年2月18日	承認	4	家屋調査	(無記入)	先月の続き
		5	支障物撤去工	NTT撤去後振り付け	
				東京都許可 及び ⑧他企業施工調整完了次第	来月なし
平成17年4月28日	承認	6	高架橋作業基地設置	仮囲い・ゲート設置	
		7	その他工事	着手前 幅員・標高測定	
		8	他企業工事	NTT 電話box撤去	
2005年6月度月間工程表					
平成17年2月18日	承認	1	試験工(国道 車道部)	No.2	先月なし
				No.3	先月なし
				探査工 国1	来月なし
				復旧工 磁9	(今月)6/27→(来月)6/24
				磁4	
				磁10	
				予備	
平成17年1月11日	承認	2	試験工(都道 追加分)	MH内部調査	
				探査工 復旧工 磁7	(今月)6/20→(来月)6/23
				磁5	(今月)6/21→(来月)6/27
				磁4	
				磁2	来月なし
				磁12	来月なし
平成17年1月11日	承認	3	探査工(城南河川)	磁7	先月なし
平成17年2月18日	承認			磁5	先月なし
平成17年1月11日	承認			バス・タクシーレーン 磁2	(先月)5/16→(今月)6/1
平成17年2月18日	承認			磁4	(先月)5/23→(今月)6/6
平成17年2月18日	承認		(その他)	国道 共同溝 磁10	
				〇〇幹線 磁12 チェックBr	
				国道 共同溝 磁10	来月なし?(来月標記変更)
				東電洞道 磁9 チェックBr	来月なし
				国道 共同溝 磁10	来月なし
平成17年2月18日	承認	4	家屋調査	(無記入)	先月の続き,7/1以降も継続
		5	支障物撤去工	(無記入)	
		6	その他工事	都道 現況幅員・標高測定 標高測定	先月なし(先月のその他工事と同一か不明)
				予備日	
		7	他企業工事 東京電力 外廻り 渋谷3-17エリア	東電(開電工) 地上機器設置工事	(先月)5/23→(今月)6/1?
				配管増設工事	
				配管切替工事	
			東京ガス	(無記入)	来月なし

d) タスクの指定された作業範囲が大きい

月間工程表に示された作業範囲からは大まかな位置しか把握できない。よって工程のタスクと図面の詳細な対応付けが困難である。月間工程表では困難であったため本工事の全体工程表と 3D モデルをリンクさせたものを示す。

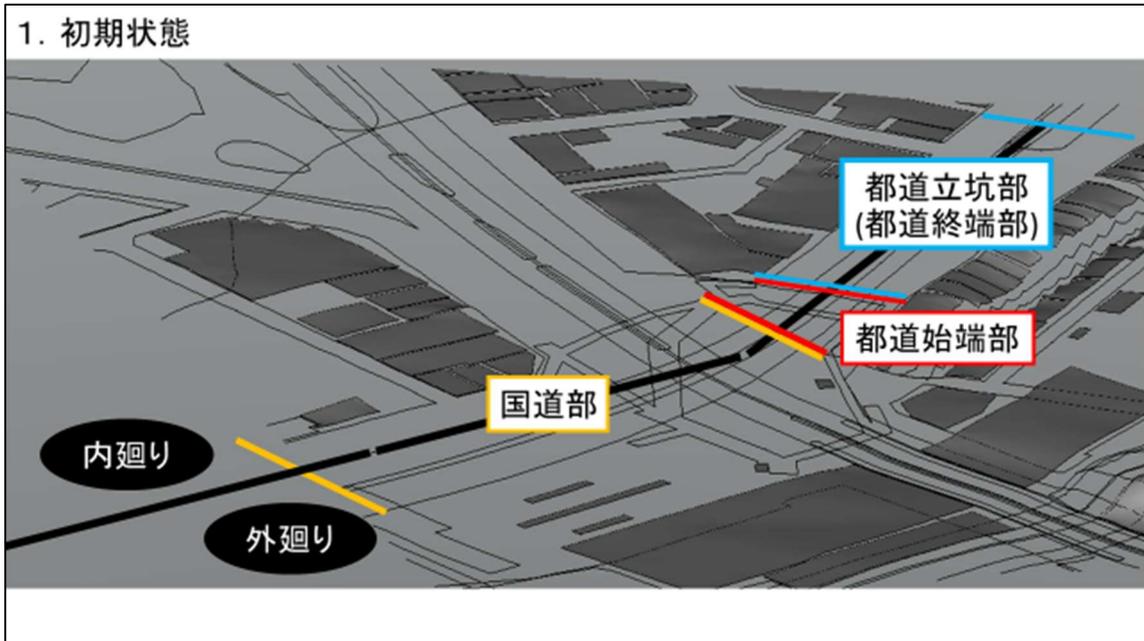


図-22 全体工程表と 3D モデルのリンク①

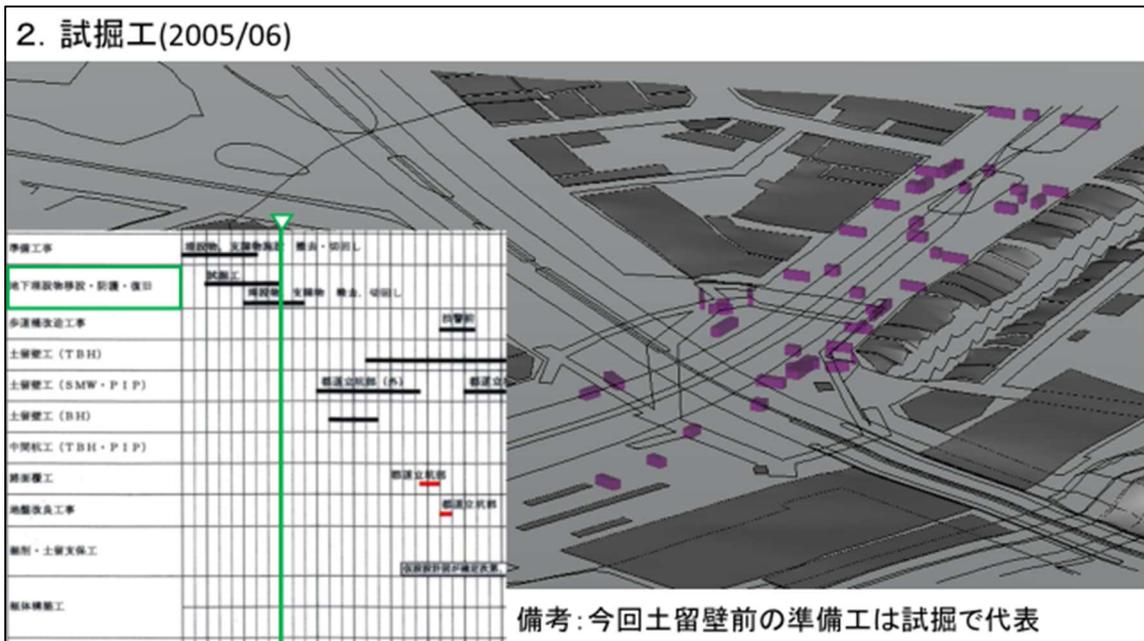


図-23 全体工程表と 3D モデルのリンク②

3. 土留壁工BH(外)(2006/02)

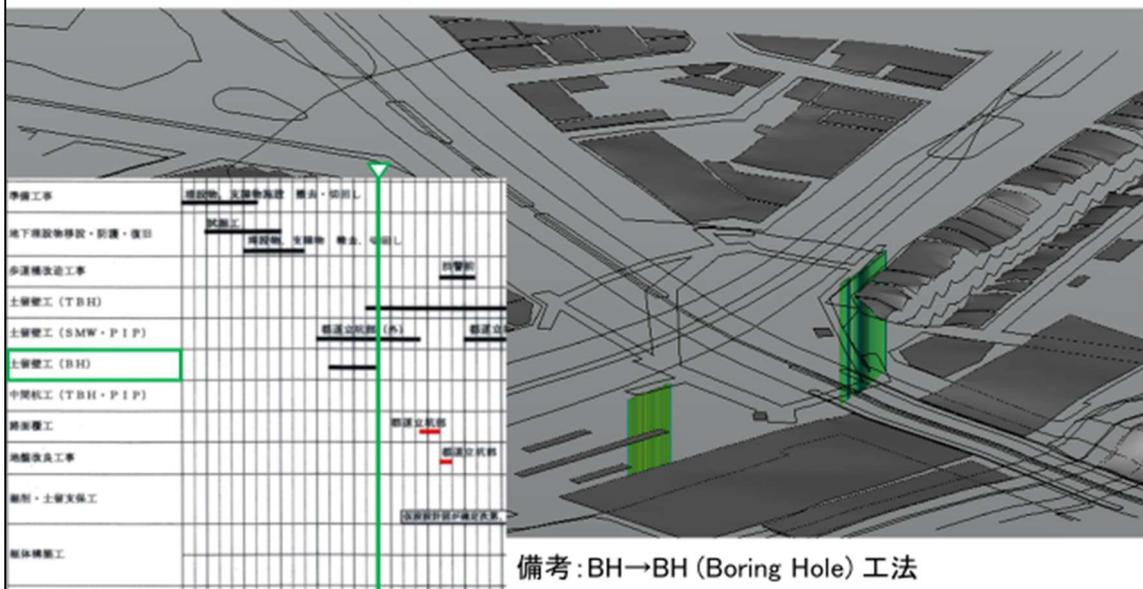


図-24 全体工程表と 3D モデルのリンク③

4. 土留壁工SMW・PIP 都道立坑部(外)+中間杭工 都道立坑部(2006/06)

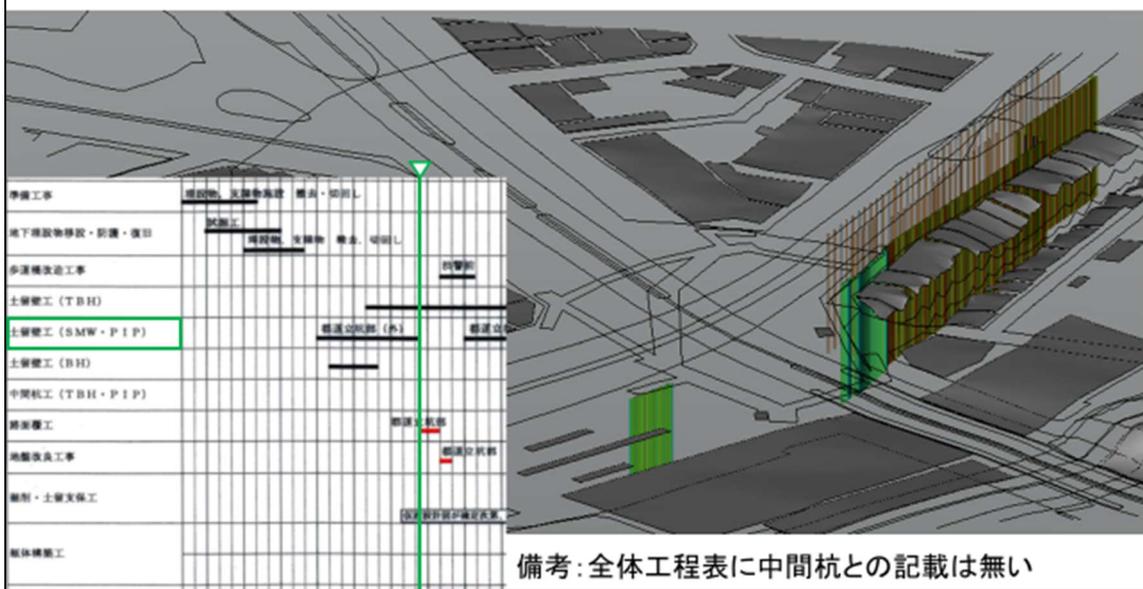


図-25 全体工程表と 3D モデルのリンク④

5. 路面覆工 都道立坑部(外) (2006/07)

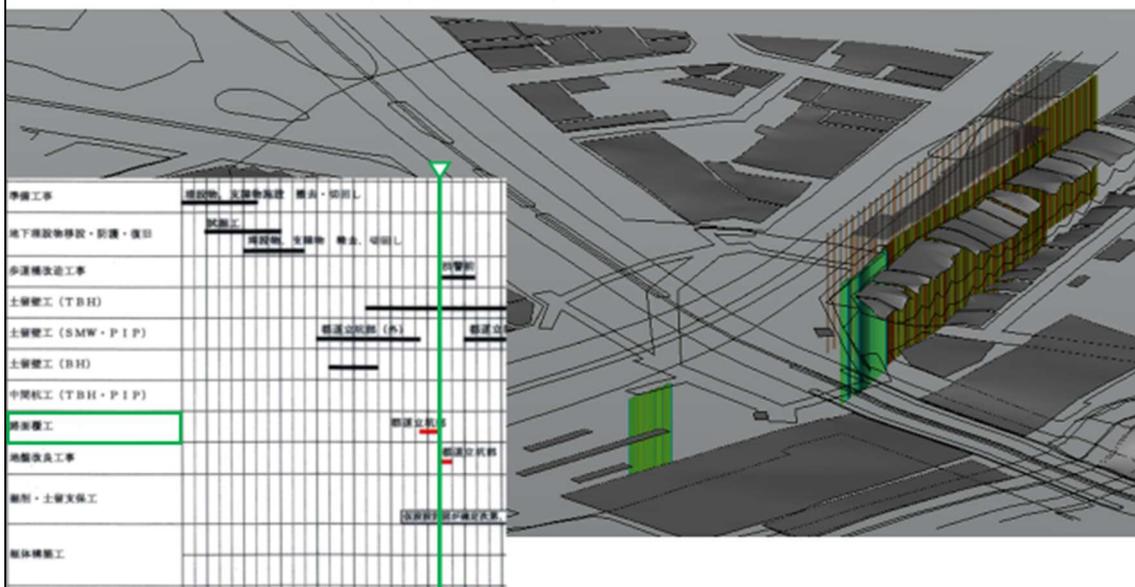


図-26 全体工程表と 3D モデルのリンク⑤

6. 地盤改良工事 都道立坑部(外) (2006/08)

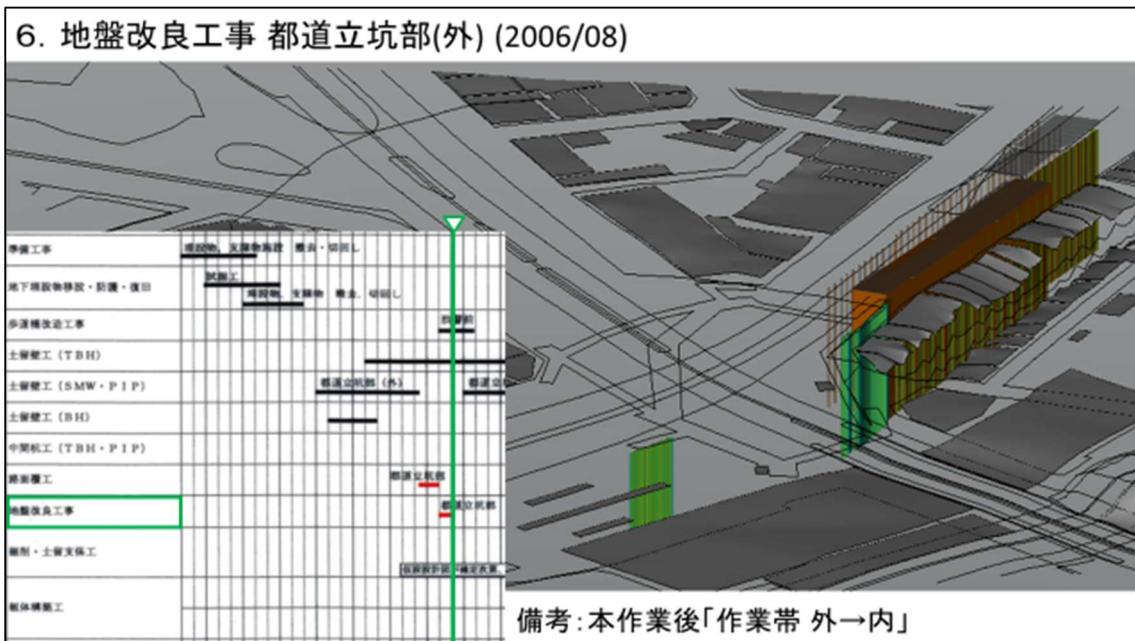


図-27 全体工程表と 3D モデルのリンク⑥

7. 土留壁工SMW・PIP 都道立坑部(内)+地盤改良工事 都道立坑部(内)(2007/03)

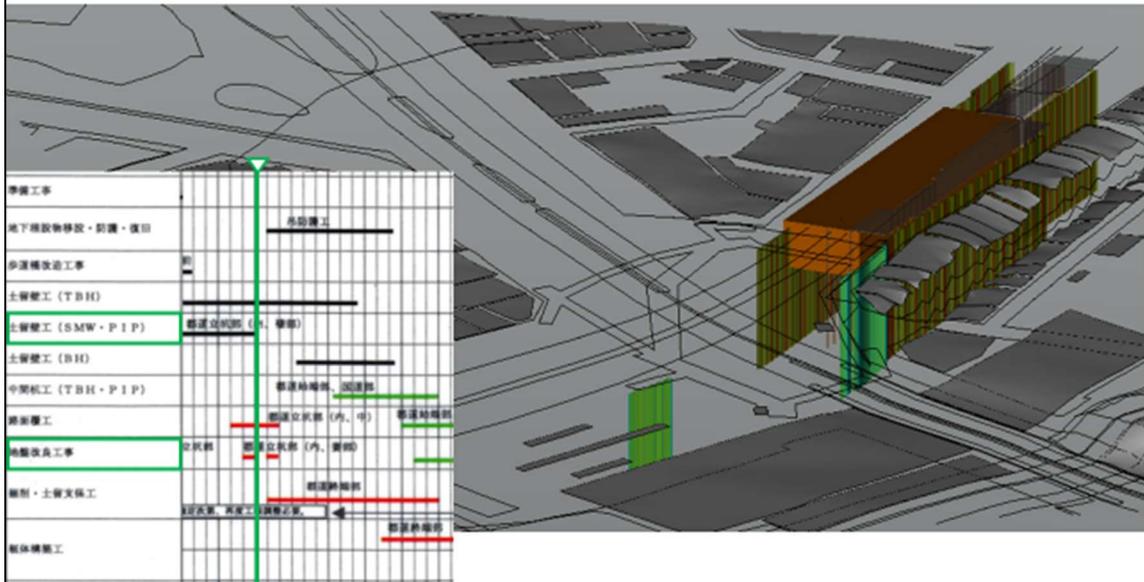


図-28 全体工程表と 3D モデルのリンク⑦

8. 路面覆工 都道立坑部(内,中)+地盤改良工事 都道立坑部(棲部)(2007/05)

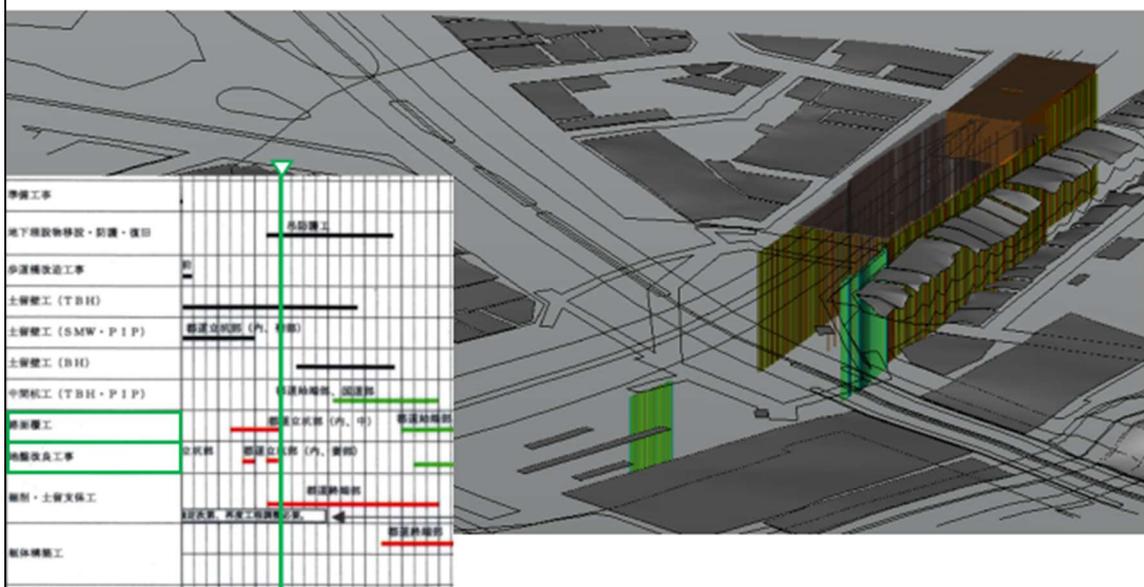


図-29 全体工程表と 3D モデルのリンク⑧

9. 土留壁工TBH(2007/12)

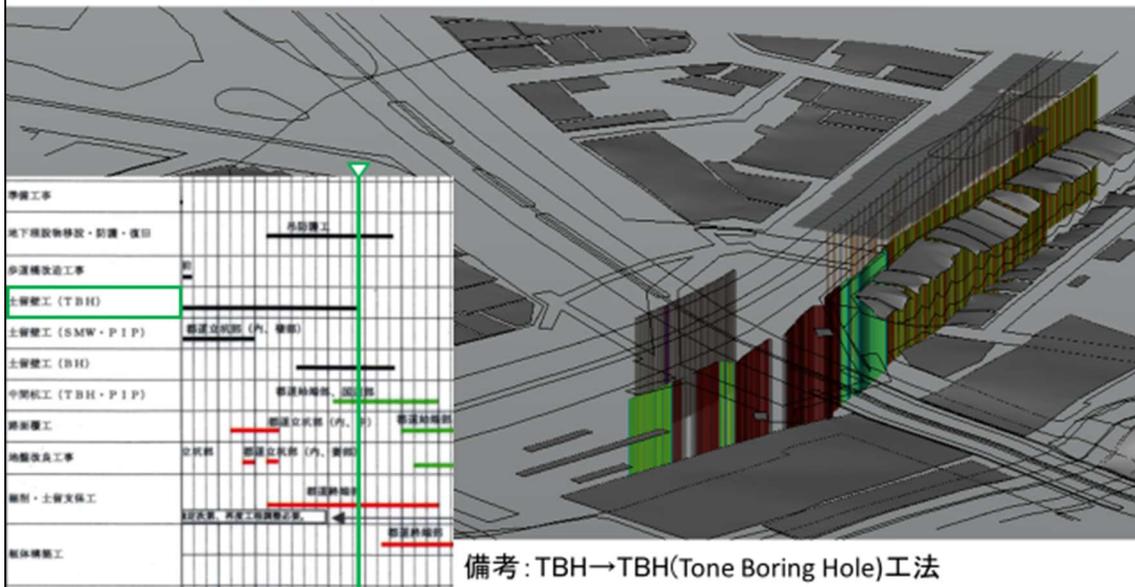


図-30 全体工程表と 3D モデルのリンク⑨

10. 土留壁工BH(内)(2008/03)

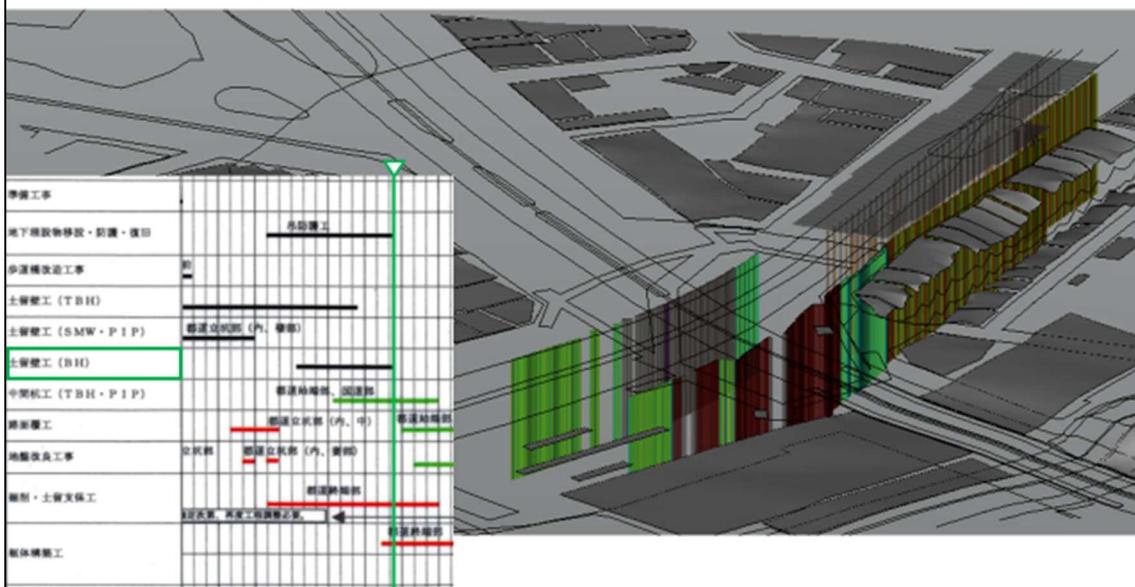


図-31 全体工程表と 3D モデルのリンク⑩

11. 中間杭工 都道始端部・国道部+掘削・土留支保工 都道終端部(2008/06)

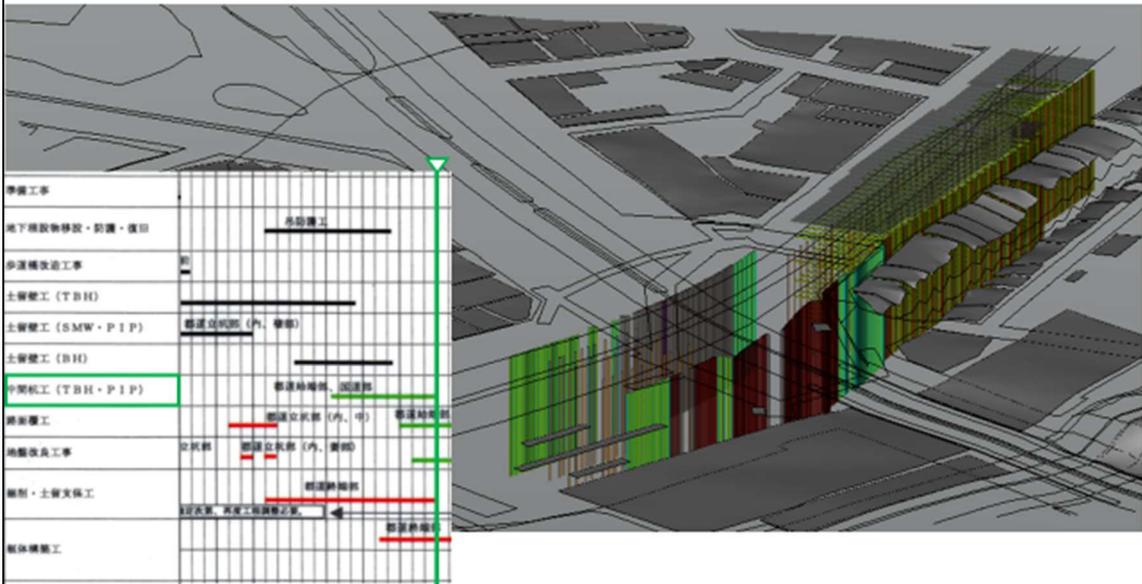


図-32 全体工程表と 3D モデルのリンク⑪

12. 路面覆工 都道始端部、国道部(2008/12)

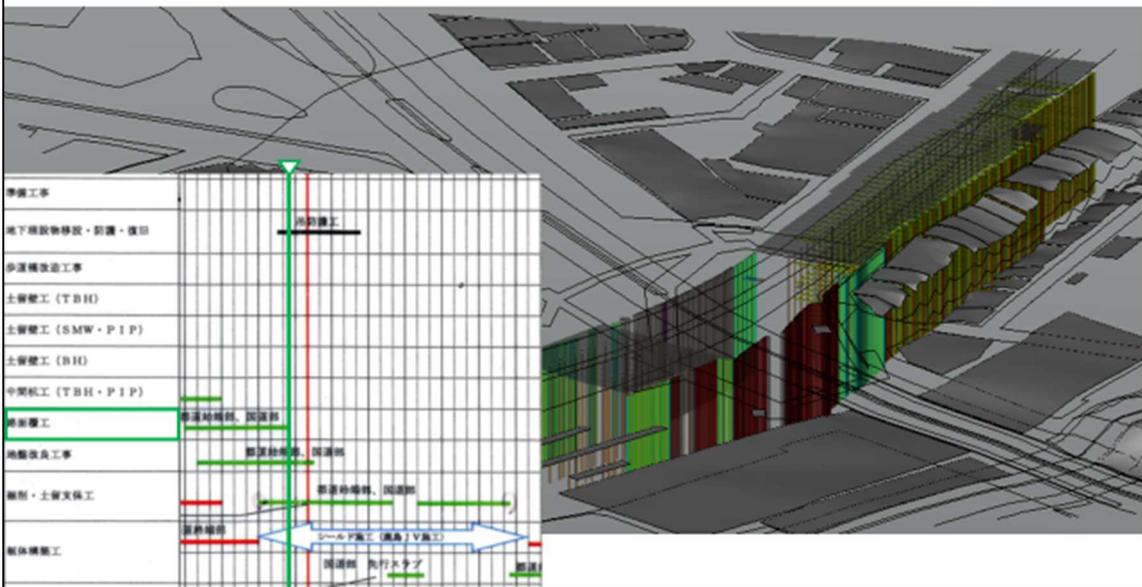


図-33 全体工程表と 3D モデルのリンク⑫

13. 地盤改良工事 都道始端部、国道部(2009/02)

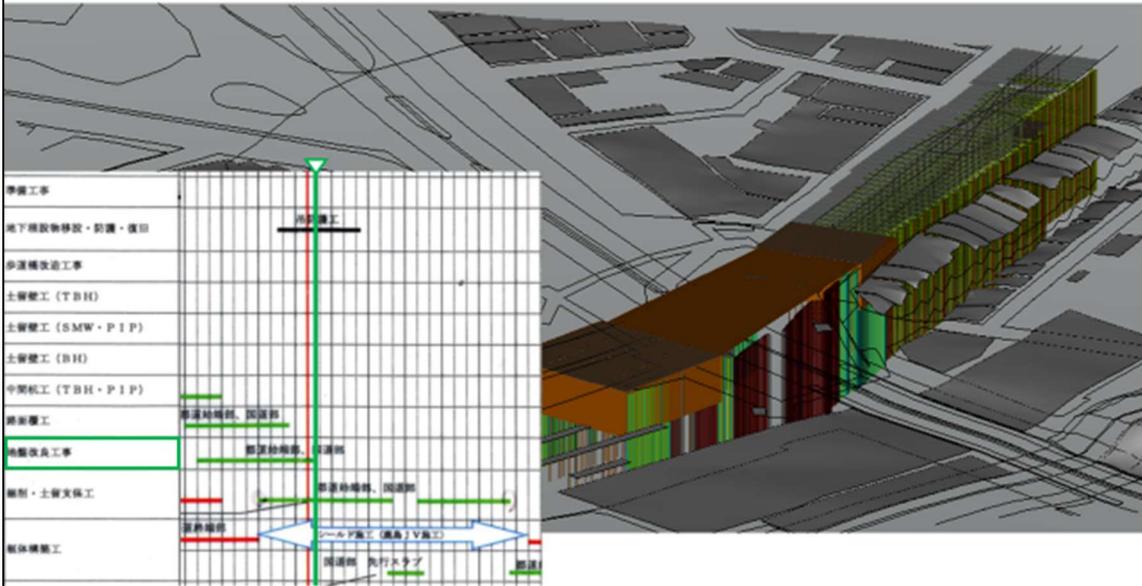


図-34 全体工程表と 3D モデルのリンク⑬

14. 掘削・土留支保工 都道始端部、国道部(2010/06)

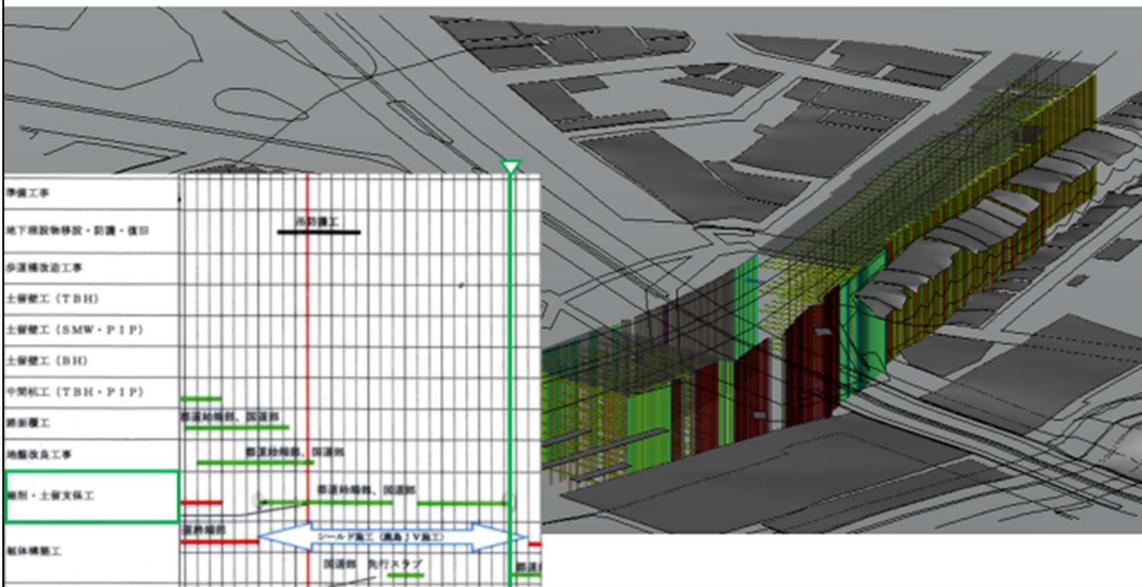


図-35 全体工程表と 3D モデルのリンク⑭

15. 躯体構築工(2011/07)

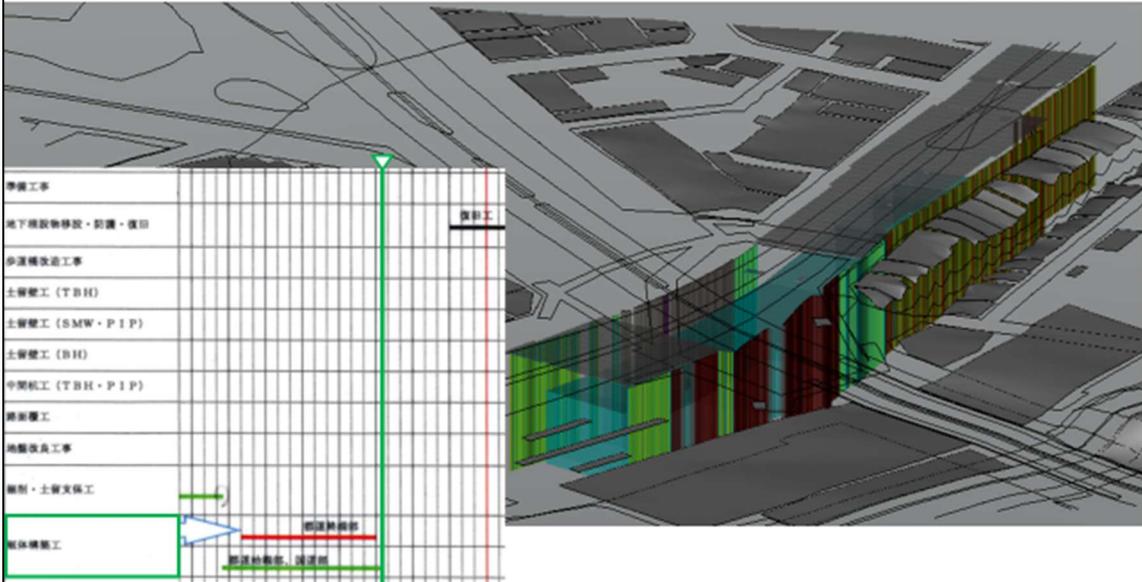


図-36 全体工程表と 3D モデルのリンク⑮

16. 復旧工

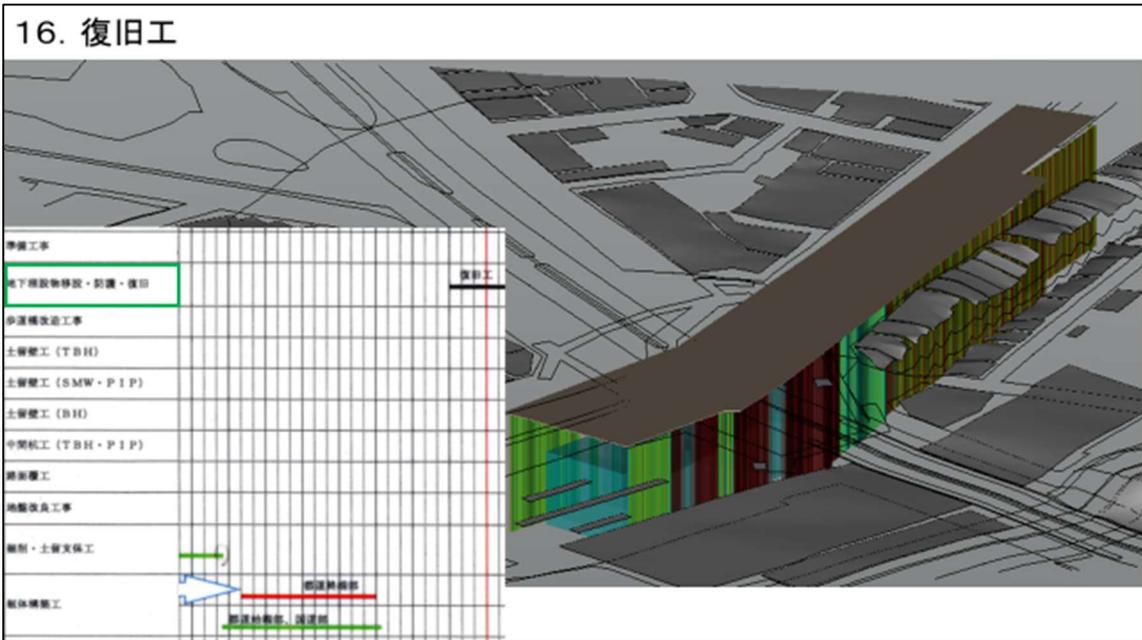


図-37 全体工程表と 3D モデルのリンク⑯

これら作業上の問題点は、2次元図面とソフトウェアを使用していないバーチャートが基礎となる施工において、事後的に工程を含む3次元モデルを作成する際に生じたものである。実際の工事において、様々な情報を扱う CIM モデルの効果的な活用するためには3次元モデルの対応付けを考慮した情報の扱い、つまりタスク、工程と3次元モデルなど、情報のマネジメント法を考慮することが必要となる。

3. 異なるタイミングで作成された2次元図面間の比較

本レポートでは提供資料における「221_仮設工構造一般図_141008」と「国道路面覆工図(専用桁入り)」の2種類の2次元図面を比較し、止水壁における変更を抽出した。

(1) 比較対象である2次元図面の概要と問題

「221_仮設工構造一般図_141008」のファイル名の数字は2014年10月8日が最終更新日であるという意味であると考えられる。「221_仮設工構造一般図_141008」の画層に記載されている更新日を表-9に時系列にまとめた。同様に「国道路面覆工図(専用桁入り)」の更新日についても表-10に時系列にまとめた。

ここで2つの図面で同じ時間範囲を一部共有している図面であるにも関わらず、日付の記入された画層が重複していないことがわかる。このように同じ止水壁などに関する情報が統合されず、分散してしまっていることがわかる。高い能力と多くの経験を持った技術者であればマネジメントは可能であると考えられるが、統合された情報が内容をなす CIM を活用することは難しいことがわかる。

なお、2度の更新があった構造物と柱に関しては、古い日付の画層には何も記されていない。

表-9 「221_仮設工構造一般図_141008」画層更新日

画層名	作成日
《その他の画層》	不明
010-埋設-NTT管051013	2005/10/13
010-埋設-ガス管051013	
010-埋設-下水管051013	
010-埋設-既設城南幹線051013	
010-埋設-水道管051013	
010-埋設-東電管051013	
011-旗揚-NTT051013	
011-旗揚-ガス051013	
011-旗揚-下水051013	
011-旗揚-水道051013	
011-旗揚-東電051013	
007-共同溝051013	
005-仮設-新止水壁(051013大成JV㍿)	
006-計画-051101構造物-PCKK㍿	
006-計画-051101地下1階柱-PCKK㍿	
006-計画-051101地下2階柱-PCKK㍿	
006-計画-051101地下軌階柱-PCKK㍿	
006-計画-051101桁-PCKK㍿	
010-埋設-計画城南幹線051128	2005/11/28
001-古川発進立坑構築時仮土留杭(051130JV受領テ-タ)	2005/11/30
005-仮設-1期妻部アンカ-(051130JV受領テ-タ)	2006/2/1
005-仮設-新中間杭(051227PCKK)	
006-計画-060201地下軌階柱-PCKK㍿	
006-計画-060201地下1階柱-PCKK㍿	
006-計画-060201地下2階柱-PCKK㍿	
006-計画-060201桁-PCKK㍿	
006-計画-060201ホーム-PCKK㍿	
006-計画-060201構造物-PCKK㍿	

表-10 「国道路面覆工図(専用桁入り)」画層更新日

画層名	作成日
《その他の画層》	不明
0-170301合成	2005/3/1
0-H17.04.14 外築線	2005/4/14
0-H17.05.26 外築線	2005/5/26
PCKKより中間杭060223	2006/2/23
残置杭&不明アスコン060310	2006/3/10
060314試掘結果	2006/3/14
SMW(060613)	2006/6/13
SUNPOSMW(060613)	
SMW内回り芯(SRW変更案)060826	2006/8/26

(2) 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出

1. 止水壁(TBH 杭)の位置変化(図-46)

杭(旧図面)7~32 番

要因：ガス管との離隔を確保するため(d)

2. 止水壁(TBH 杭)の位置変化(図-46)

杭(旧図面)33 番

要因：東電管との離隔を確保するため(d)

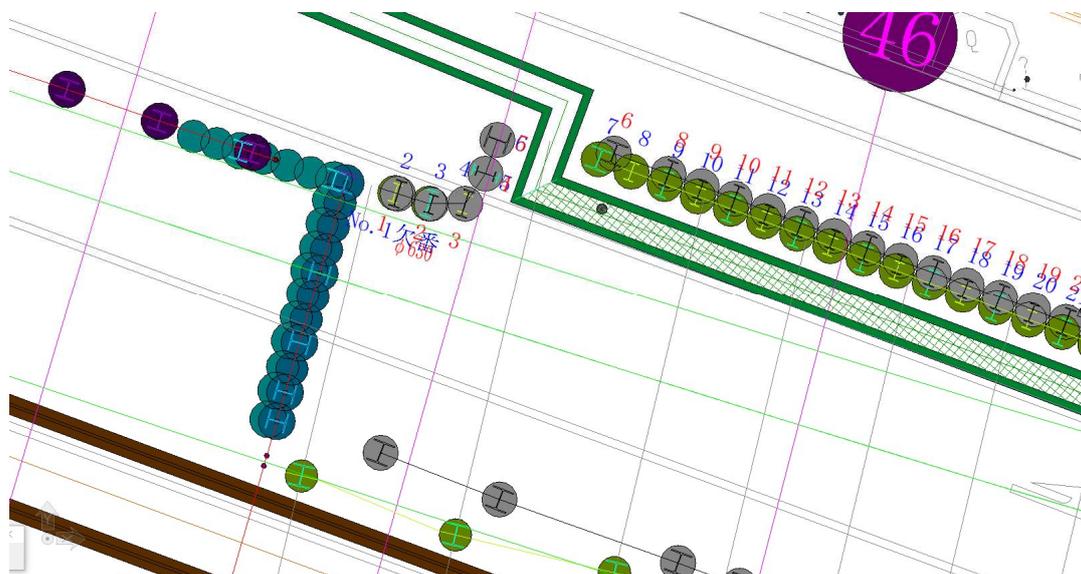


図-38 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 1

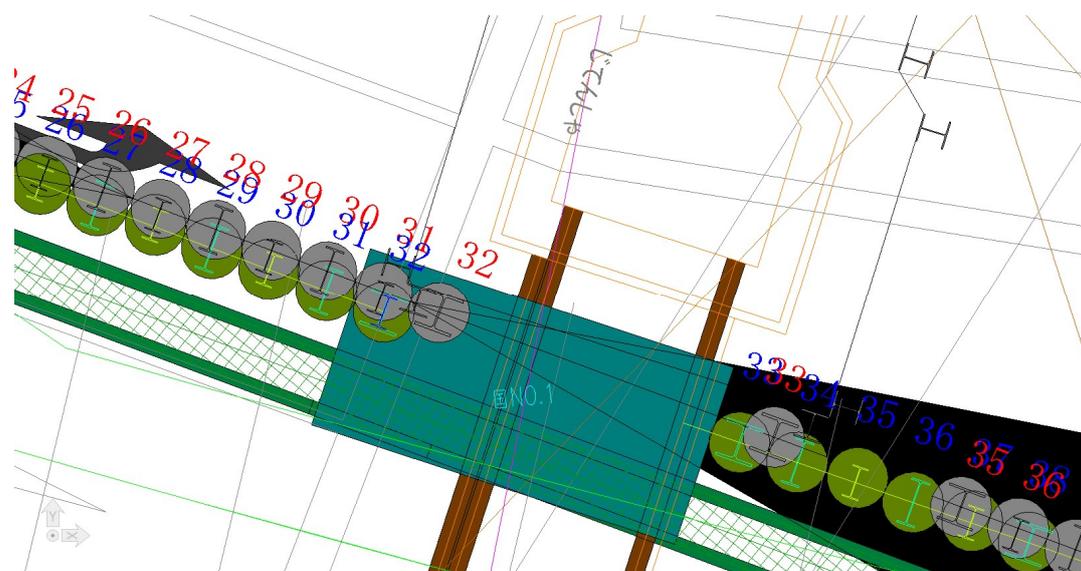


図-39 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 2

3. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(旧)35-36
要因：下水管と干渉するため(b)
4. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(旧)39-40
要因：下水管と干渉するため(b)
5. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(旧)42
要因：NTT 管と干渉するため(b)
6. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(旧)1
要因：構造物と平行に打てると判明したため(d)
7. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(新)3-4
要因：干渉している東電管が撤去可能なため(図面に記載あり)(b)

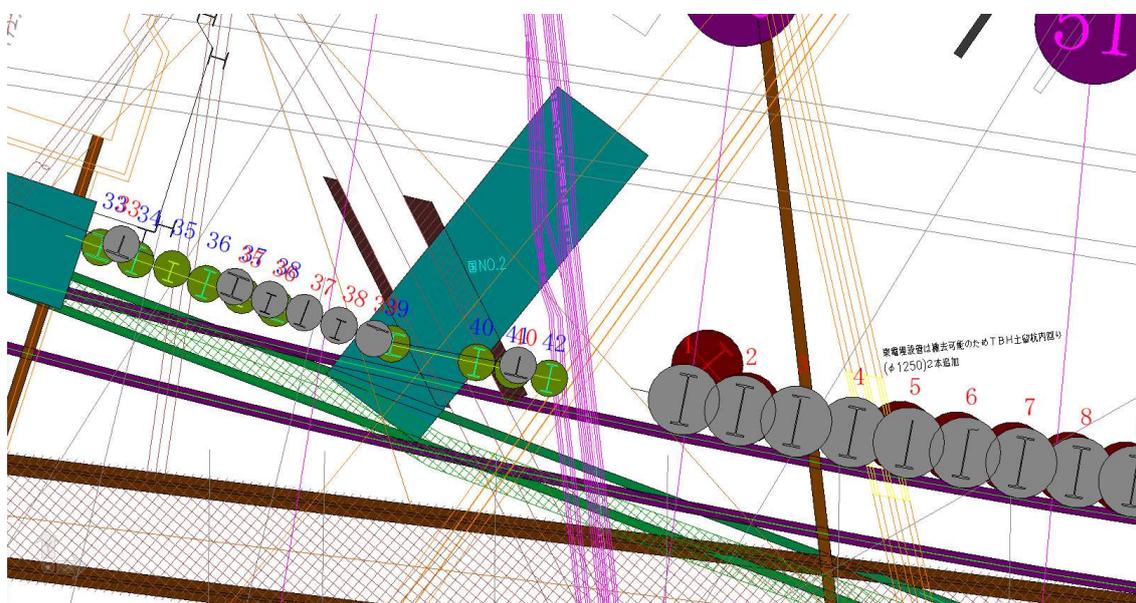


図-40 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 3

8. 止水壁(TBH 杭)の位置変化 杭(旧) 21-14 番の間
要因：干渉(3~4m 下に支障物)(b)
9. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)95-97 欠番
要因：不明縦管と干渉するため(b)
10. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)101-107 欠番
要因：本設構造物の設計変更の影響(a)
11. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(新)108
要因：本設構造物の設計変更の影響(a)
12. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)109-111 欠番
要因：本設構造物の設計変更の影響(a)

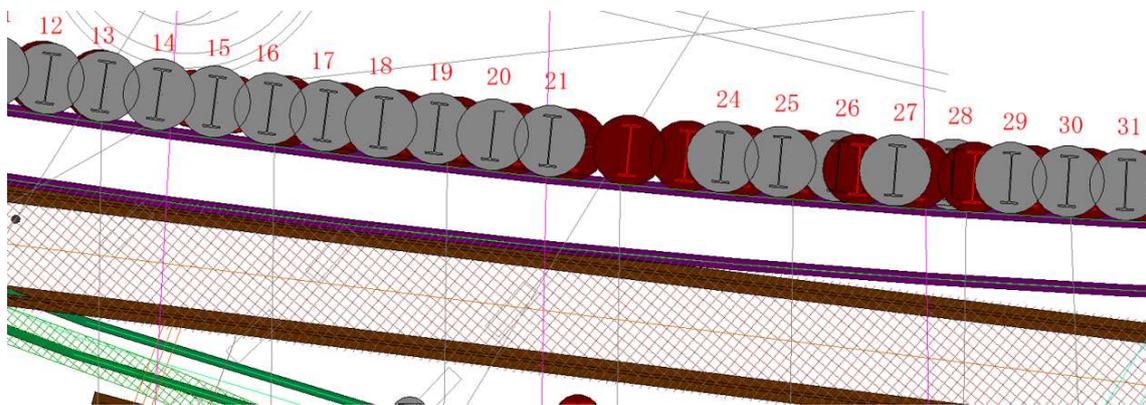


図-41 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 4

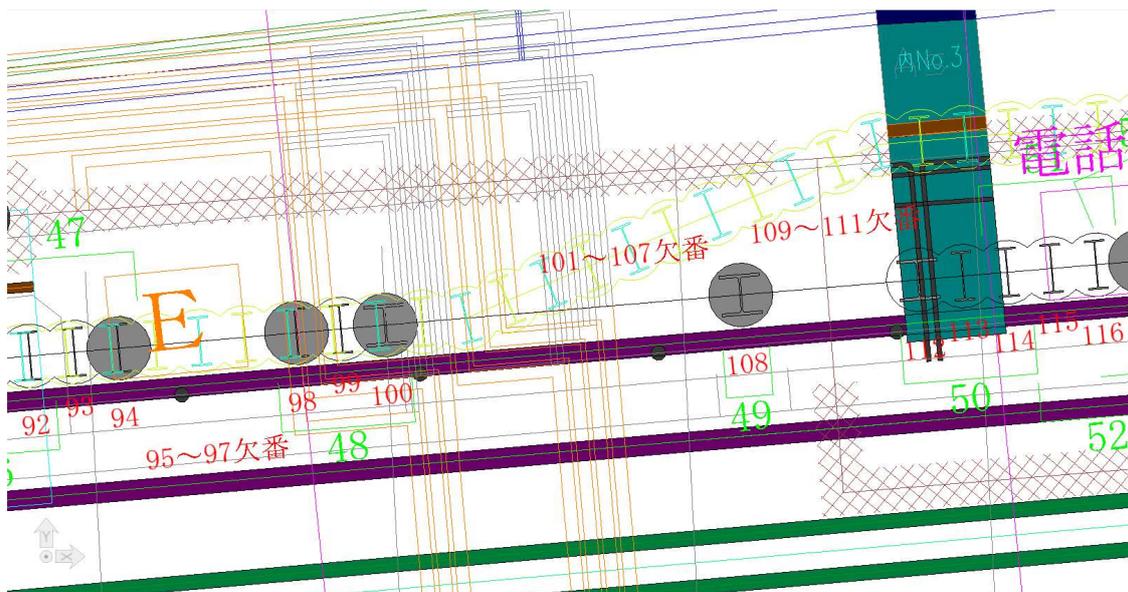


図-42 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 5

13. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(新)116-126
要因：本設構造物の設計変更の影響(a)
14. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)127-128 欠番
要因：下水管と干渉するため(b)
15. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)132-135 欠番
要因：水道管と干渉するため(b)
16. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)157-160 欠番
要因：東電管と干渉するため(b)

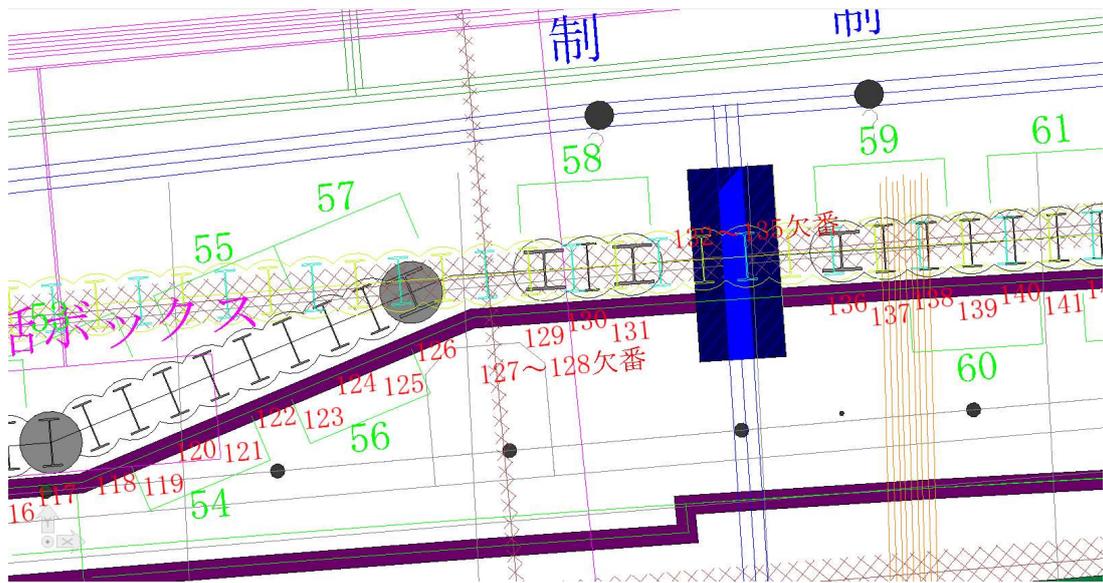


図-43 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 6

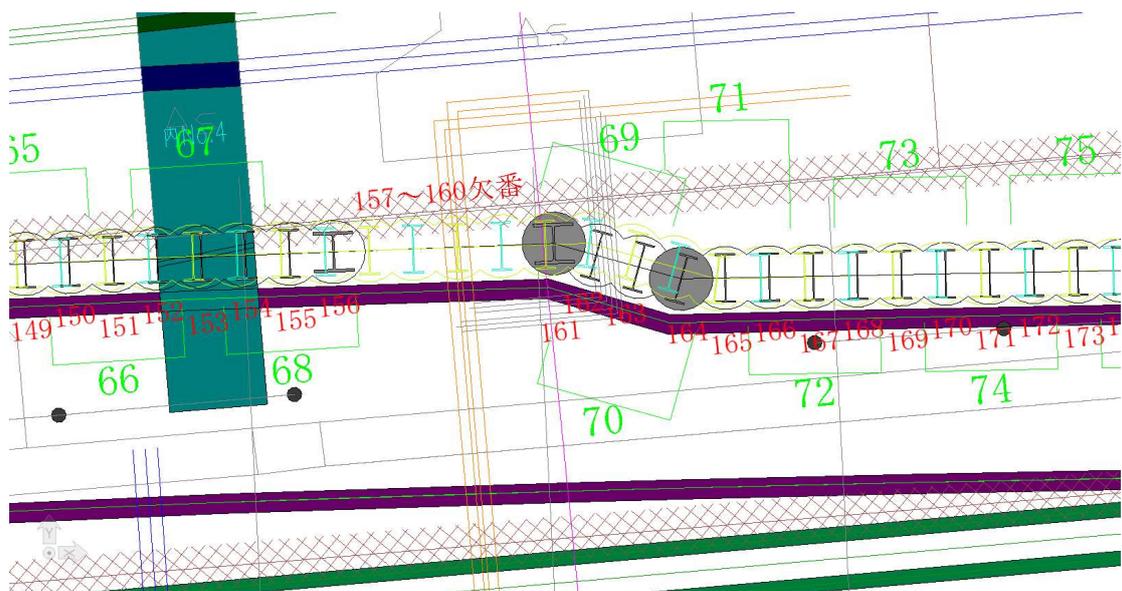


図-44 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 7

17. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)179-181 欠番
 要因：下水管と干渉するため(b)
18. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)183 欠番
 要因：東電管と干渉するため(b)
19. 止水壁(SMW 杭)の位置変化 杭(旧)185-187
 要因：図面(旧)では東電管と干渉すると想定されていたが、実際には杭打ち可能であったため(b)

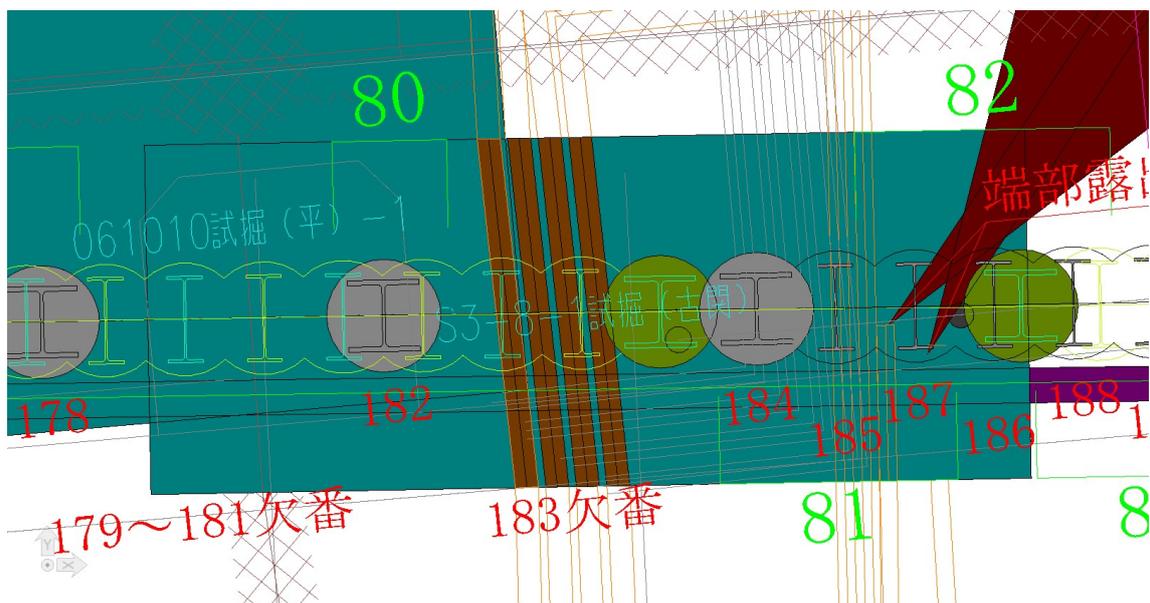


図-45 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 8

20. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)199～201 欠番
 要因：東電管と干渉するため(b)
21. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)202～の位置変更
 要因：埋設管との離隔考慮のため(c)
22. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)212～の位置変更
 要因：埋設管との離隔考慮のため(c)
23. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)235～237 欠番
 要因：ガス管と干渉するため(061010 試掘で確認)(b)

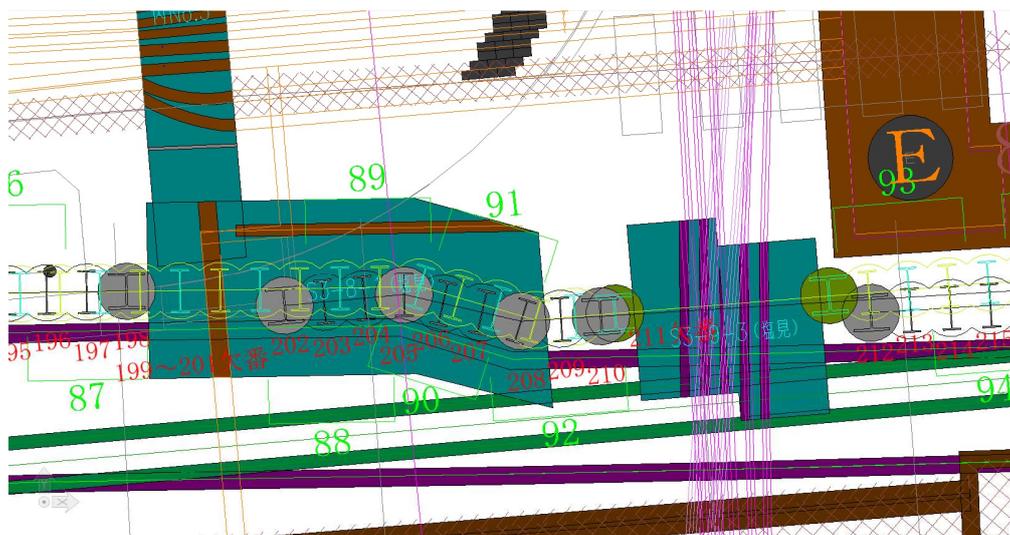


図-46 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 9

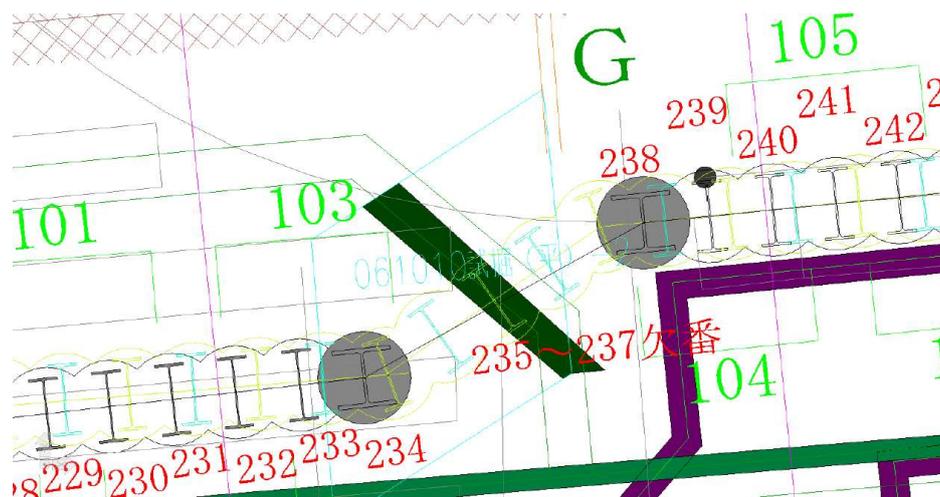


図-47 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 10

24. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)4 の位置変更

要因：ガス管との離隔考慮(061010 試掘で確認), シールド接合部だが鏡切りに支障なし(d)

25. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)183~188 の位置変更

要因：NTT 管の位置修正(b)

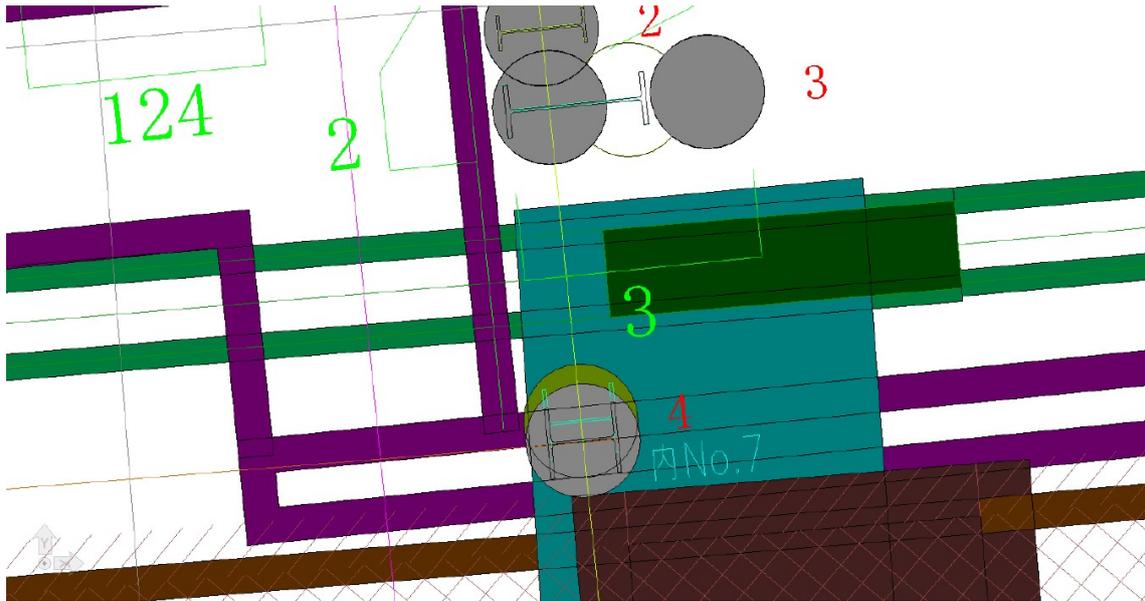


図-48 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 11

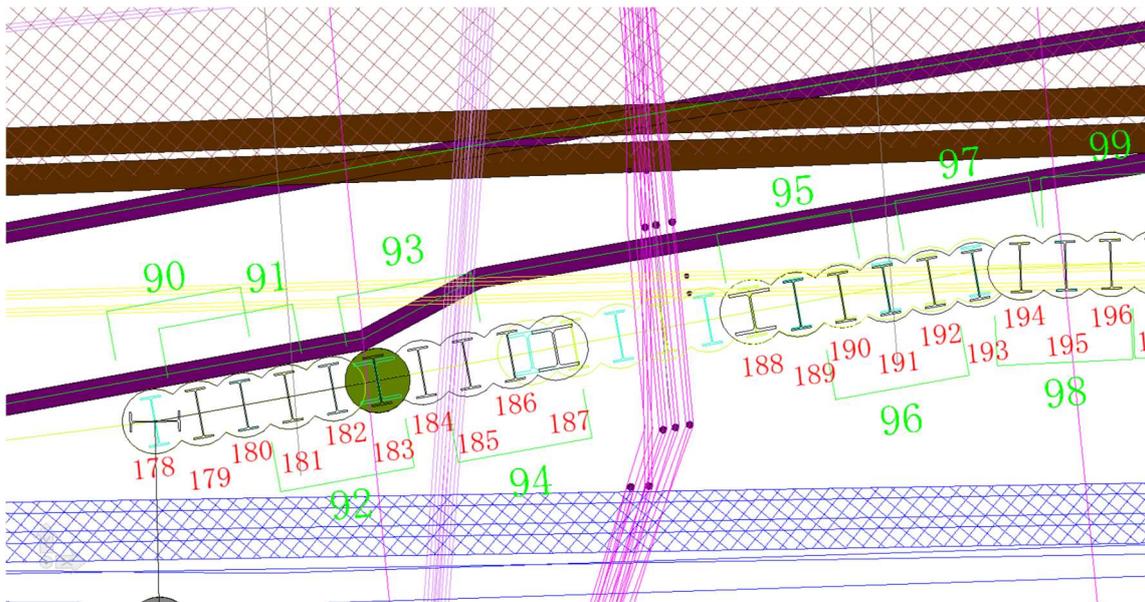


図-49 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 12

26. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)178H鋼の方向

要因：施工性の問題(矢板がかけにくい)(d)

27. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)154 と 155 の間

要因：東電管と干渉するため(b)

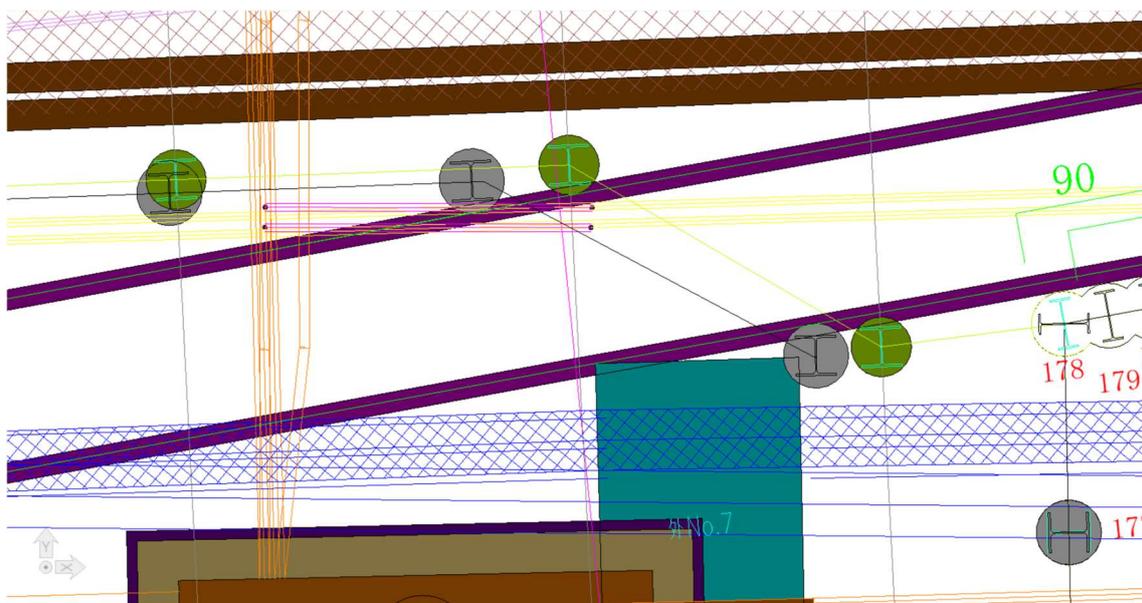


図-50 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 13

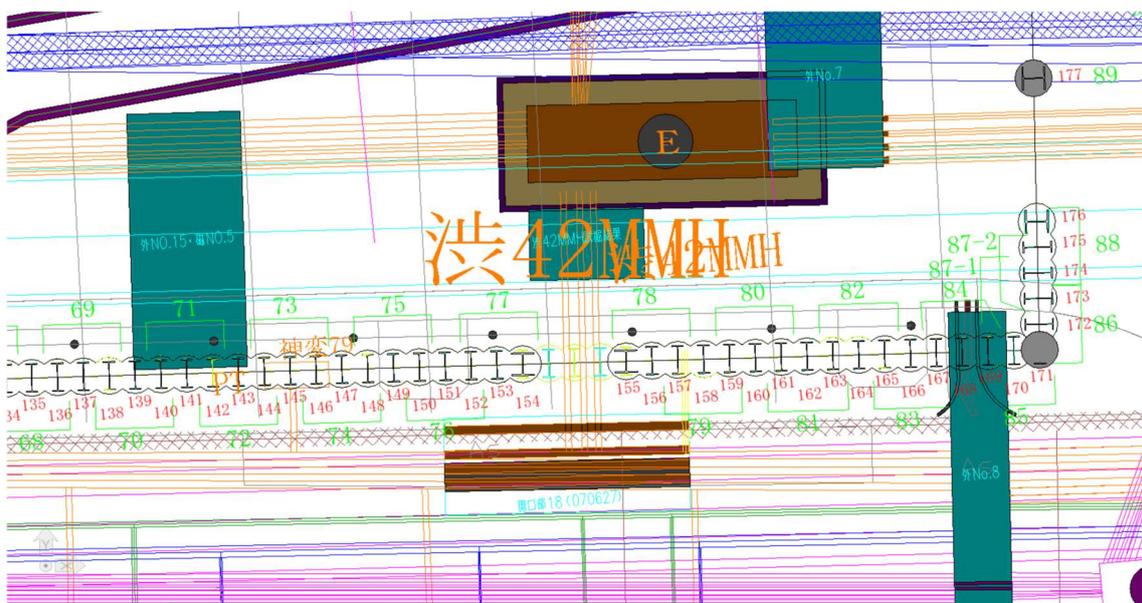


図-51 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 14

28. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)86~91

要因：埋設物を回避(c)

29. 止水壁(SMW 杭)の位置変更 杭(新)7~16

要因：下水管との離隔考慮(c)

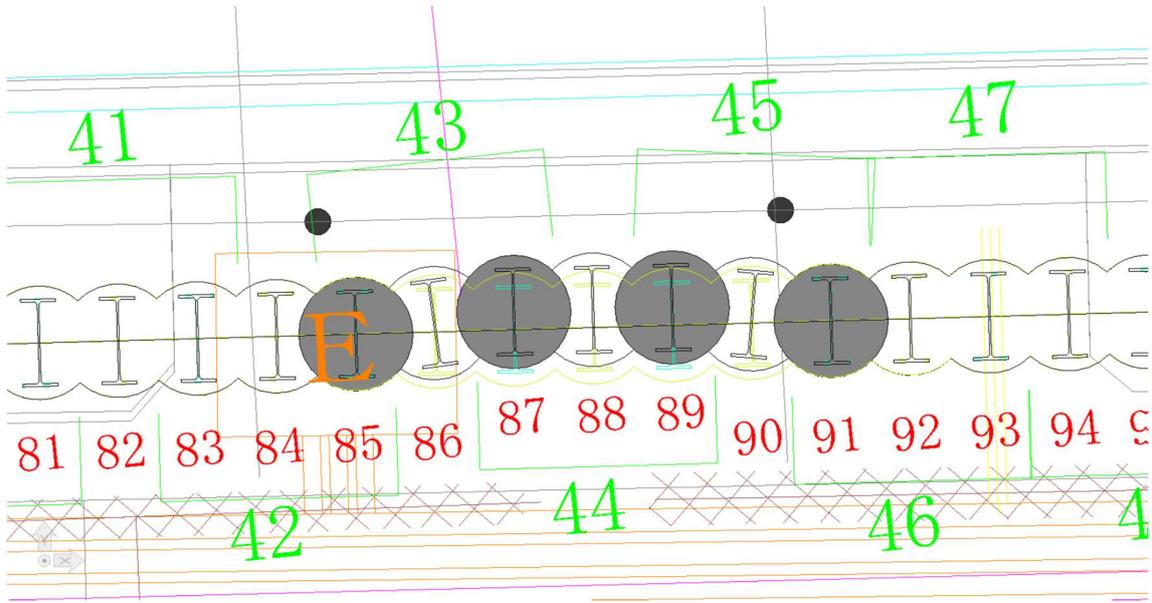


図-52 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 15

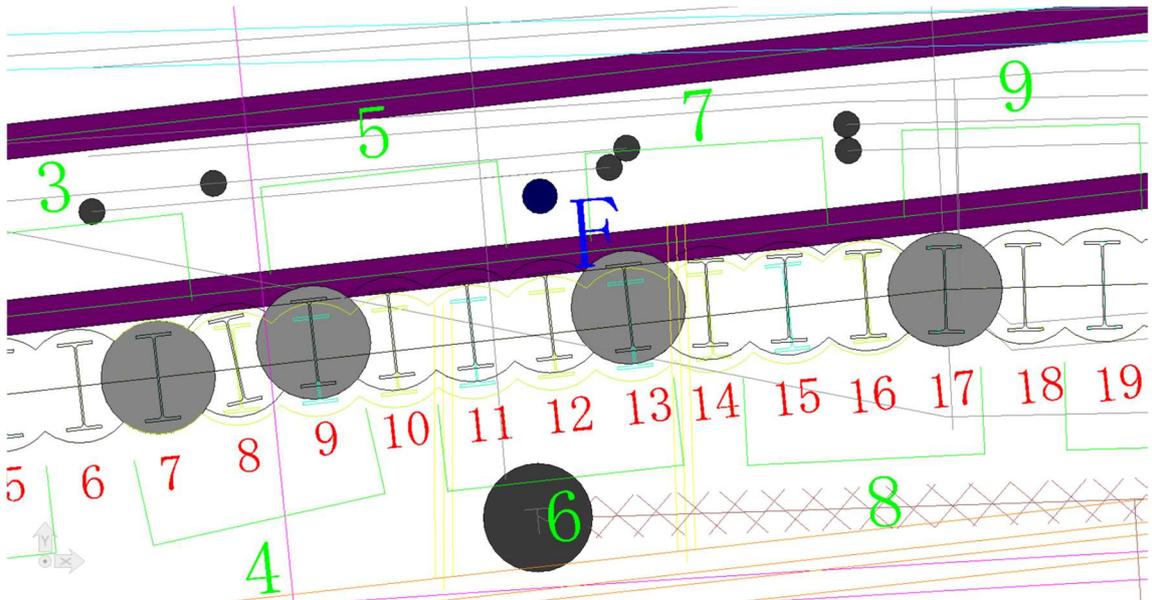


図-53 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 16

- 30. 止水壁(BH 杭)の変更 杭(旧)から BA38-BA49 のみに変更
 要因：積算のための現場合わせ前提の設計(e)
- 31. 止水壁(BH 杭)の変更 杭(新)BA28-BA37 の位置変更
 要因：BA38-BA49 の変更の影響(e)
- 32. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)69～71 欠番
 要因：下水の切り回しをするため干渉を考慮(b)
- 33. 杭(新)63～64 の位置変更
 要因：止水壁で歩道橋を避けるのではなく地盤改良工法を採用したため(e)

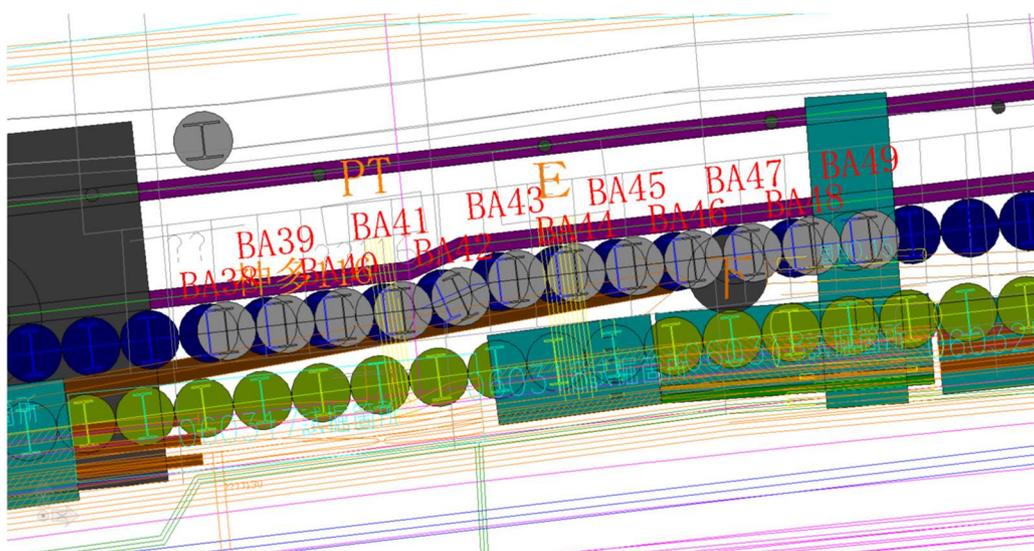


図-54 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 17

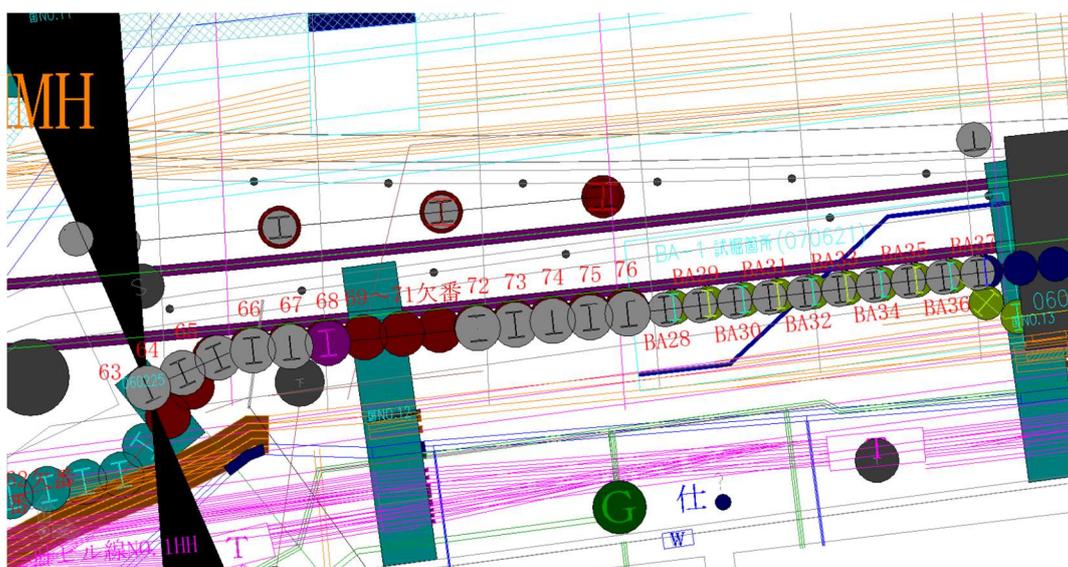


図-55 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 18

34. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)61～62 欠番

要因：杭(旧) 地盤改良工法を採用し 60-63 までの止水壁が不要となったため(e)

(備考：杭(新)59,60 に関しては地盤改良工法と止水壁とのコストを勘案した結果，打つことになった，また歩道橋の仮受けの役割も担った)

35. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)53 と 54 の間の位置変更

要因：水道管と干渉するため(b)

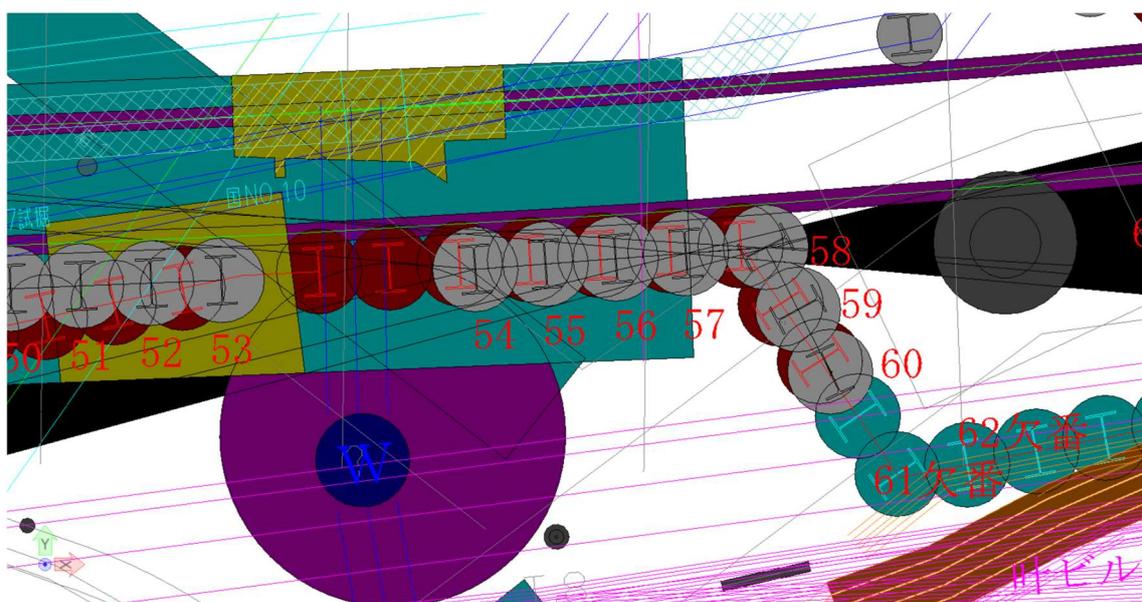


図-56 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 19

36. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)40～53

要因：地中障害物を避ける必要がなくなったため(b)

37. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)36～38

要因：NTT管との離隔考慮と，東電管との干渉考慮の必要がなかったため(b)

38. 杭(新)17～35

要因：城南河川と水道管との離隔を優先するため(図面に記載あり)(d)

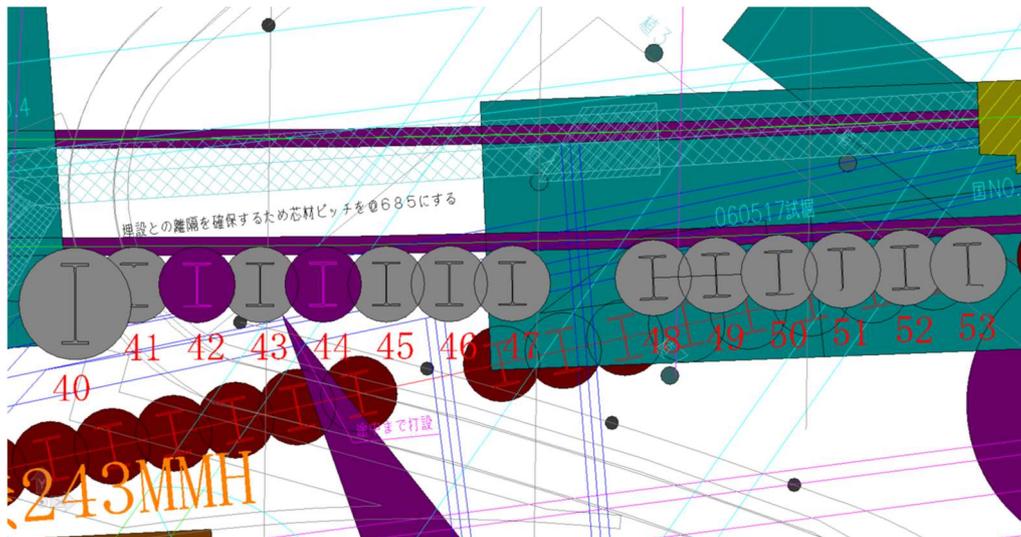


図-57 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 20

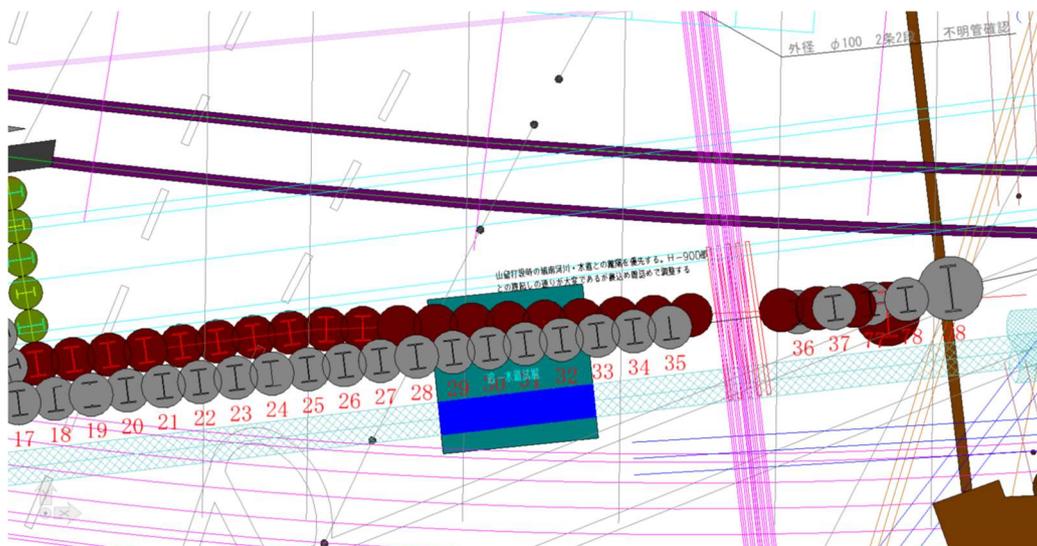


図-58 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 21

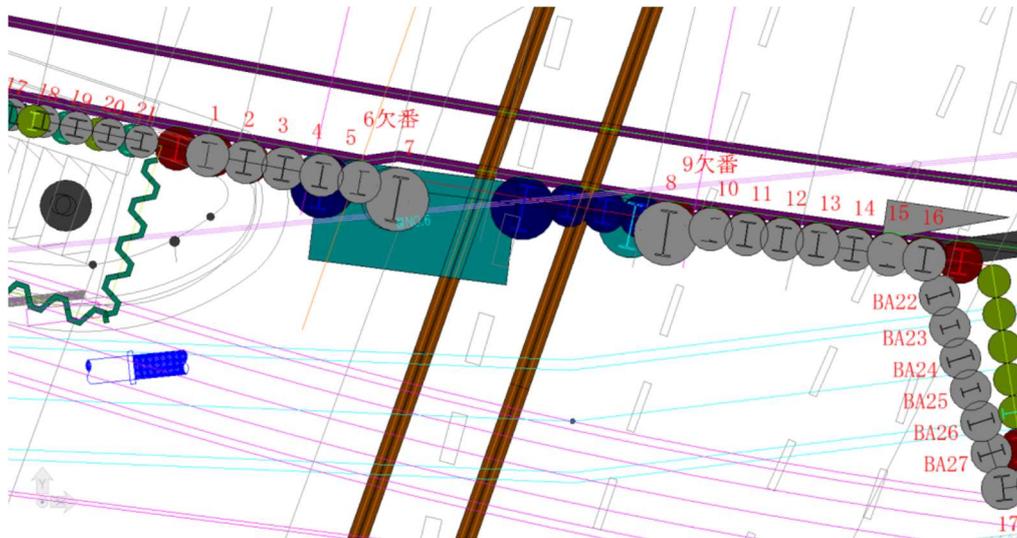


図-59 止水壁を対象とした設計変更箇所の抽出 22

39. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)BA22～BA27

要因：切梁の割付の都合(d)

40. 止水壁(TBH 杭)の変更 杭(新)7-8間の変更，杭(新)6,9 欠番

要因：下水管と干渉するため 7～8 間杭打ち数の変更による数量調整(b)

(3) 2次元図面間の比較結果とその分類

2次元図面間の比較を行った結果，止水壁に関する変更のみで 40 箇所抽出された。以下に図面変更の原因別分類を示す。また，止水壁の変更のみ抽出したため結果には加えていないが，2種の2次元図面間で埋設管の位置修正や，新たに書き加えられた埋設管が多数あった。

a) 発注者による変更：4 箇所

発注者側による意向で変更が行われた場合を指す。また止水壁に関する変更では発注者側の設計変更の意図が不明瞭であったことがヒアリングにおいて確認されている。

b) 干渉(設計における埋設管位置精度が不十分)：21 箇所

設計における埋設管位置精度が不十分であったため，埋設管との干渉があり設計変更を行った。または干渉する位置に埋設管がなかった，干渉物が撤去可能だったため設計変更を行った場合を指す。

c) 埋設管との離隔考慮(設計における埋設管位置精度が不十分)：4 箇所

設計における埋設管位置精度が不十分であったため，埋設管との離隔を考慮した変更が行われていた場合を指す。

- d) 施工性を考慮した変更(埋設管との離隔考慮など)：7箇所
施工者側の要望によって、施工性を理由に埋設管との離隔などを考慮した変更が行われていた場合を指す。
- e) その他：4箇所
施工段階での現場合合わせが前提となっていた場合を指す。

以上の分類のうち、設計段階から CIM が活用されていた場合に、施工段階の設計変更を防ぐ可能性があるのは「施工性を考慮した変更」のみである。それ以外の場合については、発注者側の意図が不明瞭である以上、設計段階からの CIM が有効であるか判断ができないものや、CIM データ構成に用いられるはずであるデータの精度不足が原因であり、CIM 活用の有無にかかわらないため考慮しないこととした。

2次元図面間の比較から、都市内の地下を対象とした工事においては、本事例と同様に設計段階での情報不足により多くの変更が生じると考えられる。この事例では埋設管の位置が実際と異なる、図面に存在しなかった埋設管が発見されたなどが顕著にみられたが、国土交通省が報告しているように「道路等を掘削する工事においては、こうした地下埋設物の位置情報が必ずしも正確でないことから、地下埋設物を損傷する事故が多く発生している」⁴⁷⁾。そのため、設計データに依存する CIM の可視化や干渉チェック等の利点は現時点では限定的にならざるを得ない。このことから埋設管の情報精度の問題であり国土交通省が打ち出した地下埋設管情報の統合的管理を目指す取り組みが重要となる⁴⁷⁾。

仮に設計段階から一貫通貫で CIM による情報マネジメントが行われた場合、CIM モデルによって組み込む情報は統合され、図面のバージョン管理などが徹底される。それにより、本事例のような図面の変更が別の図面に点在しているような情報の不整合が生じなくなると考えられる。このような CIM モデルを介した図面のバージョン管理を行うことで、図面修正の整合性の担保にもつながり、不確定な与条件が多い対象工事であっても、情報の整合性に起因する手戻りなく柔軟に施工を進めることができる。

第4章

CIMにおける情報マネジメント

1. CIMによる建設生産性向上のための施策検討の必要性

CIMの取り組みが成果を発揮して、建設生産性が向上して、より創造的な社会基盤事業を達成するためには、ICTレベルの向上や、必要最低限の標準化は必要であるが、本質的なことは、発注者・設計者・施工者等のステークホルダーの組織としてのCIM対応能力の充実、それらの協働体制の確立、それらの結果としての各組織がWIN-WIN関係を継続的に保持してゆけるメリットの最大化である。図-60にこれらの観点から重要と思われる施策を整理した。CIMポリシーをしっかりと持つ人材、建設情報マネジメント能力のある人材などの必要な人材確保と、CIMマネージャーの業務の確立などの協働のための制度作りであると考えられる。そこで、情報マネジメントに関する状況をBSiが制定している関連規格から整理し、CIMにおけるライフサイクル情報マネジメントの実現のための方法論を検討する。

2. 人材育成に関する方法論の検討

Civil 3DやAMGなど、CIM(Civil Integrated Management)の利用に力を入れている2014年には義務化を果たしたウィスコンシン州DOT(交通局)では、DOT職員にCivil 3Dユーザーグループを設け、建設コンサルタントにCivil 3Dワークフローのトレー

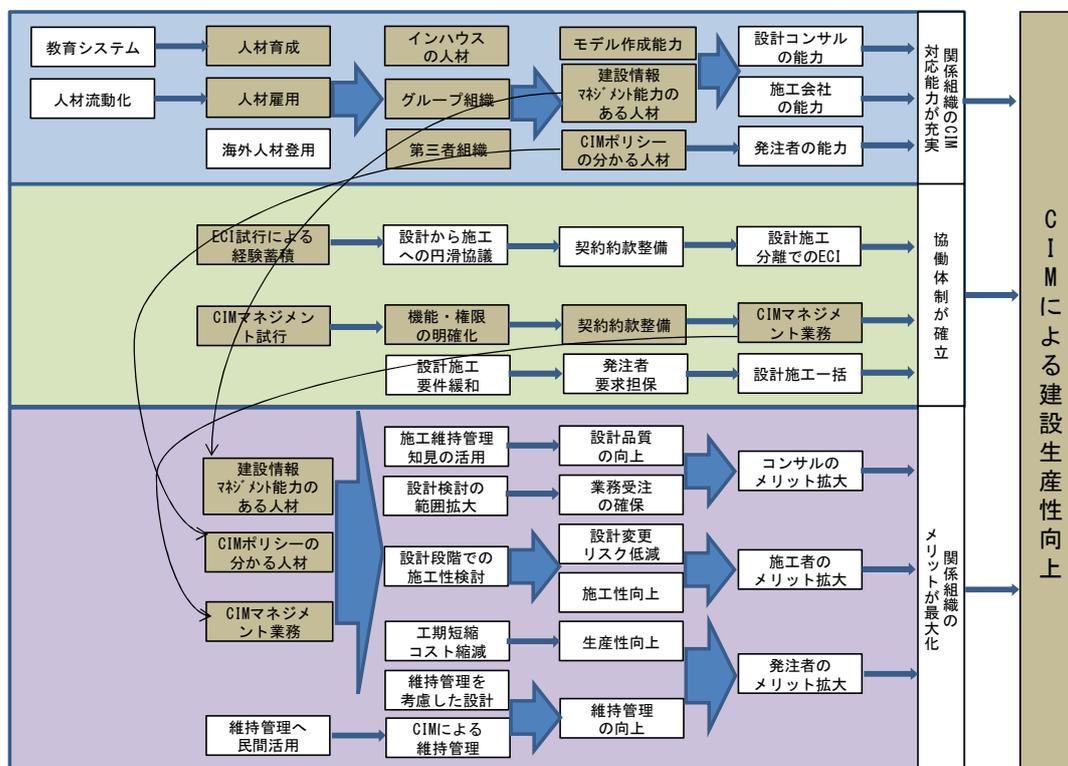


図-60 CIMにおける協働体制と対応能力

ナーを認定し、この両者が ACEC ユーザーグループを成している。教育プログラムにおいては「DOT では道路設計の 3 分の 1 を自前の職員が行っている。残る 3 分の 2 はコンサルタント会社の技術者が担当している」⁴⁸⁾ため、職員だけでなく外部の設計者が習得しやすいトレーニングシステムを導入している。オンラインビデオによるトレーニングには 100 時間以上の教材があり、ソフトの使用法や設計プロセスの情報提供を行っている。ここで重要だと考えられるのが設計のワークフローを開発し、教育プログラムにも設計プロセスを組み込んでいるという点である。CIM において用いるソフトウェアの使用法だけではなく、設計プロセスを教育することは、CIM を要素技術としてだけではなく、広範な視野を持たせることにつながる。この教育法はプロジェクトをマネジメントする CIM マネージャーのような立場の人材を育てることに有効であると考えられる。日本国内であると Civil User Group がソフトウェアの使用法の教育を積極的に行っており、CIM に関する知識を得るのにも有効である。

CIM の技術の定着に関して、よりマネジメントを重視した方法は表-11 の AEC BIM Protocol⁴⁰⁾「BIM プロジェクト実行計画」に成功したプロセスの主要な機能として挙げられている役割と責任を明確にしたスキルマトリックスを利用したプロジェクトチーム構成である。このような構成をすることで、事業における意思決定などを最適化することができる。また、各担当者が所持しているべき能力が明瞭になり、教育の最

表-11 AEC BIM Protocol におけるスキルマトリックス

Role	Strategic						Management				Production	
	Corporate Objectives	Research	Process + Workflow	Standards	Implementation	Training	Execution Plan	Model Audit	Model Co-ordination	Content Creation	Modelling	Drawings Production
BIM Manager	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
Coordinator	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
Modeller	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y

適化が可能になると考えられる。CIM の利用に積極的な国内の建設コンサルタントでもこのスキルマトリックスを意識したチーム構成を行っているところがある。

3. プロジェクト執行形態の検討

CIMの導入において、CIMの効果を十分に発揮するためには入札方式や契約方式の柔軟化が求められる。CIMは計画・設計段階からの3次元モデルを中心としたプロジェクト情報の作成・蓄積・使用が重要であるため、契約執行形態などの制度面の議論も必要となる。

CIMを活用していく際は設計・施工分離発注のように透明性の確保をしつつ、設計施工一括方式のような情報の連続性を担保する執行形態が最も望ましいと考えられる。具体的な契約執行形態として、Integrated Project Delivery (IPD) や CM 方式などを挙げ、CIM運用に適した方式であるかを考察する。

(1) IPD の概要⁴⁹⁾

Integrated Project Delivery (IPD) とは、アメリカで誕生した建設業における新しい発注・契約形態であり、建築家、エンジニア、請負業者、発注者等の利害関係者が計画の初期の段階から協力し、最適な構造物を作成するといった共通目的の基に、最も有効な決定を共同で下すことを可能にする協業形態である。

BIM を使って品質を確保しつつ経済的かつ短い工期で建物をつくるためには、後工程において発生する可能性のある課題や問題点などを、着工前の設計段階で事前に対応するフロントローディングを実践することが重要となる。建設プロジェクトの関係者は多岐にわたり、地理的にも様々な場所に点在している。そこで、設計中の建物の情報を共有という点において BIM の情報の統合管理が大きな役割を果たすと考えられる。設計中の建物の BIM モデルをインターネット上のサーバーに入れておき、関係者の常時閲覧可能にすることで、設計内容や進捗状況が判明となる。上流工程において設計中である BIM モデルを、建設会社など後工程を担当する人が確認し、問題点があれば、事前に修正することができる。

また、意匠設計者と構造・設備の設計者が同時並行で設計を進めることもでき、干渉が生じた場合、その場でお互い調整することができる。

IPD では施主の役割も重要であり、先送りにしがちなデザインや構造についての意思決定を早い段階で行うことで、円滑な設計・施工が可能となり、手戻りによるコストを削減できる。

(2) CM方式の概要⁵⁰⁾

CM(construction management)方式はCMRという役割を据えることで、発注者のプロジェクトマネジメントを支援する方式である。

発注者支援の一環として、プロジェクト全体のスケジュール管理、コスト管理、品質管理などをCMRが担当する。また、設計・施工の各段階での発注業務や事業者の募集・選定・契約などを支援する。

CM方式は発注者側に十分な技術力や人員が確保できていない場合や、複数事業の同時並行に際し、事業者間調整や工程管理を円滑に行いたい場合に用いられる。図-61にCM方式の事業形態を示す。

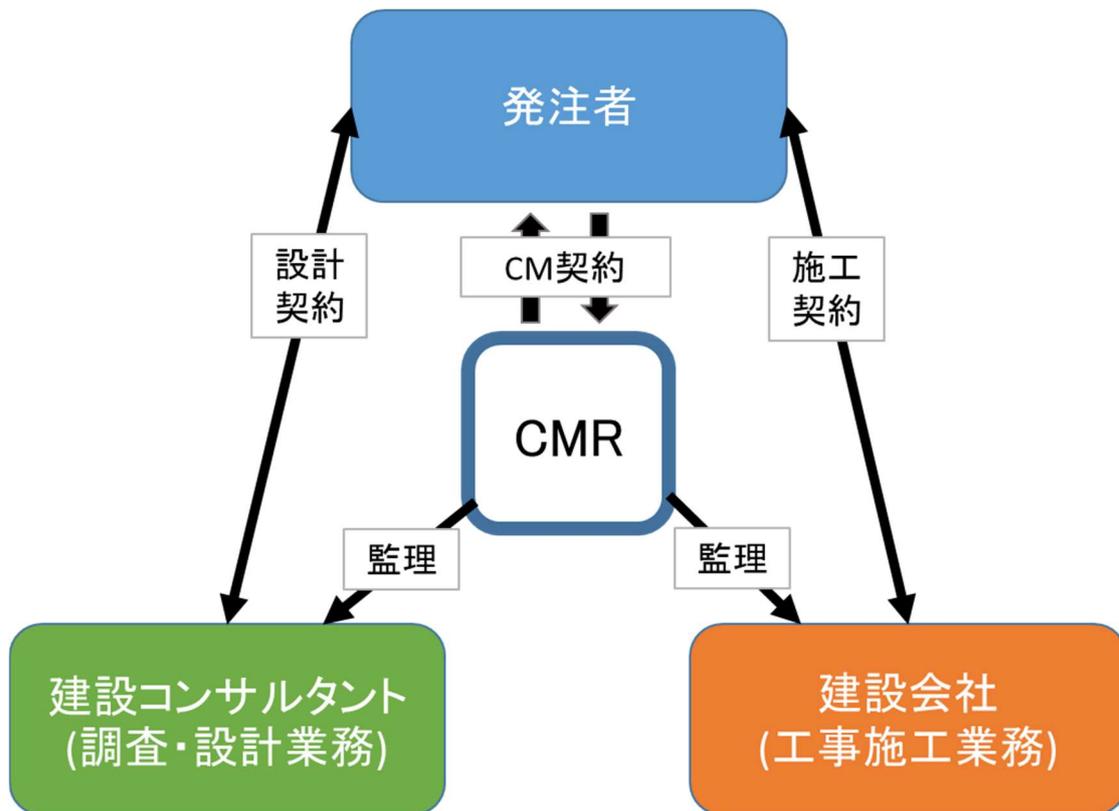


図-61 CM方式の事業形態

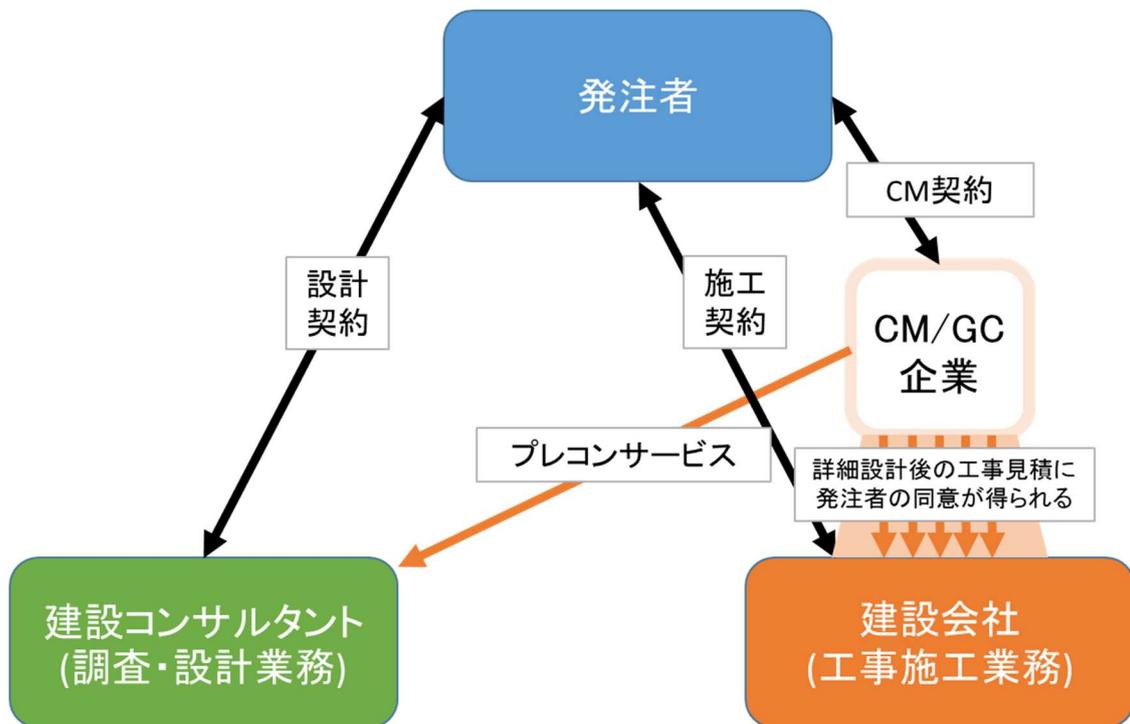


図-62 CM/GC方式の契約形態

(3) CM/GC方式の概要⁵¹⁾

CM/GC方式は Construction Manager / General Contractor 方式の略称であり，設計段階から建設会社(CM/GC会社)とCM契約を締結し，発注者が契約している設計者に設計の支援などのプレコンサービスを行う．詳細設計が終わった時点で見積を行い，発注者の同意を得ることができれば，CM/GC会社は施工者として再び契約を行う方式である．図-62にCM/GC方式の契約形態を示す．

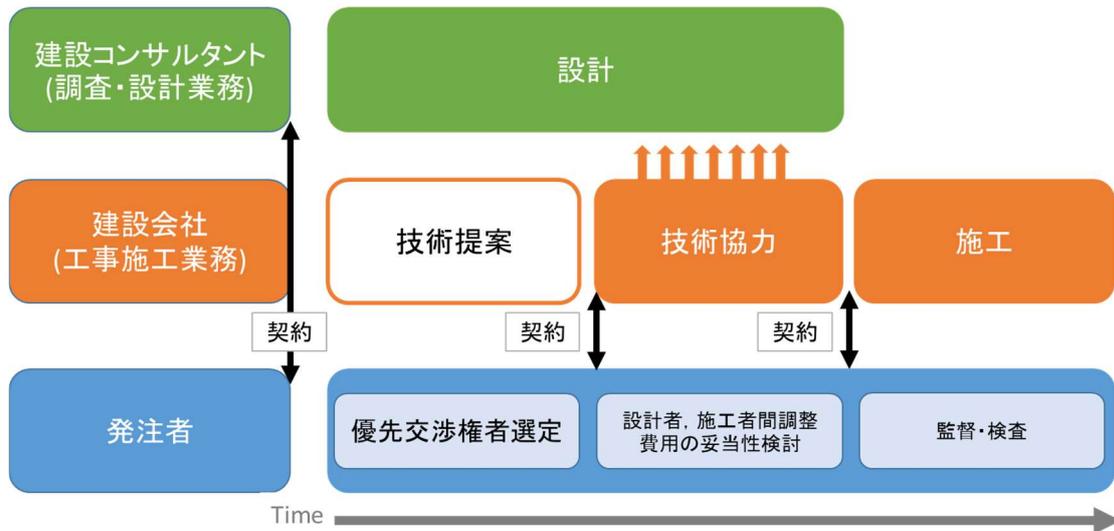


図-63 ECI方式の契約形態

(4) ECI方式の概要⁵²⁾

ECI方法はEarly Contractor Involvementの略称であり、設計者による設計業務に施工者による技術やノウハウを反映することのできる方式である。また、その反映により工期・コストの削減につながる。高度な施工技術が想定されるため、施工者の協力が必要な事業に用いられる。図-63にECI形式の契約形態を示す。

(5) 契約執行形態の整理

ここで、BIM適用時の執行形態として提案するための検討として、表-12にCM/GC方式、表13にECI方式の各機関のメリット、デメリット、BIMとの適性を示す。

表-12 CM/GC方式導入の検討

CM/GC方式	発注者	設計者	施工者
メリット	施工方法や設計に対して発注者の意見を反映させやすい、コストが早期に把握可能	CM/GC企業の支援により施工性を考慮した専門的な設計が可能	技術提供を行うことで、施工に取りかかりやすくなる
デメリット	契約が複数回になる可能性、発注者の関与が重要である	設計に関してCM/GC企業との調整が不可欠となる	詳細設計後の工事見積において発注者の同意が得られないと、施工者として契約できない
BIMとの適性	施工者CM/GC企業として設計段階から関わることでフロントローディングを行いやすく、BIMと併用で効果を発揮すると考えられる。		

表-13 ECI方式導入の検討

ECI方式	発注者	設計者	施工者
メリット	事業形成初期段階に建設業者のノウハウ活用が可能、事業期間の短縮、設計変更の減少	設計変更の減少、事業形成初期段階に建設業者のノウハウ活用が可能	事業期間の短縮
デメリット	発注者の意見を反映させにくい	施工者の施工性が重視され、特徴のある設計が生まれにくい可能性がある	施工者を選定する際にコスト圧縮の技術提案を行うプロセスがあるため、コスト圧縮の可能性はある
BIMとの適性	透明性の確保が非常に大きなテーマになる、設計段階から情報を充実させることができるためBIMの運用におけるフロントローディングの実行が容易となる		

4. BIMにおける情報マネジメントの取り組み

情報マネジメントの制度化はイギリスのBSiが作成したBS1192³²⁾のサポートドキュメントであるPAS1192-2:2013³³⁾にみられる。「PAS1192-2は、BIMを使用して提供されるプロジェクトに関連する情報マネジメント要件に関する具体的なガイダンスを提供する」³³⁾。

この文書はBS1192とCIC BIM Protocol, First Edition, 2013⁵³⁾などを参照しており、これらの参照文書はPAS1192-2の適用に必要不可欠であると述べられている³³⁾。PAS1192にはプロジェクトの段階によって文書が異なるが、本論文では設計、施工における情報マネジメントを取り扱うPAS1192-2:2013を参照した。

PAS1192-2:2013は発注者側から提出要求される「発注者の情報要件(EIR: Employer's Information Requirements)」に応じて受注者側は発注者が、サプライヤーの取組案、能力及び力量が「発注者の情報要件(EIR)」を満足するか評価するための文書である「契約前 BIM 実施計画(BEP: BIM Execution Plan)」を作成する。契約後は「契約前 BIM 実施計画(BEP)」を詳細化し、プロジェクト実施計画(PIP:), タスクチーム情報引き渡し計画(TIDP: Task Information Delivery Plan)マスター情報引き渡し計画(MIDP: Master Information Delivery Plan)などを含む「契約後 BIM 実施計画(BEP)」を作成する。この「契約後 BIM 実施計画(BEP)」の内容を指標としプロジェクトのマネジメントを行う。図-64に「発注者の情報要件(EIR)」の要求から「契約後 BIM 実施計画(BEP)」作成までの資料の大枠の関係を示した。

5. CIMの効果的活用のための情報のマネジメント法の導入に関する検討

日本国内における情報マネジメントの向上のためにPAS1192-2における重要だと考えられる要素から日本における情報マネジメントに関する制度検討の方針を示した。

(1) 情報マネージャーの役割の任命

情報マネージャーはCIC BIM Protocolにおいて「発注者によって情報管理の役割を果たすために任命された人」と定義されており、発注者は情報マネージャーとしての役割を担う関係者を指名することが義務づけられている。情報マネージャーの役割はプロジェクトの様々な段階でコンサルタントまたは受注者となる設計リーダーまたはプロジェクトリーダーのいずれかによって実行される可能性が高い¹²⁾。また、場合によっては、発注者は独立した情報マネージャーを任命することもできる。CIC BIM Protocolによれば、情報マネージャーの主要な責任は以下のように要約できる¹²⁾。

- プロジェクトにおける情報交換のためのプロセスと手順の管理
- プロジェクト情報計画と資産情報計画の開始と実施
- 情報交換などのプロジェクト成果の準備を支援する

- モデル生産・引き渡し表(MPDT: Model Production and Delivery Table)の更新を含む BIM プロトコルの実装

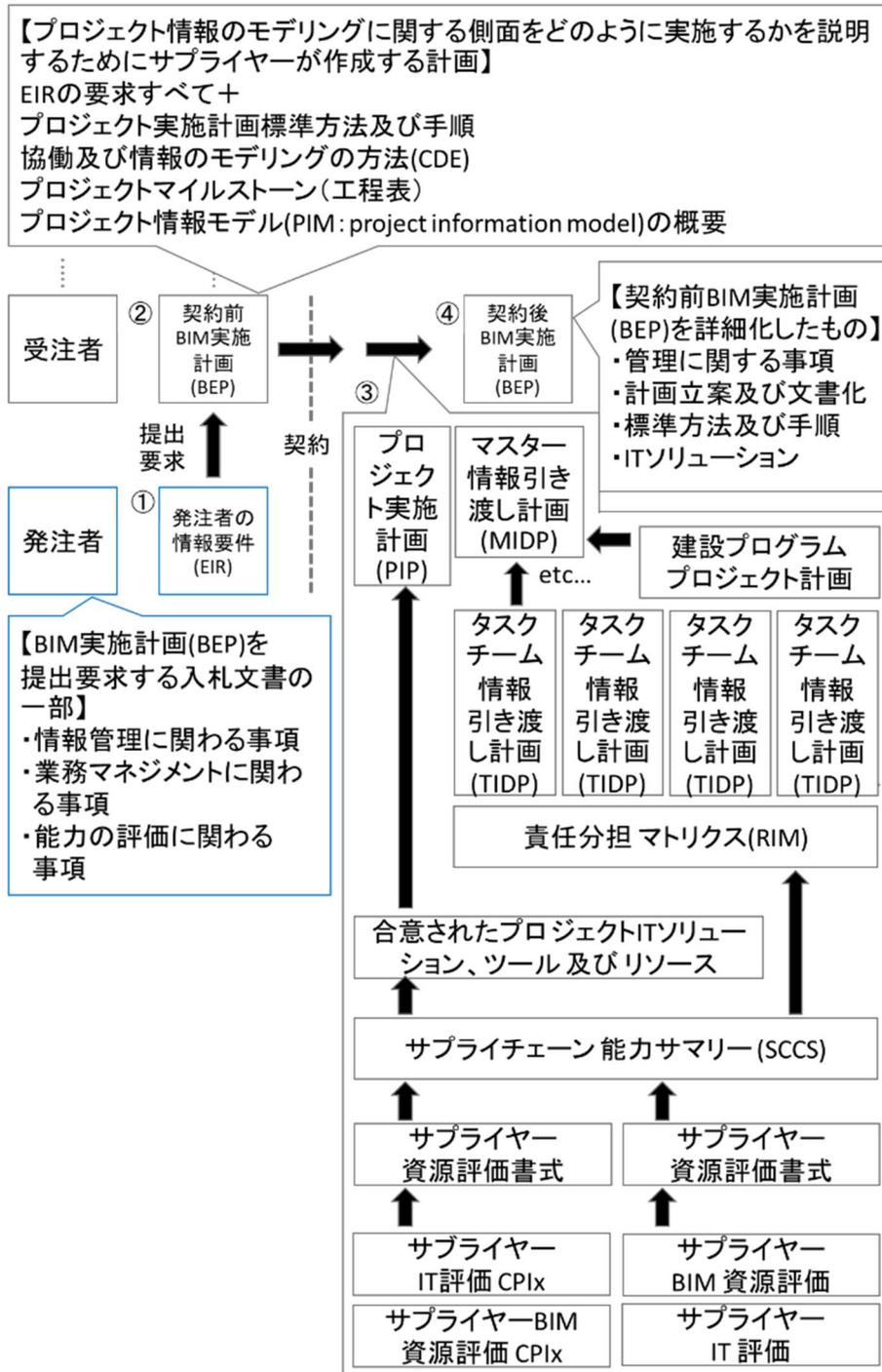


図-64 PAS1192-2における概略図

日本国内においては CIM の情報を管理する情報マネージャーに関する制度にあた

るものではなく、情報管理における計画を契約に必要なものと位置づけ、情報マネージャーの任命を行っていく必要がある。

情報のシームレスなマネジメントという点で、情報マネージャーを設計及び施工の段階での役割分担、契約の形態について考察する。設計施工一括であればコンサルタントとゼネコンのJVの中に、明確にBIMによる情報マネジメントの能力と実績のあるBIMマネージャーを置くことが望ましい。Liuら³⁰⁾も指摘しているように、設計コンサルタント・施工者は、そのオリジナリティを維持できるメリットから、その内部にBIMコンサルティング機能を持つことを好むものの、BIMコンサルタントの能力を有する企業は多くないため、発注者から見るとBIMコンサルタントを設計コンサルタント・施工者以外の第三者から選ぶことでBIMの効果が発揮されやすいことを考慮すべきである。

また、設計施工分離発注の場合には、現状では、設計コンサルタント、施工を受注する請負者のなかに、BIMマネジメントの機能を持つことが必要であるものの、設計の施工の間での情報の隔絶はBIMの有効性を阻害する要因であることから、BIMの経験が豊富で能力のある独立した第三者と発注者の間でBIMマネジメント契約を結ぶことが望ましい。

ECIに関しては、Porwalら²⁸⁾は、設計段階から発注者側にBIMコンサルタントを置き、設計に関してBIMを活用して連携検討する請負業者を含むパートナーシップを提案している。このように、発注者は必ずしもBIMのスペシャリスト機能を有する必要はなく、適切な専門家のコンサルティングを有効に活用することが望ましい。

いずれにしても、BIMマネージャーは単に情報の専門家集団ではなく、建設プロジェクトに精通した情報の専門家集団であることが必要となる。

(2) 情報の承認プロセス設定

PAS1192-2における情報の承認プロセスは共通データ環境(CED: Common data environment)によるものでありBS1192の共通データ環境(CED)を拡張したものと捉えられる。図-65に共通データ環境(CED)の構造を示す。

発注者と契約した受注者(階層1)において複数のタスクチームを設け、そのそれぞれの階層において、タスクチーム管理者、タスク情報管理者、BIM製作者などの役割分担が設定されている。

また①～⑥におけるプロセスにおいても情報マネージャーや発注者などの役割分担が行われている。日本国内におけるCIMにおいても、維持管理段階へいかに有用な情報を漏れなく引き継ぐことが重要であるため、共通データ環境(CED)のような情報のプロセスの設定を入札段階で要求文書に加えるなどの取り組みが必要であると考えられる。

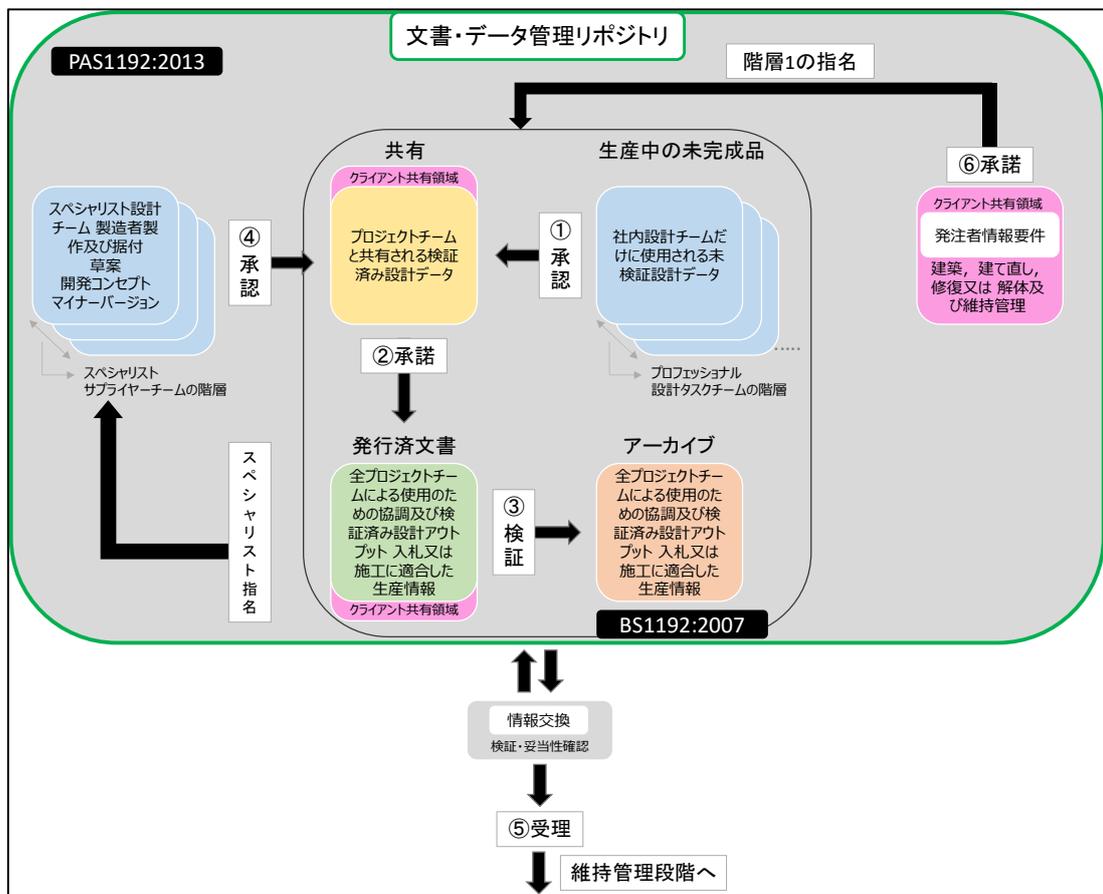


図-65 PAS1192-2における共通データ環境 (CED)

(3) 発注者に求められる役割の限定

PAS1192-2において発注者の役割として特徴的であるのは、主に設計段階の節目において「発注者側の平易な言葉による質問」の回答に値する情報を受注者が提供することが事業プロセス内に含まれていることである。以上のように情報技術の知識の十分ではない発注者においても、「発注者の情報要件(EIR)」を作成することが可能であれば BIM の導入が可能となる。このような発注者側の知識に依存することのないシステム構築も必要となる。

日本国内の CIM の本格導入において PAS1192-2などを参照し、情報のマネジメントに焦点をあてた制度設計の指針を示した。ライフサイクルを通して情報の活用を行うためにも、情報マネジメントにおける積極的な議論がなされるべきであると考えられる。

これまでのところ、CIM の導入推進における発注者の役割に関しては、試行事業の中で活用型技術監理業務として外部支援を取り入れ、発注者内での業務の効率化や課題の解決ツールとして CIM の活用を推進するリードオフマンの育成を想定して、事業

の上流段階や業務の各ポイントで CIM の具体的な活用方策の提案をもらうだけでなく、3次元 CAD の取り扱いに対するアドバイスも求めることとしている。このような取り組みは必要であるが、最も重要なことは発注者としての役割の明確化である。

(4) 受注者の役割

設計コンサルタントあるいは施工を担当する請負者の中に、CIM マネジメント機能を持たせる場合、特に中小の企業には CIM を活用できる人材は皆無である場合が多く、社員自らがモデリングをして業務に取り組んでいる業者は少なく、多くは下請けのモデリング専門企業にモデルを作成させているのが現状であり。このような状況では、従来の業務とモデリング業務が社内グループの中で乖離し、情報マネジメントが成立しないばかりか、将来的な発展性も阻害されることになる。しかし、このような状況も社内の問題であり、発注者などの他のステークホルダーが関与できない課題である。このようなビジネスモデルでは発展性がないため、そのような企業は CIM の流れから取り残されてゆく可能性が高いであろう。

そのように考えた時、発注者は BIM マネージャーに求められる能力を明確にして、経験と知識の豊富な第三者を BIM マネージャーとして契約して、統合的な情報マネジメントを行うことが求められる。日本国内の CIM の本格導入において PAS1192-2などを参照し、情報のマネジメントに焦点をあてた制度設計の指針を示した。ライフサイクルを通して情報の活用を行うためにも、情報マネジメントにおける積極的な議論がなされるべきであると考えられる。

第5章

結論

1. 結論

本研究では、本格導入期である CIM の担うべき役割を CALS/EC, BIM, i-Construction との関係性を明確にしつつ方向づけを行うことで、CIM は i-Construction における「3D データの利活用」にあたるものであると捉え、一方の i-Construction の「ICT 活用に向けた取組」と峻別することで、「ICT 活用に向けた取組」は写真測量やレーザー測量という情報の入力と、MC/MG など自動化施工という情報の出力が核となると示し、CIM は日本国内の制度面においては十分に議論されていない情報マネジメントというプロセスであると強調することができた。

さらに CIM において重要であるのは情報マネジメントであるという前提のもと、都市内地下駅舎建設事業の仮設構造物を対象に CIM モデルの作成と、更新タイミングの異なる 2 つの 2 次元図面間の比較を行った。

CIM モデル化により 2 次元図面では不整合が生じてしまうという限界を示し、また、モデル化には CIM による情報の統合を前提とした情報を扱わなければ、有効な CIM モデルは作成することができないことを確認した。

2 次元図面間の比較では、施工中の設計変更を抽出し、CIM の活用可能性を探ることで、CIM の利点にも埋設管情報の精度など与条件に依存してしまうという限界があることや、設計における図面の承認プロセスが CIM モデルの成否を左右することを示した。

これら実事例の分析を行うことで得られた情報マネジメントにおける検討事項から、PAS1192-2 という設計施工段階における「情報マネジメント要件に関する具体的なガイダンスを提供する」文書から日本国内における情報マネジメントの向上のために重要だと考えられる要素から、制度検討の方針を示した。そこでは情報マネージャーの任命を義務付け、発注者の要件を満たすような情報マネジメントについての計画を要求するなどが制度検討として重要である。また、事業に関わる発注者・施工者・設計者が各々役割を明確にしたうえで事業を取り組むことが、CIM による生産性向上を推進すると考えられることを示した。

発注者の情報要件(EIR)や BIM 実行計画(BEP)などの概念はすでに韓国が積極的に取り入れており、受発注者がそれぞれ BIM を活用しやすいように BIM 実行計画(BEP)と発注者の情報要件(EIR)のテンプレートも作成されている。情報化施工に検討の中心が偏りつつある日本国内であるが、上記のような CIM モデルの運用に不可欠である情報のマネジメントの制度検討こそ最も重要なことと思われる。

参考文献

- 1) 国土交通省：官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン，
www.mlit.go.jp/common/001029778.pdf
- 2) 国土交通省：CIM ガイドライン(案)第 1 編 共通編，www.mlit.go.jp/tec/it/pdf/guide01.pdf
- 3) 小林一郎，小林優一，高橋優介，吉田史朗：モデル空間での 2 次元図面データ利用に関する一考察，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.67，No.2，pp.I_85-I_94，2011.
- 4) 矢吹信喜，川口貴之，福田知弘：積集合演算による BIM データからの景観検討用 3 次元モデル作成手法の開発，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.2，pp.I_31-I_40，2012.
- 5) 有賀貴史，矢吹信喜，新井泰：変状データを含む開削トンネルのプロダクトモデルの構築，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.1，pp.I_58-I_72，2012.
- 6) 有賀貴志，矢吹信喜：土木構造物を対象とした変状の情報管理のためのプロセスモデルの開発，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.69，No.1，pp.I_10-I_20，2013.
- 7) 有賀貴史，矢吹信喜：コンクリート構造物の変状管理におけるプロダクトモデルの適用，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.69，No.2，pp.I_71-I_81，2013.
- 8) 四月朔日勉，矢吹信喜：各種 DBMS による橋梁 3 次元プロダクトモデルの管理手法に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.71，No.2，pp.I_87-I_98，2015.
- 9) 小林優一，吉野博之，谷口和昭，金光都，徳武広太郎：CIM の概念を用いた鋼上部工の 3 次元モデルの構築に関する効率化の一提案，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.72，No.2，pp.II_90-II_95，2016.
- 10) 藤田陽一，小林一郎，緒方正剛，Wongsakorn Chanseawrassamee：点群データ用エディタの開発と利用法について，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.70，No.1，pp.I_48-I_55，2014.
- 11) 窪田諭，中村健二，重高浩一，今井龍一，櫻井淳：3 次元地形モデルを対象とした描画ガイドラインの提案：土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.71，No.2，pp.II_50-II_57，2015.
- 12) 板倉崇理，矢吹信喜，福田知弘，道川隆士：維持管理のための橋梁 3 次元プロダクトモデルの最適詳細度に関する基礎的検討，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.70，No.2，pp.I_42-I_49，2014.
- 13) 田中成則，窪田諭，北川悦司，物部寛太郎，中村健二：ISO10303 に準拠した汎用 3 次元 CAD エンジンの設計とその検証，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.2，pp.I_43-I_50，2012.
- 14) 藤澤泰雄，矢吹信喜：鉄道高架橋を対象とした三次元モデルと解析ソフトウェアとの連携に関する検討，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.68，No.2，pp.I_1-I_8，2012.
- 15) 宮武一郎，田村利晶，盛伸行，岡井春樹，高岸智紘：築堤工事の設計における CIM の適用についての一考察，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.70，No.2，pp.II_1-II_8，2014.
- 16) 宮武一郎，岡崎仁司，塚原大輔，栗山卓也，松田寛志：3 次元モデルを活用する堤防設計に関する一考察，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.72，No.2，pp.I_42-I_51，2016.

- 17) 藤澤泰雄, 矢吹信喜, 五十嵐善一, 吉野博之: 鉄道高架橋を対象とした三次元設計モデルの積算・施工への利用, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.67, No.2, pp.I_8-I_17, 2011.
- 18) 藤澤泰雄, 矢吹信喜, 吉野博之: 三次元設計モデルの積算への利用方法の検討, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.69, No.2, pp.I_63-I_70, 2013.
- 19) 杉浦伸哉, 後藤直美: 紀勢線見草トンネル工事における施工 CIM から維持管理 CIM への取り組み, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.4, pp.I_227-I_233, 2015.
- 20) 畑浩二, 杉浦伸哉, 後藤直美, 藤岡大輔: 山岳トンネルにおける ICT を活用した予測型 CIM の開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.2, pp.II_78-II_85, 2015.
- 21) 宮武一郎, 田村利晶, 盛伸行, 岡井春樹, 高岸智紘: CIM を適用した築堤事業の施工段階における 3 次元モデルの作成・修正の支援に関する一考察, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.72, No.4, pp.I_45-I_54, 2016.
- 22) 清水智弘, 吉川眞, 瀧浪秀元, 御崎哲一, 高橋康将, 中山忠雅, 内田修, 近藤健一: 3D モデルを用いた橋梁維持管理システムの開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.69, No.2, pp.I_45-I_53, 2013.
- 23) 石田仁, 矢吹信喜: WebGL の土木構造物の維持管理への応用, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.2, pp.II_58-II_65, 2015.
- 24) Chen, L. and Luo, H. : A BIM-based construction quality management model and its applications, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.46, pp.64-73, 2014.
- 25) Chien, K, Wu, Z, Huang, S. : Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.45, pp.1-15, 2014.
- 26) Ding, L., Zhou, Y. and Akinci, B. : Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.46, pp.82-93, 2014.
- 27) Eadie, R, Browne, M. et.al. : BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.36, pp.145-151, 2013.
- 28) Porwal, A. and Hewage, K.N. : Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.31, pp.204-214, 2013.
- 29) Miettinen, R. and Paavola, S. : Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling, Automation in Construction, Elsevier B.V., Vol.43, pp.84-91, 2014.
- 30) Liu, Y., Nederveen, S. and Hertogh, M.: Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China, International Journal of Project Management Vol.35, pp.686-698, 2017.
- 31) 国土交通省: 今後の検討内容について, 第 4 回 CIM 導入推進委員会資料, 2017.8.
www.mlit.go.jp/common/001197209.pdf (2017.12.220 閲覧)
- 32) The British Standards Institute: British Standard BS 1192:2007+A1 (Collaborative production of

- architectural, engineering and construction-Code of practice), 2015.
- 33) The British Standards Institute: PAS1192-2:2013 (Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling), 2013.
 - 34) Van Nederveen, G.A. and Tolman, F.P. : Modelling Multiple Views on Buildings. Automation in Construction, 1, 215-224, 1992.
 - 35) Dave, B. : Developing a construction management system based on lean construction and building information modelling. Ph. D. University of Salford, 2013.
 - 36) Eastman C, Fisher D, Lafue G, Lividini J, Stoker D, Yessios C. :An outline of the Building Description System. Research Report No. 50, Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, USA, 1974.
 - 37) Adrian Burgess Project Technology Group : Scott Wilson Ltd , Crossrail: BS1192 Design Information Coordination & Control.
 - 38) Crossrail: Driving industry standards for design innovation on major infrastructure projects, www.crossrail.co.uk/construction/building-information-modelling/
 - 39) 土木学会 土木情報学委員会 米国 CIM 技術調査団 : 米国における CIM 技術調査 2013 報告書, pp8-15, 2013.
 - 40) A unified standard for the Architectural, Engineering and Construction Industry in the UK (AEC (UK)) : BIM Protocol 2.0,2012,<https://aecuk.files.wordpress.com/2012/09/aecukbimprotocol-v2-0.pdf>
 - 41) 日本建設情報総合センター : CALS/EC とは, www.cals.jacic.or.jp/calsec/
 - 42) 国土交通省 : 国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008, www.mlit.go.jp/common/000036985.pdf
 - 43) 国土交通省 : 官庁営繕事業における B I M 導入プロジェクトの開始について, www.mlit.go.jp/common/000110964.pdf
 - 44) 国土交通省 : i-Construction 推進に向けたロードマップ, <http://www.mlit.go.jp/common/001206546.pdf>
 - 45) 日本建設業連合会 : 施工 CIM 事例集 2017, www.nikkenren.com/publication/pdf/260/H29_cim.pdf
 - 46) 木下誠也 : 公共工事における契約変更の実際, 一般財団法人 経済調査会,pp.412-418, 2014.7.31
 - 47) 国土交通省 : 地下空間の利活用に関する安全技術の確立について答申 (案) , <http://www.mlit.go.jp/common/001193134.pdf>
 - 48) 日刊建設通信新聞社 : “新” 協業の未来, http://bim-design.com/infra/iconstruction/file/JACIC_BIM_CIM_panel_discussion2016.pdf
 - 49) NTT ファシリティーズ総研 : BIM を用いた建築プロジェクトプロセス, https://www.ntt-fsoken.co.jp/research/pdf/2015_15.pdf

- 50) 一般社団法人 建設コンサルタンツ協会：CM方式活用の手引き（案），2012年6月，
https://www.jcca.or.jp/files/achievement/committee_report/pm/houhoukatsuyou.pdf
- 51) JACIC: 米国における BIM/CIM の取組について，
www.jacic.or.jp/kenkyu/15/data/h25_kageyama.pdf
- 52) 国土交通省：平成26年度発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会（第3回）多様な入札契約方式について，2014年，
http://www.nilim.go.jp/lab/peg/siryou/20150324_h26nendohattyuusyakonsiryou/siryou3_tayounanyukei150324.pdf
- 53) Construction Industry Council (CIC): BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) PROTOCOL. CIC/BIM Pro first edition 2013. Standard Protocol for use in projects using Building Information Models, 2013.