

函館港若松地区クルーズ船桟橋における CIM の活用

東洋建設(株)	正会員	○中嶋	道雄
東洋建設(株)	正会員	合田	和哉
東洋建設(株)	正会員	白川	隆司
東洋建設(株)	正会員	古田	圭也

1. 函館港若松地区クルーズ船桟橋の概要

(1) 概要

函館市は、北海道の南西に位置する北海道内人口第3位の中核都市である。函館は、函館山からの夜景、五稜郭公園、函館朝市、金森レンガ倉庫などの観光資源が豊富であり、2016年3月に開通した北海道新幹線によりこれまで400万人台だった観光入込客数が平成29年度には524万人となっており、道内有数の観光都市となっている。また、函館港は、古くから天然の良港として栄えてきており、1854年の日米和親条約により箱館と下田の開港後、1859年には長崎、横浜とともに日本国内初となる国際貿易港として、150年以上の歴史を持つ。

函館港へのクルーズ船寄港数は、2016年に26隻で全国第15位であり、北海道内では1位である。寄港数は近年増加しており、その中でも外航クルーズ船の寄港数が増加傾向にある。現在、クルーズ船は観光中心地から約6km以上離れた港町ふ頭を利用しており、函館朝市、ベイエリアなどの観光地化への交通アクセスが悪い状態であり、また貨物用岸壁を用いていることから景観も悪い状態である。

こういった中、主要観光地へ徒歩でアクセスの可能である若松地区において、クルーズ船岸壁の整備を計画された。以下にこれらの位置図及び完成予想図を示す。



図 - 1 函館港若松地区クルーズ船岸壁計画位置図及び完成予想図

これらの整備は、旧青函連絡船で現在記念館として設置されている摩周丸の営業を続けながら近接地に岸壁を新設するという技術的に難易度が高い工事になることから、設計・施工一括方式（デザイン・ビルト）で函館開発建設部より「函館港若松地区岸壁改良工事」として発注された。本報告書はこれらのデザイン・ビルトを実施する中で、関係者等への理解度の向上や、施工手順の正確さ、安全面を考慮してCIMを活用した事例を示すものである。

キーワード CIM, 情報化施工, i-Construction, クルーズ, 設計・施工, PC 桟橋

連絡先 〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-24 東洋建設（株）土木技術部 TEL 03-6361-5464

(2) 最近の CIM の動向

国土交通省では従来紙ベースで行っていた業務の流れの中に、CAD 製図基準の規定など電子情報を同一規格で流通できる建設 CALS を構築してきた。今後、老朽化インフラが増加し建設産業の高齢化による労働者の減少により生産力が追い付かない状態を改善し、労働生産性の向上を目的として i-Construction（アイ・コンストラクション）を開始した。CIM（シム：Construction Information Modeling/Management）とは、i-Construction の中核をなすものであり、調査、設計、施工、維持管理で共通して 3 次元モデルを用いてデータを使用するためのモデル構築方法及び管理方法をいう。調査・開発、設計、施工、維持管理の各段階で求められる属性情報はそれぞれ異なっており、CIM ではこれらの属性情報が予め格納できるような構造となっている。以下に各段階で作成または検討に必要な主に属性情報を示す。ただし現時点においては、属性情報の保存項目が指定されているものは、ガイドライン内で土工、河川、ダム、橋梁、トンネルに限られているため、今後の拡充が期待される。

表 - 1 各段階での主な属性情報

段階	調査・開発	設計	施工	維持管理	適用
図面類	平面図				
	簡易な構造図		詳細な構造図		
	-	配筋図			
材料		設計時の 材料規格	施工時の 材料規格	劣化後の 材料特性	コンクリート強度，鉄類の規格等
土質調査関係	ボーリングデータ (調査値)	ボーリングデータ（設計値）		追加調査結果	
出来形	-	-	出来形	維持補修結果	各部寸法等
劣化調査	-	-	-	劣化調査結果	

近年港湾に関する i-Construction も進んでおり、マルチビームを用いた深浅測量マニュアル（浚渫工編）（平成 30 年 4 月改定版）等関連要領やマニュアルが整備され、平成 30 年度から ICT 浚渫工の全面運用が進められている^{*5}。

CIM 関連事業については、発注者が要求事項を指定して発注する発注者指定型、受注者が実施する事項を宣言して行う受注者希望型の 2 タイプにて発注されているが、平成 30 年度は、発注者指定型の要求事項が 3 項目増加し合計 7 項目となっている^{*6}。なお、平成 30 年度より世界的な流れを鑑み、CIM を BIM/CIM と改称されているが、ここでは建築系の BIM と区別するために CIM と呼んでいる。

2. CIM 化の手順

本来であれば、調査・開発段階で作成されるボーリングデータ、計画平面等の CIM データを使用して設計段階の構造物モデル等を作成する流れであるが、今回は当社で自主的に CIM 化を行った。また、CIM データのみで設計を進める事にリスクがあったために、2 次元 CAD と並行して CIM 化を行った。各モデルは、それぞれの特性を考慮してモデル化を行った。構造物モデル等は Autodesk 社の AutoCad Civil3D を使用し、施工機械は Trimble 社の SketchUp 等を利用して作成した。また地形モデルは、現地地形を 3D スキャナーで点群として収力し、広域地形は、国土地理院のデータをダウンロードして使用した。最後に Autodesk 社の Infraworks(NavisWorks)を用いてそれらのデータを統合した。また属性情報を付与する場合には、伊藤忠テクノソリューションズ社の Navis+を使用して付与した。以下にモデル作成のフロー図と、使用したデータ一覧を示す。

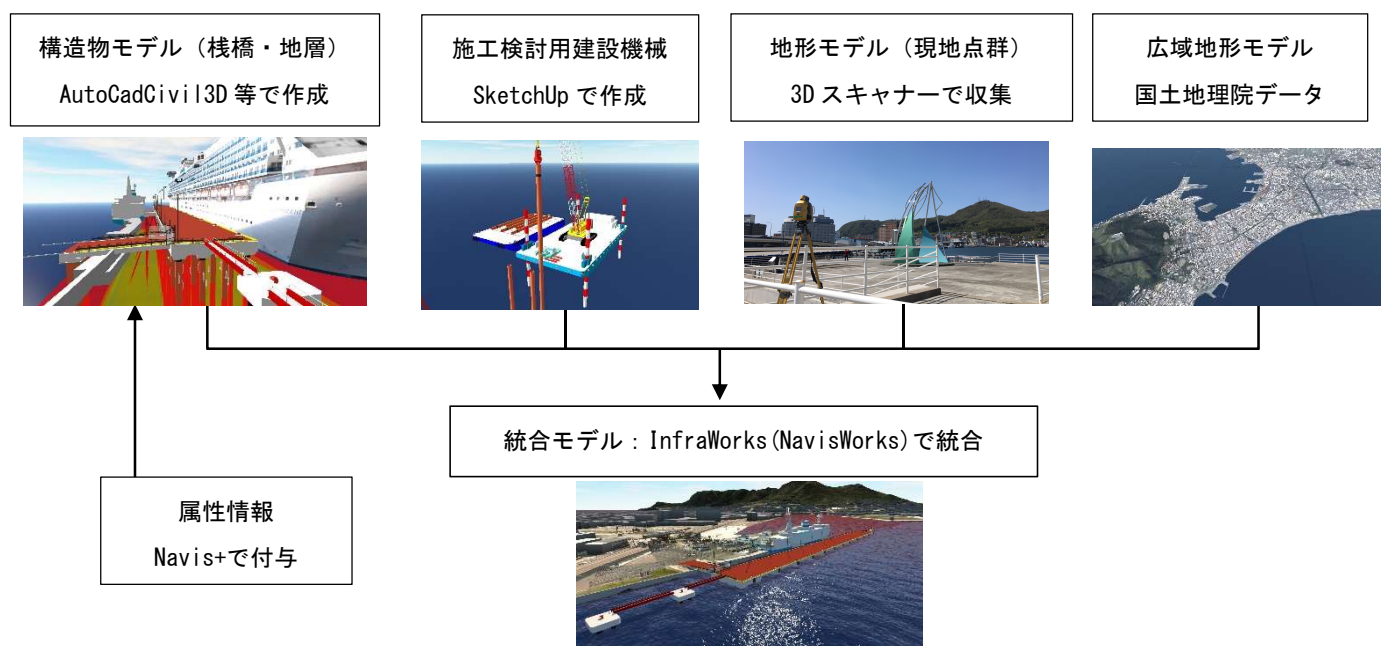


図 - 2 CIM データの作成方法

表 - 2 使用したデータ

分類	項目名	拡張子	元データ	使用ソフト	備考
設計項目	栈橋	FBX	設計図面	AutoCAD Civil3D	
	地層モデル	FBX	設計図面（提供資料）	〃	
背景図面	地形	IMX	基盤地図情報 数値標高モデル（5m）	AutoCAD Civil3D	
	点群	RCS	3Dスキャナーによる	Magnet Collage、Recap等点群処理ソフト	
	航空写真	tif (tfw)	地理院地図 全国最新写真（シームレス）	—	
	海、河川エリア	SHP	基盤地図情報 基本項目	基盤地図情報ビューア	
	建物	SHP		〃	
施工検討用	建設機械類	DAE	当社で作成したデータ	SketchUp及びCivil3D	

3. 設計時の活用例

(1) 鉄筋の干渉チェック等への活用

CIM ではソリッドモデルで構築し、それぞれの属性情報が定義されているために、それぞれの部品同士が重なっていないかの干渉チェックが可能である。一方 PC 栈橋では受桁の主筋、PC ホロー桁の主筋連結部の配筋が重なるため、非常に配筋が過密になりやすい。また、この部分に係船柱を配置せざるを得ないため、これらの確認が従来から必要であった。そこで、これらの機能を利用して、栈橋受桁上部連結工の鉄筋と係船柱のボルトの干渉チェックを行った。以下にチェック結果図を示す。

これらの図から赤く着色しているものが、干渉している配筋であるが、検討の結果配筋を移動することで対応可能であった。ただし鉄筋を移動すると、鉄筋の空きが小さくなる傾向になるため、施工誤差が発生すると空きが許容できない状態になる可能性もあるため、設計から施工への申し送りが大切である。この他には、バイブレーターの挿入箇所が確保できているか等の確認が可能であった。

このように従来は、施工時に行われてきた確認が、設計時に簡単に可能となったことから、フロントローディングを活用した施工スピードの確保が可能であった。

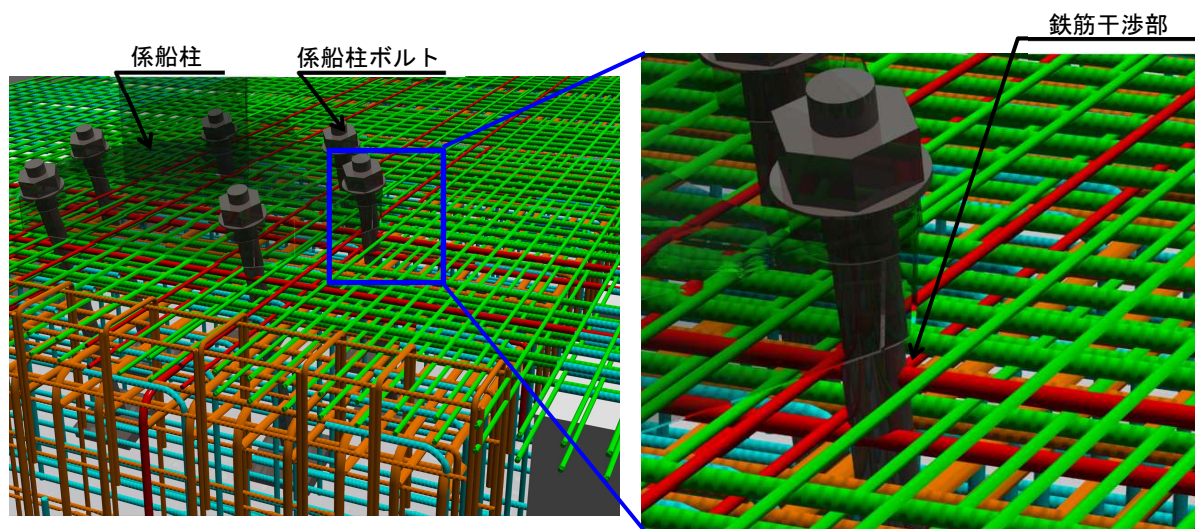


図 - 3 連結部鉄筋と係船柱ボルトとの干渉チェックの例

(2) 既設船舶近隣での杭打設検討

今回の工事は、摩周丸というメモリアルシップの近隣での施工を行う必要があった。摩周丸は上部甲板に利用客が出ることが可能であり、これに近接して斜杭が打設可能であるかを検討した。以下に検討結果図を示す。平面的には一見摩周丸から物理的に離れている状況であるが、パイルキーパーから杭先端が外れると摩周丸に振れて衝突する可能性があることなどが確認できる。この検討結果により、斜杭は打設できないと判断して、直杭での施工を選択した。

このように通常の 2 次元での確認方法では平面または断面のみの検討であるため、段階的に変化する船の形状などを考慮可能であり、多方向からの確認が可能である事から、危険箇所を発見しやすいものであった。

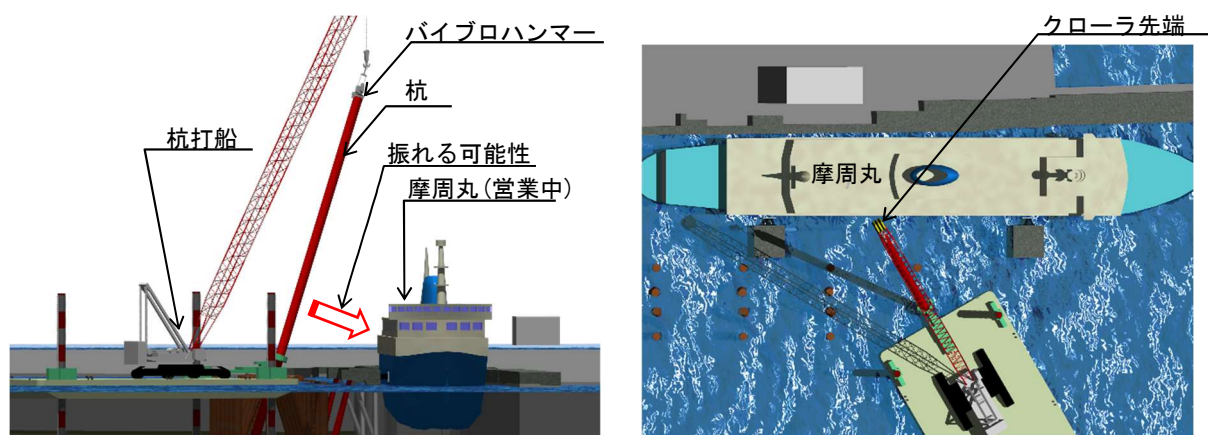


図 - 4 既存船舶近傍で斜杭打設が可能か検討している状況

(3) 施工ステップ図

設計の中で、各工種毎の施工機械などを設定する必要がある。その中では周辺状況を考慮し安全に施工可能な機械を設定する必要がある。また施工数量などに応じて船舶の配置、資材搬入は可能か等の確認等も必要である。これらのステップ図は従来では施工手順の検討後に施工機械の仮設定を行い、機械の能力や必要であれば施工機械の配置図を作成するものであった。

設計された構造物を 3 次元でモデル化し高速道路など周辺の既設構造物のモデル化が簡易に行えると、この中に施工機械の 3 次元モデルを投入するだけで、施工ステップの検討が可能になり、クレーンがぶつからないかなどの安全を検討しながら施工機械が配置可能であった。従来では周辺の既設構造物は、その都度測量を

行って設計図面に反映していたが、国土地理院のデータを使用することで大まかな高低差、周辺に建物などがあるかなどの確認は即座に可能である。不足する構造物の高さや形状のデータは、3D レーザースキャナで捕捉することによって、正確にモデル中に反映が可能である。以下に今回作成した施工ステップ図の一部を示す。

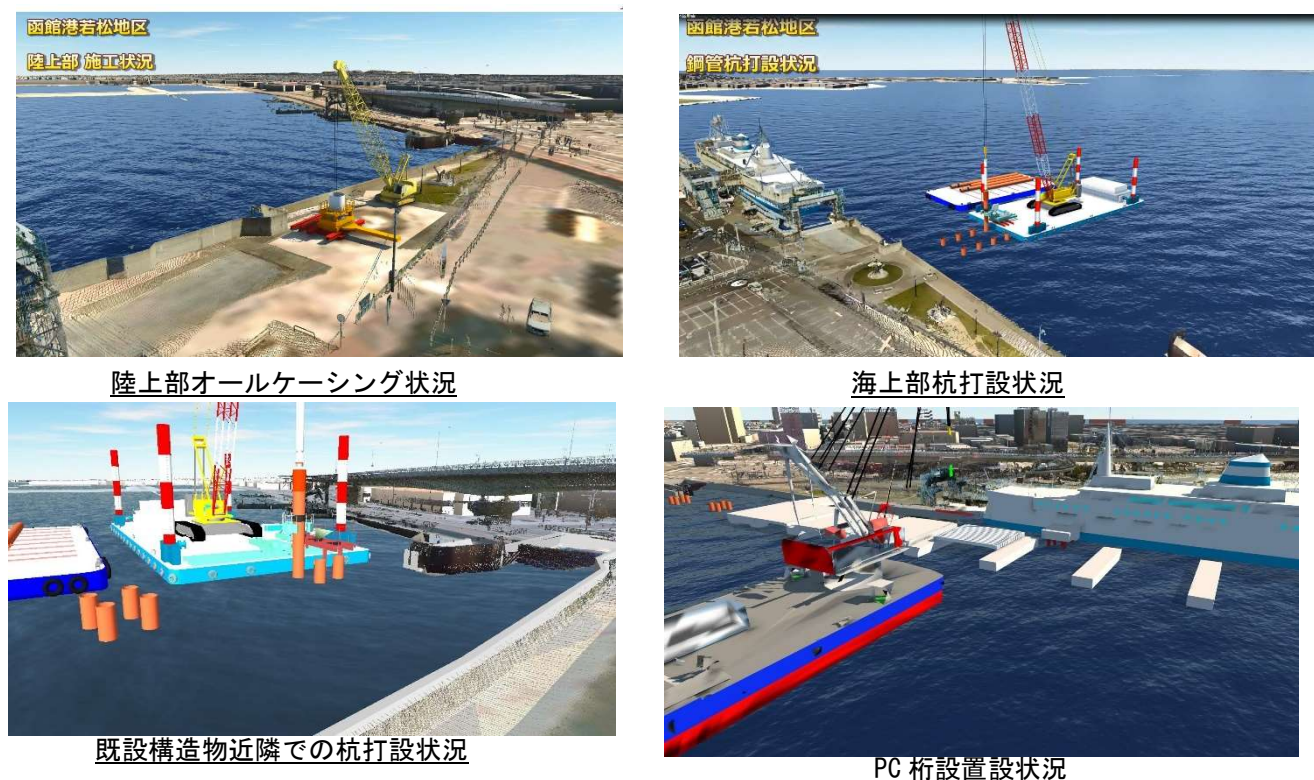


図 - 5 施工ステップ図

このように、モデル内に航空写真を適用させることによって、どこに何があるかを正確に把握することが可能になる。既設構造物の形状が正確かつ簡易に把握できることによって、現地で施工する際との乖離が非常に少なく、安全を確保しながら施工検討が行いやすい。

(4) 関係者への説明時

タブレット等を使う事によって 3 次元モデルを直接的に確認することが出来、色合い等も確認が可能である。従来の紙ベースの設計図面では色見本を使用し、お互いが想像上で確認する方法であった。CIM 関連のソフトでは影や太陽光等の影響を考慮して色合いを確認できるため、より正確な色合いが確認可能であった。また、構造物単体ではなく周囲の環境を含めて確認できるので、周囲の風景との調和などを確認することが可能である。以下に舗装の色合いを確認したときに使用したパターン図と函館山からの見え方を実際の写真と CIM での確認で比較したものである。



図 - 6 舗装色の検討パターン図

参考とした金森赤レンガ倉庫の色



図 - 7 写真と CIM 画像の比較（左：写真に栈橋を合成，右：すべて CIM 画像）

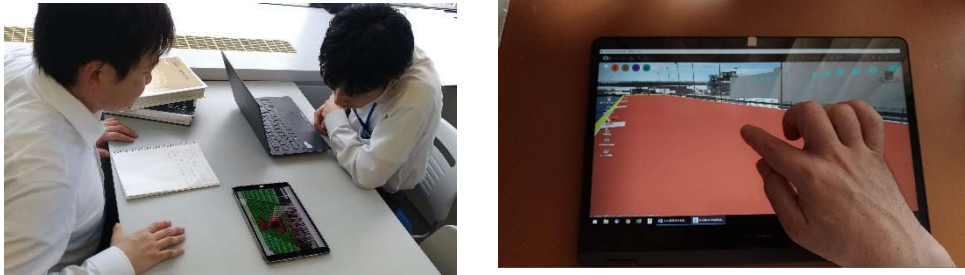


図 - 8 タブレットなどを利用して CIM 説明をしている状況

4. 施工現場での活用例

(1) 現地確認の労働力の減少

施工手順作成の場合は、図面を見た後に事前に現地に赴き現地状況を確認してから施工手順書を作成する。また施工手順書は元受け業者が行う事ばかりでなく、1次、2次の協力業者が作成する事も多い。この場合現地からほど遠い場所にいるために現地確認が十分に行えない場合も多く、また確認は少数の限られた人数で行うため、確認不足になる場合もある。CIMで確認を行う場合以下のメリットを持つ

- 現地に行く必要がなく実際に作業を行う人全員で確認できる
- 現場が進行し途中の作業状況が分かるため、自分が担当する状況がより確認しやすい

上記の状況を現場を確認する前に踏まえておくことで、現場に直結したより有意義な現場確認が可能であった。以下に実際に使用した海上での杭の溶接状況図を示す。

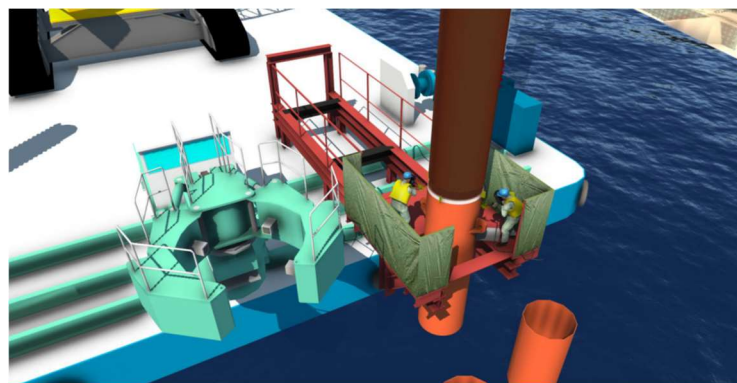


図 - 9 海上での杭の溶接状況

また、これらに伴う打合せの回数が減少することで、業務の効率化が図れた。

(2) 作業員への注意喚起

現場作業員への注意喚起は、従来スローガンなどを大弾幕などに記載して掲げる手法が多かった。この場合現場状況と文字の変換が必要になり、実際に働く人がイメージしにくいものであった。以下に本現場で掲示していた注意喚起の看板のイメージを示す。



図 - 10 CIM を活用した「安全指示の見える化」の例

このようにイメージを中心とした注意喚起であるために、どの段階で注意をしたらよいかがよくわかり、注意を行わなければならない場所がイメージしやすい特徴がある。

(3) ユーザー等への説明

CIM 画像を使用すると直感的に形状が分かりやすいため、建設に携わっていない近隣住民の方々への説明などには特に有用である。以下に工事説明用現地看板と、説明会での CIM 画像の表示状況を示す。このように従来の設計図面をベースとした工事概要説明より、将来の完成予想がしやすいものとなっている。



図 - 11 ユーザー等への CIM 説明状況

5. 今後の活用

CIM 画像は、ステレオパノラマ映像への変換が容易であるため、VR ゴーグルを利用して、モデル内で 360 度見渡したり、ウォークスルーを行える。実際に作業する作業員等へ事前にこれらの画像を見せることによって、安全を確認する質が向上するとともに、実際に行ったことのない作業を体験できるなど、今後の教育分野でも活用できるものと考えられる。以下の図面は当社社内で今回の CIM データを使用して、VR 体験を行ったときの画像である。



図 - 12 VR によって遠隔地で施工状況を体験している様子

6. まとめ

(1) CIMによる利点

a) 構造物の認知性

CIM 化によって、設計・施工等、どの時点においても構造物の認知性は向上するものと考えられる。今後この性能を利用して安全性向上や、実際に作成される構造部との乖離が少なくなるものと考えられる。

b) 業務の効率化について

認知性が向上したことにより、打合せ回数が減少するなど業務の効率が向上した。また作業者の認知性が向上したことにより、現地での現場確認が減少できるなどの効率化が向上した。ただし本来であればCIMによる図面作成の簡易化や修正時の各図面の整合性の向上などの利点は享受できなかった。これは今後使用するソフトの習熟が向上することによって、効率化が進むものと考えられる。

c) 現場での活用について

打合せや現場での活用にタブレットなどを使用できることにより、自由な視点で確認ができ構造物を認識可能である。また色合いなどを、現地とあまり差がない状態で確認可能であった。

(2) CIMの課題

a) モデル作成

本来は図面完成にかかわる効率が向上するところであるが、以下の理由により現状では時間がかかる状況である。

- いままでに使用した事のない道具（ソフト）を使用するためそれらの習熟時間がかかる
- 設計期間が間に合わない可能性のリスクから通常の2次元CADでの作業と合わせてCIM化を実施したために、大幅に工数が増加した
- 事例が少ないため手探りで進めざるを得ず時間がかかる

建築BIMでは、よく使用する壁、床等をファミリーとして部品を持ち合わせており、それらの部品の属性情報を変更するだけで、モデルを組むことができる状態となっている。今後、このようなファミリー群を多く作成し引用できる状態とすることが、効率化向上のカギであると考えられる

b) ソフトウェア

CAD関連のソフトは、デファクトスタンダードのソフトに統一されてゆくため、ソフトの選定には普及を見据えた後、選定を行いたい。ただし現状で開始する必要性からデファクトスタンダードが決定されていない状態で習熟を開始する必要がある。また土木構造物を建築BIMの様に効率化できるためには、ソフトの対応が必要不可欠である。

謝辞

今回の論文は、北海道開発局 函館開発建設部 函館港湾建設事務所様にはデータ使用の許諾及びデータ提供をしていただいた。ここに、感謝の意を表する。

参考文献

- *1:港湾施設の技術上の基準・同解説 日本港湾協会(H19)
- *2:CIM 事業における成果品作成の手引き（案） 国土交通省（H29.3）
- *3:CIM 導入ガイドライン（案）第5編 橋梁編 国土交通省（H29.3）
- *4:3次元データを用いた港湾工事数量算出要領(浚渫工編) 国土交通省（H30.4）
- *5:ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針 別紙p1 国土交通省（H30.4）
- *6:i-constructionの実施状況と基準類の策定などについて 別紙p13 国土交通省報道発表資料(H29.3)