

京都舞鶴港第2ふ頭地区の栈橋式岸壁工事におけるCIMモデルの活用について

加計 孝司¹

¹近畿地方整備局 舞鶴港湾事務所 沿岸防災対策室 (〒624-0946 京都府舞鶴市字下福井910番地)

国土交通省ではICTの活用による生産性向上を目指す「i-construction」に取り組んでいるところである。その取り組みの一環として、京都府舞鶴港の第2ふ頭における栈橋式岸壁の老朽化対策事業において、国土交通省の港湾工事で発注者指定型では全国初となるCIMモデルを活用した試行工事を行い、その効果や課題等を検討した。

キーワード CIM, 栈橋式構造, プレキャスト梁, 施工計画

1. 港湾へのCIM導入

CIMは、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。陸上工事では、橋梁工事などにおいて既に導入されており、合意形成の迅速化や施工計画・施工条件の確認等に効果があることが実証されている。港湾構造物においては、栈橋構造のように、複雑な構造となっていることを踏まえ、今回CIM活用の試行工事として取り組んだ。(図-1 参照)

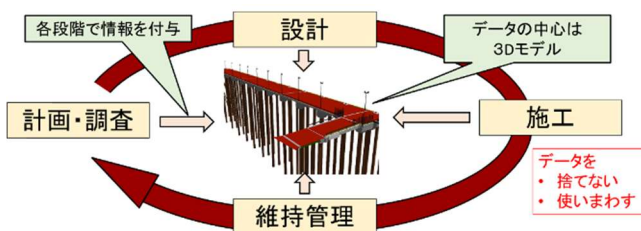


図-1 CIMの概念図

2. 施工場所の概要

今回事例紹介する現場は、舞鶴港第2ふ頭地区岸壁(10m)の改良等工事である。(図-2 参照)

工事内容は、老朽化したコンクリートウェル式の既存栈橋を撤去し、鋼管杭式の栈橋に改良するものである。上部工は杭頭と舗装コンクリートを除く他の部材がプレキャスト部材で構成されている。(図-3 参照)



図-2 施工位置図

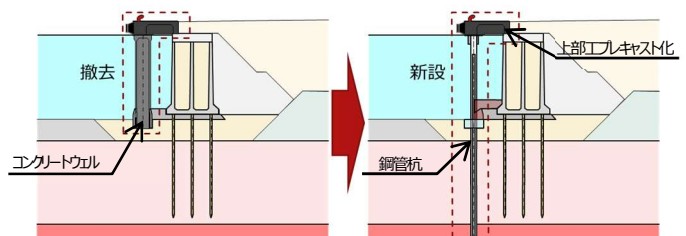


図-3 工事概要図

3. CIMモデルの作成

CIMモデルの作成に当たっては、事前測量は点群データが必要な箇所はハンディ型3Dスキャナによる測量を実施し、大まかな地形で十分な箇所は国土地理院の電子データを活用した。また、ドローンによる写真測量を実施し、それらのデータを元に3次元空間の統合モデルを構築した。(図-4、図-5 参照)

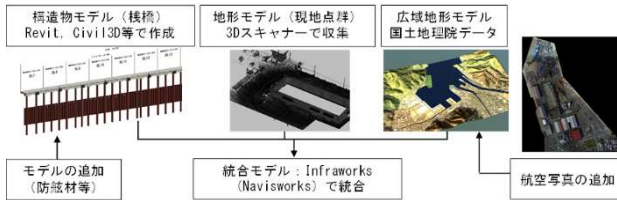


図-4 CIMデータの統合概念図

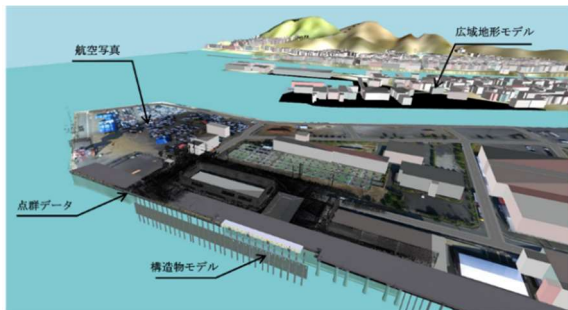


図-5 統合モデルの鳥観図

4. CIMモデル導入の効果

(1) 事前の施工検討

3次元モデルの各部材毎に、着手・完了の工期を加えたことにより時系列ごとの施工のシミュレーションが可能となった。工程毎に完成した構造物が表示されるため、そこに作業船や作業機械などを配置した施工ステップ図を作成した。(図-6 参照)

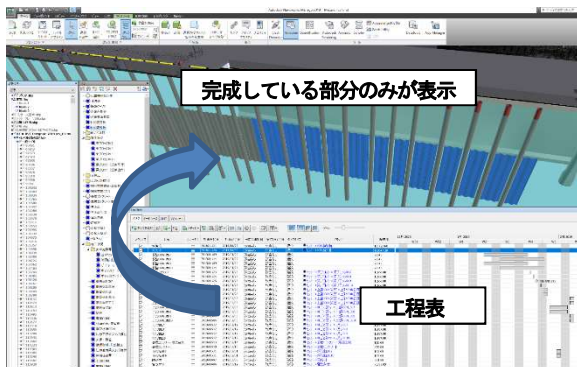


図-6 シミュレーション事例

a) 仮設構造物の検討

鋼管杭の打設に当たっては、精度確保のため導材を使用した打設が必要となるが、鋼管杭陸側には既存捨石マ

ウンドが張り出しているため、陸側の導杭を打設出来ない事が解った。そのため、既設岸壁天端面に水平導材を置き、沖側の導杭と連結して保持する構造とした。

しかし既設岸壁天端面に水平導材を置いた場合、導材の設置位置が高くなったため、パイプロハンマが導材に干渉する。(図-7 参照)

このためパイプロハンマと導材の干渉を避けるため、一段下の既設ケーソン上に水平導材を設置した。

(図-8 参照)

この様に仮設計画時には周辺状況や施工機械の詳細を考慮する必要があるが、従来の2次元による平面的な検討に比べて情報量が多い事と施工機械モデルを配置するだけであるため、検討時間の短縮が期待できる。

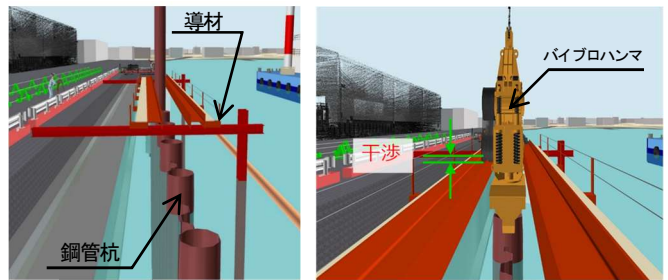


図-7 パイプロハンマと導材の干渉



図-8 対策及び現場での施工状況

b) 構造物の干渉検討

設計時において、CIMモデルの作成により、プレキャスト部材の張り出し筋と現場打ちコンクリート部分の配筋が干渉することが判明し、修正することが出来た。また、係船柱のアンカーが上部工の配筋と干渉しないか否かを容易にチェックすることができた。(図-9 参照)

対策として、法線平行方向鉄筋を下方に曲げ加工すると共に法線直角方向鉄筋を下方及び外側に曲げ加工した。(図-10 参照)

また張り出し鉄筋を同一位置に配置しないようにするため、法線直角方向にずらして重ね合わせ構造とする対策を事前に行った。(図-11 参照)

従来の2次元の図面では鉄筋は線で表現されるため、特に大きな鉄筋径では鉄筋の重なりによるあき不足が発生しやすい。また係船柱等の付属工は本体工と別図面で描画するため、干渉が見逃される事が多く、CIMによる構造物干渉検討に期待できる。

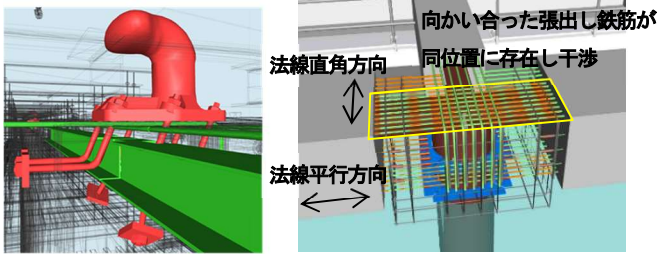


図-9 干渉チェック結果

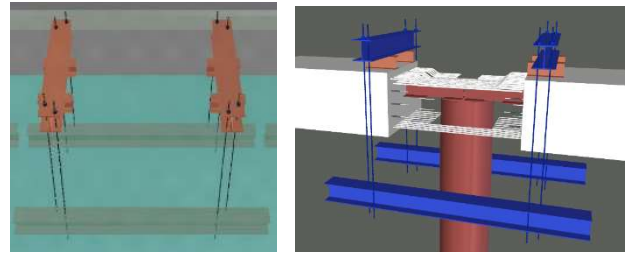


図-12 吊り下げ式支保工

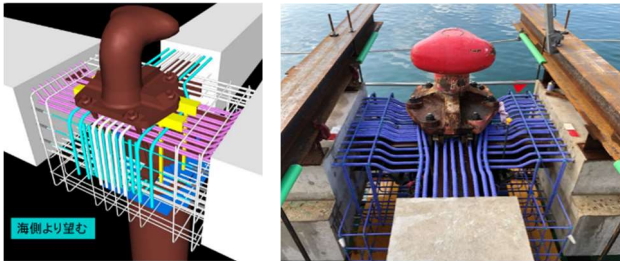


図-10 変更した配筋形状と施工状況

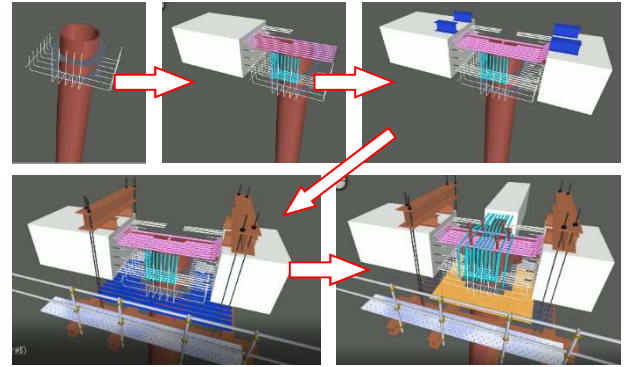


図-13 作業手順の可視化

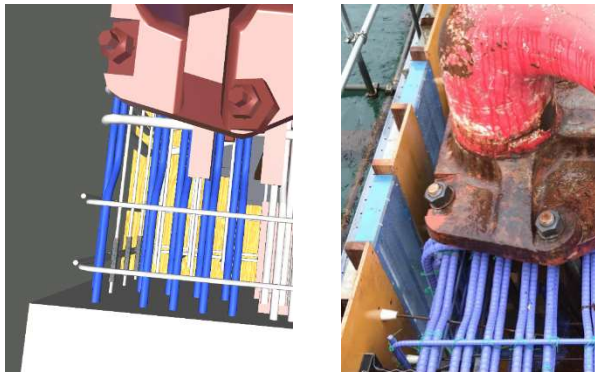


図-11 変更した鉄筋継手と施工状況

(3) 上部工現場打ち部の施工手順の検討

プレキャスト梁を用いた栈橋上部工の現場打ち部分の支保については、梁上に架設する吊り下げ式支保工による施工が必要であった。(図-12 参照)梁上に載せる吊桁から垂れ下がった吊りボルトに主桁を設置しようとすると潜水作業が必要になる上、海中において主桁にあけた穴に吊りボルトを通すことは主桁の動揺により困難であることから、陸上において吊桁と主桁を大組しておき、クレーンにてプレキャスト梁上に設置をすることとした。この方法によると、法線直角方向梁の設置後では大組支保工が設置できないため設置手順以下の通りとした。

- ① 法線平行方向梁ブロックの設置
- ② 大組の状態では支保工を設置
- ③ 法線直角方向梁ブロックの設置

以上の検討内容および設置手順をCIMモデルにより再現し問題ないことを確認し、現場における施工は滞りなく安全に実施することができた。(図-13 参照)

(2) 関係者への説明

今回工事を行う岸壁では、日常的に荷役作業が行われていることから、工事内容と工事による影響をCIMを用いて荷役作業関係者への説明を行った。説明ではCIMモデルを見ながら説明を聞くことができるようにするため、プロジェクターによって説明を行い、説明完了後にヒアリングを行った。岸壁利用する船舶は外国船が多いことから、貨物船に乗船している外国人への説明に活用すれば言葉が不要で理解が得やすいとの意見を得た。(図-14 参照)



図-14 地元企業への説明状況

(4) 安全対策の検討

a) 陸上での交通規制の検討

工事中の交通規制の検討を行う前に、障害となる可能性がある箇所の抽出を行った。検討は、プレキャストブロック運搬用トラックの走行範囲において、プレキャストブロック積載時の架空線との離隔確認及び交通規制区域で曲がる箇所での既存設置物(看板)との離隔確認を行った。検討の結果、架空線との離隔は地面から6.0m以上あることが解り、看板との離隔は内輪差を考慮しても

2.0m確保可能であることが解った。(図-15 参照)これにより現地での試験走行等の確認が不要になった。

またプレキャストブロック運搬用トラックの走行範囲は、荷役場所と隣接した範囲となっており、状況によっては複数台のトラック同士がすれ違う幅を確保することはできない状態であった。(図-16 参照)そのため、走行経路は一方通行とし、荷役作業に障害を生じず施工可能な運搬ルートを設定した。また、倉庫周辺は他の荷役用のトレーラー等も通行しており、交差点では接触する危険があることから一時停止とする規制を設けた。(図-17 参照)



図-15 架空線、既設看板との離隔確認



図-16 隣接倉庫での荷役作業状況

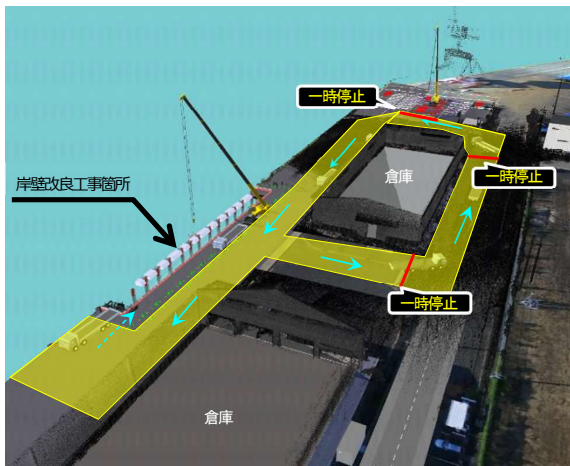


図-17 交通規制の検討結果

b) 海上での作業範囲の検討

鋼管杭打設時における海上部の占有範囲を検討した。対岸には海上保安部の巡視船(船長L=115m)が停泊している前提で、アンカーワイヤーによる船位固定とスパッドによる船位固定の場合の占有範囲を検討した。アンカーによる作業範囲では巡視船の航路幅が100mしか確保できず船長分を確保できなかった。(図-18 参照)

一方スパッドによる方法では140m確保でき、船長分を確保することができたためスパッド式杭打船を採用した。(図-19 参照)

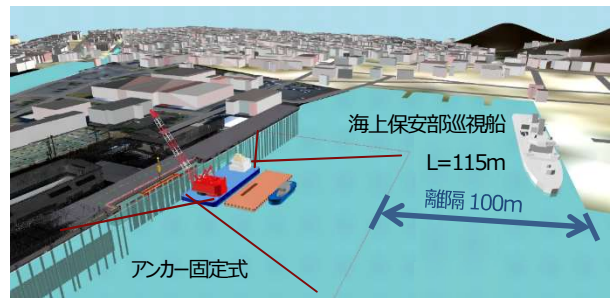


図-18 巡視船通航路に対する離隔検討(アンカー固定式)

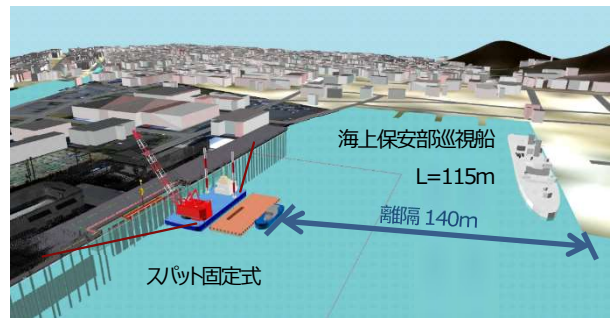


図-19 巡視船通航路に対する離隔検討(スパッド固定式)

(5) 施工管理への活用

a) 属性情報の付与

杭打設後の杭頭位置や高さなどの出来形及び鋼管杭のミルシートなどの品質管理記録等の属性情報をCIMへ付与した。(図-20 参照)上記作業を今回タブレットを使って現場ですべて行った。(図-21 参照)

現場で属性情報をCIMデータに入力することにより、事務所に帰ることなく現場で完結するため、事務所での新たな作業が必要なくなった。またタブレットにより現場で確認可能であるため、計測もれや登録ミス等を防止できた。またクラウドを使用する事により、現場事務所だけでなく支店や本社でも値が管理可能であり情報共有が可能となった。



図-20 属性情報の CIM への反映概念図



図- 21 出来形, 品質管理の入力状況

5. CIMの応用

将来的にCIMを用いた出来形管理, 監督検査の試行として, 3次元レーザースキャナーで点群データを収集し, 岸壁法線の出入りや岸壁の標高を設計値や許容値と比較した。

(1) 出来形検査への応用

コンクリート天端面計測を行い, 得られた点群データの標高をヒートマップで表示して出来形検査が可能か試行検証した。(図-22 参照)

海側1m程度の範囲のコンクリート天端面の計測結果は, コンクリート天端面は緑色となっており規格値を満たしていることが分かった。上方の赤色部分は型枠, 中央の赤は係船柱, 小さな赤色点は車止めアンカーボルトを示している。(図-23 参照)

天端高の出来形検査については, ヒートマップで明瞭に表示されるため合否判定可能であることが解った。この出来形検査は, 従来の方法では一覧表, 出来形管理図の組み合わせで確認するのに対し, 3次元スキャナーではヒートマップでの視覚的表現で位置情報を含んだものとなっており視覚的に解り易いものとなった。

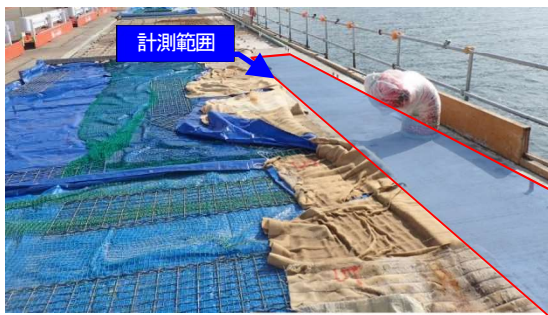


図- 22 天端高計測検証範囲

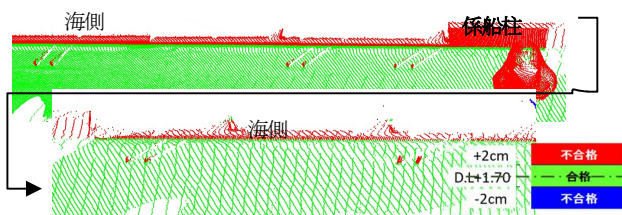


図- 23 岸壁天端高のヒートマップ

6. CIMモデル導入の課題

CIMモデル導入の課題として, 3次元の点群データを用いて出来形管理を行う際, ファイルサイズが非常に大きいこと, 法線の出入りに関して点群データから角となる部分が自動的に抽出できないため, 手動で設定する必要があるなどの課題が判明した。(図-24 参照)

CIMモデルの導入に当たっては, 3次元化する範囲, ドローンによる写真測量, 国土院の電子地図, 3Dスキャナーなど必要性及び効果の程度を十分に検討したうえで, 測量方法の選定や3次元化の範囲を決定することが重要である。

また, 測定距離を200m程度離して計測した際に形状を認識出来ないほど点群データ密度が粗くなってしまいうなど, 点群データの収集による法線出来形検査は現状では課題が残る。

また, 監督検査では, CIMモデルを活用した電子検査を実施することで, 業務効率化が期待できるが, 港湾工事共通仕様書を適用できないため, 出来形管理や検査用に使用できるよう, 3次元レーザースキャナーを用いた出来形管理要領等の策定が必要である。

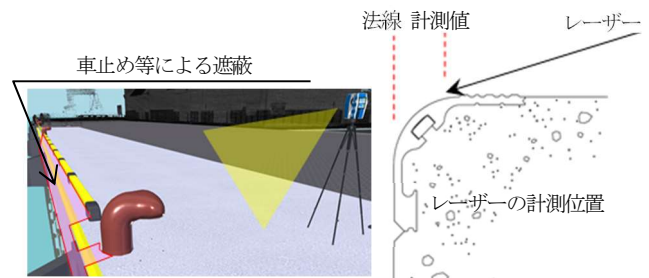


図- 24 岸壁端部におけるレーザー到達範囲

7. まとめ

今回の試行工事を行った結果から, 「施工計画の可視化」「各種協議における合意形成の迅速化」「受発注者のコミュニケーションの円滑化」等の効果があることが分かった。

また今回の試行工事は, 受発注者ともに初めての経験であったため, CIMモデルによる施工管理の経験がなく, 専門的内容を理解するには相当な時間を要することが分かった。今後, 多くの技術者がCIMを活用した設計・施工に取り組めるよう, 説明会・勉強会の開催など様々な方策を講じる必要がある。また, 測量データや配筋図とCIMモデルの連携による出来形管理手法など, 生産性向上に資する更なるシステム開発が求められる。

謝辞: 最後に, 本論文を執筆するうえで当工事の実施にあたりご協力をいただきました東洋建設株式会社様に対し厚く御礼を申し上げます。