

港湾分野におけるCIMモデルを活用した耐震強化栈橋の設計事例

案浦侑己¹・川又淳子¹・柴田大介¹・川嶋憲¹・柏原裕彦¹

¹ (株) 日本港湾コンサルタント (〒141-0031 東京都品川区西五反田8-3-6)

港湾分野においては、平成30年度にCIM作成試行業務として全国で10件程度の業務発注があった。他分野と同様に港湾分野においてもCIMの導入により、従来の2次元図面から3次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングによって、合意形成の迅速化、業務効率化、品質の向上、生産性の向上等の効果が期待される。しかし、業務当時、他分野のCIMガイドラインのような基準類が港湾分野ではまだ整備途中であった。本稿では、港湾分野におけるCIMモデルを活用した耐震強化岸壁（ジャケット式栈橋構造）を一例として紹介し、業務を通じて得られた今後の留意事項及び課題についても報告する。

Key Words :耐震強化ジャケット式栈橋, CIMモデル, 3次元地形モデル, 3次元構造モデル

1. 港湾分野におけるCIMの現状

現在、土木分野においては、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、CIM(Construction Information Modeling/ Management)の導入・推進が進められている(図-1, 図-2) ¹⁾。

橋梁やトンネル等の陸上分野では、平成29年3月にCIMガイドライン(案)(以下、H29ガイドラインと称す)が公表され、他分野に先行して設計及び施工におけるCIMの導入および活用が始まった。一方、港湾分野においては、平成30年度にCIM作成試行業務(平成30年12月31日公告済案件) ²⁾として全国で10件程度の業務発注が実施され、港湾分野においても他分野と同様にCIMの導入により、従来の2次元図面から3次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングによって、合意形成の迅速化、業務効率化品質の向上、生産性の向上等の効果が期待されている。しかし、本稿で紹介する耐震強化岸壁の基本設計時には、港湾分野におけるCIMガイドライン(案)がまだ整備途中であった(CIM導入ガイドライン(案)【港湾編】が平成31年3月公表済)ことから、H29ガイドラインを参考に

CIMモデルの作成を行った。本稿では、港湾分野でのCIMモデルを活用した耐震強化岸壁(ジャケット式栈橋構造)の一例として業務概要を紹介し、業務を通じて得られた今後の留意事項及び課題についても報告する。

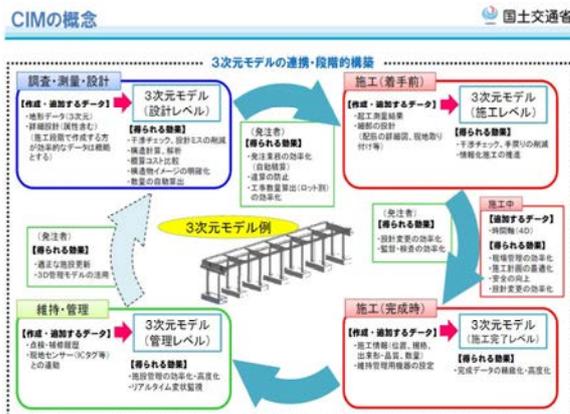


図-1 CIMの概念¹⁾

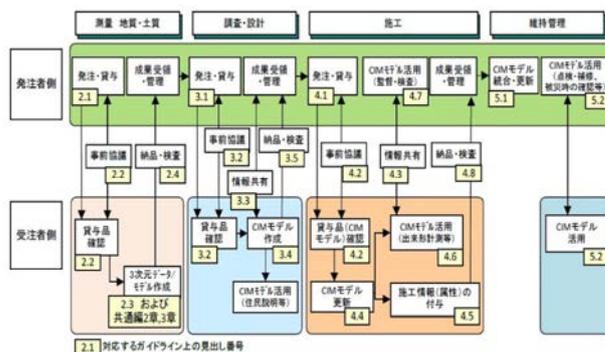


図-2 CIMモデルの作成、活用の流れ¹⁾

2. 業務概要

横浜港本牧地区では、国際コンテナ戦略港湾として機能強化を図るため、既存岸壁を延伸して暫定供用することで大型船舶へ早期に対応する計画となっている。このような背景のもと、本業務では、既存岸壁の延伸区間を対象とした耐震強化岸壁の構造検討を実施した。

業務対象位置を図-3に示す。設計対象位置は、供用中の隣接岸壁とふ頭用地に挟まれた狭隘な施工条件であり、隣接岸壁は供用中のコンテナターミナルである。また、大型起重機船等での海上施工が可能な日数は、供用中の隣接岸壁の休日のみの週1日程度という非常に厳しい現地制約であった。そのため、如何に海上での施工日数を短縮するかが本業務における重要な技術的課題であった。そこで、海上施工日数の短縮を目的にジャケット式栈橋構造を採用した(図-4)。



図-3 設計対象位置図

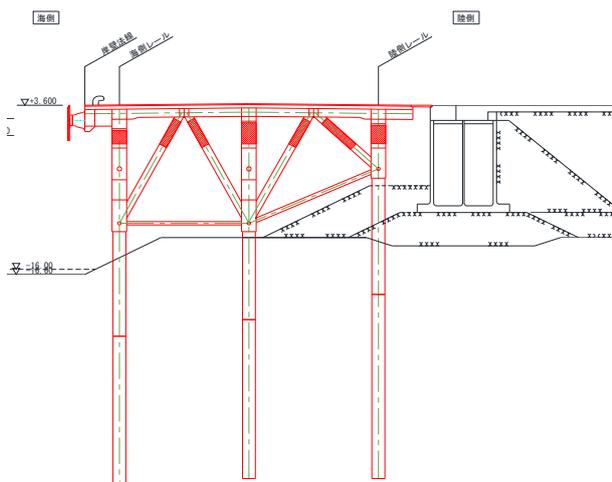


図-4 2次元断面図 (ジャケット式栈橋構造)

3. CIMモデルの作成範囲と詳細度

CIMモデルの作成範囲と詳細度について、本工は、栈橋の構造部材が確認できる程度の「詳細

度300」とし、地質・土質モデルは、サーフェスモデルで主要な地層の境界が確認できる程度の「詳細度200」とした(図-5、図-6)。また、本工および地質・土質モデルを併せた統合モデルを「詳細度200」とした。なお、詳細度の定義に関しては、H29ガイドラインを参考に発注者と協議の上、決定した(図-7、図-8)。

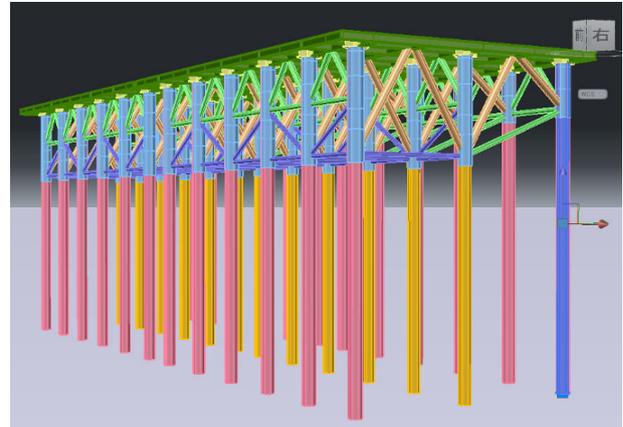


図-5 本工モデル (ジャケット式栈橋構造)

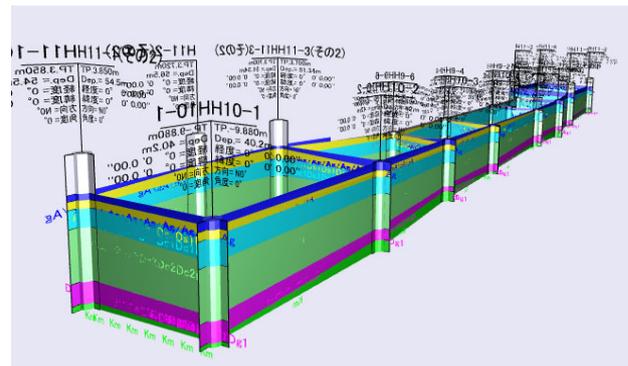


図-6 地質・土質モデル

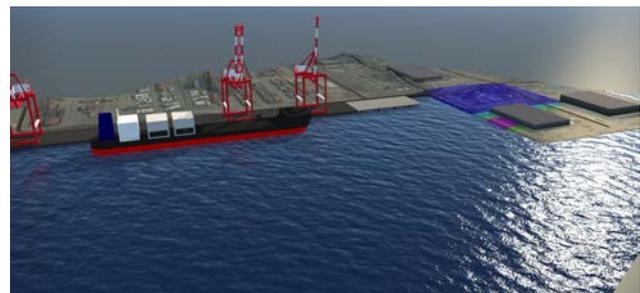


図-7 統合モデル(全体図)

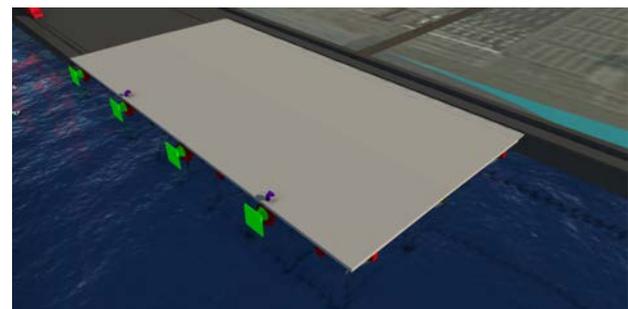


図-8 統合モデル(ジャケット上面拡大図)

4. 基本設計におけるCIMモデルの活用方法

本業務では、現地の施工条件の制約が厳しいことを踏まえ、基本設計段階でCIMモデルの活用を行った。

(1) 4次元施工ステップ(3次元+時間軸)の作成

通常、施工ステップ図は、2次元図面+時間軸(図-8)で作成するのが一般的である。そのため、各段階の施工イメージは断面図および平面図等で同時に確認する必要があり、図面枚数も多く、受発注者間での実施工イメージの共有が難しいという課題があった。

そこで、本業務では3次元図面+時間軸による4次元施工ステップ図を作成し、受発注者間での施工イメージの共有を図った(図-9, 図-10)。さらに、業務中に実施した受発注者間の協議にはパソコンを持参し、作成した施工ステップ図を動画にして、施工手順等の情報共有を図った。

成果品の納品時には、2次元モデルと3次元モデルを併せた(図-8, 図-10)各段階の施工ステップの資料を作成することで3次元モデルのオリジナルデータをパソコン上で開かず施工内容を確認できる工夫を行った。また、細部実施設計、施工方策検討へ本業務における設計思想を適切に引き継ぐことにより、業務効率化、品質の向上、生産性の向上に繋がると考え、施工ステップ図のオリジナルデータも成果品の一部として納品した。

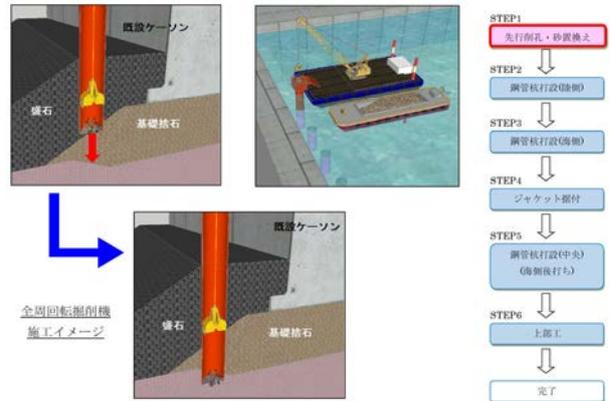
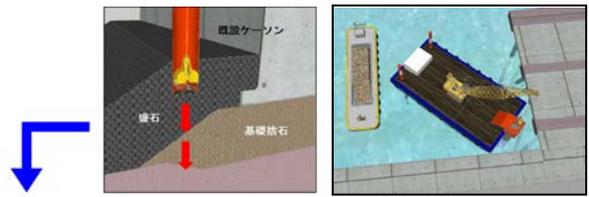


図-10 施工ステップ図(3次元図面+時間軸)

(2) 隣接構造物との干渉等の可視化

当該地点のように狭隘かつ隣接に既設構造物が存在する場合、2次元の断面図では面外方向に配置された斜杭や作業船のアンカー等と新設栈橋との3次元的な構造の干渉を表現することは困難である。そこで、CIMモデル作成時に、新設栈橋だけでなく、隣接構造物や作業船も含めてモデル化することにより、新設栈橋を問題無く施工することが可能か確認を行った。なお、隣接の既設構造物は、PC斜杭式栈橋であり、法線直角方向だけでなく、法線平行方向にも斜杭が地中に貫入している。そのため、2次元図面だけでは地中に貫入している既設構造物の斜杭と新設栈橋の杭との干渉を確認するためには、複数枚の図面を要するが、既設構造物および新設栈橋を含めたCIMモデルを作成することにより、一つのデータ内であらゆる角度から構造物の干渉等の課題抽出と対策を行うことができる。図-12に土中部から構造物を見上げる角度により既設構造物の斜杭と新設栈橋の杭との干渉状況を確認した3次元イメージを示す。

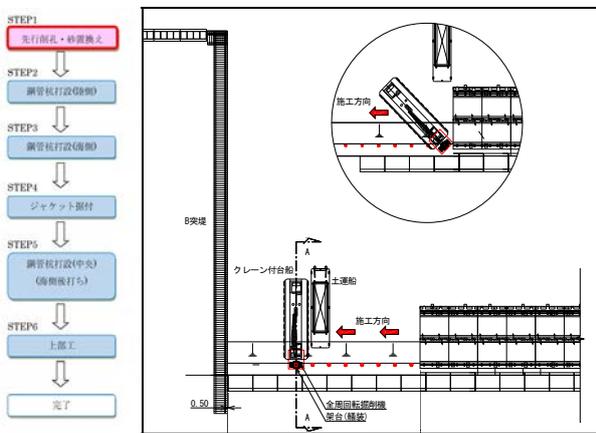


図-8 一般的な施工ステップ図(2次元図面+時間軸)

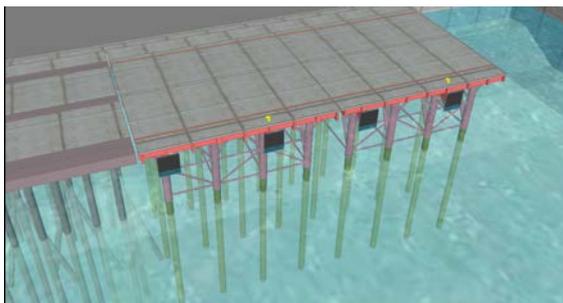


図-9 施工ステップ(新設栈橋完成時)

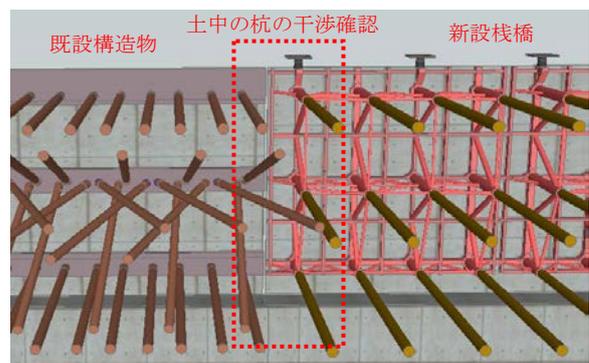


図-12 既設構造物との干渉確認(3次元イメージ)

(3) 地盤の不陸を考慮した支持層への杭の貫入状況の可視化

通常、港湾分野における設計では土質調査結果をもとに設計土層モデルを設定し、2次元断面図をもとに設計計算を行うことで断面諸元を決定する。そのため、縦横断方向に複雑に土層が変化する場合、設計で想定している杭の支持層への根入長が全ての杭で確保されているか確認することは困難である。そこで、本業務では設計上で必要となる杭の支持層への根入長が全ての杭で確保できているかCIMモデルを用いて確認した。図-13に基盤層の貫入状況を示すが、CIMモデルを用いることで全ての杭が設計上で必要となる根入長を確保できていることを確認した。なお、本業務の設計対象地点では、支持層の不陸はあまり見られなかったが、急激な土層の標高変化があるような地盤条件に対しては、CIMモデルの活用が非常に有効であると考えられる。また、今後の細部実施設計、施工方策検討において、追加のボーリング調査を実施する場合には、基本設計時のCIMモデルに新規の調査結果を追加して土層の標高分布を見直すことで設計・施工の観点から問題点の早期発見や品質向上に繋がる可能性がある。

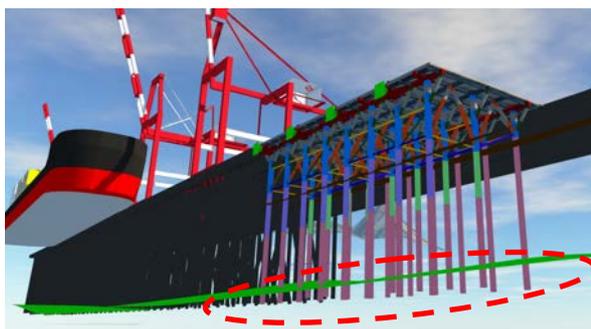


図-13 根入れ下端の確認

(4) CIMモデルを活用した設計の省力化

通常、構造形式の比較検討を行う際は、2次元解析で断面諸元を決定する。しかし、本業務で採用したジャケット式栈橋構造は、立体トラス構造であり、法線平行方向にもブレス材等のトラス部材が存在するため、3次元フレーム解析により全ての部材諸元の安全性を確認した。なお、3次元的に配置したトラス部材の立体効果を考慮したジャケット式栈橋構造の場合、基本設計時に2次元解析で部材諸元を決定し、細部設計時に実施する3次元解析で部材諸元の大きな変更が生じると大きな手戻りとなる可能性がある。そのため、3次元フレーム解析の実施は、細部設計時の手戻り防止も目的としている。本業務では、2次元解析が終了した段階でCIMモデルの作成も並行して行っていたため、CIMモデルの情報を3次元フレーム解析のモデルデータ作成に活用することで設計の省力化を図った(図-14)。

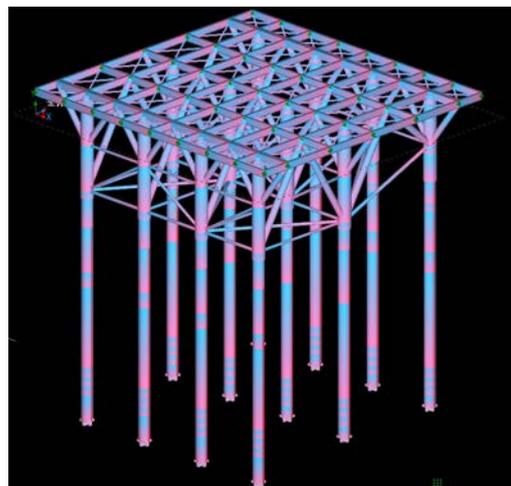


図-14 3次元フレーム解析データ

5. CIMモデル作成の留意事項及び課題

本業務では、新設栈橋のみならず既設構造物も含めて一体的に3次元モデルを構築することにより、2次元図面等で見落とし易く、不明確であった新設栈橋と既設構造物との干渉の確認および受発注者間での協議の効率化が図れた。また、設計時に想定した杭の支持層への根入長の確認や3次元フレーム解析モデルへの活用等、設計にもCIMモデルの活用することで品質の向上、設計の省力化を図った。今後、細部実施設計、施工方策検討に今回作成したCIMモデルを引き継ぐことで、設計・施工の観点から問題点の早期発見や品質向上に繋がると考えられる。一方、本業務を通じて判明した今後の留意事項および課題を以下に示す

- CIMモデル作成を行える人材の技能差があるため技能者の育成が必要である。
- CIMモデル作成に関する作業日数及び設計費の適切な反映が課題である。
- 複数のボーリングデータがある場合、調査年度や調査会社が異なると土層区分等も異なる場合があり、設計者が層区分を再度設定する必要がある。
- 汎用性や互換性の高いCIM対応のソフトウェアの整備が追い付いていない。

謝辞：本稿を作成するにあたりご協力頂いた国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所にこの場を借りて御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) CIM導入ガイドライン (案) 令和元年5月 国土交通省 (2019年8月2日閲覧)
<http://www.mlit.go.jp/common/001289030.pdf>
- 2) 港湾におけるICT導入検討委員会 第7回 委員会資料 (2019年8月2日閲覧)
<https://www.mlit.go.jp/common/001274017.pdf>