

# 海上地盤改良工事におけるBIM/CIM活用の研究

三枝 和貴 岩崎 嵩史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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)

国土交通省発注工事においてはBIM/CIMの活用を推進しており、各種基準類も整備されてきている。しかしながら、実務においてBIM/CIMを活用するにあたっては課題が多く、試行錯誤が続いている。特に地盤改良工事では構成要素数が多く、また構成要素毎に(杭1本ずつに)入力する属性情報項目数も多いため、3次元モデルの作成や属性情報の直接入力には多くの労力を要し生産性の向上に逆行する。ここではBIM/CIMの活用に関する新技術の適用により、施工性や出来形精度の向上に繋がる創意工夫事例について、その効果や課題等を検討した。

キーワード BIM/CIM, 3D位置決めシステム, 出来形の可視化, 属性自動付与

## 1. 港湾へのBIM/CIMの導入

BIM/CIMとは、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、その後の施工や維持管理においても3次元モデルを連携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。(図-1) 本工事では、「属性情報の付与」、「施工段階」においてBIM/CIMモデルを活用し、出来形管理や施工省力化による生産性の向上等に繋げることを目標にした。

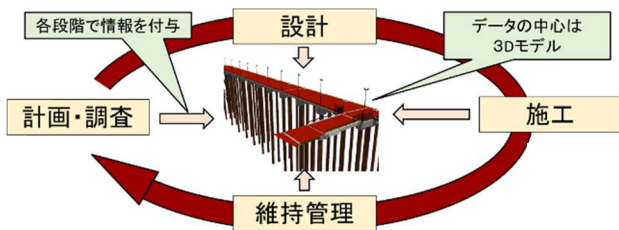


図-1 BIM/CIMの概念図

## 2. 施工場所の概要

### 2.1 背景

舞鶴港は、狭い入り江が複雑に組み、山で囲まれた地形である舞鶴湾に位置するため、静穏で潮位差が小さく、自然条件に恵まれた天然の良港として、古来は軍港として、戦後は商港として栄えてきた近畿圏唯一の日本海側に位置する重要港湾である。中国・韓国とを結ぶコンテナ航路、韓国・ロシアを結ぶ国際フェリー航路及び北海

道との内航フェリー航路があり、高い利便性を備えた港である。

舞鶴港西港地区では平成22年4月より5万トン級の貨物船が就航できる「舞鶴国際ふ頭」が供用を開始している。平成25年度からはコンテナ・バルク船が同時着岸するための岸壁(-14m)の70m延伸事業を実施し、ふ頭用地の整備、荷役機械の設置を含めた機能強化が平成30年5月に完了した。それ以降もコンテナ・バルク貨物ともに堅調に推移している。これらの貨物需要の増加に対応するため、令和3年度より第2バース及び港湾関連用地のII期整備の新規事業として和田地区岸壁(水深12m, 延長210m)に着手しており(図-2)、本工事はそれに伴う海上地盤改良工事としてサンドコンパクションパイル489本を施工した。



図-2 第2バース及びII期整備予定場所

## 2.2 工事概要

工事名：舞鶴港和田地区岸壁(-12m)地盤改良工事(第2工区)

発注者：国土交通省 近畿地方整備局  
舞鶴港湾事務所

受注者：東洋建設株式会社

工事場所：京都市舞鶴市和田埠頭地先

工期：自 令和4年3月23日

至 令和4年8月31日

工事数量

海上地盤改良工 489本

SCP① As=25%以上SCPφ1700L=14.3m 21本

SCP② As=50%以上SCPφ1700L=7.3m 120本

As=70%以上SCPφ2000L=5.5m

SCP③ As=70%以上SCPφ2000L=5.5m 60本

SCP④ As=25%以上SCPφ1700L=8.5m 63本

SCP⑤ As=70%以上SCPφ2000L=11.7m 225本

チェックボーリング 5本

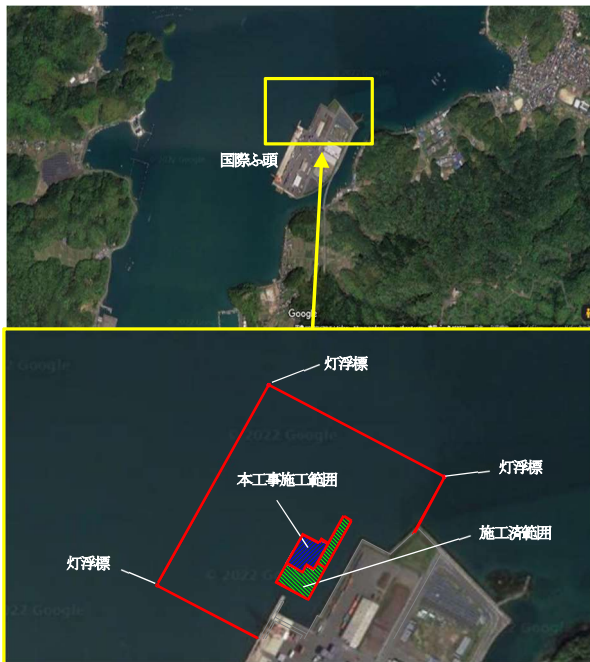


図-3 工事場所

## 3. BIM/CIM技術の取り組み概要

従来、BIM/CIMモデルへの属性情報の付与は野帳等の紙に入力した出来形等のデータを手入力したり、電子データを1項目ずつに複製することを行っていたため、記入・入力ミスやデータ反映までに手間と時間がかかるなどの課題があった。本工事にて実施した2つのBIM/CIM新技術により、施工性や出来形精度の向上を目指す。

### 3.1 地盤改良施工支援システム「Tarpos 3D」

#### (a) 概要

本工事ではサンドコンパクション船の位置決めにおい

て、従来の2次元施工支援システムに加えて3次元での表示を可能にした「Tarpos3D」を活用した(NETIS番号KTK-200015-A)。

従来の2次元施工システムは平面の杭芯位置にSCP船のケーシング位置を合わせ、偏心の数値や平面表示でズレを確認するという形であったため、施工をする上での参考となる情報が限られており、オペレータの技量に頼る部分もあった。しかし、本システムではそれに加えて別画面で3次元表示をすることで、作業船位置・杭芯位置・海底地盤地形が可視化され、位置決めが容易となり、位置決め精度が向上する。オペレータの技量や経験による精度のブレが小さくなる等の効果が期待された(図-4,5)。多くの情報を視覚的に得られることで、ヒューマンエラーなどによる施工位置の間違い防止や海底地盤地形の状況に合わせての施工が可能になる。

また、3次元で作業船位置が分かることに加え、打設完了後の表示を曜日毎に色分けすることで、進捗状況が容易に把握できることから、現場職員・作業員の進捗管理を視覚的に補助することに繋がる。

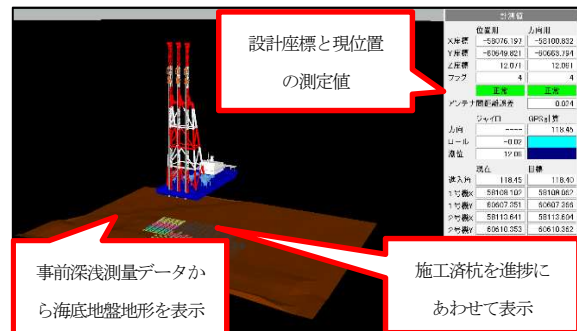


図-4 Tarpos 3D参考画面



図-5 Tarpos 3Dを利用した位置誘導

### 3.2 「BIM/CIM属性自動付与システム(SCP)」

#### (a) 概要

本工事では東洋建設が開発した「BIM/CIM属性自動付



与システム(SCP)」を活用し、施工管理を行った。

「属性自動付与システム」は杭1本1本について設計と施工によって得られた情報をもとに、属性が自動で付与された3次元モデル等として出力するというものである(図-6)。

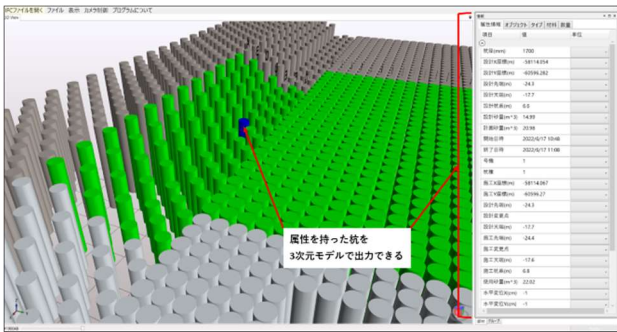


図-6 BIM/CIM3次元モデル成果物

このたび実施した「BIM/CIM属性自動付与システム(SCP)」の運用は、①作業船の各種計器の施工情報・打設記録を施工管理システムから抽出する。②施工情報をCSVファイルとして読み込ませ、システムを動かす。③出来形管理表、ヒストグラム、3次元CIMモデル等が成果物として出力される。という流れで行った(図-7)。

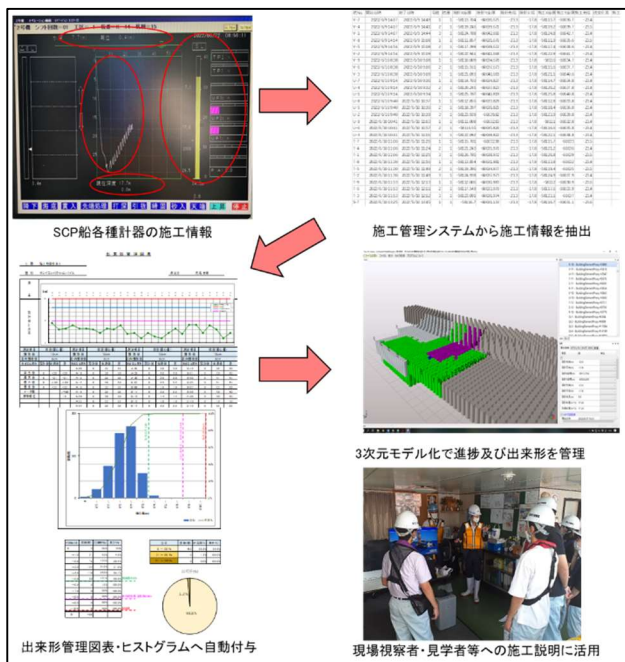


図-7 BIM/CIMシステム運用フロー

本システムにより、データ入力手間がなくなることで現場での施工管理に集中でき、出来形管理表等の書類作成時間を削減することに繋がった。さらに、共通CADモデルファイル形式であるIFCモデルへの自動着色機能により施工済みの杭が全て緑色であれば合格というように出来形検査において迅速な合否判定も可能となった。

また、本工事は舞鶴国際ふ頭付近での施工となるため、コンテナ船出入り時の作業区域との離隔も不安視されていたが、BIM/CIMモデルを用いて視覚的に港湾利用者へ

説明を行うことで理解していただくことができた(図-8)。さらに、作業手順周知会や施工打ち合わせでも説明資料として活用することで施工前に作業員全体に同じイメージを浸透させ、スムーズに施工に移ることができた。サンドコンパクションの施工を見たことがない学生等に対しても、VRゴーグルを用いてBIM/CIMモデルを確認することで、施工前の現場理解に繋がった。

加えて、現場視察や見学会等では実際には見ることのできない水中部分の杭の配列を3次元モデルで確認してもらうことで工事内容について理解を深めてもらうことができた。同様に竣工検査でも、出来形管理の一環として3次元モデルによって杭の高さ管理を視覚的に確認することができた。



図-8 施工時のコンテナ船離隔説明状況

## 4. BIM/CIM技術の取り組み成果

### 4.1 地盤改良施工支援システム「Tapos 3D」

#### (b) 成果

##### ①効率性・生産性

3次元表示により、作業船位置や杭芯位置が可視化できることから、オペレータの技量や経験に関係なく容易に位置決めができるため、施工性の向上に繋がった。(前年度比較で約8%の効率アップ)

##### ②経済性

従来の2次元施工支援システムと本技術を併用しているため、システム費用としては約3百万円増加した。

##### ③安全性

作業船位置・杭芯位置・海底・地形状況等の情報が集約され、3次元として可視化できるようになったことから無駄な船体移動が減り、安全性が向上した。

##### ④耐久性

耐久性に関しては変化はない。

##### ⑤品質・出来形

3次元表示が可能となり、水平方向の視認性が向上することで、手戻りのない精度の高い誘導が可能とな

るため、出来形精度が向上した(図-9)。(前年度比較で出来形精度が約7%向上)

⑥周辺環境への影響

周辺環境への影響は変わらない。

⑦その他

3次元で作業船位置や進捗を表示することで、施工状況が容易に把握できることから、施工者・発注者の理解度が向上するとともに現場見学会等でも好評であった。

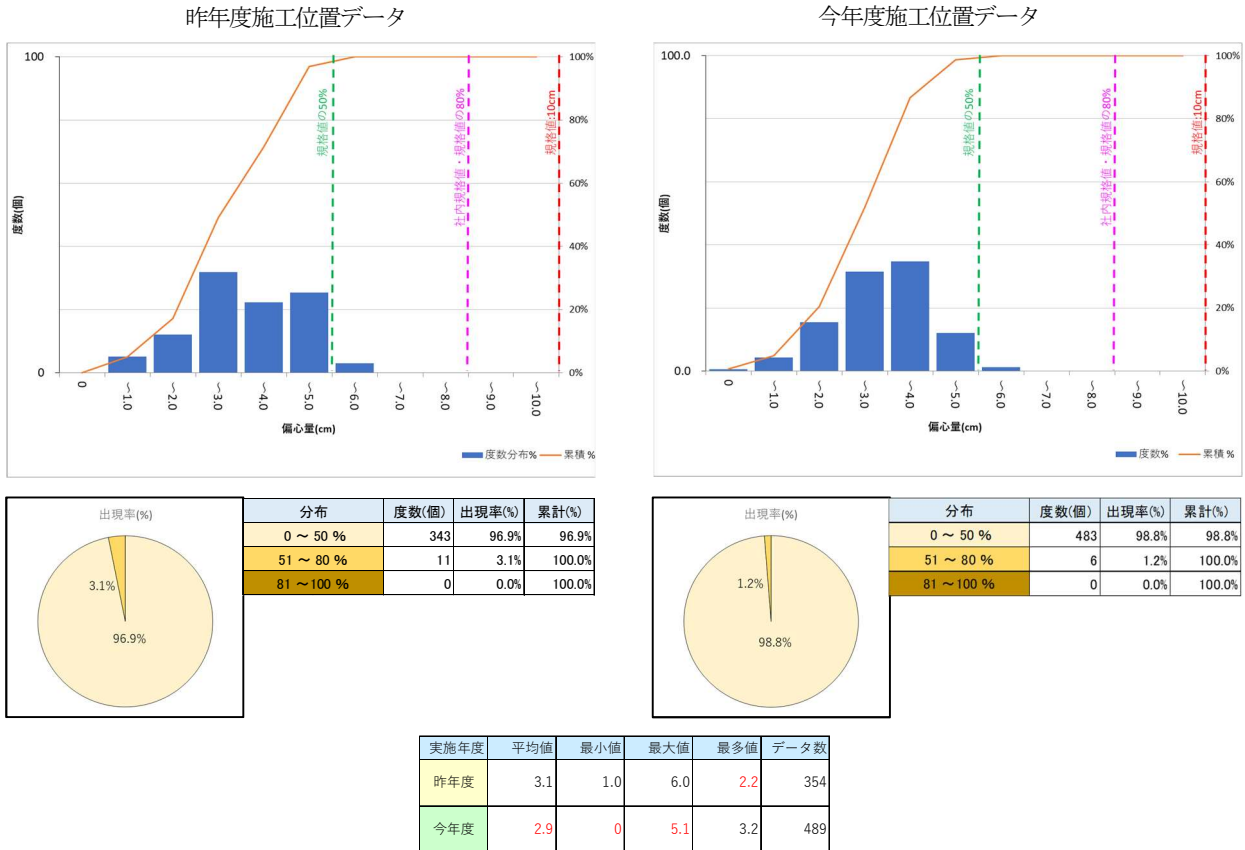


図-9 「Tarpos 3D」による杭芯誘導精度の向上

4.2 「BIM/CIM属性自動付与システム(SCP)」

(b)成果

①効率性・生産性

施工情報を施工管理システムから抽出し、BIM/CIMモデルに自動付与することで、管理表作成や整理に係る作業が省力され生産性が向上した。(前年度比較で約3日の工期省略化)

②経済性

BIM/CIM属性自動付与システム導入に伴う費用は約2百万円増加した。

③安全性

安全性に関しての影響はない。

④耐久性

耐久性に関しての変化はない。

⑤品質・出来形

施工済範囲や出来形精度が3次元で自動着色されることから管理が容易となり管理精度が向上した。杭番号の取り違いはゼロであった。

⑥周辺環境への影響

打設効率が上がり、周辺環境への影響が低減。

⑦その他

3次元で進捗や出来形が容易に把握できることから、現場見学会等の参加者にも理解しやすく好評であった。

## 5. BIM/CIM技術導入の課題

このたびの取り組みとして、地盤改良工事にて実施したBIM/CIM活用の事例を取り上げ学びましたが、特に属性情報付与について、市販ソフトウェアによるものは属性情報を付与した納品モデルのファイル形式が限定されるとともに契約者のみに利用が制限されるが、保守管理体制は整っており、即時に導入し活用できると感じた。ただ、BIM/CIM属性情報付与システムは、様々なBIM/CIMソフトウェアに対応できるIFCファイルが対象であるため汎用性は高いが独自開発であり一般販売がなく普及に至っていないのが課題であると考えます。今後はBIM/CIM属性自動付与のバリエーションが揃い、Webアプリケーション上に実装されると、請負者がICT建機から出力される施工データを保存するだけでBIM/CIMモデルに属性が付与され、進捗図、グラフ、出来形管理表などが自動で出力できるようになる。このような取組が公的なデータプラットフォーム上で統合されることにより生産性が向上し、時間外労働削減への対応など現在建設業に課せられた多くの課題が解決することを期待したい。

## 6. 考察とまとめ

地盤改良施工支援システム「Tarpos 3D」については、目で見た時の認識のしやすさの向上が一番の特徴であると感じた。3次元で俯瞰的な視点から見ること、思わぬ間違い・見落としの防止につながり、より確実な施工を行う上では有用な役割を果たすと考える。

「BIM/CIM属性自動付与システム(SCP)」についても有用な取り組みであった。施工情報・打設記録のデータ整理や出来形管理表作成等の省力化の効果は十分あると感じた。施工に合わせてリアルタイムで3次元モデルが出力できるようになるので、BIM/CIM適用に十分応えられるシステムであると感じた。一方で、作業船機器とのシステム統合を行うのに時間がかかり、また、作業船所有会社によってシステムも変わることから運用にあたり事前に準備が必要であるなど課題はある。

また、「Tarpos 3D」と「BIM/CIM属性自動付与システム」は本来見えない不可視部分の見える化において大きな効果があると感じた。本工事においては、地盤改良本施工期間は約1カ月と短い期間であったが、現場見学会を5回実施するほど地元からも注目された工事であった。各見学会において、BIM/CIMモデルを用いて水中部の説明をすることで見学者の理解につながったと感じている。

**謝辞：**最後に、本論文を執筆するうえでご協力いただきました当工事の実施である東洋建設株式会社様に対し厚く御礼を申し上げます。