

# 海上地盤改良工事における BIM/CIM を活用した取組事例の紹介

東亜建設工業（株） 正会員 ○若松 宏知  
那須野陽平  
田中 孝行  
藤山 映

## 1. はじめに

港湾分野における海上の地盤改良工事は、水中及び海底地盤中といった不可視部分が多く存在する条件下において、大量の改良杭（体）を特殊な専用の作業船を用いて造成することから、施工状況の確認や施工データの管理が煩雑化しているのが現状である。当社では、地盤改良工事のうち、深層混合処理工（CDM）をターゲットとして、ICT 技術や BIM/CIM を取り入れた施工管理システム開発を実施し、一部実用化を開始した。本稿では、昨年度当システムを用いて施工を行った工事の結果及び今後の展望について述べる。

## 2. システム概要

### (1) コンセプト

当システム「CDM 船の 3D 施工管理システム（仮称）」の開発コンセプトは、施工状況の「見える化」と、電子納品に関わる作業の効率化の 2 つである。施工状況の「見える化」は、施工の進捗状況や、作業船との位置関係を可視化するとともに、現場事務所や発注者事務所といった遠隔地においても、施工の進捗確認を可能とする。電子納品に関わる作業の効率化は、主に出来形管理帳票と、改良体の BIM/CIM モデルの作成を対象としており、現場職員の施工管理や書類作成等の業務の効率化の達成を目指すものである。

### (2) システム構成

当システムは、作業船内と現場事務所の 2 サイトの PC に、それぞれプログラムをインストールして使用することを基本としている。作業船内に設置する PC は主に施工状況の「見える化」の運用として、現場事務所に設置する PC は主に出来形帳票作成及び改良体の BIM/CIM モデル作成用として使用する。

当システムの概要図を、図-1 に示す。

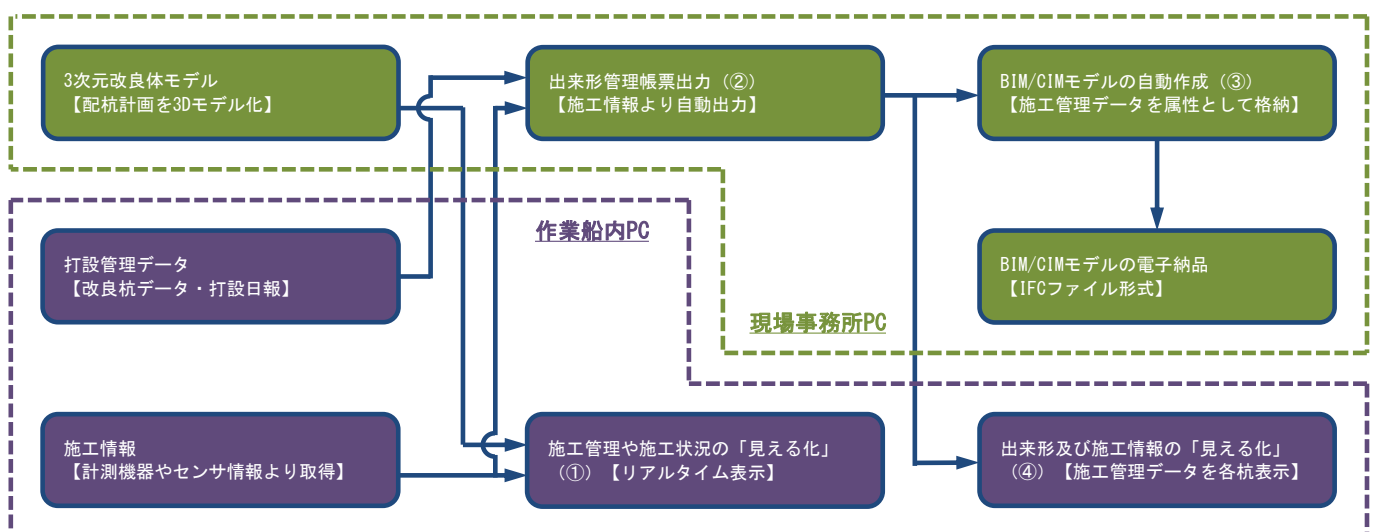


図-1 システム概要図

キーワード 海上地盤改良工，深層混合処理工，作業船，見える化，ICT，BIM/CIM

連絡先 〒163-1031 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー31F TEL 03-6757-3841

### (3) システム内容

#### a) 施工管理や施工状況の「見える化」(①)

システム運用に先立ち、改良体（杭）の配杭情報をリスト化した設計データを作成しておく。この設計データをもとに、施工中に作業船に設置した計測機器やセンサ情報から取得した、改良体の造成状況等の施工情報をリアルタイムに画面表示する（図-2）。これにより、施工状況を3次元的に把握することができるとともに、曜日ごとの色分け表示も可能であることから、施工の進捗管理も容易に行うことができる。また、この表示画面はネットワーク回線を通じて共有することが可能であることから、作業船外の現場事務所や、社内各サイト並びに発注者事務所等での画面閲覧も行うことができる（写真-1）。

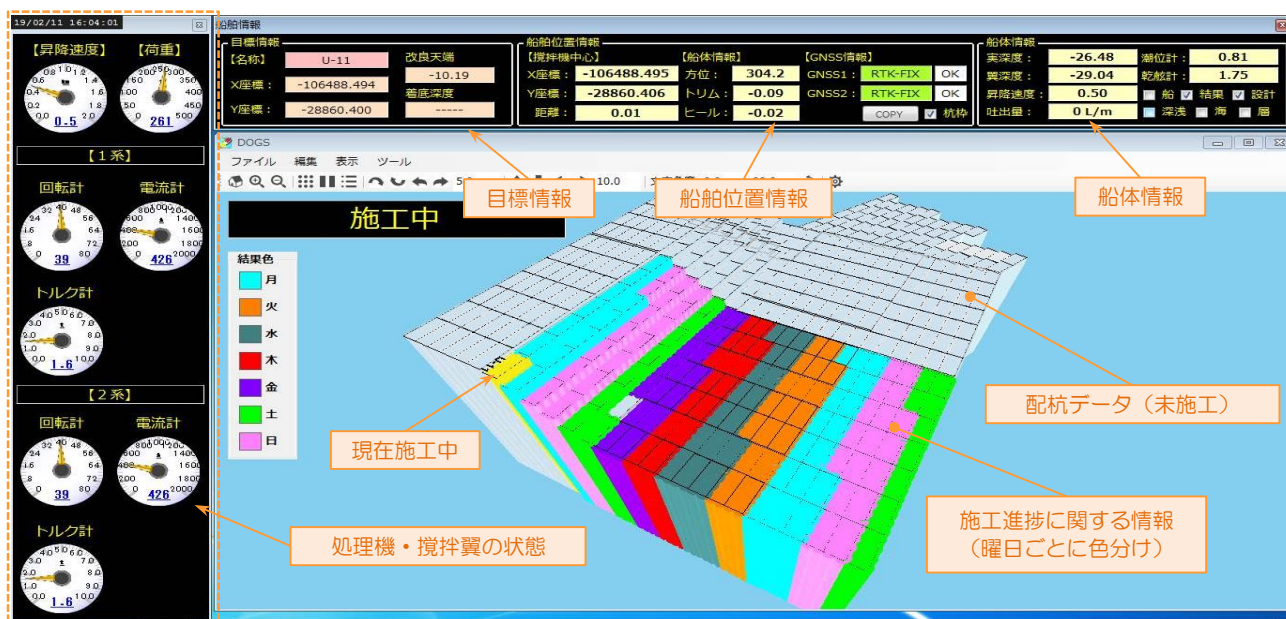


図-2 システム表示画面例

#### b) 出来形管理帳票の作成 (②)

日々の改良杭の打設記録（日報）は、作業船の施工データを照合・チェックして作成されるが、発注者に提出する出来形管理帳票は、改良杭の設計データや打設日報等の打設管理データと施工情報を組み合わせて作成する必要がある。当システムには、打設日報と施工情報（作業船データ）の読込機能が搭載されており、あらかじめ取り込んだ設計データと組み合わせて出来形管理帳票（図-3）を自動作成することができる。この機能を用いることで、出来形管理帳票の作成時間を短縮できるとともに、従来の作業で生じていたデータの転記ミス等のヒューマンエラーを防止できる。また、読み込んだデータはシステム内に保存されるため、データの最新版管理を確実に行うことができる。

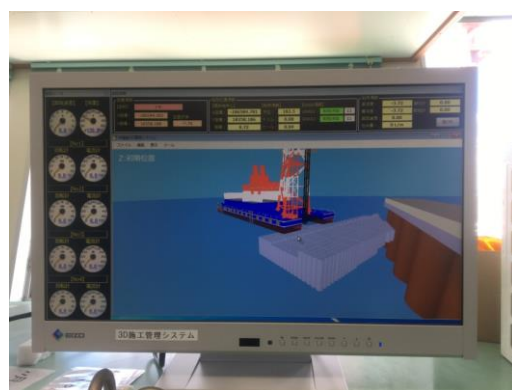


写真-1 事務所設置例

| 杭番号 | 打設位置(設計)    |            | 打設位置(実測)    |            | 軸変位量        |             | 変位量<br>(cm) | 改良杭出来形      |             |            |                           | スラリー量     |           | トルク         |             | 荷重<br>(t) |
|-----|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|
|     | X<br>(m)    | Y<br>(m)   | X<br>(m)    | Y<br>(m)   | Δ x<br>(cm) | Δ y<br>(cm) |             | 改良天端<br>(m) | 改良深度<br>(m) | 改良長<br>(m) | 改良土量<br>(m <sup>3</sup> ) | 設計<br>(L) | 実測<br>(L) | 1系<br>(t・m) | 2系<br>(t・m) |           |
| D-5 | -206682.735 | -38960.861 | -206682.745 | -38960.856 | 1.0         | -0.5        | 1.1         | -15.50      | -36.10      | 20.60      | 118.24                    | 12603     | 13636     | 5.3         | 5.2         | 175       |
| D-6 | -206680.096 | -38959.069 | -206680.088 | -38959.076 | -0.8        | 0.7         | 1.1         | -15.50      | -18.50      | 3.00       | 17.22                     | 2510      | 2936      |             |             |           |
| E-1 | -206692.432 | -38969.295 | -206692.440 | -38969.293 | 0.8         | -0.2        | 0.8         | -15.50      | -35.30      | 19.80      | 113.65                    | 12272     | 13269     | 5.2         | 4.8         | 190       |
| E-2 | -206689.793 | -38967.503 | -206689.797 | -38967.511 | 0.4         | 0.8         | 0.9         | -15.50      | -35.60      | 20.10      | 115.37                    | 12396     | 13333     | 5.2         | 4.8         | 185       |
| E-3 | -206687.154 | -38965.711 | -206687.152 | -38965.718 | -0.2        | 0.7         | 0.7         | -15.50      | -18.50      | 3.00       | 17.22                     | 2510      | 2920      |             |             |           |
| E-4 | -206684.515 | -38963.919 | -206684.510 | -38963.917 | -0.5        | -0.2        | 0.5         | -15.50      | -35.85      | 20.35      | 116.81                    | 12500     | 13980     | 5.1         | 4.7         | 180       |

図-3 出来形管理帳票出力例

### c) BIM/CIM モデルの自動作成 (③)

海上地盤改良工事における BIM/CIM 活用の自主的な取組として、各改良杭の 3D モデルに施工データの属性付与を実施した。

各改良杭の 3D モデルは、出来形管理帳票から改良杭諸元（中心座標、改良天端、改良長等）を直接読み込み、dwg 形式での自動作成を可能にした。この 3D モデルに、属性編集・管理の汎用プログラム（BIM/CIM Ark：株式会社 コンピュータシステム研究所）で施工データの属性を紐付けし、BIM/CIM モデルの作成を行う（図-4）。BIM/CIM モデルは、設計データに基づく設計モデルと、実測データに基づく実測モデルの 2 種類のモデルの作成が可能である。これらのモデルを表示することで、設計位置に対する改良杭の偏心量を視覚的に把握することが可能となる。

また、作成した BIM/CIM モデルは、汎用プログラムのオリジナルデータ他、IFC ファイルへの出力も可能であるため、関係者間で CAD ソフトウェアやビューアソフトを介した CIM モデルの閲覧が可能となる。

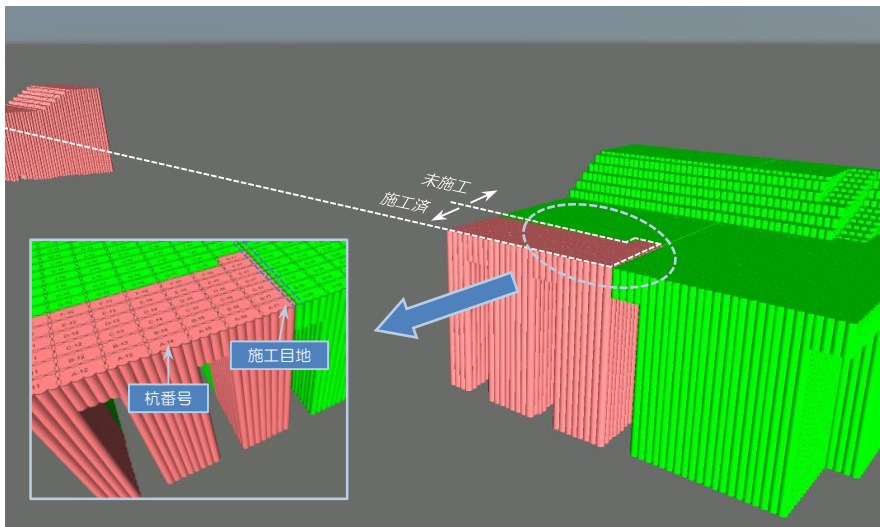


図-4 BIM/CIM モデルイメージ（一部加筆）

|                                     |                    |               |
|-------------------------------------|--------------------|---------------|
| 杭番号                                 | A-1                | 開閉            |
| 施工日                                 | 2019/01/04         |               |
| 打設位置（公共） 単位m                        |                    |               |
| 【設計】                                | 【実測（差分）】           |               |
| X: -206695.870                      | -206695.880(0.010) |               |
| Y: -38964.232                       | -38964.230(-0.002) |               |
| 杭出来形                                |                    |               |
| 【設計】                                | 【実測】               |               |
| 現地盤高:                               | -15.50 m           |               |
| 改良天端:                               | -35.55 m           |               |
| 改良深度:                               |                    |               |
| 空打長:                                | 20.05 m            |               |
| 改良長:                                |                    |               |
| 改良土量:                               | 115.09 m3          |               |
| スラリー量                               |                    |               |
| 【設計】                                | 【実測（差分）】           |               |
| 総吐出量:                               | 12430 L            | 13479(1049) L |
| 着底時 トルク・荷重                          |                    |               |
| 着底基準：1系・2系どちらかのトルクが5t以上または荷重が100t以下 |                    |               |
| 【トルク着底基準】                           |                    |               |
| 5.0 t・m以上                           | 1系                 | 5.8 t・m       |
|                                     | 2系                 | 5.7 t・m       |
| 【荷重着底基準】                            |                    |               |
| 100 t・m以下                           |                    | 245 t         |

図-5 改良杭情報表示例

### d) 出来形及び施工情報の「見える化」(④)

出来形管理帳票の各項目は、作成と同時にシステム内の 3 次元改良体モデルにも属性情報が付与される。システム内の改良杭を指定すると、システム画面から施工情報が参照できる。この情報はシステム内に限定されたものであるが、BIM/CIM モデルを表示するビューアを有していない作業船の PC でも、容易に施工情報を参照することが可能となる（図-5）。

## 3. 取組事例

当システムを使用した事例として、以下の工事での取組を紹介する。

### (1) 工事概要

本工事は、深層混合処理工法により海上地盤改良を行ったものである。

主要数量及び改良杭諸元は以下のとおり。

- ・深層混合処理杭 : 長杭 536 本、短杭 176 本
- ・改良杭天端 : -9.80m ~ 15.50m
- ・改良杭長 : 3.00m ~ 27.51m

### (2) 取組体制

当システム運用体制は、社内の BIM/CIM ソフトウェアの普及度を考慮し、以下のとおりとした。

- ・設計データ入力 : 外注
- ・出来形管理帳票作成 : 現場職員

- ・BIM/CIM モデル作成 : 本社
- ・システム閲覧権限 : 現場職員, 本社・支店職員, 発注者

### (3) 取組結果

#### a) 設計データ入力

設計データの輸入は、外注にて対応したが、配杭やスラリー量の設定は、現場職員で検討する必要があるため、データ変更や修正に伴う手戻りが施工前及び施工中に数回発生した。また、施工中に改良杭の打設位置の変更が生じたため、設計データの一部見直しが必要となった。これらについては迅速な対応が必要となるが、外注対応だと業務状況により対応が遅れたケースもあったため、ある程度の自社対応が可能となる体制構築が課題である。

#### b) 出来形管理帳票作成

出来形管理帳票の作成は、現場職員が実施した。作業船データ及び打設日報の読込は、最終的なデータチェック期間を勘案し、数日間のデータを一括読込する手法とした。

出来形管理帳票は、データの読込後即座に作成されるが、上記の最終的なデータチェックに時間を要する傾向にあり、作成が滞ったこともあった。

#### c) BIM/CIM モデル作成

BIM/CIM モデル作成は、AutoCAD を操作できる本社職員が行った。各改良体に付与した属性情報は、表-1 のとおりである。モデルの作成自体は問題なくできたが、作業船データで一部取得ミスがあり、データのエラーが生じた。この取得ミスは、確認したところ作業船の測位データの欠落であったため、測位情報等の取得データについては、システム側で測位情報が取得できていることを確認しながら施工を行う必要があると考える。

表-1 付与属性一覧

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 杭番号                            |      |
| 打設位置（設計・実測）                    |      |
| 水平角度（設計・実測）                    |      |
| 偏心量（ $\Delta x$ ・ $\Delta y$ ） |      |
| 改良杭出来形                         | 改良天端 |
|                                | 改良深度 |
|                                | 改良長  |
|                                | 改良土量 |
| スラリー量                          | 設計   |
|                                | 実測   |
| トルク                            | 1系   |
|                                | 2系   |
| 荷重                             |      |
| 施工日                            |      |
| 工区                             |      |
| 打設区分                           |      |

#### d) BIM/CIM モデルの活用

作成した BIM/CIM モデルは、打設日の属性を使用して Time Liner 表示し、施工状況や手順の確認や、各杭の出来形データ（偏心量等）の分析に活用した。

#### e) 電子納品用共通フォーマット形式ファイルの作成

作成した BIM/CIM モデルは、現段階での BIM/CIM ファイルの共通フォーマットである、IFC ファイルに出力した。出力した IFC ファイルは、フリーのビューアソフトや他社製の BIM/CIM ソフトウェアでの起動を確認し、属性情報が各改良体モデルに付与されていることを確認した。

### (4) まとめ

当システムを用いることで、現場状況の把握や出来形帳票作成の省力化等、業務効率化を達成することができた。ただ、BIM/CIM モデル作成の必要性の認識及び活用については、現時点では不十分であるとする。

## 4. 今後の展望

当システムの今後の展望として、現場職員のみで運用可能とするために、以下の改善を予定している。

- ・設計データ作成補助機能の強化
- ・グラフィック機能の強化

これらの改善に加え、BIM/CIM ソフトウェアの使用環境整備や、普及率及び習熟度向上は全社的に取り組む必要があるため、当社の推進部門としてその役割を担っていく所存である。