

ICT・CIMを活用した荒川第二調節池囲繞堤の構築

戸田建設株式会社 正会員 ○久保 彰護 平野 勝志
正会員 坂内 智 安里 ひろし
正会員 田中 和穂

1. はじめに

令和元年東日本台風では、荒川第一調節池において約 3,500 万 m^3 （調節容量は約 3,900 万 m^3 ）の洪水を貯留し、下流の洪水氾濫の防止に大きな役割を果たした。本事業は昨今の豪雨への対応として、荒川左岸河川敷に荒川第二・第三調節池の整備を行い、荒川調節池の洪水調節容量を約 2.3 倍の約 9,000 万 m^3 とすることで、荒川の治水安全度の更なる向上を図る計画である。当該工事は、荒川第二調節池の一部となる囲繞堤（いぎょうてい）を延長約 650m、高さ約 9m の盛土にて構築するものである（図-1,2）。

工事概要を表-1 に示す。主な工事内容は地盤改良工と河川盛土工であり、当該施工箇所の地盤は主にシルトおよび細砂から成る軟弱地盤であったため、盛土工は即時沈下量を抑えつつ盛土を行う緩速施工（30cm/10日）とした。

本稿では、本工事の地盤改良工と監督検査において ICT 施工や CIM を活用した事例を中心に紹介し、そこから得られた知見を報告する。



図-1 荒川第二調節池

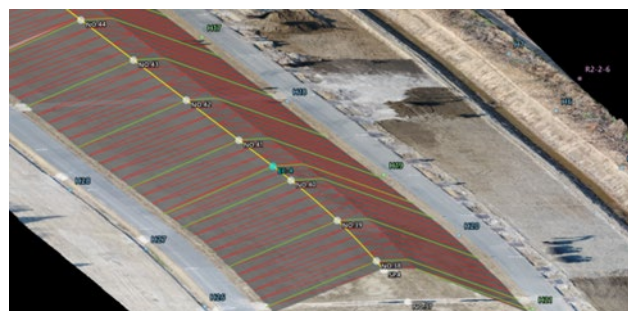


図-2 本工事の 3DCIM モデル

表-1 工事概要

発注機関	国土交通省 関東地方整備局
工事名称	R4 荒川第二調節池下大久保下流工区囲繞堤工事
工事場所	埼玉県さいたま市桜区下大久保地先
工 期	令和 4 年 12 月 12 日～令和 7 年 3 月 31 日
工事内容	・築堤・護岸工事 約 650m ・河川土工一式（盛土工 約 192,300m^3） ・地盤改良工一式（固結工 スラリー攪拌工 $\phi 1,600$ 二軸 改良率 78.5% 接円配置 9m<改良深度 H<29m） ・中層混合処理工 改良長 4.5m（GL-1.5m～-6.0m） ・法覆護岸工一式（植生工 約 32,390m^3）

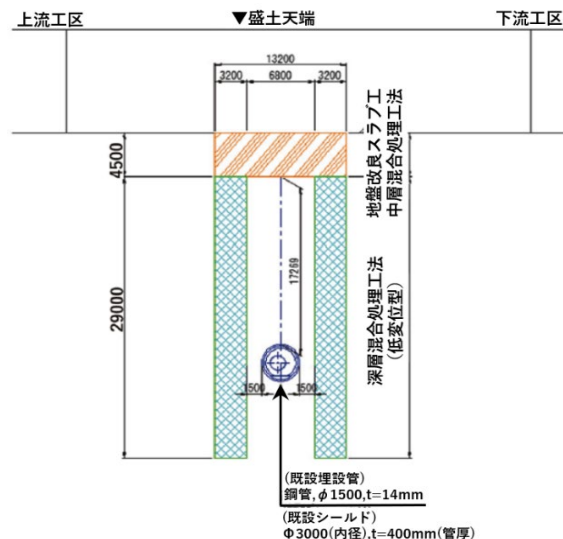
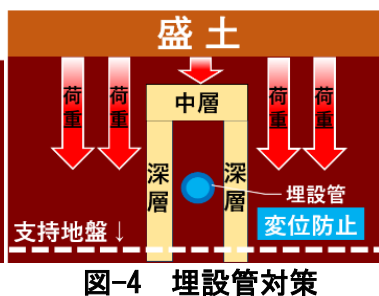
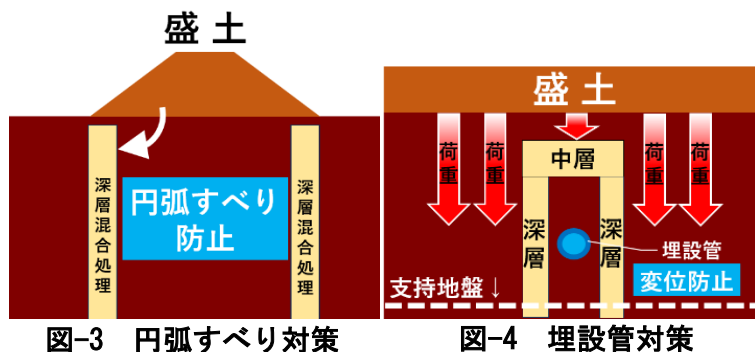
キーワード 調節池，地盤改良工，河川盛土工，ICT 施工，CIM

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設株式会社土木技術推進部 TEL 03-3535-1354（代表）

2. 本工事の特徴と課題

(1) 既設埋設管への対応

本工事の地盤改良工は①盛土の円弧すべりを防ぐために盛土法尻部に施される深層混合処理工（図-3）、②盛土区間を横断する既設埋設管を防護するための埋設管対策工事（図-4、5）から成る。埋設管対策工は囲繞堤盛土からの上載荷重を埋設管に直接作用させないよう、埋設管上部に中層混合処理工法によるスラブを設けて囲繞堤荷重を受け、そのスラブを埋設管両脇の改良杭（深層混合処理）で支持する構造となっている。ただし、埋設管と改良杭の離隔が1.5mと近接しているため、高い精度で改良杭を構築することが求められた。



(2) 監督検査での課題

本工事では「3D-ViMa システム（NETIS：TH-160004-VE）」（図-6）の情報管理システムを用いて、改良品質に関する情報の一元化を行った。これにより、3DCIM モデルを用いて施工イメージを元請・協力業者間で正確に共有したり、データ検索時間を短縮したりすることができた。しかしながら、生成される 3DCIM モデルでは監督検査で求められる杭の基準高（天端）や深度（下端）の情報を確認できず、従来の出来形管理図表を参照する手間が必要であった。そこで、参照の手間をできるだけ減らす方法を検討し、省力化を図った。

3D-ViMa システム（NETIS：TH-160004-VE）による施工管理



図-6 3D-ViMa システム概要

3. ICT 施工による工夫と改善

(1) 地盤改良における工夫

本工事では先述した情報の一元化に加え、改良杭を高い精度で構築するためにも 3D-ViMa システムの施工管理システム（図-6）を活用した。施工管理システムを用いることで、改良深度や昇降速度、材料吐出量等をプラント及びタブレット端末にてリアルタイムでモニター管理することが可能である。

また改良杭の構築は、埋設管と改良杭の離隔が1.5mと近接した条件であることを踏まえ、RMP-MST 工法を採用した。本工法はφ1,600mmの2軸施工による大断面の改良が可能で、コストの低減および工期の短縮に貢献すると同時に、エアの併用によるジェット噴射を伴ったスラリー攪拌工法であるため、周辺の地盤変位を抑制することも可能である。地盤改良中の埋設管への変位影響防止対策として改良機の攪拌軸にスパイラルロード（写真-1）を使用し、機械的に地上へ排土するアップリフト効果により、埋設管に影響する孔壁内圧力の

低減が特徴として挙げられる。また、施工中の地盤変位を常時確認するために、埋設管から離隔 50 cm の位置に傾斜計を複数設置し（図-7 の緑丸）、地盤変位計測を実施した。なお、施工は埋設管側の列から開始し埋設管から離れていく順序で行った（図-8）。



写真-1 スパイラルロッド

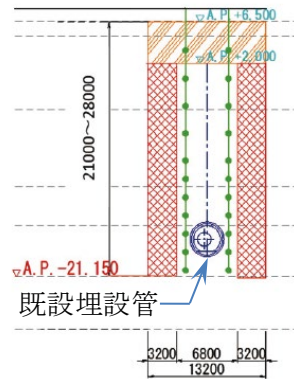


図-7 傾斜計設置位置

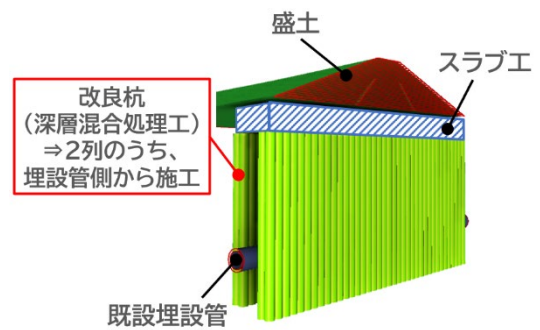


図-8 改良杭の施工順序

(2) CIM を活用した監督検査の効率化

3D-ViMa システムの情報管理システムを用いて設計値等の確認が一目でできるよう、CIM の高度化を図った。本システムは、品質情報（計画値、実績値）、仕様・日時・位置等の施工に関する情報を一元的に集約し簡易に 3DCIM モデルで表示するシステムであるが、これを監督検査でも活用するために、4 項目の情報（①基準高、②深度、③改良率（杭芯位置・改良径）、④圧縮強度試験）を新たに 3DCIM モデルに追加し、視覚的に規格値を満たしていることを確認できるようにした。3DCIM モデルにおける表現は下記のとおりである。

- ① 基準高：3DCIM モデルに基準高を表すサーフェスを挿入し、各改良杭がサーフェスに接触している（基準高を満足している）ことを確認できるようにした（図-9）。
- ② 深度：3DCIM モデルに根入れ対象土層と最低根入れ深さを表すサーフェスを挿入し、各改良杭がサーフェス（根入れ対象土層）を十分に突き抜けていることを確認することで、改良深度を満足していることが判別できるようにした（図-10）。
- ③ 改良率：改良径と偏心量の出来形管理基準を満足していれば改良率も満足するため、偏心量毎に 11 色に分けた凡例を作成してそれぞれの改良杭の色分けを行い、杭の色と凡例の色を照らし合わせることで、偏心量の大小を確認できるようにした（図-11）。
- ④ 圧縮強度試験：供試体の圧縮強度ごとに 6 色の凡例を作成し、3DCIM モデルの杭頭を色分けした。杭頭の色と凡例を照らし合わせることで、品質管理基準に対する圧縮強度の分布状況を確認できるようにした（図-12）。

以上 4 点に加えて、改良径確認資料（調書）等の補足資料（図-13）を 3DCIM モデル内にリンク付与し、監督検査要領の管理基準に対する出来形や品質を容易に確認できるようにした。これにより、膨大な情報を参照する手間を削減した。

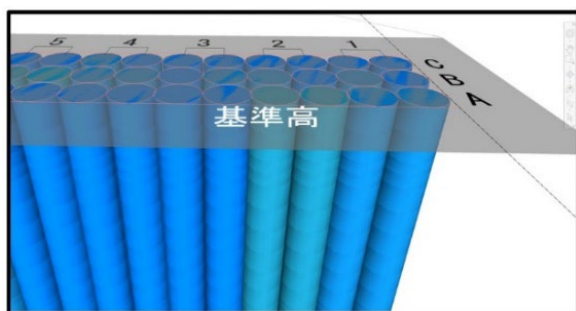


図-9 改良体-基準高確認

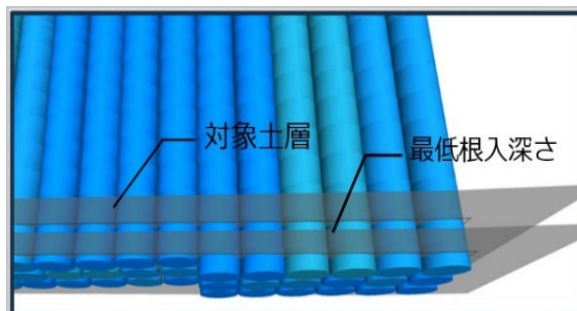


図-10 改良体-深度確認

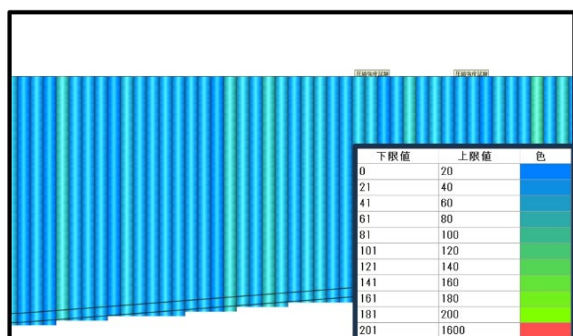


図-11 改良体-偏心量確認

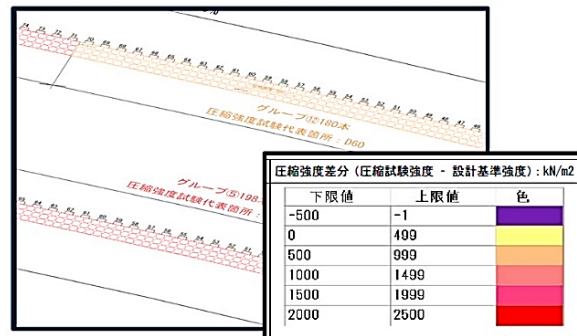


図-12 改良体-圧縮強度確認



図-13 改良径確認資料

4. 施工後の効果と今後の課題

(1) 地盤改良における効果

盛土区間を横断する既設埋設管については、スパイラルロッドを採用したことにより排土を円滑に実施し、埋設管の深度の地盤変位を概ね 10mm 程度まで抑制することができた。

(2) 監督検査における効果と課題

3DCIM モデルのビジュアル表現を工夫することで、監督検査員の情報参照作業を減少させることができた。また、本工事の取組みに対して新しい試みとの評価を頂き、令和7年3月に国土交通省より公表された「3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領(固結工(スラリー攪拌工)・バーチカルドレーン工編)(案)」の検討に貢献することができた。しかしながら、出来形・品質の確認手法は従来のままであったため、出来形管理図表・品質管理図表を3DCIMモデルのバックデータとして作成する必要がある、1人×12日程度の作業時間が発生した。ICTを活用した検査の効率化が求められる中、それに応じた監督検査基準の策定を行い、事務作業の重複や煩雑化を避けることが今後の課題だと考える。

(3) その他の ICT 活用

本工事では上記2点の改善事例のほか、多数のICT施工を盛り込んでいる。本節では取組みの一部とその効果を簡潔に紹介する。

a) ドローン測量

本工事では、施工当初より築堤盛土全体の出来形管理対策として「SMART CONSTRUCTION Drone」および

「SMART CONSTRUCTION Edge」を用いて築堤土量を毎日測定した。前者は、現況地形の測量や 3D モデル化、日々の施工量を把握する為のドローン機体で、現場のデジタルツインを作るために用いるデバイスである。GCP(グランドコントロールポイント)の設置が不要で、事前に登録しておいたルートでの自動運転を実現する。後者はドローンが撮影した写真を現場内にて超高速で処理し、オルソ画像や不要物を除去した 3 次元点群データを生成するデバイスである。マルチ GNSS に対応し、固定局や移動局などの測量機器としても利用することが可能となっている。

従来の測量作業では計 8 時間を要しており、必要な人員は 2 名であったが、これに対してドローン測量を活用すると測量から点群データ完成までを自動化して計 2 時間で完了することができ（表-2）、さらに必要な人員も 1 名に削減することができた。作業時間については 75%，人員は 50%の削減効果となり、大幅な効率化・省人化を実現することができた。

表-2 ドローン測量による効率化・省人化

	準備・測量	計算	データ整理	計
従来の測量	6 時間	1 時間	1 時間	8 時間
ドローン測量	1 時間	0.5 時間	0.5 時間	2 時間

b) ICT 盛土工（GNSS を用いた盛土管理等）と作業範囲無人化に向けた取組み

ICT 盛土工は主に、盛土敷均し、転圧、法面整形において活用した。盛土敷均しでは、ブルドーザの排土板が目標施工高さになるよう、GNSS（全地球航法衛星システム）からのデータを利用し、マシンコントロールにより自動で排土板の高さ調節を行った。次に転圧では、こちらも GNSS を用いて管理ブロックの通過（転圧）回数を把握して締固めの管理を行った。最後に法面整形では、雨水排水のための盛土上面の片勾配を目標設計施工面通りに施工する上で、ブームとバケットのマシンコントロールを活用した。さらに、本工事では職長、重機オペレーター、ダンプ運転手は常に無線で意思疎通を図る（またはコミュニケーションを取る）要領とした事により、作業員の盛土施工範囲内への立ち入りを禁止及び作業員の配置も必要なくなり、盛土施工中の事故・災害件数ゼロを達成した。

5. まとめ

本工事は、荒川第二調節池における囲繞堤構築工事であり、軟弱地盤における高精度な地盤改良工と、監督検査における CIM の活用について検討した。3D-ViMa システムを活用した地盤改良施工管理は高い精度が求められる箇所に有効であり、RMP-MST 工法と併せて施工することで無事に既設埋設管の防護工を実施することができた。また、監督検査項目の情報を 3D-ViMa システムから生成された 3DCIM モデルに追加することで、監督検査の効率化が可能なことも確認した。

今後も ICT 施工や CIM の適用範囲拡大に向けて推進していく。また、監督検査の効率化には一時的な作業量等の増加などが発生すると思われるため、引き続き最適な管理手法も検討していきたい。

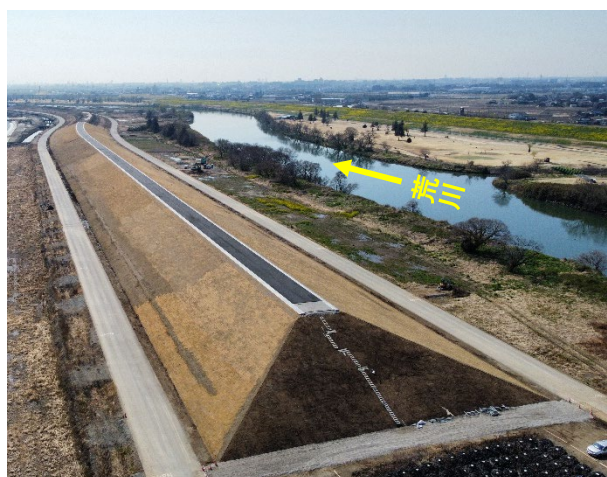


図-14 竣工時の囲繞堤全景