

ため池改修工事のICTを活用した 合理化施工法

佐藤工業株式会社 技術センター ICT推進部

京免 継彦
江田 正敏

① はじめに

近年、頻発化・激甚化する洪水被害を軽減する為、流域の全ての関係者が協働して流域を管理する「流域治水」の取り組みが、国土交通省・農林水産省・経済産業省等の連携・協力の下進められている。中でもため池は農業インフラにおいて既存ダムの約三割の洪水調節容量を有し、その活用が期待されている。また、農業用ため池の七割は江戸時代以前に築造または築造年代が不明とされており、近代的な土木工学の原理に基づいた設計・施工がおこなわれていない為、豪雨・地震に脆弱なため池を早期に改造する必要がある。

本編は令和三、四年度に実施した「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」「流域治水に向けたため池の強靱化及び洪水調節機能強化技術の開発」の中で、模擬ため池を築造しICT技術を導入して実証した合理的な施工方法を紹介する。

② 改修工法

ため池改修工事の生産性向上を図ることを目的として、調査（測量）・設計・施工・材料の合理化に、①～⑤のICT技術と⑥のプレキャスト製品を活用した施工方法を選定した。

〈調査・設計の合理化〉

①三次元点群データを利用した3D設計モデルの作成（法面トレース法 自社）

古い時代に築造されて設計情報が不明であったり、堤体が変形しているようなため池の改修工事を迅速かつ安全な構造で実施する必要がある。

改修前の堰堤および周辺環境をレーザースカナー（LS）で計測し、3D設計モデルおよびICT建機用モデルを作成する。

〈施工の合理化〉

② ICT建機による施工
（ZX135USX16日立 / SKI35SR
ホルナビコベルコ）

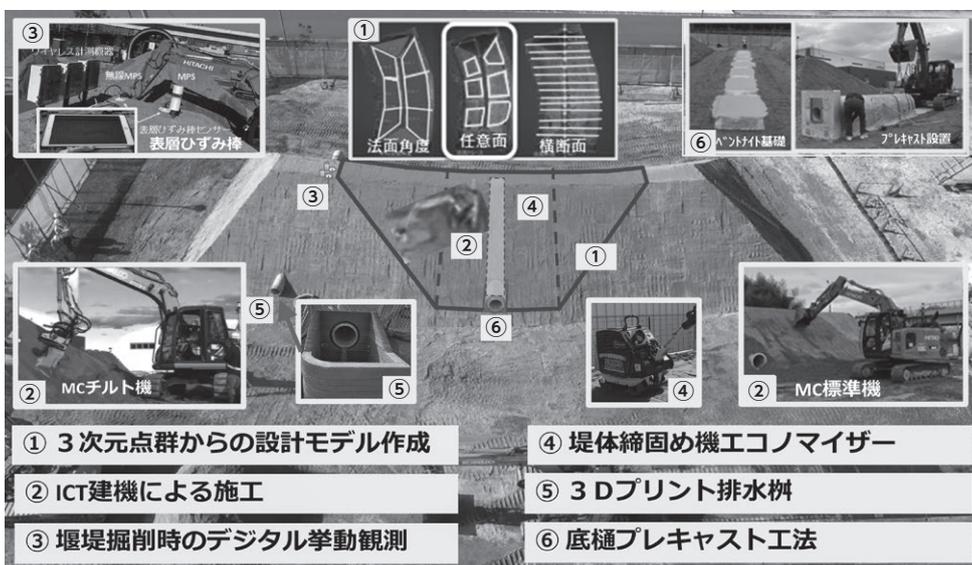


図1 ICT技術の活用

山間部でのGNSS衛星の受信状況が悪い環境も想定し、追尾型トータルステーション(TS)で測位するマシンコントロールICT建機(MC標準機)およびチルトローテータ機能付きICT建機(MCチルト機)を使用した丁張不要の施工方法。

③堰堤掘削時のデジタル挙動観測

(表層ひずみ棒センサー〔MPS〕自社)

堰堤を安全に掘削するため、土砂崩壊の危険をリアルタイムで現場警報と遠隔監視を可能にする、土砂崩壊簡易検出システム「表層ひずみ棒センサー(MPS)」を活用。

④堤体締固機エコノマイザー

(400kg級BPR45/55D BOMAG社)

堤体材料の仕様を満足する締固目標値を、リアルタイムかつ全点で管理可能な加速度応答表示機能を持つ振動コンパクタを活用。

〔材料の合理化〕

⑤3Dプリント排水枡 (株Polyuse社)

既設堤体形状への現地合わせが可能で、プレキャスト機能(コンクリート養生期間と運搬が不要)を有する排水枡の3Dプリンティング工法を採用。

⑥プレキャスト底樋 (柔構造耐震性プレキャスト底樋ベルテクス社)

排水機能の再構築として、柔構造による耐震性と止水性、ベントナイトを活用した遮水性を併せ持ち、コンクリート養生期間の不要なプレキャスト底樋を採用。

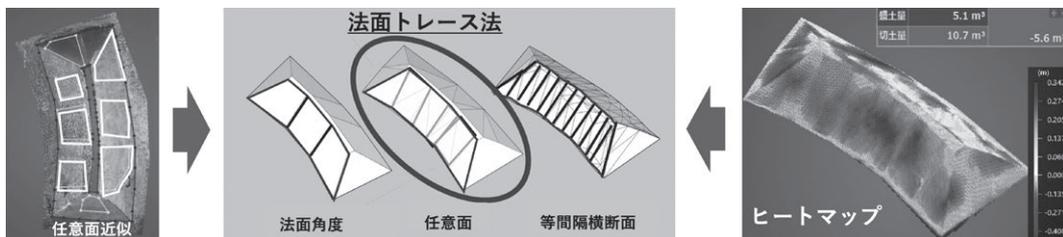
3 工法による効果

①三次元点群データを利用した3D設計モデル

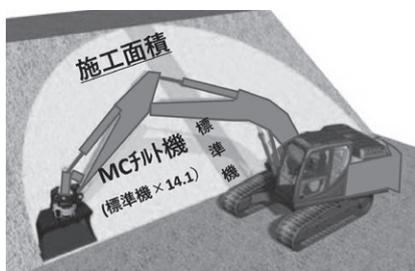
3D設計モデルを作成するにあたり、三つの手法(法面角度近似、任意面近似、等間隔横断面近似)を試行し、現況点群との差異をヒートマップと比較し、最も差分量が少ない法面トレース法(任意面近似)を採用した。この方法により、現況大陸の影響が少なく、MC重機動作が滑らかになる3D設計モデル(ICT建機用モデル)を効率良く作成した。

②ICT建機による施工

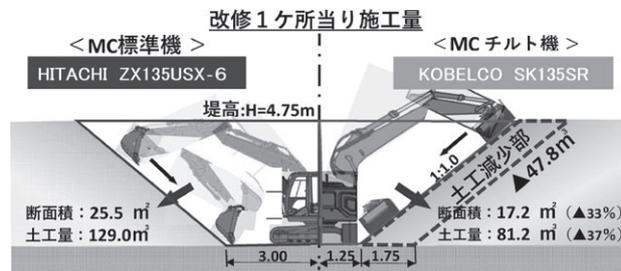
事前にICT建機に3Dモデルを取込むことで丁張不要で施工が可能となり、測量の時間や手間の短縮に繋がった。MCチルト機を使用することで、掘削面に正対しなくても広範囲で設計勾配の仕上げ整形が可能となった。よって建機の移動回数が減少し、堤体の損傷範囲とTS位置認証回数の減少につながり、作業時間約二五%、土工



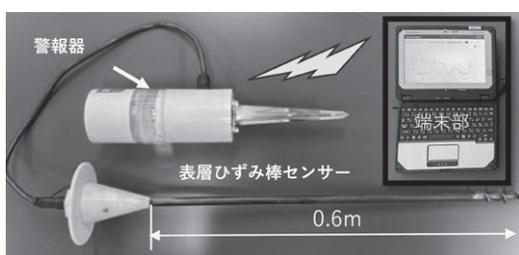
図①-1 3D設計モデルの作成 (近似の法面トレース法)



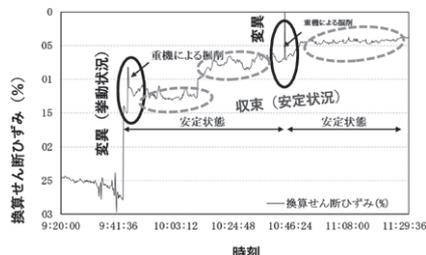
図②-1 MCチルト機の施工範囲



図②-2 MCチルト機の施工断面減少効果



図③-1 表層ひずみ棒センサー装置



図③-2 ひずみ値による判定

量約四〇%の削減を可能とし、大きな施工改善が得られた。

③堰堤掘削時のデジタル挙動観測
土砂崩壊の土砂崩壊予測については、表層ひずみ棒センサーの掘削初期の大きなひずみ値と、以

⑥プレキャスト底樋
効果が大きい。

⑤3Dプリント排水樹
本件の排水樹は、模擬堰堤勾配に合わせて設計し、工場製作後の運搬設置とした。

④堤体締固機エコノマイザー
堤体材料における試験転圧を実施し、機体LED表示（一〇段階中九ダイヤル）との相関転圧回数（五回）を得て、堰堤復旧の締固回数の目安とした。実際には材料の粒子や含水の分布状況で、LED表示と転圧回数にばらつきが生じはしたが、最も重要である締固め度の管理が一定となり、転圧不足や過転圧の防止、現場密度試験の省略による施工時間の短縮に成果が得られた。

③プリンティングから据付運搬を含め三日要したのみで、現地製作した場合と比べ大きな施工手間短縮となり、二四時間で強度発現するプリンティング材の高価さを考慮しても、ため池機能の休止期間が短縮される効果が大きい。

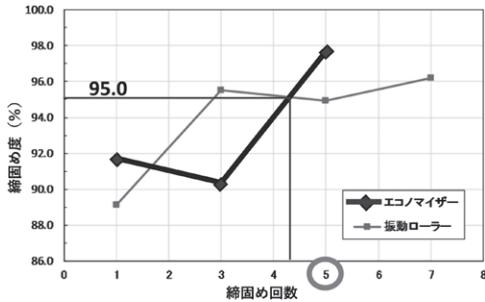


図 4-1 転圧試験による転圧回数

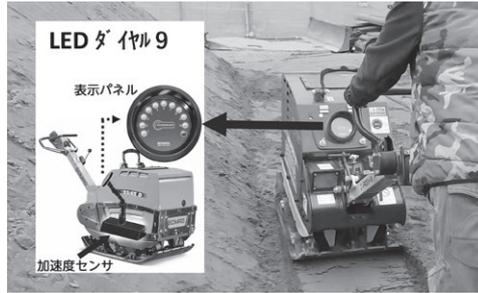


図 4-2 堰堤材復旧施工状況

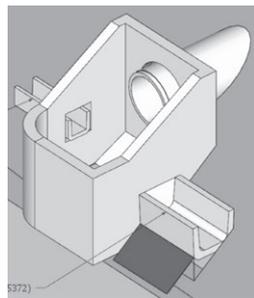


図 5-1 3D設計モデル

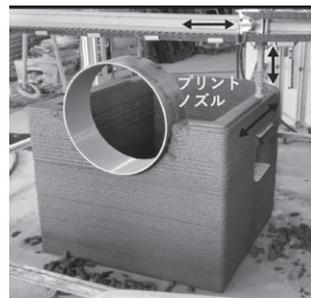


図 5-2 3Dプリンティング

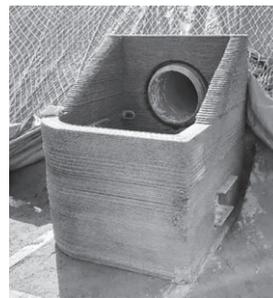


図 5-3 設置状況

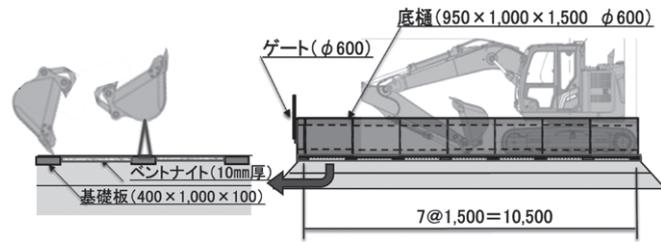


図 6 プレキャスト底樋の施工



4 まとめ

合理化施工方法の施工フローと採用したICT

プレキャスト製品の採用は、現地での型枠組外しやコンクリート養生が不要となり工事日数の短縮（三五日〔農研R3実績〕）↓一・五日九五％減）に大きな効果が得られた。

技術およびプレキャスト製品による効果を以下にまとめるとめる。効果の数値化として施工日数の従来工法との比較を集計し、四二・〇日から五・三日と八五％の削減という大きな工期短縮効果を得ている。今後施工方法の実用化に向け検証・改良を試行していきたい。

| ICT施工フロー | | ICT施工による合理化 | | | |
|---------------|---|-----------------------------------|-------|------|--|
| 内容 | ICT技術 | 所要(日) | 従来(日) | 改善効果 | |
| START | | | | | |
| ため池改修部3Dモデル作成 | 写真やLS測量による3次元点群データ取得 堤体断面形状の把握 ⇒ ICT建機モデル | UAV・LS(3D点群)解析 ① | 0.5 | 1.0 | 高精度現況情報の取得 |
| 各改修部の設計 | 掘削形状や付帯設備の設計見直し(レベル2) | | — | — | |
| 堤体掘削 | ICT建機MC/MG施工 斜面変状モニタリングシステム | ICT建機(タルローター) ② 表面ひずみ棒モニタリング ③ | 0.3 | 1.0 | 丁張り、土量4割減 品質向上(既設面荒し減少) コンクリート養生不要 (現場打ち35日の実績) |
| 底樋設置 | プレキャスト工法 | 柔構造耐震性PCa底樋 ⑥ | 1.5 | 35.0 | |
| 埋戻し締固め | ICT建機MC/MG施工 土質試験(D≥95)による転圧機械と仕様選定(振動ローラー又はエコノマイザー) | ICT建機(タルローター) ④ エコノマイザー ⑤ | 0.5 | 2.0 | 丁張り、土量4割減 品質向上(締固め過不足無・既設面荒し少) |
| 堤外設備復旧(排水樹) | 3Dプリンティングによる柵の現地製作および設置 | 排水樹(3Dプリンティング) ⑤ | 2.0 | 2.0 | コンクリート養生不要 (現場打ち⇒+30日) |
| 出来形検査 | 写真やLS測量による3次元点群データ取得 ヒートマップによる出来形検査や3Dモデル上の計測 | UAV・LS 3D処理ソフト ① | 0.5 | 1.0 | 全点確認可 |
| END | | 計 | 5.3 | 42.0 | ▲85%削減 |

表 1 ため池改修工事の合理化施工法のまとめ