

ICT を活用した曲面形状のコンクリート構造物 (固定堰) の改修事例

菊川 雅司・越田 誠・本田 忠大

「i-Construction」の施策の一つである ICT 活用の新たな取組みとして、コンクリート構造物改修工事における適用拡大を図り、既設に相応した適切な形状の設計、高い精度でのコンクリート下地形成を行った。対象となる既設固定堰（S 字の曲面形状、無筋コンクリート）の計測・設計・施工にレーザースキャナや 3D マシンコントロール油圧ショベル（3DMC）を導入。本稿では 3 次元計測データから最適な補強形状を作成し、3DMC では衛星測位システムを用いた自動制御で飛躍的に生産性を向上させた事例を紹介する。

キーワード：頭首工改修、固定堰、補修、摩耗対策、表面はつり、ICT、高強度パネル

1. はじめに

建設生産プロセスにおける生産性向上を目指す「i-Construction」の施策の一つである ICT（情報通信技術（Information and Communication Technology））をコンクリート構造物改修工事に活用した取組を紹介する。本稿ではその一施工事例として、劣化が進行した頭首工固定堰の表面を精度良くはつり、作業効率や質の大幅な向上を確保した施工事例（ICT 建機活用）を紹介する。

2. 頭首工改修工事の概要

本工事は、国営加治川農業水利事業等により造成された農業水利施設のうち、老朽化が進行している加治川右岸頭首工を改修するものである。本施設は築造から 50 年以上経過し、堰全長 77.6 m、右岸側に可動堰 34.0 m、左岸側に固定堰 43.6 m からなるフローティングタイプ複合堰（直接基礎）である。本工事では、河川幅約 78 m の加治川を半川仮締切りにより可動堰および固定堰を改修する。1 期工事では左岸の固定堰の改修、2 期工事では右岸の可動堰の更新工事を行うものである（写真—1）。

3. ICT 建機導入の背景

(1) 固定堰改修の概要

既設固定堰（無筋コンクリート：面積 658 m²）は、



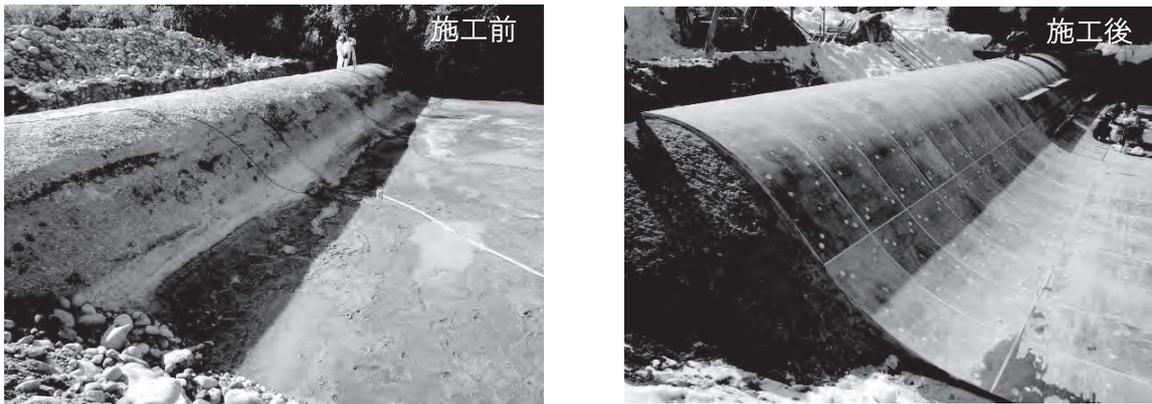
写真—1 頭首工改修工事全景

長年の供用により摩耗が著しく、粗骨材が露出しており、一部に欠損等も見られることから、耐摩耗工法である超高強度繊維補強パネル工法が採用された。この工法は、既設コンクリート表面を平滑に 7 cm まではつり取った上に、厚さ 5 cm の超高強度パネルを設置し、その後、高強度パネルと既設はつり面との空隙（2 cm）にグラウトを充填する工法である（写真—2）。

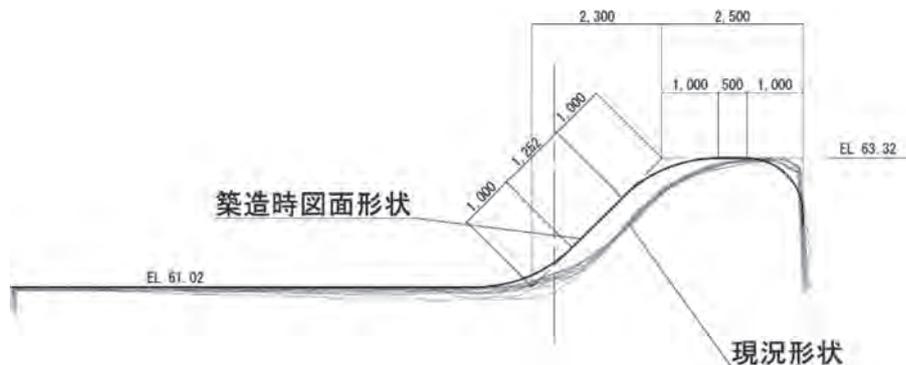
(2) 改修工事における課題

既設固定堰は曲面形状であり、工事着手後の検測の結果、摩耗や欠損が顕著であったことから、築造当時の曲面形状と大きく異なっていることが判明し（図—1）、全貌を把握するには、半川締切り後において周囲の土砂を撤去する必要がある。

特に、既設固定堰が曲面形状であることから、はつり作業の出来形精度の確保と効果的な出来形管理手法



写真一 固定堰 施工前と高強度パネル施工後



図一 固定堰形状概要図

の確立が必要であり、従来の工法では人力によるはつり作業となり、工程遅延、騒音問題、深掘り（高強度パネルの設置精度低下の要因となる）やグラウト注入量の増大、測量や丁張り設置における人員・時間の増大が懸念された。

そこで、コンクリート構造物である固定堰のはつり工に ICT 建機を活用し、機械化による作業の効率化、施工精度の向上及び施工環境の改善を図ることとした。

ICT 建機の利用内容を以下に示す。

- ① レーザースキャナによる既設固定堰 3次元データの計測およびモデル化により、摩耗・欠損が顕著な既設形状に応じた最適な設計を立案
- ② 打撃で深掘りを伴う人力はつり作業でしか対応できなかった（表面はつり工）に、自動制御によりコンクリート表面を削り取る機能の ICT 建機を採用
- ③ レーザースキャナによる出来形検測と 3次元データの活用により検査を省力化

4. ICT 建機を活用した改修施工

(1) 地上レーザースキャナを活用した既設構造物の計測および最適な修正設計

既設固定堰は曲線形状であり、摩耗が顕著で表面に凹凸が多く見られたため、最適となる補強形状を決定するには、構造物の形状を正確に把握する必要があった。そこで、短時間かつ正確に検測でき、どの方向や位置からでも断面図の作成が可能な地上レーザースキャナを採用し、レーザースキャナ点群データをもとに、現況に最も近く、はつり量の少ない、最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。図一 2 に計測した点群データを示す。

(2) ICT 建機を活用した無筋コンクリート構造物表面のはつり取り

修正設計形状をもとに図一 3 に示す 3次元設計データを作成した。このデータにより ICT 建機を制御、アタッチメント先端の 3次元座標を衛星測位システム (GNSS) で制御することで設計面の出来形を管理した (写真一 3)。

ICT 建機によるはつり作業は、「セミオート 3D マシンコントロール油圧ショベル (以後、3DMC と表

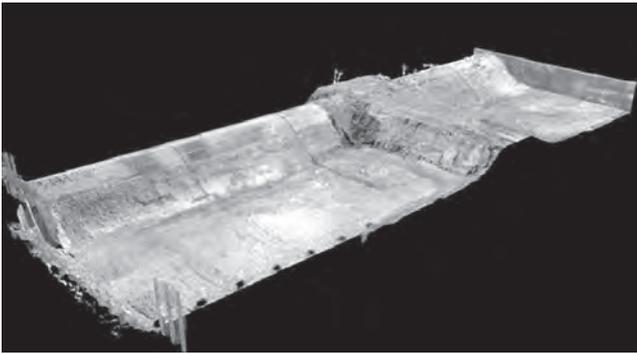


図-2 レーザースキャナ点群イメージ図

記)」にコンクリート表面はつり用にアタッチメント「ツインヘッド」(写真-4)を装備して施工した。ツインヘッドは、切削方式であるため低騒音・低振動であり、また、ドラム回転による大きな切削能力で切削面も平滑に仕上げることができる。

3DMCには自動停止(設計面でアタッチメント先端が自動停止)および自動整地アシスト(設計面を深掘りしないようアームが設計面に沿って動く)の2つの特徴がある。これにより重機オペレーターは、建機の運転席内に設置された表示画面(写真-5)を確認しながら操作するだけで、アタッチメント先端が設計面に達するとICT建機が自動制御されることにより深掘りが抑制され、精度の向上を実現するとともに、曲線部の丁張り設置や検測も必要なく施工期間を短縮することができた。

3DMCは土工事の通常バケットによる現行システ

ムを使用した。建機寸法については、通常バケットでは所定の方法でバケット幅・輪郭点等を計測し入力する。本工事では、ツインヘッドを使用するため、仮想輪郭として図-4のように、最も突出しているビット部をバケット底と仮定し、長方形の法面バケットとしてシステムに認識させた。

精度管理は、あらかじめ設置した基準点において3DMCの座標確認を行う。GNSSは衛星の捕捉数および位置等からTS測量と比較し精度が劣るため、2時間ごとに既知点をGNSS受信機(RTKローバー)で計測しTS測量との整合を確認、削り取り深さや進行に合わせ、緻密にICT建機における衛星測位の誤差補正を行い、精度向上を実現した。

5. 施工後の精度検証

本取組では、地上レーザースキャナを採用した現況形状の高精度計測により最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。

施工後、レーザースキャナを使って精度検証を行った結果、施工前後の計測結果から不陸を除いた平均はつり厚は、設計値の70mmに対して、出来形は78.5mmとなり、施工における精度は8.5mmとなった。また、平坦部と曲線部に分けて検証したところ、平坦部は7.5mm、曲線部は11.2mmとなった。これ

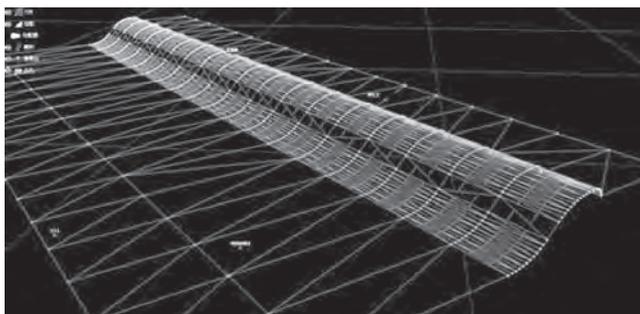


図-3 ICT建機入力用3次元設計データ

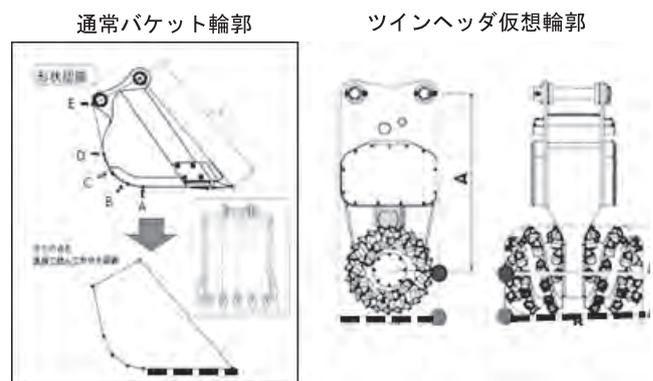


図-4 ICT建機入力用 仮想輪郭



写真-3 ICT建機による固定堰はつり状況



写真-4 ツインヘッド



写真-5 運転席内表示画面

らの値は、公表されている、土工事における ICT 建機精度 ± 30 mm と比較しても非常に高い精度であった。はつり施工は、設計値の 70 mm 以上はつり取る必要があることから、出来高不足とならないように深掘りになる傾向があり、また、既設コンクリートの粗骨材寸法が 40 mm であることから、粗骨材のはつり取れによる深掘りになることが多い。このことから、グラウト注入量増大による経済性が低下する事例が多い。

既設コンクリートはつり施工においては、従来の工法では 42 日想定であったが、ICT 建機施工により 20 日で完了し、生産性向上・効率性について確認できた。

以上のことから、当施工において「レーザースキャナ」、「3DMC」や「ツインヘッド」のコンクリートはつり作業への活用は、精度、施工性ともに有効であることが確認できた。

6. おわりに

ICT 施工技術の活用は、従来、高い出来形精度を必要としない土工・舗装・浚渫・地盤改良で行われている。本取組により、高い精度を要求されるコンクリート構造物改修工事において ICT 施工技術を活用した

ことは極めて珍しい事例であったが、非常に効果的であったことが確認された。これにより、今後の ICT 施工技術のインフラメンテナンス分野での飛躍的な活用が期待される。

J|C|MA

【筆者紹介】

菊川 雅司 (きくかわ まさし)
真柄建設㈱
北陸土木事業部



越田 誠 (こしだ まこと)
真柄建設㈱
北陸土木事業部



本田 忠大 (ほんだ ただひろ)
真柄建設㈱
北陸土木事業部

