

ICT施工と水陸両用建設機械を活用した 布目ダム副ダム堆砂除去工事の報告

平尾 英司¹・桑島 孝暢²

¹独立行政法人水資源機構関西・吉野川支社淀川本部中津川管理室 副参事
(〒554-0001大阪府大阪市此花区高見1-10-46)

²独立行政法人水資源機構木津川ダム総合管理所布目ダム管理所 所長
(〒630-1234奈良県奈良市北野山町869-2)

布目ダムでは、毎年、副ダムの堆砂除去工事を実施しており、本工事に i-Construction の一環として堆砂除去の施工状況をリアルタイムに把握できる可視化および日々の出来形管理の省力化等を図ることができる ICT を活用して施工を行った。また、本工事の施工箇所である布目川と深川の合流点付近は、シルトと砂の互層からなる軟弱な地盤となっており、出水時対応を含む施工中の安全確保が重要であることから水陸両用建設機械を活用して施工を行った。

本稿は、施工管理の省力化、工程短縮および施工中の安全確保を念頭に ICT 施工と水陸両用建設機械を活用して施工した副ダム堆砂除去工事の報告を行うものである。

キーワード：ICT施工、可視化、省力化、水陸両用建設機械、安全性の向上

1. はじめに

布目ダムの副ダムは、貯水池への流入土砂を抑制するとともに副ダムの堆砂除去を適宜行うことにより、本ダム貯水池の容量保全を図ることを目的の一つとして設置されている。

このため布目ダムでは、毎年、流入河川付近の堆砂除去をクラムシェルとバックホウを併用して実施し、3年に1回副ダム直上流の浚渫をポンプ船にて実施している。

流入河川付近の堆砂除去を施工するにあたっては、非洪水期の平常時最高水位への移行開始時期を1ヶ月遅らせることに対して利水者のご理解・ご協力を頂いていることから、ICT 施工を活用した日々の出来形管理の省力化を行うことで、工程短縮を図ることを期待した。

また、従来のクラムシェルとバックホウの併用では施工困難な箇所に対して、水陸両用建設機械を活用することで、仮設道路等の設置を要さず、突発的な出水時等にも迅速かつ安全に対応できることを期待した。

本稿は、布目ダムの副ダム堆砂除去工事にICT施工と水陸両用建設機械を活用した施工を試行したので、その結果について報告するものである。

2. 従来の副ダム堆砂除去の課題

(1) 堆砂除去の出来形管理

従来の副ダム堆砂除去工事での出来形管理は、起工測

量(深浅測量)で横断面(測点間距離 25m)を作成し、その横断面に基づいて実施していた。

具体的には、測点間の堆砂除去が完了したのち、その都度、監督員が立会いを行うことで出来形確認を実施していたことから、作業の連続性が途切れるなど出来形管理が煩雑であった。

また、堆砂除去工事を行うにあたり、利水者との協議のうえ非洪水期である10月16日から11月15日までの1ヶ月間、平常時最高水位への移行を遅らせることで実施していたことから、その期間内での施工が工程的に非常に厳しいものであった。

さらに、出来形の状況は、オペレータの技量によるところが大きく、出来形不足を回避するため過掘りなどが生じていた。

よって、課題は、施工状況の可視化を図り出来形管理を省力化することで工程短縮を図ることであった。

(2) 堆砂除去の施工方法

従来、堆砂除去工事は、重機足場を確保できる布目川左岸側からクラムシェルとバックホウの併用で施工を行っていた。そのため、布目川右岸側や深川は、クラムシェルの作業半径外となるため堆砂除去が実施できていない状況であった(図-1)。

また、布目川右岸側や深川の土質は、シルトと砂の互層からなる軟弱な堆積土砂であることから、過去には、堆砂除去を行うためバックホウを進入させたところ、水没する

事故も発生している(写真-1)。

よって、課題は、地耐力が不足する軟弱な地盤や突発的な出水に対応できる施工方法で安全を確保して、布目川右岸側や深川の堆砂除去を行うことであった。

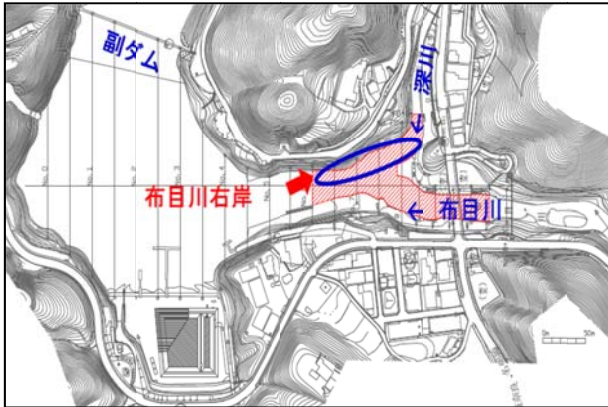


図-1 堆砂除去工事の施工箇所



写真-1 平成 18 年度堆砂除去工事での事故状況

3. ICT施工と水陸両用建設機械の活用

(1)ICT施工と水陸両用建設機械の活用

ICT 施工の活用とは、3次元起工測量から3次元設計データを作成し、これを建設機械に付加することで施工状況を可視化でき、かつ施工箇所を面的に管理することで、出来形管理などの省力化を図ったものである。

また、水陸両用建設機械とは、履帯幅 960mm の湿地用グロースシューを装着して接地圧を小さく(0.33kgf/cm²)できることで軟弱な地盤でも対応できるとともに、水深 1.5m 程度の箇所でも施工可能な建設機械である。

(2)ICTと水陸両用建設機械活用の流れ

本工事における ICT 施工と水陸両用建設機械の活用の流れについて、施工プロセスごとの内容を以下に記す。

a) 3次元起工測量

施工箇所周辺は雑木や橋梁などの障害物があり、空中

写真撮影による UAV 測量の活用は困難であったため、レーザースキャナにて起工測量(図-2)を行った。



図-2 施工箇所のレーザースキャナ点群データ

b) 3次元設計データの作成

レーザースキャナ測量で得られた点群データを用いて、堆砂除去量・河床高さを確認して3次元出来形管理を行うための3次元設計データの作成を行った(図-3)。

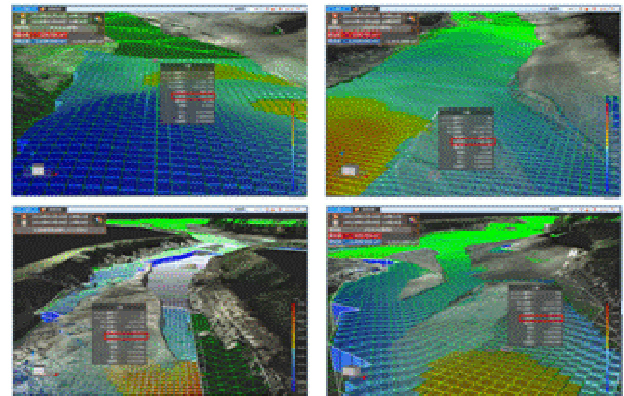


図-3 施工箇所の3次元設計データ図

c) ICT建設機械による施工

今回の堆砂除去工事において、水陸両用建設機械を使用するため事前に現地調査を行った結果(写真-2)、施工範囲は、広範囲にわたり軟弱な地盤であった。

しかし、副ダムの水位を低下させることで水陸両用建設機械の進入可能な水深1.5m以下となることから、水陸両用建設機械の活用が可能と判断した。

実施工では、河川内掘削を水陸両用バックホウにて行い、河川内運搬を水陸両用クローラダンプにて行うこととした。

掘削作業の施工管理は、水陸両用バックホウ(写真-3)に ICT 機能を付加して実施した。

具体的には、水陸両用バックホウとバケットの刃先位置をリアルタイムに把握して(写真-3)、施工用データと

3次元設計データとの差分を表示しバケットを誘導する3次元マシンガイダンス技術(写真-3)を用いた施工を行った。



写真-2 施工箇所の現地調査結果



写真-3 水陸両用バックホウ

d) 3次元出来形管理

マシンガイダンスにしたがって掘削した日々の施工履歴データ(点群)(図-4)を取得して、パソコンに保存する。そして、施工履歴データ(点群)から出来高部分と関係のない掘削以外の旋回や移動等の履歴データを排除して、出来形部分に対応した点群データを作成し(スクリーニング)、出来形合否判定総括表(ヒートマップ)(図-5)により出来形管理(掘削土量・形状)を行った。

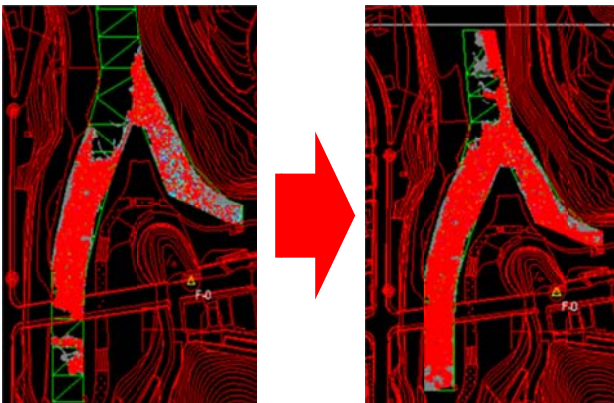


図-4 工事進捗確認を容易にする掘削履歴平面図

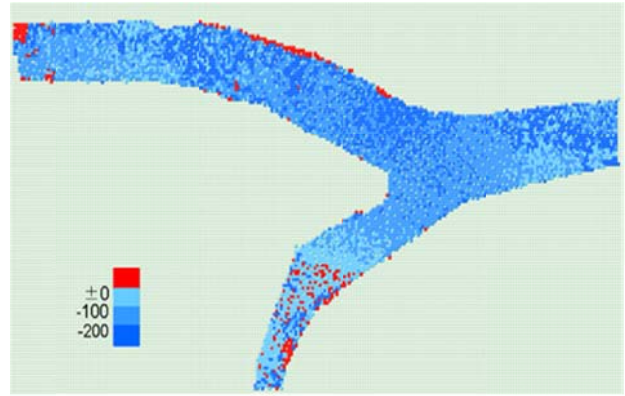


図-5 掘削履歴データによる出来高合否判定総括表(ヒートマップ)

e) 3次元データの納品

3次元出来形管理により確認された3次元施工管理データを工事完成図書として作成した。

4. ICT活用の施工時のトラブルとその対応

(1) ICT活用の施工時のトラブル

本工事において、ICT活用の施工時のトラブルとその対応について以下に記す。

a) ICT建設機械の受信障害

当初、基準局(固定局)と移動局(ICT 機能付き建設重機)の通信システムとして RTK-GNSS システムを計画していたが、施工着手と同時に受信障害が発生した。

これは、今回施工場所のような山間の渓谷部で天空率(全天に対する空の面積の比率)の低い場所において、基準局と移動局が同数かつ同じ GPS を補足しなければならない RTK-GNSS システムでは、移動局付近に障害物など(構造物、立木及び急峻な法面等)があると GPS の補足率が低下するためである。

この事象の対応策として、施工エリアの天空率が低い場合でも受信可能な、ネットワーク型 RTK-GNSS への変更を行った。このネットワーク型 RTK-GNSS は、基地局の代わりに国土地理院の電子基準点データを用いるとともに、この電子基準点からのデータが携帯電話等の無線で移動局へ伝送されるシステムであり、変更した以降は障害なく施工できた。

b) ICT建設機械の転石等の判別

掘削箇所に構造物や転石などの障害物があった場合、マシンガイダンスの施工履歴データ(点群)では、その掘削箇所の掘り残しなのか、または障害物なのかを判別するができなかった。

この事象の対応策として、ICT 施工ではデータ上、転石等の障害物は除外できないため現地確認を行った上で、設計データの高さより高いデータは転石等として土量算出から除外した。

c) ICT建設機械の施工履歴データの不記録

施工着手当初、建設機械のオペレータがマシンガイダンス技術の認識不足や不慣れが影響して施工履歴データが記録されていない事象が発生した。

この事象の対応策として、再度、建設機械のオペレータに ICT 施工が従来の施工管理とは異なること、マシンガイダンスの見方・操作方法など ICT 施工に関する事項の教育を行った。

d) 複雑な形状をした河川での3次元設計データの作成

本河川のように川幅が狭く屈曲した複雑な法面形状をもつ河川掘削範囲(特に切出し位置)の3次元設計データの作成にあたっては、3次元起工測量結果と現場との相違がないか入念に確認を行う必要があった。(写真-4)

また、被覆石護岸等の根入れ深さは、3次元起工測量結果からは表層の点群データのみのため判断がつかず、実際の掘削時に堆積土砂の下の被覆石護岸を損傷させる可能性があるため十分に注意する必要があった。

この事象の対応策として、護岸工事の完成図(2次元図面)等で構造を把握し、3次元設計データに反映した。



写真-4 施工箇所の河川状況

5. ICT施工と水陸両用建設機械活用の効果

(1) ICT施工活用の効果

今回 ICT 施工を活用した効果は、レーザースキャナ測量で取得した3次元点群データから3次元設計データを作成し、3次元出来形管理を実施したことで、従来工法による施工に比べ、施工範囲を面的に施工管理でき、日々の出来形測量業務などが不要となったことで、業務の省力化による工程の短縮を図ることができたことである(図-6)。

従来の出来形は、オペレータの技量によるところが大きく、出来形不足を回避するため過掘りなどが生じていたが、3次元出来形管理を実施したことで掘削した施工履歴をリアルタイムに、かつ平面的に可視化することで均一な施工ができた。

ヒートマップによる堆砂除去の出来形合否判定は、96.2%の合格率であり高精度な施工管理ができた。

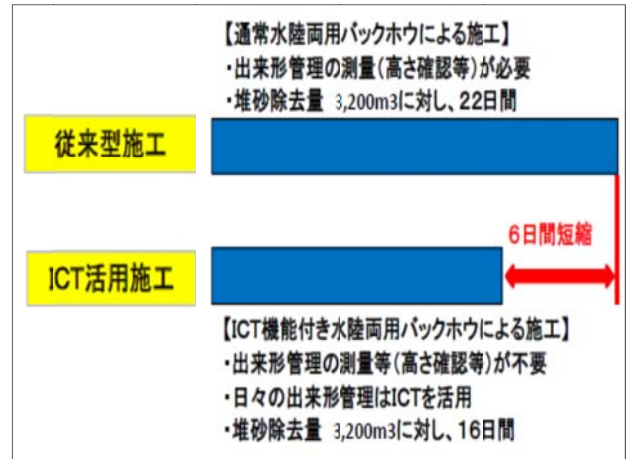


図-6 従来型とICT施工の工程比較(概算)

(2) 水陸両用建設機械活用の効果

今回水陸両用建設機械活用の効果は、シルトと砂の互層からなる軟弱な地盤であった布目川と深川が合流する付近を、事故等なく無事に掘削することができたことである。2017年10月20日から2017年10月23日にかけての台風21号では、布目ダムの管理開始以降最大の流入量約210m³/sを記録した洪水が発生したが、水陸両用建設機械を用いていたことで迅速に河川内から退避できたこと、河川内を横断する仮設道路の設置が不要であったことから被害や施工再開に係る手戻りなども発生しなかったことなど、安全を確保して施工することができた。

さらに、費用は通常のバックホウ等を用いる従来型施工と比較すると、仮設道路の設置が不要であったこと、また、ICTを活用したことから経済的に施工できたと考えている。

6. ICTと水陸両用建設機械活用の利水者見学会

本工事でのICTと水陸両用建設機械活用による施工状況について、布目ダムの利水者である奈良市企業局に対する見学会(写真-5)を実施し、ICTと水陸両用建設機械を活用することで堆砂除去を効率的かつ迅速安全に施工できることをご理解頂くことができた。



写真-5 奈良市企業局見学会開催状況

7. ICT施工と水陸両用建設機械活用の今後の課題

今回 ICT 施工と水陸両用建設機械を活用した結果、以下の今後の課題が確認された。

- 河川の流水部は UAV 測量やレーザースキャナ測量では対応できないこと、堆砂情報を初期値として入力するまでの時間を短縮することで、より現場での施工時間を確保することが可能となる。
そのため、発注者側では堆砂測量の結果を 3 次元設計データとして受注者に提供するなど、さらに改善する余地がある。
- 副ダムの釣り棧橋付近は堆砂が著しく、堆砂除去を実施したいと考えているが、地盤条件が軟弱であることから、今回使用し水陸両用建設機械でも施工ができない。そのため、新技術を含めた施工方法の検討が必要である。

8. おわりに

今回、ICT 施工と水陸両用建設機械を活用して堆砂除去を実施したが、作業に従事したオペレータからも「従来の施工管理に比べ大幅に省力化ができたこと、マシンガイダンス技術を使用したことで高精度の出来形管理ができた」との意見があった。

また、発注者側としても、立会頻度の減少、日々の進捗状況の確認がパソコンで面的に把握できたことから監督業務の省力化・効率化が図られたと評価している。

今後、堆砂除去は、ダム管理上の大きな課題となってくると考えるが、今回報告した ICT 施工と水陸両用建設機械を活用した成果と課題が、今後のダム堆砂除去工事の参考となれば幸いである。

謝辞

本論文の作成にあたり多大なるご協力を頂きました独立行政法人水資源機構木津川ダム総合管理所および青木あすなる建設株式会社の皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(土工編)(案)国土交通省(2016年3月)
- 2) 施工履歴データを用いた出来形管理要領(河川浚渫工事編)(案)国土交通省
- 3) 施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)国土交通省(2016年3月)
- 4) 国土交通省ホームページ
- 5) 2018年度水資源機構技術研究発表会(2018年12月)