

自動化施工システムの台形CSGダム工事への適用

鹿島建設(株) 正会員 ○菅井貴洋 三浦 悟 出石陽一 青木 恒 浜本研一

1. はじめに

筆者らは、人手不足や熟練労働者不足への対応、建設生産性の向上、労働災害の撲滅、増加する自然災害・危険地域での工事対応などの建設業界における重要な課題解決を目的とし、「現場の工場化」を最終目標とした、建設機械の自動化による次世代建設生産システムA⁴CSEL[®]（クラウドアクセル）の開発を進めている。A⁴CSELは、2015年の五ヶ山ダム（重力式コンクリートダム）における堤体工事のRCD工法で実工事に初めて適用、その後大分川ダムおよび小石原川ダム（共にロックフィルダム）の堤体盛立工事に適用¹⁾し、2020年から成瀬ダム（台形CSGダム）の堤体CSG打設で全面的に適用している。本稿では、A⁴CSELの概要、CSG打設初年度である2020年に実施した成瀬ダムでの自動化施工の適用実績を報告する。

2. 成瀬ダム工事概要

成瀬ダムは、秋田県雄勝郡東成瀬村椿川地内に建設される多目的ダムであり、堤体積約4,850,000m³、堤高114.5mの国内最大級の台形CSGダムである。

本工事では、堤体CSG打設範囲全域を対象としてA⁴CSELによる自動化施工を計画している。ピーク時には、ダンプトラック、ブルドーザおよび振動ローラなどの自動化機械を最大23台連携させたCSG打設を計画している。A⁴CSELのコンセプトを図-1に示す。

3. 自動化施工マネジメントシステム

筆者らは、個々の自律型自動機械の複雑な連携運転を統括的にマネジメントし、生産性の向上を目的としたシステム全体を「自動化施工マネジメントシステム」と定義している。自動化施工マネジメントシステムは、施工計画システム、施工管制システムおよび重機管理システムの3つのシステムから構成されている（図-2参照）。

施工計画システムは、施工するエリア情報や作業に必要な機械台数および敷均し層厚などの作業条件を人が指定し、作業毎の詳細なタイムスケジュールを自動で作成するシステムである。例えば、ダム工事で約30台の自動化重機を想定した自動化施工を計画した場合、12時間当たり約1,500の作業データが生成される²⁾（図-3参照）。また、作業計画が自動化施工中に計画通りに実行されているかどうかをリアルタイムに監視し、閾値を超過する遅延が生じた場合には最適な工程に組み換えるリスケジューリング機能も有している。

施工管制システムは、施工計画システムで作成した作業データを機種別機種毎に割り付け、重機管理システムに送るとともに、全ての機械の作業状態を監視し、計画との差や異常を判定する。

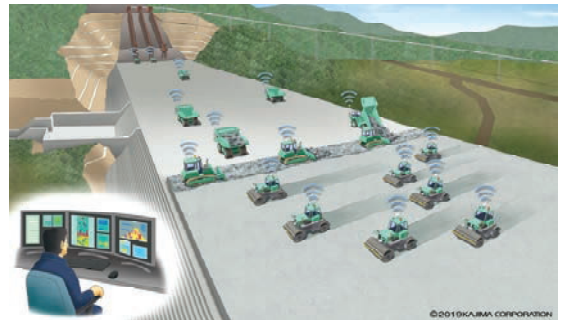


図-1 A⁴CSELのコンセプト

自動化施工マネジメントシステム

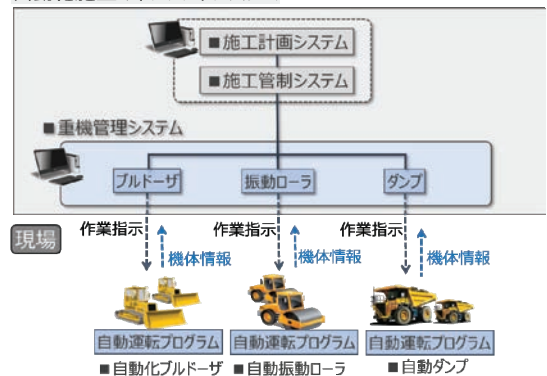


図-2 自動化施工マネジメントシステムの構成



図-3 12時間分の作業データの例

キーワード 自動化施工、A⁴CSEL、台形CSGダム、ダンプトラック、ブルドーザ、ローラ、最適化

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)機械部自動化施工推進室 TEL 03-5544-1111

重機管理システムは、施工管制システムで作られた作業データを自動化重機に送信する機能と自動化重機から機体のデータを受信する機能を有している。

自動化重機は、重機管理システムへ送信された作業データを基に、作業エリアの不陸、材料の荷下ろし位置のズレなどによって生ずる施工誤差を自ら修正し、自律的に自動運転をする。

4. 2020 年度の自動化施工適用実績と今後の計画

C S G 打設初年度である 2020 年度の自動化施工の実績は、打設数量が約 10 万 m^3 、1 施工当りの連続施工時間が最長で約 30 時間であった。自動化施工の状況を写真-1 に示す。また、自動化施工における作業指示の指令を発信し、自動化施工状況を監視する役割を担う管制員が常駐する自動化施工管制室をダムサイトの一角に配置している。管制室での自動化施工管制状況を写真-2 に示す。

2020 年度施工の特徴の一つとして、C S G の運搬は、C S G 製造プラントから堤体までダンプトラックにより実施した。2020 年度のダンプトラック運搬は、他工事を含む複数の工事関係者が利用する“共用道路”を利用する施工条件であり、自動運転による運搬が困難であるため有人運転で実施した。

2021 年度以降は、C S G 製造プラントで製造した C S G をベルトコンベアおよび S P - T O M を用いた専用の運搬設備によって堤体まで搬送し、堤体上でダンプトラックへの荷受けを行った後に、堤体上の“専用道路”を利用し自動運転によるシャトル走行にて運搬する計画としている。自動運転によるシャトル走行での運搬を実施する 2021 年度以降には、図-1 の自動化施工のコンセプトに示すような堤体内自動化高速大量連続施工が実現でき、自律型自動建設機械に定型的な作業や繰り返し作業を行わせ、必要最小限の人員で多数の機械を同時に稼働させる A⁴C S E L による自動化施工の条件に最も適した施工となる予定である。

5. まとめ

A⁴C S E L による自動化施工について、重力式コンクリートダムにおける R C D 工法およびロックフィルダムにおける堤体盛立工事に続き、台形 C S G ダムの堤体 C S G 打設の施工へ適用し、有効であることを実証した。自動化施工による打設速度は、標準積算値 103 m^3/h （湿地 16t 級）に対して最大 271 m^3/h （湿地 23t 級相当）であった。自動化施工による C S G の品質に対する影響を確認するために、コア採取による供試体密度測定に加え、1 リフト（75cm）のカッター切断面確認による締固め状態の確認を実施し、所定の品質が確保されていることを確認した。自動化施工マネジメントシステム内に正確に蓄積される施工実績データを分析および解析し、1 施工単位毎に機械配置や自動運転方法などを見直し、単位施工量を向上させるための改善を繰り返し実施したことにより、継続的な生産性の向上が実現した。本稿では、A⁴C S E L による自動化施工の適用についてダム工事に対して述べたが、今後はダム工事以外の工種にも適用範囲を拡張する計画である。

最後に、今後も自動化施工を実工事に継続的に適用させるにあたり、発注者と請負者として自動化施工に適した計画及び手順を共に考え、人手不足や熟練労働者不足への対応、建設生産性の向上を図りたい。

参考文献

- 1) 青木恒ほか：自動化システムのロックフィルダム工事への適用，土木学会第 74 回年次講演会，VI-344，2019。
- 2) 高見聡ほか：自動化施工システムにおける施工計画作成への最適化手法の導入，土木学会第 75 回年次講演会，VI-1151，2020。



写真-1 自動化施工状況



写真-2 自動化施工管制状況