

自動化施工システムの台形CSGダム工事への適用（その3）

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、省人化、生産性、安全性の課題を解決するために「現場の工場化」を最終目標とした、建設機械の自動化技術を核とする次世代建設生産システム A⁴CSEL[®]（クワッドアクセル）¹⁾の開発を進めている。A⁴CSEL は、自動化された建機とそれらを効率的に稼働させるために必要な施工計画、施工管制、重機管理の機能を持つ自動化施工マネジメントシステムで構成されている（図-1）。A⁴CSEL は、これまでに 4 つのダム工事に適用しており、成瀬ダム（台形 CSG ダム）では、2021 年までに約 50 万 m³ の CSG を自動化施工によって打設²⁾した。

本稿では、成瀬ダムでの 2022 年の適用実績および 2022 年度までの施工実績から得られた自動化施工による重機の燃料消費の抑制効果について報告する。

2. 2022 年度における自動化施工実績

2.1 対象範囲および自動化施工実績

2022 年度の自動化施工範囲および自動化施工で使用した機械をそれぞれ図-2 および表-1 に示す。

2022 年度は、約 70 万 m³ の CSG を自動化施工によって打設した。自動化施工を実施した割合（面積比）を自動化施工率と定義し、打設リフト毎に算出した結果、最大値が 97%、最小値が比較的狭隘な河床部での 41%、全リフトの平均値が 79%であった。自動化施工による打設速度は、ブルドーザ 1 台当りの標準積算値 103m³/h に対して最大 381m³/h であり、2021 年度の実績の最大値 322m³/h からも向上させた。自動化施工状況を写真-1 に示す。2022 年度は、自動運転および管制員（自動化システム）の作業指示で自動運転機械と連携して作業をする有人機械を合わせた最大 27 台の機械を 3 名の管制員により施工した。

2.2 遠隔管制システムによる自動化施工および遠隔操作による作業の混在作業

2022 年度は、昨年度実施した遠隔管制室からの自動化施工管制²⁾と同時に、1 台のバックホウを対象として、遠隔管制室から成瀬ダムの実機を遠隔操作し、CSG の端部法面整形作業を実施した。バックホウの遠隔操作および実機稼働状況を写真-2 に示す。成瀬ダムと遠隔管制室間の遠隔管制およびバックホウの遠隔作業は、CSG 全体の施工に対して遅延することなく実施可能であることを確認した。

キーワード 自動化施工、A⁴CSEL、台形 CSG ダム、遠隔操作、遠隔管制、燃料消費削減、環境負荷低減、CO₂
連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)機械部 TEL03-5544-1111

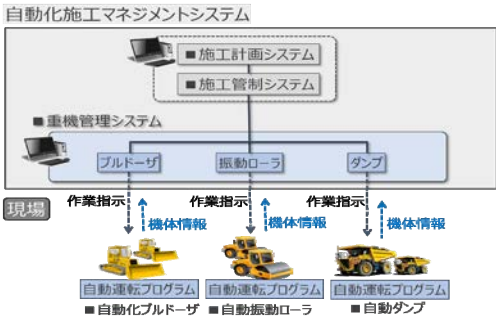


図-1 自動化施工マネジメントシステム

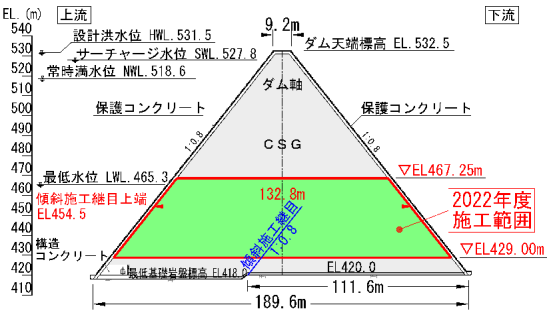


図-2 2022 年度施工範囲（断面図）

表-1 使用機械一覧

機械名	仕様	台数
ダンプトラック	HD465-7E1（55t級）	11
自動ブルドーザ	D65Pxi-18（18t級）	3
仕上り用ブルドーザ	D65Pxi-18（18t級）	1
端部等仕上り用・ 目地切りバックホウ	ZX130K-5B, ZX110-1B	6
自動振動ローラ	SD451（11t級）	4
自動仕上りローラ	TW504（7t級）	2
合計		18+9

※黒字：管制員（自動化施工システム）の作業指示で
自動化機械と連携して有人運転により作業する機械



写真-1 自動化施工状況



写真-2 遠隔操作および実機稼働状況

3. 自動化施工による環境負荷低減効果

3.1 自動化施工による燃料消費の効果

a. 走行距離減少による燃料消費削減

自動化施工では、予め計画した経路のとおり自動化機械が作業を実施するため、有人施工と比較して無駄な作業がない。実施工から得たブルドーザの敷均し作業と振動ローラの締固め作業について自動化施工と有人施工の走行経路の比較を図-3に示す。走行距離は、自動化施工では有人施工と比べて、ブルドーザで74.3%削減、振動ローラで19.9%削減できることを確認した。これは、有人ブルドーザでは、荷下しされた材料を目視確認しながら敷均しを行うため、目視確認に必要な距離を余分に走行しなければならないが、自動の場合には目視確認する必要がなく、有人と比べて短い距離で敷均しができるためである。また、自動ローラでは、計画した経路のとおり転圧できるので、規定のラップ幅以上を確保するために経路本数が増えたり、踏み残しによる追加転圧が発生することがなく、最小の距離で転圧を完了させることができるためである。

b. アイドリングストップの増加による燃料消費削減

自動施工中の自動化機械に対して一定の作業の待ち時間が生じた際に自動的にエンジンを停止させ、アイドリングストップするように開発した。今回は、実施工で取得した自動ブルドーザの施工データから実際にアイドリングストップした場合の燃料削減率を算出した。表-2に、CSG約8,500 m³の1施工分の燃料削減率を示す。アイドリングストップの実施回数は122回であり、アイドリングストップを実施することで6.78% (45.2ℓ) の燃料を削減した。

3.2 有人施工と自動化施工との燃料消費量の比較

2022年度の実施工から得たブルドーザの燃料消費データを解析し、CSG敷均し時の自動ブルドーザと有人ブルドーザとの燃料消費量比較を行った。データは、図-4に示す上流と下流の2台のブルドーザでレーンごとに収集した、1施工分の自動化施工と有人施工のデータを解析し比較した。

図-5および図-6に燃料消費量および総走行距離の比較図を示す。自動と有人との燃料消費量を平均値で比較した場合、上流側で27%、下流側で37%、自動の方が燃料消費量を削減できた。これは、図-6に示すように自動は有人に比べて総移動量が少ないためである。また、有人施工と自動化施工のそれぞれで、上流と下流との総走行距離を比較すると、自動化施工の方がバラツキは少ない。これは、自動は決められた経路通りに敷均しを行うため、敷均し対象の条件が同じであれば定型作業をバラツキなく繰り返し実施していることを示している。

このように自動化施工では有人施工と比べてCO₂削減だけでなく騒音および振動削減など環境負荷低減に効果があることを実証した。

参考文献

1) 三浦 悟：次世代建設生産システムA⁴CSEL[®]の適用，土木施工，VOL62 No.1，2021 Jan.
2) 菅井貴洋ほか：自動化施工システムの台形CSGダム工事への適用（その2），土木学会第77回年次講演会，VI-53，2022.

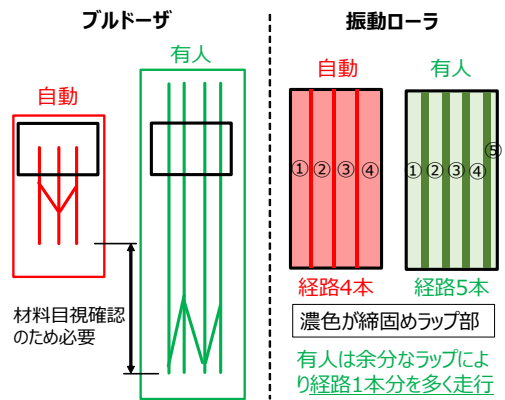


図-3 走行経路（赤：自動 緑：有人）

表-2 燃料削減率（1施工分）

項目		数量
施工数量 (m ³)		8,580
施工時間 (h)		23
燃料消費量 (ℓ)	アイドリングストップ無	667.2
	アイドリングストップ有	622.0
燃料削減率 (%)		6.78

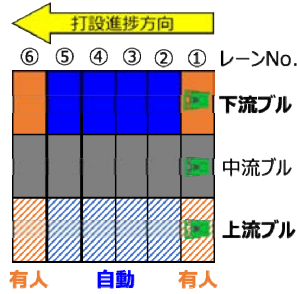


図-4 解析対象（模式図）

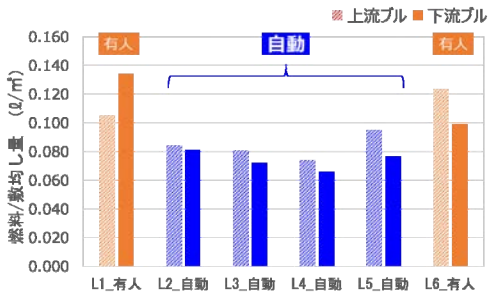


図-5 燃料消費量の比較

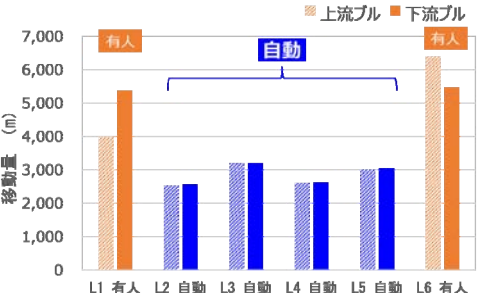


図-6 総移動量の比較