

## 自動化施工と連携した次世代CSG製造管理システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○山本尚平 奈須野恭伸 宮内良和 伊勢卓矢

### 1. はじめに

成瀬ダムは台形CSGダムで初めて堤高100mを超え、CSG打設量は445万 $m^3$ で国内最大となる。CSG打設数量は1日あたり最大約18,000 $m^3$ 、1月あたり最大約33万 $m^3$ の施工量となる。当現場ではCSG打設に自動化施工（以下A<sup>4</sup>CSEL）を全面的に採用しており、A<sup>4</sup>CSELでは施工シミュレーションを事前に行い、立案した施工計画（作業エリア、CSGの配合、打設順序等）を基にA<sup>4</sup>CSELで打設を行っている。堤体上では30台以上の重機が自動連携し、大量かつ高速でのCSG打設を行うため、製造、出荷、運搬、打設等の状況をデジタルデータ化し、A<sup>4</sup>CSELとデータ連携する仕組みを開発、導入している。

成瀬ダムは2020年7月からA<sup>4</sup>CSELによる打設を本格的に開始しており、施工シミュレーション通りの能力を100%実現するために、A<sup>4</sup>CSELとリアルタイムに連携する必要があるCSG製造設備と管理システムの概要および打設実績について報告する。

### 2. CSG製造設備概要

CSG製造・運搬設備の概要を下記に記す。

#### (1) CSG製造設備

当現場のCSG製造設備（表-1参照）は1系統当たり360 $m^3/h$ の製造能力を有しており、それを3系統（A、B、Cライン）設置している（写真-1）。

#### (2) CSG運搬設備

- ・EL418～460m（堤体の打設標高、以下同じ）  
63t積みの重ダンプトラックで堤体まで輸送する。
- ・EL460.5～531m  
長距離ベルトコンベアで堤体まで輸送し、先端部にはSP-TOM、コンクリートディストリビュータを配置し、堤体内で重ダンプトラックへ積み込む。

### 3. CSG製造管理システム概要

従来のCSG打設では、CSG製造設備オペレータや打設当番が無線等で製造指示、製造状況や打設状況の連絡を取り合っていた。当現場ではCSG打設をA<sup>4</sup>CSELで行うため、無線連絡ではなくデジタルデータ（打設数量、出荷台数、製造時間、配合、製造状況等）で全て管理している。そのため、CSG製造設備は、A<sup>4</sup>CSELと常にデータ連携するデジタル・IOT化されたシステムが必要であり、今回新たに開発、導入した。

CSG製造管理システムの概要を下記に記す。

無線LANでネットワークを構築し、A<sup>4</sup>CSELとCSG製造設備の各サーバ等を連携した全体システム構成を図-1に示す。図-1に示している各所の役割を下記に記す。

表-1 CSG製造主要機械一覧（1系統当たり）

設備名	仕様・能力	数量	備考
ベルトフィーダ	ベルト幅：W900 モータ22kw 切出し能力：600t/h	1	段丘材用
ベルトフィーダ	ベルト幅：W900 モータ22kw 切出し能力：600t/h	1	破砕材用
M-Yミキサ（E474）	混合筒：4段（動力のない自然落下）	1	前田建設工業技術
セメントサイロ	貯蔵量：1000t	2	普通ポルトランド
セメントサージタンク	貯蔵量：40t ロータリーフィーダ-供給40t/h スクリューコンベア（セメント計量ホッパへ供給）	1	
セメント供給装置	供給能力40t/h 800kg×2槽セメント計量ホッパ切替式	1	ロインクワイエ計量方式
SPミキサ	混合筒φ1200×5連 15kw×5	1	
給水装置	水量により3段階圧力切替	1	電磁流量計付き
超遅延剤供給装置	供給量によりポンプ2機種切替	1	超遅延剤添加
重ダンプ用ホッパ	70tホッパ×2基	1	ダンプ直送用
ベルトフィーダ	ベルト幅：W1200 モータ：30kw 切出し能力：750t/h	1	運搬設備切出し用

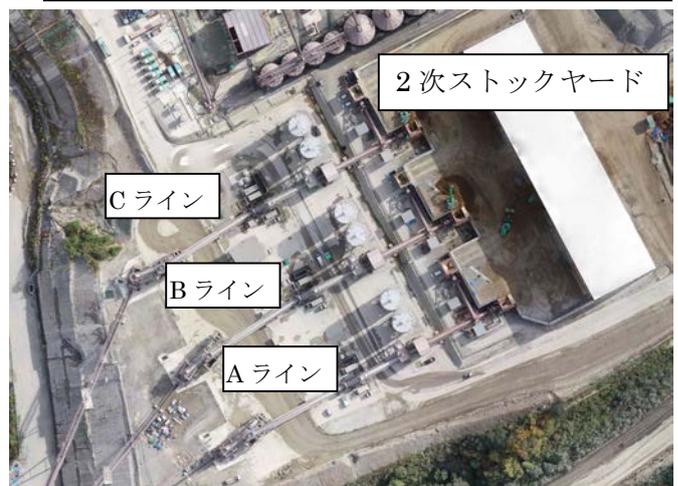


写真-1 CSG製造設備全景

キーワード 台形CSGダム、CSG製造、ミキサ、管理システム

連絡先 〒998-0802 宮城県仙台市青葉区二日町1-27 鹿島建設(株)東北支店土木部 TEL022-261-7111

①A<sup>4</sup>CSEL

A<sup>4</sup>CSELでは、施工シミュレーションを事前に行い、打設エリア、レーンの制約条件に合わせて最適化された出荷計画(出荷台数、製造量、製造系統、配合、レーン毎の出荷台数等)を作成する。その出荷計画を①A<sup>4</sup>CSELから②CSG製造管理サーバへ送信する。

## ②CSG製造管理サーバ

CSG製造管理サーバでは、①A<sup>4</sup>CSELから受領した出荷計画を各系統に振分けし、出荷台数、出荷数量を③CSG運転制御PCへ送信する。また、③CSG運転制御PCから送られてくる製造状況データ(重ダンプトラックへの積み込み状況、製造量、ベルト速度、ベルトスケール、電流値、異常データ等)から必要なデータを②CSG製造管理サーバで抽出し、①A<sup>4</sup>CSELへリアルタイムに送信する。CSG製造管理サーバはシステムを二重化(冗長化)しており、万一のトラブルでコンピュータの応答性やソフトウェアの動作環境に問題があっても、コンピュータを再起動することなく動作継続可能となり、CSGの安定製造を実現した。

## ③CSG運転制御PC

CSG運転制御PCでは各系統の運転制御を主に行っており、製造設備の状態把握と監視に加え、製造状況データを②CSG製造管理サーバへリアルタイムに送信している。

## ④遠隔監視用クラウドサーバ

②CSG製造管理サーバから①A<sup>4</sup>CSELへデータ送信を行うと同時に④遠隔監視用クラウドサーバへもデータをアップロードすることで、従来CSG製造設備でしか確認することができなかった情報を打設現場、現場事務所、本支店等から確認することができるシステムを構築し、導入している。クラウド上では製造速度グラフ、製造量グラフ、出荷ダンプ台数、出荷ダンプID、製造中配合、日々の日報を閲覧することができる(図-2)。その結果、今までにない管理形態と見える化によって効率よく、無駄のないCSG製造を行うことが可能になった。

## 4. CSG製造実績

2020年6月から11月までの6ヶ月間で291,999m<sup>3</sup>のCSGを製造しており、成瀬ダムの全体打設量のうち約6.5%の進捗である。月最大打設数量84,760m<sup>3</sup>/月、日最大打設数量7,557m<sup>3</sup>/日であった。8月から昼夜施工を開始し、大きなトラブルもなくA<sup>4</sup>CSELでの打設も停止させることなく、順調に製造した。

CSG製造管理システムを導入したことにより、出荷計画の受信から製造出荷までを全てデジタルデータで管理することで、ダンプの配車を自動的に行うこともでき、複雑な連絡指示が不要となり、効率的な製造出荷を実現した。

## 5. おわり

2020年度の日最大打設量は7,500m<sup>3</sup>であったが、今後のCSG打設の施工量が増え1万m<sup>3</sup>/日を超過する。CSG運搬方法もダンプ運搬(バッチ輸送)からベルトコンベア運搬(連続輸送)へ切り替わり、大量かつ高速施工が必要不可欠になる。2020年に使用したCSG製造管理システムはダンプ運搬に適したシステムであるが、今後のベルトコンベア運搬にCSG製造管理システムを対応させるため、機能をさらに向上させるべく、センシング機能追加等の開発を進めている。

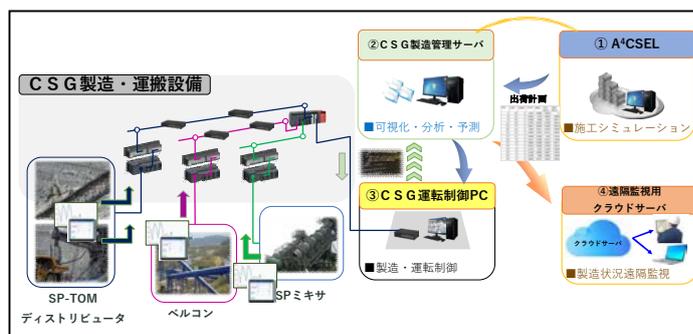
図-1 A<sup>4</sup>CSELとCSG製造管理システムの全体構成

図-2 クラウドサーバ閲覧画面