世界最初の台形ＣＳＧダムの施工実績

北海道　空知総合振興局　札幌管理建設部　当別ダム建設事務所　非会員　　石川　　勲
北海道　空知総合振興局　札幌管理建設部　当別ダム建設事務所　非会員　　土井　俊明
当別ダム本体工事事務所　（鹿島建設株式会社）　正会員　　山村　法男
当別ダム本体工事事務所　（鹿島建設株式会社）　正会員　○中村　元郎

１．はじめに

台形CSGダムは,台形ダムとCSG工法の両方のメリットを併せ持つダムであり,ダム建設における3つの合理化（設計・施工・材料）を同時に達成する新しい型式のダムとして考案されたものである.CSG工法とは,建設現場周辺で手近に得られる材料を,分級・粒度調整,洗浄を基本的に行うことなく,必要に応じてオーバーサイズの除去や破砕を行う程度で,セメント,水を添加し連続的に簡易な施設を用いて混合したものをブルドーザで敷き均し,振動ローラで転圧することによって構造物を造成する工法である.

本稿では,台形CSG工法による当別ダムの施工として,主として本体CSG工の施工実績を報告する.

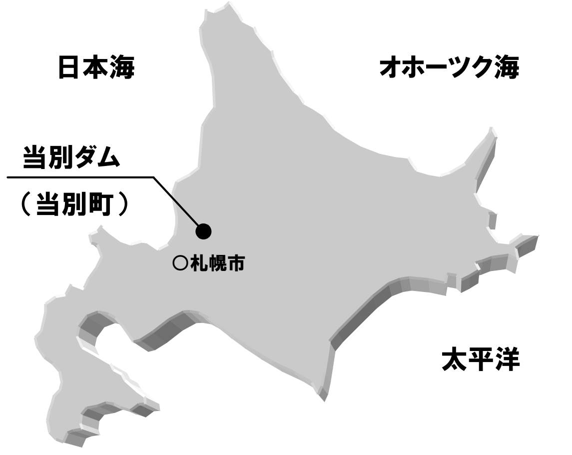


図-1　当別ダムの位置

２．工事概要

当別ダムは,当別川総合開発事業の一環として,石狩川水系当別川の北海道石狩郡当別町字青山地先に建設中の多目的ダムである.ダムの諸元を表-1 に示す.

ダムは台形 CSG ダム型式で,洪水調節,流水の正常な機能の維持,かんがい用水および水道水の供給を目的としている.

表-1　ダムの諸元

ダム形式	台形CSGダム
堤　　　高	52.0m
堤　頂　長	432.0m
堤　体　積	803,000m^3
集 水 面 積	231.1km^2
湛 水 面 積	5.8km^2
総 貯 水 容 量	74,500,000m^3
有効貯水容量	66,500,000m^3

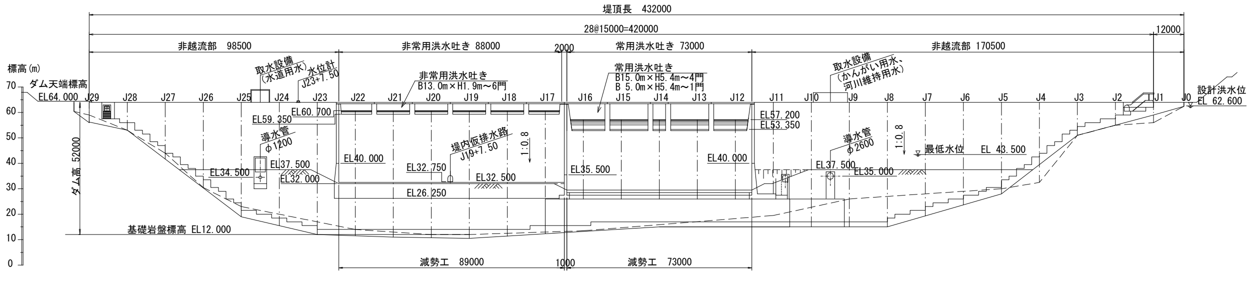


図-2　ダム上流面図

キーワード　CSG工法,SPミキサ,画像解析,ＲＩ水分計,表面水率,変動監視技術
連絡先　〒061-0201　北海道石狩郡当別町青山 2304-41
鹿島・竹中土木・岩倉特定建設共同企業体　当別ダム本体工事事務所　Tel 0133-25-1078

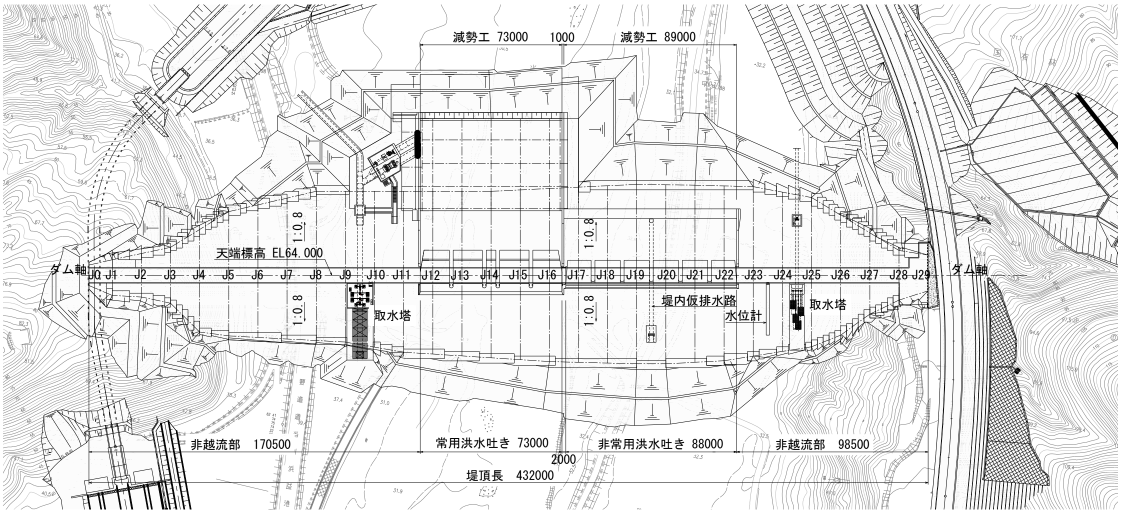


図-3　ダム平面図

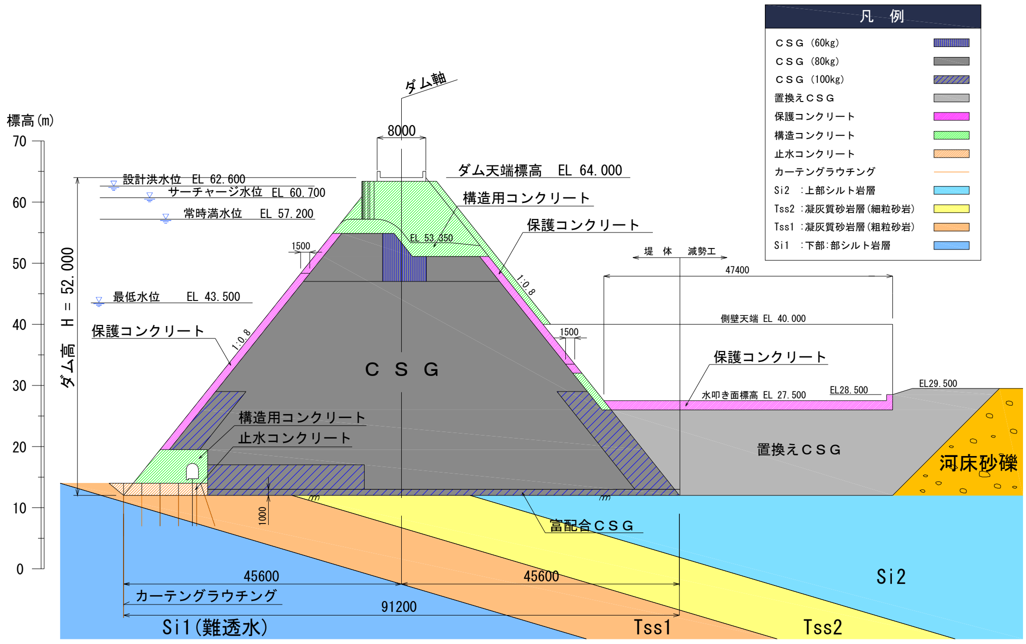


図-4　ダム標準断面図

3. 施工概要

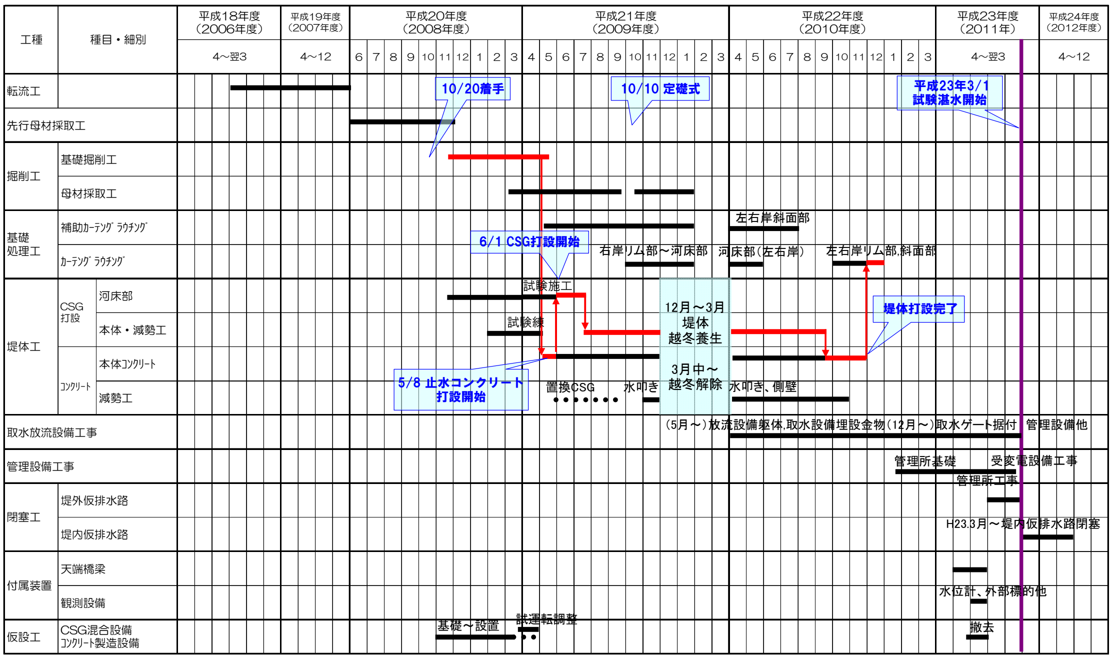
全体工程表を**表-2** に示す.転流工事は,平成 18 年より仮排水トンネルに着手し,平成 19 年に上下流締切工事を行い,12 月に一次転流を行った.また,本体工事に先行して,平成 20 年 6 月より母材採取工事に入り,10 月に本体工事を着工した.本体工事では,基礎掘削工及び仮設機械設備工を並行して行った後,平成 21 年 5 月より止水コンクリート,6 月より本体 CSG の打設を開始した,本体打設は平成 22 年 12 月に完了した.平成 23 年度は主として取水・放流設備工事及び管理設備工事を施工し,平成 24 年 3 月から試験湛水を開始し,同年 6 月に無事終了した.

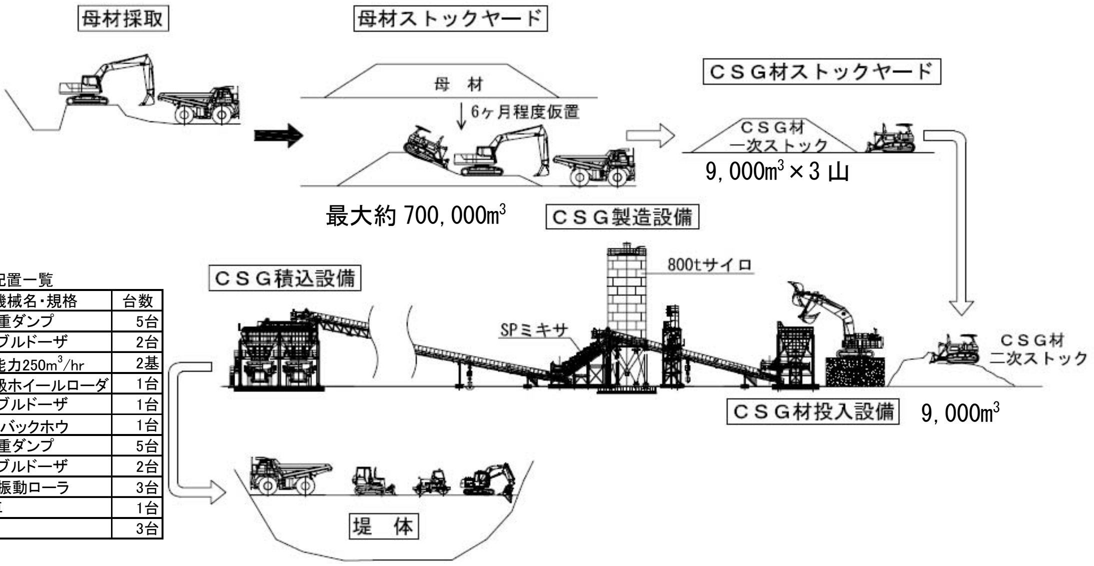
4. CSG 工

4.1 施工フロー

本体 CSG 工の施工フローを**図-5** に示す.計画上,日打設量 9,000m^3 を見込んでいる.

表-2　全体工程表





機械配置一覧

工　種	機械名・規格	台数
母材運搬	55t級重ダンプ	5台
母材切崩	32t級ブルドーザ	2台
CSG混合設備	製造能力250m^3/hr	2基
CSG材運搬	12m^{3}級ホイールローダ	1台
CSG材切崩	44t級ブルドーザ	1台
CSG材投入	4m^{3}級バックホウ	1台
CSG運搬	55t級重ダンプ	5台
CSG敷均	28t級ブルドーザ	2台
CSG締固	11t級振動ローラ	3台
セメントペースト散布車		1台
CSG打継面清掃車		3台

図-5　本体 CSG 工　施工フロー

4.2 施工設備・施工機械

(1) CSG 製造設備

CSG 混合装置への CSG 材の供給は，4m^3 級バックホウを使用した．CSG 混合装置は SP ミキサを採用した．製造能力は 1 時間当たり 500m^3（250m^3/h×2 系列）である．

(2) CSG 運搬設備

CSG 運搬設備はダンプトラック直送方式を採用し，河床部から堤頂部まで 36t～55t 級重ダンプを使用した．堤体乗入道路は堤体上流側の左右岸に各一系列設置した．

(3) CSG 施工機械

CSG 施工機械を標高別・部位別に図-6 に示す．

写真-1　製造設備全景

写真-2　左右岸堤体乗入道路

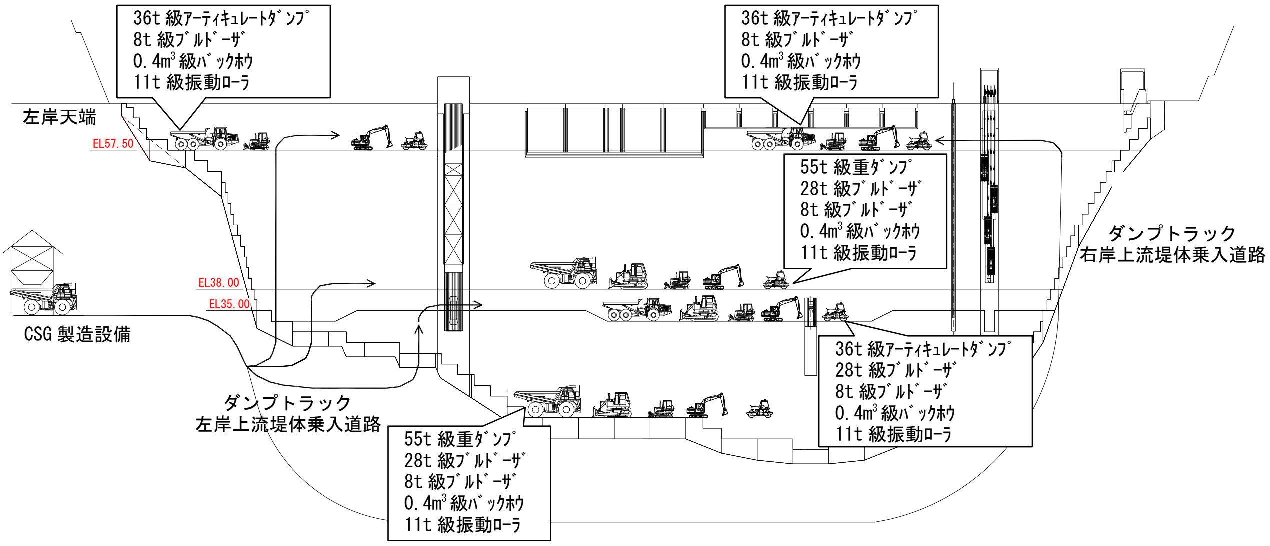


図-6　標高別 CSG 施工機械

4.3　CSG 施工仕様

(1)一般部の施工

CSG 一般部の施工仕様は,確認試験を通じ 1 リフト 75cm（25cm×3 層撒出し）,11t 級振動ローラ（両輪駆動型）による無振動 2 回＋有振動 6 回転圧と規定した.

打設レーン割りは,CSG 混合開始から転圧完了までの時間が 6 時間以内となることを考慮して,1 レーン 600m³ 程度で策定した.

(2)着岩部の施工

CSG 敷の基礎岩盤の大部分がスレーキングの進行が認められるシルト岩であるため,CSG 打設に先立ち仕上げ掘削として,スレーキングした範囲や粗掘削後に弛みの生じた範囲をツインヘッダにより除去した.仕上げ掘削完了後は,麻袋＋散水等により湿潤状態を維持するこ

とでスレーキングの進行を防止した.

河床着岩部の CSG は,0.4m^{3}級バックホウと人力により敷均しを行い,敷均し 25cm ごとに1t 級振動ローラにより転圧した(無振動2回+有振動8回).着岩際に大玉が集中する場合には,適宜これを取り除いた.

(1) 上下流端部の施工

CSG 上下流端の端部締固めには振動目地切機の振動機に1:0.8の締固め板を取付けたものを使用した.確認試験により締固め時間を40秒とした場合に,11t 級振動ローラ使用時相当の現場密度が得られることを確認しており,これを締固め仕様として規定した.

端部締固機によるCSG締固めに先行して,CSGと保護コンクリートの境界に従い,法面整形用バックホウを用いて法面整形を行った.

4.4 CSG 打継面処理

(1) 打継面清掃

台形 CSG ダムにおける施工の合理化を進めるため,CSG 打継面の清掃には,清掃車による施工法を基本に行った.

エア吹きによる清掃状態と同程度の状態が得られることを,試験を通して確認した.

CSG 打設面は,ダンプの走行によって表面に弛みが生じる場合がある.表面が弛んだCSGを取り除くため,当該部分の清掃には人力によるエア吹きを行ったのち,清掃車を稼動した.

(2) セメントペースト散布

当別ダムでは,確認試験の結果を踏まえ CSG 打継面に散布するセメントペーストとして,C:W＝1:6 の配合のセメントペーストを 5mm 厚で行うものとした.できるだけ均一な散布と,かつCSGの高い打設速度を妨げないよう,セメントペーストの散布には安定処理工法に使用するセメントペースト散布車を採用した.

(3) 養生

打設面は湿潤状態を確保するため,ハイワッシャーにより噴霧散水して湿潤状態を確保した.また,転圧完了後はブルーシートの設置や散水車の稼動により湿潤状態の確保に努めた.

写真-3 CSG 法肩部の締固め状況

写真-4 CSG 法肩部の整形状況

写真-5 清掃車による CSG 打継面の清掃

写真-6 セメントペースト散布状況

4.5 堤内構造物周りの施工

当別ダムではかんがい用導水管（10BL），堤内仮排水路（20BL），及び水道用導水管（25BL）という 3 種類の堤内横断構造物が，EL32.0～EL36.5 に集中して配置されている．

(1) 堤内仮排水路

20BL 堤内仮排水路はこれを横断するダンプ走路を確保するため，上下流を先行ブロックと後行ブロックに分けて施工した．

(2) 横断桟橋

25BL 導水管は管径がφ1,200 と比較的小規模であった.このため,導水管設置前にその左右岸の CSG 打設を完了しておき,導水管設置後にはこれを横断する桟橋を設置し,導水管を横断するダンプ走路を確保した．

4.6 CSG の打設実績

図-8 に月別 CSG 打設量の計画及び実績を示す．平成 21 年 6 月より本体打設を開始した．の打設はほぼ当初計画通りに進捗し，当初工程よりも約 2 週間短縮され,平成 23 年 9 月 23 日に完了した．

写真-7　上流側堤内仮排水路先行設置

写真-8　下流側堤内仮排水路設置

写真-9　25BL 横断桟橋設置

写真-10　25BL 横断桟橋設置

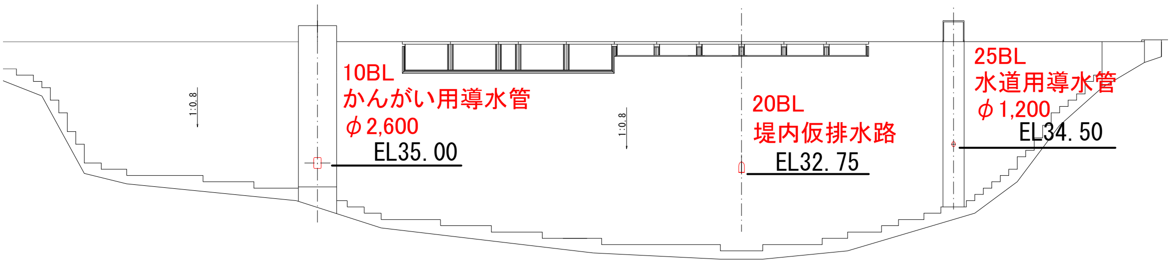


図-7　上流面図

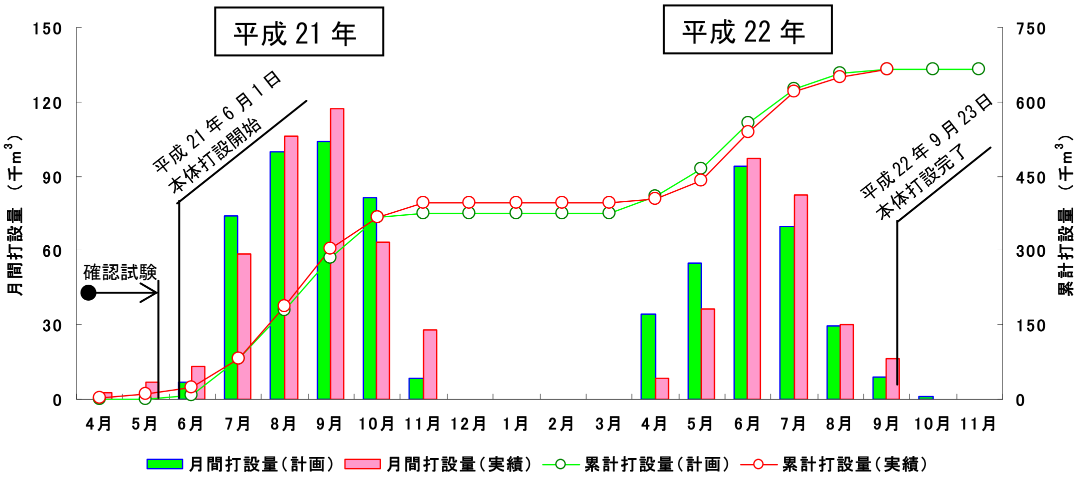


図-8　月別 CSG 打設量　計画及び実績

５．品質管理に用いた施工技術

5.1 GPS を用いた CSG 転圧回数管理

CSG の転圧回数管理には，振動ローラに GPS 装置を搭載して，運転室のモニター画面上にリアルタイムに転圧回数を表示し，これをもとに転圧回数管理を行う手法を採用した．また，現場内に無線 LAN を整備して，上記により得られるデータを打設現場の施工管理職員が所持するハンディータイプのパソコンおよびＪＶ事務所に設置したパソコンにリアルタイム配信し，転圧回数不足が生じていないことを管理職員もリアルタイムにチェックできるシステムを構築した．

本システムにより，CSG 打設現場において重要な管理項目である転圧回数管理を複数の目で，リアルタイムに行うことが可能となった．万が一，転圧回数不足となった場合でも即座に所定回数まで踏みなおすよう指示を行うことができるという点で，非常に効果的なシステムであった．

写真-12　GPS 装置による転圧回数管理システムを搭載した振動ローラ

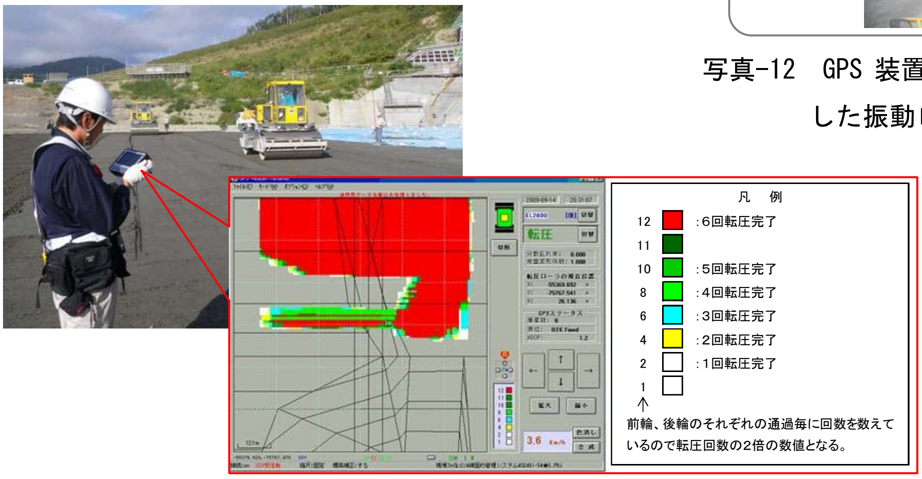


写真-11　携帯パソコンによる転圧回数管理状況

5.2 施工当日のCSG材品質変動に対するリアルタイム監視体制

(1) “デジタルカメラ画像解析技術による粒度測定方法（以下“デジカメ法”）

薄く平坦に敷き均した CSG 材をデジタルカメラで撮影し，画像解析を行ってその粒度を推定する手法の適用可能性について，施工当初から試験的導入を行い，実施工の中で検討してきた．測定・解析に要する時間や推定精度を整理した結果，試料採取～デジタルカメラ撮影～粒度推定までの所要時間は 10 分程度であり，CSG 材の粒度測定を迅速かつ連続的に行うことが可能であり，簡易法試験結果に対する類似性があるものと判断した．

(2)　RI 水分計”を用いた CSG 材表面水量監視（以下“RI 法”）

施工当日の CSG 材表面水量については,その変動傾向を CSG 材投入ホッパ下部に取付けた RI 水分計および RI 密度計を使って察知する手法を考案し,その適用可能性について施工当初より検討を行った.その結果,簡易法による表面水量測定値との絶対値での相違がある場合もあるが,CSG 材表面水量の変動傾向をリアルタイムに監視することが可能であることが判った.図-10 に CSG 製造時における,簡易法測定値と“RI 法”測定値との対比について,その一例を示す.

“デジカメ法”及び“RI 法”により，施工当日の CSG 材品質の変動傾向をリアルタイムに確認することが可能であることが判った．これらの品質管理方法を採用することにより，CSG 材の品質変動に応じて品質管理試験（簡易法）を実施することが可能となり，品質管理の合理化を図ることができた．

（財）ダム技術センターならびに当別ダム台形ＣＳＧダム施工技術検討会のご関係各位のご指導，ご助言で，本体打設を無事予定期間内に終える事ができ，感謝申し上げます．

写真-13　”デジカメ法”による CSG 材粒度測定状況

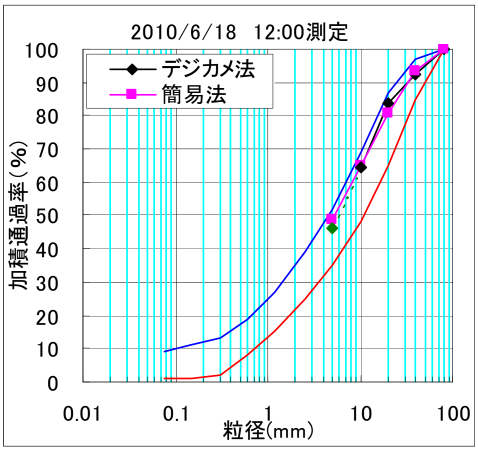


図-9 “デジカメ法”，簡易法の両測定方法による粒径加積曲線の対比の一例

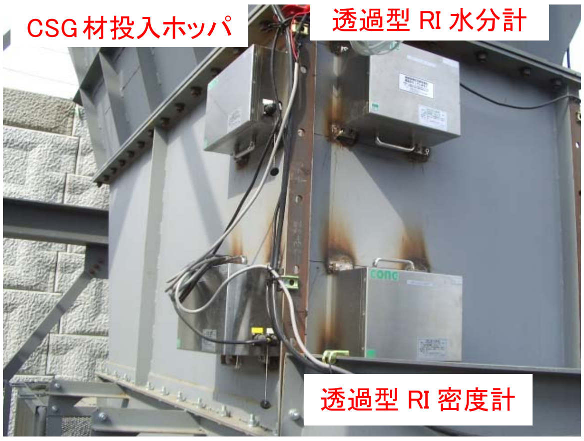


写真-14　透過型 RI 水分計および透過型 RI 密度計を設置した CSG 材投入ホッパ

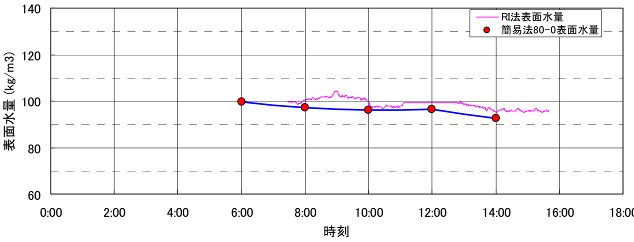


図-10　“RI 法”と簡易法による表面水量測定値の対比の一例