

## 環境対策特集

# ダム施工における材料の有効活用と重力を利用した混合プラント

佐藤 健一・吉岡 一行・矢野 栄一

大保脇ダム建設工事の沢処理工は台形 CSG ダムによる設計理論が日本で初めて適用され、永久構造物として施工されたものである。台形 CSG ダムとは CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法と台形ダムを組合わせたダム形式で材料の合理化、設計の合理化、施工の合理化を同時に達成可能なダム形式といえる。また、沢処理工では CSG の混合プラントとして環境にやさしい重力を利用して混合を行う MY-BOX を使用した。この CSG の材料採取から製造、打設について報告する。

キーワード：台形 CSG ダム、堤体、CSG、混合設備、MY-BOX

## 1. はじめに

近年のダム建設は、公共事業費の削減、自然環境の保護・保全に対する強い要望を受け今まで以上の施工の合理化と環境への配慮が望まれている。そうした中、機械化施工によるフィルダムの建設促進や RCD 工法によるコンクリートダムの施工など汎用機械による「施工の合理化」を中心に検討が重ねられてきた。

最近では台形形状のダムに CSG 工法を適用し「設計の合理化」「材料の合理化」「施工の合理化」を同時に満足する新しいダム形式「台形 CSG ダム」が注目を集めている。

本報文は、沖縄本島北部に建設中の大保ダムにおいて、台形 CSG ダムの理論に基づいて建設された大保脇ダム沢処理工における CSG の施工および製造について述べたものである。

## 2. 大保ダム工事概要

大保ダムは、沖縄北西部河川総合開発事業の一環として沖縄本島北部大宜味村の大保川水系大保川に建設されるダムで、洪水調節、下流河川の適正な流量の確保、水道用水の供給を目的とする多目的ダムである(図-1)。

大保ダムは、重力式コンクリートタイプの本ダムとロックフィルタイプの脇ダムで構成される。大保本ダム、脇ダム、沢処理工の平面位置を図-2 に、ダムの諸元を表-1 に示す。ダム完成後には、総貯水容量は 2,005 万 m<sup>3</sup> と沖縄県内第 2 番目の大規模ダムとなる。

## 3. 沢処理工の概要

沢処理工は脇ダム左岸の止水ライン上にある沢に貯

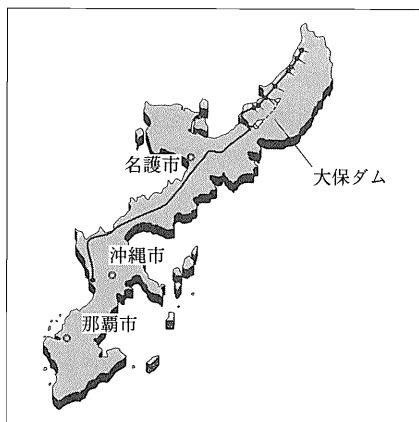


図-1 大保脇ダム位置図

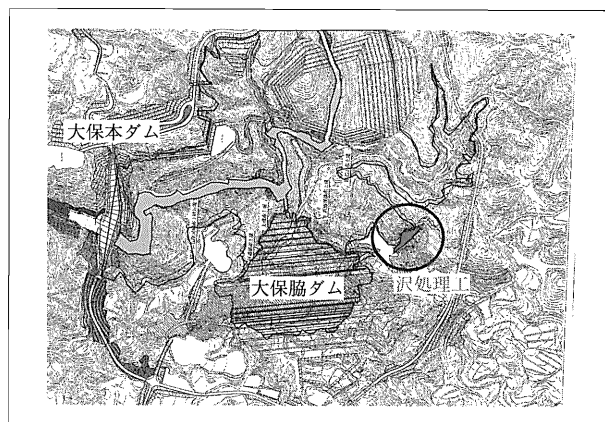


図-2 大保ダム平面図

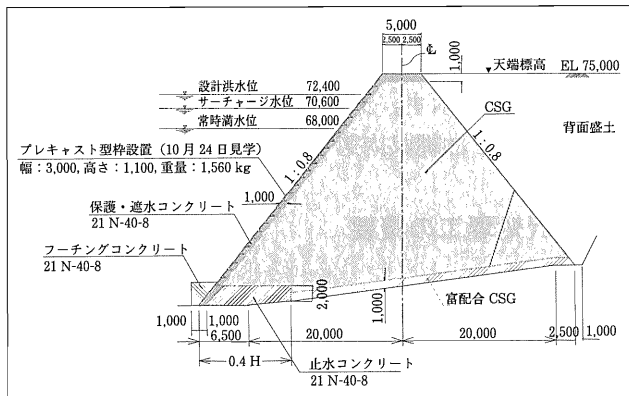
表—1 大保本ダムおよび脇ダム諸元

位置	沖繩県国頭郡大宜味村字田港地先
型式	本ダム：重力式コンクリートダム 脇ダム：ロックフィルダム
堤高	本ダム：77.5 m 脇ダム：66.0 m
堤頂長	本ダム：363.3 m 脇ダム：445.0 m
堤頂標高	本ダム：73.5 m 脇ダム：75.0 m
堤体積	本ダム：410,000 m <sup>3</sup> 脇ダム：1,823,000 m <sup>3</sup>
集水面積	13.3 km <sup>2</sup>
湛水面積	0.89 km <sup>2</sup>
総貯水容量	20,050,000 m <sup>3</sup>
有効貯水容量	19,530,000 m <sup>3</sup>

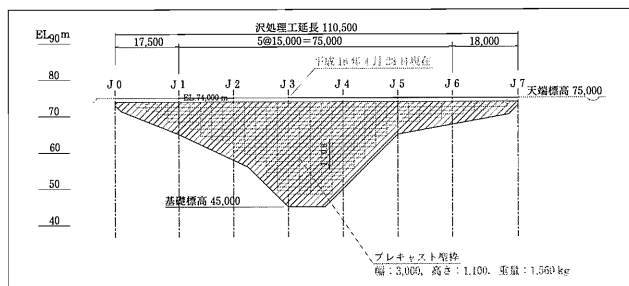
流水が浸透すると脇ダム下流へ漏水が発生し安全性を損なう恐れがある。その止水処理を目的として沢処理工が計画された。沢処理工の諸元を表—2 および図—3、図—4 に標準断面図、上流面図を示す。

表—2 沢処理工諸元

堤高	30.0 m
堤頂長	110.6 m
堤体積	33,860 m <sup>3</sup>
富配合 CSG	5,200 m <sup>3</sup>
CSG	23,450 m <sup>3</sup>
保護・遮水コンクリート	3,160 m <sup>3</sup>
止水コンクリート	790 m <sup>3</sup>
フーチングコンクリート	1,250 m <sup>3</sup>
上流面型枠（プレキャスト）	1,494 m <sup>3</sup>



図—3 沢処理工標準断面図



図—4 沢処理工上流面図

#### 4. 台形 CSG ダム

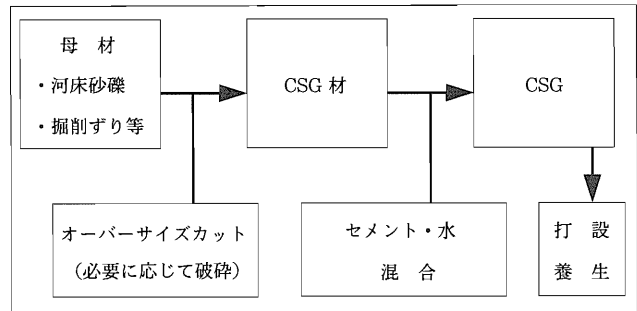
##### (1) CSG 工法

CSG 工法とは、河床砂礫などの岩石質の母材を基本的に分級等の調整を行わず水とセメントを加えて混合するものである。CSG 工法の特徴として、

- ① 効率の良い母材（材料）の確保が可能。
- ② CSG 製造が簡易な設備で可能。
- ③ 急速施工が可能

などの特徴があり建設コストの縮減、環境負荷の低減が可能である。

従来この工法は仮締切りなどの仮設構造物としての使用実績が多く報告されているが、本沢処理工の規模で永久構造物としての実績は日本で初めてとなる。標準的な CSG の製造工程を図—5 に示す。



図—5 CSG 製造工程

##### (2) 台形 CSG ダム

台形ダムは、堤体形式を台形することで堤体内に発生する応力および応力変動を大幅に低減し堤体材料に要求される必要強度を最小限にできる特徴を有している。

また、基礎地盤の強度や変形性に対してもコンクリート構造物に比べて許容範囲が広い設計となり、大幅な設計の合理化を図ることができる。この台形ダムと先に述べた CSG 工法と組合せたものが台形 CSG ダムであり以下の特徴が上げられる。

- ① 材料に応じた堤体設計を行うダムである。
- ② 材料、設計、施工の合理化を同時に達成可能なダム形式である。
- ③ 建設工事に伴う環境負荷の軽減を図るダムである。

沢処理工は、日本で初めて台形 CSG ダムの設計理論に基づいて設計された永久構造物である。

(3) 沢処理工における CSG の施工

(a) CSG 母材の選定

ロックフィルダム型式である脇ダム本体は、堤体材料を貯水池内の原石山から採取する計画である。沢処理工における CSG についても同じ原石山より産出する千枚岩を母材として採取することにした。対象岩級については CSG の予備配合試験の結果、CLD 級の材料では CSG の必要強度を得られない事が判明したため、千枚岩 CL 級以上に限定した。

使用する材料の最大粒径は 80 mm で計画されており当初 80 mm 以上の粒径をグリズリ等でカットすることにより CSG 材として使用する予定であった。しかし母材の粒度試験の結果、粒径 80 mm 以上の割合が多く、オーバーサイズカットによる調整方法では経済的に不利なため、破碎設備により 80 mm 以下に破碎調整することとした。

この破碎した材料の粒度のばらつきを考慮した結果、粒度分布の特性を示す値として粒径 5 mm 以下の割合が 20~50% の範囲を想定して施工を実施するものとした (図-6)。

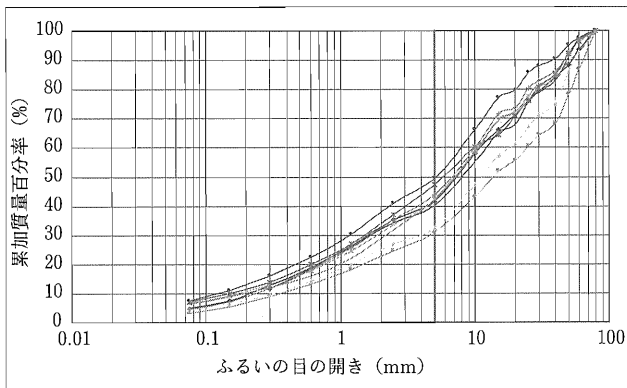


図-6 CSG 材の粒度分布

(b) 母材採取から CSG 材製造の流れ

図-7 には CSG 母材の採取から粒度調整、貯蔵までのフローを示す。CSG 母材は原石山で採取され CSG 材製造プラントで 80 mm 以下に破碎調整、貯蔵される。

CSG 母材は自然発生材であり採取量や材質の変動が予想される。打設工程を確保するために、母材の仮置きを行った。今回は母材の品質に大きな変化が生じた場合、配合の修正確認に約 1~2 カ月は必要なことから月最大計画打設量の 2 カ月分、約 8,000 m<sup>3</sup> の仮置きを実施した。また破碎後の CSG 材の貯蔵としては日平均打設量の 5 日分に相当する 2,500 m<sup>3</sup> を最大貯蔵量とした (写真-1)。

CSG 材は粒度分布や気象状況の変化によって表面

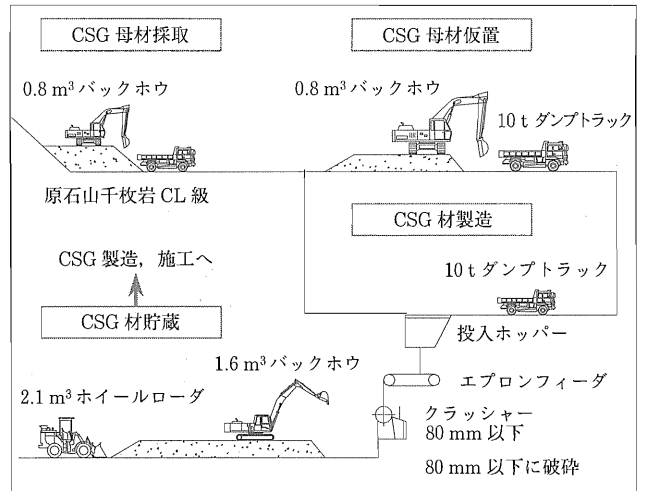


図-7 CSG 材製造フロー

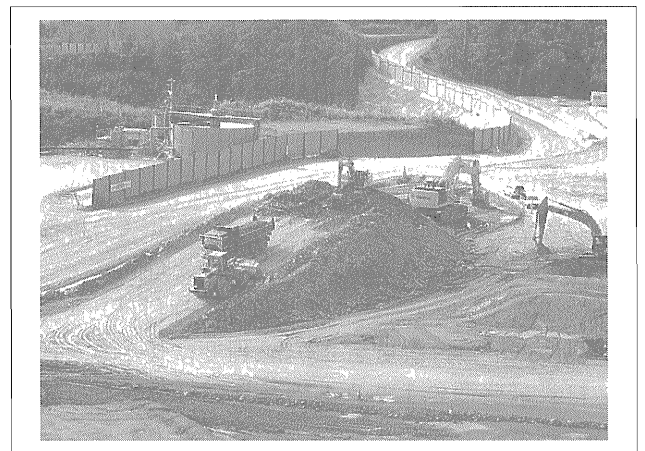


写真-1 母材仮置き状況

水率などが逐次変動する。この粒度分布の変動、および表面水率のばらつきに伴う単位水量の変動を逐次把握したうえで施工を行った。さらに、できる限り表面水率の変動を抑えるために降雨が予想される場合はシート養生、逆に風が強く表面が乾燥しすぎる場合は散水を行い表面水率の変動を極力抑えるようにした (写

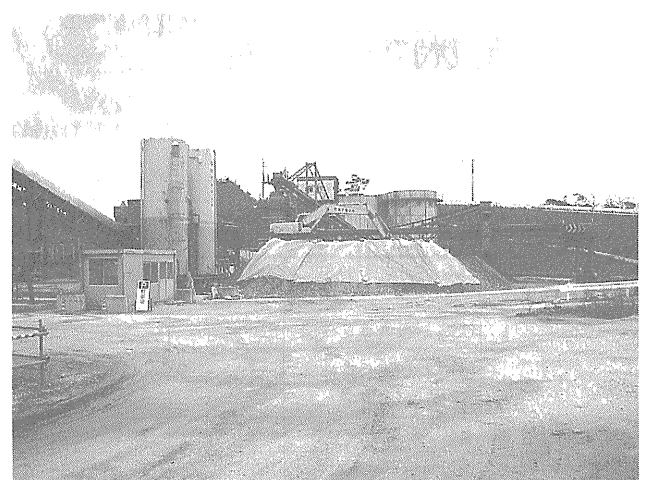


写真-2 CSG 材シート養生状況



写真-3 CSG材散水状況



写真-4 CSG混合装置 (MY-BOX)

真-2, 写真-3)。

(c) CSG 製造設備

CSGの混合設備は、傾胴式ミキサを計画上の標準と設定されており、当初計画においても、傾胴型1.0 m<sup>3</sup>×2のコンクリート製造設備を用いて、CSGを混合する予定であった。

この製造設備の製造能力は42.0 m<sup>3</sup>/h（公称能力57.6 m<sup>3</sup>/h）で限られた作業時間内（9時間）で一連の打設作業（準備工—撤出し—転圧—片付け）を完了させるには、日打設量を250 m<sup>3</sup>程度にせざるを得ない。打設最盛期の1リフト当たりの打設数量は概ね600 m<sup>3</sup>程度あるため、理論上1リフト当たり3分割

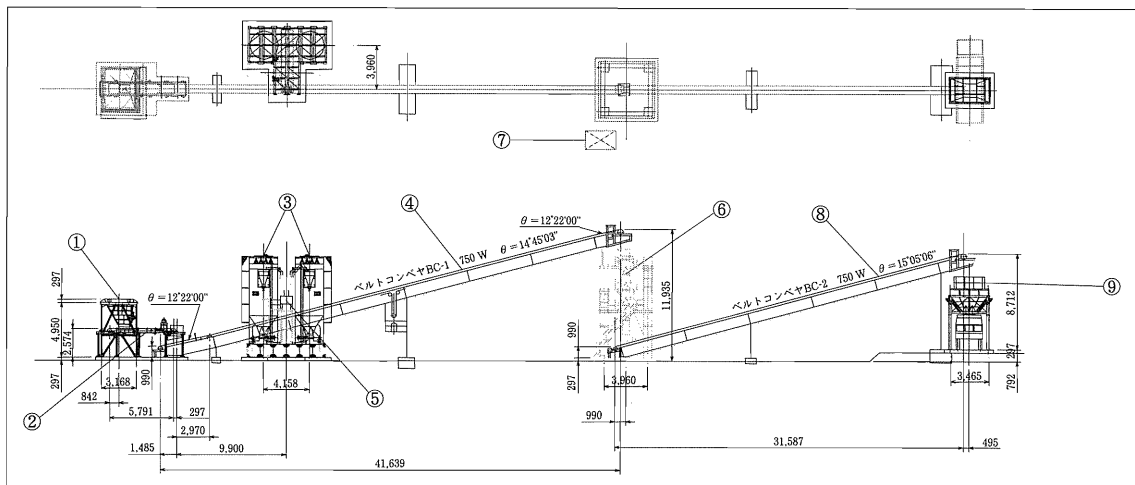
しなければ施工できなくなり、結果として工期が延びてしまうこととなる。

したがって、当該工事では、混合に重力を利用するため環境に優しく、連続的かつ大量にCSGを混合できる混合装置として、MY-BOXを使用することとした（図-8、写真-4）。

(d) 設備の特長および工夫点

CSG混合設備は、以下の特徴を有している。

- ① 混合に動力を必要とせず、連続的にCSGの混合を行うことができる。
- ② 各材料の供給速度を変えることで、製造能力を任意に設定できる。今回は80 m<sup>3</sup>/h以上とした。



主要機械一覧表

番号	名称	規格・仕様	数量	能力 (t/h)	出力 (kW)	番号	名称	規格・仕様	数量	能力 (t/h)	出力 (kW)
1	CSG材投入ホッパ	6 m <sup>3</sup>				5	セメント定量供給設備	600×4,500	1	20.0	2.2
2	CSG材切出し設備 (ベルトフィーダ)	900×5,850	1	303.8	5.5	6	MY BOX	650×650	4		
3	セメントサイロ	30 t	2		0.75	7	給水設備	5 m <sup>3</sup>	1		
4	供給コンベヤ No.1	750×39,500	1	333.8	22.0	8	供給コンベヤ No.2	750×32,000	1	333.8	22.0
						9	製品ホッパ	6 m <sup>3</sup>	1		

図-8 CSG製造設備

③ 各材料の計量値を記録できる。

当初 CSG の混合水は、MY-BOX 上部の材料投入口より材料と同時に給水する前給水方式としていたが、実際に CSG を混合したところ混合装置内で閉塞が生じ、閉塞の除去のため製造速度として約 15 m<sup>3</sup>/h 程度しか得られなかった。対策として、MY-BOX 内部の閉塞を生じる部分に直接給水する中間給水方式によって対応することで問題を解決することができた。これにより、80 m<sup>3</sup>/h 以上の速度で CSG を製造することが可能となった。

(e) 製造設備の混合性能

本施工に入る前に、傾胴型ポットミキサと実機混合プラントの混合性能の比較確認を行った。ポットミキサにより室内で混合作製した供試体と実機プラントで混合作製した供試体の強度比較を行った。

図-9 に示すように室内で確認された供試体強度範囲の中に実機混合供試体強度もプロットされた。このことから実機プラントはポットミキサとほぼ同等の混合性能を有していることが証明された。

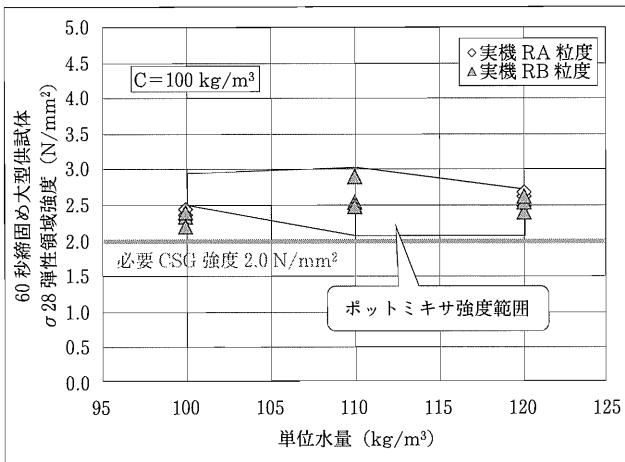


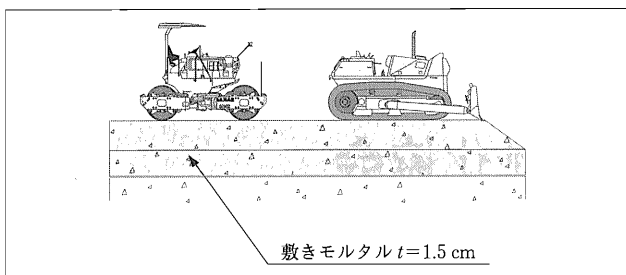
図-9 実機混合試験結果

(f) CSG の施工

沢処理工の CSG 施工フローは以下に示す通りである。標準では 4 日で 1 m を施工した。

① 1 層目 CSG 撤出し、締固め

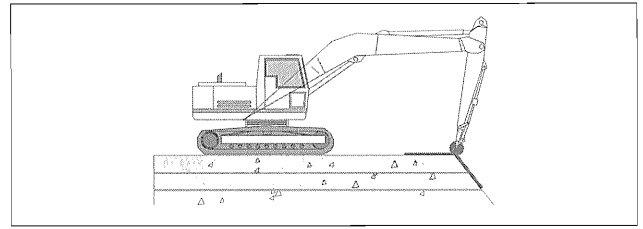
16 t ブルドーザで CSG 25 cm を 2 層撤出し、11 t



ローラで 6 回締固め、50 cm で仕上げる。

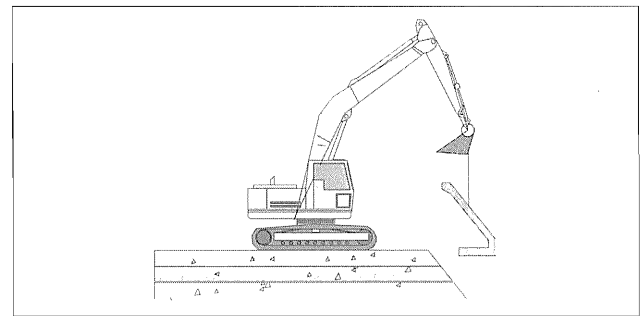
② 1 層目法肩締固め

締固め機を装着したバックホウ 0.8 m<sup>3</sup> で法肩を締固める。



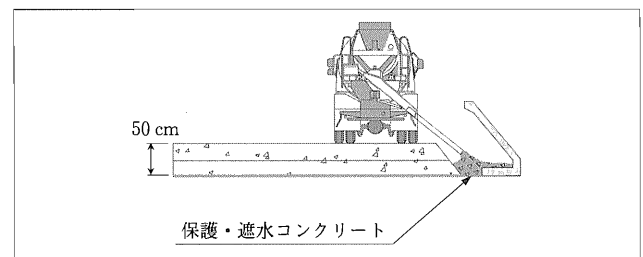
③ 保護・遮水コンクリート (型枠 (プレキャスト方式) 設置)

1 層 50 cm 締固め後に 2.9 t クレーン仕様のバックホウ 0.8 m<sup>3</sup> でプレキャスト型枠を設置する。



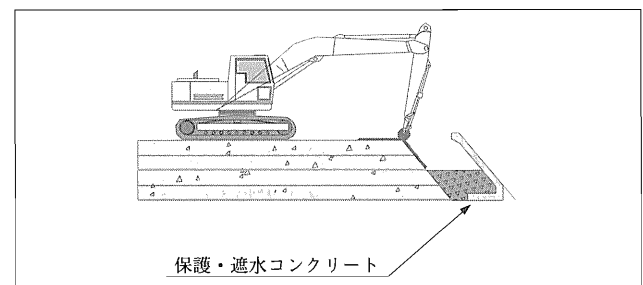
④ 保護・遮水コンクリート打設

1 層 50 cm まで打設する。



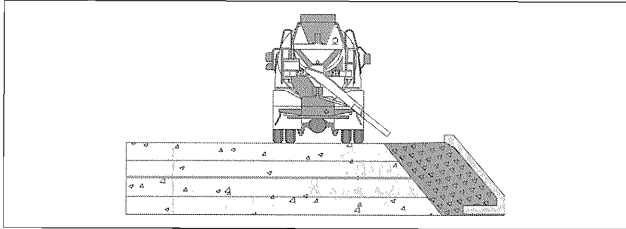
⑤ 2 層目 CSG 打設

更にその上部に 50 cm CSG を打設した後、その法肩を締固める。



### ⑥ 2層目保護・遮水コンクリート打設

プレキャスト型枠の最上部までコンクリートを打設する。



## 5. おわりに

今回の沢処理工 CSG の施工は平成 15 年 9 月～16 年 4 月の 8 カ月で完了することができた。これは、当初計画より 3 カ月程度工程を短縮する結果となった。当初計画より大きな製造能力 (80 m<sup>3</sup>/h 以上) を有する MY-BOX を採用したこと、および上流面型枠にプレキャスト型枠を採用したことがこのような工程短縮に結びついた大きな要因と思われる。日最大打設量においても 655 m<sup>3</sup> を達成する等、当初計画以上の実績となった。

またここでは詳しく述べることはできなかったが、上流面のプレキャスト型枠の採用、法肩締固め機の開発など、沖縄総合事務局をはじめ財団法人ダム技術セ

ンターの御指導を賜ることで新技術にも積極的に取り組み、実現へこぎつけることができた。この経験は、将来の台形 CSG ダムにおける施工および施工機械の合理化に必ず結びつくものと確信している。

ダム事業を取巻く環境は、今後ますます厳しさを増すものと思われるが、コスト縮減、環境負荷低減に結びつく施工および施工機械の合理化に向けて引き続き努力していきたい。

JCM A

#### [筆者紹介]

佐藤 健一 (さとう けんいち)  
前田・三井住友・大城特定建設工事共同企業体  
大保協ダム作業所  
所長



吉岡 一行 (よしおか かずゆき)  
前田・三井住友・大城特定建設工事共同企業体  
大保協ダム作業所  
副所長



矢野 栄一 (やの えいいち)  
前田・三井住友・大城特定建設工事共同企業体  
大保協ダム作業所  
課長



## 建設機械用語集

- 建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- 建設機械関係基本用語約 2000 語 (和・英) を収録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5 判 200 頁 定価 2,100 円 (消費税込) : 送料 600 円  
会員 1,890 円 (消費税込) : 送料 600 円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289