

嘉瀬川ダム副ダムの CSG 施工実績 Construction of CSG Subdam in Kasegawa Dam

黒田 昇* Noboru Kuroda
芥川 充志* Atsushi Akutagawa
古川 節* Takashi Furukawa

要 約

本報は、嘉瀬川ダム副ダム建設工事における副ダム堤体 CSG 工法の施工のために実施した確認試験と施工実績について述べたものである。

副ダム堤体では、堤体積 65,300 m³ のうち CSG を 51,700 m³ 施工した。CSG の施工にあたっては、各種の確認試験の結果を実施工に反映させることにより、良好な管理のもとで CSG の施工を行うことができた。しかし、施工計画（工程計画）上、当初計画において想定していないさまざまな課題が発生した。それらの課題に対して、その都度計画の修正を行いながら施工を進め、当初計画より 2 ヶ月遅れて CSG の打設を完了した。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 副ダム堤体 CSG 確認試験
- § 4. 副ダム堤体 CSG 施工実績
- § 5. まとめ

§ 1. はじめに

嘉瀬川ダムは、一級河川嘉瀬川水系の佐賀県佐賀市富士町に建設中の重力式コンクリートダムである。嘉瀬川ダム副ダムは、嘉瀬川ダムと連携した貯水池を持つ副ダムとして一般的な貯砂機能の他に常時一定の湖面を確保する目的も有している。これにより広大な水面からなる景観を創出し、ダム湖面の親水性の向上と湖面を利用した活動を促進する。また、嘉瀬川ダムの水位低下による上流部の荒廃地防止ならびに嘉瀬川ダム貯水池内の水質保全も目的とされている。

嘉瀬川ダム副ダムは、台形状のダムに CSG 工法を適用して「材料の合理化」「設計の合理化」「施工の合理化」を同時に達成することで環境負荷軽減、コスト縮減が可能となる「台形 CSG ダム」である。堤体の主材料である CSG は、嘉瀬川ダム原石山の廃棄岩を 80 mm 以下に破碎した後にダムサイトの CSG 混合プラントにてセメントと水を加えて混合して製造した。その CSG を 10 t ダンプトラックにて堤体まで運搬して 16 t ブルドーザー

で敷均し、11 t 振動ローラで転圧を行った。さらに、堤体の上下流面にはプレキャスト型枠を採用して施工の効率化と安全性の向上をはかっている。

本報では、副ダム堤体 CSG 工法の施工にあたって実施した確認試験と副ダム堤体 CSG の施工実績について述べる。

§ 2. 工事概要

2-1 工事工程

施工は、平成 20 年 3 月に伐採、工事測量から着手し、その後右岸側の基礎掘削、法面工および仮設備の設置を行った。右岸側の基礎掘削、転流工の完成後平成 21 年 3



写真一 1 ダム全景

*九州（支） 嘉瀬川副ダム（出）

月18日に転流を行い左岸側の基礎掘削に着手した。7月中旬に基礎掘削を完了し、仕上掘削・岩盤清掃に着手したが、7月25、26日の集中豪雨による出水が上流仮締切を越流して土砂が堤敷き内に流入した。その復旧工事に約1ヶ月を要し、10月1日に副ダム堤体CSGの初打設を行った。CSG打設は平成22年6月2日に完了し、その後水叩き、堤内水路の閉塞工等を行い、工事は当初工期の平成22年9月末に竣工した。

2-2 工事概要

本工事の工事内容と副ダムの諸元を表一と表二に示す。

§3. 副ダム堤体CSG 確認試験

本工事では、発注前試験施工によってCSG材の粒度範

囲、CSG強度と単位水量の関係「ひし形」、11t振動ローラによる転圧回数等の施工仕様(案)が定められていた。しかしながら、本体工事に使用する施工設備、機械の一部は発注前試験施工で使用したものと異なる機械(例:混合設備)を使用するため、これらの機械を使用した際にCSGの品質が確保できるか確認する必要がある。また、発注前試験施工で試験未実施の施工仕様項目が複数あり、本体工事に先立ってこれらの施工仕様について確認する必要がある。

そのため、本体工事に使用する施工設備、施工機械を使用して平成21年1月から7月の間に確認試験を実施した。試験施工ヤードとしては、母材ヤード、CSG材ストックヤード、CSG混合プラントヤード、上流仮締切を使用した。

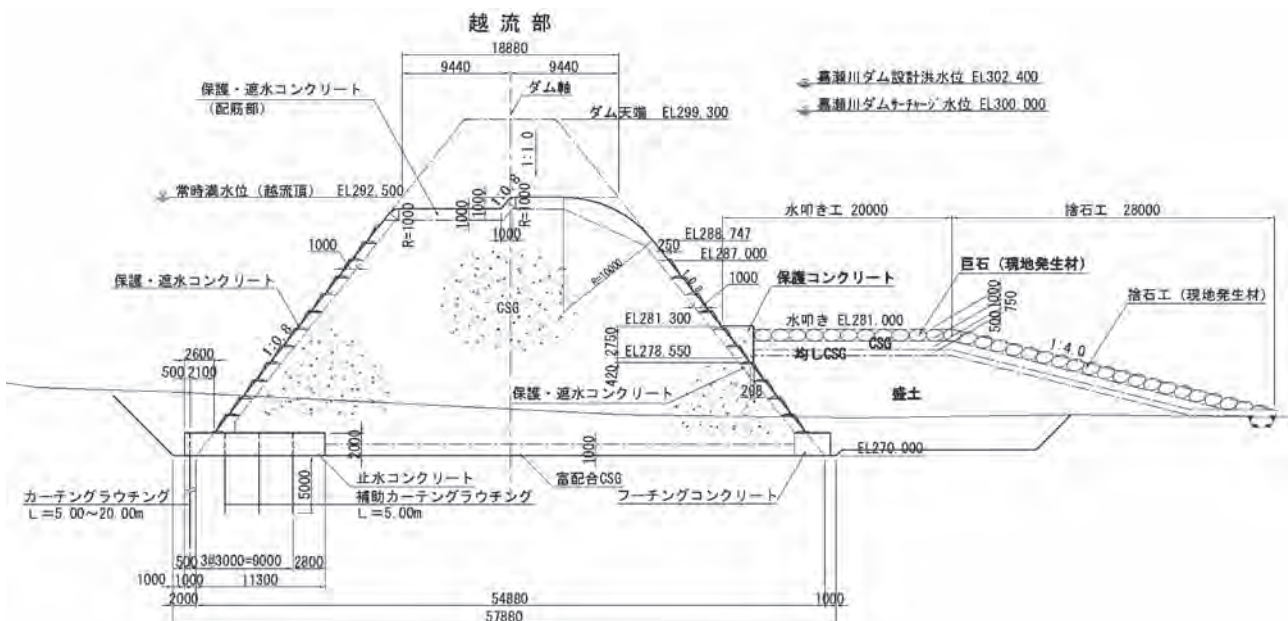
確認試験の項目、内容、結果について表三に示す。

表一 工事内容

工事名	嘉瀬川ダム副ダム建設工事
河川名	嘉瀬川水系神水川
工事場所	佐賀県佐賀市富士町栗並
工期	平成20年3月4日～平成22年9月30日
発注者	国土交通省九州地方整備局
請負者	西松建設株式会社


表二 副ダム諸元

形式	台形CSGダム	天端標高	EL.299.3m
堤高	29.3m	越流部標高	EL.292.5m
堤頂長	115.5m	流域面積	50.1km ²
堤体積	65,300 m ³	貯水容量	1,300 千m ³
CSG	51,700 m ³	洪水吐き設計対象流量	860 m ³ /s
コンクリート	13,600 m ³	洪水吐き	1門(自由越流形式)
堤頂幅	8.0m	水位低下設備	1門(スライドゲートスピンドル式)



図一 ダム標準断面図

表-3 CSG 確認試験施工 項目 内容 結果

確認項目	確認項目(細目)	確認内容	試験の結果	
本体打設に使用する母材, CSG材の性状確認		<ul style="list-style-type: none"> 母材の品質確認(粒度, 密度・吸水率) 提示された粒度範囲内の粒度のCSG材を得るために, 母材を破碎する自走式クラッシャの開き目を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発注前試験施工の結果と同様(粒度, 密度, 吸水率) 自走式クラッシャの開き目を65mmとした。 	
CSG混合設備の性能確認		<ul style="list-style-type: none"> 実施工で使用予定のCSG混合設備が標準仕様である傾胴型ミキサと同等の性能を有しているか確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> DKS-IIミキサ(CRTミキサ)は, 傾胴型ミキサと同等以上の性能を有している。 	
施工仕様の確認	転圧回数の確認	<ul style="list-style-type: none"> 本体打設における振動ローラ転圧回数のおよび施工性を確認する。 決定された振動ローラ転圧回数の締固めエネルギーに相当する大型供試体の締固めエネルギーを把握する。 	<ul style="list-style-type: none"> 11t級振動ローラの転圧回数は無振動2回, 有振動8回とする。 11t級振動ローラの施工性は良好である。 大型供試体の締固めエネルギーは20秒とする。 	
	法肩部締固め時間の確認	<ul style="list-style-type: none"> 法肩締固め機械による法肩部の締固め時間を決定するとともに施工性を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 法肩締固め機械の締固め時間は20秒とする。 法肩締固め機械の施工性は良好 	
	着岩部における振動ローラおよびランマの転圧回数の確認	<ul style="list-style-type: none"> 着岩部における振動ローラおよびランマの転圧回数を決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> CSG25cm毎に60kgランマによる転圧は4回とする。 CSG25cm毎に1tローラの転圧は6回とする。 	
	転圧開始時間の確認	<ul style="list-style-type: none"> CSGの品質が確保されるCSG混合開始～締固め終了までの時間を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> CSG混合開始から転圧開始までの時間は最大6時間とする。 	
	打継面処理方法の確認(その1)	<ul style="list-style-type: none"> セメントペースト塗布による方法で打継面処理を行った際の打継面の状況を確認し, 打継面処理方法を決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> セメントペーストの配合 C:W=1:0.8 厚さ0.5mmで打継面は良好な密着具合を示す。 	
	打継面処理方法の確認(その2)	<ul style="list-style-type: none"> CSG転圧後, ダンプトラック走行開始時間に対応したCSGの品質を確保するための打継面処理方法を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 6時間経過 直線部: 轍の発生は無かった。曲線部: 轍が発生。 12時間経過 直線部, 曲線部とも轍の発生は無かった。 	
	プレキャスト型枠の施工仕様及び底版形状の検討	<ul style="list-style-type: none"> プレキャスト型枠の底版形状と基盤との隙間に充填するモルタルの配合, 型枠と基盤との間の隙間幅を決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> プレキャスト型枠の底版形状は  とする。 モルタルの配合は1:3モルタル+混和剤とする。 プレキャスト型枠と基盤との隙間幅は30mmとする。 	
	プレキャスト型枠の設置に対する確認	<ul style="list-style-type: none"> 実際に使用するプレキャスト型枠の設置を行い, 施工性を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工性は良好である。 	
	CSG打設方法(2リフト目)の検討	<ul style="list-style-type: none"> プレキャスト型枠設置後, 2リフト目のCSGを敷き均す際にこぼれ量を極力少なくするとともに, 施工性を確保するためのCSG打設方法を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 2リフト目のCSG法肩は, 1リフト目の法肩より50cm控えて施工する。 	
保護コンクリート打設の確認	<ul style="list-style-type: none"> プレキャスト型枠を設置し, 2リフト目のCSGを打設した後, 保護コンクリートの打設を行い, 施工性の確認を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工性は良好である。 		
品質管理手法の検討	CSG材の管理方法に対する検討・確認	<粒度>	<ul style="list-style-type: none"> 炉乾燥法と簡易法(湿潤状態でふるい分け)でふるい分けたCSG材の粒度の相関性を確認する。 施工当日のCSG材の粒度の変動傾向を確認し, 測定頻度を決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 炉乾燥法と簡易法でふるい分けた粒度は相関性がある 簡易法での粒度管理の頻度は1回/1時間とする。
		<表面水量>	<ul style="list-style-type: none"> 施工当日のCSG材の表面水量を把握するために, 炉乾燥法で乾燥させて求めたCSG材の含水比と同程度の値が得られる電子レンジによる乾燥時間を決定する。 施工当日のCSG材の表面水量の変動傾向を確認し, 測定頻度を決定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 電子レンジによる乾燥時間は20分間で十分である。 電子レンジによる乾燥の測定頻度は1回/1時間とする。
		<密度・吸水率>	<ul style="list-style-type: none"> CSG材の密度・吸水率の変動傾向を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> CSG材の密度・吸水率は安定している。
	締固めエネルギー管理の補足(現場密度測定)に対する検討	<ul style="list-style-type: none"> CSGの現場密度測定に関して, 砂置換法とRI法で求めた現場密度の相関性について調査を行い, RI法のみによる現場密度測定の可能性について検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 砂置換法とRI法での測定結果は相関がある。 RI法のみでの測定は可能である。 	
	CSGの強度の変動傾向の把握に対する検討	<ul style="list-style-type: none"> 大型供試体と標準供試体のCSGの強度の変動傾向の相関を調査し, 標準供試体(材令7日)のCSGの強度を用いてCSGの強度の変動傾向を把握できる可能性について検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 大型供試体と標準供試体のCSG強度の変動傾向は概ね同じである。 	
CSGの施工技術の習熟		<ul style="list-style-type: none"> 本體工事に先立ち, ブルドーザによる敷均し, 法肩部の施工, 振動ローラによる転圧締固め等, CSG施工の基本となる施工技術の習熟を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工技術の習熟を図った。 	

§4. 副ダム堤体 CSG 施工実績

副ダム堤体においては、平成 21 年 10 月 1 日から平成 22 年 6 月 2 日までの 8 ヶ月間に約 51,700 m³ の CSG 打設を行った。

本章では CSG 打設に伴う施工仕様、打設実績および打設に伴う課題とその対策について述べる。

4-1 副ダム堤体 CSG 打設施工仕様

副ダム堤体の CSG 打設区分は、ダンプトラック直送方式の一般部とクローラクレーンを使用する非越流部に大別される。

それぞれの施工仕様について、表-4 に示す。

4-2 副ダム堤体 CSG 打設実績

副ダム堤体 CSG 打設は、片番（昼間施工）を原則として打設量が多い場合は残業にて対応した。（残業は最大で

22 時頃まで実施した。）

CSG 打設進捗を表-5、図-2、図-3 に示す。

4-3 CSG 打設における課題と対策

(1) 課題

副ダムの CSG 打設は、当初計画では 6 ヶ月の工程で計画していたが実施工では 8 ヶ月を要してしまった。この要因について考察すると以下のような課題が考えられた。

【課題①】 小規模なダムのために堤体打設面積が狭い。

CSG の打設は、基本的に堤体打設面を 2 分割して施工を行う。CSG 打設を行っていない部分では、保護、止水コンクリート等の打設、プレキャスト型枠等の据付、CSG 打設前清掃等を行い当該部分の CSG 打設に備える。しかしながら副ダムにおいて当該部分は、CSG 打設時のダンプトラックの方向転換場所や CSG 打設機械の駐機場となり上記の作業が実施できない場合があった（写真-2）。

【課題②】 堤体への進入路（乗込み架台）が 1 箇所しかない。

表-4 副ダム CSG 打設・施工仕様

	一般部				非越流部	
	低標高部		高標高部			
打設区分	堤体を左岸右岸で 2 分割		堤体を左岸右岸で 2 分割		左岸側右岸側非越流部で 2 分割	
打設レーン割	上下流方向に 3 分割		ダム軸方向に 2 分割		ダム軸方向に 1~2 分割	
CSG 運搬方法	10tDT 直送(3~4 台)		10tDT 直送(3~4 台)		10tDT(2 台)+150tCC(2 台)(45 m ² /台)	
堤体進入方法	堤体進入路+乗込み架台		堤体進入路+乗込み架台		—	
リフト厚	1 リフト 75cm (25cm 3 層数均し)		1 リフト 75cm (25cm 3 層数均し)		1 リフト 75cm (25cm 3 層数均し)	
CSG 敷均し	16tBD 1 台		16tBD 1 台		7tBD 1 台	
	排土板付き 0.1 m ³ BH 1 台		排土板付き 0.1 m ³ BH 1 台		排土板付き 0.1 m ³ BH 1 台	
CSG 転圧	岩着部	60kg ランマー 1t 振動ローラ	岩着部	60kg ランマー 1t 振動ローラ	岩着部	60kg ランマー 1t 振動ローラ
	標準部	11t 振動ローラ 1 台	標準部	11t 振動ローラ 1 台	標準部	11t 振動ローラ 1 台
	仕上げ	25t 振動ローラ 1 台	仕上げ	25t 振動ローラ 1 台	仕上げ	25t 振動ローラ 1 台
養生	CSG 打設全面ブルーシート		CSG 打設全面ブルーシート		CSG 打設全面ブルーシート	

表-5 CSG 打設実績詳細

時間当たり最大打設量	160 m ³ /h	
日当り最大打設量	打設量	1,3012 m ³ (平成 22 年 3 月 17 日)
	打設時間	141 時間(転圧完了までの時間)
月当り最大打設量	打設量	8,067.5 m ³ (平成 22 年 3 月)
	打設日数	11 日
CSG 打設期間	打設期間	平成 21 年 10 月 1 日~平成 22 年 6 月 2 日
	総打設日数	84 日

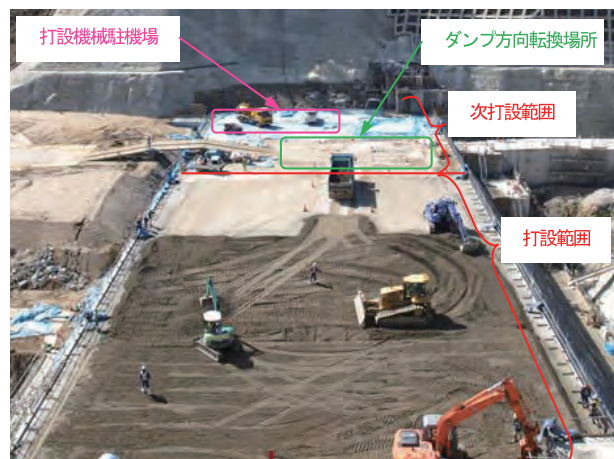


写真-2 CSG 打設状況

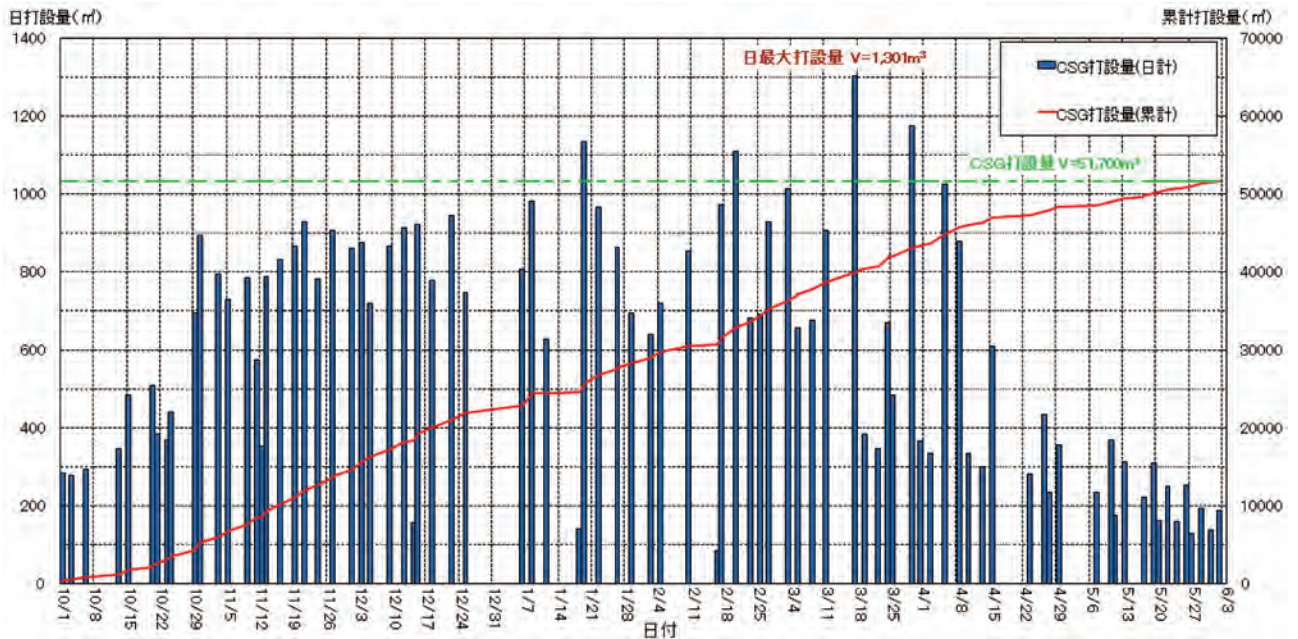


図-2 CSG 打設進捗図

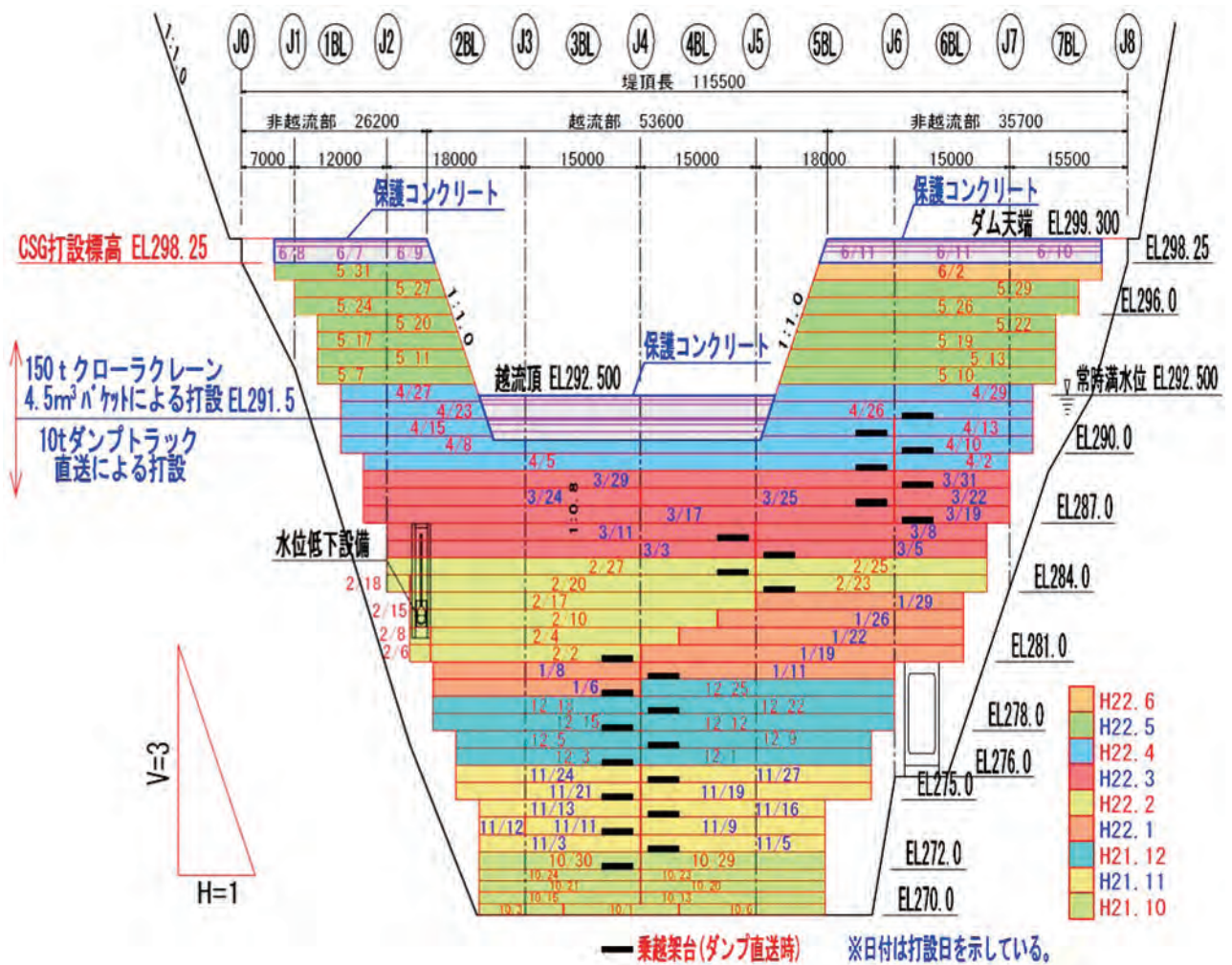


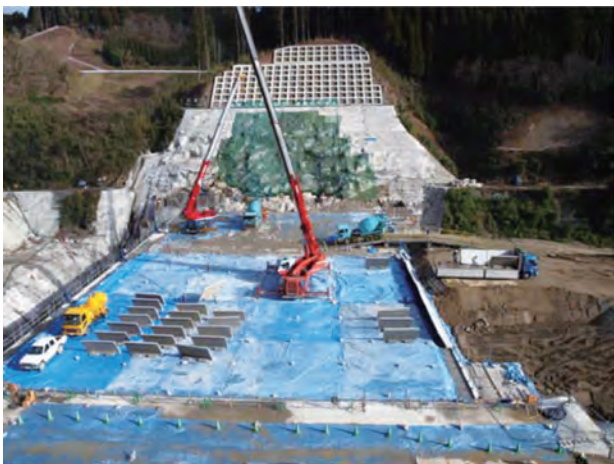
図-3 堤体 CSG 打設進捗図



写真一三 乗込み架台



写真一五 CSG部の岩盤仕上げ掘削



写真一四 プレキャスト型枠吊込み作業

最大打設時にはCSG運搬のダンプトラックが0.8分に1台(往復)通行する。そのような状況下で保護、止水コンクリート運搬の生コン車、その他の資機材運搬車輛等をスムーズに通行させるのが困難であった(写真一三)。

【課題③】生コンプラントの調整が困難

副ダムの保護、止水コンクリートは、生コンクリートを使用した。嘉瀬川ダム関連工事において生コンクリートを供給できる生コンプラントは近傍に1ヵ所である。そのため年末・年度末に他工事のコンクリート打設が集中すると副ダムの予定に合わせた生コンクリートの供給が困難となる。

【課題④】当初計画では工程において考慮していなかった保護、止水コンクリートの型枠組立・解体作業、打設前清掃作業、プレキャスト型枠の堤体内吊り込み作業(写真一四)、CSG部打設前清掃、CSG部の岩盤仕上げ掘削作業(写真一五)、および乗込み架台の移動・据付作業等が発生した。

(2) 対策

今後の台形CSGダムの施工に対して上記課題への対応策は以下のようなことが考えられる。

【対策①】堤体上流側の保護、止水コンクリート、プレ

キャスト型枠等の施工のために堤体上流側にクレーン走行路を設置してクローラークレーン等の大型クレーンを配置し上記作業を行う。これにより、堤体内での作業や機械・車輛を減じ次回のCSG打設のための準備作業が可能となる。

【対策②】仮設備計画において、堤体の右岸側、左岸側同時に進入できるような計画とする。これにより、CSG打設に影響を受けないで他作業の車輛の堤体進入が可能となる。

【対策③】保護、止水コンクリート打設用のパッチャープラントを現場に設置する。これにより、現場の計画にあわせてコンクリート打設が可能となるとともに、CSG打設と競合しない夜間のコンクリート打設も可能となる。

【対策④】今後の台形CSGダムの施工計画においては、今回の施工を参考として堤体で実際に行われる作業について詳細に検討して、その結果を反映させた工程表を作成する。

§5. まとめ

台形CSGダムという新形式・新工法でのダム建設工事にあたっては、嘉瀬川ダム工事事務所、(財)ダム技術センター等の指導を受けながら施工を行った。CSGやプレキャスト型枠関連の施工方法 施工仕様、品質管理手法等においては確認試験で確認した手法を用いて所定の成果を得ることができた。しかしながら、施工計画(工程計画)等においては、実施工でしか体験し得ないことも多かったため、当初計画の見直しを行いながら実施工を進めることとなった。

本工事の経験を通して得られた新たな知見は、今後の台形CSGダムの建設に大きな役割を果たすものと確信する。