

湯西川ダム本体建設工事高速施工に対応する施工設備配置・設計上の工夫

鹿島建設(株) 正会員 大内 斉
鹿島建設(株) 正会員 岡山 誠
鹿島建設(株) 正会員 ○戸澤 清浩

1. 目的

湯西川ダムは、北関東の主な水源の一つである栃木県鬼怒川流域において4箇所目となる重力式コンクリートダムで、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい・水道・工業用水の供給を目的としている。堤高は119m、堤体積105万m³、堤頂長320mの大規模ダムであり、堤体コンクリート打設工法としてRCD工法(H=101m)、ELCM工法(頂部H=18m)が採用されている。本工事は、高度技術提案Ⅲ型総合評価落札方式の試行工事であり、技術提案として「施工日数の短縮」「ダムコンクリートの品質確保」に関する具体的提案が求められた。当ダムは大規模な重力式コンクリートダムであり、高い品質を確保した上で大量のコンクリートを短期間に打設する高度な施工技術が要求された。要求事項を達成するために、大規模かつ合理的・効率的なダム用施工設備(骨材製造設備、骨材輸送設備、コンクリート製造設備、コンクリート運搬設備)の計画・配置が必要となった。また、ダムサイトが日光国立公園内に位置するため、設備計画に当って、特に環境への配慮も必要となった。各設備の仕様・配置・運用計画について、これら工期、品質、環境等の条件を総合的に勘案して決定したのでその詳細について報告する。

2. 施工設備計画

2.1 施工設備の要求事項

- 工期短縮を実現するために必要なコンクリート打設能力は、367.2m³/h(78,939m³/月)となるため、それを確保できるコンクリート製造・輸送設備とする必要がある。
- コンクリート打設能力に合致した骨材製造能力450t/hの骨材製造設備が必要である。
- 採取地の異なる4種の原石骨材(川治河床砂礫、湯西川河床砂礫、堤体掘削ズリ、原石山骨材)

は、単独で使用することから、骨材切替時による混合を避け、品質に留意した設備構造が必要である。

- 環境の配慮から、各施工設備配置を可能な限り、地山の改変の少ない計画とする必要となる。
- 周辺居住地への配慮から、施工設備の稼働時間に制約がある。
- ダムサイトは冬期期間の気象条件が厳しく、冬期運用については凍結対策が必要である。

以上の条件を踏まえ、工事全体の効率的な進捗を確保するために、最適となる施工設備選定、配置計画、運用方法について検討し、設備計画を立案した。

2.2 施工設備の計画概要

前述した条件を考慮したダム用仮設備の基本計画を以下に示す。

- 骨材製造設備は、製造能力(450t/h)に対応可能な設備仕様とし、4種の原石骨材を使用することによる骨材切替作業を円滑に実施でき打設休止時間を短縮できる設備計画とした。また、骨材製造設備の配置は、造成面積の縮小・コスト削減を考慮した設備配置計画を採用した。
- コンクリート運搬設備は、15t級ケーブルクレーン×2基と大容量連続搬送を可能とする「SP-TOM」の組合せを採用した(運搬能力:367.2m³/h)。また、ケーブルクレーン1基については、主索を簡易移設可能な構造とした。
- コンクリート製造設備は、2軸強制練ミキサー×2基搭載したバッチャープラントを右岸天端に2台(製造能力180m³/h×2台=360m³/h)配置した。
- コンクリート運搬・製造設備は、各状態を総合的に管理できる出荷制御システムを採用した。
- 各施工設備において、照明・騒音・猛禽類へ配慮した設備とした。

キーワード ダム用施工設備、ケーブルクレーン、SP-TOM、骨材製造設備

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11 鹿島建設株式会社 機械部 TEL03-5544-0873

施工設備の「施工設備配置計画図」を図-1に、また「施工設備フローシート」を図-2に示す。

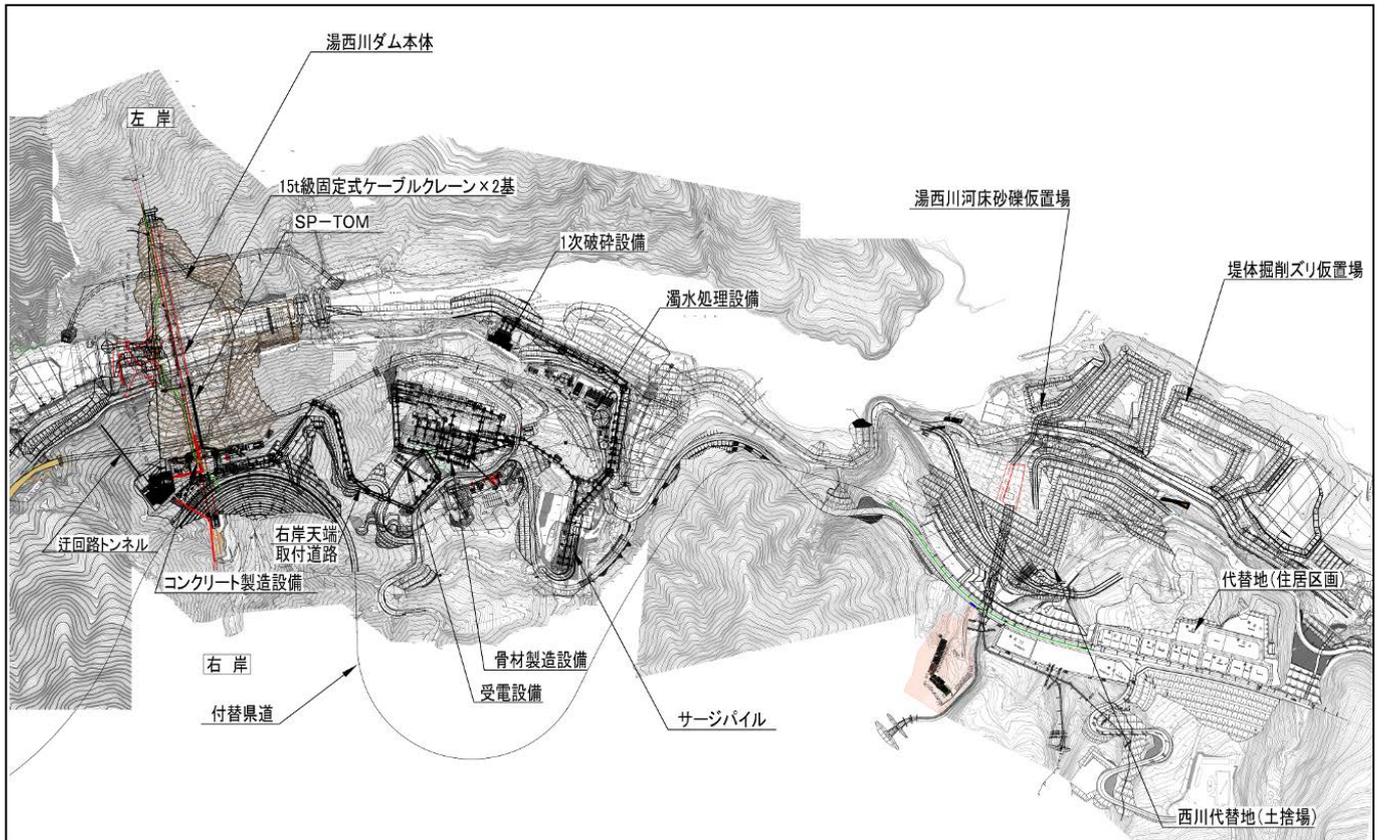
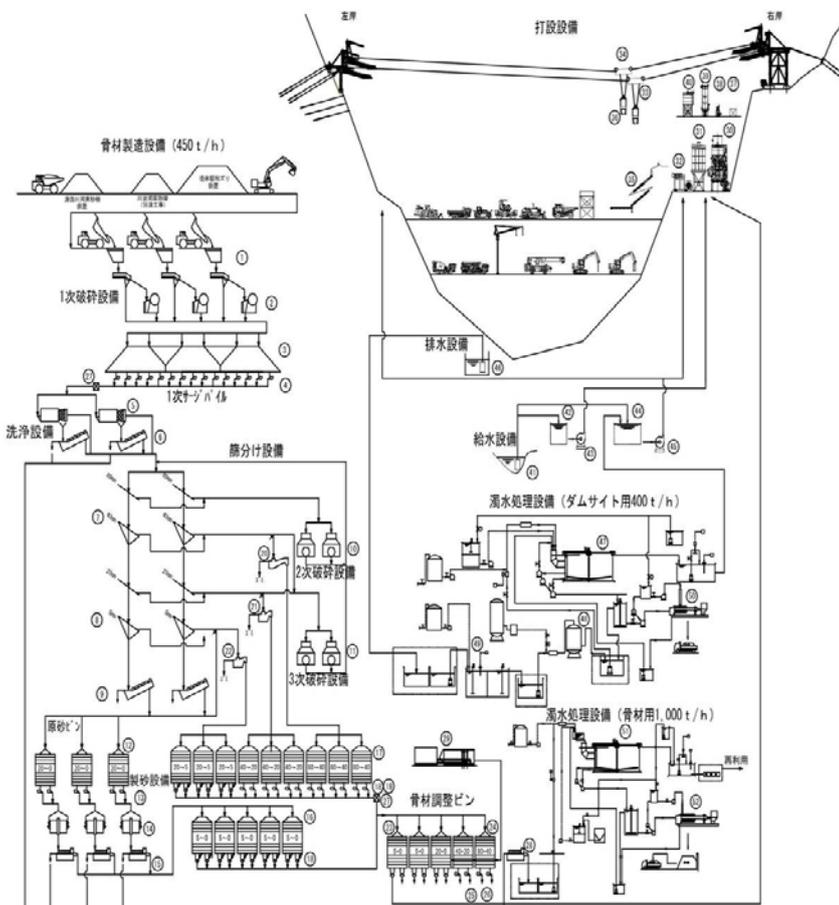


図-1 施工設備配置計画図



番号	名称	規格	単位	数量
【骨材製造設備】				
①	バクリ種取りコシ	1530×4270mm	台	3
②	シーケランシ	27.2t/7.7t, 1070×1220mm	台	3
③	サンバイル	φ511m×H22m×L54m	台	1
④	振動フィーダ	電磁式 1219×1924mm	台	9
⑤	ドラムスクラバ	2440×4500mm	台	2
⑥	一次分級機	スリット式 1200×8000mm	台	2
⑦	二次スクリーン	槽車2床式 1830×4980mm	台	2
⑧	二次スクリーン	槽車2床式 1214×8100mm	台	2
⑨	二次分級機	スリット式 1370×8000mm	台	2
⑩	コンクリート	油圧式 φ1500mm	台	2
⑪	コンクリート	油圧式 φ1500mm	台	2
⑫	戻砂ピン	コルゲート φ10.0m×h9.7m	台	3
⑬	振動フィーダ	振動電磁式 600×1000mm	台	3
⑭	ロットミル	2400×4200mm	台	3
⑮	ハイマックスセパレータ	3000×6000mm	台	3
⑯	銅骨材貯蔵ピン	コルゲート φ14.0m×h15.7m	台	5
⑰	銅骨材貯蔵ピン	コルゲート φ13.0m×h13.3m	台	9
⑱	カットオフゲート		基礎	26
⑲	振動フィーダ	振動電磁式 1100×1500mm	台	12
⑳	ゴミ取り機	40-20用	台	1
㉑	ゴミ取り機	20-5用	台	1
㉒	銅骨材溜めピン	コルゲート φ9.0m×h9.7m	台	2
㉓	銅骨材溜めピン	コルゲート φ10.0m×h9.7m	台	3
㉔	カットオフゲート	電磁式 900×1500mm	台	12
㉕	金属屑除去機	連続型 溜溜型	台	2
㉖	ハイマックスセパレータ	3000×6000mm, ×8000mm	台	2
㉗	除磁機		台	1
【コンクリート製造・打設設備】				
㉘	パツチェプラント	二聯強制練り 3.0m ³ ×2型	台	2
㉙	セントサイロ	1000t	台	2
㉚	トランスファーク	サイドシート式 6.0m	台	2
㉛	ケーブルクレーン	鋼線繩式 18t(可動式)	台	1
㉜	ケーブルクレーン	鋼線繩式 18t	台	1
㉝	SP-TOM	φ200	台	1
㉞	鮮魚コンクリートポンプ	6.0m ³	台	2
㉟	グラウトホップ	10.0m ³	台	2
㊱	タンク	25t	台	4
㊲	ブルドーザ	履帯式 18t	台	3
㊳	振動ローラ	11t	台	3
㊴	車動ローラ	7t	台	1
㊵	タンクトラック	12t	台	3
㊶	ポンプローラ	1.2m ³	台	3
㊷	コンクリート締固め機	0.3m ³ 級 種3A(石)型本付番	台	4
㊸	振動目地切機	0.4m ³ 級	台	2
㊹	移動式クレーン	60t/C, 4.9t/C	台	4
㊺	ロータリー	2.35×3.0m	台	1
㊻	コンクリートポンプ車	110m ³ /h	台	1
㊼	ミキサー車	4.5m ³	台	3
㊽	モーター	350kW	台	3
㊾	ボイラ	580kW	台	2
㊿	セントサイロ(クレーン用)	200t	台	2
【給水設備】				
1	取水ポンプ	水中ポンプ200A	台	4
2	清水ポンプ	200m	台	1
3	清水ポンプ	200m	台	1
4	循環水ポンプ	連心多段ポンプ100A 32kW	台	6
5	循環水ポンプ	200m	台	1
6	循環水低圧ポンプ	連心多段ポンプ100A 132kW	台	4
7	排水ポンプ	水中ポンプ150A 26m ³ /h	台	2
8	濁水処理設備	丸型シキップ型板 400m ³ /h	式	1
9	中和処理設備	流送形式	式	1
10	中和処理設備	常備機形式	式	1
11	排水機		式	1
【濁水処理設備(骨材製造設備用)】				
12	濁水処理設備	丸型シキップ型板 1000m ³ /h	式	1
13	排水機		式	1

図-2 施工設備フローシート

3. 骨材製造貯蔵設備

3.1 骨材製造貯蔵設備の基本計画

コンクリート打設工程に基づき、各設備の能力算定を実施した。コンクリート打設条件を表-1に、骨材製造条件を表-2に、骨材使用比率・単位骨材量を表-3に示す。製造能力としては、基礎掘削ズリ：450 t/h、河床砂礫：370 t/hとし、この能力にロス率（掘削ズリ：13.2%、河床砂礫：8.7%）を考慮して設備仕様を選定した。製造能力に基づいて設定した各設備能力を表-4に示す。各必要能力を満足できる仕様・機械台数を選定している。骨材種類によって能力は異なるが、ほとんどの設備において掘削ズリの方が必要となる能力が高くなっている。

表-1 コンクリート打設条件

	単位	掘削ズリ	河床砂礫
コンクリート 単位骨材重量	t/m ³	2.0976	2.1296
コンクリート 月最大打設量 (最大月を含む 3ヶ月平均)	m ³ /月	78,939 (平成22年 4~6月)	55,063 (平成21年 10~12月)
当該月のコンクリート 打設可能日数	日	21.7	18.7
当該月の日平均 コンクリート打設量	m ³ /日	3,640	2,940

表-2 骨材製造条件

	単位	掘削ズリ	河床砂礫
当該月の日当り運転時間			
①1次破碎設備	h/日		13.5
②2次破碎設備 (1次サージ引出し~製砂設備)	h/日		17.0
③製砂設備 (原砂拔出し~製砂設備)	h/日		16.5
原石供給の変動に対する余裕率	%		15
原石密度	t/m ³	2.55	2.60

表-3 骨材使用比率・単位骨材量 (m³当たり)

種別	骨材粒度	G1	G2	G3	S	計
		80-40mm	40-20mm	20-5mm		
掘削ズリ	配合比(%)	23.9	23.8	21.3	31.0	100
	骨材量(kg/m ³)	501.3	498.8	445.8	651.7	2,097.6
河床砂礫	配合比(%)	24.1	24.1	20.6	31.2	100
	骨材量(kg/m ³)	512.6	512.6	439.3	665.1	2,129.6

3.2 骨材品質確保対策

骨材製造設備における骨材の品質確保対策としては、主に以下に示す事項を計画して実施した。

- ① 骨材粒度の調整(微粒分回収, 粗粒率の調整)
- ② 細骨材表面水率の安定化
- ③ 骨材への異物混入防止

表-4 骨材製造・輸送設備能力一覧

	設備名	骨材種類	必要能力(t/h)	所要能力(t/h)	選定機種	所要能力(t/h)
一次破碎設備	掘削ズリ	掘削ズリ	660.0	1167.7	フリズリ振動フィーダ 22KW	1,200.0
		河床砂礫	510.0	902.3	1530×4270mm, 400t/h×3台	
		掘削ズリ	462.0	860.4	ダブルドラム型 42-48 130KW	
洗淨設備	掘削ズリ	掘削ズリ	181.6	338.2	1000×1200mm, 300t/h×3台	900.0
		河床砂礫	318.7	324.2	振動電動機式 1219×1524mm×9台	440.0
		河床砂礫	405.4	253.4	※2基運転を基本とする。	
篩分設備	掘削ズリ	掘削ズリ	518.7	648.4	φ2400×4500mm, 150KW	854.0
		河床砂礫	405.4	506.8	427t/h×2台	
	掘削ズリ	掘削ズリ	35.3	44.1	スベイクルドラムピッチ式 7.5KW	192.0
		河床砂礫	93.6	117.0	φ1200×8000mm 96t/h×2台	
	掘削ズリ	掘削ズリ	904.7	1130.9	傾斜特重型2床式 22KW	-
		河床砂礫	583.6	729.5	1830×4880mm, 8.93m ² ×2台	
二次三次破碎設備	掘削ズリ	掘削ズリ	662.4	828.0	所要面積 A=14.34m ² < 8.93m ² ×2台	-
		河床砂礫	450.2	562.8		
	掘削ズリ	掘削ズリ	507.6	634.5	傾斜特重型2床式 22KW	-
		河床砂礫	350.4	438.0	2140×61000mm, 12.6m ² ×2台	
	掘削ズリ	掘削ズリ	278.1	347.6	所要面積 A=22.77m ² < 12.6m ² ×2台	-
		河床砂礫	214.8	268.5		
二次破碎設備	掘削ズリ	掘削ズリ	49.5	61.9	スベイクルドラムピッチ式 11.0KW	280.0
		河床砂礫	86.3	107.9	1370×8600mm 140t/h×2台	
		掘削ズリ	242.3	445.4	油圧式1520mm コース型, 110KW	460.0
三次破碎設備	掘削ズリ	掘削ズリ	133.4	245.2	195t/h×1台	
		河床砂礫	169.6	311.8	油圧式1370mm シェール-リ型, 190KW	460.0
		河床砂礫	57	104.8	265t/h×1台	
製砂設備	掘削ズリ	掘削ズリ	179.6	82.0	油圧式1520mm ジェン型, 130KW	313.3
		河床砂礫	139.9	63.9	155t/h×1台	
	掘削ズリ	掘削ズリ	179.6	246.0	油圧式1370mm フェル型, 220KW	313.3
		河床砂礫	139.9	191.6	158.3t/h×1台	
	掘削ズリ	掘削ズリ	143.6	196.7	振動電動機式 600×1000mm×6台	220.0
		河床砂礫	118.9	162.9	※3基運転を基本とする。	
製砂設備	掘削ズリ	179.6	246.0	振動電動機式 2400×4200mm 330KW	249.0	
	河床砂礫	139.9	191.6	中央排出型 2400×4200mm 330KW		
製砂設備	掘削ズリ	143.6	196.7	ハイメッシュ水平式バケット排出型, 6.9KW	360.0	
	河床砂礫	118.9	162.9	φ3000×6000mm, 120t/h×3台		

3.2.1 骨材粒度の調整

RCD用コンクリートは、振動転圧によりコンクリート締固めを行うため、材料粒度がコンクリートの施工性に影響する。原石種類によっては、細骨材に含まれる微粒分が極めて少なくなるものがあるため積極的に微粒分を回収し骨材として使用する必要があった。

湯西川ダムでは、微粒分の回収に優れたバケット排出型分級機（ハイメッシュセパレータ）をそれぞれのロッドミルに配置する計画とした。また、原砂引出部にベルトスケールを配備し、ロッドミルに供給する原砂量を定量管理し、粗粒率の調整・安定化を図った。製砂設備の外観を写真-1に示す。

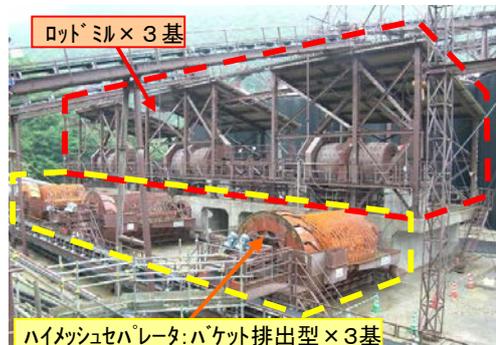


写真-1 製砂設備（ロッドミル・ハイメッシュセパレータ）

3.2.2 細骨材表面水率の安定化

細骨材表面水率は、コンクリート製造時において、コンクリートの品質に多大な影響を与える。そのた

め、湯西川ダムでは細骨材貯蔵ビンを5基設置し、細骨材製造から使用までの期間を72時間以上とし、細骨材表面水率低減と安定化を図った。(写真-2参照) また、細骨材表面水率の測定は、定期試験を実施するとともに、コンクリート製造設備においてマイクロ波方式により連続測定も実施した。

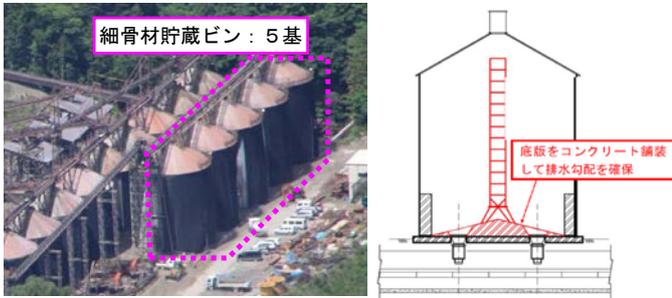


写真-2 細骨材貯蔵ビンと底版排水勾配

3.2.3 骨材への異物混入防止

基礎掘削ズリと原石山骨材については、基礎岩盤掘削で採取した原石であったため、骨材以外の異物が混入することはほとんどなかった。一方で、川治河床砂礫・湯西河床砂礫は、河床に堆積した砂礫を採取するため、木片や金属片などが混入していた。これらが製品骨材へ混入するのを防止するために、各所に骨材を浸水させ浮上した木片等を回収除去する木片除去装置を設置した。金属片混入防止除去装置として「電磁油入連続排出形強力マグネット」を引出ベルトコンベヤに設置した。(写真-3)



写真-3 金属および木片除去装置

3.3 骨材切替え対応

湯西川ダムでは4種類の骨材を使用し、それぞれの骨材品質が大きく異なることから、混合せずに単独で順次使用する計画であった。そのため、骨材の異種混合を防止して適切な品質を確保するために以下の示す対策を実施した。

- 骨材切替作業を確実かつ効率的に実施できるように、骨材ビン天蓋の一部を取り外し可能な構造とし、内部にバックホウをクレーンにて投入でき

る開口部を設置した。

- 切替時の除去する骨材の量を減らすため、内張コルゲートを設置し、ビン内デッド量を低減した。
- 骨材コルゲートビン中段には、骨材入替作業を実施する作業員の出入りを目的としたマンホールを設置し、ビン内の出入りの効率性かつ安全性の向上を図った。(写真-4)



写真-4 貯蔵ビン内張コルゲートと出入り用マンホール

4. コンクリート製造設備

4.1 コンクリート製造設備の基本計画

- ①打設工程を確保できる製造能力
最大打設速度、最大打設量を考慮し、打設工程を確保できるコンクリート製造能力を有した設備とする必要がある。
- ②コンクリート品質の確保
大量・高速・連続製造時でも、適切な品質を確保できる製造設備およびコンクリート出荷制御システムが必要となる。
- ③打設工程・設置条件を考慮した配置
限られた設置スペース中で、現場へのコンクリート供給を考慮した設備配置とする必要がある。
- ④メンテナンス性の向上
大量・高速・連続製造となるため、コンクリート製造設備のメンテナンス性の向上が必要となる。以上の条件を考慮したコンクリート製造設備の能力や、品質対策等について以下に示す。

4.2 コンクリート製造設備能力

コンクリート打設工程を確保するためには、コンクリート製造設備の能力もさることながら、コンクリート運搬設備の能力確保が最も重要である。そのため、コンクリート製造設備能力は、後述するコンクリート運搬設備の能力を考慮して決定した。

コンクリート運搬設備としては、15t級ケーブルクレーン×2条と、SP-TOM×1基を採用している。15t級ケーブルクレーン1条当たりの平均運搬能力は107.1m³/h、SP-TOMの平均運搬能力は153.0m³/hであるため、これらの設備を最大限に

活用できるようにコンクリート製造設備の能力を選定すると、約 360 m³/h となる。(図-3)

上記を満足するために、コンクリート製造設備(強制二軸練り、3m³×Ⅱ型)を2台設置する計画とした。ミキサ1基当たりの製造能力は90m³/hとなるので、コンクリート製造設備全体としては360m³/hの製造能力を有する設備となる。

なお、コンクリート製造設備に関連するものとして、セメント貯蔵設備については、最大打設月における日平均打設量からその容量を算出し、3日分のストック量を考慮し、1000tの容量を持つサイロを2基選定した。セメント貯蔵設備の構造は円柱型組立式の鋼製セメントサイロとし、コンクリート製造設備の近傍に配置した。なお、コンクリート製造設備までセメントを輸送する設備としては、ロータリーフィーダおよびルーツ式ブロアによる空気圧送方式を採用した。コンクリート製造設備、セメント貯蔵設備の外観を写真-5に示す。



写真-5 コンクリート製造設備
・セメント貯蔵設備

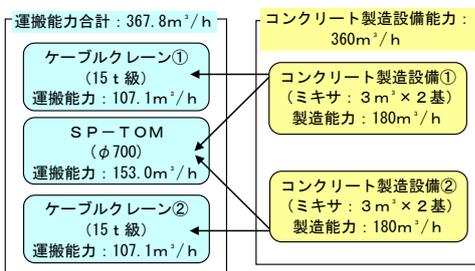


図-3 コンクリート製造設備の能力算定

4.3 コンクリート出荷制御システム

打設工程を確保するためには、各コンクリート運搬設備を最大限に活用する必要がある。ただし、コンクリート製造設備が2台であるのに対して、コンクリート運搬設備はケーブルクレーン:2条とSP-

TOMの3系統の設備がある。通常は、コンクリート製造オペレータが使用可能な運搬設備に振り分けるが、その場合、人による判断ミスやヒューマンエラーが介在することになる。湯西川ダムでは打設状況によって、数種類の配合を複雑に製造・出荷するケースがあり、計画どおりの配合を高速で打設するためには、人為的ミスのない製造・出荷システムを実現する必要があった。

そこで、各コンクリート運搬設備への効率的なコンクリート出荷配分を可能とするコンクリート出荷制御システムを採用した。出荷制御システム稼働状況例を図-4に示す。

本システムは、コンクリート製造・運搬等の工程を一元管理し、打設場所の状況(必要配合)や、各設備・機械(ダンプトラック、グラウンドホップ、ケーブルクレーンバケット、SP-TOM管内部)の空充状況、さらにバッチャープラントの空充状況等の情報をリアルタイムに収集・分析し、常に最適な出荷を可能にする。また、出荷制御システムの配合種類をケーブルクレーンおよびグラウンドホップに表示し、さらに現場担当者がPDA端末で出荷制御システム画面を閲覧できるようにすることで計画どおりの配合を確実に打設することができる。

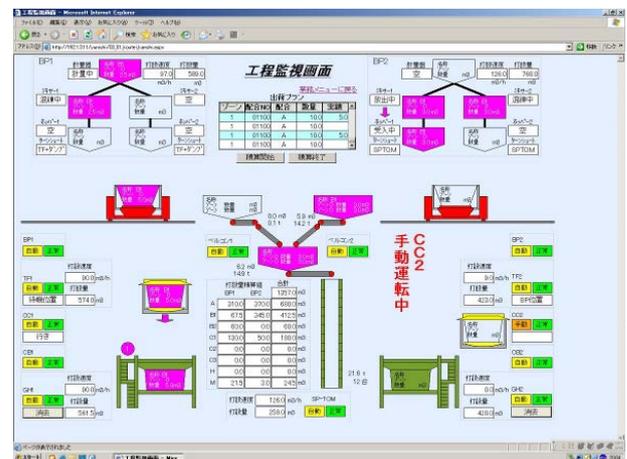


図-4 出荷制御システム画面例
(工程監視画面)

5. コンクリート運搬設備

5.1 コンクリート運搬設備の基本計画

コンクリート運搬設備には以下の事項が要求される。

- ① 打設工程を確保できるコンクリート運搬能力
最大打設速度、最大打設量を考慮し、工程を確保できる運搬能力を有した設備とする必要がある。

② コンクリート品質の確保

大量・高速・連続製造時においても、適切な品質を運搬できる製造設備，システムが必要となる。

③ 打設工程・設置条件を考慮した配置

堤体上下流幅が狭くなった場合でも，コンクリート運搬設備を最大限活用できる計画が必要である。

5.2 打設工程を確保できるコンクリート運搬能力

当初計画では，コンクリート運搬設備として 20 t 級固定式ケーブルクレーン×2 条で計画していた。この場合の運搬能力は，275.8m³/h であった。しかし，20 t 級固定式ケーブルクレーンは使用実績が少ないこと，市場に在庫がなく特注品となること，当該能力だけでは要求打設工程を確保できないこと，等の課題があった。そこで，まずケーブルクレーンについては，湯西川ダムと同等かそれ以上のダムでも使用実績のある 15 t 級ケーブルクレーンに変更した。（滝沢ダム（独立行政法人水資源機構，埼玉県）や嘉瀬川ダム（国土交通省九州地方整備局，佐賀県）で使用実績あり）さらに，当初計画よりケーブルクレーン仕様をランクダウンさせた分を補うために，同じく上記ダムで使用実績のある SP-TOM を河床部まで配置した。その結果，15 t 級ケーブルクレーン 2 条と SP-TOM を組合わせたコンクリート運搬能力は 367.2m³/h となり，当初計画（275.8m³/h）に対して 91.4m³/h の向上を図れる計画とした。

当初計画と変更計画の運搬能力比較を図-5 に示す。また，コンクリート運搬設備配置図を図-6 に，各設備の諸元を表-4，表-5 に示す。

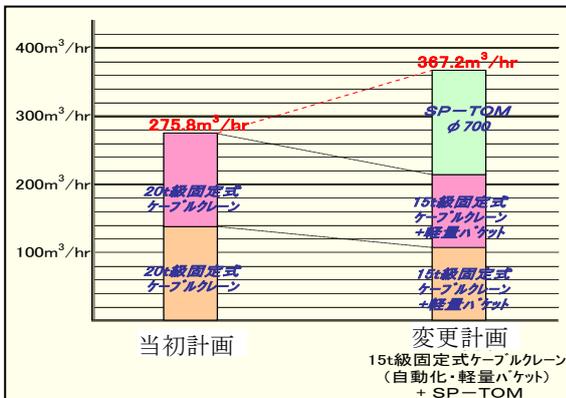


図-5 コンクリート運搬能力の比較

5.3 ケーブルクレーンの自動運転システム

従来型のケーブルクレーンは，熟練のケーブルクレーンオペレータの操作による運転を実施している。

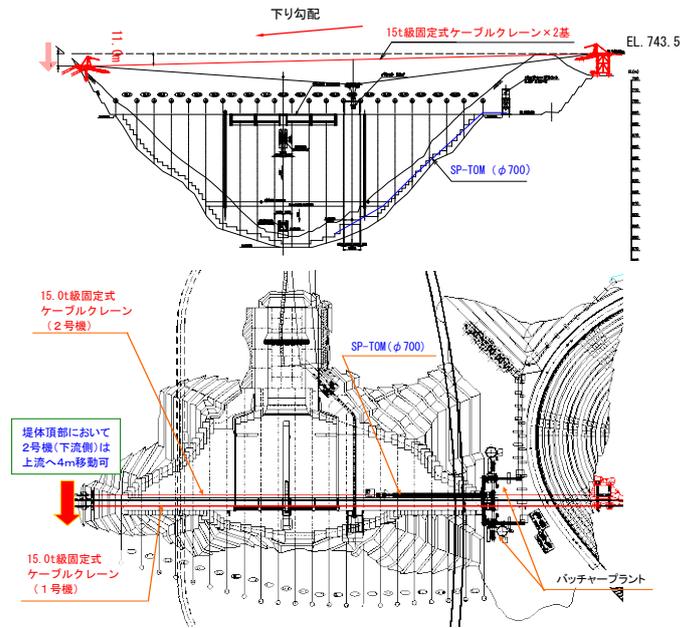


図-6 コンクリート運搬設備断面・平面図

表-4 ケーブルクレーン性能諸

型式	固定式ケーブルクレーン	中央垂下量	24.731 m
定格荷重	18 ton	主索	φ76 ロッドコイル D型
吊上荷重	20.5 ton	巻上索	φ30 6×P・(31)IWRC
支間水平距離	444.808 m	横行索	φ28 6×P・(31)IWRC
高低差	11 m	ハンガー索	φ16 6×P・(31)IWRC
揚程	130 m	主索ヒール索	φ33.5 6×F(25)IWRC
巻上速度	100 m/min (実荷重)	バックステー索	φ33.5 6×F(25)IWRC
横行速度	400 m/min (実荷重)		

表-5 SP-TOM設備諸元

名称	仕様・規格	単位	数量	備考
サージホッパー	6m3	台	2	No.1.No.2
中央ホッパー	9m3	台	1	
ベルトフィーダ	W=1050mm, 200V, 11KW	台	3	No.1.No.2,中央
ベルトコンベヤ	W=1050mm, 200V, 15KW	台	2	No.1.No.2
搬送管	φ700mm 12m	本	12	
搬送管駆動モータ	200V 15KW	台	12	

その場合，オペレータの技量によって運転効率に違いが出るだけでなく，ヒューマンエラーによる計画配合コンクリートの運搬ミス，コンクリート落下高さのばらつきなどの品質面への影響も懸念される。そこで，湯西川ダムでは，ケーブルクレーン自動運転システムを採用した。当システムは，単にケーブルクレーンの運転を自動化するだけでなく，精密なモデル調整と横振れ抑制，および周辺設備との一体設計（トランスファーカ，グランドホッパー）を図って，より効率化されたシステムとなっている。本システムにおける1回当たりの運搬サイクルタイムは，手動運転に対して約 20～30 秒の短縮が可能となる。また，手動運転で発生する運転手の技量による差や，ヒューマンエラーが軽減され，前述したような品質面のリスク軽減も図ることができる。

本システムの特徴および概要を以下に示す。

- ・搬送目標位置を事前に設定し、コンクリートバケットを出発位置(バンカー線)と目標位置(打設現場)の間で、自動繰り返し搬送が可能となる。
- ・バケットが搬送されるルート上に障害物が存在する場合、あらかじめ回避する位置を設定することで障害物を回避した搬送ルートを選定することができる。
- ・バケットの振れ止め制御により、スムーズな離着艦を可能とする。

ケーブルクレーン自動化による効果としては手動運転と比較し、「巻下着床」において10秒程度遅くなるが全体としては、20~30秒の効率化を図った。

5.4 SP-TOMの採用

SP-TOM (Spiral Pipe Transportation Method) は、パイプを用いてコンクリートを高所から低所へ運搬する設備である。パイプをシュートとしたコンクリート運搬は従来から行われてきたが、材料分離が生じやすいこと、運搬量や速度の管理が困難なこと等から、短い距離のみで使用されていた。

SP-TOMは、内側に羽根を取り付けた円筒管(搬送管)を斜面上に設置し、それを回転させることにより連続搬送する設備である。搬送管に投入された材料は、適宜羽根に留められながら重力で下方に移動することで、材料分離を生じさせず、かつ安定した状態で搬送することができる。また、運搬中のコンクリートが日照・風雨等の天候の影響を受け難い。ベルトコンベアでは運搬が困難な急斜面であっても、42°程度までの傾斜であれば、SP-TOMで大量かつ連続した搬送が可能である。また、斜

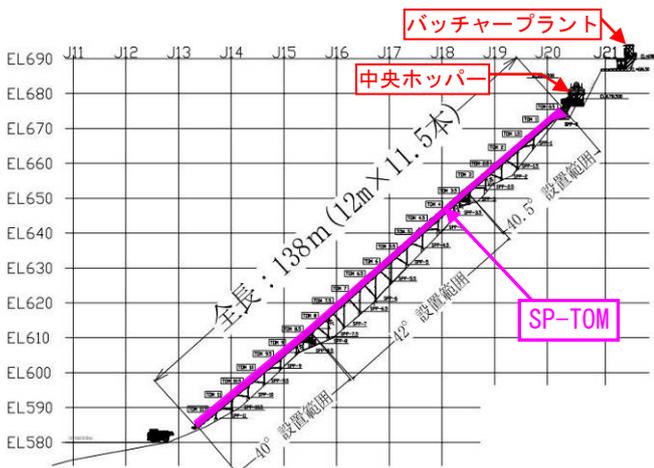


図-7 SP-TOM設置断面図

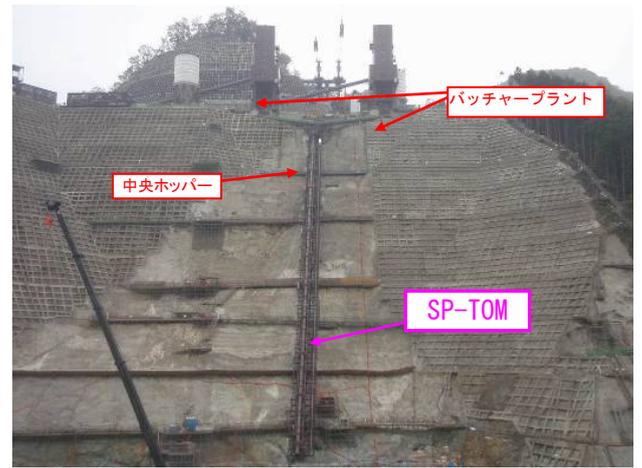


写真-6 SP-TOM全景

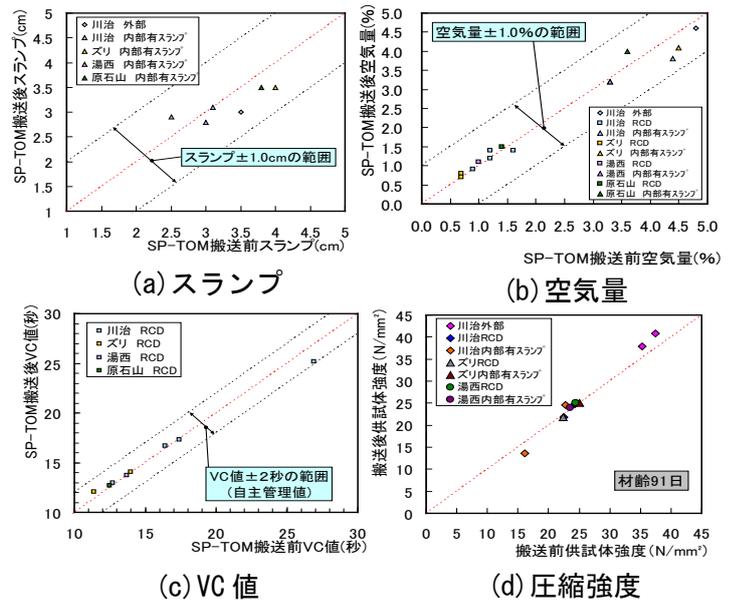


図-8 SP-TOM搬送前後のコンクリート性状比較

面に設置した搬送管を回転させるという簡便な装置であるため、必要動力・騒音が抑制でき、他の方法よりも自然環境に対する影響が少ない。SP-TOM設置断面図を図-7に、SP-TOM全景を写真-6に示す。

コンクリート搬送前後の品質確認を実施した。試験結果を図-8に示す。この結果より、SP-TOMでコンクリートを搬送してもコンクリート品質の変化はほとんどないことが分かる。

5.5 打設期間中におけるケーブルクレーン鉄塔移動

湯西川ダムでは、堤体高標高部(EL.665~EL.690)において堤体幅が狭くなる(一般部 11.6m)ため、ケーブルクレーン2号機は、堤体下流面より外れてしまい、堤体内へのコンクリート供給、荷降ろし作業等は不可能となる。そこで、堤体高標高部まで効

率的なコンクリート打設を可能とするため、2号機の鉄塔を施工途中で4m上流に移動可能なトレスル構造とした(移動イメージは図-9, 図-10 参照)。

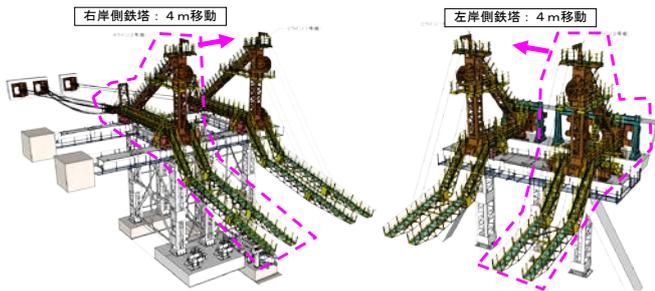


図-9 ケーブルクレーン鉄塔移動イメージ

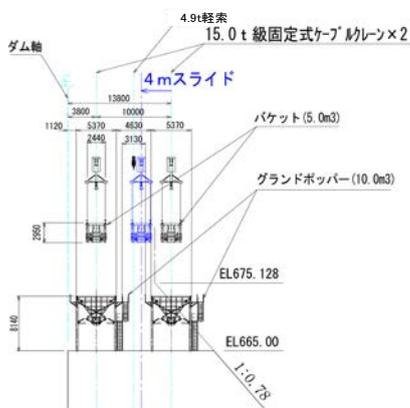


図-10 ケーブルクレーン2号機移動イメージ図

6. ダム用仮設備における環境対策

ダム建設箇所が日光国立公園内となるため、ダム用仮設備において、以下に示す環境対策を実施している。

6.1 施工設備の塗装色での配慮

コンクリート製造設備、コンクリート運搬設備、骨材製造貯蔵設備等の施工設備の塗装色を、自然公園法他に基づき、環境省包括協議等を踏まえ、生態系に配慮してこげ茶色にした。(写真-7)

6.2 作業用夜間照明での配慮

堤体夜間照明の照明器具は、ナトリウムランプとUVカット型メタルハライドランプを組み合わせ、カクテル照明方式とした。(写真-8) UVカット型メタルハライドランプは、一般型と比べ可視光域の光をそのままにした上で、誘虫性の高い波長をカットするものである。また、照明設備の光の漏れにより、ダム周辺の希少動植物に影響が及ばないように、遮光ルーバを設置して光が漏れない措置を講じた。

また、作業時間が限定されているエリアについてはタイマー等による点灯のON-OFF制御を行い無駄な照明を点けない対策とした。(写真-9)



写真-7 こげ茶色に配色した仮設備



写真-8 カクテル照明と遮光ルーバ



写真-9 夜間作業用照明全景(堤体打設中)

7. おわりに

本報告では、高速施工で施工した湯西川ダムの施工設備の実績を整理した。新しい試みや打設速度を確保するための各施工設備の能力や規模を紹介した。これらは、リフトスケジュール確保にむけた施工速度の向上のみならず様々な工夫や技術が駆使され施工性や安全性の向上に寄与したと考えられる。

各施工設備の細部技術や各所で実施した環境面への配慮等、これらの報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。