

## 滝沢ダムの原石採取と骨材生産

向 居 忠 昭 ・ 桑 原 啓 一

滝沢ダムは、埼玉県秩父市大滝を流れる荒川水系中津川に建設される堤高 140 m、堤頂長 424 m、堤体積 166 万 m<sup>3</sup> の重力式コンクリートダムである。本体コンクリートは、平成 13 年 7 月初打設、平成 16 年 9 月に打設を完了した。一方、骨材生産は、平成 13 年 6 月から開始し、平成 16 年 8 月に終了した。骨材となる原石は砂岩であるが、掘削の初期段階において、良質な岩の出現が大幅に低下することが判明したため、CL 級を 3 区分 (CL-H, CL-L1, CL-L2) し、そのうちの CL-L1 を低品質骨材として取り扱い、各種試験を踏まえたうえで CL-H, CL-L1 を積極的に利用することとした。(以下、CL-L1 を「低品質骨材」と呼ぶ。) 骨材生産ならびに輸送設備については、そのほとんどが貸付施工機械設備であったが、低品質骨材の品質確保のために様々な改良や増設などの手当をしながら、約 360 万 t の骨材を生産し、当現場でその役割を終えた。本報文は、原石採取と生産にかかる計画と実績ならびに施工機械設備の概要を紹介するものである。

キーワード：ダム，原石採取，低品質骨材，骨材生産設備

### 1. 原石採取工



写真一 1 原石採取工

#### (1) 原石採取計画

滝沢ダムの原石山は、①地質構造的に、ダムサイトの北を東西方向にのびる白泰断層より南側は、粘板岩や輝緑凝灰岩を主体とする大滝層群であること、②貯水池中央部より上流は、地形がより急峻で施工性及び経済性において劣り、かつ、国立公園の第 2 種特別地域であることなどの理由から、貯水池の中央部より下流の左岸側に 4 か所の候補地を選定し、賦存量、採取方法等を総合的に検討した結果、長谷沢と芋平沢に挟まれるダムサイト左岸約 1 km 北、標高約 900 m から 1,050 m に位置する地域に決定された。

原石採取は、原石山と骨材プラントの高低差 (約

350 m) が大きく急峻な地形であることおよび原石山切羽での材料の選別を容易にするためベンチカット、立坑方式を採用した。立坑は、高さ 192.6 m、直径 4.7 m の鉛直坑 (1 坑) とし、その掘削には、ボーリングマシンによるレイズボウラ工法を採用した。

投入された原石は、立坑下部のロールフィーダで水平トンネル内のベルトコンベアに引き出され、一次破碎設備 (ジャイレートリクラッシャ) を経て一次サージパイル (約 5 日分) にストックされる。ストックされた原料骨材は、ベルトコンベア (B = 1,050 mm) で骨材プラントへ運ばれ製品骨材を製造する。なお、施工機械設備は、既往 (浦山ダム他) からの転用機械を積極的に使用することでコスト縮減を図ることとした。

表土は、原石山下部を上流側の沢 (芋平沢残土受入地) に抜いた表土運搬トンネルを使って、10 t ダンプによる捨土処理とした。図一 1 に施工計画図を示す。

なお、計画時の採取率は以下のとおりである (表一 1, 2)。

表一 1 計画時 (EL.926 m 以上を採取) 採取率

使用範囲	採取率 (%)
CL-L 級相当まで使用	88
CL-H 級相当まで使用	72

\* CL-L 級相当まで使用とは、CL 級全量

表—2 発注後細区分時 (EL.950 m 以上を採取) 採取率

使用範囲	全体掘削量 (m <sup>3</sup> )	原石採取量 (m <sup>3</sup> )	採取率 (%)
CL-L1 級まで使用	2,023,900	1,475,104	72.9
CL-H 級まで使用	2,023,900	1,295,495	64.0

当初における材料の賦存状態は、表層より 20 m 程度までほぼ均一に CL 級が分布し、それ以深に CM 級が塊状に分布すると推定していた。

## (2) 原石採取実績

原石山の掘削は、平成 12 年 12 月より標高 1,040 m 付近から先行して表土処理を実施し、平成 13 年 5 月より標高 1,038 m 地点から原石採取および立坑投入を開始した。その後、本体のリフトスケジュールに合わせて順次掘削を進行させ、平成 16 年 6 月までの約 3 年間で 165 万 m<sup>3</sup> の原石の採取が完了し、同年 8 月には骨材製造も完了した。

滝沢ダム原石山における採取範囲の岩種は、一部粘板岩と互層をなす砂岩となっており、その材料区分の判断基準は、

①骨材として十分な硬さを有しているか

②割れ目間隔が適当で所要の粒度分布が得られるかを主要要素とした。

また、原石山有効利用（コスト縮減）の観点から、従前のダムでは採取岩としてきた CH～CM 級原石の他に、当ダムでは CL 級の使用を計画した。その CL 級の使用限界を把握するために、CL-H、CL-L1、CL-L2 級に細区分した材料で物理試験を行った結果、CL-H、CL-L1 級までを使用可能と判断した。これをもとに採取岩判定基準を作成し、切羽における監督員の目視判定を行った。なお、目視等による監督員の判定結果の信頼度を確認するため、後追い試験ではあるが判定後（発破後）の採取岩及び廃棄岩を採取し、物理試験（密度、吸水率）を継続的に実施した。このようなきめ細かな対応により、総掘削量を約 243 万 m<sup>3</sup> に抑えることができ、CL 級原石の約 84 % を有効利用することができた。

CL 級原石の細区分化による有効利用効果としては、採取下限範囲を CL-H 級までの使用とした場合、採取率が約 4 割となるが、CL-L1 級までとした場合、約 7 割と高い値が得られ、採取率を約 3 割引き上げたことである（表—3、4）。

表—3 実績 (EL.950 m 以上を採取) 採取率

使用範囲	全体掘削量 (m <sup>3</sup> )	原石採取量 (m <sup>3</sup> )	採取率 (%)
CL-L1 級まで使用	2,023,900	1,284,962	63.5
CL-H 級まで使用	2,023,900	662,433	32.7

表—4 実績 (EL.926 m 以上を採取) 採取率

使用範囲	全体掘削量 (m <sup>3</sup> )	原石採取量 (m <sup>3</sup> )	採取率 (%)
CL-L1 級まで使用	2,427,800	1,645,600	67.8
CL-H 級まで使用	2,427,800	998,500	41.1

## (3) 骨材生産

低品質骨材を用いた骨材生産では、①原石採取における材料の判定方法、きめ細かな採取方法を確立することによる原石採取比率の増加、②微粒分の多い原石での骨材洗浄の重要性と濁水処理の各種課題に取り組みながら製造を行った。

骨材生産は、平成 13 年 6 月から開始し、平成 16 年 8 月末に終了した。総生産量は 3,600 千 t であり、このうち、ダムコンクリートとして 3,580 千 t を使用した。

CL 級原石の特徴は、表面は酸化し赤茶色を呈しているが、岩塊を割ると岩芯は灰白色の新鮮なものから赤茶色の風化岩まで幅広い物性を持つものである。また、表面が酸化していても希ではあるが 150 mm 以上の硬い大玉も混在する。しかし、細粒分を多く含み、大塊が少ない特徴を有した粒度構成の原石であり、かつ、その粒度構成のばらつきが大きかった。

そのため、骨材生産ではベルトコンベアへのシルト分の付着による異常運転、各施工機械の運転負荷のアンバランス等、原石から骨材を製造する過程で大きな負荷を与えることとなった。特に、濁水の処理方法が課題となったが、運転時間の延長や設備の増設・改良等の対策を行うことで、コンクリート打設への影響をなくした。

また、濁水処理においては、洗浄設備での水平式バケット排出型分級機（ハイメッシュセパレータ）の増設を行うことで、骨材製造時のロス率を約 17 % から約 15 % に軽減でき、砂岩を原石とした他ダムのロス率の上限（13 %）程度まで改善することができた。

ところで、原石山の内部構造が当初想定していた岩盤状況より脆弱であることが明らかとなり、大規模掘削に伴う長大法面の不安定化が想定されたため、施工中の安全管理等を目的とした法面観測が必要になった。

そこで、原石採取工事施工中の安全管理、迅速な変状把握とその対応や適切な工程管理を行うため、GPS、岩盤変位計ならびに孔内傾斜計などを設置し、掘削作業と安全管理の同時進行が可能である「情報化施工」を実施した。

工事中における結果は、大きな変状もなく推移し、現在も日当たり 0.01 mm 以下の観測値であり安定している。

#### 【参考：低品質骨材の位置付け】

一部低品質な原石より製造した骨材を含む骨材というのが、正確な標記となる。CL 級には、低品質でないものも含まれている。

低品質骨材では、①安定性損失質量において、ダム用基準の 40% 以内であるが、一般用骨材の基準 12% は越える品質を有する骨材であり、②骨材生産過程において、濁水処理設備に与える付加が大きく、③ベルトコンベアでの輸送中に骨材の再破碎が生じるなどの特徴を有している。

## 2. 骨材生産設備

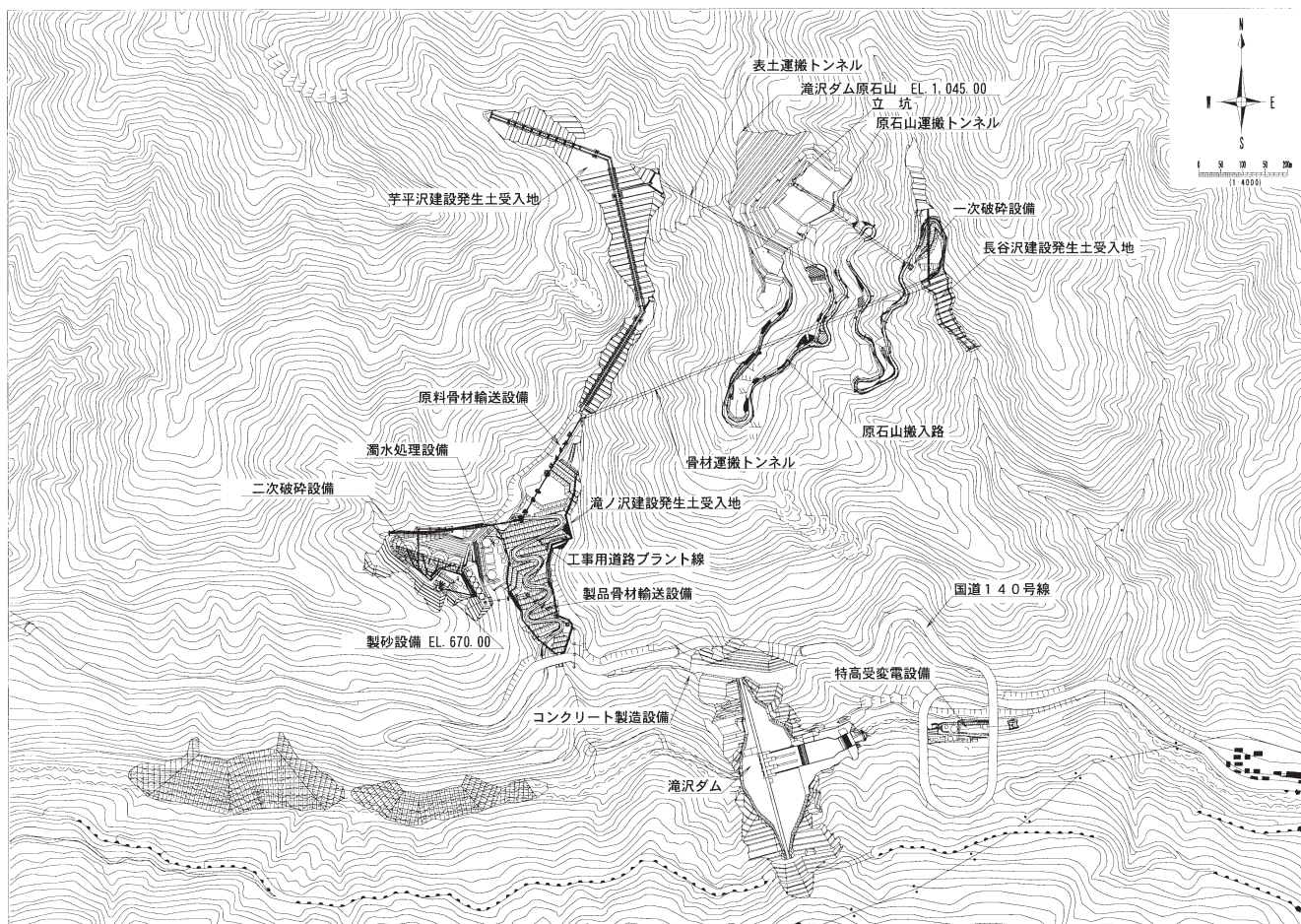
### (1) 設備の配置

骨材生産設備は、ダムサイト及び原石山周辺が急峻であることから、一次破碎設備を長谷沢に、篩分、二次・三次破碎、製砂、製品貯蔵及び濁水処理設備は滝ノ沢を盛土造成して配置し、骨材輸送は全てベルトコンベアにより行った。また、工事用電力は、特別高圧 66KV をダムサイト左岸下流にて 1 回線受電し、各負荷へ 6 回線で供給した。(図—1 施工計画図参照) 生産設備のフローシート及び設備一覧を図—2 に示す。

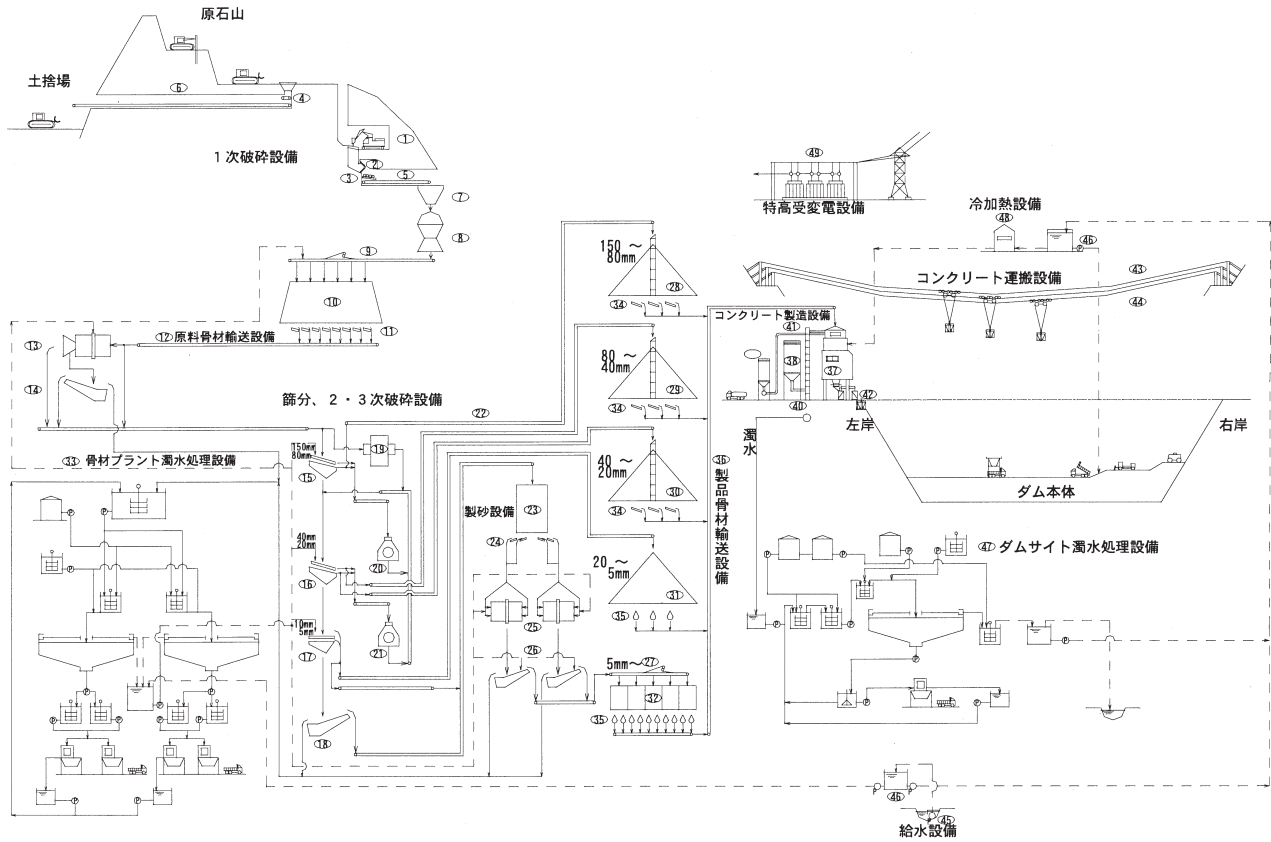
### (2) 設備の特徴

設備能力は、一次破碎設備 840 t/h、二次破碎設備 530 t/h、製砂設備 180 t/h であり、ほとんどの機器を浦山・日吉ダムから転用して社会資源の有効活用とコスト縮減を図った。

一次破碎設備は、ジャイレートリクラッシャ、トリッパ付ベルトコンベアの一列で、最大打設月の日平均打設量の 5 日分相当を有した野積みサージパイルへ供給した。



図—1 施工計画図



フローシート

区分	No.	名称	規格	所要能力	出力	数量
一次破碎設備	1	小割室グリスリ	鋼製 目開き 600mm	-	-	1基
	2	小割室ブレーカ	0.8m <sup>3</sup> 、1,300kg級	-	90kW	1台
	3	フィンガーゲート	W2,500/5列、油圧操作型	-	30kW	1台
	4	ローラーフィーダ	1,600mmW×5,320mmL	840t/h	45kW	1台
	5	原石運搬ベルコン	B=1,600mm (L=320m)	840t/h	55kW	1式
	6	ジャイレートリクラッシャ	マンテル径φ1,500mm	840t/h	250kW	1台
	7	一次破碎ベルコン	B=1,200mm (L=190m)	840t/h	150kW	1式
原料骨材輸送設備	8	サージバイル	V=26,000m <sup>3</sup> 約5日分	-	-	1式
	9	振動フィーダ(サージ引出)	1,400mmW×2,000mmL	530t/h	3.7kW×2	8台
	10	原料骨材輸送ベルコン	B=1,050mm (L=1,360m)	530t/h	152kW	1式
篩分・2・3次破碎設備	11	ドラムスクラバ	φ3,000mm×4,500mmL	530t/h	250kW	1台
	12	分級機(洗浄設備下)	ベルト巾 1,500mm	30t/h	11kW	1台
	13	1次スクリーン	2,400W×6,000L(湿式)	1,050t/h	45kW	1台
	14	2次スクリーン	2,400W×6,000L(湿式)	630t/h	37kW	1台
	15	3次スクリーン	2,400W×6,000L(湿式)	310t/h	45kW	1台
	16	分級機(スクリーン下)	ベルト巾 1,500mm	100t/h	11kW	1台
	17	オートフォーメータ	φ6,980mm×1,800mmL	300t/h	580kW	1台
	18	2次破碎用調整ピン	鋼板製角形V=100m <sup>3</sup>	-	-	1基
	19	振動フィーダ	1,400W×2,000L	320t/h	2.2kW×2	1台
	20	コーンクラッシャ(2次破碎用)	マンテル径φ1,650mm	320t/h	220kW	1台
	21	2次破碎用調整ピン	鋼板製角形V=100m <sup>3</sup>	-	-	1基
	22	振動フィーダ	1,100W×1,500L	200t/h	1.5kW×2	1台
	23	コーンクラッシャ(3次破碎用)	マンテル径φ1,650mm	200t/h	270kW	1台
	24	篩分・2・3次破碎ベルコン	B=1,050~500mm、L=1090m <sup>95~1050t/h</sup>	492kW	25基	
製砂設備	25	砂原料ビン	V=1,600m <sup>3</sup> φ14m	-	-	1基
	26	振動フィーダ(砂原料引出)	558mmW×1,067mmL	180t/h	0.4kW	4台
	27	ロッドミル	φ2,540mm×4,500mmL	180t/h	450kW	2台

設備一覧

区分	No.	名称	規格	所要能力	出力	数量
製砂設備	28	分級機(ロッドミル下)	ベルト巾 1,500mm	180t/h	11kW	2台
	29	製砂設備ベルコン	B=750~600mm、L=230m	110~220t/h	44kW	4基
製成品骨材貯蔵設備	30	玉砂利(150mm~80mm)ストックバイル	V=5,500m <sup>3</sup> (ロックス付)	約5日分	-	1式
	31	大砂利(80mm~40mm)ストックバイル	V=4,700m <sup>3</sup> (ロックス付)	約5日分	-	1式
	32	中砂利(40mm~20mm)ストックバイル	V=4,700m <sup>3</sup> (ロックス付)	約5日分	-	1式
	33	小砂利(20mm~5mm)ストックバイル	V=3,200m <sup>3</sup>	約5日分	-	1式
	34	砂貯蔵ビン	V=1,400m <sup>3</sup> φ14m	約5日分	-	5基
	35	骨材プラント用	シツク径φ22.0m×2基	1200m <sup>3</sup> /h	871kW	1式
製成品輸送設備	36	振動フィーダ(玉・大・中引出)	1,100mmW×1,524mmL	1000t/h	1.5kW×2	9台
	37	カットオフゲート(小・砂引出)	600mm×600mm×1,700m	1000t/h	1.5kW	13台
コンクリート製造・運搬設備	38	製成品骨材輸送ベルコン	B=1,050mm L=900m	1000t/h	459kW	1式
	39	コンクリートプラント	2軸強制練 4.5m <sup>3</sup> ×2台	270m <sup>3</sup> /h	329kW	1基
	40	セメントサイロ	容量 約1,200t	-	-	2.2kW 1基
	41	フライアッシュサイロ	容量 約600t	-	-	1基
	42	セメント輸送設備	空気輸送式(ループ付)	60t/h	75kW	1台
	43	フライアッシュ輸送設備	"	18.5t/h	22kW	1台
	44	レール走行式循環バケット	4.5m <sup>3</sup> バケット	270m <sup>3</sup> /h	89kW	1式
	45	ケーブルクレーン	13.5t吊両端固定式	90m <sup>3</sup> /h	794kW	1基
	46	"	"	180m <sup>3</sup> /h	575kW	2基
	給水設備	47	取水ポンプ	水中ポンプ、渦巻きポンプ	-	-
48		ダムサイト及び骨材プラント配水ポンプ	渦巻きポンプ	-	-	1式
濁水	49	ダムサイト用	シツク径φ17.5m×1基	450m <sup>3</sup> /h	353kW	1式
冷熱	50	冷加熱設備	冷凍機187JRT、立型真空機	451,000,000kcal/h	-	1式
特高	51	特別高圧受変電設備	3φ、3W、60kV	8,000kVA	-	1式

図-2 フローシート及び設備一覧

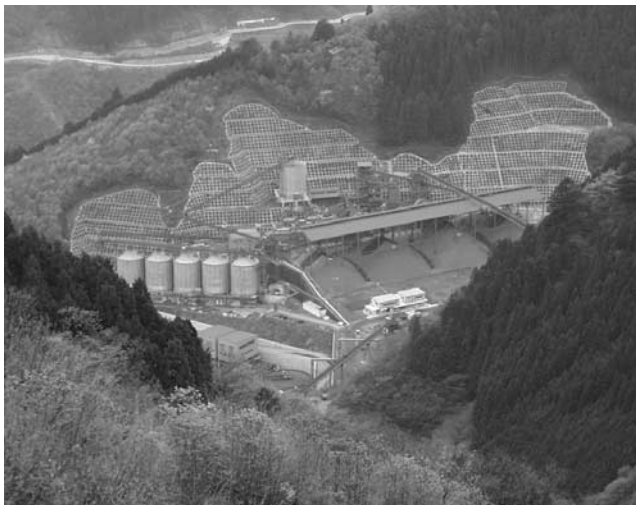
洗浄設備は、ドラムスクラバ1台を設置し、細粒分の回収と脱水のためベルト式分級機を設けた。

篩分設備は湿式・乾式の両用とし、ベルト式分級機を1系列設けた。なお、2・3次破碎設備への投入量調整は、スクリーン出口にダンパを設け行った。なお、分級機で掻き揚げられた細粒分および小砂利余剰分は原砂ビン1基で貯留した。

2・3次破碎設備はコークラッシャを各1台、補助破碎用としてオートフォールミル1台を設置し、投入口前に調整ピンを設け、運転時間短縮と定量供給による粒径改善を図った。製品のストックパイルは、日射による温度上昇を防ぐため上屋付野積みとし、粒径別に最大打設月の日平均打設量の5日分とした。

製砂設備は湿式両端供給中央排出型のロッドミル2台を設置し、製砂の品質の重視から分級機をベルト式とした。なお、ロッドミルにはラバーライナを採用して破碎時の騒音を抑制した。また貯蔵は水切りを考慮して、投入用1基、引出用1基、水切り用3基のコルゲートビンで行った。

濁水処理設備は、ダムサイト用とは別に設置した。骨材生産設備用はシクナ2基とフィルタプレス4台を有する機械式沈殿・脱水方式で、処理水は骨材生産用の給水としてリサイクル使用し、脱水ケーキはダンプロックでダム上流建設発生土受入地へ搬送した。



写真一 2 骨材生産設備

### (3) 新たな取り組み

#### (a) 点検・整備指針の制定および適用

従来、貸与機械の転用整備時に行われてきた新品同様とする予防保全整備を見直し、「設備故障のダム本体打設工程への影響度」に応じた点検整備グレードを定めた指針を制定して整備を行い、整備コストの縮減を図った。

#### (b) 篩分、二次・三次破碎設備の1系列化

能力が300 t/h以上の設備は、危険分散を考慮して従来は2系列とすることが一般的であったが、1系列としてコスト縮減を図った。稼働中、本体打設に影響するようなトラブルは発生していない。これは、打設量5日分の製品ストックおよび整備を打設休止期間に計画的に実施できたことが主要因である。

#### (c) 低品質骨材による改良点

前述のとおり滝沢ダムではCL級原石を積極的に有効利用したが、それにより骨材生産では①生産ロス率の上昇②濁水処理設備への負荷増③篩分スクリーンの異常摩耗④製品輸送コンベヤ乗継部での再破碎現象などが生じた。

ロス率の改善および濁水処理設備の負担軽減対策として、骨材洗浄水を増加させ、洗浄設備に沈砂池を設けて洗浄水中の大きな粒径分を沈殿除去するとともに、ベルト式分級機水タンク内の越流水深をかさ上げして細粒分の回収率を向上させた。さらに、濁水処理設備への負荷軽減、細粒分回収を目的にハイメッシュセパレータを増設した。また、洗浄水増加による濁水処理設備の能力不足は、処理水槽1基の増設、フィルタプレスのろ室増設により対応した。

スクリーンの異常摩耗は、低品質骨材使用のため、湿式みの生産となり、各部材上に堆積した細粒分が洗い流されて緩衝材としての機能がなくなったことが要因であると考えられる。これについては定期的な補修で対応した。

製品の再破碎については、乗継部の骨材落下部分に硬質ゴムを緩衝材としてライニングした鋼板を設置して対応した。

### (4) 稼働実績

骨材生産は44ヶ月間連続して行われ、約360万tの生産を大きなトラブルもなく終了することができ



写真一 3 ダム本体

た。設備の全稼働時間は一次破碎設備約 5,000 時間、篩分設備約 8,600 時間、製砂設備約 9,500 時間で、実稼働能力は、打設ピーク時の全期間平均とあまり差がなく、計画能力の 100%～90%での稼働であり、全期間フル回転の状況であった。

今回、低品質な原石を含む骨材生産を行い、いくつかの点で設備の改良が必要であった。今後ダムにおいて、低品質骨材の使用が増加する傾向にあり、さらなる設備の改良と技術開発が望まれる。 JCMA



[筆者紹介]

向居 忠昭 (むかい ただあき)  
独立行政法人水資源機構  
荒川ダム総合事業所  
道路出張所長



桑原 啓一 (くわばら けいいち)  
独立行政法人水資源機構  
荒川ダム総合事業所  
機械課長

## 平成 19 年経済産業省企業活動基本調査にご協力ください

### — 経済産業省 —

経済産業省では、我が国企業における経済活動の実態を明らかにし、経済産業政策等各種行政施策の基礎資料を得ることを目的として、平成 4 年以降「経済産業省企業活動基本調査」(指定統計第 118 号)を実施しており、平成 19 年も実施いたします。

調査の対象は、別表に属する事業所を有する従業者 50 人以上かつ資本金 3,000 万円以上の会社で、会社全体の数値をご報告していただきます。

調査票は、平成 19 年 5 月中旬に郵送しますので、平成 19 年 7 月 15 日までに提出してください。また、紙調査票によるほか、インターネット

トからオンラインで提出することもできます。オンラインの利用申込み資料は、調査票等の調査関係書類に同封いたします。

調査の結果は、平成 20 年 3 月に速報の公表を予定しており、ご報告いただいた会社におかれましては、当省で作成した統計情報を送付させていただきます。

皆様から提出いただいた調査票につきましては、統計法に基づき調査内容の秘密は厳守され、統計を作成する目的以外には使用されることはありませんので、調査に対するご協力をお願いいたします。

#### (別表)

鉱業、製造業、電気業、ガス業、卸売業、小売業、クレジットカード業・割賦金融業、一般飲食店のほか、下記の産業の括弧内の業種が対象になります。

- 情報通信業 (ソフトウェア業、情報処理・提供サービス業、インターネット附随サービス業、映画・ビデオ制作業、テレビ番組制作業、新聞業、出版業)
- 教育、学習支援業 (外国語会話教室、フィットネスクラブ、カルチャー教室 (総合的なもの))
- サービス業 (デザイン・機械設計業、写真業、エンジニアリング業、学術・開発研究機関、洗濯業、その他の洗濯・理容・美容・浴場業、冠婚葬祭業 (冠婚葬祭互助会を含む)、写真現像・焼付業、その他の生活関連サービス業、映画館、ゴルフ場、公園、遊園地・テーマパーク、ボウリング場、廃棄物処理業、機械等修理業、産業用機械器具賃貸業、事務用機械器具賃貸業、自動車賃貸業 (レンタルを除く)、スポーツ・娯楽用品賃貸業、その他の物品賃貸業、広告業、商品検査業 (非破壊検査業を除く)、計量証明業、民営職業紹介業、ディスプレイ業、労働者派遣業、テレマーケティング業、その他の事業サービス業)