

# 移動式破碎機の活用によるダム施工の効率化

狩野 弦四郎

ダムの建設工事では、工事用材料の採取、製造、運搬など広範囲にわたり施工用機械が重要な役割を担っている。南相木ダムではフィルダムの付帯コンクリート構造物に用いる骨材の製造設備として、地点の立地条件や使用量が少ないことを考慮し、コストミニマムを指向して従来型の固定方式に替え、移動式破碎機をダム工事ではじめて採用した。

従来の固定方式は製造設備が大型、複雑であるが、移動式破碎機はコンパクトにまとまっており、駆動用のクローラを取付ける事によって付帯設備が省略され破碎機本体も自由に移動できる特徴がある。

したがって、原石運搬費等のランニングコストや固定費（敷地造成費・製造設備組立て解体費・電気設備費）が省略できるため使用量によっては、大幅なコストダウンが達成できる。

キーワード：コスト削減，施工機械，新技術新工法，環境保全

## 1. はじめに

フィルダムや小規模コンクリートダム等、骨材の使用量が少ない地点での骨材製造設備は、数年程度で撤去されるが永久設備と同等の安全度で設計・施工されるため、建造費の高い構造物となり製造費に占める固定設備費比率が高く、骨材製造単価が高くなるのが現状である。

南相木ダム地点では新たな試みとして、骨材製造設備に移動式破碎機を導入し、従来型の固定式（図-1 参照）に対して骨材製造コストの低減を図った。

また、生産能力の余力を活用してダム盛立て材料の一部を製造する等、徹底して稼働率向上を図っている。

本報文では、ダム工事で採用した移動式骨材製造設備（図-2 参照）の導入の経緯、導入時における改良点及びその稼働状況について述べるものである。

## 2. 工事概要

神流川<sup>かんながわ</sup>発電所は、長野県東部、信濃川水系南相木川の最上流部に上部ダム「南相木ダム」、群馬県南西部、利根川水系神流川の最上流部に下部ダム「上野ダム」（コンクリート重力式ダム、高さ120m）を築造して上部および下部調整池とし、その

間を約6kmの水路で結び、有効落差653mを得て、最大使用水量510m<sup>3</sup>/sにて最大出力270万kW（単基出力45万kW×6台）の発電を行う純揚水式発電所である。

南相木工事事務所は、上部ダム（高さ136m、堤頂長444m、堤体積722万m<sup>3</sup>：中央土質遮水壁型フィルダム）及びその他付帯構造物である洪水吐き、監査廊、取水口等のコンクリート構造物の構築を行っている。

上部ダムの工事は平成9年3月に着手し、平成11年2月の仮排水路転流に続きダム基礎掘削を実施し、平成11年7月に掘削を完了した。

引続き、平成11年11月から監査廊、洪水吐きのコンクリート打設、基礎処理（ブランケットグラウチング）を開始し、平成12年7月から本体盛立てを開始し現在に至っている。

## 3. 骨材製造計画

上部ダム関係で生産する骨材は、コンクリート骨材、ダムのフィルタ材、道路路盤材及び関係する他工区のコンクリート骨材に使用される。

### ① 骨材生産量と種類

- コンクリート用骨材（コンクリート83,000m<sup>3</sup>）
  - 粗骨材 189,000トン
  - 細骨材 132,000トン
- フィルタ材 63,000トン
- 道路路盤材 95,000トン

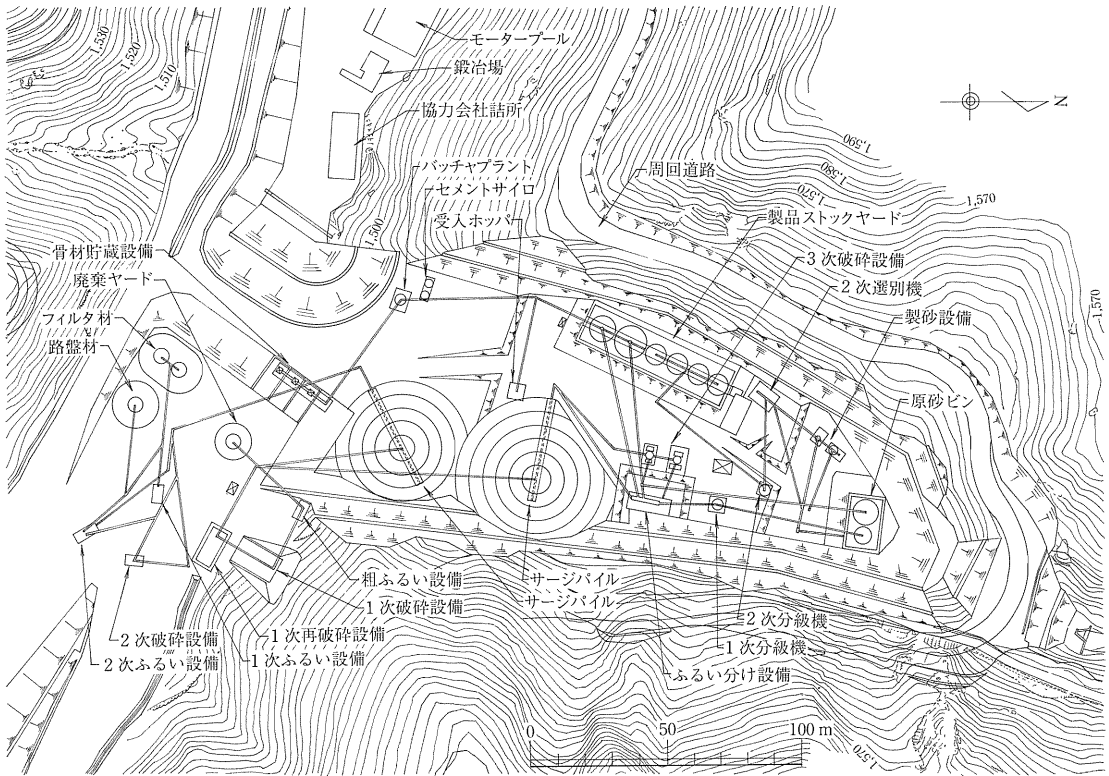


図-1 固定式骨材製造設備配置図

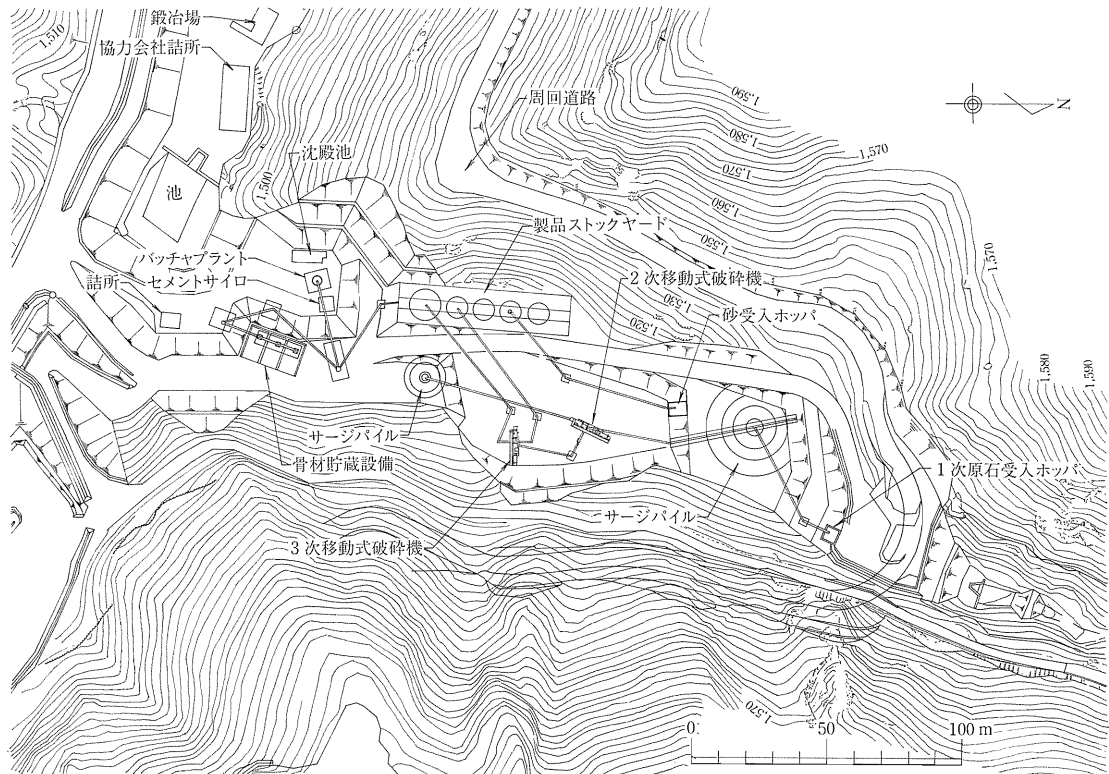


図-2 移動式破碎機の設備配置図

② 骨材仕様

- ・コンクリート用 40~25 mm, 25~5 mm
- ・路盤材 40~0 mm
- ・フィルタ材 200~0 mm

③ 原石及び原石採取場

原石は砂岩（一軸圧縮強度1,000~2,000 kgf/cm<sup>2</sup>程度の硬岩）が主体であり、調整池内から採取する。

④ 骨材供給期間

平成11年6月~平成14年11月

4. 移動式破砕機を導入した骨材製造方式

(1) 骨材製造方式の選定

下記の理由により、使用骨材のうち粗骨材の製造は、移動式破砕機を導入した乾式方式を採用し、細骨材には購入骨材を用いることとした。

(a) 乾式方式の採用

従来、コンクリート用骨材は固定式製造設備を設け、湿式工法で製造していたが、製造過程で大量の水を使用するため、大規模な濁水処理設備が必要となること等、製造量が少ない場合では高コストの要因となる。そこで、

- ① 濁水処理設備が省略できる。
- ② 水を使用しないため製造設備が簡素化できる。
- ③ 寒冷地での水処理不要によりメンテナンスが容易となる。
- ④ 濁水ケーキなど産業廃棄物の発生が無い。

等の理由により、製造工法として乾式を採用した。

(b) 粗骨材の製造への適用

乾式で製造を行った場合、濁水処理設備は省略できるがエアセパレータなど除塵処理設備が必要となる。

また、水洗いをしないため、特に細骨材に含まれるダスト含有により表面水率のばらつきが大きくなる等、品質確保にコストを要する。

沿道の交通量、近傍骨材製造会社の供給能力等を踏まえ、総合コストを評価し、粗骨材を製造し、細骨材を購入することとした。

(2) 移動式破砕機の導入

当地点のダムサイトは急峻な山岳地にあり、仮

設備ヤード等の施工スペースが狭く、固定式製造設備を設ける場合には、調整池上流部の沢部に約7万m<sup>3</sup>の造成を行う必要がある。

また、工事初期の約2年間の工事用電力は、全て発電機により供給する必要があった。

これらの施工条件を踏まえ、製造コストの削減、特に固定設備の簡素化に向けた調査検討を実施した結果、コンパクトで自走で移動可能な骨材破砕機を以下の理由から採用した。

- ① 移動式破砕機は、破砕機本体、ベルトコンベヤ、振動篩、駆動等が一体化されているため、付帯設備が縮小できる。特にオーバーサイズの循環機構がコンパクトであるため、ベルトコンベヤ数は固定式のほぼ半分で済み、ヤード造成土量は固定式の約半分となる。

固定式と移動式の製造設備設置計画平面図

表-1 主要機械一覧表 (固定式)

|     | 名称                             | 寸法                             | 台数                       | t/h                             |                            |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 共通  | グリズリ振動<br>フィーダ                 | 1,530×4,270                    | 1                        | 200~400                         |                            |
|     | ジョークラッシャ<br>傾斜特重型<br>スクリーン     | 1,060×1,260<br>1,200×3,000     | 1<br>1                   | 300<br>3.6 m <sup>3</sup>       |                            |
| 骨材用 | グリズリ<br>デッキスクリーン<br>ジョークラッシャ   | 1,500×3,000<br>630×910         | 1<br>1                   | 4.5 m <sup>3</sup><br>120       |                            |
|     | 振動フィーダ<br>傾斜特重型<br>スクリーン       | 700×1,500<br>1,500×3,000       | 2<br>1                   | 210<br>4.5 m <sup>3</sup>       |                            |
|     | 水平式2次<br>スクリーン                 | 2,100×4,800                    | 1                        | 10.08 m <sup>3</sup>            |                            |
|     | コーンクラッシャ<br>"                  | 230×1,140<br>100×910           | 1<br>1                   | 121<br>55                       |                            |
|     | エアセパレータ<br>振動フィーダ<br>"         | KAS 2500<br>450×914<br>450×914 | 1<br>2<br>2              | 21<br>65<br>65                  |                            |
|     | サイバースンド<br>コーン                 | 40×1,350                       | 1                        | 79                              |                            |
|     | ベプラス SX<br>水平式3次<br>スクリーン      | 2,100×4,800                    | 1<br>1                   | 44<br>8.64 m <sup>3</sup>       |                            |
|     | エアセパレータ<br>製砂ビン25-5<br>製砂ビン5-0 | KAS 3,000                      | 1<br>1<br>1              | 23                              |                            |
|     | 粗骨材ストック<br>ヤード<br>"            | 40~25<br>25~5<br>5~0           | 1<br>1<br>1              |                                 |                            |
|     | フィルタ用                          | 振動フィーダ<br>傾斜特重型<br>スクリーン       | 700×1,500<br>1,200×2,400 | 2<br>1                          | 210<br>2.88 m <sup>3</sup> |
|     |                                | 水平式2次<br>スクリーン                 | 2,100×4,800              | 1                               | 3.6 m <sup>3</sup>         |
|     |                                | インパクト<br>クラッシャ                 | 523×1,105                | 1                               | 69                         |
|     | ベルトコンベヤ<br>敷地造成                |                                |                          | 47本<br>69,000<br>m <sup>3</sup> |                            |
|     | 合計                             | 868.32 kW                      | 322.1 t                  |                                 |                            |

表—2 主要機械一覧表 (移動式)

|             | 名称              | 寸法            | 台数                   | t/h                   |
|-------------|-----------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| 共通          | グリズリ振動フィーダ      | 1,000×4,200   | 1                    | 80~500                |
|             | ジョークラッシャ        | 1,000×750     | 1                    | 140~400               |
|             | デッキスクリーン        | 1,200×3,000   | 1                    | 3.6 m <sup>2</sup>    |
|             | エプロンフィーダ        | 900×2,000     | 1                    | 195                   |
|             |                 | 700×1,500     | 1                    | 210                   |
|             | コーンクラッシャ        | 220×1,100     | 1                    | 251                   |
|             | 〃               | 100×800       | 1                    | 96                    |
|             | 水平式スクリーン<br>3床  | 1,640×5,080   | 1                    | 8.8 m <sup>2</sup>    |
|             | 〃               | 1,330×4,000   | 1                    | 5.3 m <sup>2</sup>    |
|             | 集塵機 (150 H)     | 765×765×1,250 | 1                    | 13.94 m <sup>2</sup>  |
| 集塵機 (250 H) | 1,145×765×1,250 | 1             | 22.67 m <sup>2</sup> |                       |
| 集塵機 (150 H) | 765×765×1,250   | 1             | 13.94 m <sup>2</sup> |                       |
| ベルトコンベヤ敷地造成 | ベルトコンベヤ         | 15            | 15本                  | 40,000 m <sup>2</sup> |
|             | ベルトコンベヤ         |               |                      |                       |
| 合計          | 397.5 kW        | 234.96 t      |                      |                       |

は、図—1、図—2 に、主要機械設備の種類数量の一覧表は表—1、表—2 に示すとおりである。

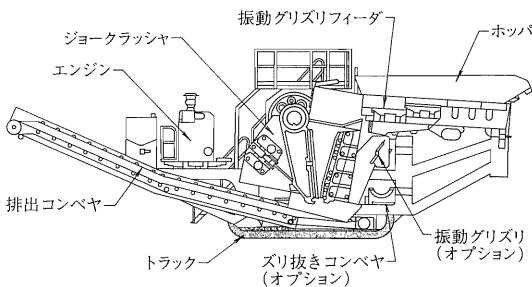
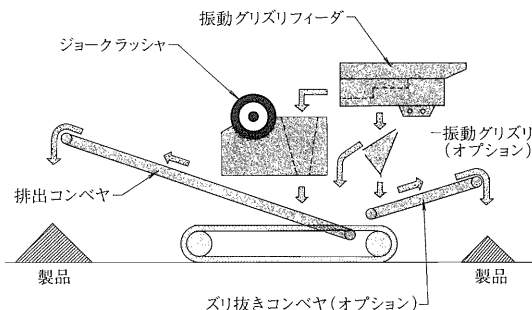
- ② 基礎及び電気工事等が不要で諸設備の設置および撤去工事が発生しない。
- ③ 据付け期間が短く、機械設置と同時に製造開始できるため、任意の切羽で破碎作業が可能であり、運搬費の低減、製造サイクルの向上が図られる。
- ④ 自載エンジンの搭載により、走行・機械駆動を行うことができるので電力の供給に関係なく稼働できる。

(3) 移動式破碎機の機能と構造

移動式破碎機とは、駆動装置の上に破碎機・振動篩、コンベヤ、エンジンを搭載したコンパクトな破碎装置である。

破碎機 (写真—1 参照) (1次破碎) の寸法及び仕様・能力 (1次及び2次破碎) は図—3 (a, b)、表—3 に示すとおりである。

破碎機の回転部にはスウェーデン鋼等高強度・



図—3 (a, b) 移動式破碎機 (1次破碎) システム図及び構造図



写真—1 破碎機の稼働状況写真 (1次破碎設備)

表-3 移動式破砕機の仕様・能力表

|       |        | 1次                        | 2次                   | 3次                   | 牽引式スクリーン         |
|-------|--------|---------------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| クラッシャ | 形式     | ジョークラッシャ<br>シングル<br>トックル式 | コークラッシャ<br>マントル      | コークラッシャ<br>マントル      | セミトレーラ<br>方式     |
|       | 寸法     | 1,000×750                 | 220×1,100            | 250×800              |                  |
| フィーダ  | 形式     | グリズリ<br>タイプ               | 水平スクリ<br>ーン3段        | 水平スクリ<br>ーン2段        | 傾斜型振動<br>スクリーン2段 |
|       | 寸法     | 1,000×4,200               | 1,600×5,450          | 1,300×4,451          | 1,200×2,000      |
| 能力    |        | 140~400 t/h               | 130~350 t/h          | 90~230 t/h           |                  |
| エンジン  |        | 254 PS<br>/1,900 rpm      | 280 PS<br>/1,900 rpm | 180 PS<br>/1,900 rpm |                  |
| 重量    |        | 46,000 kg                 | 52,000 kg            | 35,000 kg            | 11,000 kg        |
| 寸法    | 全長     | 14,500                    | 16,700               | 14,800               | 12,950           |
|       | 全幅     | 3,000                     | 12,300               | 12,650               | 9,100            |
|       | 全高     | 3,000                     | 6,900                | 6,400                | 4,170            |
| 移動速度  | 最高走行速度 | 0.9 km/h                  | 1.0 km/h             | 1.0 km/h             |                  |

耐摩耗性に優れた超合金が使用されており、偏心量と回転数を大きくすることにより破砕能力を向上させている。

(4) 骨材生産フロー

移動式破砕機による骨材生産フロー及び主要機械一覧表は図-4及び表-2に示すとおりである。

(5) 移動式破砕機導入にあたっての追加設備  
現地での使用にあたっては、以下の対策及び追加設備の設置を行った。

(a) 移動方式での使用は、1次破砕のみとし2次及び3次破砕(写真-2参照)は、安定供給を

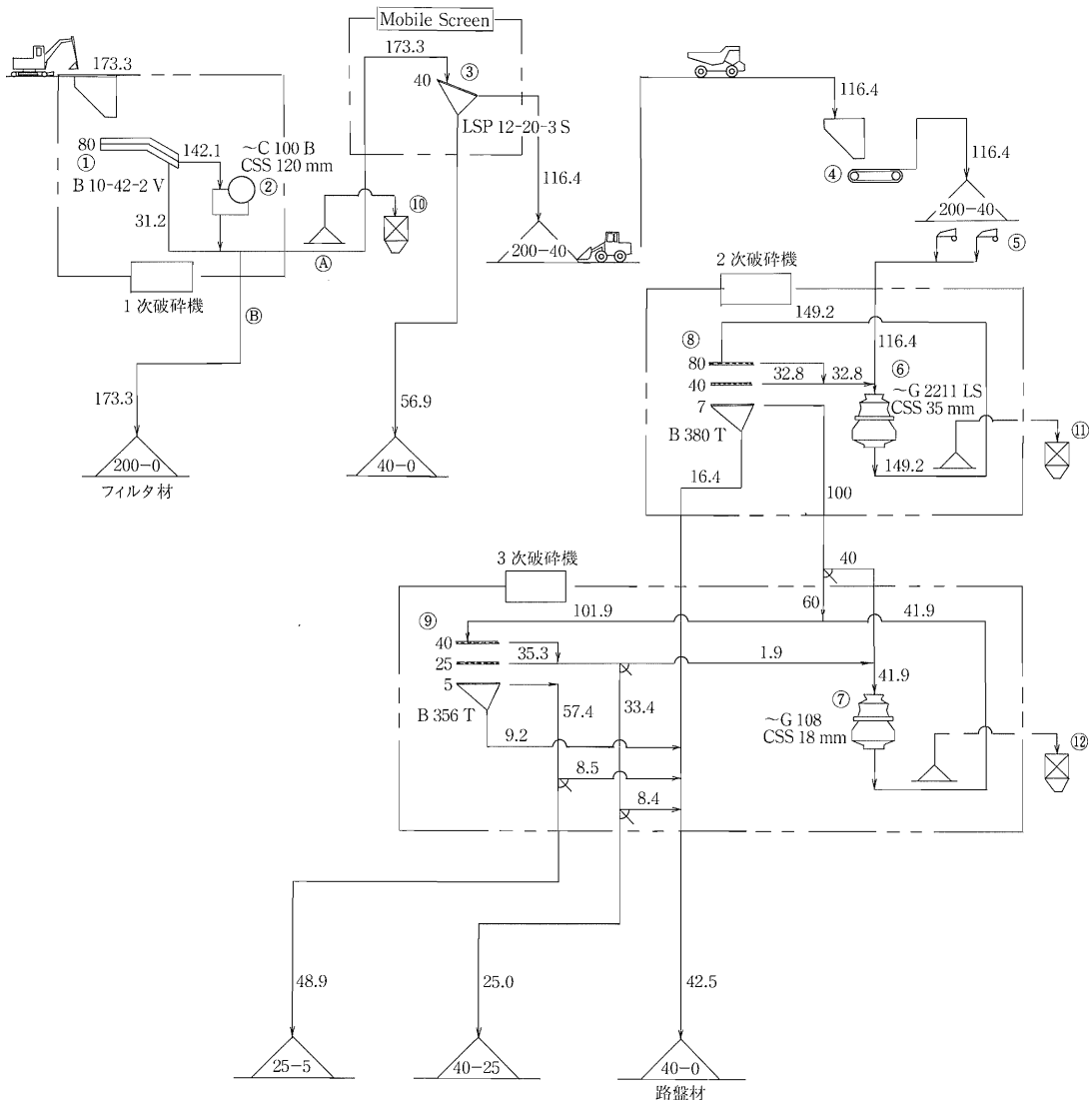
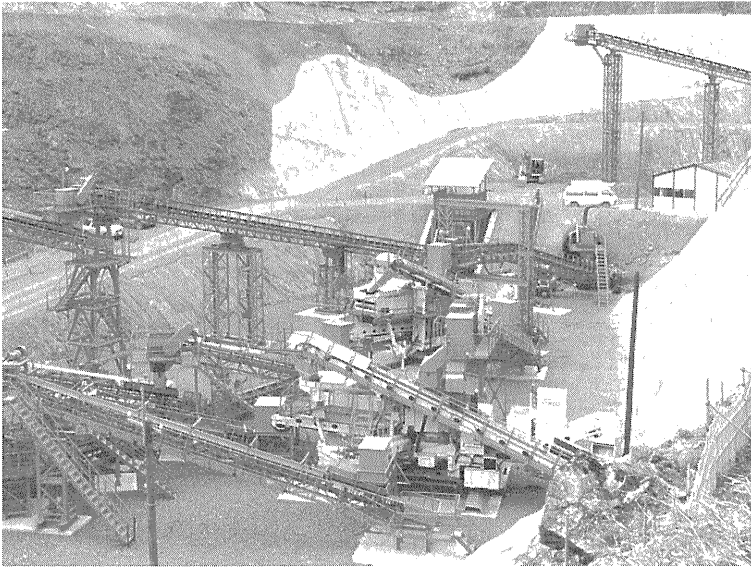
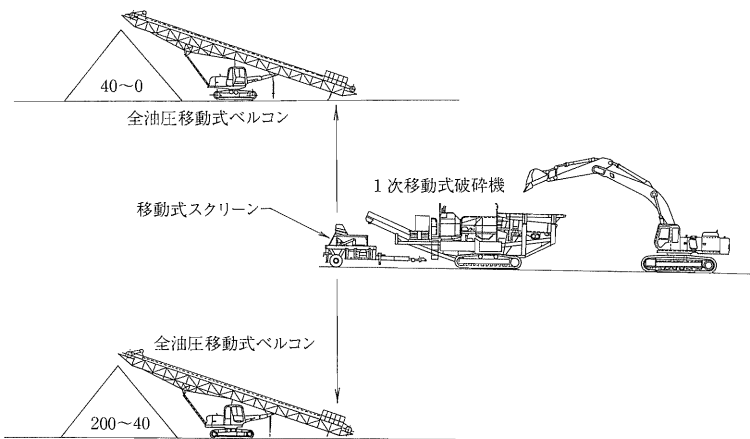


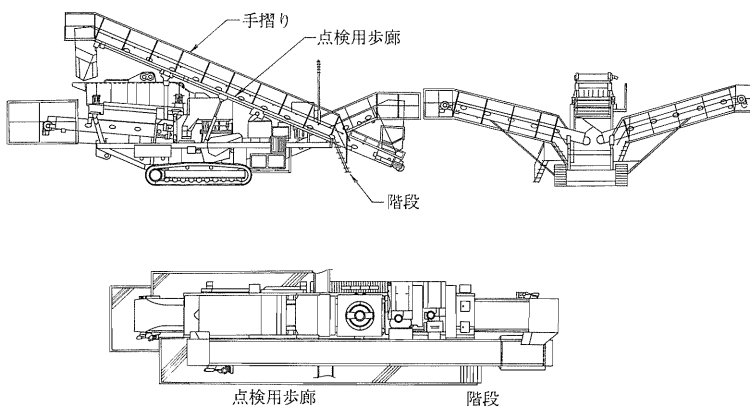
図-4 骨材生産フロー



写真—2 破碎機の稼働状況写真 (2,3次破碎設備)



図—5 破碎機とスクリーン及びベルトコンベヤ



図—6 メンテナンス用歩廊及び手摺の追加

確保する目的からサージパイ  
ル方式を採用し半固定式とし  
た。

また、生産調整が容易にで  
きるようにダンパ設備を追加  
設置した。

破碎機の基礎には、コンク  
リートを打設し、破碎機械の  
安定稼働を考慮した。

(b) 1次破碎機は原石採取  
場に配置し、逐次移動しな  
がら骨材を生産するため、移  
動式のスクリーンを導入し、  
新規に全油圧式のベルトコン  
ベヤを開発した(図—5 参  
照)。

(c) 品質・環境及び施工  
安全への配慮として、労働安  
全衛生法をはじめ各種基準、  
現場での規制項目に照らし合  
わせ、下記の改良を行った。

- ① 粉塵防止装置(カバー  
及び散水装置)の追加整  
備。
- ② クラッシング作業中の  
事故防止として遠隔装置  
の制御盤を追加し、運転  
コントロールの集中化。
- ③ メンテナンス用の歩廊  
及び手摺の追加整備  
(図—6参照)。
- ④ 1次破碎機投入前に表  
土や脆弱な風化岩等を原  
石から除去するモービル  
タイプの振動スクリーンの  
導入。

上記改良に加えて機械トラ  
ブルへの迅速な対応、消耗部  
品等が即調達できるようバック  
アップ体制を整えるなどメン  
テナンスシステムを確立  
し、品質確保と環境・安全の  
保持に万全を期した。

## 5. 骨材製造設備の稼働状況

平成11年10月より本格稼働し、平成12年12月までの稼働状況は、1次破碎で合計1,920時間、2次～3次破碎で580時間の実績である。

### (1) 骨材生産実績

生産実績は以下のとおりである。

- ・コンクリート用骨材 40～25 mm 8,600 t  
25～5 mm 21,000 t

### (2) ダム盛立て材料の一部生産への活用

1次破碎機は余力を活用し、コンクリート用骨材生産以外に廃棄岩の有効活用にも使用し、移動式破碎機の稼働率を向上させた。

上部ダム（中央土質遮水壁型フィルダム）のコア材はコア採取場での自然含水比が高いため、含水比が低い材料（乾燥材と呼ぶ）と混合することにより、所要の品質に調整している。

乾燥材は調整池内にある当初廃棄予定であった表層風化岩を活用しているが、移動式破碎機は、この廃棄岩の粒度調整に活用している。

破碎効果は、細粒分含有率（0.074 mm以下）で7.8%から11.6%へ、礫分含有率（4.75 mm以上）で76.3%から59.1%へと改善されており、所要の基準を満足する材料へと細粒化されている。

平成12年12月までの破碎実績は112,000 tである。

骨材の供給計画は図7のとおりであり、骨材製造時期の調整を行い、生産能力を最大限に活用している。

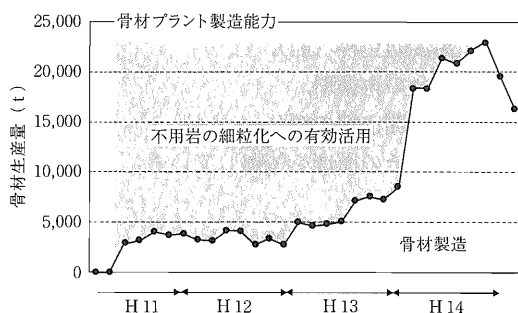


図7 骨材生産スケジュール

## 6. 当地点における移動式破碎機導入の評価と今後の課題

施工機械の性能は国内外を含め著しく向上しており、前記の検討結果に基づき当地点では、骨材製造に移動式破碎機を導入した。

移動式破碎機による骨材製造は平成11年より約1年間実施してきたが、当初懸念された生産量並びに品質に影響するような機械的トラブルの発生はなく、経済的で合理的な製造システムが構築されたと考える。

現在、移動式破碎機の導入に当たり追加した環境保全設備やメンテナンスフリーに向けた各部の改造など、随時改造・改良を重ね、工事を実施している。

当地点では、コスト面から細骨材を購入する設備設計としたが、当設備構成で細骨材を製造する場合、ダスト分の除去方法とその処理を含めた設備検討が新しい機械の開発と共に今後の重要な課題である。

神流川水力建設所は平成11年11月東京電力㈱としては初めてISO 14001の認証を取得し、その重点管理項目として「建設工事に伴って発生する副産物の有効活用」を環境方針の行動指針とした。移動式破碎機の導入は、仮設備ヤードの縮小化など地表改変の抑制と共に廃棄岩の有効利用等、ダム建設工事にとって切り離せない重要な課題解決の一端を担った。

今後、循環型社会の構築に向け、機動性と汎用性を併せ持った移動式破碎機は、当地点のような山間部における建設工事や都市部における建設廃材のリサイクルなどの活用性が高いものとする。



【筆者紹介】  
狩野弦四朗（かのう げんしろう）  
東京電力株式会社  
神流川水力建設所  
南相木工事事務所  
上部ダムグループ  
主任