

7. ダム建設への自走式破碎設備の導入と実績

水資源開発公団：木下 健三・*三雲 孝二
岩井 敬治

概要 比奈知ダムは、淀川の総合開発の一環として淀川水系木津川支川名張川に建設される、堤体積約394,000 m³の重力式コンクリートダムの多目的ダムである。

今日、ダム建設は、RCD・ELCM工法などの合理化施工がなされている中で、施工機械設備もいろいろな技術開発改善がなされている。比奈知ダム建設では、施工機械設備のうち、特に、骨材製造の一次破碎設備として、自走による移動ができることで、原石山での骨材製造の一連作業に、合理化が確信できる自走式破碎設備（以下「クローラクラッシャ」という。）を導入した。

この、ダム建設での施工機械設備は、計画の適否が、ダム本体工事の工期・品質に大きく影響を及ぼすものであるが、今回、当ダム建設でのクローラクラッシャ導入後の施工は、順調に進んでいる。

比奈知ダム建設における施工計画上の一次破碎設備としての条件は、次のとおりである。

①本体打設工法は、近年の合理化施工の一貫であるダンプ直送方式による拡張レアー工法（ELCM）を採用した面状工法であり、打設スケジュールからの必要骨材生産能力は、約310t/hである。

②骨材岩種は、領家複合岩類の花崗岩及び片麻岩である。

③原石山はダムサイトより1.5 km上流にあり、地形・地質的に定置式破碎設備が設置できる適地がなく、また、周辺環境の条件としても問題があった。

④骨材の一次破碎半製品の運搬路（ダム完成後は、市道）は、幅員が4 mである。

本報告は、このクローラクラッシャが、比奈知ダム建設における一次破碎設備としての合理性について検討を行った結果、導入に至った技術的経緯と一部施工実績について報告するものである。

1. 一次破碎設備計画検討の基本事項

比奈知ダムの一次破碎設備計画を策定するうえの基本事項は、次のとおりである。

1.1 コンクリート打設計画

ダム本体の打設計画は、表-1 打設計画総括表のとおりであり、堤体設計から、粗骨材径Gmax=150 mmとし、粗骨材3分級とした。

また、骨材破碎試験より、比重=2.62%以上(>2.5%)、吸水率=1.3%(<3.0%)、偏平度=0.67%(>0.3%)、偏長度=0.71%(>0.6%)、平均圧縮強度が約2,000kgf/cm²の結果が得られ、傾向としては、硬質な圧壊力の高い岩石に属する骨材で偏平・鋭利な破碎傾向となった。

表-1 打設計画総括表

総コンクリート量	394,000 m ³
実打設月数	24ヶ月
月最大打設量	27,200 m ³
日最大打設量	1,900 m ³

1. 2 骨材プラント能力

プラント能力は、コンクリート打設計画、コンクリート示方配合及び現場条件等により決定した。

1. 2. 1 骨材の生産量

製品骨材は、粗骨材3分級、細骨材1分級の計4分級とし、コンクリートはA₁、A₂、B、C配合の4種類（モルタル含まず）で、平均骨材量は表-2のとおりとなった。

また、骨材プラント能力は表-3のとおりとなった。

1. 2. 2 破碎機の製品粒度分布曲線

破碎機は、ダムの一次破碎設備として一般的に用いられている機種であるジョークラッシャとした。

なお、製品の粒度分布曲線は、骨材破碎試験の結果により求めた。

1. 3 原石採取及び半製品運搬条件

原石採取を行う原石山は、ダムサイトより1.5 km上流に位置している。

この原石山における施工条件は、次のとおりであった。

- (1)地形・地質は、急峻・狭隘箇所であり、定置式破碎設備を設置する有効な適地がない。
- (2)原石山直上流（赤岩大橋上流）広場の基礎岩盤は深く、定置式破碎設備を設置する場合、基礎工費用が高価となる。
- (3)安全上及び比較的均一な粒度の岩塊を得るためにベンチカット工法とする。

また、原石半製品の運搬条件は、次のとおりであった。

- (1)左岸旧国道及び左岸付替市道は、幅員が4 mと狭く、重ダンプトラックによるダムサイトの骨材生産設備への運搬はできない。
- (2)重ダンプトラック専用道路の新設には、巨額な費用がかかる。

1. 4 基本事項のまとめ

以上の事項を、一次破碎設備の能力及び施工性としてまとめると次のようになり、これら諸条件を整理することで、一次破碎設備としてのクローラクラッシャ導入の合理性を確認した。

- (1)骨材製造設備の投入量は、310t/hが必要である。
- (2)骨材製造設備構成としては1系列とする。
- (3)クローラクラッシャには、ジョークラッシャを搭載し、投入原石は爆砕原石の全量破碎とする。
- (4)クローラクラッシャによる原石採取は、ベンチカット工法によっても、一定リフトまでは直接にクローラクラッシャが乗り込むことはできないため、施工方法に工夫がいる。
- (5)原石半製品を重ダンプトラックによる運搬ができないため、図-1のとおり左岸旧国道及び左

表-2 平均骨材使用量

(t)	(mm)			計	
	粗	骨	材		
	150~60	60~25	25~5	5~	
コンクリート1 m ³ 当り	472	540	505	553	2.07
平均骨材使用量	22.8	26.1	24.4	26.7	100(%)

表-3 骨材プラント能力

骨材生産月作業日数	21 日
骨材生産日作業時間	10 h
骨材製造工程損失	13 %
総骨材所要量	812,000t
月最大所要量	56,300t
総骨材生産量	933,000t
月最大生産量	65,000t

岸付替市道の2ルートのループ方式とすれば、11t積ダンプトラックによる運搬は可能である。

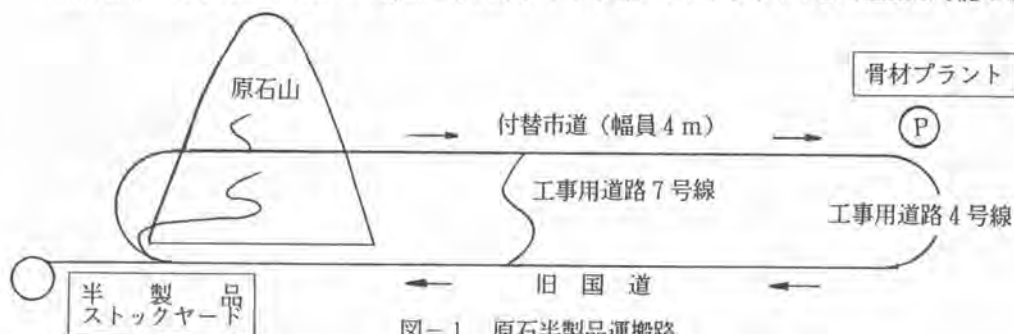


図-1 原石半製品運搬路

2. 一次破碎設備としてのクローラクラッシャ導入の検討

一次破碎設備における破碎計画は、二次サージパイルへの310t/hの原石半製品を安定的に供給することにあり、基本事項のまとめに基づき以下の点について検討した。表-4 採用修正係数

2. 1 クローラクラッシャの所要能力の確認

2. 1. 1 破碎機所要能力の算定

破碎機は、定置式の破碎機と何ら変わりなく、破碎機の所要能力としては石灰石ベースとなっており、破碎量に出口間隙以下の細粒分を加えた処理量とし、以下により所要能力 Q_s を算定した。

$$Q_s = Q_e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \gamma / 1.6 \quad (\text{式-1})$$

$$Q_e = [310\text{t/h} \times (1 + 0.15)] / 0.85 \approx 420\text{t/h}$$

Q_s	算定処理能力
α	15% (余裕率)
K_1	0.85
K_2	1
K_3	1
γ	1.6

2. 1. 2 原石粒度分布

表-5 原石推定粒度

爆破原石の粒度

は直接推定するこ

とはできないため、

粒度(mm)	~150	150~60	60~25	25~5	5~2.5	2.5~	計
百分率(%)	78.0	10.0	4.7	3.7	0.6	3.0	100

「ダム施工機械設備設計指針(案)」の爆破原石粒度曲線の値を用いた。

また、原石最大寸法は1,200×900×500mmと想定した。

2. 1. 3 クローラクラッシャの破碎機能力

各メーカーの搭載している破碎機は、ジョー形式がシングルトッグル型及びダブルトッグル型があり、公称能力は、石灰岩換算処理量(OSS150mm)で440t/hから549t/hであった。

表-6 破碎機能力

供給口寸法	1,200×1,050
ジョー形式	ダブルトッグル
公称能力(t/h)	440t/h 石灰岩処理量 (OSS150mm)
判定	440 > 420

比奈知ダムで使用する骨材での試験施工では、破碎比が大きく堅牢で粗粒破碎に適した結果となったこと、また、ダム現場ではそのほとんどがダブルトッグル型であるという実績より、表-6の破碎能力を有する破碎機を搭載するクローラクラッシャとすることで、骨材生産設備への310t/hの安定供給は可能と判断した。

2. 2 原石山における作業性の検討

クローラクラッシャは、破碎機としては定置式と何ら変わることなく、設備として自走できるこ

ことに特徴があり、自走式としたことによる原石山での作業性の確認が必要となる。

したがって、クローラクラッシャの効率良い稼働方法を確立することを前提とし検討整理した。その結果、組合せ機械と作業方法については、次のとおりとした。

- ①クローラクラッシャへの原石積込み機種は、アームの長いバックホウとする。
- ②二次サージパイルへの原石半製品運搬は、11t 積ダンプトラックを使用する。
- ③クローラクラッシャが直接切羽内へ進入できない期間の原石破碎箇所への爆砕原石の運搬には、11t 積ダンプトラックを使用する。
- ④絶えず作業場所を移動、フレキシブルな対応とし、骨材採取と廃棄岩処理は並行作業とする。
- ⑤採取ベンチ以外での破碎作業の場合は、原石山ストックパイルで一次破碎を行い、原石半製品は仮置する。
- ⑥採取ベンチに進入しての破碎作業の場合は、一次破碎した半製品をそのまま二次サージパイルへ運搬する。

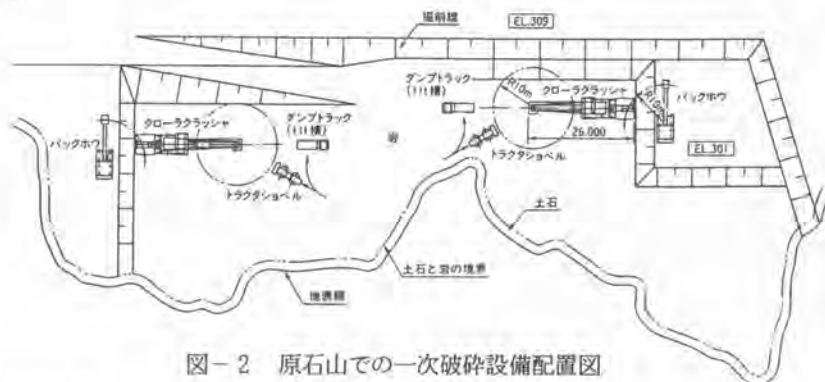


図-2 原石山での一次破碎設備配置図

2. 3 クローラクラッシャ導入の総合評価

クローラクラッシャの導入について、基本的な能力、施工性について合理性の確認を記述したが、総合的に検討した結果、メリットとしては

- ①設備のための基礎工費、電力設備等が不要となり、労務配置が軽減される。
- ②設備の設置撤去期間が、短期間の機械のクレーン車と同様な分解・組立だけとなる。
- ③組合せ機械としては、汎用機種が選択でき、且つ、フレキシブルに対応できる。
- ④汎用の11t 積ダンプトラックによる運搬で直送可能となり、貯蔵場対応の自由裁量ができる。

デメリットとしては、

- ①ベンチヤード面積の確保が必要となる。
- ②移動速度が遅く、発破時等の退避で運転時間に対し実質破碎時間は小さくなる。

等が考えられたが、比奈知ダム建設におけるクローラクラッシャが一次破碎設備として、能力、施工性等について問題ないことを確認するに至った。

3. クローラクラッシャ諸元

比奈知ダム建設で導入したクローラクラッシャの主要諸元は表-7のとおり決定した。

なお、図-3は全体図である。

また、構成機器が表-8、システム構成図が図-4となった。

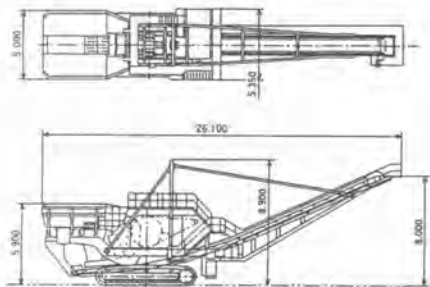


図-3 クローラクラッシャー 全体図

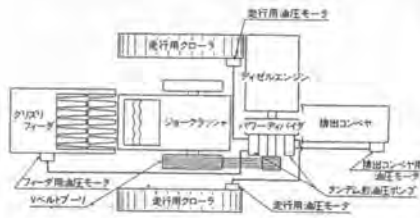


図-4 クローラクラッシャーシステム 図

表-7 クローラクラッシャー諸元

寸 法	L:26,100×W:5,350 ×H:8,900
全 重 量	約135t
最大嚙込寸法	1,350 ×910 ×650
連続最大嚙込寸法	850 ×600 ×425
エンジン出力	約274KW(372PS)
走行速度	0～8m/min・0～15m/min
登板能力	最大約15°
処理能力	440t/h(石灰岩換算)

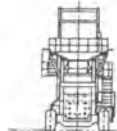


表-8 構成機器一覧表

投入ホッパ	W:5,000 ×L:6,200
グリッドフィーダ	W:1,400 ×L:4,200 (グリッドバー 目開き200~2130mm)
ジョークラッシャー	ダブルトルク型 (W:1,200×L:1,050(OSS:125~190mm))
パワーユニット	ディーゼルエンジン式 372PS/1500rpm
排出コンベヤ	W:1,050×L:24,000 (速度:75m/min)
走行用クローラ	履帯幅 710mm×接地長 5,930mm
制御装置	無線式リモートコントロール付
付属設備	エンジン発電機、散水装置、照明装置

4. 原石破碎の実態調査

クローラクラッシャーを導入後、8日

間の短期的な実施工での原石破碎性についての調査を行った結果、以下のとおりの能力を確認した。

(1) 原石及び一次半製品の粒度分布

原石仮置ヤードでのクラッシャーOSS155mmにおける粒径150mm以上の残留率は、原石の場合18～32%、一次破碎半製品の場合2～6%、原石山でのクラッシャーOSS140mmにおける粒径150mm以上の残留率は、原石が38%程度、一次破碎半製品は0%で、いずれにしてもOSS以下に破碎されていた。

(2) 骨材試験

一次破碎半製品の比重は2.6以上、吸水率が1.4%以下であり、コンクリート用碎石の基準(比重2.5以上、吸水率が3%以下)を十分に満足していることから、骨材として、物性的には特に問題ない骨材であった。

また、圧縮強度はC_M級で、1,200～1,700kgf/cm²、C_H級で、1,800～2,000kgf/cm²の値となり、全試料とも、圧縮強度は1,000kgf/cm²以上で、強度的にも特に問題のない骨材であった。

(3) クローラクラッシャ稼働状況(写真-1)

クローラクラッシャの破碎時間等は、平均的に表-9のとおりとなり、故障はクラッシャ投入口での原石詰まり、ベルコン上の過積載によるベルコン停止、油圧ラインのオイル漏れ等が発生したが、操作不慣れ・初期故障の類で、故障内容により修理時間もまちまちであった。

(4) 実態調査結果

以上より解析を行った結果、単位時間における破碎能力としては440t/h～545t/h、1日当りのみた時の破碎能力としては365t/h～410t/h程度となる。瞬時能力と日作業能力の差が生じたが、これは、短期的にみた時の移動時間なり、作業不慣れなりの影響が考えられ、長期的にみた時には、日作業能力としても製造能力は上がり、クローラクラッシャ導入検討時の計画能力との差はないものと判断した。



写真-1 クローラクラッシャの稼働状況

表-9 1日当りの稼働状況

破 碎 時 間	約4.7h
積込み待ち時間	約1.0h
ト ラ ブ ル 時 間	約0.5h
移 動 時 間	約1.1h
日常点検・整備時間	約1.0h

5. 今後の課題

比奈知ダム建設において導入したクローラクラッシャは、平成6年8月より本格的な稼働を開始し1年を経過したが、現在順調に稼働し、骨材製造プラントへの一次破碎半製品の安定した供給を行っており、本設備の導入は成果があったと認められる。

しかしながら、何ら問題がないわけではなく、例えば、移動時のクローラ傾斜への対応、設備全体の細部の振動対策等、設備改良の検討を行い、現在までに一部ではあるが振動による共振を改善する処置などの改造等を行ってきた。今後、クローラクラッシャの改良・改善を図り、ダム建設の汎用機種として、高い信頼性を得る設備となる必要がある。また、本設備の自動化により省人化が図れる要素もあり、本報告が、今後、ダム建設での施工計画において参考となれば幸いである。

以上、クローラクラッシャがダム建設の主骨材生産設備として、初めての導入に至れたのも、関係各位の貴重な御指導・御助言等を頂いた賜物であり、この誌上を借り謝意を表するものである。

参考文献

- 1) 財団法人ダム技術センター編集：ダム施工機械設備設計指針(案)，1990
- 2) 財団法人日本建設機械化協会編：骨材の採取と生産，1975