

フィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の機械化

矢作健治・多々良敏夫・堀崎敏嗣

一般に、ロックフィルダムの遮水ゾーンなどにおける仕上げ掘削後の岩盤清掃作業では、その作業の特殊性が機械化、省力化を阻んでいる。筆者らは、これらの課題を踏まえ、ロックフィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の合理化施工を目指し、岩盤清掃作業の専用機「自走式岩盤清掃機」を開発した。

国土交通省東北地方整備局・摺上川ダムにおける現場実証試験および実施工において、基礎岩盤面の洗浄と洗浄後の土砂の回収作業を効率良く施工できることを確認した。本報文では、岩盤清掃機のシステムと施工実績について報告する。

キーワード：ダム，ロックフィルダム，遮水ゾーン，合理化施工，岩盤清掃，無線操縦

1. はじめに

一般にロックフィルダム建設工事においては、堤体基礎岩盤を覆っているルーズな土石、岩石等を除去するために基礎掘削が必要となる。まず大型掘削機などで粗掘削した後、ツインヘッドに代表される回転式切削機などを用いて適当な基礎面に整形し、さらに遮水ゾーン（コア敷）や洪水吐きのようなコンクリート構造物の着岩部では、コア材やコンクリートとの密着を完全にするため、浮石、岩くず、泥土および有害物などを取除き、特に平滑な面に仕上げの必要がある。そのためにも念入りな岩盤清掃が余儀なくされている。

従来から、岩盤面の清掃手段として、バックホウに装着したレーキ、ワイヤブラシなど各種アタッチメントや高圧水洗浄機および土砂回収用のバキューム装置など、多様な機械装置を組合せて施工されてきた。ただし、地形の複雑性、作業の特殊性などが本格的な機械化やそれに伴う省力化の進展を阻んでおり、その結果、まだまだ人力作業に頼らざるをえないのが実態である。特に、今回紹介する国土交通省東北地方整備局・摺上川ダム（中央コア型ロックフィルダム、堤体積8,400,000 m³）のような大規模クラスのロックフィルダムにおいては岩盤清掃対象面積が広大なものとなり、それに費やされる労力も多大なものとなることが懸念されることである。

以上のような課題を踏まえ、施工性、機能性、安全性の向上を図り、岩盤清掃作業の省力化を実現するた

め、筆者らは岩盤清掃の専用機として「自走式岩盤清掃機」（写真—1）を開発し、平成10年3月以降、摺上川ダム本体建設工事に導入した。

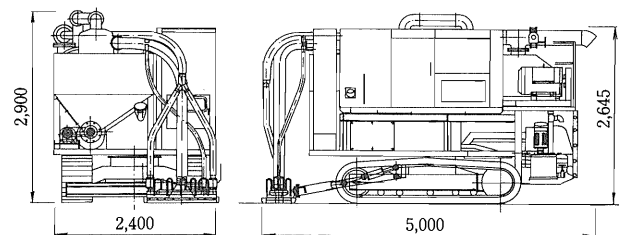


写真—1 岩盤清掃機

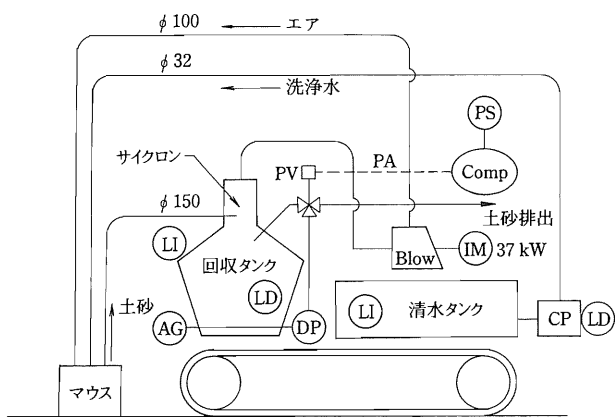
2. 岩盤清掃機のシステム

岩盤清掃機の主なシステムおよび摺上川ダム建設工事における施工実績については以下のとおりである。

本機は以下のような各機器から構成されている（図—1、図—2、表—1）。



図—1 岩盤清掃機全体図



PA: 圧縮空気 PV: 空気駆動バルブ
 AG: アジテータ CP: 洗浄ポンプ
 DP: 排出ポンプ LI: レベル計
 Comp: コンプレッサ LD: レベル検出器
 Blow: ブロウ PS: 圧力スイッチ

図-2 システムフロー図

表-1 岩盤清掃機標準仕様

項目	仕様
型式	自走式, 真空吸引・空気輸送方式
ブロウ	多段型遠心式ターボブロウ 37 kW (インバータ制御) 風量: 40 m ³ /min 風速: 40 m/s 真空圧 (差圧): -2,450 mmAq
マウス部	マウス昇降・スライド方式 有効吸引幅: 1,000 mm, 最大吸込み塊: φ40 mm 以下 洗浄水噴射圧: 0.8 MPa 水量: 100 L/min
給水タンク	有効容量: 1.2 m ³ 洗浄用ポンプ搭載
回収タンク	有効容量: 1.5 m ³ (自動水位制御) 循環搅拌装置内蔵
本体動力	60 kVA ディーゼル発電機 (60 Hz 仕様)
走行装置	ベースマシン: 低床式重量物運搬機 CT-60 (コマツ製) 操縦: 携帯式ラジオ・コントロール方式 走行速度: 0~1.6 km/h (無段階ボリューム設定) 登坂能力: max 15° エンジン出力: 28 PS/2,500 rpm
外形寸法	全長: 5.0 m 全幅: 2.4 m 全高: 2.9 m
全装備質量	約 10.0 t

(1) 走行装置

走行安定性を重視し、ゴムローラ式ベースマシン (低床式重量物運搬機 CT-60, コマツ製) および携帯式ラジオ・コントロール (無線操縦方式) を採用した。また、走行速度は岩盤清掃面の仕上がり状態に応じ、0~1.6 km/h の低速域内で無段階ボリューム設定により任意に速度調整ができる。なお、送信機の操作不能時のバックアップとして、非常用有線リモコンを併設している。

(2) ブロウ装置

今回採用した土砂回収方法は、一般に「真空吸引式空気輸送方式」と呼ばれる原理を利用している。これは、土砂回収に必要な風量 (40 m³/min), 風速 (40 m/s), 真空圧 (差圧 -2,450 mmAq) を、ブロウにより管内に発生させることで、管末端に誘起された強力な吸引力で土砂を取込み、さらに取込んだ土砂は管内の高速空気の流れに乗せ、所定の高さ、長さの管内を通過させ、回収タンクに輸送、貯留させるものである。

このような基本的条件を勘案し、小型軽量の多段型遠心式ターボブロウ 37 kW を選定した。なお、起動時の電源の安定化を図るためインバータ制御方式を採用している。

(3) 吸込みマウス

マウス部は本体前面側の吸込みホース先端部に位置し、本機の走行とマウスを支持しているリンク機構の上下作動により土砂を取込む機構になっている。

マウス内には洗浄水噴射用ノズルを内蔵し、このノズルからのジェット噴射圧によって岩盤面に付着している土砂等を浮揚させ、同時に加速度を与えて吸引効果を高めることができる。また、マウス中央部に位置

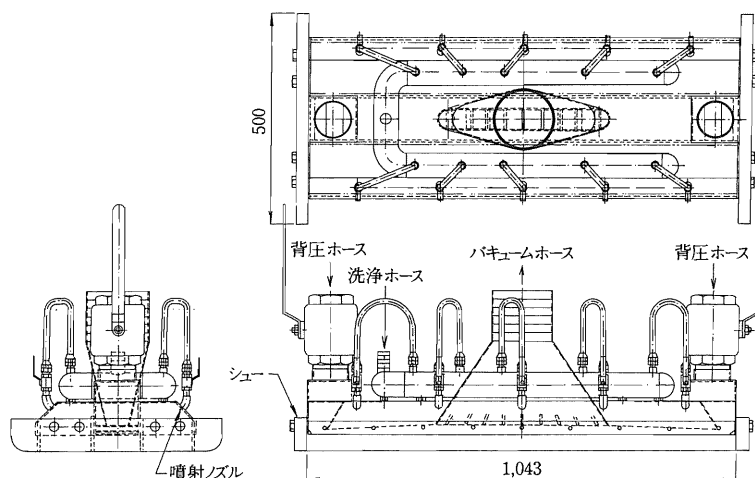


図-3 吸込みマウス構造図

する吸引孔には、 $\phi 40$ mm 以上の塊を吸込まないようにスクリーンが設置されており、吸引中の管内閉塞を防止する。

マウスの周囲に取付けた耐摩耗性のウレタンゴム製シュー・スカートは、定常的に吸引孔の開口部面積や清掃面との距離を一定に保ち、吸引力の安定、清掃面不陸部への対応および周囲への飛散防止を図っている。なお、有効吸引幅は 1.0 m に設定してある。マウス本体はスライド（トラバース）機構により、左右方向にも任意に位置合せができる。図-3 に吸込みマウスの構造を示す。

（４） 給水装置および土砂回収タンク

岩盤洗浄水の円滑な供給を図るため、給水タンク（ステンレス製、有効容量 1.2 m³）と洗浄用ポンプを搭載している。洗浄用水は、適宜、外部から清水を補充する。

土砂回収タンク（有効容量 1.5 m³）は、吸引・管内輸送された土砂を、タンク入口のサイクロンで空気と分離し一時的に貯留する。このとき、取込んだ土砂をタンクの底に沈降させないようにタンク底部のスクリー式攪拌装置とポンプで循環・攪拌させる。土砂回収タンク内が満水状態になると、水位制御によりブロウと洗浄用ポンプが自動停止し、適宜、三方切替え弁にて回収タンク外へ土砂を排出する。

これら一連の各機器の動作モードは機側の制御盤により手動/自動の切換えを行う。

（５） 発 電 機

基本的に、機内の動力源は搭載したディーゼル発電機（60 kVA）から供給する。ただし、移動距離が狭い範囲に限定される場合には、必要に応じて外部からの給電も可能である。また、発電機を小型化し発電容量を有効に利用するため、機器はすべて 60 Hz 仕様に統一している。

（６） 安全装置

事故を未然に防止するため、各種の安全装置を組んでいる。その一例を挙げると、

- ① オペレータの転倒など、送信機操作に異状事態が発生した場合、自動停止機能が作動する。
- ② 妨害電波などによる電波障害時、自動停止機能が作動する。
- ③ 走行モード時の黄色回転灯、ブザーによる警報で周囲への注意を喚起する。

3. 現場施工実績

岩盤清掃機の施工実績は以下のとおりである。

（１） 工 事 概 要

- ・ 工事名称：摺上川ダム本体建設工事
- ・ 工事場所：福島県福島市飯坂町
- ・ 発注者：国土交通省東北地方整備局
- ・ 工事規模：中央コア型ロックフィルダム
堤 高 105.0 m
堤頂長 718.6 m
堤体積 8,400,000 m³
洪水吐きコンクリート 267,000 m³
- ・ 施工期間：平成 10 年 3 月～平成 11 年 7 月
- ・ 施工業者：飛島・大林 JV

（２） 施 工 条 件

（a） 施工場所

摺上川ダム堤体敷内の比較的平坦な基礎岩盤面を対象とした。

（b） 岩盤地質

火山礫凝灰岩（CM クラス）

（c） 清掃前の状態

回転式掘削機（ツインヘッド）などによる仕上げ掘削後、バックホウなどを利用して大塊を粗取りした。

（d） 走行速度

標準走行速度を平均 1.0 km/h（0～1.6 km/h）とした。ただし、状況に応じて適宜速度調整を行った。

（e） 洗浄水の給水

給水車から適宜清水を補給することとした。洗浄水はそれぞれ噴射圧 0.8 MPa、噴射水量約 90 L/min に設定してある。

（f） 清掃後の土砂の処理

施工ヤード直近の排水ピットまで自走運搬し、排出・廃棄を行った。

（３） 施 工 状 況

岩盤清掃機による施工状況を写真-2～写真-5 に示す。

（４） 工事施工実績

岩盤清掃機の工事施工実績および確認事項は以下のとおりである。

（a） 施工性

施工シミュレーションの結果を踏まえ、所要施工能



写真-2 ツインヘッドによる仕上げ掘削



写真-3 無線操縦による清掃状況

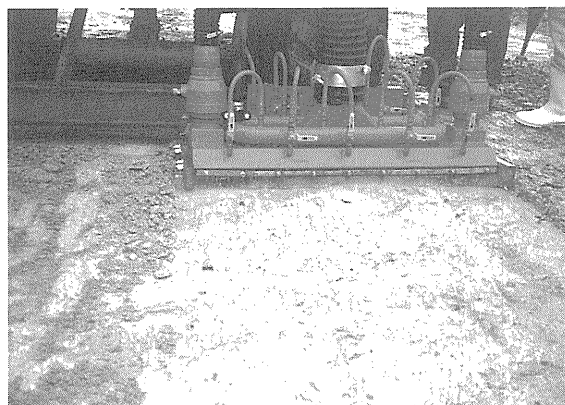


写真-4 マウス部および清掃面



写真-5 マウス部内からの洗浄水噴射状況

力を $65 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上に目標を設定したが、実施工能力は約 $200 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上（公称施工能力 $300 \text{ m}^2/\text{h}$ ）が可能である。ただし、実施工能力は排水ピットまでの運搬時間に左右されるため、できるだけ作業ヤードの近傍が望ましい。なお、各作業単位時間はそれぞれ、給水時間が約 5 min 以内、連続作業時間が約 10 min および廃棄時間が約 2 min 以内となっている。

(b) 機能性

マウス部におけるウォータジェットによる洗浄機能と、バキューム効果による土砂・土石の吸込み、回収機能が1台の専用機に集約した清掃システムが可能になった。また、仕上げ面の確認をしながら微速走行が可能のため、清掃むらや取残しの少ないきめ細かい清掃ができる。

給水装置、発電機を搭載したため、全装備質量（約 10 t）がやや大きくなったが、反面、給水用ホースや給電用ケーブルなどの付属障害物による行動範囲の制約が少ない。その結果、重機類が輻輳するような施工条件下でのリスクが回避できる。

なお、走行制御用の無線操縦の有効距離は最大約 15 m（全方位・標準 10 m）まで可能である。

(c) 環境安全性

洗浄時の土砂の飛散防止措置により、従来のような苦渋作業が解消され、作業環境が大幅に改善された。また、一旦回収した土砂は密閉状態のまま適宜、任意の場所まで自走運搬し、短時間に排出处理ができる。

無線遠隔操縦方式の採用により、作業周辺の視界、視認性が良く安全性が高い。

(d) 省力化（作業体制）

標準的な作業体制は3名（世話役、オペレータ、普通作業員）程度の少人数で可能である。その結果、従来工法に比較して大幅な省力化を実現した。本機は車両系建設機械の対象外であり、またラジコンは微弱電波仕様で共に運転資格の制約が無いことから特殊な資格が不要である。操作は比較的簡単であり、作業員の順応性も高い。

4. 今後の課題

今回の摺上川ダムでの現場施工においては、比較的平坦な岩盤面が多かったことなど施工条件に恵まれたことと、大規模ロックフィルダムにおける岩盤清掃の合理化施工の必要性が再認識され、本機の性能および現場への適応性について良好な評価を得ることができた。今回の施工実績を踏まえ、今後さらに本格化するであろう岩盤清掃作業の機械化、実用化に向けた技術

的課題を以下に要約する。

- ① 適正な洗浄水の噴射圧、所要水量がモニタリング・制御できるシステムの開発。
- ② 取残した岩盤面に付着している粘土分などの除去対策。
- ③ 現状の回収タンク容量（1.5 m³）では1作業サイクルの回収土砂量に限界があり、増量、作業の継続性を可能にするための方策。
- ④ 回収した土砂の、より迅速・効率的な運搬・排出（廃棄）方法。
- ⑤ 中・硬岩部など不陸の大きい場所における適応性を高めるための技術的検討。特に不陸部に追従できるマウス部構造の改良。
- ⑥ 通常の移動速度での直進性は良好であるが、微速走行時では、油圧機器の特性上から直進性の保持にやや習熟の必要性が認められる。
- ⑦ コンクリートダムや洪水吐きにおけるレイタンスの回収作業など、適用範囲拡大の可能性についての検討。

5. おわりに

平成8年に大規模ロックフィルダムにおける基礎岩盤清掃作業の機械化、省力化を目指して自走式岩盤清掃機の開発に着手して以来、摺上川ダムの施工実績を踏まえ、おおむね初期の開発目標を満足する結果となり一応の成果が得られた。

今後は引続き残された技術的課題に取組み、さらなる改良と検証を推し進める所存である。本機がロックフィルダム工事をはじめとする類似工事などへ適用範囲を拡大し、省力化、安全性の向上、作業環境の改善など、建設業が抱える課題に微力でも貢献できれば幸いである。

最後に、本機の導入にご理解をいただいた発注者をはじめ、開発にご協力、ご助言いただいたサンエー工業株式会社、工事関係者の方々に感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

矢作 健治（やはぎ けんじ）
飛鳥建設株式会社
機電統轄部
部長



多々良 敏夫（たたら としお）
飛鳥建設株式会社
機電統轄部
担当部長



堀崎 敏嗣（ほりさき としじ）
飛鳥建設株式会社
名古屋支店
土木部
機電課
課長



絵で見る安全マニュアル

〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

■要因と正しい作業例

- | | | |
|----------|--------|---------|
| ・物動式クレーン | ・電動工具 | ・油圧ショベル |
| ・基礎工用機械 | ・高所作業車 | ・貨物自動車 |

A5判 70頁 定価 650円（消費税込） 送料 270円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289