

18. ウォータージェットによるダム用グリーンカット機の開発

(株)鴻池組：*栗副 耕治, 吉岡 由郎
松生 隆司

1. はじめに

コンクリートダム建設工事におけるグリーンカット作業とは、コンクリート打設後まだ硬化しないうちに表面に浮いたレイタンス（不純物）や弱層モルタルを削り取り、粗骨材の一部を露出させて次のコンクリートの付着向上を図り、ダムを一体化させ止水性を確保する重要な作業である。

従来、このような作業は、人力で水ジェットを使用して行われていたが、レイタンス混じりの水しぶきが飛散し作業者には苦渋作業であった。今回、本グリーンカット機を開発したことにより劣悪な作業環境や施工能率の低さを解消し機械化施工を可能とした。現場で使用するグリーンカット機および作業状況のイメージ図を図-1、図-2に示す。

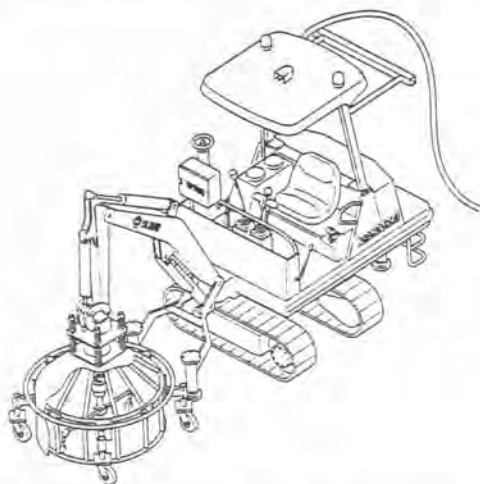


図-1 グリーンカット機イメージ図

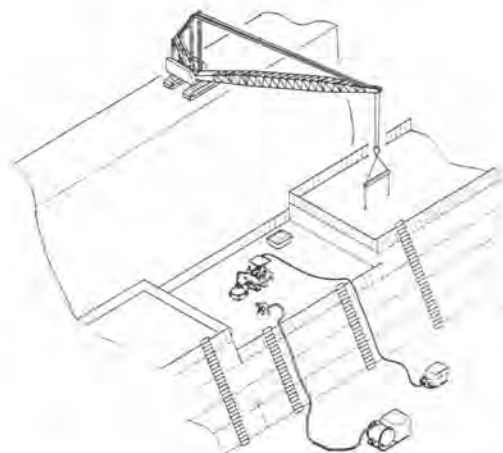


図-2 グリーンカット作業イメージ図

2. 開発目的

今回、開発したグリーンカット機の開発目的を列記する。

- 1) 人力作業の2倍以上の施工能率
- 2) 作業員の苦渋作業からの解放
- 3) 作業員5人から3人への省人化

なお、本機が対象とするダム工事のグリーンカット面積は、600~900m²以内、工法が拡張レア工法

とブロック工法、工事規模がコンクリート量20万m³以下である。開発に当たっては、次の課題を設定し重点的に進めた。

- 1) ノズル基礎実験で最適なノズル種類選定とジェット噴射条件を求めること。
- 2) 対象となるコンクリート強度（10～20kgf/cm²）に応じカット深さ2～5mmが得られること。
- 3) コンクリート表面の凹部の隅も仕上がりが良好であること。

3. グリーンカット機の概要

本グリーンカット機は、高圧水を噴射するジェット噴射部とコンクリート表面を自走する走行台車で構成する。ジェット噴射部は、ノズル、旋回アーム、ロータリースイベル、緩衝装置で構成しレイタンスを切削除去する。走行台車は、動力を内蔵し高圧ジェット圧力調整弁、リフトアップ用油圧ジャッキ、制御盤で構成しコンクリート面を連続的にカットしながら走行する。また、手持ちで操作するガン式ノズルを併せて装備し、高圧水の送り回路を切り替えることによりジェット噴射部のノズルとガン式ノズルのいずれかを選択して使用できる。なお、走行台車は汎用性、機動性に優れた超小型油圧ショベルを採用しているが、ディーゼルエンジン、油圧ポンプを一部改造している。

次に、本機の特徴を下記に示す。

- 1) 対象となるコンクリート強度に応じ、水圧力を無段階に調圧できる圧力調整弁を装備している。
- 2) 高圧ポンプを停止することなく高圧水をバイパスするため、アンロード弁を設け作業の効率化を図っている。
- 3) 走行台車の前後に油圧ジャッキを装備し、方向転換時に油圧ジャッキで走行台車をリフトアップさせ、コンクリート面を痛めることなく方転換する事ができる。
- 4) 安全装置には、ジェット部の飛散防止用シートカバー、タッチセンサ、旋回および後進用音声警報装置、パトライトを装備している。本機の全体図と仕様を図-3、表-1に示す。

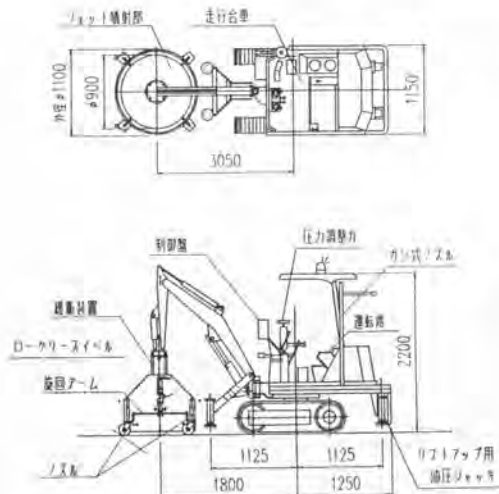


図-3 グリーンカット機全体図

表-1 仕様

グリーンカット機	全長	3600mm
	全幅	1150mm
	全高	2200mm
性能	走行速度	4.2m/min
	旋回速度	2.1rpm
	揚水圧	0.22kg/cm ²
	カット幅	800mm
機本体	質量	1500kg
エンジン	型式	冷型水冷3気筒ディーゼル
	定格出力	14.5PS/1150rpm
ポンプ	全長	2090mm
	全幅	1000mm
	全高	1240mm
ユニット	吐出圧力	200kg/cm ²
	吐出水量	60 L/min
	電動機	200V, 30kW
ト	質量	900kg

4. ノズル基礎実験と結果

4-1 ノズル基礎実験

本機を中心技術となるノズル基礎実験を当社の実験敷地にて実施した。実験の目的は、本機のノズル種類選定およびジェット噴射条件を求めることである。実験項目は、コンクリート圧縮強度、吐出圧力、スタンドオフ距離（コンクリート面から噴射ノズルまでの高さ）、ノズル旋回回転数、噴射角度を変化させ切削除去部のカット幅および深さを測定する。実験状況およびノズル基礎実験装置を写真-1、高圧水フロー図を図-4に示す。



写真-1 ノズル基礎実験装置

4-2 実験結果

実験の結果、対象となるコンクリート強度が10～20kg/cm²では、ノズル種類を孔ノズルと扇状ノズル間の噴射特性を有するものが適正と判断し、楕円孔とノズル端を凹面にカットした耐磨耗性に優れた超硬合金チップのデスクレーン洗浄ノズルを選定した。ノズル回転数は、旋回アームに取りつけたノズルの位置で周速を変化させカット深さを実測し毎分35～70回転を設定した。

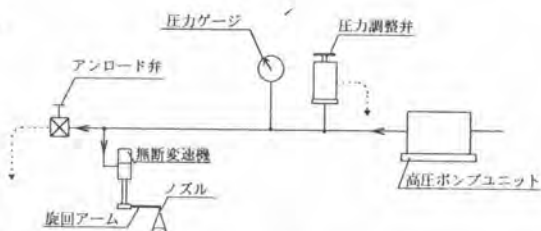


図-4 高圧水フロー図

スタンドオフ距離は、1旋回あたりカット処理幅とカット作用力を勘案し90～225mmとした。表-2にノズル種類及びジェット噴射条件の設定を示す。次に、ノズル基礎実験で実施したコンクリート供試体の1ショット・カッティング状態を写真-2に示す。以上、このノズル基礎実験をベースにノズル種類及びジェット噴射条件を設定し、本開発機の設計、製作を行った。

表-2 ノズル種類とジェット噴射条件

ノズル種類	デスクレーン洗浄ノズル
スタンドオフ距離	90mm～225mm
ノズル回転数	35～70rpm
1旋回当たり処理幅	90mm
吐出水圧	200kgf/cm ²
吐出水量	60 l/min

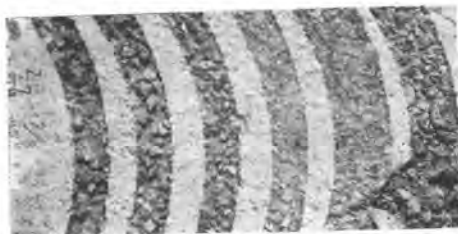


写真-2 1ショット・カッティング状況

5. 現場試験施工

5-1 概要

現場試験施工を福島県の田島ダム工事で平成8年5月16日から6月27日まで5回に分けてダム堤体内で実施した。試験施工の目的は、対象とするコンクリート強度に対し適正なカット深さ及び仕上がり状態が得られるかどうかを確認する。さらに、作業能率(150㎡/h)と施工性も合わせて確認した。現場全景とグリーンカット機を写真-3、写真-4に示す。ダム施工法は、ブロック工法で全体コンクリート量は8万㎡である。グリーンカット面積は、240㎡以下でダム堤体下部の比較的広い場所で試験施工を実施した。表-4に本工事のコンクリート配合を示す。



写真-3 現場全景



写真-4 グリーンカット機

表-4 コンクリート配合表

配合	最大粗骨材寸法 (mm)	スランプ (cm)	水比 (%)	空気量 (%)	単量 (kg/m ³)						
					水	セメント	細骨材	混和剤	粗骨材 (mm)		
									80~40	40~20	20~5
A	80	3±1	50.5	3.5	106	210	551	2.31	532	380	608
B	80	3±1	70.0	3.5	105	150	607	1.65	528	377	605

5-2 試験施工方法

試験施工方法は、対象となるコンクリートを計画した材令で一軸圧縮試験を行いスタンドオフ距離、走行速度を一定に設定し走行台車の前部に取り付けたジェット噴射部を走行する。(図-5参照)

その後、ノズル回転数を変化させて、コンクリート強度に対応した水圧を圧力調整

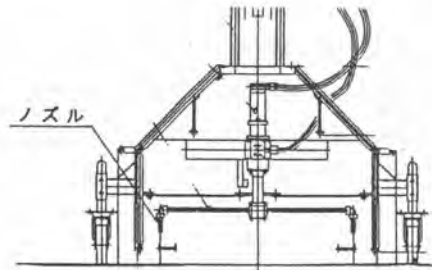


図-5 ジェット噴射部

弁で操作しながら連続作業を行う方法とする。

コンクリート切削面の状況判断は、カッティング後、直ちに水洗いを行い切削深さ、仕上がり状況を確認する。なお、走行速度は、ノズル回転数と1回転当たりノズルカット処理幅90mmのノズル軌跡を求めコンクリート面にカット残りが生じない速度とする。また、ノズル回転数は、ロータリースイベルの駆動軸の回転数を、近接センサで1回転1パルスタイプの発振式回転数をデジタル表示で正確に読み取る方式を採用する。

5-3 試験施工結果

1) 試験施工結果データ

試験施工で得られたカッティング試験施工結果を表-3に示す。作業能率はコンクリート強度の変化に関わらず作業面積が大きくなれば本機の作業能率も向上することが判明した。すなわち、本機をベースに改善、改良を図れば作業面積の大きい拡張レア工法でのグリーカット作業にも十分適用できる見込みを得た。

表-3 カッティング試験施工結果

日付	材令 (h)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)	スタブ オフ (cm)	走行 速度 (m/min)	水圧 (kgf/cm ²)	ノズル 回転数 (rpm)	作業 面積 (m ²)	実作業 時間 (h)	作業 能率 (m ² /h)
5/16	45	21.2	12	4.2	100	50	28	0.5	56.0
5/22	24	11.2	12	4.2	30	50	45.5	1.0	45.5
6/12	24	14.5	12	4.2	50	60	180	4.5	40.0
6/13	24	18.6	12	4.2	70	50	240	3.0	80.0
6/27	30	20.0	12	4.2	70	65	132	2.3	57.4

2) ノズル回転数と走行速度

ノズル回転数は50~65rpm、走行速度4.2m/minに調整し施工した結果、写真-5に仕上がり状況を示すごとくカット深さ、仕上がり面とも良好であった。



写真-5 カット面仕上がり状況

3) コンクリート強度と水圧

対象であるコンクリート強度に対し、必要なカット深さ2~5mmを得るため水圧を調整する必要がある。このため、コンクリート強度10~20kg/cm²に対し最大水圧200kg/cm²を確保した。試験施工結果からコンクリート強度に追従した水圧は、30~100kg/cm²であった。この水圧調整は、走行台車の運転席横で無段階の圧力調整弁で比較的容易に行え必要なカット深さ2~5mmを得ることができた。

4) コンクリート表面凹部の仕上げ

コンクリート表面には、コンクリート打設時、作業員の足跡等で凹部が生じ、この隅のレイタンスを除去する必要がある。そのため、図-6の平面図に示すごとくジェットノズルの噴射方向を一致させ、1回転する移動の中で凹部の隅部両面にジェットを噴射し、レイタンスの未処理部を除去する方法で良好な仕上がり面が得られた。図-7にレイタンス除去方法の模式図を示す。

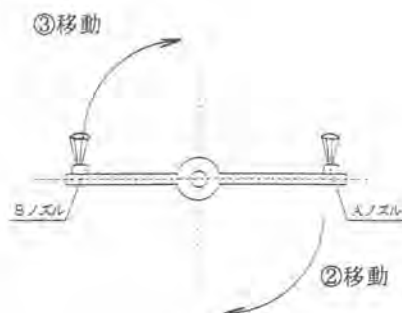


図-6 ジェットノズル噴射方向（平面図）

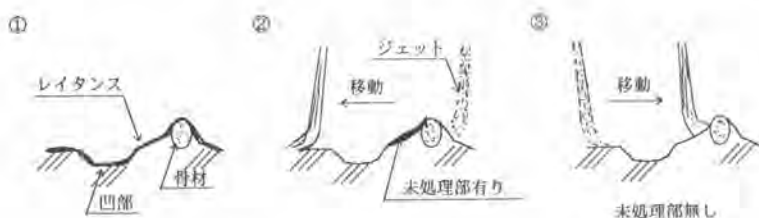


図-7 レイタンス除去方法（模式図）

6. おわりに

ウォータージェットによるダム用グリーンカット機は、ノズルから噴射された高速の水流のもつ破壊力などを利用する技術で、切削反力が小さくノズル移動が容易なため、速度制御や位置決め制御等、機械化、自動化しやすい特徴がある。今回、ノズル基礎実験や現場試験施工を実施した結果、機械化、自動化が可能なグリーンカット機が開発できたとと言える。また、開発目標である作業員の苦渋作業からの解放、作業能率の向上にも貢献できると考える。今後は、本機の研究、改善を図ると共にグリーンカット後のレイタンス処理も含めた自動化、システム化、に向けて展開していきたい。

最後に、本機の開発にあたり、御指導、御協力して戴いた関係者の方々に感謝の意を表します。