

32. コンクリートダムのグリーンカット & ズリ回収・運搬機の開発

（顧問）：*亀井 隆夫，国峯 紀彦
 青山機工（株）：久世 文雄

1. はじめに

重形式コンクリートダムでは、RCD工法や拡張レヤー工法による合理化施工が近年、主流となっている。

合理化施工の技術の進展に伴い、コンクリート打設作業における〔清掃〕－〔打設〕－〔グリーンカット〕－〔養生〕のサイクルの中で、各作業に高い効率性が要求される。特に、1回当たりのコンクリートの打継面処理（グリーンカット）が大きい場合、その処理速度が次リフトへの打設工程に影響を与えることがある。

一方、この作業は、ポリッシャや高圧水を噴射するジェットガンを使用した作業（写真－1）、さらには、この集積したずり（レイトンス）をスコップで集め、運搬していく作業であり、以下のような問題があった。

(1) 3K作業（きつい、きたない、危険）である。

- ① ジェットガンの圧力により手がしびれる。
- ② レイトンスの汚れが体に付着する。
- ③ 他の重機との接触事故の危険がある。

(2) 作業能力が小さい。

以上の理由から、グリーンカット作業に対し、機械化による合理化は重要な課題であった。

そこで、グリーンカットの一連の作業を行える機械の開発をコンセプトにし、開発を行うこととした。

本論文は、開発の経緯、および開発の成果について述べることとする。

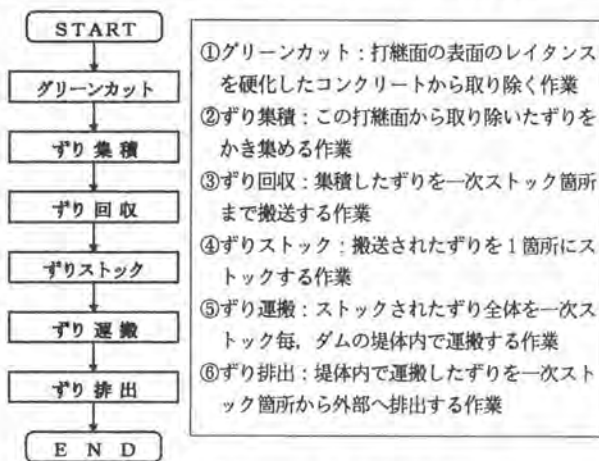


写真－1 人力によるグリーンカット作業

2. 開発コンセプト

まず打継面処理の合理化を行う際に、グリーンカット作業の手順を細部工程で検討することとした。細部工程を図－1に示す。

グリーンカット作業の合理化では、この一連の作業をすべて機械化、自動化することが究極の目標である。弊社の実績としても細部工程の中の①グリーンカットの段階の機械はすでに開発済であった。



- ① グリーンカット：打継面の表面のレイトンスを硬化したコンクリートから取り除く作業
- ② ずり集積：この打継面から取り除いたずりをかき集める作業
- ③ ずり回収：集積したずりを一次ストック箇所まで搬送する作業
- ④ ずりストック：搬送されたずりを1箇所にストックする作業
- ⑤ ずり運搬：ストックされたずり全体を一次ストック毎、ダムの堤体内で運搬する作業
- ⑥ ずり排出：堤体内で運搬したずりを一次ストック箇所から外部へ排出する作業

図－1 グリーンカットの細部工程

しかし、既開発の弊社の機械の場合、①グリーンカットの工程は機械化によって省人化、効率化が進んだが、それ以降の②ざり集積から⑥ざり排出までの作業が人力作業が主体であり、グリーンカット全体の合理化をなしえない状況であった。

このため、グリーンカットの6工程の細部工程すべてを機械化することが、グリーンカットの一連の作業から作業員を解放し、省人化につながると考え、一連の工程をシステムティックに行う機械の開発に着手することとした。

3. グリーンカット機の開発イメージと問題点

(1)開発イメージ

グリーンカットの細部工程の6工程を1台の機械でまとめることを開発の主眼を置くことにし、機械のシステムをイメージすることとした。グリーンカット機の開発イメージを図-2に示す。

(2)開発上の問題点

図-2の開発イメージのような形で1台の機械でグリーンカット作業を行うと考えると、さまざまな問題が生じることがわかった。以下にこの問題点を示す。

- ①グリーンカット：コンクリートの硬化時間によりレイタンスの発生量が異なる。
- ②ざり集積：ざり（レイタンス）を1箇所に集積するのが困難である。
- ③ざり回収：ざりはコンクリートの打継面で発生し集積していくが、このざりを一次ストック箇所まで重力に反して上部に持ち上げることが困難である。
- ④ざりストック：搬送されたざりを一次ストックするが、含水率が高いため、大きなタンクが必要となるか、あるいはざりと水を分離する機構が必要となる。
- ⑤ざり運搬：ざりを堤体内で自由に運搬する機構が必要である。
- ⑥ざり排出：ストック、運搬されたざりをスムーズに排出必要がある。



図-2 グリーンカット機の開発イメージ

4. グリーンカット機の概要

グリーンカット機の開発は前述したイメージと問題から出発し、3年間の試行錯誤と実証実験を繰り返すこととなった。この結果、開発されたグリーンカット機の外観図を図-3に示す。

(1)グリーンカット

コンクリートのグリーンカットを行うブラシの材質については、表-1に示すブラシの材質検討を行った。その結果、ブラシの材質を厚さ1.2mm、幅6mm、長さ300mmの焼き入れ鋼線を使用することとした。

また、コンクリートの硬化時間によりレイタンスの発生量が異なる点に関しては、ブラシのブーム部

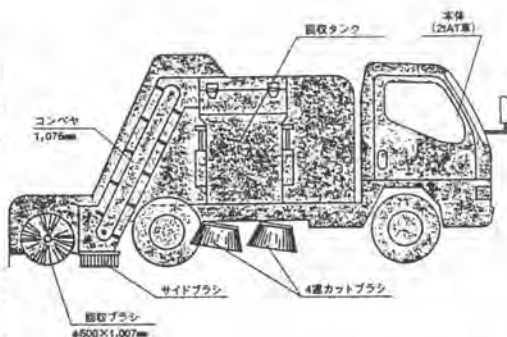


図-3 グリーンカット機の外観図

をフレキシブルな構造とし、カットブラシの押しつけ圧力を押圧調整バルブと圧力ゲージにより調整することにより解決した。（写真－２）



写真－２ カットブラシの押圧調整バルブと圧力ゲージ

さらに、グリーンカットを確実にを行うため、装置の進行方向にブラシ回転面を傾けて、焼き入れ鋼線の刃先でカットできる構造にしている。（写真－３）

また、カットブラシを3分割脱着方式とし、カットブラシの脱着と鋼線の植え替えを容易に行えるようにした。

(2) ずり集積

ずり集積は、図－２に示すように4連カットブラシをV字型に配置することにより、カットしたずりを中央に集めるよう導流している点に特徴がある。

また、この集めたずりが、外部に飛散しないように本体の両サイドにサイドブラシ（図－３参照）により飛散防止措置を行っている。

(3) ずり回収

本機では、ずり回収をベルトコンベヤによる回収方法を採用している点が大きな特徴である。

ずり回収は、①回収用ブラシと②回収用コンベヤの2装置で構成され、従来のバキュームによる吸引タイプの特徴と大きく異なっている。

回収用ブラシは、装置全体の最後尾に位置し、コンクリート打設面にカットブラシと同様に自動追従する機能を有している。また、ブラシの材質は、表－１の比較表の中で、柔らかい材質でずりを外部へもたらさないような効果のあるポリプロピレン製のブラシを用いることとした。

さらに、回収ブラシに連続して、装置後部に回収コンベヤを配置した。この回収コンベヤは回転速度を可変式とし、ベルトコンベヤの上面にナイロンブラシの堰板を配列した構造となっている。このため回収コンベヤのナイロンブラシの先端に、ずりを含んだ水滴群を集積させ、ナイロンブラシの表面張力により重力に逆らって、下から上へとずりを運搬する構造である。

この原理を例えて言えば、掃除機でほこりを除去するより、ほうきを用いてほこりを除去する方がき

表－１ グリーンカットブラシの比較検討

ブラシ材料	ナイロン ブラシ	シリコン カーバイト*	焼き入れ 鋼線
ブラシ糸径	1.0 mm	1.0 mm	1.2 mm
柔軟性	大	中	小
耐久性	小	中	大
耐摩耗性	小	中	大
総合評価	×	△	○



写真－３ カットブラシ

れいになるといった感覚と似ている。写真-4にずり回収装置を示す。

(4)ずりストック

ずりのストックについては、本体中央上部の1000リットルの回収タンクにずりを一次ストックする。

このタンクの一次ストック方法は、ずりの自然沈降を利用している点に特徴がある。すなわち、上澄水は自然排水し、重量の重いずり固体のみタンクの下部に沈降する機能を有している。

これにより、この1000リットルのタンクでグリーンカットの作業面積で約 800~1000㎡分のずりの一次ストックが可能となる。

(5)ずり運搬

ずり運搬は、本機のベースマシンが2トトラックであるため、排出したい箇所までの運搬は通常走行の範囲で容易に行える。また、オートマチック車であるため、グリーンカットが十分行えるような0~10km/h程度の微速走行も可能である。

(6)ずり排出

ずり排出は、回収タンクを進行方向右側、すなわち、運転席側にサイドダンプする方式を採用している。この方式を採用する理由は、運転席側であれば、運転者がサイドダンプする動きを目視することができ作業の安全が確保されるからである。写真-5にサイドダンプによるずり排出状況を示す。



写真-4 ずり回収装置



写真-5 ずり排出状況

5. 本機の性能

(1)概要 (従来技術との比較)

本機は、従来の人力作業であるポリッシャ、ウォータージェットによる作業と比較し、作業の効率化が図られている。

表-2に本機の仕様データを、表-3に従来の人力作業との比較を示す。

(2)作業能力

作業能力はウォータージェット2台、ポリッシャ2台の従来の人力作業では 50 ~ 150㎡/hと低かったが、本機による作業は、1台で 400~ 800㎡/hと従来の人力作業の6~8倍と大幅な作業能力のアップが図られている。

さらに、従来の高圧水タイプのグリーンカット機は 150~ 400㎡/h程度であるため、これと比較して

表-2 本機の仕様データ

項目	内容	規格
仕様	作業速度	0~10 km/h
	回送速度	最大 110 km/h
	回収タンク	1,000 リットル
	エンジン	サイドダンプ方式 走行用 4D83 130PS/3,200RPM 動力用 C240 42PS/2,400RPM
諸元	登坂能力	0.56 tan
	回転半径	5.2 m
作業装置	全長	5,050 mm
	全幅	2,356 mm
	全高	2,650 mm
	重量	4,300 kg
作業装置	ネット/ブラシ	皿型鋼線ブラシ
	回収ブラシ コンベヤ	円筒型/アロピレ/ナイロンブラシ製の ひれ付き

も2倍程度の高い施工能力を有している。

この高い施工能力が可能である理由は、①本機では高圧水ではなくプラスタイプを採用しており、オーバーカットをしていないこと、②グリーンカットからずり回収までの作業が一連のシステムとして作業できることによるものである。

(3)省人化

表-3に示すとおり、グリーンカット作業4名、ずり回収作業5名の計9名で作業した従来のグリーンカット作業を本機の導入によりこの本体に付随する作業員が3名と1/3の省人化となった。

(4)作業環境

人力作業では、写真-6に示すようなずり飛散に対する保護具が必要な苦渋作業であったが、本機による作業では、グリーンカットからずり回収・運搬までの一連の作業がすべて機械作業となるため、いわゆる3K（きつい、きたない、危険）から作業員を解放することができた。



写真-6 保護具を用いての人力作業

(5)施工品質

施工品質で見ると、従来の人力作業では熟練度によりムラのある作業であったが、本機による作業では押付圧力の自動調整によりレイタンスの状況に対応できるので仕上がりがムラがなくなった。

また、高圧水タイプと比較してオーバーカットをせず、本来のレイタンスというコンクリートの不純物のみを効率よくカットできるようになった。

写真-7にグリーンカット作業状況を示す。

表-3 従来の人力作業との比較

	従来の人力作業	本機の作業
作業能力	50~150 m ² /h 手作業なので時間がかかる	400~800 m ² /h 機械による高速なグリーンカット・ずり回収能力
省人化	<ul style="list-style-type: none"> ●ウオータージェット、ポリッシャによるグリーンカット ・ウオータージェット2台 ・ポリッシャ2台 ・世話役1名 ・普通作業員4名 ●タンクAによるずり回収 ・クゲドボン1台 ・ペイロード1台 ・普通作業員3名 ・特殊運転手1名 計 9名 	<ul style="list-style-type: none"> ●本機によるグリーンカット・ずり回収 ・本機 1台 ・クゲドボン 1台 ・世話役 1名 ・普通作業員 1名 ・普通運転手 1名 計 3名
作業環境	人力作業が主体。ずりの飛散に対する保護具の使用が必要で苦渋作業。	機械作業が主体。一連の作業が同時にでき、苦渋作業から作業員を解放。
施工品質	熟練度によりムラがでる。	圧力調整によりレイタンス状況に対応でき仕上がりがムラなし



写真-7 グリーンカット作業状況
(上:人力作業, 下:本機による作業)

6. グリーンカットずり回収率試験

(1)試験概要

グリーンカット作業の大きな課題であったずり回収作業においては、以下に示すようなずり回収率の調査を行い、その回収率について確認した。

調査方法は図-4に示すような5×20mの試験ヤードを設定した。

(2)試験方法

試験ヤードAでは、本機（全幅約2.5m）を単独で2回×2列稼働させる。補助員は周囲の安全と走行精度を確認する。

試験ヤードBでは、タンデムポンプによるずり集積の補助員をつけ、本機稼働中に随時、回収ブラシへのずりの流入を図る。カット回数は2回×2列とする。最後に回収ブラシのみ稼働させ残留分を回収する。

残ったずりはタンデムで収集し、人力で土のう袋へ回収し、本機で回収したずりと分別しておく。写真-8に試験状況を示す。

(3)試験結果

回収したずりを粒度別にふるい分け分類して、その乾燥重量を測定し、回収率を算出した。試験結果を表-4に示す。

本機によるグリーンカットで発生したずりのほとんど（80～95%）が0～5mmで発生量は1.9kg/m²であった。ずり回収率は本機単独では50%、タンデムポンプの補助付きで70%という結果となった。

(4)試験の評価

試験ヤードAのように本機単独での回収率は低いが通常のタンデムポンプを併用した機械配置で十分なずり回収が可能であることが確認された。

7. おわりに

本機の今後の課題として、①ずり回収率の向上、②ELCM（有スランブコンクリート）への適用があげられる。ずり回収率の向上に関しては、今後ブラシ周辺部の機構を改造することにより回収率のアップを検討していきたいと考えている。

最後に、今後の本機の一層の改良・普及に向け、関係各位のご指導、ご鞭撻をお願いいたします。

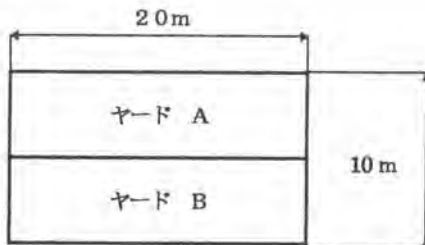


図-4 試験ヤード



写真-8 試験状況

表-4 試験結果

	試験場所	養生時間	積算温度	作業能力	ズリ回収量	回収率
本機単独	A レーン	54時間	1500度	320 m ³ /h	187 kg	50%
タンデムポンプ補助	B レーン	64時間	1800度	260 m ³ /h	193 kg	70%

施工日時：平成8年9月16日～17日

施工場所：EL 689 右岸ブロック