

11. ダム工事における自動グリーンカットマシンの開発

(株)フジタ：大森 嘉朗・^{*} 渋谷 光男
 浅沼 廉樹・新藤 博之
 大内 定道・太田 宏道

1. はじめに

一般にコンクリートの水平打継面は、構造的、水密的な弱部にならないように、入念な打継面処理が要求される。とりわけコンクリートダム工事では、レイタンスの分離、集排泥作業はグリーンカットと呼ばれ、ダム堤体が高い水密性を要求されることや、打継面積が膨大な量にのぼることから、質量ともに重要な作業となっている。この作業は従来、コンクリート強度がある範囲内の時期に、人力により高圧洗浄機やポリシャ等でレイタンスを分離、低圧水で集積し、そのダスト分をクレーン等で堤体外に搬出する方法が主流であった。しかしこの方法では、作業時間帯がコンクリートの硬化程度に制約されしかも圧力水を使うためコンクリートカスや砂などが飛散し、作業環境は極めて悪い状況となっている。一方、近年普及の著しいRCD工法においては、一度に大きな打継面が生じ、しかも打設サイクルが短いため、非常に大きな施工速度が要求される。これらの理由から、グリーンカットは機械による合理化施工の必要性が極めて高い状況である。

そこでこの作業を自動化することで、コンクリート打継面処理全体の合理化を目指して、自動グリーンカットマシンの研究開発に着手した。本稿は開発した実機の概要と試験施工の結果について報告するものである。

2. 開発の基本構想

実機の開発に際し、グリーンカット機能抽出図(下図-1)により機能的分析を行い、自動化の範囲は、これに対し要素技術の実用可能性を勘案して、図の点線で囲まれた部分を当初の研究開発の範囲として自動化に取り組んだ。

(1) 対象規模

当初は柱状打設工法での実用機械を目標とし、その後RCD工法に適用を拡張する。

(2) 開発仕様

- ① 走行部は4.5tクレーンにより移動可能な程度に小型軽量であること。
- ② レイタンス分離とダストの集積、排出を同時に行いながら自動運行する。
- ③ 通常のコンクリート打設サイクル内の硬化程度に柔軟に対応できること。

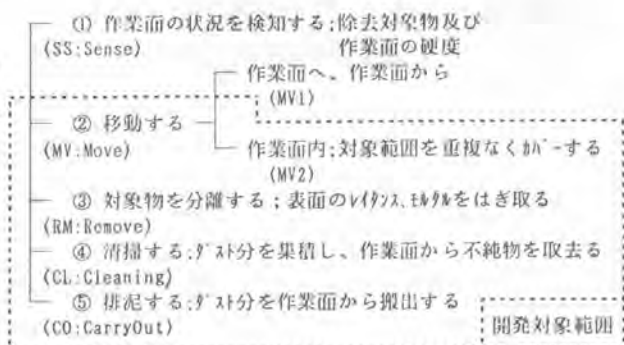


図-1 グリーンカット主要機能抽出図

3. 自動グリーンカットマシンの概要

(1) 全体構成

本システムは、レイタンスを分離、集排泥しながらコンクリート打継面上を自動的に運行するもので大別して次の3つのユニットで構成されている。全体模式図を下図-2に示す。

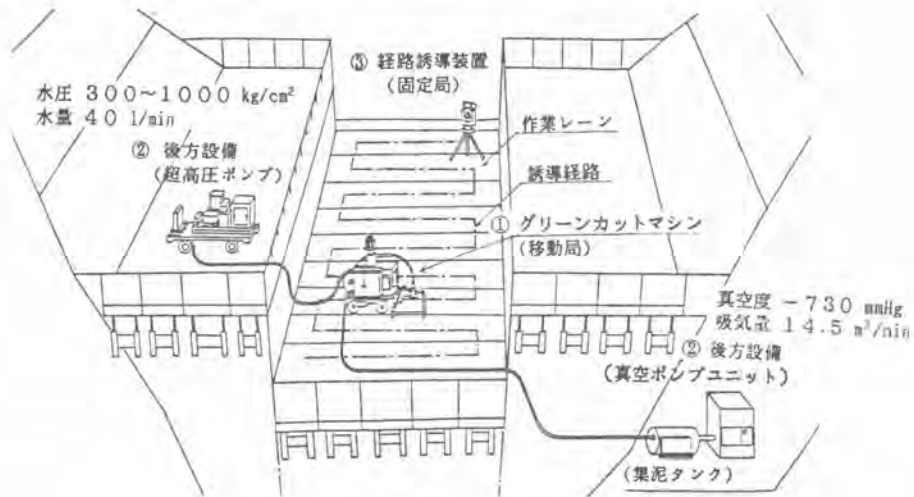


図-2 自動グリーンカットシステム全体模式図

①グリーンカットマシン

集排泥用の吸引マウスで覆われた高圧水噴射ノズルを駆動しながら走行する作業車。運行は上図に示すように、作業しながらの前後進と隣接レーンへ移るための横移動の繰り返しである。

②後方設備

作業をするグリーンカットマシンに高圧水を供給するポンプと工事用水濾過装置からなるユニット及び、レイタンスと汚濁水の吸引輸送力を供給する真空ポンプと集泥タンクからなるユニット。

③経路誘導システム

グリーンカットマシンに運行経路を与え、それに沿って誘導するシステム。走行部上と外部に設置した双方向自動追尾光通信装置と、演算制御を行うコンピュータからなる。

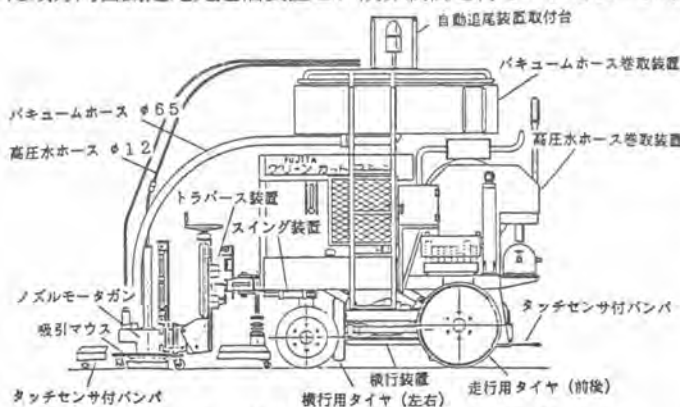


図-3 グリーンカットマシン側面図

寸	全 長	3,600mm
	全 幅	2,220mm
	全 高	2,780mm
法	重 量	3,800kg
施 工 性 能	施工幅	1,800mm
	噴射距離	5~15cm
	ノズル移動速度	0~50m/min
	走行速度	0~10m/min
	施工能力	100~300m ² /h

表-1 機械諸元

(2) レイタンス分離機能

分離機能に要求される条件は、以下の3点である。

①コンクリートの硬化程度（材令強度）に応じて分離能力を最適に調整できること。

②打継面の凹凸や不陸に対応できること。

③粗骨材をゆるめないこと。

これらの基準を満たすため、超高圧水少量剥離技術を採用した。

この原理は高圧水を複数の細いノズル（ $\phi 0.05\sim 0.5\text{mm}$ ）から直線糸状に噴射させながら、ノズルを高速で偏心回転させることで、作業効率を向上させるもので、主に外装改修工事等に利用されている。

この技術をグリーンカット作業に適用するにあたり、ノズルの設計仕様を基礎実験によって定めた。実験条件はノズルの回転を一定として、水圧、噴射距離、ノズル移動速度、ノズル径の4つを要因としレイタンスの分離特性を検証した。又、実験面の強度は材令3日目（ $\sigma_c = 30\text{kg/cm}^2$ ）と材令5日目（ $\sigma_c = 50\text{kg/cm}^2$ ）に実施し次の知見を得た。

① ノズル径	口径 $\phi 0.2\text{mm}$ の壊食度が適している。
② 噴射水圧	$1,000\text{kg/cm}^2$ 以上は面形成に有効でない。
③ 噴射距離	$30\sim 100\text{mm}$ 程度の範囲が良好。

表-2 レイタンス分離基礎実験結果

次に良好な面形成を得るためのノズルの配置操作は、基礎実験の結果から溝幅を与えその軌跡をパソコン画面に描き、簡易なシミュレーションを行い判定した。

この結果、ノズルヘッドの設計仕様は以下の通り。

揺動回転数 ----- 2500rpm
回転半径 ----- 8mm
ノズル配置 ----- 12個×4列

右写真は、ノズルヘッド高圧水噴射状況。

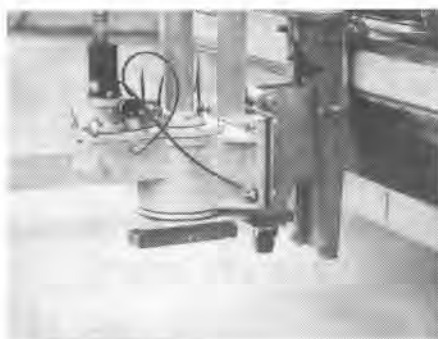


写真-1

(3) 集排泥機能

削り取ったレイタンスと汚濁水を即時、連続的に吸引して輸送するため真空ポンプを採用した。この真空ポンプの吸引風量で搬出されたレイタンスと汚濁水は、集泥ハッチタンクに集められ、水と固形物に分離した後に堤体外に排出できる。図-4に集排泥機能模式図を示す。

吸引マウスの形状は、理論上は湿った砂分を搬送できる風速 40m/sec を確保できればよい。そこで、吸引風量と吸引ホース口径、吸引マウス形状を実験要因とし、集排泥特性を検証した結果、吸引マウス内の風速を 50m/sec 、吸引ホース口径 $\phi 65\text{mm}$ と定め、吸引マウスの形状については、高圧水ノズルヘッドをカバーで覆い、このカバー内部に直接取付ける機構が最も効率良く回収できることが判明した。

これは、カバーに付けた超耐摩性ゴム板が不陸に対して追従が良好で、密着度が高いことと、噴射高圧水の作用で飛散するレイタンスと汚濁水を、周囲の壁面に沿って無駄なく吸引口へ回収できる構造となっているためと考えられる。

(4) 自動運行機能

本機は、光空間伝送を応用した双方向自動追尾装置を搭載して、無人誘導運転を行う。この方式は、外部の固定局と機体上の移動局で構成され、この装置の固定局に光波距離計を乗せ、両局に測角用エンコーダを組み込むことにより、固定点と移動機体（グリーンカットマシン）の相対位置、コースからのズレ、方向ズレを機上搭載コンピュータにて随時演算、導出を行いこのズレを無くすようステアリング舵角を自動調整するものである。

(5) 移動機能

本機は走行用4車輪の他に、横移動用車輪を4つ取付け8輪車構造となっている。1レーン作業終了後の隣接レーンへの横移動は、この専用車輪によってその場で直ちに行うため、無駄なく次レーン作業に移れる。この考案により旋回運転をしないため、自動化が容易となった。

図-4
集排泥機能
模式図

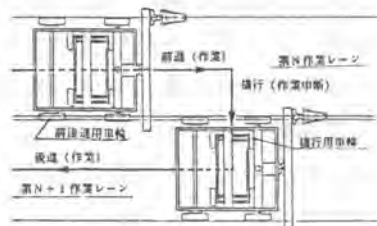
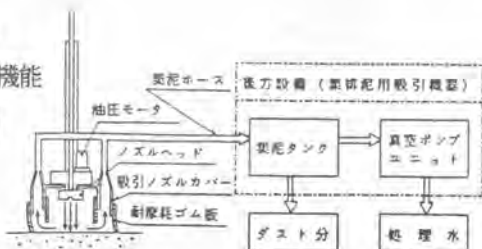


図-5 レーン間移動模式図

4. 実証実験

実施工の環境下で、本機の信頼性と適応性を確認するために、柱状打設工法による重力式コンクリートダムにおいて実証実験を行った。

要素である分離機能については、数種類の材令時期で、水圧、噴射距離、ノズル移動速度の適用可能な操作範囲を確認した。

この結果を右表-3に示す。

なお、作業能力は、通常の打設サイクル内の範囲で120～150m²/hと推測できる。

打設後経過時間	σ_c (kg/cm ²)	スクリュー距離 (cm)	噴射水圧 (kg/cm ²)	トラハース速度 (m/min)	走行速度 (m/min)	作業能力 (最大) (m ² /h)
24	28	8~10	400~800	14	1.61	155
48	64	6~8	600~800	13	1.50	144
72	75	5~6	700~900	12	1.38	132
96	94	4~6	800~1,000	11	1.27	121
120	105	4~6	800~1,000	11	1.27	121
144	113	4~6	800~1,000	11	1.27	121

表-3 実ダムにおける実証実験の結果

5. おわりに

本機は、実ダム工事での試験施工を終え、種々のダム現場条件に対応しやすく、極めて実用性の高い機械であることが確認された。なお、現段階での課題として以下の事項が挙げられる。

- ①機体の直下や、機体が進入できない狭小部の作業性向上。
- ②作業面の状況に応じた、水圧、噴射距離、ノズル移動速度の自動調整。
- ③作業後の仕上がり状況の確認方法。

これらの改善策については、今後も研究開発を続けてゆく所存である。