

—国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所—

[シリーズ No.14]

DX・i-Construction  
建設技術展示館

# のり面吹付工の省力化技術 「スロープセイバー」

日特建設株式会社 事業本部 やの あんな  
矢野 杏奈

## 1. はじめに・開発の背景

モルタル吹付工は、日本における法面对策として広く採用されている代表的な法面保護工の一つである。この工法では、モルタルをホースで斜面に吹き付けて表面を覆う。吹付作業は、親綱を設置し、作業員が斜面にぶら下がる形で行われる(写真-1)。急峻な地形が多い日本では、人力による吹付方法が適しているとされ、普及してきた。



写真-1 モルタル吹付状況

コンクリート吹付技術は、昭和30年代後半の青函トンネル工事での試験施工を契機に、欧米の技術が導入された。その後、吹付機器や圧送技術は進化してきたが、労働力不足が深刻化する建設業界において人力作業中心の施工体制は大きく変

わっていない。また、法面保護工は施工単価が比較的安く、対象となる施工面積も小さい場合が多いため、機械化を進める上で課題を抱えている。

一方、トンネル吹付工では機械化が進んでおり、吹付ロボットを用いた施工が行われている。トンネルにおけるコンクリート吹付の吐出量は法面保護工におけるモルタル吹付の約3～5倍に相当する。この大量吐出が可能となっている背景には、圧送能力の高いコンクリートポンプの使用に加え、吹付作業を人力ではなくロボットが行っていることが挙げられる。法面吹付のさらなる効率化には機械化が不可欠といえる。

そこで当社、日特建設株式会社では、モルタル吹付工、ひいては法面吹付工事全般における吹付作業の生産性向上のため、法面用の吹付ロボット「スロープセイバー」(NETIS:KT-220070-A)を開発した。

## 2. スロープセイバーの概要

スロープセイバーの工法概要を図-1に示す。本工法は、専用で開発した吹付アタッチメントをバックホウに取り付けた吹付ロボットに、コンクリートポンプを用いるプラントを組み合わせている。また、吹付厚のリアルタイム計測が可能で、LiDARを活用して吹付厚さの状況を計測しながら、均一で効率的な施工を図ることができる。

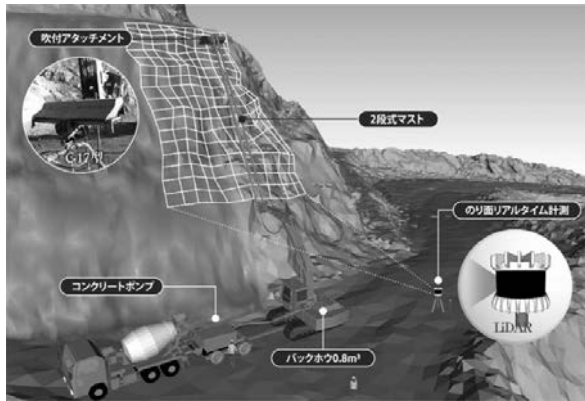


図-1 工法概要

### (1) 吹付方法

吹付アタッチメントの標準ベースマシンは0.8<sup>3</sup>バックホウで、レンタル機が利用可能である。アタッチメントは、最大直高17mまで対応する2段式マストと、ノズルスライド機構を持つ吹付ヘッドから構成されている（写真-2）。吹付ノズルには回転揺動機能が備わることによって平滑な吹付を実現し、マストの昇降やヘッドのスライドを任意の場所で折り返す自動運転が可能である。また、吹付ヘッドの両端に吹付距離計測レーダを搭載し、法面に正対する自動チルト機能も有している。

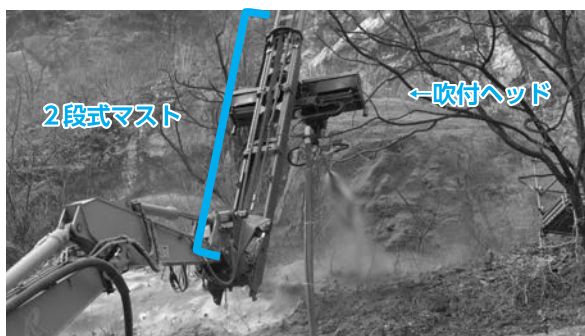


写真-2 吹付アタッチメント

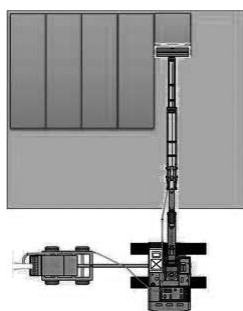


図-2 吹付方法

操作は運転席パネルやタブレットで行い、各種ステータスの確認・変更ができる。図-2は標準的な吹付方法である。標準吹付幅は2.5mで、1～2列ごとに機体を移動させるが、法面の形状によって調整が必要となる。

### (2) 材料供給方式

モルタルの材料供給方式として、コンクリートポンプによる圧送方式を採用した。これは従来技術の3～5倍の吹付能力を実現するためである。工場練りモルタルの標準配合は1:3モルタルとしており、従来技術よりも富配合である。これは、大容量施工においては材料の配管が閉塞した際の経済的リスクが大きく、ポンパビリティを向上させるためである。

### (3) 吹付厚の管理

モルタル吹付工は通常、吹付厚5～10cmで施工することが多い。従来の技術では、法面上の作業者が検測ピンやスペーサーを使って目視確認で定性的な管理を行っている。施工精度は作業者の技術に依存し、定量的な管理が困難であった。スロープセイバーはLiDARを用いた施工支援システムを採用し、リアルタイムで吹付厚を0.5～1.0mのセル単位で定量的に計測できる。PCやタブレットを通じて精度の高い管理が可能となる。これにより、吹付施工のロス率を低減しつつ、頻度の高い管理にも対応することができる。

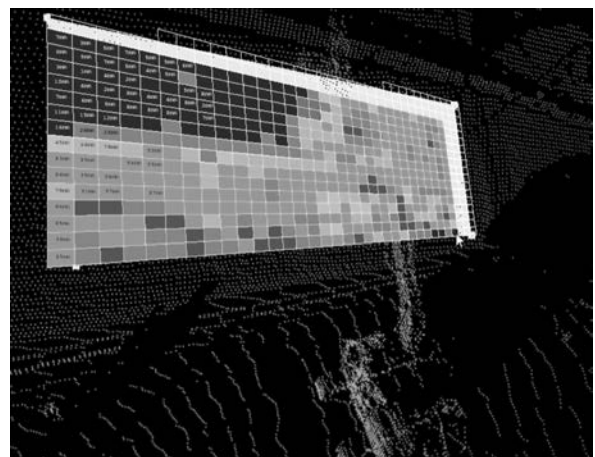


写真-3 LiDARによる吹付厚計測例

特にスロープセイバーのように法面上に作業者がいない場合でも、LiDARによる吹付厚管理が可能となる（写真－3）。

#### (4) 緑化工法への適用範囲拡大

スロープセイバーは植生基材吹付工法にも対応している。例えば、表土や現地木材を使用した木材チップなどの現場発生材を使用することが可能である（写真－4）。これにより、現場で再利用する資材を活用することでコスト削減につながるほか、モルタル吹付工と同様、吹付作業の大容量化が容易となり、最大で約2倍の生産性向上が期待できる。



写真－4 植生基材吹付状況

### 3. 従来技術との比較・施工実績

#### (1) 従来技術との比較

施工人員構成について、従来の工法では、1日当たり約9名の作業員が必要であった。一方、スロープセイバーでは4名での施工が可能で、省人化を図ることができる。施工能率については、従来の技術では手作業の工程が多く含まれており施

工速度に限界があった。スロープセイバーでは、吹付ロボットおよびコンクリートポンプによる大容量施工をすることで、作業工程を効率化し、工期短縮が図れる。

また、安全性については、従来は作業員が法面上で高所作業を行うため、転落災害防止の専用の安全設備が必要であった。本技術は吹付ロボットによる施工を採用し作業員が法面に立ち入る必要がなく、労働災害のリスクを低減することが可能である。品質においては、富配合の生モルタルを使用するため、配合精度が安定するとともに品質が向上する。

#### (2) 施工実績

施工実績として、国土交通省中部地方整備局発注の「令和2年度設楽ダム瀬戸設楽線トンネル工事」（愛知県北設楽郡）や、同九州地方整備局発注の「東九州道（清武～北郷）芳ノ元地区改良（22工区）工事」（宮崎県宮崎市）（写真－5）、中日本高速道路株式会社発注の「東海環状自動車道山県IC～糸貫IC間舗装工事」（岐阜県山県市）などがある。

### 4. 遠隔操作技術の開発

近年、建設業界における人材不足や作業環境の厳しさが問題視されている一方で、技術革新を通じてこれらの課題を解決しようという動きが進んでいる。そこで、ただ技術を導入するだけではなく、技術者が進んで活用したくなる魅力的なシステムを構築することが重要と考え、当社独自の法面吹付の遠隔操作技術を開発している。昨年11



写真－5 施工状況



写真-6 実証試験状況



写真-7 操作状況



動画-1 遠隔操作実証試験動画 (YouTube)

月に、福島ロボットテストフィールド（福島県南相馬市）にて遠隔操作の実証試験を行った（写真-6, 7, 動画-1）。これにより、ゲームコントローラーを用いた遠隔操作が可能であることを確認した。

また、操作画面の構築にあたり、直感的な操作が可能な UI 開発を進めている（写真-8）。映像のみで操作を完結できると、スロープセイバーを遠隔操作する場合の課題が比較的容易に解決できる可能性がある。例えば吹付距離の判断やアタッチメントの動作ガイドラインの表示、立入禁止区域の設定などが挙げられる。

図-3 のイメージ図のように、従来の建設現場での作業環境とは異なり、快適な場所でモニターを通じて機械の操作を行うため、安全かつストレ



写真-8 遠隔操作 UI 画面



図-3 将来の遠隔操作イメージ

スの少ない作業環境になる。特に若い世代や、これまで建設業界に関わってこなかった新しい層にとっても魅力的な働き方となり、業界への新規参入を促進する効果も期待できる。

## 5. おわりに

本稿で紹介したスロープセイバーは、省人化や生産性向上、高精度な管理によって、従来の法面吹付工の課題を解決する新たな技術である。今後は遠隔操作技術の進化とともに、より安全かつ効率的な施工の実現が期待できる。当社は、建設現場の働き方改革にも資するこの技術開発に積極的に取り組んでいく。



日特建設株式会社ホームページ  
<https://www.nittoc.co.jp/>