

JCMA 報告

平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 4）



論文賞



IoT を取入れた次世代無人化施工システムの実現 ICT を活用した赤松谷川 11 号床固工工事の無人化施工

北原 成郎・坂西 孝仁・飛鳥馬 翼

1. はじめに

IoT (Internet of Things =モノのインターネット) とは、日常生活における身の回りのあらゆるモノがインターネットを介して情報をやり取りする能力を備えていくという概念である。1990 年代には「ユビキタスコンピューティング」、2010 年代前半には「M2M (Machine to Machine)」などと呼ばれ、機械同士の自律的な制御や連携を表す世界観として認知されてきた概念であり¹⁾、今日では、ICT (Information and Communications Technology = 情報通信技術) の発展に伴い、注目を集めている。

近年、土木業界においても IoT 導入への取組みが行われ始めた。

自然災害の多い日本では、台風や集中豪雨、地震によって生じた土砂災害の復旧、火山の噴火に伴って生じる火砕流や土石流の緊急復旧作業に当たり、2 次災害の危険性があることから無人化施工が採用されることが多い。平成 23 年に発生した東日本大震災や、近年の局地的な豪雨や火山の噴火の増加によって無人化施工は注目されるようになった。平成 23 年には超長距離遠隔操作実証実験²⁾が行われ、光ファイバケーブルや無線 LAN を使用することにより、施工箇所から遠隔操作室までの距離の制限が無くなり、オペレータは施工箇所より離れた安全な場所から施工可能となった。

一方で、少子化や若者の建設業界離れを背景として、土木業界において従事者の高齢化、減少による人員不足の問題から、ICT を活用した施工管理の効率化、生産性の向上が図られている。国土交通省が普及推進する CIM (Construction Information Modeling) は、計画から維持管理までを 3 次元モデルを中心に管理するシステムであるが、施工時の CIM の活用が課題とされている。維持管理をしていく中での施工時の情報は重要視されており、施工過程の情報を可視化し、共有・活用していく必要がある。

当社は、次世代無人化施工としてネットワーク対応型無人化施工に情報化施工、CIM を取入れた最新の施工技術の現場への適応を進めている。赤松谷川 11 号床固工工事（以下、本工事）では高度化する無人化施工に対応する

ため、この次世代無人化施工技術を総合的に取入れ実施し、平成 27 年 3 月に施工を完了した。

多様化する施工工法や利用する装置に柔軟に対応するため、光ファイバケーブルや無線 LAN を使用したネットワーク対応型の無人化施工システムを構築し、20 台の建設機械の運用・施工を実現した。この技術をベースとして現場では、ICT を活用した施工支援システムを構築し、施工過程を可視化したリアルタイムモニタリングシステムを実現した。

本報告では、これまでに例のない大規模次世代無人化施工技術の実工事での成果を報告する。

2. 本工事概要

本工事は水無川砂防基本構想に基づき、雲仙普賢岳からの土石流災害から地域の安全安心な生活を確保することを目的とした砂防施設を建設するものである。本工事施工箇

表—1 工事概要

工事名	赤松谷川 11 号床固工工事
発注者	国土交通省 九州地方整備局
工事場所	長崎県南島原市深江町上大野木場地先
工期	平成 24 年 12 月 11 日～平成 27 年 3 月 30 日
主要工事	砂防土工 = 249,199 m ³
	作業土工（床掘）＝一式
	RCC コンクリート = 48,592 m ³
	無人化設備工＝一式
	仮設工＝一式



図—1 工事位置

表一 2 使用機械一覧

使用機械	用途
16 t 級ブルドーザ	コンクリート敷均し
68 t 級ブルドーザ	土砂掘削・敷均し
0.45 m ³ バックホウ	測量車
0.8 m ³ 級バックホウ	多目的車
1.4 m ³ 級バックホウ	施工盛土・土砂整形
1.4 m ³ 級バックホウ	コンクリートはつり
3.5 m ³ 級バックホウ	土砂掘削
45 t 積ダンプトラック×3	土砂運搬
36 t 積ダンプトラック×2	コンクリート運搬
11 t 級振動ローラ	コンクリート締固め
0.45 m ³ 級トラックローダ	コンクリート打継面清掃
10 t 積クローラダンプ	散水車
10 t 積クローラダンプ	移動無線中継車
路面清掃車	コンクリート打継面レイタンス吸引
0.45 m ³ 級バックホウ	カメラ車
9.9 m 級高所作業車	カメラ車
6 m 級高所作業車	カメラ車

ている建設機械のデータ伝送量を均すように、無線親機への通信接続を変更した。トラブルが生じた際にはその都度データ伝送量を確認し対処した。その結果、トラブルを少なくして画像データ等を安定して伝送することができた。

4. 情報化施工の概要

警戒区域内においては人の立入りが禁じられているため、施工管理も無人化施工で行う必要があり、本工事では無人化施工の支援を行うツールとして情報化施工を取入れた。

4.1 MG・MC

バックホウとブルドーザには測量作業不要で掘削・敷均し施工が可能となる、GNSSを活用したMG（Machine Guidance＝マシンガイダンス）とMC（Machine Control＝マシンコントロール）を導入した。特にMCは自動的にブルドーザの排土板が動作するため、オペレータは前後進操作のみで設計の高さに敷均すことが可能となり、RCCコンクリート※付録2)の出来形向上へと繋がった。

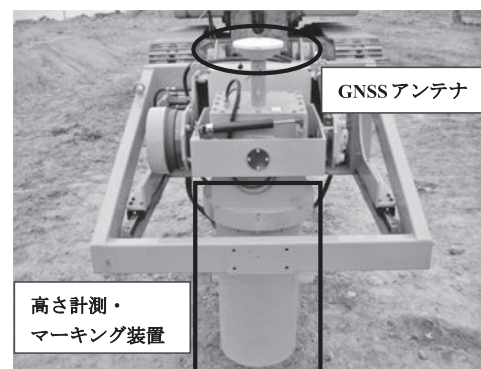
MG・MCは、通常は建設機械の運転席で使用するシステムであるが、当社ではネットワーク対応型無人化施工システムに適用するために、MG・MCの制御モニタ装置だけを操作室へ設置することに成功した（図一6）。MG・MCにはCAN（Controller Area Network）※付録3)が使用されており、CANをLANへ変換することによって制御モニタ装置だけを建設機械から切り離して操作室へ設置し、本工事のネットワークへ適用させることができた。これにより、建設機械の運転席で行わなければならなかったMG・MCの操作が、操作室からいつでも操作可能となった。



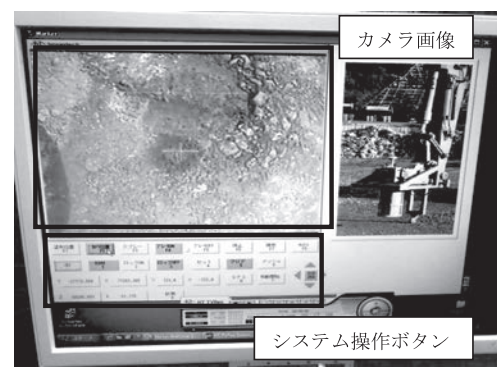
図一 6 MG 施工状況

4.2 無人測量システム

測量には無人測量システムを導入した。測量装置本体はバックホウのアタッチメントとして使用した。計測装置にはGNSS受信機を搭載し、その真下部に測量位置を確認するカメラ、測量高さを計測する距離センサ、測量した箇所の位置出しを行うマーキング装置を搭載している（図一7、8）。これらを使用することで、無人化施工にて出来形管理を実施した。



図一 7 測量装置



図一 8 スプレーマーキング操作画面

4.3 締固め管理システム

振動ローラにはGNSSを活用した締固め管理システム（SiteCompactor）を導入した。GNSSにより車両位置を高精度に測位することで、転圧工事をリアルタイムに管理す

ることが可能である。RCC 工法^{※付録2)}では工法規定として振動ローラで10回締固めることが定められており、このシステムを使用することにより、転圧不足や過転圧を防止することができ、RCC コンクリートの品質向上へと繋がった。さらに、本工事よりローラ部に加速度計を搭載し(図-9)、CCV (Compaction Control Value = 加速度応答値)を締固め指標として相対的な締固め状況を管理した(図-10)。

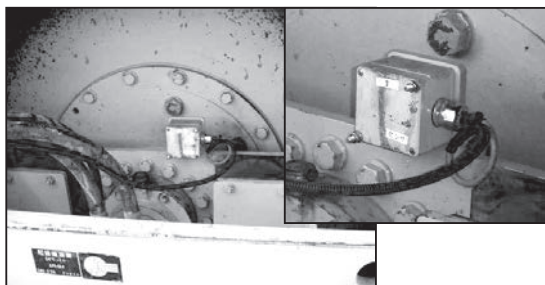


図-9 加速度計取付状況

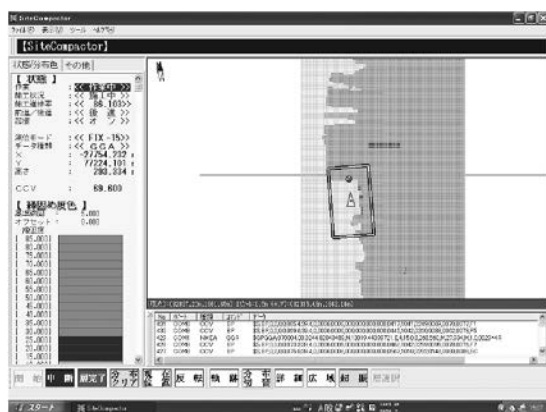


図-10 CCV 管理

5. CIM の概要

CIM とは、調査から維持管理までを3次元モデルを軸に管理するシステムである。現場においては施工部分が当てはまり、着工前・施工中・完了時に分けることができる(図-11)。

5.1 着工前

航空測量から現況の3次元モデル、設計図面から掘削面や構造物の3次元モデルを作成した。3次元モデルにより任意の側線での断面表示が可能となり、現況と設計図面とを照合することにより工事数量の算出をした(図-12)。設計図面の3次元モデルは先に記述した情報化施工での施工図面として展開した。

5.2 施工中

CIIM (Civil Infrastructure Information Management) という計画から設計、施工、維持・管理までの情報共有・活用することを目的に提唱された概念³⁾を使用して、当

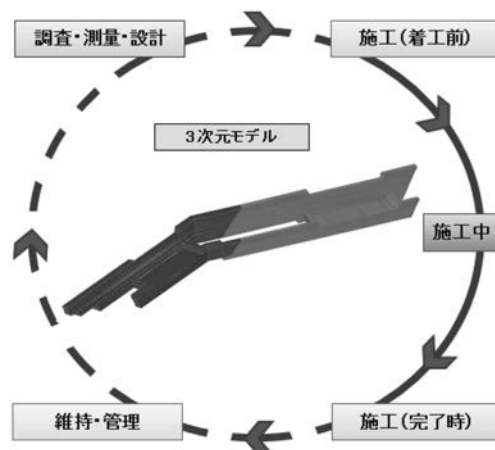


図-11 CIM 概念図

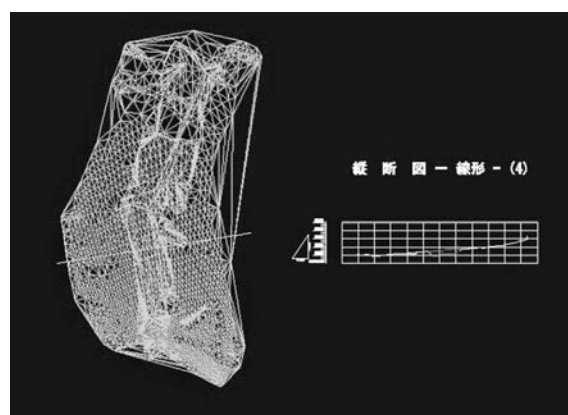


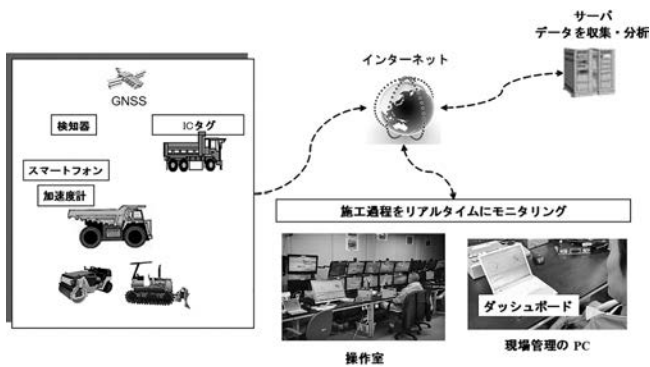
図-12 現況、設計との照合及び断面表示

社ではIoTを取入れることによって施工管理におけるシステムを構築した。

各建設機械に計測機器として加速度計、GNSS 受信機、IC タグを搭載し、ICT を活用して情報の取得を行うことで、施工過程の情報を可視化し、リアルタイムで一元管理し、情報の共有・活用を可能にするシステムを構築した(図-13)。ICTとしてインターネット、サーバを使用して情報の収集・分析を行うことから、インターネット環境が整備されている場所であれば、施工情報をリアルタイムで把握することを可能にした。このシステムを使用することにより、現場と本社・支店や発注者とのリアルタイムによる施工情報の共有が可能である。

5.2.1 土工事の運行管理システム

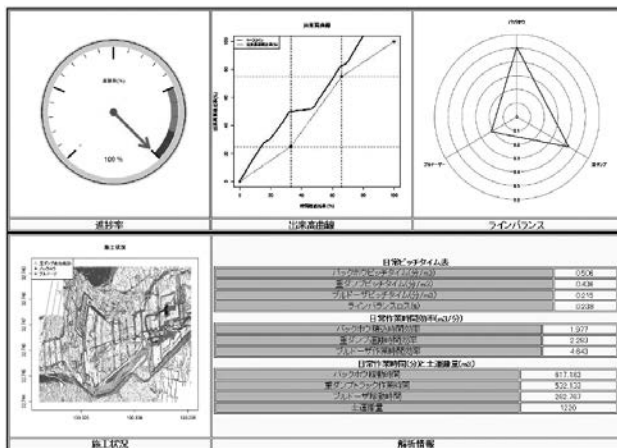
ダンプトラックにGNSS 受信機を搭載していることから、積込み場所から荷卸し場所までを1台1台管理することができる。どこの場所からどの位置にどれだけの土量が荷卸しされたかの詳細なデータも集約しており、測量作業をすることなくトレーサビリティを定量的かつ明確にすることを可能にした(図-14, 15)。また、その情報をリアルタイムで得られることから、進捗状況に合わせた指示や施工条件の相違による土運搬量の評価をした。



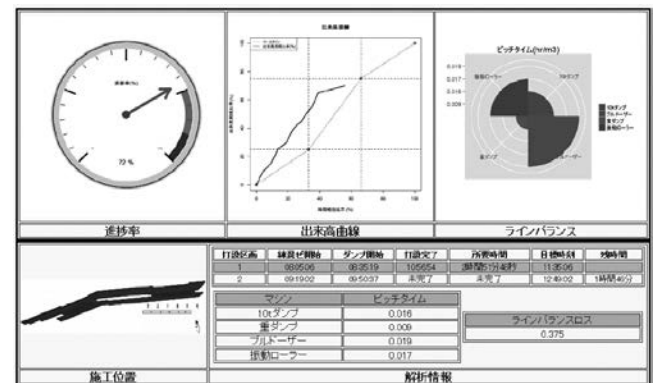
図—13 CIIMシステムの構成イメージ

5.2.2 RCC コンクリート打設管理システム

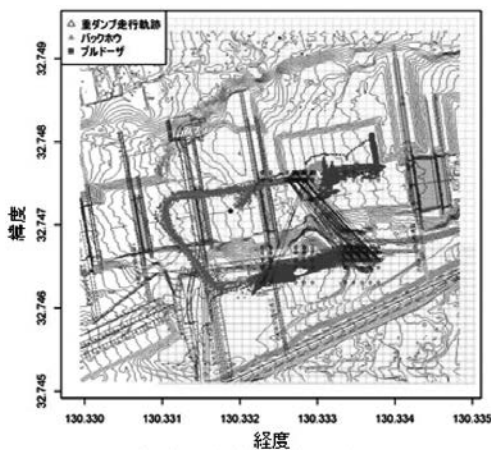
現場とコンクリート工場間をコンクリート運搬するダンプトラックに搭載したICタグと現場及びコンクリート工場に設置された受信機により、リアルタイムで進捗状況を把握すると共に、コンクリートの練混ぜ開始から締固め完了までの時間管理（トレーサビリティ）を行うことで品質管理を行った（図—16）。このシステムにより、設計図書では4時間以内にコンクリート打設を完了しなければならないところ、3.5時間以内でのコンクリート打設を可能にした。



図—14 土工事の運行管理システム



図—16 RCC コンクリート打設管理システム



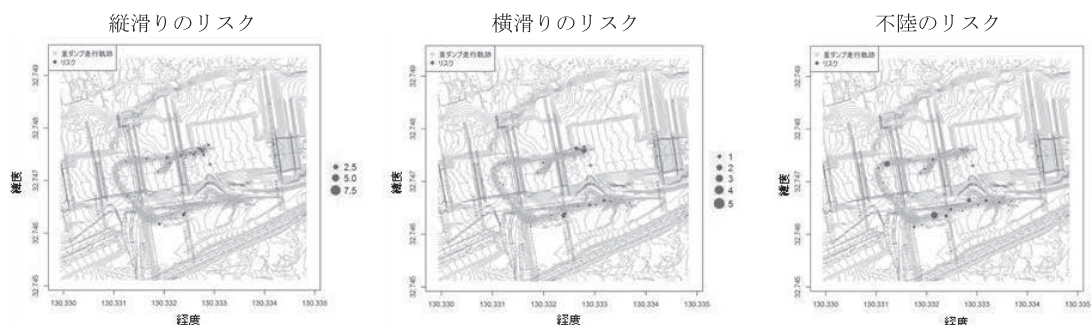
図—15 各建設機械の走行軌跡, 土量

5.2.3 安全管理システム

加速度計を使用しての工事用道路の評価をしたハザードマップの導入を行い、安全管理の向上を図った。ハザードマップを図—17に示す。xyzの3軸の加速度を解析することで、縦滑り、横滑り、不陸のハザードを検出する。この数値は道路の損傷の状態を表しており、同じ場所に連続して発生することにより道路補修の時期を示す1つの指標となった。特に無人化施工においては、カメラ画像では工事用道路の状態を把握することが困難なため、危険である箇所をリアルタイムに把握しながら建設機械を操作できることは、オペレータ支援として非常に有効であった。

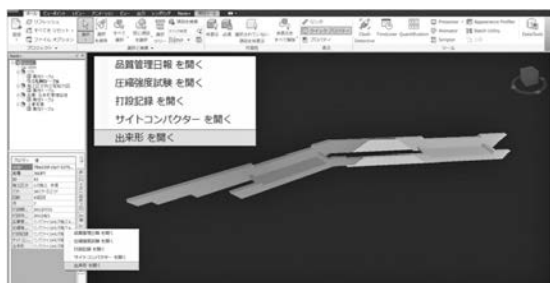
5.3 完了時

既存ソフトを使用し、構造物の3次元モデルに品質・出来形・写真等の施工データを集約することで、データの—

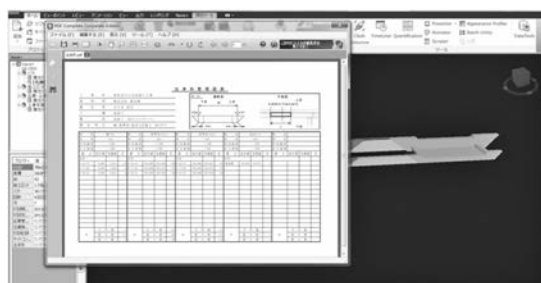


図—17 ハザードマップ

元管理を行った。3次元モデルの打設ブロックをクリックすることで、施工管理記録を瞬時に表示することができ、工事完了後のデータ維持管理を容易にできる（図—18, 19）。また、竣工図書として発注者に提出することにより書類の削減にもなる。



図—18 構造物3次元モデル



図—19 出来形管理データの呼出し

6. 本工事の成果のまとめ

IoT を取入れたことによる本工事の成果を以下に示す。

- ・無線 LAN を計画的に使用することにより、20 台の建設機械を運用した。
- ・情報化施工を取入れることにより、オペレータの施工支援となり、品質向上にも繋がった。
- ・MG・MC において、CAN を本工事のネットワークに適用させることにより、制御モニタ装置を操作室へ設置させることができ、施工性の向上へ繋がった。
- ・3次元モデルを作成することにより、計画・施工管理・工事記録を容易にした。
- ・3次元モデルへ工事記録を集約することで、竣工検査時の説明を容易にし、書類の削減にも繋がった。
- ・各種計測機器を建設機械に搭載することにより、インターネット上からリアルタイムに施工管理を行うことを可能にした。

- ・土工事では運行管理と土運搬量を、測量作業をすることなくトレーサビリティを明確にした。
- ・コンクリート打設管理では、設計図書では4時間以内に打設完了すればいいところ、3.5時間以内での打設精度による品質管理を行った。
- ・ハザードマップを導入することにより、建設機械の故障を未然に防ぎ、無人化施工におけるオペレータの施工支援に貢献した。

多様化する工法や装置、無人化施工の精度向上、施工管理の効率化に対応するために IoT を取入れることは非常に有効であり、当社における次世代無人化施工システムを確立した。

7. おわりに

本工事では、IoT を取入れることにより、2年以上にも渡る大規模無人化施工工事を安全かつ精度よく工事を完了することができた。

益々 ICT が発展していく中で、本報告での成果が多種多様な工事へ適用されるように、現場支援や技術開発をしていく所存である。

最後に、本工事の施工においてご指導いただいた国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所の方々を始め、関係者各位に深く謝意を表す。

《付 録》

- 1) 無線子機が移動した時に接続する無線親機を自動的に切替える機能
- 2) RCC (Roller Compacted Concrete) 工法で使用する固練りのコンクリート。RCC 工法とは RCC コンクリートをダンプトラックで運搬、ブルドーザで敷均し、振動ローラで転圧して締固める工法である
- 3) 車両などの装置の通信として利用される双方向のネットワーク

《参考文献》

- 1) 國塚篤郎：モノのインターネットによる建設現場の施工支援，建設機械施工，Vol.67・No.5，pp.46～49，2015
- 2) 新田恭士・松尾修・北原成郎・黒田昇・田村圭司・下田孝徳：超長距離無人化施工技術の適用性に関する考察，第13回ロボットシンポジウム，2012
- 3) 佐藤直良・矢吹信喜：対談「CIMの歴史と可能性」，土木学会誌，Vol.100・No.6，pp.10～13，2015

北原 成郎

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

坂西 孝仁

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

飛鳥馬 翼

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

定張力ウインチシステムと斜面舗装機械の開発

伊藤 圭祐

1. はじめに

本報は斜面舗装の為に、新たに開発した定張力ウインチシステムを取り付けた、定張力サブウインチポータ（以下、定張力SWP）及び、新規に開発した斜面舗装機械について紹介するものである。また、それらを導入した現場事例についても紹介する。

定張力ウインチシステムとは、斜面での切削や、清掃作業において、安全かつ円滑に作業を行う為の定張力油圧回路を備えたウインチの事である。

2. 概要

ここで述べる斜面舗装とは、ダムや調整池の表面遮水壁をアスファルトコンクリートで構築する舗装の事であり、アスファルトフェーシングとも称される。当社では、斜面舗装に関する技術は既に保有しており、過去に施工した実績も多数ある。しかしながら、補修を目的とした大規模な斜面切削の実績例はなかった。そのため、効率的に斜面切削を実施する為の機械開発が必要となった。

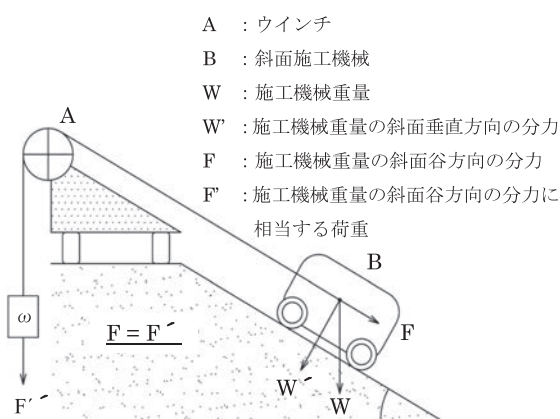
通常、斜面上で機械作業を行う場合、その機械の姿勢保持が重要となる。斜面勾配が緩く、施工機械が斜面を滑落する事が無い角度以内で、自走でも安全に作業ができる場合を除き、一般的には斜面上部からのサポートが必要となる。そのため、斜面勾配がきつくなるに従い、確実に施工機械を保持しなければならない。しかし、施工機械をワイヤロープやロッドで固定すると、施工機械の動きは制限を受け、自由に施工することを制約される。例えば、ウインチ等の巻き上げ装置を用いてワイヤロープで施工機械を保持すると、施工機械の移動はウインチの巻き上げと巻き下げ速度に拘束されるものとなり、施工機械自身が自由に移動作業することを制約する。そこで、斜面舗装工事に供用する施工機械のサポートシステムとして、定張力ウインチシステムを開発した。このシステムにより、斜面上の施工機械を安全に保持しつつ、且つ、自由に施工移動できる。また、新規に開発を行った斜面舗装機械は施工効率の向上と品質の確保を目的としたものである。

3. 定張力ウインチシステム

斜面施工機械にサポートが必要な場合、一般にはウインチ等のサポート機械を堤頂に配置し、そこからワイヤロープを斜面施工機械に接続し、ウインチの巻き上げ、巻き下

げにより施工機械の移動を行う。しかし、通常のウインチの場合、斜面施工機械はウインチの巻き上げと巻き下げ速度に拘束されるものとなるため、施工機械の能力を最大限発揮する事が出来ないばかりか、無理なウインチ操作により施工機械を破損する恐れがある。

そこで図—1の概念図に示すように、施工機械重量の斜面分力 F と同じ力 F' で釣り合うように反力相当の力を滑車の先にウエイトで賄えば、施工機械の斜面分力はキャンセルされ、自力で自由に移動作業することが出来る。



図—1 「定張力油圧回路」概念

この考えを油圧ウインチに応用して、常にワイヤロープを斜面分力相当 F' で緊張するシステムを開発した。施工機械が下へ移動する時は、ワイヤロープに F' を超える張力が働き、ワイヤロープは巻き出される。逆に、施工機械が登板する時はワイヤロープが緩もうとするので、ウインチによりワイヤロープは巻き取られる。また、施工機械は斜面上の任意の位置で停止する事も出来る。この働きを担う「油圧回路」を組み込んだ定張力ウインチシステムを開発し、斜面補修工事に用いるSWPに搭載した。

このシステムを備えた定張力SWPは、斜面舗装工事の安全作業、品質向上及び、工期短縮に貢献した（写真—1、表—1）。

3.1 定張力ウインチシステムを用いた斜面切削

斜面での切削作業を行う為には、斜面下側から上側に向かって作業を行うか、斜面上側から下側に向かい作業を行う方法がある。後者の方が切削屑の処理等の点から、作業



写真—1 定張力 SWP 全景

表—1 定張力 SWP 仕様表

機械名		定張力サブウインチポータ (定張力 SWP)
使用目的		小型切削機等の牽引及び運搬
主要寸法	全長	7,570 mm
	全幅	3,000 mm
	全高	3,000 mm
車体重量		14,100 kg
エンジン出力		110 kW
ウインチ能力	定格荷重	20 kN
	動作速度	0 ~ 70 m/min
その他特徴		・定張力ウインチ機構搭載 ・デッキ旋回移動可能



写真—2 切削機使用状況

には効率的である（写真—2）。

切削作業を斜面上側から下側に向かって行う場合、滑落しない勾配上では、切削機は自走での施工が可能ではあるが、安全を考慮して切削機をサポートする必要がある。しかし、切削機は切削深さによる抵抗の差や、滑りにより、施工速度に差が生じる。そのため、ウインチを一定速度で回転させるだけの従来の施工方法では、ワイヤロープの弛みや張り過ぎに繋がり、作業効率も悪く仕上がり面が不揃いになり、機器の破損に繋がる恐れも有る。定張力ウイン

チシステムにより、斜面上においても水平自立走行での作業と同様の感覚での切削作業が可能となったことにより、切削精度の向上や施工の効率化に寄与する事ができた。

3.2 定張力ウインチシステムを用いた斜面清掃

切削作業後、油圧ショベルで切削材の撤去を行うが、切削面には切削材の一部やダスト分が多く残るので入念に清掃する必要がある。この清掃作業には小型の搭乗型スリーパを使用して、小型切削機と同様に、斜面上側から下側に向かって作業を行うのが有効である。この際、自走での施工は困難であり、安全な作業を行う事と作業の効率化を図るために、定張力ウインチシステムを使用した（写真—3）。結果、安定した清掃作業が行え、人力清掃に比べはるかに短期間で清掃作業を終了した。



写真—3 スリーパによる清掃作業状況

4. 斜面舗装機械

斜面舗装については、多様な現場状況に応じて特殊機械を開発し、現場導入を行ってきた。しかし、短期間で完了させなければならない補修工事という現場条件に合わせ、従来機よりも機能と品質の向上が求められ、新たに開発を行った。

この度、斜面舗装に関して新規に開発を行った機械はメインウインチポータ（以下、MWP）及び、斜面舗装用アスファルトフィニッシャ（斜面用 AF）である。

4.1 メインウインチポータ

MWPは主に斜面用 AF を牽引するための施工機械である（写真—4、表—2）。SWP とは牽引する機械が異なるため、より大きな能力のウインチが必要であり、且つ、低速で巻き上げを行う安定性が求められた。

斜面における舗装作業は、アスファルト合材（以下、アス合材）の供給と抱えの点から、切削作業とは異なり斜面上側から下側に向かって作業を行っていく。そのため、アス合材を抱えた AF が自力で斜面を上り、斜面舗装作業を行うことは困難であり、MWP からのワイヤロープ巻き上げにより斜面舗装作業を行う必要がある。そのため、

MWP のウインチには定張力ウインチシステムは取り付けず、オペレータ同士が作業状況の確認をしながらワイヤロープを巻き上げ、舗装を行っていく。また、MWP には現場条件に応じて、斜面上にて合材供給を行う為のダンパ車を牽引するウインチを搭載する事が可能であり、これは AF 用ウインチとは独立して巻き上げ・巻き下げを行う事が出来る。

斜面舗装のスタート時は、細かな敷き均し調整が必要である。この為、斜面用 AF の巻き上げには超低速で巻き上げが行える様、微速巻き上げシステムを搭載した。これにより、安定したアス合材の敷き均しが可能となり舗装の品質が向上した。



写真-4 MWP 全景

表-2 MWP 仕様表

機械名		メインウインチポータ (MWP)
使用目的		法面アスファルトフィニッシャの牽引及び運搬
主要寸法	全長	9,200 mm
	全幅	3,100 mm
	全高	4,300 mm
車体重量		18,600 kg
エンジン出力		80 kW
ウインチ能力	定格荷重	69 kN
	動作速度	0 ~ 20 m/min
その他特徴		・施工規模に応じてダンパ車用ウインチ搭載可能 ・AF 施工スタート時に有効な微速巻き上げシステム搭載 ・AF & ダンパ車搭載可能な回転移動デッキ ・回送時には運転席収納可能でコンパクト化

4.2 斜面用アスファルトフィニッシャ

この機械を新規に開発するに当たり、高い締固めで安定したアス合材を敷き均すためのスクリード機能を検討し

た。斜面用 AF は、母体となる小型 AF の伸縮スクリードを取り外し、タンパ・パイプレータ (TV) 方式のリジッド (固定式) スクリードに交換した。一般に用いられる伸縮スクリードは、舗装幅員に合わせて任意にスクリード幅を変えられるので、舗装幅員の調整には便利であるが、伸縮式機構であるがゆえに、スクリードが前後に配置されている。一般の舗装では問題とはならないが、ダム、調整池等の斜面舗装においては、底面 (水平面) から斜面に向かって勾配が変化する部分での敷き均し調整は非常に難しい。そこで、今回はリジッドスクリードを採用し、仕上がり面の向上を図った。また、このクラスの AF では、パイプレータ (V) 方式のスクリードが一般的であるが、アスファルト量の多い特殊アス合材の敷き均し密度向上のため、TV 方式のスクリードを採用した (写真-5、表-3)。

同時に、合材の飲み込み角度の変更や、オペレータの安全確保としてステップの角度を斜面勾配に合わせて設けた。他には、搭載する発電機が、AF の傾きに関わらず常に水平を保てる機構や、施工ジョイント部を加熱するジョイントヒータが任意の高さ、角度に調整できる機構を設けた事が特徴である。



写真-5 斜面用 AF 全景

表-3 斜面用 AF 仕様表

機械名		斜面用アスファルトフィニッシャ (斜面用 AF)
使用目的		斜面アスファルト施工
主要寸法	全長	5,000 mm
	全幅	3,400 mm
	全高	1,980 mm
車体重量		8,000 kg
エンジン出力		40 kW
その他特徴		・ホイール式 ・舗装幅 3.0 m (+エクステンション 0.4 m × 2) ・タンパ・パイプ方式のリジッドスクリード採用 ・ホッパの大型化により合材抱え量向上

5. 現場活用事例

ここで、新規開発を行った機械を導入した施工現場を紹介する。

5.1 現場概要

場所：山梨県内

概要：発電農水・飲料水用調整池

概要：遮水壁補修面積 約 9,000 m²

当現場は、既存の傷んだ舗装を切削して新規の特殊アス合材で舗装を行う現場であり、斜面傾斜が約 22°であった。

夏場の用水供用に向け、舗装作業は冬期施工となり、アス合材の温度管理が難しかったが、合材供給専用ホッパを保温するなどして温度低下を防ぐ事に努めた。また、施工機械が多数導入され、それらが錯綜する現場であったが、大きなトラブルもなく、特に切削作業は単位時間当たりの施工量を予定よりも大幅に上回り全体工期の短縮に貢献した。斜面舗装作業は、微速度巻き上げシステムと TV 方式のリジッドスクリードの効果もあって、舗装面の良好な仕上がりが得られた。

5.2 施工状況

当現場では、図-2 に示すような施工体制で作業を行った。

本現場においては施工の規模と作業の効率を重視して、合材供給専用ホッパとクローラクレーンを組み合わせて特殊アス合材の供給を行い、施工を行った（写真-6、7）。

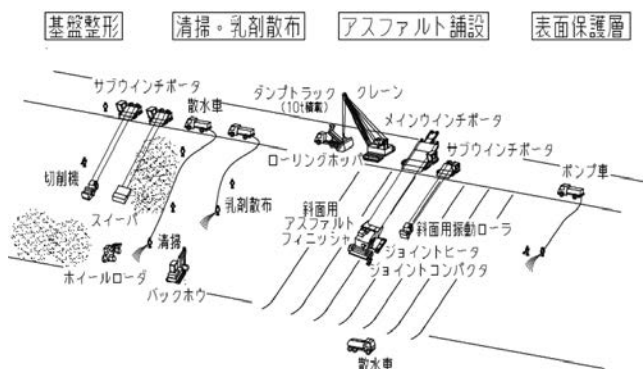


図-2 一般的斜面舗装施工体制概略



写真-6 合材供給専用ホッパによるアス合材供給状況



写真-7 斜面舗装施工状況全景

6. おわりに

本報では、定張力ウインチシステムと、新規に開発を行った斜面舗装機械に関して報告を行った。斜面での機械施工の難しさを少しでも緩和する、斜面特殊機械の開発により、斜面切削技術を確立すると共に、斜面舗装の施工効率と品質の向上に繋げる事が出来た（写真-8）。

今後も、「品質向上」、「安全確保」、「工期短縮」、「コスト縮減」に貢献できる機械開発を行っていく所存である。



写真-8 現場完成写真

伊藤 圭祐
鹿島道路(株) 機械部

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。