

無人ラフテレーンクレーンの開発

金沢河川国道白峰砂防出張所長 金谷 孝雄
北陸技術事務所 整備係 加藤 学

1、はじめに

これまで北陸技術事務所では、砂防工事現場や災害復旧現場における作業の安全を確保するためバックホウ等各種建設機械の無人化技術の開発を行ってきた。しかし、現在の無人化施工技術では、資機材を遠方に移動する技術がなく、施工性の低下を招いていた。

そこで資機材を遠方に移動するのに最適で、機動性に優れた無人ラフテレーンクレーンの開発を行ったものである。

ここでは、平成14年度から着手した、無人ラフテレーンクレーン開発の概要と性能試験結果について報告する。

2、無人ラフテレーンクレーンの概要

2.1、無人クレーンの特徴

無人クレーンの特徴は次のとおりである。

50t吊ラフテレーンクレーン

遠隔操作時の操作有効距離は150m

一般公道の走行が可能（有人時）

災害復旧工事に不可欠な吊り荷走行可能

過負荷防止装置サブモニタシステム装備

遠隔モニタシステムを装備



写真 - 1 無人ラフテレーンクレーン

2.2、遠隔操縦の無線システム

遠隔操縦に係る無線システムは、車輛の制御は「特定小電力無線」を採用し、画像伝送は「SS無線2.4GHz」を採用した。また、クレーンはバックホウ等に比べ操作項目

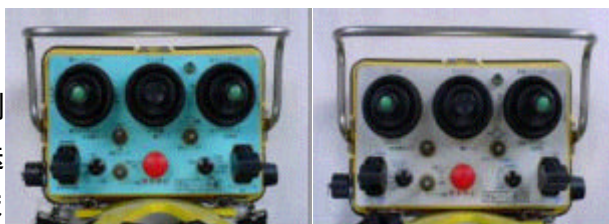


写真 - 2 走行用（右）作業用（左）送信機

が多く煩雑であることから、1つの送信機全ての操作項目をカバーするのは困難であった。そのため、走行用と作業用の2つの送信機でクレーンの遠隔操縦を行うこととした。

2.3、遠隔モニタシステム（映像支援と過負荷防止装置）

クレーンの遠隔操縦支援のため各種遠隔モニタを装備した。主な遠隔モニタ装置は次のとおりである。

車載カメラ：作業監視用及びワイヤードラム乱巻監視用カメラ

水準器カメラ：クレーンの水平状態確認用カメラ

クレーンカメラ：ブームの先端にカメラを取付、吊り荷を真上から確認し、吊り荷の状態や作業現場との位置関係の確認

過負荷防止装置：遠隔操作時でもクレーンの作業負荷情報をリアルタイムでサブモニ

タに表示できることより安全な作業を確認

固定カメラ : 作業現場全体の映像確認用カメラ (現地で必要に応じて用意)



写真-3 クレーンカメラ



写真-4 クレーンカメラ映像(左)



写真-5 車載カメラ

過負荷防止システムカメラモニター(右)

3、無人クレーンの法規制

無人クレーンの開発にあたり「移動式クレーン検査証」及び「自動車車検証」を取得する必要があった。無人クレーンは国内初の試みであるため各担当部局と次のような調整を行い無人クレーンの完成を迎えている。主な事項は次のとおりである。

3.1、移動式クレーン検査証

確実に電波の届く距離である150mを操作有効距離とすること。

必ずクレーン本体、各種警告灯が目視確認できる位置で作業を行うこと。

クレーン本体、必要により固定用カメラ(現場確認用)を設置し、常に安全を確認しながら作業を行うこと。

3.2、自動車車検証

クレーン作業中(作業姿勢)でないと遠隔操作での走行ができない構造とすること。

4、無人クレーン性能試験

試験は、金沢河川国道事務所白峰砂防出張所管内の柳谷地区にて施工されていた導流落差工で、現場性能確認試験を、北陸技術事務所富山出張所構内では平地試験を実施した。

4.1、現場性能確認試験

本試験を実施した柳谷川の左岸側は落石や土砂崩落など荒廃が著しいため無人区域とし、比較的安定している右岸側については有人地域として施工を進めている。(写真-6) 調査方法は有人区域と無人区域で表-1に示す内容及び方法で試験を実施した。有人区域では同条件で有人操作と無人操作



写真-6 柳谷地区有人・無人箇所の別

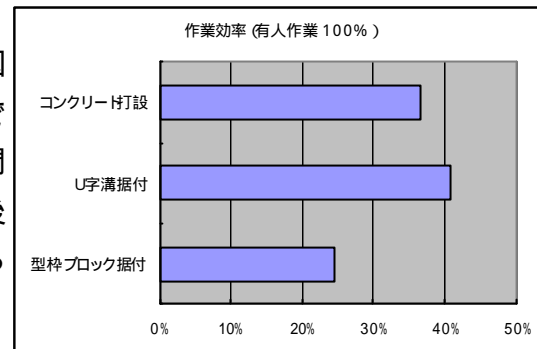
の比較を行った。また、オペレータへのヒアリングを行い無人クレーンへの改善点等の調査を実施した。

作業工種	作業内容	組合せ資機材	調査項目	有人区域作業方法	無人区域作業方法
型枠工（設置）	玉掛け 型枠移動（行き） 位置決め（設置） 型枠移動（戻り）	クレーン+ 円形ブロック	サイクルタイム計測	画像支援を使用せず目視作業	画像支援を使用作業及び目視作業
U字溝設置	玉掛け 型枠移動（行き） 位置決め（設置） 型枠移動（戻り）	クレーン+ U字溝			
コンクリート打設	バケット位置決め、 コンクリート投入 バケット移動（行き） コンクリート打設 バケット移動（戻り）	クレーン+ C oバケット			

表 - 1 試験内容及び方法

4.1.1、有人区域試験結果

有人作業を100%とした場合の作業効率を図-1に示す。3工種とも約3割程度の作業効率であった。今回操作を行ったオペレータは、短期間の操作訓練後すぐに現場に入っているため、今後操作に慣れることにより作業効率の向上が図れると考えている。



4.1.2、無人区域試験結果

本試験結果は、画像支援作業と目視作業とで図-1 無人クレーン作業効率 サイクルタイムに大きな差は生じなかった。これは、作業半径等現場条件が異なることから、一概に比較できないため、平地試験で再度調査することとした。

4.1.3、無人クレーン導入によるメリット

現場性能確認試験で確認できた無人クレーン導入によるメリットは、図-2のように、今までクレーンが入れず施工が不可能であった場所でも安全に施工ができるようになったこと、作業半径が狭まったことよりコンクリートバケットが従来の1m³から1.5m³へと大型化が可能となり作業効率の向上が図れた。また、今まで安全対策のために施工してきた仮設費の削減にも貢献できたと考える。

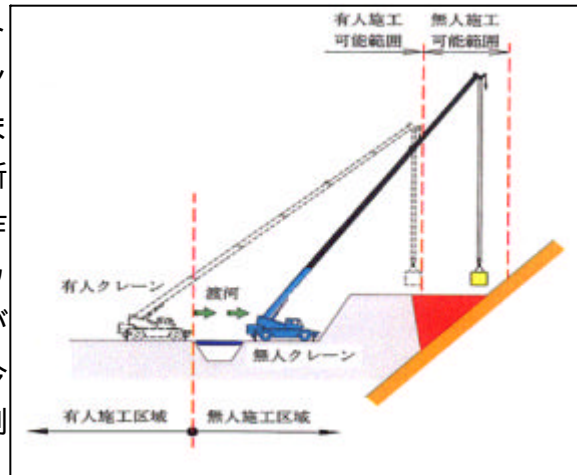


図 - 2 従来工法と新工法比較

4.1.4、オペレータヒアリング結果

現地性能確認試験で操作したオペレータへのヒアリング結果は次のとおりであった。

- ・送信機を使用した作業には違和感はない。
- ・無人操作は作業時のエンジン回転が低く設定されているため作業効率が悪い。
- ・無人操作では複合操作がやりづらい。

現地性能確認試験及びオペレータのヒアリング結果を受け、2点について改造を行った。

- ・作業用のエンジン回転数を現状より高い設定を追加した。
- ・送信機の補巻ウィンチ操作を左レバーから右レバーに移すことにより、旋回とウィン

手作業の複合操作を可能とした。

4.2. 平地試験

現地性能確認試験を受けて改良した項目について検証を行った。

4.2.1. エンジン回転数設定変更

作業用エンジン回転設定(M)(1100rpm)と最高エンジン回転設定(H)(1700rpm)の間に新たな回転設定としてM2(1400rpm)を設定し、その効果について検証した。(図-3)

結果、設定MとM2で大きな差は現れなかったが、オペレータのヒアリングではM2の方が作業しやすいというコメントであった。

4.2.2. 操作レバー設定変更

操作レバーの設定変更を行ったことで、旋回操作とウィンチ操作の複合操作が可能となったことから、サイクルタイムが16%向上と良好な結果が得られた。(図-4)

4.2.3. 画像支援システム

現地性能試験で確認できなかった画像支援システム作業と目視作業との作業効率の差を図-5に示す。結果、画像支援システムが非常に有効であることが確認できた。これは、クレーンカメラの映像が吊り荷を真上から見れることより作業速度が向上していると考えられる。

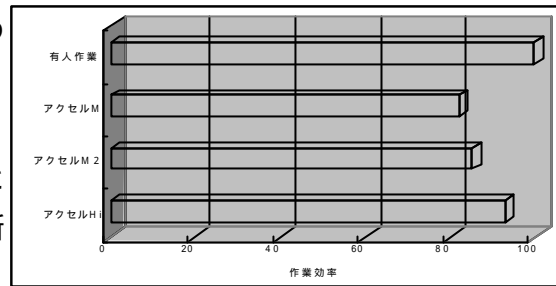


図-3 エンジン回転数別作業効率

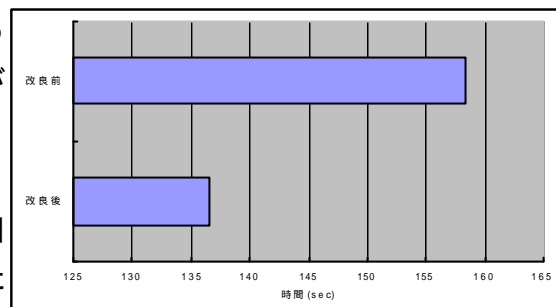


図-4 操作レバー別サイクルタイム

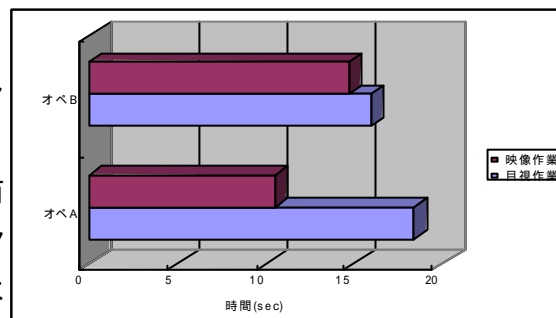


図-5 目視作業・映像作業の比較

5. まとめ

無人クレーンの導入により、今まで施工不可能であった箇所でも安全な施工が可能となった。また、コンクリートバケットの大型化や、安全対策に係る施工費の軽減が可能となりコスト縮減にも貢献できたと考えている。本機の導入により、無人化施工工法の範囲が広がり、砂防工事現場や災害現場等の危険区域での活躍を期待する。

今後の課題としては、作業効率の向上を図る必要がある。これは、オペレータへの情報不足(音、振動等)が要因と考えられ今後、オペレータへの情報増加を図る必要がある。また、平成16年度に本格稼働となることから、オペレータ支援を実施し操作の習熟による作業効率の向上を図っていく。

本調査は、これまで無人化施工技術検討委員会で検討してきたもので、平成16年度は本委員会で「無人化技術マニュアル(仮称)」の作成を行い無人化施工の更なる安全や無人化施工管理体制の強化を図っていくものである。

最後に本検討にあたり調査等にご協力頂いた多数の関係者に感謝致します。