

土砂災害に備えた遠隔操作設備の整備 ～ バックホウ遠隔操作室として対策本部車を活用 ～

雨宮 圭吾¹・菅 俊和

¹関東地方整備局 関東技術事務所 施工調査・技術活用課 (〒270-2218 千葉県松戸市五香西6-12-1)

近年、異常気象は激甚化・頻発化しており、それに伴う洪水被害や土砂災害が毎年のように全国各地で発生している。災害が発生した場合には、その迅速な応急対応が求められるが、現場は二次災害の危険性が高い所や、屋外での連続作業となるなど、従事する者にとって厳しい環境での作業となっている。

本検討は、関東技術事務所で所有している遠隔操作式バックホウを迅速に現地に派遣し、そのオペレーターの作業環境を確保することを目的に実施した内容について報告する。

キーワード バックホウ、遠隔操作、リモート化

1. はじめに

我が国は、平地が少なく急峻な地形と脆弱な地質が広く分布しており、近年の異常気象も相まって、毎年のように地震、風水害、土砂災害等の自然災害が発生している。経済の発展・人口の増加に伴い、丘陵地や山麓斜面にまで宅地開発等が進展し、豪雨や地震等に伴う土砂災害は、毎年1,400件以上(過去10年平均)発生している。また、近年の大規模な土砂災害では、人命だけでなく道路やライフライン等の公共インフラが被災し、応急対策や生活再建に時間を要する事例が多数生じている。

国土交通省では、大規模水害、土砂災害、法面崩落等の二次災害の危険性が高い災害現場において、安全で迅速な復旧工事を行うため、遠隔操作が可能で、かつ、分解して空輸できるバックホウを開発し、災害復旧活動に備え、活用している。

本稿では、令和6年8月に発生した国道246号における土砂災害での遠隔操作式バックホウの活動状況を踏まえ、オペレーターの安全及び作業環境確保を目的に、バックホウ遠隔操作室として対策本部車を活用する整備を行ったので報告する。

2. 遠隔操作式バックホウ

日本において無人化施工(遠隔操作)の研究・開発等の技術が進展することとなったきっかけが平成3年6月の雲仙普賢岳の大火砕流及びその復旧工事である。これ以降、警戒区域内の建設機械車載カメラ、移動カメラ車によって得られた画像を見ながら、警戒区域外の安全な操作室からオペレーターが遠隔装置によって施工する方式が発展した。(図-1参照)



図-1 安全な操作室からの遠隔施工

関東地方整備局では、地震や豪雨災害で発生する土砂崩落、河道閉塞(土砂ダム)等の災害に備えるため、災害対策用機械として、平成21年及び24年に、関東技術事務所に遠隔操作式バックホウを配備した。

関東技術事務所の遠隔操作式バックホウは、汎用性を考慮した資格不要な特定小電力無線通信による制御方式で、目視での遠隔操作を基本としている。

なお現在、遠隔操作式バックホウは災害で使用するだけでなく、将来の「働き方改革・新3K(屋外作業のリモート化・オフサイト化)」を考慮し、事務所構内でローカル5G通信を使用した制御方式に改造し、長距離での遠隔操作の検証を行っているところである。

3. 災害現場での活用と課題

令和6年8月30日(金)台風10号に伴う豪雨により、神奈川県伊勢原市善波地先、国道246号新善波トンネル付近にて、午前7時6分に法面崩落が発災した。(図-2参照)応急復旧工事では、安全性の観点から、トンネル坑口付近の土砂撤去などで、関東技術事務所の遠隔操作式バックホウも活用しながら、昼夜連続で作業が進められた。(図-3参照)



図-2 被災箇所（全景）



図-3 遠隔操作式バックホウによる施工

関東技術事務所のバックホウは、法面崩落箇所近くの土砂撤去作業に用いた。作業にあたっては、オペレーターはバックホウ近傍から現場を目視して操作を行った。この作業において、2つの課題が浮き彫りになった。

- (1) オペレーターにはバックホウキャビンの代替となる遠隔操作室が必要

当時はまだ夏の暑い時期で、雨が降る時もあり、足下には大量の泥があるなど、屋外は快適な環境とは言いがたく、また長時間立ちながらの操作は、疲労も溜まりやすく、操作ミスを誘発しそうな劣悪な現場環境であった。

そのため、事故を起こさない為にもオペレーターが遠隔操作作業にのみ集中出来る、バックホウキャビンと同等な環境を有する操作室の確保が必要であった。

- (2) 安全な遠隔操作を行うには、バックホウの刃先映像や作業現場周辺を確認する映像が必要

今回、オペレーターは、自分の目で直接現場を目視する遠隔目視確認で操作を行った。直接目視の利点は作業箇所に応じて見やすい角度や位置から操作出来る事だが、大抵の現場は狭小で作業位置は限られる。バックホウに近づきすぎると危険であり、バックホウと同じ地面からの目線高さでは車体等での死角が多く、掘削位置が

見えにくいので作業しづらい。今回の現場では、当初、作業場所対面（下り線側）に全体を見渡せる、画角的に良さそうな高さのある法面があったため、オペレーターが登り、そこから俯瞰的な視野でバックホウ及び掘削箇所を確認しながら操作を行った。しかし、掘削位置から遠くなったことで、オペレーターの眼では刃先が見えにくくなったため、オペレーターは操作位置をバックホウ近くの掘削箇所が見えにくい平面的な位置に移動せざるをえなかった。

このことから、作業を行うにはオペレーターは掘削先やバックホウ、作業現場周辺がよく見える映像が必要である。

4. バックホウ遠隔操作室の整備

前項の課題の対応として、バックホウ遠隔操作室の整備を行った。

(1) 遠隔操作室の整備

理想の遠隔操作室とは、下記の事項があげられる。

- ① 作業位置からなるべく近いこと
- ② 現場周辺が見渡せる環境であること
- ③ 風雨寒暖に影響されない部屋があること（大型モニターディスプレイと机、椅子を装備）

しかし、多くの重機や作業員で輻輳しがちな現場では、そのような場所を確保し、現場詰め所等を迅速に設置することは非常に困難である。そこで、災害現場において簡易に配置、移動可能な、対策本部車※を活用し、遠隔操作室としての整備を行った。

※対策本部車（図-4参照）

- ・災害現場近くへ移動・設置し、情報収集、応急対応の対策検討や現場指揮などを行う車両。
- ・車体を拡張する事で、現場に10畳程の会議スペースを確保する。
- ・机、椅子、電源、エアコン、モニター、を完備する。



図-4 災害対策本部車

遠隔操作室には、刃先や周辺状況確認用のディスプレイ、リモコンやカメラの操作端末を置く机、オペレーターの椅子で3㎡程度のスペースが必要となる。（図-5参照）



図-5 遠隔操作室イメージ

(2) 遠隔操作設備の整備

遠隔操作リモコンは、特定省電力無線で操作可能であり、見通しの良い場所なら150m程離れて操作可能範囲だが、アンテナがリモコン本体に内蔵されているため、対策本部車内からの操作は壁通過時の電波減衰により通信不安がある。（図-6参照）そこで、操作リモコン信号の通信方式を特定省電力無線から外付けアンテナが設置可能なWi-Fi通信に切り替えて整備した。なお、操作リモコンはシリアル端子で接続可能な構造なため、シリアルLANコンバーターでLAN通信に変換し、車両外部に設置した長距離用Wi-Fi用アンテナに接続する。（図-7参照）



図-6 遠隔操作リモコン



図-7 遠隔操作リモコンの変換

(3) 遠隔操作用映像の整備

遠隔操作室から遠隔操作式バックホウ操作を制御するためには、以下の2つの映像が必要である。

- ① 刃先（バケット、掘削部）のカメラ
- ② バックホウ周辺確認のカメラ〔俯瞰〕

関東技術事務所の遠隔操作式バックホウには、刃先側を撮す車載カメラが搭載されており、関東技術事務所構内に設置したローカル5G通信環境下では、操作や刃先カメラ映像の伝送は確立している。しかし、ローカル5Gは免許申請が必要なため、突発的な現場で臨機に使用することは出来ない。そこで、通信方法を現場用に再構成し、臨機に使用可能な通信方法としてWi-Fi接続による整備を行った。

- 1) 刃先カメラ映像の通信は、広く普及している2.4GHzの見通し通信距離が300mの機器にて整備した。対策本部車側は、車両外部の見通しの良い場所にアンテナを設置した。
- 2) 周辺確認カメラは、刃先カメラ映像外の死角となる部分を補完する物のため、掘削箇所周辺が見渡せる様な高い位置に設置することが理想である。関東技術事務所の2柱式照明車(R04-1307)の照明ポール先端には、携帯電話回線やKu-SATによる配信を目的にカメラが設置されている。（図-8参照）これを周辺確認カメラ（俯瞰）として活用する。照明車のカメラ映像は、車両後部の盤に接続されていたため、そこから長距離用Wi-Fi機器を接続した。



図-8 2柱式照明車（先端カメラ付き）

7. 今後の検討課題

関東技術事務所構内で活用しているローカル5GをWi-Fi通信に切り替える事で、場所を問わず、バックホウキャビンと同様な作業環境でバックホウの遠隔操作を行えるよう設備を整えたが、課題が数点ある。

(1) Wi-Fi通信の安定性

Wi-Fiは手軽に無線化出来る手段だが、一般家庭にも広く普及しており、かつ今回の操作、映像だけで3つのWi-Fiチャンネルを使用しているため、電波干渉を起こしやすい。個別での接続試験では良好な通信速度が出ていたが、全てを同時に動作させた時には、干渉による通信速度の遅延により操作と映像のタイムラグが大きくなる可能性がある。そのため、安定性の高いメッシュWi-Fiの適用を検討していきたい。

(2) 臨場感の欠如

通常の搭乗している重機オペレーターは、視覚だけでなく、エンジン負荷や掘削等の作業音も重要視している。また、車体の傾きで足下の状態や転倒を推察しているため、臨場感への要望の声は大きい。

車両の音や傾きを、遠隔操作を行うオペレーターに伝える方法として可動式シートもあるが、対策本部車に乘せるのは大がかりになるため現実的ではない。そのため、作業時のスピーカーや傾きの表示等については今後の検討としていきたい。

(3) 多角的な映像取得

周辺映像カメラは基本的に画角固定となるため、部分的な死角が発生する。よって色々な場所や角度から、映像の選択肢は多い方が良いが、現時点では設置場所が限られてしまっている。また、カメラ映像では視差が無いため立体感が失われることから、真横からの映像もあった方がオペレーターの負担も少ない。将来的には対策本部車屋上への俯瞰カメラ設置や、移動が容易な設置カメラ等を検討していきたい。(図-9参照)



図-9 多角的な映像による情報補足

(4) 車両情報の確認方法

重機キャビン内には、異常を知らせる警告音やエラー表示、燃料の残量等の情報が表示されるが、操作リモコンにはその様な機能は無い。今後は、バックホウの刃先の位置を示すマシンガイダンス等の情報表示や、運転席カメラ(キャビン内カメラ)の設置を検討していきたい。(図-10参照)



図-10 キャビン内の情報(マシンガイダンス)

8. まとめ

建設業就業者は全産業より高齢化が進んでおり、人材不足対策が急務となっている。その貴重な人材が、災害対応時でも、危険な所から遠ざけられ、普段のバックホウキャビンと同様な環境が整備出来た。

遠隔操作の技術の先は屋外作業のリモート化[働き方改革]に繋がっていくものであると考えているため、通信速度の向上や操作端末の汎用化、キャビン内と同等の作業感覚の実現等、今後も更なる検討・改善を続けていきたい。

参考文献

1) 国土交通白書2024

<https://www.mlit.go.jp/statistics/file000004/pdf/kokudo.pdf>

2) 国土交通省九州地方整備局雲仙砂防管理センター“雲仙で誕生した先進事例-無人化施工”

<https://www.qsr.mlit.go.jp/unzen/sabo/performance/advances01.html>

3) 国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所“国道246号神奈川県伊勢原市善波地先の災害”

https://www.ktr.mlit.go.jp/yokohama/yokokoku_index201.html