

災害時における簡易遠隔操縦装置 (ロボ QS) の活用について

国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所 まつおか まさひろ
松岡 雅博

1. はじめに

近年、日本における自然災害は、地震や台風、局地的な集中豪雨等の多発により、各地で甚大な被害をもたらしている。これらの自然災害により斜面の崩落等が発生した場合は、早急な応急復旧作業を必要とするが、二次災害の恐れがあり人が立ち入れない等、危険な現場（写真－1）では安全な施工方法が望まれている。



写真－1 熊本県阿蘇大橋（H28.4）

安全な施工方法の1つに、建設機械を無線で遠隔操縦する方法がある。この施工方法は、雲仙普賢岳の「無人化施工」で広く知られているが、無線で遠隔操縦できる専用の建設機械は全国的に台

数が少ないうえに大型の機械が多く、災害現場へ輸送する場合は、大型トレーラー等の手配が必要となり、緊急時の迅速な対応には大変厳しいものがある。

そのため九州技術事務所では、現地で調達できるバックホウに簡易に装着（写真－2）することで、無線による遠隔操縦ができる簡易遠隔操縦装置（以下、「ロボQ」という）を平成11年度に開発し、緊急出動が求められる数々の現場での復旧作業に対応してきた。



写真－2 簡易遠隔操縦装置（ロボQ）

しかし、開発から約18年が経過し開発時に比べ近年の建設機械においては、システムの高度化とセキュリティ強化により電氣的な接続が困難なことや、ロボQを搭載できる機種数の減少が課題となってきたことから、新たな後継機（以下、「ロボQS」という）を開発したものである。

2. ロボ QS の開発

(1) ロボ QS の開発項目

新たに開発したロボ QS について、従来型との項目比較を表－1 に示す。

① 動力源

操作レバー等の駆動部を最新の電動モータと電動ボールネジによる組み合わせとしたことで、駆動部の消費電力が抑えられ、電動化が実現した。

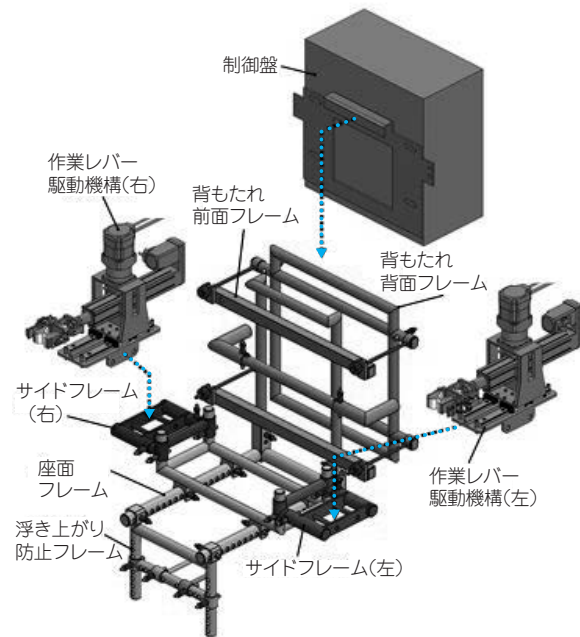
消費電力が抑えられたことで、駆動部電源は建設機械本体のバッテリーから電源供給が可能となり、従来型のような別動力源を必要としなくなった。

② 搭載方法

運転シートの背もたれ部分の前後を軽量のアルミフレームで挟み込み、各部材の固定はロックピンによるワンタッチで着脱可能なフレーム構造（図－1）とした。アルミフレームの固定時に微調整が必要な箇所については特別な工具を必要としない丸穴付きネジ式として、締め込みや調整が可能な構造としている。また、ロボ QS の各動きを制御する制御盤については、背面フレームに掛けるだけで簡単に設置できる構造としている。

③ 搭乗運転

装置がコンパクトになり、運転シート部に何も構成機器を置かない構造としたため、装置を設置

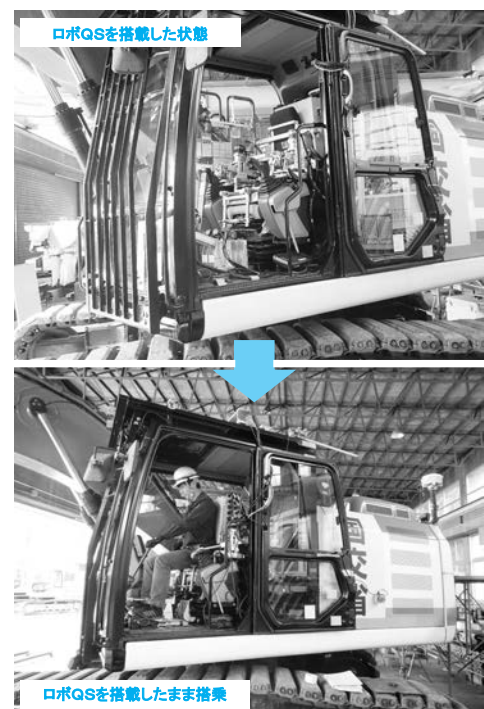


図－1 フレーム構造

したままでも搭乗運転が可能となった（写真－3）。

また、従来型では、有人作業が可能な区域でも、運転席に装置を設置しているため搭乗できず、すべて遠隔操作となっていたが、ロボ QS では、オペレータの判断で搭乗運転か遠隔操作を選択でき、作業効率の向上が期待できる。

表－1 項目比較表				
NO	項目	ロボ Q（従来型）	ロボ QS（新型）	改善点
1	動力源	空圧式 （コンプレッサ搭載）	電動式 搭載機械から供給	コンプレッサ不要・空輸が可能
2	搭載方法	運転シートを外し そのスペースに設置	運転シートに組み 付け	搭載時間の短縮
3	搭乗運転	不可	可能	作業効率の向上
4	組立時	各装置、ネジによる締結 （コンプレッサ搭載）	各装置ピンによる 締結	設置作業の簡素化
5	構成部品	特殊部品・特注品あり	市販品で構成	故障復旧の迅速化



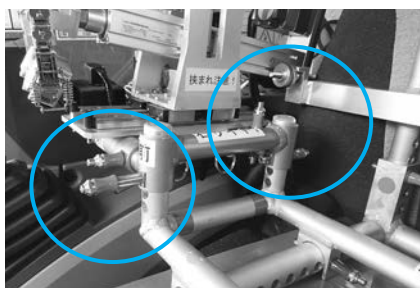
写真－3 搭乗運転の様子

④ 組立時

制御装置は軽量小型機器のみの構成（写真－４）とし、各装置の機器は、従来のネジによる締結ではなくロックピンによる締結（写真－５）としたことから、工具を必要としない組立が可能となった。また、ロックピン締結の利点として、振動時でも締結部に緩みの心配がなく装置固定の信頼性が向上した。



写真－４ 制御装置



写真－５ ロックピン締結

⑤ 構成部品

構成部品は、特殊部品や特注品を使用せず、主に小型・軽量（写真－６）の市販品を使用することにより、各構成部品の取り扱いや故障時の部品調達が容易になった。



写真－６ 構成部品

(2) ロボ QS の特徴

今回開発したロボ QS の特徴をまとめると、大きく次の４点にまとめられる。

- ① 各メーカー・機種を問わず、設置可能。
- ② 装置設置後の搭乗運転が可能。
- ③ 装置の設置作業が容易。
 - ・固定方法はロックピンによる締結
 - ・全体重量を軽量化し設置時間の短縮
- ④ 運搬が容易（写真－７）。
 - ・空輪が可能
 - ・ワンボックスカー１台での運搬が可能



写真－７ 梱包および運搬時状況（全６箱、１５kg／箱程度）

3. 実 績

簡易遠隔操縦装置（ロボ Q、ロボ QS）の主な出動実績を表－２に示す。

表－２ 主な出動実績（無人化施工機械）

■無人化施工機械出動履歴			
		分組：分解組立型バックホウ 遠隔：遠隔操縦式バックホウ 簡易：ロボ Q、ロボ QS	
年度	出動先	災害名等	出動機械
平成 22	鹿児島県	南大隅町土石流	簡易（ロボ Q）
平成 24	鹿児島県	国道 220 号土石流災害	簡易（ロボ Q）
平成 27	鹿児島県	垂水市土砂災害	分組、遠隔
平成 28	熊本県	熊本地震	分組、簡易（ロボ Q）
平成 28	鹿児島県	垂水市土砂災害	遠隔
☆ 平成 29	大分県	豊後大野市地すべり	簡易（ロボ QS）
平成 29	福岡県	九州北部豪雨	分組
平成 29	宮崎県	国道 220 号斜面崩壊	分組、遠隔、簡易（ロボ Q）
☆ 平成 30	大分県	中津市耶馬溪町山崩れ	分組、遠隔、簡易（ロボ QS）

主な出動実績の中から、近年の出動実績２事例について紹介する（上表の☆印）。

(1) 「大分県豊後大野市朝地町地すべり」について

■災害概況

- ・発災場所：大分県豊後大野市朝地町綿田地区
- ・発災日時：不明（平成 29 年 5 月 16 日（火）15：32 に住民通報により発見）
- ・被害状況：市道、宅地、田圃に亀裂が発生
平井川の河道閉塞による災害が懸念

① 簡易遠隔操縦装置 ロボ QS の派遣

大分県は、今後地すべりの進行により河道閉塞が進み、平井川の出水時に地すべり末端部の河道（護岸倒壊部）を浸食する可能性が懸念されるため、河道の切り替え工事を行う計画（図－2）とした。

地すべり末端部での作業は二次災害の可能性があり危険を伴うため、遠隔操縦可能な建設機械にて作業を実施し、安全性を確保する施工方法が検討された。今回の現場は、被災地までの道路幅が狭く屈曲しているため、トレーラーの輸送が必要な、遠隔操縦専用機械を搬入することが難しかった。

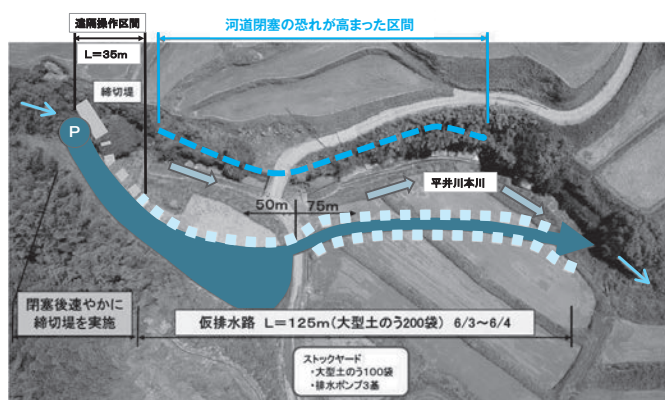
そのため、現地で調達可能な汎用のバックホウに装置を取り付けるだけで遠隔操縦できるロボ QS を派遣依頼した。

② 仮排水路工事

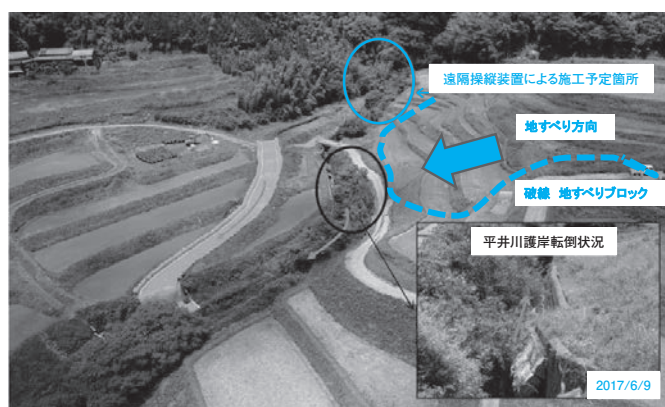
平井川の仮排水路については、延長約 160 m（うち遠隔操縦による範囲は、約 35 m）を予定しており、二次災害の恐れのある箇所を現場で判断しながら遠隔操縦で土工事を実施した。

平井川の仮排水路は、水路幅 5 m、高さ 1 m とすることで、10 年確率流量に対応できるように計画された。

具体的な遠隔操縦の作業内容は、二次災害の恐れのある最も危険な区域（写真－8）の仮排水路の導入口の掘削・河床均しを行うもので、堤防高さがとれない箇所に関しては部分的に大型土のうで補強を行うというものであった。



図－2 平井川仮排水路全体図



写真－8 遠隔操縦施工箇所（上部○範囲）

実施工においては、大分県の地元協力会社によるオペレータにより施工され、約半日程度で作業を終え、順調に施工が完了（写真－9）した。

なお、遠隔操縦後のオペレータからの意見として、「直接目視の操作に支障を感じなかったが、モニター操作時は、カメラ視野が狭く感じられたため、上下左右にもっと広い視野がほしい」という意見があった。現在、モニター操作の視点については、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を含め検討しているため、今後に期待されたい。



写真－9 平井川仮排水路（○の範囲が、遠隔操縦）

(2) 「中津市耶馬溪町で発生した山地崩壊」について

■災害概況（写真－10）

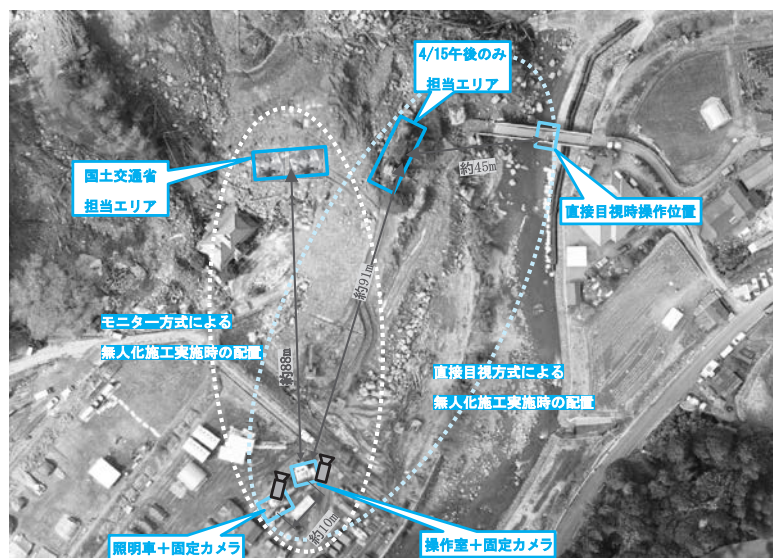
- ・発生場所：大分県中津市耶馬溪町金吉地区
(土砂災害警戒区域(急傾斜)に指定)
- ・発生日時：平成30年4月11日 午前3時40分～4時頃
- ・被害状況：死者6人、人家全壊4棟



写真－10 大分県中津市耶馬溪町山地崩壊

① 無人化施工機械の派遣

大分県中津市耶馬溪町金吉で住宅の裏山が幅約160m、長さ約220m（水平距離：堆積域含む）、最大深度35mの山地崩壊が発生。現場では、大量の土砂が民家をのみ込み堆積した。国土交通省は、大分県の要請により行方不明者の搜索活動を支援するため、遠隔操縦バックホウおよび簡易遠隔操縦装置（ロボQS）を派遣した。



写真－11 上空から見た国土交通省担当エリア配置図

② 土砂撤去作業

当該現場は有人施工を基本とし、危険度の高い状態および危険箇所では無人化施工に切り替えるといった対策で搜索活動に取り組んだ。土砂撤去作業は、3つのエリアに区分けされ、二次災害の危険性が高く、無人化施工への切り替えが必要なエリアを国土交通省が担当し（写真－11）、自衛隊は人命救助のエリアを、その他のエリアを建設業協会が担い、それぞれ連携を図りつつ一刻も早い土砂撤去作業を実施した。

降雨等により危険度が高くなった場合、無人化施工に切り替えられるが、国土交通省保有の遠隔操縦バックホウの操作は、地元の協力会社にて施工されることになった。

地元協力会社のオペレータは遠隔操縦に不慣れであったため、九州技術事務所から遠隔操縦機械の技術指導者（九州技術の協定業者、ベテラン技術者）を常駐させた。

作業待機がかかった場合はその時間を活用し、技能伝達の遠隔操作訓練を実施するとともに、遠隔操作時は、順調に操作ができるようオペレータの横で直接指導した。

また、バケット位置の掘削箇所を目視できない場合は、直接目視方式（写真－12）からモニター方式（写真－13）に切り替え、操作室からモニターを見ながら施工した。



写真－12 直接目視方式



写真－13 モニター方式

③ 災害対応時における導入効果と今後の課題

今回の直接目視方式による遠隔操縦施工は、重機位置から約 45 m 前方に操作位置を構えることができ、目視も容易で、円滑な操作による施工が実施された。操作位置などの選定としては良好であったと考えられる。ただし、足下の状況を明確に把握できない場合は、操作室の映像を別の作業員が確認し、直接目視を実施するオペレータに携帯電話で伝える等の対策を行った。

モニター方式では、約 90 m 離れた操作室から照明車の固定カメラやバックホウの搭載カメラの映像に基づき作業を実施し、比較的スムーズな施工ができた。モニター方式で最も重要なことは、遠隔操作するバックホウを複数の角度からとらえた映像を取得し、死角のない状況で操作を行うことである。

通常、カメラによる視覚情報は、前方、側方、搭乗位置からの情報により作業を実施するが、今回は、現場条件により前方からの情報が取得できない状況であったため、本来であれば施工が難しいところであるが、円滑な作業を実施できたのは、常駐させた遠隔操縦の技術指導者が直接指導したことも効果的であったと考える。

今後の無人化施工効率向上のためにも、前方および側方からの視覚情報が取得できるようなカメラ配置が重要と考えられる。なお、遠隔操縦に不

慣れなオペレータの施工でも、直近に遠隔操作に熟練した技術指導者がいれば、比較的スムーズな施工が可能となることがわかった。今後、指導できる立場の遠隔操縦技術者の人材育成が必要である。

4. おわりに

今回開発した簡易遠隔操縦装置（ロボ QS）は、迅速な初動対応や危険な現場においてバックホウが調達可能であれば、すぐに遠隔操縦による作業に取りかかることができる装置である。早急な応急復旧には欠かせない建設技術ロボットであり、円滑な復旧活動ができるように備えておくことが望ましいと考えている。

今後、建設産業分野では、日本全体の生産年齢人口が減少する中、建設業の担い手については概ね 10 年後に団塊世代の大量離職が見込まれており、従事者の減少、熟練オペレータの不足等、将来に対する不安要素が多い。このような中で、建設現場の生産性向上は不可欠であり、未熟なオペレータへのアシスト機能やガイダンス機能等を有した ICT 技術に期待すべきところである。

最後に、本報文を書くにあたり、ご協力いただいた関係各位に深甚なる敬意を表します。