

ブルドーザ用遠隔操縦ロボットの開発

株式会社フジタ 正会員 茶山和博

正会員 ○藤岡 晃

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所

久保田孝行

湯浅祥次

1. はじめに

土石流災害や崩落事故等の緊急災害復旧は、二次災害の恐れがあるため、安全性の観点から迅速な対応をとりにくいのが現状であり、遠隔操縦方式により建設機械を動かし作業する方法が必要になる。遠隔操縦ロボットは、市販の建設機械の運転席に迅速かつ簡単に装着して、安全な場所から遠隔操縦を可能とする技術であり、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所と当社が共同開発した。バックホウ用の遠隔操縦ロボット^{1),2)}は既に開発済みであり、緊急災害復旧をより効率的に実施するためにブルドーザ用の遠隔操縦ロボットを開発する。本論文は、ブルドーザ用の遠隔操縦ロボット(以下、ブルQと呼ぶ)の概要、実証実験、今後の課題について紹介するものである。

2. ブルドーザ用遠隔操縦ロボット(ブルQ)の概要

ブルドーザ用遠隔操縦ロボットは、写真-1 や図-1 に示すように 7 つのユニットに分割される。ブルドーザの運転席シートを取り外して、ブルドーザに遠隔操縦ロボットを固定するフレームユニット、ブルドーザの各レバーをつかみコンプレッサーからの空気圧によりレバーを動かすアクチュエーションユニット、ロボQの頭脳であるコントロールユニット等から構成される。4 本の操作レバーを、ブルQの 3 種のアクチュエーションユニットが遠隔操作する。アクチュエーションユニット 1 は、2 つの空圧式直動シリンダーを有し、燃料調整レバー及びブレーキペダルを保持する。アクチュエーションユニット 2 は、空圧式直動シリンダー及び空圧式揺動シリンダーから構成され、ブレード操作レバーを運転、アクチュエーションユニット 3 は、空圧式直動シリンダーから構成され、走行レバーを操作する。空圧の動力源は、エンジンコンプレッサーとし、無線による制御信号を電圧に変換してエアバルブ制御を行い、アクチュエーションユニットがラジコン操作機のジョイスティックの動きに追従するようにブルドーザの操作レバーを動かす。

各ユニットは、収納ケースに収めて車などで簡便に被災地まで運搬可能であり、2～3 時間程度で容易に組み立てできる。総重量は 194kg であるが、分割した各ユニットは数十 kg 程度となるため人力により運搬・移動が可能である。無線方式は、制御用として特定小電力無線、映像用として S S 無線を使用しており、遠隔操作距離は使用する無線の種類や使用環境により異なるが、一般的には 150m 程度である。ブルQオペレータへの視覚情報は、ブルドーザ屋根に搭載した 2 つのカメラから S S



写真-1 ブルドーザに装着されたブルドーザ用遠隔操縦ロボット

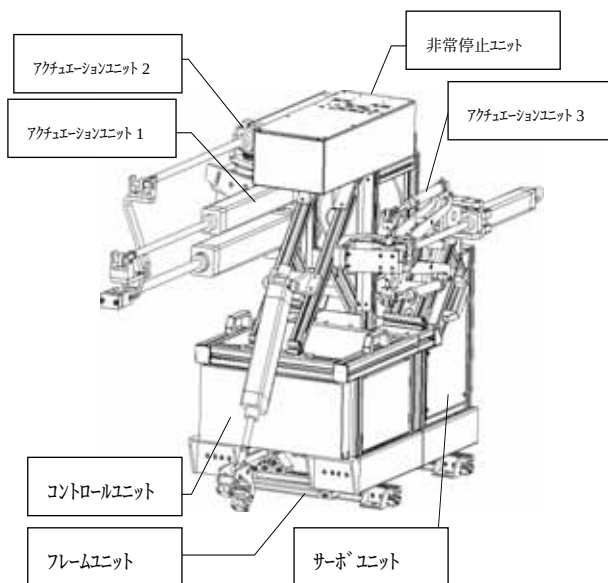


図-1 ブルドーザ用遠隔操縦ロボットの外観

キーワード 無人化施工, ロボット, 遠隔操縦, ブルドーザ

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 TEL 03-3796-2297

無線によりオペレータまで送信し、ヘッドマウントディスプレイに映し出され、ブルドーザ走向時における進行方向の確認に利用される。

3. 実証実験

(1) 作業性確認試験

ブルQを搭載したブルドーザの遠隔操縦による作業性を確認するため、「走行」、「押し土」、「整形」という一連の作業を遠隔操作と搭乗運転で、作業時間の比較を行った。ブルドーザを初期停車位置から走行させ、埋戻し用ピット前停車位置まで走行する。この通過した時点を実験開始時間として押し土作業を開始し、用意したピット（ $W=10m, D=10m, H=0.5m$ 、掘削土砂を高さ 0.5m両脇に山積み）を埋め戻す作業を行う。埋め戻した場所の大まかな整形を完了させ、ピット前停車位置を通過した時点で埋め戻し作業終了時間とする。その後、走行区間において前進から後進へと切替を行い、再び初期停車位置を目指し 40m走行させ一連の試験作業を終了する。

「搭乗運転作業」、「目視による遠隔作業（遠隔操作距離 20m）」「目視による遠隔作業（遠隔操作距離 40m）」、「モニタによる遠隔作業」の4種類の作業を3回ずつ行った。モニタ映像はブルドーザに搭載した前方および後方を撮影するビデオカメラ、オペレータ位置から埋戻し用ピット方向を撮影するビデオカメラによる。

写真-2 に遠隔操縦 40mにおける試験状況、作業性確認試験結果を図-2 に示す。試験結果から、目視による遠隔操縦は、遠隔操縦距離 20mおよび 40mは、試験時間がほとんど変わらないこと、搭乗運転時の試験時間を1とすると、目視による遠隔操縦時の試験時間は1.4に、映像による遠隔操縦時の試験時間は1.7になることが分かる。建機メーカの市販ラジコンブルドーザによる遠隔操縦の効率に関する試験データがないため、一概に評価できないが、市販のラジコンバックホウを用いた目視作業が50%程度増しというデータと比較すると、市販ラジコンブルドーザとほぼ同程度であると思われる。



写真-2 作業性確認試験状況
(遠隔操作距離 40m)

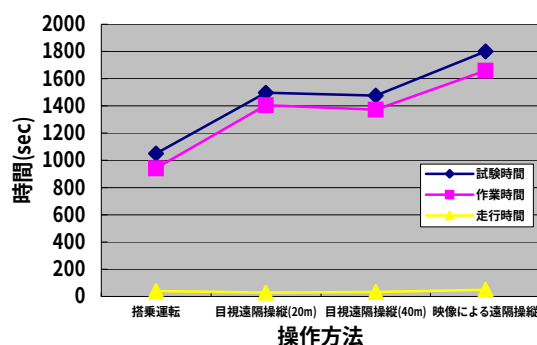


図-2 作業確認試験における操作別試験結果

(2) 耐久性確認試験

耐久性試験エリアは 10m×50mの区域で、ある地点に集土した土砂を、ブルQを搭載したブルドーザにより、50m程度押し土する。押し土作業により集土した土砂がなくなったら、押し土した土砂を元の位置に向けて押し土する。この作業を交互に午前および午後のそれぞれ繰返し行い、ブルQの耐久性を確認する。遠隔操縦する時間は、試験日1日あたり6時間以上として、試験日ごとの試験時間を合計し、ブルドーザの累計稼働時間が36時間となるまで試験を継続する。1日あたり約7.5時間の試験作業を連続6日間、累計38時間の作業を行った。累計38時間の耐久性試験において、ブルQのエンジンコンプレッサーカバーのネジの緩み及びフレームとの固定ボルトの緩み以外、何の問題も発生しなかった。ブルQ本体の本質的な損傷ではなく、ブルQは十分な耐久性を有すると判断される。

4. おわりに

ブルドーザ用の遠隔操縦ロボットを開発し、実証試験を行うことにより、その有用性が確認できた。今後の課題として、ブルドーザ搭載可能な機種種の拡充などに取り組む考えである。

参考文献

- 1) 茶山和博, 藤岡晃: 「災害復旧を無人建設機械で 遠隔操縦ロボット(ロボQ)の活用」, 土木学会誌 2003.1, pp75~77
- 2) 茶山和博, 藤岡晃: 「遠隔操縦ロボット(ロボQ)の開発」, 土木学会第58回年次学術講演会, 第VI部門, pp61~62, 2003.9