

13. 災害復旧工事における遠隔操作型改造技術に関する考察

建設省土木研究所：江原 正隆，新田 恭士，*朝倉 義博

1. はじめに

我が国では、毎年土砂災害により甚大な被害を受けており、被災後は早急な復旧が求められている。しかし、被災直後の復旧には二次災害の発生が懸念され、その対策工法として遠隔操作型建設機械が用いられ、効果を発揮している。筆者らは、平成9年度に遠隔操作型建設機械を活用した被災現場での実態調査を行い、遠隔操作に従事した関係者への聞き取り調査を基に、災害復旧工事の施工上の課題を整理した。この結果、操作性等に課題があるものの、作業員の安全確保ができ早期に作業開始が可能であることから遠隔操作型機械のニーズが高いことが判った。しかし、一方で遠隔操作型建設機械は、国内の台数が少ないこと等から調達に時間を要し、建設機械の搬入に手間取っていることが判った¹⁾。

筆者らは、災害復旧作業における遠隔操作型建設機械の調達時間の迅速化を図るために、災害時に汎用型建設機械を遠隔操作型に改造する技術について検討を行ったので報告する。

2. 遠隔操作型建設機械の現状

通常の工事で使用することが少ない遠隔操作型機械を災害時に短時間で輸送することは、現実的には困難である。建設省の各地方建設局が設定している災害対策ブロックでは、事前に配備してある災害対策用機械の移動時間を概ね3時間と設定しているところが多い。遠隔操作型機器の運搬時間を3時間以内とした場合、過去の災害事例を基に北陸技術事務所が行った試算では、管内に適切に分散配備することを前提とした上で十数台を必要としている。一方、現在国内にある遠隔操作型機械の地域別台数(表-1)は、3時間以内の調達に必要な台数に対しかなり不足することが判る。

普段の工事で使用しない遠隔操作型の機械を災害時の使用のみを目的に保有することは、現実的に難しいことから、汎用の機械を遠隔型に改造することにより調達する方法が考えられる。土砂災害等の復旧作業で使用される機種・規格は、平成9年の現場調査¹⁾から輸送性と施工性を考慮したバックホウ(バケット容量0.8~1.4m³級)、ブルドーザ(機械質量20t級)、クローラダンプ(最大積載量11t級)が主力になると考えられる。また、これらの機種・規格は全て汎用機種であることから国内に多数保有されており²⁾、改造を可能にすることで調達時間の短縮が図れる。

表-1 国内の遠隔操作型建設機械の数量³⁾

名 称	規 格	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	合計
バックホウ	容量 0.7~1.5m ³	9	3	6	5	4	0	1	0	9	37
ブルドーザ	5~20t	0	1	2	0	0	0	0	0	4	7
クローラダンプ	10~12t	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2

3. 建設機械の制御方式

現在の土工機械の制御方式を大別すると、メインバルブの制御方式により、①パイロット油圧制御方式、②電子制御方式、③バルブ直動方式がある(図-1)。①は、現在稼働している土工機械の90%以上を占め、バックホウでは中型クラス(0.6m³~1.4m³)が多い。②は、0.5m³以下の小型バックホウにのみ採用されている。③は、一部のブルドーザ等に採用されている方式である。

遠隔操作型への改造を想定した場合、上記の3方式の油圧弁を直接無線制御し開閉する方法がある。

②は、通常のレバー操作による電気信号と同様の信号を出力する受信機を機体制御装置に取り付けられたいため、最も改造が容易ではあるが、前述のとおり小型掘削機がほとんどであるため今回の検討から外した。また、③は遠隔操作用のメインバルブの取付が遠隔操作用に必要となり、油圧系統が2系統になるため、改造が複雑であることから今回の検討から外した。一方、①はほとんどの土工機械で採用されており、土砂災害の復旧作業で使用される1.4~

4.0m³クラスの機種・規格も多いことから、災害時の迅速な調達を想定すると最も現実的であるためこの方式について検討する。

4. 遠隔操作型への改造方法の検討

汎用型建設機械を遠隔型に改造する際に取り付ける装置は、操作制御に関わる部分としては、コントローラから送られる無線信号のエラーをチェックし電気信号に変換する受信機、電気信号を各機器の制御信号に変換する遠隔操作制御装置、制御信号により各機器のメインバルブを操作する油圧を制御する電磁比例パイロットバルブ、通常レバー操作時と油圧の流れを切り替える切替バルブがある。

また、その他部分では、機械を操作するために必要な視覚情報を得るためのカメラや、機械の状態を操縦者や周囲に伝えるための回転警告灯や警告ホーン等の安全装置等がある。このうち、最も主要である操作制御に関わる部分の改造方法について検討する。

油圧パイロット方式の最も単純な改造方法は、パイロットバルブとメインバルブの間に切替バルブを挿入する方法である(図-2)。

この場合、パイロットバルブからメインバルブ

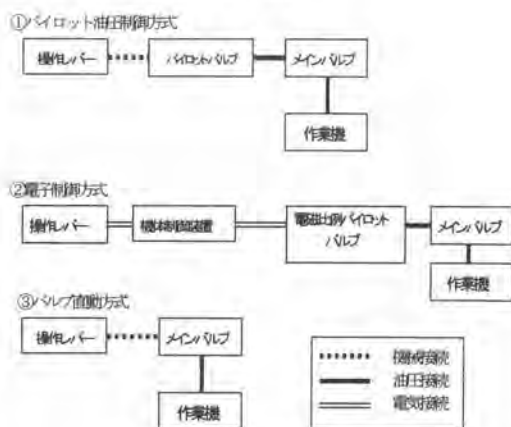


図-1 建設機械の制御方式



図-2 油圧パイロット方式の改造概念図

への配管、電磁比例パイロットバルブから切替バルブへの配管等の改造が必要である。しかし、油圧配管の改造には、専門の技術者と数十時間を要し、迅速性が求められる災害時には現実的ではない。そこで、配管の改造を伴う切替バルブ等の取付を事前改造とし、災害時の改造を受信機の取付けに限定する。この方法による実証実験において、約30分まで改造時間が短縮された実績がある⁴⁾。

事前改造時の取付部品の一例を写真-1～3に示す。



写真-1 切替バルブ



写真-2 電磁比例パイロットバルブ



写真-3 遠隔操作制御装置

5. 制御プロトコル標準化による改造時間短縮

現場改造の概要を図-3に示す。事前改造として切替バルブのみを装着する場合、電磁比例パイロットバルブ以降を発注者側で用意し現場改造することになるが、機械によって油圧システムの応答特性が異なり、コントローラの操作に対する応答が異なるため、操作性に問題が発生する可能性がある。また、電磁比例パイロットバルブから切替バルブへの配管が必要となり、現場での改造に時間を要する。

次に、切替バルブから遠隔操作制御装置までの取付を事前改造とした場合、機械毎に異なる油圧システムの応答特性は、メーカーの責任において最適設計され、各々機械に適合したセッティングが可能となり、コントローラの操作に対する応答をそろえることが可能となる。また、現場での改造は、受信機の取付及び受信機・遠隔操作制御装置間の配線のみであるため改造時間の短縮が図れる。

さらに、表-2に示す受信機・遠隔制御装置間の制御プロトコルや受信機の取付方法等を標準化することができれば、コントローラと機械本体に装着する受信機を一組として発注者側が用意しておくことにより、調達した事前改造済みの機械の機種規格に関係なく使用できる。

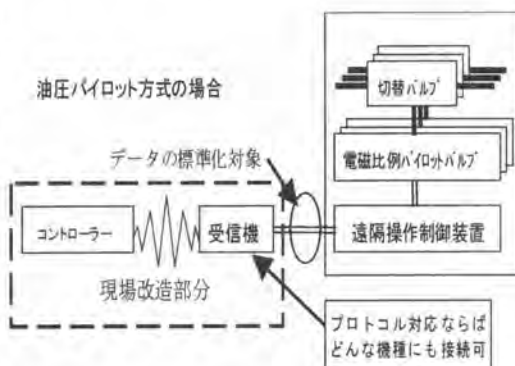


図-3 プロトコル標準化による合理化

表-2 制御プロトコルの標準化例

制御データ	遠隔操作の開始 (ON-OFF) エンジン始動・停止 非常停止 走行/作業モード ブレーキ 制動/解除 左走行 前進/後進 右走行 前進/後進 旋回 右/左 アーム 押し/引き ブーム 上げ/下げ バケット 掘削/ダンプ
受信機	受信機の取付方法 受信機と機械制御装置との配線方法 受信機への電力供給方法

6. 今後の検討

今回、事前改造として電磁比例パイロットバルブと遠隔操作制御装置の取付 (図-4の②) を提案したが、通常使用時のメンテナンスや、事前改造コスト、遠隔操作時の信頼性等の課題が残る。これらの課題は、事前改造を切替バルブの取付のみとすることで解決できるが、前

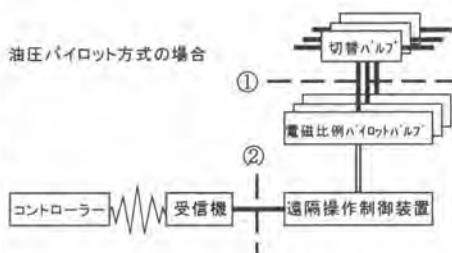


図-4 事前改造範囲

述の通り操作性や改造時間に欠点がある。しかし、改造対象を国内保有台数の多い機種規格に限定すれば、電磁比例パイロットバルブの現場取付（図-4の①）を含めた改造手順であっても時間短縮が可能である。今後は、この方法についても検討を行い最適な改造方法を提案する予定である。

7. まとめ

遠隔操作型建設機械の活用事例の調査結果から、現状の災害復旧工事では遠隔操作型機械のニーズが高いものの、調達に時間を要し機械の搬入に手間取っていることが判った。このため、遠隔操作型建設機械の調達の迅速化を目的として、汎用型建設機械を遠隔操作型に改造する技術として、油圧パイロット方式の建設機械について切替バルブ等の取付けを事前改造とし、災害時の改造を受信機の取付けに限定する方式について検討した。その結果、受信機・遠隔操作制御装置間の制御プロトコルの標準化による共通化を進めることが必要となった。

今後は、災害復旧時におけるより迅速な遠隔操作型建設機械の調達のために、災害時に必要な台数に対応できる最適な事前及び現場改造範囲の再検討、遠隔操作型建設機械の採用判断基準、建設機械搬入方法、現場改造手順、施工方法について検討し施工マニュアルを作成する予定である。

また、遠隔操作型建設機械の施工を行う上で大きな課題である作業効率の向上として、映像装置やGPS技術を用いた遠隔操作支援技術の開発、施工管理手法の検討、高分解能衛星データの利用等の幅広い検討が今後の課題である。

最後に調査にご協力いただいた現場担当者やメーカー技術者の方々に深く感謝申し上げます。

[出典]

- 1) 災害復旧工事における建設機械の遠隔操作技術の活用に関する調査：土研資料第3566号
- 2) 建設機械動向調査報告：通商産業省・建設省
- 3) 日本建設機械化協会ホームページ：(社)日本建設機械化協会
- 4) 建設機械の遠隔操縦技術検討業務概要報告書：北陸地建北陸技術事務所