

ICT 技術を活用したミニバックホウの排土板制御

世紀東急工業（株） 技術本部 ICT 推進グループ ○草川 憲嗣
世紀東急工業（株） 機材・購買部 機材センター 蓮井 恵二
世紀東急工業（株） 機材・購買部 機材センター 稲生 晃博

1. はじめに

舗装工事において情報化施工技術（以下 ICT）を活用した施工が頻繁に行われるようになってきた。当社でもブルドーザをはじめ、モータグレーダ、アスファルトフィニッシャ、切削機、スリップフォームペーパーなど多くの舗装用施工機械でのICT施工を行っており、その有用性について確認している。しかし、その活用事例の多くは大規模工事でのものであり、小規模工事での実績が非常に少なかった。この理由としては、ICT施工に対応した施工機械の数が少ないため、機械の手配が困難であったり、導入コストが高かったりすることが挙げられている。そこで今回、多くの現場で導入されている小型のバックホウを改良することで排土板の自動制御を可能とし、小規模工事におけるICT施工の活用促進を行った。本論文は、ミニバックホウへのICTの導入および検討結果について報告するものである。

2. 導入に関する調査

小規模工事において路盤を施工する場合、車両重量が 4 t 程度の小型のブルドーザを用いて施工が行われることが多いが、施工エリアが狭く機械の取りまわしが困難な場合にはミニバックホウの排土板を用いた路盤の施工が行われ、必ずしもブルドーザやグレーダなどの専用の敷きならし機械を必要としない場合がある。そこでここでは、ミニバックホウの排土板を自動制御することによる、小規模工事における ICT 技術の活用の検討を行うこととした。検討にあたり、小規模工事における現状のミニバックホウの使用状況や ICT 技術の導入の必要性などについて、現場の技術員にアンケート調査を行い、検討を進める上での基準とした。写真-1 にミニバックホウによる路盤施工状況を示す。

2.1 ミニバックホウによる路盤施工について

図-1は、小規模工事の路盤の施工において、ミニバックホウの排土板を活用しているかどうかを調べた結果であるが、有効回答数46件のうち98%の回答がミニバックホウの排土板を使用することがあるとのことであった。また、主にどのような場合に用いるのかについては、「300㎡程度の施工面積が小さい場合」「人孔等の障害物が多い場合」「それほど精度を要求されない場合」などの回答が多くあり、他に「誰でも操作できるから」という回答も見られた。

2.2 ICT 施工の必要性

図-2は、ミニバックホウの排土板を ICT により自動制御できるようにする必要があるかという問いに対する回答であるが、「必要性を感じている」ある



写真-1 ミニバックホウによる路盤の敷きならし状況

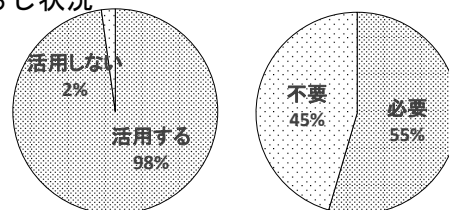


図-1 排土板の活用 図-2 ICT 化

いは、「あれば良い」が 55%、「不要」が 45%と意見が分かれる結果であった。なお、不要の意見としては「効率が上がらなそう」「費用面で割に合わなそう」「準備に時間がかかりそう」などが見られた。

2.3 使用しているミニバックホウの大きさ

現場で多く使用されているバックホウの機種を割り出したところ、バケットの容量は0.1~0.15^m程度の小旋回型の機種が多く用いられていることが分かった。なお、全ての機種が排土板は上下動のみで、チルト機構が付いていないものが使用されていた。

3. ミニバックホウの選定および改良

アンケートの結果、小規模工事の路盤施工ではミニバックホウの排土板により施工する事例が多いことが分かった。また、排土板の ICT 化については賛同の意見が若干多い結果であったが、機械コストの増加や手間の増加を懸念する意見も見られたため、開発を進める上で留意すべき点である。ここでは、アンケート結果を元に、バックホウの機種選定および改良を行うこととした。

3.1 改良に関する課題

ミニバックホウの排土板を ICT に対応させるにあたり、既存技術として確立している ICT 対応のブルドーザの機構を応用することとした(写真-2)。このブルドーザシステムは、排土板に取付けたプリズムの位置をトータルステーション(以下 TS)により測定し、排土板の刃先の高さを割り出すもので、設計データとの差分の量を電気変換して排土板の高さを自動制御するものである。しかし、ミニバックホウは主にバケットを用いた掘削作業を行う施工機械であることから、排土板へ取り付けたプリズムを掘削作業時に破損させる可能性があることや、下部走行体と上部旋回体が分離された自由旋回できる構造ため、傾斜計センサの配線が旋回の妨げになるなどの課題が挙げられた。

3.2 機種の選定

ミニバックホウのベースとなる機種は、アンケート調査の結果から小旋回型でバケット容量が 0.1~0.15 ^m程度ものを選定した(写真-4)。

3.3 ミニバックホウの改良

ミニバックホウを ICT に対応させるため、標準の仕様から次の改良を施した。

① チルト機構の取付け

路盤をきれいに整正するには、排土板の高さの制御のほかに傾きも制御する必要がある。しかし、標準のミニバックホウの排土板は、傾きを変える機構が付いていないため、そのままでは ICT 施工を行うことが難しい。このことから、本ミニバックホウには排土板の傾きが変わるチルト機構を取付け、ICT 施工に対応できるようにした。



写真-2 参考にしたブルドーザシステム



写真-3 制御用コンピュータ

② 傾斜計の取付け

排土板の傾きを制御するため、排土板の傾きを常時測定できる傾斜計を排土板の中央位置に取り付けた（写真-5）。

③ 電気式バルブの取付け

ICT のコントローラからの電気信号により制御を行うため、排土板の制御用バルブを手動式から電気式に変更した。なお、細かな制御に対応できるよう、電気信号の大きさにより油の流量が制御できる電磁比例式の制御バルブを取付けた。

④ プリズムの取付け

排土板に TS のターゲットとなる全周プリズムを取り付けた（写真-6）。なお、プリズムを高い位置に設置すると掘削作業の妨げとなるため、掘削作業の邪魔になり難い低い位置に設置した。なお、様々な方向からプリズムを視準できるように、排土板の中央および、左右端部に付け替え可能とした。

⑤ 制御装置（コントローラ）の取付け

排土板を制御するための制御装置には、既存の ICT 機器を活用することとし、制御装置の配線およびモニタの取り付けを行った。なお、制御用のプログラムは、ブルドーザ用のものを使用した。

4. 動作確認

ミニバックホウへシステムを組み込み後、動作確認を行った。

4.1 電気式バルブの動作確認

新たに取り付けた電磁比例制御バルブが正常に動作するのかを確認した（写真-7）。この結果、微小な動作や機敏な動作に追従できることや安定性に問題ないことを確認した。

4.2 施工性の確認

路盤材料の敷き均しを行い、施工性の確認を行った（写真-8）。施工の状況を観察したところ、排土板が設計データ通りの高さや勾配の変化に追従していることが確認できた。しかし重心が高いためか、本体が大きく揺れることから、施工の精度に悪影響を与えることが懸念されたが、路盤の高さを確認したところ、設計に対し $\pm 5\text{mm}$ 程度の偏差に収まっており、十分な施工精度がある事を確認した。



写真-4 ベースとしたミニバックホウ



写真-5 排土板のチルト機構および傾斜計



写真-6 プリズムの取り付け

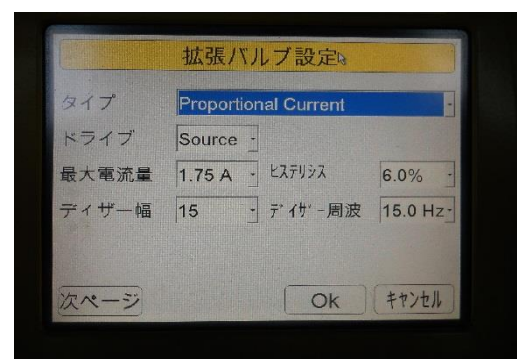


写真-7 バルブの調整

4.3 掘削作業への影響

バケットによる掘削との併用作業について確認したところ、プリズム高さを排土板上面ぎりぎりにする事でプリズムが妨げにならなくなるが、傾斜計と制御装置をケーブルにより有線接続していることから、上部旋回体に回転制限が生じ、作業がしにくくなる状況が見られた。



写真-8 試験施工状況

5. 現場作業による作業性確認

実際の現場において作業状況を確認した。

5.1 施工状況

TSにより排土板が正確に制御され、施工不良となることもなく、良好な仕上がりであった（写真-9）。また、丁張りの数は通常の施工と比べて半分以下に減らす事ができ、作業の効率化となった。

5.2 バケットによる作業

材料の敷きならしと併用してバケットによる材料の撒きだしが可能であったことから作業を効率よく行うことができた。



写真-9 現場での作業状況

6. 課題

実際の作業においては、排土板による敷きならし作業とバケットによる撒きだし作業との併用が頻繁に行われた。この時、バケット作業に集中すると、傾斜計のケーブルによる旋回制限のことを忘れがちになり、ケーブルを無理に引っ張ってしまうような状況がたびたび見られた。このことから、機械破損の抑止や作業の効率化を目的とした機械の改良が必要と思われた。

7. まとめ

今回、ミニバックホウに既存の ICT 技術を応用することにより、開発コストを大幅に抑えた形で排土板を自動制御する機械が開発できた。このミニバックホウを実際に使用した技術員の感想を聞いてみると、仕上がりは 4t クラスの ICT ブルドーザと同程度であるが、掘削作業との併用作業ができるので利用価値は高く、今後も使用する機会があれば使ってみたいとのことであった。

このことから、今回の開発により一定の成果が得られたと考えているが、まだ課題はいくつか見られるため、今後も現場からの意見を取り入れ、より使い易い形に改良をしていく予定である。

8. おわりに

今回の開発では、下部走行体と上部旋回体の間をケーブルで接続していたため、旋回角度に制限を設けて現場で使用した。現場ではこの制限により使い勝手が悪い状況も見られたことから、将来的にはこの制限を無くす必要があり、現在、ケーブル配線の見直しや無線技術の活用による方法を検討している。弊社では今後、このミニバックホウを民間の小規模な工事でも活用していき、施工品質の向上、施工の効率化、省力化による人件費削減などを目指していく予定である。