

小型多機能施工機械の自動制御化による 路盤工事の合理化検討

梶 原 覚・浦 田 公 雄

小規模工事での道路舗装路盤工にて主に使用される小型の敷きならし施工機械が、国内メーカー間において生産を中止したことにより、対応が困難になることが予測される。また、少子高齢化に伴う建設業の技能者不足により、技量を必要としない施工機械が要求されている。

今般これに対応すべく、従来機械よりも操作が容易であり、簡単に交換できるアタッチメント（作業装置）により様々な工種に対応できるなどの特徴を持つ、コンパクトトラックローダに着目し導入した。本稿ではその概要と課題、本体改造による作業装置の自動制御対応結果について報告する。

キーワード：小規模工事、コンパクトトラックローダ、自動制御、アタッチメント、マシンコントロール

1. はじめに

近年、新設の道路舗装工事現場においては、道路舗装機械のマシンコントロール技術が一般的なものになってきている。これは、測量機器およびセンサ類、油圧制御機器、情報処理機器などの技術進歩により可能となったものである。また、建設業界は全産業の平均と比べても高齢者の割合が高く、さらに入職率も低下していることから、今後の就業者数減少は不可避であると明言されており¹⁾、特に重機オペレータのような技能労働者の育成は難しいことから、それらに頼らざるを得ない環境になっていることも認識しなければならない。

さらに、国内建設機械メーカー間では、3.1 m 級モータグレーダや4 t 級ブルドーザなどの小型敷きならし機械が排ガス規制強化などの影響を受け、相次いで生産を中止している。今般これらの問題に対応すべく、従来の機械よりも操作が容易であり、欧米で普及が拡大しているコンパクトトラックローダに着目し、導入した。ここでは、導入後の課題と対策、および導入結果について報告する。

2. コンパクトトラックローダの概要

コンパクトトラックローダ（以下、CTL）とは、車体下部に配置された左右の履体（クローラ）の回転差および回転方向を変化させることにより走行し、車体後方から伸びたアームによる積込み機構を備えた小

型の建設機械である。作業装置はアタッチメント化しており、多種・多様な作業に対応することが出来る。

日本国内においてはこのCTLの前身である、走行部がホイール式のスキッドステアローダが主に畜産、農業の分野で多く使用されているが、CTL自体の建設業への普及は殆どない。今回導入したCTLの外観写真を写真—1に、主要諸元を表—1に示す。

(1) 既存機械との比較

既存機械である4 t 級ブルドーザ（以下、ブルドーザ）との比較写真を写真—2に示す。機体の大きさはほぼ同等であるが、約2倍の出力があるエンジンを搭載している。操作は基本的に座席左右に配備された2本のジョイスティックの傾倒動作で行い、左側が走行操



写真—1 CTL 外観

表—1 CTL 主要諸元

走行制御方式	HST
機械質量	4,520 kg
定格出力	61.9 kW
総排気量	3,319 cc
全長	3,740 mm
全幅（本体）	1,770 mm
全高	2,270 mm
ブレード幅	2,450 mm
ブレード高	584 mm



写真—2 4t級ブルドーザとの機体比較

作，右側が作業装置操作となっている。

クローラの駆動方式には HST を採用しており，エンジン回転数に関係なく走行速度を可変させることができるため，作業装置の動作に必要な作動油量を確保しつつ，低速度で施工を行う自動制御施工に適している。

(2) 作業時における操作

積み込み機械の機構を有するため，アーム上／下，バケットの抱え込み／開放動作が基本となる。例えば，敷きならしアタッチメントを取り付けて作業を実施する場合，その上下動作は，バケットの抱え込み／開放動作にて行う。チルトおよびアングル動作は，アタッチメント自体にその機構が設けてあるため，ジョイスティックに設置してあるボタンやトリガーを操作して，アタッチメントに装備されている電磁バルブを作動させることにより行う。ブルドーザと比較して，作業装置上下動作の回転中心が車体の前方にあり，且つその回転半径も短いため，過敏に反応する傾向があり，操作方法を含め，ブルドーザに慣熟しているものにとっては，扱いに若干時間を要すると思われる。

(3) アタッチメント交換

CTL はアタッチメントを交換することにより，多種多様な作業に対応することができる。取り付け部近傍のアーム部分に，油圧出力ソケットや電源コネクタを備えており（写真—3），それらを接続することにより油圧を動力源とするアタッチメントを動かすことができる。交換作業は CTL 本体に備わっている油圧ロック機構により，簡単・迅速に行うことができ，油圧や電源を必要としないアタッチメントであれば，オペレータは運転席を離れることなく交換作業が出来る。



写真—3 アタッチメント接続コネクタ

(4) 動作の特徴と周辺視認性

CTL はその走行体の機構から小回りが非常に効き，履体もゴムであることから動きが俊敏である。またその独特な構造上，アームやアームの支点部分により視界が遮られるため，比較的后方周辺の視認性が悪い。

3. アタッチメント（敷きならし作業用）の課題

この CTL に敷きならし作業用アタッチメントを取り付けて作業し，ブルドーザのような敷きならし高さ精度を得るには，前述した構造，操作性，動作の特徴から手動操作では困難であることが確認された。

自動制御について検討したところ，CTL 本体には自動制御機構が備わっていないため，自動制御機構を備えた敷きならし作業用アタッチメント（写真—4）にて対応している実状にあった。これらについて調査したところ，一部 CTL メーカーでそのメーカーの専用品を扱っていることが確認されたが，それ以外については基本的に国内販売代理店が無く，入手した情報によると価格が非常に高価であり，スペックの詳細や精度



写真—4 自動制御機構を備えたアタッチメント例
(ATI 社 LevelBest LASER GRADING BOX)

は不明であるため、導入するには非常に困難な状況であった。

4. 課題への対応

(1) CTL 本体油圧回路改造

前述の課題に対応するため、CTL 本体に改造を施し、汎用敷きならし作業用アタッチメントでの自動制御施工に対応することとした。

バケットやアームを動かす油圧シリンダ駆動部に電磁油圧バルブを組み入れ、アタッチメントには高さ、アタッチメントの取り付け部分には姿勢（勾配）を確認するためのセンサ類を設置し、CTL 車内にはそれらを制御するための制御装置を搭載した（写真—5）。



写真—5 制御装置とレーザ受光器

(2) 安全補機類の設置

上記の改造と同時に、操作環境で課題となっている後方周辺の視認性改善対策として、安全補機類を設置した（写真—6）。バックミラーをアーム左右に設置



写真—6 安全補機類（バックミラーとバックモニター）

して車体側方の後方視界を確保し、車体後部にカメラと車内にモニタを設置して車体後方が確認できるようにした。モニタには補助線（クローラ位置）を設けて、回送車両への積み込み作業が安全に行えるようにした。

5. センサの種類と自動制御動作

今回使用した制御装置には、同種あるいは異種の2つのセンサを同時に設置することができ、その作業状況に応じた作業装置の自動制御を可能とする。今回使用したセンサと、その制御内容を以下に示す。

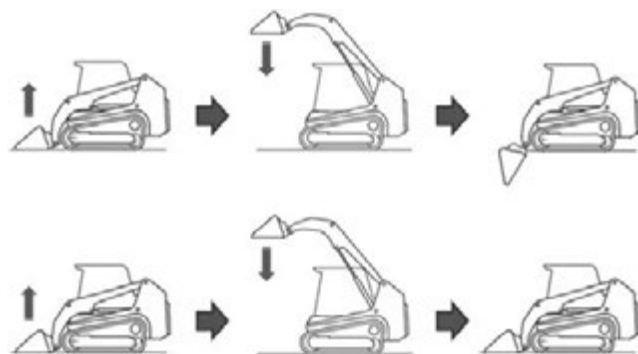
(1) レーザ受光器

敷きならしアタッチメントの中央部にレーザ受光器を設置するためのポールと、レーザ受光器を取り付けた。今回は上下動作のみの制御ということによりこのようにしたが、レーザ受光器を2個取り付けることにより、敷きならしアタッチメントの高さとチルトを同時に制御することも出来る。回転レーザから発光されるレーザ光を高さの基準とし、それに沿うように油圧シリンダを作動させ、敷きならし高さの制御を行う。

(2) ピッチセンサ（縦断方向勾配検出）

前述のようにこのCTLは積み込み機械の機構を有する。しかしながらショベルローダの様にアームの上昇・下降動作時両方ともに、路面に対するアタッチメントの角度を保持する機能は備わっておらず、アームを上昇させるときのみこの機能を有する（図—1）。そのためフォークリフトのように高いところから荷物を下ろす作業をする場合、荷物が前方へ落下しないように手動にて角度補正を行う必要がある。

アタッチメントの取り付け部にピッチセンサを取り付けて角度を認識させ、バケットシリンダを自動制御させることにより、ショベルローダ同様の動きが出来るようになった。



図—1 CTL アーム昇降動作におけるアタッチメントの角度
(上図：制御なし、下図：制御あり)

6. 実施工現場（路盤工）への導入

関西の民間グラウンド工事現場の上層路盤工において、回転レーザを使用した当該機の自動制御施工を実施した（写真—7）。アタッチメントを容易に交換して作業が出来ることから、敷きならし作業だけでなく、補足材料の追加作業（写真—8）、埋め戻し材のふるい分け作業なども一台ですることができ、その機能性、有効性が確認された。



写真—7 施工状況（2DMC）



写真—8 同一現場での材料配置作業状況

（1）施工結果

施工の結果、計画値と実測値の差は標準偏差で4.7 mmを取得した（表—2）。この結果は、モータグレーダの3D-MC仕様による自動制御施工結果とほぼ同等であり、非常に良好であると言える。施工速度は7t級ブルドーザの3D-MC仕様とほぼ同等であり、問題ないレベルと言える。

また今回はブルドーザ同様の施工方法（転圧と敷きならしの分離施工）にて実施したが、クローラがブロックパターンを持ったゴム素材であるため走行時に施工

表—2 出来形結果

施工面積	約 1,000 m ²
路盤材料	M-25
最小値 (min)	-13 mm
最大値 (max)	+8 mm
平均値 (ave)	+2.2 mm
標準偏差 (σ)	4.7 mm
データ個数 (n)	46 個



写真—9 敷きならし面におけるCTLのクローラ跡

面を痛めることが少なく（写真—9）、また後退速度も速いことから、モータグレーダ同様の施工方法（転圧と敷きならしの同時施工）を適用し施工数量を伸ばすことも可能と思われる。

（2）CTLの有効性

（a）コスト

今回の改造にかかったコストは、自動制御機構を備えた敷きならし作業用アタッチメントを購入するより安く実施できた。

従来機械との施工コスト比較は、従来機械はレンタル等で安価に用意できるため、現時点では機械損料そのものは高額となる。しかし、今回の現場ではCTLを導入したことによって、本来必要だったショベルローダを削減することができた。また機械が削減できたことから、人員（機械オペレータ）、その他機械経費も削減することができた。その他にも多くのアタッチメントがあり、導入することにより更に機械を削減できる可能性がある。このことから、複数の用途で活用することができれば、機械、人、運搬費それぞれ大幅なコストダウンが可能と想定される。

ただし、並行して行う作業が多い現場であれば、時間的にロスとなる可能性がある。

(b) 安全性の向上

複数の機械を現場で稼働させるのに比較して、機械が錯綜する環境がなくなることから、安全面でも貢献できると考える。

7. 搭乗アンケートの実施

重機作業経験の異なる 8 人にこの CTL に試乗してもらい、その感想・評価を収集した。結論として、「操作が簡単であり且つ快適に作業ができ、自動制御により高い敷きならし精度が出せる」という意見が 100% 得られた。簡単な操作はもとより、エアコン装備の運転席や、ゴムクローラにより走行時の振動が少ないことなどが、快適性を感じさせているものと思われる。その反面この機械の特徴である、「後方の死角が多い」という意見も多くあがった。今後の CTL の普及を見据え、安全補機類の更なる充実化などにより、改善すべき項目である。

8. おわりに

今回の検証試験を通して、この CTL が舗装工事現場における敷きならし作業機械として、十分有効であることが確認された。また、建設業就業者の減少が謳われている時代において、1 台で複数の作業ができるという点も魅力である。また、本施工には間に合わなかったが、その後の改良によりチルト動作の自動制御に対応できるようにした（写真—10）。上下およびチルト動作が自動制御できるようになったことから、今後 3D-MC への対応も検討する予定である。現在当該機の後継機を導入準備中であり、研究・開発の対象も



写真—10 チルト動作への対応（デュアルマスト設置状況）

そちらへ移行する予定である。今後は積極的に小型工事に導入をはかり、その有効性について検証を実施し、施工の合理化を追求していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) (一財) 建設経済研究所
- 2) ATI 社 HP : <http://www.level-best.com>

〔筆者紹介〕

梶原 覚（かじわら さとる）
 (株) NIPPO
 総合技術部 生産機械第一グループ
 係長



浦田 公雄（うらた きみお）
 西尾レントオール(株)
 アドバイザー

