

舗装現場の人力作業を軽減する 自走式ロボット



(株) NIPPO 総合技術部
生産機械室長 相田 尚

2016年から始まったi-Constructionの流れに乗り、建設機械の3Dマシンコントロール(以下、3D-MC)あるいはマシンガイダンスは、ある程度一般化されている。しかし、舗装工事という時間的、空間的に制約のある作業の中でより効率的に生産性を向上するためには、施工そのものより帳票の自動化、簡略化や施工の準備工、片付け工での人力作業をいかに省力化するかが重要と考えた。こうした背景の中、準備工の路面マーキング作業に着目し、自走式ロボットを2020年に導入し、現場活用を展開している。本稿では、自走式ロボットの活用例と、人力作業軽減の効果について報告する。

1. はじめに

舗装業界では、施工の効率化、省熟練化を目的に、トータルステーション等を用いたアスファルトフィニッシャーやモータグレーダの敷きならし高さ制御、GNSSを用いたローラの転圧回数管理などが広く普及している。しかし、3D-MC、自動化といった一見華やかに映る技術の陰で、実際には人力による作業に多くの時間と労力、コストが費やされており、工事規模によっては必ずしも生産性が向上するとは言えない。

現状の舗装現場では、従来から変わらず人力で行われる作業が依然として多く、その作業のほとんどは人手を要し、時には身体的苦渋や危険を伴う作業も少なくない。自走式ロボットは、そうした作業の内、舗装のレーン割りおよび通り出しマーキング作業の省力化を目的に2020年に現場導入した。その概要と導入効果について報告する。

2. 路面マーキング作業

路面へのマーキング作業は、主に以下の2つの目的で実施される。

- ① 施工機械の幅員や材料運搬車両の動線を考慮し、舗装型枠を設置するための基準線の明示
- ② 切削オーバーレイ工の路面切削端部の明示(写真-1)

いずれも、立ったりしゃがんだりする作業で、体力的にきつい作業である。



写真-1 切削端部のマーキング状況

3. 自走式ロボット

当該ロボット(写真-2)は、仮想基準点方式のGNSSにて自己位置を取得し、あらかじめ現場座標に合わせた線形(dxf)データを読み込み、その線形どおりに自動走行しながらスプレーマーキングを行う機能を有している。表-1に主要諸元を示す。



写真-2 自走式ロボット

表-1 自走式ロボットの主要諸元

項目	単位	諸元	
重量	kg	22 (バッテリー:4kg)	
寸法	縦	mm	804
	横	mm	688 (オフセットなし時)
	高さ	mm	491
連続稼働時間	h	8	
充電時間	h	5 (0%~満充電まで)	
マーキング精度	cm	±2	
バッテリー	-	リチウムイオン式	
マーキング	-	市販スプレー缶使用	

重量は22kgであり、連絡車に積み込んで現場移動が可能である(写真-3)。マーキング精度は±2cmとなっているが、おおむね1cm以内に収まっていることが多い。



写真-3 連絡車への積み込み状況

設定は、専用ソフトがインストールされたタブレット端末で行い、ロボット本体とはBluetoothで接続されている。

マーキング用のスプレーは、逆さ噴射ができるタイプであれば市販品が使用できる。

4. マーキングまでの準備

(1) 座標データ取得

初めにマーキングの基準となる点をGNSSローバーを使用し測量する(写真-4)。



写真-4 GNSSローバーによる測量

マーキングする線形が直線であれば、起点と終点のみの測量で良いが、曲線の場合、複数の直線をつなげて曲線に近づけるため測点が増える。座標取得に掛かる時間は、約1測点1分程度である。

(2) 線形データの作成

取得した座標を基に、線形データを作成する。作成した線形データをUSBメモリに保存し、専用タブレットにコピーする。ここまでの作業でおおよそ10~20分程度である。

(3) 線形データの準備

タブレット端末内の専用ソフトで線形データを読み込ませたら、基準となる線形が地図上に

表示される。

舗装のレーン割りをする場合、オフセット機能を使用し、施工幅員分の数値を入力することで、タブレット上に黄色く追加される(写真-5)。後は走行する方向や速度、線の間隔等を設定すれば、自動的に開始位置に移動し、マーキングが始まる。

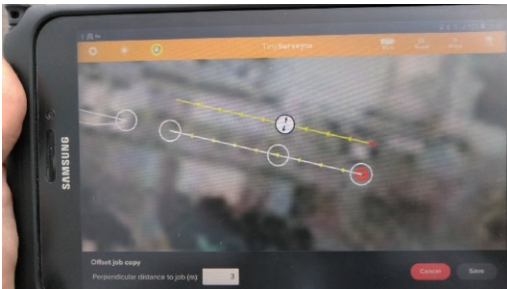


写真-5 入力された線形データ

通常、0.8～1 m/secの速度で走行する設定を推奨しているため、100 mのマーキングに掛かる時間は約1分40秒～2分である。

5. 現場使用における効果検証結果

いくつかの現場において、定量的な導入効果について検証を実施した。ここでは、その内の数現場の状況を報告する。

(1) A工事(民間研究ヤード舗装：直線)

延長が900 m、幅12 mの舗装を3レーンに分けて行うため、型枠設置のための直線2本を路面にマーキングする作業に使用した。ここでは、300 mのマーキングを比較試験として実施した。

【人力作業】

幅出し作業 : 2名×10分/300m
 通り出し作業 : 3名×30分/300m
 (900m×2本換算) : 人員5名×作業4時間

【ロボット】(すべて1名で実施)

基準測量(4点) : 20分(900m分)
 線形データ作成 : 10分(900m分)
 マーキング作業 : 5分(300m)
 (900m×2本換算) : 人員1名×作業1時間

したがって、人員削減率は80%、作業時間削減率は75%となった。

(2) F工事(公営野球場舗装：直線+曲線)

当工事では、曲線での舗装が必要であり、事前測量による位置決め時間に時間を要することが想定された(写真-6)。



写真-6 曲線部のマーキング状況

延長約200 mの直線と曲線11本を路面にマーキングするため、人力の場合はトランシットで多数点の位置出しを直接路面にマークする作業、ロボットではCAD上でレーン割りを作成し、その線形データを現地の座標に合わせる作業が必要となる。

【人力作業】

位置出し作業 : 2名×40分
 通り出し作業 : 3名×24分/1本(200m)
 (200m×11本換算) : 人員5名×作業5時間

【ロボット】

基準測量(4点) : 5分
 CADデータ作成 : 75分
 マーキング作業 : 3.5分/1本(200m)
 (200m×11本換算) : 人員1名×作業2時間
 したがって、人員削減率は80%、作業時間削減率は60%となった。

曲線がある分、線形データ作成に時間を要することで直線だけの現場に比べると時間削減率は減少する。また、CADによる線形データ作成の習熟度に応じて効果には差が生じる。

(3) J工事(高速道路切削位置出し)

高速道路における切削オーバーレイ工で、切削前に切削機端部の位置を明示する作業に使用した。検証区間は延長400mの緩やかな曲線で、白色破線のインターバル間のみを行った。

【人力作業】

位置出し作業：なし(白線角を基準)

通り出し作業：4名×24分

【ロボット】

基準測量(20点)：20分

線形データ作成：12分

マーキング作業：10分 計1名×42分

したがって、人員削減率は75%となったが、作業時間は逆に68%増える結果となった。修繕工事では図面や座標を使用しない工事がほとんどであり、事前に行う自動走行ロボットの線形データ作成に必要な測量作業や線形データ作成作業の手間が増えたためである。しかし、このような規制内での作業においては、スプレー位置をオフセットすることで供用車線際での作業が減り、安全性が高まることが確認できた(写真-7)。

(4) 生産性向上のまとめ

上記3工事以外にも同様の検証を行い、結果を表-2にまとめた。前述したJ工事の結果を除くと、平均人員削減率は78.7%、平均作業時間削減率は67.8%であることから、生産性向上が大きく図れていることが分かる。



写真-7 供用車線側でのマーキング作業

ただし、このような作業は専属の作業者が固定されている訳ではないため、工事全体の人員削減には直接寄与しない。その時に空いている人を集めて行う作業であるが、ロボットを使い一人で行うということは、現場の技術者が自分の都合の良いタイミングで実施できるため、他の作業者は本業の手を止めることなく時間を有効に使えることにつながる。

6. おわりに

一度このロボットでの作業を経験した担当者は、別現場でも使用を希望する声が上がっていることから、その利便性が高いことが分かる。舗装のメイン工種ではないが、身体的苦渋や危険を伴う人力作業を低減することは確認できた。現在、このようなロボットは欧州を始め、アジア各地で広く使われており、日本国内においても更なる普及が期待される。

表-2 人力とロボットの効果検証結果

項目	単位	A工事	B工事	C工事	D工事	E工事	F工事	G工事	H工事	I工事	J工事	
現場規模	施工総面積	(㎡)	10,800	60,000	12,500	2,000	40,000	13,000	10,000	23,956	10,890	1,820
	最大延長	(m)	900	300	500	60	800	200	400	1,617	900	400
	マーキング本数	(本)	2	40	4	8	50	11	20	4	4	1
	生産量	(m)	1,800	12,000	2,000	480	40,000	2,200	8,000	6,468	3,600	400
	線の種類	-	直線	直線	直線+曲線	直線	直線	直線+曲線	直線+曲線	直線	直線	道路線形
人力作業	人員	(人)	5.0	4.0	5.0	6.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0
	時間	(h)	4.0	28.0	5.0	0.8	96.0	5.0	14.0	50.0	5.7	0.4
自走式ロボ	人員	(人)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	時間	(h)	1.0	7.0	3.5	0.3	16.0	2.0	5.0	12.0	1.0	0.7
効果	人員削減率	(%)	80.0	75.0	80.0	83.3	75.0	80.0	80.0	75.0	80.0	75.0
	作業時間削減率	(%)	75.0	75.0	30.0	63.9	83.3	60.0	64.3	76.0	82.5	-67.5