

GPS を利用した高精度 3 次元マシンコントロールシステムの適用について

鹿島道路株式会社 正会員 ○山埜井 明弘
 国土交通省 北海道開発局 中橋 亮太
 鹿島道路株式会社 下田 博文

1. はじめに

建設業界において品質向上、コスト縮減、熟練工不足への対応が唱えられて久しいが、当社ではトータルステーションを利用した 3 次元マシンコントロールシステム（以下、TS-3DMC）による情報化施工技術を逸早く導入しその要求に答えてきた。TS-3DMC は、これまでにブルドーザ、モーターグレーダ、アスファルトフィニッシャを高速道路、一般国道、空港、調整池、グランド等の 20 数箇所の工事に適用してきており、何れの工事に於いても品質の向上、安定した施工能力・品質の確保、省力化、安全面の向上に関して十分な成果が得られている。

このような実績のもと、より大規模な施工現場への適用や現場での更なる合理化を目指し、測量・制御用装置と施工機械とが 1:1 の関係である TS-3DMC に対して、1:多数（一つのシステムで複数台の施工機械の制御ができ、測量作業等も同時に行うことが可能）の関係を構築することが可能な GPS（Global Positioning System）を利用した高精度 3 次元マシンコントロールシステム（高精度 GPS-3DMC:以下、本システム）を導入した。本報は本システムの確認試験結果及び実施工への適用結果について報告するものである。

2. システム概要

従来の衛星を用いたマシンコントロール（GPS-3DMC）では、施工精度は±40mm 程度もあり垂直方向に高い精度が求められる道路舗装には適さなかった。しかし本システムは、従来の方式に加え特殊ゾーンレーザを用いることにより、垂直方向の精度を向上させ高い品質の施工を可能にしたもので、同時に複数の施工機械を制御できる GPS-3DMC の長所と、高い仕上がり精度を持つ TS-3DMC の長所を併せ持つシステムである。（表-1 参照）

本システムは、RTK 測量用の GPS 基地局と本システム用に改造したモーターグレーダ（以下、MG）、MG のブレード端部に取付けられた GPS アンテナ・レーザ受光器、キャビン内のコントロールボックス、特殊ゾーンレーザ発光器から構成されている。（システム概要：図-1）制御はコントロールボックス内の衛星受信機が衛星からの位置情報と基地局からの位置補正情報から MG の水平位置を測位、この水平位置に対するブレードの高さと横断勾配をコントロールボックス内のコンピュータが設計データに基づき算出し、特殊ゾーンレーザから受信する垂直位置情報によりブレードの高さと横断勾配を自動的に連続制御させるものである。

キーワード 情報化施工、建設機械、自動制御、高精度化、GPS

連絡先 〒112-8566 東京都文京区後楽 1-7-27 鹿島道路株式会社 生産技術本部 技術部 TEL03-5802-8014

表-1 システム比較表

項目	通常施工		情報化施工	
	丁張り施工	GPS-3DMC	TS-3DMC	高精度GPS-3DMC
事前の測量作業	△	◎	○	○
	丁張り設置	必要無し	基準点設置程度	基準点設置程度
現場での準備作業の煩雑さ	◎	◎	△	○
	特に無し	特に無し	TS・パソコン・電源設置	特殊ゾーンレーザの設置
施工時の煩雑さ 検測作業等	△	◎	◎	◎
	繰返し必要	必要無し	必要無し	必要無し
施工時の制御機器の管理	-	◎	△	◎
	-	特に無し	TS・パソコン・電源の管理	特殊ゾーンレーザの管理
制御範囲	-	◎	-	○
	-	2000m	半径300m	半径300m
制御システムに対する施工機械数	-	◎	△	◎
	-	1:無制限	1:1	1:無制限
施工精度	○~△	△	◎	◎
	±20mm	±40mm	±10~15mm	±10~15mm
天候の影響 (霧、雨、雪)	◎	◎	△	△~◎
	影響無し	影響無し	悪天候時不可	GPS程度の精度
オペレーター負担	△	◎	◎	◎
	煩雑・高い技能必要	軽減	軽減	軽減
安全性	○	◎	◎	◎
	重機周りに検測員が必要ない			

◎:優、○:良、△:可

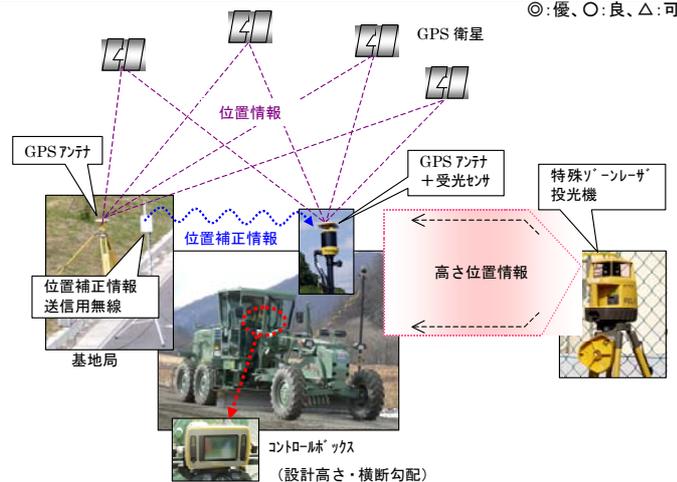


図-1 システム概要図

表-2 システム機器

名称	台数	機能・形式	用途
＜施工機械＞			
モーターグレーダ	1	3.7m	敷均し
＜制御機械＞			
基地局（GPSアンテナ・無線機）	1		位置補正情報送信
GPSアンテナ・レーザ受光器	1		位置情報・位置補正情報受信 特殊ゾーンレーザ受光
コントロールボックス	1		モーターグレーダ制御
特殊ゾーンレーザ投光機	1		特殊ゾーンレーザ投光
データコレクタ	1	Pocket-3D	機械設定・出来形測量

3. 確認試験概要

本システム搭載MGを施工現場へ適用するにあたり、事前に基本動作及び仕上がり精度の確認試験を平成17年10月に栃木県佐野市内の砕石工場構内にて実施した。設計形状は、図-2に示すように横断勾配を片勾配(1.5%)から擦り付け区間を経て、両勾配(±1.5%)へと変化させるものとし、仕上がり精度確認位置を各区間に18点、計54点設けた。

4. 確認試験結果

仕上がり誤差は、表-3のように片勾配区間においては平均+3mm、擦り付け区間においては平均+5mm、両勾配区間においては平均+1mm、標準偏差もそれぞれ4~7mmと非常に高い仕上がり精度であり、トータルステーション方式と同等の仕上がり精度を確保できることが確認された。また、ブレード反応速度やデッドバンド等は、限られた範囲内で行う確認試験時と、実施工時とでは適する設定値が異なると考えられることから、各現場において機械設定を適宜調整・設定することとした。

5. 実施工への適用

以上の結果を踏まえて、北海道開発局 一般国道40号名寄市高砂舗装工事（工期：平成17年6月28日～平成18年2月6日、施工数量：33,793m²）の粒状路盤工（C-40）に本システムを適用した。その結果、ある区間において目標予盛高さに対する敷均し誤差は、表-4のように平均値、標準偏差とも試験施工時と同等の値を示しており、TS-3DMCと同様に従来工法よりも優れている。日施工量も従来工法と同等以上が可能であり、本システムは実施工に於いても十分に適用可能であると判断され、オペレーターへの負担の軽減や品質向上、安全性の向上などの効果も確認された。

6. おわりに

以上、更なる合理化を目指し導入した高精度3次元マシンコントロールシステムの適用結果について報告した。本システムはその特徴にもあるように、複数台の施工機械を同時にコントロールする場合にその最大の威力を発揮するものであるが、今回の報告時点ではそのメリットを明確に把握するまでに至っていないため、今後本システムの普及を図っていく過程において、実施工を通してこれらを把握していく考えであり、機会があればその成果について改めて報告したいと考える。

また、当社は3次元マシンコントロールシステムとして、TS-3DMCと高精度GPS-3DMCの2種類を保有しているが、システム各々に特徴があり一概に優劣を付けられるものではないことから、工事規模、条件を踏まえた上で、より合理化が図れると判断されるシステムを適宜使い分け導入していく考えである。

最後に、道路舗装分野に本システムのような衛星を用いた情報化施工技術が導入されたことにより、今後ローラによる転圧・締固め管理や出来形測量等を含め、幅広い情報化技術の適用が加速されていくものと予測され、当社に於いても情報化技術の活用による更なる施工の合理化に努めていきたいと考えている。

参考文献

- ・ 山口達也 他：3次元マシンコントロール モータグレーダ 建設機械 2003年10月 P23～27
- ・ 山埜井明弘 他：三次元マシンコントロールシステムの適用事例 土木学会第59回年次学術講演会 6-205 2004年9月

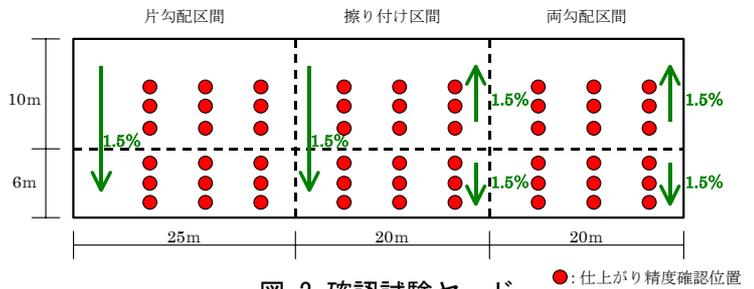
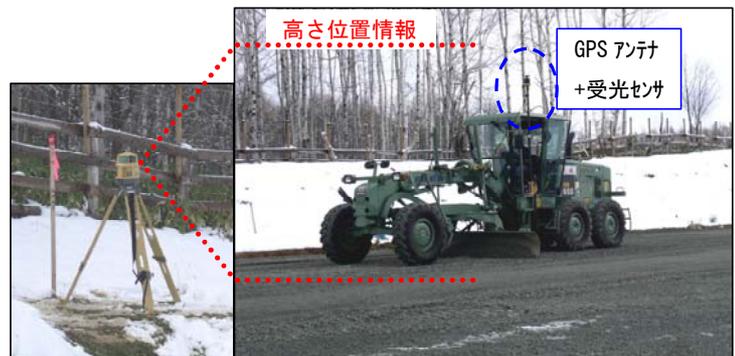


図-2 確認試験ヤード

表-3 確認試験結果

データ数:54

施工区間	誤差平均	誤差の標準偏差	+側最大誤差	-側最大誤差
片勾配区間	0.003	0.005	0.014	-0.007
擦り付け区間	0.005	0.004	0.013	-0.004
両勾配区間	0.001	0.007	0.011	-0.008



写-1 施工状況

表-4 実施工時測量結果

データ数:49

施工区間	施工方法	誤差平均	誤差の標準偏差	+側最大誤差	-側最大誤差
SP.13,980～ SP.14,040	通常施工	0.014	0.013	0.044	-0.019
	高精度GPS-3DMC	0.001	0.007	0.015	-0.012