３４．自動ステアリングによるアスファルトフィニッシャの制御に関する検討

前田道路㈱　　○菊地　重徳
同　　宇田川　健治

１．はじめに

2008 年 7 月に策定・公表された情報化施工推進戦略で紹介されている情報化施工技術の事例として，グレーダやブルドーザ等のマシンコントロール技術がある。近年舗装分野においても，グレーダやブルドーザを用いた路盤材の敷均し作業に加えて，アスファルトフィニッシャによる舗設作業にマシンコントロール技術が積極的に導入されつつあり，施工条件により最適な自動制御機器が選択できるようになった。

具体的には、上層・下層路盤工で使用するベーススペーバやアスファルトフィニッシャのスクリード仕上げ面高さを三次元マシンコントロール（以下，3D-MC）技術を用いて制御している。位置情報の採取方法としては，Global Navigation Satellite System（GNSS）と高精度レーザを組み合わせることにより、ミリメートル単位での制御が可能な mmGPS システムや，トンネル内等で上方視界の影響を受けずに施工可能な自動追尾式トータルステーション（以下，TS）があり，いずれの方法も従来の制御機器と同等以上の精度が得られることが確認されている。

本稿では，スクリード仕上げ面の高さ制御（以下、グレードコントロール）に限られていたアスファルトフィニッシャの 3D-MC において，走行操舵（以下，ステアリング）と施工幅員調整（以下，ワイドナ）の自動制御も可能としたシステムであるナビトロニックを国内で始めて導入し，TS による試験施工を実施したので，その概要と結果について報告する。

表-1　S1600-2 主要諸元

スクリード	AB500-2TV
舗装幅	2,550-8,000mm
舗装能力	600t/h
最大舗装厚	300mm
エンジン定格出力	100kW/2000rpm
重量	18.4t
クローラ設置面	2,830mm × 305mm
駆動方式	各クローラ独立電子コントロール駆動
ステアリング	左右のトラックの速度を変更

２．使用機械とシステム概要

2.1　使用機械

このナビトロニックでステアリング制御を行うためには，フェーゲル社製レベリングシステムであるニベトロニックを搭載したクローラタイプのアスファルトフィニッシャの使用が条件となる。よって，本試験施工においては，フェーゲル社製 SUPER 1600-2 を使用した。概略の仕様を**表-1**，外観を**写真-1** に示す。

2.2　システム概要

ナビトロニックは，アスファルトフィニッシャの左右スクリードアームのスクリュウ上部に取り付けたブラケットに，マスト，ターゲットプリズムをそれぞれ設置し，2 台の TS で自動追尾する。TS により測定されたデータは，無線モデムによりアスファルトフィニッシャに搭載された PC に送信される。また，同時にマスト基部に取り付けられた 2 軸勾配センサにより検知されたマストの縦横断勾配での傾き情報と，スクリード伸縮部に取り付けられたスクリード伸縮センサからの情報と合わせて PC に提供される。機器の取り付け状況を**写真-2** に示す。

写真-1　アスファルトフィニッシャ S1600-2

PC に提供された情報は，ステアリング位置，スクリード仕上げ面の高さ，施工幅員として算出され，あらかじめ入力しておいた 3D 設計データと照合される。その結果，算出された偏差はアスファルトフィニッシャ側のインターフェイスを介して油圧システムに補正信号として送信され，油圧制御によって機械本体，及びスクリードを設計ライン上，及び基準高さに誘導するシステムである。

通常，メーカーの推奨する制御方法では，施工幅員 7m までであれば 1 本のマストとスロープセンサの組合せで，充分な精度が期待できるとされているが，今回使用した S1600-2 は，アタッチメントの組立により 8m まで施工可能であることから，大規模現場を想定し，2 本のマストを使用してマシンコントロールを行い，その精度を検証することとした。

３. 試験施工概要及び検証項目

施工場所は弊社機械センターの構内で行い，施工延長 80m，起点終点の施工幅員を 3.5m とし，カーブに伴う幅員変化を 0.5m に設定した。また，カーブの曲率半径は高速道路のランプ部を想定し，R=40m とした。

敷き均し材料は再生密粒度アスコン 13mm を使用し，余盛量を見込んだ敷き均し厚さは 48mm とした。

計画の平面図を**図-1** に示す。

検証項目及び内容は，以下の項目とした。

(1) ステアリング

ナビトロニックのステアリングコントロールは，左右マストを結んだラインの中心から直角に進行方向へ 5～10m の位置をステアリングフロント値として設定し，このステアリングフロントを設計ライン上に誘導することで行われる（**図-2 参照**）。アスファルトフィニッシャの構造的な特徴として，スクリードはトラクタ後部に位置するため，曲線部の施工において，スクリードはトラクタの走行軌跡よりもオーバーハングすることになる。ステアリングフロント値は，大きな値を設定することで直進性に優れた設定となるが，曲線部の施工では，ステアリングフロント値を小さくすることでカーブでの追従性に優れ、スクリードのオーバーハングを抑えることが可能となる（**図-3 参照**）。R=40m を施工する今回の施工では，ステアリングフロント最小値 5m を採用し，カーブでの追従性を確認した。

設計の走行ラインと，施工中のステアリングフロントの偏差は，施工中 PC のログファイルとして連続的に保存される。このログファイルを用いて，設計ラインとステアリングフロントとの偏差を確認した。

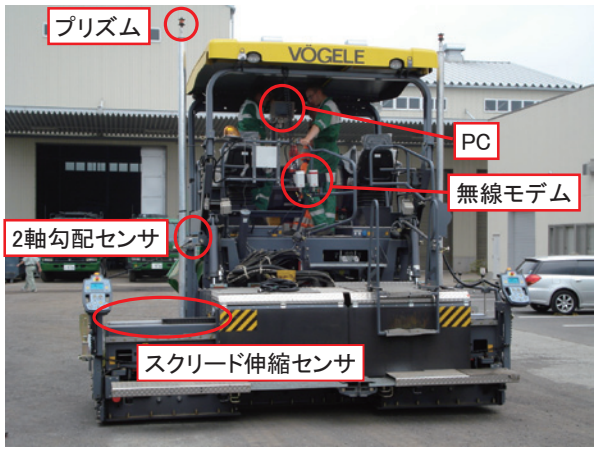

写真-2　機器取り付け状況

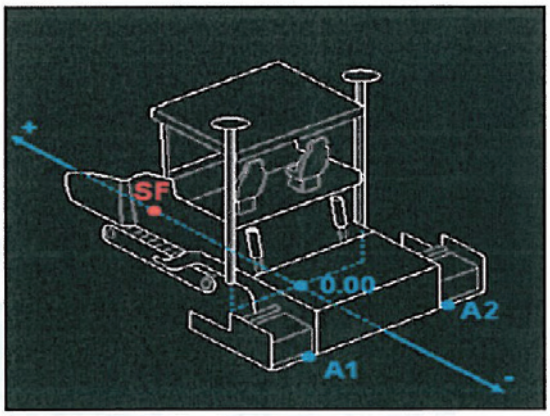

図-2　ステアリングフロント

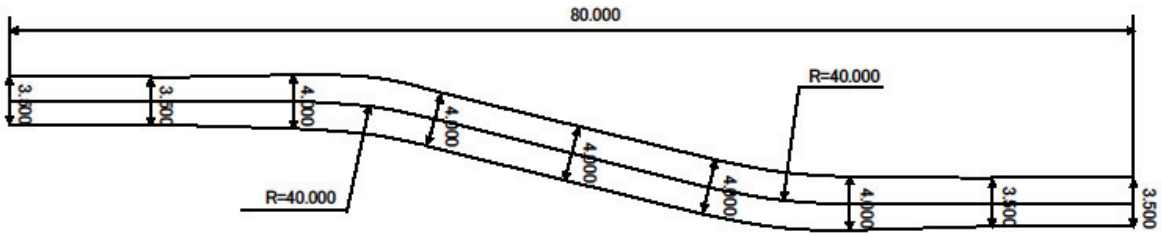

図-1　計画平面図

（2）施工幅員

スクリード中心の軌跡を TS を用いて 10m 毎にプロットし，設計ラインとの偏差を計測した。また，設計ラインからの左右幅員及び全幅員を 10m 毎に計測し，設計幅員と比較した。

（3）高さ

TS を用いて設計データと仕上り高さの比較を行った。また，今回の試験施工では，敷き均し高さの精度検証が目的のため，ローラによる転圧は行わないこととした。

4. 試験施工及び結果

2009 年 10 月 8 日試験施工を実施した。当日は強風であることと，施工延長が 80m と限られていること，また，転圧のためのローラがないことを踏まえ，マシンコントロール用の TS2 台，出来形確認用の TS 1 台を施工後方のテント内に設置した。TS 設置状況を**写真-3** に，施工状況を**写真-4** に示す。

施工結果は以下の通りである。

（1）ステアリング

PC に保存された設計の走行ラインとステアリングフロントの偏差，設計の幅員位置と左右スクリード端部の偏差を**図-4** に示す。

ステアリングは右カーブでは左に，左カーブでは右に，最大 10cm 程度の偏差が発生する結果となった。これに対して，左右スクリード位置偏差は，ステアリングフロントを設計ライン上に誘導する動きに影響されながらも，設計の幅員位置を基準に，左右 2cm 程度の範囲で制御されている結果となった。左右トラックの速度を変更させてステアリングコントロールを行うクローラタイプのアスファルトフィニッシャでは，右カーブで左にずれたステアリングフロントを修正するために，右にステアリングを切ると，スクリードは左へずれ，左カーブではその逆の現象が起きるという特性をスクリード伸縮制御により，施工幅員端部の位置を修正していることが確認できた。

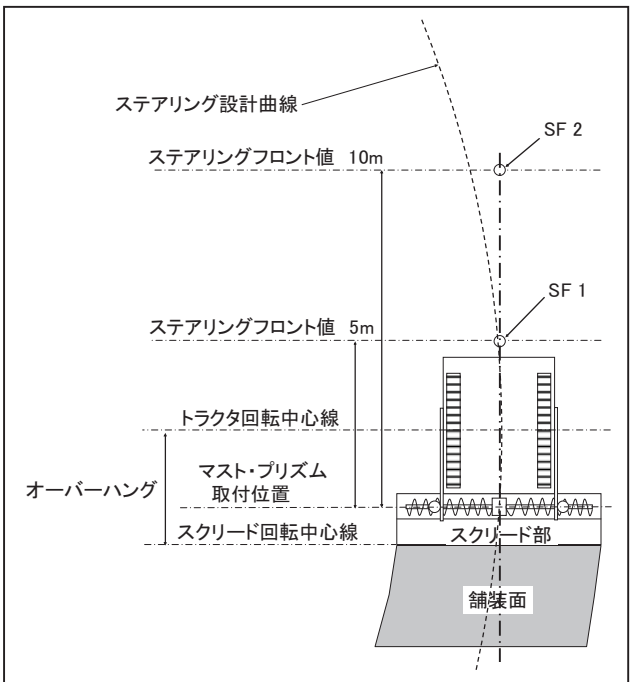

図-3 ステアリング設計曲線とスクリードのズレ

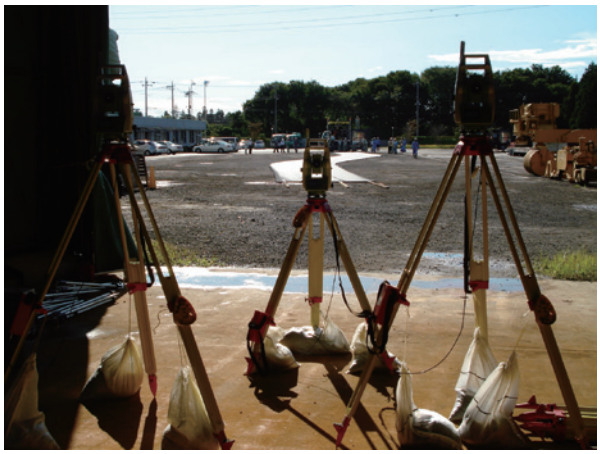

写真-3 TS 設置状況

写真-4 試験施工状況

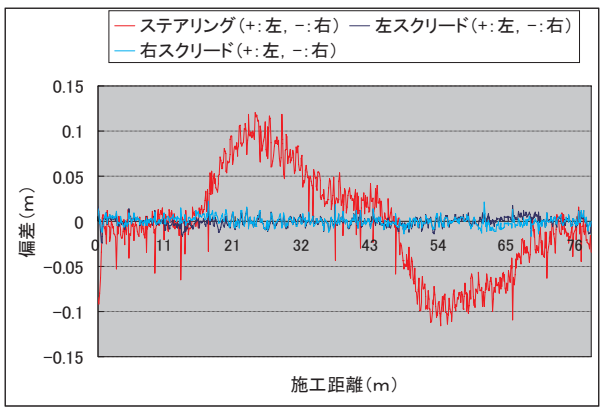

図-4 ステアリング・左右スクリード位置の偏差

(2) 施工幅員

設計ラインから計測したスクリード中心軌跡までの偏差，左右幅員，及び全幅員の設計値との偏差を図-5 に示す。

ステアリングと同様，スクリード中心の軌跡は，右カーブでは左に，左カーブでは右に最大 73mm の偏差が発生した。また，幅員の出来形は全幅員でマイナスの傾向となった。左右別に見ると，右カーブでの右幅員，左カーブでの左幅員，つまり内カーブでの幅員の出来形が-20～-30mm 程度の結果となった。今回，木製の型枠は設置せず，スクリードのサイドプレートを舗装の厚み分下げた状態で施工を行った。このため，内カーブでのサイドプレートの端部が，一旦形成された舗装端部の骨材を削り取る状態となった。ナビトロニックのワイドナコントロールには，幅員のオフセット機能がある。曲率半径の小さいカーブを舗設する場合には，このような幅員減少を生じる可能性があるため，40～50mm 程度のオフセットが必要になるかと考えられる。

(3) 高さ

横断方向 3 箇所ずつ，5m 毎に仕上り高さの測定を行った。仕上り高さと設計高さの差を図-6 に示す。得られたデータは，最大値 5mm，最小値-6mm となり，全観測数 51 点の標準偏差では σ=2.4mm となり，高い施工精度を確認することができた。

翌日，舗装面の硬化を確認し，マルチロード・プロファイラ（MRP-2000）を使用して舗設路面の平坦性測定を実施した。平坦性測定結果は，右 σ=0.68mm，左 σ=0.57㎜ であった。今回の試験施工では，施工延長 80m，ローラ未転圧という限られた条件での施工であったが，良好な平坦性が確保できたと思われる。

5．まとめ

ナビトロニックを用いたアスファルトフィニッシャのステアリング，ワイドナ，グレードの自動制御を行い，以下のような結果が得られた。

(1) 曲率半径 R=40m の施工において，ステアリングは右カーブでは左に，左カーブでは右に，最大 10cm 程度の偏差が発生する結果となったが，ワイドナの自動制御により，幅員は設計位置から左右 2cm 程度の範囲で制御されている結果となった。

(2) 施工幅員はカーブ内側において-20～-30mm の出来形となった。実施工時には，ナビトロニックのワイドナオフセット機能により，50mm 程度広めの設定が必要となる。

(3) 設計高さと仕上り高さの差は，最大値 5mm，最小値-6mm，全観測数 51 点の標準偏差では σ=2.4mm となった。

以上のことから，ナビトロニックの使用により，位置精度，高さ精度ともに，実地適用の可能性を充分に期待できるシステムであると判断できる。

しかしながら，様々な施工条件により，最適な施工速度，ステアリングフロント値，その他アスファルトフィニッシャを自動制御するためのパラメータの組合せを模索することで，更なる施工精度の向上が期待できる。弊社では今後，北海道横断自動車道舗装工事にて，ナビトロニックを導入したフェーゲル社製アスファルトフィニッシャ 2 台を使用しての施工を予定している。今回の施工を踏まえて，実施工での効果を引き続き検証していく所存である。

6．おわりに

ナビトロニックの導入により，施工精度の向上とともに，オペレータの作業負担軽減による周囲への配慮が可能となり，安全性の向上も期待できる。弊社では，今後も施工の効率化，施工精度向上，安全性向上を目的として，情報化施工の推進を図っていきたいと考えている。

最後に，本技術の導入及び試験施工に協力を頂いたヴィルトゲンジャパン㈱，マシンケアテック㈱，ライカジオシステムズ㈱の皆様にこの場を借りて深く感謝の意を表したい。

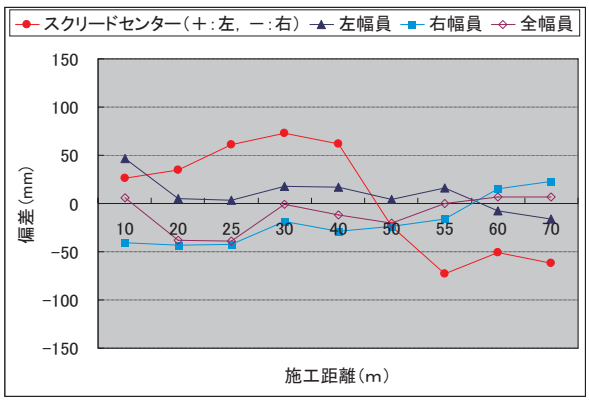

図-5　施工幅員出来形偏差

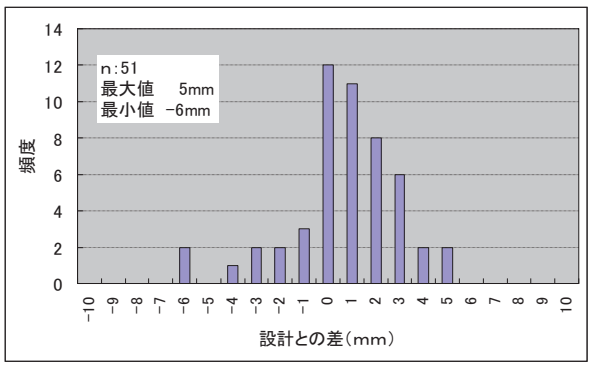

図-6　仕上り高さと設計の差