

GNSS を利用した「法面締固め管理システム」 を採用した盛土の総合管理

草 竹 真 也・千 葉 史 隆・福 田 智 之

GNSS（全地球測位システム）などの ICT は、振動ローラの締固め管理にとどまらず、ブルドーザやバックホウのマシンガイダンスシステムなど土工事現場において積極的に採用されている。これらの技術は、1990 年代後半から急速に発展し現在では国土交通省や高速道路会社などでは標準の管理手法となっている。この度、これらの盛土情報化施工技術を総合的に採用した盛土管理を高速道路の建設現場に採用した。特に、盛土の機能を維持する上で重要でありながら品質管理が手薄となりがちである法面に対して新たに「法面締固め品質管理システム」を開発した。本報告では、システムの概要と現場での運用状況を紹介する。

キーワード：土工、盛土、法面、締固め、GNSS、品質管理

1. はじめに

盛土工事において締固め作業は、盛土品質を左右する重要な工程である。その管理手法は、密度や空気間隙率などを管理する品質規定方式と、敷均し厚さや締固めエネルギー（回数や使用機械）を規定する工法規定方式に大別される。従来は、砂置換や RI 水分密度計を使用し、直接品質を管理する品質規定方式が採用されていることが多かった。しかし、工事の大ロット化や高速化に加え、ICT の著しい発展により大規模な土工事を効率的に管理できる工法規定方式がしばしば採用されている。また、ICT はバックホウやブルドーザのマシンガイダンスシステム（MG）の発展にも大きく寄与し、MG が採用される実績も増えてきている。

これらの ICT を統合的に取り入れ、さらに品質管理が手薄となっていた法面に対しても「法面締固め管

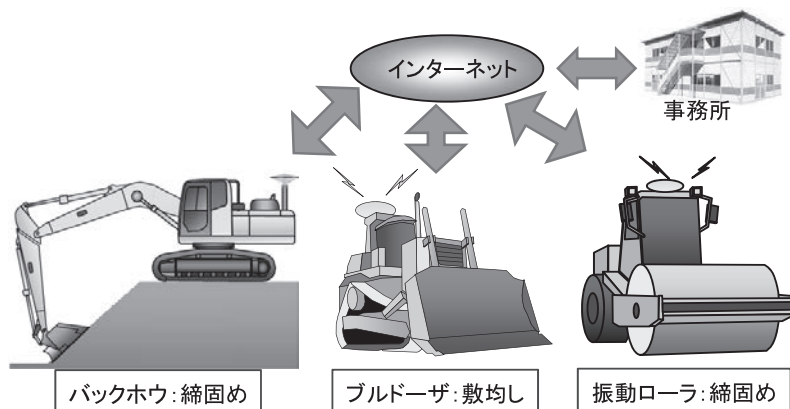
理システム」を開発し、盛土の総合管理システムを高速道路の現場に適用した（図－1）。

2. 盛土管理における GNSS

土工事において GNSS は 1990 年代の後半から測量や締固め管理、マシンガイダンスなどのシステム開発が順次行われてきた。

特に、締固め管理においては、GNSS を搭載した締固め機械の走行位置を正確に計測し、走行状況、締固め回数をリアルタイムに把握できることから、国土交通省や高速道路会社等において盛土の締固め管理の標準管理手法になっている。

このシステムに用いる GNSS は、測位誤差を補正する基準局と、重機に設置する移動局と呼ばれる 2 つの GNSS で構成される RTK-GNSS 測位方式であり、



図－1 GNSS 盛土管理システムイメージ

水平精度 20 mm, 鉛直精度 20 mm 程度を確保することができる。

3. システムの概要

(1) 敷均し・締固めシステム

GNSS 敷均し管理システム・締固めは、あらかじめ設計の 3D モデルを入力し、運転席のモニタに排土板の高さや締固め回数等の作業状況をリアルタイム管理するシステムである。管理状況を運転席のモニタに表示し、オペレータが随時確認しながら作業を行うことで施工不良を防ぐことができる。

敷均し管理システムおよび締固め管理システムはそれぞれ独立した形で発展してきたが、本工事では、これらのシステムを連携させた。締固め管理システムにより得られた締固め完了時の高さ情報を管理室の PC に送信する。得られたデータを基にブルドーザの敷均し高さをリアルタイムで再演算する。これにより、施工時の誤差を補正でき、ブルドーザの敷均し厚さを均一に保つことができる。

(2) 法面締固め管理システムの特徴

(a) システム概要

本システムは、バックホウ 2D マシンガイダンスと GNSS 受信機、及び既存のソフトウェアを組み合わせたものであり、法面の締固め管理を行うため新たに開発し、当工事において初めて採用した。バケット位置をリアルタイムに三次元測位することによる作業位置への誘導に加え、法面振動バケット装着時において、締固め時間を管理することが可能となる。あらかじめ設定した管理ブロックの色が締固め時間に応じて変化

する。オペレータはシステムから提供される運転席のモニタを確認することで、施工場所の締固め状況を確認しながら、正確かつ効率よく締固め作業を実施することができる（図—2, 3）。

(b) 特徴・メリット

①法面締固め管理方法の実現

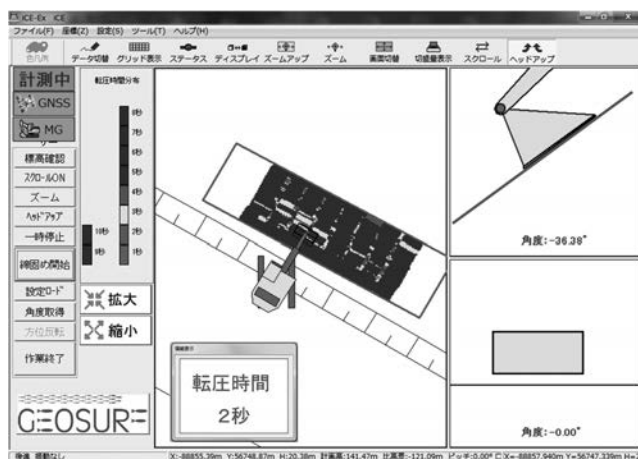
締固めエネルギーを定量的に評価することで、これまで管理方法が確立されていなかった盛土法面の締固め管理ができる。

②リアルタイムな統合管理

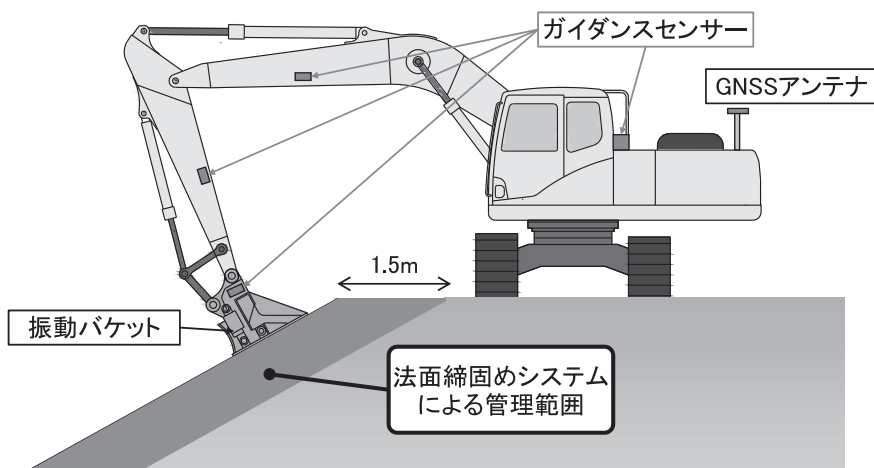
従来のローラによる締固め管理システムと同様に、施工情報は運転席のモニタにリアルタイムに表示されるため、施工ムラによる品質不良を未然に防止できる。また、締固め管理システムやブルドーザーマシンガイダンスとの統合的な管理も可能である。

③マシンガイダンス機能

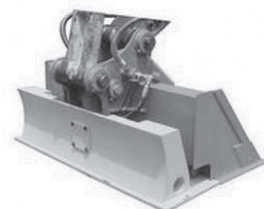
三次元設計データを利用した、マシンガイダンスシステムとしての運用が可能である。



図—3 管理モニタ例



図—2 システム構成図



振動バケットTNB-200A諸元

項目	単位	数値
適合ショベル	t	19~25
バケット容量	m ³	0.6
振動数	min	約1,800
振動プレート幅	mm	1,830
振動ストローク	mm	6
起振力	t	27.5
セット油圧	kg/cm ²	350
質量	kg	1,210

④品質管理帳票の自動作成

事務所に設置した管理用パソコンとインターネット接続を利用したデータ連携が可能であり、法面締固め管理帳票を自動作成でき、省力化が図れる。

(c) 現場事務所での一元管理について

本システムでは、重機と事務所間でのデータ交換について、インターネットを介した通信にて行うことを前提としている。事務所では、現場の締固め状況をリアルタイムに確認できるほか、施工結果は現場での施工完了後直ちに事務所に転送され、データ確認及び帳票出力が可能である。また、ローラによる締固め管理やブルドーザのマシガイダンスも同一の事務所管理画面で管理が可能であり、現場事務所において一元的な管理が実現できる。

4. モデル施工

締固めの施工仕様（締固め時間）は、振動ローラの場合と同様にモデル施工（転圧試験）を行い決定した。本システムによる締固めの管理範囲は、盛土法面および大型振動ローラによる締固めが困難となる法肩部1.5mに設定した。

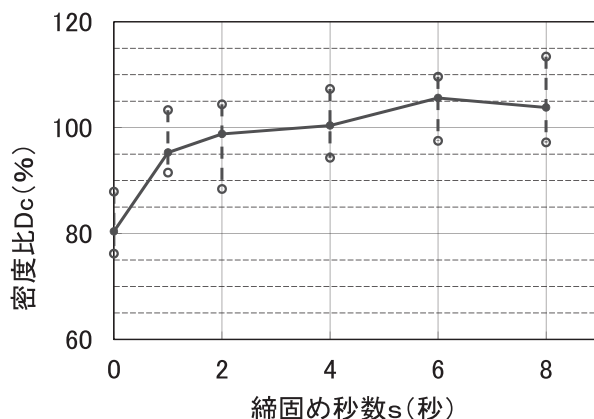
バックホウによりこの範囲に土砂を敷均し、敷均し完了時としてRI計器による測定を行った（写真—1）。その後は、振動バケットの大きさに合わせ1.8m×0.6mの区画ごとに振動を与えて法面下方から順次締固めを行った（写真—2）。1, 2, 4, 6, 8秒の締固めが終了するたびに法肩部分においてRI計器により密度の測定を実施し、所定の密度（空気間隙率）が得られる締固め回数（締固め時間）を決定した。なお、法面部分の管理基準値は、施工箇所が路体の法面であることから、路体の基準に準拠し、管理ブロックの大きさも、0.5m×0.5mとした。



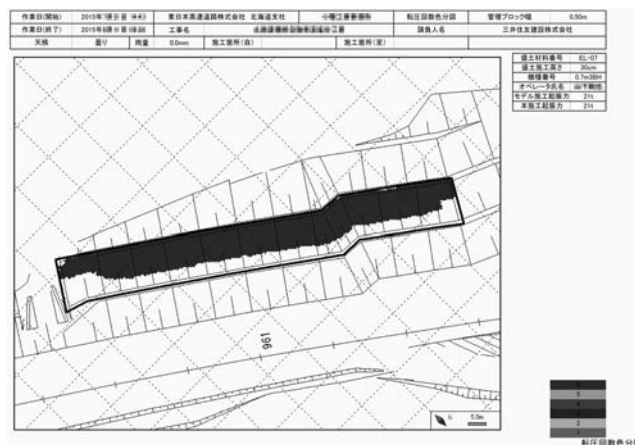
写真—1 敷均し転圧状況



写真—2 法面締固め状況



図—4 モデル施工時の締固め回数と密度比の関係



図—5 管理帳票の例

モデル施工の結果、締固め秒数—密度比曲線において6秒以降は密度比の増加が収束すると確認されたため、締固め時間は6秒に決定した（図—4）。

実施工では締固め時間に応じて運転席のモニタの表示色が順次変化する。オペレータは色の変化具合を確認しムラ無く法面全体を締め固める。

これらの結果は、無線LANを介して事務所のPC端末に自動的に集積され、帳票として出力される（図—5）。

5. おわりに

施工途中には、現場内の障害物による通信不具合やデータの計測不良などが生じた。通信不具合に対しては、見通しの良い箇所への無線 LAN アクセスポイントの増設、計測不良に対しては、GNSS アンテナの機械への取り付け位置や計測方法の見直しを行った。これらの改良により、それぞれのシステムは良好に運用できている。

今回初めて採用した「法面締固め管理システム」により締固め管理を実施した法面は集中豪雨の際にも法面の流出などのトラブルを免れた。本システムの導入により、法面の締固め品質は確実に向上していると考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本道路協会：道路土工 盛土工指針，2010.5
- 2) 地盤工学会：地盤工学・実務シリーズ 30 土の締固め，2012.4
- 3) 東日本高速道路㈱：土工施工管理要領，2015.7
- 4) 三上博，林田 岳士，久保 重行，松本 充生：GPS を用いた土工管理システムの実用化－JH 静岡第二東名高速道路小瀬戸工事への導入－，建設機械，日本工業出版，Vol.41，No.3，pp25-30，2005.3.

【筆者紹介】

草竹 真也（くさたけ しんや）
三井住友建設㈱
土木本部 土木技術部



千葉 史隆（ちば ふみたか）
三井住友建設㈱
技術本部 第三技術部



福田 智之（ふくだ ともゆき）
三井住友建設㈱
北海道支店 塩谷工事事務所

