

U.D.C 69.002

盛土施工管理システムの開発と GPS 対応機能の検証

上野 隆雄* 遠藤 健* 中村 宗隆*

要約： 既開発技術「盛土施工管理システム」³⁾の操作性や PC・ソフトの旧式化といった課題を解決し実用化・普及を図るため、平成 20 年度にシステムを見直し、空港造成工事現場へ導入した。見直し後の新システムでは位置計測手段として自動追尾型トータルステーションの他に GPS にも対応可能とした。GPS 対応機能の検証のためトータルステーションとの比較試験を行った。その結果、GPS を使用した場合においても所定の機能・性能を満足していることが確認できた。本報では、新システムの概要と現場導入で得られた知見、GPS 対応機能検証試験の結果について報告する。

キーワード： 情報化施工、盛土施工管理システム、自動追尾型トータルステーション、GPS

- 目次：**
- | | |
|------------------|----------------|
| 1. はじめに | 4. 現場への導入 |
| 2. 盛土施工管理システムの概要 | 5. GPS 対応機能の検証 |
| 3. 新システムの開発 | 6. おわりに |

1. はじめに

情報通信技術を活用した新しい施工方法である情報化施工は、平成 20 年 2 月に国土交通省が「情報化施工推進戦略」¹⁾を策定し普及に向けて活動を本格化させた。

筆者らは情報化施工の一技術である「盛土施工管理システム」の実用化・普及を図るため、平成 20 年度に新たなシステムを開発した。新システムは位置計測手段として自動追尾型トータルステーション（以降「TS」と呼ぶ）の他に GPS にも対応可能とした。GPS 対応機能の検証のため試験を行った。

2. 盛土施工管理システムの概要

現在、盛土の締固め度を管理する方法には、品質規定方式と工法規定方式がある。前者は盛土の品質を直接計測する方法で、通常砂置換法や RI（放射性同位元素）法による乾燥密度計測によって行われる。一方後者は、事前に試験盛土を締固めて既定の締固め度を達成するための締固め回数を規定しておき、TS や GPS を用いて締固め機械の現在位置を計測、蓄積する方法である。間接的だが前者に比べて品質の均一化が図れ、面的に管理できる、リアルタイムに管理可能などのメリットがある。

国土交通省はこれを第三の盛土管理手法として位置づけ、情報化施工を普及促進させるため、平成15年12月に「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」²⁾（以下「管理要領案」と呼ぶ）をまとめた。

3. 新システムの開発

筆者らは平成 11 年に TS を用いた盛土施工管理システムを開発した³⁾が、操作性等の課題があり、PC やソフトも旧式となったため、全面的に改良した。

3.1 新システムの構成と仕様

ハードウェアは、①事務所PC、②締固め重機に搭載するプリズム、③プリズムを追尾するTS、④締固め重機に搭載するPC、⑤TSの計測データを重機搭載PCに無線伝送する通信用モデムから構成される（図1）。

ソフトウェアは、⑥締固め範囲等の設定を行うためのプロジェクト管理ソフト、⑦TSと通信し座標データを取り込む通信ソフト、⑧走行軌跡データを記録・画面表示する転圧管理ソフト、⑨走行軌跡データから帳票作成を支援するソフトから構成される。仕様を表1に示す。

3.2 特長

- 1) 管理要領案に則っている。
- 2) 作業所職員用ソフト、重機オペレータ用ソフトに分割され使い易い（従来は一体で職員操作が基本）。
- 3) 通信ソフトと転圧管理ソフトを分離することで多機能かつ複数機種種のTS、GPSに対応可能（従来は特定TSのみ対応）。

4. 現場への導入

4.1 工事概要

件名：東京国際空港 B 平行誘導路用地造成等工事

*メカトログループ

発注者：国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備
事務所

工期：平成20年7月10日～平成21年2月27日

盛土：土量 53,300m³，面積 50,590m²

4.2 導入手順

1) 試験盛土

現場において試験盛土を行い、締固め重機（ブルドーザ）により偶数回締固めてはRI法により締固め密度を測定した。その結果、転圧回数を6回とした。

2) 機器の設置と指導

締固め重機の屋根上にプリズム、キャビン外側に TS との通信用アンテナ、運転席脇に車載 PC を設置した（写真 1, 2）。フィールドには TS、データ通信用のモデム、発電機を設置し、締固めエリアに応じて移設した。作業所担当者とおペレータに使用方法を指導した。

4.3 システム運用

作業所担当者とおペレータが日々次のフローで運用した。①当日締固めるエリアの設定（事務所PC使用）、②TSの設置、③重機搭載PCの立ち上げと設定、④おペレータによる締固めとデータ収録、⑤当日締固めたエリアのデータ保管と帳票作成。

4.4 導入結果

1) 施工能力と効果

- ①施工能力：平均約500m²/h（締固め1層あたり）
- ②品質：面的な管理となるため向上
- ③所要時間：RI法と比較すると試算で約20%減
- ④コスト：RI法による測定を外注で行った場合（2,000m²に1箇所）のコストは本システムとほぼ同等（試算）

2) 帳票（例）

表 1 新システム仕様

項目	型式・仕様等	備考
①事務所PC	社内標準機	規行機(HP6730b)動作確認済
②プリズム	TOPCON A7P	全周プリズム
③TS	TOPCON GTS-823A	一部の他機種でも対応可
④締固め重機搭載PC	パナソニック タフブックCF19等	HDDをSSDに交換
⑤通信用モデム	データリンク社 DLSSNET-R/T	2.4GHz特定小電力型
⑥プロジェクト管理ソフト	事務所PCにインストール	USBメモリで車載PCへデータ受渡し
⑦通信ソフト	重機搭載PCにインストール	他TSおよびGPSに対応可能
⑧転圧管理ソフト	重機搭載PCにインストール	管理要領案に準拠。GPSにも対応可
⑨帳票作成支援ソフト	事務所PCにインストール	USBメモリで車載PCからデータ受渡し

本システムによる工法で作成・提出した帳票類（管理要領案で規定）は以下の通りである。例を図2～3に示す。

- ①盛土管理図（各層毎に作成し施工日毎の施工範囲を示すもの）（図2）
- ②走行軌跡図、締固め回数分布図（施工日毎）（図3）
- ③走行軌跡座標データ（電子データ）
- 3) ヒアリング結果

作業所担当者および重機おペレータに当該システムについてヒアリングしたところ、以下の意見があった。

- ①画面を見ながら効率よく転圧するのに慣れが必要であった。（ブルドーザによる転圧では、管理メッシュサイズが 0.25m×0.25m とローラ（同 0.5m×0.5m）に比べて小さく、また履帯間の接地しない領域は転圧にカウントされないため難しい。）
- ②走行軌跡の表示が遅れることがあった。（エリアを広く設定したとき演算処理の負荷が過剰となったためで期間中にソフトを改良し解決した。）
- ③転圧管理ソフトの仕上がりは概ねよい。
- ④帳票作成が自動化できるとさらによい。
- ⑤情報化施工に慣れていないおペレータには、専用のマニュアル整備を含め丁寧な教育が必要である。

5. GPS 対応機能の検証

新システムでは適用範囲を広げるため、締固め重機の位置情報を取得する手段として TS だけでなく GPS を用いることができる機能を追加した。以下のようにして GPS 対応の機能検証試験を実施した。

5.1 試験方法

乗用車を締固め重機に見立て、2 セットの盛土施工管理システム（一方の位置計測手段を TS とし他方を GPS

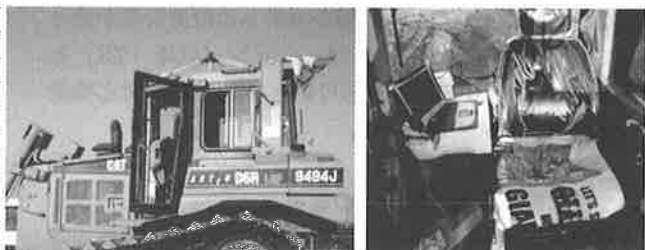


写真1 プリズムの設置

写真2 PCの設置

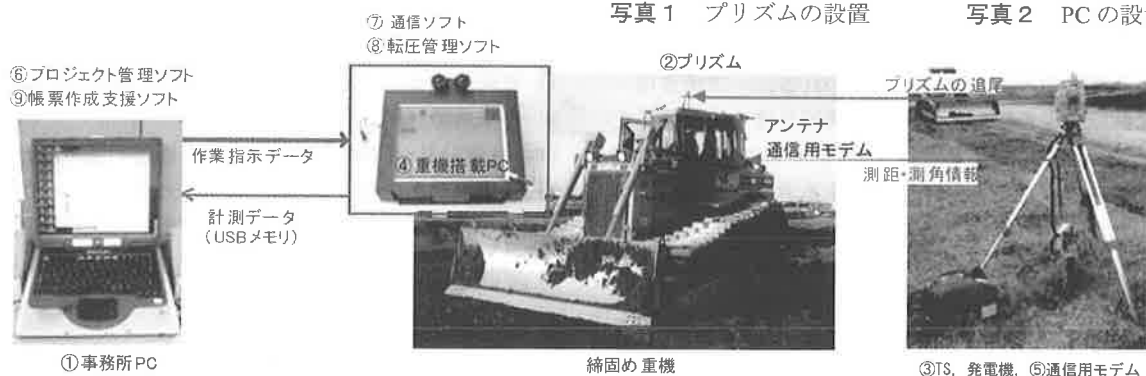


図1 新システム構成図

とした)を適用し、同時に位置計測データを取得した。GPSによる取得データ(①走行軌跡, ②転圧回数分布)についてTSとの差異を検証した。試験機器構成を図4に、GPS側の使用機器(TS側は表1と同様)の仕様を表2に示す。GPSはRTK方式である。試験状況を写真3~5に示す。

今回の試験における評価基準を以下のように定めた。

1) 走行軌跡の差異

GPSによる走行軌跡(位置計測データ群)がTSのものと比較してその差が0.25m未満であること(管理要領案で規定しているブルドーザの管理メッシュサイズが0.25mであることから)。

2) 転圧回数分布の差異

GPSによる転圧回数分布図(走行軌跡に基づき作成される)がTSのものと比較して大きな差異がないこと。

5.2 試験結果と分析

1) 走行軌跡の差異について

道路を直線状に約160mにかけて約5往復し、GPSは

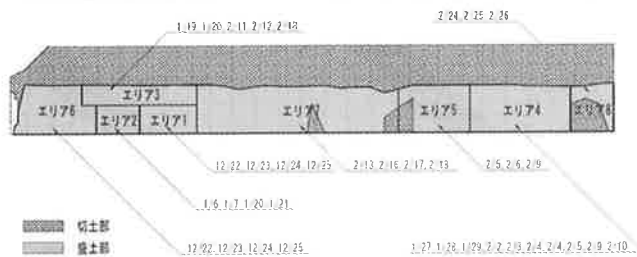


図2 盛土管理図

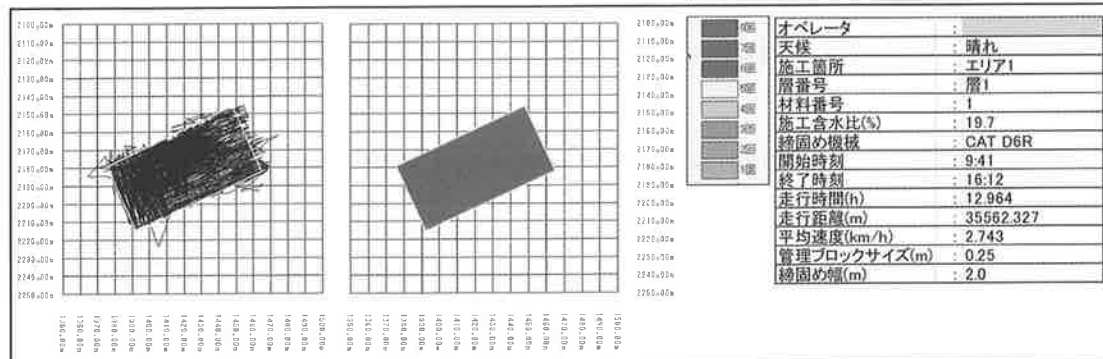


図3 走行軌跡図および締固め回数分布図(例)

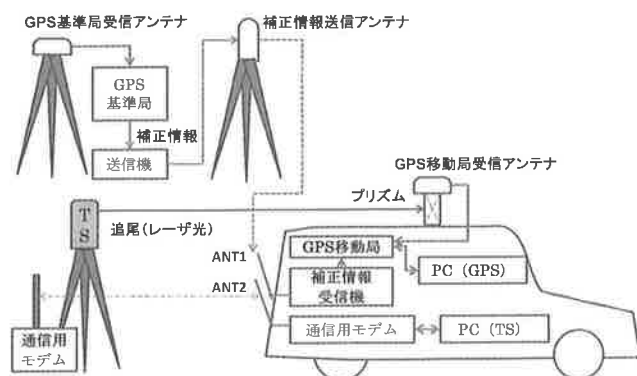


図4 試験機器構成図

RTKのFix解(必要条件)以外のデータを削除した上、TSと共に図面上に座標値をプロットし走行軌跡を描いた(図5)。互いの走行軌跡の離隔が差異となる。離隔が図面上で確認可能な約800点を5点間隔でサンプリングし165点を計測した(図6)。差異平均距離は0.054m、標準偏差は0.067mであった。

折返しのためのカーブにおいて最大0.52mの差異が生じた。これはTSのデータ取得が遅れデータが離散的になったためである(図5)。カーブ以外の点ではいずれも0.25m未満であった。サンプリング以外の点についても最大値を確認したところ、1.33mの差異がある点が存在したが前述の理由によるものであった。比較基準として用いるTSとしては性能が低いことがわかった。

2) 転圧回数分布の差異について

転圧回数分布図を図7に示す。若干の差異があるのは以下が原因と考えられる。

①TSとGPSで同時刻のデータを抽出して転圧回数分布図を描かせたため、時間遅れ(TSが概して遅く、また双方のデータを採取した2台のPC間の時刻の差異もある)の影響が出た。

②管理メッシュの境界近傍における差異のため、隣の領域を塗った。

表2 使用機器(GPS側)の仕様

項目	型式・仕様等	備考
①GPS受信機	GNSS社SF-2050G	GPSシステムに使用、2台
②締固め重植搭載PC	パナソニック タフブックCP18	GPSシステムに使用
③補正情報通信機	オーケーイーサービス DT-3000K	GPSシステムに使用



写真3 GPS, TS の設置



写真5 車載PC (データ採取状況)



写真4 プリズム, GPS アンテナ

5.3 試験結果の評価

TS 同様、GPS でも管理要領案に則ったデータ取得が可能であった。走行軌跡の差異は TS のデータ取得遅れを除いては全点 0.25m を下回っており、転圧管理分布図にも大きな差異がないことから、GPS を用いて盛土施工管理システムを運用しても問題はないと判断できる。

6. おわりに

新しい盛土施工管理システムを開発し、TS を用いた施工を実施した。現場導入により得られた知見から、システムの改良や運用体制の構築を行い普及に努めたい。

また GPS を位置計測手段に用いたシステムの機能検証を行い、所定の機能を確認した。

現在、造成現場において GPS を用いたシステムの実証施工を予定している。この際には追尾能力の高い TS を用いること、また両システムの PC の同期を正確にとることでより精度の高い検証を行う予定である。

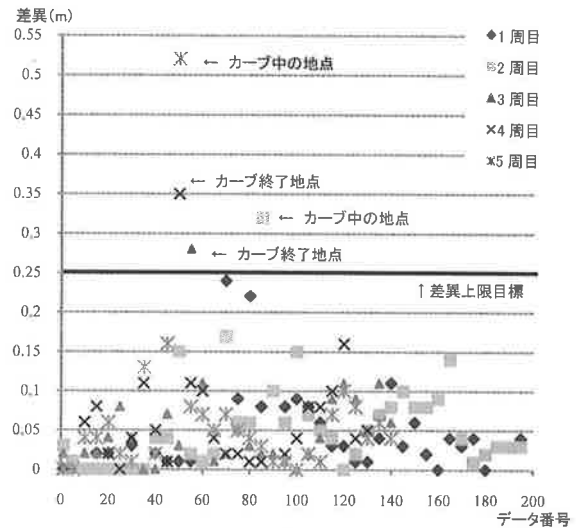


図6 TS と GPS の走行軌跡差異

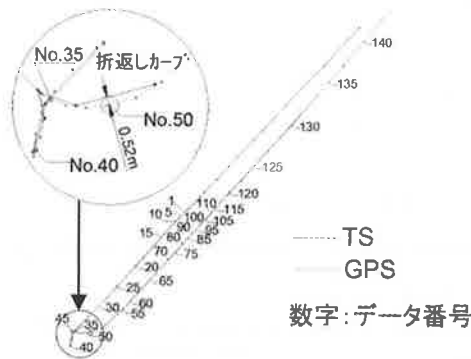


図5 GPS と TS による走行軌跡 (5 周目)

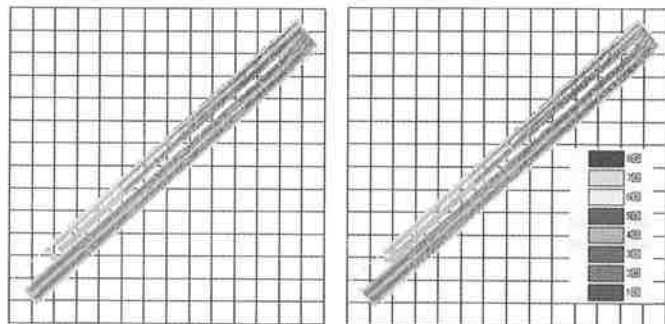


図7 転圧回数分布図 (左: TS, 右: GPS)

謝 辞

本システムの開発に協力いただいた社内関係者および現場導入に協力いただいた作業所の関係者に感謝したい。

参考文献

- 1) 国土交通省, 情報化施工推進戦略, 平成 20 年 7 月
- 2) 国土交通省, TS・GPS を用いた盛土の締め情報化施工管理要領 (案), 平成 15 年 2 月
- 3) 小島・佐藤, 盛土施工管理システムの開発, 技術研究所報 No.25, 平成 11 年 7 月

DEVELOPMENT OF A FILL CONSTRUCTION MANAGEMENT SYSTEM AND A FUNCTIONAL TEST OF THE SYSTEM WITH THE USE OF GPS

T.Ueno, K.Endou, and M.Nakamura

Authors developed a new Fill Construction Management System, and introduced it into an airport construction site. A new system was enabled to correspond also to GPS besides the automatic pursuit type total station as a positional measurement device. The comparative testing with the total station was done for the verification of a function concerned.

As a result, it was able to be confirmed to satisfy a prescribed function and the performance even if GPS was used. In this report, it reports on the result of the function verification examination for the finding and GPS obtained because of the outline and the site introduction of a new system.