

盛土転圧情報化施工管理システム

西澤修一

盛土施工の効率化と品質の向上を図るため、GPS等を用いて締固め機械の走行軌跡を追跡し、盛立て層ごとの転圧回数や施工層厚情報を数十cmのメッシュ単位で電子ファイルに記録し、管理を行うシステムを開発した。本報文は、実用性を高めるため、特に改造を図った点を中心に述べる。

キーワード：盛土、締固め管理、転圧回数、GPS、自動追尾型トータルステーション

1. はじめに

盛土工事において、締固め管理は盛土の品質を決定するうえで重要なポイントとなっている。

盛土転圧情報化施工管理システム（以下、本システム）は、盛土の新たな品質管理手法として開発を行ったものであるが、締固め機械の走行軌跡を正確に追跡できるGPSや自動追尾型トータルステーションといった最新測量技術なくしては実現できなかったものである。こうした点で、測量・計測技術は、機械化施工技術の高度化を支えていると言える。

本報文は、開発した締固め管理システムのうち、特に、実用性を高めるために工夫した機能を中心に述べる。

2. システムの概要

(1) システムの概要

本システムは、締固め機械に搭載する重機用管理システムと、作業所で管理する作業所用管理システムの2つからなっている。

重機用管理システムは、締固め機械の3次元走行軌跡を、GPSや自動追尾型トータルステーションを用いて取得する。同時に、運転席の表示画面には、重機の現在位置をリアルタイムに表示すると共に、施工中の転圧回数状況が、回数に応じた色分け分布図で表示される。

一方、作業所用管理システムは、締固め機械で取得した走行軌跡情報を携帯電話等を介して受取った後、転圧回数や施工後の標高を数十cmのメッシュ単位で把握し、電子ファイルにこれらの情報

を記録する。電子ファイルは、2次元の平面メッシュ位置と1次元の高さ方向の盛立て層No.からなる3次元ファイル構造になっている。

したがって、結果の出力は、任意の標高を指定することにより、標高ごとに一連の全域の転圧回数や施工層厚情報が表示できる。

(2) 重機用管理システムの機能概要

重機搭載システムは、以下の①～④の流れで処理を行う（図-1参照）。

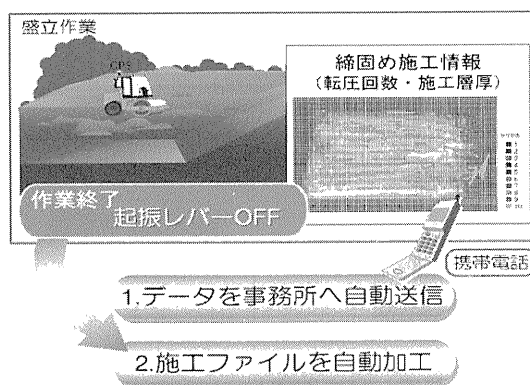


図-1 重機用管理システム概念図

- ① 締固め機械が作業エリアまで移動し、転圧輪に振動をかけて転圧作業を開始すると同時に起振情報を検知し、重機の走行軌跡情報の記録を自動的に開始する。
- ② 運転席の管理画面上に、重機の現在位置を示す表示と共に、転圧回数に応じた10段階の色分け分布図を表示する（図-2参照）。
- ③ 転圧作業の終了に伴い、転圧輪の振動を終了させると同時に、この情報を検知し、走行軌跡情報の記録を終了させて、記録した情報

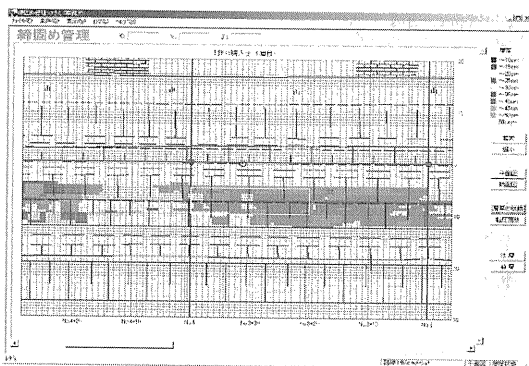


図-2 重機側表示画面例（施工層厚 10 段階表示）

を携帯電話で作業所へ自動送信する。

- ④ 運転席の管理画面上に、「データ送信終了」を表示すると共に、それまで表示されていたその転圧作業の色分け分布図は消去される。しかし、その日の全走行軌跡データは、その日一日だけ保存される。

（3）作業所用管理システム

作業所管理システムは、以下の①～③の流れで処理を行う（図-3 参照）。

2. 施工ファイルを自動加工

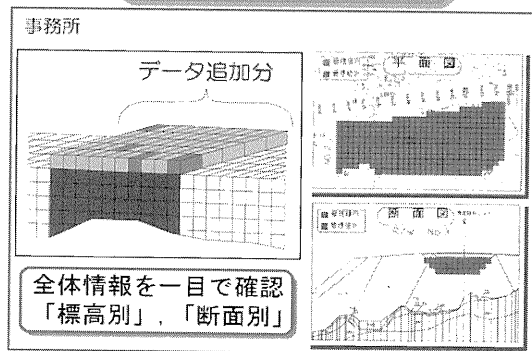


図-3 作業所用管理システム概念図

- ① 締固め機械から送信された走行軌跡情報は、作業所のパソコンで受信すると同時に、表示画面に、転圧回数や施工層厚状況を規定値内・外の 2 色の色分け分布図を表示する（図-4 参照）。
- ② 新規の転圧回数や施工後の標高情報は、電子ファイルの新しい盛立て層 No. 箇所に、追加登録される。

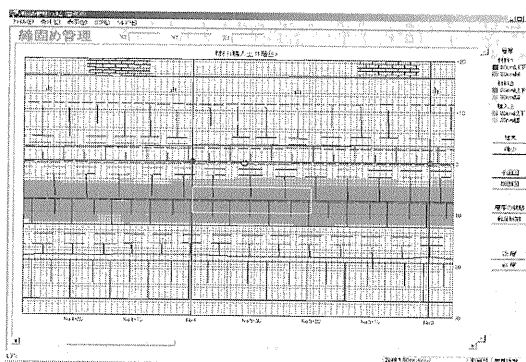


図-4 作業所側表示画面例（施工層厚 2 色表示）

- ③ 電子ファイル内容の情報は、任意の標高値や断面 No. を指定することにより、規定値内・外の 2 色に色分けされ、一連の情報として出力される。

3. 追尾用の測量機器の得失比較

（1）GPS 方式

GPS 方式の特徴を以下にまとめる。

① 適用場所

一般に、仰角 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 以上の上空に障害物が多い場合、適用可能な時間帯や作業エリアが限定される恐れがある。

② 操作性

オペレータが重機の電源を入れるだけで、直ちに重機の追尾を自動的に開始する。

③ 天候への適応性

基本的に全天候型である。

④ 重機追尾性能

1 W 新簡易無線を用いた場合、4 km 前後までの追尾が可能である。

⑤ 重機追尾精度

GPS 固定局との距離が離れていても、水平・鉛直位置精度 $\pm 10 \sim 20$ mm は変わらない。

（2）自動追尾型トータルステーション方式

自動追尾型トータルステーション方式の特徴を以下にまとめる（写真-1 参照）。

① 適用場所

山間部やトンネル内など、閉鎖空間での使用が可能である。



写真—1 トータルステーション使用の管理風景

- ② 操作性
追尾開始前に、トータルステーションを重機上の反射プリズムへ向ける必要がある。
- ③ 天候への適応性
霧や雨天時では、測定は難しい。
- ④ 重機追尾性能
適正な追尾範囲は数百 m 程度である。
- ⑤ 重機追尾精度
水平・鉛直位置精度±10~30 mm は、測定距離が長くなると低下する可能性がある。

4. システム機能の改造点

本システムは、運用上の実用性を高めるため、主に以下の5点について改造を行った。

- ① GPS と自動追尾型トータルステーション方式の併用
 - ② 締固め機械の管理用メッシュ通過判定方法
 - ③ 盛立て層の管理方法
 - ④ 転圧終了区域との接合部管理方法
 - ⑤ 自動ファイリング前の転圧情報確認方法
- 上記5点のうち、特に、②~⑤について述べる。

(1) 締固め機械の管理用メッシュ通過判定方法

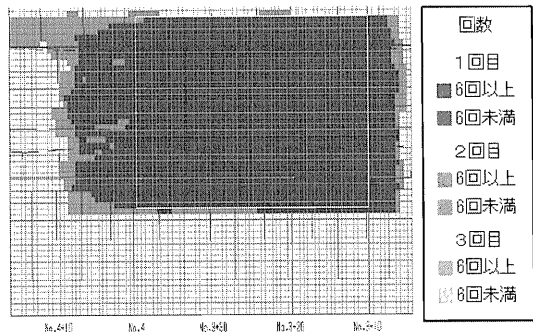
締固め機械の転圧輪がメッシュ内を通過したか否かを判定するため、メッシュ中心から転圧輪の左・右端部の走行軌跡までの距離を求め、所定の長さ以上あるか否かで、メッシュ内通過を判定する方法を採用した。

最適な通過判定半径について、メッシュ幅 50 cm を使用して検証実験を行った。通過判定率を、

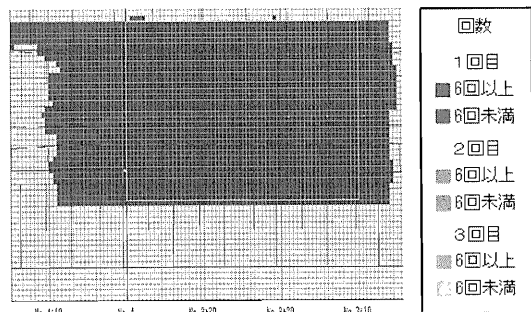
- ① 50% (メッシュ幅の半分以上の通過が必要=メッシュ枠からメッシュ中に向かって 25 cm 以内が許容値)。
 - ② 75% (メッシュ幅の 75% 以上の通過が必要=メッシュ枠から 12.5 cm 以内が許容値)。
 - ③ 100% (メッシュ幅いっぱいの通過が必要)。
- の3タイプに分けて転圧を行い、規定回数未満となる発生面積の割合を検証した。その結果は、表—1、図—5、図—6 のとおりである。

表—1 通過判定率と未転圧発生割合

通過判定の許容半径 (メッシュ幅 50 cm 使用)	未転圧面積 の発生割合
50% 以上の場合 (メッシュ枠から 25 cm 以内)	0%
75% 以上の場合 (メッシュ枠から 12.5 cm 以内)	0.1%
100% の場合 (メッシュ枠いっぱい)	1.1%



図—5 50 cm メッシュ、通過判定率 75% の管理結果



図—6 50 cm メッシュ、通過判定率 100% の管理結果

転圧走行では、隣接レーンと 10 cm の範囲で重なるように心掛けたが、地盤の不陸等の影響により、重機の水平位置の測位誤差は、±10~20 cm 程度見られた。

管理用メッシュ幅は、小さいほど管理精度は上

がるが、その反面、メモリ容量を多く必要とし、また、パソコン操作上で画面の移動時間が遅くなるなどの不都合が生じる。したがって、メッシュ幅や通過判定率は、重機の管理精度と運用面とのバランスを考慮しながら、工事の規模や工種に応じた検討を行う必要がある。

(2) 盛立て層の管理方法

高速道路や空港など盛立て工事の地形条件は、主に、地形が複雑に入組んだ山間地型と、海上空港など盛立て初期の基盤面が平坦な平坦地型の2通りに分けられる。本システムは、電子ファイルでメッシュ単位に登録する盛立て層情報は、これらの地形条件に応じて、2通りの異なる管理方法を採用した。

山間地型では、各施工箇所での敷均し・転圧作業において、そのつど最下層からの盛立て層 No. を把握することは困難である。したがって、この地形条件下での盛立て層管理方法は、盛立て層 No. を意識することなく転圧情報は順次電子ファイルへ登録を行う。そして出力は、希望する標高を指定し、指定した標高に関する全メッシュの登録された転圧回数・施工層厚情報を一連に画面や管理図で出力するようにした（図-7 参照）。

一方、平坦地型では、一層ごとに盛立て層 No. を把握しながら施工を進めていくことが可能である。したがって、この地形条件下での管理方法は、まず、重機搭載の管理システムで施工管理する盛

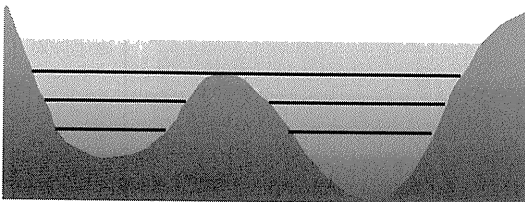


図-7 山間地型の盛立て層の概念図

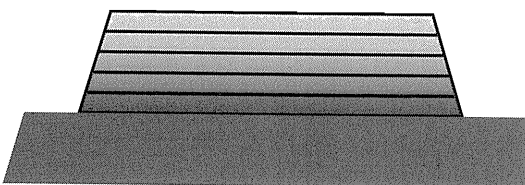


図-8 平坦地型の盛立て層の概念図

立て層 No. を設定し、転圧情報と共に盛立て層 No. を同時に記録する。そして、作業所用管理システムでは、転圧情報は電子ファイルの所定の層 No. 箇所に登録される。

出力は希望する層 No. を指定し、その層 No. に関する全メッシュの登録された転圧回数・施工層厚情報を、すべて一連に画面や管理図で出力するようにした（図-8 参照）。

(3) 転圧終了区域との接合部管理方法

転圧作業がすでに完了している区域に隣接して新たに敷均し、転圧作業を行う場合、隣接する完了区域内の一定範囲では、すでに正規の転圧作業を行う必要はなく、締固め機械の走行は次のレーンへ方向転換することに使用される。

このため、この隣接する完了区域内の一定範囲では、新たに規定値以下のデータが記録されることになるが、これら規定値外のデータは、不必要なデータである（図-9 参照）。

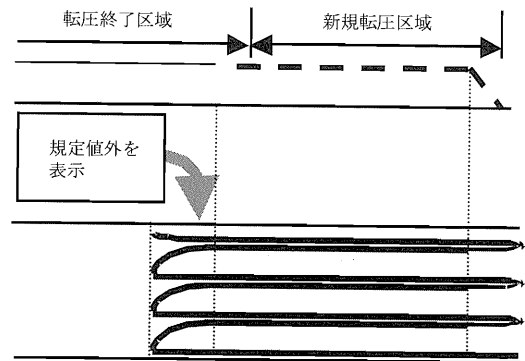
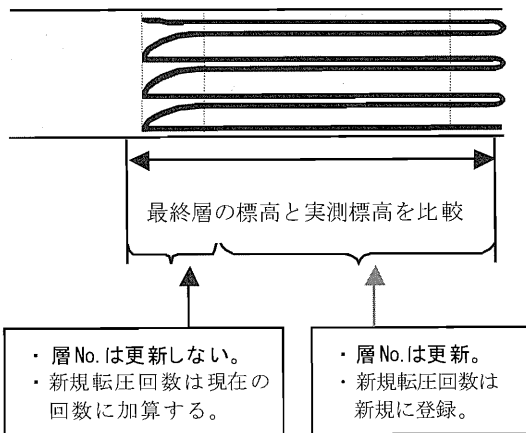


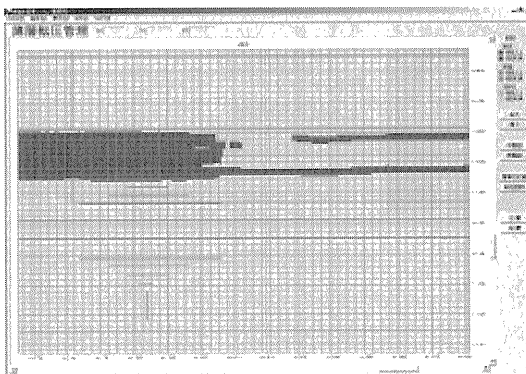
図-9 転圧終了区域との接合部管理方法（1）

したがって、この隣接する完了区域内の一定範囲で登録されている正規の転圧情報が、新たな規定値外の転圧情報と置換えられたり、または新規に別途登録されるのを防ぐ必要がある。

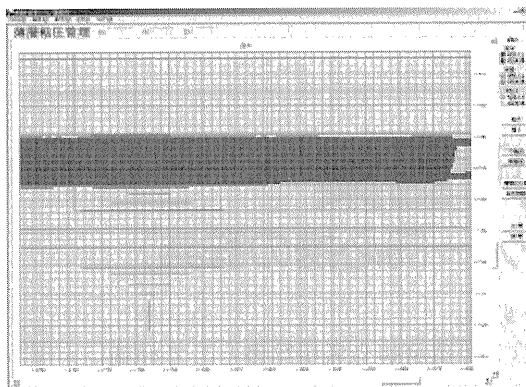
そこで、作業所用管理システムでは、走行軌跡情報を登録する場合、新規の転圧標高とすでに登録されている前回の転圧標高とを比較し、標高差をメッシュ単位で求め、その差が一定の範囲内にある場合は、層 No. は更新せず、新規発生した転圧回数は、すでに登録されている前回の層 No. の転圧回数にそのまま加算させるだけの処理方法



図一10 転圧終了区域との接合部管理方法(2)



図一11 隣接区域が転圧前の転圧回数管理図例



図一12 隣接区域が転圧後の転圧回数管理図例

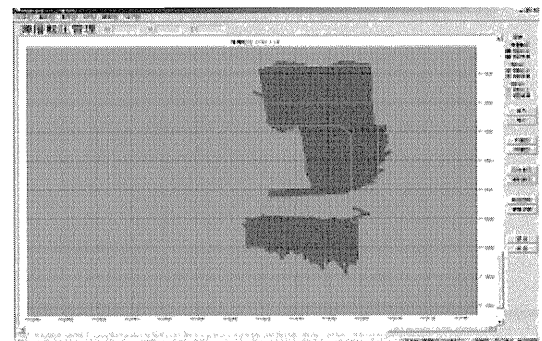
を採用した。これにより、転圧終了区域の転圧情報の管理が正しく行えるようになった(図一10, 図一11, 図一12 参照)。

(4) 自動ファイリング前の転圧情報確認方法
転圧情報の取得から電子ファイルへの登録に至

る処理過程において、例えば重機の追尾を行う際、GPS 固定局の位置を間違えたり、トータルステーションの後視点を間違えて視準してしまった場合、管理データをすべて一連に自動処理してしまうと、処理の過程でこのミスに気が付かない恐れがある。また、重機搭載の管理装置の一部にトラブルが発生した場合、これに気付くのが遅れる恐れもある。

したがって、締固め管理を行う過程の一部で人手を介する過程がある場合には、すべて自動的に処理を行うことは大変危険である。

そこで、作業所用管理システムでは、締固め機械で取得した転圧情報を電子ファイルへ登録する前に、転圧結果の色分け分布図を日単位でパソコン画面に表示させ、この表示結果と手元の作業記録とを照らし合わせて、システムで取得した転圧情報の善し悪しをいったん目で確認してから電子ファイルへの登録処理を行うようにした(図一13 参照)。



図一13 転圧情報の確認画面例

5. システムの導入効果

本システムは、これまで数箇所の工事での適用実績があり、システムの適用効果も確認されている。適用効果をまとめた結果は以下のとおりである。

- ① 締固め管理図を既存の電子平面図・断面図と重ね合わせることにより、締固め情報の位置関係が一般 CAD 図面の中で確認でき、品質管理の高度化が図れる。
- ② メッシュ単位の電子ファイリング情報を CSV 形式等で出力することにより、各種の成果表の作成に利用でき、締固め管理業務の

省力化が図れる。

- ③ 重機側管理システムで取得した転圧情報は、携帯電話等を用いて作業所側管理システムへ自動送信することにより、複数盛場の重機稼働状況がリアルタイムに近い形で遠隔管理できる。

6. おわりに

盛土転圧情報化施工管理システムの現場運用にあたっては、いくつか解決すべき課題も残っている。それらは、主に以下の3点である。

- ① システムの現場導入を迅速に行うためには、数種類のシステム機器構成を標準的に整備しておく必要がある。
- ② 締固め機械に搭載する管理システムは、故障には至らないまでも、特にコンピュータに絡んだハード、ソフトのトラブルが時々発生する。したがって、システムのスムーズな稼働を維持するためには、現場にて即時的に対

応できる管理体制を整備しておく必要がある。

- ③ スムーズなシステム運用を実現するまでには、ある程度、操作や運用対応に慣れるための時間が必要である。したがって、システムの導入時期を決定するにあたっては、このタイムラグを考慮する必要がある。

本システムは、現在、静岡空港本体造成工事および中部国際空港埋立て工事で稼働中であり、システム機能の実用性は実証されている。今後も現場の要望を取入れながら、システムの高度化をさらに進めていきたい。

J C M A

【筆者紹介】

西澤 修一 (にしざわ しゅういち)
大成建設株式会社
技術センター
土木技術開発部
情報化建設技術開発室
次長



建設機械用語集

(建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典)

- 建設機械関係基本用語約2000語(和・英)を集録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 約200頁 定価2,100円(消費税込)：送料600円
会員1,890円(")： "

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289