

# 29. 土の締固め遠隔管理システム

大成建設㈱：西澤 修一

## 1. はじめに

GPSや自動追尾型トータルステーションを使用した締固め自動管理技術は、現在、高速道路や空港、ダムなど、大規模造成工事において次第に普及し始めている。本システムは、盛土工事における締固め機械の3次元走行軌跡情報を、GPSや自動追尾トータルステーションを用いて追尾し、品質管理の高度化を図ったものである。これまで、システムの実用性を高めるため、様々な造成工事での実利用をとおして機能の改良を行ってきた。本論分は、その間に取り組んだ主なシステム機能の改良ポイントを中心に述べる。

## 2. システム概要

### 2.1 システムの概要

システムの特徴は、大きく2つに分かれる。

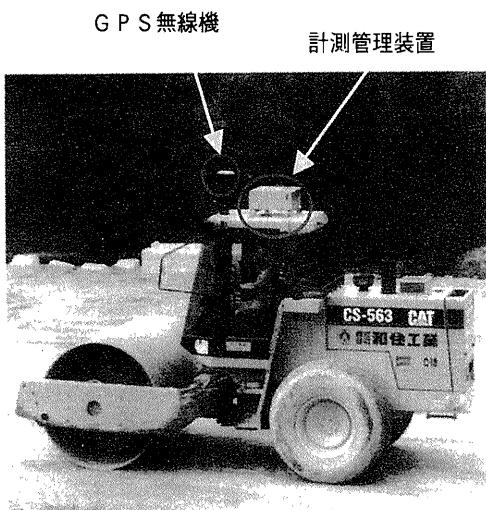


図-1 重機に設置した各種計測管理機器

#### 1) 重機用管理システム；

GPSや自動追尾型トータルステーション（以下、「TS」とする）を用いて重機の走行軌跡を追尾し、転圧回数や施工層厚状況を画面に色分け表示する。同時に、3次元走行軌跡データを記録する（図-2参照）。

#### 2) 作業用管理システム；

重機の3次元走行軌跡データに基づいて転圧作業を分析し、転圧情報をメッシュ単位の電子ファイルに登録する（図-3参照）。

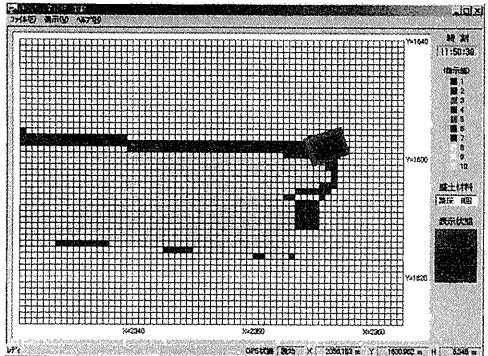


図-2 重機用管理システムの画面例

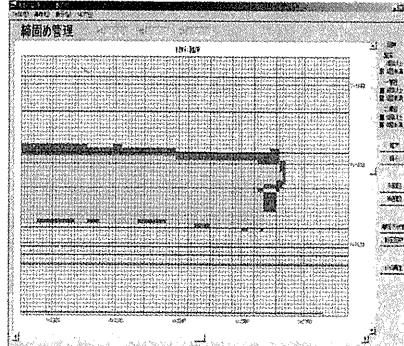


図-3 作業所用管理システム画面例

## 2.2 GPSおよび自動追尾トータルステーション（TS）の併用

本システムは、GPSとTSを併用することが可能である。しかし、両者の特徴はかなり異なっており、測量機械の選定に当っては、特に地形や工事規模を考慮する必要がある。重機の追尾に関する両者の特徴は以下のとおりである。

### 2.2.1 GPS方式

- (1) 施工場所： 山間部においては、適用時間・場所が限定される恐れがある。
- (2) 機器の運用方法： 重機の電源を入れるだけで重機の追尾が開始できる。
- (3) 天候への対応性： 基本的に全天候型である。
- (4) 重機追尾性能： GPS固定局から3～4kmの範囲まで追尾が可能である。
- (5) 重機の測位精度： 水平位置=±10～20cm、鉛直位置=±2～3cm。
- (6) 追尾上の留意点： GPSの測定標高は、工事で採用するジオイド高とは異なる橢円体高であり、追尾範囲は広い場合、この違いをよく認識する必要がある。

### 2.2.2 自動追尾トータルステーション（TS）方式

- (1) 施工場所： 山間部やトンネル内など、閉鎖された空間での適用が可能である。
- (2) 重機の運用方法： 追尾開始時には、TSで反射プリズムを視準する必要がある。
- (3) 天候への対応性： 霧や雪、雨の中では、重機の追尾は難しい。
- (4) 重機追尾性能： 追尾範囲は300m程度が限界である。
- (5) 重機の測位精度： 水平位置=±20～30cm、鉛直位置=±3～4cm。
- (6) 追尾上の留意点： 重機が多数錯綜して作業する場所では、追尾の中止が発生する恐れがあり、この対策を十分に検討しておく必要がある。

### 3. システムの主な改良ポイント

本システムは、数ヵ所の現場適用をとおして、機能の実用性をさらに高めるための見直しを行った。機能の改良を図った点は主に以下の4点である。

#### 3.1 振動転圧輪の通過判定手法の開発

面的なメッシュ内を転圧輪が通過したか否かを判定する方法として、メッシュ中心から転圧輪の端部までの距離を測定し、その距離が設定した通過判定の半径以上あるか否かで判定する方法を用いた。この通過判定半径（判定率）は自由に設定できる。

転圧輪の通過判定方法と、転圧回数を加算していく処理の流れは以下のとおりである。（図-4参照）

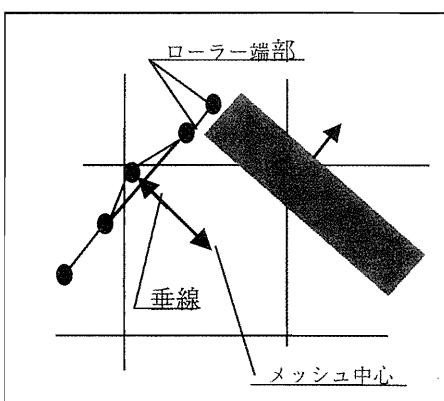


図-4 転圧ローラー通過管理の概念図

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50cm 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25cm以内)	0%
75%以上の場合 (メッシュ枠から12.5cm以内)	0.1%
100%の場合 (メッシュ枠いっぱい)	1.1%

- (1) GPSまたはトータルステーションにより、重機の走行軌跡を3次元座標で1秒間隔に追尾する。
- (2) 1秒前と現在位置の左・右それぞれの転圧ローラー端部を直線で結ぶ。
- (3) 管理用メッシュごとに、メッシュ中心からローラー端部を結ぶ直線に対する垂線を引き、垂線の長さを求める。
- (4) 垂線の長さが、設定値以上の場合は、そのメッシュを重機が通過したと判定する。

そこで、通過したと判定できないメッシュの発生割合について実験した。

実験は通過判定率を、①50%（メッシュ幅の半分以上の通過が必要）、②75%（メッシュ幅の75%以上の通過が必要）、③100%（メッシュ幅いっぱいの通過が必要）の3タイプに分けて行った。その結果は、表-1、図-5、-6のとおりである。

検証実験の結果、未転圧の発生割合は、通過判定率を100%にしたとき1.1%、通過判定率を75%にしたとき

0.1%であった。転圧走行では、隣接レーンと10cm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、±10~20cm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、メモリー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。

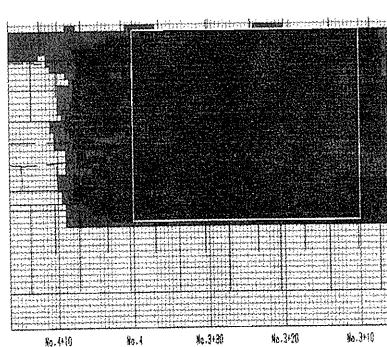


図-5 通過判定率75%の管理結果

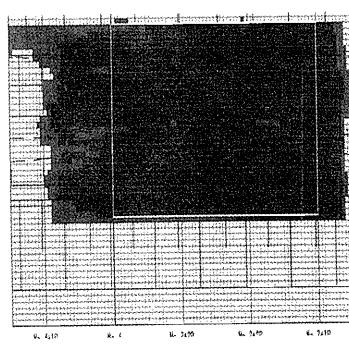


図-6 通過判定率100%の管理結果

### 3.2 既転圧区域に接する新規転圧区域でのデータ管理方法

転圧作業がすでに完了している区域に接して、新たに敷均し・転圧作業を行う場合、すでに転圧作業が完了している隣接部は、締固め機械が方向転換などを行う場所となるため、新たに発生する転圧回数は規定値以下が多くなる。しかし、この隣接部の電子ファイルには、すでに規定値内のデータが記録されており、このデータと新たな規定値以下のデータとが置き換えられるのを防ぐ必要がある。

そこで、転圧回数を電子ファイルに記録する際に、メッシュ単位で前回と今回との標高差を求め、標高差が一定の範囲内にあるときは、記録されている転圧回数に新規の転圧回数をそのまま加算するようにした。これにより転圧回数の登録時において、既転圧区域と新規転圧区域の処理方法の選別が自動的にできるようになり、両区域における転圧回数データの管理を正しく行うことができた。（図-7、-8参照）。

### 3.3 盛立層情報の管理方法

一層ごとに盛立てられる転圧情報の層別管理方法は、盛立てられる地形条件の違いにより、以下の2つの方法を選択して行った。

#### 1) 山間部での盛立管理

山間部の地山形状は複雑であり、電子ファイルへの記録や出力は、層No. 単位に

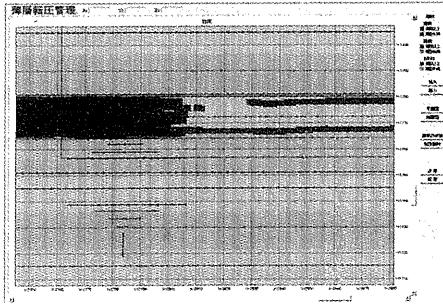


図-7 隣接部が転圧前の管理図例

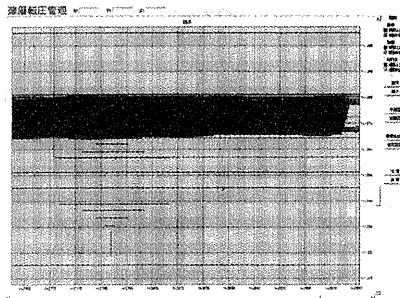


図-8 隣接部が転圧後の管理図例

行っても、それらは同一標高上のデータではないため、そのような管理方法は、結果を表示する際にほとんど利用できない。そこで、このような地山地形での転圧情報は、盛立層 No. を意識せずに、施工された順に電子ファイルへ記録する。そして、結果の出力は、任意の標高を指定し、その標高にかかる全メッシュ情報を一連表示させるようにした。

## 2) 平坦部での盛立管理

平坦部での転圧作業は、盛立層 No. 単位に実施が可能であるため、転圧情報の電子ファイルへの記録は、層 No. を指定しながら行う。そして、結果の出力は、層 No. を指定し、その層 No. にかかる全メッシュ情報を一連表示させるようにした。

## 3.4 転圧情報の電子ファイル登録前の確認方法

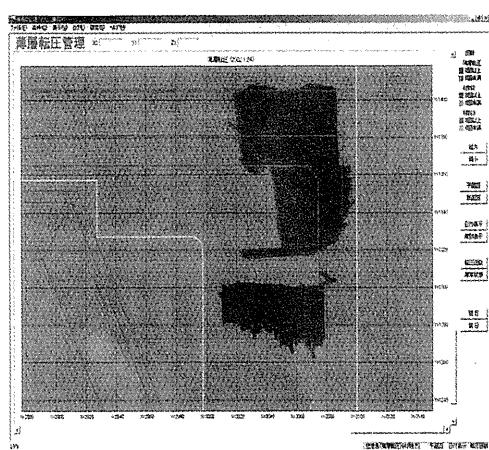


図-10 転圧情報の確認画面例

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 G P S 固定局のアンテナ高の設定や T S の後視点を間違えて重機の追尾を行った場合、管理データをすべて一連に自動処理を行うと、この誤り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は発見が遅れるなど、すべて一連に自動処理を行うことへの弊害が予想される。

そこで、転圧情報を正確に電子ファイルへ登録するため、作業所用管

理システムでは、電子ファイルへ登録を行う前に、転圧情報を日単位でパソコン画面に表示させ、これと手元の作業記録とを照らし合わせて、転圧情報の善し悪しを目でいったん確認してからファイリング処理を行うようにした。

#### 4. システムの導入効果

本システムの現場適用実績に基づいた適用効果は、以下のとおりである。

- (1) 締固め作業の品質管理が、面的、盛立層単位にできる。
- (2) 複数の締固め機械の転圧情報は、携帯電話等を用いて作業所用管理システムへ自動送信されるので、稼働状況が遠隔地にて管理できる。
- (3) 転圧情報はCSV形式等で出力し、必要な成果表や提出書類を自動的に作成できる。
- (4) 竣工後において、施工情報が詳細に再生、確認できるため、維持管理データとしての利用や保存ができる。

#### 5. おわりに

本システムの現場運用にあたっては、いくつか検討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) システムを迅速に現場適用するためには、工事の規模や工種に応じて、システム機器構成を数種類に分けて標準化しておく必要がある。
- (2) 装置を日常的に管理していくためには、現場の運用体制を整備する必要がある。
- (3) 重機のオペレータは、管理装置を操作する必要はほとんどないが、装置は重機の電源を利用しておらず、システム概要を理解してもらうための教育は必要である。

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工事で適用中であり、システム機能の実用性は実証されている。今後も現場からの要望を取り入れながら、システムの高度化をさらに進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 日本道路公団：土工施工管理要領、pp. 32～36、1989.
- 2) 三嶋信男・緒方健治・北村佳則・益村公人：GPSを利用した土の締固め自動管理手法の導入、土と基礎、Vol. 48、No. 4、pp. 9～12、2000.