

6. DGPSを用いた盛土の締固め管理システムの開発

(株)大林組：古屋 弘，栢本 繁，*富岡 彰

1. はじめに

一般に、盛土施工の品質管理には、品質規定と工法規定の2通りの手法が採用される。この内、工法規定とは、試験盛土の結果に従い、盛土の締固めに使用する転圧機種、転圧回数、まき出し厚を規定して品質を保つ方式である。従来は工法規定における転圧回数を客観的に管理する手段としてはタスクメーター等を利用するものがあったが、最近ではGPS (Global Positioning System) や自動追尾式トータルステーション等を利用して、転圧機械の位置を自動計測し転圧回数管理を行うシステムの開発事例が見られる。しかし、これらのシステムも実状は、利用環境やコスト面で問題を抱えているようであり、まだ施主や施工業者に認められて広く普及するまでには至っていない。

こうした中、今回我々は、従来システムの持つ様々な問題点を解決した、DGPS (Differential GPS) 利用による盛土転圧管理システムを開発し、実工事に本格的に採用した。本文は、開発したシステムの概要と工事への適用状況について報告するものである。

2. 開発目標

システム開発にあたり、以下の6項目を重要な検討項目とした。尚、主機能は、「振動ローラーの転圧回数を自動管理する」ことに絞った。

- ①できるだけ経済的 (安価) なシステムとする。
- ②山間部等の現場 (衛星の捕捉状態が悪い現場) においても確実に利用できること。
- ③位置計測値が転圧管理に対して必要十分な精度を有すること。
- ④振動ローラーのオペレーター自身が現在の転圧状況を確認しながら作業できること。
- ⑤複数台の振動ローラーで同時に利用でき、各振動ローラーの転圧状況をリアルタイムで一元管理できること。
- ⑥結果は迅速に整理でき画面表示や帳票出力を行うなど、誰もが客観的に確認できるようにすること。

まず、⑤の複数台を同時管理できる必要がある点から自動追尾式トータルステーションは不向きと判断し、GPS を利用したシステムに絞った。建設分野でのGPS利用とえば、数年前からRTK-GPS (Real Time Kinematic-GPS) を利用してシステムを構成するものが多かったが、我々は、利用目的に対する計測の要求精度およびコストパフォーマンスを十分考慮する必要があると感じていた。RTK-GPS の場合、開発目標に対して次の課題があった。

- ・複数台へ搭載した場合には非常に高価なシステムになり、①を満たせず現場で採用されにくい。
 - ・位置座標を確定するのに5衛星必要であり、周囲の障害物等で衛星をロストした場合、再確定に約60秒ほどかかりその間解を得られないなど、②を満たせず現場に使用制限を強いることになる。
- そこで、我々は①、②を満たしかつナビゲーション利用向きのDGPS専用機の適用を検討し、最終的

に③の許容範囲を満たす高精度タイプのものを採用した。

3. システム概要

今回開発したシステムは、工法規定における振動ローラーの転圧エリアおよび転圧回数を自動計測し、管理するものである。すなわち、複数台の振動ローラーの位置を GPS 測位装置にてリアルタイムに求め、施工エリア内を任意サイズに分割したメッシュ枠の通過回数をカウントし、その通過回数の状況を各振動ローラーの運転席に設置した携帯コンピュータ画面に表示するものである。また、各振動ローラー毎に計測した通過回数および通過位置の情報は、無線機を使って管理室（事務所または無線通信が可能な範囲内に設けるハウス等）のコンピュータへも同時に伝送するため、施工エリア内全ての振動ローラーの転圧回数の表示と結果の記録に対して、一元的な監視・管理が実施できる。尚、事務所と現場が離れているような場合には、記録したデータはオンライン処理または記憶媒体等にて事務所に持ち帰り、事務所のパソコンにて別途管理および帳票出力することも可能である。さらに、無線機のトラブル等で振動ローラー側の計測データが管理室に届かなかった場合でも施工記録に欠損が生じないように、振動ローラー側の設備ではデータのバックアップを行っている。システム構成概念図を図-1に示す。

振動ローラーの位置計測には、DGPS 測位装置を採用した。これは、これまで DGPS の測位精度は数 m 程度と言われてきたが、技術の進歩により、水平方向の測位精度が 15cm というものが出現し、転圧管理には必要十分な精度を有していると判断したためである。

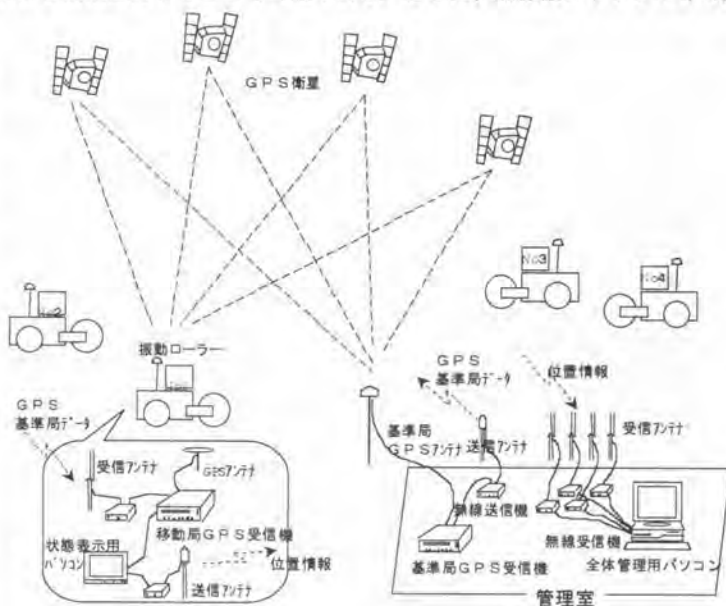


図-1 システム構成概念図

表-1 各システムの特徴

比較内容	DGPS 採用の今回開発したシステム	RTK-GPS を採用した場合
利用環境	<ul style="list-style-type: none"> 必要衛星数が最低4つで済み、上空視界の狭くなる山間部等での利用にも有利となる。 システムの立ち上がりがスムーズ。 3衛星でも2次元処理（平面座標のみ取得）にて本システムの動作が可能にした。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要衛星数が5つ（初期化時）であり、山間部等では利用不可な場所や時間が発生する。 何らかの原因での衛星捕捉中断毎に初期化による待ち（約60秒）が発生。すなわち、上空視界の狭い場所ではより問題となる。
コスト	<ul style="list-style-type: none"> GPS機器のみで、RTK-GPSの約1/4程度。 	<ul style="list-style-type: none"> GPS機器そのものが高価。
精度	<ul style="list-style-type: none"> 水平方向で数十cm、垂直方向でその2～3倍悪いが、回数管理上はこの水平精度で十分と判断。 垂直精度がいくぶん劣るため、出来形管理には別途補助手段による補正情報などが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 高精度であり、水平方向で数cm、垂直方向でその2～3倍悪い程度。 高さ情報を使って、自動出来形計測を付加したシステムとすることも可能。

DGPS を採用した本システムの特徴を、開発例の多い RTK-GPS を採用した場合と比較して表-1に示す。

4. 工事への適用

4-1 工事概要

工事名称：能勢変電所新設工事に伴う土木工事
のうち敷地造成工事

発注者：関西電力株式会社

施工場所：大阪府豊能郡能勢町吉野

工期：平成9年1月27日～11年3月25日

整地工事：切土 788,000^m³、盛土 982,000^m³
盛土厚 60m、盛土高 100m



写真-1 現場の盛り立て初期状況

4-2 システムの導入

現場は写真-1のように、谷沢部に盛土を造成するため GPS 衛星の捕捉状態が悪い施工位置および時間帯が存在し、GPS 利用上大変不利となる。そこで、システム稼働中は各振動ローラー側で衛星捕捉データを常時記録して状況の把握を行っている。その結果、盛土初期時の作業時間帯のうち4衛星以下の時間帯が約20%あり、更にそのうち3衛星の時間帯（それ未満はない）が数%ほど存在した。そこで、3衛星時には平面座標のみを求めることで位置管理し、4衛星以上になれば3次元座標を求めるといったソフトとしたことで、データ欠損の無い24時間適用可能なシステムとなった。

本システムを搭載した振動ローラーを写真-2に、運転席のモニター設置状況を写真-3に示す。データ記録管理の仕様上、稼働中にオペレータは本システムに対して多少の操作を行う必要があるが、これをできるだけ簡素化すると共にその手段も写真-3に示すような簡易なテンキー入力とした。

また、現場の施工エリアを最も良く見渡せる位置に管理室を設け、一元管理用のコンピュータ機器、無線機、および DGPS の基準局機器等を設置した。

転圧回数の表示は、各まき出し回数（層）毎に、施工エリアを任意サイズに分割したメッシュを転圧回数に応じて色分した分布図として表示される。尚、当現場ではこのメッシュは DGPS の精度と振動ローラーのローラー幅を考慮して50cmとした。



写真-2 システムを搭載した振動ローラー



写真-3 振動ローラーの運転席状況

分布図の表示例として、振動ローラー運転席のモニター画面を図-2に、管理室内の管理コンピュータ画面を図-3に示す。

4-3 システムの稼働状況

平成10年3月より稼働を開始して以来、大きなトラブルもなく、現在3台の振動ローラーがシステムを搭載して稼働中である。現場は盛土の終了までの期間、本システムによる管理を実施することを発注者と確認しており、導入当初より管理体制を整えて本システムに対応している。

結果の管理は管理室のコンピュータ画面上での確認の他に、図-4に示すようなまき出し層毎の帳票印刷を行っている。出力結果は視覚的に判り易く客観的な管理が実施できることから、現場のみならず発注者にも非常に好評である。また、現場は、図-4に示す印刷物を盛土の品質管理記録として日報と一緒に発注者に提出している。

5. おわりに

今後、盛土の品質管理の一手段としてこのようなシステムを普及させていくには、システムの実用性の実証と信頼性の確立はもちろんのこと、何よりもその費用対効果が問われる。そして、従来にはない管理手段であるため、発注者の信用と理解を得ることが必要である。

今回、位置計測に高精度 DGPS を採用したことにより、RTK-GPS や自動追尾式トータルステーションを利用したシステムに比べ、より安価で実用的なシステムとすることができた。今後、本システムの適用実績をふまえ、盛土の施工管理手段として汎用的に利用されるようになることを期待している。

最後に、本システムの開発にあたりご指導、ご協力を頂いた関電能勢工事事務所はじめ関係者の方々、現場導入にご理解、ご協力頂いた関西電力(株)関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

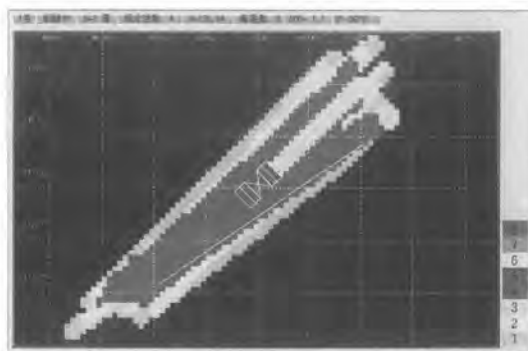


図-2 振動ローラー運転席のモニター画面

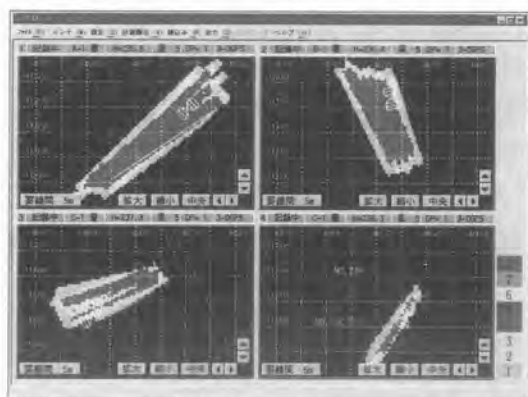


図-3 管理室内の管理コンピュータ画面

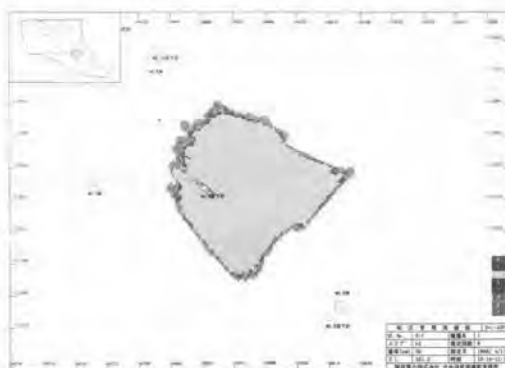


図-4 管理実績帳票