

シームレス補正機能を備えた転圧管理システム

GNSS 情報遮断時の慣性／TS 補正切り替えシステムの開発

伊藤 圭 祐

現場の状況に合わせ、フレキシブルにソフトウェア改良が可能な GNSS 転圧管理システムを 2010 年度に自社開発した。一般に GNSS 転圧管理システムは、上空に遮蔽物の多い場所や高架下、カルバートなど、GNSS 信号が遮断されてしまう場所では使用できないという制約があった。近年、転圧管理システムは官庁工事や高速道路工事等において標準的に使用される傾向にあり、様々な現場条件に対応するためにも改良を行う必要があった。新たな機能を追加した当該転圧管理システムは、GNSS 衛星の配置不良や衛星数不足により測位精度が低下すると、自動で慣性センサまたはトータルステーションモードに切り替わり、継続して位置情報データを取得できるように工夫したものである。この新機能によって上記のような制限のある現場においても、高い精度で転圧状況を認識・管理出来るため、舗装品質の向上が期待できる。

本報は GNSS に加え、慣性センサ、トータルステーションにも対応した新型転圧管理システムについて述べるものである。

キーワード：土工、舗装工、情報化施工、ローラ、転圧管理

1. はじめに

転圧管理システムとは、トータルステーション（以下 TS）あるいは全地球測位システム（以下 GNSS）を用いて締固め機械の位置情報をリアルタイムに記録し、舗装体の品質を締固め回数で面的管理することで、舗装品質の均一化を図るシステムである。

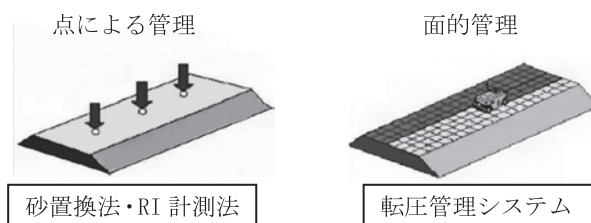
従来より使用してきた転圧管理システムは、GNSS のみを用いた仕様であった。通常、GNSS 転圧管理システムを天空に遮蔽物のある現場条件のもと（高架下やカルバート等）で使用すると、遮蔽物付近にて精度を確保するための十分な衛星数が捕捉出来ないため、衛星の配置状況が 1 方向に偏ってしまう等の不具合が生じる。精度確保に必要な衛星数が捕捉出来ない状態であれば、転圧情報が記録されず、1 方向に偏っている状態であれば、データに誤差が発生してしまう事が懸念される。そのため、転圧管理システムを使用するには、衛星からの信号を受信できる条件下である必要があり、天空が開けていない場所では使用できなかった。また、高層ビル等、周囲に反射物がある場合、衛星からの信号を反射させてしまい、信号が届くまでの時間差で位置情報がズレてしまうマルチパス現象が起こってしまう。

本報は上記の不具合を解消するために開発したシ-

ームレス補正機能を備えた転圧管理システムについて紹介するものである。

2. 転圧管理システムによる品質管理

転圧管理システムとは、従来の砂置換法や RI 計測法による代表点の管理に代えて、あらかじめ締固め回数と密度の相関を調査した上で、TS や GNSS から得られる締固め機械の位置情報をリアルタイムに表示・記録し面的管理する手法である（図—1）。締固め機械の軌跡や転圧回数が色分けしてモニタ画面に表示され、リアルタイムに転圧状況を確認できるため、オペレータの作業負担や転圧ムラの軽減が期待できる。その転圧管理システムの表示画面例を写真—1 に示す。



図—1 品質管理手法

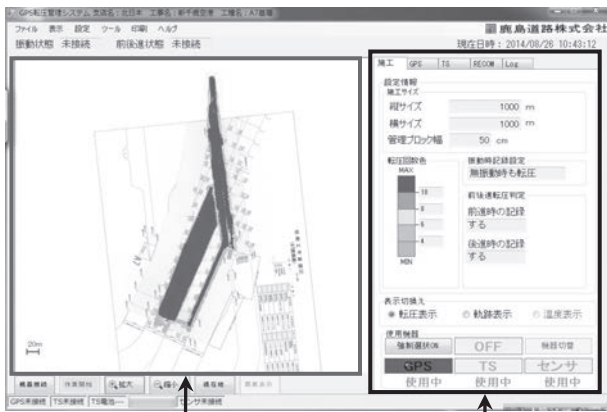


写真-1 転圧管理記録表示画面

写真-1 転圧管理記録表示画面

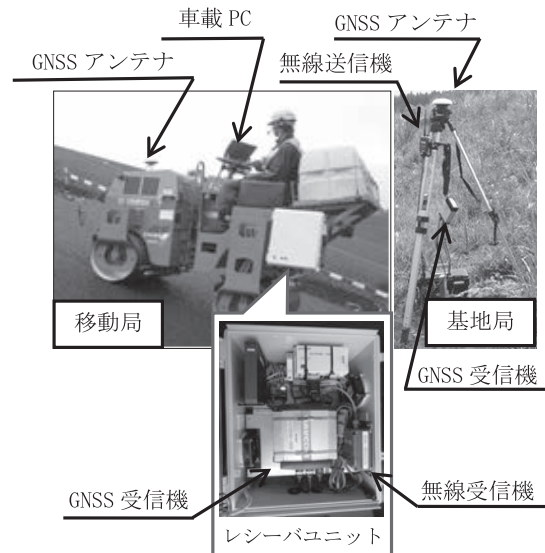


写真-2 RTK-GNSS 機器構成

3. GNSS 転圧管理システムの機器構成

転圧管理システムにGNSSを用いる場合は測位精度を確保するために、一般的にはRTK-GNSS（干渉測位方式）とVRS-RTK（仮想基準点方式）の2つの衛星測位方式の何れかを採用しており、現場状況に応じて使い分けが可能である。

(1) RTK-GNSS

RTK-GNSSは測位の対象となる移動局（締固め機械）の近くで、座標位置のわかっている場所に基地局を設置する。そして、GNSS衛星からの信号を移動局と基地局とで同時に受信し、基地局から移動局へ補正データを無線で送信することにより、移動局の測位精度を向上させるシステムである（水平誤差約±15mm）。

RTK-GNSSの転圧管理システム機器構成を写真-2に示す。移動局は、転圧状況を表示・記録するための車載PC、レシーバユニット（GNSS受信機及び、基地局からの補正データを受信するための無線受信機）、GNSSアンテナで構成される。基地局はGNSS受信機、補正データを送信する無線送信機、GNSSアンテナで構成される。移動局と基地局との最大距離は使用する無線出力の到達距離に左右される。また、基地局からの無線出力範囲内であれば、複数台の移動局の同時稼働が可能である。

(2) VRS-RTK

VRS-RTKは無線受信機の代わりに、仮想基準点補正データを受信するためのデータ通信端末が組み込まれており、現場内に基地局を設置する必要がない。

図-2に示すように、まず移動局で単独測位を行

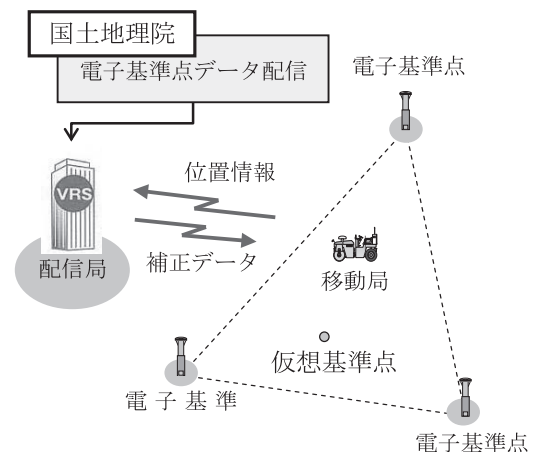
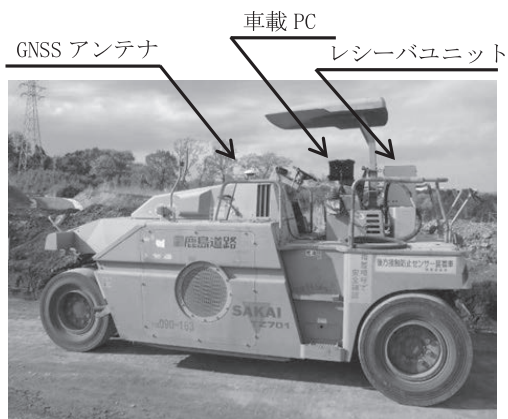


図-2 VRS-RTK 概念図

い、携帯通信端末を介して位置情報を配信局へと送信する。同時に電子基準点（国土地理院が日本全国に設置しているもので1,300点ほどある）データを配信局で受信し整理を行う。配信局は送られてきた位置情報と3点以上の電子基準点観測データを基に移動局付近に仮想基準点（仮想の基地局）を構築する。これによって、あたかも移動局の近くに仮想の基地局があるかのように補正データを取得できる。VRS-RTKの転圧管理システム機器構成を写真-3に示す。

VRS-RTKは、基地局の設置が必要ないため現場装置の簡略化ができるうえに、RTK-GNSSと同等の精度を得られることから利用される機会が増えている。なお、携帯通信端末を用いて配信局のデータを入手するため、携帯電話通信費と配信データ費が発生する。また、携帯電話の通信エリア内でなければデータを取得することができないので、利用するには注意が必要である。



写真一3 VRS-RTK 機器構成

4. 現場事例（従来システム）

ここで紹介するのはシームレス補正機能を備えていない転圧管理システムを適用した現場であり、シームレス補正機能を備えた転圧管理システムを開発する背景となったため、ここに紹介する。

(1) ダム・ため池舗装工事

写真一4はダム・ため池舗装工事にRTK-GNSS転圧管理システムを用いた際のものである。施工現場は携帯電話の受信が安定しないエリアであったため、RTK-GNSS方式を採用した。通常、ダム・ため池舗装工事の品質管理において砂置換法のようなコア抜きを行う方法では水漏れなどの恐れがあるため、工法規定方式に基づいて品質管理を行う。工法規定方式とは盛土の締固めに関する規定方式の1つで、事前の試験施工により決められた回数を転圧し品質管理を行うものである。転圧管理システムは広大なフィールドにおいて、転圧回数管理・記録に大いに役立った。



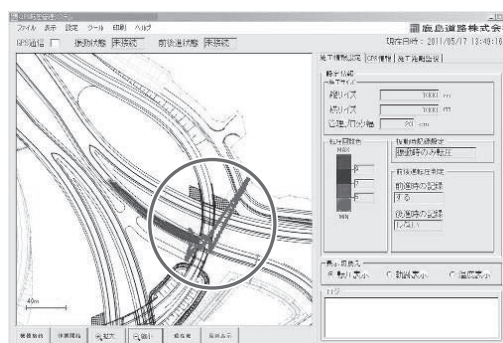
写真一4 ダム・ため池舗装工事例

(2) 高速道路ジャンクション舗装工事

写真一5は高速道路ジャンクション舗装工事にVRS-RTK転圧管理システムを用いた際のものである。図一3は実際に現場で記録した転圧管理システムの表示画面である。○印で囲んだ部分ではカルバートの転圧作業のため、衛星からの信号が遮断され、実際の締固め機械の軌道から大きく逸脱した転圧記録結果となった。これは衛星を用いるシステムでは避けることのできない問題であり、現場状況をあらかじめ把握しておく必要がある。



写真一5 高速道路ジャンクション工事例



図一3 転圧管理状況画面

5. 追加機能

従来の転圧管理システムはGNSSのみの対応であったため、現場条件によっては使用可能範囲が制限されてしまう場合もあった。そこで、新たにTSと慣性センサをシステムに追加し従来の不具合を解消した転圧管理システムを開発した。

(1) TS 転圧管理システム

TSを用いて締固め機械の位置情報を取得することにより、記録、表示、管理するシステムがTS転圧管理システムである。TS転圧管理システムの概要を以下に示す。

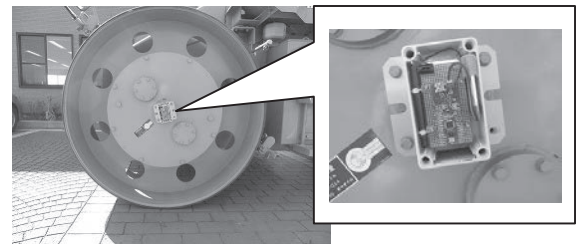
現場内に設置された自動追尾式 TS は基準点を視準する事によって、現場のローカル座標系を認識する。この状態で締固め機械に取り付けたプリズムを自動追尾し、プリズム座標を取得する。移動局は、TS から現在の座標を無線データ通信により連続的に受信し、転圧軌跡を記録するという機構である。TS の設置位置は使用する場所の選定と現場内の構造物等で追尾が遮られない位置を確認する必要がある。また、GNSS 転圧管理システムは複数台の同時使用が可能だが、TS 転圧管理システムは TS1 台に対し、移動局 1 台の組み合わせとなる。TS 転圧管理システムの機器構成は、従来の転圧管理機器に加え、TS からの位置情報を受け取るための無線機、TS が移動局の位置を補足するためのプリズムで構成される。機器の構成を写真—6 に示す。



写真—6 TS 転圧管理システム機器構成

(2) 慣性センサ

慣性センサを追加した転圧管理システムは GNSS や TS での転圧管理を行う際の補助的な物であり、慣性センサのみで全施工区間を管理するものではない。慣性センサは 1 台の締固め機械に対して 2 種類装備する。1 つ目は、締固め機械の移動距離を計測するものである。2 つ目は締固め機械の推進角を計測しシステム上で進行方向を定めるものである。慣性センサの取り付け例を写真—7、写真—8 に示す。



写真—7 慣性センサ機器構成



写真—8 慣性センサ機器構成

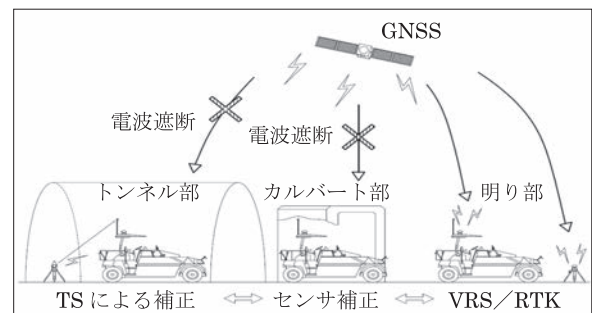
現場での活用を目指した。選択可能なシステムの組み合わせを以下に示す。

- ① GNSS+TS+慣性センサ ② GNSS+TS
- ③ GNSS+慣性センサ ④ TS+慣性センサ
- ⑤ GNSS 単体使用 ⑥ TS 単体使用

①の GNSS+TS+慣性センサを例に説明をすると、通常時は GNSS にて締固め機械の位置情報の取得を行い、トンネル進入等の現場条件により GNSS からの測位精度レベルが低下した時点で、自動的に TS による計測に切り替わる。仮に、GNSS からの測位精度レベルが低下した状態で、かつ、TS の追尾が他の重機などに遮られる等により、何れの位置情報とも取得できなかった場合は、慣性センサからのデータに自動的に切り替わる。トンネルを抜けて再度 GNSS の測位精度レベルが確保された時点で GNSS に自動的に切り替わり位置情報の測定が継続的に行われる。これにより、シームレスな転圧軌跡や転圧回数の記録が可能となる。現場条件により①～⑥の組み合わせを選択する。以下の図—4 にシステムのイメージ図を、写真—9 に試験状況をあげる。

6. シームレス補正機能とは

シームレスとは「継ぎ目の無い」という意味である。ここで挙げるシームレス補正機能とは、複数の測位技術 (GNSS を含む) を組み合わせる事により、締固め機械の位置情報を途切れることなく捕捉、記録することが出来る機能のことである。本機能と従来の GNSS 転圧管理システムを組み合わせることで、より多くの



図—4 システムイメージ図



写真-9 試験状況写真

7. 現場事例（シームレス補正機能装備）

ここで紹介するのはシームレス補正機能を備えた転圧管理システムを適用した現場であり、実際の現場事例と合わせて、ここに紹介する。

(1) 高速道路舗装工事

写真-10はNEXCO中日本管内の新東名高速道路、岡崎舗装工事にてシームレス補正機能を備えた転圧管理システムを使用した坑口付近での施工状況写真である。



写真-10 坑口付近施工状況

図-5は坑口付近にてシームレス補正機能を備えた転圧管理システムを使用した際の表示画面であり、○印で囲んだ部分はトンネル内から明り部にローラが出入りし、データが切り替わった位置である。従来機であれば、GNSSのみの対応であったため、トンネル内の転圧記録を取得する事は出来なかった。また、坑口付近においても衛星からの受信状況が悪くなると、実際の転圧箇所と異なる箇所を記録してしまう不具合があった。しかし、シームレス補正機能を備えた転圧管理システムでは、トンネル内はTSを使用して位置情報の取得を行い、坑口付近にてGNSSから安定した位置情報の取得が可能となると、自動でGNSSか

らの位置情報に切り替わり、本現場においても不具合なく転圧箇所の記録を行っている。ただし、本現場において機能した機器は、GNSS及びTSのみであり、慣性センサは機能を発揮する機会がなかった。

現場は現在も施工中（平成27年10月現在）であり、本システムが使用されている。

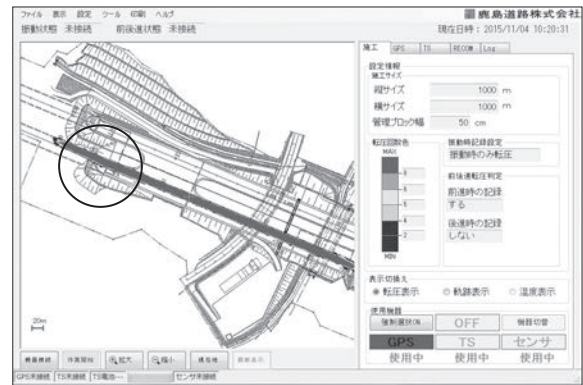


図-5 転圧記録結果

8. おわりに

本報では、GNSSの他にTS、慣性センサを使用して「シームレス補正機能」を盛り込んだ転圧管理システムの紹介を行った。現場でGNSS転圧管理を行う上で問題となっていたカルバートや切土等の地形に対応した機器の調整やソフトウェアの改善などを図ってきた。それにより、様々な現場条件に対応できるシステムになったと確信している。今後は新システムの普及に努めると共に、より使いやすいシステムにしてい

JCM/A

《参考文献》

- 1) 国土交通省情報化施工推進戦略（2008年7月）：<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/kondankai/ICTsekou/sennryaku.pdf>（2012年10月時点）
- 2) ㈱ジェノバ：カタログ「JENOBA方式によるネットワーク型RTK-GPS配信サービス」
- 3) 鹿島道路㈱ 大竹元志：「折返し指示機構を搭載したGNSS転圧管理システム」, 舗装（2012年9月）

【筆者紹介】

伊藤 圭祐（いとう けいすけ）
鹿島道路㈱
機械部

