

GPS とジャイロを用いた締固め管理システム

清水建設(株) 土木本部技術第一部 正会員 ○皿海章雄
 日本道路公団 静岡建設局 建設部 正会員 片寄 学
 日本道路公団 清水工事事務所 正会員 竹野 毅
 清水建設(株) 名古屋支店 正会員 森下裕史

1. はじめに

GPS (Global Positioning System) を用いた施工規定方式による盛土の締固め管理システムは、GPS により振動ローラの走行軌跡を高精度で求め、盛土ヤード全面の転圧回数を把握することができるシステムであり、従来から開発、実験導入が進められている¹⁾。しかし、このシステムは、GPS が受信できていることが必要条件であり、GPS の受信状態が悪い狭隘な山岳地等ではその適用が困難なものであった。

この問題を解決するために、筆者らは、振動ローラに GPS と共に 3 軸光ファイバージャイロと車速センサーを搭載して、GPS が欠損した場合に、3 軸光ファイバージャイロの計測角と車速センサーの計測移動距離から走行軌跡を求めることのできる GPSG (GPS & Gyro) 締固め管理システムを新たに開発し実用化した。本稿では、この GPSG システムの内容を報告する。

2. GPS 単体を用いた施工規定方式の問題点

GPS は、表-1 に示すとおり、捕捉衛星数の不足や GPS 電波障害により、精度が劣るようになり、品質管理手法として GPS 施工規定方式が適用できないという問題点がある。

3. GPSG (GPS & Gyro) システムの開発

RTK-GPS が欠損した場合に、精度の良い走行軌跡が得られないという問題点を解決するために、振動ローラに 3 軸光ファイバージャイロと車速センサー（以下 3 軸ジャイロシステム）を搭載し、RTK-GPS 欠損時には 3 軸ジャイロシステムで走行軌跡を求めることのできる GPSG (GPS & Gyro) 締固め管理システムを開発した。3 軸光ファイバージャイロは、図-1 に示すように 3 軸の姿勢角（ヨー、ピッチ、ロール）を検出する光ファイバージャイロ 3 台と加速度計 2 台（ピッチ、ロール）で構成され、振動ローラの使用環境を考慮して、耐振動性と防塵・防水性が向上した構造となっている。車速センサーは、駆動輪に設置して、駆動輪の回転数を検知することで移動距離を求めている。

GPSG システムは、RTK-GPS が欠損した場合に、3 軸ジャイロシステムに自動的に切り替わり走行軌跡を求めることができるため、あらゆる施工条件においても施工規定方式の盛土締固め管理が可能となる。

GPSG システムは、RTK-GPS が欠損した場合に、3 軸ジャイロシステムに自動的に切り替わり走行軌跡を求めることができるため、あらゆる施工条件においても施工規定方式の盛土締固め管理が可能となる。

4. 3 軸ジャイロシステムの補正手法

3 軸ジャイロシステムによる走行軌跡は、ある基準点から出発して、3 軸ジャイロによる角度と車速センサーによる移動距離を基に相対位置として求めるものである。この測位手法の問題点は、計測サンプリング毎

キーワード：GPS、光ファイバージャイロ、盛土締固め管理、施工規定方式

連絡先：東京都港区芝浦 1 丁目 2-3 シーバンス S 館 電話 03-5441-0554 FAX 03-5441-0512

表-1 RTK-GPS の欠損理由

GPS 測位モード	必要捕捉衛星数	測位精度	RTK-GPS 欠損理由	
			素因	要因
RTK-GPS	初期化時 5 測量時 4	数 cm	—	—
DGPS	4	数十 cm	捕捉衛星数の不足	サイクルスリップ ¹⁾ 地形的影響
			GPS 電波障害	マルチパス ²⁾
SGPS	3	数十 m	捕捉衛星数の不足	サイクルスリップ 地形的影響
			GPS 電波障害	マルチパス
			固定局無線の不通	建造物・重機等の障害 地形的影響

*1 サイクルスリップ：地形条件や深い木々、他重機的位置関係の障害により、GPS データが断片的にしか受信できない状態になる。この状態をサイクルスリップと呼ぶ。サイクルスリップが生じると GPS 受信機はデータを取得できなくなるため、位置解析の精度が低下する。

*2 マルチパス：GPS 電波を直接波として受信せず、反射波として受信した場合に、受信電波情報は真値に比べ異なったものとなるため、位置演算を精度良く行うことがなくなる。この GPS 電波の複数の反射波による障害がマ

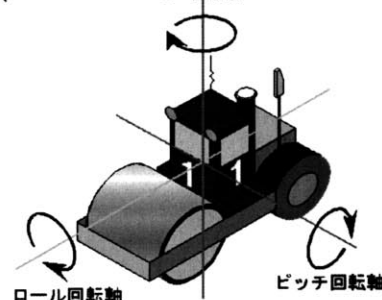


図-1 振動ローラの姿勢角

に計測誤差が累積していくことであり、3 軸ジャイロシステムのみで走行軌跡を長時間にわたり求めると、RTK-GPS 測位と比較して大きな誤差が生じる。GPSG システムでは、3 軸ジャイロシステムで走行軌跡の実用的な精度を得るために、5 種類の補正手法を考案して採用している。図-2 に補正処理のフローを、表-2 に補正方法の説明を示す。これらの補正処理は、GPS の測位モードと、振動ローラの動作状況を判断してすべて自動的に処理される。また、5 種類の補正手法には、それぞれ設定パラメータがあり、基礎走行実験を通じて最適なパラメータを求め、それを実工事において適用している。

表-2 3 軸ジャイロシステムの補正手法

補正名称	補正内容
γ スムージング	計器の感性により大きくばらつくロール角(γ)を計測値の全体的な変化を抑えて、リアルタイムで良好なデータに平滑化する処理。
後進補正	後進時における振動ローラの機械的および構造的挙動により発生する誤差をリアルタイムで補正。
ドリフト補正	光ファイバージャイロ自体の機械的な特性で、計測時間に比例して検出角度が遷移していく現象(時間ドリフト)をリアルタイムで補正。
カルマンフィルター補正	GPS の位置座標とジャイロと、車速センサーの誤差をリアルタイムで補正。
内挿補間補正	ジャイロのみで走行軌跡を求める場合に生じるジャイロの計測誤差を既知点情報を基に最小二乗法を適用して後処理で補正。

5. 補正手法の効果

ここでは、ピッチ角の後進補正法の効果について述べる。振動ローラが後進する場合は、車体本体側が前に傾いた状態で後進する。したがって、車体本体に設置したジャイロは、前に傾いた状態でピッチ角を検出するため、走行面の標高を正しく求めることができない(図-3)。後進時の車体本体の傾斜角と走行面の傾斜角が一致するように補正角を把握し、この補正角を基にピッチ角を補正するのがピッチ角の後進補正法である。図-4 にピッチ角の後進補正適用例を示すが、走行面の標高を正しく求められることが分かる。

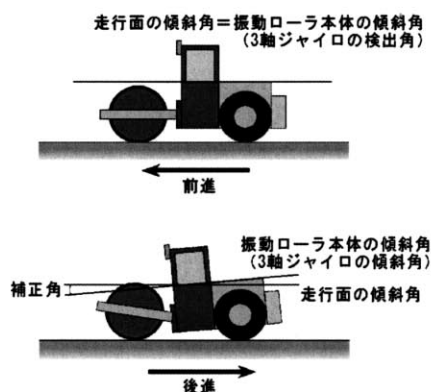


図-3 後進時の振動ローラの挙動

6. まとめ

3 軸ジャイロシステムを導入した GPSG システムの開発により、RTK-GPS 欠損時においても、振動ローラの走行軌跡を高精度で求めることが可能となり、あらゆる施工条件において施工規定方式による盛土の締固め管理が可能となった。今後は、実現場での適用を通じて、3 軸ジャイロシステムの走行軌跡精度をさらに向上する手法を検討する考えである。

<参考文献>三嶋他:「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, Ser.No.507, 2000.4

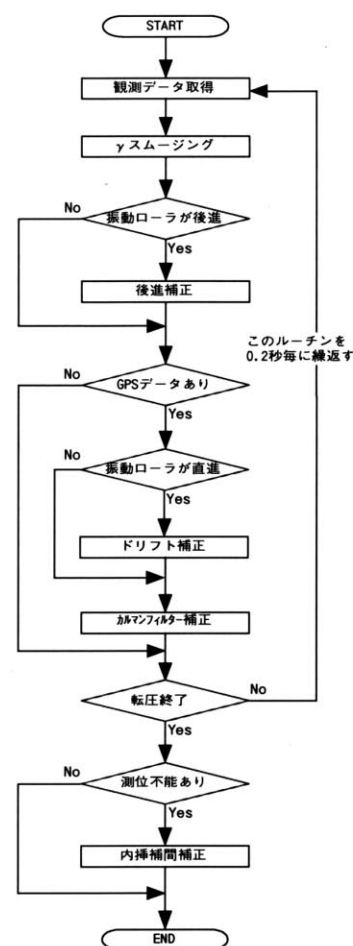


図-2 補正処理フロー

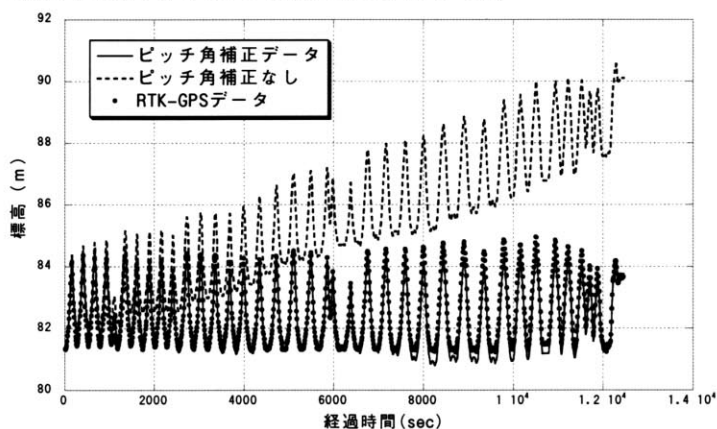


図-4 ピッチ角の後進補正適用例