

GPS を用いた盛土の締固め情報化施工 Control of embankment construction using GPS technology

浜田 透*
Toru Hamada

要 約

本工事は、施工延長が約 1,400 m と広い範囲での道路の切・盛土工事であり、盛土材料は岩塊を主体としていた。従来の試験による管理では広域を精度良く管理することが難しいと予想されたため、リアルタイムかつ全面での管理が可能な管理手法として GPS 盛土管理システムを採用した。本システムの運用に当たっては、地形、方向性や現場環境等の予期せぬ影響を受けたが、施工時の工夫によりこれらの課題に適切に対処することができた。

本報文では、GPS 盛土管理システムを実際に運用する中で遭遇した課題およびそれらの課題にどのように対応したかについて述べる。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 目的
- § 3. 課題と工夫
- § 4. 成果
- § 5. まとめ

§ 1. はじめに

本工事は、中国横断自動車道尾道・松江線のうち、三次市吉舎町吉舎内の工事区間約 1,400 m を建設する工事である。当該工事は、工区内の地山約 37 万 m³ を掘削し、約 43 万 m³ を盛土する計画となっている。この盛土の締固めの品質を向上させるため、GPS を用いた盛土の管理を実施している。

本報文では、道路盛土工事に採用した GPS 締固め管理システムについて述べる。

(工事概要)

工事名：尾道・松江自動車道吉舎改良工事

発注者：国土交通省中国地方整備局

工事場所：広島県三次市吉舎町吉舎地内

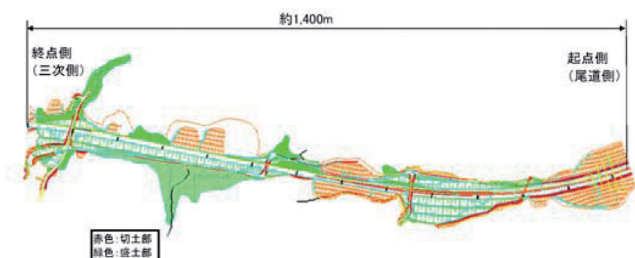
工期：平成 22 年 2 月 2 日～平成 24 年 2 月 29 日

請負金額：1,076,200,000 円（税抜き）

工事内容：工事延長 L = 1,320 m

道路土工（掘削工） V = 371,780 m³

道路土工（盛土工） V = 439,900 m³



図一1 全体平面図



写真一1 盛土状況

* 西日本（支）吉舎（出）

表一 従来の盛土管理方法と GPS 盛土管理システムとの比較

項目	従来の盛土管理方法	GPS 盛土管理システム
締固め回数の確認	<ul style="list-style-type: none"> オペレータによるカウント →カウント間違いの可能性あり. タスクメータによる機械稼働時間の管理 →作業終了後の確認となる. 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムの転圧回数表示 →規定回数の転圧が確実にできる. リアルタイムに確認でき、効率よく施工が行える. 現場事務所でもリアルタイムに確認できる.
品質管理方法	<ul style="list-style-type: none"> 砂置換法 (路体: 1 回 /1,000 m³, 路床: 1 回 /500 m³) RI 法 (1 日 1 層毎, 管理単位 1,500 m²) →点での管理であり, 抽出検査となる. →試験測定に時間がかかる. →軟岩 II, 中硬岩の場合試験が困難. 	<ul style="list-style-type: none"> 転圧回数による管理 (工法規定方式) →全面管理を行うため, 品質が確実になる. リアルタイムに確認する. →軟岩 II, 中硬岩でも対応可能である.

【特徴・効果】

- ① 転圧回数を面的に把握できるため、転圧不足・過転圧を防ぎ品質が均一になる。
- ② 盛土の締固め状況をリアルタイムで把握、確認できる。(オペレータ、現場事務所)
- ③ 軟岩 II, 中硬岩による岩塊盛土でも確実な盛土全面の品質管理ができる。
- ④ 転圧回数、走行軌跡などの施工データ記録が帳票として出力・保管され、トレーサブルになる。

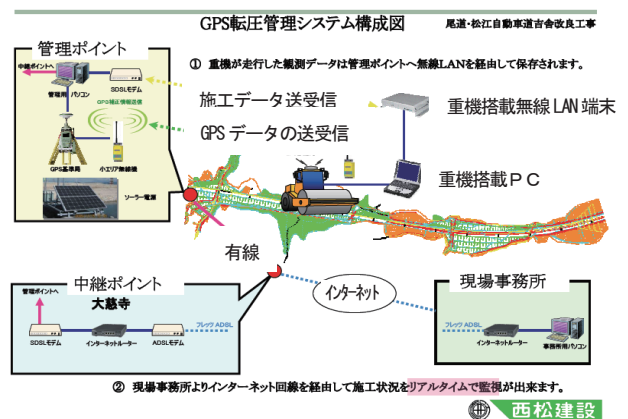


§2. 目的

当該工事の盛土材料は岩塊の割合が 80% と多く、その最大粒径は 100 mm を超えるものを多く含んでいる。従来の砂置換法及び RI 計法による盛土の品質管理は、締固め後に現場密度を直接計測して管理するものであるが、適用できる最大粒径が、それぞれ最大粒径が 53 mm, 100 mm である。このため、当該施工においては、従来の品質管理方法の適用が困難であった。

このため、盛土の現場密度を直接測定する必要がない「GPS を用いた盛土の締固め管理」が有効であると判断した。

GPS を用いた締固め管理方法による品質管理は、事前に試験施工を行い締固め回数を決定し、その締固め回数が確実に実施されたことを確認することにより管理する方法で、施工時にオペレータが車載パソコンのモニターで締固め回数分布図を確認することにより、盛土全面の品質を管理することができる。



図一 2 GPS 締固め管理システムの概要

表一1に、従来の盛土管理方法とGPS盛土管理システムとの比較を示す。

§3. 課題と工夫

(1) GPS 締固め管理システムの概要

GPSの概要を以下に示す。また、システム構成を図一2、写真一1～3に示す。

- ・重機走行の観測データは、無線LANを経由し、現場に設置した管理ポイント内のパソコンに保存される。
- ・GPS基準局から、位置補正情報が小エリア無線機より締固め機械（移動局）に伝達される。
- ・移動局側のGPS受信機で基準局からのベクトルを算出し、移動局の位置座標を求める。
- ・座標データは、車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニター（写真一2）に締固め位置と回数が表示される。
- ・振動ローラオペレータは、モニターに表示された締固め位置と回数を把握しながら、施工を行う。
- ・インターネット回線を利用することで、現場事務所においても締固め状況をリアルタイムに監視できる。

(2) 人工衛星の捕捉

図一3に人工衛星の軌跡図を示す。この図に示すように、人工衛星は、南面に多く飛んでいることがわかる。したがって、人工衛星を遮る障害物が南面にある場合は、捕捉できる人工衛星の数が極端に少なくなる。

また、このシステムでは、測定精度を確保するために、人工衛星を最低5基以上測位する必要がある。図一4には、広島県において測位可能な衛星数を時間帯別に示しているが、時間帯により測位可能な衛星数が変化していることが分かる。この図は、障害物が無い場合の衛星数を示しており、当該工事のように、周囲を山で囲われている場合には、最低測位数5基を確保できない場合がある。

本工事では、測定精度を向上させるため、米国のGPSに加えロシアのGLONASS（Global Navigation Satellite System）を利用することとした。

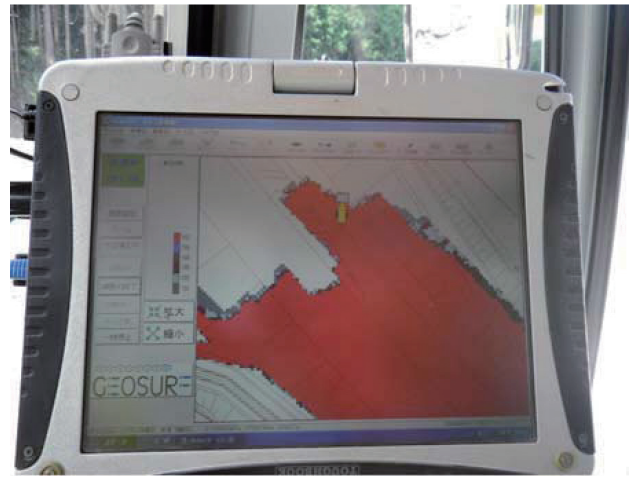
(3) 面的管理

GPS締固め管理システムでは、事前に施工エリア（面）を決定し、その範囲内を仕上り厚さ30cm以内で締固める。次層も同様に施工を行い、施工層を積み重ねることとなる。

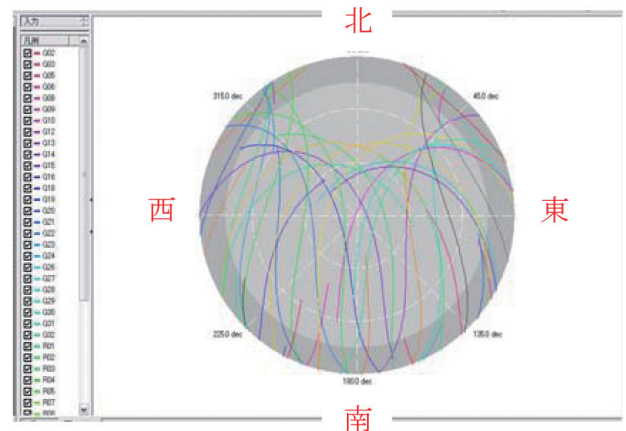
そこで、事前に各断面図（20m間隔）に道路縦断勾配沿って、層分けを行うとともに、層番号を決定した。盛土場には、層番号を明示したまき出し棒を設置し、オペレータが認識できるようにした（写真一4）。

(4) 電源

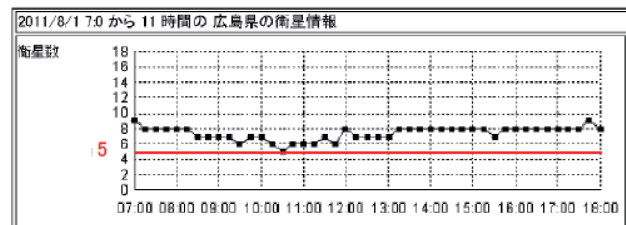
管理ポイントには、データ管理用のパソコン等があり安定した電源が必要であるが、当該現場付近には電線がなかったため、インバータ付発電機を使用していた。



写真一4 重機に装備されたモニター



図一3 人工衛星の軌跡図



図一4 GPSの捕捉状況



写真一5 まき出し棒

しかし、それでもパソコン周辺機器の故障が相次ぎ、一時的にGPS締固め管理システムが機能しないことがあった。

安定した電源を確保するために、電力会社へ依頼し、電気を管理ポイントまで引き込んだ。

(5) GPS基準局の移設及び施工データ送受信無線LAN用中継アンテナの設置

当該現場は、延長約1.4kmと長いので、盛土場も広範囲に移動していくこととなる。盛土場の移動に伴い、各機器も適切に移設する必要がある。

GPS基準局については、人工衛星を捕捉しやすいよう、山の頂上付近に移設した(写真-5)。また、電源については、ソーラー電源を利用した。

基準局と移動局(振動ローラ)との施工データの送受信は、無線LANにより行っている。この無線LANは、互いのアンテナが視認できない場合、データの送受信ができない。そのため、盛土締固め範囲が移動した場合、データの送受信ができなくなることが生じた。

そこで、互いのアンテナが視認できなくなる前に、その都度中継アンテナを設置した。なお、中継アンテナの電源は、有線にて供給していたため、施工中切断しないよう用地境界際に配線するようにした(写真-6)。

§4. 成果

(1) 試験盛土

GPSを用いた盛土の締固め管理では、事前の試験施工で確認された所定の締固め回数を確実に管理することが基本となるため、本施工に先立ち試験盛土を実施した。

締固め度で管理できる盛土材料(土砂、軟岩I)については、RIによる現場密度試験及び表面沈下量を測定した。締固め回数と締固め度の相関を確認し、規定の締固め度が得られる締固め回数を本施工での締固め回数とした。また、表面沈下量の測定結果は、本施工におけるまき出し厚の管理に利用した。

一方、締固め度で管理できない盛土材料(軟岩II、中硬岩)については、締固め回数と表面沈下量の相関を確認し、表面沈下量の変曲点を本施工での締固め回数とした。

●：現場密度測定点(15測点)

×：表面沈下量測定点(9測点)

以下には、路体盛土(土砂)の場合の結果を示す。締固め度は、いずれの締固め回数の場合でも所定の締固め度90%以上であり、かつ締固め回数6回で収束したので、施工締固め回数を6回とした(図-6)。また、表面沈下量についても、締固め回数6回で収束していることが確認された(図-7)。

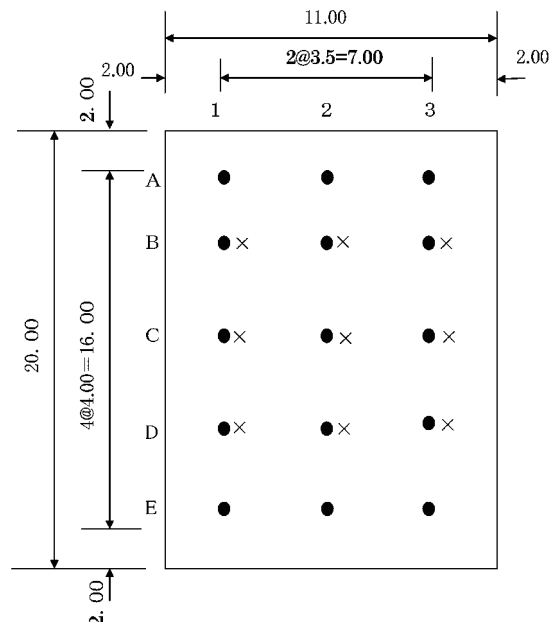
他の盛土材料についても、同様の試験施工を行い、所定の締固め回数を決定した。



写真-6 GPS基準局



写真-7 中継アンテナ



●：現場密度測定点(15測点)

×：表面沈下量測定点(9測点)

図-5 試験盛土ヤード図

(2) 管理帳票

管理帳票には、盛土管理図、締固め回数分布図及び走行軌跡図がある(表-2)。

盛土管理図(図-8)は、概略の施工完了位置と盛土の締固め管理が適切に実施されていることを示すものである。盛土の各層ごとに作成し、施工日ごとの施工範囲がわかる。

締固め回数分布図(図-9)と走行軌跡図(図-10)は、毎日の締固め作業終了後に出力する。これらの図は、締固め範囲の全面を確実に規定回数だけ締固めたことを確認するための日常管理帳票となる。

(3) 人工衛星の捕捉

米国のGPSに加えロシアのGLONASSを利用することで測定精度は向上した。しかし、盛土工事初期の谷部における盛土の締固めや締固めをする時間帯によっては、GPS締固め管理システムの稼動に必要な衛星個数を捕捉できず、締固め作業を中断してしまうことがあった。

(4) 面的管理

盛土場に明示した層番号を参照しながら、ブルドーザーのオペレータは、敷均しを行うことで、面的管理ができるようになった。ただし、現場の状況により、やむをえず事前に設定した道路縦断、横断勾配に沿った敷き均しができない場合がある。

(5) 管理ポイントの電源

管理ポイントの電源を発電機から一般の電気に変えたことで、それまで度々生じていたパソコン周辺機器の不具合はなくなった。

(6) GPS基準局の移設及び施工データ送受信無線LAN用中継アンテナの設置

GPS基準局については、冬期においてソーラー電源が降雪により、一時的に使用不能となったが、大きなトラブルは発生しなかった。

一方、施工データの送受信については、盛土施工の進捗に従って、中継アンテナの増設や移設を適切に行うことで、管理ポイントと移動局間の施工データの送受信のトラブルは、解消することができた。

§5. まとめ

山間部における道路工事にGPS盛土締固めシステムを有効に活用するためには、工事入手前に、図面や現地踏査により、上空視界が確保できているかどうかの調査を行う必要がある。特に、人工衛星が多く飛んでいる南側の視界の確保を確認することが重要であると感じた。

本工法の採用に当たっては、事前調査を十分に行うとともに、実施工において衛星を捕捉できなかった場合を想定し、その対処方法(TS:トータルステーションの採用等)を検討しておく必要がある。

また、衛星を十分に捕捉できるような現場においては、GPS締固め管理システムのメリットを十分に生かすこ

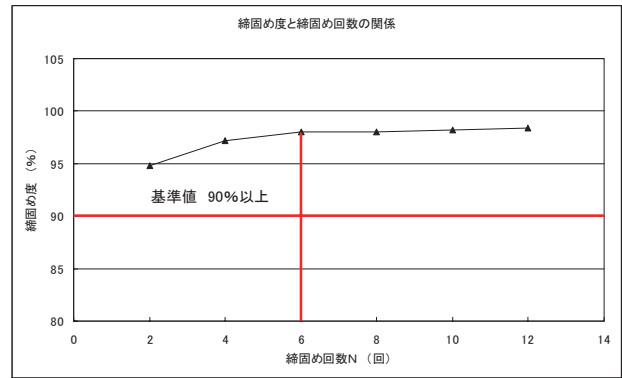


図-6 締固め度と締固め回数の関係

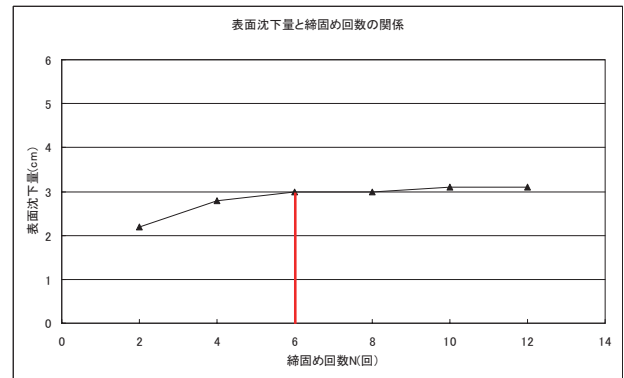


図-7 表面沈下量と締固め回数の関係

表-2 管理帳票一覧

帳票	目的	参照図
盛土管理図	施工日毎の施工範囲を示す。	図-8
締固め回数分布図	締固め範囲内を規定回数締固めたことを示す。	図-9
走行軌跡図	締固め範囲内を走行したことを示す。	図-10

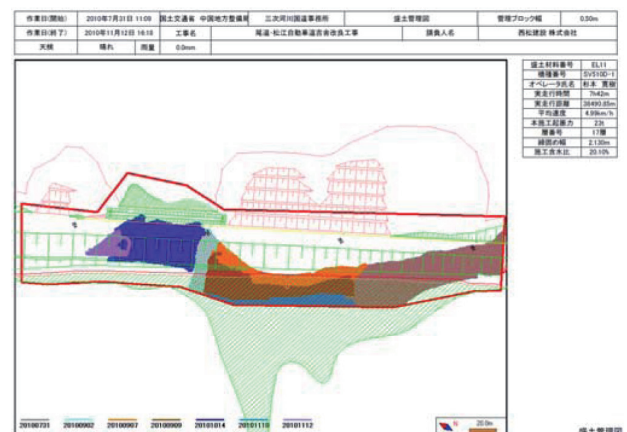


図-8 盛土管理図

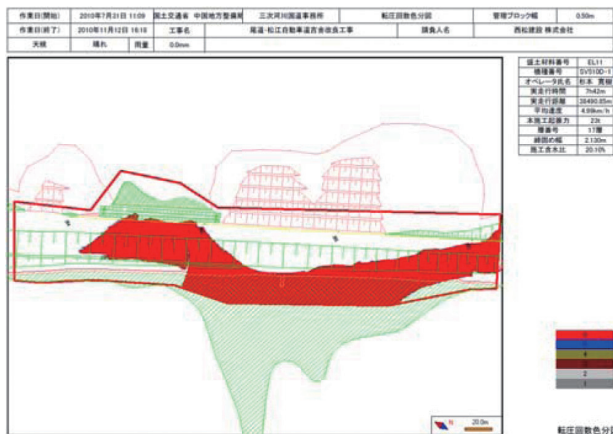


図-9 締固め回数分布図

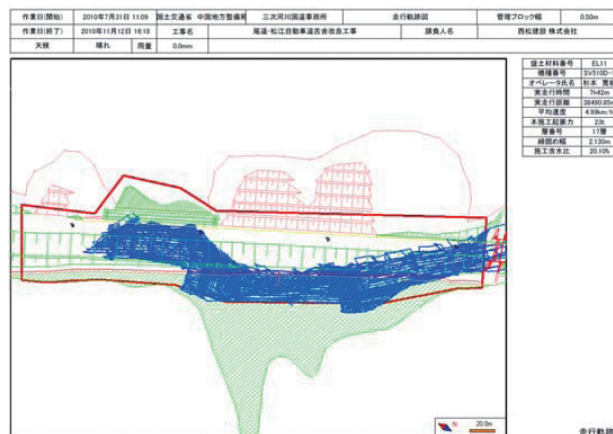


図-10 走行軌跡図

とができ、敷均し厚管理システムと併用することでより確実な施工が行えると考えます。

謝辞：本工事の施工にあたり、ご指導、ご支援いただきました当社本社・支社支店各部署をはじめ、技術研究所、土木設計部の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

参考文献

- 1) TS・GPS を用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案), 平成 15 年



写真-8 盛土状況