

21. TS・GNSSを用いた盛土の締固め 管理要領

国 土 交 通 省 引 用
平 成 24 年 3 月

目 次

第1章 総 則	21- 4
1.1 目 的.....	21- 4
1.2 適 用 の 範 囲.....	21- 6
1.3 管 理 項 目.....	21- 9
1.4 用 語 の 説 明.....	21- 10
第2章 準備工における管理・確認	21- 12
2.1 適 用 条 件 の 確 認.....	21- 12
2.2 計 測 障 害 に 関 す る 事 前 調 査.....	21- 14
2.3 使 用 機 器 の 確 認.....	21- 16
2.4 機 能 の 確 認.....	21- 19
2.5 精 度 の 確 認.....	21- 20
2.6 システム確認結果の資料作成・提出.....	21- 21
2.7 システムの設定.....	21- 23
2.8 試 験 施 工.....	21- 25
2.9 土質試験・試験施工結果の資料作成・提出.....	21- 29
第3章 盛土施工における管理・確認	21- 30
3.1 盛 土 材 料 の 品 質.....	21- 30
3.2 材 料 の ま き 出 し.....	21- 31
3.3 締 固 め.....	21- 32
3.4 現 場 密 度 試 験.....	21- 33
3.5 盛 土 施 工 結 果 の 資 料 作 成 ・ 提 出.....	21- 33
第4章 発注者への提出書類等	21- 37
4.1 監 督 に 関 す る 書 類 の 提 出.....	21- 37
4.2 検 査 に 関 す る 書 類 の 提 出.....	21- 38
参考資料:本管理要領による管理を実施するために必要なシステムの機能	21- 39
:事前確認チェックシート	21- 44

第1章 総 則

1.1 目 的

本管理要領は河川土工及び道路土工等において、TS又はGNSSを用いて盛土の締固め管理を行う際のシステムの基本的な取り扱いや施工管理方法及びデータ取得、締固め回数を確認方法を定めることを目的とする。

【解説】

本管理要領では、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムに関するこれまでの試験研究の成果を踏まえ、それぞれのシステムの基本的な取り扱い方法や土質及び現場条件等による適用限界を示し、また、システムの特徴を考慮したデータ取得及びまき出し厚の把握、締固め回数を確認方法を規定した。

現行の砂置換法及びRI計法による盛土の品質管理は、締固め後の現場密度を直接計測し、盛土の品質を締固め度で管理するものであるが、これらの方法は広い面積を点の測定値で代表させており、また適用できる土質の粒径が、砂置換法では最大 53mm まで、RI計法では最大 100mm までが限度となっている。

一方、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムによる品質管理は、盛土の現場密度を直接測定するものではなく、事前に試験施工を行い、適切なまき出し厚と締固め回数を決定し、本施工において層厚管理と回数管理が確実に履行されたことを管理する方法で、施工と同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、盛土全面の締固め回数を管理することができる。加えてこれまで適切な品質管理が難しかった岩塊盛土（締固め度による管理ができない盛土材料）に対しても適切な回数設定した上で適用できることや人為的なミスが少なく、均一な締固めができるなどの特徴も有している。

本手法のメリットの具体的内容を、図 1.1、図 1.2 に示す。

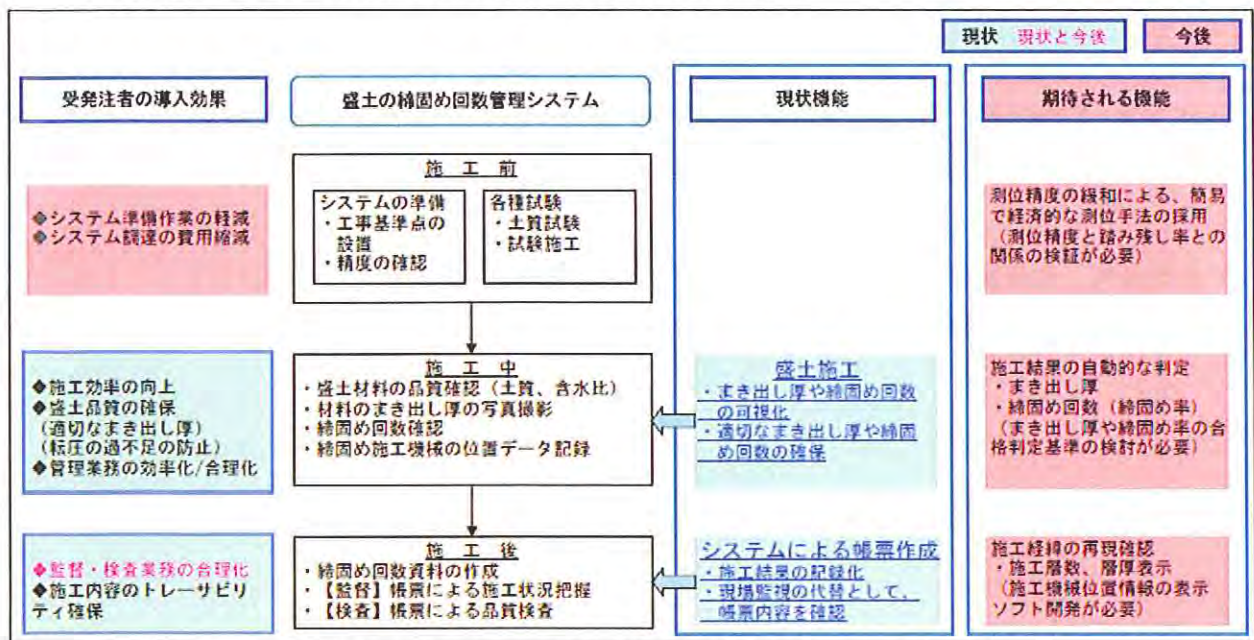


図 1.1 本管理要領での管理によるメリット

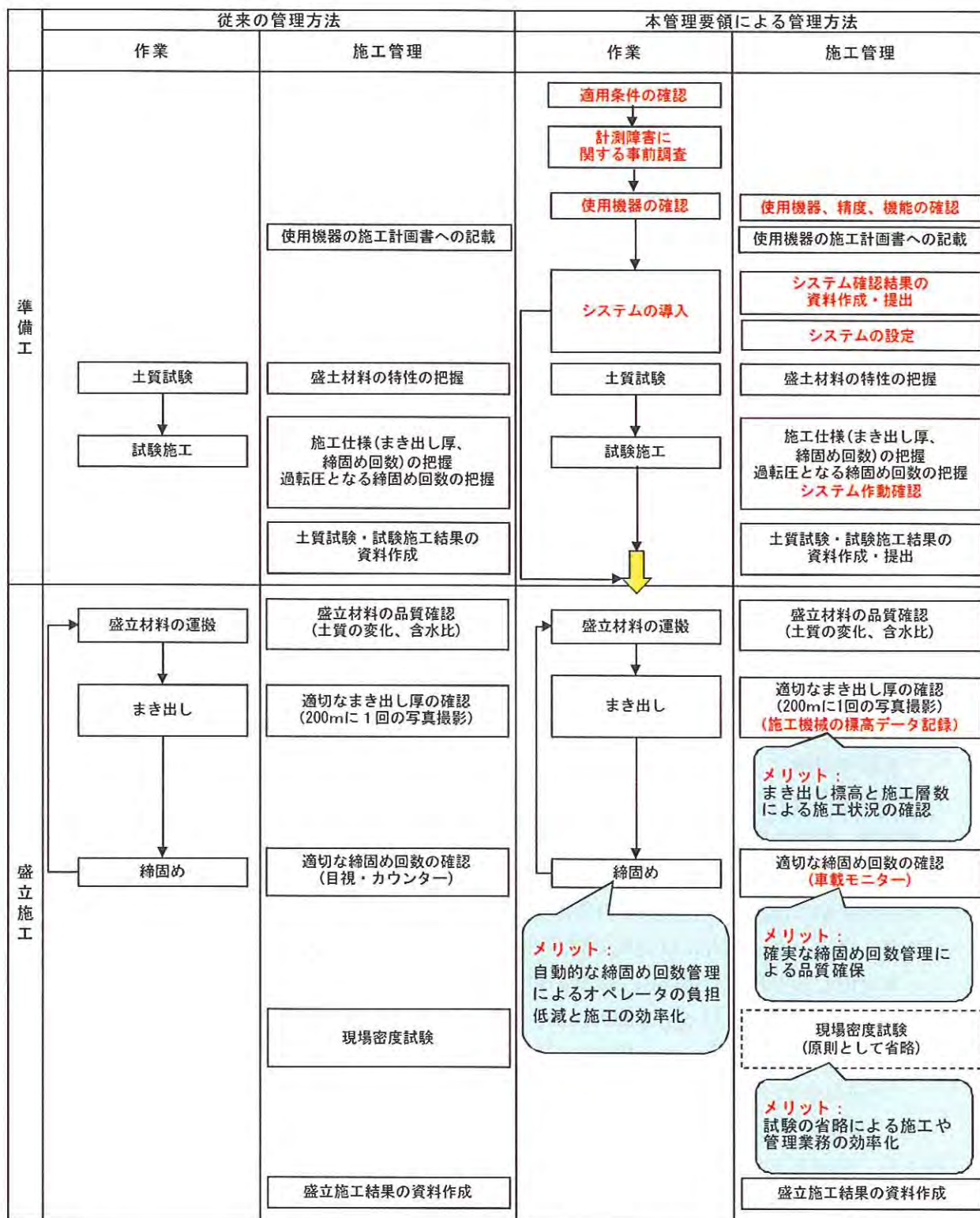


図 1.2 盛土施工全般における従来の管理方法と本管理要領での管理方法の比較

1.2 適用の範囲

本管理要領は河川土工及び道路土工等において、自動追尾トータルステーション（以下、TSという）又は衛星測位システム（以下、GNSSという）を用いた盛土の締固め管理に適用する。

【解説】

河川土工及び道路土工等における盛土の締固め管理においては、砂置換法やRI計法が主として用いられてきたが、近年、TS又はGNSSを用いて、作業中の締固め機械の位置座標を施工と同時に計測し、この計測データを締固め機械に設置したパソコンへ通信・処理（締固め回数のモニタ表示）することによって、盛土全面の品質を締固め回数で面的管理する手法が導入されている。この手法は、盛土の品質確保や施工管理の簡素化、効率化に大きく寄与するところとなっており、今後の建設施工合理化のため本管理要領をとりまとめたものである。

本管理要領は、締固め機械の走行位置を追尾・記録することで、施工の経緯をデータとして記録し、規定の締固め度が得られる締固め回数の管理を厳密に行うとともに施工状況のトレーサビリティ確保するものである。

したがって、本管理要領を適用する場合、事前の試験施工において、規定の締固め度（現場乾燥密度／最大乾燥密度（JIS A 1210 A・B法））が得られるまき出し厚と締固め回数を確認しておくことが必須条件となる。

試験施工での締固め度確認手法は従来の砂置換法（JIS A 1214）、あるいはRI計法（RI計器を用いた盛土の締固め管理要領（案））による現場乾燥密度測定が基本となり、具体の試験に際しては、各発注機関が定める施工管理基準等による。

本管理要領は、盛土の締固め管理にTS又はGNSSを用いる場合に、それぞれのシステムの持つ特徴を最大限に発揮させるため、システムの基本的な取り扱い方法や施工管理方法及びデータ取得、締固め回数の確認方法等について整理している。

盛土の締固め管理にTS又はGNSSを用いる場合の管理可能な施工条件を、表1.1に示す。本管理要領の適用には、表1.1の条件を満足するかどうかについての事前の調査・確認が必要であり、満足しない場合には従来の管理方法の適用を検討する。

本管理要領を用いた場合の、従来の管理方法との相違点を、表1.2に示す。本管理要領に基づく盛土施工の作業及び施工管理のフローを、図1.3に示す。

盛土施工に際しては、次の指針等を参照する。

「河川土工マニュアル」…（財）国土技術研究センター

「道路土工—盛土工指針」…（社）日本道路協会

注1) 河川土工及び道路土工等、適用の範囲は共通仕様書品質管理基準を参照。

注2) 本管理要領で取り扱うGNSSは、GPS(米)、GLONASS(露)、GALILEO(EU計画)など、人工衛星を利用した測位システムの総称として定義する。

注3) 本管理要領で取り扱うGNSS測位手法は、移動する締固め機械の位置座標を正確に測定する必要があるため、リアルタイムキネマティック(RTK)測位手法を基本とする。

注4) まき出し厚や施工層の位置情報がデータ提出されるが、傾向把握の資料でありこれをもって合否の判定をするものではない。今後の情報化施工により取得できるデータを活用した管理基準の検討にむけたデータ蓄積を目的にデータ提出を求めるものである。

表 1.1 本管理要領による締固め管理に T S 又は G N S S を用いることが可能な施工条件

適切な施工条件	摘 要
①河川土工及び道路土工等の盛土であること。	
②締固め機械はブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラ及びそれらに準ずるものであること。	・[2.1(9ページ)参照]
③盛土に要求される品質を、締固め回数によって管理できる土質であること。	・[2.1(9ページ)参照]
④無線障害が発生しない現場条件であること。	・[2.2(11ページ)参照]
⑤T S においては、T S から自動追尾用全周プリズムの視準を遮る障害物が無いこと。	・[2.2(11ページ)参照] ・2台以上稼働するとレーザが錯綜し適用困難
⑥G N S S においては、施工区画内のどこにおいても常時 F I X 解 ¹⁾ データを取得できる衛星捕捉状態であること。	・[2.2(11ページ)参照] ・部分的に F I X 解が得られない領域がある場合は適用困難
⑦盛土材料の土質が変化しても、それぞれの土質に対して適切な締固め回数が把握できること。	・[3.1(27ページ)参照]
⑧施工含水比が、締固め試験で定めた範囲内(所定の締固め度が得られる範囲内)であること。	・逸脱する場合は、施工含水比の調整が必要 ・[3.1(27ページ)参照]

注 1) F I X 解とは、利用可能な人工衛星数が一定以上(基本は5個以上)の場合に得られる、精度が保証された位置測定結果である。逆に、衛星捕捉数が少ない等により、精度が悪い状態で得られた位置測定結果は、F L O A T 解と呼ばれる。

表 1.2 本管理要領を用いた場合の従来の管理方法との相違点

項目	従来の管理方法	本管理要領の管理方法	効果	
準備工	システム準備	—	システム適用可否の確認(現場環境、対象土質等) 所定の機能を有するシステムの選定及び精度の確認 現場の条件に合わせた設定	—
	土質試験	使用予定材料の品質確認と締固め曲線による施工含水比の範囲の決定	同左	—
	試験施工	要求品質を満足できる施工仕様(まき出し厚、締固め回数)の決定	同左	—
盛土施工	盛土材料の品質確認	土質変化の有無の確認 施工含水比の範囲適合の確認	同左	—
	まき出し	まき出し厚の確認(試験施工で決定した厚さ以下)及び写真撮影	同左及び施工機械の走行軌跡データに標高を表示	・まき出し厚管理データの取得→品質確保、トレーサビリティ確保
	締固め	目視・カウンタにより締固め回数の管理	システムにより所定の締固め回数となるよう管理	・回数管理の自動化によるオペレータの負担低減→施工の効率化 ・転圧不足・過転圧を確実に防止→品質確保
	現場密度試験	所定の頻度で実施	原則省略する、但し材料品質、まき出し厚、締固め回数が異なる場合は実施する。	現場密度試験を確実な材料品質、まき出し厚、締固め回数の管理で代替することによる管理業務の効率化

	作業	施工管理	本管理要領での記述箇所
準備工	適用条件の確認		2. 1
	計測障害に関する事前調査		2. 2
	使用機器の確認	使用機械、精度、機能の確認	2. 3、2. 4 (参考資料)、2. 5
		使用機器の施工計画書への記載	2. 3
	システムの導入	システム確認結果の資料作成・提出	2. 6
		システムの設定	2. 7
	土質試験	盛土材料の特性の把握	
	試験施工	施工仕様(まき出し厚、締固め回数)の把握 過転圧となる締固め回数の把握 システム作動確認	2. 8
		土質試験・試験施工結果の資料作成・提出	2. 9
盛立施工	盛立材料の運搬	盛立材料の品質確認(土質の変化、含水比)	3. 1
	まき出し	適切なまき出し厚の確認 (200mに1回の写真撮影) (施工機械の標高データ記録)	3. 2
	締固め	適切な締固め回数の把握(車載モニター)	3. 3
		現場密度試験 (原則として省略)	3. 4
		盛立施工結果の資料作成	3. 5
監督・検査への対応		監督に関する資料の提出	4. 1
		検査に関する資料の提出	4. 2
注：黒文字は、従来から実施されている内容 赤文字は、本管理要領に基づいて新たに実施する内容			

図 1.3 本管理要領による盛土施工の作業及び施工管理のフロー

1.3 管理項目

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの管理項目は、締固め回数とする。
 なお、準備工を含めた、盛土施工全般について適切な管理を実施するものとする。

【解説】

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムでは、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し、所定の締固め度を確保することが基本となる。所定の締固め度は、締固め機械の種類・土質・含水比・まき出し厚・締固め回数が、当初の土質試験・試験施工で決定した通りのものとなっていることによって確保される。これらの条件のうち、一つでも決定したものと異なっていれば所定の締固め度を得られないことになるため、全ての条件について適切に管理することが必要である。

本管理要領での管理・確認項目は表 1.3 のとおりである。

表 1.3 本管理要領による管理・確認項目及びその方法

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法（青文字は本管理要領に特有の内容）	参照箇所
準備工	適用条件	締固め回数管理システムが適用可能な現場条件であることを確認	9、10 ページ
	計測障害の有無	・基準局・移動局間の無線通信に障害が出ない環境であることを確認 ・TSの場合、当該現場でTSから自動追尾用全周プリズムへの視線が遮られないことを確認 ・GNSSの場合、当該現場でFIX解のための十分な衛星捕捉数が得られることを確認	11 ページ
	使用機器	実施する締固め管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認	13～16 ページ
	精度	締固め管理に必要な精度を、システムが確保していることを確認	17 ページ
	システムの設定	当該現場の盛土範囲や使用する重機に応じてシステムを適切に設定していることを確認	18～21 ページ
		システムが正常に作動することを確認（可能であれば試験施工で確認）	22、25 ページ
	土質試験	使用予定の盛土材料の適性をチェックするほか、突固め試験で得られる締固め曲線により、所定の締固め度が得られる含水比の範囲を確認	26 ページ
試験施工	使用予定の盛土材料の種類毎に、締固め回数と締固め度・表面沈下量の関係を求め、所定の締固め度及び仕上り厚（一般に30cm以下）が得られるようなまき出し厚及び締固め回数を確認するとともに、過転圧が懸念される土質では、締固め回数の上限値を確認。	22～25 ページ	
盛土施工	盛土材料の品質	現場に搬入される材料が、①試験施工で適切な施工仕様を決定した土質と同質であることを確認、②所定の締固め度が得られる含水比の範囲内であることを確認	27 ページ
	材料のまき出し	試験施工で決定したまき出し厚で敷き均されていることを、写真撮影により確認。システムによる情報化施工機械の標高記録により把握。	29 ページ
	締固め	システムにより車載モニターでリアルタイムに確認し、施工範囲全面で所定の締固め回数を管理	28 ページ
	現場密度試験	原則として現場密度試験を省略、但し上記の管理・確認項目で適切な結果が得られていなければ現場密度試験を実施して規格値を満足しているか確認	30 ページ

1.4 用語の説明

本管理要領で使用する用語を以下に解説する。

【TS】

- ・ トータルステーションの略称、1台の器械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時測定できる電子式測距測角儀のこと。測定した角度と距離から未知点の3次元座標算出ができる本管理要領で取り扱うTSは、移動する締固め機械の位置座標を正確に測定する必要があることから自動追尾式を標準とする。

【TS 締固め管理システム】

- ・ 基準局(座標既知点)、移動局(締固め機械側)、管理局(現場事務所等)で構成されるTSを用いた盛土の締固め管理をおこなうシステムの総称。現場の座標既知点(基準局)にTSを設置することにより、締固め機械(移動局)に装着した全周プリズムを追尾し、締固め機械の位置座標を計測する。座標データは、無線等により車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニタに締固め位置、回数を表示する。

【GNSS】

- ・ GPS(米)、GLONASS(露)、GALILEO(EU計画中)など、人工衛星を利用した測位システムの総称。本管理要領で取り扱うGNSSは、移動する締固め機械の位置座標を正確に測定する必要があることから、リアルタイムキネマティック(RTK-GNSS)測位手法を基本とする。

【GNSS 締固め管理システム】

- ・ 基準局(座標既知点)、移動局(締固め機械側)、管理局(現場事務所等)で構成されるGNSSを用いた盛土の締固め管理をおこなうシステムの総称。座標既知点(基準局)に設置したGNSSから位置補正情報を締固め機械(移動局)に伝達し、移動局側のGNSS受信機で基準局からの補正情報を用い、移動局の位置座標を求める。座標データは、無線等により車載パソコンに伝達され、このデータを用いてモニタに締固め位置、回数を表示する。

【管理ブロックサイズ】

- ・ 施工範囲を(締固めを行う域内)を、使用する締固め機械により定められたサイズの正方形の領域に分割したもの。

【日常管理帳票】

- ・ 受注者が品質管理のために作成・保管する帳票で、盛土材料の品質記録(搬出した土取場、含水比等)、まき出し厚の記録、締固め回数の記録(締固め回数分布図、走行軌跡図)等の施工時の帳票のことをいう。

【品質管理資料】

- ・ 受注者が品質管理のために、作成・保管する日常管理帳票及び締固め回数管理で得られるログファイル(締固め機械の作業中の時刻とその時の位置座標を記録するもの)等の締固め施工管理の資料全体のことをいう。

【締固め回数分布図】

- ・ 締固め管理システムで自動作成されるもので、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視覚的（色）で確認するための日常管理帳票の一つ。

【走行軌跡図】

- ・ 締固め回数分布図と対となって自動作成されるもので、締固め回数分布図の信頼性及びデータ改ざんの有無を確認するための日常管理帳票。

【ログファイル】

- ・ 締固め回数管理で得られる電子情報で、締固め機械の作業中の時刻とその時の位置座標を記録したもの。電子データけいしきで提出する。

【基準点】

- ・ 測量の基準とするために設置された国土地理院が管理する三角点・水準点である。

【工事基準点】

- ・ 監督職員より指示された基準点を基に、受注者が施工及び施工管理のために現場及びその周辺に設置する基準となる点をいう。

第2章 準備工における管理・確認

2.1 適用条件の確認

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの適用可否を、使用機械、施工現場の地形や立地条件、施工規模及び土質の変化などの条件を踏まえて判断しなければならない。

【解説】

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムを運用するためには、以下の内容について、当該現場の条件を確認し、適用可否を判断しなければならない。

①使用機械について

締固め作業に使用する機械が、本管理要領の適用機種であるブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラ及びそれらに準ずる機械（ロードローラ、タンピングローラ等）であることを確認する。河川土工及び道路土工等における標準的な締固め機械の種類を、表2.1に示す。

河川土工では、トラフィカビリティの確保のため、ブルドーザが採用される場合がある。一方、道路土工ではローラが採用されることが多い。

表2.1 各種土工における標準的な締固め機械の種類

土工の分類	標準的な締固め機械の種類
河川・海岸土工 ¹⁾	ブルドーザ、タイヤローラ、ランマ、タンパ、振動コンパクタ、振動ローラ、ロードローラ
道路土工 ²⁾	ロードローラ、タイヤローラ、振動ローラ、自走式タンピングローラ、被けん引式タンピングローラ、ブルドーザ（普通型、湿地型）、振動コンパクタ、タンパ

1) 「河川土工マニュアル」… (財)国土技術研究センター

2) 「道路土工－盛土工指針」… (社)日本道路協会

②立地・地形条件について

「2.2 計測障害に関する事前調査」に示す調査を行い、施工現場の立地・地形条件が原因となる計測障害の有無を確認しなければならない。

③対象土質について

本管理要領による管理（締固め回数管理）が適用しやすい土質は、乾燥密度（締固め度）によって管理を行う土質である。盛土に使用する材料が、本管理要領による管理が適用しやすい土質かどうかは、各種基準類（河川土工マニュアル、道路土工盛土工指針等）を参照して検討する。次の土質等の条件下では、締固め回数管理が適当でない場合があるので、本管理要領を適用した施工管理が可能かどうか十分に検討する。

- ・盛土に要求される品質を、締固め回数によって管理することが困難な場合（自然含水比が高い粘性土、鋭敏比が大きく過転圧になりやすい粘性土等）。
- ・盛土材料の土質が日々大きく変化し、各種試験で確認した土質から逸脱する場合。

なお、土質によって、過転圧で強度低下（オーバーコンパクション）が懸念される場合、試験施工において過転圧となる締固め回数を確認し締固め回数の上限値を定めて管理することで、過転圧を防止できる。

④施工含水比

- ・施工含水比が、規定の締固め度の得られる範囲を逸脱（低すぎるか高すぎる）し、規定回数
の締固めでは所定の締固め度を満足することができない、あるいは締固めに適さないと判
断される場合には、散水やばっ気乾燥などの処置を行い、施工含水比を調整する。
- ・盛土の品質を確保するための施工含水比の範囲は、土の締固め試験(JIS A 1210 A・B法)で
求められる最適含水比と規定の締固め度の得られる湿潤側の含水比の範囲とするのが一般
的である(図 2.1)。施工含水比の範囲の決定に関しては、各種基準類を参照する(河川土
工マニュアル、道路土工-盛土工指針等)。

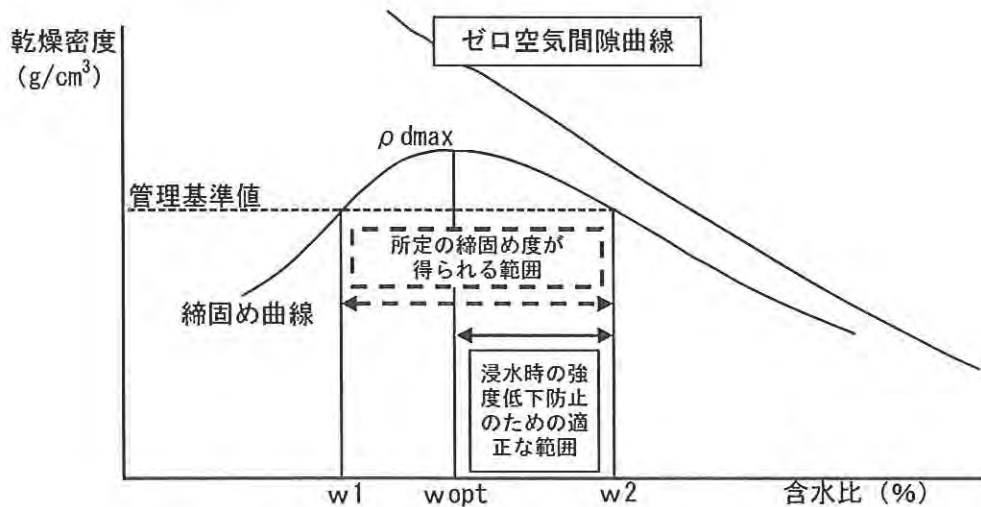


図 2.1 締固め曲線と所定の施工含水比の範囲

⑤盛土の締固め管理システム

盛土の締固め管理システムは、以下の機能を有するものを準備しなければならない(「2.4」および「参考資料」を参照)。

- ・施工範囲の分割機能
- ・締固め幅設定機能
- ・オフセット機能
- ・締固め判定・表示機能
- ・システムの起動とデータ取得機能
- ・座標取得データの選択機能

2.2 計測障害に関する事前調査

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの適用にあたっては、地形条件や電波障害の有無等を事前に調査し、システムの適用可否を確認する。

【解説】

施工現場周辺が以下のような条件の場合では、TS又はGNSSを用いたシステムを適用できない可能性がある。このような場合、盛土の締固め管理システムの位置把握にTSを採用するか、GNSSを採用するか検討し、双方の適用が困難な範囲では従来の品質管理方法を用いる。

(1) 無線通信障害発生の可能性がある場合

- ・ 架設位置が低い高圧線がある場合（通常的位置ならばあまり問題にならない）
- ・ 航空基地、空港が近くにある場合

(2) TSからの視準遮断等の可能性がある場合

図2.2に示すように、施工範囲が既設構造物等に近接する場合は、TSから移動局に設置した追尾用全周プリズムへの視準が遮られる場合がある。このような場合、TSを施工範囲全体が見渡せる高所等に設置するなどの対策が必要である。また、図2.3に示すように、同じ施工範囲内を、同時に2台以上の締固め機械（移動局）で施工する場合、TSから見て移動局がすれちがうと、TSが追尾すべき移動局とは別の移動局を誤って追尾しはじめる可能性がある。このような場合、各機械の作業エリアをTSの作動エリアごとに区分するなどの対策が必要である。

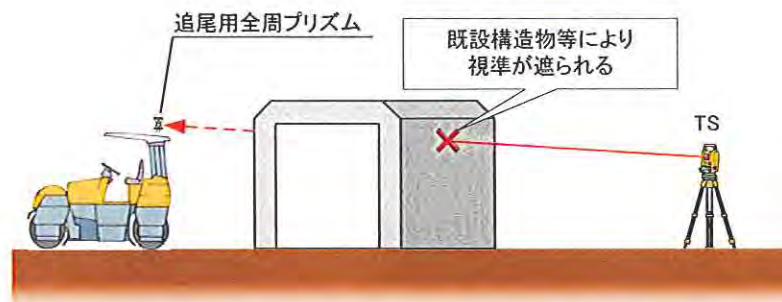


図 2.2 TSからの視準が遮られる場合

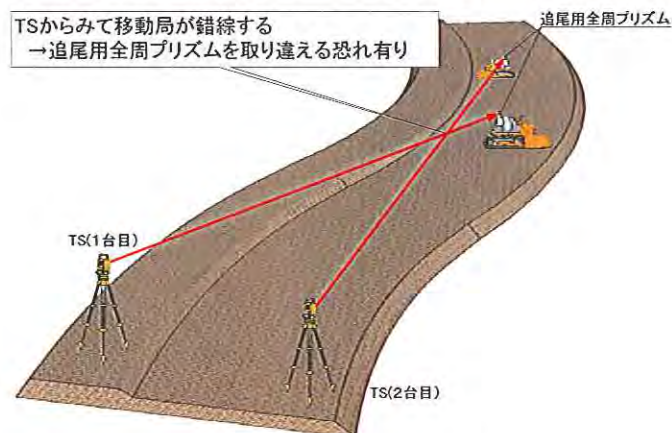


図 2.3 移動局が錯綜する場合

(3) GNSSの測位状態が悪い可能性がある場合

作業機械の位置を精度よく連続的に測位するためには、FIX解を得るために必要な衛星捕捉状態（捕捉数5個以上）であることが必要であり、GPSのみの場合は5衛星以上、GNSS（GPS+GLONASS）の場合は6衛星以上（それぞれ2衛星以上用いること）を標準とする。狭小部や山間部などでは、衛星からの電波が遮られ、FIX解を得るために必要な衛星数を捕捉できない状況が生じやすい。また、図2.4に示すように、GNSSのアンテナ付近に建物や法面が近接する場合は、衛星からの電波が多重反射（マルチパス）し、測位値に誤差を生じる場合がある。

現場状況の目視により、良好な無線通信環境や十分な衛星捕捉数が得られるか判断する。GNSSの測位状態について、狭小部や山間部のように上空が開けておらず、判断が難しい場合にはGNSSアンテナ・受信機や衛星捕捉数を表示できる携帯端末等を用いて、障害の有無を確認する。一日のうちで、衛星捕捉数が多い時間帯や少ない時間帯があるため、あらかじめ衛星捕捉数を予測するソフトによって、その場所（緯度経度）と日時における理論上の衛星捕捉数を確認しておき、それと実際の衛星捕捉数が概ね一致するか確認する。狭小部や山間部の場合は、理論上の捕捉数よりも実際の捕捉数が少なくなるため（理論上の捕捉数は、山やビル・樹木等の遮蔽物を考慮していない）、理論と実際の衛星捕捉数の差を求め、その差に基づいて一日の間で衛星捕捉数が不足する時間帯がどの程度になるかを予測する。このための予測ソフトは、市販されているものやフリーソフトが存在する。

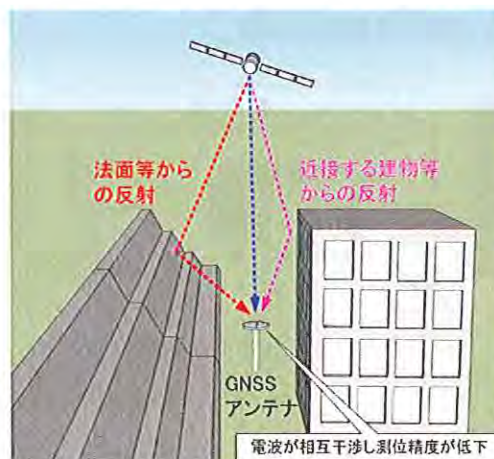


図 2.4 衛星からの電波の多重反射（マルチパス）

2.3 使用機器の確認

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムが、基準局、移動局及び管理局に設置する必要な機器で構成されていることを確認する。使用するシステムのメーカー、型番、構成機器等を施工計画書に記述する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

【解説】

TSを用いた盛土の締固め管理システムは、現場の座標既知点(基準局)に設置したTSにより、締固め機械(移動局)に装着した追尾用全周プリズムを追尾し、締固め機械の位置座標を計測する(図2.5)。位置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に各種分布図を表示する。

TSを用いたシステムの標準的な構成を表2.2に示す。現場で使用するシステムについて、メーカー、型番、構成機器等を施工計画書に記述する。使用するシステムは、管理に必要な諸機能を有していなければならない(次節および参考資料を参照)。

TSを用いたシステムは、締固め機械とTSが1対1の組合せとなるので、締固め機械の台数に応じて基準局と移動局の機器を増設する必要がある。これに対し、GNSSを用いたシステムでは、台数に応じて移動局の機器のみを増設すればよいので、複数台のシステムを用いる場合はGNSSを用いたシステムの方が適する場合がある。

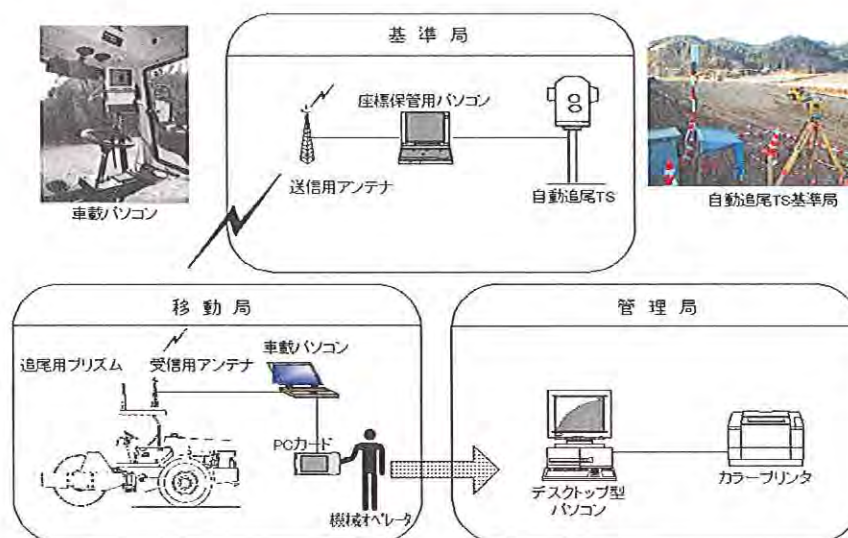


図 2.5 TSを用いた盛土の締固め管理システム (例)

表 2.2 TSを用いた盛土の締固め管理システムの標準構成

区分	局名	構成機器
TS	基準局	<ul style="list-style-type: none"> ・TS機器（自動追尾TS、三脚） ・*パソコン（自動TSのデータ一時保管用） ・データ通信用無線送信機（移動局へのデータ送信用） ・電源装置
	移動局	<ul style="list-style-type: none"> ・追尾用全周プリズム ・車載パソコン（モニタ） ・データ通信用無線受信機（基準局からのデータ受信用） ・データ演算処理プログラム
	管理局	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコン ・データ演算処理プログラム ・カラープリンター

(注) *印の基準局用パソコンは標準構成品ではない。TSで計測したデータをパソコンを介さずに直接移動局へ伝達するシステムもある。

GNSSを用いた盛土の締固め管理システムは、座標既知点(基準局)に設置したGNSSから位置補正情報を無線等により締固め機械(移動局)に伝達する。移動局側のGNSS受信機では基準局からの補正情報を用いて移動局の位置座標を求める(図2.6)。位置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に各種分布図を表示する。

GNSSを用いたシステムの標準的な構成を表2.3に示す。現場で使用するシステムについて、メーカー、型番、構成機器等を施工計画書に記述する。使用するシステムは、管理に必要な諸機能を有していなければならない(次節および参考資料を参照)。

GNSSを用いたシステムは、複数の移動局に対して基準局を兼用できるため、システムを装備した締固め機械の台数を増やす場合には、台数に応じて移動局の機器のみを増設すればよい。

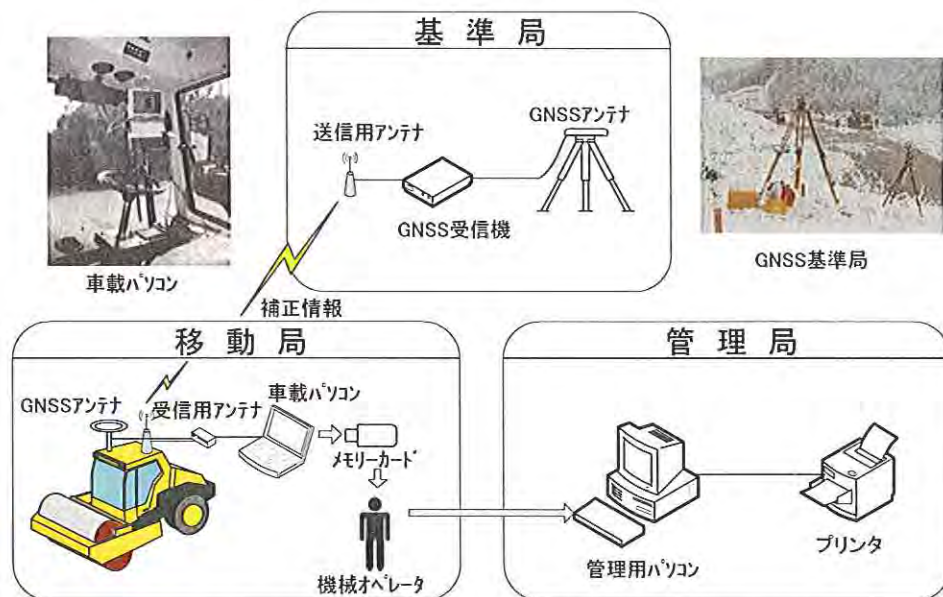


図 2.6 GNSSを用いた盛土の締固め管理システム(例)

表 2.3 G N S Sを用いた盛土の締固め管理システムの標準構成

区分	局名	構成機器
G N S S	基準局	<ul style="list-style-type: none"> ・ G N S S機器（アンテナ、受信機、三脚） ・ データ通信用無線送信機等（移動局へのデータ送信用） ・ 電源装置
	移動局	<ul style="list-style-type: none"> ・ G N S S機器（アンテナ、受信機） ・ データ通信用無線受信機等（基準局からのデータ受信用） ・ 車載パソコン（モニタ） ・ データ演算処理プログラム
	管理局	<ul style="list-style-type: none"> ・ パソコン ・ データ演算処理プログラム ・ カラープリンター

近年実用化されているネットワーク型R T Kでは、現場に基準局を設置する必要がない。

（図 2.7）ネットワーク型R T Kは、3点以上の電子基準点（以下「基準局」という。）の観測データ等を利用するもので、携帯電話等の通信回線を介して受信した移動局近傍の任意地点補正データと移動局の観測データを用いて、基線解析を行う観測方法である。（国土交通省 公共測量作業規程

ネットワーク型R T Kの代表的な測位方法（V R S方式）の概要は、以下の通りである。

- ① 測定箇所の単独測位データを、データ配信事業者に送信
- ② データ配信事業者は、現場付近の複数の電子基準点の観測データを基に、送信されてきた測位位置での観測状況を計算して仮想的に既知点を設定し（仮想基準点）、その位置からの相対測位の補正情報を返信
- ③ データ配信事業者から送信された補正情報により、測定箇所の座標値を補正計算して取得

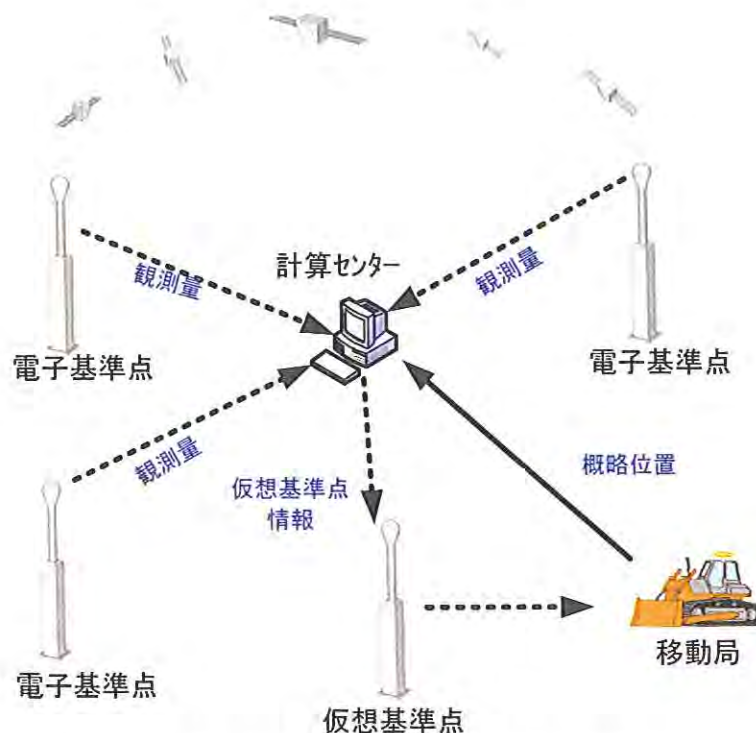


図 2.7 ネットワーク型R T K（V R S方式）

2.4 機能の確認

T S・G N S Sを用いた盛土の締固め管理システムは以下の機能を有するものとし、システムを選定する段階でカタログその他によって確認する。

(1) 締固め判定・表示機能

- ・ローラまたは履帯が管理ブロック上を通過する毎に、当該管理ブロックが1回締固められたと判定する機能
- ・管理ブロック毎に累積の締固め回数を記録し、車載モニタに表示する機能

(2) 施工範囲の分割機能

施工範囲を所定のサイズの管理ブロックに分割できる機能

(3) 締固め幅設定機能

締固め幅を使用する重機のローラまたは履帯幅に応じて任意に設定できる機能

(4) オフセット機能

締固め機械の位置座標取得箇所と実際の締固め位置との距離を入力できる機能

(5) システムの起動とデータ取得機能

- ・データの取得・非取得を施工中適宜切り替えることが出来る機能
- ・振動ローラの場合は、有振時のみ位置座標を取得する機能

(6) 座標取得データの選択機能（G N S Sのみ）

F I X解が得られる状態でのデータのみを取得する機能

【解説】

使用するT S・G N S Sを用いた盛土の締固め管理システムは、T S又はG N S Sによって取得した締固め機械の位置（座標）を使って締固め機械の走行軌跡を求め、それによって締固めたと判定される場所をブロック単位で示し、締固めの累積回数を示す機能を持つものとする。現場に導入するシステムが、このような機能を持っていることを事前に確認する。確認すべき内容の詳細は、「参考資料」に示す。

2.5 精度の確認

TS又はGNSSが以下の性能を有し適正に精度管理が行われていることを検定書あるいは校正証明書により確認し、確認資料を提出する。

TSにおいては 公称測定精度 $\pm(5\text{mm}+5\text{ppm}\times D)$ 最小目盛値 20"以下

GNSSにおいては セット間較差 水平(x y) $\pm 20\text{mm}$
垂直(z) $\pm 30\text{mm}$

また、現場内の座標既知点においてTS又はGNSSが正しい座標を計測できることを、実測により確認しなければならない。精度が確保できない場合には、他の機器で再確認するか、従来の管理方法の採用を検討する。

注) 国土交通省 公共測量作業規程参照

【解説】

施工管理に用いるTS又はGNSSについては、機器メーカーが発行する有効な検定書あるいは校正証明書により、必要な性能を満足していることを確認する。確認資料は、試験施工を実施する前に監督職員に提出する。なお、証明書の有効期間を過ぎている場合は、再検定が必要となる。また、現場内に設置している工事基準点等の座標既知点を複数箇所で観測し、既知座標とTS又はGNSSの計測座標が合致していることを確認する。この確認に用いる工事基準点は、監督職員に指示された基準点をもとにして設置したものとする。この基準点は4級基準点及び3級水準点（山間部では4級水準点を用いてもよい）、もしくはこれと同等以上のものは、国土地理院が管理していなくても基準点として扱う。

工事基準点の設置に関しては、以下の資料を作成して監督職員に提出する。

- ・ 成果表
- ・ 成果数値データ
- ・ 基準点及び工事基準点網図
- ・ 測量記録
- ・ 工事基準点の設置状況写真

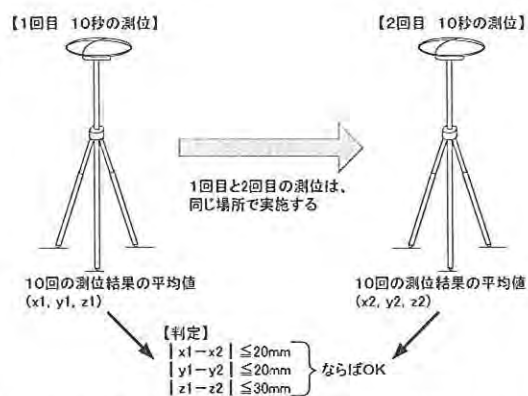


図 2.8 GNSSの精度の確認方法（例）

GNSSにおいては、施工現場の等の任意の地点において、使用衛星数が5衛星以上、データ取得間隔1秒で、10秒間の観測を2回行う。各回の計測値の平均値について、両者の計測結果x座標、及びy座標の差が20mm以内であり、z座標（高さ）の差が30mm以内であることを確認する（前掲図2.8）。この確認は、締固め機械に装着した状態でも実施することができる。

また、現場内の座標既知点において、GNSSを用いて3次元座標計測値の確認を行うとともにローカライゼーションを実施する。

施工管理にネットワーク型RTKを用いる場合も、同様の性能確認を行う。

注) ローカライゼーション（座標変換）－GNSS座標系を現場座標系に変換すること。

米国が構築したGNSS座標系と現場座標系「日本測地系2000（JGD2000）」は同じ世界測地系であるが座標に若干のずれが存在する。又、施工現場で測量誤差を含んだ現場座標系で示された基準点を正として運用するため、GNSS座標系を現場座標系に合わせる必要がある。

2.6 システム確認結果の資料作成・提出

施工現場周辺の計測障害の有無、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの精度・機能について確認した結果を監督職員に提出する。

【解説】

前掲2.2、2.4、2.5に示す要領にしたがって施工現場周辺の計測障害の有無、システムの精度・機能について確認した結果を、以下に示す「事前確認チェックシート」に記載し、本施工を実施する前に監督職員に提出する。

事前確認チェックシート（TSの場合）		
平成 年 月 日		
工事名： _____		
受注会社名： _____		
作成者： _____ 印		
確認項目	確認内容	確認結果
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・使用する締固め機械が適用機種（ブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラ及びそれらに準ずる機械）であるか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
計測障害に関する事前調査	<ul style="list-style-type: none"> ・無線通信障害の発生の可能性はないか？ →低い位置に高圧線等の架線がないか、基地、空港等が近くにないか ・TSの視準が遮るような障害物等がないか？ 	
精度の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・TS測量機器が以下の性能を満足していることを確認できる有効な検定書または校正証明書があるか？ 公称測定精度 $\pm(5\text{mm}+5\text{ppm}\times D)$ 最小目盛値 20"以下 ・既知座標（工事基準点）とTSの計測座標が合致しているか？ 	
機能の確認	①締固め判定・表示機能 <ul style="list-style-type: none"> ・ローラまたは履帯が管理ブロック上を通過する毎に、当該管理ブロックが1回締固められたと判定し、車載モニタに表示されるか？ ・管理ブロック毎の累積の締固め回数が、車載モニタに表示されるか？ ・施工とほぼ同時に締固め回数分布図を画面表示できるか？ 	
	②施工範囲の分割機能 <ul style="list-style-type: none"> ・施工範囲を、所定のサイズの管理ブロックに分割できるか？ 	
	③締固め幅設定機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め幅を、使用する重機のローラまたは履帯幅に応じて任意に設定できるか？ 	
	④オフセット機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め機械の位置座標取得箇所と実際の締固め位置との関係をオフセットできるか？ 	
	⑤システムの起動とデータ取得機能 <ul style="list-style-type: none"> ・データの取得・非取得を施工中適宜切り替えることができるか？ ・振動ローラの場合は、有振時のみの位置座標を取得するようになっていないか？ 	

事前確認チェックシート（GNSSの場合）

平成 年 月 日

工事名： _____

受注会社名： _____

作成者： _____ 印

確認項目	確認内容	確認結果
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・使用する締固め機械が適用機種（ブルドーザ、タイヤローラ、振動ローラ及びそれらに準ずる機械）であるか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
計測障害に関する事前調査	<ul style="list-style-type: none"> ・無線通信障害の発生の可能性はないか？ →低い位置に高圧線等の架線がないか、基地・空港等が近くでないか ・GNSSの測位状態に問題はないか？ →FIX解となるのに必要な衛星捕捉数（5個以上）は確保できる状況か 	
精度の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・GNSS測量機器が以下の性能を満足していることを確認できる有効な検定書または校正証明書があるか？ 水平(x y) ±20mm 垂直(z) ±30mm ・既知座標（工事基準点）とGNSSの計測座標が合致しているか？ 	
機能の確認	<p>①締固め判定・表示機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ローラまたは履帯が管理ブロック上を通過する毎に、当該管理ブロックが1回締固められたと判定し、車載モニタに表示されるか？ ・管理ブロック毎の累積の締固め回数が、車載モニタに表示されるか？ ・施工とほぼ同時に締固め回数分布図を画面表示できるか？ <p>②施工範囲の分割機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工範囲を、所定のサイズの管理ブロックに分割できるか？ <p>③締固め幅設定機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・締固め幅を、使用する重機のローラまたは履帯幅に応じて任意に設定できるか？ <p>④オフセット機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・締固め機械の位置座標取得箇所と実際の締固め位置との関係をオフセットできるか？ <p>⑤システムの起動とデータ取得機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データの取得・非取得を施工中適宜切り替えることができるか？ ・振動ローラの場合は、有振時のみの位置座標を取得するようになっているか？ <p>⑥座標取得データの選択機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・FIX解でのデータのみを取得する機能を有しているか？ 	

2.7 システムの設定

当該現場の条件に応じたTS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの設定を行い、TS又はGNSSで取得した締固め機械の位置をもとに締固め回数管理を正しく行うために下記の項目について設定を行う。

- (1) 施工範囲の設定
- (2) 管理ブロックサイズの設定
- (3) 規定の締固め回数の設定
- (4) 過転圧となる締固め回数の設定
- (5) 追尾用全周プリズムのオフセット量の設定 (TSの場合)
- (6) GNSSアンテナのオフセット量の設定 (GNSSの場合)
- (7) 締固め幅の設定

【解説】

(1) 施工範囲の設定

施工範囲の設定は以下の手順にて行う。

- ・締固めを行う範囲の外周ラインを施工範囲として入力する
- ・入力した施工範囲を示すラインが、盛土範囲の平面図上の正しい位置に表示されることを車載モニタで確認する

(2) 管理ブロックサイズの設定

(1) で設定した施工範囲 (締固めを行う域内) を、表 2.4 のとおり、締固め機械により決められたサイズで管理ブロックに分割する。

表 2.4 管理ブロックサイズの基準値

作業機械	管理ブロックサイズ
ブルドーザ ¹⁾	0.25m
タイヤローラ	0.50m
振動ローラ	0.50m
ロードローラ、 タンピングローラ等の 上記に準ずる機械	0.25mまたは0.50mサイズより 締固め幅等を考慮して決定

1) :ブルドーザの場合は履帯間の接地しない領域を考慮している。

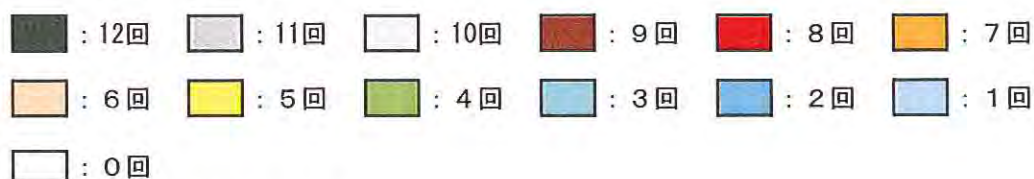
(3) 規定の締固め回数の設定

後掲の 2.9 に示す方法で使用材料毎に決定した規定の締固め回数を、システムに入力する。締固め作業中に、管理ブロック毎に記録された締固め回数が規定の回数に達したことが、車載モニタ上でわかるように色分け表示の設定を行う (図 2.9)。色分け表示は、何らかの原因で締固め作業を中断した場合に、残りの締固め回数をオペレータが認識できるよう、1回刻みで設定することを原則とする。なお、規定の締固め回数は、使用材料が変わる度に、それに応じた回数に設定しなおす。

(4) 過転圧となる締固め回数の設定

過転圧が懸念される土質においては、後掲の2.9に示す方法で確認した過転圧となる締固め回数を、システムに入力する。締固め作業中に、管理ブロック毎に記録された締固め回数が過転圧となる回数に近づいていることが、車載モニタ上で確認できるように色分け表示の設定を行う(図2.9)。この例では、過転圧となる回数が12回であるため、10回や11回に達した管理ブロックを灰色に表示することで、これ以上締固めを行わないように警告する設定としている。なお、過転圧となる締固め回数は、使用材料が変わる度に、それに応じた回数に設定しなおす。

締固め回数の凡例



所定の締固め回数 : 8回
過転圧となる回数 : 12回

図 2.9 色分け表示の設定例

(5) 追尾用全周プリズム又はGNSSアンテナのオフセット量の設定

図2.10(土工用振動ローラの例)に示す位置で、実際に使用する締固め機械の追尾用全周プリズム又はGNSSアンテナの設置位置と、締固める位置とのオフセット量を実測し、システムに入力する。

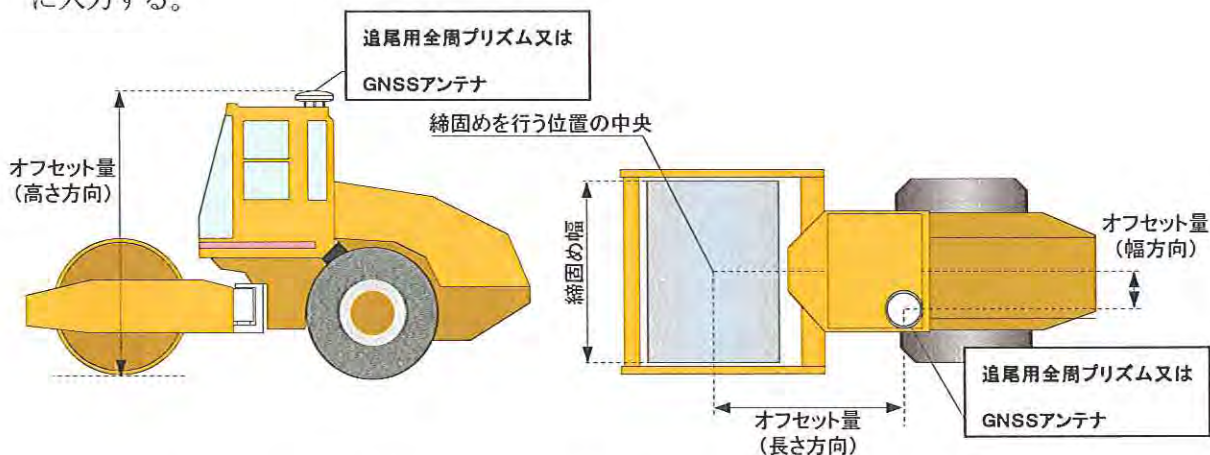


図 2.10 オフセット量・締固め幅の計測位置 (土工用振動ローラを使用する場合の例)

(7) 締固め幅の設定

締固め幅とは、前掲の図2.10に示すように、使用する締固め機械の、締固めがなされる範囲の幅のことである。ローラを使用する場合はローラの幅が、ブルドーザを使用する場合は左右それぞれの履帯幅が締固め幅となる。締固め幅は、実際に使用する締固め機械の締固め幅を実測し、システムに入力する。