

T S ・ G N S S を用いた盛土の締固め 管理要領

令和 2 年 3 月

国土交通省

はじめに

近年、コンピュータや通信技術などの情報化分野で急速な技術革新を背景に、建設産業でもこれらの情報通信技術を活用し、合理的な建設生産システムの導入・普及の促進により、労働集約型産業から知識・技術集約的産業へ、そしてより魅力的な産業へと変革していくことが期待されている。

国土交通省では、このような背景の下、情報通信技術を建設施工に適用し多様な情報の活用を図ることにより、施工の合理化を図る建設生産システムである情報化施工について、その普及を図るため産学官で構成される情報化施工推進会議を設置し、平成20年7月には情報化施工推進戦略を策定し普及推進を図るとともに、普及に向けた課題に取り組んでいるところである。

情報化施工は、情報通信技術の適用により高効率・高精度な施工を実現するものであり、工事施工中においては、施工管理データの連続的な取得を可能とするものである。そのため、施工管理においては従来よりも多くの点で品質管理が可能となり、これまで以上の品質確保が期待される。

施工者においては、実施する施工管理にあつては、施工管理データの取得によりトレーサビリティが確保されるとともに、高精度の施工やデータ管理の簡略化・書類の作成に係る負荷の軽減等が可能となる。また、発注者においては、従来の監督職員による現場確認が施工管理データの数値チェック等で代替可能となるほか、検査職員による出来形・品質管理の規格値等の確認についても数値の自動チェックが今後可能となるなどの効果が期待される。

本要領は、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理技術を適用し施工管理を行う場合に必要な事項について、とりまとめたものである。

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理技術は、従来の締固めた土の密度や含水比等を点的に測定する品質規定方式を、事前の試験施工において規定の締固め度を達成する施工仕様（まき出し厚、締固め層厚、締固め回数）を確定し、実施工ではその施工仕様に基づき、まき出し厚の適切な管理、締固め回数の面的管理を行っていく工法規定方式にすることで、品質の均一化や過転圧の防止等に加え、締固め状況の早期把握による工程短縮が図られるものである。

本要領を用いた施工管理の実施にあたっては、本要領の主旨、記載内容をよく理解するとともに、実際の施工管理においては、施工現場・施工範囲に適した管理手法を選択し機器の適切な調達及び管理等を行うとともに、適切な施工管理の下で施工を行うものとする。

今後、現場のニーズや本技術の目的に対し、更なる機能の開発等技術的發展が期待され、その場合、本要領についても開発された機能・仕様に合わせて改定を行うこととしている。

なお、本要領は、発注者が行う監督・検査に関する要領と併せて作成しており、監督・検査については、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領を参照していただきたい。

目 次

第1章	総則	1
1.1	目的	1
1.2	適用の範囲	3
1.3	管理項目	6
1.4	用語の説明	7
第2章	準備工における管理・確認	10
2.1	適用条件の確認	10
2.2	システム運用障害に関する事前調査	12
2.3	使用機器の確認	14
2.4	機能の確認	17
2.5	精度の確認	18
2.6	システム確認結果の資料作成・提出	19
2.7	システムの設定	21
2.8	試験施工	23
2.9	土質試験・試験施工結果の資料作成・提出	28
第3章	盛土施工における管理・確認	29
3.1	盛土材料の品質	29
3.2	材料のまき出し	30
3.3	締固め	32
3.4	現場密度試験	33
3.5	盛土施工結果の資料作成・提出	33
第4章	発注者への提出書類等	37
4.1	監督に関する書類の提出	37
4.2	検査に関する書類の提出	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	39
	：事前確認チェックシート	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、締固め回数の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並びにまき出し厚、締固め層厚及び締固め回数の確認・把握方法を規定した。

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。

本手法適用のメリットを図1.1に、従来の管理手法との手順についての比較を図1.2に示す。

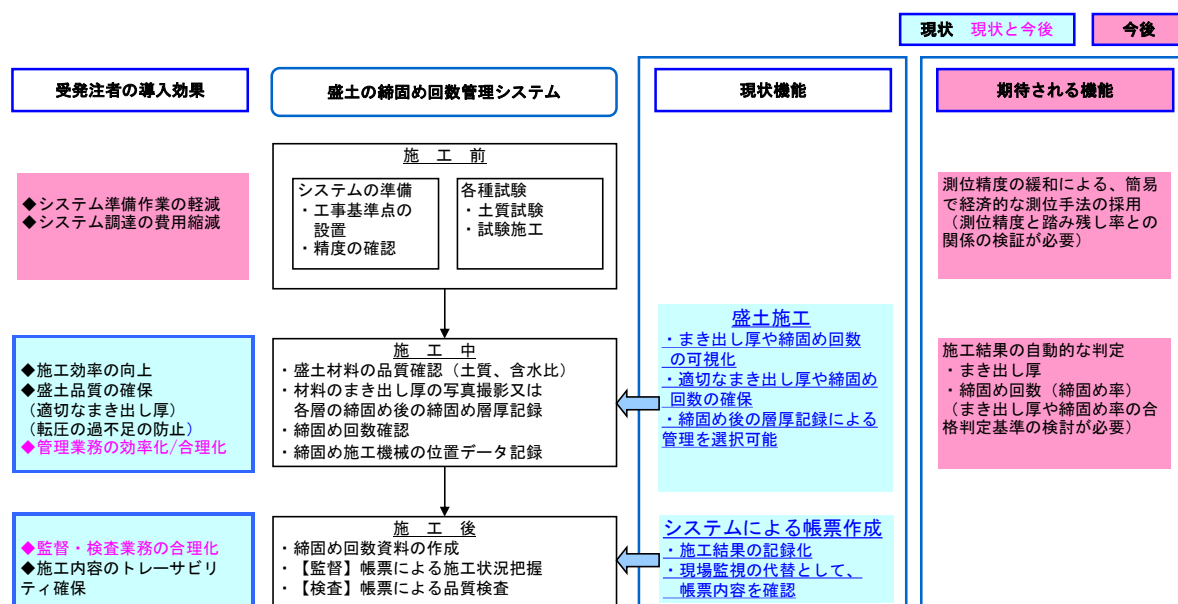


図 1.1 本管理要領での管理によるメリット

	従来の管理方法		本管理要領（案）による管理方法	
	作業	施工管理	作業	施工管理
準備工	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">土質試験</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">試験施工</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">使用機器の施工計画書への記載</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">盛土材料の特性の把握</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">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</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">土質試験・試験施工結果の 資料作成</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">適用条件の確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">システム運用障害に関する 事前調査</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">使用機器の確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">システムの導入</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">土質試験</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">試験施工</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">使用機器、精度、機能の確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">使用機器の施工計画書への記載</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">システム確認結果の 資料作成・提出</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; color: red;">システムの設定</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">盛土材料の特性の把握</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">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</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">土質試験・試験施工結果の 資料作成・提出</div>
			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">盛土材料の運搬</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">まき出し</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">締固め</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">盛土材料の品質確認 (土質の変化、含水比)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">適切なまき出し厚の確認 (200mに1回の写真撮影)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">適切な締固め回数の確認 (目視・カウンター)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">現場密度試験</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">盛土施工結果の資料作成</div>

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法又はJIS A 1210 C・D・E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））、突砂法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)、QZSS(日)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)測位手法及び同等精度以上を基本とする。
- 注4) 締固め施工時の位置情報等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可否の判定をするものではない。

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 (1 0 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 (1 0 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 (1 2 ページ) 参照]
⑤ T 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 (1 2 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
⑥ G 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 解データを取得できる衛星捕捉状態であること。	・ [2. 2 (1 3 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 (2 9 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 (2 9 ページ) 参照]

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	まき出し厚の写真による管理（試験施工で決定した厚さ以下）	以下のいずれかの方法による。 ・ 同左写真管理及び施工機械の走行軌跡データに標高を表示 ・ 試験施工で決定したまき出し厚と締固め回数による施工結果である締固め層厚分布の記録をもって、まき出し厚を間接的に管理する。	・ 施工機械の標高データの取得→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(案)での記述箇所
準備工	適用条件の確認		2.1
	システム運用障害に関する事前調査		2.2
	使用機器の確認	使用機器、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
盛土施工	盛土材料の運搬	盛土材料の品質確認(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回の写真撮影又は、各層毎に 締固め後の層厚記録である締固め層厚 分布図をシステムから出力(印刷) (施工機械標高データの記録)	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 P33参照)	3.4
		盛土施工結果の資料作成	3.5
提出書類等		監督に関する書類の提出	4.1
		検査に関する書類の提出	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(案)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（締固め性能）・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	10～11 ページ
	システム運用 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	12～13 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	14～17 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	18 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	19～22 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）	23、27 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	28 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・表面沈下量の関係性を求め、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、締固め回数の上限值を確認。	23～28 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	29 ページ
	材料のまき出し	以下のいずれかの方法による。 ・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把握。 ・システムによる情報化施工機械の標高記録による把握（材料のまき出し厚確認の代わりに、締固め層厚分布図に記録されている平均層厚が、概ね所定の締固め厚さ（例 築堤の盛土工・路体盛土工は 30cm、路床盛土工は 20cm）であることを把握）	30～31 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	32 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	33 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)、QZSS(日)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)測位手法及び同等精度以上を基本とする。

【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(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、締固め層厚分布図(まき出し厚の記録を省略する場合)、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）に確認するための日常管理帳票。

【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。

【締固め層厚】

- ・ 締固め回数管理システムで自動取得されるもので、締固め後の層厚を示す。締固め施工時の管理ブロックの標高とこのブロックの直下にある下層施工時の管理ブロックの標高の差分。管理ブロックの標高は、最終の締固め回数のデータを用いてブロック内で平均したもの。締固め層厚を求めたい管理ブロックに対して、その直下にある下層施工時の管理ブロックが複数ある場合は、締固め層厚を求めたい管理ブロックと平面位置が接している下層の任意の管理ブロックの標高を利用する。

【まき出し厚】

- ・ 所定の締固め層厚を得るために目安とする、盛土材料をまき出す厚さのことである。まき出しが完了した時点から締固め完了までに仕上がり面の高さが下がる量を試験施工により確認し、これを基にまき出し厚を決定する。

【締固め層厚分布図】

- ・ 締固め回数管理システムで自動作成されるもので、締固め範囲全面において、締固め層厚の分布を視覚的に把握するための日常管理帳票。本帳票の提出があれば、1回/200m毎のまき出し厚管理時の写真撮影を省略できる。

【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。電子データ形式で提出する。

【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。

【FIX解】

- ・ 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のことをいう。

【F L O A T解】

- ・ 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のことをいう。

【締固め性能】

- ・ 締固め機械が発揮する盛土の締固め能力であり、締固め機械の規格・重量・起振力・線圧等によって異なる。同一機械であってもその使用条件（水タンクによるバラスト調整や加震機構のON/OFF）によってその能力は変化する。

第2章 準備工における管理・確認

2.1 適用条件の確認

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】

T S・G N S S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、振動コンパクト、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）、振動コンパクト、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 システム運用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）。2.7(4)参照
- ・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。

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法又
はJIS A 1210 C・D・E法)で求められる最適含水比と規定の締固め度を得られる含水比を
踏まえて、適切な含水比の範囲とする。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）。

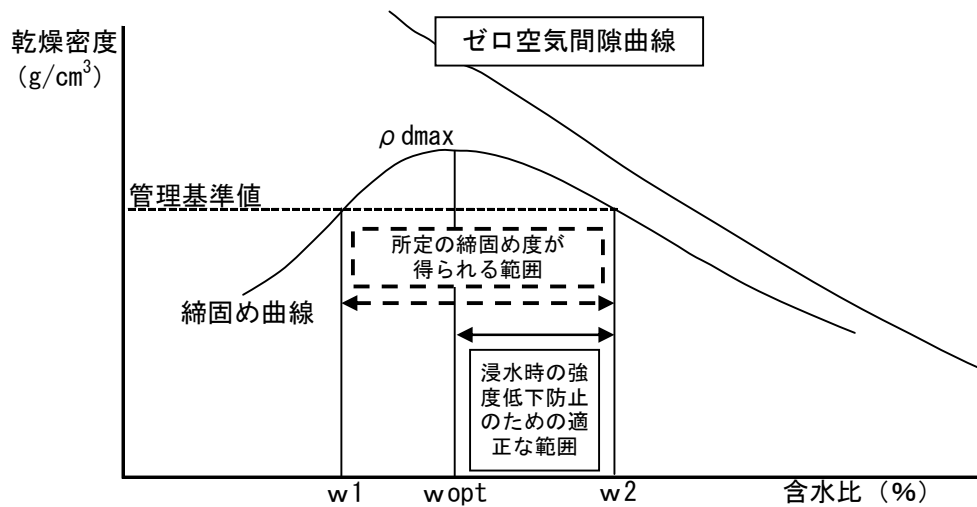


図 2.1 【参考】 締固め曲線と所定の施工含水比の範囲

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 システム運用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

- ・架設位置が低い高压線がある場合（通常の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。

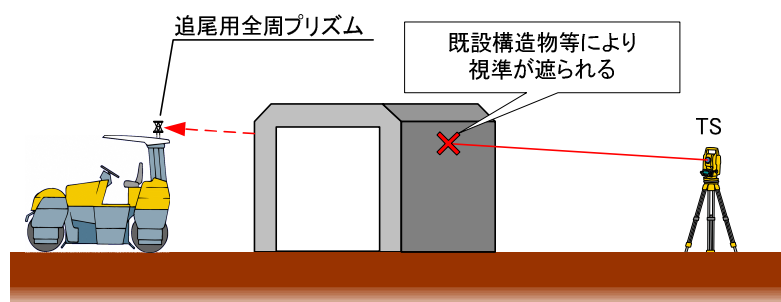


図 2.2 TSからの視準が遮られる場合

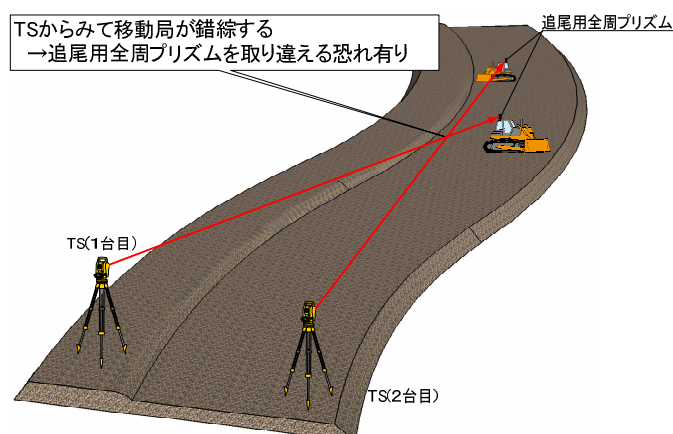


図 2.3 移動局が錯綜する場合

(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。状況に応じて、GALILEO等の衛星を使用してもよい。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。

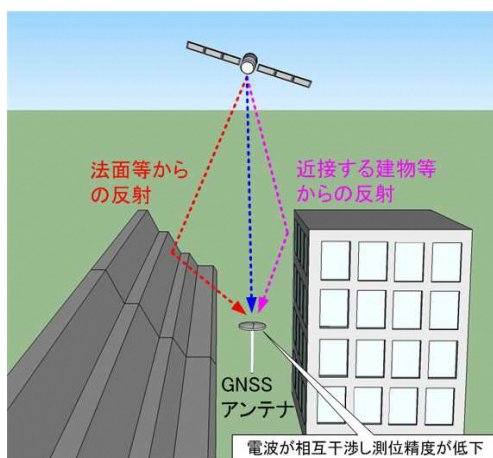


図 2.4 衛星からの電波の多重反射（マルチパス）

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、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、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。

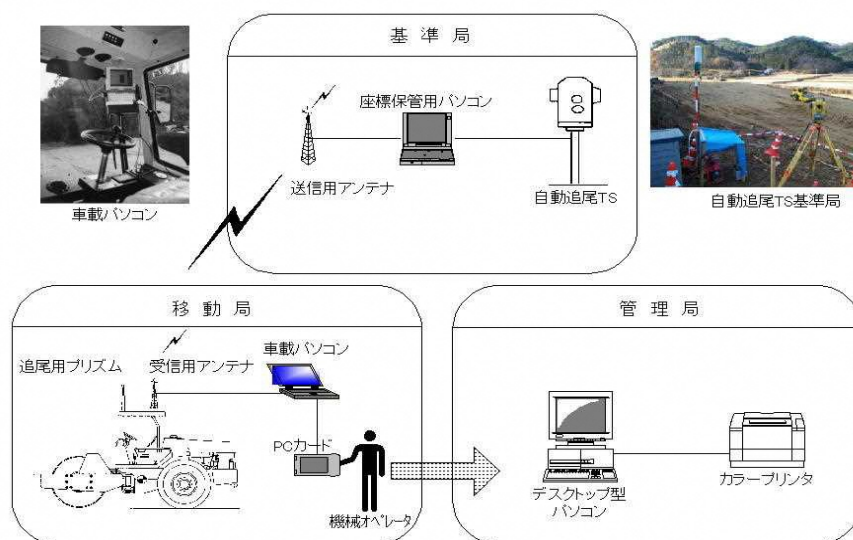


図2.5 TSを用いた盛土の締固め管理システム(例)

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。

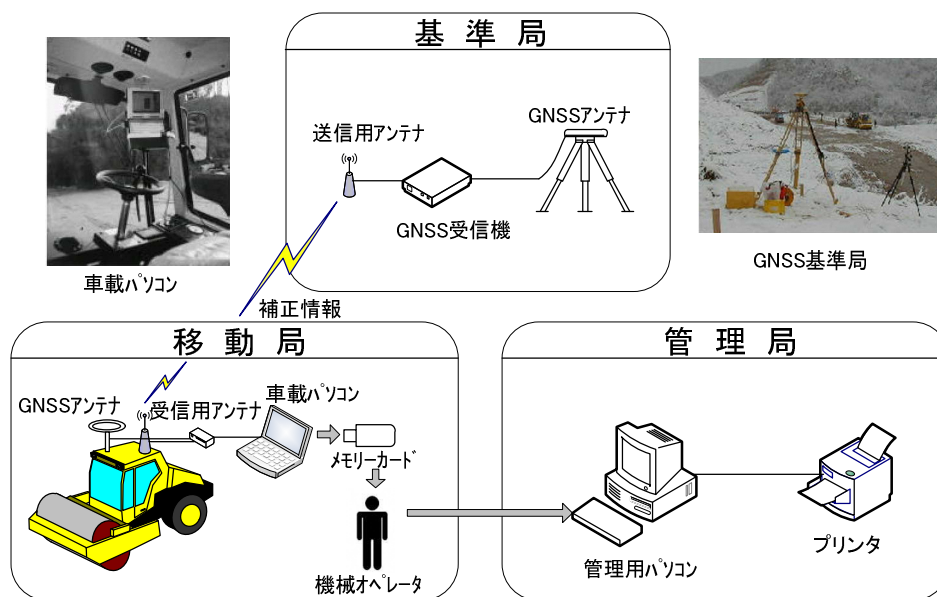


図 2.6 GNSSを用いた盛土の締固め管理システム(例)

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RTK-GNSSでは、携帯電話のサービスエリア内であれば現場に基準局を設置する必要がない。

ネットワーク型RTK-GNSS (図 2.7) 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RTK-GNSSの代表的な測位方法 (VRS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する。
- 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する。
- 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する。

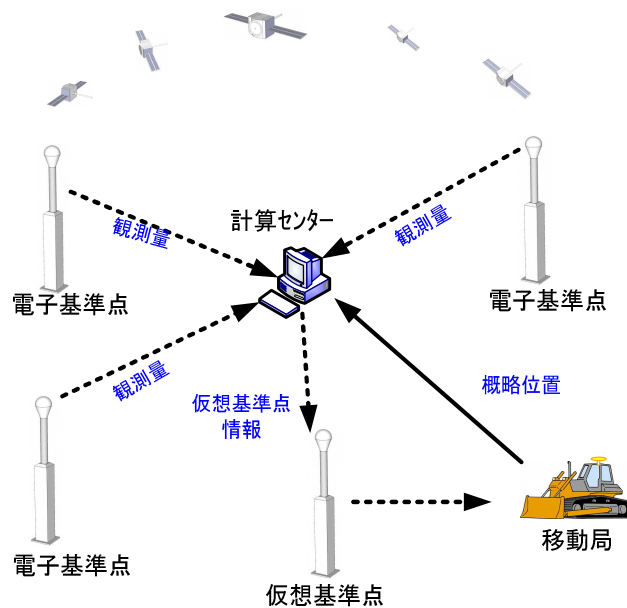


図 2.7 ネットワーク型RTK-GNSS (VRS方式)

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

(7) 締固め層厚分布図作成機能（まき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合）

締固め機械より取得する締固め時の標高データを用いて、施工時の管理ブロックサイズの標高と下層施工時の該当する管理ブロックサイズの標高の差分である締固め層厚を記録し、分布図を作成する機能。帳票出力時は平均層厚も記録する。

【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。

又、締固め層厚分布図を帳票作成できるシステムを用いて提出する場合は、まき出し厚管理時の写真撮影を省略出来る。

2.5 精度の確認

T Sは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、G N S Sはカタログ・性能仕様書等により確認し、確認資料を提出する。

T S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
 G N S Sにおいては セット間較差又は座標既知点との較差 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T S又はG N S S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T S又はG N S Sは、機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等）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見測し、既知座標とT S又はG N S S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

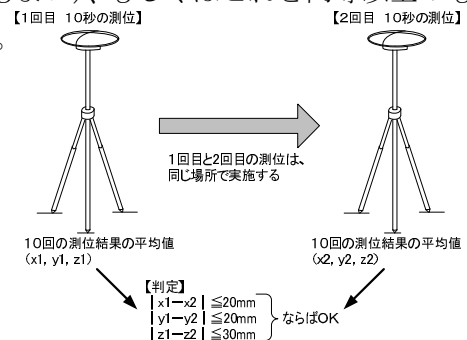


図 2.8 G N S Sの精度の確認方法（例）

G N S Sでは、施工現場等の任意の地点または座標既知点のいずれかで、使用衛星数が5衛星以上、データ取得間隔1秒で、10秒間の座標観測を再初期化の上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、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。但し、座標既知点で見測を行う場合は既知点とそれぞれの観測値との離れで確認する。

また、現場内の座標既知点において、G N S S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R T K-G N S S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）- G N S S座標系を現場座標系に変換すること。

米国が構築したG N S S座標系と現場座標系「日本測地系2011（JGD2011）等」は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、G N S S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

施工現場周辺のシステム運用障害の有無、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システム運用障害の有無、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）		
令和 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）であり規格・締固め性能を把握したか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
システム運用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機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等）があるか？ <li style="padding-left: 20px;">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るか？ 	
	⑥締固め層厚分布図作成機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め層厚分布図が作成できるか？ 	
※上記によりまき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合は確認する		

事前確認チェックシート（GNSSの場合）

令和 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）であり規格・締固め性能を把握したか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
システム運用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・空港等が近くはないか ・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機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等）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	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るか？ 	
	⑥座標取得データの選択機能 <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？ 	
	⑦締固め層厚分布図作成機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め層厚分布図が作成できるか？ ※上記によりまき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合は確認する	

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)
GNSSアンテナのオフセット量の設定 (GNSSの場合)
- (6) 締固め幅の設定
- (7) 締固め層厚の設定 (締固め層厚分布図により、まき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合)

【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⁾	0.25 m
タイヤローラ	0.50 m
振動ローラ	0.50 m
ロードローラ、 タンピングローラ等の 上記に準ずる機械	0.25 mまたは0.50 m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

■ : 12回	■ : 11回	■ : 10回	■ : 9回	■ : 8回	■ : 7回
■ : 6回	■ : 5回	■ : 4回	■ : 3回	■ : 2回	■ : 1回
□ : 0回					

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。

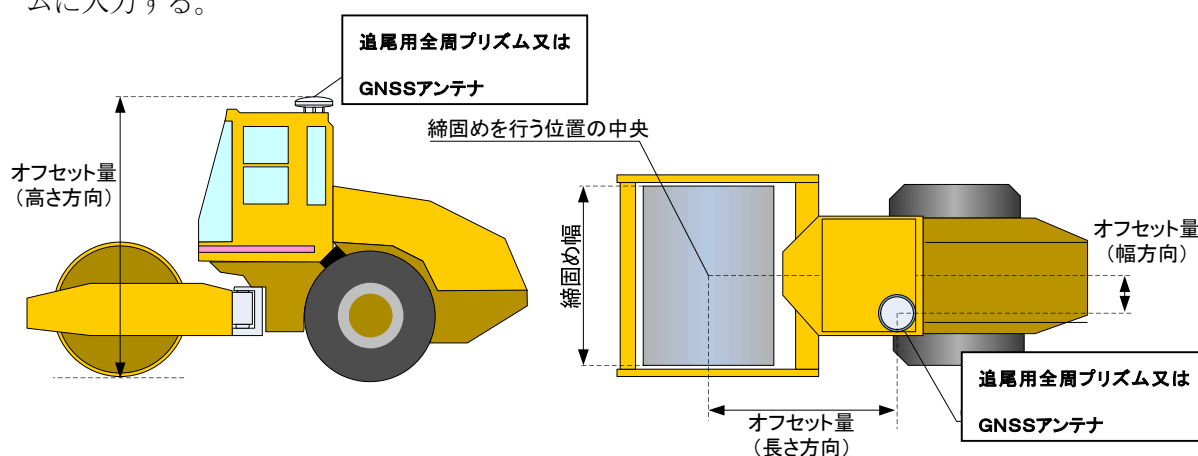


図2.10 オフセット量・締固め幅の計測位置(土工用振動ローラを使用する場合の例)

(6) 締固め幅の設定

締固め幅は、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。

(7) 締固め層厚の設定

締固め層厚は、締固め層厚分布図による管理を行う場合に設定する。締固め層厚は、試験施工で、締固め後に所要の仕上り厚となるような締固め層厚を確認し、これを目安として設定する。

2.8 試験施工

盛土施工の施工仕様（まき出し厚や締固め回数）は、使用予定材料の種類毎に事前に試験施工で決定する。システムが正常に作動することを、試験施工で確認してもよい。

【解説】

(1) 概要

使用予定材料の種類毎に事前に試験施工を行い、施工仕様（まき出し厚、締固め回数等）を決定する。この試験施工は、土質や目的物等により、試験方法に差異があるので留意しなければならない。例えば、締固め回数が多いと過転圧が懸念される土質の場合は、過転圧が発生する締固め回数を把握して、本施工での締固め回数の上限値を決定することができる。

ここで、システムの各種機能や精度が正常であることを確認してもよい。

なお、試験施工を実施するヤードの設定に関しては、試験方法、盛土材の土質、転圧に使用する機械の寸法等を考慮して、適切な幅と長さで設定する。

この基準に規定していない事項については、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

(2) 試験施工の使用機械

試験施工に使用するまき出し機械は、バックホウの他敷均しにはブルドーザを用いるなど実施工にあったもので行うこととし、締固め機械は本施工で使用する機械を本施工で使用する条件（水タンクによるバラスト調整など）で用いることとする。又、規格・締固めに影響する性能や作業時の機器状態を記録する。

(3) 確認項目

試験施工では表 2.5 の項目を確認する。

表 2.5 試験施工での確認項目

調査項目	測定方法の例
表面沈下量（必須）	丁張からの下がり
締固め度（必須）	砂置換法・RI計法・突砂法

(4) 試験施工の内容とヤード設定の事例

【事例1】

ある河川土工の現場における、試験施工の内容の事例を表 2.6 に、試験ヤード設定の事例を図 2.11 に示す。この現場では、締固め度の測定に砂置換法を採用しているため、試験ヤードは比較的広く設定している。

表 2.6 試験施工の内容の事例（締固め度の測定は砂置換法）

調査項目	測定時点（締固め回数）	備考
表面沈下量（下図の○）	0、2、4、6、8回	丁張からの下がり測定
締固め度（下図の●）	4、6、8回	砂置換法による測定

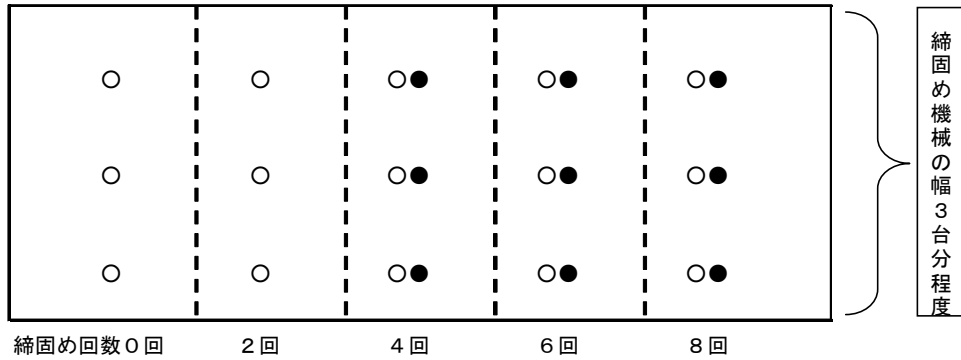


図 2.11 試験ヤードの設定事例（締固め度の測定は砂置換法）

【事例 2】

ある河川土工の現場における、試験施工の内容の事例を表 2.7 に、試験ヤード設定の事例を図 2.12 に示す。この現場では、締固め度の測定に RI 計法を採用しているため、試験ヤードは事例 1 に比べて狭く設定することができる。

表 2.7 試験施工の内容の事例（締固め度の測定は RI 計法）

調査項目	測定時点（締固め回数）	備考
表面沈下量（下図の○）	0、2、4、6、8回	丁張からの下がり測定
締固め度（下図の○）	0、2、4、6、8回	RI 計法による測定
空気間隙率（下図の○）	0、2、4、6、8回	

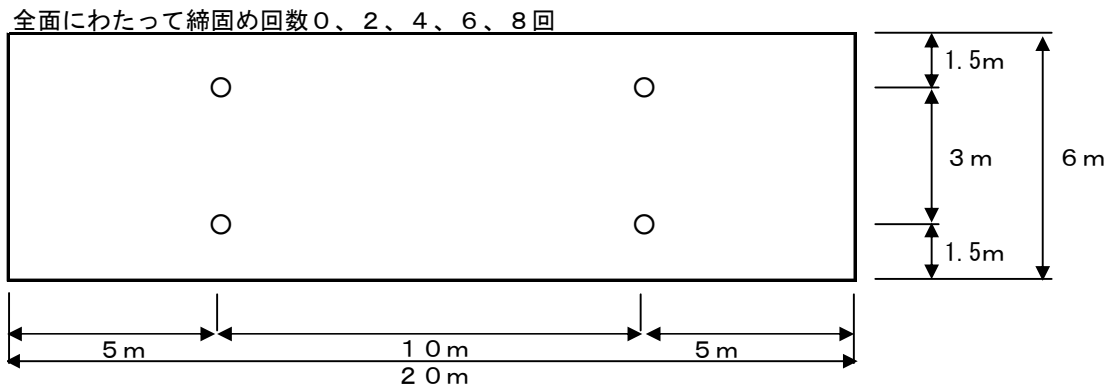


図 2.12 試験ヤードの設定事例（締固め度の測定は RI 計法）

(5) 施工仕様の決定

① 締固め回数

所定の仕上り厚（例 築堤の盛土工・路体盛土工は 30cm 以下、路床盛土工は 20cm 以下）となるようなまき出し厚さで材料をまき出し、締固めを行う。様々な締固め回数のもとで乾燥密度を測定し、締固め度を算出する。なお、締固め度算出（現場乾燥密度／最大乾燥密度）の分母となる最大乾燥密度には、土質試験における土の締固め試験（JIS A 1210 A・B 法又は JIS A 1210 C・D・E 法）の結果を用いる。

試験施工における、締固め回数と現場密度（R I 計法）の関係の例を、路体を用いて図 2.13 に示す。路体の品質規格値は、平均締固め度が 92%以上（JIS A 1210 A・B 法）である。したがって、図 2.13 に基づく適切な締固め回数は、8 回～10 回となる。

ただし、路床の品質規格値は平均締固め度が 97%以上（JIS A 1210 A・B 法）である。

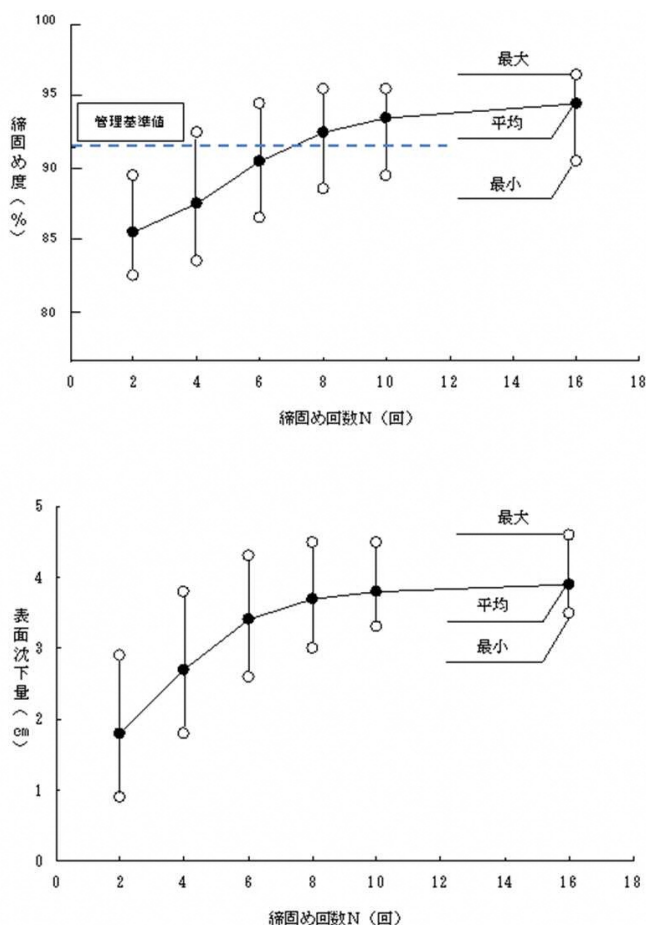


図 2.13 締固め回数の決定例（締固め度で管理できる材料：RI 計による測定例）

締固め度で管理できない岩塊材料の試験施工の例を、図 2.14 に示す。試験施工により、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（沈下量が収束した点付近）を本施工での締固め回数とするのが一般的である。

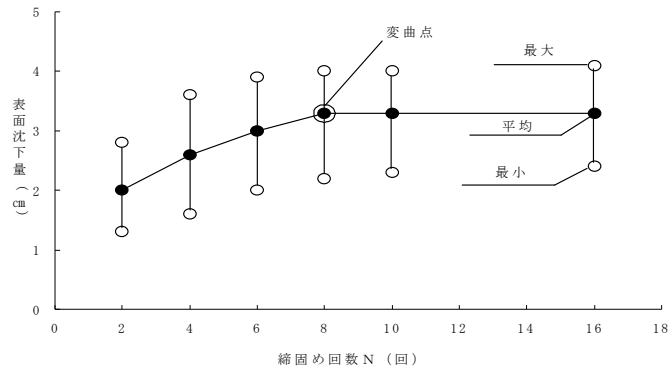


図 2.14 締固め回数の決定例 (締固め度で管理できない岩塊材料)

締固め回数が多いと過転圧が懸念される場合は、締固め回数を増やし過転圧が発生する締固め回数を把握して、本施工での締固め回数の上限值を決定することができる。

②まき出し厚

まき出し厚は、試験施工におけるまき出し厚を測定しておき、決定した締固め回数における表面沈下量から求められる仕上り厚を測定して、以下の式から本施工におけるまき出し厚を算出する。なお、試験施工において、決定したまき出し厚と締固め回数で、所定の仕上り厚が得られることを確認する。

本施工のまき出し厚 = 所定の仕上り厚 × (試験施工のまき出し厚 / 試験施工の仕上り厚)

※所定の仕上り厚 (例 築堤の盛土工・路体盛土工は 30cm 以下、路床盛土工は 20cm 以下)

③ 締固め後の層厚 (層厚分布図による管理を行う場合に把握する)

所定の仕上り厚が目安となる。各層の平均層厚が試験施工で定めた仕上り厚と比べて著しい乖離がないようにする。締固め層厚の把握においては、締固め層厚分布図は面的な施工状況の把握が目的であり、示される層厚で合否判定はしない。衛星測位には、GNSS 衛星の位置誤差、衛星からの電波の伝搬遅延による誤差等の、数 cm の再現性の無い誤差が生じることがあり、表示値が所定の仕上り厚を超える可能性があるためである。

(6) システム作動確認

システムの準備内容 (2.2~2.7 参照) について、事前に実施工と同様の施工内容で、正常に作動すること確認しておくことが望ましい。したがって、システムの各種機能や精度を、試験施工で確認してもよい。例えば、図 2.12 に示す方法で試験施工を実施した場合、システムから出力される締固め回数分布図が図 2.12 と同様の形となっていれば、システムが正常に作動しているものと判断できる。

試験施工におけるシステム作動に関する確認項目の例を、表 2.8 に示す。

表 2.8 試験施工におけるシステム作動に関する確認項目（例）

確認項目	確認内容	判定
システム運用に関する障害	<p>T Sの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ T Sからの視準の遮断・錯綜の有無 ・ 基準局・移動局間の無線通信障害の発生の有無 <p>G N S Sの場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 試験施工中での F I X 解が得られること ・ 基準局・移動局間の無線通信障害の発生の有無 	<p>T Sから追尾用全周プリズムへの視準が遮断・錯綜する恐れがなく、無線通信障害が発生しなければ合格</p> <p>F I X 解が得られ、無線通信障害が発生しなければ合格</p> <p>ただし障害が発生しても、それらの障害が当初から想定される範囲であれば合格</p>
締固め判定・表示機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験施工での実際の走行状況とモニタ表示状況の違いの有無 ・ 実際の走行状況とモニタ表示までの遅れ時間 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の走行状況と、モニタ表示状況・転圧回数表示内容、締固め幅、締固め範囲に違いがなければ合格 ・ 締固め回数の表示遅れが数秒以内であれば合格
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こと 	<p>所定のサイズの管理ブロックがモニタ表示されれば合格</p>
締固め幅設定機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重機のローラまたは履帯幅に応じて締固め幅を任意に設定出来ること 	<p>実際の走行状況と、モニタ表示状況・転圧回数表示内容、締固め幅、締固め範囲に違いがなければ合格</p>
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（追尾用全周プリズム又は G N S S アンテナ設置位置）と締固め位置とのオフセット量を入力できること 	

2.9 土質試験・試験施工結果の資料作成・提出

土質試験及び試験施工の結果を報告書として作成する。これらの資料は、盛土施工における材料品質の確認や施工仕様の確認の基本となるため、資料をまとめ次第、速やかに監督職員に提出する。

【解説】

(1) 土質試験の報告書

土質試験の報告書には、使用予定材料の種類毎に以下の結果を記載する。

- ・各種土質試験結果
- ・盛土材料としての適性評価
- ・過転圧になりやすい土質かどうかの評価
- ・締固め曲線（突固め曲線）
- ・所定の締固め度が得られる含水比の範囲
- ・各種試験結果を示すデータシート等

(2) 試験施工の報告書

試験施工の報告書には、以下の結果を記載する。使用予定材料の種類が複数である場合には、それぞれに報告書を作成する。

【試験施工概要】

- ・工事名、試験年月日、試験の目的
- ・試験施工に使用した土質の種類（土取場名、土質名等）
- ・試験施工に使用した機械の規格・締固めに影響する性能・作業時の機器状態（まき出し機械、敷均し機械、締固め機械）
- ・試験項目（締固め度、表面沈下量等）

【試験施工条件】

- ・試験施工ヤードの寸法
- ・測定位置

【試験施工結果】

- ・締固め回数と各試験項目の関係（表、グラフ等）
- ・所定の締固め度が得られる締固め回数
- ・（過転圧になりやすい土質の場合）締固め回数の上限値
- ・仕上り厚及び所定の仕上り厚が得られるまき出し厚
- ・各種試験結果を示すデータシート等

【システム作動確認結果】

- ・締固め回数分布図
- ・走行軌跡図

第3章 盛土施工における管理・確認

3.1 盛土材料の品質

盛土施工に使用する材料は、土質の変化の有無に注意を払い、試験施工で施工仕様を決定した材料と同じ土質の材料であることを確認する。さらに、盛土に先立ち、その含水比が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する。

【解説】

(1) 土質の変化の有無の確認

盛土材料は、使用を予定している土取場から搬入する。従来の管理方法と同様に、目視による色の確認や手触り等による性状確認、その他の手段により、盛土に使用する材料が、事前の土質試験や試験施工で品質・施工仕様を確認したのと同じ土質であることを確認する。

本要領による締固め管理では材料の品質確認が重要であり、材料搬入時には性状の変化に都度注意を払う必要がある。異なっている場合は、その材料について土質試験・試験施工を改めて実施し、品質や施工仕様を確認したうえで盛土に使用する。

土質の変化がある場合には、一般に「品質管理基準及び規格値」に示される土質試験を実施することとなっている（前掲の表 2.6、表 2.7 参照）。

(2) 含水比の確認

盛土に使用する材料の含水比が、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し、補助データとして施工当日の気象状況（天気・湿度・気温等）も記録する。一般的な試験方法（JIS A 1203、いわゆる炉乾燥法）では含水比が判明するまでに長時間を要するため、含水比測定の簡易法を準備して炉乾燥法との整合性を確認した上で、日常的には簡易法で迅速に含水比を確認するとよい。簡易法としては、RI 計法、赤外線水分計法、電子レンジ法、フライパン法を用いた事例がある。

含水比は、盛土の開始前後に、土取場や盛土現場で測定することを原則とする。また、施工中に含水比が変化しそうな場合（施工を止めるには至らないような小雨の場合、日射・強風・低湿度の乾燥作用がある場合等）にも含水比を測定し、所定の範囲内であるかどうかを確認する。

含水比が、所定の締固め度が得られる含水比の範囲内に入っていない場合には、散水、曝気等による含水比の調節を行う。

3.2 材料のまき出し

盛土材料をまき出す際には、盛土施工範囲の全面にわたって、試験施工で決定したまき出し厚以下のまき出し厚となるよう、適切に管理するものとする。

【解説】

(1) まき出し方法

盛土施工の基本は、締固め後の盛土材料が所定の締固め度を確保していることである。このため、所定の品質の盛土材料に、所定の締固めエネルギーを与えることが必要である。この締固めエネルギーには、締固め機械の種類、盛土材料のまき出し厚、締固め回数が大きな要因となる。

事前の試験施工において、所定の仕上り厚（例 築堤の盛土工・路体盛土工は30cm以下、路床盛土工は20cm以下）となるようなまき出し厚が求められており、本施工では盛土施工範囲の全面にわたって、このまき出し厚以下となるようにまき出し作業を実施し、その結果を確認するものとする。

なお、盛土材料に大粒径の礫が含まれる場合、運搬機械からの荷下ろしやまき出し作業によって礫が分離し、盛土材料が不均一となることがあるため、まき出し作業においてはブルドーザの排土板で礫を分散させる等、分離を解消するような方法を心がける。

(2) まき出し厚の確認方法（締固め層厚分布図による把握方法）

本管理要領では、まき出し厚の標準的な確認頻度を従来の管理方法と同様に、200mに1回の頻度でまき出し厚管理の写真撮影を行う、又まき出し施工のトレーサビリティを確保するためT SあるいはG N S Sによる締固め回数管理時の走行位置による面的な標高データを記録するものとする。

盛土の完成出来形に対して、施工層数ごとの締固め機械の標高データを記録しておくことで、各層ごとのまき出し終了後から締固め作業中及び締固め後の標高データを記録することとなり、施工状況のトレーサビリティ確保に寄与できる。

締固め回数管理時に取得した機械位置データを用い、全数・全層について各層の平均層圧を記載して締固め層厚分布図を作成し提出する場合は、200mに1回必須とされているまき出し厚管理時の写真撮影を省略することができる。なお、締固め層厚分布図を作成し提出する場合においても、1層目の締固め層厚については、従来どおり、丁張り、標尺等の近傍にて写真管理を行うこととする。

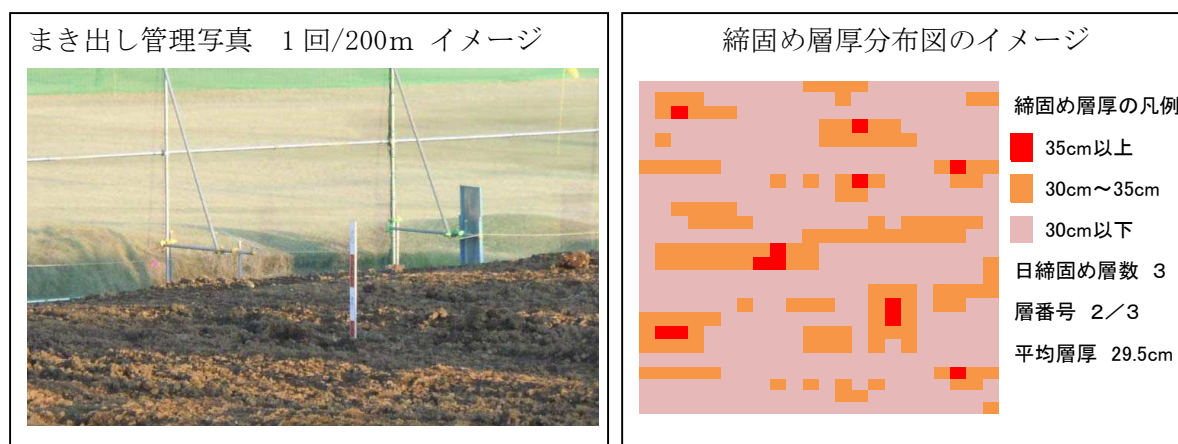
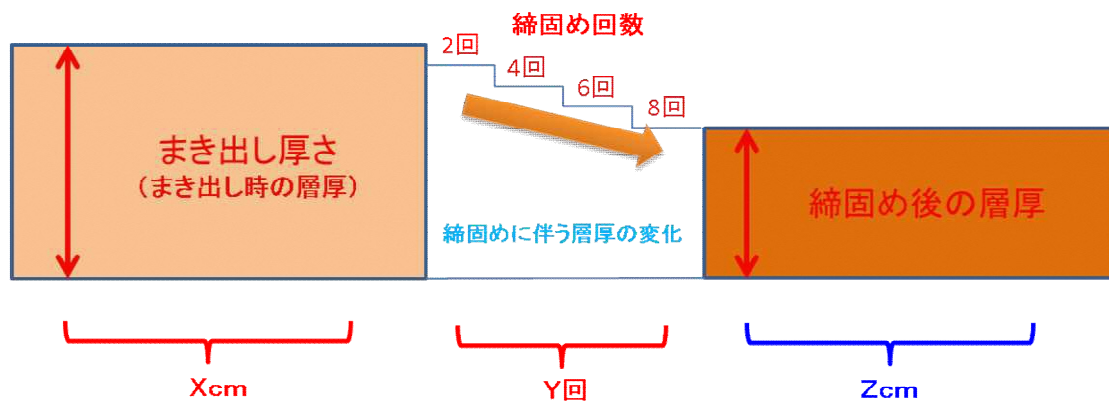


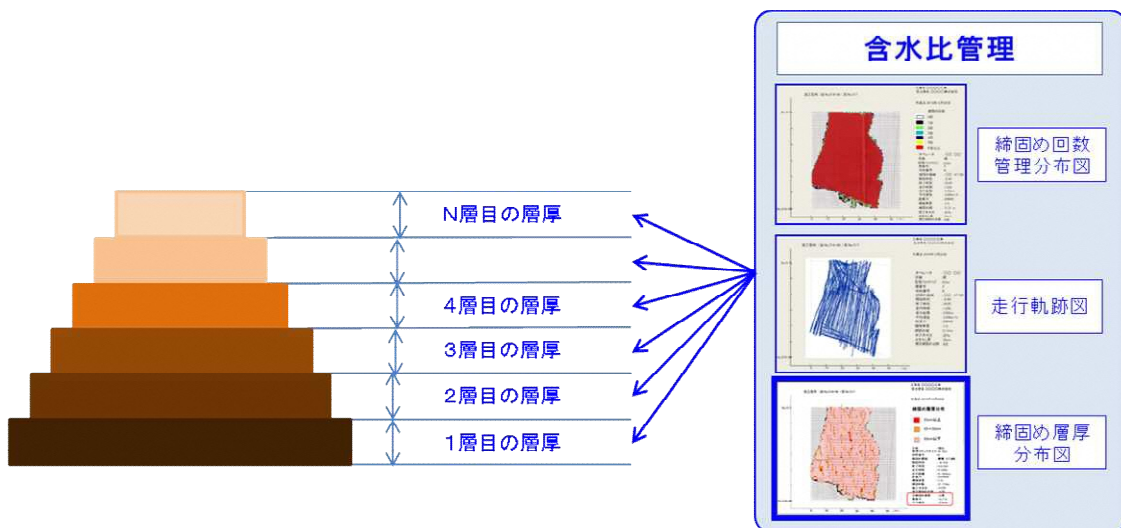
図 3.1 まき出し管理写真及び締固め層厚分布図の例



従来の施工管理の考え方 Xcmのまき出し+Y回の締固め→Zcmの締固め後層厚
 ※Zcmについて出来形管理は行っていない



追加された施工管理の考え方
 締固め後の層厚 (Zcm) と締固め回数 (Y回) を把握できれば、適切にまき出しされた (Xcm) と判断出来る → まき出し管理写真撮影を省略



追加された施工管理の考え方
 適切な含水比管理と締固め後の層厚分布図 (Zcm) 及び締固め回数分布図 (Y回) の提出により、適切にまき出し、施工されたと判断出来る。

図 3.2 締固め管理の考え方

3.3 締固め

盛土材料を締固める際には、盛土施工範囲の全面にわたって、試験施工で決定した締固め回数を確保するよう、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムによって管理するものとし、車載パソコンのモニタに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが、規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めるものとする。なお、過転圧が懸念される土質においては、過転圧となる締固め回数を超えて締固めないものとする。

【解説】

本施工では、試験施工で用いた機械を試験施工で用いた条件（水タンクによるバラスト調整など）で使用することとする。ただし、やむを得ない理由で代替機械を用いる場合は締固め性能が同等（規格・重量・起振力・線圧等）であることを確認する。締固め機械のオペレータは、車載パソコンのモニタに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めなければならない（図 3.3）。なお、過転圧が懸念される土質においては、過転圧となる締固め回数を超えて締固めないよう、車載モニタに表示される締固め回数分布図で警告するような設定を施す（締固め回数の上限值の手前で管理ブロックの色を変える等）とともに施工機械の走行経路にも配慮する。

ただし、締固め機械が近寄れない構造物周辺やのり肩部については、本管理要領の対象外となることに配慮し締固め管理範囲を決定する。

なお、締固めにあたっては、次の事項に留意しなければならない。

- ①締固め速度は、試験施工時の速度を逸脱してはならない。
- ②GNSSの場合、捕捉される衛星の個数が多くても、衛星の配置が悪いと一時的に測位精度が悪いFLOAT解になることがある。この場合、FIX解に回復するまで作業を中断する。これは、作業を中断しない場合は、その範囲を従来手法で管理（目視での締固め回数カウント及び現場密度試験による品質確認）しなければならないためである。
- ③ 締固め層厚分布図の提出に関する留意事項。

締固め層厚分布図は面的な施工状況の把握が目的であり、示される層厚で合否判定はしない。これは衛星測位には、GNSS衛星の位置誤差、衛星からの電波の伝搬遅延による誤差等の、数cmの再現性の無い誤差が生じることがあり、表示値が所定の仕上がり厚を超える可能性があるためである。

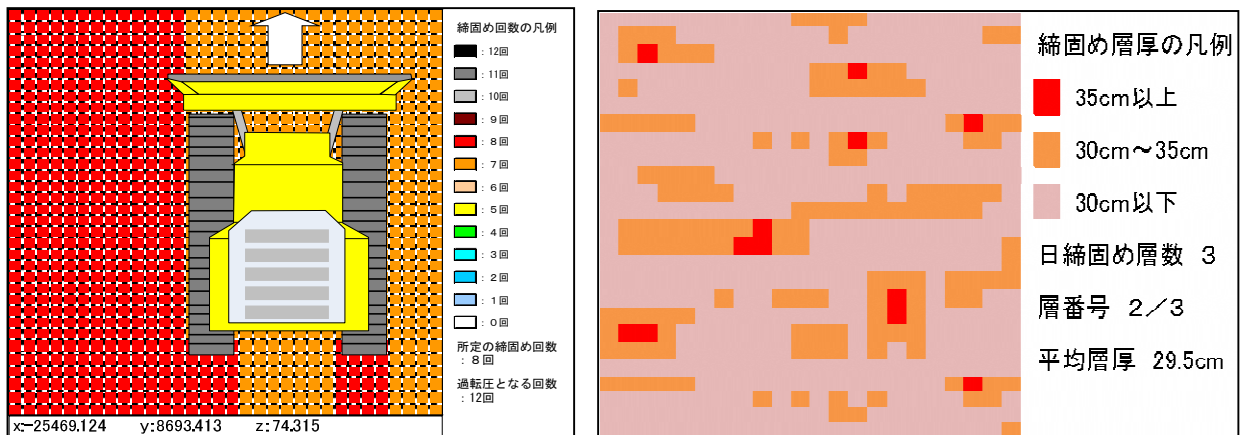


図 3.3 車載モニタによる締固め回数確認及び層厚分布図のイメージ

3.4 現場密度試験

原則として現場密度試験を省略する。但し、試験施工と同様の品質で所定の含水比の範囲が保たれる盛土材料を使用していない場合や、所定のまき出し厚・締固め回数等で施工できたことを確認できない場合には、現場密度試験を実施して規格値を満足しているか確認する。

【解説】

試験施工と同様（土質、含水比）の盛土材料を使用し、試験施工で決定した通りの施工仕様（まき出し厚、締固め回数等）で施工した盛土は、所定の締固め度を確保していると言える。

本管理要領により、盛土材料の品質確認（3.1参照）、まき出し厚等の確認（3.2参照）、締固め回数の確認（3.3参照）を行い、所定の結果が得られていることを確認できるならば、施工範囲全面で所定の締固め度が得られていると言えるので、現場密度試験を省略する。

また、品質管理及び出来形管理写真については、「写真管理基準(案)」(国土交通省)に基づいて行うが、現場密度試験は原則として省略されるため、「現場密度の測定」(土質毎に1回)の写真撮影は省略する。

なお、盛土材料の品質、まき出し厚、締固め回数等のいずれかが規定通りとなっていない場合は、締固め度が所定のものとなっていない可能性があるため、各地方整備局で制定されている「土木工事施工管理基準及び規格値」に従って現場密度試験を実施する。

3.5 盛土施工結果の資料作成・提出

盛土材料の品質の記録（搬出した土取場、含水比等）、まき出し厚の記録、締固め層厚分布図（まき出し厚の記録を省略する場合）、締固め回数の記録（締固め回数分布図、走行軌跡図）は施工時の日常管理帳票として作成・保管する。

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）は、電子データの形式で提出する。

【解説】

(1) 盛土材料の品質の記録

盛土に使用した材料が、事前に土質試験で品質を確認し、試験施工で施工仕様を決定した材料と同じ土質の材料であることを確認できる記録として、搬出した土取場を記録する。当該土取場に複数の土質の材料がある場合には、それらを区別するための土質名を記録する。

盛土に使用した材料の含水比（施工含水比）も記録する。

これらの記録を（3）における締固め回数分布図に記載すれば、別資料として整理する必要はない。

(2) まき出し厚の記録

まき出し作業において、試験施工で決定したまき出し厚以下のまき出し厚となっていることを確認できる記録として、200mに1回の頻度でまき出し厚の写真撮影を行うとともに毎回の盛土施工における施工機械の走行標高データをログファイルに記録する。

締固め範囲の全数・全層について、各層の平均層圧を記載した締固め層厚分布図をシステムにより作成する場合、まき出し厚管理時の写真撮影を省略できる。

(3) 締固め回数分布図と走行軌跡図

毎回の締固め終了後に、車載パソコンに記録された計測データ（ログファイル）を電子媒体に保存し、管理局において締固め回数分布図と走行軌跡図を出力する。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ので、全数・全層について作成する。したがって、一日の締固めが複数回・複数層に及ぶ場合は、その都度、以下の内容が記載された締固め回数分布図と走行軌跡図を出力するものとする。締固め回数分布図、走行軌跡図等の日常管理資料は、データで出力・保管してもよい。

< 必須の入力項目 >

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 作業日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 施工箇所（STA.No 等）、断面番号又は盛土層数番号
- ・ 盛土材料番号（土取場名、土質名）
- ・ 締固め機械名
- ・ 作業時刻
- ・ 走行時間、走行距離、締固め平均速度
- ・ 施工時の起振力（振動ローラの場合、タンデムローラでは前後輪ともに記入）
- ・ 施工時の機械重量（バラスト含む）
- ・ 締固め幅
- ・ 施工含水比
- ・ まき出し厚
- ・ 規定締固め回数

< 任意の入力項目 >

- ・ その他

管理ブロックサイズ 0.50m、規定締固め回数 6 回の条件で締固めた際の締固め回数分布図のイメージを図 3.4 に、走行軌跡図のイメージを図 3.5 に示す。

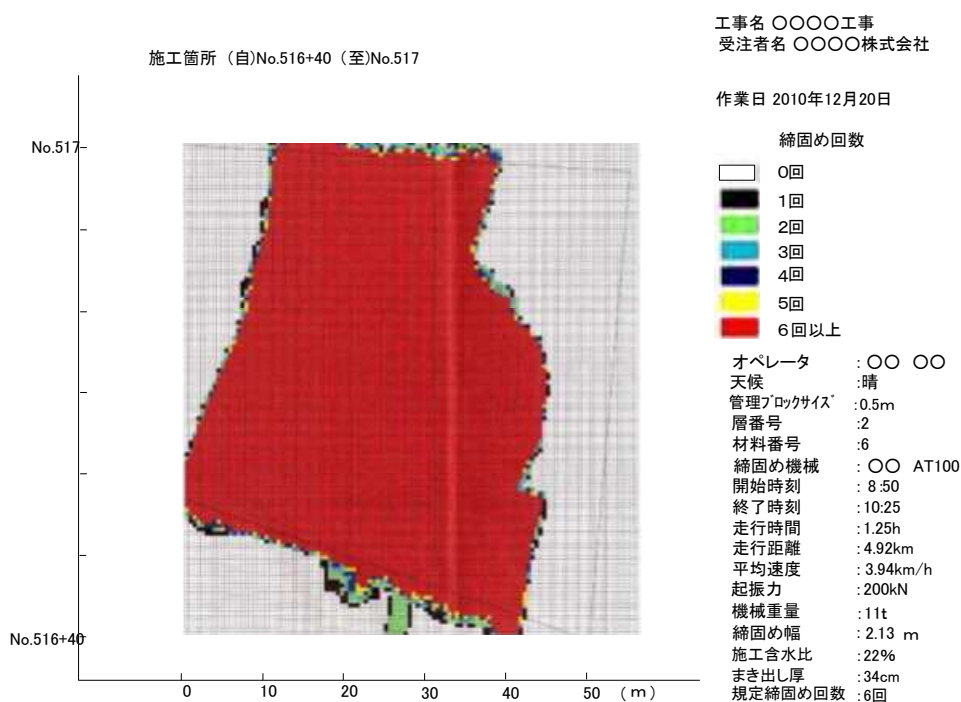


図 3.4 締固め回数分布図イメージ (管理ブロックサイズ 0.50 m)

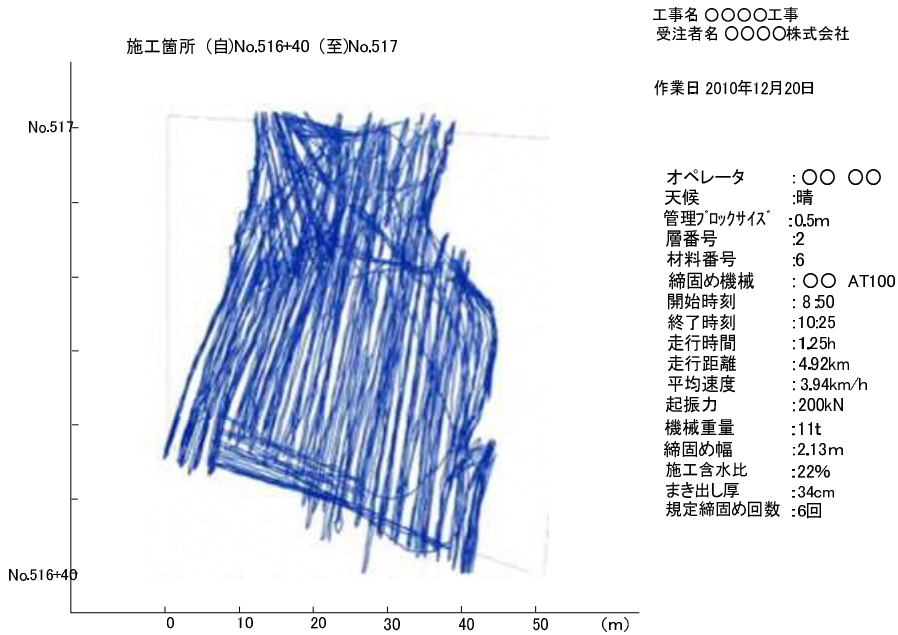


図 3.5 走行軌跡図のイメージ

(4) 締固め層厚分布図

まき出し厚の写真管理に代えて締固め層厚分布図による把握を行う場合は、毎回の締固め終了後に、車載パソコンに記録された計測データ（ログファイル）を電子媒体に保存し、管理局において締固め層厚分布図を出力する。この図は締固め範囲の全面を確実にまき出し、締固めを行ったことを確認するための日常管理帳票となるので、全数・全層について作成する。したがって、一日の締固めが複数回・複数層に及ぶ場合は、その都度、以下の内容が記載された締固め層厚分布図を出力するものとする。

管理ブロックごとに締固め層厚を表示する。又、必須入力項目は（3）締固め回数分布図と走行軌跡図に準ずるが、当該帳票が何層目に当たるかを明示する他、まき出し厚に代えて平均層厚を記録する。

締固め層厚分布図のイメージを図 3.6 に示す。

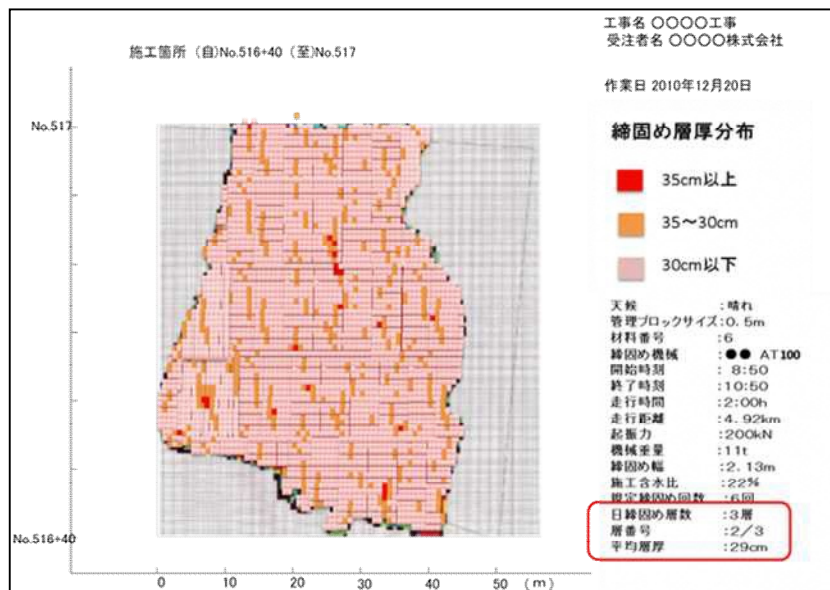


図 3.6 締固め層厚分布図のイメージ

(5) ログファイル

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）も電子データの形式で保管し、「工事完成図書」の電子納品等要領で定める「OTHR」フォルダに格納する。ログファイルに必要なデータ項目を、以下の通りとする。ログファイルの内容の例をTSについては図3.7、GNSSについては図3.8に示す。

- ・年月日と時刻 : 図3.7の例では②
- ・各時刻における位置（x、y、z座標） : 図3.7の例では④～⑥
- ・重機の前進後進の信号 : 図3.7の例では③
- ・振動輪の起振の有無（振動ローラの場合） : 図3.7の例では⑦、⑧

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦⑧
1	091120_074931	1	1000.426180	-61431.327734	149.613327	F F
1	091120_074932	1	1000.423844	-61431.328288	149.617427	F F
1	091120_074933	1	1000.424147	-61431.327027	149.612527	F F
1	091120_074934	1	1000.426483	-61431.327028	149.609327	F F
1	091120_074935	1	1000.426180	-61431.327918	149.603027	F F
1	091120_074936	1	1000.428365	-61431.327548	149.613527	F F
1	091120_074937	1	1000.426667	-61431.326843	149.610927	F F
1	091120_074938	1	1000.425574	-61431.327918	149.604927	F F
1	091120_074939	1	1000.426818	-61431.327549	149.612627	F F
1	091120_074940	1	1000.424147	-61431.326843	149.611827	F F
1	091120_074941	1	1000.426332	-61431.324507	149.611727	F F
1	091120_074942	1	1000.426331	-61431.325952	149.611627	F F
1	091120_074943	1	1000.423542	-61431.325767	149.607327	F F
1	091120_074944	1	1000.424785	-61431.324507	149.610526	F F
1	091120_074945	1	1000.426483	-61431.327398	149.616127	F F
1	091120_074946	1	1000.426516	-61431.333111	149.613127	F F
1	091120_074947	1	1000.427423	-61431.328808	149.607827	F F
1	091120_074948	1	1000.427121	-61431.328809	149.610227	F F
1	091120_074949	1	1000.426970	-61431.328809	149.617927	F F

図3.7 ログファイルの内容の例（TSを用いた例）

- ・年月日と時刻 : 図3.8の例では②
- ・各時刻における位置（x、y、z座標） : 図3.8の例では⑧～⑩
- ・GNSSの測位状況（FIX解かFLOAT解かを判別するもの） : 図3.8の例では③
- ・重機の前進後進の信号 : 図3.8の例では⑦
- ・振動輪の起振の有無（振動ローラの場合） : 図3.8の例では⑪、⑫

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
1	091120_074931	5	9	1	0	0	1	1000.426180	-61431.327734	149.613327	F F
1	091120_074932	5	9	1	0	0	1	1000.423844	-61431.328288	149.617427	F F
1	091120_074933	5	9	1	0	0	1	1000.424147	-61431.327027	149.612527	F F
1	091120_074934	5	9	1	0	0	1	1000.426483	-61431.327028	149.609327	F F
1	091120_074935	5	9	1	0	0	1	1000.426180	-61431.327918	149.603027	F F
1	091120_074936	5	9	1	0	0	1	1000.428365	-61431.327548	149.613527	F F
1	091120_074937	5	9	1	0	0	1	1000.426667	-61431.326843	149.610927	F F
1	091120_074938	5	9	1	0	0	1	1000.425574	-61431.327918	149.604927	F F
1	091120_074939	5	9	1	0	0	1	1000.426818	-61431.327549	149.612627	F F
1	091120_074940	5	9	1	0	0	1	1000.424147	-61431.326843	149.611827	F F
1	091120_074941	5	9	1	0	0	1	1000.426332	-61431.324507	149.611727	F F
1	091120_074942	5	9	1	0	0	1	1000.426331	-61431.325952	149.611627	F F
1	091120_074943	5	9	1	0	0	1	1000.423542	-61431.325767	149.607327	F F
1	091120_074944	5	9	1	0	0	1	1000.424785	-61431.324507	149.610526	F F
1	091120_074945	5	9	1	0	0	1	1000.426483	-61431.327398	149.616127	F F
1	091120_074946	5	9	1	0	0	1	1000.426516	-61431.333111	149.613127	F F
1	091120_074947	5	9	1	0	0	1	1000.427423	-61431.328808	149.607827	F F
1	091120_074948	5	9	1	0	0	1	1000.427121	-61431.328809	149.610227	F F
1	091120_074949	5	9	1	0	0	1	1000.426970	-61431.328809	149.617927	F F

図3.8 ログファイルの内容の例（GNSSを用いた例）

※ログファイルの電子データ形式は、土木技術資料第4372号「TS・GNSSによる盛土締固め管理データ交換標準（案）」によるものとし、2020年4月1日以降に適用する。

(6) 現場密度試験結果

現場密度試験（砂置換法、RI計法等）を実施した場合には、データシート等を含む試験結果の報告書を作成する。

第4章 発注者への提出書類等

4.1 監督に関する書類の提出

発注者の監督に対して適切に対応するため、準備工や盛土工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

【解説】

受注者は、盛土の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、盛土工の監督としては、表 4.1 に示す施工状況把握を行うこととなっている（盛土工には、「段階確認」は特に定められていない）。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合にはすぐに提示できるよう、2.6、2.10、3.5 で作成する資料を整理しておく必要がある。盛土工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料を、表 4.2 に示す。

表 4.1 盛土工における施工状況把握の内容（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	施工時期	把握項目	把握の程度
盛土工 河川、道路、海岸、 砂防	—	敷均し・転圧時	使用材料、敷均し・ 締固め状況	一般：1回／1工事 重点：2～3回／1工事

表 4.2 盛土工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
工事基準点に関する測量成果	<ul style="list-style-type: none"> 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 	工事基準点の座標、配置、設置状況等を把握するための左記資料	2.5 参照
精度確認結果・システム確認結果	事前確認 チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> 機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等） 現場の計測障害の有無、使用するシステムの精度・機能の確認結果 	2.6 参照
土質試験・試験 施工結果	土質試験結果	使用する土質毎の締固め曲線及び所定の締固め度が得られる含水比の範囲	
	試験施工結果	試験により密度との相関から決定した締固め機械種類、まき出し厚、締固め回数	
盛土工施工結果	①盛土材料の品質の記録	土質（搬出した土取場）、含水比のチェック	②に記載する
	②締固め回数分布図と走行軌跡図	締固め回数、走行軌跡のチェック	
	③締固め層厚分布図	締固め層厚分布の把握	施工者が選択した場合
	④ログファイル	②、③に疑義がある場合にチェックするデータ	電子データ形式で提出
	⑤現場密度試験結果	締固め度のチェック	現場密度試験を行った場合のみ

注) 青文字は本管理要領に特有の内容

4.2 検査に関する書類の提出

発注者の検査に対して適切に対応するため、準備工や盛土施工での品質管理に関わる資料や必要な機材を準備し、検査に臨まねばならない。

【解説】

本管理要領は盛土の品質を管理するものであるため、「品質検査」に対応する資料を準備する。品質検査の手順は「公共事業の品質確保のための監督・検査・成績評定の手引き 平成 22 年 7 月 全国総括工事検査官等会議」より以下が示されている。

1. 品質管理資料について、品質管理基準に定められた試験項目、試験頻度並びに規格値を満足しているか否かを確認する。
2. 現地や施工状況写真等の観察により均等に施工されているか否かを判断する。
3. 動作確認が行える施設については、実際に操作し確認を行うとともに、必要により性能を実測する。
4. 品質管理資料の規格値との対比、並びに観察結果により適否を判断する。

したがって、検査に対応するための資料や機材は、表 4.2 に示したもののほか、表 4.3 に示すものが必要となる。

表 4.3 盛土工の品質に関する検査で必要となり得る資料・機材

種別	資料または機材	要点	備考
品質管理資料	表 4.2 に示す全ての資料	品質管理基準の試験項目、試験頻度並びに規格値を満足しているか否かを示す資料	
品質管理及び出来形管理写真	締固め状況の写真	適切な重機・適切な方法で施工していることを示す写真	
	まき出し厚の確認写真	施工延長 200 m に 1 箇所	締固め層厚分布図が提出されれば省略

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

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(GNSSの場合)

FIX解が得られる状態でのデータのみを取得する機能

(7) 締固め層厚分布図作成機能(まき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合)

締固め機械より取得する締固め時の標高データを用いて、施工時の管理ブロックサイズの標高と下層施工時の該当する管理ブロックサイズの標高の差分である締固め層厚を記録し、分布図を作成する機能。帳票出力時は締固め層数及び平均層厚も記録する。

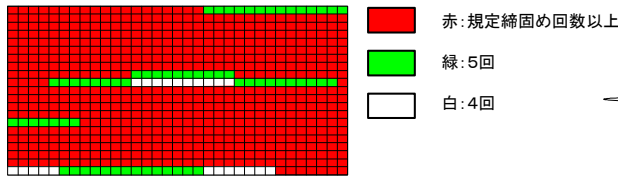
【解説】

(1) 締固め判定・表示機能

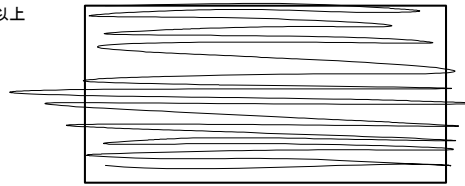
使用するシステムは、締固めの施工範囲を小さな正方形に分割して設定した各管理ブロックに対して、通過したかどうかを識別し、通過した場合にはその回数を車載モニタに表示することができるものとする。また、車載モニタに示される締固め機械の走行位置は、実際の走行位置に対して3～4秒遅れ程度以内とする。

管理ブロックとは、施工範囲(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であり、この管理ブロック毎に締固め回数を記録・表示する。締固め回数は、各ブロックの四隅の1点をローラまたは履帯が通過した時点で、そのブロックを1回締固めたと見なす判定方法でカウントする。

締固め作業中、オペレータは車載モニタに表示される管理ブロック毎の締固め回数の色分け表示を確認しながら、規定回数の締固め完了部分と未完了部分を見分けることができる。車載モニタに表示される締固め回数分布図の概念図を参考図1、締固め機械の走行軌跡概念図を参考図2に示す。



締固め回数分布図



走行軌跡図

参考図1 締固め回数分布図の概念図

参考図2 締固め機械の走行軌跡概念図

(2) 施工範囲の分割機能

締固め回数を管理するための適切な管理ブロックサイズは締固め機械によって異なり、本管理要領では、参考表1に示すとおり機種に応じて0.25mまたは0.50mサイズを標準としている。使用するシステムは、締固め回数を管理するモニタ表示で、施工範囲を0.25mまたは0.50mサイズの管理ブロックに分割できるものとする。

参考表1 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0.5m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) 締固め幅設定機能

締固め幅は機種によって異なる。特にブルドーザの場合は、左右の履帯幅のみを締固め幅とすることになる。使用するシステムは、機種や機械の大きさに応じて、締固め幅を設定できるものとする。

(4) オフセット機能 (参考表2、参考図3、参考図4参照)

① 締固め回数 (締固め位置) のオフセット

締固め機械の位置座標を取得するため、追尾用全周プリズム又はGNSSアンテナを作業機械に装着するが、この装着位置は実際の締固め位置ではない。追尾用全周プリズム又はGNSSはアンテナ装着位置の座標を取得するため、実際の締固め位置との関係について、補正計算を行わなければならない。使用するシステムは、以下の内容で実際の締固め位置を補正計算 (オフセット) できるものとする。

- ・ブルドーザ：左右の履帯の前端あるいは後端 (前進時の締固め位置は後端、後進時の締固め位置は前端) : 参考図3参照
- ・タイヤローラ：前後輪の接地線

- ・振動ローラ：土工用振動ローラの場合は前輪の接地線、タンデム型振動ローラの場合は前後輪の接地線：参考図4参照

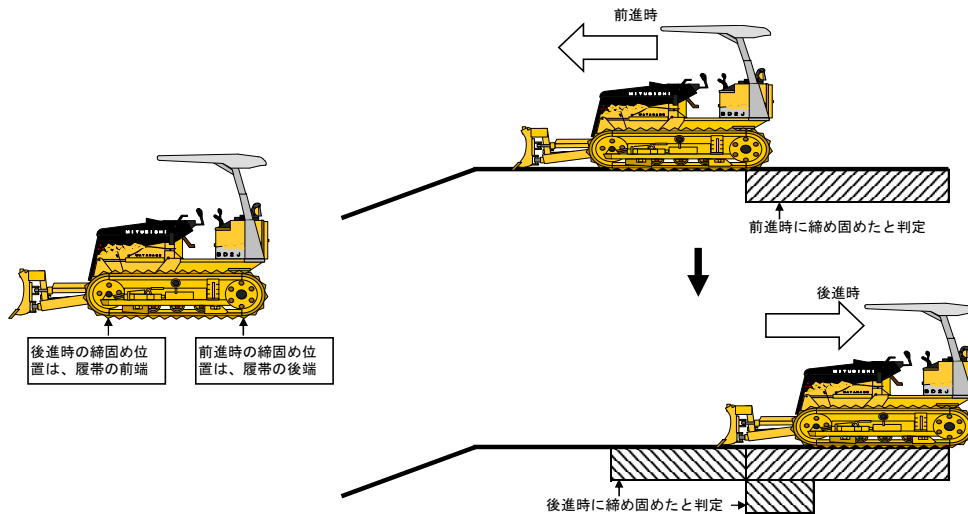
②機械標高のオフセット

まき出し機械や締固め機械の位置座標をTS又はGNSSにより取得し、まき出し時の標高や締固め後の標高を測定してまき出し厚や締固め層厚等の算出に利用する場合は、位置座標取得箇所と実際の地盤標高との関係について、以下の内容でオフセットできるものとする。

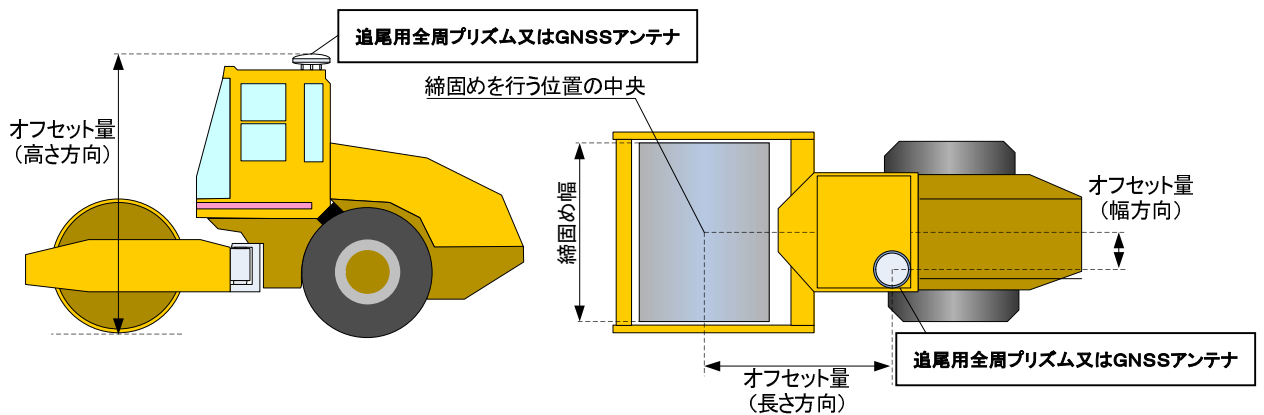
- ・ブルドーザ：履帯底面等、地盤の標高に一致する高さ位置
- ・タイヤローラ：車輪底面等、地盤の標高に一致する高さ位置
- ・振動ローラ：振動輪底面等、地盤の標高に一致する高さ位置：参考図4参照

参考表2 機械の種類別のオフセット設定と締固め判定のガイドライン

機械の種類	システムの設定		
	締固め位置	締固め判定	標高測定位置(例)
ブルドーザ	左右の履帯の前端あるいは後端：参考図3 前進時：締固め位置は後端 後進時：締固め位置は前端	<ul style="list-style-type: none"> ・左記の締固め位置が管理ブロックの1点を通過すれば、その管理ブロックを締固めたと判定 ・システムは前後進を区別することが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・履帯の底面 ・湿地ブルドーザの三角シューでは、シューの厚みの中心を標高測定位置とした事例あり ・シューの形状が特殊な場合は、適切な位置を設定する
タイヤローラ	前後輪の接地線	<ul style="list-style-type: none"> ・片輪の接地線が管理ブロックの1点を通過すれば、その管理ブロックを0.5回だけ締固めたと判定 ・システムは前後進を区別することが必要 	前後輪の底面
振動ローラ	【タンデム型】 前後輪の接地線	<ul style="list-style-type: none"> ・片輪の接地線が管理ブロックの1点を通過すれば、その管理ブロックを0.5回だけ締固めたと判定 ・ローラの振動時のみに締固め走行軌跡を記録する設定 ・システムは前後進を区別することが必要 	前後輪の底面
	【土工用】 【コンパインド】 前輪の接地線：参考図4	<ul style="list-style-type: none"> ・前輪の接地線が管理ブロックの1点を通過すれば、その管理ブロックを1回だけ締固めたと判定 ・ローラの振動時のみに締固め走行軌跡を記録する設定 ・システムは前後進を区別することが必要 	前輪の底面：参考図4
ロードローラ、タンピングローラ等	締固めを行う車輪の接地線	上記を参考にして設定	上記を参考にして設定 (走行輪の底面が地表面に一致するとみなしてもよい)



参考図3 ブルドーザにおける締固め位置の設定例と前進・後進時の締固め判定の例



参考図4 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）

(5) システムの起動とデータ取得機能

締固め回数は、敷均し完了後に、締固め対象範囲内を締固め機械が移動する走行軌跡によってのみカウントする必要があるため、締固め作業を実施していない間の通常の重機の移動等については、データを取得しないように切り替えられるものとする。また、振動ローラで締固めを行う場合は、無振動での走行は締固めとして認識しないよう、有振時の場合のみ位置座標を取得するよう切り替えられるものとする。

(6) 座標取得データの選択機能(GNSSのみ)

締固め機械の位置座標はFIX解データを使用して取得するものとし、測位精度が悪いFLOAT解データを取得して締固め回数をカウントしないものとする。FIX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。

(7) 締固め層厚分布図作成機能（まき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合）

締固め機械より取得する締固め時の標高データを用いて、施工時の管理ブロックサイズの標高と下層施工時の該当する管理ブロックサイズの標高の差分である締固め層厚を記録し、分布図を作成する機能。帳票出力時は締固め層数及び平均層厚も記録する。

事前確認チェックシート（TSの場合）

令和 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）であり規格・締固め性能を把握したか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
システム運用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機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等）があるか？ 公称測定精度 ±(5mm+5ppm×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るか？ 	
	⑥締固め層厚分布図作成機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め層厚分布図が作成できるか？ ※上記によりまき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合は確認する	

事前確認チェックシート（GNSSの場合）

令和 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）であり規格・締固め性能を把握したか？ ・使用する材料が締固め回数管理に適しているか？ 	
システム運用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・空港等が近くはないか ・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機器メーカー等が発行する書類（証明書・カタログ・性能仕様書等）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	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るか？ 	
	⑥座標取得データの選択機能 <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？ 	
	⑦締固め層厚分布図作成機能 <ul style="list-style-type: none"> ・締固め層厚分布図が作成できるか？ ※上記によりまき出し厚管理時の写真撮影を省略する場合は確認する	