

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領 の概要

国土交通省 関東地方整備局
施工企画課
平成24年3月

はじめに

「TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理技術」とは、GNSSやTSで建設機械の位置を取得し、平面上に設けたメッシュ毎に締固め回数をカウントし、試験施工で確認した規定回数との差をオペレータに提供する技術である。

GNSSやTSによる
位置情報の取得(計測
効率の向上)

締固め回数の早期把握
(技術者判断の迅速化、
人為ミスの防止、品質確保)



この管理方法は、盛土の現場密度を直接測定するものではなく、工法規定により品質を担保する。

試験施工により施
工管理要素を決定

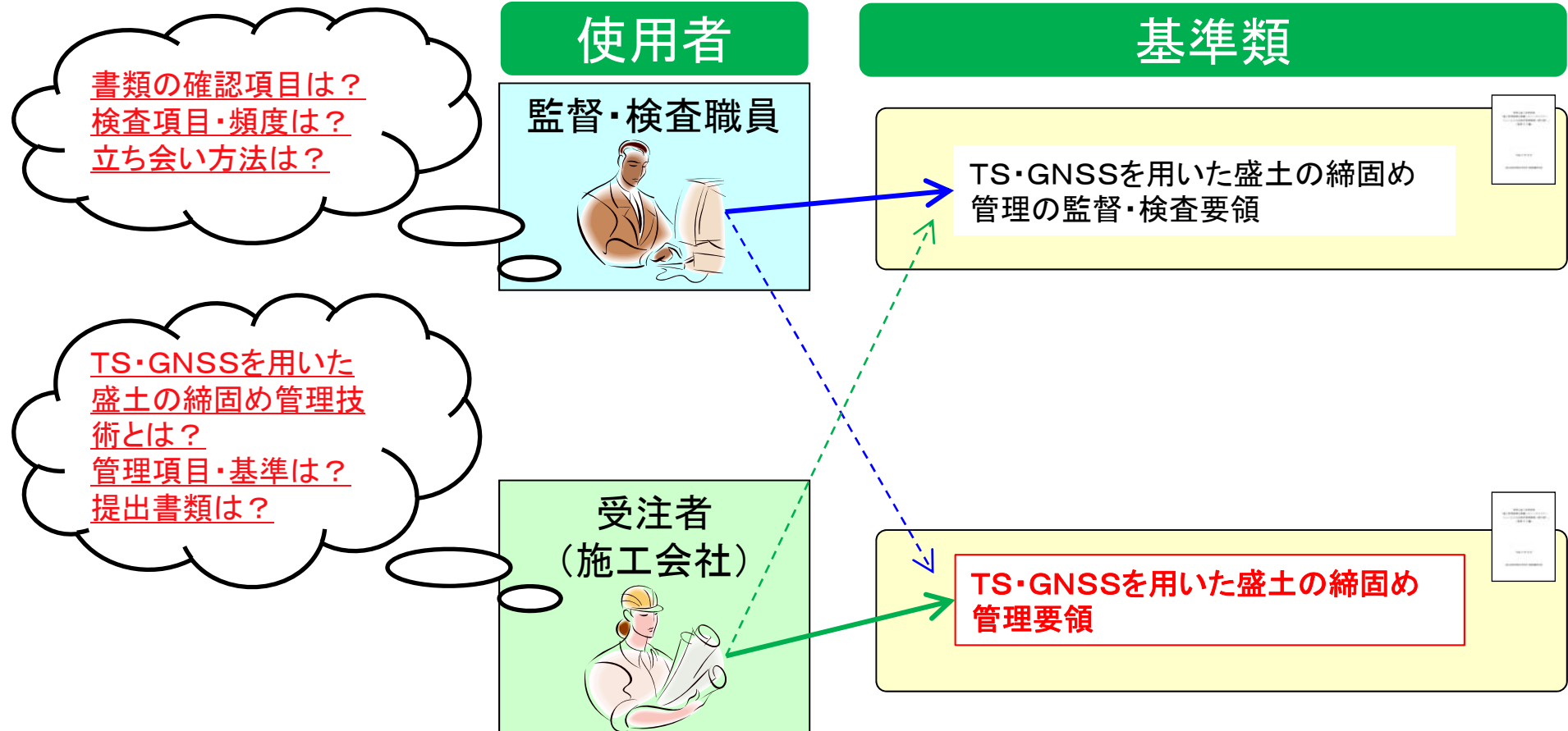
- ・まきだし厚
- ・締固め回数
- ・施工含水比

本施工では工法規
定により施工管理

- ・まきだし厚管理(写真)
- ・締固め回数管理(システム、オペレータ、帳票)
- ・施工含水比管理(日々)

期待される効果

- ・盛土全面の管理
- ・人為ミスの減少
- ・品質管理効率化



本要領策定の目的

目的

TS又はGNSSを用いた盛土の締固め管理システムの、基本的な取り扱い、施工管理方法、データ取得、締固め回数の確認方法を定める。

本管理要領を用いた場合の従来の管理方法との相違点

	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

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムでは、所定の締固め度を、土質試験・試験施工で決定した通りの施工を行うことによって確保される。全ての条件について適切に管理することが必要である

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法	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準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・表面沈下量の間関係を求め、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、締固め回数の上限值を確認。	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

準備工における管理・確認(1)

TS・GNSSを用いた盛土の締固め監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。

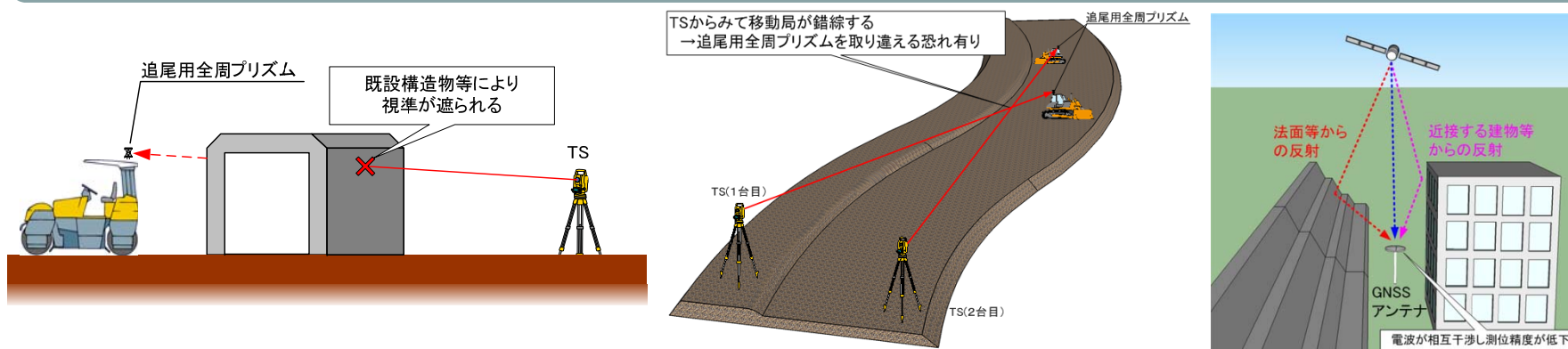
使用機械

締固め作業に使用する機械が、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こと

土工の分類	標準的な締固め機械の種類
河川・海岸土工	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	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

施工現場の地形・立地条件

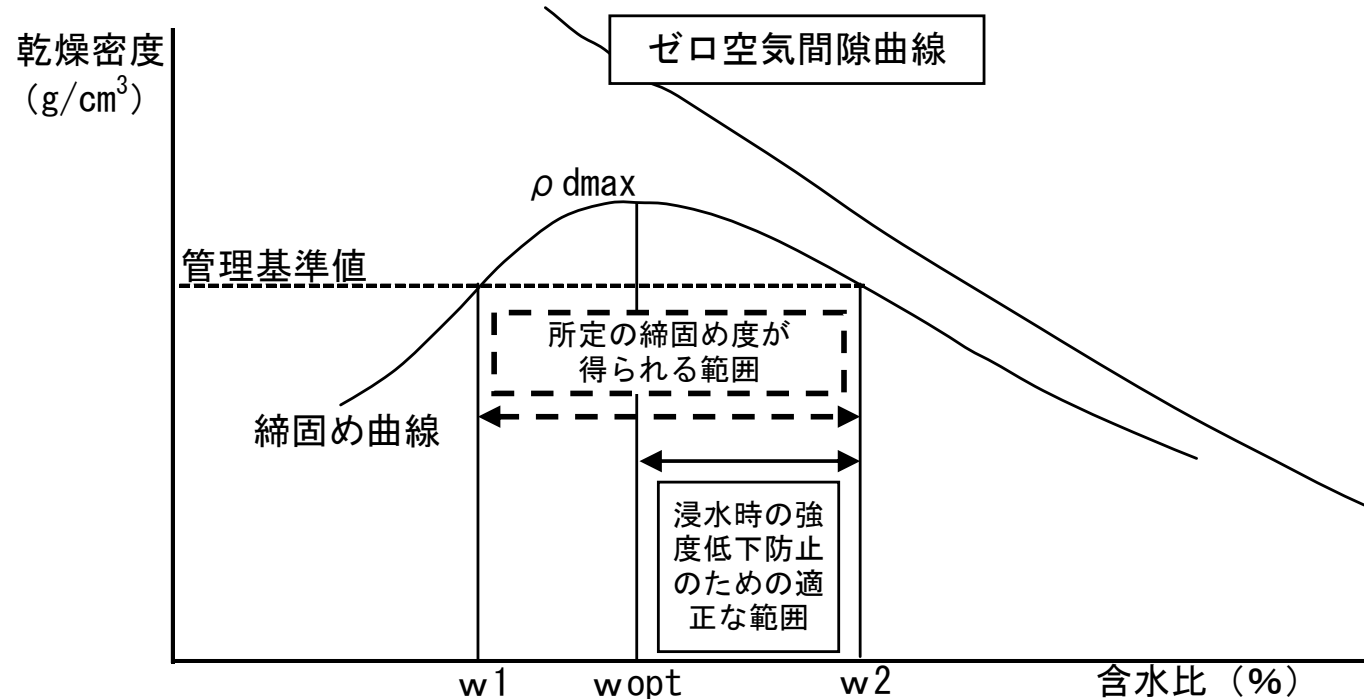
地形・立地条件が原因となる計測障害(電波障害)の有無を確認しなければならない



対象土質、施工含水比

土質…締固め度で管理する土質(従来法で確認困難な礫混じり土でも適用可能)
施工含水比…土の締固め試験で得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(従来と同様)

- 本管理要領の適用した締固め回数管理が適当でない場合があります。注意が必要な土質等の条件
- ・盛土品質を、締固め回数によって管理することが困難な土質
(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



盛土の締固め管理システム TSの場合

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。

機器の構成

基準局

- ・TS機器(自動追尾TS)
- ・データ通信 無線送信機
- ・電源、データ一時保管PC

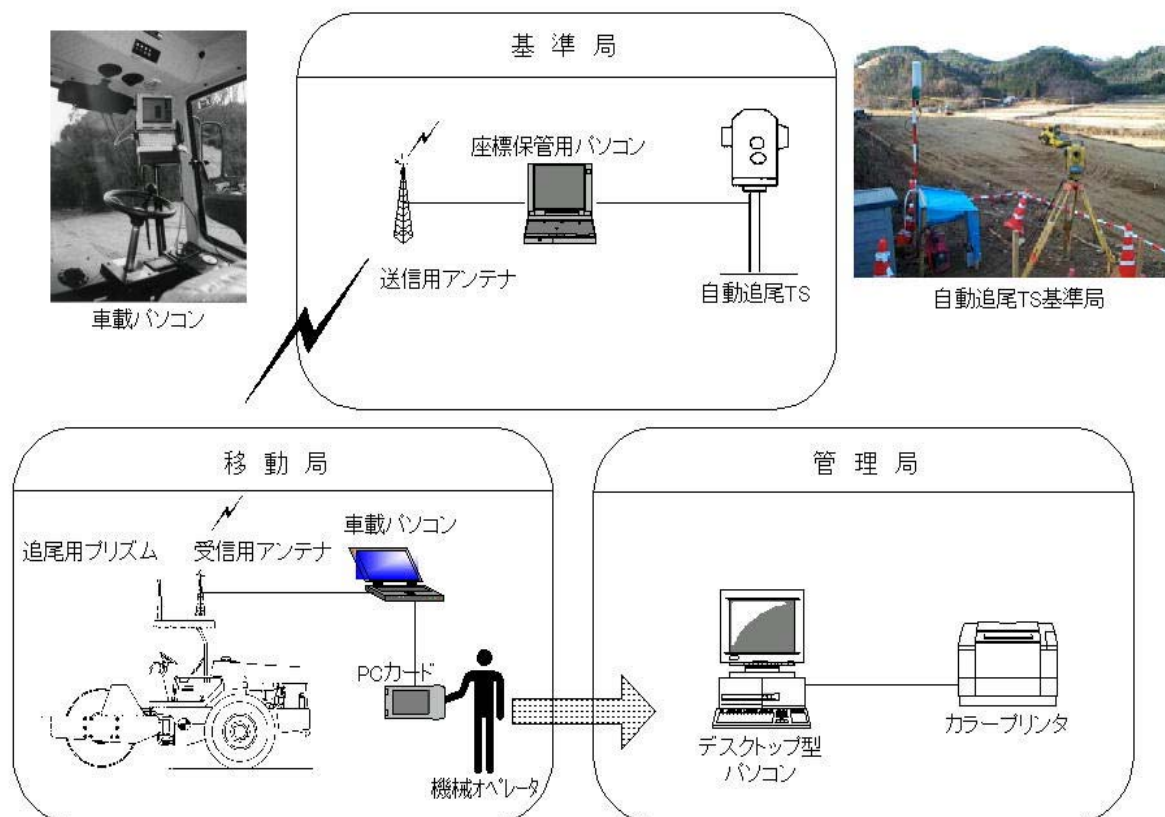
移動局

- ・追尾用プリズム
- ・車載PC(表示ソフト含み)
- ・データ通信 無線受信機

管理局

- ・帳票処理PC(ソフト含み)
- ・出力用プリンター

締固め管理システムの機器仕様確認



盛土の締固め管理システム TSの場合

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。

必要機能

- ・締固め判定・表示・記録機能
- ・施工範囲ブロック分割機能
- ・機種対応設定機能
- ・システム起動切り替え機能

精度の確認

検定書あるいは校正証明書により確認

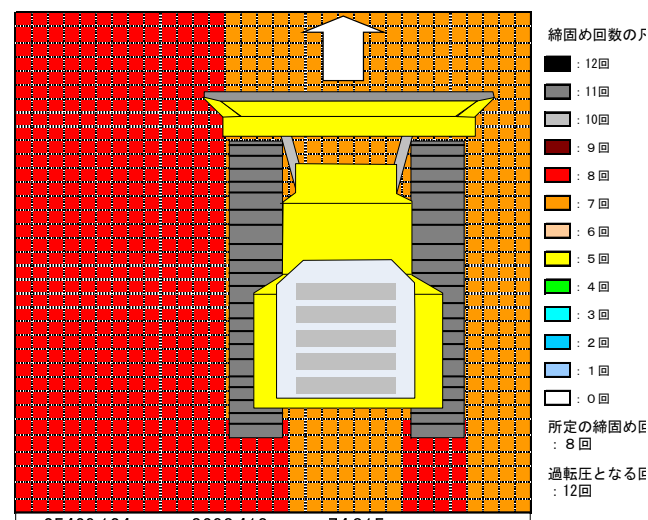
- ・公称制度 $\pm(5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D)$
- ・最小目盛値 20"以下

現場内の座標既知点で座標の実測確認

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。



盛土の締固め管理システム GNSSの場合

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。

機器の構成

基準局

- ・GNSS機器(アンテナ受信機)
- ・データ通信 無線送信機
- ・電源、データ一時保管PC

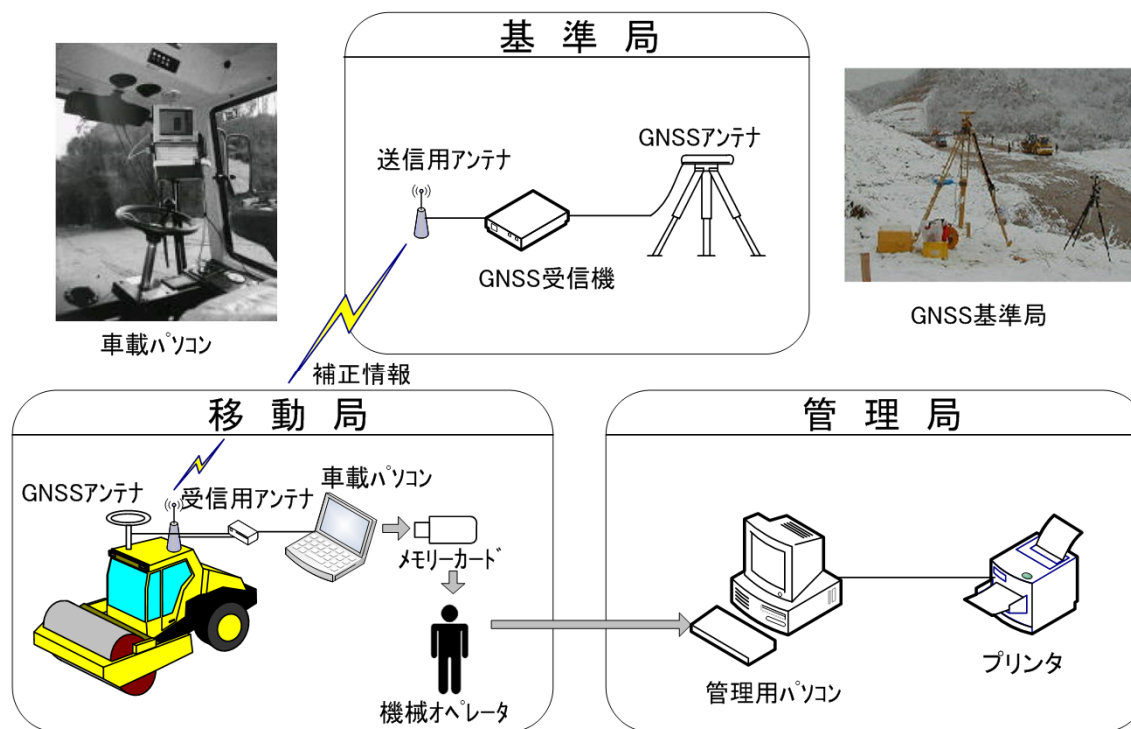
移動局

- ・GNSS機器(アンテナ受信機)
- ・車載PC(表示ソフト含み)
- ・データ通信 無線受信機

管理局

- ・帳票処理PC(ソフト含み)
- ・出力用プリンター

締固め管理システムの機器仕様確認



盛土の締固め管理システム GNSSの場合

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。

必要機能

- ・締固め判定・表示・記録機能
- ・施工範囲ブロック分割機能
- ・機種対応設定機能
- ・システム起動切り替え機能

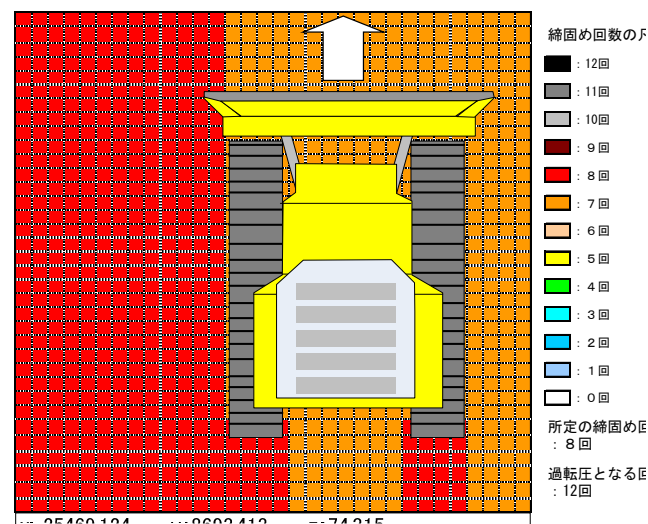
精度の確認

- 検定書あるいは校正証明書により確認
- セット間較差
- ・水平(x y) ±20mm
 - ・垂直(z) ±30mm
 - ・現場内の座標既知点で座標の実測確認
 - ・衛星数の観測
 - ・ローライゼーションの実施

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。



事前確認チェックシート

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。

チェックシート形式で効率化
受注者が確認すべき事項を明確に

盛土材料適用

機器仕様

衛星状況

通信環境

システム機能

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? →低い位置に高压線等の架線がないか、基地、空港等が近くはないか? 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? 距離精度 ±(5mm+5ppm×D) 角度精度 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? 	

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、
下記の項目について、TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システムの設定を行う

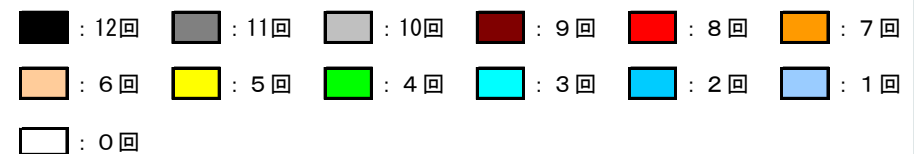
- (1) 施工範囲の設定
- (2) 管理ブロックサイズの設定
- (3) 規定の締固め回数の設定
- (4) 過転圧となる締固め回数設定
- (5) 追尾用全周プリズムのオフセット量の設定 (TSの場合)
- (6) GNSSアンテナのオフセット量の設定 (GNSSの場合)
- (7) 締固め幅の設定

参考表1 管理ブロックサイズの基準値

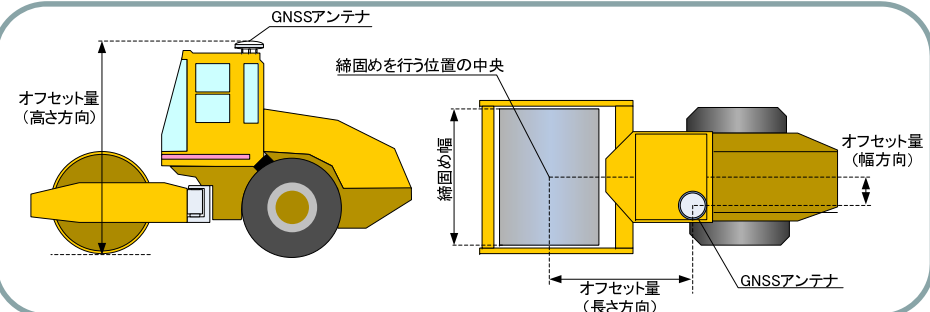
作業機械	管理ブロックサイズ
ブルドーザ ¹⁾	0.25m
タイヤローラ	0.50m
振動ローラ	0.50m
ロードローラ、 タンピングローラ等の 上記に準ずる機械	0.25mまたは0.5mサイズより 締固め幅等を考慮して決定

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。

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



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。

- 使用材料の種類毎に試験施工を行い、施工仕様(まき出し厚、締固め回数等)を決定する。
※過転圧が懸念される土質の場合、過転圧が発生する締固め回数を把握し、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。
- 試験施工に使用するまき出し機械は、バックホウを用いる
- 締固め機械は本施工で主に使用する機械を用いることを原則とする。

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

○ 施工仕様の決定

①締固め回数

所定の仕上り厚(一般に30cm以下)となるよう材料をまき出し、締固めを行う。

締固め回数を変えて乾燥密度を測定し、締固め度を算出する。

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、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決定する。

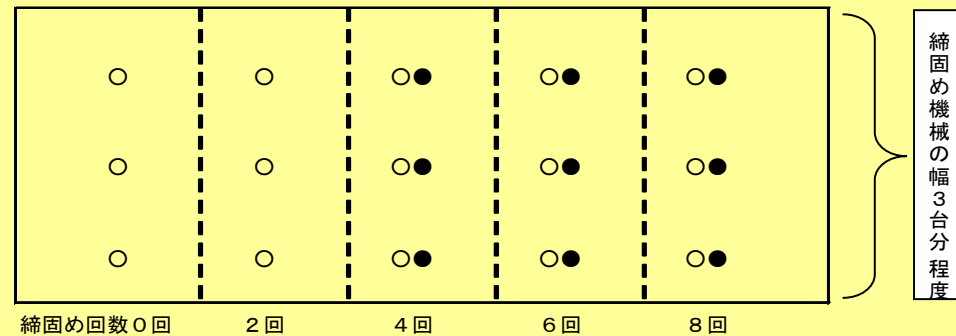
※試験施工で、決定したまき出し厚と締固め回数で、所定の仕上り厚(30cm以下)が得られることを確認する。

- 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。

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。

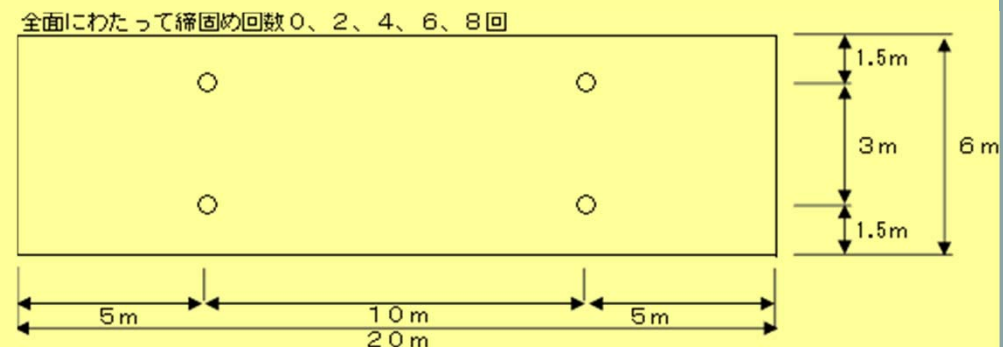
試験施工の内容の事例(締固め度の測定は砂置換法)

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



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	



試験施工(3)

土質試験及び試験施工の結果を報告書として作成する。資料は、まとめ次第速やかに監督職員に提出する。

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

【試験施工概要】

- ・工事名、試験年月日、試験の目的
- ・使用した土質の種類
(土取場名、土質名等)
- ・使用した機械
(まき出し機械、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
- ・締固め回数の上限值
(過転圧になりやすい土質の場合)
- ・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

【試験施工条件】

- ・試験施工ヤードの寸法
- ・測定位置

【システム作動確認結果】

- ・締固め回数分布図
- ・走行軌跡図

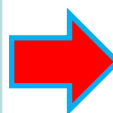
盛土施工における管理・確認(1)

盛土材料の品質確認

- ・目視、手触りその他手段で、事前の土質試験・試験施工で確認したのと同じ土質であることを確認
- ・材料の含水比が所定の締固め度が得られる範囲であることを確認する

従来

- ・盛土材料の施工含水比の確認
- ・降雨後、又は含水比に変化がみられたときにも実施
- ・RI法では日常的に確認



本管理要領

- ・盛土材料の施工含水比の確認
- ・施工日1日毎の実施
※簡易法で迅速に確認することがよい
赤外線水分計法・電子レンジ法・フライパン法等

盛土材料のまきだし(従来と同様)

- ・試験施工で、仕上がり厚に適したまきだし厚を決定
- ・施工範囲全面で上記まきだし厚以下となるよう作業する

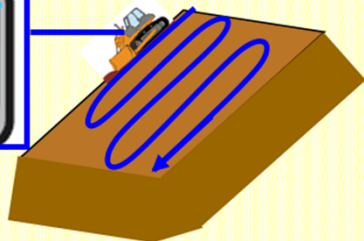
まきだし厚は写真撮影により確認(200mに1枚の頻度で撮影の実施)

盛土施工における管理・確認(2)

盛土材料の締固め

従来

※転圧回数はオペレータ等による確認



転圧回数不足の可能性

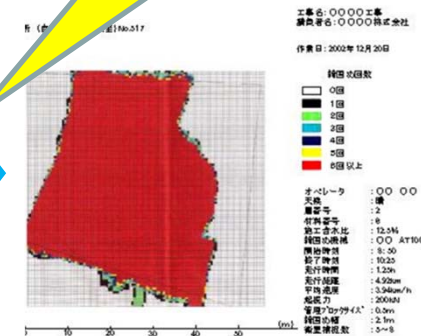
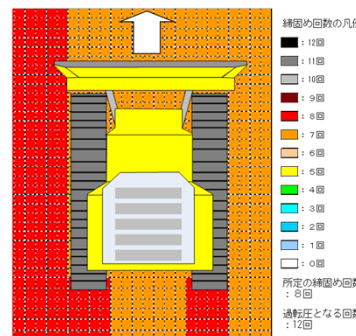
TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理技術

施工機械の位置情報により
締固め状況を確認して施工



車内モニターにより
リアルタイムで確認

取得データによる
書類作成の省力化



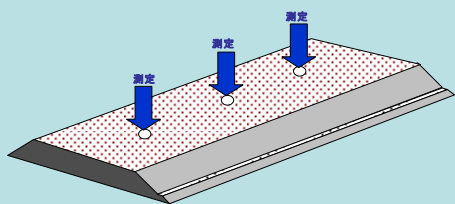
盛土施工における管理・確認(3)

盛土材料の現場密度管理

従来

TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理技術

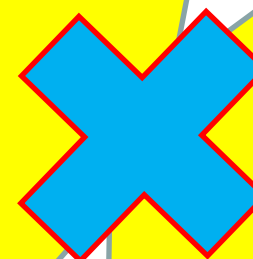
従来の品質管理
・代表点の確認管理



R I や砂置換による
代表点管理

計測した数値は野帳に転
記し事務所にて帳票化

原則的に不要となる



管理帳票はシステム
から印刷

施工結果の資料作成・提出

盛土材料の品質記録

- ・使用材料確認 土取り場等
- ・施工含水比



- ・盛土締固め記録に記載すれば省略可

盛土材料まき出し厚の記録(従来と同様)

まきだし厚は写真管理基準に基づき撮影

- ・200mに1枚の頻度で撮影の実施

施工データ記録(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)を、電子データの形式で提出する

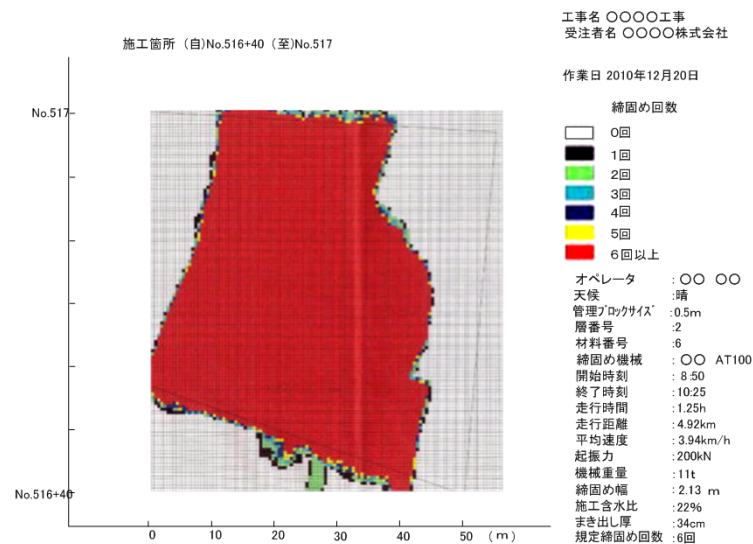
ログファイル例

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
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			

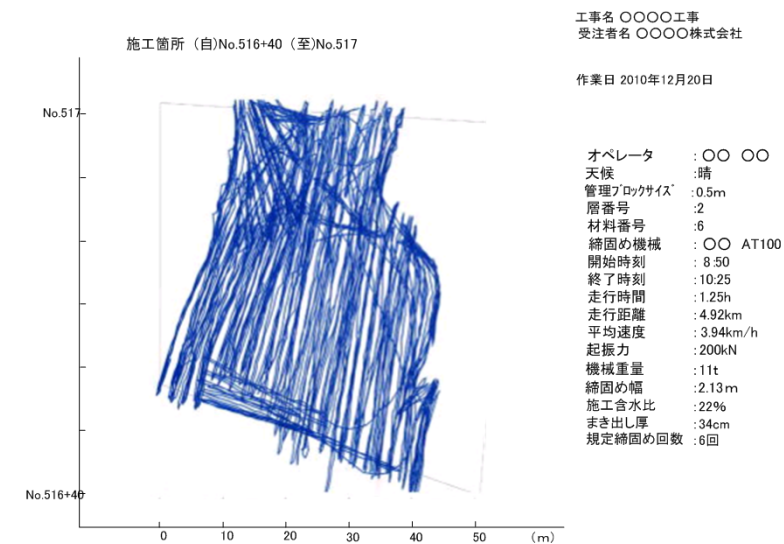
- ① ローラーID
- ② 年月日_時分秒
- ③ 前後進信号
- ④ X座標
- ⑤ Y座標
- ⑥ Z座標
- ⑦ 前輪起振力ON(T)-OFF(F)
- ⑧ 後輪起振力ON(T)-OFF(F)

盛土締固め記録

毎回の締固め終了後に計測データを保存、持ち帰り下記の資料を出力する。
(全数・全層分作成)



締固め回数分布図



走行軌跡図

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、準備工や盛土施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。

盛土工の監督(施工状況把握)で必要となり得る資料

青字は特有の内容

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	
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"> ・TS又はGNSSの検定書あるいは校正証明書 ・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 	
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	試験により決定した締固め機械種類、まき出し厚、締固め回数	
盛土施工結果	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ログファイル	②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
	④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

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。

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 (※要領P.34表4.2を指す。なお、 本説明資料P.22に掲載)	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200mに1箇所	