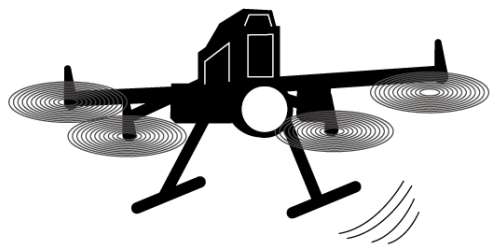


技術概要集 目次

- ・ 空中写真測量（U A V）
- ・ 地上写真測量
- ・ 地上型レーザースキャナー（T L S）
- ・ 地上移動体搭載型レーザースキャナー
- ・ 無人航空機搭載型レーザースキャナー
- ・ トータルステーション（ノンプリズム方式）
- ・ T S 等光波方式
- ・ R T K－G N S S
- ・ 音響測深機器
- ・ 施工履歴データ（土工）
- ・ 施工履歴データ（舗装修繕工）
- ・ 施工履歴データ（浚渫）
- ・ 施工履歴データ（表層安定処理等・固結工（中層混合処理））
- ・ 施工履歴データ（固結工・バーチカルドレーン工・
サンドコンパクションパイル工）
- ・ モバイル端末等
- ・ I C T 建機の刃先計測機能（土工）

(このページは両面印刷を想定した余白ページです)



技術概要集

空中写真測量 (UAV)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 空中写真測量(UAV)とは？

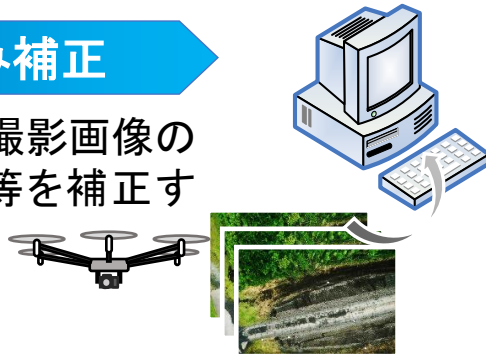
空中写真測量とは、航空機から撮影された連続する空中写真を用いて、地形図(数値地形図)を作成する技術である。



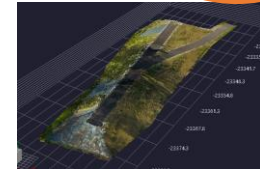
写真からどうやって点群になるの？

レンズ歪み補正

写真測量時の撮影画像のレンズの歪み等を補正する処理。



撮影時の画像



補正後の画像

特徴点マッチング

撮影した異なる写真の**色彩、輝度、色調などから特徴点を抽出し、複数の写真と一致する点を抽出**



マッチング



留意点

精度よく各写真をマッチングさせるためにはより多くの特徴点が必要となるため、以下の点に留意して計測に臨むことが重要である。

- ・撮像のブレ、ボケが発生しないこと
- ・明るさ、露出、シャッタースピード、飛行速度、画像解像度を適切に設定すること

ステレオ写真処理



立体化の原理

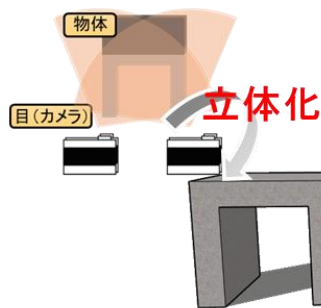
人間には2つの目があり、左右の目が離れていることにより、左右それぞれの目に写る景色には、見え方に微妙な違い(視差)を生じます。この左右の見え方の違いにより、人間は物の立体感を認識するため、2枚の写真のラップ率は60%が最適とされています。

UAV写真測量では、各写真の特徴点をSfM、VSによりマッチングさせて、撮影位置、撮影方向(姿勢)を算出し、特徴点の3次元座標を計算します。

撮影した写真に写る地表物を、複数の異なる写真で解析することにより、立体化する処理。

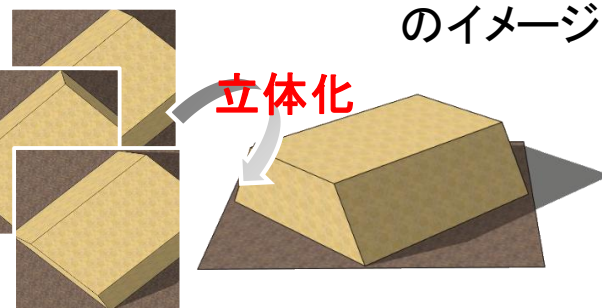
上記の処理を施し、撮影した写真を立体化する。

※立体化のイメージ



※空中写真による立体化

のイメージ



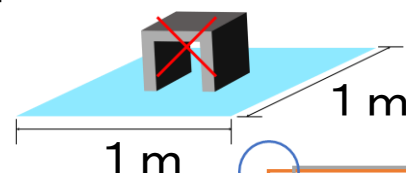
➤ 写真解像度(地上画素寸法(1画素辺りの地上の寸法))の確保

➡ 地上の詳細な変化を画像に収めるために必要な要素。

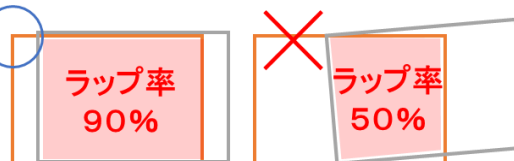
➤ ラップ率の確保

➡ 各写真で取得された特徴点が、隣り合った2枚の写真で多くマッチングさせるためラップ率を80%~90%確保する。

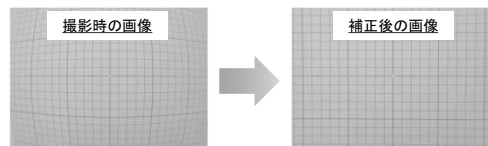
※例【地上画素寸法が1mの場合】



地上画素寸法より小さい地表物は計測されない



レンズ歪み補正



レンズの歪みを補正



特徴点マッチング

各写真の位置と姿勢を計算



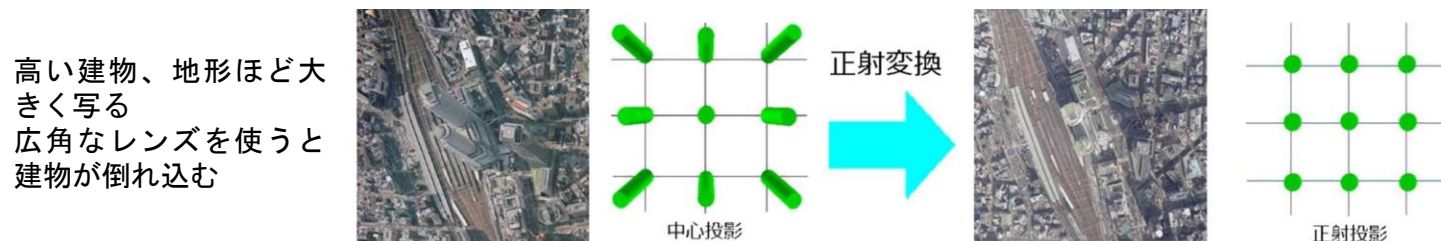
ステレオ写真処理

3次元座標の計算

オルソ画像処理

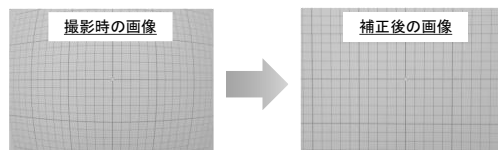
空中写真はレンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像の位置にズレが生じる。オルソ画像は、撮影位置、姿勢から撮影方向に高さ情報（3次元情報）を与えて写真上の像の位置ズレをなくし、空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換（正射変換）したもの。

撮影画像の歪み量、レンズの中心位置等のパラメータを補正する数値を入力。



レンズ歪み補正

レンズの歪みを補正



特徴点マッチング

各写真の位置と姿勢を計算



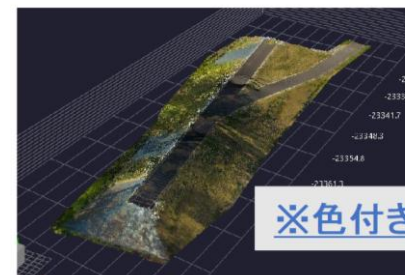
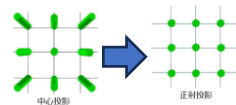
ステレオ写真処理

3次元座標の計算



オルソ画像処理

写真を正射変換



3次元点群

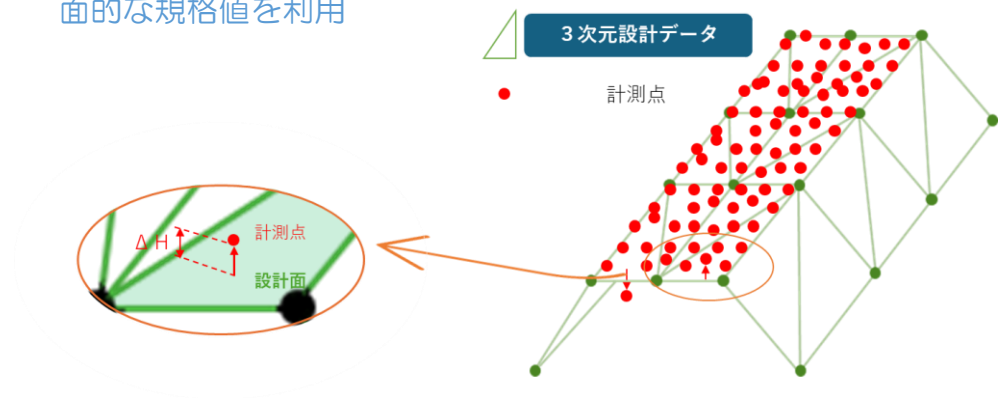
□空中写真測量（UAV）を用いた3次元出来形管理の種類

3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



UAVで取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



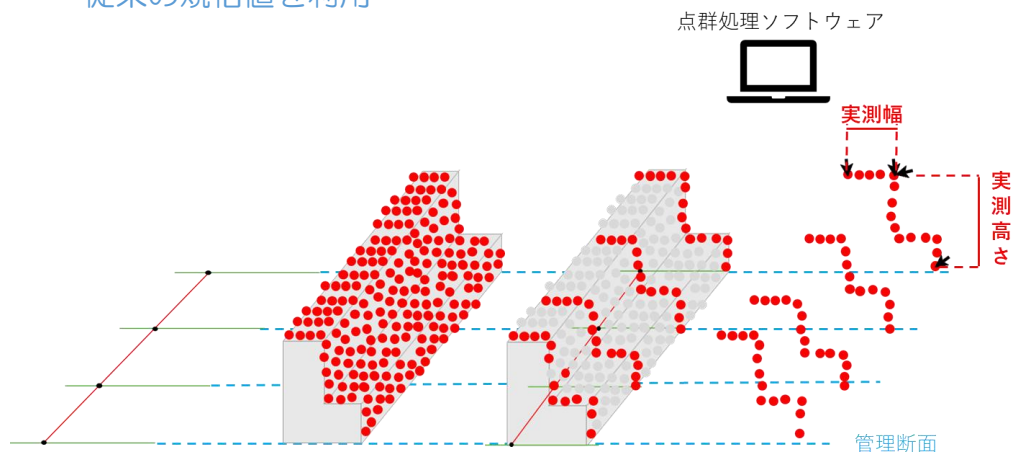
【適用工種】

- ・土工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工



UAVで取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・護岸工
- ・法面工
- ・擁壁工
- ・構造物工（橋脚・橋台）
- ・構造物工（橋梁上部）
- ・コンクリート堰堤工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 撮影・飛行計画
- 1.4 標定点・検証点の配置計画

2. 現場計測

- 2.1 標定点・検証点の計測
- 2.2 UAVによる撮影飛行

3. 計測データ処理

- 3.1 計測点群データの作成
- 3.2 精度確認

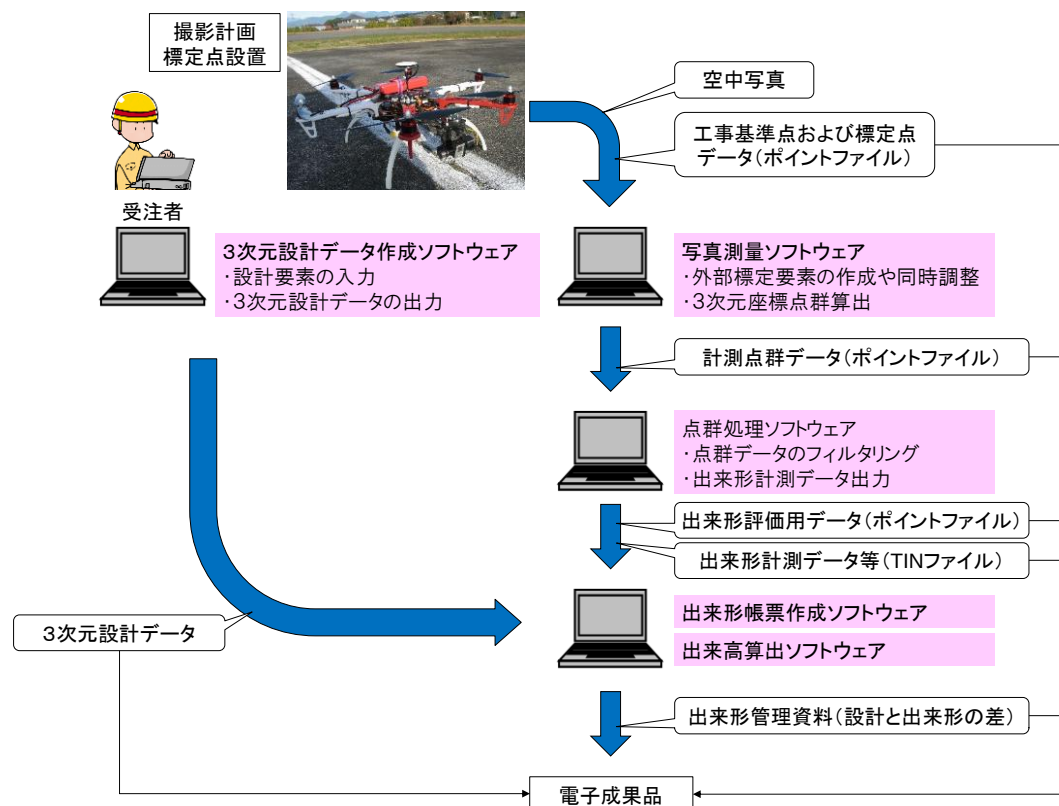
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

空中写真測量（UAV）に必要な機器・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) UAV本体
- (2) デジタルカメラ
- (3) 各種ソフトウェア



UAVの選定に関する留意事項

航空法に基づく無人航空機の許可要件に準じた機体を使用する。

- ・2022.6より利用する無人航空機は登録が義務化されています。

無人航空機登録ポータルサイト

2022年6月20日より
無人航空機の
登録が
義務化されました。

2022年6月20日以降は
登録されていない100g以上の無人航空機を
飛行させることはできません。
確実な登録をお願いいたします。

また、2022年6月20日から、
100g以上の機体が飛行の許可承認制度など
航空法の規制対象になります。

2) デジタルカメラ



①カメラの機能

下記のいずれかを示す **メーカーカタログあるいは仕様書を施工計画書の添付資料として提出**すること。

- ・インターバル撮影又は遠隔でシャッター操作ができること
- ・計画したラップ率を考慮した撮影位置で自動でシャッター操作ができること

②カメラの性能

- ・各工種で要求される点群精度を生成できる解像度を有すること。

※グローバルシャッターを用いる場合は、グローバルシャッターに対応したソフトウェアを使用すること

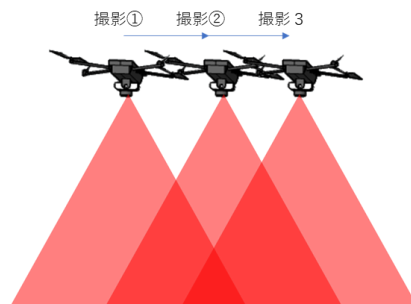
※歪みが大きいレンズや歪みが不均質なレンズは使用を避けること

※ピントは固定とすることが望ましく、オートフォーカスの使用は避けること

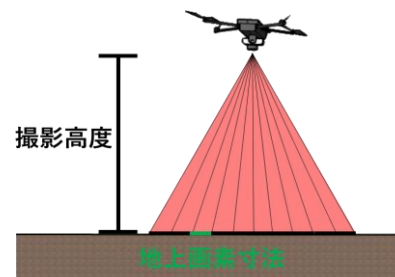
※《参考例》測定精度：±50mm以内の場合、地上画素寸法が10mm／画素が目安

※土工では鉛直下向きでの撮影が基本となっているが、最近では、斜め撮影の他、法面工におけるカメラの傾斜などの機能を適宜検討する

※必要に応じて製造メーカー等による機能維持のための点検（センサーの清掃及び機能確認等）を実施すること



インターバル撮影：シャッターを一定間隔で切る機能
飛行速度・対地高度によりシャッター間隔は変化する



対地高度により地上画素寸法は変化するので
飛行高度に合わせた機材を選定する。

3) UAV及びデジタルカメラ

- ・UAV及びデジタルカメラについては、製造メーカー等による保守点検を実施する。点検の頻度は、**UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて実施する。**
- ・受注者は、計測性能について、UAVやデジタルカメラの性能を確認できる資料及びUAVの保守点検記録を提出する。

4) 各種ソフトウェア



※ここでは写真測量ソフトウェアについてのみ記載します

写真測量ソフトウェアは、撮影した空中写真及び標定点の座標やカメラキャリブレーションデータを用いて、空中写真測量の原理及び同時調整作業の内部処理によりステレオモデルを構築し、地形、地物等の座標値を算出できるソフトのことです。

写真測量ソフトウェアの機能を確認する。

- ・ **カメラキャリブレーションを行う機能**

(カメラキャリブレーションはカメラごとに実施する)

※カメラキャリブレーションにより算出されるレンズパラメーター（レンズの歪み）は、レンズの焦点距離、センサー、ピント、絞りなどのわずかな違いによりパラメータの数値に影響を与えます。また、カメラキャリブレーションを行うための撮像の影響も大きい。

そのため、カメラキャリブレーションは、キャリブレーションに適した環境で撮影を行いパラメータを算出すること。（明瞭な地物、標識などが設置されていて、十分な光量、ブレ、ボケのない画像を使用）

現場における撮影は、カメラキャリブレーションを行った時と同じカメラ設定（シャッタースピード、絞り、ピント）で撮影すること。

※キャリブレーションに適した環境を確保できない場合は、第三者機関によるカメラ検定によりレンズパラメータを算出することができる。

※現場で撮影した画像によるセルフキャリブレーションは避けるものとする。

(2) 測定精度の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。
また、測定精度を確認できる書類（精度確認試験結果報告書）を監督職員に提出する。

1) UAVの精度確認方法

・計測時の検証点による精度確認

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所以上の既知点を使用し、空中写真測量（UAV）から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。

※構造物工（橋脚・橋台）の場合は、**各側面及び天端上に設置した検証点**の座標値を従来手法により計測し、合成した点群上の座標値と比較して行う。

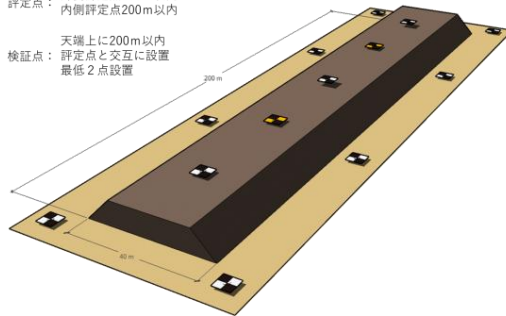


UAVの場合、計測時の検証点による精度確認となります。
また、精度確認は計測点群データ作成時に行います。

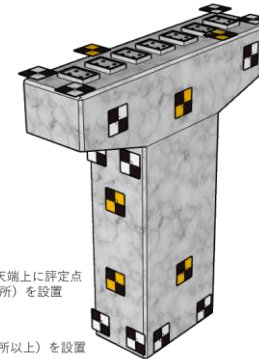
※工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）の測定精度、精度確認方法は本書の巻末の参考資料を参照のこと。

※検証点の配置方法については、「1.4 標定点・検証点の配置計画」を参照のこと。

 評定点： 外側評定点100m以内
内側評定点200m以内
 検証点： 天端上に200m以内
評定点と交互に設置
最低2点設置



 評定点： 各側面及び天端上に評定点
(1側面/4箇所)を設置
 検証点： 検証点
(内側に2箇所以上)を設置



1.3 撮影・飛行計画

所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影・飛行計画を立案します。

(1) 飛行の範囲を設定する

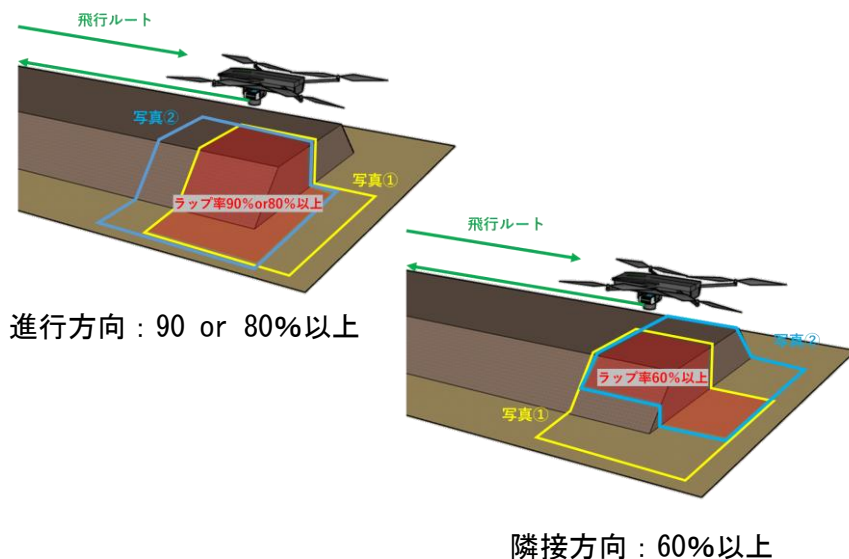
計測範囲を施工計画書に記載する。

※土工部分の周囲5m程度広げた範囲を基本とする。（構造物工の場合は含まない）

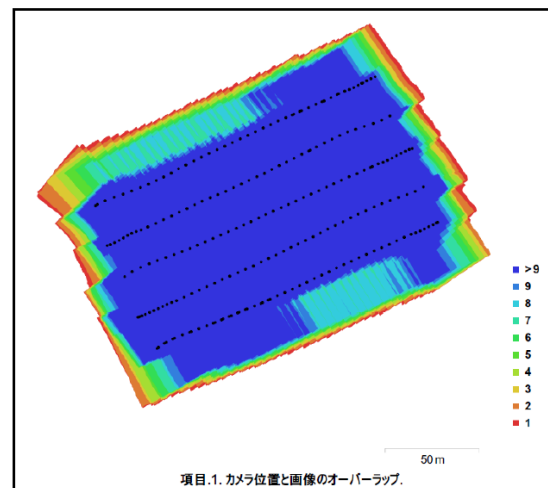
(2) 飛行高度・飛行速度・シャッタースピードを設定する

- ・撮影計画を作成し、施工計画書に記載する。
- ・工種で要求される地上画素寸法を満足するように、進行方向のラップ率（オーバラップOL）、隣接コースのラップ率（サイドラップSL）、飛行高度・飛行速度・シャッタースピードを求める。なお、ラップ率は、進行方向のラップ率最低90%以上であることを示す飛行計画とする。ただし、ラップ率最低80%以上とする場合は、飛行後に実績のラップ率を求めて提出が必要。

■ラップ率の確保



■写真測量ソフトによる実際のラップ率の算出例

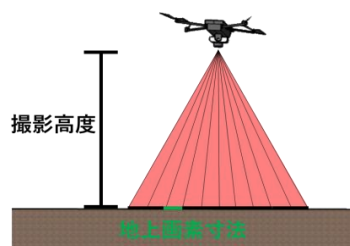


進行方向のラップ率80%以上の場合は実績値の提出が必要となる。

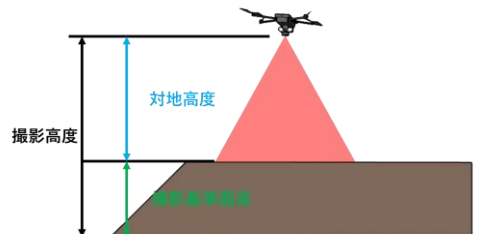
(3) 飛行及び撮影時の留意事項

- ・ 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上設定する。
- ・ 対地高度は、必要な精度を満たす地上画素寸法を確保できること、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めるものとする。撮影高度は、対地高度に撮影基準面高を加えたものとする。
- ・ 直線かつ等高度または等対地高度の撮影となるように計画する。
- ・ 計測条件により対象構造物の全面を所定の密度で計測するのが困難な場合は、出来形写真で補間することができる（土工は除く）。
- ・ 構造物周囲を含む計測を実施することが望ましい（構造物工（橋梁架設・床版）の場合）。

■ 対地高度は測定時の要求画素寸法を確保できること

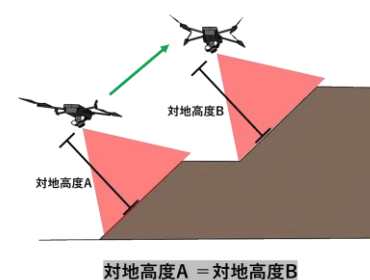


■ 撮影高度は対地高度＋撮影基準面高を加えたものとする



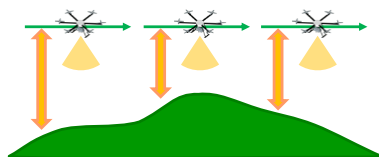
■ 斜面における等対地高度

* 斜め撮影は斜面の傾斜、離れ、カメラ角度など高度な設定が必要となるため垂直撮影で精度が確保できない場合の補間的な撮影

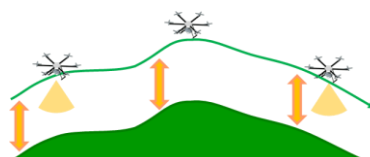


■ 等高度または等対地高度が望ましい

等高度撮影



等対地高度撮影



■ 撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚以上の空中写真の組み合わせ）以上設定すること



(4) 航空法に基づく飛行許可申請（現場条件次第では提出が必要）

D I D地区や空港周辺などUAVの飛行にあたり許可の有無を確認する必要がある。

許可申請には時間がかかる場合があるので、早めの準備が重要です。

許可・申請は下記HPを参照してください。

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html

無人航空機の飛行許可・承認手続

ここでは100g以上の無人航空機を屋外で飛行させる際に必要な「飛行許可・承認手続」について説明します。
無人航空機の運航に関する法体系については、下記資料をご参照ください。

[PDF表示](#) [無人航空機の運航に関する法体系](#)

無人航空機を屋外で飛行させるために必要な手続き全体のうち、航空法第132条の85、86に基づく「飛行許可・承認手続」は下図の位置づけです。
本手続きは該当カテゴリー及び機体認証・操縦者技能証明の有無により省略できる場合がありますので後述にて手続きの要否をご確認ください。

※無人航空機を飛行させるための一連の手続きは原則、後述のオンラインサービス「ドローン情報基盤システム<通称：DIPS2.0>」よりおこなってください。

※飛行許可・承認手続きの実施においては、機体登録手続きを実施し登録記号または試験飛行届出番号発行を受けている必要があります。

機体登録手続き

飛行許可・承認手続き

飛行計画の通報

事故等の報告

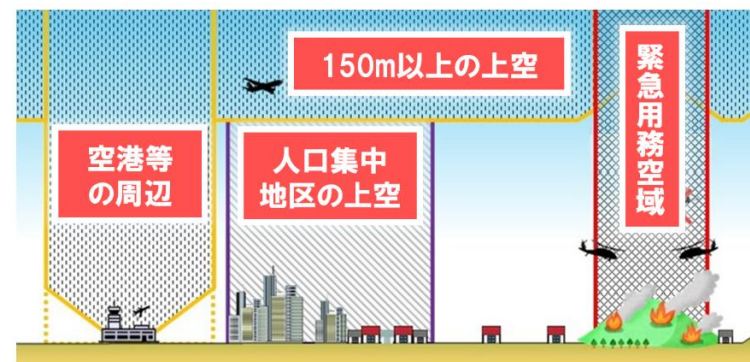
特定飛行、カテゴリー概要 ▼

飛行許可・承認手続きの方法 ▼

空港等周辺及び150m以上の空域を飛行する場合 ▼

航空局標準マニュアル ▼

ホームページ掲載無人航空機 ▼



1.4 標定点・検証点の配置計画

空中写真測量（UAV）による計測結果を3次元座標へ変換するためには、標定点と精度確認用の検証点を設置する必要があります。その配置計画をします。

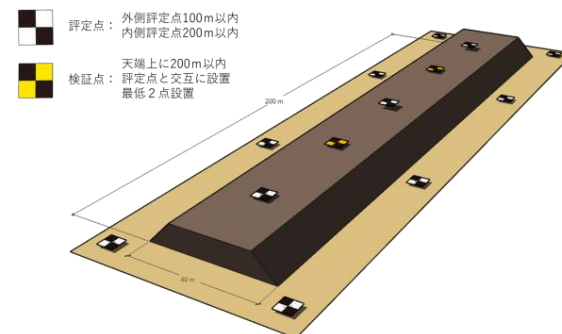
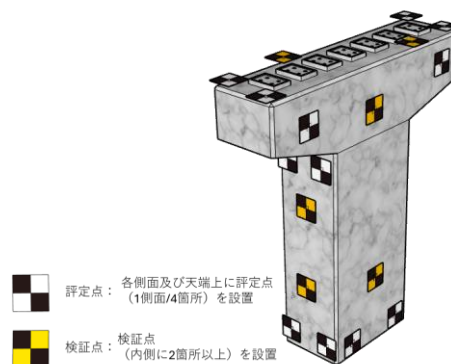
- ・ 標定点、検証点の配置計画を作成して施工計画書に記載する。
- ・ 標定点は、計測対象範囲を包括するように、公共測量作業規程の準則（第4編第414条）における**外側標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔**となるように設置するとともに、公共測量作業規程の準則（第4編第414条）における**内側標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置する**。

※ただし、構造物工（橋梁架設・床版）において計測範囲の外側に設置できない場合は、外縁の内側に設置することができる。

- ・ 標定点及び検証点の計測には、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が求められるなどの制約条件がある。
- ・ SfM（Structure from Motion）、MVS（Multi View Stereo）の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法（RTK-GNSS、ネットワーク型RTK-GNSS、PPK-GNSS、自動追尾TS等）を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。
- ・ 検証点については、公共測量作業規程の準則における**検証点として天端上に200m以内の間隔となるように設置する**。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。**計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置する**。精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。

※構造物工（橋脚・橋台）の場合

各側面及び天端上の外周に4箇所標定点を設置し、その内側に2箇所以上検証点を設置すること。合成した点群上での検証点座標値と従来計測又は光波等による計測で得られた検証点座標値を比較し、全ての精度検証において要求精度を満たしている部分の項目については点群上での計測による管理を行うことができる。



2 現場計測

2.1 標定点・検証点の計測

現場に計画した標定点・検証点を配置し、各点の座標を計測します。

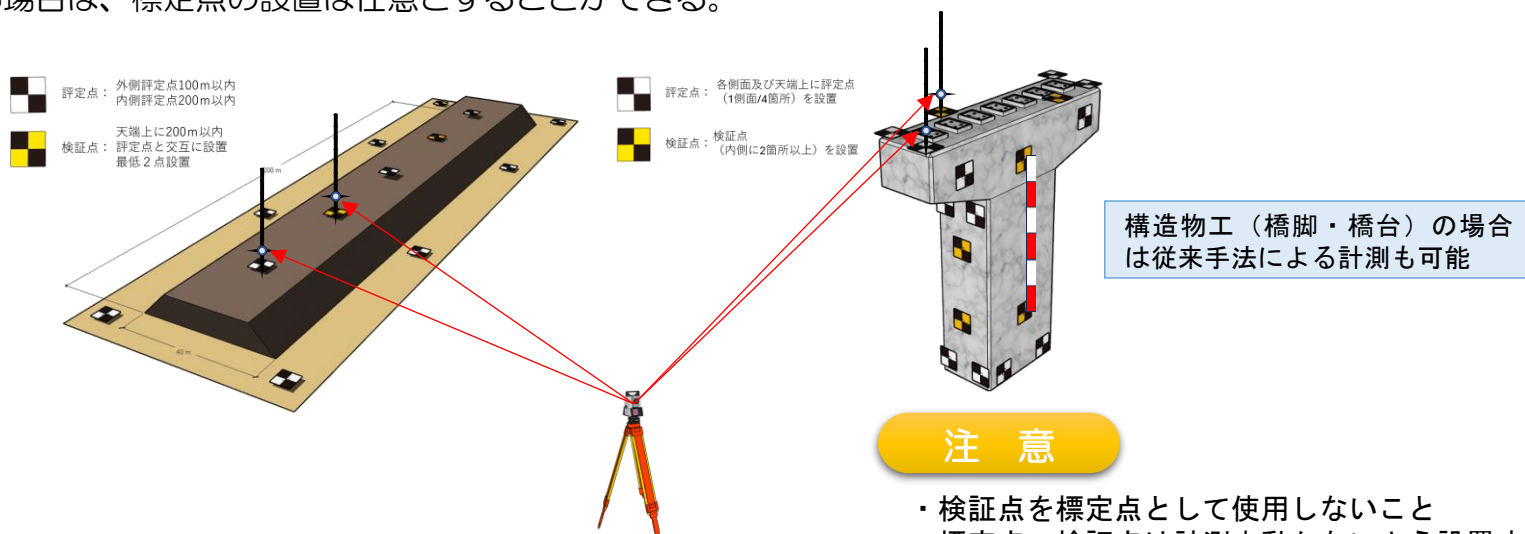
(1) 標定点・検証点の計測

- 標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。例えば、工事基準点などの既知点から、事前精度確認にて所要の精度があることが確認されたTS等光波方式を用いて計測することができる。

※構造物工（橋脚・橋台）においては、従来の計測手法でもよい。

※起工測量においては、標定点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能である。ただし、「GNSSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参考に平面座標±20mm以内、標高差30mm以内であることを確認する。

- SfM (Structure from Motion)、MVS (Multi View Stereo) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法(RTK-GNSS、ネットワーク型RTK-GNSS、PPK-GNSS、自動追尾TS等)を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。



標定点・検証点の計測イメージ

2.2 UAVによる撮影飛行

UAVを飛行させ空中から写真を撮影します。

(1) 撮影飛行

空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。

(2) 計測の留意事項

1) 安全計測のための留意点

空中写真測量（UAV）による計測では、撮影だけでなくUAV本体の飛行の安全にも十分留意する必要がある。

- UAV機体の定期点検および飛行前点検の実施
- 強風や突風の恐れのある気象条件
- バッテリー残量に注意
- 安全飛行マニュアルに準拠し飛行する。

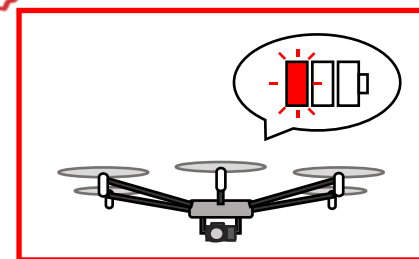
2) 諸手続き

航空法による届け出、資格、周知など遵守すべき事項を確認すること。

- 施工現場における飛行制限の確認
- 住民周知
- 必要な資格の取得



バッテリー残量に注意



2) 精度確保のための留意事項

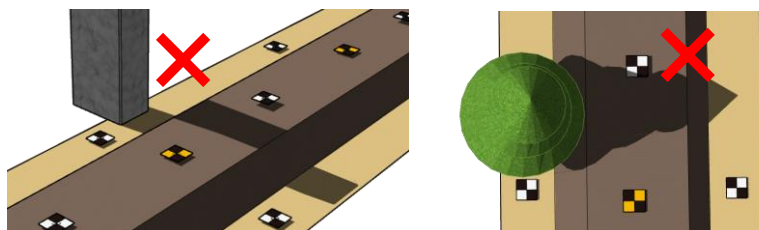
空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。

また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

《計測精度を確保するための留意事項》

- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 水面や白色部のハレーションに留意
- 草や木などで地面が覆われている場所
- 積雪により地面が覆われている場合
- 法面や構造物を計測する場合には、カメラの角度などを工夫すること
- 水面や草本木など動きのある地物が多く介在するエリア

■ 影部など暗く写真が鮮明に撮影できない場所

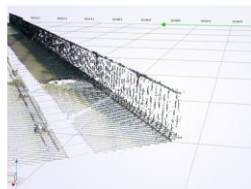


■ 強風や突風の恐れのある気象条件



■ 対象構造物の全面を所定の密度で計測することが困難な場合は出来形写真で保管する

点群欠測



写真



■ 可能な限り地面が露出している状態



1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

3) その他の留意事項（自動航行を行わない場合の留意点）

自動航行を行わない場合の測定精度を確保するための所定の条件は以下を標準とする。

- 直線かつ、等高線または等対地高度の撮影となるように飛行する。
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上形成できるように飛行する。
- 構造物に接触しないよう、十分注意して計測する。

3 計測データ処理

3.1 計測点群データの作成

撮影写真から点群を生成し、不要点の削除を行います。

(1) 写真測量ソフトで点群を生成する

- ・点群生成については、各写真測量ソフトウェアのマニュアルによる。
- ・点群生成に利用するのは標定点のみである。

(2) 点群処理ソフトで計測点群データを作成する

- ・生成した点群データから、不要点を削除する。
- ・必要に応じて密度調整を行う。

注 意

■写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- ・カメラキャリブレーションの結果（カメラパラメータ）は、測定精度に影響を与えるため、施工現場におけるセルフキャリブレーションは避けて、カメラキャリブレーションに適した環境で実施すること。
- ・UAVの飛行ログデータ（カメラ位置データ、姿勢情報、RTK情報など）を使用したデータ処理が行える場合は、利用してもよい。

■点群処理ソフトに関する留意事項

- ・処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意すること。

3.2 検証点による精度確認

計測点群データ上で取得した検証点の座標値と、現場計測の際に取得した検証点の座標を比較し**要求されている測定精度以内であることを確認**します。

精度確認の結果は、「**精度確認試験結果報告書**」にとりまとめ、発注者に提出する必要があります。

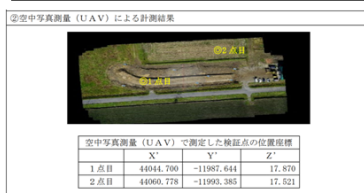
注意

- ・空中写真測量（UAV）では、**現場計測ごとに精度確認が必要**。
- ・構造物工（橋脚・橋台）では、3次元の管理対象とする各面（側面や天端上など）ごとに精度確認が必要。
- ・点群生成時に利用していない検証点を用いる。
- ・生成した点群から抽出した検証点座標とTS等で計測した検証点座標の比較を行う。
- ・比較結果が全て要求精度を満たしていることを確認する。

TSによる検証点の座標値



空中写真測量による検証点の座標値



③差の確認（測定精度）

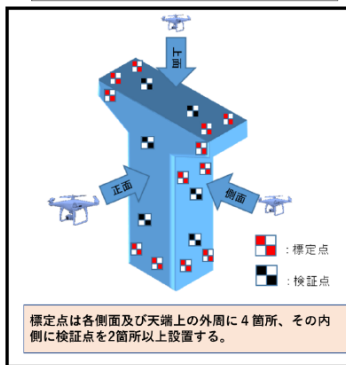
空中写真測量による計測結果（X', Y', Z'）— 真値とする検証点の座標値（X, Y, Z）

検証点の座標間較差			
	ΔX	ΔY	ΔZ
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

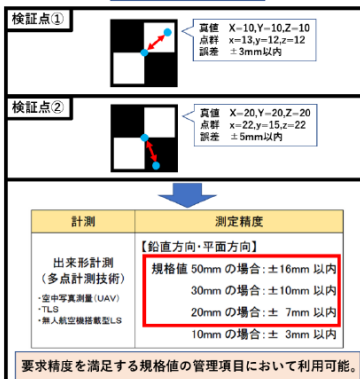
X成分（最大）=-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）
Y成分（最大）=-0.011m（-11mm）以内；合格（基準値50mm以内）
Z成分（最大）=-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）

計測のタイミング及び工種により要求される精度を確保していることを確認する

例：空中写真測量（UAV）における
標定点・検証点の設置イメージ



例：精度検証結果



（様式）

〇〇年〇〇月〇〇日

発注者：〇〇〇〇株式会社

受注者：〇〇〇〇株式会社

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

（1）カメラキャリブレーションの実施結果

項目	内容
カメラキャリブレーション実施年月	〇〇年〇〇月〇〇日
作業機型名	〇〇〇〇
高解像度カメラ	〇〇〇〇
使用するデジタルカメラ	〇〇〇〇（製造メーカー名）
製造元	〇〇〇〇（製造メーカー名）
製造番号	〇〇〇〇（製造番号）

（2）試験結果

項目	内容
精度確認試験実施年月	〇〇年〇〇月〇〇日
作業機型名	〇〇〇〇
高解像度カメラ	〇〇〇〇
使用するデジタルカメラ	〇〇〇〇（製造メーカー名）
製造元	〇〇〇〇（製造メーカー名）
製造番号	〇〇〇〇（製造番号）

（3）カメラの位置計測に関する情報

カメラの位置計測に用いた検証点がある場合は以下を記入すること

メーカー：〇〇〇〇（製造メーカー名）

名称：〇〇〇〇（製品名）

製造番号：〇〇〇〇（製造番号）

（4）精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

	X座標	Y座標	Z座標
①真値とする検証点の計測結果			
1点目	44944.720	-11987.655	17.890
2点目	44965.797	-11993.390	17.530
②空中写真測量（UAV）による計測結果			
1点目	44944.700	-11987.644	17.870
2点目	44965.778	-11993.385	17.521
③差の確認（測定精度）			
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分（最大）=-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）
Y成分（最大）=-0.011m（-11mm）以内；合格（基準値50mm以内）
Z成分（最大）=-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）

「精度確認試験結果報告書」を提出する

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他(国 土地理院 登録品 等)	備考
土工	面 管 理	空中写真測量(UAV)	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			起工測量	地上画素寸法	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測	20mm/画素以内						
			部分払い 出来高計測	地上画素寸法 30mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内			■		
			出来形計測	地上画素寸法 10mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
付帯構造 物設置工	断 面 管 理	空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 -200mmの場合:±60mm以内 -100mmの場合:±30mm以内 ±50mmの場合:±15mm以内 ±30mmの場合:±10mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.0025㎡(0.05m×0.05mメッシュ)			■		
法面工	断 面 管 理	空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度					
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)			■		
		空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内 ※地上写真測量については、長さが既知の評尺を用いて寸法計測精度が±10mm以内であることを確認する。	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ) 【落石雪害防止柵工の場合】 1点以上/0.0009㎡ (0.03m×0.03mメッシュ)			■		
擁壁工	断 面 管 理	空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度					
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)			■		
		空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)			■		

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他(国 土地理院 登録品 等)	備考
構造物工 (橋脚・橋 台)	断面 管理	空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)		■		
		空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 50mmの場合:±16mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±7mm以内 10mmの場合:±3mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)		■		
小規模 土工	面 管理	土工で定める各計測技術 ・空中写真測量(UAV) ・地上レーザースキャナー ・地上移動体レーザースキャナー ・無人航空機搭載型レーザースキャナー ・施工履歴データ ・地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25㎡(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1㎡を0.25㎡と置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
コンク リート堰 堤工	断面 管理	空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)		■		
		空中写真測量(UAV)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)		■		

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

- 適正な精度管理の記録
- 測定精度を満たすことを確認できる書類（精度確認試験結果報告書等）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

5) 撮影計画

撮影計画を作成する。

記載事項

記載例①：機器構成及び性能（UAV・デジタルカメラ・使用するソフトウェア）

⑤ 使用機器・ソフトウェア

当該工事において利用する機器およびソフトウェアについて、「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理要領」に定められた性能および機能を有するものを使用する。メーカーカタログ等は巻末に別途添付する。

【機器構成】

種別	名称	規格（バージョン等）	
トータルステーション	TOPCON GPT-9005A	国土地理院 2 級 A	
U A V	ZION QC630		
デジ タルカメラ	SONY α6000		
3 次元設計データ作成 ソフトウェア	福井コンピュータ EX-TREND 武蔵		
写真測量ソフトウェア	TOPCON Image Master UAS		
点群処理 ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT		
出来形帳票作成 ソフトウェア ※帳票作成は Excel 使用	福井コンピュータ TRENDPOINT Microsoft Excel		

【UAV およびデジタルカメラ】

項目	本業務（計測計画あるいは確認方法）	要領の記載内容
計測性能	地上画素寸法：0.7cm/画素以内 ※飛行高度50m時、1cm未満となる 最大飛行高度71.48m なお、後述する2）地上画素寸法の算出 にて根拠を示す。	地上画素寸法：1cm/画素 以内
測定精度	要領参考資料 - 3 に示される「キャリブ レーションおよび精度確認試験報告書」 に基づいて、起工測量時、および出来形 計測前に実施する。	測定精度:±5cm以内（XYZ 各成分）
保守点検	巻末に別途添付する。	UAV の保守点検を実施した ことを示す点検記録。製造元 等による保守点検を1年に1 回以上実施

・ UAV（ZION QC630）

機体直径	628mm（モータ軸間）、1009mm（直 径）
機械高	254mm
機体重量	1.4kg（機体のみ）、2.2kg（バッテリー 含む）
離陸重量	6.0kg
耐風速	10m/s 以下
滞空（ホバリング時間）	8～15 分
最高速度	72km/h 水平：20m/s 上昇：5m/s
最大到達高度	150m
動力用バッテリー	Zion Lipo 6 セル 99wh×1



・ デジタルカメラ（SONY α6000）

型式	フラッシュ内蔵レンズ交換式デジタルカ メラ
撮像素子	APS-C サイズ（23.5 x 15.6mm）、 "Exmor"APS HD CMOS センサー
カメラ有効画素数	約 2430 万画素
総画素数	約 2470 万画素
アスペクト比	3:02:00
画像ファイル形式	JPEG（DCF Ver.2.0、Exif Ver.2.3、 MPF Baseline）準拠、RAW（ソニー ARW 2.3 フォーマット）
記録画素数 （縦横比 3：2）	L サイズ: 6000 x 4000(24M), M サイズ: 4240 x 2832(12M), S サイズ: 3008 x 2000(6M)
使用レンズ	ソニー E マウントレンズ 焦点距離：2 8mm F E 2/28



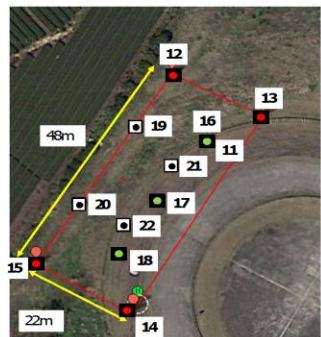
記載例②：標定点・検証点の設置方法

⑦ 標定点・検証点の設置

1) 配置

標定点・検証点は、国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）」に従い、以下の配点とする。検証点は、UAVを用いた出来形管理要領に従い、以下の設置点数にて設置する。

	要領の記載内容	本業務
外部標定点	辺長 100m 間隔程度以内 (内部含め最低 4 点)	4 点
内部標定点	辺長 200m 間隔程度以内	3 点
検証点	天端上辺長 200m 間隔程度以内 (最低 2 点)	4 点



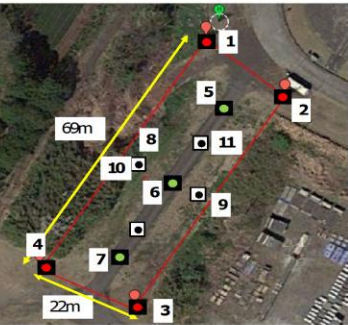
- ・外部標定点：4 点 ●
- 計測対象範囲を包含し、辺長 100m 以内
- ・内部標定点：3 点 ●
- 辺長 200m 以内
- ・高高度標定点
- ・低高度標高点

■検証点

- ・検証点：4 点 □
- 外部標定点の中間に 1 点

合計：11 点

工区 1 (天端、法面、小段)



- ・外部標定点：4 点 ●
- 計測対象範囲を包含し、辺長 100m 以内
- ・内部標定点：3 点 ●
- 辺長 200m 以内
- ・高高度標定点
- ・低高度標高点

■検証点

- ・検証点：4 点 □
- 外部標定点の中間に 1 点

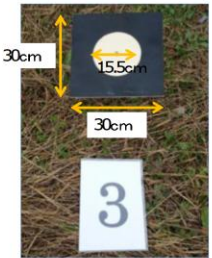
合計：11 点

工区 2 (法面)

2) 設置方法

標定点・検証点は、発注者より指示された基準点あるいは工事基準点を利用して、4 級基準点測量の規定を準用し TS による放射法 2 セット観測で求める。

	本業務（実施計画）	要領の記載内容
設置方法	TS を用いた計測	3 級基準点および 4 級水準点相当



記載例③：飛行計画と撮影計画の記載例

⑧空中写真測量

1) 飛行計画

国土地理院「公共測量作業規程の準則（第4編第414条）」に準じて飛行計画をおこなう。撮影は垂直撮影を基本とする。なお現地での作業日数は1日程度とする。対象土工は比高が7m程度であることから、天端から対地高度約50mで飛行する。さらに、離着陸時以外は、基本的に自律飛行とする。図2.1の土工範囲を網羅するように、延長方向は+20m程度、横方向は+2、3m程度延伸するように計測する。

計測諸元	
対地高度	50m
オーバーラップ率（計測方向）	90%
サイドラップ率（隣接方向）	60%
コース間隔	11.1m

2) 作成した「飛行マニュアルを提出

- 航空機の航行の安全確保のために、航空法に準拠して飛行計画を立案するとともに、航空法に基づく飛行許可申請のために作成した「飛行マニュアルを施工計画書の添付資料として提出すること。

無人航空機

飛行マニュアル

(DID・夜間・目視外・30m・危険物・物件投下)

場所を特定しない申請について適用

運航者名：_____

本マニュアルについて

本マニュアルは、航空法に基づく許可及び承認を受けて無人航空機を飛行させる際に必要となる手帳等を記載するものである。

本マニュアルに記載される手順等は、無人航空機の安全な飛行を確保するために少なくとも必要と考えられるものであり、運航者は、本マニュアルの遵守に加え、使用する機体の機能及び性能を十分に理解し、飛行の方法及び場所に応じて生じるおそれがある飛行のリスクを事前に検証した上で、追加的な安全上の措置を講じるなど、無人航空機の飛行の安全に万全を期さなければならない。

目次

1. 無人航空機の点検・整備.....1-

1-1 機体の点検・整備の方法.....1-

1-2 点検・整備記録の作成.....1-

2. 無人航空機を飛行させる者の訓練及び遵守事項.....2-

2-1 基本的な操縦技能の習得.....2-

2-2 業務を実施するために必要な操縦技能の習得.....2-

2-3 機体性能の維持.....2-

2-4 夜間における操縦練習.....3-

2-5 目視外飛行における操縦練習.....3-

2-6 物件投下のための操縦練習.....3-

2-7 飛行記録の作成.....3-

2-8 無人航空機を飛行させる者が遵守しなければならない事項.....3-

3. 安全を確保するために必要な体制.....5-

3-1 無人航空機を飛行させる際の基本的な体制.....5-

3-2 入又は家族の密着している地域の上空における飛行又は海上又は水上の又は物件との間に30mの距離を確保しない飛行を行う際の体制.....5-

3-3 夜間飛行を行う際の体制.....5-

3-4 目視外飛行を行う際の体制.....6-

3-5 危険物の輸送を行う際は物件投下を行う際の体制.....6-

3-6 非常時の連絡体制.....6-

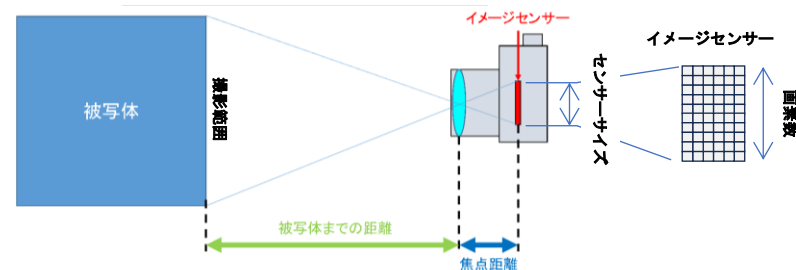
(様式1) 無人航空機の点検・整備記録.....7-

(様式2) 無人航空機の飛行記録.....8-

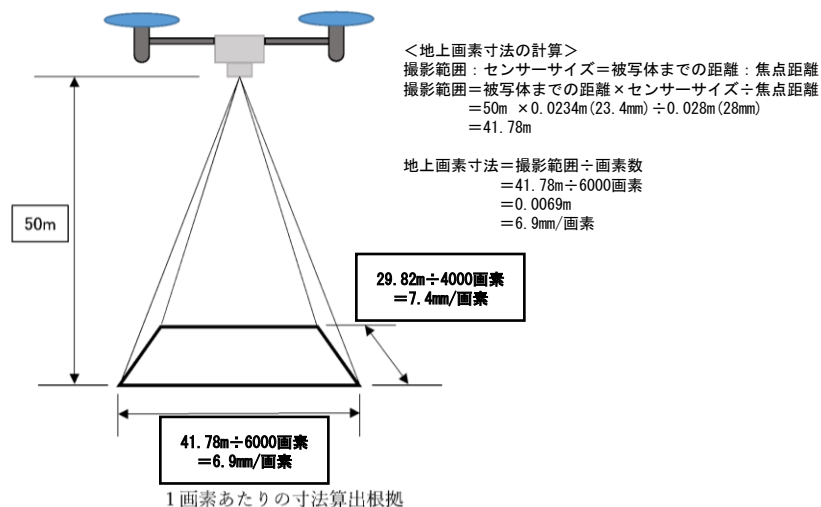
3) 撮影計画

計測性能として、撮影計画上の地上画素寸法が1cm/画素以内と定められている。地上画素寸法は、使用するデジタルカメラの解像度と飛行高度より算定し、以下のとおり、地上解像度を確認した。

被写体までの距離(m)	50m
焦点距離(mm)	28mm
センサーサイズ	23.4mm × 16.7mm
水平撮影範囲(m)	41.78m
垂直撮影範囲(m)	29.82m
画素数	6000画素 × 4000画素
地上画素寸法(水平)	6.9mm/画素
地上画素寸法(鉛直)	7.4mm/画素



上記諸元の解説図



作成例①：精度確認の実施と結果の提出

(様式)

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：_____
作 成 者：_____
印

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー：(製造メーカー名) 測定装置名称：(製品名、機種名) 測定装置の製造番号：(製造番号)

(2) 試験概要

精度確認試験実施年月	○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	○○工事 現場内
検証機器(真値を計測する測定機器)	T S 機種名：○○○ (級別：○級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

(3) カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	(製造メーカー名)
名称	(製品名、機種名)
製造番号	(製造番号)

(4) 精度確認試験結果

検証点名：○○○○				
		x 座標	y 座標	z 座標
①真値とする検証点の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②空中写真測量(UAV)による計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.700	-11987.644	17.870
	2 点目	44060.778	-11993.385	17.521
③差の確認(測定精度) (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	-0.020	-0.011	-0.020
	2 点目	-0.019	-0.005	-0.009
x 成分(最大)=-0.020m (-20mm); 合格(基準値±50mm 以内)				
y 成分(最大)=-0.011m (-11mm); 合格(基準値±50mm 以内)				
z 成分(最大)=-0.020m (-20mm); 合格(基準値±50mm 以内)				

土工等の場合

参考資料-3 写真計測技術による性能確認試験結果報告書

(様式)

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：_____
作 成 者：_____
印

性能確認試験結果報告書

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和○○年○○月○○日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー：(製造メーカー名) 測定装置名称：(製品名、機種名) 測定装置の製造番号：(製造番号)

(2) 試験概要

精度確認試験実施年月	
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	
測定場所	
検証機器	
精度確認方法	

(3) 性能確認試験結果

①計測対象に対する面素寸法が1mm 以内

計測対象
壁面
壁面
壁面

参考資料-4 3次元計測技術による精度確認試験結果報告書

(様式)

精度確認試験結果報告書

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：_____
作 成 者：_____
印

(1) 試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	○○工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(製造メーカー名) 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器(真値を計測する測定機器)	T S 機種名：○○○ (級別：○級)
精度確認方法	検証点の2点間距離 (UAVの場合は水平・鉛直方向の差分等)

(2) 精度確認試験結果

①標定点・検証点設置箇所

②算出した箇所及び算出結果が分かる写真

P6橋脚

A schematic diagram of a bridge pier (P6橋脚) with four verification points marked: P1 at the top, P2 on the left side, P3 on the right side, and P11 at the base. A legend below indicates that the black squares represent '検証点貼紙' (verification point stickers).

：検証点貼紙

A photograph of the bridge pier structure with the verification points P1, P2, P3, and P11 marked on it. Red lines and arrows indicate the measured distances and angles between the points.

③従来計測及び3次元計測による検証点比較結果

No	測点 A (旧)	測点 B (旧)	方向角 (旧)	距離 (旧)
	測点 A (新)	測点 B (新)	方向角 (新)	距離 (新)
1	P2	P3	157-08-53	2.735
	P2'	P3'	157-43-09	2.730
				0.005

構造物工(橋脚・橋台)の場合

作成例②：UAV本体の保守点検記録の提出

UAV（M600）点検記録

サンプル

点検項目

No	項 目		結 果
1	機体本体の外損確認		済・未
2	プロペラの外損確認		済・未
3	ウィングの外損確認		済・未
4	プロポ二台外損確認		済・未
5	機体本体の動作確認		済・未
6	モーターの動作確認		済・未
7	ジンバルの動作確認		済・未
8	プロポの動作確認		済・未
9	プロポと機体の通信確認		済・未
10	カメラ動作確認		済・未
11	プロポバッテリー満充電確認		済・未
12	機体バッテリー満充電確認		済・未
13	付属品	機体本体	有・無
14		風速計	有・無
15		プロポ	有・無
16		バッテリー×6個	有・無
17		プロペラ一式	有・無
18		UAV用工具一式	有・無
19		充電器一式	有・無
20		カメラ	有・無
21		カメラ収納ケース	有・無
22		カメラ充電器	有・無
23		本体収納ケース	有・無



技術概要集

地上写真測量



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

3次元計測技術として定義されている地上写真測量は大きく分けて2種類あります。

■ 点群を生成する地上写真測量

動画や連続する複数枚の写真から点群を生成する技術



■ 点群を生成しない地上写真測量

計測対象箇所とターゲットが同時に写り込むように撮影された複数枚の写真から寸法を計測する技術



※切削オーバーレイエのみ対応可能

■点群を生成する地上写真測量とは？

計測対象範囲に所定の個数・間隔で標定点・検証点を設置した上で写真撮影し、撮影した写真および標定点の3次元座標をSfMで解析することで、計測対象範囲全体の3次元座標点群を生成する手法のこと。

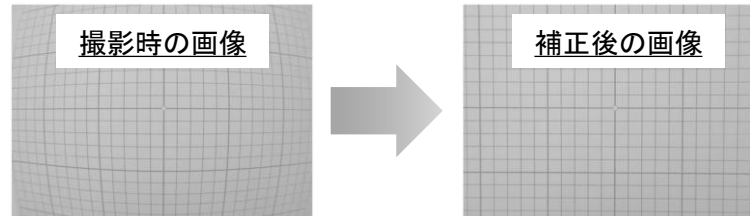
写真からどうやって点群になるの？

写真から点群への流れ



レンズ歪み補正とは

写真測量時の撮影画像の歪み等を補正する処理。



特徴点マッチングとは

撮影した異なる写真の色味の変化から特徴点を抽出し、複数の写真を一つに合成する。



留意点

精度よく各写真をマッチングさせるためには、より多くの特徴点が必要となるため、以下の点に留意して、計測に臨むことが重要である。

ステレオ写真処理とは



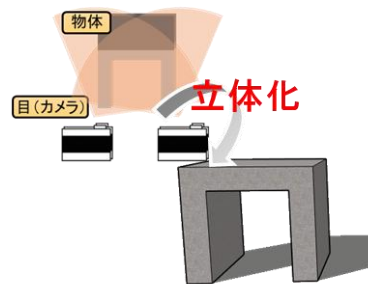
立体化の原理

撮影した写真に写る地表物を、複数の異なる写真で解析することにより、立体化する処理。

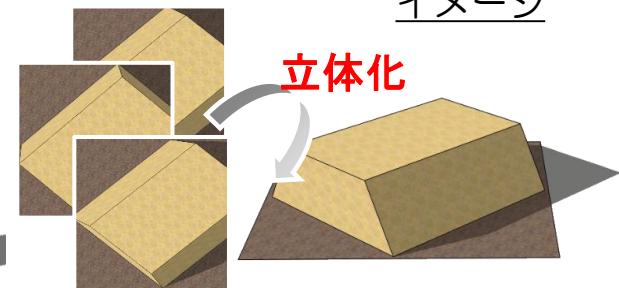
上記の処理を施し、**撮影した写真を立体化**する。

人間には2つの目があり、左右の目が離れていることにより、左右それぞれの目に写る景色には、見え方に微妙な違い(視差)を生じます。この左右の見え方の違いにより、人間は物の立体感を認識しているのです。

※立体化のイメージ



※空中写真による立体化のイメージ



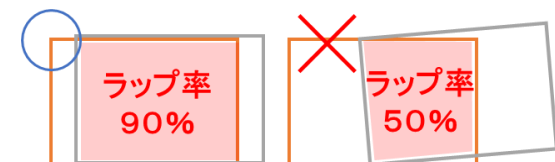
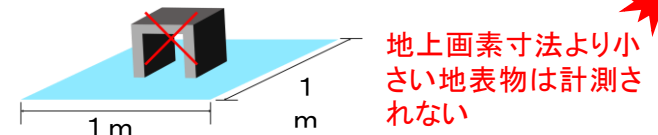
➤ 写真解像度(地上画素寸法(1画素辺りの地上の寸法))の確保

➡ 地上の詳細な変化を画像に収めるために必要な要素

➤ ラップ率の確保

➡ 2枚の写真の重なる度合い(ラップ率)が大きいほど、精度のよいマッチングが可能となる。

※例【地上画素寸法が1mの場合】



計測手法

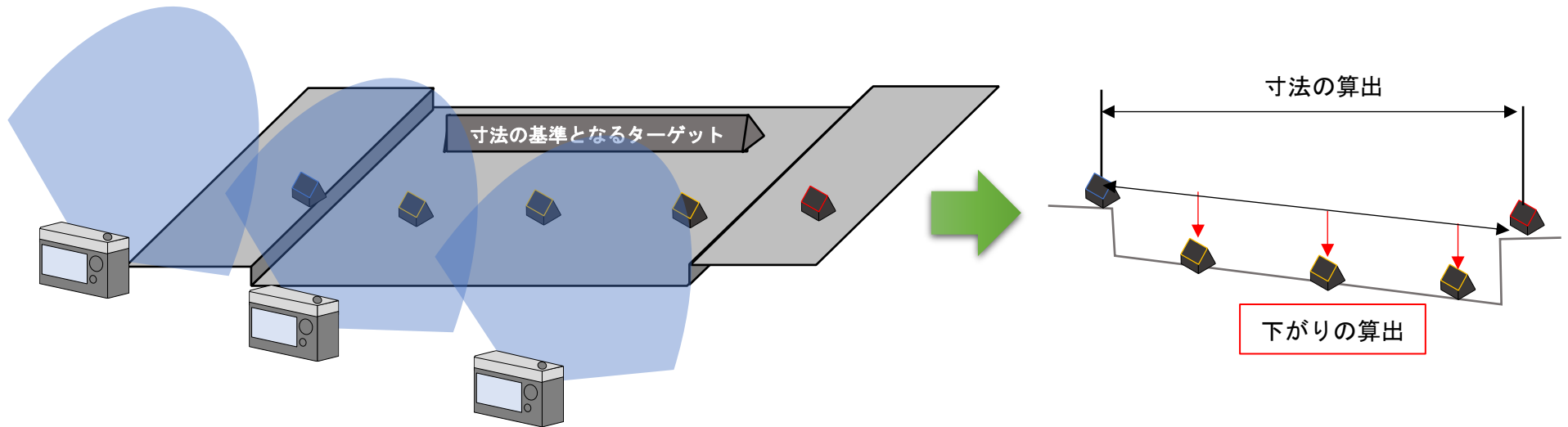
モバイル端末やデジタルカメラで撮影した動画や写真等、計測機器や撮影方法は様々です。



計測手法は様々 (計測技術の一例)

■点群を生成しない地上写真測量（フォトグラメトリ）とは？

フォトグラメトリ技術とは、3次元の物体を複数の観測点から撮影して得た2次元画像から、視差情報を解析して寸法・形状を求める写真測量技術のことである。



□ 3次元出来形管理の種類

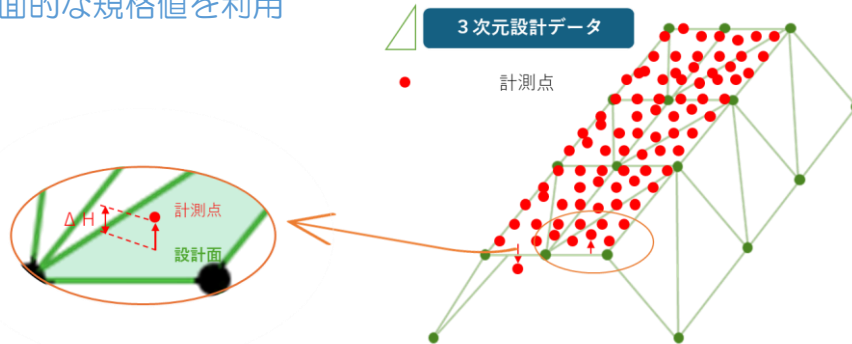
◆ 点群を生成する地上写真測量の場合

以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



地上写真測量で取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



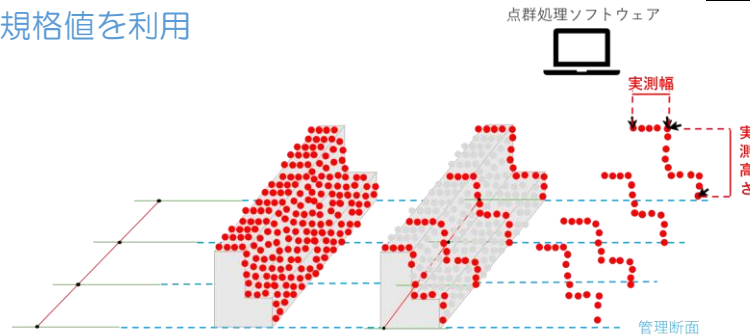
【適用工種】

- 土工
- 土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工



地上写真測量で取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- 土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工
- 法面工
- 付帯道路施設工
- 電線共同溝工

◆ 点群を生成しない地上写真測量の場合



地上写真測量の計測結果を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用

【適用工種】

- 路面切削工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 計測計画

2. 現場計測

- 2.1 標定点・検証点の計測
- 2.2 地上写真測量の実施

3. 計測データ処理

- 3.1 計測点群データの作成（点群を生成する地上写真測量の場合）
- 3.2 検証点による精度確認（点群を生成する地上写真測量の場合）

1 計測準備

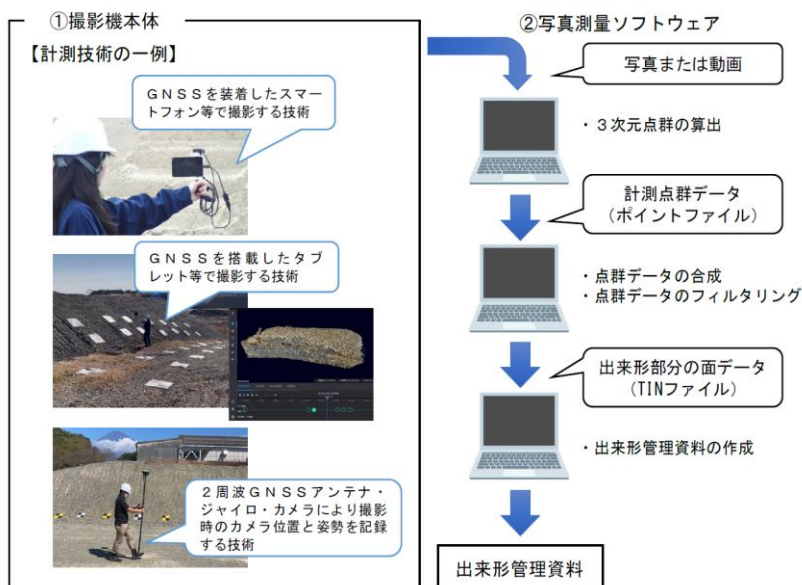
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

地上写真測量に必要な機器・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

点群を生成する地上写真測量の場合

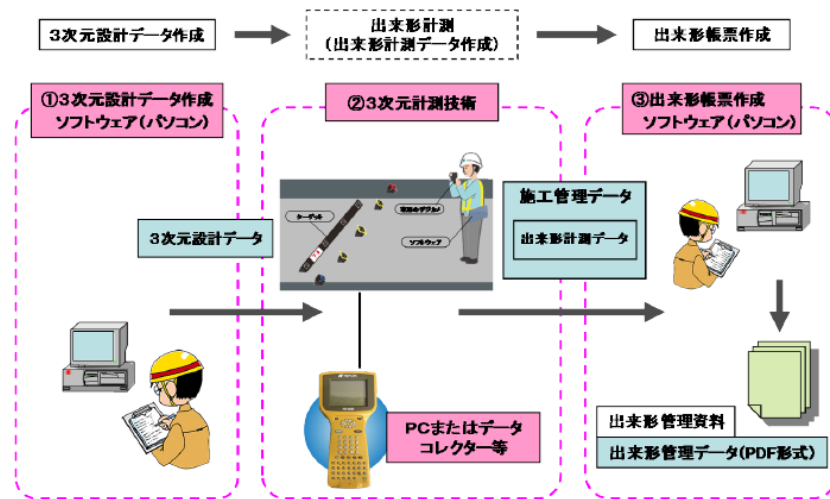
- (1) 撮影機器本体（スマートフォン・タブレットとそれに搭載されたデジタルカメラなど写真または動画を撮影する機能を持つもの。スマートフォン専用アプリケーションなど）
- (2) 各種ソフトウェア



土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工、
法面工、付帯道路施設工、電線共同溝工

点群を生成しない地上写真測量の場合

- (1) 3次元計測技術（デジタルカメラ、計測用ターゲット、基準スケール）
- (2) 各種ソフトウェア



路面切削工

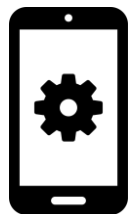
1.2 使用機器類の性能確認

地上写真測量に必要な機器類の性能などを確認します。

(1) 点群を生成する地上写真測量の場合

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工、
法面工、付帯道路施工、電線共同溝工

1) 計測性能の確認



- ・カメラの計測性能については、必要な精度（計測場面ごとに異なる）を満たす画素寸法を確保できる画素数を有すること。
- ・ただし、現場精度確認において必要な測定精度を確保することが確認できる場合には、上記の画素寸法とは異なる性能の撮影機材を用いることができる。

2) 測定精度の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。

また、測定精度を確認できる書類（精度確認試験結果報告書）を監督職員に提出する。

○精度確認方法

・計測時の検証点による精度確認

精度確認用の検証点を現場に設置し、地上写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標と真値の位置座標（基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値）を比較することで確認することとする。



計測時に検証点を設置し、点群の生成・処理後に**精度確認試験を実施する**。
なお、精度確認試験は**計測ごとに必要**となる。

(2) 点群を生成しない地上写真測量の場合

路面切削工

1) 計測性能及び精度管理



- 地上写真測量の測定精度を確認するために、施工現場と同等の路面を検査面を選定し、鉛直方向と平面方向の精度確認試験を行う。

■路面切削工の測定精度（出来形計測）

○精度確認方法

・事前の精度確認

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所以上の既知点を使用し、空中写真測量（UAV）から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。

※構造物工（橋脚・橋台）の場合は、**各側面及び天端上に設置した検証点の座標値**を従来手法により計測し、合成した点群上の座標値と比較して行う。



事前に精度確認試験を行い、測定精度を確認します。
結果は発注者へ提出します。

「精度確認試験結果報告書」
を提出する

【鉛直方向の測定精度】

切削オーバーレイエ

切削表面 ±4mm

基層表面 ±4mm

表層表面 ±4mm

【平面方向の測定精度】

切削オーバーレイエ

切削表面 ±10mm

基層表面 ±10mm

表層表面 ±10mm

精度確認試験結果報告書	
工 事 名: 〇〇年〇〇月〇〇日 発注者名: 〇〇〇〇〇〇 作 成 者: 〇〇〇〇〇〇	
(1) 試験概要	
測定区	〇〇市〇〇区〇〇市
測定条件	天候: 晴れ 気温: 25℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー: 〇〇〇〇 測定装置名称: 〇〇〇〇 測定装置の製造番号: 〇〇〇〇
鉛直方向の測定精度の精度確認方法 (水準測量 or 水準下がり)	水準測量
平面方向の測定精度の精度確認方法 (TS or コンベックス)	コンベックス
精度確認方法	鉛直: 検査ターゲット設置位置の高さ (下がり) 平面: 検査ターゲット設置間 (幅員) の実測値
(2) 精度確認試験結果	
■ 水準精度	
① 既知の計測結果 (幅)	3.501m
② ステレオ写真測量による計測結果 (幅)	3.500m
③ 差の確認 (測定精度) ②-①	0.001m (1mm)
基準値	±10mm (1%)
合否	合格
■ 平面精度	
	測点 01 測点 02 測点 03
① 既知の計測結果	98mm 95mm 94mm
② ステレオ写真測量による計測結果	98mm 95mm 94mm
③ 差の確認 (測定精度) ②-①	0mm -1mm -1mm
基準値	±5mm (1%)
合否	合格

1.3 計測計画

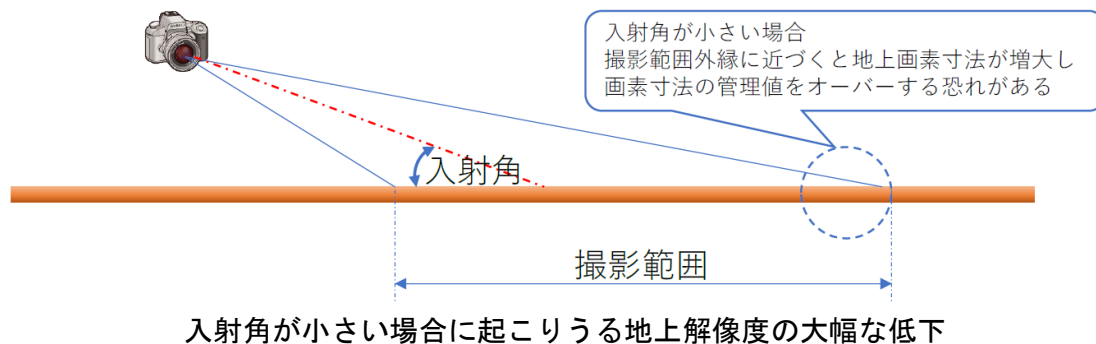
精度良く計測するため、計測計画を立案します。

(1) 点群を生成する地上写真測量の場合

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工、法面工、付帯道路施設工、電線共同溝工

受注者は、利用する地上写真測量について以下の項目に留意し、**撮影計画を作成する**。

- ・計測対象面とカメラのおおよその離隔計測対象面上での画角サイズ、計測対象面を所定のラップ率で撮影するための測線数及び各測線の撮影枚数を記載する（例：延長100m、高さ7mの法面を3列に分けて撮影する。縦断方向の撮影枚数は20枚以上とする等）。なお、所定のラップ率については、撮影計画上の縦断ラップ率を最低90%以上とするか、撮影後に確認する縦断方向の実績のラップ率を最低80%以上とするかのいずれかとする。いずれを選択するかについて、撮影計画に記載する。
- ・カメラの名称・性能と算出に使用するソフトウェアの名称を記載する。
- ・標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画を記載する。
- ・撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の写真の組み合わせ）以上設定する。
- ・計測対象面とカメラとの離隔は、必要な精度を満たす地上画素寸法を確保できること。特に計測対象面に対するカメラの視線の入射角が小さい状態での撮影においては、次図に示すように、撮影範囲外縁で地上画素寸法が大幅に低下する場合があるため、この点に留意して計測計画を立案すること。
- ・画素寸法は使用するカメラの素子寸法及び画面距離と入射角を考慮して求めるものとする。



(2) 点群を生成しない地上写真測量の場合

路面切削工

- 対象物と撮影方法により測定精度に違いが生じるため、精度低下要因となる計測条件を可能な限り排除する計測計画が重要となる。
- 精度確認試験を参考にし、幅員や計測位置を考慮して計測ターゲットを配置できるようにする。
- 被写体となる標定点においては、管理断面上に配置する計画とする。

2 現場計測

2.1 標定点・検証点の計測

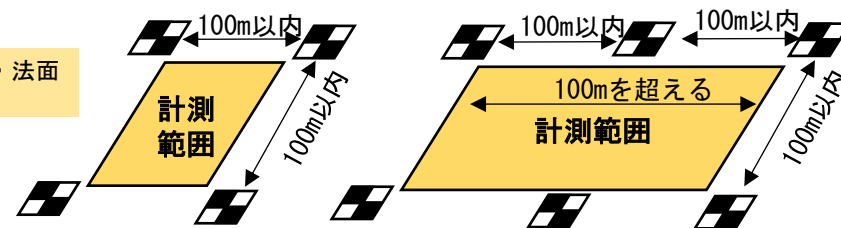
標定点・検証点（必要な場合）を配置し、各点の座標を計画します。

(1) 点群を生成する地上写真測量の場合

1) 標定点の設置

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工、法面工、付帯道路施工工、電線共同溝工

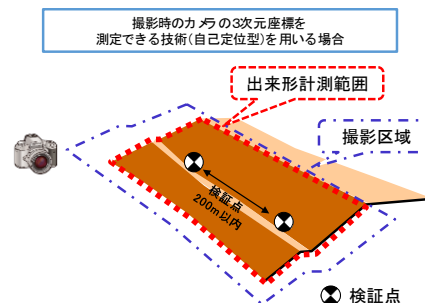
- 計測対象範囲を包括するように、撮影区域外縁の四隅に各1点設置する。
- 計測対象範囲の延長が100mを超える場合は外縁の標定点の間隔が100m以内となるように設置する。



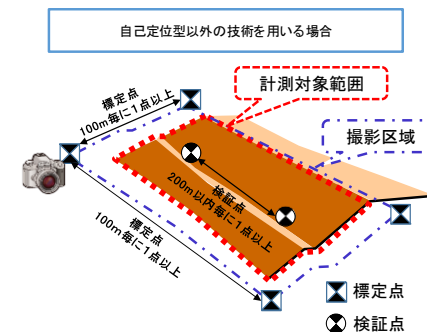
標定点設置例

2) 検証点の設置

- 計測対象範囲の内部に200m以内の間隔となるように設置する内部の検証点は、標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。
- 計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置する。
- 精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。



- 標定点
 - ・ 標定点の設置個数・配置は任意
- 検証点
 - ・ 計測範囲内部に200m毎1点以上設置（延長が200m以下の場合は2点以上設置）



- 標定点
 - ・ 撮影区域外縁の四隅の1点に各1点以上設置（ただし、計測対象範囲の延長が100mを超える場合は、外縁の標定点の間隔が100m以内となるように追加設置）
- 検証点
 - ・ 計測範囲内部に200m毎1点以上設置（延長が200m以下の場合は2点以上設置）

3) 標定点及び検証点の計測

- 標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。例えば工事基準点などの既知点から、事前精度確認にて所要の精度があることが確認されたTS等光波方式を用いて計測することができる。
- また、SfM（Structure from Motion）の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法（RTK、ネットワーク型RTK、PPK）を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。

※計測方法に留意すればよいだけで、測量成果簿等は必要としない。

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

(2) 点群を生成しない地上写真測量の場合

1) 標定点の設置

- 標定点を管理断面上に配置する。



路面切削工

2.2 地上写真測量の実施

地上写真測量を実施します。

(1) 点群を生成する地上写真測量の場合

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工・付帯道路施設工、電線共同溝工

- 計測対象範囲全体と、範囲内に設置した標定点・検証点を一つの動画または複数枚の写真で網羅するように撮影する。なお、撮影は出来形管理の対象範囲全体を複数に分けて行っても良い。



法面工

- 法枠工の出来形管理項目のうち、「幅・高さ・枠中心間隔」の寸法計測に用いることができる。地上写真測量を用いて寸法を計測する場合、計測点群の3次元座標の精度は問われないため、出来形計測の実施方法は上記の記載内容に従うが、標定点・検証点の設置・計測については以下を標準とする。
 - 標定点を設置する代わりに、長さが既知の標尺を撮影対象とする法枠の付近に設置し、設営を行う。
 - 撮影した画像からSfMを用いて、点群を出力する。点群は、公共座標系を有していなくてもよい。SfMの解析時に標定点の3次元座標を入力しなくてもよい。
 - 出力した点群の寸法の精度を確認するため、点群から読み取った既知の標尺の寸法と実際の標尺の寸法が、誤差±10mm以内であることを確認する。
 - 精度確認結果は、土工の「地上写真測量の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に、x,y,z座標精度に代えて標尺の寸法精度を記載し提出する。なお、土工の「地上写真測量の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に示す精度確認は実施しなくてもよい。



標尺設置状況

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

(2) 点群を生成しない地上写真測量の場合

路面切削工

- 被写体となる標定点が映り込むように、複数枚数撮影する。
- 起工測量時等に3次元設計データを利用し、現地の測点（路肩等）にマーキングした位置の3次元座標を計測し、納品する。また、納品する3次元座標値は公共座標系に準じた座標値として納品することが望ましい。



3 計測データ処理

3.1 計測点群データの作成（点群を生成する地上写真測量の場合）

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模
土工・法面整形工、法面工、付帯道路施設工、
電線共同溝工

撮影写真から点群を生成し、不要点の削除を行います。

（１）写真測量ソフトで点群を生成する

- ・点群生成については、各写真測量ソフトウェアのマニュアルによる。
- ・点群生成に利用するのは標定点のみである。

（２）点群処理ソフトで計測点群データを作成する

- ・生成した点群データから、不要点を削除する。
- ・必要に応じて密度調整を行う。

注 意

■写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- ・カメラキャリブレーションの結果は、測定精度に影響を与えるため、留意すること。

■点群処理ソフトに関する留意事項

- ・処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意すること。

3.2 検証点による精度確認（点群を生成する地上写真測量の場合）

土工・土工（1,000m³未満）・床掘・小規模
土工・法面整形工、法面工、付帯道路施設工、
電線共同溝工

計測点群データ上で取得した検証点の座標値と、現場計測の際に取得した検証点の座標を比較し、要求されている測定精度以内であることを確認します。

精度確認の結果は、「地上写真測量の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」にとりまとめ、発注者に提出する必要があります。

- ・精度確認は、撮影後、写真測量ソフトウェアにより計測点群データを算出する際に行う。
- ・精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトウェアでの処理の再実施または再計測を実施する。
- ・検証点の座標と既知点（基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を基にTSで計測した座標値）との座標値を比較し、各座標値（X,Y,H）の較差が要求されている測定精度以内であることを確認する。

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書			
		〇〇年〇〇月〇〇日	
工 事 名:			
受 注 者 名:			
作 成 者:		印	
(1) カメラキャリブレーションの実施記録			
カメラキャリブレーション実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日		
作業機関名			
実施担当者			
使用するデジタルカメラ	メーカー	: (製造メーカー名)	
	測定装置名称	: (製品名、機種名)	
	測定装置の製造番号	: (製造番号)	
※カメラに汎用機を用いない場合（2023 年とカメラが一体化した専用機および専用の解析ソフトウェアを用いる場合等）で、1 C 下位前部カメラキャリブレーションが実施済みであり、この結果が解析ソフトに解析の条件として入力されている等により、現場毎にカメラキャリブレーションを実施する必要が無い状態の場合は、「地上写真測量専用システムを使用するための既知点のカメラキャリブレーションは実施不要」と記載する。			
(2) 試験概要			
精度確認試験実施年月	〇〇年〇〇月〇〇日		
作業機関名			
実施担当者			
測定条件	天候: 晴れ	気温: 8℃	
測定場所	〇〇工事 現場内		
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS	機種名: 〇〇〇	（級別: 〇級）
精度確認方法	既知点の座標較差		
精度検証対象機器と既知点の距離	〇m		
(3) 精度確認試験結果			
検証点名: 〇〇〇〇			
	x 座標	y 座標	z 座標
①地上写真測量による確認 (x, y, z)	44044.725	-11987.621	17.894
②TSによる検証点の確認 (x', y', z')	44044.700	-11987.638	17.870
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	0.025	0.017	-0.024
x 成分（最大）= 0.025m (25mm) : 合格（基準値±50mm 以内）			
y 成分（最大）= 0.017m (17mm) : 合格（基準値±50mm 以内）			
z 成分（最大）= -0.024m (-24mm) : 合格（基準値±50mm 以内）			

「精度確認試験結果報告書」
を提出する

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
土工	面管理	地上写真測量	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度	■	■		
			起工測量	地上画素寸法 20mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測							
			部分払い 出来高計測	地上画素寸法 30mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内					
			出来形計測	地上画素寸法 10mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
路面切削工	断面管理	地上写真測量		測定精度	計測密度	■				
			【鉛直方向の測定精度】 切削オーバーレイ工 切削表面 ±4mm 基層表面 ±4mm 表層表面 ±4mm	【平面方向の測定精度】 切削オーバーレイ工 切削表面 ±10mm 基層表面 ±10mm 表層表面 ±10mm	—					
法面工	断面管理	地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度	■	■			
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内 ※地上写真測量については、長さが既知の評尺を用いて寸法計測精度が±10mm以内であることを確認する。	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ) 【落石雪害防止柵工の場合】 1点以上/0.0009㎡ (0.03m×0.03mメッシュ)					
土工 (1,000 m3未満) ・床掘工 ・小規模土工 ・法面整形工	面管理	土工で定める各計測技術 ・空中写真測量(UAV) ・地上レーザースキャナー ・地上移動体レーザースキャナー ・無人航空機搭載型レーザースキャナー ・施工履歴データ ・地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25㎡(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1㎡を0.25㎡と置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。	
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)					
			岩線計測							
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下						
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下	【出来形計測時】 1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)※1 【出来形評価時】 1点以上/出来形評価グリッド※2					

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
付帯道路 施設工等	断面 管理	地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	■寸法精度 ※2点間距離 ±10mm 以内 ■座標精度 3次元点群の用途に応じ、以下の数値 1)付帯道路施設工等の設置位置の把握に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±100mm 以内 2)付帯道路施設工等が建築限界に触れないことの確認に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±50mm 以内 3)その他 監督職員との協議により決定	点群が計測対象物の輪郭を明瞭に示せる程度の密度になっていること		■		
電線共同 溝工	断面 管理	地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	■寸法精度 ※2点間距離 ±10mm 以内 ■座標精度 3次元点群の用途に応じ、以下の数値 1)電線共同溝の設置位置の把握に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±100mm 以内 2)電線共同溝が建築限界に触れないことの確認に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±50mm 以内 3)その他 監督職員との協議により決定	点群が計測対象物の輪郭を明瞭に示せる程度の密度になっていること		■		

施工計画への記載事項・提出書類

■点群を生成する地上写真測量

土工、土工（1,000m³未満）・床掘・小規模土工・法面整形工、法面工、付帯道路施工、電線共同溝工

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 測定精度を満たすことを確認できる書類（精度確認試験結果報告書）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

■ 3次元設計データ作成ソフト、写真測量ソフトウェア、点群処理ソフトウェアなど

5) 撮影計画

撮影計画を作成する。

記載事項

■点群を生成しない地上写真測量

路面切削工の場合

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

3) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 測定精度を満たすことを確認できる書類（精度確認試験結果報告書）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

■ 3次元設計データ作成ソフト、出来形座標確認ソフトウェアなど

作成例：精度確認の実施と結果の提出

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____

受注者名：_____

作成者：_____ 印

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー：(製造メーカー名) 測定装置名称：(製品名、機種名) 測定装置の製造番号：(製造番号)

※カメラに汎用機を用いない場合（GNSS等とカメラが一体化した専用機および専用の解析ソフトウェアを用いる場合等）で、I C T出荷時にカメラキャリブレーションが実施済みであり、この結果が解析ソフトに解析の条件として入力されている等により、現場毎にカメラキャリブレーションを実施する必要が無い技術の場合には、「地上写真測量専用システムを使用するため現場毎のカメラキャリブレーションは実施不要」と記載する。

(2) 試験概要

精度確認試験実施年月	〇〇年〇〇月〇〇日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	既知点の座標較差
精度検証対象機器と既知点の距離	〇m

(3) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

	x座標	y座標	z座標
①地上写真測量による確認 (x, y, z)	44044.725	-11987.621	17.894
②T Sによる検証点の確認 (x', y', z')	44044.700	-11987.638	17.870
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	0.025	0.017	-0.024

x成分（最大）= 0.025m（25mm）；合格（基準値±50mm以内）

y成分（最大）= 0.017m（17mm）；合格（基準値±50mm以内）

z成分（最大）=-0.024m（-24mm）；合格（基準値±50mm以内）

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____

受注者名：_____

作成者：_____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：〇〇〇〇 測定装置名称：〇〇〇〇 測定装置の製造番号：—
鉛直方向の測定精度の精度確認方法 (水準測量 or 水糸下がり)	水準測量
平面方向の測定精度の精度確認方法 (TS or コンベックス)	コンベックス
精度確認方法	鉛直) 検査ターゲット設置位置の高さ（下がり） 平面) 検査ターゲット設置間（幅員）の実測値

(2) 精度確認試験結果

■水平精度

①真値の計測結果（幅）	3.500m
②ステレオ写真測量による計測結果（幅）	3.501m
③差の確認（測定精度）(②-①)	0.001m（1mm）
基準値	±10mm以内
可否	合格

■鉛直精度

	測点 H1	測点 H2	測点 H3
①真値の計測結果	98mm	81mm	94mm
②ステレオ写真測量による計測結果	98mm	80mm	93mm
③差の確認（測定精度）(②-①)	0mm	-1mm	-1mm
基準値	±4mm以内		
可否	合格		

土工等の場合

路面切削工の場合

技術概要集



地上型レーザースキャナー (T L S)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 地上型レーザースキャナーとは

指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波により対象物との相対位置を面的に取得できる技術である。



Leica ScanStation P40
Leica Geosystems



VZ-600i
RIEGL

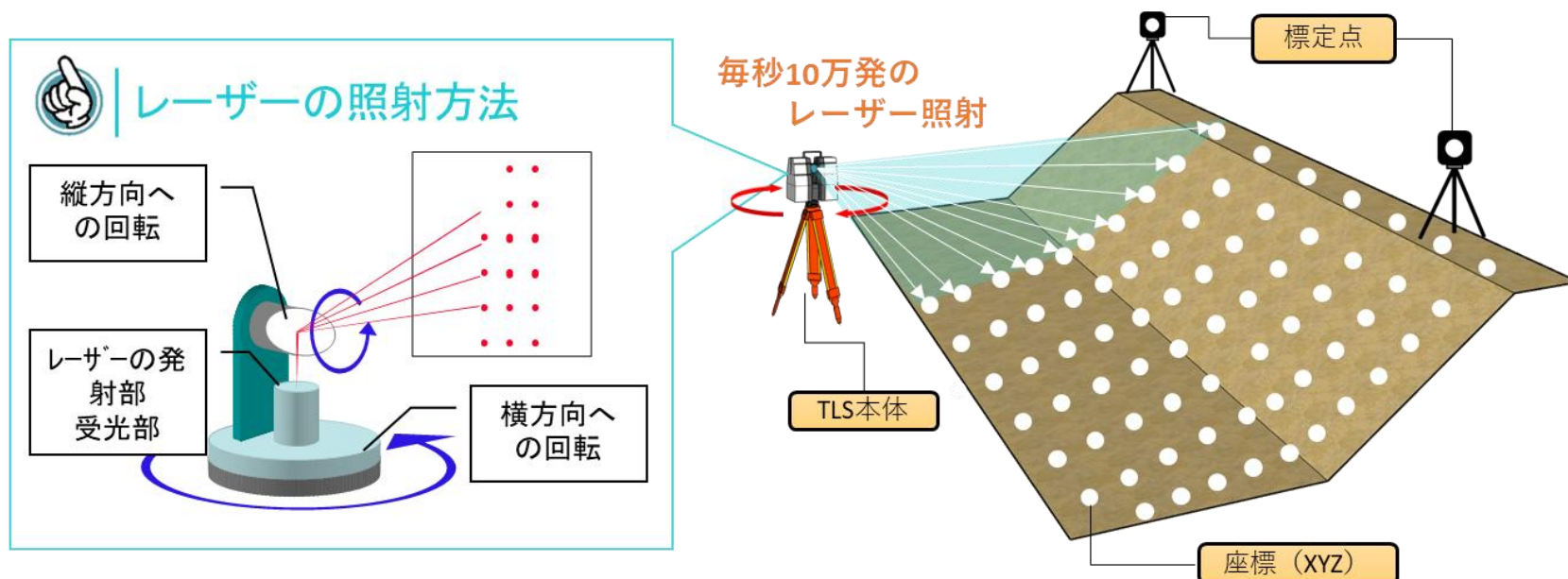


GLS-2200
TOPCON

計測原理

測定対象物にレーザー光線を照射してレーザーが返ってくるまでの時間を測定し、距離に換算すると同時に、レーザーの照射角度から対象物の座標値(X Y Z)を算出する。

また、基準点を使用してT L S本体を機械設置する、あるいは、計測後に点群を標定点によって座標変換することで、現場座標に整合した点群を作成する。



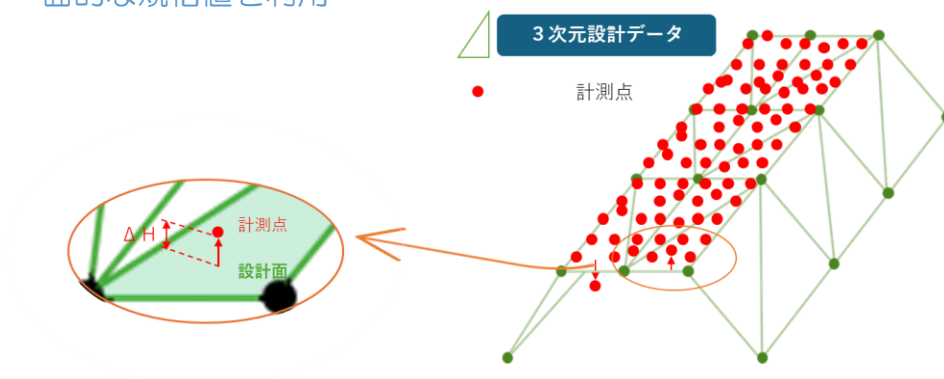
□地上型レーザースキャナー（T L S）を用いた3次元出来形管理の種類

3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



T L Sで取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



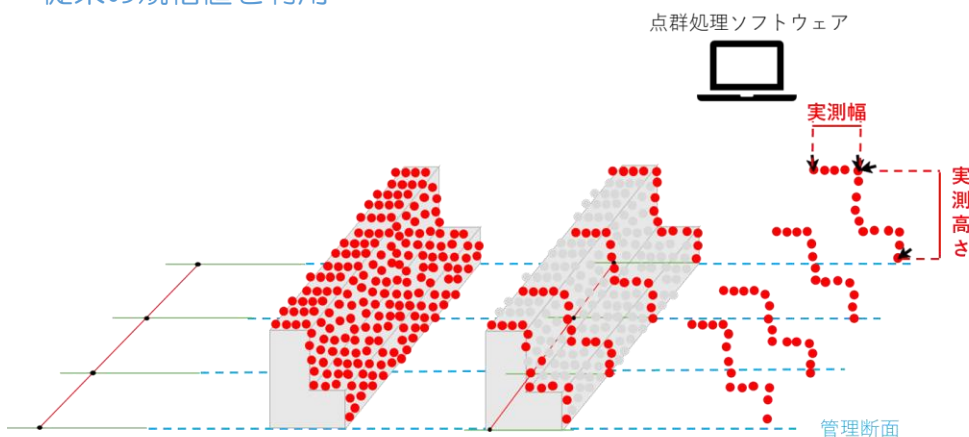
【適用工種】

- ・土工
- ・舗装工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工



T L Sで取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・付帯構造物設置工
- ・法面工
- ・基礎工
- ・擁壁工
- ・構造物工（橋脚・橋台）
- ・構造物工（橋梁上部）
- ・付帯道路施設工
- ・コンクリート堰堤工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 事前精度確認の実施
- 1.4 計測計画

2. 現場計測

- 2.1 T L Sの配置
- 2.2 標定点・検証点の配置と計測
- 2.3 T L S計測の実施
- 2.4 その他

3. 計測データ処理

- 3.1 検証点による精度確認（必要な工種のみ）
- 3.2 計測点群データの処理
- 3.2 精度確認

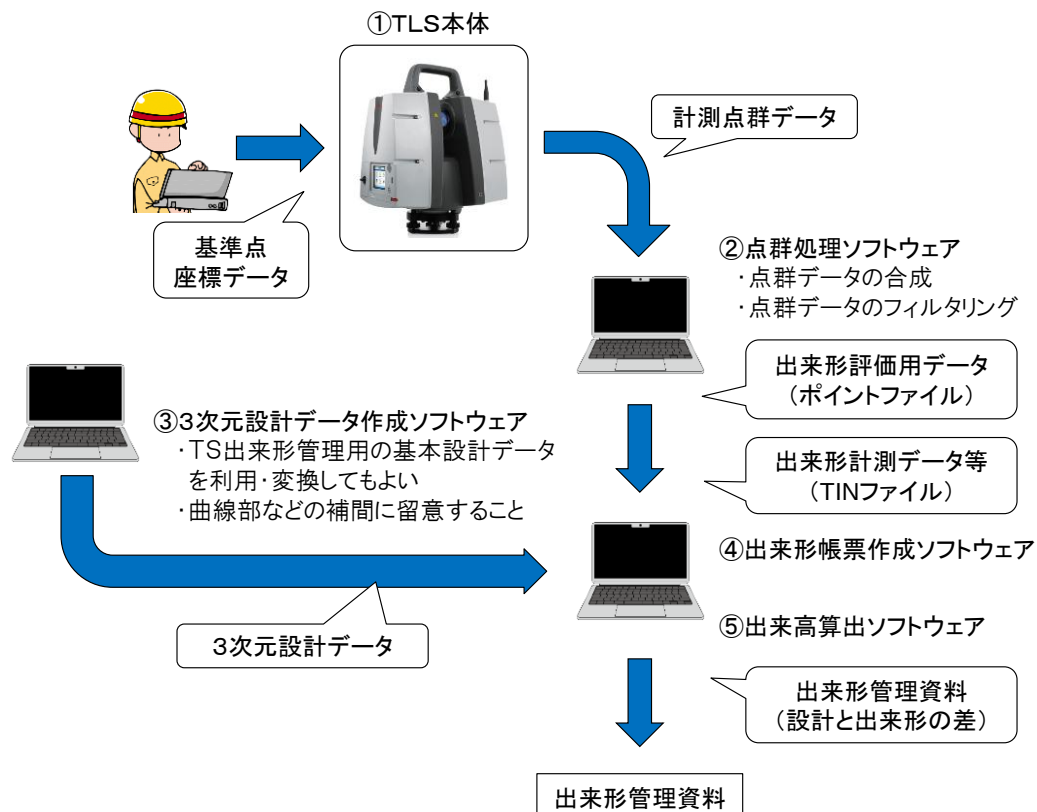
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

地上型レーザースキャナー（TLS）による計測に必要な機械・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) TLS本体
- (2) 各種ソフトウェア



1.2 使用機器類の性能確認

地上型レーザースキャナーの計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 精度管理の確認
- (2) 計測性能の確認

(1) 精度管理の確認

適正な精度管理の記録（下記に記載するいずれか）を施工計画書に添付して提出する。

- ・メーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書
- ・メーカーが発行する校正証明書
- ・その他メーカーによる機器の作動点検等の記録

(2) 測定精度の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。
また、測定精度を確認できる書類（精度確認試験結果報告書）を監督職員に提出する。

■ T L Sの精度確認試験実施パターンについて

T L Sの精度確認の実施パターンは工種によって以下のAもしくはBのパターンに分かれます。
3次元計測技術を活用する工種に応じた精度確認試験方法を実施するよう、留意すること。

- A. 事前の精度確認の実施
- B. 計測時の検証点（既知点）による精度確認

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理



■ T L Sにおける精度確認実施パターン 工種別一覧

適用工種	精度確認
土 工	A
舗 装 工	A
付帯構造物設置工	B
法 面 工	B
基 礎 工	B
擁 壁 工	B
構造物工（橋脚・橋台）	B
構造物工（橋梁架設・床版）	B
土工（1,000m ³ 未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工	A
付帯道路施設工	A
コンクリート堰堤工	B

1.3 事前精度確認の実施

利用前に精度確認試験を実施し、性能基準を満たすことを確認します。**精度確認結果は発注者に提出します。**

(1) 土工、土工に準じる工種の精度確認試験

■座標間較差による精度確認

1) 事前の精度確認

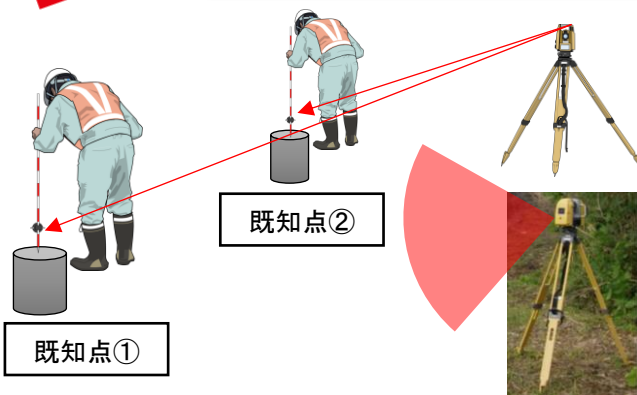
下記と同様の手法を用いて、事前に精度確認を行うことが可能である。この場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し、精度確認基準を満足することを確認する。**(利用前12か月以内の結果であること)**

2) 現場での精度確認

計測を実施する現場において、以下の手順で実施する**(利用前12か月以内に実施すること)**。

- 計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に、T L Sで3次元座標を計測できる既知点を2点以上設定する。
- 既知点の3次元座標をT Sで計測する。
- T L Sによる計測結果から得られる既知点の3次元座標と、上記との座標間較差が±50mm以内であることを確認する(出来形管理の場合)。

※精度確認で設定した計測最大距離を超えて実際の計測を行うことはできませんので、留意しましょう。
※検証点はT L Sの座標変換や器械設置としての標定点や基準点として使用してはならない
※上記の方法により難しい場合は、後述の2点間距離計測による精度検証方法によることができる



A: TS(トータルステーション)で計測した
既知点の3次元座標



比較

B: 地上型レーザースキャナーの
取得結果から得られる既知点の3次元座標

精度確認試験結果報告書			
工 事 名	〇〇〇〇〇〇〇〇	測 定 日	〇〇/〇〇/〇〇
測 定 者	〇〇〇〇〇〇〇〇	測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇
測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇	測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇
測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇	測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇
測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇	測 定 機	〇〇〇〇〇〇〇〇

結果を精度確認試験報告
様式に記入して提出する

①既知点の計測結果	1点目	2点目	3点目
(x, y, z)	4000.123	1000.456	17.890
②T L Sによる計測結果	1点目	2点目	3点目
(x, y, z)	4000.123	1000.456	17.890
③両者の較差(測定精度)	0.002	0.002	0.002
(x, y, z) - (x, y, z)	0.002	0.002	0.002

■ 2点間距離による精度確認【従前の方法】

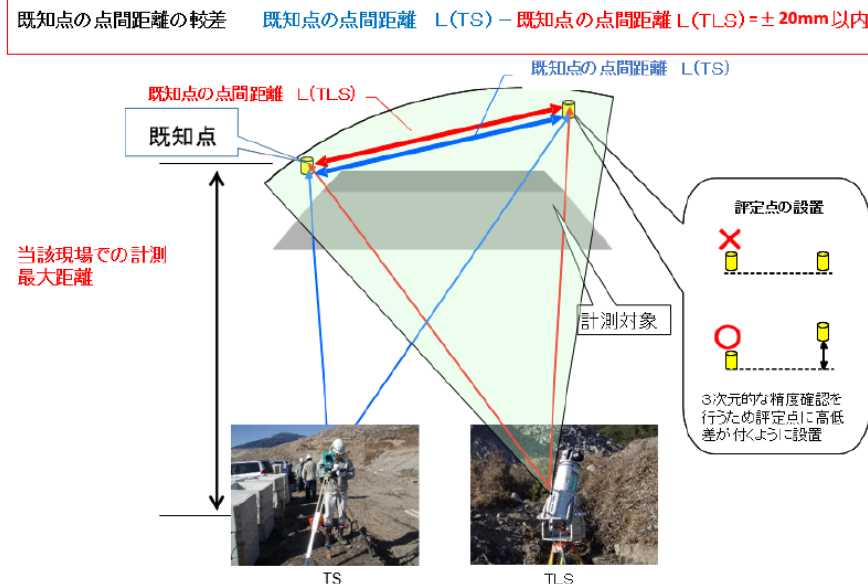
1) 事前の精度確認 ※a.もしくはb.のいずれか

- 計測現場以外で、2) の手法で実施した精度確認試験の記録（利用前12か月以内の結果であること）。この場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し、要求精度を満足しているか確認する。
- JSIMA115に基づく試験成績表において、起工測量は±70mm以内、出来形計測は座標測定精度が±14mm以内であることを確認する。

2) 現場での精度確認

計測を実施する現場において、以下の手順で実施する（利用前12か月以内に実施すること）。

- 計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に、既知点を2点以上（10m離れた箇所）に配置。
- 既知点の距離をTS、テープ等で計測する。
- TLSで取得した既知点の点間距離と、上記の点間距離の差が±20mm以内であることを確認する（出来形管理の場合）



※精度確認で設定した計測最大距離を超えて実際の計測を行うことはできませんので、留意しましょう。
※JSIMA115の場合、L2が計測最大距離になります。
※検証点はTLSの座標変換や器械設置としての標定点や基準点として使用してはならない

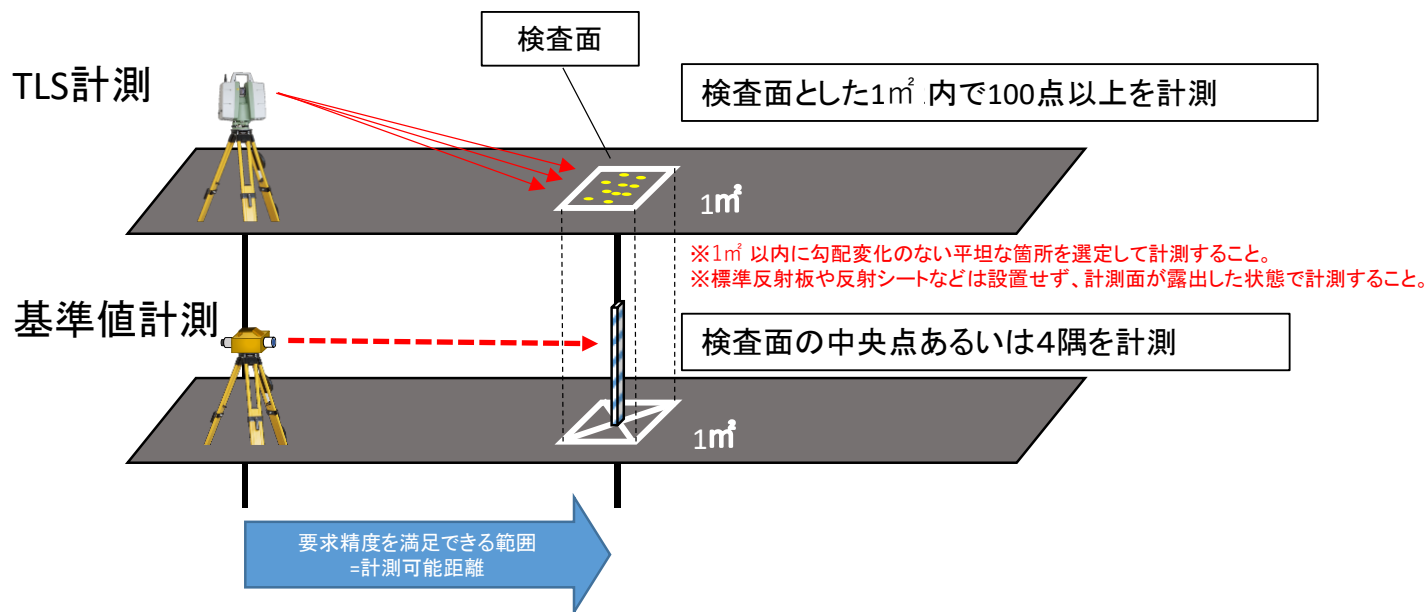
(2) 舗装工、舗装工に準じる工種の精度確認試験

1) 現場での実施方法

以下に示す①の方法で鉛直方向の測定精度を、②の方法で平面方向の測定精度を確認する。

①鉛直方向の測定精度の確認

点群密度が100点以上得られ、かつT L Sで計測を行う最大距離付近1箇所に1㎡以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。なお、測定精度の確認は、基準値となる検査面の高さ（本ページ下部の真値計測を参照）とT L Sを用いて計測した結果から得られる高さを比較し測定精度以内であることを確認する。



※舗装工は、管理する層によって要求される測定精度が、事前精度確認試験の結果が利用できない場合がありますので、測定精度と試験結果をよく確認してください。また、検査面の不陸や傾斜が試験結果に影響を与えるので、できるだけ水平かつ不陸の無い箇所に検査面を設定することを推奨します。精度を満たしていれば、利用前12か月以内の結果が利用できます。

真値計測

■鉛直方向の検測

以下のいずれかの方法で計測する。

- 検査面（1㎡）の中心をレベルで計測する方法
- 検査面（1㎡）の四隅をT Sとレベルで計測し、四隅の高さの平均値もしくは内挿補間等により高さを求める方法

②平面方向の測定精度の確認

- 計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に、T L Sで3次元座標を計測できる既知点を2点以上設定する。
- 既知点の3次元座標をT Sで計測する。
- T L Sによる計測結果から得られる既知点の3次元座標を計測する。

真値計測

■平面方向の検測

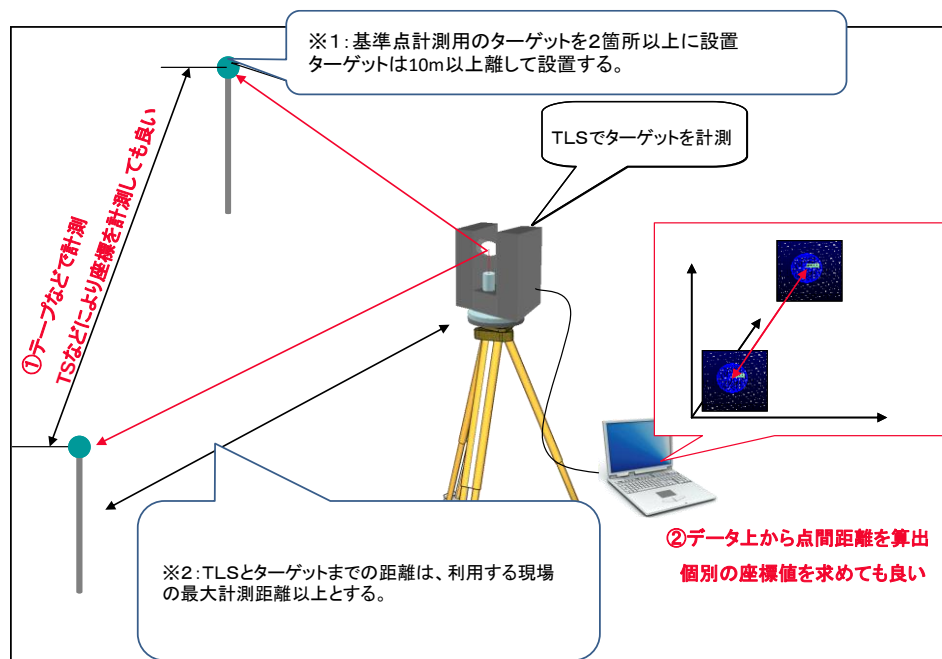
- T Sで点間距離を計測する。



※上記の②の方法により難しい場合は、2点間距離計測【従前の方法】による精度検証方法によることができる。この場合、真値はTSもしくはテープを用いて、既知点の点間距離を計測する。



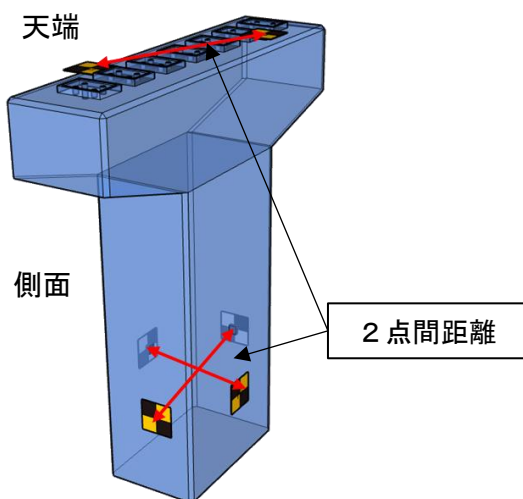
従前の方法 (平面方向の測定精度の確認)



(3) 構造物工（橋台・橋脚）における精度確認試験

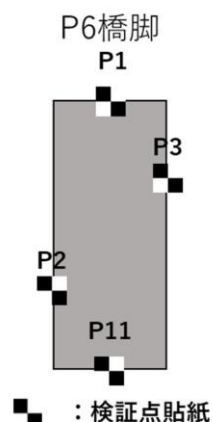
■現場精度確認試験

- ・各側面及び天端上に検証点を設置。側面の場合は1箇所（表・裏）、天端の場合は2箇所以上設置する。
- ・検証点の真値をT Sで計測する。
- ・T L Sで対象物を各方向から計測する。
- ・T L Sの各方向からの計測結果を合成し、点群上で計測した2点間距離（側面は対角に設置した検証点との距離）を算出する。
- ・真値とT L S計測結果を比較し、要求精度を満たしているかどうか確認する。

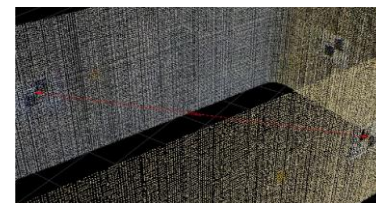


※精度確認試験結果報告書には、以下を記載すること

■標定点・検証点の設置箇所
（平面図でもよい）



■点群上から2点間距離を算出した箇所及び算出結果が分かる写真（写真から検証点の中心点を選点している/算出結果の数値が読み取れるもの）



■T SとT L S計測の比較結果

No	測点A (旧)	測点B (旧)	方向角 (旧)	距離 (旧)
	測点A (新)	測点B (新)	方向角 (新)	距離 (新)
1	P2	P3	157-08-53	2.735
	P2'	P3'	157-43-09	2.730
				0.005

1.4 計測計画

精度良く計測対象物全体の点群を取得するために、機器・標定点等の配置箇所などの計測計画を行います。



TLSによる計測では、対象物とTLSの位置関係により測定精度に違いが生じます。このため、精度の高い計測結果を得るためには、精度の低下要因となる計測条件を可能な限り排除する計測計画が重要となります。例えば、対象面へのレーザーの入射角が浅い（鋭角）と精度低下を起こしやすいです。

(1) 計測範囲の設定

- ・ 3次元計測範囲を設定する。
- ・ 3次元的な管理を実施する全ての範囲で点群が取得できるように設定する。

■土工の例

3次元計測範囲は周囲に5m程度広げた範囲を基本とし、施工エリア全体としてもよい。



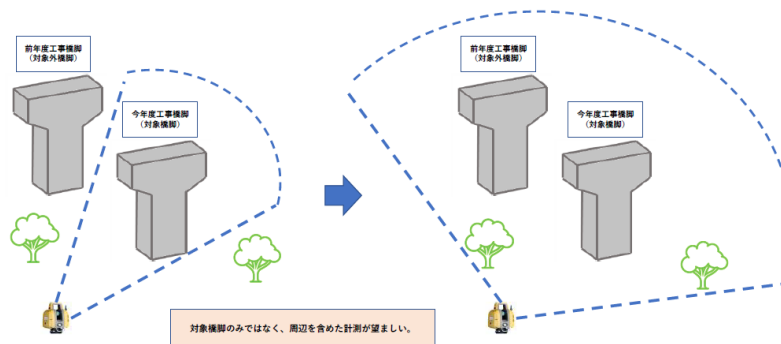
■舗装工の例

3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点。



■構造物工（橋脚・橋台）の例

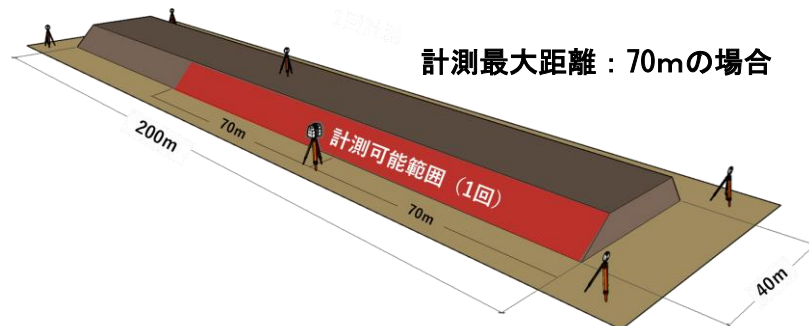
計測対象の橋台・橋脚だけでなく、隣接する橋台や橋脚、周囲地形を含めた計測（計測最大距離の範囲）を実施する。



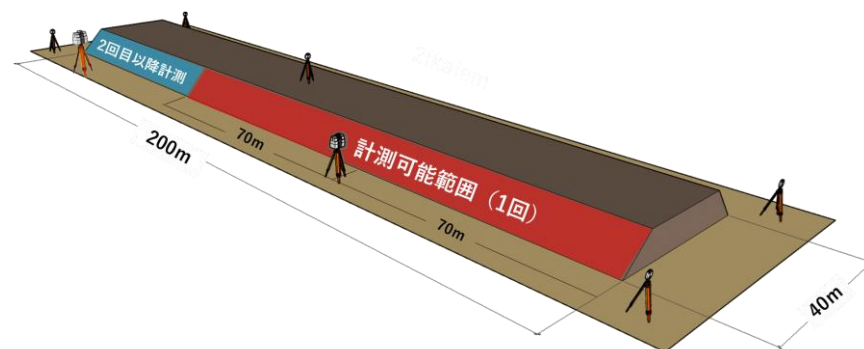
(2) 計測機器の配置計画

- T L Sと被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した**最大距離以内**となる範囲を設定する。
- 1回の計測で精度確認試験で確認した最大距離以上となる範囲がある場合や、多方向・多方面からの計測が必要となる場合は、設置箇所を複数回に分ける。
- T L Sのレーザーと被計測対象物ができるだけ正対した位置関係であること。

■ 精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定



■ 1回の計測で上記以上の範囲がある場合は設置箇所を複数回に分けて計測する



■ 多方向・多方面からの計測が必要となる場合は複数個所に機器を設置して計測する

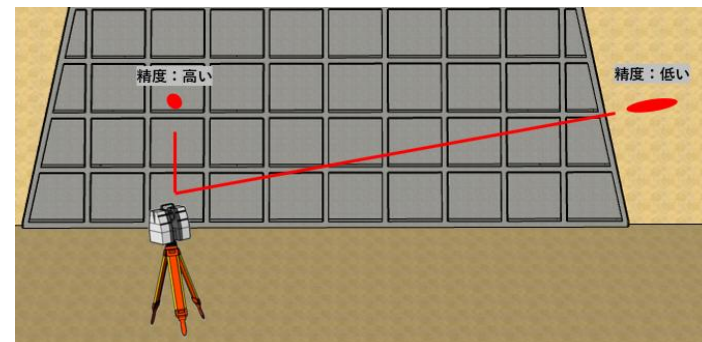


複数箇所から計測



橋脚上部の計測

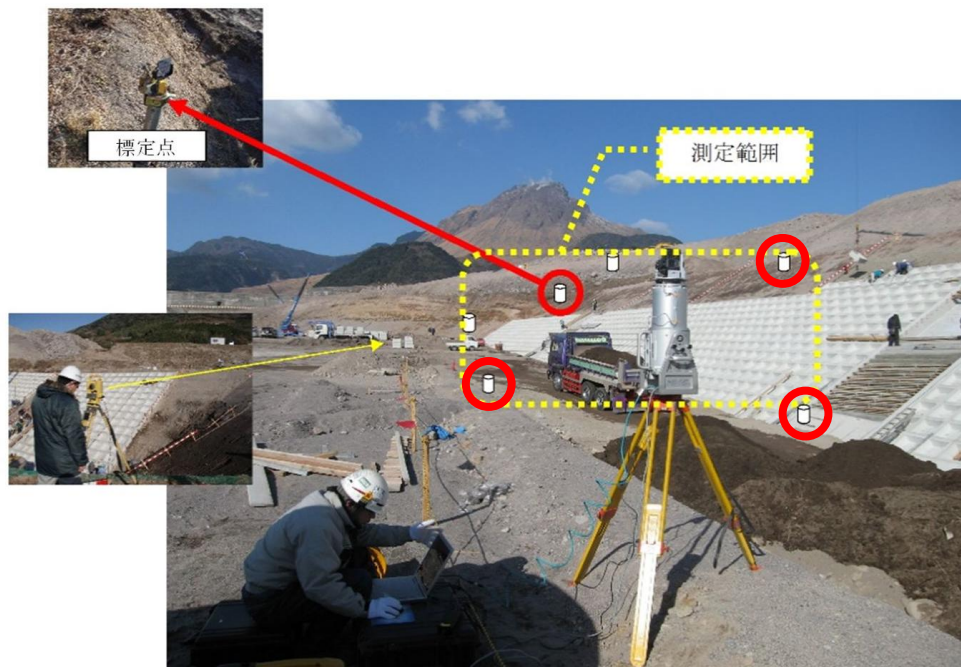
■ T L Sレーザーと被計測対象物ができるだけ正対した位置関係であること



(3) 標定点・検証点の設置計画

- ・ 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置する計画とする。
- ・ 標定点の計測はTSを用いて実施する。TSから基準点及び標定点までの距離は100m以下（3級TSの場合）あるいは150m以下（2級TSの場合）とする。
- ・ 現場計測において検証点が必要な工種は、検証点の配置箇所・個数などを計画する。

■ 標定点の配置イメージ



なお、以下の場合には標定点を省略できる。

- ① TLS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合（この場合、ターゲットは工事基準点あるいは基準点上に設置すること）
- ② GNSS-TLSを用いる場合（この場合、「TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験に加え、「GNSS-TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験を実施し、所要の精度を有することを確認する）

※GNSS-TLSは、土工のみ適用可能

2 現場計測

2.1 T L Sの配置

計測計画に基づき、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる箇所にT L Sを配置する。

留意点

- ・ T L Sのレーザーと被計測対象物ができるだけ正対した位置関係であること
- ・ T L Sは、急傾斜地や軟弱地を避け、振動のない地盤上に設置すること

2.2 標定点・検証点の配置と計測

計測計画に基づき、標定点・検証点を配置し、各座標値を取得します。

(1) 標定点・検証点の配置

計測計画に基づき、標定点、検証点（必要な工種のみ）を配置する。

留意点

- ・ 標定点は動かないように固定すること

(2) 標定点・検証点の計測

標定点の計測はT Sを用いて実施し、T Sから基準点及び標定点までの距離が100m以下（3級T Sの場合）あるいは150m以下（2級T Sの場合）とする。

ただし、以下の場合については、標定点を設置せず計測しても良い。

- ① T L S本体にT Sと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合（この場合、ターゲットは工事基準点あるいは基準点上に設置すること）
- ② GNSS-T L Sを用いる場合（この場合、「T L Sの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験に加え、「GNSS-T L Sの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験を実施し、所要の精度を有することを確認する）

※GNSS-TLSは、土工のみ適用可能

2.3 T L S計測の実施

T L Sによる計測を実施します。

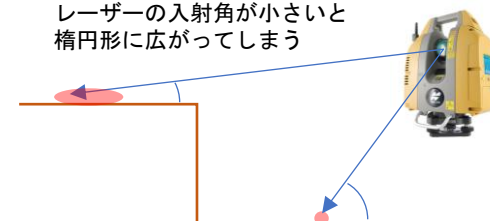
留意点

■計測密度の設定

計測最大距離を確認した上で、最も入射角が低下する箇所で必要な計測密度で点群が取得できるように計測する。

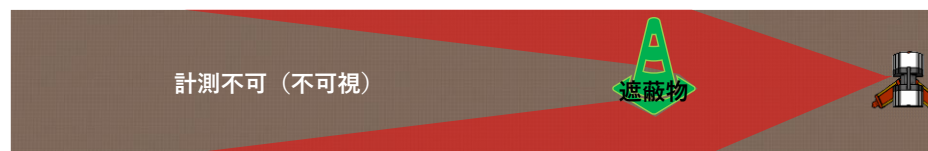
ただし、計測密度を不用意に上げると計測時間が増加し、作業効率だけでなく、計測後の点群処理作業効率が悪化する懸念がある。このため、必要に応じてT L Sの位置を変えるなど、データ処理を含めた作業全体の効率化に留意すること。

レーザーの入射角が小さいと楕円形に広がってしまう



■障害物

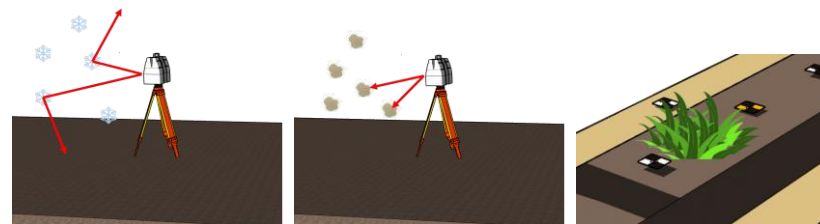
T L Sの計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。



■計測環境

次のような条件では適正な計測が行えない。

- ・ 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまうような気象
- ・ 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- ・ 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- ・ 草や木などで地面が覆われている場所



■安全管理

計測に利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分配慮すること

2.4 その他

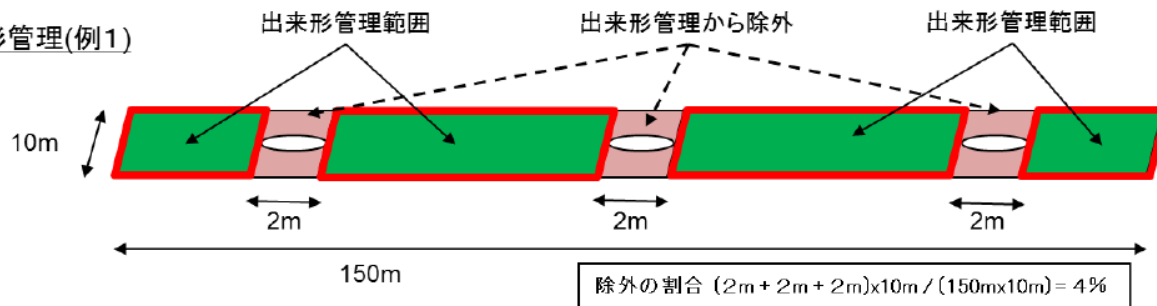
■厚さあるいは標高較差におけるT L S直下の欠測の留意事項（舗装工）

T L S直下は計測機器の特性により直下の一定範囲の点群が取得できない。よって、厚さあるいは標高較差管理においては欠測部を含む一定範囲を除外してもよい。なお、設計面に対する除外範囲の割合が10%を超えないものとする。厚さ管理を行う場合は、下層での欠測部も除外範囲の割合に含まれることを考慮すること。

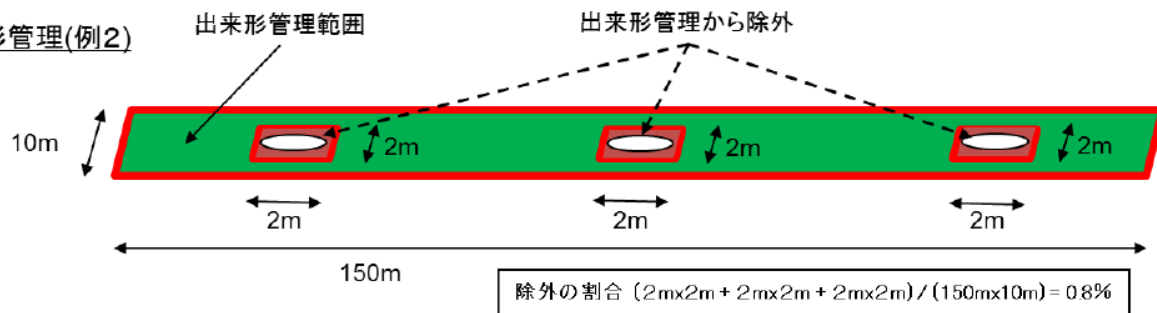
出来形計測



出来形管理(例1)



出来形管理(例2)



3 計測データ処理

3.1 検証点による精度確認（必要な工種のみ）

取得した点群データから得られる検証点の座標値と、計測時に設置した検証点（既知点）の座標値を比較し、測定精度以内であることを確認します。**精度確認試験の記録は発注者に提出します。**

計測	測定精度	計測密度
起工測量 (多点計測技術) ・空中写真測量(UAV) ・地上型レーザーキャナー ・無人航空機搭載型レーザーキャナー	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内	【起工測量(多点計測技術)】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
出来形計測 (多点計測技術) ・空中写真測量(UAV) ・地上型レーザーキャナー ・無人航空機搭載型レーザーキャナー	【鉛直方向・平面方向】 規格値 50mm の場合: ±16mm 以内 30mm の場合: ±10mm 以内 20mm の場合: ± 7mm 以内 10mm の場合: ± 3mm 以内	【出来形計測(多点計測技術)】 1 点以上/0.0025 m ² (0.05m×0.05m メッシュ)

構造物工(橋脚・橋台)における
測定精度

3.2 計測点群データの処理

取得した点群データから不要点を削除します。

- ・点群データから、不要点を削除する。
- ・必要に応じて密度調整を行う。
- ・精度確認試験で確認した最大距離を超えた点群データを削除する。



計測対象範囲外を画面上で選択して削除

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測	±100mm以内					
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
舗装工	面 管 理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向】 ○アスファルト舗装 ±20mm 以内 (路床表面) ±10mm 以内 (下層路盤・下層路盤表面) ±4mm 以内 (基層・中間層・表層表面) ○コンクリート舗装 ±20mm 以内 (路床表面) ±10mm 以内 (下層路盤・粒度調整路盤・セメント(石灰・瀝青) 安定処 理表面) ±4mm 以内 (アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			出来形計測	【出来形計測】 1 点以上/0.01 ㎡(0.1m×0.1m メッ シ)					
			【平面方向】 ○アスファルト舗装 ±20mm 以内 (路床・下層路盤・上層路盤表面) ±10mm 以内 (基層・中間層・表層表面) ○コンクリート舗装 ±20mm 以内 (路床・下層路盤・粒度調整路盤・ セメント(石灰・瀝青)安定処理表面) ±10mm 以内 (アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面)	【出来形評価用】 1 点以上/1 ㎡(1m×1m メッシュ)					
付帯構造 物設置工	断 面 管 理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 -200mm の場合:±60mm 以内 -100mm の場合:±30mm 以内 ±50mm の場合:±15mm 以内 ±30mm の場合:±10mm 以内	【出来形計測】 1 点以上/0.0025 ㎡(0.05m× 0.05m メッシュ)				
法面工	断 面 管 理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
		地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内 ※地上写真測量については、長さが既知の評尺を用いて寸法計測精 度が±10mm以内であることを確認する。	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ) 【落石雪害防止柵工の場合】 1点以上/0.0009㎡ (0.03m×0.03mメッシュ)				

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
基礎工	断面管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測 ※場所打ち杭工の場合	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内	1点以上/0.0001㎡ (0.01m×0.01mメッシュ) ※場所打ち杭に対して角度を変えた複数回のスキャンで得られた点群を重ねて上記点群密度を満足すること。				
擁壁工	断面管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)				
構造物工 (橋脚・橋台)	断面管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
構造物工 (橋梁架設・床版)	断面管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 50mmの場合:±16mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±7mm以内 10mmの場合:±3mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)				
土工 (1,000m ³ 未満)・床掘工・小規模土工・法面整形工	面管理	土工で定める各計測技術 ・空中写真測量(UAV) ・地上レーザースキャナ ・地上移動体レーザースキャナ ・無人航空機搭載型レーザースキャナ ・施工履歴データ ・地上写真測量	計測場面	測定精度	計測密度	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25㎡(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1㎡を0.25㎡と置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下	【出来形計測時】 1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)※1 【出来形評価時】 1点以上/出来形評価グリッド※2				

工種	管理 手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
付帯道路	断面 管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	【鉛直方向】 ±10mm 以内 (小型標識工、防止柵工、道路付属物工、側溝工(場所打水路工)、側溝工(暗渠工)、集水枡工、大型標識工(標識基礎工)、大型標識工(標識柱工)) 【平面方向】※点間距離 ±10mm 以内 (小型標識工、防止柵工、道路付属物工、側溝工(場所打水路工)、側溝工(暗渠工)、集水枡工、大型標識工(標識基礎工)、大型標識工(標識柱工))	計測対象物の輪郭が明確に視認できる 点群密度以上				
コンクリート堰堤工	断面 管理	地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
		地上型レーザースキャナ (TLS)	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

- 適正な精度管理の記録
- 測定精度を満たすことを確認できる書類（精度確認試験結果報告書等）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 :
受 注 者 名 :
作 成 者 : 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・TSとTLSとの平面座標の較差 ・TSとTLSとの標高較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇				
		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②TLSによる計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.722	-11987.656	17.893
	2 点目	44060.802	-11993.394	17.533
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.002	0.001	0.003
	2 点目	0.005	0.004	0.003
x 成分（最大）=0.005m（5mm）；合格（基準値±50mm 以内）				
y 成分（最大）=0.004m（4mm）；合格（基準値±50mm 以内）				
z 成分（最大）=0.003m（3mm）；合格（基準値±50mm 以内）				

土工等の場合

事前精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 :
受 注 者 名 :
作 成 者 : 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇 社内ヤードにて
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：TLS 420 測定装置の製造番号：R00891
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・TSとTLSとの平面座標の較差 ・レベルとTLSとの標高較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

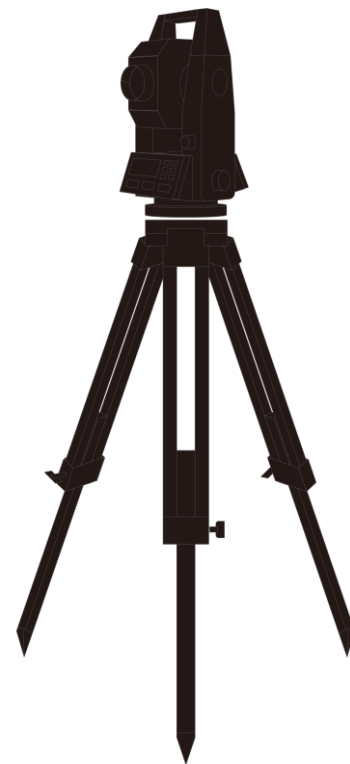
(2) 精度確認試験結果

対象工種：表層 計測距離：30m			
■平面方向			
		x 座標	y 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655
	2 点目	44060.797	-11993.390
②TLSによる計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.722	-11987.656
	2 点目	44060.802	-11993.394
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.002	0.001
	2 点目	0.005	0.004
x 成分（最大）=0.005m（5mm）；合格（基準値±20mm 以内）			
y 成分（最大）=0.004m（4mm）；合格（基準値±20mm 以内）			
■鉛直方向			
	計測方法※	高さ計測結果	
①レベルによる検査面の確認	検査面の中心 or 検査面の四隅	8.080m	
②TLSによる確認	—	8.081m	
差（②-①）		1mm	
基準値		±4mm 以内	
可否		合格	

舗装工の場合

技術概要集

地上移動体搭載型 レーザースキャナー



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

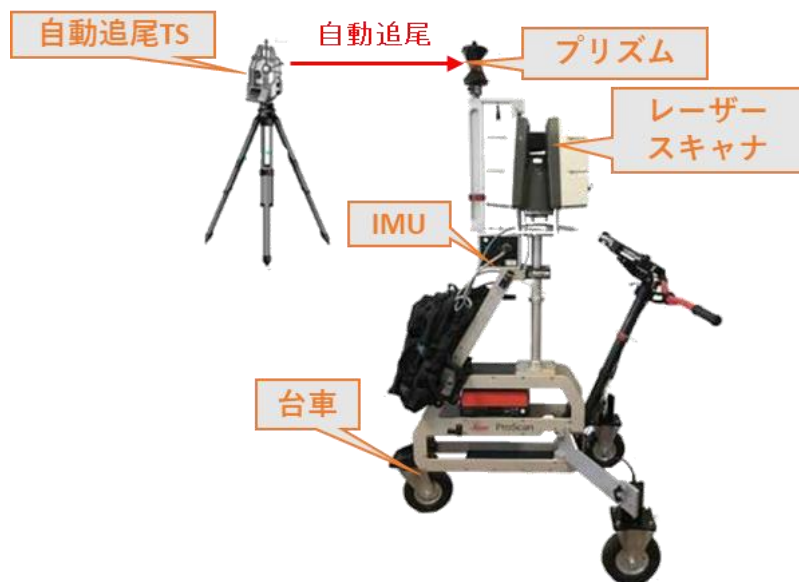
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 地上移動体搭載型レーザースキャナーとは？

地上移動体搭載型LSは、現場の面的な出来形座標を取得する装置で、LS本体から計測対象までの相対的な位置とLS本体の位置及び向きを組み合わせることで観測した結果を3次元座標値の点群データとして変換する技術である。

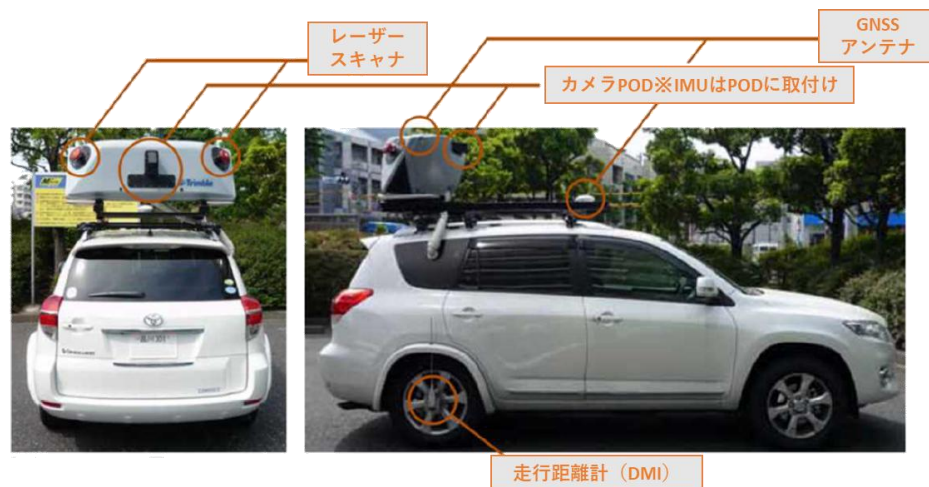
計測原理

○ 自動追尾式TSとの連動LSの場合



移動中（動的）にレーザー光線を照射する技術で、照射位置の精度を確保することから、台車に乗せたレーザースキャナーをTSの自動追尾により位置を取得、加えて、IMUを搭載し姿勢を常時取得することで、照射方向と地上までの距離を計測する。

○モバイル・マッピング・システムの場合



GNSS、IMU、DMI（オドメトリ）により車両位置・姿勢を高精度に取得。同期したレーザースキャナーとカメラを搭載し、走行しながら道路面と道路周辺の3次元座標情報を高精度で効率的に計測する。

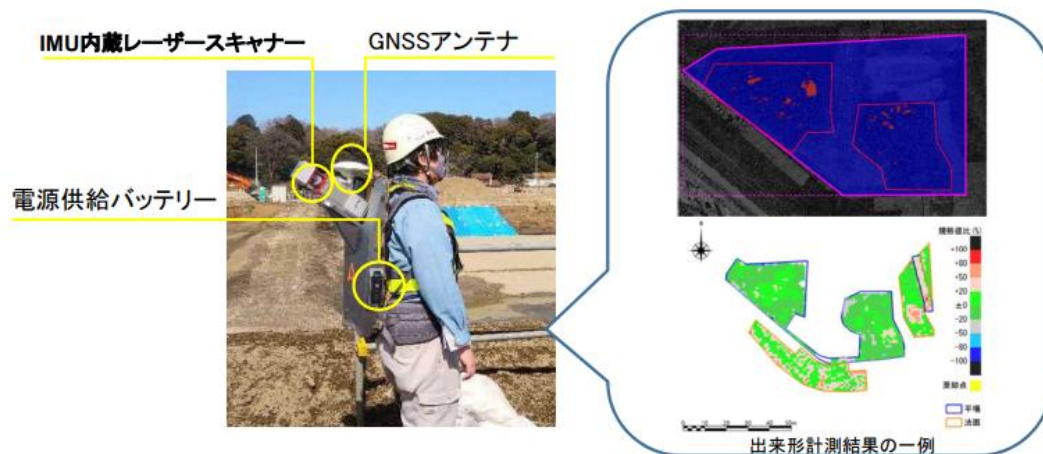
○バックホウ搭載レーザースキャナーの場合



バックホウ本体に2Dレーザースキャナー、GNSS、傾斜計を搭載し、レーザー光線を照射する技術。

バックホウが旋回することで、面的に斜面の3次元座標情報を高精度で効率的に計測する。

○バックパック型レーザースキャナーの場合

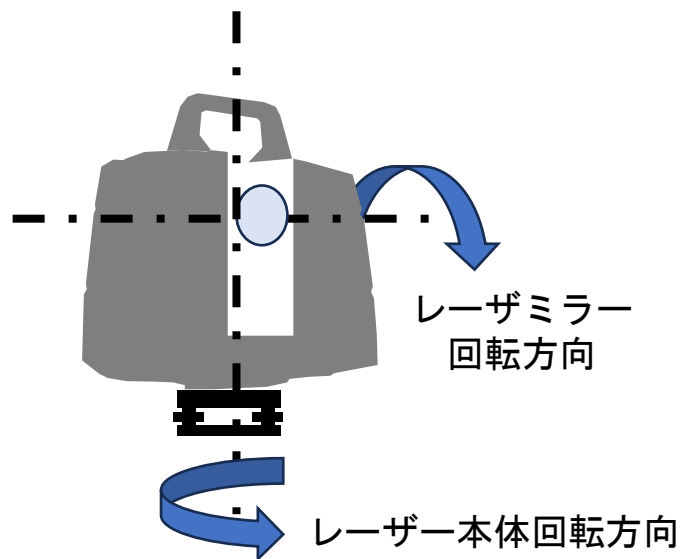


バックパック型の本体に、2Dレーザースキャナーやカメラ、各種センサーを内蔵し、歩きながら周辺の環境の3次元点群データを取得する技術。



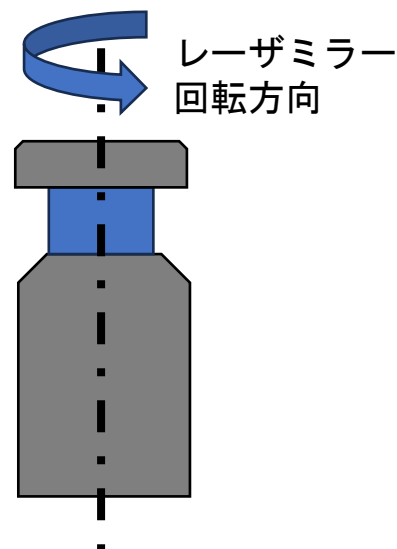
■ 3Dレーザースキャナー

縦軸、横軸の2軸が回転する



■ 2Dレーザースキャナー

縦軸または横軸の1軸のみ回転する



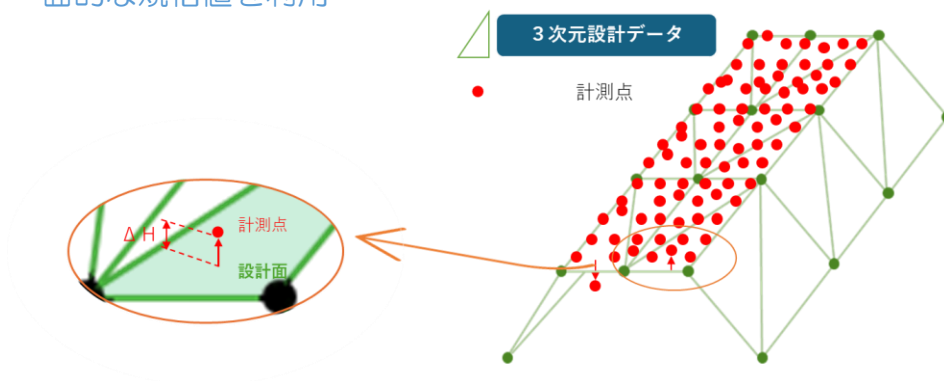
□地上移動体搭載型 L S を用いた 3 次元出来形管理の種類

3 次元出来形管理の種類には、以下の 2 パターンがあり、工種によって異なります。



取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



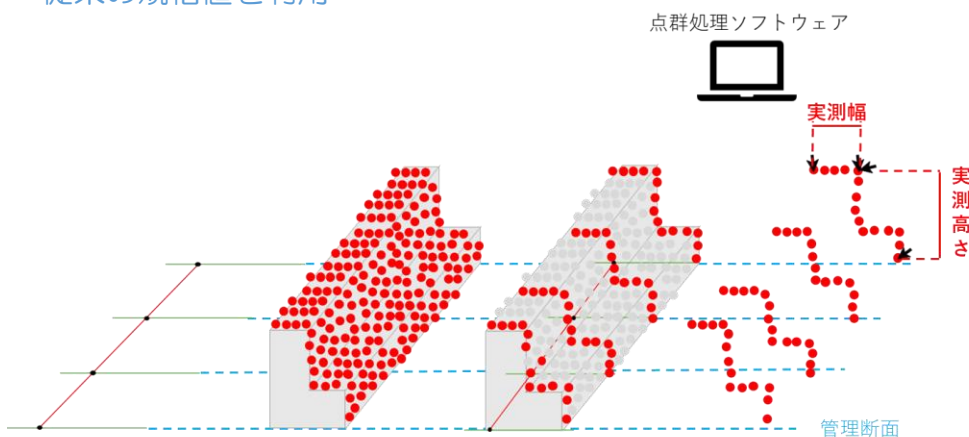
【適用工種】

- ・土工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・舗装工



取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・護岸工
- ・法面工
- ・基礎工
- ・擁壁工
- ・構造物工（橋梁上部）
- ・コンクリート堰堤工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 事前精度確認の実施
- 1.4 計測計画

2. 現場計測

- 2.1 標定点・検証点の設置及び計測
- 2.2 地上移動体搭載型L Sによる計測の実施

3. 計測データ処理

- 3.1 検証点による精度確認
- 3.2 計測点群データ処理

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

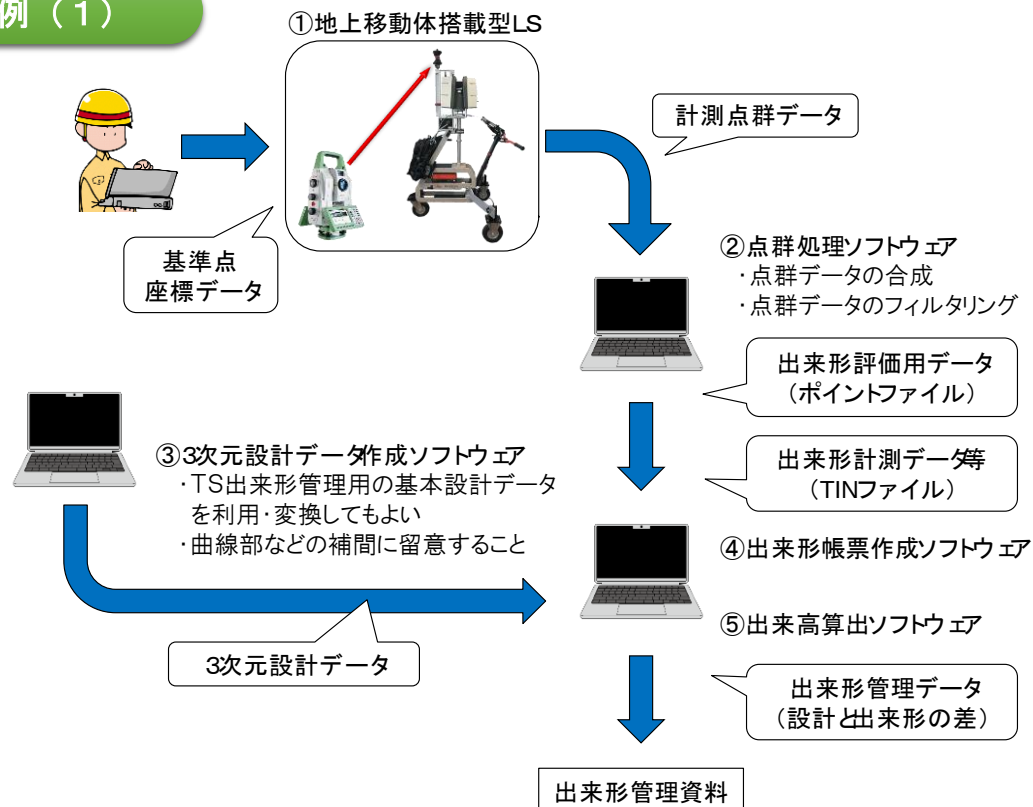
地上移動体搭載型LSによる計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

(1) 地上移動体搭載型LS本体

機器構成例（1）

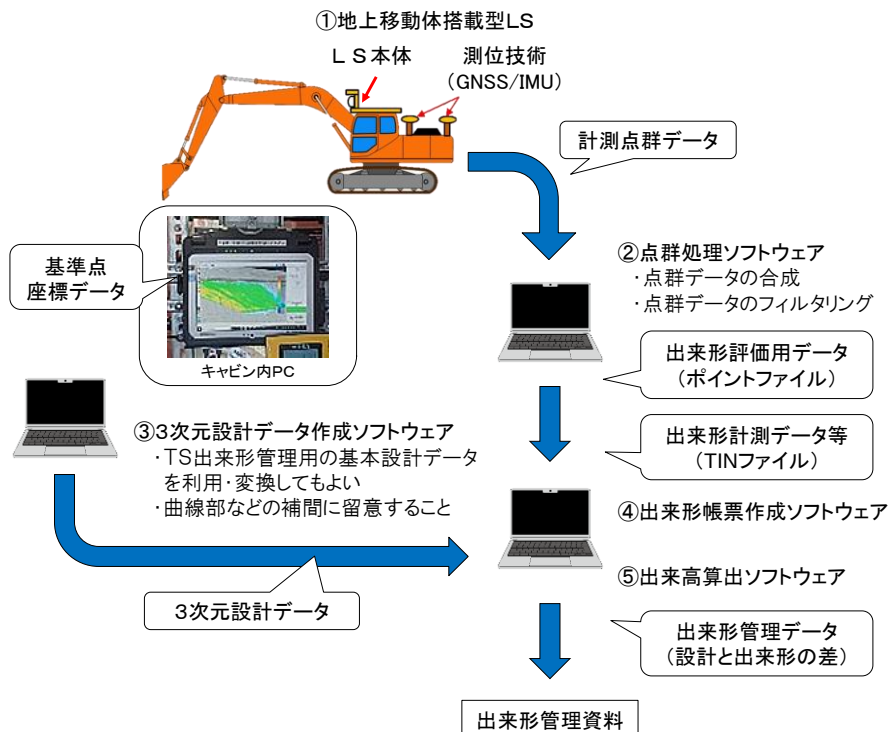


1 計測準備

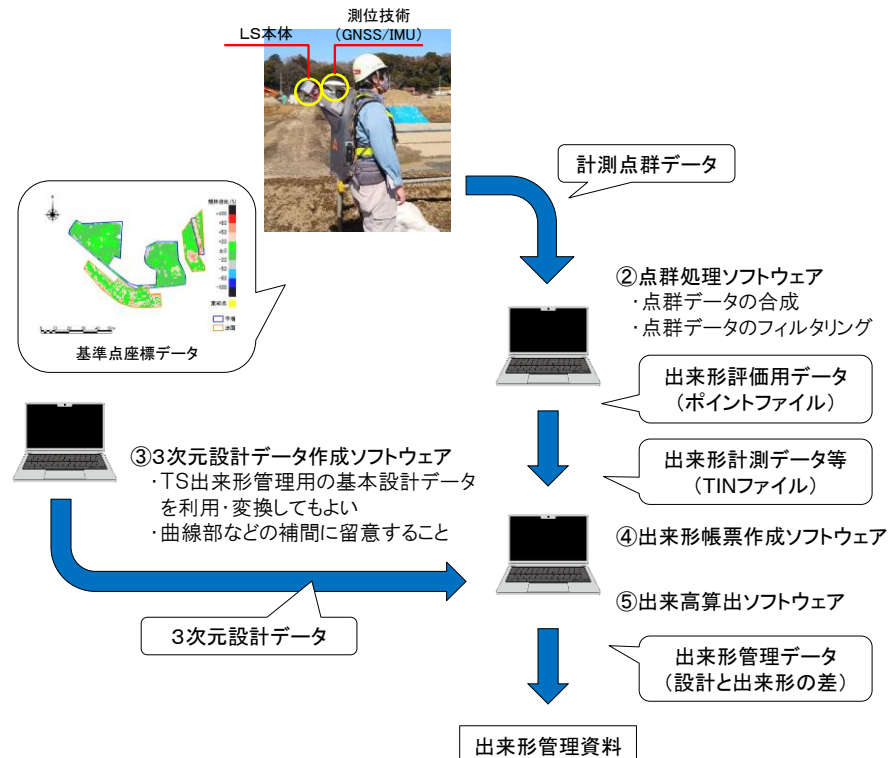
2 現場計測

3 計測データ処理

機器構成例（2）



機器構成例（3）



1.2 使用機器類の性能確認

地上移動体搭載型LSに必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 精度管理の確認
- (2) 計測性能の確認

(1) 精度管理の確認

適正な精度管理の記録（下記に記載するいずれか）を施工計画書に添付して提出する。

- ・メーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書
- ・メーカーが発行する校正証明書
- ・その他メーカーによる機器の作動点検等の記録
- ・現場ごとに実施する精度確認試験等の記録（計測実施前の12か月以内の実施記録かつ最新の現場であること）

(2) 計測性能の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。

測定精度は精度確認試験により確認し、試験結果を発注者に提出する。

■地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施パターンについて

地上移動体搭載型LSにおける精度確認試験はAとBの両方が必要になります。

- A. 事前の精度確認の実施
- B. 計測時の検証点（既知点）による精度確認



■地上移動体搭載型LSにおける精度確認実施パターン 工種別一覧

適用工種	精度確認
土 工	AとB
舗 装 工	AとB
護 岸 工	AとB
法 面 工	AとB
基 礎 工	AとB
擁 壁 工	AとB
構造物工（橋梁架設・床版）	AとB
土工（1,000m ³ 未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工	AとB
コンクリート堰堤工	AとB

1.3 事前精度確認の実施

地上移動体搭載型LSはLS本体とLS本体の位置と姿勢を組み合わせたシステムであり、詳細の機器構成は多様です。また、計測性能は、構成する各機器の性能だけでなくシステム全体としての性能を確認することが必要です。このため、利用前にシステムごとに性能基準を満たすことを確認します。

(1) 土工、土工に準じる工種の精度確認試験

以下の1), 2) のいずれかで確認を行う。

1) 事前の精度確認

計測現場以外で、2) の手法で実施した精度確認試験の記録（**利用前12か月以内かつ最新の現場の結果であること**）。

2) 現場での精度確認

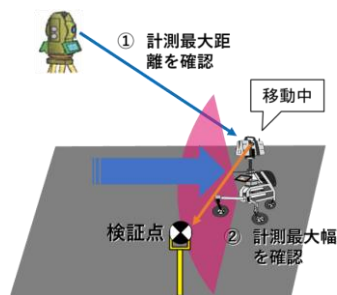
計測を実施する現場において、以下の手順で実施する。

- ・ **計測範囲の設定**：レーザースキャナーの搭載高さから想定される測定面上に対して、所定の密度（100点以上／1 m²）及び測定精度を確保できる距離を設定する。
- ・ **最大計測距離の設定**：地上移動体搭載型LSが適正に稼動している状態で、地上移動体の自己位置及び姿勢の測定精度が最も不利となる条件を設定する。
- ・ **精度確認**：地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる検証点のx, y, zの成分と、検証点をTS等で計測した結果で得られる座標値のx, y, zの成分とをそれぞれ比較し、その較差が要求精度以内であることを確認する。

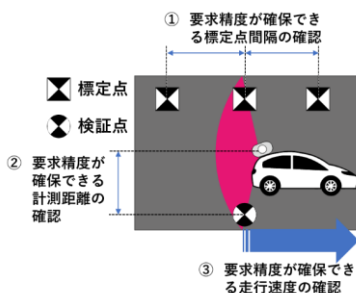


精度確認試験結果報告書には、各システムの計測手順、**計測時の留意点を明記**する。また、計測手順は**計測マニュアル**として試験結果に**添付**する必要があります。

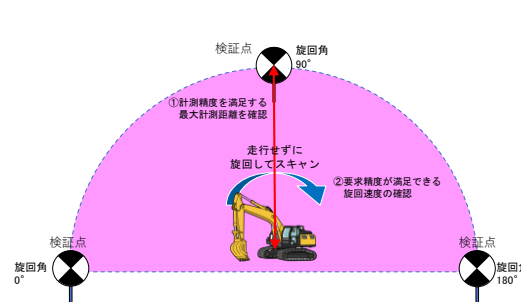
【a. 自動追尾式TSとの連動LSの場合】



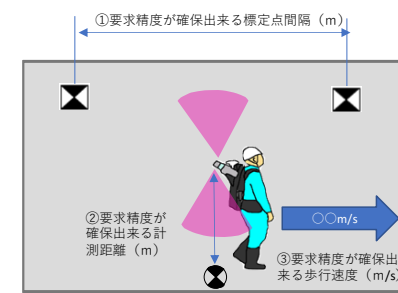
【b. モービルマッピングシステムの場合】



【c. バックホウ搭載レーザースキャナーの場合】



【d. バックパック型レーザースキャナーの場合】



(2) 舗装工の精度確認試験

以下の1), 2) のいずれかで確認を行う。

1) 事前の精度確認

計測現場以外で、2) の手法で実施した精度確認試験の記録（利用前12か月以内かつ最新の現場の結果であること）。

2) 現場での精度確認

計測を実施する現場において、以下の手順で実施する（利用前12か月以内かつ最新の現場に実施すること）。

- ・ **計測範囲の設定**：レーザースキャナーの搭載高さから想定される路面上に対して、所定の密度（100点以上／1 m²）及び測定精度を確保できる距離を設定する。
- ・ **最大計測距離の設定**：地上移動体搭載型LSが適正に移動している状態で、地上移動体の自己位置及び姿勢の測定精度が最も不利となる条件を設定する。
- ・ **精度確認**：

①鉛直精度

地上移動体搭載型LSシステムが適正に移動している状態で得られる3次元点群の精度が最も不利となる位置付近に1 m²以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。測定精度の確認は、基準値となる検査面の高さで地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる高さを比較し測定精度以内であることを確認する。

【鉛直方向の測定精度の検測】

検査面の高さは、検査面の中心をレベルで計測し高さを求める方法や、検査面の四隅をTS及びレベルで計測し、四隅の高さの平均値や内挿補間等により高さを求める方法（高さはレベルで計測）で実施する。

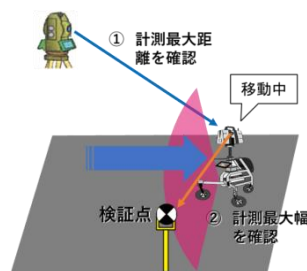
②水平精度

鉛直精度の確認箇所付近に平面位置が特定できるターゲットを配置し、地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる平面位置との較差を確認する。

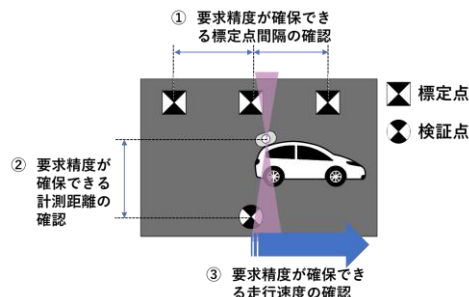
【平面方向の測定精度の検測】

平面方向の測定精度を検証するために設置した検査点について、TSを用いて計測する。その場合、計測距離の制限を、3級TSを利用する場合は100m以内（2級TSは150m以内）とする。

【a. 自動追尾式TSとの連動LSの場合】



【b. モービルマッピングシステムの場合】



精度確認試験結果報告書には、各システムの計測手順、**計測時の留意点を明記**する。また、計測手順は**計測マニュアル**として試験結果に**添付**する。

1.4 計測計画

精度確認試験で設定されている計測可能範囲内で計測する計画を立案します。

(1) 計測計画

所定の計測密度、測定精度が確保できる計測距離、範囲、検証点の配置を立案する。

(2) 検査面※・検証点の設置計画

- 検査面※・検証点の配置は、精度確認試験で設定されている精度が最も低下する条件に最も近い現場条件となる位置に2箇所以上配置する。
- 検査面※は計測対象面上に1 m²の範囲を設定するものとし、検証点は地上移動体搭載型L Sの計測結果から平面位置が特定できるものをを用いる。

※検査面は舗装工の場合のみ必要となる

(3) 標定点の設置計画

- 地上移動体搭載型L Sによる計測結果の水平位置、標高を調整するために、調整用基準点の設置が必要である技術を用いる場合、標定点を設置する。
- 標定点の配置は、精度確認試験で確認した精度が最も低下する現場条件となる位置に2箇所以上配置する。

2 現場計測

2.1 標定点・検証点等の設置及び計測

計測計画に基づき、標定点・検証点を配置し、各点の座標を計測します。

(1) 検査面※・検証点の設置・計測 ※検査面は舗装工の場合のみ

1) 検査面・検証点の設置

- ・ 計測計画に基づき、検証面・検証点を設置する。

2) 検査面・検証点の計測

■土工、土工の精度確認方法に準拠する工種の場合

検証点は、工事基準点を既知点にT S等を用いて計測する。その際、水平位置の計測に3級T Sを用いて計測する場合は、工事基準点等から検証点までの距離を100m以内とする（2級T Sは150m以内）。

■舗装工

①鉛直方向の測定精度の検測

検査面の高さは、検査面の中心をレベルで計測し高さを求める方法や、検査面の四隅をT S及びレベルで計測し、四隅の高さの平均値や内挿補間等により高さを求める方法（高さはレベルで計測）で実施する。

②平面検証点の検測

平面方向の測定精度を検証するために設置した検査点について、T Sを用いて計測する。その場合、計測距離の制限を、3級T Sを利用する場合は100m以内（2級T Sは150m以内）とする。

(2) 標定点の設置・計測

- ・ 計測計画に基づき、標定点を設置・計測する。

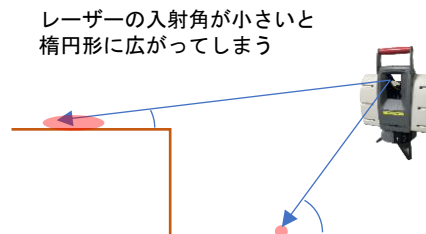
2.2 地上移動体搭載型LSによる計測の実施

地上移動体搭載型LSを用いて、計測を実施します。

留意点

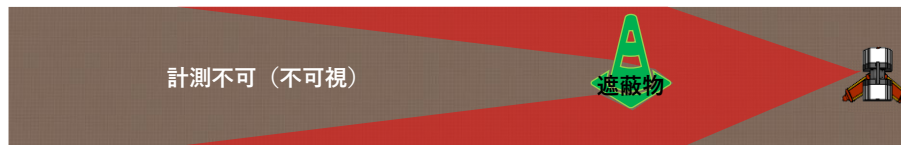
■計測密度の設定

- 計測最大距離を確認した上で、最も入射角が低下する箇所で必要な計測密度で点群が取得できるように計測する。
- ただし、計測密度を不用意に上げると計測時間が増加し、作業効率だけでなく、計測後の点群処理作業効率が悪化する懸念がある。



■障害物

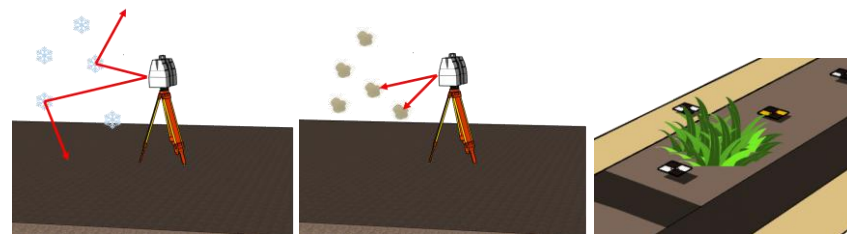
- 計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。



■気象・環境条件

次のような条件では適正な計測が行えない。

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまうような気象
- 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- 草や木などで地面が覆われている場所



■安全管理

- 計測に利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分配慮すること

3.2 計測点群データ処理

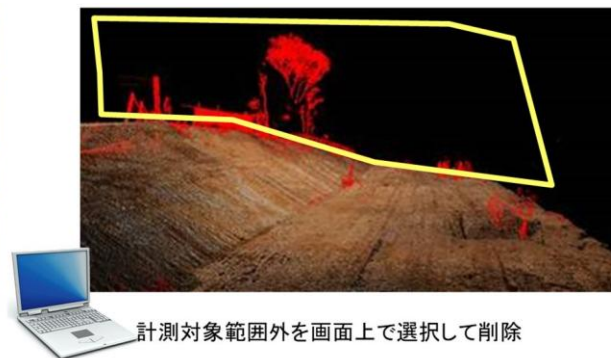
取得した点群から不要点削除等のデータ処理を行います。

- 点群データから、不要点を削除する。
- 必要に応じて密度調整を行う。

注 意

■点群処理ソフトに関する留意事項

- 処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意すること。



計測対象範囲外を画面上で選択して削除

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
土工	面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内					
		出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)					
舗装工	面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面		計測密度	■	■		
			起工測量		1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			出来形計測		【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
付帯構造物設置工	断面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 -200mmの場合:±60mm以内 -100mmの場合:±30mm以内 ±50mmの場合:±15mm以内 ±30mmの場合:±10mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.0025㎡(0.05m×0.05mメッシュ)				
法面工	断面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
		地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内 ※地上写真測量については、長さが既知の評尺を用いて寸法計測精度が±10mm以内であることを確認する。	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ) 【落石雪害防止柵工の場合】 1点以上/0.0009㎡ (0.03m×0.03mメッシュ)				
基礎工	断面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 30mmの場合:±10mm以内 ※場所打ち杭の場合	1点以上/0.0001㎡ (0.01m×0.01mメッシュ) ※場所打ち杭に対して角度を変えた複数回のスキャンで得られた点群を重ねて上記点群密度を満足すること。				

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
擁壁工	断面管理	地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
		地上移動体搭載型レーザー スキャナ(地上移動体LS)	計測場面 出来形計測	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	計測密度 1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		
土工 (1,000 m3未満) ・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	面管理	土工で定める各計測技術 ・空中写真測量(UAV) ・地上レーザースキャナ ・地上移動体レーザースキャナ ・無人航空機搭載型レーザースキャナ ・施工履歴データ ・地上写真測量	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25㎡(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1㎡を0.25㎡と置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下	【出来形計測時】 1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)※1 【出来形評価時】 1点以上/出来形評価グリッド※2				
コンクリート 堰堤工	断面管理	地上移動体搭載型レーザースキャナ(地上移動体LS)	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
		地上移動体搭載型レーザースキャナ(地上移動体LS)	計測場面 出来形計測	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	計測密度 1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

- 精度確認試験結果報告書（計測時の検証点で確認する記録）
- 精度管理の記録（定期点検の記録または精度確認試験結果報告書の記録（計測実施前12か月以内のもの））

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

- 3次元設計データ作成ソフトウェア、点群処理ソフトウェアなど

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇〇年〇〇月〇〇日
 現場の所有・試験者あるいは精度管理担当者：〇〇〇〇測量
 精度：次部、用

(1) 試験概要 (a. 自動追尾式TSとの運動LSとの例)

精度確認の対象機器
 メーカー：〇〇〇〇
 設置名称：
 主要構成機器：
 (添付様式-1に記載のとおり)

写真

検証機器 (真値を計測する測定機器)
 ①検証点の高さ
 レベル
 (検定済み)
 ②検証点の平面座標
 TS
 (検定済み)

写真

測定記録
 測定日：令和〇〇年〇〇月〇〇日
 測定条件：天候 晴れ
 気温 12℃
 測定場所：(一社) 〇〇
 構内試験ヤードにて
 検証機器と既知点の距離：約〇〇m

写真

精度確認方法
 ・地上移動体搭載型LSと真値座標の較差

(2) 試験条件 (a. 自動追尾式TSとの運動LSとの例)

現場での計測条件は本試験で確認する条件の範囲内とする。

①計測範囲及び計測範囲の条件

本システムは、地上移動体に搭載したLSにて進行方向に対して横向きにレーザー計測を行う。また、自己位置と方位は自動追尾TSと1MUの組合せにより求める。このことから、本システムでは自動追尾TSから最大距離 (条件1)、進行方向に向かって横断方向の最大距離 (条件2) によっては、最も測定精度が不利となる、現場計測においても、本条件の範囲内で計測を行う。

<条件1>
 ・本システムは、自動追尾式TSによる自己位置と1MUによる方位推定から対象路面の座標値を求める仕組みである。測定精度が最も低下する条件は、自動追尾式TSから最も距離が遠くなる位置である。
 要求精度の±50mmに対しては最大計測可能距離〇〇m以内とする。

<条件2>
 ・本システムは計測面への入射角が小さくなるほど精度が低下する傾向がある。
 ・このため本機から、真横方向で所定の測定精度が得られる計測時の最大距離の位置に検証点を設置する。
 要求精度の±50mmに対しては、移動体の真横方向に対して最大計測可能距離〇〇m以内とする。

写真

精度確認試験における確認の範囲

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇〇年〇〇月〇〇日
 現場の所有・試験者あるいは精度管理担当者：〇〇〇〇測量
 精度：次部、用

(1) 試験概要 (a. 自動追尾式TSとの運動LSとの例)

精度確認の対象機器
 メーカー：〇〇〇〇
 設置名称：
 主要構成機器：
 (添付様式-1に記載のとおり)

写真

検証機器 (真値を計測する測定機器)
 ①検証点の高さ
 レベル
 (検定済み)
 ②検証点及び検証点の平面座標
 TS
 (検定済み)

写真

測定記録
 測定日：令和〇〇年〇〇月〇〇日
 測定条件：天候 晴れ
 気温 12℃
 測定場所：(一社) 〇〇
 構内試験ヤードにて
 検証機器と既知点の距離：約〇〇m

写真

精度確認方法
 ・地上移動体搭載型LSと真値座標の較差

(2) 試験条件 (a. 自動追尾式TSとの運動LSとの例)

現場での計測条件は本試験で確認する条件の範囲内とする。

①計測範囲及び計測範囲の条件

地上移動体搭載型LSを用いた計測において、要求精度に対して最も不利となる条件を設定すること。本システムは、地上移動体に搭載したLSにて進行方向に対して横向きにレーザー計測を行う。また、自己位置と方位は自動追尾TSと1MUの組合せにより求める。このことから、本システムでは自動追尾TSから最大距離 (条件1)、進行方向に向かって横断方向の最大距離 (条件2) によっては、最も測定精度が不利となる、現場計測においても、本条件の範囲内で計測を行う。

<条件1>
 ・本システムは、自動追尾式TSによる自己位置と1MUによる方位推定から対象路面の座標値を求める仕組みである。測定精度が最も低下する条件は、自動追尾式TSから最も距離が遠くなる位置である。
 要求精度 (測定±4mm、水平10mm) に対しては最大計測可能距離〇〇m以内とする。

<条件2>
 ・本システムは計測面への入射角が小さくなるほど精度が低下する傾向がある。
 ・このため本機から、真横方向で所定の測定精度が得られる計測時の最大距離の位置に検証点を設置する。
 要求精度 (測定±4mm、水平10mm) に対しては移動体の真横方向に対して最大計測可能距離〇〇m以内とする。

写真

精度確認試験における確認の範囲

(3) 精度確認試験結果

①検証点の計測結果 (TSによる計測)

真値の座標 (100,000, 100,000, 100,000)

②地上移動体搭載型LSによる計測結果

検証点の結果

地上移動体搭載型LSの計測結果
 (100,002, 100,008, 100,000)

③差の確認

検証点の結果

点	TSによる真値			LSによる計測値			差 (mm)
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	100,000	100,000	100,000	100,002	100,008	100,000	2 8 0

※評価基準 出来形誤差は±50mm以内

(3) 精度確認試験結果

①検査面の計測結果

検査面の真値
 (100,000, 100,000)

②検証点の計測結果

検証点の結果

③地上移動体搭載型LSによる計測結果

検査面の結果

検証点の結果

地上移動体搭載型LSの計測結果
 (100,002, 100,008)

④差の確認

検査面の結果

点	TSによる真値			LSによる計測値			差 (mm)
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	100,000	100,000	100,000	100,002	100,008	100,000	2 8 0

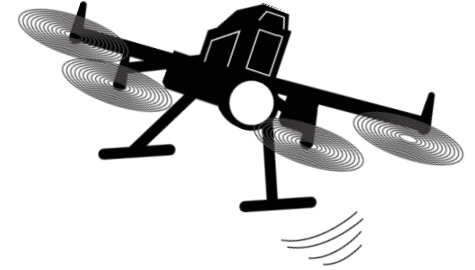
⑤検証点の結果

項目	真値	計測値	差 (mm)	判定
検証点の高さ	100,000	100,000	0	合格
検証点の平面座標	(100,000, 100,000)	(100,002, 100,008)	2 8	合格

地上移動体搭載型LSとの較差
 最大±4mm
 R=0.25

土工等の場合

舗装工の場合



技術概要集

無人航空機搭載型 レーザースキャナー



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

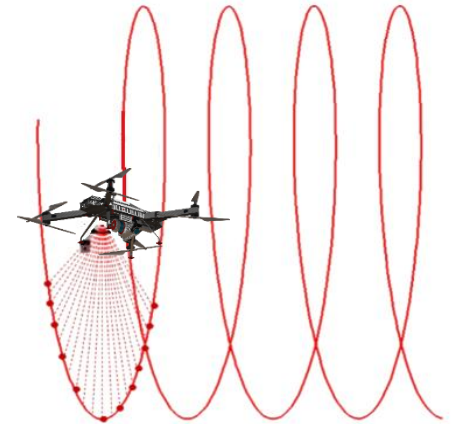
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 無人航空機搭載型レーザースキャナー（UAVレーザー）とは？

UAVレーザー測量システムはUAV上のGNSS、IMU及びレーザースキャナーによって構成される。その原理は、GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザースキャナーにより左右にスキャンしながら地上までのレーザ光の反射方向と地上までの距離を計算し、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析するものである。

特徴と計測原理

- ・ レーザーを連続的に2次元の放射状に射出するユニットをUAVへ搭載
- ・ UAVが飛行し移動することでレーザーがスパイラルに射出、地表面の3次元点群を取得
- ・ レーザーユニットの位置は、GNSSなどで測定
- ・ 短周期の姿勢変化はUAVに搭載されるIMUのデータによって補正
- ・ 高精度なものでは、ペイロードは6～7kgにもなる
- ・ GNSSによる測位データと、IMUによる姿勢変化データによって軌跡（トラジェクトリ）を解析
- ・ その上にスキャンデータを時系列で展開し、一つの座標系の点群データを作成
- ・ ユニットの性能や必要とされる精度や密度によって、対地高度および飛行速度を決定



留意点

レーザーの回転方向（横方向）の間隔は、端部ほど大きくなる

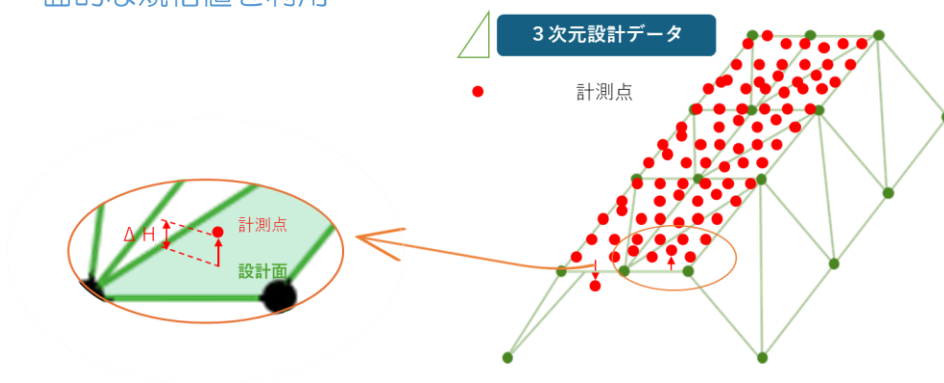
□無人航空機搭載型LS（UAVレーザー）を用いた3次元出来形管理の種類

3次元出来形管理の種類には以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



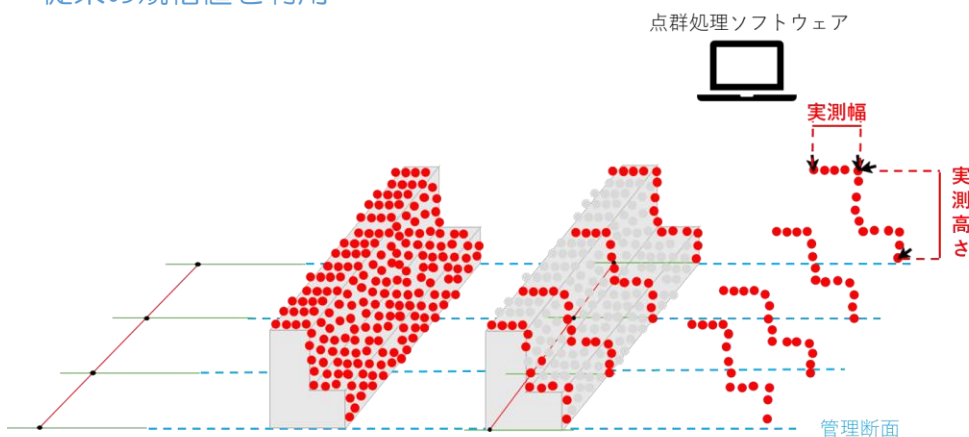
【適用工種】

- ・土工
- ・土工（1,000m³未満）



取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- ・土工（1,000m³未満）
- ・護岸工
- ・法面工
- ・擁壁工
- ・構造物工（橋脚・橋台）
- ・コンクリート堰堤工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 事前精度確認の実施
- 1.4 飛行計画の立案

2. 現場計測

- 2.1 調整用基準点・検証点の設置及び計測
- 2.2 UAVレーザーシステムの確認
- 2.3 UAVレーザー計測の実施

3. 計測データ処理

- 3.1 検証点による精度確認

1 計測準備

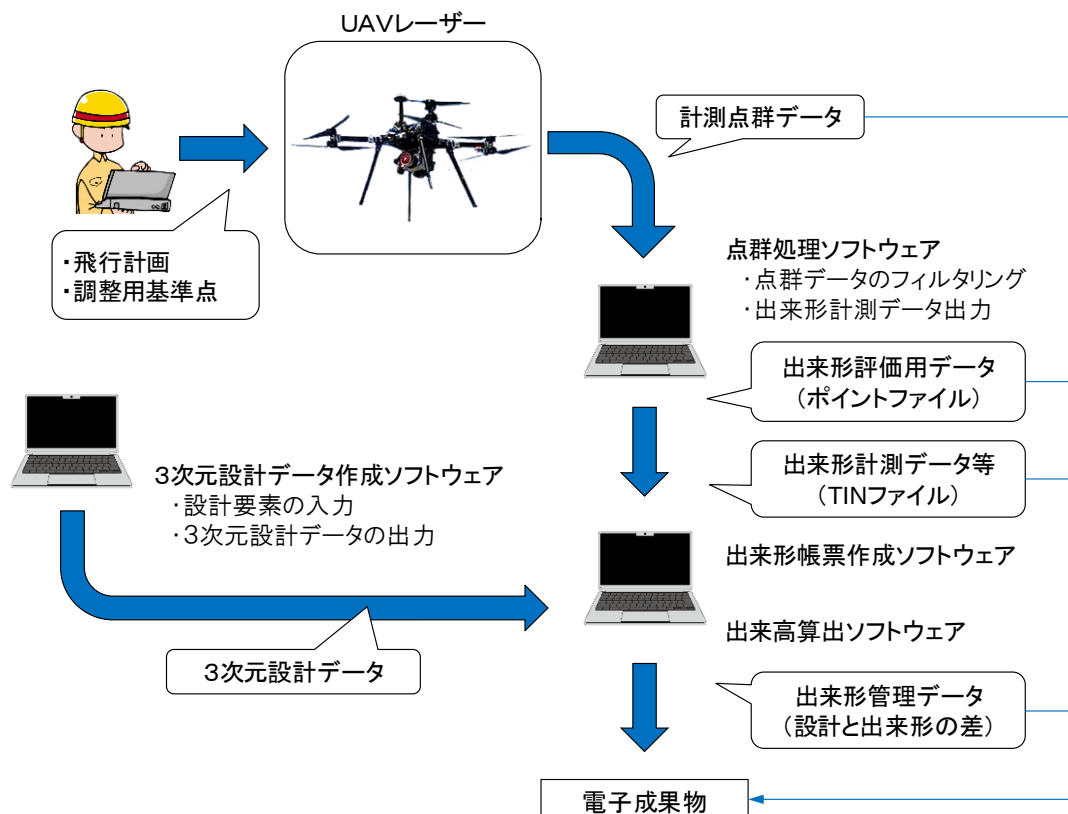
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

無人航空機搭載型LS（UAVレーザー）に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) UAVレーザー本体
- (2) 各種ソフトウェア



UAVレーザーの計測性能は多様であることと、使用しているIMUやLSが高精度なほど高価格となる傾向もあり、各現場の状況に併せて適用可能な機器を選定することが重要となります。

1.2 使用機器類の性能確認

無人航空機搭載型LS（UAVレーザー）に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認

(1) 計測性能の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。

測定精度は精度確認試験により確認し、試験結果を発注者に提出する。

1) UAVレーザーにおける精度確認試験実施パターンについて

UAVレーザーにおける精度確認試験は**AとBの両方が必要**になります。

- A. 事前の精度確認の実施
- B. 計測時の検証点（既知点）による精度確認

※「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた機体性能を有するとともに、当該機体に関する飛行マニュアルを整備しておくこと。

飛行マニュアルは下記HPを参照してください。

<https://www.mlit.go.jp/common/001218180.pdf>

無人航空機 飛行マニュアル (D10・夜間・目視外・30m・危険物・物件投下) 場所を特定しない申請について適用	
無人航空機 飛行マニュアル (D10・夜間・目視外・30m・危険物・物件投下) 場所を特定しない申請について適用 運転者名: _____	
本マニュアルは、航空法に基づく許可及び承認を受けて無人航空機を飛行させる前に必要となる手帳等を記載するものである。 本マニュアルは記載される手帳等は、無人航空機の安全な飛行を確保するために少なくとも必要とされるものであり、運転者は、本マニュアルの遵守に加え、使用する機体の機体及び性能を十分に理解し、飛行の必要及び場所に応じてできるおそれのある飛行のリスクを事前に認識した上で、適切な安全上の措置を講じながら、無人航空機の飛行の安全に万全を期さなければならない。 目次 1. 無人航空機の名称・登録 1 - 1-1 機体の名称・登録の方法 1 - 1-2 名称・登録の取得 1 - 2. 無人航空機を飛行させる者の訓練及び適格事項 2 - 2-1 基本的な知識技能の習得 2 - 2-2 実習を完了するための必要な知識技能の習得 2 - 2-3 機体の点検 2 - 2-4 飛行における機体制御 2 - 2-5 気象条件における機体制御 2 - 2-6 飛行終了のための機体制御 2 - 2-7 飛行記録の作成 2 - 2-8 無人航空機に飛行させる者の遵守しなければならない事項 2 - 3. 安全を確保するために必要な措置 3 - 3-1 無人航空機を飛行させる者の基本的な義務 3 - 3-2 人口密集地等において無人航空機の上空に飛行する飛行又は上空の人口又は物件との衝突の回避を要しない飛行を行う者の義務 3 - 3-3 民間飛行を行う者の義務 3 - 3-4 民間飛行を行う者の義務 3 - 3-5 危険物の輸送を行う飛行又は物件投下を行う者の義務 3 - 3-6 非常時の連絡事項 3 - (補則1) 無人航空機の名称・登録事項 3 - (補則2) 無人航空機の飛行記録 3 -	

1

計測準備



POINT!

■無人航空機搭載型LS（UAVレーザー）における精度確認実施パターン 工種別一覧

適用工種	精度確認
土 工	AとB
護 岸 工	AとB
法 面 工	AとB
基 礎 工	AとB
擁 壁 工	AとB
土工（1,000m ³ 未満）・床掘工・小規模土工・法面整形工	AとB
コンクリート堰堤工	AとB

2

現場計測

3

計測データ処理

1.3 事前精度確認の実施

利用前に精度確認試験を実施し、性能基準を満たすことを確認します。精度確認の記録は発注者に提出します。

(1) 土工、土工の精度確認方法に準拠する工種の精度確認試験

以下の1)、2)のいずれかで確認を行う。

1) 事前の精度確認

計測現場以外で、2)の手法で実施した精度確認試験の記録（利用前12か月以内の結果であること）。

2) 現場での精度確認

実際に計測に使用する機器を用い、実際に計測する際の条件と同等又はそれ以上の条件（対地飛行高度、点群密度、UAVレーザーの有効計測角度）にて計測を行い、コース間の再現性が要求精度以内であることを確認する。

受注者は、UAVレーザーを用いた出来形管理の実施前（12か月以内）に精度確認試験を実施し、その結果について提出する。

精度確認試験実施手順（案）

① 実施時期

精度確認試験は、現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前にその精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、UAVレーザー本体に関する定期点検の必要性などが規定されていないため、暫定案として利用前の12か月以内に1回以上実施することとする。ただし、メンテナンス等によりIMUとLSを分離した場合は、組立後に精度確認試験を実施することとする。

② 実施方法

飛行コースと直交する横断方向に水平位置検証点、標高検証点を3箇所以上設置する。設置位置は飛行コース直下に1箇所、出来形計測時に想定している有効計測角でレーザーが射出される位置付近に1箇所ずつ設置する。

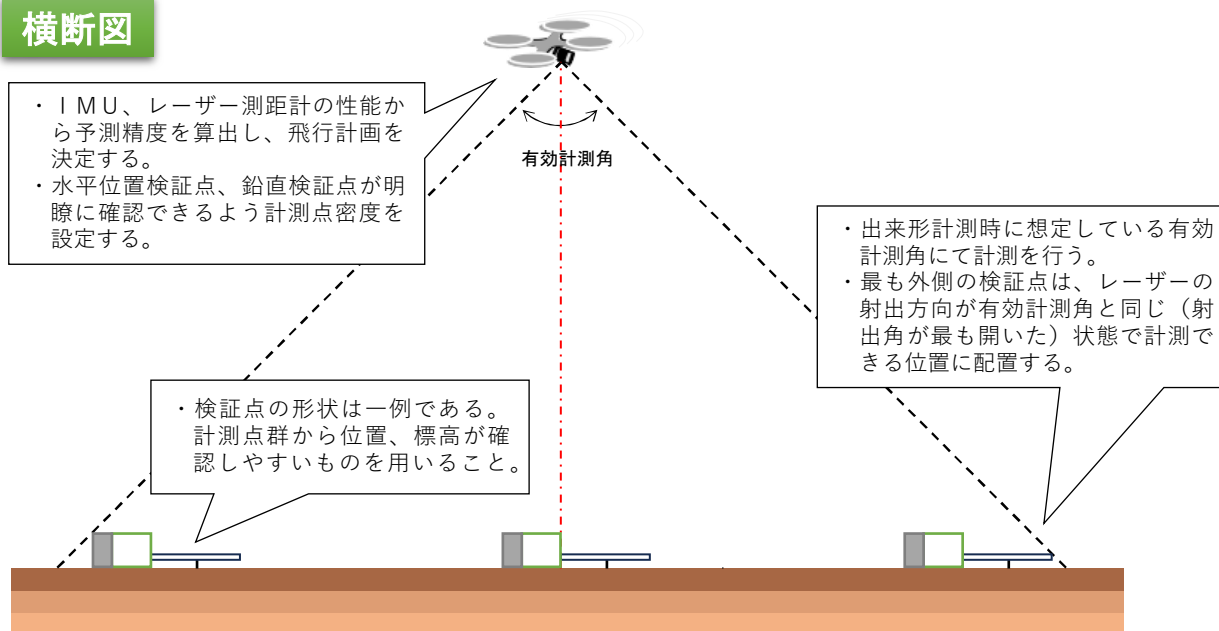
検証点としてx, y, z座標が特定できる物を用いることで、水平位置検証点と標高検証点を兼ねる事が出来る。また、既存の構造物の角など、既存の明瞭な地物で、計測点群データからx, y, z座標が特定できるものがあれば、水平位置検証点、標高検証点として用いてもよい。計測は同じ飛行コース上を往復（ラップせず）して行う。

1 計測準備

2 現場計測

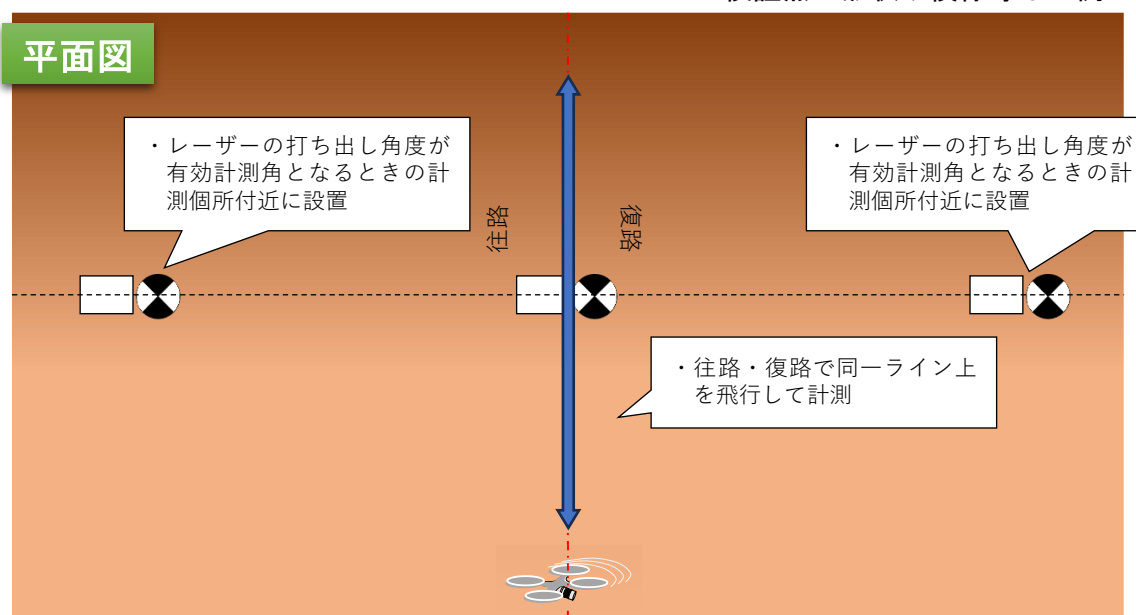
3 計測データ処理

横断面図

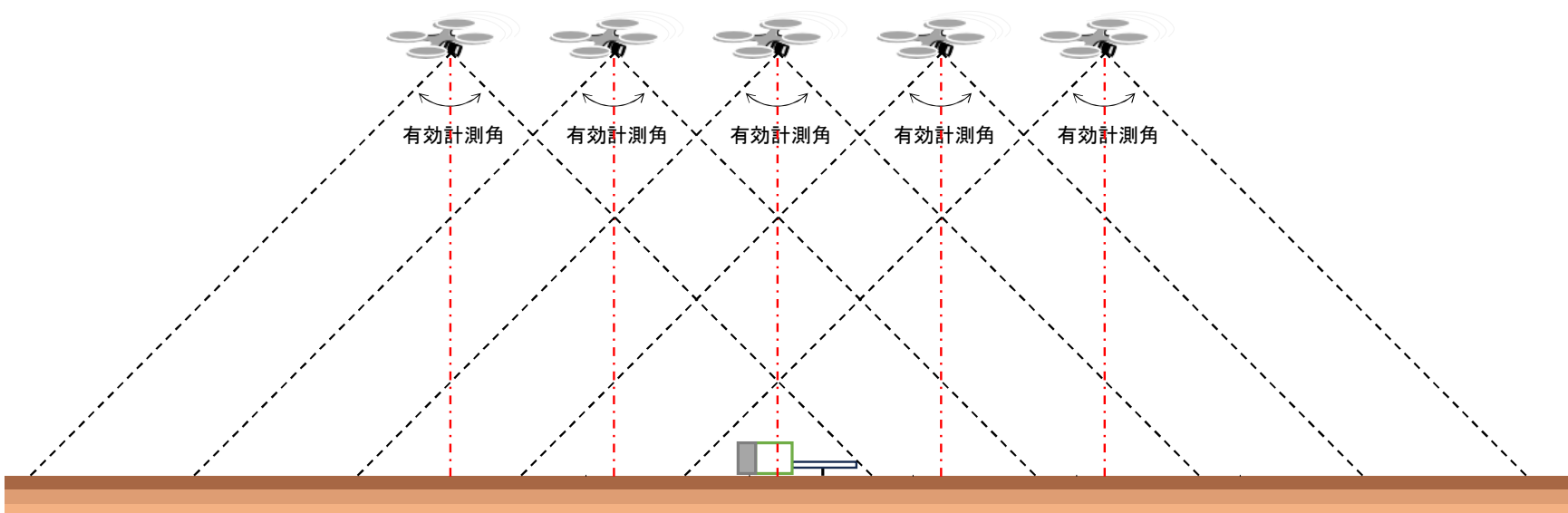


検証点の形状や模様等は一例

平面図



検証点を飛行コースと直交する横断方向に複数個設置できない場合は、次図に示すように、1か所の検証点に対して、レーザーの射出角度が有効計測角、鉛直下方、その中間となるように、検証点に対する飛行コースの横断方向離隔を変化させて往路、復路の計測を行ってもよい。



UAVレーザーと検証点の設置例（検証点を1箇所しか設置できない場合）

③ 検証点の座標算出

検証点を往路方向と復路方向の各1回飛行して、標高検証点、水平位置検証点を計測し、往路、復路の標高検証点の z 座標、水平位置検証点の x, y 座標の較差を算出する。なお、事前精度確認試験における検証点の座標は、任意の座標でよい。解析は、「3. 計測データ処理」に示す要領で実施するが、最適軌跡解析は往路と復路で分割せず、一連の軌跡として解析する。

④ 評価基準

往路と復路で計測した標高検証点及び水平位置検証点の x, y, z 座標を比較して較差を算出し、較差が要求精度を満足していることを確認する。実現場における有効計測角や飛行対地高度、飛行速度、スキャン回転数、レーザー発行回数等の計測諸元は、本確認試験で設定したものと同様に設定する。

⑤ 実施結果の記録

精度確認の実施結果を記録・提出する。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____
受注者名：_____
作成者：_____ 印

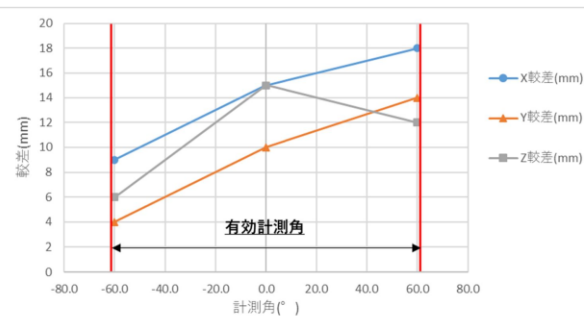
(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：TOKI 測定装置の製造番号：ABCK0001
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ 標高検証点との標高較差 ・ 水平位置検証点との座標較差
飛行対地高度	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

① 往路と復路の計測結果

点名	計測角 (°)	水平位置検証点				往路と復路の較差		点名	計測角 (°)	標高位置検証点			往路と復路の較差
		①	②	③	④	①-②	③-④			⑤	⑥	⑤-⑥	
		X座標(m)	Y座標(m)	X座標(m)	Y座標(m)	X較差(mm)	Y較差(mm)			Z座標(m)	Z座標(m)	Z較差	
KH01	60.0	48439.327	-39127.745	48439.309	-39217.759	18	14	KH01	60.0	18.424	18.412	12	
KH02	0.0	48440.284	-39247.068	48440.269	-39247.078	15	10	KH02	0.0	18.454	18.439	15	
KH03	-60.0	48441.010	-39269.496	48441.001	-39269.500	9	4	KH03	-60.0	18.446	18.440	6	



② 往路と復路の較差の確認（測定精度）

UAVレーザーの計測結果による計測点座標 — 検証点座標

飛行対地高度 30m

有効計測角 60度 以内 ; 合格 (基準値±50mm 以内)

「精度確認試験結果報告書」
を提出する

1.4 飛行計画の立案

UAVレーザーは、IMU、LSの性能に応じて精度が左右されるため、事前確認により要求精度を確保できる範囲で、飛行計画を立案する。

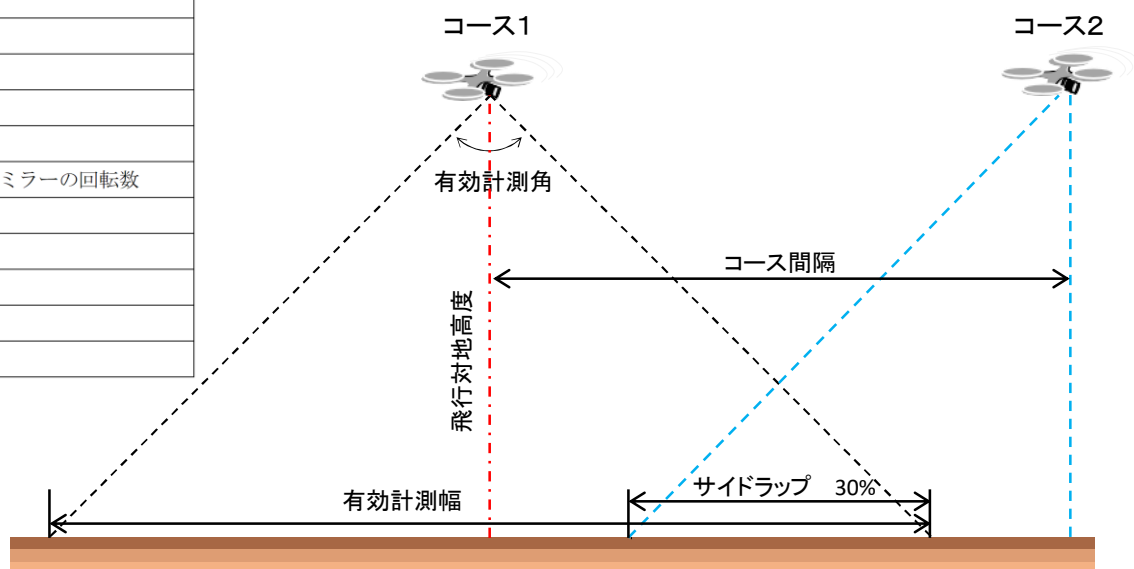
(1) 飛行計画

UAVレーザーで使用するGNSS、IMU、LSの性能に応じて計測諸元を作成し飛行計画を立案する。精度確認試験結果報告書に示す手順により、用途別に定められた所要の精度が得られることが確認されたのと同じ計測諸元にて計測を実施することとする。

飛行対地高度は、飛行空域の状況、IMUとLSの性能により決定する。計測データの相対的な精度の確保と計測データが欠測しないよう、必ず隣接するコースに重なりがあるように、飛行計画を立案する。また、飛行計画上のサイドラップ率が30%以上となる飛行計画を立案する。

飛行対地高度の決定は、IMU、LSの性能を考慮し有効計測角、有効計測幅を決定し、要求精度>予測精度となるよう十分留意すること。

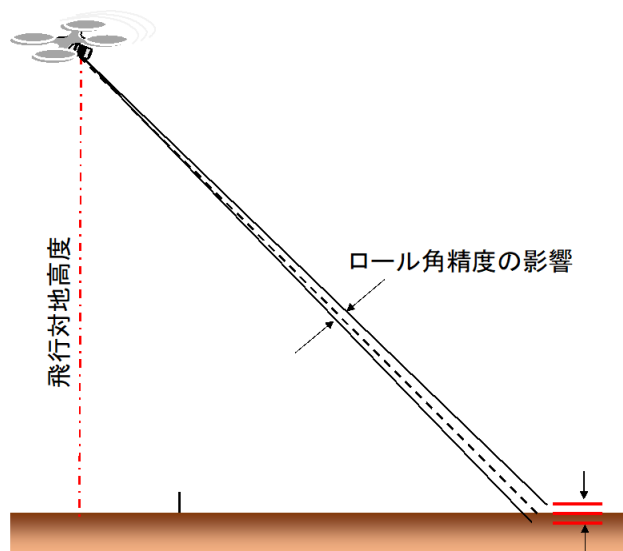
・飛行対地高度	(m)
・飛行速度	(m/秒)
・レーザー拡散角	(mrad)
・IMUの精度(ロール角)	(度)
・IMUの精度(ピッチ角)	(度)
・IMUの精度(ヘディング角)	(度)
・スキャン回転数	(回転/秒) ポリゴンミラーの回転数
・レーザー発光回数	(回数)
・有効計測角	(度)
・有効計測幅	(m)
・コース間隔	(m)
・計測点間隔(進行方向、横断方向)	(cm)



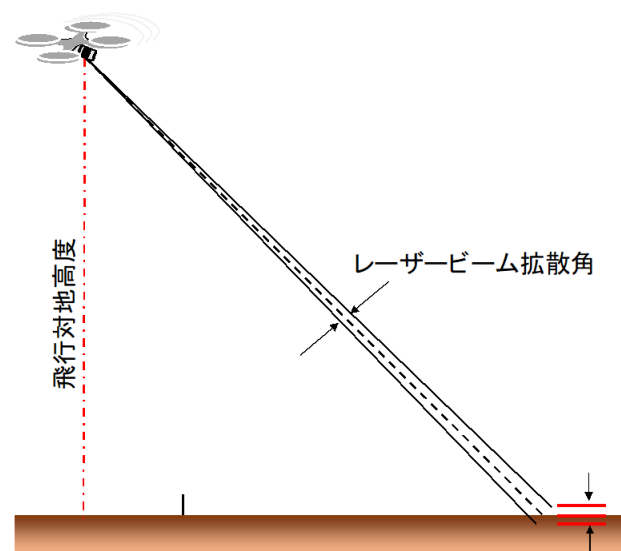
1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理



レーザー計測データ端部におけるロール精度による高さへの影響



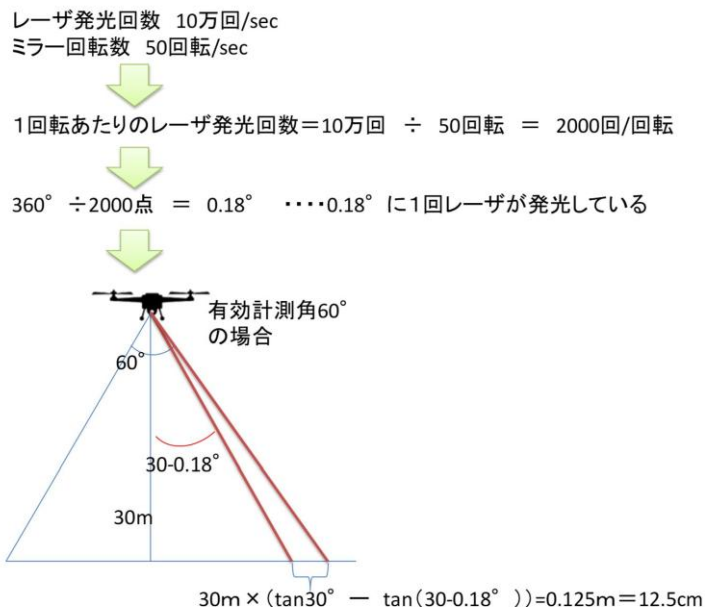
レーザー計測データ端部におけるレーザービーム拡散角による高さへの影響

ロール角度及びレーザー拡散角が予測精度に与える影響

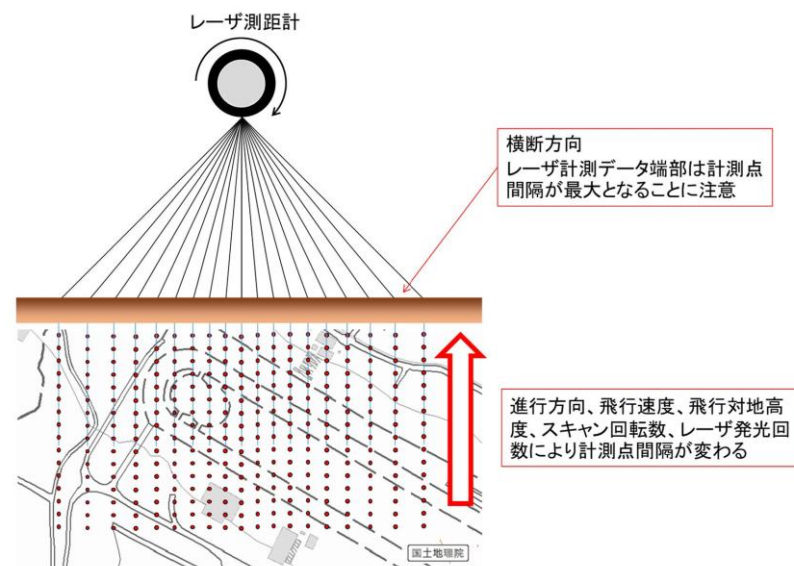
飛行速度は、計測点密度に影響するため、LSの性能により決定する。

LSの性能が、レーザー発光回数10万点/秒、スキャン回転数50回転/秒、飛行速度4m/秒、飛行対地高度30mの場合、計測点密度は、進行方向で8cm（4m÷50回転）、横断方向で12.5cm（下図参照）となる。

飛行中は、機体の揺れによる計測点密度の粗密が生じる恐れがあるため、要求される計測点密度を十分満足するように留意して飛行速度を決定すること。



計測点密度（横断方向）の計算方法の一例



計測点密度

(2) 調整用基準点・検証点の設置計画

- 調整用基準点は、面積 (km^2) を0.25で割った値に1を足した値とし、最低4点設置するものとし、計測対象箇所の四隅に配置することを標準とする。
- 調整用基準点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び調整用基準点までの距離が100m以下（3級TSの場合）あるいは150m以下（2級TSの場合）とする。
- 鉛直高さと水平位置の検証点は、それぞれ最低1点以上、調整用基準点の設置位置から概ね等距離となる位置に設置するものとし、計測方法は調整用基準点と同等とする。ただし、工事基準点、BM、KBMへ直接設置できる場合は、この限りではない。

標高調整用基準点

標高調整用基準点は、平坦で明瞭な地点を選定し計測点密度と同一半径の円又はおおむね2倍の辺長の正方形で作成した標識を水平に設置する。

水平調整用基準点

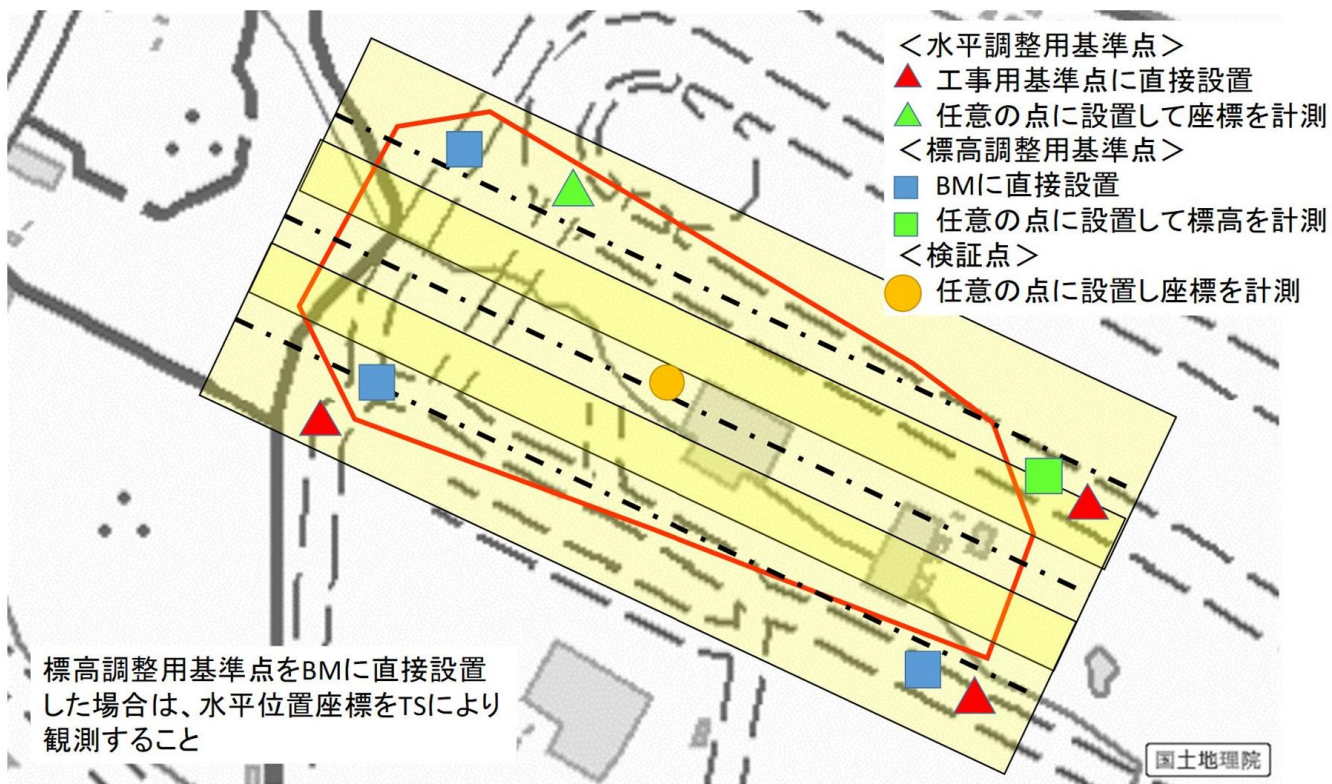
水平調整用基準点は、地上から突出した直方体、球体、板、などの任意の形状で、水平位置（真値及び計測結果）が特定できるものを設置する。標識の大きさはLSの性能に留意して決定すること。

- このほか、 x, y, z 座標が特定できる物（既存の構造物の角など既存の明瞭な地物で、計測点群データから x, y, z 座標が特定できるもの）を用いることで、標高調整用基準点・検証点と水平調整用基準点・検証点を兼ねる事が出来る。調整用基準点、検証点の配置図は、任意の様式で受注者が作成、補間し、監督職員の求めに応じて提出できるようにすることとする。

1 計測準備

2 現場計測

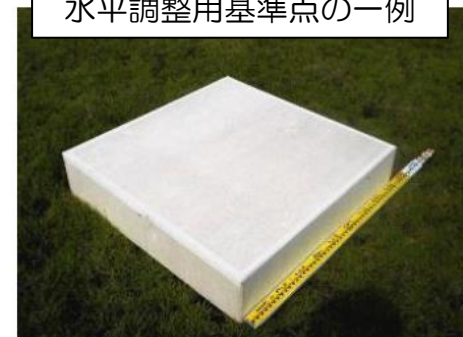
3 計測データ処理



標高調整用基準点の一例



水平調整用基準点の一例



- 調整用基準点の形状は任意であり、計測点群データから座標が特定できるものを用いる。
- x, y, z 座標が特定できる物を用いることで、標高調整用基準点と水平調整用基準点を兼ねる事が出来る。

(3) 地上固定局の設置

UAVレーザーは、LSの位置をキネマティック法で求めるために必要な地上固定局を設置するものとする。

地上固定局は、電子基準点、仮想点、施工現場へ設置した基準局を使用するものとする。また、地上固定局のデータ取得間隔は1秒1 epoch とする。

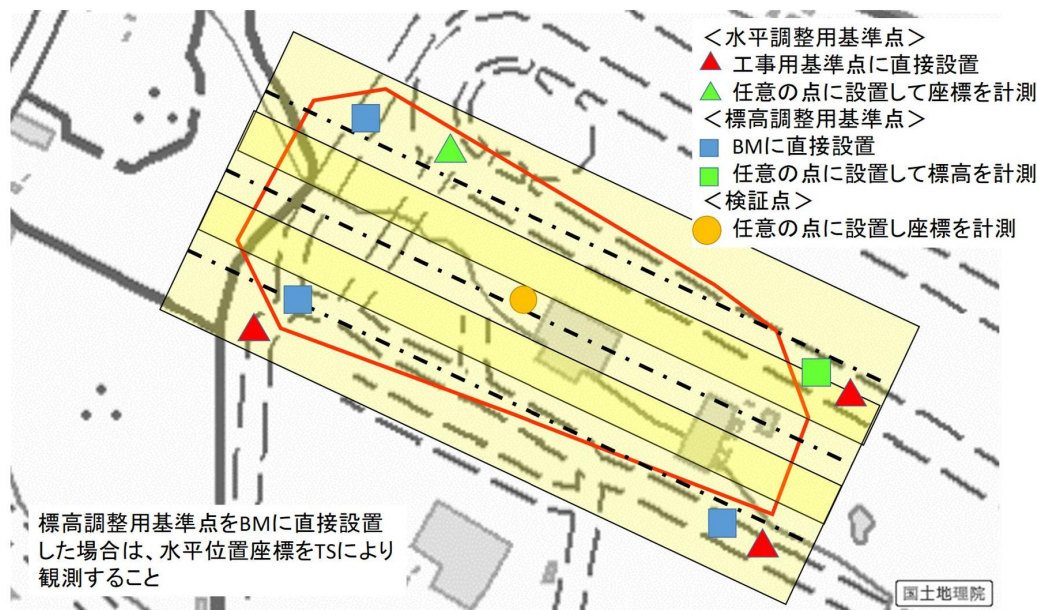
- UAVレーザーにおいて、LSの位置は、GNSS測位（衛星測位）「キネマティック法」による測位演算で求める。キネマティック法は、現場でリアルタイムに測位演算する「RTK法」と後処理で測位演算する「後処理キネマティック法」に分類される。
- キネマティック法は、高精度に位置を算出するために地上固定局を設置し、飛行中のUAVに搭載されたGNSSと同時観測する必要がある。地上固定局は、施工現場の近傍に設置されている電子基準点や仮想点、施工現場内に設置された基準局を使用することができる。
- 「RTK法」は、地上固定局の観測データを無線装置によりUAVへリアルタイムに転送する必要がある。「後処理キネマティック法」は、配信事業者からダウンロードした観測ファイル又は、施工現場内に設置した基準局の観測データファイルとUAVレーザーの観測データを用いて解析を行う。

2 現場計測

2.1 調整用基準点・検証点の設置及び計測

計測計画に基づき、調整用基準点・検証点を配置し、各点の座標を計測します。

- 調整用基準点の計測はT Sを用いて実施し、T Sから基準点及び調整用基準点までの距離が100m以下（3級T Sの場合）あるいは150m以下（2級T Sの場合）とする。
- 鉛直高さと水平位置の検証点は、それぞれ最低1点以上、調整用基準点の設置位置から概ね等距離となる位置に設置するものとし、計測方法は調整用基準点と同等とする。ただし、工事基準点、BM、KBMへ直接設置できる場合は、この限りではない。
- このほか x, y, z 座標が特定できる物（既存の構造物の角など、既存の明瞭な地物で、計測点群データから x, y, z 座標が特定できるもの）を用いることで、標高調整用基準点・検証点と水平調整用基準点・検証点を兼ねる事が出来る。調整用基準点、検証点の配置図は、任意の様式で受注者が作成、補間し、監督職員の求めに応じて提出できるようにすることとする。



2.2 UAVレーザーシステムの確認

UAVレーザーを構成するGNSS、IMU、LSのキャリブレーション等を行う。

1) 事前確認

GNSS、IMU、LSの取り付け位置のオフセット量（レバーアーム）を計測し記録する。ボアサイトキャリブレーションにより、IMU、LSの取り付け角を計測し記録する。この確認は、GNSS、IMU、LS相互の位置関係が変わる可能性のある組み立て作業等を行った場合に実施する。

2) 計測前の準備

GNSSは、後処理解析で十分な精度（キネマティック解析によるFIX状態）が確保できるよう初期化を行う。
IMUは、ロール角、ピッチ角、ヘディング角の精度が収束するようメーカー推奨の初期化を行う。

2.3 UAVレーザー計測の実施

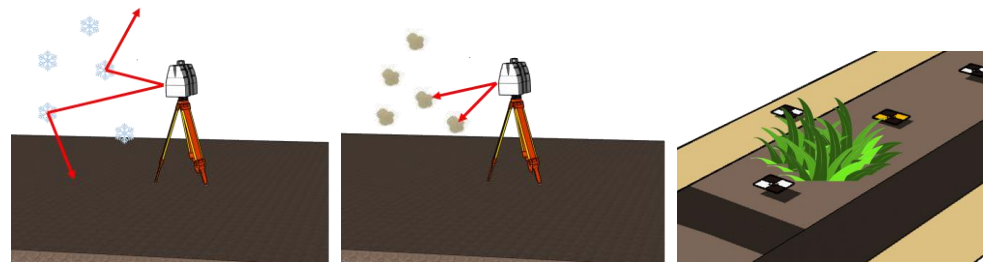
航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じて作成した飛行マニュアルに沿って、安全に留意して計測を実施する。

計測は飛行計画に基づき実施する。また、IMUの精度が低下しないよう一定方向、等速度で飛行し、旋回は十分な半径で飛行する。

留意点

UAVレーザーの計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまうような気象
- 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- 草や木などで地面が覆われている場所
- UAVレーザー計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、飛行等を含む安全性に十分考慮すること
- 衛星の配置や受信状態が悪いと高精度な計測が行えない場合があるため、事前に衛星の配置状況等を確認すること



3 計測データ処理

3.1 検証点による精度確認

無人航空機搭載型レーザースキャナーから得られた計測点群データ上の検証点の座標値から精度確認を実施します。
精度確認の記録は発注者に提出します。

点検測量結果精度管理表(検証点・標高)

地区名		〇〇地区		作業者	〇〇 〇〇
				点検者	〇〇 〇〇
番号	点名	点検測量成果の 標高	3次元計測データの 平均標高	較差 ΔH	合否 出来形計測で±50mm以内 起工測量で±100mm以内 出来高計測で±200mm以内
1	K1	28.531	28.533	0.002	合格
2	K2	28.512	28.515	0.003	合格
3	K3	22.314	22.318	0.004	合格
4	K4	24.921	24.931	0.010	合格
5					
6					
7					
8					
較差の平均				0.005	
較差の標準偏差				0.007	

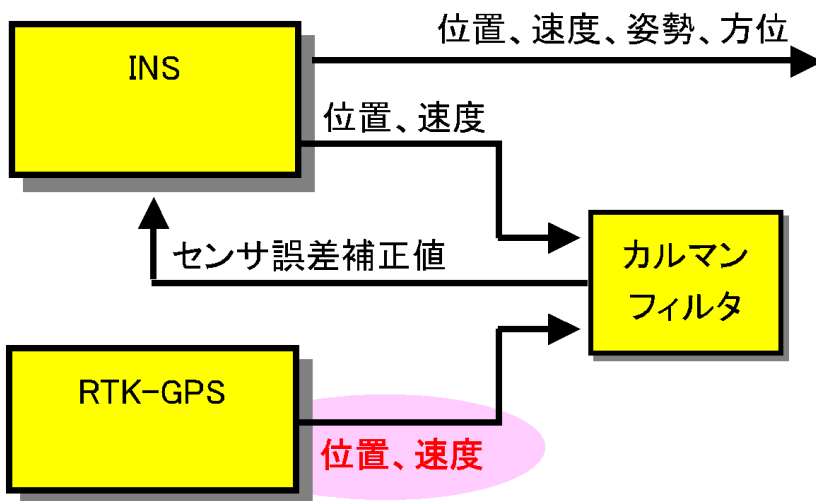
点検測量結果精度管理表(検証点・水平)

地区名		〇〇地区				作業者	〇〇 〇〇		
						点検者	〇〇 〇〇		
番号	点名	検証点の計測座標		3次元計測データによる 調整用基準点の 水平座標		検証点の計測座標と3次元計測データによ る調整用基準点の較差と合否			
		X座標 (①)	Y座標 (②)	X座標 (③)	Y座標 (④)	ΔX (③-①)	合否	ΔY (④-②)	合否
1	G1	56.247	1024.313	56.26	1024.322	0.010	合格	0.009	合格
2	G2	97.231	1342.213	97.24	1342.226	0.006	合格	0.013	合格
3	G3	123.143	1399.74	123.15	1399.755	0.011	合格	0.011	合格
4	G4	239.46	1011.473	239.46	1011.475	0.000	合格	0.002	合格
5									
6									
7									
8									
較差の平均						0.007		0.009	
較差の標準偏差						0.009		0.011	

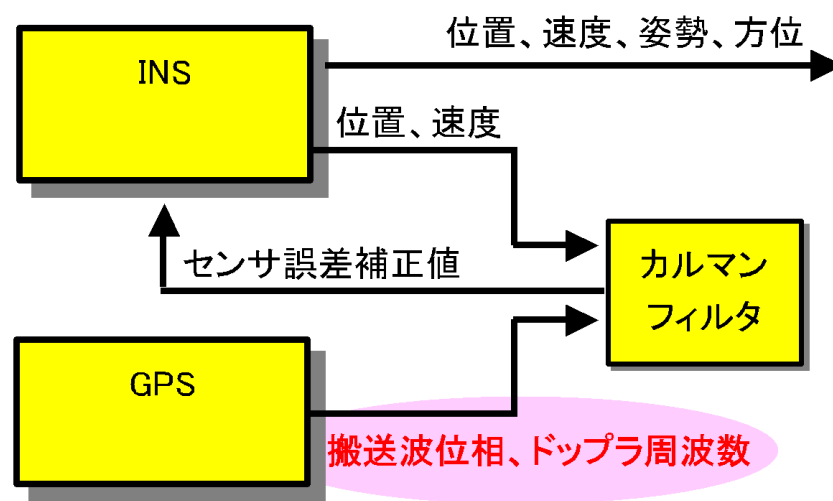
(1) 最適軌跡解析

最適軌跡解析をGNSS観測データ及びIMU観測データを用いて、LooselyCoupled方式又はTightlyCoupled方式で行う。LooselyCoupled方式は、まずGNSS衛星を利用したキネマティック解析により機体の3次元位置を特定し、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行うプロセスを経る。LooselyCoupled方式のキネマティック解析時にはGNSS衛星が5個以上必要となり、5個以下になると著しく精度が低下することに留意すること。

TightlyCoupled方式はキネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、GNSS衛星の衛星数が一時的に不足しても、解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。



LooselyCoupled方式（国総研HPより）

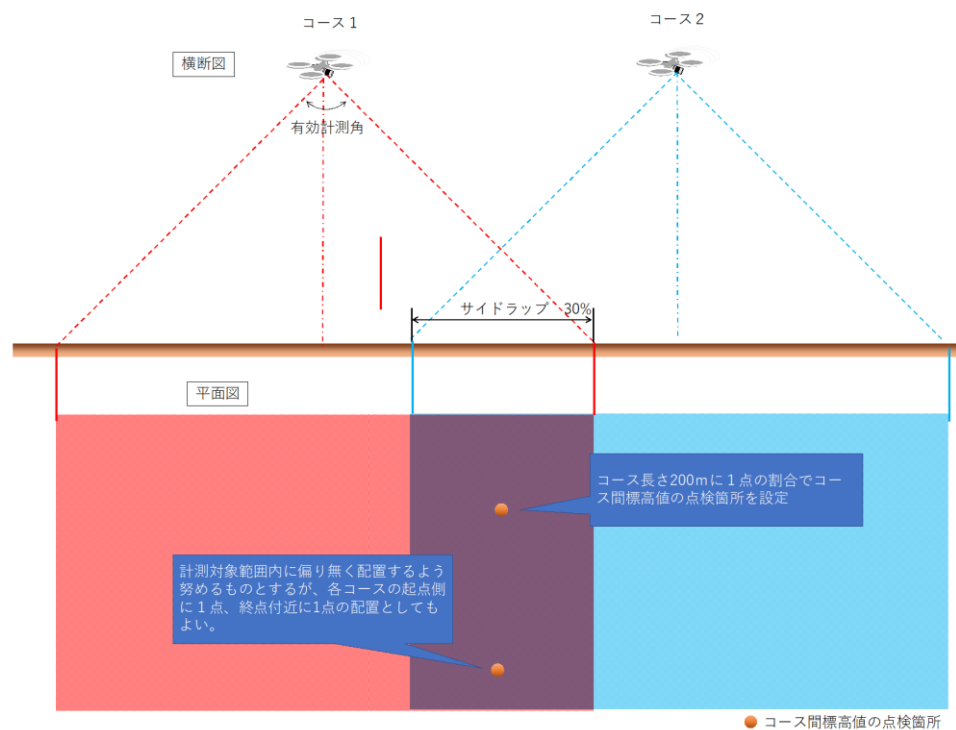


TightlyCoupled方式（国総研HPより）

(2) コース間標高値の点検

コース間の重複部分に点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行うものとする。

- ①点検は、各コース間重複部分で2箇所以上行う。
- ②点検箇所は、計測対象範囲内に偏りなく配置するよう努めるものとするが、各コースの起点側に1点、終点付近に1点の配置としてもよい。
- ③植生のある場所等の地形条件で平坦な場所がない場合は、点検箇所の配置及び点数を増加させることで、測量精度の劣化を防ぐことができる。
- ④点検箇所の標高値は、平坦で明瞭な地点を選定し、計測点密度と同一半径の円又はおおむね2倍辺長の正方形内の計測データを平均したものとする。
- ⑤点検箇所の標高値の較差は、重複計測したレーンごとに算出する。算出には、レーンごとに各点の較差を集計し、平均する。
- ⑥重複計測したレーンごとの標高値の較差の平均値は、 $\pm 50\text{mm}$ 以内とする。



(3) 3次元計測データの調整

調整は以下の方法により行うものとする。

- ①調整用基準点と比較する3次元計測データは、所定の格子間隔と同一半径の円又は2倍辺長の正方形内の計測データを平均する。
- ②すべての調整用基準点において3次元計測データの平均値との較差を、水平位置、標高について求め、その平均値との標準偏差等を求める。
- ③各調整用基準点における点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上又はRMS誤差が50mm以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。
- ④すべての調整用基準点での点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上の場合で、標高調整用基準点の較差の傾向が作業地域全体で同じ場合は、地域全体の3次元データの標高値を上下の一律シフトの平行移動により補正を行う。また、水平調整用基準点の較差の傾向が、作業地域全体で同じ水平方向にシフトしている場合は、水平方向に一律シフトの平行移動及び回転により補正を行う。
- ⑤上記④の補正を行った後、再び上記③の点検を実施し、結果を次に示す調整用基準点調査票にとりまとめる。監督職員から提出の請求があった場合は速やかに提出する。

調整用基準点検証精度管理表(標高)

地区名		〇〇地区			作業者		〇〇〇〇
					点検者		〇〇〇〇
番号	点名	調整用基準点の標高	調整用基準点の計測点群データの平均標高	較差 △H	番号	点名	調整用基準点の標高
1	G1	28.48	58.48	0.00	11		
2	G2	28.43	28.43	0.00	12		
3	G3	20.3	20.30	0.00	13		
4	G4	20.41	20.42	0.01	14		
5					15		
6					16		
7					17		
8					18		
9					19		
10					20		

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値 -最小値	標準偏差
計測範囲全域の水準との差	4	0	0.01	0	0.01	0.01

調整用基準点検証精度管理表(水平位置)

地区名		〇〇地区			作業者		〇〇〇〇
					点検者		〇〇〇〇
番号	点名	調整用基準点の水平座標		3次元計測データによる調整用基準点の水平座標		調整用基準点の3次元計測データの差	
		X座標 (①)	Y座標 (②)	X座標 (③)	Y座標 (④)	△X (⑤=③-①)	△Y (⑥=④-②)
1	G1	56.247	1024.313	56.25	1024.322	0.010	0.009
2	G2	97.231	1342.213	97.24	1342.226	0.006	0.013
3	G3	123.143	1399.74	123.15	1399.755	0.011	0.011
4	G4	239.46	1011.473	239.46	1011.475	0.000	0.002
5							
6							
7							
8							
9							
10							

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値 -最小値	標準偏差
計測範囲全域の△Xの差	4	0.007	0.011	0.000	0.011	0.009

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値 -最小値	標準偏差
計測範囲全域の△Yの差	4	0.009	0.013	0.002	0.011	0.011

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値 -最小値	標準偏差
計測範囲全域の△XYの差	4	0.011	0.016	0.002	0.014	0.015

(4) 3次元計測データの精度確認

調整した計測点群データから検証点の座標をもとめ、別途計測した検証点の標高及び水平位置座標値との差を算出する。x, y, z 座標のそれぞれの成分の差は±50mm以内であること。確認結果は、次図に示す様式で整理し提出する。

点検測量結果精度管理表(検証点・標高)

地区名		〇〇地区		作業者	〇〇 〇〇
				点検者	〇〇 〇〇
番号	点名	点検測量成果の 標高	3次元計測データの 平均標高	較差 ΔH	合否 出来形計測で±50mm以内 起工測量で±100mm以内 出来高計測で±200mm以内
1	K1	28.531	28.533	0.002	合格
2	K2	28.512	28.515	0.003	合格
3	K3	22.314	22.318	0.004	合格
4	K4	24.921	24.931	0.010	合格
5					
6					
7					
8					
較差の平均				0.005	
較差の標準偏差				0.007	

点検測量結果精度管理表(検証点・水平)

地区名		〇〇地区				作業者	〇〇 〇〇		
						点検者	〇〇 〇〇		
番号	点 名	検証点の計測座標		3次元計測データによる 調整用基準点の 水平座標		検証点の計測座標と3次元計測データによる 調整用基準点の較差と合否			
		X座標 (①)	Y座標 (②)	X座標 (③)	Y座標 (④)	ΔX (③-①)	合 否	ΔY (④-②)	合 否
1	G1	56.247	1024.313	56.26	1024.322	0.010	合格	0.009	合格
2	G2	97.231	1342.213	97.24	1342.226	0.006	合格	0.013	合格
3	G3	123.143	1399.74	123.15	1399.755	0.011	合格	0.011	合格
4	G4	239.46	1011.473	239.46	1011.475	0.000	合格	0.002	合格
5									
6									
7									
8									
較差の平均						0.007		0.009	
較差の標準偏差						0.009		0.011	

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内 (重複コースごとの標高値の較差の平均値±200mm以内)	4点以上/1㎡	■	■		
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内 (重複コースごとの標高値の較差の平均値±200mm以内)					
付帯構造物設置工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 -200mmの場合:±60mm以内 -100mmの場合:±30mm以内 ±50mmの場合:±15mm以内 ±30mmの場合:±10mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.0025㎡(0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		
法面工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
擁壁工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
擁壁工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内 ※地上写真測量については、長さが既知の評尺を用いて寸法計測精度が±10mm以内であることを確認する。	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ) 【落石雪害防止柵工の場合】 1点以上/0.0009㎡ (0.03m×0.03mメッシュ)	■	■		
擁壁工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
擁壁工	断面 管 理	無人航空機搭載型レーザースキャナ(UAVレーザー)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
構造物工 (橋脚・橋 台)	断面 管理	無人航空機搭載型レーザ ースキャナ(UAVレーザー)	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
		無人航空機搭載型レーザ ースキャナ(UAVレーザー)	計測場面 出来形計測	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 規格値 50mmの場合:±16mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±7mm以内 10mmの場合:±3mm以内	計測密度 1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		
土工 (1,000 m3未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	面 管理	土工で定める各計測技術 ・空中写真測量(UAV) ・地上レーザースキャナ ・地上移動体レーザース キャナ ・無人航空機搭載型レー ザースキャナ ・施工履歴データ ・地上写真測量	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、 各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施 工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる 出来形管理が適さない場合は、0.25㎡ (0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定す る技術においても1㎡を0.25㎡と置き換え て運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、 断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件 を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じ て計測することを施工計画に記載する場合 について、出来形計測時の検証点による精度 確認を標定点の設置精度の確認により代替 することができる。
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下	【出来形計測時】 1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)※1 【出来形評価時】 1点以上/出来形評価グリッド※2				
コンク リート堰 堤工	断面 管理	無人航空機搭載型レーザ ースキャナ(UAVレーザー)	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■	■		
		無人航空機搭載型レーザ ースキャナ(UAVレーザー)	計測場面 出来形計測	測定精度 【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	計測密度 1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)	■	■		

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

- 精度確認試験結果報告書（事前）
- 検証点による精度確認記録（計測後）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

- 3次元設計データ作成ソフトウェア、点群処理ソフトウェアなど

5) 飛行計画

利用するUAVレーザーについては以下の項目に留意し、飛行計画を作成することとする。

記載事項

- 所定の予測精度が確保できる飛行経路及び飛行高度等の算出結果
- 調整用基準点の概観及び設置位置、調整用基準点位置の測定方法を示した設置計画
- 計測区域を完全にカバーするよう飛行コースの設定

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 : _____
受 注 者 名 : _____
作 成 者 : _____ 印

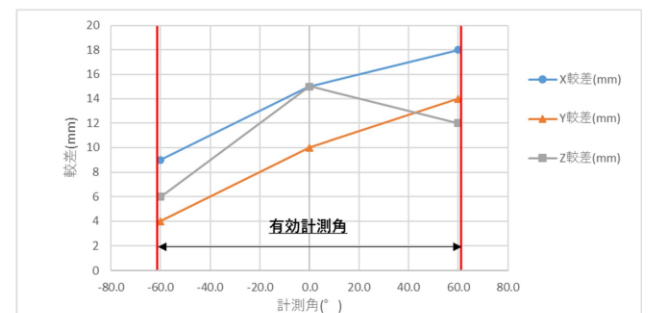
(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社 測定装置名称：TOKI 測定装置の製造番号：ABCK0001
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ 標高検証点との標高較差 ・ 水平位置検証点との座標較差
飛行対地高度	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

① 往路と復路の計測結果

点名	計測角 (°)	水平位置検証点				往路と復路の較差		点名	計測角 (°)	標高位置検証点			往路と復路の較差
		①	②	③	④	①-③	②-④			⑤	⑥	⑤-⑥	
KH01	60.0	48439.327	-39127.745	48439.309	-39217.759	18	14	KH01	60.0	18.424	18.412	12	
KH02	0.0	48440.284	-39247.068	48440.269	-39247.078	15	10	KH02	0.0	18.454	18.439	15	
KH03	-60.0	48441.010	-39269.496	48441.001	-39269.500	9	4	KH03	-60.0	18.446	18.440	6	



② 往路と復路の較差の確認（測定精度）

UAVレーザの計測結果による計測点座標 — 検証点座標
飛行対地高度 30m
有効計測角 60度 以内 ; 合格 (基準値±50mm 以内)

土工等の場合

技術概要集

トータルステーション (ノンプリズム方式)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

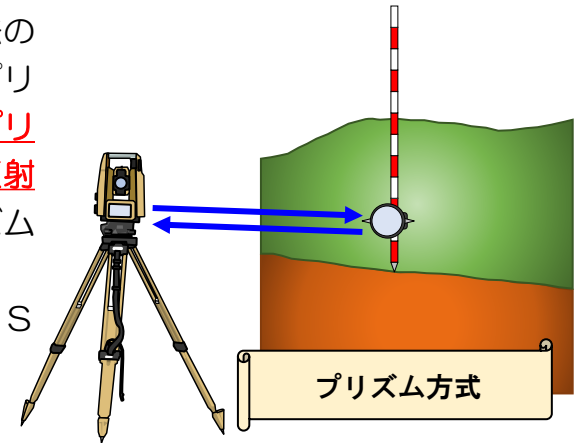
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

【TS:トータルステーション】

トータルステーション（Total Station）の略。1台の機械で計測対象点を望遠鏡で視準することにより、角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定し記録することができる電子式測距測角儀のことである。

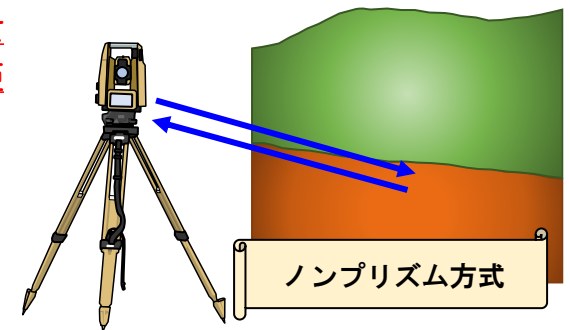
【TS（プリズム方式）】

トータルステーションを用いた計測手法のうち、被計測箇所にターゲットとなるプリズムを設置して計測する方法のこと。プリズムに照準を合わせ、プリズムからの反射光により測距する方法。利用するプリズムには1素子型や全周型などがある。
※TS本体に望遠鏡を装備していないTS等光波方式もある。



【TS（ノンプリズム方式）】

トータルステーションを用いた計測手法のうち、ターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して測距する方法。

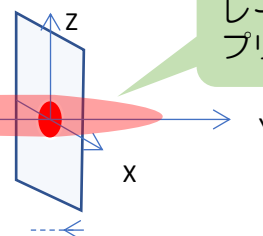


【TS（ノンプリズム方式）の計測原理】

【カタログの計測精度（例）】



距離精度：Y（±〇〇mm）
反射率90%の白色紙
（レーザーに垂直に設置）

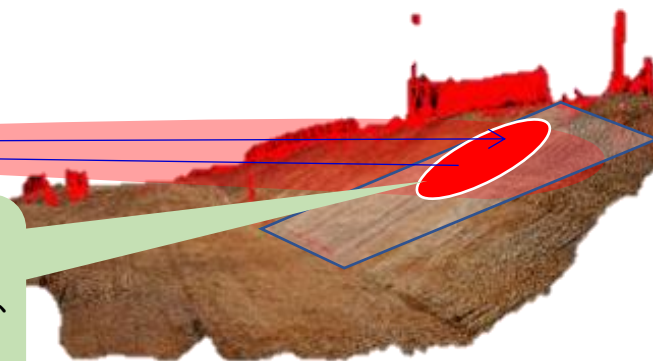


レーザー強度やスポット径（フットプリント）は各機種ごとに異なる。

【現場では？】



土砂などは反射率が小さい。
凹凸面の多い対象物、長距離の計測
ではレーザーが広範囲に広がるため、
測角と測距が不一致になることがあ
る。



ノンプリズム方式の計測では、レーザーの反射強度やレーザーのスポット径（フットプリント）など被計測対象の色や形状、測定面とレーザーの入射角により得られる結果に差が生じる。

※カタログ値は現場での計測精度を担保する値ではない。

つまり、現場での利用前に、同様の現場条件で精度確認を行う必要がある！

□TS（ノンプリズム方式）を用いた3次元出来形管理の種類

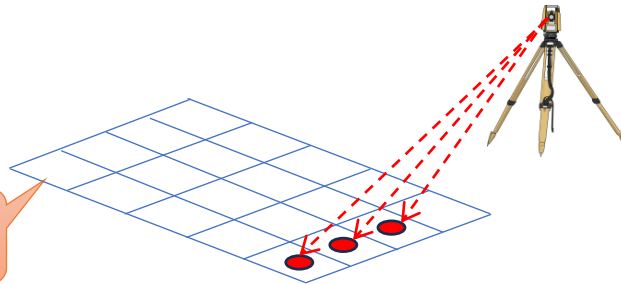
3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



取得座標値を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用

出来形評価用の
グリッドサイズ



【適用工種】

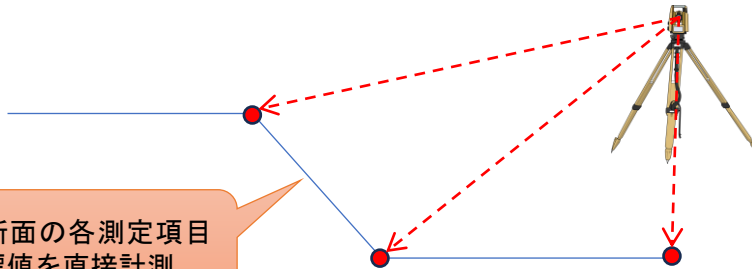
- 土工
- 土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- 舗装工



取得座標値を用いて断面管理をする。

従来 of 規格値を利用

管理断面の各測定項目
の座標値を直接計測



【適用工種】

- 土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- 護岸工
- 法面工
- トンネル工
- 基礎工
- 擁壁工
- 付帯道路施設工
- 電線共同溝工
- コンクリート堰堤工

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 事前精度確認の実施
- 1.4 計測計画

2. 現場計測

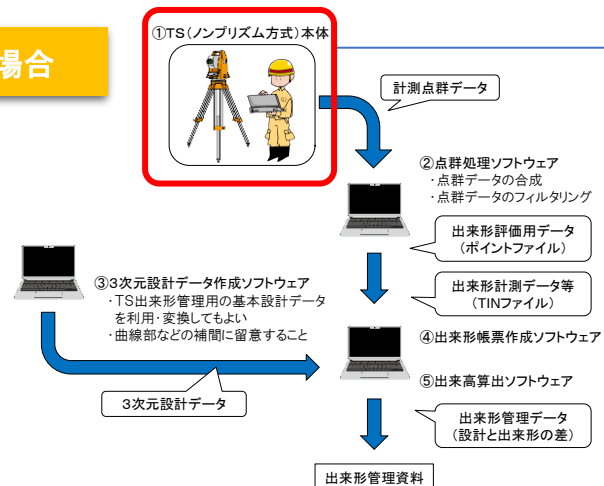
- 2.1 器械設置
- 2.2 TS（ノンプリズム方式）による計測の実施

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

出来形管理方法に応じて、TS（ノンプリズム方式）の計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

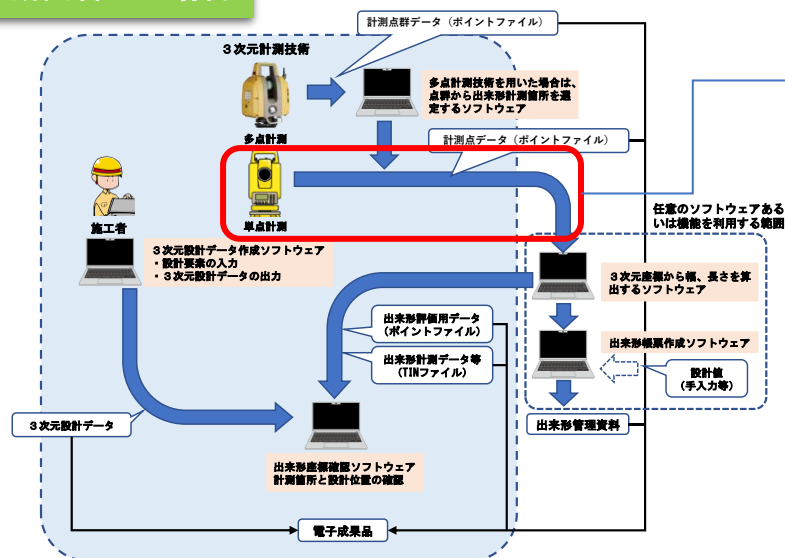
(1) 面管理の場合



- 1) TS（ノンプリズム方式）本体
- 2) 各種ソフトウェア

- ・受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・カタログや仕様書の提出は不要である。

(2) 断面管理の場合



- 1) 出来形管理用TS（ノンプリズム方式）本体
- 2) 各種ソフトウェア

- ・受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・カタログや仕様書の提出は不要である。

1.2 使用機器類の性能確認

TS（ノンプリズム方式）の計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- （１）精度管理の確認
- （２）計測性能の確認

（１）精度管理の確認

- ・精度管理について、校正証明書あるいは検査成績書により、適正な精度管理（有効期限内）であることが明記されている資料を添付する。

参考



- ・TS（ノンプリズム方式）がTS（プリズム方式）に付帯する機能として実装されている場合は器械本体の管理として、TS（ノンプリズム方式）の機能を有する本体の検査成績書を添付することも可能。
- ・添付する書類
国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格 JSIMA101/102 による適合区分B以上であることを証明する検査成績書等。

（２）計測性能の確認

工種ごと・場面（起工測量や出来形計測等）ごとに決められた測定精度を満たしていることを確認する。
また、測定精度を確認できる書類（精度確認試験結果報告書）を監督職員に提出する。

○精度確認方法

・事前の精度確認の実施

TS（ノンプリズム方式）の計測性能等の確認方法については、「**精度確認試験の実施結果の提出**」が必要である。また、工種によっては計測性能に応じて管理できる出来形測定項目に制限があるため、留意が必要である。

TS（ノンプリズム方式）を利用する場合は、国土地理院の認定の有無、器械の構成の有無に関係なく、精度確認試験による計測性能確認が必要である。

1.3 事前精度確認の実施

利用前にTS（ノンプリズム方式）の計測性能について確認を行うこととする。現状では定められた機器仕様の記述様式、機器検定手法がないことから、以下の方法で確認する。

（１）事前精度確認試験の実施 → 事前精度確認試験（利用前12か月以内）を実施し、その記録を提出。

1）実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

2）実施方法

①計測点の設定：計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に検証点を2点以上設置する。

②TS（舗装工で利用する場合はレベル）による計測（真値）：

計測点にプリズム（レベルを用いる場合はスタッフ）を設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものを使い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さ計測値から差し引く。プリズムをTSで視準し、3次元座標を計測する（レベルを利用する場合は、高さはレベル、水平位置についてはTSを用いる）。

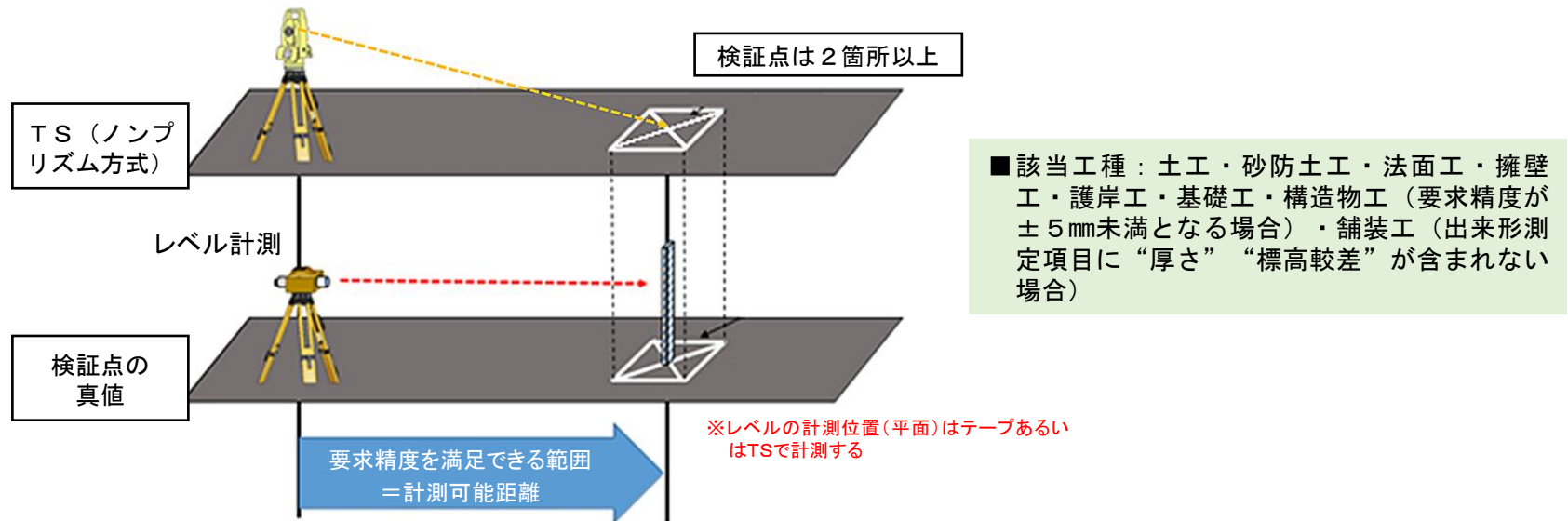
③上記2の計測値とTS（ノンプリズム方式）で計測した計測結果を比較し、その差が適正であることを確認する。



■土工、土工の精度確認方法に準拠する工種の精度確認試験方法



■舗装工、舗装工の精度確認方法に準拠する工種の精度確認試験方法



1.4 計測計画

TS（ノンプリズム方式）で計測する計画を立案します。

（１）面管理の場合

■該当工種：土工・舗装工

１）適用工種・計測範囲を設定する。

TS（ノンプリズム方式）で出来形管理を行う工種を記載する。

出来形の計測範囲を施工計画書に記載する。

※土工部分の周囲5m程度広げた範囲を基本とする。（構造物工は含まない）

２）TS（ノンプリズム方式）の計測計画を立案・確認する。

①計測距離の留意点

TS（ノンプリズム方式）と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。１回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、設置箇所を複数回に分けて実施すること。

②計測密度設定の留意点

出来形計測を行う場合は、TS（ノンプリズム方式）と計測対象範囲の位置関係を事前に確認し、出来形評価用データの点密度が1 m間隔以内（1 点/m²以上）で概ね等間隔に得られるよう計測する。

舗装工で利用する場合は、延長80m以下に1 箇所の割合で舗装端部を計測し、出来形評価用データに加えること。

※舗装端部の計測は、左右各端部について、延長80m以下に1 箇所計測すればよいため、同一測点上での計測はなくてもよい。なお、延長80m以下に1 箇所の割合で舗装端部を計測した場合に、既に出来形評価データが取得されている場合は端部のデータを優先し、出来形評価データとして採用する。

(2) 断面管理の場合

■該当工種：法面工・トンネル工・基礎工・擁壁工・付帯道路施設工・電線共同溝工・コンクリート堰堤

1) 適用工種・計測範囲を設定する。

TS（ノンプリズム方式）で出来形管理を行う工種を記載する。

出来形の計測範囲を施工計画書に記載する。

2) TS（ノンプリズム方式）の計測計画を立案・確認する。

①計測距離の留意点

TS（ノンプリズム方式）と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、設置箇所を複数回に分けて実施すること。

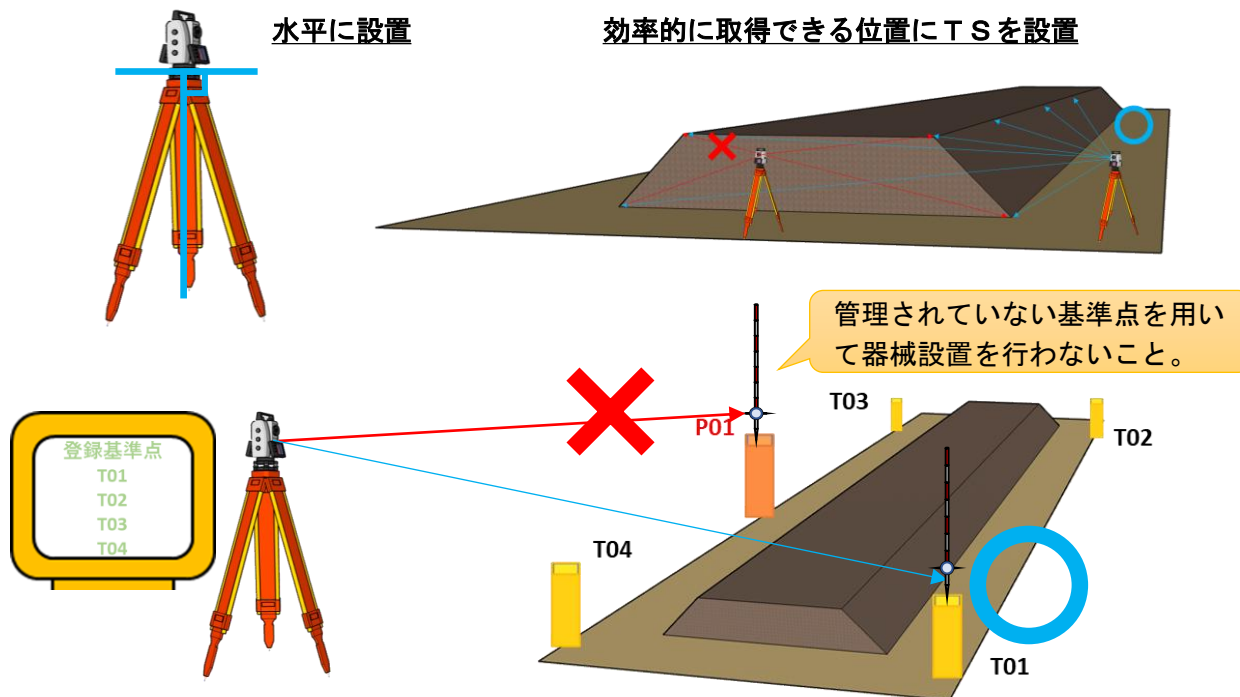
2 現場計測

2.1 器械設置

下記の事項に留意し、器械設置を行います。

1) TS（ノンプリズム方式）の器械設置時の留意事項

- TS（ノンプリズム方式）が水平に設置されていること。
- 出来形計測点を効率的に取得できる位置にTS（ノンプリズム方式）を設置すること。
- 測定精度を確保するため、TS（ノンプリズム方式）と被計測対象物ができるだけ正対したうえで可能な限り工事基準点上に設置すること。なお、工事基準点上の設置によりがたい場合は、後方交会法による任意の未知点への設置を認めている。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- 工事基準点は、3次元設計データに登録されている点を用いること。



TSを設置時に後方交会法を用いる場合の留意事項

新点の測距は後方交会点の内側

挟角 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内



機器を確実に設置



※踏み込んで三脚の脚先を埋めるなど

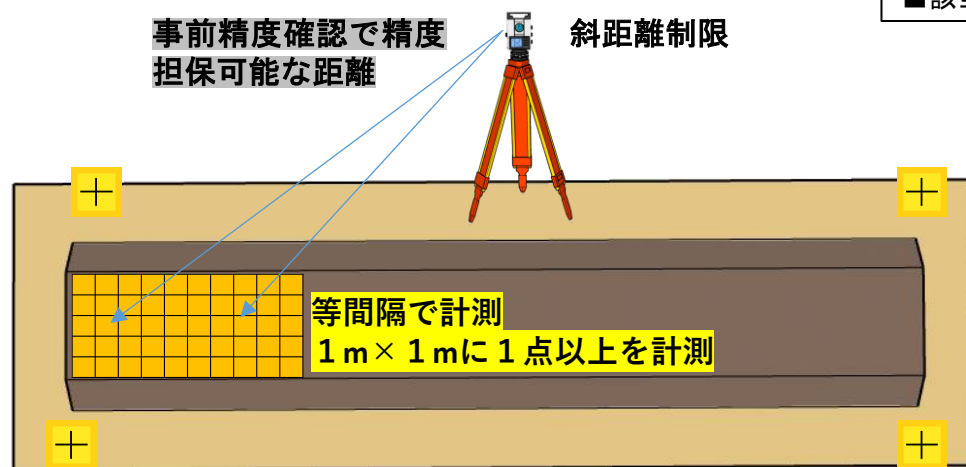
2.2 TS（ノンプリズム方式）による計測の実施

下記の内容に留意し、TS（ノンプリズム方式）を用いて計測を実施します。

■TS（ノンプリズム方式）による面計測時の留意事項

- ・TS（ノンプリズム方式）による出来形管理における出来形計測箇所は、全ての範囲で1.0mメッシュに1点以上の出来形座標値を取得する。

■該当工種：土工・舗装工

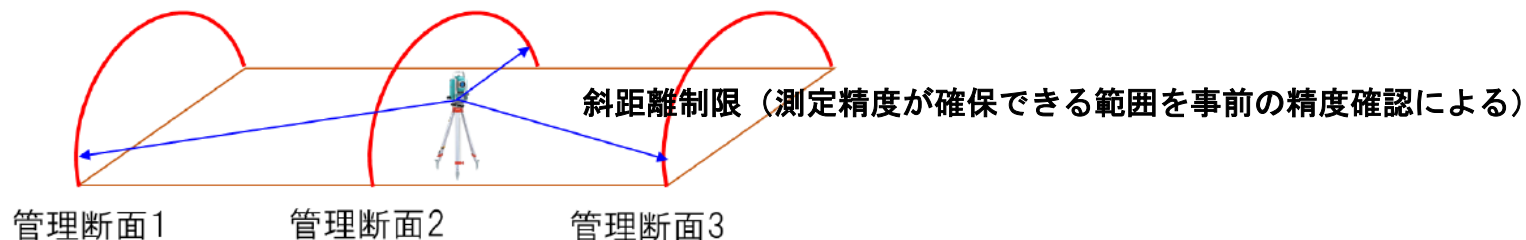


舗装工で利用する場合は、延長80m以下に1箇所の割合で舗装端部を計測し、出来形評価用データに加えること。

■TS（ノンプリズム方式）による断面計測時の留意事項

- ・TS（ノンプリズム方式）による出来形管理における出来形計測箇所は、全ての計測精度を満足できる距離内で座標値を取得する。

■該当工種：法面工・トンネル工・基礎工・擁壁工・付帯道路施設工・電線共同溝工・コンクリート堰堤工



適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
舗装工	面 管 理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	【鉛直方向】	計測密度	■			
			起工測量	○アスファルト舗装 ±20mm 以内 (路床表面) ±10mm 以内 (下層路盤・下層路盤表面) ±4mm 以内 (基層・中間層・表層表面)	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			出来形計測	○コンクリート舗装 ±20mm 以内 (路床表面) ±10mm 以内 (下層路盤・粒度調整路盤・セメント(石灰・瀝青) 安定処 理表面) ±4mm 以内 (アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面)	【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
				【平面方向】※点間距離 ○アスファルト舗装 ±20mm 以内 (路床・下層路盤・上層路盤表面) ±10mm 以内 (基層・中間層・表層表面)	【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
				○コンクリート舗装 ±20mm 以内 (路床・下層路盤・粒度調整路盤・ セメント(石灰・瀝青)安定処理表面) ±10mm 以内 (アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面)					
付帯構造 物設置工	断 面 管 理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 -200mm の場合:±60mm 以内 -100mm の場合:±30mm 以内 ±50mm の場合:±15mm 以内 ±30mm の場合:±10mm 以内	【出来形計測】 1点以上/0.0025㎡(0.05m× 0.05mメッシュ)				
法面工	断 面 管 理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
		TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値200mm の場合:±20mm 以内 100mm の場合:±10mm 以内 50mm の場合:±5mm 以内	—				

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
トンネル 工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±20mm以内 100mmの場合:±10mm以内 50mmの場合:±5mm以内	—	■			
基礎工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±20mm以内 100mmの場合:±10mm以内 50mmの場合:±5mm以内					
			※場所打ち 杭の場合						
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 杭・矢板の中心位置の測定精度 水平(x, y) :各±30mm以内 標高(z) :±15mm以内	—	■			
			※既製杭工・ 矢板工の場 合	【傾斜(杭の場合のみ)】 杭の傾斜の測定精度 :1/300以内					
擁壁工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	—	■			
		TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±30mm以内 100mmの場合:±30mm以内 50mmの場合:±15mm以内 30mmの場合:±10mm以内 20mmの場合:±5mm以内	—	■			
土工 (1,000 m3未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向】 ±30mm以内 【平面方向】 ±20mm以内					
			出来形計測	【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	—	■			
付帯道路 施設工等	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±10mm 以内	—	■			

工種	管理 手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
電線共同 溝工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±10mm 以内	—				
コンク リート堰 堤工	断面 管理	TS(ノンプリズム方式)	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合:±20mm以内 100mmの場合:±10mm以内 50mmの場合:±5mm以内 30mmの場合:±5mm以内 20mmの場合:±5mm以内	—				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 精度確認試験結果報告書（事前）

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

■ 3次元設計データ作成ソフトウェアなど

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____
受注者名：_____
作成者：_____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：TS9800 測定装置の製造番号：T0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・TS（プリズム方式）とTS（ノンプリズム方式）の、検証点の各座標の較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②TS（ノンプリズム方式）による計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.729	-11987.665	17.901
	2 点目	44060.812	-11993.404	17.543
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.009	0.010	0.011
	2 点目	0.015	0.014	0.013

x 成分（最大）=0.015m（15mm）；合格（基準値±20mm 以内）

y 成分（最大）=0.014m（14mm）；合格（基準値±20mm 以内）

z 成分（最大）=0.013m（13mm）；合格（基準値±20mm 以内）

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____
受注者名：_____
作成者：_____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：TS9800 測定装置の製造番号：T0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・平面方向：試験計測点の平面位置 ・鉛直方向：試験計測点の高さ
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

対象工種：表層

計測距離：100m

■平面方向

		x 座標	y 座標	点間距離
①真値の計測結果 (点間距離L)	1 点目	44044.710	-11987.615	17.060m
	2 点目	44060.775	-11993.355	
②TS (ノンプリズム方式) による計測結果 (点間距離L')	1 点目	44044.700	-11987.621	17.067m
	2 点目	44060.775	-11993.355	
③差の確認 (測定精度)		17.067m－17.060m ＝ 0.007m (7mm)		
(L') － (L)		基準値 ±10mm 以内	合格	

■鉛直方向

	計測距離	z 座標
①試験計測点の高さ (z)	30m	8.080m
	50m	8.084m
②TS（ノンプリズム方式）による確認 (z')	30m	8.081m
	50m	8.082m
③差の確認（測定精度） (z') - (z)	30m	0.001m (1mm)
	50m	-0.002m (-2mm)
基準値	±4mm 以内	
可否	合格	

土工等・付帯道路施設工等
・電線共同溝工の場合

舗装工の場合

技術概要集

T S等光波方式



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□TS等光波方式とは？

1 台の機械で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことで、計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができる機器を使用して、被計測箇所にターゲットとなるプリズムを設置して計測する技術。



計測原理

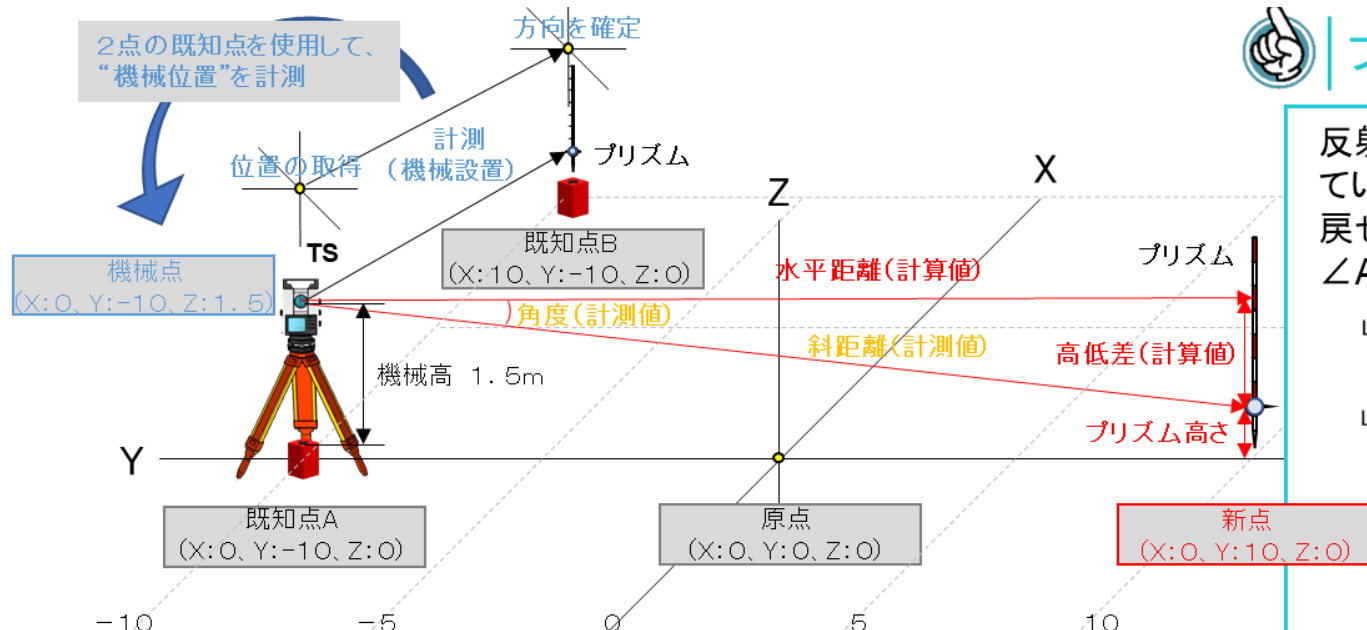
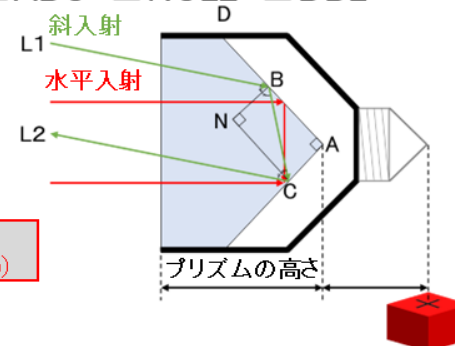
プリズム（反射鏡）に照射した、TSから放たれる光波をTSで受光することにより斜距離と角度を計測する。



プリズムの反射原理

反射プリズムは完全に正対していなくてもTSにレーザー光を戻せる機能を持つ。

$$\angle ABC = \angle NCL2 = \angle DBL$$



新
点
計
測

①機械点から新点までの斜距離(20.056m)と角度(4.3°)を計測。

※プリズム高さ(10cmなど)を機械に事前に入力することで、計測高さから入力値を減じた値で計測している。

②水平距離を計算 $a = c \cos \theta$ $a = 20\text{m}$ 、高低差を計算 $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ $b = -1.5\text{m}$

③機械点(X:0、Y:-10、Z:1.5)から、Y方向に20m、Z方向に-1.5m。よって、新点(X:0、Y:10、Z:0)

□ T S 等光波方式を用いた 3 次元出来形管理の種類

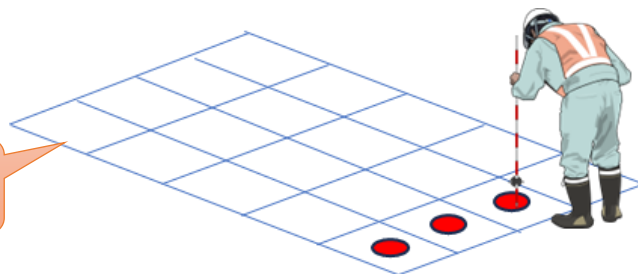
3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



取得座標値を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用

出来形評価用の
グリッドサイズ



【適用工種】

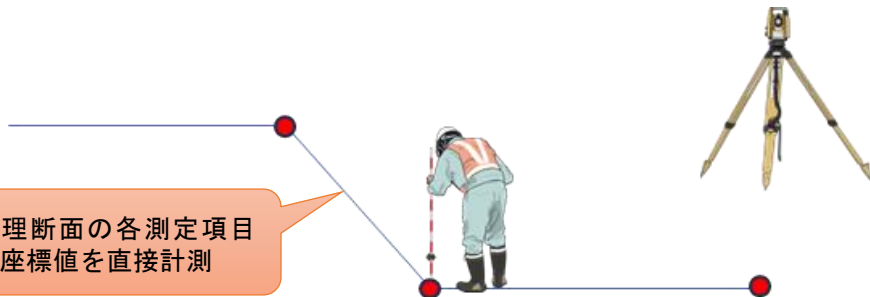
- 土工
- 土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- 舗装工



取得座標値を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用

管理断面の各測定項目
の座標値を直接計測



【適用工種】

- 土工
- 土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- 舗装工
- 路面切削工
- 護岸工
- 法面工
- 基礎工
- 擁壁工
- 構造物工（橋脚・橋台）
- 構造物工（橋梁上部）
- 付帯道路施設工
- 電線共同溝工
- コンクリート堰堤工

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認

2. 現場計測

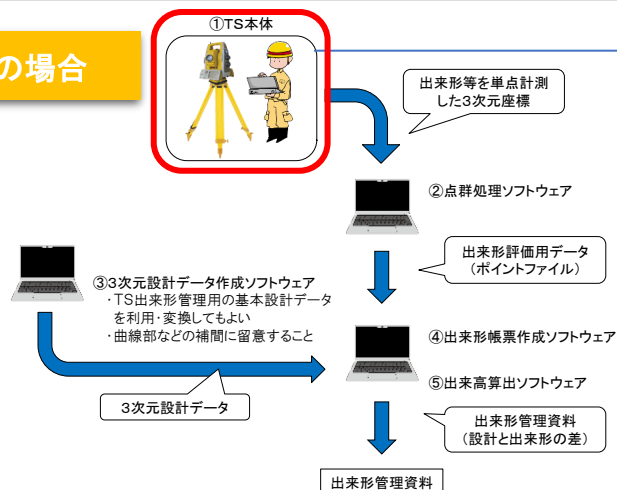
- 2.1 器械設置
- 2.2 T Sによる計測の実施

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

出来形管理方法に応じて、TS等光波方式の計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

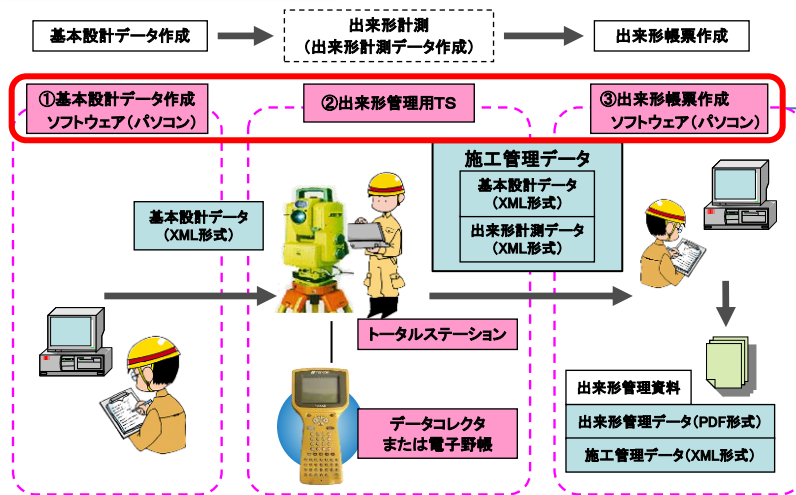
(1) 面管理の場合



- 1) TS等光波方式本体
- 2) 各種ソフトウェア

- ・受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・カタログや仕様書の提出は不要である。

(2) 断面管理の場合



- 1) 出来形管理用TS（ハードウェア及びソフトウェア）

- ・受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・カタログや仕様書の提出は不要である。

1.2 使用機器類の性能確認

T S等光波方式の計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 精度管理の確認
- (2) 計測性能の確認

(1) 精度管理の確認

施工計画書に記載し、下記のいずれかの書類を提出

- ・ 検定機関が発行する有効な検定証明書
- ・ 測量機器メーカー等が発行する校正証明書

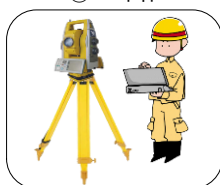
		発行番号 TSC-230150		
		発行日 2023年6月26日		
検定証明書				
使用するTS名				
品 名		機器名称		
機械番号		LZ3060		
検 査 日		2023年 6月 26日		
検 査 員		検査員名		
社内検査の結果を下記の通りご報告致します。				
No	種 類	検査項目	測定結果	許容値
1	総合精度	再現性 水平位置	良	3 mm (2σ)
		再現性 高度位置	良	6 mm (2σ)
		位置精度 水平位置	良	±5 mm
		位置精度 高度位置	良	±10 mm
2	機構部	レーザー求心精度	良	1.0 mm以下

(2) 計測性能の確認

T S等光波方式の計測性能等の確認方法については、「①計測性能を証明できる書類の提出（国土地理院登録品の場合等）」と「②精度確認試験の実施結果の提出（国土地理院登録品ではない場合）」に分類される。

また、工種によっては計測性能に応じて管理できる出来形測定項目に制限があるため、留意が必要である。

①TS本体



→ ①計測性能を証明できる書類の提出（国土地理院登録品の場合）

→下記のいずれかの書類を提出

- ・国土地理院3級以上の登録品であることを示すメーカーのカタログあるいは機器仕様書。
- ・国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA101/102による適合区分B以上であることを証明する検査成績書等。

国土地理院認定3級TSの要求性能
公称測定精度：±（5mm+5ppm×D）※
最小目盛値：20″以下
※D値は計測距離（m）、ppmは 10^{-6}



ただし、舗装工で利用する場合においては以下のとおりとなる。

○出来形測定項目に“厚さ”“標高較差”が含まれるが、表層・基層は含まれない場合

→国土地理院認定3級以上の登録品かつ
最小目盛値5″より高精度の機器であること

国土地理院認定3級TSの要求性能
公称測定精度：±（5mm+5ppm×D）※
最小目盛値：最小目盛値：5″
※D値は計測距離（m）、ppmは 10^{-6}

○出来形測定項目に“厚さ”“標高較差”が含まれ、表層・基層も含む場合

→下記のいずれかの書類を提出

- ・国土地理院1級以上の登録品であることを示すメーカーのカタログあるいは機器仕様書。
- ・国土地理院において、測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA101/102による適合区分A以上であることを証明する検査成績書等。

②精度確認試験の実施結果の提出（国土地理院登録品ではない場合）

■規格値による要求精度 5 mm 以上の場合：国土地理院認定 3 級以上（真値）とした精度確認を実施し、精度を満足していることを確認する。

■規格値による要求精度 5 mm 未満の場合：国土地理院認定 2 級以上（鉛直精度についてはレベルとの確認でもよい）を（真値）とした精度確認を実施し、精度を満足していることを確認する。

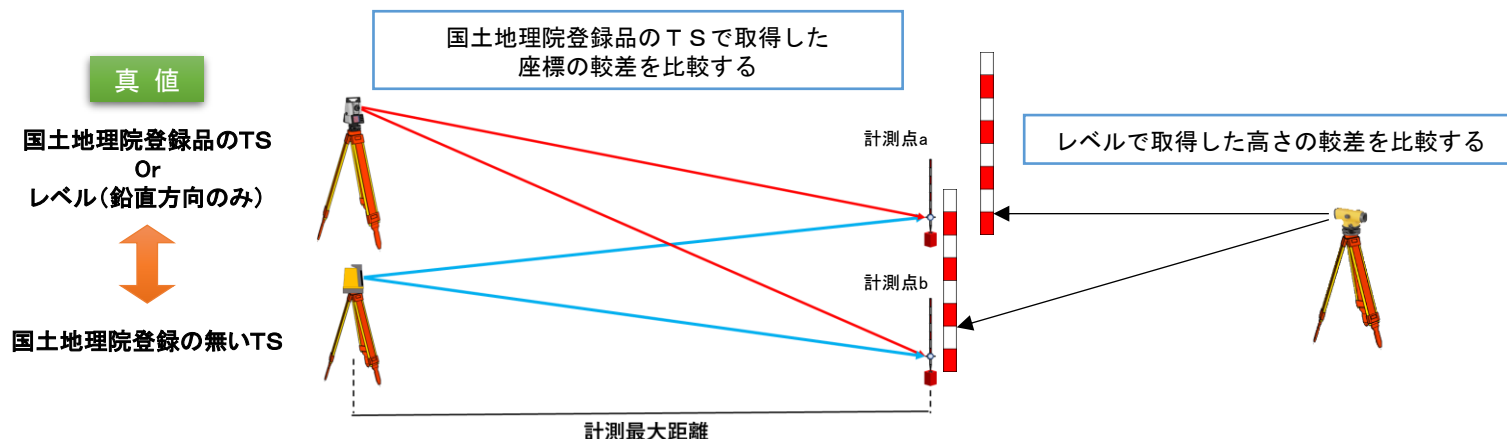
※規格値による要求精度の詳細については、「（巻末）適用工種・要求精度一覧」を参照のこと。

・実施時期：

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

・実施方法：

- 計測点の設定：計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に 2 点以上の計測点を設定する。
- T S による計測（真値）：計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものをを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に、平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さ計測値から差し引く。プリズムを T S で視準し、3 次元座標を計測する。
- 国土地理院で規定がない T S 等光波方式による計測：プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものは、プリズムを自動追尾する機能により 3 次元座標を計測する。
- T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式で計測した計測結果を比較し、その差が適正であることを確認する。



補足

なお、計測に以下のプリズムを用いる場合においては、別途事前精度確認を行い、結果を提出すること。
精度確認方法は、各精度確認ガイドラインを参照のこと。

- ・ 傾斜補正機能付きプリズム
- ・ 地上移動体搭載型プリズム

【地上移動体】

人力または各種動力によって、地上を移動することができる機構を有する装置。

【地上移動体搭載型プリズム】

地上移動体搭載型プリズムは、移動する機構を有するプリズムである。路床等の出来形計測において活用される。

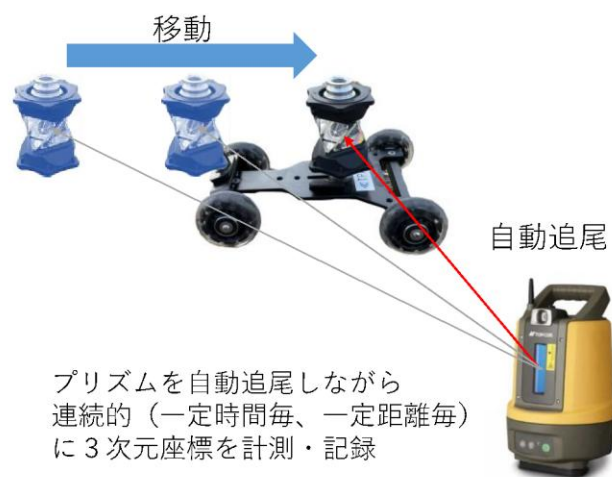


図1-24 地上移動体搭載型プリズム

【傾斜補正機能】

傾斜補正機能とは、3次元座標計測を行う際の計測機器等の傾きを計測し、3次元座標計測結果を補正する機能。

2 現場計測

2.1 器械設置

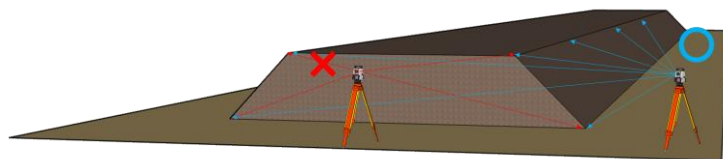
下記の事項に留意し、器械設置を行います。

(1) TSの器械設置時の留意事項

- TSが水平に設置されていること。
- 出来形計測点を効率的に取得できる位置に出来形管理用TSを設置すること。
- TSは可能な限り基準点上に設置するものとし、やむを得ない場合は、後方交会法によりTSを設置する。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- 器械高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。
- 後方交会法においては、2点の工事基準点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内とする。
- TSと工事基準点の距離が近いと、基準点上に立てるプリズムがTSの望遠鏡で大きく見えるため、視準の中心をプリズムの中心に合わせることが難しくなり、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。
- 工事基準点は、3次元設計データに登録されている点を用いること。



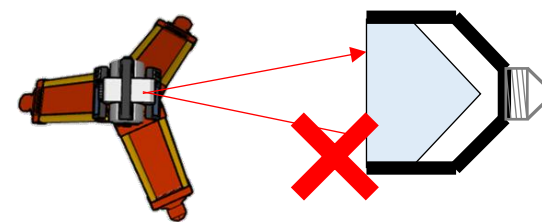
効率的に取得できる位置にTSを設置



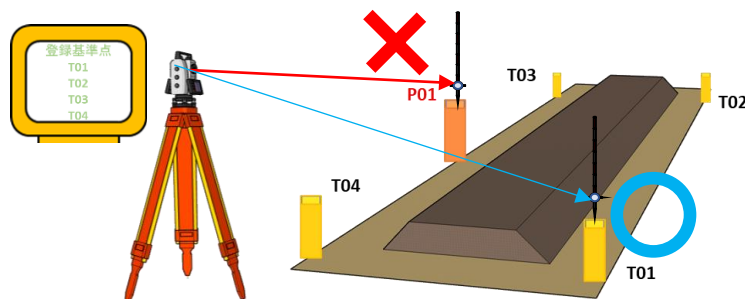
機器を確実に設置



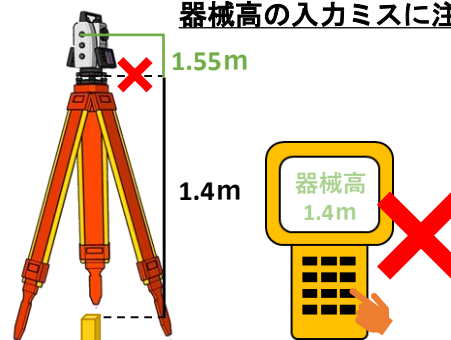
※踏み込んで三脚の脚先を埋めるなど



管理されていない基準点を用いて器械設置を行わない

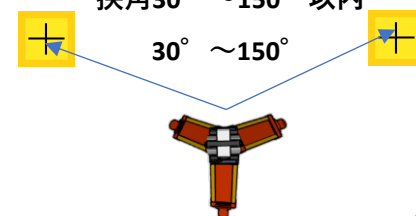


器械高の入力ミスに注意



TSを設置時に後方交会法を用いる場合の留意事項

挟角 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内
 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$



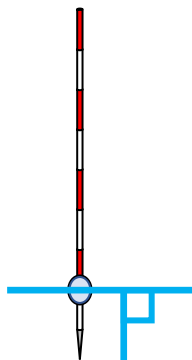
2.2 TSによる計測の実施

下記の内容に留意し、TSを用いて計測を実施します。

■プリズム使用における留意事項

- プリズムは、傾きがないように正しく設置すること。
- プリズムは、TSの方向へ正対するよう設置すること。
- 計測中にやむを得ずプリズムの高さを変更した場合は、確実に相互確認する。
- プリズムは、傾きや地面への刺さりがないよう正しく設置する。
- 傾斜補正機能付きプリズムを用いる場合は、事前精度確認試験で実施した最大傾斜以上に傾けて設置しないこと。
- 地上移動体搭載型プリズムは測線の縦横断勾配が大きくなるほど誤差が増大する傾向があるため、出来形計測時の測線の方向は極力縦横断勾配が少なくなるように定めること。

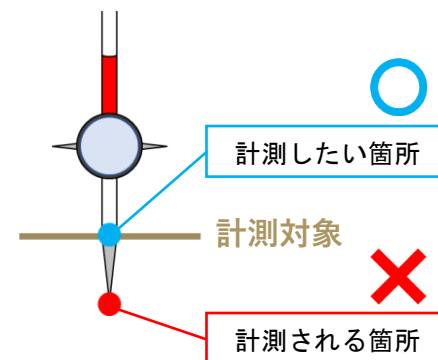
傾きがないように設置



プリズム高さ相互確認



地面への刺さりがないよう設置

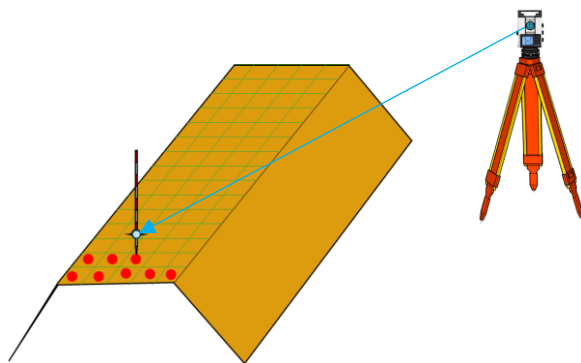


■TSによる面計測時の留意事項

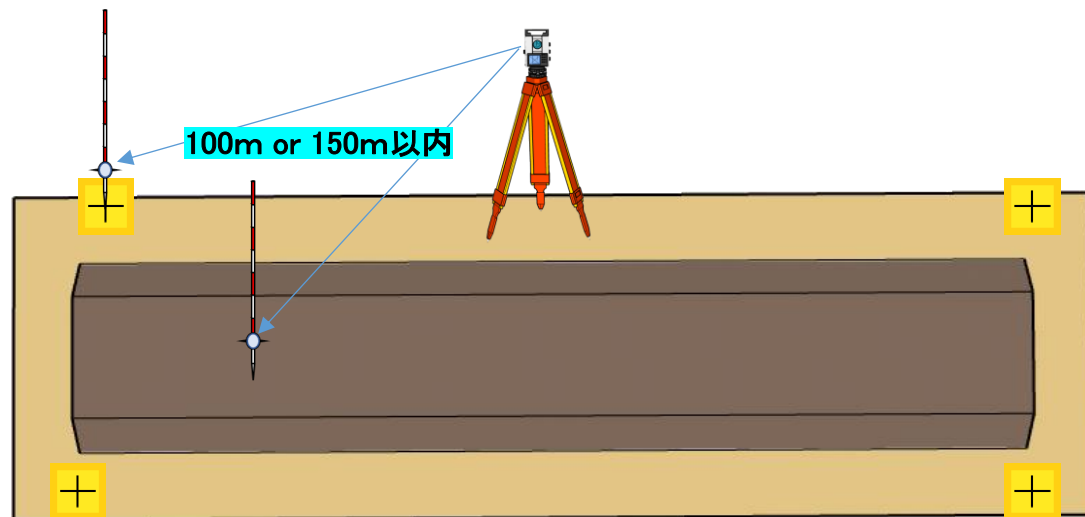
- TSによる出来形管理における出来形計測箇所は、全ての範囲で出来形評価グリッドに1点以上（1.0mメッシュに1点以上）の出来形座標値を取得する。
- 厚さを測定する場合、基本設計データに出来形計測点として入力した点と、実際に出来形計測を行う点の平面位置のずれが水平距離で50mm以内になるように、計測を行うこと。（厚さ管理の場合）

※ICT土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工においては、施工幅1m未満の場合等、1m²のグリッドが適さない場合、出来形評価グリッドを0.25m²（0.5m×0.5m）とする。

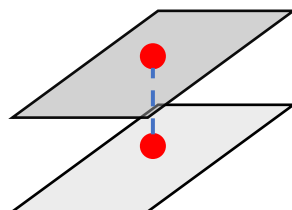
等間隔で計測



斜距離制限



水平方向で50mm以内であること



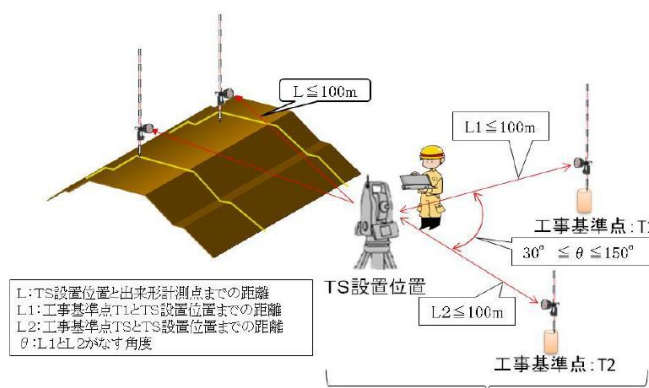
現況層の
出来形計測点

下層の
出来形計測点

■TSによる断面計測時の留意事項

- 出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用TSを用い、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形又は法線や法肩、法尻等）の選択を行う。
- 計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力、又は選択する必要がある。
- 出来形管理用TSと工事基準点までの距離については、測定精度確保の観点から100m以内（1級2級TSを使用する場合は150m以内）とし、後方交会法においては、2点の工事基準点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内とする。
- 出来形管理用TSと出来形計測点までの斜距離については、土工は100m以内（2級TSを使用する場合は150m以内）、舗装は100m以内（1級2級TSを使用する場合も同様に100m以内）とする。ただし、TSと後視点の距離を超えないこと。
- 計測結果の再現性を高めるため、同じ出来形計測点の測定にあたっては、毎回同じ工事基準点を使用する（舗装工の場合）。

基準点～TS～計測点までの斜距離制限
(土工)

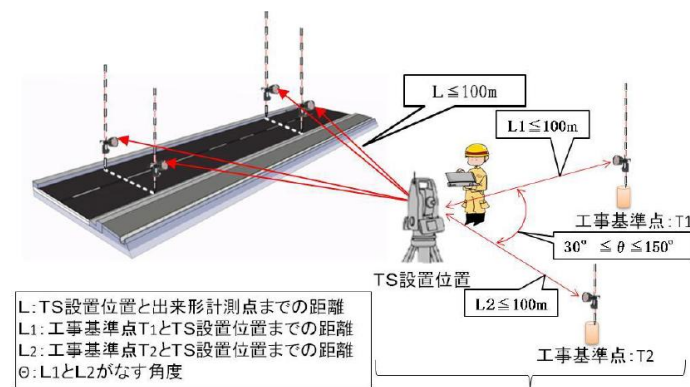


※後方交会法を用いる場合の注意点(3級の例)

3級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 100m$, $L2 \leq 100m$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$

2級TS: $L \leq 150m$, $L1 \leq 150m$, $L2 \leq 150m$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$

基準点～TS～計測点までの斜距離制限
(舗装工)



※後方交会法を用いる場合の注意点(3級の例)

3級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 100m$, $L2 \leq 100m$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$

2級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 150m$, $L2 \leq 150m$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	TS等光波方式	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			起工測量	公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下	国土地理院で登録がない場合					
			岩線計測	※最小目盛値20" 以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶	【鉛直方向】 ±10mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			部分払い 出来高計測	例:計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	【平面方向】 ±20mm以内				■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
	断 面 管 理	TS等光波方式	出来形計測			【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
						【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
			計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			起工測量	公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下	国土地理院で登録がない場合					
			岩線計測	※最小目盛値20" 以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶	【鉛直方向】 ±10mm以内					
			部分払い 出来高計測	例:計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	【平面方向】 ±20mm以内	—			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
舗装工	面管理	TS等光波方式	計測場面 起工測量	【鉛直方向】 ○アスファルト舗装 ±20mm 以内（路床表面） ±10mm 以内（下層路盤・下層路盤表面） ±4mm 以内（基層・中間層・表層表面） ○コンクリート舗装 ±20mm 以内（路床表面） ±10mm 以内（下層路盤・粒度調整路盤・セメント（石灰・瀝青）安定処理表面） ±4mm 以内（アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面）	計測密度 1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
			出来形計測	【平面方向】※点間距離 ○アスファルト舗装 ±20mm 以内（路床・下層路盤・上層路盤表面） ±10mm 以内（基層・中間層・表層表面） ○コンクリート舗装 ±20mm 以内（路床・下層路盤・粒度調整路盤・セメント（石灰・瀝青）安定処理表面） ±10mm 以内（アスファルト中間層・コンクリート舗装版表面）	【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
					【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
	断面管理	TS等光波方式	計測場面 出来形計測	計測性能 公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D値は計測距離(m)、ppmは10 ⁻⁶ 例：計測距離100mの場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mmの誤差となる	測定精度 国土地理院で登録品ではない場合： 【鉛直方向】 ±5mm以内 【平面方向】 ±5mm以内 注)ただしこの場合でも、国土地理院認定1級と同等以上として使用することはできない。	計測密度 —		■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
路面 切削工	面管理	TS等 光波方式		計測性能 公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D値は計測距離(m)、ppmは10 ⁻⁶ 例：計測距離100mの場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mmの誤差となる	測定精度 国土地理院で登録がない場合： 【鉛直方向】 ±5mm以内 【平面方向】 ±5mm以内 注)ただしこの場合でも、国土地理院認定1級と同等以上として使用することはできない。	計測密度 —		■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
付帯構造 物設置工	断面 管理	TS等 光波方式		計測性能	測定精度	計測密度			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
				公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	—				
法面工	断面 管理	TS等 光波方式		計測性能	測定精度	計測密度			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
				公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	—				
基礎工	断面 管理	TS等 光波方式	計測場面 出来形計測	計測性能	測定精度	計測密度			■	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
				公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	—				
擁壁工	断面 管理	TS等 光波方式		計測性能	測定精度	計測密度			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
				公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合：±20mm以内 100mmの場合：±10mm以内 50mmの場合：±5mm以内 30mmの場合：±5mm以内 20mmの場合：±5mm以内	—				

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
構造物工 (橋脚・橋台)	断面 管理	TS等 光波方式		計測性能 公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20" 以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	測定精度 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	計測密度 —		■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
構造物工 (橋梁架設・床版)	断面 管理	TS等光波方式		計測性能 公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下 ※最小目盛値20" 以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	測定精度 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	計測密度 —		■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
土工 (1,000 m3未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	断面 管理	TS等光波方式	計測場面 起工測量	測定精度 【鉛直方向】 ±30mm以内 【平面方向】 ±20mm以内	計測密度 —			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
			出来形計測	【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±20mm以内					
付帯道路 施設工等	断面 管理	TS等光波方式	計測場面 起工測量	計測性能 公称測定精度：±(5mm+ 5ppm×D)以下※最小目盛値 20" 以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は10 ⁻⁶ 例：計測距離100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) =±5.5mm の誤差となる	測定精度 国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±10mm以内	計測密度 —		■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測 出来形計測						

工種	管理 手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
電線共同 溝工	断面 管理	TS等光波方式	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			出来形計測	公称測定精度： $\pm(5\text{mm}+5\text{ppm}\times D)$ 以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は 10^{-6} 例：計測距離100m の場合は、 $\pm(5\text{mm}+5\times 10^{-6}\times 100\text{m})$ $=\pm 5.5\text{mm}$ の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向】 $\pm 10\text{mm}$ 以内 【平面方向】 $\pm 10\text{mm}$ 以内	—			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要
コンク リート堰 堤工	断面 管理	TS等光波方式	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			出来形計測	公称測定精度： $\pm(5\text{mm}+5\text{ppm}\times D)$ 以下 ※最小目盛値20"以下 ※D 値は計測距離(m)、ppm は 10^{-6} 例：計測距離100m の場合は、 $\pm(5\text{mm}+5\times 10^{-6}\times 100\text{m})$ $=\pm 5.5\text{mm}$ の誤差となる	国土地理院で登録がない場合 【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合： $\pm 20\text{mm}$ 以内 100mmの場合： $\pm 10\text{mm}$ 以内 50mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内 30mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内 20mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内	—			■※	※国土地理院で登録がないTS等光波方式を利用する場合は事前精度確認が必要

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

- 計測性能を証明できる書類（国土地理院登録品等）
- 精度確認試験の実施結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

- 3次元設計データ作成ソフトウェア（基本設計データ作成ソフトウェア）など

作成例①：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____
受注者名：_____
作成者：_____印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇〇構内道路改修工事にて
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式の、検証点の各座標の較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②国土地理院で規定がない T S 等光波方式による計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.722	-11987.656	17.893
	2 点目	44060.802	-11993.394	17.533
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.002	0.001	0.003
	2 点目	0.005	0.004	0.003

x 成分（最大）＝0.005m（5mm）；合格（基準値±20mm 以内）

y 成分（最大）＝0.004m（4mm）；合格（基準値±20mm 以内）

z 成分（最大）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±10mm 以内）

土工等・付帯構造物工の場合

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工事名：_____
受注者名：_____
作成者：_____印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇〇構内道路改修工事にて
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式の、検証点の各座標の較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②国土地理院で規定がない T S 等光波方式による計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.722	-11987.656	17.893
	2 点目	44060.802	-11993.394	17.533
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.002	0.001	0.003
	2 点目	0.005	0.004	0.003

x 成分（最大）＝0.005m（5mm）；合格（基準値±5mm 以内）

y 成分（最大）＝0.004m（4mm）；合格（基準値±5mm 以内）

z 成分（最大）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±5mm 以内）

舗装工・路面切削工の場合

作成例②：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：_____
受 注 者 名：_____
作 成 者：_____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式の、検証点の各座標の較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②国土地理院で規定がない T S 等光波方式 による計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.722	-11987.656	17.893
	2 点目	44060.802	-11993.394	17.533
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	0.002	0.001	0.003
	2 点目	0.005	0.004	0.003

x 成分（最大）＝0.005m（5mm）；合格（基準値±10mm 以内）

y 成分（最大）＝0.004m（4mm）；合格（基準値±10mm 以内）

z 成分（最大）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±10mm 以内）



技術概要集

RTK-GNSS

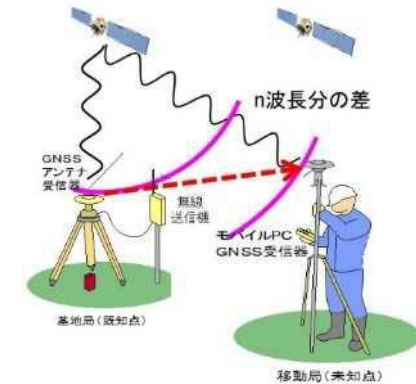


- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ RTK-GNSSとは？

RTKとは、リアルタイムキネマティックの略で、測位衛星から発信される搬送波を用いた計測手法である。既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。現場内に設置する既知点のほか、国土地理院が管理する電子基準点、国土地理院の認定する民間電子基準点A級、B級、およびVRS等（ネットワーク型RTK-GNSS）を利用することができる。



RTK-GNSSでは、 n を確定させるために5つの衛星の搬送波を同時に観測する

図 RTK-GNSS

□ ネットワーク型RTK-GNSSとは？

ネットワーク型RTK-GNSSの方式は、VRS (Virtual Reference Station、仮想基準点) 方式と、FKP (Flächen Korrektur Parameter、面補正パラメータ) 方式等がある。RTK-GNSSで利用する基地局の補正情報の代わりに、近傍にある1つまたは複数の電子基準点データを元に作成した補正情報によって同様な測位を行う方式。このため、基地局のアンテナおよび受信機の設置は不要となるが、インターネットを介して補正情報を受信する装置およびデータ提供会社との契約が別途必要となる。

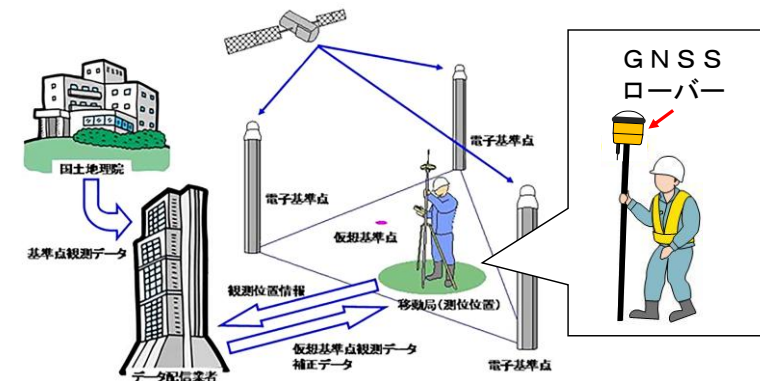


図 ネットワーク型RTK-GNSSとGNSSローパー

□ GNSSローバーとは？

RTK-GNSS測位に用いられる移動局のことで、i-Constructionでは主に単点観測法で用いるGNSS受信機を備えた計測機器をいう。

□RTK-GNSSを用いた3次元出来形管理の種類

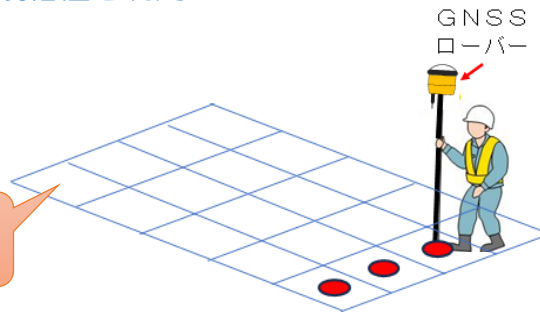
3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



取得座標値を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用

出来形評価用の
グリッドサイズ



【適用工種】

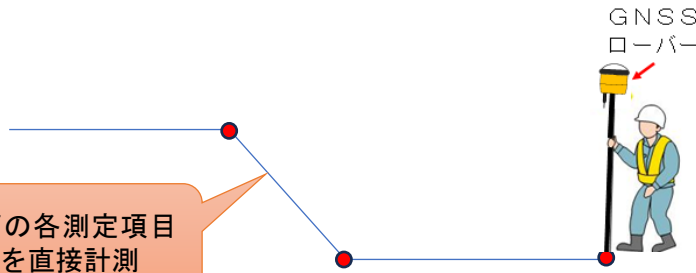
- ・土工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工



取得座標値を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用

管理断面の各測定項目
の座標値を直接計測



【適用工種】

- ・土工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・法面工
- ・擁壁工
- ・付帯道路施設工
- ・電線共同溝工
- ・コンクリート堰堤工

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認

2. 現場計測

- 2.1 基準局の定義
- 2.2 出来形管理用RTK-GNSSの基準局の設置
- 2.3 ローカライゼーション
- 2.4 RTK-GNSSによる計測の実施

1 計測準備

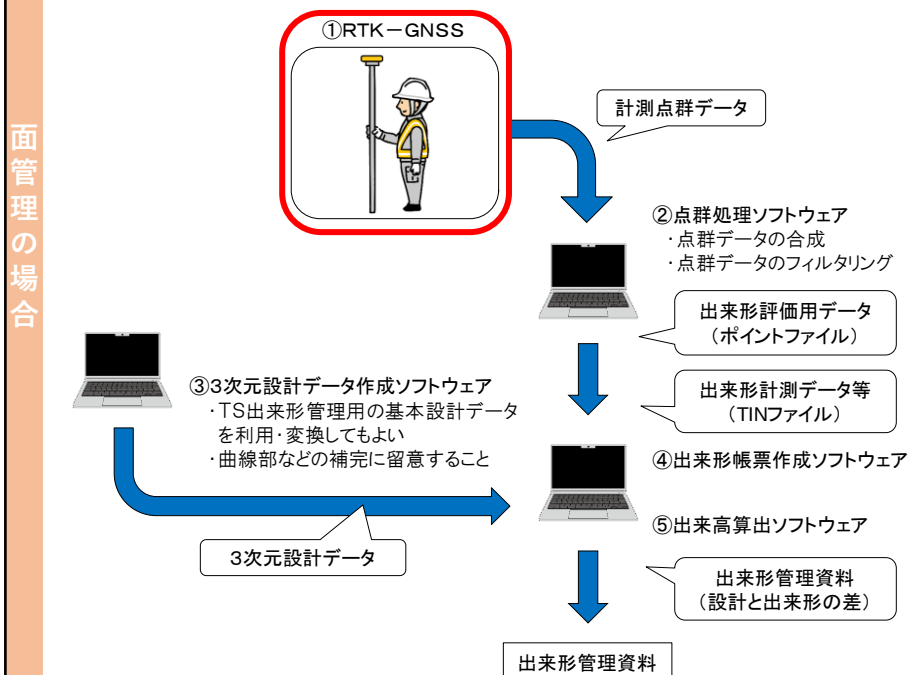
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

出来形管理方法に応じて、RTK-GNSSの計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

面管理の場合

- 1) GNSS本体
- 2) 各種ソフトウェア

- ・ 受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・ カタログや仕様書の提出は不要である。



参考: 出来形管理用RTK-GNSSソフトウェアが有すべき機能

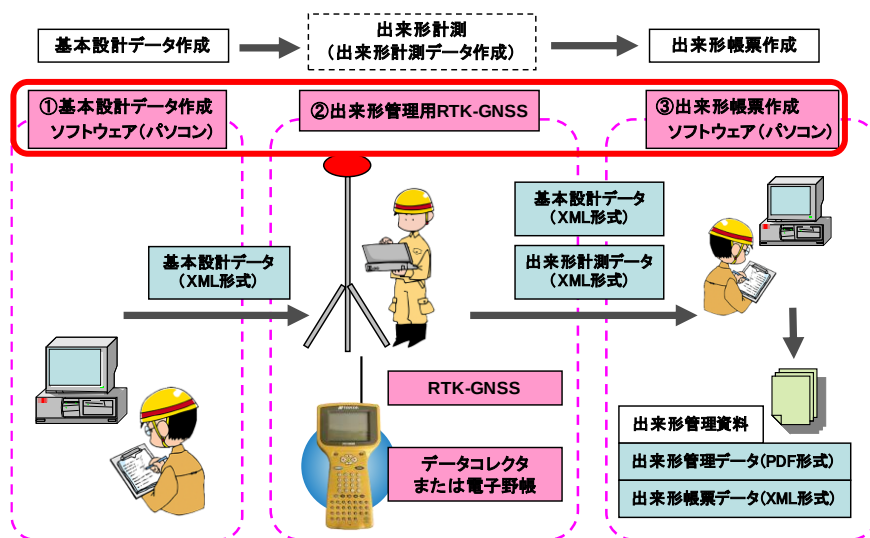
- (1) RTK-GNSSの基準局及びローカライゼーション機能
- (2) 任意断面での出来形管理機能
- (3) 施工管理データの書出し機能
なお、高さ補正機能を使用する場合で、状況により補正機能が停止する場合は、有すべき機能として以下の機能を加える。
- (4) 高さ補正機能の動作状況確認機能

断面管理の場合

1) 出来形管理用RTK-GNSS（ハードウェア及びソフトウェア）

- ・ 受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。
- ・ カatalogや仕様書の提出は不要である。

断面管理の場合



参考: 出来形管理用RTK-GNSSソフトウェアが有すべき機能

- (1) 施工管理データの読み込み機能
- (2) RTK-GNSSの基準局及びローカライゼーション機能
- (3) 線形データの切替え選択機能
- (4) 基本設計データの確認機能
- (5) RTK-GNSSとの通信設定確認機能
- (6) 初期化手順と較差確認機能
- (7) 任意断面での出来形管理機能
- (8) 管理断面での出来形管理機能
- (9) 観測状態確認機能
- (10) 出来形計測データの登録機能
- (11) 出来形計測データの取得漏れ確認機能
- (12) 監督・検査現場立会い確認機能
- (13) 施工管理データの書出し機能
- (14) 評価結果の報告
- (15) 計測可能範囲の設定機能

なお、高さ補正機能を使用する場合で、状況により補正機能が停止する場合は、有すべき機能として以下の機能を加える。

- (16) 高さ補正機能の動作状況確認機能

1.2 使用機器類の性能確認

RTK-GNSSの計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 精度管理の確認
- (2) 計測性能の確認

面管理の場合

(1) 精度管理の確認

精度管理が適正に行われていることを証明できる書類を提出する。

1) 高さ計測に高さ補正機能を用いない場合

→下記の書類を提出

- ・ 検定機関が発行する有効な検定証明書あるいは測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書

2) 高さ計測に高さ補正機能を用いる場合（上記1）の実施内容に加えて）

→下記のいずれかの書類を提出

- ・ 高さ補正機能の精度管理が適正に行われていることを証明する公的な検定制度及び校正証明書等
- ・ これが無い場合、測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）で確認することができる
- ・ 検査成績書（1年以内）に代えて、「高さ補正機能付きRTK-GNSS測量機の精度確認ガイドライン及びチェックシート」でもよい。

(2) 計測性能の確認

1) 本体の計測性能

国土地理院1級(2周波)登録品または同等以上の計測性能を有すること。

→施工計画書に記載し、下記のいずれかの書類を提出

- ・ 国土地理院1級の登録品であることを示すメーカーのカatalogあるいは機器仕様書
- ・ 国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA113による1級同等以上であることを証明する検査成績書等(この場合、国土地理院による登録は不要である。)

国土地理院認定1級の要求性能

公称測定精度: $\pm(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$

最小解析値 : 1mm

例: 計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500\text{m})$
= $\pm 21\text{mm}$ の誤差となる

2) 出来形管理に必要な鉛直精度(要求精度)を満たす計測性能

国土地理院1級(2周波)認定品または同等以上の計測性能を有すること。

断面管理の場合

(1) 精度管理の確認

精度管理が適正に行われていることを証明できる書類を提出する

1) 高さ計測に高さ補正機能を用いない場合

→下記の書類を提出

- ・ 検定機関が発行する有効な検定証明書あるいは測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書

→事前精度確認試験を実施し、その記録を提出

・ 実施時期：

精度確認試験は、現場の計測と同時に実施することも可能であるが、出来形計測を実施する直前にその精度確認試験を行うことが望ましい。

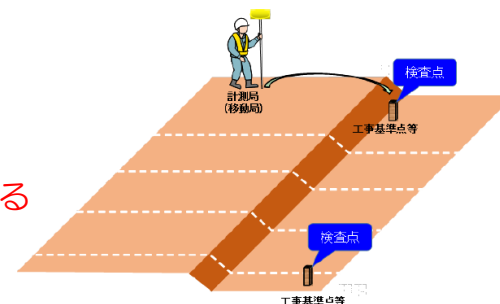
・ 実施方法：

- 現場内の2箇所以上の既知点を利用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点の座標を計測する。
- 真値となる検査点は、基準点あるいは工事基準点などの既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。
- 計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。
- 精度確認の実施結果を記録・提出する。

2) 高さ計測に高さ補正機能を用いる場合（上記1）の実施内容に加えて）

→下記のいずれかの書類を提出

- ・ 高さ補正機能の精度管理が適正に行われていることを証明する公的な検定制度及び校正証明書等
- ・ 測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）
- ・ 検査成績書（1年以内）に代えて、「高さ補正機能付きRTK-GNSS測量機の精度確認ガイドライン及びチェックシート」でもよい。



(2) 計測性能の確認

1) 本体の計測性能

国土地理院1級(2周波)認定品または同等以上の計測性能を有すること。

①国土地理院1級の認定品の場合

→施工計画書に記載し、下記の書類を提出

- ・ 国土地理院1級の認定品であることを示すメーカーのカタログあるいは機器仕様書

②国土地理院1級の認定品と同等以上の場合

→施工計画書に記載し、下記の書類を提出

- ・ 国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA113による1級同等以上であることを証明する検査成績書等(この場合、国土地理院による登録は不要である)

2) 鉛直方向への計測性能

→施工計画書に記載

- ・ 土工の出来形管理に必要な測定精度(鉛直方向±10mm以内)が確保できることを、国土交通省又は第三者機関等が係わる検証データで整理されていること。

国土地理院認定1級の要求性能

公称測定精度: $\pm(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$

最小解析値 : 1mm

例: 計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500\text{m})$
= ±21mmの誤差となる

2 現場計測

必要な位置情報を取得する機器は、基線長（基準局と移動局との距離）が長くなると無線通信等が不安定となりやすいので、障害物、障害電波などの無いことに留意する必要がある。無線通信距離は条件により大きく変わるが、GNSS測量機に一般的に搭載されている免許不要の無線通信方式の場合、良好な無線通信距離のおおよその目安は、通常で500m程度、条件がよいと1 km程度である。

作業方法と作業上の留意点を以下に示す。

2.1 基準局の定義

ここで言う基準局とは、RTK-GNSSの基準局、または高さ補正装置としての基準局とする。

2.2 出来形管理用RTK-GNSSの基準局の設置

下記の事項に留意し、基準局設置を行います。

■GNSS基準局設置の留意事項

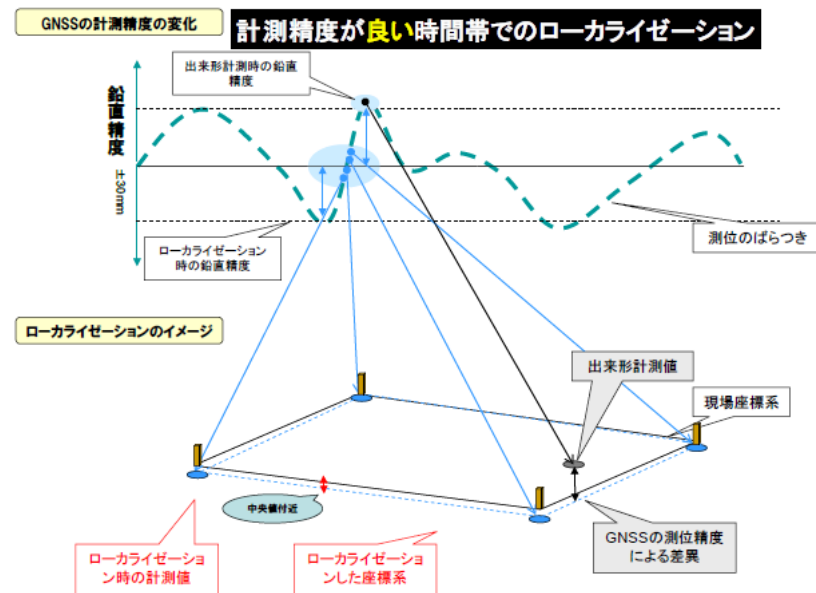
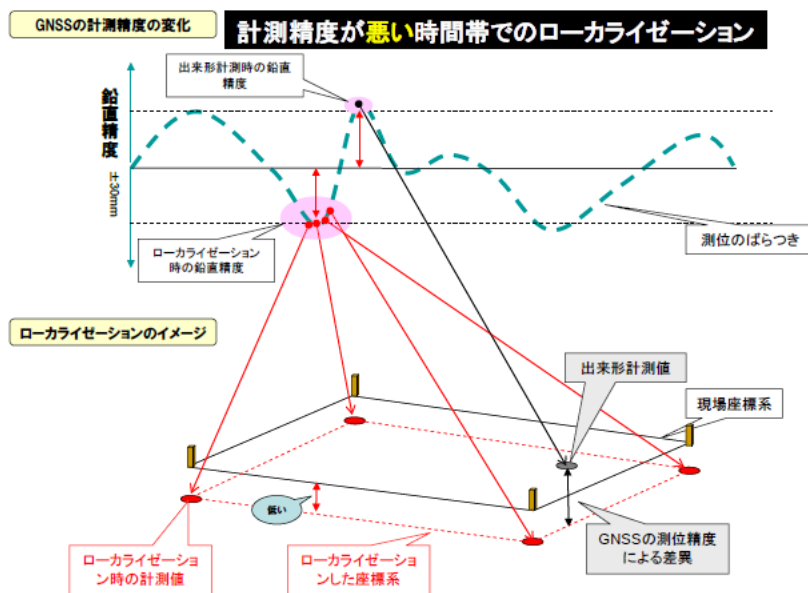
- 基準点もしくは工事基準点上に設置することを基本とし、出来形計測点を効率的に取得できる位置に基準局を設置すること。
（例：無線通信が障害物に阻害されにくい高台、基準局のカバーエリアを十分利用できる工区中央）
（例：工期中に移設しない基準点もしくは工事基準点）
- 基準局は傾きがないように正しく設置すること。
- 計測中に基準局が動かないように確実に設置すること。
- 設定時に単純な誤りをおかすことが多いので、注意すること。
- 上空の遮蔽物やビル等による反射波（マルチパス）の影響に注意すること。
- 別途高さ補正機能を供するメーカーの保証する条件に従って行うこと。
- 工事車両、天候や鳥獣などからケーブル類を保護すること。

2.3 ローカライゼーション

下記の事項に留意し、ローカライゼーションを行います。

■ ローカライゼーションの留意点

- GNSS座標系と現場座標系にズレがある現場では、座標系を合わせるためのローカライゼーションを実施する必要がある。出来形値（幅、法長）は2点間の相対距離で求まるが、出来形値（標高）は現場座標系で行う必要がある。また、RTK-GNSS測量機器の導入効果を得るために、丁張り設置など日々の位置出し作業等でも活用する観点からも、座標系にズレがある場合はローカライゼーションを行う必要がある。
- ローカライゼーションは、工事基準点の計測・登録した際の計測誤差の影響を受けることになる。そのため、ローカライゼーションは測定精度を確保できた条件で行う必要がある。よって、DOP値が小さい状態で、通常の計測時間である10秒間よりも長時間の計測を行うことが望まれる。
- RTK-GNSS測量による高さは、楕円体高でありローカルな高さではないため、ローカライゼーションを行う場合も、必ずジオイド補正を行う必要がある。



2.4 RTK-GNSSによる計測の実施

RTK-GNSSを用いて計測を実施します。

(1) 出来形計測の手順

面管理の場合

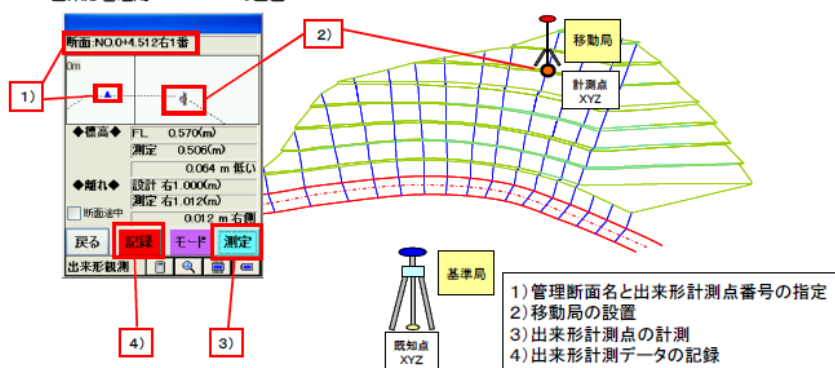
- ①「GNSSによる観測値の点検手順書及び点検記録簿」に従い、初期化直後、工事基準点の計測値に大きな誤差が無いことを確認（既知点確認）する。

出来形管理に必要な要求精度

4級基準点と同等以上の基準点との較差が
平面 ±20mm以上、鉛直 ±30mm以内

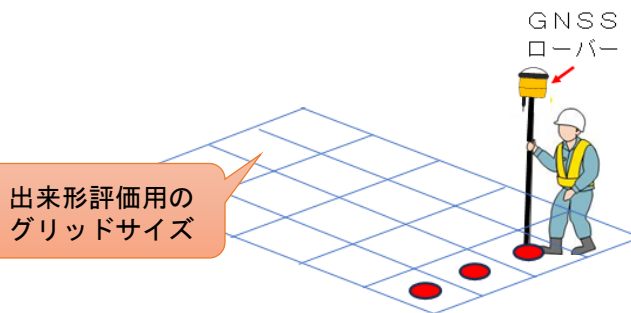
- ②出来形計測対象点に移動局を設置した上で、「国土交通省 公共測量作業規程」の路線測量に準拠し、FIX解を得てから10epoch以上を計測する。出来形管理用RTK-GNSSでの出来形計測では、1セットとする代わりに、精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。
- ③出来形計測を円滑に行うために、計測の実施前に、衛星配置の予測ソフトウェアなどを用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。
- ④面管理の場合の出来形評価用データは、点密度を1m間隔以内（1点/m²以上）で、概ね等間隔で得られるよう計測する。

出来形管理用RTK-GNSSの画面



現場における作業手順例

出来形評価用の
グリッドサイズ



出来形評価用（面管理）データの取得イメージ

断面管理の場合

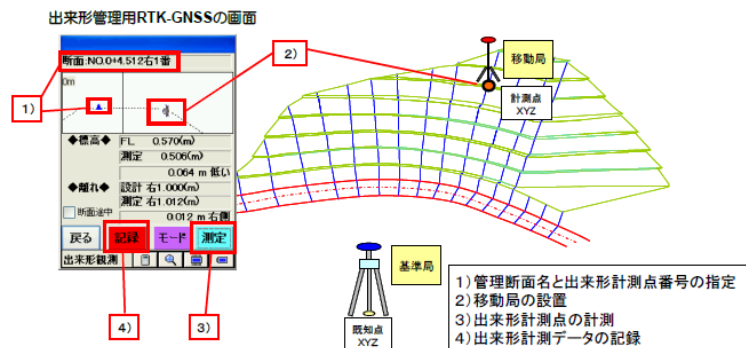
- ①「断面管理にRTK-GNSSを用いる場合の事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、初期化直後、基準点座標と計測値との間に大きな誤差が無いことを確認（既知点確認）する。

出来形管理に必要な要求精度

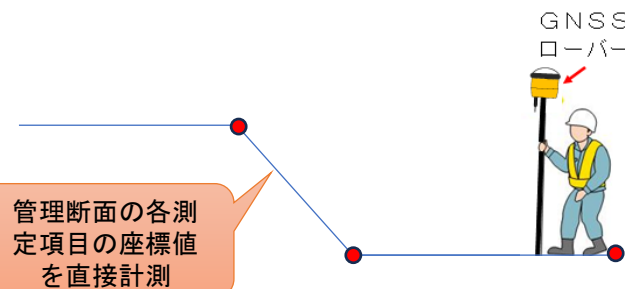
4級基準点と同等以上の基準点との較差が
平面 ±20mm以内、鉛直 ±10mm以内

- ②出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用RTK-GNSSを用い、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形又は法線や法肩等）の選択を行う。
- ③出来形計測対象点に移動局を設置した上で、「国土交通省 公共測量作業規程」の路線測量に準拠しFIX解を得てから10epoch以上を計測する。出来形管理用RTK-GNSSでの出来形計測では、1セットとする代わりに、精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。
- ④出来形管理用RTK-GNSSでは、管理断面上の出来形計測点の誘導が可能なので、現行の出来形管理に必要な準備測量（管理断面上の杭や目串などの設置）を事前に行わずとも計測できる。また、出来形管理用RTK-GNSSは、法長、幅、基準高等を算出する機能を有しているため、測定者は、計測後すぐに設計値と計測値との差を確認できる。
- ⑤計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力又は選択する必要がある。
- ⑥出来形管理用RTK-GNSSで確認した出来形計測データの記録を行う。出来形計測データは、各点の計測後に出来形計測対象点とともに記録する必要がある。

上記②～⑥を繰り返して計測し、必要に応じて①や②を実施する。



現場における作業手順例



出来形評価用(面管理)データの取得イメージ

(2) 出来形計測の留意点

面管理の場合

- 初期化誤差が水平方向 $\pm 20\text{mm}$ 以上、又は鉛直方向 $\pm 10\text{mm}$ 以上（面管理の場合 $\pm 30\text{mm}$ 以上）ある場合は、再度初期化を行う。
- 「国土交通省 公共測量作業規程」の路線測量に準拠すれば測定精度の確認用に2セット計測して比較し、較差が小さい場合は計測値を採用することとなっているが、実証実験結果を見ると、直ぐに確認した場合は2セット間の較差が小さく、また、他点の計測を一巡した後で再計測する方法では作業効率が悪くなるため、出来形管理用RTK-GNSSでの出来形計測では、1セットとする代わりに、精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。万一、測定精度が悪化している場合に、それまでの計測作業で得た計測値は測定精度がある状態で得たデータか判断できないため採用せず、再度、計測する必要がある。よって、以降の出来形の計測作業で計測の手戻りを少なくするため、一定の計測間隔あるいは時間間隔で初期化を行うことが望ましい。RTK-GNSSの場合、望ましい計測間隔の目安は100~200m程度、時間間隔は30分~1時間程度である。なお、「断面管理にRTK-GNSSを用いる場合の事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」で高さ計測精度が確認されたRTK-GNSSについては、この限りではない。
- 出来形計測を円滑に行うために、計測の実施前に、衛星配置の予測ソフトウェアなどを用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。衛星の配置予測ソフトウェアは、測量機器メーカーHPなどで入手可能である。ただし、現場の状況（周辺の山、谷、ビル）で衛星捕捉状況が変化するので、これらを十分に考慮して計測計画を立てること。

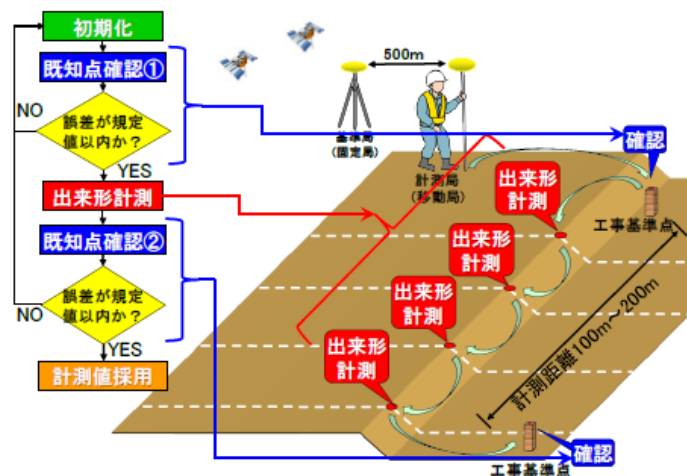


図 初期化と計測の手順

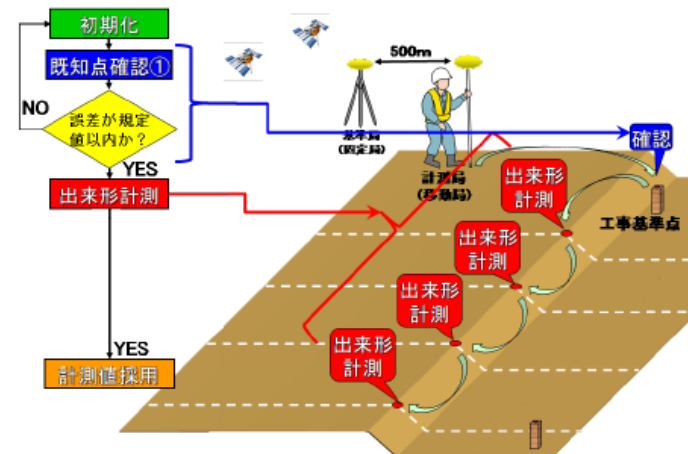


図 初期化と計測の手順
(高さ計測精度が確認されたRTK-GNSSの場合)

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理				精度確認方法			
							事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	RTK-GNSS	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			起工測量	公称測定精度： $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$	【鉛直方向】 $\pm 30\text{mm}$ 以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)	■			
			岩線計測	最小解析値：1mm	【平面方向】 $\pm 20\text{mm}$ 以内					
			部分払い 出来高計測 出来形計測	例：計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times 500\text{m})=$ $\pm 21\text{mm}$ の誤差となる						
						【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				
土工	断 面 管 理	RTK-GNSS	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度				
			起工測量	公称測定精度： $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$	【鉛直方向】 $\pm 10\text{mm}$ 以内	—	■			
			岩線計測	最小解析値：1mm	【平面方向】 $\pm 20\text{mm}$ 以内					
			部分払い 出来高計測 出来形計測	例：計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times 500\text{m})=$ $\pm 21\text{mm}$ の誤差となる						
法面工	断 面 管 理	RTK-GNSS		公称測定精度： $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times 500\text{m})=\pm 21\text{mm}$ の誤差とな る	【鉛直方向】 $\pm 10\text{mm}$ 以内 【平面方向】 $\pm 20\text{mm}$ 以内 4級基準点と同等以上の基準点との 較差を確認	—	■			
擁壁工	断 面 管 理	RTK-GNSS		計測性能	測定精度	計測密度				
				公称測定精度： $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 $\pm(20\text{mm}+2\times 10^{-6}\times 500\text{m})=\pm 21\text{mm}$ の誤差とな る	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合： $\pm 20\text{mm}$ 以内 100mmの場合： $\pm 10\text{mm}$ 以内 50mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内 30mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内 20mmの場合： $\pm 5\text{mm}$ 以内	—	■			

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法				
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考	
土工 (1,000 m3未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	断面 管理	RTK-GNSS	計測場面	測定精度		計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向】±30mm以内 【平面方向】±20mm以内						
			出来形計測	【鉛直方向】±10mm以内 【平面方向】±20mm以内						
付帯道路 施設工等	断面 管理	RTK-GNSS	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	公称測定精度： ±(20mm+2×10 ⁻⁶ ×D) 最小解析値：1mm 例：計測距離500m の場合は、 ±(20mm+2×10 ⁻⁶ × 500m)=±21mmの誤差とな る	【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±10mm以内					
電線共同 溝工	断面 管理	RTK-GNSS	計測場面	計測性能	測定精度	計測密度	■			
			出来形計測	公称測定精度： ±(20mm+2×10 ⁻⁶ ×D) 最小解析値：1mm 例：計測距離500m の場合は、 ±(20mm+2×10 ⁻⁶ × 500m)=±21mmの誤差とな る	【鉛直方向】 ±10mm以内 【平面方向】 ±10mm以内					
コンク リート堰 堤工	断面 管理	RTK-GNSS	出来形計測	公称測定精度： ±(20mm+2×10 ⁻⁶ ×D) 最小解析値：1mm 例：計測距離500m の場合は、 ±(20mm+2×10 ⁻⁶ × 500m)=±21mmの誤差とな る	【鉛直方向・平面方向】 規格値 200mmの場合：±20mm以内 100mmの場合：±10mm以内 50mmの場合：±5mm以内 30mmの場合：±5mm以内 20mmの場合：±5mm以内	計測密度	■			
					—					

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

- 計測性能を証明できる書類（国土地理院登録品等）
- 精度管理を証明できる書類（検定機関が発行する有効な検定証明書等）
- 出来形管理に必要な要求精度（面管理：点検記録簿、断面管理：精度確認試験結果報告書）
- 3次元設計データ作成ソフトウェア（基本設計データ作成ソフトウェア）など

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日
 工 事 名 : _____
 受 注 者 名 : _____
 作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：GNSS2000 測定装置の製造番号：R00891
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・検証点の各座標の較差

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②GNSSによる計測結果 (x', y', z')	1 点目	44044.700	-11987.644	17.870
	2 点目	44060.778	-11993.385	17.521
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	-0.020	-0.011	-0.020
	2 点目	-0.019	-0.005	-0.009

x 成分（最大）=-0.020m (-20mm)；合格（基準値±20mm 以内）

y 成分（最大）=-0.011m (-11mm)；合格（基準値±20mm 以内）

z 成分（最大）=-0.020m (-20mm)；合格（基準値±30mm 以内）

土工等の場合

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日
 工 事 名 : _____
 受 注 者 名 : _____
 作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：GNSS2000 測定装置の製造番号：R00891
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・検証点の各座標の較差

(2) 精度確認試験結果

検証点名：〇〇〇〇

		x 座標	y 座標	z 座標
①真値の計測結果 (x, y, z)	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
②RTK 法又はネットワーク RTK 法で測定した位置座標 (x', y', z')	1 点目	44044.710	-11987.654	17.880
	2 点目	44060.788	-11993.385	17.521
③差の確認（測定精度） (x', y', z') - (x, y, z)	1 点目	-0.010	-0.001	-0.010
	2 点目	-0.009	-0.005	-0.009

x 成分（最大）=-0.010m (-10mm)；合格（基準値±10mm 以内）

y 成分（最大）=-0.005m (-5mm)；合格（基準値±10mm 以内）

z 成分（最大）=-0.010m (-10mm)；合格（基準値±10mm 以内）

電線共同溝工の場合

作成例：GNSSによる観測値の点検記録簿

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名： _____

受 注 者 名： _____

作 成 者： _____ 印

GNSSによる観測値の点検記録簿

・観測値の点検記録

実施日	既知点		計測結果		座標間較差		判定基準	
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x	16027.322	x'	16027.320	Δx	$-0.002 (-2\text{mm})$	$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y	-88085.029	y'	-88085.024	Δy	$-0.005 (-5\text{mm})$	$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z	179.698	z'	179.682	Δz	$-0.016 (-16\text{mm})$	$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$
	終了時	x	16011.757	x'	16011.750	Δx	$-0.007 (-7\text{mm})$	$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y	-88095.987	y'	-88095.987	Δy	$0.000 (0\text{mm})$	$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z	180.134	z'	180.157	Δz	$0.023 (23\text{mm})$	$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$
	終了時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$
	終了時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 20\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 20\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 30\text{mm}$

※本様式で不足する場合は、本様式を複製し記載する。

土工等の場合

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名： _____

受 注 者 名： _____

作 成 者： _____ 印

GNSSによる観測値の点検記録簿

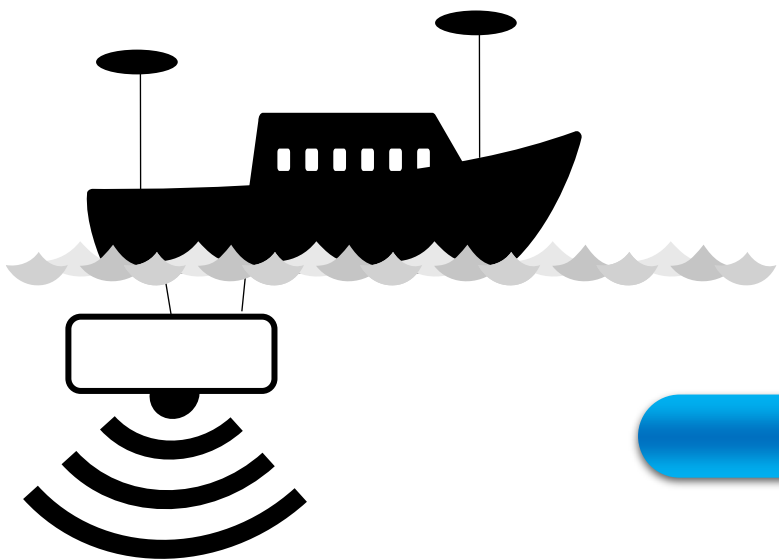
・観測値の点検記録

実施日	既知点		計測結果		座標間較差		判定基準	
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x	16027.322	x'	16027.320	Δx	$-0.002 (-2\text{mm})$	$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y	-88085.029	y'	-88085.024	Δy	$-0.005 (-5\text{mm})$	$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z	179.698	z'	179.688	Δz	$-0.010 (-10\text{mm})$	$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$
	終了時	x	16011.757	x'	16011.750	Δx	$-0.007 (-7\text{mm})$	$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y	-88095.987	y'	-88095.987	Δy	$0.000 (0\text{mm})$	$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z	180.134	z'	180.137	Δz	$0.023 (3\text{mm})$	$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$
	終了時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$
令和〇〇年〇〇月〇〇日	開始時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$
	終了時	x		x'		Δx		$\Delta x \leq \pm 10\text{mm}$
		y		y'		Δy		$\Delta y \leq \pm 10\text{mm}$
		z		z'		Δz		$\Delta z \leq \pm 10\text{mm}$

※本様式で不足する場合は、本様式を複製し記載する。

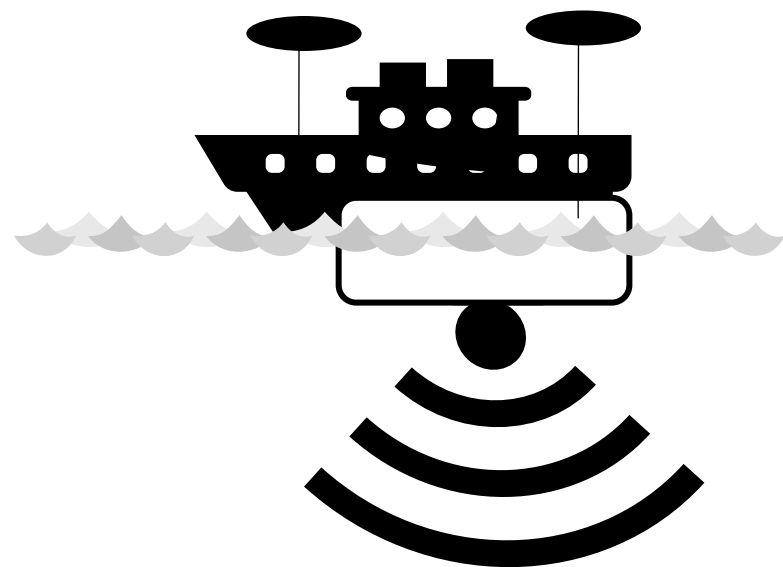
※付帯道路施設工等・電線共同溝工については、計測時間が10分未満の場合は、終了時の点検は不要

付帯道路施設工等・
電線共同溝工の場合



技術概要集

音響測深機器

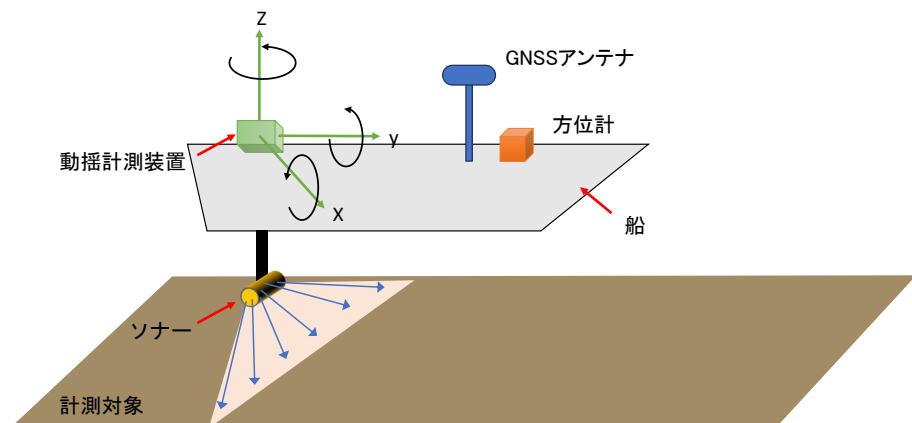


- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□音響測深機器とは？

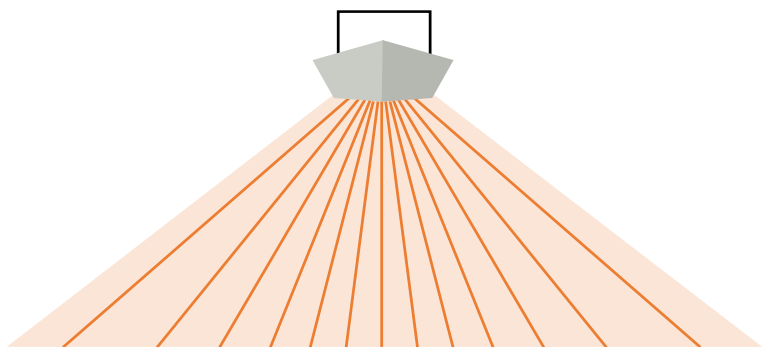
「音響測深機器（Echo-Sounder）」とは、ソナー（送受波器）や動揺計測装置、船を含めたシステム全体のこと（ただし、点群データ処理用のソフトウェアはこの中には含まない）。マルチ（シングル）ビームソナー本体を指す場合は、「音響測深機器本体」と呼ぶ。



計測原理

測量船の喫水位置に取り付けられ音響測深機器本体から発信した音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより地形（川床）までの水深を計測することができる装置と、測量船の位置（GNSS等）、傾き（動揺計測装置）、方向（方位計）を取得するセンサを組合せて、川床部の3次元座標値の点群データとして変換する技術である。

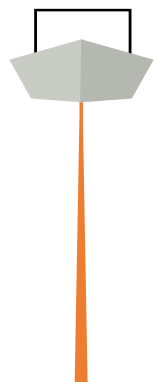
○マルチビームの場合



マルチビーム

マルチビームとは、ナロー（細い）マルチ（複数の）ビームによる測深が名前の由来であるナローマルチビーム測深システムのことであり、音響ビームを扇状に照射することで一度に多数の水深を面的に取得することができる。専ら起工測量、部分払い用出来高計測、出来形管理に供する

○シングルビームの場合



シングルビーム

シングルビームとは、マルチビームとは異なりシングル（1本の）ビームにより測深する音響測深機器のことである。シングルビーム測深システムはマルチビームの場合と異なり、測量船の進行に伴って線上（測量船の移動軌跡）に地形を計測することしかできない。動揺計測装置を装備しない場合は、測量船の傾きを補正できず、実水深よりも深い値が計測されやすいことに注意が必要である。専ら起工測量に供する。

□音響測深機器を用いた 3 次元出来形管理の種類

3 次元出来形管理の種類には、以下のパターンがあります。



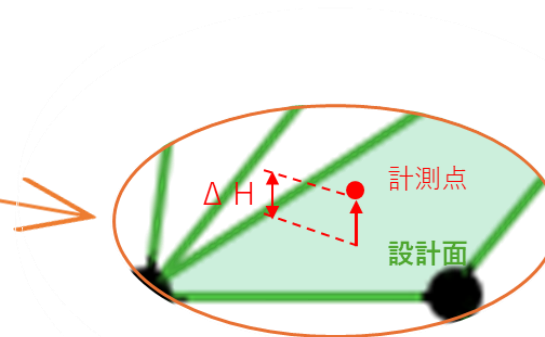
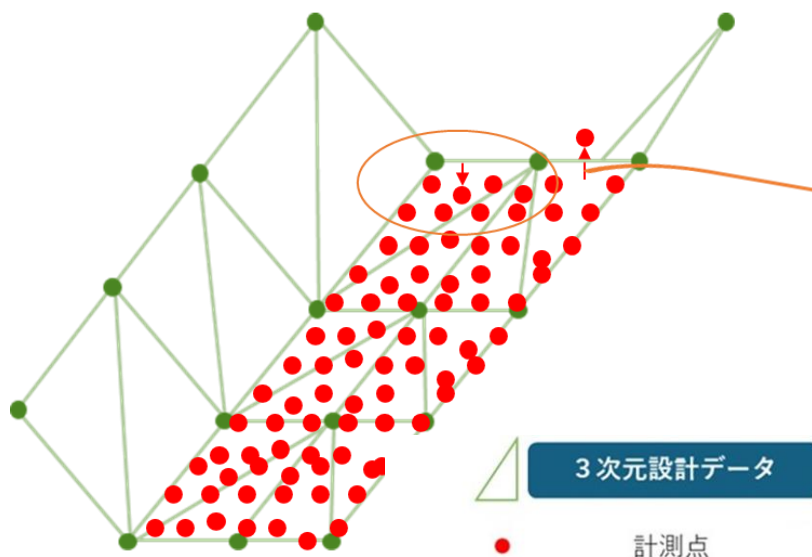
マルチビーム方式で取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用

【適用工種】

編	章	節	工 種	摘 要
共通編	一般施工	浚渫工 共通	浚渫船運転工 (バックホウ浚渫船) ※	
河川編	浚渫 (川)	浚渫工 (バックホウ浚渫船)	浚渫船運転工	

(「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」の工種区分より)
※グラブ浚渫船は対象外とする



【出来形計測】

1 点以上/1 m² (1 m×1 m メッシュ)

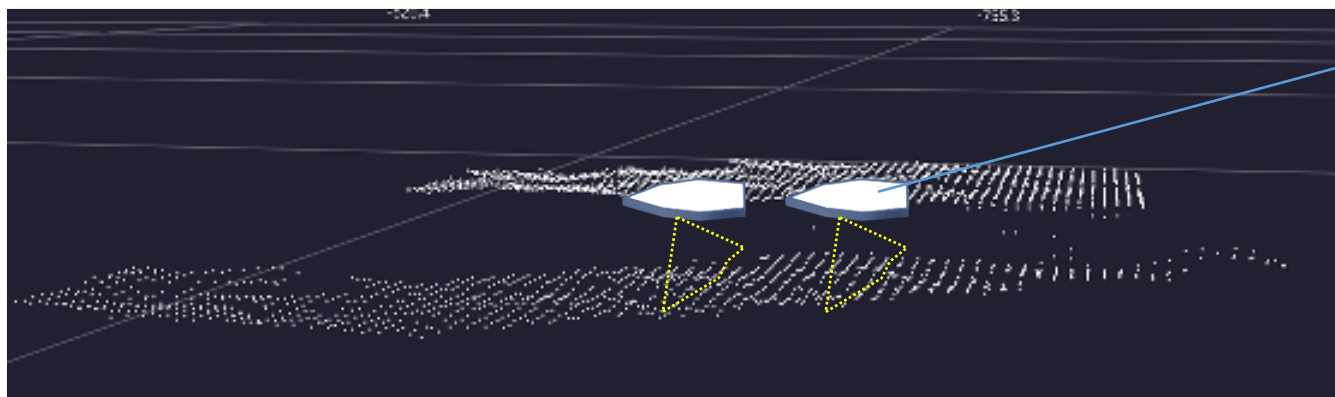
【出来形評価用】

1 点以上/1 m² (1 m×1 m メッシュ)

□音響測深機器を用いた起工測量の種類

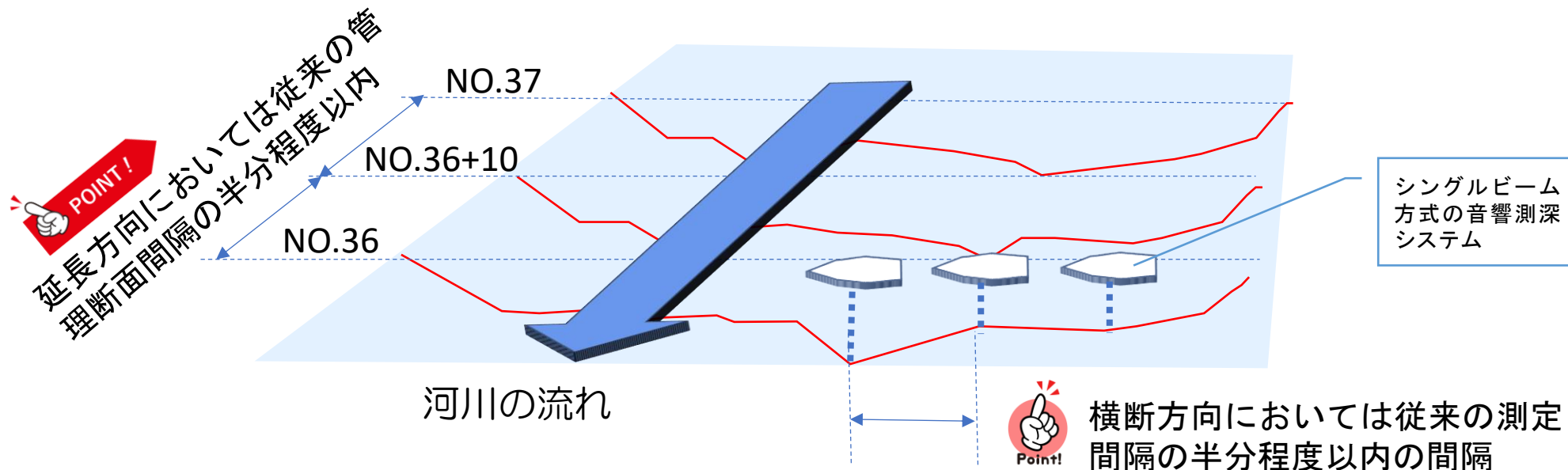
起工測量の種類には、以下の2パターンがあります。

○ マルチビーム方式で取得した点群を用いて面的な地形を取得する。



マルチビーム方式の音響測深システム

○ シングルビーム方式で取得した点群を用いて面的な地形を取得する。



シングルビーム方式の音響測深システム

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配・性能確認
- 1.2 計測計画

2. 現場計測

- 2.1 使用機器類の性能確認（艀装および作動確認）
- 2.2 精度確認の実施
- 2.3 音響測深機器による計測

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形評価用データの作成

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配・性能確認

音響測深機器による計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

また、出来形管理用に利用する音響測深機器を構成する機器（音響測深機器本体、動揺計測装置、位置測位センサー、方位センサー、音速度計）の性能を記載します。

機器構成例

音響測深機器の主な機器構成

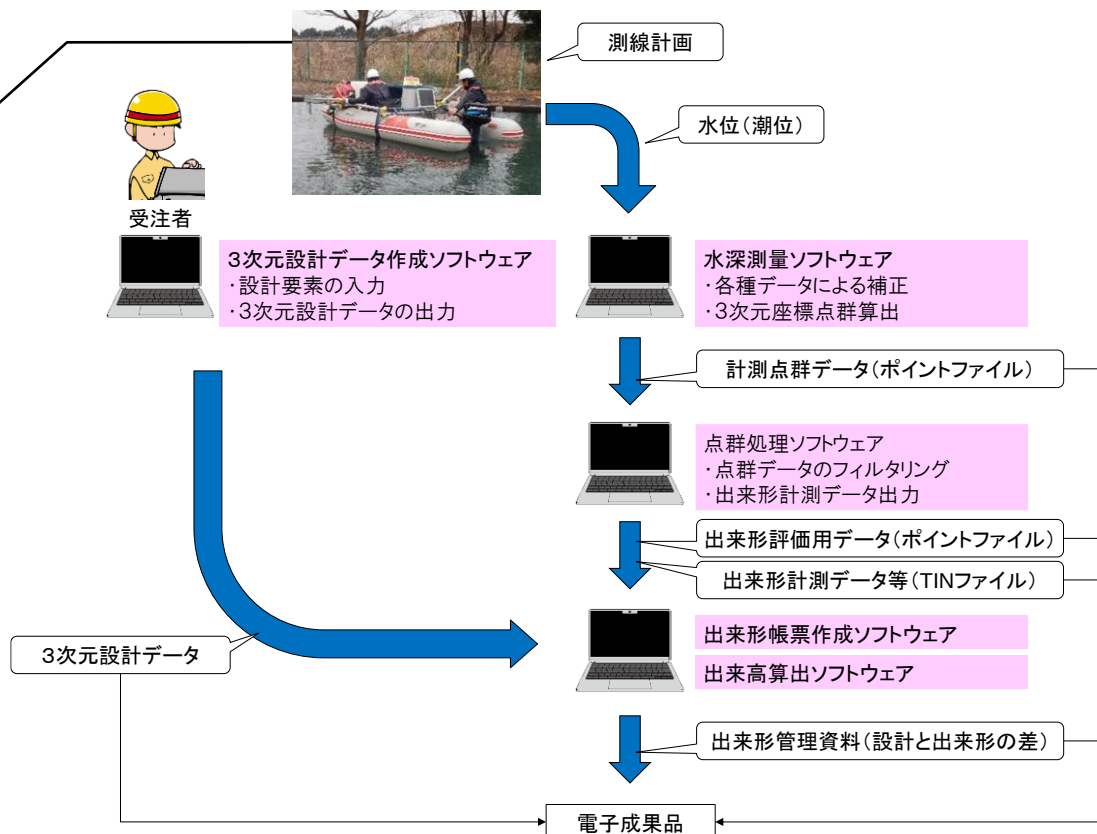
- 1) 音響測深機器本体
- 2) 動揺計測装置
- 3) 方位センサー
- 4) 位置測位センサー
- 5) 音速度計
- 6) P C
- 7) 水深測量ソフトウェア
- 8) 測量船



POINT!

計測性能の確認：利用前に以下の確認を行うこととする。

- ・測線計画を満足する音響測深機器及び周辺機器であること。
- ・所定の重複率、点密度が確保できる音響測深機器及びソフトウェアであること。



音響測深機器の構成



音響測深機器の主な機器構成

- 1) 音響測深機器本体
- 2) 動揺計測装置
- 3) 方位センサー
- 4) 位置測位センサー
- 5) 音速度計
- 6) P C
- 7) 水深測量ソフトウェア
- 8) 測量船

1) 音響測深機器本体

音響測深機器は、測量船の喫水位置に取り付けられ、そのソナーヘッド部から発信した音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより、地形までの水深を計測することができる装置である。

2) 動揺計測装置

測量線の傾き（ロール角、ピッチ角）を計測するための装置。水上では揺れや傾きにより音波の発信方向にずれが生じてしまうため、その揺れや傾きを検知して、計測した結果を補正する必要がある。動揺計測装置は、船の動揺の中心付近、あるいは送受波器近くに送受波器と向きを揃えて艀装することが望ましい。シングルビームによる測深の場合は不要。

3) 方位センサー

測量船の向き（ヨー角）を計測するための装置。送受波器と向きを揃えて艀装する。シングルビームによる測深の場合は不要。

4) 位置測位センサー

測量船の現在地を計測するための装置。GNSSを利用する場合は、送受波器近く、天空を確保できる場所に艀装する。TSを利用することも可能である。

5) 音速度計

水中での音速度を計測するための装置である。この装置により計測出来ない場合は、事前に協議の上、圧力、水温、塩分から計算により音速度を算出し使用することもできる。

6) P C

上記1)～5)の機器による取得データ（測量船の位置情報や計測済みの領域など）をモニター上に反映させ、計測をすすめながら計測漏れがないか確認することができるように、P Cを測量船に搭載する。測量船が無人機の場合には船上に搭載せず、陸上で使用することもある。

7) 水深測量ソフトウェア

水深測量ソフトウェアは、深浅測量機器本体による測深データや、GNSS等による位置測位データ、動揺計測装置による動揺データの収録及びデータ解析を行い、地形の座標値を算出できるものとする。

8) 測量船

上記1)～6)の機器を艀装し、航行するための船舶が必要となる。

水深測量ソフトウェア



音響測深機器の主な機器構成

- 1) 音響測深機器本体
- 2) 動揺計測装置
- 3) 方位センサー
- 4) 位置測位センサー
- 5) 音速度計
- 6) **PC**
- 7) **水深測量ソフトウェア**
- 8) 測量船

1) 水中音速度測定結果の反映

深浅測量を実施するためには、**水中音速度の補正**をかける必要があることから、**一日作業で1回以上**、水中音速度の測定を実施し、水深測量ソフトウェアに取り込み適用すること。また、その**結果について提出**する。

なお、この方法で計測できない場合は、事前に協議の上、圧力、水温、塩分から計算により音速度を算出し、使用することもできる。

2) ノイズ除去処理

ノイズには音響的、電気的なもののほか、浮遊物、魚群、泡など水中を浮遊する物体などがある。ノイズの除去は、使用するソフトウェアにより統計的にある程度削除することができるが、統計的な処理では、限界があるため、最終的には、手作業による除去作業を行う必要がある。

3) 水深編集時の留意点

各種補正データが正しく作成できていることが重要であるとともに、音響測深における特徴的な誤差要因である現象が発生していないことを特に注意して確認する必要がある。また、ノイズ除去によりデータ数が減少しても、必要データ数が確保されていることが重要である。

4) 標高算出の基準

地形の座標の標高値を求めるための基準は、水位（潮位）あるいは、位置測位データとする。現地に簡易な水位計を設置する場合は、監督職員から指示を受けた基準点あるいは、工事基準点を使用して標高値を設置するものとし、水位計の標高値を計測する場合は基準点からTS、水位計からTSまでの計測距離（斜距離）についての制限を、3級TSは100m以内（2級TSは150m）とする。

1.2 計測計画

音響測深機器は、音響測深機器本体、動揺計測装置の性能に応じて精度が左右されるため、事前確認により要求精度を確保できる範囲で、測線計画を立案を立案します。

音響測深機器による出来形計測は、計測対象範囲内で1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定で計画を行う。

（１）測線計画

測線計画は、測量区域の水深、地形、有効測深幅を考慮し、未計測が生じないように測線を設定するとともに、河川浚渫工事の出来形管理等において適切な地形再現ができる取得点密度で計測できるように、必要な範囲で重複する測線を設定します。

- ・ **測線計画は、測量区域の水深、地形、有効測深幅を考慮し、未計測が生じないように測線を設定**するとともに、河川浚渫工事の出来形管理等において、適切な地形再現ができる取得点密度で計測できるように、必要な範囲で重複する測線を設定する。
- ・ 測深データの相対的な精度の確保と計測データが欠測しないよう、**計測コース間のラップは20%以上を目標とし**、必ず隣接するコースに重なりがあるように、測線計測を立案する。
- ・ 音響測深機器本体、動揺計測装置、位置測位センサー、方位センサーの性能及びスワス角、スワス幅については、**計測最大水深において、要求精度 > 予測精度となるように決定**してください。
- ・ 航走速度は、**計測点密度に影響するため、音響測深機器本体の性能により決定**します。

測線計画立案時の留意点（精度低下要因）

- ・ 位置測位センサーのGNSSの性能は、衛星の捕捉状況、機体のノイズ成分の影響により精度が低下する恐れがある。
- ・ 動揺計測装置及び方位センサーは音波発信時の姿勢角に影響し、計測データの精度低下の原因となる。
- ・ ロール、ピッチ成分は主に標高精度に影響し、ヘディング成分は、水平精度に影響する。
- ・ 音響測深機器本体は、ビームの拡散角の大きさが測距精度に影響する。

（２）計測無都度の設定

計測対象範囲内で1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定とする。

（３）計測できない部分の補間方法

基本的には、計測区域を完全にカバーするよう測深コースを設定します。しかし、やむをえず未計測となる箇所が発生する場合は、下記「出来形計測」に規定する計測点密度が得られるよう、従来の測深方法（TS、レベル、レッド測深を用いた方法）による計測で補間することができます。

2 現場計測

2.1 使用機器類の性能確認（艀装および作動確認）

音響測深機器による深浅測量では、現地にて測量船への艀装を行うことになる。測量船に音響測深機や周辺機器を艀装する際には、各機器の位置関係を明確にし、計測中に取り付け位置が動くことのないよう強固に固定するものとする。艀装完了後は各機器の作動確認と測量船の航走によるテスト計測を行い、各機器の正常動作を確認する。艀装及び作動確認の実施項目は下記に示すとおりである。

- (1) 機器の取り付け（オフセット）
- (2) 喫水確認
- (3) パッチテスト

一体型やリモコンボートによる音響測深機器の場合は、上記の限りではない。

(1) 機器の取り付け（オフセット）

1) 音響測深機器点検簿の作成

- ・音響測深機器本体及び周辺機器の位置関係を明確にし、計測中も位置関係は変化しないように機器を取り付けるものとする。計測したオフセット値は、音響測深機器点検簿に記載する。1日1回実施することを基本とし、艀装状況に変更があった場合必ずオフセット値の計測をやり直すこととする。一体型の場合は、位置関係が変化しない機器の箇所については、カタログ値を音響測深機器点検簿に記載する。
- ・水平方向位置は、音響測深機器本体や周辺機器、水深測量ソフトウェアで規定されている位置を基準とし、相対位置は、1mmまで計測する。計測結果は、水深測量ソフトウェアに入力するとともに、音響測深機器点検簿に記載しデータ処理時に適切に用いられていることを確認する。
- ・鉛直方向位置は、基準は水面とし、相対位置は10mmまで計測する。計測結果は水深測量ソフトウェアに入力するとともに、深浅測量点検簿に記載しデータ処理時に適切に適用されていることを確認する。

2) 取り付け時の留意点

- ・各機器は、ロープ等で固定して回転しないようにし、ケーブルの干渉等にも注意すること。
- ・艀装状況に変更があった場合（緩み等があり艀装し直した場合、喫水を換えた場合、ソナーヘッドの向きを変えた場合など）は、必ず計測をやり直すものとする。
- ・機器の取り付け位置は、水深測量ソフトウェアへの入力により測深結果の補正に適用されていることを確認する。

(2) 喫水確認

水面位置からソナーヘッドまでの喫水の確認は、バーチェックにより行う。水面を基準（0m）とし反射板を吊り下げ数mで固定し、ソナーヘッドから反射板の距離を音響測深機で計測、記録する。水面を基準とした吊り下げ長から計測したソナーヘッドと反射板の距離を減じたものが喫水値となる。この作業を3回行いその平均値により喫水値の確認を行う。また、標尺での計測や取付けパイプに付した喫水目盛りを読み取るなども同時に行う。これらの作業は1日1回実施することを基本とする。

一体型やリモコンポート型の音響測深機器の場合で、位置関係や重量が変化しないものについては、判明している喫水値を利用してもよい。

(3) パッチテスト

音響測深機器は、水面に対し出来るだけ、水平、垂直に艀装することを基本とするが、船の形状や、固定時の固定ワイヤー等の張り具合により必ず取り付け誤差が発生する。この音響測深機器の送受波器の取り付け角度のずれ（以下、バイアス値）と各機器の収録遅延（以下レイテンシー）を求めるために、パッチテストを行うこととする。パッチテストは、1日1回実施することを基本とし、測深中艀装状態に変化がないことが前提であり、変化があった場合は必ず再計測を行う。なお、シングルビームソナーの場合は、実施しなくてよい。

①パッチテストの種類と方法

以下に示すバイアス値とレイテンシーを、パッチテストにより求めることとする。

<バイアス値>

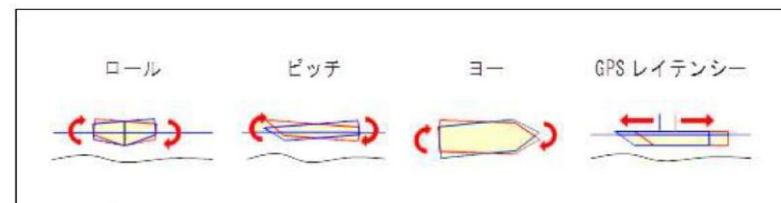
Roll（ロール）：船の進行方向に対して横方向の取り付け角度

Pitch（ピッチ）：船の進行方向の取り付け角度

Yaw（ヨー）：進行方向に対する送受波器の向き

Latency（レイテンシー）：遅延時間

（機器に対してデータ転送などを要求してから、返送されるまでの収録遅延）



②パッチテストの計測条件

パッチテストは、以下の条件で計測することが望ましい。

<バイアス値ごとのパッチテスト概要>

バイアス値	海域	走り方
ロール	斜度が1%未満	同じ測線を同じ速度で往復
ピッチ	斜度が5%以上	同じ測線を同じ速度で往復
ヨー	斜度が5%以上	平行な測線を同じ速度で同じ方向に1本ずつ
レイテンシー	斜度が5%以上	同じ測線を同じ方向に、速度を倍以上変えて1本ずつ

(4) 計測性能に関する確認結果の整理

1) 音響測深機器点検簿

音響測深機器点検簿

音響測深機器点検簿																											
工 事 名: _____																											
実施年月日: _____																											
データ入力設定 (Hypack設定)																											
入力機器	port	IP																									
Sonic 設定																											
入力機器	port	IP																									
RTK-GNSS設定																											
入力機器	port	チェック																									
パッチテスト結果 (単位°) <table border="1"> <thead> <tr> <th>月 日</th> <th>Roll</th> <th>Pitch</th> <th>Yaw</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				月 日	Roll	Pitch	Yaw	/				/				/				/				/			
月 日	Roll	Pitch	Yaw																								
/																											
/																											
/																											
/																											
/																											
インストレーションの測定 各機器の艙装状況 (Hypack installation offsets) <table border="1"> <thead> <tr> <th>単位: m</th> <th>star(X)</th> <th>for(Y)</th> <th>ver(Z)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> ※HypackはstarがX軸、forがY軸のプラス方向				単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)																				
単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)																								
POS/MV Instlation 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>単位: m</th> <th>star(X)</th> <th>for(Y)</th> <th>ver(Z)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> ※POSはforがX軸、starがY軸のプラス方向				単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)																				
単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)																								
POS/MV Instlation 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>単位: m</th> <th>for</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				単位: m	for																						
単位: m	for																										
艙装状況図																											
機器配置図																											

〈実施時期〉

1日1回実施することを基本

(測量船に音響測深機や周辺機器を艙装する際)

※1：一体型やリモコンポートによる音響測深機器の場合は、機器の取り付け（オフセット）はカタログ値を音響測深機器点検簿に記載

※2：喫水値は、一体型やリモコンポート型の音響測深機器の場合で、位置関係や重量が変化しないものについては、判明している喫水値を利用してもよい。

※3：パッチテストは、シングルビームソナーの場合は、実施しなくてよい。

2.2 精度確認の実施

音響測深機器の測定精度は、鉛直方向については、井桁測線による水深差による確認あるいは、検証点における標高差による精度確認、平面方向については、既知点とGNSSの平面位置を比較する精度確認を行い、x,y,zそれぞれ±100mm以内であることを確認する。



精度確認・出来形算出ガイド 第4編の「参考資料-1 音響測深機器の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に示す精度確認方法により、測定精度を確認する。

(1) 実施時期

現時点においては、艀装して装着するシステムを利用する場合は、艀装ごとに精度確認試験を実施する。精度確認は1日1回実施する。

一体型の場合は、暫定案として利用前6か月以内に精度確認試験を実施する。



また、計測前に水中音速度の測定を計測範囲の最深部において、実施する。

(2) 実施方法

1) 鉛直精度については、a. あるいは b. の試験方法で確認する。

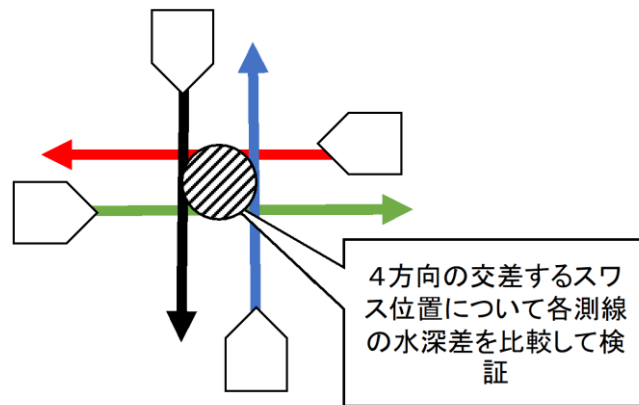
2) 平面精度については、c. の方法（必要に応じてd.の方法も加える）で確認する。

a. 井桁測線による水深差による精度確認（鉛直精度）

井桁測線は左右のビームが100%重複するように2本の平行な測深線及びそれに直交する2本の測深線を設定し、このデータにおける重複部の水深差を比較することで確認することとする。

また、バーチェック（反射物を一定の深さに吊り下げた状態で、ソナーヘッドから距離を確認する）による測定精度の確認も行うものとする。重複している測線の点データは、完全に同じ位置を計測しているものではないため、出来形管理に必要な分解能のメッシュサイズで、比較検証する。確認結果は、様式にとりまとめることとする。

検測は、出来形計測箇所近傍の適切な場所（斜面部や凹凸の激しい場所は避ける）で行う。

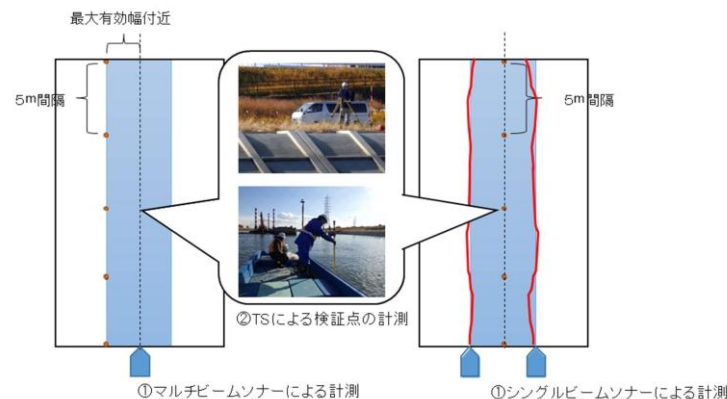


井桁測線による水深差による精度確認（鉛直精度）

b. 検証点における標高差による精度確認（鉛直精度）

精度確認の方法は、精度検証用の検証点を現場に5m間隔で5箇所設置し、検証点と音響測線機器の位置関係が横断方向の最大有効幅となるような測線上で計測する。検測で得られた計測点群データと真値の座標を比較することで確認することとする。検証点の計測は、基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

確認結果は、様式にとりまとめることとする。なお、シングルビームでの確認時は、検証点の付近に2つの測線を設置し、得られた計測点群データを内挿し、検証点との標高較差を算出する。



検証点における標高差による精度確認（鉛直精度）

(2) 実施方法

1) 鉛直精度については、a. あるいは b. の試験方法で確認する。

2) 平面精度については、c. の方法（必要に応じてd.の方法も加える）で確認する。

c. 位置精度確認（平面精度）

GNSSを用いる場合は、既知点を設置し、既知点の座標とGNSSの計測結果との差が所要の精度以内であることを確認する。精度確認は既知点における事前チェックとし、観測時間は10分以上、収録間隔は1回／秒以上で行う。観測結果は、様式のGNSS精度管理表に取りまとめることとする。

なお、TS等光波方式を利用する場合は、上記の確認は不要とし、国土地理院認定3級と同等以上の測定精度を有し、適正な精度管理が行われている機器であることを確認する。確認方法は、「土工編 TS等光波方式」の「計測性能及び精度管理」を参照する。

d. 位置精度確認（鉛直精度）

音響測深機器による深淺測量の基準面を水面とせず、測位の標高を利用する場合は、位置測位センサーの平面精度のc.の確認に加えて、既知点の座標との鉛直方向の差を確認すること。GNSSの標高値の測定精度は±30mm以内とする。また、その結果について提出する。

(3) 評価基準

音響測深機器による精度確認結果は、以下の範囲内であることを確認



比較方法	用途と精度確認基準	
標高較差	起工測量	±100mm 以内
	出来形部分払い	±200mm 以内
	出来形計測	±100mm 以内
平面較差	起工測量	±100mm 以内
	出来形部分払い	±200mm 以内
	出来形計測	±100mm 以内

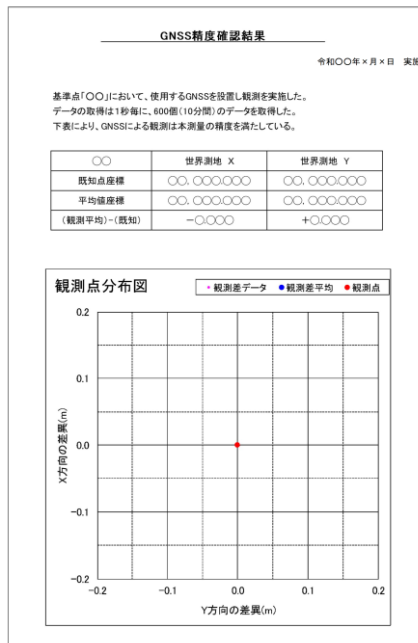
(3) 精度確認結果の整理

※1：測定精度に関する確認結果の整理

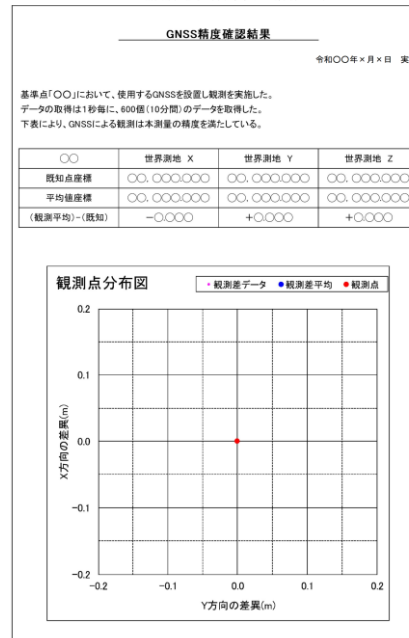
- 1) GNSS精度確認結果（平面位置利用時）
- 2) GNSS精度確認結果（平面位置及び標高利用時）
- 3) 音響測深機器精度管理表
- 4) 検証点による精度確認試験結果報告書

- … c法によるGNSSの平面精度確認の記録
- … c法、d法によるGNSSの平面精度・鉛直精度確認の記録
- … a法による鉛直精度確認の記録
- … b法による鉛直精度確認の記録

GNSS精度確認結果（平面位置利用時）



GNSS精度確認結果（平面位置及び標高利用時）



音響測深機器精度管理表

実施測線 C〇〇〇〇		点検者: 〇〇 〇〇		出合差制限 ±10cm	
始点からの距離	水深	検測	差分	本測一検測	判定
15			0.000		
20			0.000		
25			0.000		
30			0.000		
35			0.000		
40			0.000		
45			0.000		
50			0.000		
55			0.000		
60			0.000		
65			0.000		
70			0.000		
75			0.000		
80			0.000		
85			0.000		
90			0.000		
95			0.000		
100			0.000		
105			0.000		
110			0.000		
115			0.000		
120			0.000		
125			0.000		
130			0.000		
135			0.000		
140			0.000		
145			0.000		
150			0.000		
155			0.000		
160			0.000		
165			0.000		
170			0.000		
175			0.000		
180			0.000		
185			0.000		
190			0.000		
195			0.000		
200			0.000		
205			0.000		
210			0.000		
215			0.000		
220			0.000		
225			0.000		
230			0.000		
235			0.000		
240			0.000		
245			0.000		
250			0.000		
255			0.000		
260			0.000		
265			0.000		

検証点による精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名: _____
受 注 者 名: _____
作 成 者: _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候: 晴れ 気温: 8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー: 株式会社ABC 測定装置名称: ABC-123 測定装置の製造番号: ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名: 〇〇〇 (級別: 〇級)
精度確認方法	・ T S と T L S との平面座標の較差 ・ T S と T L S との標高較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

① 真値とする検証点の確認

計測方法: T S による座標値計測

真値で測定した検証点の標高	
z (m)	
1 点目	17.890
2 点目	17.950
3 点目	17.885
4 点目	17.911
5 点目	17.930

② 音響測深機器による計測結果

計測方法: マルチビームソナー

音響測深機器で測定した検証点の標高	
z' (m)	
1 点目	17.900
2 点目	17.900
3 点目	17.850
4 点目	17.940
5 点目	17.870

③ 差の確認（測定精度）

音響測深機器による計測結果 (x', y', z') - 真値とする検証点の座標値 (x, y, z)

音響測深機器で測定した検証点との標高較差	基準
Δ z (m)	Δ z
0.0	
1 点目	-0.05
2 点目	-0.005
3 点目	0.009
4 点目	-0.060
5 点目	

±0.1m 以内

2.3 音響測深機器による計測

音響測深機器による出来形計測は、計測対象範囲内で1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定で計測する。

（１）計測時の留意点

音響測深機器による計測の場合は、次の条件によって機器の故障や適正な計測が行えない可能性があるので十分気をつけること。

- ・降雨などにより計測機器が濡れてしまう場合
- ・降雨後などで川の流れが急速になっている場合
- ・強風により安定して航走できない場合
- ・河口付近などで、波浪の影響が大きいいため安定して航走できない場合
- ・浅瀬や水底からの突出物などの障害物が多く、測量船や音響測深機に接触する恐れがある場所

（２）計測条件の確認と記録

地形の座標の標高値を求めるための基準として、水位（潮位）を用いる場合は、計測時間中の水位を計測・記録すること。

※水位の計測に際して、現地に簡易な水位計を設置する場合は、監督職員から指示を受けた基準点あるいは、工事基準点を使用して標高値を設置するものとする。

水位記録簿

平成 年 月 日		時刻		水位高 (m)		時刻		水位高 (m)		時刻		水位高 (m)	
水位基準点		観測値		校正値		観測値		校正値		観測値		校正値	
TP = ±0.00		5:00				10:00				15:00			
		5:10				10:10				15:10			
		5:20				10:20				15:20			
時刻	水位高 (m)	5:30				10:30				15:30			
0:00	5:40					10:40				15:40			
1:00	5:50					10:50				15:50			
2:00	6:00					11:00				16:00			
3:00	6:10					11:10				16:10			
4:00	6:20					11:20				16:20			
5:00	6:30					11:30				16:30			
6:00	6:40					11:40				16:40			
7:00	6:50					11:50				16:50			
8:00	7:00					12:00				17:00			
9:00	7:10					12:10				17:10			
10:00	7:20					12:20				17:20			
11:00	7:30					12:30				17:30			
12:00	7:40					12:40				17:40			
13:00	7:50					12:50				17:50			
14:00	8:00					13:00				18:00			
15:00	8:10					13:10				18:10			
16:00	8:20					13:20				18:20			
17:00	8:30					13:30				18:30			
18:00	8:40					13:40				18:40			
19:00	8:50					13:50				18:50			
20:00	9:00					14:00				19:00			
21:00	9:10					14:10				19:10			
22:00	9:20					14:20				19:20			
23:00	9:30					14:30				19:30			
計	0 9:40					14:40				19:40			
平均	9:50					14:50				19:50			
		h	m	m		低 潮	h	m	m				
		h	m	m			h	m	m				
MEMO		現場名 ○○ 地形測量 機測所 △△ 機測所 読取者 ○○ 校正者 ××											

株式会社

3 計測データ処理

3.1 出来形評価用データの作成

音響測深機器にて取得したデータからノイズなどを除去し、地形の3次元座標点群データを抽出する。
点群データ処理ソフトウェアを使用し、点群データから出来形部分と関係のない不要点を削除後、出来形評価用データを作成する。

- 音響測深機器の特徴は、短時間に大量の3次元座標点群を測定することが可能な点である。しかし、取得される大量の点群には出来形管理には関係のない部分の地形や浮遊物、魚影などの不要な点やノイズなどが含まれており、必要な計測データだけを抽出する。
- 出来形部分に対応した点群データのみを抽出するため、**出来形部分に1㎡（1m×1mの平面正方形）以内のグリッドを設定し**、任意のグリッドごとに代表点の抽出を行い、**出来形評価用データを作成する**。
- 測線計画に基づいて計測したにも関わらず欠測箇所が存在したり、やむをえず未計測となった箇所については、1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られるよう、従来の測深方法（TS、レベル、レッド測深を用いた方法）による計測で、補間することができる。
- 起工測量計測データ（シングルビームによる起工測量を除く）については、0.25㎡（0.5m×0.5mメッシュ）あたり1点以上、出来形評価用データとしては1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよい。



出来形管理図表 作成例（合格の場合）

◆ 参考資料

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
河川 浚渫工	面 管 理	音響 測深機器	計測場面	測定精度	計測密度				
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以内	1点以上/0.25㎡(0.5m×0.5mメッシュ)				
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以内					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/0.01㎡(0.1m×0.1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)	■	■		

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

- 精度確認試験結果報告書（計測時の検証点で確認する記録）
- 精度管理の記録（定期点検の記録または精度確認試験結果報告書の記録（計測実施前12か月以内のもの））
- 3次元設計データ作成ソフトウェア、点群処理ソフトウェアなど

作成例①：精度確認の実施と結果の提出

検証点による精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：
受 注 者 名：
作 成 者： 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ T S と T L S との平面座標の較差 ・ T S と T L S との標高較差
検証機器と検証点との距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

①真値とする検証点の確認

計測方法：T S による座標値計測

真値で測定した検証点の標高	
	z (m)
1点目	17.890
2点目	17.950
3点目	17.885
4点目	17.911
5点目	17.930

②音響測深機器による計測結果

計測方法：マルチビームソナー

音響測深機器で測定した検証点の標高	
	z' (m)
1点目	17.900
2点目	17.900
3点目	17.850
4点目	17.940
5点目	17.870

③差の確認（測定精度）

音響測深機器による計測結果（x', y', z'）－ 真値とする検証点の座標値（x, y, z）

音響測深機器で測定した検証点との標高較差		基準
	Δz (m)	Δz
1点目	0.01	±0.1m 以内
2点目	-0.05	
3点目	-0.005	
4点目	0.029	
5点目	-0.060	

音響測深機器精度管理表

実施測線 Co.〇〇〇

点検者：〇〇 〇〇

出公差制限：±10cm

始点からの距離	水 深		差分	判定
	本測	検測	本測－検測	
15			0.000	
20			0.000	
25			0.000	
30			0.000	
35			0.000	
40			0.000	
45			0.000	
50			0.000	
55			0.000	
60			0.000	
65			0.000	
70			0.000	
75			0.000	
80			0.000	
85			0.000	
90			0.000	
95			0.000	
100			0.000	
105			0.000	
110			0.000	
115			0.000	
120			0.000	
125			0.000	
130			0.000	
135			0.000	
140			0.000	
145			0.000	
150			0.000	
155			0.000	
160			0.000	
165			0.000	
170			0.000	
175			0.000	
180			0.000	
185			0.000	
190			0.000	
195			0.000	
200			0.000	
205			0.000	
210			0.000	
215			0.000	
220			0.000	
225			0.000	
230			0.000	
235			0.000	
240			0.000	
245			0.000	
250			0.000	
255			0.000	
260			0.000	
265			0.000	

作成例②：精度確認の実施と結果の提出

GNSS精度確認結果（平面位置利用時）

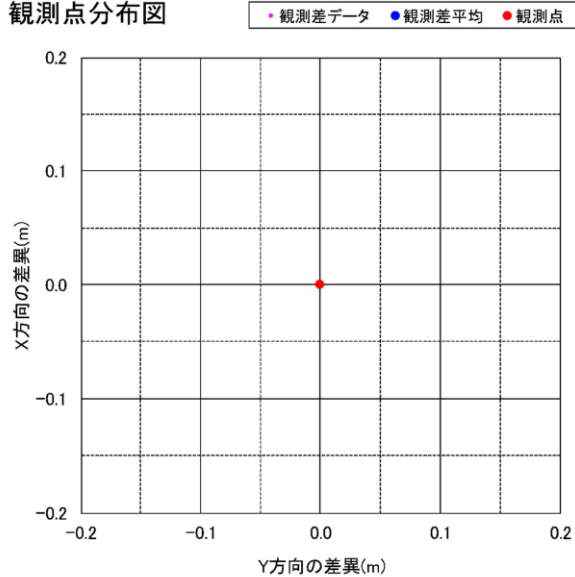
GNSS精度確認結果

令和〇〇年×月×日 実施

基準点「〇〇」において、使用するGNSSを設置し観測を実施した。
データの取得は1秒毎に、600個（10分間）のデータを取得した。
下表により、GNSSによる観測は本測量の精度を満たしている。

〇〇	世界測地 X	世界測地 Y
既知点座標	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇
平均値座標	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇
(観測平均)-(既知)	-〇.〇〇〇	+〇.〇〇〇

観測点分布図



GNSS精度確認結果（平面位置利用時）の場合

GNSS精度確認結果（平面位置及び標高利用時）

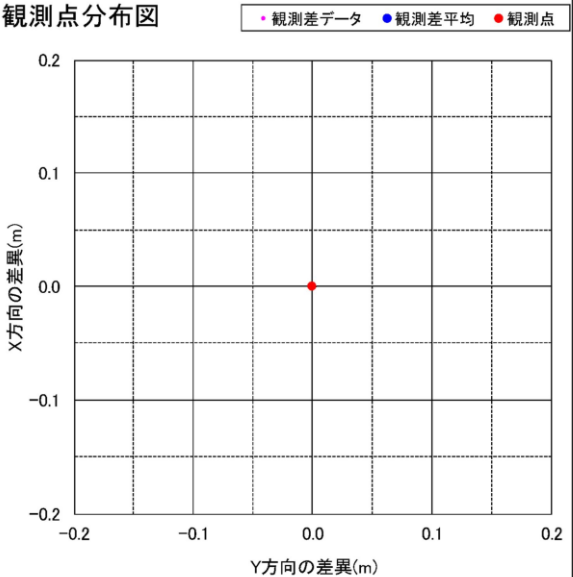
GNSS精度確認結果

令和〇〇年×月×日 実施

基準点「〇〇」において、使用するGNSSを設置し観測を実施した。
データの取得は1秒毎に、600個（10分間）のデータを取得した。
下表により、GNSSによる観測は本測量の精度を満たしている。

〇〇	世界測地 X	世界測地 Y	世界測地 Z
既知点座標	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇
平均値座標	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇	〇〇, 〇〇〇.〇〇〇
(観測平均)-(既知)	-〇.〇〇〇	+〇.〇〇〇	+〇.〇〇〇

観測点分布図



GNSS精度確認結果（平面位置及び標高利用時）
の場合

作成例③：精度確認の実施と結果の提出

音速度測定簿

[illegible]

水位記錄簿

水位記録簿										
平成〇〇年×月×日		時刻	水位高(m)		時刻	水位高(m)		時刻	水位高(m)	
水位基準面			観測値	校正値		観測値	校正値		観測値	校正値
T.P. = ±0.00 (m)		5:00			10:00			15:00		
		5:10			10:10			15:10		
		5:20			10:20			15:20		
時刻	水位高(m)	5:30			10:30			15:30		
0:00		5:40			10:40			15:40		
1:00		5:50			10:50			15:50		
2:00		6:00			11:00			16:00		
3:00		6:10			11:10			16:10		
4:00		6:20			11:20			16:20		
5:00		6:30			11:30			16:30		
6:00		6:40			11:40			16:40		
7:00		6:50			11:50			16:50		
8:00		7:00			12:00			17:00		
9:00		7:10			12:10			17:10		
10:00		7:20			12:20			17:20		
11:00		7:30			12:30			17:30		
12:00		7:40			12:40			17:40		
13:00		7:50			12:50			17:50		
14:00		8:00			13:00			18:00		
15:00		8:10			13:10			18:10		
16:00		8:20			13:20			18:20		
17:00		8:30			13:30			18:30		
18:00		8:40			13:40			18:40		
19:00		8:50			13:50			18:50		
20:00		9:00			14:00			19:00		
21:00		9:10			14:10			19:10		
22:00		9:20			14:20			19:20		
23:00		9:30			14:30			19:30		
計	0	9:40			14:40			19:40		
平均		9:50			14:50			19:50		
高 潮		h	m	m	低 潮		h	m	m	
		h	m	m			h	m	m	
MEMO					読取者	〇〇	校正者	× ×		
現場名: 〇〇地形測量 検潮所: △△検潮所										

作成例④：精度確認の実施と結果の提出

音響測深機器点検簿

音響測深機器点検簿

工事名:

実施年月日:

データ入力設定 (Hypack設定)

入力機器	port	IP

Sonic設定

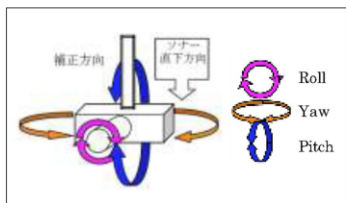
入力機器	port	IP

RTK-GNSS設定

入力機器	port	チェック

パッチテスト結果 (単位°)

月 日	Roll	Pitch	Yaw
/			
/			
/			
/			
/			



インストレーションの測定

各機器の艙装状況 (Hypack installation offsets)

単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)

※HypackはstarがX軸、forがY軸のプラス方向

POS/MV Instlation 1

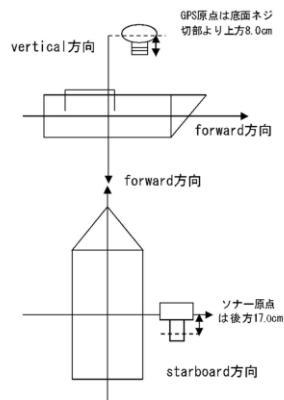
単位: m	star(X)	for(Y)	ver(Z)

※POSはforがX軸、starがY軸のプラス方向

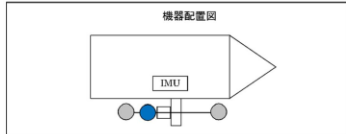
POS/MV Instlation 2

単位: m	for

艙装状況図

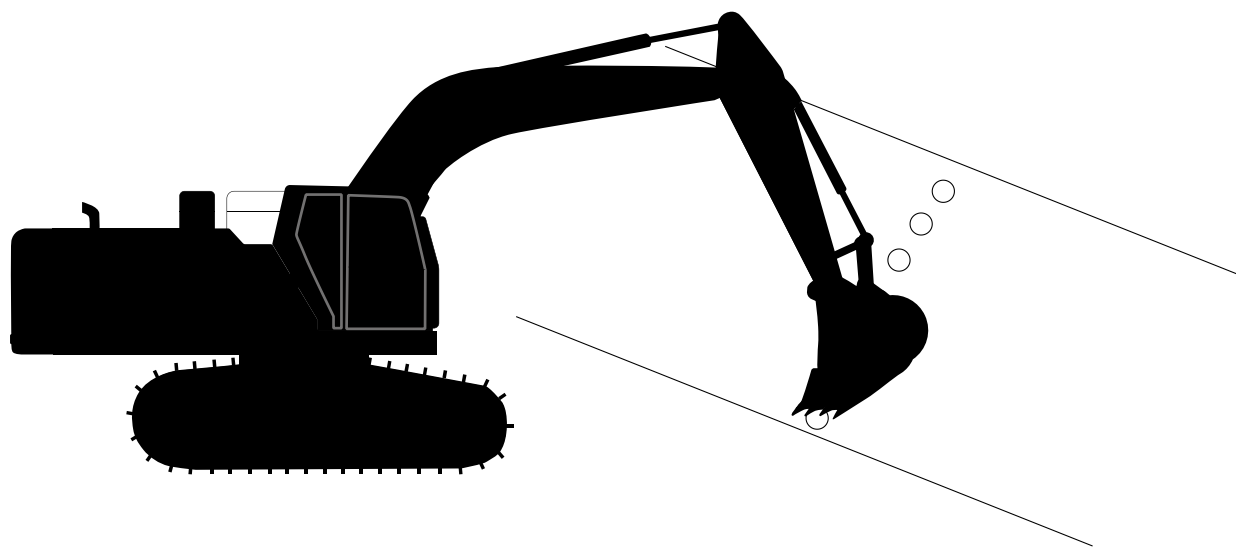


機器配置図



技術概要集

施工履歴データ (土 工)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

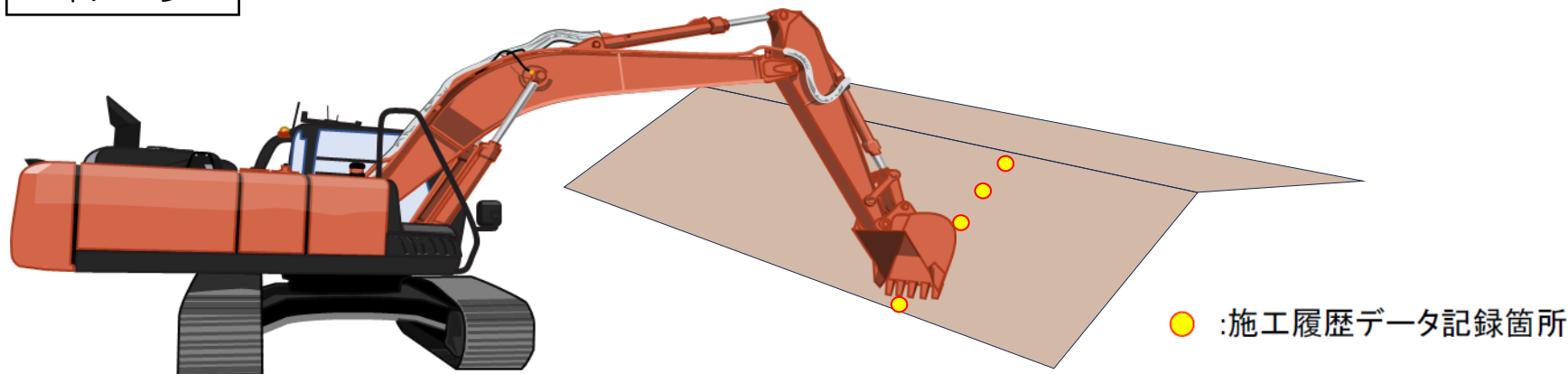
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 施工履歴データ計測とは？

ICT建設機械により施工しながら計測されるICT建設機械の作業位置の3次元座標、取得時刻、その時の建設機械の状態の記録を言う。施工履歴データを活用することで、出来高部分払いや出来形管理を行うことができる。従来行われている3次元計測機による面的管理や、測量機を用いた断面管理を省略することができる。

ICT建設機械の作業位置のデータ記録

イメージ



GNSSや光波で建設機械の3次元座標を計測し、刃先やブレード、ローラーなどの作業装置のポイントを記録する。従来行われている3次元計測機による面的管理や、測量機を用いた断面管理を省略することができる。

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認

2. 現場計測

- 2.1 GNSS基準局の配置
- 2.2 事前の測定精度確認
- 2.3 日々の精度確認
- 2.4 計測密度
- 2.5 日々の出来形確認

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形評価用データの作成
- 3.2 精度確認実施結果の記録・提出

1 計測準備

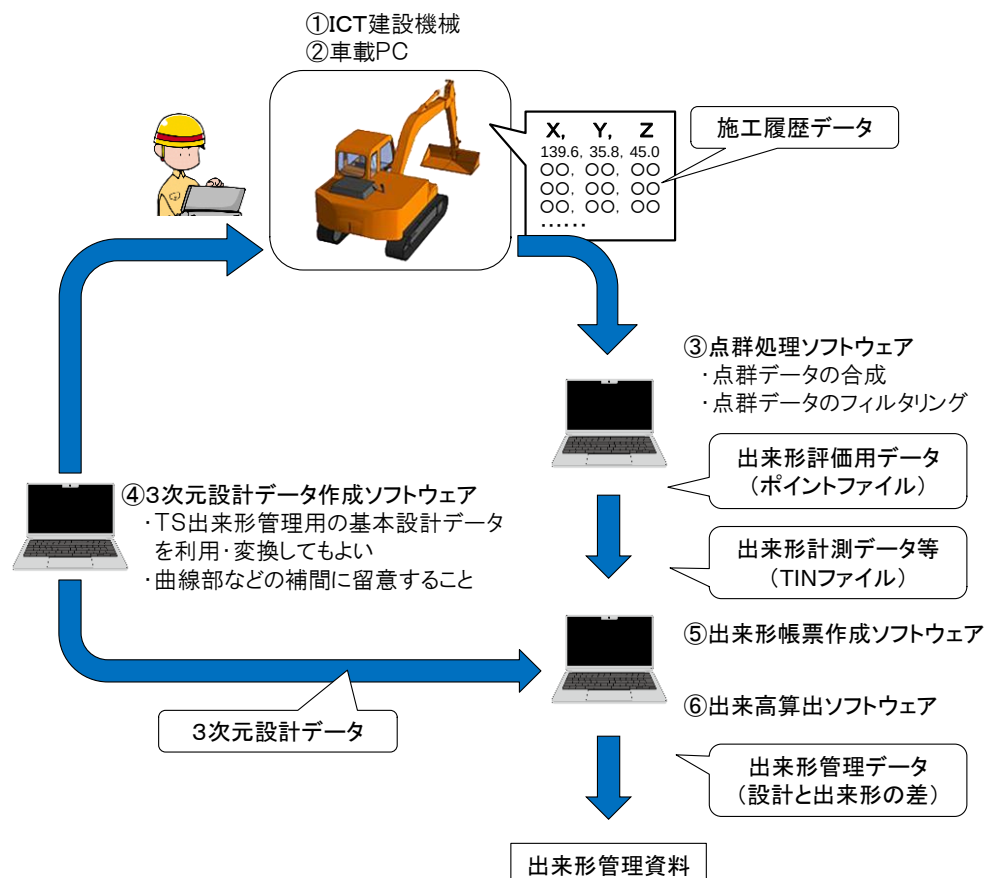
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT建設機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア



- ICT建設機械本体
…施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録する機能を有するICT建設機械を使用する必要がある。
- 車載PC
- 点群処理ソフトウェア
- 3次元設計データ作成ソフトウェア
- 出来形帳票作成ソフトウェア
- 出来高算出ソフトウェア

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認
- (3) 計測密度の確認

(1) 計測性能の確認

ICT建設機械の作業装置位置の測定精度は、下記の要因により変化する。

- ①RTK-GNSSの位置精度
- ②RTK-GNSS及び角度センサー位置間の寸法計測誤差
- ③角度センサーによる出力精度
- ④ソフト処理上の丸め誤差
- ⑤機械の劣化（刃先の磨耗を含む）

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。



(2) 精度管理の確認

I C T 建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、現地での精度管理を実施します。

なお、規程により認定され、規程の「別表2 申請者が公表を求める事項」について、認定事業者が精度確認方法を公表している場合は、ここに規定されている確認方法のほか、認定事業者が公表している精度確認方法によることができる。

■施工履歴データ（土工）の精度確認

- 1) 事前の精度確認の実施
- 2) 日々の精度確認の実施

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

1) 事前の精度確認（着工前の精度確認）

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の「1) テスト作業による精度確認（着工前の精度確認）」に従い、出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果について提出する。

■実施時期：出来形管理範囲着工前に、現場ごとに1回実施する。

■実施方法：以下の①および②の方法で確認する。

- ①実際に掘削整形作業、締固め作業を行う方法
- ②I C T 建設機械の作業装置位置を計測する方法

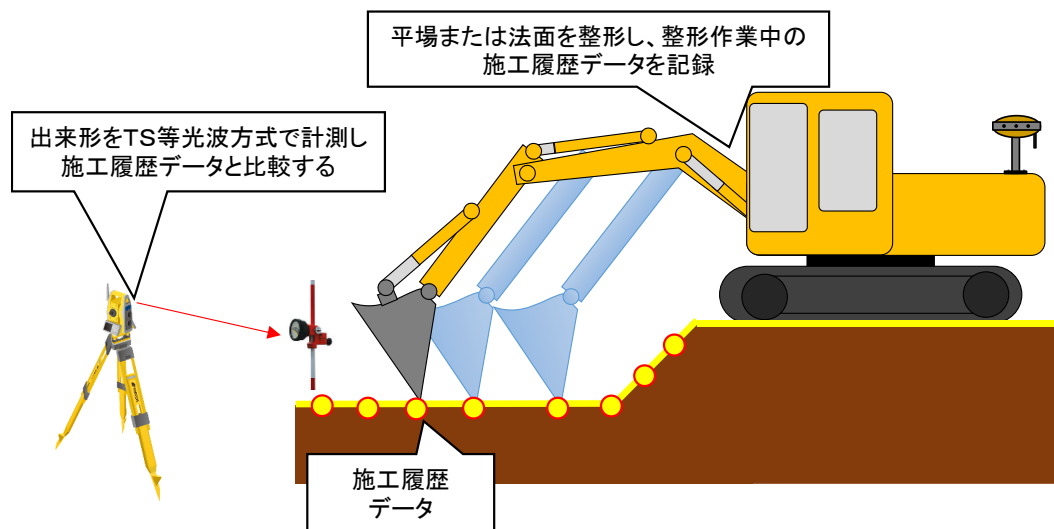
① 実際に掘削整形作業、締固め作業を行う方法

本確認は、施工履歴データによる出来形管理を行う範囲の形状に応じて、平場または法面にて1回実施する。施工に使用するICT建設機械を用い、現場内の適切な場所で整形作業、締固め作業を行う。作業中に施工履歴データを記録する。

作業後、トータルステーション（TS）等で出来形を検測する。施工履歴データから求める出来形と、TS等光波方式で検測した点の3次元座標とを比較し、精度確認基準を満たすことを確認する。

ICTバックホウの実施手順

- 本施工を実施する前に、実際に掘削整形作業を行い、施工履歴データを取得する。
- ICTバックホウより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。
- 試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、平場または法面において実施する。
- 試験は、本施工区間の一部で実施してもよい。
- 試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とするが、実施範囲内で1m以上の離隔をもってTS等光波方式で計測した点を配置できるような範囲（広さ）で実施すること。検測箇所は16箇所以上とする。



1

計測準備

2

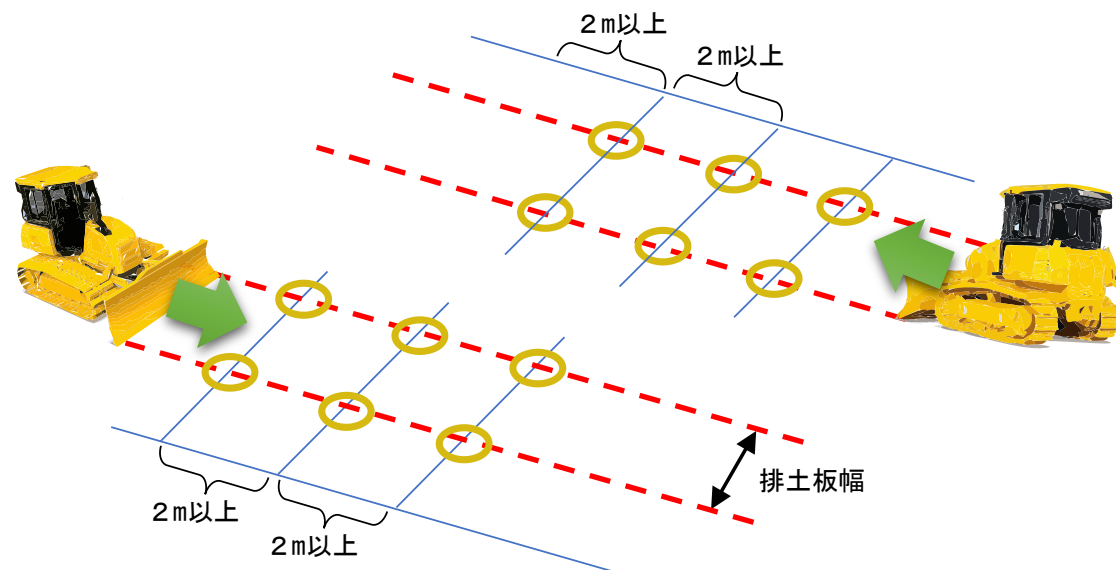
現場計測

3

計測データ処理

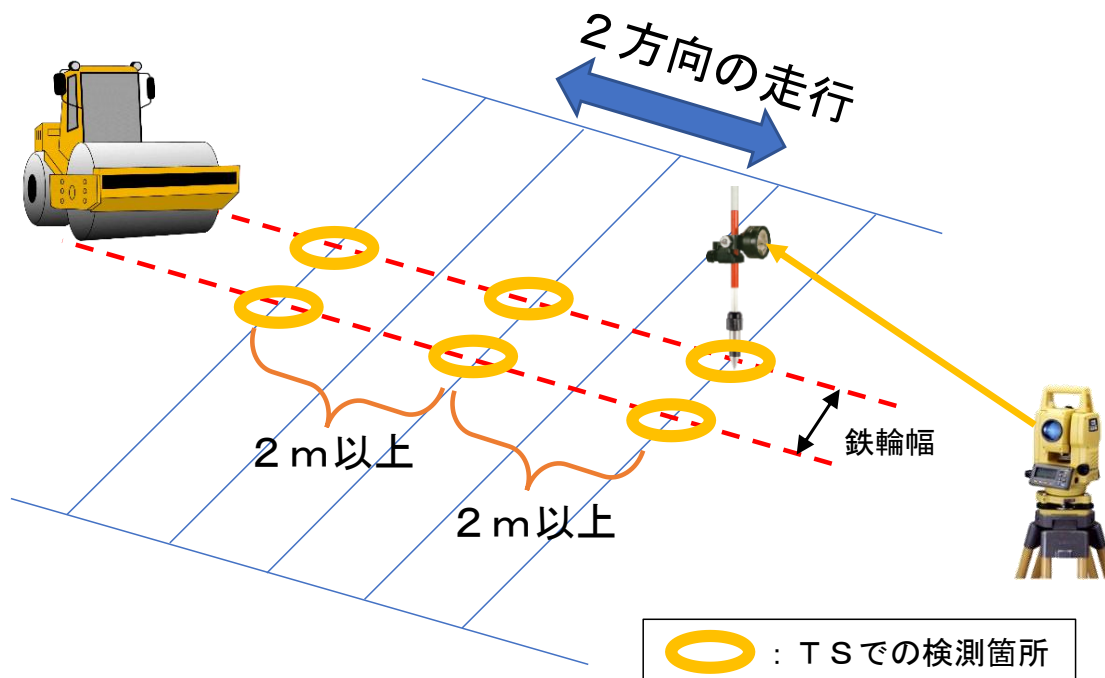
ICTブルドーザの実施手順

- 本施工を実施する前に、実際に掘削整形作業を行い、施工履歴データを取得する。
- ICTブルドーザより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。
- TSの計測点は、ブルドーザによる作業実施後、排土板下端の左右端点付近、または履帯下面の左右端点が通過したライン付近に設定する。
- 試験は施工対象現場の条件を踏まえて、平場または法面において実施する。また、本施工区間の一部で実施してもよい。
- 試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とする。検測箇所は、2方向の走行を含めて、延べ12箇所以上とする。



3 DMGローラの実施手順

- 本施工を実施する前に締固め作業を行い、施工履歴データを取得する。TSの計測点は、ローラによる締固め作業実施後、鉄輪の左右端点が通過したライン付近に設定する。
- 3DMGローラより取得した施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較し、真値との差異を確認する。
- 試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、使用現場において最も傾斜が大きい場所で実施する。また、本施工区間の一部で実施してもよい。
- 試験施工を実施する範囲（広さ）については任意とするが、検測箇所は左右鉄輪接地点付近とする。検測箇所は、前進および後進の走行を対象に、延べ12箇所以上とする。



② ICT建設機械の作業装置を計測する方法

ICT建設機械の施工履歴データと真値（真値はTS等光波方式で計測）を比較、差異を確認する。

ICTバックホウの実施手順

- ・計測は、ケース1～7の7ケースの姿勢において、施工履歴データを記録する箇所にプリズムを設置し、TS等により精度を確認する。
- ・バケット背面の土と接する箇所の座標を施工履歴データとして記録することができるシステムを用いる場合は、刃先の精度確認試験を実施する7ケースのうち1ケースで、バケット背面の土と接する箇所における施工履歴の精度確認を追加で実施する。
- ・全てのケースで水平・標高の較差が $\pm 50\text{mm}$ 以内であること。

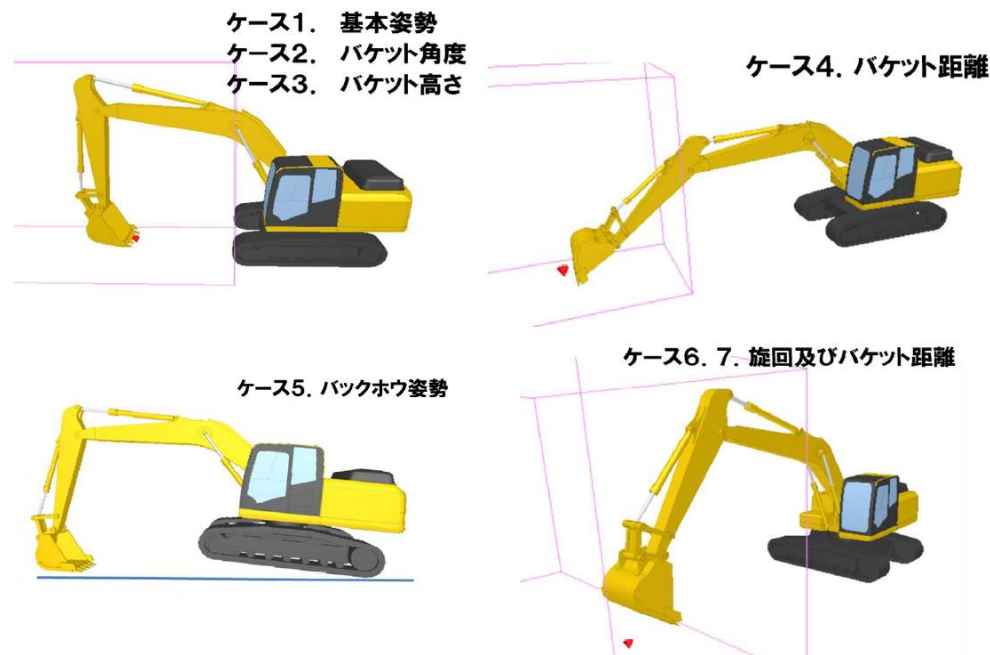


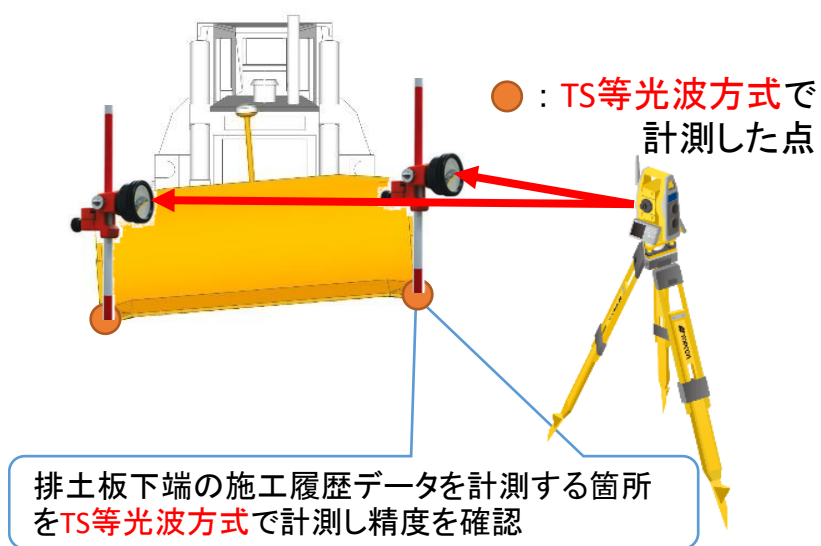
表 ICTバックホウの作業装置位置の確認姿勢の設定例

	目標 バケット標高位置	目標 バケット角度	バケット距離	バックホウ姿勢	上部旋回体向き	備考
ケース1	0m	0度	近距離	水平	正面	比較基本姿勢
ケース2	0m	60度	近距離	水平	正面	バケット角度
ケース3	1.5m	0度	近距離	水平	正面	バケット高さ
ケース4	0m	0度	遠距離	水平	正面	バケット距離
ケース5	0m	0度	近距離	7.5度	正面	バックホウ姿勢
ケース6	0m	0度	近距離	水平	90度	旋回体向き
ケース7	0m	0度	遠距離	水平	90度	

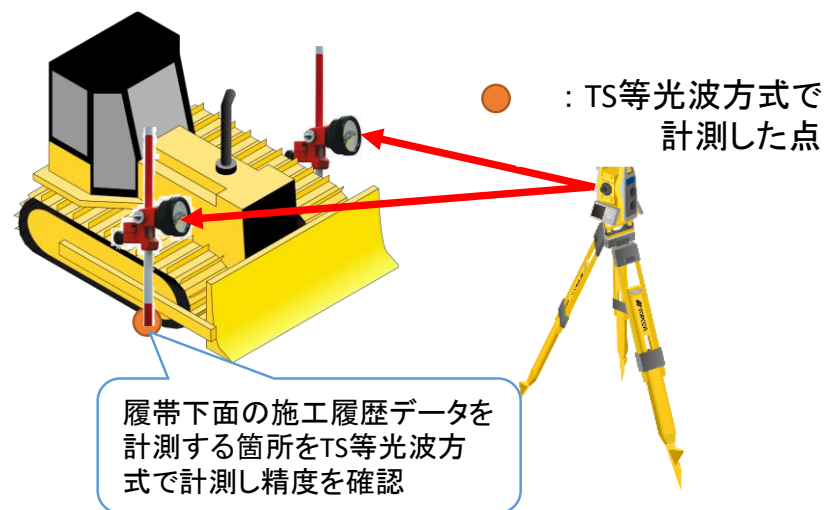
※目標バケット標高位置、目標バケット角度は目安である。

ICTブルドーザの実施手順

- ICTブルドーザから提供される排土板下端（左右端部）または履帯下面（左右端部）の位置とTS等光波方式の計測による計測結果との較差を算出し、水平位置及び標高（ $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ）で $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。
- 計測は、排土板については3ケースの異なる姿勢（排土板の角度）で実施する。履帯下面については3ケースで実施する。
- 各ケースについて、施工履歴を記録する点（排土板または履帯下面の施工履歴データを記録する箇所）を左右各1点ずつ計測する。



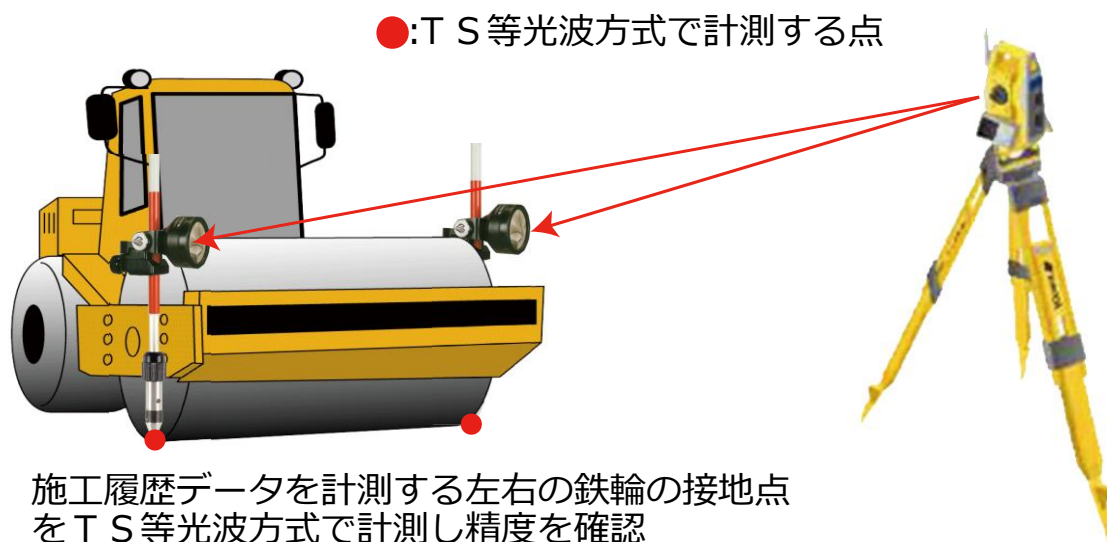
作業装置位置を確認する方法（排土板下端）



作業装置位置を確認する方法（履帯下面）

3 DMGローラの実施手順

- 3DMGローラから提供される左右鉄輪接地点とTS等光波方式の計測による計測結果との較差を算出し、水平位置及び標高($\Delta x, \Delta y, \Delta z$)全てで $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。
- 計測は、3DMGローラの縦断勾配が施工対象現場の設計形状から最大の傾斜を読み取り、3DMGローラのピッチング角が最大傾斜と同等程度となる場所に設置したケース、ローリング角が最大傾斜と同等程度となるように設置したケース、および平坦に近い状態で設置したケースの3ケースについて実施する。
- 各ケースについて、施工履歴を記録する点(鉄輪接地点)を左右各1点ずつ計測する。



2) 日々の精度確認

施工履歴データを出来形計測に利用する場合は、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の「2) 日々の精度確認」に従い、作業日1日ごと始業前に精度確認試験を実施する。結果については、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

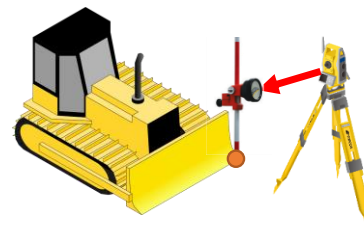
- 評価方法は、ICT建設機械から提供される作業機位置座標と、既知点、またはTS等光波方式により計測した座標との較差を算出し、水平・標高較差が精度確認基準に示す基準値以内であることを確認する。なお、本精度確認試験の確認点数は1点とする。
- ICTバックホウ、ICTブルドーザ、3DMGローラのいずれの場合も、バケット形状や鉄輪・履帯の厚み・形状を考慮して、施工履歴の標高計測値を一定寸法だけオフセットして記録しているシステムについては、TS等光波方式による高さ計測値と、オフセットした施工履歴データとの比較により精度を検証してもよい。また、直接ピンボールで施工履歴計測点を計測できない場合は、オフセットした点で精度確認を実施してもよい。試験結果は提出する必要はないが、監督職員の求めに応じて提出できるように保管すること。

●：既知点、TS計測点

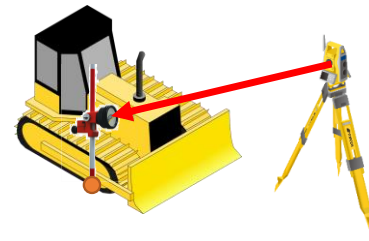


バケットの端部の1点について
真値をTS等光波方式で計測する
または既知点で比較する

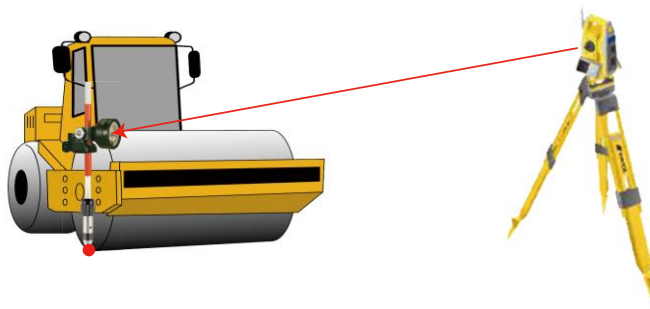
排土板下端の
施工履歴データを用いる場合



履帯下面の
施工履歴データを用いる場合



排土板下面または排土板下面の1点について
真値をTS等光波方式で計測するまたは既知点で比較する



右端または左端の鉄輪接地点について真値をTS等光波方式で計測し精度を確認する

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

(3) 計測密度の確認

出来形管理に用いる施工履歴データに必要な計測密度は、1点/m²以上とする。

2 現場計測

2.1 GNSS基準局の配置

固定基準局使用によるRTK-GNSSを用いる場合は、基準局（工事基準点に設置した基準局、国土地理院や民間が管理する基準局等）から必要な補正データを受信し、適正な精度確保を行うこと。

留意点

- 固定基準局使用によるRTK-GNSSを含む場合には、掘削又は敷均し工の着手前までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。
- 同システムにより提供される作業装置位置の3次元座標には、RTK-GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置すること。

2.2 事前の測定精度確認

作業装置位置の取得精度を確保するため、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、**施工着手前に精度確認試験を行う**。なお、規程により認定され、規程の「別表2 申請者が公表を求める事項」について、認定事業者が精度確認方法を公表している場合は、規定されている確認方法のほか、認定事業者が公表している精度確認方法によることができる。（→①計測準備を参照）

2.3 日々の精度確認

作業日ごとに、始業前に1回、ICT建設機械が静止した状態での**施工履歴データの測定精度を確認**する。結果については、監督職員の求めに応じて提出できるように整理する。（→①計測準備を参照）

2.4 計測密度

施工履歴データによる出来形計測は、**計測対象範囲内で1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定**で計測を行う。

施工履歴データにより**出来形管理を実施する範囲の整形作業実施後**、出来形が「出来形管理基準及び規格値」に記載の面管理の場合、**日当りの施工範囲について3点以上の出来形確認を行い**、規格値を満足していることをTS等光波方式による計測により確認する。確認結果は出来形管理表として記録し、監督職員の求めに応じて提出できるように整理・保管する。

- ・施工履歴データにより出来形管理を実施する範囲の整形作業実施後、出来形が「出来形管理基準及び規格値」に記載の面管理の場合の規格値を満足していることを計測により確認する。
- ・出来形確認の計測方法にはT S等光波方式を用い、計測点数は1日の施工範囲に対して3点以上とする。計測点は計測員が安全に立ち入れる範囲内で、1日の施工範囲に対して偏りなく配置すること。
- ・計測は日々の施工完了後に計測を行うことを基本とするが、GNSS衛星の測位状況が悪化しないことが予測されている場合や、数日の施工・計測により、良好な精度が得られている場合は、数日分の計測をまとめて1回で実施してもよい。ここで1日の施工範囲とは、整形作業等を実施した日に整形作業が完了した範囲のことを指す。
- ・出来形管理結果は次図に示す様式で記録し、監督職員の求めに応じて提出できるように保管する。

19

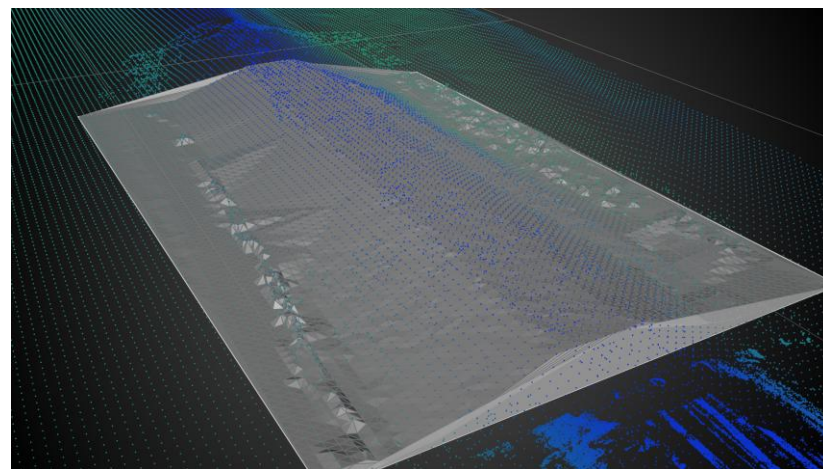
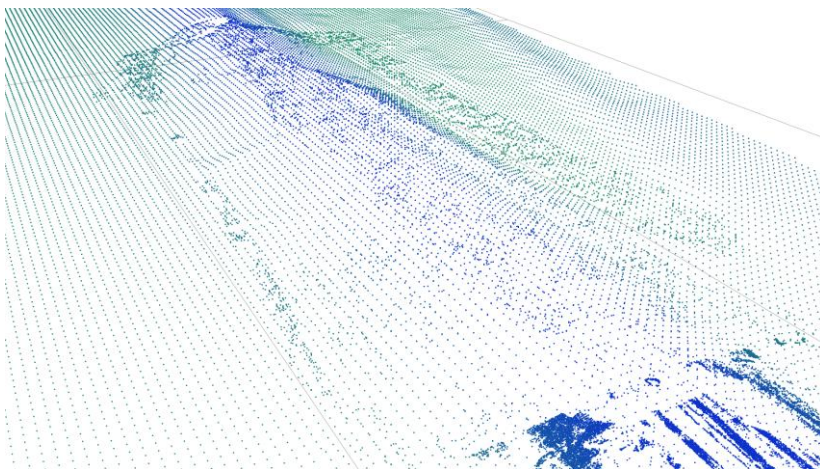
3 計測データ処理

3.1 出来形評価用データの作成

取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出する。

点群データ処理ソフトウェアを使用し、点群データから出来形部分と関係のない不要点を削除後、出来形評価用データを作成する。

- ・施工履歴データの点群データには、ICT建設機械の小移動や旋回、作業装置等の上げ下げなどで記録された不要な点も含まれる。このため、点群処理ソフトウェアを用いて不要な点を排除し、出来形部分に対応した点群データのみを抽出する。
- ・出来形部分に対応した点群データのみを抽出するため、**出来形部分に1㎡（1m×1mの平面正方形）以内のグリッドを設定**し、任意のグリッドごとに代表点の抽出を行い、出来形評価用データを作成する。
- ・施工履歴データの取り出しは、施工履歴データがICT建設機械の車載PCに保存されている場合には、施工後に車載PCから記録媒体（USBメモリー等）へ施工履歴データをコピーする。施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合は、クラウドサーバーからダウンロードする。
- ・なお、施工履歴データは初期データの時点で不要点削除・グリッド処理が完了している場合には、その処理済みのデータを使用してよい。



3.2 精度確認実施結果の記録・提出

「テスト作業による精度確認」及び「日々の精度確認」の**実施結果を記録・提出**する。
 本結果を提出する場合、「施工履歴データによる土工の出来高算出要領（案）」及び「ＩＣＴ建設機械精度確認要領（案）」において、求められている精度確認の実施は省略する。

- 精度確認試験で精度管理値を満足できない場合は、ＩＣＴ建設機械のキャリブレーションを再度実施し、精度を是正した後、再試験を行う。

精度確認試験結果報告書			
			〇〇年〇〇月〇〇日
工 事 名:			
受 注 者 名:			
作 成 者:			印
(1) 試験概要			
測定日	〇〇年〇〇月〇〇日		
測定条件	天候:晴れ 気温: 8℃		
測定場所	〇〇工事 現場内		
精度確認の対象機器	メーカー : 株式会社 測定装置名称: SR420 測定装置の製造番号: SN00022		
検証機器 (真値を計測する測定機器)	TS 機種名: 〇〇〇 (級別: 〇級)		
精度確認方法	・施工履歴データの取得による計測標高と、TS等 光波方式による計測標高との較差		
(2) 精度確認試験結果			
差の確認 (鉛直方向の測定精度)			
施工履歴データの取得による計測標高 — TS等光波方式による計測標高			
①実際に掘削・整形作業を行う方法			
較差	点番	平場※	
		Δ x	Δ y
	1	31mm	20mm
	2	21mm	10mm
	3	19mm	33mm
	・	・	・
	・	・	・
基準	±50mm 以内		
合否	合格		
※本確認は、施工履歴データによる出来高算出を行う範囲の形状に応じて、平場または法面にて1回実施する。			
②ＩＣＴ建設機械の作業装置位置を計測する方法			
較差	点番	各測点における差	
		Δ x	Δ y
	1	25mm	34mm
	2	16mm	11mm
	3	19mm	38mm
	・	・	・
	・	・	・
基準	±50mm 以内		
合否	合格		

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工	面 管 理	施工履歴データ	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			部分払い 出来高計測	○ICTバックホウ・ブルドーザ・3DMGローラ(①②どちらかを実施) 【① 実際に掘削・整形作業を行う方法】 法面または平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz) 各 $\pm 200\text{mm}$ 以内 【② ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 鉛直方向(Δz) $\pm 50\text{mm}$ 以内	1点以上/1 m^2 (1 $\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ)				
			出来形計測	○ICTバックホウ・ICTブルドーザ(①②両方実施) 【① 実際に掘削・整形作業を行う方法】 法面または平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz) 各 $\pm 50\text{mm}$ 以内 【② ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz)各 $\pm 50\text{mm}$ 以内	1点以上/1 m^2 (1 $\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ)				
				○3DMGローラ(①、②両方実施) 【①実際に締固め作業を行う方法】 平場で下記の精度を確認する 水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz) 各 $\pm 50\text{mm}$ 以内 【② ICT建設機械の作業装置位置を計測する方法】 水平・鉛直方向(Δx 、 Δy 、 Δz) 各 $\pm 50\text{mm}$ 以内	1点以上/1 m^2 (1 $\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ)				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体 (ICT建設機械本体)

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

記録・保管

■ 適正な精度管理の記録

・ 着工前の精度確認試験結果

・ 日々の精度確認結果

・ 日々の出来形確認結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

監督職員の求めに応じて提出できるよう保管

5) 作業装置位置の取得精度確認計画

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照し、精度確認の計画について記載する。

記載事項

(参考) 適用工種・適用機種

適用工種

編	章	節	工種
共通編	土工	道路土工	盛土工（面管理の場合）
			掘削工（面管理の場合）
			路体盛土工（面管理の場合）
			路床盛土工（面管理の場合）
共通編	土工	河川・海岸・砂防土工	法面整形工（面管理の場合）
			盛土工（面管理の場合）
			掘削工（面管理の場合）
			法面整形工（面管理の場合）

適用機種

工種	適用できる I C T 建設機械	施工履歴データを記録する箇所	施工履歴データを記録する作業
盛土工（面管理の場合） 路体盛土工（面管理の場合） 路床盛土工（面管理の場合）	3 DMC バックホウ 3 DMG バックホウ	・バケット刃先 ・バケット背面等で土が接する箇所	整形作業 (法面・平場)
	3 DMC ブルドーザ 3 DMG ブルドーザ	・履帯下面	締固め作業等 (平場・法面)
	3 DMG ローラ	・鉄輪接地面	
掘削工（面管理の場合）	3 DMC バックホウ 3 DMG バックホウ	・バケット刃先 ・バケット背面等で土が接する箇所	整形作業 (法面・平場)
	3 DMC ブルドーザ 3 DMG ブルドーザ	・排土板下端 ・履帯下面	整形作業 (法面・平場)

※道路土工・河川土工の盛土工および掘削工で、施工履歴データを記録する機能を有する I C T バックホウ（3 DMC / 3 DMG バックホウ）または I C T ブルドーザ（3 DMC / 3 DMG ブルドーザ）、3 DMG ローラを使用する場合で、「面管理の場合」の出来形管理基準を用いる場合に適用。

※ I C T ブルドーザで履帯下面の施工履歴データを記録するシステムを用いる場合、履板の断面形状が標準型ブルドーザ（乾地）と異なるもの（湿地ブルドーザ・超湿地ブルドーザ・超々湿地ブルドーザ等）を使用して軟弱な地盤を施工する場合、地盤の強度により、地盤に履帯が沈み込む深さが変化するため、施工履歴データとして記録すべき高さが定まらない場合があるため、適用にあたっては注意が必要である。

※作業中に記録した施工履歴データから、出来形評価用データを抽出するフィルタリング方法（最終履歴抽出、最下点抽出等）については任意とするが、施工実施前に、施工計画書にフィルタリング方法を記載し提出すること。

- I C T バックホウ（3 DMC / 3 DMG バックホウ）は、整形作業中のバケットが土と接する箇所の 3 次元座標を施工履歴データとして記録できる機能を有するものを用いる。
- I C T ブルドーザ（3 DMC / 3 DMG ブルドーザ）は、排土板下端または履帯下面の 3 次元座標を施工履歴データとして記録できる機能を有するものを用いる。
- 3 DMG ローラは、鉄輪の左右端点部の接地点を含む、鉄輪の接地線の 3 次元座標を施工履歴データとして記録できる機能を有するものを用いる。

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：_____

受 注 者 名：_____

作 成 者：_____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・施工履歴データの取得による計測標高と、T S 等 光波方式による計測標高との較差

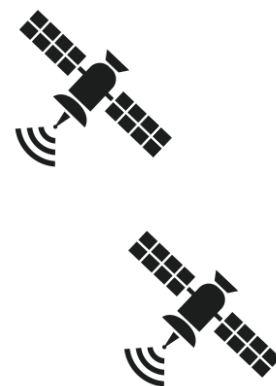
(2) 精度確認試験結果

差の確認（鉛直方向の測定精度）				
施工履歴データの取得による計測標高 — T S 等光波方式による計測標高				
①実際に掘削・整形作業を行う方法				
較差	点番	平場※		
		Δx	Δy	Δz
	1	31mm	20mm	35mm
	2	21mm	10mm	28mm
	3	19mm	33mm	14mm
	・	・	・	・
	・	・	・	・
基準		±50mm 以内		
合否		合格		

※本確認は、施工履歴データによる出来形管理を行う範囲の形状に応じて、平場または法面にて1回実施する。

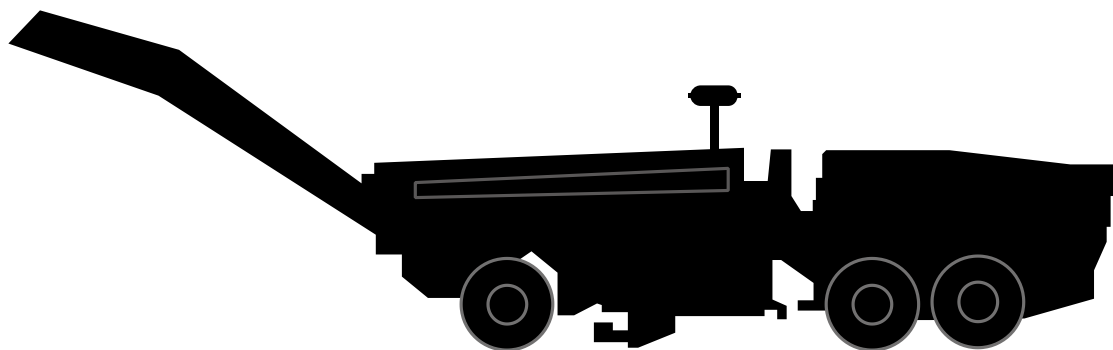
② I C T 建設機械の作業装置位置を計測する方法

較差	点番	各測点における差		
		Δx	Δy	Δz
	1	25mm	34mm	24mm
	2	16mm	11mm	13mm
	3	19mm	38mm	19mm
	・	・	・	・
	・	・	・	・
基準		±50mm 以内		
合否		合格		



技術概要集

施工履歴データ (舗装修繕工)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

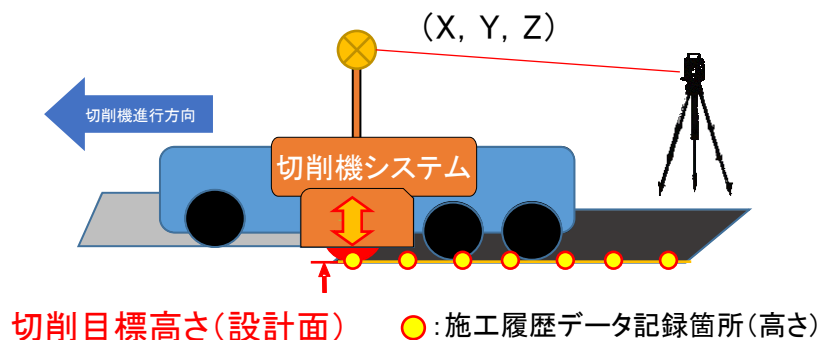
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 施工履歴データ計測とは？

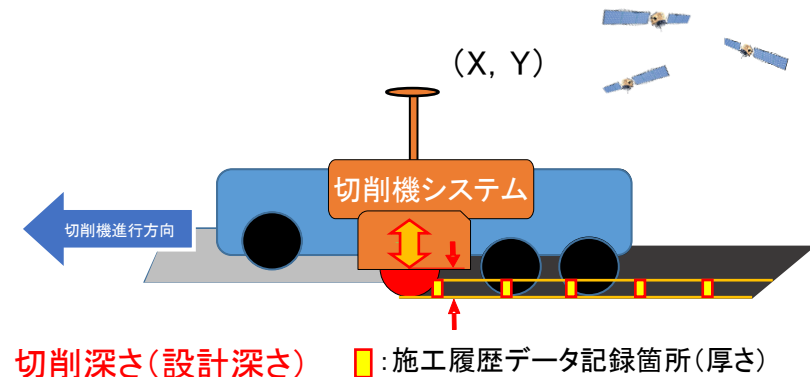
ICT建設機械により施工しながら計測されるICT建設機械の作業位置の3次元座標、取得時刻、その時の建設機械の状態の記録を言う。施工履歴データを活用することで、出来高部分払いや出来形管理を行うことができる。従来行われている3次元計測機による面的管理や、測量機を用いた断面管理を省略することができる。

ICT建設機械の作業位置のデータ記録

自動追尾TSやRTK-GNSSによる高さを含む位置計測



自動追尾TSやRTK-GNSSによる平面位置計測



施工中の路面切削機の作業装置位置及び切削深さ（高さ）をリアルタイムに計測・記録する機能を有する 施工管理システムを搭載した 建設機械である。

※切削深さ（高さ）の計測・記録方法の例としては、TS等を用いて切削装置を直接計測する方法、又は切削装置のコントロールパネル等に表示する切削深さ（高さ）の指示値を取得する方法などがある。

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 作業機位置の取得精度確認試験計画の立案

2. 現場計測

- 2.1 施工時の精度確認
- 2.2 計測（切削）の実施

3. 計測データ処理

- 3.1 計測点群データの作成

1 計測準備

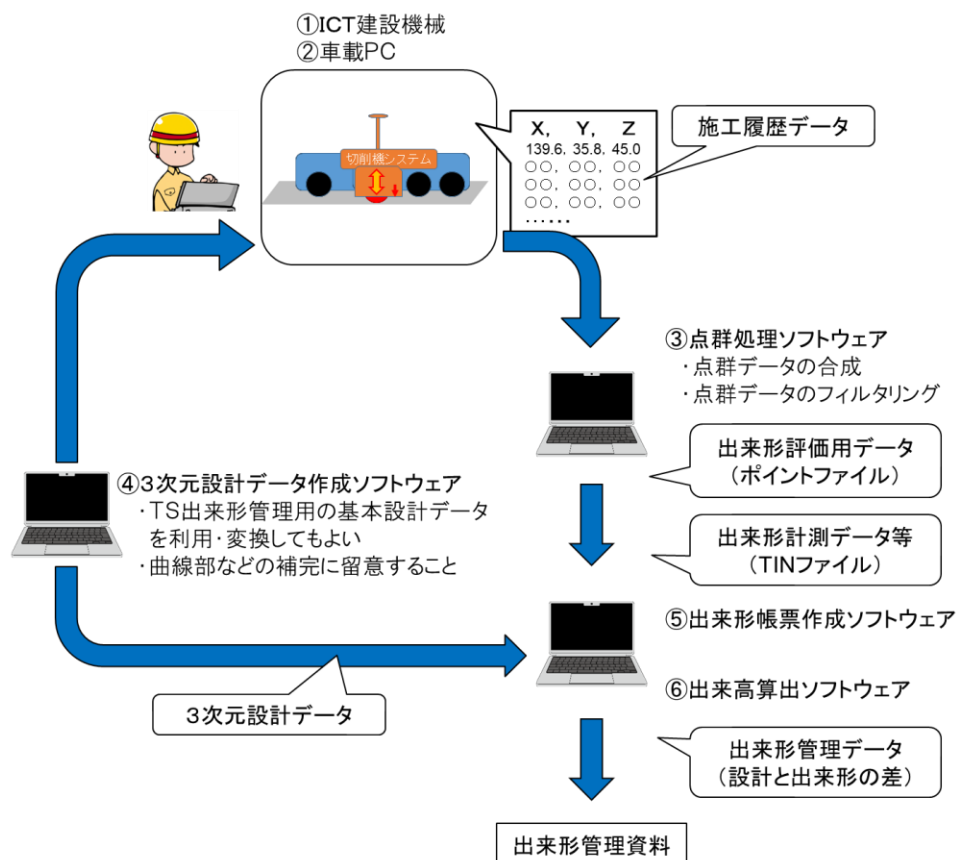
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT建設機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア



■ ICT建設機械本体

施工中の路面切削機の作業装置位置及び切削深さ（高さ）をリアルタイムに計測・記録する機能を有する施工管理システムを搭載した建設機械である。

※切削深さ（高さ）の計測・記録方法の例としては、TS等を用いて切削装置を直接計測する方法、又は切削装置のコントロールパネル等に表示する切削深さ（高さ）の指示値を取得する方法などがある。

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認

(1) 計測性能の確認

I C T 建設機械の作業装置位置の測定精度は、下記の要因により変化する。

- ① T S ・ R T K - G N S S の位置精度
- ② ソフト処理上の丸め誤差
- ③ 機械の劣化（刃先の磨耗を含む）

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。



(2) 精度管理の確認

I C T 建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、施工日ごと（作業が昼夜に分かれるなどの場合は作業ごと）に、施工前及び施工後に 1 回、I C T 建設機械の施工履歴データの取得精度を確認する。

施工履歴データを出来形計測に利用する場合は、「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の「2）施工後の精度確認」に従い、作業日 1 日ごと始業前に精度確認試験を実施する。

結果については、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

1.3 作業機位置の取得精度確認試験計画の立案

作業装置位置精度の確認と確保を目的とした作業装置位置の取得精度確認試験の計画について立案する。
計画内容については、施工計画書に記載する。

(1) 実施時期

施工日ごとの施工前、施工後に精度確認を行い、記録する。

(2) 実施方法

1) 施工前の精度確認

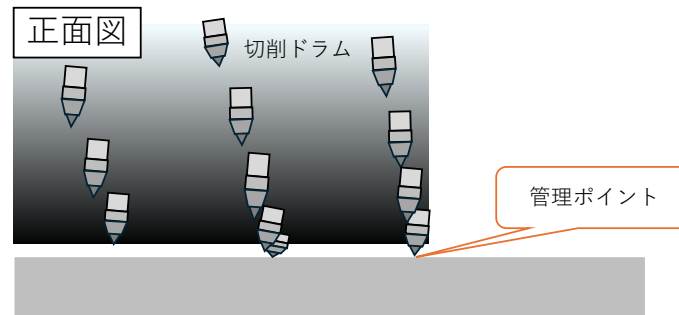
施工前に、水平精度の確認を下記①または②の方法で実施する。

①TS等を使用する方法

平面位置について、既設舗装面（切削前）において、施工履歴データの平面位置座標（ x, y ）または測点等の管理位置と、TSまたはRTK-GNSSによる実測値（ x, y ）または測点等の管理位置を比較し、「(3) 評価基準」を満足することを確認する。

②TS等を使用しない方法

当日施工する範囲内の既設舗装面（切削前）に、平面座標（ x, y ）が既知の点をマーキングする（これを管理ポイントと呼ぶ）。管理ポイントは、路面にマーキングした測点のラインと切削レーンの左右端部のラインが交差する点等、施工管理のために設けたマーキングをそのまま用いてもよい。次に、施工履歴データを記録しているポイント（切削ドラムの端部の、路面に刃先が接地するポイント等）を管理ポイントに合わせて設置し、車載モニタ等に表示される施工履歴データを記録しているポイントの平面座標を記録する。この平面座標と管理ポイントの平面座標とを比較し、後掲「(3) 評価基準」を満足することを確認する。



1

計測準備

2) 施工後の精度確認（高さまたは切削深さ計測精度の確認）

履歴取得位置と実績値（切削後）の同一平面位置にて、施工履歴データとして記録された刃先高さあるいは深さと、TS・レベル・水系・メジャ等で実測した高さあるいは深さとの差を算出し、「(3) 評価基準」の精度確認基準を満足することを確認する。

設計切削厚と、切削機の切削厚の表示が異なった場合は、都度補正を行う。

補正を行う際には、補正を行った位置、補正值、補正を行った理由を記録する。精度確認の実施時点は、当該施工日に最初に切削する1レーンの全部または一部の切削を行った時点でよい。

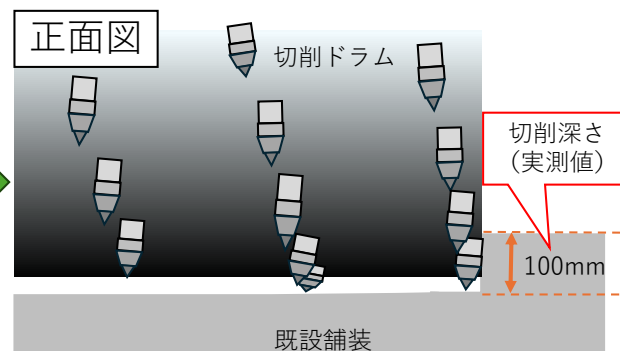
施工履歴データ（モニタ表示）



切削深さ
(施工履歴)

比較

実測値



施工後の精度確認（切削深さで計測精度を確認する場合）

3

計測データ処理



TS

水系

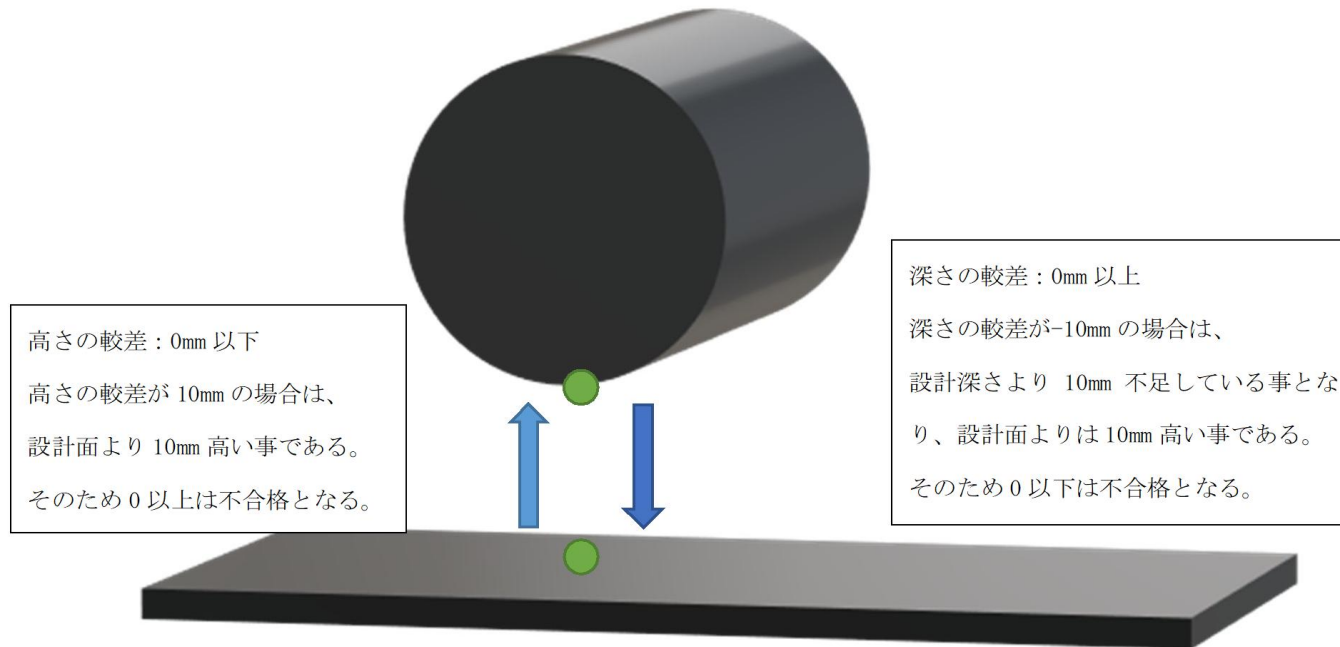
メジャ

高さまたは切削深さの計測実施例

(3) 評価基準

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

試験モード	比較方法	精度確認基準	備考
施工前の 精度確認 (水平精度)	平面位置座標 (x, y) または測点等の管理位置で、施工履歴データと実際の位置とのずれを確認	作業日ごとによる作業装置位置の取得精度 ((x, y) 座標または測点等の管理位置からのずれ) が、±50mm 以内	施工日ごとに1回実施
施工後の 精度確認 (高さまたは切削深さ計測精度)	施工履歴データに記録された高さまたは深さと、実測した高さまたは深さとの差	高さの較差：0mm 以下 (切削後の標高－標高指示値) 深さの較差：0mm 以上 (切削後の深さ－切削指示値)	施工日ごとに1回実施



(4) 実施結果の記録

(2) の精度確認試験実施結果を記録・提出する。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 : _____
受 注 者 名 : _____
作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・施工履歴データとT S・レベル／水糸との切削深さの較差

(2) 精度確認試験結果

■水平精度

	測点	横断離れ距離
①真値（（測点・横断離れ距離）または（x，y））	No. 16+5.00	4.500m
②施工履歴データ（（測点・横断離れ距離）または（x'，y'））	No. 16+5.002	4.503m
③差の確認（測定精度）（②－①）	0.002	0.003

縦断方向（測点の差）＝0.002m（2mm）；合格（基準値±50mm以内）

横断方向（横断離れ距離の差）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±50mm以内）

■高さまたは切削深さ計測精度

計測箇所	No. 〇〇+5m付近
①切削深さ（実測値）	52mm
②切削深さ（施工履歴データ）	51mm
差（②－①）	－1mm
基準値	0mm 以下 （施工履歴データよりも実測値の方が切削深さが深い）
合否	合格

2 現場計測

2.1 施工時の精度確認

施工日ごと（作業が昼夜に分かれるなどの場合は作業ごと）に、施工前及び施工後に1回、ICT建設機械の施工履歴データの測定精度を確認する。結果については、監督職員に提出する。

留意点

- 作業装置位置の測定精度がx, y座標の各成分とも±50mm以下であることを確認する。また、標高較差の管理を行う場合は、履歴取得位置との較差が0mm以下であり、深さ管理を行う場合は、履歴取得位置との較差が0mm以上であることを確認する。
- 確認方法は、「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照。

2.2 計測（切削）の実施

ICT建設機械を用いて切削を実施する。

留意点

【計測頻度】

- システム上にてリアルタイムに施工機械（刃先）の位置と該当位置における設計標高値と切削高さ、あるいは設計厚さと厚さ（切削深さ）の表示が得られること。



【計測密度】

- 計測密度：施工履歴データによる出来形計測は、計測対象範囲内で1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。
- ただし、縦断方向においては切削方向1mごとに1点取得し、横断方向においては切削幅に応じて、施工履歴データを算出することができる。
- また、縦断方向において、欠測等により点密度が確保出来なかった範囲については、1㎡（1m×1mメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られるよう、従来の計測方法（TS、レベル等を用いた方法）による計測で、補間することができる。

(参考) 計測密度とデータ補間のイメージ

1

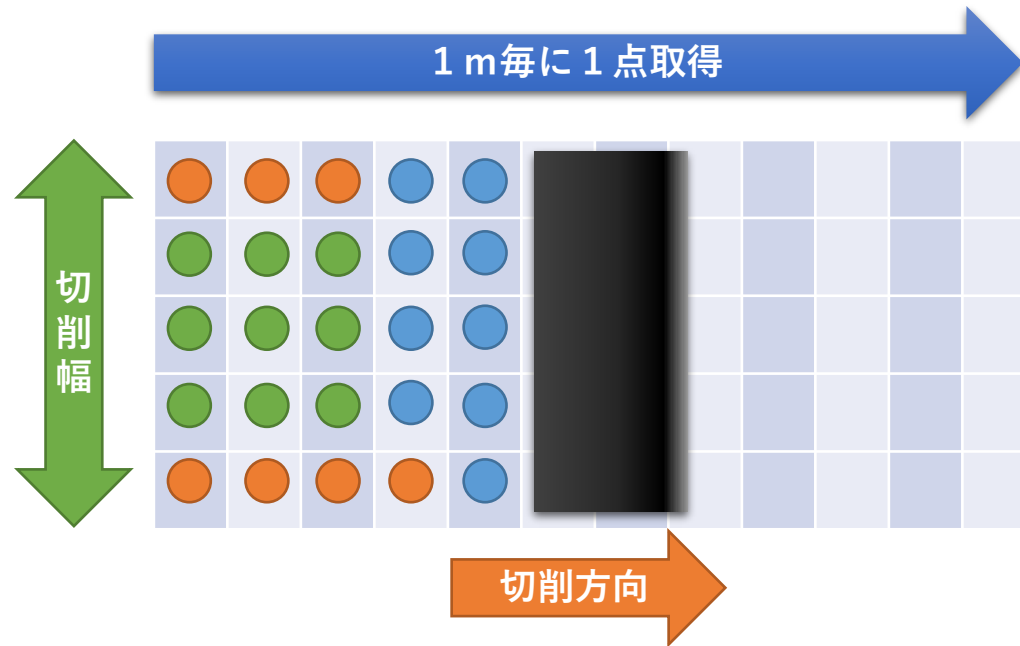
計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理



- 施工履歴データ取得データ
- 切削幅に応じて算出された施工履歴データ
- 欠測等による従来手法による補間データ

3 計測データ処理

1

計測準備

2

現場計測

3

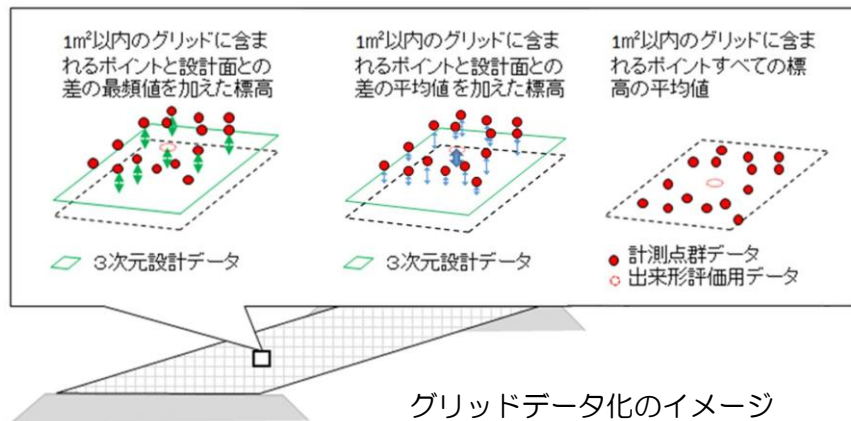
計測データ処理

3.1 計測点群データの作成

取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出する。

また、点群データ処理ソフトウェアを使用し、点群データから出来形部分と関係のない不要点を削除後、出来形評価用データを作成する。

- 施工履歴データの取得は、車載システムを用いて刃先高さあるいは深さを管理するシステム又は、車載あるいは別の計測システムを用いて、施工直後の高さあるいは深さを管理するシステムにおいて、記録される高さあるいは深さの位置データを利用して取得することができる。
- 施工履歴データの点群データには、ICT建設機械の小移動、作業装置等の上げ下げなどで記録された不要な点も含まれる。このため、**点群処理ソフトウェアを用いて不要な点を排除し、出来形部分に対応した点群データのみを抽出する。**
- 出来形部分に対応した点群データのみを抽出するため、出来形部分に1㎡（1m×1mメッシュ）のグリッドを設定し、任意のグリッドごとに代表点の抽出を行い、出来形評価用データを作成する。
- また、施工履歴データを用いて点群データを取得する場合は、グリッドデータ化することができる。
- 施工履歴データの取り出しは、施工履歴データがICT建設機械の車載PCに保存されている場合には、施工後に車載PCから記録媒体（USBメモリー等）へ施工履歴データをコピーする。施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合は、クラウドサーバーからダウンロードする。
- なお、**施工履歴データは初期データの時点で不要点削除・グリッド処理が完了している場合には、その処理済みのデータを使用してよい。**



◆ 参考資料

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理 手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
路面 切削工	面 管理	施工履歴データ	計測場面	測定精度	計測密度				
			出来形計測	【鉛直方向】 0mm以下(刃先高さの較差) ※標高較差で管理する場合 0mm以上(刃先深さの較差) ※切削厚で管理する場合 【平面方向】 ±50mm以内	【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)		■		

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体（ICT建設機械本体）

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 適正な精度管理の記録
・ 精度確認試験結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

5) 作業装置位置の取得精度確認計画

「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照し、精度確認の計画について記載する。

記載事項

(参考) 適用工種

適用工種

編	章	節	工 種	出来形管理項目	摘 要
共通編	一般施工	一般舗装工	路面切削工	厚さあるいは 標高較差	
河川編	河川修繕	管理用通路工	路面切削工	厚さあるいは 標高較差	
道路編	道路維持	舗装工	路面切削工	厚さあるいは 標高較差	
			切削オーバーレイ工	厚さあるいは 標高較差	路面切削のみ
	道路修繕	舗装工	路面切削工	厚さあるいは 標高較差	
			切削オーバーレイ工	厚さあるいは 標高較差	路面切削のみ

(「土木工事施工管理基準及び規格値 (案)」の工種区分より)

■出来形管理基準及び規格値

出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」に定められたものとし、測定値はすべて規格値を満足しなくてはならない。

土木工事施工管理基準及び規格値(案)

3-2-6-15

路面切削工（面管理の場合）

10-14-4-5

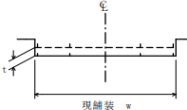
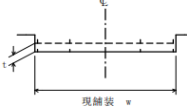
切削オーバーレイ工（面管理の場合）

上記基準を適用できない場合は、

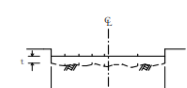
3-2-6-15 路面切削工
に示される、出来形管理基準及び規格値
によることができる。

また、「測定値はすべて規格値を満足しなくてはならない」とは、出来形評価用データのうち、99.7%が「個々の計測値」の規格値を満たすものをいう。

切削オーバーレイ工（面管理の場合）は、「路面切削」のみ（厚さ t または標高較差（切削））を適用する。

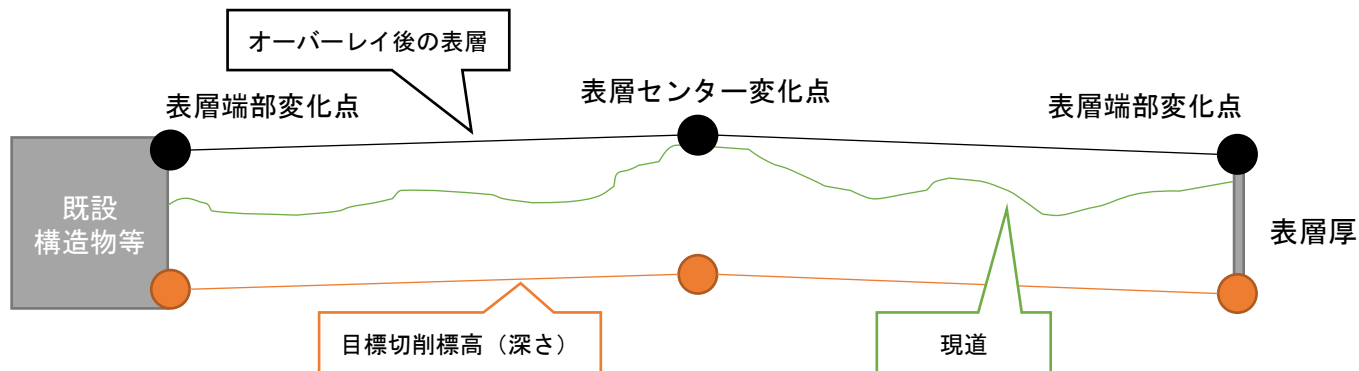
編 章	節	条	枝番	工 種	測定項目	規 格 値		測 定 基 準	測 定 箇 所	摘 要
						個々の測定値 (X)	測定値の平均 ($\bar{X}$)			
3 土 木 工 事 共 通 編	2 一 般 施 工	6 一 般 舗 装 工	15	1	路面切削工	厚 さ t	-7	-2		3-2-6-15
					幅 w	-25	—			
3 土 木 工 事 共 通 編	2 一 般 施 工	6 一 般 舗 装 工	15	2	路面切削工 (面管理の場合) 標高較差または厚さ t のみ	厚さ t (標高較差)	-17 (17) (面管理として緩和)	-2 (2)		3-2-6-15
					幅 w	-25	—			

面管理の場合の幅（ w ）については、従来通りの計測を実施する

10	14	4	5	2	切削オーバーレイ工 (面管理の場合) 厚さ t または標高較差 (切削) のみ	厚 さ t (標高較差) (切削)	-17 (17) (面管理として緩和)	-2 (2)		10-14-4-5
					厚 さ t (オーバーレイ)	—	-9	—		
					幅 w	—	-25	—		
					延長 L	—	-100	—		
					平 坦 性	—	3m ² コefficient (σ) 2.4mm以下 直線式(足付き) (σ) 1.75mm以下	—		

面管理の場合の幅（ w ）、延長（ L ）、平坦性については、従来通りの計測を実施する

Ⅰ CT舗装工（修繕工）の3次元設計データの作成は、以下の方法で作成する。



目標切削標高 = オーバーレイ後の表層（標高）－表層厚
 目標切削深さ = 表層厚－（オーバーレイ後の表層－現道）

オーバーレイ後の表層 = 現道端部と現道センターより算出
 又は 縦断面図と横断面図から算出

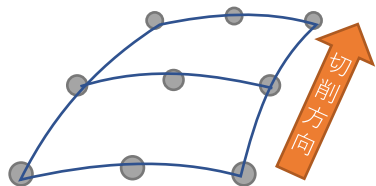
■ 3次元設計データ作成方法（標高と厚さの違い）

切削標高で管理する場合、目標切削標高を3次元設計データの標高値として入力する。絶対的な標高値を入力するため、現地の標高に近い値となる。

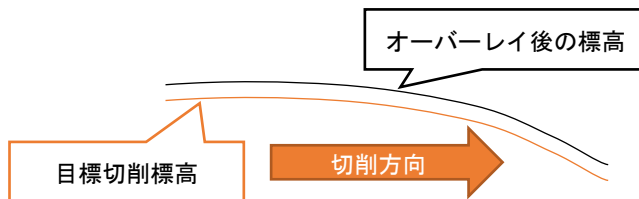
切削深さで管理する場合、目標切削深さを3次元設計データに入力する。

標高値から相対的な切削深さを入力するため、一定範囲の切削厚の入力になる。

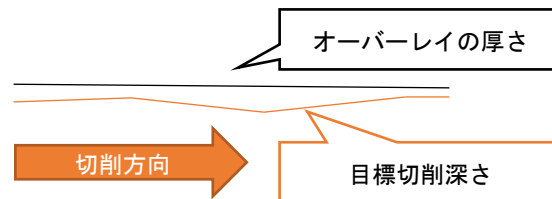
舗装修繕を行う道路



標高管理を行う場合の設計データ



深さ管理を行う場合の設計データ



作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 : _____
受 注 者 名 : _____
作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・施工履歴データとTS・レベル／水系との切削深さの較差

(2) 精度確認試験結果

■水平精度

	測点	横断離れ距離
①真値（（測点・横断離れ距離）または（x, y））	No. 16+5.00	4.500m
②施工履歴データ（（測点・横断離れ距離）または（x', y'））	No. 16+5.002	4.503m
③差の確認（測定精度）（②－①）	0.002	0.003

縦断方向（測点の差）＝0.002m（2mm）；合格（基準値±50mm以内）

横断方向（横断離れ距離の差）＝0.003m（3mm）；合格（基準値±50mm以内）

■高さまたは切削深さ計測精度

計測箇所	No. 〇〇+5m付近
①切削深さ（実測値）	52mm
②切削深さ（施工履歴データ）	51mm
差（②－①）	－1mm
基準値	0mm 以下 （施工履歴データよりも実測値の方が切削深さが深い）
合否	合格

技術概要集

施工履歴データ (浚 渫)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 施工履歴データを使った出来形管理とは？

ICT建機で掘削時に取得したバケットの3次元位置情報について、あらかじめ最下点、平均値、最頻値のいずれかで管理することを決めて出来形管理する（1平方メートルあたり1点）。ICT建機の精度確認は、日々行う。

管理・監督は、履歴データを受け取って段階確認を行い、完成検査（実地）の実測を省略する。

ICT建設機械の作業位置のデータ記録で管理

ICT建機のバケット軌跡記録機能を使い、掘削と同時に出来形管理を実施

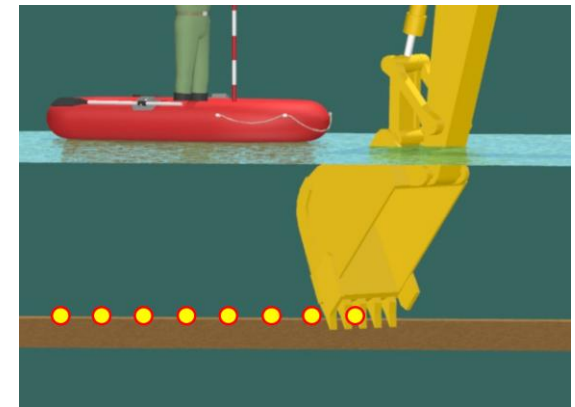
精度確認を兼ねて段階確認を行い履歴データを受け取る

完成検査の実測を省略

従来の完成検査（実地）
200mに1箇所
基準高、幅、深さ、延長を計測



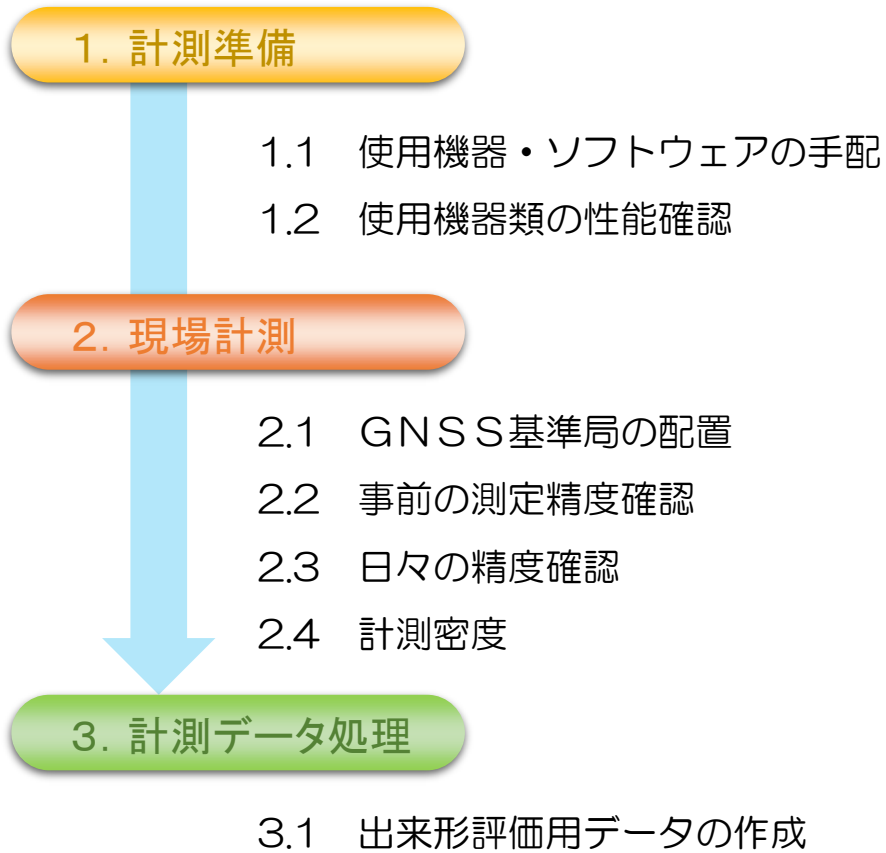
完成検査不要



● : 施工履歴データ記録箇所

- ・ 施工履歴データ
刃先のXYZ座標をログとして記録
作業中の最下点等の軌跡を取り出す

◆ 利用手順



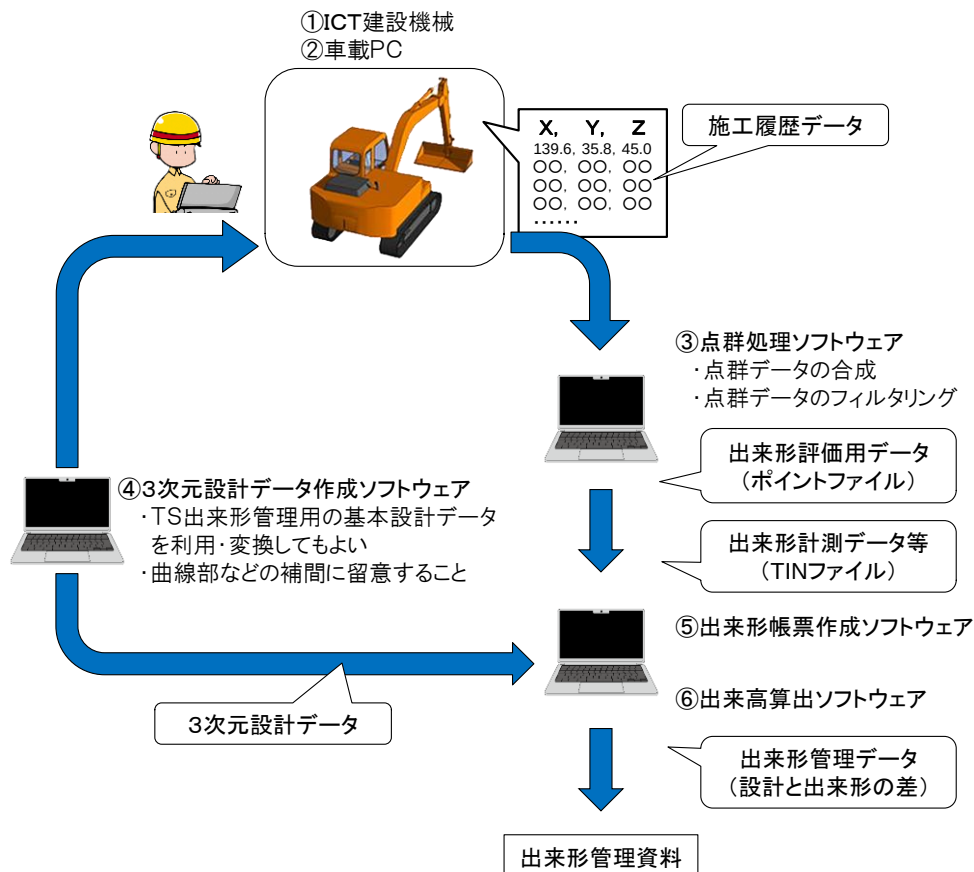
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT建設機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア



1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認

(1) 計測性能の確認

I C T 建設機械の作業装置位置の測定精度は、下記の要因により変化する。

- ① R T K－G N S S の位置精度
- ② R T K－G N S S 及び角度センサー位置間の寸法計測誤差
- ③ 角度センサーによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差
- ⑤ 機械の劣化（刃先の磨耗を含む）

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

(2) 精度管理の確認

I C T 建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、現地での精度管理を実施します。

■施工履歴データ（河川浚渫工）の精度確認

- 1) 事前の精度確認の実施
- 2) 日々の精度確認の実施

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

1) 事前の精度確認（着工前の精度確認）

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の「1) テスト作業による精度確認（着工前の精度確認）」に従い、出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果について提出する。

■実施時期：出来形管理範囲着工前に、現場ごとに1回実施する

■実施方法：以下の①、②のいずれかの方法で確認する。

- ①実際に掘削整形作業を行う方法
- ②プリズムにて作業装置位置を計測する方法

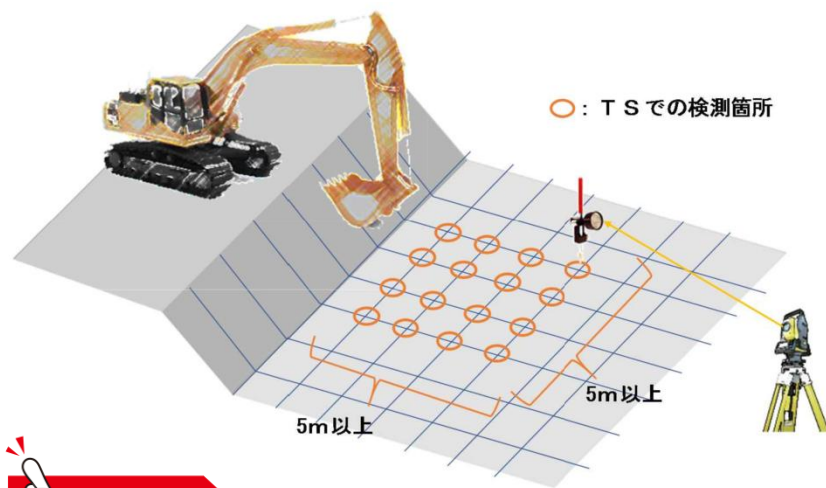
精度確認試験結果報告書	
〇〇年〇〇月〇〇日	
工 事 名: _____	
受 注 者 名: _____	
作 成 者: _____ 印	
(1) 試験概要	
測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候: 晴れ 気温: 8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー: 株式会社ABC 測定装置名称: SR420 測定装置の製造番号: SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名: 〇〇〇 (級別: 〇級)
精度確認方法	・実際に掘削整形作業を行う方法
(2) 精度確認試験結果	
差の確認（鉛直方向の測定精度）	
施工履歴データの取得による計測標高 — T S 等光波方式による計測標高	
較差	Δx (各検測点における差の最大値) 24mm
基準	±100 mm以内
合否	合格

1 計測準備

①実際に掘削整形作業を行う方法

施工に使用するICT建設機械を用い、現場内の適切な場所で、平場を平坦に整形する作業を行う。作業中に施工履歴データを記録する。作業後、トータルステーション(TS)で出来形を検測する。

施工履歴データから求める出来形と、TSで検測した点の3次元座標とを比較し、標高の差を算出する。これが精度確認基準を満足していることを確認する。テスト作業で整形する範囲は5m×5m以上とし、TSでの検測はテスト範囲内で16点以上とする。



取得した施工履歴データの座標をTSに与えて、位置出しして計測してもOK

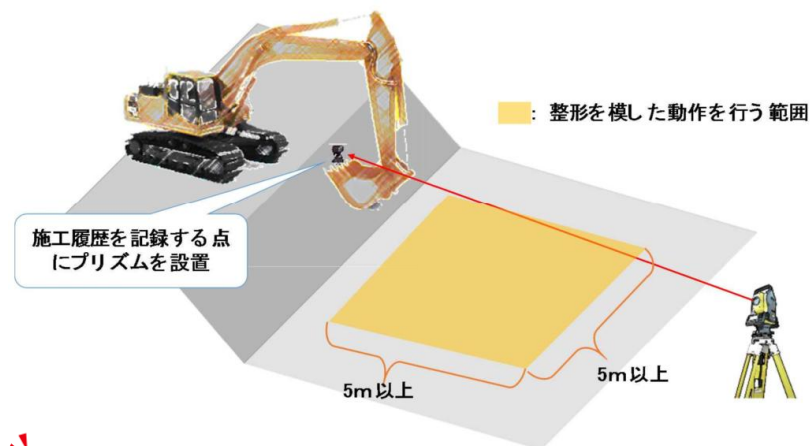
2 現場計測

3 計測データ処理

②作業装置計測方法

施工に使用するICT建設機械を現場内に静置し、ICT建設機械が施工履歴データとして座標を記録する点に自動追尾式TSで追尾・計測可能な全周プリズムを設置する。ICT建設機械にて平場の整形作業を模した動作を行い、動作中の施工履歴データを記録するとともに、全周プリズムの3次元座標をTSにて追尾・計測する。

動作中に記録した施工履歴データとTSで実測した3次元座標を比較し、標高の差の平均値を算出する。これが精度確認基準を満足していることを確認する。整形作業を模した動作を行う平面範囲は5m×5m以上とし、TSで計測する点数は16点以上とする。



実際に施工しなくても、空中操作でデータ取得することでもOK。施工履歴の面データと、TS計測の面データを作成して比較する手法でもOK

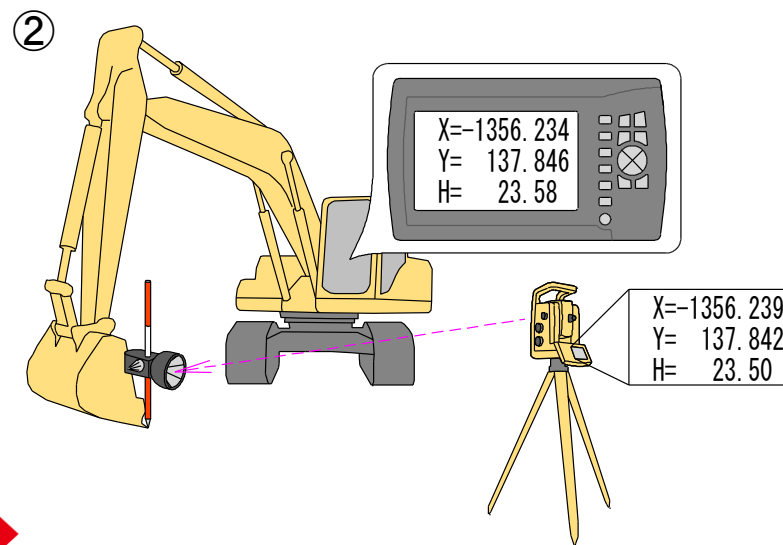
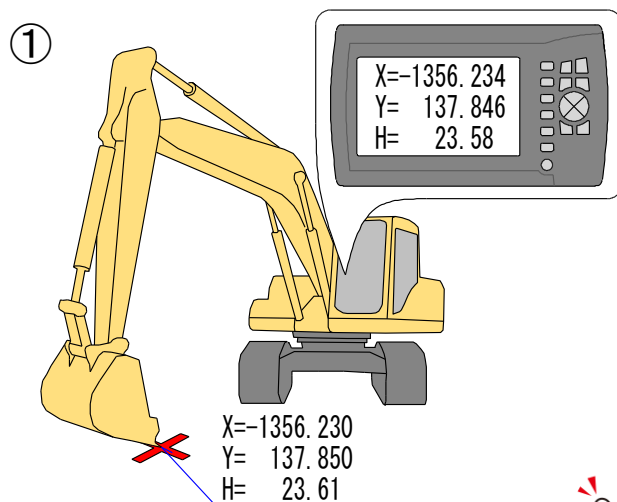
2) 日々の精度確認

各作業日の施工開始前に、作業装置位置の測定精度が x, y, z の各成分とも $\pm 50\text{mm}$ 以下であることを確認する。
確認方法の例は、以下のとおり。

- ① ICT建設機械によって出力される作業装置位置の3次元座標とトータルステーションやGNSS等の測位技術によって計測した作業位置装置の3次元座標とを比較する。
- ② ICT建設機械の作業装置を3次元座標が既知の点にあてて、既知の座標とMC・MG技術によって出力される作業位置装置の3次元座標を比較する。

なお、本精度確認試験は、施工範囲内とは別に設けた陸上の任意の箇所で実施すればよく、1姿勢の確認のみでよい。

試験結果は提出する必要はないが、監督職員の求めに応じて提出できるように保管すること。



1 姿勢のみの確認で良い

2 現場計測

2.1 GNSS基準局の配置

RTK-GNSSを用いてICT建設機械の測位を行う場合は、GNSS基準局を工事基準点に設置する。

留意点

- ・ ICT建設機械を構成する機器にRTK-GNSSを含む場合には、掘削又は敷均し工の着手前までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。
- ・ 同システムにより提供される作業装置位置の3次元座標には、RTK-GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置すること。

2.2 事前の測定精度確認

ICT建設機械を用いた施工に着手する前に、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、現場において**精度確認試験を実施し、結果を提出する**。

2.3 日々の精度確認

各作業日の施工開始前に、作業装置位置の測定精度が x 、 y 、 z の各成分とも $\pm 50\text{mm}$ 以下であることを確認する。結果については、監督職員の求めに応じて提出できるように整理する。（→①計測準備を参照）

2.4 計測密度

不要点除去等の処理を行った後の施工履歴データが、出来形計測データ及び出来形評価用データとともに**計測対象範囲内で 1m^2 （ $1\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ）あたり1点以上得られる設定**で施工履歴データの記録頻度等の設定を行う。
なお、欠測等により点密度が確保出来なかった場合には、 1m^2 （ $1\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ）あたり1点以上の計測点を得られるよう、従来の計測方法（TS、レベル等を用いた方法）による計測で、補間することができる。

3 計測データ処理

3.1 出来形評価用データの作成

取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出する。

点群データ処理ソフトウェアを使用し、点群データから出来形部分と関係のない不要点を削除後、出来形評価用データを作成する。

- 施工履歴データの点群データには、ICT建設機械の小移動や旋回、作業装置等の上げ下げなどで記録された不要な点も含まれる。このため、点群処理ソフトウェアを用いて不要な点を排除し、出来形部分に対応した点群データのみを抽出する。
- 出来形部分に対応した点群データのみを抽出するため、**出来形部分に1㎡（1m×1mの平面正方形）以内のグリッドを設定し、任意のグリッドごとに代表点の抽出を行い、出来形評価用データを作成する。**
- ICTバックホウを用いる場合は、出来形を算出する施工箇所のバケットの3次元座標（点群データ）のうち、現況地形より掘削されたデータかつ、標高が最低のデータを任意のグリッドごとに抽出する。
- 施工履歴データの取り出しは、施工履歴データがICT建設機械の車載PCに保存されている場合には、施工後に車載PCから記録媒体（USBメモリー等）へ施工履歴データをコピーする。施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合は、クラウドサーバーからダウンロードする。
- なお、施工履歴データは初期データの時点で不要点削除・グリッド処理が完了している場合には、その処理済みのデータを使用してよい。

様式-31-2

出来形合否判定結果表

工 種 河川浚渫工 測 点 No. 1～No. 1000

種 別 浚渫船運転工（バックホウ浚渫船） 合否判定結果 合格

測定項目		規格値	判定	測 点
平場 標高較差	平均値	-79 mm	+0mm 以下	
	最大値(凸)	260 mm	+400 mm	
	最小値(凹)	-390 mm		
	データ数	1000 点	1点/㎡以上 (1000点以上)	
	評価面積	1000 ㎡		
	棄却点数	0 点	0.3%以内 (3点以下)	

標準較差のばらつき

8%以内の割合	99.2%	規格値±30%以内のデータ数	992
50%以内の割合	88.7%	規格値±50%以内のデータ数	887

適用工種、工種別の計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
河川 浚渫工	面 管 理	施工履歴 データ	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			部分払い 出来高計測	・静止状態での精度確認 【鉛直方向・水平方向】 ±50mm以内 ・テスト作業による精度確認 【鉛直方向】 ±200mm以内	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			出来形計測	・静止状態での精度確認 【鉛直方向・水平方向】 ±50mm以内 ・テスト作業による精度確認 【鉛直方向】 ±100mm以内	【出来形計測】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ) 【出来形評価用】 1点以上/1㎡(1m×1mメッシュ)				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種・適用機種

適用工種・適用機種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体（ICT建設機械本体）

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

記録・保管

■ 適正な精度管理の記録
・ 着工前の精度確認試験結果

・ 日々の精度確認結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

監督職員の求めに応じて提出できるよう保管

5) 作業装置位置の取得精度確認計画

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照し、精度確認の計画について記載する。

記載事項

(参考) 適用工種・適用機種

適用工種・適用機種

編	章	節	工 種	摘 要
共通編	一般施工	浚渫工 共通	浚渫船運転工 (バックホウ浚渫船) ※	
河川編	浚渫 (川)	浚渫工 (バックホウ浚渫船)	浚渫船運転工	

(「土木工事施工管理基準及び規格値 (案)」の工種区分より)

※グラブ浚渫船は対象外とする

(参考) 出来形管理基準及び規格値

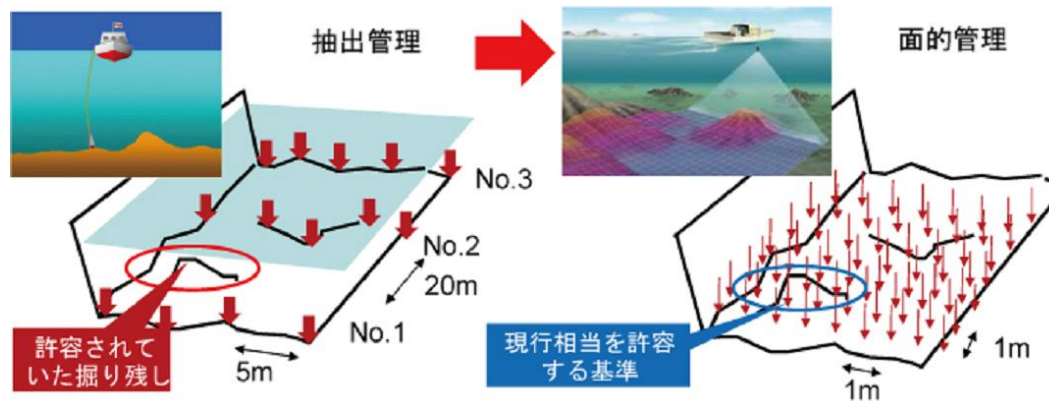
面管理の導入では、これまで20mごとの測線で5m間隔で行っていた抽出管理を、1平方mごとに1点の密度で管理する。

一見厳しくなったように見えるが、従来+20cmまでしか許容しなかった基準高を、面管理では+40cmまで許容する（全体の平均値は設計面以下にする）。

また、幅と延長の規格値も省略した。加えて、出来形管理の計測方法は、レッド測深に加えてマルチビームなどの音響探査でもできるようにした。

単位：mm

編	章	節	条	枝番	工 種	測 定 項 目	規 格 値		測 定 基 準	測 定 箇 所	摘 要
3 土 木 工 事 共 通 編	2 一 般 施 工	16 浚 渌 工 共 通	3	3	浚渌船運転工 (バックホウ浚渌船) (面管理の場合)		平均値	個々の計測値	1. 3次元データによる出来形管理において「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」に基づき出来形管理を面管理で実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±100mmが含まれている。 3. 計測は平場面と法面の全面とし、全ての点で設計面との標高較差を算出する。計測密度は1点/m ² (平面投影面積当たり)以上とする。		3-2-16-3
						標高較差	0以下	+400以下			



作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：

受 注 者 名：

作 成 者：

印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・実際に掘削整形作業を行う方法

(2) 精度確認試験結果

差の確認（鉛直方向の測定精度）

施工履歴データの取得による計測標高 — TS等光波方式による計測標高

較差	Δz （各検測点における差の最大値）
	24mm
基準	±100 mm以内
合否	合格

技術概要集

施工履歴データ

（表層安定処理等・固結工（中層混合処理））



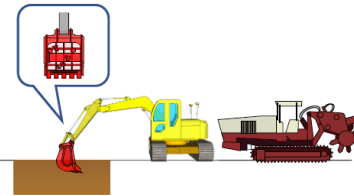
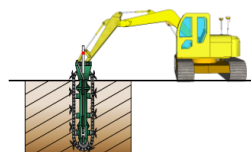
- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

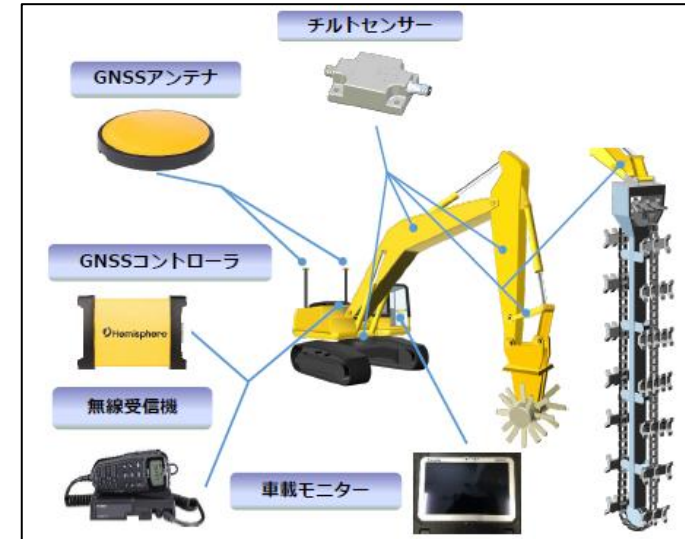
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 施工履歴データとは？

ICT建機の作業位置、取得時刻、その他機械の状態等を車載PCのログファイルに記録する技術である。施工履歴データを用いて出来形管理を実施することで、出来形管理の省力化・省人化が可能となる。

適用対象工種及び工法

適用対象工種・工法	概要図	施工方法	改良材	改良深度
表層安定処理等 バックホウまたは自走式スタビライザで攪拌するもので、施工履歴データで改良範囲を記録できるもの		改良材を必要量均等に散布し、攪拌装置を用いて所定の改良深度まで掘削し、改良材と原地盤の攪拌混合を行う。	粉体等	最大 2m程度
固結工（中層混合処理） トレンチャ式混合 バックホウをベースマシンとするもので、施工履歴データで改良範囲を記録できるもの		改良材を吐出しながらトレンチャ式攪拌装置を鉛直方向に回転させ、攪拌装置を所定の深度まで貫入させる。その状態で攪拌装置を平面方向に動かし全面を改良する。	粉体 スラリー	最大 13m程度
固結工（中層混合処理） ロータリー式混合 バックホウをベースマシンとするもので、施工履歴データで改良範囲を記録できるもの		改良材を吐出しながら攪拌翼を縦方向又は横方向に回転させ、攪拌装置を所定の深度まで貫入させた後引き抜く。この動作を繰り返して全面を改良する。	スラリー	最大 13m程度



ICT地盤改良機の例

👉 施工履歴データ導入効果

施工履歴データを用いた出来形計測を実施することで、以下の効果が期待できる。

- ・ 従来の出来形管理手法では把握できなかった面的な出来形が把握可能
- ・ 施工中に出来形の確認と修正のサイクルが確認でき、施工が迅速化
- ・ 従来のテープによる出来形管理を省略でき、出来形管理を省力化
- ・ 施工記録（出来形管理資料）の作成効率化

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 I C T地盤改良機械の機能確認
- 1.4 I C T地盤改良機械の設定

2. 現場計測

- 2.1 施工管理データ計測機のキャリブレーション
- 2.2 G N S S等の設置
- 2.3 事前の測定精度確認
- 2.4 出来形管理

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形管理資料の作成

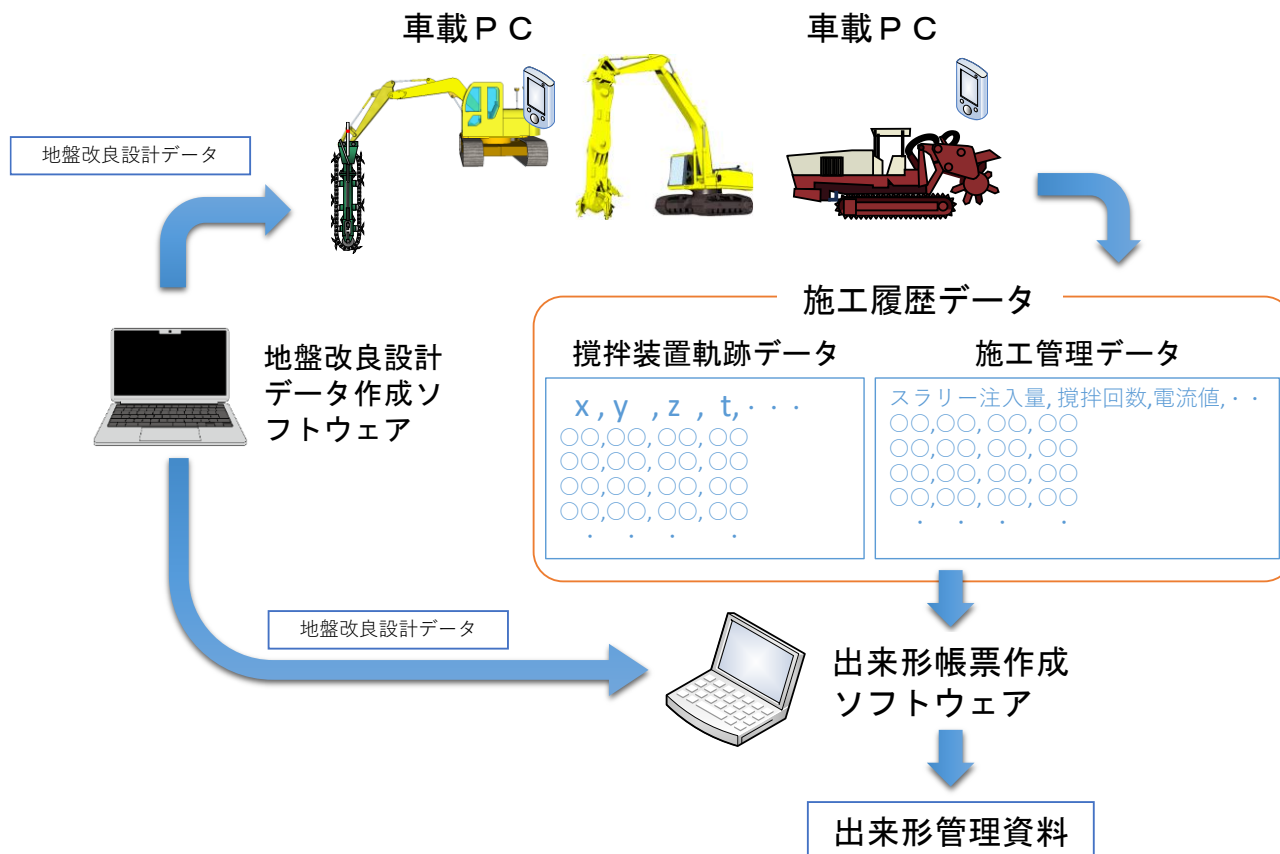
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

ICT地盤改良機械を用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT地盤改良機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア



1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認



ICT地盤改良機械とは、本資料の「1.3 ICT地盤改良機械の機能確認」に示す機能を有する地盤改良機械で、ベースマシンは、浅層地盤改良の場合、バックホウまたはスタビライザーを、中層地盤改良の場合、バックホウを用いているもの。ベースマシンがバックホウの場合、測位は、バックホウ背面に取り付けたGNSSアンテナまたはTSターゲット（以下、「GNSS等」という）とブーム、アーム、バケットまたは攪拌装置、本体に取り付けた傾斜センサー等、深度計等の情報から攪拌装置先端の座標を計算して行う。

(1) 計測性能の確認

ICT地盤改良機械の作業装置位置の測定精度は、下記の要因により変化する。

- ①RTK-GNSSの位置精度（GNSSを測位に使用する場合）
- ②RTK-GNSS及び角度センサー位置間の寸法計測誤差（GNSSを測位に使用する場合）
- ③TS等光波方式の器械設置・計測誤差（TS等光波方式を測位に使用する場合）
- ④角度センサーによる出力精度
- ⑤ソフト処理上の丸め誤差
- ⑥機械の劣化（刃先の磨耗を含む）

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

(2) 精度管理の確認

ICT建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、現地での精度管理を実施します。

■施工履歴データ（表層安定処理等・固結工（中層混合処理））の精度確認

1) 事前の精度確認の実施

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

1) 事前の精度確認（着工前の精度確認）

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、**その結果について提出する。**

■実施時期：施工着手前、工事毎に1回実施する

■実施方法：以下の①、②のいずれかの方法で確認する。**※キャリブレーション**が完了したICT地盤改良機械を用いること

- ① x, y 座標の精度をTS等光波方式で確認し、施工基面からの深度(H)をレベルや水系等で確認する方法
- ② x, y, z 座標の精度をTS等光波方式で確認する方法

※キャリブレーションとは

施工管理データ(管理ブロックごとの攪拌回数及び改良材注入量)計測器の精度を担保するために、事前精度確認試験を実施する前に行わなければならない。

RTK-GNSSを用いてICT地盤改良機械の測位を行う場合は、施工着工前にRTK-GNSS基準局を工事基準点に設置する必要がある。(ネットワーク型RTK-GNSSを用いる場合は、この作業は不要である)

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置(x,y)については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向については、施工基面からの深度(H)、又は標高(z)のいずれかを記録することとする。

① x, y 座標の精度をTS等光波方式で確認し、施工基面からの深度（H）をレベルや水系等で確認する方法

x, y 座標の確認

- 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ICT地盤改良機械の攪拌装置を現場内の任意の場所に設置する。ICTで計測される攪拌装置のx, yの座標を記録する。
- 攪拌装置を設置したポイントに目串等のポイントを設置し、攪拌装置を移動させた後、TS等光波方式でx, yを計測する。
- 目串等の位置と攪拌装置のx, yの各成分の差が±100mm以内であることを確認する。

施工基面からの深度（H）または標高（z）をレベルや水系等で確認

以下のi)、ii)のいずれかの方法で確認する。

i) ICTで攪拌装置の標高（z）を計測している場合

- 攪拌装置軌跡データと計測している点のz座標を、TS等光波方式又はレベル、又は標尺と水準器等を用いて計測する。
- 計測と同時にICT地盤改良機械の車載モニターに表示される攪拌装置のz座標を記録する。
- 両者の攪拌装置の標高（z）を比較し、差が±100mm以内であることを確認する。

ii) 攪拌装置をOセットした高さからの深度（H）を計測している場合

- 攪拌装置を任意の高さに静置する。その際、攪拌装置は鉛直に立てる。
- 攪拌装置の高さ計測値を車載モニター上でOセットすると同時に、攪拌装置の高さをTS等光波方式又はレベル、又は標尺と水準器で計測する（計測に用いるベンチマークのz座標は公共座標系である必要はなく、本精度確認のために仮に設置した高さの基準を用いてよい）。また、攪拌装置のどこを計測箇所として選ぶかについても任意であり、部材のジョイント部等、高さをあたるのに分かりやすい箇所を選んでよい。
- 攪拌翼を高さ方向に1m以上動かす。
- 車載モニターの表示から攪拌装置の高さ方向の移動量を記録する。
- 攪拌翼の高さ方向の移動量をTS等光波方式又はレベル、又は標尺と水準器等を用いて計測する。
- 両者を比較し、差が±100mm以内であることを確認する。

② x, y, z 座標の精度をTS等光波方式で確認する方法

- ・ 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に設置する。
- ・ ICTで攪拌装置軌跡データを計測している点（例：攪拌翼の幅・奥行き方向の midpoint、かつ攪拌翼が最も深く攪拌する点）を、マーキングする。又は、攪拌装置軌跡データを計測している点を復元できるように逃げ点をマーキングする。
- ・ マーキングした点又はマーキングを元に復元した攪拌装置軌跡データを計測している点のx, y, z 座標をTS等光波方式で計測するとともに、ICT地盤改良装置の車載モニターに表示される攪拌装置の3次元座標（x, y, z）を記録する。
- ・ TS等光波方式で計測したx, y, z 座標と車載モニターに表示されたx, y, z 座標とを比較し、x, y, z 各成分の差が±100mm以内であることを確認する。



③差の確認 (施工履歴データ座標-TS等による計測座標)			
実施箇所	Δx (x座標較差)	Δy (y座標較差)	$\Delta z(H)$ (z座標較差)
No.1	23mm	43mm	15mm
基準	±100mm以内		
合否	合格		

試験モード	精度確認基準	備考
(1) x, y の精度をTS等光波方式で確認し、施工基面からの深度(H)又はzをレベルや水糸等で確認する方法	平面座標（x, y）の各成分の較差：±100mm 以内 0セットした位置からの高さ方向の移動量(H)又は標高(z)の較差：±100mm 以内	現場ごとに1回実施
(2) x, y, z 座標の精度を確認する方法	3次元座標（x, y, z）の各成分の較差：±100mm 以内	〃

上記の精度確認試験の実施後、従来手法による計測結果を比較し、その差が左表に記載している精度確認基準を満たしていることを確認する。

※ (1) 又は (2) のいずれかの方法で確認する

1.3 ICT地盤改良機械の機能確認

ICT地盤改良機械は以下の（１）～（７）に示す機能を有するものとし、機械の開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

（１）攪拌判定・表示機能

- ・ 「『攪拌装置の有効な攪拌範囲』が、各管理ブロックの底面の四隅の点全てを１回以上通過した場合に、当該管理ブロックが攪拌された」と判定する機能。また、管理ブロックサイズを10cm以下にした場合については、「『攪拌装置の有効な攪拌範囲』が、各管理ブロックの底面の四隅の点のうち１点以上通過した場合に当該管理ブロックが攪拌された」と判定する機能。
- ・ 上記の機能で攪拌されたと判定された管理ブロックを、車載モニターに表示する機能。

（２）改良材注入量等計測・表示機能

- ・ 区画割ごとに累積の改良材注入量及び攪拌回数を車載モニターに表示するとともに記録する機能。

（３）施工範囲の分割機能

- ・ 施工範囲を地盤改良設計データで指定される管理ブロックに分割し、車載モニターに表示する機能。

（４）攪拌装置サイズ設定機能

- ・ 使用する攪拌装置の幅及び奥行きに応じて『攪拌装置の有効な攪拌範囲』を任意に設定できる機能。

（５）システムの起動とデータ取得切替機能

- ・ 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。

（６）施工完了範囲の判定・表示機能

- ・ 受注者が定める管理ブロックごとの施工管理値（改良材注入量・攪拌回数等）を施工中リアルタイムで車載モニターに表示し、これをオペレータが確認しながら施工できる機能。モニターへの表示方法については受注者の任意とする。

（７）出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

- ・ ICT地盤改良機械より取得する施工履歴データを用いて、出来形管理資料を作成する機能

1.4 ICT地盤改良機械の設定

現場の条件に応じたICT地盤改良機械の設定を行い、RTK-GNSS等で取得した攪拌装置の位置をもとに地盤改良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) 管理ブロックごとの管理値の設定
- (3) 攪拌装置の幅・奥行き・深さの設定

(1) 施工範囲の設定

ICT地盤改良機械に地盤改良設計データを入力し、施工範囲が車載モニターに正しく平面図表示されていることを確認する。

(2) 管理ブロックごとの管理値の設定

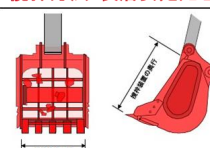
所要の攪拌回数及び改良材注入量は、従来と同様に受注者の提案する管理値を監督職員の承諾のもと設定する。

(3) 攪拌装置の幅・奥行き・深さの設定

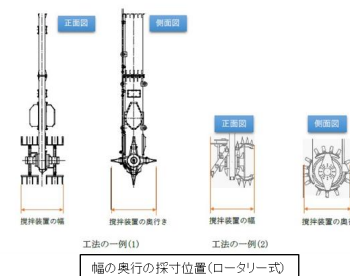
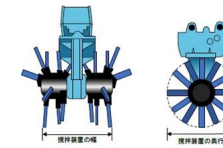
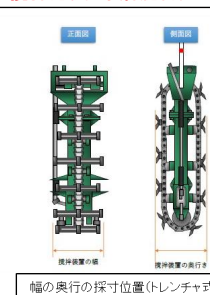
攪拌幅・奥行き・深さは、使用する攪拌装置の、実際に攪拌翼が通過する範囲の幅・奥行き・深さのことである。

トレンチャ式の場合は、トレンチャの刃が通過する領域の幅・奥行き・深さが、ロータリー式を使用する場合は、攪拌翼の幅・奥行き（回転直径）・深さ（回転直径）が、幅・奥行き・深さになる。実際に使用する攪拌装置の幅・奥行き・深さを実測し、システムに入力する。

攪拌方法：表層安定処理等



攪拌方法：中層混合処理



2 現場計測

2.1 施工管理データ計測器のキャリブレーション

施工管理データ計測器のキャリブレーションを行う

施工管理データ（管理ブロックごとの攪拌回数及び改良材注入量）の計測器のキャリブレーションを行い、精度を担保する。キャリブレーション実施方法は現行と同様に、受注者や工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を監督職員の承諾を得た上で採用する。

2.2 GNSS等の設置

RTK-GNSSを用いてICT地盤改良機械の測位を行う場合は、RTK-GNSS基準局を工事基準点に設置する。ネットワーク型RTK-GNSSを用いる場合は、この作業は不要である。TS等光波方式を用いてICT地盤改良機械の測位を行う場合は、工事基準点を用いて器械設置を行う。

ICT地盤改良機械を構成する機器にRTK-GNSSを含む場合には、施工着手までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。

ネットワーク型RTK-GNSSを用いる場合は、この作業は不要である。

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置（ x, y ）については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向については、施工基面からの深度（ H ）、又は標高（ z ）のいずれかを記録することとする。

2.3 事前の測定精度確認

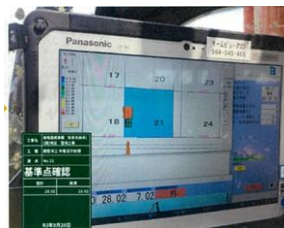
作業装置位置の取得精度を確保するため、施工着手前に精度確認試験を行う。

ICT地盤改良機械を用いた施工に着手する前に、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い現場において精度確認試験を実施し、結果を提出する。

2.4 出来形管理

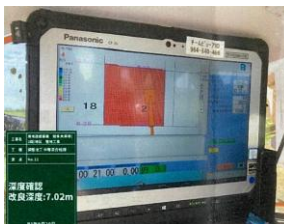
ICT地盤改良機械による施工後、施工履歴データを取り出し、出来形を把握する。

施工位置の管理



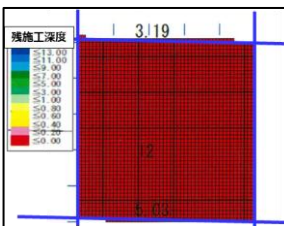
RTK-GNSSにより施工位置を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

深度管理



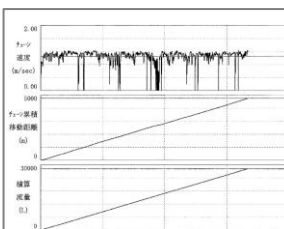
RTK-GNSSにより施工位置を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

施工管理図の出力



区画毎に施工管理図を出力、施工完了範囲
(青線内が施工区間 所定の深度まで施工が
完了すると色付けされる)を確認し、出来形
管理

施工状況を記録
出来形(品質)管理



施工時の攪拌状況、固化改良材注入量を時系
列で記録し、出来形(品質)管理

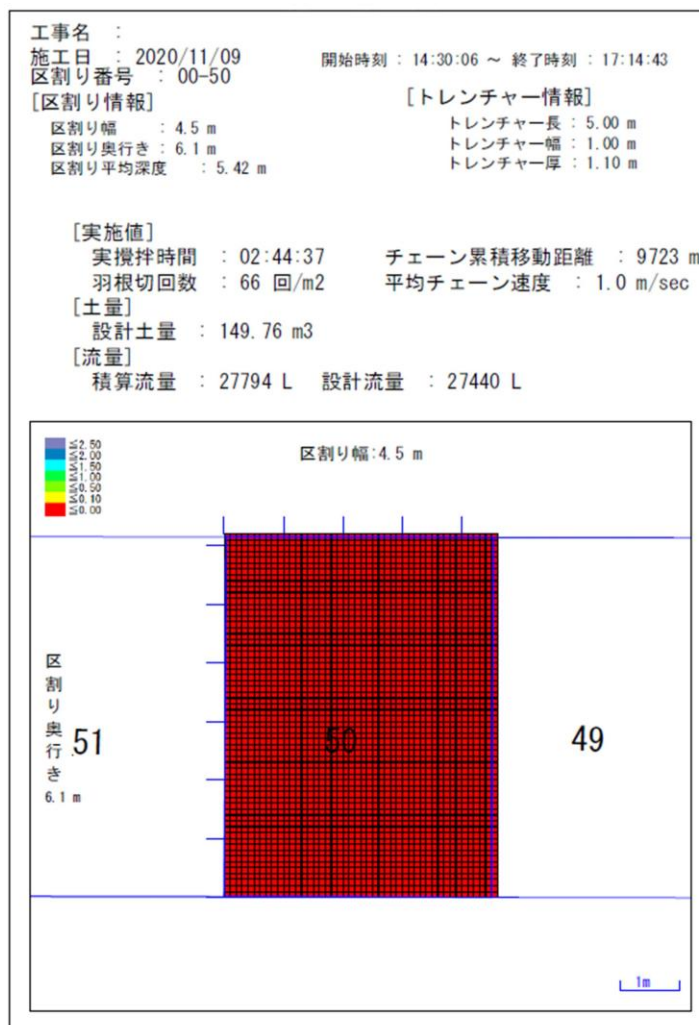
(2) 施工管理図

- ・ 固結工（中層混合処理）は、施工管理図を作成する。
- ・ 施工管理図は、毎回の区画割の施工完了後に、車載パソコン等に記録された施工履歴データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。この図は地盤改良範囲の全面を確実に所要の攪拌回数・改良材注入量にて施工したことを確認するための出来形管理資料として作成する。

【必須のデータ項目】

施工管理図の様式及び施工要領図に示す区画割図の分割サイズは受注者の任意とするが、下記の必須のデータ項目を含むこと。

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 施工開始・終了時刻
- ・ 区画割番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- ・ 攪拌装置の寸法（幅・奥行き・深さ）
- ・ 区画割のサイズ（幅・奥行き・深さ）
- ・ 区画割の改良土量
- ・ 改良厚（設計値）
- ・ 攪拌時間
- ・ 区画割ごとの累積改良材注入量（施工管理値）
- ・ 区画割ごとの累積攪拌回数又はチェーン累積移動距離（施工管理値）



(3) 施工管理データグラフ

- ・ 施工管理データグラフは、固結工（中層混合処理）の施工品質を担保するために施工中に計測、管理している数値の経時変化をグラフ化したものである。
- ・ 施工管理データグラフの様式は受注者の任意とする。

下記に、データ項目例及びグラフ化項目の一例を示す。

【データ項目例】

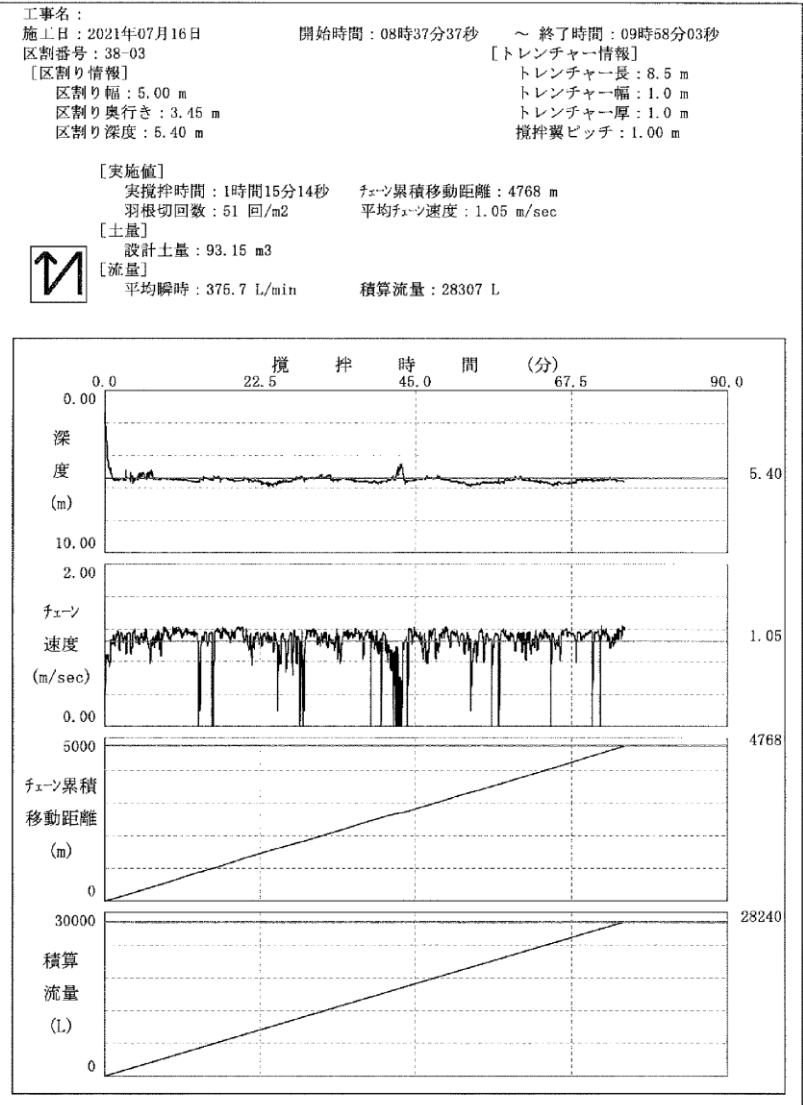
- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 区画割番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- ・ 累積改良材注入量
- ・ 累積攪拌回数又は管理ブロックあたりの平均攪拌回数（ロータリー式の場合）
- ・ チェーン累積移動距離（トレンチャ式の場合）

【グラフ化項目の一例】

- ・ 攪拌開始からの経過時間
- ・ 攪拌装置の深度（H）または標高
- ・ 累積改良材注入量
- ・ 累積攪拌回数又は攪拌装置の回転数（rpm）
- ・ チェーン累積移動距離（トレンチャ式の場合）

施 工 記 録

Page 1



計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理		精度確認方法			
					事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
表層安定 処理等・ 固結工 (中層混 合処理)	面 管 理	ICT地盤改良機械(施工履 歴データ)	計測場面	測定精度	■			
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置のx, y座標と施工基面からの深さHの場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、深さ(H) : ±100mm以内 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置のx, y, z座標の場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、標高(z) : ±100mm以内				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置のx, y座標と施工基面からの深さHの場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、深さ(H) : ±100mm以内 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置のx, y, z座標の場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、標高(z) : ±100mm以内				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種・適用機種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体（ICT建設機械本体）

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 適正な精度管理の記録
・ 着工前の精度確認試験結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

5) 作業装置位置の取得精度確認計画

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照し、精度確認の計画について記載する。

記載事項

(参考) 適用工種区分

編	章	節	工 種
共通編	一般施工	地盤改良工	路床安定処理工
			固結工（中層混合処理）
河川編	築堤・護岸	地盤改良工	表層安定処理工
			固結工（中層混合処理）
	樋門・樋管	地盤改良工	固結工（中層混合処理）
河川海岸編	堤防・護岸	地盤改良工	表層安定処理工
			固結工（中層混合処理）
砂防編	斜面对策	地下遮断工	固結工（中層混合処理）
道路編	道路改良	地盤改良工	路床安定処理工
			固結工（中層混合処理）
	舗 装	地盤改良工	路床安定処理工

（「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の工種区分より）

(参考) 地盤改良設計データ作成ソフトウェア



地盤改良設計データ
作成ソフトウェア

ICT地盤改良機械と攪拌装置の施工位置への誘導及び施工中の改良範囲・深さ等の管理工を行うためには、基準となる地盤改良設計データを作成できる地盤改良設計データ作成ソフトウェアが必要となる。ここでいう地盤改良設計データは、設計図書に示されている地盤改良を行う施工範囲（幅・奥行き・深さ）と、これを幅及び奥行き方向の平面上では格子状（長方形、正方形等）に、深さ方向には一定長さごとの分割した管理ブロックの形状を表すデータである。

地盤改良設計データ作成ソフトウェア必須機能

1) 地盤改良設計データの入力機能

①座標系の選択機能

地盤改良設計データの座標系を選択する機能。

②管理ブロックサイズ入力機能

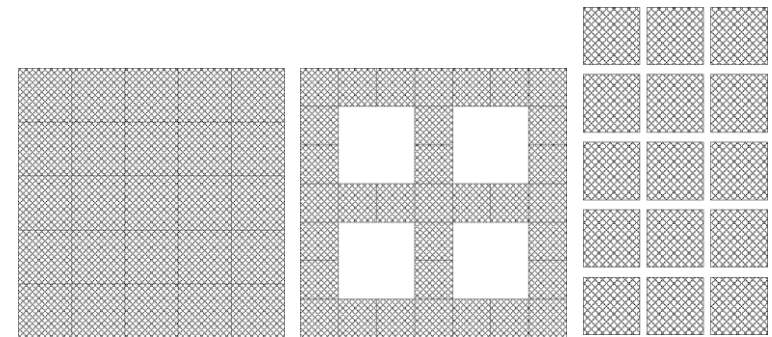
地盤改良範囲の平面的な位置を表すために、施工範囲全体を区画割に分割し、各区画割をさらに長方形、正方形の領域（管理ブロックとよぶ）に分割する機能。また、分割された領域に対して地盤改良を行う範囲を指定する機能。分割する格子の幅・奥行きのサイズ（以下「管理ブロックサイズ」という）は、攪拌装置の幅と奥行きのサイズよりも小さい任意のサイズに設定することとし、ソフトウェアにはこの設定機能も必要である。

③地盤改良範囲の入力機能

設計図面に示される地盤改良範囲（平面位置・改良範囲下端の深度（H）又は標高）を入力できる機能。

2) 地盤改良設計データの出力機能

上記で作成した地盤改良設計データを使用するソフトウェアのオリジナルデータ等で出力する機能。



全面改良

格子状改良

柱状改良

(参考) 地盤改良設計データの作成

1. データ作成時の留意点

受注者は、設計図書に示される地盤改良範囲を示す平面図、施工基面からの改良厚さ又は改良範囲下端部の標高を示す縦断面図などを用いて、地盤改良設計データを作成する。

以下に、地盤改良設計データ作成時の留意事項を示す。

2. 準備資料

地盤改良設計データの作成に必要な準備資料は、下記の2点である。

- ・ 平面図（地盤改良範囲が明示されたもの）
- ・ 縦断面図（地盤改良深度又は地盤改良範囲の最下端の標高が明示されたもの）

なお、準備資料の記載内容に地盤改良設計データの作成において不足等がある場合は監督職員に報告し資料提供を依頼すること。

3. 地盤改良設計データの作成範囲

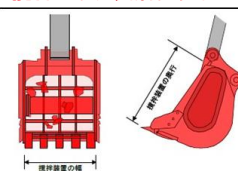
地盤改良設計データの作成範囲は、地盤改良範囲とする。なお、当初の想定と地質分布が異なったり地中や周辺に支障物がある等の理由で地盤改良範囲が設計図書と異なる場合は監督職員と変更等の協議を行い、その結果を地盤改良設計データの作成に反映させる。

4. 管理ブロックサイズの設定

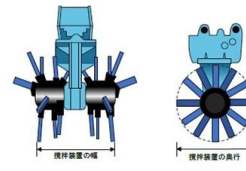
地盤改良範囲全体について、右の表に示すとおり攪拌に応じて管理ブロックのサイズ・奥行・深度のサイズを設定する。

攪拌方法		管理ブロックサイズ		
		幅	奥行	深度
表層安定処理等	バケット式	バケット幅以下	バケット奥行以下	バケット奥行以下
	ツインヘッダ	ツインヘッダ幅以下	ツインヘッダ奥行以下	ツインヘッダ奥行以下
	自走式スタビライザ	ローター幅以下	ローター奥行以下	ローター奥行以下
中層混合処理	トレンチャ式	トレンチャの幅以下	トレンチャの奥行以下	改良深度と同じ（分割しなくてもよい）
	ロータリー式	攪拌翼の幅以下	攪拌翼の奥行以下	1 m以下

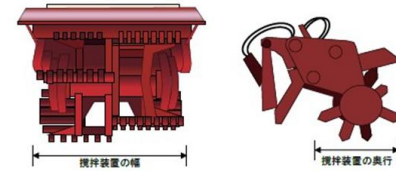
攪拌方法：表層安定処理等



幅の採寸位置の例(バケット式)

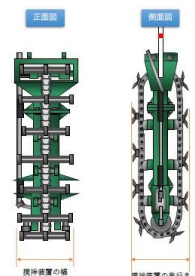


幅の採寸位置の例(ツインヘッダ)

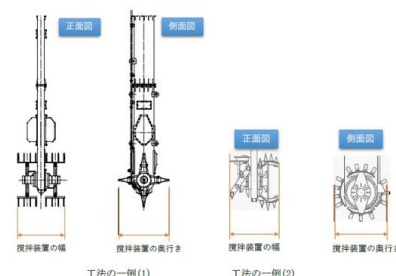


幅の採寸位置の例(自走式スタビライザ)

攪拌方法：中層混合処理



幅の奥行の採寸位置(トレンチャ式)



幅の奥行の採寸位置(ロータリー式)

5. 地盤改良設計データの確認

地盤改良設計データの間違ひは出来形管理に重大な影響を与えため、受注者は地盤改良設計データが設計図書と照合しているかの確認を必ず行うこと。

受注者は、地盤改良設計データの作成後に、監督職員へ地盤改良設計データチェックシートを提出すること。

チェック次項は以下のとおり。

1) 工事基準点

工事基準点は、名称、座標を事前に監督職員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認する。

2) 地盤改良設計データ

施工履歴データを用いた出来形管理の該当区間の地盤改良設計データの入力要素（地盤改良範囲の平面図、各管理ブロックの施工基面からの深さ、又は改良範囲最下端の標高）と地盤改良設計データを比較・確認する。

(様式 7-1)

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名: _____

受 注 者 名: _____

作 成 者: _____ 印

地盤改良設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック 結果
1) 平面図	全点	・地盤改良施工範囲は正しいか？	
		・区画割・管理ブロックの割付けは正しいか？	
		・管理ブロックの幅・奥行き・高さは正しいか？	
2) 縦断図	全点	・全ての区画割の深度(H)又は標高(z)は正しいか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 該当項目のデータ入力が無い場合は、チェック結果欄に“－”と記すこと。

（参考）出来形帳票作成ソフトウェア



出来形帳票作成
ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、地盤改良設計データと施工中記録した施工履歴データを用いて、地盤改良を行う範囲が所定の攪拌回数、改良材注入量にてもれなく施工されていることを確認でき、これを出来形管理資料として出力できる機能を有していなければならない。

出来形帳票作成ソフトウェア必須機能

1) 出来形管理項目の計算結果の出力

従来は、改良範囲の平面範囲については幅・奥行きを巻尺等の実測により確認してきたが、施工履歴データを用いた施工範囲の確認に代えることができる。また、深さについては深度（H）（攪拌装置の施工基面からの下がり量）の計測値を用いて行うか、攪拌装置下端の標高（z）を計測し、これを基に施工完了範囲を求めてもよい。

①施工が完了した範囲の出力

地盤改良設計データと施工履歴データを用いて、所要の攪拌回数・改良材注入量を満足して施工が完了した範囲を区画図に出力する。

②地盤改良設計データの入力機能

地盤改良設計データで規定された地盤改良範囲の個々の区画割に対して、攪拌回数及び改良材注入量が規定値を満足していることを確認できる出来形管理資料を出力する。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 : _____
受 注 者 名 : _____
作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇〇構内道路改修工事にて
精度確認の対象機器	メーカー : (株)ABC社 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇 （級別：〇級）
精度確認方法	・ 施工履歴データと実測値との較差

(2) 精度確認試験結果

施工履歴データによる計測座標等 — T S 等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x 成分の較差)	Δy (y 成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) または Δz (z 成分の較差)
No. 〇〇位置	23mm	43mm	15mm
基準	±100 mm以内		
合否	合格		



技術概要集

施工履歴データ

(固結工・バーチカルドレーン工・
サンドコンパクションパイル工)

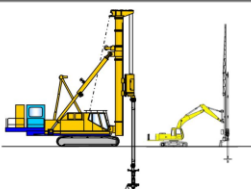
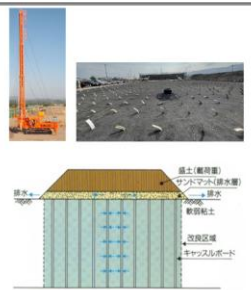
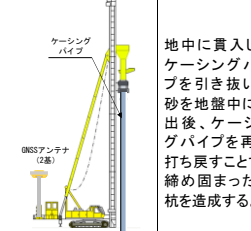
- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ 施工履歴データとは？

I C T 建機の作業位置、取得時刻、その他機械の状態等を車載 P C のログファイルに記録する技術である。施工履歴データを用いて出来形管理を実施することで、出来形管理の省力化・省人化が可能となる。

適用対象工種及び工法

適用対象工種・工法	概要図	施工方法	改良材	改良深度
固結工（スラリー攪拌工） （施工履歴データで杭芯位置・改良深度等を記録できるもの）		地盤中に改良材をスラリー状で圧送し、攪拌翼で攪拌・混合する。	セメント等のスラリー	最大 40m 程度※
圧密・排水工（バーナカルドレーン工） （施工履歴データで打設位置・深度等を記録できるもの）		軟弱地盤中にドレーン材を圧入し打設する。	ペーパードレーン・プラスチックボードドレーン・プレファブリケイティッドバーナカルドレーン等	最大 45m 程度※
締固め改良工（サンドコンパクションパイル工） （施工履歴データで杭芯位置・投入砂量・打込長さを記録できるもの）		地中に貫入したケーシングパイプを引き抜いて砂を地盤中に排出後、ケーシングパイプを再度打ち戻すことで、締固めまった砂杭を造成する。	砂等 ※ただし、基準類で定められた品質の材料（例：「道路土工・軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）」p.281 解図 6-76 に規定されている「サンドコンパクションパイルの実績の範囲」の粒度分布の砂）を使用するものに限る。	最大 45m 程度※

※使用機械、対象地盤等により変動

👉 施工履歴データ導入効果

施工履歴データを用いた出来形計測を実施することで、以下の効果が期待できる。

【固結工・サンドコンパクションパイル工の効果】

- 従来の杭頭掘り起こしによる杭径・杭間距離の確認が、I C T で計測した杭心の平面位置座標の確認に置き換わるので、掘り起こし・埋め戻し・転圧等にかかる手間が軽減される。

【サンドコンパクションパイル工の効果】

- 従来の出来形管理手法では100本に1本の割合でしか把握できなかった地中の杭径が、全深度・全本数について把握できる。

【全工種共通する効果】

- 施工中に出来形がリアルタイムで確認でき、施工管理の確実性が向上
- 施工中に I C T により杭やドレーン材の打設位置が記録されるため、杭芯位置等の出来形管理が省力化される。
- 施工記録（出来形管理資料）の作成効率化

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 I C T地盤改良機械の機能確認
- 1.4 I C T地盤改良機械の設定

2. 現場計測

- 2.1 施工装置位置データ計測機のキャリブレーション
- 2.2 G N S S等の設置
- 2.3 事前の測定精度確認
- 2.4 出来形管理

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形管理資料の作成

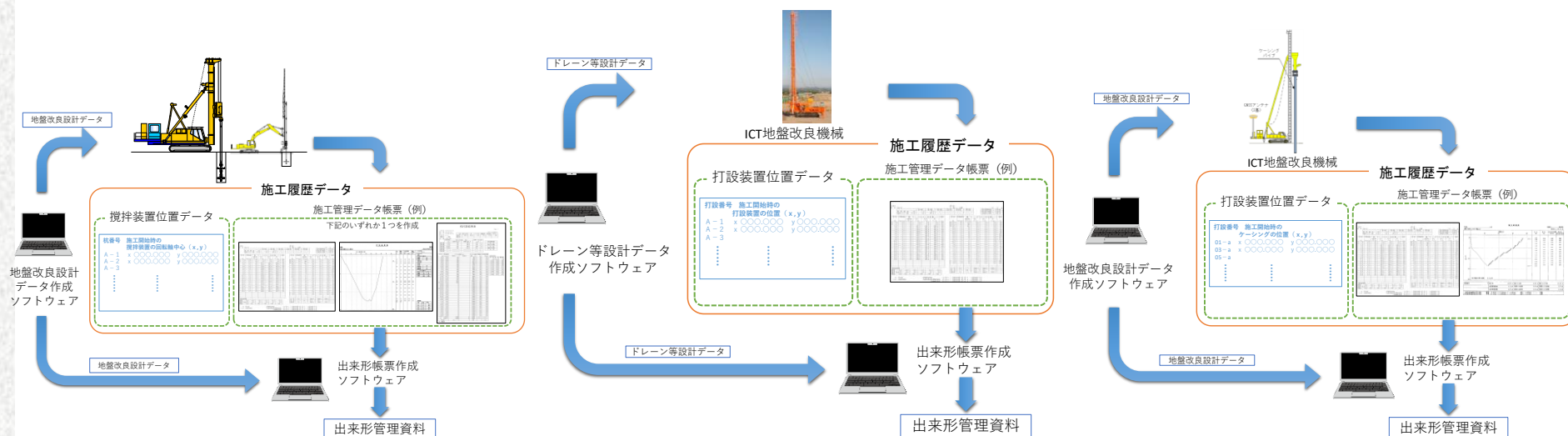
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT地盤改良機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア



機器構成例
(固結工の場合)

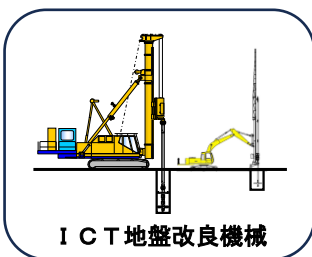
機器構成例
(バッチカルドレーン工の場合)

機器構成例
(サンドコンパクションパイル工の場合)

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 精度管理の確認



ICT地盤改良機械とは、本資料の「1.3 ICT地盤改良機械の機能確認」に示す機能を有する地盤改良機械のこと。

(1) 計測性能の確認

ICT地盤改良機械の作業装置位置の測定精度は、下記の要因により変化する。

- ①RTK-GNSSの位置精度（GNSSを測位に使用する場合）
- ②TS等光波方式の器械設置・計測誤差（TS等光波方式を測位に使用する場合）
- ③ソフト処理上の丸め誤差
- ④機械の劣化（刃先の磨耗を含む）

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

(2) 精度管理の確認

ICT建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、着工前に現場の平坦な場所において精度確認試験を実施する。

- 1) 固結工の場合
- 2) バーチカルドレーン工の場合
- 3) サンドコンパクション工の場合

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

1) 固結工の場合

事前の精度確認（着工前の精度確認）

地盤改良の着工前に、攪拌装置の位置計測についての**キャリブレーションが完了したICT地盤改良機械**を用い、攪拌装置位置データの測定精度を試験杭（施工初回の杭）のみ確認する。なお、スラリー攪拌工の施工期間が6か月を超える場合は、確認頻度を別途協議する。確認は以下のA）、B）のいずれかの方法によって行う。**精度確認結果は、様式に従って記録し、提出する。**

■実施時期：施工着手前、工事毎に1回実施する

■実施内容：①位置測定精度の確認

②攪拌翼の径の確認

③評価基準の確認

④結果の提出

①位置測定精度の確認

A) x, y 座標の精度をTS等光波方式で確認し、施工基面からの深度(H)をレベルや水系等で確認する方法

■ x, y 座標の確認

- ・ 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ・ 設計の杭芯位置に、TS等で目串等のポイントを設置する。
- ・ ガイダンス機能を用いて攪拌装置先端の中心を設計の杭芯位置に合わせる。
- ・ 目串等の位置と攪拌装置の中心軸とのx, yの各成分の差が±100mm以内であることを確認する。

■ 施工基面からの深さ(H)または標高(z)をレベル等で確認

以下のi)、ii)のいずれかの方法で確認する。

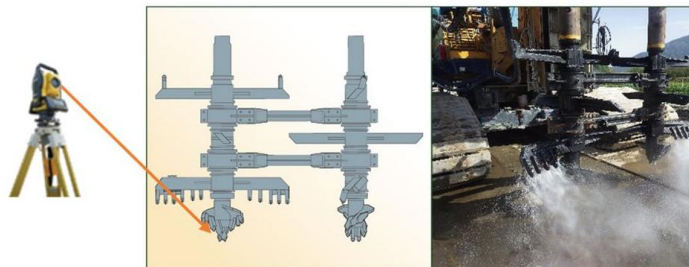
i) ICTで攪拌装置の標高(z)を計測している場合

- ・ 攪拌装置軌跡データと計測している点のz座標をTS等光波方式又はレベル又は標尺と水準器等を用いて計測する。
- ・ 計測と同時にICT地盤改良機械の車載モニターに表示される攪拌装置のz座標を記録する。
- ・ 両者の攪拌装置の標高(z)を比較し、差が±100mm以内であることを確認する。

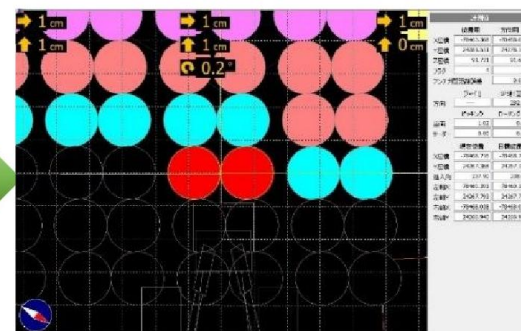
ii) 攪拌装置をOセットした高さからの深度(H)を計測している場合

- ・ 攪拌装置を任意の高さに静置する。その際、攪拌装置は鉛直に立てる。
- ・ 攪拌装置の高さ計測値を車載モニター上でOセットすると同時に、攪拌装置の高さをTS等光波方式又はレベル、又は標尺と水準器で計測する（計測に用いるベンチマークのz座標は公共座標系である必要はなく、本精度確認のために仮に設置した高さの基準を用いてよい）。また、攪拌装置のどこを計測箇所として選ぶかについても任意であり、部材のジョイント部等、高さをあたるのに分かりやすい箇所を選んでよい）。
- ・ 攪拌翼を高さ方向に1m以上動かす。この時、攪拌翼をとりつけた状態では1m以上の動作が困難である場合は、攪拌翼を取り外した状態で行ってもよい。
- ・ 車載モニターの表示から攪拌装置の高さ方向の移動量を記録する。
- ・ 攪拌翼の高さ方向の移動量をTS等光波方式又はレベル、又は標尺と水準器等を用いて計測する。
- ・ 両者を比較し、差が±50mm以内であることを確認する。

1 計測準備



- ・攪拌翼先端の中央のx, yをTS等光波方式で計測
- ・攪拌翼引き上げ前後のz又はHをレベルとICTで計測



- ・ ΔX 、 ΔY が100mm、 ΔH が50mm以内であれば合格

位置測定精度の確認

②攪拌翼の径の確認

攪拌翼の径 ϕ を実測し、設計杭径D以上であることを確認する。確認結果は様式に従って記録する。

確認基準	備考
攪拌翼の径 ϕ が設計の杭径D以上 ($D \leq \phi$)	工事ごとに1回実施

③評価基準の確認

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

試験モード	確認基準	備考
(1) x, y座標の精度をTS等光波方式で確認し、施工基面からの深さ(H)又は標高(z)をレベル等で確認する方法	・平面座標(x, y)の各成分の較差: $\pm 100\text{mm}$ 以内 ・0セットした位置からの高さ方向の移動量(H)又はz成分の較差: $\pm 50\text{mm}$ 以内	工事ごとに1回実施
(2) x, y, z座標の精度を確認する方法	・平面座標(x, y)の各成分の較差: $\pm 100\text{mm}$ 以内 ・z成分の較差: $\pm 50\text{mm}$ 以内	//

※ (1) 又は (2) のいずれかの方法で確認する

2 現場計測

3 計測データ処理

固結工の場合

④結果の提出

精度確認の実施結果を記録・提出する。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 :
受 注 者 名 :
作 成 者 : 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)〇〇〇〇構内道路改修工事にて
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認

(2) 精度確認試験結果

■位置計測精度

施工履歴データによる計測座標等 — T S 等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. 〇〇	23mm	43mm	15mm
基準	$\pm 100\text{mm}$ 以内		$\pm 50\text{mm}$ 以内
合 否	合 格		

■攪拌翼の径の確認

攪拌翼の径 ϕ	1610mm
設計杭径D	1600mm
基 準	$D \leq \phi$
合 否	合格

地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション

現場ごとに1回、試験杭又は最初に施工する改良体において、ICT地盤改良機が計測する深度と、残尺計測による深度との差が±100mm以内となるように、深度計のキャリブレーションを行う。

■実施時期：施工着手前、工事毎に1回実施する

※キャリブレーションが完了したICT地盤改良機械を用いること

- 前述の事前精度確認試験方法に従い、1m程度の長さで深度計キャリブレーションを実施し、実測値と計器値を校正しているが、攪拌装置の貫入が深くなると、実測値と計器値の誤差が生じる可能性があるため、改めて地中貫入を行って実測値と計器値を合わせる必要がある。そこで、ICT地盤改良機械が計測し、車載モニターに表示するとともに、出来形管理資料作成のために記録する攪拌装置の深さ計測値と、残尺計測による深さ計測値との差が±100mm以内となるように、深度計のキャリブレーションを行う。地中貫入を行ってのキャリブレーションは、現場ごとに1回、試験杭又ははじめに施工する改良体の施工において実施する。
- キャリブレーション後、ICT地盤改良機械が計測する深度と残尺計測による深度の確認結果報告書を作成・提出する。

地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション結果報告書

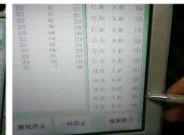
計測実施日：令和〇〇年〇〇月〇〇日

確認者：(株) 施工履歴

精度 太郎 印

深さ計測値の確認結果

① ICT地盤改良機による深さ計測値の確認

(A) 深さ (貫入長)	14.35m		
-----------------	--------	---	---

② 残尺計測による深さの確認

ロッド長	17.00m		
残 尺	2.65m		
(B) 深さ (ロッド長-残尺)	14.35m		

差の確認

(A) ICTによる深さ計測値 - (B) 残尺計測による深さ

実施箇所	測点 No. 2+15 付近
改良体番号	A-1
(A) - (B)	14.35m - 14.35m = 0m
基準	±100mm 以内
合 否	合 格

2) バーチカルドレーン工の場合

事前の精度確認（着工前の精度確認）

施工着工前に、ドレーン等の先端位置計測についてのキャリブレーションが完了したICT地盤改良機械を用い、ドレーン等の先端位置データの測定精度を試験打設（当該現場で初回に施工するドレーン等）により確認する。なお、施工期間が6か月を超える場合は、確認頻度を別途協議する。確認は以下の方法を参考にして行う。精度確認結果は、様式に従って記録し、提出する。

- 実施時期：施工着手前、工事毎に1回実施する
- 実施内容：①位置測定精度の確認
 - ②深さ（H）または標高（z）の測定精度の確認
 - ③評価基準の確認
 - ④結果の提出

①位置測定精度の確認

- ・ 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ・ ガイダンス機能を用いて打設ロッド先端の中心を設計の杭芯位置に合わせる。
- ・ ドレーン等の先端の平面位置を下げ振り等をガイドに地面にマーキングする。
- ・ ICT地盤改良機を移動させた後、マーキング位置をTSで計測し、設計の打設位置とのx,yの各成分の差が±50mm以内であることを確認する。



- ・ 下げ振り等で先端の位置をマーキング
- ・ マーキング位置のx,yをTSで計測

②深さ（H）または標高（z）測定精度の確認

i) ICTでドレーン等の先端の標高（z）を計測している場合

- ・ 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ・ ドレーン等の先端のz座標をTS等光波方式またはレベルで計測する※。
- ・ 計測と同時にICT地盤改良機械の車載モニターに表示されるドレーン等の先端のz座標を記録する。
- ・ 両者の標高（z）を比較し、差が±50mm以内であることを確認する。

ii) ドレーン等の先端を0セットした高さからの深度（H）を計測している場合

- ・ 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ・ ドレーン等の先端を任意の高さにセットする。その際、打設ロッドは鉛直に立てる。
- ・ ドレーン等の先端の高さ計測値を車載モニター上で0セットすると同時に、ドレーン等の先端の高さをTS等光波方式またはレベルで計測する※。
- ・ ドレーン等の先端を高さ方向に1m以上動かす。
- ・ 車載モニターの表示からドレーン等の先端の高さ方向の移動量を記録する。
- ・ ドレーン等の先端の高さ方向の移動量をTS等光波方式又はレベル等を用いて計測する。
- ・ 両者を比較し、差が±50mm以内であることを確認する。

※どこを計測箇所として選ぶかについては任意であり、ドレーン等の先端以外にも、打設ロッドのジョイント部等、高さをあたるのに分かりやすい箇所を選んでよい。打設ロッド等に直接マーキングを行い計測箇所としてもよい。



・ 高さ計測状況
(打設ロッドにマーキングした例)

比較



高さ計測値の0セット時の表示

打設装置を1m下げた時点の表示

- ・ ドレーン等の先端等の移動量を車載モニタで確認
(打設ロッドを1m下げた例)

③評価基準の確認

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

位置測定精度の確認基準

確認内容	確認基準	備考
①位置計測精度の確認	・平面座標 (x, y) の各成分の較差： ±50mm 以内	工事ごとに1回実施
②深さ (H) または 標高 (z) 測定精度の確認	以下のいずれか ・0セットした位置からの高さ方向 の移動量 (H) 又は z 成分の較差： ±50mm 以内 ・z 成分の較差：±50mm 以内	〃

④結果の提出

精度確認の実施結果を記録・提出する。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：
受 注 者 名：
作 成 者： 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日	
測定条件	天候：晴れ	気温：8℃
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS	機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認	

(2) 精度確認試験結果

施工履歴データによる記録座標 — TS等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. 〇〇	23mm	13mm	15mm
基準	±50mm 以内		±50mm 以内
合否	合 格		

3) サンドコンパクションパイル工の場合

事前の精度確認（着工前の精度確認）

ケーシングの先端位置および砂杭径の測定精度確認のため、ICT地盤改良機械による精度確認試験を実施する。精度確認試験は「ケーシング先端の位置計測精度確認試験」、「砂杭径の計測精度確認試験」を実施する。各試験の実施時期は両試験とも、サンドコンパクションパイルの試験打設時に1回実施する。これらの試験以外に、施工中の材料管理として、杭100本につき1回の割合で、使用材料の細粒分含有率が15%未満であることを確認する。細粒分含有率が15%以上となった場合は、細粒分含有率※が15%未満の材料に変更するとともに、新たな材料について土質試験を実施して体積圧縮率を見直したうえで、「砂杭径の計測精度確認試験」を再度実施する。

※細粒分含有率は、根入れ長さあたりの砂投入量から砂杭径を計算する際に用いられる定数であるため、使用材料が変わるたびに確認する必要がある。

■実施時期：試験打設時に1回

■実施内容：①ケーシング先端の位置計測精度の確認（平面位置測定精度の確認）

②ケーシング先端の位置計測精度の確認（深さ（H）または標高（z）測定精度の確認）

③砂杭径の計測精度確認

④評価基準の確認

⑤結果の提出

※これらの試験以外に、杭100本に1回の割合で使用材料の細粒分含有率＜15%であることを確認する。

①ケーシング先端の位置計測精度の確認（平面位置測定精度の確認）

- ・施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ・ガイダンス機能を用いてケーシング先端の中心を設計の杭芯位置に合わせる。
- ・ドレーン等の先端の平面位置を、下げ振り等をガイドに地面にマーキングする。
- ・ICT地盤改良機を移動させた後、マーキング位置をTSで計測し、設計の打設位置とのx,yの各成分の差が±50mm以内であることを確認する。



・下げ振り等で先端の位置をマーキング
・マーキング位置のx,yをTSで計測

②ケーシング先端の一計測精度の確認（深さ（H）または標高（z）測定精度の確認）

i) ICTでケーシングの先端の標高（z）を計測している場合

- 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ケーシングの先端のz座標をTS等光波方式またはレベルで計測する※。
- 計測と同時にICT地盤改良機械の車載モニターに表示されるケーシングの先端のz座標を記録する。
- 両者の標高（z）を比較し、差が±50mm以内であることを確認する。

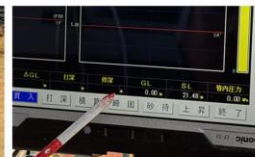
ii) ケーシングの先端を0セットした高さからの深度（H）を計測している場合

- 施工に使用するICT地盤改良機械を現場内の平坦な場所に静置する。
- ケーシングの先端を任意の高さにセットする。その際、ケーシングは鉛直に立てる。
- ケーシングの先端の高さ計測値を車載モニター上で0セットすると同時に、ケーシングの先端の高さをTS等光波方式またはレベルで計測する※。
- ケーシングの先端を高さ方向に1m以上動かす。
- 車載モニターの表示からケーシングの先端の高さ方向の移動量を記録する。
- ケーシングの先端の高さ方向の移動量をTS等光波方式又はレベル等を用いて計測する。
- 両者を比較し、差が±50mm以内であることを確認する。

※どこを計測箇所として選ぶかについては任意であり、ケーシングの先端以外にも、ケーシング側面の溶接箇所等、高さをあたるのに分かりやすい箇所を選んでよい。ケーシングに直接マーキングを行い計測箇所としてもよい。



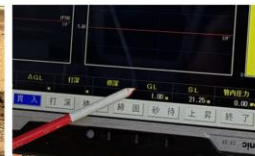
①ケーシング先端を静置



②車載モニターで深度を0セット



③ケーシング先端を一定量下げる
（この例では1m下げ）



④車載モニターでケーシング先端
の下げ量を確認
（この例ではGL-1.0mと表示されて
おり、実際のケーシングの下げ量1
mと一致していることを確認する）

③砂杭径の計測精度確認試験

- ICT地盤改良機械を用いて杭を打設する。
- 施工中ICTで記録した一定の根入れ長あたりの砂投入量と、使用材料の体積圧縮率をもとに、砂杭径の計算値を算出する。
- 杭頭を掘り起し、砂杭径を実測し、
 - a. 実測値が計算値を上回っている場合：工事における掘り起こしによる砂杭径の出来形確認は省略する。
 - b. 実測値が計算値を下回っている場合：従来の出来形管理基準を参考に、サンドコンパクションパイル100本に1本の頻度で砂杭径の確認を行う。

④評価基準の確認

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

ケーシング先端の位置計測精度・砂杭径の計測精度の確認基準

確認内容	確認基準	備考
位置計測精度の確認	・平面座標（x, y）の各成分の較差：±50mm 以内	工事ごとに1回実施
深さ（H）または 標高（z）測定精度の確認	以下のいずれか ・0セットした位置からの高さ方向の移動量（H） 又はz成分の較差：±50mm 以内 ・z成分の較差：±50mm 以内	〃
砂杭径の計測精度確認試験	・砂杭径実測値：設計杭径以上 ・掘起こしによる砂杭径実測値とICTによる砂杭径計算値の比較：a. または b. a. 実測値≧計算値の場合：工事における掘り起こしによる砂杭径の出来形確認は省略する。 b. 実測値<計算値の場合：従来の出来形管理基準を参考に、サンドコンパクションパイプ 100 本に1本の頻度で砂杭径の確認を行う。	〃

⑤結果の提出

精度確認の実施結果を記録・提出する。

精度確認試験結果報告書			
工 事 名：〇〇年〇〇月〇〇日			
受 注 者 名：〇〇〇			
作 成 者：〇〇〇 印			
(1) 試験概要			
測定日	〇〇年〇〇月〇〇日		
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃		
検証機器（真値を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（識別：〇〇〇）		
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認		
(2) 精度確認試験結果			
■位置、深さ（H）または標高（z）計測精度			
施工履歴データによる記録座標 - TS 等光成方式による計測座標			
実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. 〇〇	0mm	0mm	0mm
基準	±50mm 以内	7mm	±50mm 以内
合格	合格	合格	合格
■杭径計測精度			
①施工履歴データ			
m 当り圧入量：0.410m ³ /m（体積変化後の数量）			
換算砂杭径 D： $D = \sqrt[3]{(0.410\text{m}^3 / (\pi \times z)) \times 2}$			
0.723m → 723mm			
②掘起こしによる杭径付近の杭径実測値 → 735mm			
③差の確認（②-①）			
実施箇所	杭径（計算値）	杭径（実測値）	
No. 〇〇	723mm	735mm	
基準 1	設計砂杭径 700mm 以上		
合格	合格		
基準 2	杭径（計算値）≧杭径（実測値）		
判定	a. 実測値≧計算値 → 工事における掘り起こしによる砂杭径の出来形確認は省略する。		

1.3 ICT地盤改良機械の機能確認

ICT地盤改良機械は以下の機能を有するものとし、機械の開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

- (1) 固結工の場合
- (2) バーチカルドレーン工の場合
- (3) サンドコンパクションパイル工の場合

(1) 固結工の場合

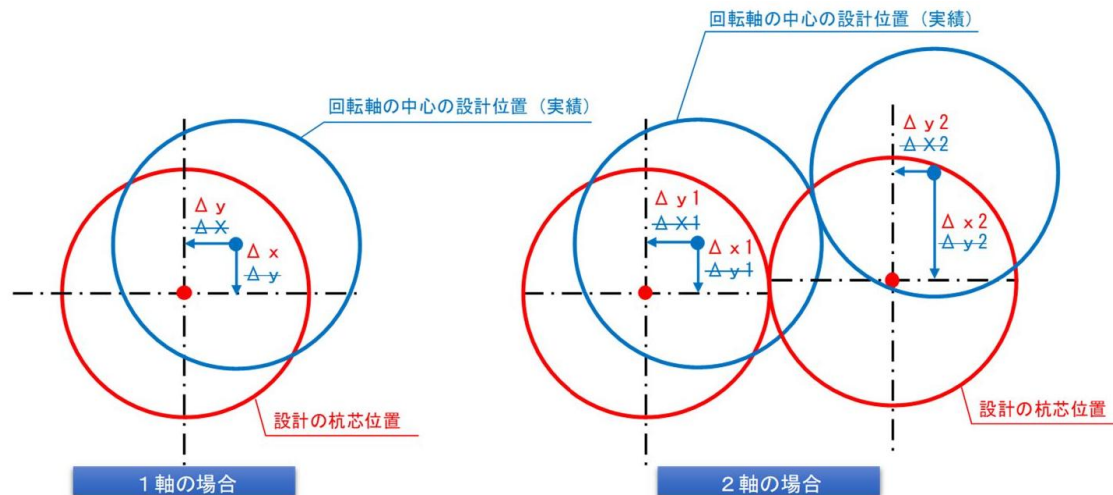
使用するICT地盤改良機械は、RTK-GNSS等によって取得した施工開始時の攪拌装置の回転軸中心の平面位置(x, y)と深度計等で計測する施工基面からの深さ(H) (又は標高(z)) を使って攪拌装置の位置を出来形として記録する機能を持つものとする。

また、このデータとは別に、改良体ごとの施工管理データを画面表示・記録する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。

- 1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能
- 2) 改良材吐出量等計測・表示機能
- 3) 杭径設定機能
- 4) 施工完了範囲の判定・表示機能
- 5) 出来形管理資料作成機能

1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能

- ・ 施工完了の判定を次の基準に従って行える機能：各改良箇所において、施工開始時の杭芯位置と、設計上の杭芯位置とのずれが x, y 各成分について杭径 D の8分の1 ($D/8$) 以内であり、かつ設計上の深度 (又は最深部の標高) 以深に攪拌翼先端が達した場合、当該改良体を施工済みと判定する。ただし、着底管理の場合は、従来どおりの着底判断基準を用いる。
- ・ 施工済み範囲の表示方法：平面図上に図示した施工済み箇所に完了を示す着色をして表示できる機能。
- ・ 複数の回転軸がある場合、各回転軸の中心で設計の杭芯位置(x, y) に対する差($\Delta x, \Delta y$) を管理できる機能。
- ・ 以下の数値を改良体の天端高として自動記録又はオペレータの操作によりcm単位で記録する機能。
 - ①貫入吐出の工法の場合：攪拌装置貫入時、空打ち部を経てスラリー吐出を伴う攪拌混合を開始する時点の吐出口の深度(H) 又は標高(z)
 - ②引抜き吐出の工法の場合：改良体天端付近でスラリー吐出を伴う攪拌混合を終了する時点の吐出口の深度(H) 又は標高(z)



2) 改良材吐出量等計測・表示機能

- 改良体ごとに累積又は深度 1 m 当りの改良材吐出量及び攪拌回数を車載モニターに表示するとともに記録する機能。

3) 杭径設定機能

- 施工範囲を地盤改良設計データで指定される管理ブロックに分割し、車載モニターに表示する機能。

4) 施工完了範囲の判定・表示機能

- 受注者が定める施工管理値（改良材吐出量・攪拌回数等）を施工中リアルタイムで車載モニターに表示し、これをオペータが確認しながら施工できる機能。モニターへの表示方法については受注者の任意とする。

5) 出来形管理資料作成機能

- ICT 地盤改良機械より取得する施工履歴データを用いて、出来形管理資料を作成する機能。

(2) バーチカルドレーン工の場合

使用するICT地盤改良機械は、RTK-GNSS等によって取得した施工開始時のドレーン等の先端の位置（ x, y ）と深度計等で計測するドレーン等の先端の施工基面からの深さ（ H ）（又は標高（ z ））を使ってドレーン等の先端位置を出来形として記録機能を持つものとする。

また、このデータとは別に、改良体ごとの施工管理データを画面表示・記録する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。

- 1) 攪拌装置位置データによる攪拌判定・表示機能
- 2) 出来形管理資料作成機能

1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能

- ・ 施工完了の判定を次の基準に従って行える機能：各改良箇所において、施工開始時の打設位置と、設計上の打設位置とのずれが x, y 各成分について $\pm 50\text{mm}$ 以内であり、かつ設計上の深度（又はドレーン等の最深部の標高）以深にドレーン等の先端が達した場合、当該箇所を施工済みと判定する。ただし、ドレーン等の打止めの深度を、地表面からの打込みの深度ではなく、目標の地層に到達させ打止まりとする等、特定の指標により打止めを判断する管理（打止め管理とよぶ）を行う場合は、従来どおりの打止め判断基準を用いる。
- ・ 施工済み範囲の表示方法：平面図上に図示した施工済み箇所に完了を示す着色をして表示できる機能。

2) 出来形管理資料作成機能

- ・ ICT地盤改良機械より取得する施工履歴データを用いて、出来形管理資料を作成する機能。

(3) サンドコンパクションパイル工の場合

使用するICT地盤改良機械は、RTK-GNSS等によって取得した施工開始時のケーシングの先端の位置（ x, y ）と深度計等で計測するケーシングの先端の施工基面からの深さ（ H ）（又は標高（ z ））を使ってケーシングの先端位置を出来形として記録する機能を持つものとする。

また、一定の打込み長さあたりの砂投入量をリアルタイムで車載モニターに表示する機能を持つものとする。モニターへの表示方法については、受注者の任意とする。

また、これらのデータとは別に、改良体ごとの施工管理データを画面表示・記録する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。

- 1) 攪拌装置位置データによる攪拌判定・表示機能
- 2) 施工完了範囲の判定・表示機能
- 3) 出来形管理資料作成機能

1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能

- ・ 下記の①、②の条件をともに満足した場合、当該箇所を施工済みと判定する機能。
 - ①各改良箇所において、施工開始時の杭芯位置と、設計上の打設位置とのずれが x, y 各成分について $\pm 50\text{mm}$ 以内であり、かつ設計上の深度（又はケーシングの最深部の標高）以深にケーシングの先端が達している。ただし、着底管理の場合は、従来どおりの着底判断基準を用いる。
 - ②各改良箇所において、一定の打込み長さあたりの砂投入量を計測し、設計砂投入量以上の値であることを判定する。
- ・ 施工済み範囲の表示方法：平面図上に図示した施工済み箇所に完了を示す着色をして表示できる機能。

2) 施工完了範囲の判定・表示機能

- ・ 一定の打込み長さあたりの砂投入量を計測し、さらに施工中リアルタイムで車載モニターに表示し、これをオペレータが確認しながら施工できる機能。モニターへの表示方法については、受注者の任意とする。

3) 出来形管理資料作成機能

- ・ ICT地盤改良機械より取得する施工履歴データを用いて、出来形管理資料を作成する機能。

1.4 ICT地盤改良機械の設定

現場の条件に応じたICT地盤改良機械の設定を行い、RTK-GNSS等で取得した攪拌装置の位置をもとに地盤改良を正しく行うために下記の項目について設定を行う。

- (1) 施工箇所の設定
- (2) 施工管理値の設定（固結工の場合）
- (3) 攪拌装置の径の設定（固結工の場合）

(1) 施工箇所の設定

ICT地盤改良機械に固結工の場合は地盤改良設計データを、バーチカルドレーン工の場合はドレーン等設計データを入力し、改良体またはドレーンの配置と改良体番号または打設番号が車載モニターに正しく平面図表示されていることを確認するとともに、改良体番号または打設番号で指定した任意の改良体が、平面図上の正しい位置に表示されることを確認する。

(2) 施工管理値の設定（固結工の場合）

所要の攪拌回数及び改良材吐出量は、受注者の提案する管理値を監督職員の承諾のもと設定する。

(3) 攪拌装置の径の設定（固結工の場合）

使用する攪拌装置の径を実測し、ICT地盤改良機械に入力する。

2 現場計測

2.1 施工装置位置データ計測器のキャリブレーション

施工装置位置データの計測器の**キャリブレーション**を**施工着手まで**に行う。

施工装置（固結工の場合は攪拌装置、バーチカルドレーン工の場合はドレーン等先端位置、サンドコンパクションパイル工の場合はケーシング先端位置）のキャリブレーションを行い精度を担保する。

2.2 GNSS等の設置

RTK-GNSSを用いてICT地盤改良機械の測位を行う場合は、RTK-GNSS基準局を工事基準点に設置する。ネットワーク型RTK-GNSSを用いる場合は、この作業は不要である。TS等光波方式を用いてICT地盤改良機械の測位を行う場合は、工事基準点を用いて器械設置を行う。

ICT地盤改良機械を構成する機器にRTK-GNSSを含む場合には、施工着手までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。

ネットワーク型RTK-GNSSを用いる場合は、この作業は不要である。

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置（ x, y ）については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向の位置については、施工基面からの深度（ H ）、又は標高（ z ）のいずれかを記録することとする。

2.3 事前の測定精度確認

作業装置位置（固結工の場合は攪拌装置、バーチカルドレーン工の場合はドレーン等先端位置、サンドコンパクションパイル工の場合はケーシング先端位置）の取得精度を確保するため、施工着手前に精度確認試験を行う。

ICT地盤改良機械を用いた施工に着手する前に、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い**現場において精度確認試験を実施し、結果を提出する。**

2.4 出来形管理

ICT地盤改良機械による施工後、施工履歴データを取り出し、出来形を把握する。

(1) 固結工の場合

固結工の場合

施工位置の管理



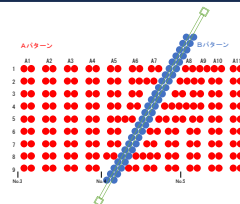
RTK-GNSSにより施工位置を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

深度管理



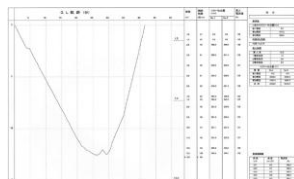
施工器機システムにより施工深度を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

施工管理図の出力



施工管理図を出力し、施工完了範囲を確認し、
出来形管理とする

施工状況を記録
出来形(品質)管理



施工時の攪拌状況、固化改良材注入量を時系列で記録し、出来形(品質)管理

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

(2) バーチカルドレーン工の場合

バーチカルドレーン工の場合

施工位置の管理



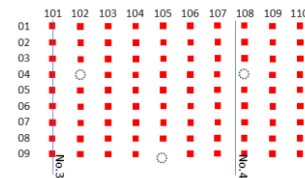
RTK-GNSSにより施工位置を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

深度管理



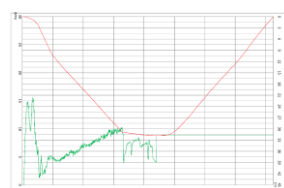
施工器機システムにより施工深度を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

施工管理図の出力



施工管理図を出力し、施工完了範囲を確認し、
出来形管理とする

施工状況を記録
出来形(品質)管理



施工時の攪拌状況、固化改良材注入量を時系
列で記録し、出来形(品質)管理

1

計測準備

2

現場計測

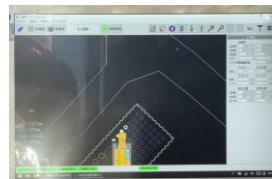
3

計測データ処理

(3) サンドコンパクションパイル工の場合

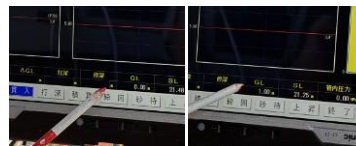
サンドコンパクションパイル工の場合

施工位置の管理



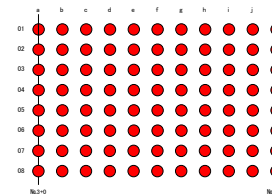
RTK-GNSSにより施工位置を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

深度管理



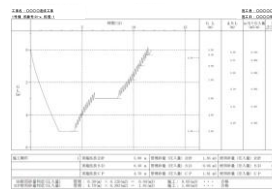
施工器機システムにより施工深度を管理
(ICTモニターで施工時も確認が可能)

施工管理図の出力



施工管理図を出力し、施工完了範囲を確認し、
出来形管理とする

施工状況を記録
出来形(品質)管理



施工時の攪拌状況、固化改良材注入量を時系
列で記録し、出来形(品質)管理

3 計測データ処理

3.1 出来形管理資料の作成

全体改良範囲図・杭芯位置管理表と、施工管理データを施工時の日常管理資料として作成し、出来形管理資料として提出する。

- (1) 固結工の場合
- (2) バーチカルドレーン工の場合
- (3) サンドコンパクションパイル工の場合

(1) 固結工の場合

1) 全体改良範囲図

- 全体改良範囲図は、攪拌済みの改良体を平面図上に着色表示したものである。
- 攪拌装置位置データを基に、「1.3 ICT地盤改良機械の機能確認 1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能」に示す判定基準により当該改良体を攪拌済みの改良体と判定する。

【必須のデータ項目】

全体改良範囲図の、攪拌済み管理ブロックを示す領域の色や、表示するデータ項目は受注者の任意とするが、下記のデータ項目は含むこと。

- 工事名、受注会社名
- 工期
- 施工範囲（STA、No.等）
- ICT地盤改良機械名（地盤改良機械本体とICTの名称が別の場合、それぞれ記載）

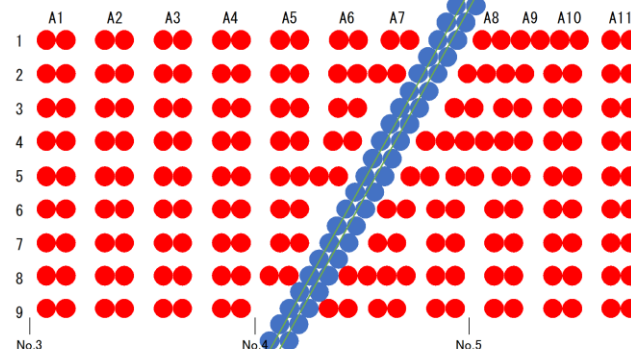
工事件名	〇〇〇〇〇築造工事	受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社
施工範囲	No.3+0 ~ -No.4+8	施工開始日	0000/00/00
		施工終了日	0000/00/00
		工法名	〇〇〇〇〇工法

本図に示す施工範囲を測点番号や改良体番号で記載

杭番号がわかるように行・列番号等を記載

Aパターン

Bパターン



施工済位置が特定できるように測点番号等を記載

ほかの資料との対応がわかるように改良体番号を記載

2) 杭芯位置管理表

- ・ 施工履歴データを元に、以下のデータを杭芯位置管理表としてとりまとめる。

- ①各改良体の設計の杭芯位置（ x, y ）及び改良体天端の深さ（ H ）又は標高（ z ）
- ②各改良体の施工開始時の回転軸中心位置（ x, y ）及び改良体天端の深度（ H ）又は標高（ z ）
- ③上記①と上記②の差（ $\Delta x, \Delta y, \Delta H$ （又は Δz ））

※攪拌翼の回転軸が複数ある場合は、それぞれの回転軸について $x, y, z, \Delta x, \Delta y, \Delta H$ （又は Δz ）を記載する。

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事					受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社				
施工範囲					施工開始日		0000/00/00		工法名		
No.3+0 ~ -No.4+8					施工終了日		0000/00/00		〇〇〇〇〇工法		

改良体 番号	設計杭芯位置			施工実績				Δ x	Δ y	基準高 Δ H 又は Δ z	合否 判定
	x	y	改良体 天端深度 (H) (又は標高 (z))	杭径 D	x	y	改良体 天端深度 (H) (又は標高 (z))	規格値 D/8 以下	規格値 D/8 以下	0mm 以上	

3) 施工管理データ帳票

- 施工管理データ帳票は、施工品質を担保するために施工中に計測、管理している数値、経時変化の帳票である。施工管理データ帳票の様式は受注者の任意とする。データ項目例及び帳票記載項目の一例を下記に示す。

【データ項目例】

- 工事名
- 施工日
- 改良体番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- 施工時間
- 電流値又は回転トルク

【必須のデータ項目】

- 深度1 mあたりの羽根切り回数又は軸回転数（（回/m）又は（rpm））
- 深度1 mあたりのスラリー（改良材）吐出量（（L/m）又は（L/分））
- 着底部付近については、深度100mmごとの速度、電流値を表形式で施工管理データ帳票に併記するか別途作成する。

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

固結工の場合

施工管理データ帳票作成例(1)

工事名:

杭 No: C28-13

施工者:

号 機: 1 号機

年 月 日

	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
境界深度 (m)	1.5	19.3				
基準スラリー量 (l/m)	0.0	237.5				

貫入開始時間	0:00:00
貫入終了時間	0:26:06
造成終了時間	0:48:40

深度 (m)	昇降速度 (m/min)	軸 回転数 (回/m)	スラリー吐出量			電流 (A)
			No.1 (l/m)	No.2 (l/m)	計 (l/m)	
* 1.0	0.9	22	0.0	0.0	0.0	350
* 1.5	0.7	30	0.0	0.0	0.0	121
2.0	0.7	30	251.7	254.7	506.4	124
3.0	0.7	29	244.3	242.9	487.2	118
4.0	0.8	27	243.0	242.6	485.6	128
5.0	0.7	30	246.0	245.9	491.9	110
6.0	0.7	28	246.8	246.2	493.0	112
7.0	0.7	28	242.7	242.8	485.5	114
8.0	0.7	29	242.3	242.7	485.0	114
9.0	0.7	29	243.3	242.9	486.2	120
10.0	0.7	29	245.6	245.3	490.9	116
11.0	0.7	29	246.0	246.1	492.1	118
12.0	0.7	28	244.9	244.8	489.7	120
13.0	0.7	27	242.5	241.4	483.9	118
14.0	0.8	27	247.3	248.0	495.3	117
15.0	0.7	28	242.6	242.1	484.7	115
16.0	0.7	29	241.0	244.7	485.7	114
17.0	0.7	29	241.1	241.0	482.1	117
18.0	0.7	29	245.0	245.0	490.0	124
19.0	0.7	30	248.3	246.7	495.0	147
19.3	0.4	50	286.4	294.8	581.2	154

着底部詳細

深度 (m)	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3
速度 (m/min)	0.6	0.6	0.6	0.1	0.3
電流 (A)	147	143	154	148	118

*: 空打部

**: 先端処理部

基準軸回転数

44 回/m = 羽根切回数 350 回/m ÷ 羽根枚数 8 枚

先端処理部基準軸回転数

175 回/m = 羽根切回数 350 回/m ÷ 羽根枚数 2 枚

実績軸回転数

241 回/m = 羽根切回数 482 回/m ÷ 羽根枚数 2 枚

深度 (m)	昇降速度 (m/min)	軸 回転数 (回/m)	スラリー吐出量			電流 (A)
			No.1 (l/m)	No.2 (l/m)	計 (l/m)	
** 18.3	0.5	115	0.0	0.0	0.0	80
** 19.3	0.5	198	0.0	0.0	0.0	89
** 18.3	1.0	241	0.0	0.0	0.0	59
18.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	57
17.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	80
16.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	99
15.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	129
14.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	126
13.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	127
12.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	121
11.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	114
10.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	85
9.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	71
8.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	62
7.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	48
6.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	53
5.0	1.0	69	0.0	0.0	0.0	38
4.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	43
3.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	39
2.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	35
1.5	1.0	71	0.0	0.0	0.0	32
* 1.0	1.2	18	0.0	0.0	0.0	259
* 0.0	1.5	14	0.0	0.0	0.0	104
合 計	(1)	----	4364.4	4366.8	8731.2	----
判 定	-----	0 K	0 K	0 K	-----	----
総合計	(1)	----	4364.4	4366.8	8731.2	----

1

計測準備

施工管理データ帳票作成例（2）

杭打設結果表

Page 1

工事名: ○○○○○○工
 施工者: △△△△△△
 施工日: ***年**月**日
 杭番号: XX-XX
 機種番号: 1 号機
 杭径: 2000 (mm)

(kg)	固化材	水	ベントナイト	遅延剤	添加剤	W/C
配合A	750.0	750.0	0.0	0.0	0.0	100
配合B						

設定深度 (m)	固化材量 (kg)	基準スリ量 (L/m)	配合
土量1m3当たり	深度1m当たり		
第1層 5.90	160	502.4	670 A
第2層 7.10	125	392.5	524 A
第3層 12.20	205	643.7	859 A
第4層 13.80	380	1193.2	1591 A
第5層			
第6層			

削孔開始時間
0 : 00 : 00
削孔完了時間
0 : 31 : 22
造成完了時間
0 : 40 : 28

深度 (m)	昇降速度 (m/min)	スリ吐出量 (L/m)	スリ吐出量 (L)	電流値 (A)	羽根切回数 (回/m)
配合A	配合B	累計			
1.00	0.29	763.0	155	527	
2.00	0.56	675.0	1438.0	145	276
3.00	0.58	682.0	2120.0	126	267
4.00	0.57	693.0	2813.0	135	269
5.00	0.57	675.0	3488.0	108	271
5.90	0.55	689.0	4108.1	123	277
6.00	0.60	650.0	4173.1	124	265
7.00	0.57	525.0	4698.1	143	272
7.10	0.50	602.0	4758.3	140	285
8.00	0.44	882.0	5552.1	143	344
9.00	0.48	861.0	6413.1	138	322
10.00	0.48	889.0	7302.1	125	319
11.00	0.47	886.0	8188.1	111	324
12.00	0.49	859.0	9047.1	113	311
12.20	0.50	865.0	9220.1	116	310
13.00	0.27	1601.0	10500.9	112	560
**13.80	0.24	1622.0	11798.5	232	639
13.00	1.26	0	11798.5	233	762
12.80	1.09	0	11798.5	100	701
13.00	1.09	0	11798.5	100	839
**13.80	1.07	0	11798.5	264	895
13.00	1.78	0	11798.5	103	981
12.20	2.00	0	11798.5	104	918
12.00	2.00	0	11798.5	104	399
11.00	1.88	0	11798.5	111	393
10.00	2.00	0	11798.5	106	402
9.00	2.00	0	11798.5	109	398
8.00	2.00	0	11798.5	133	402
7.10	1.93	0	11798.5	127	428
7.00	1.50	0	11798.5	106	413
6.00	2.00	0	11798.5	108	353
5.90	1.50	0	11798.5	103	426
5.00	1.80	0	11798.5	104	362
4.00	2.00	0	11798.5	111	349
3.00	2.00	0	11798.5	105	349
2.00	1.88	0	11798.5	104	350
1.00	2.00	0	11798.5	107	357
0.00	1.36	0	11798.5	104	640
合計	実施	11799	0		
(L)	設計	11509	0	11509	
判定		OK		OK	OK

** : 着底部

2

現場計測

固結工の場合

3

計測データ処理

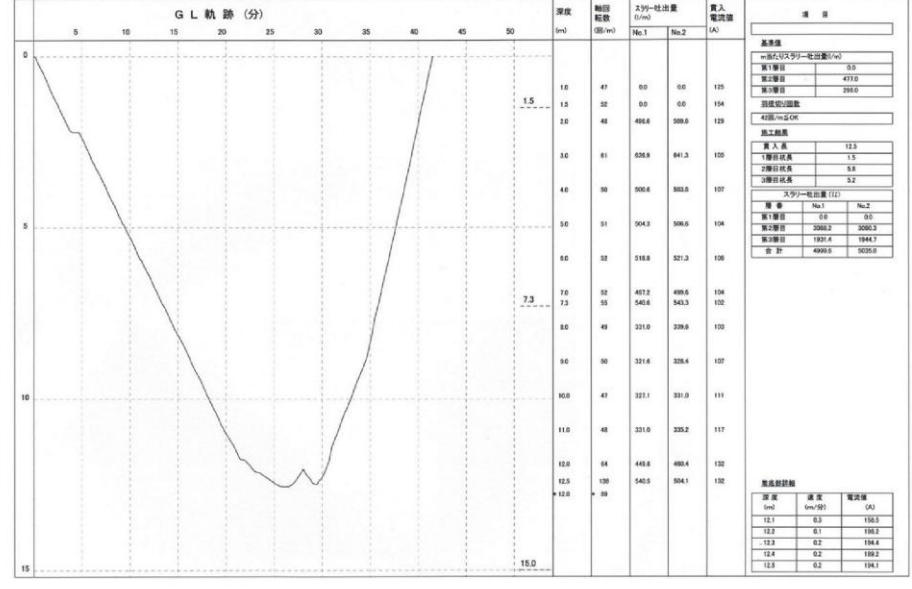
施工管理データ帳票作成例（3）

工事名:

1号機_杭番号:121_杭種:2

請負者:

施工日:平成 年 月 日



(2) バーチカルドレーン工の場合

1) 全体改良範囲図

- 全体改良範囲図は、打設済みのドレーン等を平面図上に着色表示したものである
- 打設ロッド位置データを基に、「1.3 ICT地盤改良機械の機能確認 1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能」に示す判定基準により当該ドレーン等を打設済みのドレーン等と判定する。
- 全体改良範囲図の、打設済みを示すドレーン等の色や、表示するデータ項目は受注者の任意とするが、下記の必須のデータ項目を含むこと。

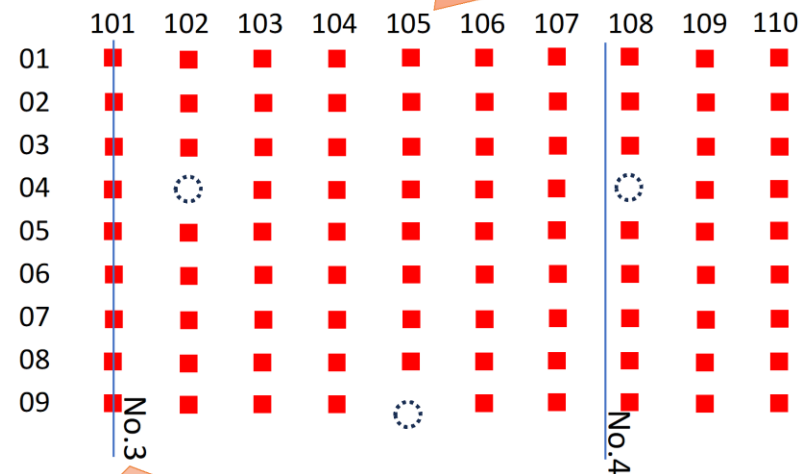
【必須のデータ項目】

- 工事名、受注会社名
- 工期
- 施工範囲（STA、No.等）
- ICT地盤改良機械名（地盤改良機械本体とICTの名称が別の場合、それぞれ記載）

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事	受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社
施工範囲	No.3+0 ~ -No.4+8	施工開始日	0000/00/00
		施工終了日	0000/00/00
		工法名	〇〇〇〇〇工法

本図に示す施工範囲を測点番号や改良体番号で記載

杭番号がわかるように行・列番号等を記載



施工済位置が特定できるように測点番号等を記載

2) 杭芯位置管理表

- ・ 施工履歴データを元に、以下のデータを杭芯位置管理表としてとりまとめる。

- ①各ドレーン等の設計の杭芯位置（ x, y ）及びドレーン等天端の深さ（ H ）又は標高（ z ）
- ②各ドレーン等の施工開始時の打設ロッド中心位置（ x, y ）及びドレーン等天端の深度（ H ）又は標高（ z ）
- ③上記①と上記②の差（ $\Delta x, \Delta y, \Delta H$ （又は Δz ））

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事	受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社
施工範囲		施工開始日	0000/00/00
No.3+0 ~ -No.4+8		施工終了日	0000/00/00
		工法名	〇〇〇〇〇工法

打設 番号	設計杭芯位置			施工実績			Δx	Δy	打込み長さ L	合否 判定
	x	y	ドレーン等 先端深度（H） （又は標高（z））	x	y	ドレーン等 先端深度（H） （又は標高（z））	規格値 ±50 以下	規格値 ±50 以下	設計値 以上	

杭芯位置管理表作成例

杭芯位置				打込み長さ		合否判定	
	施工実績		Δ x mm	Δ y mm	設計値 m		施工実績 m
y	x	y	規格値 ±50mm以内	規格値 ±50mm以内	先端の 深さH	設計値 以上	
4444.934	-116179.820	-54444.903	-2	31	20.0	20.1	○
4449.539	-116180.539	-54449.501	26	38	20.0	20.3	○
4450.282	-116180.277	-54450.312	-9	-30	20.0	20.1	○
4451.025	-116179.969	-54451.014	3	11	20.0	20.0	○
4451.768	-116179.662	-54451.771	14	-3	20.0	20.1	○
4452.511	-116179.389	-54452.512	-10	-1	20.0	20.4	○
4453.254	-116179.079	-54453.227	4	27	20.0	20.0	○
4449.835	-116181.315	-54449.823	-7	12	20.0	20.1	○
4450.578	-116181.031	-54450.615	-19	-37	20.0	20.2	○
4451.321	-116180.735	-54451.316	-20	5	20.0	20.1	○
4452.065	-116180.397	-54452.065	22	0	20.0	20.3	○
4452.808	-116180.149	-54452.817	-27	-9	20.0	20.2	○
4453.551	-116179.835	-54453.543	-9	8	20.0	20.1	○
4450.132	-116182.037	-54450.127	14	5	20.0	20.3	○
4450.875	-116181.770	-54450.856	-15	19	20.0	20.3	○
4451.618	-116181.462	-54451.575	-4	43	20.0	20.3	○
4452.361	-116181.167	-54452.380	-5	-19	20.0	20.1	○
4453.104	-116180.851	-54453.083	14	21	20.0	20.1	○
4453.847	-116180.544	-54453.841	25	6	20.0	20.2	○
4450.428	-116182.763	-54450.423	31	5	20.0	20.1	○
4451.171	-116182.528	-54451.170	-30	1	20.0	20.1	○
4451.914	-116182.216	-54451.903	-15	11	20.0	20.0	○

3) 施工管理データ帳票

- 施工管理データ帳票は、施工品質を担保するために施工中に計測、管理している数値、経時変化の帳票である。施工管理データ帳票の様式は受注者の任意とする。データ項目例及び帳票記載項目の一例を下記に示す。

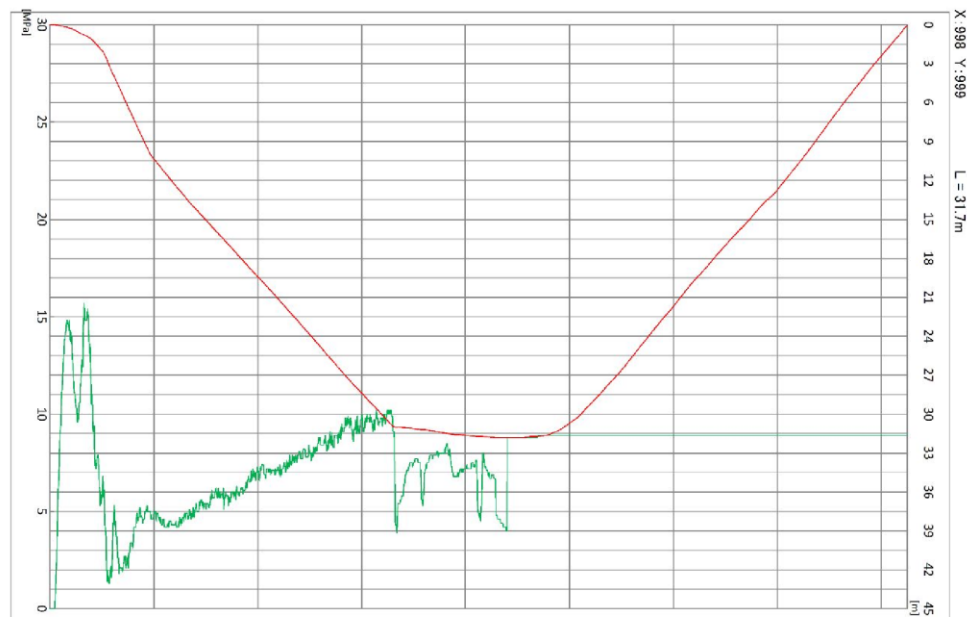
【データ項目例】

- 工事名
- 施工日
- ドレーン等番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- ドレーン先端の深度
- 圧力

施工管理データ帳票作成例

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事	受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社
施工範囲	施工開始日	0000/00/00	工法名
No.3+0 ~ -No.4+8	施工終了日	0000/00/00	〇〇〇〇〇工法

【杭番号：X-484Y-30】



(3) サンドコンパクションパイル工の場合

1) 全体改良範囲図

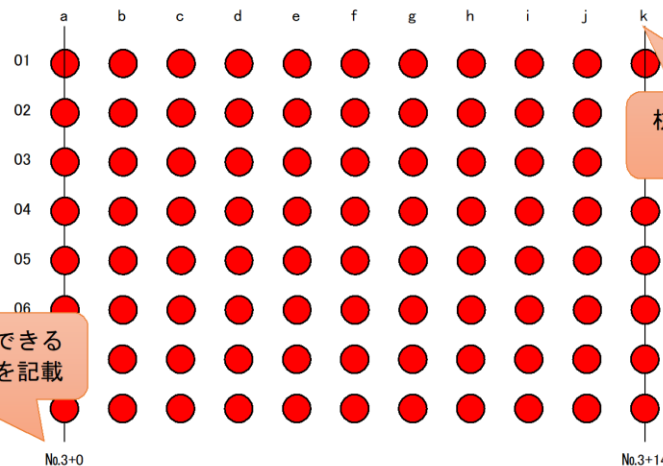
- 全体改良範囲図は、打設済みのドレーン等を平面図上に着色表示したものである
- ケーシング先端の位置データを基に、「1.3 ICT地盤改良機械の機能確認 1) 施工装置位置データによる攪拌判定・表示機能」に示す判定基準により当該箇所を打設済みの砂杭と判定する。
- 全体改良範囲図の、打設済みを示す砂杭の色や、表示するデータ項目は受注者の任意とするが、下記の必須のデータ項目を含むこと。

【必須のデータ項目】

- 工事名、受注会社名
- 全体改良範囲図に示す範囲の施工開始日・終了日
- 施工範囲（STA、No.等）
- 工法名

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事			受注会社名	〇〇〇〇〇株式会社		
施工範囲			施工開始日	0000/00/00		工法名	
No.3+0 ~ -No.3+9.8			施工終了日	0000/00/00		〇〇〇〇〇工法	

本図に示す施工範囲
を測点番号等で記載



杭番号がわかるように
行・列番号等を記載

施工済位置が特定できる
ように測点番号等を記載

2) 杭芯位置管理表

- 施工履歴データを元に、以下のデータを杭芯位置管理表としてとりまとめる。

- ①砂杭の設計の杭芯位置（ x, y ）及び砂杭天端の深さ（ H ）又は標高（ z ）
- ②砂杭の施工開始時の打設ロッド中心位置（ x, y ）及び砂杭天端の深度（ H ）又は標高（ z ）
- ③上記①と上記②の差（ $\Delta x, \Delta y, \Delta H$ （又は Δz ））

工事件名	〇〇〇〇〇築造工事				受注会社名		〇〇〇〇〇株式会社			
施工範囲					施工開始日		0000/00/00		工法名	
No.3+0 ~ -No.4+8					施工終了日		0000/00/00		〇〇〇〇〇工法	
打設 番号	設計杭芯位置			施工実績			Δ x	Δ y	打込み長さ L	合否 判定
	x	y	ドレーン等 先端深度（H） （又は標高（z））	x	y	ドレーン等 先端深度（H） （又は標高（z））	規格値 ±50 以下	規格値 ±50 以下	設計値 以上	

杭芯位置管理表作成例

杭芯位置管理表

工事件名		〇〇〇〇〇〇工事			
受注会社名		株式会社〇〇〇〇〇〇			
工法名		静的締固め砂杭工法			

施工日	2024/11/19		施工範囲	368～355		1/2頁	
打設 番号	設計杭芯位置		施工実績		規格値		合否 判定
	x	y	x	y	Δx 規格値 ±50mm以下	Δy 規格値 ±50mm以下	
	m	m	m	m	mm	mm	
368	-55840.866	-43741.685	-55840.862	-43741.684	4	1	合格
367	-55840.802	-43743.985	-55840.805	-43743.985	-3	0	合格
364	-55839.259	-43746.243	-55839.260	-43746.254	-1	-11	合格
363	-55839.196	-43748.542	-55839.200	-43748.547	-4	-5	合格
366	-55841.558	-43746.306	-55841.577	-43746.295	-19	11	合格
360	-55839.652	-43750.855	-55839.659	-43750.859	-7	-4	合格
365	-55841.495	-43748.605	-55841.480	-43748.607	15	-2	合格
359	-55839.588	-43753.154	-55839.582	-43753.148	6	6	合格
362	-55841.951	-43750.919	-55841.939	-43750.929	12	-10	合格
356	-55840.032	-43755.468	-55840.035	-43755.463	-3	5	合格

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理		精度確認方法			
					事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
固結工 (スラ リー攪拌 工)		ICT地盤改良機械(施工履 歴データ)	計測場面	測定精度	■			
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置の回転軸中心の平面位置(x, y)と標高(z)の場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、標高(z) : ±50mm以内 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置の回転軸中心の平面位置(x, y)と施工基面からの深さHの場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、深さ(H) : ±50mm以内				
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置の回転軸中心の平面位置(x, y)と標高(z)の場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、標高(z) : ±50mm以内 ○静止状態での作業装置位置の測定精度(攪拌装置の回転軸中心の平面位置(x, y)と施工基面からの深さHの場合) 水平(x, y) : 各±100mm以内、深さ(H) : ±50mm以内				
			計測場面	測定精度				
パーチカ ルドレー ン工 サンドコ ンパク ションバ イル工		ICT地盤改良機械(施工履 歴データ)	部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と標高(z)を管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、標高(z) : ±50mm以内 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と施工基面からの深さHを管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、深さ(H) : ±50mm以内	■			
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と標高(z)を管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、標高(z) : ±50mm以内 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と施工基面からの深さHを管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、深さ(H) : ±50mm以内				
			計測場面	測定精度				
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と標高(z)を管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、標高(z) : ±50mm以内 ・静止状態での作業装置位置の測定精度(打設機械の位置(x, y)と施工基面からの深さHを管理する場合) 水平(x, y) : 各±50mm以内、深さ(H) : ±50mm以内				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種・適用機種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体（ICT建設機械本体）

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 適正な精度管理の記録
・ 着工前の精度確認試験結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

5) 施工装置の精度確認試験計画

「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照し、精度確認の計画について記載する。

記載事項

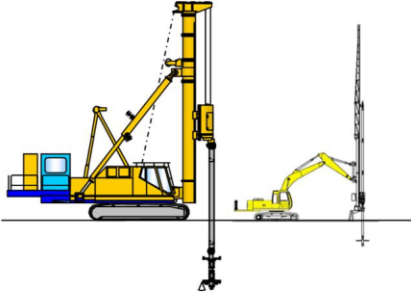
施工装置（固結工の場合は攪拌装置、バーチカドレーン工の場合はドレーン等先端位置）の位置測定精度の確認と確保を目的とした攪拌装置の精度確認試験の計画について示す。

(参考) 適用工種区分

■固結工の場合

適用工種及び工法は表1のとおりである。ここで、スラリー攪拌工とは、地盤中にセメント又はセメント系固化材をスラリー状で圧送し、攪拌翼で原地盤と攪拌・混合することにより均一な改良体（コラム）を造成する工法である。適用工種を「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」における分類で示すと、表2のとおりである。

表1 適用対象工種及び工法

適用対象工種・工法	概要図	施工方法	改良材	改良深度
固結工 (スラリー攪拌工) (施工履歴データで杭芯位置・改良深度等を記録できるもの)		地盤中に改良材をスラリー状で圧送し、攪拌翼で攪拌・混合する。	セメント等のスラリー	最大 40m 程度※

※工法、対象地盤等により変動

表2 適用工種区分

編	章	節	工 種	種 別
共通編	一般施工	地盤改良工	固結工	スラリー攪拌工
河川編	築堤・護岸	地盤改良工	固結工	スラリー攪拌工
	樋門・樋管	地盤改良工	固結工	スラリー攪拌工
河川海岸編	堤防・護岸	地盤改良工	固結工	スラリー攪拌工
砂防編	斜面对策	地下遮断工	固結工	スラリー攪拌工

(「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の工種区分より)

(参考) 適用工種区分

■バーチカルドレーン工の場合

適用工種及び工法は表1のとおりである。ここでバーチカルドレーン工とは、軟弱地盤中にペーパーボードやプラスチックボード等のドレーン材を鉛直に多数打設し、その排水効果によって地盤の圧密を促進し、地盤を強固にする工法のことである。適用工種を「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」における分類で示すと、表2のとおりである。

表1 適用対象工種及び工法

適用対象工種・工法	概要図	施工方法	ドレーン材	改良深度
圧密・排水工 (バーチカル ドレーン工) (施工履歴データで 打設位置・深度等 を記録できるもの)		軟弱地盤中 にドレーン 材を圧入し 打設する。	ペーパードレーン・ プラスチックボード ドレーン・プレファブ リケイティッドバー チカルドレーン等	最大 45m 程度※

※使用機械、対象地盤等により変動

表2 適用工種区分

編	章	節	工 種	種 別
共通編	一般施工	地盤改良工	バーチカル ドレーン工	ペーパードレーン工
河川編	築堤・護岸	地盤改良工	バーチカル ドレーン工	ペーパードレーン工
河川海岸編	堤防・護岸	地盤改良工	バーチカル ドレーン工	ペーパードレーン工
道路編	道路改良	地盤改良工	バーチカル ドレーン工	ペーパードレーン工

(「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の工種区分より)

(参考) 適用工種区分

■サンドコンパクションパイル工の場合

適用工種及び工法は表1のとおりである。ここでサンドコンパクションパイル工とは、地盤内に鋼管を貫入して管内に砂等を投入し、振動により締め固めた砂杭を地盤中に造成する工法である。適用工種を「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」における分類で示すと、表2のとおりである。

表1 適用対象工種及び工法

適用対象工種・工法	概要図	施工方法	改良材	改良深度
締め固め改良工 (サンドコンパクションパイル工) (施工履歴データで杭芯位置・投入砂量・打込長さを記録できるもの)		地中に貫入したケーシングパイプを引き抜いて砂を地盤中に排出後、ケーシングパイプを再度打ち戻すことで、締め固まった砂杭を造成する。	砂等 ※ただし、基準類で定められた品質の材料(例:「道路土工―軟弱地盤対策工指針(平成24年度版)」p.281 解図 6-76 に規定されている「サンドコンパクションパイルの実績の範囲」の粒度分布の砂)を使用するものに限る。	最大 45m 程度※

表2 適用工種区分

編	章	節	工 種	種 別
共通編	一般施工	地盤改良工	締め固め改良工	サンドコンパクションパイル工
河川編	築堤・護岸	地盤改良工	締め固め改良工	サンドコンパクションパイル工
河川海岸編	堤防・護岸	地盤改良工	締め固め改良工	サンドコンパクションパイル工
道路編	道路改良	地盤改良工	締め固め改良工	サンドコンパクションパイル工

(「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の工種区分より)

(参考) 地盤改良設計データ作成ソフトウェア（固結工の場合）



地盤改良設計データ
作成ソフトウェア

地盤改良設計データは、設計図書等に基づき、改良体番号・杭芯位置（ x, y ）（固結工で、攪拌装置が多数の場合は複数）・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度・杭径 D ・施工基面の標高を入力したものである。

地盤改良設計データ作成ソフトウェア必須機能

1) 地盤改良設計データの入力機能

①座標系の選択機能

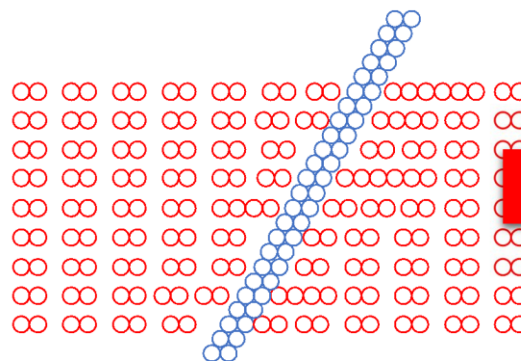
地盤改良設計データの座標系を選択する機能。

②地盤改良設計データの入力機能

設計図書等に基づき、地盤改良設計データをICT地盤改良機に入力する機能。
攪拌装置の回転軸が複数である場合、杭芯位置は各軸について入力できること。

2) 地盤改良設計データの出力機能

上記で作成した地盤改良設計データを監督職員が可読であるCSVデータで出力する機能。もしくは、地盤改良計測データを監督職員が読み取ることが可能なソフトの提出。



地盤改良平面図（設計例）

改良体番号	杭芯位置		空掘り延長(m) ※施工基面から改良天端までの距離(m)	改良延長(m)	改良径D(m)	施工基面の標高(m)
	x座標(m)	y座標(m)				
A-3	13568.24	3495.186	-2.0	-32.0	1.6	123
...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

地盤改良設計データ（例）

（参考）地盤改良設計データの作成（固結工の場合）

1. データ作成時の留意点

受注者は、設計図書に示される地盤改良範囲を示す平面図、施工基面からの改良厚さ又は改良範囲下端部の標高を示す縦断図などを用いて、地盤改良設計データを作成する。以下に、地盤改良設計データ作成時の留意事項を示す。

2. 準備資料

地盤改良設計データの作成に必要な準備資料は、下記の2点である。

- ・ 平面図（地盤改良範囲が明示されたもの）
- ・ 縦断図（地盤改良深度又は地盤改良範囲の最下端の標高が明示されたもの）

なお、準備資料の記載内容に地盤改良設計データの作成において不足等がある場合は監督職員に報告し資料提供を依頼すること。

3. 地盤改良設計データの作成範囲

地盤改良設計データの作成範囲は、地盤改良範囲とする。なお、当初の想定と地質分布が異なったり地中や周辺に支障物がある等の理由で地盤改良範囲が設計図書と異なる場合は監督職員と変更等の協議を行い、その結果を地盤改良設計データの作成に反映させる。

4. 管理ブロックサイズの設定

地盤改良設計データには、以下の設計情報を入力する。

- ・ 改良体番号（番号のつけ方は任意）
- ・ 杭芯位置（ x, y ）（多軸の場合は複数）
- ・ 改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度
- ・ 改良体底面部の標高又は計画深度
- ・ 杭径
- ・ 施工基面の標高

5. 着底管理にて施工を行う場合

試験施工によりボーリング調査結果と改良体を造成時の電流値、貫入速度、その他の指標により着底完了を判定する基準を設けている工事（着底管理の工事）においては、地盤改良設計データの改良体最下端の標高（又は深度）として、設計図書に示される標高（又は深度）か、施工前の調査ボーリング等にて推定した支持層の分布から求まる標高（又は深度）を入力しておく。

そして、施工中の所要の深度に達したか否かの判断には、地盤改良設計データに入力した標高又は深度は用いず、試験施工等の結果を踏まえ監督職員との協議により決めた着底判断基準に基づき判断することとする。

着底管理の場合は、攪拌翼が地盤改良設計データに暫定的に入力した標高（又は深度）に達していなくても着底判断基準を満足していれば、「3.1 出来形管理資料の作成」に示す全体改良範囲図に施工済みであることを示す着色を行ってよい。

（参考）地盤改良設計データの確認（固結工の場合）

■地盤改良設計データの確認

地盤改良設計データの間違いは、施工対象物が設計図書に示されている位置、形状、深度と異なって施工されてしまう事態を引き起こすので、受注者は**地盤改良設計データと設計図書を照合**すること。

地盤改良設計データと設計図書との照合とは、地盤改良設計データが設計図書を基に正しく作成されているものであることを確認することである。地盤改良設計データと設計図書の照合結果については、「**地盤改良設計データチェックシート**」に記入し提出する。

さらに、設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、地盤改良設計データを変更し、再度確認を行う。

ここで、地盤改良設計データに入力された杭径Dについては、実際に施工に用いる地盤改良機の攪拌翼の径が、設計の杭径以上であることを攪拌翼の実測により確認する。

確認結果は、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、様式に記入し提出する。

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名：_____

受 注 者 名：_____

作 成 者：_____ 印

地盤改良設計データチェックシート

項目	内容	チェック 結果
1) 平面図	・杭芯位置（x座標, y座標）（攪拌装置が多軸の場合は複数）は正しいか？	
2) 断面図	・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度は正しいか？ ・施工基面の標高は正しいか？	
3) 杭径D	・設計データに入力した杭径Dは、設計攪拌径と合致しているか？（固結工の場合） ・設計データに入力した杭径Dは、設計砂杭径と合致しているか？（サンドコンパクションパイル工の場合）	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 該当項目のデータ入力が無い場合は、チェック結果欄に“－”と記すこと。

(参考) 出来形帳票作成ソフトウェア（固結工の場合）



出来形帳票作成
ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェア必須機能

1. 出来形管理基準上の管理項目の計算方法

従来は、改良体の基準高・杭芯間距離・杭径については、定量での抜き取りで、掘起し及び、レベル・メジャー等の実測により確認してきたが、以下のとおり施工履歴データを用いた管理に代える。なお、杭径については、施工着手前に工事ごとに1回、攪拌翼の径をメジャーなど適切な測定機器で実測して確認することとし、これが杭径Dの設計値以上であることの確認をもって掘起しによる確認を不要とする。

- ①基準高：基準高については、改良体天端の位置に改良材が基準流量以上吐出されかつ攪拌されていることを、施工履歴データを用いた確認に代えることで、改良体天端の基準高が規格値を満足すると判断する。
- ②杭芯間距離：杭芯間距離については施工基面上で攪拌装置を杭芯位置に設置した時点の攪拌装置の回転軸中心の位置（ x, y ）の施工履歴データを用いて、設計に対する杭芯位置の平面位置ずれ（ $\Delta x, \Delta y$ ）を管理する。
- ③改良長：改良長については、改良材が吐出されている区間の最深部と天端部の高さを施工履歴データとして記録し、両者の差から改良長 L を求める。

2. 施工が完了した範囲の出力

地盤改良設計データと施工履歴データを用いて、所要の攪拌回数（軸回転数又は羽根切り回数）・改良材吐出量を満足して施工が完了した改良体の位置を全体改良範囲図に着色して表示する。

3. 出来形管理資料の出力

地盤改良設計データで規定された個々の改良体に対して、攪拌回数及び改良材吐出量、深度、改良長が規定値を満足していることを確認できる施工管理データ帳票を出力・提出し、施工管理及び出来形管理を行う。

(参考) ドレーン等設計データ作成ソフトウェア (バーチカルドレーン工の場合)



地盤改良設計データ
作成ソフトウェア

ドレーン等設計データは、設計図書等に基づき、ドレーンの打設番号・打設位置 (x, y) ・打込み長さ (ドレーン等の先端の計画標高または施工基面からの計画深度) ・施工基面の標高を入力したものである。

地盤改良設計データ作成ソフトウェア必須機能

1) 地盤改良設計データの入力機能

①座標系の選択機能

ドレーン等設計データの座標系を選択する機能。

②ドレーン等設計データの入力機能

設計図書等に基づき、ドレーン等設計データをICT地盤改良機に入力する機能。

2) 地盤改良設計データの出力機能

上記で作成したドレーン等設計データを監督職員が可読であるCSVデータで出力する機能。もしくは、地盤改良計測データを監督職員が読み取ることが可能なソフトの提出。

	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
01	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
02	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
03	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
04	□	○	□	□	□	□	□	○	□	□
05	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
06	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
07	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
08	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
09	□	□	□	□	○	□	□	□	□	□



打設 番号	打設位置		打設深度 (m)	施工基面の標高 (m)
	X座標(m)	Y座標 (m)		
101-01	13568.241	3495.186	20	15.123
101-02	・	・	・	・
101-03	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・

(参考) ドレーン等設計データの作成 (バーチカルドレーン工の場合)

1. データ作成時の留意点

受注者は、設計図書に示される地盤改良で打設するドレーン等の平面配置図、各ドレーン等の先端の標高（又は施工基面からの深さ）を示す縦断図などを用いて、ドレーン等設計データを作成する。

以下に、地盤改良設計データ作成時の留意事項を示す。

2. 準備資料

設計データの作成に必要な準備資料は、下記の2点である。

- ・ 設計図書の平面図（造成するドレーン等の平面配置が明示されたもの）
- ・ 設計図書の縦断図（ドレーン等の先端の標高（又は施工基面からの深さ）が明示されたもの）

なお、準備資料の記載内容にデータの作成において不足等がある場合は監督職員に報告し資料提供を依頼すること。

3. ドレーン等設計データの作成範囲

ドレーン等設計データの作成範囲は、地盤改良範囲とする。当初の想定と地質分布が異なったり地中や周辺に支障物がある等の理由で地盤改良範囲が設計図書と異なる場合は監督職員と変更等の協議を行い、その結果をドレーン等設計データの作成に反映させる。

4. 管理ブロックサイズの設定

ドレーン等設計データには、以下の設計情報を入力する。

- ・ 打設番号（番号のつけ方は任意）
- ・ 打設位置（x,y）
- ・ ドレーン等底面部の計画標高、または施工基面からの計画深度
- ・ 施工基面の標高

5. 打止め管理が必要な場合

ドレーン等の打止めの深度を、地表面からの打込みの深度ではなく、目標の地層に到達させ打止まりとする等、特定の指標により打止めを判断する管理（打止め管理とよぶ）を行う工事においては、ドレーン等設計データのドレーン等最下端の標高（又は深度）として、設計図書に示される標高（又は深度）か、施工前の調査ボーリング等にて推定した地層の分布から求まる計画標高（又は深度）を入力しておく。

打止め深度に達したか否かの判断には、ドレーン等設計データに入力した標高又は深度は用いず、試験施工等の結果を踏まえ監督職員との協議により決めた打止め判断基準に基づき判断することとする。

打止め管理を行う場合は、ドレーン先端が、ドレーン等設計データに暫定的に入力した標高（又は深度）に達していなくても打止め判断基準を満足していれば、出来形管理資料が示す全体改良範囲図に施工済みであることを示す着色を行ってよい。

(参考) ドレーン等設計データの確認 (バーチカルドレーン工の場合)

■ ドレーン等設計データの確認

ドレーン等設計データの間違いは、施工対象物が設計図書に示されている位置、形状、深度と異なって施工されてしまう事態を引き起こすので、受注者はドレーン等設計データと設計図書を照合すること。

ドレーン等設計データと設計図書との照合とは、ドレーン等設計データが設計図書を基に正しく作成されているものであることを確認することである。

ドレーン等設計データと設計図書の照合結果については、「ドレーン等設計データチェックシート」に記入し提出する。さらに、設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、ドレーン等設計データを変更し、再度確認を行う。

確認結果は、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、様式に記入し提出する。

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 : _____

受 注 者 名 : _____

作 成 者 : _____ 印

ドレーン等設計データチェックシート

項目	内容	チェック 結果
1) 平面図	・ ドレーン等の打設位置 (x 座標, y 座標) は正しいか?	
2) 断面図	・ ドレーン等先端の標高又は施工基面からの計画深度は正しいか? ・ 施工基面の標高は正しいか?	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 該当項目のデータ入力がない場合は、チェック結果欄に“—”と記すこと。

(参考) 出来形帳票作成ソフトウェア (バーチカルドレーン工の場合)



出来形帳票作成
ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェア必須機能

1. 出来形管理基準上の管理項目の計算方法

従来は、ドレーン等の位置・間隔についてはメジャー・TS等を用いた実測により確認してきたが、以下のとおり施工履歴データを用いた管理に代える。なお、打込み長さ h については、従来から施工機械に搭載したドレーン材の送り出し量の管理等により行われてきたが、本出来形管理要領においても同様に管理を行う。

- ①位置：施工基面上で打設機械を設計の打設位置に設置した時点の打設ロッドの中心の位置(x, y)の施工履歴データを用いて、設計に対する打設位置の平面位置ずれ($\Delta x, \Delta y$)を管理する。
- ②打込み長さ h ：打込み長さについては、ドレーン等の打設中に、ドレーン等が達した最深部の標高、またはドレーン等が達した最深部と施工基面との標高差を施工履歴データとして記録し、両者の差から打込み長さ h を求める。

2. 施工が完了した範囲の出力

ドレーン等設計データと施工履歴データを用いて、所要の打込み長さ h を満足して施工が完了したドレーン等の位置を全体改良範囲図に着色して表示する。

3. 出来形管理資料の出力

ドレーン等設計データで規定された個々のドレーン等に対して、打込み長さ h が規定値を満足していることを確認できる施工管理データ帳票を出力・提出し、施工管理及び出来形管理を行う。

(参考) 地盤改良設計データ作成ソフトウェア (サンドコンパクションパイル工の場合)



地盤改良設計データ
作成ソフトウェア

地盤改良設計データは、設計図書等に基づき、改良体番号・杭芯位置 (x, y) (攪拌装置が多軸の場合は複数)・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度・杭径D・施工基面の標高を入力したものである。

地盤改良設計データ作成ソフトウェア必須機能

1) 地盤改良設計データの入力機能

①座標系の選択機能

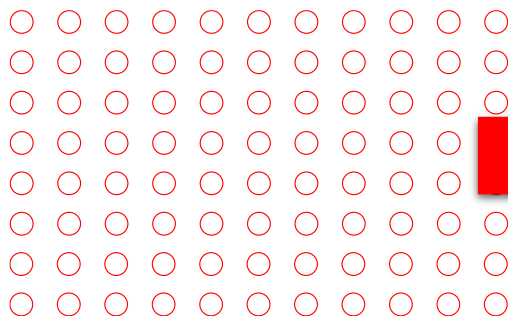
地盤改良設計データの座標系を選択する機能。

②地盤改良設計データの入力機能

設計図書等に基づき、地盤改良設計データをICT地盤改良機に入力する機能。
攪拌装置の回転軸が複数である場合、杭芯位置は各軸について入力できること。

2) 地盤改良設計データの出力機能

上記で作成した地盤改良設計データを監督職員が可読であるCSVデータで出力する機能。もしくは、地盤改良計測データを監督職員が読み取ることが可能なソフトの提出。



改良体 番号	杭芯位置		空掘り延長(m) ※施工基面から改良天端までの距離 (m)	改良延長 (m)	改良径D (m)	施工基面 の標高 (m)
	x座標(m)	y座標(m)				
A-3	13568.2	3495.19	-2.0	-32.0	1.6	123
A-4	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

1. データ作成時の留意点

受注者は、設計図書に示される地盤改良範囲を示す平面図、施工基面からの改良厚さ又は改良範囲下端部の標高を示す縦断図などを用いて、地盤改良設計データを作成する。以下に、地盤改良設計データ作成時の留意事項を示す。

2. 準備資料

地盤改良設計データの作成に必要な準備資料は、下記の2点である。

- ・ 平面図 (地盤改良範囲が明示されたもの)
- ・ 縦断図 (地盤改良深度又は地盤改良範囲の最下端の標高が明示されたもの)

なお、準備資料の記載内容に地盤改良設計データの作成において不足等がある場合は監督職員に報告し資料提供を依頼すること。

3. 地盤改良設計データの作成範囲

地盤改良設計データの作成範囲は、地盤改良範囲とする。なお、当初の想定と地質分布が異なったり地中や周辺に支障物がある等の理由で地盤改良範囲が設計図書と異なる場合は監督職員と変更等の協議を行い、その結果を地盤改良設計データの作成に反映させる。

4. 管理ブロックサイズの設定

地盤改良設計データには、以下の設計情報を入力する。

- ・ 改良体番号 (番号のつけ方は任意)
- ・ 杭芯位置 (x, y) (多軸の場合は複数)
- ・ 改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度
- ・ 改良体底面部の標高又は計画深度
- ・ 杭径
- ・ 施工基面の標高

(参考) 地盤改良設計データの確認 (サンドコンパクションパイル工の場合)

■ 地盤改良設計データの確認

地盤改良設計データの間違いは、施工対象物が設計図書に示されている位置、形状、深度と異なって施工されてしまう事態を引き起こすので、受注者は**地盤改良設計データと設計図書を照合**すること。

地盤改良設計データと設計図書との照合とは、地盤改良設計データが設計図書を基に正しく作成されているものであることを確認することである。地盤改良設計データと設計図書の照合結果については、「**地盤改良設計データチェックシート**」に記入し提出する。

さらに、設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、地盤改良設計データを変更し、再度確認を行う。

ここで、地盤改良設計データに入力された杭径Dについては、実際に施工に用いる地盤改良機の攪拌翼の径が、設計の杭径以上であることを攪拌翼の実測により確認する。

確認結果は、「施工履歴データの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、様式に記入し提出する。

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名: _____

受 注 者 名: _____

作 成 者: _____ 印

地盤改良設計データチェックシート

項目	内容	チェック 結果
1) 平面図	・杭芯位置 (x 座標, y 座標) (攪拌装置が多軸の場合は複数) は正しいか?	
2) 断面図	・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度は正しいか? ・施工基面の標高は正しいか?	
3) 杭径D	・設計データに入力した杭径Dは、設計攪拌径と合致しているか? (固結工の場合) ・設計データに入力した杭径Dは、設計砂杭径と合致しているか? (サンドコンパクションパイル工の場合)	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 該当項目のデータ入力が無い場合は、チェック結果欄に“—”と記すこと。



出来形帳票作成
ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェア必須機能

1. 出来形管理基準上の管理項目の計算方法

従来は、砂杭の位置・間隔についてはメジャー・TS等を用いた実測により確認してきたが、以下のとおり施工履歴データを用いた管理に代える。

なお、打込み長さ h については、従来から施工機械に搭載したケーシング先端の深度と地中に打設した砂量から締固めた砂杭の打込み長さを管理してきたが、本管理要領(案)においても同様に管理を行う。また、杭径については、施工中、各改良箇所において、一定の打込み長さあたりの砂投入量を計測し、設計砂投入量以上の値であった場合、当該箇所を施工済みと判断することとし、この確認をもって掘起しによる確認を不要とする。

- ①位置：施工基面上で打設機械を設計の打設位置に設置した時点のケーシングの中心の位置(x, y)の施工履歴データを用いて、設計に対する打設位置の平面位置ずれ($\Delta x, \Delta y$)を管理する。
- ②打込み長さ h ：打込み長さについては、砂杭の打設中に、砂杭が達した最深部の標高、または砂杭が達した最深部と施工基面との標高差を施工履歴データとして記録し、両者の差から打込み長さ h を求める。

2. 施工が完了した範囲の出力

地盤改良設計データと施工履歴データを用いて、所要の打込み長さ h を満足して施工が完了した砂杭の位置を全体改良範囲図に着色して表示する。

3. 出来形管理資料の出力

地盤改良設計データで規定された個々の砂杭に対して、打込み長さ h が規定値を満足していることを確認できる施工管理データ帳票を出力・提出し、施工管理及び出来形管理を行う。

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：
作 成 者：印

(1) 試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
測定場所	(株)○○○構内道路改修工事にて
精度確認の対象機器	メーカー：株式会社ABC 測定装置名称：ABC-123 測定装置の製造番号：ABC0123
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：○○○（級別：○級）
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認

(2) 精度確認試験結果

■位置計測精度

施工履歴データによる計測座標 — T S 等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. ○○	23mm	43mm	15mm
基準	±100mm 以内		±50mm 以内
合否	合 格		

■攪拌翼の径の確認

攪拌翼の径 ϕ	1610mm
設計杭径 D	1600mm
基準	$D \leq \phi$
合 否	合格

精度確認試験結果報告書

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：
作 成 者：印

(1) 試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：○○○（級別：○級）
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認

(2) 精度確認試験結果

施工履歴データによる記録座標 — T S 等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. ○○	23mm	13mm	15mm
基準	±50mm 以内		±50mm 以内
合否	合 格		

精度確認試験結果報告書

工 事 名：○○年○○月○○日
受 注 者 名：
作 成 者：印

(1) 試験概要

測定日	○○年○○月○○日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：○○○（級別：○級）
精度確認方法	施工履歴データと実測値の較差を確認

(2) 精度確認試験結果

■位置、深さ（H）または標高（z）計測精度

施工履歴データによる記録座標 — T S 等光波方式による計測座標

実施箇所	Δx (x成分の較差)	Δy (y成分の較差)	ΔH (0セットした位置 からの高さ方向の移動量 Hの較差) 又は Δz (z成分の較差)
No. ○○	-6mm	7mm	0mm
基準	±50mm 以内		±50mm 以内
合否	合 格		

■杭径計測精度

①施工履歴データ

m 当り圧入量：0.410m³/m（体積変化後の数量）
換算砂杭径 D： $D = \sqrt{(0.410\text{m}^3/\text{m} \div \pi) \times 2} = 0.723\text{m} \rightarrow 723\text{mm}$



②掘起しによる杭頭付近の杭径実測値 → 735mm

③差の確認 (②-①)

実施箇所	杭径（計算値）	杭径（実測値）
No. ○○	723mm	735mm
基準 1	設計砂杭径 700mm 以上	
合否	合 格	
基準 2	杭径（計算値） ≤ 杭径（実測値）	
判定	a. 実測値 ≥ 計算値 → 工事における掘り起こしによる砂杭径の出来形確認は省略する。	

作成例：精度確認の実施と結果の提出

地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

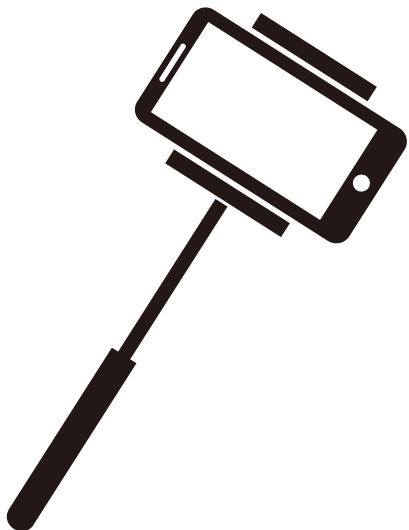
工 事 名 : _____
 受 注 者 名 : _____
 作 成 者 : _____ 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：8℃
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇 （級別：〇級）

(2) 精度確認試験結果

① I C T 地盤改良機による深さ計測値の確認	
(A) 深さ (貫入長)	14.35m
② 残尺計測による深さの確認	
ロッド長	17.00m
残 尺	2.65m
(B) 深さ (ロッド長-残尺)	14.35m
③ 差の確認	
(A) I C T による深さ計測値 - (B) 残尺計測による深さ	
実施箇所	測点 No. 2+15 付近
改良体番号	A-1
(A) - (B)	14.35m - 14.35m = 0m
基 準	±100mm 以内
合 否	合 格



技術概要集

モバイル端末



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

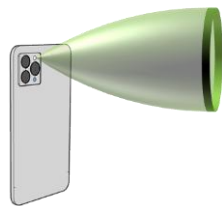
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□モバイル端末計測とは？

モバイル端末に搭載されているLiDARやカメラの他、モバイル端末に携帯可能なセンサーを組み合わせたものにより計測する技術である。

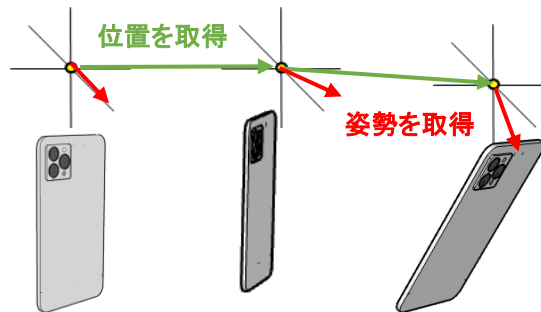
LiDARセンサーの照射 + IMUによる位置や姿勢の取得

LiDARセンサー



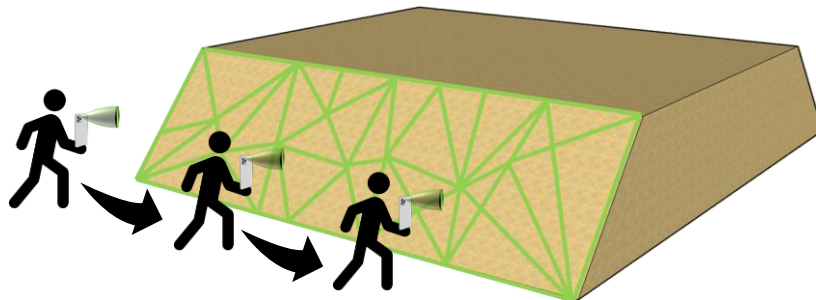
+

IMU



形状生成

IMUによりモバイル端末の位置や姿勢を常時取得し、LiDARセンサー計測結果から得た現在の周辺形状データを次点の計測結果を継ぎ足していくことで形状データを生成する。



タブレット



スマホ



IMUとは？

IMU（慣性計測装置）は、運動を司る3軸の角度と加速度を検出する装置。3軸のジャイロと3方向の加速度計によって、3次元の**角加速度（回転運動）**と**加速度（並進運動）**が求められる装置で、レーザースキャナが移動している間の、**位置、姿勢情報**を細かく高精度に計測している。

※モバイル端末計測：LiDAR、IMU、SLAM技術、写真測量技術等、多様な技術をモバイル端末と組み合わせて計測する技術

※LiDARとIMUを組み合わせた場合の一例

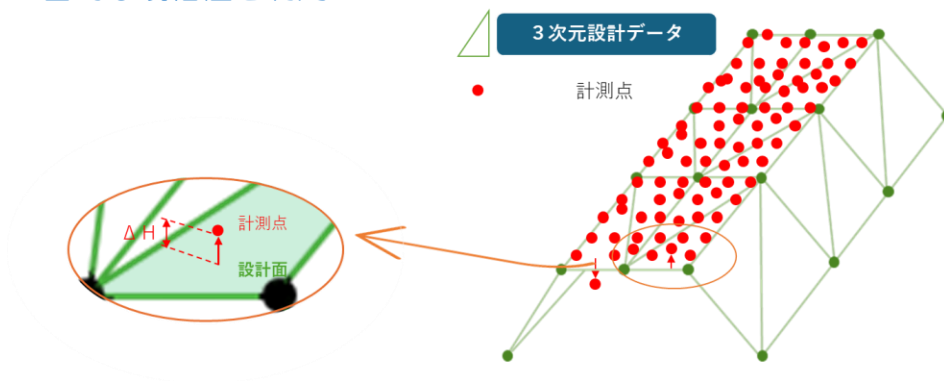
□モバイル端末を用いた3次元出来形管理の種類

3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



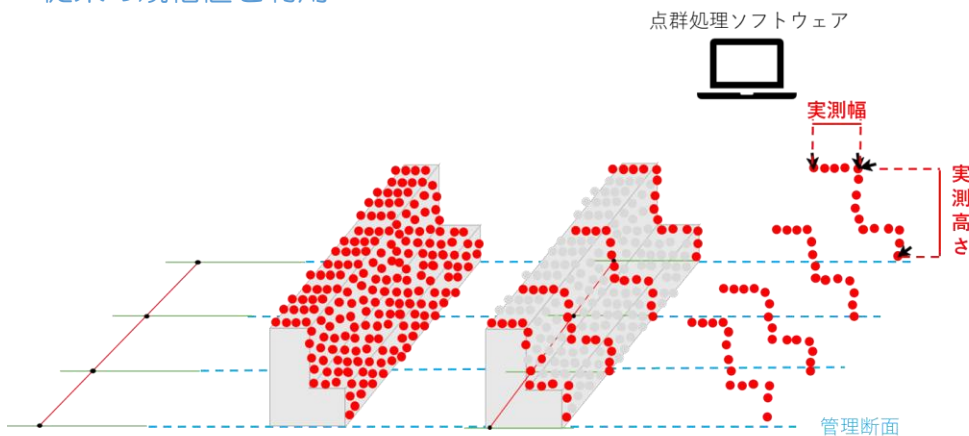
【適用工種】

・土工（1,000m³未満）



取得した点群を用いて断面管理をする。

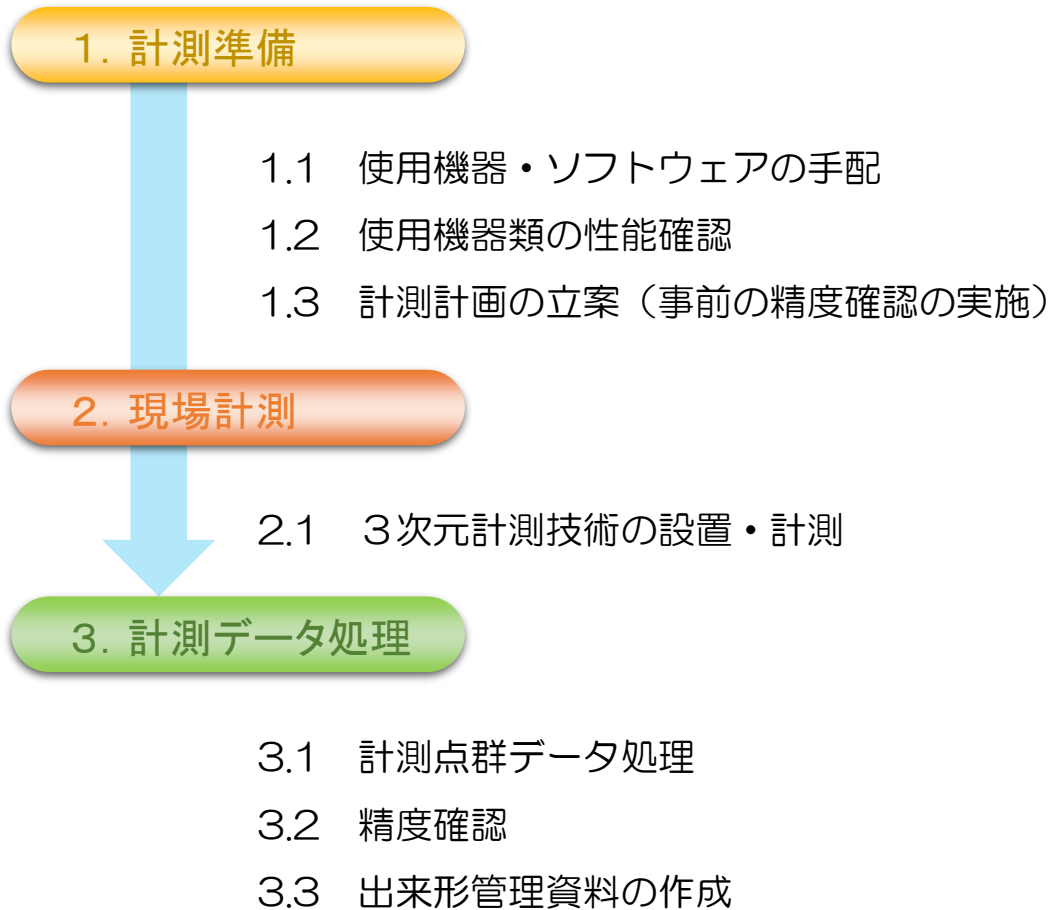
従来の規格値を利用



【適用工種】

・土工（1,000m³未満）

◆ 利用手順



1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

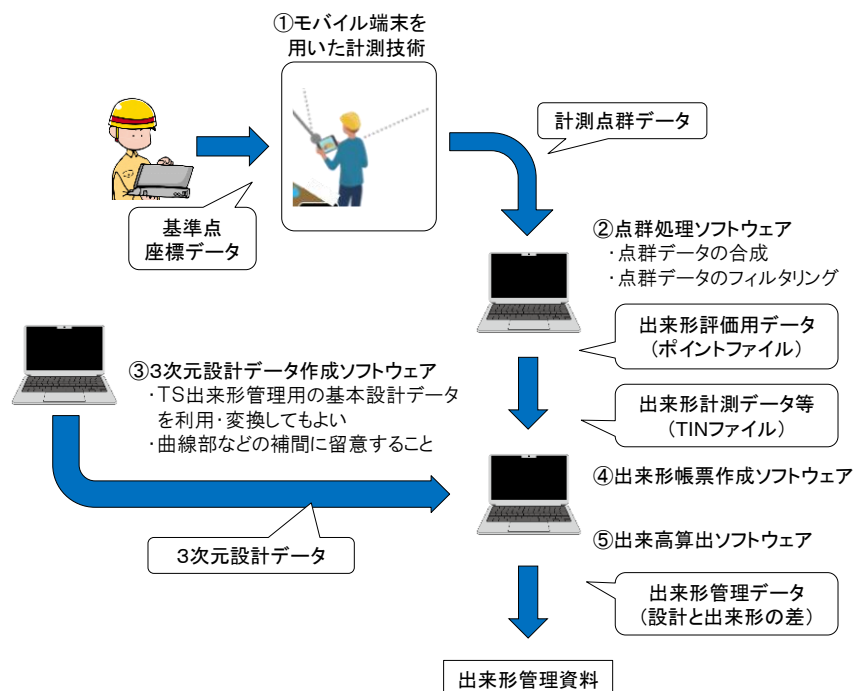
モバイル端末による計測に必要な機器・ソフトウェアを手配します。

一般的な機器構成を以下に示しています。

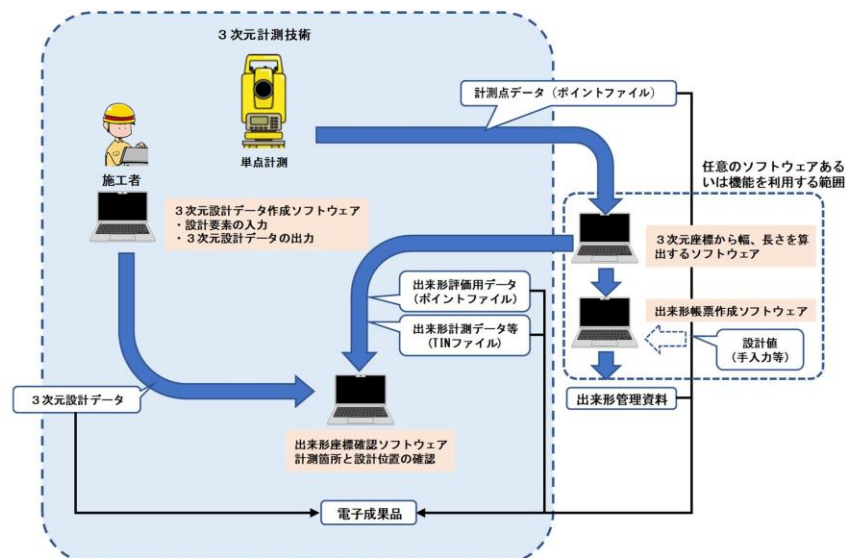
施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載します。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) 面管理の場合
- (2) 断面管理の場合

(1) 面管理の場合



(2) 断面管理の場合



※計測点データのうち出来形評価用に用いたデータを納品する（計測点データと同一でもよい）。
※出来形計測データ等（TINファイル）は不要とする。

1.2 使用機器類の性能確認

モバイル端末に必要な機器類の性能などを確認します。

- (1) 精度管理の確認
- (2) 計測性能の確認

(1) 精度管理の確認

本資料に沿って実施した**出来形計測結果について精度確認を行い、確認結果を提出する。**

★「モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を用いて確認する。

※測定精度は、本資料の巻末を参照してください。

(2) 計測性能の確認

事前精度確認試験を実施し、測定精度を満たしていることを確認する。**試験結果は発注者に提出する。**

■モバイル端末の精度確認試験実施パターンについて

精度確認試験は**AとBの両方が必要**になります。

- A. 事前の精度確認の実施
- B. 計測時の検証点（既知点）による精度確認※

※測定精度確保に必要な標定点の設置基準を明記している場合は、**標定点の設置精度の確認（2箇所以上）により検証点の確認に代替することができる。**

例）標定点としてRTK-GNSSを搭載する標識を用いる場合、標定点を現場内の既知点上に設置し、標定点と既知点の座標較差が測定精度内であることを確認する。既知点の座標は、工事基準点あるいは工事基準点からTS等光波方式により計測された座標であること。

1.3 計測計画の立案（事前の精度確認の実施）

多点計測技術の多くは、計測技術の利用環境や利用方法が測定精度に影響を与えることが多い。このため、精度確認試験において、精度確保に必要な留意事項を定めており、出来形計測の精度確保に必要な留意事項を踏まえた計測計画を立案する。

- (1) 検証点による精度確認の場合
- (2) 検証点による精度確認以外の手法を用いる場合

(1) 検証点による精度確認の場合

- ・ 受注者は、現場における点群計測の精度を確認するために、**計測対象範囲に検証点を設置**する（任意の箇所に**2箇所以上**設置）。
- ・ 検証点は3次元座標が**既知の点上**に設置するか、設置後**T S等光波方式で3次元座標を計測**する。
- ・ **計測ごと**に精度確認試験を行い、検証点の3次元座標と、モバイル端末で計測した3次元座標との差（ $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ）が ± 50 mm以内であることを確認する。



測定精度を確保できる計測計画を立案することが重要です。
計画内容は、**施工計画書に記載**しましょう。



⊗ : 検証点



(2) 検証点による精度確認以外の手法を用いる場合

1) 検証点による精度確認以外の手法の明記・提出

受注者は、検証点による精度確認以外の手法の概要を様式に記載し、提出する。

①主要機器の確認

- ・ システムを構成する主要機器と計測の仕組みを記載する。
- ・ モバイル端末等を用いた計測技術はモバイル端末等に搭載されたセンサーから得られる相対座標と、相対座標を現場座標への変換する際の基準となる現場座標計測技術の組合せによるシステムが多い。精度確認試験は、現場での出来形計測時に用いるシステムで実施する。

②主要機器

- ・ 主要機器の仕様を記載する。

③測定精度確保に必要な計測手順

- ・ 各システムの計測手順、計測時の留意点を明記する。特に、現場での出来形計測時の検証点を標定点における精度確認で代替する場合は、測定精度確保に必要な標定点の設置方法や設置基準、モバイル端末を用いた計測作業の手順を明確にする。
- ・ 測定精度確保に必要な標定点の設置基準を明記している場合は、標定点の設置精度の確認（2箇所以上）により検証点の確認に代替することができる。

例）標定点としてRTK-GNSSを搭載する標識を用いる場合、標定点を現場内の既知点上に設置し、標定点と既知点の座標較差が測定精度内であることを確認する。既知点の座標は、工事基準点あるいは工事基準点からTS等光波方式により計測された座標であること。

2) 事前精度確認

上記の計測条件等に従い、モバイル端末等を用いて計測した結果から得られる検証点の x, y, z の成分と、検証点をTS等光波方それぞれ比較し、その較差が要求精度以内であることを確認する。

精度確認を行う検証点は2点以上とし、互いに離れた位置に設置し、標定点の近傍には設置しない。

結果を様式に記載し、提出する。

検証点による精度確認以外の手法の記載例

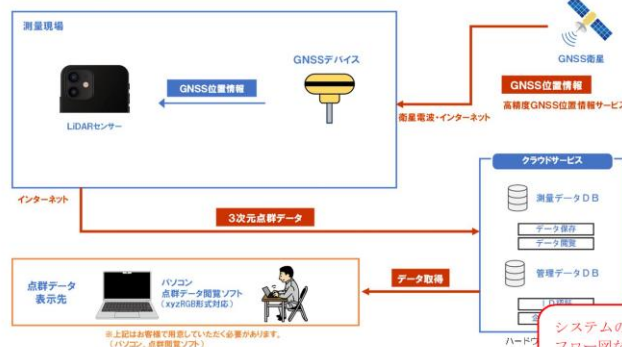
精度確認方法（検証点による精度確認以外の手法）の概要

主要機器の構成と精度確保に必要な計測手順

①主要機器の構成

システムを構成する主要機器と計測の仕組み（フロー図）を掲載する。

1）利用するシステム



2）計測手順



計測フロー（記載例）

記載例

②主要機器

②-1：モバイル端末等本体

本体	計測方式	備考
名称：モバイル端末 対応機種： 12.9 インチ〇〇〇Pro（第4世代） （Wi-Fi+Cellular モデル） 11 インチ〇〇〇Pro（第2世代） （Wi-Fi+Cellular モデル） 12.9 インチ〇〇〇Pro（第5世代） （Wi-Fi+Cellular モデル）	〈下記の組み合わせによるシステム〉 ✓モバイル端末に搭載されたセンサー：LiDARを利用する。 ✓標定点の計測：RTK-GNSS（2周波）レシーバーを用いる。 ✓計測ソフトウェア：〇〇社製「〇△計測ソフトウェア」	

②-2：標定点に用いるシステム

標定点計測装置	計測性能および利用方法	備考
方式：RTK-GNSS レシーバー	5 m以内で標定点となるGNSS レシーバーを設置・計測を行う。 モバイル端末の計測アプリを起動し、標定点付近の計測と画面上でGNSS レシーバーを選択し、GNSS レシーバーが取得した位置情報と、3次元測量データを紐づける。 計測区間終了まで①②を繰り返す。	利用する手順を記載する。 ※同一システムでも複数の手法がある。現場で利用する方法を記載する。

③測定精度確保に必要な計測手順や条件

現場での出来形測定精度を確保するための計測条件が明記されていること。

以下記載例

- 現場座標と整合させる手法が定められている。
具体的方法：計測ソフトウェア（〇〇）を起動し、標定点（始点）を読み込む。
センサーを計測対象に向けたまま、まっすぐ移動する。
5 m間隔に設置した標定点（中間点）を計測する。
精度誤差測定のため検証点（中間点）を読み込む。
標定点（終点）を読み込み、計測を終了する。
- 現場座標と整合させるための与点の基準が定められている。
具体的方法：モバイル端末の移動方向に5 m間隔に標定点（GNSS デバイス）を配置する。
標定点（GNSS デバイス）の座標はRTK-GNSSにより座標計測する。
RTK-GNSSは計直前と計直後に既知点上で精度確認を行い、±5 cm以下であることを確認する。
- 精度が確保できる範囲
具体的方法：標定点は5 m以内ピッチに設定する。
- 利用するセンサーの仕様が定められているあるいは、利用する機種が定められている。
具体的仕様（型式）：〇〇社製、〇〇等（上記対応機種）

記載例

検証点による精度確認以外の手法の、事前の精度確認試験結果報告書（例）

精度確認試験結果報告書（検証点による精度確認以外の手法を用いる場合）													
〇〇年〇〇月〇〇日													
工 事 名：													
受 注 者 名：													
作 成 者：													
印													
(1) 試験概要													
精度確認試験実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日												
作業機関名													
実施担当者													
測定機器本体	名称：モバイル端末 機種：〇〇〇〇 Pro 〇〇〇〇〇〇 個体識別：***** (シリアル No あるいは IMEI)												
測定条件	天候：晴れ 気温：25℃												
測定場所および計測状況	〇〇〇〇 〇〇〇〇側道 工事現場												
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）												
精度確認方法	検証点の各座標の較差												
(2) 精度確認試験結果													
①真値とする検証点の確認													
計測方法：既知点 or T S 等光波方式による座標値計測													
真値とする検証点の位置座標													
	<table><thead><tr><th></th><th>x</th><th>y</th><th>z</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 点目</td><td>44044.720</td><td>-11987.655</td><td>17.890</td></tr><tr><td>2 点目</td><td>44060.797</td><td>-11993.390</td><td>17.530</td></tr></tbody></table>		x	y	z	1 点目	44044.720	-11987.655	17.890	2 点目	44060.797	-11993.390	17.530
	x	y	z										
1 点目	44044.720	-11987.655	17.890										
2 点目	44060.797	-11993.390	17.530										
②モバイル端末等による確認													
													
モバイル端末等で計測した検証点の位置座標													
	<table><thead><tr><th></th><th>x</th><th>y</th><th>z</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 点目</td><td>44044.700</td><td>-11987.644</td><td>17.870</td></tr><tr><td>2 点目</td><td>44060.778</td><td>-11993.385</td><td>17.521</td></tr></tbody></table>		x	y	z	1 点目	44044.700	-11987.644	17.870	2 点目	44060.778	-11993.385	17.521
	x	y	z										
1 点目	44044.700	-11987.644	17.870										
2 点目	44060.778	-11993.385	17.521										
③差の確認（測定精度）													
モバイル端末等による計測結果（x', y', z'）－ 真値とする検証点の座標値（x, y, z）													
検証点の座標間較差													
	<table><thead><tr><th></th><th>Δ x</th><th>Δ y</th><th>Δ z</th></tr></thead><tbody><tr><td>1 点目</td><td>-0.020</td><td>0.011</td><td>-0.020</td></tr><tr><td>2 点目</td><td>-0.019</td><td>0.005</td><td>-0.009</td></tr></tbody></table>		Δ x	Δ y	Δ z	1 点目	-0.020	0.011	-0.020	2 点目	-0.019	0.005	-0.009
	Δ x	Δ y	Δ z										
1 点目	-0.020	0.011	-0.020										
2 点目	-0.019	0.005	-0.009										
x 成分（最大）＝-0.020m（-20mm）；合格（基準値 50mm 以内）													
y 成分（最大）＝ 0.011m（ 11mm）；合格（基準値 50mm 以内）													
z 成分（最大）＝-0.020m（-20mm）；合格（基準値 50mm 以内）													

利用する端末を記載する。
※同一型式でも個体差があるので、利用する端末ごとに実施する

2 現場計測

2.1 3次元計測技術の設置・計測

精度確認試験で定められた計測計画、計測範囲に準じて計測を行う。

- 精度確認試験による実施手順に基づき計測を行う。
- 計測中は適宜計測結果を確認し、出来形計測座標が出来形を適切に取得していることを確認することが望ましい。



※ T S等光波方式を用いて検証点を計測する場合は、精度確認試験を行う場所内の基準となる既知点を用いて計測を行う。また、既知点等から検証点までの距離は、3級 T Sを用いて計測する場合は100m以内とする（2級 T Sは150m以内）

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

3 計測データ処理

3.1 計測点群データの作成

計測した3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の計測点群データを作成する。

- 計測結果の3次元点群から不要点削除などの処理を行う場合、出来形管理結果に影響するため、必要な計測点を削除しないこと。

3.2 精度確認

上記で作成した計測点群データ上から抽出した検証点の座標と、検証点（標定点1箇所以上）の座標を比較し、 x , y , z 座標それぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。

- 出来形計測範囲内に検証点を設置する。検証点の設置は、出来形計測範囲内の任意箇所（標定点の直近は避ける）に配置するよう留意する。
- 検証点は、工事基準点あるいは工事基準点からTS等光波方式により計測を行う。得られた検証点の座標と、点群データから抽出した検証点の座標較差が定める測定精度内であることを確認する。
- 点群データから検証点座標を抽出する場合は、検証点付近の点群データを用い補助線などを利用して中心位置を推定しても良い。
- 精度確認結果は「モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を用いて確認し提出する。なお、「モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」において、測定精度確保に必要な標定点の設置基準を明記している場合は、標定点の設置精度の確認（2箇所以上）により検証点の確認に代替することができる。

例）標定点としてRTK-GNSSを搭載する標識を用いる場合、標定点を現場内の既知点上に設置し、標定点と既知点の座標較差が定める測定精度内であることを確認する。既知点の座標は、工事基準点あるいは工事基準点からTS等光波方式により計測された座標とする。

精度確認試験結果報告書

〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名 :

受 注 者 名 :

作 成 者 :

印

(1) 精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日
作業機関名	
実施担当者	
測定機器本体	名称: モバイル端末 機種: 〇〇〇〇 Pro 〇〇〇〇〇〇 個体識別: ***** (シリアルNo.あるいはIMEI)
測定条件	天候: 晴れ 気温: 25℃
測定場所および計測状況	〇〇〇〇 〇〇〇〇側道 工事現場
検証機器 (真値を計測する測定機器)	T S 機種名: 〇〇〇 (級別: 〇級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

利用する端末を記載する。
※同一型式でも個体差があるので、利用する端末ごとに実施する

(2) 精度確認試験結果

①真値とする検証点の確認

計測方法: 既知点 or T S等光波方式による座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	x	y	z
1 点目	-105058.381	38608.102	10.995
2 点目	-105088.292	38602.687	10.663

②モバイル端末等による確認



モバイル端末等で計測した検証点の位置座標			
	x'	y'	z'
1 点目	-105085.395	38608.105	10.987
2 点目	-105088.305	38602.706	10.650

③差の確認 (測定精度)

モバイル端末等による計測結果 (x', y', z') — 真値とする検証点の座標値 (x, y, z)

検証点の座標間較差			
	Δ x	Δ y	Δ z
1 点目	-0.014	0.003	-0.008
2 点目	-0.013	0.019	-0.016

x成分 (最大) = -0.014m (-14mm); 合格 (基準値 50mm 以内)

y成分 (最大) = 0.019m (19mm); 合格 (基準値 50mm 以内)

z成分 (最大) = -0.016m (-16mm); 合格 (基準値 50mm 以内)

3.3 出来形管理資料の作成

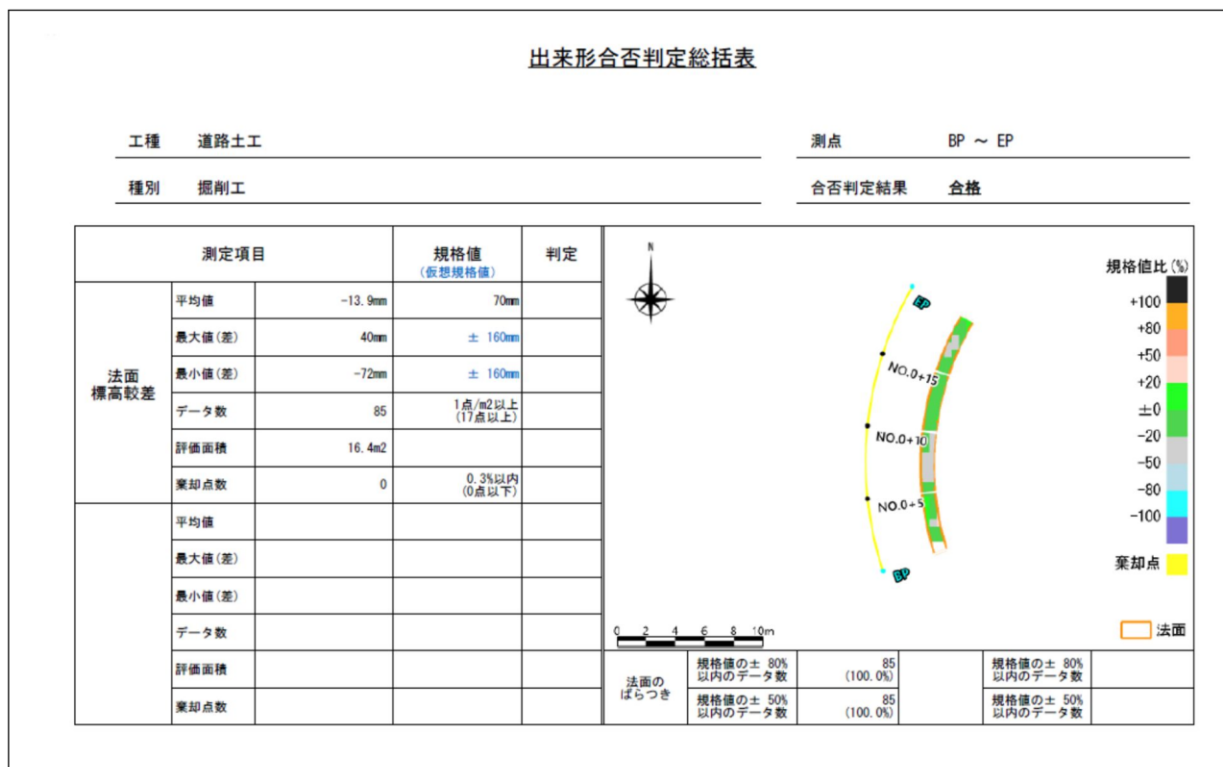
受注者は**出来形管理資料を作成し、監督職員に提出**する。

- (1) 面管理の場合
- (2) 断面管理の場合

(1) 面管理の場合

3次元設計データと出来形評価用データを用いて、設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを表した分布図を整理した帳票、もしくは属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルのビューアファイルを作成する。出来形確認箇所（平場、天端、法面（小段含む））ごとに作成する。

面管理の場合

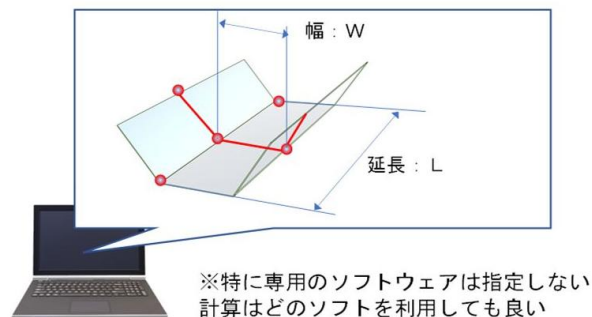


(2) 断面管理の場合

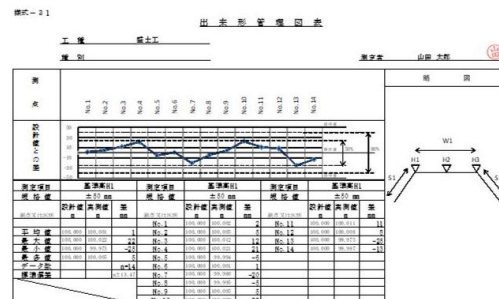
3次元座標を用いて出来形寸法を算出し、出来形管理資料を作成する。

1) 出来形管理帳票

「出来形帳票」は、「土木工事共通仕様書」に定める帳票を自動あるいは手動で作成する。



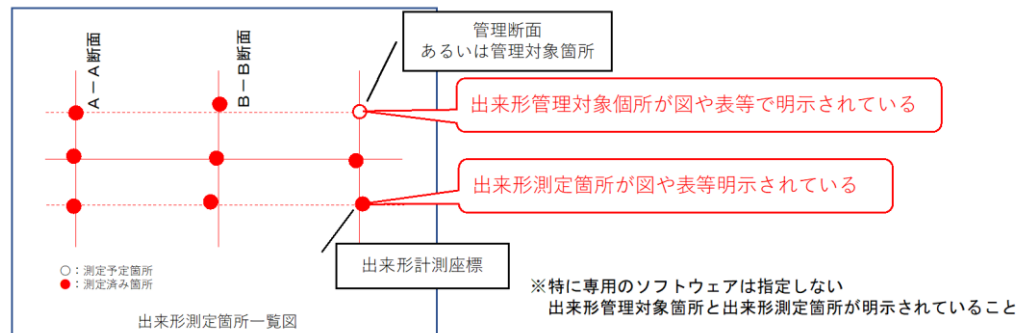
1) 出来形の算出（幅、高さ、延長等）機能



出来形管理資料の作成（自動または手動）

2) 出来形計測位置の一覧

出来形座標確認ソフトウェアを用い、出来形測定箇所が計測すべき断面上又は測線上で計測されていることを示す資料を添付すること。3次元設計データに計測箇所を表示した平面図あるいは、これを確認できるビューアー付3次元モデルファイルでもよい。



計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工 (1,000 m ³ 未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	面 管 理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度	■	■※3		※1土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1m(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1mグリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25 m(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1mを0.25 mと置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	1点以上/0.25m ² (0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下					
	断 面 管 理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	1点以上/0.0025m ² (0.05m×0.05mメッシュ)				

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体

利用する3次元計測技術本体が計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

■ 精度確認試験結果報告書

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

■ 3次元設計データ作成ソフトウェアなど

5) 計測計画

精度確認試験において、精度確保に必要な留意事項として記載された項目について記載する。

記載事項

作成例①：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書			
		〇〇年〇〇月〇〇日	
		工 事 名：_____	
		受 注 者 名：_____	
		作 成 者：_____ 印	
(1) 精度確認試験結果 (概要)			
精度確認試験実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日		
作業機関名			
実施担当者			
測定機器本体	名称：モバイル端末 機種：〇〇〇〇 Pro 〇〇〇〇〇〇 個体識別：***** (シリアル№あるいはIMEI)		
測定条件	天候：晴れ 気温：25℃		
測定場所および計測状況	〇〇〇〇 〇〇〇〇側道 工事現場		
検証機器 (真値を計測する測定機器)	T S 機種名：〇〇〇 (級別：〇級)		
精度確認方法	検証点の各座標の較差		
(2) 精度確認試験結果			
①真値とする検証点の確認			
計測方法：既知点 or (T S 等光波方式による座標値計測)			
真値とする検証点の位置座標			
	x	y	z
1 点目	-105058.381	38608.102	10.995
2 点目	-105088.292	38602.687	10.663
②モバイル端末等による確認			
			
モバイル端末等で計測した検証点の位置座標			
	x'	y'	z'
1 点目	-105085.395	38608.105	10.987
2 点目	-105088.305	38602.706	10.650
③差の確認 (測定精度)			
モバイル端末等による計測結果 (x', y', z') — 真値とする検証点の座標値 (x, y, z)			
検証点の座標間較差			
	Δ x	Δ y	Δ z
1 点目	-0.014	0.003	-0.008
2 点目	-0.013	0.019	-0.016
x 成分 (最大) = -0.014m (-14mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内) y 成分 (最大) = 0.019m (19mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内) z 成分 (最大) = -0.016m (-16mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内)			

検証点による精度確認

作成例②：精度確認の実施と結果の提出

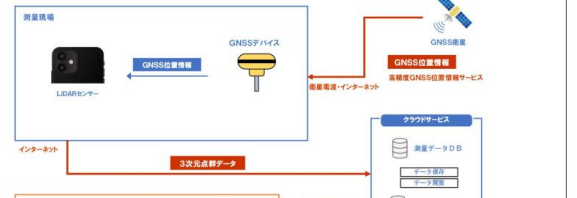
精度確認方法（検証点による精度確認以外の手法）の概要

主要機器の構成と精度確保に必要な計測手順

①主要機器の構成

システムを構成する主要機器と計測の仕組み（フロー図）を掲載する。

1) 利用するシステム



2) 計測手順



計測フロー（記載例）

記載例

記載例

②主要機器

②-1: モバイル端末等本体

本体	計測方式	備考
名称: モバイル端末 対応機種:	(下記の組み合わせによるシステム) ✓ モバイル端末に搭載されたセンサ ー: LiDAR を利用する。	
12.9 インチ○○○Pro (第4世代) (Wi-Fi + Cellular モデル)	✓ 標準的な計測: RTK-GNSS (2 周波) レ シーバを用いる。	
11 インチ○○○Pro (第2世代) (Wi-Fi + Cellular モデル)	✓ 計測ソフトウェア: ○○社製「○△計 測ソフトウェア」	
12.9 インチ○○○Pro (第5世代) (Wi-Fi + Cellular モデル)		

②-2: 標定点に用いるシステム

標定点計測装置	計測性能および利用方法	備考
方式：RTK-GNSS レシーバー	5m以内で標定点となるGNSS レシーバーを設置・計測を行う。 モバイル端末の計測アプリを起動し、標定点付近の計測と画面上でGNSS レシーバーを選択し、GNSS レシーバーが取得した位置情報と、3次元測量データを紐づける。 計測区間終了まで①②を繰り返す。	利用する手順を記載する ※同一システムでも複数の 手法がある。現場で

③測定精度確保に必要な計測手順や条件

現場での出来形測定精度を確保するための計測条件が明記されていること。

以下記載例

■現場座標と整合させる手法が定められている。
 具体的方法：計測ソフトウェア（〇〇）を起動し、標定点（始点）を読む。
 センサーを計測対象に向けたまま、まっすぐ移動する。
 5 m間隔に設置した標定点（中間点）を計測する。
 精度誤差測定のため検証点（中間点）を読む。
 標定点（終点）を読む。計測を終了する。

■現場座標と整合させるための与点の基準が定められている。
 具体的方法：モバイル端末の移動方向に5m間隔に標定点（GNSS デバイス）を配置する。
 標定点（GNSS デバイス）の座標はRTK-GNSSにより座標計測する。
 RTK-GNSSは計直前と計測直後に既知点上で精度確認を行い、±5cm以下であることを確認する。

■精度が確保できる範囲
 具体的方法；標定点は5m以内ピッチに設定する。

■利用するセンサーの仕様が定められているあるいは、利用する機種が定められている。
 具体の仕様（型式）：〇〇社製、〇〇等（上記対応機種）

精度確認試験結果報告書（検証点による精度確認以外の手法を用いる場合）

工 事 名：
受 注 者 名：
作 成 者：

(1) 試験概要

精度確認試験実施年月	令和〇〇年〇〇月〇〇日	利用する端末を記載する。 ※同一型式でも個体差がある ので、利用する端末 ごとに実施する。
作業機関名		
実施担当者		
測定機器本体	名称：モバイル端末 機種：〇〇〇〇 Pro 〇〇〇〇〇〇 個体識別：***** (シリアル No あるいは IMEI)	
測定条件	天候：晴れ 気温：25℃	
測定場所および計測状況	〇〇〇〇 〇〇〇〇側道 工事現場	
検証機器（真値を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇（級別：〇級）	
精度確認方法	検証点の各座標の較差	

(2) 精度確認試験結果

①真値とする検証点の確認

計測方法：既知点 or TS等光波方式による座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	x	y	z
1 点目	44044.720	-11987.655	17.890
2 点目	44060.797	-11993.390	17.530

②モバイル端末等による確認



モバイル端末等で計測した検証点の位置座標			
	x	y	z
1 点目	44044.700	-11987.644	17.870
2 点目	44060.778	-11993.385	17.521

③差の確認（測定精度）

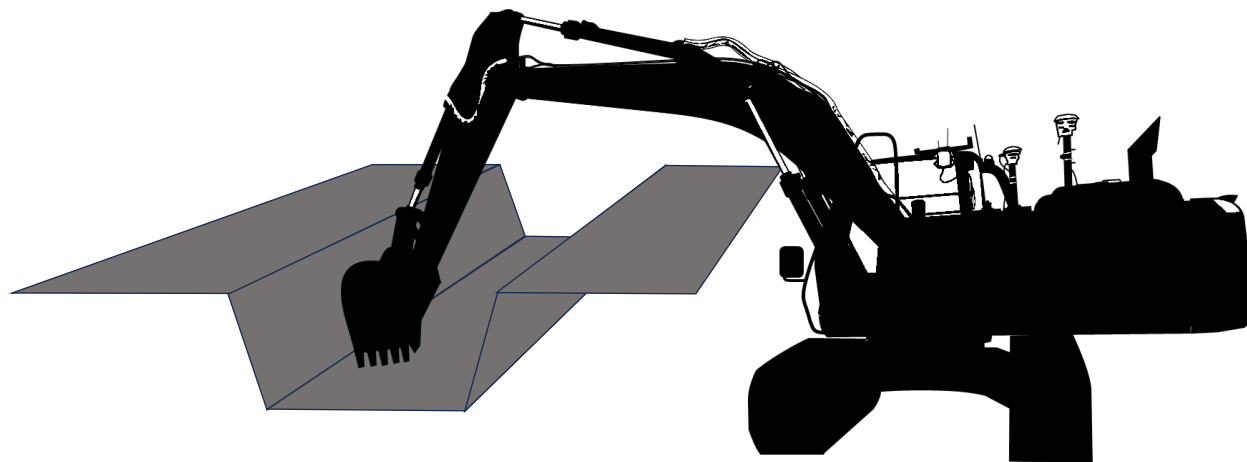
モバイル端末等による計測結果 (x' , y' , z') — 真値とする検証点の座標値 (x , y , z)

検証点の座標間較差			
	Δx	Δy	Δz
1 点目	-0.020	0.011	-0.020
2 点目	-0.019	0.005	-0.009

x 成分 (最大) = -0.020m (-20mm); 合格 (基準値 50mm 以内)
y 成分 (最大) = 0.011m (11mm); 合格 (基準値 50mm 以内)
z 成分 (最大) = -0.020m (-20mm); 合格 (基準値 50mm 以内)

技術概要集

I C T 建機の刃先計測機能 (土 工)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

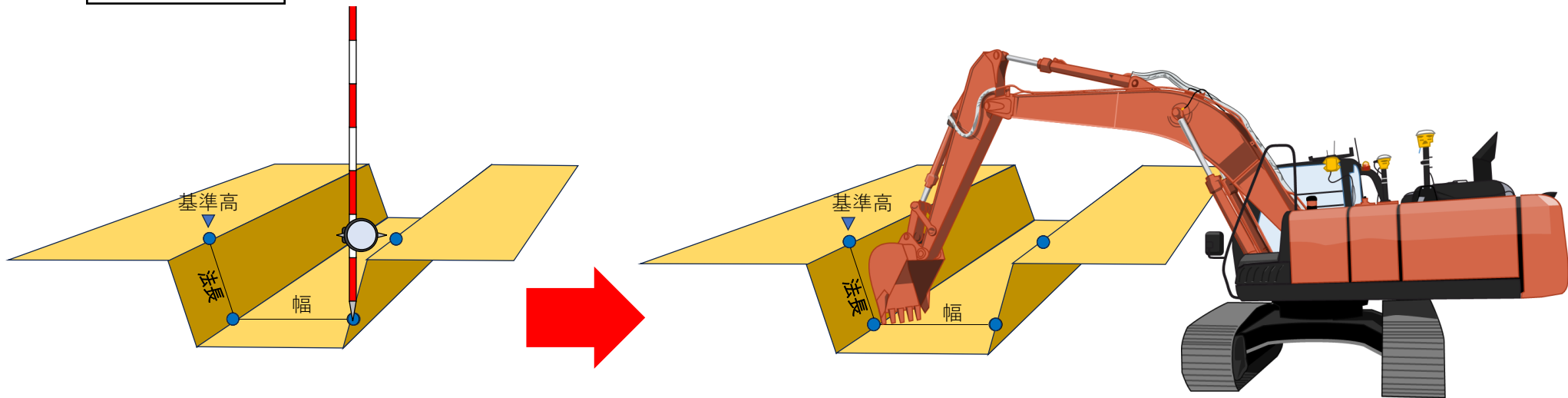
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

□ ICT建機の刃先計測機能とは？

自動追尾式やG N S S等が搭載されたマシンガイダンスバックホウが有する作業装置の刃先位置（3次元座標）を計測する機能である。本技術を活用することで、施工しながら単点計測による出来形計測（断面管理）を行うことができる。

ICT建機の刃先計測機能のデータ記録

イメージ



T S 等光波方式による単点計測
（今までの計測手法）

刃先位置の単点計測（新たな計測手法）

◆ 利用手順



1 計測準備

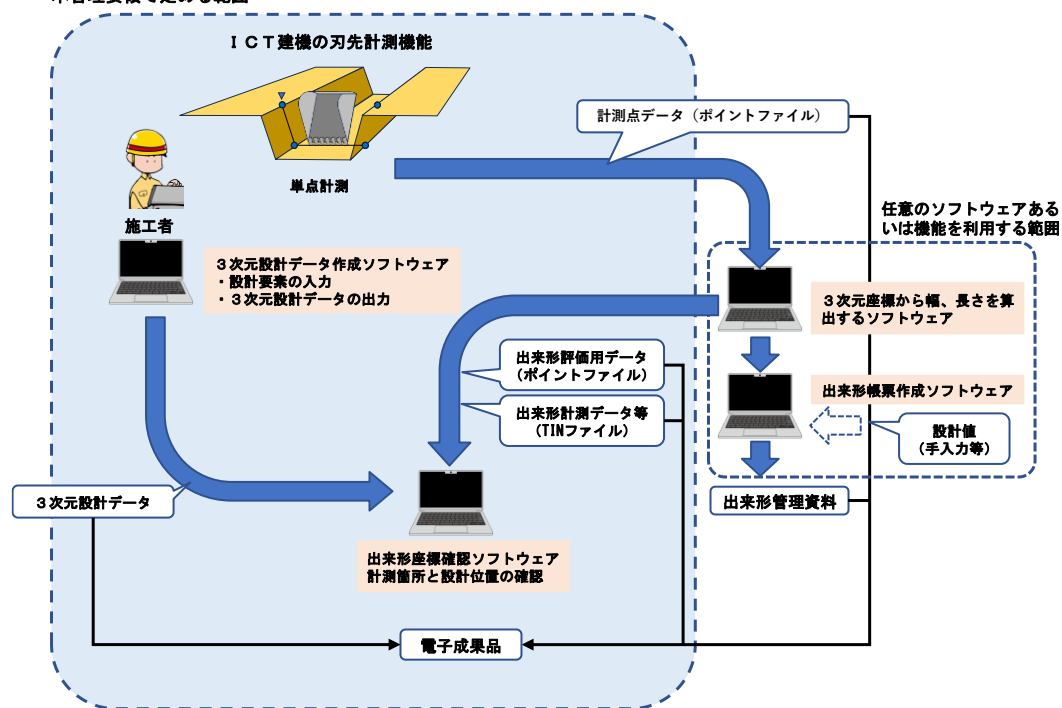
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

ICT建機の刃先計測機能を用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配します。
一般的な機器構成を以下に示しています。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載しましょう。 ※カタログや仕様書の提出は不要

- (1) ICT建設機械本体（車載PC等も含む）
- (2) 各種ソフトウェア

本管理要領で定める範囲



- 単点計測器（ICT建設機械本体）
…施工中の刃先位置をリアルタイムに計測・記録する機能を有するICT建設機械を使用する必要がある。
- 車載PC
- 点群処理ソフトウェア
- 3次元設計データ作成ソフトウェア
- 出来形帳票作成ソフトウェア
- 出来高算出ソフトウェア

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能などを確認します。

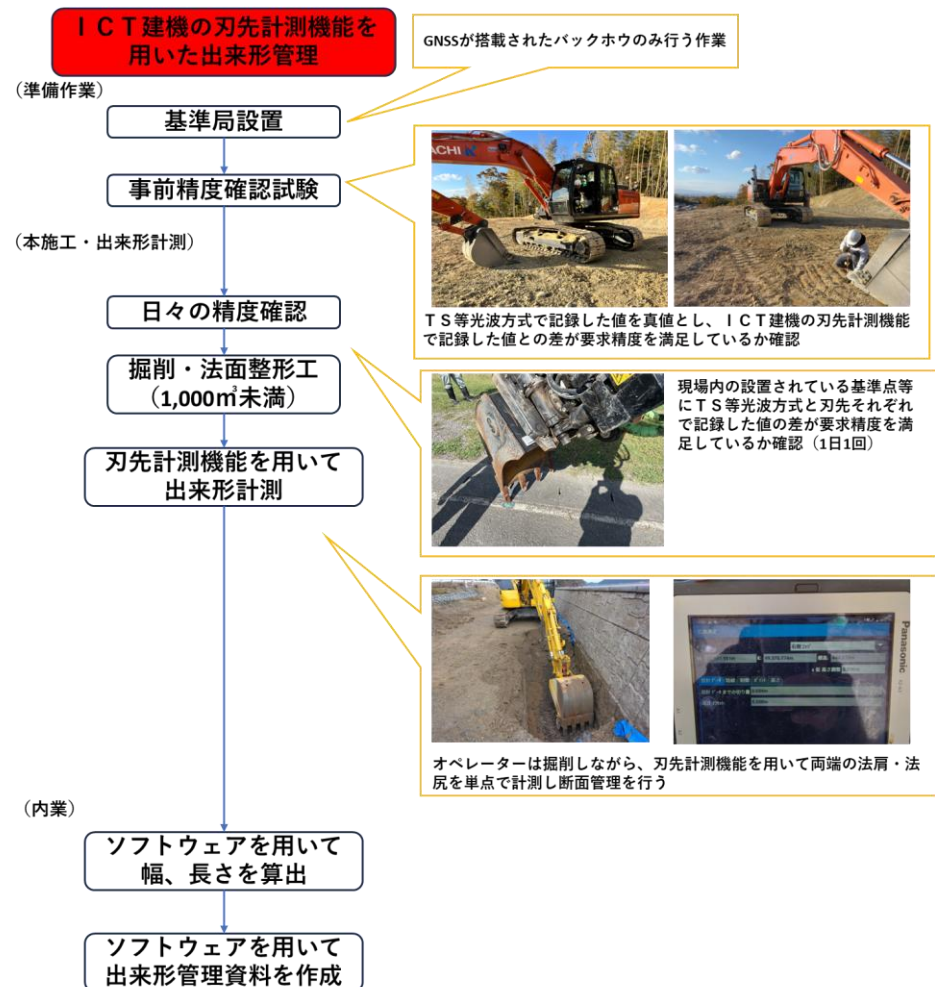
(1) 精度管理の確認

【精度管理の確認】

I C T 建設機械の刃先計測機能が正しく計測できていることを確認するため、施工前に必ず精度確認試験及び日々の精度確認を実施します。

■ I C T 建機の刃先計測機能の精度確認

- (1) 事前の精度確認の実施
- (2) 日々の精度確認の実施

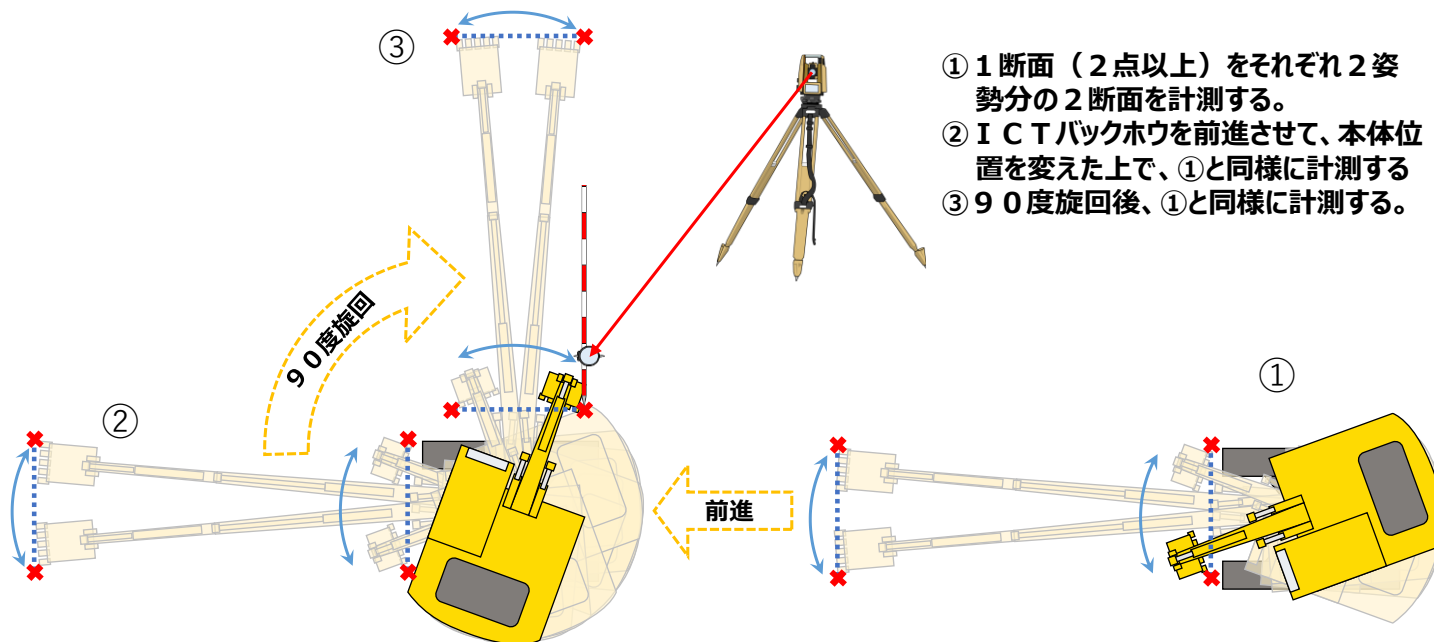


(1) 事前の精度確認の実施

ICT建設機械の刃先計測機能が正しく計測できていることを確認するため、施工前に必ずTS等光波方式で計測した座標値を真値とし、ICT建機の刃先計測機能で計測した座標値との差を比較し、要求精度を満足しているか確認します。

ICTバックホウの実施手順

- 本施工を実施する前に、ICT建設機械の刃先計測機能とTS等光波方式で計測した座標値を比較し、その差が要求精度を満足しているか確認する。
- 試験は、施工対象現場の条件を踏まえて、平場で実施する。
- 試験は、本施工区間外で実施してもよい。
- 試験を実施する範囲（広さ）については任意とするが、ブーム・アームを最も縮めた状態と、最も伸ばした状態で1断面（2点以上）の計2断面で計測。その後、建機1台分前進させ同姿勢で2断面、90度回転させた姿勢で2断面の計6断面（12点以上）が行える広さであること。

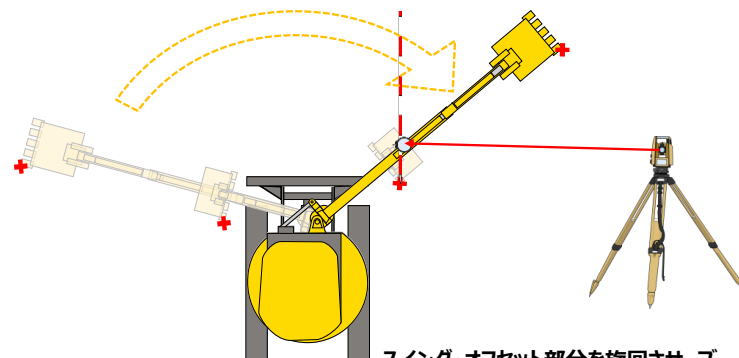


- ① 1断面（2点以上）をそれぞれ2姿勢分の2断面を計測する。
- ② ICTバックホウを前進させて、本体位置を変えた上で、①と同様に計測する
- ③ 90度旋回後、①と同様に計測する。

ICTバックホウ（スイング式※・オフセットリンク式※搭載機種）の実施手順

※日本建設機械要覧（一般社団法人 日本建設機械施工協会）による側溝堀方式

- バックホウには、スイング式・オフセットリンク式に対応した機種がある。そのため、前項で記載した事前精度確認試験に加えて、スウィング・オフセット部分のみを回転させ、ブーム・アームを最も縮めた状態・最も伸ばした状態でバケットの向かって外側の1点の計4点の計測を追加で検証することとする。



スイング・オフセット部分を回転させ、ブーム・アームを最も縮めた状態・最も伸ばした状態でバケットの向かって外側の点を計測する。
計測後、スイング・オフセット部分を逆の方向に回転させ同様に計測をする。

※ 計測箇所

精度確認表

- ICT建機の刃先計測機能とTS等光波方式それぞれで計測した座標値を下記のように整理。
- すべての座標値の差が要求精度を満足しているか確認。

TS取得座標

点名	X	Y	Z
T1	-92643.439	49374.446	444.844
T2	-92643.446	49374.446	444.848
T3	-92643.419	49374.462	444.845
T4	-92643.409	49374.478	444.844
T5	-92647.061	49372.246	444.747
T6	-92647.015	49372.133	444.742
T7	-92645.637	49373.166	444.777
T8	-92645.1	49372.215	444.745
T9	-92650.943	49372.452	444.686
T10	-92650.914	49372.456	444.68
T11	-92651.492	49374.07	444.675
T12	-92651.477	49374.087	444.672

刃先取得座標

点名	X	Y	Z
M1	-92643.446	49374.446	444.848
M2	-92643.433	49374.437	444.851
M3	-92643.374	49374.439	444.833
M4	-92643.407	49374.487	444.837
M5	-92647.049	49372.233	444.75
M6	-92647.014	49372.146	444.739
M7	-92645.628	49373.175	444.769
M8	-92645.097	49372.252	444.733
M9	-92650.934	49372.444	444.682
M10	-92650.908	49372.448	444.683
M11	-92651.51	49374.068	444.67
M12	-92651.497	49374.085	444.664

(単位m)

ΔX	ΔY	ΔZ
0.007	0.000	-0.004
-0.013	0.009	-0.003
-0.045	0.023	0.012
-0.002	-0.009	0.007
-0.012	0.013	-0.003
-0.001	-0.013	0.003
-0.009	-0.009	0.008
-0.003	-0.037	0.012
-0.009	0.008	0.004
-0.006	0.008	-0.003
0.018	0.002	0.005
0.020	0.002	0.008

要求精度
合否判定

0.050	0.050	0.050
○	○	○

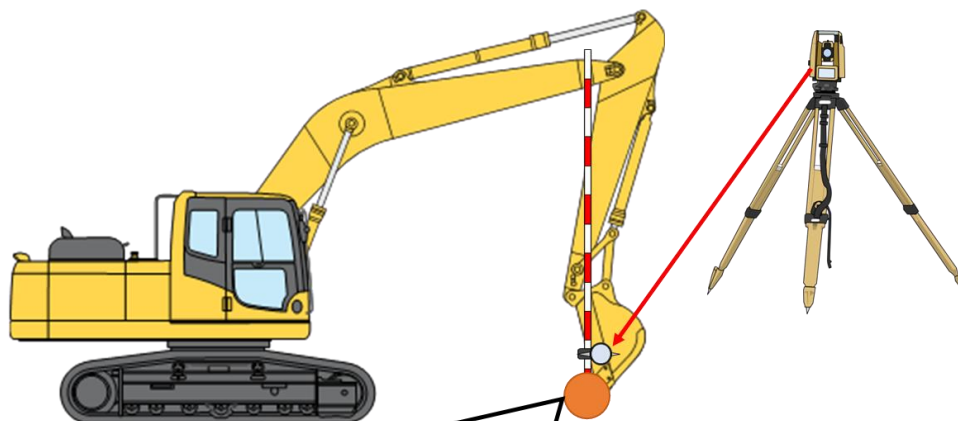
(2) 日々の精度確認の実施

ICT建機の刃先計測機能を出来形計測に利用する場合は、「ICT建機の刃先計測機能による3次元計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の「日々の精度確認」に従い、作業日1日ごと始業前に精度確認試験を実施する。結果については、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

ICTバックホウの実施手順

- ① ICTバックホウの刃先で現場内の工事基準点を計測、または任意箇所を計測し座標値を記録
- ② 工事基準点を計測した場合は、工事基準点の座標値を真値とし、任意箇所を計測した場合は、同一箇所をTS等光波方式で計測した座標値を真値として記録
- ③ ①と②の座標値の較差を求め、 $\pm 50\text{mm}$ 以内であること確認

●：既知点又は、TS計測点



バケットの端部の1点について真値を
TS等光波方式で計測する
または既知点で比較する

2 現場計測

2.1 GNSS基準局の配置（GNSSが搭載されたバックホウのみ）

GNSSが搭載されたバックホウを用いる固定基準局使用によるRTK-GNSSを用いる場合は、基準局（工事基準点に設置した基準局、国土地理院や民間が管理する基準局等）から必要な補正データを受信し、適正な精度確保を行うこと。

留意点

- 固定基準局使用によるRTK-GNSSを含む場合には、施工の着手前までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。
- 同システムにより提供される作業装置位置の3次元座標には、RTK-GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置すること。

2.2 事前の測定精度確認

作業装置位置の取得精度を確保するため、「ICT建機の刃先計測機能による3次元計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従い、**施工着手前に精度確認試験を行う**。（→①計測準備（1）を参照）

2.3 日々の精度確認

作業日ごとに、始業前に1回、ICT建機の刃先計測機能の計測精度を確認する。結果については、監督職員の求めに応じて提出できるように整理する。（→①計測準備（2）を参照）

3 計測データ処理

3.1 精度確認実施結果の記録・提出

- 「事前精度確認試験結果」及び「日々の精度確認結果」の**実施結果を記録・提出**する。なお、日々の精度確認試験の記録は監督職員の求めに応じて提出できるように保管する。
- 精度確認試験で精度管理値を満足できない場合は、ICT建設機械のキャリブレーションを再度実施し、精度を是正した後、再試験を行う。

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇〇年〇〇月〇〇日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株) 施工履歴

精度 太郎 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（計測点を計測する測定機器）	TS 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ICT建機の刃先計測機能による座標値と、TS等光波方式による検査点との較差
精度検証対象機器と既知点の距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

差の確認

ICT建機の刃先計測機能による座標値 — TS等光波方式による検査点の座標値

	点番	Δx	Δy	Δz
	1	0.007	0.000	-0.004
較差	2	-0.013	0.009	-0.003
	3	-0.045	0.023	0.012
	・	・	・	・
	・	・	・	・
	・	・	・	・
基準	12	0.020	0.002	0.008
基準	±50mm 以内			
合否	合格			

対象項目	確認箇所	内容	チェック実施日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日	
			確認者	印	チェック結果	印	チェック結果	印	チェック結果	印	チェック結果	印	チェック結果	印
1) GNSSまたはTS	・基準局	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？ ・GNSSまたはTSは正しく起動しているか？ ・アンテナ・マストの変形はないか？ ・無線装置は正しく起動しているか？ （電力供給、バッテリー充電器）												
2) GNSSまたはTS	・上部旋回体後方	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？ ・アンテナ・マストの変形はないか？またはブリズムに傷はないか？												
3) センサー	・バケット部 ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？ ・センサの変形はないか？												
4) ケーブル	・バケット部〜アーム部 ・アーム部〜ブーム部 ・ブーム部〜本体 ・GNSS〜本体 等 ※TSはブリズムを使用するため、ケーブルでの接続は不要	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？ ・センサの変形はないか？												
5) ゲータ確認		既知点			バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差
	x座標	・取得した座標値（x、y、z）の較差が±50mm以内収まっているか？												
	y座標													
	標高													
					確認		確認		確認		確認		確認	

※基準点座標が変わる場合はバックホウ表示欄に基準点座標を併記しても良い。

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点に よる確認	その他 (国土地 理院登録 品等)	備考
土工 (1,000 m3未 満)・床掘 工・小規 模土工・ 法面整形 工	断面 管理	ICT建機の刃先計測機能	計測場面	測定精度	計測密度	■			
			起工測量	【鉛直方向】【平面方向】 ±100mm以内	—				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向】【平面方向】 ±200mm以内					

施工計画への記載事項・提出書類

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。

記載事項

2) 適用区域

3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の実施範囲を示し、3次元計測技術による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」による出来形管理範囲を塗り分ける。

記載事項

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

記載事項

4) 使用機器・ソフトウェア

①機器構成

利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

②3次元計測技術本体（ICT建設機械本体）

利用する3次元計測技術本体が下記と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

記録・保管

■ 適正な精度管理の記録

・ 着工前の精度確認試験結果

・ 日々の精度確認結果

③ソフトウェア

使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。カタログや仕様書は不要である。

記載事項

作成例：精度確認の実施と結果の提出

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇〇年〇〇月〇〇日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株) 施工履歴

精度 太郎 印

(1) 試験概要

測定日	〇〇年〇〇月〇〇日
測定条件	天候：晴れ 気温：℃
測定場所	〇〇工事 現場内
精度確認の対象機器	メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022
検証機器（計測点を計測する測定機器）	T S 機種名：〇〇〇（級別：〇級）
精度確認方法	・ICT建機の刃先計測機能による座標値と、T S等光波方式による検査点との較差
精度検証対象機器と既知点の距離	〇〇m

(2) 精度確認試験結果

差の確認				
ICT建機の刃先計測機能による座標値 — T S等光波方式による検査点の座標値				
較差	点番	Δx	Δy	Δz
	1	0.007	0.000	-0.004
	2	-0.013	0.009	-0.003
	3	-0.045	0.023	0.012
	・	・	・	・
	・	・	・	・
	12	0.020	0.002	0.008
基準	±50mm 以内			
可否	合格			

日常点検チェックシート

対象項目	確認箇所	確認者	年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日		年 月 日	
			印		印		印		印		印	
1) GNSSまたはTS	・基準局	内容	チェック結果		チェック結果		チェック結果		チェック結果		チェック結果	
			・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？									
			・GNSSまたはTSは正しく起動しているか？									
			・アンテナ・マストの変形はないか？									
2) GNSSまたはTS	・上部旋回体後方	内容	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？									
			・アンテナ・マストの変形はないか？またはプリズムに傷はないか？									
3) センサー	・バケット部 ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	内容	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？									
			・センサーの変形はないか？									
4) ケーブル	・バケット部～アーム部 ・アーム部～ブーム部 ・ブーム部～本体 ・GNSS～本体 等 ※TSはプリズムを使用するため、ケーブルでの接続は不要	内容	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？									
			・センサーの変形はないか？									
5) データ確認	既知点	取得した座標値（x、y、z）の較差が±50mm以内に入っているか？	バックホウ表示		較差		バックホウ表示		較差		バックホウ表示	
			x座標									
			y座標									
			標高									
			確認		確認		確認		確認		確認	

※基準点座標が変わる場合はバックホウ表示欄に基準点座標を併記しても良い。