

～ ICT活用工事の手引き(舗装工編)～ －修繕工編－ (計測技術事例集)

本資料は下記要領のうち、施工会社の実施事項を整理したものです。

ご不明な点は、管理要領を参考願います。

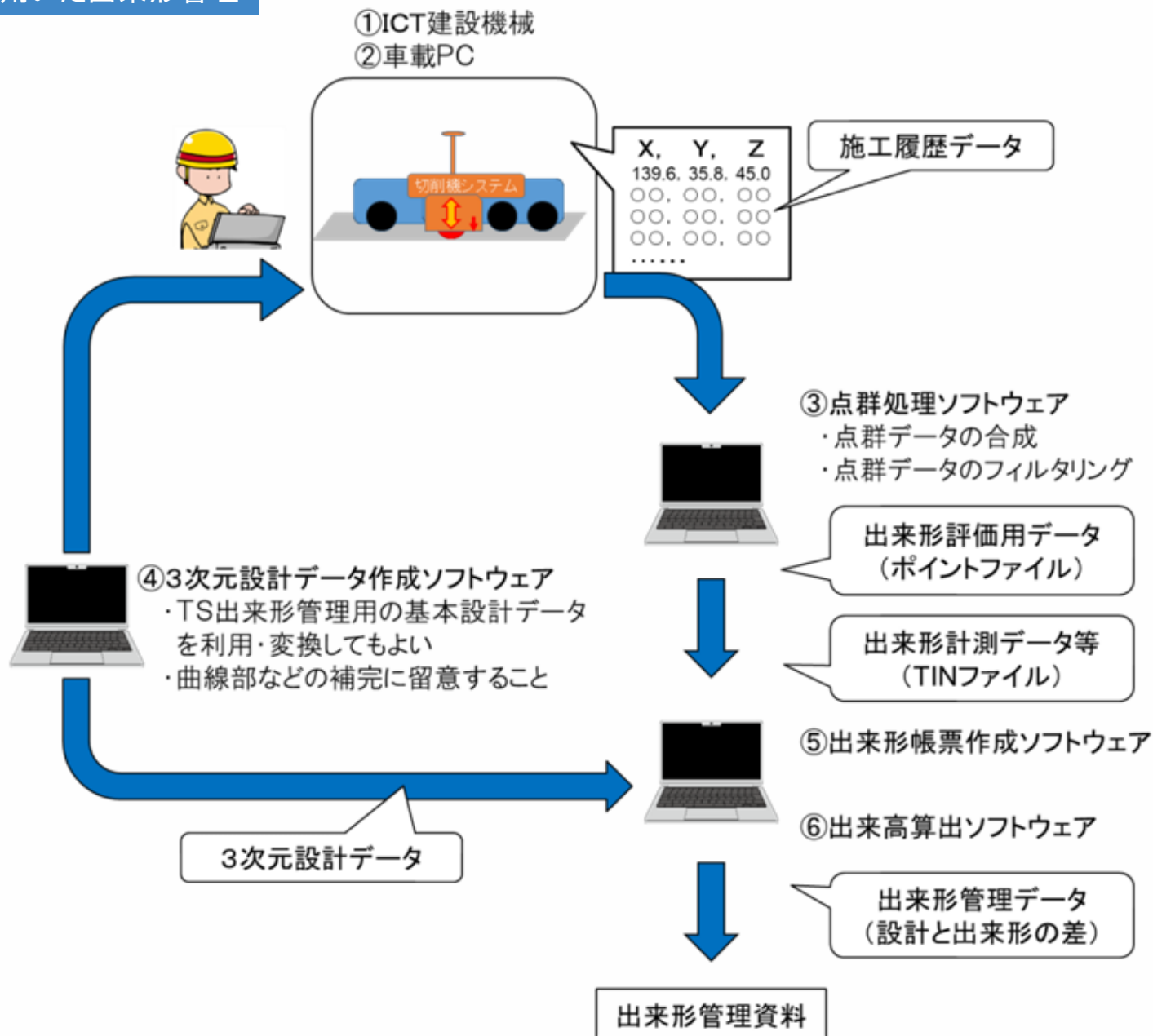
- ①3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)
- ②出来形管理の監督・検査要領(路面切削工編)(案)
- ③地上レーザースキャナーを用いた公共測量マニュアル(案)－国土地理院

1. 機器・ソフトウェア等の選定・調達（データ作成の流れ）	P 1-1
1. 施工履歴データ	P 1-2
2. TS等光波方式	P 1-3
3. 地上写真測量	P 1-4
2. 施工計画書の作成	P 2-1
1. 地上型レーザースキャナー	P 2-2
2. TS(ノンプリ)	P 2-3
3. 地上移動体搭載型レーザースキャナー	P 2-4
4. TS等光波方式	P 2-5
3. 3次元起工測量	P 3-1
1. 地上型レーザースキャナー	P 3-2
2. 地上移動体搭載型レーザースキャナー	P 3-5
3. TS(ノンプリ)	P 3-6
4. TS等光波方式	P 3-8
4. 精度確認試験の実施・結果の提出の実務内容	P 4-1
1. 地上型レーザースキャナー	P 4-2
2. TS(ノンプリ)	P 4-3
3. 地上移動体搭載型レーザースキャナー	P 4-4
4. TS等光波方式	P 4-5
5. 施工履歴データ	P 4-6
6. 地上写真測量	P 4-7
5. 出来形計測	P 5-1
1. 施工履歴データ	P 5-2
2. TS等光波方式	P 5-4
3. 地上写真測量	P 5-5

1. 機器・ソフトウェア等の選定・調達 (データ作成の流れ)

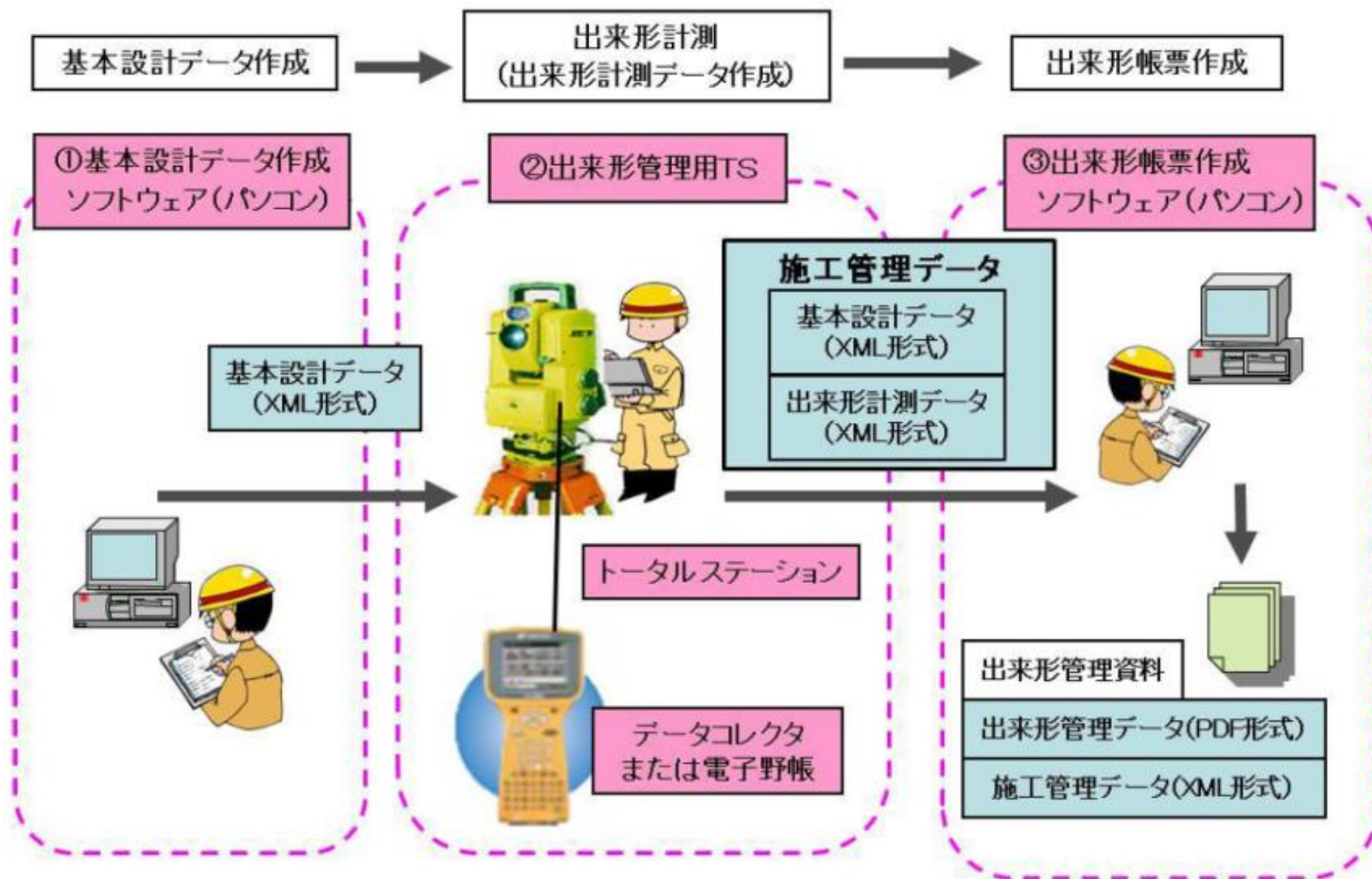
1-1. データ作成の流れ (施工履歴データ)

施工履歴データを用いた出来形管理



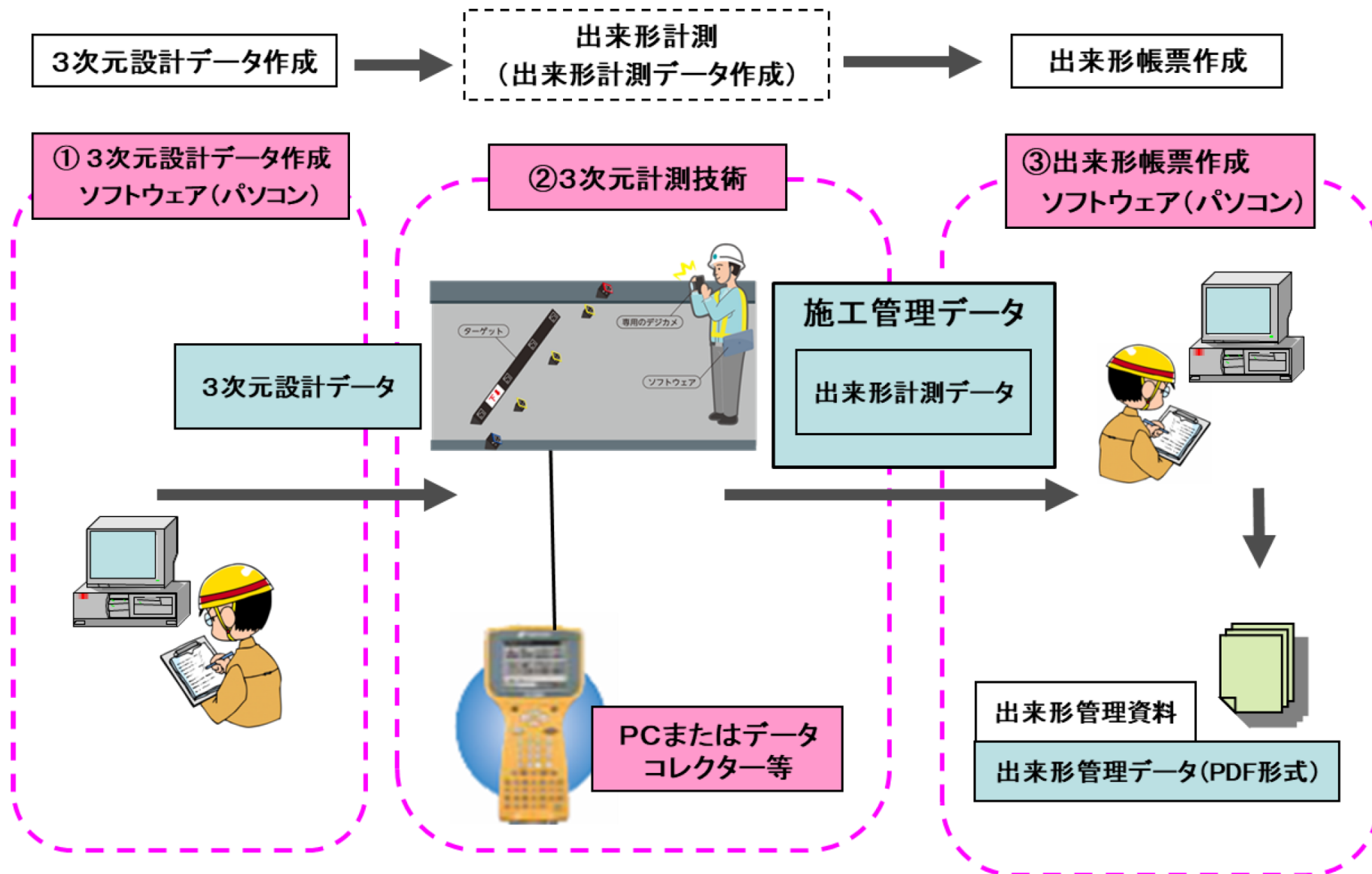
1-2. データ作成の流れ (TS等光波方式)

TS等光波方式を用いた出来形管理



1-3. データ作成の流れ (地上写真測量)

地上写真測量を用いた出来形管理



2. 施工計画書の作成

機器構成、仕様確認時の留意点

- 機器構成
 - TLS本体
 - 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付する。

測定精度: 計測範囲内で鉛直方向、平面方向(測定工種毎)
利用前12ヶ月以内に精度確認試験を実施する。
色データ: 色データの取得が可能なが望ましい
(点群処理時に目視による選別利用)

- ソフトウェア
 - 施工計画書に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。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TLS計測精度	精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TLS精度管理	メーカー推奨の定期点検を実施

- TLS測定精度を確認する試験方法として、平面の測定精度については、JSIMA115に基づく試験成績表が使用可能である。

事前精度確認試験結果報告書(例)

(様式)

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社 測定装置名称: TLS420 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)	TLS 機種名: 〇〇〇 (級別: 〇級)
精度確認方法	・ TLS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

■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	
合否	合格	

■平面方向

TLSによる既知点の点間距離 (L')				
	x	y	z	点間距離
1 点目	44044.700	-11987.621	17.870	17.071m
2 点目	44060.775	-11993.355	17.502	

TLSの計測結果による点間距離 (L') - テープによる実測距離 (L)
17.071m - 17.070m = 0.001m (1mm); 合格 (基準値 20mm 以内)

取得したデータの信頼度を担保します

2-2. 施工計画書の作成 (TS (ノンプリ))

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

■ TS (ノンプリズム方式) 本体

- ✓ 計測性能および精度管理の根拠となる書類が添付される。

利用前**12ヶ月以内に精度確認試験を実施**する。

■ ソフトウェア

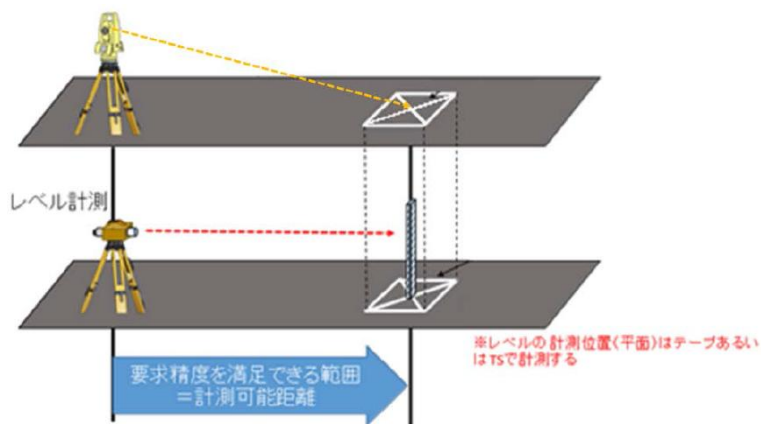
- ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア (ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン) を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TSN計測精度	精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TSN精度管理	校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付



＜平面方向の精度確認方法＞



＜鉛直方向の精度確認方法＞

TS (ノンプリズム方式) の精度管理

鉛直方向の測定精度

● アスファルト舗装

路床表面	測定範囲内で±20mm 以内
下層路盤表面	測定範囲内で±10mm 以内
上層路盤表面	測定範囲内で±10mm 以内
基層・中間層表面	測定範囲内で±4mm 以内
表層表面	測定範囲内で±4mm 以内

● コンクリート舗装

路床表面	測定範囲内で±20mm 以内
下層路盤表面	測定範囲内で±10mm 以内
粒度調整路盤表面	測定範囲内で±10mm 以内
セメント (石灰・瀝青) 安定処理表面	測定範囲内で±10mm 以内
アスファルト中間層表面	測定範囲内で±4mm 以内
コンクリート舗装版表面	測定範囲内で±4mm 以内

平面方向の測定精度

● アスファルト舗装

路床表面	測定範囲内で±20mm 以内
下層路盤表面	測定範囲内で±20mm 以内
上層路盤表面	測定範囲内で±20mm 以内
基層・中間層表面	測定範囲内で±10mm 以内
表層表面	測定範囲内で±10mm 以内

● コンクリート舗装

路床表面	測定範囲内で±20mm 以内
下層路盤表面	測定範囲内で±20mm 以内
粒度調整路盤表面	測定範囲内で±20mm 以内
セメント (石灰・瀝青) 安定処理表面	測定範囲内で±20mm 以内
アスファルト中間層表面	測定範囲内で±10mm 以内
コンクリート舗装版表面	測定範囲内で±10mm 以内

機器構成、仕様確認時の留意点

- ▶ 機器構成
 - ▶ 地上移動体搭載型LS本体
 - ▶ 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付する。

測定精度: 計測範囲内で鉛直方向、平面方向(測定工種毎)
色データ: 色データの取得が可能なが望ましい
(点群処理時に目視による選別を利用)

- ▶ ソフトウェア
 - ▶ 施工計画書に使用するソフトウェア (ソフトウェアメーカー、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。

添付する書類

MLS計測精度	精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
MLS精度管理	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を添付

事前精度確認試験結果報告書(例)

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・試験者あるいは精度管理担当者: 株式会社〇〇測量
精度 次郎 印

(1) 試験概要 (a. 自動追尾式TSとの連動LSの例)

精度確認の対象機器 メーカー : 株式会社ABC 装置名称 : 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 検証面の高さ レベル : (検定済み) ② 検証面及び検証点の平面座標 TS : (検定済み)	写真  
測定記録 測定期日: 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	

取得したデータの信頼度を担保します

2-4. 施工計画書の作成 (TS等光波方式)

機器構成、仕様確認時の留意点

▶ 機器構成

■ TS等光波方式本体

- ✓ **国土地理院認定3級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。**
- ✓ 舗装工の厚さ又は標高較差管理に出来形管理用TSを用いる場合には、鉛直角の最小目盛値が5"又はこれより高精度であることを示す資料を提出する。なお、表層と基層の管理は対象外とする。
- ✓ 国土地理院認定1級と同等の計測性能を有し、かつ高度角自動補正装置が搭載されている場合、表層と基層の管理も対象とする。

チェックポイント

■計測性能:

- ・表層と基層の標高較差管理をしない場合: 国土地理院による3級と同等以上の認定品であることを記載
- ・表層と基層の標高較差管理をする場合: 国土地理院による1級と同等以上の認定品であることを記載

■精度管理:

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を添付

■ ソフトウェア

- ✓ 施工計画書に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。カタログや仕様書の提出は不要である。

添付する書類

TS計測精度	利用までに精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
TS精度管理	校正証明書あるいは検査成績書を実施して添付

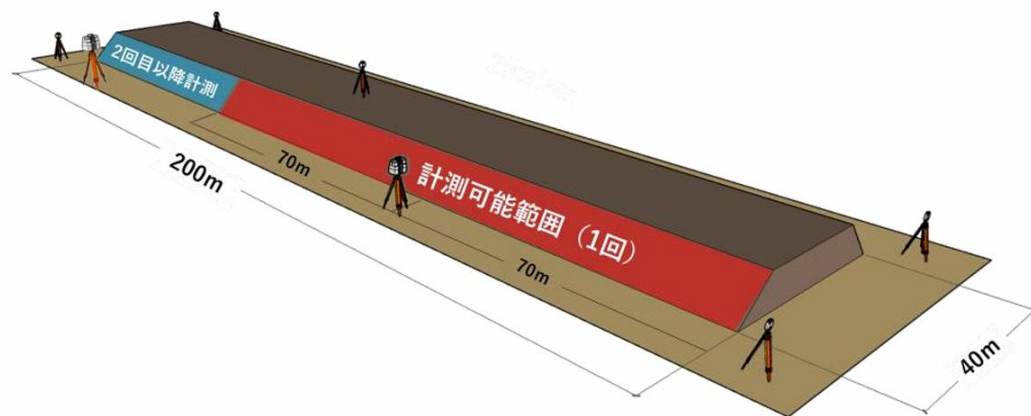
TS等 (光波方式)

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級以上の登録製品かつ最小目盛値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: $\pm (5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D)$ ※ 最小目盛値: 20"以下 ※ 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。

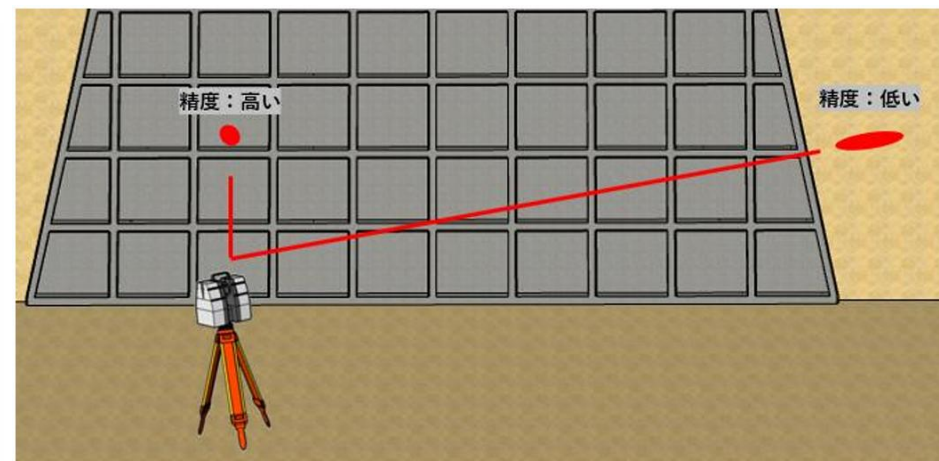
3. 3次元起工測量

TLS設置時の留意点

- TLS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。
- TLS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。



設置箇所を複数回に分けて計測



対称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

ワンポイント

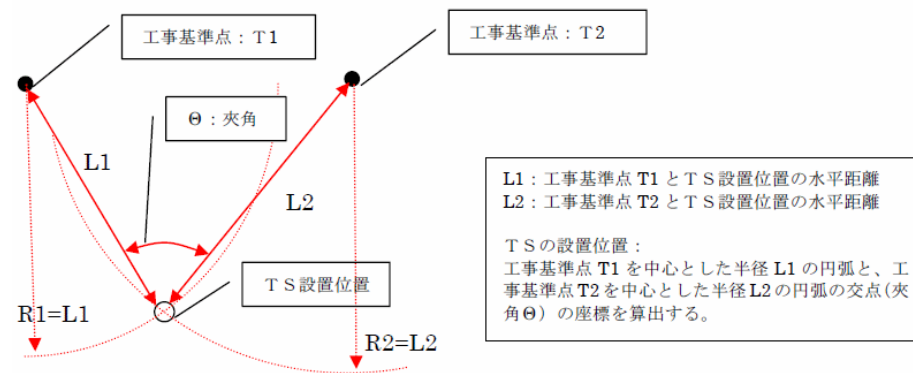
- ・計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定する。
- ・計測範囲に対してTLSの入射角が著しく低下する場合や、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

標定点を使用する場合の留意点

- 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。
- 標定点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び評定点までの距離が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。
- 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。
- 以下の場合 は標定点を設置せず計測ができる。
 - 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
(ターゲットは工事引照点あるいは基準点上に設置すること)
 - GNSS-TLSを用いる場合



TLSと標定点の配置(例)



TSを使った後方交会法による位置決めの例

ワンポイント

・TLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果を標定点を用いて合成する場合は、標定点を設置する。標定点は工事引照点からTSを用いて計測を行う。

計測時の留意点

①計測密度設定の留意点

- TLSと計測対象範囲の位置関係を事前に確認し、最も入射角が低下する箇所で設定する。
- 必要に応じてTLS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。

②測定時の留意点

- 可能な限り出来形の地形面が露出している状況で計測する。
- **以下の条件では適正な計測が行えないので、十分に注意する。**

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
- 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

- TLS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、安全性に十分考慮する。

ワンポイント

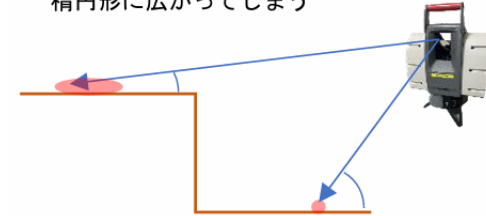
・出来形計測にあたっては、計測対象範囲内で0.01m²(0.1m×0.1mのメッシュ)に1点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。

面的な地形測量時の留意点

①計測密度設定の留意点

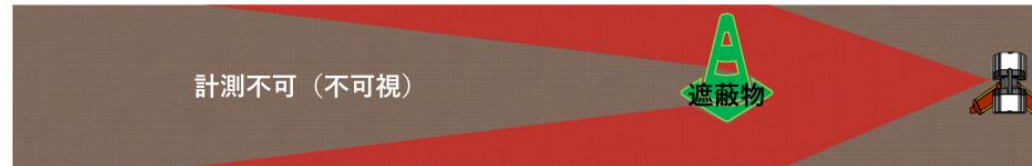
- 計測最大距離を確認した上で、最も入射角が低下する箇所で必要な計測密度で点が取得できるように計測する。
- ただし、計測密度を不用意に上げると計測時間が増加し、作業効率だけでなく、計測後の点群処理作業効率が悪化する懸念がある。

レーザの入射角が小さいと楕円形に広がってしまう



②測定時の留意点

- 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。



- 以下の条件では適正な計測が行えないので、十分に注意する。

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
 - 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
- 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、安全性に十分考慮する。

3-3. 3次元起工測量 (TS (ノンプリ))

TS(ノンプリズム)配置の留意点

- TS(ノンプリズム)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。

TS(ノンプリズム方式)の設置・計測時の留意点

- TS(ノンプリズム)が水平で計測点を率的に取得できる位置に設置すること。
- TS(ノンプリズム)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引照点に設置すること。
- 工事引照点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。詳細は「TS(ノンプリズム方式)を用いた出来形管理要領(土工編)」の「出来形管理用TS(ノンプリズム方式)による出来形計測」の記載を参照すること。
- 計測中に機器が動かないように確実に設置すること。
- 工事引照点は、3次元設計データに登録されている点を用いること。
- 機器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。
- **TS(ノンプリズム)と工事引照点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。**

TSを設置時に後方交会法を用いる場合の留意事項

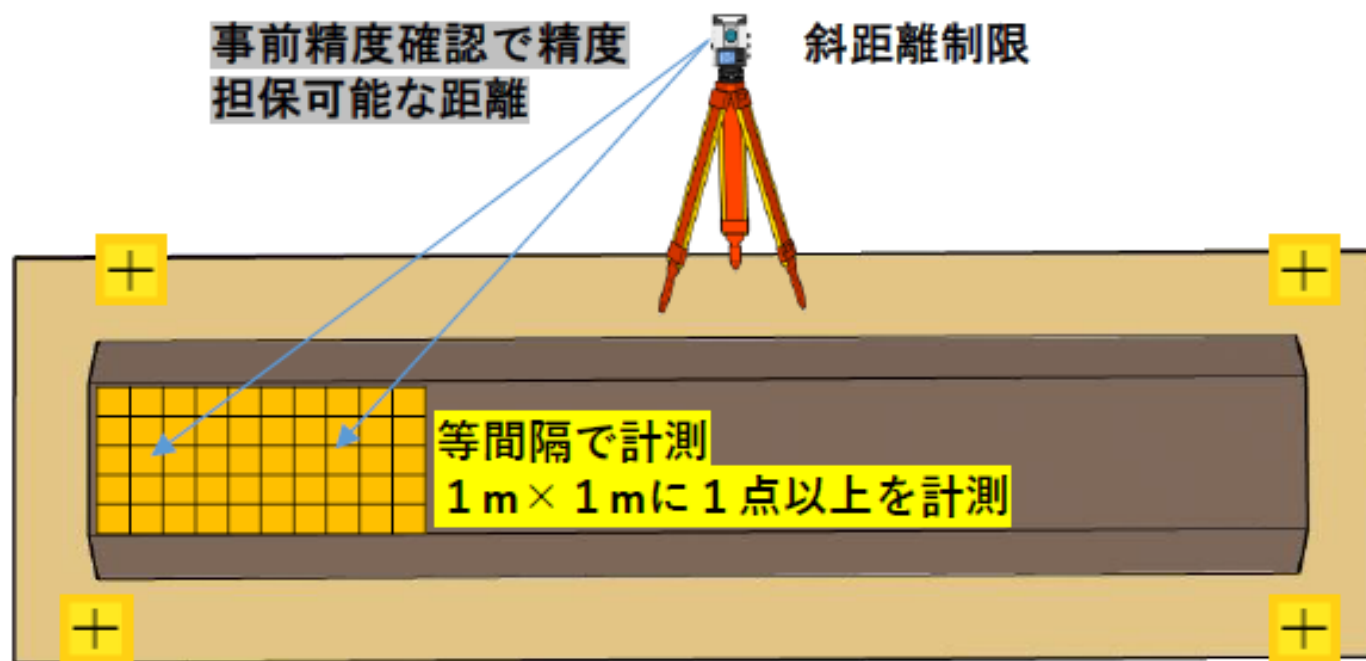


ワンポイント

- ・計測対象範囲に対して正対してうえで工事引照点上で計測できる位置を選定する。
- ・計測範囲に対して、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

面的な地形測量時の留意点

- TS(ノンプリズム)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1m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。



ワンポイント

・起工測量は、計測対象範囲内で0.25m²(0.5m × 0.5mメッシュ)に1点以上の計測点が見られる設定で計測を行う。

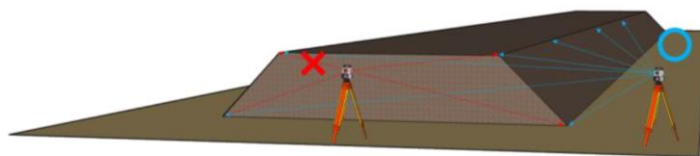
3-4. 3次元起工測量 (TS等光波方式)

TS等光波方式設置時の留意点

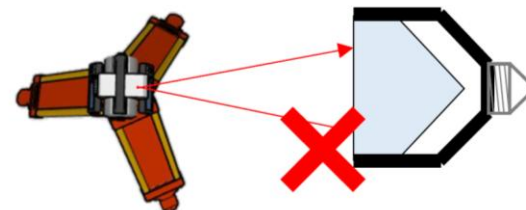
- TSが水平に設置されていること。
- 出来形計測点を効率的に取得できる位置に出来形管理用TSを設置すること。
- TSは可能な限り工事引照点に設置するものとし、やむを得ない場合は、後方交会法によりTSを設置する。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- 器械高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。
- 後方交会法においては、2点の工事引照点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内とする。
- TSと工事引照点の距離が近いと、基準点上に立てるプリズムがTSの望遠鏡で大きく見えるため、視準の中心をプリズムの中心に合わせることが難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



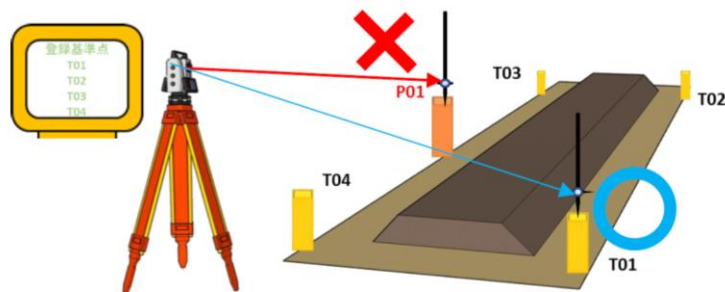
効率的に取得できる位置にTSを設置



機器を確実に設置



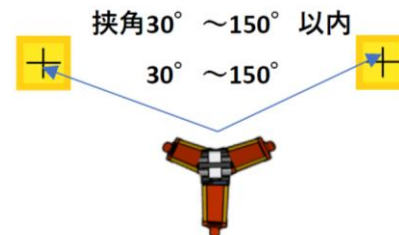
管理されていない基準点を用いて器械設置を行わない



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



ワンポイント

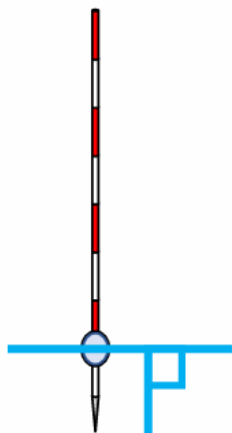
- ・TS等光波方式の設置時は、工事引照点上及び後方交会法にてTS等光波方式を設置する。
- ・後方交会法では2点の工事引照点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内とする。

3-4. 3次元起工測量 (TS等光波方式)

プリズム使用における留意点

- 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角は極力縦横断勾配が少なくなるように定めること。

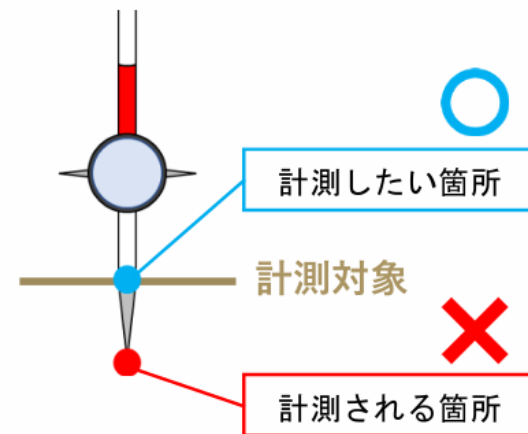
傾きがないように設置



プリズム高さ相互確認

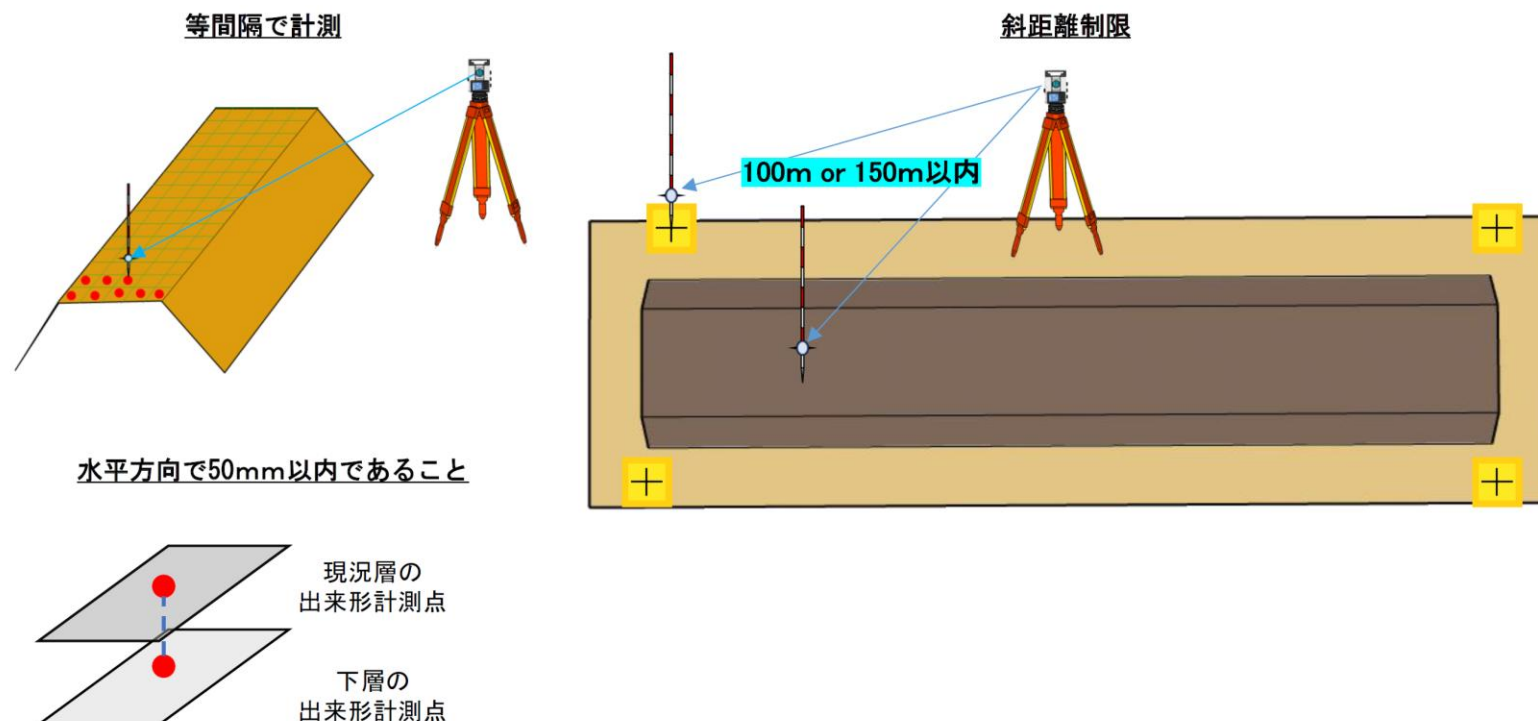


地面への刺さりがないよう設置



計測時の留意点

- 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)



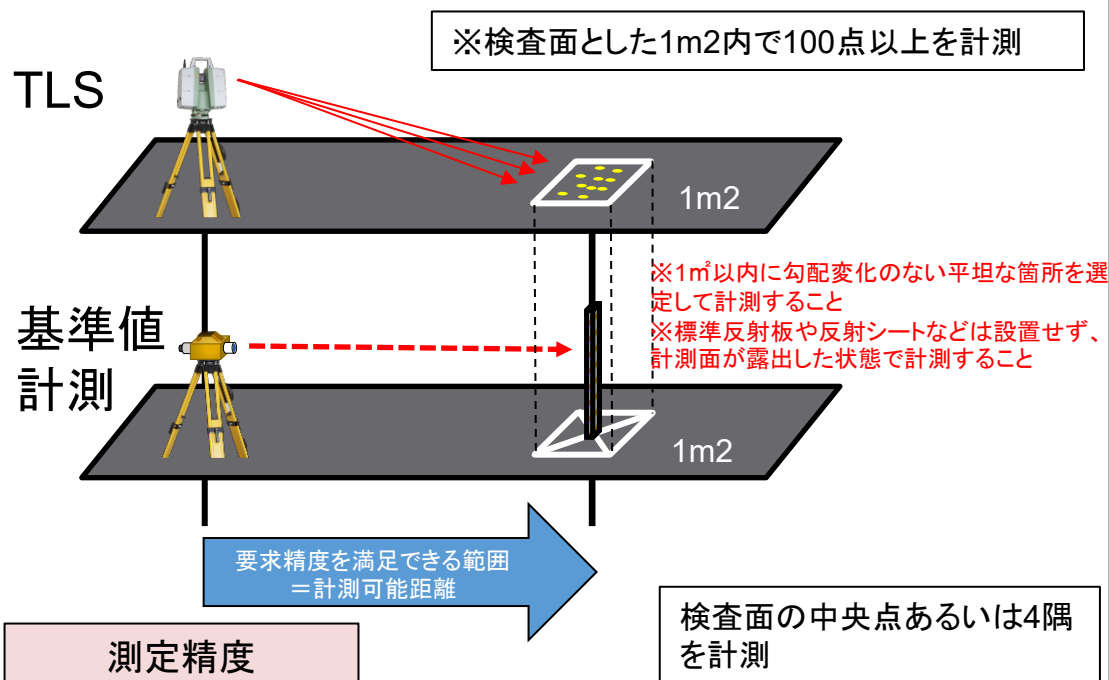
ワンポイント

・出来形計測時のTSと計測点までの斜距離制限視値を100mあるいは150m以内とする。

4. 事前精度確認試験の実施・結果の 提出の実務内容

4-1. 事前精度確認試験（地上型レーザースキャナー）

事前の精度確認ルールを規定



TLSの事前精度確認試験実施手順書（案）【抜粋】

1. 実施時期

暫定案として利用前12ヶ月以内に精度確認試験を実施

2. 実施方法

【鉛直方向】

1m2以下の検査面に点群密度100点以上の平均と真値との比較

【平面方向】

最大計測距離以上の2カ所以上の既知点から座標計測精度を確認

3. 試験計測点の検測

【鉛直方向】

試験計測点の高さは、レベルで計測し高さを求める方法で実施

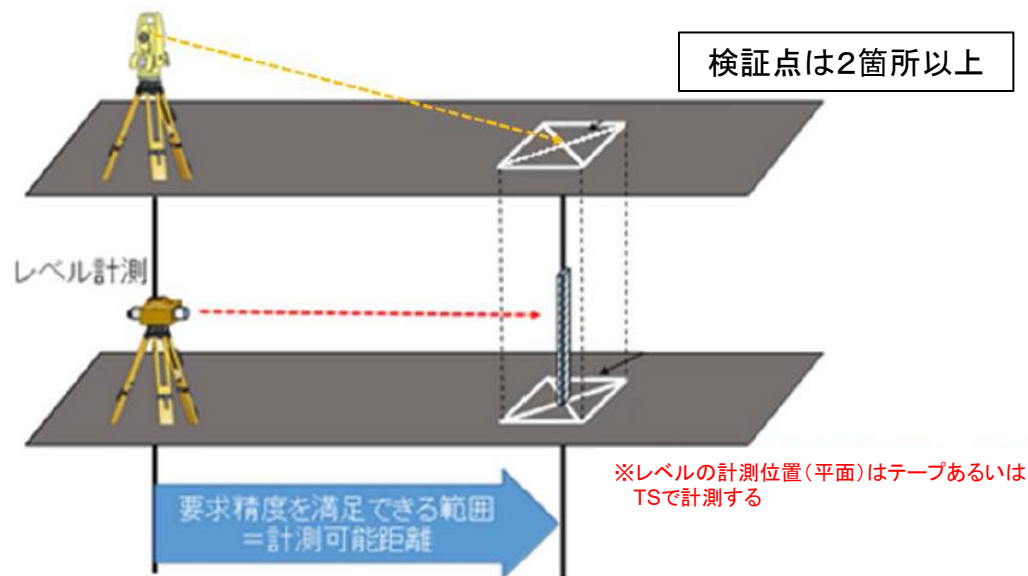
【平面方向】

試験計測点の平面位置は、TSで計測し平面位置を求める方法で実施

比較方法	TLS精度確認基準		備考	地上移動体搭載型LS
●鉛直方向 「TLS計測結果 ーレベル計測結果」の平均値又は最頻値高さ	●アスファルト舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±10mm以内 上層路盤表面 ±10mm以内 基層・中間層表面 ±4mm以内 表層表面 ±4mm以内	●コンクリート舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±10mm以内 粒度調整路盤表面 ±10mm以内 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表面 ±4mm以内 コンクリート舗装版表面 ±4mm以内	検査面は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。	起工測量 ±20mm 以内 路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±10mm 以内 上層路盤表面 ±10mm 以内 基層表面 ±4mm 以内 表層表面 ±4mm 以内
●平面方向 「TLS計測結果 ー従来手法による計測結果」	●アスファルト舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±20mm以内 上層路盤表面 ±20mm以内 基層・中間層表面 ±10mm以内 表層表面 ±10mm以内	●コンクリート舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±20mm以内 粒度調整路盤表面 ±20mm以内 セメント(石灰・瀝青)安定処理表面 ±20mm以内 アスファルト中間層表面 ±10mm以内 コンクリート舗装版表面 ±10mm以内	検査点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。 検査点間は10m以上の離隔を確保する。	±10mm以内 ($L = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$)

4-2. 事前精度確認試験 (TS (ノンプリ))

事前の精度確認ルールを規定



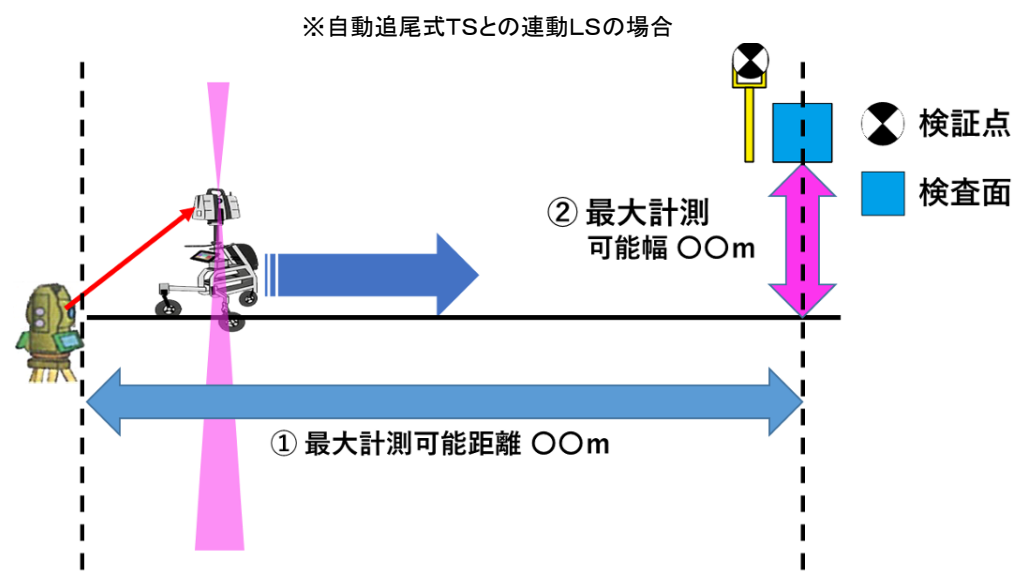
測定精度

TS(ノンプリ)の事前精度確認試験実施手順書(案)【抜粋】

- 実施時期**
暫定案として利用前12ヶ月以内に精度確認試験を実施
- 実施方法**
【鉛直方向】
最大距離以上となる位置に試験計測点を2点設置する
【平面方向】
最大距離以上となる位置に試験計測点を2点設置する
- 試験検測点の検測**
【鉛直方向】
試験計測点の高さは、レベルで計測し高さを求める方法で実施。
【平面方向】
試験計測点の平面位置は、TSで計測し平面位置を求める方法で実施。

比較方法	精度確認基準		備考
高さ	●アスファルト舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±10mm以内 上層路盤表面 ±10mm以内 基層・中間層表面 ±4mm以内 表層表面 ±4mm以内	●コンクリート舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±10mm以内 粒度調整路盤表面 ±10mm以内 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表面 ±4mm以内 コンクリート舗装版表面 ±4mm以内	試験計測点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。
平面較差	検証点較差 $L(L = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)})$ アスファルト舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±20mm以内 上層路盤表面 ±20mm以内 基層・中間層表面 ±10mm以内 表層表面 ±10mm以内 コンクリート舗装 路床表面 ±20mm以内 下層路盤表面 ±20mm以内 粒度調整路盤表面 ±20mm以内 セメント(石灰・瀝青)安定処理表面 ±20mm以内 アスファルト中間層表面 ±10mm以内 コンクリート舗装版表面 ±10mm以内		試験計測点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。

事前の精度確認ルールを規定



測定精度

地上移動搭載型LSの事前精度確認試験実施手順書（案）【抜粋】

1. 実施時期

暫定案として利用前12ヶ月以内に精度確認試験を実施

2. 実施方法

【鉛直精度】
3次元点群の精度が最も不利となる位置付近に1m²以下の検査面を設置し、地上移動搭載型LSの計測値との比較

【水平精度】
中心位置を特定できるターゲットあるいは特定の平面位置の推定が可能な立体物を配置し、地上移動搭載型LSの計測値との比較

3. 試験計測点の検測

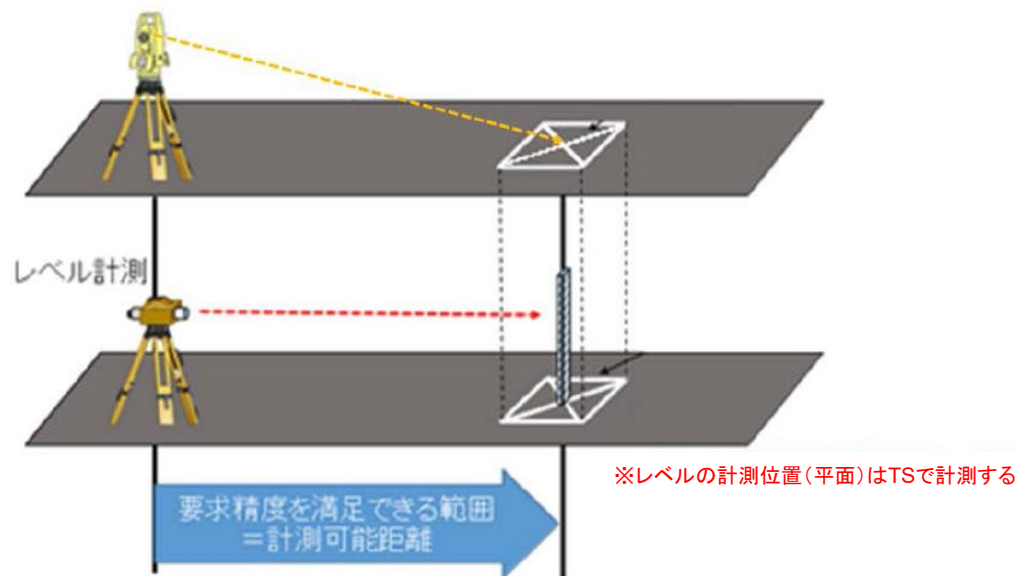
【鉛直精度】
試験計測点の高さは、レベルで計測し高さを求める方法で実施する。

【水平精度】
試験計測点の平面位置は、設置した検査点をTSで計測し平面位置を求める方法で実施する。

比較方法	TLS精度確認基準		備考	地上移動体搭載型LS
●鉛直方向 「TLS計測結果 ーレベル計測結果」の平均値又は最頻値高さ	●アスファルト舗装	●コンクリート舗装	検査面は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。	起工測量 ±20mm 以内 路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±10mm 以内 上層路盤表面 ±10mm 以内 基層・中間層表面 ±4mm 以内 表層表面 ±4mm 以内
	路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±10mm 以内 上層路盤表面 ±10mm 以内 基層・中間層表面 ±4mm 以内 表層表面 ±4mm 以内	路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±10mm 以内 粒度調整路盤表面 ±10mm 以内 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表面 ±4mm 以内 コンクリート舗装版表面 ±4mm 以内		
●平面方向 「TLS計測結果 ー従来手法による計測結果」	●アスファルト舗装	●コンクリート舗装	検査点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。 検査点間は10m以上の離隔を確保する。	±10mm 以内 (L= √(Δx ² +Δy ²))
	路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±20mm 以内 上層路盤表面 ±20mm 以内 基層・中間層表面 ±10mm 以内 表層表面 ±10mm 以内	路床表面 ±20mm 以内 下層路盤表面 ±20mm 以内 粒度調整路盤表面 ±20mm 以内 セメント(石灰・瀝青)安定処理表面 ±20mm 以内 アスファルト中間層表面 ±10mm 以内 コンクリート舗装版表面 ±10mm 以内		

4-4. 事前精度確認試験 (TS等光波方式)

事前の精度確認ルールを規定



TS(光波方式)の事前精度確認試験実施手順書(案)【抜粋】

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2点以上の計測点を設定する。

②TSによる計測

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TSで視準し3次元座標を計測する。

③ 国土地理院で規定が無いTS等光波方式による計測プリズム方式による計測完了後、望遠鏡の無いタイプ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。

測定精度

比較方法	精度確認基準	備考
TSと国土地理院で規定が無いTS等光波方式の計測座標値の較差	平面座標 ±5mm以内 標高差 ±5mm以内	現場内2箇所以上

4-5. 事前精度確認試験 (施工履歴データ)

事前精度確認試験の留意点

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

- a. 施工前の精度確認
 - ・TS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、評価基準を満足することを確認する。
 - ・TS等を使用しない場合
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、評価基準を満足することを確認する。
- b. 施工後の精度確認
 - ・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、評価基準に記載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。

③評価基準

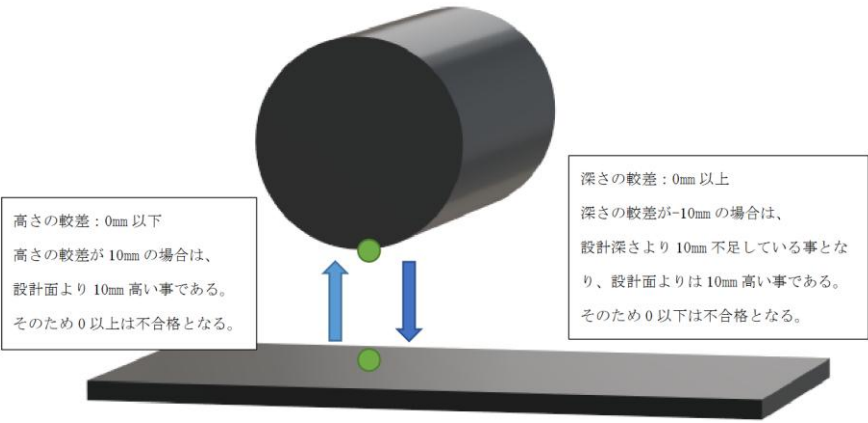
- ▶ 計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する

＜精度確認試験での精度確認基準＞

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

- ▶ 「②a.施工前の精度確認」および「②b.施工後の精度確認」の実施結果を記録・提出



施工後の精度確認基準のイメージ図

4-6. 事前精度確認試験（地上写真測量）

精度確認試験の留意点

実施方法

- ▶ 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。
- ▶ 鉛直方向の精度確認については、レベルや水系下がり等で計測した高さを比較する。平面方向の精度確認については、TSやコンベックス等で計測した幅員を比較する。
- ▶ 鉛直方向と平面方向の計測性能については、受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、施工現場と同等の路面を検査面を選定し、計測用ターゲットを所定の位置に配置する。検査面に設置する計測ターゲットは、実際に検査を行う幅員と計測位置を考慮して設置すること。

測定精度

比較方法	精度確認基準	備考
鉛直方向 レベルや水系下がり等で計測した高さを比較	切削表面 ±4mm 基層表面 ±4mm 表層表面 ±4mm	
平面方向 TSやコンベックス等で計測した幅員を比較	切削表面 ±10mm 基層表面 ±10mm 表層表面 ±10mm	

事前精度確認試験結果報告書（例）

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 水系下がり)	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		
合否	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		
合否	合格		

5. 出来形計測

5-1. 出来形計測（施工履歴データ）

出来形計測箇所

- ・切削面の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。
- ・計測範囲は、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とし、全ての範囲で1mメッシュに1点以上の出来形座標値を取得する。

計測時の留意点

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。

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以上である事を確認する。

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 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した面の標高（任意座標で制御した場合は任意標高）、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。

5-1. 出来形計測（施工履歴データ）

計測時の留意点

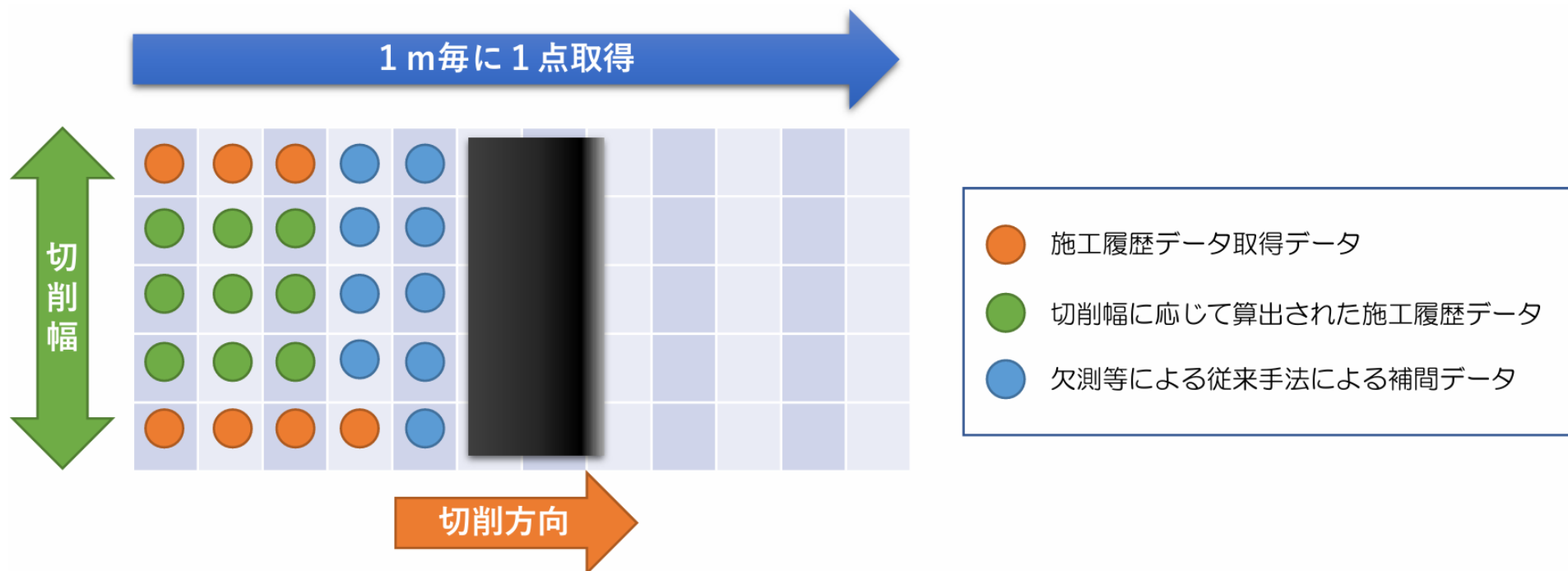
③ 計測密度

施工履歴データによる出来形計測は、計測対象範囲内で1m²(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、1m²(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

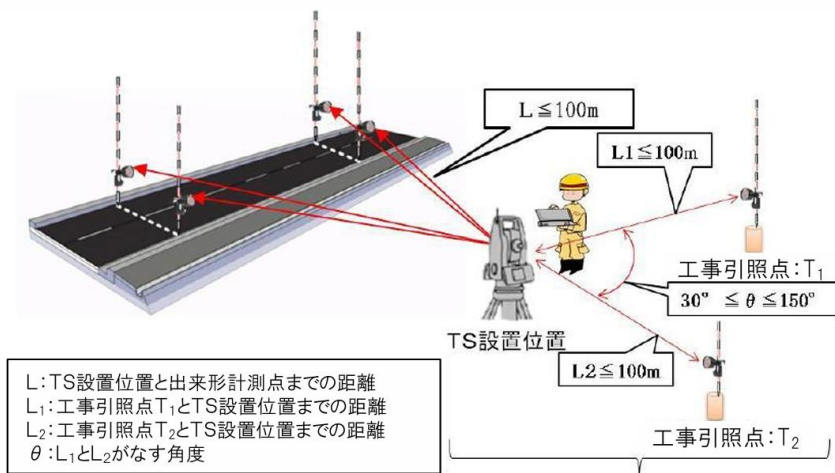


5-2. 出来形計測 (TS等光波方式)

計測時の留意点

- 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と工事引照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点の工事引照点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 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、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、毎回同じ工事引照点を使用する(舗装工の場合)。

基準点～TS～計測点までの斜距離制限 (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: $L \leq 100\text{m}$, $L1 \leq 100\text{m}$, $L2 \leq 100\text{m}$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$
 2級TS: $L \leq 100\text{m}$, $L1 \leq 150\text{m}$, $L2 \leq 150\text{m}$, $30^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$

5-3. 出来形計測（地上写真測量）

出来形計測における留意点

- 計測計画
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。
- 標定点・検証点の計測
標定点を管理断面上に配置する。
- 写真撮影方法
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。