

～ 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。

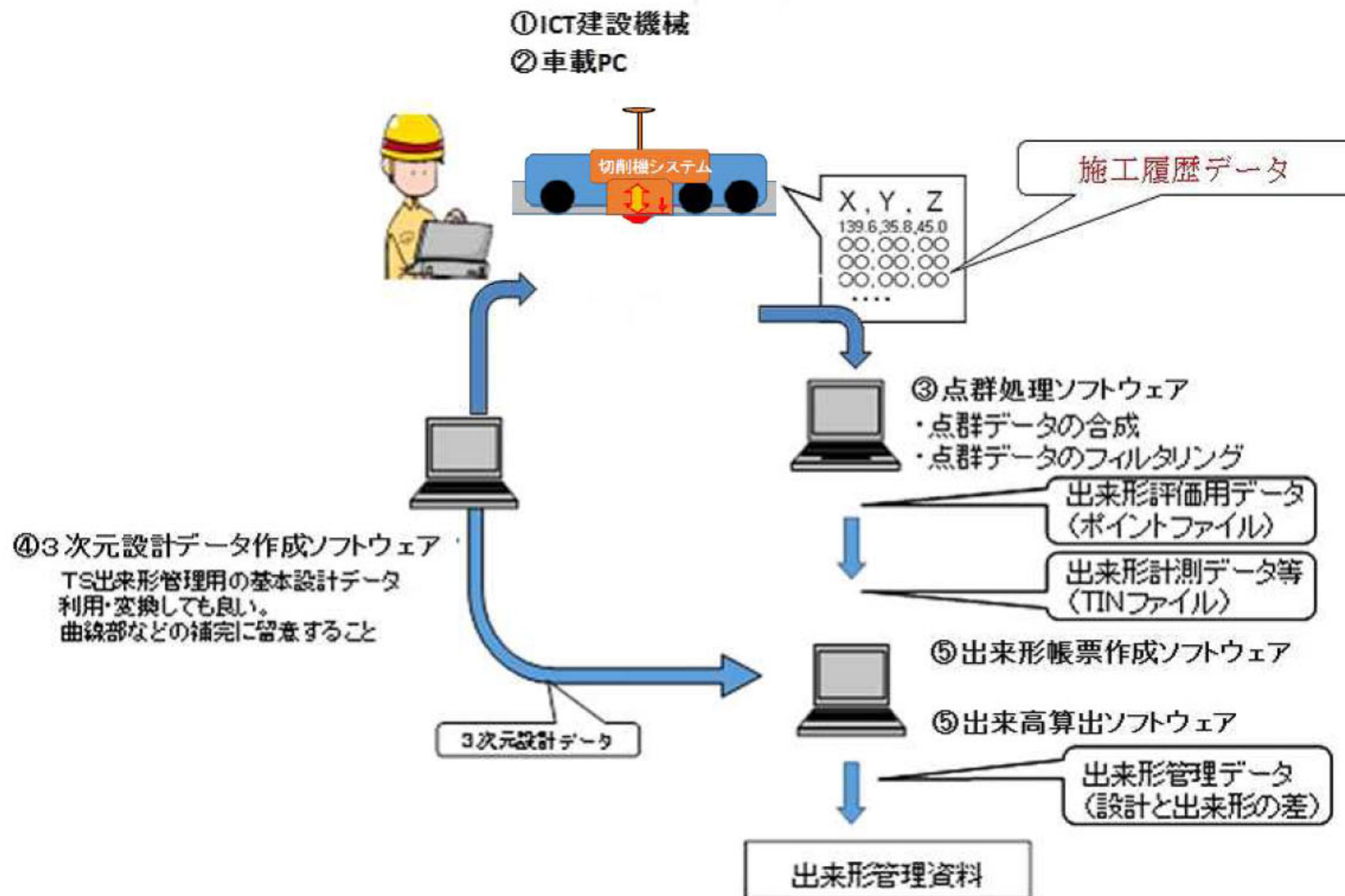
- ①3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(第4編 路面切削工編)
- ②地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工編)(案)
- ③TS(ノンプリズム方式)を用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工事編)(案)
- ④地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)
- ⑤施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領(路面切削工編)(案)
- ⑥地上写真測量を用いた出来形管理の監督・検査要領(路面切削工編)(案)
- ⑦TS等光波方式を用いた出来形管理の監督・検査要領(路面切削工編)(案)
- ⑧地上レーザースキャナーを用いた公共測量マニュアル(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. TS(ノンプリ)、地上移動体搭載型レーザースキャナー	P 3-5
3. TS等光波方式	P 3-6
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 4-4
3. 地上移動体搭載型レーザースキャナー	P 4-5
4. TS等光波方式	P 4-6
5. 施工履歴データ	P 4-7
6. 地上写真測量	P 4-8
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 5-3
3. 地上写真測量	P 5-4

1. 機器・ソフトウェア等の選定・調達 (データ作成の流れ)

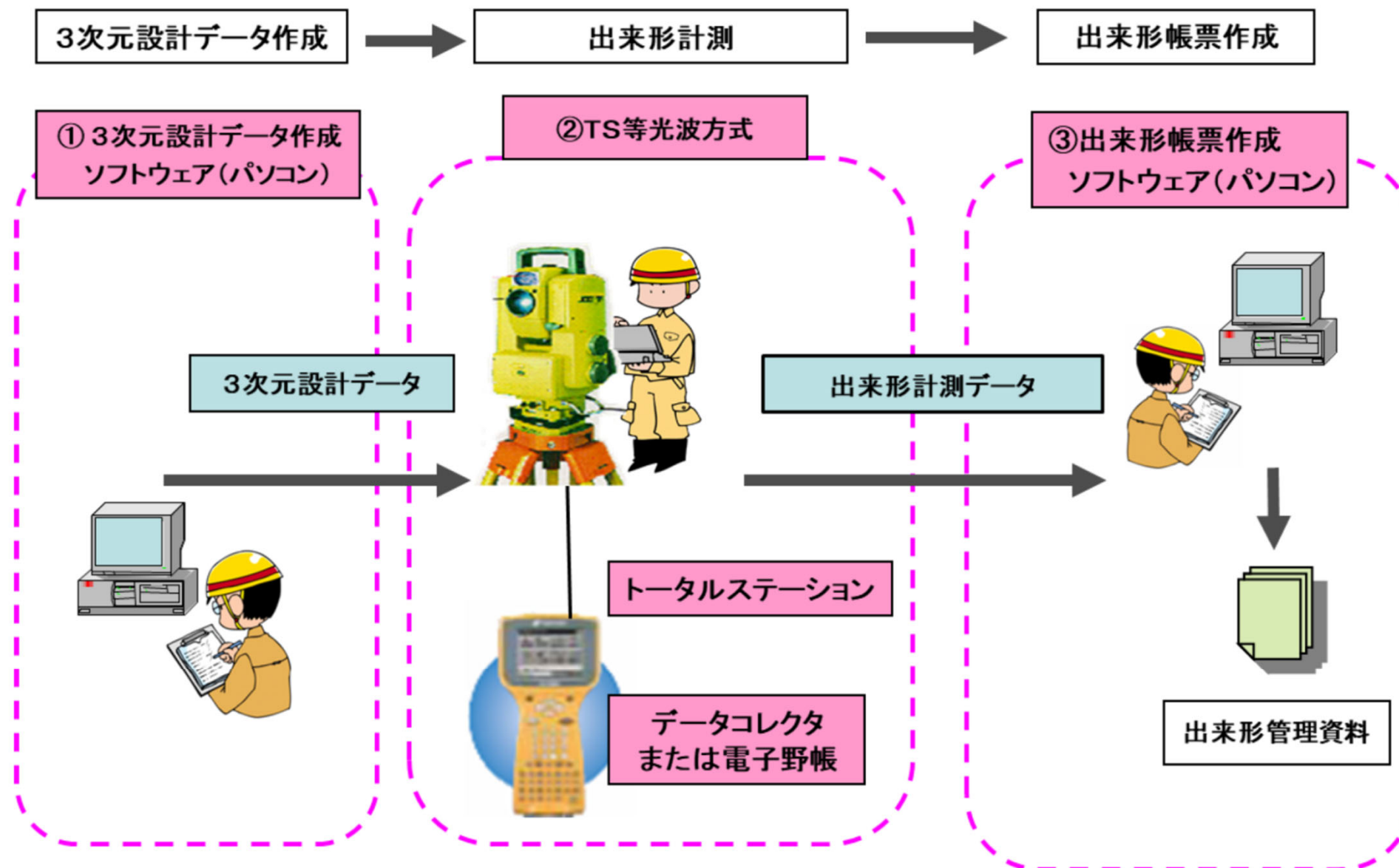
1-1. データ作成の流れ(施工履歴データ)

施工履歴データを用いた出来形管理



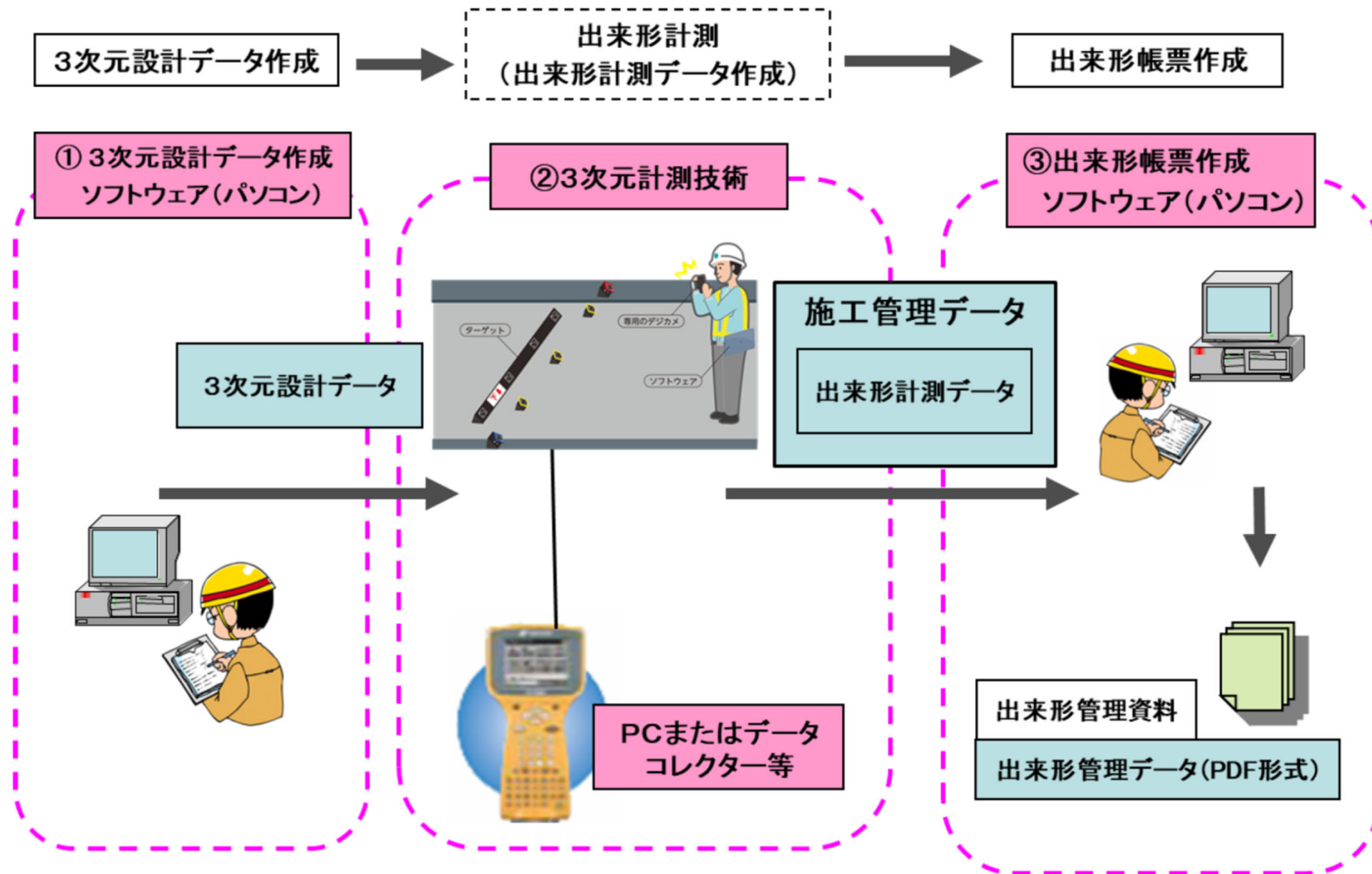
1-2. データ作成の流れ (TS等光波方式)

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

2-1. 施工計画書の作成 (地上型レーザースキャナー)

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

出来形管理用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します。

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

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。

精度確認試験結果報告書(例)

精度 太郎 印精度確認の対象機器	写真
メーカー : 株式会社ABC	
測定装置名称 : TLS420	
測定装置の製造番号 : R00891	

① レベルによる検査面の確認

② テープによる検査点の確認

計測方法: 検査面の中心
計測結果: 8.080m

② TLSによる確認

計測結果: 8.081m

③ 差の確認 (鉛直方向の
対象工種: 表層
計測距離: 30m)

計測距離 30m
の測定精度

③ 差の確認 (測定精度)

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

TLSによる既知点の点間距離 (L')				
	X	Y	Z	点間距離
1 点目	44044.70	-11987.621	17.870	17.071m
	0			
2 点目	44060.77	-11993.355	17.502	
	5			

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ます。

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

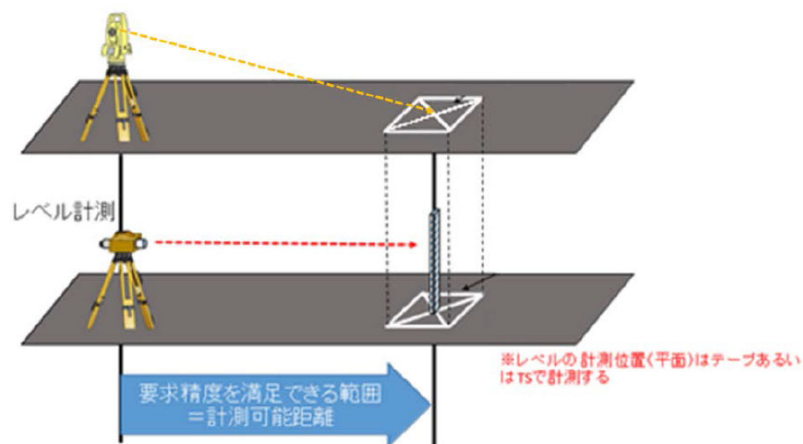
- ✓ 施工計画書に使用するソフトウェア (ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン) を記載する。カタログや仕様書の提出は不要である。

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します。

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に利用)

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	メーカー推奨の定期点検を実施

精度確認試験結果報告書(例)

取得したデータの信頼度を担保します

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。		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)													
②主要機器の精度 ②-1: 地上移動体本体 搭載するLS本体 名称: 2Dレーザースキャナー 機種: 8820 型番: 234091		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検証面および検証点の平面座標 TS (2級以上): (□ 検定済み)													
自己位置の計測装置① 名称: 3軸IMU 機種: ABC3 型番: 201154		測定記録 測定期日: 平成30年2月16日 測定条件: 天候 晴れ 気温 12℃ 測定場所: (一社) ○○ 構内試験ヤードにて 検証機器と既知点の距離: 約○○m													
②-2: 地上移動体本体以外の測位技術 機種: AA100 型番: _____ (汎用品のため記載無し)		精度確認方法 地上移動体搭載型LSと真値座標の較差													
①検査面の計測結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th>レベル計測結果</th> <th>点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H1 = 25.090</td> <td>H1 (100.000, 100.000)</td> </tr> <tr> <td>H2 = 25.092</td> <td>H2 (100.000, 100.000)</td> </tr> <tr> <td>H3 = 25.094</td> <td>H3 (100.000, 100.000)</td> </tr> <tr> <td>H4 = 25.092</td> <td>H4 (100.000, 100.000)</td> </tr> </tbody> </table>				レベル計測結果	点	H1 = 25.090	H1 (100.000, 100.000)	H2 = 25.092	H2 (100.000, 100.000)	H3 = 25.094	H3 (100.000, 100.000)	H4 = 25.092	H4 (100.000, 100.000)		
レベル計測結果	点														
H1 = 25.090	H1 (100.000, 100.000)														
H2 = 25.092	H2 (100.000, 100.000)														
H3 = 25.094	H3 (100.000, 100.000)														
H4 = 25.092	H4 (100.000, 100.000)														
②検証点の計測結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th>検査面の真値</th> <th>平面位置 (TS計測結果)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(100.000, 100.000)</td> <td>(100.002, 100.008)</td> </tr> </tbody> </table>				検査面の真値	平面位置 (TS計測結果)	(100.000, 100.000)	(100.002, 100.008)								
検査面の真値	平面位置 (TS計測結果)														
(100.000, 100.000)	(100.002, 100.008)														
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															
④差の確認 検査面の結果 移動体搭載型LSの結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th>移動体搭載型LSの結果</th> <th>判定基準</th> <th>合否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n=100 平均 = 2.4mm</td> <td>n=100以上 要求精度 4mm以下</td> <td>合格</td> </tr> <tr> <td>最大: 3mm 最小: -2mm σ: 2.43</td> <td></td> <td>合格</td> </tr> </tbody> </table>				移動体搭載型LSの結果	判定基準	合否	n=100 平均 = 2.4mm	n=100以上 要求精度 4mm以下	合格	最大: 3mm 最小: -2mm σ: 2.43		合格			
移動体搭載型LSの結果	判定基準	合否													
n=100 平均 = 2.4mm	n=100以上 要求精度 4mm以下	合格													
最大: 3mm 最小: -2mm σ: 2.43		合格													
検証点の結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th>検査面の真値</th> <th>平面位置</th> <th>判定基準</th> <th>合否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(100.000, 100.000)</td> <td>(100.002, 100.008)</td> <td>距離差10mm以下</td> <td>合格</td> </tr> <tr> <td>地上移動体搭載型LSの結果</td> <td>(100.002, 100.008) R² = 0.9999 R = 0.9999</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				検査面の真値	平面位置	判定基準	合否	(100.000, 100.000)	(100.002, 100.008)	距離差10mm以下	合格	地上移動体搭載型LSの結果	(100.002, 100.008) R² = 0.9999 R = 0.9999		
検査面の真値	平面位置	判定基準	合否												
(100.000, 100.000)	(100.002, 100.008)	距離差10mm以下	合格												
地上移動体搭載型LSの結果	(100.002, 100.008) R² = 0.9999 R = 0.9999														

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

■ TS本体

- ✓ 国土地理院認定3級以上の機種を利用する場合は計測精度確認は省略できます。
- ✓ ただし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
- ✓ 計測性能および精度管理の根拠となる書類が添付されます。

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3級以上の認定品であることを示すメーカーカタログあるいは機器仕様書。※2
- ・表層と基層の標高較差管理をする場合: 国土地理院1級以上の認定品であることを示すメーカーカタログあるいは機器仕様書。

■ 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

■ 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

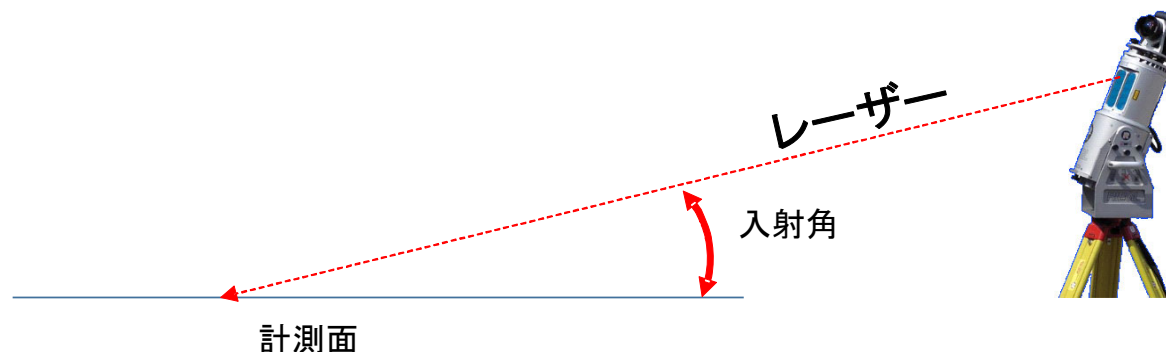
TS等(光波方式)

出来形測定項目に“厚さ”“標高較差”が含まれない場合	国土地理院認定3級以上 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”が含まれる場合	・表層と基層の管理を出来形管理用TSで行わない場合、国土地理院認定3級以上のTSで、かつ下記の性能を有するTSを使用する。 → 最小目盛値: 5"以上 ・表層と基層の管理まで出来形管理用TSで行う場合、国土地理院認定1級のTSで、かつ下記の機能を有するTSを使用する。 → 高度角自動補正装置

3. 3次元起工測量

LS設置時の留意点

- 出来形計測点を効率的に取得できる位置にTLSを設置します。
- TLSは、急傾斜地や軟弱地を避け、振動のない地盤上に設置します。



実証実験結果では・・・

200mで入射角が10度の場合、水平精度±20mm、高さでは±50mm程度の精度の低下が確認された場合（必ずしも精度が低下するわけではない）。

⇒入射角が小さくなる場合は、TLSの設置位置を高くする、LSの位置を変更するなどの配慮が必要です。

ワンポイント

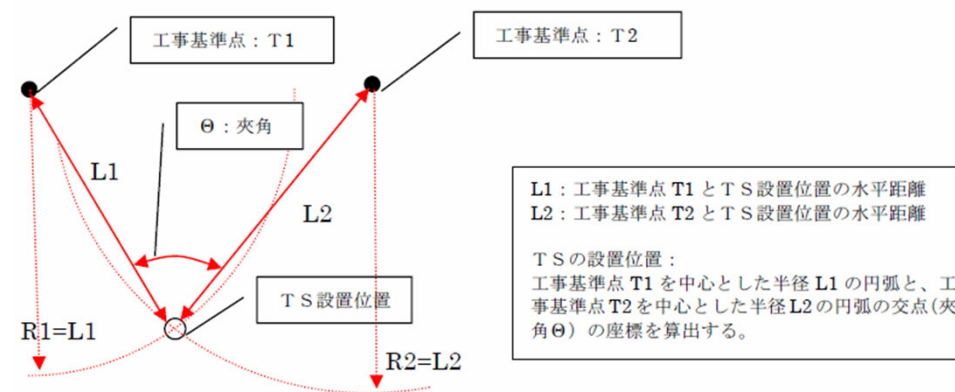
- ・計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定します。
- ・計測範囲に対してTLSの入射角が著しく低下する場合や、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定します。

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箇所以上配置します。
- TSから基準点および標定点までの距離に応じて、以下の関係とします。
 - ⇒3級TSの場合：100m以下
 - ⇒2級TSの場合：150m以下
- 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は、標定点を設置せず計測ができます。



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。標定点は工事基準点からTSを用いて計測を行います。

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します。
- 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します。

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します。
- **以下の条件では適正な計測が行えないので、十分に注意します。**

- 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

- 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、安全性に十分考慮します。

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います。

着工前の現場形状を把握するための起工測量を面的な地形計測が可能なTS(ノンプリズム方式)、地上移動体搭載型LS(MLS)を用いて実施。

面的なデータを使用した設計照査を実施する際は、当該工事の設計形状を示す3次元設計データについて、受注者と監督職員とが協議を行い、設計図書として位置付ける

面的な地形測量時の留意点

設計照査のために施工前の地盤の地形測量を実施する。

起工測量時の測定精度は、20mm以内とし、計測密度は0.25m²(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上。

ワンポイント

- ・標定点を設置する場合は、4級基準点及び3級水準点(山間部では4級水準点相当)と同等の測量方法により計測する。

面的な地形測量の計測データ作成時の留意点

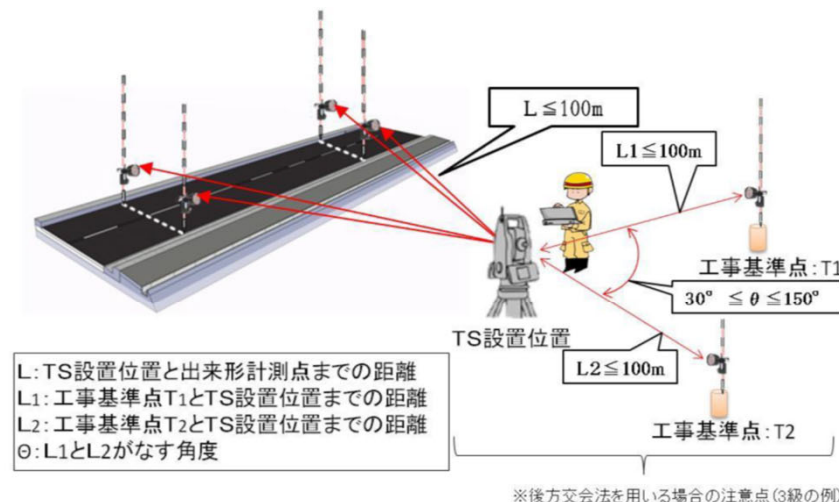
現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成する。

ワンポイント

- ・計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成する。
- ・自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。
- ・管理断面間隔より狭い範囲において、点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるようにTINで補間してもよい。

TS等光波方式設置時の留意点

- 出来形計測点を効率的に取得できる位置にTS等光波方式を設置する。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置する。
- 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。
- 器械高及びプリズム高の入力ミスなどの単純な誤りをおかすことが多いので、注意する。
- プリズムは、傾きがないように正しく設置する。特に長尺のポールを用いる場合は、丸形気泡管等を用いてポールの鉛直を保って計測を行う。
- TS等光波方式と工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意する。



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

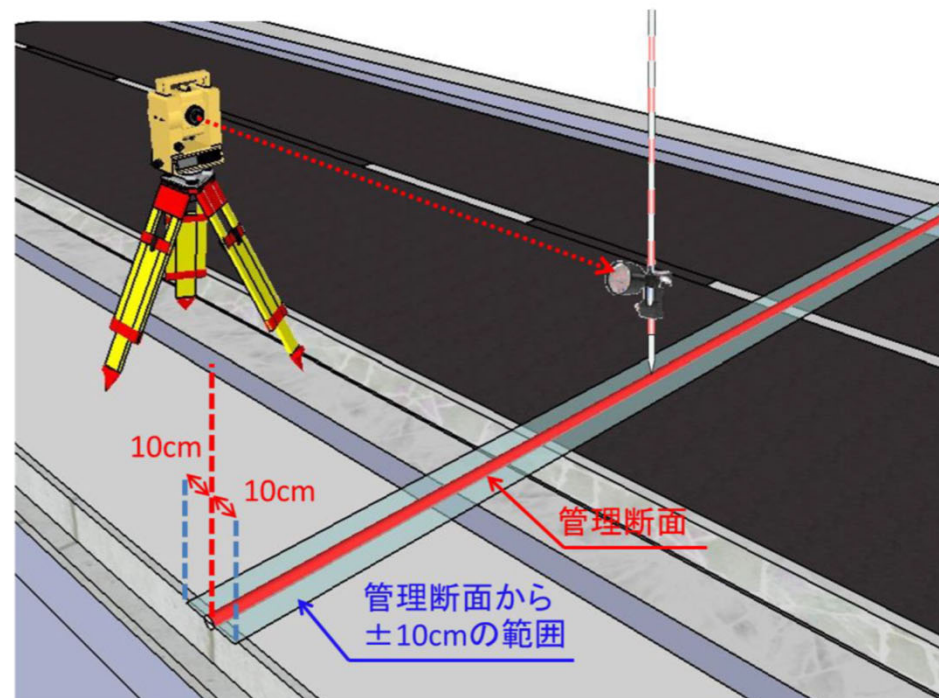
後方交会法によりTSを設置する最の留意点

ワンポイント

- ・TS等光波方式の設置時は、工事基準点上及び後方交会法にてTS等光波方式を設置する。
- ・工事基準点の距離は、100m以内(1級2級TSは150m以内)とし、後方交会法では2点の工事基準点の挟角は $30^\circ \sim 150^\circ$ 以内とする。

計測時の留意点

- 出来形計測を行う箇所が、3次元設計設計データに管理断面として入力したラインから、道路延長方向に ± 10 cm以内の範囲内になるよう、計測を行う。
- 舗装修繕工事において、厚さを測定する場合、3次元設計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。



理断面として入力したラインから道路延長方向に ± 10 cmの範囲

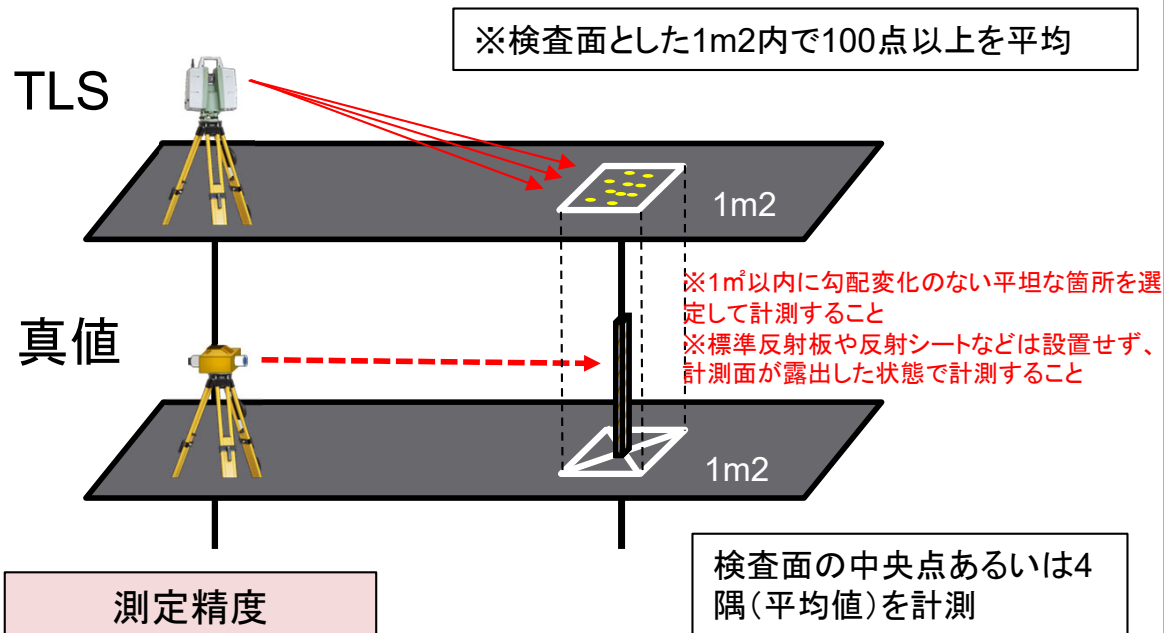
ワンポイント

・出来形計測時のTSと計測点までの視準距離の制限値を 100m とする。

4. 精度確認試験の実施・結果の 提出の実務内容

4-1. 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】
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カ所以上の既知点を計測
- 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する。
【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する。

比較方法	TLS精度確認基準		備考	地上移動体搭載型LS
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。	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		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。	±10mm以内($L = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)}$)^(1/2)
	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			

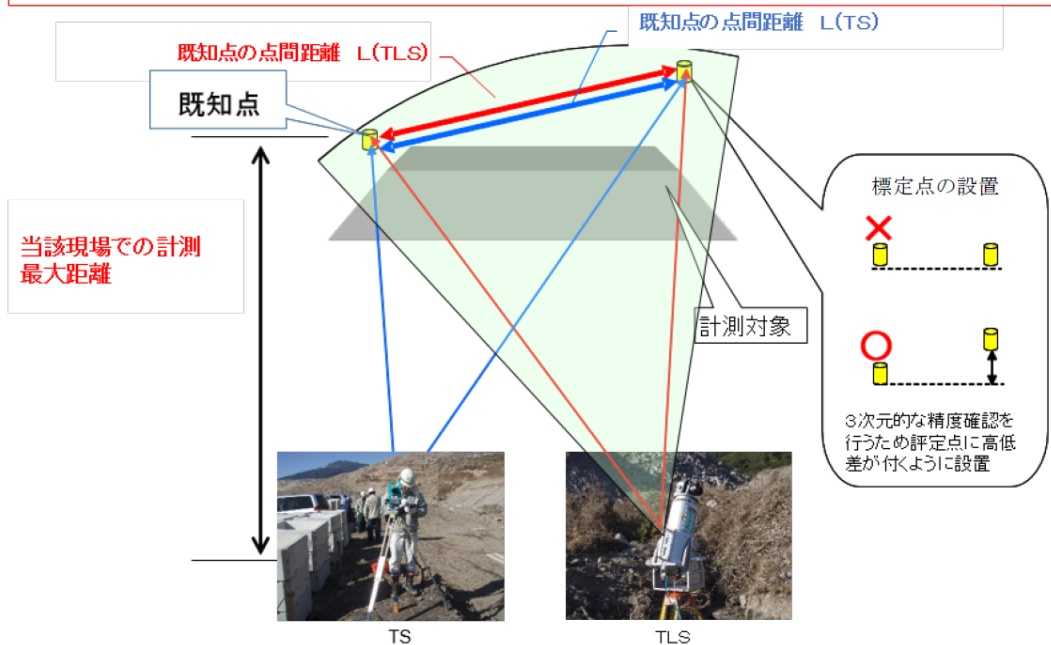
精度確認試験の留意点

TLSによる出来形管理を行う場合

◆鉛直方向については、点群密度が100点以上得られ、かつ最大距離付近1箇所に1m²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TLS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。

◆平面方向については、計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上の範囲に既知点を2箇所(10m以上離れた箇所)以上に配置し、既知点の距離とTLSによる計測結果から求められる点間距離を比較する。

既知点の点間距離の較差 既知点の点間距離 $L(TS) - \text{既知点の点間距離 } L(TLS) = \pm 20\text{mm}$ 以内



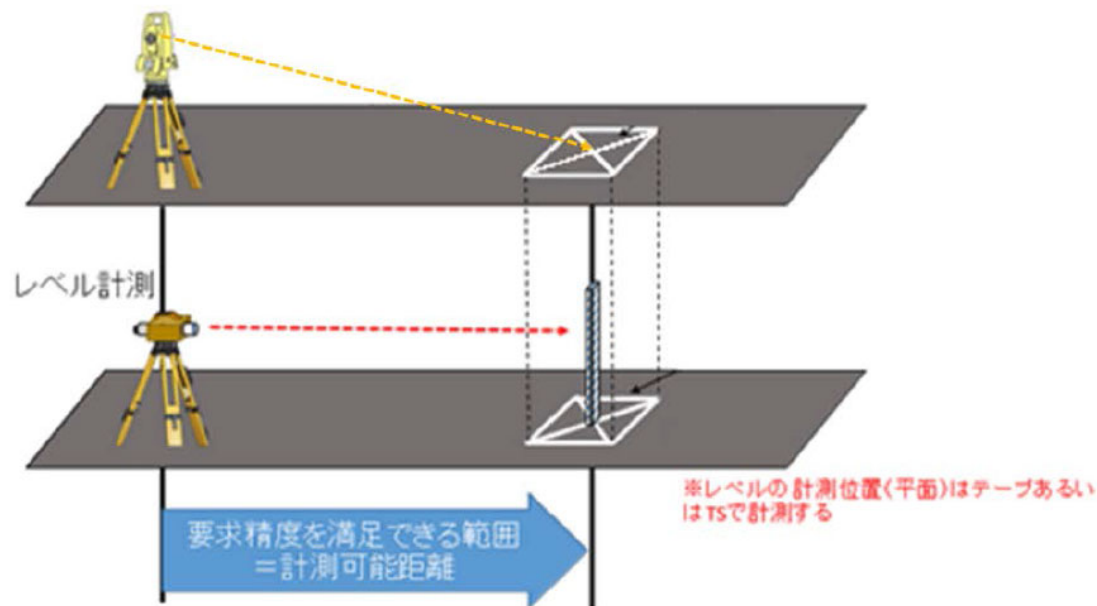
精度確認試験の配置イメージ図

ワンポイント

- ◆高さ方向の計測性能は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、点群密度が100点以上得られ、かつTLSで計測を行う。最大距離付近1箇所に1m²以下の検査面を設置する。
- ・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。
- ・測定精度の確認は、検査面の高さでTLSを用いて計測した結果から得られる高さを比較し精度以内であることを確認する。
- ・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4隅をTSまたはレベルで計測し、4隅の高さの平均値や内挿補完等により高さを求める方法(高さはレベルにて計測)で実施する。
- ・検査面は、勾配変化の少ない平坦な箇所を選定し設置すること。

4-2. 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

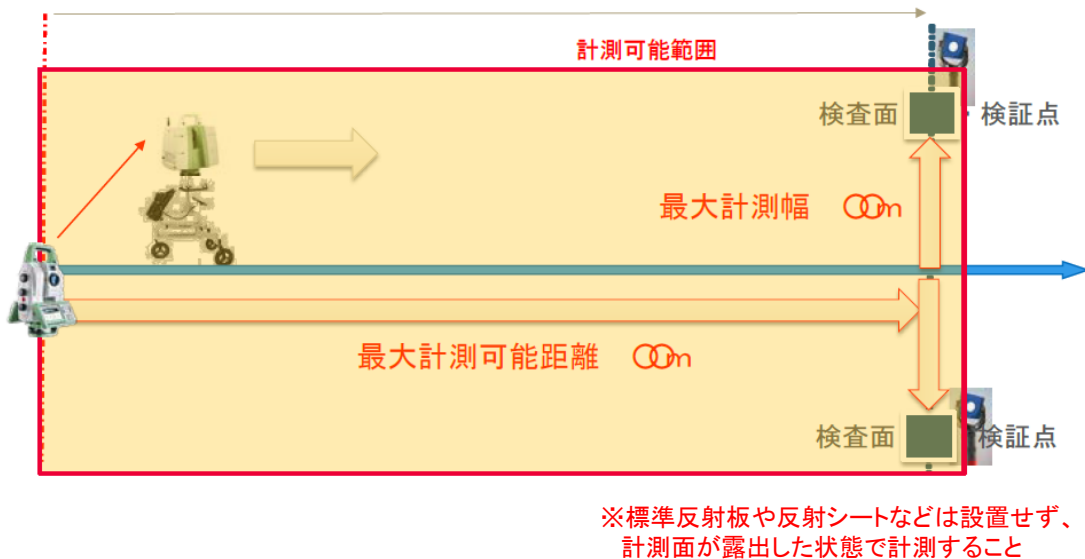
TS (ノンプリ) の精度確認試験実施手順書 (案) 【抜粋】

- 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
- 検査面の検測
【鉛直方向】
検査面中心をレベル計測で計測し4隅の高さの平均値により高さを求める方法で実施。
【平面方向】
検査点(基準点)をTSあるいはテープで計測

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。

4-3. 精度確認試験（地上移動体搭載型レーザースキャナー）

事前の精度確認ルールを規定



地上移動搭載型LSの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】

3次元点群の精度が最も不利となる位置付近に1㎡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

【平面方向】

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する。

【平面方向】

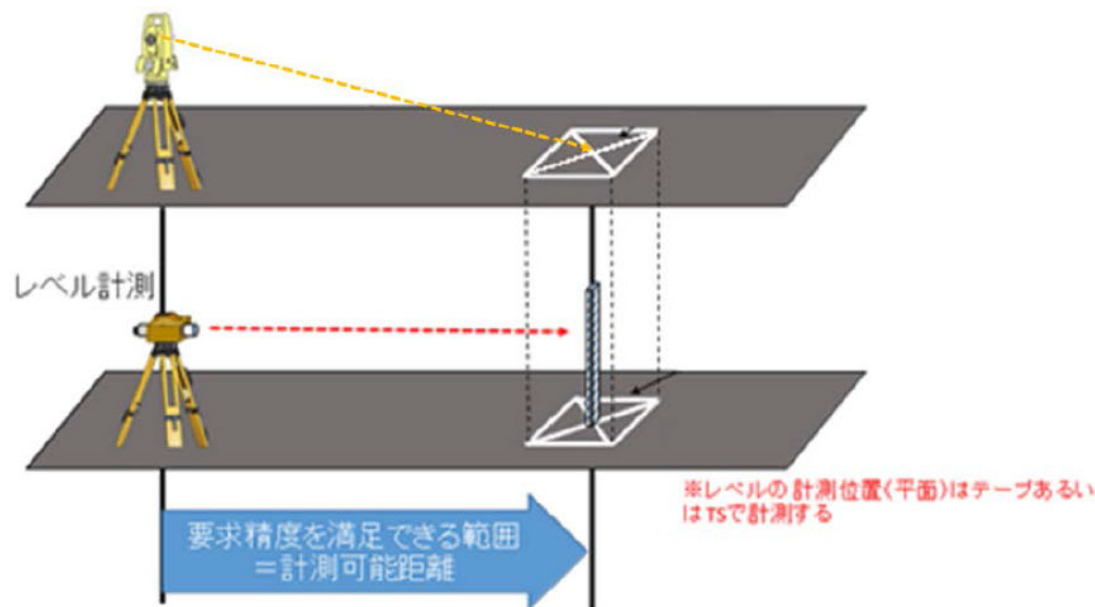
試験計測点の平面位置は、設置した検査点をTSで計測し平面位置を求める方法で実施する。

測定精度

比較方法	TLS精度確認基準		備考	地上移動体搭載型LS
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。	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		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。	±10mm以内($L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$)^(1/2)
	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			

4-4. 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。

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. 精度確認試験（施工履歴データ）

精度確認試験の留意点

①実施時期

- ▶ 施工日毎に施工前および施工後に1回の刃先高さあるいは深さの精度を確認および記録を実施

②実施方法

- 施工前のキャリブレーション
施工日毎に施工前および施工後に1回の刃先高さあるいは深さの精度を確認および記録を実施
平面位置についても、基準点あるいは既知点との比較により確認
- 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、刃先高さあるいは深さと、精度確認位置切削後の高さあるいは深さをTS・レベル・水系等で計測し、実測値の差を算出し、3次元設計データ通りに施工が行われている事を確認

③評価基準

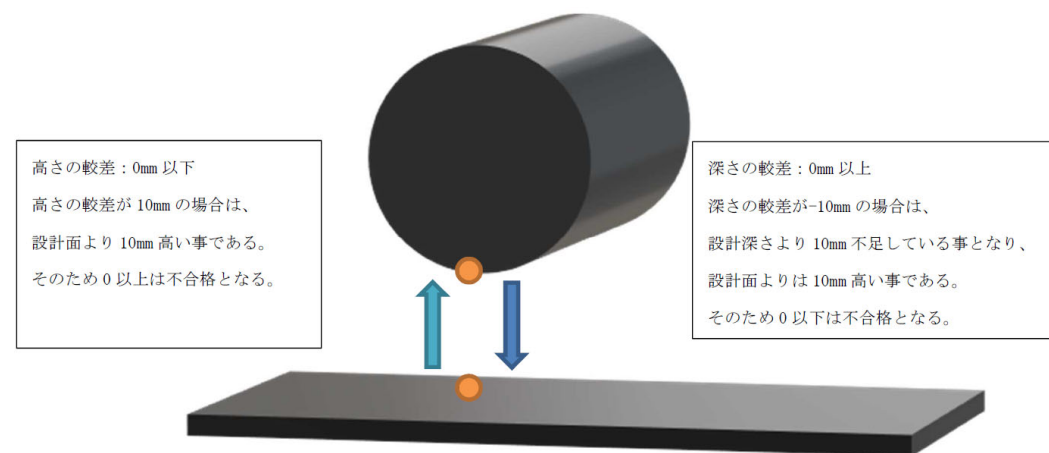
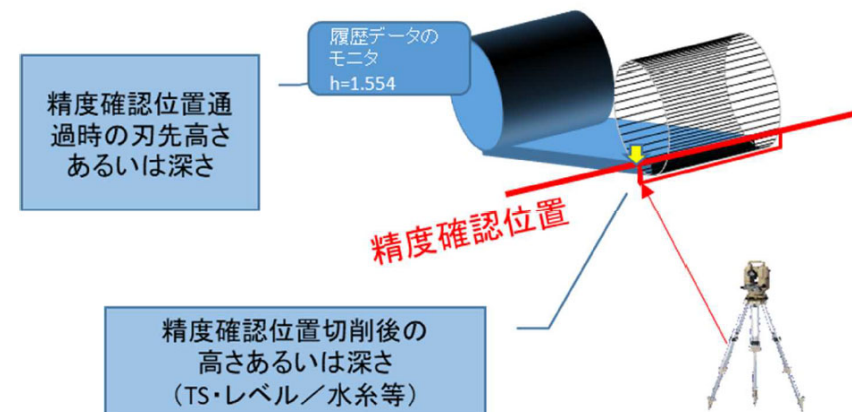
- ▶ 計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認

④実施結果の記録

- ▶ 「②a.施工前のキャリブレーション」および「②b.施工後の精度確認」の実施結果を記録・提出

＜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	TS・RTK-GNSSの位置精度	作業日毎による作業装置位置の取得精度（水平）：X・Yそれぞれ±50mm以内	施工日毎に1回実施
施工後の精度確認	精度確認位置通過時のTS・レベル／水系との高さあるいは深さ	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）	施工日毎に1回実施



精度確認試験のイメージ図

4-6. 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に選定し、計測用ターゲットを所定の位置に配置
- ▶ 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

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	

精度確認試験結果報告書(例)

(様式-2)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇年〇月〇日
機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：〇〇〇〇
〇〇 〇〇 印

(1) 試験概要

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：—

写真

検証機器(検測点を計測する機器)
①鉛直方向の測定精度の精
計測方法：水準測量

②平面方向の測定精度の精
計測方法：TS or コンベックス

測定記録
測定期日：令和〇年〇月〇日
測定条件：天候 晴れ
測定場所：検証フィールドにて

精度確認方法
鉛直) 検査ターゲット設置位置
平面) 検査ターゲット設置間

計測結果：H1 98mm

(2) 鉛直方向の精度確認試験結果

① 水準測量による検査位置の確認

計測結果：H1 98mm

② ステレオ写真測量による

測点	工種	設計高さ	設計スロークス	測定日時	観測者	記録者	測定機	H1	H2	H3	幅員		
No.1	0mの状況	100	0	3500	測定者	21/08/05	8	15	OK	98	80	93	3501
No.2	0mの状況	100	0	3500									
No.3	0mの状況	100	0	3500									
No.4	0mの状況	100	0	3500									
No.5	0mの状況	100	0	3500									

計測結果：H1 98mm

③ 差の確認(鉛直方向の測定精度)

計測結果：H1 98mm

③ 差の確認(水平方向の測定精度)

ステレオ写真測量結果による幅員 — コンベックスによる実測幅員
3.501m — 3.500m = 0.001m (1mm) ; 合格(基準値10mm以内)

5. 出来形計測

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。

「管理要領（案）」の「第4編 路面切削工編 参考資料3 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（様式4-2）」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。

水平成分：x,y の各成分とも±50mm以下、履歴取得位置との較差：0mm以下（標高較差の管理）あるいは0mm以上（深さ管理）

② 計測精度

システム上で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。

5-2. 出来形計測 (TS等光波方式)

出来形計測箇所

- ・計測する横断面は、3次元 設計データとして作成した断面とし、各断面の全ての計測対象点について3次元座標を取得する。
- ・幅は、3次元計測技術による計測点群データを取得した場合、適宜利用してもよい。
- ・路面切削工の“測定対象”のうち、“厚さ”については、“基準高”に名称を変更する。
- ・測定基準は、「基準高は40mごとに切削後の標高と、設計標高との差で算出する。」とし、“管理基準”及び“測定箇所”は現行の記載どおりとする。

工種	出来形管理項目（－：管理項目なし、○：TS等光波方式で管理可能、×：TS等光波方式で管理不可）				
	延長	基準高	深さ	幅(※1)	暑さ(※2)
路面切削工	－	○(※3)	－	○	－(※3)
舗装打換え工(路盤工)	○	－	－	○	× (当該工種に準ずる)
舗装打換え工(舗設工)	○	－	－	○	× (当該工種に準ずる)
オーバーレイ工 切削オーバーレイ工	○	－	－	○	○
路上再生工	○	－	－	○	× (掘起しによる)
アスファルト舗装補修工 コンクリート舗装補修工	－	○ (下層路盤のみ)	－	○	× (コア・掘起しによる)

※1：幅員は、TSで計測した舗装左右端点の座標から計算される2点間の水平距離とする。

※2：「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」に、厚さの計測方法が、“コアによる”又は“掘起しによる”と指定されている工種については、TSの適用範囲外とする。

※3：厚さの代わりに基準高を管理する。

出来形計測における留意点

- ・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
- ・写真撮影方法
地上写真測量を実施する際に、被写体となる標定点においては管理断面上に配置する。
写真撮影においては、被写体となる標定点が映り込むように、複数枚撮影する。
- ・3次元座標データの計測
計測対象測点の位置を計測し納品する。
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次元座標を納品する。
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。