

ICT活用モデル工事(土工)実施の手引き

地上型レーザースキャナ(TLS) を用いた出来形管理編

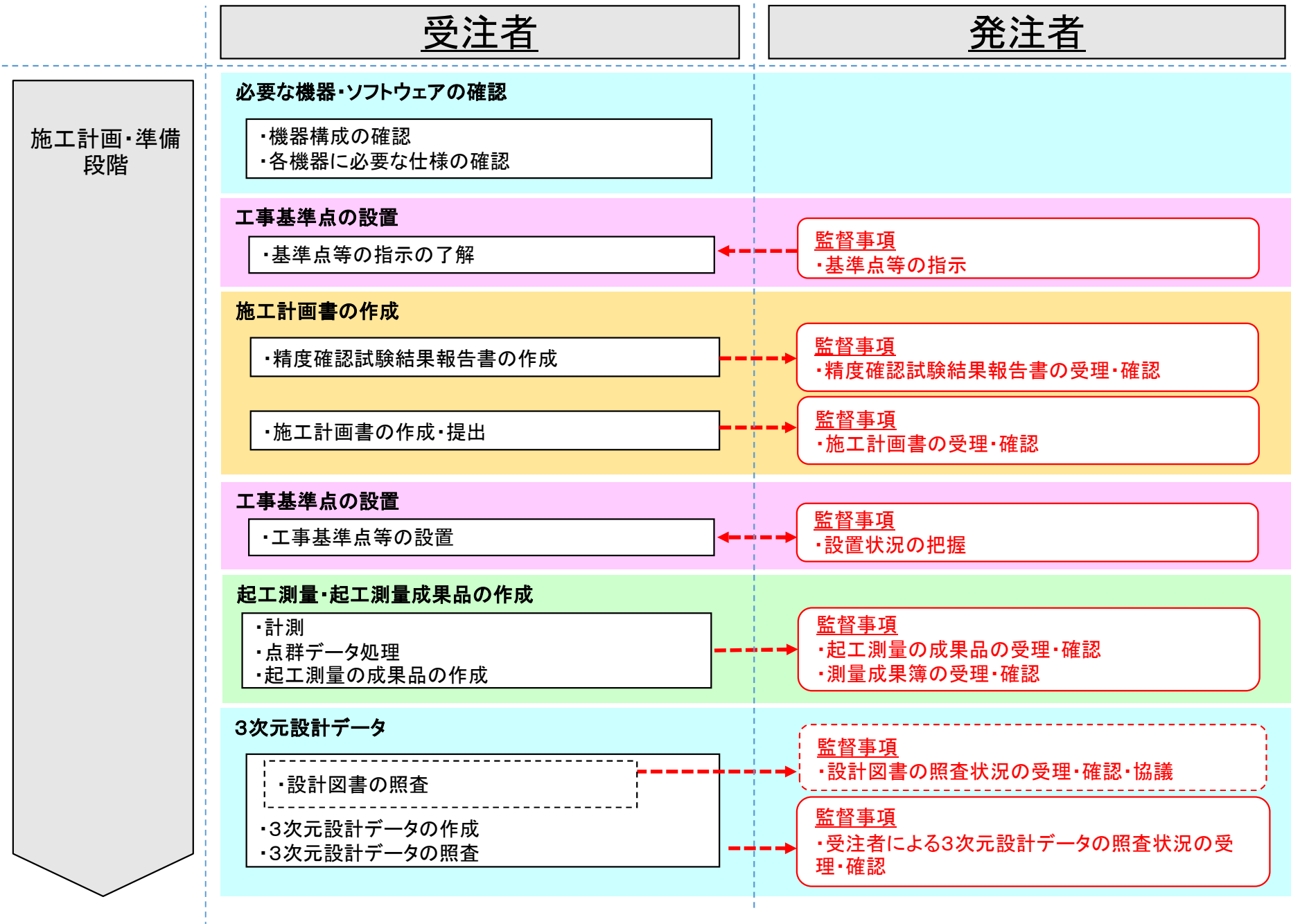
令和 7年 5月

秋田県 建設部 技術管理課

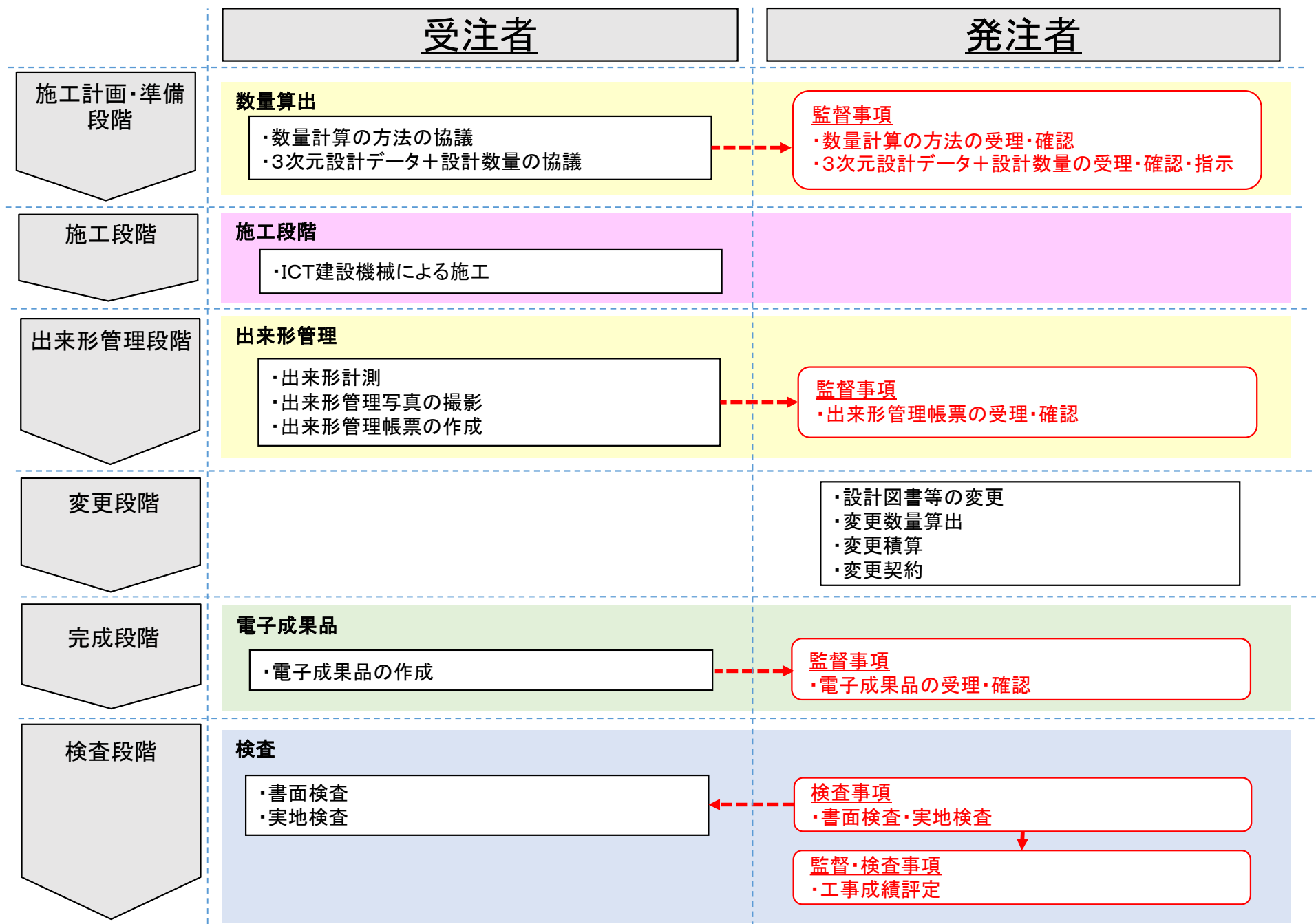
目次

ICT活用工事(土工)の流れ(1/2)～(2/2)	p.2
本手引きの適用範囲	p.4
1. 必要な機器・ソフトウェアの確認	p.5
1-1. 機器構成	p.6
1-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認	p.7
1-2-1. TLS本体	p.8
1-2-2. 点群処理ソフトウェア	p.9
1-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア	p.13
1-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア	p.14
1-2-5. 出来高(数量)算出ソフトウェア	p.16
2. 施工計画書の作成・提出	p.17
3. 工事基準点の設置	p.22
4. 起工測量	p.23
4-1. TLS設置時、計測時の留意点	p.24
4-2. 標定点の設置・計測	p.25
4-3. 計測点群データの処理	p.26
4-4. 精度確認試験の実施	p.27
5. 3次元設計データ	p.30
5-1. 3次元設計データの作成	p.31
5-2. 3次元設計データの照査	p.33
6. 数量算出	p.36
7. 施工段階	p.37
8. 出来形管理	p.39
8-1. 出来形計測	p.40
8-1-1. 出来形計測箇所	p.41
8-2. 出来形管理写真の撮影	p.42
8-3. 出来形管理資料の作成	p.43
9. 電子成果品	p.45
9-1. 電子成果品の作成	p.46
10. 検査	p.48
10-1. 実地検査	p.49

ICT活用工事(土工)の流れ(1/2)



ICT活用工事(土工)の流れ(2/2)



本手引きの適用範囲

本手引きは、受注者が行うTLSを用いた出来形計測及び出来形管理に適用する。

【適用工種】

本手引きにおける適用工種を土木工事施工管理基準における分類で示すと、下表のとおりである。

編	章	節	工種
共通編	土工	道路土工	掘削工
			路体盛土工 路床盛土工
			法面整形工
		河川・海岸・砂防土工	掘削工(河床等掘削含む)
			盛土工
			法面整形工

【対象となる作業範囲】

本手引きで示す作業の範囲は、図1-2の実線部分(施工計画、準備工の一部、出来形計測、出来高算出、完成検査準備及び完成検査)である。しかし、TLSを用いた出来形の把握、出来高の確認は施工全体の工程管理や全体マネジメントに有効であり、図1-2の破線部分(工事測量・丁張り設置、施工)においても、作業の効率化が期待できる。作業の効率化は情報化施工の目的に合致するものであり、本手引きはTLSを日々の出来形把握、出来高把握等の自主管理等に活用することを何ら妨げない。

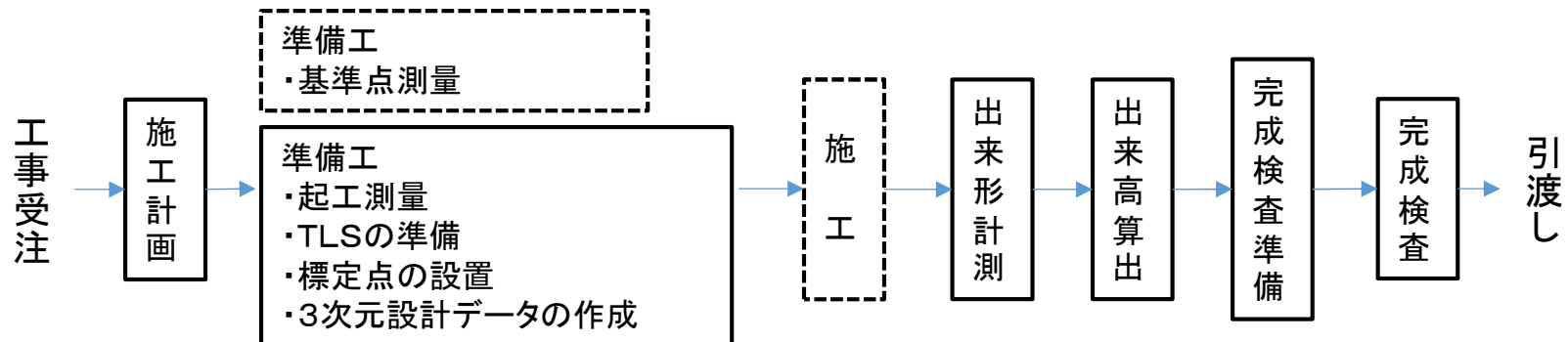


図1-2

1. 必要な機器・ソフトウェアの確認

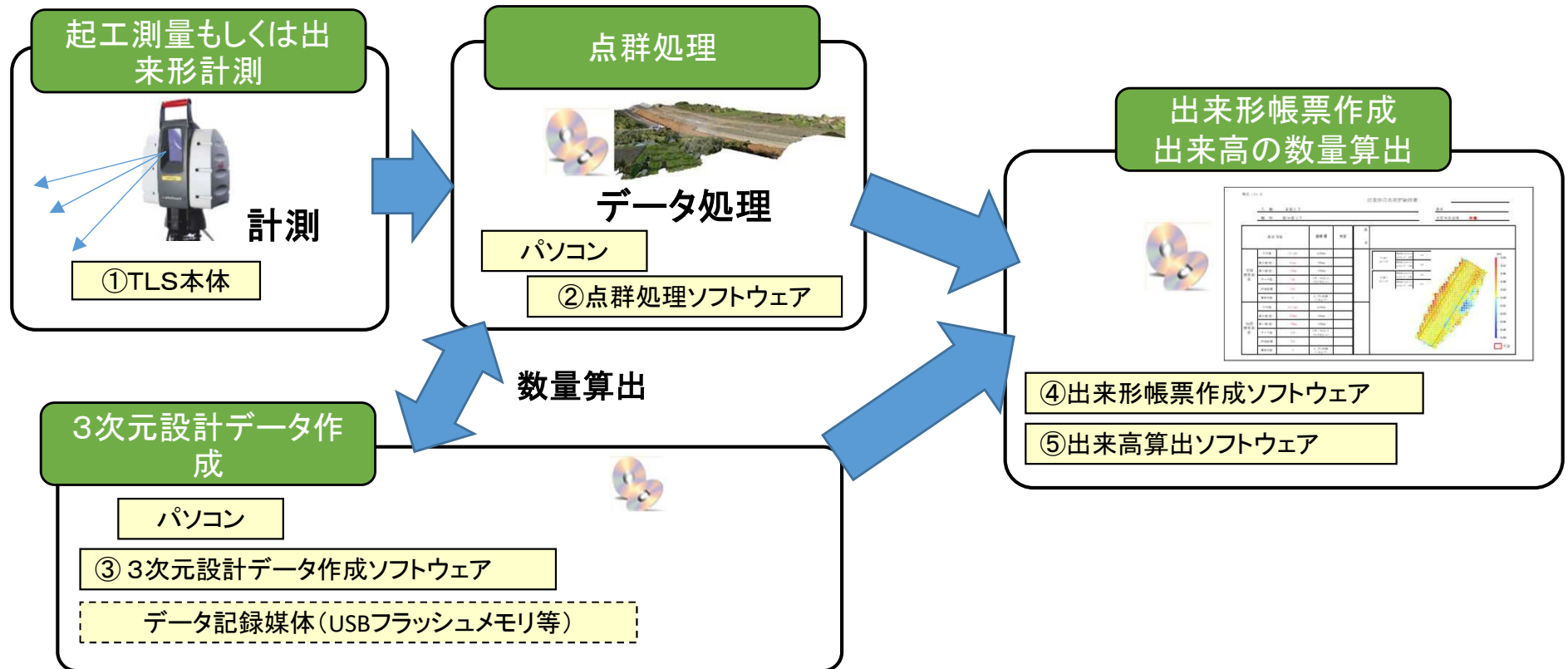
- ▶ TLSによる計測・管理に必要な機器・ソフトウェアの確認における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
機器構成の確認	・以下の機器が必要となることを確認する。 ①TLS本体 ②点群処理ソフトウェア ③3次元設計データ作成ソフトウェア ④出来形帳票作成ソフトウェア ⑤出来高(数量)算出ソフトウェア	
↓	・上記の機器・ソフトウェアに必要な仕様を確認し、選定・調達を行う。 →詳細は以降のページを参照する	・機器本体の要求精度や精度管理の把握 ・各ソフトウェアの必要性能把握
機器・ソフトウェアの仕様確認		

- ▶ 要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性の確保が必要。
- ▶ 機器・ソフトウェアは測量機器販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカ等より、購入またはリース・レンタルにより調達が可能。
- ▶ 各メーカによって機器・ソフトウェアの操作性・機能・コストが異なることから、事前に各メーカのカatalog、HPなどから情報収集し、またはデモ等のサービスを利用し、操作性や機能を事前確認が必要。

1-1. 機器構成

▶ TLSによる出来形管理の標準的な構成



👉 ポイント

- ▶ TLS本体は現場の面的な出来形座標を取得する装置で、TLSは本体から計測対象の相対的な位置を取得する技術である。
- ▶ ソフトウェアを動作するパソコンは、性能によってはデータ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、**ソフトウェアの推奨動作環境(CPU、GPU、メモリなど)に留意する。**
- ▶ 要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性を確保すること。

1-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認

- ▶ 使用する機器・ソフトウェアには各々必要とされる使用があるため、それを満たしているかを確認する。
- ▶ 3次元計測や3次元設計データの作成を外注する際にも、必要な仕様を満たしているものかどうか確認すること。

次ページ以降の解説の流れ

1-2-1. TLS本体

……要求精度、メーカー推奨の定期点検記録等

1-2-2. 点群処理ソフトウェア

……不要点削除、密度変更等

1-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア

……要素読込(入力)機能、設計面データの作成機能等

1-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア

……出来形の良否の評価結果、設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能

1-2-5. 出来高(数量)算出ソフトウェア

……平均断面法、点高法等

1-2-1. TLS本体

- ▶ 前頁で記載したとおり、TLS本体を利用して計測する場合、**下表に示す測定精度と同等以上の性能**を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。
- ▶ TLS本体が測定精度を満たしているか確認するためには、「**精度確認試験**」を実施し、「**精度確認試験結果報告書**」を提出する。
- ▶ 精度確認試験の方法については、「**4.起工測量**」を参照する
- ▶ 適正な精度管理については、**メーカー推奨の定期点検記録等**を提出する。

ポイント

測定精度	点間距離 の測定精度	計測項目	要求精度
		起工計測・岩線計測	±100mm以内
		出来高計測	±200mm以内
		出来形計測	±20mm以内
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)		
精度管理	メーカー推奨の定期点検記録等		

JSIMA115 に基づく試験成績表を
監督職員に提出する場合。

座標測定精度

70mm以内

140mm以内

14mm以内

※座標間較差による確認の場合出来形計測の要求精度は±50mm

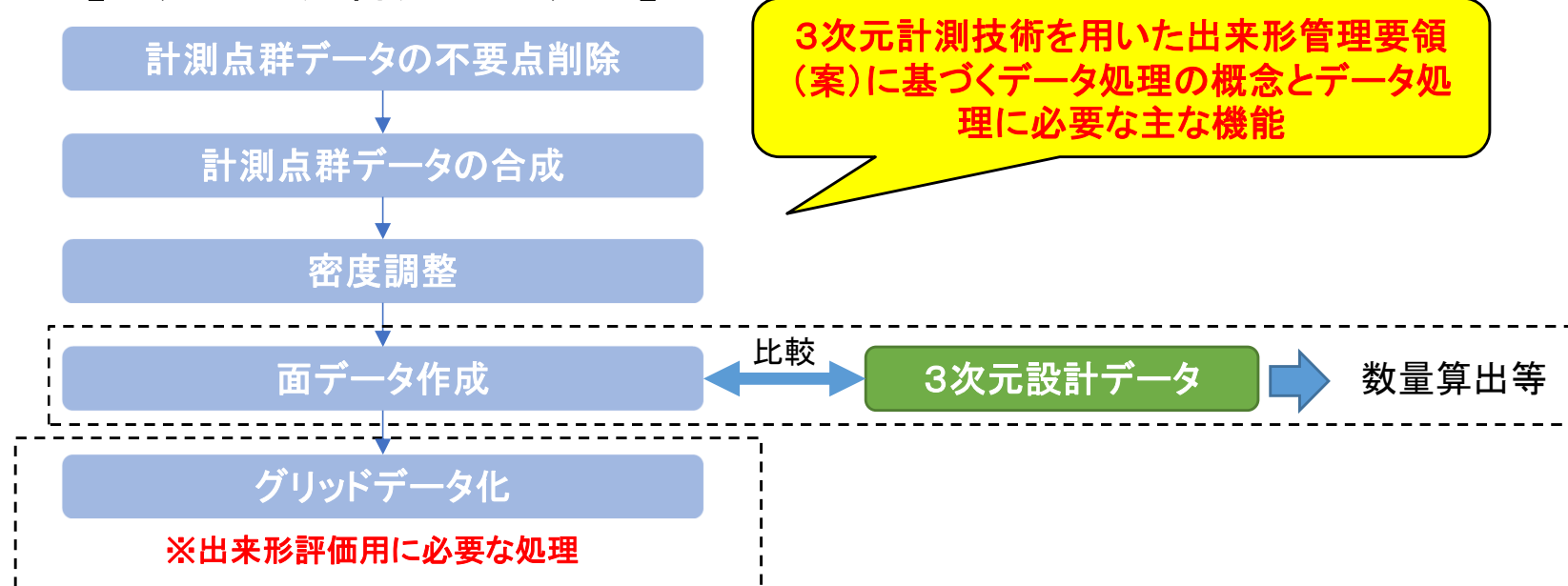
ポイント

- ▶ 精度確認試験で設定した**最大計測距離を超えて計測してはならない**。
- ▶ 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の違いが生じる。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り得る計測条件を可能な限り排除する**計測計画が必要となる。
- ▶ 精度確認試験は、一般的には面計測実施時(起工測量や出来形計測等)と一緒に実施することが多い。
- ▶ 精度確認試験結果報告書は、計測の実施前の12ヶ月以内に実施した確認結果を提出してもよい。

1-2-2. 点群処理ソフトウェア

- ▶ 点群処理ソフトウェアは、計測点群データから樹木や草木、仮設構造物などの出来形とは関係ない不要点を除外する機能や、3次元の出来形評価用データ及び出来形計測データを出力する機能を有していなければならない。

【一般的な点群処理の流れ】



※次ページ以降に各々の解説を記載

👉 ポイント

- ▶ 点群処理は、数量算出や出来形評価に最低限必要なデータのみとするため、必要となる作業である。
- ▶ 使用する点群処理ソフトウェアについては**施工計画書に記載する**。

1-2-2. 点群処理ソフトウェア

計測点群データの不要点削除

- ▶ TLS計測では、管理対象物以外の点群データも取得されるため、出来形管理に不要な点を除去する。

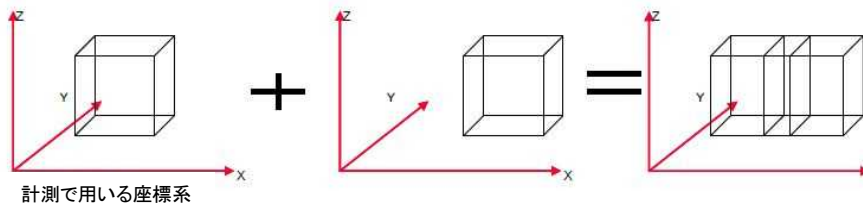


計測対象範囲外を画面上で選択して削除

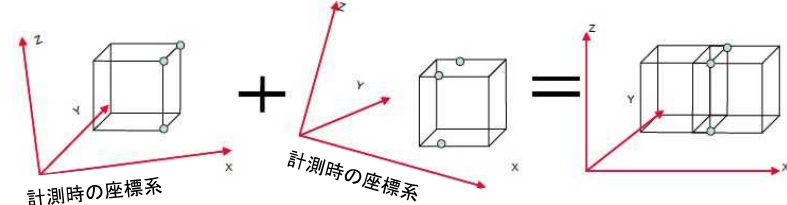
計測点群データの合成

- ▶ TLSによる計測では、現場での計測結果が複数ある場合にひとつの計測点群データとして取りまとめる。複数スキャンのまとめ方については大きく2つの方法がある。

各スキャンで個別の3次元座標に変換した結果をひとつの点群に合成する。



複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行ったのちに3次元座標に変換する。



ポイント

- ▶ 除去方法はソフトウェアに組み込まれている機能や、手動での範囲選択等がある。
- ▶ 除去段階において、出来形管理に影響する点を故意に排除したり作成してはいけない。
- ▶ 不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで削除しないように配慮する必要がある。
- ▶ 複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行う場合、特徴点の抽出時のずれや計測誤差により、合成時のゆがみなどが生じる場合などもあることから実施時には注意が必要。

1-2-2. 点群処理ソフトウェア

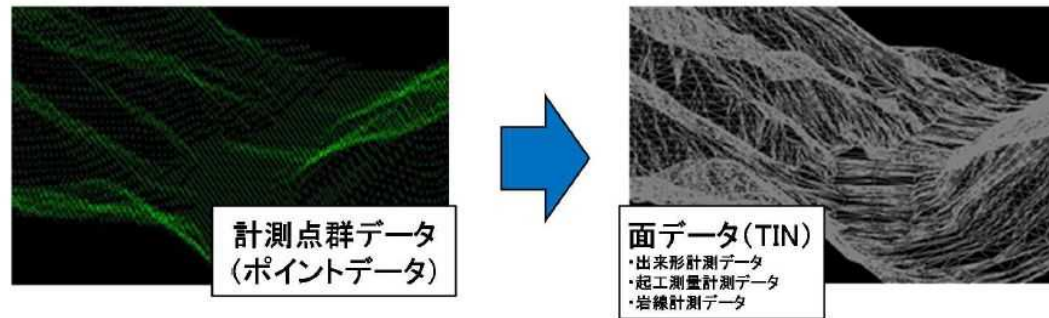
密度調整

- すべての計測点群データを利用してもよいが、全てのデータを用いることでコンピュータの処理を著しく低下させてしまう場合は、類似の座標データから代表点を抽出して点群密度を各段階に必要な密度まで減らす。

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定(メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m ² (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.01m ² (0.1m x 0.1m)

面データ作成

- 計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にTIN(不等三角網)を配置し、地形の面データを作成する。



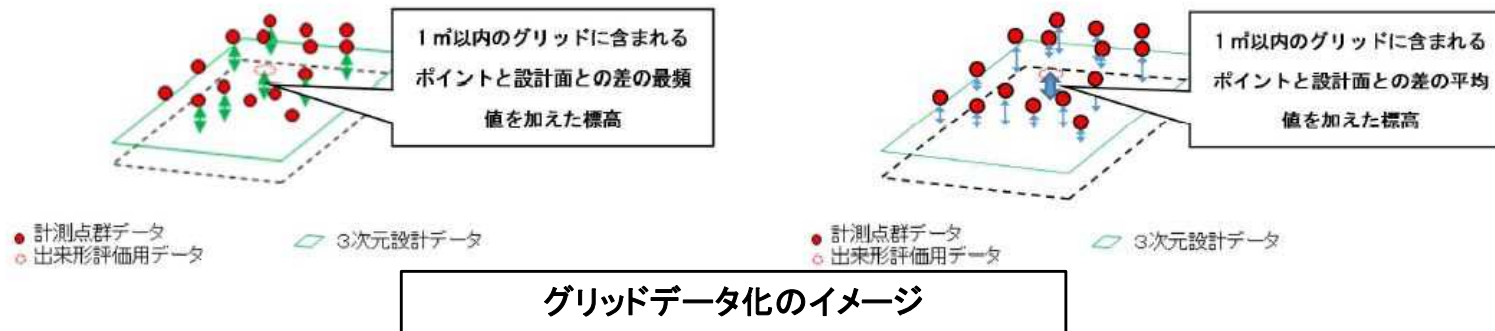
ポイント

- 求められている計測密度以下にならないように注意する。
- i-Constructionに対応しているソフトウェアであれば、設定したい密度を選択すると、それに応じた密度まで処理を行うことができる機能を有しているものが多い。
- 密度の変更方法は、用途によって様々な手法が開発されているが、座標値を変更するような処理をとってはならない。
- 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。

1-2-2. 点群処理ソフトウェア

グリッドデータ化(出来形評価用データ)

- ▶ 出来形評価用データとしては、計測対象面について**1m²(1m×1mの平面正方形)**以内のグリッドを設定し、グリッドの中央あるいは格子点に評価点(x,y)を設置する。
- ▶ 評価点の標高値は、評価点を中心とする1m²以内の実計測点と設計面との差の最頻値または差の平均値を設計値に加算した値を用いる。あるいは、評価点を中心とする1m²以内の実計測点の平均値を用いることもできる。



点群データの密度を均一にする方法(例)

ポイント

- ▶ 上記以外にも、最近隣法・平均法・TIN法・逆距離加重法から算出される標高値を採用することも可能。
- ▶ 評価点の標高値は1m²以内の実計測点の平均値あるいは設計面との最頻値を用いるため、設計面から最も近い差の値など、意図的に抽出した標高値を用いてはならない。

1-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア

- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す3次元設計データを作成・出力することができ、以下の機能を有することとする。
 - 1) 3次元設計データ等の要素読込(入力)機能
座標系の選択、平面線形、縦断線形、横断形状、現況地形データの読込み(入力)機能。
 - 2) 3次元設計データ等の確認機能
上記1)で読み込んだ(入力した)中心線形データ(平面線形データ、縦断線形データ)、横断形状データと出力する3次元設計データを重畳し、同一性を確認するために入力値比較や3次元表示が確認できる機能。
 - 3) 設計面データの作成機能
上記1)で読み込んだ(入力した)3次元設計データの幾何要素から設計の面データを作成する機能。
 - 4) 3次元設計データの作成機能
上記3)で読み込んだ設計面データと起工測量データに基づく、3次元設計データを作成する機能。
 - 5) 座標系の変換機能
3次元設計データを、上記1)で選択した座標系に変換する機能。
 - 6) 3次元設計データの出力機能
上記4)～5)で作成・変換した3次元設計データをLandXML形式や使用するソフトウェア等のオリジナルデータで出力する機能。

ポイント

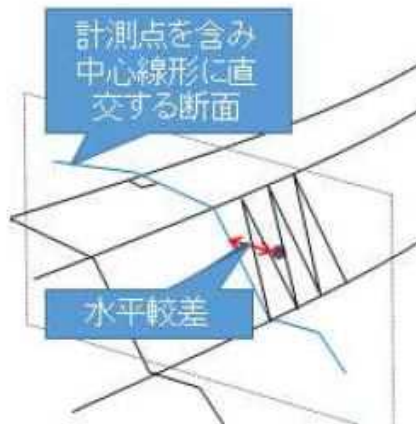
- ▶ 使用する3次元設計データ作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する。**

1-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア

- ▶ 取得した出来形評価用データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、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、及び設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能を有していなければならない。

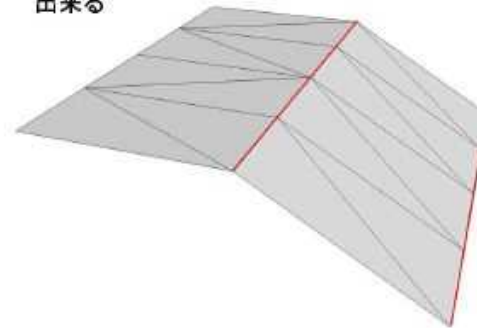
1) 出来形管理基準上の管理項目の計算結果の出力

- ① 3次元設計データから管理を行うべき範囲(平場、天端、法面(小段含む)の部位別)を抽出する。
- ② 各部位の3次元設計データと出来形評価用データの各ポイントとの離れ(標高較差あるいは水平較差)を計算し、平均値、最大値、最小値、データ数、評価面積及び棄却点数を出力する。標高較差は、各ポイントの標高値と、平面座標と同じ設計面上の設計標高値との差分として算出し、水平較差は、当該ポイントを含み、かつ「法面や構造物の位置をコントロールする線形」に直交する平面で設計面の横断を見たとき、当該ポイントと同一標高値の横断上の点との距離として算出する。(下図参照)
- ③ 出来形管理図表の様式を満足する項目を表形式で印刷、または3次元モデルの属性情報として表示する。



水平較差の算出ロジックのイメージ

法肩等を構成するTINの一面も「法面や構造物の位置をコントロールする線形」と見なすことができる



位置をコントロールする線形

1-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア

2) 出来形分布図(出来形管理図表)

- 分布図が具備すべき情報としては、記載内容の通りとする

作成帳票例(出来形管理図表)



ポイント

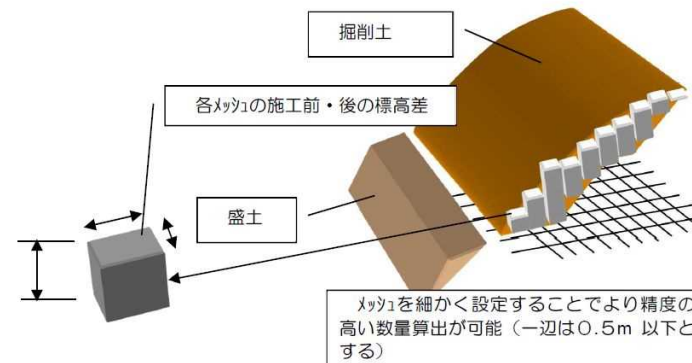
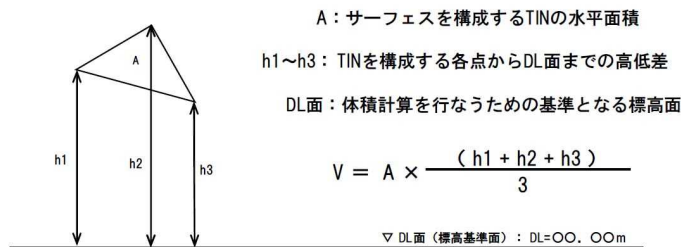
- 出来形分布図は(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- 発注者の求めに応じて規格値の50%、80%に収まっている個数について図中の任意の箇所に明示することが望ましい。

1-2-5. 出来高(数量)算出ソフトウェア

- ▶ 出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがTLS等で計測されており、契約条件として認められている場合は、TLSによる出来形計測結果を用いて出来形数量の算出を行うことができる。
- ▶ 密度処理を行った点群から面を作成し、3次元設計データ(TINデータ)との差から数量算出を行う。
- ▶ 数量の算出方法は、平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方法がある。
- ▶ 数量算出方法については監督職員と協議を行う。

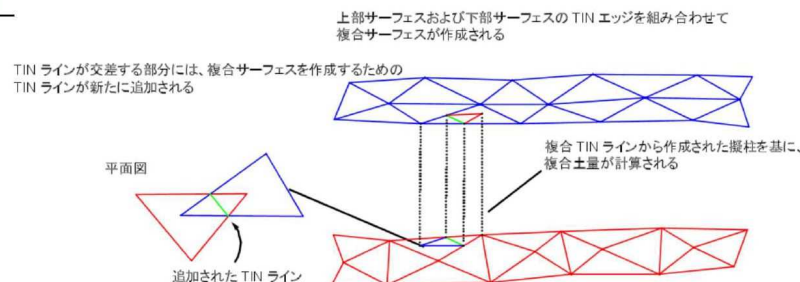
- ▶ 平均断面法
- ▶ 点高法
- ▶ TIN分割法を用いた求積
- ▶ プリズモイダル法

TIN分割法を用いた求積

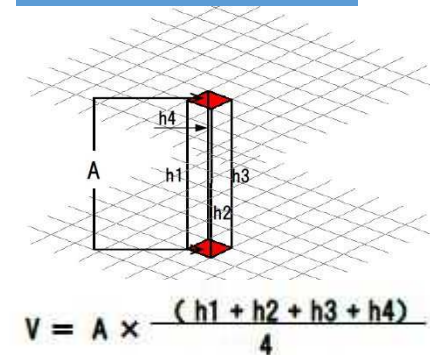


点高法による数量算出の条件と適用イメージ

プリズモイダル法



点高法



ポイント

- ▶ 施工範囲と数量が確認できる画面を出力する。
- ▶ 平均断面法で算出する場合、国土地理院の「三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)」の適用を推奨する

2. 施工計画書の作成・提出

▶ TLSによる計測・管理に必要な機器・ソフトウェアの確認における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
精度確認試験結果報告書の作成	・精度確認試験結果報告書の作成 ※事前に提出できる場合	・精度確認試験結果報告書の確認・受理
↓		
施工計画書の作成・提出	・使用するICT建機の仕様を記載 ・適用工種、適用区域の記載 ・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を記載 ・使用機器・ソフトウェアの機器構成、名称を記載 ・TLS本体の計測精度が確認できる資料の添付（精度確認試験結果報告書等） ・TLS本体が適正な精度管理が行われている資料の添付（メーカー推奨の定期点検記録） ・ソフトウェア名称やバージョンを記載する	・施工計画書の確認・受理

- ▶ 基本的には従来通りの施工計画書の形式に、ICT機械や機器の使用に伴う手順や確認書類の追加が必要となるイメージで、分けて考える必要はない。
- ▶ 計測機器本体の「精度確認試験結果報告書」、「メーカー推奨の定期点検記録」の添付、及び、使用するソフトウェアの名称やバージョンの記載が必要である。
- ▶ 適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準・規格値・出来形管理写真基準等は、ICT用（面管理）と従来用で分かるように記載し、その箇所や値が間違っていないか確認する。
- ▶ 施工計画書の提出段階において、必要な書類が揃わない場合もあるため、受注者はその旨を施工計画書に記載するか、もしくは監督職員と協議し、必要書類が揃った段階ですみやかに提出を行う。

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

指定機械

使用するICT建機を記載

4. 指定機械

機械名	規格	台数	使用工種	備考
MCバックホウ	1.4m3	1	掘削工	

5. 主要船舶・機械

機械名	規格	台数	使用工種	備考
ダンプトラック	10t	○	残土処理工	排出ガス対策型
バックホウ	0.7m3 ICT対応	1	掘削工・法面整形工	カ
バックホウ	0.7m3	1	〇〇工	カ
バックホウ	0.7m3	1	〇〇工	カ

主要船舶・機械

施工方法

ICT施工の流れが分かるように記載することが望ましい

7. 施工方法

(1) 全体作業フロー

本工事においては、掘削工および法面整形工について ICT 施工をおこなう。
なお、施工範囲については「8. 施工管理計画」において詳細を示す。



ICT建機の仕様

使用するICT建機の仕様が分かるような記載。

1) 使用機器

油圧ショベル (0.7m3)

2) 測位方法

RTK-GNSS方式を採用する。

3) 装着機器詳細

機能名	仕様	機能名	仕様	台数	備考
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	1式	計測用機材

4) システムから提供される情報・補助

機能名	仕様	機能名	仕様
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式
GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式	GNSS受信機	GNSS受信機×1 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1式
GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式	GNSS送信機	GNSS送信機×1 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1式

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

ICT建機の精度確認について

5) ICTバックホウ搬入に際し、キャリブレーションをおこなう
6) ICTバックホウの日常点検
日々の点検を下記チェックシートに記載された項目について作業開始前に実施する。

作業点検のチェック項目（対象機器：ミニバックホウ）

作業項目	確認箇所	作業項目	確認箇所	作業項目	確認箇所	作業項目	確認箇所
1) ICT建機	・基準面	・バックホウの位置 ・バックホウの角度 ・バックホウの速度 ・バックホウの加速度 ・バックホウの減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度	バックホウの位置	バックホウの角度	バックホウの速度	バックホウの加速度	バックホウの減速度
2) ICT建機	・上杭掘削位置	・バックホウの位置 ・バックホウの角度 ・バックホウの速度 ・バックホウの加速度 ・バックホウの減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度	バックホウの位置	バックホウの角度	バックホウの速度	バックホウの加速度	バックホウの減速度
3) ICT建機	・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部	・バックホウの位置 ・バックホウの角度 ・バックホウの速度 ・バックホウの加速度 ・バックホウの減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度	バックホウの位置	バックホウの角度	バックホウの速度	バックホウの加速度	バックホウの減速度
4) ICT建機	・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部	・バックホウの位置 ・バックホウの角度 ・バックホウの速度 ・バックホウの加速度 ・バックホウの減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度	バックホウの位置	バックホウの角度	バックホウの速度	バックホウの加速度	バックホウの減速度
5) ICT建機	・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部 ・バックホウ部	・バックホウの位置 ・バックホウの角度 ・バックホウの速度 ・バックホウの加速度 ・バックホウの減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度 ・バックホウの回転速度 ・バックホウの回転加速度 ・バックホウの回転減速度	バックホウの位置	バックホウの角度	バックホウの速度	バックホウの加速度	バックホウの減速度

ICT建機の精度によって仕上がり面の出来形精度に影響が出てくるため、納入時や使用前に精度確認を実施する必要がある。

その手法と確認シート様式を添付し、提出する旨を記載しておくことが望ましい。

施工管理計画

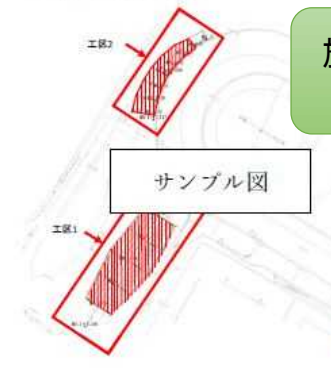
8. 施工管理計画

- (1) 工程管理
...
- (2) 品質管理
...
- (3) 出来形管理
...
- (4) ICT施工に係わる出来形管理

3次元出来形管理
を行う工種の記載

編	章	節	工種	適用の有無
共通工	土工	道路土工	掘削工	○
			法面整形工	○

- ② 施工範囲
施工範囲は下記赤色部分。



施工範囲や出来形管理箇所を明示する

面管理の場合の出来形管理基準を記載する

③ 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値 (mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平面	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	
	法面の段差	水平または標高較差	±70	±160		

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

使用機器・ソフトウェア

精度確認試験結果報告書、メーカー推奨の定期点検記録の添付

⑥ 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、「地上型レーザースキャナ (TLS)」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 GT1005	国土地理院 2 級 A	
レーザースキャナ	TOPCON GLS-2000		
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	国土地理院 2 級 A	
点群処理 ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT		
出来形振票作成 ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT		
※振票作成は Excel 使用	Microsoft Excel		

【TLS】

項目	本業務（計画・計画あるいは確認方法）	要領上の要求事項
測定精度	要領参考資料・3に示される「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。	計測範囲内で±20mm ※当該現場での使用から6か月以内に実施したものであること。
精度管理 (LS本体)	巻末に別途添付する。	LS本体の保守点検記録。製造元が推奨する有効期限内

機器構成や名称等が分かるように記載

要求される精度について、どのように確認するか、また、証明する資料を添付するか記載

・レーザースキャナー (TOPCON GLS-2000)	
機体直径	228(D) x 293(W) x 412(H) mm (ハンドル、基盤含む)
機械高	226mm (基盤取付け面からミラー回転中心まで)
機体重量	10.0kg (基盤、バッテリーを含む)
レーザークラス	Class 3R (標準モード)
測定距離	40m~350m
スキャンスピード	最大 120,000 点/秒
点間隔	最小 3.1mm (10m 時)
距離精度	3.5mm (σ)



(機式 - 2)	
精度確認試験結果報告書	
計測実施日：平成31年2月18日 測者の所有：計測点にある1種測量器具等(特) レーザー測量機等	
精度確認の対象機器 メーカー：西人社社 測定装置名称：TS400 測定装置の製造番号：R0001	写真 
検定機械 (標定又は計測する測定機械) ターゲット：JIS 1種 1軸 (ダクニ組織標準型) ■ 0.0mm 基準点 □ 0 □ TS：3秒TS5以上 □ SS 検定 □ SS 検定	写真 
測定記録 測定者氏：田嶋 正幸 測定条件：天候 晴利 気温 20℃ 測定環境：(特) レーザ測量機 場所：東洋第一ビル内	写真 
精度確認方法 ■ 既知点の基準間距離	
図 機器の動作状況と精度確認結果の事例 (精度確認試験報告書様式添付)	



写真による位置関係図



写真による位置関係図



写真による位置関係図

DLSによる2点間の点間距離 (mm)			
	Y	Z	点間距離
100	-1.0975, 621	17.339	17.07m
170	-1.0990, 305	17.302	

精度確認試験結果報告書 (特) 一 二 三 四 五 六 七 八 九 十 十一 十二 十三 十四 十五 十六 十七 十八 十九 二十

メーカー推奨の定期点検記録

2. 施工計画書の作成・提出

施工計画書への記載事項例

TLS計測方法

⑦ 地上型レーザースキャナ（TLS）による計測
レーザースキャナの計測は、工区1と工区2共に4機（計8機）を計測を行う。設置箇所については、「レーザースキャナを用いた出来形管理要領（案）（案0）」に準じ、計測対象物に対してできるだけ正対した位置に設置するものとする。なお現地での作業日数は1日程度とする。



⑧ TLSの位置決め

レーザースキャナの機械設置は、「レーザースキャナを用いた出来形管理要領（土工編）（案）」に準じ、工事基準点上にプリズムを設置し、後方交会法によるレーザースキャナの設置を行う。本業務では4点の基準点上にプリズムを設置し、その内の2点を使い後方交会法による機械設置を行う。

標定点を設置する場合の記載例
標定点は、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TLS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	TLSを用いた計測	3級基準点および4級水準点相当
設置点数	4点	4点以上



⑨ TLS計測の実施

LSを用いた計測では、下表に必要な計測点が取得できるように、計測密度を設定し、計測する。

	本業務（実施計画）	要領の記載内容
起工測量	〇〇あたり1点以上	0.25m2あたり1点以上
出来形測量	〇〇あたり1点以上	0.01m2あたり1点以上

現場内におけるTLS設置位置や、標定点の位置、計測密度等を記載する

データ処理の手順や使用するソフトウェア、数量算出の計算方法等を記載する。

⑩ データ処理

出来形管理や出来算出に供するデータ処理は以下の手順の通り実施し、出来形評価のための計算方法や数量算出方法は、要領に従った以下の方法で実施する。

1) データ処理手順

出来形管理に必要な処理	出来算出に必要な処理	資料ソフトウェア
1. TLSによる計測（計測点群データの取得）		Image Master UAS
↓		
2. 不要点除去		TRENDPOINT
↓		
3. 点群密度の変更（データの間引き）	8. 数量算出	TRENDPOINT
↓		
4. 点群密度の変更（グリッドデータ化）		TRENDPOINT
↓		
5. 3次元設計データと出来形評価用データの各ポイント離れの計算		TRENDPOINT
↓		
6. 出来形分布図の作成		TRENDPOINT
↓		
7. 出来形帳票および3次元ビューの作成		TRENDPOINT Microsoft Excel

2) データ処理および計算方法

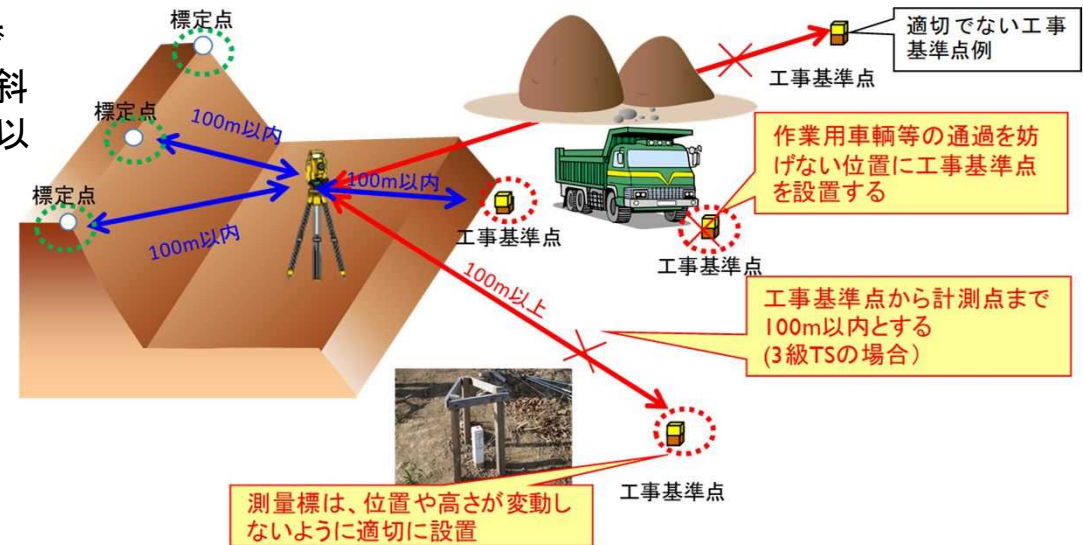
	実施方法	要領に示される計算方法
3. 点群密度の変更（データの間引き）	最下点	・最下点 ・中央値
4. 点群密度の変更（グリッドデータ化） 出来形評価用データのため	最近隣法	・個々の実在点 ・最近隣法 ・平均法 ・TIN法 ・逆距離加重法
8. 数量算出	点高法	・点高法 ・TIN分割法 ・ブリスボイダル法

3. 工事基準点の設置

▶ 工事基準点の設置における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
工事基準点の設置	・既設基準点の検測 ・工事基準点の設置 ・標定点の設置 ・測量成果、設置状況と配置箇所を提出	・基準点等の指示、設置状況の把握

- ▶ TLSを用いた出来形管理では、工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。
- ▶ 出来形計測の精度を確保のためには、現場内に4級基準点または3級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度確保が重要となる。
- ▶ TLSの標定点を効率的に計測できる位置にTSが設置可能なように工事基準点を複数配置しておくことが有効
- ▶ 標定点を計測する場合は、基準点からTSまでの距離と、標定点等からTSまでの計測距離(斜距離)の制限は、3級TSを利用する場合100m以内(2級TSは150m)となる。



👉 ポイント

- ▶ 実施内容は、従来と同じ。
- ▶ 標定点・検証点等の成果簿の提出は必要ない。あくまで測量成果簿の提出は、従来通りである。

4. 起工測量

▶ 起工測量における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
精度確認試験結果報告書の作成・提出 ↓ 起工測量 ↓ 起工測量の成果品の作成	・精度確認試験の実施及び報告書の作成・提出 ※現場で精度確認試験を行った場合 ・標定点の設置・計測 ・TLSによる計測 ・点群データ処理(起工測量計測データの作成) ・起工測量の成果品の作成・提出	・精度確認試験結果報告書の受理・確認 ・起工測量の成果品の受理・確認

起工測量の実施にあたって

- ▶ 受注者は、設計照査のために、**伐採後に**起工測量を実施する
- ▶ 起工測量時の測定精度は100mm以内とし、計測密度は 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ)あたり1点以上とする。

起工測量計測データの作成

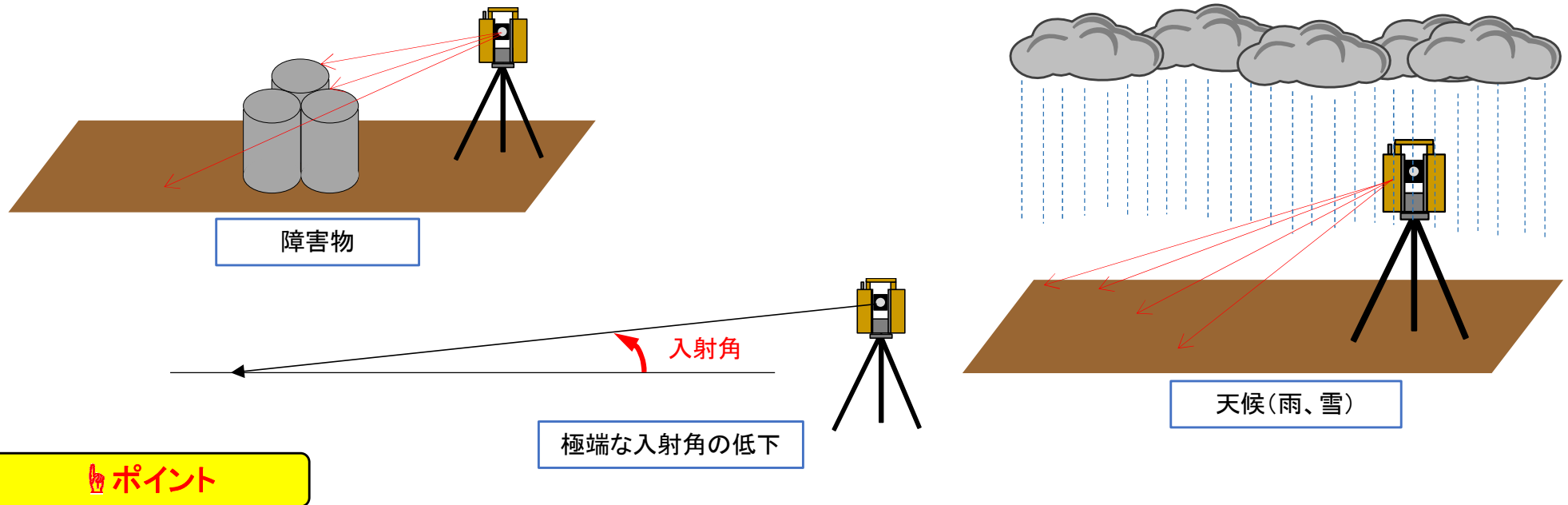
- ▶ 受注者は、計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成する。
- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。
- ▶ **管理断面間隔より狭い範囲**においては、点群座標が存在しない場合は、**数量算出において**平均断面法と同等の計算結果が得られるように**TINで補間**してもよいものとする。

👉 ポイント

- ▶ 測定精度については、JSIMA115に基づく試験成績表により使用範囲における座標測定精度が70mm以内であることが確認できる場合でもよい。**(※点間距離による精度確認試験の場合に限る)**

4-1. TLS設置時、計測時の留意点

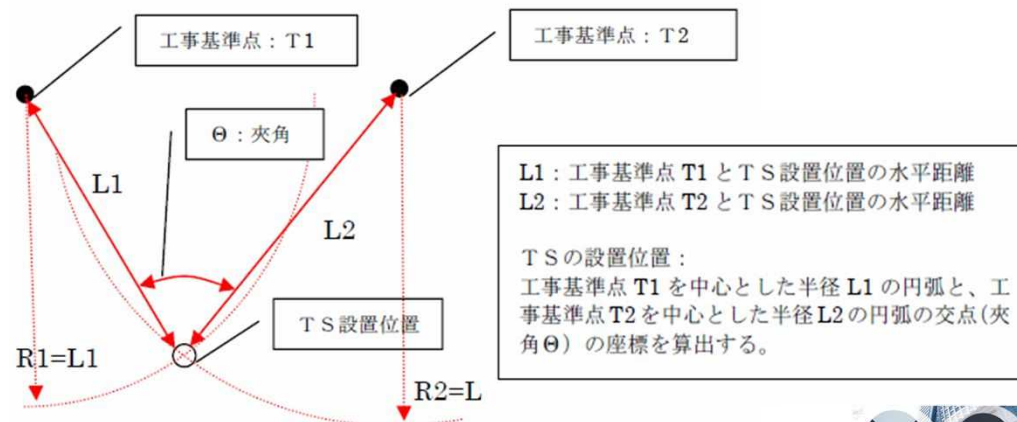
- ▶ 出来形計測点を効率的に取得できる位置にTLSを設置。
- ▶ TLSのレーザーと被計測対象物が、できるだけ正対した位置関係になるように設置。
- ▶ TLSは急傾斜地や軟弱地盤を避け、振動のない地盤に設置。
- ▶ 計測対象物を正確に計測するために、障害物の除去、計測のタイミングに注意が必要。
- ▶ 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象。
- ▶ 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合。
- ▶ 強風などで土埃などが大量に舞っている場合。



- ▶ 計測範囲内に第三者が立ち入らないように留意する。
- ▶ 計測結果に影響をもたらす可能性がある障害物(資材、車両等)は事前に撤去しておくことが望ましい。

4-2. 標定点の設置・計測

- ▶ 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置。
- ▶ トータルステーション(TS)から基準点及び標定点までの距離の確保。
⇒ 3級TSの場合:100m以下、2級TSの場合:150m以下
- ▶ TLS本体にTSと同様に位置決め機能(ターゲット計測による後方交会法)を有している場合は、標定点を設置せずに計測が可能。
- ▶ 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。



TSを使った後方交会法による位置決めの例



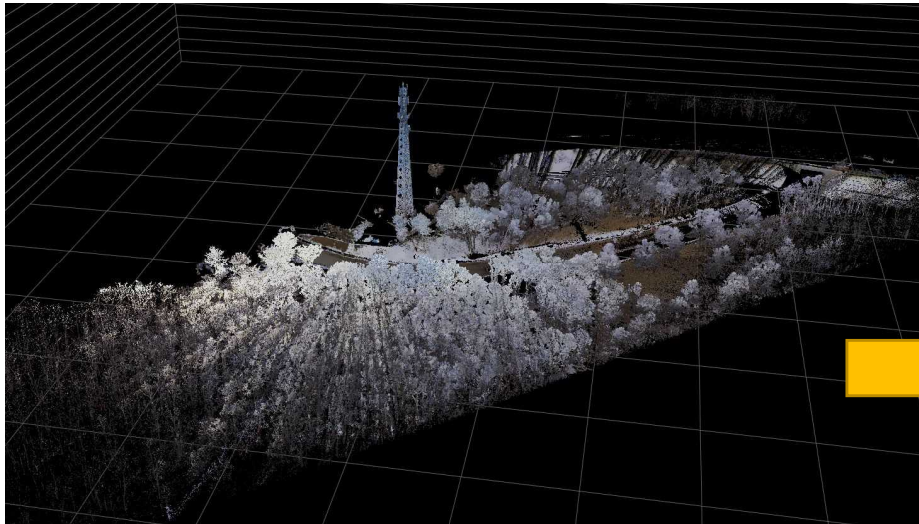
図 1-16 TSと標定点の配置(例)

ポイント

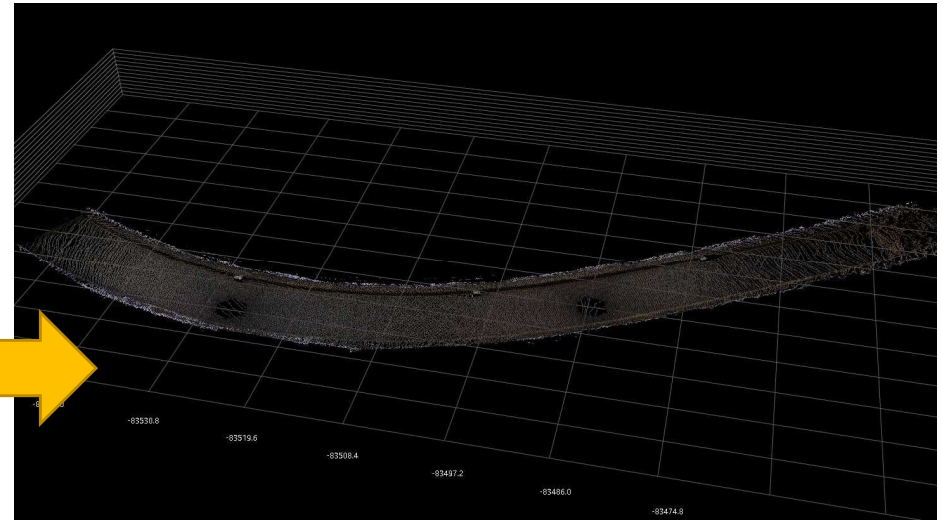
- ▶ 起工測量においては、標定点の設置、計測方法については当該規定(3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案))によらなくてもいいものとする

4-3. 計測点群データの処理

- ▶ 計測で得られた点群データについては、点群処理ソフトウェアを用いて、「1-2-2. 点群処理ソフトウェア」へ記載した留意点を考慮し、不要点削除や密度変更等を実施する。



計測点群(生データ)



不要点を除去した点群

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定(メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m ² (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.01m ² (0.1m x 0.1m)

計測密度に留意する

4-4. 精度確認試験の実施

【①点間距離による精度確認試験の場合】

※3次元計測技術を用いた出来形管理要領(国土交通)のTLSの事前精度確認試験手順書(案)に従うものとする

精度確認試験(現場での実施方法)

- 実際に利用する機器の計測最大距離以上の範囲に既知点を2箇所(10m程度離れた箇所)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との差が所定の要求精度以内であることを確認する。
- TLSを用いた計測を実施する前に上記の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(事前の実施方法)

現場実施と同様の手法を用いて、事前に精度確認を行うことも可能である。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、その精度が規定の測定精度以内であることを確認する。

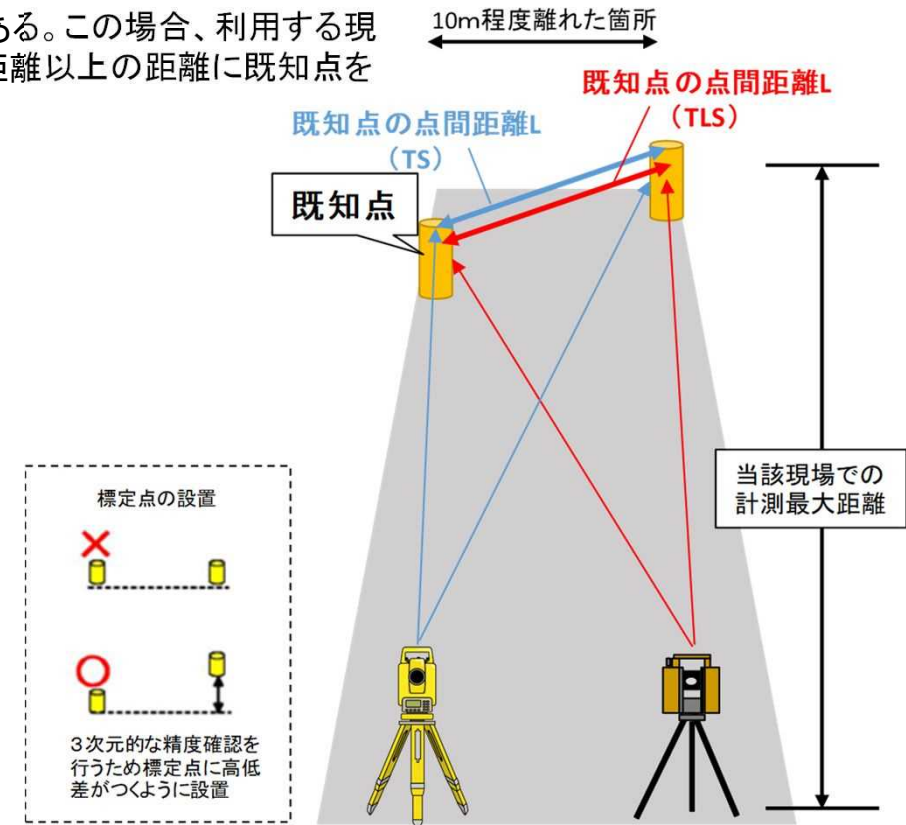
検査点の検測

設置した検査点(基準点)をTSあるいはテープで計測する。

評価基準

上記の検測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

計測	測定精度
起工測量	【点間距離】±100mm
岩線計測	
部分払い出来高計測	【点間距離】±200mm
出来形計測	【点間距離】±20mm



4-4. 精度確認試験の実施

【②座標間較差による精度確認試験の場合】

※3次元計測技術を用いた出来形管理要領(国土交通)のTLSの事前精度確認試験手順書(案)に従うものとする

精度確認試験(現場での実施方法)

- 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、TLS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TSで計測する。
- TLSにより既知点の3次元座標を計測する。

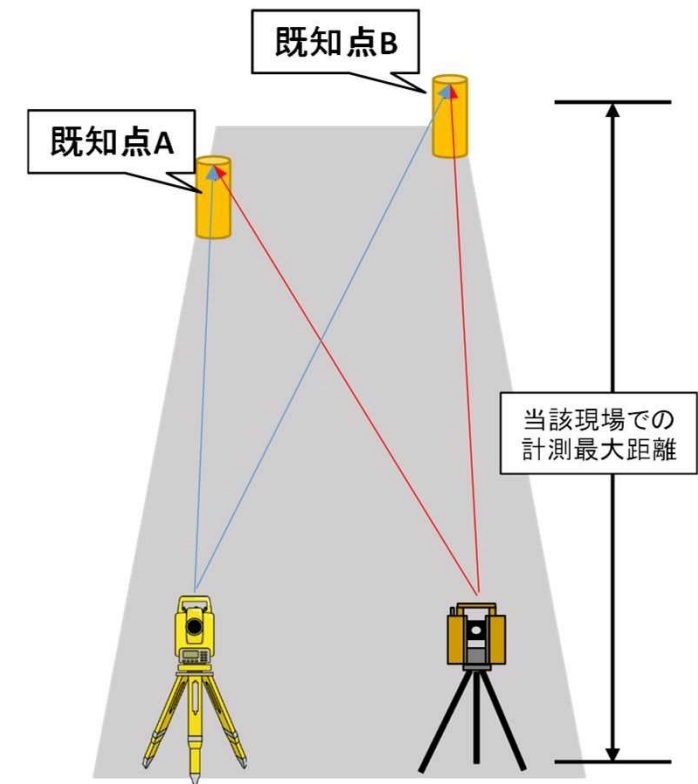
精度確認試験(事前の実施方法)

上記と同様の手法を用いて、事前に精度確認を行うことも可能である。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。

評価基準

TSとTLS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。

計測	測定精度
起工測量	【座標間較差】±100mm
岩線計測	
部分払い出来高計測	【座標間較差】±200mm
出来形計測	【座標間較差】±50mm



TLSとTSで計測した既知点AとBの3次元座標の差を求める

4-4. 精度確認試験の実施

精度確認試験実施結果報告書

※3次元計測技術を用いた出来形管理要領(国土交通)のTLS
の事前精度確認試験手順書(案)に従うものとする

- ▶ 精度確認試験を実施し、結果報告書を作成した後、すみやかに監督職員へ提出する。
- ▶ なお、現場での計測性能の確認以外に、事前確認を実施してもよい。この場合、**利用前の12か月以内**に1回以上実施した確認結果を提出すること。

精度確認試験結果報告書

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)〇〇測量 精度 太郎 印	
(1) 試験概要	
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	写真
検証機器（真値を計測する測定機器） ☒ T S：3級T S以上 ・機種名（級別〇級）	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 18℃ 測定場所：(株)〇〇〇〇 〇〇〇〇工事にて 検証機器と既知点の距離： m	写真
精度確認方法 ・T SとT L Sの各座標の較差	

(2) 精度確認試験結果			
①真値の計測結果（3級T S）			
			
真値の計測結果（3級T S）			
	x	y	z
1点目	44044.720	-11987.655	17.890
2点目	44060.797	-11993.390	17.530
②T L Sによる計測結果			
計測状況写真			
			
T L S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）			
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'） — 真値の計測結果（x，y，z）			
既知点の座標間較差			
	Δ x	Δ y	Δ 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）			

5. 3次元設計データ

▶ 3次元設計データにおける実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
設計図書の照査	・3次元設計データの作成に係わる照査について協議	・照査内容の協議・受理・確認
3次元設計データの作成	・3次元設計データの作成	
3次元設計データの照査	・3次元設計データの照査 ・3次元設計データチェックシートの提出	・3次元設計データチェックシートの確認

- ▶ 3次元設計データを作成するにあたって、必要な座標情報や、修正が必要となる箇所等がある場合は、設計図書を照査し、監督職員と協議を行う。
- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、設計図書・基準点設置結果に基づき3次元設計データを作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成範囲は、工事起点から工事終点及びその外縁に線形要素の起終点がある場合はその範囲までとし、横断方向は構築物と地形との接点までの範囲とする。
- ▶ 受注者は、3次元設計データの作成後に、3次元設計データの以下の1)～5)の情報について、設計図書(平面図、縦断図、横断図等)や線形計算書等と照合するとともに、監督職員に**3次元設計データチェックシートを提出する**。また、設計図書を基に作成した3次元設計データが出来形の良否判定の基準となることから、監督職員と協議を行い、作成した3次元設計データを設計図書として位置付ける。
 - 1) 工事基準点
 - 2) 平面線形
 - 3) 縦断線形
 - 4) 出来形横断面形状
 - 5) 3次元設計データ

5－1．3次元設計データの作成

3次元設計データの作成時の留意点

- ▶ 3次元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。
- ▶ 設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び余盛り等を実施する場合については、監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 3次元設計データの作成範囲は、工事起点から工事終点及びその外縁に線形要素の起終点がある場合はその範囲までとし、横断方向は構築物と地形との接点までの範囲とする。
- ▶ 設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び余盛りや法面保護堤（盛土法肩部に法面の雨水侵食防止のために構築する小堤）等を実施する場合については、監督職員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 出来形横断面形状の作成は、TLS計測を実施する範囲で全ての管理断面及び断面変化点（拡幅などの開始・終了断面や切土から盛土への変更する断面）について作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成にあたっては、設計図書を基に作成したデータが出来形の良否判定の基準となることから、当該工事の設計形状を示すデータについて、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。
- ▶ 曲線部でのTIN作成では、管理断面の間を細かい断面に分割して3次元設計データ化する必要がある。このため、線形の曲線区間においては必要に応じて横断形状を作成した後にTINを設定する。（例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にTINを設定する）
- ▶ TLS等による起工測量結果を3次元設計データ作成ソフトウェアに読み込み、作成した3次元設計データと重畳し比較した上で、盛土及び切土と地形の擦付け部分が発注図に含まれる現況地形と異なる場合については、監督職員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

5-1. 3次元設計データの作成

3次元設計データの作成手順とイメージ

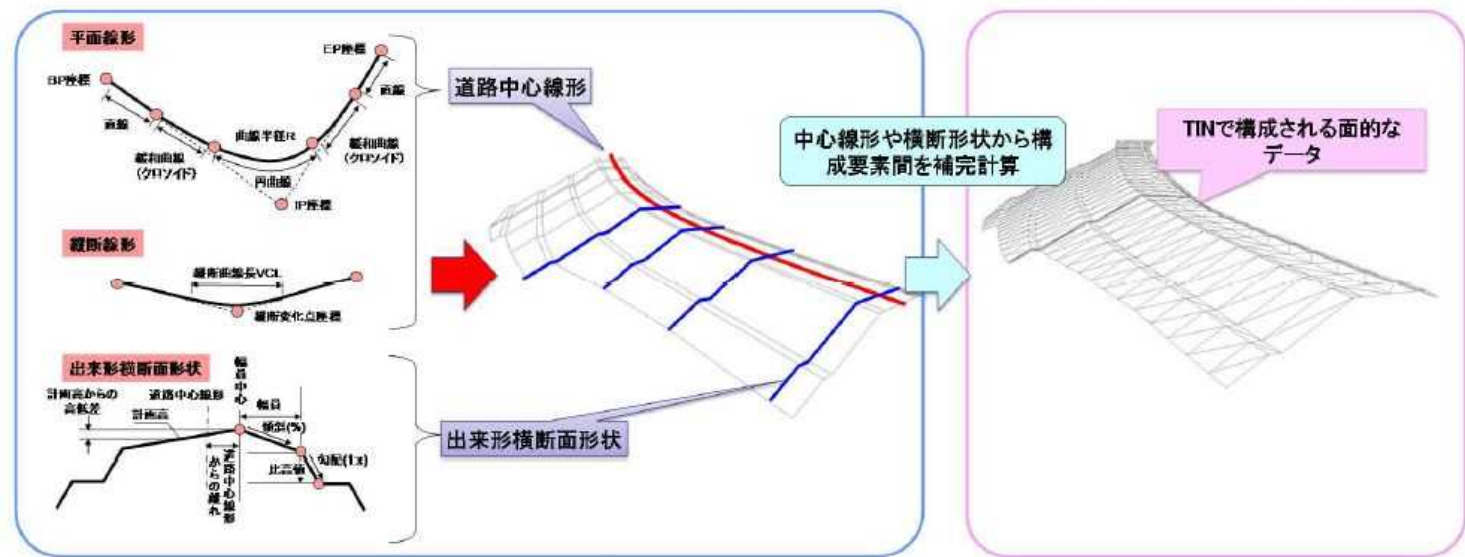
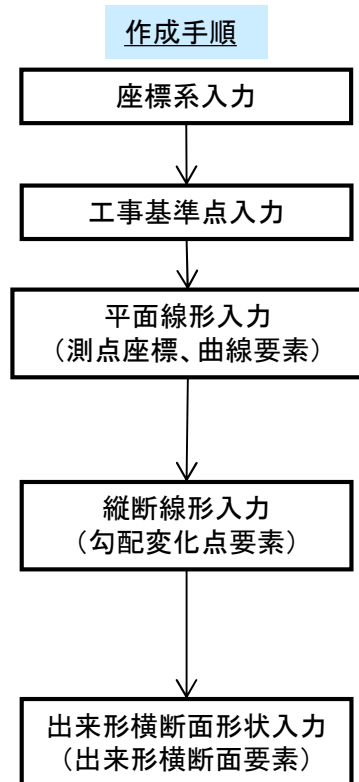


図 1-4 3次元設計データのイメージ (道路土工の場合)

参考

道路中心線形データが詳細設計等で納品されている場合について

- ・ 3次元設計データ作成ソフトウェアは道路中心線形データの読み込みが可能です。
- ・ 道路中心線形データを読み込む場合、平面線形入力作業および縦断線形入力作業の簡略化が可能です。

5-2. 3次元設計データの照査

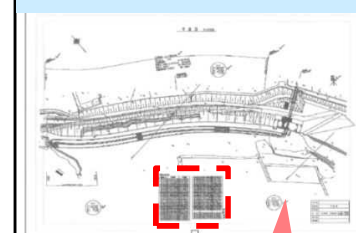
3次元設計データの照査イメージ

- ▶ 設計図書と3次元設計データとを照合し、設計図書の不備および入力ミス等がないかを確認する。
- ▶ TLSによる出来形管理では、3次元設計データに不備があると、出来形計測値の精度管理ができなくなる。
- ▶ 確認項目は、この3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)に掲載されている土工の3次元設計データチェックシートに従うこととする。

紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認



チェック入り図面



拡大表示

項目	内容	確認
1. 基準点及び工事基準点	・監督職員の指示した基準点を使用しているか？ ・工事基準点の名称は正しいか？ ・起算点の位置は正しいか？	
2. 平面線形	・変換点(鏡形主要点)の座標は正しいか？ ・曲線要素の幅員・股道は正しいか？ ・各測点の座標は正しいか？	
3. 縦断線形	・線形起算点の座標・標高は正しいか？ ・縦断変換点の座標・標高は正しいか？ ・曲線要素は正しいか？	
4. 出来形調整面	・作成した出来形調整面図の座標・数は正しいか？ ・基準高・幅・法長は正しいか？	
5. 3次元設計データ	・入力した2)～4)の線形形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

チェック部分

基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認



データの整合性を確認

比較

チェックシート

参考資料2-1 3次元設計データチェックシート及び照査結果資料(河川土工用)
(様式-1)

平成 年 月 日
工事名: _____
受注者名: _____
作成者: _____ 印

3次元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) 基準点及び工事基準点	全点	・監督職員の指示した基準点を使用しているか？ ・工事基準点の名称は正しいか？ ・起算点の位置は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・変換点(鏡形主要点)の座標は正しいか？ ・曲線要素の幅員・股道は正しいか？ ・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・線形起算点の座標・標高は正しいか？ ・縦断変換点の座標・標高は正しいか？ ・曲線要素は正しいか？	
4) 出来形調整面	全延長	・作成した出来形調整面図の座標・数は正しいか？ ・基準高・幅・法長は正しいか？	
5) 3次元設計データ	3次元	・入力した2)～4)の線形形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

※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 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1の資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示し、工事基準点リスト(チェック入り)。

3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認し、チェックシートを監督職員へ提出します

5-2. 3次元設計データの照査

3次元設計データチェックシートの提出の留意点

○受注者の確認事項

工事基準点は、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。

平面図及び線形計算書と対比し、確認する。

縦断面図と対比し、確認する。

・ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目の箇所と寸法にチェックを記入する。
・3次元設計データから横断面図を作成し、設計図書と重ね合わせて確認する。

・3次元設計データの入力要素と3次元設計データ(TIN)を重畳し、同一性が確認可能な3次元表示した図を提出する。

3次元設計データと設計図書の照合に用いた資料は、整備・保管し、監督職員から資料請求があった場合には、速やかに提示する。

(様式-1)

平成 年 月 日

工事名： _____
受注者名： _____
作成者： _____ 印

3次元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) 基準点及び工事基準点	全点	・監督職員の指示した基準点を使用しているか？	
		・工事基準点の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・起終点の座標は正しいか？	
		・変換点(線形主要点)の座標は正しいか？	
		・曲線要素の種別・数値は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・各測点の座標は正しいか？	
		・線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・縦断変換点の測点、標高は正しいか？	
4) 出来形横断面形状	全延長	・曲線要素は正しいか？	
		・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
5) 3次元設計データ	全延長	・基準高、幅、法長は正しいか？	
		・入力した2)～4)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

※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。

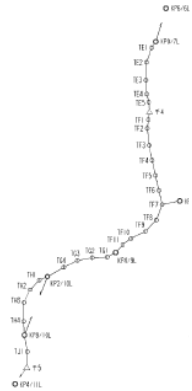
※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示するものとする。

- ・工事基準点リスト(チェック入り)
- ・線形計算書(チェック入り)
- ・平面図(チェック入り)
- ・縦断面図(チェック入り)
- ・横断面図(チェック入り)
- ・3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

5-2. 3次元設計データの照査

4級基準点網図
S=1:25000



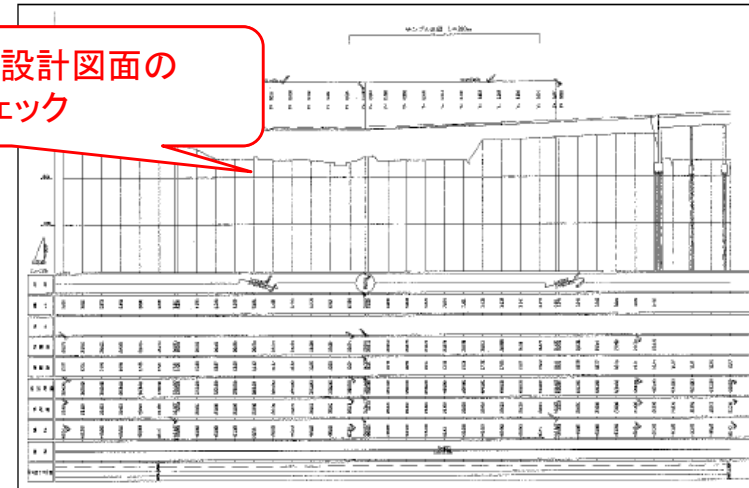
基準点の確認(例)

基準点成果表

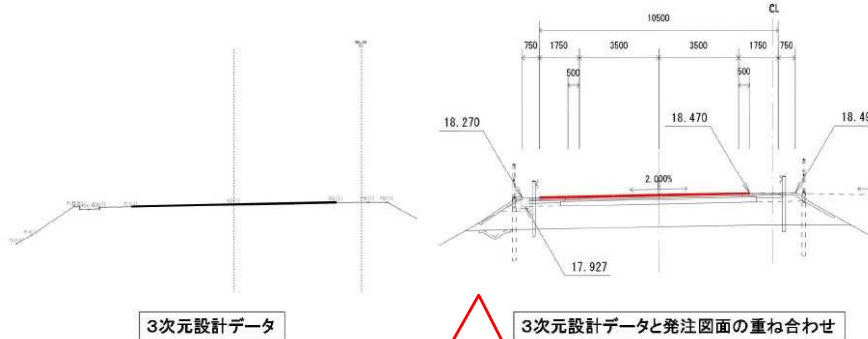
測点名	X座標	Y座標	備考	測点名	X座標	Y座標
千4	-103592.645	-53971.965	2級基準点	TF4	-104073.411	-53943.111
千5	-106133.790	-55192.361	U	TF5	-104222.811	-53911.111
KP6/6L	-102566.552	-53805.850	3級基準点	TF6	-104371.743	-53871.111
KP6/7L	-102897.874	-53908.500	U	TF7	-104511.791	-53831.111
KP6/8R	-104477.345	-53669.206	U	TF8	-104665.056	-53791.111
KP6/9L	-104993.145	-54307.238	U	TF9	-104780.424	-53751.111
KP2/10L	-105230.181	-54987.389	U	TF10	-104853.023	-54154.338
KP8/10L	-105811.653	-55214.489	U	TF11	-104914.141	-54238.118
KP4/11L	-106294.412	-55308.723	U	TF12	-105038.052	-54392.649
TF1	-102958.485	-53948.860	4級基準点	TF13	-105043.204	-54539.888
TF2	-103102.553	-54001.729	U	TF14	-105069.858	-54688.395
TF3	-103279.147	-54006.884	U	TF15	-105138.964	-54823.046
TF4	-103416.596	-53999.420	U	TF16	-105267.633	-55067.216
TF5	-103497.830	-53978.296	U	TF17	-105361.017	-55160.314
TF1	-103671.867	-53983.149	U	TF18	-105466.258	-55218.834
TF2	-103757.779	-53993.677	U	TF19	-105575.217	-55221.966
TF3	-103923.787	-53973.671	U	TF20	-105675.513	-55186.171

作成したデータと設計図面の
数値をチェック

縦断面図の確認(例)

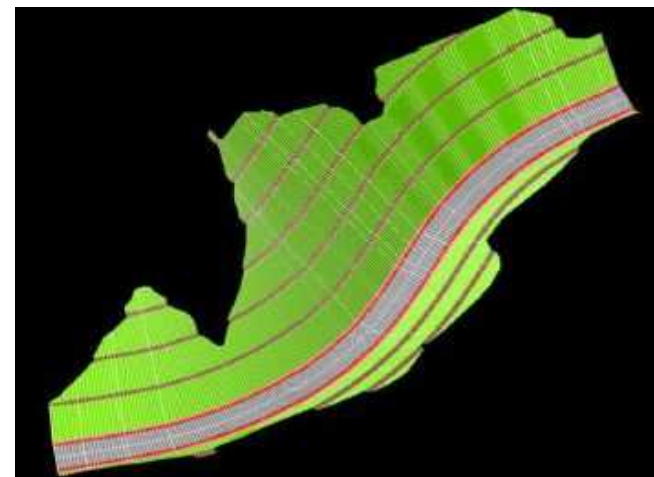


データ重ね合わせによる横断面図の確認(例)



作成したデータと図面の
形状を重ねてチェック

ソフトウェアによる表示あるいは印刷物の
3次元ビューの確認(例)

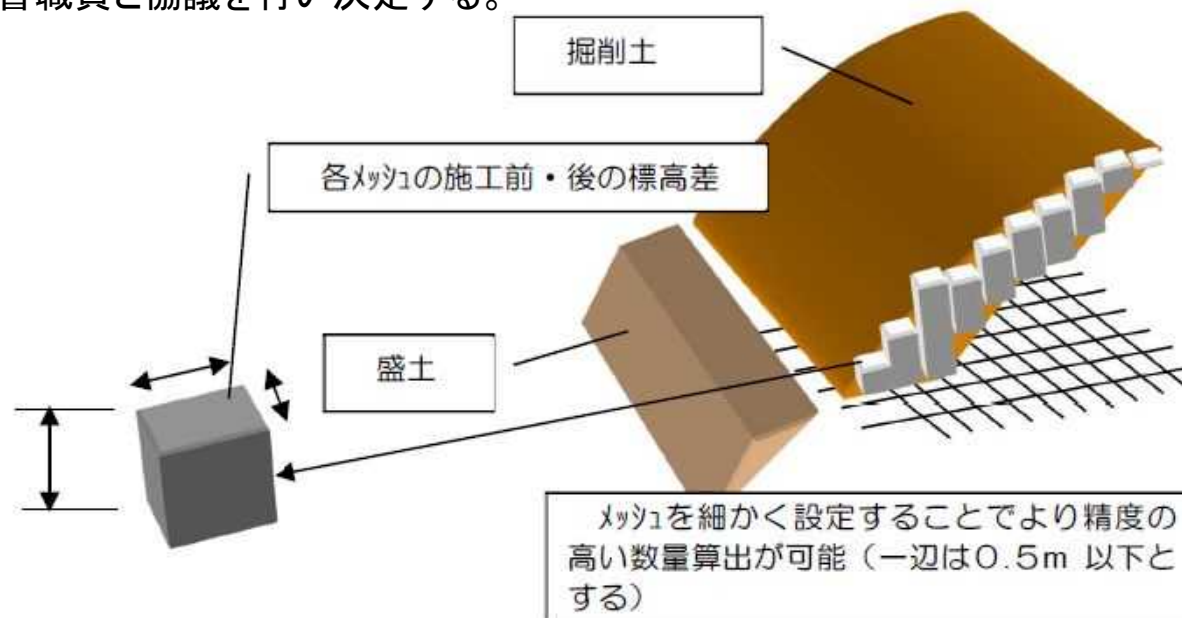


6. 数量算出

▶ 数量算出における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
・数量計算方法の協議 ・3次元設計データ+設計数量の協議	・数量計算の方法の協議 ・3次元設計データ+設計数量の協議	・数量計算の方法の受理・確認 ・3次元設計データ+設計数量の受理・確認

- ▶ 出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがTLS等で計測されており、契約条件として認められている場合は、TLSによる3次元出来形計測結果を用いて出来形数量の算出を行うことができる。
- ▶ 計算方法は監督職員と協議を行い決定する。



点高法による数量算出の条件と適用イメージ

👉 ポイント

- ▶ 数量計算方法については、監督職員と協議を行う。
- ▶ ※標準とする体積算出方法は ①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法

7. 施工段階

ICT建設機械の測位方法

- ▶ 施工に用いるICT建設機械の測位方法は、施工計画段階で決定しておく。

自動追尾式トータルステーション



自動追尾式TS

測量機器:重機=1:1のシステム

高精度(高さ計測精度±5mm程度)

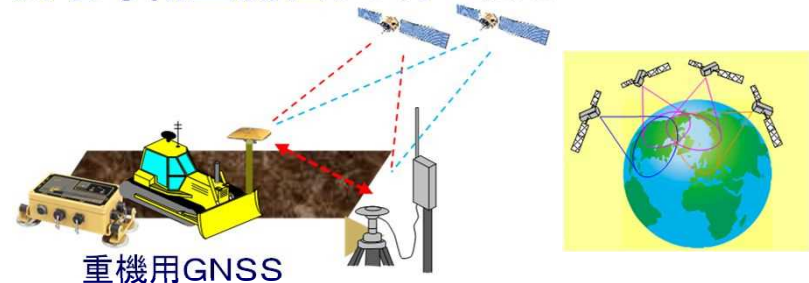
〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限

👉 留意点

- ▶ 自動追尾TSと移動局(ICT建設機械)との間に障害物等が入り視準不能になる。
- ▶ 近距離・遠距離の場合、追尾できないため、適度な距離を確保する必要がある。
- ▶ ある程度の高低差がある高台に自動追尾TSを設置する。

汎地球衛星測位システムGNSS(GPS+GLONASS+etc)



〈特徴〉

- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星が多い

測量機器(基準局):重機(移動局)=1:多のシステム

高さの計測精度がTSに比べて劣る(水平±20mm,鉛直±30mm程度)

👉 留意点

- ▶ 人工衛星を多く捕捉するために、天空が開けていること
- ▶ マルチパス障害を避けるため、付近に高い建物や法面がないこと
- ▶ 無線距離および、強力な電波や建物などによる無線通信障害が起こらないようにする。
- ▶ 不安であれば一度現地で確認を行う

7. 施工段階

ICT建設機械の精度確認

- ICT建機の計測精度確認は、**施工前に始業前点検し**、あらかじめ設置した既知点において座標確認を行い記録する。

キャリブレーションおよび日々の精度確認の一例

キャリブレーション

表-16 バケット位置の確認条件【例】

	パラメータ（目標値）※			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 バケット距離：1条件 本体向き：1条件 とする。	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		バックホウ姿勢（ピッチ）
Case 4	0m	0度	2.5度		
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		バケット高さ
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

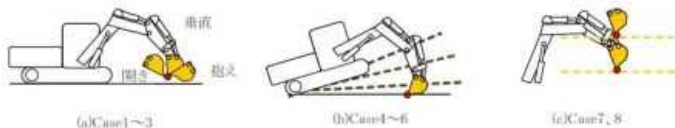


図-19 バケット位置精度の確認方法【模式図】

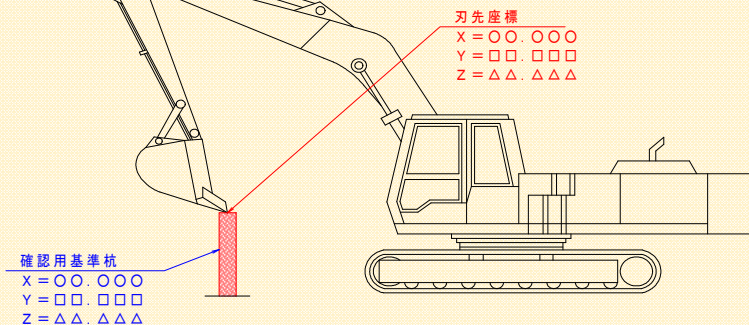
作業前の点検・確認

MGバックホウ（施工精度）

バケット位置取得精度の確認方法

現場で簡易的に精度を確認

三次元座標を持つ杭（木杭）を設置し、バケット先端を木杭にあてる事で、木杭とシステムの座標を比較して確認する



※ICTバックホウの情報化施工管理要領(案)より

8. 出来形管理

▶ 出来形管理における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
出来形計測	・TLSの設置 ・標定点の設置・計測 ・TLS計測の実施 ・点群データ処理	
↓		
出来形管理写真の撮影	・出来形管理写真の撮影	
↓		
出来形管理資料の作成	・出来形帳票の作成・提出	・出来形管理帳票の受理・確認

- ▶ 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する。
- ▶ 出来形計測におけるTLSの要求精度は【点間距離の場合±20mm】、【座標間較差の場合±50mm】以内。
- ▶ 出来形計測を行う場合は、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0.01m²(0.1m×0.1mメッシュ)あたりに1点以上の計測結果が得られる設定を行う。
- ▶ 受注者は、出来形計測箇所をTLSを用いて出来形管理を行い、出来形管理帳票を作成し提出。
- ▶ 監督職員は上記の内容を確認する。

👉 ポイント

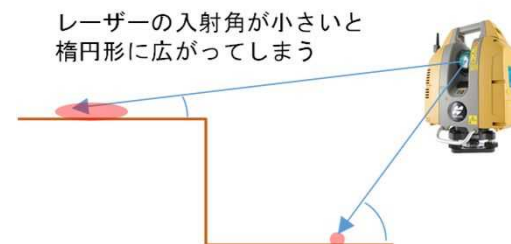
【出来形管理帳票について】

- ▶ 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。

8-1. 出来形計測

1) TLSの設置

TLSは、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。また、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。



2) 標定点の設置・計測

標定点を用いて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。標定点の計測はTSを用いて実施する。標定点はTLSによる出来形計測中は動かないように固定すること。

3) TLS計測の実施

出来形計測は、計測対象範囲内で 0.01 m^2 ($0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ 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。

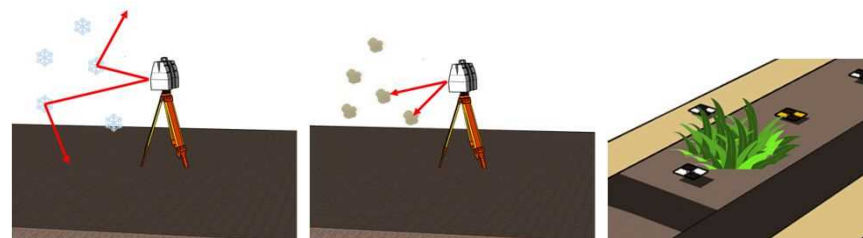
また、1回の計測距離は、「TLSの事前精度確認試験」で実施した精度確認の距離範囲内とする。計測範囲を複数回の計測により標定点を用いて合成する場合は、標定点がTLSによる出来形計測中に動かないように確実に固定すること。

留意点

■ 計測環境

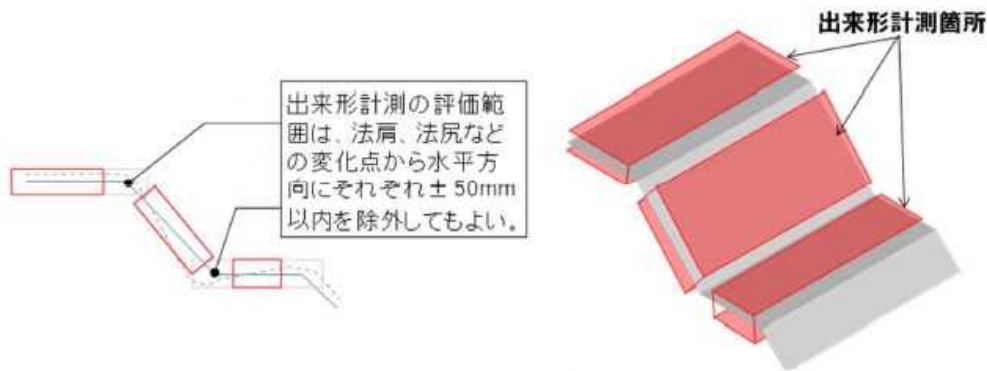
次のような条件では適正な計測が行えない。

- 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

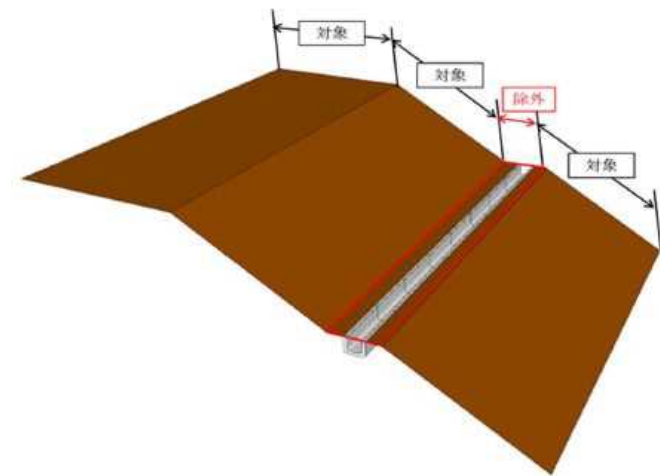


8-1-1. 出来形計測箇所

- ▶ 出来形計測範囲は、下図に示すとおりとし、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。
- ▶ 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0.1mメッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。
- ▶ 3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩、法尻や変化点または現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など土木工事施工管理基準（出来形管理基準及び規格値）によらない場合は、監督職員と協議のうえ、対象外とすることができる。
- ▶ 法面の小段部に、側溝工などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができ小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。



出来形計測箇所



構造物が設置されている小段

8-2. 出来形管理写真の撮影

1) 写真管理項目(撮影項目、撮影頻度[時期])

出来形管理の写真管理項目は、「写真管理基準(案)」による。

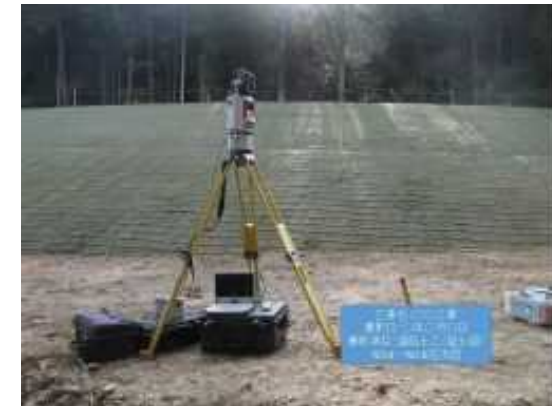
2) 撮影方法

撮影にあたっては、次の項目を記載した小黒板を文字が判読できるよう被写体とともに写しこむものとする。

①工事名、②工種等、③出来形計測範囲(始点側測点～終点側測点)

秋田県 土木工事共通仕様書 写真管理基準【土木編】令和6年10月1日以降適用より

編	章	節	条	枝番	工種	写真管理項目		摘要
						撮影項目	撮影頻度〔時期〕	
1 共通 編	2 土工	3 河川・ 海岸・ 砂防土工	2		掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回 〔掘削中〕	・出来映えの撮影 ・TS等の設置状況 と出来形計測対 象点上のプリズ ムの設置状況(プ リズムが必要な 場合のみ)がわか るように撮影
						法長 ※次のいずれ かで撮影する。	200m又は1 施工箇所に1 回〔掘削 後〕	
						「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」による場合は1 工事に1回 〔掘削後〕		
						「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案) 土工編多点計測技術(面管理の場合)における空中写真測量(UAV)および地上写真測量」に基づき写真測量に用いた画像を納品する場合には、写真管理に代えることが出来る。		



出来形管理写真(例)

※上表は掘削工の基準。他工種は適宜確認のこと

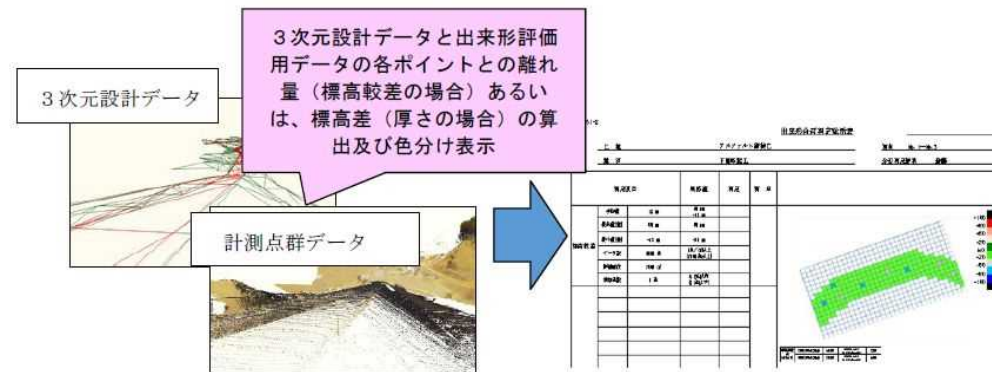
ポイント

【撮影時の留意点】

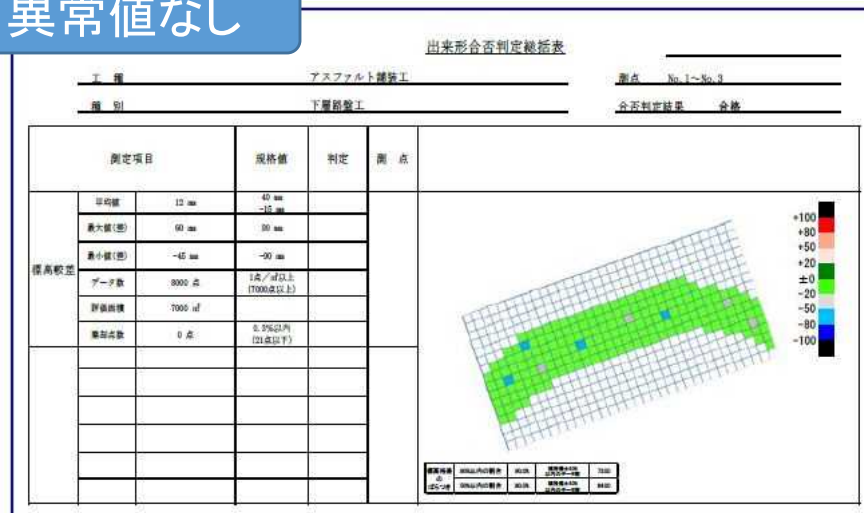
- ▶ 出来形管理状況に写真は、TLSの設置状況が分かるものとする。
- ▶ 被写体として写し込む小黒板については、工事名・工種等・出来形計測点(測点・箇所)を記述し、設計寸法・実測寸法・略図については省略してよい

8-3. 出来形管理資料の作成

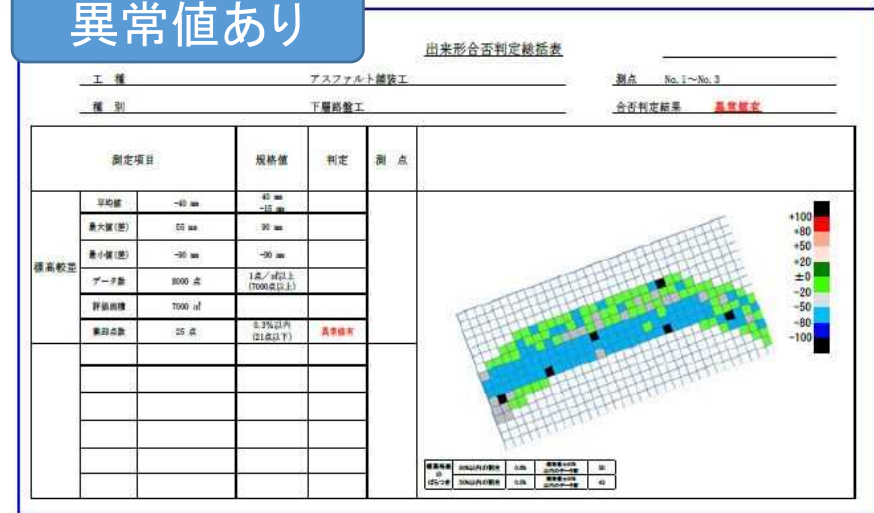
- ▶ 受注者は、出来形管理帳票(図表)を作成し、監督職員に提出する。
- ▶ 規格値は現行の「土木工事施工管理基準」のうち面管理の場合に定められたものとする。
- ▶ 「1-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア」を参照し、作成する。
- ▶ 出来形確認箇所(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- ▶ 良否評価結果については、規格値を外れている場合は「異常値有」等の表現にて明示する。また、出来形が不合格の場合については、不合格の内容が各項目で確認できる様、棄却点も含め表示すること。



異常値なし



異常値あり

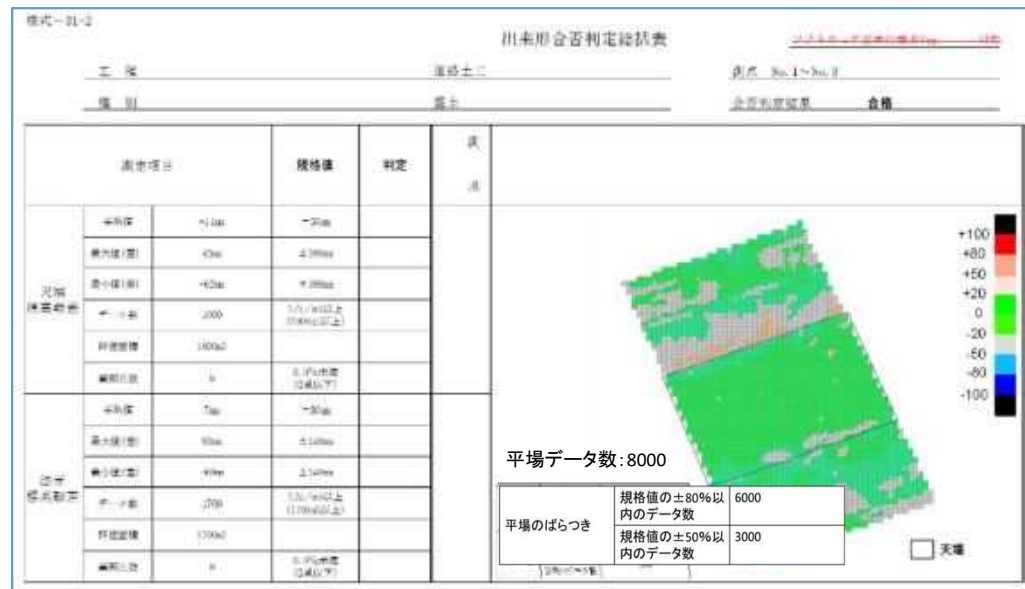


8-3. 出来形管理資料の作成

出来形管理図表の見方

- 出来形管理図表について、出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか否かを確認。
- バラツキについては、各測定値の設計値と実測値の差をプロットした分布図の凡例に従い判定
- 具体には分布図及び計測点の個数から判断。また、規格値の $\pm 80\%$ 以内のデータ数、 $\pm 50\%$ 内のデータ数が、総データ数の概ね8割以上か否かで判断する。

作成帳票例(出来形管理図表)



<例1>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の $\pm 80\%$ 以内のデータ: 988点

②規格値の $\pm 50\%$ 以内のデータ: 810点

上記の場合、

② $\pm 50\text{mm}$ 以内のデータ数が: 810点

つまり、総データ数の8割が $\pm 50\text{mm}$ 以内に収まっている(ばらつきが少ない)

⇒概ね規格値の $\pm 50\%$ 以内の結果である

<例2>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の $\pm 80\%$ 以内のデータ: 950点

②規格値の $\pm 50\%$ 以内のデータ: 600点

上記の場合、

① $\pm 80\text{mm}$ 以内のデータ数が: 950点

つまり、総データ数の8割が $\pm 80\text{mm}$ 以内に収まっている($\pm 50\text{mm}$ は満たしていない)

⇒概ね規格値の $\pm 80\%$ 以内の結果である

9. 電子成果品

▶ 電子成果品における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	監督職員の実務内容
電子成果品の作成	・電子成果品の作成	・電子成果品の受理・確認

▶ 作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ✓3次元設計データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))
- ✓出来形管理資料(出来形管理図表(PDF)または、ビューワー付き3次元データ)
- ✓TLSによる出来形評価用データ(CSV、LandXML、LASのポイントファイル)
- ✓TLSによる出来形計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))
- ✓TLSによる計測点群データ(CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)
- ✓工事基準点及び標定点データ(CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)

- ▶ 電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」及び「電子納品運用ガイドライン等の運用(秋田県)」(以下、「電子納品等要領」)で定める「ICON」フォルダに格納する
- ▶ 格納するファイル名は、TLSを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

9ー1. 電子成果品の作成

- ▶ 本手引きにおける電子成果品の作成規定は、「工事完成図書の電子納品等要領」の規定の範囲内で定められている。本手引きで規定する以外の事項は、電子納品等要領による。

【ファイルの命名】

- ▶ 次の規則に従い格納すること。
 - ① ICONフォルダに工種(土工)を示した「EW」のサブフォルダを作成する。
 - ② ①の下層に計測機器を示した「TLS」のサブフォルダを作成し格納する。
 - ③ サブフォルダの名称は次ページの表に示す計測機器に記載の文字列を利用すること
 - ④ 格納するファイル名は、次ページの表に示す命名規則に従うこと。
 - ⑤ 欠測補間として他の計測機器で計測したデータを合成した場合は、合成したデータのファイル名は、主となる計測機器の名称を用い、②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ別途作成し格納する。
 - ⑥ 合成前の各計測機器の計測データは、それぞれの計測機器名称を記した各サブフォルダを②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ別途作成し格納する。
 - ⑦ 設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更するが、当初の3次元設計データと変更後の3次元設計データを全て納品すること。
 - ⑧ 整理番号は、ファイル番号をより詳細に区分する必要がある場合に使用するが通常は0で良い。
 - ⑨ 出来形管理資料をビューワー付き3次元データで納品する場合で、ビューワーとデータが複数のファイルで構成される場合は、全てをZIP方式により圧縮し、拡張子を「ZIP」として、次表の命名規則に従い納品すること。

9ー1. 電子成果品の作成

＜ファイルの命名規則＞

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
・3次元設計データ LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	DR	001～	—	TLS0DR001Z.拡張子
・出来形管理資料 出来形管理資料(PDF)または、 ビューワー付き3次元データ	TLS	0	CH	001～	—	TLS0CH001.拡張子
・TLSによる出来形評価データ CSV、LandXML、LASのポイントファイル	TLS	0	IN	001～	—	TLS0IN001.拡張子
・TLSによる起工測量計測データ LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	EG	001～	—	TLS0EG001.拡張子
・TLSによる岩線計測データ LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	SO	001～	—	TLSSOG001.拡張子
・TLSによる出来形計測データ LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	AS	001～	—	TLS0AS001.拡張子
・TLSによる計測点群データ CSV、LandXML、LASのポイントファイル	TLS	0	GR	001～	—	TLS0GR001.拡張子
・工事基準点及び標定点データ CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル	TLS	0	PO	001～	—	TLS0PO001.拡張子

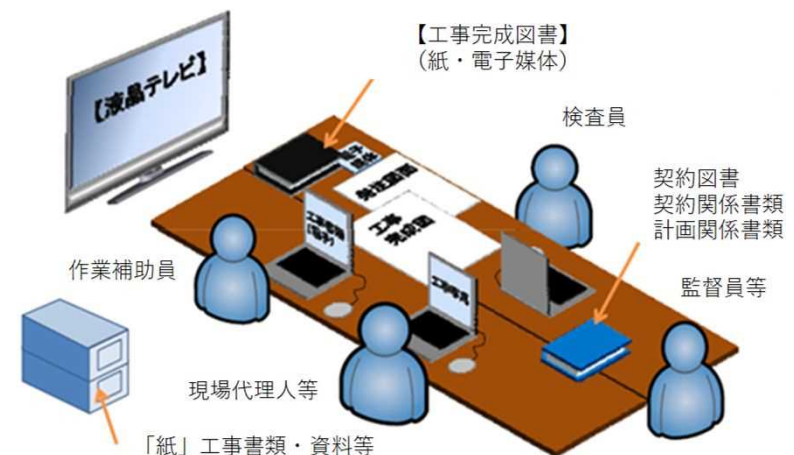
10. 検査

▶ 検査における実施内容と解説

フロー	受注者の実務内容	検査員の実務内容
書面検査		・ICT活用工事に係わる書面検査 ・出来形計測に係わる書面検査
↓		
実地検査	・検査用の機器を準備	・出来形計測に係わる実地検査
		・工事成績評価

- ▶ 書面検査は、原則パソコンを使用して、納品された電子成果品を確認する。
- ▶ 実地検査は、現地に出向き設計値に対する実測値を確認する。

＜検査体制・検査イメージ＞



10-1. 実地検査

- ▶ 検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの目標高さと実測値との標高差あるいは、設計厚さと実測厚さとの差が規格値内であるかを検査する。(ただし、出来形帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書が配出され、計測データの改ざん防止や信憑性の確認可能なソフトウェアが現場導入されるまで期間とする)。
- ▶ 検査頻度は以下のとおり。**(ここでいう断面とは厳格に管理断面を指すものではなく、概ね同一断面上の数か所の標高を計測することを想定している)**TS等を用いた実測値の計測は、1回の計測結果あるいは、複数回の計測結果を用いて算出してもよい。
- ▶ 新基準を適用できない場合は、「土木工事施工管理基準」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。

工 種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面
道路土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

検査職員による実地検査のイメージ



ポイント

- ▶ 計測機器(TSやGNSS等)は、受注者が準備を行う。