

地上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）

平成29年3月

国土交通省

## はじめに

情報化施工は、情報通信技術の適用により高効率・高精度な施工を実現するものであり、工事施工中においては、施工管理データの連続的な取得を可能とするものである。そのため、施工管理においては従来よりも多くの点で品質管理が可能となり、これまで以上の品質確保が期待される。

施工者においては、実施する施工管理にあつては、施工管理データの取得によりトレーサビリティが確保されるとともに、高精度の施工やデータ管理の簡略化・書類の作成に係る負荷の軽減等が可能となる。また、発注者においては、従来の監督職員による現場確認が施工管理データの数値チェック等で代替可能となるほか、検査職員による出来形・品質管理の規格値等の確認についても数値の自動チェックが今後可能となるなどの効果が期待される。

また、近年はレーザーで距離の測定を行えるトータルステーション以外にも、面的な広範囲の計測が容易な地上型レーザースキャナー（以下、「T L S」という。）技術や無人航空機を用いた写真測量についても利用が進んでいる。そこで、情報化施工の項目のひとつとして、T L Sを利用した地形測量および及び出来形計測・出来高算出方法を整理した。この方法は、従来の巻尺、レベルあるいはT Sを用いる方法に比べて、以下の優位性をもつ。

- (1) 計測の準備作業が軽減でき、また計測時間も短いために測量作業が大幅に効率化する。
- (2) 測量結果を3次元C A Dで処理することにより、鳥瞰図や縦断図・横断図など、ユーザの必要なデータが抽出できる。

一方、T L Sを用いた計測では、従来の巻尺、レベルやT Sによる計測に比べて以下の留意点がある。

- (1) 計測箇所をピンポイントに計測できない
- (2) 取得データの計測密度にばらつきがある。

本管理要領を用いた施工管理の実施にあたっては、本管理要領の主旨、記載内容をよく理解するとともに、実際の施工管理においては、機器の適切な調達及び管理等を行うとともに、適切な施工管理の下で施工を行うものとする。

今後、現場のニーズや本技術の活用目的に対し、更なる機能の開発等技術的発展が実現されることが期待され、その場合、本管理要領も適宜内容を改善していくこととしている。

なお、本管理要領は発注者が行う監督・検査に関する要領と併せて作成しており、監督・検査については、「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（舗装工事編）」を参照していただきたい。

## 目 次

第1編 共通編	1
第1章 総則	1
第1節 総則	1
1-1-1 目的	1
1-1-2 適用の範囲	2
1-1-3 本管理要領に記載のない事項	4
1-1-4 用語の解説	5
1-1-5 施工計画書	9
1-1-6 監督職員による監督の実施項目	11
1-1-7 検査職員による検査の実施項目	12
第2節 T L Sによる測定方法	13
1-2-1 機器構成	13
1-2-2 出来形管理用T L S本体の計測性能及び精度管理	15
1-2-3 点群処理ソフトウェア	17
1-2-4 3次元設計データ作成ソフトウェア	20
1-2-5 出来形帳票作成ソフトウェア	22
1-2-6 工事基準点の設置	24
第3節 T L Sによる工事測量	25
1-3-1 起工測量	25
第4節 T L Sによる出来形管理	26
1-4-1 3次元設計データの作成	26
1-4-2 3次元設計データの確認	28
1-4-3 T L Sによる出来形計測	30
1-4-4 出来形計測箇所	32
第5節 出来形管理資料の作成	33
1-5-1 出来形管理資料の作成	33
1-5-2 数量算出	36
1-5-3 電子成果品の作成規定	38
第6節 管理基準及び規格値等	40
1-6-1 出来形管理基準及び規格値	40
1-6-2 品質管理及び出来形管理写真基準	41
第2編 参考資料	43
第1章 参考文献	43
第2章 3次元設計データチェックシート	44
第1節 舗装工	44
第3章 3次元設計データの照査結果資料の一例	45
第4章 T L Sの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書	49

# 第1編 共通編

## 第1章 総則

### 第1節 総則

#### 1-1-1 目的

本管理要領は、地上型レーザースキャナー（以下、「T L S」という）を用いた出来形計測および出来形管理が、効率的かつ正確に実施されるために、以下の事項について明確化することを主な目的として策定したものである。

- 1) T L Sを用いた出来形計測の基本的な取扱い方法や計測方法
- 2) 計測点群データの処理方法
- 3) 各工種における出来形管理の方法と具体的手順、出来形管理基準及び規格値

#### 【解説】

本管理要領は、T L Sを用いた出来形計測及び出来形管理・出来高算出の方法を規定するものである。

T L Sによる出来形計測は、被計測対象の地形を短時間かつ高密度に取得した出来形計測点群（3次元座標値）から、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握、出来形数量などを容易に算出することが可能となり、従来の施工管理手間の大幅な削減と、詳細な地形や出来形の形状取得が可能で、従来の巻尺・レベルによる幅・長さの計測や、高さの計測は不要である。

以上のようにT L S及び3次元データが扱えるソフトウェア等の利用効果は大きいですが、T L Sは計測対象点を指定した計測が出来ないことや計測間隔が均一でないといった特徴、ソフトウェアを用いた大量の計測点群データの処理が必要なことから、従来の巻尺・レベルによる出来形管理の方法とは異なる出来形計測手順や管理基準を明確に示す必要がある。

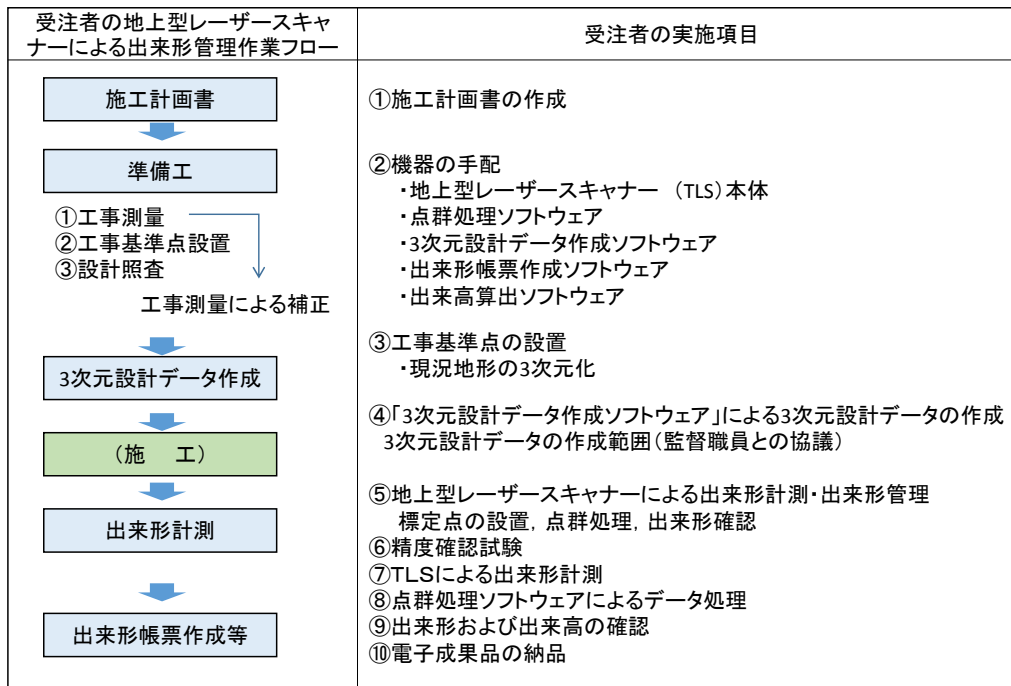


図 1-1 出来形管理の主な手順

## 1-1-2 適用の範囲

本管理要領は、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。

### 【解説】

#### 1) 測定方法

本管理要領では、TLS 以外の TS や RTK-GNSS、空中写真測量 (UAV) 等による出来形の測定方法については対象外とする。

#### 2) 対象となる作業の範囲

本管理要領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、出来形計測及び完成検査準備、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、本管理要領は 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。

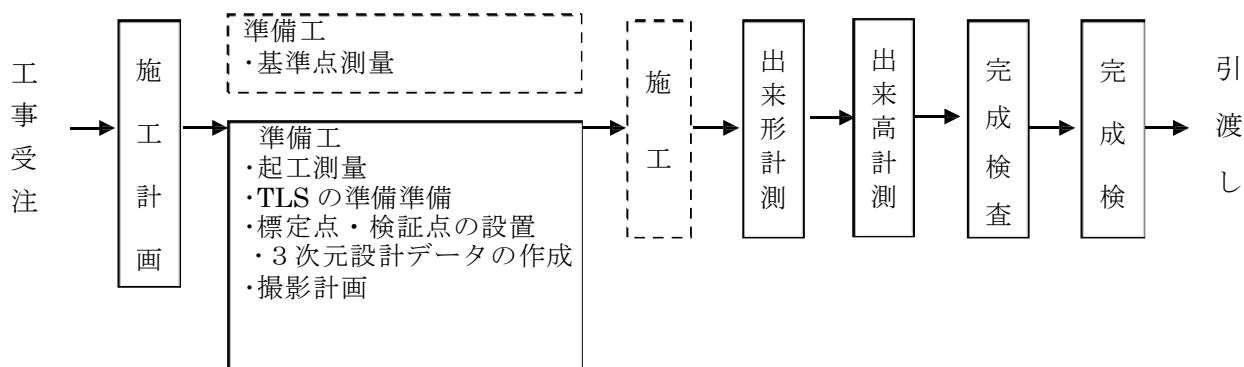


図 1-2 本管理要領の対象となる業務の範囲

### 3) 適用する工種及び測定項目

本管理要領の適用工種及び測定項目は「土木工事施工管理基準及び規格値」における分類で示すと、下表のとおりである。

表 1-1 本管理要領の対象となる適用工種及び測定項目

編	章 節		条 (工 種)	出来形測定項目	備考
第3編 土木工事 共通編	第2章 一般施工	第6節 一般舗装工	7条 (アスファルト舗装工) ※1 8条 (半たわみ性舗装工) ※1 9条 (排水性舗装工) ※1 10条 (透水性舗装工) ※1 11条 (ガスアスファルト舗装工)	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合
第6編 河川編	第1章 築堤・護岸	第11節 付帯道路工	5条 (アスファルト舗装工) ※1	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合
	第2章 一般施工 第1章 築堤・護岸 第4章 水門	第18節 舗装工	5条 (アスファルト舗装工) ※1 6条 (半たわみ性舗装工) ※1 7条 (排水性舗装工) ※1 8条 (透水性舗装工) ※1 9条 (ガスアスファルト舗装工)	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合
第7編 河川海岸 編	第1章 堤防・護岸	第14節 付帯道路工	5条 (アスファルト舗装工) ※1	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合
第8編 砂防編	第1章 砂防堰堤	第12節 付帯道路工 第4節 舗装工	5条 (アスファルト舗装工) ※1	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合
第10編 道路編	第2章舗装	第4節 舗装工	5条 (アスファルト舗装工) ※1 6条 (半たわみ性舗装工) ※1 7条 (排水性舗装工) ※1 8条 (透水性舗装工) ※1 9条 (ガスアスファルト舗装工)	厚さあるいは標高 較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合

※1 路盤工を含む。

### 1-1-3 本管理要領に記載のない事項

本管理要領に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 「土木工事共通仕様書」(国土交通省各地方整備局)
- 2) 「土木工事施工管理基準及び規格値」(国土交通省各地方整備局)
- 3) 「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 4) 「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 5) 「工事完成図書の電子納品等要領」(国土交通省)
- 6) 「国土交通省 公共測量作業規程」(国土交通省)
- 7) 「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(舗装工事編)」(国土交通省)

注1) 上記基準類の名称は各地方整備局で若干異なる。

注2) 「国土交通省 公共測量作業規程」(国土交通省)は、「作業規程の準則」を準用する。

#### 【解説】

本管理要領は、「土木工事共通仕様書」、「土木工事施工管理基準及び規格値」、「写真管理基準(案)」及び「土木工事数量算出要領」で定められている基準に基づき、T L Sを用いた出来形管理の実施方法、管理基準等を規定するものとして位置づける。本管理要領に記載のない事項については関連する基準類に従うものとする。

#### 1-1-4 用語の解説

本管理要領で使用する用語を以下に解説する。

##### 【T L S】

地上型レーザースキャナー (Terrestrial Laser Scanner) の略。1 台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置 (角度と距離) を面的に取得できる装置のことである。T S のようにターゲットを照準して計測を行わないため、特定の変化点や位置を選択して計測することができない場合が多い。

##### 【T S】

トータルステーション (Total Station) の略。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ある。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、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。標定点、検証点の座標取得、及び実地検査に利用される。

##### 【T L S を用いた出来形管理】

T L S を用いて被計測対象の 3 次元形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に算出、把握する管理方法である。

##### 【レーザー入射角】

T L S から発射されたレーザーと被計測対象の入射角を示す。レーザーの入射角が小さくなると計測精度が低下するなどの影響を及ぼす。また、計測距離が遠くなることによっても計測精度の低下を招く恐れがある。

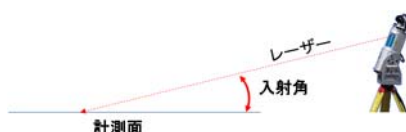


図 1-3 T L S の位置と計測面との入射角

##### 【3次元設計データ】

3次元設計データとは、道路中心線形または法線 (平面線形、縦断線形)、出来形横断面形状、工事基準点情報及び利用する座標系情報など設計図書に規定されている工事目的物の形状とともに、それらをT I Nなどの面データで出力したものである。

##### 【T I Nデータ】

T I N (不等三角網) とは、Triangular Irregular Network の略。T I Nは、地形や出来形形状などの表面形状を3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。T I Nは、多くの点を3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものである。T I Nは、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される。



### 【3次元設計データの構成要素】

3次元設計データの構成要素は、主に、平面線形、縦断線形、横断面形状であり、これらの構成要素は、設計成果の線形計算書、平面図、縦断図及び横断図から仕上がり形状を抜粋することで、必要な情報を取得することができる。3次元設計データは、これらの構成要素を用いて面的な補間計算を行い、TINで表現されたデータである。図に3次元設計データと作成するために必要な構成要素を示す。

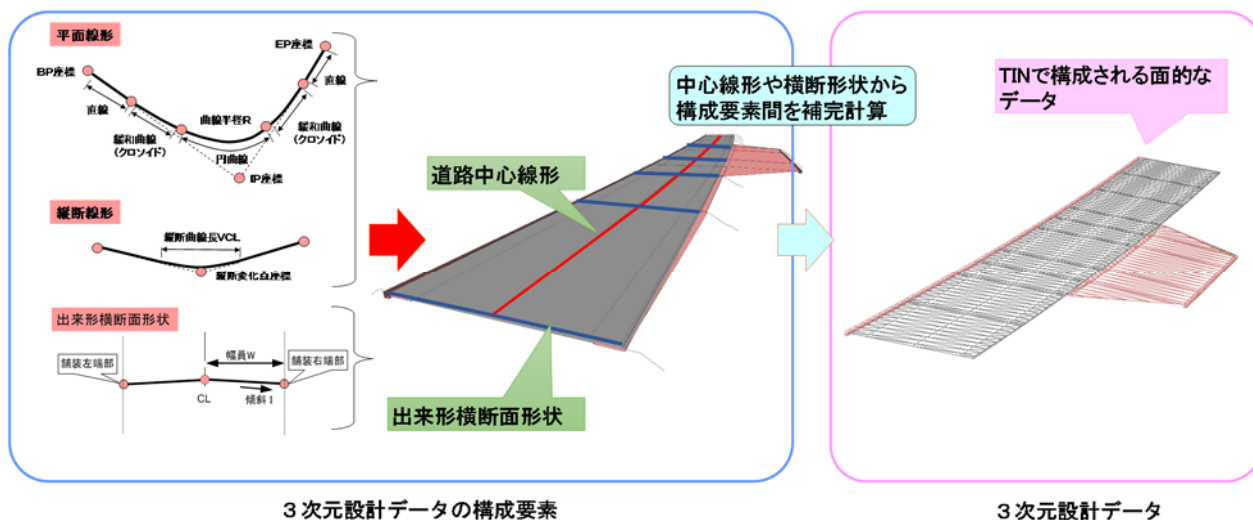


図 1-4 3次元設計データのイメージ（舗装工の場合）

### 【道路中心線形】

道路の基準となる線形のこと。平面線形と縦断線形で定義され、3次元設計データの構成要素の一つとなる。

### 【法線】

堤防、河道及び構造物等の平面的な位置を示す線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。

### 【平面線形】

平面線形は、道路中心線形または法線を構成する要素の1つで、道路中心線形または法線の平面的な形状を表している。道路中心線形の場合、線形計算書に記載された幾何形状を表す数値データでモデル化している。平面線形の幾何要素は、道路中心線形の場合、直線、円曲線、緩和曲線（クロソイド）で構成され、それぞれ端部の平面座標、要素長、回転方向、曲線半径、クロソイドのパラメータで定義される。

### 【縦断線形】

縦断線形は、道路中心線形または法線を構成する要素の1つで、道路中心線形または法線の縦断的な形状を表している。縦断形状を表す数値データは縦断図に示されており、縦断線形の幾何要素は、道路中心線形の場合、縦断勾配変位点の起点からの距離と標高、勾配、縦断曲線長または縦断曲線の半径で定義される。

### 【出来形横断面形状】

平面線形に直交する断面での、舗装形状である。現行では、横断図として示されている。

## 【色データ】

デジタルカメラを併用することにより、T L Sによる計測時に撮影した写真から計測点群データに色データを付与することができる。点データに色を付けることによって、計測対象物を目視により識別することが可能となり、点群処理時の不要点排除などの判断に有効である。

## 【計測点群データ（ポイントファイル）】

T L Sで計測した地形や地物を示す3次元座標値の計測点群データ。CSV や LandXML など出力される点群処理ソフトウェアなどでのデータ処理前のポイントのデータである。

## 【出来形評価用データ（ポイントファイル）】

T L Sで計測した計測点群データから不要な点を削除し、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータである。専ら出来形の評価と出来形管理資料に供する。

## 【出来形計測データ（T I Nファイル）】

T L Sで計測した計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合体として出来形地形としての面を構築したデータのことをいう。数量算出に利用する。

## 【起工測量計測データ（T I Nファイル）】

T L Sで計測した計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合体として着工前の地形としての面を構築したデータのことをいう。数量算出に利用する。

## 【出来形管理資料】

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（標高較差の平均値など）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3次元モデルをいう。

## 【点群処理ソフトウェア】

T L Sを用いて計測した3次元座標点群から樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群を、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群にT I Nを配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。

## 【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、出力するソフトウェアである。

## 【出来形帳票作成ソフトウェア】

3次元設計データと出来形評価用データを入力することで、設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れの算出と良否の判定が行える情報を提供するとともに、計測結果を出来形管理資料として出力することができる。

## 【出来高算出ソフトウェア】

起工測量結果と、3次元設計データ作成ソフトウェアで作成した3次元設計データ、あるいは点群処理ソフトウェアで算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

**【オリジナルデータ】**

使用するソフトウェアから出力できるデータのことで、使用するソフトウェア独自のファイル形式あるいは、オープンなデータ交換形式となる。例えば、LandXMLは、2000年1月に米国にて公開された土木・測量業界におけるオープンなデータ交換形式である。

**【工事基準点】**

監督職員より指示された基準点を基に、受注者が施工及び施工管理のために現場及びその周辺に設置する基準点をいう。

**【標定点】**

TLSで計測した相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点である。基準点あるいは工事基準点と対応付けするために、基準点あるいは工事基準点からTS等によって測量する。

## 1-1-5 施工計画書

受注者は、施工計画書及び添付資料に次の事項を記載しなければならない。

### 1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。適用工種は、「2-1-1 適用の範囲」を参照されたい。

### 2) 適用区域及び適用種別

本管理要領による、3次元計測範囲、出来形管理を行う範囲及び適用種別を記載する。

### 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

契約上必要な出来形計測を実施する出来形管理箇所を記載する。また、該当する出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準を記載する。

### 4) 使用機器・ソフトウェア

T L S の計測性能、機器構成及び利用するソフトウェアを記載する。

## 【解説】

### 1) 適用工種

本管理要領による適用工種に該当している工種を記載する。

### 2) 適用区域及び適用種別

本管理要領により、3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図及び舗装の構成図上に当該工事の施工範囲を示し、本管理要領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」による出来形管理範囲を塗り分ける。

3次元計測範囲は舗装工部分を包含する範囲とする。また、適用する舗装工の種別を記載する。

### 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。

また、T L S を用いた出来形管理を行う範囲については、本管理要領に基づく出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準を記載する。

### 4) 使用機器・ソフトウェア

T L S を用いた出来形管理を効率的かつ正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理されたT L S 及び必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。受注者は、施工計画書に使用する機器構成を記載するとともに、その機能・性能などを確認できる資料を添付する。

#### ①機器構成

受注者は、本管理要領を適用する出来形管理で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。

#### ②T L S 本体

受注者は、出来形管理用に利用するT L S 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。

鉛直方向の測定精度：使用する地上型レーザースキャナーの鉛直方向の測定精度を以下に示す。

路床表面（起工測量）	計測範囲内で±20mm 以内
下層路盤表面	計測範囲内で±10mm 以内
上層路盤表面	計測範囲内で±10mm 以内
基層・中間層表面	計測範囲内で±4mm 以内
表層表面	計測範囲内で±4mm 以内

平面方向の測定精度：使用する地上型レーザースキャナーの平面方向の測定精度を以下に示す。

計測範囲内で±20mm 以内

色データ：色データの取得が可能なこと（点群処理時に目視により選別するために利用する）

- a. T L S の計測性能は近距離限定の機器、長距離計測対応の機器など多岐にわたる。また、計測精度に関する仕様の記載方法も標準化されていない。このため、本管理要領では、各現場の制約条件を考慮し、精度について現場での計測により確認することとした。精度確認については、別添様式-2 に示す現場精度確認を実施し、その記録を提出する。
- b. 精度管理について、器械本体の動作やシステムに不具合が無いことを確認するために、T L S を製造するメーカーが推奨する定期点検を期限内に実施していることを示す記録を添付する。

### ③ソフトウェア

受注者は、本管理要領に対応する機能を有するソフトウェアであることを示すメーカーのカタログあるいはソフトウェア仕様書を、施工計画書の添付資料として提出する。

## 1-1-6 監督職員による監督の実施項目

本管理要領を適用した、T L Sによる出来形管理における監督職員の実施項目は、「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(舗装工事編)」の「5 監督職員の実施項目」による。

### 【解説】

監督職員は、本管理要領に記載されている内容を確認及び把握をするために立会し、または資料等の提示を請求できるものとし、受注者はこれに協力しなければならない。

受注者は、監督職員による本管理要領に記載されている内容を確認、把握、及び立会する上で必要な準備、人員及び資機材等の提供並びに写真その他資料の整備をするものとする。

監督職員の実施項目は下記に示すとおりである。

- 1) 施工計画書の受理・記載事項の確認
- 2) 基準点の指示
- 3) 設計図書の3次元化の指示
- 4) 工事基準点等の設置状況の把握
- 5) 3次元設計データチェックシートの確認
- 6) 精度確認試験結果報告書の把握
- 7) 出来形管理状況の把握

## 1-1-7 検査職員による検査の実施項目

本管理要領を適用した、T L Sによる出来形管理における検査職員の実施項目は、「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(舗装工事編)」の「6 検査職員の実施項目」による。

### 【解説】

本管理要領の実施に係る工事実施状況の検査では、施工計画書等の書類により監督職員との所定の手続きを経て、出来形管理を実施したかを検査する。

出来形の検査に関して、出来形管理資料の記載事項の検査を行う。

また、出来形数量の算出においても、本管理要領で算出された数量を用いてよいものとする。

受注者は、当該技術検査について、監督職員による監督の実施項目の規定を準用する。

検査職員の実施項目は下記に示すとおりである。

#### 1) 出来形計測に係わる書面検査

- ・ T L Sを用いた出来形管理に係わる施工計画書の記載内容
- ・ 設計図書の3次元化に係わる確認
- ・ T L Sを用いた出来形管理に係わる工事基準点等の測量結果等
- ・ 3次元設計データチェックシートの確認
- ・ T L Sを用いた出来形管理に係わる精度確認試験結果報告書の確認
- ・ T L Sを用いた出来形管理に係わる「出来形管理図表」の確認
- ・ 品質管理及び出来形管理写真の確認
- ・ 電子成果品の確認

#### 2) 出来形計測に係わる実地検査

- ・ 検査職員が任意に指定する箇所の出来形検査

## 第2節 TLSによる測定方法

### 1-2-1 機器構成

本管理要領で用いるTLSによる出来形管理のシステムは、以下の機器で構成される。

- 1) TLS本体
- 2) 点群処理ソフトウェア
- 3) 3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) 出来高算出ソフトウェア

#### 【解説】

図 1-5 に TLS を用いた出来形管理で利用する機器の標準的な構成を示す。

#### 1) TLS本体

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。観測した点群を3次元座標として変換するためには計測範囲内に既知座標(標定点)を4点以上設置する(TSと同様に本体の位置を事前に確定できる方法等の場合は標定点が不要である)。

#### 2) 点群処理ソフトウェア

TLSで取得した複数回の3次元点群の結合や、3次元座標の点群から樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群にTIN(不等三角網)を配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、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)に留意すること。

#### 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・出力するソフトウェアである。

#### 4) 出来形帳票作成ソフトウェア

3)で作成した3次元設計データと、2)で算出した出来形評価用データの各ポイントの離れを算出することで、出来形の良否判定が可能な出来形分布図などを作成するソフトウェアである。

#### 5) 出来高算出ソフトウェア

別途計測した起工測量結果と、3)で作成した3次元設計データ、あるいは、2)で算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。



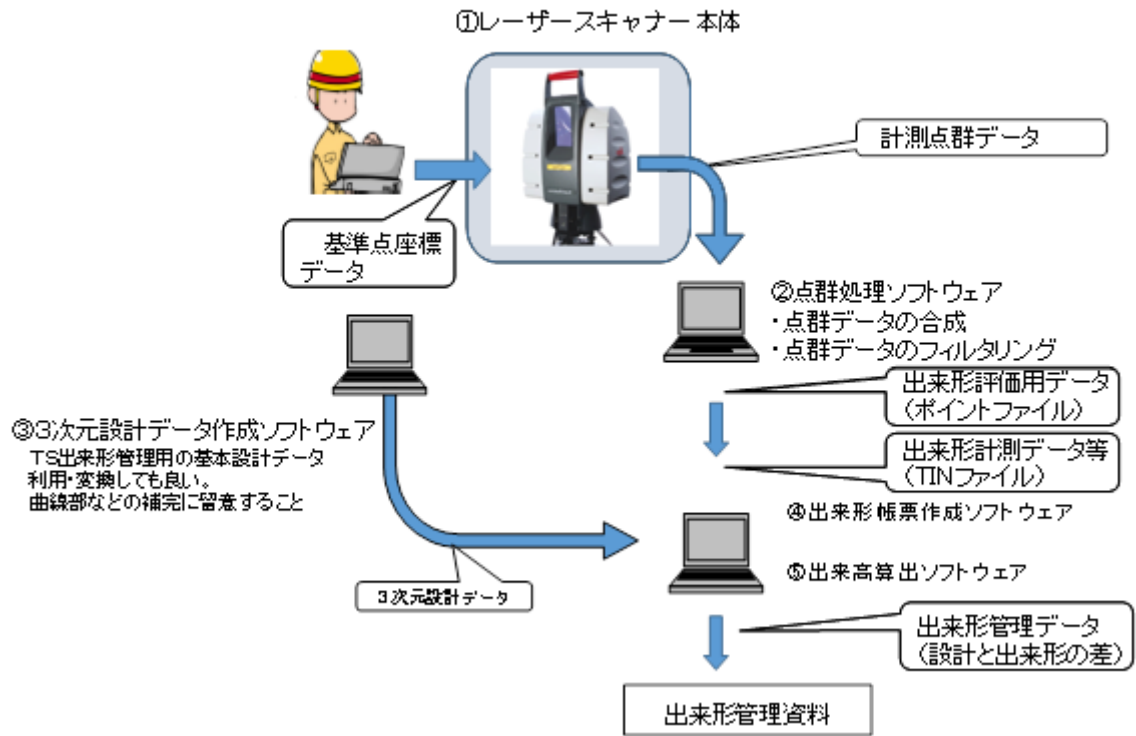


図 1-5 TLSによる出来形管理機器の構成例

## 1-2-2 出来形管理用 T L S 本体の計測性能及び精度管理

T L S による出来形計測で利用する T L S 本体は下記の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。受注者は、本管理要領に基づいて出来形管理を行う場合は、利用する T L S の性能について、監督職員に提出すること。以下に、出来形管理で利用する T L S に要求される性能基準を示す。

測定範囲内の鉛直精度：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

測定範囲内の平面精度： ±20mm 以内

(カタログ記載に加え、第 2 編 第 4 章 T L S の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書による現場確認を行うこと。)

色データ：色データの取得が可能なこと

### 【解説】

#### 1) 計測性能

T L S の計測性能は多様であることと、長距離タイプ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る。また、T L S の計測性能について、製造メーカーなどが発行するカタログなどで概ね確認することができるが、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、利用前に以下の確認を行うこととする。

- a. 高さ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、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 1m<sup>2</sup> 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、検査面の高さで 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。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 T S 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。（詳細は第 2 編 第 4 章 T L S の精度確認試験実施手順書および試験結果報告書 精度確認試験実施手順に記載）。

測定範囲内の鉛直精度：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

受注者は、T L S を用いた出来形管理の実施前に上記の精度確認試験を実施し、その結果について、別添様式-2 を用いて提出する。

- b. 平面方向の計測性能については、受注者は、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以上離れた箇所）以上に配置し、既知点の距離とT L Sによる計測結果から求められる点間距離との差が±20mm以内であることを確認する（詳細は第2編 第4章 T L Sの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書 精度確認試験実施手順に記載）。受注者は、T L Sを用いた出来形管理の実施前に上記の精度確認試験を実施し、その結果について、別添様式-2を用いて提出する。
- c. 事前確認の実施：a. b. の現場での計測性能の確認以外に、上記と同様の手法で事前確認を実施してもよい。この場合は、出来形計測の実施前の6ヶ月以内に実施した確認結果を別添様式-2にて提出すること。

## 2) 測定精度

T L Sの管理が適正に行われていることを確認する書類を提出する。現状では、公的な精度管理の仕組みが存在しないことから製造メーカーによる機器の作動点検等の記録を提出する。点検の頻度は、メーカーの推奨期間内であること。

### 1-2-3 点群処理ソフトウェア

本管理要領で利用する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の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。

#### 【解説】

TLS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構造物、樹木や草木、建設機械や作業員、仮設構造物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ことが必要となる。不要点の排除にあたっては、不要点のみを抽出し、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。以下に本管理要領に基づくデータ処理の概念とデータ処理に必要な主な機能を示す。

#### 1) 計測データの不要点削除

##### ①対象範囲外のデータ削除

TLSの計測は取得範囲をランダムに計測するために、被計測対象物以外の構造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。

削除の方法は、点群処理ソフトウェアを用い、計測点群データの3次元的な鳥瞰図を見ながら、対象範囲外のデータかどうかを目視確認し、選択、削除する方法が一般的である。

排水性舗装等表面に凹凸が存在する計測対象の場合は、入射角の関係より、凹凸の形状を捉えやすくなるため、計測結果に影響を与えることが懸念される。そのため、影響の受ける範囲の計測結果については、不要点として除去するなどして留意すること。

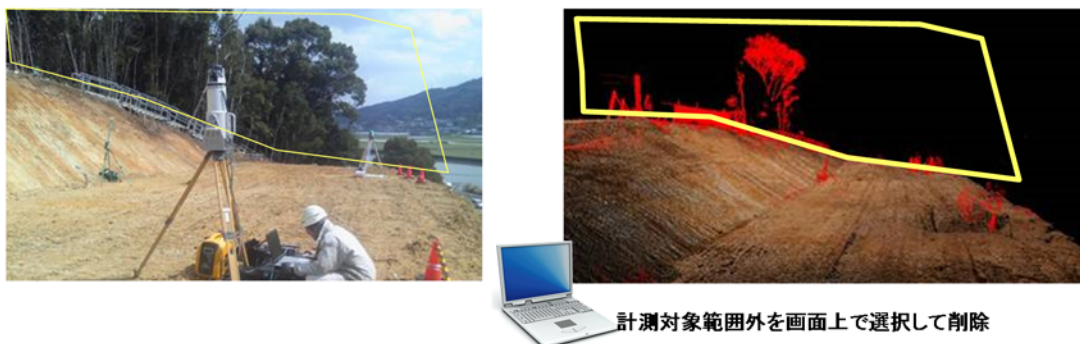


図 1-6 対象範囲外のデータ削除

##### ②点群密度の変更（データの間引き）

TLSの特徴としては、近距離の計測結果は密となり遠距離では粗となる場合がある。また、これらの計測結果を組み合わせた結果では計測結果の重複や点群密度のバラツキがある。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減らす作業を行ってもよい。

出来形計測データについては、0.01m<sup>2</sup>あたり1点以上、数量算出に用いる起工測量計測データについては、0.25m<sup>2</sup>あたり1点以上まで点群密度を減らしてよい。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。

### ③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、計測対象面について 1m<sup>2</sup> (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 1m<sup>2</sup> 以内の実計測点の平均値あるいは、設計面との差の最頻値を用いる。

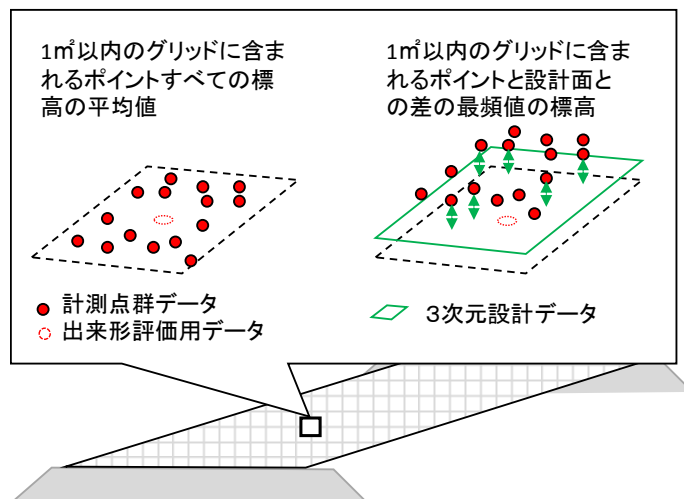


図 1-7 グリッドデータ化のイメージ

#### 2) 計測点群データの合成

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。

##### ①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

各スキャンで標定点や基準点等を利用して 3次元座標へ変換しておき、単純に計測点座標群を合成する。

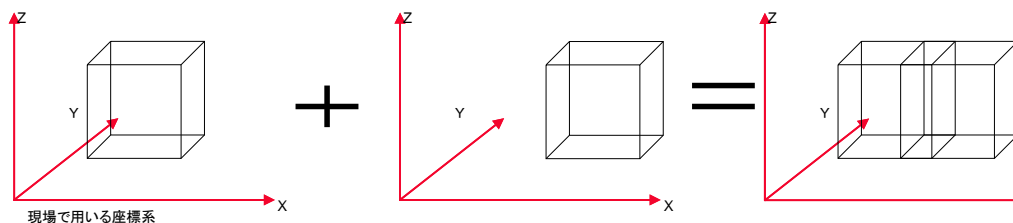


図 1-8 現場座標系に変換された結果を合成する方法

##### ②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

複数のスキャンで共通に取得されている特徴点や標定点を基準に点群を合成する手法である。各スキャンから同じ特徴点を抽出してマッチングさせる。この手法では、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である (合成時の誤差や偏差について、各ソフトウェアで解析する機能などがあるので参照する)。

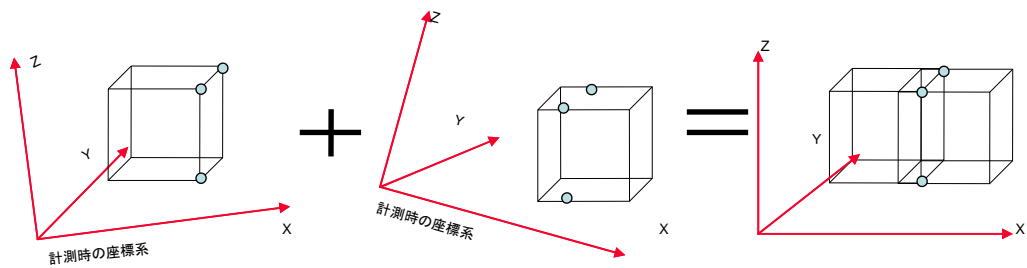


図 1-9 複数のスキャンに含まれる標定点を基準に合成する方法

3) 面データ（出来形計測データ、起工測量計測データ）の作成

計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にT I N（不等三角網）を配置し、地形の面データを作成する。自動でT I Nを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、T I Nの結合方法を手動で変更してもよい。

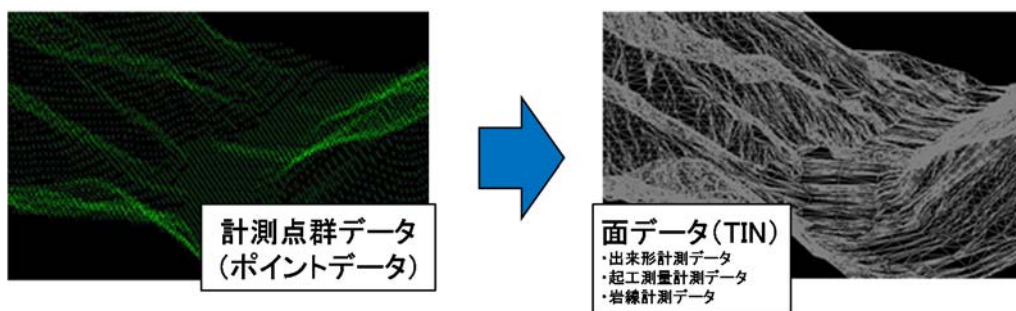


図 1-10 計測点群データをT I Nデータに変換する方法

#### 1-2-4 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
- 2) 3次元設計データ等の確認機能
- 3) 設計面データの作成機能
- 4) 3次元設計データの作成機能
- 5) 座標系の変換機能
- 6) 3次元設計データの出力機能

#### 【解説】

面的な出来形管理及び数量算出を実現するためには、基準となる3次元設計データを作成でき、作成した設計データと設計図面との照合確認が可能な3次元設計データ作成ソフトウェアが必要となる。ここでいう3次元設計データは、中心線形データ、横断形状データ、及び構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される「T I Nデータ」で表現される。

#### 1) 3次元設計データ等の要素読込（入力）機能

##### ①座標系の選択機能

3次元設計データの座標系を選択する機能。

##### ②平面線形の読込（入力）機能

設計図面に示される法線の平面線形を読込（入力）できる機能。なお、線形の幾何要素は、直線区間（開始点、終了点）と曲線区間（開始点、I P点、終了点）等で定義される。

##### ③縦断線形の読込（入力）機能

設計図面に示される法線の縦断線形を読込（入力）できる機能。なお、線形の幾何要素は、縦断勾配変化点の累加距離、標高、縦断曲線長（または縦断曲線半径）で定義される。

##### ④横断形状の読込（入力）機能

設計図面に示される横断形状を読込（入力）できる機能。なお、横断形状の幾何要素は、中心線形（平面線形）を基準に、センターからの離れ距離（起点からの終点に向け右側を+、左側を-）と勾配（あるいは比高）などで定義される。

##### ⑤現況地形データの読込（入力）機能

起工測量で得られた計測点群データあるいは面データを読込（入力）できる機能。

#### 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。本管理要領でいう面データは、T I N（不等辺三角網）データとする。

#### 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。



## 1-2-5 出来形帳票作成ソフトウェア

本管理要領で利用する出来形帳票作成ソフトウェアは、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。

### 【解説】

出来形評価用データと3次元設計データを重ねて表示することで出来形の良否判定を行う。特に、TLSによる計測では、端部を特定した計測ができないことから、従来の幅員、端部の基準高さという管理項目での良否判定法では比較できない。このことから、厚さあるいは標高較差（標高較差は、直下層の目標高さ+直下層の標高較差平均値+設計厚さから求まる高さとの差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理基準上の管理項目の計算結果（厚さあるいは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評価範囲の平面図上にプロットした分布図を整理した帳票（出来形管理図表）、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出来形管理資料として出力する。

#### 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各層の範囲を抽出する。
- ② 各層毎に厚さあるいは標高較差（標高較差は、直下層の目標高さ（下図①）+直下層の標高較差平均値（下図②）+設計厚さから求まる高さ（下図③）との差）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、平面座標が同じ位置の目標高さの差分として算出する。
- ③ 「1-5-1 出来形管理資料の作成」にある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。
- ④ 平坦性は、従来どおり実施する。

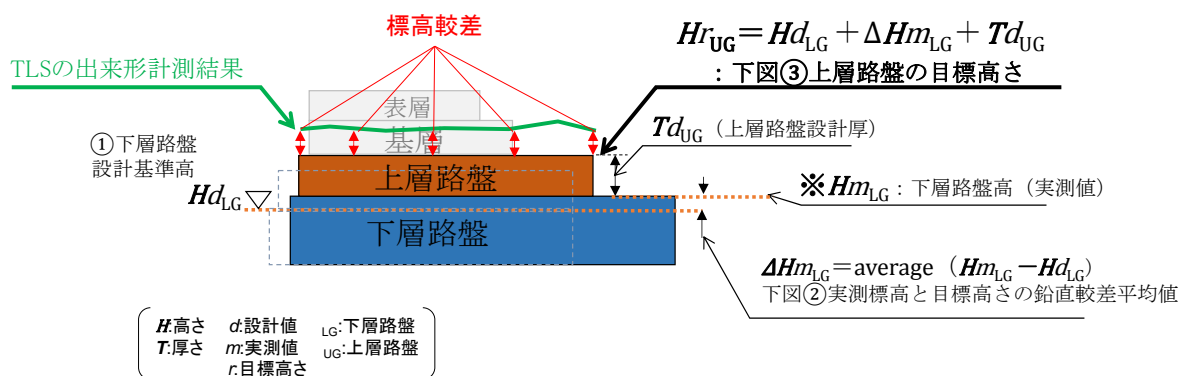


図 1-11 標高較差の算出ロジックのイメージ



## 1-2-6 工事基準点の設置

本管理要領に基づく出来形管理で利用する工事基準点は、監督職員に指示を受けた基準点を使用して設置する。

出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、国土交通省公共測量作業規程に基づいて実施し、測量成果、設置状況と配置箇所を監督職員に提出して使用する。

### 【解説】

TLSによる出来形管理では、現場に設置された工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。このため、出来形の計測精度を確保するためには、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管理が重要である。工事基準点の精度は、「国土交通省公共測量作業規程」の路線測量を参考にし、これに準じた。

工事基準点の設置に際し、受注者は、監督職員から指示を受けた基準点を使用することとする。なお、監督職員から受注者に指示した4級基準点及び3級水準点（山間部では4級水準点を用いてもよい）、もしくはこれと同等以上のものは、国土地理院が管理していなくても基準点として扱う。

工事基準点の設置時の留意点としては、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設置しておくことが有効である。また、本管理要領に基づく出来形管理では出来形計測精度の確保を目的に、標定点を計測する場合は基準点からTSまでの距離、標定点からTSまでの計測距離（斜距離）についての制限を、3級TSを利用する場合は100m以内（2級TSは150m）とする（TSを用いた出来形管理要領より引用）。

### 第3節 T L Sによる工事測量

#### 1-3-1 起工測量

##### 1) 起工測量の実施

受注者は、設計照査のために施工前の地盤の地形測量を実施する。また、起工測量時の測定精度は 20mm 以内とし、計測密度は 0.25m<sup>2</sup> (50cm×50cm メッシュ) あたり 1 点以上とする。なお、起工測量のその他の実施事項は、「1-4-3 T L Sによる出来形計測」を準用する。

##### 2) 起工測量計測データの作成

受注者は、T L Sで計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、T I Nで表現される起工測量計測データを作成する。データ処理方法は、「1-2-3 点群処理ソフトウェア」の手順を参照されたい。

#### 【解説】

本管理要領では、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 T L Sを用いて実施する。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、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付ける。

##### 1) 起工測量の実施

起工測量時の測定精度は、20mm 以内とし、計測密度は 0.25m<sup>2</sup> (50cm×50cm メッシュ) あたり 1 点以上とする。また、標定点は 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。その他の実施事項及び作業上の留意点については、「1-4-3 T L Sによる出来形計測」を参照されたい。

##### 2) 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 T I Nを配置し、起工測量計測データを作成する。自動で T I Nを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、T I Nの結合方法を手動で変更してもよい。また、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 T I Nで補間してもよいものとする。

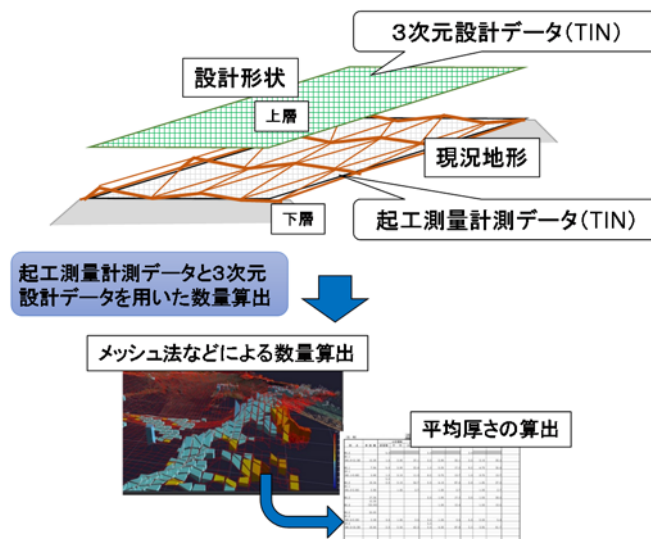


図 1-13 設計照査のための数量算出イメージ

## 第4節 TLSによる出来形管理

### 1-4-1 3次元設計データの作成

受注者は、発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図、横断図等）や線形計算書等を基に3次元設計データを作成する。

#### 【解説】

受注者は、出来形管理で利用する工事基準点、平面線形、縦断線形、出来形横断面形状の設定を行い、出来形評価用データとの比較が可能な3次元設計データの作成を行う。以下に、3次元設計データ作成時の留意事項を示す。

#### 1) 準備資料

3次元設計データの作成に必要な準備資料は、設計図書の平面図、縦断図、横断図等と線形計算書等である。準備資料の記載内容に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。また、隣接する他工事との調整も必要に応じて行うこと。

#### 2) 3次元設計データの作成範囲

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) 地形情報

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、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。

#### 4) 3次元設計データの要素データ作成

3次元設計データの作成は、設計図書（平面図、縦断図、横断図）と線形計算書に示される情報から幾何形状の要素（要素の始点や終点の座標・半径・クロソイドパラメータ・縦断曲線長、横断形状等）を読み取って、作成する。出来形横断面形状の作成は、TLSによる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）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事から、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。

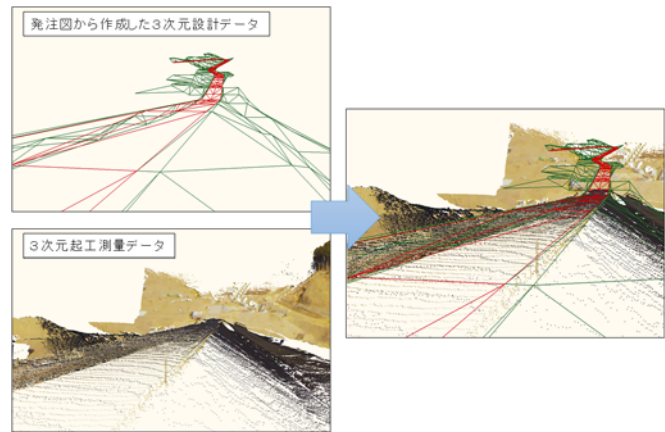


図 1-14 起工測量結果と3次元設計データ

5) 3次元設計データ (T I N) の作成

入力した要素データを基に計測対象面の面的な3次元設計データ (T I N) を作成する。T I Nは3角の平面の集合体であるため、曲線部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T I Nを設定する (例えば、間隔5 m毎の横断形状を作成した後にT I Nを設定する)。

6) 目標高さの設定について

標高較差で出来形管理を行う場合、目標高さが設計図を元に作成した各層の高さと異なる場合は、施工前に作成した3次元設計面に対する高さ (設計図を元に計算される高さ) からのオフセットにより目標高さを設定する。このとき、オフセット高さについては、監督職員に協議を行い設定すること (工事打合せ簿)。オフセット高さとは、設計図書を元に作成した3次元形状に対して、出来形管理基準及び規格値の範囲内での施工誤差を考慮した場合の各層における施工前に作成した3次元設計面に対する高さとの差のことである。目標高さ (下図①) は、直下層の目標高さ (下図②) に直下層の出来形を踏まえて、設計厚さ以上の高さ (下図③) を加えて定めた計測対象面の高さ。

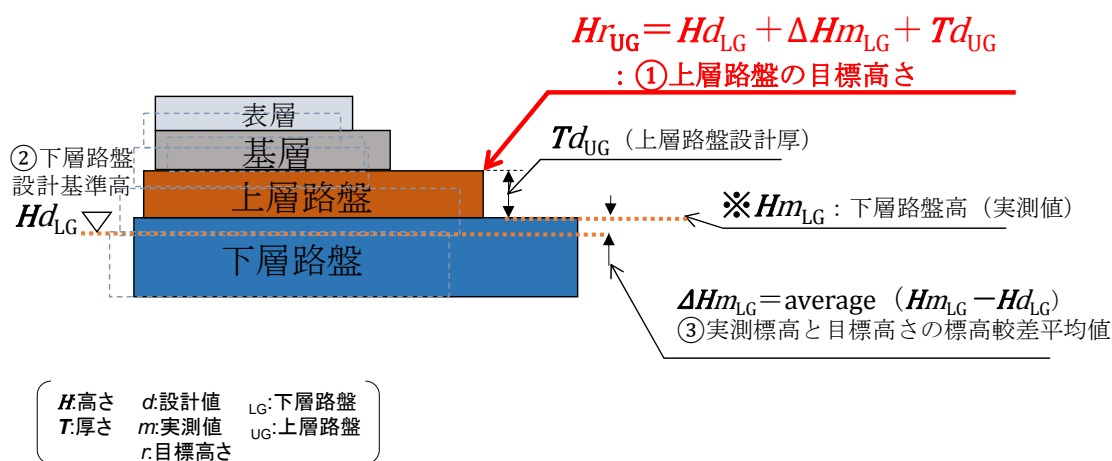


図 1-15 目標高さの設定

7) 設計変更について

設計変更で設計形状に変更があった場合は、その都度、3次元設計データを編集し変更を行う。このとき、最新の3次元設計データの変更理由、変更内容、変更後の3次元設計データファイル名は確実に管理しておくこと。

8) 数量算出

作成した3次元設計データは、設計図書として位置付けられるものであるため、数量を再計算しておく必要がある。3次元設計データに基づく数量計算結果が当初数量と変更があった場合は、設計変更の対象となる。工事数量の算出方法は「1-5-2 数量算出」を参照のこと。

#### 1-4-2 3次元設計データの確認

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、監督職員との協議を行い、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

#### 【解説】

3次元設計データの間違ひは出来形管理に致命的な影響を与えるので、受注者は3次元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。

3次元設計データの照合とは、3次元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。3次元設計データと設計図書の照合結果については、本管理要領のチェックシート及び照査結果資料（道路工事においては線形計算書、河川工事においては法線の中心点座標リスト、その他共通の資料として平面図、縦断図、横断図のチェック入り）

（第2編第2章及び第3章参照）に記載する。また、受注者は、前述の資料の他、3次元設計データと設計図書との照合のための資料を整備・保管するとともに、監督職員から3次元設計データのチェックシートを確認するための資料請求があった場合は、確認できる資料を提示するものとする。

さらに、設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更し、確認資料を作成する。

確認項目を以下に示す。照合は、設計図書と3次元設計データ作成ソフトウェアの入力画面の数値または出力図面と対比して行う。

#### 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) 平面線形

平面線形は、線形の起終点、各測点及び変化点（線形主要点）の平面座標と曲線要素について、平面図及び線形計算書と対比し、確認する。

#### 3) 縦断線形

縦断線形は、線形の起終点、各測点及び変化点の標高と曲線要素について、縦断図と対比し、確認する。

#### 4) 出来形横断面形状

出来形横断面形状は、出来形管理項目の幅（小段幅も含む）基準高、法長を対比し、確認する。設計図書に含まれる全ての横断図について対比を行うこと。確認方法は、ソフトウェア画面上で対比し、設計図書の寸法記載箇所にチェックを記入する方法や、3次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせて確認する方法等を用いて実施する。

#### 5) 3次元設計データ

T L Sを用いた出来形管理の該当区間の3次元設計データの入力要素（工事基準点、中心線形データや横断形状データ）と3次元設計データ（T I N）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。



### 1-4-3 TLSによる出来形計測

受注者は、TLSを設置し、出来形計測を行う。

#### 1) TLSの設置

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。標定点は工事基準点からTSを用いて計測を行う。また、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100cm<sup>2</sup> (10cm×10cmメッシュ) あたり1点以上の計測点が見られる設定で計測を行う。また、1回の計測距離は、1-2-2で実施した精度確認の距離範囲内とする。

#### 【解説】

TLSによる計測では、対象物とTLSの位置関係により計測精度に違いが生じる。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。

#### 1) TLSの配置

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。

なお、TLSの設置・計測に係わる留意点を以下に示す。

- ・出来形計測点を効率的に取得できる位置にTLSを設置すること。
- ・TLS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。
- ・最大観測距離で点群密度を(1点/100cm<sup>2</sup>)以上になるように器機の条件をセットすること。

#### 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箇所以上配置する。また、標定点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び標定点までの距離が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。

ただし、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してもよい。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。



図 1-16 TLSと標定点の配置（例）

### 3) 出来形計測の留意点

#### ①計測密度設定の留意点

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、計測範囲の最大距離の箇所で100cm<sup>2</sup> (10cm×10cmのメッシュ) あたりに1点以上の計測結果が得られる設定を行う。

#### ②測定時の留意点

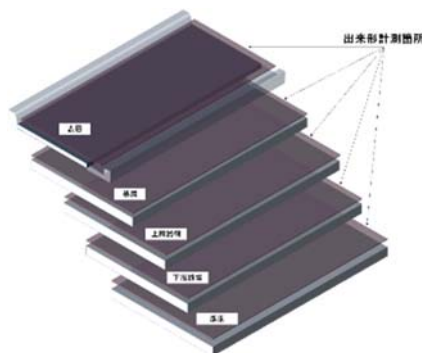
TLSの計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の計測面が露出している状況での計測を行う。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

- ・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、安全性に十分考慮すること。

### 1-4-4 出来形計測箇所

TLSによる出来形管理における出来形計測箇所は、下図に示すとおりとする。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10cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。

計測は起工測量から表層までを対象とし、起工測量と表層面はTLSによる管理を必須とする。なお、表層を管理するための基層面の計測手法としてTSによる出来形管理を選択することができるが、その場合はそれ以下の各層もTSによる出来形管理を選択する必要がある。



#### 【解説】

上図に示すとおり、TLSによる出来形管理を行う場合は管理対象面の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。

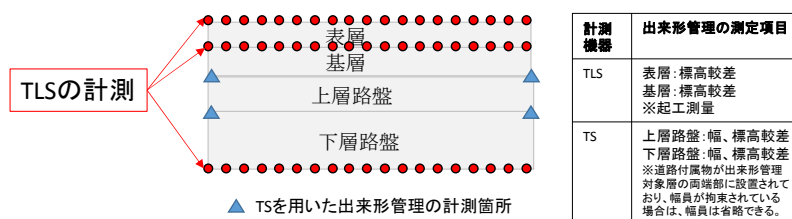
#### ・厚さに代えて標高較差で管理する場合

標高較差で管理を行う場合は、直下層の目標高さに直下層の標高較差の平均値、設計厚さを加えた管理対象面の目標高さを設定し、この高さとの計測高さの標高較差で管理を行う。

#### ・厚さの管理を行う場合

厚さの管理を行う場合は、直下層の計測高さとの高さの較差による厚さで管理を行う。この場合、各層の出来形評価点の平面位置は揃えること。

表層・基層を標高較差管理する場合の例



表層・基層を厚さ管理する場合の例

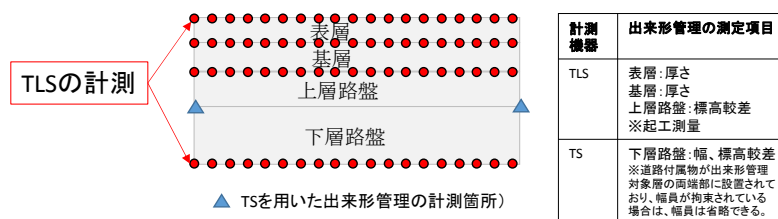


図 1-17 TLSとTSを組み合わせた出来形管理例

## 第5節 出来形管理資料の作成

### 1-5-1 出来形管理資料の作成

受注者は、3次元設計データと出来形評価用データを用いて、本管理要領で定める以下の出来形管理資料を作成する。作成した出来形管理資料は監督職員に提出すること。

#### 1) 出来形管理図表

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。

#### 【解説】

「出来形帳票作成ソフトウェア」は、本管理要領が対象とする工種について本管理要領で定める帳票を自動作成、保存、印刷ができるものとする。

#### 1) 出来形管理図表

##### a. 標高較差

標高較差については各評価点における目標高さとして出来形評価用データの標高較差、厚さについては下の層（下層路盤の厚さを評価する場合は路床）との標高較差により出来形の良否判定を行う。出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値及び最大較差等）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評価範囲の平面上にプロットした分布図を明示したものであること。

出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報として、

- ・平均値（算出結果と規格値（当該部位の平均値に対する規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く平均値
- ・最大値（算出結果と規格値（当該部位の個々の計測値に対する規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く最大
- ・最小値（算出結果と規格値（当該部位の個々の計測値に対する規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く最小
- ・データ数（算出結果と規格値（計測密度下限値と評価面積から計算）及び良否評価結果）：棄却点を含む全データ数
- ・評価面積
- ・棄却点数（規格値を外れたデータ個数と規格値（データ数の0.3%以内）及び良否結果）：全棄却点数

を表形式で整理する。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。

出来形確認箇所（舗装の各層）ごとに作成する。分布図が具備すべき情報としては、以下のとおりとする。

- ・離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして-100%～+100%の

範囲で出来形評価用データのポイント毎に結果示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示

- ・ ±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示
- ・ 規格値の範囲外については、-100%～+100%の範囲とは別の色で明示
- ・ 発注者の求めに応じて規格値の50%以内に収まっている計測点の個数、規格値の80%以内に収まっている計測点の個数について図中の任意の箇所に明示できることが望ましい。

電子検査において、属性情報により本様式の表示内容を満足するビュー付き3次元モデルファイルによる納品に代えることもできる。いずれの場合も、従来の出来形管理図表(様式31)の提出に代えることができる。

- ・ 規格値が正負いずれかしか設定されていない工種についても、正負を逆転した側にも規格値が存在するものとして表示することが望ましい。

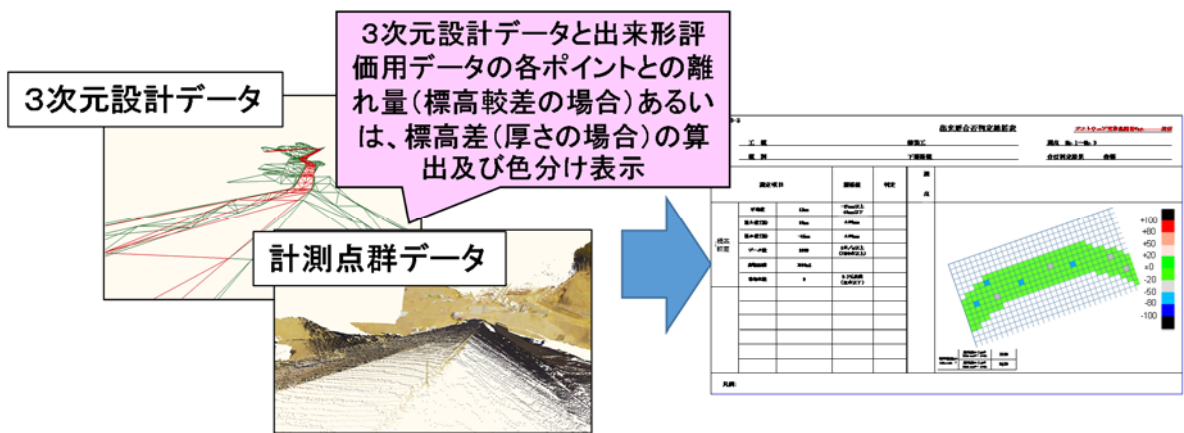


図 1-18 出来形管理図表 作成の流れ

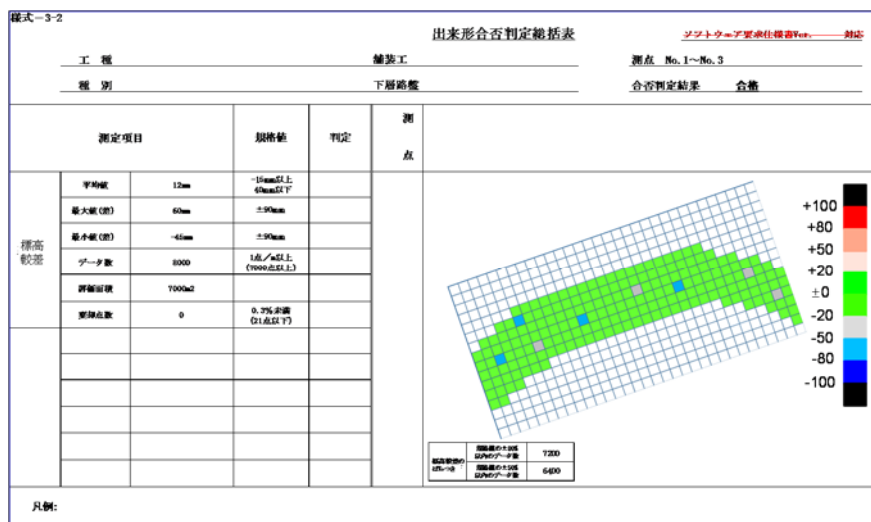


図 1-19 出来形管理図表 作成例(合格の場合)

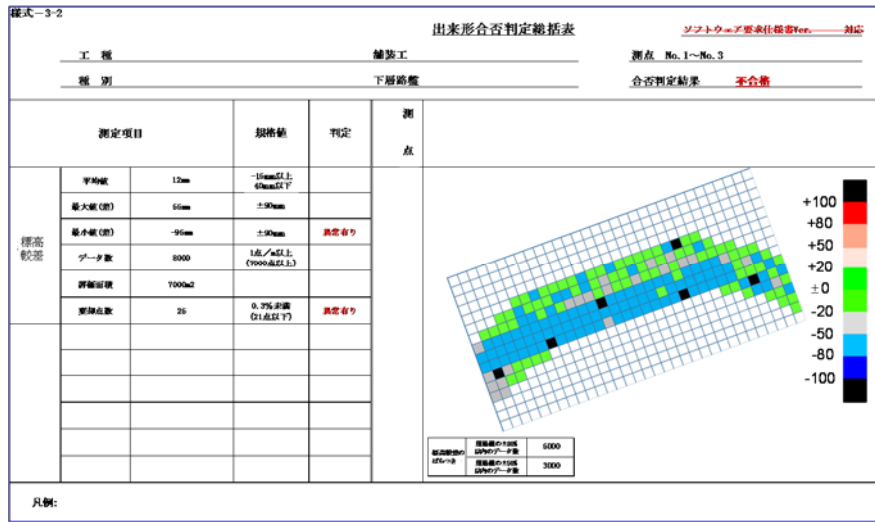


図 1-20 出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合)

b.平坦性

平坦性は従来どおり測定し、結果を提出する。

1-5-2 数量算出

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T L S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、T L S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。

【解説】

受注者は、T L Sによる計測点群データを基に平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方式により数量算出を行うことができる。

不陸整正に用いる補修材の平均厚さ及び路盤工の平均厚さを3次元設計データまたは3次元計測データにより算出する場合は、以下を標準とする。

平均厚さ＝体積／面積

体積の計算方法については、監督職員と協議を行うこととし、3次元設計データや出来形計測データ等の面データから3次元CADソフトウェア等を用いた方式による以下の方式によることを標準とする。

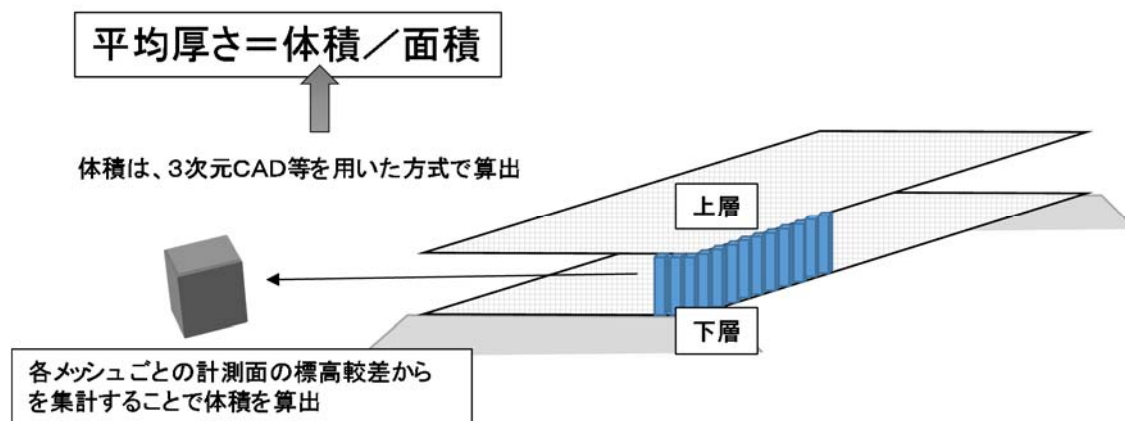


図 1-2 1 平均厚さの数量算出イメージ（点高法による）

① 点高法

現況地形や出来形測量結果等の（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）からなる2つの面に重ね合わせたメッシュ（等間隔）交点で標高を算出し、標高差にメッシュ間隔の面積を乗じたものを総和したもの。メッシュ間隔は50cm以内とし、標高差の算出としては、以下の方法が挙げられる。

- ・ 四点平均法：メッシュ交点の四隅の標高差を平均する方法（下図のとおり）
- ・ 1点法：メッシュ交点を中心とする辺長がメッシュ間隔の正方形を底面とし、当該メッシュ交点の標高差を乗じて算出する方法

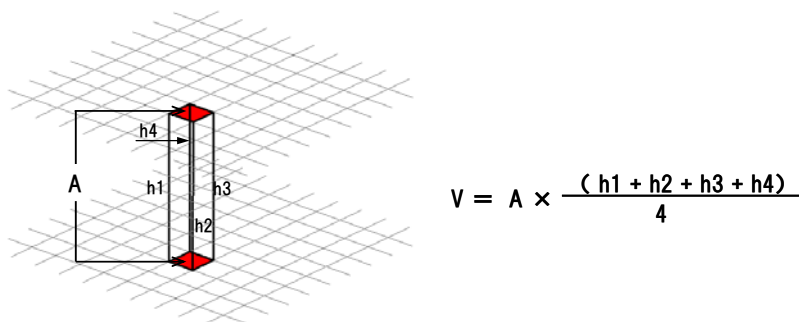


図 1-2 2 点高法による数量算出

② TIN分割等を用いた求積

現況地形や出来形計測結果等（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）からそれぞれの面データとしてTINからなる面データを作成したうえで、ある一定の標高値にてDL面（標高基準面）を設定し、各TINの水平面積と、TINを構成する各点からDL面までの高低差を求めて三角形毎に平均し、その平均高低差と平面積を乗じた体積を総和したものである。

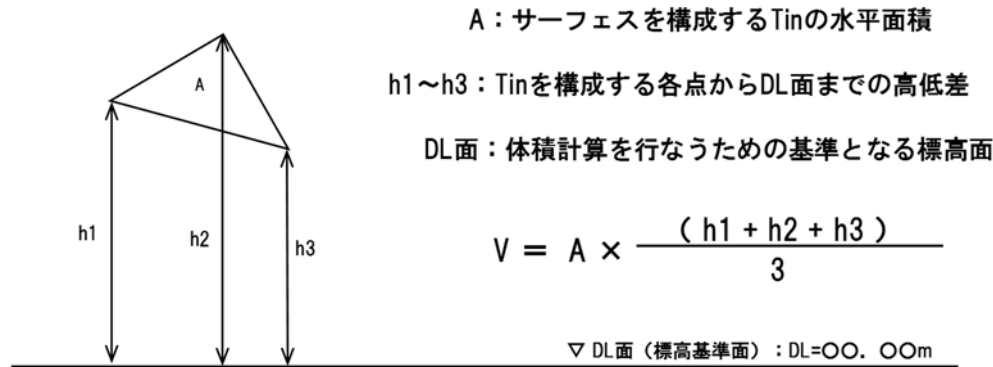


図 1-2 3 TIN分割等を用いた求積による数量算出

③ プリズモイダル法

現況地形や出来形計測結果等（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）からそれぞれの面データとしてTINからなる面データを作成し、面データのポイントの位置を互いの面データに投影し、各面データは本来の自身が持つポイントと相手のポイントを合わせたポイント位置により新たな三角網が形成され、この三角網の結節点の位置での標高差に基づき複合した面データの標高を計算する。面データの各TINを構成する点をそれぞれの面データに投影すると、各面データに同じ水平位置で標高の異なる点を作成される。その作成された点で再度面データを構築し、三角形水平面積と高低差を乗じた体積を総和したものの。

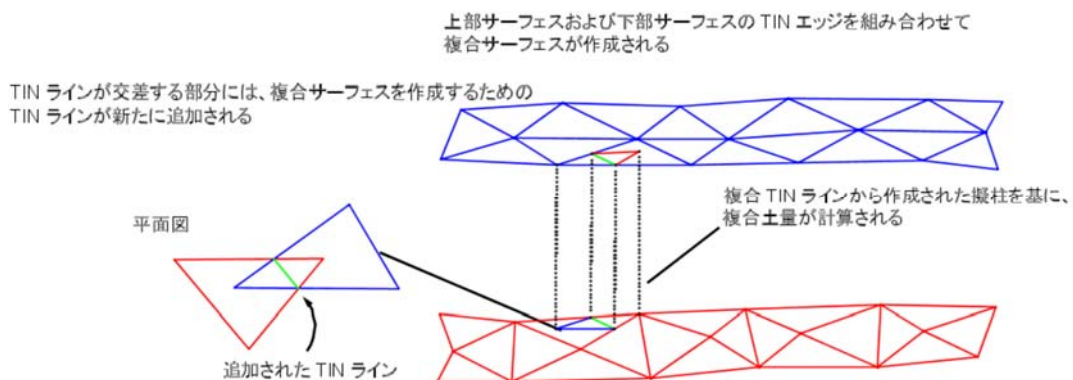


図 1-2 4 プリズモイダル法による数量算出



### 1-5-3 電子成果品の作成規定

本管理要領に基づいて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 (T I N))
- ・ 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)
- ・ T L Sによる出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS のポイントファイル)
- ・ T L Sによる出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))
- ・ T L S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」で定める「ICON」フォルダに格納する。

格納するファイル名は、T L Sを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

#### 【解説】

本管理要領の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ている。本管理要領で規定する以外の事項は、「工事完成図書の電子納品等要領」による。

#### 1) ファイル名の命名

本管理要領に基づいて作成した電子成果品が特定できるようにするため、I C O Nフォルダに各層名称を記したサブフォルダを作成し、格納するファイル名は、次表に示す内容を必ず記入すること。また、標高較差で管理した場合は、3次元設計データは各層の目標高さの設計データを納品すること。

ファイル名のうち、対象層の名称は、下層路盤：GL、上層路盤：GU、基層：PL、中間層：PC、表層：PU で記載するものとし、複数ある場合は、下層より 1, 2, 3 (GL1, GL2) と番号を付与して、記載する。

表 1-2 ファイルの命名規則

計測機器	対象層	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
TLS	GL~PU	0	DR	001~	0~Z	・ 3次元設計データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))	TLSGLODR001Z. 拡張子
TLS	GL~PU	0	CH	001~	-	・ 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)	TLSGLOCH001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	IN	001~	-	・ TLSによる出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル)	TLSGLOIN001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	EG	001~	-	・ TLSによる起工測量計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))	TLSGLOEG001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	SO	001~	-	・ TLSによる岩線計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))	TLSGLOSO001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	AS	001~	-	・ TLSによる出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N))	TLSGLOAS001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	GR	001~	-	・ TLSによる計測点群データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル)	TLSGLOGR001. 拡張子
TLS	GL~PU	0	PO	001~	-	・ 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)	TLSGLOPO001. 拡張子

## 2) データ形式

計測点群データをテキストファイルで納品する場合は、別途定める「航空レーザー測量製品仕様書応用スキーマ（平成26年国土地理院）」と同様の記述順とし、「地理空間データ製品仕様書作成マニュアル（平成26年度国土地理院）」に沿って、データ内容及び構造、参照系を示した文書（PDF）で付すこと。

航空レーザー測量製品仕様書応用スキーマによると、データレコード構成の記述順は以下のとおりとなる。

ファイル構造：Idn, xn, yn, zn, An

Idn：ID 番号 (Id)

xn：計測点座標値 (x)・・・本管理要領では m 単位で mm まで記載

yn：計測点座標値 (y)・・・本管理要領では m 単位で mm まで記載

zn：標高値 (z)・・・本管理要領では m 単位で mm まで記載

An：地表面属性値 (A)・・・メッシュデータの場合のみ、格子間隔内にグラウンドデータが存在する場合は 1, しない場合は 0 を記載

## 3) データ内容及び構造、参照系を示した文書

2)について 記述順を変える場合や、レコード構成を省略する場合は、地理空間データ製品仕様書作成マニュアルに沿って作成された航空レーザー測量製品仕様書応用スキーマを参考に、データレコード構成を説明する文書を PDF で作成すること。

## 4) 数量算出

数量算出に利用した場合は、以下についても電子成果品として提出すること。

- ・起工測量時の計測点群データ（CSV、LandXML、LAS ファイル等のポイントファイル）
- ・起工測量計測データ（LandXML ファイル等の TIN ファイル）

## 第6節 管理基準及び規格値等

### 1-6-1 出来形管理基準及び規格値

本管理要領に基づく出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準（案）」のうち面管理の場合に定められたものとする。別途定める「土木工事施工管理基準（案）」を参照のこと。

#### 【解説】

#### 1) 測定箇所

測定箇所は、路床を含めた舗装の各層の全面とする。ただし、設計幅員から外側の計測点は除く。

#### 2) 測定値算出

##### ①標高較差の測定値を算出する方法

標高較差は、設計面あるいは目標高さとして出来形評価用データの各ポイントとの標高較差の離れを用い、平均値や個々の計測値の最大値、最小値を算出し、全面で規格値との比較・判定を行う。

##### ②厚さの測定値を算出する方法

厚さは、計測対象面と下層の出来形評価用データの同一座標上に存在する各ポイントの標高差を用い、平均値や個々の計測値の最大値、最小値を算出し、全面で規格値との比較・判定を行う。

#### 3) 規格値

規格値は、「土木工事施工管理基準（案）」のうち面管理の場合に定められたものとする。別途定める「土木工事施工管理基準（案）」を参照のこと。出来形管理基準及び規格値に示される「個々の計測値」は、すべての測定値が規格値を満足しなくてはならない。本管理要領におけるすべての測定値が規格値を満足するとは、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。

また、一連の評価範囲において規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは、規格値の条件の最も厳しい値を採用することとする。

なお、上記「土木工事施工管理基準及び規格値」のうち面管理の場合に示す基準を適用できない場合は、「土木工事施工管理基準（案）」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。

#### 4) 測定基準

現行の土木工事施工管理基準の測定基準には「基準高は延長 40m 毎に 1 箇所の割とし、道路中心線及び端部で測定。」と定められているが、T L S を用いた出来形管理の場合、全面で計測したデータがあることから、測定基準を「全面 (1m<sup>2</sup> (平面投影面積) あたり 1 点以上)」とし、面的によりの確な出来形管理を行うものである。

また、面的に評価することを前提として、設計面あるいは目標高さからの標高較差に統合する。

平坦性については、従来どおり測定を行う。

1-6-2 品質管理及び出来形管理写真基準

本管理要領に関する工事写真の撮影は以下の要領で行う。

1) 写真管理項目（撮影項目、撮影頻度[時期]、提出頻度）

出来形の写真管理項目は、「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)に準拠するが、一部の工種の一部の撮影項目については下表のとおりとする。

出来形管理以外の施工状況及び品質管理等に係わる工事写真の写真管理項目については、「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)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）

表 1-2 出来形管理写真撮影箇所一覧表（※1）

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度 [時期]	整理条件
<ul style="list-style-type: none"> <li>・アスファルト舗装工(下層路盤工)</li> <li>・アスファルト舗装工(上層路盤工)粒度調節路盤工</li> <li>・アスファルト舗装工(上層路盤工)セメント(石灰)安定処理工</li> <li>・アスファルト舗装工(加熱アスファルト安定処理工)</li> <li>・アスファルト舗装工(基層工)</li> <li>・半たわみ性舗装工(下層路盤工)</li> <li>・半たわみ性舗装工(上層路盤工)粒度調整路盤工</li> <li>・半たわみ性舗装工(上層路盤工)セメント(石灰)安定処理工</li> <li>・半たわみ性舗装工(加熱アスファルト安定処理工)</li> <li>・排水性舗装工(下層路盤工)</li> <li>・排水性舗装工(上層路盤工)粒度調整路盤工</li> <li>・排水性舗装工(上層路盤工)セメント(石灰)安定処理工</li> <li>・排水性舗装工(加熱アスファルト安定処理工)</li> <li>・ゲースアスファルト舗装工(加熱アスファルト安定処理工)</li> <li>・透水性舗装工(路盤工)</li> </ul>	厚さ または 標高較 差※1	各層毎 1工事に 1回 [整 正 後]	代表箇所 各1枚

※1：上記の表における撮影項目以外で必要がある場合は、「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)に準拠する。

【解説】

参考として、図 1-2 5 に写真撮影例を示す。



図 1-2 5 写真撮影例

## 第2編 参考資料

### 第1章 参考文献

- 1)「土木工事共通仕様書」(国土交通省各地方整備局)
- 2)「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 3)「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 4)「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 5)「工事完成図書の電子納品等要領」(国土交通省)
- 6)「国土交通省公共測量作業規程」(国土交通省)
- 7)「T L S を用いた出来形管理の監督・検査要領(舗装工事編)」(国土交通省)

第2章 3次元設計データチェックシート

第1節 舗装工

(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？	
		・ 変化点（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？	
		・ 各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・ 線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・ 縦断変化点の測点、標高は正しいか？	
		・ 曲線要素は正しいか？	
4) 出来形横断面 形状	全延長	・ 作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
		・ 基準高、幅、法長は正しいか？	
5) 3次元設計 データ	全延長	・ 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）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（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）

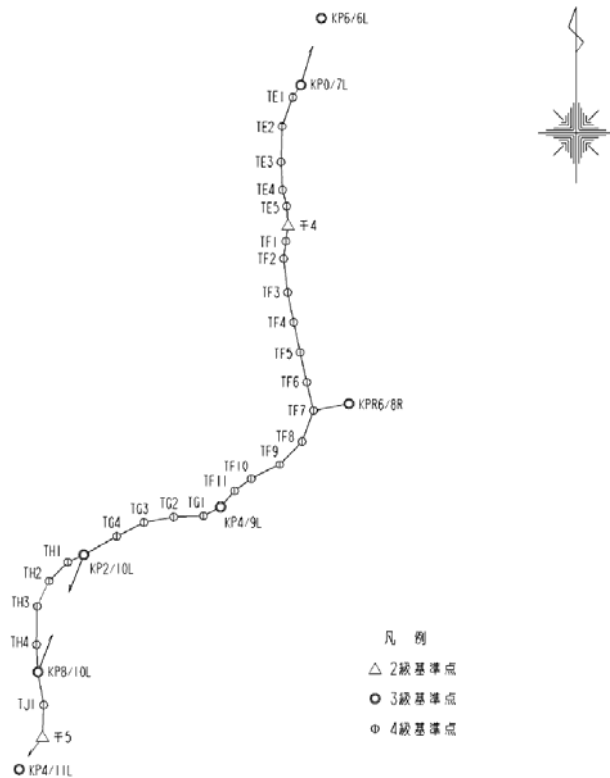
※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

第3章 3次元設計データの照査結果資料の一例

・工事基準点リスト (チェック入り)

4級基準点網図

S=1:25000



基準点成果表

世界測地系							
測点名	X座標	Y座標	備考	測点名	X座標	Y座標	備考
千4 ✓	-103592.645 ✓	-53971.965 ✓	2級基準点	TF4 ✓	-104073.411 ✓	-53943.604 ✓	4級基準点
千5 ✓	-106133.790 ✓	-55192.361 ✓	〃	TF5 ✓	-104222.811 ✓	-53911.981 ✓	〃
KP6/6L ✓	-102566.552 ✓	-53805.858 ✓	3級基準点	TF6 ✓	-104371.743 ✓	-53878.598 ✓	〃
KP0/7L ✓	-102897.874 ✓	-53908.500 ✓	〃	TF7 ✓	-104511.791 ✓	-53845.280 ✓	〃
KP6/8R ✓	-104477.348 ✓	-53669.206 ✓	〃	TF8 ✓	-104665.056 ✓	-53902.104 ✓	〃
KP4/9L ✓	-104993.148 ✓	-54307.238 ✓	〃	TF9 ✓	-104780.424 ✓	-54013.042 ✓	〃
KP2/10L ✓	-105230.181 ✓	-54987.389 ✓	〃	TF10 ✓	-104853.023 ✓	-54154.538 ✓	〃
KP8/10L ✓	-105811.653 ✓	-55214.489 ✓	〃	TF11 ✓	-104914.141 ✓	-54238.118 ✓	〃
KP4/11L ✓	-106294.412 ✓	-55308.723 ✓	〃	TG1 ✓	-105038.052 ✓	-54392.649 ✓	〃
TE1 ✓	-102958.485 ✓	-53948.860 ✓	4級基準点	TG2 ✓	-105043.204 ✓	-54539.888 ✓	〃
TE2 ✓	-103102.553 ✓	-54001.759 ✓	〃	TG3 ✓	-105069.858 ✓	-54688.396 ✓	〃
TE3 ✓	-103279.147 ✓	-54006.884 ✓	〃	TG4 ✓	-105138.964 ✓	-54823.046 ✓	〃
TE4 ✓	-103416.596 ✓	-53999.420 ✓	〃	TH1 ✓	-105267.033 ✓	-55067.216 ✓	〃
TE5 ✓	-103497.830 ✓	-53978.296 ✓	〃	TH2 ✓	-105361.017 ✓	-55160.314 ✓	〃
TF1 ✓	-103671.867 ✓	-53983.149 ✓	〃	TH3 ✓	-105486.259 ✓	-55218.934 ✓	〃
TF2 ✓	-103757.779 ✓	-53993.677 ✓	〃	TH4 ✓	-105675.217 ✓	-55221.966 ✓	〃
TF3 ✓	-103925.787 ✓	-53973.651 ✓	〃	TJI ✓	-105975.513 ✓	-55186.171 ✓	〃

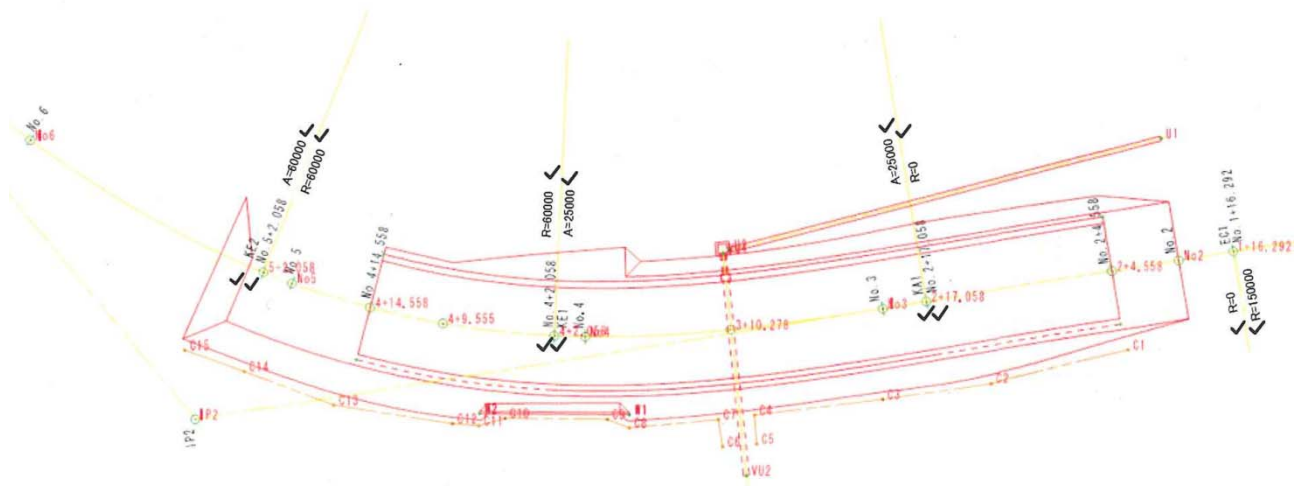


・線形計算書 (チェック入り) (例)

線形計算書

要素番号	1	直線							
BP	: X = -87,422.0000	Y = 42,916.0000	方向角 = 357° 19' 14.8661"	測点 0 + 0.0000					
BC1	: X = -87,400.5562	Y = 42,914.9965	要素長 = 21.4672	測点 1 + 1.4672					
要素番号	2	円(左曲がり)							
BC1	: X = -87,400.5562	Y = 42,914.9965	方向角 = 357° 19' 14.8661"	測点 1 + 1.4672					
EC1	: X = -87,378.1512	Y = 42,876.2809	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 3 + 2.8173					
IP	: X = -87,372.6270	Y = 42,913.6895	IA = 98° 42' 58.0092"						
S.P	: X = -87,382.7582	Y = 42,905.7863	要素長 = 41.3501						
M	: X = -87,401.6781	Y = 42,891.0228							
R	= 24.0000	L = 41.3501	C = 36.4221	IA = 98° 42' 58.0092"					
TL	= 27.9598	SL = 12.8477							
要素番号	3	直線							
EC1	: X = -87,378.1512	Y = 42,876.2809	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 3 + 2.8173					
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	要素長 = 41.0369	測点 5 + 3.8542					
要素番号	4	円(右曲がり)							
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 5 + 3.8542					
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774					
IP	: X = -87,391.3702	Y = 42,820.8947	IA = 91° 57' 20.0805"						
S.P	: X = -87,382.3348	Y = 42,826.9237	要素長 = 40.1232						
M	: X = -87,361.7520	Y = 42,841.1135							
R	= 25.0000	L = 40.1232	C = 35.9535	IA = 91° 57' 20.0805"					
TL	= 25.8682	SL = 10.9745							
要素番号	5	直線							
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774					
BC3	: X = -87,363.8225	Y = 42,816.1146	要素長 = 2.0576	測点 7 + 6.0350					

・平面図 (チェック入り) (例)







第4章 TLSの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書

現場におけるTLSの測定精度を確認するために、高さ方向の精度確認については、1m<sup>2</sup>以下の検査面を現場に設置し、TS等で計測した検査面の高さを比較する精度確認試験を行う。平面方向の計測性能については、受注者は、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精度確認試験を行う。

【高さ方向の測定精度】

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

【平面方向の測定精度】

標定点間距離L ±20mm 以内（起工測量に利用する場合は±10cm 以内）

【解説】

高さ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、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1m<sup>2</sup>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、検査面の高さとして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。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。

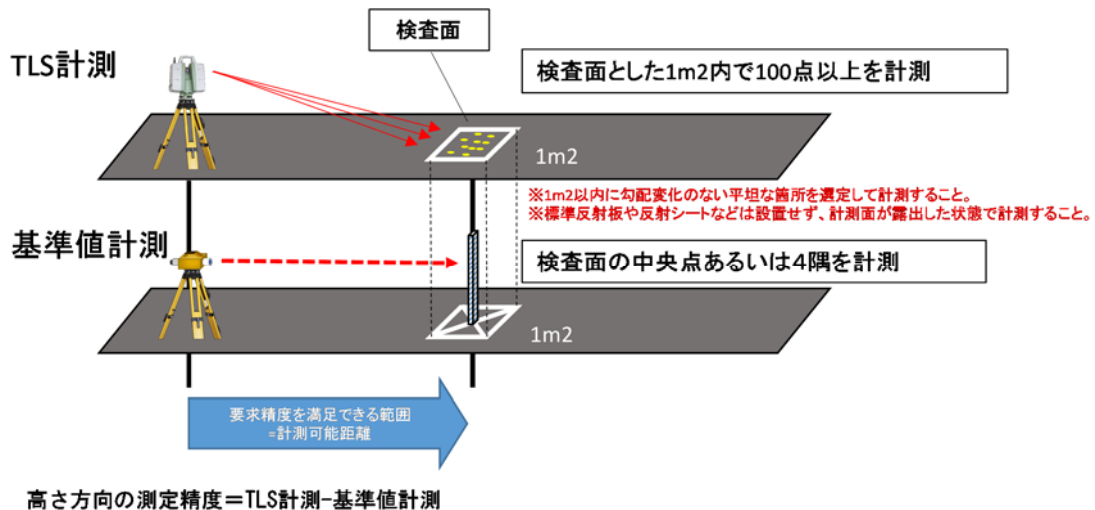


図 4-1 精度確認試験の配置イメージ図

平面方向の測定精度については、受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、図4-2のようにT L Sで計測を行う最大距離付近及びそれ以上離れた位置に 10m 以上離れた 2つ以上の既知点を設置する。

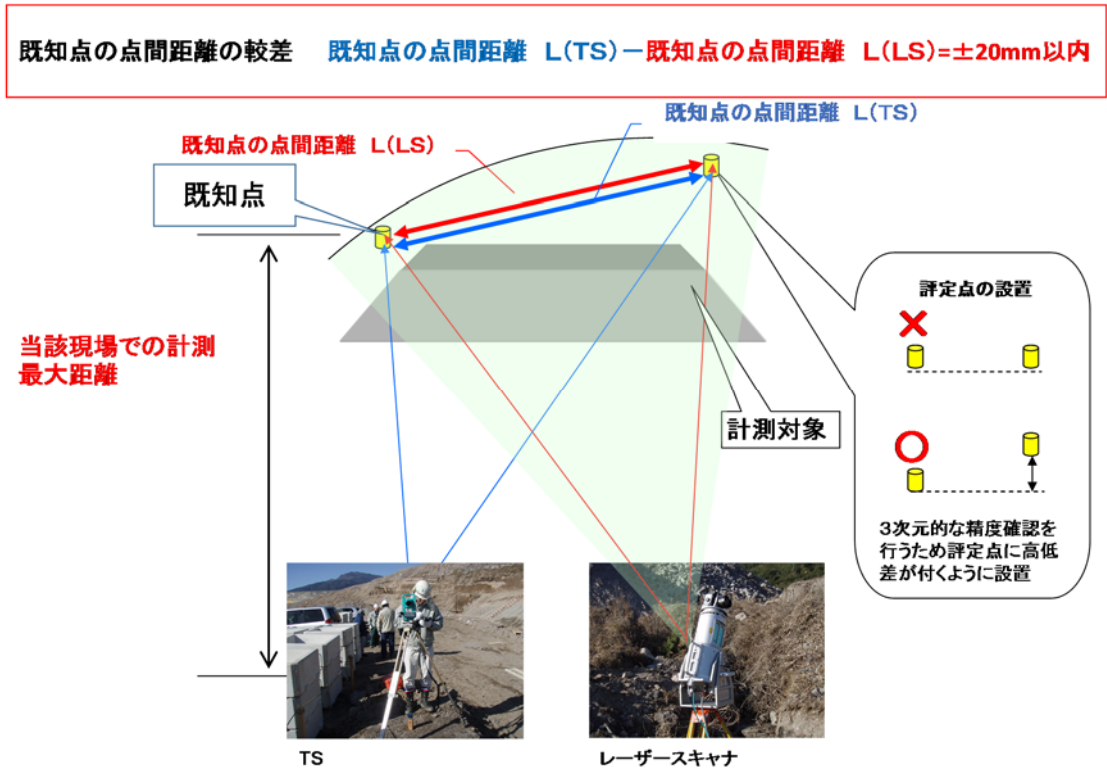


図 4-2 精度確認試験の配置イメージ図

## T L S の精度確認試験実施手順書（案）

### 1. 実施時期

利用前の精度確認は、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、T L S 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6ヶ月以内に精度確認試験を実施することとする。

### 2. 実施方法

#### ①現場での実施方法（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1m<sup>2</sup>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で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。

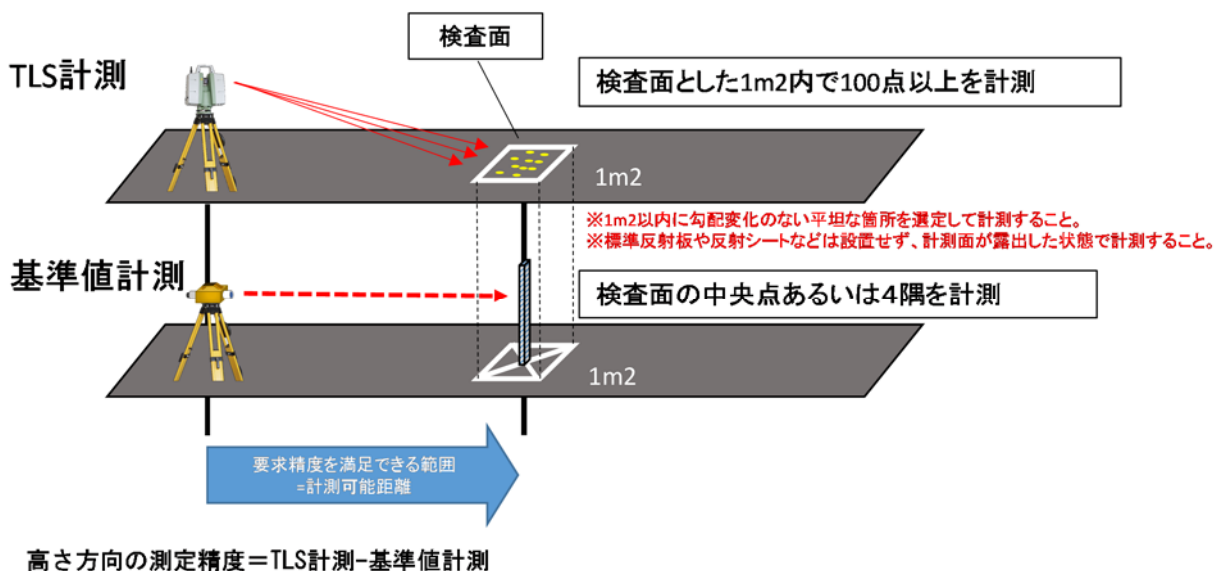


図 4-3 T L S の精度確認方法

#### ②現場での実施方法（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2箇所以上の既知点を設置し、T L S による計測結果から得られる既知点の点間距離を計測する。

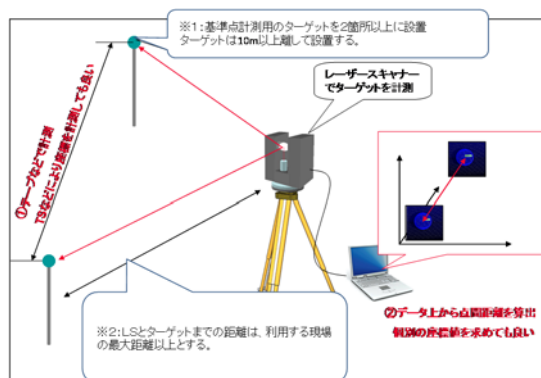


図 4-4 T L S と既知点の設置

### ③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設置し、表4-1の精度内であることを確認する。

## 3. 検査面点の検測

### 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（高さはレベルで計測）で実施する。

②平面方向の測定精度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。

## 4. 評価基準

### ①鉛直方向の測定精度の評価基準

計測結果をレベルまたはTS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。

表 4-1 精度確認試験での鉛直方向の精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考	
平均高さ	起工測量	±20mm 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。
	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	

### ②平面方向の測定精度の評価基準

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。

表 4-2 精度確認試験での平面方向の精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
点間距離	±20mm 以下	既知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。 検査点は 10m 以上の離隔を確保する。

## 5. 実施結果の記録

精度確認の実施結果を記録・提出する。

(様式-2)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：平成21年2月18日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株) レーザ測量

精度 太郎 印

精度確認の対象機器		写真 
メーカー	： (株)ABC社	
測定装置名称	： T L S 420	
測定装置の製造番号	： R00891	
検証機器（標定点を計測する測定機器）		
① 鉛直方向の測定精度の精度確認方法		写真 
② 平面方向の測定精度の精度確認方法		写真 
測定記録		写真 
測定期日	： 平成21年2月18日	
測定条件	： 天候 晴れ 気温 8℃	
測定場所	： (株) レーザ測量 社内 資材ヤードにて	
精度確認方法		
① 鉛直方向の測定精度の精度確認方法	■ 検査面の中心高さ	
② 平面方向の測定精度の精度確認方法	■ 既知点の座標間距離	



鉛直方向の精度確認試験結果（詳細）

① レベルによる検査面の確認



計測方法：検査面の中心 or 検査面の4隅  
計測結果：8.080m

② T L Sによる確認



計測結果：8.081m

③ 差の確認（鉛直方向の測定精度）

対象工種：表層

計測距離：30m

	地上型レーザースキャナーの計測結果による高さ (Z') - 検査面の高さ (Z)	判定
計測距離 30m の計測精度	$8.081\text{m} - 8.080\text{m} = 0.001\text{m}$ (1mm)	合格 (基準値 4mm 以内)

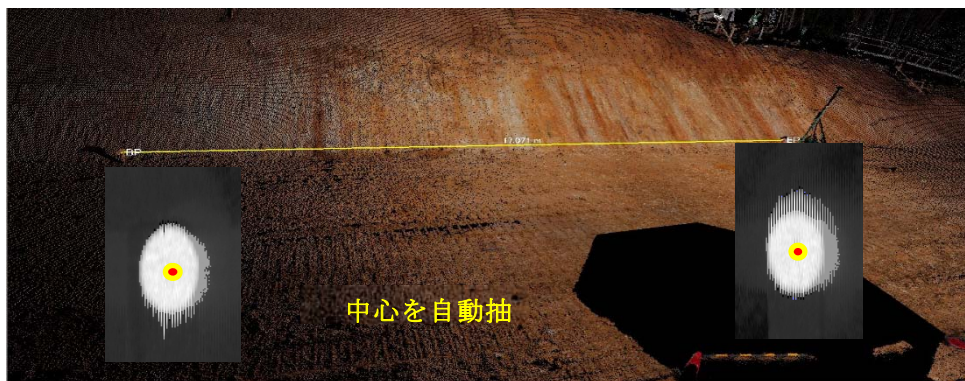
平面方向の精度確認試験結果（詳細）

① テープによる検査点の確認



計測方法：テープ or TSによる座標間距離 or TSによる座標値計測  
計測結果：17.070m

② T L Sによる確認



T L S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			

③ 差の確認（測定精度）

地上型レーザースキャナー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)