

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）

令和2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他、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。さらに、T L Sを地上移動体に搭載することで広範囲でも効率的に計測できる地上移動体搭載型レーザースキャナー（以下、「地上移動体搭載型L S」という）も開発されており、計測作業の効率化が期待されている。そこで、情報化施工の項目のひとつとして、地上移動体搭載型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、ユーザーの必要なデータが抽出できる。

一方、地上移動体搭載型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發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、「地上移動体搭載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）（案）」を参照していただきたい。

目 次

第1章 総則.....	1
1-1 目 的.....	1
1-2 適用の範囲	2
1-3 本管理要領に記載のない事項	4
1-4 用語の解説	5
1-5 施工計画書	10
1-6 監督職員による監督の実施項目	12
1-7 検査職員による検査の実施項目	13
第2章 地上移動体搭載型L Sによる測定方法	14
2-1 機器構成	14
2-2 地上移動体搭載型L S本体の計測性能及び精度管理.....	16
2-3 点群処理ソフトウェア	18
2-4 3次元設計データ作成ソフトウェア	21
2-5 出来形帳票作成ソフトウェア	23
2-6 工事基準点の設置	26
第3章 地上移動体搭載型L Sによる工事測量	27
3-1 起工測量	27
第4章 地上移動体搭載型L Sによる出来形管理	28
4-1 3次元設計データの作成	28
4-2 3次元設計データの確認	30
4-3 地上移動体搭載型L Sによる出来形計測	31
4-4 出来形計測箇所	34
第5章 出来形管理資料の作成	36
5-1 出来形管理資料の作成	36
5-2 数量算出	39
5-3 電子成果品の作成規定	41
第6章 管理基準及び規格値等	44
6-1 出来形管理基準及び規格値	44
6-2 品質管理及び出来形管理写真基準	45
参考資料	46
参考資料-1 参考文献	46
参考資料-2 3次元設計データチェックシート	47
2-1 舗装工	47
参考資料-3 3次元設計データの照査結果資料の一例.....	48
参考資料-4 地上移動体搭載型L Sの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書..	52
参考資料-5 計測点群データを用いた平坦性算出.....	65

第1章 総則

1-1 目的

本管理要領は、地上移動体搭載型レーザースキャナー（以下、「地上移動体搭載型LS」という）を用いた出来形計測および及び出来形管理が、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) 地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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。

地上移動体搭載型LS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。

以上のように地上移動体搭載型LS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、LS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。

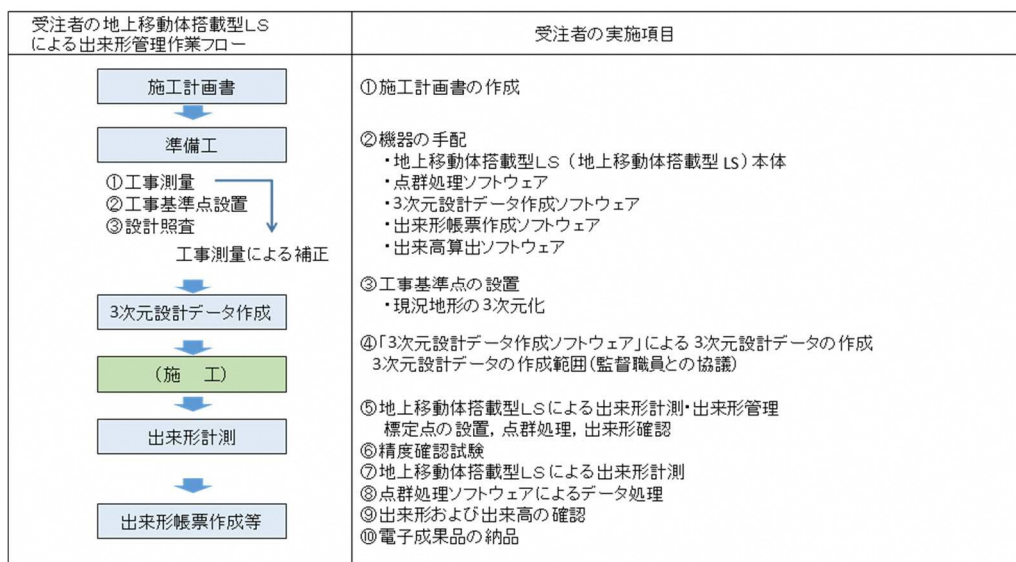


図1-1 出来形管理の主な手順

1-2 適用の範囲

本管理要領は、受注者が行う地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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、出来高算出、完成検査準備及び完成検査)である。しかし、地上移動体搭載型LS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、本管理要領は地上移動体搭載型LS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。

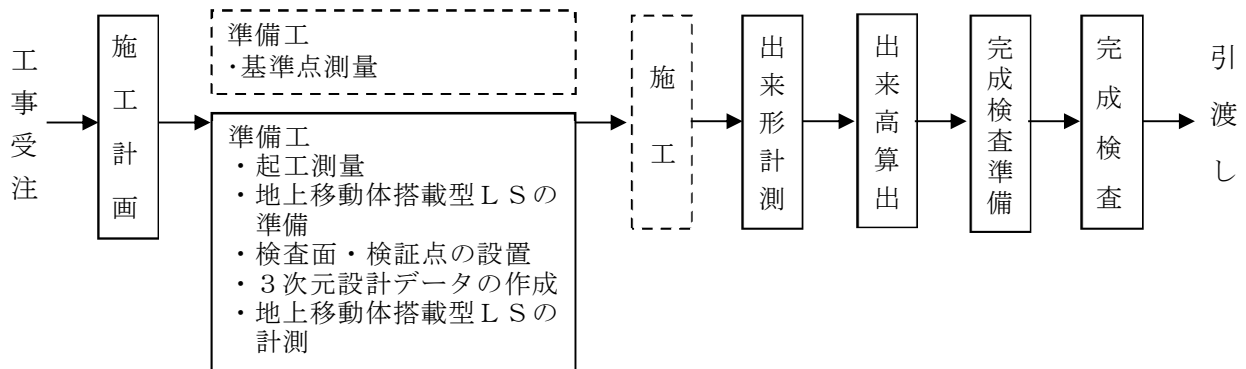


図1-2 本管理要領の対象となる業務の範囲

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(案)」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 1 0 条 (透水性舗装工) ※ 1 1 1 条 (ゲ-スアスファルト舗装工) 1 2 条 (コンクリート舗装工) ※ 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※ 2
第 6 編 河川編	第 1 章 築堤・護岸	第 1 1 節 付帯道路工	5 条 (アスファルト舗装工) ※ 1 6 条 (コンクリート舗装工) ※ 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※ 2
	第 2 章 一般施工 第 1 章 築堤・護岸 第 4 章 水門	第 1 8 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 (ゲ-スアスファルト舗装工) 1 0 条 (コンクリート舗装工) ※ 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※ 2
第 7 編 河川海岸編	第 1 章 堤防・護岸	第 1 4 節 付帯道路工	5 条 (アスファルト舗装工) ※ 1 6 条 (コンクリート舗装工) ※ 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※ 2
第 8 編 砂防編	第 1 章 砂防堰堤	第 1 2 節 付帯道路工 第 4 節 舗装工	5 条 (アスファルト舗装工) ※ 1 6 条 (コンクリート舗装工) ※ 1	厚さあるいは標 高較差	幅、厚さは、厚 さあるいは標高 較差に統合越え ※ 2
第 1 0 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 (ゲ-スアスファルト舗装工) 1 0 条 (コンクリート舗装工) ※ 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※ 2

※1 路盤工を含む。

※2 地上移動体搭載型レーザースキャナーで取得した出来形の計測点群を利用して幅及び平坦性を管理することもできる。

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(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) 「地上移動体搭載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)」(案)(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ります。

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(案)」、「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、地上移動体搭載型LS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。

1-4 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。

【地上移動体搭載型LS】

地上移動体搭載型LS (Laser Scanner) 本体は、現場の面的な出来形座標を取得する装置(システム)で、LS本体から計測対象までの相対的な位置とLS本体の位置及び姿勢を組合せて観測した結果を3次元座標値の点群データとして変換する技術である。

【TS】

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。

【地上移動体搭載型LSを用いた出来形管理】

地上移動体搭載型LS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】

地上移動体搭載型LS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測定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測定精度の低下を招く恐れがある。地上移動体搭載型LSでは、移動体にレーザースキャナーを搭載して移動させることとで、路面との入射角が低下する条件を低減させることができる。

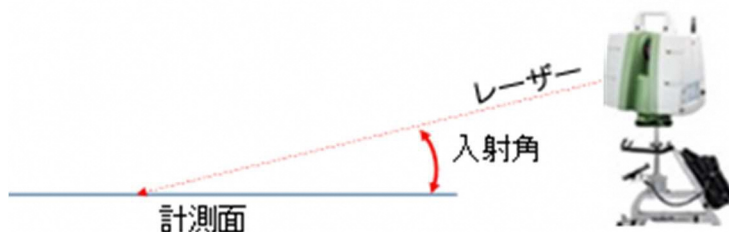


図1-3 地上移動体搭載型LSの位置と計測面との入射角

【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TINなどの面データで出力したものである。

【TIN】

TIN (不等三角網) とは、Triangular Irregular Network の略。TIN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。TIN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。TIN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次元設計データを作成するために必要な構成要素を示す。

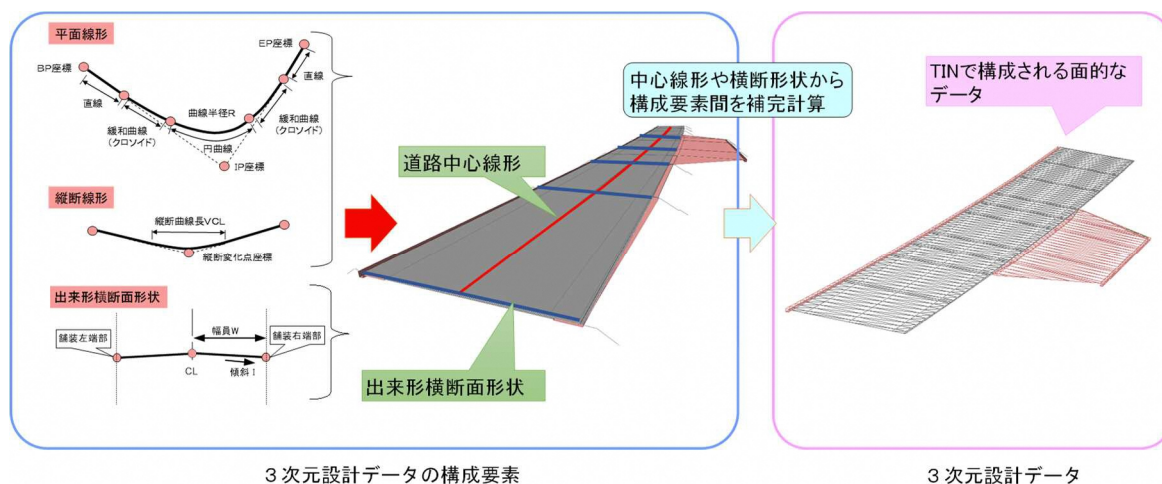


図1-4 3次元設計データのイメージ（舗装工の場合）

【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、地上移動体搭載型LS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。ただし、色データを同時に取得できない装置もある。

【計測点群データ（ポイントファイル）】

地上移動体搭載型LS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LAS、LandXMLなどで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）】

地上移動体搭載型LS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（TINファイル）】

地上移動体搭載型LS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（TINファイル）】

地上移動体搭載型LS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】

地上移動体搭載型LSを用いて計測した3次元座標値の点群データから樹木や草木、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次元座標値の点群データを、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TIN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】

地上移動体搭載型LS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。

【検査面】

地上移動体搭載型LSで計測した結果の鉛直方向の精度確認を行うための検査面である。検査面は、実現場において最も測定精度が低下する位置付近（参考資料-4「地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」により設定される）の計測面上に1m²（1m×1mメッシュ）に設定する。

【検証点】

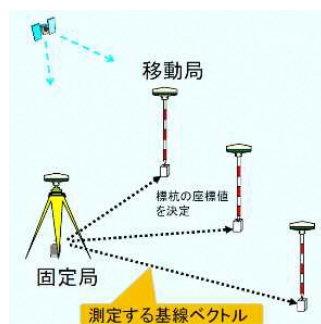
地上移動体搭載型LSで計測した結果の平面方向の精度確認を行うための検証点である。検証点は、実現場において最も測定精度が低下する位置付近（参考資料-4「地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」により設定される）に地上移動体搭載型LSの計測結果から平面位置が特定できる物を用いることができる。

【GNSS（Global Navigation Satellite System／汎地球測位航法衛星システム）】

人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。米国が運営するGPS以外にも、ロシアで開発運用しているGLONASS、ヨーロッパ連合で運用しているGalileo、日本の準天頂衛星（みちびき）も運用されている。

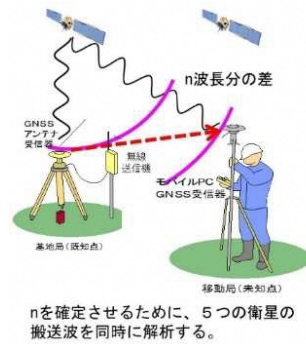
【キネマティック法】

キネマティック法とは、図のようにGNSS受信機を固定点に据付け（固定局）、他の1台を用いて他の観測点を移動（移動局）しながら、固定点と観測点の相対位置（基線ベクトル）を求める方法である。



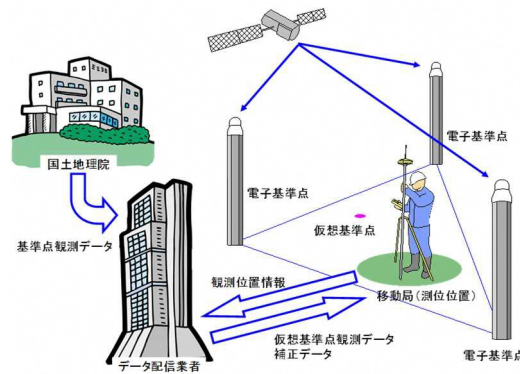
【RTK-GNSS】

RTKとは、リアルタイムキネマティックの略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。



【ネットワーク型RTK-GNSS】

ネットワーク型RTK-GNSSとは、3点以上の基準局（電子基準点）からのリアルタイムデータを利用し測位の補正を行う技術であり、基準局と移動局が離れていても、RTK法と同等の精度で観測できる。これにより、基準局と移動局間の距離の制限が無くなり、効率的に測量作業が行える。



【GNSSローバー】

ネットワーク型RTK法による単点観測法で用いるGNSS受信機を備えた計測機器。

【IMU】

IMU（慣性計測装置）とは、Inertial Measurement Unitの略。三軸の傾きと加速度を計測することにより、計測器の相対的な位置情報と姿勢を計測するものである。

【モバイル・マッピング・システム（MMS）】

MMSは、車両にGNSSアンテナ、レーザースキャナー、カメラなどの機器を搭載し、走行しながら道路や周辺の3次元座標データと画像データを取得できる車載型計測システムです。公共測量作業規程の準則では車載写真レーザ測量と規定されています。

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、「1-2 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

地上移動体搭載型LS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（案）」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、地上移動体搭載型LS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

地上移動体搭載型LS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地上移動体搭載型LS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。

②地上移動体搭載型LS本体

受注者は、出来形管理用に利用する地上移動体搭載型LS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：使用する地上移動体搭載型LSの鉛直方向の測定精度を以下に示す。

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

平面方向の測定精度：使用する地上移動体搭載型LSの平面方向の測定精度を以下に示す。

アスファルト舗装	20mm 以内 (路床表面、下層路盤表面、上層路盤表面)
	10mm 以内 (基層・中間層表面、表層表面)
コンクリート舗装	20mm 以内 (路床表面、下層路盤表面、粒度調整路盤表面、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、コンクリート舗装版表面)

色データ：色データの取得が可能なが望ましい。

- a. 地上移動体搭載型LS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、測定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、参考資料-4「地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」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、地上移動体搭載型LSを製造するメーカーが推奨する定期点検を実施し、その有効期限内であることを示す記録を添付する。あるいは、計測実施時の12ヶ月以内に実施した参考資料-4「地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に示す精度確認試験結果を添付にかえることができる。

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。

1-6 監督職員による監督の実施項目

本管理要領を適用した、地上移動体搭載型LSによる出来形管理における監督職員の実施項目は、「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の監督・検査要領(舗装工事編)(案)」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

1-7 検査職員による検査の実施項目

本管理要領を適用した、地上移動体搭載型LSによる出来形管理における検査職員の実施項目は、「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の監督・検査要領(舗装工事編)(案)」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

- ・地上移動体搭載型LS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
- ・地上移動体搭載型LS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
- ・地上移動体搭載型LS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
- ・地上移動体搭載型LS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章 地上移動体搭載型LSによる測定方法

2-1 機器構成

本管理要領で用いる地上移動体搭載型LS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) 地上移動体搭載型LS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2-1に地上移動体搭載型LS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) 地上移動体搭載型LS本体

地上移動体搭載型LS本体は、現場の面的な出来形座標を取得する装置（システム）で、LS本体から計測対象までの相対的な位置とLS本体の位置及び姿勢を組合せて観測した結果を3次元座標値の点群データとして変換する技術である。

2) 点群処理ソフトウェア

地上移動体搭載型LS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。

6) 出来形帳票作成ソフトウェア

5)で作成した3次元設計データと、4)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。

7) 出来高算出ソフトウェア

別途計測した起工測量結果と、5)で作成した3次元設計データ、あるいは、4)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。

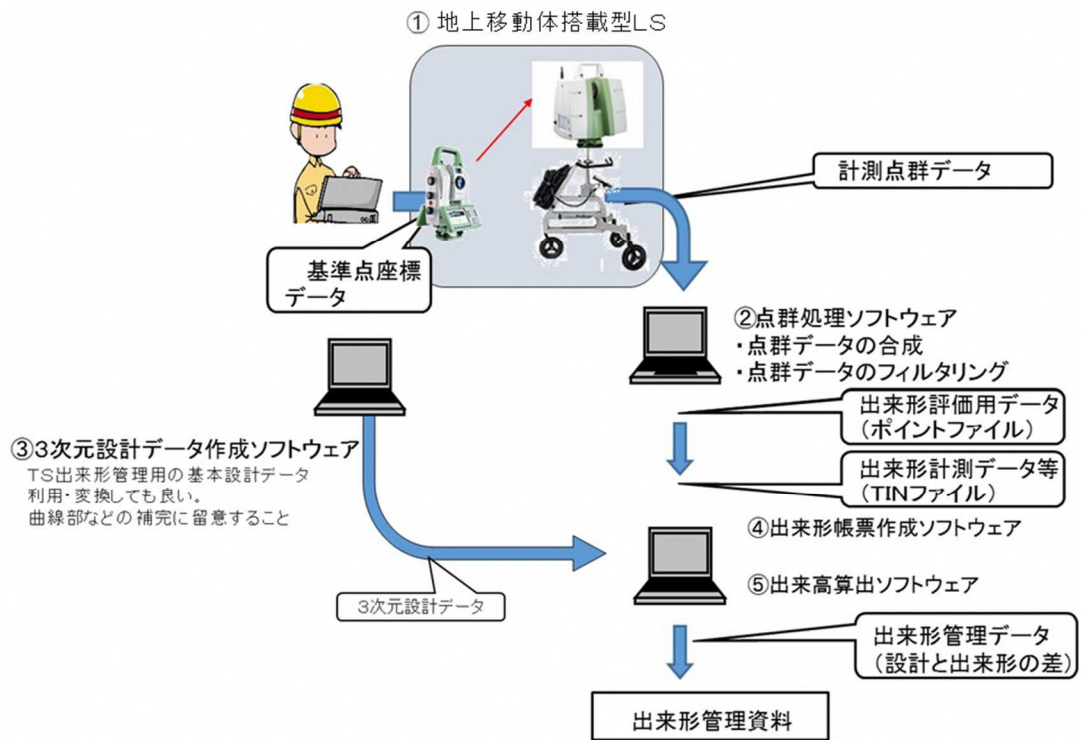


図 2 - 1 地上移動体搭載型 L S による出来形管理機器の構成例

2-2 地上移動体搭載型LS本体の計測性能及び精度管理

地上移動体搭載型LSによる出来形計測で利用するシステム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、利用する地上移動体搭載型LS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地上移動体搭載型LSに要求される性能基準を示す。

測定範囲内の鉛直精度：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

測定範囲内の平面精度：アスファルト舗装

20mm 以内（路床表面、下層路盤表面、上層路盤表面）

10mm 以内（基層・中間層表面、表層表面）

コンクリート舗装

20mm 以内（路床表面、下層路盤表面、粒度調整路盤表面、
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、コンクリート舗装版表面）

（計測性能については、参考資料-4「地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」による確認を行うこと。）

【解説】

1) 計測性能

地上移動体搭載型LSはLS本体とLS本体の位置と姿勢を組み合わせたシステムであり、詳細の機器構成は多様である。また、計測性能は、構成する各機器の性能だけでなくシステム全体としての性能を確認することが必要である。このため、利用前にシステム毎に上記の性能基準を満たすことを確認することとする（詳細は「参考資料-4 地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」に記載）。

- a. 検査面・検証点を用いた精度確認：受注者は、実際に計測に用いる機器を用い、実際に計測する際の条件（点群密度、計測範囲、計測最大距離）にて計測を行い、測定結果が要求精度以内であることを確認する。（詳細は「参考資料-4 地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」に記載）。受注者は、地上移動体搭載型LSを用いた出来形管理の実施前（12ヶ月以内）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。

- b. 事前確認の実施：a. の計測性能の確認は、当該現場の計測時に実施できるほか、上記と同様の手法で事前確認を実施しても良い。この場合は、出来形計測の実施前の12ヶ月以内に実施した確認結果を提出すること。

2) 測定精度

地上移動体搭載型LSの測定精度は、構成するLS、IMU、統合計算処理が適正に行われていることを確認する必要がある。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、以下の手順にて精度確認試験を行い、測定精度が所定の精度以内であることを確認する。

測定精度の確認方法は、精度確認用の検査面および検証点を現場にそれぞれ2か所以上（設置箇所は「参考資料－4 地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」による計測範囲内で測定精度が最も不利となる箇所付近）し、地上移動体搭載型LSから得られた計測点群データ上の検査面の高さとの差、検証点の座標と平面位置較差で比較する。検査面の高さは工事基準点等からのレベルにて計測を行う。また、平面位置については工事基準点等から検証点までの計測距離（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以内）とする（TS等光波方式を用いた出来形管理要領より引用）。精度確認結果についてはその記録を提出する（別添様式－3）。

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】

地上移動体搭載型LS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

地上移動体搭載型LS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。

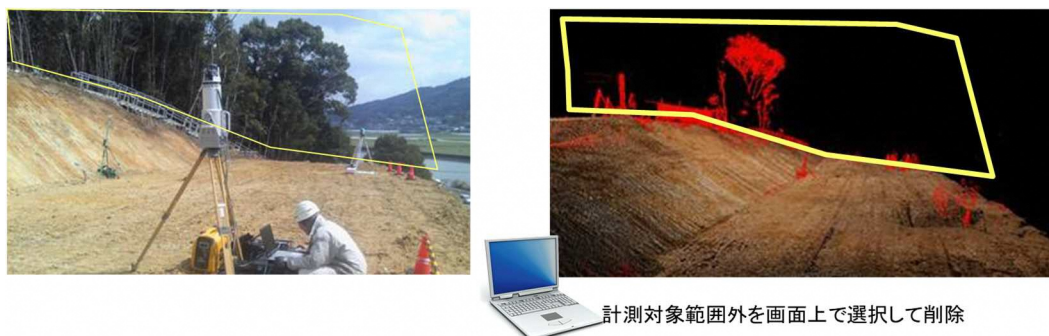


図2-2 地上移動体搭載型LSのデータ処理手順

②点群密度の変更（データの間引き）

地上移動体搭載型LS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^2 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^2 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 1 m^2 ($1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 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 1 m^2 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 1 m^2 以内の実計測点の平均値を用いることもできる。

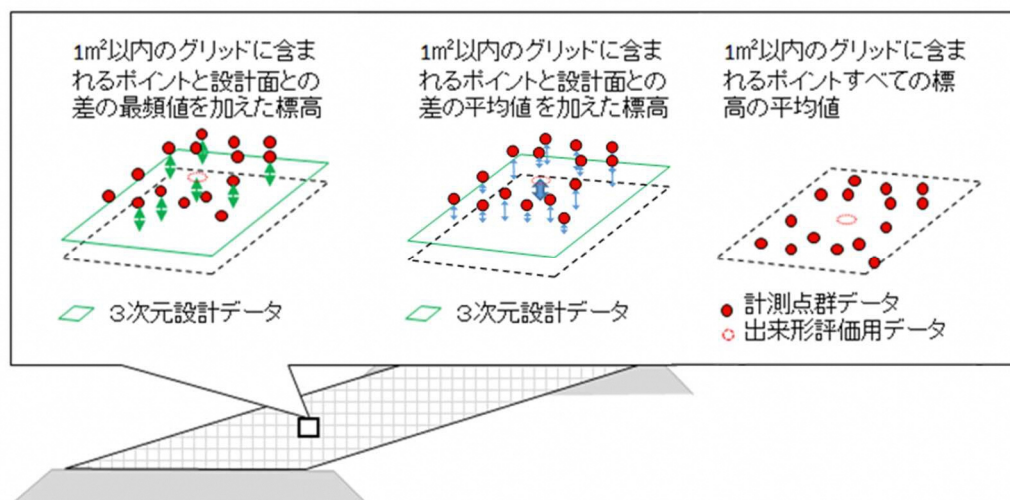


図 2-3 グリッドデータ化のイメージ

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。

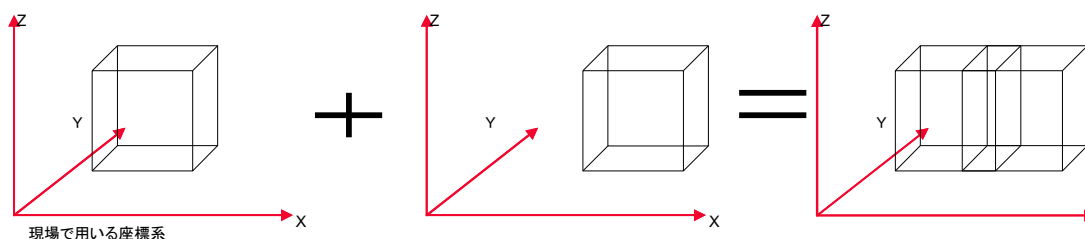


図 2-4 現場座標系に変換された結果を合成する方法

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。

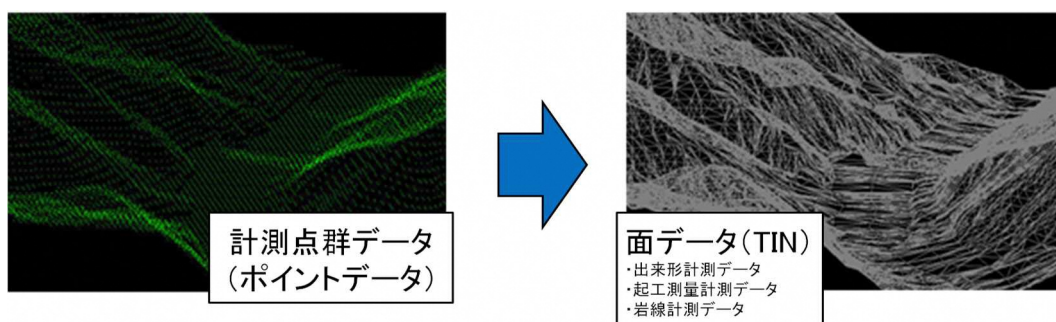


図 2 - 5 計測点群データを T I N データに変換する方法

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。

2-5 出来形帳票作成ソフトウェア

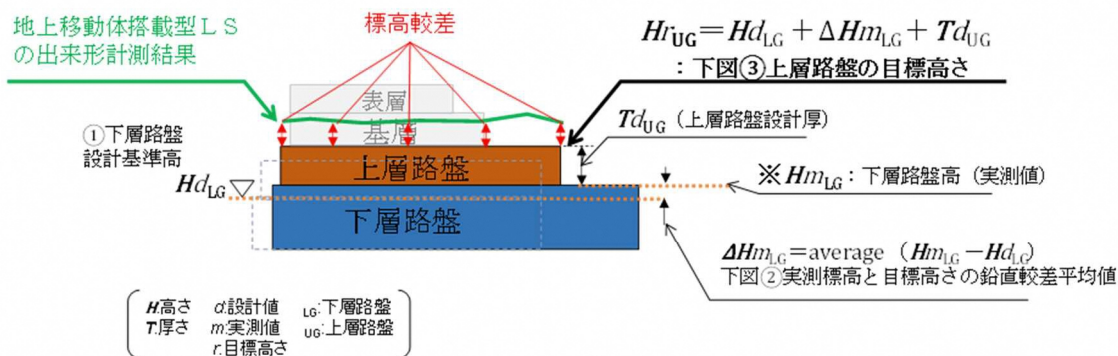
本管理要領で利用する出来形帳票作成ソフトウェアは、取得した出来形評価用データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能を有していなければならない。

【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、地上移動体搭載型LS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（図2-6①）+直下層の標高較差平均値（図2-6②）+設計厚さから求まる高さ（図2-6③）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 「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。



※直下層の実測値は、レーザースキャナによる計測あるいは、TS(路盤以下)又はレベル(基層以上)で80m毎により求めることができる。

図2-6 標高較差の算出ロジックのイメージ (例: アスファルト舗装)

- ④ 平坦性は、従来の3mプロフィールメーター等から計測する手法の他、計測点群データより算出することが出来る。算出方法は参考資料-5を参照のこと。

2) 出来形分布図

- 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3次元設計データと出来形評価用データの離れの計算結果を出来形評価用データのポイント毎に分布図として表示する。
- ③ 分布図が具備すべき情報としては「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参考として、以下のとおりとする。
 - ・評価範囲全体が含まれる平面図（舗装の各層毎に別葉とする。）
 - ・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を示す色をプロットするとともに、色の判例を明示する。
 - ・±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示する。
 - ・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する。
 - ・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表示できることが望ましい。
 - ・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規格値が存在するものとして表示することが望ましい。
 - ・対象現場の延長が数kmある等、出来形の分布が分かりづらくなる場合は、分布図を分割し拡大して表示すること。

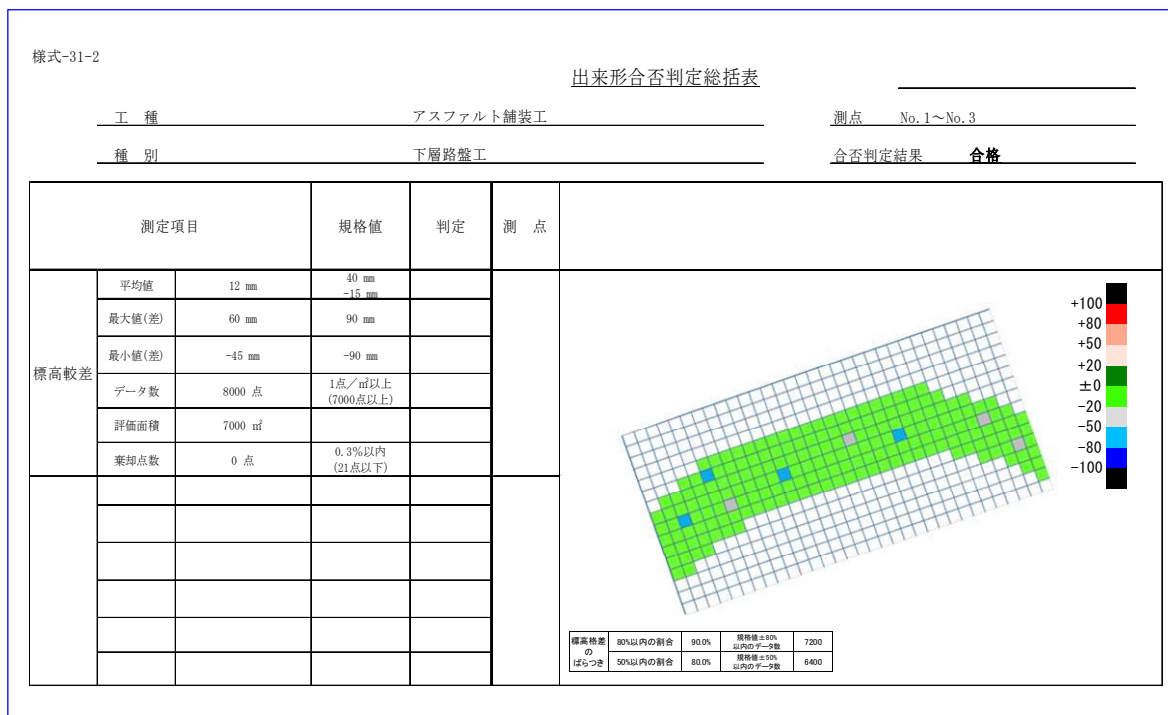


図2-7 面的な出来形管理分布図のイメージ（標高較差）

④平坦性については、従来の様式を使用する。点群から算出する場合、平坦性は従来の3mプロファイルメーターによる手法に相当するデータを計測点群から抽出し、整理する。成果は従来通り、MEETフォルダへの納品扱いとします。

平坦性管理						
工事名 ○○舗装工事 測定開始点 No○○ 測定終了点 No○○ 側線距離 ○○m シート番号 1/1 測定日 ○○年○○月○○日						
測定No	測定点座標(m)			標高値 (m)	変位量 (mm)	変位量の 2乗(mm ²)
	x	y	z			
始点	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○		
1	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
2	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
3	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
4	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
5	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
6	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
7	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
8	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
9	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
10	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
11	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
12	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
13	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
終点	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○		
データ数	13			計	○○○	○○○
平坦性(mm)	○○○					
備考 ○○○						

図2-8 点群から算出した場合の平坦性管理表のイメージ

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】

地上移動体搭載型LS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、出来形の測定精度を確保するためには、現場内に4級基準点及び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、地上移動体搭載型LSの検査面・検証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、検査面の高さは工事基準点等からのレベルにて計測を行う。また、平面位置については工事基準点等から検証点までの計測距離（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以内）とする（TS等光波方式を用いた出来形管理要領より引用）。

第3章 地上移動体搭載型LSによる工事測量

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。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。なお、計測性能及び精度確認については、対象工種で定められた範囲内であること。起工測量のその他の実施事項は、「4-3 地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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、TIN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、「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地上移動体搭載型LS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、高さ方向は $\pm 20\text{mm}$ 、平面精度は 10mm 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。その他の実施事項及び作業上の留意点については、「4-3 地上移動体搭載型LS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。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TINで補間してもよいものとする。

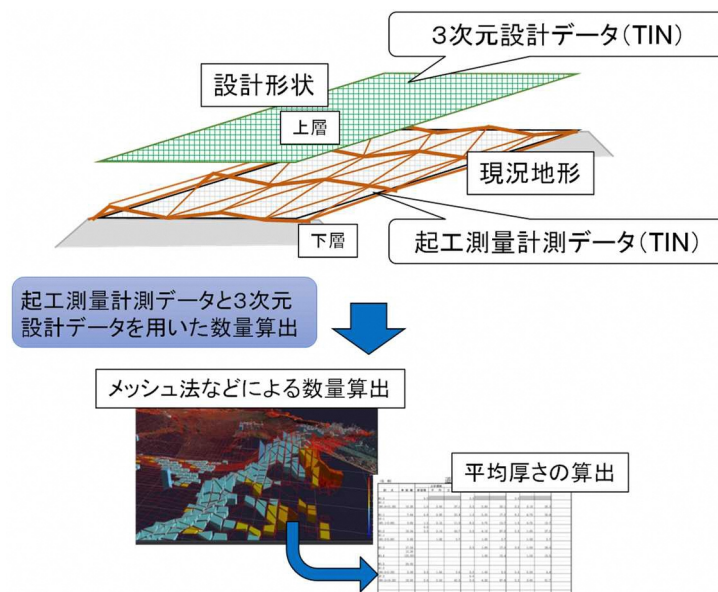


図3-1 設計照査のための数量算出イメージ

第4章 地上移動体搭載型LSによる出来形管理

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

地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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。

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5m毎の横断形状を作成した後にT I Nを設

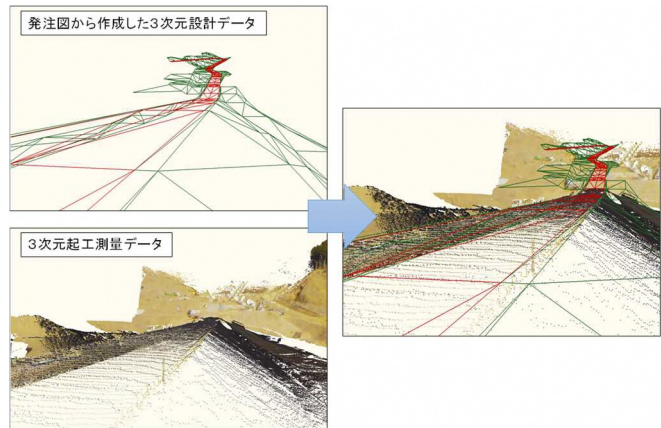


図4-1 起工測量結果と3次元設計データ

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、オフセット高さの定め方について監督職員に承諾を得ること(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(図4-2①)は、直下層の目標高さ(図4-2②)に直下層の出来形を踏まえて、設計厚さ以上の高さ(図4-2③)を加えて定めた計測対象面の高さ。

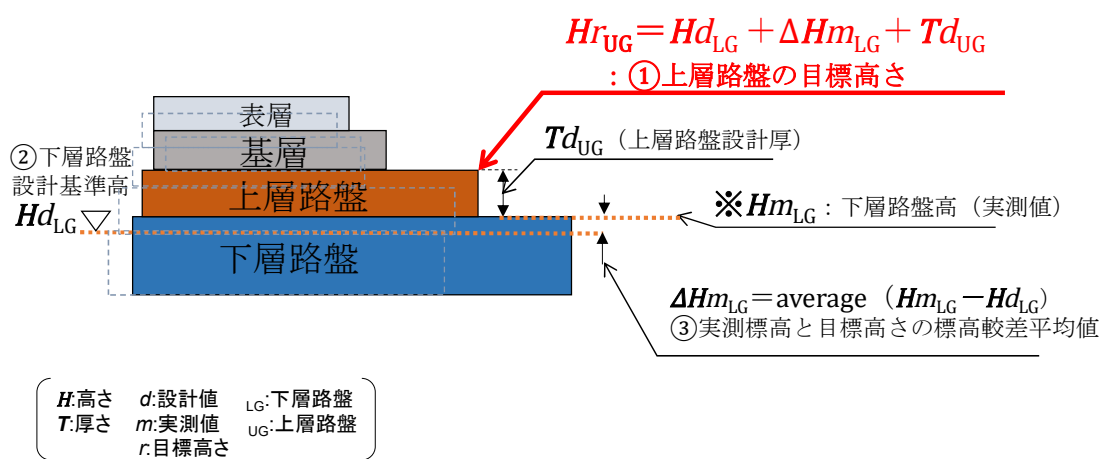


図4-2 目標高さの設定(例:アスファルト舗装)

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「5-2 数量算出」を参照のこと。

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）（参考資料-2、3参照）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

地上移動体搭載型LS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（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。

4-3 地上移動体搭載型LSによる出来形計測

受注者は、地上移動体搭載型LSを設置し出来形計測を行う。

1) 計測計画の立案

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

2) 検査面・検証点の設置・計測

地上移動体搭載型LSによる計測結果の精度確認用の検査面・検証点を設置する。検査面・検証点は工事基準点、あるいは工事基準点から計測を行う。また、検査面・検証点は出来形計測中に動かないように固定すること。

3) 標定点の設置

地上移動体搭載型LSによる計測結果の水平位置、標高を調整するために、調整用基準点の設置が必要である技術を用いる場合、標定点を設置する。

4) 地上移動体搭載型LS計測の実施

出来形計測は、計測対象範囲内で 0.01m^2 ($0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ メッシュ)あたり1点以上の計測点を得られる設定で計測を行う。

5) 精度確認

3)で作成した計測点群データ上で得られる、検査面の高さおよび検証点の座標と、2)により計測した検査面・検証点の座標の真値を比較し、 x 、 y 、 z それぞれが性能基準以内であることを確認する。

【解説】

地上移動体搭載型LSによる計測では、システムの機器構成や性能により計測可能範囲や測定精度を低下させる要因が異なる。このため、精度確認用の検査面および検証点を現場にそれぞれ2か所以上に設置する。

1) 計測計画

精度確認試験で設定されている計測可能範囲内（「参考資料-4 地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」による計測範囲内）で計測する計画とする。

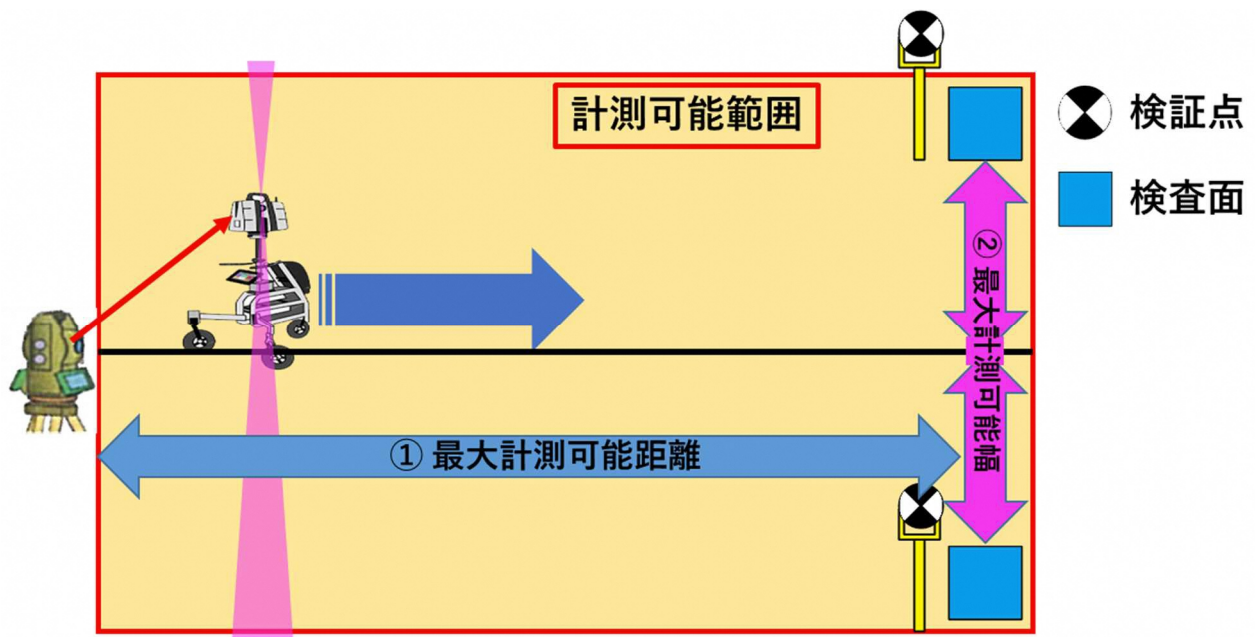
2) 検査面・検証点の設置・計測

検査面・検証点の配置は、精度確認試験で設定されている精度が最も低下する条件に最も近い現場条件となる位置に2か所以上配置（設置箇所は「参考資料-4 地上移動体搭載型LSの精度確認試験実施手順書及び結果報告書」による計測範囲内で測定精度が最も不利となる箇所付近）する。検査面は計測対象面上に 1m^2 の範囲を設定するものとし、検証点は地上移動体搭載型LSの計測結果から平面位置が特定できる物を用いる。

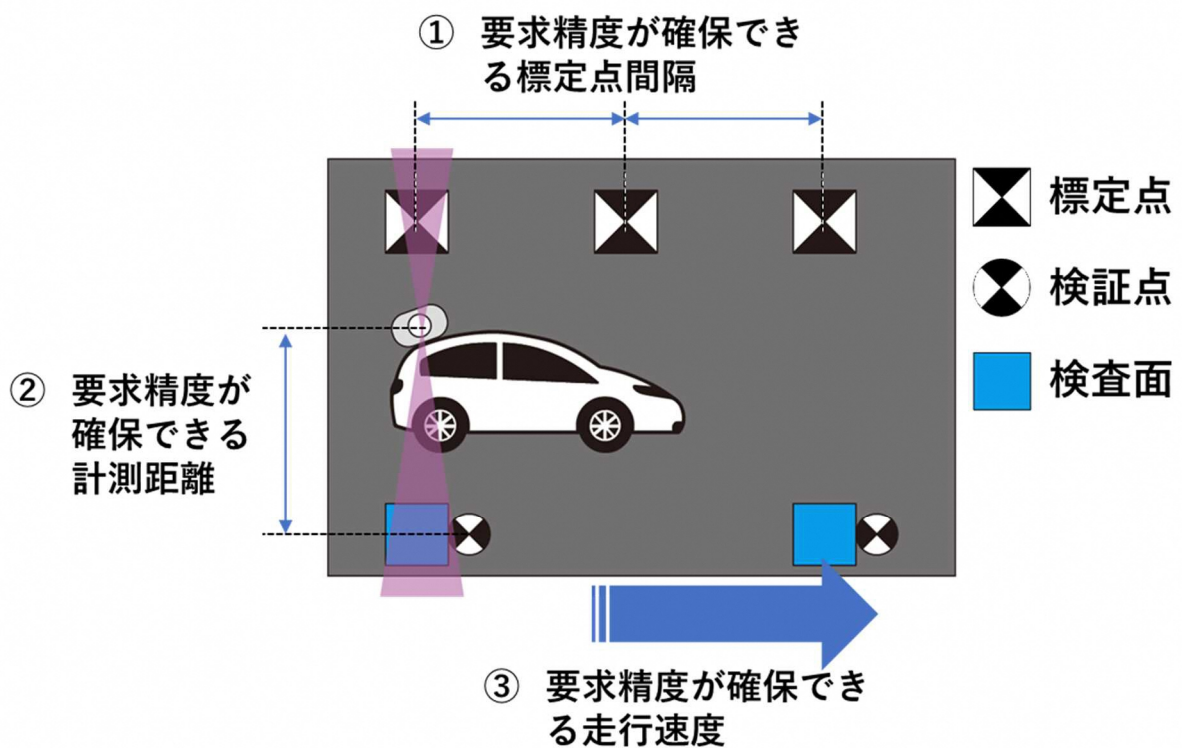
検査面・検証点の計測は、検査面の高さは工事基準点からのレベルにて計測を行う。また、平面位置については工事基準点から検証点までの計測距離（斜距離）についての制限を、3級TSを利用する場合は100m以内（2級TSは150m以内）とする（TS等光波方式を用いた出来形管理要領より引用）。

3) 標定点の設置

標定点の配置は、精度確認試験で確認した、精度が最も低下する現場条件となる位置に2か所以上配置する。



(a. 自動追尾式 TS との連動 LS の場合)



(b. モービルマッピングシステムの場合)

図 4-3 検査面・検証点の配置

4) 精度確認

地上移動体搭載型LSから得られた計測点群データ上の検査面の高さとの差、検証点の座標と平面位置較差で比較する。精度確認結果についてはその記録を提出する（別添様式-3）。



図4-4 地上移動体搭載型LSと検査面・検証点の計測（例）

5) 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、地上移動体搭載型LS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も0.01m²（0.1m×0.1m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

地上移動体搭載型LS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。

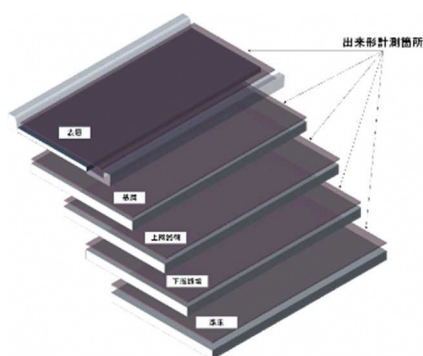
- ・雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
- ・計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- ・強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- ・地上移動体搭載型LS計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分考慮すること。

4-4 出来形計測箇所

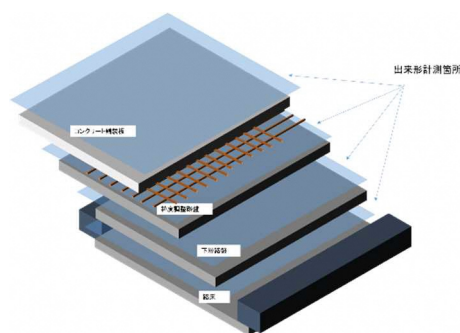
地上移動体搭載型LSによる出来形管理における出来形計測箇所は、下図に示すとおりとする。計測範囲は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で 0.01m^2 ($0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$) メッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。

計測は起工測量から表層までを対象とし、起工測量と表層面またはコンクリート舗装版面は地上移動体搭載型LSによる管理を必須とする。なお、基層を管理するための上層路盤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。

(アスファルト舗装)



(コンクリート舗装)



【解説】

上図に示すとおり、地上移動体搭載型LS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。

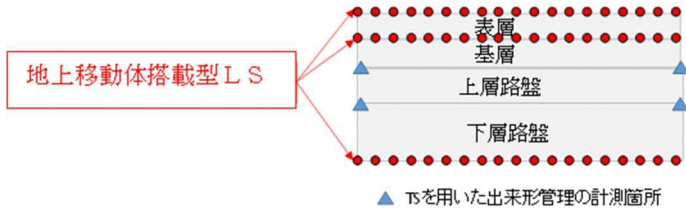
・厚さに代えて標高較差で管理する場合

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、この高さで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

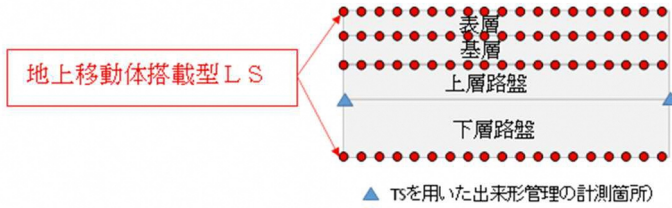
厚さの管理を行う場合は、直下層の計測高さと管理対象面の高さの較差による厚さで管理を行う。この場合、各層の出来形評価点の平面位置は揃えること。

表層・基層を標高較差管理する場合の例



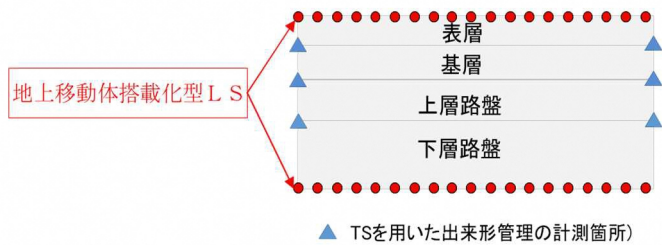
計測機器	出来形管理の測定項目
地上移動体搭載型LS	表層:標高較差 基層:標高較差 ※起工測量
TS	上層路盤:幅、標高較差 下層路盤:幅、標高較差 ※道路付属物が出来形管理対象層の両端部に設置されており、幅員が拘束されている場合は、幅員は省略できる。

表層・基層を厚さ管理する場合の例



計測機器	出来形管理の測定項目
地上移動体搭載型LS	表層:厚さ 基層:厚さ 上層路盤:標高較差 ※起工測量
TS	下層路盤:幅、標高較差 ※道路付属物が出来形管理対象層の両端部に設置されており、幅員が拘束されている場合は、幅員は省略できる。

表層を標高較差管理する場合の例



計測機器	出来形管理の測定項目
TLS	表層:標高較差 ※起工測量
TS	基層:幅、標高較差 上層路盤:幅、標高較差 下層路盤:幅、標高較差 ※道路付属物が出来形管理対象層の両端部に設置されており、幅員が拘束されている場合は、幅員は省略できる。

図4-5 地上移動体搭載型LSとTSを組み合わせた出来形管理例
(例:アスファルト舗装)

第5章 出来形管理資料の作成

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. 標高較差または厚さ

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ワー付き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。

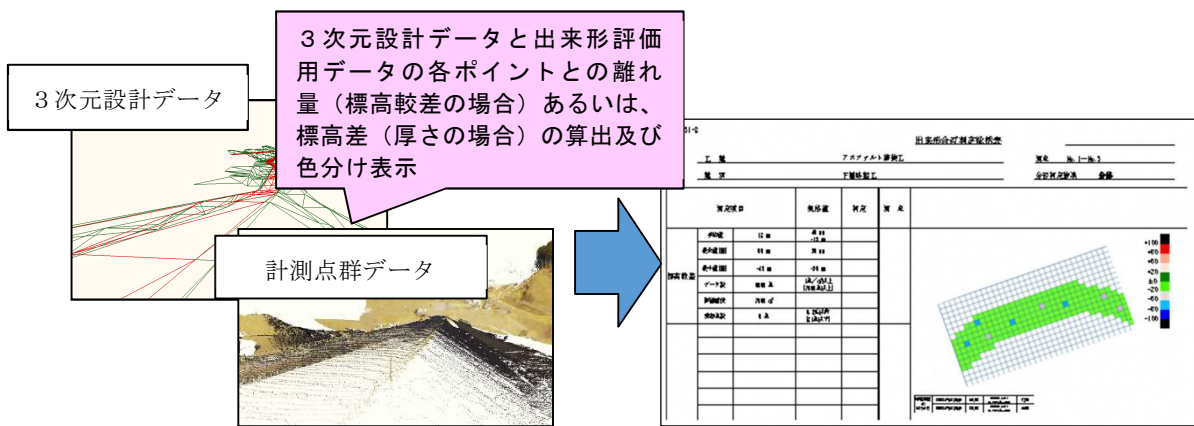


図5-1 出来形管理図表 作成の流れ

様式-31-2

出来形合否判定総括表

工 種 アスファルト舗装工 測点 No. 1～No.3

種 別 下層路盤工 合否判定結果 **合格**

測定項目		規格値	判定	測 点
標高較差	平均値	12 mm	40 mm -15 mm	
	最大値(差)	60 mm	90 mm	
	最小値(差)	-45 mm	-90 mm	
	データ数	8000 点	1点/㎡以上 (7000点以上)	
	評価面積	7000 ㎡		
	棄却点数	0 点	0.3%以内 (21点以下)	

標高較差のばらつき	80%以内の割合	90.0%	規格値±50%以内のデータ数	7200
	50%以内の割合	80.0%	規格値±20%以内のデータ数	6400

図5-2 出来形管理図表 作成例（合格の場合）

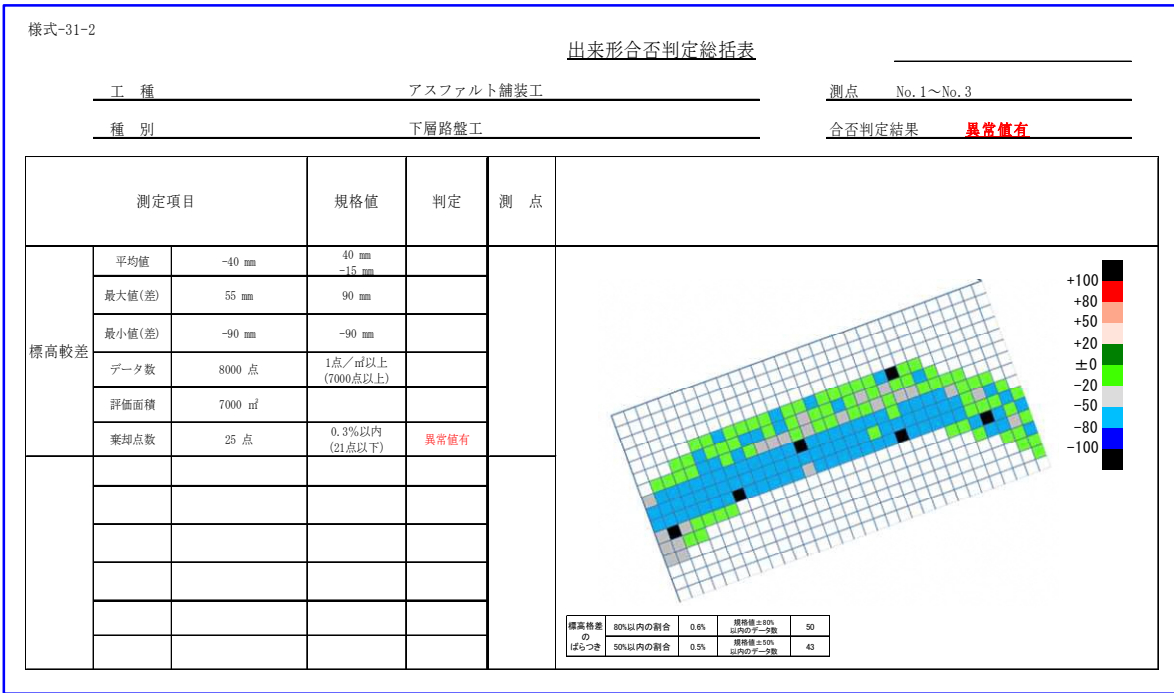


図 5 - 3 出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合)

b. 平坦性

平坦性は従来どおり測定し、結果を提出する。点群から算出する場合、平坦性は従来の 3 m プロフィールメーターによる手法に相当するデータを計測点群から抽出し、整理する。成果は従来通り、MEET フォルダへの納品扱いとします。

平坦性管理						
工事名 ○○舗装工事						
測定開始点 No○○						
測定終了点 No○○						
側線距離 ○○m						
シート番号 1/1						
測定日 ○○年○○月○○日						
測定 No	測定点座標(m)			標高値 (m)	変位量 (mm)	変位量の 2乗(mm ²)
	x	y	z			
始点	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	/	/
1	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
2	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
3	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
4	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
5	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
6	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
7	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
8	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
9	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
10	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
11	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
12	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
13	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○
終点	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	/	/
データ数	13			計	○○○	○○○
平坦性(mm)	○○○					
備考 ○○○						

図 5 - 4 点群から算出した場合の平坦性管理表 作成例

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地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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、地上移動体搭載型LS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。

路床面又は路盤面の3次元計測データ並びに3次元設計データ若しくは不陸整正の出来形計測データがある場合における補修材平均厚さの算出方法については、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。

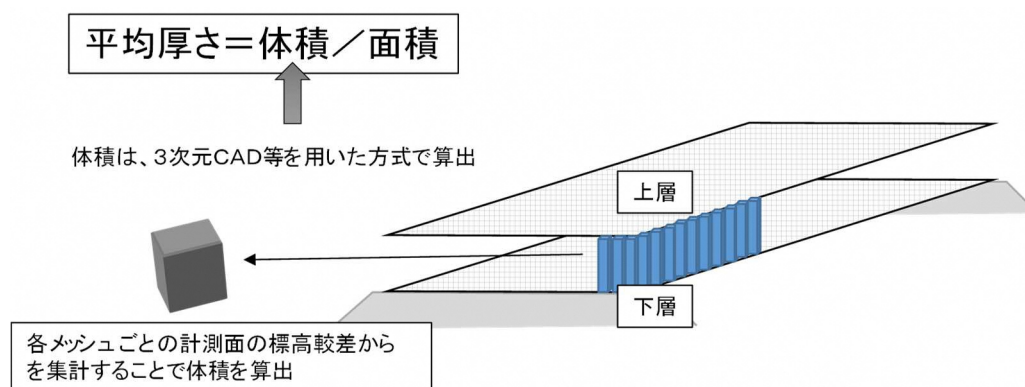


図5-5 平均厚さの数量算出イメージ（点高法による）

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0.5m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

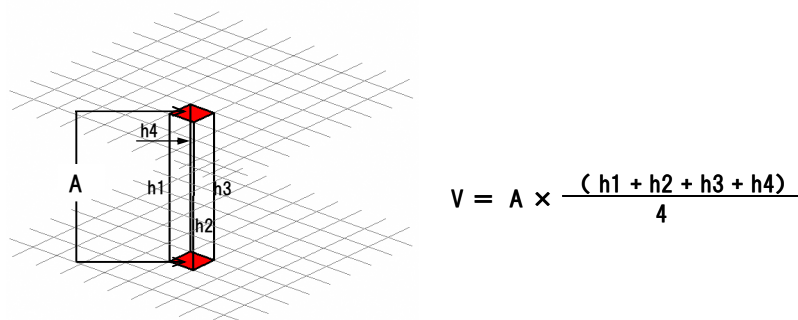


図5-6 点高法による数量算出

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。

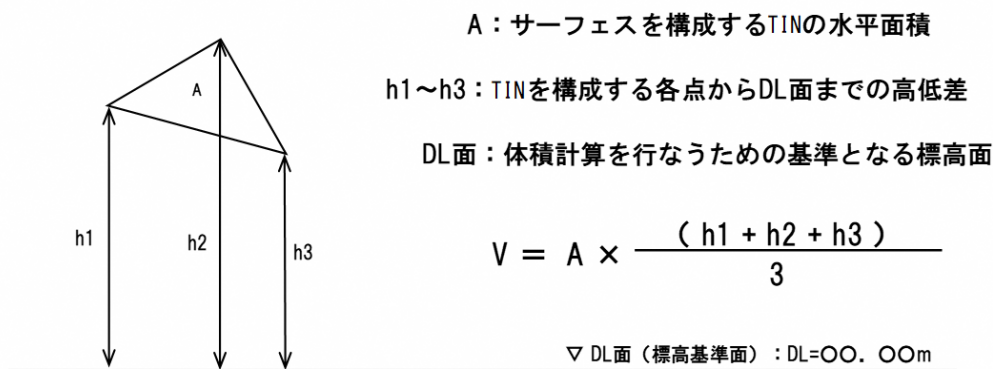


図5-7 TIN分割等を用いた求積による数量算出

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。

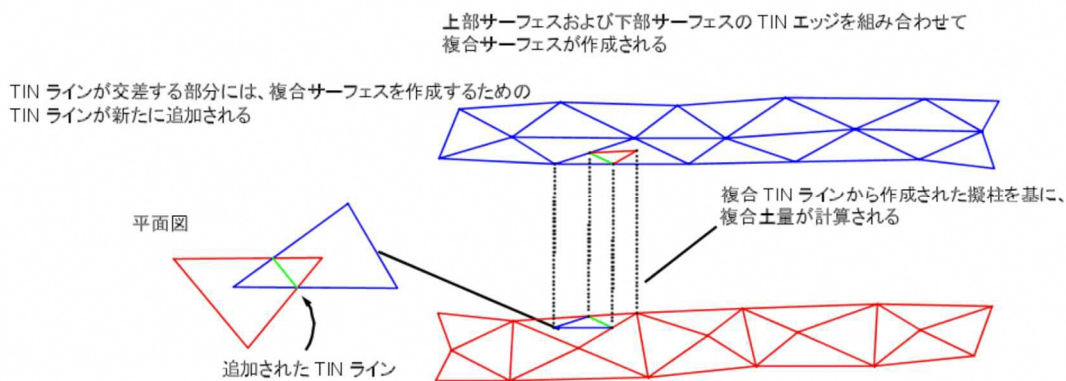


図5-8 プリズモイダル法による数量算出

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（P D F）または、ビューワー付き3次元データ）
- ・ 地上移動体搭載型L Sによる出来形評価用データ（CSVのポイントファイル）
- ・ 地上移動体搭載型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））
- ・ 地上移動体搭載型L Sによる計測点群データ（CSV、LandXML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、地上移動体搭載型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、次の規定に従い格納すること。

① I C O Nフォルダに各層名称を示したサブフォルダを作成する。

各層名称は、現況地形：ES、不陸整正：CS、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。

② ①の下層に計測機器の名称を記したサブフォルダを作成し格納する。

地上移動体搭載型L Sの名称は、「M L S」とする。

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。

厚さ管理を実施した際に用いた直下層データは、直下層のサブフォルダへ格納すること。

③サブフォルダの名称は、表5-1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、表5-1に示す命名規則に従うこと。

⑤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。

⑥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でよい。

⑦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。

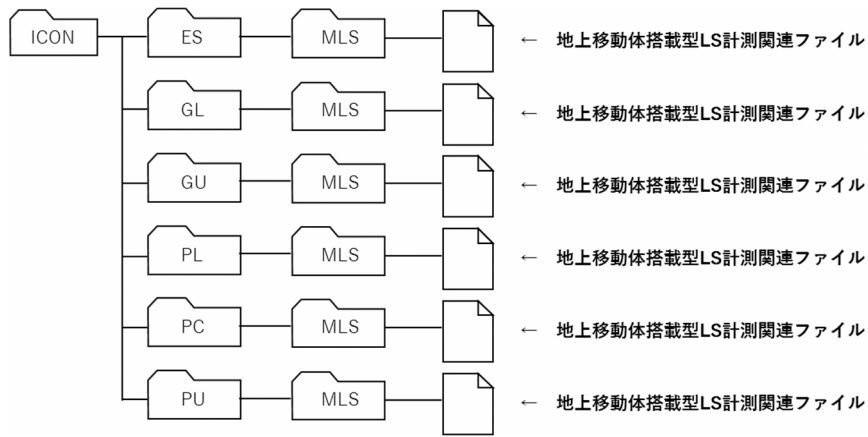


図5-9 フォルダ構成例（現況地形（路床）の起工測量、下層路盤・上層路盤・基層・中間層・表層を計測した場合）

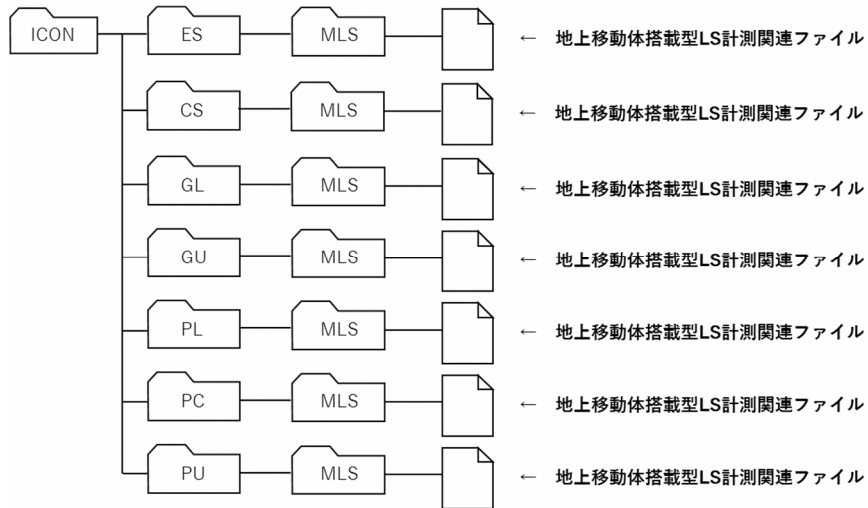


図5-10 フォルダ構成例（現況地形（路床）の起工測量、起工測量後の不陸整正、下層路盤・上層路盤・基層・中間層・表層を計測した場合）

表5-1 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
MLS	ES~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））	MLSGLODR001Z. 拡張子
MLS	ES~PU	0	CH	001~	—	・出来形管理資料（出来形管理図表（P D F）または、ビュー付き3次元データ）	MLSGLOCH001. 拡張子
MLS	ES~PU	0	IN	001~	—	・地上移動体搭載型L Sによる出来形評価用データ（CSV等のポイントファイル）	MLSGLOIN001. 拡張子
MLS	ES~PU	0	EG	001~	—	・地上移動体搭載型L S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））	MLSGLOEG001. 拡張子
MLS	ES~PU	0	AS	001~	—	・地上移動体搭載型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））	MLSGLOAS001. 拡張子
MLS	ES~PU	0	GR	001~	—	・地上移動体搭載型L Sによる計測点群データ（CSV等のポイントファイル）	MLSGLOGR001. 拡張子
MLS	ES~PU	0	PO	001~	—	・工事基準点及び標定点データ（CSV、LandXML等のポイントファイル）	MLSGLOPO001. 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 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章 管理基準及び規格値等

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及び規格値(案)」のうち面管理の場合に定められたものとし、測定値はすべて規格値を満足しなくてはならない。ただし、幅を従来の管理によることも出来る。

【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計測点群を利用して幅を管理する方法

地上移動体搭載型LSで取得した出来形の計測点群を利用して幅の管理をする場合は、計測する断面の舗装左右端点について、各々道路延長方向に±10cm以内の範囲内の計測点を抽出し、その2点間の水平距離を幅とする。

3) 規格値

規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」のうち面管理の場合に定められたものとする。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(案)」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及び規格値(案)」に示される従来の出来形管理基準及び規格値によることができる。

また、地上移動体搭載型LSで取得した出来形の計測点群を利用して幅の管理をする場合は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」のうち従来の管理の場合に定められたものとする。

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箇所の割合とし、道路中心線及び端部で測定。」と定められているが、地上移動体搭載型LS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(1m²(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。

但し、地上移動体搭載型LSで取得した出来形の計測点群を利用して幅の管理をする場合には、計測する断面は延長方向に80m以下の任意の間隔とすることができる。

平坦性については、従来どおり測定を行う。なお、参考資料-5に基づき、計測点群データを用いて平坦性算出を行ってもよい。

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)」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）

【解説】

参考として、図6-1に写真撮影例を示す。



図6-1 写真撮影例

参考資料

参考資料－1 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) 「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の監督・検査要領（舗装工事編）（案）」（国土交通省）

参考資料－２ ３次元設計データチェックシート

２－１ 舗装工

(様式－１)

令和 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）

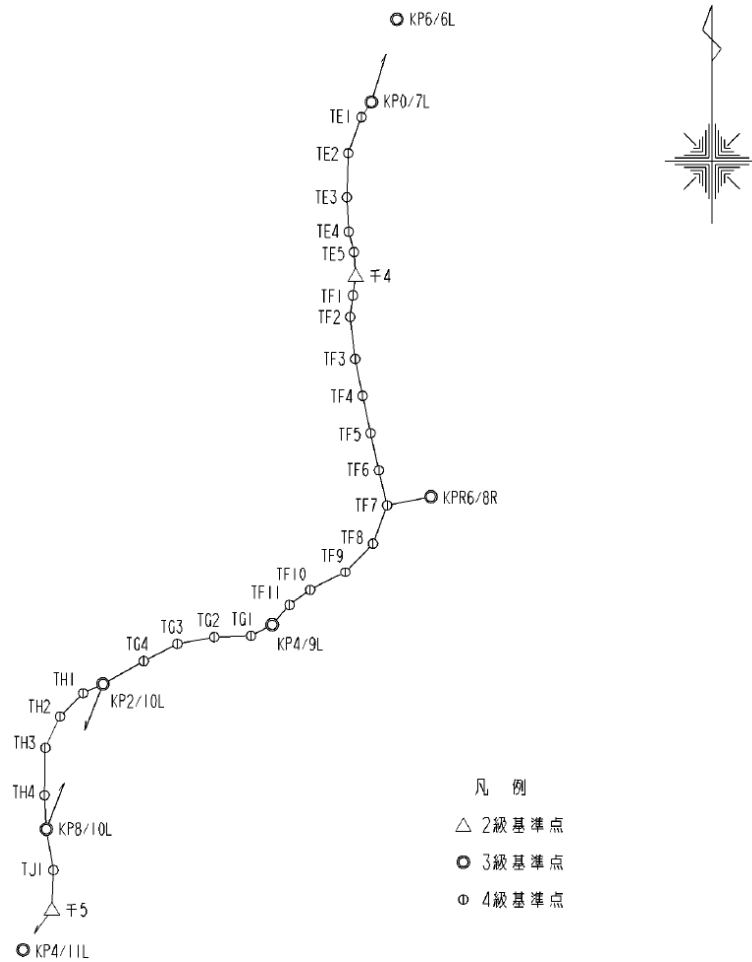
※添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

参考資料-3 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

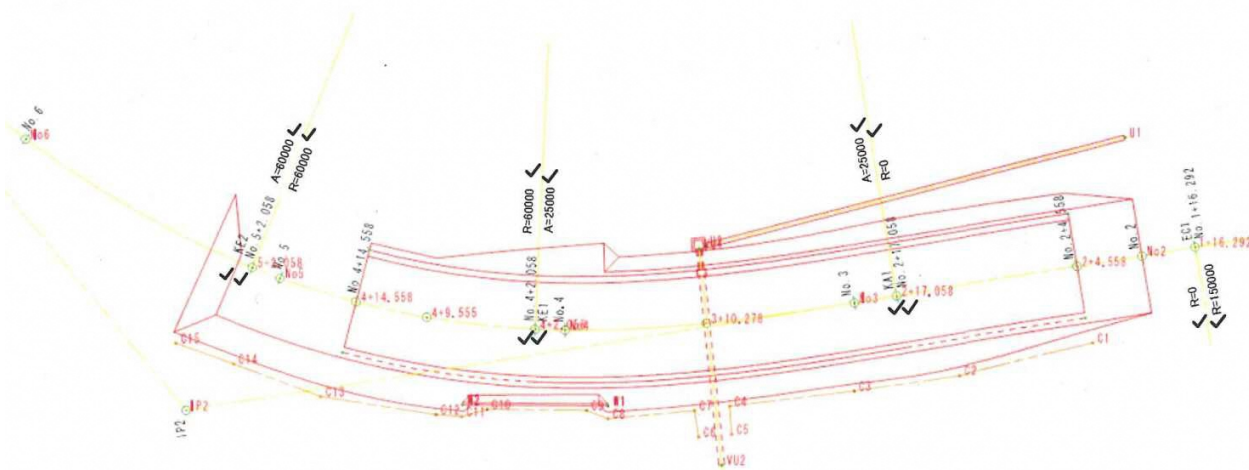
世界測地系							
測点名	X 座標	Y 座標	備考	測点名	X 座標	Y 座標	備考
千4 ✓	-103592.645 ✓	-53971.965 ✓	2級基準点	TF4 ✓	-104073.411 ✓	-53943.604 ✓	4級基準点
千5 ✓	-106133.790 ✓	-55192.361 ✓	〃	TF5 ✓	-104222.811 ✓	-53911.981 ✓	〃
KP6/6L ✓	-102566.552 ✓	-53805.858 ✓	3級基準点	TF6 ✓	-104371.743 ✓	-53878.598 ✓	〃
KP0/7L ✓	-102897.874 ✓	-53908.500 ✓	〃	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 ✓	〃	TJ1 ✓	-105975.513 ✓	-55186.171 ✓	〃

・線形計算書 (チェック入り) (例)

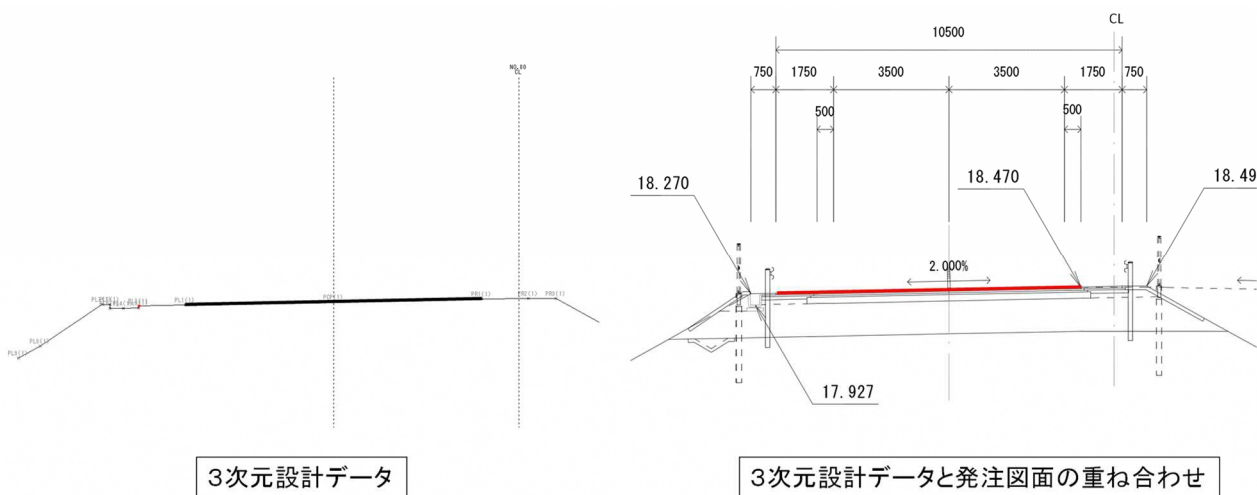
線形計算書

要素番号	1	直線				
BP	: X = -87,422.0000	Y = 42,916.0000	方向角 = 357° 19' 14.6661"	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' 14.6661"	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 = -87,382.7562	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 = 42,820.6947	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		

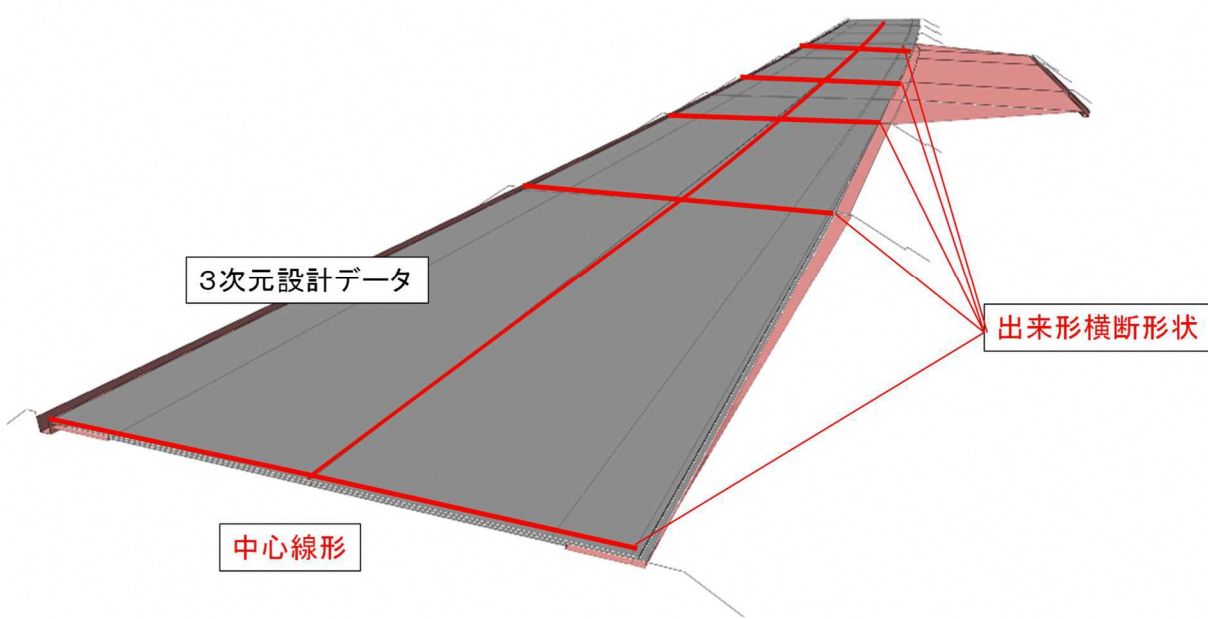
・平面図 (チェック入り) (例)



・横断面図（重ね合わせ機能の利用）（例）



・3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）（例）



地上移動体搭載型LSの測定精度を確認するために、受注者は、実際に使用する機器の計測最大距離の位置に1㎡以下の検査面、平面位置が特定できるターゲットを1箇所以上配置し、高さ精度と平面位置の精度確認試験を行う。

高さ方向及び平面方向の精度確認については、1㎡以下の検査面をTS等で計測した検査面の高さ、平面位置を比較する。

【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】

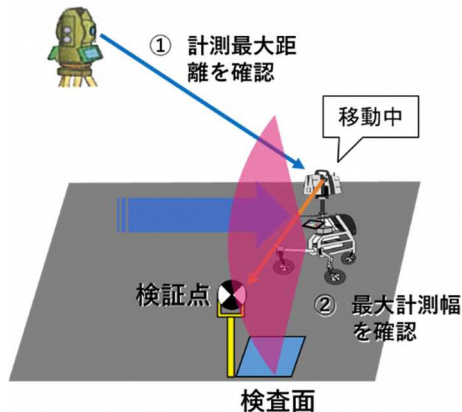
検証点較差L 10mm 以内 ($L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$)

【解説】

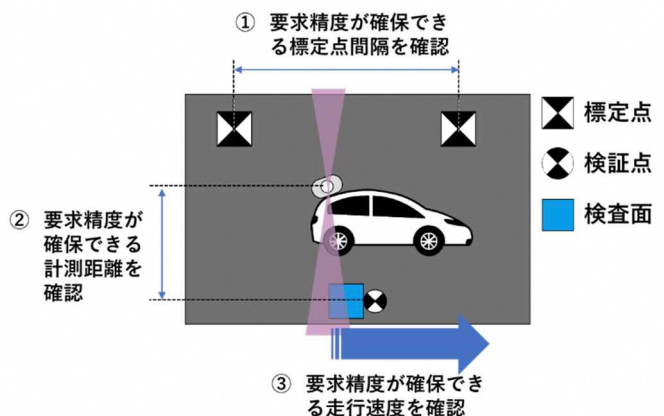
高さ方向の精度確認は、受注者は、使用する機器の特徴を十分に把握した上で、点群密度が100点以上得られ、かつ地上移動体搭載型LSで要求精度を満たすことができる計測可能な最大距離に1㎡以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。なお、測定精度の確認は、検査面の高さと地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる高さが測定精度以内であることを確認する。検査面の高さは、検査面の中心をレベルで計測し高さを求める方法（検査面が水平な場合）や、検査面の4隅をTS及びレベルで計測し検査面に対する各点の鉛直較差の平均値あるいは最頻値にて確認する。検査面は、一様な勾配の平坦な箇所を選定し設置すること。

平面方向の精度確認は、受注者は、高さ方向の精度確認試験と同じ位置付近に水平位置が特定できる検証点を配置する。なお、測定精度の確認は、地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる検証点の平面位置が測定精度以内であることを確認する。検証点の平面位置はTSにより計測する。検証点の形状は、地上移動体搭載型LSの計測結果から検証点端部を推定できるものとする。

【a. 自動追尾式TSとの連動LSの場合】



【b. モービルマッピングシステムの場合】



図－4－1 精度確認試験の配置イメージ図

地上移動体搭載型レーザースキャナーの精度確認試験実施手順書（案）

1. 適用

地上移動体搭載型レーザースキャナーシステムは、地上移動体の位置と搭載されるレーザースキャナーの組合せにより、対象地形の3次元点群を得る技術である。また、本技術は新たな技術開発が日進月歩で進んでおり、要素技術の性能向上、システムを構成する機器の組合せも変化している。このため、現状では同一の精度管理手法ではなく、システム毎に精度管理方法を定めることが計測効率の確保に寄与すると考えられる。

そこで、本手順書では起工測量および出来形計測作業の精度確保と効率的な実施の実現に向けて、システム毎の計測計画立案に必要な精度管理方法、精度確保のためのシステムの運用方法を定める試験方法として位置づけている。

2. 精度確認の実施方法

1) 計測条件の設定

①主要な機器構成とシステム概要

地上移動体と搭載するレーザースキャナーを用いて3次元座標点群を求める仕組みについて主要な機器構成と計測の仕組みを明記する。仕組みについては、地上移動体の位置および姿勢を特定する方法と、レーザースキャナーで得られる相対位置と地上移動体の位置と姿勢を組合せる際の流れが解る内容とすることに留意する。主要な機器構成とシステム概要は、試験結果に添付する（添付様式-1）。

②主要な構成機器の精度

上記の仕組みの主要な構成機器の測定精度について記載する。主要な機器構成は、移動体本体と搭載されるレーザースキャナー本体とし、各構成について明記すること（添付様式-1）。

a) 地上移動体本体

地上移動体の位置および姿勢を確定する機器の仕様と精度を記載する。

b) レーザースキャナー本体

地上移動体に搭載するレーザースキャナーの仕様と精度を記載する。

③計測手順

各システムの計測手順、計測時の留意点を明記する。計測手順は計測マニュアルとして試験結果に添付する（添付様式-2）。

④計測範囲の設定

レーザースキャナーの搭載高さから想定される路面上に対して、所定の密度（100点以上/1m²）および測定精度を確保できる距離を設定する。

⑤最大計測距離の設定（測定精度が最も不利な条件の設定）

地上移動体搭載型レーザースキャナーシステムが適正に稼動している状態で、地上移動体の自己位置および姿勢の測定精度が最も不利となる条件を設定する。

2) 精度確認

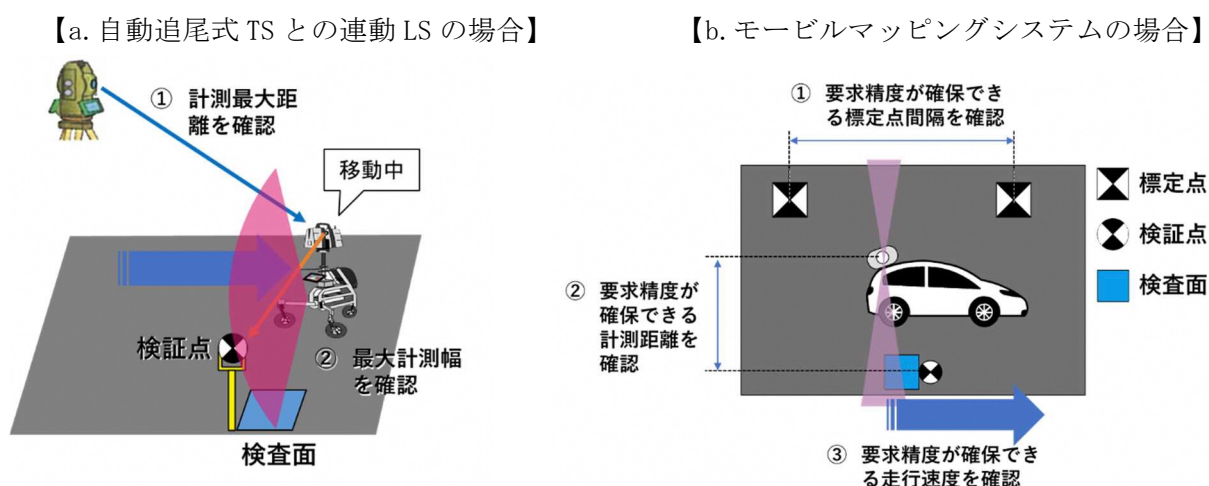
①鉛直精度

上記1)で設定した計測範囲と最大計測距離から、地上移動体搭載型レーザースキャナーシステムが適正に稼動している状態で得られる3次元点群の精度が最も不利となる位置付近に

1 m² 以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。なお、測定精度の確認は、基準値となる検査面の高さとして地上移動体搭載型レーザースキャナー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。

② 水平精度

鉛直精度の確認箇所付近に平面位置が特定できるターゲット（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とする）を配置し、地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いて計測した結果から得られる平面位置との較差を確認する。平面方向の較差は 10mm 以内とする。



図一 4 - 2 精度検証の方法

3. 実施時期

精度確認試験は、現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前にその精度確認試験を行うことが望ましい。また、地上移動体搭載型レーザースキャナーについては、定期点検や精度確保の公的な制度が規定されていないことから、暫定案として利用の 12 ヶ月以内に実施することとする。

4. 検査面および平面検証点の検測

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 及びレベルで計測し、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 平面検証点の検測

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

5. 評価基準

計測結果をレベル及び 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	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	※1：検査面は測定精度の面で最も不利な条件となる位置に配置する。 ※2：検査面は 1 m ² 以下とし、100 点以上の点密度を得られること。
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 20mm 以内 (路床表面、下層路盤表面、上層路盤表面) 10mm 以内 (基層・中間層表面、表層表面) コンクリート舗装 20mm 以内 (路床表面、下層路盤表面、粒度調整路盤表面、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、コンクリート舗装版表面)	※1：同上 ※2：検証点は、平面位置を特定できるターゲットあるいは、平面位置を点群から推定可能な立体物の端部とする。

※要求精度の高い試験結果により、範囲内の精度試験を省略できる。

6. 実施結果の記録

精度確認の実施結果を記録・提出する (添付様式- 3)。

(添付様式-1)

主要機器の構成およびシステム概要 (a. 自動追尾式 TS との連動 LS の場合)

①主要機器の構成		
<p>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。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>自動追尾式TS 精度 1秒</p> <p>本体以外</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>360度プリズム 地上用スキャナー コントロールPC IMU ・加速度及び姿勢 400Hz 台車</p> <p>地上移動体搭載型LS本体</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>準備作業 TSの設置 システムの喚機・設定 計測最大距離確認</p> <p>計測作業 スタート位置セット 計測（移動） 終点位置セット</p> <p>センサーデータ統合 点群データ</p> <p>計測フロー</p> </div> </div>		
②主要機器の精度		
②-1：地上移動体本体		
<p>搭載するLS本体</p> <p>名称：2D レーザースキャナー 機種：SS20 型番：234091</p>	<p>計測性能</p> <p>計測可能距離 ○○m 精度 ± ○○mm</p> 	備考
<p>自己位置の計測装置①</p> <p>名称：3軸IMU 機種：ABC3 型番：201154</p>	<p>計測性能</p> <p>水平精度： 秒 分可能 Hz 鉛直精度： 秒 分解能 Hz</p>	備考
②-2：地上移動体本体以外の測位技術		
<p>自己位置の計測装置②</p> <p>機種：AA100 型番：—— (汎用品のため記載無し) ■校正年月日 ：平成30年1月10日 (株)〇〇光学機械</p>	<p>計測性能</p> <p>水平精度： 秒 鉛直精度： 秒 追尾速度： Hz</p>	備考 移動体本体以外の測量方法については、別途メーカーが行う定期点検結果により性能補償が可能な場合は、型式として掲載できる。

主要機器の構成およびシステム概要 (b. モービルマッピングシステムの場合)

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を掲載する。

②主要機器の精度

GNSS	周波数及び台数	2周波×2台	
IMU	姿勢精度	ロール、ピッチ角：〇〇deg ヘッディング：〇〇deg	
走行軌跡	計測レート	〇〇Hz/sec	
カメラ	個数・解像度	〇個 (〇Mpixel)	
	カラー	Grey	
レーザー	垂直解像度	〇〇deg	
	視野角度	〇〇°	
	取得点数	〇〇万点/sec	
	最大距離	〇〇m	
	スキャン速度	〇〇回転/sec	
	反射輝度の取得	可 or 不可	
	ビーム径	〇mm	
精度	車両自己位置の正確度	水平〇m、高さ〇m	
	レーザー点群の位置正確度	〇mm (GNSS 受信時)	
その他			

(添付様式-2)

計測の手順と留意事項 (a. 自動追尾式 TS との連動 LS の場合)

①計測手順	
フロー	
<pre>graph TD; subgraph 準備作業; A[TSの設置] --> B[システムの暖機・設定]; A --> C[計測最大距離確認]; end; B --> D; C --> D; subgraph 計測作業; D[スタート位置セット] --> E[計測 (移動)]; E --> F[終点位置セット]; end; F --> G[センサーデータ統合]; G --> H[点群データ]; G --> E;</pre>	
②計測の留意点	
移動体の点検	
<input type="checkbox"/> 計測前に車輪・プリズム・スキャナ本体・IMUの取り付けに緩みがないか確認	
<input type="checkbox"/> . . .	
計測時の留意点	
<input type="checkbox"/> 定期的に自己位置を補正するための静止観測を入れる。	
<input type="checkbox"/> . . .	
③計測マニュアルの作成・添付 上記①と②を含めた計測のマニュアルが整備・添付されていること。	<input type="checkbox"/> 有り

計測の手順と留意事項 (b. モービルマッピングシステムの例)

①計測手順	
<p>フロー</p> <pre> graph TD A[基地局設置] --> B[標定点の設置] B --> C[検証点の設置] C --> D[計測開始] D --> E[計測 (移動)] E --> F[計測終了] F --> G[データ統合] G --> H[計測条件の確認] H --> I[終了] H --> B subgraph Measurement_Work [計測作業] D E F end </pre>	
②計測の留意点	
<p>移動体の点検</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 計測前に車体・スキャナ本体・GNSS・IMUの取り付けに緩みがないか確認 <input type="checkbox"/> . . . <p>計測時の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 衛星数の確認 <input type="checkbox"/> GNSSの受信状態 (DOP値) の確認 <input type="checkbox"/> . . . 	
③計測マニュアルの作成・添付	<input type="checkbox"/> 有り
<p>上記①と②を含めた計測のマニュアルが整備・添付されていること。</p>	

(添付様式-3)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和2年3月2日

機器の所有・試験者あるいは精度管理担当者：(株)〇〇測量

精度 次郎 印

(1) 試験概要 (a. 自動追尾式 TS との連動 LS の例)

<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー : (株)ABC</p> <p>装置名称 :</p> <p>主要構成機器 :</p> <p>(<input type="checkbox"/>添付様式-1に記載のとおり)</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器 (真値を計測する測定機器)</p> <p>①検証面の高さ</p> <p>レベル :</p> <p>(<input type="checkbox"/>検定済み)</p> <p>②検証面および検証点の平面座標</p> <p>TS :</p> <p>(<input type="checkbox"/>検定済み)</p>	<p>写真</p> 
<p>測定記録</p> <p>測定期日：令和2年2月16日</p> <p>測定条件：天候 晴れ</p> <p>気温 12℃</p> <p>測定場所：(一社)〇〇</p> <p>構内試験ヤードにて</p> <p>検証機器と既知点の距離：約〇〇m</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p>地上移動体搭載型LSと真値座標の較差</p>	<p>写真</p>

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和2年3月2日

機器の所有・試験者あるいは精度管理担当者：(株)〇〇測量

精度 次郎 印

(1) 試験概要 (b. モービルマッピングシステムの例)

<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー : (株)ABC</p> <p>装置名称 :</p> <p>主要構成機器 :</p> <p>(□添付様式-1に記載のとおり)</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器 (真値を計測する測定機器)</p> <p>①検証面の高さ</p> <p>レベル :</p> <p>(□検定済み)</p> <p>②検証面および検証点の平面座標</p> <p>T S :</p> <p>(□検定済み)</p>	<p>写真</p> 
<p>測定記録</p> <p>測定期日：令和2年2月16日</p> <p>測定条件：天候 晴れ</p> <p>気温 12℃</p> <p>測定場所：(一社)〇〇</p> <p>構内試験ヤードにて</p> <p>検証機器と既知点の距離：約〇〇m</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p>地上移動体搭載型LSと真値座標の較差</p>	<p>写真</p>

(2) 試験条件 (a. 自動追尾式 TS との連動 LS の例)

現場での計測条件は本試験で確認する条件の範囲内とする。

①計測幅および計測範囲の条件

※地上移動体搭載型 LS を用いた計測において、要求精度に対して最も不利となる条件を設定すること。

本システムは、地上移動体に搭載した LS にて進行方向に対して横向きにレーザー計測を行う。また、自己位置と方位は自動追尾 TS と IMU の組合せにより求める。

このことから、本システムでは自動追尾 TS から最大距離 (条件 1)、進行方向に向かって横断方向の最大有効幅 (条件 2) によっては、最も計測精度が不利となる。

現場計測においても、本条件の範囲内で計測を行う。

<条件 1 >

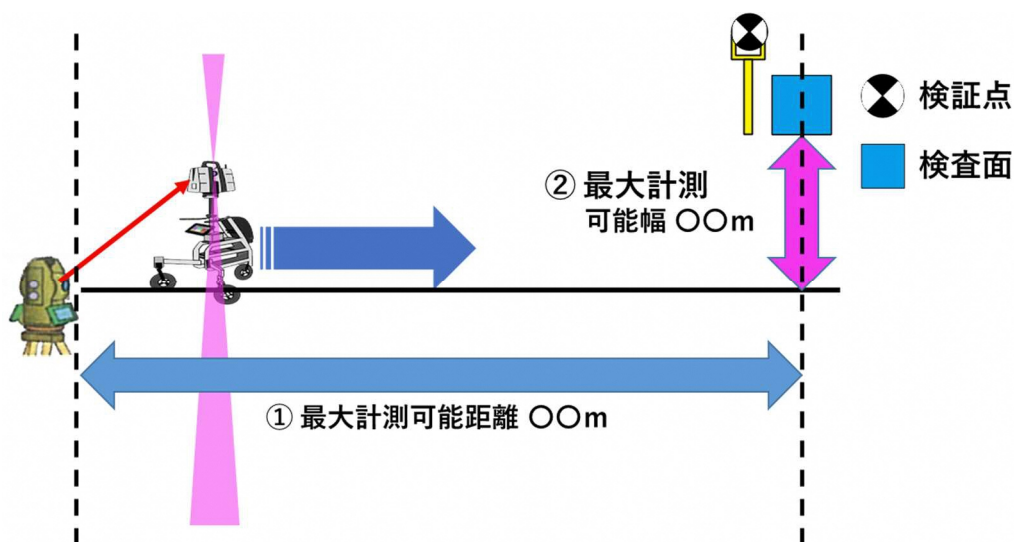
- 本システムは、自動追尾式 TS による自己位置と IMU による方位推定から対象路面の座標値を求める仕組みである。計測精度が最も低下する条件は、自動追尾式 TS から最も距離が遠くなる位置である。

要求精度 (鉛直 ±4mm、水平 10mm) に対しては最大計測可能距離 ○○m 以内とする。

<条件 2 >

- 本システムは舗装面への入射角が小さくなるほど精度が低下する傾向がある。
- このため本体から、真横方向で所定の測定精度が得られる計測時の最大幅の位置に検査面を設置する。

要求精度 (鉛直 ±4mm、水平 10mm) に対しては移動体の真横方向に対して最大計測幅 ○○m 以内とする。



精度確認試験における確認の範囲

※システムの構成や計測の仕組みに応じて、要求精度に対して最も不利になる条件を設定すること。

(2) 試験条件 (b. モービルマッピングシステムの例)

現場での計測条件は本試験で確認する条件の範囲内とする。

①計測幅および計測範囲の条件

※地上移動体搭載型LSを用いた計測において、要求精度に対して最も不利となる条件を設定すること。

本システムは、車載したLSにて進行方向に対して横向きにレーザー計測を行う。また、自己位置と方位はGNSSとIMUの組合せにより求める。

このことから、本システムでは、計測結果の水平位置、標高を調整するための標定点の設置間隔(条件1)および進行方向に向かって横断方向の最大有効幅(条件2)、進行方向の走行速度(条件3)によっては、最も計測精度が不利となる。

現場計測において本条件の範囲内で計測を行う。

<条件1>

- 本システムは水平位置、標高を調整するための標定点において、GNSS衛星の受信数やDOP値などを参照してGNSS衛星の受信障害がない場合を条件に現場状況に応じて適切な間隔で配置する。

要求精度(鉛直±4mm、水平10mm)に対しては、○mに2点以上設置する。

<条件2>

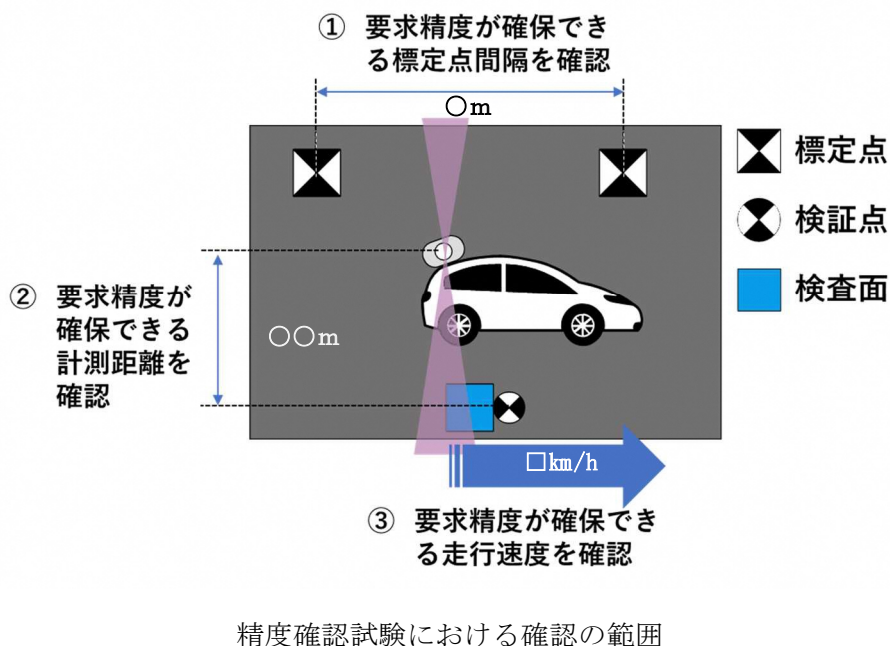
- 本システムは計測面への入射角が小さくなるほど精度が低下する傾向がある。また、距離に応じて点群密度も荒くなる。

要求精度(鉛直±4mm、水平10mm)に対しては、移動体の真横方向に対して最大計測可能幅○○m以内とする。

<条件3>

- 本システムは、車の走行速度が速いほど進行方向の点群密度が荒くなる。

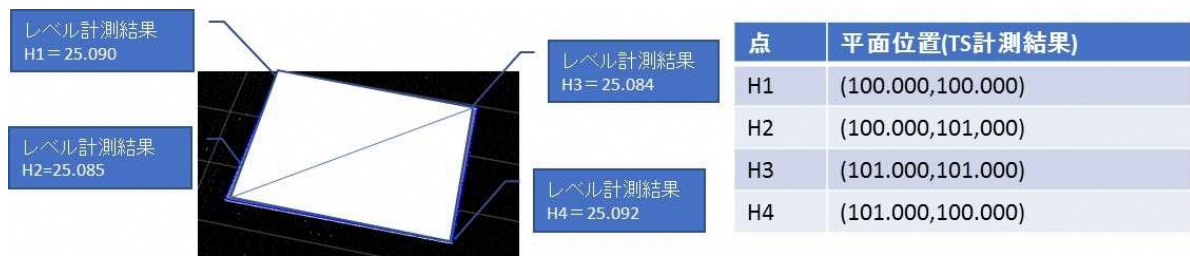
要求精度(鉛直±4mm、水平10mm)に対しては、時速□km/hで走行する。



※システムの構成や計測の仕組みに応じて、要求精度に対して最も不利になる条件を設定すること

(3) 精度確認結果

①検査面の計測結果

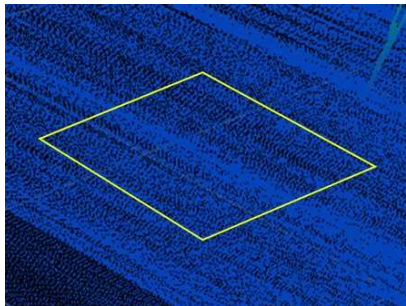


②検証点の計測結果

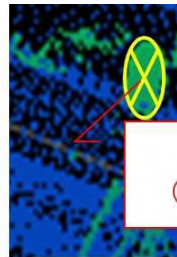
	平面位置 (TS計測結果)
検証点の真値	(100.000,100.000)

③地上移動体搭載型LSによる計測結果

検査面の結果



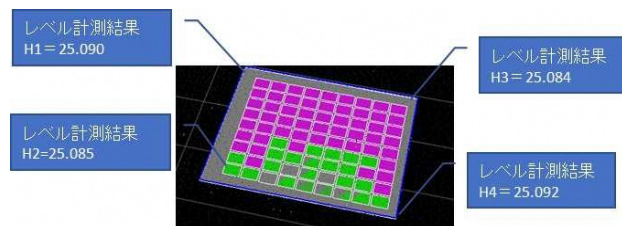
検証点の結果



平面位置
(100.002,100.008)

④差の確認

検査面の結果



移動体搭載型TLSの結果	判定基準	合否
n=100	n=100以上	合格
平均=2.4mm	要求精度 4mm以下	合格
最大: 3mm 最小: -2mm σ: 2.43	-	-

検証点の結果

	平面位置	判定基準	合否
検証点の真値	(100.000,100.000)		
地上移動体搭載型LSの結果	(100.002,100.008) $R^2=2^2+8^2$ $R=8.25$	距離差10mm以下	合格

計測点群データから平坦性を算出できるものとする。

従来法の3mプロフィールメーターなどでの測定方法を踏襲し、計測点群データにおいて車道中心線から1m離れた計測ライン上にて、始点より延長1.5m毎の箇所を中心として直径200mmの円形範囲内に入る点群を選択し、選択された点群の平均標高を当該箇所の標高値とする。計測ライン上で得られた延長1.5m毎の標高値を用いて以下の式により平坦性 σ を算出できる。

$$\sigma = \sqrt{\{ \sum x^2 - (\sum x)^2 / n \} / (n-1)}$$

ここで

σ : 平坦性

x : 変位置量 (k番目の標高値に対するk-1番目とk+1番目の標高値の平均値との差分)

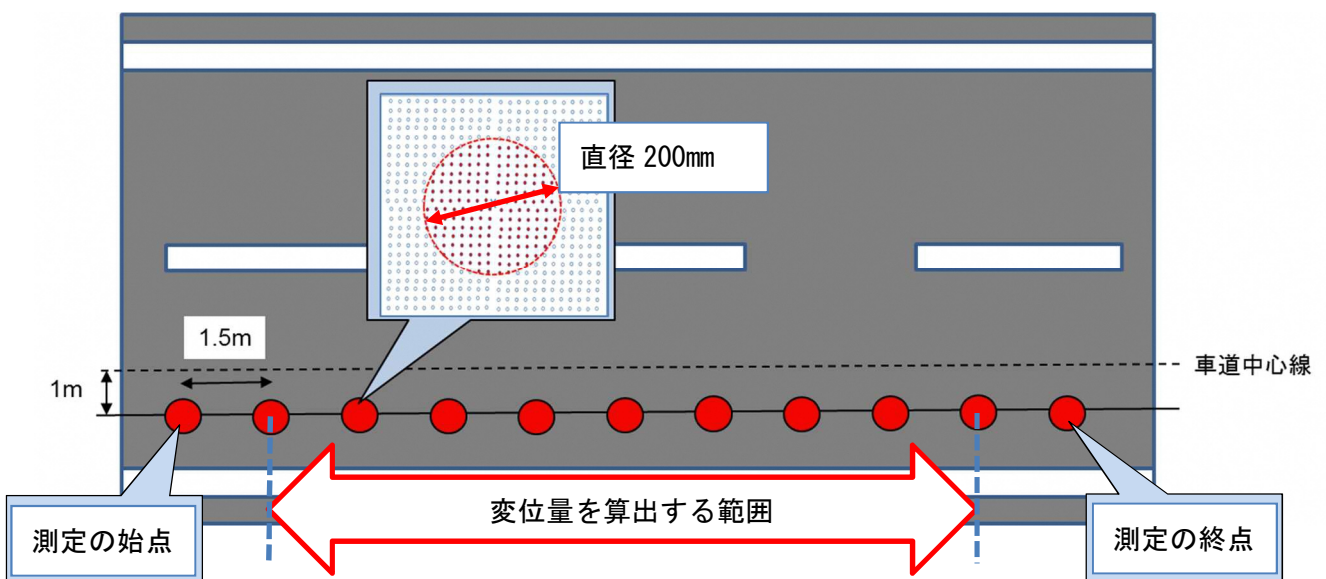
n : 変位置量データ数

とする。

【解説】

- ・ 使用する点群は原則として不要箇所を除去した計測点群データを使用することとする。
- ・ 計測ラインは車道中心線から進行方向左右どちらかに1m離れたラインとする。
- ・ 始点を測定一点目とし、その後延長1.5m毎に測定を行う。
- ・ 測定の始点は従来の3mプロフィールメーター計測にて後輪部分が位置する場所とする。
- ・ 各測定点では測定点を中心とした円形直径200mm以内に含まれる点群を選択し、選択された全点群データから標高値の平均値を算出する。それを各測定点で行う。
- ・ 各測定点の標高値から変位置量 x を算出する。k番目の測定点における標高値を H_k とすると

$$x = H_k - (H_{k-1} + H_{k+1}) / 2$$
 として算出できる。
- ・ 変位置量及び変位置量データ数より測定対象区間において平坦性を算出する。なお、マンホール等の従来法で除外していた箇所については算出から除外しても良い。



参考資料図 5 計測点群データによる平坦性算出のイメージ

第 1 版