

第3章 舗装工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

舗装工における出来形管理技術の適用範囲は表3-1のとおりとする。

表3-1 出来形管理技術の適用範囲

1 断面管理の場合

出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
・TS等光波方式	下層路盤工	基準高、幅、厚さ、中心線のズレ、施工延長	1件の工事における施工面積が3,000m ² 以上
	上層路盤工	幅、厚さ、中心線のズレ、施工延長	
	コンクリート舗装工、アスファルト舗装工	幅、厚さ ^{※1} 、中心線のズレ、施工延長	
	砂利舗装工	幅、施工延長	

※1 表層及び基層の厚さについては、出来形管理用TS等光波方式が国土地理院認定1級と同等の計測性能を有し、かつ高度角自動補正装置が搭載されている場合のみ、本技術の管理対象とする。

2 面管理の場合

出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
・TLS	下層路盤工	基準高・幅・厚さ・施工延長に代えて、基準高、厚さ又は標高較差を管理	1件の工事における扱い土量の合計が1,000m ³ 以上
	上層路盤工	幅・厚さ・施工延長に代えて、厚さ又は標高較差を管理	
	コンクリート舗装工、アスファルト舗装工	幅・厚さ・施工延長に代えて、厚さ又は標高較差を管理	

第2 出来形管理基準及び規格値

1 断面管理の場合

測定項目、出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理の規定に基づくものとするが、厚さについては標高較差の算定により管理するものとし、「厚さ」を「標高較差」に名称変更する。

「標高較差」は、「対象とする層の標高と直下層の目標高さ＋直下層の標高較差の平均値＋設計厚さ」から求まる高さとして出来形計測値との差で算出する。

「厚さ」の管理方法の代替として「標高較差」を管理する方法を図3-1に示す。標高較差で出来形管理を行う場合、目標高さが設計図をもとに作成した各層の高さと異なる場合は、施工前に作成した基本設計データに対する高さ（設計図をもとに計算される高さ）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て、工事打合せ簿で確認を行うこと。オフセット高さとは、設計図書をもとに作成した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（図3-1の③）は、直下層の目標高さ（図3-1の①）に直下層の出来形を踏まえ、設計厚さ以上の高さ（図3-1②）を加えて定めた計測対象面の高さであり、その目標高さとTSによる出来形計測の標高値を比較し、標高較差を算出する。

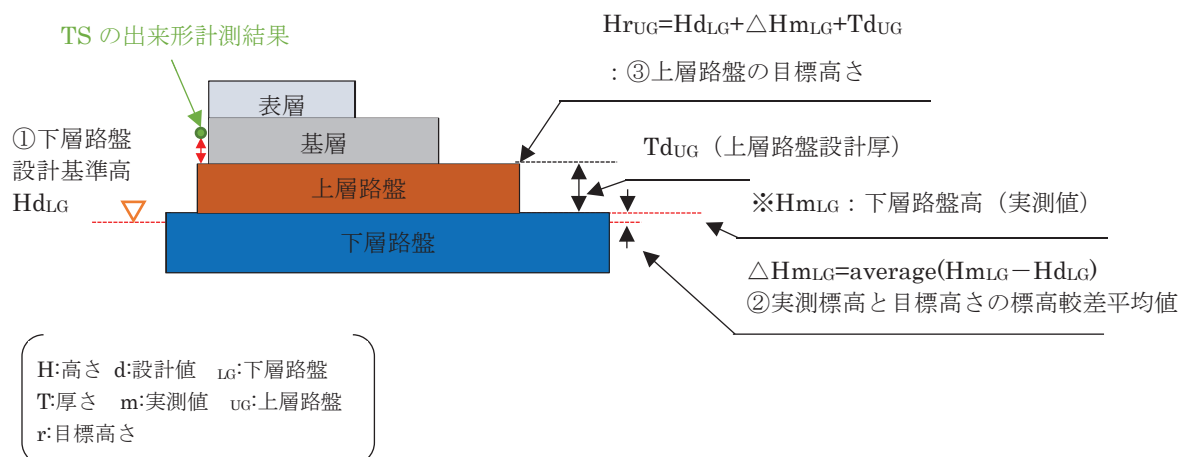


図3-1 上層路盤の目標高さ

2 面管理の場合

測定項目、規格値及び測定基準は表3-2のとおりとする。

なお、法面の小段部に側溝工等の構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができる。

また、舗装工におけるその他の管理項目に係る出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められたものとする。

表 3 - 2 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値 (mm)		測定基準
			平均値	個々の計測値	
下層路盤工	下層路盤	基準高	+50 -15	±90	出来形計測密度は 1点/m ² (平面投影面積当たり)以上
		厚さ又は 標高較差	+50 -15	±90	
上層路盤工	上層路盤 (アスファルト)	厚さ又は 標高較差	-10	-63	
	上層路盤 (コンクリート)	厚さ又は 標高較差	-8	-66	
コンクリート 舗装工、アスフ ァルト舗装工	基層 (アスファルト舗装)	厚さ又は 標高較差	-4	-25	
	表層 (アスファルト舗装)	厚さ又は 標高較差	-4	-20	
	コンクリート舗装版	厚さ又は 標高較差	-3.5	-22	

(1) 出来形測定箇所及び測定項目

出来形測定箇所は、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及びT L S直下の欠測は除く。出来形測定密度は1点/m²(平面投影面積当たり)以上とする。測定項目は、面的に評価することを前提として、設計面又は目標高さからの標高較差に統合する。

T L Sで取得した出来形の計測点群を利用して幅を管理する場合は、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。

(2) 測定値算出方法

ア 標高較差の測定値を算出する方法

標高較差は、設計面又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鉛直方向の離れを用い、「平均値」並びに「個々の計測値」の最大値及び最小値を算出し、全面において規格値との比較・判定を行う。

イ 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」並びに「個々の計測値」の最大値及び最小値を算出し、全面において規格値との比較・判定を行う。

ウ 計測点群を利用して幅を管理する方法

T L S で取得した出来形の計測点群を利用して幅を管理する場合は、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。なお、この場合の出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第 1 直接測定による出来形管理の規定に基づくものとする。

(3) 目標高さの設定

標高較差で出来形管理を行う場合、目標高さが設計図をもと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（設計図をもとに計算される高さ）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し、工事打合せ簿により確認を行う。オフセット高さとは、設計図書をもとに作成した 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（図 3－1 の①）は、直下層の目標高さ（図 3－2 の②）に直下層の出来形を踏まえて、設計厚さ以上の高さ（図 3－3 の③）を加えて定めた計測対象面の高さである。

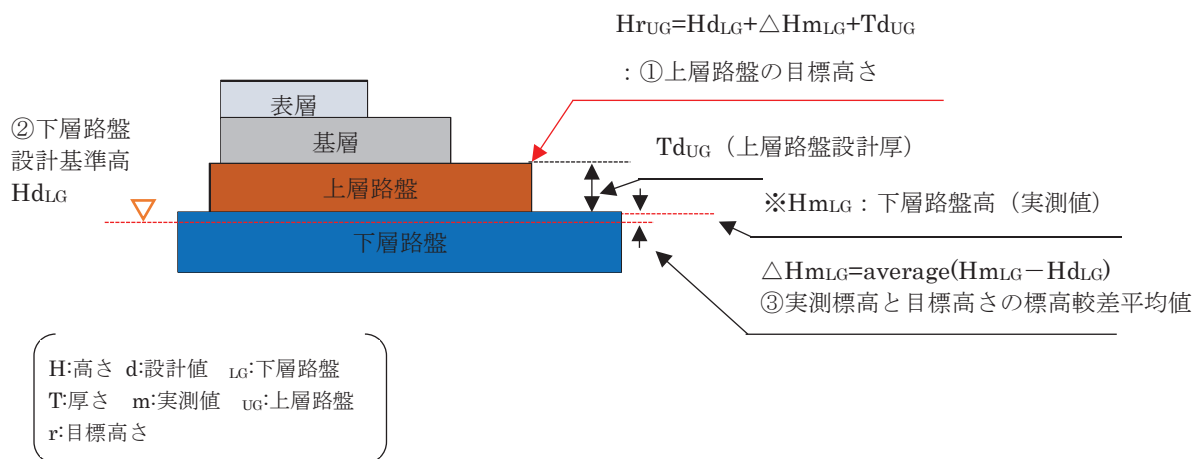


図 3－2 目標高さの設定（例：アスファルト舗装）

(4) 規格値

「個々の計測値」は、全ての測定値が規格値を満足しなければならない。計測値を満足するとは、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。なお、「個々の計測値」の規格値には、下層路盤工及び上層路盤工にあつては計測精度として±10mm が含まれ、コンクリート舗装工及びアスファルト舗装工にあつては計測精度として±4mm が含まれる。

第3 出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順

1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

出来形管理用TS等光波方式による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

なお、施工管理データについては、以下に示す機器間でデータを交換できるように、**別紙－4**「出来形管理用TS等光波方式技術に用いる施工管理データの機器間データ交換の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用TS等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙－5**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ 出来形管理用TS等光波方式（ハードウェア及びソフトウェア）

出来形管理用TS等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙－7**「出来形管理用TS等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（2）計測性能

出来形管理用TS等光波方式は、以下に示す国土地理院認定3級で規定される性能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機器を使用することとする。

なお、舗装工の層厚管理に出来形管理用TS等光波方式を用いる場合で、表層及び基層を管理対象から除く場合は、鉛直角の最小目盛値が5"又はこれより高精度であることとし、表層及び基層を含める場合は、国土地理院認定1級と同等以上の測定精度を有し、高度角自動補正装置が搭載され適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。

受注者は、利用するTSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。

国土地理院で規定がないTS等光波方式を利用する場合は、（3）に示す精度確認試験を実施し、その記録を監督職員に提出するものとするが、国土地理院認定1級と同等以上として使用することはできない。

なお、TSは、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書があるものを使用する。

国土地理院認定3級で規定される性能

測距精度：±（5mm＋5ppm×D）以下※ 最小読定値20"以下

※ D値は計測距離（m）、ppmは10⁻⁶

<計算例>

計測距離 100m の場合は、 $\pm (5 \text{ mm} + 5 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3) = \pm 5.5 \text{ mm}$ の誤差となる。

(3) 精度確認

受注者は、国土地理院で規定がない T S 等光波方式を用いる場合は、その精度を確認するために以下の実施手順に即して精度確認試験を行い、様式－2「T S 等光波方式の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して監督職員に報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用するまでに精度確認試験を行うことが望ましい。受注者は、本精度確認により、国土地理院で規定がない T S 等光波方式において所要の計測値が得られることを確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び計測距離の範囲内において出来形計測に適用することができる。

イ 実施方法

(ア) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に 2 点以上の計測点を設定する。

(イ) T S による計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さの計測値から差し引く。プリズムを T S で視準し 3 次元座標を計測する。

(ウ) 国土地理院で規定がない T S 等光波方式による計測

プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものはプリズムを自動追尾する機能により 3 次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式で計測した計測結果を比較し、その差が表 3－3 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 3－3 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T S と国土地理院で規定がない T S 等光波方式の計測座標値の較差	平面座標 $\pm 20 \text{ mm}$ 以内 標高差 $\pm 10 \text{ mm}$ 以内	現場内 2 か所以上

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用 T S 等光波方式の設置

出来形管理用 T S 等光波方式は、工事基準点上に設置することを原則とするが、工事基準点上に設置することが困難な場合には、後方交会法により任意の未知点へ設置することができるものとする。

なお、未知点に出来形管理用 T S 等光波方式を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は $30 \sim 150^\circ$ 以内でなければならない。

なお、未知点に出来形管理用T S等光波方式を設置する際は、利用する基準点との距離は100m以内（1級2級T Sは150m以内）とし、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は、 $30\sim 150^{\circ}$ 以内でなければならない。ただし、出来形管理用T S等光波方式と工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

イ 出来形計測の実施

T Sと計測点までの距離が大きくなるほど計測精度が低下する傾向にあるため、出来形計測時のT Sと計測点までの視準距離の制限値は、使用するT Sの級、工種、出来形管理項目にかかわらず一律100mとする。

また、出来形計測を行う箇所が、基本設計データに管理断面として入力したラインから道路延長方向に $\pm 10\text{cm}$ 以内の範囲内になるよう計測を行うこととする。

測定項目「中心線のズレ」については、別紙－4の規定において出来形管理対象として定義されておらず出来形管理用T S等光波方式による出来形計測ができないため、以下のいずれかの手法により代替する。

（ア）舗装左右端点計測時に、別紙－7に規定された出来形管理機能により算出される「CL離れ距離」を用いて算出し、出来形管理帳票に入力する。

（イ）管理項目である中心線上の基準高として計測した点の座標を用いて、点群処理ソフトウェア等を使用して中心線のズレを算出する。具体的には、基準高の計測点を通り管理断面に対して平行となる横断線（面）上において、計測点と設計データ上の中心線との水平方向の距離をもって中心線のズレに代えることができる。

計測する横断面は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められた測定基準（施工延長おおむね50mにつき1か所、50m未満は2か所）に基づき設定し、各断面の全ての計測対象点について3次元座標値を取得する。また、施工者が適宜出来形計測点を設定する。

2 T L S 出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

T L S 出来形管理技術による出来形管理のシステムの構成と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア T L S 本体

本体から計測対象の相対的な位置を面的に取得する機器である。

イ 点群処理ソフトウェア

出来形計測で取得した複数回の 3 次元点群の結合、3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点の除外、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の作成、点群への T I N の配置及び 3 次元出来形計測結果の出力を行うソフトウェアである。点群処理ソフトウェアは、**別紙－1**「点群処理ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 3 次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3 次元設計データの作成及び出力を行う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は、**別紙－2**「3 次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」の機能を有していなければならない。

エ 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により、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として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は、**別紙－3**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件（面管理の場合）」に示す機能を有していなければならない。

オ 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 次元設計データ又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。

(2) 計測性能

T L S による出来形計測で使用する T L S 本体は、以下の計測精度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機器を使用するものとする。受注者は、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。

【測定範囲内の鉛直方向の計測精度】

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
上層路盤表面	±10mm 以内
コンクリート舗装板表面	±4mm 以内

【測定範囲内の平面方向の計測精度】

アスファルト舗装

路床・下層路盤・上層路盤表面	±20mm 以内
基層・表層表面	±10mm 以内

コンクリート舗装

路床・下層路盤・上層路盤表面	±20mm 以内
コンクリート舗装板表面	±10mm 以内

(カタログ記載に加え、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。)

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

(3) T L S の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するために、既知点間の距離を比較し精度確認試験を行い、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

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等が規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法（現場で鉛直方向の測定精度を確認する場合）

(ア) 検査面の設置及び計測

点群密度が 100 点以上得られ、かつ出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置 1 か所に 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等は設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。

(イ) 検査面の検測

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、又は検査面の四隅を T S（平面方向）とレベル（鉛直方向）で計測し、四隅の高さの平均値又は内挿補完等により高さを求める方法で実施する。

(ウ) 計測結果の評価

T L S による計測結果を、レベルによる計測した基準値となる検査面の高さと比較し、その差が表 3－4 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 3－4 精度確認基準

比較方法	精度確認基準
「T L S 計測結果とレベル計測結果の差分」の 平均値又は最頻値	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
	上層路盤表面 ±10mm 以内
	コンクリート舗装板表面 ±4mm 以内

ウ 実施方法（現場で平面方向の測定精度を確認する場合）

（ア）検査点の設置及び計測

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か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。

なお、既知点間は10m以上の離隔を確保することとする。

（イ）検査点の検測

設置した検査点（基準点）をT S又はテープにより計測する。

（ウ）計測結果の評価

T L Sによる計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が表3-5に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表3-5 精度確認基準

比較方法	精度確認基準
T L S 計測結果と従来 手法による計測結果の 差分	アスファルト舗装
	路床・下層路盤・上層路盤表面 ±20mm 以内
	基層・表層表面 ±10mm 以内
	コンクリート舗装
	路床・下層路盤・上層路盤表面 ±20mm 以内
	コンクリート舗装板表面 ±10mm 以内

エ 実施方法（事前に確認する場合）

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ため、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、精度確認基準を満たしていることを確認する。

（4）G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ロバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の 2 か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 3－6 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 3－6 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア T L S の設置

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

T L S 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、T L S 設置箇所を複数回に分けて実施する。

イ 標定点の設置及び計測

標定点を用いて T L S による計測結果を 3 次元座標へ変換又は複数回の計測結果について標定点を用いて合成する場合は、計測対象箇所の最外周部に 4 か所以上の標定点を設置する。標定点の計測は T S を用いて実施し、T S から基準点及び標定点までの距離が 100 m 以下（3 級 T S の場合）又は 150m 以下（2 級 T S の場合）とする。また、出来形計測を行っている間、標定点は動かないように確実に固定する。T S と同様に、T L S 本体が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又は基準点上に設置する。

ウ 出来形計測の実施

T L S による出来形計測は、計測対象範囲内で 0.01m^2 （10cm×10cm メッシュ）当たり 1 点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。また、1 回の計測距離は、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」を用いて実施した精度確認の距離範囲内とする。計測対象

範囲に作業員、仮設構造物、建設機械等が配置されている場合は、地表面のデータが取得出来ないため、可能な限り出来形の地表面が露出している状況で計測を行う。T L S 計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこととする。

出来形計測範囲は、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までとし、全ての範囲で10 cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得するものとする。ただし、T L S 直下の欠測は許容する。

計測は、起工測量から表層までを対象とし、起工測量と表層面又はコンクリート舗装版面は、面（T S 含む）による管理を必須とする。なお、表層を管理するための上層路盤面の計測手法としてT S 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T S による出来形管理を選択する必要がある。

(ア) 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を比較し、標高較差で管理を行う。

(イ) 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そろえること。

(ウ) 厚さ又は標高較差管理におけるT L S 直下の欠測の取扱い

T L S 直下は、計測機器の特性により直下の一定範囲の点群が取得できないため、厚さ又は標高較差管理において、欠測部を含む一定範囲は除外してよい。なお、設計面に対する除外範囲の割合が10%を超えないものとする。厚さ管理を行う場合は、下層での欠測部も除外範囲の割合に含まれることを考慮することとする。

エ 点群処理ソフトウェアによるデータ処理

(ア) 計測点群データの不要点を以下の手順で削除する。

①対象範囲外のデータ削除

計測点群データの3次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。

②点群密度の変更（データの間引き）

出来形計測データについては、 0.01m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 1m^2 当たり1点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよいが、座標値を変更するような処理はとってはならない。また、平面範囲で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理を行ってはならない（出来形評価用データで以下のグリッドデータ化による場合は除く。）

③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほかに、内挿し格子状に加工することにより、 1m^2 当たり1点程度のデータとすることができる。

(イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、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に合成する方法や複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行ったのちに3次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。

(ウ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象にT I Nを配置し、地形や岩区分境界又は出来形の面データを作成する。

第4 出来形管理資料の作成

1 断面管理の場合

受注者は、基本設計データと出来形計測データを用いて、出来形帳票作成ソフトウェアにより出来形管理資料を作成するものとする。基本設計データ作成ソフトウェア又は出来形帳票作成ソフトウェアを用いて出来形管理結果による横断図の作成ができる場合は、工事完成図書として利用することができる。

2 面管理の場合

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、出来形帳票作成ソフトウェアにより以下に記載する出来形管理資料を作成するものとする。

(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、設計面又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）、出来形の良否の評価結果、及び設計面又は目標高さとして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又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、表3-7に示す項目を表形式で整理すること。また、出来形管理図表は、出来形確認箇所ごとに作成するものとし、3次元の出来形管理によらない管理項目については別途作成するものとする。

良否評価結果について、規格値を外れている場合は「異常値有」等の表現により明示する。また、出来形が不合格の場合は、不合格の内容が項目ごとに確認できるよう、棄却点も含め表示すること。

表3-7 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

出来形の良否を評価する情報	データの取り方
平均値 (算出結果、規格値（平均値規格値）及び良否評価結果)	棄却点を除く平均値
最大値 (算出結果、規格値（任意箇所規格値）及び良否評価結果)	棄却点を除く最大値
最小値 (算出結果、規格値（任意箇所規格値）及び良否評価結果)	棄却点を除く最小値
データ数 (算出結果、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（算出結果、規格値（全数規格値に対して0.3%まで棄却可能）及び良否結果)	全棄却点数

第5 撮影記録による出来形管理

1 断面管理の場合

(1) 撮影基準及び撮影箇所

撮影記録による出来形管理は、表3-8のとおり行うものとする。

表3-8 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
路盤工	1回／工事ごと※ ¹	幅
	1か所／施工延長おおむね50～100m 上記未満は2か所	まき出し厚さ、転圧、 その他必要箇所
コンクリート舗装工 アスファルト舗装工	1回／工事ごと※ ¹	幅、厚さ
	1か所／施工延長おおむね50～100m 上記未満は2か所	その他必要箇所
砂利舗装工	1回／工事ごと※ ¹	幅
	1か所／施工延長おおむね50～100m 上記未満は2か所	まき出し厚さ、転圧、 その他必要箇所

※1 記載された撮影基準を適用するものとし、各工種の施工後、各計測機器を用いて出来形計測している状況を撮影する。

(2) 撮影方法

表3-9に示す必要事項を記載した小黑板を、文字が判読できるよう被写体とともに撮影する。設計寸法、実測寸法及び略図は省略することができ、巻尺等を用いた計測を行わないため、リボンテープ、ピンポール等を写しこんだ出来形寸法を確認する写真撮影は原則として必要ないものとする。

表3-9 小黑板に記載する事項

出来形管理技術	記載事項	備考
T S 等光波方式	・ 工事名 ・ 工種等 ・ T S の設置位置 ・ 出来形測定点（測点、箇所）	—

2 面管理の場合

(1) 撮影基準及び撮影箇所

撮影記録による出来形管理は、表3-10のとおり行うものとする。

表3-10 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
路盤工	1回／計測ごと	各層施工後

	1 か所／施工延長おおむね 50～100m 上記未満は 2 か所	まき出し厚さ、転圧、その他必要箇所
コンクリート 舗装工	1 回／計測ごと	各層施工後
アスファルト 舗装工	1 か所／施工延長おおむね 50～100m 上記未満は 2 か所	その他必要箇所

(2) 撮影方法

表 3－11 に示す必要事項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撮影する。設計寸法、実測寸法及び略図は省略することができる。

表 3－11 小黒板に記載する事項

出来形管理技術	記載事項	備考
T L S	・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形管理機器設置位置 ・ 出来形計測範囲 (始点側測点～終点側測点)	—

第4章 水路工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

土工における出来形管理技術の適用範囲は表4-1のとおりとする。

表4-1 出来形管理技術の適用範囲

1 断面管理の場合

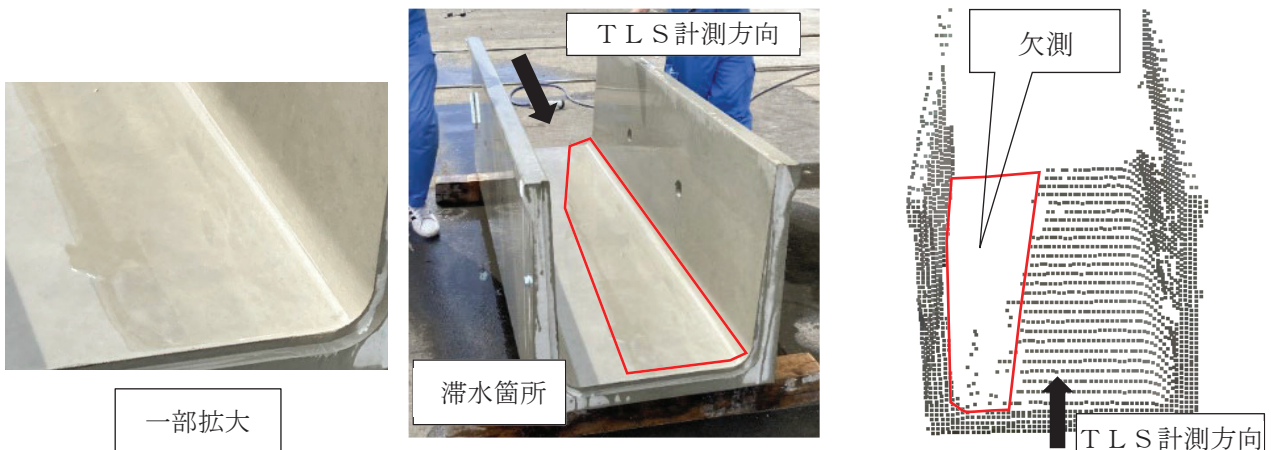
出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
【単点計測】 ・TS等光波方式 ・TS（ノンプリズム方式） ・RTK-GNSS 【多点計測】 ・TLS※ ¹	現場打開水路	基準高、幅、厚さ、高さ、中心線のズレ、スパン長、施工延長	施工延長100m以上
	鉄筋コンクリート大型フリーム	基準高、中心線のズレ、施工延長	
	鉄筋コンクリートL型水路	基準高、幅、厚さ、中心線のズレ、施工延長	

※1 TLS出来形管理技術を用いる場合、水路内が滞水状態下においては、点群データが欠測する可能性が高いため、表面に湛水がみられる状態では計測しない。

(参考例)

小排水路（鉄筋コンクリート小型フリーム）の底部に滞水状態を発生させ、TLSを用いて3次元計測を実施した例になる。

滞水していた箇所は点群データが欠測しているのが分かる。



状況写真

計測点群データ

計測機器：Leica RTC360

スキャン密度：12mm@10m

計測時天候：曇り時々晴れ

第2 出来形管理基準及び規格値

測定項目、出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められたものとする。

第3 出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順

1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

出来形管理用TS等光波方式による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

なお、施工管理データについては、以下に示す機器間でデータを交換できるように、**別紙－4**「出来形管理用TS等光波方式技術に用いる施工管理データの機器間データ交換の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用TS等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙－5**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ 出来形管理用TS等光波方式（ハードウェア及びソフトウェア）

出来形管理用TS等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙－7**「出来形管理用TS等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 点群処理ソフトウェア

計測データを読み込み、データ上で点間の水平距離、鉛直距離及び斜距離を計測できるソフトウェアである。CADソフトウェア等に同等の機能を有する場合は使用してもよい。

エ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（2）計測性能

出来形管理用TS等光波方式は、以下に示す国土地理院認定3級で規定される性能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機器を使用することとする。受注者は、利用するTSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。

国土地理院で規定がないTS等光波方式を利用する場合は、（3）に示す精度確認試験を実施し、その記録を監督職員に提出するものとする。

なお、TSは、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書があるものを使用する。

国土地理院認定3級で規定される性能

測距精度：±（5mm＋5ppm×D）以下※ 最小読定値20”以下

※ D値は計測距離（m）、ppmは10⁻⁶

<計算例>

計測距離100mの場合は、±（5mm＋5×10⁻⁶×100×10³）＝±5.5mmの誤差となる。

(3) 精度確認

受注者は、国土地理院で規定がないT S等光波方式を用いる場合は、その精度を確認するために以下の実施手順に即して精度確認試験を行い、様式－2「T S等光波方式の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して監督職員に報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用するまでに精度確認試験を行うことが望ましい。受注者は、本精度確認により、国土地理院で規定がないT S等光波方式において所要の計測値が得られることを確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び計測距離の範囲内において出来形計測に適用することができる。

イ 実施方法

(ア) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

(イ) T Sによる計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さの計測値から差し引く。プリズムをT Sで視準し3次元座標を計測する。

(ウ) 国土地理院で規定がないT S等光波方式による計測

プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものはプリズムを自動追尾する機能により3次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式で計測した計測結果を比較し、その差が表4－2に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表4－2 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式の計測座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±10mm 以内	現場内2か所以上

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用T S等光波方式の設置

出来形管理用T S等光波方式は、工事基準点上に設置することを原則とするが、工事基準点上に設置することが困難な場合には、後方交会法により任意の未知点へ設置することができるものとする。

なお、未知点に出来形管理用T S等光波方式を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は $30\sim150^\circ$ 以内でなければならない。ただし、出来形管理用T S等光波方式と工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

イ 出来形計測の実施

出来形計測の実施に当たっては、出来形管理用T S等光波方式から出来形計測点までの斜距離を3級T Sは100m以内（2級T Sは150m以内）とする。

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第4に規定する出来形横断面位置ごとの管理断面上とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について3次元座標値を取得するものとする。上記の出来形計測対象点は図4－1に示すとおりとし、図示がない工種は「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められた測定箇所とする。

なお、管理断面上とは、管理断面に対して直角方向に±10cmの範囲とする。これは、出来形管理用T S等光波方式でプリズムを出来形測定箇所に精緻に誘導する作業の効率を考慮しているためである。

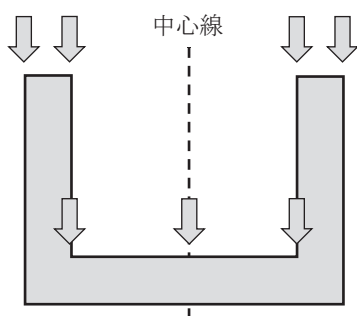


図4－1 出来形計測箇所

測定項目「厚さ」及び「中心線のズレ」については、従来手法による計測のほか、以下（ア）及び（イ）の手法により点群処理ソフトウェア等を用いて計測してもよい。

（ア）厚さ

施工段階で計測した基礎工の基準高と水路底面の基準高との標高較差をもって厚さに代えることができる（図4－2）。また、基本設計データ作成ソフトウェアにおいて、管

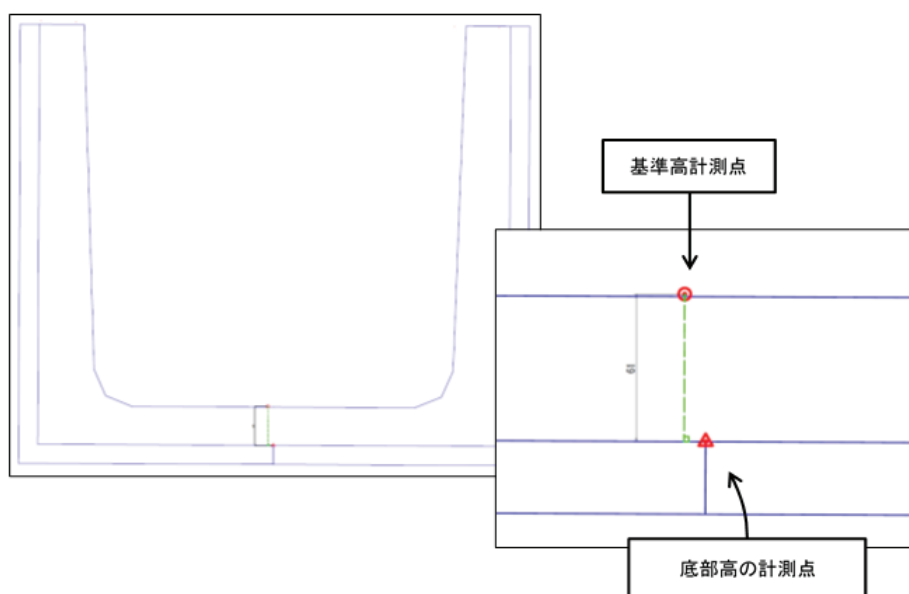


図4－2 標高較差による厚さの確認

理項目名が厚さとして設定できない場合は、ソフトウェアで使用可能な項目名を代用してもよい。

(イ) 中心線のズレ

中心線のズレについては、**別紙－ 4**の規定において出来形管理対象として定義されておらず出来形管理用 T S 等光波方式による出来形計測ができないため、以下の手法により代替する。

- ①**別紙－ 7**で規定された出来形管理機能により算出される「C L 離れ距離」を用いる。
- ②管理項目である基準高の計測は中心線上で行うため、基準高として計測した点の座標を用いて点群処理ソフトウェア等を使用して中心線のズレを算出する。具体的には、基準高の計測点を通り管理断面に対して平行となる横断線（面）上において、計測点と設計データ上の中心線との水平方向の距離をもって中心線のズレに代えることができる（図 4－ 3）。

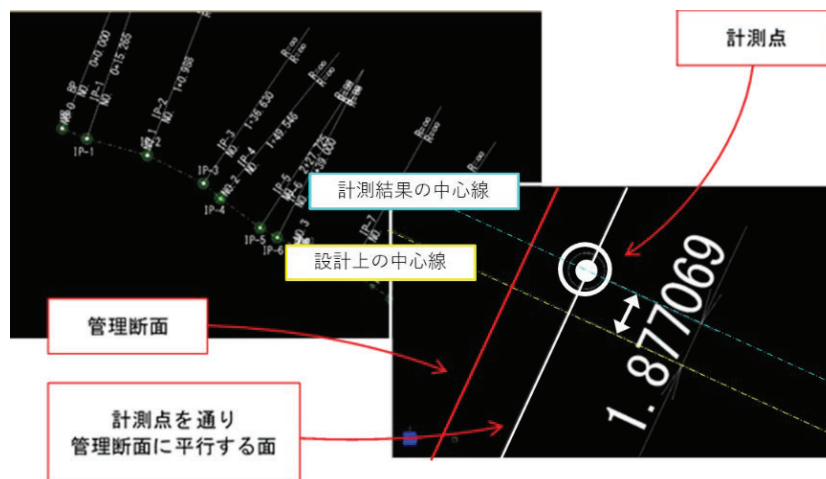


図 4－ 3 中心線ズレの算出

2 TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

なお、施工管理データについては、以下に示す機器間でデータを交換できるように、**別紙一4**「出来形管理用TS等光波方式技術に用いる施工管理データの機器間データ交換の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用TS等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙一5**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ 出来形管理用TS等光波方式（ハードウェア及びソフトウェア）

出来形管理用TS等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙一7**「出来形管理用TS等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 点群処理ソフトウェア

計測データを読み込み、データ上で点間の水平距離、鉛直距離及び斜距離を計測できるソフトウェアである。CADソフトウェア等に同等の機能を有する場合は使用してもよい。

エ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙一6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（2）計測性能

TS（ノンプリズム方式）本体は、以下に示す国土地理院認定3級で規定される性能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機器を使用することとする。受注者は、利用するTS（ノンプリズム方式）の性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。

なお、TS（ノンプリズム方式）は、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書があるものを使用する。

国土地理院認定3級で規定される性能

測距精度：±（5mm＋5ppm×D）以下※ 最小読定値20”以下

※ D値は計測距離（m）、ppmは10⁻⁶

<計算例>

計測距離100mの場合は、±（5mm＋5×10⁻⁶×100×10³）＝±5.5mmの誤差となる。

（3）TS（ノンプリズム方式）の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するため以下の実施手順に即して精度確認試験を行い、様式－2「T S 等光波方式の精度確認試験結果報告書」を準用して結果を整理して監督職員に報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用するまでに精度確認試験を行うことが望ましい。受注者は、本精度確認により所要の計測値が得られることを確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び計測距離の範囲内において出来形計測に適用することができる。

イ 実施方法

(オ) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

(カ) T S による計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものをを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さの計測値から差し引く。プリズムをT Sで視準し3次元座標を計測する。

(キ) T S（ノンプリズム方式）による計測

プリズム方式による計測完了後、3次元座標を計測する。

(ク) 計測結果の評価

T SとT S（ノンプリズム方式）で計測した計測結果を比較し、その差が表4－3に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表4－3 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T SとT S（ノンプリズム方式）の計測座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±10mm 以内	現場内2か所以上

(4) G N S S の精度確認

T Sの設置位置の計測にG N S S ローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、様式－7「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の2か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 4－4 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 4－4 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア TS（ノンプリズム方式）の設置

TS（ノンプリズム方式）は、計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定する。また、計測範囲に対して、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。

TS（ノンプリズム方式）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。

なお、未知点に TS（ノンプリズム方式）を設置する際は、利用する工事基準点間の夹角 θ （複数の場合はその一つ）は $30\sim 150^\circ$ 以内でなければならない。ただし、TS（ノンプリズム方式）と工事基準点の距離が近い場合、方位の算出誤差が大きくなるため注意すること。

イ 出来形計測の実施

TS（ノンプリズム方式）による出来形計測は、精度確認試験の確認距離内とする。

ただし、器械設置時は、プリズムを用いた計測を行うこととし、TS（プリズム方式）における制限距離以内での計測を行う。

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第 4 に規定する出来形横断面位置ごとの管理断面上とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について 3 次元座標値を取得するものとする。上記の出来形計測対象点は図 4－1 に示すとおりとし、図示がない工種は「土木工事施工管理基準」別表第 1 直接測定による出来形管理に定められた測定箇所とする。

なお、管理断面上とは、管理断面に対して直角方向に $\pm 10\text{cm}$ の範囲とする。これは、出来形管理用 TS 等光波方式でプリズムを出来形測定箇所に精緻に誘導する作業の効率を考慮しているためである。

測定項目「厚さ」及び「中心線のズレ」については、従来手法による計測のほか、以下（ア）及び（イ）の手法により点群処理ソフトウェア等を用いて計測してもよい。

（ア）厚さ

施工段階で計測した基礎工の基準高と水路底面の基準高との標高較差をもって厚さに代えることができる（図 4－1）。また、基本設計データ作成ソフトウェアにおいて、管理項目名が厚さとして設定できない場合は、ソフトウェアで使用可能な項目名を代用してもよい。

(イ) 中心線のズレ

中心線のズレについては、**別紙－４**の規定において出来形管理対象として定義されておらず出来形管理用TS等光波方式による出来形計測ができないため、以下の手法により代替する。

- ①**別紙－７**で規定された出来形管理機能により算出される「CL離れ距離」を用いる。
- ②管理項目である基準高の計測は中心線上で行うため、基準高として計測した点の座標を用いて点群処理ソフトウェア等を使用して中心線のズレを算出する。具体的には、基準高の計測点を通り管理断面に対して平行となる横断線（面）上において、計測点と設計データ上の中心線との水平方向の距離をもって中心線のズレに代えることができる（図４－２）。

3 T L S 出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

T L S 出来形管理技術による出来形管理のシステムの構成と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア T L S 本体

本体から計測対象の相対的な位置を面的に取得する機器である。

イ 点群処理ソフトウェア

出来形計測で取得した複数回の 3 次元点群の結合、3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点の除外、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の作成、点群への T I N の配置及び 3 次元出来形計測結果の出力を行うソフトウェアである。点群処理ソフトウェアは、**別紙－1**「点群処理ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 3 次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3 次元設計データの作成及び出力を行う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は、**別紙－2**「3 次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」の機能を有していなければならない。

エ 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により、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として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は、**別紙－3**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件（面管理の場合）」に示す機能を有していなければならない。

オ 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 次元設計データ又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。

（2）計測性能

T L S による出来形計測で使用する T L S 本体は、以下の計測精度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機器を使用するものとする。受注者は、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。

精度：計測範囲内で±20mm 以内（カタログ記載に加え、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。）

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

（3）T L S の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するために、既知点間の距離を比較し精度確認試験を行い、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

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等が規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 既知点の設置及び計測

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 か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。

なお、事前に精度確認試験を行う場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し計測すること。

(イ) 検査点の検測

設置した検査点（基準点）を T S 又はテープで計測する。

(ウ) 計測結果の評価

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が表 4－5 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 4－5 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。

(4) G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ウ) 計測

現場内の 2 か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(エ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 4－6 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 4－6 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア T L S の設置

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

T L S 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、T L S 設置箇所を複数回に分けて実施する。

イ 標定点の設置及び計測

標定点を用いて T L S による計測結果を 3 次元座標へ変換又は複数回の計測結果について標定点を用いて合成する場合は、計測対象箇所の最外周部に 4 か所以上の標定点を設置する。標定点の計測は T S を用いて実施し、T S から基準点及び標定点までの距離が 100 m 以下（3 級 T S の場合）又は 150 m 以下（2 級 T S の場合）とする。また、出来形計測を行っている間、標定点は動かないように確実に固定する。T S と同様に、T L S 本体が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又は基準点上に設置する。

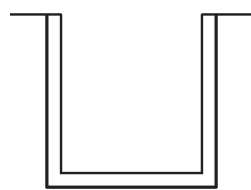
ウ 出来形計測の実施

T L S による出来形計測は、対象となる水路の規模を考慮し、断面形状の再現が可能な密度を設定するものとする。また、1 回の計測距離は、様式－4「T L S 精度確認試験結果報告書」を用いて実施した精度確認の距離範囲内とする。計測対象範囲に作業員、仮設構造物、建設機械等が配置されている場合は、地表面のデータが取得出来ないため、可能な限り出来形の地表面が露出している状況で計測を行う。

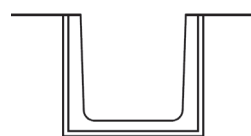
(参考例)

(1) 小排水路（鉄筋コンクリート小型フリーム）を対象に T L S を用いた 3 次元計測を実施し、断面管理に必要な水路形状を再現できた点群密度の例を以下に示す。

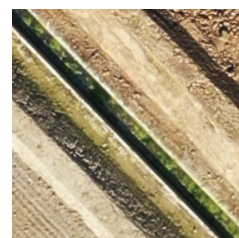
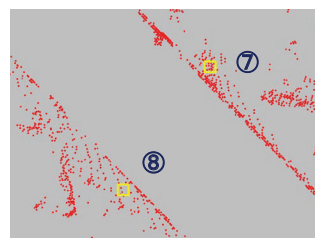
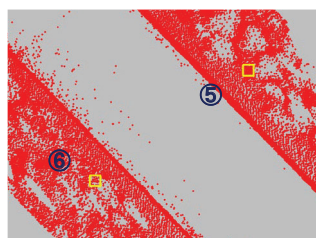
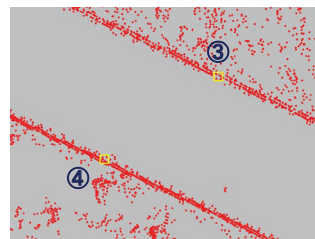
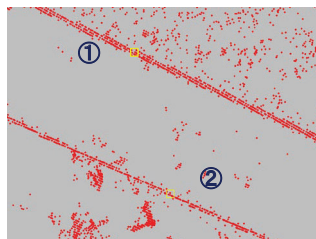
取得したオリジナルの点群データの密度を確認するため、水路天端付近に 0.0025m^2 ($5\text{cm} \times 5\text{cm}$ メッシュ) の範囲①～⑧を設定し、各範囲内の点群数を抽出した。なお、範囲①～⑧の設定に際し、横断面図を作成する管理断面付近及び計測データの中で高密度でない箇所※に留意した。



水路800×900



水路600×600



※「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（国土交通省 令和4年3月）において、T L Sの計測密度は「最も入射角が低下する箇所」で0.01m²あたりに1点以上」と規定されているため、高密度部分を避けることとした。

表4-7 T L Sで計測した点群密度の例

水路工	機能	参照範囲	点数
鉄筋コンクリートフ リューム水路 800×900mm	排水路	①	17
		②	8
		③	7
		④	15
鉄筋コンクリートフ リューム水路 600×600mm	排水路	⑤	143
		⑥	48
		⑦	16
		⑧	4
平均値			32.25
最低値			4

（2）水路天端で0.0025m²（5cm×5cmメッシュ）に1点以上の計測点が得られる設定でT L S計測を行い、点群データで水路天端を再現した例を示す。なお、水路天端幅は65mmである。

5cm×5cmメッシュに1点以上の計測点を満たしているが、水路天端の取得点数が数点の場合、断面管理に必要な水路天端の再現は難しいといえる。

点群データを用いて水路天端を再現するには、取得点間隔が12mmの場合は20～30mmの誤差が生じることから、取得点間隔が1mmとなる計測密度（1cm×1cmメッシュに10点以上）で測定することが望ましい。



取得点間隔 1mm



取得点間隔 12mm



取得点間隔 24mm



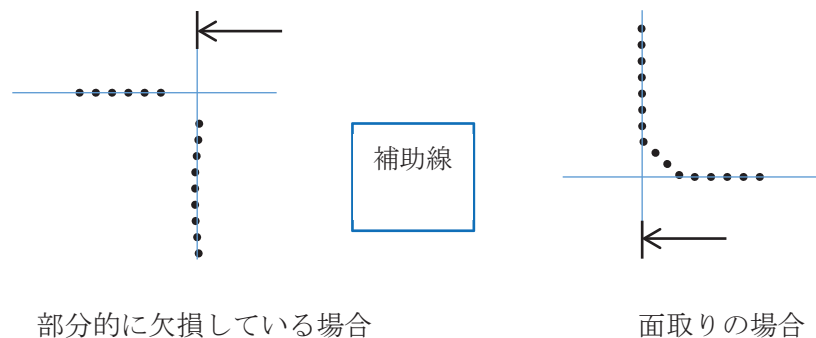
取得点間隔 36mm

計測機器：Leica RTC360

スキャン密度：12mm@10m（ただし取得点間隔 1mmについては 6mm@10m）

計測時天候：曇り時々晴れ

測定項目は、「土木工事施工管理基準」別表第 1 直接測定による出来形管理に定められたものとする。各項目は点群処理ソフトウェア等を用いて計測データから算出することができる。また、算出に用いる計測データは、管理断面より±100mm の範囲内の点群とする。点群処理ソフトウェア等を用いた測定項目の算出において、管理断面範囲内より必要な端部が選定できない場合は、図 4-4 のとおり補助線を用いて計測してもよい。なお、計測データを用いた算出が困難な場合は監督職員と協議の上、従来手法による計測も可能とする。



部分的に欠損している場合

面取りの場合

図 4-4 補助線の活用

(ア) 基準高

底部の幅の端部 2 か所を計測し、その中点に位置する計測点の高さを用いる。

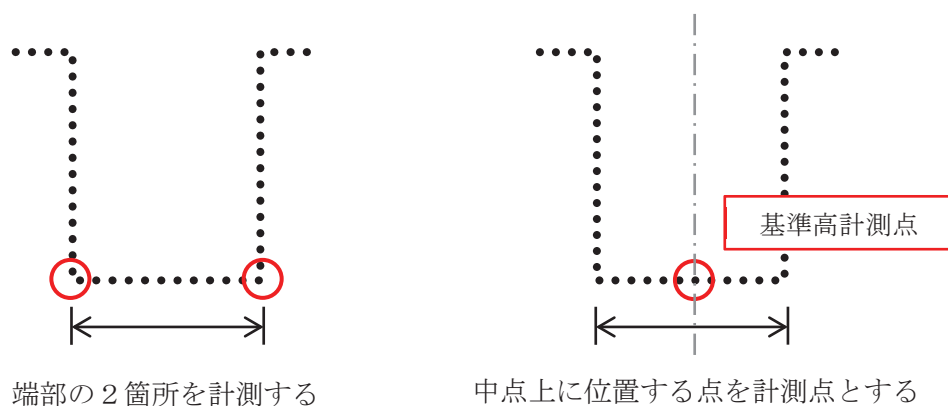
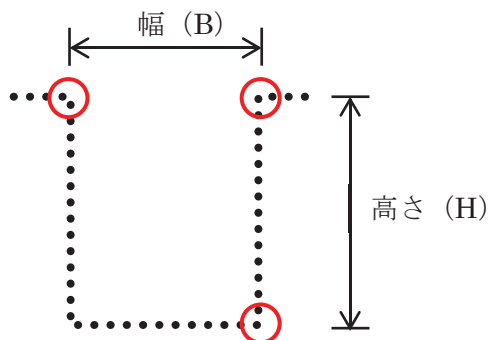


図4-5 基準高の計測

(イ) 幅、高さ

計測すべき幅及び高さの端部を構成する2か所を計測し、計測した3次元座標間の水平方向又は鉛直方向の差分を用いる。



端部の2箇所を計測する

図4-6 幅、高さの計測

(ウ) 厚さ

基準高として計測した点と、事前にTSで計測した点座標との座標間の鉛直方向の差分を用いる。

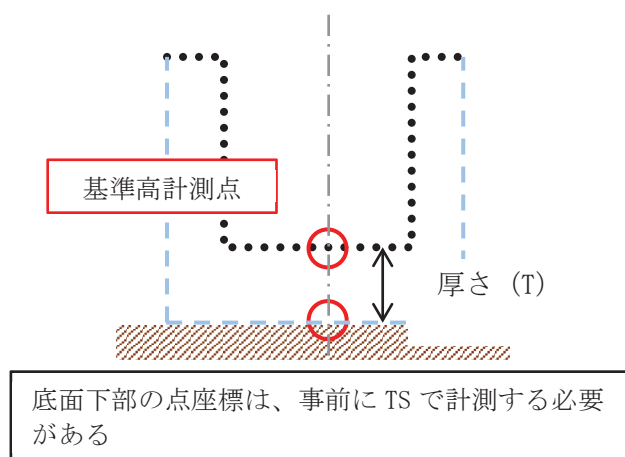


図4-7 厚さの計測

(エ) 中心線のズレ

基準高として計測した点と、設計データ上の中心線の水平方向の差分を用いる。



図 4 - 8 中心線のズレの計測

(オ) スパン長、施工延長

計測すべき測線上の延長の端部を構成する 2 か所を計測し、計測した 3 次元座標間の斜距離を用いる。延長を分割して計測する場合は、分割位置を含む 3 次元座標を結んだ斜距離の累積長さを延長とする。ただし、計測対象の曲線の形状によっては、実際の距離と異なる場合があるため、延長の算出上支障がある場合は、監督職員と協議の上従来手法で計測してもよい。

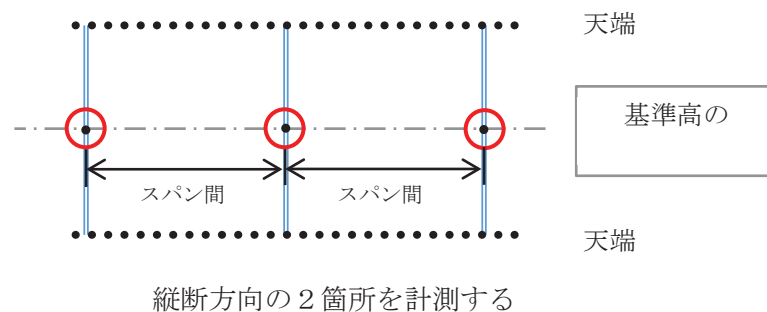


図 4 - 9 スパン長の計測

エ 点群処理ソフトウェアによるデータ処理

- (ア) 計測点群データの 3 次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。
- (イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、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に合成する方法や複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行ったのちに 3 次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。

4 RTK-GNSS方式出来形管理技術（断面管理）

（１）機器構成及び各機器の機能及び要件

出来形管理用RTK-GNSSによる出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア 出来形管理用RTK-GNSS（ハードウェア及びソフトウェア）

基本設計データを用い、現場での出来形計測、出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差の表示及び出来形計測データの記録と出力を行う装置である。高さ補完機能を持つ高さ補完装置が付属する場合もある。本ガイドラインに基づく出来形管理は、事前に作成した基本設計データを用いて従来の準備作業（出来形管理箇所を示す杭の座標計算や杭の事前設置作業）を行うことなく出来形計測を実施することが可能であり、現場での出来形計測と同時に出来形の良否判定ができることが特徴である。これらを実現するためには、事前に基本設計データを搭載し、現場での出来形計測データの取得と出来形確認を行う出来形管理用RTK-GNSSが必要となる。必要とする機能は以下のとおりである。

- ①施工管理データの読み込み機能
- ②RTK-GNSSの基準局及びローカライゼーション機能
- ③線形データの切り替え選択機能
- ④基本設計データの確認機能
- ⑤RTK-GNSSの通信設定確認機能
- ⑥初期化手順と較差確認機能
- ⑦任意断面における出来形管理機能
- ⑧管理断面における出来形管理機能
- ⑨観測状態確認機能
- ⑩出来形計測データの登録機能
- ⑪出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ⑫監督・検査現場立会い確認機能
- ⑬施工管理データの書き出し機能
- ⑭評価結果の報告
- ⑮高さ補完機能の動作状況確認機能（状況により機能が停止する場合に限る。）
- ⑯計測可能範囲の設定機能

イ 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、発注者から提示された設計図書等をもとに、出来形管理用RTK-GNSSに搭載可能な基本設計データを作成するソフトウェアであり、作成した基本設計データは、通信又は記憶媒体を通して出来形管理用RTK-GNSSに搭載することができる。**別紙－５**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 点群処理ソフトウェア

計測データを読み込み、データ上で点間の水平距離、鉛直距離及び斜距離を計測できるソフトウェアである。CADソフトウェア等に同等の機能を有する場合は使用してもよい。

エ 出来形帳票作成ソフトウェア

基本設計データと出来形測定データを読み込むことにより出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

出来形管理用RTK-GNSSは、国土地理院認定1級（2周波）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、本ガイドラインに基づき出来形管理を行う場合は、利用するRTK-GNSSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。以下に、1級（2周波）の性能分類（農林水産省測量作業規定 別表1による）と出来形管理に必要な高さ精度を示す。

計測	計測性能	測定精度
起工測量 岩線計測 部分払い 出来高計測 出来形計測	公称測定精度：±(20mm+2×10 ⁻⁶ ×D) 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 ±(20mm+2×10 ⁻⁶ ×500×103)=±21mmの誤差となる	鉛直方向 ±10mm 以内 平面方向 ±20mm 以内

出来形管理に必要な要求精度	4級基準点と同等以上の基準点との較差が、 平面±20mm 以内、鉛直±10mm 以内
---------------	---

ア RTK-GNSSの測定精度が国土地理院による1級（2周波）と同等以上の認定品であることを示すメーカーのカatalog又は機器仕様書を添付する。なお、国土地理院において測量機器の検討機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、これに準ずる日本測量機器工業会規格 JSIMA113 による1級（2周波）以上であることを証明する検査成績書等により、国土地理院が定める測量機器分類の1級（2周波）同等以上であることが確認できる場合は、1級（2周波）と同等以上とみなすことができ、国土地理院による登録は不要である。

イ 出来形管理に必要な鉛直精度を満たしていることを示す精度確認結果として、測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）を添付する。検査成績書に代えて、**様式－8**「高さ補完機能付きRTK-GNSS測量機の精度確認チェックシート」で確認した結果（1年以内）を添付してもよい。なお、確認した結果の提出は、施工計画書作成段階ではなく、計測を開始するまででよい。

ウ RTK-GNSSの精度管理が適正に行われていることを証明するために、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書を添付する。（農林水産省測量作業規定参照。）

エ 高さ補完機能としてレーザー光を利用する場合、JIS C 6802 に定められるレーザー製品の安全基準を守った製品であること。

(3) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用RTK-GNSS基準局の設置

出来形管理用RTK-GNSSで利用する基準局は工事基準点上に設置する。任意の未知点に設置する必要がある場合には、測量を実施して工事基準点とするか、後方交会法のように任意の点に設置した後で必要な位置情報を取得する機能を利用すること。なお、ネットワーク型RTK-GNSSの移動局のみにより測位する場合はこの限りではない。

イ ローカライゼーション（現地座標に変換）

GNSS座標系と現場座標系にズレがある場合、ローカライゼーションを行い、GNSS座標系を現場座標系に変換する。ローカライゼーションを行うことによりGNSS座標を現場座標へ変換するテーブルが作成され、GNSS座標の計測値から自動的に現場座標の計測値が得られる。

ウ 出来形計測の実施と精度確認

(ア) 工事基準点上で初期化を行い、初期化直後、工事基準点の計測値に大きな誤差がないことを確認（既知点確認）する。初期化誤差が水平方向±20mm以上又は鉛直方向±10mm以上ある場合は、再度初期化を行う。

(イ) 出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用RTK-GNSSを用いて、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形、法線、法肩等）の選択を行う。

出来形計測対象点に移動局を設置した上で、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠しFIX解を得てから10epoch（エポック）以上を計測する。なお、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠すれば、測定精度の確認用に2セット計測して比較し、較差が小さい場合は計測値を採用することとなっているが、出来形管理用RTK-GNSSによる出来形計測では、1セットとする代わりに精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。出来形計測の結果、計測精度が悪化している場合は再度計測しなければならない。出来形計測作業の手戻りを少なくするため、一定の計測間隔（100～200m程度）又は時間間隔（30分～1時間程度）で初期化を行うことが望ましい。RTK-GNSS出来形計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第4に規定する出来形横断面位置ごとの管理断面上とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について3次元座標値を取得するものとする。上記の出来形計測対象点は図4-1に示すとおりとし、図示がない工種は「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められた測定箇所とする。

なお、管理断面上とは、管理断面に対して直角方向に±10cmの範囲とする。これは、出来形管理用TS等光波方式でプリズムを出来形測定箇所に精緻に誘導する作業の効率を考慮しているためである。

(ウ) 出来形管理用RTK-GNSSでは、管理断面上の出来形計測点の誘導が可能であるため、従来の出来形管理に必要な準備測量（管理断面上の杭、目串等の設置）を事前に行うことなく計測できる。また、出来形管理用RTK-GNSSは、法長、幅、基準高

等を算出する機能を有しているため、測定者は計測後すぐに設計値と計測値との差を確認できる。さらに、出来形管理用RTK-GNSSでは、出来形計測は断面ごとではなく、作業効率を考慮して自由に設定することができる。その際、出来形計測点一つで判定できるものの場合（基準高さ）は、高さ判定表示確認が可能である。出来形計測点二つで判定できるものの場合（幅、法長）は、出来形計測点と辺を構成するもう一点が取得済みであるかを表示し、取得済みの場合は長さの判定を行うことが可能である。

- (エ) 計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力又は選択する。
- (オ) 出来形管理用RTK-GNSSで確認した出来形計測データの記録を行う。上記(イ)～(カ)を繰り返して計測し、必要に応じて(ア)やアを実施する。
- (カ) 出来形計測を円滑に行うため、計測実施前に、衛星配置の予測ソフトウェア等を用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。衛星の配置予測ソフトウェアは、測量機器メーカーウェブサイト等で入手できる。ただし、現場の状況（周辺の山、谷、ビル）に応じて衛星捕捉状況が変化するため、これらを十分に考慮して計測計画を立てること。

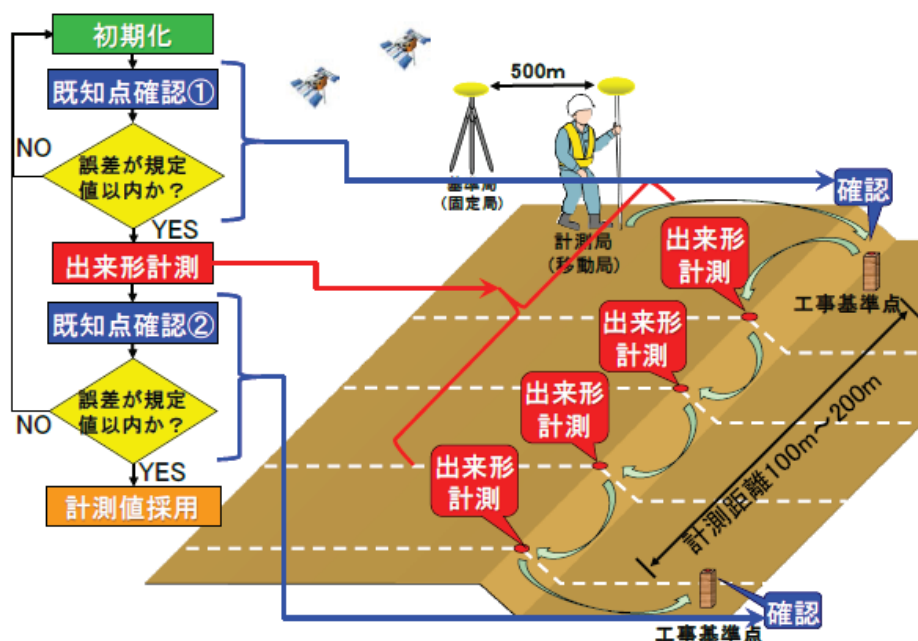


図4-10 初期化と計測の手順

（出典：3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和3年3月国土交通省））

- (キ) 測定項目「厚さ」及び「中心線のズレ」については、従来手法による計測のほか、以下の手法により点群処理ソフトウェア等を用いて計測してもよい。

①厚さ

施工段階で計測した基礎工の基準高と水路底面の基準高との標高較差をもって厚さに代えることができる（図4-2）。また、基本設計データ作成ソフトウェアにおいて、管理項目名が厚さとして設定できない場合は、ソフトウェアで使用可能な項目名を代用してもよい。

②中心線のズレ

中心線のズレについては、**別紙－４**の規定において出来形管理対象として定義されておらず出来形管理用TS等光波方式による出来形計測ができないため、以下の手法により代替する。

- ・**別紙－７**で規定された出来形管理機能により算出される「CL離れ距離」を用いる。
- ・管理項目である基準高の計測は中心線上で行うため、基準高として計測した点の座標を用いて点群処理ソフトウェア等を使用して中心線のズレを算出する。具体的には、基準高の計測点を通り管理断面に対して平行となる横断線（面）上において、計測点と設計データ上の中心線との水平方向の距離をもって中心線のズレに代えることができる（図４－３）。

第4 出来形管理資料の作成

1 断面管理の場合

受注者は、基本設計データと出来形計測データを用いて、出来形帳票作成ソフトウェアにより出来形管理資料を作成するものとする。基本設計データ作成ソフトウェア又は出来形帳票作成ソフトウェアを用いて出来形管理結果による横断図の作成ができる場合は、工事完成図書として利用することができる。

第5 撮影記録による出来形管理

1 断面管理の場合

(1) 撮影基準及び撮影箇所

撮影記録による出来形管理は、表4-8のとおり行うものとする。

表4-8 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
現場打開水路	1か所／おおむね2スパン	幅、厚さ、高さ、配筋、打継目、その他必要箇所
鉄筋コンクリートフリーム大型フリーム	1か所／施工延長おおむね50～100m	布設、その他必要箇所
鉄筋コンクリートL型水路	上記未満は2か所	幅、厚さ、布設、その他必要箇所

(2) 撮影方法

表4-9に示す必要事項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撮影する。設計寸法、実測寸法及び略図は省略することができ、巻尺等を用いた計測を行わないため、リボンテープ、ピンポール等を写しこんだ出来形寸法を確認する写真撮影は原則として必要ないものとする。

表4-9 小黒板に記載する事項

出来形管理技術	記載事項	備考
TS等光波方式 TS（ノンプリズム方式） RTK-GNSS	・工事名 ・工種等 ・TS又はRTK-GNSS基準局の設置位置（ネットワーク型RTK-GNSSの場合はその旨を記載する。） ・出来形測定点（測点、箇所）	—
TLS	・工事名 ・工種等 ・出来形管理機器設置位置 ・出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点）	—