

第6章 ため池改修工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

ため池改修工における出来形管理技術の適用範囲は表6-1のとおりとする。

現場での出来形計測と同時に出来形の良否判定等を行うことのできる単点計測技術を用いた断面管理を基本とするが、従来手法による計測も可能とする。

また、堤体内部の重要構造である遮水性ゾーンの面的な3次元形状の取得は、施工完了後の維持管理、改修計画等への活用が期待されるため、簡易なモバイル端末やその他多点計測技術についても利用可能としているが、多点計測技術を用いた遮水性ゾーン（鋼土）の幅の計測は確立した手法ではないため、多点計測技術単独で出来形管理を行う場合は、監督職員と協議した上で実施することとする。

表6-1 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 ・RTK-GNSS 【多点計測】 ・UAV空中写真測量 ・TLS ・UAVレーザー ・地上移動体搭載型LS	堤体工	基準高、堤幅（遮水性ゾーン（鋼土）の幅を除く）、法長、施工延長	堤高 15m未満の堤体
【単点計測】 ・TS等光波方式 ・RTK-GNSS 【多点計測】※ ・UAV空中写真測量 ・TLS ・地上移動体搭載型LS ・モバイル端末		遮水性ゾーン（鋼土）の幅	

※ 色データの取得が可能なものに限る

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。

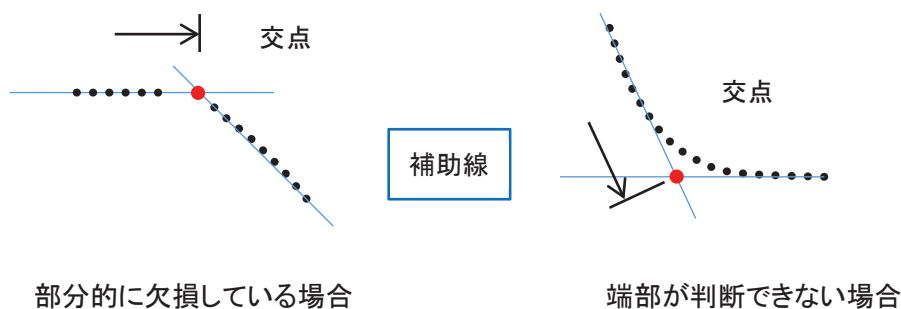
(1) 多点計測技術を用いる場合の留意点

多点計測技術を用いて断面管理を行う場合は、「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項目を、点群処理ソフトウェア等を用いて以下の方法により算出する。

ア 0.0025m² (0.05m×0.05mメッシュ) 当たり1点以上の計測結果を利用して3次元点群を抽出し、出来形管理対象となる端部を選定又は推定する。

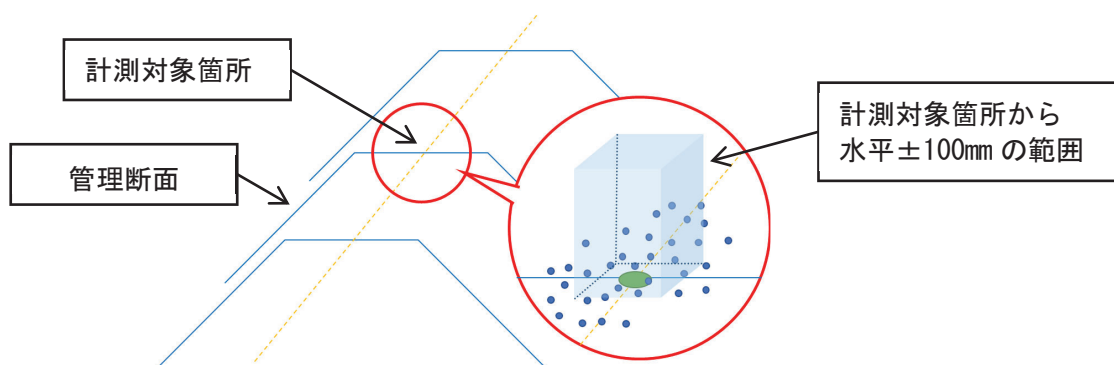
イ 点群処理ソフトウェア等を用いて測定項目を算出するに当たり、管理断面範囲内より必要な端部を選定できない場合は、補助線又は補助線から作成した交点を用いて計測してもよい。補助線又は補助線から作成した交点と基本設計データ及び出来形計測点群との配置関係が分かるよう記録する。

なお、点群の取得密度や不要点の状況により補助線の配置が変わることに留意する必要がある。



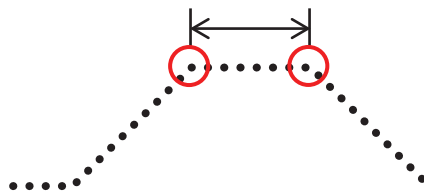
(ア) 基準高

計測対象箇所から水平方向に±100mm 以内 (x, y 方向) の座標を抽出し、標高値を基準高として利用することができる。±100mm 以内に複数の点が存在する場合は、平均化してもよい。



(イ) 幅

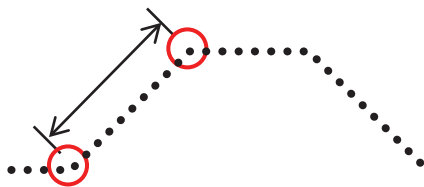
計測すべき幅の端部を構成する2か所を計測し、計測した3次元座標間の水平方向の差分を用いる。



端部の2箇所を計測する

(ウ) 法長

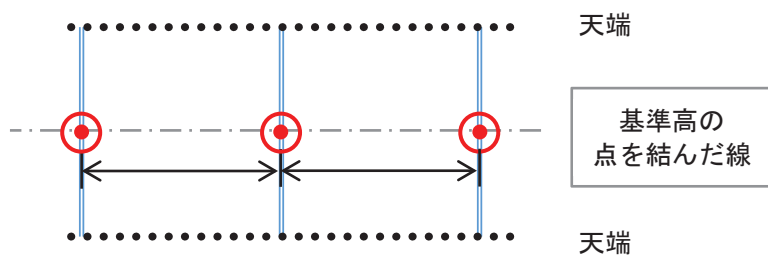
計測すべき測線上の法長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いる。



端部の2箇所を計測する

(エ) 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、従来手法により計測してもよい。



縦断方向の2箇所を計測する

(2) 遮水性ゾーン（鋼土）の幅の管理における留意点

遮水性ゾーン（鋼土）の幅の計測については、規格値が存在せず管理基準値の下限值が0mmであるため、計測誤差により不合格となる可能性があることに留意し施工及び出来形計測を行う必要がある。

【参考 1】多点計測技術を用いた遮水性ゾーン（鋼土）の幅の算出方法

盛土高 1 m ごとに計測する遮水性ゾーン（鋼土）の幅の管理に多点計測技術を用いる場合の方法を参考に記載する。ここに掲載のない事項については、多点計測技術を用いて断面管理を行う場合の各計測技術の記載を参考にする。

1 使用する機器

点群上で目視による遮水性ゾーン（鋼土）と均一型部分の境界の判別が必要になるため、使用する機器は色データが取得できるものでなければならない。

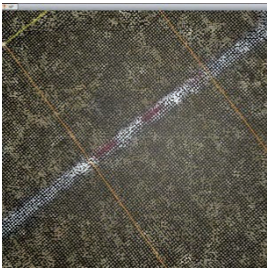
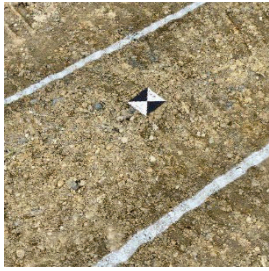
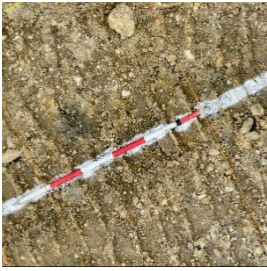
2 遮水性ゾーン（鋼土）と均一型部分の境界明示方法

色データを取得しても点群上で目視による境界の判別が困難であると想定される場合は、境界線上にスプレーによるマーキング、リボンロッド等を設置した状態で計測するなどの対応が必要である。

検証のため実施した計測においては、モバイル端末（写真測量）を用いた場合、近接した撮影が可能であるため、細部までは再現可能であった（表 6－2）。

なお、本検証において、点群密度の変更（データの間引き）は行っていない。境界明示の方法について、事前に確認を行うことが望ましい。

表 6－2 3次元計測点群上での境界の表示状況（参考）

	スプレー（幅 5cm）	紅白ポール	ピンポール	スタッフ
UAV 空中写真				
モバイル端末（写真）				

3 点群処理ソフトウェアによるデータ処置

目視による境界判別のため、計測点群データから出来形評価用データとして、点群密度の変更（データの間引き）は行わない。

4 3次元座標値からの測定値の算出方法

点群処理ソフトウェアを用いて基本設計データと点群を重ね合わせ、点群の色データから管理断面上の計測すべき幅の端部を構成する2か所を選定して計測し、計測した3次元座標間の水平方向の差分を測定値とする。端部として、管理断面上の境界に一番近い点を選定する。

管理断面に対して直角方向に±100mmの範囲内の点群を抽出した横断面で端部を選定しようとしたが、境界が不明瞭で端部が特定できなかったため平面上で選定することとした。

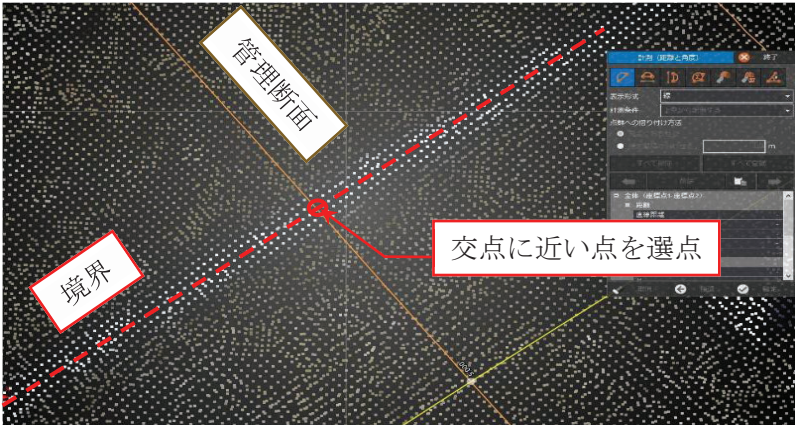


図 6－1 点群処理ソフトウェア上での端部の選点

5 出来形管理基準及び規格値

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。基本設計データ上で作成されている全ての出来形横断面箇所で測定する。規格値が存在せず、管理基準値の下限値が－0mm であることから、計測誤差により不合格となる可能性があることに留意し、施工及び出来形計測を行う必要がある。3次元計測技術を用いた場合、計測誤差（最大±50mm）を許容するとして、規格値を－50mm に設定することも考えられる。

表 6－3 土木工事施工管理基準による管理基準値

測定項目	管理基準値 (mm)	(参考) 規格値 (mm)	備考
幅	+300、－0	－	盛土高 1 m ごとに管理する。

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 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× 10^3 ）＝±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6－4に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表6－4 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30～150°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。T S 等光波方式による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 7 に規定する出来形横断面図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 6－2 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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高 1 m ごとに計測する。

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。

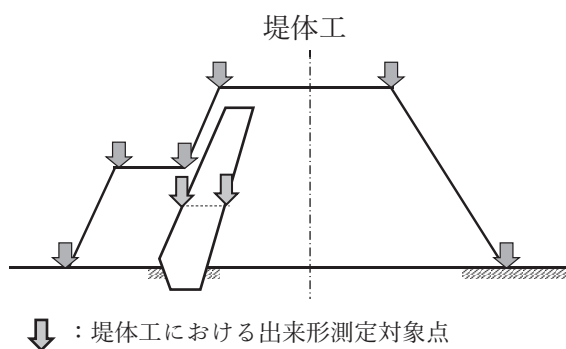


図 6－2 出来形計測箇所

2 UAV空中写真測量出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

UAV空中写真測量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。

ア UAV

UAV本体、UAVを操作するためのコントローラ又は撮影計画ソフトウェア、カメラを固定するジンバル等、飛行撮影するための装置である。

イ デジタルカメラ

レンズや撮影素子を含む空中写真を撮影するための装置である。

ウ 写真測量ソフトウェア

撮影した空中写真から空中写真測量及び3次元図化を行い、地形や地物の座標値を算出するソフトウェアである。写真測量ソフトウェアは、撮影した空中写真及び標定点の座標やカメラキャリブレーションデータを用いて、空中写真測量の現地及び同時調整作業の内部処理によりステレオモデルを構築し、地形、地物等の座標値を算出できる機能を有していなければならない。

エ 点群処理ソフトウェア

出来形計測で取得した3次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点を除外する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」の機能を有していなければならない。

オ 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。

カ 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、基本設計データと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

UAV空中写真測量による出来形計測は、以下の測定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。ただし、現場精度確認において必要な精度を確保することが確認できる場合は、以下の計測性能の地上画素寸法とは異なる性能のデジタルカメラを用いることができる。受注者は、利用するUAV及びデジタルカメラの性能について、監督職員に提出すること。

計測性能：地上画素寸法が10mm／画素以内（出来形計測の場合）

測定精度：±50mm以内（カタログ記載に加え、**様式－3**「カメラキャリブレーション及び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。）

(3) UAV空中写真測量の精度確認

受注者は、現場における空中写真測量の測定精度を確認するため、空中写真から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行い、様式－3「カメラキャリブレーション及び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

UAV空中写真測量による計測ごとに、空中写真撮影後、写真測量ソフトウェアから計測点群データを算出する際に行う

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置

真値となる座標値は、基準点、工事基準点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。

なお、SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法を併用する場合は標定点の設置は任意とすることができるが、カメラ位置を直接計測できる手法のうち、自動追尾TSを利用する場合は、計測範囲内で最も離れた位置に、1点検証点を設置することとする。

(イ) 計測

現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標の計測を行う。

(ウ) 評価基準

UAV空中写真測量による計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表6－5に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表6－5 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	±50mm 以内	設置された検証点全てにおいて実施

(4) GNSSの精度確認

TSの設置位置の計測にGNSS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「GNSS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、GNSS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、工事基準点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 6－6 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 6－6 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 撮影計画の立案

所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて、揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影計画を立案する。

イ 標定点及び検証点の設置及び計測

UAV を活用した空中写真測量による計測結果を 3 次元座標へ変換するための標定点と精度確認用の検証点を設置する。標定点及び検証点の計測については、4 級基準点及び 3 級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。工事基準点等の既知点から TS を用いて計測することができる。また、標定点及び検証点は空中写真測量による出来形計測中に動かないように固定する。

計測精度を確保するための標定点及び検証点の設置の条件は、以下を標準とする。

(ア) 標定点

計測対象範囲を包括するように、外側標定点として撮影区域外縁に 100m 以内の間隔となるように設置するとともに、内側標定点として天端上に 200m 間隔程度を目安に設置する。なお、SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法 (RTK、ネットワーク型 RTK、PPK、自動追尾 TS 等) を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。

(イ) 検証点

天端上に 200m 以内の間隔となるように設置する。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。計測範囲が狭い場合は、最低 2 か所設置する。精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。

ウ 空中写真測量の実施

空中写真測量の実施に当たっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行うこととする。UAV 空中写真測量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。

出来形計測範囲は、基本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 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ 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

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第 7 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6-2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。ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高1 mごとに計測する。

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。

エ 計測点群データの作成及び点群処理ソフトウェアによるデータ処理

UAVで撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の3次元座標の点群から不要点等を除去し、3次元の計測点群データを作成する。

点群処理ソフトウェアによるデータ処理は、以下のとおりである。

(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、 0.0025m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^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をとってはならない。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、 0.0025m^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、各計測で個別の3次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に3次元座標に変換する方法により計測データを合成する。

オ 精度確認

エで作成した計測点群データ上で、検証点の座標と、イにより計測した検証点の座標の真値を比較し、x, y, zそれぞれ±50mm以内であることを確認する。

3 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 3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点を除外する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 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 T S 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。

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、基本設計データと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

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が望ましい。遮水性ゾーン（鋼土）の幅の管理を行う場合は必須とする。（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6－7に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表6－7 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

(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6－8に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表6－8 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100m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 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ 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、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。

出来形計測範囲は、基本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 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ 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

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第7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6－2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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高1mごとに計測する。

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。

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、 0.0025m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^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、 0.0025m^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。

6 UAVレーザー出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

UAVレーザー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。

ア UAV

UAV本体、UAVを操作するためのコントローラ、撮影計画ソフトウェア、レーザースキャナーを固定するジンバル等、飛行計測するための装置である。

イ レーザースキャナー

レーザの測距装置・GNSS受信アンテナ、受信機・IMUにより3次元座標値を計測するための装置である。

ウ 点群処理ソフトウェア

出来形計測で取得した3次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点を除外する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。

エ 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。

オ 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、基本設計データと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

UAVレーザーによる出来形計測は、以下の測定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UAV及びレーザースキャナーの性能について、監督職員に提出すること。

精度：±50mm 以内（カタログ記載に加え、 様式－5 「UAVレーザー精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うとともに、UAVレーザーの精度確認試験実施手順書を作成する。）
--

(3) UAVレーザーの精度確認

受注者は、現場におけるUAVレーザーの測定精度を確認するため、精度確認試験を行い、**様式－5**「UAVレーザー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。制度確認試験の実施手順は、以下のとおりとする。

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、計測までに精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、UAVレーザー本体に関する定期点検の必要性等が規程されていないため、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。ただし、メンテナンス等により I M U と L S を分離した場合は、組立後に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置

飛行コースと直交する後段方向に水平位置検証点及び標高検証点を 3 か所以上設置する。位置は、飛行コース直下に 1 か所、出来形計測時に想定している有効計測角でレーザーが射出される位置付近に 1 か所ずつとする。検証点として x 、 y 、 z 座標が特定できる点を用いることにより、水平位置検証点と標高検証点を兼ねることができる。また、既存の構造物の角等、既存の明瞭な地物で計測点群データから x 、 y 、 z 座標が特定できるものがあれば、水平位置検証点及び標高検証点として用いてもかまわない。

(イ) 検証点の座標算出

同じ飛行コース上を往路方向と復路方向の各 1 回飛行して水平位置検証点及び標高検証点を計測し、往路及び復路の水平位置検証点の x 、 y 座標及び標高検証点の z 座標の較差を算出する。検証点を飛行コースと直交する横断方向に複数個設置できない場合は、1 か所の検証点に対し、レーザーの射出角度が有効計測角、鉛直下方、その中間となるように、検証点に対する飛行コースの横断方向離隔を変化させて往路、復路の計測を行うこととする。

(ウ) 最適軌跡解析の実施

G N S S 観測データ及び I M U 観測データを用いて、Loosely Coupled 方式又は Tightly Coupled 方式により最適軌跡解析を行う。Loosely Coupled 方式は、G N S S 衛星を利用したキネマティック解析により機体の 3 次元位置を特定し、I M U のデータを反映して最適軌跡解析を行う手法であり、G N S S 衛星が 5 つ以下になると著しく精度が低下することに留意する必要がある。一方、Tightly Coupled 方式は、キネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、G N S S 衛星の衛星数が一時的に不足しても解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。最適軌跡解析は往路と復路で分割せず、一連の軌跡として解析する。

(エ) 計測結果の評価

往路と復路で計測した水平位置検証点及び標高検証点の x 、 y 、 z 座標の較差が表 6－9 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 6－9 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	±50mm 以内	設置された検証点全てにおいて実施

(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 ローパーを用いる場合は、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、GNSS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6-10に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表6-10 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 飛行計画の立案

様式-5「UAVレーザーの精度確認試験実施手順書」及び「UAVレーザー精度結果確認報告書」に示す手順により、所要の精度が得られることを確認した計測と同じ諸元により計測することとする。また、計測データの相対的な精度を確保するとともに、計測データの欠損を防ぐため、隣接するコースのサイドラップ率が30%以上となるよう飛行計画を立案する。

イ 調整点の設置及び計測

UAVレーザーを用いた出来形計測により作成された3次元点群（オリジナル）が、要求される精度を満たしているか検証及び調整を行うため調整点を設置する。調整点は、面積（ km^2 ）を0.25で除した値に1を足した値とし、最低4点以上の設置を標準とする。

計測精度を確保するための調整点の設置の条件は、以下を標準とする。

(ア) 調整点の位置及び標高は、農林水産省農村振興局測量作業規程第3編第2章第4節第1款「TS点の設置」に準じた観測により求めることを標準とする。ただし、作成するオリジナルデータの測定精度が±50mm以内の場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第117条に示すTS等を用いるTS点の設置又は農林水産省農村振興局測量作業規程第2編第2章で規定する4級基準点測量に準じて行うものとする。

(イ) TS等を用いるTS点の設置に準じて行う場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第627条第3項を準用し、表6-11を標準とする。

表6-11 要求精度

区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法	2対回（0°、90°）	1対回	2回測定
較差の 倍角差	60''	60''	5mm

許容範囲	観測差	40"		
------	-----	-----	--	--

(ウ) 前項の T S 点の設置に準じた観測をキネマティック法、R T K 法又はネットワーク型 R T K 法により行う場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第 118 条及び 119 条に準じて行うものとし、いずれの方法においても、観測は 2 セット行うものとする。

なお、セット間の較差の許容範囲は、水平方向 20mm、鉛直方向 30mm を標準とする。

ウ UAV レーザー計測の実施

UAV レーザー計測の実施に当たっては、無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行うこととする。計測は飛行計画に基づき実施し、計測範囲内は、IMU の精度が低下しないよう一定方向かつ等高度、等速度を保つよう飛行し、旋回は十分な半径で飛行する。

なお、計測の前後及び一定時間経過ごとに、レーザースキャナー機材の製造元が推奨する方法により初期化を行うものとする。UAV レーザー測量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。

出来形計測範囲は、基本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 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ 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。

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第 7 に規定する出来形横断図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 6-2 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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高 1 m ごとに計測する。

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 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。

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 0.0025m^2 当たり 1 点以上、出来形評価用データについては 0.0025m^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、 0.0025m^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は、各スキャンで個別の 3 次元座標に変換した結果を一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後に 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、地形又は出来形の面データを作成する。

オ 精度確認

- (ア) 最適軌跡解析を G N S S 観測データ及び I M U 観測データを用いて、Loosely Coupled 方式又は Tightly Coupled 方式により行う。Loosely Coupled 方式は、GNSS 衛星を利用したキネマティック解析により機体の 3 次元位置を特定し、I M U のデータを反映して最適軌跡解析を行う。Tightly Coupled 方式はキネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、G N S S 衛星の衛星数が一時的に不足しても、解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。
- (イ) コース間の重複部分に点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行うものとする。留意事項は以下のとおりである。
- ①点検箇所数は、各コース間重複部分に 2 か所以上設置するものとする。
 - ②点検箇所の配置は、計測対象範囲内に偏りなく配置するよう努めるものとするが、各コースの起点側に 1 点、終点付近に 1 点の配置としてもよい。
 - ③植生のある場合や線状地域等の地形条件で平坦な場所がない場合は、配置及び点数を変更することができる。
 - ④点検箇所の標高値は、平坦で明瞭な地点を選定し、計測点密度と同一半径の円又はおおむね 2 倍辺長の正方形内の計測データを平均したものとする。
 - ⑤重複コースごとに点検箇所の標高値の較差を求め、較差の平均値等を求めるものとする。
 - ⑥重複コースごとの標高値の較差の平均値は $\pm 50\text{mm}$ 以内とする。
- (ウ) エで作成した計測点群データ上で、イにより計測した調整点の座標の真値を比較し、 x 、 y 、 z それぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。なお、確認の結果、要求精度を満たさない場合には適切な調整を行い、再度確認を行う。また、必要に応じて再計測を行う。

7 地上移動体搭載型 L S 出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

地上移動体搭載型 L S 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。

ア 地上移動体搭載型 L S

地上移動体搭載型 L S は、L S 本体から対象までの相対的な位置と、L S 本体の位置及び姿勢を組み合わせる面的に取得するシステムであり、詳細の機器構成は多様である。なお、本システムにより観測した結果を 3 次元座標値の点群データとして変換する。

イ 点群処理ソフトウェア

点群処理ソフトウェアは、出来形計測で取得した 3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。**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 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 T S 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。

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、基本設計データと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

地上移動体搭載型 L S による出来形計測は、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、利用する地上移動体搭載型 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±50mm 以内（カタログ記載に加え、**様式－6**「地上移動体搭載型 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とともに、地上移動体搭載型 L S の精度確認試験実施手順書を作成する。）

色データ：色データの取得が可能なが望ましい。遮水性ゾーン（鋼土）の幅の管理を行う場合は必須とする。（点群処理時に目視により選別するために利用）

(3) 地上移動体搭載型 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水平位置及び標高の精度確認試験を行い、**様式－6**「地上移動体搭載型 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、地上移動体搭載型 L S 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、地上移動体搭載型 L S により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は、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既知点を設置し計測すること。

(イ) 検査点の検測

基準点又は工事基準点を基礎に、設置した検査点を T S 等により計測する。その際、基準点等から検査点までの距離は、3 級 T S を用いて計測する場合は 100m 以内、2 級 T S を用いて計測する場合は 150m 以内とする。

(ウ) 計測結果の評価

計測結果を T S 等による計測結果と比較し、その差が表 6-12 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 6-12 精度確認試験における精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
座標値の較差	起工測量・岩線計測 ±100mm 以内	精度確認基準を満足する最大計測距離と最大測定幅を確認する。
	部分払い出来高計測 ±200mm 以内	
	出来形計測 ± 50mm 以内	

(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 6-13 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 6-13 精度確認試験における精度確認基準

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 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、検証点及び標定点の配置を立案する。

イ 検証点の設置・計測

地上移動体搭載型 L S による計測結果の精度を確認するための検証点を設置する。検証点は基準点又は工事基準点から計測を行う。また、検証点は出来形計測中に動かないように固定する。検証点は、**別紙—6**「地上移動体搭載型 L S 精度確認試験結果報告書」による計測範囲内において測定精度が最も不利となる箇所付近に 2 か所以上配置することとする。

バックホウ搭載 L S を用いる場合は、出来形計測実施前に 1 日 1 回の頻度で、現場内の任意の場所において、**別紙—6**「地上移動体搭載型 L S 精度確認試験結果報告書」による検証点を用いた精度確認を実施することとし、施工中の検証点の設置及び精度確認は不要とする。

検証点は地上移動体搭載型 L S の計測結果から平面位置が特定できるものを用いる。工事基準点から検証点までの計測距離（斜距離）について、3 級 T S を利用する場合は 100 m 以内（2 級 T S は 150m 以内）とする。

ウ 標定点の設置・計測

計測結果の水平位置及び標高を調整するため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。標定点は、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。

エ 出来形計測の実施

地上移動体搭載型 L S による出来形計測は、計測対象範囲内で 0.025 m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05 \text{ m}$ 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—6**「地上移動体搭載型 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状況で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。地上移動体搭載型 L S 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。地上移動体搭載型 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。

出来形計測範囲は、基本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 0.0025 m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ 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

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第 7 に規定する出来形横断図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 6—2 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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高 1 m ごとに計測する。

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を精緻に誘導する作業の効率を考慮しているためである。

オ 精度確認

ウで作成した計測点群データ上で得られる検証点の座標と、イにより計測した検証点の座標の真値を比較し、検証点と真値の座標間距離が±50mm 以内であることを確認する。

カ 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 0.0025m^2 当たり 1 点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^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、 0.0025m^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一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。

8 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 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：± $(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$ 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 ± $(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500 \times 103) = \pm 21\text{mm}$ 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7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6-2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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高1mごとに計測する。

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。

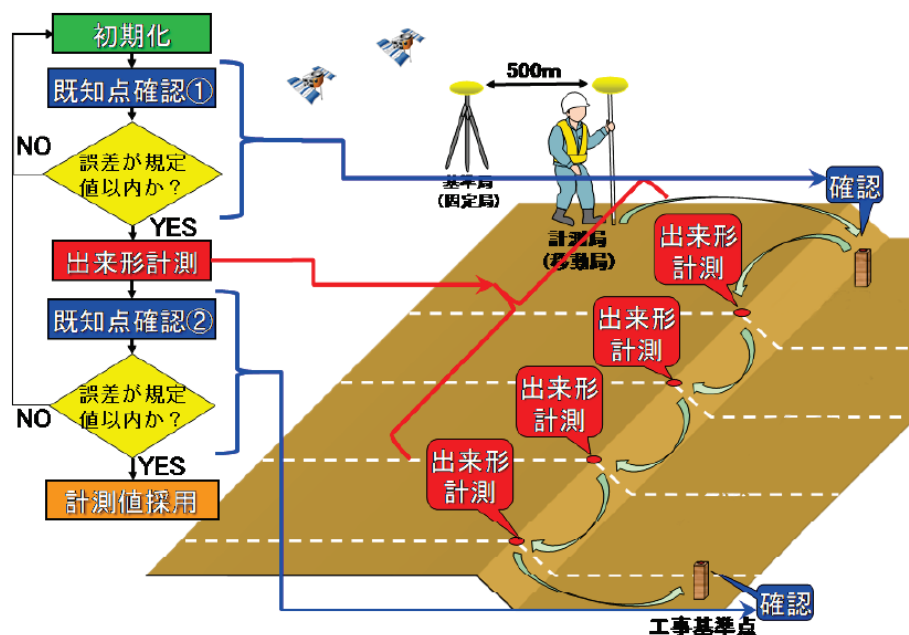


図 6 - 3 初期化と計測の手順

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和5年3月国土交通省）」

11 モバイル端末出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

モバイル端末等を用いて計測技術は、モバイル端末等に搭載されたセンサーから得られる相対座標と、相対座標を現場座標へ変換する際の基準となる現場座標計測技術の組合せによるシステムが多い。モバイル端末を用いた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。

ア モバイル端末

モバイル端末は、携帯端末等の汎用の電子デバイスで容易に可搬できるものとする。出来形計測に利用するセンサーは、モバイル端末に搭載されている LiDAR やカメラのほか、モバイル端末に携帯可能なセンサーを組み合わせたものとする。

イ 点群処理ソフトウェア

点群処理ソフトウェアは、出来形計測で取得した 3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。**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 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 T S 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。

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、基本設計データと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

モバイル端末を用いた出来形管理技術は、以下の測定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。

精度：計測範囲内において、鉛直方向±50mm 以内、平面方向±50mm 以内 (様式－13 「モバイル端末の精度確認試験結果報告書」を準用し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 (点群処理時に目視により選別するために利用)
--

(3) 精度確認

受注者は、モバイル端末を用いた出来形管理技術を適用する場合は、その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－13**「モバイル端末の精度確認試験結果報告書」を準用し結果を整理して報告するものとする。

ア 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、モバイル端末等を用いた計測技術については、定期点

検や精度確保の公的な規程がないことから、暫定案として利用の 12 か月以内に実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置及び計測

出来形計測範囲内の任意箇所（標定点の直近は避ける。）に検証点を設置し、工事基準点から T S 等光波方式により計測する。工事基準点から検証点までの距離は、3 級 T S の場合は 100m 以下、2 級 T S の場合は 150m 以下とする。

(イ) 計測結果の評価

T S 等光波方式による計測結果とモバイル端末による計測結果を比較し、その差が表 6-14 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 6-14 精度確認試験における精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	±50mm 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 計測計画の立案

所定の計測密度及び計測精度が確保できる計測手法を立案する。

イ 検証点の設置及び計測

モバイル端末による計測結果の精度確認用の検証点を設置する。

ウ 出来形計測の実施

アで計画した機器を用いて計測する。モバイル端末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 7 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 6-2 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。

ただし、遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛土高 1 m ごとに計測する。

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。

エ 精度確認

ウで作成した計測点群上で得られる検証点の座標と、イにより計測した検証点の座標を真値と比較し、検証点と真値の座標間距離が ±50mm 以内であることを確認する。

オ 点群処理ソフトウェアによるデータ処理

点群処理ソフトウェアによるデータ処理手順は以下のとおりとする。

(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）

目視による境界の判別のため、計測点群データから座標データ（出来形評価用データ）として、点群密度の変更（データの間引き）は行わない。

（イ）計測データの合成

現場での計測結果が複数ある場合は、各計測で個別の 3 次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に 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。

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6-15のとおり行うものとする。

表6-15 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
堤体工	1回／1工事※ ¹	堤幅、法長、法勾配
	1か所／施工延長おおむね20～40m※ ²	遮水性ゾーンの幅※ ² 、まき出し厚さ、転圧、法面（芝）、排水側溝、その他必要箇所

※1 出来形管理用TS等光波方式、TS（ノンプリズム方式）又は出来形管理用RTK-GNSSによる出来形管理を行う場合に限り、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 遮水性ゾーン（鋼土）の幅は、盛立高さ1mごとに1回。

(2) 撮影方法

表6-16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。

なお、UAV空中写真測量により出来形管理を行う場合は、空中写真測量で撮影した写真又は撮影した写真から作成されるオルソ画像の納品をもって写真撮影に代えることとし、被写体として写し込む小黒板は不要である。

表6-16 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 地上移動体搭載型LS	・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）	—

UAVレーザー モバイル端末	・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形計測点（測点・箇所）	撮影回数は、工事ごとに1回（施工後）とする。
-------------------	---	------------------------