

情報化施工技術の活用ガイドライン 出来形管理編

目次

共通事項

| | | |
|----|--------------------------|---------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-0-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-0-1 |
| 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 | 2-0-2 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-0-103 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-0-103 |

第1章 土工

| | | |
|----|--------------------------|-------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-1-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-1-2 |
| 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 | 2-1-4 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-1-5 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-1-6 |

第2章 ほ場整備工

| | | |
|----|--------------------------|-------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-2-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-2-2 |
| 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 | 2-2-4 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-2-5 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-2-6 |

第3章 舗装工

| | | |
|-----|--------------------------|-------|
| 第 1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-3-1 |
| 第 2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-3-2 |
| 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 | 2-3-5 |
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | 2-3-6 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-3-7 |

第 4 章 水路工

| | | |
|-----|--------------------------|-------|
| 第 1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-4-1 |
| 第 2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-4-2 |
| 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 | 2-4-2 |
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | 2-4-2 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-4-3 |

第 5 章 暗渠排水工

| | | |
|-----|--------------------------|--------|
| 第 1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-5-1 |
| 第 2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-5-2 |
| 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 | 2-5-6 |
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | 2-5-7 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-5-10 |

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 | 2-6-1 |
| 第 2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-6-3 |
| 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 | 2-6-9 |
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | 2-6-10 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-6-11 |

第7章 地盤改良工（路床安定処理等、固結工（中層混合処理））

| | | |
|----|--------------------------|--------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-7-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-7-2 |
| 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 | 2-7-3 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-7-4 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-7-14 |

第8章 地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））

| | | |
|----|--------------------------|-------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-8-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-8-2 |
| 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 | 2-8-3 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-8-4 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-8-9 |

第9章 法面保護工

| | | |
|----|--------------------------|-------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-9-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-9-2 |
| 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 | 2-9-6 |
| 第4 | 出来形管理資料の作成 | 2-9-7 |
| 第5 | 撮影記録による出来形管理 | 2-9-8 |

第10章 付帯構造物工

| | | |
|----|--------------------------|--------|
| 第1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | 2-10-1 |
| 第2 | 出来形管理基準及び規格値 | 2-10-2 |
| 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 | 2-10-3 |

| | | | |
|-----|--------------|-------|--------|
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | | 2-10-3 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | | 2-10-4 |

第 11 小規模土工

| | | | |
|-----|--------------------------|-------|--------|
| 第 1 | 3次元出来形管理技術の適用範囲 | | 2-11-1 |
| 第 2 | 出来形管理基準及び規格値 | | 2-11-2 |
| 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 | | 2-11-4 |
| 第 4 | 出来形管理資料の作成 | | 2-11-5 |
| 第 5 | 撮影記録による出来形管理 | | 2-11-6 |

共通事項

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

3次元出来形管理技術の適用範囲は、本ガイドライン（出来形管理編）第1章から11章の各章第1を参照する。

第2 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、本ガイドライン（出来形管理編）第1章から11章の各章第2を参照する。

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

以下、【〇〇工の場合】と記載されている箇所は、共通の記載に加えて該当する工種についても参照することを意味している。

1 T S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T S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、**別紙一4**「出来形管理用T S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T S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T S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T S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。

【暗渠排水工の場合】

暗渠排水工における出来形帳票作成機能は、「本ガイドライン（出来形管理編）第5章第4の1」に示す出来形帳票を作成できる機能を有している必要があるが、自動作成に対応していない場合は出来形帳票作成ソフトウェアを利用し手動で帳票作成を行っても差し支えないものとする。

【舗装工・水路工の場合】

エ 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。

中心線のズレ (e)
布設標高較差 (H)

水平方向延長 (L)



図1 出来形確認画面例

(2) 計測性能

出来形管理用 T S 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 T S 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 T S 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、T S 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：± (5 mm + 5 ppm × D) 以下※ 最小目盛値 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、± (5 mm + 5 × 10⁻⁶ × 100 × 10³) = ± 5.5mm の誤差となる。

【舗装工の場合】

舗装工の層厚管理に出来形管理用 T S 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、国土地理院認定 3 級で規定される性能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。

国土地理院で規定がない T S 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。

(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等光波方式及びT S（ノンプリズム方式）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1に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表1 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TS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TS等光波方式から出来形計測点までの斜距離を3級TSは100m以内(2級TSは150m以内)とする。TS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。

なお、以下の【土工の場合】、【ほ場整備工の場合】、【水路工の場合】、【暗渠排水工の場合】、【ため池改修工の場合】における「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を精緻に誘導する作業の効率及び管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【土工の場合】

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。出来形計測対象点は図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。

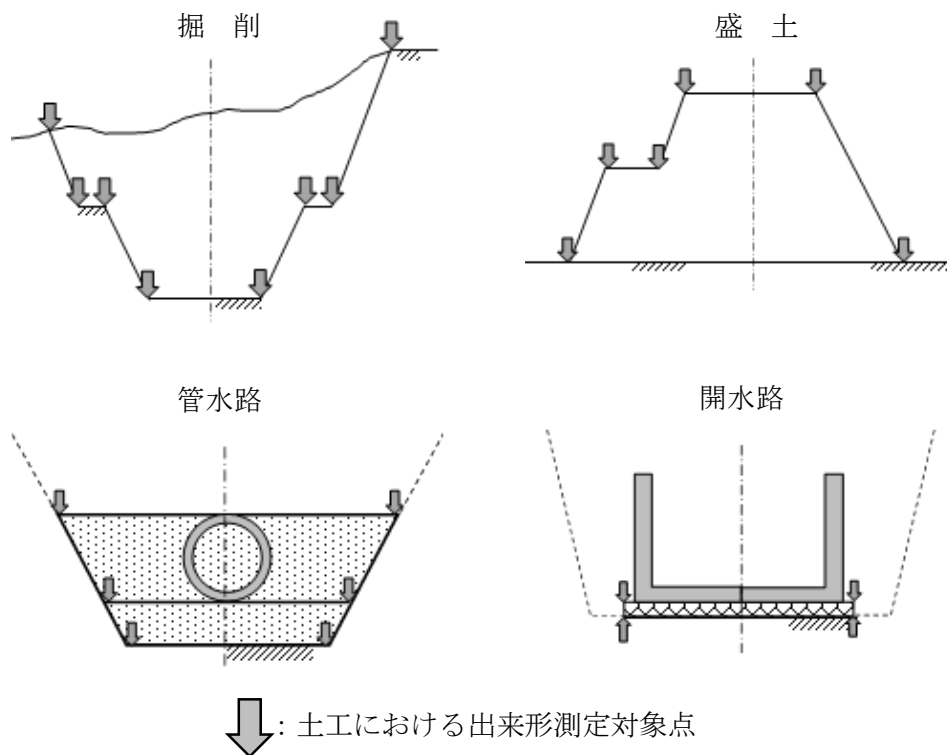


図2 出来形計測箇所(土工)

【ほ場整備工の場合】

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。

する。上記の出来形計測対象点は、「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。

【舗装工の場合】

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±10cm 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TS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、各断面の全ての出来形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対象点を設定する。

【水路工の場合】

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。出来形計測対象点は図3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。

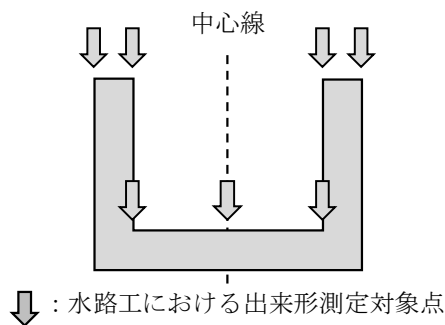


図3 出来形計測箇所(水路工)

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)。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。

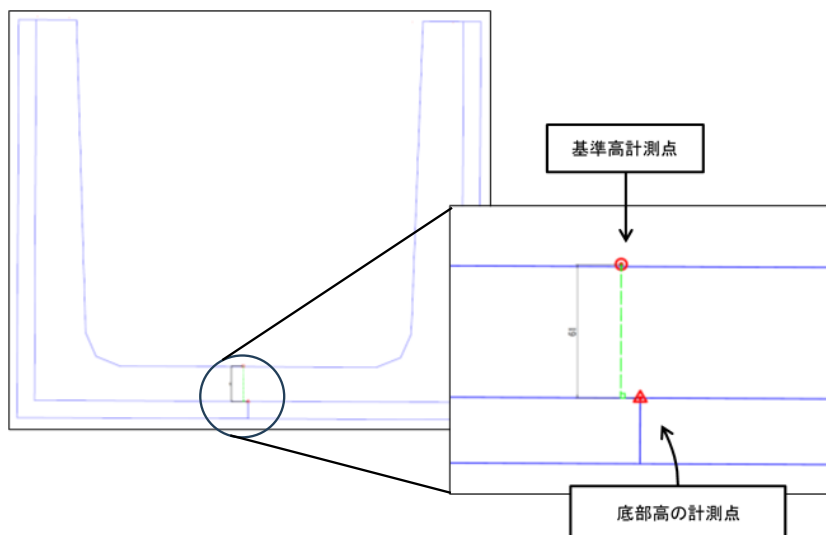


図4 標高較差による厚さの確認

(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5）。

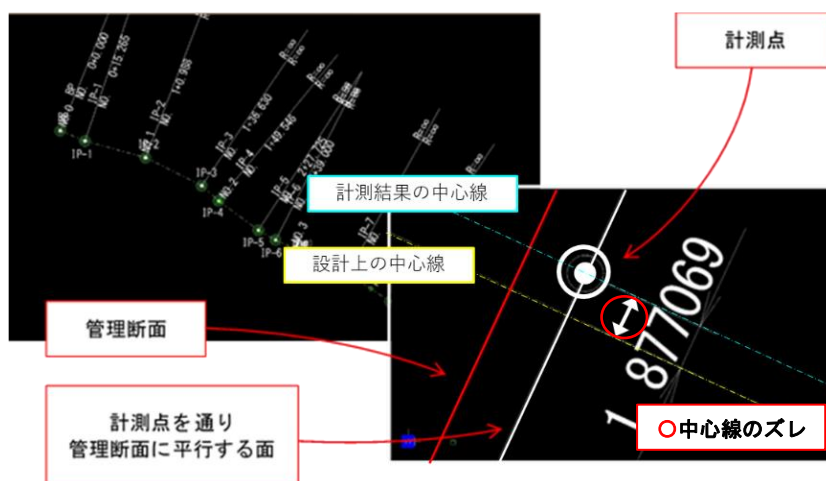


図5 中心線ズレの算出

【暗渠排水工の場合】

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に示すとおり路線ごとにより上、下流端の管頂2か所とする。1路線の布設長がおおむね100m以上のときは中間点を加えた3か所とする。

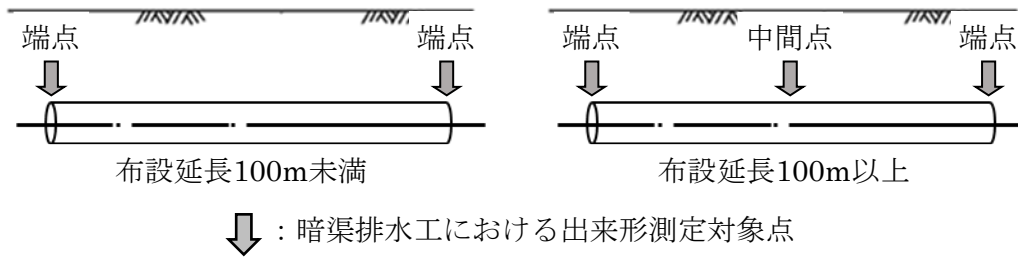


図6 出来形計測箇所（暗渠排水工）

【ため池改修工の場合】

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7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（刃金土）の幅は、盛土高1mごとに計測する。

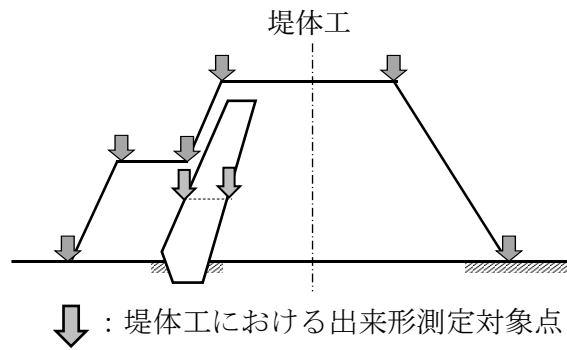


図7 出来形計測箇所（ため池改修工）

【法面保護工の場合】

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

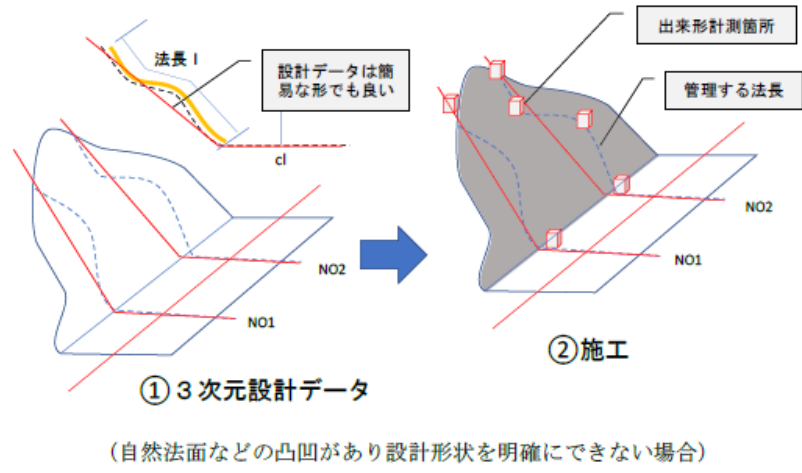
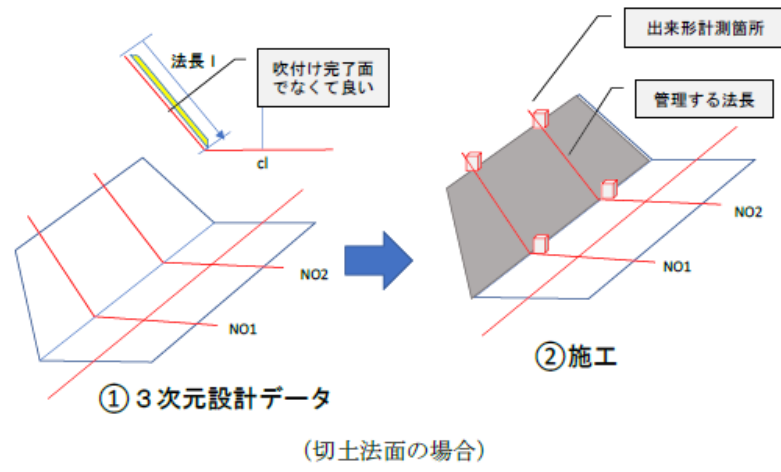


図8 出来形計測箇所（法面保護工）

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月国土交通省）)

【付帯構造物工の場合】

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に対して直角方向に±10cm以内の範囲内になるよう計測を行うこととする。

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（線的なものについては施工延長おおむね20mにつき1か所、20m未満は2か所）に基づき設定し、各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。また、出来形計測対象点を適宜設定する。

2 T S等光波方式出来形管理技術（面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能と要件

出来形管理用T S等光波方式（面管理）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T S等光波方式本体

国土地理院の測量機器性能基準に規定するT Sに加え、自動追尾機能を有するT Sと同等の測定ができるもので、かつ望遠鏡を搭載しない光波方式を用いる測定機器も含む。

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、整理した3次元座標の点群をさらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータの作成、当該点群への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」に示す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

出来形管理用T S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T S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T S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、T S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等光波方式及びT S（ノンプリズム方式）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、出来形管理

用TS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ため注意すること。

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TS等光波方式から出来形計測点までの斜距離を3級TSは100m以内（2級TSは150m以内）とする。

出来形管理用TS等光波方式による出来形計測は、 1 m^2 （ $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ メッシュ）（平面投影面積）当たり1点以上の出来形評価用データを直接計測する。TS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。

【土工・ため池改修工の場合】

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1m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が、法肩及び法尻から水平方向にそれぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩及び法尻、変化点、現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。

また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により、土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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1m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が、ほ場周縁から水平方向に $\pm 50\text{mm}$ 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

ウ 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は以下の手順で行うものとする。

(ア) 計測点群データの不要点を以下の方法により削除する。

①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 1 m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 1 m^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、平均処理は行ってはならない。（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を除く。）

②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、内挿し格子状に加工することにより、 1 m^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、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。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。

3 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と要件

TS（ノンプリズム方式）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とする。

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 TS（ノンプリズム方式）本体

本体からターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して計測対象の相対的な位置座標を取得する。

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、**別紙一1**「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。

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。

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を使用するものとする。受注者は、利用するTS（ノンプリズム方式）の性能について、監督職員に提出すること。

【水路工・付帯構造物工・小規模土工の場合】

精度：計測範囲内で±20mm以内

（カタログ記載に加え、**様式一2**「TS等光波方式及びTS（ノンプリズム方式）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。）

【法面保護工の場合】

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±20mm以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±20mm以内

規格値が±L/10mm（L≥2）の場合、±20mm以内

規格値が $\pm L/10\text{mm}$ ($L < 2$) の場合、 $\pm 10\text{mm}$ 以内
規格値が -20mm の場合、 $\pm 5\text{mm}$ 以内

(カタログ記載に加え、**様式-2**「TS等光波方式及びTS（ノンプリズム方式）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。)

(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、TS（プリズム方式）による計測とTS（ノンプリズム方式）による計測により精度確認試験を行い、**様式-2**「TS等光波方式及びTS（ノンプリズム方式）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

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用前に精度確認試験を行うことが望ましい。本精度確認により、ノンプリズム方式において所要の計測値が得られることが確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び視準距離の範囲内で、ノンプリズム方式を出来形計測に適用することができる。精度確認試験は、利用前12か月以内に実施することとする。

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) TS（プリズム方式）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計測値から差し引く。プリズムをTSで視準し3次元座標を計測する。

(ウ) TS（ノンプリズム方式）による計測

プリズム方式による計測後、そのままプリズムを立てた状態を保ちながら、望遠鏡内の十字線をピンポールに沿わせ、ピンポール先端（石ずき等）に合わせる。ピンポールやプレートを計測点から外し、ノンプリズム方式により3次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

計測結果を比較し、その差が表3及び表4に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

【水路工・付帯構造物工・小規模土工の場合】

表3 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|----------------------------------|---|----------|
| TS（プリズム方式）とTS（ノンプリズム方式）の計測座標値の較差 | 平面座標 $\pm 20\text{mm}$ 以内 標高差 $\pm 20\text{mm}$ 以内 | 現場内2か所以上 |

【法面保護工の場合】

表4 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|---|--|---------------|
| T S (プリズム方式) と T S (ノンプリズム方式) の計測座標値の較差 | <p>【吹付砕工以外の工種】</p> <p>±20mm 以内 (平面座標・標高差)</p> <p>【吹付砕工】</p> <p>規格値が施工延長 ≥ 設計延長 : ±20mm 以内 (平面座標・標高差)</p> <p>規格値が ± L / 10mm (L ≥ 2) : ±20mm 以内 (平面座標・標高差)</p> <p>規格値が ± L / 10mm (L < 2) : ±10mm 以内 (平面座標・標高差)</p> <p>規格値が -20mm の場合 : ± 5 mm 以内 (平面座標・標高差)</p> | 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監督職員に報告する。

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 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 | <p>平面座標 ±20mm 以内</p> <p>標高差 ±30mm 以内</p> | 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 S (ノンプリズム方式) の設置

T S (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。

T S (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、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。TS（ノンプリズム方式）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。

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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【水路工の場合】

出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図3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。

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）。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5）。

【法面保護工の場合】

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

【付帯構造物工の場合】

出来形計測対象点は、「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。

【小規模土工の場合】

出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図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。

4 TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術（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）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とする。

ア TS（ノンプリズム方式）本体

本体からターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して計測対象の相対的な位置座標を取得する。

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TIN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」に示す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

TS（ノンプリズム方式）本体は、以下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を使用するものとする。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－2**「TS等光波方式及びTS（ノンプリズム方式）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。)

（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、TS（プリズム方式）による計測とTS（ノンプリズム方式）による計測により精度確認試験を行い、**様式－2**「TS等光波方式及び

TS（ノンプリズム方式）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

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用前に精度確認試験を行うことが望ましい。本精度確認により、ノンプリズム方式において所要の計測値が得られることが確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び視準距離の範囲内で、ノンプリズム方式を出来形計測に適用することができる。精度確認試験は、利用前 12 か月以内に実施することとする。

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）TS（プリズム方式）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計測値から差し引く。プリズムをTSで視準し3次元座標を計測する。

（ウ）TS（ノンプリズム方式）による計測

プリズム方式による計測後、そのままプリズムを立てた状態を保ちながら、望遠鏡内の十字線をピンポールに沿わせ、ピンポール先端（石ずき等）に合わせる。ピンポールやプレートを計測点から外し、ノンプリズム方式により3次元座標を計測する。

（エ）計測結果の評価

計測結果を比較し、その差が表 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 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|----------------------------------|-------------------------------|------------|
| TS（プリズム方式）とTS（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 ±20mm 以内 | 現場内 2 か所以上 |

（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7 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、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、 1 m^2 （ $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ メッシュ）（平面投影面積）当たり1点以上の出来形評価用データを直接計測する。出来形計測の実施に当たっては、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）における制限距離内での計測を行う。TS（ノンプリズム方式）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。

【土工・ため池改修工の場合】

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1m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が、法肩及び法尻から水平方向にそれぞれ $\pm 50\text{ mm}$ 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩及び法尻、変化点、現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。

また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により、土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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1m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が、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等の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い出来形管理を行うものとする。

ウ 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）

出来形計測データについては、1m²当たり1点以上、出来形評価用データとしては1m²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、平均処理は行ってはならない。（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、内挿し格子状に加工することにより、1m²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。

5 UAV空中写真測量出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

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。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。

【ため池改修工の場合】

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。）

【法面保護工の場合】

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：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm 以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≧設計延長の場合、±30mm 以内

規格値が±L/10mm の場合、±30mm 以内

規格値が-20mm の場合、±10mm 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監督職員に報告する。

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 8 及び表 9 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

【ため池改修工の場合】

表 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 | ±50mm 以内 | 設置された検証点全てにおいて実施 |

【法面保護工の場合】

表 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 | 【吹付砕工以外の工種】 ±30mm 以内（平面座標・標高差） | 現場内 2か所 程度 |
| | 【吹付砕工】 | |
| | 規格値が施工延長≥設計延長：±30mm 以内（平面座標・標高差） | |
| | 規格値が±L/10mm：±30mm 以内（平面座標・標高差） 規格値が-20mm の場合：±10mm 以内（平面座標・標高差） | |

(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監督職員に報告する。

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 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 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 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

U A V 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 T S

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。

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。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。

【ため池改修工の場合】

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 (5 cm×5 cm メッシュ) に 1 点以上の出来形座標値を取得する。

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。上記の出来形計測対象点は「1 TS 等光波方式出来形管理技術 (断面管理) (4) イ」の図 7 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 (刃金土) 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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【法面保護工の場合】

図 8 に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について 3 次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 (5 cm×5 cm メッシュ) 当たりに 1 点以上の計測結果が得られる設定とする。

エ 計測点群データの作成

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 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）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 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）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 $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。

6 UAV空中写真測量出来形管理技術（面管理）

（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TIN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」の機能を有していなければならない。

オ 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。

カ 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。

キ 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

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 11 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 11 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12 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。

【土工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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10cm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が、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩、法尻や変化点又は現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。

また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により、土工面が露出してない場合においては、小段部の出来形管理は小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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10cm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が、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

エ 計測点群データの作成

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、0.01m²当たり1点以上、出来形評価用データとしては1m²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、1m²当たり1点程度のデータとすることができる。

(イ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象にTIN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。

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 $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。

7 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。

【水路工・付帯構造物工の場合】

精度：計測範囲内で±50mm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。）

【ため池改修工の場合】

精度：計測範囲内で±50mm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（刃金土）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。）

【法面保護工の場合】

精度：
【吹付砕工以外の工種】
計測範囲内で±30mm以内
【吹付砕工】

規格値が施工延長 \geq 設計延長の場合、 $\pm 30\text{mm}$ 以内

規格値が $\pm L/10\text{mm}$ の場合、 $\pm 30\text{mm}$ 以内

規格値が -20mm の場合、 $\pm 10\text{mm}$ 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実施することも可能であるが、利用前に行うことが望ましい。現時点においては、T L S 本体に関する定期点検の必要性などが規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に 1 回以上精度確認試験を実施することとする。

受注者は、本精度確認により所要の計測精度が得られる場合に限り、これを確認した計測条件、計測距離の範囲内で T L S を出来形計測に適用することができる。

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、T L S で 3 次元座標を計測できる既知点を 2 点以上設定する。

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

既知点の 3 次元座標を T S で計測する。また、T L S により既知点の 3 次元座標を計測する。

(ウ) 計測結果の評価

T S と T L S で計測した計測結果を比較し、その差が表 13 及び表 14 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

【水路工・ため池改修工・付帯構造物工の場合】

表 13 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|-----------------------|----------------------|---|
| T S と T L S の計測座標値の較差 | $\pm 50\text{mm}$ 以内 | 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。 |

【法面保護工の場合】

表 14 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|------|--------|----|
|------|--------|----|

| | | |
|-----------------------|----------------------|--|
| T S と T L S の計測座標値の較差 | 【吹付砕工以外の工種】 | 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。 |
| | ±30mm 以内（平面座標・標高差） | |
| | 【吹付砕工】 | |
| | 規格値が施工延長 ≥ 設計延長 | |
| | ： ±30mm 以内（平面座標・標高差） | |
| | 規格値が ±L / 10mm | |
| | ： ±30mm 以内（平面座標・標高差） | |
| | 規格値が -20mm の場合 | |
| | ： ±10mm 以内（平面座標・標高差） | |

(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 15 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 15 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。

【水路工の場合】

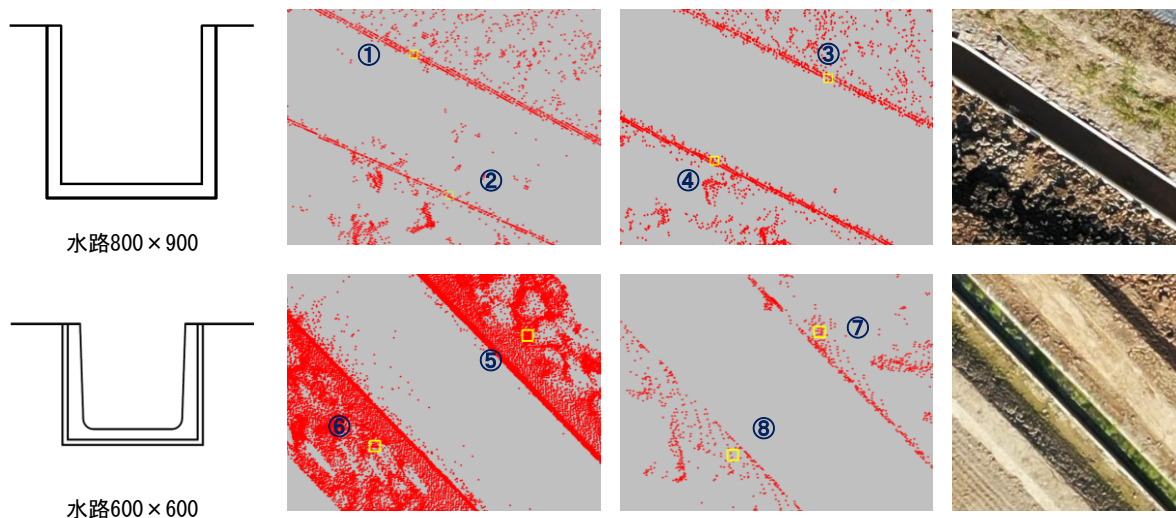
ウ 出来形計測の実施

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できないため、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。



※「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6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 0.01m^2 当たり 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 16 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 0.0025m^2 (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 1 mm



取得点間隔 12 mm



取得点間隔 24 mm



取得点間隔 36 mm

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 9 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。

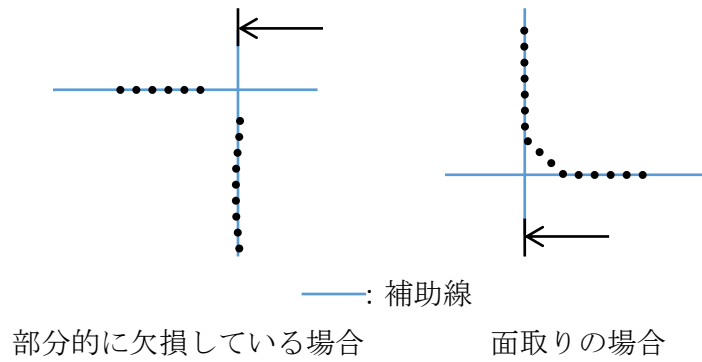


図9 補助線の活用

(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。

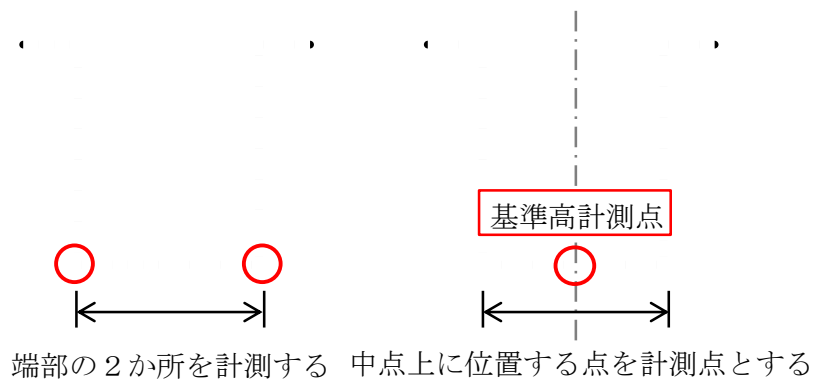


図10 基準高の計測

(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。

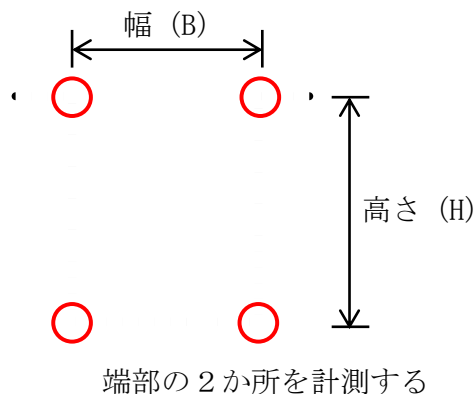


図11 幅、高さの計測

(ウ) 厚さ

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

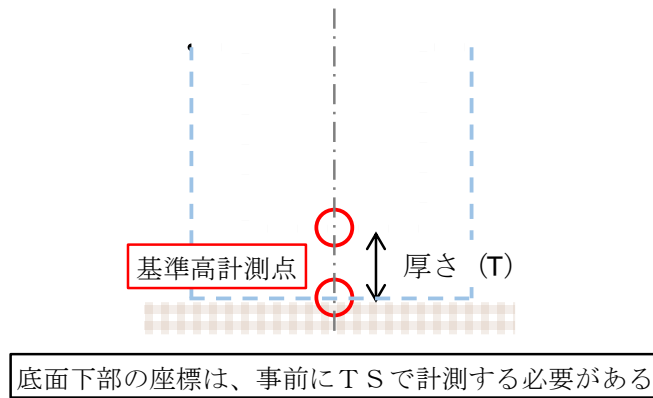


図 12 厚さの計測

(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。

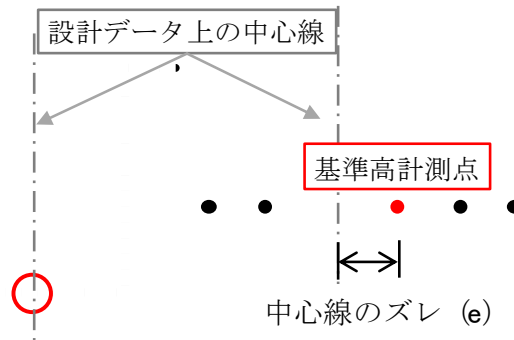


図 13 中心線のズレの計測

(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。

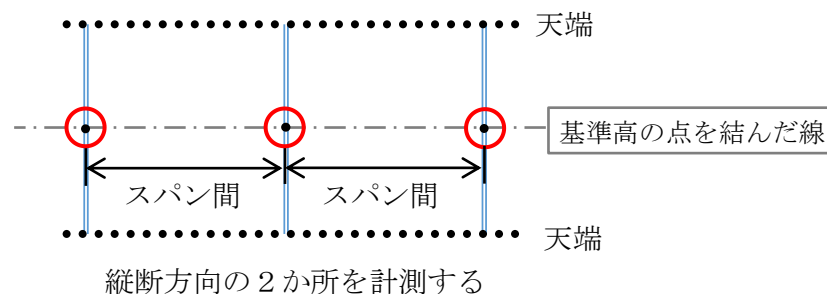


図 14 スパン長の計測

【ため池改修工の場合】

TLSによる出来形計測は、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を計測対象範囲内とし、全ての範囲で 0.0025m^2 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ 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「TLS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できないため、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。

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。上記の出来形計測対象点は「1 TLS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図7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（刃金土）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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【法面保護工の場合】

TLSによる出来形計測は、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を計測対象範囲内とし、全ての範囲で 0.0025m^2 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ 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「TLS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できないため、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。TLS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。

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

【付帯構造物工の場合】

TLSによる出来形計測は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で 10cm メッシュに1点以上の出来形座標値を取得するものとする。（TLS直下の欠測は許容する。）法肩、法尻及びほ場周縁から水平方向にそれぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。また、1回の計測距離は、様式-4「TLS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できないため、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。

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、「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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差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 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）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 （ $5\text{cm}\times 5\text{cm}$ メッシュ）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。

8 T L S 出来形管理技術（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。

【土工・ほ場整備工・ため池改修工・小規模土工の場合】

精度：計測範囲内で±50mm 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。）

【舗装工の場合】

【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実施することも可能であるが、利用前に行うことが望ましい。現時点においては、T L S 本体に関する定期点検の必要性などが規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に 1 回以上精度確認試験を実施することとする。

受注者は、本精度確認により所要の計測精度が得られる場合に限り、これを確認した計測条件、計測距離の範囲内で T L S を出来形計測に適用することができる。

【土工・ほ場整備工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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、T L S で 3 次元座標を計測できる既知点を 2 点以上設定する。

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

既知点の3次元座標をT Sで計測する。また、T L Sにより既知点の3次元座標を計測する。

(ウ) 計測結果の評価

T SとT L Sで計測した計測結果を比較し、その差が表 17 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 17 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|--------------------|----------|---|
| T SとT L Sの計測座標値の較差 | ±50mm 以内 | 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。 |

【舗装工の場合】

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T L Sで計測を行う最大距離付近1箇所に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、基準値となる検査面の高さでT L Sを用いて計測した結果から得られる高さを比較し測定精度以内であることを確認する。

(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 18 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 18 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、T L Sで3次元座標を計測できる既知点を2点以上設定し、既知点の3次元座標をT Sで計測する。また、T L Sにより既知点の3次元座標を計測する。

（イ）検査点の検測

設置した検査点（基準点）をT S又はテープで計測する。

（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 19 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 19 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、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 20 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 20 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 TLSの設置

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

TLSと被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、TLS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TLS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TSを用いて実施し、TSから基準点及び標定点までの距離が100m以下(3級TSの場合)又は150m以下(2級TS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。TSと同様に、TLS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

TLSによる出来形計測は、計測対象範囲内で0.01m²(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「TLS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できないため、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。TLS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。

【土工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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10cm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が、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩、法尻や変化点又は現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により、土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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10cm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が、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

【舗装工の場合】

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10cm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の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。

9 UAVレーザー出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

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

レーザーの測距装置・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。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。

【ため池改修工の場合】

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レーザー精度確認試験実施手順書を作成する。）

【法面保護工の場合】

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±30mm以内

規格値が±L/10mmの場合、±30mm以内

規格値が -20mm の場合、 $\pm 10\text{mm}$ 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。精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。ただし、メンテナンス等によりIMUとLSを分離した場合は、組立後に精度確認試験を実施する。

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、鉛直下方及び、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。

(ウ) 最適軌跡解析の実施

GNS S観測データ及びIMU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、GNS 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、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行う手法であり、GNS 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、GNS 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21及び表22に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

【ため池改修工の場合】

表 21 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 |

【法面保護工の場合】

表 22 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 | <p>【吹付砕工以外の工種】</p> <p>±30mm 以内（平面座標・標高差）</p> <p>【吹付砕工】</p> <p>規格値が施工延長\geq設計延長：±30mm 以内（平面座標・標高差）</p> <p>規格値が$\pm L/10$mm：±30mm 以内（平面座標・標高差）</p> <p>規格値が-20mm の場合：±10mm 以内（平面座標・標高差）</p> | 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監督職員に報告する。

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 23 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 23 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 | <p>平面座標 ±20mm 以内</p> <p>標高差 ±30mm 以内</p> | 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。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 調整用基準点の設置及び計測

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用基準点を設置する。調整用基準点は、面積（km²）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用基準点の設置の条件は、以下を標準とする。

- (ア) 調整用基準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2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116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。
- (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717条第3項を準用し、表24を標準とする。

表24 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 |
| 較差の許容範囲 | 倍角差 | 60'' | 60'' | 5mm |
| | 観測差 | 40'' | | |

(ウ) 前項のTS点の設置に準じた観測をキネマティック法、RTK法又はネットワーク型RTK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117条及び118条に準じて行い、いずれの方法においても、観測は2セット行う。

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。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。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。

【ため池改修工の場合】

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0.0025m²（5cm×5cmメッシュ）に1点以上の出来形座標値を取得する。

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。上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図7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（刃金土）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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【法面保護工の場合】

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 （5 cm×5 cm メッシュ）当たり1点以上の計測結果が得られる設定とする。

エ 点群処理ソフトウェアによるデータ処理

UAVレーザーで計測した3次元点群をソフトウェアに読み込み、不要点等を除去し、出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成する。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）

出来形計測データについては 0.0025m^2 （5 cm×5 cm メッシュ）当たり1点以上、出来形評価用データについては 0.0025m^2 （5 cm×5 cm メッシュ）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 （5 cm×5 cm メッシュ）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TIN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GNSS観測データ及びIMU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、IMU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、GNSS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。留意事項は以下のとおりである。

- ①点検箇所の数は、各コース間重複部分に2か所以上設置する。
- 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±50mm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用基準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。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。

10 UAVレーザー出来形管理技術（面管理）

（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

レーザーの測距装置・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TIN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。

エ 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。

オ 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。

カ 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

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。精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。ただし、メンテナンス等によりIMUとLS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

GNS S観測データ及びIMU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、GNS 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、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行う手法であり、GNS 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、GNS 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25に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 25 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 26 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 26 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 調整用基準点の設置及び計測

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用基準点を設置する。調整用基準点は、面積（km²）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用基準点の設置の条件は、以下を標準とする。

(ア) 調整用基準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2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 116 条に示す T S 等を用いる T S 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) T S 等を用いる T S 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 717 条第 3 項を準用し、表 27 を標準とする。

表 27 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 |
| 較差の許容範囲 | 倍角差 | 60" | 60" | 5 mm |
| | 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 117 条及び 118 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。

【土工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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 10cm 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が、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3 次元データによる出来形管理において、土工部の法肩及び法尻、変化点、現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により、土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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10cm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が、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

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1.0m²当たり100点以上、出来形評価用データについては1.0m²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、1.0m²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、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。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±50mm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用基準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。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。

1.1 地上移動体搭載型LS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

地上移動体搭載型LS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LS

地上移動体搭載型LSは、LS本体から対象までの相対的な位置と、LS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。

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LS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。受注者は、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。

【ため池改修工の場合】

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LS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LS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（刃金土）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）

【法面保護工の場合】

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±30mm以内

規格値が±L/10mmの場合、±30mm以内

規格値が-20mm の場合、±10mm 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。(点群処理時に目視により選別するために利用する。)

(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監督職員に報告する。

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。

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。

(イ) 検証点の検測

基準点又は工事基準点を基礎に、設置した検証点を T S 等により計測する。その際、基準点等から検証点までの距離は、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 28 及び表 29 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

【ため池改修工の場合】

表 28 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 |
| | 部分払い出来高計測 | ±200mm 以内 |
| | 出来形計測 | ± 50mm 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。 |

【法面保護工の場合】

表 29 精度確認基準

| 比較方法 | 精度確認基準 | 備考 |
|------|--------|----|
|------|--------|----|

| | | |
|------------|---|-------------------------------|
| 座標値の 較差 | 【吹付砕工以外の工種】 $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） | 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。 |
| | 【吹付砕工】 規格値が施工延長 \geq 設計延長： $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） 規格値が $\pm L/10\text{mm}$ ： $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） 規格値が -20mm の場合： $\pm 10\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） | |

(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監督職員に報告する。

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30に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表30 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 $\pm 20\text{mm}$ 以内 標高差 $\pm 30\text{mm}$ 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LS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、**様式-6**「地上移動体搭載型LS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LS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、**様式一6**「地上移動体搭載型LS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LS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TSを利用する場合は100m以内（2級TS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LSによる出来形計測は、計測対象範囲内で 0.0025 m^2 （ $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 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、**様式一6**「地上移動体搭載型LS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できないため、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。地上移動体搭載型LS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。

【ため池改修工の場合】

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 （ $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ メッシュ）に1点以上の出来形座標値を取得する。

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。上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図7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（刃金土）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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【法面保護工の場合】

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025 m^2 （ $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ メッシュ）当たりに1点以上の計測結果が得られる設定とする。

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 （5 cm×5 cm メッシュ）当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 （5 cm×5 cm メッシュ）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 （5 cm×5 cm メッシュ）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。

1.2 地上移動体搭載型LS出来形管理技術（面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

地上移動体搭載型LS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LS

地上移動体搭載型LSは、LS本体から対象までの相対的な位置と、LS本体の位置及び姿勢を組み合わせて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TIN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。**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

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。**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

出来形帳票作成ソフトウェアは、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。**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

地上移動体搭載型LS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LS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LS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LS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。（点群処理時に目視により選別するために利用する。）

(3) 地上移動体搭載型LS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LS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、利用前に行うことが望ましい。また、地上移動体搭載型LS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か月以内に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LS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) 検証点の検測

【土工・ほ場整備工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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

【舗装工の場合】

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、検査面の四隅をTS及びレベルで計測し、四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。

(ウ) 計測結果の評価

【土工・ほ場整備工・ため池改修工・小規模土工の場合】

計測結果をTS等による計測結果と比較し、その差が表31に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 31 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 |
| | 部分払い出来高計測 | ±200mm 以内 |
| | 出来形計測 | ± 50mm 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。 |

【舗装工の場合】

①鉛直精度

上記（ア）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LSシステムが適正に稼働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㎡以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。なお、測定精度の確認は、基準値となる検査面の高さで地上移動体搭載型LSを用いて計測した結果から得られる高さを比較し、表32に示す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又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LS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比較し、表32に示す測定精度以内であることを確認する。

表32 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 | ※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こととする。 ※2：検査面は1㎡以下とし、100点以上の点密度を得られること。 | |
| | 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 |
| 平面較差 | コンクリート舗装板表面 | ±4mm 以内 | |
| | 検証点較差 L ($L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$) | | |
| | 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 | | |

※同種類の計測対象（例：下層路盤・上層路盤）については、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。

(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33に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表33 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LS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、様式-6「地上移動体搭載型LS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LS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、様式-6「地上移動体搭載型LS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LS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TSを利用する場合は100m以内（2級TS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LSによる出来形計測は、計測対象範囲内で0.01 m² (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-6**「地上移動体搭載型LS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できないため、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。地上移動体搭載型LS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。

【土工・ため池改修工・小規模土工の場合】

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とし、全ての範囲で10cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得するものとするが、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩及び法尻、変化点、現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とすることができる。

また、法面の小段部に設置される側溝工、小段排水路等の構造物により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される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

【ほ場整備工の場合】

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とし、全ての範囲で10cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得するものとするが、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

基盤造成の標高較差の出来形管理を行う場合等で、表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

【舗装工の場合】

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10cm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(TS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) 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。

(イ) 厚さの管理を行う場合

厚さの管理を行う場合は、直下層の計測高さ与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。

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 0.01m^2 当たり 1 点以上出来形評価用データとしては 1.0m^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、 1.0m^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 TIN 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。

1.3 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。

エ 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。

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

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。

【暗渠排水工の場合】

MC・MG技術により施工を行う場合は、計測精度を高めるため、RTK-GNSSとMC・MG技術の基準局や補正方式を統一し、同一の補正情報により位置情報補正を実施することが望ましい。

(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。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。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（図15参照）。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。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、RTK-GNSSの計測局を出来形測定箇所精緻に誘導する作業の効率及び管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

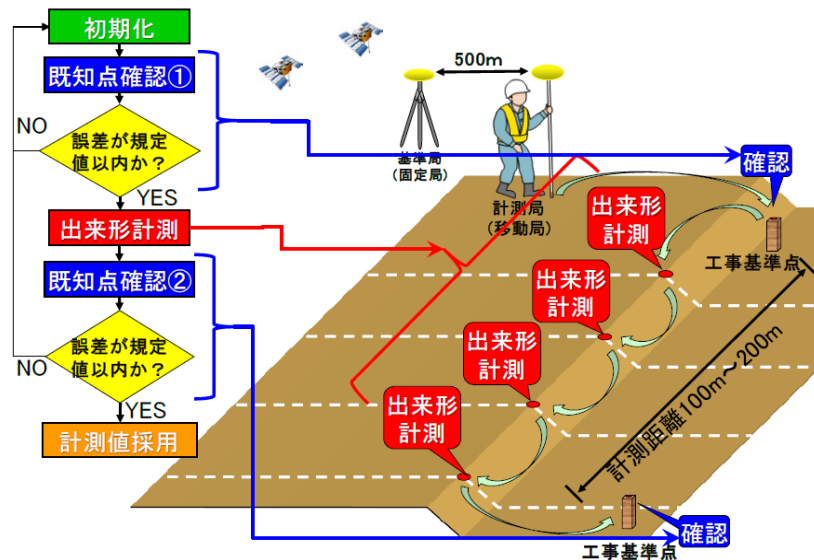


図 15 初期化と計測の手順

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和6年3月国土交通省）

【土工・小規模土工の場合】

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。上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図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。

【ほ場整備工の場合】

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。出来形計測対象点は、「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。

【水路工の場合】

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「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図3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。

【暗渠排水工の場合】

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、「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）

(4) イ」の図6に示すとおり路線ごとに上、下流端の管頂2か所とする。1路線の布設長がおおむね100m以上のときは中間点を加えた3か所とする。

【ため池改修工の場合】

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。上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図7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。また、遮水性ゾーン（刃金土）の幅は、盛土高1mごとに計測する。

【法面保護工の場合】

図8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

【付帯構造物工の場合】

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。出来形計測対象点は、「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。

(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、作業効率を考え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）～（エ）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。

【水路工の場合】

(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)。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5)。

1.4 RTK-GNSS出来形管理技術（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）

3次元設計データを用いて、現場で出来形計測、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。なお、高さ補完機能を持つ高さ補完装置が別途付属する場合がある。本ガイドラインに基づく出来形管理は、事前に作成した3次元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3次元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
- ③3次元データの切り替え選択機能
- ④3次元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 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TIN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。ソフトウェアを動作するパソコンの性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合があるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU、GPUメモリ等）に留意しなければならない。**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

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るソフトウェアである。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。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」に示す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

出来形帳票作成ソフトウェアは、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を行うことができ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。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、ウで作成した3次元設計データ又はイ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) 計測性能及び精度管理

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程 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 | 計測密度 |
|---------------|--|------------------------------|--|
| 起工測量 岩線計測 | 公称測定精度： $\pm (20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | 鉛直方向 $\pm 30\text{mm}$ 以内 | 1点以上/ 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) |
| 部分払い 出来高計測 | 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は $\pm (20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500 \times 10^3) = \pm 21\text{mm}$ の誤差となる | | 1点以上/ 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) |
| 出来形計測 | | 平面方向 $\pm 20\text{mm}$ 以内 | 1点以上/ 1m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ) |

| | |
|---------------|---|
| 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 $\pm 20\text{mm}$ 以内、鉛直 $\pm 30\text{mm}$ 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タログ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定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程参照。）
- 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の基準局の設置

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。出来形値（幅、法長）は2点間の相対距離で求まるが、出来形値（標高）は現場座標系で行う必要がある。また、RTK-GNSS測量機器の導入効果を得ることを目的に、丁張り設置など日々の位置出し作業等においても活用することから、座標系にズレがある場合はローカライゼーションを行う必要がある。

ローカライゼーションは、工事基準点を計測・登録した際の計測誤差の影響を受けるため、ローカライゼーションは測定精度を確保できた条件で行う必要がある。そのため、DOP値（GNSS衛星の位置に左右され、測位精度の劣化程度を表す数値。小さいほど精度が高いことを示す。）が小さい状態で、通常の計測時間である10秒間よりも長時間の計測を行うことが望ましい。

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±30mm以上ある場合は、再度初期化を行う。高さ補完機能を有するRTK-GNSSの場合、鉛直方向の計測は高さ補完機能により安定した計測値が得られることから、必要な測定精度の確保が確認された範囲で利用する限り、鉛直方向で±30mmを大きく超える誤差は発生しがたいが、発生した場合は再度初期化しても改善しない可能性が高い。その場合、原因として考えられる工事基準点や機器設置のミス、接触による移動等も念頭に対処する必要がある。
- (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、3次元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F I X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R T K－G N S S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。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。R T K－G N S S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。

【土工・小規模土工の場合】

計測箇所は、平場面、天端面及び法面（小段を含む）の全面の標高較差又は水平較差とする。法面の掘削工の場合、勾配が1割より緩い場合は標高較差で管理するのが望ましい。法肩及び法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は標高較差の評価から除く。同様に、鉛直方向に±50mm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。また、法面の小段部において、側溝工、小段排水路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。

【ほ場整備工の場合】

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、全ての範囲において10cm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が、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。表土仮置き部分等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い出来形管理を行うものとする。

【ため池改修工の場合】

計測箇所は、天端面及び法面（小段を含む）の全面の標高較差とする。法肩及び法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は標高較差の評価から除く。

また、法面の小段部において、小段排水路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。

(ウ) 出来形管理用R T K－G N S S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R T K－G N S S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設計値との差を確認できる。さらに、出来形管理用R T K－G N S Sでは、出来形計測は断面ごとではなく、作業効率を考え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。出来形計測データは、各点の計測後に出来形計測対象点とともに記録する必要がある。上記（イ）～（エ）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。
- (キ) 出来形評価用データは、点密度を1 m間隔以内（1 点/m²以上）で概ね等間隔で得られるよう計測する。

1.6 施工履歴データ出来形管理技術（面管理）

【土工・ほ場整備工・暗渠排水工・小規模土工の場合】

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

施工履歴データ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 ICT建設機械本体、車載PC

建設機械本体や施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録するための装置である。施工履歴データは、車載PCから記録媒体（USBメモリー等）にコピーするなどして使用する。適用機種は表 34、表 35 及び表 36 のとおりである。

【土工・小規模土工の場合】

表 34 適用機種

| 工種 | 適用できる ICT建設機械 | 施工履歴データを 記録する箇所 | 施工履歴データを 記録する作業 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|
| 盛土工 路体盛土工 路床盛土工 | 3 DMCバックホウ 3 DMGバックホウ | バケット刃先又はバケッ ト背面等で土が接する箇 所 | 整形作業 (法面・平場) |
| | 3 DMCブルドーザ 3 DMGブルドーザ | 履帯下面 | 締固め作業等 (平場・法面) |
| 掘削工 | 3 DMCバックホウ 3 DMGバックホウ | バケット刃先又はバケッ ト背面等で土が接する箇 所 | 整形作業 (平場・法面) |
| | 3 DMCブルドーザ 3 DMGブルドーザ | 排土板下端又は履帯下面 | 整形作業 (平場・法面) |

※1 ICTバックホウ（MG・MCバックホウ）又はICTブルドーザ（MG・MCブルドーザ）は、施工履歴データを記録する機能を有するものを使用する場合で、「面管理」の出来形管理基準を用いる場合に適用する。

※2 ICTブルドーザで履帯下面の施工履歴データを記録するシステムを用いる場合で、履帯の断面形状が標準型ブルドーザ（乾地）と異なるもの（湿地ブルドーザ・超湿地ブルドーザ・超々湿地ブルドーザ等）を使用して軟弱な地盤を施工する際は、地盤の強度により履帯が沈み込む深さが変化し、施工履歴データとして記録すべき高さが定まらない場合があるため、適用に当たっては注意が必要である。

【ほ場整備工の場合】

表 35 適用機種

| 適用できる ICT建設機械 | 施工履歴データを 記録する箇所 | 施工履歴データを 記録する作業 |
|--------------------------|--------------------|--------------------|
| 3 DMCブルドーザ 3 DMGブルドーザ | 排土板下端又は履帯下面 | 基盤造成又は表土整地 |

- ※1 ICTブルドーザは、排土板下端又は履帯下面の3次元座標を施工履歴データとして記録できる機能を有するものを用いる。
- ※2 ICTブルドーザで履帯下面の施工履歴データを記録するシステムを用いる場合で、履板の断面形状が標準型ブルドーザ（乾地）と異なるもの（湿地ブルドーザ・超湿地ブルドーザ・超々湿地ブルドーザ等）を使用して軟弱な地盤を施工する際は、地盤の強度により地盤に履帯が沈み込む深さが変化するため、施工履歴データとして記録すべき高さが定まらない場合があり、適用に当たっては注意が必要である。
- ※3 ICTバックホウを使用した施工履歴については【土工の場合】によるものとする。

【暗渠排水工の場合】

適用機種は、施工者が定める施工管理値を施工中リアルタイムで車載モニターに表示し、これをオペレータが確認しながら施工できる機能を有することとする。モニターへの表示方法については、受注者の任意とする。

表 36 適用機種

| 工種 | 適用できるICT建設機械 | 施工履歴データを記録する箇所 | 施工履歴データを記録する作業 |
|-----|--------------------------|----------------|---------------------------|
| 掘削工 | 3 DMCバックホウ 3 DMGバックホウ | バケット刃先 | 吸水渠 集水渠（支線） 導水渠（幹線） |

- ※1 ICTバックホウは、バケット刃先の3次元座標を施工履歴データとして記録できる機能を有するものを用いる。バケット幅は450mm以下のものを用いる。

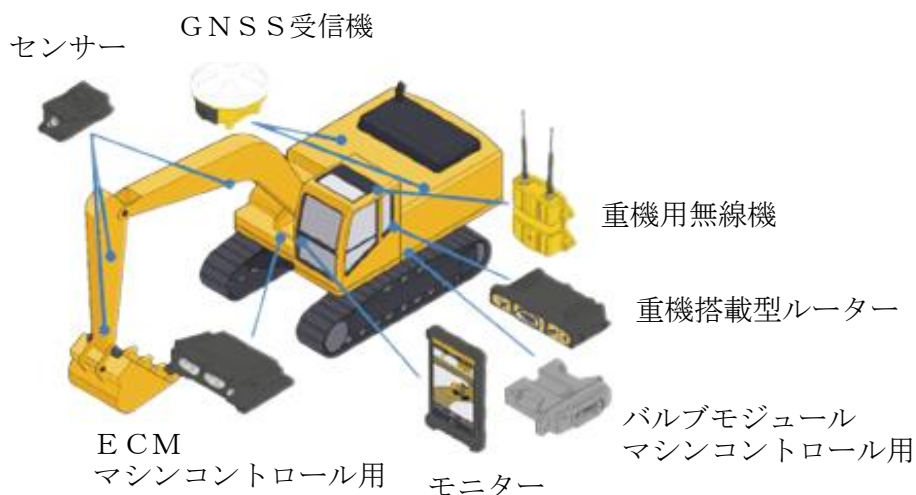


図 16 ICTバックホウの機器構成例

イ 点群処理ソフトウェア

点群処理ソフトウェアは、施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データの抽出、出来形部分と関係のない不要な点の除外、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。**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

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。**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

出来形帳票作成ソフトウェアは、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。**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

施工履歴データ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ICT建設機械本体の性能について、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-11**「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。）

(3) 精度確認

ICT建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、現地において精度管理を実施すること。詳細は、**様式-11**「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を確認すること。なお、ICT建設機械の作業装置位置の測定精度は、以下の要因により変化する。様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

- ①RTK-GNSSの位置精度
- ②RTK-GNSS及び角度センサー位置間の寸法計測誤差
- ③角度センサーによる出力精度
- ④ソフト処理上の丸め誤差
- ⑤機械の劣化（刃先の摩耗を含む）

ア 着工前の精度確認

様式-11「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の2 実施方法 1) テスト作業による精度確認（着工前の精度確認）に従い、本ガイドラインによる出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果を**様式-11**を用いて提出する。

【暗渠排水工の場合】

(ア) 実際に掘削整形作業を行う方法

施工に使用するICT建設機械を用いて、現場内の適切な場所で、平場を平坦に整形する作業を行い、施工履歴データを記録する。作業後、TSにより出来形を検測する。テスト作業で成形する範囲は5m×5m以上とし、TSでの検測はテスト範囲内で16点以上とする。

施工履歴データから求める出来形とTSで検測した点の3次元座標を比較し、標高の差を算出する。標高較差が表37に示す精度確認基準を満足していることを確認する。

表 37 精度確認基準

| 試験モード | 比較方法 | 精度確認基準 |
|--------------|-----------|----------------|
| テスト作業による精度確認 | TS計測値との較差 | 標高較差 ±100mm 以内 |

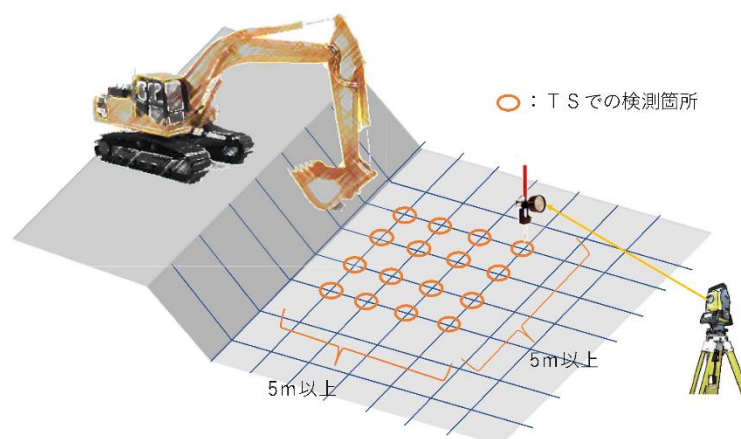


図 17 実際に掘削整形作業を行う方法の検測例

(イ) プリズムにより作業装置位置を計測する方法

現場内に、テスト作業で掘削・整形を行うことのできる適切な場所がない場合は、以下の方法により精度確認を行う。

施工に使用するICT建設機械を現場内に静置し、ICT建設機械が施工履歴データとして座標を記録する点に自動追尾式TSで追尾・計測可能な全周プリズムを設置する。ICT建設機械により平場の整形作業を模した動作を行い、動作中の施工履歴データを記録するとともに、全周プリズムの3次元座標をTSにより追尾・計測する。整形作業を模した動作を行う平面範囲は5m×5m以上とし、TSにより計測する点数は16点以上とする。

動作中に記録した施工履歴データとTSにより実測した3次元座標を比較し、標高の差の平均値を算出する。標高較差が表36に示す精度確認基準を満足していることを確認する。

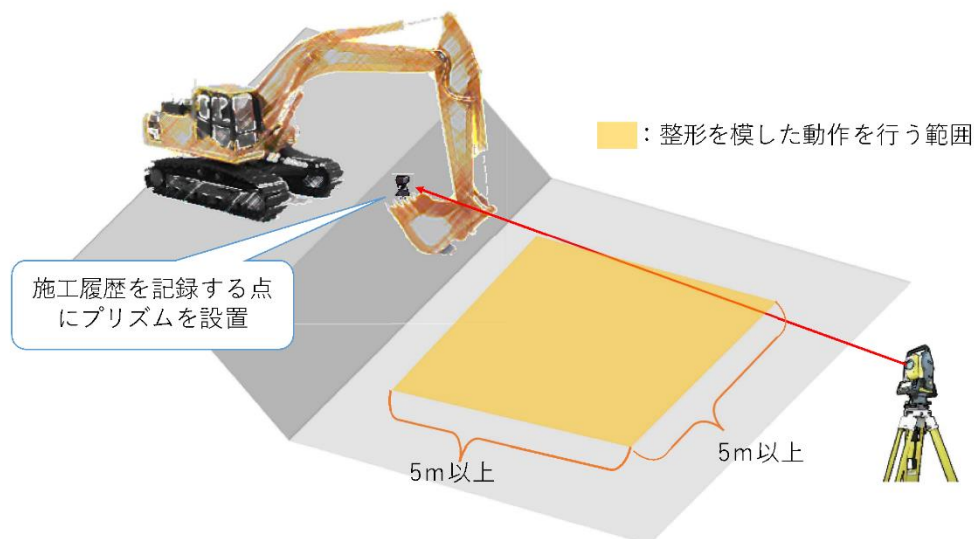


図 18 プリズムにて作業装置位置を計測する方法の検測例

イ 日々の精度確認

施工履歴データを出来形計測に利用する場合は、**様式-11**「施工履歴データの精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」の2 実施方法 2) 施工期間中の日々の精度確認及び以下に従い、作業日1日ごとに、始業前に精度確認試験を実施する。結果については、監督職員の求めに応じて提出できるよう保管する。

【暗渠排水工の場合】

バケット位置の精度評価方法は、マシンガイダンス技術から提供されるバケット刃先座標と、既知点又はTSにより計測した座標との較差を算出し、水平・標高較差が表38に示す精度確認基準を満足していることをもって、所要の性能を確保していると判断する。

なお、本精度確認試験は、施工範囲内とは別に設けた陸上の任意の箇所を実施すればよく、姿勢の確認のみでよい。バケット位置精度の標準的な確認方法を図19に示す。

表 38 精度確認基準

| 試験モード | 比較方法 | 精度確認基準 |
|-----------|-------------------------|---------------------|
| 静止状態の精度確認 | 既知点又はTS計測値との 水平・標高較差 | 水平・標高較差 ±50mm 以内 |

●：既知点、TS計測点

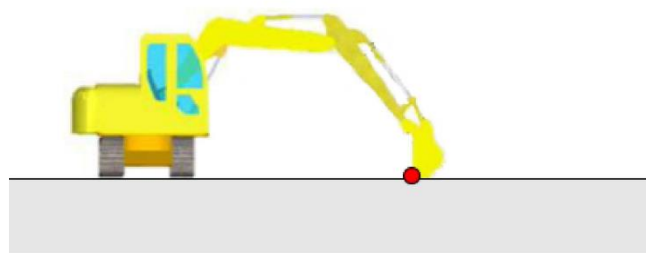


図 19 バケット位置精度の標準的な確認方法

ウ 計測密度

出来形管理に用いる施工履歴データに必要となる計測密度は、1点/m²以上とする。

【暗渠排水工の場合】

エ 開発中の機種

開発中の機種の精度確認については、監督職員との協議によりバックホウに準拠できるものとする。実証の際にテスト作業で整形する範囲は5 m以上とし、TSでの検測はテスト範囲内において6点以上とする。

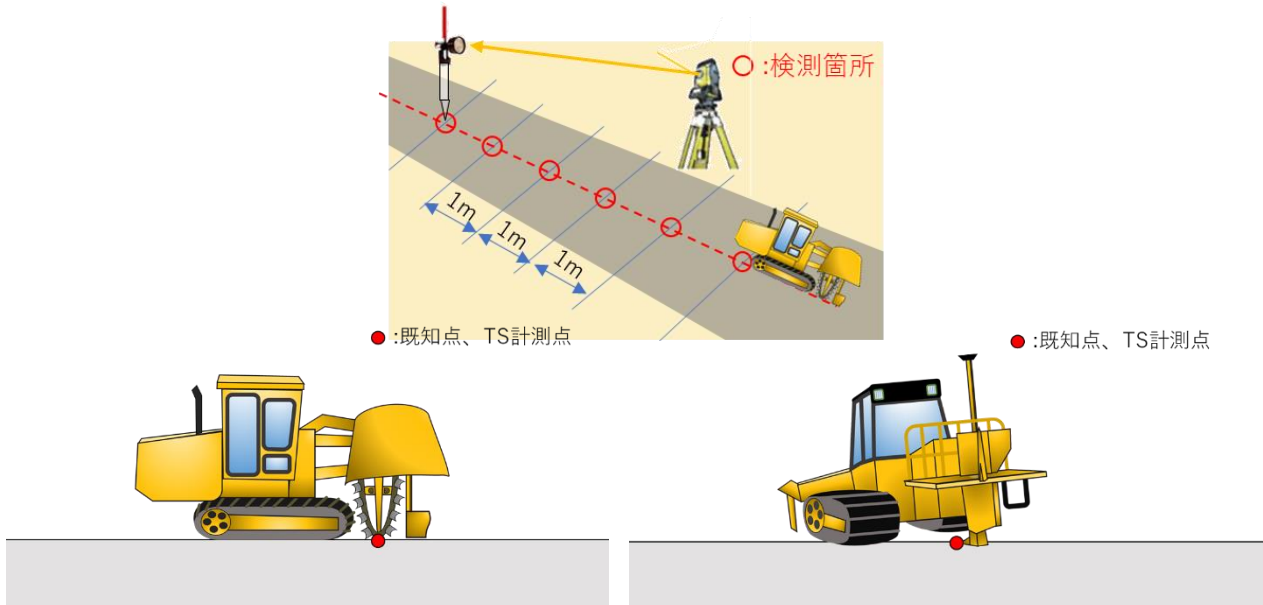


図 20 検測、静止状態での掘削チェーン、開削刃位置精度の確認方法の例

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 工事基準点の設置及び計測

精度確認用の検証点を設置する。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、検証点は施工履歴データによる出来形計測中に動かないように固定し、TS等光波方式により計測した座標値を利用する。

イ 出来形計測箇所

出来形計測範囲は、日当たりの施工範囲について3点以上の出来形確認を行い、規格値を満足していることをTS等光波方式による計測により確認する。日々の施工完了後に計測を行うことを基本とするが、GNSS衛星の測位状況が悪化しないことが予測されている場合や、数日の施工・計測により良好な精度が得られている場合は、数日分の計測をまとめて1回で実施してもよい。なお、計測点は計測員が安全に立ち入ることができる範囲内で、1日の施工範囲に対して偏りなく配置すること。

ウ 計測点群データの作成

取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出し、点群データ処理ソフトウェアを用いて点群データから出来形部分と関係のない不要点等を除去して3次元の計測点群データを作成する。

エ 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。

【土工・ほ場整備工・小規模土工の場合】

(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

I C T建設機械の小移動や旋回、作業装置等の上げ下げ等で記録された不要な点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）

出来形評価用データとしては1 m²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。）

施工履歴データから出来形評価用データを抽出するフィルタリング方法（最終履歴抽出、最下点抽出等）については任意とするが、施工実施前に、施工計画書にフィルタリング方法を記載すること。

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、内挿し格子状に加工することにより、1 m²当たり1点程度のデータとすることができる。

(イ) 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。

オ 精度確認

イで作成した計測点群データ上で、検証点の座標と、ア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。

【暗渠排水工の場合】

(ア) 出来形評価の対象は、管理ブロックを設定した区間で、設計データの中心線から両側に50cm（全幅1 m）の範囲内にある計測点群データを評価データの範囲として、不要な点の計測データを削除する。この際、出来形計測点群データをグリッドにより取得する場合は、10cmに1点のデータ取得を基本とする。なお、グリッドがバケット幅より大きい場合は利用できないことに留意する。

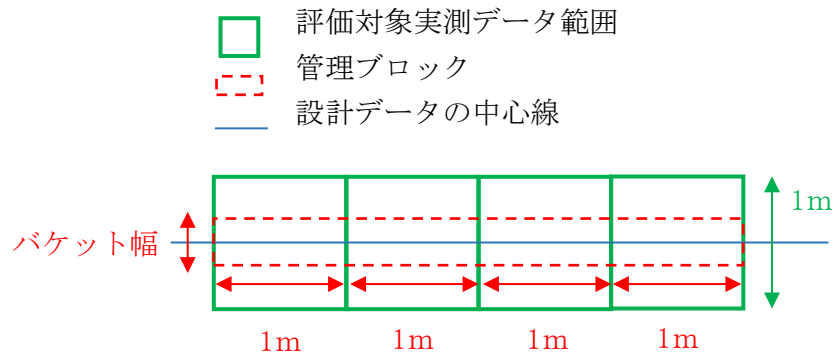


図 21 出来形評価対象実測データの範囲

(イ) 暗渠排水工においては、出来形のT I Nファイルは必須ではない。必要に応じて、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。

【地盤改良工（路床安定処理工等、固結工（中層混合処理））の場合】

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

施工履歴データ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 ICT地盤改良機械

建設機械本体や施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録するための装置で構成される。施工履歴データは、車載PCから記録媒体（USBメモリー等）にコピーするなどして使用する。適用機種は表39のとおりである。別紙-8「ICT地盤改良機の機能、要件及び設定」の機能を有していなければならない。

表39 適用機種

| 工種 | 適用できる ICT建設機械 | 施工履歴データを 記録する箇所 | 施工履歴データを 記録する作業 |
|--------------------|---|--------------------|--------------------|
| 路床安定処理工 表層安定処理工 | 3DMC、3DMG建設 機械 (ベースマシン：バック ホウ) | 攪拌装置 | 改良材攪拌作業 |
| 固結工（中層混 合処理） | 3DMG地盤改良機 (ベースマシン：バック ホウ) | | |

イ 地盤改良設計データ作成ソフトウェア

地盤改良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地盤改良の設計形状を示す地盤改良設計データを作成・出力するソフトウェアである。

ここでいう地盤改良設計データは、設計図書に示されている地盤改良を行う施工範囲（幅・奥行き・深さ）と、これを幅及び奥行き方向の平面上では格子状（長方形、正方形等）に、深さ方向には一定長さごとの分割した管理ブロックの形状を表すデータである。別紙-9「地盤改良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。

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、地盤改良設計データと施工中に記録した施工履歴データを用いて、地盤改良を行う範囲が所定の攪拌回数及び改良材注入量によりもれなく施工されていることを確認し、これを出来形管理資料として出力するソフトウェアである。別紙-10「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件（地盤改良工）」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

施工履歴データ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ICT建設機械本体の性能について、監督職員に提出すること。

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の x, y 座標と施工基面からの深さ H の場合）】

水平 (x, y) : 各±100mm 以内

深さ (H) : ±100mm 以内

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の x, y, z 座標の場合）】

水平 (x, y) : 各±100mm 以内

標高 (z) : ±100mm 以内

(カタログ記載に加え、様式-11-3「施工履歴データの精度確認試験実施手順書(地盤改良工(表層安定処理等、固結工(中層混合処理)))」による精度確認試験を行うこと。)

(3) 精度確認

I C T 建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、着工前に現場の平坦な場所において精度確認試験を実施することとする。攪拌装置にトレンチャ式又はロータリー式を用いる場合は、様式-11-3「施工履歴データの精度確認試験実施手順書(地盤改良工(表層安定処理等、固結工(中層混合処理)))」に従い、本ガイドラインによる出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果を様式-11-4「施工履歴データの精度確認試験結果報告書(地盤改良工(表層安定処理等、固結工(中層混合処理)))」を用いて提出する。攪拌装置にバケット式を用いる場合は、様式-11-1「施工履歴データの精度確認試験実施手順書」に従い、本ガイドラインによる出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果を様式-11-2「施工履歴データの精度確認試験結果報告書」を用いて提出する。

なお、I C T 建設機械の作業装置位置の測定精度は、以下の要因により変化する。

- ① R T K - G N S S の位置精度
- ② R T K - G N S S 及び角度センサー位置間の寸法計測誤差
- ③ 角度センサーによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差
- ⑤ 機械の劣化（刃先の摩耗を含む）

上記の要因等により所要の精度が得られなかった場合は、出来形管理に本ガイドラインを適用せず、従来どおりの管理を行うこととする。

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア I C T 地盤改良機械の設定

当該現場の条件に応じた I C T 地盤改良機械の設定を行い、R T K - G N S S 等により取得した攪拌装置の位置をもとに地盤改良を正しく行うため、以下の項目について設定を行う。

(ア) 施工範囲の設定

I C T 地盤改良機械に地盤改良設計データを入力し、施工範囲が車載モニターに正しく平面図表示されていることを確認する。

(イ) 管理ブロックごとの管理値の設定

所要の攪拌回数及び改良材注入量は、従来と同様に受注者の提案する管理値を監督職員の承諾のもと設定する。

(ウ) 攪拌装置の幅・奥行き・深さの設定

攪拌幅・奥行き・深さは、使用する攪拌装置の、実際に攪拌翼が通過する範囲の幅・奥行き・深さのことである。トレンチャ式の場合は、トレンチャの刃が通過する領域の幅・奥行き・深さが、ロータリー式を使用する場合は、攪拌翼の幅・奥行き（回転直径）・深さ（回転直径）が、幅・奥行き・深さになる。実際に使用する攪拌装置の幅・奥行き・深さを実測し、システムに入力する。

イ 施工管理データ計測器のキャリブレーションの実施

施工管理データ（管理ブロックごとの攪拌回数及び改良材注入量）の計測器のキャリブレーションを行い、精度を担保する。キャリブレーション実施方法は、受注者、工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を監督職員の承諾を得た上で採用する。

ウ G N S S等の設置

I C T地盤改良機械を構成する機器にR T K-G N S Sを含む場合には、施工着手までにR T K-G N S S基準局を設置する必要がある。ネットワーク型R T K-G N S Sを用いる場合は、この作業は不要である。

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置 (x, y) については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向については施工基面からの深度 (H) 又は標高 (z) のいずれかを記録することとする。

【地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））の場合】

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

施工履歴データ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 ICT地盤改良機械

建設機械本体や施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録するための装置で構成される。施工履歴データは、車載PCから記録媒体（USBメモリー等）にコピーするなどして使用する。適用機種は表40のとおりである。別紙－8「ICT地盤改良機の機能、要件及び設定」の機能を有していなければならない。

表40 適用機種

| 工種 | 適用できる ICT建設機械 | 施工履歴データを 記録する箇所 | 施工履歴データを 記録する作業 |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 固結工（スラリー攪拌工） | ・3DMG地盤改良機 | 攪拌装置 | 改良材攪拌作業 |

イ 地盤改良設計データ作成ソフトウェア

地盤改良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地盤改良の設計形状を示す地盤改良設計データを作成・出力するソフトウェアである。

ここでいう地盤改良設計データは、設計図書等に基づき、改良体番号・杭芯位置(x, y)（攪拌装置が多軸の場合は複数）・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度・杭径D・施工基面の標高を入力したものである。

別紙－9「地盤改良設計データ作成ソフトウェアの機能と要件(固結工(スラリー攪拌工))」の機能を有していなければならない。

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、地盤改良設計データと施工中に記録した施工履歴データを用いて、地盤改良を行う範囲における攪拌回数及び改良材吐出量について、もれなく施工されていることを確認し、これを出来形管理資料として出力するソフトウェアである。別紙－10「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件(地盤改良工)」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

施工履歴データ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ICT建設機械本体の性能について、監督職員に提出すること。

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の回転軸中心の平面位置（x, y）と標高（z）の場合）】
水平（x, y）：各±100mm以内

標高 (z) : ±50mm 以内

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の回転軸中心の平面位置 (x, y) と施工基面からの深さHの場合）】

水平 (x, y) : 各±100mm 以内

深さ (H) : ±50mm 以内

(カタログ記載に加え、**様式-11-5**「施工履歴データの精度確認試験実施手順書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」による精度確認試験を行うこと。)

(3) 精度確認

I C T建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、着工前に現場の平坦な場所において精度確認試験を実施することとする。**様式-11-5**「施工履歴データの精度確認試験実施手順書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」に従い、本ガイドラインによる出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果を**様式-11-6**「施工履歴データの精度確認試験結果報告書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」を用いて提出する。

なお、I C T建設機械の作業装置位置の測定精度は、以下の要因により変化する。

- ① R T K - G N S S の位置精度（R T K - G N S S を測位に使用する場合）
- ② T S 等光波方式の器械設置・計測誤差（T S 等光波方式を測位に使用する場合）
- ③ ソフト処理上の丸め誤差
- ④ 機械の劣化（刃先の摩耗を含む）

上記の要因等により所要の精度が得られなかった場合は、出来形管理に本ガイドラインを適用せず、従来どおりの管理を行うこととする。

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア I C T地盤改良機械の設定

当該現場の条件に応じた I C T地盤改良機械の設定を行い、R T K - G N S S 等により取得した攪拌装置の位置をもとに地盤改良を正しく行うため、以下の項目について設定を行う。

(ア) 施工箇所の設定

I C T地盤改良機械に地盤改良設計データを入力し、改良体の配置と改良体番号が車載モニターに正しく平面図表示されていることを確認するとともに、改良体番号で指定した任意の改良体が、平面図上の正しい位置に表示されることを確認する。

(イ) 施工管理値の設定

所要の攪拌回数及び改良材吐出量は、受注者の提案する管理値を監督職員の承諾のもと設定する。

(ウ) 攪拌装置の径の設定

使用する攪拌装置の径を実測し、I C T地盤改良機械に入力する。

イ 攪拌装置位置データ計測器のキャリブレーションの実施

施工着手までに攪拌装置位置データの計測器のキャリブレーションを行い、精度を担保する。キャリブレーション実施方法は、受注者、工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を監督職員の承諾を得た上で採用する。

ウ G N S S等の設置

I C T地盤改良機械を構成する機器にR T K-G N S Sを含む場合には、施工着手までにR T K-G N S S基準局を設置する必要がある。ネットワーク型R T K-G N S Sを用いる場合は、この作業は不要である。

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置 (x, y) については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向については施工基面からの深度 (H) 又は標高 (z) のいずれかを記録することとする。

エ 地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション

第3 1 (3) により事前に1 m程度の長さで深度計キャリブレーションを実施し、実測値と計器値を校正しているが、攪拌装置の貫入が深くなると実測値と計器値の誤差が生じる可能性があるため、改めて地中貫入をおこない実測値と計器値を合わせる必要がある。そこで、I C T地盤改良機械が計測し、車載モニターに表示するとともに、出来形管理資料作成のために記録する攪拌装置の深さ計測値と、残尺計測による深さ計測値との差が±100mm 以内となるように、深度計のキャリブレーションを行う。地中貫入を行ってのキャリブレーションは、現場ごとに1回、試験杭又は初めに施工する改良体の施工において実施する。キャリブレーション完了後、I C T地盤改良機械が計測する深度と残尺計測による深度の確認結果を様式-11-7「地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション結果報告書」に記載し提出する。

1.7 モバイル端末出来形管理技術(断面管理)

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

モバイル端末等を用いた計測技術は、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 TIN 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。**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 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。

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**「モバイル端末等を用いた計測技術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。)

(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、以下の検証点による精度確認実施手順に即して精度確認試験を行い、**様式-13**「モバイル端末等を用いた計測技術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。なお、検証点による精度確認以外の手法を用いる場合も、**様式-13**「モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験結果報告書」によること。

ア 実施時期

現場の計測ごとに精度確認を実施する。

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置及び計測

現場における点群計測の精度を確認するために、計測対象範囲に検証点を設置する。検証点は3次元座標が既知の点上に設置するか、設置後TS等光波方式で3次元座標を計測する。検証点の配置は、計測範囲内の任意の箇所にも2箇所以上設置する。

(イ) 計測結果の評価

検証点の3次元座標と、モバイル端末で計測した3次元座標の計測結果を比較し、その差が表41に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 41 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。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。

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、管理断面上の出来形計測点誤差が及ぼす長さ誤差を考慮しているためである。

【土工・小規模土工の場合】

上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図2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。

【ため池改修工の場合】

上記の出来形計測対象点は「1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）（4）イ」の図7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（刃金土）の幅は、盛土高1mごとに計測する。

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。

18 モバイル端末出来形管理技術（面管理）

【小規模土工の場合】

（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た計測技術は、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TIN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。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

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。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」に示す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

出来形帳票作成ソフトウェアは、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。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

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「モバイル端末等を用いた計測技術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。）

(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、以下の検証点による精度確認実施手順に即して精度確認試験を行い、様式-13「モバイル端末等を用いた計測技術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。なお、検証点による精度確認以外の手法を用いる場合も、様式-13「モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験結果報告書」によること。

ア 実施時期

現場の計測ごとに精度確認を実施する。

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置及び計測

現場における点群計測の精度を確認するために、計測対象範囲に検証点を設置する。

検証点は3次元座標が既知の点上に設置するか、設置後TS等光波方式で3次元座標を計測する。検証点の配置は、計測範囲内の任意の箇所に2箇所以上設置する。

(イ) 計測結果の評価

検証点の3次元座標と、モバイル端末で計測した3次元座標の計測結果を比較し、その差が表42に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 42 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。

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0.01m²(10cm×10cmメッシュ)に1点以上の出来形座標値を取得するが、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±50mm以内に存在する計測点は評価から外してもよい。

3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩及び法尻、変化点、現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など出来形管理基準によらない場合は、監督職員と協議の上、対象外とできる。

また、法面の小段部に設置される側溝工等の構造物により、土工面が露出していない場合においては、小段部の出来形管理は小段部に設置される工種の出来形管理基準によることができ、小段自体の出来形管理は省略してもよい。このとき、小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

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）

出来形計測データについては、 0.01m^2 （10cm×10cmメッシュ）当たり1点以上、出来形評価用データとしては 1m^2 （100cm×100cmメッシュ）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、出来形評価メッシュ当たり1点程度のデータとすることができる。

(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。

(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

出来形管理資料の作成は、本ガイドライン（出来形管理編）第1章から11章の第4を参照する。

第5 撮影記録による出来形管理

撮影記録による出来形管理は、本ガイドライン（出来形管理編）第1章から11章の第5を参照する。

第1章 土工

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1-1のとおりとする。

表1-1 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 |
|---|---|---------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・TS等光波方式 ・RTK-GNSS | ・掘削 | 基準高、幅、法長、施工延長 | 1件の工事における扱い土量の合計が1,000m ³ 以上 |
| | ・盛土 | 基準高、幅、法長、施工延長 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・栗石基礎 ・砕石基礎 ・砂基礎 ・均しコンクリート | 幅、厚さ、施工延長 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・管体基礎工(砂基礎等) | 幅、高さ | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・モバイル端末 | ・掘削 | 基準高、幅、法長、施工延長 | |
| | ・盛土 | 基準高、幅、法長、施工延長 | |

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 |
|---|-----|-------------------------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・TS等光波方式 ・TS(ノンプリズム方式) ・UAV空中写真測量 ・TLS ・UAVレーザー ・地上移動体搭載型LS ・RTK-GNSS ・施工履歴データ | ・掘削 | 基準高・幅・法長・施工延長に代えて、水平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 |
| | ・盛土 | 基準高・幅・法長・施工延長に代えて、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に定められたものとする。

2 面管理の場合

測定項目、規格値及び測定基準は表1-2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。

表1-2 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 | |
| 掘削 | 平場 | 標高較差 | ±100 | ±150 | 出来形計測密度は 1点/m ² (平面投影面積当たり)以上 |
| | 法面 (小段含む) | 水平較差 又は 標高較差 | ±70 | ±160 | |
| 盛土 | 天端 | 標高較差 | ±100 | ±150 | |
| | 法面 (小段含む) | 標高較差 | ±80 | ±190 | |

(1) 出来形測定箇所及び測定項目

図1-1に示すとおり、出来形測定箇所及び測定項目は、現行の土木工事施工管理基準とは異なり、平場面、天端面及び法面(小段含む)の全面における設計面との標高較差又は水平較差とする。掘削の法面の場合、勾配が1割より緩い場合は標高較差で管理するのが望ましい。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。

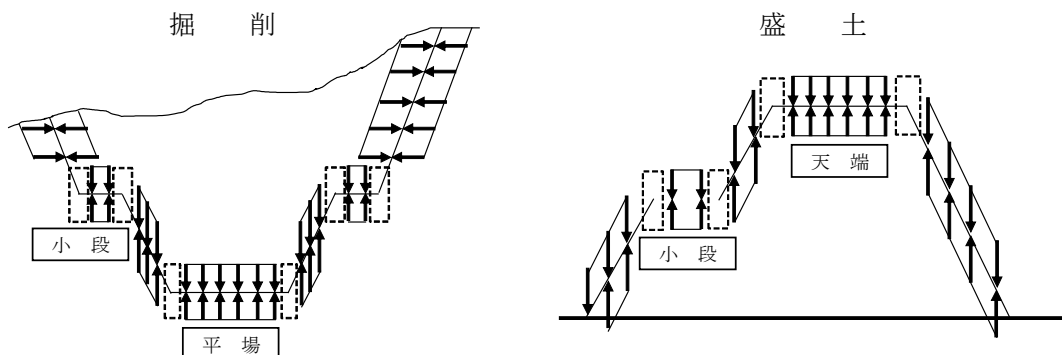


図1-1 出来形測定箇所

(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、3次元設計データの設計面と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、平場面、天端面及び法面（小段を含む）の全面において規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

イ 水平較差の測定値を算出する方法

水平較差は、3次元設計データの設計面と出来形評価用データの各ポイントとの水平方向の離れを用い、「平均値」及び「個々の計測値」の最大値及び最小値を算出し、法面（小段を含む）の全面において規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から標高方向に±50mm以内に存在する計測点は、水平較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

(3) 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、計測精度として±50mm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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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面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ワー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1-3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（平場、天端及び法面（小段含む。））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1-3 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1-4のとおり行うものとする。

表1-4 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| 掘削 | 1回／1工事 ^{※1} | 掘削幅、掘削深さ、法長、法勾配 |
| | 1か所／施工延長おおむね50～100m 上記未満は2か所 | 排水側溝、その他必要箇所 |
| 盛土 | 1回／1工事 ^{※1} | 盛土幅、法長、法勾配 |
| | 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、法面(芝)、排水側溝、その他必要箇所 |
| 栗石基礎 碎石基礎 砂基礎 均しコンクリート | 1回／1工事 ^{※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 | 転圧、粒径、その他必要箇所 |
| コンクリートブロック積み コンクリートブロック張り 石積(張)工 コンクリート側溝工 コンクリート管渠工 | 1か所／施工延長おおむね40～80m 上記未満は2か所 | 床掘、基礎関係、その他必要箇所 |
| 管体基礎工(砂基礎等) | 1回／1工事 ^{※1} | 基礎の厚さ、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、締固め状況等 |

※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) 撮影方法

表1-5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 1-5 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 R T K-G N S S | <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事名 ・ 工種等 ・ T S 又は R T K-G N S S 基準局の設置位置 (ネットワーク型 R T K-G N S S の場合はその旨を記載する。) ・ 出来形測定点 (測点、箇所) | — |
| モバイル端末 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 |

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 1-6 のとおり行うものとする。

表 1-6 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|----|---------------------------------------|-------------------------------|
| 掘削 | 1 回 / 計測ごと | 掘削幅、掘削深さ、法長、法勾配 |
| | 1 か所 / 施工延長おおむね 50~100m 上記未満は 2 か所 | 排水側溝、その他必要箇所 |
| 盛土 | 1 回 / 計測ごと | 盛土幅、法長、法勾配 |
| | 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、法面 (芝)、排水側溝、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表 1-7 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る。

なお、U A V 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黑板は不要である。

表 1-7 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 T S (ノンプリズム方式) T L S 地上移動体搭載型 L S | <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形管理機器設置位置 | — |

| | | |
|---------------------|--------------------------------|--|
| RTK-GNSS 施工履歴データ | ・出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点） | |
| UAVレーザー | ・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。 UAVレーザーによる計測状況が分かるように撮影する。 |

第2章 ほ場整備工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

ほ場整備工における出来形管理技術の適用範囲は表2-1のとおりとする。

表2-1 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 |
|---|-----------|---------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・TS等光波方式 ・RTK-GNSS | 基盤造成、表土整地 | 基準高 | 1件の工事における 施工面積が1.0ha以上 |

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 |
|---|-----------|---------------------------------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・TS等光波方式 ・TS(ノンプリズム方式) ・UAV空中写真測量 ・TLS ・UAVレーザー ・地上移動体搭載型LS ・RTK-GNSS ・施工履歴データ | 基盤造成、表土整地 | 基準高に代えて、標高較差を管理(他の管理項目は従来手法による) | 1件の工事における 施工面積が1.0ha以上 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・UAV空中写真測量 | 畦畔復旧 | 幅及び高さに代えて、標高較差を管理 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・TLS | 道路工(砂利道) | 幅、厚さ及び施工延長に代えて、厚さを管理 | |

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に定められたものとする。

2 面管理の場合

測定項目、規格値及び測定基準は表2-2のとおりとする。

なお、ほ場整備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2-2 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 | |
| 基盤造成、 表土整地 | 平場 | 標高較差 | ±50 | ±150 | 出来形計測密度は 1点/m ² (平面投影面積当たり)以上 |
| 畦畔復旧 | 天端 | 標高較差 | ±50 | ±150 | |
| 道路工(砂利道) | 砂利舗装 (砂利、碎石等) | 厚さ | +50 -15 | -90 | |

※ 道路工(砂利道)について、幅及び施工延長の管理を行う場合は、「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ものとする。

(1) 出来形測定箇所

ア 基盤造成及び表土整地に係る出来形測定箇所

基盤造成及び表土整地の基準高に係る出来形測定箇所は、ほ場面全面の標高較差とする。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。

なお、施工履歴データの場合は、日当たりの施工範囲について、3点以上の点で設計面との標高較差を算出する。計測は日々の施工完了後に実施することを基本とするが、GNSS衛星の測位状況が悪化しないことが予測されている場合や、数日の施工・計測により良好な精度が得られている場合は、数日分の計測をまとめて1回で実施してもよい。なお、計測点は、計測員が安全に立ち入ることができる範囲内で、1日の施工範囲に対して偏りなく配置することとする。

イ 畦畔復旧に係る出来形計測箇所

畦畔復旧に係る出来形計測箇所は、天端面全面の標高較差とする。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。

ウ 道路工に係る出来形計測箇所

道路工に係る出来形計測箇所は、平場面、天端面及び法面(小段を含む。)の全面とし、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。計測点群を利用して幅を管理する場合は、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、3次元設計データの設計面と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、基盤造成及び表土整地にあつてはほ場面の全面において、畦畔復旧にあつては天端面の全面において、規格値との比較・判定を行う。

なお、ほ場周縁から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

畦畔復旧の標高較差の算出に当たって、畦畔と耕作道路との擦り付け部については、最大3m程度の区間を標高較差の評価から除くことができる。

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 幅の測定値を算出する方法

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。また、施工延長についても、計測点群を利用して管理してよいものとする。

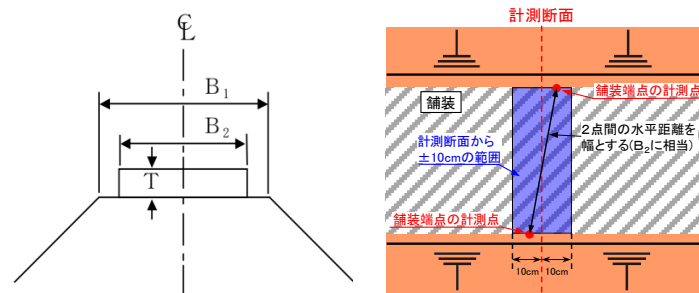


図2-1 出来形測定箇所標準図（左：横断面、右：平面図）

(3) 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、標高較差にあつては計測精度として±50mm、厚さにあつては計測精度として20mm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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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面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ワー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2-3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、ほ場ごと又は出来形確認箇所（平場、天端及び法面（小段含む。））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2-3 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2-4のとおり行うものとする。

表2-4 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|-----------|-----------------------|-----------|
| 基盤造成、表土整地 | 1回/工事ごと ^{※1} | 基盤面、表土埋戻後 |

※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) 撮影方法

表2-5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2-5 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 RTK-GNSS | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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） | — |

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2-6のとおり行うものとする。

表2-6 撮影記録による出来形管理撮影方法

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|-----------|---------------------------------------|------------------------|
| 基盤造成、表土整地 | 1回/工事ごと | 基盤面、表土埋戻後 |
| 畦畔復旧 | 1か所/施工延長おおむね200m~400m 上記未満は2か所 | 幅、高さ、その他必要箇所 |
| 道路工（砂利道） | 1回/工事ごと | 各層施工後 |
| | 幹線道路は1か所/50~100m 支線道路は1か所/200~400m | まき出し厚さ、転圧、厚さ、幅、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表2-7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。

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2-7 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） TLS 地上移動体搭載型LS RTK-GNSS 施工履歴データ | <ul style="list-style-type: none">・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 | <ul style="list-style-type: none">・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。UAVレーザーによる計測状況が分かるように撮影する。 |

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 ・地上移動体搭載型LS | 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件の工事における施工面積が3,000m ² 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。

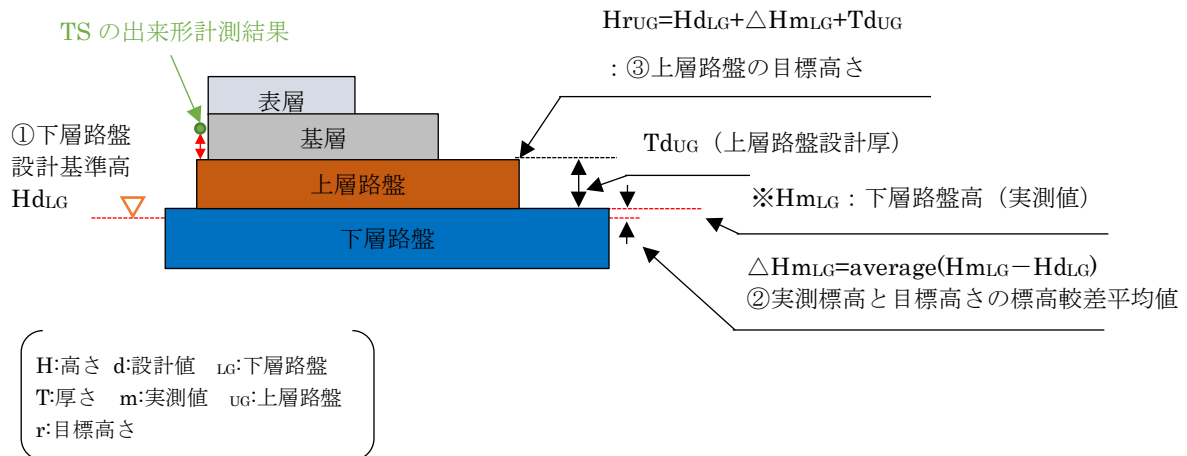


図3-1 上層路盤の目標高さ

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 | -3 | -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及び地上移動体搭載型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及び地上移動体搭載型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3-2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3-2の③）を加えて定めた計測対象面の高さである。

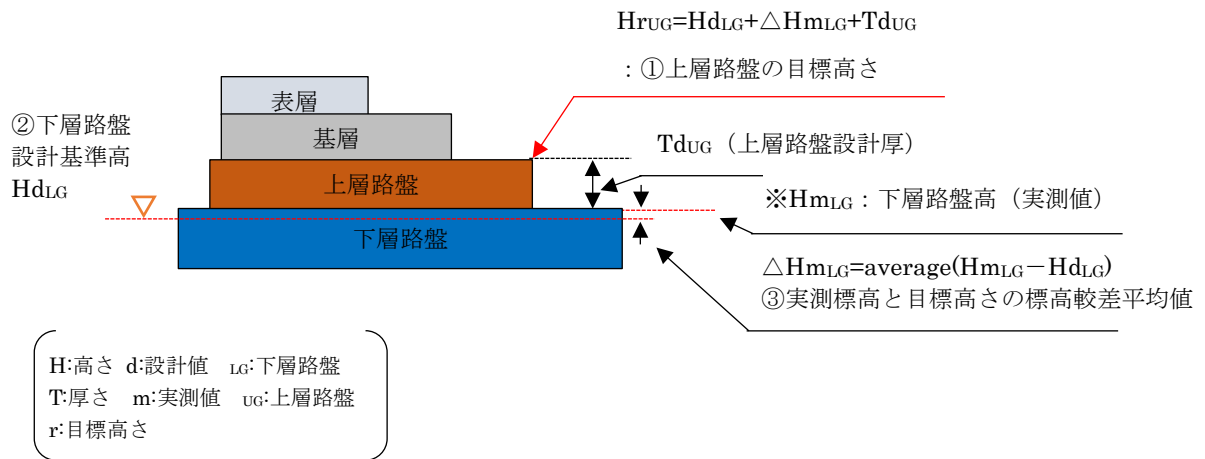


図3-2 目標高さの設定 (例: アスファルト舗装)

(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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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面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ワー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3-3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3-3 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3-4のとおり行うものとする。

表3-4 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3-5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3-5 小黒板に記載する事項

| 出来形管理技術 | 記載事項 | 備考 |
|-----------|---|----|
| T S 等光波方式 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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3-6のとおり行うものとする。

表3-6 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 - 7 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 - 7 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 地上移動体搭載型 L S | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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

水路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

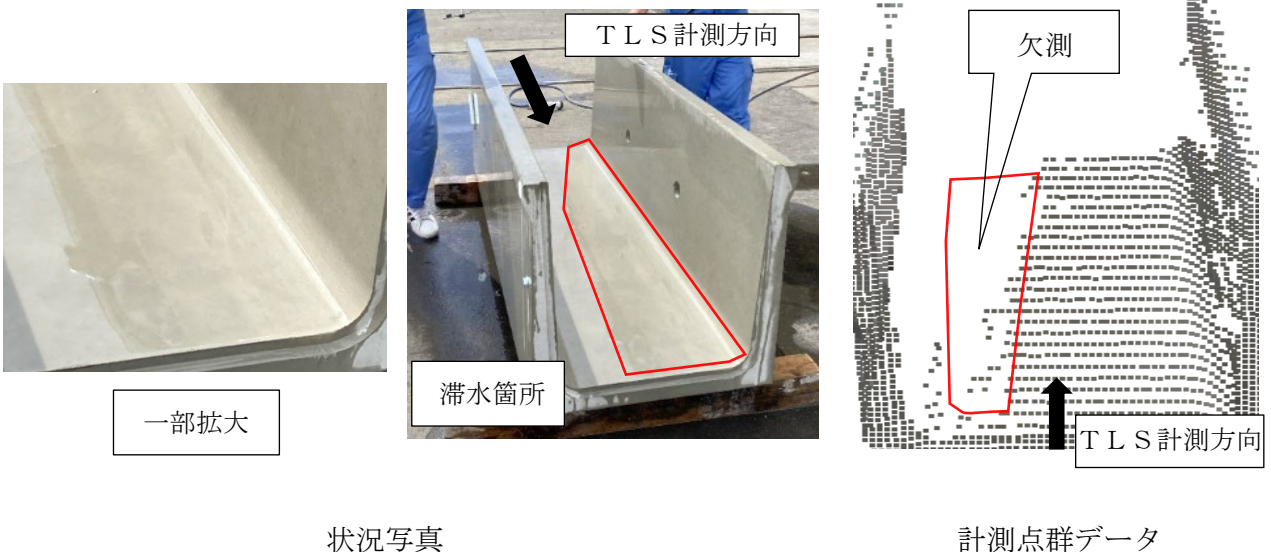
1 断面管理の場合

| 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。



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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3を参照する。

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。

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4-3のとおり行うものとする。

表4-3 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フォーム大型フリーフォーム | 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4-4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4-4 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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5章 暗渠排水工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

暗渠排水工における出来形管理技術の適用範囲は表5-1のとおりとする。

表5-1 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 |
|---|--|--|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・TS等光波方式 ・RTK-GNSS | <ul style="list-style-type: none"> ・吸水渠 ・集水渠 ・導水渠 | 布設深さ、間隔及び施工延長に代えて、布設標高較差、中心線のズレ及び水平方向延長を管理 | 施工延長の合計が1.1km以上 |

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 |
|--|--|--------------------------|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・施工履歴データ | <ul style="list-style-type: none"> ・吸水渠 ・集水渠 ・導水渠 | 布設深さ、間隔及び施工延長に代えて、掘削底面標高 | 施工延長の合計が1.1km以上 |

第2 出来形管理基準及び規格値

1 断面管理の場合

図5-1に示すとおり、計測した出来形計測点の3次元座標値と設計データの比較により出来形管理を行う。測定項目及び規格値は表5-2のとおりとする。

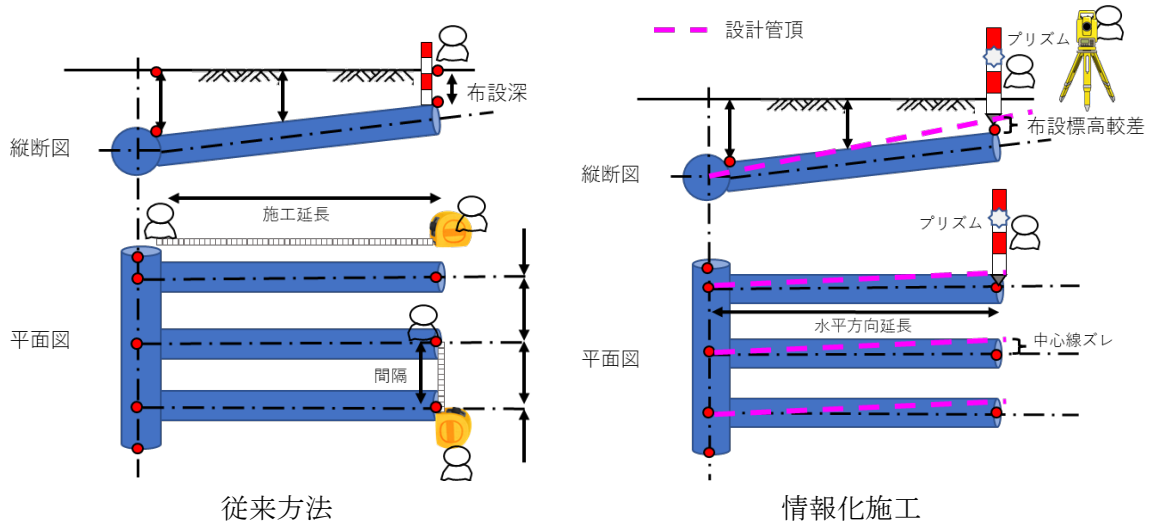
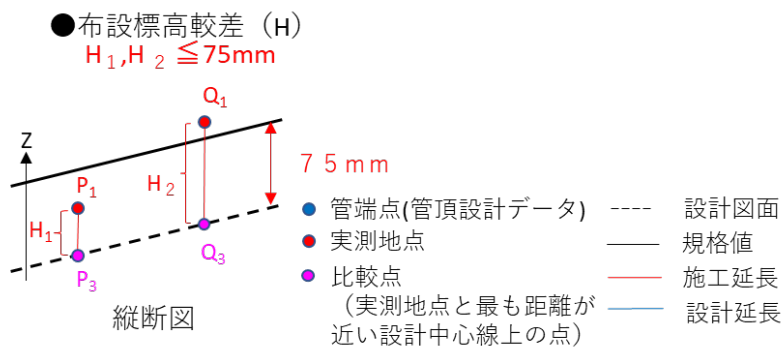


図5-1 従来方法と情報化施工の出来形管理の比較

表5-2 出来形管理基準

| 工種 | 出来形管理項目 | 規格値 (mm) | 測定箇所 |
|-------------------|------------|------------------------------|---------------------|
| 吸水渠 集水渠 導水渠 | 布設標高較差 (H) | +75mm | 図5-2に示す H1、H2を評価 |
| | 中心線のズレ (e) | +375mm | 図5-2に示す B1、B2を評価 |
| | 水平方向延長 (L) | -0.2% ただし、延長500m以下は-1,000 | 図5-2に示す L1を評価 |



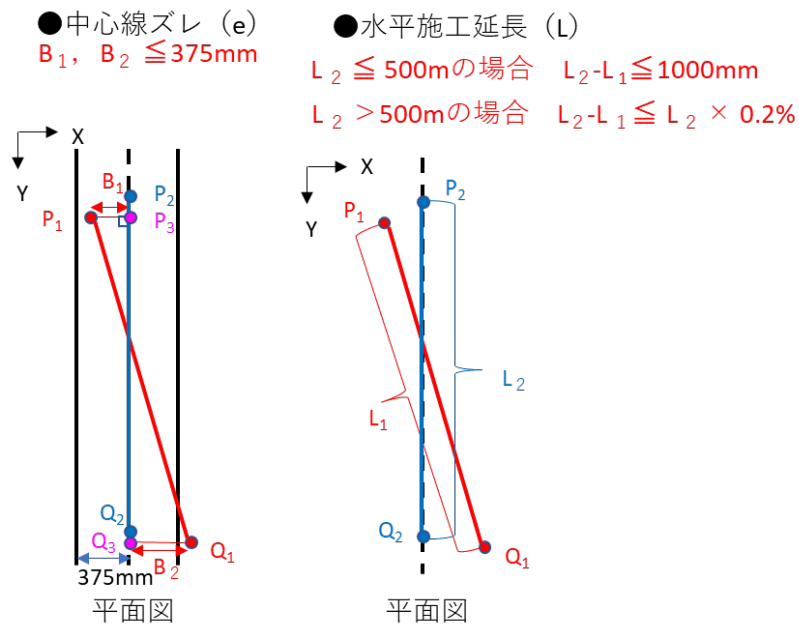


図 5-2 出来形評価イメージ

2 面管理の場合

測定項目及び規格値は表 5-3 のとおりとする。

管理ブロックとは、出来形評価を行うため、路線ごとに施工範囲を長方形の領域に分割したものであり、各管理ブロックには管理ブロック番号を付ける。設計データを延長方向 1 m ごとに長方形に区切り、1 m × バケット幅の管理ブロックに分割することを基本とする（上限値 450mm）。屈曲箇所等の端ブロックの延長が 50cm 未満となる場合は、当該端ブロックは管理ブロックとしないこととする。高低差があり、すりつけ区間を設ける必要がある場合に限り、監督職員と協議を行い、管理ブロックの設定を行わないことができる。ただし、品質に影響が出ないように十分に注意する必要がある。路線ごとの施工範囲の分割イメージ及びすりつけ区間の例を図 5-3 及び図 5-4 に示す。

表 5-3 出来形管理基準

| 工種 | 評価項目 | 規格値 (mm) | | 備考 |
|-------------------|-----------|----------|--------|----------------|
| | | 平均値 | 個々の規格値 | |
| 吸水渠 集水渠 導水渠 | 標高較差 | 75 | ±150 | ・管理ブロックごとに判断する |
| | 不良判定ブロック数 | 0 | | - |

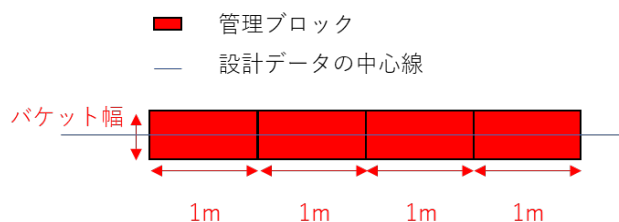


図 5-3 路線ごとの施工範囲の分割イメージ

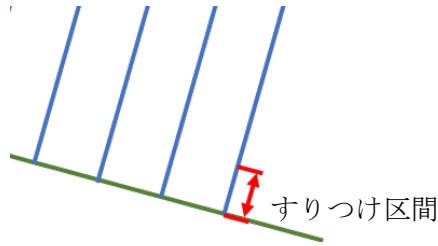


図5-4 すりつけ区間の例

(1) 出来形測定箇所

出来形測定箇所は、天端面（掘削の場合は平場面）及び法面（小段を含む。）の全面とし、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。

(2) 測定値の算出方法

標高較差は、3次元設計データの設計面と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、管理ブロックごとに規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

(3) 各管理ブロックの良否判定

各管理ブロックが以下のア及びイの両方を満たす場合、管理ブロックを「良」判定とし着色する。

ア 出来形評価用データから各管理ブロックの最下点を抽出し、これを各管理ブロックの最下実測点Pとする。この際の最下実測点Pの水平離隔が短辺を両側に170mm拡大した許容範囲内にある。なお、170mmの許容範囲を設けず、管理ブロック幅を170mm拡張する方法により判別しても差し支えないものとする。

なお、法肩及び法尻から標高方向に±50mm以内に存在する計測点は、水平較差の評価から除く。

● 各管理ブロックの最下実測点P

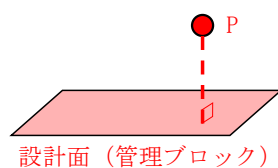


図5-5 各管理ブロックの最下実測点

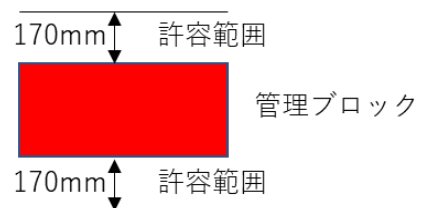


図5-6 水平離隔の良否基準イメージ

イ 各管理ブロックの標高較差が、表5-3の規格値を満たす。

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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面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。

(1) 記載項目

ほ場番号、管径、路線番号、点番号、設計点位置 (X (m)、Y (m))、実測点位置 (X (m)、Y (m))、布設標高較差、中心線のズレ、水平方向延長等を記載する。

(2) 出来形管理図

出来形計測位置図と、布設標高較差、中心線のズレ及び水平方向延長について、グラフ等を作成する。作成例を図5-7に示す。

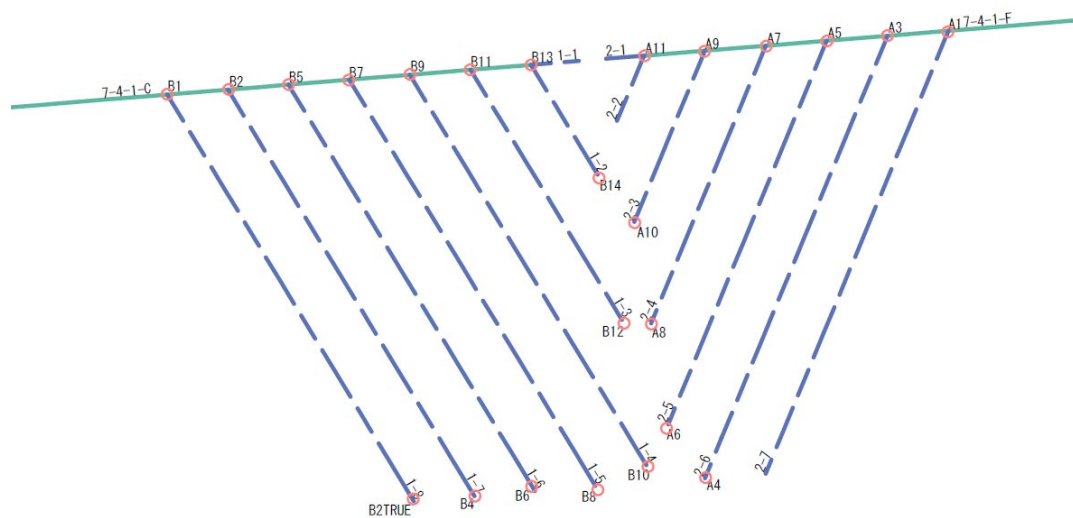
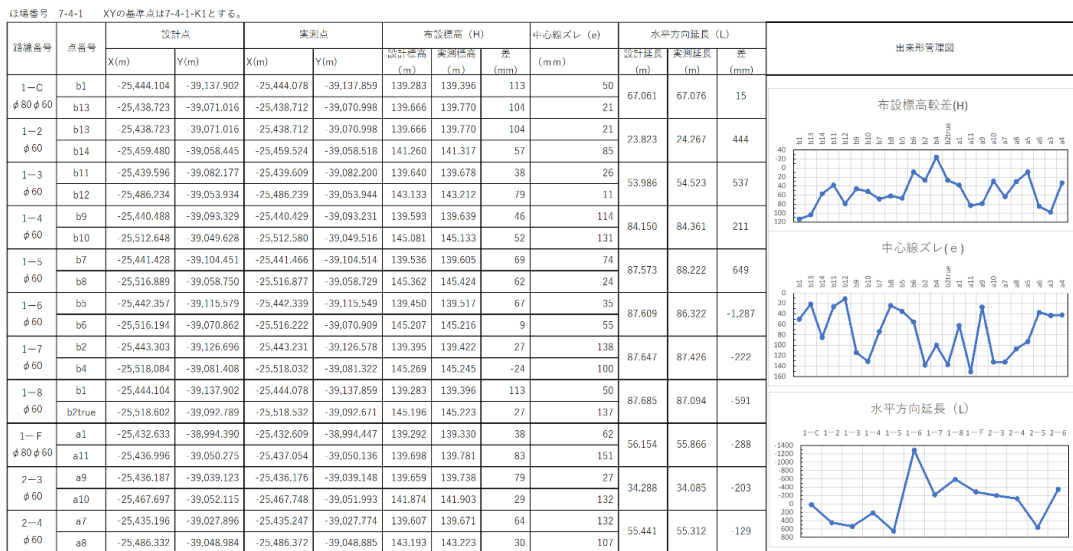


図5-7 出来形帳票作成例

(上：出来形帳票、下：出来形計測位置図)

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）、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ワー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5-4に示す項目を表形式で整理すること。

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5-4 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 |
|---|
| ほ場番号 |
| 管径 |
| 路線番号 |
| 計測点番号 |
| 「各管理ブロックの標高較差」の平均 (算出結果、規格値(当該部位における平均値規格値)及び良否評価結果) |
| 「各管理ブロックの標高較差」の最大値 (算出結果、規格値(当該部位における任意箇所規格値)及び良否評価結果) |
| 「各管理ブロックの標高較差」の最小値 (算出結果、規格値(当該部位における任意箇所規格値)及び良否評価結果) |
| 全体管理ブロック数 |
| 判定不良ブロック数 |
| 判定不良ブロック番号 |

ほ場番号7-4-1 XYの基準点はX:-25,424.116 Y:-38,923.187とする。

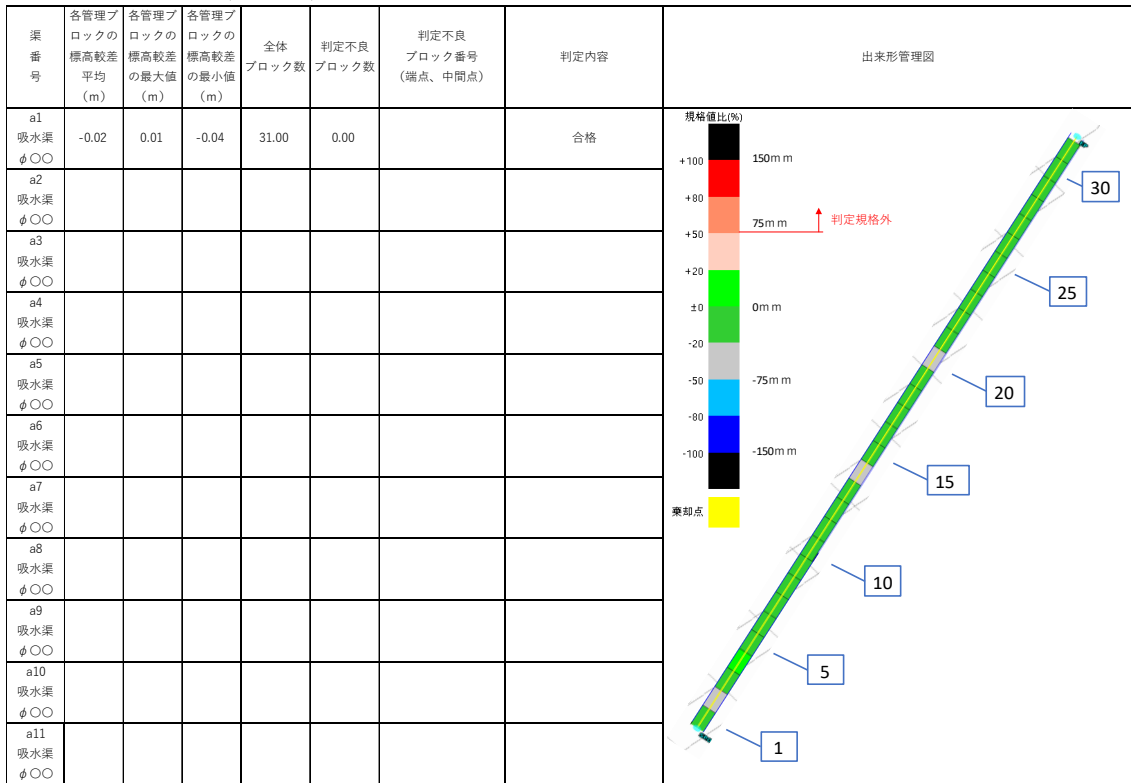


図 5 - 8 出来形管理図作例例

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5-5のとおり行うものとする。

表5-5 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|---------|-----------|---------------|
| 吸水渠 | 1～2か所／1耕区 | 管布設状況、その他必要箇所 |
| 集水渠、導水渠 | 1～2か所／1耕区 | 管布設状況、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表5-6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5-6 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 RTK-GNSS | <ul style="list-style-type: none">・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) | — |

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5-7のとおり行うものとする。

表5-7 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|-----------------------------|--------|-------------|
| 吸水渠、 集水渠(支線)、 導水渠(幹線) | 1回／1か所 | 管の接続部、管の屈曲部 |

(2) 撮影方法

表5-8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 5 - 8 小黑板に記載する事項

| 出来形管理技術 | 記載事項 | 備考 |
|---------|---|----|
| 施工履歴データ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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、面管理、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（刃金土）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。なお、ため池改修工の施工において堤体掘削を行い、その出来形管理を行う場合、本ガイドライン（出来形管理編）第1章 土工等の該当する施工管理基準を適用することも可能とする。また、多点計測技術を用いた断面管理を行う場合は、第2-1（1）、（2）も参照する。

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（刃金土）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（刃金土）の幅 | |

※ 色データの取得が可能なものに限る

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 |
|--|-----|--|-------------|
| <p>【単点計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ T S 等光波方式 ・ R T K - G N S S <p>【多点計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ T S (ノンプリズム方式) ・ U A V 空中写真測量 ・ T L S ・ U A V レーザー ・ 地上移動体搭載型 L S | 堤体工 | <p>基準高、堤幅、法長、施工延長に代えて、標高較差を管理</p> <p>ただし遮水性ゾーン(刃金土)の幅を除く</p> | 堤高 15m未満の堤体 |

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。

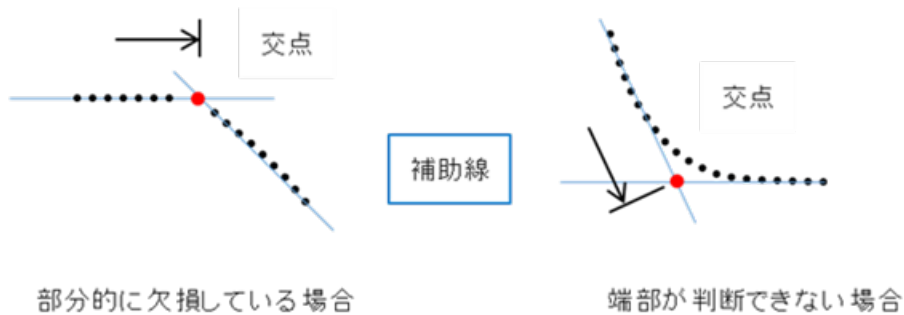
(1) 多点計測技術を用いる場合の留意点

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 (5cm×5cm メッシュ) 当たりには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。

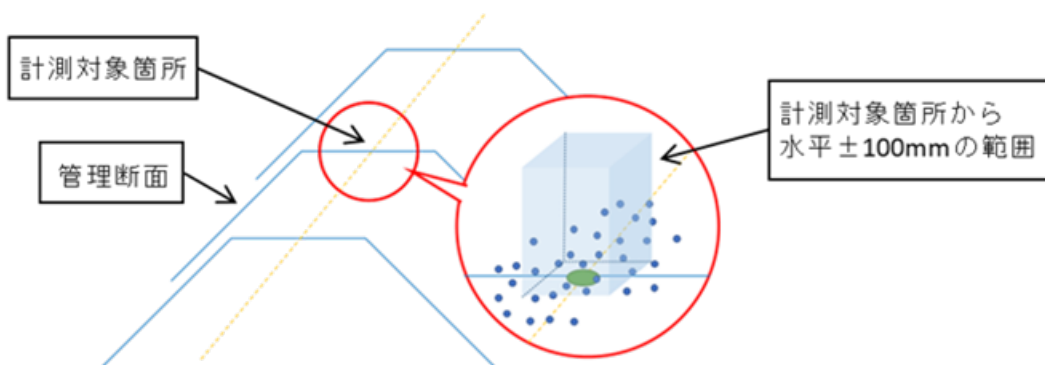
イ 点群処理ソフトウェア等を用いて測定項目を算出するに当たり、管理断面範囲内より必要な端部が選定できない場合は、補助線又は補助線から作成した交点を用いて計測してもよい。補助線又は補助線から作成した交点と基本設計データ及び出来形計測点群との配置関係が分かるよう記録する。

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。



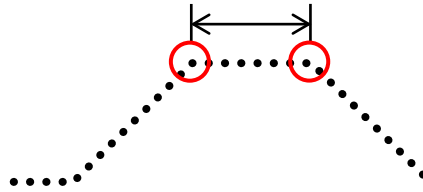
(ア) 基準高

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

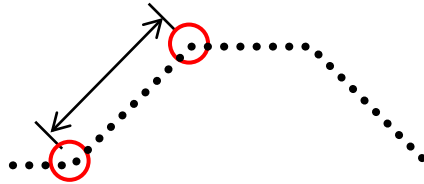
計測すべき幅の端部を構成する2か所を計測し、計測した3次元座標間の水平方向の差分を用いる。



端部の2か所を計測する

(ウ) 法長

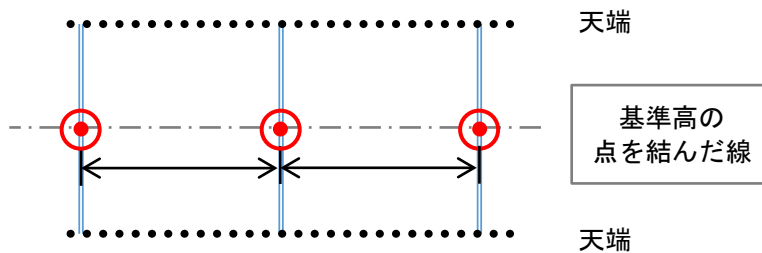
計測すべき測線上の法長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いる。



端部の2か所を計測する

(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か所を計測する

(2) 遮水性ゾーン（刃金土）の幅の管理における留意点

遮水性ゾーン（刃金土）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値が-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（刃金土）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（刃金土）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（刃金土）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。





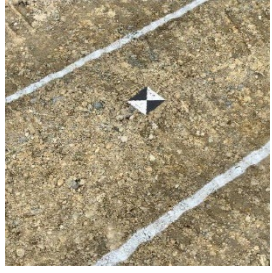



2 遮水性ゾーン（刃金土）と均一型部分の境界明示方法

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。

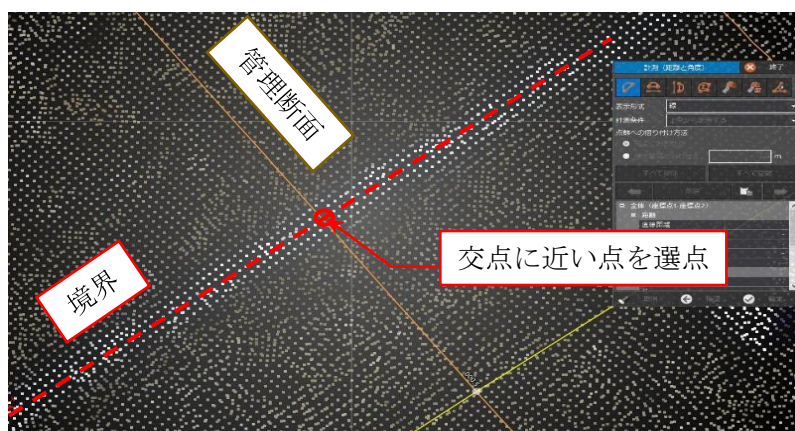


図6-1 点群処理ソフトウェア上での端部の選点

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測定する。遮水性ゾーン（刃金土）は、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。

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1mごとに管理する。 |

2 面管理の場合

測定項目、規格値及び測定基準は表6-4のとおりとする。

なお、法面の小段部に小段排水路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。

表6-4 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 | |
| 堤体工 | 天端 | 標高較差 | ±100 | ±150 | 出来形評価メッシュは1点/m ² (平面投影面積当たり) 以上 ^{*1} |
| | 法面 (小段含む) | 標高較差 | -110 | -160 | |

※1：出来形評価は1 m² (100cm×100cmメッシュ) を基本とするが、施工幅が1 m未満の場合等、1 m²メッシュによる出来形管理が適さない場合は、出来形評価を0.25m² (50cm×50cmメッシュ) 以下とする。この場合、測定基準を「出来形評価メッシュは(1メッシュ(平面投影面積)当たり1点以上)」とする。また、必要に応じて断面管理の適用を検討する。

(1) 出来形測定箇所及び測定項目

図6-2に示すとおり、出来形測定箇所及び測定項目は、現行の土木工事施工管理基準とは異なり、天端面及び法面(小段含む)の全面における設計面との標高較差とする。出来形計測密度は1点/m² (平面投影面積当たり) 以上とする。

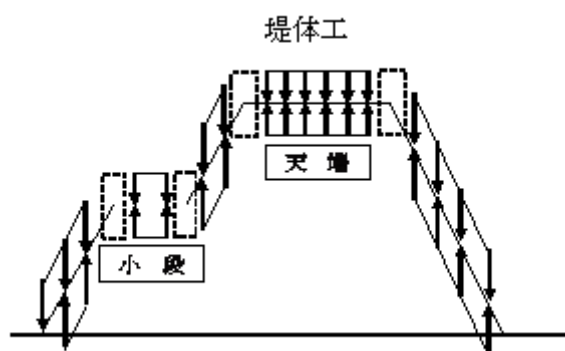


図6-2 出来形測定箇所

(2) 標高較差の測定値を算出する方法

標高較差は、3次元設計データの設計面と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」や「個々の計測値」の最大値及び最小値を算出し、天端面及び法面(小段を含む)の全面で規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

(3) 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、計測精度として±50mmが含まれる。

【参考2】現地合わせによる施工への対処方法

堤体両端部（袖部）の擦り付け部については、現地合わせによる施工を行うと考えられ、3次元設計データどおりの形状とならないケースが多いと想定される。よって、面管理での出来形評価は対象外とするか、法面が急勾配となっていないかを面管理にて検証する。

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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面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。

(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ワー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6-5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（天端及び法面（小段含む。））ごとに作成し、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。

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6-5 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6-6のとおり行う。

表6-6 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(刃金土)の幅は、盛立高さ1mごとに1回。

(2) 撮影方法

表6-7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。

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6-7 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 RTK-GNSS | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 |
|-------------------|---|------------------------|

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6-8のとおり行う。

表6-8 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／計測ごと | 堤幅、法長、法勾配 |
| | 1か所／施工延長おおむね20～40m 上記未満は2か所 | まき出し厚さ、転圧、法面（芝）、排水側溝、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表6-9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6-9 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） TLS 地上移動体搭載型LS RTK-GNSS | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 UAVレーザーによる計測状況が分かるように撮影する。 |

第7章 地盤改良工（表層安定処理工等、固結工（中層混合処理））

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

地盤改良工（表層安定処理工等、固結工（中層混合処理））における出来形管理技術の適用範囲は表7-1のとおりとする。

表7-1 出来形管理技術の適用範囲

1 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 |
|----------|------------------------|-------------|------|
| ・施工履歴データ | 路床安定処理工 固結工（中層混合処理） | 施工厚さ、幅、延長 | 制限なし |
| | 表層安定処理工 | 法長、天端幅、天端延長 | |

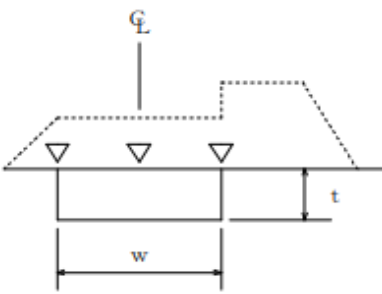
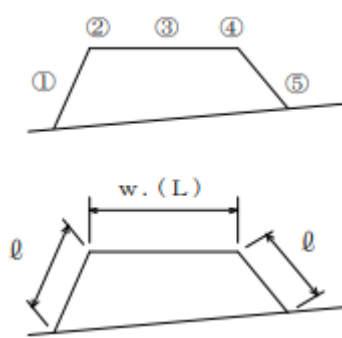
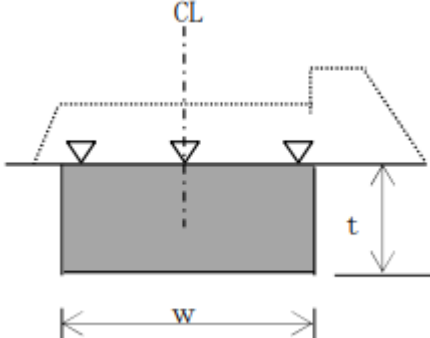
第2 出来形管理基準及び規格値

測定項目、規格値、測定基準及び測定箇所は、表7-2のとおりとする。

施工厚さについて、全体改良平面図では、所要の改良厚さまで改良がなされた場合に着色されるため、全体改良平面図において改良範囲全体の施工完了を示す着色がなされていることの確認をもって、施工厚さの確認に代えることとする。

なお、基準高については、従来どおりレベル等による天端の計測により出来形管理を行う。

表7-2 出来形管理基準

| 工種 | 測定項目 | 規格値 | 測定基準 | 測定箇所 |
|-----------------|-----------|-------|---|--|
| 路床安定処理工 | 施工厚さ t | -50 | 全体改良範囲図を用いて、施工厚さ t 、天端幅 w 、延長 L を確認（実測は不要）。 |  |
| | 幅 w | -100 | | |
| | 延長 L | -200 | | |
| 表層安定処理工 | 法長 ℓ | -500 | 施工延長 10mにつき、1 測点当たり 5 点以上測定。 |  |
| | 天端幅 w | -300 | 全体改良範囲図を用いて、天端幅 w 、天端延長 L を確認（実測は不要）。 | |
| | 天端延長 L | -500 | | |
| 固結工 (中層混合処理) | 施工厚さ t | 設計値以上 | 全体改良範囲図を用いて、施工厚さ t 、天端幅 w 、延長 L を確認（実測は不要）。 |  |
| | 幅 w | 設計値以上 | | |
| | 延長 L | 設計値以上 | | |

測定箇所の図は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」（令和6年3月 国土交通省）から引用。

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

第4 出来形管理資料の作成

受注者は、表層安定処理等にあつては全体改良範囲図を、固結工（中層混合処理）にあつては全体改良範囲図及び施工管理図又は施工管理データグラフを、全体の施工完了後に出来形管理資料として提出する。攪拌装置軌跡データは、電子データの形式で提出する。

(1) 全体改良範囲図

全体改良範囲図は、攪拌装置軌跡データを用いて攪拌済み管理ブロックを平面図上に色分け表示したものである。攪拌装置軌跡データをもとに、有効な攪拌範囲が各管理ブロックの底面の四隅の点全てを通過した場合に、ICT地盤改良機械の攪拌判定・表示機能により当該管理ブロックを攪拌済み管理ブロックと判定し、着色表示する。

なお、管理ブロックサイズを10cm以下にした厳密な管理を行う場合については、有効な攪拌範囲が各管理ブロックの底面の四隅の1点以上を通過した場合に当該管理ブロックを攪拌済み管理ブロックと判定する。

施工中、一時的にRTK-GNSSの受信状態が悪化するなどの理由により施工履歴データが記録できなくなり、攪拌済みの着色が部分的になされなかった場合は、当該箇所を対象に、従来の出来形管理手法を用いて出来形管理を行うものとする。

全体改良範囲図と施工管理図又は施工管理データグラフを施工範囲の全数について作成・提出する場合、施工サイクルの確認や出来形管理に関わる写真管理は省略する。

全体改良範囲図における攪拌済み管理ブロックを示す領域の色や表示するデータ項目は受注者の任意とするが、以下のデータ項目は必ず含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 工期
- ・ 施工範囲（STA、No. 等）
- ・ ICT地盤改良機械名（地盤改良機械本体とICTの名称が別の場合、それぞれ記載）

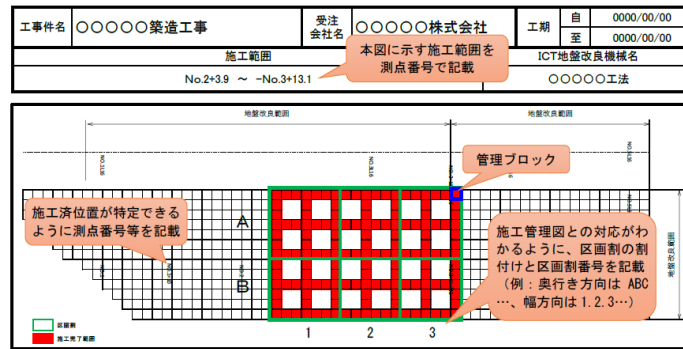


図 7-10 全体改良範囲図作成例（格子状改良）

図 7-3 全体改良範囲図作成例（格子状改良）

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月 国土交通省）

（2）施工管理図

施工管理図は、毎回の工区割の施工完了後に、車載パソコン等に記録された施工履歴データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアにより出力する。この図は、地盤改良範囲の全面を確実に所要の攪拌回数・改良材注入量により施工したことを確認するための出来形管理資料として作成する。

施工管理図の様式及び施工要領図に示す区画割図の分割サイズは受注者の任意とするが、以下のデータは必ず含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 施工開始、終了時刻
- ・ 区画割番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- ・ 攪拌装置の寸法（幅、奥行き、深さ）
- ・ 区画割のサイズ（幅、奥行き、深さ）
- ・ 区画割の改良土量
- ・ 改良厚（設計値）
- ・ 攪拌時間
- ・ 区画割ごとの累計改良材注入量（施工管理値）
- ・ 区画割ごとの累積攪拌回数又はチェーン累積移動距離（施工管理値）

トレンチ式及びロータリー式について、施工管理図の作成イメージを図 7-4 及び図 7-5 に示す。

工事名 :
 施工日 : 2020/11/09
 区割り番号 : 00-50

開始時刻 : 14:30:06 ~ 終了時刻 : 17:14:43

[区割り情報]

区割り幅 : 4.5 m
 区割り奥行き : 6.1 m
 区割り平均深度 : 5.42 m

[トレンチャー情報]

トレンチャー長 : 5.00 m
 トレンチャー幅 : 1.00 m
 トレンチャー厚 : 1.10 m

[実施値]

実攪拌時間 : 02:44:37 チェーン累積移動距離 : 9723 m
 羽根切回数 : 66 回/m² 平均チェーン速度 : 1.0 m/sec

[土量]

設計土量 : 149.76 m³

[流量]

積算流量 : 27794 L 設計流量 : 27440 L

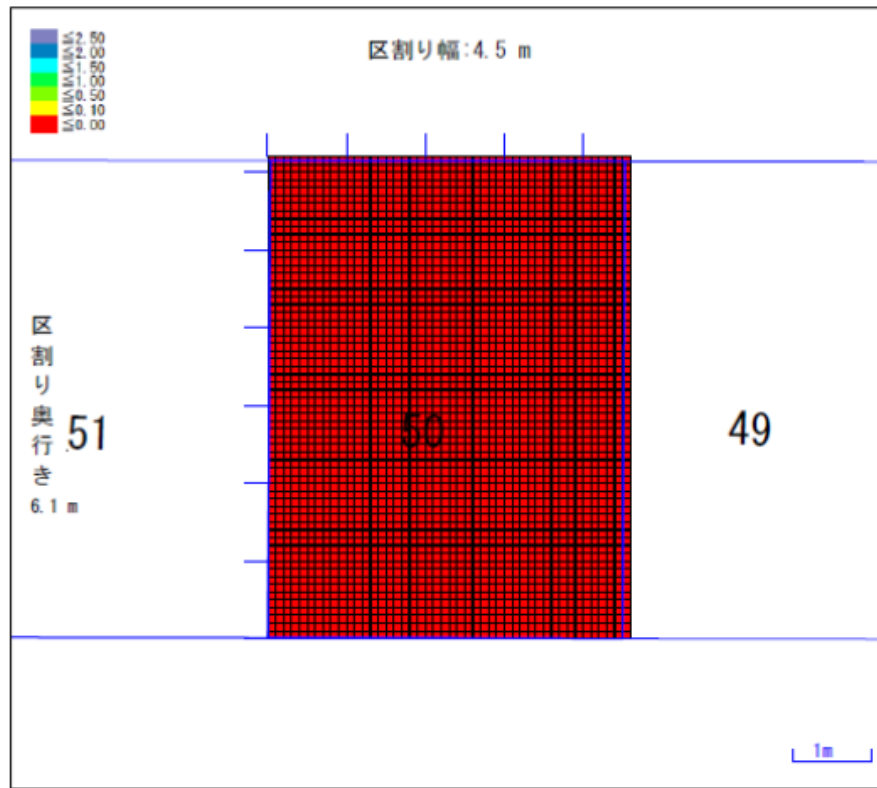


図7-4 施工管理図作成例 (トレンチャ式)

(出典 : 「3次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案)」 (令和6年3月 国土交通省))

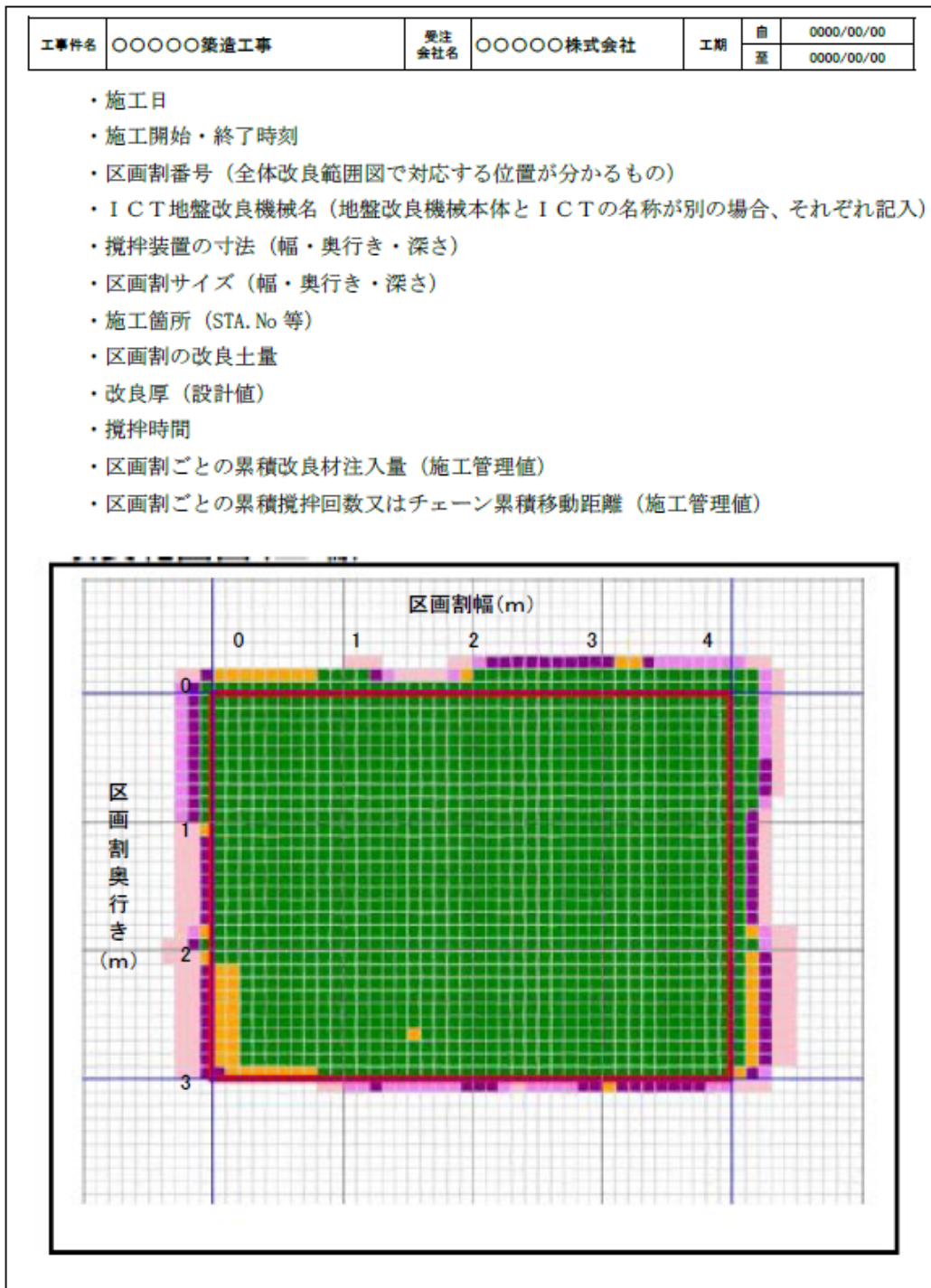


図7-5 施工管理図作成例（ロータリー式）

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月 国土交通省））

（3）施工管理データグラフ

施工管理データグラフは、施工品質を担保するために施工中に計測・管理している数値の経時変化をグラフ化したものである。施工管理データグラフの様式は受注者の任意とする。データ項目例及びグラフ化項目の一例を以下に示す。

【データ項目例】

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 区画割番号（全体改良範囲図で対応する位置が分かるもの）
- ・ 累積改良材注入量
- ・ 累積攪拌回数又は管理ブロック当たりの平均攪拌回数（ロータリー式の場合）
- ・ チェーン累積移動距離（トレンチャ式の場合）

【グラフ化項目の一例】

- ・ 攪拌開始からの経過時間
- ・ 攪拌装置の深度（H）又は標高
- ・ 累積改良材注入量
- ・ 累積攪拌回数又は攪拌装置の回転数（rpm）
- ・ チェーン累積移動距離（トレンチャ式の場合）

施工記録

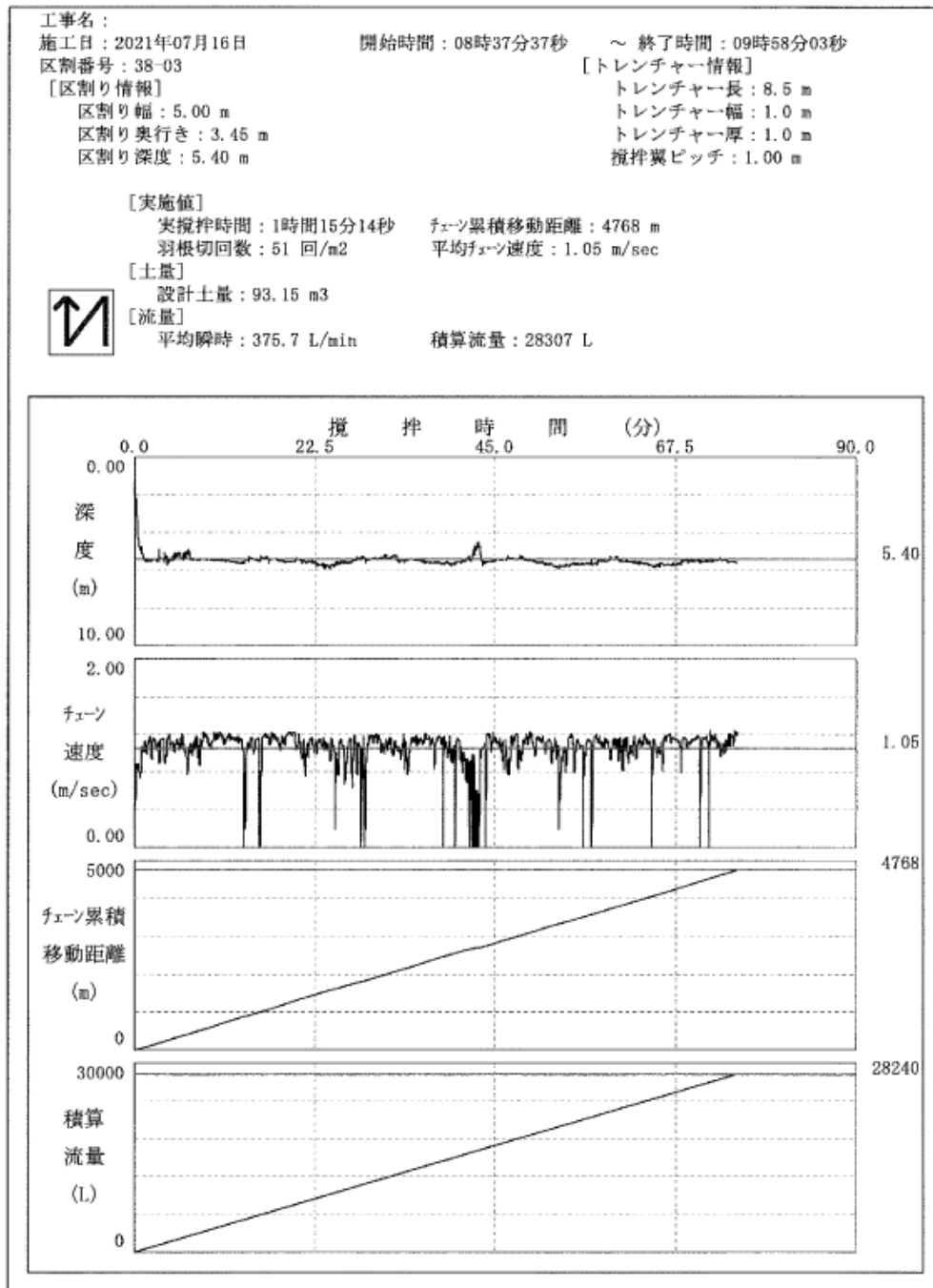


図7-6 施工管理データグラフ作成例 (トレンチャ式)

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案)」(令和6年3月 国土交通省))

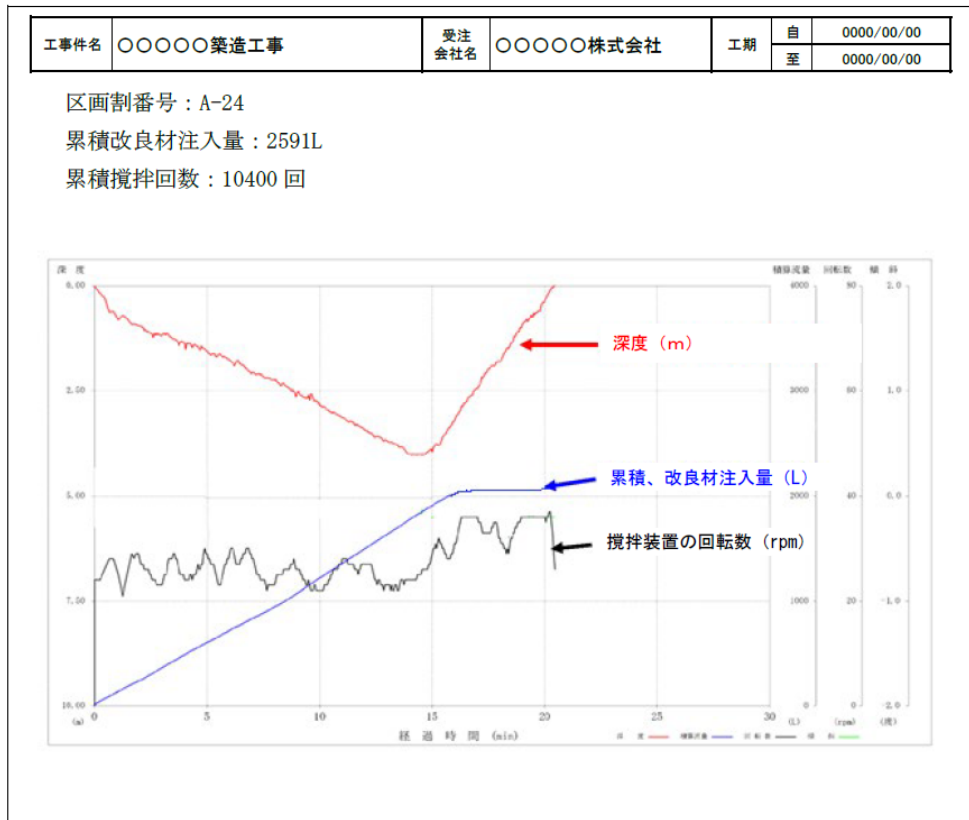


図 7-7 施工管理データグラフ作成例（ロータリー式 工法A）
 (出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月 国土交通省））

(4) 攪拌装置軌跡データ

ICT地盤改良機械で施工中に取得される攪拌装置軌跡データを電子データの形式で保管し、「工事完成図書電子納品等要領」で定める「NNICT」フォルダに格納する。ファイルのデータ形式はテキストデータとする。データ項目は受注者の任意としてよいが、以下のデータ項目は必ず含むこととする。各データ項目の一行目にヘッダをつけ、データ項目名を示す。データ項目の並び順やデータ桁数は任意とする。納品するデータの内容例を図7-9に示す。

【必須のデータ項目】

- ・年月日時分
- ・施工開始からの経過時間と攪拌装置の位置 (x, y, z 座標) ※

※ z 座標に代えて深度計で深度 (H) を管理しているものについては深度 (H) を入力する。

| ① | ② | ③ | ④ | |
|---------------|--------------|----------------|-------------|----------|
| 091120_10010, | 1000.426180, | -61431.327734, | 149.613327, | |
| 091120_10010, | 1000.423844, | -61431.328288, | 149.617427, | ① 年月日_時分 |
| 091120_10010, | 1000.424147, | -61431.327027, | 149.612527, | ② X座標 |
| 091120_10010, | 1000.426483, | -61431.327028, | 149.609327, | ③ Y座標 |
| 091120_10011, | 1000.426180, | -61431.327918, | 149.603027, | ④ Z座標 |
| 091120_10011, | 1000.428365, | -61431.327548, | 149.613527, | |
| 091120_10011, | 1000.426667, | -61431.326843, | 149.610927, | |
| 091120_10011, | 1000.425574, | -61431.327918, | 149.604927, | |
| 091120_10011, | 1000.426818, | -61431.327549, | 149.612627, | |
| 091120_10011, | 1000.424147, | -61431.326843, | 149.611827, | |
| 091120_10011, | 1000.426332, | -61431.324507, | 149.611727, | |
| 091120_10011, | 1000.426331, | -61431.325952, | 149.611627, | |
| 091120_10011, | 1000.423542, | -61431.327567, | 149.607327, | |
| 091120_10011, | 1000.424785, | -61431.324507, | 149.610526, | |
| 091120_10012, | 1000.426483, | -61431.327398, | 149.616127, | |
| 091120_10012, | 1000.426516, | -61431.333111, | 149.613127, | |
| 091120_10012, | 1000.427423, | -61431.328808, | 149.607827, | |
| 091120_10012, | 1000.427121, | -61431.328809, | 149.610227, | |
| 091120_10012, | 1000.426970, | -61431.328809, | 149.617927, | |

図7-9 攪拌装置軌跡データの内容例

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月 国土交通省))

第5 撮影記録による出来形管理

撮影記録による出来形管理は、表7-3のとおり行うものとするが、第4に示す全体改良範囲図と、施工管理図・施工管理データグラフのいずれかを提出する場合は、出来形管理に関わる写真管理項目を省略する。

【省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

①施工前

- ・区画割の現地でのマーキング状況の写真

②施工中

- ・施工サイクル写真（マシンセット状況写真、掘削状況写真、掘削完了残尺写真、引き抜き状況写真、造成完了写真、マシン移動状況写真）

③施工後

- ・区画割ごとの出来形写真（改良位置、改良厚、改良幅、改良延長について）

表7-3 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|-----------------|---|------------------|
| 路床安定処理工 | 1回/40m | 施工厚さ（施工後）、幅（施工後） |
| 固結工 （中層混合処理） | 1回/1,000m ³ ~4,000m ³ 又は施工延長40m（測点間隔25mの場合は50m） | 施工厚さ（施工中）、幅（施工後） |

第8章 地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））における出来形管理技術の適用範囲は表8-1のとおりとする。

表8-1 出来形管理技術の適用範囲

1 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 |
|----------|--------------|---------------|------|
| ・施工履歴データ | 固結工（スラリー攪拌工） | 基準高、位置、杭径、改良長 | 制限なし |

第2 出来形管理基準及び規格値

測定項目、規格値、測定基準及び測定箇所は、表8-2のとおりとする。

改良長については、着底管理を求められない現場では、全体改良平面図において改良範囲全体の施工完了を示す着色がなされていることの確認をもって改良長Lの確認に代える。着底管理を求められる現場では、施工管理データ帳票において現場ごとに試験施工等により定めた着底判定基準を満足していることを確認する。

表8-2 出来形管理基準

| 工種 | 測定項目 | 規格値 | 測定基準 | 測定箇所 |
|----------------------|------|-------|--|------|
| 固結工 (スラリー 攪拌工) | 基準高▽ | 0以上 | 杭芯位置管理表により基準高を確認。 | |
| | 位置 | D/8以上 | 全本数。 施工履歴データから作成した杭芯位置管理表により設計杭芯位置と施工した杭芯位置との距離を確認。 (掘起しによる実測確認は不要。) | |
| | 杭径D | 設計値以上 | 1回/工事 施工前の攪拌翼の寸法実測により確認(掘起しによる実測確認は不要。) | |
| | 改良長L | 設計値以上 | 全本数。 施工履歴データから作成した杭打設結果表により確認。 (残尺計測による確認は不要。) | |

測定箇所の図は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」(令和6年3月 国土交通省)から引用。

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

第4 出来形管理資料の作成

1 面管理の場合

受注者は、全体改良範囲図・杭芯位置管理表と施工管理データを、施工時の日常管理資料として作成し、出来形管理資料として提出する。

(1) 全体改良範囲図

全体改良範囲図は、攪拌済みの改良体を平面図上に着色表示したものである。攪拌装置位置データをもとに、攪拌装置位置データによる攪拌判定・表示機能の判定基準により当該改良体を改良済みの改良体と判定する。

全体改良範囲図における攪拌済みを示す改良体の色や表示するデータ項目は受注者の任意とするが、以下のデータ項目は必ず含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 全体改良範囲図に示す範囲の施工開始日及び終了日
- ・ 施工範囲（STA、No. 等）
- ・ 工法名

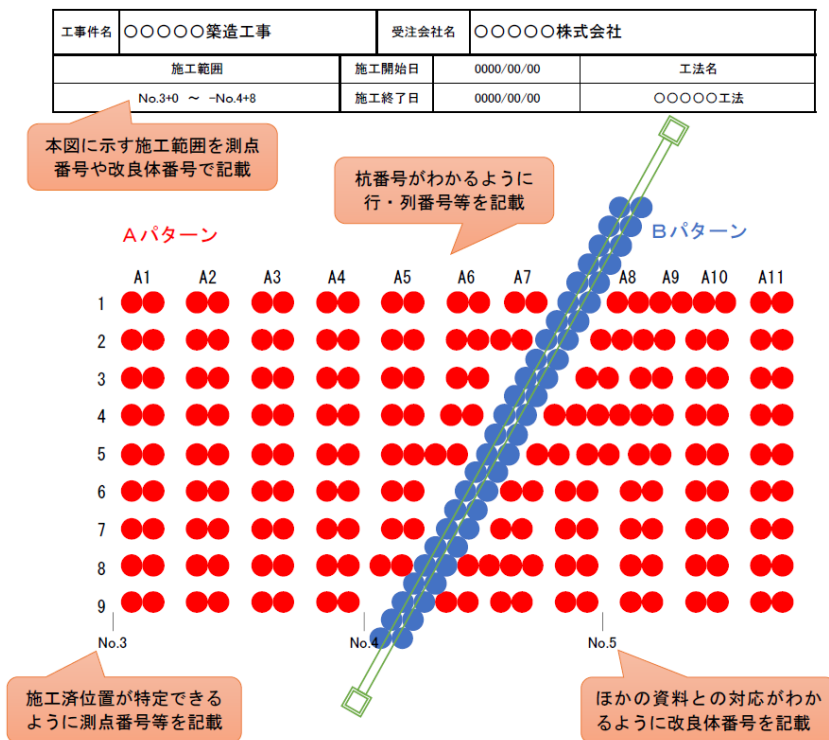


図8-1 全体改良範囲図作成例

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月 国土交通省））

(2) 杭芯位置管理表

施工履歴データをもとに、以下アからウまでのデータを杭芯位置管理表として取りまとめる。

ア 各改良体の設計の杭芯位置 (x, y) 及び改良体天端の深さ (H) 又は標高 (z)

イ 各改良体の施工開始時の回転軸中心位置 (x, y) 及び改良体天端の深さ (H) 又は標高 (z)

ウ 上記アと上記イの差 (Δx , Δy , ΔH (又は Δz))

※ 攪拌翼の回転軸が複数ある場合は、それぞれの回転軸について x, y, z, Δx , Δy , ΔH (又は Δz) を記載する。

表 8 - 3 杭芯位置管理表

| | | | |
|----------------|----------|--------|----------|
| 工事件名 | 〇〇〇〇〇〇工事 | 受注会社名 | 〇〇〇〇株式会社 |
| 施工範囲 | | 施工開始日 | 〇年〇月〇日 |
| No. 〇〇 ~No. 〇〇 | | 施工終了日 | 〇年〇月〇日 |
| | | 工法名 | |
| | | 〇〇〇〇工法 | |

| 改良体 番号 | 設計杭芯位置 | | | 施工実績 | | | | Δx | Δy | 基準高 ΔH 又は Δz | 合否 判定 |
|-----------|--------|---|---------------------------|------|---|---|---------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|----------|
| | x | y | 改良体 天端深度(H) 又は標高(z) | 杭径 D | x | y | 改良体 天端深度(H) 又は標高(Z) | 規格値 D/8 以下 | 規格値 D/8 以下 | 0mm 以上 | |
| | | | | | | | | | | | |

(3) 施工管理データ帳票

施工管理データ帳票は、施工品質を担保するために施工中に計測・管理している数値の経時変化の帳票である。施工管理データ帳票の様式は受注者の任意とする。データ項目例及び必須のデータ項目を以下に示す。

【データ項目例】

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 改良体番号
- ・ 施工時間
- ・ 電流値又は回転トルク

【必須のデータ項目】

- ・ 深度 1 m 当たりの羽根切り回数又は軸回転数 ((回/m) 又は (rpm))
- ・ 深度 1 m 当たりのスラリー (改良材) 吐出量 ((L/m) 又は (L/分))
- ・ 着底部付近については、深度 100mm ごとの速度及び電流値を表形式で施工管理データ帳票に併記するか別途作成する。

表 8-5 施工管理データ帳票作成例 (2)

(出典:「3次元計測技術を用いた出来形管理要領 (案)」(令和6年3月 国土交通省))

杭打設結果表

Page 1

工事名: ○○○○○○工
 施工者: △△△△△△
 施工日: ****年**月**日
 杭番号: xx-xx
 号機番号: 1号機
 杭径: 2000 (mm)

スラリー1m3当たり

| (kg) | 固化材 | 水 | ベンソリン | 遅延剤 | 添加剤 | W/C |
|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 配合A | 750.0 | 750.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 配合B | | | | | | |

| 設定深度 (m) | 固化材量 (kg) | 標準スラリー量 (L/m) | 配合 |
|-----------|-----------|---------------|--------|
| | 土量1m3当たり | 深度1m当たり | |
| 第1層 5.90 | 160 | 502.4 | 670 A |
| 第2層 7.10 | 125 | 392.5 | 524 A |
| 第3層 12.20 | 205 | 643.7 | 839 A |
| 第4層 13.80 | 380 | 1193.2 | 1591 A |
| 第5層 | | | - |
| 第6層 | | | - |

| | |
|--------|-------------|
| 削孔開始時間 | 0 : 00 : 00 |
| 削孔完了時間 | 0 : 31 : 22 |
| 造孔完了時間 | 0 : 40 : 28 |

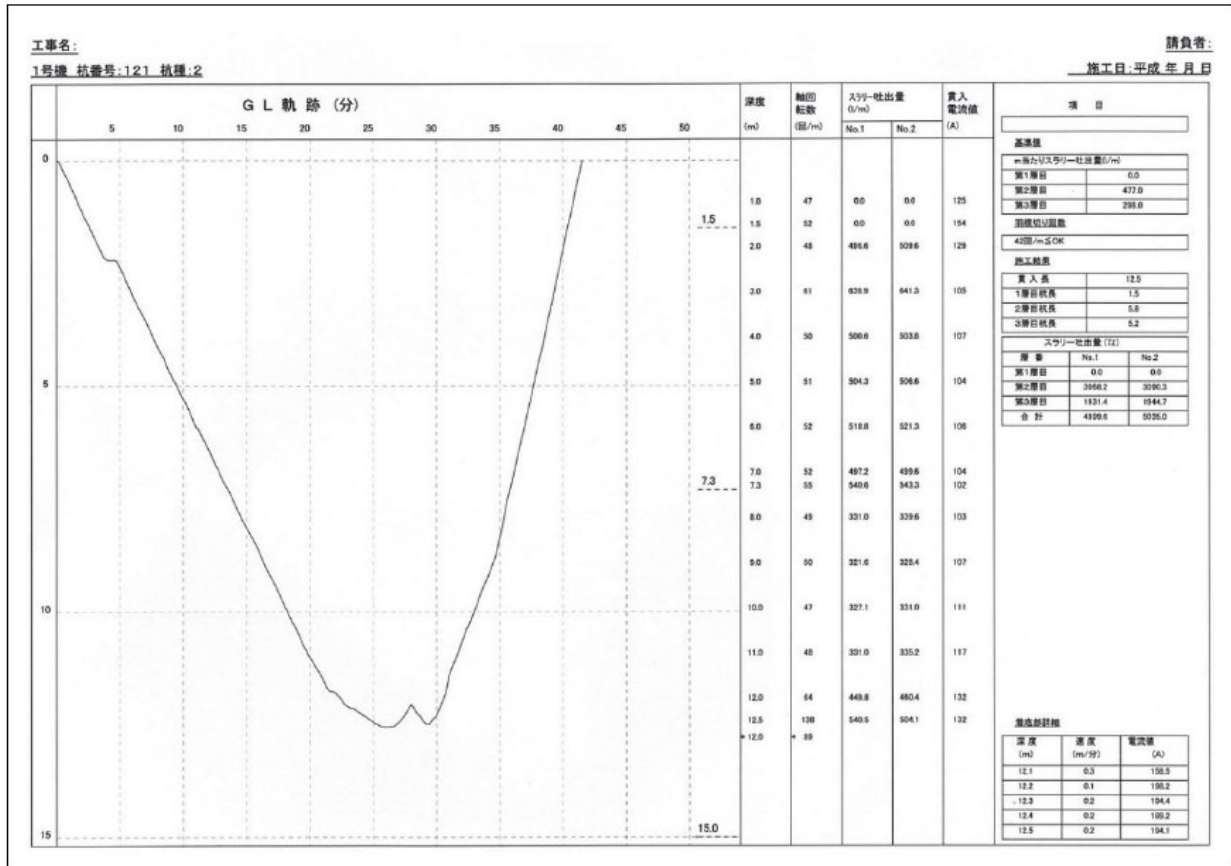
| 深度 (m) | 昇降速度 (m/min) | スラリー吐出量 (L/m) | | スラリー吐出量 累計 (L) | 電圧値 (A) | 羽根切回数 (回/m) |
|---------|--------------|---------------|-----|----------------|---------|-------------|
| | | 配合A | 配合B | | | |
| 1.00 | 0.29 | 763 | | 763.0 | 155 | 527 |
| 2.00 | 0.56 | 675 | | 1438.0 | 145 | 275 |
| 3.00 | 0.58 | 682 | | 2120.0 | 126 | 267 |
| 4.00 | 0.57 | 693 | | 2813.0 | 135 | 269 |
| 5.00 | 0.57 | 675 | | 3488.0 | 108 | 271 |
| 5.90 | 0.55 | 689 | | 4108.1 | 123 | 277 |
| 6.00 | 0.60 | 650 | | 4173.1 | 124 | 265 |
| 7.00 | 0.57 | 525 | | 4698.1 | 143 | 272 |
| 7.10 | 0.60 | 602 | | 4758.3 | 140 | 285 |
| 8.00 | 0.44 | 862 | | 5552.1 | 143 | 344 |
| 9.00 | 0.48 | 861 | | 6413.1 | 138 | 322 |
| 10.00 | 0.48 | 889 | | 7302.1 | 125 | 319 |
| 11.00 | 0.47 | 886 | | 8188.1 | 111 | 324 |
| 12.00 | 0.49 | 859 | | 9047.1 | 113 | 311 |
| 12.20 | 0.50 | 865 | | 9220.1 | 116 | 310 |
| 13.00 | 0.27 | 1601 | | 10500.9 | 112 | 560 |
| **13.80 | 0.24 | 1622 | | 11798.5 | 232 | 639 |
| 13.00 | 1.26 | 0 | | 11798.5 | 233 | 762 |
| 12.80 | 1.09 | 0 | | 11798.5 | 100 | 701 |
| 13.00 | 1.09 | 0 | | 11798.5 | 100 | 839 |
| **13.80 | 1.07 | 0 | | 11798.5 | 264 | 895 |
| 13.00 | 1.78 | 0 | | 11798.5 | 103 | 981 |
| 12.20 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 104 | 918 |
| 12.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 104 | 399 |
| 11.00 | 1.88 | 0 | | 11798.5 | 111 | 393 |
| 10.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 106 | 402 |
| 9.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 109 | 398 |
| 8.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 133 | 402 |
| 7.10 | 1.93 | 0 | | 11798.5 | 127 | 428 |
| 7.00 | 1.50 | 0 | | 11798.5 | 106 | 413 |
| 6.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 108 | 353 |
| 5.90 | 1.50 | 0 | | 11798.5 | 103 | 426 |
| 5.00 | 1.80 | 0 | | 11798.5 | 104 | 362 |
| 4.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 111 | 349 |
| 3.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 105 | 349 |
| 2.00 | 1.88 | 0 | | 11798.5 | 104 | 350 |
| 1.00 | 2.00 | 0 | | 11798.5 | 107 | 357 |
| 0.00 | 1.35 | 0 | | 11798.5 | 104 | 640 |
| 合計 | 実施 | 11799 | 0 | 11799 | | |
| | 設計 | 11509 | 0 | 11509 | | |
| 判定 | | OK | | OK | | OK |

| 深度 (m) | 速度 (m/min) | 電圧値 (A) |
|--------|------------|---------|
| 12.90 | 0.02 | 108 |
| 13.00 | 0.26 | 108 |
| 13.10 | 0.26 | 108 |
| 13.20 | 0.26 | 108 |
| 13.30 | 0.25 | 111 |
| 13.40 | 0.23 | 112 |
| 13.50 | 0.23 | 110 |
| 13.60 | 0.22 | 125 |
| 13.70 | 0.22 | 109 |
| 13.80 | 0.14 | 231 |

** : 着底部

表 8-6 施工管理データ帳票作成例 (3)

(出典:「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月 国土交通省))



第5 撮影記録による出来形管理

撮影記録による出来形管理は、表8-7のとおり行うものとするが、第4に示す出来形管理資料を提出する場合は、出来形管理に関わる写真管理項目を省略する。

【省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

①施工前

- ・施工前の杭芯出し状況及び完了状況

②施工中

- ・施工サイクル写真（マシンセット状況写真、掘削状況写真、掘削完了残尺写真、引き抜き状況写真、造成完了写真、マシン移動状況写真）

③施工後

- ・掘起しによる杭頭確認状況（標尺等を設置した杭径、杭間距離の計測写真）

表8-7 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|------------------|---------|-------------------------------------|
| 固結工 (スラリー攪拌工) | 1回/施工箇所 | 位置・間隔(打込後)、 杭径(打込後)、 深度(打込前後) |

第9章 法面保護工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

法面保護工における出来形管理技術の適用範囲は、表9-1のとおりとする。

なお、表9-1に示す技術を適用するに当たり、計測装置位置と計測対象箇所との離隔等により精度確保が困難となる箇所、繰り返し計測を行うことが必要となる箇所等も想定される。当該箇所においては、施工段階における出来形計測結果が判る写真、画像データ等と併用するなど、他の計測技術による出来形管理を行ってもよいものとし、このことについて監督職員と協議することとする。

表9-1 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】 ・UAV空中写真測量 ・TLS ・UAVレーザー ・地上移動体搭載型LS | ・ラス張 ・植生マット ・植生シート ・繊維ネット ・張芝 ・人工張芝 | ・面積 | 制限なし |
| | ・種子散布 | | |
| | ・客土吹付 ・植生基材吹付 | | |
| | ・吹付枠 | ・梁延長 ・梁間隔 ・梁断面 | |

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。

出来形管理項目の計測値は、以下(1)及び(2)により算出する。

(1) 出来形計測を算出するために用いる3次元座標データの取得方法

ア 単点計測技術を用いる場合

計測箇所の管理対象として計測する断面又は測線上において、計測項目の端部等の3次元座標を計測し、座標値を取得する。

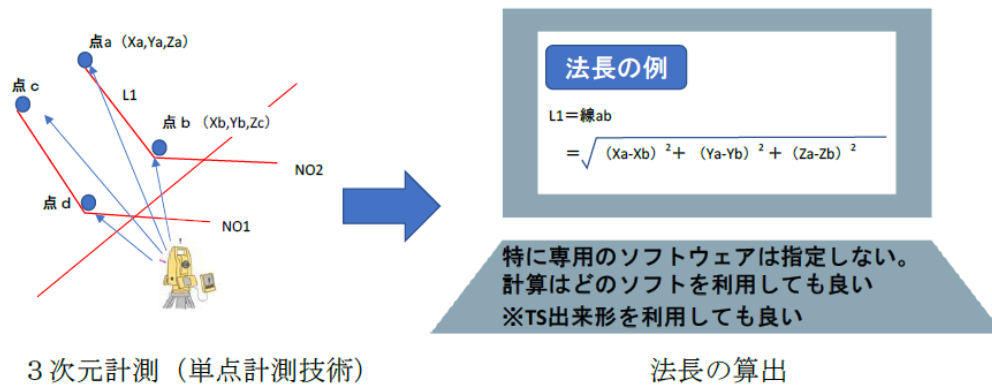


図9-1 単点計測技術を用いる場合の出来形計測方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

イ 多点計測技術を用いる場合

多点計測技術を用いて取得した計測点群のうち、計測する断面又は測線の±100mmの範囲内にある取得点群から任意に3次元座標を選択し、座標値を取得する。

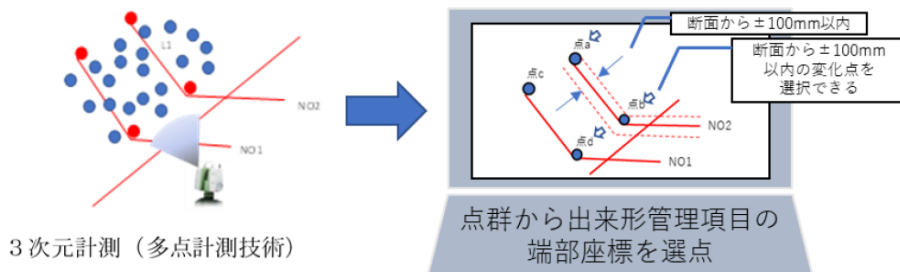


図9-2 多点計測技術を用いる場合の出来形計測方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

(2) 計測値の算出方法

ア 面積の算出方法

以下(ア)法長及び(イ)延長を用いて、面積を算出する。

(ア) 法長の算出方法

計測すべき断面上又は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て算出する。法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法長とする。

(イ) 延長の算出方法

計測すべき測線上の延長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いて算出する。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。

なお、計測した3次元座標の点間を連続的に直線で結んで算出するため、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。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。

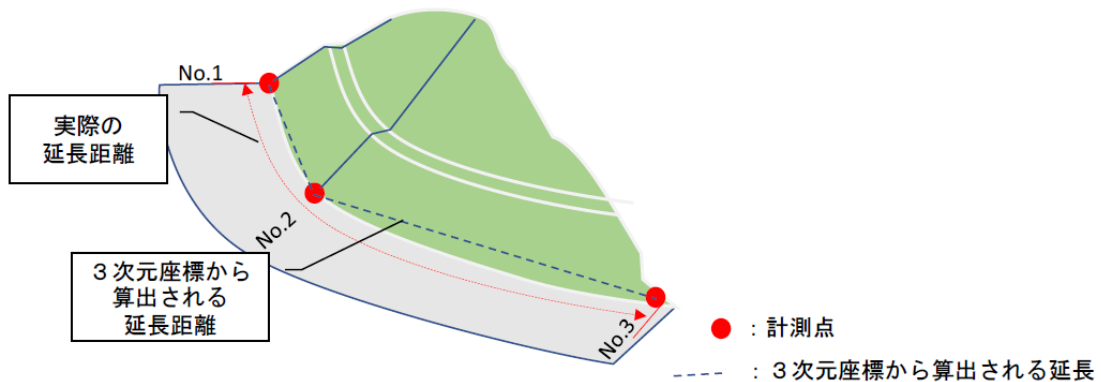


図9-3 延長計測の留意事項

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

イ 梁延長の算出方法

計測すべき測線上の延長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いて算出する。2か所以上の計測箇所を指定し分割する、又は、計測箇所2か所の道のり距離(点群を含んだ斜距離)で計測する際には、1辺の長さを枠中心間隔以上とし、3次元座標を結んだ斜距離の累積長さを延長とする。

なお、計測した3次元座標の点間を連続的に直線で結んで算出するため、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。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。

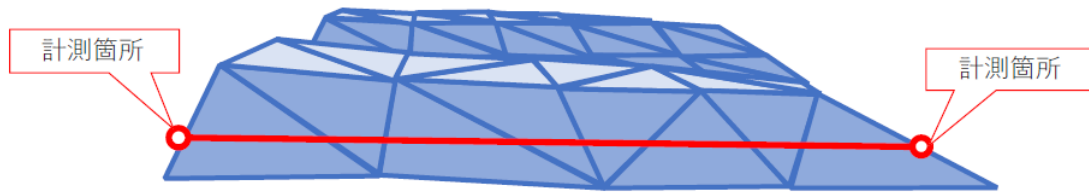


図9-4 延長の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月国土交通省））

ウ 梁間隔の算出方法

計測箇所の端部を構成する2か所を計測し、計測した3次元座標間の斜距離を用いて吹付枠に対する点間距離を算出する。



図9-5 梁間隔の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月国土交通省））

エ 梁断面の算出方法

以下（ア）幅及び（イ）高さを用いて、梁断面を算出する。

（ア）幅の算出方法

計測箇所の吹付枠に直交する測線から±50mmの範囲内において、幅の端部を構成する2か所を計測し、2か所の3次元座標間の斜距離を用いて吹付枠に対する水平距離を算出する。幅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幅とする。

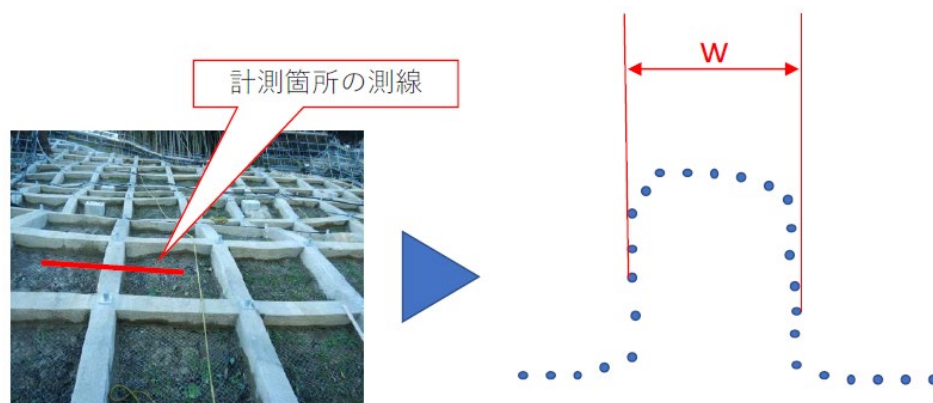


図9-6 幅の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和6年3月国土交通省））

(イ) 高さの算出方法

計測箇所の吹付枠に直交する測線から±50mmの範囲内において、高さの端部を構成する2か所を計測し、3次元座標間の法線方向に対する鉛直距離の差分を用いて、吹付枠に対する鉛直距離を算出する。

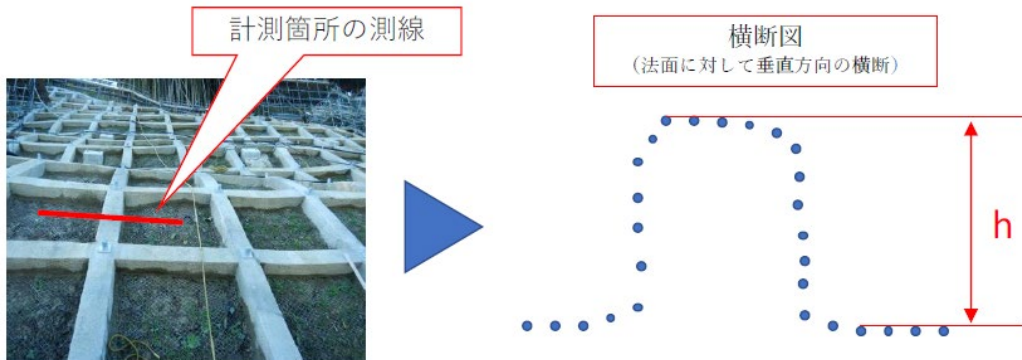


図9-7 高さの算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

第4 出来形管理資料の作成

受注者は、計測した3次元座標を用いて出来形寸法を算出し、出来形管理資料として出来形管理図表及び出来形計測位置の一覧を作成するものとする。

(1) 出来形管理図表

土木工事施工管理基準に定める出来形管理図表を自動又は手動により作成する。作成の流れは図9-8に示すとおりである。

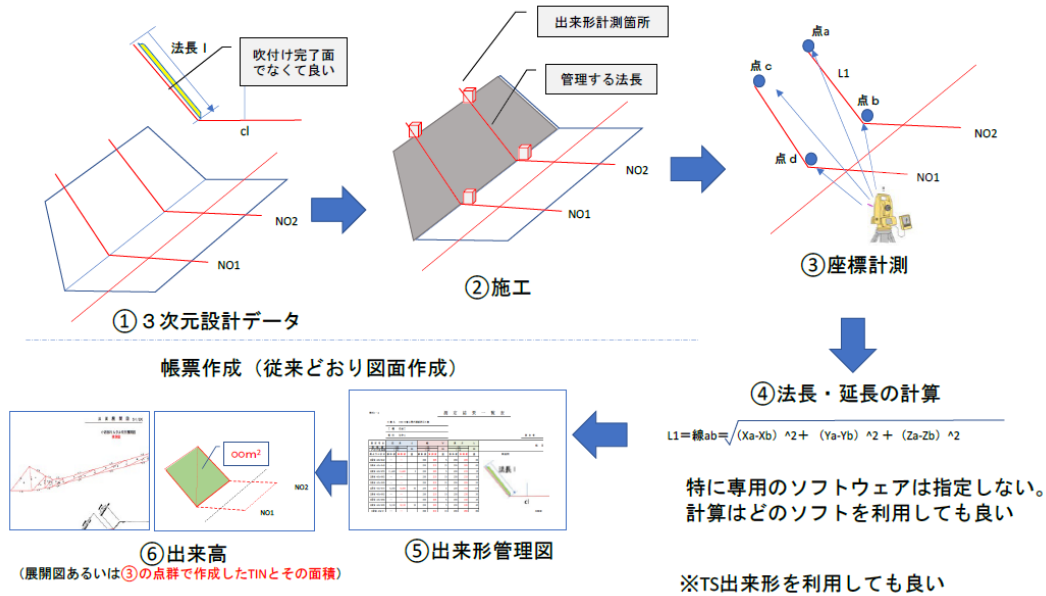


図9-8 出来形管理図表の作成の流れ

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

(2) 出来形計測位置の一覧

出来形計測位置の一覧として、出来形計測箇所が計測すべき断面上又は測線上で計測されていることを示す資料を添付することとする。3次元設計データに計測箇所を表示した平面図又はこれを確認できるビューワー付き3次元モデルファイルでもよい。

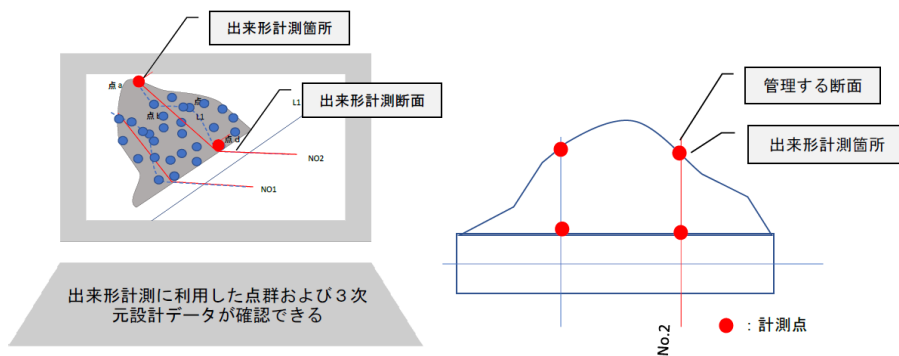


図9-9 3次元での確認機能(左)、平面図での確認機能(右)

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和6年3月国土交通省))

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9-2のとおり行うものとする。

表9-2 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ラス張 ・植生マット ・植生シート ・繊維ネット ・張芝 ・人工張芝 ・種子散布 | 1 か所／1,000m ² 上記未満は2 か所 | 法面状況、法面清掃、 法勾配、法長、厚さ、 ラス張、植生ネット 張、むしろ張、アンカ ー打込み等必要箇所 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・客土吹付 ・植生基材吹付 | 1 か所／施工面積おおむね 200～400m ² 上記未満は2 か所 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・吹付枠 | 1 か所／1,000m ² 上記未満は2 か所 | |

(2) 撮影方法

表9-3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、撮影箇所によって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が可能であり、被写体として写し込む小黒板は不要である。

表9-3 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・工事名 ・工種等 ・出来形管理機器設置位置 | — |

| | | |
|----------------------|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・ 出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点） | |
| UAV空中写真測量 UAVレーザー | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 UAVレーザーによる計測状況が分かるように撮影する。 |

第 10 章 付帯構造物工

第 1 3次元出来形管理技術の適用範囲

付帯構造物工における出来形管理技術の適用範囲は表 10-1 のとおりとする。

表 10-1 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 ・TS（ノンプリズム方式） ・TLS ・RTK-GNSS | ・コンクリートブロック積み ・コンクリートブロック張り ・石積（張）工 | 基準高、 法長、 施工延長 | 他工種の施工規模と同様。 （単独ではなく、 |
| | ・コンクリート側溝工 ・コンクリート管渠工 | 基準高、 幅、高さ、 施工延長 | 他工種の関連施工工種として実施することとする。） |

※1 上表に記載のない管理項目及び適用対象外の管理項目は従来手法による。

※2 延長の算定に支障がある場合は、監督職員と協議の上、従来手法で計測してもよい。

※3 舗装工においては、TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術及びRTK-GNSS出来形管理技術を使用しないため、舗装工の関連施工工種として実施する場合は適用しない。

※4 暗渠排水工においては、TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術を使用しないため、暗渠排水工の関連施工工種として実施する場合は適用しない。

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に定められたものとする。

T S（ノンプリズム方式）出来形管理技術及びT L S出来形管理技術を用いる場合は、以下の方法により測定値を算出する。

(1) 基準高（標高）の測定値を3次元座標から算出する方法

基準高（標高）は、3次元座標値の標高座標（z座標）の値を用いて、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

(2) 法長・幅・高さの測定値を3次元座標から算出する方法

法長は、計測した2点間の斜距離の算出値を測定値とし、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

幅は、計測した2点間の水平距離の算出値を測定値とし、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

高さは、計測した2点間の標高座標（z座標）差分値を用いて規格値と比較・判定を行う。

高さの構成点として選択した2点は、同じ平面位置になくてもよい。

(3) 延長の測定値を3次元座標から算出する方法

延長は、ブロック等の計測対象物に沿って、始点から終点までの複数箇所での3次元座標を計測し、これらの点間の直線距離（斜距離）の合計値を延長として用いて規格値と比較・判定を行う。

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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）共通事項 第3を参照する。

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。

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10-2のとおり行うものとする。

表10-2 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|--|--------------------------------|-----------------|
| コンクリートブロック積み コンクリートブロック張り 石積(張)工 コンクリート側溝工 コンクリート管渠工 | 1か所/施工延長おおむね40~80m 上記未満は2か所 | 床掘、基礎関係、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表10-3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10-3 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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11章 小規模土工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

小規模土工における出来形管理技術の適用範囲は表11-1のとおりとする。

断面管理を標準的な管理手法とするが、施工現場の環境条件により面管理を選択してもよい。

表11-1 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 | ・掘削 | 基準高、幅、法長、施工延長 | 1か所当たり施工土量が1,000m ³ 未満 |
| | ・盛土 | 基準高、幅、法長、施工延長 | |
| | ・栗石基礎 ・砕石基礎 ・砂基礎 ・均しコンクリート | 幅、厚さ、施工延長 | |
| | ・管体基礎工(砂基礎等) | 幅、高さ | |
| | ・掘削(小規模) | 基準高、幅、法長、施工延長 | 1か所当たり施工土量が100m ³ 以下 |
| 【多点計測】 ・モバイル端末 | ・掘削 | 基準高、幅、法長、施工延長 | 1か所当たり施工土量が1,000m ³ 未満 |
| | ・盛土 | 基準高、幅、法長、施工延長 | |

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 |
|---|-----|-------------------------------|-----------------------------------|
| 【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 ・施工履歴データ ・モバイル端末 | ・掘削 | 基準高・幅・法長・施工延長に代えて、水平又は標高較差を管理 | 1か所当たり施工土量が1,000m ³ 未満 |
| | ・盛土 | 基準高・幅・法長・施工延長に代えて、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「1 共通工事（掘削及び盛土）、8 管水路工事（管体基礎工（砂基礎等）」に定められたものとする。

2 面管理の場合

測定項目、規格値及び測定基準は表 11-2 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。

表 11-2 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 | |
| 掘削 | 平場 | 標高較差 | ±100 | ±150 | 出来形計測密度は 1点/m ² （平面投影面積当たり）以上 ^{※1} |
| | 法面 （小段含む） | 水平較差 又は 標高較差 | ±70 | ±160 | |
| 盛土 | 天端 | 標高較差 | ±100 | ±150 | |
| | 法面 （小段含む） | 標高較差 | ±80 | ±190 | |

※1：出来形計測は1 m²（100cm×100cmメッシュ）を基本とするが、施工幅が1 m未満の場合等、1 m²メッシュによる出来形管理が適さない場合は、出来形評価を0.25m²（50cm×50cmメッシュ）以下とする。この場合、測定基準を「出来形計測密度は（1メッシュ（平面投影面積）当たり1点以上）」とする。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行う。

(1) 出来形測定箇所及び測定項目

図 11-1 に示すとおり、出来形測定箇所及び測定項目は、現行の土木工事施工管理基準とは異なり、平場面、天端面及び法面（小段含む）の全面における設計面との標高較差又は水平較差とする。掘削の法面の場合、勾配が1割より緩い場合は標高較差で管理するのが望ましい。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。

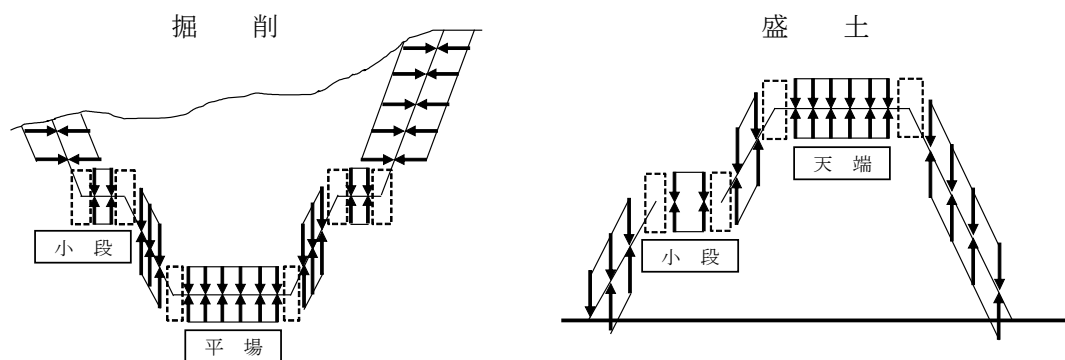


図 11-1 出来形測定箇所

(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、3次元設計データの設計面と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、平場面、天端面及び法面（小段を含む）の全面において規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

イ 水平較差の測定値を算出する方法

水平較差は、3次元設計データの設計面と出来形評価用データの各ポイントとの水平方向の離れを用い、「平均値」及び「個々の計測値」の最大値及び最小値を算出し、法面（小段を含む）の全面において規格値との比較・判定を行う。

なお、法肩及び法尻から標高方向に±50mm以内に存在する計測点は、水平較差の評価から除く。

評価する範囲は連続する一つの面とすることを基本とするが、規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、又は規格値の条件が最も厳しい値を採用する。

(3) 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、計測精度として±50mm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

出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順は、本ガイドライン（出来形管理編）
共通事項 第3を参照する。

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ワー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11-3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（平場、天端及び法面（小段含む。））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11-3 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 11-4 のとおり行うものとする。

表 11-4 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|--|----------------------------------|------------------------------|
| 掘削 掘削（小規模） | 1回／1工事* | 掘削幅、掘削深さ、法長、法勾配 |
| | 1か所／施工延長おおむね 50～100m 上記未満は2か所 | 排水側溝、その他必要箇所 |
| 盛土 | 1回／1工事* | 盛土幅、法長、法勾配 |
| | 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、法面（芝）、排水側溝、その他必要箇所 |
| 栗石基礎 碎石基礎 砂基礎 均しコンクリート | 1回／1工事* | 幅、厚さ |
| | 1か所／施工延長おおむね 50～100m 上記未満は2か所 | 転圧、粒径、その他必要箇所 |
| コンクリートブロック積み コンクリートブロック張り 石積（張）工 コンクリート側溝工 コンクリート管渠工 | 1か所／施工延長おおむね 40～80m 上記未満は2か所 | 床掘、基礎関係、その他必要箇所 |
| 管体基礎工（砂基礎等） | 1回／1工事* | 基礎の厚さ、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、締固め状況等 |

※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) 撮影方法

表 11-5 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。

表 11-5 小黑板に記載する事項

| 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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) | — |
| モバイル端末 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 |

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 11-6 のとおり行うものとする。

表 11-6 撮影記録による出来形管理

| 工種 | 撮影基準 | 撮影箇所 |
|----|-------------------------------------|------------------------------|
| 掘削 | 1 回/計測ごと | 掘削幅、掘削深さ、法長、法勾配 |
| | 1 箇所/施工延長おおむね 50~100m 上記未満は 2 箇所 | 排水側溝、その他必要箇所 |
| 盛土 | 1 回/計測ごと | 盛土幅、法長、法勾配 |
| | 1 箇所/施工延長おおむね 50~100m 上記未満は 2 箇所 | まき出し厚さ、転圧、法面(芝)、排水側溝、その他必要箇所 |

(2) 撮影方法

表 11-7 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黑板は不要である。

表 11-7 小黑板に記載する事項

| 出来形管理技術 | 記載事項 | 備考 |
|-------------------------------|---|----|
| TLS 地上移動体搭載型 LS 施工履歴データ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形管理機器設置位置 | — |

| | | |
|-------------------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 UAVレーザー、モバイル端末による計測状況が分かるように撮影する。 |