

空中写真測量（無人航空機）を用いた
出来形管理要領（土工編）
（案）

令和2年3月

国土交通省

はじめに

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

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

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

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

一方、空中写真測量（UAV）を用いた計測では、従来の巻尺、レベルやTSによる計測に比べて以下の留意点がある。

- (1) 計測箇所をピンポイントに計測できない。
- (2) 強風や雨などの天候により計測できない。
- (3) 航空法等の規制により利用できない地域がある。

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

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

なお、本管理要領は、発注者が行う監督・検査に関する要領と併せて作成しており、監督・検査については、「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の監督・検査要領（土工編）（案）」を参照していただきたい。

目 次

第1章 総 則.....	1
1-1 目 的	1
1-2 適用の範囲	2
1-3 本管理要領に記載のない事項	3
1-4 用語の解説	4
1-5 施工計画書	10
1-6 監督職員による監督の実施項目	12
1-7 検査職員による監督の実施項目	13
第2章 空中写真測量（UAV）による測定方法.....	14
2-1 機器構成	14
2-2 UAVの性能とデジタルカメラの計測性能及び精度管理.....	16
2-3 写真測量ソフトウェア	17
2-4 点群処理ソフトウェア	18
2-5 3次元設計データ作成ソフトウェア	21
2-6 出来形帳票作成ソフトウェア	23
2-7 工事基準点の設置	25
第3章 空中写真測量（UAV）による工事測量.....	26
3-1 起工測量	26
3-2 岩線計測	28
3-3 部分払い用出来高計測	30
第4章 空中写真測量（UAV）による出来形管理.....	31
4-1 3次元設計データの作成	31
4-2 3次元設計データの確認	33
4-3 空中写真測量（UAV）による出来形計測.....	34
4-4 出来形計測箇所	37
第5章 出来形管理資料の作成	38
5-1 出来形管理資料の作成	38
5-2 数量算出	41
5-3 電子成果品の作成規定	43
第6章 管理基準及び規格値等	46
6-1 出来形管理基準及び規格値	46
6-2 品質管理及び出来形管理写真基準	48
参考資料	49
参考資料-1 参考文献	49
参考資料-2 3次元設計データチェックシート.....	50
2-1 道路土工	50
2-2 河川土工	51

参考資料－3	3次元設計データの照査結果資料の一例	52
3-1	道路土工	52
3-2	河川土工	56
参考資料－4	空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書	60

第1章 総則

1-1 目的

本管理要領は、空中写真測量（UAV）による出来形計測及び出来形管理が、効率的かつ正確に実施されるために、以下の事項について明確化することを主な目的として策定したものである。

- 1) 空中写真測量（UAV）を用いた出来形計測の基本的な取扱い方法や計測方法
- 2) 取得データの処理方法
- 3) 各工種における出来形管理の方法と具体的手順、出来形管理基準及び規格値

【解説】

本管理要領は、空中写真測量（UAV）を用いた出来形計測及び出来形管理・出来高算出の方法を規定するものである。

空中写真測量（UAV）による出来形計測は、被計測対象の地形の空中写真を撮影し、写真測量用のソフトウェアによる数値化を行い、3次元CADや同様のソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握、出来形数量などを容易に算出することが可能となり、従来の施工管理手間の大幅な削減と、詳細な地形や出来形の形状取得が可能で、従来の巻尺・レベルによる幅・長さの計測や、高さの計測は不要である。

以上のように所定の性能を有したUAV及び3次元データが扱えるソフトウェア等の利用の効果は大きいですが、空中写真測量（UAV）は計測対象点を指定した計測が出来ないことや強風や降雨など天候によっては飛行撮影できないといった特徴、写真撮影後のソフトウェア上でのデータ処理が必要なことから、従来の巻尺・レベルあるいは、TSによる出来形管理の方法とは異なる出来形計測手順や管理基準を明確に示す必要がある。

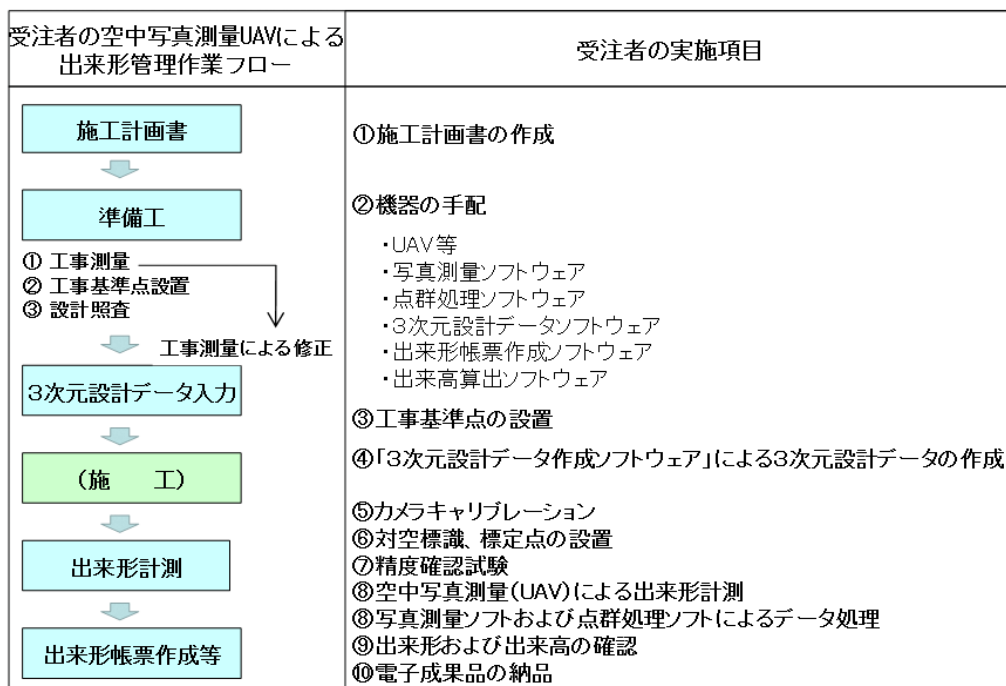


図 1 - 1 出来形管理の主な手順

1-2 適用の範囲

本管理要領は、受注者が行う空中写真測量（UAV）を用いた出来形計測及び出来形管理に適用する。また、適用する工種は表1-1のとおりとする。

【解説】

1) 測定方法

本管理要領では、空中写真測量（UAV）以外のTSやGNSS、地上型レーザースキャナ一等による出来形の測定方法については対象外とする。

2) 適用工種

適用工種を現行の土木工事施工管理基準における分類で示すと、表1-1のとおりである。

表1-1 適用工種区分

編	章	節	工種
共通編	土工	道路土工	掘削工
			路体盛土工 路床盛土工
		河川・海岸・ 砂防土工	掘削工
			盛土工

(土木工事施工管理基準の工種区分より)

3) 対象となる作業の範囲

本管理要領で示す作業の範囲は、図1-2の実線部分（施工計画、準備工の一部、出来形計測、出来高算出、及び完成検査準備・及び完成検査）である。しかし、空中写真測量（UAV）を用いた出来形の把握、出来高の確認は施工全体の工程管理や全体マネジメントに有効であり、図1-2の破線部分（施工）においても、作業の効率化が期待できる。作業の効率化は情報化施工の目的に合致するものであり、本管理要領は、空中写真測量（UAV）を日々の出来形把握、出来高把握等の自主管理等に活用することを何ら妨げない。

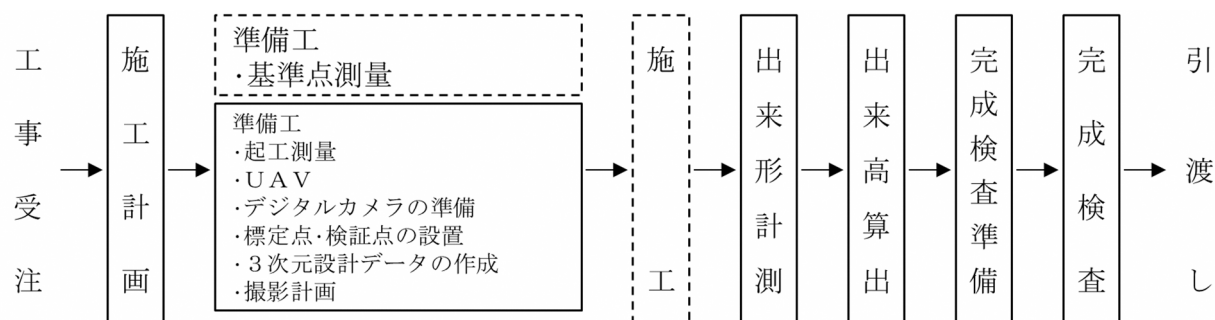


図1-2 本管理要領の対象となる業務の範囲

1-3 本管理要領に記載のない事項

本管理要領に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 「土木工事共通仕様書」(国土交通省各地方整備局)
- 2) 「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 3) 「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 4) 「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 5) 「工事完成図書の子納品等要領」(国土交通省)
- 6) 「国土交通省 公共測量作業規程」(国土交通省)
- 7) 「空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)」
(国土交通省)
- 8) 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」(国土交通省)
- 9) 「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(国土地理院)
- 10) 「公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)」(国土地理院)

注1) 上記基準類の名称は各地方整備局で若干異なります。

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

【解説】

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

1-4 用語の解説

本管理要領で使用する用語を以下に解説する。

【空中写真測量】

空中写真測量は、航空機などを用いて上空から撮影された連続する空中写真を用いて、対象範囲のステレオモデルの作成や地上の測地座標への変換等を行い、地形や地物の3次元の座標値を取得可能な作業である。

【UAV（無人航空機）】

UAV（無人航空機）は、人が搭乗することなく飛行できる航空機であり、自律制御あるいは、地上からの遠隔操作によって飛行することができる。無人航空機にデジタルカメラを搭載することで、空中写真測量に必要な写真を空中から撮影することができる。

【TS】

トータルステーション（Total Station）の略。1台の機械で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。標定点、検証点の座標取得、及び実地検査に利用される。

【空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理】

UAV（無人航空機）を用いて被計測対象の地形の空中写真を撮影し、空中写真測量による3次元の形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に把握、算出する管理手法である。

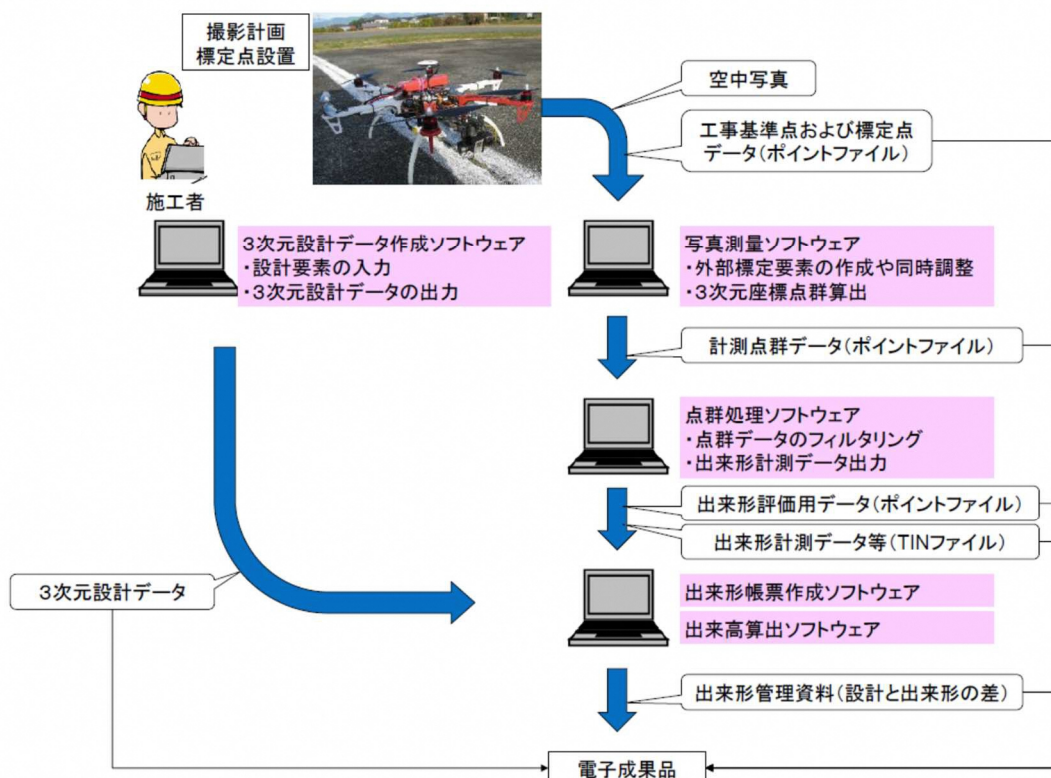


図1-3 空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理のデータの流れ

【3次元設計データ】

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

【TIN】

TIN（不等辺三角網）とは Triangular Irregular Network の略。TINは、地形や出来形形状などの表面形状を3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。TINは、多くの点を3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものである。TINは、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される。

【3次元設計データの構成要素】

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

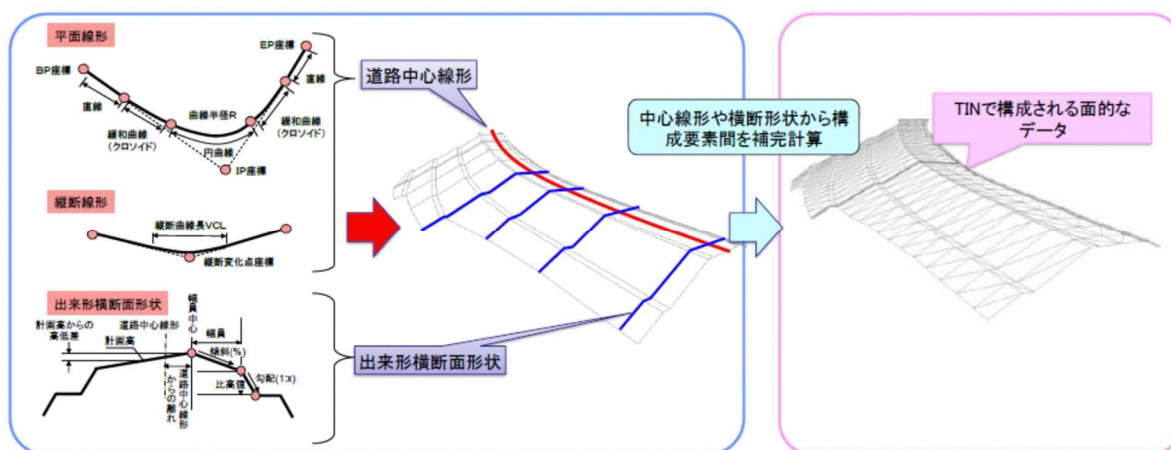


図1-4 3次元設計データと構成要素（道路土工の場合）

【道路中心線形】

道路の基準となる線形のこと。平面線形と縦断線形で定義され、3次元設計データの構成要素の1つとなる。

【法線】

堤防、河道及び構造物等の平面的な位置を示す線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、3次元設計データの構成要素の一つとなる。

【平面線形】

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

【縦断線形】

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

【出来形横断面形状】

平面線形に直交する断面での、土工仕上がり、法面等の形状である。現行では、横断図として示されている。

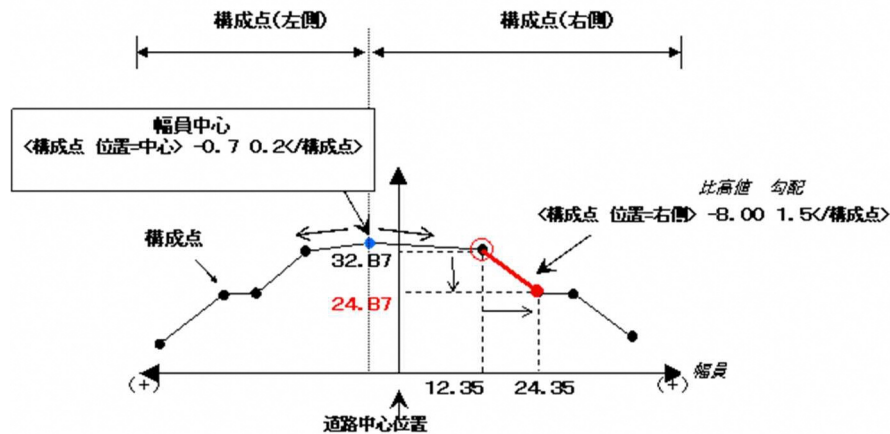


図 1-5 出来形横断面形状の一例（道路土工の場合）

【計測点群データ（ポイントファイル）】

空中写真測量で計測した地形や地物を示す3次元座標値の点群データ。CSVやLandXML、LASなどで出力される点群処理ソフトウェアなどでのデータ処理前のポイントのデータである。

【出来形評価用データ（ポイントファイル）】

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

【出来形計測データ（TINファイル）】

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

【起工測量計測データ（TINファイル）】

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

【岩線計測データ（TINファイル）】

空中写真測量で計測した計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合体として岩区分境界としての面を構築したデータのことをいう。数量算出に利用する。

【出来形管理資料】

3次元設計データと出来形評価用データを用いて、設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを表した分布図を整理した帳票、もしくは3次元モデルをいう。

【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。

【点群処理ソフトウェア】

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

【3次元設計データ作成ソフトウェア】

3次元設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す3次元設計データを作成、出力するソフトウェアである。

【出来形帳票作成ソフトウェア】

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

【出来高算出ソフトウェア】

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

【オリジナルデータ】

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

【工事基準点】

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

【標定点】

空中写真と測量の基準となる基準点及び工事基準点と対応付けするために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量(UAV)の計測結果を現場座標系に変換するために使用する位置座標である。

【検証点】

空中写真によって取得した位置座標の計測精度を確認するために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量(UAV)の計測精度を確認するために、検証点における空中写真測量の算出結果と真値となる既知点あるいは測量した座標値を比較する。なお、検証点は、空中写真測量から得られる位置座標の確認に利用するため、空中写真測量の標定点として利用しない点である。

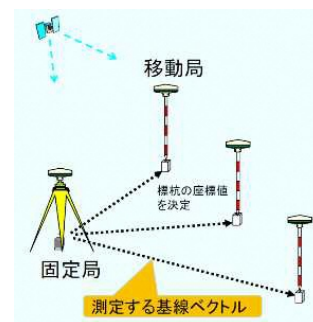
【GNSS (Global Navigation Satellite System/汎地球測位航法衛星システム)】

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

日本の準天頂衛星（みちびき）も運用されている。

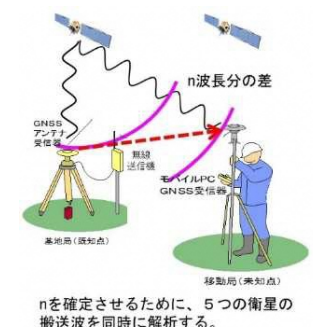
【キネマティック法】

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



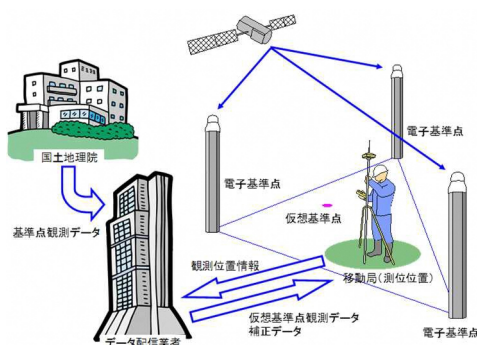
【RTK-GNSS】

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



【ネットワーク型RTK-GNSS】

RTK-GNSSで利用する基地局を仮想点として擬似的に作成することで、基地局の設置を削減した計測方法のこと。全国に設置された電子基準点のデータを元に、移動局の近隣に仮想的に基地局を作成し、基地局で受信するデータを模擬的に作成する。これを移動局に配信することでRTK-GNSSを実施可能となる。このため、既知点の設置とアンテナは不要だが、仮想基準点の模擬的な受信データ作成とデータ配信、通信料に関する契約が別途必要となる。

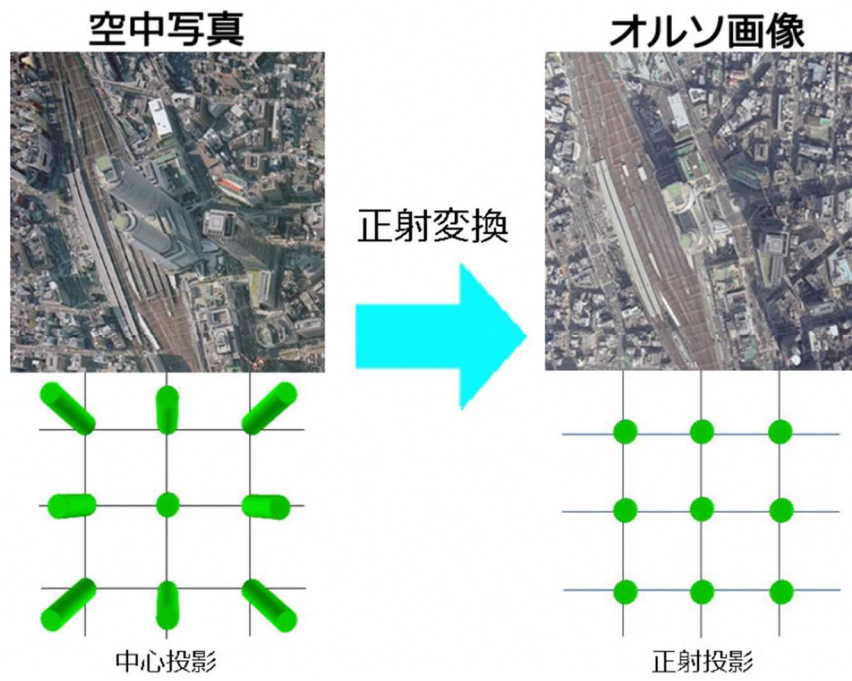


【GNSSローバー】

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

【オルソ画像】

航空カメラで撮影された空中写真は、レンズの中心に光束が集まる中心投影なので、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像に位置ズレが生じる。写真に写る対象物が地面から高いほど、また写真の中心から周縁部に向かうほど、この位置ズレは大きくなる。上空から撮影した空中写真では、土地の起伏（高低差）による位置ズレが生じるとともに、高層ビルなどの高い建物や周縁部のとがった山の像は、写真の中心から外側へ傾いているように写る。オルソ画像は、写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさや位置に表示される画像に変換（正射変換という）したものである。



(出典：国土地理院オルソ画像について <https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html>)

1-5 施工計画書

受注者は、施工計画書及び添付資料に次の事項を記載しなければならない。

1) 適用工種

適用工種に該当している工種を記載する。「1-2 適用の範囲」を参照されたい。

2) 適用区域

本管理要領による、3次元計測範囲、出来形管理を行う範囲を記載する。

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

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

4) 使用機器・ソフトウェアUAVおよび使用するデジタルカメラの計測性能、機器構成及び

利用するソフトウェアを記載する。

5) 撮影計画

空中写真測量の撮影コース及び重複度等を記載する。

【解説】

1) 適用工種

本管理要領による適用工種に該当している工種を記載する。

2) 適用区域

本管理要領により、3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の土工範囲を示し、本管理要領による出来形管理範囲と「土木工事施工管理基準及び規格値」による出来形管理範囲を塗り分ける。

3次元計測範囲は、土工部分を周囲に5m程度広げた範囲を基本とし、施工エリア全体としてもよい。

3) 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び規格値」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

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

4) 使用機器・ソフトウェア

空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理を正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された撮影機材(UAV、デジタルカメラ)及び必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。受注者は、施工計画書に使用する機器構成を記載すると共に、その機能・性能などを確認できる資料を添付する。

①機器構成

受注者は、本管理要領を適用する出来形管理で利用する機器及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

②UAV(無人航空機)

受注者は、撮影計画を満足する揚重能力および飛行時間を確保できる機体を使用すること。また、航空機の高航行の安全確保のために、「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準じた飛行マニュアルを施工計画書の添付資料として提出すること。UAVの保守点検を実施し、その有効期限内であることを示す記録を添付する。UAVの保守点

検は、1年に1回以上、製造元等による点検を行うこととする。

③デジタルカメラ

受注者は、出来形管理用に利用するデジタルカメラ本体が下記⑤に示す計測性能と同等以上の計測性能を有するとともに、必要に応じて製造メーカー等による機能維持のための点検（センサの清掃及び機能確認等などの）を実施すること。

④ソフトウェア

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

⑤必要な計測性能及び測定精度

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・・・別紙様式－2による精度確認試験を行うこと。

必要な性能は、撮影計画に従って撮影する際の地上画素寸法が10mm／画素以内を確保できるとし、インターバル撮影または遠隔でシャッター操作ができることを示すメーカーカタログあるいは仕様書を施工計画書の添付資料として提出すること。

測定精度については、精度確認用の検証点を現場に設置し、空中写真測量（UAV）から得られた計測点群データ上の検証点の座標と真値の位置座標（基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値）を比較することで確認することとする。そのため、別紙様式－2に示す現場精度確認を実施し、その記録を提出する。なお、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には、上記の計測性能とは異なる地上画素寸法で撮影を行うことができる。

5) 撮影計画

受注者は、本管理要領により利用する空中写真測量（UAV）については、以下の項目に留意し、撮影計画を作成することとする。

- ・ 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の算出結果。なお、所定のラップ率については、進行方向のラップ率最低90%以上であることを示す飛行計画、または、飛行後に進行方向ラップ率最低80%以上を確認するための確認方法、いずれかを記載すること。
- ・ 算出に使用するソフトウェアの名称
- ・ 標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画
- ・ 同一コースは、直線かつ等高度の撮影となるように計画する。
- ・ 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上設定する。
- ・ 対地高度は、必要な精度を確保できる地上画素寸法を確保できるよう、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めるものとする。撮影高度は、対地高度に撮影区域内の撮影基準面高を加えたものとする。

1-6 監督職員による監督の実施項目

本管理要領を適用した、空中写真測量（UAV）による出来形管理における監督職員の実施項目は、「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の監督・検査要領（河川土工編）（案）」または「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の監督・検査要領（道路土工編）」の「5 監督職員の実施項目」による。

【解説】

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

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

監督職員の実施項目は下記に示すとおりである。

- 1) 施工計画書の受理・記載事項の確認
- 2) 基準点の指示
- 3) 設計図書の3次元化の指示
- 4) 工事基準点等の設置状況の把握
- 5) GNSSローバーの精度確認試験結果報告書の把握

ただし、出来形計測以外（起工測量、岩線計測、部分払出来高）でGNSSローバーを用い標定点及び検証点を設置した場合

- 6) 3次元設計データチェックシートの確認
- 7) 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の把握
- 8) 出来形管理状況の把握

1-7 検査職員による監督の実施項目

本管理要領を適用した、空中写真測量（UAV）による出来形管理における検査職員の実施項目は、「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の監督・検査要領（河川土工編）」または「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の監督・検査要領（道路土工編）」の「6 検査職員の実施項目」による。

【解説】

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

出来形の検査に関して、出来形管理資料の記載事項の検査を行う。また、出来形数量の算出においても、本管理要領で算出された数量を用いてよいものとする。

受注者は、当該技術検査について、監督職員による監督の実施項目の規定を準用する。検査職員の実施項目は下記に示すとおりである。

1) 出来形計測に係わる書面検査

- ・空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理に係わる施工計画書の記載内容
- ・設計図書の3次元化に係わる確認
- ・空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理に係わる工事基準点等の測量結果等
- ・空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理に係わるGNSSローバーの精度確認試験結果報告書の確認。ただし、出来形計測以外（起工測量、岩線計測、部分払出来高）でGNSSローバーを用い標定点及び検証点を設置した場合とする
- ・3次元設計データチェックシートの確認
- ・空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理に係わる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の確認
- ・空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理に係わる「出来形管理図表」の確認
- ・品質管理及び出来形管理写真の確認
- ・電子成果品の確認

2) 出来形計測に係わる実地検査

- ・検査職員が任意に指定する箇所の出来形検査

第2章 空中写真測量（UAV）による測定方法

2-1 機器構成

本管理要領で用いる空中写真測量（UAV）による出来形管理のシステムは、以下の機器で構成される。

- 1) UAV
- 2) デジタルカメラ
- 3) 写真測量ソフトウェア
- 4) 点群処理ソフトウェア
- 5) 3次元設計データ作成ソフトウェア
- 6) 出来形帳票作成ソフトウェア
- 7) 出来高算出ソフトウェア

【解説】

図2-1に空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理で利用する機器の標準的な構成を示す。

1) UAV

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

2) デジタルカメラ

デジタルカメラは、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。

3) 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。なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU, GPU, メモリなど）に留意すること。

4) 点群処理ソフトウェア

空中写真測量で算出した地形の3次元座標点群から樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群を、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群にTIN（不等三角網）を配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU, GPU, メモリなど）に留意すること。

5) 3次元設計データ作成ソフトウェア

3次元設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す3次元設計データを作成・出力するソフトウェアである。

6) 出来形帳票作成ソフトウェア

5) で作成した3次元設計データと、4) で算出した出来形評価用データの各ポイントの離れを算出することで、出来形の良否判定が可能な出来形分布図などを作成するソフトウェアである。

7) 出来高算出ソフトウェア

別途計測した起工測量結果と、5) で作成した3次元設計データ、あるいは、4) で算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

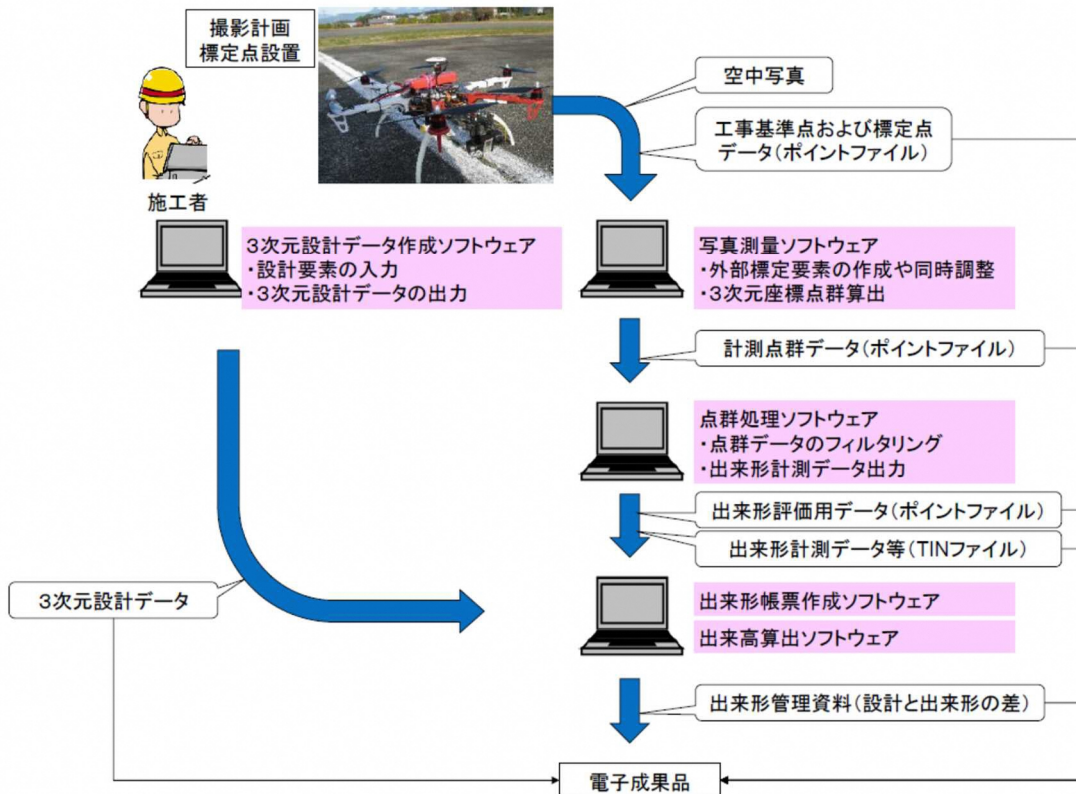


図 2 - 1 空中写真測量 (UAV) による出来形管理機器の構成例

2-2 UAVの性能とデジタルカメラの計測性能及び精度管理

空中写真測量（UAV）による出来形計測で利用するUAV及びデジタルカメラは、下記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であること。受注者は、本管理要領に基づいて出来形管理を行う場合は、利用する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。以下に、UAV及びデジタルカメラの性能基準を示す。

計測性能：地上画素寸法が10mm／画素以内

測定精度：±50mm 以内

（カタログ記載に加え、参考資料-4 精度確認試験による現場確認を行うこと。）

【解説】

1) 計測性能

デジタルカメラの計測性能については、地上画素寸法が10mm／画素以内を確保できる画素数を有すること。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には、上記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。また、使用するデジタルカメラは、インターバル撮影または、遠隔でシャッター操作ができる機能を有することとする（動画ではなく連続静止画撮影に対応していること。）また、UAVの計測性能については、以下の性能及び機能を有することとする。

- ・撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保できる機体であること。
- ・航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じた機体であること。

※「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機体性能を有するとともに、当該機体に関する飛行マニュアルを整備しておくこと。

- ・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の算出するソフトウェアを有すること。

UAV及びデジタルカメラについては、製造メーカー等による保守点検を実施する。点検の頻度は、UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて実施する。

受注者は、計測性能について、UAVやデジタルカメラの性能を確認できる資料及びUAVの保守点検記録を提出することとする。

2) 測定精度

空中写真測量（UAV）の測定精度は、以下の手順にて精度確認試験を行い、測定精度が±50mm 以内であることを計測点群データ作成時に確認する。

測定精度の確認方法は、精度確認用の検証点を現場に設置し、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と真値の位置座標（基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値）を比較することで確認することとする。そのため、別紙様式-2に示す現場精度確認を実施し、その記録を提出する。

2-3 写真測量ソフトウェア

本管理要領で用い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、空中写真測量の原理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必要がある。

【解説】

空中写真の3次元出来形形状の算出などソフトウェアによる後処理が必要となる。以下に本管理要領に基づくデータ処理の概念とデータ処理に必要な主な機能を示す。また、空中写真測量を実施するためには、事前に使用するデジタルカメラを用いて、撮影画像の歪み量、レンズの中心位置等などのパラメータを把握するカメラキャリブレーションを実施しておく必要がある。このキャリブレーション時に求めるパラメータは、使用する各写真測量ソフトウェアに必要な項目とし、写真測量ソフトウェアによる座標値算出の過程で行うセルフキャリブレーションに用いるものである。

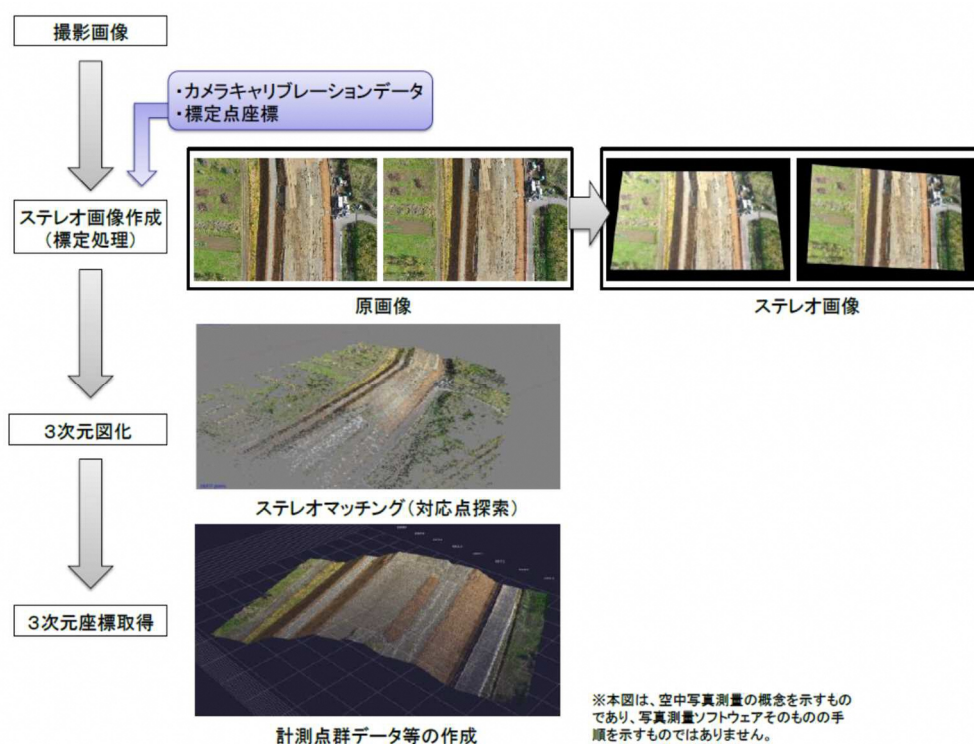


図2-2 空中写真測量 (UAV) のデータ処理手順

2-4 点群処理ソフトウェア

本管理要領で利用する点群処理ソフトウェアは、計測点群データから樹木や草木、仮設構造物などの出来形とは関係のない不要点を除外する機能や、3次元の出来形評価用データ及び出来形計測データを出力する機能を有していなければならない。

【解説】

空中写真測量（UAV）の特徴は、撮影した空中写真を用いて、面的な出来形形状の3次元座標点群を測定することが可能な点である。しかし、空中写真の3次元出来形形状の算出などソフトウェアによる後処理が必要となる。さらには、取得される大量の点群には出来形管理には関係のない部分の地形や構造物、樹木や草木、建設機械や作業員、仮設構造物などの不要な点やノイズなどが含まれており、必要な計測データだけを抽出することが必要となる。不要点の排除にあたっては、不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで削除しないように配慮する必要がある。以下に本管理要領に基づくデータ処理の概念とデータ処理に必要な主な機能を示す。

1) 計測点群データの不要点削除

①対象範囲外のデータ削除

空中写真測量では、空中写真の撮影範囲を全体的に計測するために、被計測対象物以外の構造物のデータを含んでいる。そこで、計測結果から不要な計測データを削除する作業を行う。削除の方法は、点群処理ソフトウェアを用い、計測点群データの3次元的な鳥瞰図を見ながら、対象範囲外のデータかどうかを目視確認し、選択、削除する方法が一般的である。

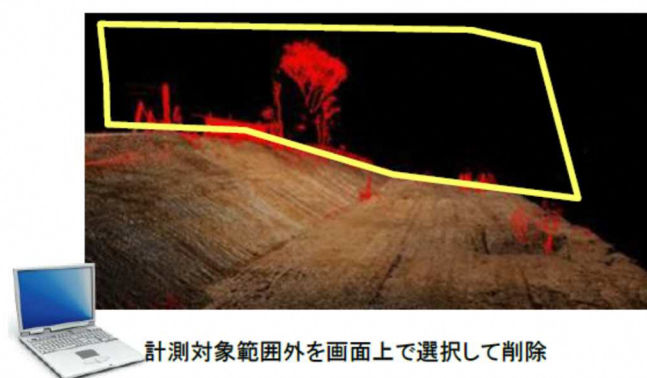


図2-3 対象範囲外のデータ削除

②点群密度の変更（データの間引き）

空中写真測量では、多くの3次元座標点群を算出すること可能であり、すべての計測点群データを利用してもよいが、全てのデータを用いることでコンピュータの処理を著しく低下させてしまう場合は、類似の座標データから代表点を抽出して点群密度を減らす作業を行ってもよい。

出来形計測データについては、 0.01m^2 あたり1点以上、数量算出に用いる岩線計測データ及び起工測量計測データについては、 0.25m^2 あたり1点以上、出来形評価用データとしては 1m^2 あたり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。密度の変更方法は、用途によって様々な手法が開発されているが、座標値を変更するような処理はとってはならない。

例えば平面範囲（例えば出来形評価の計測密度である 1m^2 以内）で鉛直方向の最下点や中

中央値を抽出することはよいが、平均処理を行ってはいならない（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他に、内挿により格子状に加工することにより、1 m²あたり1点程度のデータとすることができる。この場合、以下の方式によることができる。

- ・計測対象面について1 m²（1 m×1 mの平面正方形）以内のグリッドを設定し、グリッドの中央あるいは格子点に評価点（x, y）を設置する。評価点の標高値は、評価点を中心とする1 m²以内の実計測点と設計面との差の最頻値または差の平均値を設計値に加算した値を用いる。

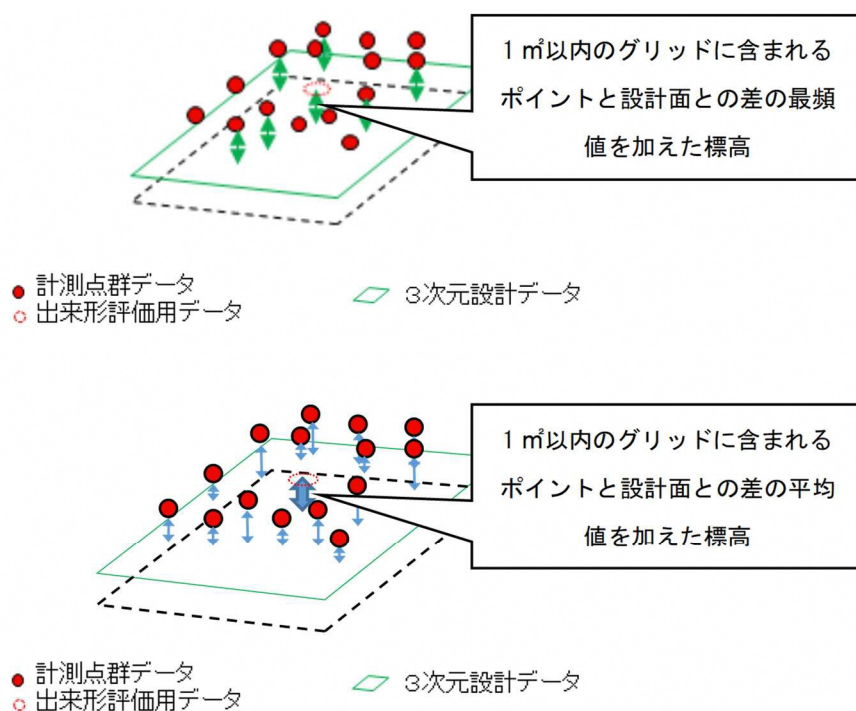


図 2-4 グリッドデータ化のイメージ

あるいは、以下を用いることもできる。

- ・最近隣法

グリッド点から最も近い点の標高値を採用

- ・平均法

内挿するグリッドからある検索範囲内にある計測点群データの標高の平均値を標高値として採用。このとき検索範囲はグリッド格子間隔の2倍程度を限度とする

- ・T I N法

計測点群データから発生させたT I Nを用いて、平面座標として内挿するグリッドが含まれる三角形上の標高値を採用

- ・逆距離加重法

計測点群データ各点から一定距離内の各点群に対し、グリッドまでの距離に応じた重みを付けて内挿する方法。一定距離については、グリッド格子間隔の2倍程度を限度とする

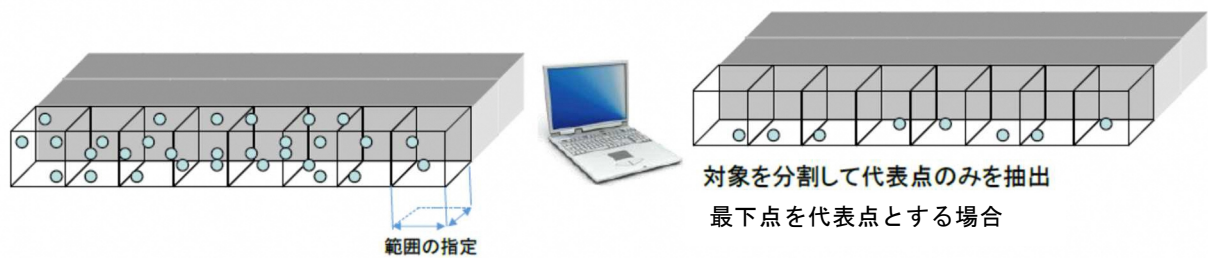


図 2-5 点群データの密度を均一にする方法 (例)

2) 面データ (出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ) の作成計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象に T I N (不等三角網) を配置し、地形や岩区分境界、あるいは出来形の面データを作成する。自動で T I N を配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、T I N の結合方法を手動で変更してもよい。

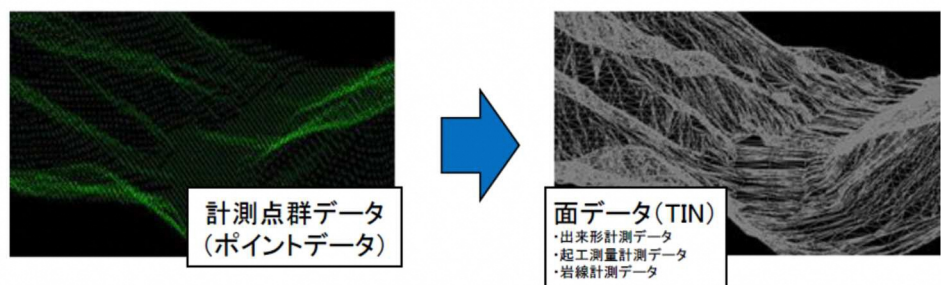


図 2-6 計測点群データを T I N データに変換する方法

2-5 3次元設計データ作成ソフトウェア

3次元設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す。3次元設計データを作成・出力することができ、以下の機能を有することとする。

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

【解説】

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

1) 3次元設計データ等の要素読込（入力）機能

①座標系の選択機能

3次元設計データの座標系を選択する機能。

②平面線形の読込（入力）機能

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

③縦断線形の読込（入力）機能

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

④横断形状の読込（入力）機能

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

⑤現況地形データの読込（入力）機能

起工測量で得られた計測点群データあるいは面データを読込（入力）できる機能。

2) 3次元設計データ等の確認機能

上記 1) で読み込んだ（入力した）中心線形データ（平面線形データ、縦断線形データ）横断形状データと出力する3次元設計データを重畳し、同一性を確認するため入力値比較や3次元表示が確認できる機能。

3) 設計面データの作成機能

上記 1) で読み込んだ（入力した）3次元設計データの幾何要素から設計の面データを作成する機能。本管理要領でいう面データは、T I N（不等辺三角網）データとする。

4) 3次元設計データの作成機能

上記 3) で読み込んだ設計面データと起工測量データに基づく、3次元設計データを作成する機能。

5) 座標系の変換機能

3次元設計データを、上記1) で選択した座標系に変換する機能。

6) 3次元設計データの出力機能

上記4)～5) で作成・変換した3次元設計データを LandXML 形式や使用するソフトウェア等のオリジナルデータで出力する機能。

2-6 出来形帳票作成ソフトウェア

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

【解説】

3次元のポイントデータによる出来形評価用データと3次元設計データを重ねて表示することで出来形の良否判定を行う。特に、空中写真測量（UAV）による計測では、法肩や法尻などの変化点を特定した計測ができないことから、従来の幅員や法長、端部の基準高さという管理項目での良否判定法では比較できない。このことから、3次元設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ（標高較差あるいは水平較差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図を整理した帳票（出来形管理図表）もしくは属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルのビューファイルを出来形管理資料として出力する。

1) 出来形管理基準上の管理項目の計算結果の出力

① 3次元設計データから管理を行うべき範囲（平場、天端、法面（小段含む）の部位別）を抽出する。

② 部位別に3次元設計データと出来形評価用データの各ポイントとの離れ（標高較差あるいは水平較差）を計算し、平均値、最大値、最小値、データ数、評価面積及び棄却点数を出力する。標高較差は、各ポイントの標高値と、平面座標と同じ設計面上の設計標高値との差分として算出し、水平較差は、当該ポイントを含み、かつ「法面や構造物の位置をコントロールする線形」に直交する平面上で設計面の横断を見たとき、当該ポイントと同一標高値の横断上の点との距離として算出する。

ここで「法面や構造物の位置をコントロールする線形」とは、道路中心、幅員中心、堤防法線、並びに法肩や法尻及び道路端部を結ぶ線形のことをいう。

③ 「5-1 出来形管理資料の作成」にある出来形管理図表の様式を満足する項目を表形式で印刷、または3次元モデルの属性情報として表示する。

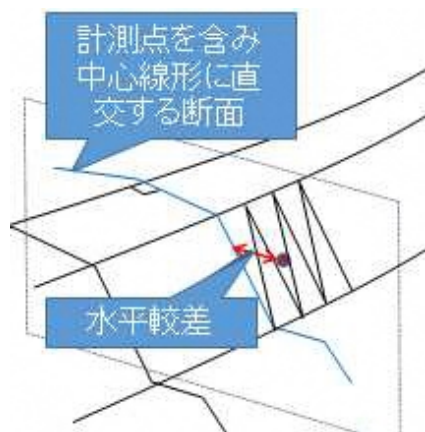


図2-7 水平較差の算出ロジックのイメージ

法肩等を構成するTINの一边も「法面や構造物の位置をコントロールする線形」と見なすことが出来る

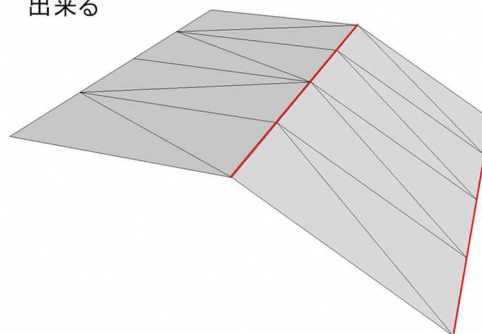


図2-8 位置をコントロールする線形

2) 出来形分布図

- ① 3次元設計データから管理を行うべき範囲（平場、天端、法面（小段含む）の部位別）を抽出する。
- ② 部位別に3次元設計データと出来形評価用データの離れの計算結果を出来形評価用データのポイント毎に分布図として表示する。
- ③ 分布図が具備すべき情報としては「5-1 出来形管理資料の作成」にある出来形管理図表の様式を参考として、以下のとおりとする。
 - ・ 評価範囲全体が含まれる平面図（部位別に別葉とする。）
 - ・ 離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして-100%～+100%の範囲で出来形評価用データのポイント毎に結果を示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示する。
 - ・ ±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示する。
 - ・ 規格値の範囲外については、-100%～+100%の範囲とは別の色で明示する。
 - ・ 発注者の求めに応じて規格値の50%以内に収まっている計測点の個数、規格値の80%以内に収まっている計測点の個数について図中の任意の箇所に明示できることが望ましい。
 - ・ 規格値が正負いずれかしか設定されていない工種についても、正負を逆転した側に規格値が存在するものとして表示することが望ましい。

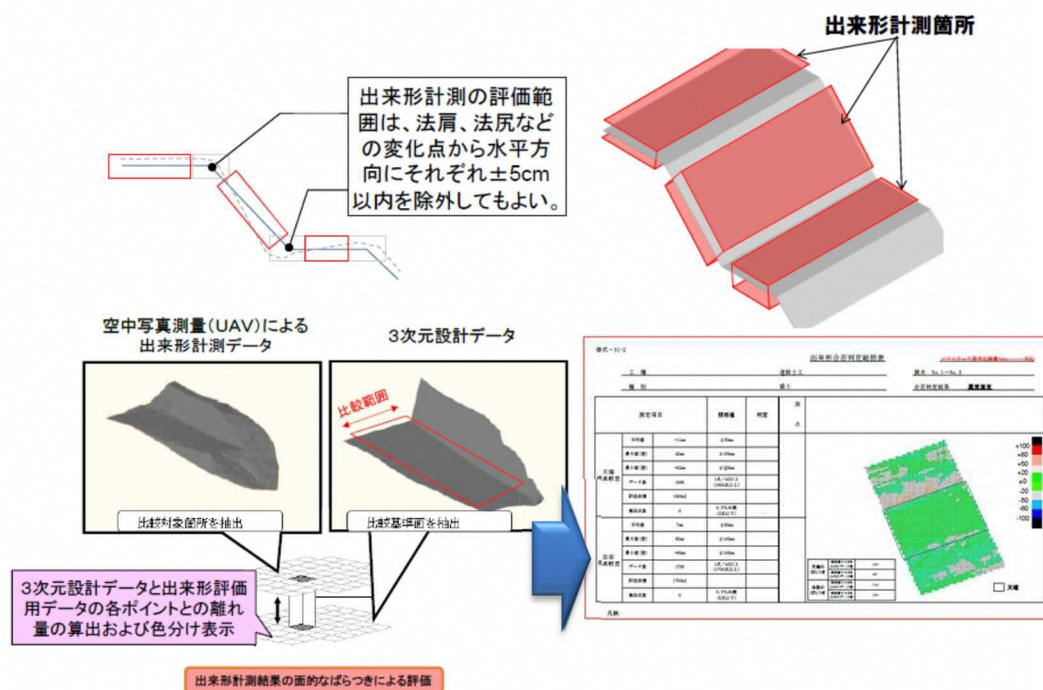


図 2-9 面的な出来形管理分布図のイメージ

2-7 工事基準点の設置

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

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

【解説】

空中写真測量（UAV）による出来形管理では、現場に設置された工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。このため、出来形の測定精度を確保するためには、現場内に4級基準点または、3級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度管理が重要である。工事基準点の精度は、「国土交通省公共測量作業規程」の路線測量を参考にし、これに準じた。

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

工事基準点の設置時の留意点としては、空中写真測量（UAV）の標定点を効率的に計測できる位置にTSが設置可能なように工事基準点を複数設置しておくことが有効である。また、本管理要領に基づく出来形管理では出来形計測精度の確保を目的に、標定点を計測する場合は基準点からTS、標定点からTSまでの計測距離（斜距離）についての制限を、3級TSは100m以内（2級TSは150m）とする（TS等光波方式を用いた出来形管理要領より引用）。

第3章 空中写真測量（UAV）による工事測量

3-1 起工測量

1) 起工測量の実施

受注者は、設計照査のために伐採後の地盤の地形測量を実施する。計測密度は 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) あたり1点以上とする。地上画素寸法は、別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」を参考に要求精度が 0.1m であることを踏まえて適宜設定する。なお、起工測量時のその他の実施事項については「4-3 空中写真測量（UAV）による出来形計測」を準用するが、2)の標定点及び検証点の設置、計測方法については当該規定によらなくてもよいものとし、5)精度確認については、 $\pm 100\text{mm}$ 以内であればよい。

2) 起工測量計測データの作成受注者は、空中写真測量（UAV）で計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成する。データ処理方法は、「2-4 点群処理ソフトウェア」の手順を参照されたい。

【解説】

本管理要領では、着工前の現場形状を把握するための起工測量を面的な地形測量が可能な空中写真測量（UAV）を用いて実施する。面的なデータを使用した設計照査を実施する際は、当該工事の設計形状を示す3次元設計データについて、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付ける。

1) 起工測量の実施

起工測量時の測定精度は、 x 、 y 、 z それぞれ 100mm 以内とし、計測密度は 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) あたり1点以上とする。別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案) 第3編 UAVによる空中写真を用いた三次元点群作成」に記載される地上画素寸法を準用して計測を行う。なお、その他の作業方法と作業上の留意点については、「4-3 空中写真測量（UAV）による出来形計測」を参照されたい。また、標定点及び検証点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能とするが、この計測精度が起工測量全体の精度に影響するため、第4章 空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書に記載の「GNSSの精度確認試験実施手順書(案)」を参考に平面座標 $\pm 20\text{mm}$ 以内、標高差 $\pm 30\text{mm}$ 以内であることを確認する。

2) 起工測量計測データの作成

受注者は、計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成する。自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。また、管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるようにTINで補間してもよいものとする。

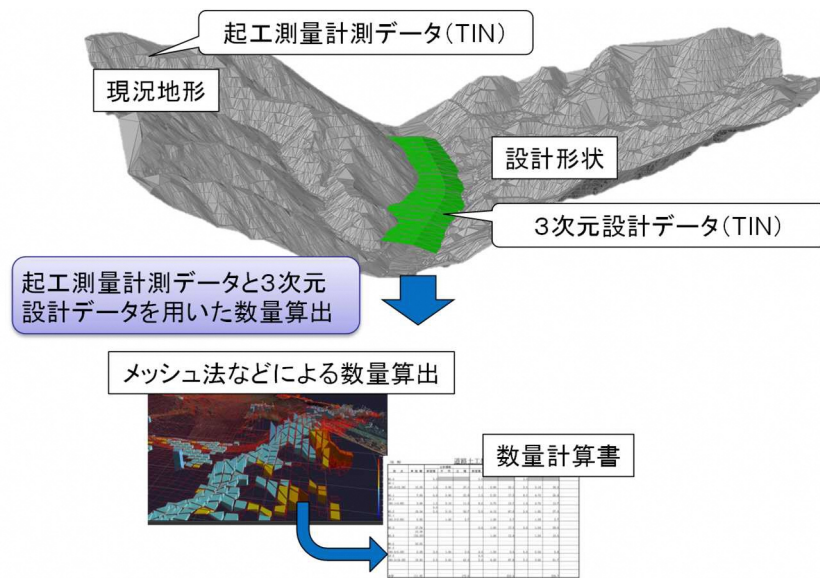


図 3 - 1 設計照査のための数量算出イメージ

3-2 岩線計測

1) 岩線計測の実施受注者は、設計変更のために、必要に応じて岩質の境界面について地形測量を実施する。

計測密度は 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) あたり 1 点以上とし、地上画素寸法は、別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」を参考に要求精度が 0.1m であることを踏まえて適宜設定することとする。岩線計測のその他の実施事項は「4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測」を準用するが、2) の標定点及び検証点の設置、計測方法については当該規定によらなくてもよいものとし、5) 精度確認については、 $\pm 100\text{mm}$ 以内であればよい。

2) 岩線計測データの作成受注者は、空中写真測量(UAV)で計測した岩線の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される岩線計測データを作成する。データ処理方法は、「2-4 点群処理ソフトウェア」の手順を参照されたい。

【解説】

本管理要領では、岩区分の境界を把握するための岩線計測を面的な地形計測が可能な空中写真測量(UAV)を用いて実施する。面的なデータを使用して設計変更の根拠資料とする際には、当該工事の設計形状を示す3次元設計データについて、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付ける。

1) 岩線計測の実施

岩線計測時の測定精度は、 x 、 y 、 z それぞれ 100mm 以内とし、計測密度は 0.25m^2 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ メッシュ) あたり 1 点以上とする。別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案) 第3編 UAVによる空中写真を用いた三次元点群作成」に記載される地上画素寸法を準用して計測を行う。なお、その他の作業方法と作業上の留意点については、「4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測」を参照されたい。また、標定点及び検証点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能とするが、この計測精度が岩線計測全体の精度に影響するため、第4章 空中写真測量(UAV)の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書に記載の「GNSSの精度確認試験実施手順書(案)」を参考に平面座標 $\pm 20\text{mm}$ 以内、標高差 $\pm 30\text{mm}$ 以内であることを確認する。

2) 岩線計測データの作成

受注者は、計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTIN(不等三角網)を配置し、岩線計測データを作成する。自動でTINを配置した場合に、現場の出来形計測と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。また、管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるようにTINで補間してもよいものとする。

岩線計測データのもととなる計測点群データについて、下記図に示すように、別の計測日の計測点群データをそれぞれ重畳して1つの岩線計測データを作成してもよい。

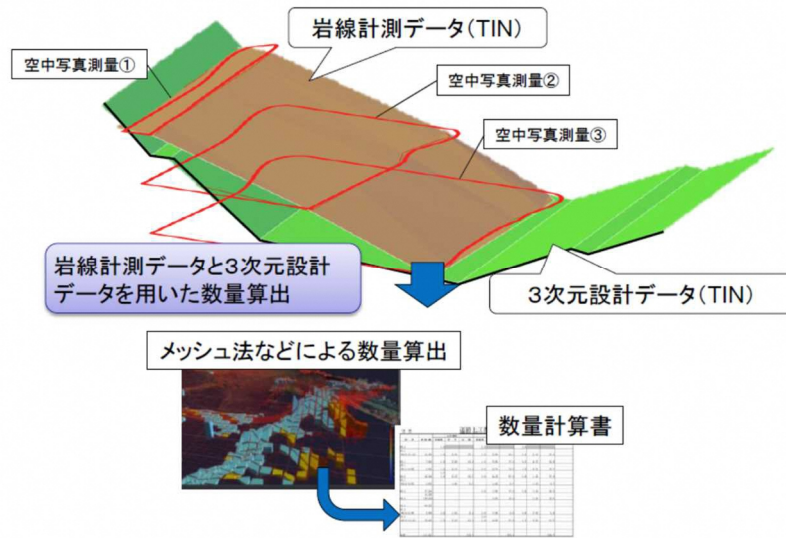


図3-2 設計変更(岩区分)のための数量算出イメージ

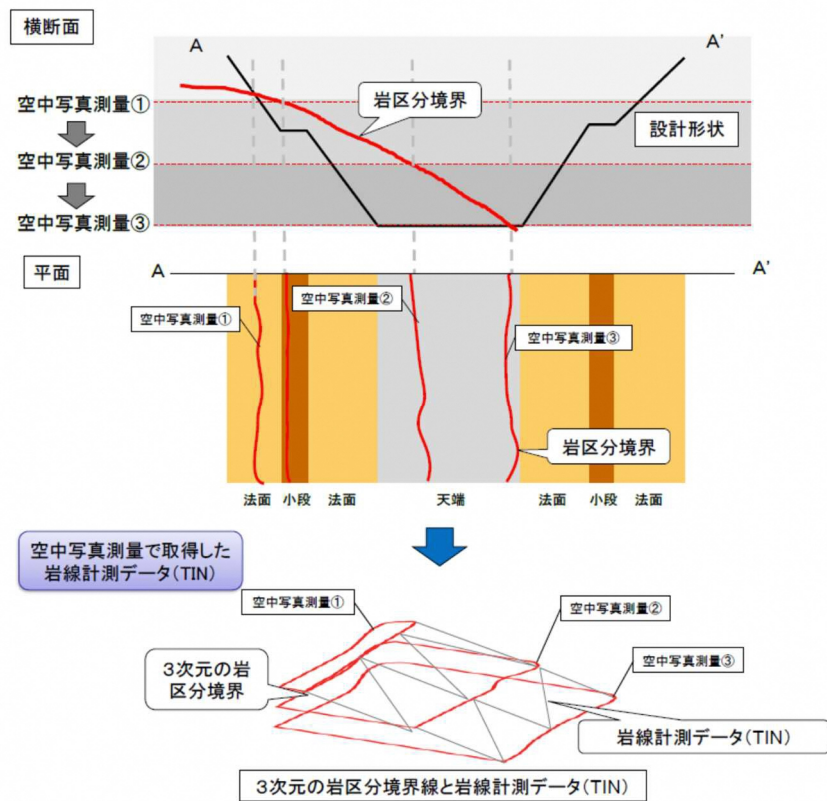


図3-3 空中写真測量(UAV)で取得する岩区分境界のイメージ

3-3 部分払い用出来高計測

1) 部分払い出来高計測の実施

受注者は、出来高部分払い方式を選択した場合で、簡便な数量算出方法として空中写真測量(UAV)による地形測量を利用できる。

この場合、出来高計測の実施事項は「4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測」を準用することを基本とするが、簡便な数量算出方法として計測に基づく算出値を100%計上しない場合、1)、2)の規定によらなくても良く、5)精度確認については、検証点は天端上400m以内の間隔とし、それぞれ±200mm以内であればよい。計測密度は0.25m²(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上とする。地上画素寸法は、別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」を参考に、要求精度が0.2mであることを踏まえて適宜設定することとする。このときの部分払い出来高算出結果については、算出値の9割を上限に計上してもよいこととする。

【解説】

出来高部分払いについては、精度を落として算出数量を控除してでも、簡便な方法を望む意見があり、精度確認方法のみ規定することとした。算出値の9割の根拠はH27実験値による。

1) 部分払い出来高計測の実施

部分払い出来高計測の実施時の測定精度は、x、y、zそれぞれ200mm以内とし、計測密度は0.25m²(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上とする。別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)第3編UAVによる空中写真を用いた三次元点群作成」に記載される地上画素寸法を準用して計測を行う。なお、その他の作業方法と作業上の留意点については、「4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測」を参照されたい。また、標定点及び検証点の計測についてはGNSSローバーの利用も可能とするが、この計測精度が部分払い出来高計測全体の精度に影響するため、参考資料-4 空中写真測量(UAV)の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書に記載の「GNSSの精度確認試験実施手順書(案)」を参考に平面座標±20mm以内、標高差±30mm以内であることを確認する。

第4章 空中写真測量（UAV）による出来形管理

4-1 3次元設計データの作成

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

【解説】

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

1) 準備資料

3次元設計データの作成に必要な準備資料は、設計図書の平面図、縦断図、横断図等と線形計算書等である。準備資料の記載内容に3次元設計データの作成において不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。また、隣接する他工事との調整も必要に応じて行うこと。

2) 3次元設計データの作成範囲

3次元設計データの作成範囲は、工事起点から工事終点及びその外縁に線形要素の起終点がある場合はその範囲までとし、横断方向は構築物と地形との接点までの範囲とする。設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び余盛りや法面保護堤（盛土法肩部に法面の雨水侵食防止のために構築する小堤）等を実施する場合については、監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

3) 3次元設計データの要素データ作成

3次元設計データの作成は、設計図書（平面図、縦断図、横断図）と線形計算書に示される情報から幾何形状の要素（要素の始点や終点の座標・半径・クロソイドパラメータ・縦断曲線長、横断形状等）を読み取って、作成する。出来形横断面形状の作成は、空中写真測量（UAV）を実施する範囲で全ての管理断面及び断面変化点（拡幅などの開始・終了断面や切土から盛土への変更する断面）について作成する。3次元設計データの作成にあたっては、設計図書を基に作成したデータが出来形の良否判定の基準となる事から、当該工事の設計形状を示すデータについて、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。

4) 3次元設計データ（T I N）の作成

入力した要素データを基に面的な3次元設計データ（T I N）を作成する。T I Nは3角の平面の集合体であるため、曲線部では管理断面の間を細かい断面に分割して3次元設計データ化する必要がある。このため、線形の曲線区間においては必要に応じて横断形状を作成した後にT I Nを設定する（例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にT I Nを設定する。）

5) 地形情報

空中写真測量（UAV）等による起工測量結果を3次元設計データ作成ソフトウェアに読み込み、作成した3次元設計データと重畳し比較した上で、盛土及び切土と地形の擦付け部分が発注図に含まれる現況地形と異なる場合については、

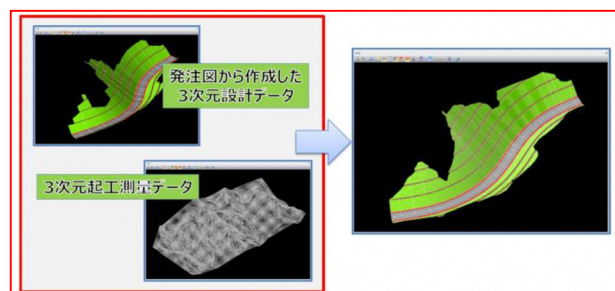


図4-1 3次元データの重畳イメージ

監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

6) 数量算出

作成した3次元設計データは、設計図書として位置付けられるものであるため、数量を再計算しておく必要がある。3次元CADソフトウェア等を用いた数量算出を行う場合、3次元設計データに基づく数量計算結果が当初数量と変更があった場合は、設計変更の対象となる。工事数量の算出方法は「0 数量算出」を参照のこと。

7) 積算区分の境界情報

数量算出に3次元設計データを利用する場合には、積算区分の境界面について、岩線計測データ等の面データを作成する。管理断面間隔より狭い範囲においては、平均断面法と同等の計算結果が得られるように、TINで補間してもよいものとする。

8) 設計変更について

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

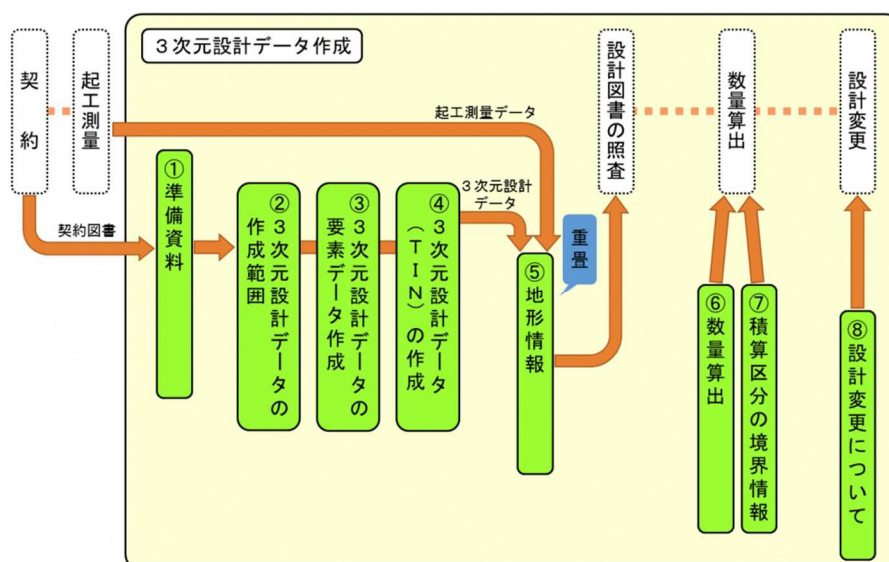


図4-2 3次元データの流れ

4-2 3次元設計データの確認

受注者は、3次元設計データの作成後に、3次元設計データの以下の1)～5)の情報について、設計図書（平面図、縦断図、横断図等）や線形計算書等と照合するとともに、監督職員に3次元設計データチェックシートを提出する。また、設計図書を基に作成した3次元設計データが出来形の良否判定の基準となることから、監督職員との協議を行い、作成した3次元設計データを設計図書として位置付ける。

- 1) 工事基準点 2) 平面線形 3) 縦断線形 4) 出来形横断面形状 5) 3次元設計データ

【解説】

3次元設計データの間違ひは出来形管理に致命的な影響を与えるので、受注者は3次元設計データが設計図書と照合しているかの確認を必ず行うこと。

3次元設計データの照合とは、3次元設計データが設計図書を基に正しく作成されているものであることを確認することである。3次元設計データと設計図書の照合結果については、本管理要領のチェックシート及び照査結果資料（道路工事においては線形計算書、河川工事においては法線の中心点座標リスト、その他共通の資料として平面図、縦断図、横断図のチェック入り）（参考資料-2、参考資料-3参照）に記載する。また、受注者は、前述の資料の他、3次元設計データと設計図書との照合のための資料を整備・保管するとともに、監督職員から3次元設計データのチェックシートを確認するための資料請求があった場合は、確認できる資料を提示するものとする。

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

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

1) 工事基準点

工事基準点は、名称、座標を事前に監督職員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認する。

2) 平面線形

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

3) 縦断線形

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

4) 出来形横断面形状

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

5) 3次元設計データ

空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理の該当区間の3次元設計データの入力要素（中心線形データや横断形状データ）と3次元設計データ（TIN）を重畳し、同一性が確認可能な3次元表示した図を提出する。

4-3 空中写真測量 (UAV) による出来形計測

受注者は、空中写真測量 (UAV) を用いて、出来形計測を行う。

1) 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。

2) 標定点及び検証点の設置・計測

空中写真測量 (UAV) 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。標定点及び検証点は工事基準点、あるいは、工事基準点から TS を用いて計測を行う。また、標定点及び検証点は空中写真測量 (UAV) による出来形計測中に動かないように固定すること。

3) 空中写真測量の実施

空中写真測量の実施にあたっては、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。

4) 計測点群データの作成

UAVにて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。

5) 精度確認

4) で作成した計測点群データ上で、検証点の座標と、2) 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。

【解説】

作業方法と作業上の留意点を以下に示す。

1) 撮影計画立案時の留意点

進行方向のラップ率は、

実際のラップ率を確認しない場合、
90%以上で計画すること。

実際のラップ率を確認する場合、
80%以上とすること。

隣接コースとのラップ率は 60%以上とすること。

実際のラップ率とは、撮影された写真から求められたラップ率のことで、確認方法は、例えばソフトウェアのレポートとして、計測対象範囲のモデル化に利用されている写真のラップ率や、重複した枚数で確認できること等が考えられる。

対地高度は、現場精度確認において必要な精度を確保することができることが確認された地上画素寸法を確保できる高度とすること。

高低差があり、等高度での一度の撮影では、モデル全体の地上画素寸法が確保できない場合は、飛行を数回に分けることを検討すること。

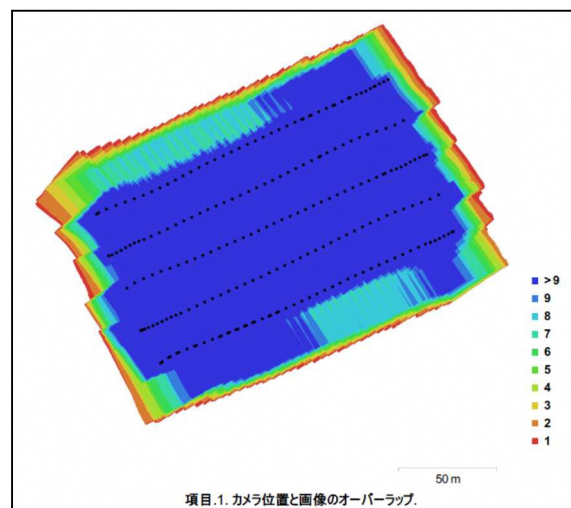


図 4-3 写真の進行方向ラップ率の確認例

山間の場合、GNSS電波の捕捉ができないこともあるため、自動航行ができなくなることから、手動航行の準備をしておくこと。

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける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、UAVマニュアルにおける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。

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。あるいは、工事基準点などの既知点からTSを用いて計測することができる。

また、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。

検証点については、UAVマニュアルにおける検証点として天端上に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については、最低2箇所設置する。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。

ただし、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TSから最も離れた位置に、1点検証点を設置することとする。

3) 空中写真測量の実施

①撮影飛行

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

- ・強風や突風の恐れのある気象条件
- ・写真が鮮明に取れないなど暗い場合
- ・日差しが強く影部が鮮明に取れない場合
- ・草や木などで地面が覆われている場所
- ・積雪により地面が覆われている場合

②自動航行を行わない場合の留意点

自動航行を行わない場合の計測精度を確保するための所定の条件は以下を標準とする。

- ・同一コースは、直線かつ等高線の撮影となるように飛行する。
- ・撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル (2枚の空中写真の組み合わせ) 以上形成できるように飛行する。

4) 計測点群データの作成

写真測量ソフトウェアに関する留意事項を以下に示す。

- カメラキャリブレーションの結果は、計測精度に影響を与えるため、留意すること。
- UAVの飛行ログデータを使用したデータ処理が行える場合は、利用してもよい。点群処理ソフトウェアに関する留意事項を以下に示す。
- 処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意すること。

5) 精度確認

精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトウェアでの処理を再度実施するなどの前のステップに戻って再度実施する。

4-4 出来形計測箇所

本管理要領に基づく出来形計測範囲は、下図に示すとおりとし、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。

計測範囲は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で0.1mメッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。

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土木工事施工管理基準(出来形管理基準及び規格値)によらない場合は、監督職員と協議のうえ、対象外とすることができる。

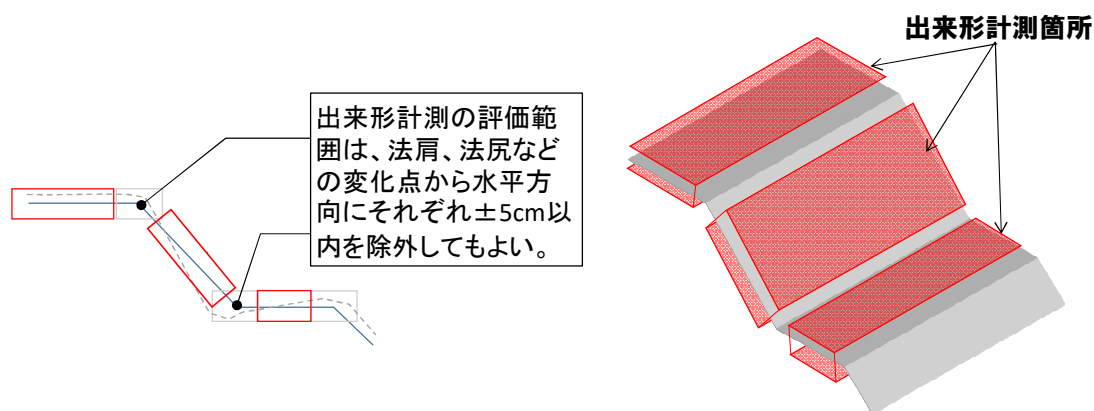


図4-4 出来形計測箇所

【解説】

上図に示すとおり、空中写真測量(UAV)による出来形管理で計測する3次元座標は、平場面、天端面、法面(小段含む)の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。

また、法面の小段部に、側溝工など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。

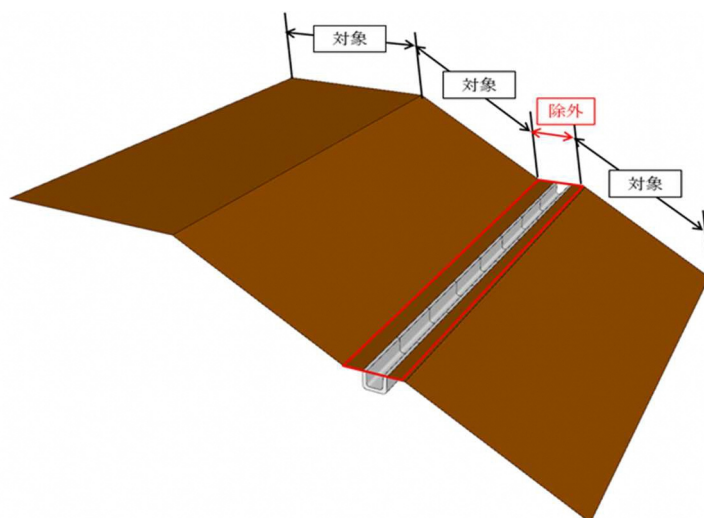


図4-5 構造物が設置されている小段

第5章 出来形管理資料の作成

5-1 出来形管理資料の作成

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

1) 出来形管理図表

3次元設計データと出来形評価用データを用いて、設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを表した分布図を整理した帳票、もしくは属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルのビューファイルを作成する。出来形確認箇所（平場、天端、法面（小段含む））ごとに作成する。

【解説】

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

1) 出来形管理図表

3次元設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ（標高較差あるいは水平較差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理基準上の管理項目の計算結果（標高較差あるいは水平較差の平均値及び最大較差等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図を明示したものであること。出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報として、

- ・平均値（算出結果と規格値（当該部位における平均値規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く平均値
- ・最大値（算出結果と規格値（当該部位における任意箇所規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く最大
- ・最小値（算出結果と規格値（当該部位における任意箇所規格値）及び良否評価結果）：棄却点を除く最小
- ・データ数（算出結果と規格値（計測密度下限値と評価面積から計算）及び良否評価結果）：棄却点を含む全データ数
- ・評価面積
- ・棄却点数（規格値を外れたデータ個数と規格値（データ数の0.3%以内）及び良否結果）：全棄却点数

を表形式で整理する。良否評価結果については、規格値を外れている場合は「異常値有」等の表現にて明示する。また、出来形が不合格の場合については、不合格の内容が各項目で確認できる様、棄却点も含め表示すること。

出来形確認箇所（平場、天端、法面（小段含む））ごとに作成する。分布図が具備すべき情報としては、以下のとおりとする。

- ・離れの計算結果の規格値に対する割合示すヒートマップとして-100%～+100%の範囲で出来形評価用データのポイント毎に結果示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示
- ・±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示
- ・規格値の範囲外については、-100%～+100%の範囲とは別の色で明示

- ・発注者の求めに応じて規格値の 50%以内に収まっている計測点の個数、規格値の 80%以内に収まっている計測点の個数について図中の任意の箇所に明示できることが望ましい。標高較差は、各ポイントの標高値と、平面座標と同じ設計面上の設計標高値との差分として算出し、水平較差は、当該ポイントを含み、かつ「法面や構造物の位置をコントロールする線形」に直交する平面上で設計面の横断を見たとき、当該ポイントと同一標高値の横断上の点との距離として算出する。ここで「法面や構造物の位置をコントロールする線形」とは、道路中心、幅員中心、堤防法線、並びに法肩や法尻及び道路端部を結ぶ線形のことをいう。
- ・規格値が正負いずれかしか設定されていない工種についても、正負を逆転した側にも規格値が存在するものとして表示することが望ましい。

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

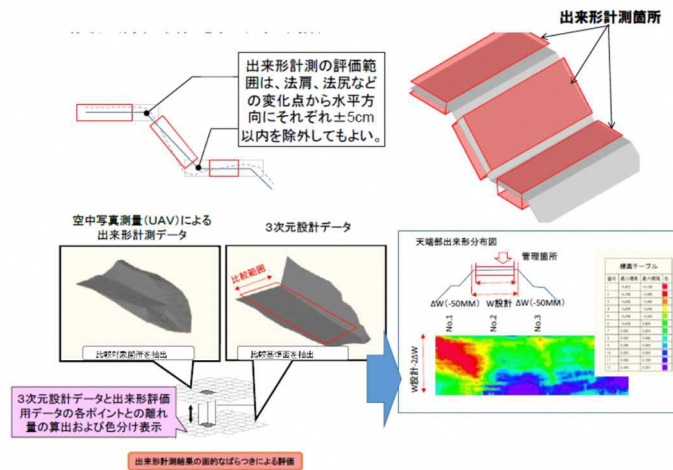


図 5 - 1 出来形管理図表 作成の流れ

様式-31-2

出来形合否判定総括表

工 種 道路土工 測点 No. 1~No. 3

種 別 路体盛土工 合否判定結果 合格

測定項目		規格値	判定	測点
天端 標高較差	平均値	-11 mm	±50 mm	
	最大値(差)	42 mm	150 mm	
	最小値(差)	-62 mm	-150 mm	
	データ数	1000 点	1点/㎡以上 (1000点以上)	
	評価面積	1000 ㎡		
	棄却点数	0 点	0.3%以下 (3点以下)	
法面 標高較差	平均値	7 mm	±80 mm	
	最大値(差)	92 mm	190 mm	
	最小値(差)	-60 mm	-190 mm	
	データ数	1700 点	1点/㎡以上 (1700点以上)	
	評価面積	1700 ㎡		
	棄却点数	0 点	0.3%以下 (5点以下)	

天端のばらつき	80%以内の割合	100.0%	棄却率<50% 以内のデータ数	1000
	50%以内の割合	99.7%	規格値±50% 以内のデータ数	997
法面のばらつき	80%以内の割合	100.0%	規格値±50% 以内のデータ数	1700
	50%以内の割合	80.0%	規格値±50% 以内のデータ数	1360

図 5 - 2 出来形管理図表 作成例 (合格の場合)

出来形合否判定総括表

工 種 道路土工 測点 No. 1~No. 3
 種 別 路体盛土工 合否判定結果 **異常値有**

測定項目		規格値	判定	測点
天端 標高較差	平均値	-71 mm	±50 mm	異常値有
	最大値(差)	-18 mm	150 mm	
	最小値(差)	-122 mm	-150 mm	
	データ数	1000 点	1点/㎡以上 (1000点以上)	
	評価面積	1000 ㎡		
	棄却点数	14 点	0.3%以下 (3点以下)	異常値有
法面 標高較差	平均値	-53 mm	±80 mm	
	最大値(差)	32 mm	190 mm	
	最小値(差)	-120 mm	-190 mm	
	データ数	1700 点	1点/㎡以上 (1700点以上)	
	評価面積	1700 ㎡		
	棄却点数	0 点	0.3%以下 (5点以下)	

天端のばらつき	80%以内の割合	97.2%	規格値±80%以内のデータ数	972
	50%以内の割合	12.0%	規格値±50%以内のデータ数	120
法面のばらつき	80%以内の割合	97.1%	規格値±80%以内のデータ数	1650
	50%以内の割合	54.1%	規格値±50%以内のデータ数	920

図 5 - 3 出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合)

5-2 数量算出

出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データが空中写真測量（UAV）等で計測されており、契約条件として認められている場合は、空中写真測量（UAV）による出来形計測結果を用いて出来形数量の算出を行うことができる。

【解説】

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

数量計算方法については、監督職員と協議を行うこととし、3次元設計データや出来形計測データ等の面データから3次元CADソフトウェア等を用いた方式による主な体積算出方法は以下を標準とする。

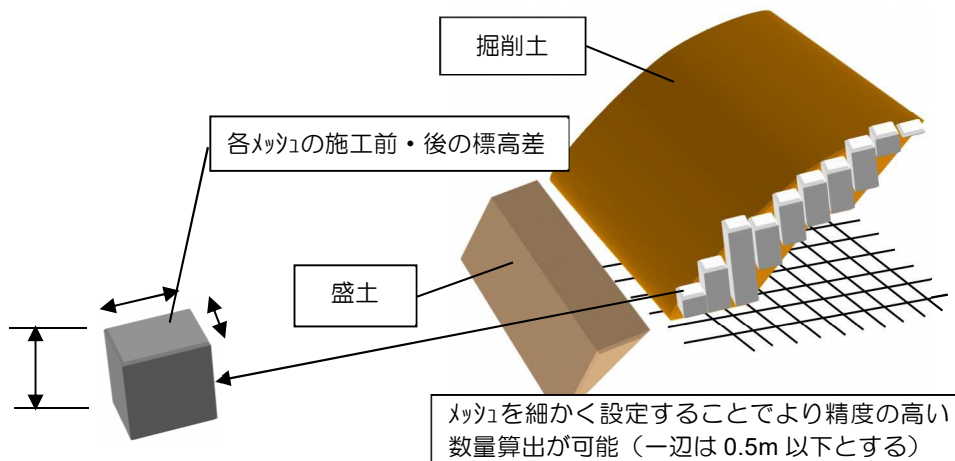


図5-4 点高法による数量算出の条件と適用イメージ

①点高法

現況地形や出来形測量結果等の（出来形計測データ、起工測量計測データ、岩線計測データ）からなる2つの面に重ね合わせたメッシュ（等間隔）交点で標高を算出し、標高差にメッシュ間隔の面積を乗じたものを総和したもの。メッシュ間隔は0.5m以内とし、標高差の算出としては、以下の方法が挙げられる。

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

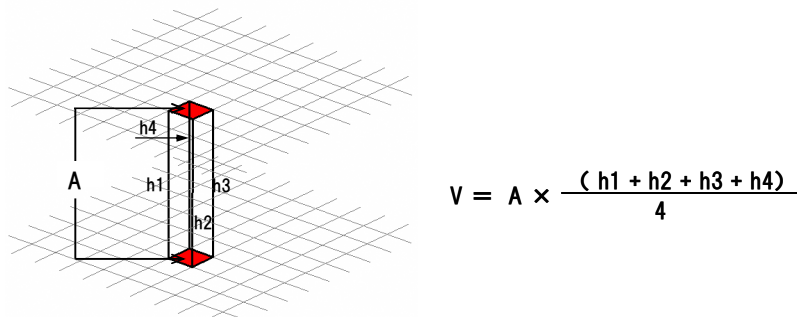


図5-5 点高法による数量算出

② TIN分割等を用いた求積

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

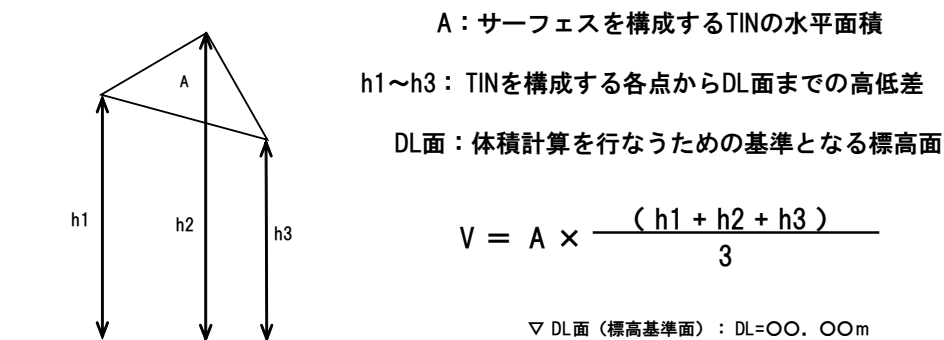


図5-6 TIN分割等を用いた求積による数量算出

③ プリズモイダル法

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

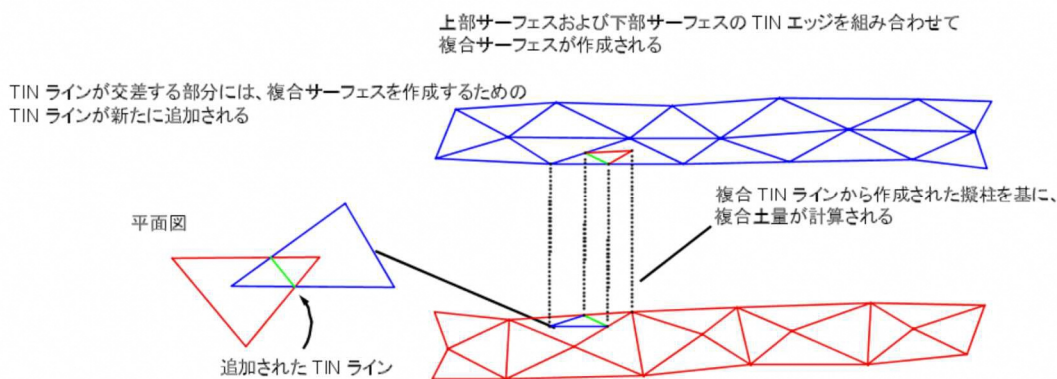


図5-7 プリズモイダル法による数量算出

5-3 電子成果品の作成規定

本管理要領に基づいて作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ・ 3次元設計データ（LandXML等のオリジナルデータ（T I N））
- ・ 出来形管理資料（出来形管理図表（P D F）または、ビューワー付き3次元データ）
- ・ 空中写真測量（U A V）による出来形評価用データ（CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル）
- ・ 空中写真測量（U A V）による出来形計測データ（LandXML等のオリジナルデータ（T I N））
- ・ 空中写真測量（U A V）による計測点群データ（CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル）
- ・ 工事基準点及び標定点データ（CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル）
- ・ 空中写真測量（U A V）で撮影したデジタル写真（JPEG ファイル）、またはデジタル写真から作成されるオルソ画像（TIFF ファイル）

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、空中写真測量（U A V）を用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

【解説】

本管理要領の電子成果品の作成規定は、「工事完成図書の電子納品等要領」の規定の範囲内で定めている。本管理要領で規定する以外の事項は、「工事完成図書の電子納品等要領」による。

1) ファイル名の命名

本管理要領に基づいて作成した電子成果品が特定できるようにするため、次の規定に従い格納すること。

- ① I C O Nフォルダに工種（土工）を示した「E W」のサブフォルダを作成する。
- ② ①の下層に計測機器の名称を記したサブフォルダを作成し格納する。
- ③サブフォルダの名称は、表5-1に示す計測機器に記載の文字列を利用すること。
- ④格納するファイル名は、表5-1に示す命名規則に従うこと。
- ⑤-1 欠測補間として他の計測機器で計測したデータを合成した場合は、合成したデータのファイル名は、主となる計測機器の名称を用い、②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ格納する。
- ⑤-2 合成前の各計測機器の計測データは、それぞれの計測機器名称を記した各サブフォルダを、②で作成した主となる計測機器の名称を記したサブフォルダへ別途作成し、格納する。参考として、図5-8にT Sを欠測補間に用いた場合のフォルダ構成例を示す。
- ⑥設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更するが、当初の3次元設計データと、変更後の3次元設計データを全て納品すること。
- ⑦整理番号は、ファイル番号をより詳細に区分する必要がある場合に使用するが、通常は0でよい。
- ⑧出来形管理資料をビューワー付き3次元データで納品する場合で、ビューワーとデータが複数のファイルで構成される場合は、全てをZIP方式により圧縮し、拡張子を「ZIP」として、次表の命名規則に従い納品すること。
- ⑨写真測量に使用したすべての画像（JPEG ファイル）、またはすべての画像から作成されるオルソ画像（TIFF ファイル）を、撮影ごとに納品することとし、I C O Nフォルダにサブフォルダを作成して、ファイルを格納する。画像のためのサブフォルダの名称は、次表の末尾にPIC

(例：出来形計測の写真の場合は、UAV0AS001PIC) を付けるものとする。なお、オルソ画像で納品する場合は、オルソ画像の解像度を撮影した元の画像と同一の画素寸法にて作成することとする。また、オルソ画像のファイルサイズは1GB以内とすることを原則とし、これを超過する場合は複数の撮影範囲に分割し納品する。納品するオルソ画像は、撮影範囲の位置情報が付与されたGeoTIFF形式にて納品するか、オルソ画像の位置情報を示すワールドファイルを添えて納品する。ワールドファイルを添えて納品する場合、オルソ画像とワールドファイルのファイル名は拡張子を除き同一とすること。

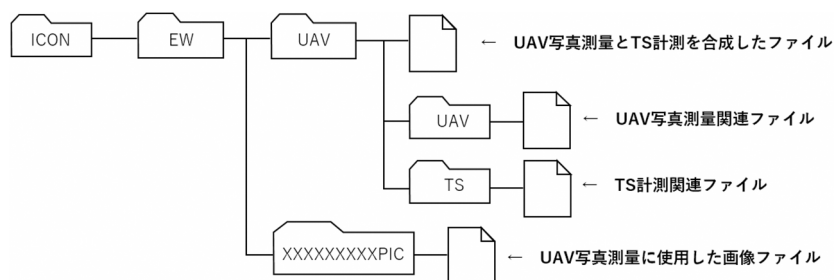


図5-8 UAV写真測量を主としTSにて欠測補間した場合のフォルダ構成例

表5-1 ファイルの命名規則

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
UAV	0	DR	001~	0~Z	・3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	UAV0DR001Z. 拡張子
UAV	0	CH	001~	-	・出来形管理資料 (出来形管理図表 (P D F) または、ビューワー付き3次元データ)	UAV0CH001. 拡張子
UAV	0	IN	001~	-	・空中写真測量 (U A V) による出来形評価用データ (CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル)	UAV0IN001. 拡張子
UAV	0	EG	001~	-	・空中写真測量 (U A V) による起工測量計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	UAV0EG001. 拡張子
UAV	0	SO	001~	-	・空中写真測量 (U A V) による岩線計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	UAV0SO001. 拡張子
UAV	0	AS	001~	-	・空中写真測量 (U A V) による出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	UAV0AS001. 拡張子
UAV	0	GR	001~	-	・空中写真測量 (U A V) による計測点群データ (CSV、LAS、LandXML等のポイントファイル)	UAV0GR001. 拡張子
UAV	0	PO	001~	-	・工事基準点および標定点データ (CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)	UAV0PO001. 拡張子

2) データ形式

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

ファイル構造：Idn, xn, yn, zn, An

Idn：ID番号 (Id)

Xn：計測点座標値 (x)・・・本管理要領ではm単位でmmまで記載

Yn：計測点座標値 (y)・・・本管理要領ではm単位でmmまで記載

Zn：標高値 (z)・・・本管理要領ではm単位でmmまで記載

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

3) データ内容及び構造、参照系を示した文書

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

4) 数量算出

数量算出に利用した場合は、以下についても電子成果品として提出すること。

- ・起工測量時の計測点群データ (CSV、LandXML、LAS ファイル等のポイントファイル)
- ・起工測量計測データ (LandXML ファイル等の T I N ファイル)
- ・岩線を計測した計測点群データ (CSV、LandXML、LAS ファイル等のポイントファイル)
- ・岩線計測データ (LandXML ファイル等の T I N ファイル)

第6章 管理基準及び規格値等

6-1 出来形管理基準及び規格値

本管理要領に基づく出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」に定められたものとし、測定値はすべて規格値を満足しなくてはならない。

【解説】

1) 測定箇所

測定箇所は、土木工事施工管理基準により測点による管理を行う場合に定められた基準高、法長、幅とは異なり、平場面、天端面、法面（小段含む）の全面の標高較差または、水平較差とする。掘削工の法面の場合、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。

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、側溝工など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。

2) 測定値算出

①標高較差の測定値を算出する方法

標高較差は、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、最小値を算出し、平場面、天端面、法面（小段含む）の全面で規格値との比較・判定を行う。

②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、平均値や個々の計測値の最大値、最小値を算出し、法面（小段含む）の全面で規格値との比較・判定を行う。

3) 規格値

規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の「1-2-3-2-2 掘削工（面管理の場合）」、「1-2-3-3-2 盛土工（面管理の場合）」、「1-2-4-2-2 掘削工（面管理の場合）」、「1-2-4-3-2 路体盛土工（面管理の場合）」及び「1-2-4-4-2 路床盛土工（面管理の場合）」に記載されているものを利用することとする。出来形管理基準及び規格値に示される「個々の計測値」は、すべての測定値が規格値を満足しなくてはならない。本管理要領におけるすべての測定値が規格値を満足するとは、出来形評価用データのうち、99.7%が「個々の計測値」の規格値を満たすものをいう。

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

なお、上記「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の「1-2-3-2-2 掘削工（面管理の場合）」、「1-2-3-3-2 盛土工（面管理の場合）」、「1-2-4-2-2 掘削工（面管理の場合）」、「1-2-4-3-2 路体盛土工（面管理の場合）」、「1-2-4-4-2 路床盛土工（面管理の場合）」に示す基準を適用できない場合は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の「1-2-3-2-1 掘削工」、「1-2-3-3-1 盛土工」、あるいは、「1-2-4-2-1 掘削工」、「1-2-4-3-1 路体盛土工」、「1-2-4-4-1 路床盛土工」に示される出来形管理基準及び規格値によることができる。

4) 測定基準

土木工事施工管理基準により、測点による管理を行う場合の測定基準には「施工延長 40m につき 1 箇所、延長 40m 以下のものは 1 施工箇所に 2 箇所」と定められているが、空中写真測量 (UAV) を用いた出来形管理の場合、平場面、天端面、法面 (小段含む) 全面で計測したデータがあることから、測定基準を「平場面、天端面、法面 (小段含む) の全面 (1 m² (平面投影面積) あたり 1 点以上)」とし、面的によりの確な出来形管理を行うものである。

6-2 品質管理及び出来形管理写真基準

本管理要領に関する工事写真の撮影は以下の要領で行う。

1) 写真管理項目（撮影項目、撮影頻度[時期]、提出頻度）

工事写真の撮影管理項目は、「写真管理基準(案)」による。

2) 撮影方法

空中写真測量（UAV）で撮影した写真、また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する。

【解説】

撮影の留意点としては、以下の項目がある。

1) 撮影項目

本管理要領を用いた施工管理の実施にあたっては、法長、幅の撮影項目については、空中写真測量（UAV）で撮影した写真、または撮影した写真から作成されるオルソ画像を納品することで、現行の「写真管理基準（案）」で求められる写真に代えることができる。なお、空中写真測量（UAV）で撮影した写真は、「5-3 電子成果品の作成規定」に示す「ICON」フォルダに格納されるものとする。参考として、図6-1に空中写真測量（UAV）の写真撮影例を示す。

2) 撮影方法

法長、幅の撮影項目については、空中写真測量（UAV）に代えることができるため、被写体として写し込む小黒板は不要である。

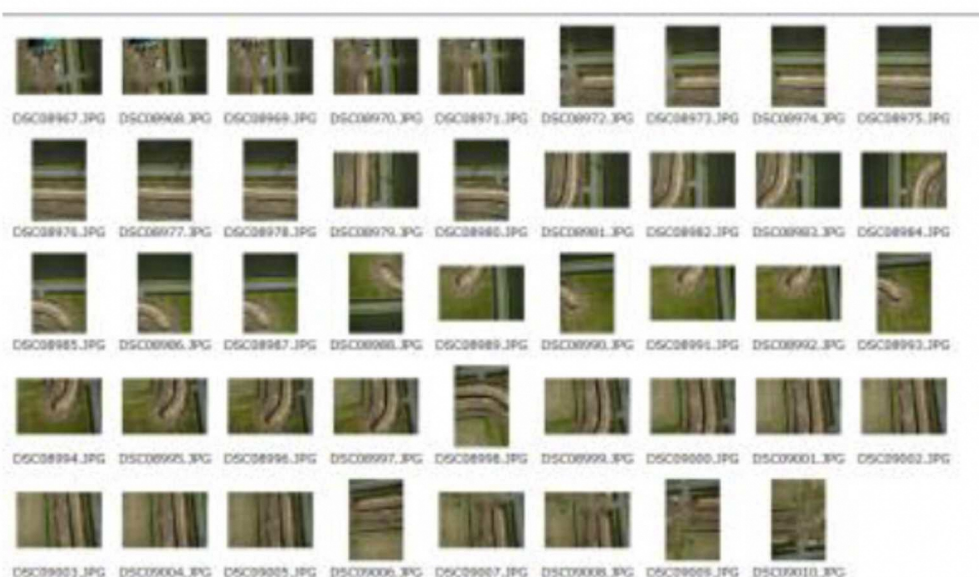


図6-1 写真撮影例

参考資料

参考資料－1 参考文献

- 1) 「土木工事共通仕様書」(国土交通省各地方整備局)
- 2) 「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 3) 「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 4) 「土木工事数量算出要領(案)」(国土交通省各地方整備局)
- 5) 「工事完成図書の子納品等要領」(国土交通省)
- 6) 「国土交通省公共測量作業規程」(国土交通省)
- 7) 「空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)」(国土交通省)
- 8) 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」(国土交通省)
- 9) 「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(国土交通省)
- 10) 「公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)」(国土地理院)

参考資料－２ ３次元設計データチェックシート

２－１ 道路土工

(様式－１)

令和 年 月 日

工 事 名 : _____

受 注 者 名 : _____

作 成 者 : _____ 印

３次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び 工事基準点	全点	・ 監督職員の指示した基準点を使用しているか？	
		・ 工事基準点の名称は正しいか？	
		・ 座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・ 起終点の座標は正しいか？	
		・ 変化点（線形主要点）の座標は正しいか？	
		・ 曲線要素の種別・数値は正しいか？	
		・ 各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・ 線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・ 縦断変化点の測点、標高は正しいか？	
		・ 曲線要素は正しいか？	
4) 出来形横断面 形状	全延長	・ 作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
		・ 基準高、幅、法長は正しいか？	
5) ３次元設計 データ	全延長	・ 入力した 2)～4) の幾何形状と出力する 3次元設計データは同一となっているか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 受注者が監督職員に様式－１を提出した後、監督職員から様式－１を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示するものとする。

- ・ 工事基準点リスト（チェック入り）
- ・ 線形計算書（チェック入り）
- ・ 平面図（チェック入り）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（チェック入り）
- ・ 3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）

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

(様式-1)

令和 年 月 日

工 事 名 : _____

受 注 者 名 : _____

作 成 者 : _____ 印

3次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び 工事基準点	全点	・ 監督職員の指示した基準点を使用しているか？	
		・ 工事基準点の名称は正しいか？	
		・ 座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・ 起終点の座標は正しいか？	
		・ 変化点（線形主要点）の座標は正しいか？	
		・ 曲線要素の種別・数値は正しいか？	
		・ 各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・ 線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・ 縦断変化点の測点、標高は正しいか？	
		・ 曲線要素は正しいか？	
4) 出来形横断面 形状	全延長	・ 作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
		・ 基準高、幅、法長は正しいか？	
5) 3次元設計 データ	全延長	・ 入力した2)～4)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示するものとする。

- ・ 工事基準点リスト（チェック入り）
- ・ 法線の中心点座標リスト（チェック入り）
- ・ 平面図（チェック入り）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（チェック入り）
- ・ 3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）

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

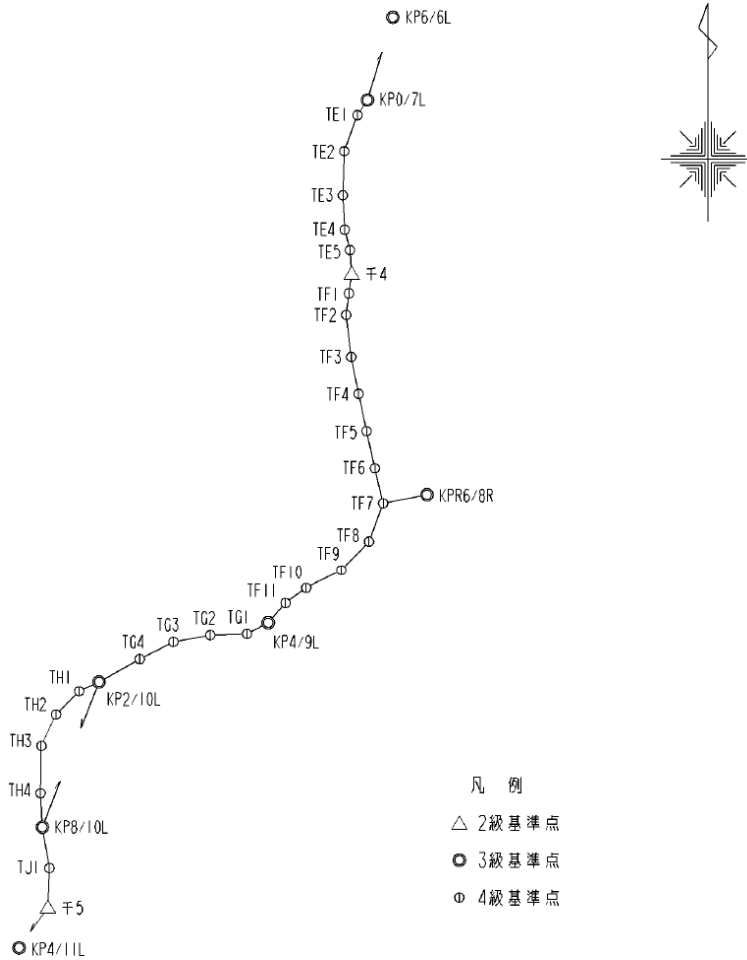
参考資料-3 3次元設計データの照査結果資料の一例

3-1 道路土工

- ・工事基準点リスト (チェック入り)

4級基準点網図

S=1:25000



基準点成果表

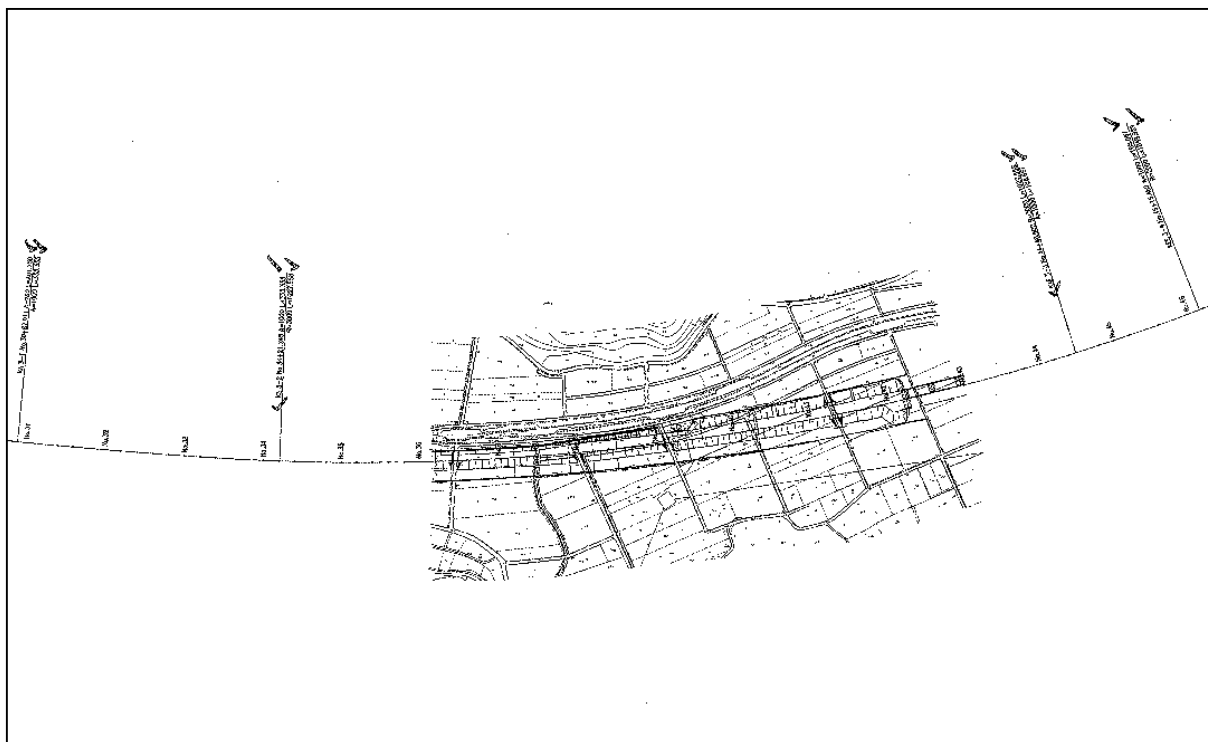
世界測地系							
測点名	X座標	Y座標	備考	測点名	X座標	Y座標	備考
千4 ✓	-103592.645 ✓	-53971.965 ✓	2級基準点	TF4 ✓	-104073.411 ✓	-53943.604 ✓	4級基準点
千5 ✓	-106133.790 ✓	-55192.361 ✓	〃	TF5 ✓	-104222.811 ✓	-53911.981 ✓	〃
KP6/6L ✓	-102566.552 ✓	-53805.858 ✓	3級基準点	TF6 ✓	-104371.743 ✓	-53878.598 ✓	〃
KP0/7L ✓	-102897.874 ✓	-53908.500 ✓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

・線形計算書 (チェック入り) (例)

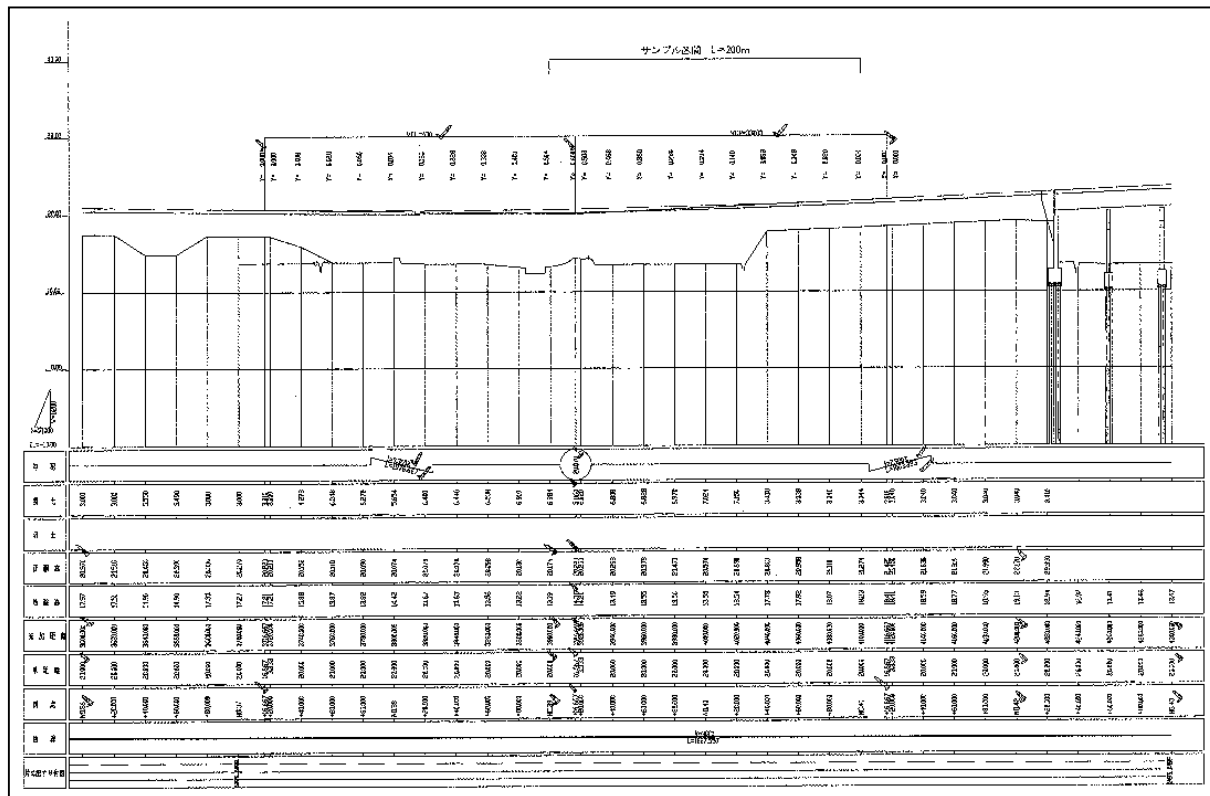
線形計算書

要素番号	1	直線						
BP	: X = -87,422.0000	Y = 42,916.0000	方向角 = 357° 19' 14.6661"	測点 0 + 0.0000				
BC1	: X = -87,400.5562	Y = 42,914.9965	要素長 = 21.4672	測点 1 + 1.4672				
要素番号	2	円(左曲がり)						
BC1	: X = -87,400.5562	Y = 42,914.9965	方向角 = 357° 19' 14.6661"	測点 1 + 1.4672				
EC1	: X = -87,378.1512	Y = 42,876.2809	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 3 + 2.8173				
IP	: X = -87,372.8270	Y = 42,913.6895	IA = 98° 42' 58.0092"					
S.P	: X = -87,382.7562	Y = 42,905.7863	要素長 = 41.3501					
M	: X = -87,401.6781	Y = 42,891.0228						
R	= 24.0000	L = 41.3501	C = 36.4221	IA = 98° 42' 58.0092"				
TL	= 27.9598	SL = 12.8477						
要素番号	3	直線						
EC1	: X = -87,378.1512	Y = 42,876.2809	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 3 + 2.8173				
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	要素長 = 41.0369	測点 5 + 3.8542				
要素番号	4	円(右曲がり)						
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 5 + 3.8542				
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774				
IP	: X = -87,391.3702	Y = 42,820.8947	IA = 91° 57' 20.0805"					
S.P	: X = -87,382.3348	Y = 42,826.9237	要素長 = 40.1232					
M	: X = -87,361.7520	Y = 42,841.1135						
R	= 25.0000	L = 40.1232	C = 35.9535	IA = 91° 57' 20.0805"				
TL	= 25.8662	SL = 10.9745						
要素番号	5	直線						
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774				
BC3	: X = -87,363.8225	Y = 42,816.1146	要素長 = 2.0576	測点 7 + 6.0350				

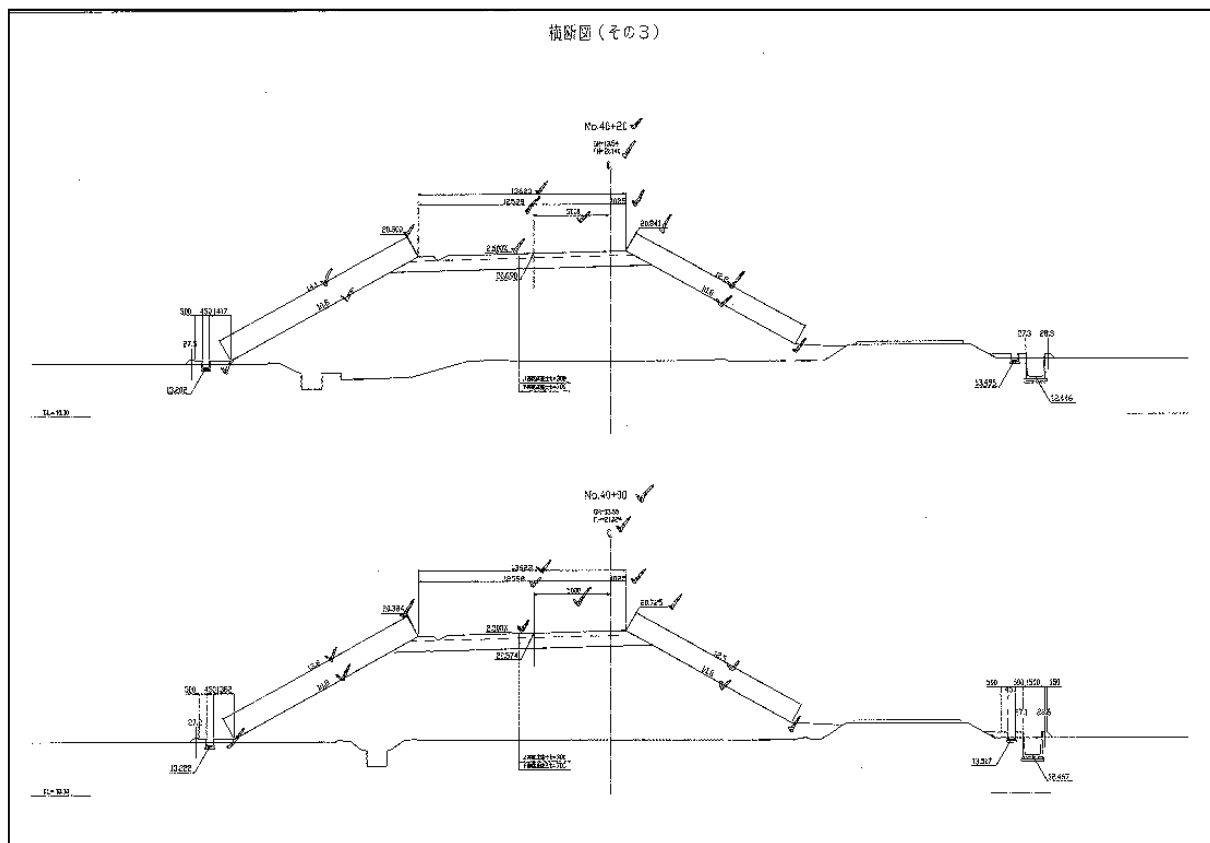
・平面図 (チェック入り) (例)



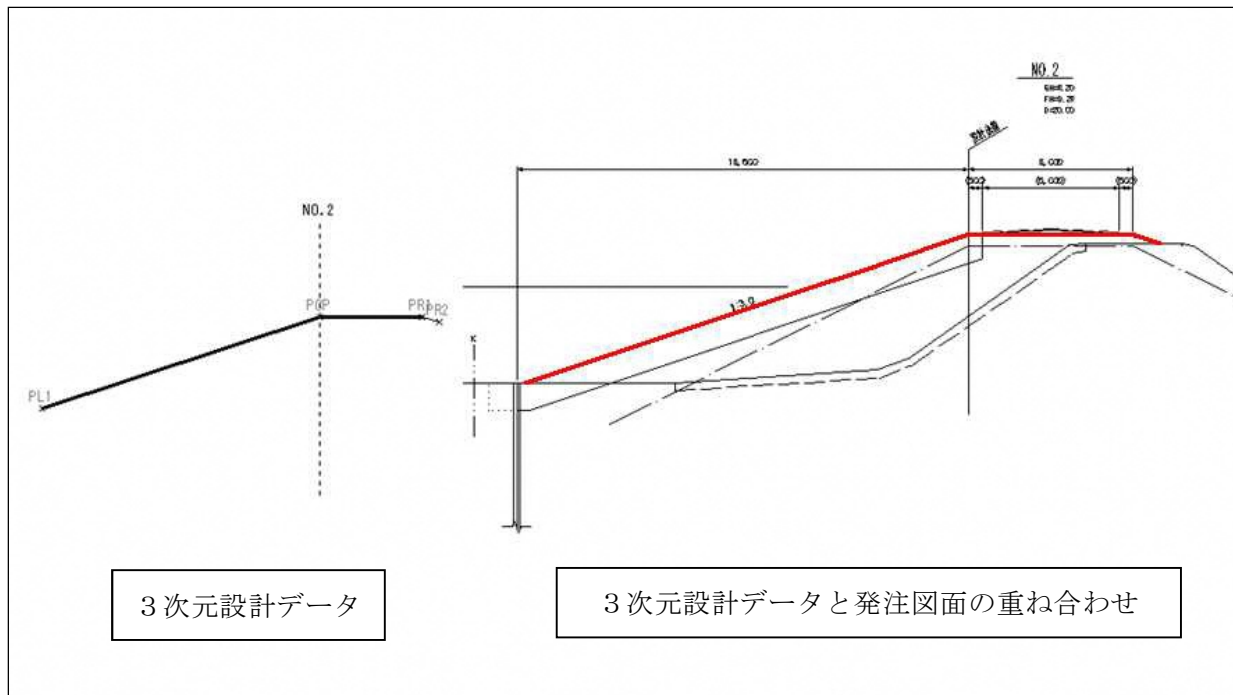
・縦断面図 (チェック入り) (例)



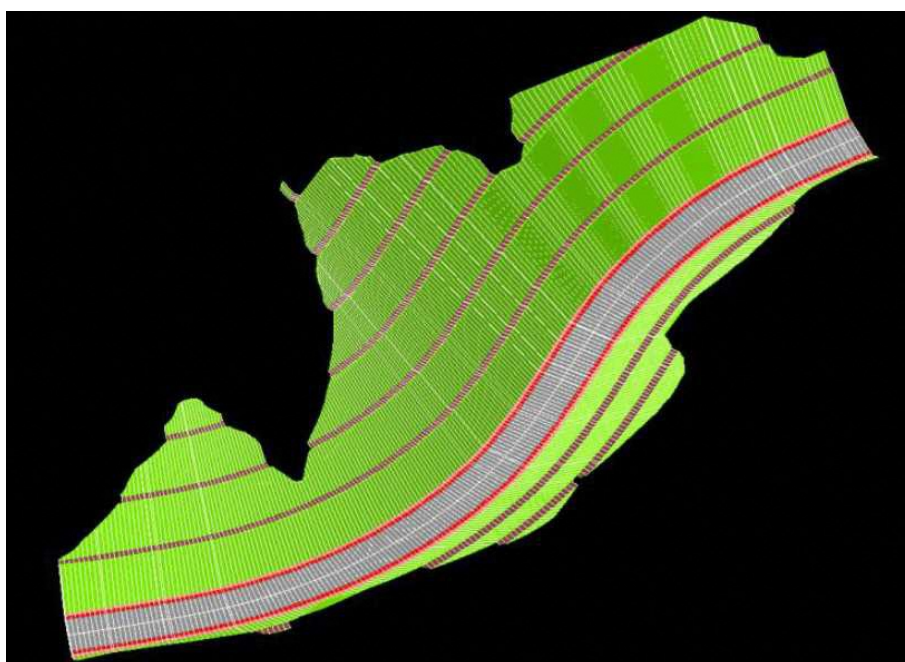
・横断面図 (チェック入り) (例)



- 横断図（重ね合わせ機能の利用）（例）



- 3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）（例）

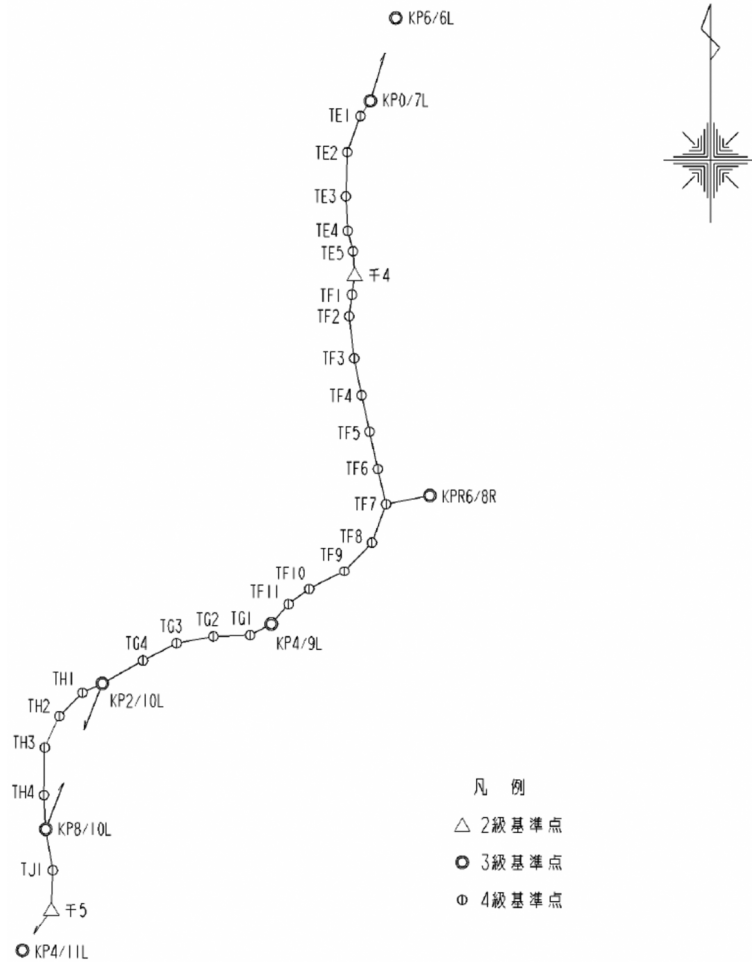


3-2 河川土工

・工事基準点リスト (チェック入り)

4級基準点網図

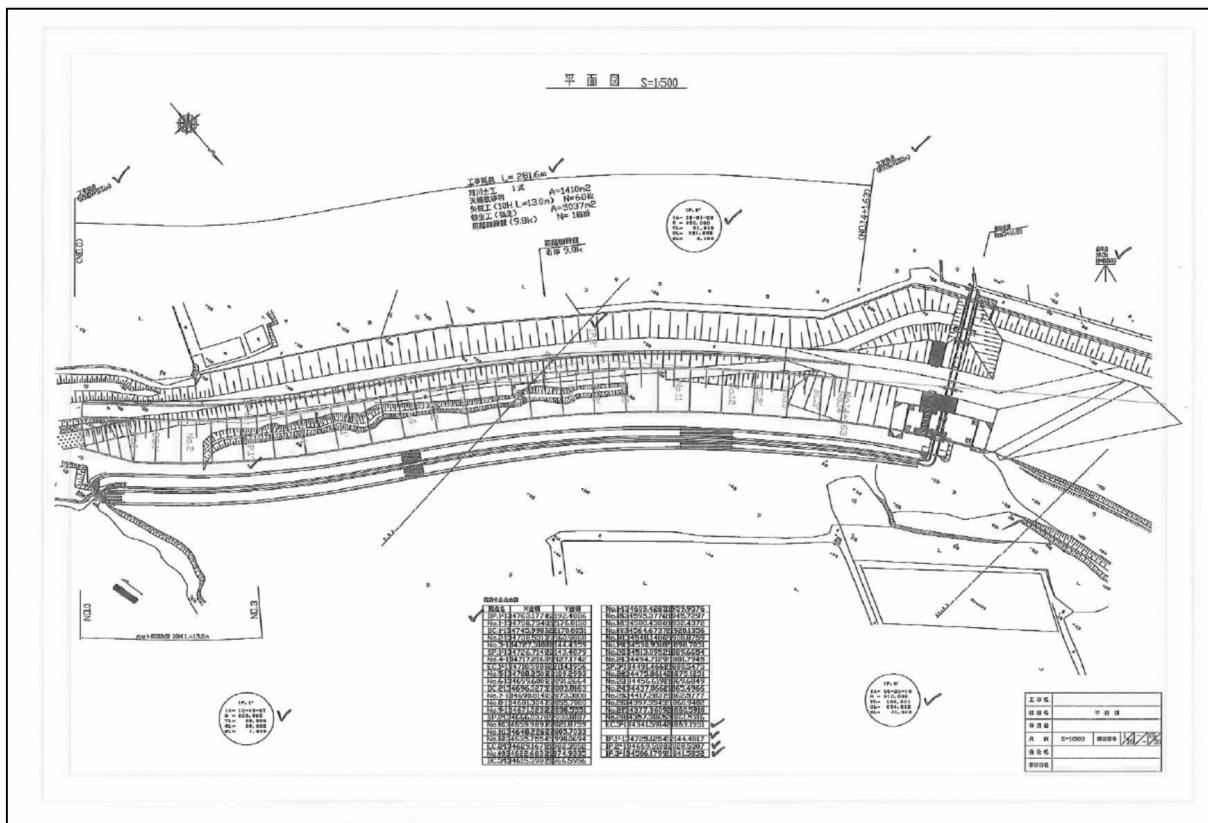
S=1:25000



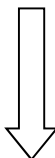
基準点成果表

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

・平面図（チェック入り）（例）



※法線の中心点座標リスト部分を拡大
（チェック入り）（例）

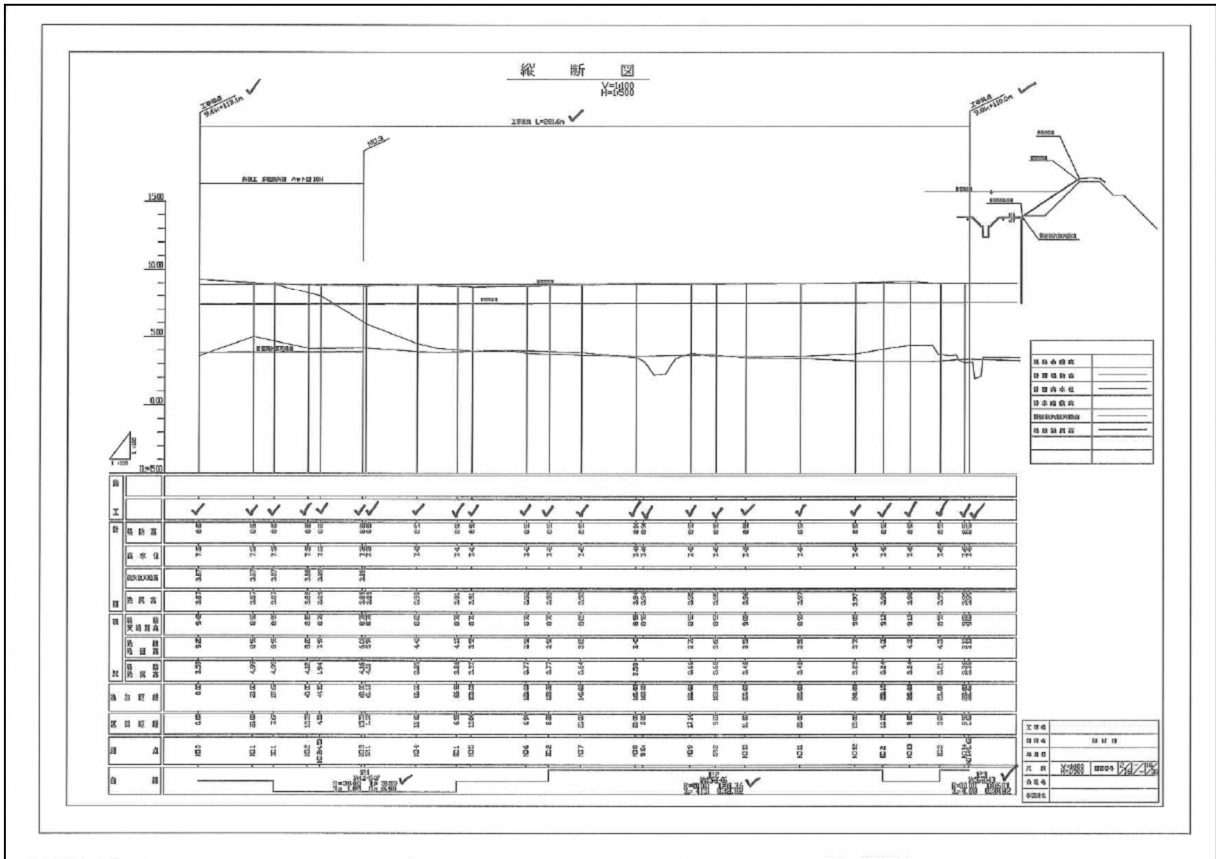


設計中心点座標

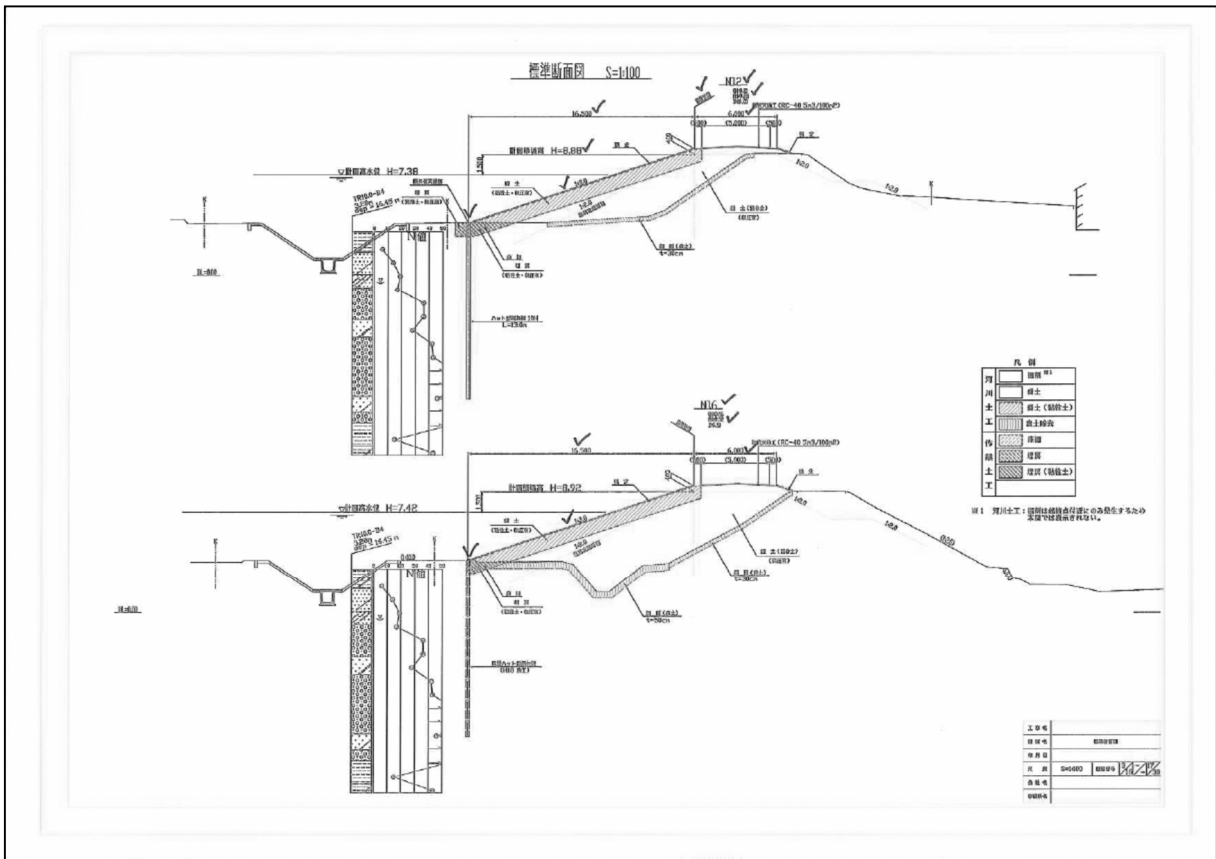
測点名	X座標	Y座標
BP.1'	-134763.1774	22192.4886
No.1	-134750.7540	22176.8150
BC.1'	-134745.9903	22170.8051
No.2	-134738.5313	22160.9868
No.3	-134727.3100	22144.4359
SP.1'	-134726.7149	22143.4879
No.4	-134717.2162	22127.1742
EC.1'	-134710.5988	22114.1956
No.5	-134708.2503	22109.2993
No.6	-134699.6009	22091.2664
BC.2'	-134696.0275	22083.8163
No.7	-134690.8140	22073.3008
No.8	-134681.3047	22055.7080
No.9	-134671.0232	22038.5551
SP.2'	-134666.0378	22030.8187
No.10	-134659.9897	22021.8759
No.11	-134648.2260	22005.7033
No.12	-134635.7554	21990.0694
EC.2'	-134629.1675	21982.3552
No.13	-134622.6833	21974.9335
BC.3'	-134615.3987	21966.5956

No.14	-134609.4285	21959.9576
No.15	-134595.3776	21945.7297
No.16	-134580.4386	21932.4372
No.17	-134564.6737	21920.1356
No.18	-134548.1486	21908.8759
No.19	-134530.9318	21898.7051
No.20	-134513.0952	21889.6654
No.21	-134494.7129	21881.7945
SP.3'	-134491.4661	21880.5475
No.22	-134475.8614	21875.1251
No.23	-134456.6191	21869.6849
No.24	-134437.0661	21865.4966
No.25	-134417.2837	21862.5777
No.26	-134397.3543	21860.9402
No.27	-134377.3609	21860.5910
No.28	-134357.3865	21861.5316
EC.3'	-134341.5914	21863.1951
IP.1'	-134725.1254	22144.4817
IP.2'	-134669.5100	22028.5307
IP.3'	-134506.1799	21841.5852

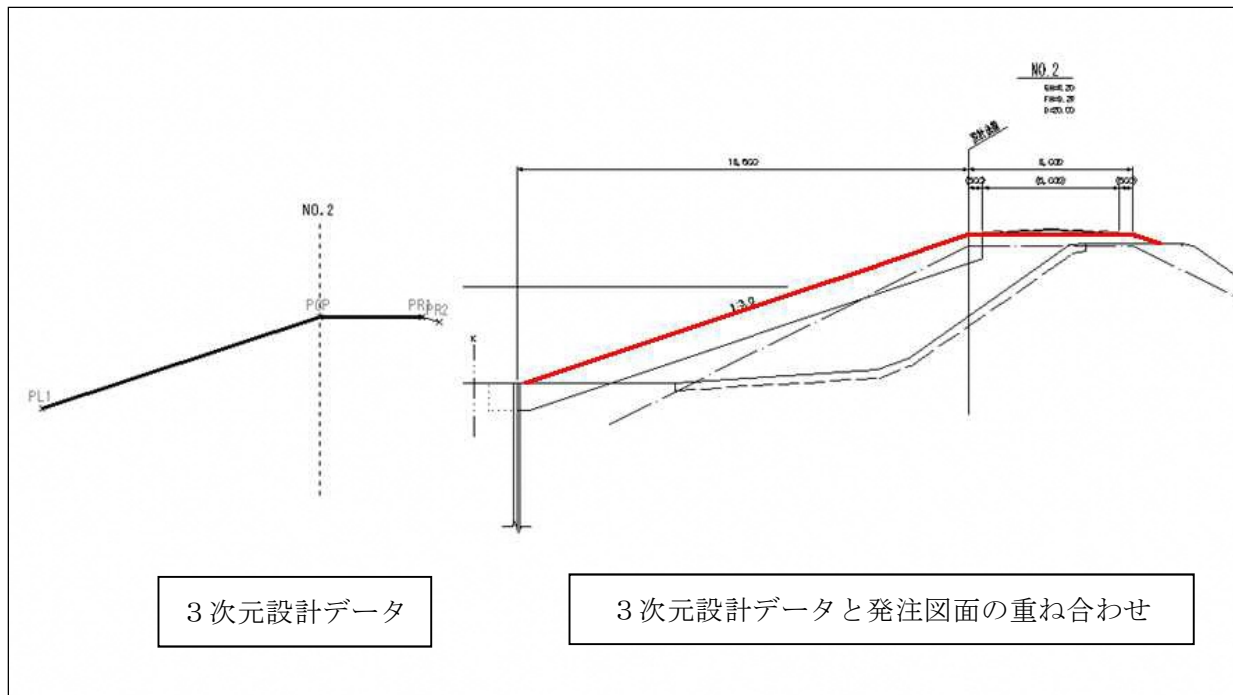
・縦断面図（チェック入り）（例）



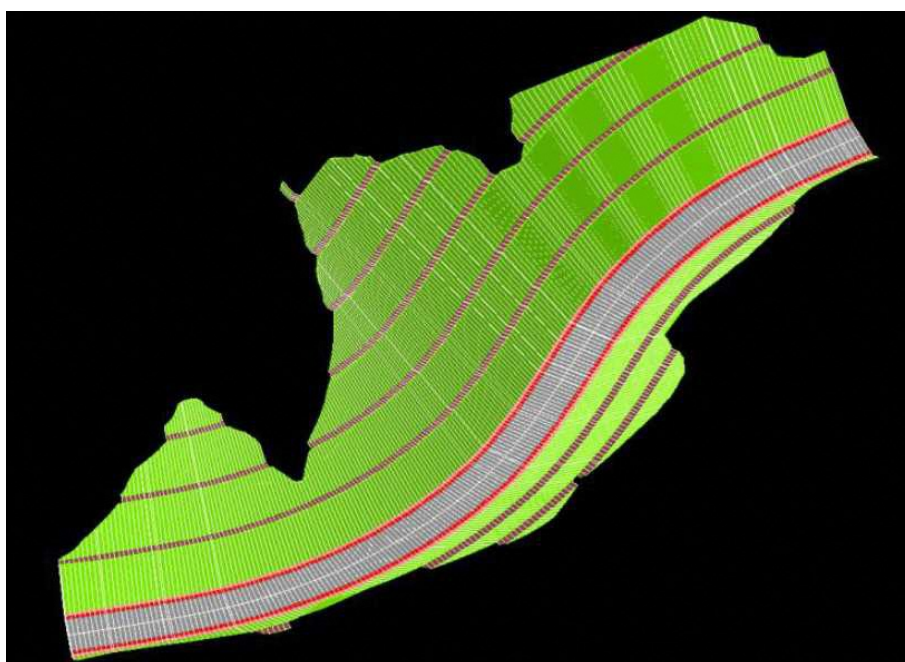
・横断面図（チェック入り）（例）



- ・横断図（重ね合わせ機能の利用）（例）



- ・3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）（例）



参考資料－4 空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所以上の既知点を使用し、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と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。また、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。

【測定精度】

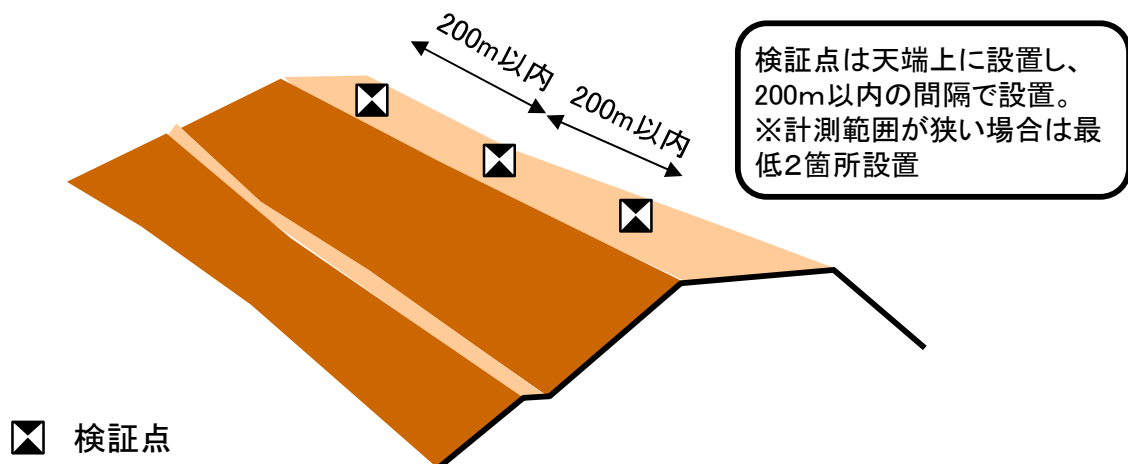
各座標値の較差 x ， y ， z それぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内

【解説】

受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、精度管理用の検証点を図のように、天端上に200m以内の間隔となるように設置する。計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置する。

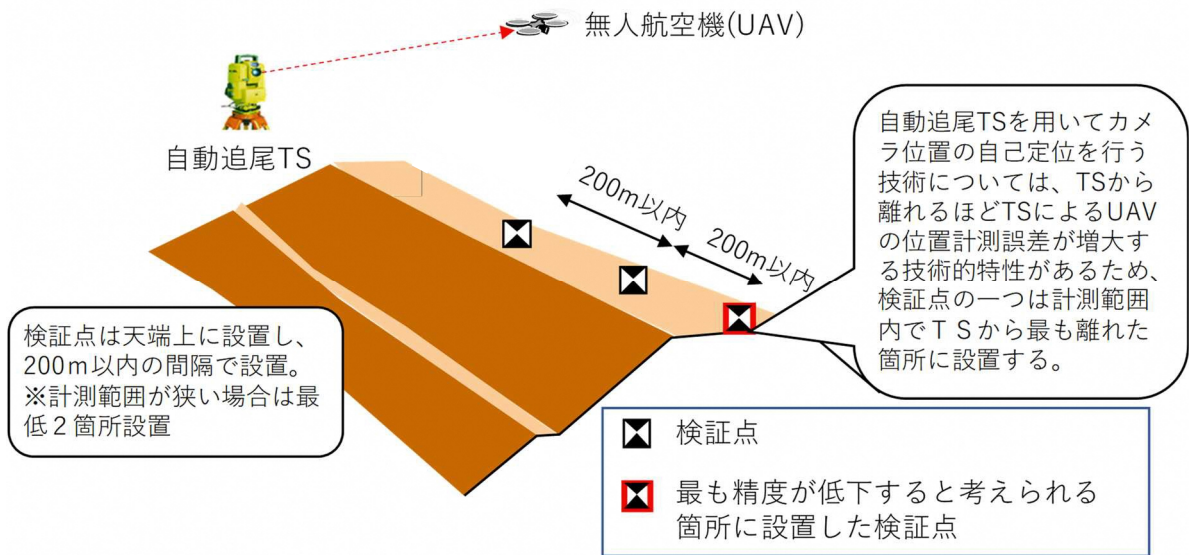
受注者は、設置した検証点における既知点の座標値（基準点あるいは、工事基準上などの既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いてTSを用いて計測した座標値）と、空中写真測量を用いて計測した結果から得られる検証点の座標値を比較し $\pm 50\text{mm}$ 以内であることを確認する。

各座標値の較差 空中写真測量による計測結果(X'Y'Z)－真値とする検証点の計測結果(X,Y,Z)



図－4－1 精度確認試験の配置イメージ図

ただし、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TSから最も離れた位置に、1点検証点を設置することとする。



図一 4 - 2 精度確認試験の配置イメージ図(自動追尾 TS を使用する場合)

空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書（案）

1. 実施時期

空中写真測量の精度確認は、撮影した空中写真を用いた写真測量時に行うため、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。本精度確認は、空中写真測量（UAV）による計測ごとに行うものとする。

2. 実施方法

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。

3. 検証点の設置

真値となる座標値は、基準点あるいは、工事基準上など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。

4. 評価基準

空中写真測量（UAV）による計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。

表－ 4－1 精度確認試験での精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	±50mm 以内	設置された検証点すべてで実施

5. 実施結果の記録

精度確認の実施結果を記録・提出する。

(様式-2)

令和 年 月 日

工 事 名 : _____
受 注 者 名 : _____
作 成 者 : _____ 印

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

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション 実施年月	令和 年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー : (製造メーカー名) 測定装置名称 : (製品名、機種名) 測定装置の製造番号 : (製造番号)

(2) 精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	令和 年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候 晴れ 気温 8℃
測定場所	(株) UAV測量 〇〇工事現場
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS : 3級TS以上 □機種名 (級別〇級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

(3) カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	(製造メーカー名)
名称	(製品名、機種名)
製造番号	(製造番号)
写真	(写真)

(4) 精度確認試験結果 (詳細)

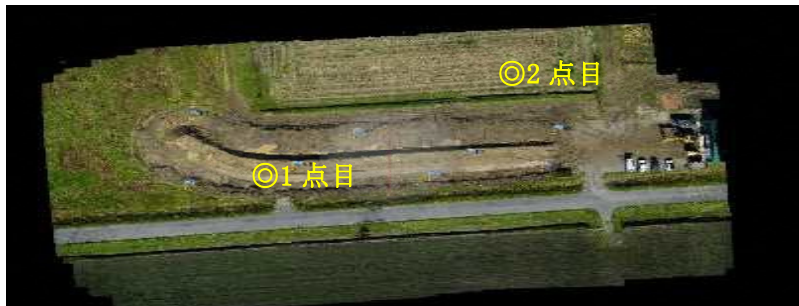
① 真値とする検証点の確認



計測方法：既知点 or TSによる座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
1点目	44044.720	-11987.655	17.890
2点目	44060.797	-11993.390	17.530

② 空中写真測量 (UAV) による計測結果



空中写真測量 (UAV) で測定した検証点の位置座標			
	X'	Y'	Z'
1点目	44044.700	-11987.644	17.870
2点目	44060.778	-11993.385	17.521

③ 差の確認 (測定精度)

空中写真測量による計測結果 (X', Y', Z') — 真値とする検証点の座標値 (X, Y, Z)

検証点の座標間較差			
	ΔX	ΔY	ΔZ
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分 (最大) = -0.020m (-20mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内)

Y成分 (最大) = -0.011m (-11mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内)

Z成分 (最大) = -0.020m (-20mm) ; 合格 (基準値 50mm 以内)

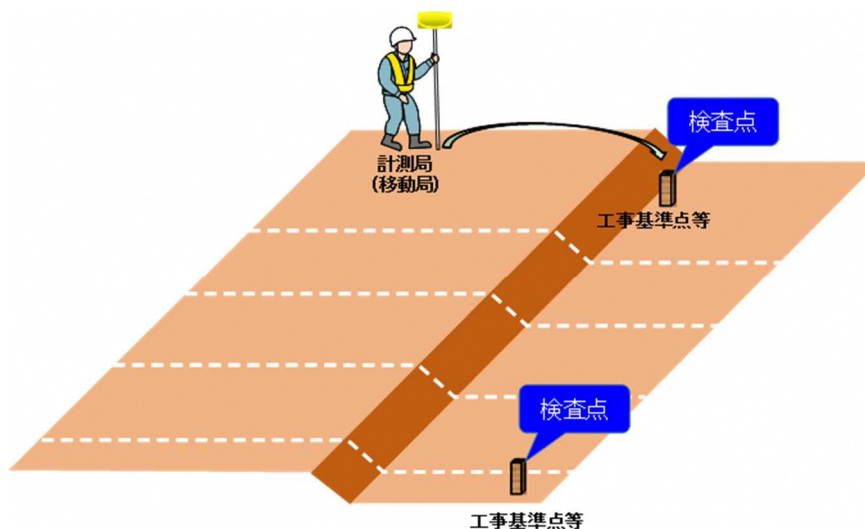
G N S Sの精度確認試験実施手順書（案）

1. 実施時期

G N S Sの精度確認は、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。

2. 実施方法

現場内の2箇所以上の既知点を利用し、G N S Sによる計測結果から得られる既知点の座標を計測する。



図－ 4－ 2 精度確認の実施方法

3. 検査点の検測

真値となる検査点は、基準点あるいは、工事基準上など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。

4. 評価基準

計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認する。

表－ 4－ 2 精度確認試験での精度確認基準

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 箇所程度

5. 実施結果の記録

精度確認の実施結果を記録・提出する。

(様式-3)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和〇〇年〇月〇日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株)〇〇測量

精度 太郎 印

(1) 試験概要

精度確認の対象機器 メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：GNSS2000 測定装置の製造番号：R00891	写真
検証機器（真値を計測する測定機器） <input checked="" type="checkbox"/> TS：3級TS以上 <input type="checkbox"/> 機種名（級別〇級）	写真
測定記録 測定期日：令和〇〇年〇月〇〇日 測定条件：天候 晴れ 気温 8℃ 測定場所：(株)〇〇測量 現場内にて	写真
精度確認方法 ■既知点の各座標の較差	

(2) 精度確認試験結果

①真値の計測結果



計測方法：既知点 or TSによる座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
1点目	44044.720	-11987.655	17.890
2点目	44060.797	-11993.390	17.530

②GNSSによる計測結果



RTK法またはネットワークRTK法で測定した位置座標			
	X'	Y'	Z'
1点目	44044.700	-11987.644	17.870
2点目	44060.778	-11993.385	17.521

③差の確認（測定精度）

GNSSによる計測結果 (X', Y', Z') — 真値とする検証点の座標値 (X, Y, Z)

既知点の座標間較差			
	ΔX	ΔY	ΔZ
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分 (最大) = -0.020m (-20mm) ; 合格 (基準値±20mm 以内)

Y成分 (最大) = -0.011m (-11mm) ; 合格 (基準値±20mm 以内)

Z成分 (最大) = -0.020m (-20mm) ; 合格 (基準値±30mm 以内)

