

**無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた
出来形管理の監督・検査要領
(土工編)
(案)**

令和3年3月

国 土 交 通 省

はじめに

i-Construction 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（TS）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（以下、「LS」という。）技術や無人航空機を用いた写真測量についても利用が進んでいる。そこで、情報化施工の項目のひとつとして、無人航空機搭載型レーザースキャナー（以下「UAVレーザー」という）を利用した地形測量および出来形計測・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) 比較的広範囲の地盤の形状を迅速に計測できるため、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、UAVレーザーを用いた計測では、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) 取得データの計測密度にばらつきがある。
- (3) 強風や雨などの天候により計測できない。
- (4) 航空法等の規制により利用できない地域がある。

本要領（案）を用いた監督・検査の実施にあたっては、本要領の主旨、記載内容をよく理解するとともに、実際の監督・検査にあたっては、「工事施工前における使用機器の精度の確認」、「既済部分検査及び完了検査実施時における出来形管理・品質の確認」を実施し、適切な管理の下での出来形計測データ等の取得及びトレーサビリティの確保、並びに規格値を満足した出来形計測データ等の取得を行うものとする。

今後、現場のニーズや本技術の目的に対し、更なる機能の開発等技術的発展が期待され、その場合、本要領についても開発された機能・仕様に合わせて改訂を行うこととしている。

なお、本要領は、施工者が行う施工管理に関する要領と併せて作成しており、施工管理については、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案） 第2編 土工編」を参照していただきたい。

無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた 出来形管理の監督・検査要領 (土工編)

1. 目的

本要領は、無人航空機搭載型レーザースキャナー（以下、UAVレーザーという。）を用いた出来形管理に係わる監督・検査業務に必要な事項を定め、監督・検査業務の適切な実施や更なる効率化に資することを目的とする。

また、受注者に対しても、施工管理の各段階（工事測量、3次元設計データの作成、施工中の出来形確認・出来高確認、施工後の出来形確認・出来高確認、出来形管理帳票の作成）で、より作業の確実性や自動化・省力化が図られるように、出来形管理・出来高管理が効率的かつ正確に実施されるための適応範囲や具体的な実施方法、留意点等を示したものである。

2. UAVレーザー活用のメリット

UAVレーザーを用いるメリットは、現状においては工事測量や出来形計測、数量算出など施工段階を中心としたメリットとなるが、今後、取得したデータの利活用による維持管理の効率化等、様々なメリットが期待される。（参考資料－5参照）

今回、UAVレーザーの出来形計測の機能を踏まえた「無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領」策定による発注者における主なメリットは、以下のとおりである。

2-1 工事目的物の品質確保

- 1) 2次元データから3次元設計データを作成するため、図面の照査が確実
 - ・詳細については、「5-5 3次元設計データチェックシートの確認」を参照。
- 2) UAVレーザーによる出来形計測は面的な計測データとなるため、出来形が確実で確認が容易
 - ・詳細（監督職員対応）については、「5-7 出来形管理状況の把握」を参照。
 - ・詳細（検査職員対応）については、「6-1 出来形計測に係わる書面検査」を参照。
- 3) 出来形を面的に計測することによる品質確保
 - ・詳細については、「7-1 出来形管理基準及び規格値」を参照。
- 4) 面的な計測結果を用いた図面の作成および数量算出による品質確保
 - ・面的な計測結果（工事測量、出来形計測等）から図面作成や数量算出を行うため、設計変更内容が確実に反映され、再利用性の高い完成図が納品される。

2-2 業務の効率化

- 1) 3次元設計データの作成による図面の照査が効率化
 - ・詳細については、「5-5 3次元設計データチェックシートの確認」を参照。

- 2) 実地検査における検査頻度を大幅に削減（ただし、出来形帳票作成ソフトウェア機能要求仕様書が配出され、対応したソフトウェアが導入されるまでは実地検査を行う）
- 3) 写真管理基準の効率化が可能
 - ・詳細については、「7-2 品質管理及び出来形管理写真基準」を参照。

3. 要領の対象範囲

本要領の対象範囲は、3次元設計データを活用したUAVレーザーを用いた土工における出来形管理を対象とする。

4. 用語の説明

用語の説明の内容は、参考資料-4に示す。

5. 監督職員の実施項目

本要領を適用したUAVレーザーを用いた出来形管理についての監督職員の実施項目は、以下の項目とする。

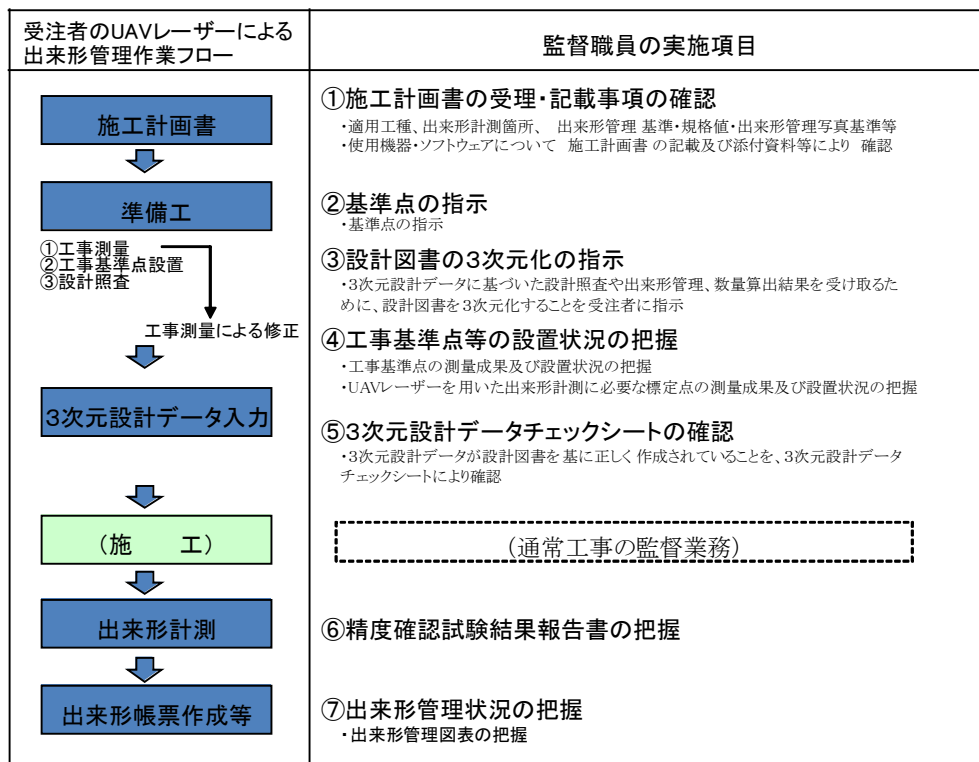


図-1 監督職員の実施項目

<本施工前及び工事施工中>

5-1 施工計画書の受理・記載事項の確認

受注者から提出された施工計画書の記載内容及び添付資料をもとに、下記の事項について確認を行う。

1) 適用工種の確認

UAVレーザーによる出来形管理を実施する工種について表-1の適用工種に該当していることを確認する。

表-1 適用工種

編	章	節	工種
共通編	土工	河川・海岸・砂防土工	掘削工
			盛土工

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

2) 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等の確認

本要領の「7. 管理基準及び規格値等」に基づき記載されていることを確認する。

3) 使用機器・ソフトウェアの確認

出来形管理に使用するUAVレーザー本体及びソフトウェアについては、下記の項目および方法で確認する。

① UAVレーザー本体

受注者は、出来形管理用に利用するUAVレーザーに使用されているGNSS測量機が2周波GNSSであり、適正な精度管理が行われていることを示す資料を、施工計画書の添付資料として提出する。

2周波GNSSであること ±20mm以内・・・別添様式-2による精度確認試験を行うこと。

測定精度	必要な測定精度を満たすUAVレーザーを用いた計測結果であることを示す精度確認試験結果。(参考資料-3参照)
保守点検(UAV)	UAVの保守点検を実施したことを示す点検記録。製造元等による保守点検を1年に1回以上実施。

※測定精度の確認は当該現場での使用から12か月以内に実施したものであること。

②使用するソフトウェア

UAVレーザーで利用するソフトウェアが「無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)」に規定した機能を有するものであること。

3次元設計データ作成ソフトウェア	メーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書
点群処理ソフトウェア	
出来形帳票作成ソフトウェア	
出来高算出ソフトウェア	

<添付資料の参考例>



図ー 2 メーカーカタログあるいは仕様書

4) 計測計画

UAVレーザーによる計測が安全で確実に計測できる飛行計画となっているかを把握する。

飛行方法	コース、飛行高度、各飛行レーンの計測点範囲の重複度の計画。
計測性能	計画した飛行高度における有効計測幅。
安全確保	航空機の高航行の安全確保のために作成する「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。

5-2 基準点の指示

監督職員は、工事に使用する基準点を受注者に指示する。基準点は、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良い）、若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。

5-3 設計図書の3次元化の指示

監督職員は、設計図書が2次元図面の場合、3次元設計データ（3次元の面的なデータ）に基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書を3次元化することを受注者に指示する。

5-4 工事基準点等の設置状況の把握

監督職員は、受注者から工事基準点に関する測量成果を受理した段階で、工事基準点が、指示した基準点をもとにして設置したものであること、また、精度管理が適正に行われていることを把握する。

調整用基準点、検証点が、指示した基準点あるいは工事基準点をもとにして設置したものであることを把握する。なお、出来形計測以外（起工測量、部分払出来高）でGNSSローバーを用い調整用基準点・検証点を設置した場合は、使用する機器の精度確認が適正に行われていることを「GNSSの精度確認試験結果報告書」で把握する。

5-5 3次元設計データチェックシートの確認

監督職員は、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ことを、受注者が確認し提出された「3次元設計データチェックシート」により確認する。

なお、必要に応じて、3次元設計データと設計図書との照合のために、根拠資料（工事基準点リスト、線形計算書または法線の中心点座標リスト、平面図、縦断図、横断図）の提示を求めることができる。

また、根拠資料は3次元設計データを用いて作成したCAD図面と、設計図書を重ね合わせた資料等、わかりやすい資料に替えることができる。

（参考資料－2参照）

5-6 精度確認試験結果報告書の把握

監督職員は、受注者が実施（UAVレーザ計測を実施する前に行う）したUAVレーザの測定精度に関する資料（精度確認試験結果：参考資料－3参照）を受理した段階で、出来形管理に必要な測定精度を満たす結果であることを把握する。

5-7 出来形管理状況の把握

監督職員は、受注者の実施した出来形管理結果（出来形管理図表）を用いて出来形管理状況を把握する。なお、必要に応じて、出来形計測時の調整用基準点における精度確認結果である「調整用基準点調査票」の提示を求めることができる。

6. 検査職員の実施項目

本要領を適用した出来形管理箇所における出来形検査の実施項目は、当面の間、下記に示すとおりである。

<工事検査時>

6-1 出来形計測に係わる書面検査

1) UAVレーザーを用いた出来形管理に係わる施工計画書の記載内容

施工計画書に記載された出来形管理方法について、監督職員が実施した「施工計画書の受理・記載事項の確認結果」を工事打合せ簿で確認する。

(施工計画書に記載すべき具体的な事項については、本要領 5-1 施工計画書の受理・記載事項の確認項目を参照)

2) 設計図書の3次元化に係わる確認

設計図書の3次元化の実施について、工事打合せ簿で確認する。

3) UAVレーザー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

出来形管理に利用する工事基準点・調整用基準点および検証点について、受注者から測量結果が提出されていることを、工事打合せ簿で確認する。なお、出来形計測以外(起工測量、部分払出来高)でGNSSローバーを用い調整用基準点・検証点を設置した場合は、「GNSSの精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。

4) 3次元設計データチェックシートの確認

3次元設計データが設計図書(工事測量の結果、修正が必要な場合は修正後のデータ)を基に正しく作成されていることを受注者が確認した「3次元設計データチェックシート」が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。

5) UAVレーザーを用いた出来形管理に係わる精度確認試験結果報告書の確認

UAVレーザーを用いた出来形計測が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者が確認した「精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。

6) UAVレーザーを用いた出来形管理に係わる「出来形管理図表」の確認

出来形管理図表について、出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか否かを確認する。

バラツキについては、各測定値の設計との離れの規格値に対する割合をプロットした分布図の凡例に従い判定する。

(※) 出来形管理要領によれば、分布図が具備すべき情報としては、以下のとおりとする。

- ・離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして-100%~+100%の範囲で出来形評価用データのポイント毎に結果を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%の前後が区別出来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。
- ・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。

とされている。

7) 品質管理及び出来形管理写真の確認

「7-2 品質管理及び出来形管理写真基準」に基づいて撮影されていることを確認する。

8) 電子成果品の確認

出来形管理や数量算出の結果等の工事書類が、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納されていることを確認する。

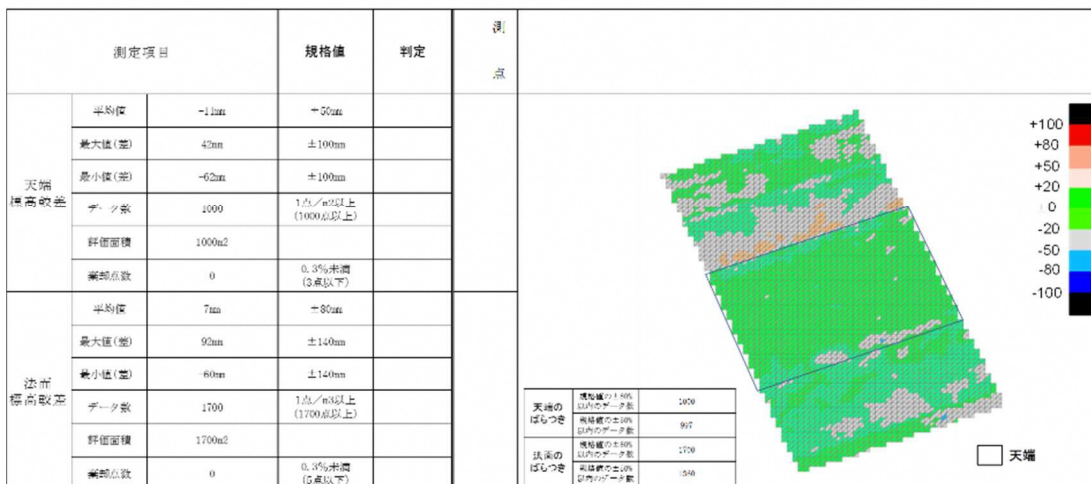
電子成果品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元設計データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N)) ・ 出来形管理資料 (出来形管理図表 (P D F) または、ビューワー付き 3次元データ) ・ U A V レーザーによる出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル) ・ U A V レーザーによる出来形計測データ (LandXML 等のオリジナルデータ (T I N)) ・ U A V レーザーによる計測点群データ (CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル) ・ 工事基準点、調整用基準点および検証点の座標データ (CSV、LandXML、SIMA 等のポイントファイル)
-------	---

様式-31-2

出来形合否判定総括表

ポイントクラウド要求仕様書Ver. 2.0 対応

工 種 道路土工 測点 No. 1~No. 3
種 別 盛土 合否判定結果 合格



凡例:

図-3 作成帳票例 (出来形管理図表)

6-2 出来形計測に係わる実地検査

検査職員は、施工管理データが搭載された出来形管理用T S等を用いて、現地で自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との標高差が規格値内であるかを検査する。（ただし、出来形帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書が配出され、計測データの改ざん防止や信憑性の確認可能なソフトウェアが現場導入されるまで期間とする）。

検査頻度は表-2のとおりとする。（ここでいう断面とは厳格に管理断面を指すものではなく、概ね同一断面上の数か所の標高を計測することを想定している。）

なお、7-1 出来形管理基準及び規格値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（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。

表-2 検査頻度

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
道路土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面

7. 管理基準及び規格値等

7-1 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。

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）」、あるいは、「1 - 2 - 4 - 2 - 2掘削工（面管理の場合）」、「1 - 2 - 4 - 3 - 2路床盛土工（面管理の場合）」、「1 - 2 - 4 - 4 - 2路床盛土工（面管理の場合）」に記載されているものを利用することとする。

なお、管理基準及び規格値に関する留意点としては、以下の項目がある。

- ①本要領を用いた施工管理の実施にあたっては、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。

7-2 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、「写真管理基準（案）」に定められたものとする。

なお、撮影の留意点としては、以下の項目がある。

- ①出来形管理状況の写真は、UAVレーザの計測状況が分かるものとする。
- ②被写体として写しこむ小黑板については、工事名・工種等・出来形計測点（測点・箇所）を記述し、設計寸法・実測寸法・略図については省略してよい。



図－4 写真撮影例

参 考 資 料

参考資料－1 通常工事と「UAVレーザーを用いた出来形管理」の監督・検査の相違点比較一覧

1-1 河川土工

1-2 道路土工

参考資料－2 3次元設計データチェックシート及び照査結果資料

2-1 河川土工

2-2 道路土工

参考資料－3 精度確認試験結果報告書

参考資料－4 用語の説明

参考資料－5 UAVレーザーを用いた出来形管理の活用により期待される機能と導入効果

参考資料-1 通常工事と「UAVレーザーを用いた出来形管理」の監督・検査の相違点比較一覧(河川土工)

【監督関係】

項目	通常工事における監督・検査基準等	無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領	備考
1. 施工計画書の受理		要領5-1 施工計画書の受理・記載事項の確認 ①適用工種の確認 ②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等の確認 ③使用機器・ソフトウェアの確認	・UAVレーザーを用いた出来形管理に関する記載事項を確認する。
2. 監督職員の確認事項		要領5-3 設計図書の3次元化の指示 ①設計図書の3次元化の指示	・3次元設計データに基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書を3次元化することを受注者に指示する。
		要領5-4 工事基準点等の設置状況の把握 ①工事基準点の測量成果及び設置状況の把握 ②UAVレーザーを用いた出来形計測に必要な測量成果及び設置状況の把握	・標定点を利用する場合は、指示した基準点をもとにして設置したものであること、また、精度管理が適正に行われていることを把握する。
		要領5-5 3次元設計データチェックシートの確認 ①3次元設計データチェックシートの確認	・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ことを、受注者が確認した「3次元設計データチェックシート」により確認する。必要により、根拠資料等の提出を求めることができる。
		要領5-6 精度確認試験結果報告書の把握 ①精度確認試験結果の把握	・UAVレーザーを用いた計測結果が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者が実施した「精度確認試験結果報告書」を把握する。
		要領5-7 出来形管理状況の把握 ①UAVレーザーによる出来形管理結果(出来形管理図表)による出来形管理状況の把握	・出来形管理図を確認し、出来形管理状況を把握する。

【検査関係】

項目	通常工事における監督・検査基準等	L Sを用いた出来形管理の監督・検査要領	備考																																				
1. 出来形管理に関わる資料検査		要領6-1-2) 設計図書の3次元化に係わる確認 ・設計図書の3次元化の実施について、工事打合せ簿により確認	・3次元設計データに基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書の3次元化の実施について工事打合せ簿で確認する。																																				
		要領6-1-3) UAVレーザー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 ・UAVレーザーを用いた計測に利用する標定点の測量成果が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた計測に利用する標定点について、受注者から測量結果が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。																																				
		要領6-1-4) 3次元設計データチェックシートの確認 ・「3次元設計データチェックシート」が提出され、監督職員が確認していることを、工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた出来形管理では、監督職員による3次元設計データチェックシートの確認を工事打合せ簿で確認する。																																				
		要領6-1-5) UAVレーザーを用いた出来形管理に係わる精度確認試験結果報告書の確認 ・「精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた計測結果が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者から「精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。																																				
	品質管理・出来形管理写真管理基準 写真管理項目	要領7-2 品質管理・出来形管理写真管理基準 写真管理項目	・成果品は、出来形計測データ、3次元設計データ、計測点群データ、工事基準点および標定点データ、出来形管理資料である。																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>撮影項目</th> <th>撮影頻度(時期)</th> <th>提出頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">掘削工</td> <td>土質等の判別</td> <td>地質が変わる毎に1回[掘削中]</td> <td rowspan="2">代表箇所 各1枚</td> </tr> <tr> <td>法長</td> <td>200m又は1施工箇所(1回[掘削後])</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">盛土工</td> <td>巻出厚</td> <td>200mに1回[巻出し時]</td> <td rowspan="3">代表箇所 各1枚</td> </tr> <tr> <td>締固め状況</td> <td>転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]</td> </tr> <tr> <td>法長幅</td> <td>200m又は1施工箇所(1回[施工後])</td> </tr> </tbody> </table>	工程	撮影項目	撮影頻度(時期)	提出頻度	掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚	法長	200m又は1施工箇所(1回[掘削後])	盛土工	巻出厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]	法長幅	200m又は1施工箇所(1回[施工後])	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工程</th> <th>撮影項目</th> <th>撮影頻度(時期)</th> <th>提出頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">掘削工</td> <td>土質等の判別</td> <td>地質が変わる毎に1回[掘削中]</td> <td rowspan="2">代表箇所 各1枚</td> </tr> <tr> <td>法面</td> <td>計測毎に1回[掘削後]</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">盛土工</td> <td>巻出厚</td> <td>200mに1回[巻出し時]</td> <td rowspan="3">代表箇所 各1枚</td> </tr> <tr> <td>締固め状況</td> <td>転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]</td> </tr> <tr> <td>法面 戻埋</td> <td>計測毎に1回[施工後]</td> </tr> </tbody> </table>	工程	撮影項目	撮影頻度(時期)	提出頻度	掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚	法面	計測毎に1回[掘削後]	盛土工	巻出厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]	法面 戻埋	計測毎に1回[施工後]	・UAVレーザーによる出来形の計測データは、データが連続的の相関を持ったデータかつ、施工全体の面的なデータであることから、最小限の確認を行うことで精度検証が可能のため、写真管理箇所を低減している。
工程	撮影項目	撮影頻度(時期)	提出頻度																																				
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚																																				
	法長	200m又は1施工箇所(1回[掘削後])																																					
盛土工	巻出厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚																																				
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]																																					
	法長幅	200m又は1施工箇所(1回[施工後])																																					
工程	撮影項目	撮影頻度(時期)	提出頻度																																				
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚																																				
	法面	計測毎に1回[掘削後]																																					
盛土工	巻出厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚																																				
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]																																					
	法面 戻埋	計測毎に1回[施工後]																																					
2. 実施検査	地方整備局土木工事検査技術基準(案)別表第2出来形寸法検査基準 ・メジャー等により実測による確認	要領6-2 出来形計測に係わる実地検査 ・TS等による計測により確認	・UAVレーザーによる出来形の計測データは、データが連続的の相関を持ったデータかつ、施工全体の面的なデータであることから、実地頻度を低減している。																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>検査内容</th> <th>検査密度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>共通</td> <td>土工</td> <td>基準高、幅、法長</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)</td> </tr> </tbody> </table>	工種	検査内容	検査密度	共通	土工	基準高、幅、法長			200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>計測箇所</th> <th>確認内容</th> <th>検査頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>河川土工</td> <td>検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所</td> <td>3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差</td> <td>1工事につき1断面</td> </tr> </tbody> </table>	工種	計測箇所	確認内容	検査頻度	河川土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面																				
工種	検査内容	検査密度																																					
共通	土工	基準高、幅、法長																																					
		200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)																																					
工種	計測箇所	確認内容	検査頻度																																				
河川土工	検査職員が指定する平場上あるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面																																				

参考資料-1 通常工事と「UAVレーザーを用いた出来形管理」の監督・検査の相違点比較一覧(道路土工)

【監督関係】

項目	通常工事における監督・検査基準等	無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領	備考
1. 施工計画書の受理		要領5-1 施工計画書の受理・記載事項の確認 ①適用工種の確認 ②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等の確認 ③使用機器・ソフトウェアの確認	・UAVレーザーを用いた出来形管理に関する記載事項を確認する。
2. 監督職員の確認事項		要領5-3 設計図書の3次元化の指示 ①設計図書の3次元化の指示	・3次元設計データに基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書を3次元化することを受注者に指示する。
		要領5-4 工事基準点等の設置状況の把握 ①工事基準点の測量成果及び設置状況の把握 ②UAVレーザーを用いた出来形計測に必要な測量成果及び設置状況の把握	・標定点を利用する場合は、指示した基準点をもとにして設置したものであること、また、精度管理が適正に行われていることを把握する。
		要領5-5 3次元設計データチェックシートの確認 ①3次元設計データチェックシートの確認	・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ことを、受注者が確認した「3次元設計データチェックシート」により確認する。必要により、根拠資料等の提出を求めることができる。
		要領5-6 精度確認試験結果報告書の把握 ①精度確認試験結果の把握	・UAVレーザーを用いた計測結果が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者が実施した「精度確認試験結果報告書」を把握する。
		要領5-7 出来形管理状況の把握 ①UAVレーザーによる出来形管理結果(出来形管理図表)による出来形管理状況の把握	・出来形管理図を確認し、出来形管理状況を把握する。

【検査関係】

項目	通常工事における監督・検査基準等	L Sを用いた出来形管理の監督・検査要領	備考												
1. 出来形管理に関わる資料検査		要領6-1-2) 設計図書の3次元化に係わる確認 ・設計図書の3次元化の実施について、工事打合せ簿により確認	・3次元設計データに基づいた設計照査や出来形管理、数量算出結果を受け取るために、設計図書の3次元化の実施について工事打合せ簿で確認する。												
		要領6-1-3) UAVレーザー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 ・UAVレーザーを用いた計測に利用する標定点の測量成果が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた計測に利用する標定点について、受注者から測量結果が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。												
		要領6-1-4) 3次元設計データチェックシートの確認 ・「3次元設計データチェックシート」が提出され、監督職員が確認していることを、工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた出来形管理では、監督職員による3次元設計データチェックシートの確認を工事打合せ簿で確認する。												
		要領6-1-5) UAVレーザーを用いた出来形管理に係わる精度確認試験結果報告書の確認 ・「精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・UAVレーザーを用いた計測結果が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者から「精度確認試験結果報告書」が提出されていることを工事打合せ簿で確認する。												
	要領6-1-8) 電子成果品の確認 出来形管理や数量算出の結果等の電子成果品が提出され「工事完成図書の電子納品等の要領で定める「IGON」フォルダに格納されていることを確認	要領7-2 品質管理・出来形管理写真管理基準	・成果品は、出来形計測データ、3次元設計データ、計測点群データ、工事基準点および標定点データ、出来形管理資料である。 ・UAVレーザーによる出来形の計測データは、データが連続的の相関を持ったデータかつ、施工全体の面的なデータであることから、最小限の確認を行うことで精度検証が可能のため、写真管理箇所を低減している。												
2. 実施検査	地方整備局土木工事検査技術基準(案)別表第2出来形寸法検査基準 ・メジャー等により実測による確認	要領6-2 出来形計測に係わる実地検査 ・TS等による計測により確認	・UAVレーザーによる出来形の計測データは、データが連続的の相関を持ったデータかつ、施工全体の面的なデータであることから、実地頻度を低減している。												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>検査内容</th> <th>検査密度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>共通</td> <td>土工</td> <td>200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)</td> </tr> </tbody> </table>	工種	検査内容	検査密度	共通	土工	200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>計測箇所</th> <th>確認内容</th> <th>検査頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路土工</td> <td>検査職員が指定する平場にあるいは天端上の任意の箇所</td> <td>3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差</td> <td>1工事につき1断面</td> </tr> </tbody> </table>	工種	計測箇所	確認内容	検査頻度	道路土工	検査職員が指定する平場にあるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差
工種	検査内容	検査密度													
共通	土工	200mにつき1箇所(ただし施工延長200m以下の場合は2箇所以上)													
工種	計測箇所	確認内容	検査頻度												
道路土工	検査職員が指定する平場にあるいは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差または水平較差	1工事につき1断面												

参考資料2-1 3次元設計データチェックシート及び照査結果資料（河川土工編）

（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	3次元	・ 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。

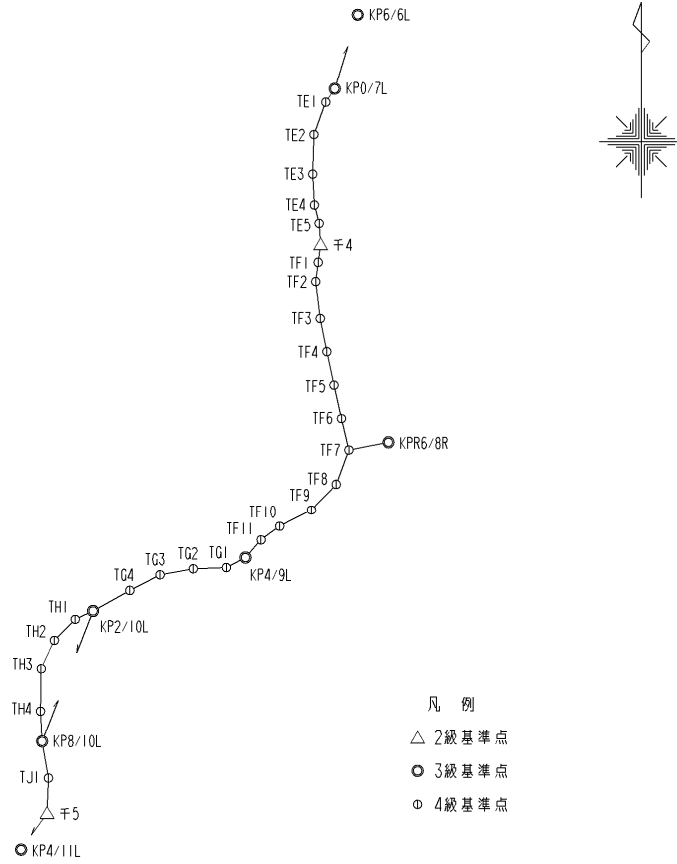
- ・ 工事基準点リスト（チェック入り）
- ・ 法線の中心点座標リスト（チェック入り）
- ・ 平面図（チェック入り）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（チェック入り）
- ・ 3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）

※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。

・工事基準点リスト (チェック入り)

4級基準点網図

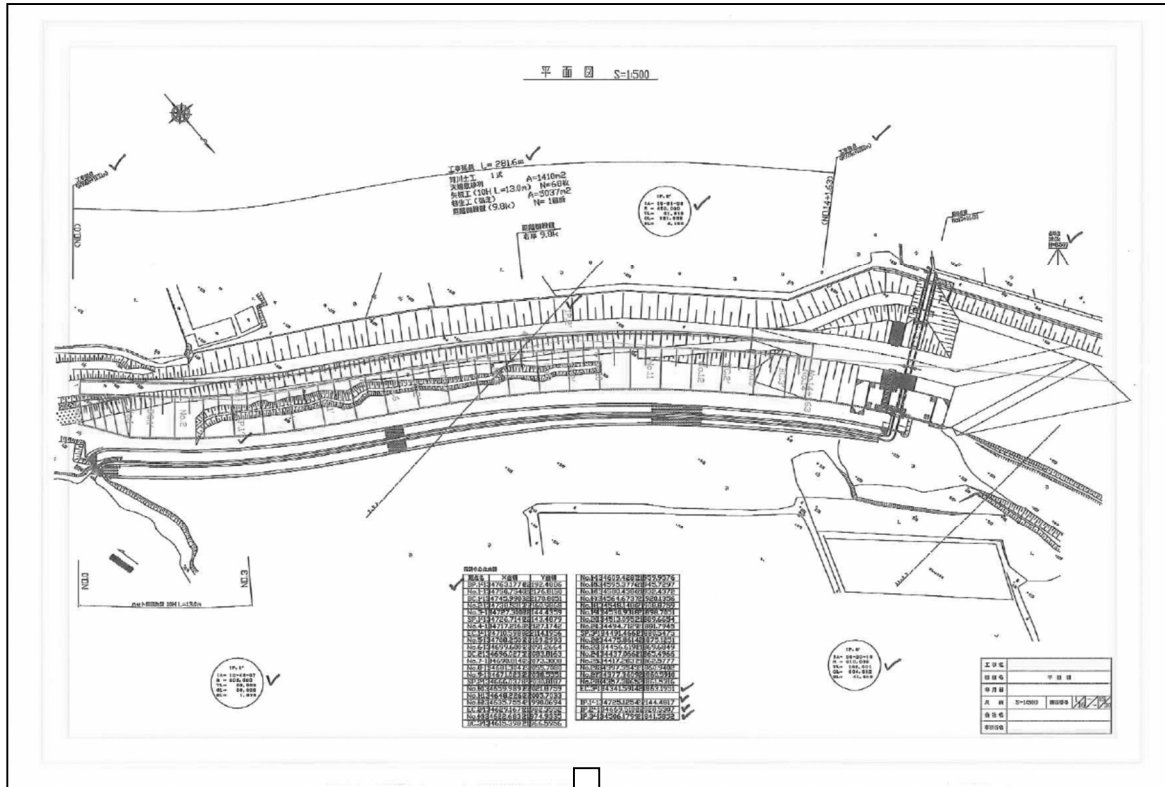
S=1:25000



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）



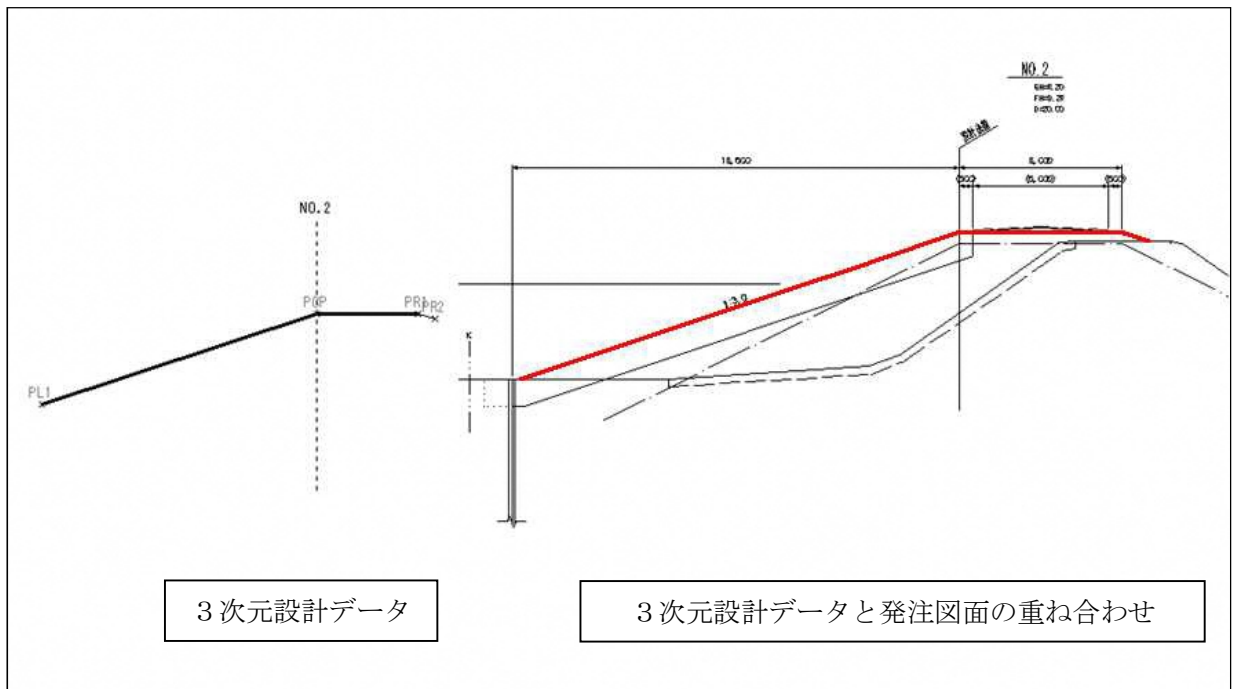
※法線の中心点座標リスト部分を拡大
（チェック入り）（例）

設計中心点座標

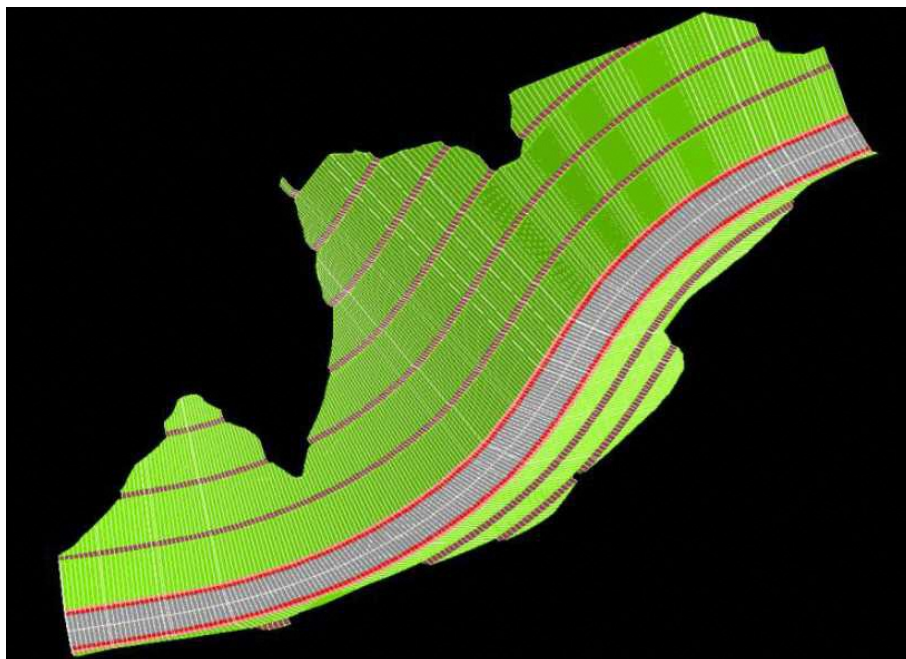
測点名	X座標	Y座標
BP.1'	-134763.1774	22192.4886
No.1	-134750.7540	22176.8150
BC.1'	-134745.9903	22170.8051
No.2	-134738.5313	22160.9868
No.3	-134727.3100	22144.4359
SP.1'	-134726.7149	22143.4879
No.4	-134717.2162	22127.1742
EC.1'	-134710.5988	22114.1956
No.5	-134708.2503	22109.2993
No.6	-134699.6009	22091.2664
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

- ・横断面図（重ね合わせ機能の利用）（例）



- ・3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）（例）



参考資料2-2 3次元設計データチェックシート及び照査結果資料（道路土工編）

（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？	
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	3次元	・ 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。

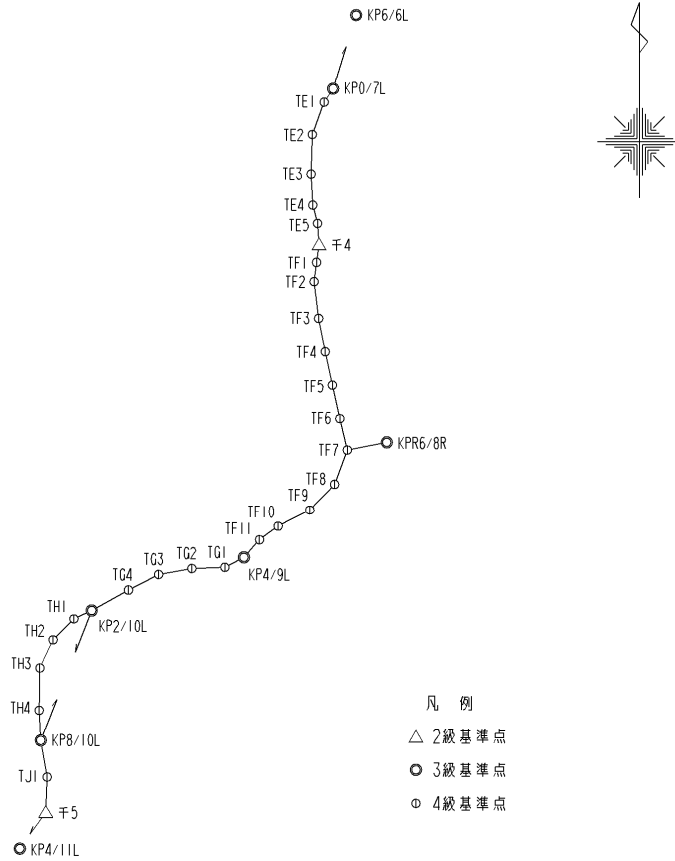
- ・ 工事基準点リスト（チェック入り）
- ・ 線形計算書（チェック入り）
- ・ 平面図（チェック入り）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（チェック入り）
- ・ 3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）

※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。

・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

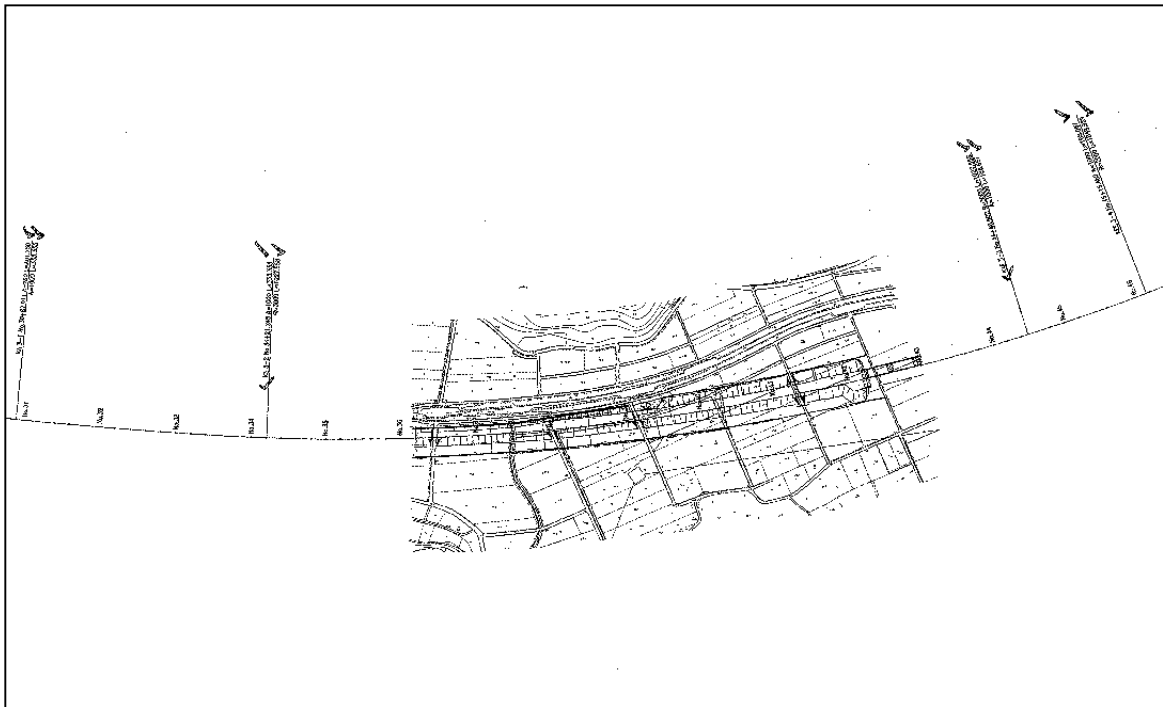
				世界測地系			
測点名	X 座標	Y 座標	備考	測点名	X 座標	Y 座標	備考
干4	-103592.645	-53971.965	2級基準点	TF4	-104073.411	-53943.604	4級基準点
干5	-106133.790	-55192.361	〃	TF5	-104222.811	-53911.981	〃
KP6/6L	-102566.552	-53805.858	3級基準点	TF6	-104371.743	-53878.598	〃
KP0/7L	-102897.874	-53908.500	〃	TF7	-104511.791	-53845.280	〃
KP6/8R	-104477.348	-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)

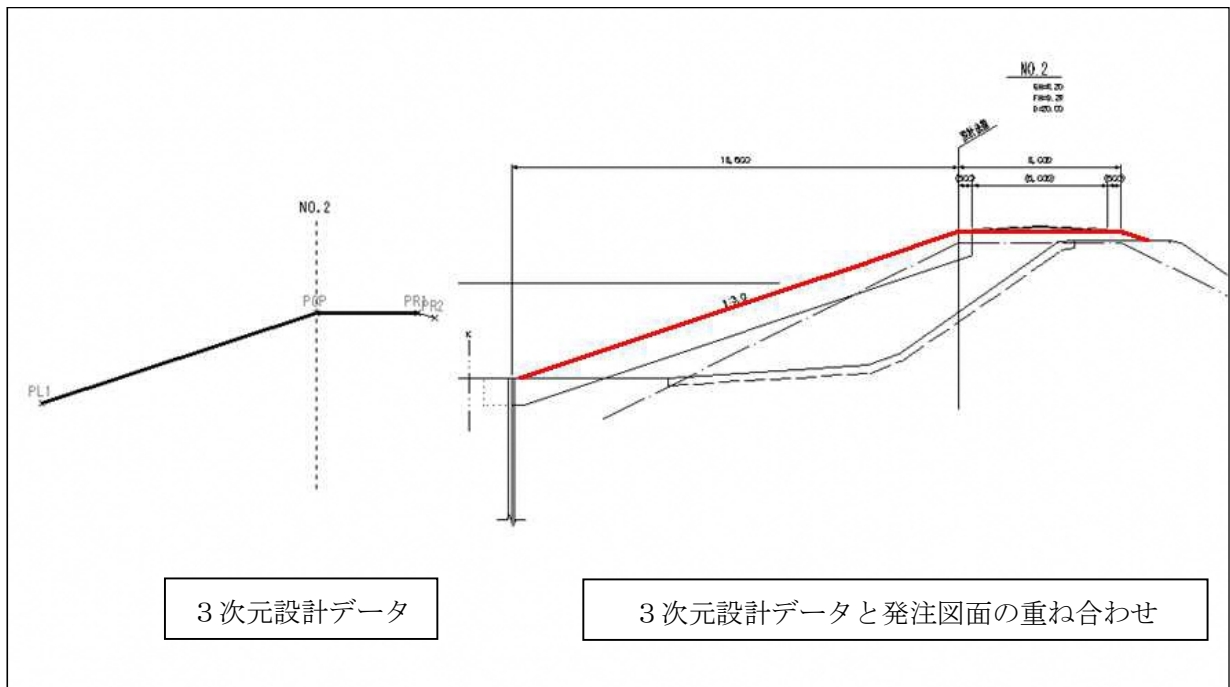
線形計算書

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 = -87,372.6270	Y = 42,913.6895	IA = 98° 42' 58.0092"					
S.P	: X = -87,382.7562	Y = 42,905.7863	要素長 = 41.3501					
M	: X = -87,401.6781	Y = 42,891.0228						
	R = 24.0000	L = 41.3501	C = 36.4221	IA = 98° 42' 58.0092"				
	TL = 27.9598	SL = 12.8477						
要素番号	3	直線						
EC1	: X = -87,378.1512	Y = 42,876.2809	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 3 + 2.8173				
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	要素長 = 41.0369	測点 5 + 3.8542				
要素番号	4	円(右曲がり)						
BC2	: X = -87,386.2592	Y = 42,846.0530	方向角 = 258° 36' 16.6569"	測点 5 + 3.8542				
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774				
IP	: X = -87,391.3702	Y = 42,820.6947	IA = 91° 57' 20.0805"					
S.P	: X = -87,382.3348	Y = 42,826.9237	要素長 = 40.1232					
M	: X = -87,361.7520	Y = 42,841.1135						
	R = 25.0000	L = 40.1232	C = 35.9535	IA = 91° 57' 20.0805"				
	TL = 25.8682	SL = 10.9745						
要素番号	5	直線						
EC2	: X = -87,365.8523	Y = 42,816.4520	方向角 = 350° 33' 36.7373"	測点 7 + 3.9774				
BC3	: X = -87,363.8225	Y = 42,816.1146	要素長 = 2.0576	測点 7 + 6.0350				

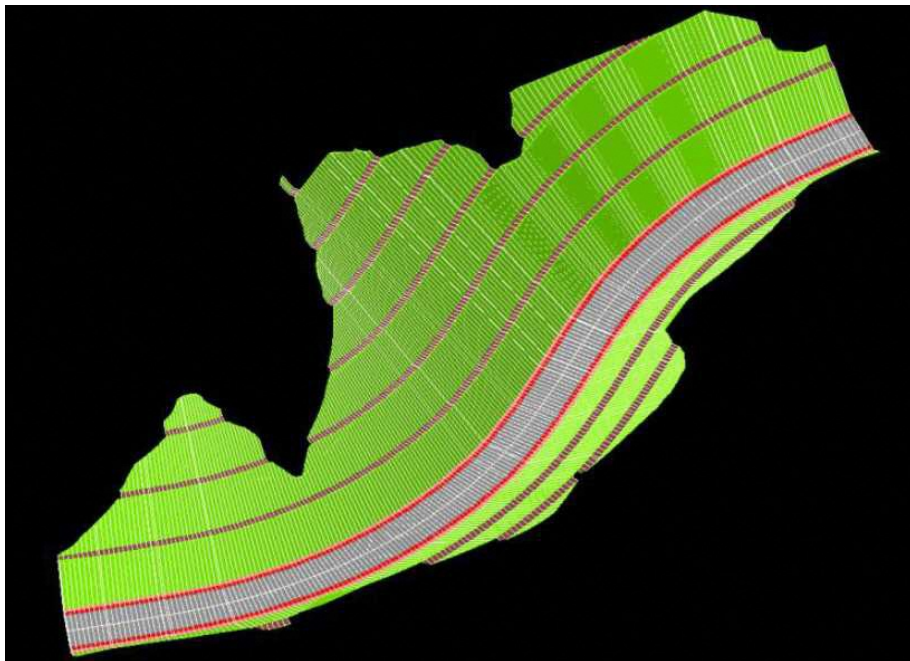
・平面図 (チェック入り) (例)



- ・横断面図（重ね合わせ機能の利用）（例）



- ・3次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）（例）



参考資料-3 精度確認試験結果報告書


(様式-2)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和2年2月18日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者：(株) UAVレーザー測量

精度 太郎 印

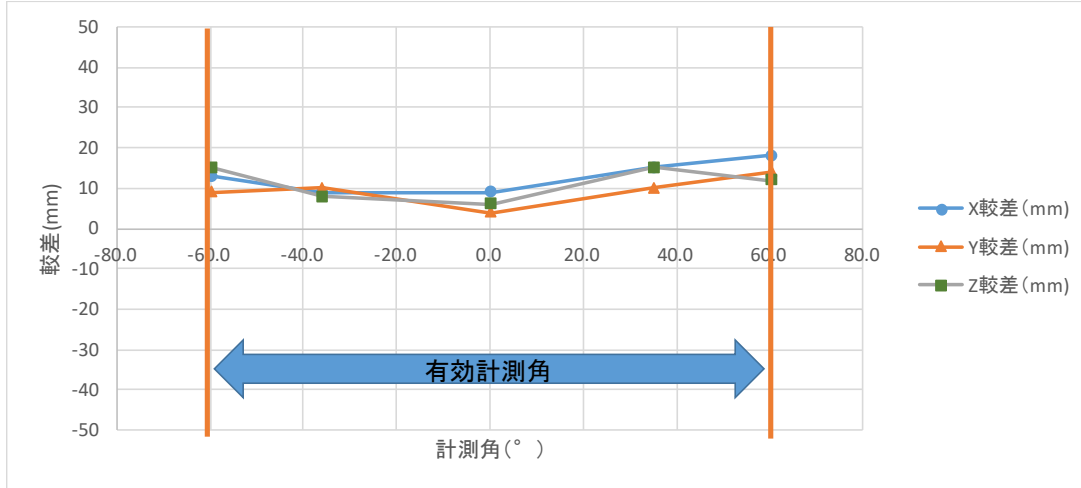
<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー：(株)ABC社</p> <p>測定装置名称：TOKI</p> <p>測定装置の製造番号：NNK0001</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器（検証点を計測する測定機器）</p> <p>2級トータルステーション GPT0000</p>	<p>写真</p>
<p>測定記録</p> <p>測定期日：令和2年2月18日</p> <p>測定条件：天候 晴れ</p> <p>気温 8℃</p> <p>測定場所：(株) UAVレーザー測量 社内 資材ヤードにて</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p>■ 標高検証点との標高較差 ■ 水平位置検証点との座標較差</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="440 1480 804 1787"> <p>標高検証点</p>  </div> <div data-bbox="831 1480 1193 1787"> <p>水平位置検証点</p>  </div> </div>	

・精度確認試験結果（詳細）

① 検証点の計測結果

飛行対地高度：30m

水平位置検証点							標高検証点					
点名	計測角 (°)	往路		復路		往路と復路の較差		点名	計測角 (°)	往路	復路	往路と復路の較差
		① X座標(m)	② Y座標(m)	③ X座標(m)	④ Y座標(m)	①-③ X較差(mm)	②-④ Y較差(mm)			⑤ Z座標(m)	⑥ Z座標(m)	⑤-⑥ Z較差(mm)
KH01	60.0	48439.327	-39217.745	48439.309	-39217.759	18	14	KV01	60.0	18.424	18.412	12
KH02	35.0	48440.284	-39247.068	48440.269	-39247.078	15	10	KV02	35.0	18.454	18.439	15
KH03	0.0	48441.010	-39269.496	48441.001	-39269.500	9	4	KV03	0.0	18.446	18.440	6
KH04	-36.0	48441.754	-39292.109	48441.745	-39292.119	9	10	KV04	-36.0	18.427	18.419	8
KH05	-60.0	48442.892	-39326.975	48442.879	-39326.984	13	9	KV05	-60.0	18.561	18.546	15



② 較差の確認（測定精度）

UAVレーザーの計測結果による計測点座標 — 調整用基準点座標

飛行対地高度 30m

有効計測角 60度 以内 ; 合格 (基準値±50mm 以内)

GNSS の精度確認試験実施手順書（案）

1. 実施時期

GNSS 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、GNSS による計測結果から得られる既知点の座標を計測する。

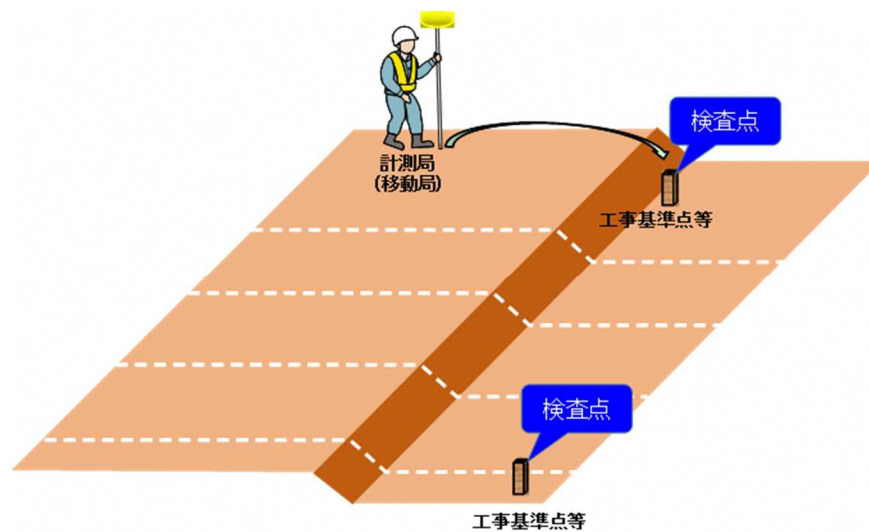


図 3 - 1 精度確認の実施方法

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 3 - 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	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2年2月18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

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2年2月18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	

・精度確認試験結果（詳細）

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

② GNSS 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）

参考資料－４ 用語の説明

本要領で使用する用語を以下に解説する

【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となる写真を空中から撮影することができる。

【UAVレーザー】

UAVレーザー測量システムはUAV上のGNSS、IMU及びレーザースキャナーによって構成される。その原理は、GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザースキャナーにより左右にスキャンしながら地上までのレーザー光の反射方向と地上までの距離を計算し、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析するものである。

【LS】

レーザースキャナーの略。1台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置（角度と距離）を面的に取得できる装置のことである。TSのようにターゲットを照準して計測を行わないため、特定の変化点や位置を選択して計測することができない場合が多い。

【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、計測データの記録および外部機器への出力ができる。標定点調整用基準点の座標取得、および実地検査に利用される。

【UAVレーザーを用いた出来形管理】

UAVレーザーを用いて被計測対象の3次元形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に算出、把握する管理方法である。

【3次元設計データ】

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

【TIN】

TIN（不等三角網）とは、Triangular Irregular Networkの略。TINは、地形や出来形形状などの表面形状を3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。TINは、多くの点を3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものである。TINは、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される。

【3次元設計データ】

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。

【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次元設計データと作成するために必要な構成要素を示す。

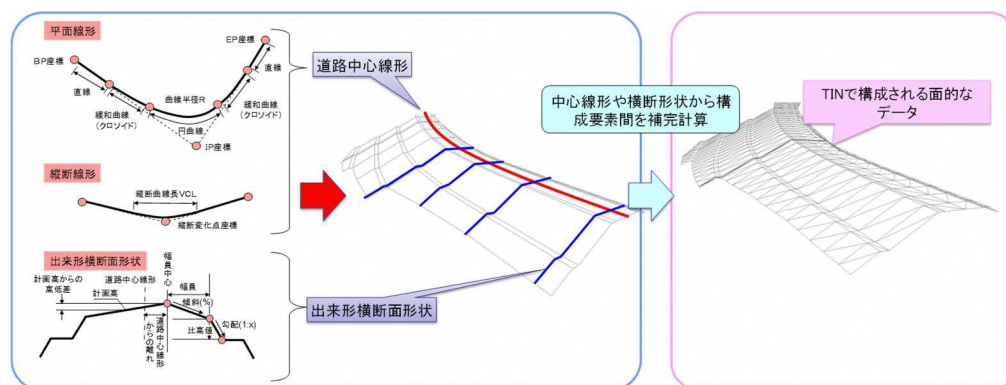


図 4-1 3次元設計データのイメージ（道路土工の場合）

【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一つとなる。

【法線】

堤防、河道及び構造物等の平面的な位置を示す線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。

【平面線形】

平面線形は、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又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、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又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、縦断曲線長又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。

【計測点群データ（ポイントファイル）】

UAVレーザーで計測した地形や地物を示す3次元座標値の計測点群データ。CSVやLAS(LASer file format)、Landxmlなどで出力される点群処理ソフトウェアなどでのデータ処理前のポイントのデータである。

【出来形評価用データ（ポイントファイル）】

UAVレーザー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)】

UAVレーザー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)】

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

【出来形管理資料】

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

【点群処理ソフトウェア】

UAVレーザーを用いて計測した3次元座標値の点群データから樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標値の点群データを、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、および当該点群にTINを配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。

【3次元設計データ作成ソフトウェア】

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

【出来形帳票作成ソフトウェア】

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

【出来高算出ソフトウェア】

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

【オリジナルデータ】

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

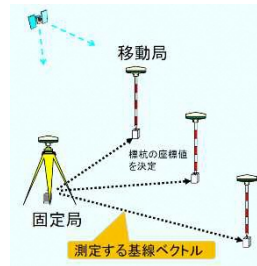
【GNSS (Global Navigation Satellite System/汎地球測位航法衛星システム)】

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

【キネマティック法】

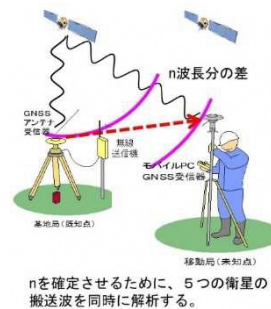
キネマティック法とは、図のようにGNSS受信機を固定点に据付け（固定局）、他の1台を用いて他の観測点を移動（移動局）しながら、固定点と観測点の相対位置（基線ベクト

ル) を求める方法である。



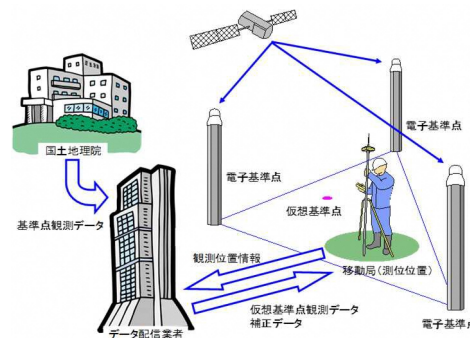
【RTK-GNSS】

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



【ネットワーク型RTK-GNSS】

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



【2周波GNSS】

GNSSの衛星から送信されてくる電波（搬送波）には、周波数の異なる2種類の電波（L1、L2）がある。L1、L2ともに受信し測位に用いることのできるGNSSを2周波GNSSと呼ぶ。

【IMU】

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

【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。

【調整用基準点】

UAVレーザーで計測した相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点である。基準点あるいは工事基準点と対応付けするために、基準点あるいは工事基準点からTS等によって測量する。標高調整用と水平調整用の2種類がある。標高調整用基準点は、z座標が既知であり、計測点群データの標高の調整に用いられる。また、水平調整用基準点は、x, y座標が既知であり、計測点群データの平面位置の調整に用いられる。x, y, z座標が特定できる物を用いることで、標高調整用基準点と水平調整用基準点を兼ねる事が出来る。x, y, z座標が特定できる物の例は以下のとおりである。

- ・直方体などの立体的な物で、角の位置を計測点群データから特定できる物。
- ・水平に設置した板状の物で、反射強度や色の違いにより中心点などの点の位置が計測点群データから特定できる物

【検証点】

UAVレーザー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。UAVレーザーの計測精度を確認するために、検証点における計測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、UAVレーザーの計測によって得られる位置座標の確認に利用するため、調整用基準点として利用してはならない。

【レーザー入射角】

UAVレーザーから発射されたレーザーと被計測対象の入射角を示す。レーザーの入射角が小さくなると計測精度が低下するなどの影響を及ぼす。また、計測距離が遠くなることによっても計測精度の低下を招く恐れがある。

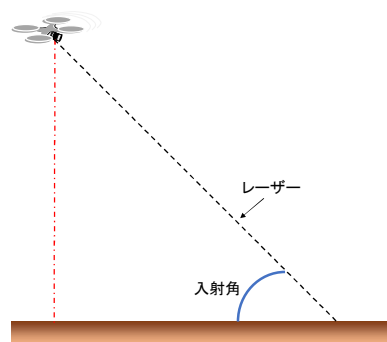


図 4-2 UAVレーザーの位置と計測面との入射角

【レーザー拡散角】

UAVレーザーに搭載されているLSから照射されるレーザービームは通常LS本体から離れる程ビームが拡散し、ビーム径が大きくなる。このレーザービームが大きくなる角度をレーザー拡散角という。

【有効計測角】

UAVレーザーによる計測では計測対象面に対するレーザーの入射角が小さくなるほど計測精度が低下する傾向がある。そのため、計測対象面に対するレーザーの入射角が一定以下となるとき計測値を除外し計測精度を保つ手法をとる。このとき計測値を除外しないレーザーの照射角度の範囲を有効計測角という。なお、有効計測角は本要領第4章「UAVレー

ザーの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に示す手順で確認する。

【有効計測幅】

計測対象面を水平な地表面とした場合の、有効計測角内のレーザーによって計測される横断方向の幅のこと。

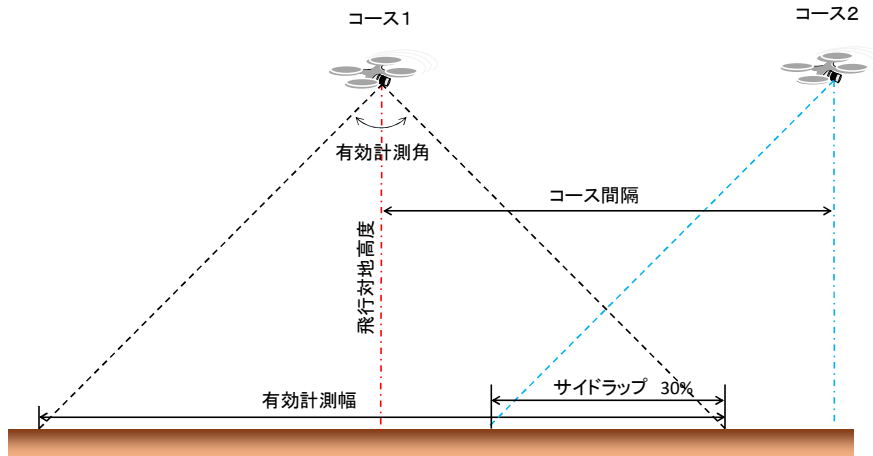


図 4-3 有効計測幅

【サイドラップ率】

UAVレーザーにて隣り合うコースを飛行して計測する場合、横断方向に重複して計測される範囲が生じるが、この重複する範囲をサイドラップと呼ぶ。また、サイドラップが1レーンの有効計測幅に占める割合をサイドラップ率とよぶ。

【レバーアーム】

UAVレーザーに搭載されているLS、GNSS、IMUの相対的配置のこと。

【ボアサイトキャリブレーション】

IMUの三軸(x軸,y軸,z軸)とLSの三軸との角度差を求める作業であり、LSにIMUを取りつけた場合、その都度実施する必要がある。

参考資料－５ UAVレーザーを用いた出来形管理の活用により期待される機能と導入効果

