

**空中写真測量（無人航空機）を用いた
出来形管理の監督・検査要領
（土工編）
（案）**

令和5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）を用いた空中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、UAVを利用した地形測量及び出来形測量・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等で処理することにより、鳥瞰図や縦断図・横断図、数量算出など、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要領（素案）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。

目 次

1. 目 的	1
2. 空中写真測量（UAV）活用のメリット	1
2-1 工事目的物の品質確保	1
2-2 業務の効率化	1
3. 要領の対象範囲	2
4. 用語の説明	2
5. 監督職員の実施項目	2
5-1 施工計画書の受理・記載事項の確認	3
5-2 基準点の指示	5
5-3 設計図書の3次元化の指示	5
5-4 工事基準点等の設置状況の把握	5
5-5 3次元設計データチェックシートの確認	5
5-6 精度確認試験結果報告書の把握	5
5-7 出来形管理状況の把握	5
6. 検査職員の実施項目	6
6-1 出来形計測に係わる書面検査	6
6-2 出来形計測に係わる実地検査	8
7. 管理基準及び規格値等	9
7-1 出来形管理基準及び規格値	9
7-2 品質管理及び出来形管理写真基準	10

（参考資料）

参考資料-1	12
通常工事と「空中写真測量（UAV）を用いた出来形管理」の監督・検査の 相違点比較一覧（河川土工編）（道路土工編）	
参考資料-2	14
3次元設計データチェックシート	
参考資料-3	15
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	
参考資料-4	20
用語の説明	
参考資料-5	26
空中写真測量（UAV）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	

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）

1. 目的

本要領は、空中写真測量（UAV）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. 空中写真測量（UAV）活用のメリット

空中写真測量（UAV）を活用することによるメリットは、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、空中写真測量（UAV）の出来形計測の機能を踏まえた「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）」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) 空中写真測量（UAV）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及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空中写真測量（UAV）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

本要領を適用した空中写真測量（UAV）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。

受注者の空中写真測量(UAV)による出来形管理作業フロー	監督職員の実施項目
<pre> graph TD A[施工計画書] --> B[準備工] B --> C[3次元設計データ入力] C --> D["(施工)"] D --> E[出来形計測] E --> F[出来形帳票作成等] </pre>	<p>①施工計画書の受理・記載事項の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・適用工種、出来形計測箇所、出来形管理基準・規格値・出来形管理写真基準等 ・使用機器・ソフトウェアについて施工計画書の記載を確認 ・撮影計画(撮影方法、計測性能、飛行の安全確保等) <p>②基準点の指示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準点の指示 <p>③設計図書の3次元化の指示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>④工事基準点等の設置状況の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工事基準点の測量成果及び設置状況の把握 ・空中写真測量に必要な標定点および検証点の測量成果及び設置状況の把握 <p>⑤3次元設計データチェックシートの確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、3次元設計データチェックシートにより確認 <p style="text-align: center;">(通常工事の監督業務)</p> <p>⑥カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書の把握</p> <p>⑦出来形管理状況の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> ・出来形管理図表の確認

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

空中写真測量（UAV）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※1	道路土工	掘削工
			路体盛土工 路床盛土工
			法面整形工
		河川・海岸・ 砂防土工	掘削工
			盛土工
			法面整形工
一般施工	軽量盛土工	軽量盛土工	
河川編	築堤・護岸	軽量盛土工	軽量盛土工
	樋門・樋管	軽量盛土工	軽量盛土工
	水門	軽量盛土工	軽量盛土工
	堰	軽量盛土工	軽量盛土工
	排水機場	軽量盛土工	軽量盛土工
	床止め・床固め	軽量盛土工	軽量盛土工
	河川修繕	軽量盛土工	軽量盛土工
河川海岸編	堤防・護岸	軽量盛土工	軽量盛土工
	突堤・人工岬	軽量盛土工	軽量盛土工
	養浜	軽量盛土工	軽量盛土工
砂防編	砂防堰堤	軽量盛土工	軽量盛土工
	流路	軽量盛土工	軽量盛土工
	斜面对策	軽量盛土工	軽量盛土工
道路編	道路改良	軽量盛土工	軽量盛土工
	橋梁下部	軽量盛土工	軽量盛土工
	道路維持	軽量盛土工	軽量盛土工
	道路修繕	軽量盛土工	軽量盛土工

※1：1箇所あたりの施工規模が1,000m³以上となる土工区分に適用する。

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

「写真管理基準（案）」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、デジタルカメラ及びソフトウェアについては、下記の項目及び方法で確認する。

① UAV及びデジタルカメラ

空中写真測量（UAV）のハードウェアとして有する計測精度が以下に示す性能と同等以上の計測性能や測定精度を有し、適正な保守点検が行われている機器であること。

計測性能：地上画素寸法が 10mm／画素以内
測定精度：±50mm 以内

計測性能	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記録画素数であることを示すメーカーカタログあるいは機器仕様書。
測定精度	必要な測定精度を満たす空中写真測量の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。

②使用するソフトウェア

空中写真測量（UAV）で利用するソフトウェアが「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）土工編」に必要となるソフトウェアであることを確認すること。

3次元設計データ作成ソフトウェア	施工計画書において使用するソフトウェア（ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を確認する。
写真測量ソフトウェア	
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	

4) 撮影計画

空中写真測量（UAV）の撮影が安全で確実に計測できる撮影計画となっているかを把握する。

撮影方法	撮影コース、飛行高度、空中写真の重複度の計画。
計測性能	計画した飛行高度における地上画素寸法（10mm／画素以内）の算定。
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。
<p>撮影計画</p> <p>1) 撮影方法</p> <p>2) 計測性能</p>	
地上画素寸法	10mm/ 1画素（カメラ画素数（2400万画素）で飛行高度 50m の場合
<p>3) 安全管理</p>	

図－2 撮影計画記載イメージ

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。

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。

標定点や検証点が、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、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。

また、SfM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。

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。

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（空中写真測量（UAV）を実施した段階で行う）した「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」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。

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) 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

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) 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

出来形管理に利用する工事基準点・標定点及び検証点について、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、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。

また、SfM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。

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) 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「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」が、提出されていることを工事打合せ簿で確認する。

6) 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

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。

とされている。

- ・ 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。

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 (PDF) または、ビューア付き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、LandXML、LAS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、LandXML、LAS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 (jpgファイル)
-------	--

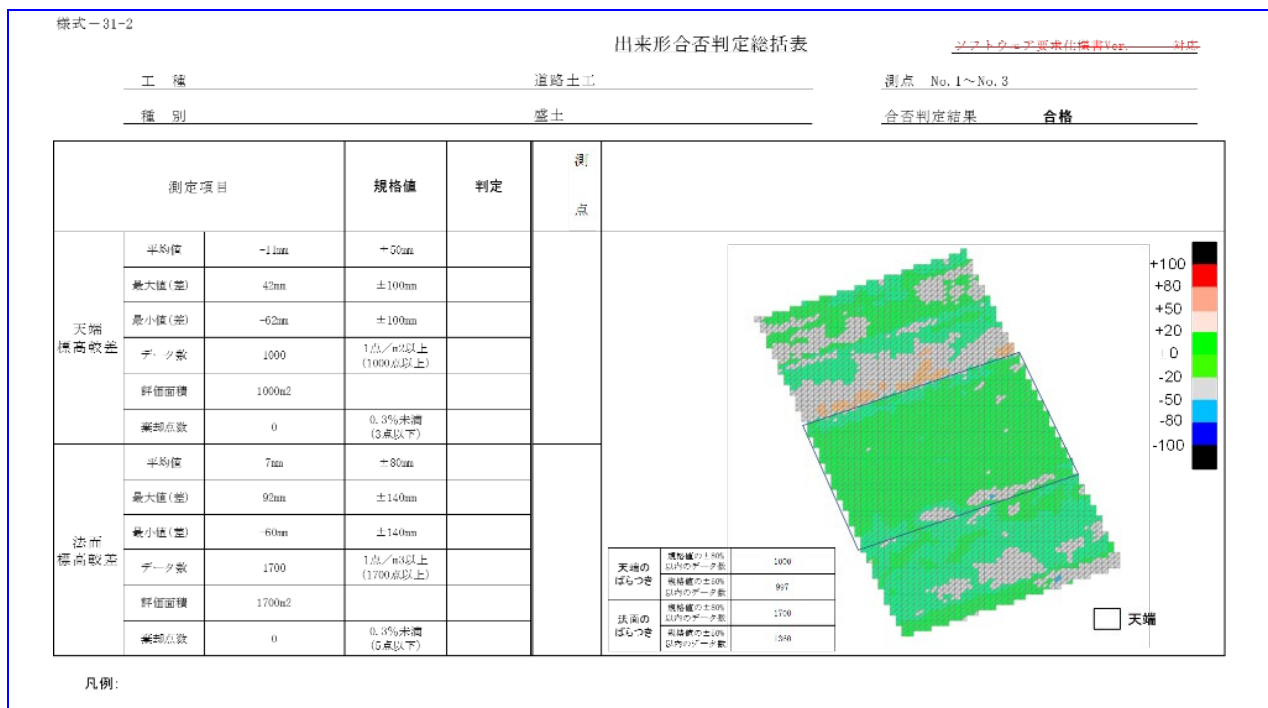


図-3 作成帳票例 (出来形管理図表)

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本要領を用いた施工管理の実施にあたっては、法長（法面）、幅（天端）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-4に空中写真測量（UAV）の写真撮影例を示す。
- ②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。

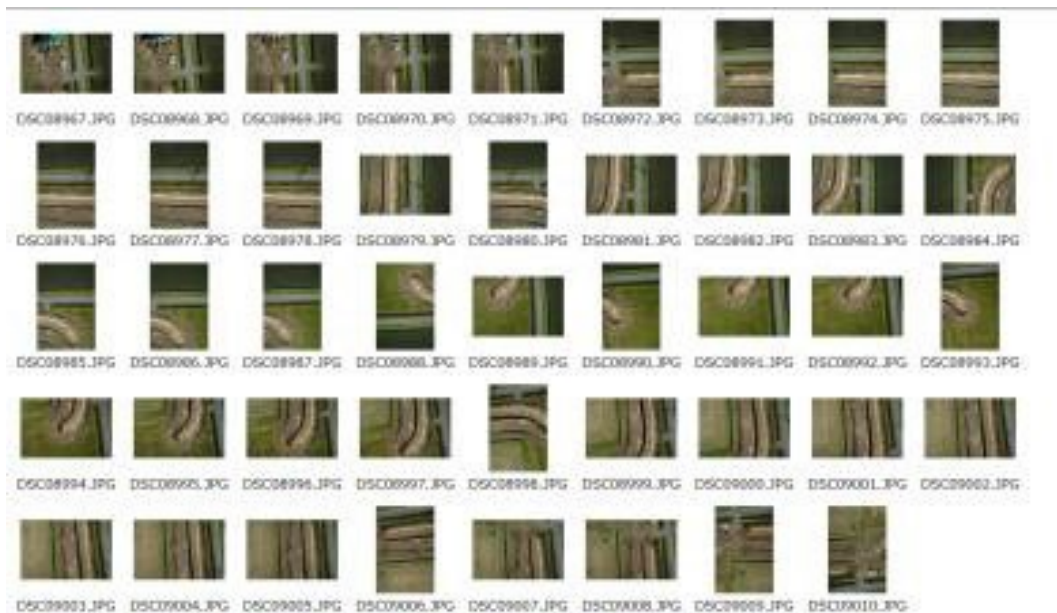


図-4 写真撮影例

参 考 資 料

参考資料－1 通常工事と「空中写真測量(UAV)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

参考資料－3 カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

参考資料－4 用語の説明

参考資料－5 空中写真測量(UAV)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1-1 通常工事と「空中写真測量(UAV)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	空中写真測量(UAV)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 ④撮影計画	・空中写真測量(UAV)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標定点及び証点の設置状況の把握	・空中写真測量(UAV)に利用する標定点及び検証点について、指示した基準点をもとに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。また、SfM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、標定点の設置は削減または不要とすることができる。
		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。
		要領5-6 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 ①カメラキャリブレーションの実施と精度確認試験結果の把握	・空中写真測量(UAV)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「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」を把握する。
		要領5-7 出来形管理状況の把握 ①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	空中写真測量(UAV)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) 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)に利用する工事基準点・標定点及び検証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	・空中写真測量(UAV)に利用する工事基準点・標定点及び検証点について、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。また、SfM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、標定点の設置は削減または不要とすることができる。																																																					
		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	・空中写真測量(UAV)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) 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 ・「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」が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・空中写真測量(UAV)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「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」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」の電子納品等要領で定める「ICON」フォルダに格納されていることを確認	・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、工事基準点及び標定点データ、出来形管理資料である。																																																					
		品質管理及び出来形管理写真基準 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">写真管理項目</th> <th rowspan="2">提出頻度</th> </tr> <tr> <th>撮影項目</th> <th colspan="2">撮影頻度[時期]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">掘削工</td> <td>土質等の判別</td> <td colspan="2">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 colspan="2">200m又は1施工箇所1回[掘削後]</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">盛土工</td> <td>巻出し厚</td> <td colspan="2">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 colspan="2">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 colspan="2">200m又は1施工箇所1回[施工後]</td> </tr> </tbody> </table>	工種	写真管理項目			提出頻度	撮影項目	撮影頻度[時期]		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	巻出し厚	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]		要領7-2 品質管理及び出来形管理写真基準 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">写真管理項目</th> <th rowspan="2">提出頻度</th> </tr> <tr> <th>撮影項目</th> <th colspan="2">撮影頻度[時期]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">掘削工</td> <td>土質等の判別</td> <td colspan="2">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 colspan="2">撮影毎に1回[掘削後]</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">盛土工</td> <td>巻出し厚</td> <td colspan="2">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 colspan="2">転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]</td> </tr> <tr> <td>法面天端</td> <td colspan="2">撮影毎に1回[施工後]</td> </tr> </tbody> </table> ・空中写真測量(UAV)による出来形の計測データは、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。	工種	写真管理項目			提出頻度	撮影項目	撮影頻度[時期]		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	撮影毎に1回[掘削後]		盛土工	巻出し厚	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]		法面天端	撮影毎に1回[施工後]
工種	写真管理項目			提出頻度																																																				
	撮影項目	撮影頻度[時期]																																																						
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	巻出し厚	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]																																																						
工種	写真管理項目			提出頻度																																																				
	撮影項目	撮影頻度[時期]																																																						
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	撮影毎に1回[掘削後]																																																						
盛土工	巻出し厚	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]																																																						
	法面天端	撮影毎に1回[施工後]																																																						
2. 実地検査	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 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <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> </tbody> </table>	工種	検査内容	検査密度	共通	土工	基準高、幅、法長	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 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <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	・空中写真測量(UAV)による出来形の計測データは、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。																																							
工種	検査内容	検査密度																																																						
共通	土工	基準高、幅、法長																																																						
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1-2 通常工事と「空中写真測量(UAV)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	空中写真測量(UAV)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 ④撮影計画	・空中写真測量(UAV)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標定点及び検証点の設置状況の把握	・空中写真測量(UAV)に利用する標定点及び検証点について、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。また、SfM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、標定点の設置は削減または不要とすることができる。
		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。
		要領5-6 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 ①カメラキャリブレーションの実施と精度確認試験結果の把握	・空中写真測量(UAV)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「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」を把握する。
		要領5-7 出来形管理状況の把握 ①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	空中写真測量(UAV)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) 空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理に係る工事基準点等の測量結果等 ・空中写真測量(UAV)に利用する標定点及び検証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	・空中写真測量(UAV)に利用する工事基準点・標定点及び検証点について、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。また、SfM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、標定点の設置は削減または不要とすることができる。																																													
		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	・空中写真測量(UAV)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) 空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理に係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 ・「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」が提出されていることを工事打合せ簿により確認	・空中写真測量(UAV)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「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」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」の電子納品等要領で定める「ICON」フォルダに格納されていることを確認	・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、工事基準点及び標定点データ、出来形管理資料である。																																													
	品質管理及び出来形管理写真基準	要領7-2 品質管理及び出来形管理写真基準	・空中写真測量(UAV)による出来形の計測データは、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。																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">写真管理項目</th> <th rowspan="2">提出頻度</th> </tr> <tr> <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施工箇所に1回[掘削後]</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">路体盛土工 路床盛土工</td> <td>巻出し厚</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施工箇所に1回[施工後]</td> </tr> </tbody> </table>	工種	写真管理項目			提出頻度	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施工箇所に1回[掘削後]	路体盛土工 路床盛土工	巻出し厚	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施工箇所に1回[施工後]	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">写真管理項目</th> <th rowspan="2">提出頻度</th> </tr> <tr> <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>代表箇所各1枚</td> </tr> <tr> <td>法面</td> <td>撮影毎に1回[掘削後]</td> <td>写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">路体盛土工 路床盛土工</td> <td>巻出し厚</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>法面天端</td> <td>撮影毎に1回[施工後]</td> <td>写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納</td> </tr> </tbody> </table>	工種	写真管理項目			提出頻度	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	撮影毎に1回[掘削後]	写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納	路体盛土工 路床盛土工	巻出し厚	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]	法面天端	撮影毎に1回[施工後]	写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納
工種	写真管理項目			提出頻度																																												
	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施工箇所に1回[掘削後]																																														
路体盛土工 路床盛土工	巻出し厚	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施工箇所に1回[施工後]																																														
工種	写真管理項目			提出頻度																																												
	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	撮影毎に1回[掘削後]	写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納																																													
路体盛土工 路床盛土工	巻出し厚	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]																																														
	法面天端	撮影毎に1回[施工後]		写真測量に使用した全ての画像 ※ICONフォルダに格納																																												
2. 実地検査	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 出来形計測に係る実地検査 ・TS等による計測により確認	・空中写真測量(UAV)による出来形の計測データは、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 rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">検査内容</th> <th rowspan="2">検査密度</th> </tr> <tr> <th>検査内容</th> <th>検査密度</th> <th>検査頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>共通</td> <td>土工</td> <td>基準高、幅、法長</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	検査内容	検査密度	検査頻度	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 rowspan="2">工種</th> <th colspan="3">確認内容</th> <th rowspan="2">検査頻度</th> </tr> <tr> <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	確認内容			検査頻度	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																						
工種	検査内容			検査密度																																												
	検査内容	検査密度	検査頻度																																													
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	確認内容			検査頻度																																												
	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 ３次元設計データチェックシート

(様式－１)

令和 年 月 日

工 事 名： _____

受 注 者 名： _____

作 成 名： _____ 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 該当項目のデータ入力が無い場合は、チェック結果欄に“－”と記すこと。

参考資料－3 カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

令和 年 月 日

工事名：_____

受注会社名：_____

作成名：_____ 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	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	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)	T S : 3級T S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) 以内 ; 合格 (基準値 50mm 以内)

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

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

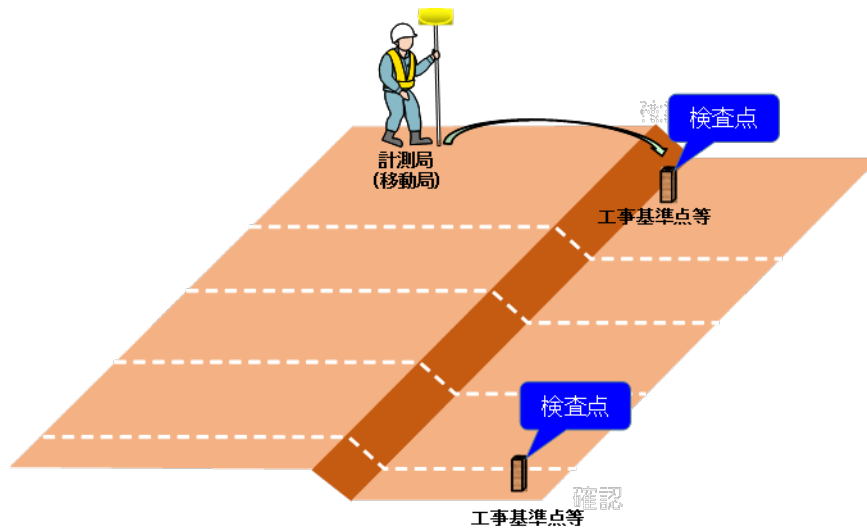
G N S S の精度確認試験実施手順書（案）

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－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－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）

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。

【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）】

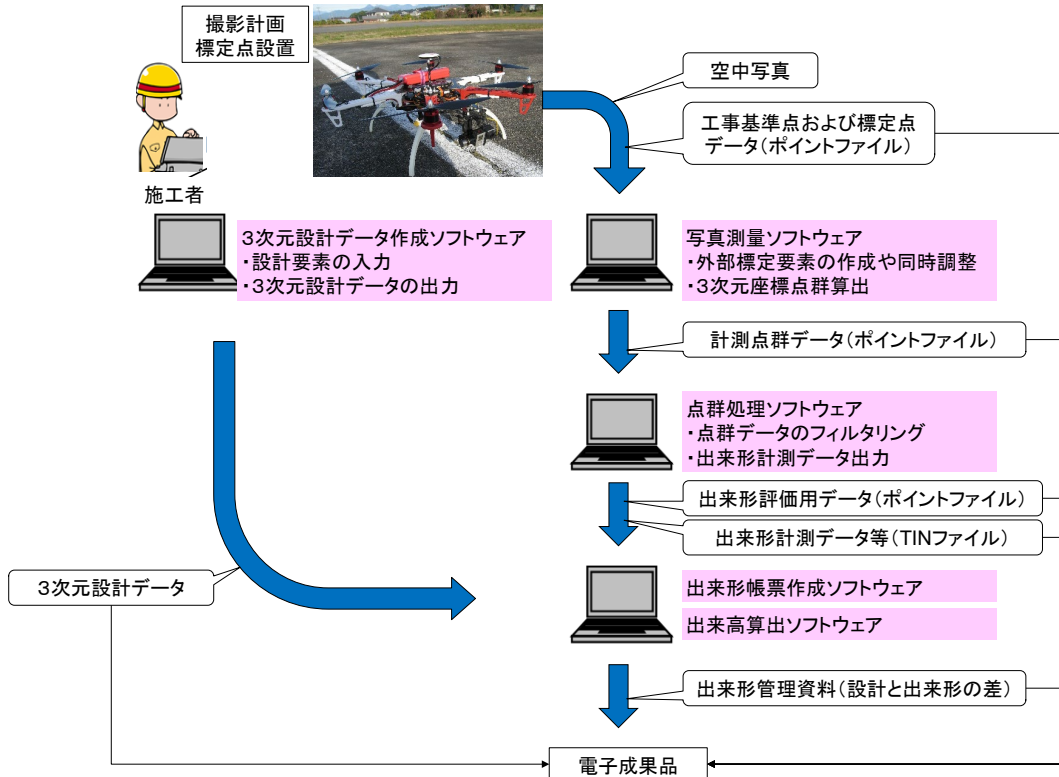
UAV（無人航空機）は、人が搭乗することなく飛行できる航空機であり、自律制御あるいは、地上からの遠隔操作によって飛行することができる。無人航空機にデジタルカメラを搭載することで、空中写真測量に必要な写真を空中から撮影することができる。

【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。



【3次元設計データ】

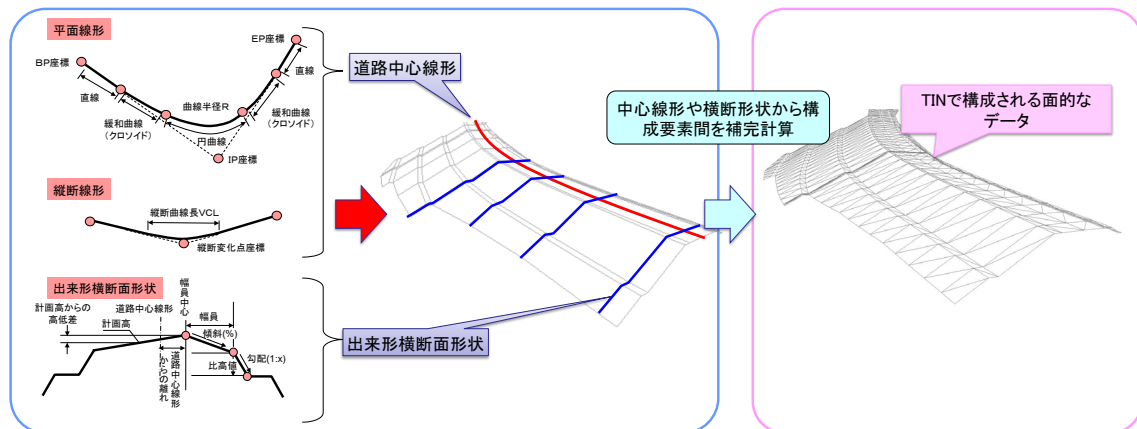
3次元設計データとは、道路中心線形または法線（平面線形、縦断線形）、出来形横断面形状、工事基準点情報及び利用する座標系情報など設計図書に規定されている工事目的物の形状とともに、それらをTINなどの面データで出力したものである。

【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次元設計データと作成するために必要な構成要素を示す。



【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。

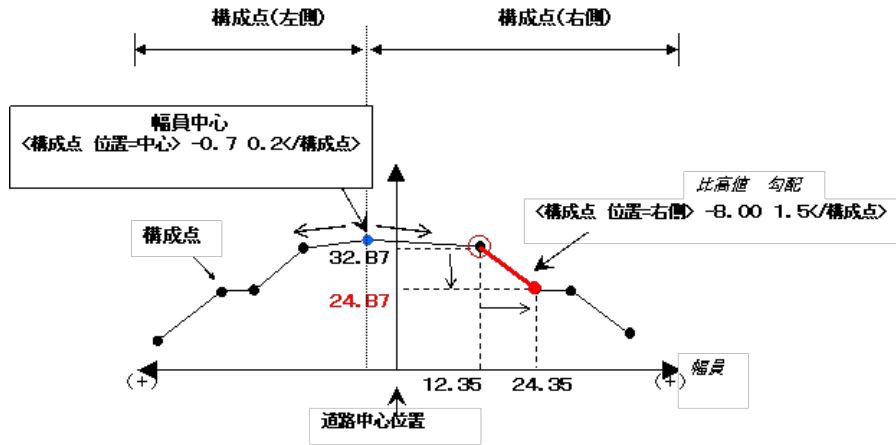
【縦断線形】

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、横断面として示されている。



【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】

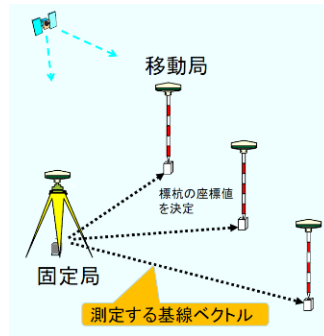
空中写真によって取得した位置座標の計測精度を確認するために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量(UAV)の計測精度を確認するために、検証点における空中写真測量の算出結果と真値となる既知点あるいは測量した座標値を比較する。なお、検証点は、空中写真測量から得られる位置座標の確認に利用するため、空中写真測量の標定点として利用しない点である。

【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。

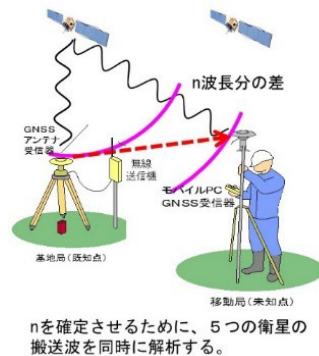
【キネマティック法】

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。



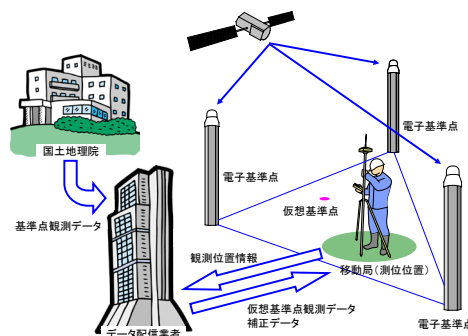
【RTK-GNSS】

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。

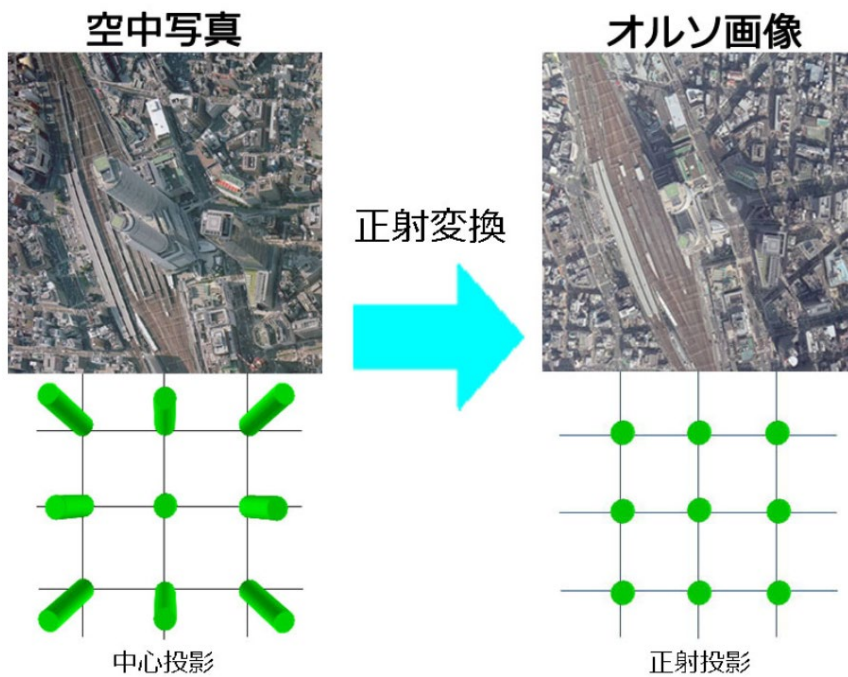


【GNSSローバー】

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、正しい大きさと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>)

参考資料－５ 空中写真測量（UAV）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

