

# ICT土工の手引き

## I 共通編

令和4年2月

兵庫県 県土整備部  
土木局 技術企画課

# 手引きの目的と構成について

## 本手引きの目的


本手引きは、兵庫県発注のICT土工に取り組む際の参考として、ICT土工の流れをまとめたものである。本手引きを受発注者双方で利用し、工事の円滑な進捗に寄与することを期待する。

## 本手引きの構成

本手引きは、ICT土工の流れ(下表1. ~12. )に沿い、章立てしている。

「1. ICT土工の手続き」は、『I 共通編』の手引きを利用する。

「2. 機器・ソフトウェアの準備～12. 検査」は、起工測量・出来形管理で使用する機器(Ⅱ～Ⅲ)から該当する手引きを選択して利用する。



ICT土工の流れ	ICT土工の手引き	
1. ICT土工の手続き	I 共通編	
2. 機器・ソフトウェア等の準備	II 地上型レーザースキャナ(TLS)  地上型レーザースキャナ(TLS) を用いた 出来形管理編	III 空中写真測量(UAV)  空中写真測量(UAV) を用いた 出来形管理編
3. 工事基準点の設置		
4. 施工計画書の作成		
5. 起工測量・測量成果簿の作成		
6. 3次元設計データ 設計図書の照査		
7. 数量算出		
8. 変更段階		
9. 施工段階		
10. 出来形管理		
11. 電子成果品		
12. 検査		

# 目次

## 【共通編】

ICT土工とは	.....	P3
施工プロセスの選択について	.....	P4
ICT土工の対象工事	.....	P5
発注方式及び当初設計	.....	P6
設計変更、工事成績	.....	P7
監督・検査	.....	P8
1. ICT土工の手続き	.....	P9
1-1. ICT土工を希望する旨の提案・協議	.....	P10
1-2. 具体の工事実施手段及び対象範囲等の協議	.....	P13
1-3. 3次元起工測量の経費の見積り	.....	P16
1-4. 3次元設計データの作成経費の見積り	.....	P16
1-5. 設計図書の3次元化等の指示	.....	P17
1-6. ICT建機稼働記録の提出	.....	P18
ICT土工の手続きのチェック事項	.....	P19

# ICT土工とは

ICT土工とは、以下の①～⑥においてICTを活用する工事である。

## ①3次元起工測量

空中写真測量(UAV)、地上型レーザースキャナ(TLS)、その他の3次元計測技術により測量を行う。

## ②3次元設計データ作成

発注図書や①で得られたデータを用いて3次元出来形管理を行うための3次元設計データを作成する。

## ③ICT建設機械による施工

3次元設計データまたは施工用に作成した3次元データを用いて、3次元マシンコントロール(ブルドーザ)、3次元マシンコントロール(バックホウ)、3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)、3次元マシンガイダンス(バックホウ)により、土工の施工を実施する。

## ④3次元出来形管理資料等の作成

③により施工された工事完成物について、ICTを活用して施工管理を実施する。

### <出来形管理>

空中写真測量(UAV)による出来形管理、地上型レーザースキャナ(TLS)による出来形管理、その他の3次元計測技術による出来形管理のいずれかを用いた出来形管理を行う。

なお、出来形管理については、原則、面管理で行うこととするが、斜面を切り下げながら法面処理を行う場合等、出来形管理のタイミングが複数回にわたることにより一度の計測面積が限定される等、面管理が非効率になる場合は、監督員との協議の上、管理断面による出来形管理を行ってもよい。

### <品質管理>

TS・GNSSによる締固め回数管理技術を用いた品質管理を行うものとする。

## ⑤出来形確認及び検査

トータルステーション等を用いて、現地で出来形計測を行い、3次元設計データ設計値と実測値との標高差等が規格値内であるか検査する。

## ⑥納品

①～⑤にかかる全てのデータを工事完成図書として納品する。

# 施工プロセスの選択について

- ◆ ICT土工の【受注者希望型】および、ICT土工（河川堆積土砂撤去）の【発注者指定型】については、ICT土工の実施にあたり、施工プロセス(①～⑥)のうち生産性向上が見込めるプロセスを選択して実施することができる。
- ◆ 施工プロセスの選択にあたっては、協議書の提出時に発注者に提案することとし、受発注者間の協議により決定する。なお、プロセスの選択は、「③ICT建設機械による施工」のみを選択する場合を除き、原則複数のプロセスを選択するものとする。

平成〇年〇月〇日  
工 事 名：〇〇〇〇〇〇工事  
受注会社名：〇〇〇建設(株)

### I C T 活 用 工 事 計 画 書

当該工事において活用する技術について、「採用する技術番号」欄に該当建設生産プロセスの作業内容ごとに採用する技術番号を記載する。また、建設生産プロセスの各段階において、現場条件によりICTによる施工が適当でない箇所を除く土工施工範囲の全てで活用する場合は、左側のチェック欄に「☑」と記入する。

建設生産プロセスの段階	作業内容	採用する技術番号	技術番号・技術名
<input type="checkbox"/> ①3次元起工測量			1 空中写真測量（無人航空機）による起工測量 2 地上型レーザースキャナーによる起工測量 3 その他の3次元計測技術による起工測量
<input type="checkbox"/> ②3次元設計用データ作成			※3次元出来形管理に用いる3次元設計データの作成であり、ICT建設機械のみ用いる3次元設計データは含まない。
<input type="checkbox"/> ③ICT建設機械による施工 ※当該工事に含まれる右記作業の全てで活用する場合に「☑」と記入	<input type="checkbox"/> 掘削工		
	<input type="checkbox"/> 盛土工		1 3次元マシンコントロール（ブルドーザ）技術 2 3次元マシンコントロール（バックホウ）技術
	<input type="checkbox"/> 路体盛土工		3 3次元マシンガイダンス（ブルドーザ）技術
	<input type="checkbox"/> 路床盛土工		4 3次元マシンガイダンス（バックホウ）技術
	<input type="checkbox"/> 法面整形工		5 3次元マシンコントロール（モーターグレーダ）技術
<input type="checkbox"/> ④3次元出来形管理資料の作成 ⑤出来形確認及び検査 ※同上	<input type="checkbox"/> 出来形		1 空中写真測量（無人航空機）による出来形管理技術 2 地上型レーザースキャナーによる出来形管理技術 3 その他の3次元計測技術による出来形管理技術
	<input type="checkbox"/> 品質		TS・GNSによる経路側面管理技術
<input type="checkbox"/> ⑥納品			

注1）ICT活用工事の詳細については、特記仕様書によるものとする。  
注2）建設生産プロセス①～⑥の全ての段階で全面的に活用する場合（左側のチェック欄が全て☑）のみ、加点評価の対象とする。  
注3）②3次元設計用データ作成における照査については、照査技術者が決まり次第、別に定める照査技術者届を提出するものとする。

# ICT土工の対象工事

## ■ICT土工の対象工事

### 1)発注者指定型の場合

- 土工量 5,000 m<sup>3</sup>以上（作業土工、ブルドーザによる押土掘削、岩掘削、小規模土工、人力施工を除く）の下表の工種を含む全ての発注工事を対象とする。

### 2)受注者希望型の場合

- 下表の工種（作業土工、ブルドーザによる押土掘削、岩掘削、小規模土工、人力施工を除く）を含む全ての発注工事を対象とする。

工事区分	工種
・河川土工 ・海岸土工 ・砂防土工	・掘削工 ・盛土工 ・法面整形工
・道路土工	・掘削工 ・路体盛土工 ・路床盛土工 ・法面整形工

## ■ICT土工（河川堆積土砂撤去）の対象工事

- 設計金額2,000万円以上かつ土工量が施工箇所1箇所あたり1,000m<sup>3</sup>以上の河川堆積土砂撤去工事を全て対象とする。

# 発注方式及び当初設計

## ■発注者指定型・・・ICT活用工事を前提とした発注方式

- 発注者は、対象工事の発注に当たり、入札公告にICT土工であることを明示するとともに、特記仕様書を添付し発注手続きを行う。
- 発注に当たっての積算基準は別途定める「土木工事標準積算基準書」及び「ICT活用工事(土工)積算要領」により、ICT施工にかかる経費を計上する。

## ■受注者希望型・・・契約後、受注者の提案・協議を経て、ICTを活用する発注方式

- 発注者は、対象工事の発注に当たり、入札公告にICT土工の対象とすることを明示するとともに、特記仕様書を添付し発注手続きを行う。
- 発注に当たっての積算基準は、従来の積算基準を用いるものとする。

(受注者希望型におけるICT活用工事の実施手続き)

- 受注者は、ICT土工を希望する場合、受注者は協議書(ICT活用工事計画書)を発注者へ提出し、発注者が協議内容に同意した場合、ICT土工を実施することができる。
- ICT土工として発注していない工事においても受注者から希望があった場合、発注者は土工量や工期、予算等を考慮の上、受注者希望型と同様の取り扱いとすることができる。

## ■ICT土工(河川堆積土砂撤去)

- 発注者は、対象工事の発注に当たり、入札公告にICT土工(河川堆積土砂撤去)の対象とすることを明示するとともに、特記仕様書を添付し発注手続きを行う。
- 発注に当たっての積算基準は、従来の積算基準を用いるものとする。

# 設計変更、工事成績

## 【設計変更】

### ■発注者指定型

- 発注者は、別途定める「土木工事標準積算基準書」に基づき、3次元起工測量・3次元設計データ作成および3次元出来形管理にかかる経費を設計変更により計上する。

### ■受注者希望型

- 発注者は、ICT土工の実施を指示する場合、別途定める「土木工事標準積算基準書」及び「ICT活用工事(土工)積算要領」に基づき、3次元起工測量・3次元設計データ作成、ICT施工および3次元出来形管理にかかる経費を設計変更により計上する。

## 【工事成績】

- ICT土工を全ての施工程序で実施した場合は、主任監督員の工事成績の「創意工夫」項目で、5点を加点する。
- なお、施工程序を選択して実施した場合は2点を加点する。

## 【アンケート】

- 受注者は、監督員が別途指示するアンケート調査に協力するものとする。



# 監督・検査

- ICT土工を実施する場合の監督・検査は、国土交通省が定めた下表の「ICT土工に関する基準」により行うものとする。

施 工	1	3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)土工編
	2	3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)河川浚渫工事編
	3	TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領
検 査	4	空中写真測量(無人航空機)を用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	5	地上型レーザースキャナーを用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	6	TS(ノンプリ)を用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	7	TS等光波方式を用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	8	RTK-GNSSを用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	9	無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	10	地上移動体搭載型レーザースキャナーを用いた監督・検査要領(土工編)(案)
	11	施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)
	12	施工履歴データを用いた監督・検査要領(河川浚渫工事編)(案)
	13	音響測深機器を用いた監督・検査要領(河川浚渫工事編)(案)
	14	TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領

# 1. ICT土工の手続き

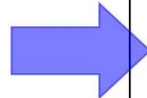
## ▶ ICT土工の設定に係る実務内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">                     1-1 ICT土工を希望する旨の提案・協議 (ICT土工受注者希望型、ICT土工(河川堆積土砂撤去)の場合)                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT活用計画書の提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT活用計画書の受理・確認</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                     1-2 具体の工事実施手段及び対象範囲の協議                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>具体の工事実施手段及び対象範囲の協議の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>具体の工事実施手段及び対象範囲の受理・確認</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                     1-3 3次元起工測量費用の見積り徴収                 </div>		<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元起工測量費用の見積り徴収</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                     1-4 3次元設計データ作成費用の見積り徴収                 </div>		<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データ作成費用の見積り徴収</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                     1-5 設計図書の3次元化の指示                 </div>		<ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書の3次元化の指示(指示書等) 起工測量(UAV、TLS、その他) 3次元設計データ(3次元設計データがない場合)</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                     1-6 ICT建機稼働記録の提出                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT建機稼働記録を作成(施工後速やかに)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT建機稼働記録の受理</li> </ul>

# 1-1. ICT土工を希望する旨の提案・協議

- ICT土工受注者希望型、ICT土工(河川堆積土砂撤去)発注者指定型の場合、受注者は協議書(ICT活用工事計画書)を発注者へ提出するものとする。
- 施工プロセスの選択にあたっては、協議書の提出時に発注者に提案することとし、受発注者間の協議により決定する。なお、プロセスの選択は、「③ICT建設機械による施工」のみを選択する場合を除き、原則複数のプロセスを選択するものとする。

建設生産プロセスに「」チェックが入っているか



平成〇年〇月〇日  
工 事 名 : 〇〇〇〇〇〇工事  
受注会社名 : 〇〇〇建設(株)

### ICT活用工事計画書

当該工事において活用する技術について、「採用する技術番号」欄に当該建設生産プロセスの作業内容ごとに採用する技術番号を記載する。また、建設生産プロセスの各段階において、現場条件によりICTによる施工が適当でない箇所を除く土工施工範囲の全てで活用する場合は、左端のチェック欄に「」と記入する。

建設生産プロセスの段階	作業内容	採用する技術番号	技術番号・技術名
<input checked="" type="checkbox"/> ①3次元起工測量		2	① 空中写真測量(無人航空機)による起工測量 ② 地上型レーザーキャナーによる起工測量 ③ その他の3次元計測技術による起工測量
<input checked="" type="checkbox"/> ②3次元設計用データ作成			④ 3次元出来形管理に用いる3次元設計データの作成であり、ICT建設機械のみ用いる3次元設計データは含まない。
<input type="checkbox"/> ICT建設機械による施工 <input type="checkbox"/> 本当該工事に含まれる特記作業の全てで活用する場合は「 <input checked="" type="checkbox"/> 」と記入	<input type="checkbox"/> 掘削工		⑤ 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術
	<input type="checkbox"/> 盛土工		⑥ 3次元マシンコントロール(バックホウ)技術
	<input type="checkbox"/> 躯体盛土工		⑦ 3次元マシンガイドランス(ブルドーザ)技術
	<input type="checkbox"/> 路床盛土工		⑧ 3次元マシンガイドランス(バックホウ)技術
	<input type="checkbox"/> 法面整形工		⑨ 3次元マシンコントロール(モーターグレーダ)技術
	<input type="checkbox"/> 舗装工		
<input checked="" type="checkbox"/> ③3次元出来形管理資料の作成	<input checked="" type="checkbox"/> 出来形	2	① 空中写真測量(無人航空機)による出来形管理技術 ② 地上型レーザーキャナーによる出来形管理技術 ③ その他の3次元計測技術による出来形管理技術
<input type="checkbox"/> ④出来形確認及び検査 ※同上	<input type="checkbox"/> 品質		⑩ FS・GNSSによる経路制御管理技術
<input checked="" type="checkbox"/> ⑤納品			

注1) ICT活用工事の詳細については、特記仕様書によるものとする。  
 注2) 建設生産プロセス①～⑥の全ての段階で全面的に活用する場合(左端のチェック欄が全て)のみ、加点評価の対象とする。  
 注3) ②3次元設計用データ作成における照査については、照査技術者が決まり次第、別に定める照査技術者層を提出するものとする。

該当作業内容の「」にチェックが入っているか



# 1-1. ICT土工を希望する旨の提案・協議

## ICT土工の実施にあたり留意が必要な現場

- **水中掘削が想定される現場**
  - 想定している3次元測量(UAV,TLS等)が使用できない。
  - 出来形が流水の影響を受ける。
- **掘削の大部分が岩である現場**
  - 一般的なICT建設機械は岩掘削に対応していない。
  - 岩掘削はICT建設機械による掘削歩掛の適用外
- **草木が繁茂している現場**
  - 3次元測量(UAV、TLS等)の精度確保のため、事前に除草作業が必要である。
- **起工測量時に積雪がある場合**
  - 想定している3次元測量が使用できない。
- **現場状況に合った測位方法 (ICT建設機械の測位方法は、自動追尾TSとGNSSがある)**
  - 自動追尾TSによる測位方法であれば、障害物があり途中で追尾が切れてしまう可能性がないか確認が必要。
  - GNSSによる測位では、狭隘部、衛星の数が確保できないような現場の場合などは、安定した施工が実施できなくなる可能性があるため、確認が必要。
- **出来形管理について**
  - 出来形管理は、基本的には面管理を必須とする。

# 1-2. 具体の工事実施手段及び対象範囲等の協議

◆ **受注者は、ICT活用工事の各プロセスにおける実施手段及び対象範囲を平面図や横断面図により、監督員と協議する。**

## ①3次元測量

実施手段(計測機器)と対象範囲(計測範囲)について協議を行う。

## ②3次元設計データの作成

設計データの作成範囲について協議を行う。

## ③ICT建設機械による施工

ICT建設機械により施工範囲について協議を行う。

## ④3次元出来形管理

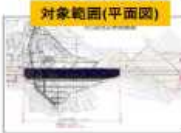

実施手段(計測機器)と対象範囲(計測範囲)について協議を行う。

※原則、①～④の対象範囲は同じとする。

**記載例②**  
(工事内容及び対象範囲の協議)

総括監督員	主任監督員	現場技術員	現場代理人	主任(管理)技術者	担当者

工 事 打 合 簿

発 議 者	<input type="checkbox"/> 発注者 <input checked="" type="checkbox"/> 受注者	発議年月日	平成 ●年 ●月 ●日
発議事項	<input type="checkbox"/> 指示 <input checked="" type="checkbox"/> 協議 <input type="checkbox"/> 通知 <input type="checkbox"/> 承諾 <input type="checkbox"/> 提出 <input type="checkbox"/> 報告 <input type="checkbox"/> 届出 <input type="checkbox"/> その他( )		
工 事 名	●●●●工事		
(内容) 下記の①～④について、対象範囲等を協議します。			
①3次元起工測量 ・起工測量の実施手段：UAV ・起工測量の実施範囲：添付資料(平面図)のとおり ※UAVの飛行条件の確認、UAVとLSの費用を比較し、実施手段を選択する。			
②3次元設計データ作成 ・3次元設計の実施範囲：添付資料(平面図)のとおり			
③ICT建設機械による施工 ・ICT建設機械による施工範囲：添付資料(平面図、横断面、数量)のとおり ※従来機械の施工範囲とICT機械の使用範囲を明確にする。			
④3次元出来形管理資料の作成 ・出来形管理の実施手段：UAV ・出来形管理の実施範囲：添付資料(平面図、横断面)のとおり ※盛土の締めめがある場合はTS、GNSSによる締めめ範囲を協議する。			
<b>【工事内容・対象範囲に関する協議資料の事例(抜粋)】</b>			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>対象範囲(平面図)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>対象範囲(標準断面図)</p> </div> </div>			
発注者	上記について <input type="checkbox"/> 指示・ <input type="checkbox"/> 承諾・ <input type="checkbox"/> 協議・ <input type="checkbox"/> 通知・ <input checked="" type="checkbox"/> 受理 します。 <input type="checkbox"/> その他( )		
平成●年●月●日			
受注者	上記について <input type="checkbox"/> 了解・ <input type="checkbox"/> 協議・ <input type="checkbox"/> 提出・ <input type="checkbox"/> 報告・ <input type="checkbox"/> 届出 します。 <input type="checkbox"/> その他( )		
平成 年 月 日			

注) 緊急を要する場合等において監督員が現場代理人等に口頭又は、工事打合簿で指示したときは、速やかに指示書を交付すること。

# 1-2. 具体の工事実施手段及び対象範囲等の協議

## ①実施手段(計測機器)の選定

- ▶ 受注者はICT活用工事の3次元起工測量、3次元出来形管理における計測機器を協議する。
- ▶ **現場の条件、機器の性能、コストを考慮し、計測機器の選定を行う。**
- ▶ **障害物等により部分的に測量が出来ない場合はTS等従来手法で行う。**

### 【土工の計測に使用できる機器】



**【地上型レーザースキャナ(TLS)】**  
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を面的に取得する方法。

**【空中写真測量(UAV)】**  
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方法。



**【地上型移動体搭載型レーザースキャナー(MLS)】**  
移動型レーザースキャナを押し、先端についた自動追尾のトータルステーション(TS)で位置を把握しながら点群データを取得する方法。



**【TS(ノンプリ)】**  
トータルステーションを用いた計測手法のうち、ターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して測距する方法。



**【TS等光波方式】**  
TS等光波方式とは、トータルステーションに加え、国土院で認定されないがトータルステーションと同等な計測性能をもつ光波方式の総称である。望遠鏡が搭載されていないTS等光波方式でも、精度確認試験をおこなうことで出来形管理に使うことができる。



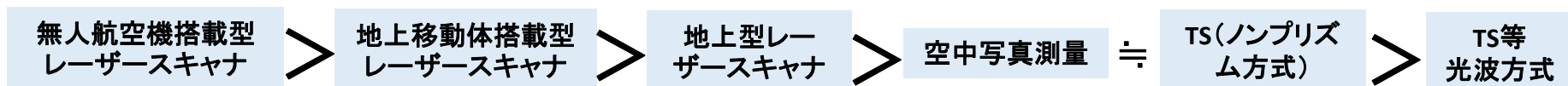
**【無人航空機搭載型レーザースキャナー】**  
UAV、GNSS、IMU及びレーザースキャナーによって構成される。その原理は、GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザースキャナーにより左右にスキャンしながら地上までのレーザー光の反射方向と地上までの距離を計算し、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析するものである。

## 1-2. 具体の工事実施手段及び対象範囲等の協議

### 各計測機器の適用現場条件例

計測機器の種類	現場条件例
空中写真測量(UAV)	施工範囲が広い、高圧線が無い、視界が開けている現場
地上型レーザースキャナ(TLS)	橋の下などの計測が必要な現場、狭隘部、DID該当地区、住宅密集地、交通量の多い道路などが隣接している現場
地上移動体搭載型レーザースキャナ	比較的直線で施工延長が長い現場、地表の凹凸が少ない現場
TS(ノンプリ)	小規模現場、施工完了した所から順に計測を実施する現場
TS等光波方式(TS出来形として用いる場合)	出来形管理のタイミングが複数回にわたることにより一度の計測面積が限定される等、面管理が非効率になる場合
TS等光波方式(面管理として用いる場合)	小規模現場、施工完了した所から順に計測を実施する現場
無人航空機搭載型レーザースキャナ	施工範囲が広い、高圧線が無い、綺麗に伐採除根ができないような箇所(多少の草木であればレーザースキャナに届くため)

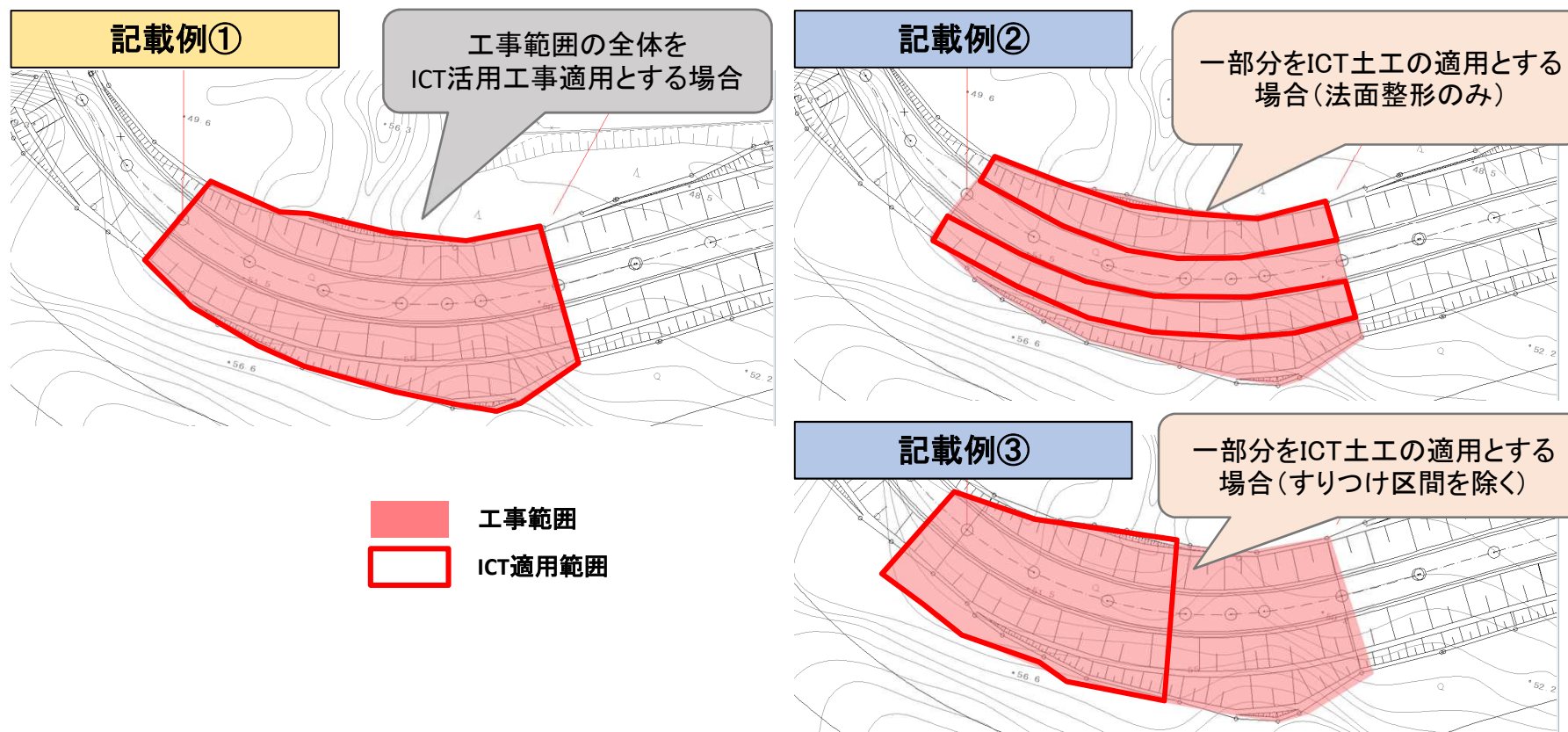
### コスト比較(参考)



# 1-2. 具体の工事実施手段及び対象範囲等の協議

## ②対象範囲の決定

- ◆ **受注者は**、ICT活用工事の対象範囲を平面図や横断図により、**監督員と協議する**。
- ◆ なお、他工区の取り合いやすりつけ区間、橋梁下部など、3次元起工測量や3次元出来形管理、ICT建設機械による施工が困難な場合は、監督員と協議の上、ICT土工の対象範囲から除外すること。
- ◆ 従来手法より生産性が低下することがないよう留意すること。
- ◆ ICT土工の実施範囲以外については、従来通りの起工測量、出来形管理が必要となる。





# 1-3. 3次元起工測量の費用

# 1-4. 3次元設計データの作成費用の見積り徴収

- ▶ **監督員は、受注者と協議し決定した対象範囲について、3次元起工測量の費用、3次元設計データの作成費用の見積りを徴収する。**
- ▶ 従来手法の起工測量にかかる費用は諸経費に含まれているため、ICTで実施する項目の費用のみ計上すること。
- ▶ 見積りには、**3次元出来形管理にかかる費用は含めないこと。**
- ▶ 見積りは、原則として3社以上から徴収する

(例)

別紙2

本見積様式を参考とし、必要に応じて記載内容を加筆修正して使用すること。

兵庫県知事 井戸敏三様

**見積様式**

レーザーキャナーによる場合

単位 (円)

施工プロセス	作業区分	単位	数量	金額	備考
① 3次元起工測量	作業計画	式	1		
	調整用基準点の設置	式	1		
	計測	式	1		
	精度検証	式	1		
	3次元計測データ作成	式	1		
② 3次元設計データ作成	平面線形 (法線等) の設定	式	1		2次元設計データは貸与 2次元から3次元へ変換
	縦断線形の設定	式	1		2次元設計データは貸与 2次元から3次元へ変換
	横断形状の設定	式	1		2次元設計データは貸与 2次元から3次元へ変換
	3次元設計データ出力	式	1		LandXML及び3次元表示図の出力
	3次元設計データ照査	式	1		LandXMLの照査
計					

# 1-5. 設計図書の3次元化等の指示



- ▶ ICT土工は、発注者指定型、受注者希望型にかかわらず、当面の間は、測量・設計を通じて3次元のデータが整備されていないことから、当初設計は従来通り2次元図面で契約する。
- ▶ 工事契約後に**監督員から設計図書の3次元化等を指示**する。
- ▶ 受注者は、設計図書のうち平面線形、縦断線形、横断形状と、3次元起工測量などによって得られた3次元地形データを使って、3次元設計データの作成を行う。

### 記載例②

(工事内容及び対象範囲の協議)

総括監督員	主任監督員	現場技術員	現場代理人	主任(代理)技術者	担当者

**工 事 打 合 簿**

発 議 者	<input type="checkbox"/> 発注者 <input checked="" type="checkbox"/> 受注者	発議年月日	平成●年●月●日
発議事項	<input type="checkbox"/> 指示 <input checked="" type="checkbox"/> 協議 <input type="checkbox"/> 通知 <input type="checkbox"/> 承諾 <input type="checkbox"/> 提出 <input type="checkbox"/> 報告 <input type="checkbox"/> 届出 <input type="checkbox"/> その他( )		
工 事 名	●●●●工事		
(内容)			
下記の①～④について、対象範囲等を協議します。			
①3次元起工測量			
・起工測量の実施手段：UAV			
・起工測量の実施範囲：添付資料(平面図)のとおり			
※UAVの飛行条件の確認、UAVとLSの費用を比較し、実施手段を選択する。			
②3次元設計データ作成			
・3次元設計の実施範囲：添付資料(平面図)のとおり			
③ICT建設機械による施工			
・ICT建設機械による施工範囲：添付資料(平面図、横断面、数量)のとおり			
※従来建機の施工範囲とICT建機の使用範囲を明確にする。			
④3次元出来形管理資料の作成			
・出来形管理の実施手段：UAV			
・出来形管理の実施範囲：添付資料(平面図、横断面)のとおり			
※盛土の締固めがある場合はTS、GNSSによる締固め範囲を協議する。			
【工事内容・対象範囲に関する協議資料の事例(抜粋)】			
対象範囲(平面図)		対象範囲(標準断面図)	
			
発 注 者	上記について <input type="checkbox"/> 指示・ <input type="checkbox"/> 承諾・ <input type="checkbox"/> 協議・ <input type="checkbox"/> 通知・ <input checked="" type="checkbox"/> 受理 します。 <input type="checkbox"/> その他( )		
平成●年●月●日			
受 注 者	上記について <input type="checkbox"/> 了解・ <input type="checkbox"/> 協議・ <input type="checkbox"/> 提出・ <input type="checkbox"/> 報告・ <input type="checkbox"/> 届出 します。 <input type="checkbox"/> その他( )		
平成 年 月 日			

注) 緊急を要する場合等において監督員が現場代理人等に口頭又は、工事打合簿で指示したときは、速やかに指示書を交付すること。

# 1-6. ICT建機稼働記録の提出

- 掘削 (ICT)、床掘 (ICT) を実施した場合、受注者は、監督員が ICT 施工の実績に応じた積算を実施するために、「ICT建機稼働記録」を作成する。

## 【ICT土工にかかるICT建設機械稼働率の算出】

ICT 建設機械による施工日数 (使用台数) を ICT 施工に要した全施工日数 (ICT 建設機械と通常の建設機械の延べ使用台数) で除した値を ICT 建設機械稼働率とする。なお、ICT 建設機械稼働率は、小数点第 3 位を切り捨て小数点第 2 位止とする。

ICT 土工稼働率積算表																																		
工 事 名 :																																		
工 事 場 所 :																																		
工 期 :																																		
<small>注)</small> <small>① 施工条件区分毎の様式を作成。施工条件区分について、該当する項目に○を記入。</small> <small>② 各日に ICT 稼働、通常建設機械の稼働台数を記入。</small> <small>③ 稼働状況については下記の方法、または、監督員と協議の上で決める。ICT 稼働については、施工履歴の提出による確認に代えることができる。</small>																																		
<small>④ 施工条件区分</small> 土 質 : <input checked="" type="radio"/> 岩盤 / 岩盤・玉石 施 工 方 法 : <input checked="" type="radio"/> 掘削 / 内切 掘 削 の 容 積 : <input checked="" type="radio"/> 掘削 / 取り 基 工 敷 量 : <input checked="" type="radio"/> 10,000m <sup>3</sup> 未満 / 10,000m <sup>3</sup> 以上50,000m <sup>3</sup> 未満 / 50,000m <sup>3</sup> 以上																																		
月	○月																																	
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	台数	延べ使用台数	
掘削	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	0	0	
ICT稼働																																	0	0
通常稼働																																	0	0
<b>ICT建機稼働記録</b>																																		
月	○月																																	
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	台数	延べ使用台数	
掘削	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	0	0	
ICT稼働																																	0	0
通常稼働																																	0	0

注)

1. 施工条件区分毎に様式を作成。施工条件区分について、該当する項目に○を記入。
2. 各日に ICT 建設機械、通常の建設機械の稼働台数を記入。
3. 稼働状況については下記の方法、または、監督員と協議のうえ定めた、その他の方法により確認を行うこと。

- ICT建設機械、通常の建設機械の稼働前点検の記録+写真の提出により稼働日を確認する。
- ICT建設機械については、施工履歴の提出による確認に代えることができる。

# ICT土工の手続きのチェック事項

## 【受注者】

- ICT土工受注者希望型、ICT土工（河川堆積土砂撤去）の場合、ICT活用工事計画書を提出したか。
- 工事全体の区域の中で、ICT活用工事を適用する区域について監督員と書面で協議したか。
- 現場条件をよく考慮して計測機器の選定や、測位方法を選定したか。（p11,14,15参照）
- 3次元設計データ作成範囲について、監督員と書面で協議したか。
- ICT建機稼働記録、根拠となる写真等を提出したか。（施工後速やかに）

## 【監督員】

- ICT土工受注者希望型、ICT土工（河川堆積土砂撤去）の場合、ICT活用工事計画書が提出されているか。
- ICT活用工事を適用する箇所を書面で協議しているか。
- 3次元設計データ作成範囲について書面で協議しているか。
- 3次元起工測量および3次元設計データ作成の経費の見積りを徴収したか。
- ICT建機稼働記録、根拠となる写真等が提出されているか。

# ICT土工の手引き

## Ⅱ 地上型レーザースキャナ(TLS) を用いた出来形管理編

令和4年2月

兵庫県 県土整備部

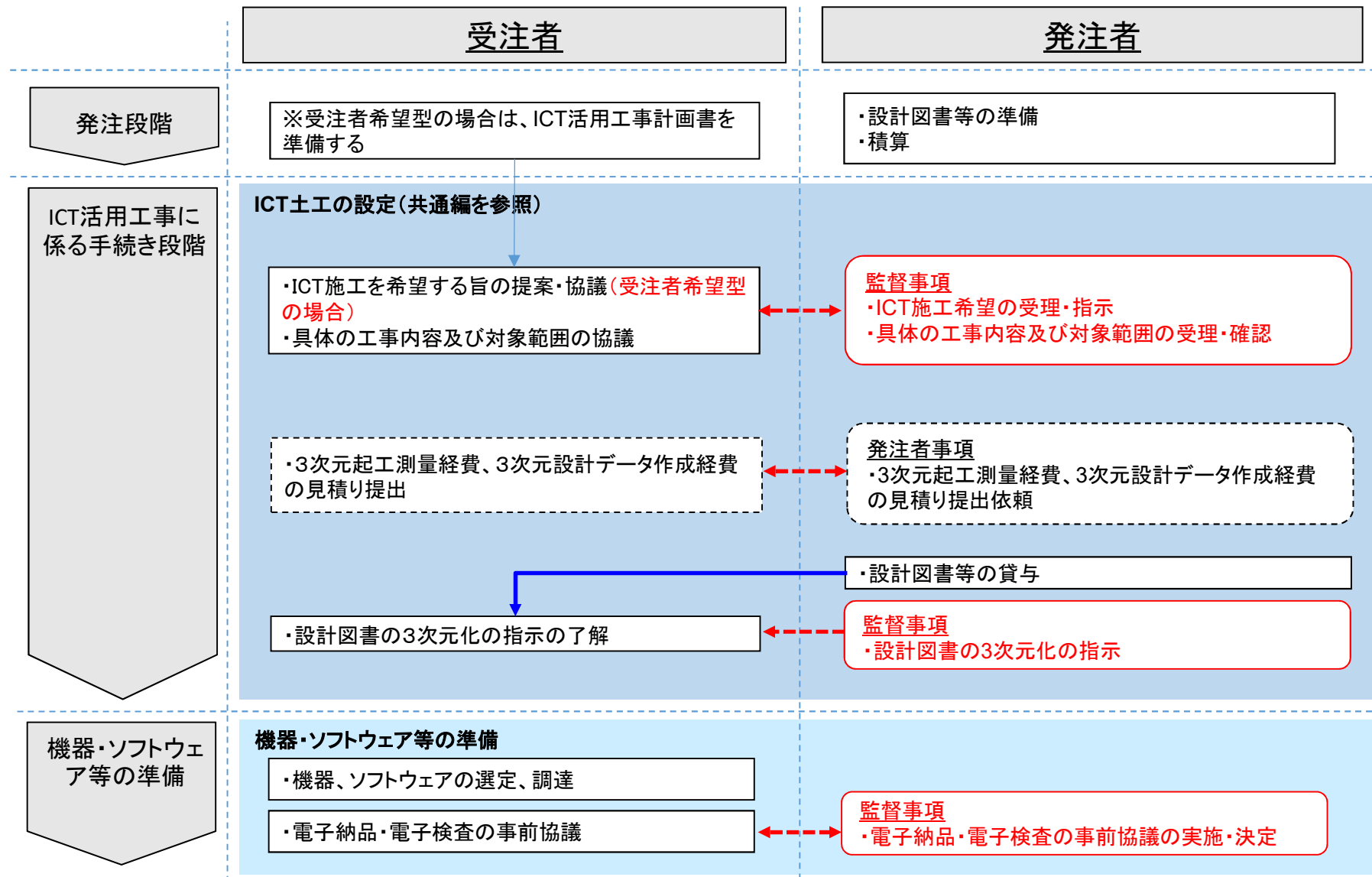
土木局 技術企画課

# 目次

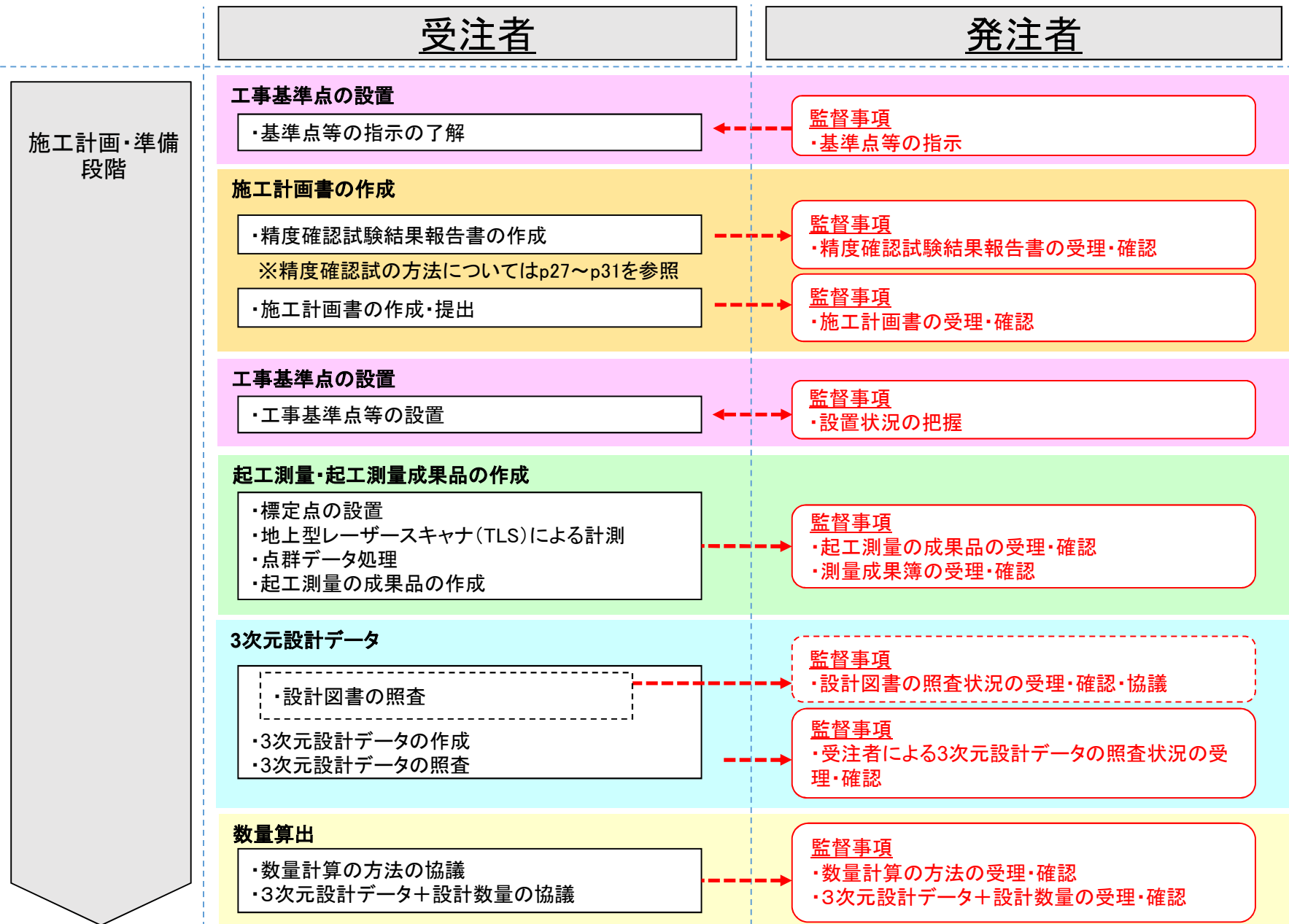
## 【地上型レーザースキャナ(TLS)を用いた出来形管理編】

• 地上型レーザースキャナ(TLS)を用いた場合の流れ	P22	6. 3次元設計データ	P58
• 本手引きに適用する工種及び測定項目	P25	6-1. 3次元設計データの作成	P59
		6-2. 3次元設計データの照査	P66
2. 機器・ソフトウェア等の準備	P26	3次元設計データのチェック事項	P69
2-1. 機器構成の確認	P27	7. 数量算出	P70
2-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認	P28	8. 施工段階	P71
2-2-1. TLS本体	P29	9. 出来形管理	P73
2-2-2. 点群処理ソフトウェア	P33	9-1. 出来形計測	P74
2-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア	P39	9-2. 出来形計測箇所	P75
2-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア	P40	9-3. 出来形管理写真の撮影	P76
2-2-5. 出来高(数量)算出ソフトウェア	P42	9-4. 出来形管理資料の作成	P77
機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項	P43	出来形管理のチェック事項	P78
3. 施工計画書の作成	P45	10. 電子成果品	P79
施工計画書の作成におけるチェック事項	P47	10-1. 電子成果品の作成	P80
4. 工事基準点の配置	P49	11. 検査	P82
4-1. 工事基準点の設置時の留意点	P50	11-1. 書面検査	P83
工事基準点の配置時のチェック事項	P51	11-2. 実地検査(出来形計測)	P87
5. 起工測量・起工測量成果品の作成	P52		
5-1. 起工測量	P53		
5-1-1. TLS設置時、計測時の留意点	P54		
5-1-2. 標定点の設置	P55		
5-1-3. 点群データの処理	P56		
起工測量・成果品の作成のチェック事項	P57		

# 地上型レーザースキャナ(TLS)を用いた場合の流れ(1/3)

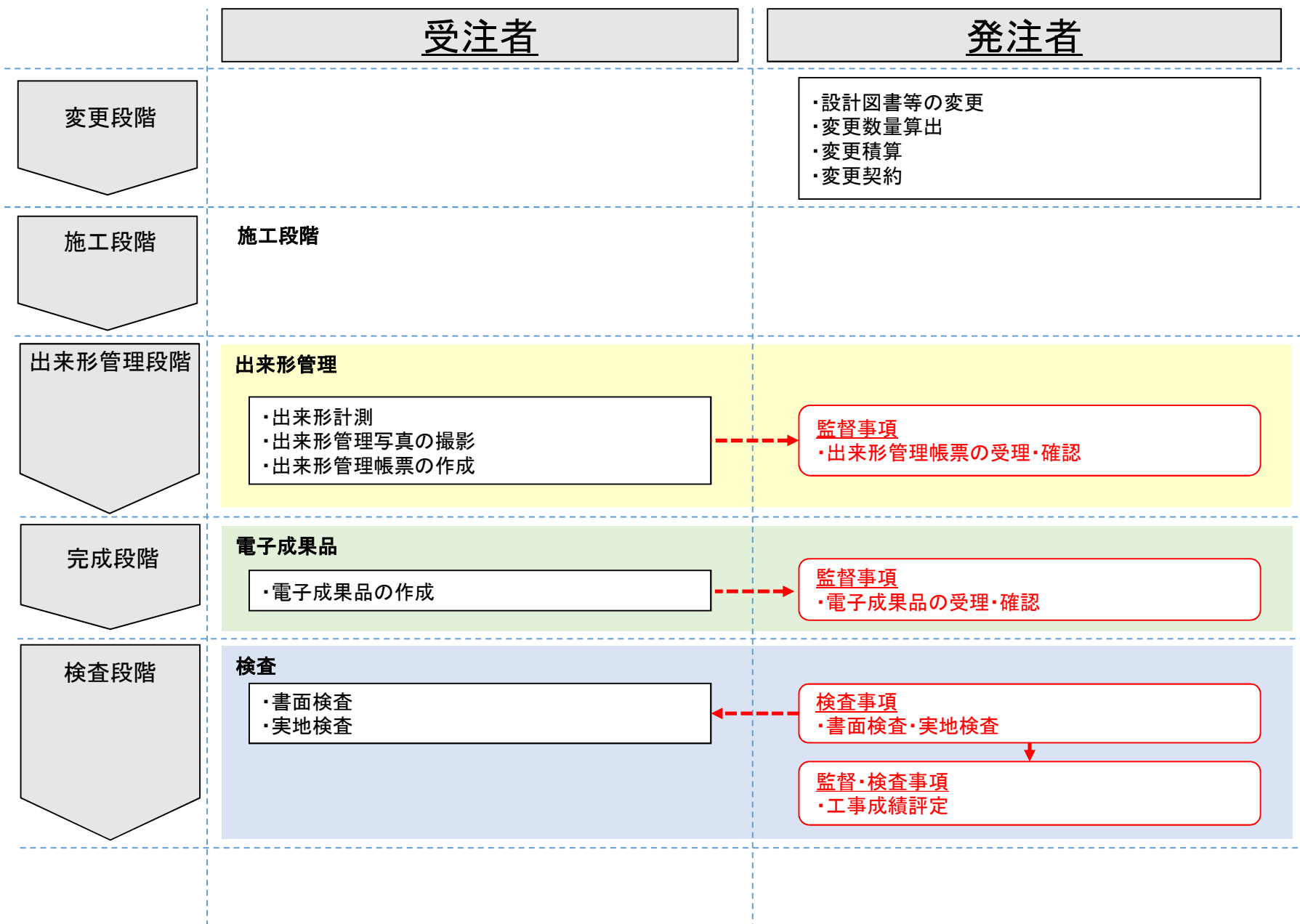


# 地上型レーザースキャナ(TLS)を用いた場合の流れ(2/3)





# 地上型レーザースキャナ(TLS)を用いた場合の流れ(3/3)



# 本手引きに適用する工種及び測定項目

編	章節		条(工種)	出来形測定項目	
第1編 共通編	第2章 土工	第4節 道路土工	第2条 掘削工	平場	標高較差
				法面(小段含む)	水平または標高較差
			第3条 路体盛土工 第4条 路床盛土工	平場	標高較差
				法面(小段含む)	標高較差
		第3節 河川・海岸・砂 防工	第2条 掘削工	平場	標高較差
				法面(小段含む)	水平または標高較差
			第3条 盛土工	天端	標高較差
				法面 4割<勾配	標高較差
				4割<勾配 (小段含む)	標高較差

## 2. 機器・ソフトウェア等の準備

### ▶ 機器・ソフトウェア等の準備の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器構成の確認</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な機器構成の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器構成の把握</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器・ソフトウェアの仕様確認</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用する機器・ソフトウェアの仕様を確認し、準備する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器本体の要求精度や精度管理の把握</li> <li>各ソフトウェアの必要性能把握</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">電子納品・電子検査の事前協議</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子納品・電子検査の事前協議資料の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子納品・電子検査の事前協議の実施・決定</li> </ul>

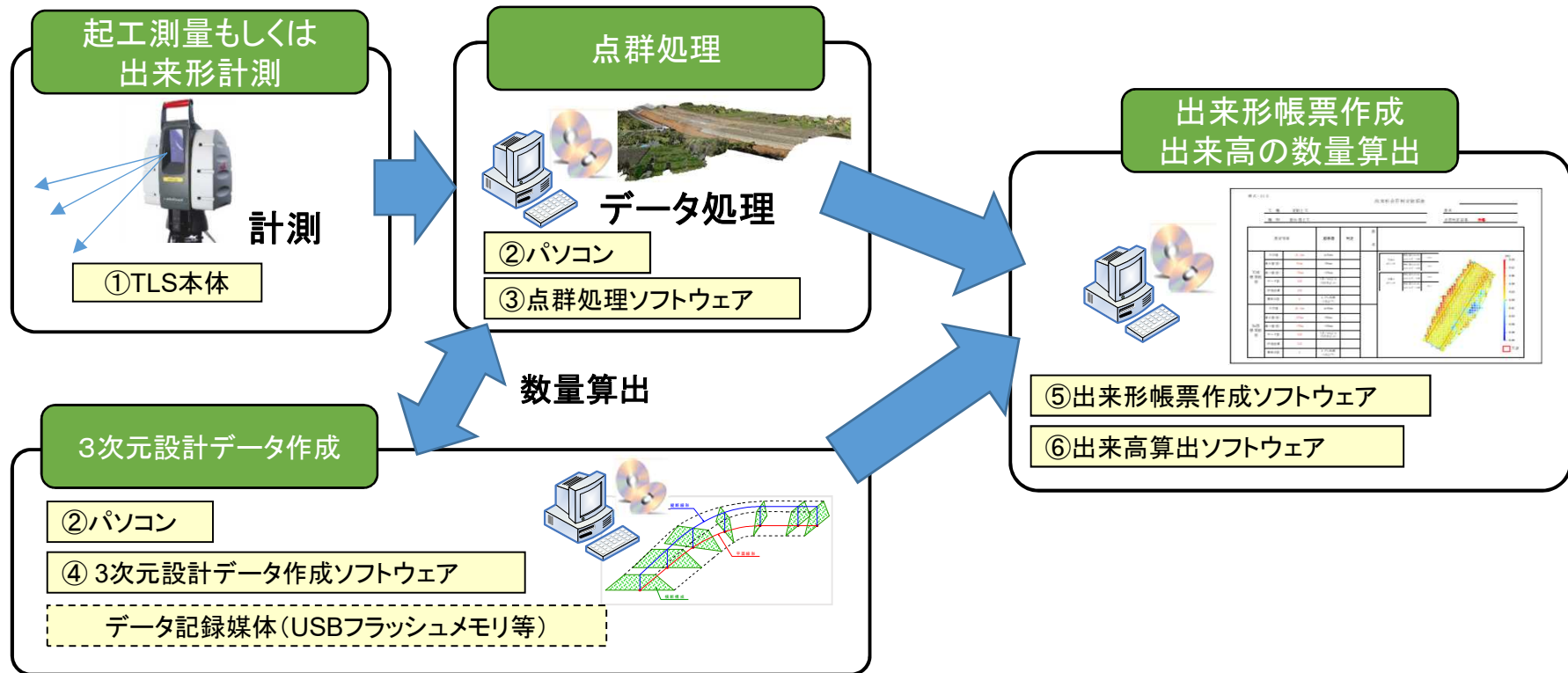
- ▶ 施工を実施するために使用するICT機器類は、**受注者が調達**。
- ▶ TLSを用いた出来形管理に必要な機器・ソフトウェアは、「**TLS本体**」・「**点群処理ソフトウェア**」・「**3次元設計データ作成ソフトウェア**」・「**3次元出来形帳票作成ソフトウェア**」・「**出来高の数量算出ソフトウェア**」。要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性を確保。
- ▶ 各メーカーによって機器・ソフトウェアの操作性・機能・コストが異なることから、事前に各メーカーのカタログ、HPなどから情報収集し、またはデモ等のサービスを利用し、操作性や機能を事前に確認。
- ▶ 電子納品及び電子検査を円滑に行うため、**工事着手時**に監督員と受注者で**事前協議し決定**。

### 👉ポイント

- ▶ 監督員及び受注者は、どのような機器やソフトウェアを準備し、各々に必要とされる性能や精度を理解する。
- ▶ **施工計画書**には、機器構成を明記するとともに、TLS本体の「**精度確認試験結果報告書**」、**有効期限内の保守点検記録が分かる資料**」、使用する各ソフトウェアの「**メーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書**」を添付する必要がある。

## 2-1. 機器構成の確認

- ▶ TLSによる出来形管理の標準的な構成



### ポイント (Point)

- ▶ TLS本体は現場の面的な出来形座標を取得する装置で、TLSは本体から計測対象の相対的な位置を取得する技術である。
- ▶ ソフトウェアを動作するパソコンは、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。**

## 2-2. 機器・ソフトウェアの仕様確認

### ①測定精度

- ▶ TLS本体を利用して計測する場合、**次ページの表に示す①測定精度と同等以上の性能**を有し、適正な②精度管理が行われている機器であること。
- ▶ 土工の場合は、**点間距離**の要求精度が設定されている。
- ▶ 施工計画書においては、TLS本体の精度確認の実施計画を記載するとともに、「**精度確認試験結果報告書**」および「**TLS本体の定期点検の実施およびその有効期限内がわかる資料**」を添付する。(ただし、提出時点で精度確認試験を実施できない場合は、精度確認試験の実施計画の記載と結果報告様式のみを添付し、結果報告書は試験実施後にすみやかに提出するものとする)

### 本体が計測性能を満たしているか確認できる書類が必要

以下のいずれかで提出する。

- ✓ 精度確認試験(精度確認試験結果報告書を提出する)
- ✓ 同様の条件で実施した12か月以内の精度確認試験結果報告書

### ポイント

#### 【本体の精度確認試験結果報告書について】

- ▶ 要求精度については、発注者との協議の上、JSIMA115に基づく**試験成績表**で確認し、確認結果として当該**試験成績表を監督員に提出**することも可能。ただし、この範囲を超えて利用する場合は、現場での計測による確認が必要。
- ▶ **当該現場以外で、計測実施日の12か月以内に実施した確認結果を提出してもよい。**
- ▶ 計測を実施する日の12か月以内の確認結果が必要となるため、それを過ぎて計測を行う場合は、再度確認試験が必要となるため注意が必要。

## 2-2-1. TLS本体

### ①測定精度

【TLS本体の計測性能(精度)の確認】※受注者は精度確認試験結果報告書を、監督員に提出する  
 ・ 精度確認試験を実施し、その結果を提出する。(試験方法はpp.30-32参照)

		土工			
測定精度	点間距離の測定精度	計測項目	要求精度	計測密度	JSIMA115に基づく試験成績表
		起工計測	±100mm以内	1点/0.25㎡ (0.5m×0.5m)	座標測定精度 70mm以内
岩線計測					
		出来高計測	±200mm以内		140mm以内
		出来形計測	±20mm以内	1点/0.01㎡ (0.1m×0.1m) ※出来形評価用データは1点/0.1㎡	14mm以内
色データ	色データの取得が可能なことが望ましい(点群処理時に目視による選別に利用)				

### ポイント

※下記はあくまで一例であり、現場に合わせて実施すること

- ▶ 精度確認試験で行った**最大計測距離を超えて計測してはならない。**
- ▶ TLSによる計測では、対象物とTLSの位置関係により測定精度の違いが生じる。このため、精度の高い計測結果を得るためには**精度の低下要因となり得る計測条件を可能な限り排除する**計測計画が必要となる。

## 2-2-1. TLS本体

### ②精度管理

- ▶ 起工測量や出来形計測でTLS本体を利用する場合、測定精度と同等以上の性能を有し、**適正な精度管理**が行われている機器であること。

【TLS本体の精度管理】※受注者は施工計画書で下記の状況が分かる資料を、監督員に提出する

- TLSの管理が適正に行われていることが確認できる書類を発注者に提出する。
- 現状では公的な精度管理の仕組みが存在しないことから、製造メーカーによる機器の作動点検等の記録を提出する。点検の頻度は、メーカーの推奨期間内であること。

本体の精度管理が適正に行われていることを確認できる書類が必要

- ✓ メーカー推奨期間内に実施した作動点検等の記録を提出

### ポイント

- ▶ 施工計画書においては、TLS本体の「**精度確認試験結果報告書**」および「**TLS本体の定期点検の実施および有効期限内がわかる資料**」の添付が必要(ただし、この時点で実施できない場合は、実施後にすみやかに提出する)

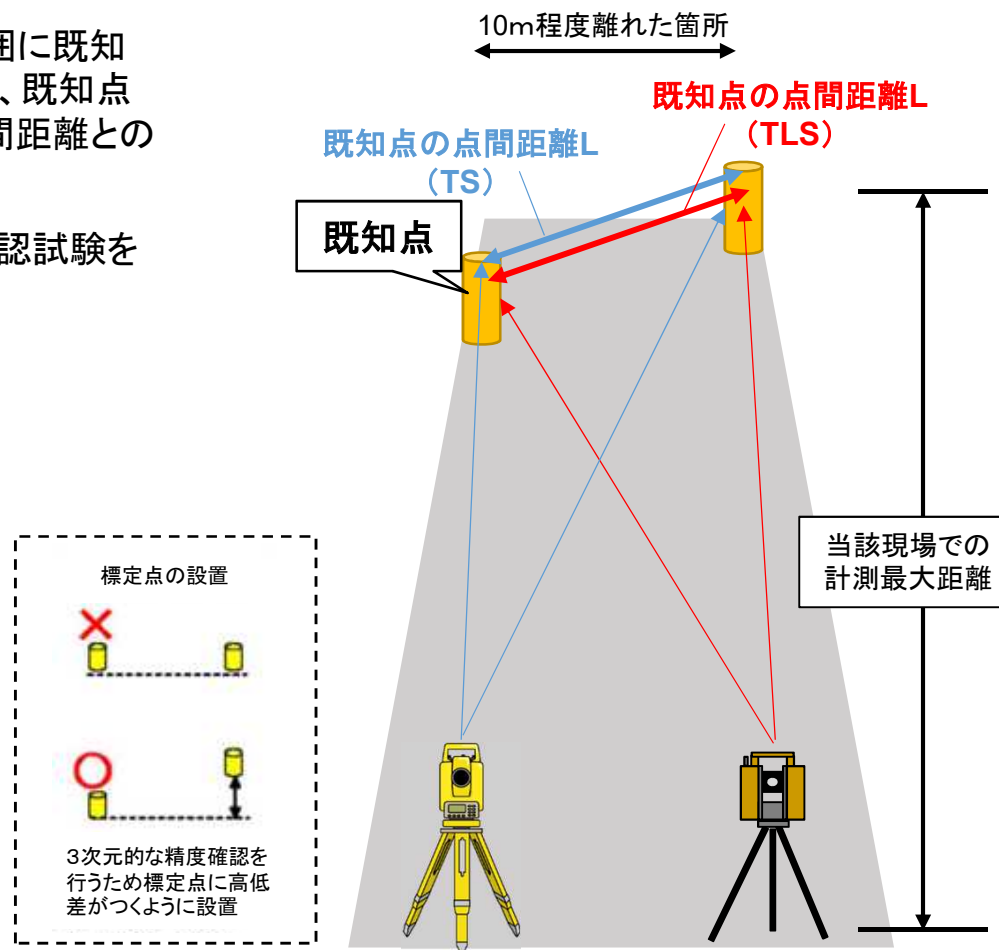
## 2-2-1. TLS本体

### 精度確認試験を実施方法(点間距離)

※「地上型レーザー扫描仪を用いた出来形管理要領(土工編)(案)」の参考資料-4、TLSの精度確認試験手順書(案)に従うものとする

#### 【点間距離の計測性能確認】

- 実際に利用する機器の計測最大距離以上の範囲に既知点を2箇所(10m程度離れた箇所)以上に配置し、既知点の距離とTLSによる計測結果から求められる点間距離との差が所定の要求精度以内であることを確認する。
- TLSを用いた計測を実施する前に上記の精度確認試験を実施し、その結果について提出する。



#### ポイント

- ▶ 既知点間の距離はTSあるいはテープで計測する。



# 2-2-1. TLS本体

## 精度確認試験実施結果報告書

※「地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(土工編)(案)」の参考資料-4、様式-2、精度確認試験結果報告書に従うものとする

- ▶ 現場で精度確認試験を実施し、結果報告書を作成した後、すみやかに監督員へ提出する。
- ▶ なお、計測の実施前の12か月以内に実施した確認結果がある場合は、施工計画書の提出時に添付する。

(様式-2)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：平成21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)レーザ測量  
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：TLS420</p> <p>測定装置の製造番号：000891</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器(標定点を計測する測定機器)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> テープ：JIS1種1巻(ガラス繊維製巻尺)</p> <p style="margin-left: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/> ○○製 商品名：○○</p> <p><input type="checkbox"/> TS：3級TS以上</p> <p style="margin-left: 20px;"><input type="checkbox"/> SS製 ○○(2巻)</p>	<p>写真</p> 
<p>測定記録</p> <p>測定期日：平成21年2月18日</p> <p>測定条件：天候 晴れ</p> <p style="margin-left: 20px;">気温 8℃</p> <p>測定場所：(株)レーザ測量 社内 資材ヤードにて</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 既知点の座標間距離</p>	

図 4-3 機器の動作状況と精度確認結果の事例

・精度確認試験結果(詳細)

①テープによる検査点の確認




計測方法： テープ or TSによる座標間距離 or TSによる座標値計測

計測結果：17.070m

---

②TLSによる確認



TLSによる既知点の点間距離(L')				
	X	Y	Z	点間距離
1点目	44044.700	-11997.621	17.870	17.071m
2点目	44060.775	-11993.366	17.602	

③差の確認(測定精度)

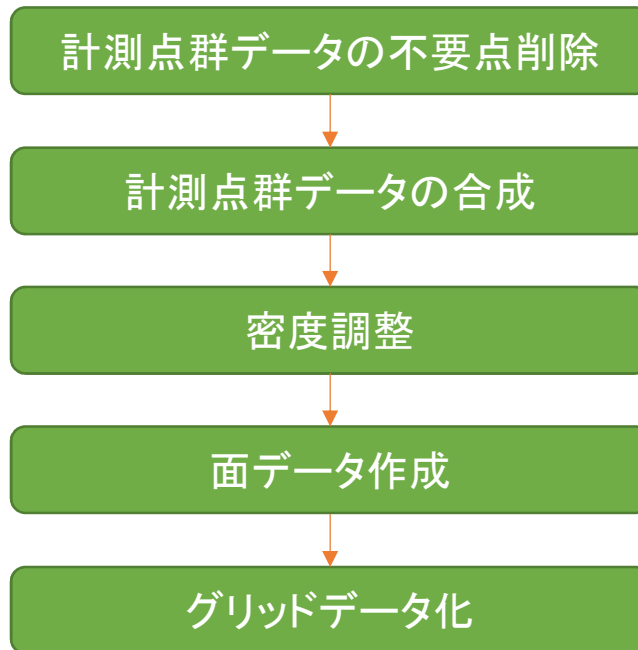
TLSの計測結果による点間距離(L') - テープによる実測距離(L)

17.071m - 17.070m = 0.001m (1mm) : 合格(基準値20mm以内)

図 4-4 機器の動作状況と精度確認結果の事例

## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

- ▶ 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。



「地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(土工編)」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

数量算出

※3次元設計データとの比較で算出可能

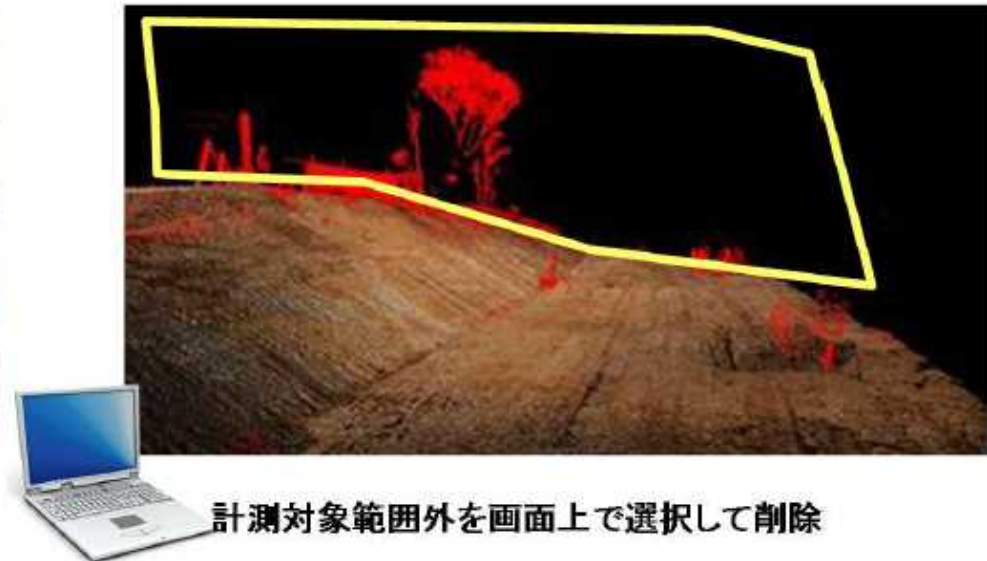
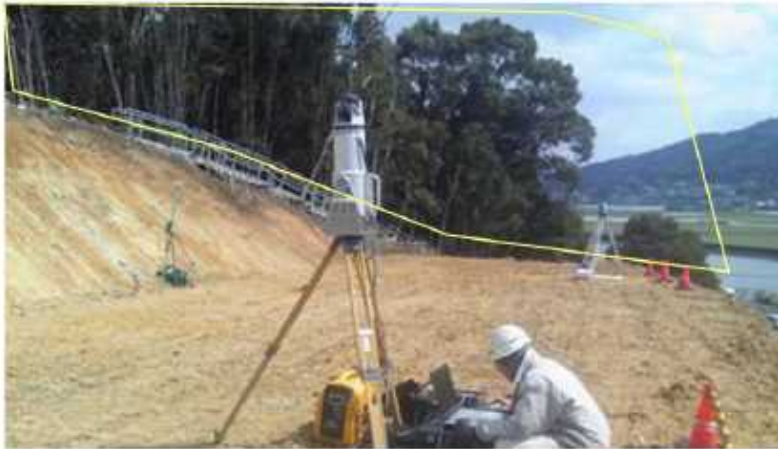
### ポイント

- ▶ 点群処理は、数量算出や出来形評価に最低限必要なデータのみとするため、必要となる作業である。
- ▶ **受注者は**、使用する点群処理ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付する**。

## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

### 計測点群データの不要点削除

- ▶ TLS計測では、管理対象物以外の点群データも取得されるため、出来形管理に不要な点を除去する。



計測対象範囲外を画面上で選択して削除

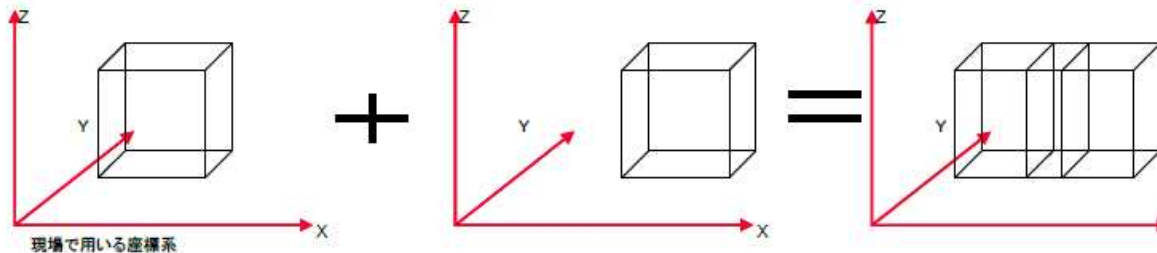
### ポイント

- ▶ 除去方法はソフトウェアに組み込まれている機能や、手動での範囲選択等がある。
- ▶ 除去段階において、出来形管理に影響する点を故意に排除したり作成してはいけない。
- ▶ 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。

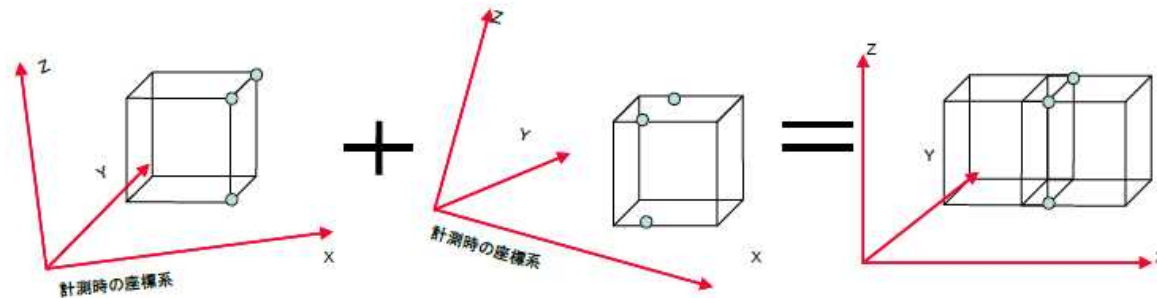
## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

### 計測点群データの合成

- ▶ TLSによる計測では、現場での計測結果が複数ある場合にひとつの計測点群データとして取りまとめる。複数スキャンのまとめ方については大きく2つの方法がある。
  - ▶ 各スキャンで個別の3次元座標に変換した結果をひとつの点群に合成する。



- ▶ 複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行ったのちに3次元座標に変換する。



### ポイント

- ▶ 複数スキャン内の特徴点を用いて合成を行う場合、特徴点の抽出時のずれや計測誤差により、合成時のゆがみなどが生じる場合などもあることから実施時には注意が必要。

## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

### 密度調整

- ▶ 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各段階に必要な密度まで減らす。

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定 (メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.01m <sup>2</sup> (0.1m x 0.1m) ※出来形評価用データは1点以上/1m <sup>2</sup> (1m x 1m)

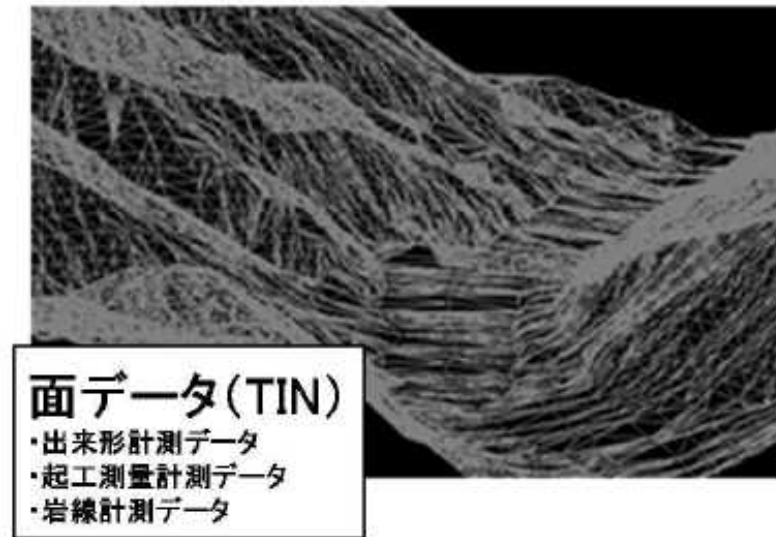
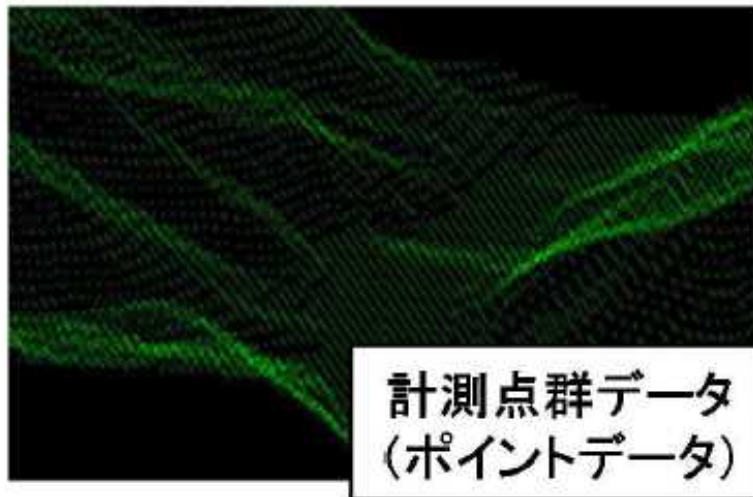
### ポイント

- ▶ **出来形評価に求められている計測密度以下にならないように注意する。**
- ▶ i-Constructionに対応しているソフトウェアであれば、設定したい密度を選択すると、それに応じた密度まで処理を行うことができる機能を有しているものが多い。
- ▶ 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をとってはならない。

## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

### 面データ作成

- ▶ 計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にTIN(不等三角網)を配置し、地形の面データを作成する。



### 🖱️ ポイント

- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。

## 2-2-2. 点群処理ソフトウェア

### グリッドデータ化(出来形評価用データ)

- ▶ 出来形評価用データとしては、計測対象面について $1\text{m}^2$ ( $1\text{m} \times 1\text{m}$ 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 $1\text{m}^2$ 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。あるいは、評価点を中心とする $1\text{m}^2$ 以内の実計測点の平均値を用いることもできる。



### グリッドデータ化のイメージ



### 点群データの密度を均一にする方法(例)

#### ポイント

- ▶ 上記以外にも、最近隣法・平均法・TIN法・逆距離加重法から算出される標高値を採用することも可能。
- ▶ 評価点の標高値は $1\text{m}^2$ 以内の実計測点の平均値あるいは設計面との最頻値を用いるため、設計面から最も近い差の値など、意図的に抽出した標高値を用いてはならない。

## 2-2-3. 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

座標系の選択、平面線形、縦断線形、横断形状、現況地形データの読込み(入力)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に入力値比較や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。

### 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。

### ポイント

- ▶ 受注者は、3次元設計データ作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付**する。

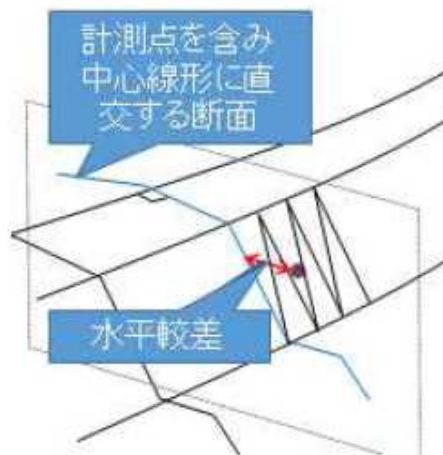


## 2-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア

- ▶ 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。

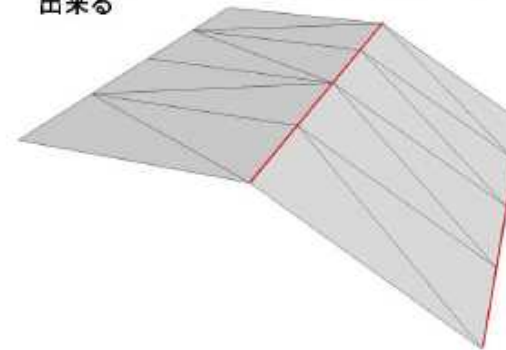
### 1) 出来形管理基準上の管理項目の計算結果の出力

- 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 各部位の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。(下図参照)
- ③ 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。



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の一辺も「法面や構造物の位置をコントロールする線形」と見なすことができる



位置をコントロールする線形

## 2-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア

### 2) 出来形分布図(出来形管理図表)

- 分布図が具備すべき情報としては、記載内容の通りとする

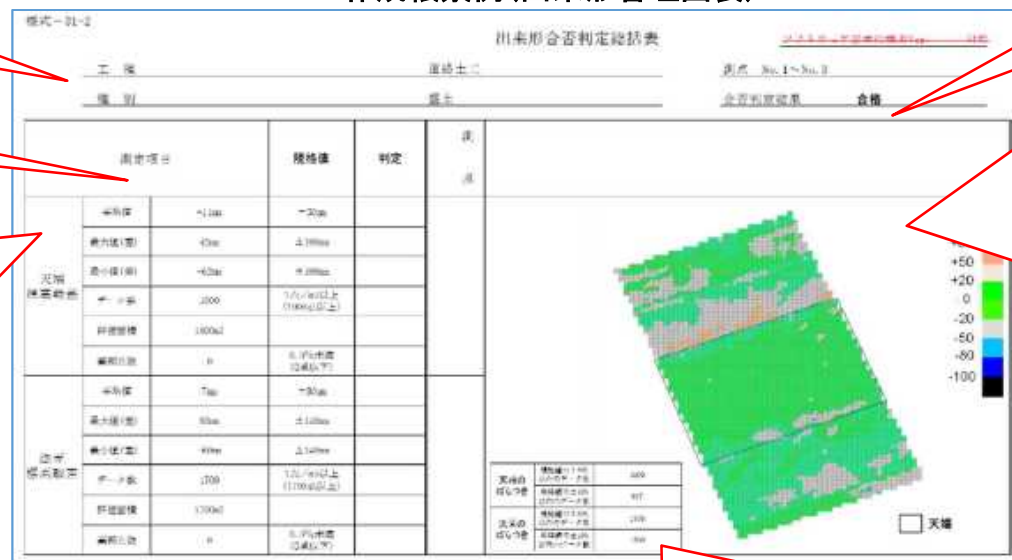
・工種  
・種別

・測定項目

- ・ 平均値
- ・ 最大値
- ・ 最小値
- ・ データ数
- ・ 評価面積
- ・ 棄却点数

を表形式で整理

作成帳票例(出来形管理図表)



評価範囲全体が含まれる  
平面図

- ・ 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%の範囲で結果を色分け。
- ・ ±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示。
- ・ データのポイント毎に結果をプロット。

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

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を明示することが望ましい。

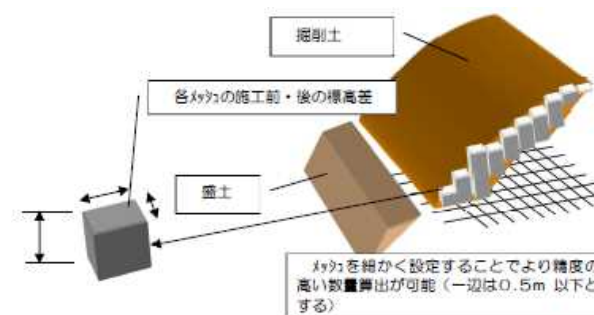
### ポイント

- ICT土工では、標高較差あるいは水平較差による出来形の良否判定をおこなう。
- 出来形分布図は(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- 発注者の求めに応じて規格値の50%、80%に収まっている個数について図中の任意の箇所に明示することが望ましい。
- 受注者は、使用する出来形帳票作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付する**。

# 2-2-5. 出来高(数量)算出ソフトウェア

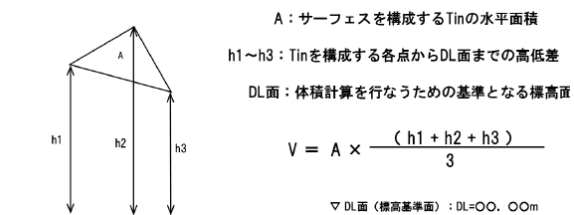
## 数量算出

- ▶ 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TLS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、TLSによる出来形計測結果を用いて出来高数量の算出を行うことができる。
- ▶ 密度処理を行った点群から面を作成し、3次元設計データ(TINデータ)との差から数量算出を行う。
- ▶ 数量の算出方法は、平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方法がある。
- ▶ 数量算出方法については監督員と協議を行う。
  - ▶ 平均断面法
  - ▶ 点高法
  - ▶ TIN分割法を用いた求積
  - ▶ プリズモイダル法



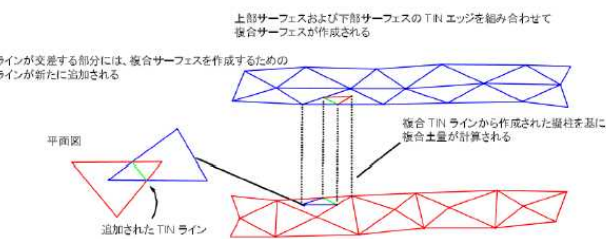
点高法による数量算出の条件と適用イメージ

### TIN分割法を用いた求積

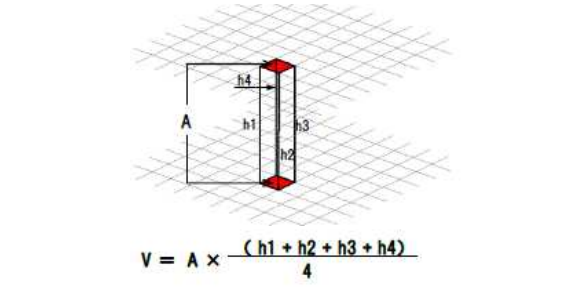


**ポイント**

### プリズモイダル法



### 点高法



- ▶ 施工範囲と数量が確認できる画面を出力する。
- ▶ 平均断面法で算出する場合、国土地理院の「三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)」の適用を推奨する

# 機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項

## 【受注者】

### <TLS本体>

- 精度確認試験を実施し、その結果が点間距離の要求精度 (p.29参照) を満たしているか。また、TLSの管理が適正に行われているか。

### <点群処理ソフトウェア>

- ソフトウェアの推奨動作環境 (CPU, GPU, メモリ等) は問題ないか。
- 計測点群の合成、ノイズ除去及び不要点の削除、点群密度の変更、グリッドデータ化、TINの作成等を行う機能を有しているか。

### <3次元設計データ作成ソフトウェア>

- 要素読込 (入力) 機能は満たされているか。(座標系の選択、平面線形・縦断線形・横断形状・現況地形データの読込 (入力) 機能)
- 3次元設計データ等の確認機能、設計面データ作成機能、3次元設計データ作成機能、座標系変換機能、3次元設計データ出力機能を有しているか。

### <3次元出来形帳票作成ソフトウェア>

- 取得した計測データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、出来形管理基準の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果を算出可能か。
- 評価結果およ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るか。

### <出来高の数量算出ソフトウェア>

- 数量計算方法 (①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法等) について、監督員と書面で協議を行ったか。

### <電子納品・検査について>

- 電子納品・電子検査について書面で協議を行ったか。

### <施工計画書への添付資料>

- 「精度確認試験結果報告書」、「TLSの管理が適正に行われていることを確認する資料」、「使用する各ソフトウェアのカタログ」を添付したか。

# 機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項

## 【監督員】

### <TLS本体>

- 点間距離に要求される計測精度 (p.29参照) を満足しているか。
- 有効期限内に保守点検が行われた機器を使用しているか。(それを示す資料が提出されるか)
- 精度確認試験の結果が提出されているか。

### <点群処理ソフトウェア>

- 計測点群の合成、ノイズ除去及び不要点の削除、点群密度の変更、グリッドデータ化、TINの作成等を行う機能があるか。

### <3次元設計データ作成ソフトウェア>

- 要素読込(入力)機能(座標系の選択、平面線形・縦断線形・横断形状・現況地形データの読込(入力)機能)があるか。
- 3次元設計データ等の確認機能、設計面データ作成機能、3次元設計データ作成機能、座標系変換機能、3次元設計データ出力機能があるか。

### <3次元出来形帳票作成ソフトウェア>

- 取得した計測データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、出来形管理基準の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果を算出可能か。
- 評価結果およ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があるか。

### <出来高の数量算出ソフトウェア>

- 数量計算方法  
(①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法等)について、書面で協議を行ったか。

### <電子納品・検査について>

- 電子納品・電子検査について書面で協議を行ったか。

### <その他>

- 施工計画書へは、「精度確認試験結果報告書」、「TLSの管理が適正に行われていることを確認する資料」、「使用する各ソフトウェアのカタログ」が添付され提出されているか。

### 3. 施工計画書の作成

▶ 施工計画書作成時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
精度確認試験結果報告書の作成	<ul style="list-style-type: none"><li>精度確認試験結果報告書を作成し施工計画書へ添付する(2-2-1参照)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>精度確認試験結果報告書の確認・受理</li></ul>
施工計画書の作成	<ul style="list-style-type: none"><li>施工計画書の作成・提出</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>施工計画書の確認・受理</li></ul>

- ▶ 施工計画書には、使う機械や機器、それらの精度確認結果や性能を確認できるカタログ等の添付が必要となる。
- ▶ 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は、ICT用(面管理)と従来用で分かるように記載し、その箇所や値が間違っていないか確認する。
- ▶ 基本的には従来通りの施工計画書の形式に、ICT機械や機器の使用に伴う手順や確認書類の追加が必要となるイメージでよく、分けて考える必要はない。
- ▶ 施工計画書の提出段階において、必要な書類が揃わない場合もあるため、受注者はその旨を施工計画書に記載するか、もしくは監督員と協議し、必要書類が揃った段階ですみやかに提出を行う。

### 3. 施工計画書の作成

## 施工計画書への記載事項例

**現場組織表**

ICT建機  
リース業者・メーカー等  
も記載

**指定機械**

備考欄等への  
MC・MGの該当を記載

**主要船舶・機械**

**フローチャート(施工方法)**

**ICT建設機械について**

ICT建設機械の機器  
構成、測位方法等が  
分かる情報を記載

**ICT建設機械の計測精  
度確認計画**

性能確認、日常点検及  
び確認の内容を記載

**出来形管理**

出来形管理の適用工種、  
管理範囲、計測範囲  
等々の情報を記載

**出来管理基準及び規格値**

従来の管理

**面管理**

従来の出来形管理基準及  
び規格値に加え、面管理の  
出来形管理基準及び規格  
値を記載

使用する測量機器及び  
パソコン・ソフトウェアを  
記載

精度確認試験計画の記載あるい  
は、精度確認試験結果の添付

# 施工計画書の作成におけるチェック事項

## 【受注者】

### ＜使用するICT建設機械について＞

- 指定機械または、主要船舶・機械において、使用するICT建設機械の仕様や使用する工種を記載したか。

### ＜施工方法＞

- 起工測量や出来形計測では標定点の設置等について、ICT建設機械による施工では測位方法について、それらの設置準備作業等も加わるため、それらのフローがわかるように記載したか。(必須ではないが、記載を推奨する)

### ＜3次元設計データ＞

- 3次元設計データチェックシートおよび、チェック入りの工事基準点リスト、線形計算書、平面図、縦断図、横断図、3次元ビューを提出したか。(チェック実施後、すみやかに提出する)
- 3次元設計データ作成に用いるソフトウェアのカタログを添付したか。

### ＜ICT建設機械＞

- ICT建設機械の機器構成、測位方法等が分かる情報を記載したか。
- 日々の精度確認を行う旨およびその方法を記載し、チェック資料の様式を添付したか。(精度管理をしているということが分かる資料)

### ＜使用機器・ソフトウェア＞

- 使用するTLS本体、点群処理ソフトウェア、3次元設計ソフトウェア、出来形帳票ソフトウェア、出来高(数量)算出ソフトウェアについて記載したか。
- 各ソフトウェアの性能を確認できるカタログを添付したか。
- TLS本体の精度確認試験結果報告書を提出したか。(実施後すみやかに提出する)
- 精度試験で行った計測距離を超えて計測していないか。
- 計測機器本体の保守点検・検査成績書等を添付したか。

### ＜出来形管理＞

- 面管理を実施する適用工種を記載したか。
- 3次元計測を実施する範囲を平面図でわかるように記載したか。(土工部を包括するように)
- 出来形管理を実施する箇所を記載し、該当する出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準を記載したか。



# 施工計画書の作成におけるチェック事項

## 【監督員】

### <使用するICT建設機械について>

- 指定機械または、主要船舶・機械において、使用するICT建設機械の仕様や使用する工種が記載されているか。

### <3次元設計データ>

- 3次元設計データチェックシートおよび、チェック入りの工事基準点リスト、線形計算書、平面図、縦断図、横断図、3次元ビューを提出されているか。
- 3次元設計データ作成に用いるソフトウェアの性能が分かるカタログ等が添付されているか。
- 使用するソフトウェアは「2-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア」に示す機能を有しているか。

### <ICT建設機械>

- ICT建設機械の機器構成、測位方法等が記載されているか。
- 日々の精度確認を行う旨、およびその方法と様式等の確認ができる資料が添付されているか。

### <使用機器・ソフトウェア>

- 使用するTLS本体、点群処理ソフトウェア、3次元設計ソフトウェア、出来形帳票ソフトウェア、出来高(数量)算出ソフトウェアについて記載されているか。
- 各ソフトウェアの性能を確認できるカタログが添付されているか。
- TLS本体の精度確認試験結果報告書が提出されているか。(この時点で準備できない場合は実施後すみやかに提出される)
- 精度確認試験結果は、要求精度を満たしているか。
- 精度試験で行った計測距離を超えて計測していないか。
- 計測機器本体の保守点検・検査成績書等を提出されているか。

### <出来形管理>

- 適用工種は正しく記載されているか。
- 3次元計測を実施する範囲は、協議で決定した範囲となっているか。
- 出来形管理を実施する箇所、該当する出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準が正しく記載されているか。

## 4. 工事基準点の配置

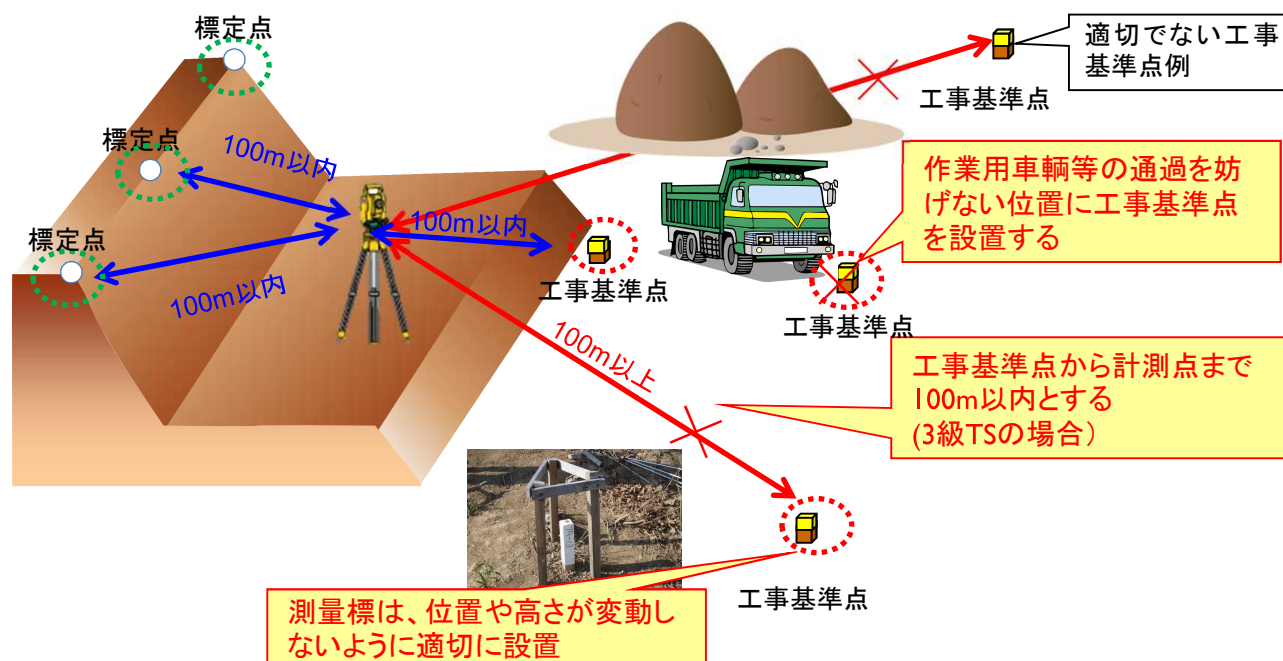
フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
工事基準点の設置	<ul style="list-style-type: none"><li>既設基準点の検測</li><li>工事基準点の設置</li><li>標定点の設置</li><li>測量成果、設置状況と配置箇所を提出</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>基準点等の指示、設置状況の確認</li></ul>

- ▶ TLSを用いた出来形管理では、工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。
- ▶ 出来形計測の精度を確保のためには、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確保が重要となる。
- ▶ TLS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配置しておくことが有効
- ▶ 標定点を計測する場合は、基準点からTSまでの距離と標定点等からTSまでの計測距離(斜距離)の制限は、3級TSを利用する場合100m以内(2級TSは150m)となる。

### ポイント

- ▶ 実施内容は、従来と同じ。
- ▶ ICT施工となることで、起工測量から出来形管理まで基準点を必要とする頻度が増えたりすることから、精度や設置箇所に注意する必要がある。

## 4-1. 工事基準点の設置時の留意点



・TLSによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

- (1) TSの設置位置から工事基準点までの距離(TS設置時)
- (2) TSの設置位置から標定点までの距離

### 留意点

TLSによる出来形管理で利用するTS(2級TSか3級TS)を確認して、工事基準点を配置する。

- TLS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測できる。この場合、ターゲットは基準点あるいは工事基準点上に設置する。

# 工事基準点の配置時のチェック事項

## 【受注者】

### ＜工事基準点の設置＞

- TLS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たか。
- 出来形管理では出来形計測精度の確保を目的に、標定点計測する場合は基準点からTSまでの距離、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を使用する場合は100m以内、2級TSを使用する場合は150m以内としているか。

### ＜工事基準点の設置計画＞

- 基準点の設置精度は十分管理しているか。
- 機械設置時の使用点の計画を立案したか。
- 後方交会法で3次元座標を計測する場合は、使用する基準点間の狭角を確認したか。(TSを用いた出来形管理では同手法による器械位置算出時には、基準点と本体が校正する角度を $30^{\circ}$  ~  $150^{\circ}$  以内としている)
- 後方交会法に用いるプリズムは正しく工事基準点あるいは基準点上に設置したか。
- 測量成果、設置状況と配置箇所を打合せ簿で監督員に提出したか。**

## 【監督員】

- 基準点の指示を行い、測量成果、設置状況と配置箇所を確認したか。

## 5. 起工測量・起工測量成果品の作成

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; text-align: center;">                     精度確認試験結果報告書の作成                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度確認試験結果報告書の作成  <b>※現場で精度確認試験を行った場合(2-2-1参照)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度確認試験結果報告書の受理・確認</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">                     起工測量                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標定点の設置</li> <li>TLSによる計測</li> <li>点群データ処理(起工測量計測データの作成)</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">                     起工測量の成果品の作成                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>起工測量の成果品の作成・提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>起工測量の成果品の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 起工測量時の**測定精度は100mm以内**とし、**計測密度は0.25m<sup>2</sup>(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上**とする。
- ▶ 受注者は起工測量の成果品を作成し提出する。監督員はその内容を確認。
- ▶ 受注者より精度確認試験結果報告書が提出される(**※現場で精度確認試験を行った場合**)。監督員はその内容を確認。

# 5-1. 起工測量

## 起工測量の実施にあたって

- ▶ 受注者は、設計照査のために、**伐採後に**地形測量を実施する
- ▶ 起工測量時の測定精度は100mm以内とし、計測密度は0.25m<sup>2</sup>(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上とする。

## 起工測量計測データの作成

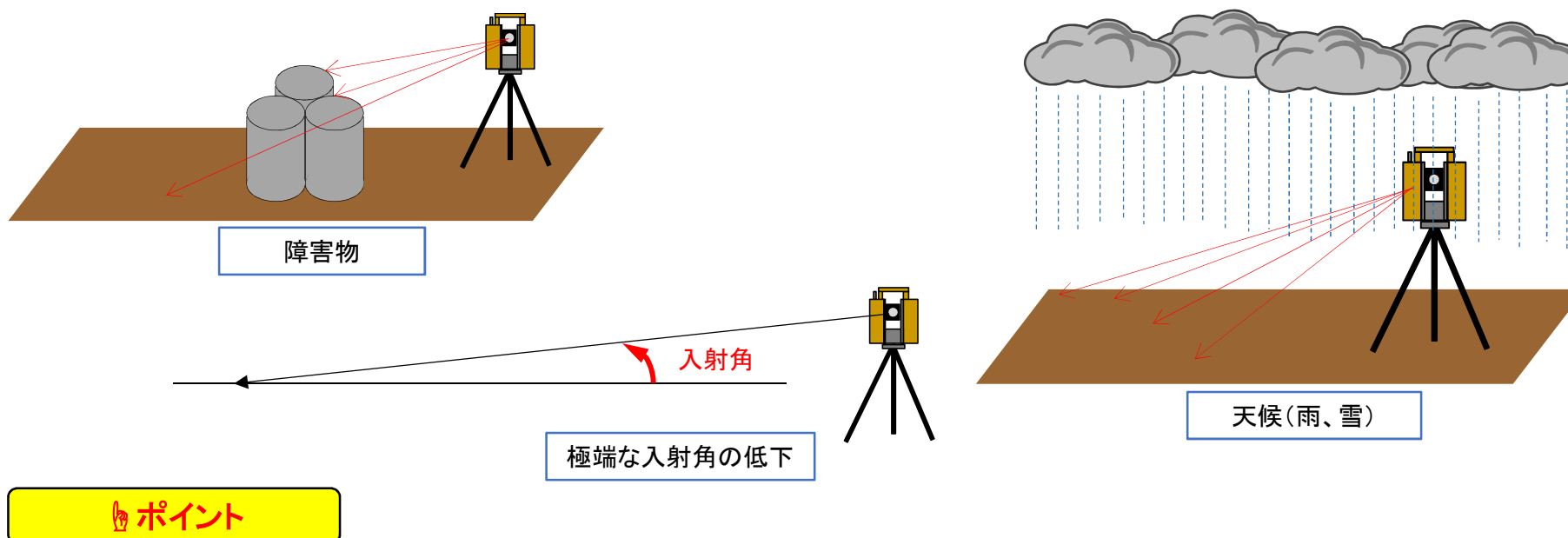
- ▶ 受注者は、計測した点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成する。
- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。
- ▶ **管理断面間隔より狭い範囲**においては、点群座標が存在しない場合は、**数量算出において**平均断面法と同等の計算結果が得られるように**TINで補間**してもよいものとする。

## ポイント

- ▶ 測定精度については、JSIMA115に基づく試験成績表により使用範囲における座標測定精度が70mm以内であることが確認できる場合でもよい。

## 5-1-1. TLS設置時、計測時の留意点

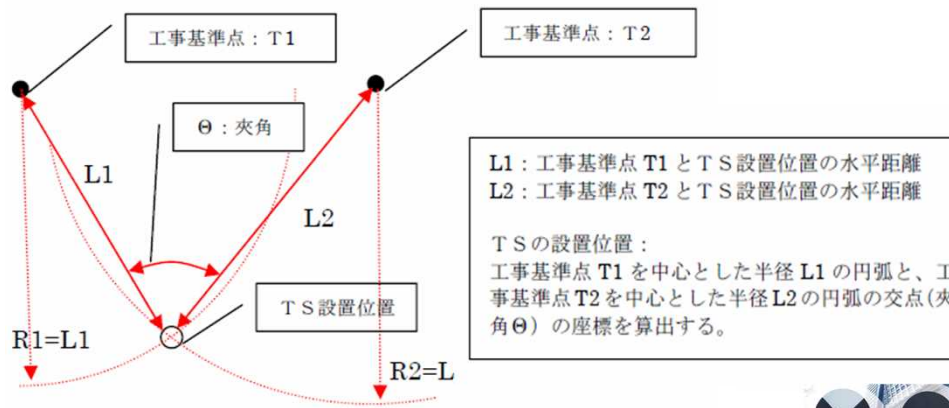
- ▶ 出来形計測点を効率的に取得できる位置にTLSを設置。
- ▶ TLSのレーザーと被計測対象物が、できるだけ正対した位置関係になるように設置。
- ▶ TLSは急傾斜地や軟弱地盤を避け、振動のない地盤に設置。
- ▶ 計測対象物を正確に計測するために、障害物の除去、計測のタイミングに注意が必要。
- ▶ 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象。
- ▶ 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合。
- ▶ 強風などで土埃などが大量に舞っている場合。



- ▶ 計測範囲内に第三者が立ち入らないように留意する。
- ▶ 計測結果に影響をもたらす可能性がある障害物(資材、車両等)は事前に撤去しておくことが望ましい。

## 5-1-2. 標定点の設置

- ▶ 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置。
- ▶ トータルステーション(TS)から基準点及び標定点までの距離の確保。  
⇒ 3級TSの場合:100m以下、2級TSの場合:150m以下
- ▶ TLS本体にTSと同様に位置決め機能(ターゲット計測による後方交会法)を有している場合は、標定点を設置せずに計測が可能。
- ▶ TLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果を標定点を用いて合成する場合は、標定点を設置。



TSを使った後方交会法による位置決めの場合



図 1-16 LSと標定点の配置(例)

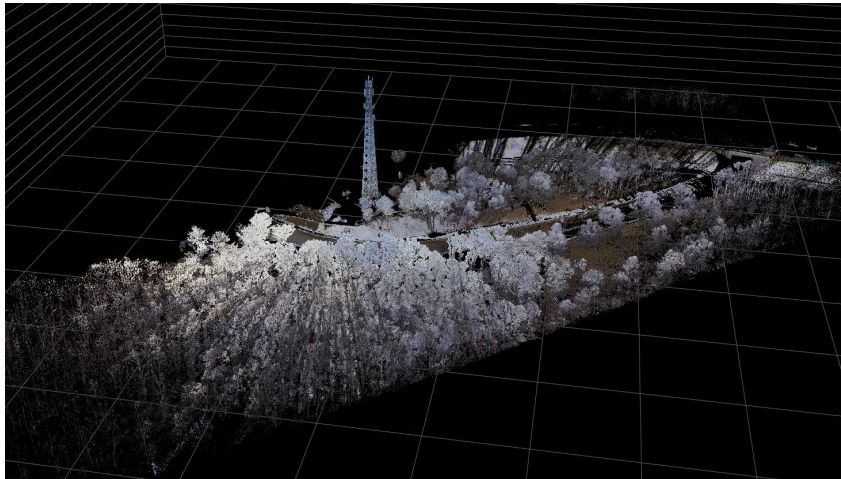
**ポイント**

- ▶ 起工測量においては、標定点の設置、計測方法については当該規定によらなくてもいいものとする

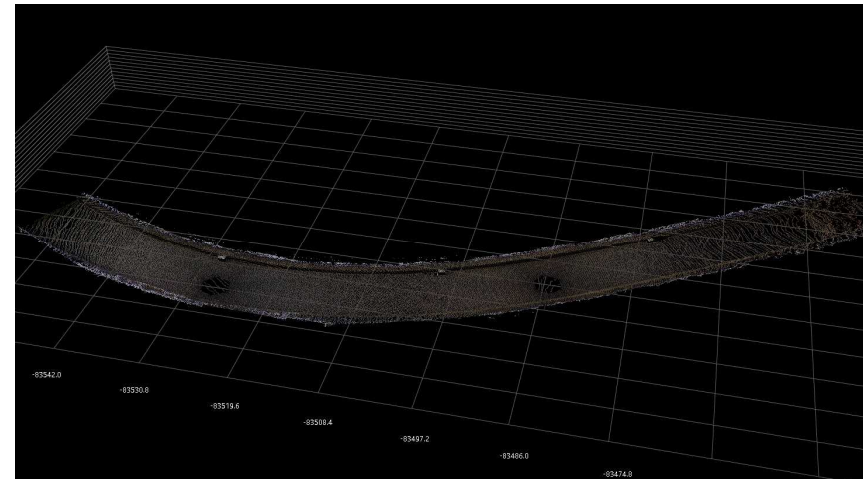


## 5-1-3. 点群データの処理

- ▶ 計測で得られた点群データについては、点群処理ソフトウェアを用いて、「2-2-2. 点群処理ソフトウェア」へ記載した留意点を考慮し、不要点削除や密度変更等を実施する。



計測点群(生データ)



不要点を除去した点群

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定 (メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m x 0.5m)
出来形計測データ		1点以上/0.01m <sup>2</sup> (0.1m x 0.1m) ※出来形評価用データは1点以上/1m <sup>2</sup> (1m x 1m)

起工測量時にはこの密度以下にならないように留意する

# 起工測量・成果品の作成のチェック事項

## 【受注者】

- 精度確認試験結果報告書は提出したか。(計測実施前の12か月以内に実施した確認結果を施工計画書に添付している場合はここでは不要)
- 精度確認試験によって精度が担保される計測距離以内で計測しているか。
- 計測にあたっては、「5-1-1. TLS設置時、計測時の留意点」を確認し実施したか。
- 標定点は適切なものを用意したか。
- 標定点の計測はTSを用いて実施したか。また、TSから基準点及び標定点までの距離が100m以下(3級TSの場合)あるいは150m以下(2級TSの場合)となっているか。(ただし、TLS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測してもよい)
- 計測対象箇所最外周部に4箇所以上配置しているか。(ターゲット計測による後方交会法による位置決めの場合は除く)
- 起工測量は、計測対象範囲内で0.25m<sup>2</sup>(0.5m×0.5mメッシュ)に1点以上の計測点が得られる設定で計測を行っているか。
- 「2-2-2. 点群処理ソフトウェア」へ記載した留意点を考慮し、不要点削除や密度変更等を実施したか。
- 起工測量の成果品の作成・提出したか。

## 【監督員】

- 精度確認試験結果報告書は提出されているか。また、要求精度を満たしているか。(計測実施前の12か月以内に実施した確認結果を施工計画書に添付している場合はここでは不要)
- 精度確認試験によって精度が担保される計測距離以内で計測しているか。
- 標定点の設置が正しく実施されているか。(5-1-2参照)
- 起工測量は、計測対象範囲内で0.25m<sup>2</sup>(0.5m×0.5mメッシュ)に1点以上の計測点が得られる設定で計測を行っているか。
- 起工測量の成果品が提出されているか。

## 6. 3次元設計データ

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
設計図書の照査	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの作成に係わる照査について協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>照査内容の協議・受理・確認</li> </ul>
3次元設計データの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの作成</li> </ul>	
3次元設計データの照査	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの照査</li> <li>3次元設計データチェックシートの提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データチェックシートの確認</li> </ul>

- ▶ 3次元設計データを作成するにあたって、必要な座標情報や、修正が必要となる箇所等がある場合は、設計図書を照査し、監督員と協議を行う。
- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、設計図書・基準点設置結果に基づき3次元設計データを作成する。
- ▶ 監督員は、受注者から提出される**3次元設計データチェックシート**、**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)**を確認する。
- ▶ 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。

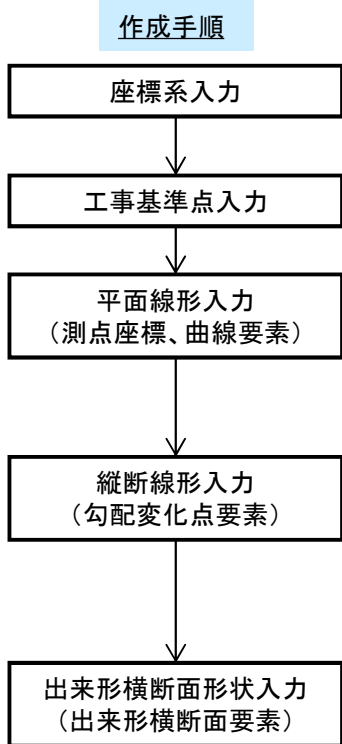
# 6-1. 3次元設計データの作成

## 3次元設計データの作成時の留意点

- ▶ 3次元設計データの作成において不足等がある場合は、監督員に報告し資料提供を依頼する。
- ▶ 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、及び余盛り等を実施する場合については、監督員との協議を行い、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、監督員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 出来形横断面形状の作成は、TLS計測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、監督員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。
- ▶ 曲線部でのTIN作成では、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TINを設定する。(例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にTINを設定する)
- ▶ TLS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、監督員と協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

# 6-1. 3次元設計データの作成

## 3次元設計データの作成手順とイメージ



※作成方法の詳細は、次ページ以降を参照してください。  
 また、本作成手順はICT設計データ変換ソフト( (一社) 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所より無償で入手) を用いた場合の例です。

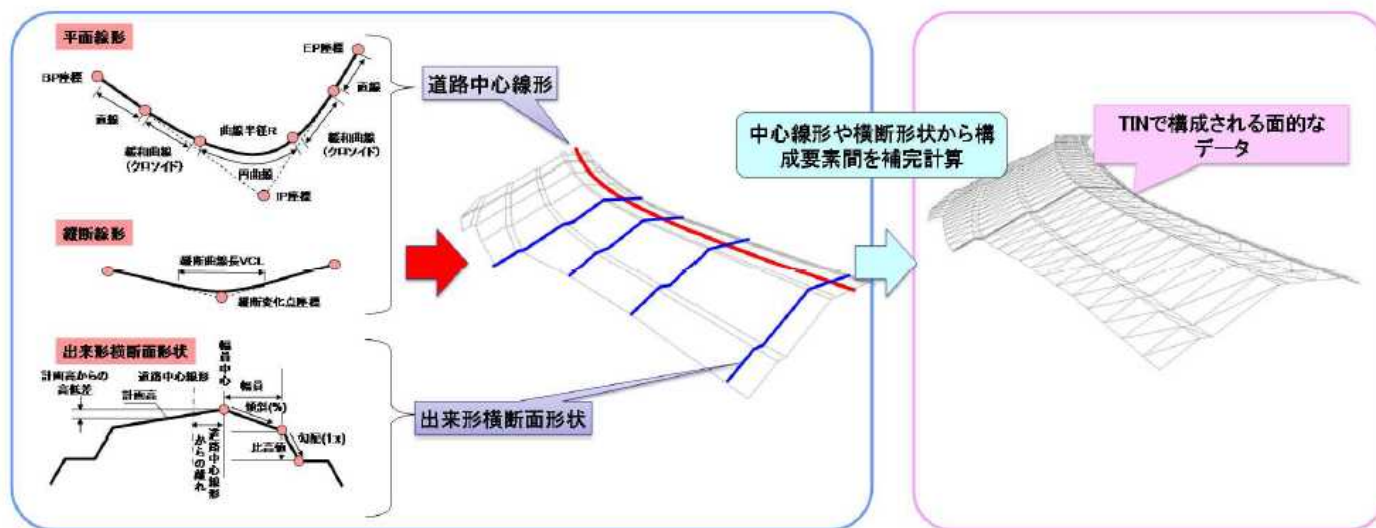


図 1-4 3次元設計データのイメージ (道路土工の場合)

### 参考

#### 道路中心線形データが詳細設計等で納品されている場合について

- ・ 3次元設計データ作成ソフトウェアは道路中心線形データの読み込みが可能です。
- ・ 道路中心線形データを読み込む場合、平面線形入力作業および縦断線形入力作業の簡略化が可能です。

# 6-1. 3次元設計データの作成

## 座標系入力イメージ

- ▶ 工事で基準とする座標系を入力する。

座標系の設定

基準とする座標系: CRS1 名称変更

測地系

日本測地系 2000 (新測地系)  日本測地系 (旧測地系) 測地系選択

水平座標系

平面直角座標系 9:第IX系 水平座標系選択

標高基準面

基準面名: TP 例) TP, YP, AP

東京湾平均海面(T.P.)との高低差: 0 m 例) -0.8402 (Y.P.:利根川)  
-1.1344 (A.P.:荒川・中川・利根川)

鉛直座標系

標高(標高基準面からの高さ) 入力  積円(積高)

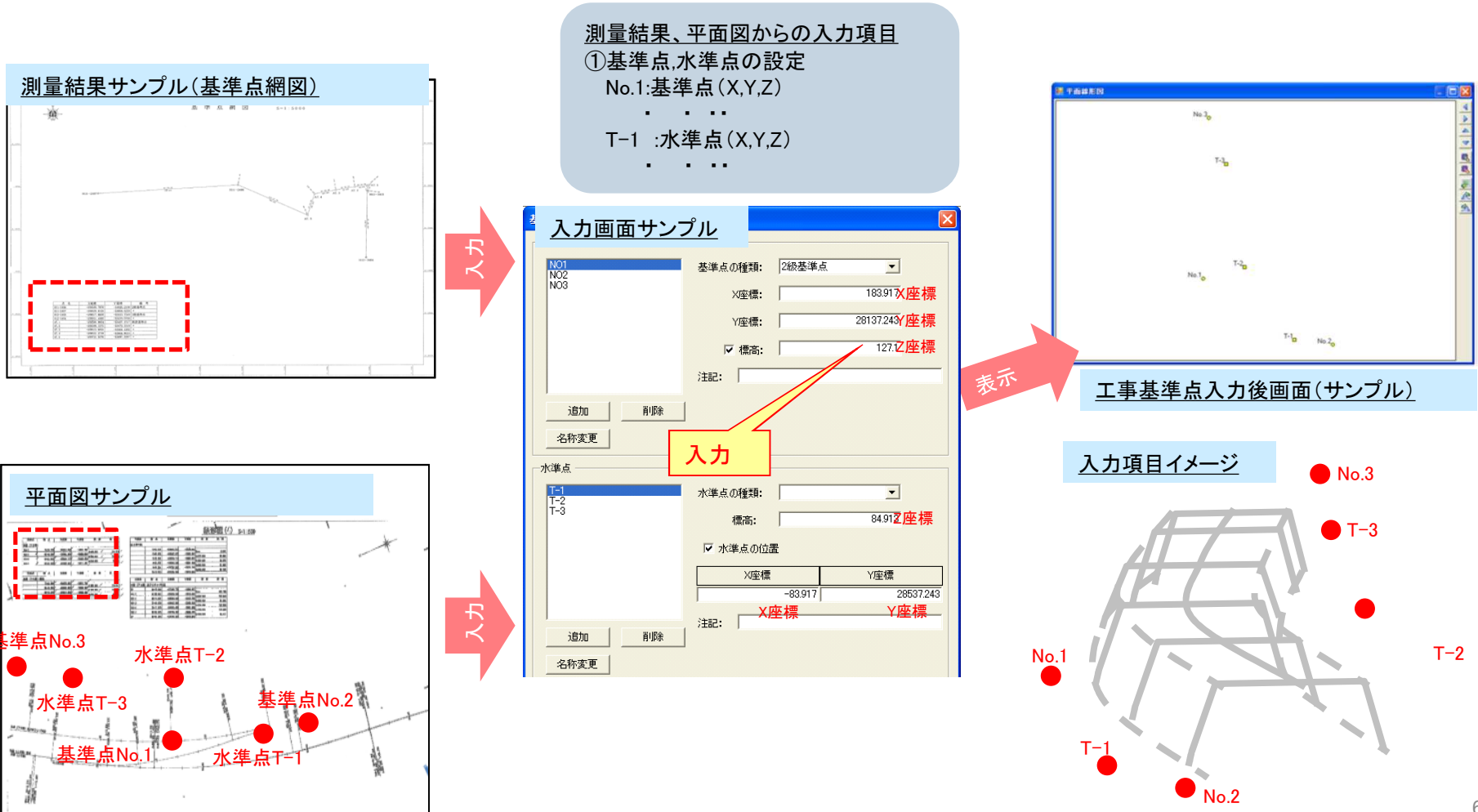
キャンセル 閉じる

※以降、サンプル画面は、ICT設計データ変換ソフト( (一社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所より無償で入手)の画面を貼付

# 6-1. 3次元設計データの作成

## 工事基準点入力イメージ

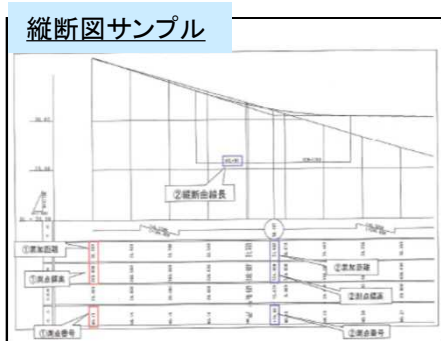
▶ TS設置時に利用する工事基準点座標を測量結果や平面図等から入力する。



# 6-1. 3次元設計データの作成

## 平面線形入力イメージ

- ▶ 線形計算書や平面図を参照し、平面線形要素を入力する。



入力画面サンプル

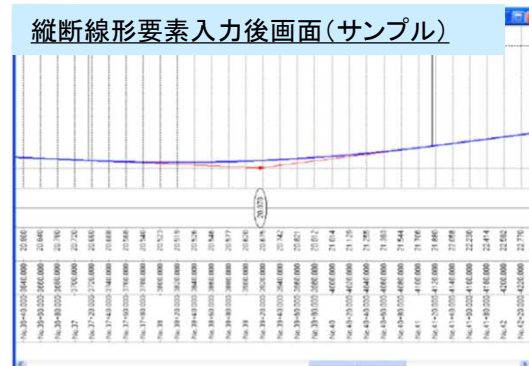
縦断面図の設定

起点	変点	実長	標高	VCL
No.19+40.000		1940	20	0
No.20+16.667	2016.667	20.07	400	
No.40+20.000	4920	29	0	

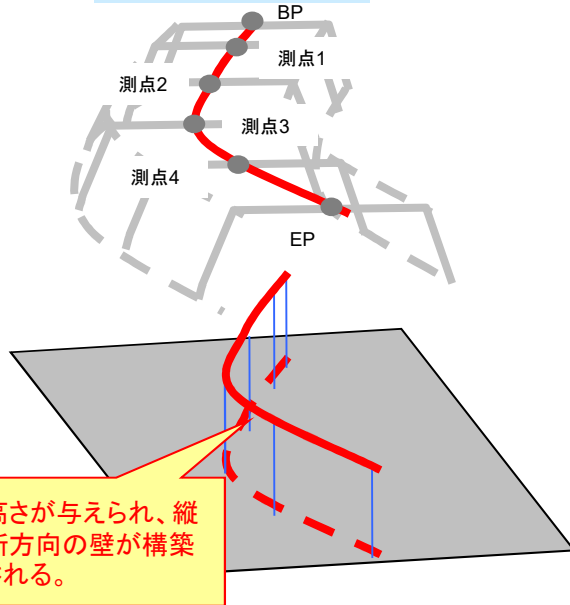
計高の確認

測点	累加距離	計高
No.38	3800	20.529
No.39+20.000	3920	20.519
No.39+40.000	3940	20.526
No.39+60.000	3960	20.546
No.39+80.000	3980	20.577
No.39	3900	20.620
No.39+20.000	3920	20.675
No.39+40.000	3940	20.742
No.39+60.000	3960	20.821
No.39+80.000	3980	20.912
No.40	4000	21.014
No.40+20.000	4020	21.129
No.40+40.000	4040	21.265
No.40+60.000	4060	21.393
No.40+80.000	4080	21.544
No.41	4100	21.706

入力

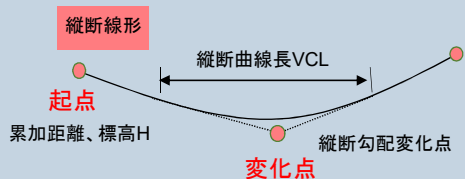


## 入力項目イメージ



### 縦断面図からの入力項目

- ① 起点の設定  
起点: 累加距離、標高
- ② 変化点の設定  
変化点: 累加距離、標高H、縦断面曲線長VCL





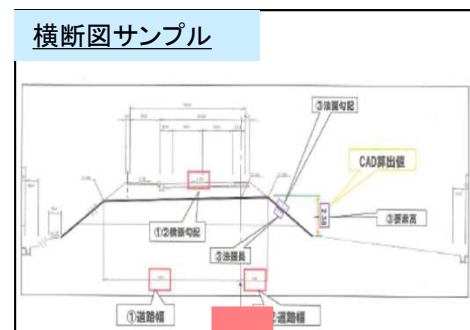
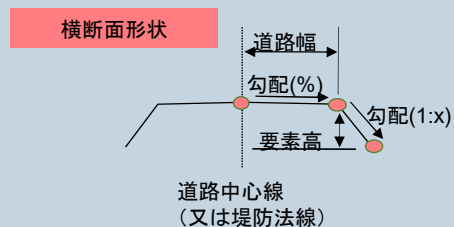
# 6-1. 3次元設計データの作成

## 横断線形入力イメージ

- ▶ 管理断面を設定する。
- ▶ 横断図を参照し、中心線からの横断距離、高低差を取得する。
- ▶ 横断面形状(幅、基準高、法長)を設定する。

### 横断面図からの入力項目

- ① 道路面の設定  
道路幅、横断勾配
- ② 法面の設定  
法長、法面勾配、要素高

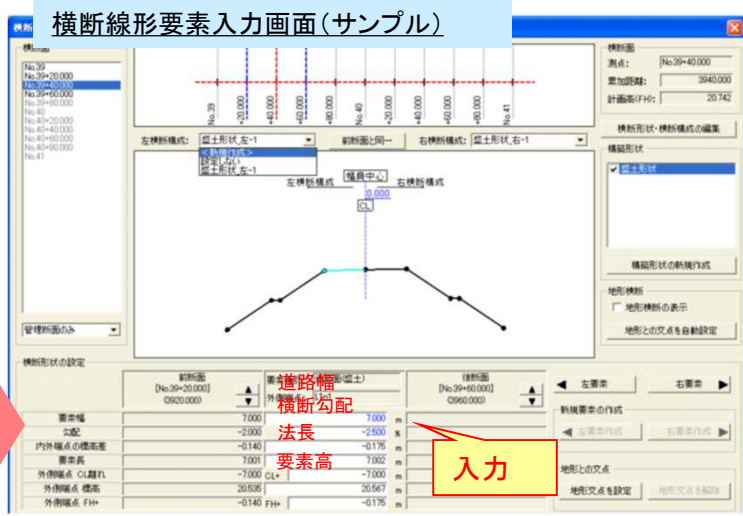


入力

### 管理断面入力画面(サンプル)

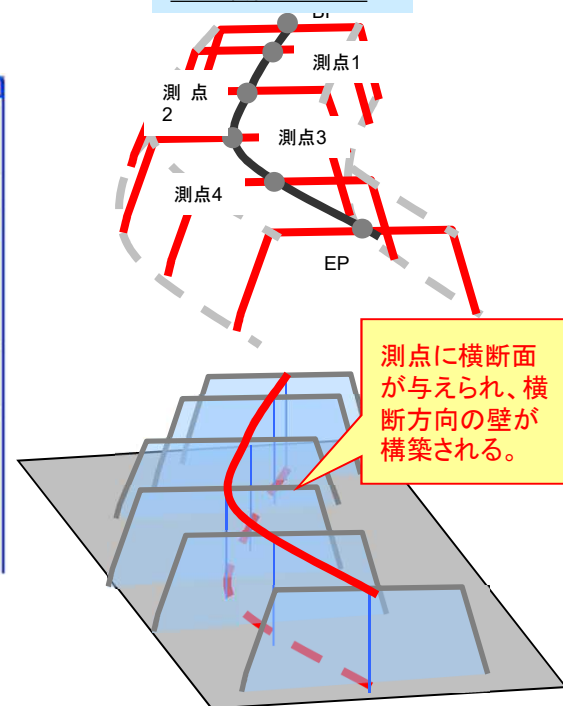
管理断面名	累積距離
No.39	3900
No.39+20.000	3920
No.39+40.000	3960
No.39+60.000	3980
No.40	4000
No.40+20.000	4020
No.40+40.000	4040
No.40+60.000	4060
No.40+80.000	4080
No.41	4100

入力



入力

### 入力項目イメージ



# 6-1. 3次元設計データの作成

参考

CAD図面取込機能を利用した施工管理用3次元データの作成

・CAD図面の取込機能を有する基本設計データ作成ソフトウェアを用いる場合、基本設計データの作成作業が省力化されます。

設計図面(平面図・縦断図・横断図)の取り込みイメージ

2次元CAD図面



読込

3次元設計データ作成ソフトウェア(CAD図面の取込み機能有り)



縦断図サンプル

縦断曲長VCLをクリック

リック

入力

入力画面サンプル

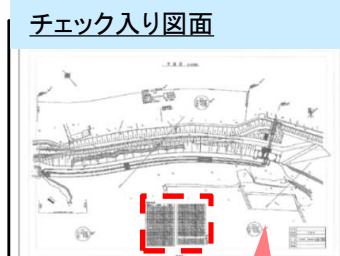
縦断曲線長VCLを自動入力

# 6-2. 3次元設計データの照査

## 3次元設計データの照査イメージ

- ▶ 設計図書と3次元設計データとを照合し、設計図書の不備および入カミス等がないかを確認する。
- ▶ TLSによる出来形管理では、3次元設計データに不備があると、出来形計測値の精度管理ができなくなる。
- ▶ 確認項目は、3次元設計データチェックシートに従うこととする。

紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認



拡大表示

項目	内容	結果
No.1	...	○
No.2	...	○
No.3	...	○
No.4	...	○
No.5	...	○
No.6	...	○
No.7	...	○
No.8	...	○
No.9	...	○
No.10	...	○
No.11	...	○
No.12	...	○
No.13	...	○
No.14	...	○
No.15	...	○
No.16	...	○
No.17	...	○
No.18	...	○
No.19	...	○
No.20	...	○
No.21	...	○
No.22	...	○
No.23	...	○
No.24	...	○
No.25	...	○
No.26	...	○
No.27	...	○
No.28	...	○
No.29	...	○
No.30	...	○
No.31	...	○
No.32	...	○
No.33	...	○
No.34	...	○
No.35	...	○
No.36	...	○
No.37	...	○
No.38	...	○
No.39	...	○
No.40	...	○
No.41	...	○
No.42	...	○
No.43	...	○
No.44	...	○
No.45	...	○
No.46	...	○
No.47	...	○
No.48	...	○
No.49	...	○
No.50	...	○
No.51	...	○
No.52	...	○
No.53	...	○
No.54	...	○
No.55	...	○
No.56	...	○
No.57	...	○
No.58	...	○
No.59	...	○
No.60	...	○
No.61	...	○
No.62	...	○
No.63	...	○
No.64	...	○
No.65	...	○
No.66	...	○
No.67	...	○
No.68	...	○
No.69	...	○
No.70	...	○
No.71	...	○
No.72	...	○
No.73	...	○
No.74	...	○
No.75	...	○
No.76	...	○
No.77	...	○
No.78	...	○
No.79	...	○
No.80	...	○
No.81	...	○
No.82	...	○
No.83	...	○
No.84	...	○
No.85	...	○
No.86	...	○
No.87	...	○
No.88	...	○
No.89	...	○
No.90	...	○
No.91	...	○
No.92	...	○
No.93	...	○
No.94	...	○
No.95	...	○
No.96	...	○
No.97	...	○
No.98	...	○
No.99	...	○
No.100	...	○

チェック部分

基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認



データの整合性を確認



チェックシート

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(河川土工種)  
(様式-1)

平成 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? ・起算点の座標は正しいか?	
2) 平面線形	全延長	・変換点(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? ・各長きの座標は正しいか?	
3) 縦断線形	全延長	・縦断起算点の座標、標高は正しいか? ・縦断変換点の座標、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調査、数は適切か? ・基準高、幅、法長は正しいか?	
5) 3次元データ	3次元	・入力した2次元の縦断線形と出力する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の提出を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。  
 ・工事基準点リスト(チェック入り)

3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認し、チェックシートを監督員へ提出します

# 6-2. 3次元設計データの照査

## 3次元設計データチェックシートの提出の留意点

### ○受注者の確認事項

1) 工事基準点は、事前に監督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) 平面図及び線形計算書と対比し、確認する。

3) 縦断図と対比し、確認する。

4) ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目の箇所と寸法にチェックを記入する。  
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。

5) 3次元設計データの入力要素と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。

3次元設計データと設計図書の照合に用いた資料は整備・保管し、監督員に提出する。

様式-1②

平成〇年〇月〇日  
工 事 名 : 〇〇〇〇〇〇工事  
受注会社名 : 〇〇〇建設 (株)

### 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?	
		出来形計測対象点の記号が正しく付与できているか?	
5) 3次元設計データ	全延長	入力した2)~4)の幾何学形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	

照査技術者	
会社名	〇〇〇株式会社
氏 名	〇〇 〇〇

※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。

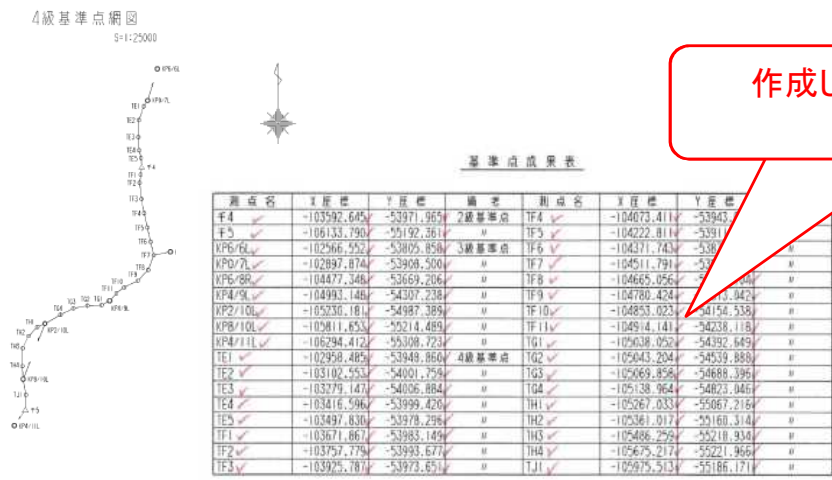
※2 受注者は、3次元チェックシートに以下の資料等を添付し提出するものとする。

- ・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)

※添付書類については、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。

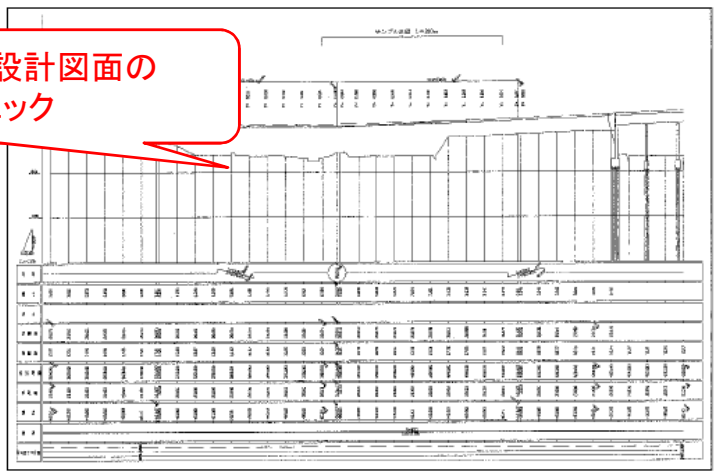
# 6-2. 3次元設計データの照査

基準点の確認(例)

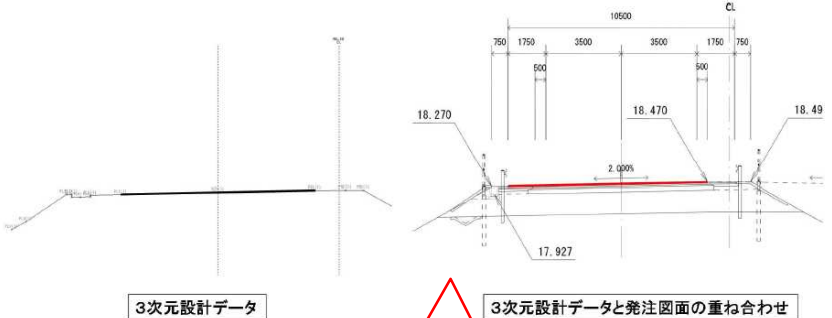


作成したデータと設計図面の  
数値をチェック

縦断面図の確認(例)

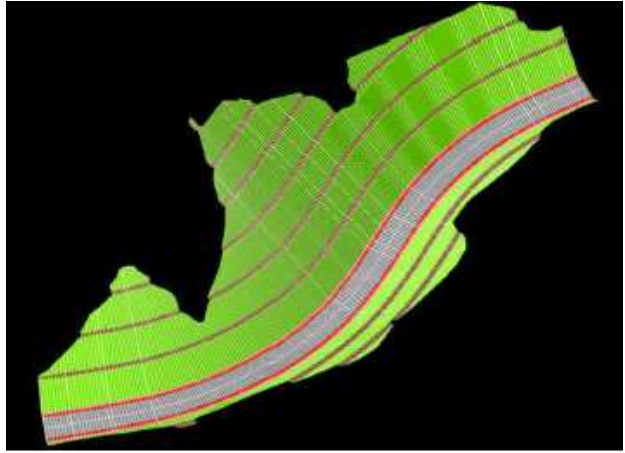


データ重ね合わせによる横断面図の確認(例)



作成したデータと図面の  
形状を重ねてチェック

ソフトウェアによる表示あるいは印刷物の  
3次元ビューの確認(例)



# 3次元設計データのチェック事項

## 【受注者】

### <平面線形>

- 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。

### <縦断線形>

- 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。

### <出来形横断面形状>

- 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。

### <3次元設計データ>

- 入力した平面線形・縦断線形・出来形横断面形状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。

### <提出資料>

- 3次元設計データチェックシートおよび、確認に用いた以下の資料を提出したか。  
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)

## 【監督員】

### <提出資料>

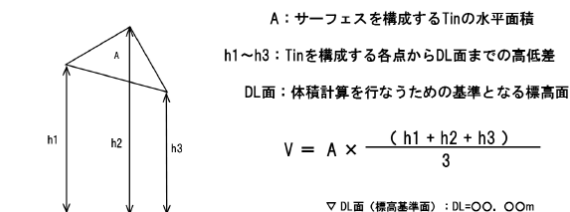
- 3次元設計データチェックシートおよび、確認に用いた以下の資料が提出されているか。  
工事基準点リスト(チェック入り)、線形計算書(チェック入り)、平面図(チェック入り)、縦断図(チェック入り)、横断図(チェック入り)、  
3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

# 7. 数量算出

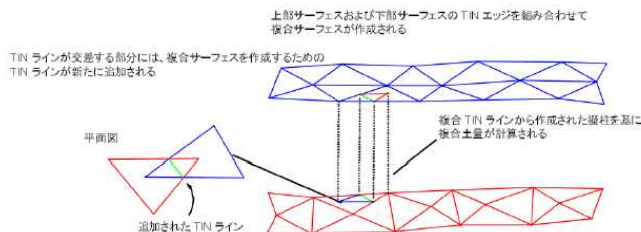
フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算方法の協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算の方法の協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算の方法の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 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TLS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、TLSによる3次元出来形計測結果を用いて出来高数量の算出を行うことができる。
- ▶ 体積の計算方法については、監督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以下の方式によることを標準とする。

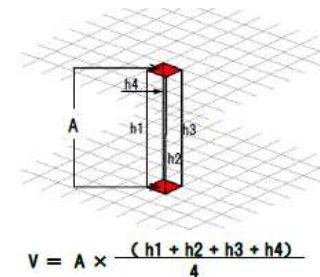
## TIN分割法を用いた求積



## プリズモイダル法



## 点高法



### ポイント

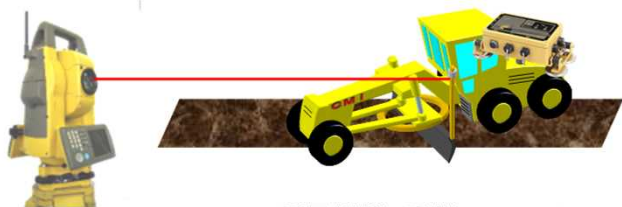
- ▶ 数量計算方法については、監督員と協議を行う。
- ▶ ※標準とする体積算出方法は ①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法

# 8. 施工段階

## ICT建設機械の測位方法

▶ 施工に用いるICT建設機械の測位方法は、施工計画段階で決定しておく。

### 自動追尾式トータルステーション



自動追尾式TS

測量機器:重機=1:1のシステム  
高精度(高さ計測精度±5mm程度)

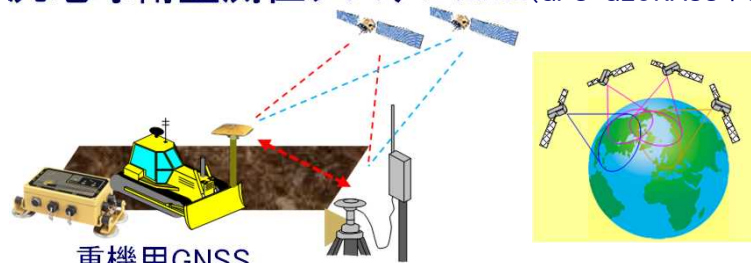
#### 〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限

#### 👉 留意点

- ▶ 自動追尾TSと移動局 (ICT建設機械) との間に障害物等が入り視準不能になる。
- ▶ 近距離・遠距離の場合、追尾できないため、適度な距離を確保する必要がある。
- ▶ ある程度の高低差がある高台に自動追尾TSを設置する。

### 汎地球衛星測位システムGNSS(GPS+GLONASS+etc)



重機用GNSS

#### 〈特徴〉

- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星が多い

測量機器(基準局):重機(移動局)=1:多のシステム

高さの計測精度がTSに比べて劣る(水平±20mm,鉛直±30mm程度)

#### 👉 留意点

- ▶ 人工衛星を多く捕捉するために、天空が開けていること
- ▶ マルチパス障害を避けるため、付近に高い建物や法面がないこと
- ▶ 無線距離および、強力な電波や建物などによる無線通信障害が起こらないようにする。
- ▶ 不安であれば一度現地で確認を行う



# 8. 施工段階

## ICT建設機械の精度確認

- ICT建機の計測精度確認は、**施工前に始業前点検**、あらかじめ設置した既知点において座標確認を行い記録する。

### キャリブレーションおよび日々の精度確認の一例

#### キャリブレーション

表-16 バケット位置の確認条件【例】

	パラメータ (目標値) ※			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 バケット距離:1条件 本体向き :1条件 とする。	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		バックホウ姿勢 (ピッチ)
Case 4	0m	0度	2.5度		
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		バケット高さ
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

図-19 バケット位置精度の確認方法【模式図】

#### 作業前の点検・確認

MGバックホウ (施工精度)

現場で簡易的に精度を確認

バケット位置取得精度の確認方法

三次元座標を持つ杭 (木杭) を設置し、バケット先端を木杭にあてる事で、木杭とシステムの座標を比較して確認する

刃先座標  
X = 00.000  
Y = 00.000  
Z = △△.△△△

確認用基準杭  
X = 00.000  
Y = 00.000  
Z = △△.△△△

※ICTバックホウの情報化施工管理要領(案)より

## 9. 出来形管理

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
出来形計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TLSの設置</li> <li>• 標定点の設置・計測</li> <li>• TLS計測の実施</li> <li>• 点群データ処理</li> </ul>	
出来形管理写真の撮影	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 出来形管理写真の撮影</li> </ul>	
出来形管理資料の作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 出来形帳票の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 出来形管理帳票の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 精度確認試験で設定されている計測可能範囲内で計測する計画を立案する。
- ▶ 出来形計測を行う場合は、TLSと計測対象範囲の位置関係を事前に確認し、最も入射角が低
- ▶ 下する箇所で**0.01m<sup>2</sup>(0.1m×0.1mメッシュ)あたりに1点以上**の計測結果が得られる設定を行う。
- ▶ 計測の際は、「5-1-1. 計測時の留意点」に注意して行う。
- ▶ 受注者は、出来形計測箇所をTLSを用いて出来形管理を行い、出来形管理帳票を作成し提出。
- ▶ 監督員は上記の内容を確認する。

### ポイント

#### 【出来形管理帳票について】

- ▶ 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ア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。

# 9-1. 出来形計測

- ▶ 「5-1. 起工測量」と同様に出来形の計測を実施。
- ▶ 計測で得られた点群データについては、点群処理ソフトウェアを用いて、「2-2-2. 点群処理ソフトウェア」へ記載した留意点を考慮し、不要点削除や密度変更等を実施する。
- ▶ 出来形計測の際は、TLS本体の要求精度や、取得する点群密度が各計測項目と異なるため留意すること。

		土工		
測定精度	点間距離の測定精度	計測項目	要求精度	計測密度
		起工計測	±100mm以内	1点/0.25㎡ (0.5m × 0.5m)
		岩線計測		
		出来高計測	±200mm以内	
	出来形計測	±20mm以内	1点/0.01㎡ (0.1m × 0.1m) ※出来形評価用データ は1点/1㎡	
色データ	色データの取得が可能なことが望ましい(点群処理時に目視による選別を利用)			

## 9-2. 出来形計測箇所

- ▶ 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、法尻や変化点また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、監督員と協議のうえ、対象外とすることができる。
- ▶ 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。

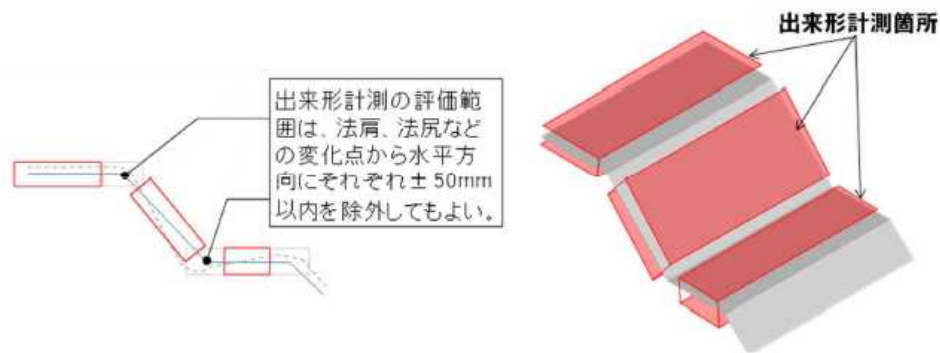


図 4-4 出来形計測箇所

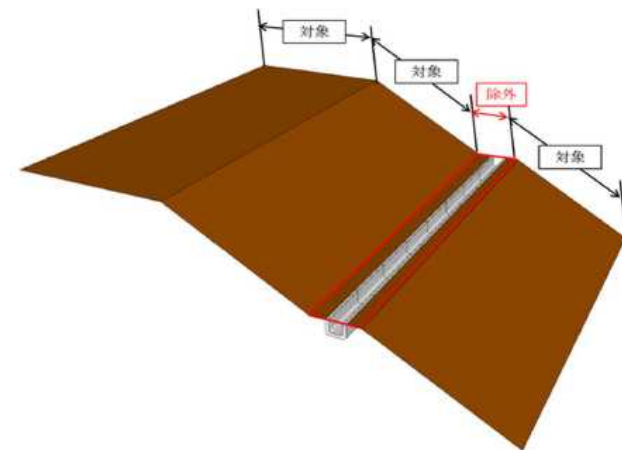


図 4-5 構造物が設置されている小段

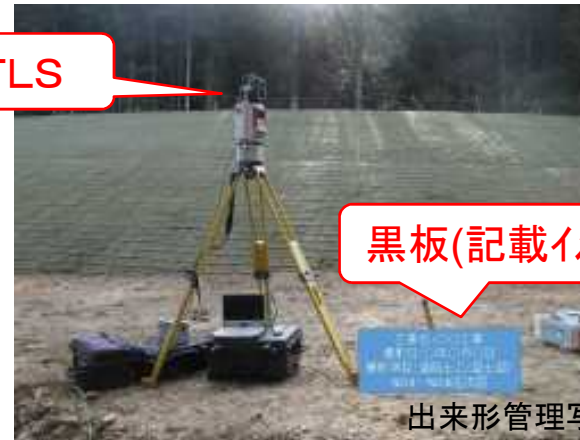
# 9-3. 出来形管理写真の撮影

## 黒板への記載項目

- ① 工事名
- ② 工種等
- ③ 出来形計測範囲(始点側測点～終点側測点・左右の範囲)

TLS

黒板(記載イメージ)



出来形管理写真(例)

## 出来形写真管理基準(掘削工抜粋)

工種	写真管理項目			摘要
	撮影項目	撮影頻度〔時期〕	整理条件	
掘削工	土質等の判別	地質変わる毎に1回 〔掘削中〕	代表箇所各1枚	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出来映えの撮影</li> <li>・TS等の設置状況と出来形計測対象点上のプリズム(プリズムが必要な場合のみ)の設置状況がわかるように撮影</li> </ul>
	法長 ※右のいずれかで撮影する	200m又は1施工箇所に1回 〔掘削後〕		
		「TSを用いた出来形管理要領(土工編)」、「TS(ノンプリズム方式)を用いた出来形管理要領(土工編)」、「RTK-GNSSを用いた出来形管理要領(土工編)」、「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)」、「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)」による場合は1工事に1回 〔掘削後〕		
		「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)」に基づき写真測量に用いた全ての画像を納品する場合には、写真管理に代えることができる。		

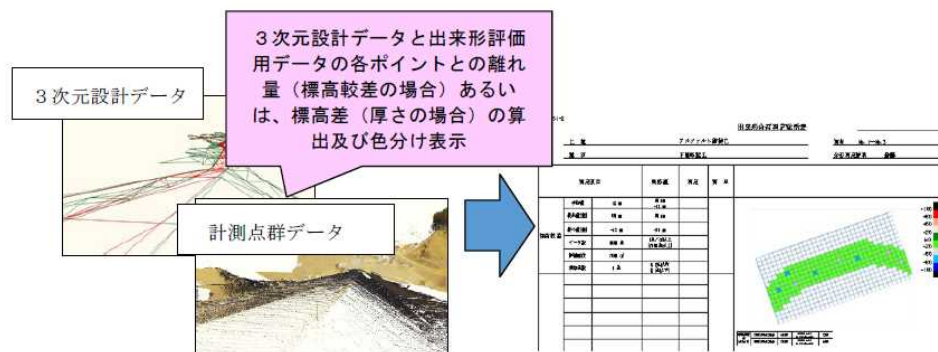
## ポイント

### 【撮影時の留意点】

- ▶ 出来形管理状況に写真は、TLSの設置状況が分かるものとする。
- ▶ 被写体として写し込む小黒板については、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

# 9-4. 出来形管理資料の作成

- ▶ 受注者は、出来形管理帳票(図表)を作成し、監督員に提出する。
- ▶ 規格値は現行の「土木工事施工管理基準」のうち**面管理の場合**に定められたものとする。
- ▶ 「2-2-4. 出来形帳票作成ソフトウェア」を参照し、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。
- ▶ 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。



異常値なし

出来形合否判定総括表

工種: アスファルト舗装工 測点: No.1~No.3

種別: 下層路盤工 合否判定結果: 合格

測定項目	規格値	判定	測点
平均値	12 mm	40 mm -10 mm	
最大値(点)	60 mm	50 mm	
最小値(点)	-45 mm	-30 mm	
データ数	8000 点	1点/点以上 (7000点以上)	
評価指標	7000 点		
棄却点数	0 点	0.2%以内 (0点以下)	

異常値あり

出来形合否判定総括表

工種: アスファルト舗装工 測点: No.1~No.3

種別: 下層路盤工 合否判定結果: 異常値有

測定項目	規格値	判定	測点
平均値	-40 mm	40 mm -10 mm	
最大値(点)	60 mm	50 mm	
最小値(点)	-30 mm	-20 mm	
データ数	8000 点	1点/点以上 (7000点以上)	
評価指標	7000 点		
棄却点数	55 点	0.7%以内 (0点以下)	

# 出来形管理のチェック事項

## 【受注者】

### <出来形計測>

- 計測環境にあたっては、「5-1-1. TLS設置時、計測時の留意点」を確認したか。
- 既に提出している報告書の期限が、出来形計測時に12か月を超えている場合は再度試験を実施し、結果を提出すること。
- 精度確認試験によって精度が担保される計測距離以内で計測したか。
- 出来形計測は、計測対象範囲内で0.01m<sup>2</sup>(0.1m×0.1mメッシュ)1点以上の計測点が得られる設定で計測したか。
- 「2-2-2. 点群処理ソフトウェア」へ記載した留意点を考慮し、不要点削除や密度変更等を実施したか。

### <グリッドデータ化(出来形評価用データ)>

- 出来形評価用データとしては、計測対象面について1m<sup>2</sup>(1m×1mメッシュ)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)を設置したか。
- 評価点の標高値は、評価点を中心とする1m<sup>2</sup>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たか。

### <出来形管理図表の作成>

- 出来形管理図表は面管理を実施した出来形確認箇所(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成したか。

## 【監督員】

### <出来形計測>

- 既に提出している報告書の期限が、出来形計測時に12か月を超えている場合は再度報告書が提出がされているか。
- 精度確認試験によって精度が担保される計測距離以内で計測されているか。
- 出来形計測は、計測対象範囲内で0.01m<sup>2</sup>(0.1m×0.1mメッシュ)1点以上の計測点が得られる設定で計測されているか。

### <出来形管理図表の作成>

- 監督員は、受注者の実施した出来形管理結果を用いて、出来形管理状況を確認したか。(「2-2-2. 点群処理ソフトウェア」参照)

# 10. 電子成果品

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">電子成果品の作成</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子成果品の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子成果品の受理・確認</li> </ul>
<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">アンケート調査票の作成</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンケート調査票の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンケート調査票の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 「ICON」フォルダに格納されることとなっている電子成果品については、兵庫県の「工事完成図書の電子納品に関する運用指針(案)」で示す、「**ICON**」フォルダに格納することとする。なお、格納するデータについては、圧縮ファイルに変換することとする。
- ▶ TLSによる出来形管理では、出来形管理や数量算出の結果等の工事書類(電子成果品)が、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「**ICON**」フォルダに格納して提出する。監督員はその内容を確認する。
- ▶ 監督員は、ICT活用工事についてのアンケート調査を指示する。
- ▶ 受注者は、アンケート調査を作成し、提出する。



# 10-1. 電子成果品の作成

- ▶ 本手引きにおける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られている。本手引き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。

## 【ファイルの命名】

- ▶ 次の規則に従い格納すること。
  - ① 「ICON」フォルダの中に土工を示した「EW」のサブフォルダを作成する。
  - ② ①の下層に計測機器を示した「TLS」の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次ページの表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、次ページの表に示す命名規則に従うこと。
  - ⑤ 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別途作成し格納する。
  - ⑥ 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。
  - ⑦ 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。
  - ⑧ 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で良い。
  - ⑨ 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。

# 10-1. 電子成果品の作成

## <TLSによる出来形管理の電子成果品一覧>

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
<b>・3次元設計データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	DR	001~	—	TLS0DR001Z.拡張子
<b>・出来形管理資料</b> 出来形管理資料(PDF)または、 ビューワー付き3次元データ	TLS	0	CH	001~	—	TLS0CH001.拡張子
<b>・TLSによる出来形評価データ</b> CSV、LandXML、LASのポイントファイル	TLS	0	IN	001~	—	TLS0IN001.拡張子
<b>・TLSによる起工測量計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	EG	001~	—	TLS0EG001.拡張子
<b>・TLSによる岩線計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	SO	001~	—	TLSSOG001.拡張子
<b>・TLSによる出来形計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	TLS	0	AS	001~	—	TLS0AS001.拡張子
<b>・TLSによる計測点群データ</b> CSV、LandXML、LASのポイントファイル	TLS	0	GR	001~	—	TLS0GR001.拡張子
<b>・工事基準点及び標定点データ</b> CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル	TLS	0	PO	001~	—	TLS0PO001.拡張子

# 11. 検査

フロー	受注者の実務内容	検査員の実務内容
書面検査 ↓	• ICT活用工事に係わる書面検査 • 出来形計測に係わる書面検査	• ICT活用工事に係わる書面検査 • 出来形計測に係わる書面検査
実地検査	• 出来形計測に係わる実地検査	• 出来形計測に係わる実地検査

- ▶ 検査員は、書面検査時には、パソコンを使って納品された電子成果品を確認する。
- ▶ 検査員は、実地検査時には、現地に出向き設計値と実測値を計測して確認する。
- ▶ 検査終了後、監督員及び検査員により工事成績評定におけるICT活用について評価を行う。

# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

### □ 施工計画書の内容

- 「使用機械」においてICT対応の測量機器・ソフトウェア・ICT建設機械が記載されているか
- TLS・ソフトウェアのカタログは添付されているか
- TLS・ソフトウェアは計測性能や測定精度を有し、適正に保守点検が行われている機器か
- 施工方法に[起工測量][3次元設計データ作成][ICT建設機械の日常点検]について記載されているか
- 施工管理計画にICTを活用する出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準が記載されているか

### □ 工事打合せ簿の内容

- ICT活用工事計画書が提出されているか
- 具体的な対象範囲及び使用機器等が示され、監督員の確認を受けているか
- 出来形管理に使用する工事基準点や標定点について測量結果が提出されているか
- 精度確認試験結果報告書が提出されており、適正な測定精度を満たす結果であることが確認できるか
- 3次元設計データが設計図書等を元に正しく作成されていることが3次元設計データチェックシートにより確認できるか
- 平均断面法以外で数量計算を行う場合、数量計算方法について事前に監督員と協議を行っているか

# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

### □ TLS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。
- バラツキについては、各測定値の設計値と実測値の差をプロットした分布図の凡例に従い判定
- 具体には分布図及び計測点の個数から判断。また、規格値の±80%以内のデータ数、±50%以内のデータ数が、総データ数の概ね8割以上か否かで判断する。

作成帳票例(出来形管理図表)

測定項目		規格値	判定	測点						
平均値	12mm	-15mm以上 6mm以下								
最大値(個)	60mm	±90mm								
最小値(個)	-45mm	±90mm								
データ数	8000	1点/㎡以上 (7000点以上)								
評価面積	7000㎡									
基準点数	0	0.7%未満 (1点以下)								
<table border="1"> <tr> <td>規格外のばらつき</td> <td>規格値の±80%以内のデータ数</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>規格値の±50%以内のデータ数</td> <td>3000</td> </tr> </table>				規格外のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	6000		規格値の±50%以内のデータ数	3000	
規格外のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	6000								
	規格値の±50%以内のデータ数	3000								

#### <例1>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 988点

②規格値の±50%以内のデータ: 810点

上記の場合、

②±50mm以内のデータ数が: 810点

つまり、総データ数の8割が±50mm以内に収まっている(ばらつきが少ない)

⇒概ね規格値の±50%以内の結果である

#### <例2>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 950点

②規格値の±50%以内のデータ: 600点

上記の場合、

①±80mm以内のデータ数が: 950点

つまり、総データ数の8割が±80mm以内に収まっている(±50mmは満たしていない)

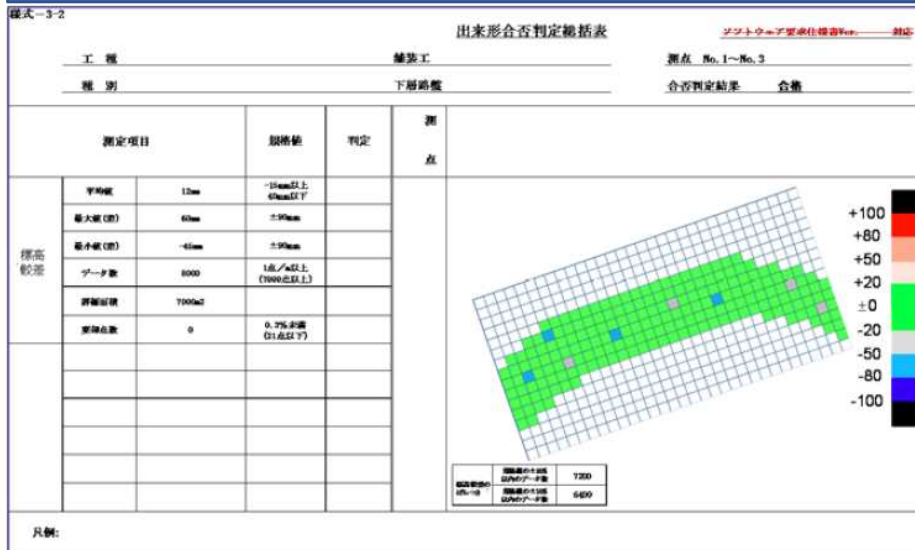
⇒概ね規格値の±80%以内の結果である

# 11-1. 書面検査

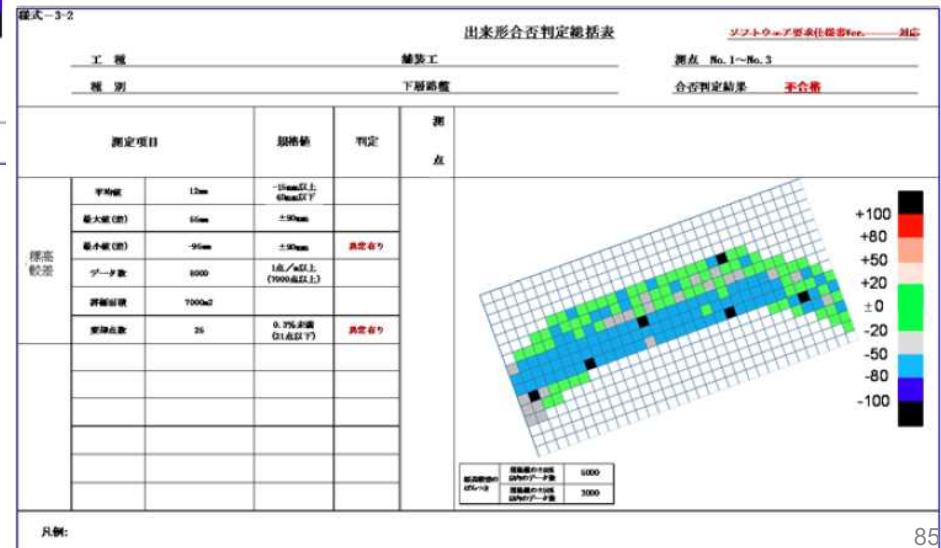
## ■ 検査員の書面検査

- TLS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 作成例 (合格の場合) >



< 出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合) >



# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

### □ 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(電子成果品)が、兵庫県の「工事完成図書  
の電子納品に関する運用指針(案)」で定める「**ICON**」フォルダに格納されていることを確認。

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
<b>・3次元設計データ</b> <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	TLS	0	DR	001～	—	TLS0DR001Z.拡張子
<b>・出来形管理資料</b> <small>出来形管理資料(PDF)または、 ビューワー付き3次元データ</small>	TLS	0	CH	001～	—	TLS0CH001.拡張子
<b>・TLSによる出来形評価データ</b> <small>CSV、LandXML、LASのポイントファイル</small>	TLS	0	IN	001～	—	TLS0IN001.拡張子
<b>・TLSによる起工測量計測データ</b> <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	TLS	0	EG	001～	—	TLS0EG001.拡張子
<b>・TLSによる岩線計測データ</b> <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	TLS	0	SO	001～	—	TLSSOG001.拡張子
<b>・TLSによる出来形計測データ</b> <small>LandXML等のオリジナルデータ(TIN)</small>	TLS	0	AS	001～	—	TLS0AS001.拡張子
<b>・TLSによる計測点群データ</b> <small>CSV、LandXML、LASのポイントファイル</small>	TLS	0	GR	001～	—	TLS0GR001.拡張子
<b>・工事基準点及び標定点データ</b> <small>CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル</small>	TLS	0	PO	001～	—	TLS0PO001.拡張子

# 11-2. 実地検査(出来形計測)

## ■ 検査員の実地検査(出来形計測)

- 検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所<sup>①</sup>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ことを検査する。(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)。
- 検査頻度は以下のとおり。**(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)**TS等を用いた実測値の計測は、1回の計測結果あるいは、複数回の計測結果を用いて算出してもよい。
- 新基準を適用できない場合は、「**土木工事施工管理基準**」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。

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
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

検査員による実地検査のイメージ



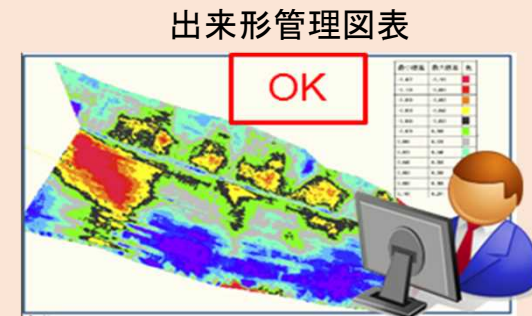


## 11-2. 実地検査(出来形計測)

### ■ 検査員の実地検査(確認手順の例)

#### ● 書面検査時

検査員は、電子納品物から出来形管理データを表示させて、**自らが指定した箇所**の3次元設計データの設計面の位置並びに標高、**受注者が計測した出来形管理値**の計測結果をメモする。



#### ● 実施検査時

検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS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。

出来形管理用TS



# ICT土工の手引き

## Ⅲ空中写真測量(UAV) を用いた出来形管理編

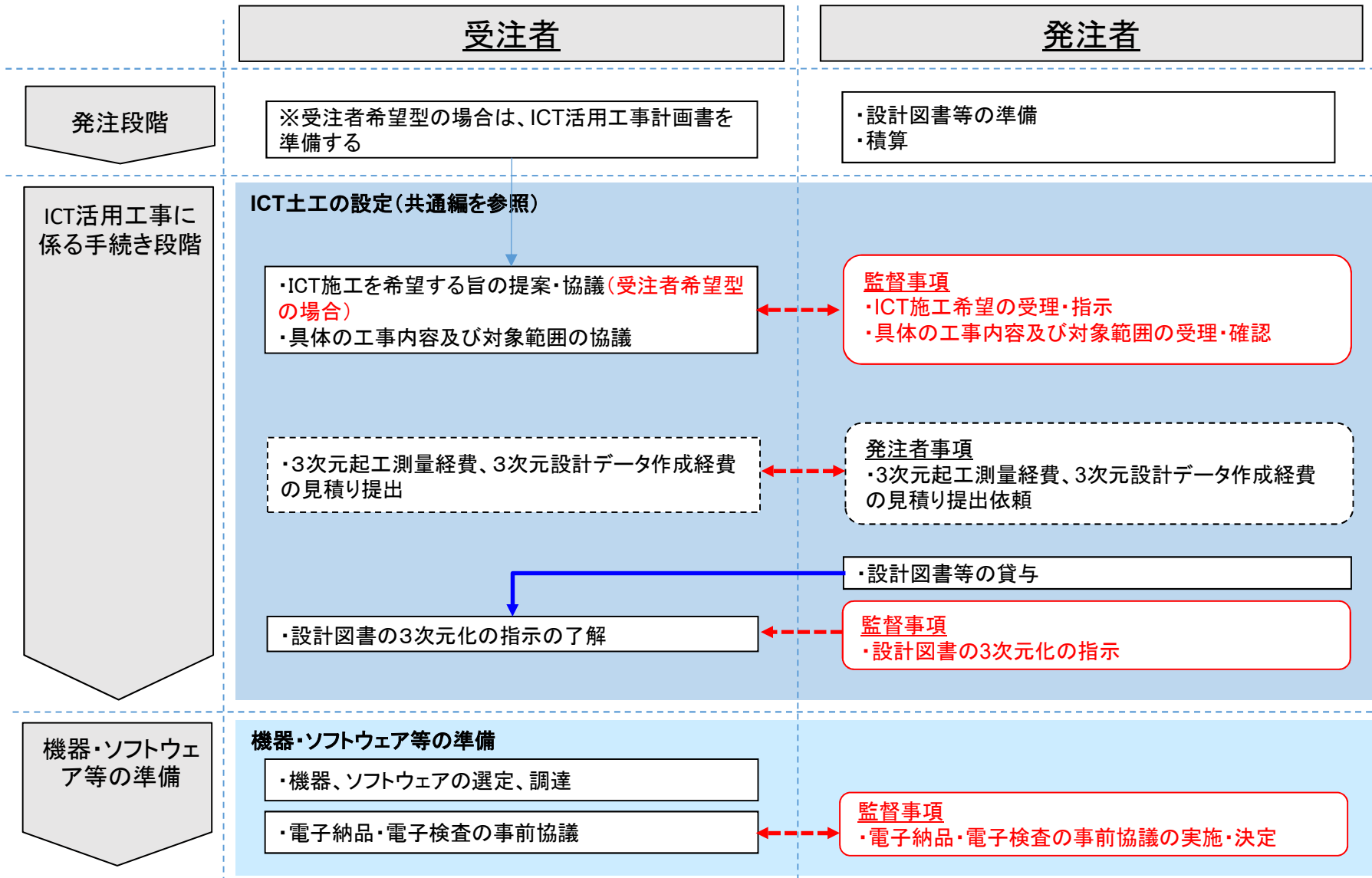
令和4年2月

兵庫県 県土整備部  
土木局 技術企画課

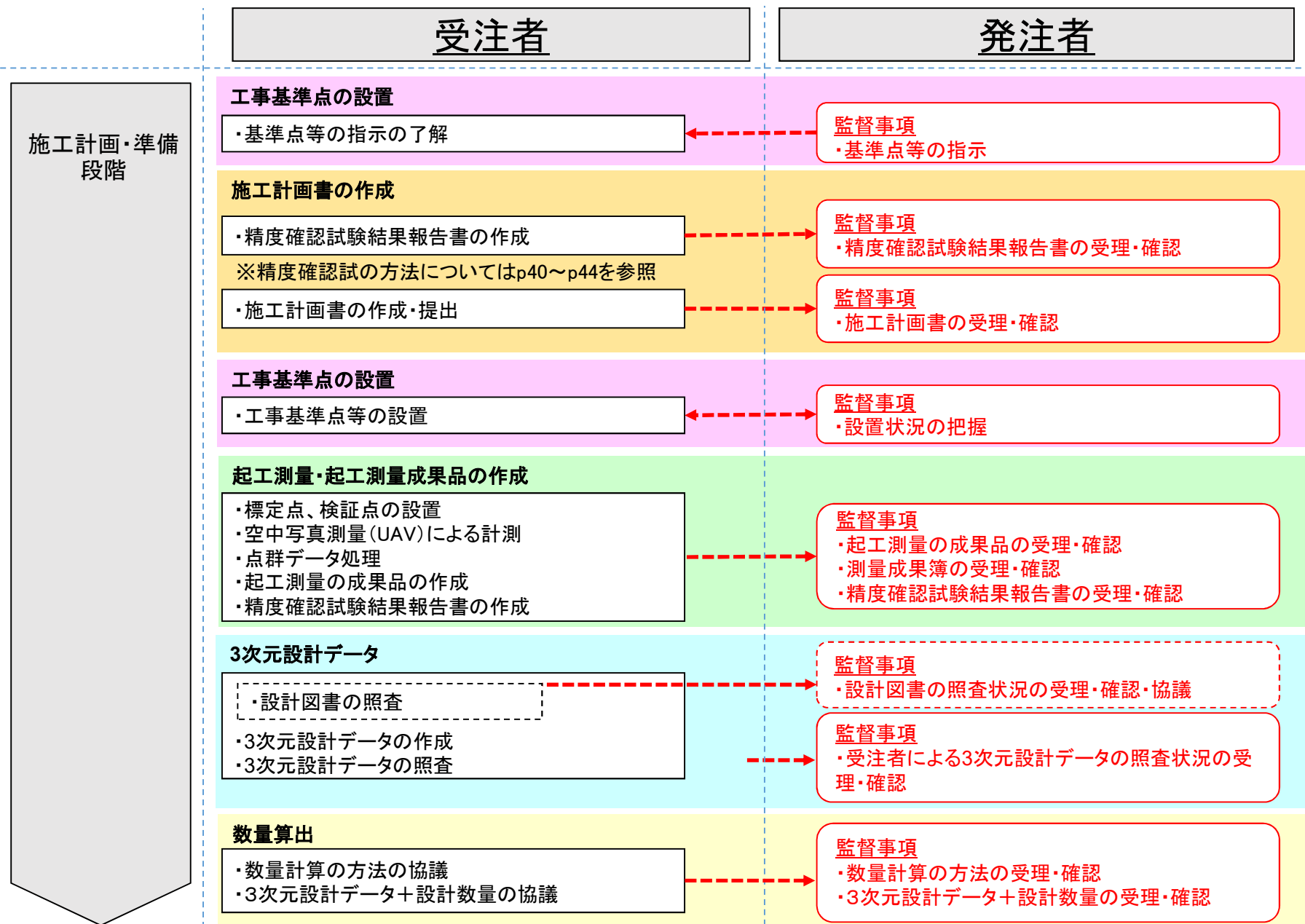
# 目次

• 空中写真測量(UAV)を用いた場合の流れ	P22	6. 3次元設計データ	P65
• 本手引きに適用する工種および測定項目	P25	6-1. 3次元設計データの作成	P66
		6-2. 3次元設計データの照査	P73
2. 機器・ソフトウェア等の準備	P26	3次元設計データのチェック事項	P76
2-1. 機器構成の確認	P27	7. 数量算出	P77
2-2. 機器・ソフトウェア等の準備	P28	8. 施工段階	P78
2-2-1. UAV・デジタルカメラ本体	P28	9. 出来形管理	P80
2-2-2. 写真測量ソフトウェア	P29	9-1. 出来形計測	P81
2-2-3. 点群処理ソフトウェア	P30	9-2. 出来形管理写真の撮影	P82
2-2-4. 3次元設計データ作成ソフトウェア	P35	9-3. 出来形管理資料の作成	P83
2-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア	P36	出来形管理のチェック事項	P84
2-2-6. 出来高(数量)算出ソフトウェア	P38	10. 電子成果品	P85
機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項	P39	10-1. 電子成果品の作成	P86
3. 施工計画書の作成	P41	11. 検査	P88
3-1. 施工計画書の作成・提出	P42	11-1. 書面検査	P89
施工計画書の作成におけるチェック事項	P46	11-2. 実地検査(出来形計測)	P93
4. 工事基準点の配置	P49		
4-1. 工事基準点の設置時の留意点	P50		
工事基準点の配置時のチェック事項	P51		
5. 起工測量・起工測量成果品の作成	P52		
5-1. 撮影計画	P53		
5-2. 標定点・検証点の設置	P54		
5-3. 空中写真測量の実施	P56		
5-4. 計測点群データの作成	P61		
5-5. 精度確認試験	P62		
起工測量・成果品の作成のチェック事項	P63		

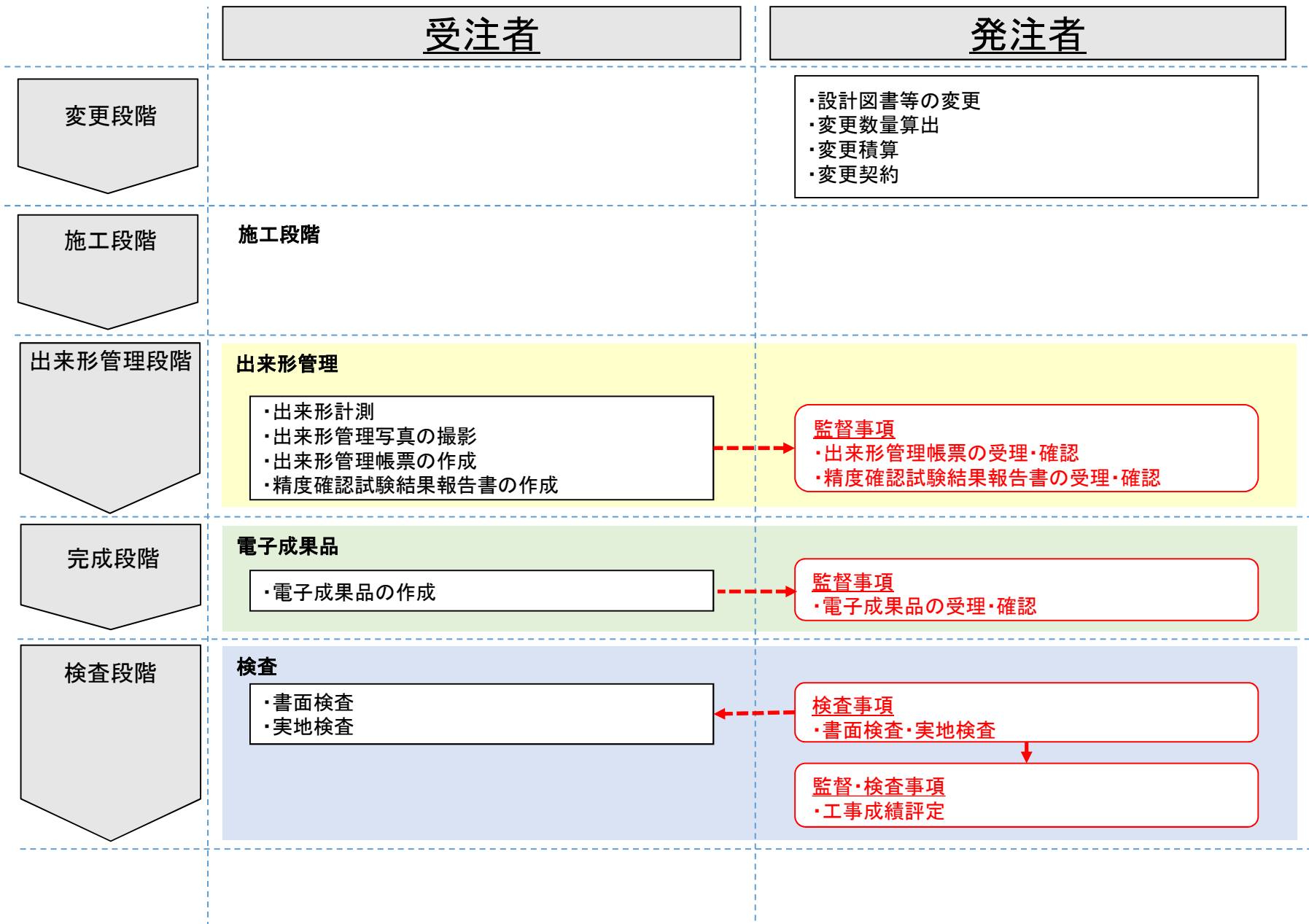
# 空中写真測量(UAV)を用いた場合の流れ(1/3)



# 空中写真測量(UAV)を用いた場合の流れ(2/3)



# 空中写真測量(UAV)を用いた場合の流れ(3/3)



# 本手引きに適用する工種および測定項目

編	章節		条(工種)	出来形測定項目	
第1編 共通編	第2章 土工	第4節 道路土工	第2条 掘削工	平場	標高較差
				法面(小段含む)	水平または標高較差
			第3条 路体盛土工 第4条 路床盛土工	天端	標高較差
				法面(小段含む)	標高較差
		第3節 河川・海岸・砂 防工	第2条 掘削工	平場	標高較差
				法面(小段含む)	水平または標高較差
			第3条 盛土工	天端	標高較差
				法面 4割<勾配	標高較差
				法面 $\geq$ 勾配(小段含む)	標高較差

## 2. 機器・ソフトウェア等の準備

### ▶ 機器・ソフトウェア等の準備の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器構成の確認</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な機器構成の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器構成の把握</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">機器・ソフトウェアの仕様確認</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用する機器・ソフトウェアの仕様を確認し、準備する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器本体の要求精度や精管理の把握</li> <li>各ソフトウェアの必要性能把握</li> </ul>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">電子納品・電子検査の事前協議</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子納品・電子検査の事前協議資料の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子納品・電子検査の事前協議の実施・決定</li> </ul>

- ▶ 施工を実施するために使用するICT機器類は、**受注者が調達**。
- ▶ UAVを用いた出来形管理に必要な機器・ソフトウェアは、「UAV本体」・「デジタルカメラ本体」・「写真測量ソフトウェア」・「点群処理ソフトウェア」・「3次元設計データ作成ソフトウェア」・「3次元出来形帳票作成ソフトウェア」・「出来高の数量算出ソフトウェア」。要領・基準等に準拠した適切な機器・ソフトウェアを選定し、出来形計測精度及び機器やソフトウェア間の互換性を確保。
- ▶ 機器・ソフトウェアは測量機器販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカー等より、購入またはリース・レンタルにより調達。
- ▶ 各メーカーによって機器・ソフトウェアの操作性・機能・コストが異なることから、事前に各メーカーのカタログ、HPなどから情報収集し、またはデモ等のサービスを利用し、操作性や機能を事前に確認。
- ▶ 電子納品及び電子検査を円滑に行うため、**工事着手時**に監督員と受注者で**事前協議し決定**。

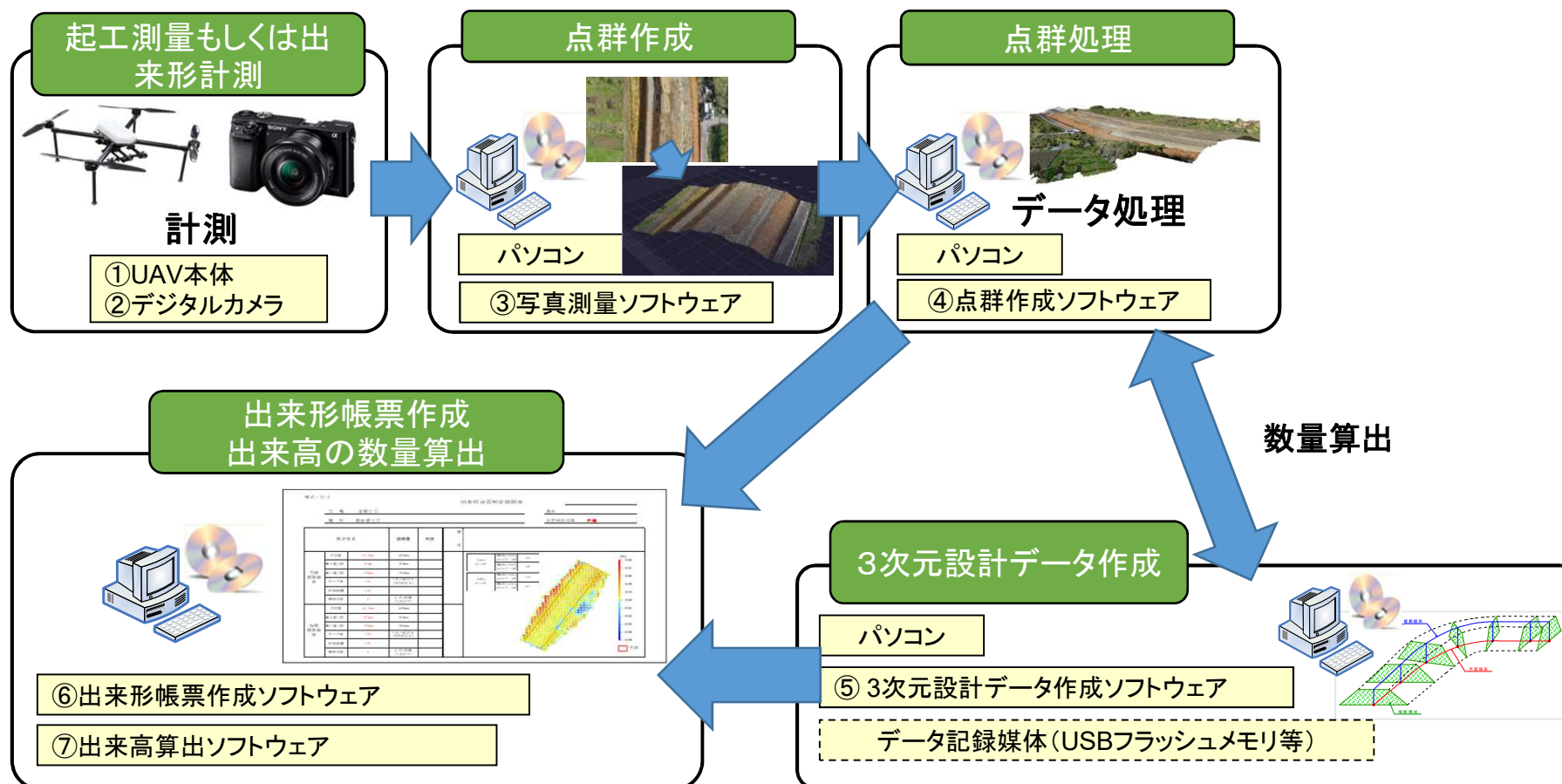
### 👉 ポイント

- ▶ 監督員及び受注者は、どのような機器やソフトウェアを準備し、各々に必要とされる性能や精度を理解する。
- ▶ **施工計画書**には、機器構成を明記するとともに、UAV本体と使用するカメラの**計測性能及び撮影計画**を添付する。使用する各ソフトウェアの「**メーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書**」を添付する必要がある。



## 2-1. 機器構成の確認

### ▶ UAVによる出来形管理の標準的な構成



### 👉ポイント

- ▶ UAV写真測量は現場の面的な出来形座標を取得する装置で、撮影した写真から点群を生成する技術である。
- ▶ ソフトウェアを動作するパソコンは、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。**

## 2-2. 機器・ソフトウェア等の準備

### 2-2-1. UAV・デジタルカメラ本体

- ▶ UAV、デジタルカメラ本体を利用して計測する場合、**下表に示す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。
- ▶ UAVの測定精度は、起工測量時に**精度確認試験**(p.61～を参照)を行い、計測点群作成時に確認する。

デジタルカメラ



インターバル撮影または遠隔でシャッター撮影できること

下表の地上画素寸法が確保できる画素数を有すること。  
 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。

デジタルカメラの計測性能	計測項目	地上画素寸法
	起工計測・岩線計測・出来高計測	20mm以内
	出来形計測	10mm以内

UAV



空中写真測量(UAV)の測定精度

空中写真測量(UAV)の測定精度	計測項目	要求精度
	起工計測・岩線計測	±100mm以内
	出来高計測	±200mm以内
	出来形計測	±50mm以内

- ✓ 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
- ✓ 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
- ✓ 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

精度確認試験の結果、測定精度が上記の要求精度以内であること



保守点検記録

製造メーカーによる保守点検記録(購入1年以内は購入日の分かる記録)  
 (UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて)

適正な精度管理がされていること

## 2-2-2. 写真測量ソフトウェア

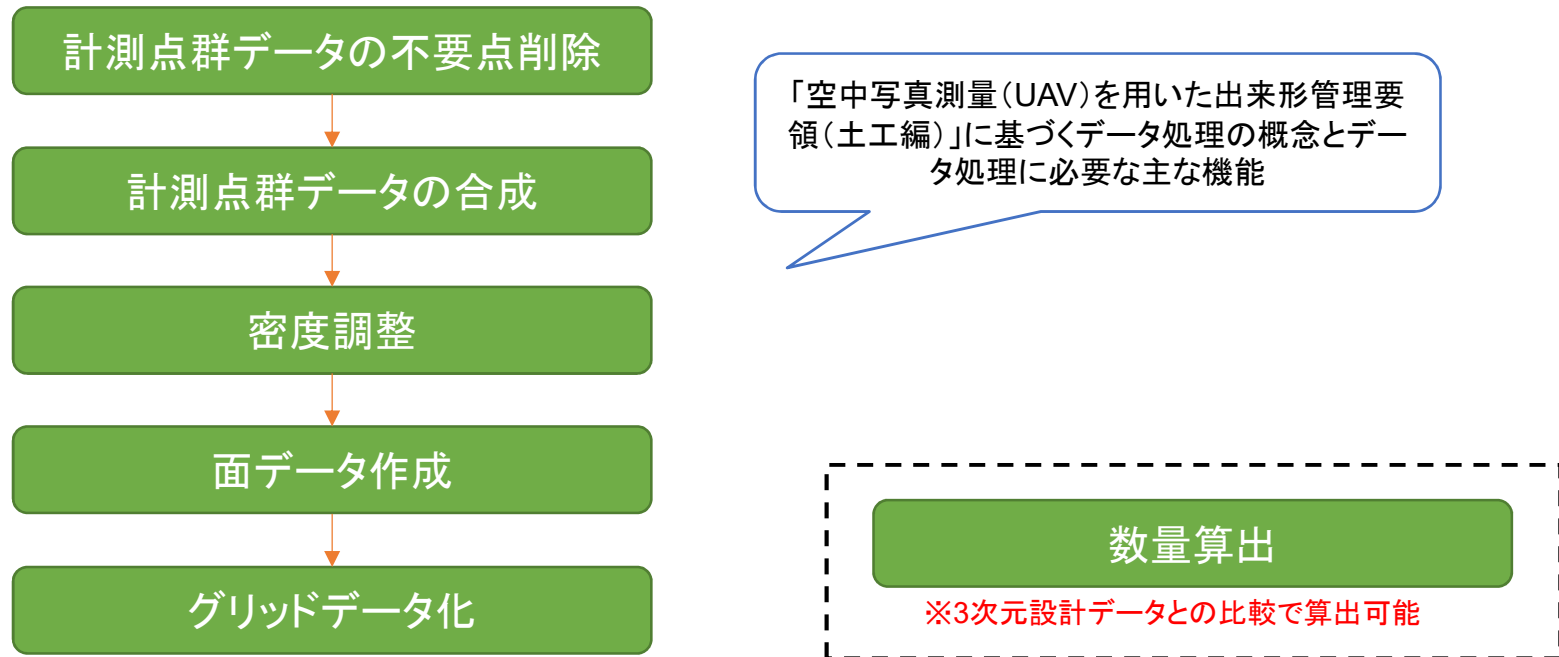
- ▶ 撮影した空中写真から空中写真測量及び3次元図化を行い、地形の座標値を算出する。



- ▶ 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**とする。
- ▶ **受注者は、使用する点写真測量ソフトウェアを施工計画書に記載するとともに、その機能・性能を確認できるカタログ等を施工計画書へ添付する。**

## 2-2-3. 点群処理ソフトウェア

- ▶ 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。



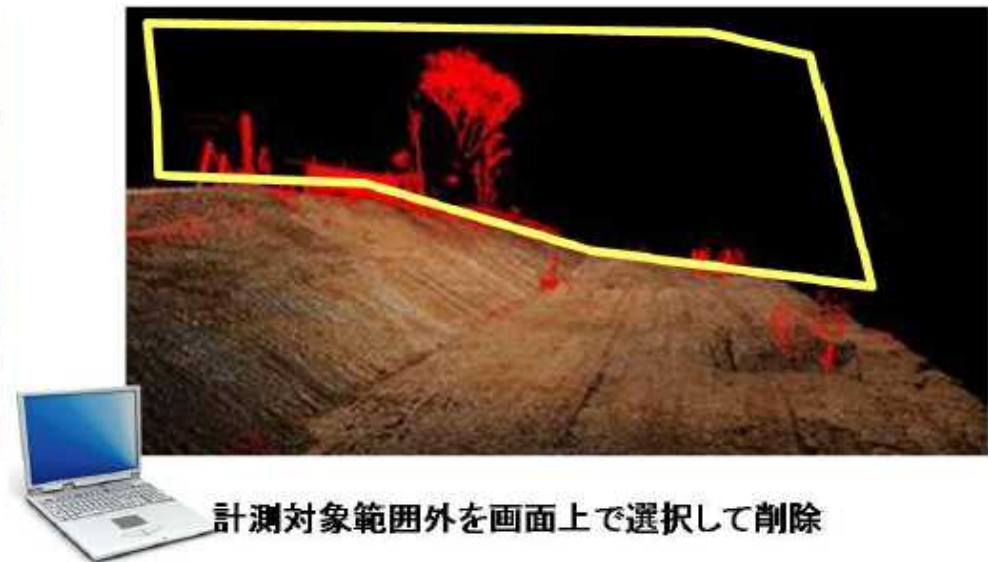
### ポイント

- ▶ 点群処理は、数量算出や出来形評価に最低限必要なデータのみとするため、必要となる作業である。
- ▶ **受注者は**、使用する点群処理ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付する**。

## 2-2-3. 点群処理ソフトウェア

### 計測点群データの不要点削除

- ▶ 空中写真測量では、管理対象物以外の点群データも取得されるため、出来形管理に不要な点を除去する。



計測対象範囲外を画面上で選択して削除

### ポイント

- ▶ 除去方法はソフトウェアに組み込まれている機能や、手動での範囲選択等がある。
- ▶ 除去段階において、出来形管理に影響する点を故意に排除したり作成してはいけない。
- ▶ 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。

## 2-2-3. 点群処理ソフトウェア

### 密度調整

- ▶ 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各段階に必要な密度まで減らす。

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定 (メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/0.01m <sup>2</sup> (0.1m x 0.1m) ※出来形評価用データは1点以上/1m <sup>2</sup> (1m x 1m)

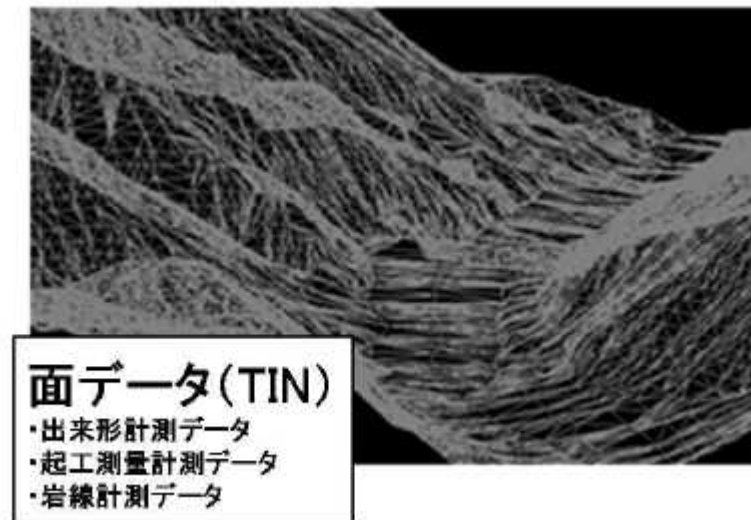
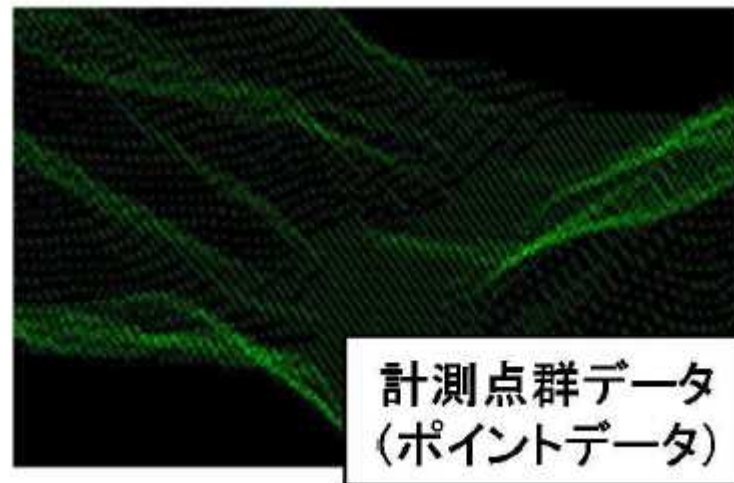
### ポイント

- ▶ **出来形評価に求められている計測密度以下にならないように注意する。**
- ▶ i-Constructionに対応しているソフトウェアであれば、設定したい密度を選択すると、それに応じた密度まで処理を行うことができる機能を有しているものが多い。
- ▶ 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をとってはならない。

## 2-2-3. 点群処理ソフトウェア

### 面データ作成

- ▶ 計測点群データの不要点削除が終了した点群を対象にTIN(不等三角網)を配置し、地形の面データを作成する。



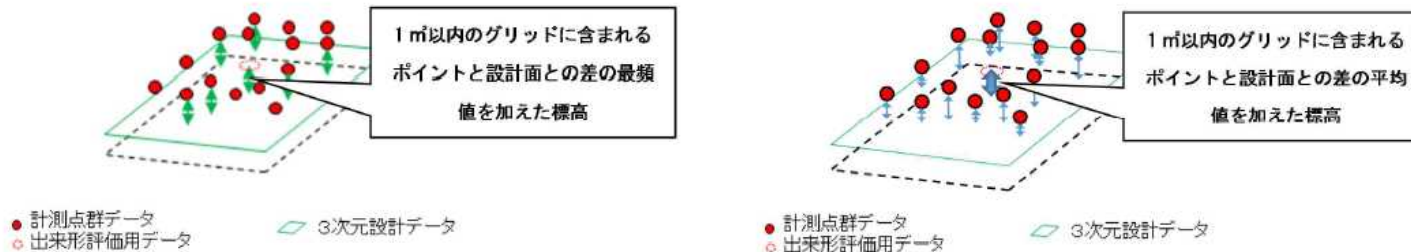
### ポイント

- ▶ 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形形状と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更してもよい。

## 2-2-3. 点群処理ソフトウェア

### グリッドデータ化(出来形評価用データ)

- ▶ 出来形評価用データとしては、計測対象面について $1\text{m}^2$ ( $1\text{m} \times 1\text{m}$ 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 $1\text{m}^2$ 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。あるいは、評価点を中心とする $1\text{m}^2$ 以内の実計測点の平均値を用いることもできる。



### グリッドデータ化のイメージ



### 点群データの密度を均一にする方法(例)

#### ポイント

- ▶ 上記以外にも、最近隣法・平均法・TIN法・逆距離加重法から算出される標高値を採用することも可能。
- ▶ 評価点の標高値は $1\text{m}^2$ 以内の実計測点の平均値あるいは設計面との最頻値を用いるため、設計面から最も近い差の値など、意図的に抽出した標高値を用いてはならない。



## 2-2-4. 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

座標系の選択、平面線形、縦断線形、横断形状、現況地形データの読込み(入力)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に入力値比較や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。

### 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。

### 👉 ポイント

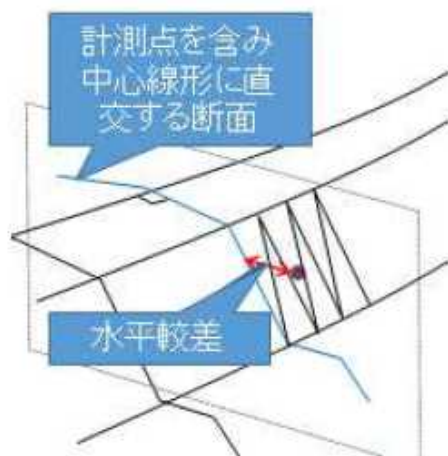
- ▶ 受注者は、3次元設計データ作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付**する。

## 2-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア

- ▶ 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。

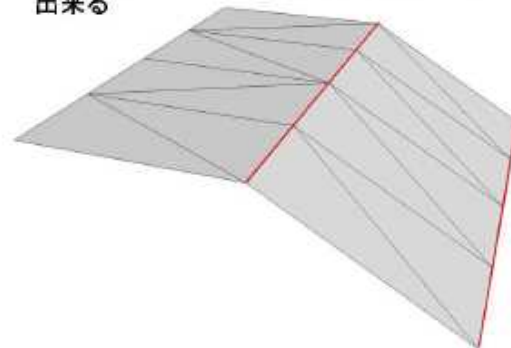
### 1) 出来形管理基準上の管理項目の計算結果の出力

- 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 各部位の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。(下図参照)
- ③ 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。



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の一辺も「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



位置をコントロールする線形

# 2-2-5. 出来形帳票作成ソフトウェア

## 2) 出来形分布図(出来形管理図表)

▶ 分布図が具備すべき情報としては、記載内容の通りとする

評価範囲全体が含まれる平面図

・工種  
・種別

・測定項目

・ 平均値  
・ 最大値  
・ 最小値  
・ データ数  
・ 評価面積  
・ 棄却点数  
  
を表形式で整理

作成帳票例(出来形管理図表)



・ 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%の範囲で結果を色分け。  
・ ±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示。  
・ データのポイント毎に結果をプロット。

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

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を明示することが望ましい。

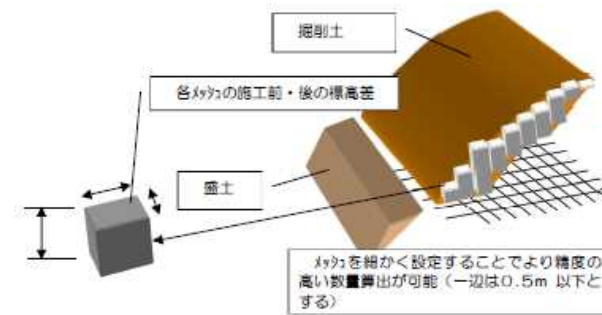
### ポイント

- ▶ ICT土工では、標高較差あるいは水平較差による出来形の良否判定をおこなう。
- ▶ 出来形分布図は(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成する。
- ▶ 発注者の求めに応じて規格値の50%、80%に収まっている個数について図中の任意の箇所に明示することが望ましい。
- ▶ **受注者は**、使用する出来形帳票作成ソフトウェアを**施工計画書に記載する**とともに、その機能・性能を確認できる**カタログ等を施工計画書へ添付する**。

# 2-2-6. 出来高(数量)算出ソフトウェア

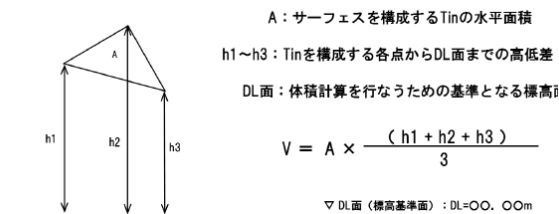
## 数量算出

- ▶ 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、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。
- ▶ 密度処理を行った点群から面を作成し、3次元設計データ(TINデータ)との差から数量算出を行う。
- ▶ 数量の算出方法は、平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方法がある。
- ▶ 数量算出方法については監督員と協議を行う。
  - ▶ 平均断面法
  - ▶ 点高法
  - ▶ TIN分割法を用いた求積
  - ▶ プリズモイダル法



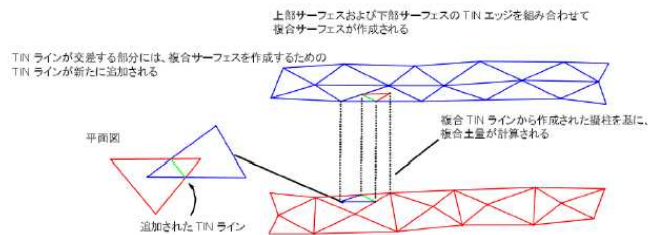
点高法による数量算出の条件と適用イメージ

### TIN分割法を用いた求積

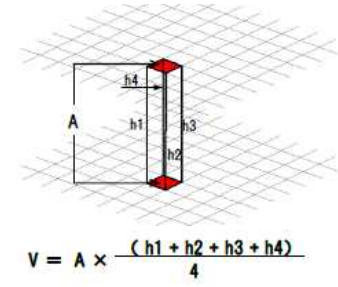


**ポイント**

### プリズモイダル法



### 点高法



- ▶ 施工範囲と数量が確認できる画面を出力する。
- ▶ 平均断面法で算出する場合、国土地理院の「三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル(案)」の適用を推奨する

# 機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項

## 【受注者①】

### <UAV本体>

- 以下の計測性能及び機能を有していることを把握したか
  - ・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航空機の許可要件に準じた機体であること
- 1年に1回以上、製造メーカー等による保守点検が実施されているか

### <カメラ本体>

- 計測に必要な計測性能(地上画素寸法等)を有しているか(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)
- 製造メーカー等による保守点検が実施されているか(必須ではなく、必要に応じて)

### <写真測量ソフトウェア>

- ソフトウェアの推奨動作環境(CPU,GPU,メモリ等)は問題ないか。
- 空中写真から空中写真測量及び3次元図化を行い、地形の座標値を算出する機能を有しているか。

### <点群処理ソフトウェア>

- ソフトウェアの推奨動作環境(CPU,GPU,メモリ等)は問題ないか。
- 計測点群の合成、ノイズ除去及び不要点の削除、点群密度の変更、グリッドデータ化、TINの作成等を行う機能を有しているか。

### <3次元設計データ作成ソフトウェア>

- 要素読込(入力)機能は満たされているか。(座標系の選択、平面線形・縦断線形・横断形状・現況地形データの読込(入力)機能)
- 3次元設計データ等の確認機能、設計面データ作成機能、3次元設計データ作成機能、座標系変換機能、3次元設計データ出力機能を有しているか。

# 機器・ソフトウェア等の準備におけるチェック事項

## 【受注者②】

### ＜3次元出来形帳票作成ソフトウェア＞

- 取得した計測データと3次元設計データの面データとの離れを算出し、出来形管理基準の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果を算出可能か。
- 評価結果およ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るか。

### ＜出来高の数量算出ソフトウェア＞

- 数量計算方法（①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法等）について、監督員と書面で協議を行ったか。

### ＜電子納品・検査について＞

- 電子納品・電子検査の事前協議を行ったか

### ＜施工計画書への添付資料＞

- 「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」、「デジタルカメラの性能が分かるカタログ」、「UAVの保守点検記録」、「UAVおよびデジタルカメラの機能・性能を確認できる資料」、「使用する各ソフトウェアのカタログ」

## 【監督員】

### ＜電子納品・検査について＞

- 電子納品・電子検査の事前協議の実施・決定を行ったか

### ＜その他＞

- 施工計画書へは、「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」、「デジタルカメラの性能が分かるカタログ」、「UAVの保守点検記録」、「UAVおよびデジタルカメラの機能・性能を確認できる資料」、「使用する各ソフトウェアのカタログ」が添付されるため、その際に提出されているかを確認する。

### 3. 施工計画書の作成

▶ 施工計画書作成時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">                     施工計画書の作成                 </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用するICT建機の仕様を記載</li> <li>• 適用工種、適用区域の記載</li> <li>• 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を記載</li> <li>• 使用機器・ソフトウェアの機器構成、名称を記載</li> <li>• UAV及び使用するデジタルカメラの計測性能を記載し、保守点検記録を添付</li> <li>• ソフトウェアの仕様が分かるカタログ等を添付</li> <li>• 撮影計画の記載</li> <li>• 飛行マニュアルの添付</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 施工計画書の確認・受理</li> </ul>

- ▶ 施工計画書には、使う機械や機器、それらの精度確認結果や性能を確認できるカタログ等の添付が必要となる。
- ▶ 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は、ICT用(面管理)と従来用で分かるように記載し、その箇所や値が間違っていないか確認する。
- ▶ 基本的には従来通りの施工計画書の形式に、ICT機械や機器の使用に伴う手順や確認書類の追加が必要となるイメージでよく、分けて考える必要はない。
- ▶ 施工計画書の提出段階において、必要な書類が揃わない場合もあるため、受注者はその旨を施工計画書に記載するか、もしくは監督員と協議し、必要書類が揃った段階ですみやかに提出を行う。

# 3-1. 施工計画書の作成・提出

## 施工計画書への記載事項例

### 指定機械

使用するICT建機を記載

4. 指定機械

機械名	規格	台数	使用工種	備考
MCバックホウ	1.4m3	1	掘削工	

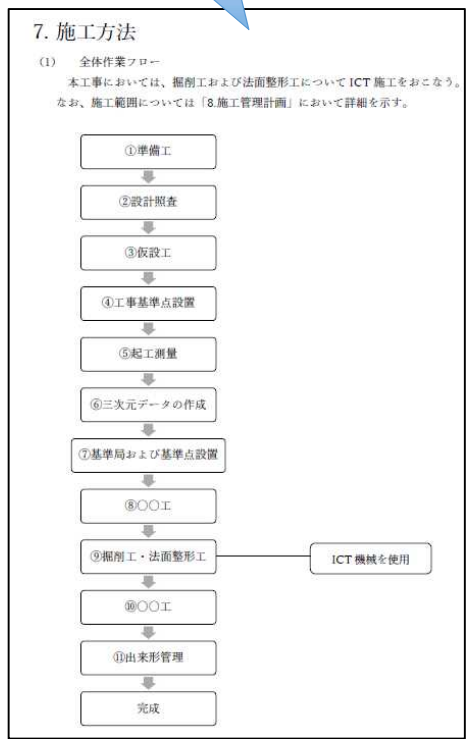
5. 主要船舶・機械

機械名	規格	台数	使用工種	備考
ダンプトラック	10 t	○	残土処理工	排出ガス対策型
バックホウ	0.7m3 ICT対応	1	掘削工・法面整形工	カ
バックホウ	0.7m3	1	〇〇工	カ
バックホウ	0.7m3	1	〇〇工	カ

### 主要船舶・機械

### 施工方法

ICT施工の流れが分かるように記載することが望ましい



### ICT建機の仕様

使用するICT建機の仕様分かるような記載。

1) 使用機器  
油圧ショベル (0.7m3)

2) 測位方法  
RTK-GNSS方式を採用する。

3) 装着機器詳細

機器名	仕様	機能	型式	台数	備考
GNSS受信機	GNSS受信機 GNSSアンテナ×2 アンテナ×2	GNSS受信機 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1	GNSS受信機 GNSSアンテナ×2 GNSSアンテナ×1 GNSSアンテナ×1	1式	測位機器
ストロークセンサー 制御センサー	ストロークセンサー 制御センサー ストロークセンサー ストロークセンサー	ストロークセンサー 制御センサー ストロークセンサー ストロークセンサー	ストロークセンサー 制御センサー ストロークセンサー ストロークセンサー	1式	測位機器
計測機	作業種別対応 計測機	計測機 計測機	計測機 計測機	1式	測位機器
車体傾斜センサー	車体傾斜センサー 傾斜センサー	車体傾斜センサー 傾斜センサー	車体傾斜センサー 傾斜センサー	1台	測位機器
カメラ	カメラ	カメラ	カメラ	1台	測位機器
作業機	作業機	作業機	作業機	1式	測位機器
PPV圧力センサー	作業機 PPV圧力センサー	作業機 PPV圧力センサー	作業機 PPV圧力センサー	1式	測位機器
GPSアンテナ	GPSアンテナ	GPSアンテナ	GPSアンテナ	1式	測位機器
カメラ	カメラ	カメラ	カメラ	1式	測位機器

4) システムから提供される情報・補助

項目	提供される情報・補助	備考
測位	三次元設計データ共有機能 電子丁場機能	測位・測位機能
作業	本体操作支援情報の提供 照射方向誘導	測位・測位機能
安全	照射位置誘導 照射位置誘導	測位・測位機能
管理	照射位置誘導 照射位置誘導	測位・測位機能



# 3-1. 施工計画書の作成・提出

## 施工計画書への記載事項例

### ICT建機の精度確認について

5) ICT バックホウ搬入に際し、キャリブレーションをおこなう  
 6) ICT バックホウの日常点検  
 日々の点検を下記チェックシートに記載された項目について作業開始前に実施する。

作業開始のチェック項目（作業記録）(3D) (4) (5) (6)

検査項目	確認箇所	チェック結果						
		確認日	検査員	確認日	検査員	確認日	検査員	
1) GPS	・監視員	・GPS受信機が正常に動作しているか ・GPS受信機が正常に動作しているか ・GPS受信機が正常に動作しているか ・GPS受信機が正常に動作しているか						
2) GPS	・上部観測機位置	・GPS受信機が正常に動作しているか ・GPS受信機が正常に動作しているか ・GPS受信機が正常に動作しているか						
3) レーザ	・バックホウ ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	・バックホウが正常に動作しているか ・アーム部が正常に動作しているか ・ブーム部が正常に動作しているか ・本体部が正常に動作しているか						
4) トレーサ	・バックホウ部 ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	・バックホウ部が正常に動作しているか ・アーム部が正常に動作しているか ・ブーム部が正常に動作しているか ・本体部が正常に動作しているか						
5) データ確認	・位置情報 ・作業時間 ・作業量	・位置情報が正常に取得されているか ・作業時間が正常に記録されているか ・作業量が正常に記録されているか						

ICT建機の精度によって仕上がり面の出来形精度に影響が出てくるため、納入時や使用前に精度確認を実施する必要がある。

その手法と確認シート様式を添付し、提出する旨を記載しておくことが望ましい。

### 施工管理計画

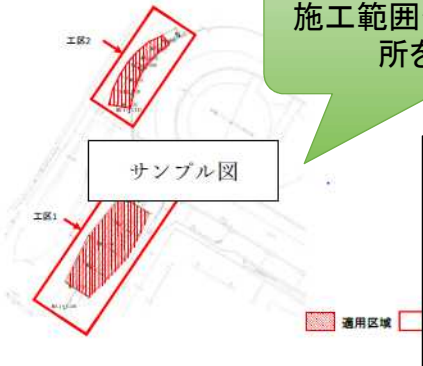
#### 8. 施工管理計画

- (1) 工程管理
- (2) 品質管理
- (3) 出来形管理
- (4) ICT 施工に係る出来形管理

種	章	節	工種	適用の有無
共通工	土工	道路土工	掘削工	○
			法面整形工	○

3次元出来形管理を行う工種の記載

② 施工範囲  
 施工範囲は下記赤色部分。



施工範囲や出来形管理箇所を明示する

面管理の場合の出来形管理基準を記載する

#### ③ 出来形管理基準

工種	測定箇所	測定項目	規格値 (mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平面	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、注4	
	法面(1/段差凸)	水平法延標高較差	±70	±160		

# 3-1. 施工計画書の作成・提出

## 施工計画書への記載事項例

### 使用機器・ソフトウェア

⑤ 使用機器・ソフトウェア  
当該工事において利用する機器およびソフトウェアについて、「空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理要領」に定められた性能および機能を有するものを使用する。メーカーカタログ等は巻末に別途添付する。

種別	名称	規格(バージョン等)
トータルステーション	TOPCON GPT-9005A	国土地理院2級A
UAV	ZION QC630	
デジタルカメラ	SONY α6000	
3次元設計データ作成ソフトウェア	福井コンピュータ EX-TREND 武蔵	
写真測量ソフトウェア	TOPCON Image Master UAS	
点群処理ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT	
出来形根拠作成ソフトウェア	福井コンピュータ TRENDPOINT	
※根拠作成はExcel使用	Microsoft Excel	

項目	本業務(計画計画あるいは確認方法)	要領の記載内容
計測性能	地上画素寸法: 0.7cm/画素以内 ※飛行高度50m時、1cm未満となる 最大飛行高度71.48m なお、後述する2)地上画素寸法の算出にて根拠を示す。	地上画素寸法: 1cm/画素以内
測定精度	要領参考資料-3に示される「キャリブレーションおよび精度確認試験報告書」に基づいて、起工測量時、および出来形計測前に実施する。	測定精度: ±5cm以内(XYZ各成分)
保守点検	巻末に別途添付する。	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

機器構成や名称等が分かるように記載

機器の仕様を記載

・UAV (ZION QC630)

機体寸法	628mm (モータ軸間)、1009mm (直径)
機体高	254mm
機体重量	1.4kg (機体のみ)、2.2kg (バッテリー含む)
離陸重量	6.0kg
耐風速	10m/s 以下
滞空(ホバリング)時間	8~15分
最高速度	72km/h 水平: 20m/s 上昇: 5m/s
最大到達高度	150m
動力用バッテリー	Zion Lipo 6セル 99wh x1

・デジタルカメラ (SONY α6000)

型式	フラッシュ内蔵レンズ交換式デジタルカメラ
撮像素子	APS-Cサイズ (23.5 x 15.6mm)、"Exmor"APS HD CMOS センサー
カメラ有効画素数	約 2430 万画素
総画素数	約 2470 万画素
アスペクト比	3.02:00
画像ファイル形式	JPEG (DCF Ver.2.0、Exif Ver.2.3、MPF Baseline) 準拠、RAW(ソニー ARW 2.3 フォーマット)
記録画素数 (縦横比 3:2)	Lサイズ: 6000 x 4000(24M)、Mサイズ: 4240 x 2832(12M)、Sサイズ: 3008 x 2000(6M)
使用レンズ	ソニーEマウントレンズ 焦点距離: 28mm F.E. 2/2.8

要求される精度について、どのように確認するか、また、証明する資料を添付するか記載

精度確認試験結果報告書、メーカー推奨の定期点検記録の添付



メーカー推奨の定期点検記録

点群処理や3次元設計データ作成等に用いたソフトウェアの、仕様が確認できるカタログ等を添付する。

各ソフトウェアのカタログ

# 3-1. 施工計画書の作成・提出

## 施工計画書への記載事項例

⑥ 空中写真測量 (UAV) による計測

無人航空機の飛行に関しては、平成27年9月に航空法の一部が改正により、平成27年12月10日からのフライト等が無人航空機の飛行コースが承認されている。本現場では、航空法の規定に係る該当項目がなかったため、「無人航空機の飛行に関する許可・承認」は特に必要であった。

無人航空機の飛行の許可が必要となる空域 (以下の3項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

1 空港などの周辺 (進入前面等) の上空領域	該当
2 150m以上の高さの空域	該当
3 人口集中地区 (市街地) の上空	該当

図 静岡県富士市 D10地区と空港上空区域の分布 赤：D10地区 (国土地理院)   
<http://maps.gsi.go.jp/#8/35.563312/140.339355/kaase=std&is=std&D0d=2010/0700kaure&dt=111&td=kouare&v=1.00/U0u70&v=1>

1 夜間飛行	該当なし
2 目視外飛行	該当なし
3 30m未満の飛行	該当なし
4 イベント上空飛行	該当なし
5 危険物輸送	該当なし
6 物件落下	該当なし

飛行禁止エリアへの該当有無

撮影計画の記載。  
 オーバーラップ、飛行ルート、地上画素寸法の算出根拠等

2) 地上画素寸法の算出

計測性能として、撮影計画上の地上画素寸法が1cm/画素以内と定められている。地上画素寸法は、使用するデジタルカメラの解像度と飛行高度より算出し、以下のとおり、地上画素寸法を確認した。

被写体までの距離 (m)	50m
焦点距離 (mm)	28mm
水平撮影範囲 (m)	41.96m
垂直撮影範囲 (m)	27.88m
水平m/m/画素	6.99mm/画素
垂直m/m/画素	6.99mm/画素

上記諸元の解説図

1画素あたりの寸法算出根拠

⑧ 空中写真測量

1) 飛行計画

国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル (案)」に準じて飛行計画をおこなう。撮影は垂直撮影を基本とする。なお現場での作業日数は1日程度とする。対象土工は比高が7m程度であることから、天端から対地高度約50mで飛行する。さらに、離着陸時以外は、基本的に自律飛行とする。図2.1の土工範囲を網羅するように、延長方向は+2.0m程度、横方向は+2、3m程度延伸するように計画する。

計測諸元	
対地高度	50m
オーバーラップ率 (計測方向)	90%
サイドラップ率 (調整方向)	60%
コース間隔	11.1m



⑦ 標定点・検証点の設置

1) 配置

標定点・検証点は、国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル (案)」に従い、以下の観点とする。検証点は、UAVを用いた出来形管理要領に従い、以下の設置観点にて設置する。

要領の記載内容	本業務
外部標定点 辺長100m 間隔程度以内 (内部を含め最低4点)	4点
内部標定点 辺長200m 間隔程度以内	3点
検証点 天端上辺長200m 間隔程度以内 (最低2点)	4点

・外部標定点：4点  
 計測対象範囲を包含し、辺長100m以内

・内部標定点：3点  
 辺長200m以内

・高高度標定点  
 ・低高度標定点

■検証点

・検証点：4点  
 外部標定点の中間に1点

合計：11点

工区1 (天端、法面、小段)

・外部標定点：4点  
 計測対象範囲を包含し、辺長100m以内

・内部標定点：3点  
 辺長200m以内

・高高度標定点  
 ・低高度標定点

■検証点

・検証点：4点  
 外部標定点の中間に1点

合計：11点

工区2 (法面)

現場内における標定点及び検証点の位置を記載

3) 撮影枚数

工区1			
飛行コース長	70m	水平撮影範囲	41.96m
コース数	3	ラップ率	90%
撮影枚数 (1コース)	$70m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) \div 100) \times 17$ 枚		
撮影枚数 (予定)	31枚		
工区2			
飛行コース長	50m	水平撮影範囲	41.96m
コース数	3	ラップ率	90%
撮影枚数 (1コース)	$50m \div (41.96m \times (100\% - 90\%) \div 100) \times 12$ 枚		
撮影枚数 (予定)	36枚		

⑨ 計測点密度

空中写真測量 (UAV) を用いた計測では、下表の必要な計測点が取得できるように、データ処理段階で、所定の計測点密度を設定し、作成する。

	本業務 (実施計画)	要領の記載内容
総工測量	○あたり1点以上	0.5m2あたり1点以上
出来形測量	○あたり1点以上	0.5m2あたり1点以上

# 施工計画書の作成におけるチェック事項

## 【受注者①】

### <使用するICT建設機械について>

- 指定機械または、主要船舶・機械において、使用するICT建設機械の仕様や使用する工種を記載したか

### <施工方法>

- 起工測量や出来形計測では標定点の設置等について、ICT建設機械による施工では測位方法について、それらの設置準備作業等も加わるため、それらのフローがわかるように記載したか

### <3次元設計データ>

- 3次元設計データチェックシートおよび、チェック入りの工事基準点リスト、線形計算書、平面図、縦断図、横断図、3次元ビューを提出したか。(チェック実施後、すみやかに提出する)
- 3次元設計データ作成に用いるソフトウェアのカタログを添付したか。

### <ICT建設機械>

- ICT建設機械の機器構成、測位方法等が分かる情報を記載したか
- 日々の精度確認を行う旨およびその方法を記載し、チェック資料の様式を添付したか(精度管理をしているということが分かる資料)

### <使用機器・ソフトウェア>

- 使用するUAV・カメラ本体、写真測量ソフトウェア、点群処理ソフトウェア、3次元設計ソフトウェア、出来形帳票ソフトウェア、出来高(数量)算出ソフトウェアの構成や名称を記載したか
- 各ソフトウェアの性能を確認できるカタログを添付したか
- 安全飛行マニュアルを提出したか
- 飛行予定区域はUAVの飛行許可が必要な区域か。また必要な場合は、飛行前に許可申請書を作成し該当官庁の許可を得ているか。
- カメラキャリブレーション実施記録は提出したか
- 撮影計画は提出したか
- 計測機器本体の保守点検・検査成績書等を提出したか
- UAV・カメラ本体の精度確認試験結果報告書を提出したか(実施後すみやかに提出する)

# 施工計画書の作成におけるチェック事項

## 【受注者②】

### <出来形管理>

- 面管理を実施する適用工種を記載したか。
- 3次元計測を実施する範囲を平面図や横断図で分かるように記載したか。(土工部を包括するように)
- 各断面における出来形管理適用箇所及び、使用計測機器を明示したか。
- 出来形管理を実施する箇所を記載し、該当する出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準を記載したか。

# 施工計画書の作成におけるチェック事項

## 【監督員】

### <使用するICT建設機械について>

- 指定機械または、主要船舶・機械において、使用するICT建設機械の仕様や使用する工種が記載されているか

### <3次元設計データ>

- 3次元設計データチェックシートおよび、チェック入りの工事基準点リスト、線形計算書、平面図、縦断図、横断図、3次元ビューを提出されているか。
- 3次元設計データ作成に用いるソフトウェアの性能が分かるカタログ等が添付されているか。
- 使用するソフトウェアは「2-2-3. 3次元設計データ作成ソフトウェア」に示す機能を有しているか。

### <ICT建設機械>

- ICT建設機械の機器構成、測位方法等が記載されているか
- 日々の精度確認を行う旨、およびその方法と様式等の確認できる資料が添付されているか

### <使用機器・ソフトウェア>

- 使用するUAV・カメラ本体、写真測量ソフトウェア、点群処理ソフトウェア、3次元設計ソフトウェア、出来形帳票ソフトウェア、出来高(数量)算出ソフトウェアの機器構成や名称が記載されているか
- 各ソフトウェアの性能を確認できるカタログを添付されているか(仕様については、p25～参照)
- 安全飛行マニュアルが添付されているか
- 飛行予定区域はUAVの飛行許可が必要な区域か。また必要な場合は、飛行許可申請書は添付されているか。
- カメラキャリブレーション実施記録は添付されているか
- 撮影計画のラップ率、検証点、標定点の設置間隔及び頻度は満足しているか(p52～参照)
- 計測機器本体の保守点検・検査成績書等が添付されているか
- デジタルカメラの地上画素寸法が10mm以内であるか(出来形計測以外は20mm以内)

### <出来形管理>

- 適用工種は正しく記載されているか。
- 3次元計測を実施する範囲は、協議で決定した範囲となっているか。
- 出来形管理を実施する箇所、該当する出来形管理基準及び規格値・出来形写真管理基準が正しく記載されているか。

## 4. 工事基準点の配置

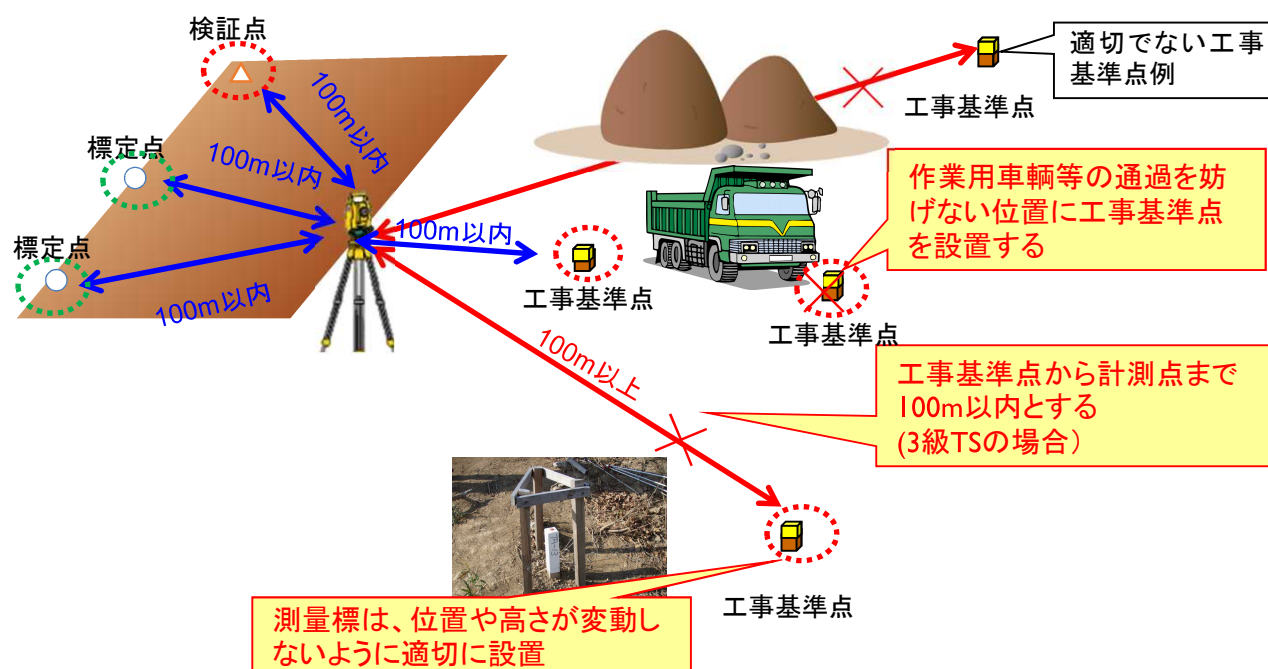
フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
工事基準点の設置	<ul style="list-style-type: none"><li>既設基準点の検測</li><li>工事基準点の設置</li><li>標定点、検証点の設置</li><li>測量成果、設置状況と配置箇所を提出</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>基準点等の指示、設置状況の把握</li></ul>

- ▶ UAVを用いた出来形管理では、工事基準点を用いて3次元座標値への変換を行う。
- ▶ 出来形計測の精度を確保のためには、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確保が重要となる。
- ▶ UAVの標定点、検証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配置しておくことが有効。
- ▶ 標定点、検証点を計測する場合は、基準点からTSまでの距離と、標定点等からTSまでの計測距離(斜距離)の制限は、3級TSを利用する場合100m以内(2級TSは150m)となる。

### ポイント

- ▶ 実施内容は、従来と同じ。
- ▶ ICT施工となることで、起工測量から出来形管理まで基準点を必要とする頻度が増えたりすることから、精度や設置箇所に注意する必要がある。

## 4-1. 工事基準点の設置時の留意点



・UAVによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

- (1) TSの設置位置から工事基準点までの距離(TS設置時)
- (2) TSの設置位置から標定点、検証点までの距離

### 留意点

UAVによる出来形管理で利用するTS(2級TSか3級TS)を確認して、工事基準点を配置する。

### 補足

- ・カメラ位置計測を併用するUAVで計測する場合は標定点の設置は任意とする。
- ・起工測量、岩線計測、出来高計測では、GNSSローバーによる計測も認められている。



# 工事基準点の配置時のチェック事項

## 【受注者】

### ＜工事基準点の設置＞

- UAVの標定点、検証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たか
- 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形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、検証点を計測する場合は基準点からTSまでの距離、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を使用する場合は100m以内、2級TSを使用する場合は150m以内としたか

### ＜工事基準点の設置計画＞

- 基準点の設置精度は十分管理されているか
- 機械設置時の使用点の計画を立案したか
- 後方交会法に用いるプリズムは正しく工事基準点あるいは基準点上に設置しているか
- 測量成果、設置状況と配置箇所を打合せ簿で監督員に提出したか

## 【監督員】

- 基準点の指示を行ったか
- 測量成果を受領し、設置状況と配置箇所を確認したか

## 5. 起工測量・起工測量成果品の作成

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
撮影計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定ラップ率、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できるソフトウェアを用いて計画を行う</li> </ul>	
標定点及び検証点の設置・計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測結果を3次元座標へ変換するための標定点設置</li> <li>計測精度を確認するための検証点の設置</li> </ul>	
空中写真測量の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>空中写真測量の実施</li> <li>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。</li> </ul>	
計測点群データの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測したデータを写真測量ソフトウェアに読み込み、地形等の3次元座標を算出</li> <li>上記の点群から不要点を除去し、点群データを作成する</li> </ul>	
精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記で取得した点群データ上で、精度確認を行い、結果報告書を提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度確認試験結果報告書の受理・確認</li> </ul>
起工測量の成果品の作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>起工測量の成果品の作成・提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>起工測量の成果品の受理・確認</li> </ul>

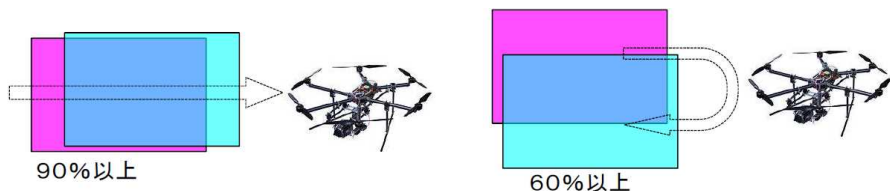
- ▶ 起工測量時の**測定精度は100mm以内**とし、**計測密度は0.25m<sup>2</sup>(0.5m×0.5mメッシュ)あたり1点以上**とする。
- ▶ 受注者は起工測量の成果品を作成し提出する。監督員はその内容を確認。
- ▶ 受注者より精度確認試験結果報告書が提出される。監督員はその内容を確認。

# 5-1. 撮影計画

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。

## ラップ率

		要領の記載内容
ラップ率(進行方向)	実際のラップ率を確認しない場合	<b>90%以上で計画</b>
	実際のラップ率を確認する場合	<b>80%以上</b>
ラップ率(隣接方向)		60%



※デジタルカメラのインターバル撮影間隔とUAVの飛行速度は、ラップ率を考慮して設定する必要がある。

## 対地高度

	要領の記載内容
飛行高度	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。

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



## ポイント

- ▶ 進行方向のラップ率が90%以上、隣接方向は60%以上であることを確認する。
- ▶ 進行方向のラップ率が80%以上の飛行計画が提出された場合は、**80%以上であることを証明する方法の記載**を確認する。
- ▶ 撮影区域の高低差が大きい場合、ラップ率は対地高度の小さい条件で設定してあることを確認する。
- ▶ 反対に地上画素寸法は対地高度の大きい条件で設定してあることを確認する。

## 5-2. 標定点・検証点の設置

- ▶ 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の設置個所を計画する。

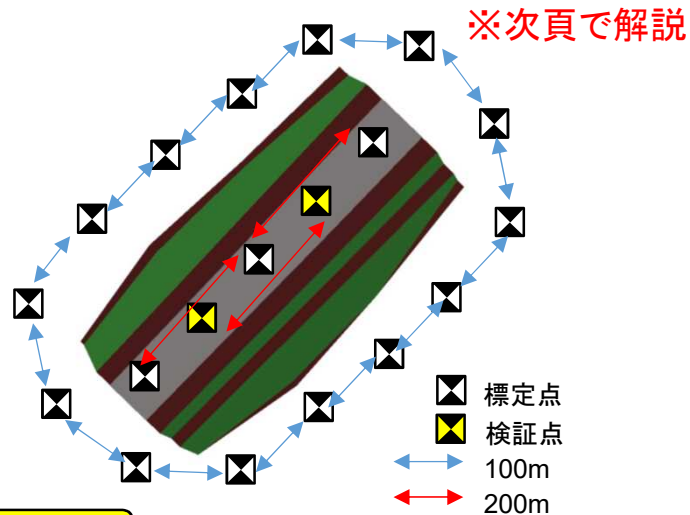
### 設置基準

要領の記載内容	
外部標定点	辺長100m間隔以内(内部含め4点)
内部標定点	辺長200m間隔以内
検証点	天端上 辺長200m間隔以内(最低2点)

### 設置方法

要領の記載内容	
測定方法	4級基準点および3級水準点と同等以上
対空標識種別	四角の場合辺長、円形の場合直径が5画素以上とする 白黒を標準とするが状況により変更できる 標識は上空に向かって45度以上の視界を確保する 内部標定点及び検証点は地表面に設置することを基本とする

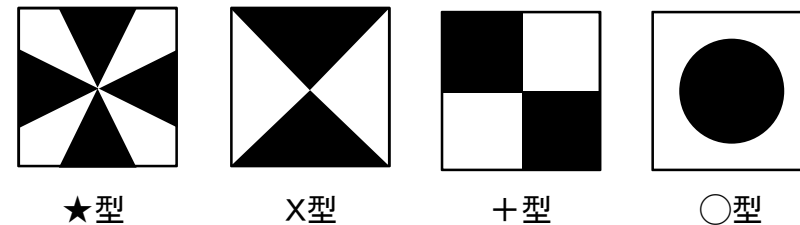
### 標定点・検証点の設置イメージ



### ポイント

- ▶ 標定点・検証点は設置基準に従い配置されていて、かつ設置点数が満足していることを確認する。
- ▶ 標定点・検証点を計測する精度が、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か確認する。

### 対空標識



# 5-2. 標定点・検証点の設置

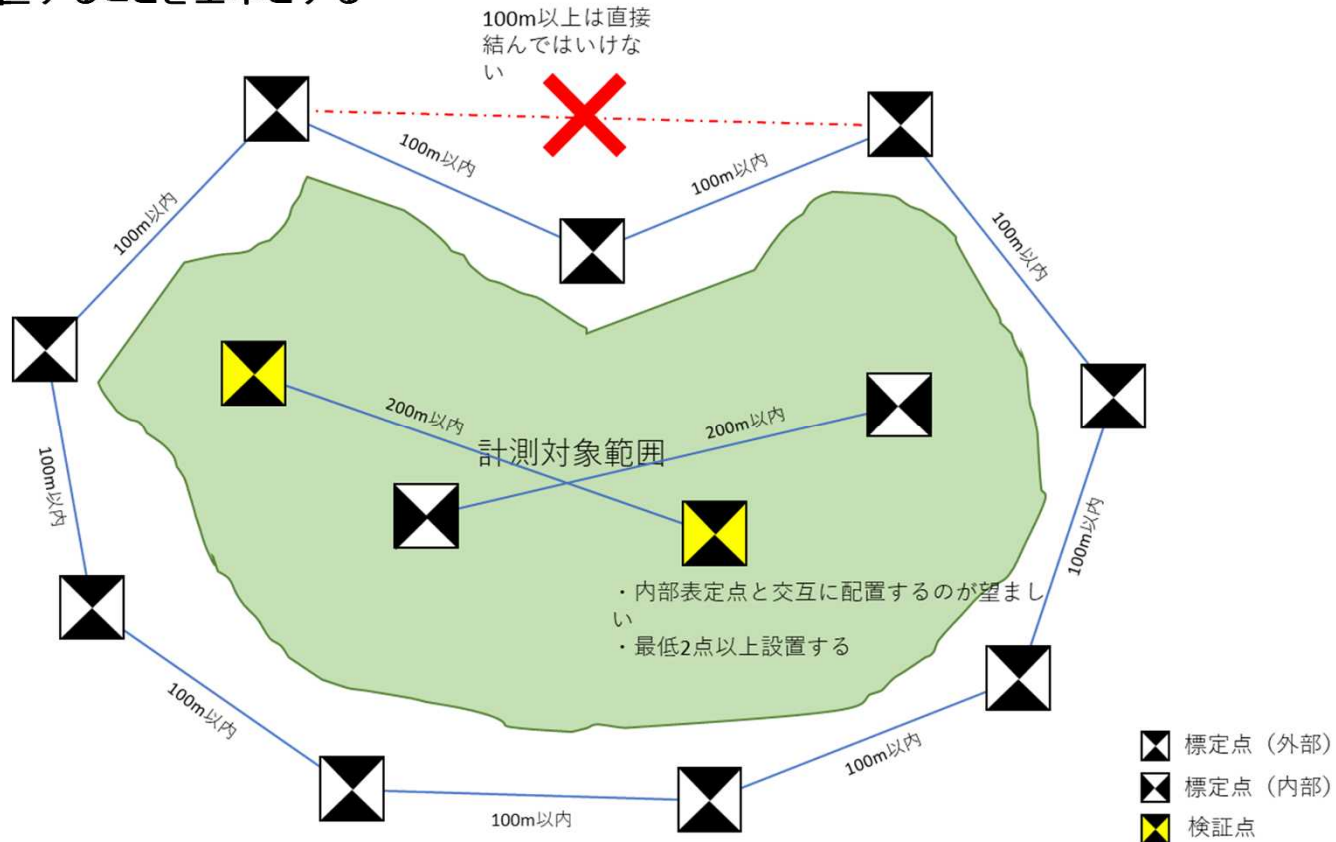
解説

## 標定点の配置

- 外部標定点  
撮影区域外周に100m間隔以内で設置
- 内部標定点  
天端上に200m間隔以内で設置  
地表面に設置することを基本とする

## 検証点の配置

- 天端上に200m間隔以内で設置
- 内部標定点と交互に配置する事が望ましい
- 最低2点以上設置する
- 地表面に設置することを基本とする



# 5-3. 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。

→①機体の機能及び性能 ②無人航空機を飛行させる者の飛行履歴・知識・技能 ③安全を確保するための体制の

3つの観点を総合的に判断し柔軟に対応する。※「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領(概要)より」

## ①機体の機能及び性能

### 仕様書



機体直径	628mm(モータ軸間),1009mm(直径)
機械高	254mm
機体重量	1.4kg(機体のみ),2.2kg(バッテリー含む)
離陸重量	6.0kg
耐風速	10m/s 以下
滞空(ホバリング時間)	ペイロードなし: 35分 ペイロード6kg: 16分
最高速度	72km/h 水平: 20m/s 上昇: 5m/s
最大到達高度	150m

### ポイント

- ▶ 使用するUAVのペイロード(搭載量)が、**搭載するデジタルカメラの重量を満足しているか**確認する。
- ▶ 撮影計画を満足するペイロード滞空時間か確認する。
- ▶ 保守点検を**飛行日から1年以内**に実施しているか確認する。

## 保守・点検記録

メーカー DJI 機械番号 M64DDH16020153  
 コードNo. 4000177600 点検日 2017年 4月 21日

### 点検項目

No	項目	結果
1	機体本体の外損確認	済・未
2	プロペラの外損確認	済・未
3	ウィングの外損確認	済・未
4	プロポ二台外損確認	済・未
5	機体本体の動作確認	済・未
6	モーターの動作確認	済・未
7	ジンバルの動作確認	済・未
8	プロポの動作確認	済・未
9	プロポと機体の通信確認	済・未
10	カメラ動作確認	済・未
11	プロポバッテリー満充電確認	済・未
12	機体バッテリー満充電確認	済・未
13	機体本体	済・無
14	風速計	済・無
15	プロポ	済・無
16	バッテリー×6個	済・無
17	プロペラ一式	済・無
18	UAV用工具一式	済・無
19	充電器一式	済・無
20	カメラ	済・無
21	カメラ収納ケース	済・無
22	カメラ充電器	済・無
23	本体収納ケース	済・無

# 5-3. 空中写真測量の実施

## ②無人航空機を飛行させる者の飛行履歴・知識・技能

**無人航空機を飛行させる者に関する飛行履歴・知識・能力確認書**

無人航空機を飛行させる者 : ○○ ○○

確認事項		確認結果
飛行履歴	無人航空機の種類別に、10時間以上の飛行履歴を有すること。	□適 / □否
知識	航空法関係法令に関する知識を有すること。	□適 / □否
	安全飛行に関する知識を有すること。 ・飛行ルール（飛行の禁止空域、飛行の方法） ・気象に関する知識 ・無人航空機の安全機能（フェールセーフ機能等） ・取扱説明書に記載された日常点検項目 ・自動操縦システムを装備している場合には、当該システムの構造及び取扱説明書に記載された日常点検項目 ・無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制 ・飛行形態に応じた追加基準	□適 / □否
能力	一般 飛行前に、次に掲げる確認が行えること。 ・周囲の安全確認（第三者の立入の有無、風速・風向等の気象等） ・燃料又はバッテリーの残量確認 ・通信系統及び推進系統の作動確認	□適 / □否
	遠隔操作の機体※1 GPS等の機能を利用せず、安定した離陸及び着陸ができること。	□適 / □否
	自動操縦の機体※2 自動操縦システムにおいて、適切に飛行経路を設定できること。	□適 / □否
	飛行中に不具合が発生した際に、無人航空機を安全に着陸させられるよう、適切に操作介入ができること。	□適 / □否

※1 遠隔操作とは、プロポ等の操縦装置を活用し、空中での上昇、ホバリング、水平飛行、下降等の操作を行うことをいう。遠隔操作を行わない場合には「遠隔操作の機体」の欄の確認結果について記載は不要。

※2 自動操縦とは、当該機器に組み込まれたプログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。自動操縦を行わない場合には「自動操縦の機体」の欄の確認結果について記載は不要。

上記の確認において、基準に適合していない項目がある場合には、下記の表に代替的な安全対策等を記載し、航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないことを説明すること。

項目	代替的な安全対策等及び安全が損なわれるおそれがないことの説明

記載内容が多いときは、別紙として添付すること。

**安全飛行に関する知識**  
 禁止空域や気象に関する知識、日常点検安全を確保するために必要な体制に関する知識等

**一般確認能力**  
 周囲の安全確認、燃料、バッテリー通信機器等の確認

**遠隔操作の機体に対する能力**  
 GPS等の機能を利用せず安定した離陸及び着陸ができること

**自動飛行の機体に対する能力**  
 自動操縦システムにおいて適切に飛行設定ができること

**ポイント**

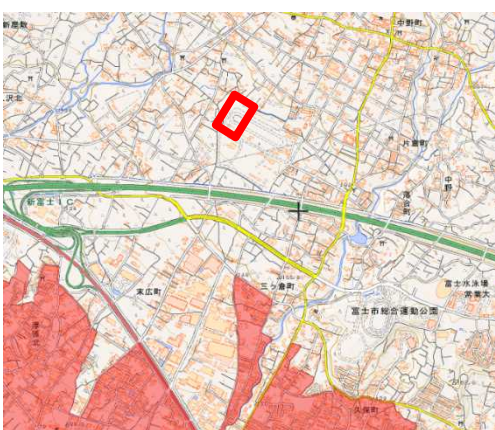
- ▶ 要資格ではない。
- ▶ 無人航空機を**10時間以上操縦した経験**を有していることを確認する。

# 5-3. 空中写真測量の実施

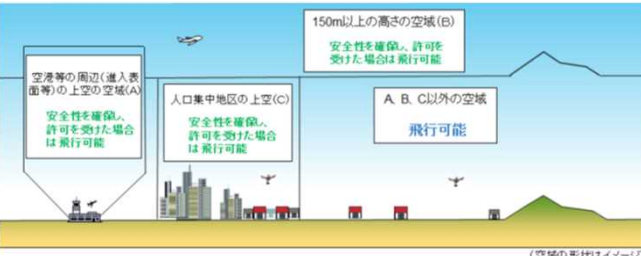
## ③安全を確保するための体制

▶ 飛行予定区域はUAVの飛行許可が必要な区域なのか確認する必要がある。

### 飛行予定区域の確認 (例: DID地区)



### 飛行許可が必要となる空域



### 承認が必要となる飛行方法



### 飛行許可申請書(例)

(様式1) 平成 年 月 日

無人航空機の飛行に関する許可・承認申請書

氏名  
及び住所  
(連絡先)

前記法(昭和27年法律第281号)第132条ただし書の規定による許可及び同法第132条の2ただし書の規定による承認を受けたいので、下記のとおり申請します。

飛行の目的	<input type="checkbox"/> 空撮 <input type="checkbox"/> 郵便取材 <input type="checkbox"/> 警備 <input type="checkbox"/> 農林水産業 <input type="checkbox"/> 測量 <input type="checkbox"/> 環境調査 <input type="checkbox"/> 設備メンテナンス <input type="checkbox"/> インフラ点検・保守 <input type="checkbox"/> 資材管理 <input type="checkbox"/> 輸送・宅配 <input type="checkbox"/> 自然観測 <input type="checkbox"/> 事故・災害対応等 <input type="checkbox"/> 遊覧 <input type="checkbox"/> その他( )
飛行の日時	
飛行の経路	
飛行の高度	地表等からの高度 <input type="text"/> m 海拔高度 <input type="text"/> m
飛行禁止空域を飛行させる理由	<input type="checkbox"/> 進入表面、転移表面若しくは水平表面又は延長進入表面、円錐表面若しくは外側水平表面の上空の空域(空港等名称) <input type="checkbox"/> 地表又は水面から150m以上の高さの空域 <input type="checkbox"/> 人又は家屋の密集している地帯の上空 (理由)
第132条の2各号に掲げる方法によらずに飛行させる理由	<input type="checkbox"/> 夜間飛行 <input type="checkbox"/> 目視外飛行 <input type="checkbox"/> 人又は物件から30m以上の距離が確保できない飛行 <input type="checkbox"/> 催し場所上空の飛行 <input type="checkbox"/> 危険物の輸送 <input type="checkbox"/> 物件投下 (理由)

(注)氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。

国土交通省「許可・承認の申請手続きの概要」  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000042.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html)

### ポイント

- ▶ 平成27年9月の航空法の一部改正により、平成27年12月10日からUAVの飛行ルールが導入されている。
- ▶ 飛行予定区域は飛行許可が必要な空域または、承認が必要となる飛行の方法か確認する。
- ▶ 第三者の所有地の上空を飛行する際には、申請の有無に関わらず、所有者の同意を求めることが必要。



## 5-3. 空中写真測量の実施

### ③安全を確保するための体制

- ▶ 現場でUAVを飛行させるための安全管理対策

#### 安全飛行マニュアル記載事項

(1) 無人航空機の点検・整備	a) 機体の点検・整備の方法 b) 機体の点検・整備の記録の作成方法
(2) 無人航空機を飛行させる者の訓練	a) 知識及び能力を習得するための訓練方法 b) 能力を維持させるための方法 c) 飛行記録(訓練も含む。)の作成方法 d) 無人航空機を飛行させる者が遵守しなければならない事項
(3) 無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制	a) 飛行前の安全確認の方法 b) 無人航空機を飛行させる際の安全管理体制 c) 無人航空機の飛行による人の死傷、第三者の物件の損傷、飛行時における機体の紛失又は航空機との衝突若しくは接近事案といった非常時の対応及び連絡体制

#### ポイント

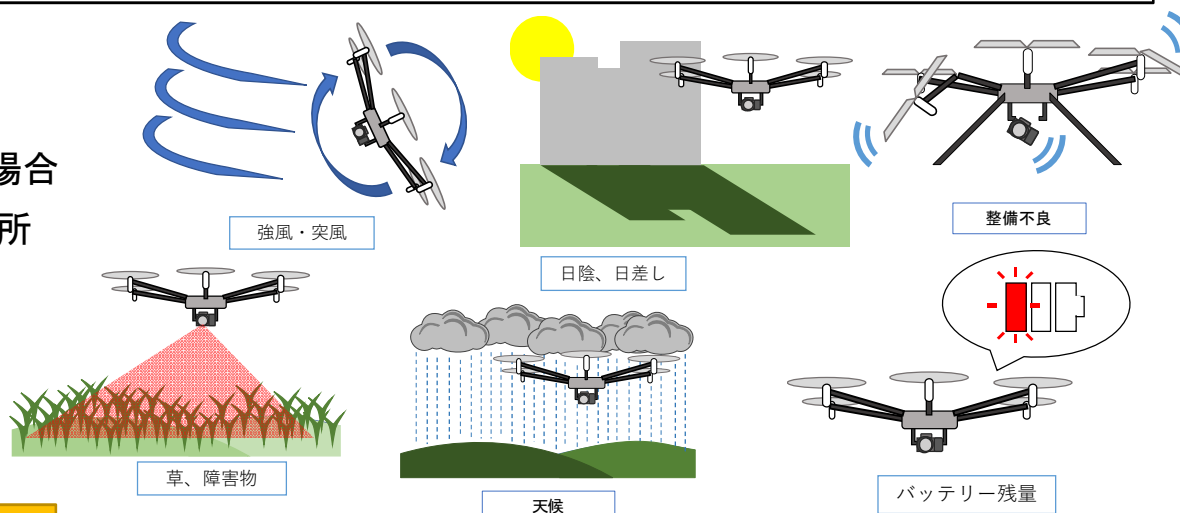
- ▶ 当該現場条件(高圧線、近隣民家、通行人、気象等)をふまえた内容か確認。
- ▶ 操縦者には安全に関する基礎知識や適切な技能が求められているか確認。
- ▶ 事故発生時の対応や、緊急連絡体制が明確に記載されていることを確認。

## 5-3. 空中写真測量の実施

### 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



### 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。

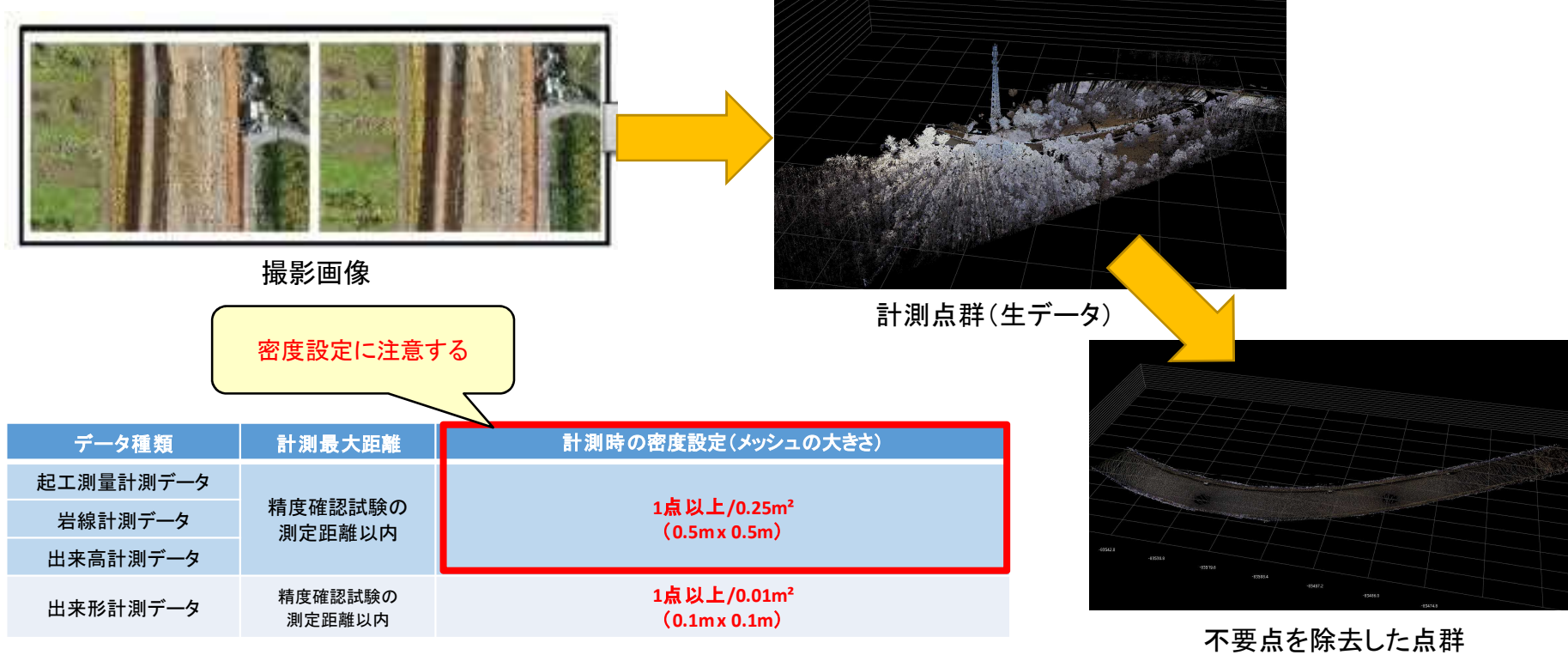
- ▶ 同一コースは、直線かつ等高線の撮影となるように飛行する。
- ▶ 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル(2枚の空中写真の組み合わせ)以上形成できるように飛行する。

### ポイント

- ▶ 飛行計画書に記載された飛行ルート、高度、ラップ率とする。
- ▶ 飛行マニュアルに記載された留意事項を遵守する。

# 5-4. 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。



## ポイント

- ▶ 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(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)

# 5-5. 精度確認試験

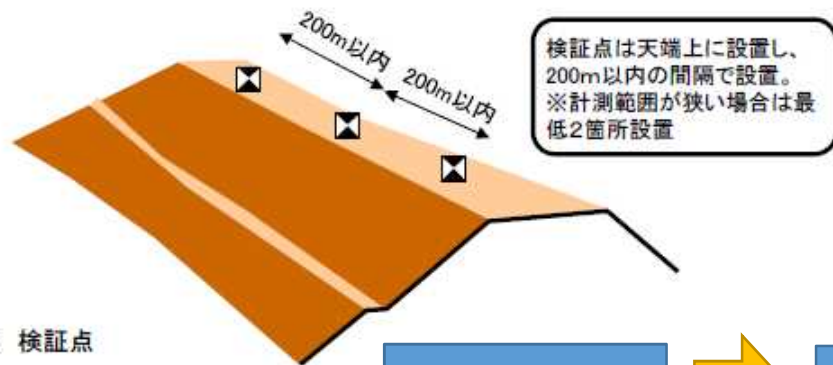
## 精度確認試験

※「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)」の参考資料-4、様式-2、精度確認試験結果報告書に従うものとする

- ▶ 現場に設置した検証点の、**TS\***による計測結果と**UAV**による計測結果を比較する。
- ▶ 真値となる座標値は、**工事基準点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。
- ▶ 本試験は空中写真測量による**計測毎**に実施する。

※起工測量、岩線計測、出来高計測時の検証点の計測は**GNSSローバー**を利用してもよい。(GNSSローバーの精度確認試験は「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)」に従うものとする。

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)



☒ 検証点

👉 **ポイント**

試験の実施

結果報告書の提出

(様式-2)

平成 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

・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	平成 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】 機体製造名称: 【製造名、機種名】 機体製造の製造番号: 【製造番号】

・精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	平成 年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候 晴雨
測定場所	【概】 1)天V測量 <input type="checkbox"/> 工事現場
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS 3級以上 <input type="checkbox"/> 機種名 (概明) 【機名】
精度確認方法	検証点の各座標の較差

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

【製造メーカー名】	
【製造名、機種名】	
【製造番号】	
【写真】	

校正の位置座標

点	X	Y	Z
1	-11987.44	17.876	
2	-11993.38	17.821	

真値とする検証点の座標値 (X, Y, Z)

座標値較差	X	Y	Z
1	-0.011	-0.020	
2	-0.008	-0.009	

備考 (基準値 50mm 以内)  
 備考 (基準値 50mm 以内)  
 備考 (基準値 50mm 以内)

- ▶ 検証点計測に使用する**TSは3級以上**の機器であることを確認する。
- ▶ カメラ位置計測を併用する空中写真測量(UAV)の場合は、標定点の設置は任意とすることができる。
- ▶ 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。

# 起工測量・成果品の作成のチェック事項

## 【受注者】

### 【撮影計画】

- 撮影計画を満足する揚重能力と飛行時間を確保したか
- 計画した撮影コースとラップ率は適切か

### 【標定点・検証点に設置、計測】

- 標定点、検証点の設置は適切か
- 標定点、検証点の計測はTSを用いて実施したか。また、TSから基準点及び標定点までの距離が100m以下(3級TSの場合)あるいは150m以下(2級TSの場合)となっているか。

### 【空中写真測量の実施】

- 飛行マニュアルを作成したか(施工計画書への添付が必要)
- 飛行マニュアルに沿って計測を実施したか
- 飛行させる者の飛行経験、知識、技能は十分か
- 飛行予定区域は飛行許可が必要な空域または、承認が必要となる条件か確認したか
- 飛行許可、承認が必要な場合は、飛行に必要な申請書が提出したか

### 【計測点群データの作成】

- 密度設定が $0.25\text{m}^2$ ( $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ )に1点以上となっているか

### 【精度確認】

- 精度確認試験結果報告書を提出したか

### 【成果品の提出】

- 起工測量の成果品の作成・提出したか

# 起工測量・成果品の作成のチェック事項

## 【監督員】

### 【撮影計画】

- 撮影計画を満足する揚重能力と飛行時間を確保されているか
- 計画した撮影コースとラップ率は適切に設定されているか

### 【標定点・検証点に設置、計測】

- 標定点、検証点の設置は適切か
- TSから基準点及び標定点までの距離が100m以下(3級TSの場合)あるいは150m以下(2級TSの場合)となっているか。

### 【空中写真測量の実施】

- 飛行マニュアルが提出されているか(施工計画書への添付が必要)
- 飛行させる者の飛行経験、知識、技能は十分か
- 飛行予定区域は飛行許可が必要な空域または、承認が必要となる条件であるか
- 飛行許可、承認が必要な場合は、飛行に必要な申請書が提出されているか

### 【計測点群データの作成】

- 密度設定が $0.25\text{m}^2$ ( $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ )に1点以上となっているか

### 【精度確認】

- 精度確認試験結果報告書を提出されており、以下の要求精度を満たしているか

空中写真測量 (UAV) の測定精度	計測項目	要求精度
	起工計測・岩線計測	±100mm以内
	出来高計測	±200mm以内
	出来形計測	±50mm以内

### 【成果品の提出】

- 起工測量の成果品の作成・提出されているか

## 6. 3次元設計データ

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
設計図書の照査	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの作成に係わる照査について協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>照査内容の協議・受理・確認</li> </ul>
3次元設計データの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの作成</li> </ul>	
3次元設計データの照査	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データの照査</li> <li>3次元設計データチェックシートの提出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元設計データチェックシートの確認</li> </ul>

- ▶ 3次元設計データを作成するにあたって、必要な座標情報や、修正が必要となる箇所等がある場合は、設計図書を照査し、監督員と協議を行う。
- ▶ 3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、設計図書・基準点設置結果に基づき3次元設計データを作成する。
- ▶ 管理項目（標高較差等）によって、比較する3次元設計データが異なってくることから、注意が必要。
- ▶ 監督員は、受注者から提出される**3次元設計データチェックシート**、**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)**を確認する。
- ▶ 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。

# 6-1. 3次元設計データの作成

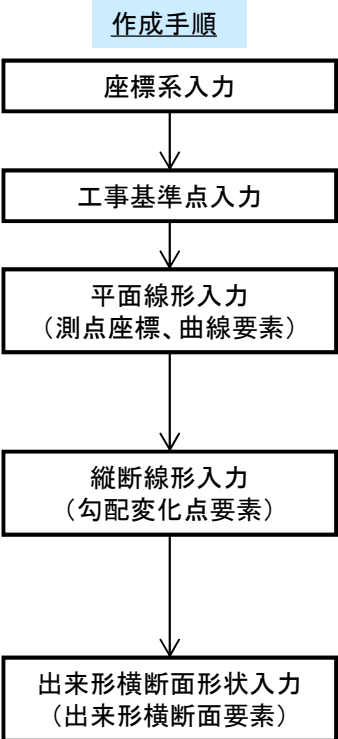
## 3次元設計データの作成時の留意点

- ▶ 3次元設計データの作成において不足等がある場合は、監督員に報告し資料提供を依頼する。
- ▶ 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、及び余盛り等を実施する場合については、監督員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 計測データと設計データを重畳し比較した上で、発注図に含まれる現況地形と異なる場合については、監督員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- ▶ 出来形横断面形状の作成は、UAVによる計測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)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、監督員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。
- ▶ 曲線部でのTIN作成では、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面形状を作成した後にTINを設定する。(例えば、間隔5m毎の横断面形状を作成した後にTINを設定する)
- ▶ 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。
- ▶ 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「7. 数量算出」を参照のこと。



# 6-1. 3次元設計データの作成

## 3次元設計データの作成手順とイメージ



※作成方法の詳細は、次ページ以降を参照してください。  
 また、本作成手順はICT設計データ変換ソフト( (一社) 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所より無償で入手) を用いた場合の例です。

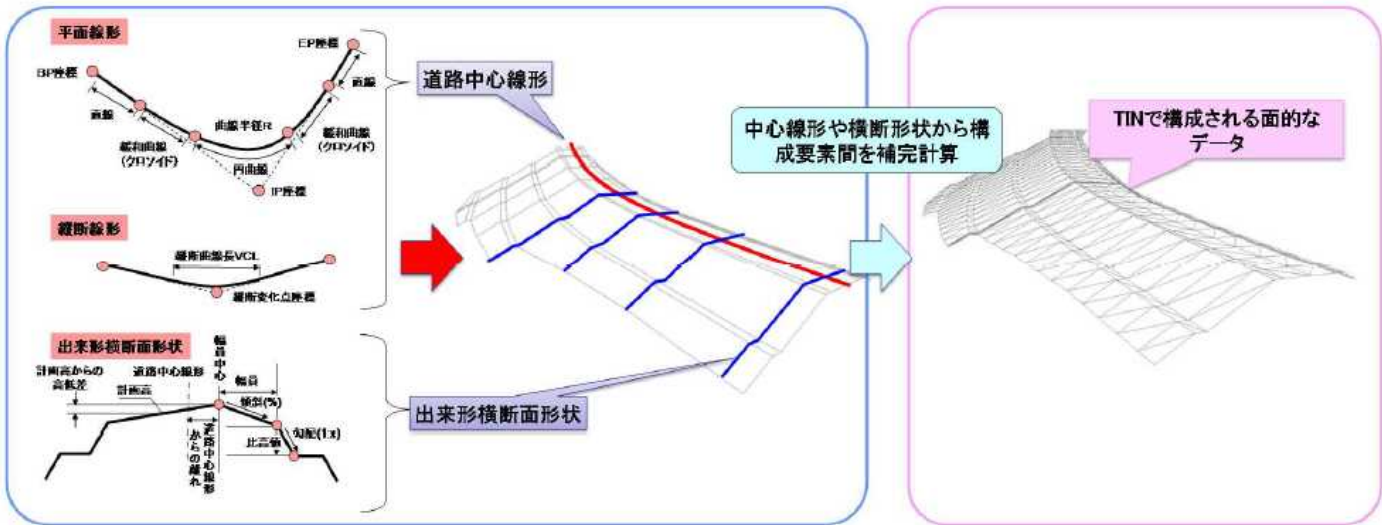


図 1-4 3次元設計データのイメージ (道路土工の場合)

**参考** 道路中心線形データが詳細設計等で納品されている場合について

- ・ 3次元設計データ作成ソフトウェアは道路中心線形データの読み込みが可能です。
- ・ 道路中心線形データを読み込む場合、平面線形入力作業および縦断線形入力作業の簡略化が可能です。

# 6-1. 3次元設計データの作成

## 座標系入力イメージ

- ▶ 工事で基準とする座標系を入力する。

座標系の設定

基準とする座標系: CRS1 名称変更

測地系

日本測地系 2000 (新測地系)  日本測地系 (旧測地系) 測地系選択

水平座標系

平面直角座標系 9:第IX系 水平座標系選択

標高基準面

基準面名: TP 例) TP, YP, AP

東京湾平均海面(T.P.)との高低差: 0 m 例) -0.8402 (Y.P.:利根川)  
-1.1344 (A.P.:荒川・中川・利根川)

鉛直座標系

標高(標高基準面からの高さ) 入力  積円(積高)

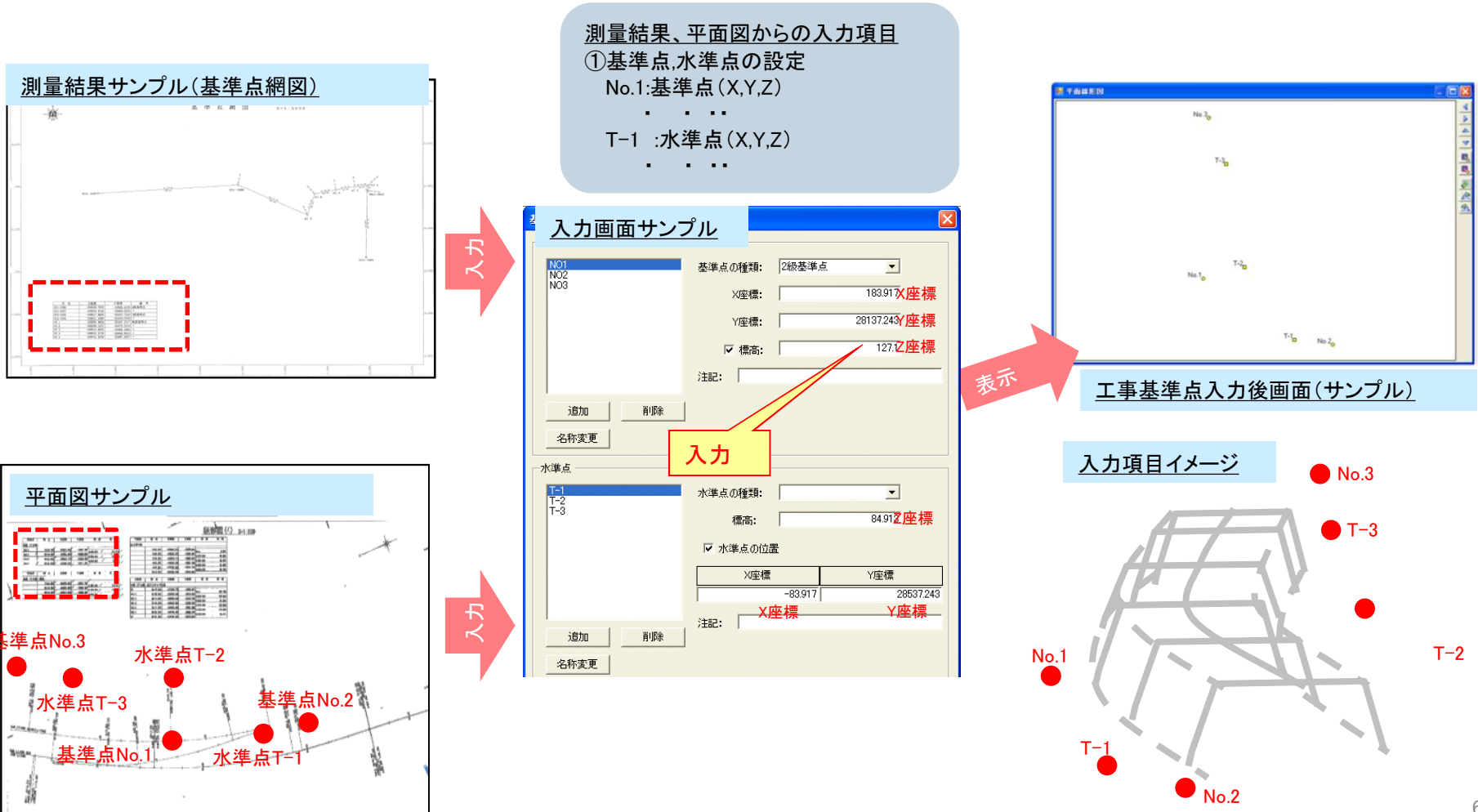
キャンセル 閉じる

※以降、サンプル画面は、ICT設計データ変換ソフト( (一社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所より無償で入手)の画面を貼付

# 6-1. 3次元設計データの作成

## 工事基準点入力イメージ

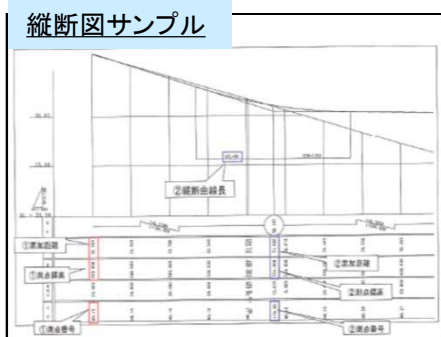
▶ TS設置時に利用する工事基準点座標を測量結果や平面図等から入力する。



# 6-1. 3次元設計データの作成

## 平面線形入力イメージ

▶ 線形計算書や平面図を参照し、平面線形要素を入力する。



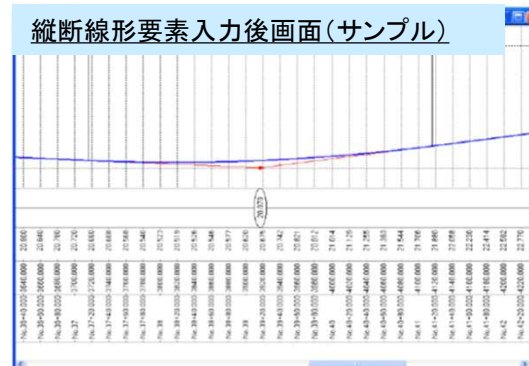
入力画面サンプル

縦断線形の設定

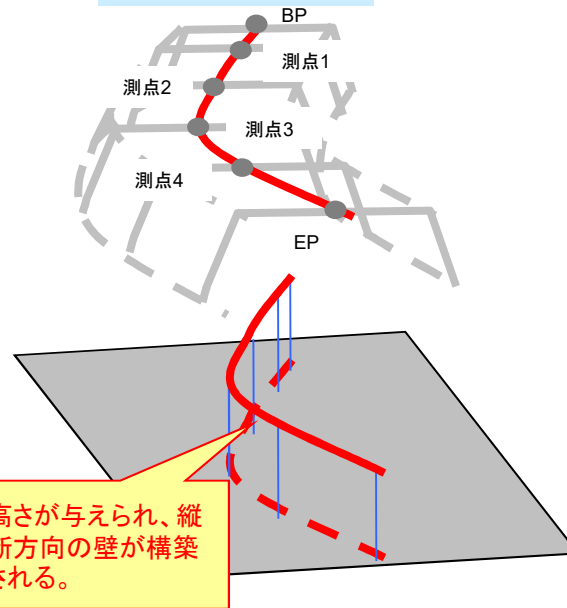
起点	変点	実長	標高	VCL
No.19+40.000		1940	20	0
No.20+16.667	2016.667	20.07	400	
No.40+20.000	4920	29	0	

計高の確認

測点	累加距離	計高
No.38	3800	20.529
No.39+20.000	3920	20.519
No.39+40.000	3940	20.526
No.39+60.000	3960	20.546
No.39+80.000	3980	20.577
No.39	3900	20.620
No.39+20.000	3920	20.675
No.39+40.000	3940	20.742
No.39+60.000	3960	20.821
No.39+80.000	3980	20.912
No.40	4000	21.014
No.40+20.000	4020	21.129
No.40+40.000	4040	21.265
No.40+60.000	4060	21.393
No.40+80.000	4080	21.544
No.41	4100	21.706

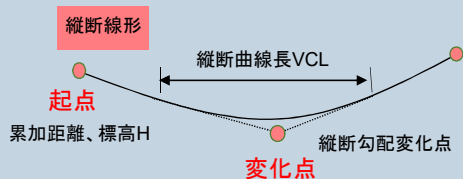


## 入力項目イメージ



### 縦断面図からの入力項目

- ① 起点の設定  
起点: 累加距離、標高
- ② 変化点の設定  
変化点: 累加距離、標高H、縦断曲線長VCL



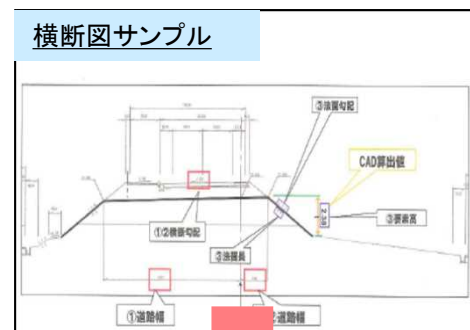
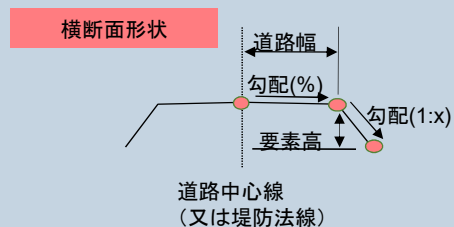
# 6-1. 3次元設計データの作成

## 横断線形入力イメージ

- ▶ 管理断面を設定する。
- ▶ 横断図を参照し、中心線からの横断距離、高低差を取得する。
- ▶ 横断面形状(幅、基準高、法長)を設定する。

### 横断面図からの入力項目

- ① 道路面の設定  
道路幅、横断勾配
- ② 法面の設定  
法長、法面勾配、要素高



入力

### 管理断面入力画面(サンプル)

管理断面名	累積距離
No.39	3900
No.39+20.000	3920
No.39+40.000	3960
No.39+60.000	3980
No.40	4000
No.40+20.000	4020
No.40+40.000	4040
No.40+60.000	4060
No.40+80.000	4080
No.41	4100

管理断面

入力

横断線形要素入力画面(サンプル)

道路幅(仮土)

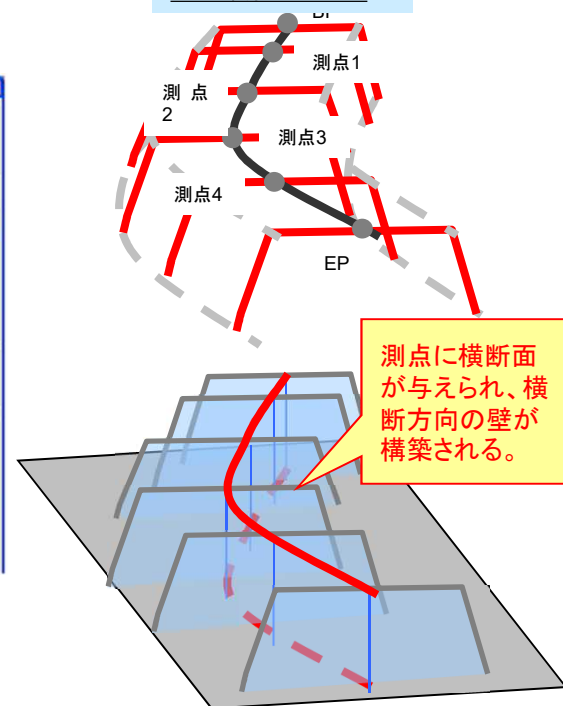
法長

横断勾配

要素高

入力

### 入力項目イメージ

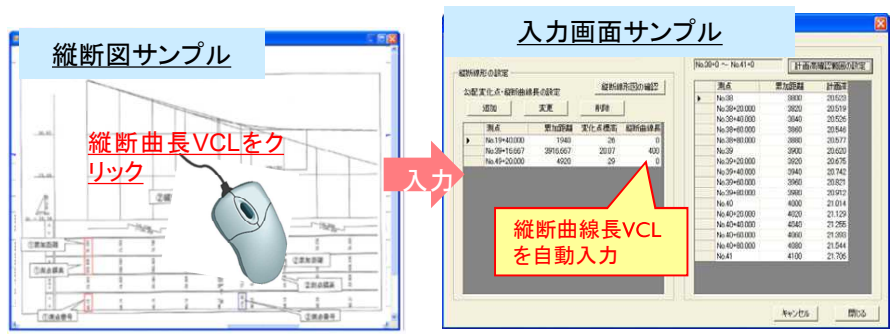
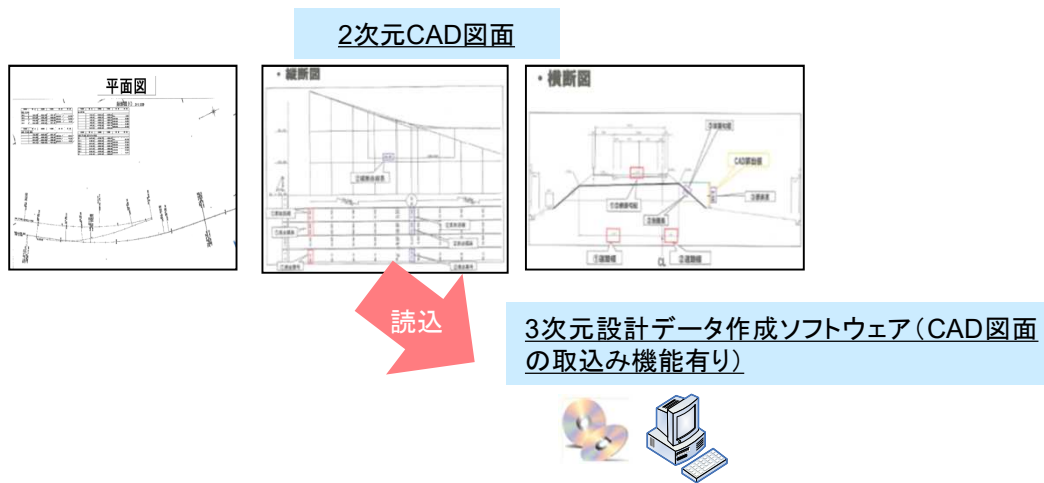


# 6-1. 3次元設計データの作成

## 参考 CAD図面取込機能を利用した施工管理用3次元データの作成

・CAD図面の取込機能を有する基本設計データ作成ソフトウェアを用いる場合、基本設計データの作成作業が省力化されます。

### 設計図面(平面図・縦断図・横断図)の取り込みイメージ

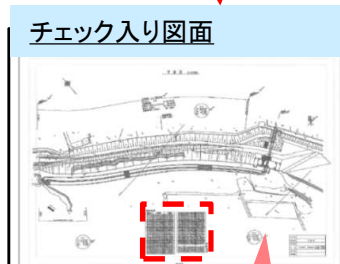


# 6-2. 3次元設計データの照査

## 3次元設計データの照査イメージ

- ▶ 設計図書と3次元設計データとを照合し、設計図書の不備および入カミス等がないかを確認する。
- ▶ UAVによる出来形管理では、3次元設計データに不備があると、出来形計測値の精度管理ができなくなる。
- ▶ 確認項目は、3次元設計データチェックシートに従うこととする。

紙図面・2次元CADデータ上で記載内容を目視確認



拡大表示

チェック部分

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? ・起算点の座標は正しいか?	
2) 平面線形	全延長	・変換点 (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? ・各長きの座標は正しいか?	
3) 縦断線形	全延長	・縦断起算点の座標、標高は正しいか? ・標高変化点の座標、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調査、数は適切か? ・基準高、幅、法長は正しいか?	
5) 3次元データ	3次元	・入力した2)～4)の線形形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	

基本設計データ作成ソフトウェア上で入力データを目視確認



データの整合性を確認



### チェックシート

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 (河川土工種)  
(様式-1)

平成 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? ・起算点の座標は正しいか?	
2) 平面線形	全延長	・変換点 (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? ・各長きの座標は正しいか?	
3) 縦断線形	全延長	・縦断起算点の座標、標高は正しいか? ・標高変化点の座標、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調査、数は適切か? ・基準高、幅、法長は正しいか?	
5) 3次元データ	3次元	・入力した2)～4)の線形形状と出力する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の提出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。  
 ・工事基準点リスト (チェック入り)

3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認し、チェックシートを監督員へ提出します

## 6-2. 3次元設計データの照査

### 3次元設計データチェックシートの提出の留意点

#### ○受注者の確認事項

1) 工事基準点は、事前に監督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) 平面図及び線形計算書と対比し、確認する。

3) 縦断図と対比し、確認する。

4) ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目の箇所と寸法にチェックを記入する。  
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。

5) 3次元設計データの入力要素と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。

3次元設計データと設計図書の照合に用いた資料は整備・保管し、監督員に提出する。  
照査技術者の氏名を照査技術者届で確認する。

様式-1②

平成〇年〇月〇日  
工 事 名 : 〇〇〇〇〇〇工事  
受注会社名 : 〇〇〇建設(株)

#### 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?	
		出来形計測対象点の記号が正しく付与できているか?	
5) 3次元設計データ	全延長	入力した2)~4)の幾何学形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	

照査技術者	
会社名	〇〇〇株式会社
氏名	〇〇 〇〇

※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 受注者は、3次元チェックシートに以下の資料等を添付し提出するものとする。

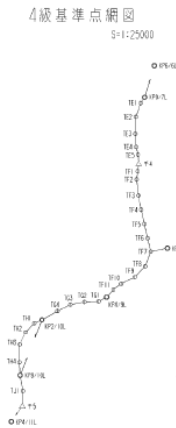
- ・工事基準点リスト(チェック入り)
- ・線形計算書(チェック入り)
- ・平面図(チェック入り)
- ・縦断図(チェック入り)
- ・横断図(チェック入り)
- ・3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

※添付書類については、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。



# 6-2. 3次元設計データの照査

基準点の確認(例)

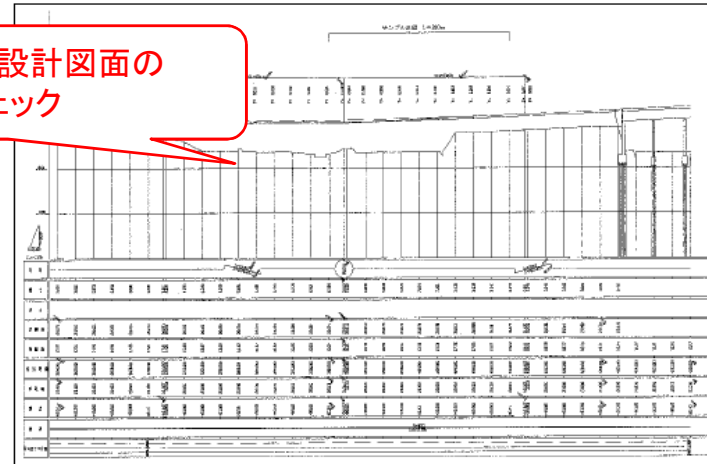


基準点成果表

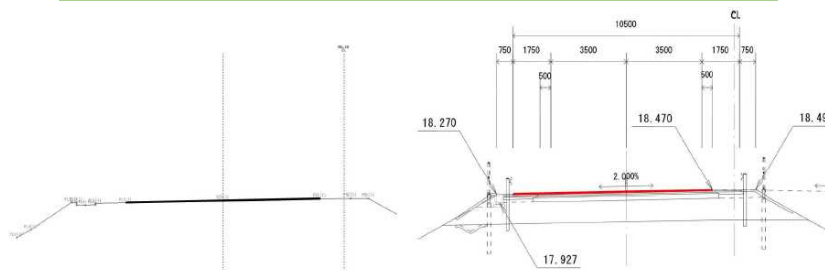
測点名	X座標	Y座標	備考	測点名	X座標	Y座標
K4	-103592.645	-53971.955	2級基準点	TF4	-104073.411	-53943
K5	-106133.790	-55192.361	〃	TF5	-104222.811	-5391
KPB/R1	-102866.552	-53805.858	3級基準点	TF6	-104371.743	-538
KPB/Z1	-102897.874	-53908.500	〃	TF7	-104511.791	-53
KPB/SR	-104477.348	-53659.206	〃	TF8	-104665.056	-53
KPB/S1	-104993.148	-54307.238	〃	TF9	-104780.424	-53
KPB/T10L	-105230.181	-54987.385	〃	TF10	-104853.023	-54154.538
KPB/T10R	-105811.653	-55214.485	〃	TF11	-104914.141	-54238.118
KPB/T11L	-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	-54001.754	〃	TG3	-105069.856	-54688.396
TE3	-103279.147	-54006.884	〃	TG4	-105138.964	-54823.046
TE4	-103416.596	-53999.426	〃	TH1	-105267.033	-55067.218
TE5	-103497.830	-53978.296	〃	TH2	-105361.017	-55160.314
TF1	-103671.867	-53983.149	〃	TH3	-105486.252	-55218.934
TF2	-103757.774	-53993.677	〃	TH4	-105675.217	-55221.966
TF3	-103925.187	-53973.671	〃	TJ1	-105975.513	-55186.171

作成したデータと設計図面の  
数値をチェック

縦断面図の確認(例)

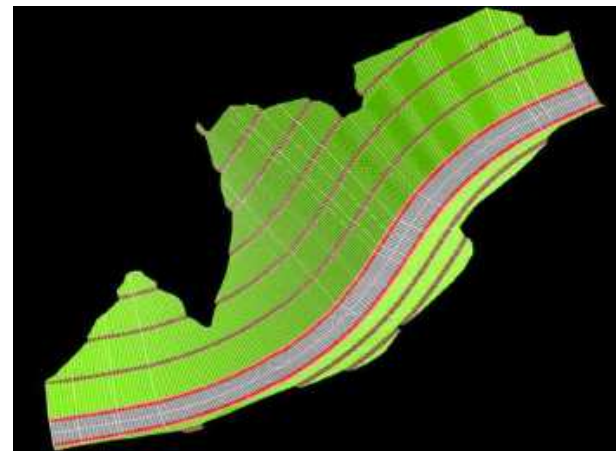


データ重ね合わせによる横断面図の確認(例)



作成したデータと図面の  
形状を重ねてチェック

ソフトウェアによる表示あるいは印刷物の  
3次元ビューの確認(例)



# 3次元設計データのチェック事項

## 【受注者】

### <平面線形>

- 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。

### <縦断線形>

- 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。

### <出来形横断面形状>

- 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。

### <3次元設計データ>

- 入力した平面線形・縦断線形・出来形横断面形状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。

### <提出資料>

- 3次元設計データチェックシートおよび、確認に用いた以下の資料を提出したか。**  
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)

## 【監督員】

### <提出資料>

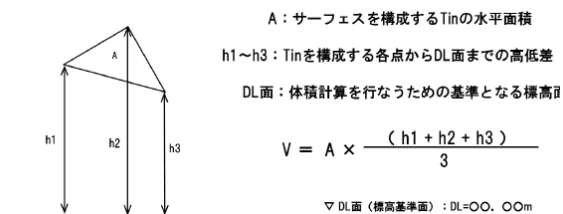
- 3次元設計データチェックシートおよび、確認に用いた以下の資料が提出されているか。**  
工事基準点リスト(チェック入り)、線形計算書(チェック入り)、平面図(チェック入り)、縦断図(チェック入り)、横断図(チェック入り)、3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

# 7. 数量算出

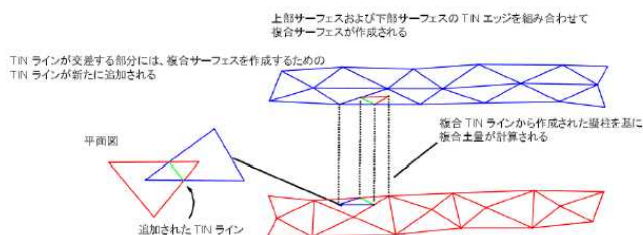
フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算方法の協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算の方法の協議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数量計算の方法の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 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、UAVによる3次元出来形計測結果を用いて出来高数量の算出を行うことができる。
- ▶ 体積の計算方法については、監督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以下の方式によることを標準とする。

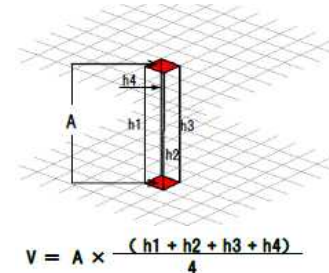
## TIN分割法を用いた求積



## プリズモイダル法



## 点高法



### ポイント

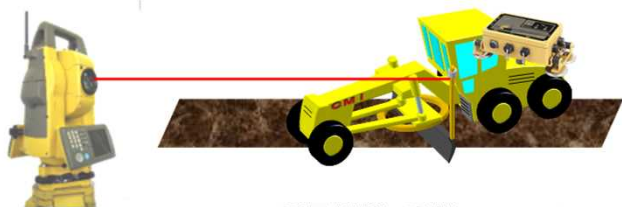
- ▶ 数量計算方法については、監督員と協議を行う。
- ▶ ※標準とする体積算出方法は ①点高法、②TIN分割等を用いた求積、③プリズモイダル法

# 8. 施工段階

## ICT建設機械の測位方法

▶ 施工に用いるICT建設機械の測位方法は、施工計画段階で決定しておく。

### 自動追尾式トータルステーション



自動追尾式TS

測量機器:重機=1:1のシステム  
高精度(高さ計測精度±5mm程度)

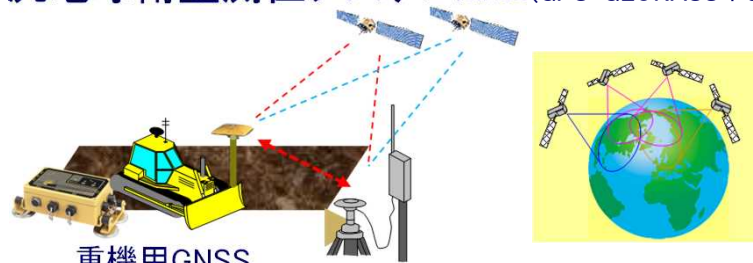
#### 〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限

#### 👉 留意点

- ▶ 自動追尾TSと移動局 (ICT建設機械) との間に障害物等が入り視準不能になる。
- ▶ 近距離・遠距離の場合、追尾できないため、適度な距離を確保する必要がある。
- ▶ ある程度の高低差がある高台に自動追尾TSを設置する。

### 汎地球衛星測位システムGNSS(GPS+GLONASS+etc.)



重機用GNSS

#### 〈特徴〉

- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星が多い

測量機器(基準局):重機(移動局)=1:多のシステム

高さの計測精度がTSに比べて劣る(水平±20mm,鉛直±30mm程度)

#### 👉 留意点

- ▶ 人工衛星を多く捕捉するために、天空が開けていること
- ▶ マルチパス障害を避けるため、付近に高い建物や法面がないこと
- ▶ 無線距離および、強力な電波や建物などによる無線通信障害が起こらないようにする。
- ▶ 不安であれば一度現地で確認を行う

# 8. 施工段階

## ICT建設機械の精度確認

- ICT建機の計測精度確認は、**施工前に始業前点検**、あらかじめ設置した既知点において座標確認を行い記録する。

### キャリブレーションおよび日々の精度確認の一例

#### キャリブレーション

表-16 バケット位置の確認条件【例】

	パラメータ (目標値) ※			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 バケット距離:1条件 本体向き :1条件 とする。	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		
Case 4	0m	0度	2.5度		
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

図-19 バケット位置精度の確認方法【模式図】

#### 作業前の点検・確認

現場で簡易的に精度を確認

MGバックホウ (施工精度)  
バケット位置取得精度の確認方法

三次元座標を持つ杭 (木杭) を設置し、バケット先端を木杭にあてる事で、木杭とシステムの座標を比較して確認する

刃先座標  
X = ○○.○○○  
Y = □□.□□□  
Z = △△.△△△

確認用基準杭  
X = ○○.○○○  
Y = □□.□□□  
Z = △△.△△△

※ICTバックホウの情報化施工管理要領(案)より

## 9. 出来形管理

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
出来形計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>撮影計画の立案</li> <li>標定点、検証点の設置・計測</li> <li>空中写真測量の実施</li> <li>計測点群データの作成</li> <li>精度確認</li> </ul>	
出来形管理写真の撮影	<ul style="list-style-type: none"> <li>出来形管理写真の撮影</li> </ul>	
出来形管理資料の作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>出来形帳票の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>出来形管理帳票の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 精度確認試験で設定されている計測可能範囲内で計測する計画を立案する。
- ▶ 計測範囲の最大距離の箇所で**0.01m<sup>2</sup>(0.1m×0.1mメッシュ)あたりに1点以上**の計測結果が得られる設定を行う。
- ▶ 受注者は、出来形計測箇所をUAVを用いて出来形管理を行い、出来形管理帳票を作成し提出。
- ▶ 監督員は上記の内容を確認する。

### ポイント

#### 【出来形管理帳票について】

- ▶ 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ア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。

# 9-1. 出来形計測

- 実施事項や手順については、「5. 起工測量」と同様に実施することとするが、出来形計測で要求される**地上画素寸法**や**測定精度**、**計測密度**が異なるため、留意すること。

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。



デジタルカメラの計測性能	計測項目	地上画素寸法
	起工計測・岩線計測・出来高計測	20mm以内
	出来形計測	10mm以内
空中写真測量(UAV)の測定精度	計測項目	要求精度
	起工計測・岩線計測	±100mm以内
	出来高計測	±200mm以内
	出来形計測	±50mm以内



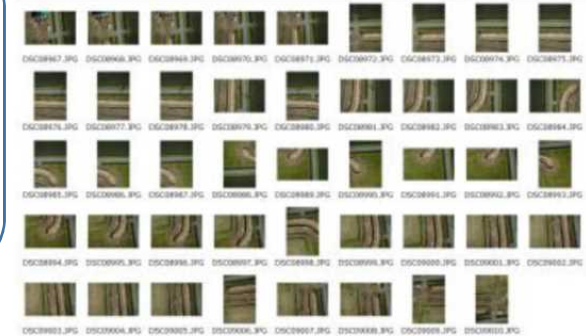
UAV及びデジタルカメラの保守点検記録 製造メーカーによる保守点検記録(UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて)

データ種類	計測最大距離	計測時の密度設定(メッシュの大きさ)
起工測量計測データ	精度確認試験の測定距離以内	1点以上/0.25m <sup>2</sup> (0.5m x 0.5m)
岩線計測データ		
出来高計測データ		
出来形計測データ	精度確認試験の測定距離以内	1点以上/0.01m <sup>2</sup> (0.1m x 0.1m)

## 9-2. 出来形管理写真の撮影

- ◆ 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」による
- ◆ 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。

### 写真撮影例



#### 出来形写真管理基準(掘削工抜粋)

工種	写真管理項目			摘要
	撮影項目	撮影頻度〔時期〕	整理条件	
掘削工	土質等の判別	地質変わる毎に1回〔掘削中〕	代表箇所各1枚	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出来映えの撮影</li> <li>・TS等の設置状況と出来形計測対象点上のプリズム(プリズムが必要な場合のみ)の設置状況がわかるように撮影</li> </ul>
	法長 ※右のいずれかで撮影する	200m又は1施工箇所に1回〔掘削後〕		
		「TSを用いた出来形管理要領(土工編)」、「TS(ノンプリズム方式)を用いた出来形管理要領(土工編)」、「RTK-GNSSを用いた出来形管理要領(土工編)」、「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)」、「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)」による場合は1工事に1回〔掘削後〕		
		「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)」に基づき写真測量に用いた全ての画像を納品する場合には、写真管理に代えることができる。		

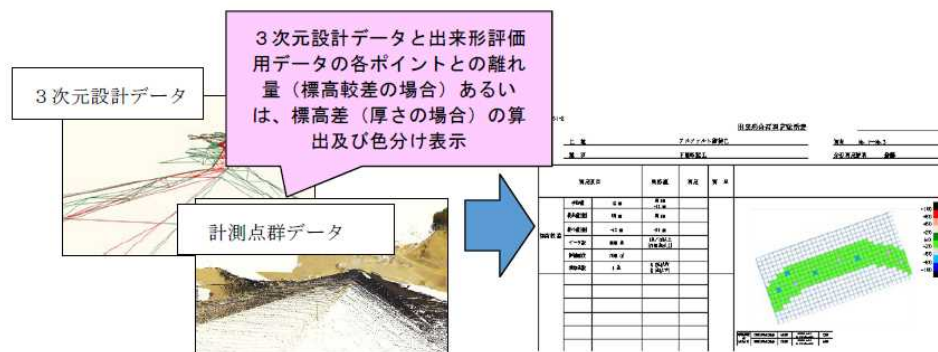
#### ポイント

- ▶ 法長、幅の撮影項目については、空中写真測量で撮影した写真に代えることができるため、被写体として映し込む小黒板は不要である



# 9-3. 出来形管理資料の作成

- ▶ 受注者は、出来形管理帳票(図表)を作成し、監督員に提出する。
- ▶ 規格値は現行の「土木工事施工管理基準」のうち面管理の場合に定められたものとする。
- ▶ 「2-2-7. 出来形帳票作成ソフトウェア」を参照し、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。
- ▶ 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。



異常値なし

出来形合否判定総括表			
工種	アスファルト舗装工		測点 No.1~No.3
種別	下層路盤工		合否判定結果 合格
測定項目	規格値	判定	測点
平均値	12 mm	40 mm -10 mm	
最大値(厚)	60 mm	50 mm	
最小値(厚)	-45 mm	-30 mm	
データ数	8000 点	1点/㎡以上 (7000点以上)	
評価指標	7000 ㎡		
棄却点数	0 点	0.2%以下 (0点以下)	

異常値あり

出来形合否判定総括表			
工種	アスファルト舗装工		測点 No.1~No.3
種別	下層路盤工		合否判定結果 異常値有
測定項目	規格値	判定	測点
平均値	-40 mm	40 mm -10 mm	
最大値(厚)	60 mm	50 mm	
最小値(厚)	-30 mm	-20 mm	
データ数	8000 点	1点/㎡以上 (7000点以上)	
評価指標	7000 ㎡		
棄却点数	55 点	0.7%以内 (0点以下)	

# 出来形管理のチェック事項

## 【受注者】

### <出来形計測>

- 要求精度を満足している精度確認試験結果報告書を提出したか
- 出来形計測は、計測対象範囲内で $0.01\text{m}^2$  ( $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ メッシュ) 1点以上の計測点が得られる設定で計測を行ったか

### <グリッドデータ化(出来形評価用データ)>

- 出来形評価用データとしては、計測対象面について $1\text{m}^2$  ( $1\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュ) 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)を設置したか
- 評価点の標高値は、評価点を中心とする $1\text{m}^2$  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たか

### <出来形管理図表の作成>

- 出来形管理図表は面管理を実施した出来形確認箇所(平場、天端、法面(小段含む))ごとに作成したか

## 【監督員】

### <出来形計測>

- 要求精度を満足している精度確認試験結果報告書は提出されているか
- 出来形計測は、計測対象範囲内で $0.01\text{m}^2$  ( $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ メッシュ) 1点以上の計測点が得られる設定で計測されているか

### <出来形管理図表の作成>

- 監督員は、受注者の実施した出来形管理結果を用いて、出来形管理状況を確認したか

# 10. 電子成果品

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">電子成果品の作成</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子成果品の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子成果品の受理・確認</li> </ul>
<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">アンケート調査票の作成</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンケート調査票の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンケート調査票の受理・確認</li> </ul>

- ▶ 「ICON」フォルダに格納されることとなっている電子成果品については、兵庫県の「工事完成図書の電子納品に関する運用指針(案)」で示す、「**ICON**」フォルダに格納することとする。なお、格納するデータについては、圧縮ファイルに変換することとする。
- ▶ UAVによる出来形管理では、出来形管理や数量算出の結果等の工事書類(電子成果品)が、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める**「ICON」**フォルダに格納して提出する。監督員はその内容を確認する。
- ▶ 監督員は、ICT活用工事についてのアンケート調査を指示する。
- ▶ 受注者は、アンケート調査を作成し、提出する。

# 10-1. 電子成果品の作成

- ▶ 本手引きにおける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られている。本手引き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。

## 【ファイルの命名】

- ▶ 次の規則に従い格納すること。

- ① ICONフォルダに工種(土工)を示した「EW」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、次ページの表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、次ページの表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。
- 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、OTHERS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、UAVOAS001PIC)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以内であることを原則とし、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。

# 10-1. 電子成果品の作成

## <UAVによる出来形管理の電子成果品一覧>

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
<b>・3次元設計データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	UAV	0	DR	001~	—	UAV0DR001Z.拡張子
<b>・出来形管理資料</b> 出来形管理資料(PDF)または、 ビューワー付き3次元データ	UAV	0	CH	001~	—	UAV0CH001.拡張子
<b>・UAVによる出来形評価データ</b> CSV、LandXML、LASのポイントファイル	UAV	0	IN	001~	—	UAV0IN001.拡張子
<b>・UAVによる起工測量計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	UAV	0	EG	001~	—	UAV0EG001.拡張子
<b>・UAVによる岩線計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	UAV	0	SO	001~	—	UAVSOG001.拡張子
<b>・UAVによる出来形計測データ</b> LandXML等のオリジナルデータ(TIN)	UAV	0	AS	001~	—	UAV0AS001.拡張子
<b>・UAVによる計測点群データ</b> CSV、LandXML、LASのポイントファイル	UAV	0	GR	001~	—	UAV0GR001.拡張子
<b>・工事基準点及び標定点データ</b> CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル	UAV	0	PO	001~	—	UAV0PO001.拡張子

# 11. 検査

フロー	受注者の実務内容	検査員の実務内容
書面検査	<ul style="list-style-type: none"><li>ICT活用工事に係わる書面検査</li><li>出来形計測に係わる書面検査</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>ICT活用工事に係わる書面検査</li><li>出来形計測に係わる書面検査</li></ul>
↓		
実地検査	<ul style="list-style-type: none"><li>出来形計測に係わる実地検査</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>出来形計測に係わる実地検査</li></ul>

- ▶ 検査員は、書面検査時には、パソコンを使って納品された電子成果品を確認する。
- ▶ 検査員は、実地検査時には、現地に出向き設計値と実測値を計測して確認する。
- ▶ 検査終了後、監督員及び検査員により工事成績評定におけるICT活用について評価を行う。

# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

### □ 施工計画書の記載内容

- ICT対応の測量機器・ソフトウェア・ICT建設機械が記載されているか
- UAV・ソフトウェアのカタログは添付されているか
- UAVは計測性能や測定精度を有し、適正に保守点検が行われている機器か
- ソフトウェアは出来形管理要領に規定した機能を有しているか
- 施工方法に[起工測量][3次元設計データ作成][ICT建設機械の日常点検]について記載されているか
- 施工管理計画にICTを活用する出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準が記載されているか

### □ 工事打合せ簿の内容

- ICT活用工事計画書が提出されているか
- 具体的な対象範囲及び使用機器等が示され、監督員の確認を受けているか
- 出来形管理に使用する工事基準点や標定点について測量結果が提出されているか
- 精度確認試験結果報告書が提出されており、適正な測定精度を満たす結果であることが確認できるか
- 3次元設計データが設計図書等を元に正しく作成されていることが3次元設計データチェックシートにより確認できるか
- 平均断面法以外で数量計算を行う場合、数量計算方法について事前に監督員と協議を行っているか

# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

### ● 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。
- バラツキについては、各測定値の設計面と実測値の差をプロットした分布図の凡例に従い判定
- 具体には分布図及び計測点の個数から判断。また、規格値の±80%以内のデータ数、±50%以内のデータ数が、総データ数の概ね8割以上か否かで判断する。

作成帳票例(出来形管理図表)

測定項目		規格値	判定	測点				
標高 較差	平均値	12mm	-15mm以上 6mm以下					
	最大値(部)	60mm	±90mm					
	最小値(部)	-40mm	±90mm					
	データ数	8000	1部/㎡以上 (7000点以上)					
	評価面積	7000㎡						
	基準点数	0	0.7%未満 (1点以下)					
				<table border="1"> <tr> <td>規格値の±80%以内のデータ数</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>規格値の±50%以内のデータ数</td> <td>3000</td> </tr> </table>	規格値の±80%以内のデータ数	6000	規格値の±50%以内のデータ数	3000
規格値の±80%以内のデータ数	6000							
規格値の±50%以内のデータ数	3000							

#### <例1>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 988点

②規格値の±50%以内のデータ: 810点

上記の場合、

②±50mm以内のデータ数が: 810点

つまり、総データ数の8割が±50mm以内に収まっている(ばらつきが少ない)

⇒概ね規格値の±50%以内の結果である

#### <例2>

総データ数: 1000点

規格値: 100mm

①規格値の±80%以内のデータ: 950点

②規格値の±50%以内のデータ: 600点

上記の場合、

①±80mm以内のデータ数が: 950点

つまり、総データ数の8割が±80mm以内に収まっている(±50mmは満たしていない)

⇒概ね規格値の±80%以内の結果である

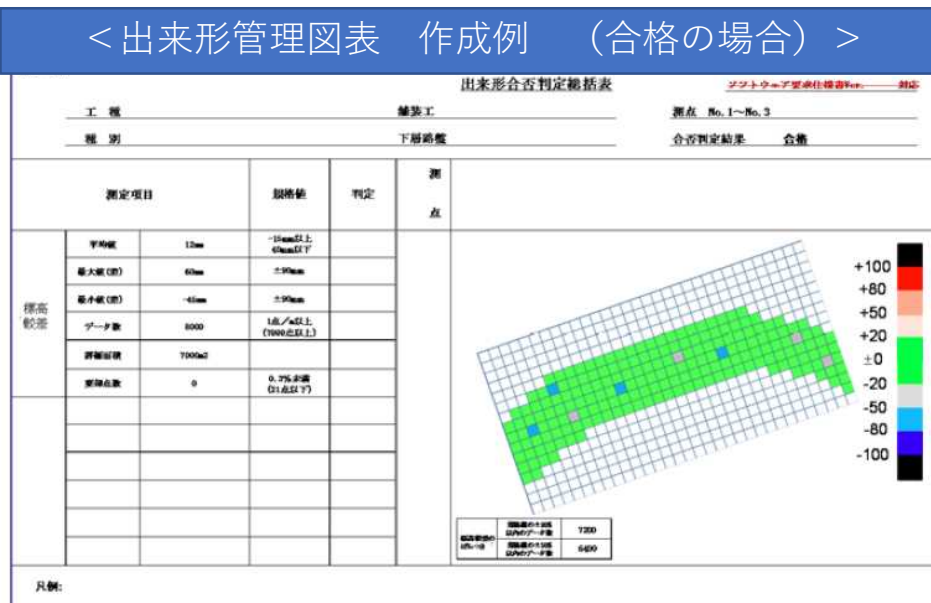


# 11-1. 書面検査

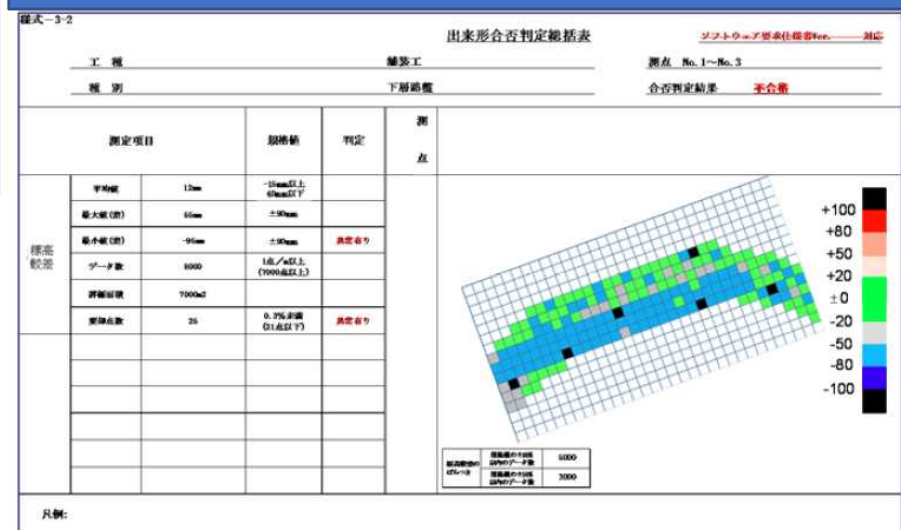
## ■ 検査員の書面検査

- 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 作成例 (合格の場合) >



< 出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合) >



# 11-1. 書面検査

## ■ 検査員の書面検査

- 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(電子成果品)が、兵庫県の「工事完成図書の電子納品に関する運用指針(案)」で定める「**ICON**」フォルダに格納されていることを**確認**。

電子成果品	ファイル命名規則					
	計測機器	整理番号	図面種類	番号	改定履歴	記入例
・ 3次元設計データ LandXML等のオリジナルデータ (TIN)	UAV	0	DR	001～	—	UAV0DR001Z.拡張子
・ 出来形管理資料 出来形管理資料 (PDF) または、 ビューワー付き3次元データ	UAV	0	CH	001～	—	UAV0CH001.拡張子
・ UAVによる出来形評価データ CSV、LandXML、LASのポイントファイル	UAV	0	IN	001～	—	UAV0IN001.拡張子
・ UAVによる起工測量計測データ LandXML等のオリジナルデータ (TIN)	UAV	0	EG	001～	—	UAV0EG001.拡張子
・ UAVによる岩線計測データ LandXML等のオリジナルデータ (TIN)	UAV	0	SO	001～	—	UAVSOG001.拡張子
・ UAVによる出来形計測データ LandXML等のオリジナルデータ (TIN)	UAV	0	AS	001～	—	UAV0AS001.拡張子
・ UAVによる計測点群データ CSV、LandXML、LASのポイントファイル	UAV	0	GR	001～	—	UAV0GR001.拡張子
・ 工事基準点及び標定点データ CSV、LandXML、SIMAのポイントファイル	UAV	0	PO	001～	—	UAV0PO001.拡張子

# 11-2. 実地検査(出来形計測)

## ■ 検査員の実地検査(出来形計測)

- 検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所<sup>①</sup>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ことを検査する。(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)。
- 検査頻度は以下のとおり。**(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)**TS等を用いた実測値の計測は、1回の計測結果あるいは、複数回の計測結果を用いて算出してもよい。
- 新基準を適用できない場合は、「**土木工事施工管理基準**」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。

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
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

検査員による実地検査のイメージ

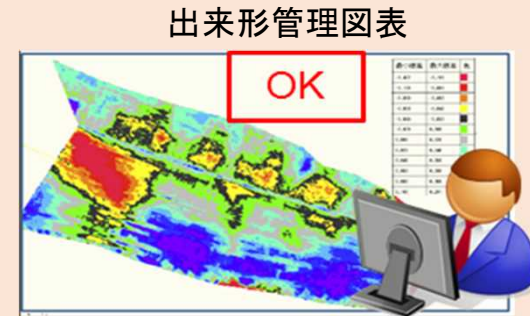


# 11-2. 実地検査(出来形計測)

## ■ 検査員の実地検査(確認手順の例)

### ● 書面検査時

検査員は、電子納品物から出来形管理データを表示させて、**自らが指定した箇所**の3次元設計データの設計面の位置並びに標高、**受注者が計測した出来形管理値**の計測結果をメモする。



### ● 実施検査時

検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS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。

出来形管理用TS

