

平成30年4月18日

第1回i-Construction基準改定説明会

資料⑤-3

ICTの全面的な活用(実施要領 別紙 -4, 5, 6, 7, 8)

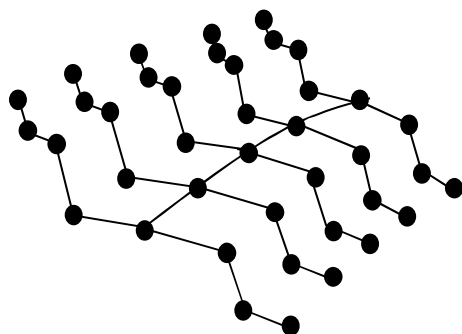
H29年度に拡大されたICTを用いた施工管理ツール拡大

1. TSを用いた出来形管理 面管理に適用拡大

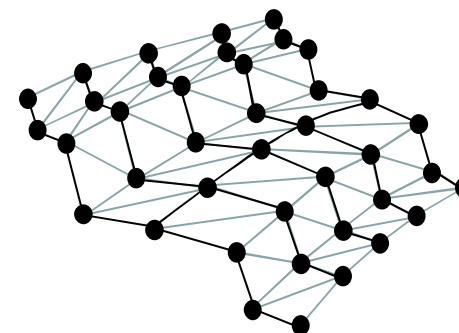
□ 管理断面での利用を前提としていたトータルステーションの要領に面管理を前提とした規定を追加

面管理の追加

中心線形・横断形状の
スケルトンデータ



面管理



1-1-2 適用の範囲

【解説】

2) 対象となる作業の範囲

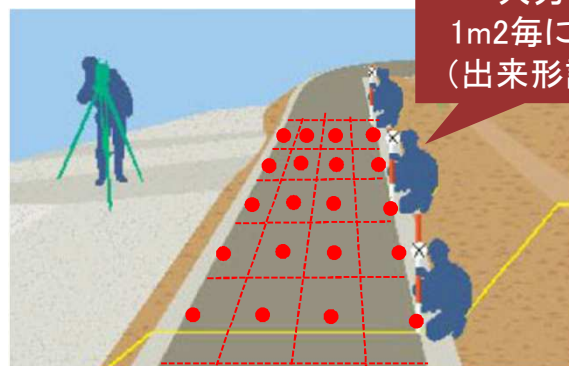
本管理要領で示す作業の範囲は、図1-2の実線部分(施工計画、準備工の一部、出来形計測及び完成検査準備・完成検査)である。しかし、出来形管理用TSは図1-2の破線部分(工事測量・丁張り設置、施工)においても、作業の効率化が期待できる。作業の効率化は情報化施工の目的に合致するものであり、本管理要領は、出来形管理用TSを丁張り設置、日々の出来形の自主管理等に活用することを何ら妨げない。

また、レーザースキャナーや空中写真測量で欠測があった場合の補足やそれに準じる小規模土工の測量において、TS(プリズム方式)を用いて施工管理を面的に行う場合も対象とする。これらの用途以外への利用を妨げるものではないが、従来方法の方が効率的な場合もあるため、現場状況に応じて適切に選択されたい。

1. TSを用いた出来形管理 面管理に適用拡大

□ TSを用いる場合の計測密度規定 (出来形計測時)

計測密度の規定



人力で
1m²毎に測定
(出来形計測)

出来形計測の場合、点密度で1m間隔
以内(1点/m²以上)で概ね等間隔で
得られるよう計測する。

このような器具と自動追尾
TSを用いれば比較的
短時間で面管理
のための計測が可能



【新】

1-4-6 出来形管理用TSによる出来形計測

2) 出来形計測

(中略:旧1-3-4の規定がそのまま残存。)

面管理の場合の出来形計測は、1m²(平均投影面積)あたり1点以上の出来形評価用データを直接計測する。

他の要領だと、出来形計測データを0.01m²あたり1点以上取得したうえで、出来形評価用データとするが、ここではそれを不要とした。

2-1-4 出来形計測箇所(面管理の場合)

出来形評価しない箇所の数量算出を出来形評価データから行う場合

(略) 計測範囲は、3次元設計データに記述されてる管理断面の始点から終点とし全範囲で1m²に1点以上の出来形座標値を取得すること。(中略)
なお、出来形評価を経ずに出来形計測結果を数量算出に用いる範囲においては、1m²に1点以上の計測に加えて、法肩尻の変化点を追加的に計測すること。

1. TSを用いた出来形管理 面管理に適用拡大

□ TSを用いる場合の計測密度規定（起工測量時）

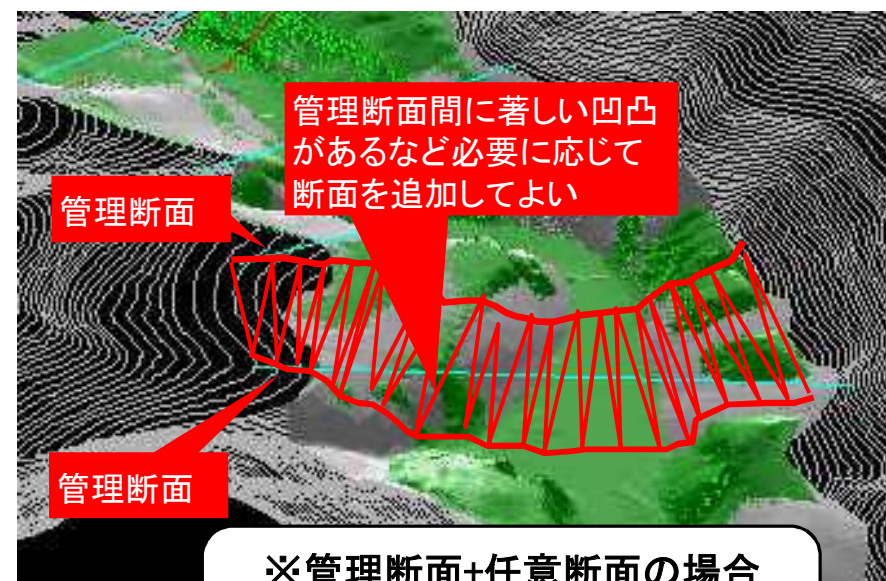
【項目追加】

1-3-1 起工測量

1) 起工測量の実施

受注者は、設計照査のために地形測量を実施する。**管理断面及びそれ以外の任意の測点における断面について、地形変化点の座標を取得する。**

断面上ではなくランダムに地形の形状を取得する場合は、0.25m² (50cm × 50cm) あたり1点以上とする。なお、実施事項は「1-4-6 出来形管理用TSによる出来形計測」を準用する。

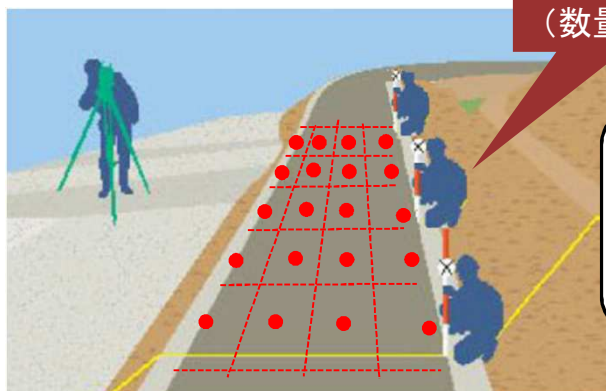


※管理断面+任意断面の場合

0.25m² (50cm × 50cm) あたり1点以上の規定は適用しなくてよい

計測密度の規定

人力で0.5mメッシュで測定
(数量算出用)



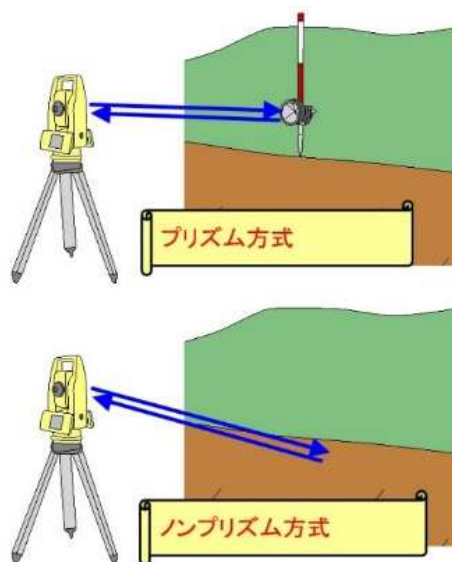
※ランダム計測の場合

起工測量、岩線計測、部分払い出来高計測の計測密度は、0.25m² (50cm × 50cm) あたり1点以上

1. TS(ノンプリズム方式)による出来形管理 面管理

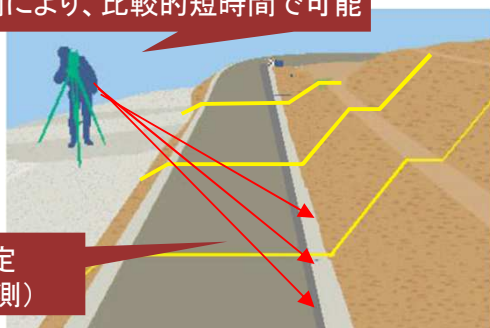
- モータードライブ搭載TSの「ノンプリズムでの等間隔自動計測」を利用した計測を許容
(地上型レーザースキャナーの代替として手持ちのTSが利用可能となる。)
- TS(ノンプリズム方式)を用いる場合の計測密度規定 (出来形計測時)

計測密度の規定



モータードライブ搭載TSによる等間隔自動計測により、比較的短時間で可能

1m²で測定
(出来形計測)



1-4-3 TS(ノンプリズム方式)による出来形計測

0.01m²に1点以上での出来形計測データの取得不要

2) TS(ノンプリズム方式)計測

1m²(平均投影面積)あたり1点以上の出来形評価用データを直接計測する。

出来形計測の実施にあたっては、精度確認試験の確認距離内とする。
ただし、器械設置時はプリズムを用いた計測を行うこととし、TS(ノンプリズム方式)における制限距離以内での計測を行う。

出来形評価しない箇所の数量算出を出来形評価データから行う場合

2-1-3 TS(ノンプリズム方式)による出来形計測箇所

(略)計測範囲は、3次元設計データに記述されてる管理断面の始点から終点とし全範囲で1m²に1点以上の出来形座標値を取得すること。(中略)なお、出来形評価を経ずに出来形計測結果を数量算出に用いる範囲においては、1m²に1点以上の計測に加えて、法肩尻の変化点を追加的に計測すること。

2. TS(ノンプリズム方式)による出来形管理 面管理

□ TS(ノンプリズム方式)を用いる場合の計測密度規定 (出来形計測時)

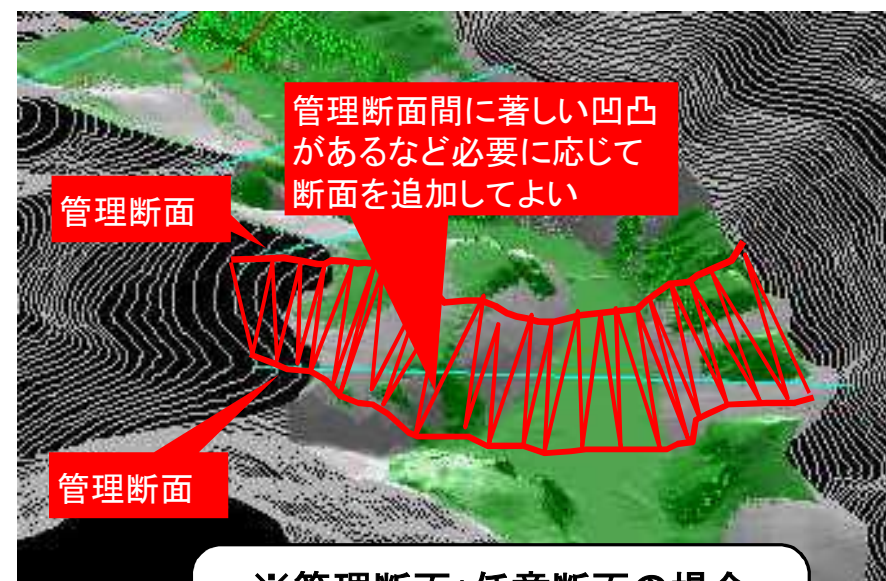
【項目追加】

1-3-1 起工測量

1) 起工測量の実施

受注者は、設計照査のために地形測量を実施する。管理断面及びそれ以外の任意の測点における断面について、地形変化点の座標を取得する。

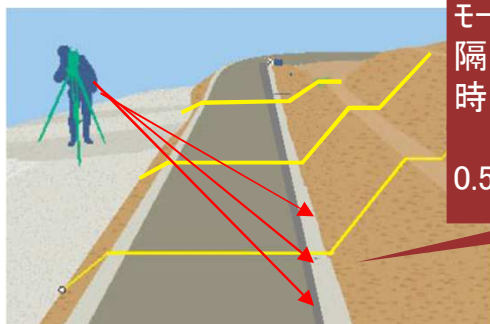
断面上ではなくランダムに地形の形状を取得する場合は、0.25m²(50cm×50cm)あたり1点以上とする。なお、実施事項は「1-4-6 出来形管理用TSによる出来形計測」を準用する。



※管理断面+任意断面の場合

0.25m²(50cm×50cm)あたり1点以上の規定は適用しなくてよい

計測密度の規定



モータードライブ搭載TSIによる等間隔自動計測により、比較的短時間で可能

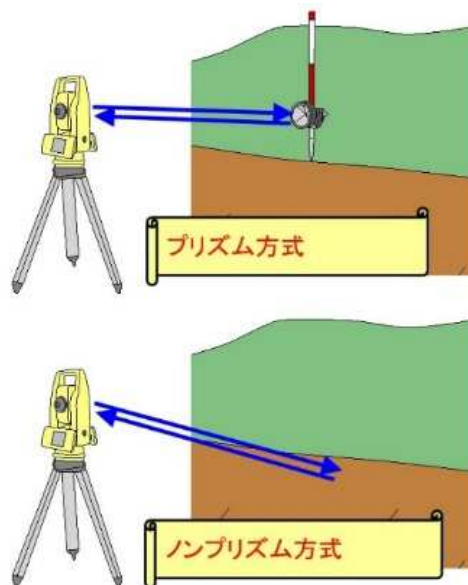
0.5m²で測定(数量算出用)

※ランダム計測の場合

起工測量、岩線計測、部分払い出来高計測の計測密度は、0.25m²(50cm×50cm)あたり1点以上

2. TS(ノンプリズム方式)による出来形管理 面管理

TS(ノンプリズム方式)本体の精度確認ルールを規定



計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる2点以上の計測点で、TS(プリズム方式)とTS(ノンプリズム方式)で計測した結果を比較

【測定精度】
計測範囲内で平面精度 $\pm 20\text{mm}$ 、鉛直精度 $\pm 20\text{mm}$ 以内

1-2-2 TS(ノンプリズム方式)本体の計測性能及び精度管理

TS(ノンプリズム方式)による出来形計測で利用するTS(ノンプリズム方式)本体は下記の測定精度と同等以上の性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、本管理要領に基づいて出来形管理を行う場合は、利用するTS(ノンプリズム方式)の性能について、監督職員に提出すること。以下に、出来形管理で利用するTS(ノンプリズム方式)に要求される性能基準を示す。

計測範囲内で平面精度 $\pm 20\text{mm}$ 、鉛直精度 $\pm 20\text{mm}$ 以内

(第2編 第4章 TS(ノンプリズム方式)の**精度確認試験**実施手順書及び試験結果報告書による**現場確認を行うこと**。)

第4章 TS(ノンプリズム方式)の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書

現場におけるTS(ノンプリズム方式)の測定精度を確認するために、現場に設置した**2箇所以上の計測点**を設定し、**TS(プリズム方式)とTS(ノンプリズム方式)**で計測した計測結果精度確認試験を行う。

【測定精度】

計測範囲内で平面精度 $\pm 20\text{mm}$ 、鉛直精度 $\pm 20\text{mm}$ 以内

【解説】

受注者は、計測機器本体から被計測対象の**最大計測距離以上**となる位置に2点以上の計測点を設定し、TS(プリズム方式)とTS(ノンプリズム方式)で計測した計測結果を比較し、その差が適正であることを確認する。

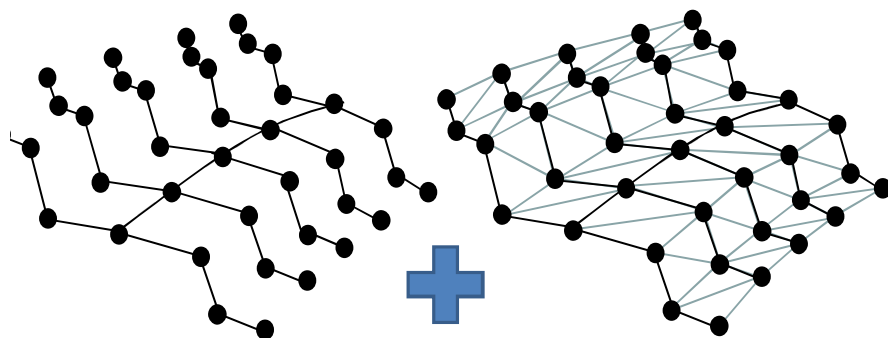
3. RTK-GNSSを用いた出来形管理

□ RTK-GNSSについて、鉛直精度の補完装置を併用した管理断面管理と、補完装置なしでの面管理に活用可能とした。

2つの管理方法に対応

中心線形・横断形状の
スケルトンデータ

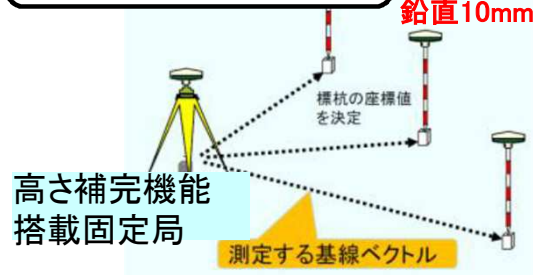
面管理



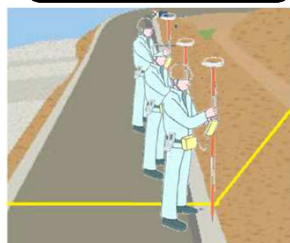
要求精度

情報化施工(断面管
理)を実施する場合

平面20mm
鉛直10mm



面管理の場合



平面20mm
鉛直30mm

(※)この規定のほかにも、面管理に関する規定を併記

1-1-2 適用の範囲

【解説】

2) 対象となる作業の範囲

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

また、レーザースキャナーや空中写真測量で欠測があった場合の補足やそれに準じる小規模土工の測量において、RTK-GNSSを用いて施工管理を面的に行う場合も対象とする。これらの用途以外への利用を妨げるものではないが、従来方法の方が効率的な場合もあるため、現場状況に応じて適切に選択されたい。

1-1-5 施工計画書 【解説】

4) 使用機器ソフトウェア ②出来形管理用RTK-GNSS本体(中略)出来形管理に必要な鉛直精度を満たす計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを、施工計画書の添付資料として提出する。(出来形管理に必要な要求精度は以下)

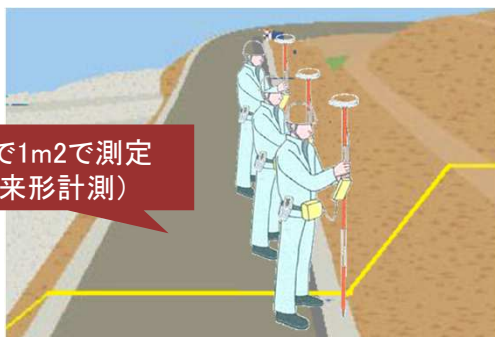
**平面20mm以内、鉛直10mm以内、
(面管理を実施する場合は、鉛直30mm以内)**

3. RTK-GNSSを用いた出来形管理

□ RTK-GNSSを用いる場合の計測密度規定（出来形計測時及び起工測量時）

計測密度の規定

人力で1m²で測定
(出来形計測)

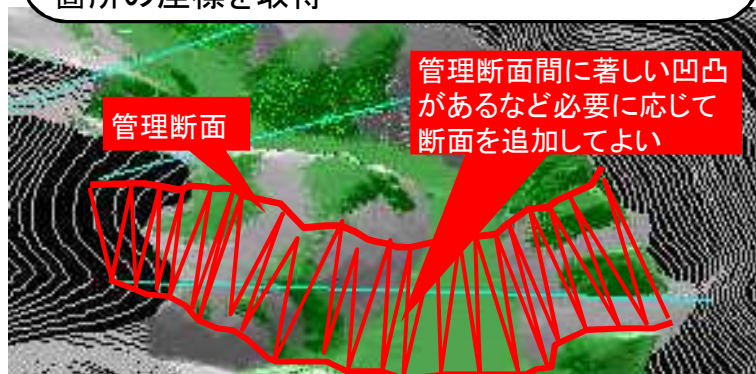


出来形計測の場合、点密度で1m間隔以内(**1点/m²以上**)で概ね等間隔で得られるよう計測する。

※ランダム計測の場合

起工測量、岩線計測、部分払い出来高計測の計測密度は、0.25m²(50cm×50cm)あたり1点以上

※管理断面+任意断面を計測する場合は当該箇所の座標を取得



1-4-6 出来形管理用RTK-GNSSによる出来形計測

2) 出来形計測

面管理の場合の出来形計測は、1m²(平均投影面積)あたり1点以上の出来形評価用データを**直接計測**する。

出来形評価しない箇所の数量算出を出来形評価データから行う場合

出来形計測データを0.01m²あたり1点以上取得することを不要とした

2-1-4 出来形計測箇所(面管理の場合)

(略)計測範囲は、3次元設計データに記述されてる管理断面の始点から終点とし全範囲で**1m²に1点以上の出来形座標値を取得**すること。(中略)なお、出来形評価を経ずに出来形計測結果を数量算出に用いる範囲においては、1mメッシュに1点以上の計測に加えて、**法肩尻の変化点を追加的に計測**すること。

1-3-1 起工測量

- ・断面上のみの起工測量を許容
- ・任意に断面を追加することも許容

1) 起工測量の実施

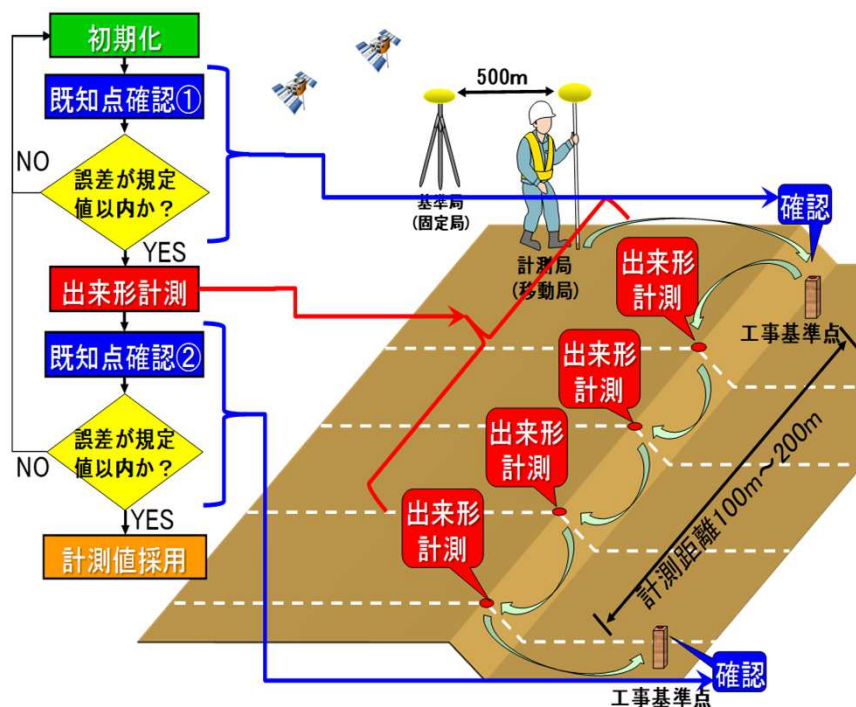
受注者は、設計照査のために地形測量を実施する。**管理断面及びそれ以外の任意の測点における断面について、地形変化点の座標を取得**

する。断面上ではなくランダムに地形の形状を取得する場合は0.25m²(50cm×50cm)あたり1点以上とする。なお、実施事項は「1-4-6 出来形管理用TSによる出来形計測」を準用する。

※岩線計測は、1-3-2、部分払い出来形計測は、1-3-3参照。

3. RTK-GNSSを用いた出来形管理

GNSS本体の精度確認ルールを規定



基準点で初期化を行い、誤差がないことを確認し、計測を1セット行う。最後に基準点での計測を行い、誤差以内であることを確認する。

1-4-6 出来形管理用RTK-GNSSによる出来形計測

受注者は、出来形管理用RTK-GNSSを設置し、出来形計測を行う。

1) 出来形管理用RTK-GNSSの基準局の設置

出来形管理用RTK-GNSSで利用する基準局は、工事基準点上に設置すること。任意の未知点に設置する必要がある場合には、測量を実施して工事基準点とするか、後方交会法のように任意の点に設置した後で必要な位置情報を取得する機能を利用すること。

なお、ネットワーク型RTK-GNSSの移動局のみで測位する場合はこの限りでない。

【解説】

4) 出来形計測の手順と留意点

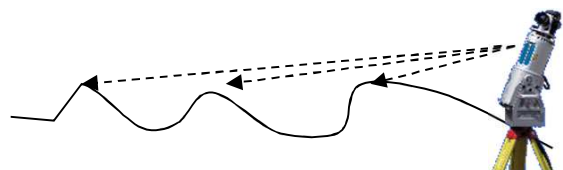
1. 工事基準点上で初期化を行い、初期化直後のその工事基準点の計測値に大きな誤差が無いことを確認(既知点確認)する。初期化誤差が水平方向20mm以上または鉛直方向10mm以上(面管理の場合は30mm以上)ある場合は、再度、初期化を行う(図1-26)。高さ補完機能を有するRTK-GNSSの場合、鉛直方向の計測は高さ補完機能により安定した計測値が得られることから、「高さ補完機能を有するRTK-GNSS 測量機の精度確認ガイドライン」により必要な計測精度の確保が確認された範囲で利用する限り、鉛直方向で10mmを大きく超える誤差は発生し難いが、万一、発生した場合、再度、初期化しても改善しない可能性が高い。その場合、原因として考えられる工事基準点や機器設置のミスや接触による移動なども念頭に対処する必要がある。

4. 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

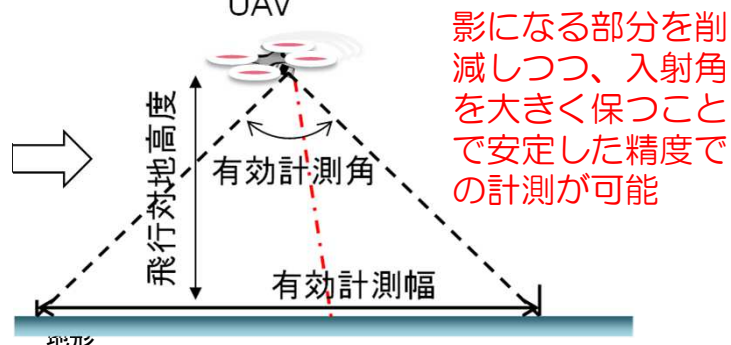
- 伐採前の起工測量や地上型レーザースキャナーの不得意とする現場条件での計測を可能とする新技術である、ドローン搭載レーザースキャナーを適用可能とする要領の新設
- 標定点が極小となることから大幅な計測時間短縮を実現可能

無人航空機搭載型レーザースキャナーの特徴

× 器械から見て影になる部分は計測できない。



× 入射角が小さくなると計測精度の低下、計測点の密度不足が発生する。



無人航空機搭載型レーザースキャナーの特徴

- ・レーザの自己位置は、2周波GNSS、RTK法等のキネマティックによる補正、IMUによって相当程度高精度に定位される。
- ・ただし、有人航空レーザ測量と違って、IMUに対して性能を規定していないので、事前の精度確認を求めている。

(参考) 精度検証結果

TSにより取得した同位置の標高比較

現場名	標高差 (mm)	標準偏差 σ (mm)
A現場	2.8	6.4
B現場	7.3	4.2

出来形管理に必要な要求精度50mmに対して、きわめて十分な精度を有する。

機器構成



- ・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
- ・出来形帳票作成ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア

計測精度に関する
仕様の記載方法も
標準化されていな
いため必須

a. UAVレーザの計測性能は使用しているIMU、LS等により大きく異なる。また、計測精度に関する仕様の記載方法も標準化されていない。さらに、計測時の飛行対地高度等の計測条件により、計測精度が異なる。このため、本管理要領では、第4章「UAVレーザの精度確認試験実施手順書」に示す精度確認試験を実施し、所要の精度を満足する機器を確認試験と同じ対地飛行高度等の計測条件にて、使用できることとする。

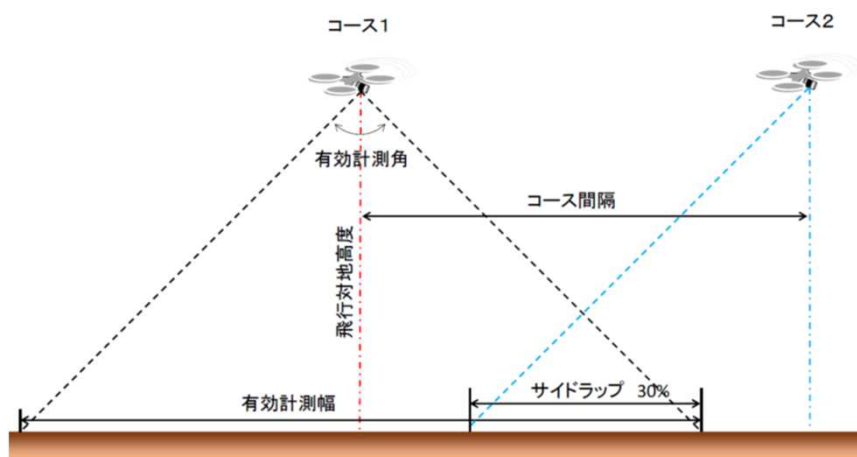
4. 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理

飛行計画(施工計画書記載事項)

計測諸元

・飛行対地高度	(m)
・飛行速度	(m/秒)
・LS拡散角	(mrad)
・IMUの精度(ロール角)	(度)
・IMUの精度(ピッチ角)	(度)
・IMUの精度(ヘディング角)	(度)
・スキャン回転数	(回転/秒) ポリゴンミラーの回転数
・レーザー発光回数	(回数)
・有効計測角	(度)
・有効計測幅	(m)
・コース間隔	(m)
・計測点密度(進行方向、横断方向)	(cm)

※コース間隔以外は、UAVレーザーを使用するために必要な項目



1-1-5 施工計画書

5) 飛行計画 UAVレーザーによる計測時の飛行経路、飛行高度、レーン間の計測範囲重複度等を記載する。

【解説】

(中略)

5) 飛行計画

受注者は、本管理要領により利用するUAVレーザーについては以下の項目に留意し、飛行計画を作成することとする。

- ・所定の予測精度が確保できる飛行経路及び飛行高度等の算出結果(1-4-3 UAVレーザーによる出来形計測 参照)
- ・調整用基準点の概観及び設置位置、調整用基準点位置の測定方法を示した設置計画・計測区域を完全にカバーするよう飛行コースを設定する。

1-4-3 UAVレーザーによる出来形計測

1) 飛行計画 UAVレーザーは、IMU、LSの性能に応じて精度が左右されるため、事前確認により要求精度を確保できる範囲で、飛行計画を立案する。

【解説】

(中略)

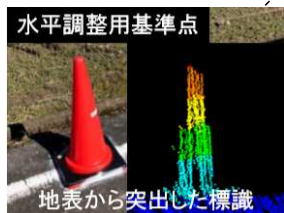
1) 飛行計画

UAVレーザーは、IMU、LSの性能に応じて精度が左右されるため、事前確認により要求精度を確保できる範囲で、飛行計画を立案する。

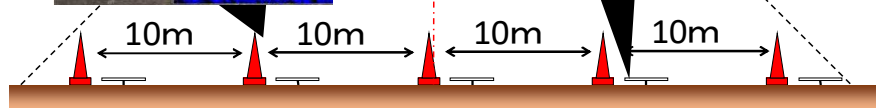
4. 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理

事前に行う精度確認

- ・水平調整用基準点が明瞭に確認できるよう計測点密度を設定



有効計測角



【事前精度確認方法】

- ・飛行コースと直交する横断方向に水平調整用基準点、標高調整用基準点をおおむね10m間隔で設置
- ・UAVレーザーによる計測結果から得られる既知点の水平較差、標高較差を計測

水平較差・鉛直較差の要求精度

水平較差	出来形計測: 10mm以内 起工測量: 40mm以内 出来高計測: 60mm以内	要求精度を満足する、レーザー距離計の最大計測角を確認し、これを有効計測角とする。
標高較差	出来形計測: 20mm以内 起工測量: 40mm以内 出来高計測: 60mm以内	

第4章 UAVレーザーの精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

現場におけるUAVレーザーの測定精度を確認するために、現場に設置した水平調整用基準点、標高調整用基準点を使用し、精度確認試験を行う。

【測定精度】

水平座標較差 $\pm 20\text{mm}$ 以内

(起工測量に利用する場合は $\pm 40\text{mm}$ 以内)

標高較差 $\pm 20\text{mm}$ 以内

(起工測量に利用する場合は $\pm 40\text{mm}$ 以内)【高さ方向の測定精度】

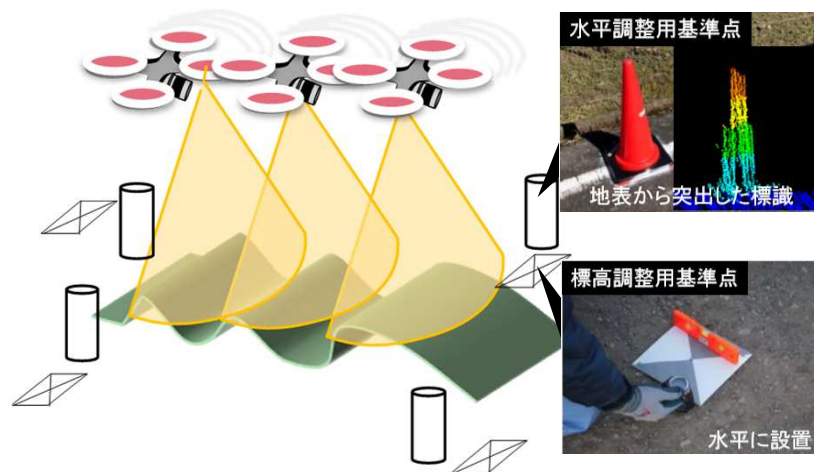
【解説】

受注者は、利用する機器の特徴を十分に把握した上で、UAVレーザーで計測を行う最大距離 付近およびそれ以上離れた位置に水平調整用基準点、標高調整用基準点をおおむね 10m間隔で設置し、UAVレーザーによる計測結果から得られる水平調整用基準点、標高調整用基準点の水平 較差、標高較差を計測する。これらの調整用基準点の設置断面数は1断面とする。

受注者は、水平較差、標高較差が $\pm 20\text{mm}$ 以内であることを確認する。

4. 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

調整用基準点での現場における精度検証



計測範囲の四隅に標高オフセット用の標定点(調整用基準点)を設置

調整用基準点の水平位置・標高較差により
精度確認 (要求精度 較差RMS<50mm)

調整用基準点の標高の較差の平均値が5cm
以上で、較差の傾向が全点で同じ場合は標
高値の一律シフトで補正してもよく、そのうえ
で要求精度を満たしていればよい。

1-4-3 UAVレーザーによる出来形計測

2) 調整用基準点の設置・計測

調整用基準点を用いてUAVレーザーによる計測結果の水平、標高の調整するために調整用基準点を設置する。調整用基準点は、平坦で明瞭な地点を選定し工事基準点からTSを用いて計測を行う。また、調整用基準点はUAVレーザーによる出来形計測中は動かないように固定すること。

6) 精度確認

UAVレーザーで計測した点群データについて、コース間較差や調整用基準点における較差等を確認する。

【解説】

2) 調整用基準点の設置・計測

調整用基準点は、面積(km²)を0.25で割った値に1を足した値とし、最低4点設置するものとし、計測対象箇所の四隅に配置することを標準とする。(中略)

6) 精度確認(中略)

b. 三次元計測データの点検
(中略)

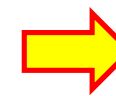
② 各調整用基準点において調整用基準点と3次元計測データとの較差を求め、その平均値とRMS誤差等を求めるものとする。
(中略)

④ 各調整用基準点における点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が5センチメートル以上又はRMS誤差が5センチメートル以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。

(※) 有人航空機による航空レーザー測量(準則)を参考に設定

5. 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

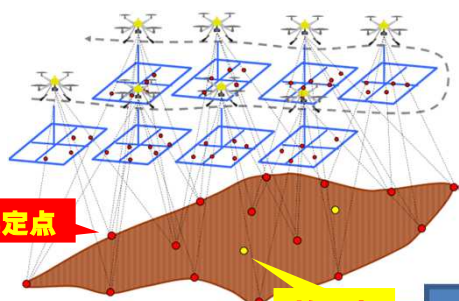
□カメラ位置が直接計測できる手法を併用する場合の対応



標定点設置を省略してもよい

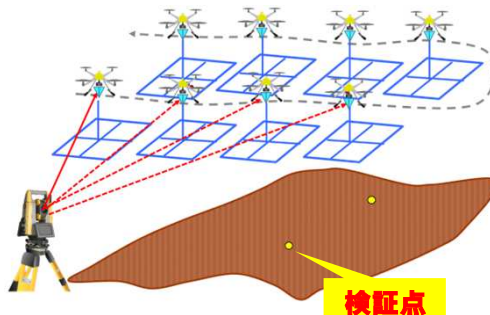
標定点設置の規定緩和

標定点の位置から撮影位置を逆算する。



4級基準点、3級水準点相当の標定点を現地に配置する。
配置頻度が高く、計測作業の手間となっている。

空中写真測量時の撮影位置を求める。x,y,z



カメラ位置を直接計測することで、標定点の設置、計測作業を削減する。

カメラ位置を直接定位するイメージの例

【効果】(※)約10,000m²の出来形管理
(標定点計測外業)

測量作業時間:90分(13箇所)

検証点のみ測量:25分(4箇所)

【旧】

1-4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外側標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内側標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置する。

【新】

1-4-3 空中写真測量(UAV)による出来形計測

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、(略)

また、SfM(Structure from Motion)の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法を併用する場合は、標定点の設置は不要とすることができるが、その場合、第4章 空中写真測量(UAV)の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書に記載の「カメラ位置計測を併用する空中写真測量(UAV)の事前精度確認試験実施手順書(案)」を参考に機器の検証を行うこと。

カメラ位置計測を併用する空中写真測量(UAV)の
事前精度確認試験実施手順書(案)

・計測結果(計測点群データ)と既知点の真値を比較
基準:各座標値の較差 **±5cm以内** であることを確認
※利用前6ヶ月以内に実施

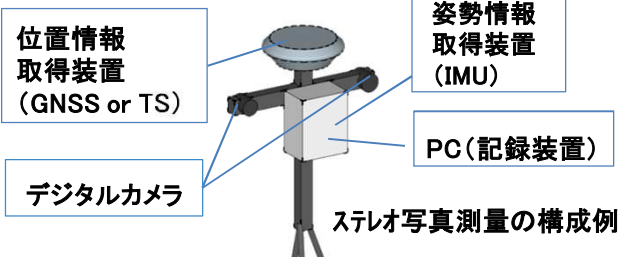
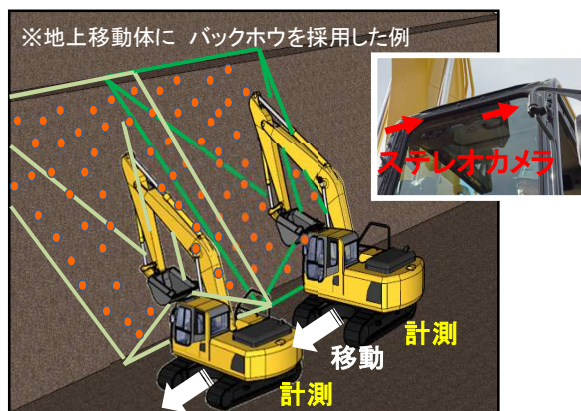


6. ステレオ写真測量(地上移動体)を用いた出来高算出要領管理

□ 出来高数量算出手法としてステレオカメラ(地上移動体)を利用できるよう 要領を新設

新しい3次元計測技術として追加

ステレオ写真測量(地上移動体)



◆地上移動体本体の種類は問わない

キャリブレーションおよびPCの設定

地上移動体によるステレオ写真撮影

カメラキャリブ
レーションデータ

3次元点群生成

地上移動体
位置・姿勢情報

現場座標3次元点群データ作成

◆標定点設置不要

3-5 ステレオ写真測量(地上移動体) の計測精度確認

【実施時期】

1. 計測機器導入時(事前確認:6ヶ月以内)

2. 1日ごと計測前(下記に該当する場合のみ実施)

- 1) RTK-GNSSを用いた地上移動体により計測を行う場合
- 2) 構成機器が着脱式、または堅牢性の確保が十分でなく(カメラ、センサが外部露出している等)、計測期間中に各機器の位置関係が変化する場合

※1)のみ該当の場合、RTK-GNSSの位置情報精度確認のため、地上移動体本体の一部を既知点に当て、精度確認を実施してもよい(水平・標高較差±50mm 以内)

【確認方法】

実際に使用する計測最大距離以上の範囲に検証点を設置し、計測差が基準以内であることを確認

基準:ステレオ写真計測座標-TSによる計測座標が
水平・標高較差±200mm以内

