

R8 建設ICT・DX活用セミナー 【JCMA東北支部 講義資料】

出来形管理要領解説①

《3次元計測(出来形管理計測)》



公式キャラ デジ子

建テジEXPO in AOMORI 2026 8月19日・20日
青森港国際クルーズターミナルにて開催

TS等光波方式

出来形管理用TSは、国土地理院認定3級と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、利用するTSの性能について監督職員の承諾を受けると。以下に、3級TSの性能基準（「国土交通省 公共測量作業規程」による）を示す。

計測	計測性能	測定精度	計測密度
起工測量、 岩線計測	公称測定精度： ±(5mm+5ppm×D)以下※ 最小目盛値 20″ 以下 ※Dは計測距離、 ppm は 10 ⁻⁶ 例：計測距離 100m の場合は、 ±(5mm+5×10 ⁻⁶ ×100m) ＝±5.5mm の誤差となる	国土地理院で規定がない場合： 【鉛直方向】 ±10mm 以内 【平面方向】 ±20mm 以内	【起工測量、岩線計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
部分払い 出来高計測			【部分払い出来高計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
出来形計測			【出来形計測】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ) 【出来形評価用】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ)

1) 計測性能

「国土交通省 公共測量作業規程」では、4級基準点測量及び応用測量に使用する機器の一つに3級TSがあげられている。出来形管理の測定精度を確保するため、出来形管理用TS本体は、3級以上あるいは、同等以上の計測性能を有することとする。

TSの計測性能は、国土地理院3級以上の認定品であることを示すメーカーのカタログあるいは機器仕様書で確認することができる。また、国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA101/102による適合区分B以上であることを証明する検査成績書等により、国土地理院が定める測量機器分類の3級以上であることが明記されている場合は3級と同等以上と見なすことができ、国土地理院による登録は不要である。

国土地理院で規定がないTS等光波方式を利用する場合は、精度確認試験を実施し、その記録を提出する。

2) 精度管理

TSの精度管理が適正に行われていることは、検定機関が発行する有効な検定証明書あるいは測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書で確認することができる。

傾斜補正機能付きプリズム、地上移動体搭載型プリズムを用いる場合は、精度確認試験を実施し、その結果について提出する。

(2) 計測性能の確認

TS等光波方式の計測性能等の確認方法については、「①計測性能を証明できる書類の提出（国土地理院登録品の場合等）」と「②精度確認試験の実施結果の提出（国土地理院登録品ではない場合）」に分類される。
また、工種によっては計測性能に応じて管理できる出来形測定項目に制限があるため、留意が必要である。

①TS本体



①計測性能を証明できる書類の提出（国土地理院登録品の場合）

→下記のいずれかの書類を提出

- 国土地理院3級以上の登録品であることを示すメーカーのカatalogあるいは機器仕様書。
- 国土地理院において測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA101/102による適合区分B以上であることを証明する検査成績書等。

国土地理院認定3級TSの要求性能
公称測定精度：± (5mm+5ppm×D) ※
最小目盛値：20" 以下
※D値は計測距離 (m)、ppm は 10⁻⁶



ただし、舗装工で利用する場合においては以下のとおりとなる。

○出来形測定項目に“厚さ”“標高較差”が含まれるが、表層・基層は含まれない場合

→国土地理院認定3級以上の登録品かつ
最小目盛値5"より高精度の機器であること

国土地理院認定3級TSの要求性能
公称測定精度：± (5mm+5ppm×D) ※
最小目盛値：最小目盛値：5"
※D値は計測距離 (m)、ppm は 10⁻⁶

○出来形測定項目に“厚さ”“標高較差”が含まれ、表層・基層も含む場合

→下記のいずれかの書類を提出

- 国土地理院1級以上の登録品であることを示すメーカーのカatalogあるいは機器仕様書。
- 国土地理院において、測量機器の検定機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、及びこれに準ずる日本測量機器工業会規格JSIMA101/102による適合区分A以上であることを証明する検査成績書等。

②精度確認試験の実施結果の提出（国土地理院登録品ではない場合）

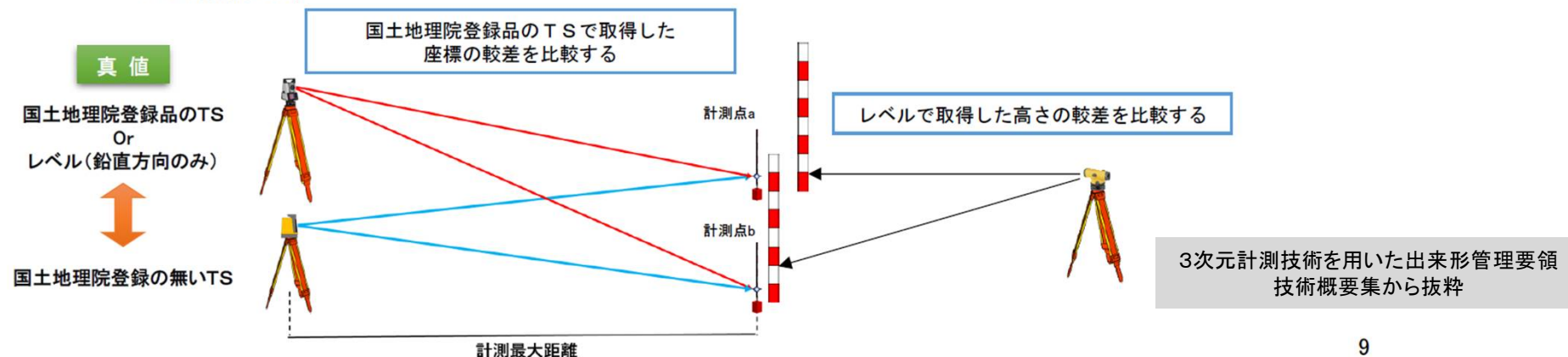
- 規格値による要求精度 5mm以上の場合：国土地理院認定 3 級以上（真値）とした精度確認を実施し、精度を満足していることを確認する。
 - 規格値による要求精度 5mm未満の場合：国土地理院認定 2 級以上（鉛直精度についてはレベルとの確認でもよい）を（真値）とした精度確認を実施し、精度を満足していることを確認する。
- ※規格値による要求精度の詳細については、「別紙 2 計測性能及び精度管理」を参照のこと。

・実施時期：

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

・実施方法：

- a. 計測点の設定：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位置に 2 点以上の計測点を設定する。
- b. TS による計測（真値）：計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に、平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さ計測値から差し引く。プリズムを TS で視準し、3次元座標を計測する。
- c. 国土地理院で規定がない TS 等光波方式による計測：プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものは、プリズムを自動追尾する機能により 3次元座標を計測する。
- d. TS と国土地理院で規定がない TS 等光波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。



第2編 土工編

第4章 3次元計測技術別の計測手順と実施事項
多点計測技術（面管理の場合） TS等光波方式令和6年3月版
3次元計測技術を用いた出来形管理要領
P2-106から抜粋

《出来形計測》

2024年出来形管理要領の記載

1. 出来形管理用TSの設置及び出来形計測

受注者は、出来形管理用TSを設置し、出来形計測を行う。

1) 出来形管理用TSの設置

出来形管理用TSは、工事基準点上に設置すること。なお、工事基準点上の設置によりがたい場合は、後方交会法による任意の未知点への設置を認めているので、詳細は「2. 出来形管理用TSの設置及び出来形計測（任意の未知点に出来形管理用TSを設置する場合）」の記載を参照されたい。

2) 出来形計測

出来形計測の実施にあたっては、出来形管理用TSから出来形計測点までの斜距離を3級TSは100m以内（2級TSは150m以内）とする。

面管理の場合の出来形計測は、 1 m^2 （ $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ メッシュ）（平面投影面積）あたり1点以上の出来形評価用データを直接計測する。

【解説】

一般にTSの高さ測定精度はレベル（水準儀）には及ばないが、3級TSによる実証実験により計測距離が100m以内であればレベルでの計測値に対する差が $\pm 5\text{ mm}$ 以内で、現行の出来形計測結果と比較しても遜色がないことを確認している。このことから、出来形計測時の出来形管理用TSと出来形計測点までの斜距離の制限値を3級TSは100m以内（2級TSは150m以内）とした。

2 現場計測

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 P11から抜粋

2.1 器械設置

下記の事項に留意し、器械設置を行います。

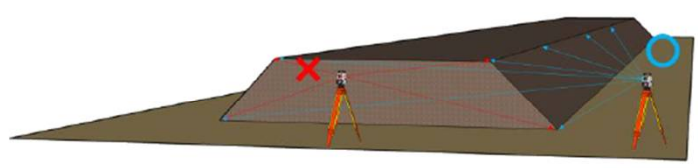


(1) TSの器械設置時の留意事項

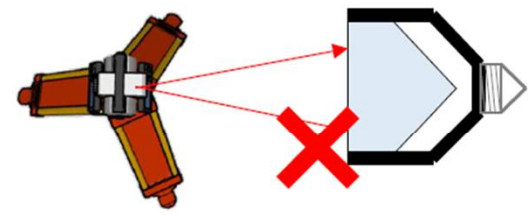
- TSが水平に設置されていること。
- 出来形計測点を効率的に取得できる位置に出来形管理用TSを設置すること。
- TSは可能な限り工事引照点に設置するものとし、やむを得ない場合は、後方交会法によりTSを設置する。
- 計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- 器械高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。
- 後方交会法においては、2点の工事引照点の挟角は $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内とする。
- TSと工事引照点の距離が近いと、工事引照点に立てるプリズムがTSの望遠鏡で大きく見えるため、視準の中心をプリズムの中心に合わせることが難しくなり、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。
- 工事引照点は、3次元設計データに登録されている点を用いること。

計測距離制限が記載
されていないが
撤廃していない
距離制限は継続する
とのこと
(確認済み)

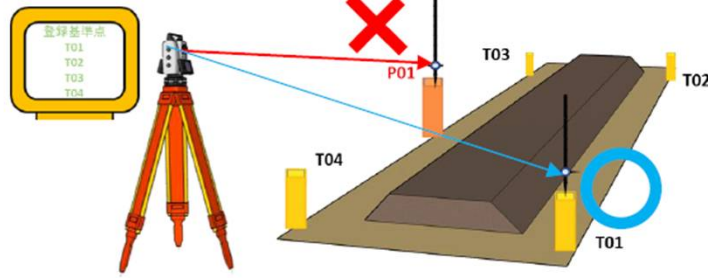
効率的に取得できる位置にTSを設置



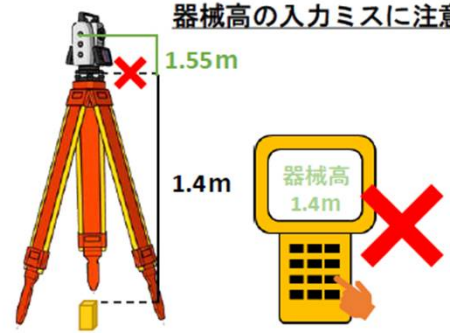
機器を確実に設置



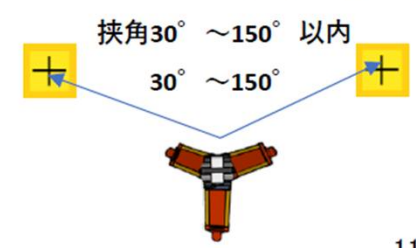
管理されていない基準点を用いて器械設置を行わない



器械高の入力ミスに注意



TSを設置時に後方交会法を用いる場合の留意事項



3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 P13から抜粋

■TSによる面計測時の留意事項

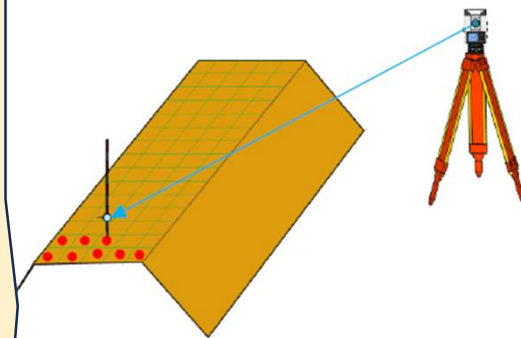
- ・TSによる出来形管理における出来形計測箇所は、全ての範囲で出来形評価グリッドに1点以上（1.0mメッシュに1点以上）の出来形座標値を取得する。
- ・厚さを測定する場合、基本設計データに出来形計測点として入力した点と、実際に出来形計測を行う点の平面位置のずれが水平距離で50mm以内になるように、計測を行うこと。（厚さ管理の場合）

※ICT土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工においては、施工幅1m未満の場合等、1mのグリッドが適さない場合、出来形評価グリッドを0.25m²（0.5m×0.5m）とする。

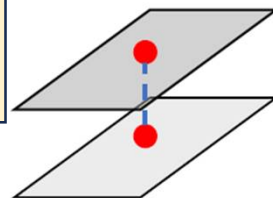
計測距離制限
ここには記載があるが
計測距離制限と
設置時の角度制限は
出来形管理等ICT活用
工事の活用段階の全て
において適用される
と判断して良い

- ・工事引照点設置
- ・起工測量
- ・ICT建機測位
- ・岩線、出来高計測
- ・出来形管理計測
- ・実地検査
- ・標定等設置
- ・計測器性能確認
- ・等

等間隔で計測



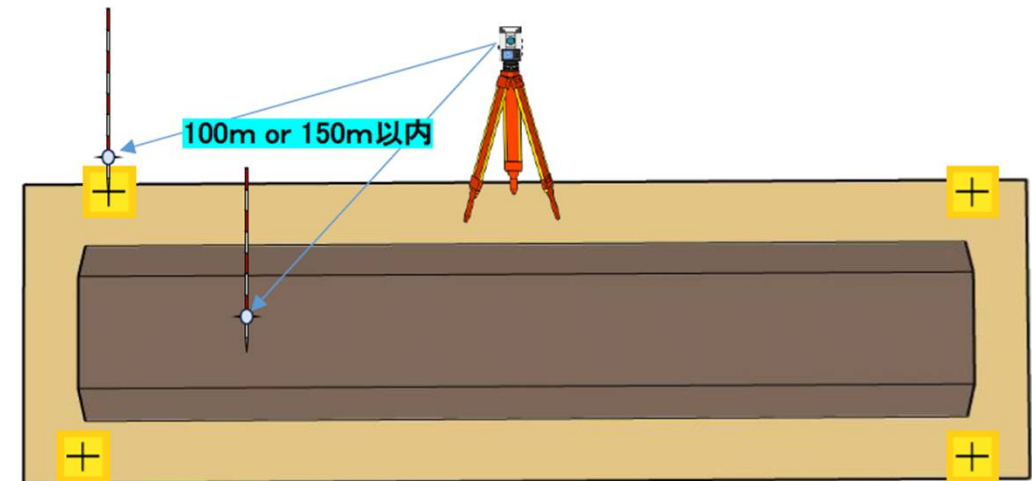
水平方向で50mm以内であること



現況層の
出来形計測点

下層の
出来形計測点

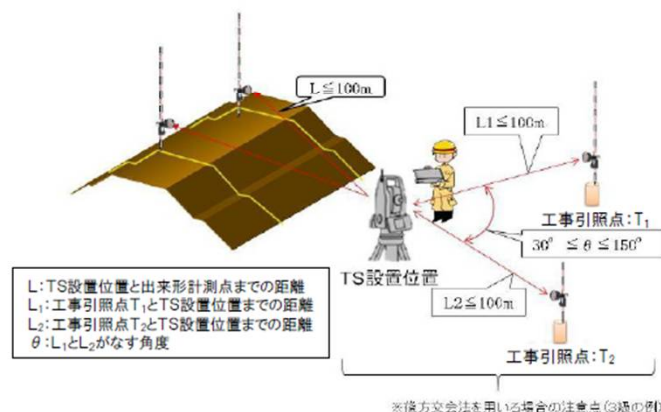
斜距離制限



■TSによる断面計測時の留意事項

- 出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用TSを用い、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形又は法線や法肩、法尻等）の選択を行う。
- 計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力、又は選択する必要がある。
- 出来形管理用TSと工事引照点までの距離については、測定精度確保の観点から100m以内（1級2級TSを使用する場合は150m以内）とし、後方交会法においては、2点の工事引照点の挟角は $30^\circ \sim 150^\circ$ 以内とする。
- 出来形管理用TSと出来形計測点までの斜距離については、土工は100m以内（2級TSを使用する場合は150m以内）、舗装は100m以内（1級2級TSを使用する場合も同様に100m以内）とする。ただし、TSと後視点の距離を超えないこと。
- 計測結果の再現性を高めるため、同じ出来形計測点の測定にあたっては、毎回同じ工事引照点を使用する（舗装工の場合）。

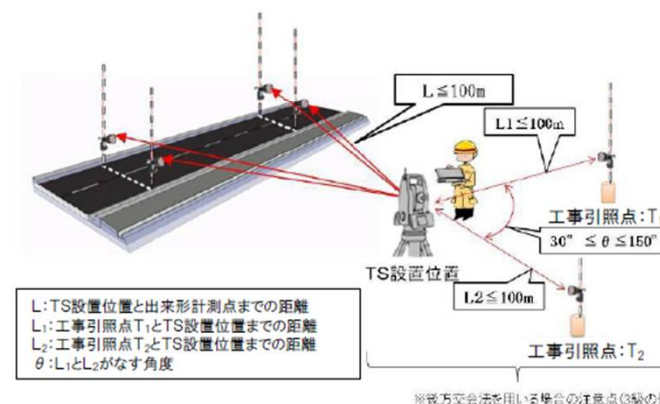
基準点～TS～計測点までの斜距離制限
(土工)



3級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 100m$, $L2 \leq 100m$, $30^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$

2級TS: $L \leq 150m$, $L1 \leq 150m$, $L2 \leq 150m$, $30^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$

基準点～TS～計測点までの斜距離制限
(舗装工)



3級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 100m$, $L2 \leq 100m$, $30^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$

2級TS: $L \leq 100m$, $L1 \leq 150m$, $L2 \leq 150m$, $30^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$

地上設置型レーザースキャナー（TLS）

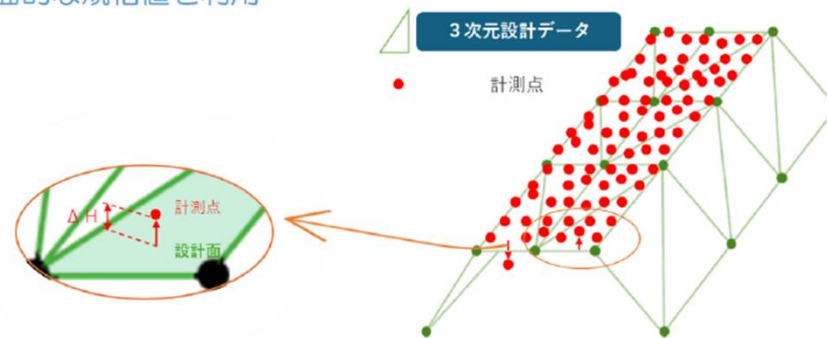
□地上型レーザースキャナー（T L S）を用いた3次元出来形管理の種類

3次元出来形管理の種類には、以下の2パターンがあり、工種によって異なります。



T L Sで取得した点群を用いて面管理をする。

面的な規格値を利用



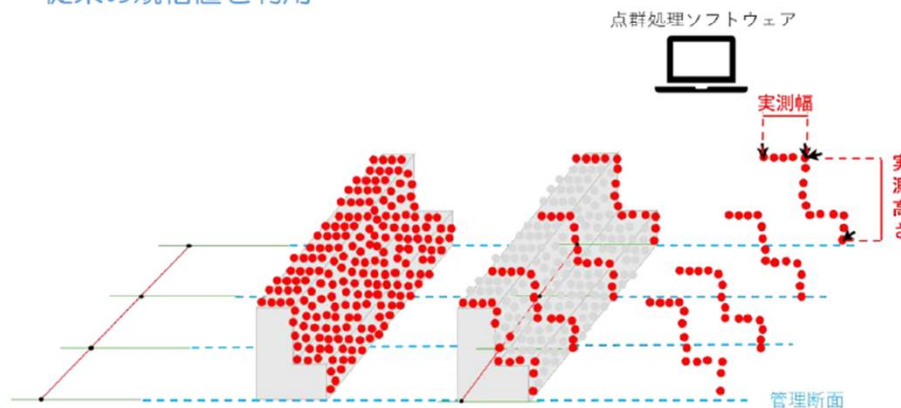
【適用工種】

- ・土工
- ・舗装工
- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工



T L Sで取得した点群を用いて断面管理をする。

従来の規格値を利用



【適用工種】

- ・土工（1,000m³未満）、床掘、小規模土工、法面整形工
- ・付帯構造物設置工
- ・法面工
- ・基礎工
- ・擁壁工
- ・構造物工（橋脚・橋台）
- ・構造物工（橋梁上部）
- ・付帯道路施設工等
- ・コンクリート堰堤工

TLSによる出来形計測で利用するTLS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、**利用するTLS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TLSに要求される性能基準を示す。

計測	測定精度	計測密度
起工測量、岩線計測	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内	【起工測量、岩線計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
部分払い出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内	【部分払い出来高計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm 以内	【出来形計測】 1 点以上/0.01 m ² (0.1m×0.1m メッシュ) 【出来形評価用】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ)

色データ：色データの取得が可能なことが望ましい

1) 計測性能

TLSの計測性能はメーカーのカatalogあるいは国土地理院が認めた第三者機関の発行する試験成績書あるいは検査成績書などで性能を確認することができる場合がある。この場合、TLSの測定精度を確認する試験方法として JSIMA115 に基づく試験成績表において、起工測量は $\pm 70\text{mm}$ 以内、出来形計測は座標測定精度が $\pm 14\text{mm}$ 以内であることを確認し、確認結果として当該試験成績表を監督職員に提出することが考えられる。

試験成績表から推定可能な使用範囲を超えて測定する場合等、上記によることが出来ないと判断した場合は、利用前に以下の確認を行うこととする。

- a. 既知点を用いた精度確認：受注者は、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 以上離れた箇所）以上に配置し、TLSの計測精度を確認する。受注者は、TLSを用いた出来形管理の実施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。
- b. 事前確認の実施：a. の現場での計測性能の確認以外に、上記と同様の手法で事前確認を実施してもよい。この場合、利用前の12 か月以内に1回以上実施した確認結果を提出すること。

1.3 事前精度確認の実施

利用前に精度確認試験を実施し、性能基準を満たすことを確認します。精度確認結果は発注者に提出します。

(1) 土工、土工に準じる工種の精度確認試験

■ 2点間距離計測による精度確認

※1) または2) のいずれか

座標間較差による精度確認の実施が困難な場合は、【従前の方法】によることができる。

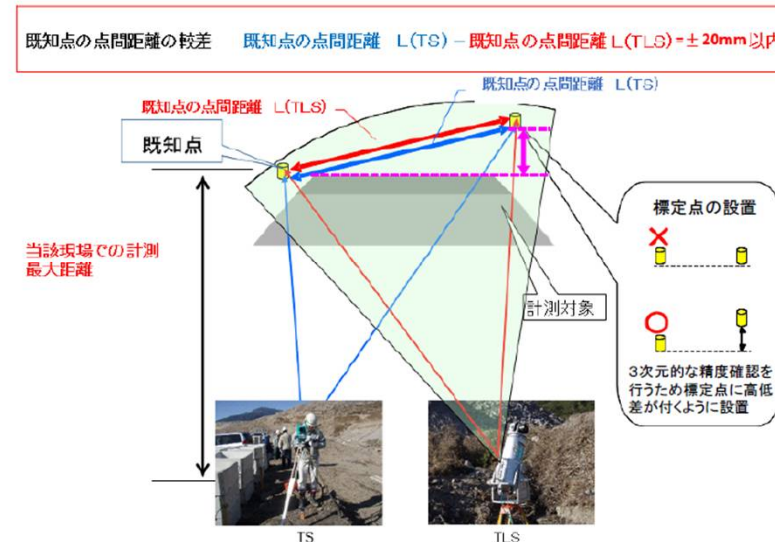
1) 事前の精度確認 ※a.もしくはb.のいずれか

- 計測現場以外で、2) の手法で実施した精度確認試験の記録（利用前12か月以内の結果であること）。この場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し、要求精度を満足しているか確認する。
- JSIMA115に基づく試験成績表において、起工測量は±70mm以内、出来形計測は座標測定精度が±14mm以内であることを確認する。

2) 現場での精度確認

計測を実施する現場において、以下の手順で実施する（利用前12か月以内に実施すること）。

- 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、既知点を2点以上（10m離れた箇所）に配置。
- 既知点の距離をTS、テープ等で計測する。
- TLSで取得した既知点の点間距離と、上記の点間距離の差が±20mm以内であることを確認する（出来形管理の場合）



※精度確認で設定した計測最大距離を超えて実際の計測を行うことはできませんので、留意しましょう。
※検証点はTLSの座標変換や器械設置としての標定点や基準点として使用してはならない。

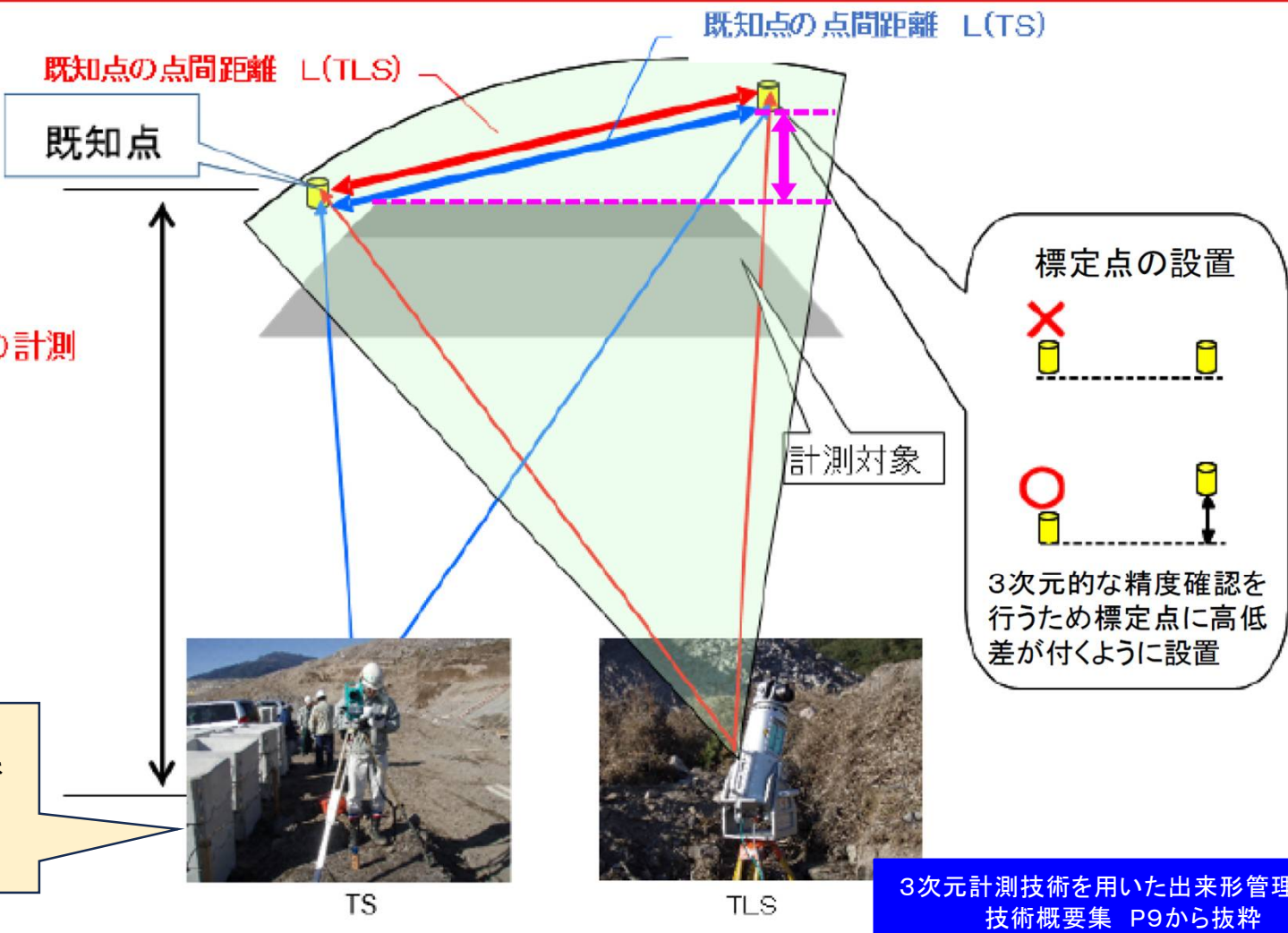
点間距離はTSまたは巻き尺で計測することが出来るが
巻き尺は正規品で正確な計測方法で実施する必要がある

既知点の点間距離の較差 既知点の点間距離 $L(TS) - \text{既知点の点間距離 } L(TLS) = \pm 20\text{mm}$ 以内

利用するTLSの計測性能として
出来形管理要領で示す
計測精度と計測密度が満
足できる距離

当該現場での計測
最大距離

TSの計測距離制限以内に
実施する

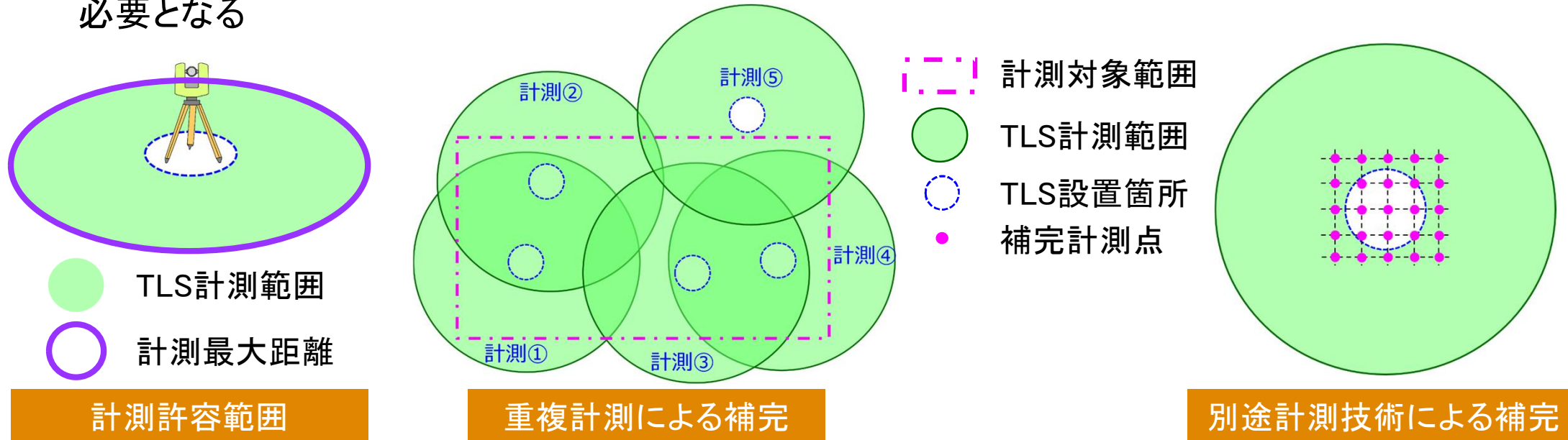


3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 P9から抜粋

計測最大距離について

計測最大距離は、計測性の、密度の要求精度が満たされる制限距離であるため、計測最大距離以遠にある計測点を計測結果とすることは出来ない

このため、計測後に最大距離以遠のデータを削除するか、範囲制限で計測する等の配慮が必要となる



しかし、計測結果の点群から最大距離以遠のデータのみ削除することは作業手間を増やすことになるので、対策の提案として、

全ての計測対象範囲が、計測最大距離以内に収まる様に重複させる計測計画として密度調整後の計測点群では、精度が確保されている点群のみを残すことで対応できていると判断できる。

また、器械位置直下の欠測範囲、部分的な欠測や補完については、TS計測など他の計測技術を複合する事が可能である。

(2) 舗装工、舗装工に準じる工種の精度確認試験

1) 現場での実施方法

以下に示す①の方法で鉛直方向の測定精度を、②の方法で平面方向の測定精度を確認する。

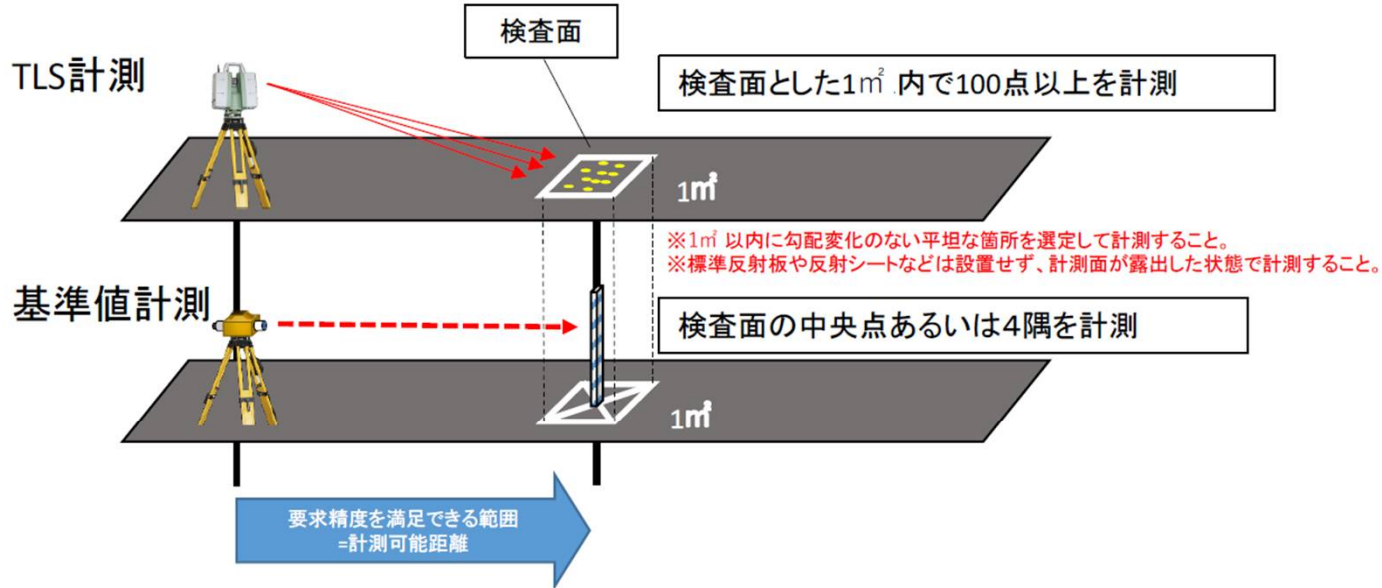
①鉛直方向の測定精度の確認

点群密度が100点以上得られ、かつT L Sで計測を行う最大距離付近1箇所に1 m²以下の検査面を設置する。この際、計測用の標準反射板などは設置せず、検査面が露出した状態で計測すること。なお、測定精度の確認は、基準値となる検査面の高さ（本ページ下部の真値計測を参照）とT L Sを用いて計測した結果から得られる高さを比較し測定精度以内であることを確認する。

POINT!

※舗装工は、管理する層によって要求される測定の結果が利用できない場合があるので、測定精度を確認してください。また、検査面の不陸や傾斜が試験結果に影響を与えるので、できるだけ水平かつ不陸の無い箇所に検査面を設定することを推奨します。精度を満たしていれば、利用前12か月以内の結果が利用できます。

舗装工・舗装工に準じる工種



真値計測

■鉛直方向の検測

以下のいずれかの方法で計測する。

- 検査面（1 m²）の中心をレベルで計測する方法
- 検査面（1 m²）の四隅をT Sとレベルで計測し、四隅の高さの平均値もしくは内挿補間等により高さを求める方法

(3) 標定点・検証点の設置計画

- 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置する計画とする。
- 標定点の計測はTSを用いて実施する。TSから基準点及び標定点までの距離は100m以下（3級TSの場合）あるいは150m以下（2級TSの場合）とする。
- 現場計測において検証点が必要な工種は、検証点の配置箇所・個数などを計画する。

■ 標定点の配置イメージ

TLS設置に於いては
計測範囲内(計測最長距離
以内)に標定点を設置する
か、既知点設置とする必要
がある



なお、以下の場合は標定点を省略できる。

- ① 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（この場合、ターゲットは工事引照点あるいは基準点に設置すること）
- ② GNSS-TLSを用いる場合（この場合、「TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験に加え、「GNSS-TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験を実施し、所要の精度を有することを確認する）

※GNSS-TLSは、土工のみ適用可能

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 P16から抜粋

2 現場計測

2.1 TLSの配置

計測計画に基づき、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる箇所にTLSを配置する。

留意点

- ・ 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であること
- ・ TLSは、急傾斜地や軟弱地を避け、振動のない地盤上に設置すること

2.2 標定点・検証点の配置と計測

計測計画に基づき、標定点・検証点を配置し、各座標値を取得します。

(1) 標定点・検証点の配置

計測計画に基づき、標定点、検証点（必要な工種のみ）を配置する。

留意点

- ・ 標定点は動かないように固定すること

(2) 標定点・検証点の計測

標定点の計測はTSを用いて実施し、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）とする。

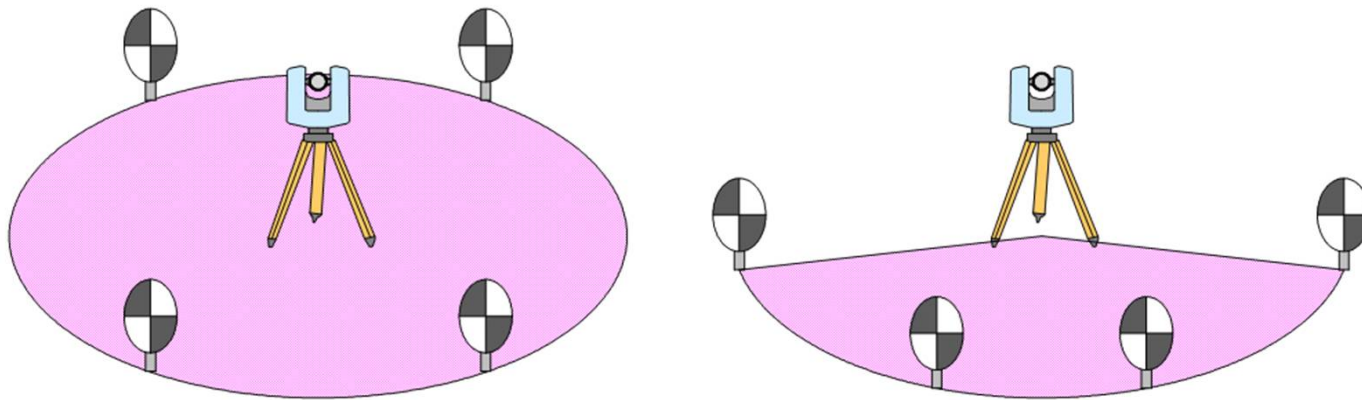
ただし、以下の場合については、標定点を設置せず計測しても良い。

- ① 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（この場合、ターゲットは工事引照点あるいは基準点に設置すること）
- ② GNSS-TLSを用いる場合（この場合、「TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験に加え、「GNSS-TLSの事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」による精度確認試験を実施し、所要の精度を有することを確認する）

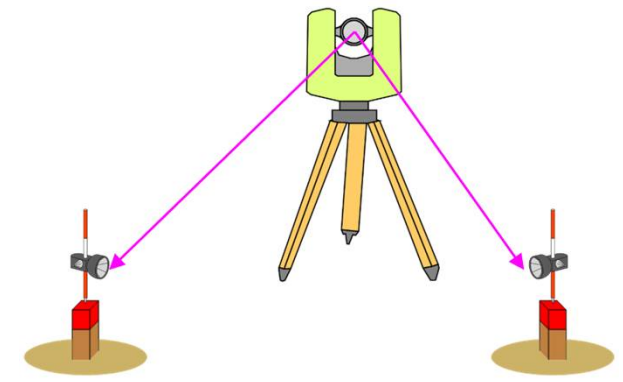
※GNSS-TLSは、土工のみ適用可能

TLS設置においては、**標定点設置又は既知点設置(後方交会法)**によるとされているため、器械盛替えで連続計測する場合も、盛替えごとに標定点設置か既知点設置が必要になると判断され、TLSのモーションセンサ等による計測点の連続観測はNGであると解釈できる

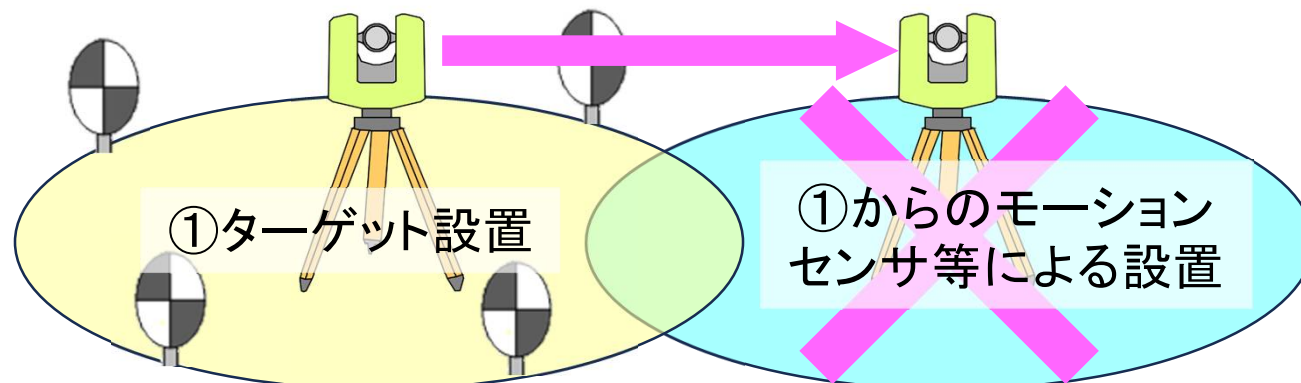
ターゲットによる設置・・・OK



後方交会法による設置・・・OK



モーションセンサ等による盛替え設置・・・NG！



RTK-GNSS

(2) 出来形計測の留意点

面管理の場合

- 初期化誤差が水平方向±20mm以上、又は鉛直方向±10mm以上（面管理の場合±30mm以上）ある場合は、再度初期化を行う。
- 「国土交通省 公共測量作業規程」の路線測量に準拠すれば測定精度の確認用に2セット計測して比較し、較差が小さい場合は計測値を採用することとなっているが、実証実験結果を見ると、直ぐに確認した場合は2セット間の較差が小さく、また、他点の計測を一巡した後で再計測する方法では作業効率が悪くなるため、出来形管理用RTK-GNSSでの出来形計測では、1セットとする代わりに、精度確認用として計測後に工事引照点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。万一、測定精度が悪化している場合に、それまでの計測作業で得た計測値は測定精度がある状態で得たデータか判断できないため採用せず、再度、計測する必要がある。よって、以降の出来形の計測作業で計測の手戻りを少なくするため、**一定の計測間隔あるいは時間間隔で初期化を行うことが望ましい。**RTK-GNSSの場合、**望ましい計測間隔の目安は100～200m程度、時間間隔は30分～1時間程度**である。なお、「断面管理にRTK-GNSSを用いる場合の事前精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」で高さ計測精度が確認されたRTK-GNSSについては、この限りではない。
- 出来形計測を円滑に行うために、計測の実施前に、衛星配置の予測ソフトウェアなどを用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。衛星の配置予測ソフトウェアは、測量機器メーカーHPなどで入手可能である。ただし、現場の状況（周辺の山、谷、ビル）で衛星捕捉状況が変化するので、これらを十分に考慮して計測計画を立てること。

面管理の場合

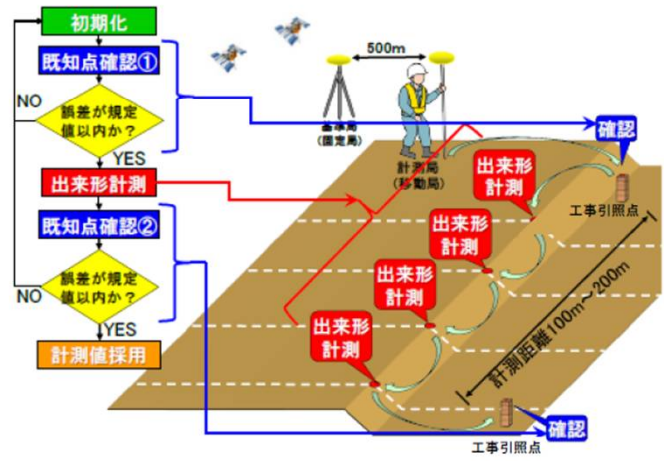


図 初期化と計測の手順

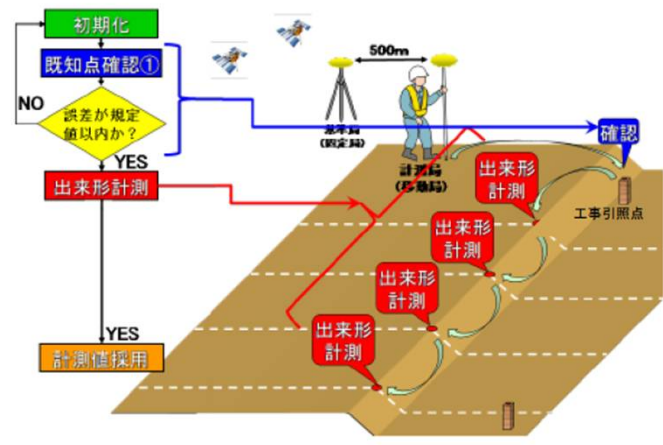


図 初期化と計測の手順
(高さ計測精度が確認されたRTK-GNSSの場合)

モバイル端末計測

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 モバイル端末P3から抜粋

□モバイル端末計測とは？

モバイル端末に搭載されているLiDARやカメラの他、モバイル端末に携帯可能なセンサーを組み合わせたものにより計測する技術である。

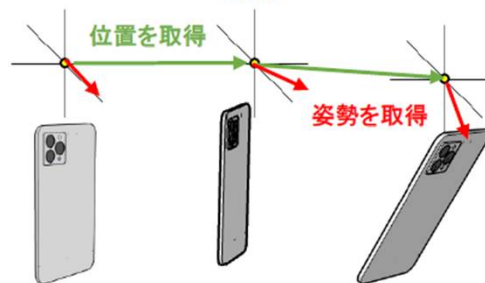
LiDARセンサーの照射 + IMUによる位置や姿勢の取得

LiDARセンサー



+

IMU



タブレット



スマホ

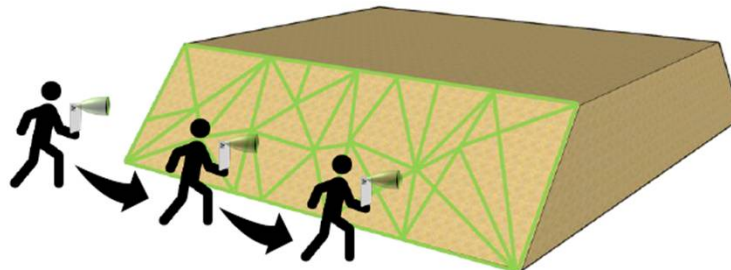


IMUとは？

IMU（慣性計測装置）は、運動を司る3軸の角度と加速度を検出する装置。3軸のジャイロと3方向の加速度計によって、3次元の角加速度（回転運動）と加速度（並進運動）が求められる装置で、レーザースキャナが移動している間の、位置、姿勢情報を細かく高精度に計測している。

形状生成

IMUによりモバイル端末の位置や姿勢を常時取得し、LiDARセンサー計測結果から得た現在の周辺形状データを次点の計測結果を継ぎ足していくことで形状データを生成する。



※モバイル端末計測：LiDAR、IMU、SLAM技術、写真測量技術等、
多様な技術をモバイル端末と組み合わせて計測する技術

※LiDARとIMUを組み合わせた場合の一例

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
技術概要集 モバイル端末P17から抜粋

◆ 参考資料

計測性能及び精度管理

工種	管理手法	3次元計測技術	計測性能及び精度管理			精度確認方法			
						事前 精度確認	計測時の 検証点による確認	その他 (国土地理院登録品等)	備考
土工 (1,000 m3未満)・床掘 工・小規模 土工・法面整形 工	面 管理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度	■	■※3		※1:土工で規定されている技術については、各技術の計測密度に準ずる。 ※2:1㎡(1m×1m)以内を基本とするが、施工幅が1m未満の場合等、1㎡グリッドによる出来形管理が適さない場合は、0.25㎡(0.5m×0.5m)以内とする。土工で規定する技術においても1㎡を0.25㎡と置き換えて運用する。施工幅が0.5m未満の場合は、断面管理を行うこととする。 ※3:測定精度確保に必要な計測手順や条件を精度確認試験結果に明記し、本手法に準じて計測することを施工計画に記載する場合について、出来形計測時の検証点による精度確認を標定点の設置精度の確認により代替することができる。
			起工測量	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm以下	1点以上/0.25㎡ (0.5m×0.5mメッシュ)				
			岩線計測						
			部分払い 出来高計測	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm以下					
	出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以下	【出来形計測時】 1点以上/0.01㎡ (0.1m×0.1mメッシュ)※1						
			【出来形評価時】 1点以上/出来形評価グリッド※2						
	断面 管理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度	■	■		
			出来形計測	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm以内	1点以上/0.0025㎡ (0.05m×0.05mメッシュ)				
付帯道路 施設工等	断面 管理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	■寸法精度 ※2点間距離 ±10mm 以内 ■座標精度 3次元点群の用途に応じ、以下の数値 1)付帯道路施設工等の設置位置の把握に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±100mm 以内 2)付帯道路施設工等が建築限界に触れていないことの確認に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±50mm 以内 3)その他 監督職員との協議により決定	点群が計測対象物の輪郭を明瞭に示せる程度の密度になっていること				
電線共同 溝工	断面 管理	モバイル端末計測技術	計測場面	測定精度	計測密度		■		
			出来形計測	■寸法精度 ※2点間距離 ±10mm 以内 ■座標精度 3次元点群の用途に応じ、以下の数値 1)電線共同溝の設置位置の把握に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±100mm 以内 2)電線共同溝が建築限界に触れていないことの確認に用いる場合 x,y,z各成分の誤差が ±50mm 以内 3)その他 監督職員との協議により決定	点群が計測対象物の輪郭を明瞭に示せる程度の密度になっていること				

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
参考資料 P13-2から抜粋

参考資料-2 モバイル端末等を用いた計測技術の精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書

点群計測時に、3次元座標が既知の検証点を用いて点群の計測精度を計測ごと、または連続した複数回の計測で合成された点群ごとに確認する手法（「検証点による精度確認手法」という）を用いる場合は、モバイル端末等を用いた計測技術の測定精度を確認するために、計測毎に2箇所以上の検証点を設置し、モバイル端末等から得られた計測点群データ上の検証点座標とTS等光波方式により計測した検証点座標を比較し精度確認試験を行う。

検証点による精度確認手法以外の手法を用いる場合は、測定精度確保に必要な計測手順や条件（標定点の設置基準、検証点の配置方法等）について所定の様式に記載・提出するとともに、提案した手法に沿った計測についての事前精度確認試験、および計測毎の精度確認試験を行う。

【測定精度】

検証点での座標値の較差 x, y, z それぞれ $\pm 50\text{mm}$ 以内

検証点方式による精度確認

計測ごとに、計測範囲内の検証点座標と計測結果の座標を比較して、要求精度内に収まることを確認する

検証点以外の方式による精度確認

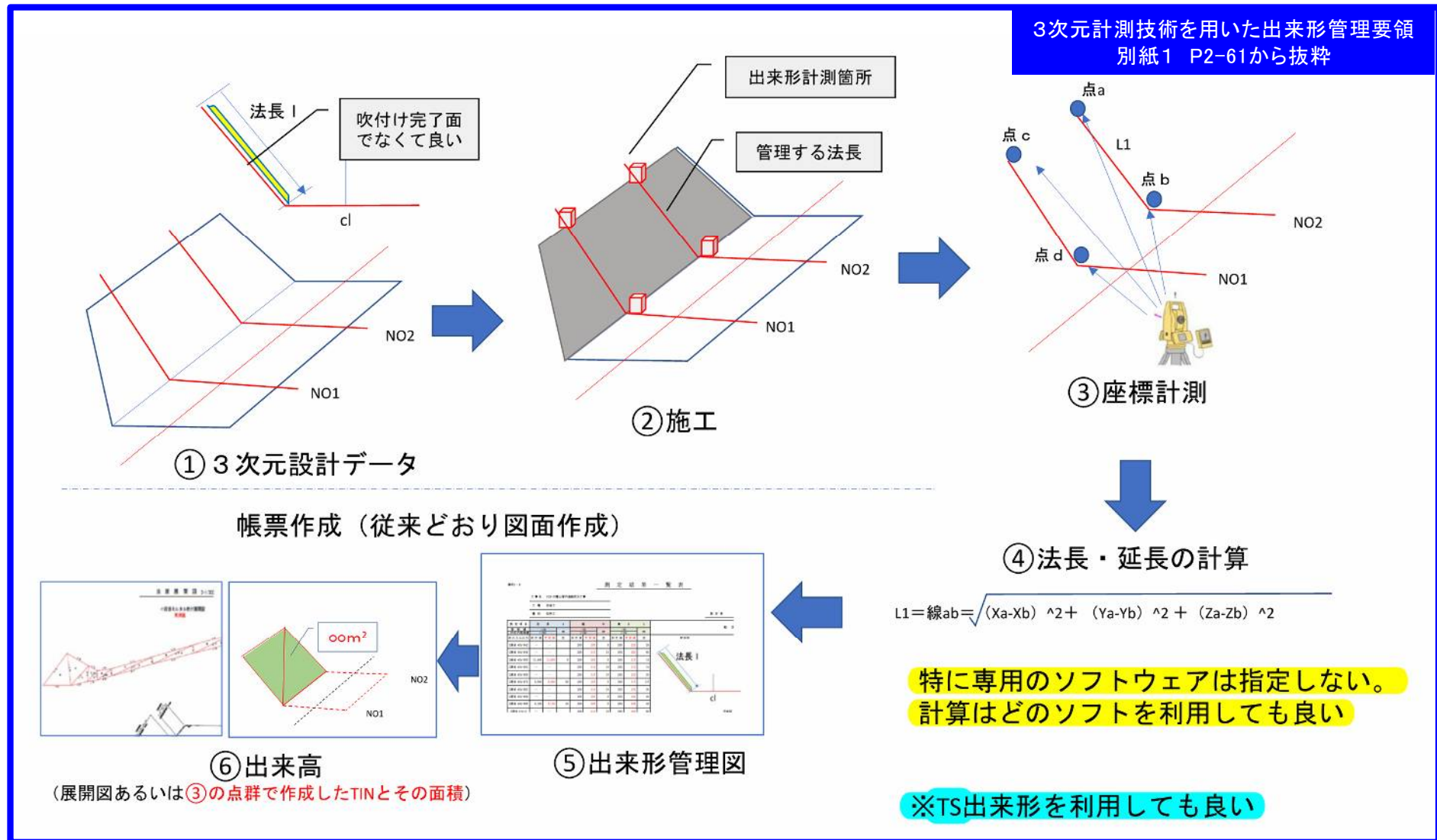
事前精度確認試験を計測実施以前の12か月以内に実施すると共に、計測ごとの精度確認を実施する

ICT法面工

出来形管理要領によると・・・

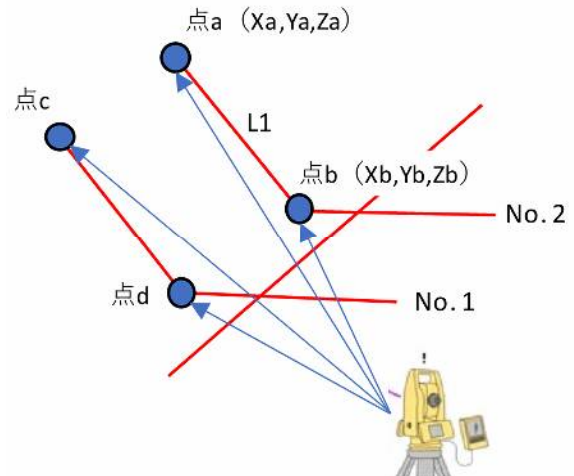
「土木工事共通仕様書」に定める出来形管理帳票を自動あるいは手動で作成する。

→ 従来どおりの資料を作成するという事



単点計測の場合

管理対象断面上の、計測項目の端部等を3次元計測を行う（TS出来形としても良い）



法長の例

L1 = 線ab

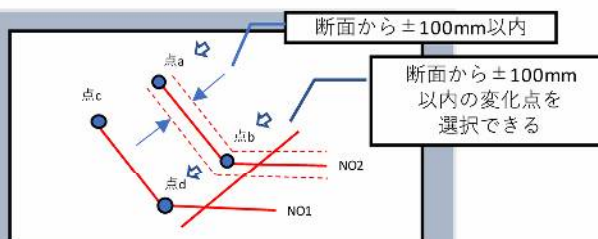
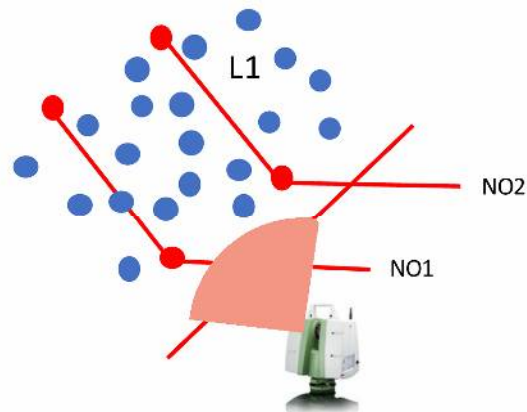
$$= \sqrt{(Xa - Xb)^2 + (Ya - Yb)^2 + (Za - Zb)^2}$$

特に専用のソフトウェアは指定しない。
計算はどのソフトを利用しても良い。
※TS出来形を利用しても良い

「TS出来形」とする場合、
「基本設計データ」を作成し、
「TS出来形」の帳
票作成ソフトウェアを利用
することができる

多点計測の場合

計測した点群から、管理対象の断面を切り出す



点群から出来形管理項目の
端部座標を選点

多点計測とする場合、
3次元設計データを作成し、
出来形座標確認ソフト
ウェアを利用するが、
種類等は規定しない

測技術を用いた出来形管理要領から抜粋

ICT電線共同溝工

1 3. 1 出来形計測の実施

施工後の出来形形状を把握するために管理断面の出来形計測が可能な3次元計測技術を用いて実施する。

■電線共同溝の計測に適切な計測機器

電線共同溝の出来形取得には、管理対象から寸法測定箇所の始点・終点（以下、「測定点」と記載する）を選定し採寸する。従来、テープやスタッフにより実測する箇所は、TS等光波方式やTS（ノンプリズム方式）等による測定点の計測結果を用いることができる。点群から採寸する場合においては、測定点を視覚的に選定した3次元的な採寸が必要である。従って、多点計測技術の活用は、細部においても管理対象の3次元的な形状を色付き点群（公共座標系に紐づく）で取得するものに限る。

活用可能な技術は以下のとおりである。

《単点計測技術》

- ①TS等光波方式
- ②TS（ノンプリズム方式）
- ③RTK-GNSS

《多点計測技術》

- ①地上写真測量（※基準高計測を除く）
- ②モバイル端末（※基準高計測を除く）

※モバイル端末かつ地上写真測量として定義できる電子デバイスについて、モバイル端末として取り扱う場合は小規模土工編、地上写真測量として取り扱う場合は土工編をそれぞれ参照するものとする。

■ 出来形管理以外への活用

単点計測技術により取得した電線共同溝の出来形計測データは、ジョイント部等の変化点を合わせて取得する事で、試掘回数の削減、精緻なモデルの作成等で活用することができる。

多点計測技術により取得した電線共同溝の出来形計測データは、写真管理の代替え、下記の用途（B I M／C I M）等で活用が考えられる。

・ 電線共同溝の実際の設置位置の把握

既設の電線共同溝では収容能力が不足し、電線共同溝を新たに増設する場合、設置箇所に制約が生じる場合がある。電線共同溝では、占用箇所の制限や歩道幅を確保する等により、特に地上機器について設置箇所に制約がある。既設の電線共同溝の位置を把握することにより、より広く設置箇所を検討できる。

・ メンテナンス時の調査で活用

電線共同溝工の断面表示を行うことで埋設深の計測が容易になり、メンテナンス時の予備調査で省力化に期待できる。

・ 元の形状を説明できる

地表や地中で何かしらの変状が起こった際に、管の元の形状を確認できる。

・ 3次元モデルへの設計変更の反映

支障物を避けるために切り回しや管の経路を変更した場合など、出来形の計測成果が3次元モデルの変更に活用できる。

特に地上機器について設置箇所に制約がある。既設の電線共同溝の位置を把握することにより、より広く設置箇所を検討できる。

- ・メンテナンス時の調査で活用

電線共同溝工の断面表示を行うことで埋設深の計測が容易になり、メンテナンス時の予備調査で省力化に期待できる。

- ・元の形状を説明できる

地表や地中で何かしらの変状が起こった際に、管の元の形状を確認できる。

- ・3次元モデルへの設計変更の反映

支障害を避けるために切り回しや管の経路を変更した場合など、出来形の計測成果が3次元モデルの変更に活用できる。

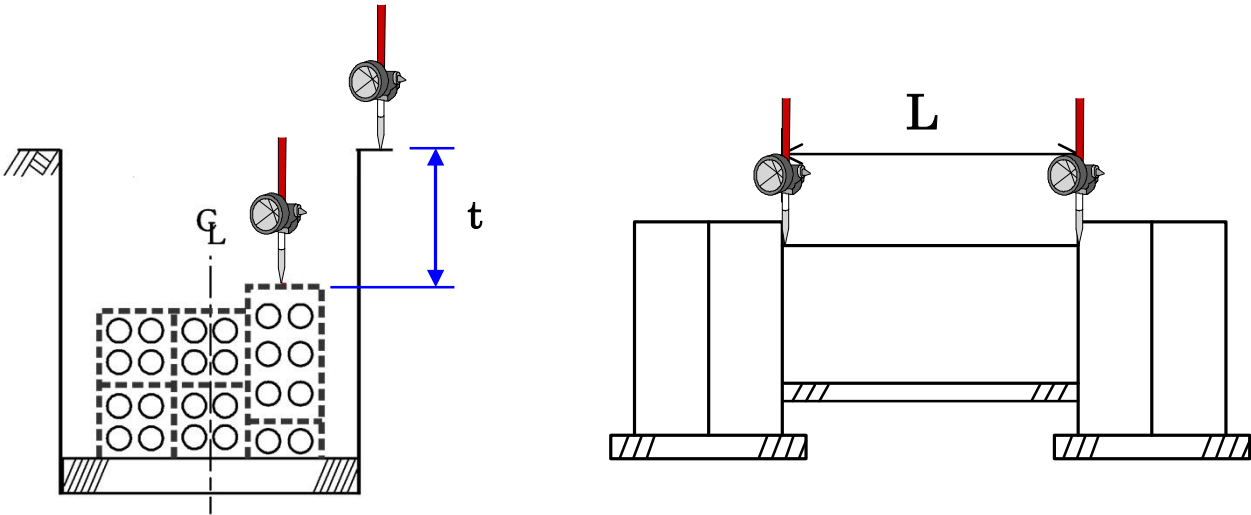
第 1 6 節 電線共同溝工における適用工種・適用範囲一覧

3次元計測技術を用いた出来形管理要領
P1-32から抜粋

表 1-2 7 適用工種及び測定項目

編	章	節	工 種	対象とする 出来形測定項目	対象外の 出来形測定項目
道路編	電線共同溝	電線共同溝工	管路工 (管路部)	埋設深 延長	
			プレキャストボックス工 (特殊部)	基準高	
			ハンドホール工※1	基準高	厚さ、幅、高さ を除く

※1 ハンドホール工の厚さ、幅、高さの計測は、メジャー等による計測が効率的であるため適用除外。



ARの活用

3) ヒートマップとデジタル技術を活用した立会確認

[土工] [舗装工] [河川浚渫工] の場合

デジタル技術（拡張現実（AR）等）を活用することで、現地の映像上にヒートマップを重ね合わせてタブレット等に画面表示することができ、ヒートマップと現地との整合性を迅速に確認することができる。このデジタル技術を活用した立会確認を、従来の紙面の出来形管理資料を用いた立会確認に代えることができる。デジタル技術を活用した立会確認を実施した場合は、出来形管理資料の電子納品成果物に代えて、「ヒートマップ（出来形）をデジタル技術（AR 等）を用いて工事完成箇所へ投影するために必要なデータセットおよびそのビューアーファイル」を電子納品することができる。



図1-31 デジタル技術（拡張現実（AR）等）を活用した出来形立会確認の実施例

【AR】

3次元計測技術を用いた出来形管理要領 P1-60から抜粋

ARとは、タブレットやヘッドマウント等を通じて、現実空間上へデジタルコンテンツ（視覚的な情報でヒートマップ等）を投影し、重ね合わせてみせることができる機器のことである。重ね合わせてみることで、情報伝達の効率性や正確性などが向上する効果が得られる。

本要領では、ARを用いて、出来形の計測結果を現地へ投影する手法により出来形の良否判定を行った場合、従来の出来形管理帳票の提出を不要とすることができる。

AR装置だけでは立会にならない！

AR装置は計測機器ではなく、バーチャル空間のモデルを現実にも可視化する技術であるので、立会確認で計測に用いることは出来ない。

基準類で示しているのは、観測位置や立会位置を3次元設計データやヒートマップのデータ上での該当する位置確認や誘導装置として、立会での補助的な装置という位置付けである。

そのため、計測を伴う立会においては、別途計測機器や計測器具は従来通り実施するか、ARと計測器が複合された機器を利用する事が必須である。

6-2-1 出来形計測に係わる実地検査（施工履歴データ除く）

検査職員は、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）。

表－3 検査頻度

工 種	計測箇所	確認内容	検査頻度
道路土工 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

R8 建設ICT・DX活用セミナー【JCMA東北支部 講義資料】
出来形管理要領① <<3次元計測(出来形管理計測)>>
【配布資料版】

資料作成 一般社団法人 日本建設機械施工協会 東北支部
建設ICT・DX推進委員会 委員長 鈴木勇治(サイテックジャパン(株))

本資料は、標記しているセミナー受講者個人への説明資料であり、一般に公開しているものではないため、作成者の許可なく第三者への提供や、無断転用等の2次使用は禁止します。