

小規模工事を模したICT施工技術の導入効果検証 検証結果

本検証結果は、個々の技術の導入効果を検証したものであり、実工事での効果とは異なります。
※実工事においては、工事毎の実施数量は異なり、関連作業も含めた編成人数にて工事が実施されるため。

小規模工事へのICT導入効果検証 概要

実施時期: 令和3年11月15日～19日

実施場所: 関東技術事務所構内(千葉県松戸市五香西)

対象工種: 舗装修繕工、小規模土工(管路設置)、小規模土工(敷均・整正)、構造物設置工、複数工種・小量施工

実施概要

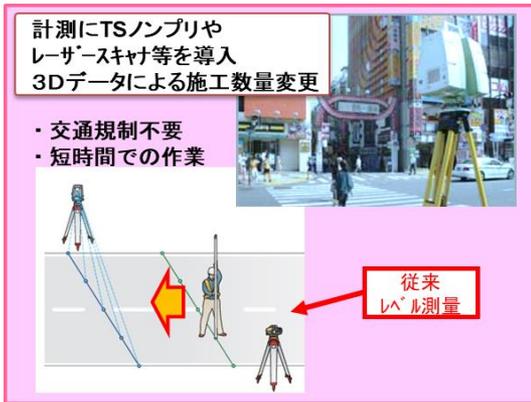
小規模な建設に対応するICT施工技術の導入効果検証を目的とする。



現場実証フィールド

■ 舗装修繕工 (実証イメージ)

施工前の現況測量にTSノンプリヤやTLS等、車道上の計測員が不要な技術を適用



■ 小規模土工 (実証イメージ)

小型施工機械へのICT導入、小規模な現場での3次元設計データ利用



※導入効果検証にあたっては、(一社)日本建設機械施工協会の協力を仰ぎ実施

実施時期: 令和3年11月15日～19日

実施場所: 関東技術事務所構内(盛土実証フィールド)

対象工種: 小規模土工(敷均・整正)、小規模土工(管路掘削)、構造物設置工、舗装修繕工

参加者数: 延べ250名(協力業者含む)

報道関係: 4社(日経コンストラクション、建通新聞、日刊建設通信新聞、日刊建設工業新聞)

協力企業: (株)アクティオ、(株)岩崎、(株)カナモト、(株)建設システム、コベルコ建機(株)、(株)トプコン、日立建機(株)
福井コンピュータ(株)、リーグルジャパン(株)【五十音順】

実施状況(小規模土工(敷均・整正))

排土板MC機能付き小型バックホウを用いた敷均し・整正作業を実施し、建築における外構工事(駐車場等)や構造物設置におけるICT活用手法と効果を検証。

- 検証実施日: 11月15日(月)
(株)アクティオ(排土板MCバックホウ)による敷均し・整正



MC技術

- 検証実施日: 11月16日(火)
日立建機(株)(PATブレード)による敷均し・整正



MC技術

実施状況(舗装修繕工)

施工前の現況測量にノンプリ方式TSやTLS等、車道上の計測員が不要な技術を検証。

- 検証実施日: 11月16日(火)
(株)トプコン(ノンプリ方式TS)による起工測量



- 検証実施日: 11月16日(火)
リーグルジャパン(株)(TLS)による起工測量



実施状況(小規模土工(管路掘削))

○小型ICT建機を用いて、上下水道等の管路地中埋設工事等におけるICT活用手法と丁張削減効果を検証。

■検証実施日:11月17日(水)
(株)トプコン(杭ナビショベル)による管路掘削



MG技術

丁張りレス(湾曲掘削)



■検証実施日:11月18日(木)
(株)カナモト(E三S)による管路掘削



MG技術

■検証実施日:11月18日(木)
(株)岩崎(VR-500)衛星測位による管路掘削



マルチGNSSアンテナ

MG技術

■検証実施日:11月19日(金)
コベルコ建機(株)(チルトローテーター)による管路掘削



丁張りレス(L字掘削)



MC技術

実施状況(構造物設置工)

○出来形管理用TSを用いて、構造物設置工において実施されている床堀の出来形確認、丁張設置、管理及び構造物の設置(誘導)作業におけるICT活用手法と効果を検証

■検証実施日:11月18日(木)
(株)建設システム(快測ナビ)による構造物設置工

自動追尾TSを使用して床堀施工管理し、U字溝の設置誘導を実施



実施状況(小規模工事における3次元設計データ利活用)

小規模工事にも活用できるICT施工対応ソフト及び事例の紹介

■実施日:11月19日(金)
福井コンピュータ(株)による3次元設計データ利活用の紹介



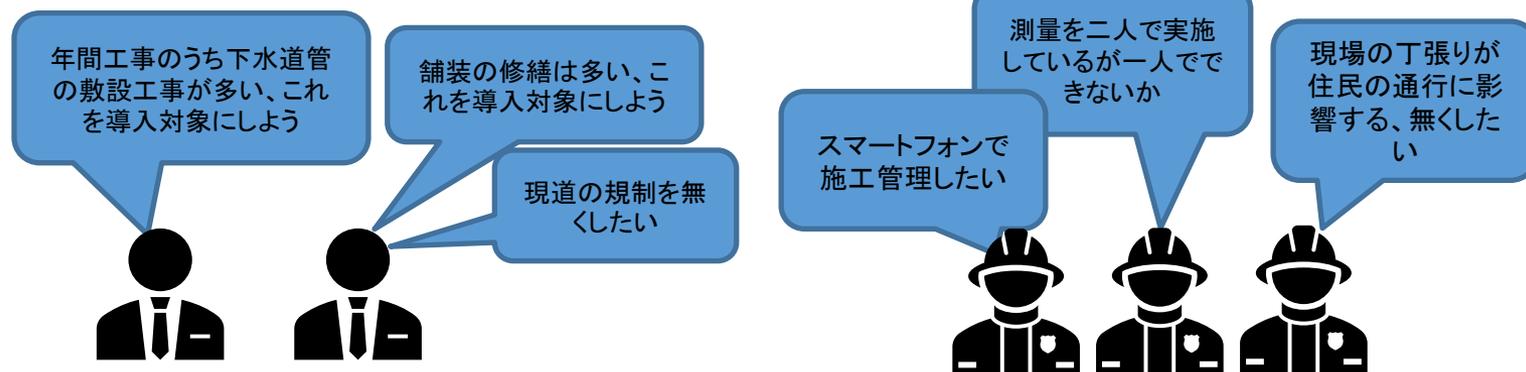
□小規模工事におけるICT導入の目的・効果として以下を期待

発注者 民間工事、地方自治体発注工事など実施件数の多い工事においても、生産性を向上し
確実なインフラ整備・維持管理体制の確保（構築）に資する

受注者 現在の人的資源を有効に活用（同一作業の省人化、作業の効率化）して、働き方改革
に資する

□小規模工事への導入検証にむけた議論の経緯

- ICT導入は「導入コストの増分を補える大規模工事でない」との認識がある
- ICTは、工事・現場の課題をふまえ、「効率的」に作業をすすめる道具として用いることにより、小規模工事においても導入効果を得られることが期待されることから検証に取り組む
- 導入対象についてを以下の議論を行い選定
 1. 工事・現場の作業を深掘り・確認し、活用頻度の高い作業を「効率化対象」とする
 2. 工事・現場の作業確認にあたっては、それぞれの立場において実施する工事傾向（年単位等）や代表的な工事における作業を参考とする



- 小規模工事の特徴
 - ・ 単一作業の実施時間（期間）が短く作業そのものの効率化による生産性向上は限定的
 - ・ 複数作業（工種）を実施する場合、同一箇所で作業（工種）毎に丁張りを設置
 - ・ 狭隘な現場による施工が求められる
- 主要な作業・施工が明確な工事では、目的とする作業・施工の効率化や省人化を実現するツールを選択する
 - ・ 土工が主体となる工事では、小型のICT施工機械が普及しつつあり適用性を確認する
- 多様な作業・施工が行われる工事では、作業（工種）を跨いで活用できるICTが望ましく、3次元設計データの作業の横断的な活用に着目する

※ 小規模工事における3次元設計データの有効活用
3次元設計データの利用対象をふまえて作成範囲、作成内容、作成手法を選定する
→ 丁張り設置、丁張りレス施工（ICT建機活用・構造物設置等）、施工管理

- ICT活用における注意点
 - ・ 多様な測位・計測手法が実用化されており、適用性を確認する
 - ・ 編成人員の最適化や付帯作業の削減可否に着目する

○ 関東地方整備局は、小規模工事におけるICT導入効果を把握するため、埼玉県、さいたま市、埼玉県建設業協会と共同で以下の効果検証を実施

- ①小規模掘削におけるICT建設機械導入効果（管路敷設作業を想定した事例）
- ②小規模敷均し掘削におけるICT建設機械導入効果（外構整地作業を想定した事例）
- ③小型構造物設置におけるICT導入効果（コンクリート二次製品設置を想定した事例）
- ④丁張り設置に着目したICTツールの活用効果（設置誘導を想定した事例）
- ⑤多点計測技術を用いた現況計測の効果（舗装修繕工事を想定）
- ⑥断面計測技術を用いた現況計測の効果（舗装修繕工事を想定）

- 本件証の効果は、検証時の施工時間を元に「単位作業あたりに換算」して比較（人・時間）
- ICT建機を用いた導入検証において、事前の精度確保作業に十分な配慮が求められる。効率的な運用方法を想定し「センサー・治具は装着済み」として比較
- **本検証結果は、個々の技術の導入効果を検証したものであり、実工事での効果とは異なる**
 ※実工事においては、工事毎の実施数量は異なり、関連作業も含めた編成人数にて工事が実施されるため。

効果検証項目	単位作業	ICTセットアップ作業の内訳 (以下の作業内容を記録し作業工数算出に用いた)	備考
①小規模掘削におけるICT建設機械導入効果（管路敷設作業を想定した事例）	床掘掘削作業 掘削土量20m ³ 当たり	<ul style="list-style-type: none"> ・キャビンへのGNSSアンテナ等取付（マグネット式） ・車載PCの取付 ・精度確認（工事基準点で1回） ※センサ・治具の取付・溶接等の作業は含まない 	導入効果検証技術の平均
②小規模敷均し掘削におけるICT建設機械導入効果（外構整地作業を想定した事例）	整地作業 整地150m ² 当たり	<ul style="list-style-type: none"> ・排土板等へのターゲットの取付（差し込み式） ・車載PCの取り付け ・精度確認（TSで1回） 	導入効果検証技術の平均
③小型構造物設置におけるICT導入効果（コンクリート二次製品設置を想定した事例）	U型側溝設置 設置延長15m当たり	<ul style="list-style-type: none"> ・器械設置（TS） 	
④丁張り設置に着目したICTツールの活用効果（設置誘導を想定した事例）	丁張り設置 3箇所当り	<ul style="list-style-type: none"> ・器械設置（TS） 	
⑤多点計測技術を用いた現況計測の効果（舗装修繕工事を想定）	対面2車線道路の起工測量（横断計測） 延長100m当り	<ul style="list-style-type: none"> ・ターゲットの設置 ・器械設置 	
⑥断面計測技術を用いた現況計測の効果（舗装修繕工事を想定）	対面2車線道路の起工測量（面計測） 延長100m当り	<ul style="list-style-type: none"> ・器械設置（TS） 	

検証結果①小規模掘削におけるICT建設機械導入効果(管路敷設作業を想定した事例)

検証目的：上下水道等の管路地中埋設工事は、地方公共団体工事において多く実施されており、小型ICT建機やICT測量機材の活用手法とその効果を検証 ※今回の試行はTS測位とGNSS測位のシステムを用いた

従来手法

始点・終点と線形の折れ点毎に丁張りを設置
曲線の場合はさらに追加設置



ICT手法



丁張りレス施工による作業効率向上・人員削減・安全性向上



チルトローテートバケット使用によるマシン移動回数の低減(狭小現場でも作業性が低下しない)

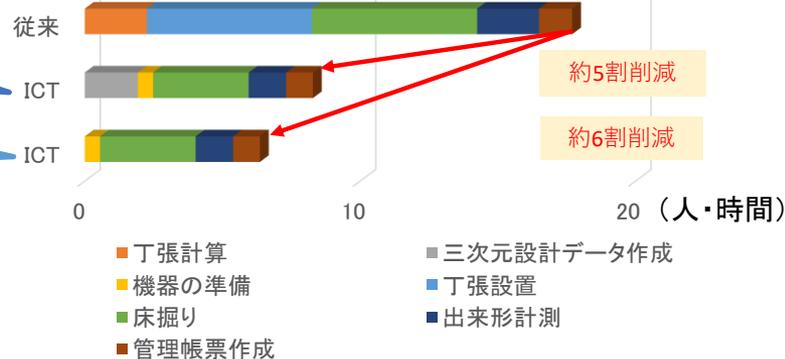


検証結果

■従来手法との比較(掘削20m³当たり 導入効果検証技術の平均)

3次元設計データを事前作成

3次元設計データを現場作成



■所見

✓導入効果

- TS測位・GNSS測位ともに丁張り設置、出来形計測が削減された。
※現場作業員は従来施工2人→ICT施工では1人
※延べ作業(人・時間)が約5~6割削減

✓機器の設置

- TS測位・GNSS測位ともに、最初期の装置取り付けにはキャリブレーション等の精度確保の作業が必要。
- 治具、センサーがあらかじめ設置されている場合においても下記作業が必要
- TS測位の場合はプリズムの設置とTS器械設置(施工日毎)が必要
- GNSS測位の場合はローカライズが現場毎に1回必要

✓導入の注意点

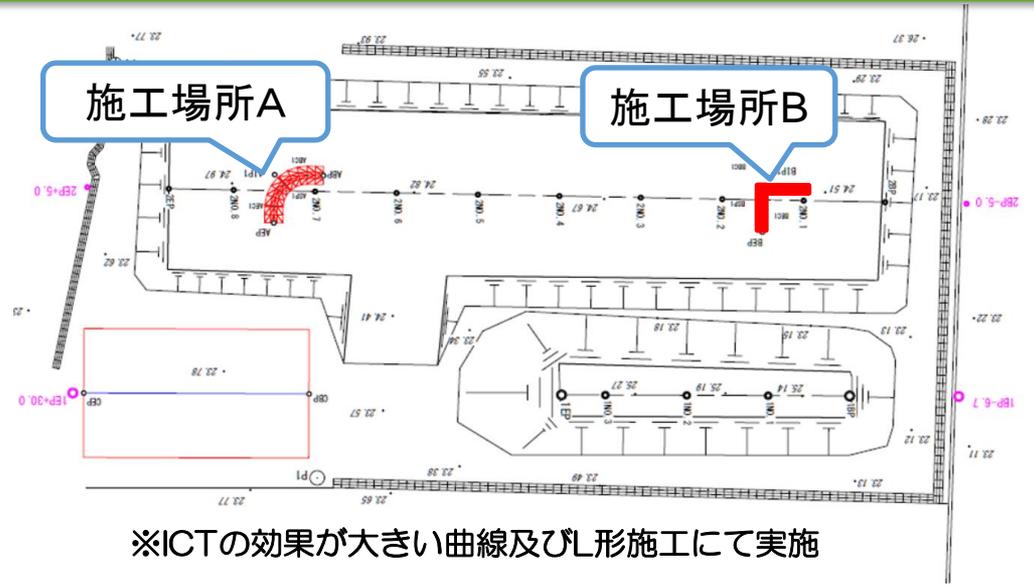
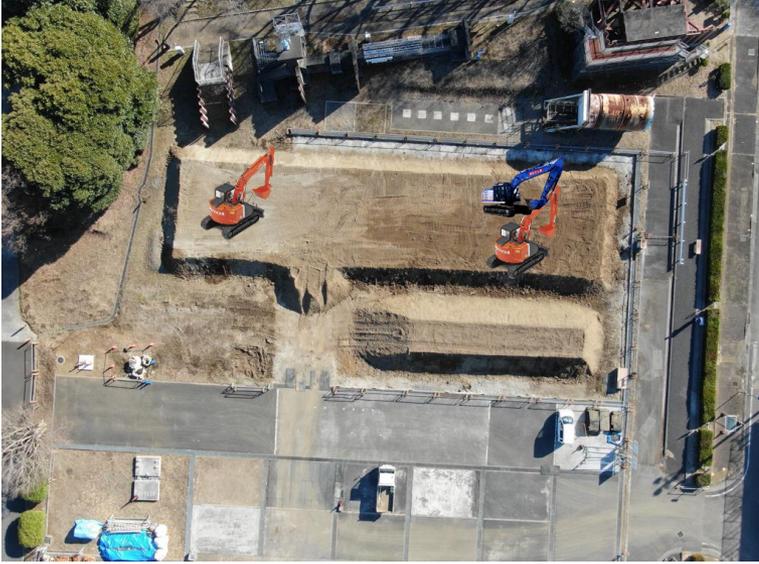
- TS測位では、ICT建機毎に1台のTSが必要となる。またTSと建機との間の視通確保が必要
- GNSS測位では、複数のICT建機を使用する場合にGNSS基準局を共有できる利点がある。衛星の補足が可能な天空率が必要。

✓設計データが現地で作成できる

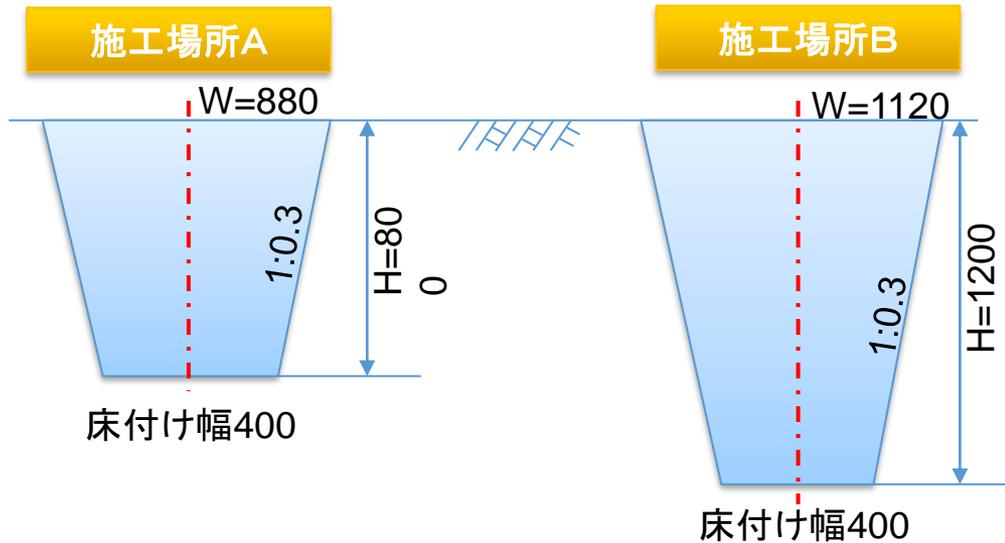
- バケット位置を基準に、床掘底盤等の一様勾配の設計データを作成できる。

【参考】管路掘削の設計形状

平面図



横断図



検証結果②小規模敷均し掘削におけるICT建設機械導入効果(外構整地作業を想定した事例)

検証目的：排土板MC機能付き小型バックホウを用いた敷均し・整正作業を実施し、建築における外構工事（駐車場等）や構造物設置におけるICT活用手法と効果を検証 ※今回の試行はTS測位のシステムを用いた

従来手法



地面に設置した杭に施工高さを示す横板と釘を打ったトンボ丁張りを管理断面の左右端部に設置

ICT手法

機器設置 MC施工 TSで出来形確認



重機への機器設置作業は平均1時間程度（工場で取付け治具の事前溶接・キャリアレゾンをしておけば現地作業を10分程度に短縮可能）

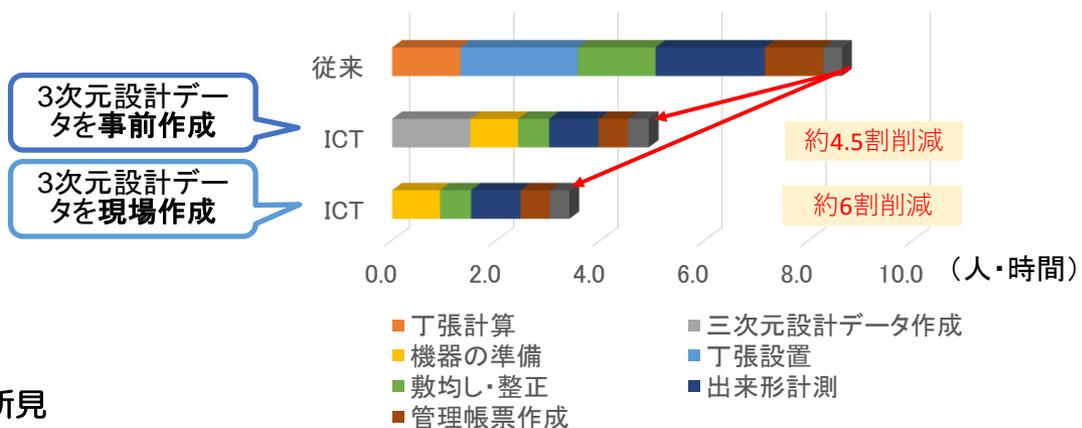


トンボ丁張りの省略
丁張の準備計算不要

TS検査による水系設置
作業の省略が可能

検証結果

■従来手法との比較（整地150m²当たり・導入効果検証技術の平均）



所見

- ✓ 導入効果
 - ・ 丁張り設置、出来形計測が削減された
 - ※現場作業員は従来施工2～3人→ICT施工では1人
 - ※延べ作業（人・時間）が約4.5～6割削減
- ✓ 機器の設置
 - ・ 装置取り付けにはキャリブレーション等の精度確保の作業が必要
 - ・ 排土板のマシンコントロールシステムはプリズム設置等の準備作業が必要
- ✓ 導入の注意点
 - ・ TS測位は、ICT建機毎に1台のTSが必要となる。またTSと建機との間の視通確保が必要
- ✓ 設計データが現地で作成できる
 - ・ 排土板を仕上がり面の目標物に当て、これを設計標高とする一様勾配の設計データを作成できる

検証結果③小型構造物設置におけるICT導入効果(コンクリート二次製品設置を想定した事例)

検証目的：出来形管理用TSを用いて、構造物設置工において実施されている床堀の出来形確認、丁張り設置、管理及び構造物の設置（誘導）作業におけるICT活用手法と効果を検証

従来手法

丁張り+水系+コンボックスによる構造物の設置



ICT手法

丁張り+水系の設置が不要



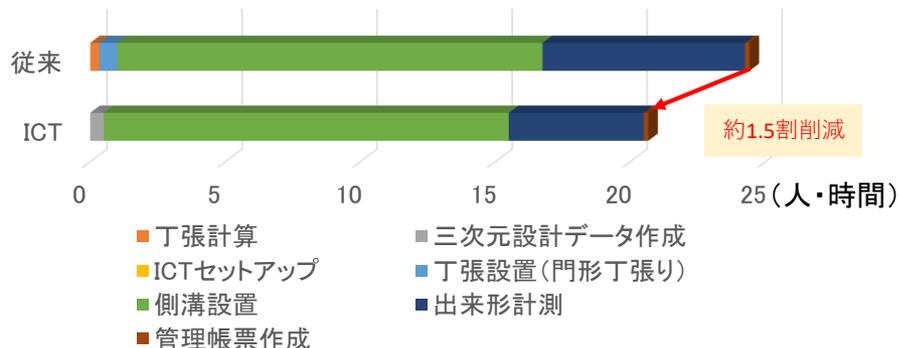
3次元設計データを元に、構造物設置の誘導を実施



水平離れ、観測点法長などをリアルタイムに確認しながら構造物の誘導/据え付けが可能

検証結果

■従来手法との比較（U型側溝設置延長15m当り）



■所見

✓導入効果

- 丁張り設置、出来形計測が削減された。
※現場作業員は従来施工2～3人（据え付け作業作業では3人）→ICT施工では2人
※延べ作業（人・時間）が約1.5割削減
- 構造物の設置の目安として用いる門形丁張りは、折れ点が頻繁にある現場では設置手間が大きいいため、ICTを用いて丁張りレスとすることにより効率化される。
- 作業の各段階において、現地と設計との高さの違いを随時確認できる。（床付け、砕石や敷モルタル等）

✓導入の注意点

- 活用範囲の3次元設計データを、事前に作成する必要がある。
- 構造物の設置位置の確認には、専用の治具を用いてプリズムを取り付け常時計測する手法や、構造物設置後にプリズムを当て位置を確認する方法等がある。

検証結果④ 丁張り設置に着目したICTツールの活用効果(設置誘導を想定した事例)

検証目的：3次元設計データを入力したTSを用いて、丁張りの設置作業におけるICT活用手法と効果を検証

ICT手法

TS+データコレクタを用いた丁張り設置手順

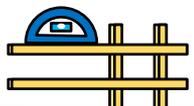
手順①

丁張りを掛ける要素(この例では法面)と計測点の水平離れを確認し、基準杭、方向杭を設置



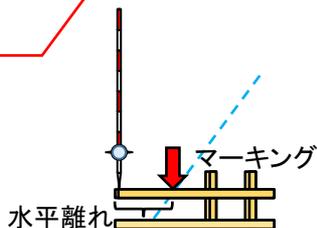
手順②

任意の高さに水平貫を設置



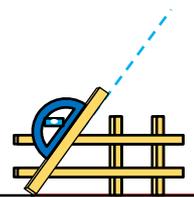
手順③

水平貫の端部と法面との水平離れを確認しマーキング



手順④

マーキング箇所を基準に法面貫を設置
スラントで角度を決めて貫板を設置し最後にTSで貫板上をチェックする



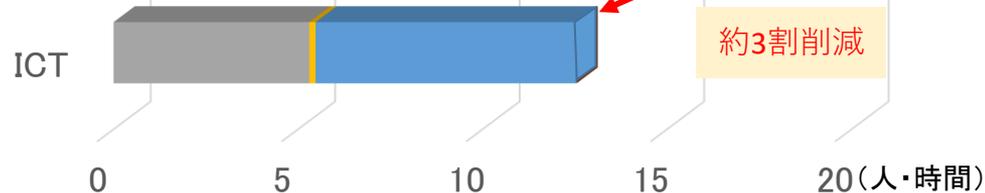
検証結果

■従来手法との比較 (法丁張り設置3箇所当り)

従来



ICT



■ 丁張計算

■ 三次元設計データ作成

■ 器械設置(TS)

■ 丁張設置

■所見

✓導入効果

- 作業者の技量に関わらず、任意の位置で「設計面に対する計測点の比高・横断離れ」が表示されることにより丁張り設置に関わる作業が削減された

※現場作業員は従来施工3人→ICT施工では1~2人

※延べ作業(人・時間)が約3割削減

- 現場のどこにおいても、各種作業の丁張り設置に活用できる(法丁張り、門型丁張り、トンボ丁張り等)
- 現地に支障物があり、丁張り位置の変更が必要になった場合においても、ICT活用では再計算が不要

✓導入の注意点

- 活用範囲の3次元設計データを、事前に作成する必要がある

検証結果⑤ 多点計測技術を用いた現況計測の効果(舗装修繕工事を想定)

舗装道路（現道）の起工横断測量にレーザースキャナ（TLS）を用いて、車道上の計測員を不要とした

従来手法



検証結果

■従来手法との比較（対面2車線道路の起工横断測量 延長100m当り）



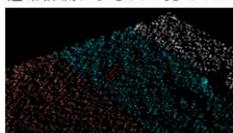
ICT手法



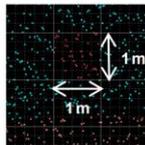
- ・1スキャン1分程度で点群計測可能
- ・点群処理ソフト上で地物の地上高や道路の幅、延長の採寸が正確に行える。
- ・施工計画の検計時に必要なデータの取り漏れが無い。



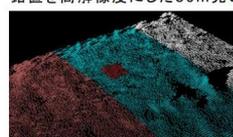
通常計測による50m先の1㎡データ



37点@1㎡



鉛直を高解像度にした50m先の1㎡データ



134点@1㎡

- ・鉛直・水平の角度を個別に設定が可能
- ・路面計測において鉛直方向の計測ピッチを密に設定することで効率よく高密度データが取得できる。

■所見

- ✓導入効果（面的計測の利点）
 - ・起工測量に関わる作業が削減された
 - ※現場作業員は従来施工3人→ICT施工では2人
 - ※延べ作業（人・時間）が約6割削減
 - ・路面の形状を面的かつ詳細に計測可能
 - ・すりつけ箇所等が多くある現場では現地の形状を詳細に把握できる多点計測は有効である
 - ・交差点等の車両が頻繁に停車する箇所においても、計測点数が多いため、路面の計測が可能
 - ※車両をとらえた点群は後処理で除去できる
- ✓導入の注意点
 - ・歩道上にあらかじめ基準となる座標を持ったターゲットを設置しておく必要がある。
 - ・計測対象範囲によっては、複数回のスキャンが必要となる。

検証結果⑥断面計測技術を用いた現況計測の効果(舗装修繕工事を想定)

舗装道路(現道)の起工横断測量にTSノンプリを用いて、車道上の計測員を不要とした

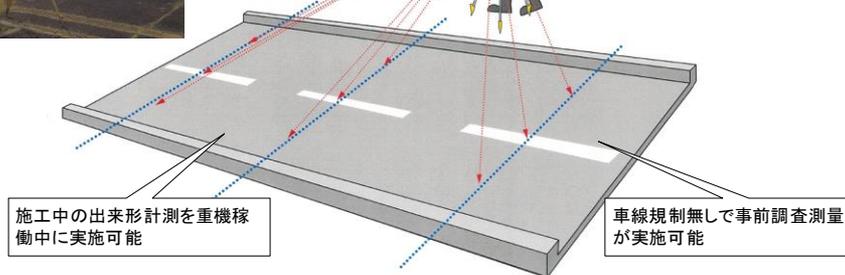
従来手法



ICT手法



計測は1名で実施可能
本線外より安全かつ迅速に路面形状を計測可能

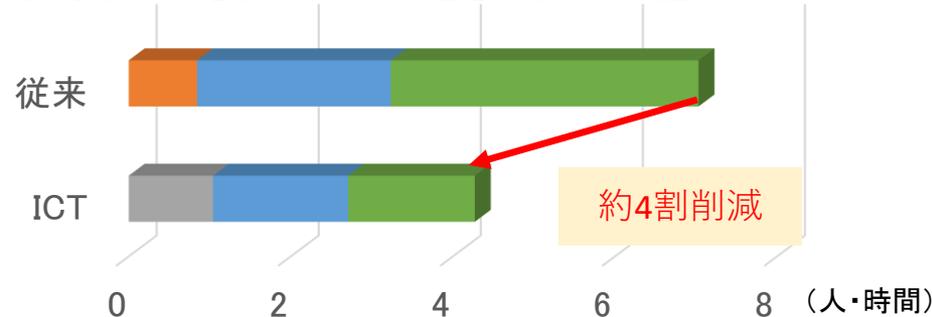


ノンプリズム方式で断面毎に路面の形状を指定した間隔で迅速に計測

- ・歩道等からの計測により安全性が向上
- ・交通規制の削減が期待できる。

検証結果

■従来手法との比較(対面2車線道路の起工横断測量 延長100m当り)



- 準備計算
- 器械設置(TS)
- 起工横断測量(現道)
- 基準点・平面線形入力
- 管理断面マーキング

■所見

- ✓導入効果(断面計測の利点)
 - ・起工測量に関わる作業が削減された
 - ※現場作業員は従来施工3人→ICT施工では2人
 - ※延べ作業(人・時間)が約4割削減
 - ・変化の少ない道路においては断面計測により扱うデータ量が少ない。
- ✓導入の注意点
 - ・器械設置に用いる施工箇所の座標が必要
 - ・交差付近の計測では、停車した車体で測距が遮られるため計測が中断する場合がある。

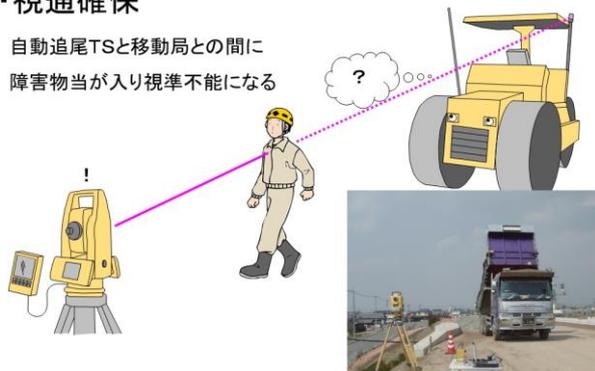
【参考】TS・GNSSの使い分けについて

ICT建機の測位方法にはTSとGNSSがある。両者の特性と現場条件を踏まえて適切な機器を選択することが重要。

自動追尾式トータルステーション活用時の注意点

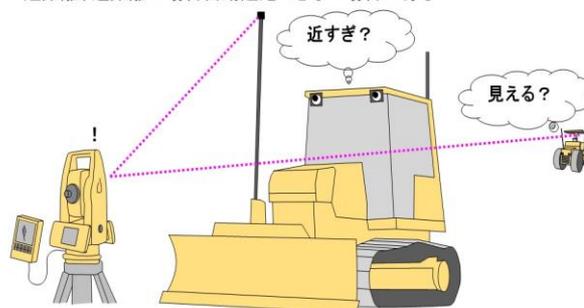
・視通確保

自動追尾TSと移動局との間に障害物が入り視準不能になる



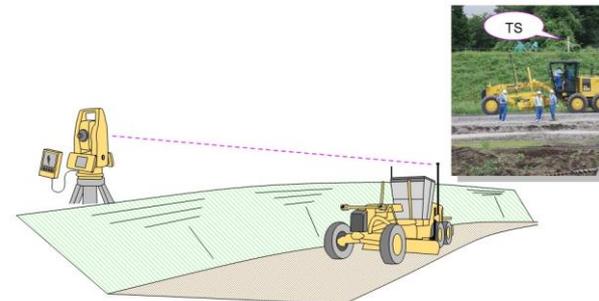
・適度な測量距離

近距離、遠距離の場合自動追尾できない場合がある



・理想的な位置

ある程度の高低差がある高台に自動追尾TSを設置する。

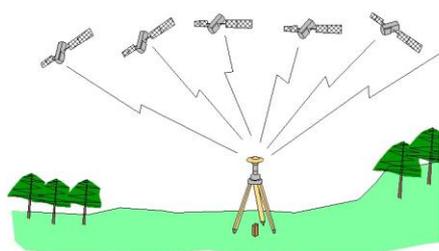


GNSS活用時の注意点

GNSSは、施工範囲に既設の構造物が近接している場合や、谷間の施工箇所、仰角 30° の範囲が山等で遮られている現場においては、受信可能なGNSSの衛星数が不足する場合がある（衛星数の目安：常時5個以上）

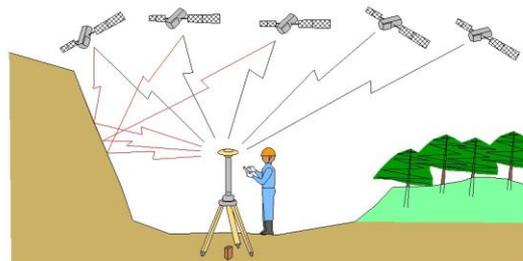
・天空確保

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

マルチパス障害を避けるため、付近に高い建物や法面などが無いこと。



・無線通信障害

無線距離および、強力な電波や、建造物などによる無線通信障害が起こらないよう注意する。

