

マシンコントロール／
マシンガイダンス技術
(ブルドーザ編)の手引き
【施工者用】

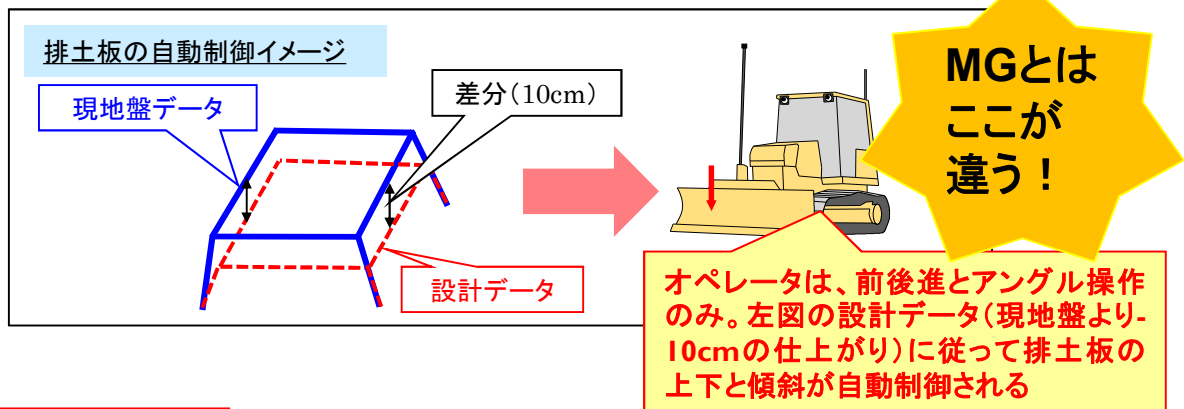
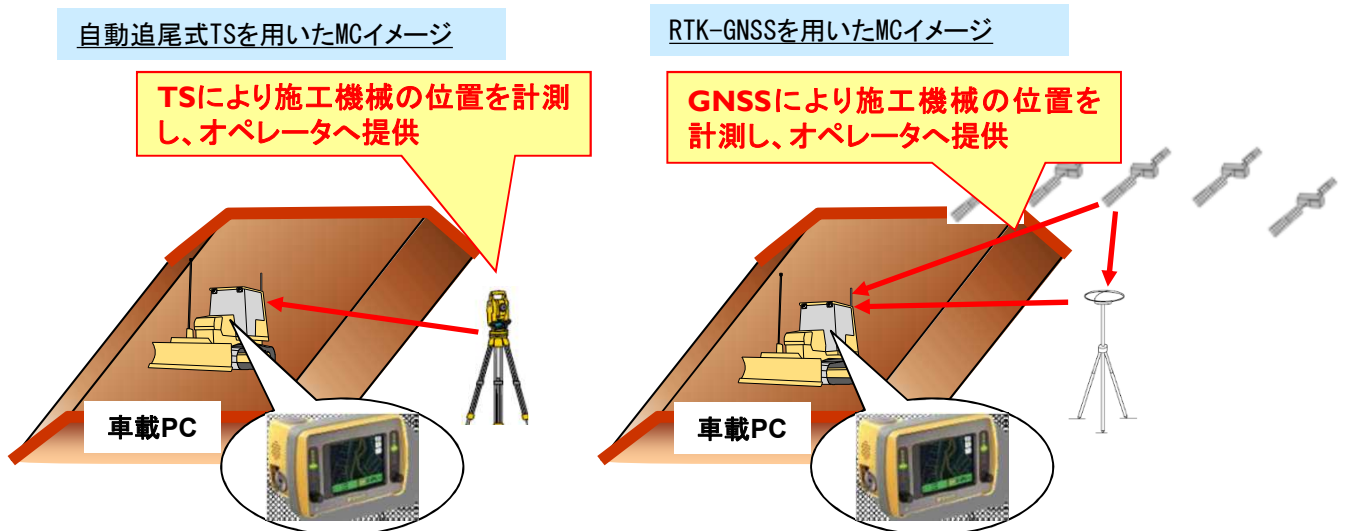
平成30年2月

基礎編

1. MC/MG技術(ブルドーザ)の概要
2. MC/MG技術(ブルドーザ)の構成例
3. MC/MG技術で利用される測位技術
4. 準拠する要領、基準等、適用工種
5. MC/MG技術(ブルドーザ)導入のメリット
6. MC/MG技術(ブルドーザ)導入の主要5パート

1. ①マシンコントロール技術 (ブルドーザ) の概要

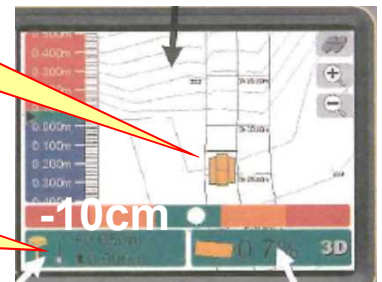
- ▶ マシンコントロール(以下、「MC」という。)技術とは、自動追尾式のTS(トータルステーション)やGNSS(汎全地測位航法衛星システム)などの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分に基づき、排土板の高さ・勾配を自動制御するシステムです。
- ▶ オペレータ画面には設計との差が表示されており、施工状況を確認しながら施工します。排土板の上下は自動化されておりオペレータの作業は左右への排土と前後進のみです。自動制御は手元スイッチでON/OFFが可能です。



車載PCに搭載された設計データに対する施工機械位置をリアルタイムに表示されている。

現在位置の設計データに対する差分(切り盛り)をリアルタイムに提供。制御は自動なので、確認のみ。

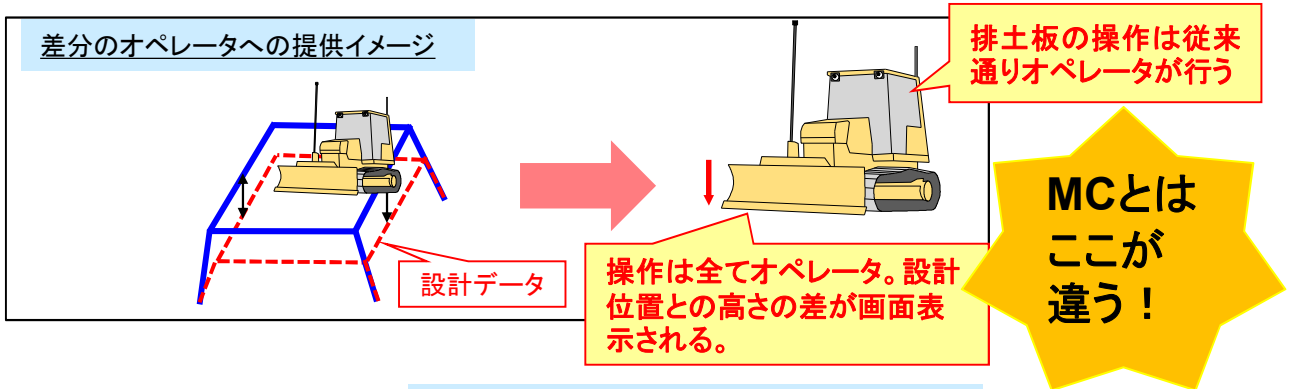
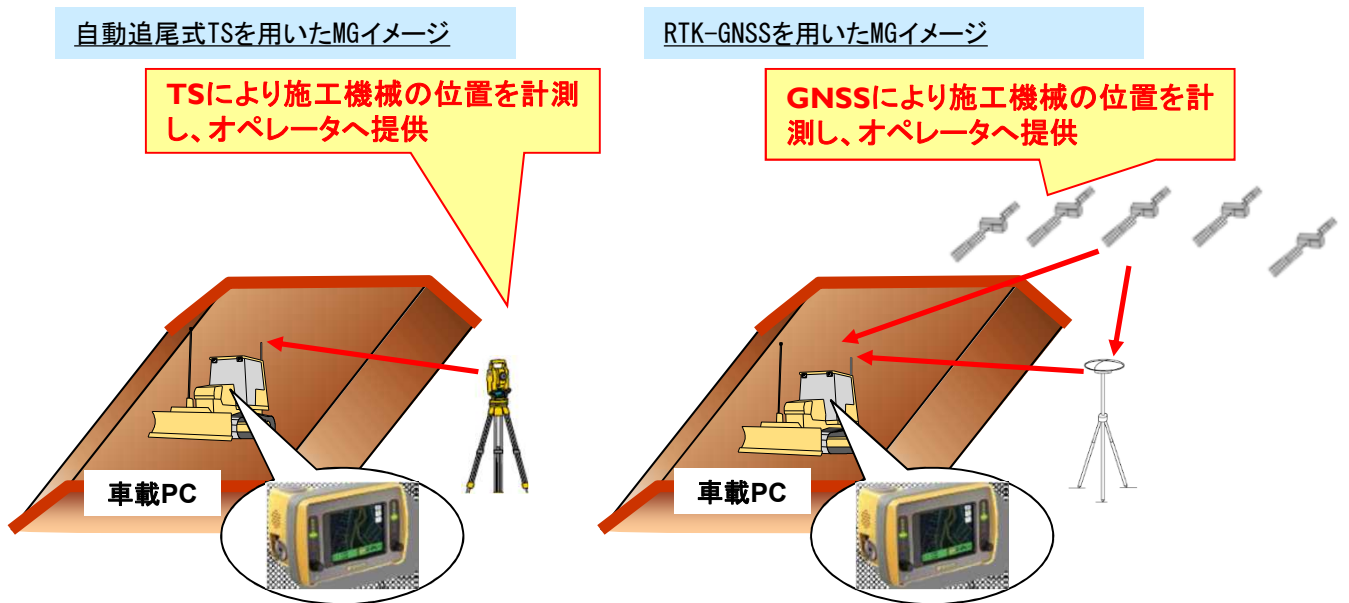
車載PC画面イメージ ※各メーカーにより異なる



MC技術を用いた施工イメージ

1. ②マシンガイダンス技術 (ブルドーザ) の概要

- ▶ マシンガイダンス(以下、「MG」という。)技術とは、自動追尾式TSやGNSSなどの位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレータへ提供するシステムです。**操作は全て従来のブルドーザと同様です。**



2. MCとMG技術（ブルドーザ）の機器構成の違い

- ▶ MCとMGの違いは、測位結果と設計データとの差から算出される標高差と傾きの差を、油圧の自動制御に利用するかどうかの違いです。
- ▶ MCでは、油圧を自動制御するためにブルドーザの油圧バルブに電気信号を送って制御を行います。MGでは、制御は行いません。



参考

センサ等を標準搭載した器械について

- メーカーによっては、③と④を一体化している場合や、②を重機に標準搭載している場合もある。
- 油圧バルブについても、既にMCコントローラとの通信部を標準搭載している場合もある。

参考

油圧バルブへの接続について

- MC/MGのシステムは、現状では同様のシステムが用いられていることが多いです。ですので、油圧バルブに接続するかどうかの違いになります。
- 油圧バルブは、電磁バルブと呼ばれる電気信号で制御されているタイプが必要です。最近のブルドーザは電磁バルブが一般的ですが、古いタイプの場合は確認が必要です。
- 電磁バルブでも、制御信号のフォーマットなどが不適合な場合は安全な制御ができない場合があります。システムメーカーに、機種・型式・製造番号などを連絡し、確実にMC化できるか確認しておくといいでしょう。

3. MC/MG技術（ブルドーザ）で利用される測位技術

▶ 位置計測技術（例）

【自動追尾式TS】

建設機械側に取り付けられた全周プリズムを自動追尾式TSが追尾し、連続的に全周プリズムの位置を計測します。計測結果は無線で建設機械に転送されます。この方式では、自動追尾式TSに建設機械が1台のセットとして稼働します。



【RTK-GNSS】

建設機械に取り付けたアンテナ位置の座標をRTK-GNSSを用いて計測します。RTK-GNSSの基準局から補正データを無線装置等で受け取る必要があります。補正データは複数の機械に配信可能で、アンテナを搭載した移動局側を複数稼働させることができます。

自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。



【ネットワーク型RTK-GNSS】

RTK-GNSSの基準局から送信される補正データを、携帯電話やインターネット通信を介して提供する方式。国土地理院が整備している電子基準点を用い、建設機械の近辺に仮想の基準局を設定し、仮想の基準点で得られる受信データの補正データを提供します。建設機械側のシステムはRTK-GNSSと同じで良い。基準点の代わりに、仮想基準点データを受信する受信機、データを作成・配信するベンダーとの契約と通信料が必要となります。

精度は、RTK-GNSSと同程度であり、自動追尾TS方式に比べてやや高さ方向の計測精度が劣ります。

【RTK-GNSS+レーザ装置による高さの補完】

RTK-GNSSの高さ方向の精度を自動追尾式TS程度まで向上させるために、レーザ技術による補完を行う技術である。本技術の利用により、複数の建設機械を同時にかつ高精度にマシンコントロールすることが可能となります。



参考

測位技術の選択について

- 測位技術については、当該工事の現場条件(山間地での衛星の捕捉状況、無線障害の有無)と作業期間、当該作業以外で利用する測位技術の活用などを考慮して選定する。
- 施工に必要な精度に応じて適切な測位技術を選択すること。

4. 準拠する要領、基準等、適用工種

▶ 準拠する要領・基準等

- ▶ MC/MG技術を用いた施工の施工管理要領、監督・検査要領等は策定されていません。
- ▶ MC/MG技術を用いた施工では、従来の施工のとおり、「河川土工マニュアル((財)国土技術研究センター)」、「道路土工指針((社)日本道路協会)」、「土木工事施工管理基準及び規格値(国土交通省各地方整備局)」等の従来通りの土工の施工管理要領・監督検査要領に準じて実施されます。
- ▶ MC/MG技術に関する機器・ソフトウェア等の必要要件も統一されていません。

▶ 適用作業

□ ICT活用工事(土工)での適用工種

(1)対象工種

ICT活用工事の対象は、工事工種体系ツリーにおける下記の工種とする。

- 1)河川土工、海岸土工、砂防土工
盛土工
- 2)道路土工
路体盛土工／路床盛土工

《表－1 ICT活用工事と適用工種》

| 段階 | 技術名 | 対象作業 | 建設機械 | 適用工種 | | 監督・検査 施工管理 | 備考 |
|------------------|---|-------------------------|-------|------|------|---------------|----|
| | | | | 河川土工 | 道路土工 | | |
| ICT建設機械 による施工 | 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術 3次元マシンガイダンス (ブルドーザ)技術 | まきだし 敷均し 掘削 整形 | ブルドーザ | ○ | ○ | | |
| | 3次元マシンコントロール (バックホウ)技術 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術 | 掘削 整形 | バックホウ | ○ | ○ | | |

□ ICT活用工事(土工)以外での適用工種

MC/MGブルドーザは、造成工事、駐車場整備、緩斜面の法面整形、小規模な敷均しなどにも有効活用できる。

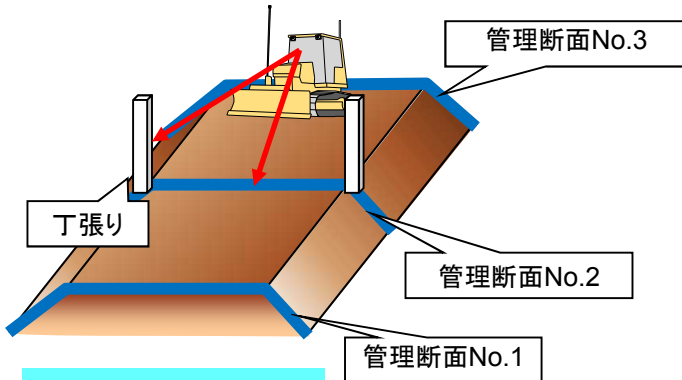
5. MC/MG技術 (ブルドーザ) 導入のメリット 1/2

- ▶ 丁張り削減、検測作業削減、施工作業の簡素化による施工の効率化

【従来手法】

従来の施工イメージ

オペレータは、丁張り及び施工状況を目指確認しながら建設機械を操作



検測状況

設計高さからのオフセットを適宜確認

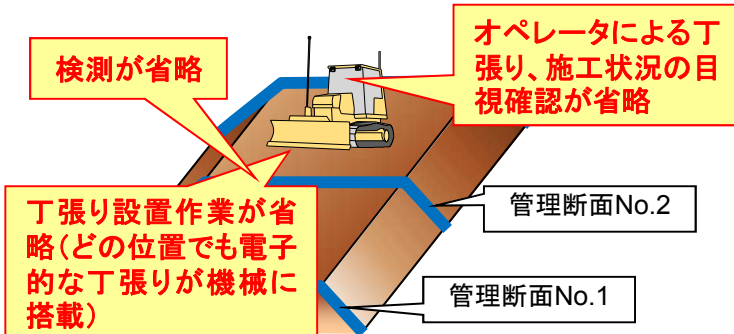


【MC/MG技術】

MC/MG技術を用いた施工イメージ

【MCの場合】
オペレータの操作は、切盛調整、前後進のみ
※排土板は設計データに応じて自動制御

【MGの場合】
オペレータは、車載モニタより提供される設計データとの差分に応じて建設機械を操作



現状

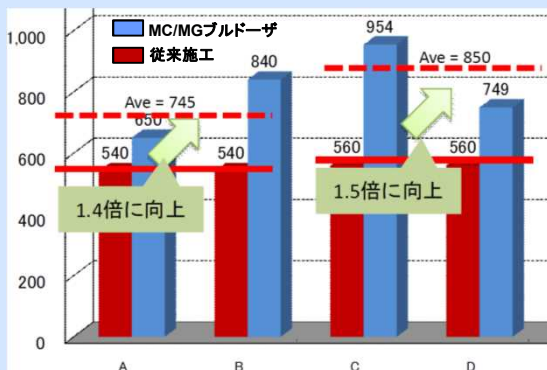
- ・検測に労力・時間を要する。
- ・施工時間がオペレータの技能に左右される。
- ・検測者は重機付近の作業で危険

メリット

- ・丁張り設置、検測作業の省略により施工が効率化する。
- ・オペレータによる丁張り、施工状況の目視確認の省略により、施工時間がオペレータの技能に左右されず、施工が効率化する。
- ・重機付近の作業員を削減でき、安全性が向上

参考

MC(ブルドーザ)技術と従来施工との施工量の比較



【日当たり施工量の増加量】

- ・A現場: 540m³/日 ⇒ 650m³/日
- ・B現場: 540m³/日 ⇒ 840m³/日
- ・C現場: 560m³/日 ⇒ 954m³/日
- ・D現場: 560m³/日 ⇒ 749m³/日

効率的に利用すれば施工量が大幅に増加 (1.5倍に向上)

出典: 情報化施工推進会議 第8回会議資料
資料4 直轄工事における情報化施工の試験施工(平成21年度 調査結果)
(情報化施工推進会議)

※「ICT活用工事(土工)実施要領(H28.3)」ではMCのブルドーザは標準能力の1.2倍を見込んでいる。

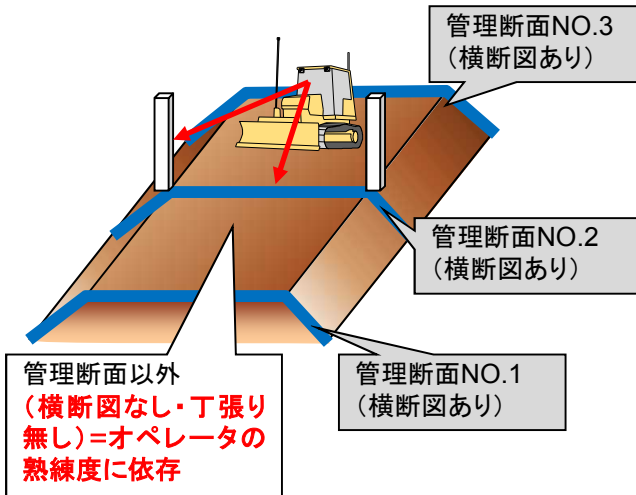
5. MC/MG技術 (ブルドーザ) 導入のメリット 2/2

面的で高精度な施工品質の容易な確保

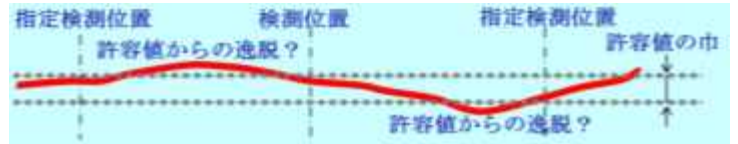
【従来手法】

従来の施工イメージ

オペレータは、管理断面の設計値(丁張り)を目標に施工を実施



仕上り面と許容値との関係



出典： 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

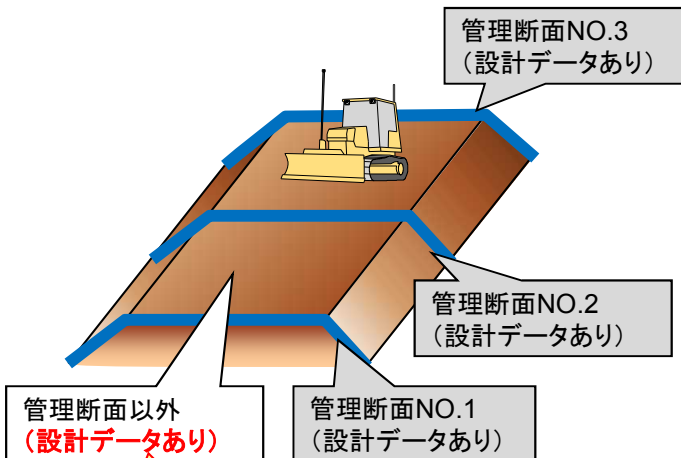
現状

・管理断面(検測位置)の施工品質は確保されるが、管理断面ではない部分の施工品質は不明である。(管理されていない)

【MC/MG技術】

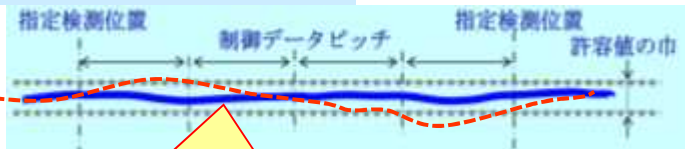
MC/MG技術を用いた施工イメージ

【MC/MG共通】
車載PCに搭載された3次元設計データのとおり施工を実施



3次元設計データは、任意断面の設計値も保持している

仕上り面と許容値との関係



管理断面(検測位置)以外の部分でも検測位置と変わらない施工制度が実現する

出典： 情報化施工の普及推進(第3回)セミナー(近畿地方整備局)

メリット

・管理断面ではない部分も設計データに基づき施工されるため、施工品質が容易に確保できる。(面的な品質確保)
・オペレータの技能に依存せず、効率的に高精度な作業を実現できる。(MCの場合)

6. MC/MG技術 (ブルドーザ) 導入の主要5パート

▶ MC/MG技術を用いた施工では以下の主要5パートの適切な実施により、施工精度を確保することができます。

1. システム適用条件の事前調査

(1)計測障害の事前調査

システム適用条件の確認

【TSの場合】

- 無線通信障害がないことを確認
- 基準局から移動局までの視準の確保

【GNSSの場合】

- 無線通信障害がないことを確認
- FIX解データを得る衛星捕捉状態の確保

(2)測位技術の選定

計測機器(TS・GNSS)の選択

【TS】

- 視準を遮断する既設構造物等がない現場である



【GNSS】

- 衛星の補足が困難となる狭小部や山間部でない現場である



(3)MC/MGシステムの選定・調達

必要機能を有するシステムの選定

- 排土板等の3次元位置データ(平面位置・高さ・勾配)と設計データとの差分を計算し、排土板を設計通りに自動制御する(MCの場合)
- 排土板等の3次元位置データ(平面位置・高さ・勾配)と設計データとの差分を計算し、車載へ提供する(MGの場合)



2. 計測精度の確保

(1)計測精度の確認

基準局の設置

【TSの場合】

- 計測座標と既知座標とが合致することを確認

【GNSSの場合】

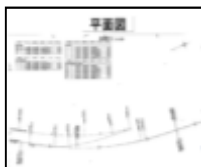
- 計測座標と既知座標とが合致することを確認
- 任意点の計測座標が合致することを確認(1箇所を2回計測)

3. 3次元設計データの作成

(1)設計図書(平面図、縦断面図、横断面図)、線形計算書の貸与

2次元CADデータの照査

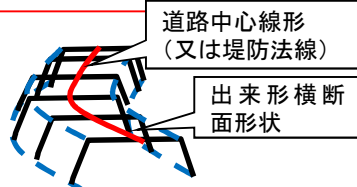
- 不備の確認
- 起工測量結果との差異の確認



(2)3次元設計データの作成

3次元設計データ作成ソフトウェアにより作成

- 工事基準点・平面線形・縦断面線形・出来形横断面形状を基準点測量結果や設計図書等から作成



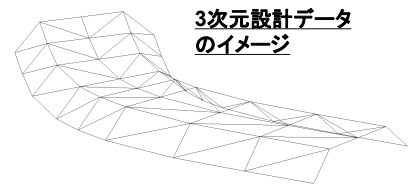
道路中心線形(又は堤防法線)

出来形横断面形状

(3)3次元設計データの確認

3次元設計データの照査

- 施工者が3次元設計データの照査
- 監督職員が基3次元設計データの照査結果の確認



3次元設計データのイメージ

4. 機器取付・システム設定

(1)建設機械への機器取付・現場調整

機器取付・現場調整

- 建設機械への機器の適切な取付
- 排土板幅等の正確な測定、車載PCへの必要情報の入力

(2)設計データ作成・搭載

設計データ

- 設計データの建設機械への搭載

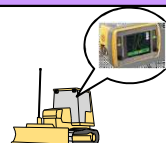
5. 施工

(1)施工精度の確認

- 排土板等の位置情報の精度確認

(2)施工

- 車載PCの確認
- 施工機械の操作

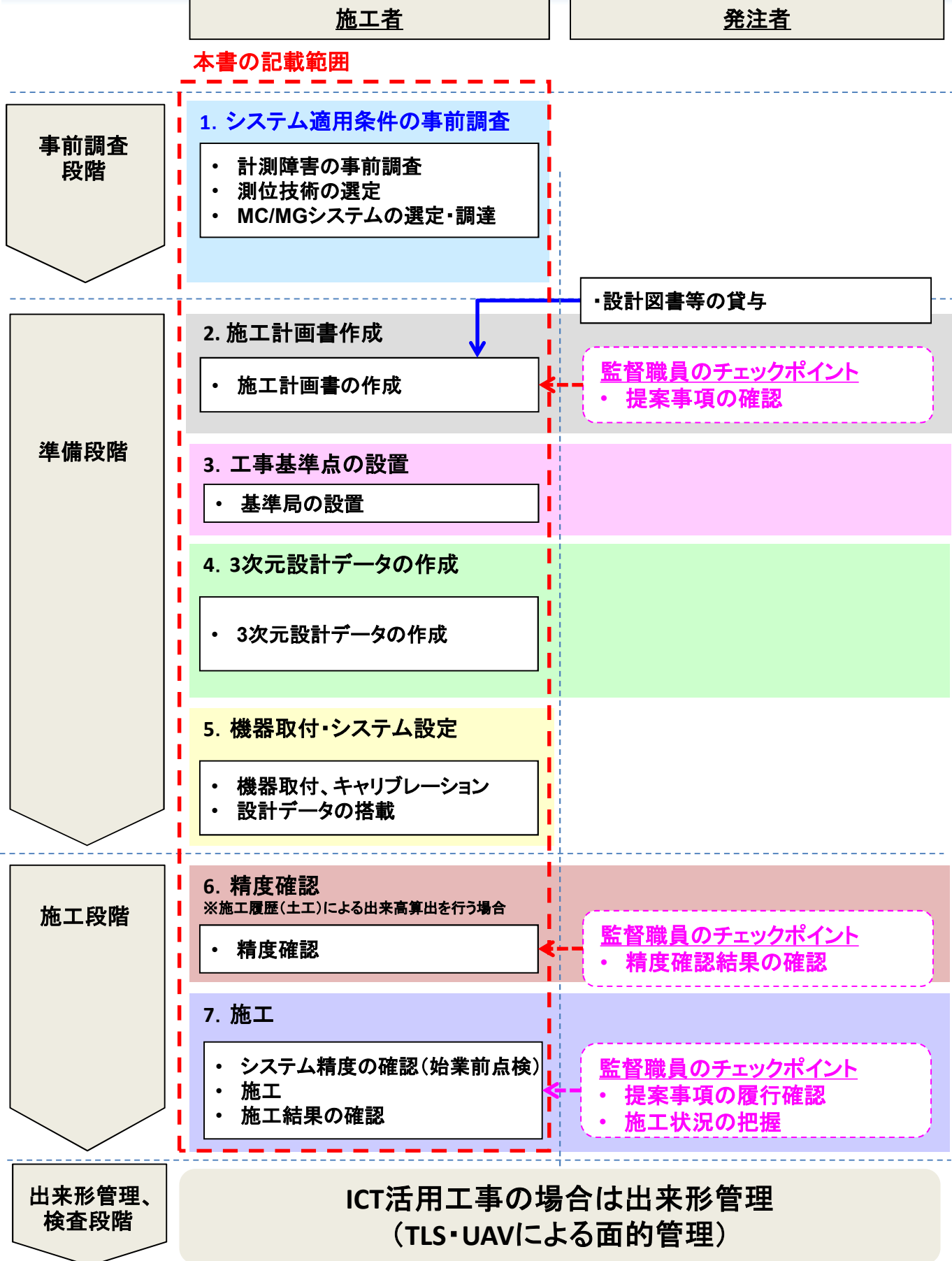


・施工状況をリアルタイムで確認

実務編

1. MC/MG技術(ブルドーザ)を用いた施工の流れ
2. システム適用条件の事前調査時の実務内容
3. 施工計画作成時の実務内容
4. 工事基準点設置時の実務内容
5. 3次元設計データ作成時の実務内容
6. 機器取付・システム設定時の実務内容
7. 施工時の実務内容

1. MC/MG技術（ブルドーザ）を用いた施工の流れ



2. システム適用条件の事前調査時の実務内容

▶ システム適用条件の事前調査時の実施内容と解説事項

| フロー | 施工者の実務内容 |
|---|--|
| <div data-bbox="204 495 555 595" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">計測障害の 事前調査</div> <div data-bbox="367 595 391 660" style="text-align: center;">↓</div> | ・計測障害の事前調査(解説①) P14 |
| <div data-bbox="204 660 555 725" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">システムの選定・調達</div> | ・測位技術の選定(解説②) P15 ・MC/MGシステムの選定・調達(解説③) P16 |

解説①：計測障害の事前調査【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ 情報化施工機器においては、計測機器とMC/MG機械の間等、無線通信を利用します。当該現場にて無線通信障害が発生しないことを確認します。
- ▶ TSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムでは、計測機器の特徴により適用可能な地形条件が異なります。当該現場の条件を十分に確認します。

計測障害の事前調査内容

無線の通信障害が起こりやすい現場状況と利用する無線の種類

- ・航空基地、空港周辺
- ・変電所の周辺
- ・違法無線

無線の障害の有無は、目に見えないため、工事を行う時間帯などに利用する無線機を利用して確認することが有効です。

また、利用する無線の出力やアンテナによって、無線の通信可能距離も変わります。現場状況に合わせた無線を準備する必要があります。

TSシステムの適用条件

【計測障害の有無】

- ・基準局(TS)と移動局(建設機械)との間との視準を遮断する既設構造物等がない
- ・既設構造物等がある場合、視準の遮断を回避できる適度な高低差のある基準局(TS)設置場所がある

GNSSシステムの適用条件

【計測障害の有無】

- ・衛星の補足が困難となる狭小部や山間部でない(上空が開けている)
- ・衛星電波の多重反射(マルチパス)を発生させる環境でない(構造物や法面が隣接していない)

参考

無線の通信障害について

・無線通信には、免許や申請の必要な高出力な無線もあります。利用する無線の種類や出力を事前に確認してください。

参考

TSとRTK-GNSSの選定について

・TSでは、計測機器とMC/MG機械が1対1、RTK-GNSSでは1つの基準局に対して複数のMC/MGを稼働させることができます。現場条件と、必要なシステムを考慮して選定が必要です。

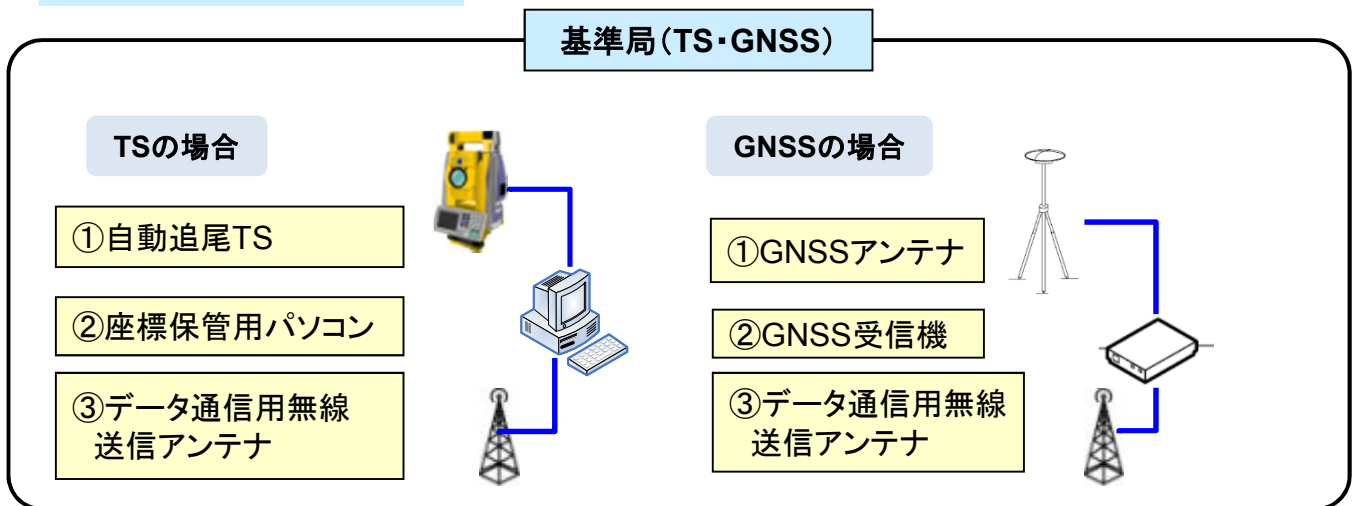
解説②：測位技術の選定【施工者】

～2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

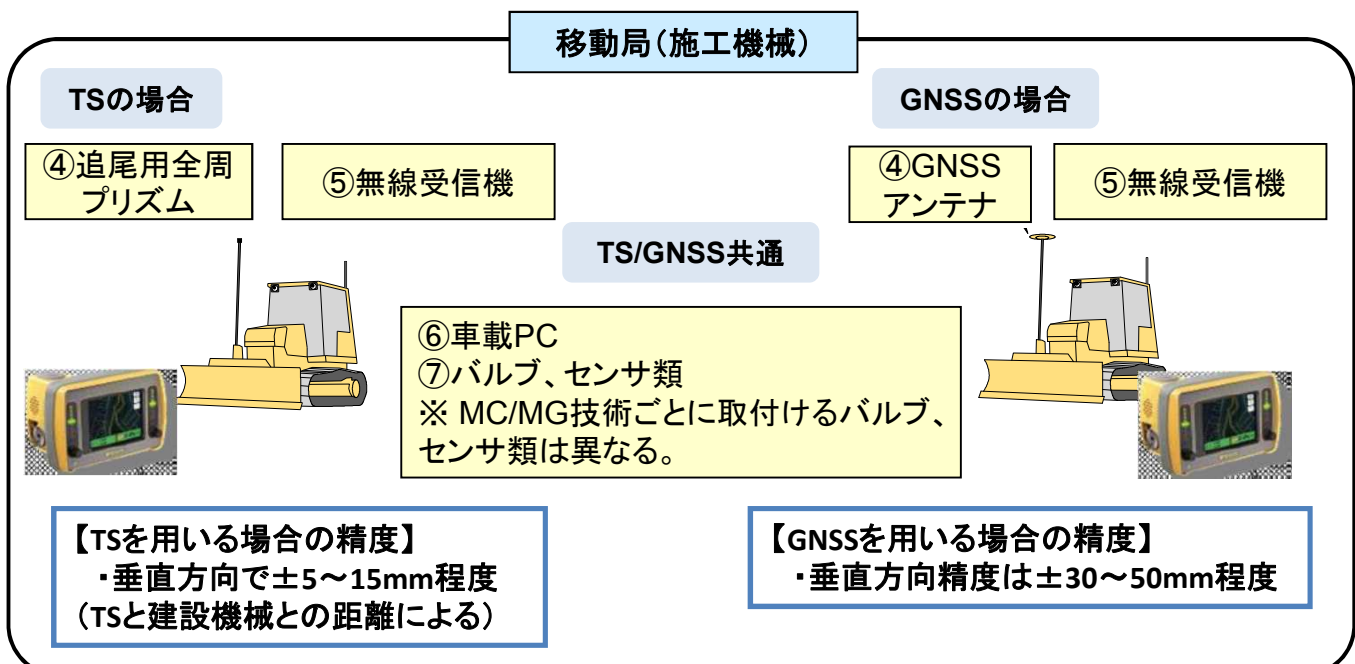
- ▶ MC/MG技術を用いた施工に必要な機器・ソフトウェアは、「基準局」・「移動局」に大きく分類され、システム販売・レンタル業者では機器・ソフトウェアを一つのシステム単位で製品としています。(以下、機器・ソフトウェアを総称して「MC/MGシステム」という。)
- ▶ MC/MGシステムは、測位技術にTSを用いるシステムとGNSSを用いるシステムとがあり、それぞれ機器構成が異なります。

MC/MGシステムの機器構成

MC/MGシステムの機器構成



※TSで、計測したデータを「②座標保管用パソコン」を介さずに直接移動局へ伝達可能なもの、「③データ通信用無線送信アンテナ」が内蔵されたものがある。



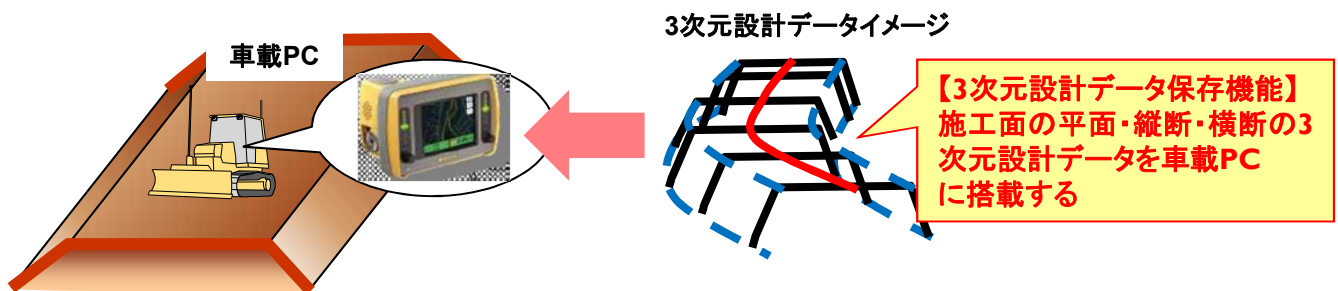
※ 移動局は施工機械と各機器とをセットで購入・レンタルする方法、各機器のみを購入・レンタルし保有済みの施工機械に取り付ける方法とがある。

解説③： MC/MGシステムの選定・調達【施工者】

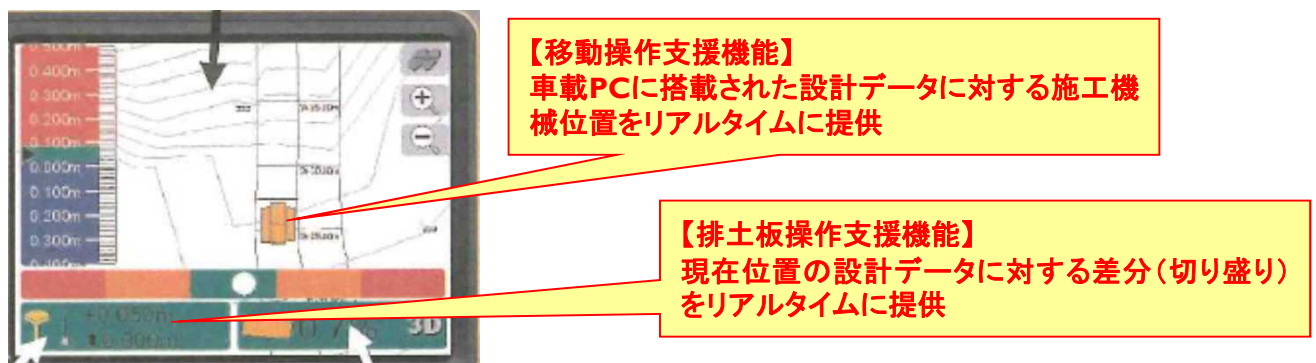
～ 2.システム適用条件の事前調査時の実務内容～

- ▶ MC/MGシステムは、測量器械販売店やリース・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します。
- ▶ MC/MGシステムの導入に際して、デモ等のサービスを利用し、機能や操作性を事前に確認することを推奨しています。

システムの機能例 ※各メーカーにより異なる



車載PC画面イメージ【MC(モータグレーダ)、MC/MG(ブルドーザ)】 ※各メーカーにより異なる



参考

出来高部分払いを利用する場合について

- ICT活用工事で出来高部分払いを利用する場合は、「**施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)**」に準じて精度確認を行う必要があります。

参考：施工履歴データによる出来高算出に関する精度確認方法

(4) 作業装置位置の計測精度についての確認方法

2) ブルドーザの場合

作業装置位置の精度確認は、現場条件に合わせて、以下のいずれかの方法で行う。

- MC/MG技術の情報とTS計測による取得情報との作業装置位置の較差

MC/MG技術より提供される作業装置位置とTSによるにより取得される作業装置位置との較差により取得精度の確認を行う。作業装置位置の精度の確認方法を図3-3に示す。計測は、ブルドーザの作業装置角度を変更し、3回(6ヶ所)以上行い、計測箇所は、往復を含め、延べ6箇所以上とする。

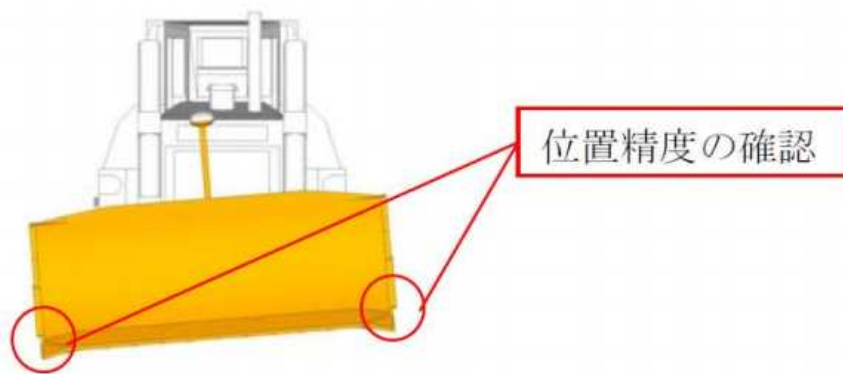


図3-3 ブルドーザの作業装置位置の精度の確認方法

- テスト走行による検測

施工前に、ICTブルドーザによるテスト走行を行い、テスト面の検測から取得したデータを用いて位置精度を取得する。現況地形のデータをMC/MGシステムに搭載したブルドーザを走行し、作業装置の左右端の2点以上を検測する。さらに、テスト走行は、異なる2方向(例えば逆向き)で作業装置角度を変えて実施すること。検測はTSにより計測し、検測箇所は2方向の走行を含めて、延べ12箇所以上とする。テスト走行による検測図を図3-4に示す。

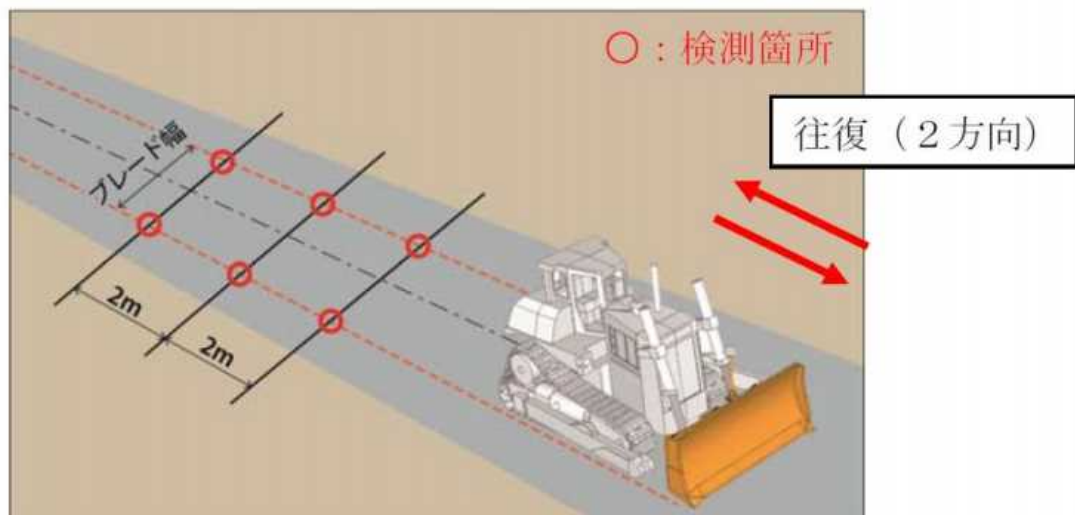


図3-4 テスト走行による検測例

3. 施工計画作成時の実務内容

▶ 施工計画時の実施内容と解説事項

本書の記載範囲

| フロー | 施工者の 実務内容 | 監督職員 の実務内容 |
|----------|-------------------|------------------------|
| 施工計画書の作成 | ・施工計画書の作成(解説①)P19 | ・提案事項の確認 ・施工管理方法の把握 |

解説①：MC/MG技術を用いた施工に関する施工計画書の作成【施工者】

～3.施工計画作成時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術を利用するための特別な記載は必要ありません。ただし、技術提案などで提案している場合は、利用するシステム、利用する範囲を記載してください。
- ▶ 現場で施工状況を確認する方法を記載します。(推奨事項)

※利用範囲に制限を設ける場合は、施工前の協議で受発注者で確認しておくとい良いでしょう。

施工計画書への記載事項等

(1)「土木工事共通仕様書 1-1-4 施工計画書」の規定に基づき、使用する施工機械に関する情報を記載する。

技術提案などで、MC/MG技術の利用を提案している場合は、選定したMC/MGシステムのメーカー、型番、構成機器等を記載する。また、システムの機能および精度が確認できる資料(メーカーパンフレット等)を添付しておくとい良いでしょう。

技術提案などでMC/MGの導入を提案している場合、利用するシステムの特徴や現場の制約条件から、現場の一部で利用しか利用できない場合もあります。利用が制限される理由と利用範囲についても明記しておくとい良いでしょう。

MC/MG技術では、現場で施工状況を確認するための目印が少なくなります。施工者と発注者が作業状況を容易に確認でき、進捗などの状況を共有することが現場の円滑な運用には不可欠です。

・現場で施工状況を確認する方法(例)としては、以下の様な方法もあります。

- ①MC/MGの画面(設計値との差が表示される)で確認する。
- ②チェックのための目印(丁張り)を数カ所に設置する。
- ③TS出来形を利用して確認する。

・施工時の目標や確認の頻度を記載する(例)

MC/MGを導入するだけでは仕上り厚を確保しているかどうか解りません。どのように状況を確認するかが重要です。

例) 目標値との差が0～+5cmとなるように仕上げる。

仕上げは、当該施工日の実施範囲のうち3カ所で実施する。

参考

計測機器やシステムのトラブル時の対応について

・施工計画書への記載は不要ですが、計測機器や無線通信のトラブルが発生した場合の対応方法も立案しておくことが重要です。

4. 工事基準点設置時の実務内容

▶ 計測精度の確認時の実施内容と解説事項

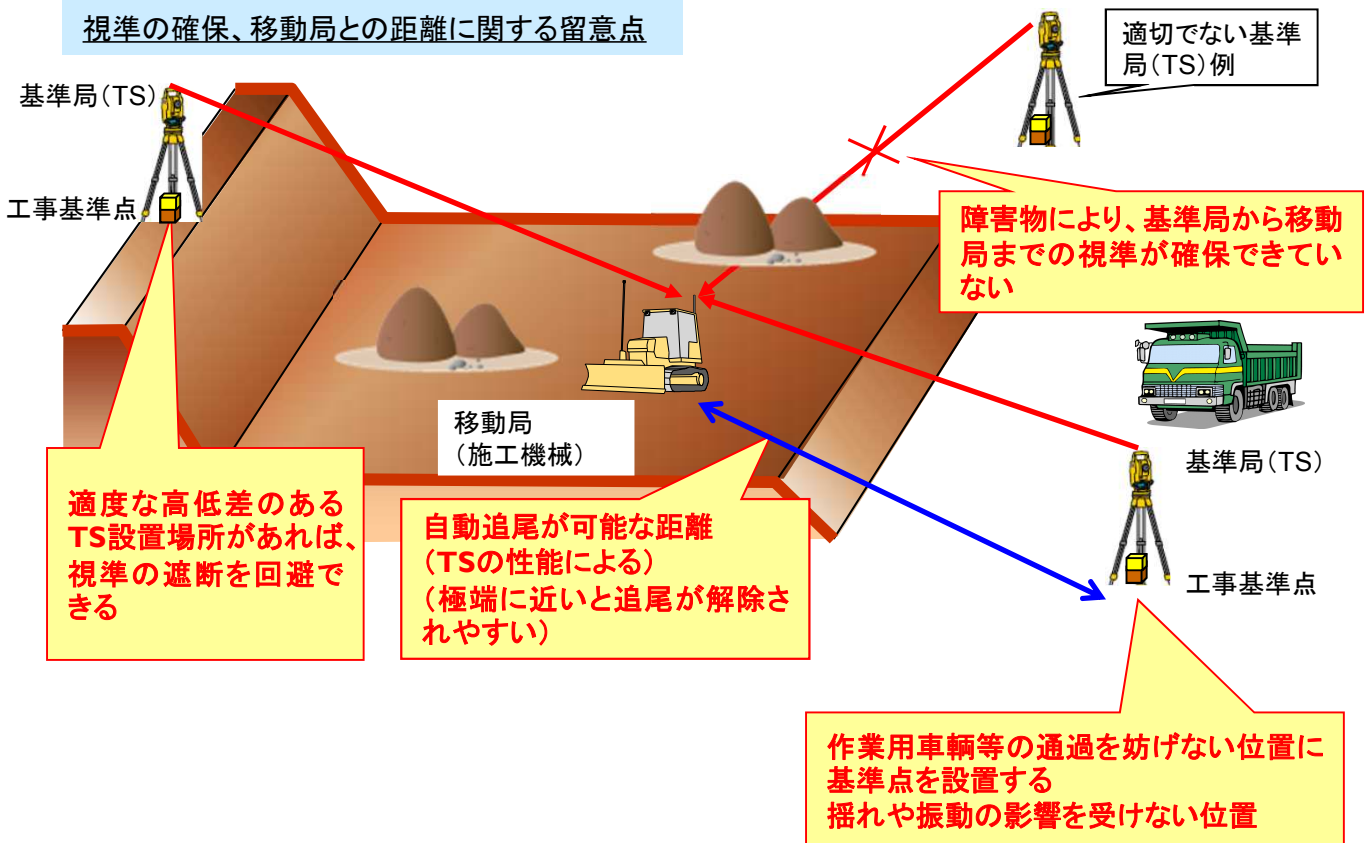
| フロー | 施工者の実務内容 |
|--------|--|
| 基準局の設置 | <ul style="list-style-type: none">• 工事基準点の設置 基準局の設置(TSを用いる場合)(解説①) P21 基準局の設置(GNSSを用いる場合)(解説②) P22 |

解説①：基準局の設置 (TSを用いる場合) 【施工者】

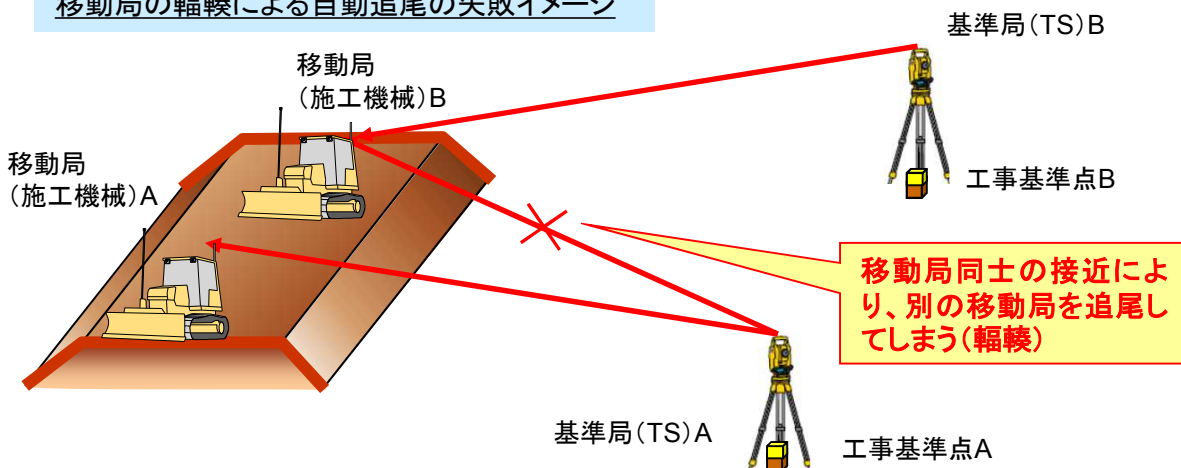
～4. 工事基準点設置時の実務内容～

- ▶ TSを用いたMC/MG施工では、基準局(TS)の3次元座標値を基に移動局(建設機械)の位置情報を算出します。適切な計測精度を確保できる基準局(TS)の設置が重要です。
- ▶ 基準局(TS)は「視準」・「移動局との距離」に留意して設置します。
- ▶ 基準局(TS)と移動局(締固め機械)とは1対1の組み合わせとなります。複数の施工機械により施工する場合、「移動局の輻輳」を防ぐため施工範囲を分ける必要があります。

基準局の設置時の留意点 (TSを用いる場合)



移動局の輻輳による自動追尾の失敗イメージ



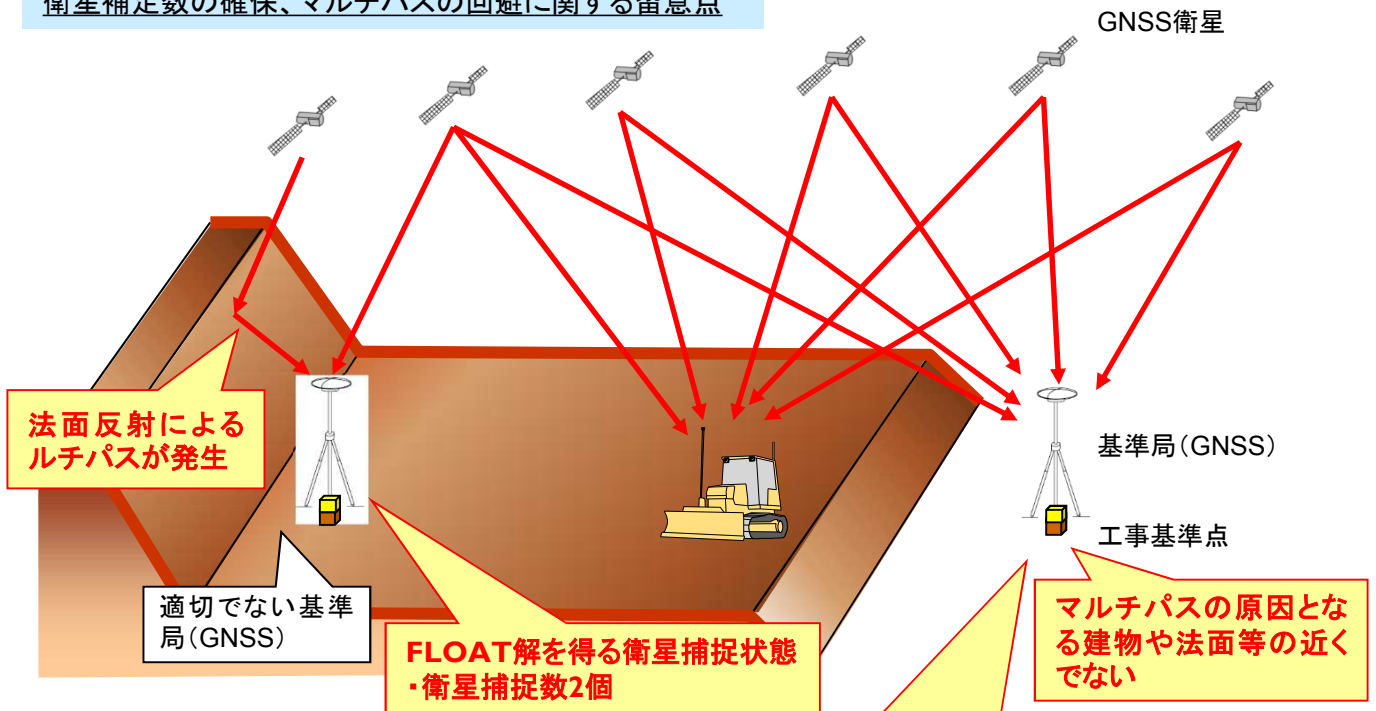
解説②：基準局の設置（GNSSを用いる場合）【施工者】

～4.工事基準点設置時の実務内容～

- ▶ RTK-GNSSを用いたMC/MG施工では、基準局（GNSS）の3次元座標値を基に移動局の位置情報を算出する。適切な計測精度を確保できる基準局（GNSS）の設置が重要です。
- ▶ 基準局（GNSS）は「衛星捕捉状態」「衛星電波の多重反射（マルチパス）」に留意して設置します。

基準局の設置時の留意点（GNSSを用いる場合）

衛星補足数の確保、マルチパスの回避に関する留意点



※FIX解とは、利用可能な衛星数が一定以上の場合に得られる精度が保証された位置測定結果である。

※FLOAT解とは、利用可能な衛星数が少ない等により精度が悪い状態で得られた位置測定結果である。

参考

衛星補足数の予測ソフトウェアについて

- 測量機器メーカー等により、衛星補足数を予測するソフトウェアが販売、無償公開されています。

参考

マルチパス対策の進んだGNSS受信機について

- マルチパス対策の進んだGNSS受信機が開発されているため、マルチパスの恐れがある場合はGNSS受信機を適切に選定する。

5. 3次元設計データ作成時の実務内容

▶ 3次元設計データ作成時の実施内容と解説事項

| フロー | 施工者の実務内容 |
|--|--|
| <div data-bbox="212 566 518 667" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">3次元設計データの作成</div> | <ul style="list-style-type: none">設計図書の照査3次元設計データの種類(解説①) P24 |

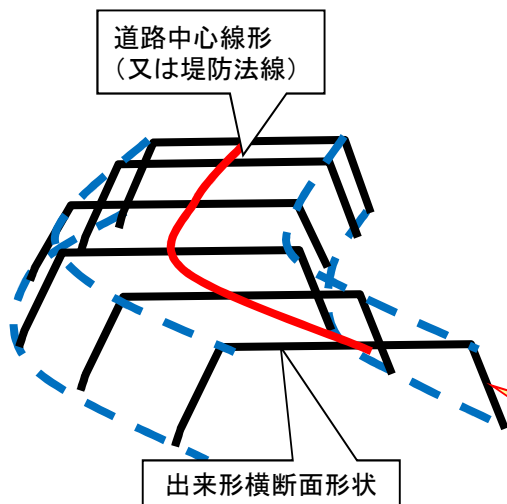
解説①：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術に搭載する3次元設計データを作成する。
- ▶ 3次元設計データの作成手順としては、「路線」から作成する場合と、直接「TIN」を作成する方法があります。
- ▶ データ作成は、専用のソフトウェアに入力する場合と、CADソフトなどで「TIN」データを作成して転送する方法があります。最近では、TS出来形のシステムから出力できる場合もあります(利用するシステムにより異なるので、各メーカーに問い合わせる)。

路線ファイル、TINファイルのイメージ

路線ファイルイメージ



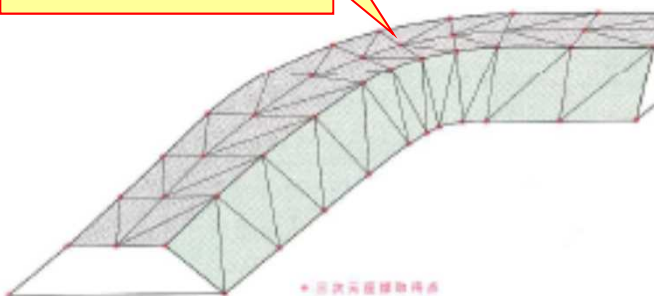
道路土工、河川土工では「路線データ」を用いたデータ作成することが多い。

線形に沿って横断形状をあてはめながら3次元の設計値を算出するので曲線部などもなめらかに算出できる特徴がある

データ作成前に目標となる横断形状を抽出。作業段階の、盛りこぼし等を考慮し、データの作成範囲に注意。

TINファイルイメージ

TINは直線で構成される。曲面部は小さく分割することで曲面に近似される



「路線データ」から「TINデータ」に変換して利用できる。

駐車場、広場、飛行場の舗装工事では「TINファイル」を直接作成することが多い。(座標リストから作成)

面的な施工を行う工事では、高さや水勾配のコントロールポイント(TINを構成する3次元座標値)を抽出して作成できる
線形構造物に適用する場合は、横断勾配の変化が大きい箇所や曲線部などでは作成間隔を密にするなどの工夫を行う。

※出典：情報化施工の実務(社団法人 日本建設機械化協会)

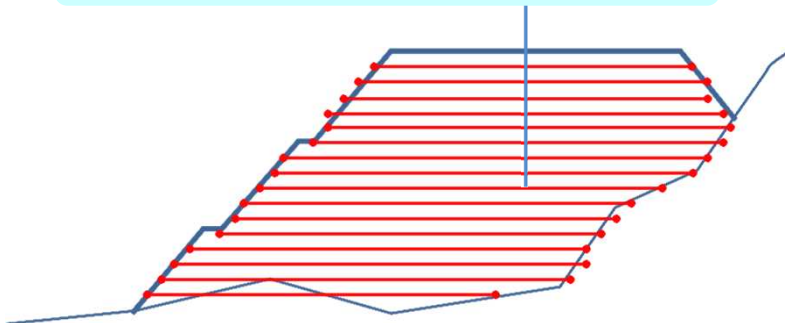
解説②：3次元設計データの作成【施工者】

～5.3次元設計データ作成時の実務内容～

- ▶ ①敷均しで用いる3次元設計データと当該工事の最終の目的形状は一致しない場合が一般的です。
- ▶ ②実際の施工では、必要となる範囲より広範囲に施工し仕上げ段階で整形することが一般的です。
- ▶ 上記の①、②を考慮しつつ効率的な3次元設計データを作ります。

データ作成のイメージ例

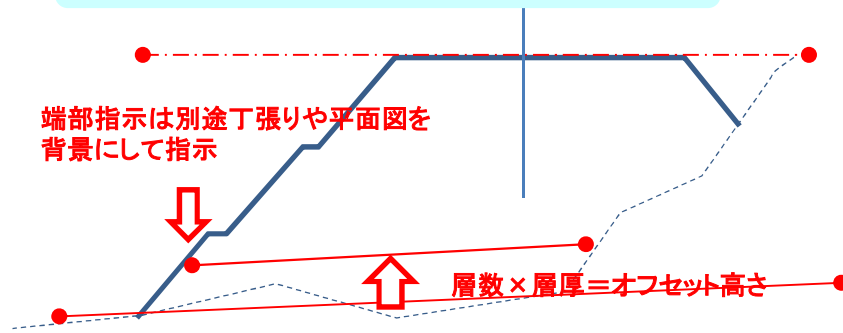
△間違いではないが手間大



【手間を要する例:解説】

盛土の各層仕上げ平面を作成、MC施工時には層毎の設計データを選択して施工。
 ※ 層毎にオペレータへの利用データの指示が必要
 (やや大きめに作業し、整形工で整える)
 ○端部指示作業が省力化
 ×データ作成作業は層毎に必要で、端部位置の算出が必要。
 ×データ作成範囲が広いので、MC施工時にデータ作成範囲外になりやすい。

○効率的なデータ作成



端部指示は別途丁張りや平面図を背景にして指示

層数×層厚=オフセット高さ

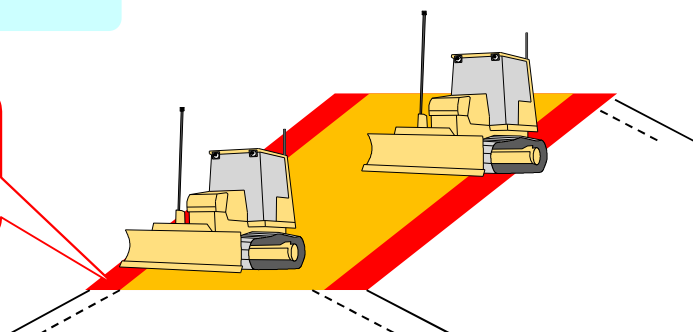
施工中は排水勾配を考慮した面仕上げ用に別の面を作成

【効率的な例:解説】

盛土面積の最大部分の基準となる平面だけを作成し、MC施工時には層毎の高さオフセットを変更して施工。
 ※ 層毎にオペレータへのオフセット量の指示が必要
 ※ 端部指示は別途丁張りなどで指示
 (やや大きめに作業し、整形工で整える)
 ○データ作成作業は少ない。
 ○データ作成範囲が広いので、MC施工時にデータ作成範囲外になりにくい。
 ×端部の位置を指示する作業が別途必要。

○広めのデータ作成

整形の為の盛りこぼし部分で設計データが無いと制御不能に！



6. 機器取付・システム設定時の実務内容

▶ 機器取付、システム設定時の実務内容と解説事項

| フロー | 施工者の実務内容 |
|---|---|
| <pre>graph TD; A[機器取付] --> B[キャリブレーション]; B --> C[精度確認];</pre> | <ul style="list-style-type: none">• 建設機械への機器取付(解説①) P27 |
| | <ul style="list-style-type: none">• キャリブレーション(解説②) P28 |
| | <ul style="list-style-type: none">• 排土板等の位置精度の確認(解説③) P29 |

解説①：建設機械への機器取付【施工者】

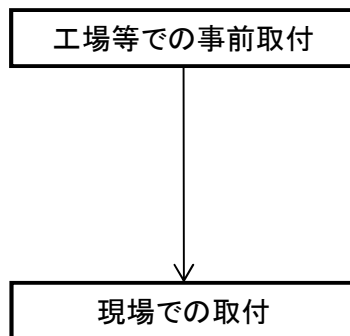
～6.機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC/MGシステムの構成機器を建設機械に取付けます(利用するシステム毎に、詳細が異なっているので、各機器の取り扱い説明による)。

※機器等が取付済みの施工機械を購入またはリース・レンタルする場合は、実施することない。

主な機器取付の内容

機器取付の流れ



- 排土板を制御するバルブ
- センサ類
- 各機器を接続するケーブル
- コントロールボックスはポール等の建設機械への取付のためのブラケット(取付用台座)

【車内への機器取付け】

- 車載PC(コントロールボックス)
- ※ケーブルでバルブ、センサ類と接続する
- 無線受信器
- ※ケーブルで車載PCと接続する

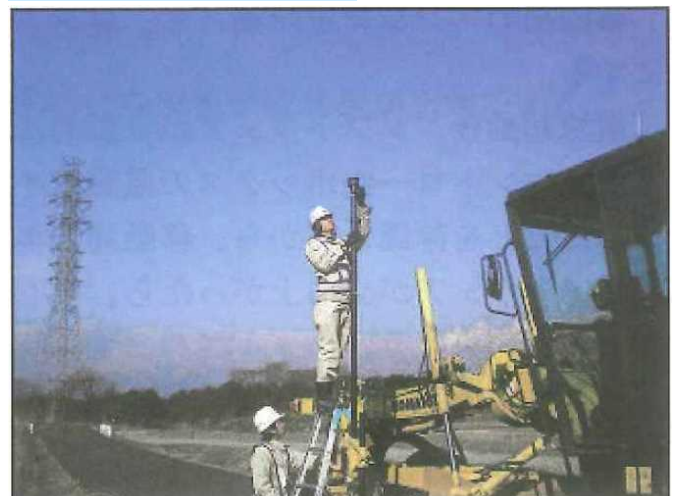
【車外への機器取付け】

- 全周プリズム(ポール付き)(TSの場合)
- GNSSアンテナ(GNSSの場合)

車内への機器取付状況



車外への機器取付状況



※機器メーカーやリース・レンタル会社では、機器購入者、リース・レンタル者を対象に有償又は無償で機器取付、キャリブレーション等を実施している。

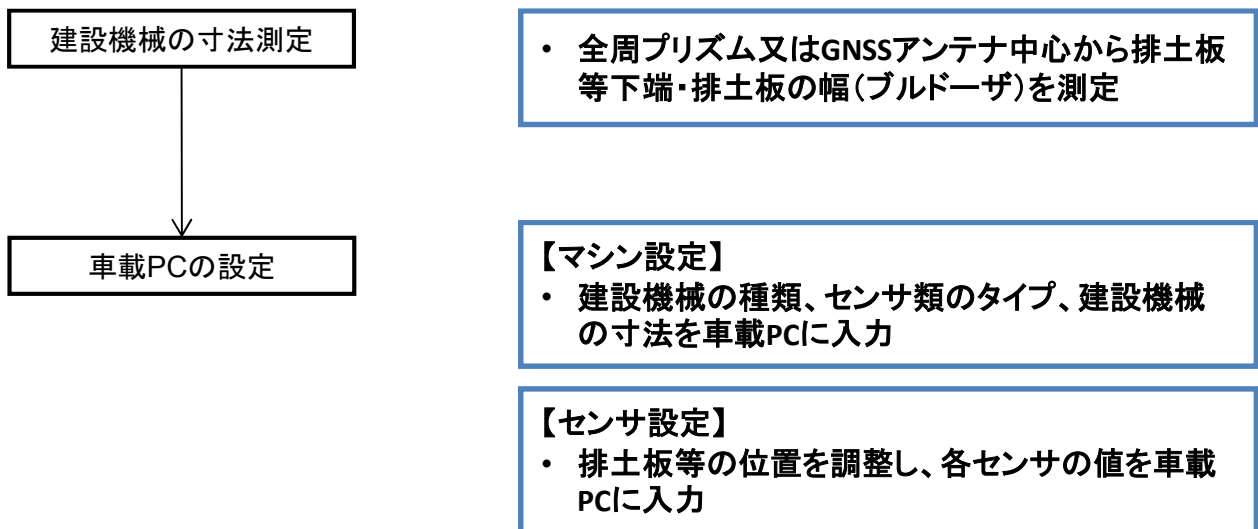
解説②：キャリブレーション【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ 機器取付後、排土板幅等の測定、各センサの設定を実施し、必要情報を車載PCへ入力します(利用するシステム毎に、手順が異なっているので、各機器の取り扱い説明による)。

主なキャリブレーションの内容

キャリブレーションの流れ



全周プリズム中心から排土板下端の測定状況



排土板幅の測定状況



※ 機器メーカーやリース・レンタル会社では、機器購入者、リース・レンタル者を対象に有償又は無償で機器取付、キャリブレーション等を実施している。

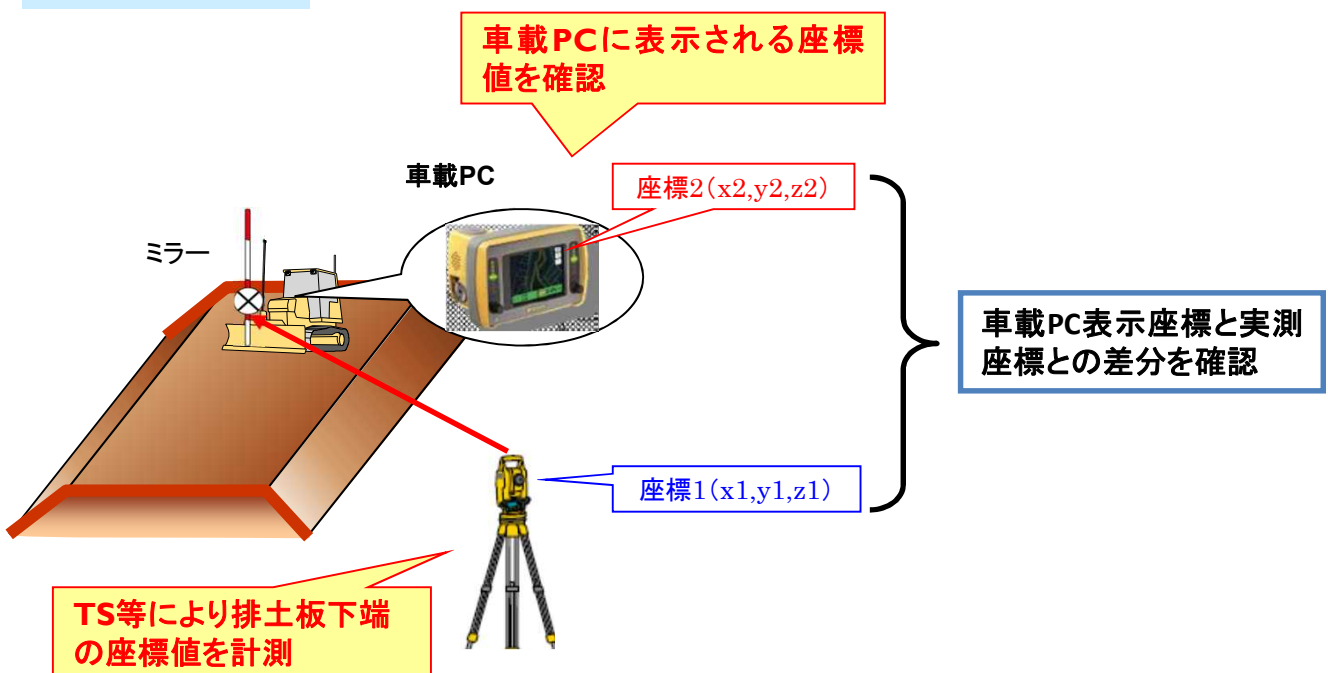
解説③：排土板等の位置精度の確認【施工者】

～6. 機器取付・システム設定時の実務内容～

- ▶ MC/MG技術を搭載した建設機械が適切な施工精度を有しているかを施工着手前に確認します。
- ▶ 施工精度は、排土板等位置を設計値に合わせ、車載PCに表示されている座標値と排土板等の位置をTS等で測定した実測値との差分により確認します。

施工精度の確認方法(MC/MG(ブルドーザ))

確認方法イメージ



参考

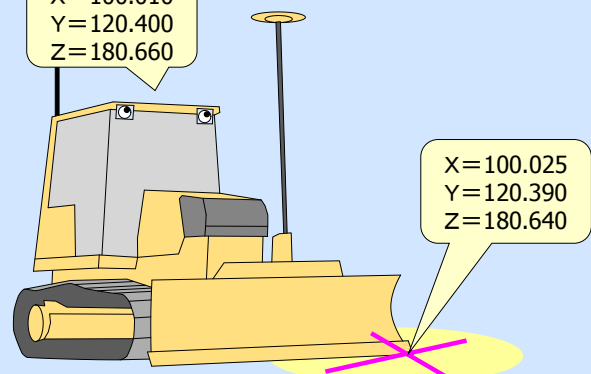
位置精度の確認

- ・TSの他にも、既設の丁張りや確認する方法や、確認用の基準点(コンクリート上に目印)を設置しておく方法もある。



現場内の不動点に座標を付け、バケットやブレードを当てて、日常的に精度を確認する。

X=100.010
Y=120.400
Z=180.660



7. 施工時の実務内容

▶ 施工時の実施内容と解説事項

本書の記載範囲

| フロー | 施工者の実務内容 | 監督職員の実務内容 |
|--|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">始業前点検</div> <div style="text-align: center;">↓</div> | <ul style="list-style-type: none"> • 施工精度の確認・対処 (解説①) P31 | |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">施工</div> | <ul style="list-style-type: none"> • 施工状況・結果の確認 (解説②) P32 | <ul style="list-style-type: none"> • 技術提案事項の実施 • 施工状況の把握 |

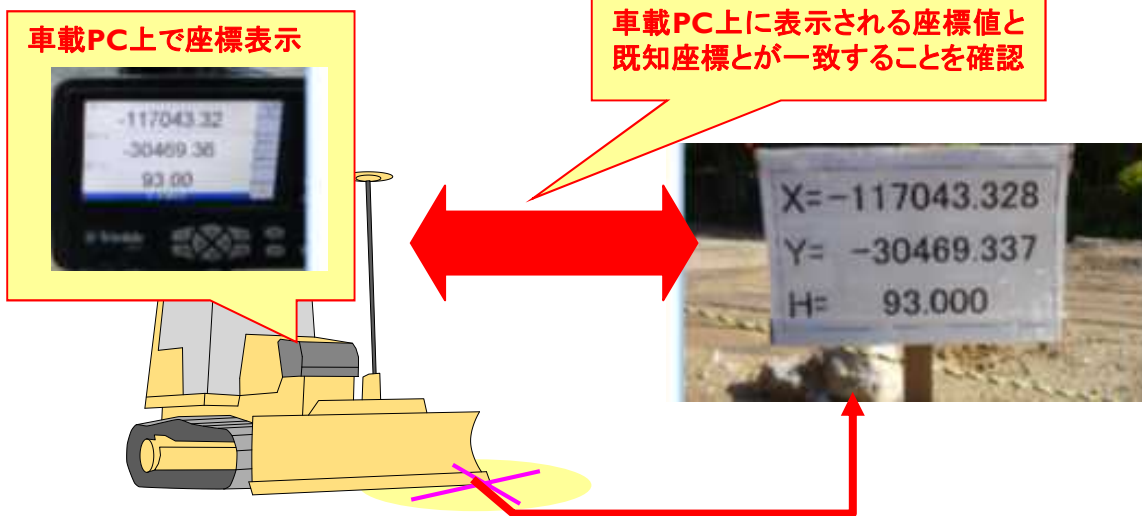
解説①：施工精度の確認、対処【施工者】

～7.施工時の実務内容～

- ▶ 施工期間中、は作業開始前に排土板等の位置取得精度を適宜確認します。
- ▶ 排土板等の位置取得精度が低下している場合、要因を確認し、再度、「キャリブレーション」やねじの増し締め等の機器点検を実施します。

施工精度の簡易確認方法

施工精度の簡易確認状況



排土板等の位置取得精度の低下要因

移動局(建設機械)側の要因

- (1) 排土板等の摩耗による排土板等寸法の変化
- (2) 機械ガタの増加
- (3) 全周囲プリズム(GNSSアンテナ)のねじの緩み、変形による設置位置のずれ、故障等
- (4) 無線受信アンテナのねじの緩み、変形による故障等
- (5) センサのねじの緩み、変形による設置位置のずれ、故障等
- (6) 機器取付用ケーブルの緩み、損傷等

基準局(TS又はGNSS)側の要因

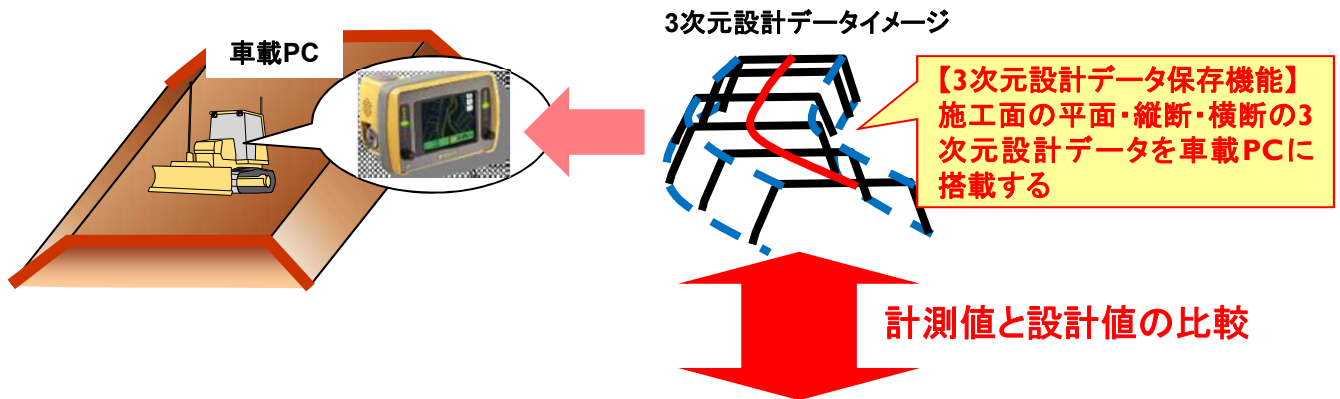
- (1) 基準点の揺れ、振動
- (2) TS、GNSSアンテナ設置位置のずれ
- (3) TS、GNSSアンテナの故障、バッテリー切れ等
- (4) 無線送信装置の故障等、バッテリー切れ等

解説②：施工状況・結果の確認【施工者】

～7.施工時の実務内容～

- ▶ MC/MGシステムの稼働状況と施工結果をシステム画面などで確認します。
- ▶ 比較対象となっている3次元設計データの内容を把握しておく。

システム画面での確認例 ※各メーカーのより異なる



車載PC画面イメージ【MC/MG(ブルドーザ)】 ※各メーカーにより異なる

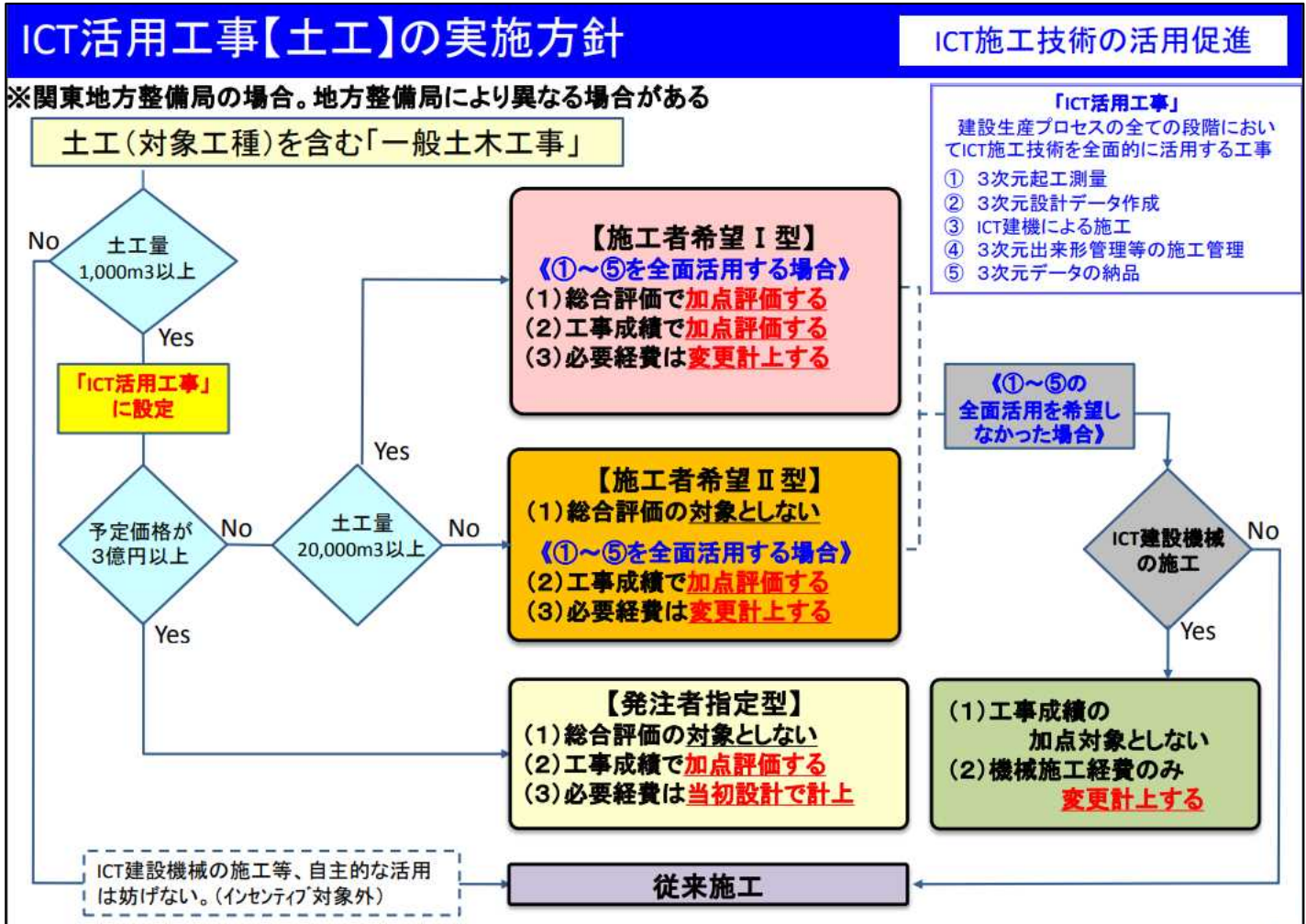
The screenshot shows a 2D plan view of the construction site on the vehicle PC screen. The screen displays a grid of design lines and a bulldozer icon. Three callout boxes provide details about the screen's features:

- 【移動操作支援機能】 車載PCに搭載された設計データに対する施工機械位置をリアルタイムに提供 (【Mobile Operation Support Function】 Provide the real-time position of the construction machinery relative to the design data loaded on the vehicle PC.)
- 【排土板操作支援機能】 現在位置の設計データに対する差分(切り盛り)をリアルタイムに提供 (【Excavator Operation Support Function】 Provide the real-time differential (cutting/grading) relative to the design data at the current position.)
- 【測位システムの稼働状況確認機能】 測位システムの状態や通信の状況をリアルタイムに提供 (【GNSS System Operation Status Confirmation Function】 Provide the real-time status of the GNSS system and communication status.)

参考資料

1. ICT活用工事【土工】の実施方針
2. 情報化施工機器調達に関する支援制度
3. 用語集

【参考資料】1. ICT活用工事【土工】の実施方針



出展：第2回 ICT導入協議会資料 「【資料-1-2】ICT活用工事の実施方針について」より抜粋

【参考資料】2. 情報化施工機器調達に関する支援制度

- ▶ 補助金(対象:ICT建設機械)
 - ・ 省エネルギー型建設機械導入補助事業
参考URL: <http://www.eco-kenki.jp/>
- ▶ 融資
(対象:建設機械本体)
 - ・ 環境・エネルギー対策資金(排出ガス・地球温暖化対策)
参考URL: https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html
(対象:後付けICT機器)
 - ・ IT活用促進資金
参考URL: https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11_itsikin_m.html
- ▶ 税制(対象:すべての機器)
 - ・ 中小企業等経営強化法
参考URL: <http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/>

【参考資料】2 ①. 建設機械関係の「補助金」

ICTを搭載した建設機械の購入に際して各種への補助金が利用できません。内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30.1.26現在

| 区分 | 制度 | 対象 | 実施機関 | 所管省庁 | 備考 | |
|-----|---|--------------------------------|------|--|-------|--|
| 補助金 | 省エネルギー型建設機械導入補助事業(地球温暖化対策) | 低燃費型(3つ星以上)のICT・ハイブリッド・電気駆動の建機 | 購入 | (一財)製造科学技術センター | 経済産業省 | ICTとのセット販売された建機本体 ※H29予算:14.1億円 ※H30予算:12.7億円 ※H30.1.26時点執行率は75% ※H28年度は768件 |
| | http://www.eco-kenki.jp/ | | | | | |
| | サービス等生産性向上IT導入支援事業 | ITツールのソフト本体、クラウドサービス、導入教育費用他 | 購入 | 民間団体等 〔事務局〕 〔公募中〕 (1/19~2/15) | 経済産業省 | ソフトウェアのみ ※H28補正:100億円 ICT土工のソフト導入にあたっての活用実績 →208件(1次公募分) ※H29補正:500億円 |
| | http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf | | | | | |
| | ものづくり・商業・サービス経営力向上支援事業 | 生産性向上に資する投資計画 | 購入 | 民間団体等 〔事務局〕 〔公募中〕 (1/5~1/24) | 中小企業庁 | 投資計画に記載した機械設備等(建機本体の購入は除く) ※H28補正:763億円 ※H29補正:1000億円 |
| | http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/hosei/pdf/pr_hosei.pdf | | | | | |

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>

【参考資料】2 ②. 建設機械関係の「税制優遇」

建設機械関係の国税、地方税の減免あるいは固定資産税減免、法人税減免を受け取れる可能性があります。

内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30. 1. 26現在

| 区分 | 制度 | 対象 | 実施機関 | 所管省庁 | 備考 |
|------|--|------------------------------|---------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| 税制優遇 | 生産性向上の実現のための臨時措置法(仮称) | 生産性が年平均1%以上向上する建設機械、情報化施工機器等 | 導入促進計画を策定した市町村 | 中小企業庁 | 先端設備等導入計画を市町村に認定された機械設備等 |
| | 中小企業等経営強化法 www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html | | 市町村 | | ※H29末時点 経営力向上計画を認定件数 →1000件以上 |
| | 中小企業経営強化税制 www.chusho.meti.go.jp/keiei/kyoka/index.html | 法人税、所得税、法人住民税、事業税 | 国(法人税、所得税)、都道府県(法人住民税、事業税)、市町村(法人住民税) | | |
| | 中小企業投資促進税制 www.chusho.meti.go.jp/zaimu/zeisei/2014/tyuusyoutyoutousisokusinzeisei.htm | 建設機械、情報化施工機器等 | | | |

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>

【参考資料】2 ③. 建設機械関係の「融資」

建設機械関係の融資が受け取れる可能性があります。
内容や時期については適宜更新されているので各HPで確認が必要です。

ICT建設機械関係の補助金・低利融資・税制優遇制度の例

H30. 1. 26現在

| 区分 | 制度 | 対象 | 実施機関 | 所管省庁 | 備考 | |
|----|---|-------------------------|------------------|----------|---|--|
| 融資 | 環境・エネルギー対策資金(排出ガス対策・地球温暖化対策) | オフロード法基準適合車、低炭素型・低燃費型建機 | 購入 | 日本政策金融公庫 | 中小企業庁 | ※貸付限度: 7億2千万円 (中小企業事業) 7千2百万円 (国民生活事業) ※貸付期間: 20年以内 ※貸付対象: 環境対策型建設機械の購入 情報化施工機器の購入・賃借 |
| | https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html | IT活用促進資金(企業活力強化貸し付け) | 情報化施工機器(建機本体除く)等 | 購入、賃借 | 日本政策金融公庫 | |
| | | | | | https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/11_itsikin_m.html | |

※上記の制度の概要については近畿地整HPで公開されています。

➡ <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/i-construction/index.html>

【参考資料】3. 用語集 1/2

| 用語 | 内容 |
|----------|--|
| TS | トータルステーション(Total Station)の略。1台の機械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。 |
| 出来形管理用TS | 現場での出来形の計測や確認を行うために必要なTS、TSに接続された情報機器(データコレクタ、携帯可能なコンピュータ)、及び情報機器に搭載する出来形管理用TSソフトウェアの一式のことである。 |
| 基本設計データ | 基本設計データとは、設計図書に規定されている工事目的物の形状、出来形管理対象項目、工事基準点情報及び利用する座標系情報などのことである。基本設計データは、設計成果の線形計算書、平面図、縦断図及び横断図から3次元データ化したもので、(1)道路中心線形又は法線(平面線形、縦断線形)、(2)出来形横断面形状で構成される。 |
| 3次元設計データ | TIN(triangulated irregular network)(不等三角網)データと呼ばれ、「マシンコントロール(MC)/マシンガイダンス(MG)技術」でシステムに搭載する電子データ。 |
| 道路中心線形 | 道路の基準となる線形のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。 |
| 法線 | 堤防、河道及び構造物等の平面的な位置を示す線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、基本設計データの一要素となる。 |
| 平面線形 | 平面線形は、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又は法線の平面的な形状を表している。平面線形の要素は、道路中心線形の場合、直線、円曲線、緩和曲線(クロソイド)で構成され、それぞれ端部の平面座標、要素長、回転方向、曲線半径、クロソイドのパラメータで定義される。 |
| 縦断線形 | 縦断線形は、道路中心線形又は法線を構成する要素の1つで、道路中心線形又は法線の縦断的な形状を表している。縦断形状を表す数値データは縦断図に示されており、縦断線形の要素は、道路中心線形の場合、縦断勾配変位点の起点からの距離と標高、勾配、縦断曲線長又は縦断曲線の半径で定義される。 |
| 出来形横断面形状 | 平面線形に直交する断面での、土工仕上がり、法面等の形状である。現行では、横断図として示されている。 |

【参考資料】3. 用語集 2/2

| 用語 | 内容 |
|-------------------------|--|
| 基本設計データ作成ソフトウェア | 従来の紙図面等から判読できる道路中心線形又は法線、横断形状等の数値を入力することで、基本設計データを作成することができるソフトウェアの総称。 |
| GNSS | GPS(米)、GLONASS(露)、GALILEO(EU)、北斗(中国)など、人工衛星を利用した測位システムの総称。 情報化施工にて取り扱うGNSSは、移動局の位置座標を正確に測定する必要があることから、リアルキネマティック(RTK-GNSS)測位手法を基本とする。 |
| RTK-GNSS(リアルタイムキネマティック) | 計測位置のGNSS(移動局)と、既知点に設置したGNSS(基準局)の2台を用いて、実時間(リアルタイム)で基線解析を行うことで、より高精度に計測位置の座標を取得できる装置。 |
| XML | eXtensible Markup Languageの略称。 コンピュータ言語の一種。 |