

静岡県
施工履歴データによる
土工の出来形管理要領（案）

令和3年3月

静岡県交通基盤部

<目次>

第1章 総則	1
1－1 目的	1
1－2 適用の範囲	1
1－3 用語の説明	1
1－4 本要領の記載のない事項	2
1－5 施工計画書	2
第2章 事前準備	4
2－1 機器構成	4
第3章 施工履歴データによる土工の出来形管理	5
3－1 適用の範囲	5
3－2 車載P Cの設定	5
3－3 作業装置の計測精度確認	5
3－4 施工履歴データの取出し	8
3－5 施工履歴データのスクリーニング	9
3－6 出来形管理資料の作成	10
3－7 出来形管理基準及び規格値	11
第4章 出来形管理の監督検査	12
4－1 出来形計測に係わる実地検査	12

第1章 総則

1-1 目的

本要領は、ICT建設機械から取得した施工履歴データによる出来形計測及び出来形管理が、効率的かつ正確に実施されるために、以下の事項について明確化することを主な目的として策定したものである。

- 1) 施工履歴データを用いた出来形計測の基本的な取り扱いや計測方法
- 2) 取得データの処理方法
- 3) 出来形管理の方法と具体的手順、出来形管理基準及び規格値

1-2 適用の範囲

本要領は、受注者が行う施工履歴データによる出来形計測及び出来形管理に適用する。

【解説】

本管理要領で示す作業の範囲は、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。

1-3 用語の説明

【ICT建設機械】 ICT建設機械とは、一般には以下に示す3D、2Dの建設機械の総称として用いるが、本要領では、施工中の建設機械の作業装置位置の3次元座標を取得することができる3DMC、3DMGを搭載した建設機械を「ICT建設機械」という。なお、2DMC、2DMGについては、施工中の作業装置の3次元座標を取得することができないため、本要領を適用した施工履歴データによる土量の出来形管理には使用できないが、現場での使用を妨げるものではない。

【車載PC】 MC、MG技術の一部の機器であり、作業装置の位置に基づき、定量的な操作支援情報を連続的に提供する機能のほか、作業装置位置の3次元座標をリアルタイムに取得し、施工履歴データとして記録、保存及び出力できるものをいう。

【点群データ処理ソフトウェア】 施工履歴データから、出来形に対応した点群データを抽出するためのソフトウェアをいう。

【ICTブルドーザ】 3DMC・3DMGを搭載したブルドーザをいう。

【3DMC・3DMGブルドーザ】 作業装置下端または履帯下面の3次元座標をTSまたはGNSSによる測位から求めて建設機械本体に搭載するMC・MG用の3次元設計データと比較した結果で作業装置の高さや傾きを自動制御(MC)、またはモニターによりガイダンス(MG)するブルドーザをいう。

【2 DMC・2 DMGブルドーザ】 回転レーザーから照射されるレーザー光をブルドーザ作業装置に設置した受光器で捉えることによって、作業装置高さをレーザー面にあわせて自動制御（MC）、またはモニターによりガイダンス（MG）するブルドーザをいう。

【I C Tバックホウ】 3 DMC・3 DMGを搭載したバックホウをいう

【3 DMGバックホウ】 作業装置先端の3次元座標を建設機械本体に搭載する3次元設計データと比較し、その結果をモニターによりガイダンス（MG）するバックホウをいう。測位は、バックホウ背面に取り付けたG N S S アンテナまたはT S ターゲットとブーム、アーム、バケット、本体に取り付けた傾斜センサ等の情報から 作業装置先端の座標を計算する。

【2 DMGバックホウ】 ブーム、アーム、バケットに装着したスロープセンサーによりバックホウの姿勢を求めて、基準位置（切り出し位置）からセットした設計断面形状（法面勾配等）とバケットの位置関係をガイダンスモニターに表示するバックホウをいう。

【施工履歴データ】

I C T建設機械の車載P Cのログファイルに記録された、施工中のI C T建設機械作業装置位置の3次元座標、取得時刻、その他機械の状態等の記録をいう。

【操作支援システム】 I C T建設機械に搭載されている、作業装置の自動制御やモニターによりオペレータへの操作支援を行うとともに、作業装置位置の3次元座標や建設機械の作業状態の情報を記録しているシステムをいう。

1－4 本要領の記載のない事項

本要領に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 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）
- 2) 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）

1－5 施工計画書

施工履歴データを出来形管理に活用する場合、機器構成と作業装置位置の計測精度確認計画を施工計画書に記載する。

【解説】

（1）機器構成

「2－1 機器構成」に示すI C T建設機械、車載P C、点群データ処理ソフトウェアであ

る旨記載する。

(2) 作業装置位置の計測精度確認計画

作業装置位置精度の確認と確保を目的とした作業装置位置の計測精度計画について示す
(取得精度については「2-2 作業装置位置の取得制度」、計画の詳細は、「3-3 作業装置
の計測精度確認」を参照)。

第2章 事前準備

2-1 機器構成

本要領で用いる機器・システムは、下記のとおりである。

1) ICT建設機械

ICTバックホウは次のデータを取得するセンサ、機器等で構成することを標準とする。

- ・ ICT建設機械本体の3次元位置（X、Y、Z）
- ・ ICT建設機械本体の向き（方位）
- ・ ICT建設機械本体の傾斜（ピッチング、ローリング）
- ・ ICT建設機械作業機装置の相対角度（アーム・ブーム・バケット）

ICTブルドーザは次のデータを取得するセンサ、機器等で構成することを標準とする。

- ・ 作業装置または履帯下面の3次元位置（X、Y、Z）
- ・ 作業装置の傾斜

2) 車載PC

MC、MG技術の一部として作業装置の位置に基づき、定量的な操作支援情報を連続的に提供する機能のほか、作業装置位置の3次元座標をリアルタイムに取得し、施工履歴データとして記録、保存及び出力できるものとする。

3) 点群データ処理ソフトウェア

施工履歴データから、出来形に対応した点群データを抽出するためのソフトウェア

【解説】

(1) ICT建設機械、車載PC

本要領の対象となるICT建設機械は、TSやRTK-GNSSにより作業装置の位置を把握している、いわゆる3DMG技術や3DMC技術と呼ばれる技術を搭載しているものを対象とし、2Dは対象としない。こうしたICT建設機械は、作業装置の自動制御、オペレータへの操作支援を行うため、施工中は作業装置位置の3次元座標をリアルタイムに取得している。この3次元座標は、取得時刻や機械の状態等の情報とともに車載PCに施工履歴データとして記録、保存されている。施工履歴データは、車載PCからUSB等の記録メディアにコピーして使用する。

(2) 点群データ処理ソフトウェア

施工履歴データの点群データには、ICT建設機械の小移動や旋回、作業装置等の上げ下げなどで記録された不要な点も含まれる。点群データ処理ソフトウェアは、このような不要な点を排除し、出来形に対応した点群データを抽出するためのソフトウェアである。

第3章 施工履歴データによる土工の出来形管理

3-1 適用の範囲

土工のうち、河川土工における掘削工の河床掘削工または河床整正工、及び、砂防土工における掘削工の除石工の出来形管理に適用する。

【解説】

(1) 適用工種

本要領により出来形管理を実施できる工種は以下のとおりとする。

編	章	節	工種	摘要
共通編	土工	河川土工	掘削工	河床掘削工または 河床整正工
		砂防土工	掘削工	除石工

(2) 使用する建設機械

本要領を適用するためには、以下のICT建設機械を使用する必要がある。

- ・ 3DMCまたは3DMGブルドーザ
- ・ 3DMCまたは3DMGバックホウ

(3) 施工履歴データと建設機械との関係

施工履歴データにより出来形を算出するためには、箇所毎に、利用されるICT建設機械が異なる事が考えられるので、ICT建設機械毎に施工履歴データを取得し、「3-5 施工履歴データのスクリーニング」に従い、適切に処理すること。

3-2 車載PCの設定

受注者は、施工履歴データを記録できるよう、施工前にICT建設機械の車載PC設定を行う。

【解説】

施工履歴データを記録するためには、施工前に操作支援システムの設定が必要な場合がある。

設定方法は、MC・MGメーカーやデータの取得方法により異なるため、施工前にメーカー等に確認し、操作支援システムを設定しておく必要がある

3-3 作業装置の計測精度確認

受注者は、MC・MG技術の性能確認のため、掘削又は敷均し工着手前に、作業装置位置の計測精度を確認する。

【解説】

(1) 作業装置位置の取得精度の範囲

作業装置の位置（標高）の取得精度は、標高較差 $\pm 100\text{mm}$ 以下とすること。

(2) 作業装置位置の取得精度低下の要因

作業装置位置の取得精度は、次の要因により変化する。

- ① R T K-G N S S の位置精度（平面： $\pm 10\text{mm}$ 、標高： $\pm 20\text{mm}$ ）
- ② R T K-G N S S および角度センサ位置間の寸法計測誤差
- ③ 角度センサによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差
- ⑤ 機械ガタ（刃先の磨耗を含む）
- ⑥ 衛星配置や周辺障害物などの計測時の条件

上記の要因、特に①、②及び③の汎用機械に対してシステム取付けを主体に想定していること、使用期間などによる⑤汎用機械のガタが、作業装置位置の計測精度に影響を与える。これらの要因は、MC・MG技術を搭載した建設機械毎に、作業装置位置の計測精度が異なることを示す。

(3) 作業装置位置精度が変化する条件

ブルドーザの場合、実際の施工では、オペレータが作業装置（ブレード）に対して様々な操作を実施するため、これを考慮したブレード位置精度を予め確認しておく必要がある。また、バックホウの場合、フィールド試験により、バケット位置精度（標高）は、バケット角度、バックホウ姿勢（ピッチ）の違い等で取得される位置精度が異なることが判明している。実際の掘削工では、異なるバケット角度、バックホウ姿勢、バケット位置高さの組み合わせにより操作されるため、これを考慮したバケット位置精度を予め確認しておく必要がある。

(4) 作業装置位置の計測精度についての確認方法

1) バックホウの場合

施工前に、I C Tバックホウによるテスト作業を行い、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確認する。テスト作業は、 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 程度の範囲で実施する。検測はT Sにより計測し、16点以上とする。

なお、テスト作業は、施工範囲内の任意の箇所で実施することを想定している。テスト作業を目的として、テスト作業ヤードを別途設ける場合は、位置精度の確認のための施工履歴データの取出しが可能か、事前に確認しておく必要がある。

バケット位置の検測例を図3-1に示す。

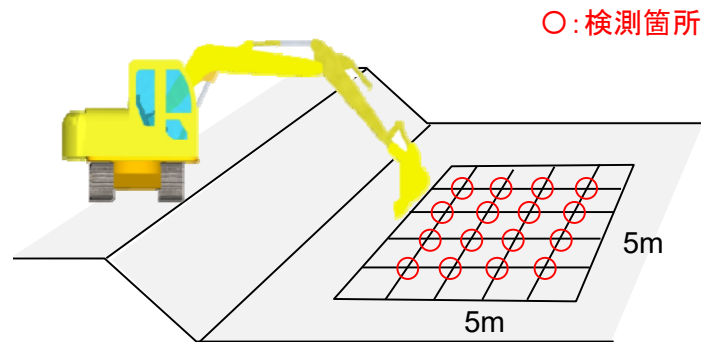


図 3-1 テスト走行による検測例（バックホウ）

2) ブルドーザの場合

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確認する。テスト走行は、異なる2方向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。

なお、テスト作業は、施工範囲内の任意の箇所で実施することを想定している。テスト作業を目的として、テスト作業ヤードを別途設ける場合は、位置精度の確認のための施工履歴データの取出しが可能か、事前に確認しておく必要がある。

検測例を図3-2に示す。

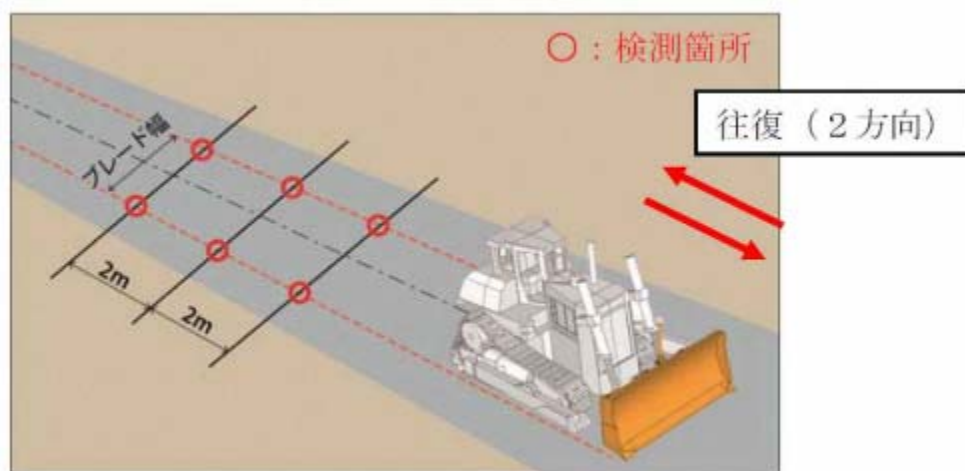


図 3-2 テスト走行による検測例（ブルドーザ）

(5) 作業装置位置精度の確認結果

作業装置位置精度の確認結果は、利用するICT建設機械の計測性能を証明するものとして、監督員に提出する。本要領の添付資料（様式-1）に、作業装置位置の取得精度に関する精度確認試験結果報告書を示す。

3-4 施工履歴データの取出し

受注者は、I C T建設機械の車載P Cから、記録媒体への保存やクラウドシステムからのダウンロード等により、施工履歴データを取り出す。

【解説】

受注者は、I C T建設機械の車載P CからU S B等の記録媒体への保存やクラウドシステムからのダウンロード等により、施工履歴データを記録する。

施工履歴データの取だし方法を以下に示すが、MC・MGメーカーにより異なるため、事前にメーカーに確認し、操作手順やファイル名等を確認しておく。

1) 施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合

- ①クラウドサーバーからダウンロードする。

2) 施工履歴データが車載P Cに自動的に保存されている場合

- ①施工後に車載P CからU S Bメモリー等へ施工履歴データをコピーする。

3) 施工履歴データが車載P Cの保存ボタンを押した場合のみ保存される場合

- ①出来高部分の盛土層・法面整形の施工時に、車載P Cのデータ記録ボタンを押す。
- ②施工後に車載P CからU S Bメモリー等へ施工履歴データをコピーする。

なお、施工履歴データは初期データの時点でグリッド処理が完了している場合には、グリッド処理されたデータを使用して良い。

3-5 施工履歴データのスクリーニング

受注者は、取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出する。受注者は、点群データ処理ソフトウェアを使用し、点群データから出来形部分と関係のない不要点を削除後、出来形評価用データを作成する。

【解説】

1) スクリーニング

施工履歴データの点群データには、ICT建設機械の小移動や旋回、作業装置等の上げ下げなどで記録された不要な点も含まれる。このため、点群処理ソフトウェアを用いて不要な点を排除し、出来形部分に対応した点群データのみを抽出する。出来形部分に対応した点群データのみを抽出するため、出来形部分に1m×1m程度のグリッドを設定し、任意のグリッド毎に代表点の抽出を行い、出来形評価用データを作成する。

① ICTバックホウ

出来高を算出する施工箇所のバケットの3次元座標（点群データ）のうち、現況地形より掘削されたデータかつ、標高が最低のデータを任意のグリッドごとに抽出する。

② ICTブルドーザ

○履帯下面の軌跡データが記録できる場合

出来高を算出する最終盛土層の施工中に得られた履帯下面の3次元座標（点群データ）のうち、最終時刻のデータを任意のグリッドごとに抽出する。

○履帯下面の軌跡データが記録できない場合

出来高を算出する最終盛土層の施工中に得られた作業装置下端の軌跡データのうち、最終時刻のデータ（又は標高が最低のデータ）を任意のグリッドごとに抽出する。

3-6 出来形管理資料の作成

受注者は、3次元設計データと施工履歴データを用いて、本要領で定める以下の出来形管理資料を作成する。作成した出来形管理資料は監督員に提出すること。

1) 出来形管理図表

3次元設計データと施工履歴データを用いて、設計面と施工履歴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（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び接帰依面と施工履歴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。

【解説】

出来形管理資料は、「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）」または「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）」の出来形管理資料の作成と同様の方法で、出来形評価用データとして、施工履歴データを用いて作成する。

様式-31-2

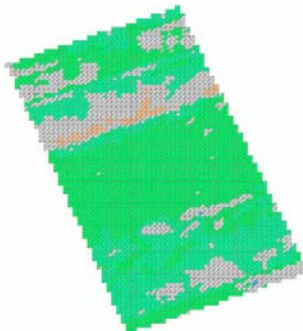
出 来 形 合 否 判 定 総 括 表									
工 種 河川・海岸・砂防土工					測 点				
種 別 掘削工					合否判定結果 合格				
測 定 項 目			規 格 値	判 定	社内規格値	判 定	測 点		
平場 標高較差	平均値	-12mm	設計値以下					+100 +80 +50 +20 ±0 -20 -50 -80 -100	
	最大値	290mm	±300						
	最小値	-251mm	±300						
	データ数	4035							
	評価面積	4035㎡							
	棄却点数	3	0.3%未満 (3点以下)						

図 3-3 出来形管理図表 作成例（合格の場合）

3－7 出来形管理基準及び規格値

出来形管理基準及び規格値は下表のとおりとし、測定値はすべて規格値を満足しなければならない。

表 出来形管理基準及び規格値

工種	測定箇所	測定項目	規格値	
			平均値	個々の計測値
掘削工	平場	標高較差	+0	±300
	法面	水平または 標高較差	±70	±300

【解説】

本要領におけるすべての測定値が規格値を満足するとは、出来形評価用データのうち、99.7%が「個々の計測値」の規格値を満たすものをいう。

第4章 出来形管理の監督検査

4-1 出来形計測に係わる実地検査

検査職員は、施工管理データが搭載された出来形管理用 T S 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。

なお、段階確認を実施した場合には、段階確認の実施状況を確認することで、実地検査を省略する。

検査頻度は、下表のとおりとする。

表 検査頻度

工種	計測箇所	確認内容	検査頻度
掘削工	施工履歴データによる出来形管理を実施する範囲のうち、検査員が指定する任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測値との標高較差	1 工事につき 1 断面

【解説】

断面とは、管理断面を指すものではなく、おおむね同一断面上の数か所を計測することを想定している。

実地検査では、1工事につき任意の数か所で出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と施工履歴データの値との標高較差を算出し、3-7 出来形管理基準及び規格値に示される「個々の計測値」の規格値を満たしているかを確認する。

段階確認では、表 4-1 の取扱いにより、1断面の確認を行うものとする。この場合、図 3-3 の出来形管理図表は、すべての施工が完了しなければ、平均値の算出ができないことから、完成時の書面検査で確認する。

表 4-1 施工管理基準

施工管理基準	本要領での取扱い
設計値	3次元設計データの設計面の値
実測値	施工履歴データの値
規格値	個々の計測値の規格値
検査測定値	検査での実測値

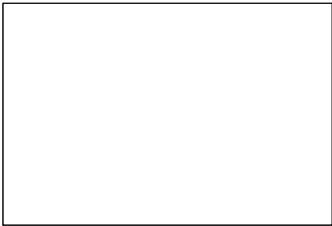
(様式－１)

精度確認試験結果報告書

計測実施日：令和２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) 施工履歴

精度 太郎

精度確認の対象機器 メーカー：(株)ABC社 測定装置名称：SR420 測定装置の製造番号：SN00022	写真 
検証機器（検測点を計測する測定機器） TS：３級TS以上 ☐SS製 ☐〇〇（２級）	写真 
測定記録 測定期日：令和２年２月１８日 測定条件：天候 晴れ 気温 8℃ 測定場所：(株) 施工履歴 現場内にて 精度検証対象機器と既知点の距離： 〇m	写真 
精度確認方法 TSによる検測点との標高較差	

鉛直方向の精度確認試験結果（詳細）

(1) 施工履歴データの取得による確認



(2) TS による検査点の確認



(3) 差の確認（鉛直方向の測定精度）

施工履歴データの取得による計測標高 — TS による計測標高

点名	施工履歴データの取得による計測標高 (m)	TS による計測標高 (m)	差異 (mm) (基準±100mm 以内)
検測①	180.555	180.500	+55
検測②	180.540	180.545	-5
検測③	180.538	180.500	+38
・ ・ ・			