

## 資料－3 舗装工事の品質管理要領（案）

### 目次

1. 転圧回数管理システムを用いた路盤・アスファルト舗装の密度管理要領（試行案）（面的管理要領）
2. 3次元カメラを用いたプルーフローリング管理要領（試行案）（面的管理要領）
3. 自走式散乱型RI ロボットを用いたアスファルト舗装の密度管理要領（試行案）（多点管理要領）
4. 電磁波密度測定装置を用いたアスファルト舗装の密度管理要領（試行案）（面的管理要領）
5. 赤外線放射温度計を用いたアスファルト舗装の密度管理要領（試行案）（面的管理要領）

転圧回数管理システムを用いた  
路盤・アスファルト舗装の密度管理要領（試行案）  
（面的管理要領）

令和7年6月

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

## 目 次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用の範囲	2
1.3. 管理項目	7
2. 準備工における管理・確認	8
2.1. 適用条件の確認	8
2.2. 使用機器の確認	9
2.3. 計測精度の確認	12
2.3.1. 計測位置の事前精度確認	12
2.3.2. システム設定の確認	12
2.3.3. システムの確認結果の資料作成・提出(事前)	15
2.4. 試験施工	17
3. 路盤工・アスファルト舗装工における品質管理・確認	19
3.1. 現場位置の確認	19
3.2. 転圧回数管理	19
3.3. 計測結果の精度検証	20
4. 施工管理データの整理	21
4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理	21
4.2. データ納品の確認	24
5. 発注者への提出資料	26
5.1. 監督に関する提出資料	26
5.2. 検査に関する提出資料	27

## 1. 総則

### 1.1. 目的

本管理要領は、路盤工およびアスファルト舗装工において、転圧回数管理システムを用いて非破壊かつ面的な密度管理を行う際のシステムの基本的な取り扱いや施工管理方法およびデータ取得方法について定めることを目的とする。

#### 【解説】

本管理要領では、路盤工およびアスファルト舗装工における転圧回数管理システムの基本的な取り扱い方法及び現場条件等を示し、システムの特徴を考慮したデータ取得並びに締固め回数の確認・把握方法を規定した。本手法の活用効果として、以下の4点が挙げられる。

第一の効果は、締固めエネルギーの均一性が図れることである。従来の現場密度試験は、合否理由が締固め材料（層厚、含水比および舗装温度などの違い）によるものか、締固め機械（機種、転圧回数および施工速度などの違い）によるものかは不明である。転圧回数管理を行うことにより、少なくとも締固め機械の影響を除外することが可能になる。

第二の効果は、作業性の向上である。従来の現場密度試験は、砂置換における掘削は約5名程度、アスファルト舗装におけるコア採取は2名程度で実施する 경우가多く、加えて他の場所で質量や体積の測定を2名程度で実施する場合が多い。しかし、転圧回数管理では、遠隔地でも事前の設定作業や結果の確認作業が可能であり、ローラオペレータが記録開始および停止などの操作を行うことで、システム管理者1名で実施することができる。また、転圧作業と並行して計測できること、ならびに試験結果をヒートマップとして簡便に帳票化できることから、大幅な時間短縮が可能となる。

第三の効果は、品質管理の精度向上である。現行の砂置換法やコア法による舗装の品質管理は、締固め後と舗装後の現場密度を直接計測し、舗装の品質を締固め度で管理するものであるが、これらの方法は広い面積を点の測定値で代表させている。一方、転圧回数管理を用いた品質管理は、舗装の現場密度を直接測定するものではなく、本施工前に試験施工を行い、適切な締固め回数を決定し、本施工において回数管理が確実に履行されたことを管理する方法で、施工と同時にオペレータが車載パソコンのモニターで締固め回数分布図を確認することにより、舗装全面の締固め回数を管理することができる。

第四の効果は、トレーサビリティの確保とデータの事後活用である。従来の現場密度測定にはない、記録日時、施工条件、転圧回数、振動の有無などの施工条件が取得できるため、トレーサビリティを確保することが可能である。また、記録データは管理ブロック単位でも格納されているため、転圧回数のヒストグラムや施工条件などの分析を行うことが可能である。

上記の活用効果から、従来の現場密度試験から転圧回数管理に置き換えることで、大幅な省力化と高度化した品質管理が期待できる。そこで、現場の作業性や品質管理の向上を目的に省力化が図れる技術の導入に向けた必要事項を定めるものとする。なお、アスファルト舗装工においては、適切な温度状態での締固めが重要となる。そのため、転圧回数管理に合わせて温度管理を並行することが望ましい。

## 1.2. 適用の範囲

本管理要領は、路盤工・アスファルト舗装工において、転圧回数管理システムを用いて締固め度管理を行う際に適用する。

### 【解説】

舗装工における路盤やアスファルト舗装の密度管理においては、砂置換法やコア法が主として用いられてきたが、近年、転圧回数管理を用いて、作業中の締固め機械の位置座標を施工と同時に計測し、この計測データを締固め機械に設置したパソコンへ通信・処理(締固め回数のモニタ表示)することによって、舗装全面の品質を締固め回数で面的管理できる手法が導入されている。この手法は、高度な品質確保や現場の省力化に大きく寄与できるものとなっている。

本管理要領は、締固め機械の走行位置を追尾・記録することで、施工の経緯をデータとして記録し、規定の締固め度が得られる締固め回数の管理を厳密に行うとともに施工状況のトレーサビリティを確保するものである。

したがって、本管理要領を適用する場合、事前の試験施工において、規定の締固め度が得られる締固め回数を確認しておくことが必須条件となる。

試験施工による締固め度の確認手法は、従来の砂置換法（JIS A 1214）およびコア法による現場密度測定が基本となり、具体の試験に際しては、各発注機関が定める施工管理基準等による。

本管理要領は、舗装の密度管理で転圧回数管理を用いる場合に、それぞれのシステムの持つ特徴を最大限に発揮させるため、システムの基本的な取り扱い方法や施工管理方法及びデータ整理方法、締固め回数の確認方法等について取りまとめている。

(1) 転圧回数システムを用いた締固め度管理項目

本管理要領は、現行の品質管理基準に記載されている締固め度管理において、転圧回数管理を従来の代替手法として適用できるものとする。現行の品質管理基準および規格値に記載されている管理方法並びに本管理要領による管理方法を表 1.1、表 1.2、表 1.3 に示す。

表 1.1 現場密度(下層路盤工)の品質管理基準及び規格値

工種	試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要				
現行の管理方法	下層路盤工	現場密度の測定	舗装調査・試験法便覧[4]-256	最大乾燥密度の 93%以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>締固め度は、個々の測定値が最大乾燥密度の 93%以上を満足するものとし、かつ平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>締固め度は、10 孔の測定値の平均値 X10 が規格値を満足するものとする。また、10 孔の測定値が得がたい場合は 3 孔の測定値の平均値 X3 が規格値を満足するものとするが、X3 が規格値をはずれた場合は、さらに 3 孔のデータを加えた平均値 X6 が規格値を満足していればよい。</li> <li>1 工事あたり 3,000 m<sup>2</sup>を超える場合は、10,000 m<sup>2</sup>以下を 1 ロットとし、1 ロットあたり 10 孔で測定する。</li> </ul>				
			砂置換法 (JIS A 1214)	X10 95%以上 X6 96%以上 X3 97%以上			歩道箇所：設計図書による		
本管理要領			砂置換法は、最大粒径が 53mm 以下の場合のみ適用できる						
			転圧回数管理	施工範囲を 50cm メッシュに分割した管理ブロックの全てが規定回数だけ締め固められたことを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験施工にて規定の締固め度に達する締固め回数を定めた後、本施工にて GNSS を搭載したローラにより、施工範囲全体の締固めを実施。</li> <li>※試験施工における規定回数の基準は、従来手法の規格値 X10 を採用する。(最大乾燥密度の 95%以上)</li> <li>また、締固め完了後に任意の代表点を 2 点以上抽出し、砂置換法による現場密度試験を実施。</li> </ul>				

表 1.2 現場密度(上層路盤工)の品質管理基準及び規格値

工種	試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現 行 の 管 理 方 法	上 層 路 盤 工 の 測 定	<p>舗装調査・試験法便覧[4]-256</p> <p>砂置換法 (JIS A 1214)</p> <p>砂置換法は、最大粒径が 53mm 以下の場合のみ適用できる</p>	<p>最大乾燥密度の 93% 以上</p> <p>X10 95%以上</p> <p>X6 95.5%以上</p> <p>X3 96.5%以上</p> <p>歩道箇所：設計図書による。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締固め度は、個々の測定値が最大乾燥密度の 93%以上を満足するものとし、かつ平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>・ 締固め度は、10 孔の測定値の平均値 X10 が規格値を満足するものとする。また、10 孔の測定値が得がたい場合は 3 孔の測定値の平均値 X3 が規格値を満足するものとするが、X3 が規格値をはずれた場合は、さらに 3 孔のデータを加えた平均値 X6 が規格値を満足していればよい。</li> <li>・ 1 工事あたり 3,000 m<sup>2</sup>を超える場合は、10,000 m<sup>2</sup>以下を 1 ロットとし、1 ロットあたり 10 孔で測定する。</li> </ul>	
本 管 理 要 領		<p>転圧回数管理</p>	<p>施工範囲を 50cm メッシュに分割した管理ブロックの全てが規定回数だけ締め固められたことを確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験施工にて規定の締固め度に達する締固め回数を定めた後、本施工にて GNSS を搭載したローラにより、施工範囲全体の締固めを実施。</li> <li>※試験施工における規定回数の基準は、従来手法の規格値 X10 を採用する。(最大乾燥密度の 95% 以上) また、締固め完了後に任意の代表点を 2 点以上抽出し、砂置換法による現場密度試験を実施。</li> </ul>	

表 1.3 現場密度(アスファルト舗装工)の品質管理基準及び規格値

工種	試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現 行 の 管 理 方 法	ア ス フ ア ル ト 舗 装 工	舗装調査・試験法便覧[3]-218	基準密度の 94%以上。 X10 96%以上 X6 96%以上 X3 96.5%以上 歩道箇所：設計図書による。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締固め度は、個々の測定値が最大乾燥密度の 94%以上を満足するものとし、かつ平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>・ 締固め度は、10 孔の測定値の平均値 X10 が規格値を満足するものとする。また、10 孔の測定値が得がたい場合は 3 孔の測定値の平均値 X3 が規格値を満足するものとするが、X3 が規格値をはずれた場合は、さらに 3 孔のデータを加えた平均値 X6 が規格値を満足していればよい。</li> <li>・ 1 工事あたり 3,000 m<sup>2</sup>を超える場合は、10,000 m<sup>2</sup>以下を 1 ロットとし、1 ロットあたり 10 孔で測定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋面舗装はコア採取しないで As 合材量（プラント出荷数量）と舗設面積及び厚さでの密度管理、または転圧回数による管理を行う。</li> </ul>
本 管 理 要 領	ア ス フ ア ル ト 舗 装 工	転圧回数管理	施工範囲を 50cm メッシュに分割した管理ブロックの全てが規定回数だけ締め固められたことを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試験施工にて規定の締固め度に達する締固め回数を定めた後、本施工にて GNSS を搭載したローラにより、施工範囲全体の締固めを実施。</li> <li>※試験施工における規定回数の基準は、従来手法の規格値 X10 を採用する。(基準密度の 96%以上)</li> <li>また、締固め完了後に任意の代表点を 2 点以上抽出し、コア法による現場密度試験を実施。</li> </ul>	

(2) 従来手法との相違点

本管理要領を用いた場合の、従来管理手法との相違点を図 1.1、図 1.2 に示す。



図 1.1 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ(路盤工)



図 1.2 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ(アスファルト舗装工)

### 1.3. 管理項目

転圧回数管理システムを用いた舗装の管理項目は締固め回数とする。なお、準備工を含めた、路盤工・アスファルト舗装工全般について適切な管理を実施するものとする。

#### 【解説】

転圧回数管理システムを用いた舗装の密度管理では、事前の試験施工で確認された所定の締固め回数を確実に管理し、所定の締固め度を確保することが基本となる。所定の締固め度は、締固め機械の種類（締固め性能）・材質・含水比・まき出し厚・締固め回数が、当初の試験施工で決定した通りのものとなっていることによって確保される。これらの条件のうち、一つでも決定したものと異なっていれば所定の締固め度を得られないことになるため、全ての条件について適切に管理する必要がある。

本管理要領での管理・確認項目は表 1.4 のとおりである。

表 1.4 本管理要領による管理・確認項目及びその方法

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法	参照箇所
準備工	適用条件	● 適用工種・使用機械・通信環境・施工条件を確認	2.1
	使用機器の確認	● 管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認	2.2
	計測精度の確認	● 管理に必要な計測精度をシステムが確保していることを確認	2.3
	試験施工	● 使用予定の路盤材料及びアスファルト舗装材料の種類毎に、締固め回数と締固め度の関係を確認し、本施工における転圧回数を設定	2.4
施工時の品質計測	現場位置の確認	● 現場に設置した基準点上に計測機器を設置し、RTK-GNSS で得られる計測結果を比較	3.1
	転圧回数の管理 ● 路盤工 ● アスファルト舗装工	● 締固め機械の種類（締固め性能）・材料・含水比・まき出し厚・締固め回数が試験施工で決定した条件と同じであることを確認 ● システムの車載モニタにより、施工範囲全面の締固め回数をリアルタイムで管理	3.2
	計測精度の確認	● 転圧回数管理を実施した任意の2か所以上を抽出し、密度試験結果（砂置換法、コア法）との差を比較	3.3
データの整理	報告書の作成	〈計測結果の確認〉 ● 50cm メッシュに分割した管理ブロックの全てが規定回数だけ締め固められたことを確認	4.1
		〈データ納品の確認〉 ● 施工範囲全体のヒートマップを出力 ● 現場座標系に合わせた 50cm メッシュのデータを出力	4.2

## 2. 準備工における管理・確認

### 2.1. 適用条件の確認

転圧回数管理システムを用いた舗装の転圧回数管理の適用可否を、使用機械、施工現場の地形や立地条件、施工規模及び材質の変化などの条件を踏まえて判断しなければならない。

#### 【解説】

転圧回数管理システムを用いた転圧回数管理を運用するためには、以下の内容について、当該現場の条件を確認し、適用可否を判断しなければならない。

#### (1) 使用機械

転圧回数管理に使用する機械は、本管理要領の適用機種であるタイヤローラ、タンデムローラ、振動ローラ、コンバインドローラ、マカダムローラとする。

#### (2) 通信環境

- 上空視界が確保されており、GNSSによる測位が精度よくできること。
- GNSSの補正情報取得やクラウド通信のため、指定する通信キャリアサービス範囲内、かつモバイル通信圏内であること。

#### (3) 施工条件

転圧回数管理による密度管理では、あらかじめ試験施工によって規定した路盤材及びアスファルト合材であること。また、同一の撒出し厚および含水比で実施する必要がある。転圧回数管理による密度管理の適用材料・施工条件を表 2.1 に示す

表 2.1 各種舗装工における適用材料・施工条件

工種	材料	材料の厚さ	含水比
下層路盤工	C20~40、RC20~40	試験施工で規定した層厚	試験施工にて設定した許容値内
上層路盤工	M25~40、RM25~40		
アスファルト舗装工	アスファルト舗装材料 (密粒・粗粒・ポーラス・再生密粒等)	試験施工で規定した層厚	—

## 2.2. 使用機器の確認

転圧回数管理システムが、基準局、移動局及び管理局に設置する必要な機器で構成されていることを確認する。使用するシステムの構成機器等を施工計画書に記述する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

### 【解説】

#### (1) システムの主な構成の確認

転圧回数管理システムを用いた舗装の密度管理は、GNSS による測位情報をもとに転圧回数の計測を行うことに置き換えたものであり、計測結果は、ローラの位置情報、測位精度、振動の有無および前後進状態などと共にクラウドで管理され、遠隔値でもブラウザ上で施工条件の設定や帳票作業ならびに結果の確認を行うことができる。

GNSS の測位は、ネットワーク型 RTK-GNSS を標準としており、補正情報はネットワークを経由した Ntrip 方式で受け取るシステムとなっている。システムの標準的な構成を図 2.1 に示す。構成機器の取り付け方法などの詳細はマニュアル等を参照すること。



図 2.1 システム構成図

#### (2) 必要な機能の確認

本管理要領を用いた回数管理を行う場合は、以下の機能を有していることを確認する。ただし、ICT 建設機械等に認定されている場合は、認定番号の確認で代替することができる。

##### ①計測位置情報取得機能

計測結果の位置を定めるための機能で、主に RTK-GNSS が用いられる。計測結果を正しく判定するためには、位置情報が安定かつ連続的に取得できることが重要である。

計測位置の取得精度については、RTK-GNSS などのカタログ・性能仕様書により確認するとともに、計測開始および終了時に現場内の座標既知点にて正しい座標が計測できていることを確認することとする。

### ②転圧回数表示機能

ローラによる施工時の締固め回数を表示する装置。施工時の締固め状況を表示すると共に、計測履歴などを表示し、施工範囲全体の締固め漏れがないことを確認できることとする。

計測は、50cm メッシュの管理ブロック毎に結果を表示するものとする。メッシュ分割の基準点は任意に設定することが可能である。モニタ表示例を図 2.2 に示す。

また、施工現場の図面などを背景に設定できることが望ましい。機能の有無については、マニュアル等で確認すること。



図 2.2 計測中のモニタ表示 (例)

### ③転圧回数記録機能

施工後の転圧不足がないことの確認および、管理ブロックの全てが規定回数だけ締め固められたことを確認できるための表示と記録ができること。施工後のデータは、計測装置からの記録媒体あるいはインターネット等のクラウド管理によるデータ管理などが可能である。

施工結果については、走行位置 (50cm メッシュの中心点をグリッドデータとして利用する) と施工結果を判読可能なデータ形式 (テキストデータ等) で出力できること。転圧回数記録の表示例を図 2.3 に示す。詳細はマニュアル等で確認すること。

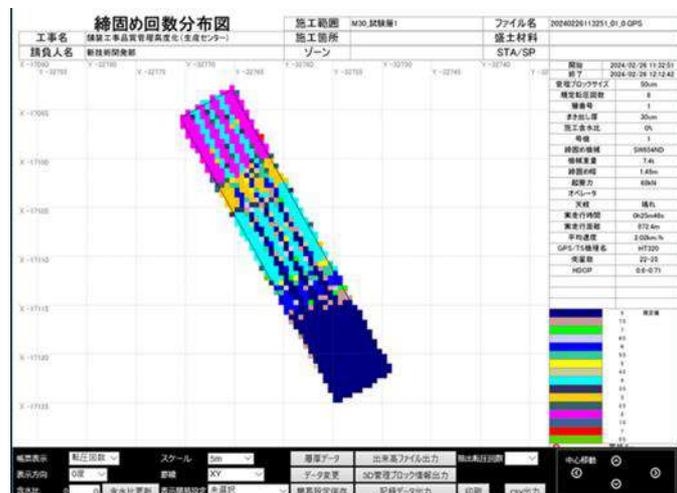


図 2.3 計測結果の記録表示 (例)

(3) 使用機器の確認結果

使用機器の確認を行った結果をチェックシートにて確認する。確認結果は、次節の精度確認結果に合わせて記録・提出する。

表 2.2 使用機器の確認チェックシート

項目		確認内容	チェック欄
機器構成		① 計測位置情報取得機能 ② 転圧回数表示機能 ③ 転圧回数記録機能	
必 要 な 機 能	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>● 計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> <li>● スペック要求性能として、水平±20mm, 鉛直±30mm 以下であることが望ましい。</li> </ul>	
	②転圧回数表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 転圧箇所の管理ブロックを色塗りできるか？</li> <li>● 施工範囲の転圧状況をリアルタイムに表示できるか？</li> <li>● 施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>● 転圧回数をメッシュ毎に表示できるか？</li> </ul>	
	③転圧回数記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工結果を位置情報と併せて自動記録できる機能があるか？</li> <li>● 施工結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の施工結果をヒートマップとして、出力可能か？</li> </ul>	

## 2.3. 計測精度の確認

### 2.3.1. 計測位置の事前精度確認

計測の実施前に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測の実施前に現場の既知点との差で確認する。

水平(x, y) : ±50mm 以下

※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを確認する。

#### 【解説】

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測結果が現場の位置座標に合致していることを現地で確認する。現場での既知点（工事の出来形管理等で用いる任意の既知点で良い）上で、本システムを用いた位置計測を行い、所定の要求精度内の計測精度を有していることを確認する。

RTK-GNSS の計測位置（平面）と転圧管理システムの計測位置（平面）が異なる場合はオフセット値の入力を行い、転圧管理システムの計測位置が正確に計測できることを確認する。

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを現地で確認する。現地に基線を設け、基線上での計測と同時に結果が得られることを確認する。システムの計測速度に合わせて結果の表示が正しく更新され、結果の確認に支障をきたさないことを確認すること。

### 2.3.2. システム設定の確認

転圧管理システムを用いた締固め回数と同時に計測位置や範囲を適切に管理するために、以下の設定を行う。

#### 【解説】

#### (1) 施工範囲の設定

施工範囲の設定は以下の手順にて行う。

- 締固めを行う範囲の外周ラインを施工範囲として入力する。
- 入力した施工範囲を示すラインが、施工範囲の平面図上の正しい位置に表示されることを車載モニタで確認する。

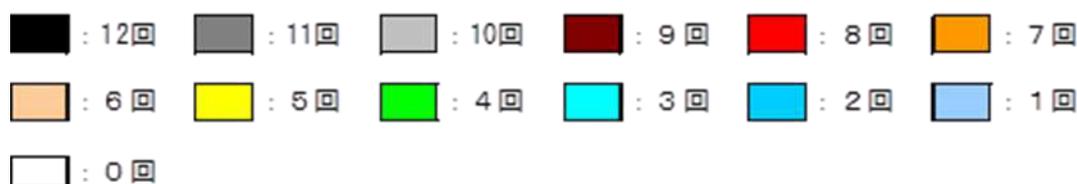
#### (2) 管理ブロックサイズの設定

(1) で設定した施工範囲（締固めを行う域内）を決められたサイズの管理ブロックに分割する。全ての締固め機械を対象に、管理ブロックのサイズは 50cm とする。

### (3) 規定の締固め回数の設定

試験施工で決定した規定の締固め回数を、システムに入力する。締固め作業中に、管理ブロック毎に記録された締固め回数が規定の回数に達したことが車載モニタ上で認識できるよう、色分け表示の設定を行う(図 2.4)。色分け表示は、何らかの原因で締固め作業を中断した場合に、残りの締固め回数をオペレータが認識できるよう、1回刻みで設定することを原則とする。なお、規定の締固め回数は、使用材料が変わる度に、それに応じた回数に設定しなおす。詳細はマニュアル等で確認すること。

#### 締固め回数の凡例



所定の締固め回数 : 8回  
過転圧となる回数 : 12回

図 2.4 色分け表示の設定(例)

(参照 : TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領)

### (4) GNSS アンテナのオフセット量の設定

図 2.5 に示す位置で、実際に使用する締固め機械の GNSS アンテナの設置位置と、締固め位置とのオフセット量を実測し、システムに入力する。締固め機械の位置座標を取得するため、GNSS アンテナを作業機械に装着するが、この装着位置は実際の締固め位置ではない。GNSS はアンテナ装着位置の座標を取得するため、実際の締固め位置との関係について、補正計算を行わなければならない。使用するシステムは、以下の内容で実際の締固め位置を補正計算(オフセット)できるものとする(表 2.3 参照)。詳細はマニュアル等で確認すること。

表 2.3 機械の種類別のオフセット設定と締固め判定のガイドライン(※参考例)

機械の種類	システムの設定		
	締固め位置	締固め判定	標高測定位置 (例)
タイヤローラ	前後輪の接地線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 片輪の接地線が管理ブロックの1点を通り過ぎれば、その管理ブロックを0.5回だけ締固めたと判定</li> <li>● システムは前後進を区別することが必要</li> </ul>	前後輪の底面
振動ローラ	【タンデム型】 前後輪の接地線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 片輪の接地線が管理ブロックの1点を通り過ぎれば、その管理ブロックを0.5回だけ締固めたと判定</li> <li>● ローラの振動時のみに締固め回数を記録する設定</li> <li>● システムは前後進を区別することが必要</li> </ul>	前後輪の底面
	【コンバインド】 前輪の接地線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 片輪の接地線が管理ブロックの1点を通り過ぎれば、その管理ブロックを0.5回だけ締固めたと判定</li> <li>● ローラの振動時のみに締固め回数を記録する設定</li> <li>● システムは前後進を区別することが必要</li> </ul>	前輪の底面
ロードローラ等	締固めを行う車輪の接地線	上記を参考にして設定	上記を参考にして設定 (走行輪の底面が地表面に一致するとみなしてもよい)

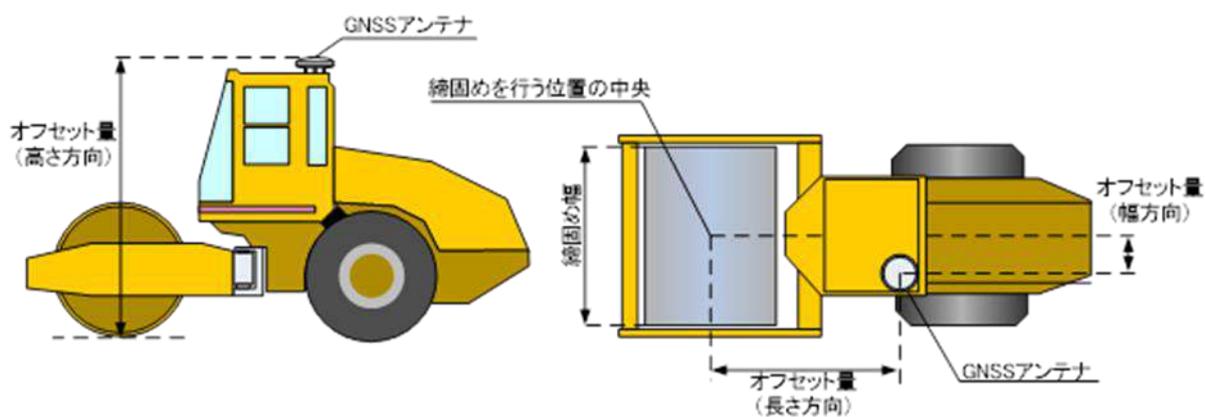


図 2.5 オフセット量・締固め幅の計測位置(例：土工用振動ローラ)

(参照：TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領)

#### (5) 締固め幅の設定

締固め幅は、前掲の図 2.5 に示すように、使用する締固め機械によって締固めがなされる範囲の幅のことである。前輪の未転圧箇所を後輪が転圧する構造の機械（例：マカダムローラやタイヤローラなど）については、前後輪が通過することで締固められる幅を締固め幅とする。締固め幅は、実際に使用する締固め機械の締固め幅を実測し、システムに入力する。詳細はマニュアル等で確認すること。

#### 2.3.3. システムの確認結果の資料作成・提出(事前)

転圧回数管理を用いた密度管理をする場合は、システムに必要な機能の有無、計測精度の確認結果を監督職員に提出する。
---

##### 【解説】

前節に示す要領にしたがって、システムに必要な機能の有無、計測精度の確認結果を以下に示すチェックシートに記載し、監督職員に提出する。

## 事前確認チェックシート (暫定案)

令和 年 月 日

工 事 名 : \_\_\_\_\_

受注会社名 : \_\_\_\_\_

作成者 : \_\_\_\_\_ 印

確認項目	確認内容	確認結果	
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 転圧機械は適正か？</li> <li>・ 適用工種は適正か？</li> <li>・ 使用材料は適正か？</li> <li>・ 通信環境は訂正か？</li> <li>・ 現場条件は適正か？</li> </ul>		
使用機器の構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以下の機能を有しているか？</li> <li>①計測位置情報取得機能</li> <li>②転圧回数表示機能</li> <li>③転圧回数記録機能</li> </ul>		
機能 の 確 認	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>・ 計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> </ul>	
	②転圧回数表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 転圧箇所の管理ブロックが色塗りができる機能か？</li> <li>・ 施工範囲の転圧状況をリアルタイムに表示できる機能か？</li> <li>・ 施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できる機能か？</li> <li>・ 転圧回数をメッシュ毎に表示できる機能か？</li> </ul>	
	③転圧回数記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計測結果を位置情報と併せて自動記録できるか？</li> <li>・ 計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力（データ出力）できる機能か？</li> </ul>	
計 測 精 度 の 確 認	①計測位置の事前精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既知点※との水平方向の差が±50mm以内であるか？</li> <li style="padding-left: 20px;">※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点</li> <li>・ 計測位置が連続かつリアルタイムに更新されているか？</li> </ul>	
	②システム設定の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;計測範囲の設定&gt;</li> <li style="padding-left: 20px;">施工範囲全体が計測対象として設定されているか？</li> <li>&lt;管理ブロックのサイズの設定&gt;</li> <li style="padding-left: 20px;">管理ブロックサイズは 50cm で計測・管理できるか？</li> </ul>	

図 2.6 事前確認チェックシート (暫定案)

## 2.4. 試験施工

路盤工及びアスファルト舗装工の施工仕様（締固め回数）は、使用予定材料の種類毎に事前に試験施工で決定する。システムの各種機能や精度が正常であることの確認は、試験施工の際に行っても良い。

### 【解説】

#### (1) 概要

使用予定材料の種類毎に事前に試験施工を行い、施工仕様（締固め回数）を決定する。この試験施工は、材質や目的物等により、試験方法に差異があるので留意しなければならない。例えば、締固め回数が多いと過転圧が懸念される材質の場合は、過転圧が発生する締固め回数を把握し、本施工での締固め回数の上限値を決定することができる。

試験施工を実施するヤードの設定に関しては、試験方法、材質、転圧に使用する機械の寸法等を考慮して、適切な幅と長さで設定する。

なお、システムの各種機能や精度が正常であることの確認は、試験施工の際に行っても良い。

#### (2) 試験施工の使用機械

試験施工に使用する締固め機械は本施工で使用する機械を本施工で使用する条件（水タンクによるバラスト調整など）で用いることとする。また、規格・締固めに影響する性能や作業時の機器状態を記録する。

#### (3) 試験施工の内容とヤード設定の事例

- ① 本施工前（試験施工区間を設けられない場合は本施工の一部）に、通常目標としている転圧回数とその目標回数に対し2回減および2回増の区間を設ける。
- ② 各区間の転圧作業が完了した後、各区間で3孔の砂置換法による現場密度試験を実施する。
- ③ 品質管理基準及び規格値で定められた個々の測定値に対する基準値を満足し、平均値×10に対する基準値（路盤：95%、アスファルト舗装：96%）以上が得られた区間の転圧回数を規定転圧回数とする。

【事例1】

路盤工の現場における、試験施工の例を表 2.4 に、試験ヤードの設定事例を図 2.7 に示す。この現場では、締固め度の測定に砂置換法を採用しているため、試験ヤードは比較的広く設定している。また、所定の密度を満足できる回数を事前に定められる場合は当該回数以下の試験施工および密度計測を省略することができる。

表 2.4 試験施工の内容の事例（締固め度の測定は砂置換法）

調査項目	測定時点（締固め回数）	備考
締固め度（下図の●）	4、6、8回	砂置換法による測定

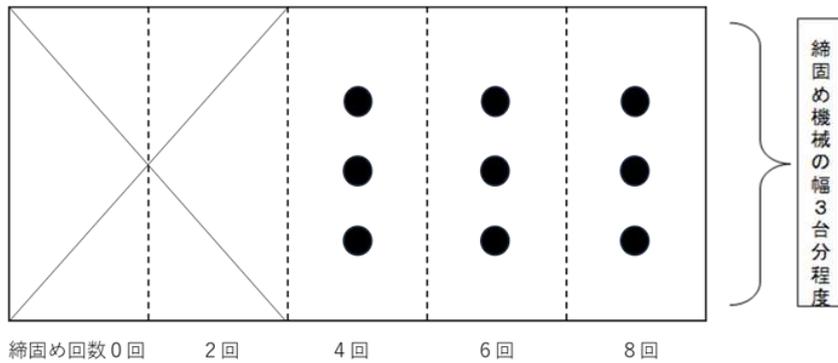


図 2.7 試験ヤードの設定事例（締固め度の測定は砂置換法）

【事例2】

アスファルト舗装工の現場における、試験施工の例を表 2.5 に、試験ヤードの設定事例を図 2.8 に示す。また、所定の密度を満足できる回数を事前に定められる場合は当該回数以下の試験施工および密度計測を省略することができる。

表 2.5 試験施工の内容の事例（締固め度の測定はコア法）

調査項目	測定時点（締固め回数）	備考
締固め度（下図の●）	所定の密度が得られる回数	コア法による測定

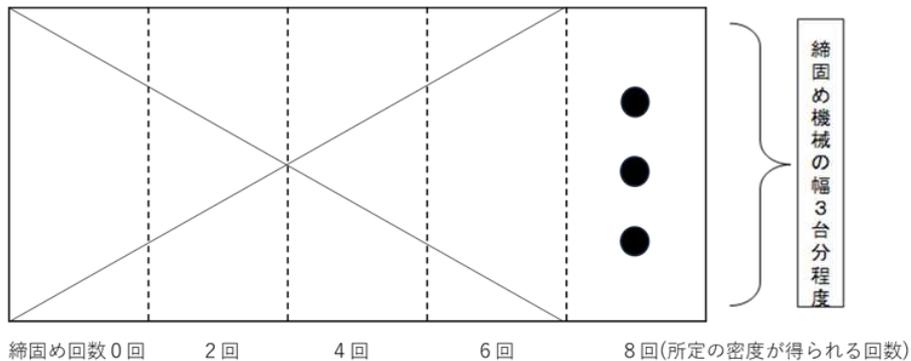


図 2.8 試験ヤードの設定事例（締固め度の測定はコア法）

### 3. 路盤工・アスファルト舗装工における品質管理・確認

#### 3.1. 現場位置の確認

転圧回数管理システムを用いた計測装置を現場の既知点上に配置し、計測システムで得られる位置と相違ないことを確認する。

水平(x, y) ±50mm 以下

既知点は、出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意とする。

確認の頻度は、1回の計測（または1日）につき2か所とし、計測の開始前と終了後とする。

##### 【解説】

作業開始前および計測後に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。計測座標の比較は、現場で用いている基準点から求めた座標との差で比較する。比較にあたっては次の事項に留意する。

- RTK-GNSS の計測位置（平面）と転圧回数管理システムの計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行った値で比較すること。
- RTK-GNSS を用いる場合は、安定的に FIX 解が得られた状態であることが望ましい。

#### 3.2. 転圧回数管理

舗装の密度管理では、従来の砂置換法およびコア法の代替手法として転圧回数管理システムを用いることとする。但し、試験施工と同様の品質で所定の含水比の範囲が保たれる材料を使用していない場合や、所定の締固め回数等で施工できたことを確認できない場合には、従来の砂置換法により、現場密度試験を実施して規格値を満足しているか確認する。

##### 【解説】

路盤材料及びアスファルト舗装材料を締固める際には、施工範囲の全面にわたって、試験施工で決定した締固め回数を確保するよう、転圧回数管理システムによって管理するものとし、車載パソコンのモニタに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが、規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めるものとする。

本施工では、試験施工で用いた機械を試験施工で用いた条件（水タンクによるバラスト調整など）で使用するものとする。ただし、やむを得ない理由で代替機械を用いる場合は、締固め性能が同等（規格・重量・起振力・線圧等）であることを確認する。締固め機械のオペレータは、車載パソコンのモニタに表示される締固め回数分布図において、施工範囲の管理ブロックの全てが規定回数だけ締固めたことを示す色になるまで締固めなければならない（図 3.1）。

ただし、締固め機械が近寄れない構造物周辺やのり肩部については、本管理要領の対象外となることに配慮し締固め管理範囲を決定する。

なお、締固めにあたっては、次の事項に留意しなければならない。

- ① 締固め速度は、試験施工時の速度を逸脱してはならない。
- ② GNSS の場合、捕捉される衛星の個数が多くても、衛星の配置が悪いと一時的に測位精度が悪い FLOAT 解になることがある。この場合、FIX 解に回復するまで作業を中断する。これは、作業を中断しない場合は、その範囲を従来手法で管理（目視での締固め回数カウント及び現場密度試験による品質確認）しなければならないためである。



図 3.1 車載モニタによる締固め回数確認のイメージ

### 3.3. 計測結果の精度検証

計測範囲の中から任意の代表点を2点以上抽出し、砂置換法およびコア法を用いて現場密度を計測する。

#### 【要求精度】

試験施工で規定した基準密度以上の数値であること。

- ・ 下層路盤：基準密度の95%以上
- ・ 上層路盤：基準密度の95%以上
- ・ アスファルト舗装：基準密度の96%以上

#### 【解説】

試験施工で規定した基準密度以上の値が出ているか確認するための検証が必要である。検証は以下の方法で実施する。

同一材料の施工範囲において2か所以上を対象に砂置換法による密度測定を行い、試験施工で規定した基準密度以上の値が出ているか確認する。

試験施工で規定された基準密度以下だった場合は、従来手法による密度管理を行うこと。

## 4. 施工管理データの整理

### 4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理

締固め回数の記録（締固め回数分布図）について、ヒートマップおよび集計表を作成する。  
また、計測精度について、検証結果を整理する。  
整理した結果を取りまとめた報告書を作成する。

#### 【解説】

##### (1) 計測結果（ヒートマップ）の整理・確認

施工範囲全面の締固め終了後に、車載パソコンに記録された計測データ（ログファイル）を電子媒体に保存し、締固め回数分布図(ヒートマップ)を出力する。これは締固め範囲の全面を確実に規定回数だけ締固めたことを確認するための日常管理帳票となるので、全数について作成する。

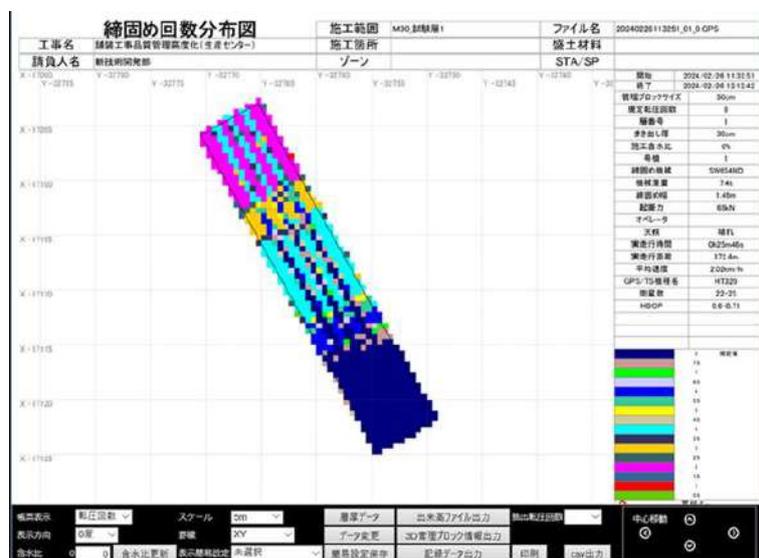


図 4.1 計測結果報告書の例（管理ブロックサイズ 50cm）

##### (2) 精度検証結果の整理

精度検証結果について、計測箇所と計測結果を整理して提出をする。砂置換法(路盤工)もしくはコア法(アスファルト舗装工)による試験結果も提出すること。

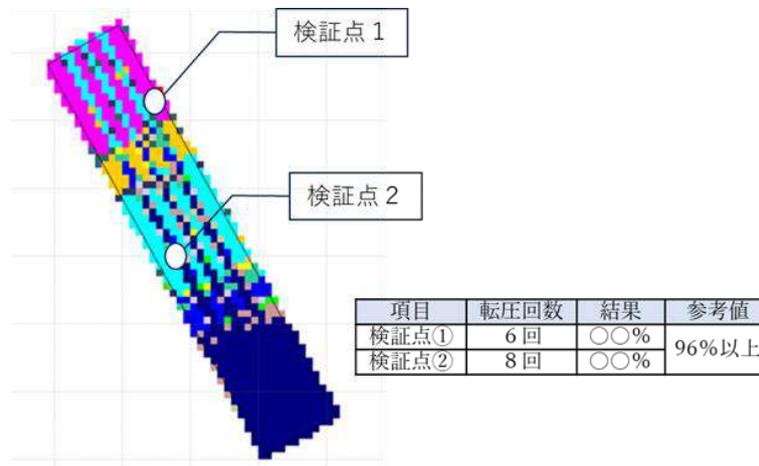


図 4.2 精度検証結果の報告(例)

### (3) 報告書の作成

計測結果の提出に際しては、上記(1)、(2)に加えて、以下の情報を添付して報告する。

#### <必須の入力項目>

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 作業日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 施工箇所 (STA.No 等)
- ・ 路盤材料、アスファルト合材番号
- ・ 締固め機械名
- ・ 作業時刻
- ・ 走行時間、走行距離、締固め平均速度
- ・ 施工時の起振力
- ・ 施工時の機械重量 (バラスト含む)
- ・ 締固め幅
- ・ 施工含水比
- ・ まき出し厚
- ・ 規定締固め回数

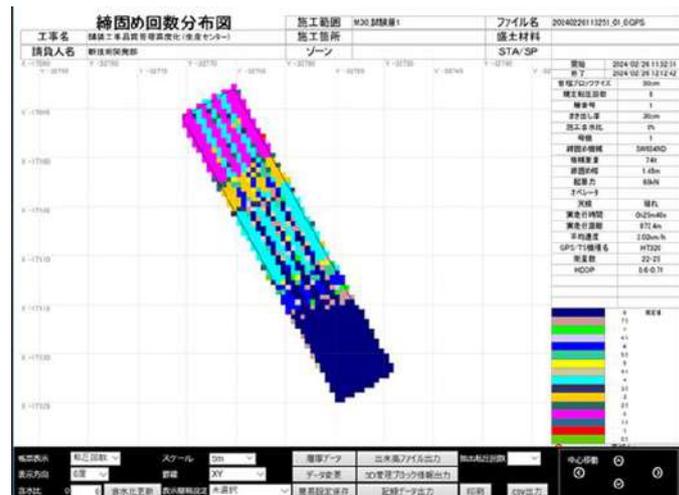
#### <任意の入力項目>

- ・ その他

### 密度管理結果報告書

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 作業日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 施工箇所 (STA. No 等)
- ・ 路盤材料、アスファルト合材番号
- ・ 締固め機械名
- ・ 作業時刻
- ・ 走行時間、走行距離、締固め平均速度
- ・ 施工時の起振力
- ・ 施工時の機械重量 (バラスト含む)
- ・ 締固め幅
- ・ 施工含水比
- ・ まき出し厚
- ・ 規定締固め回数

### ヒートマップ



### 精度検証結果

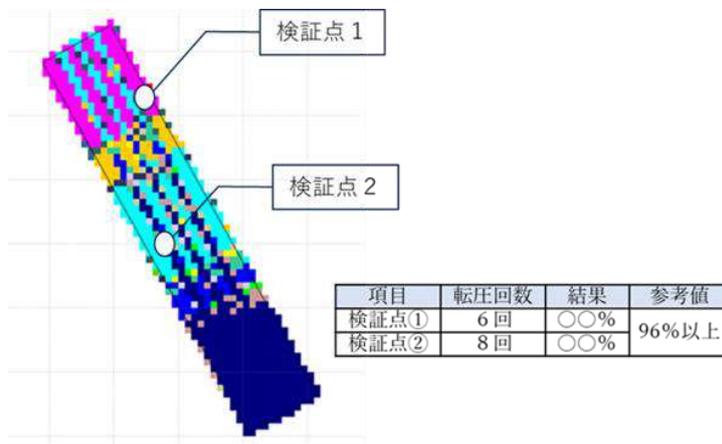


図 4.3 報告書 (例)

## 4.2. データ納品の確認

本管理要領で計測した以下の結果を納品する。

### (1) 報告書

- ・ 転圧回数管理の報告書 (PDF)
- ・ 試験施工の結果報告書 (PDF)

### (2) ヒートマップのデータ

(1) の元となる計測データを納品する。

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データを納品する。

#### 【解説】

本管理要領案では、当該工事の品質確認に加え、データの事後利用も勘案し、以下の電子データについて、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「OTHERS」フォルダに格納する。

### (1) 報告書

結果は、施工範囲全面の計測が完了していることが分かる資料として作成し納品する。また、試験施工の結果については、試験結果報告書を作成し納品する。

### (2) ヒートマップのデータ

転圧回数管理のヒートマップの元となるデータを納品する。データは、公共座標系に準拠することとし、管理ブロックの中心座標に、転圧回数記録等を関連付けたものとする。データの順序は問わないが、データの記載順序などを記載した解説書を添付すること。(例：図 4.4)

<必須項目>

- ・ 年月日・時分秒：グリッドを通過した最終時刻暦
- ・ 管理ブロックの中心座標 (x, y, z)
- ・ 転圧回数記録

年月日_時分秒	X	Y	Z	転圧回数
250220_85623	-87642.813	30181.735	71.088	2
250220_85624	-87642.347	30181.554	71.105	2
250220_85625	-87641.881	30181.373	71.102	2
250220_85626	-87634.892	30178.652	71.096	2
250220_85627	-87634.426	30178.471	71.115	4
250220_85628	-87633.96	30178.29	71.128	4
250220_85629	-87633.494	30178.108	71.127	4
250220_85630	-87633.028	30177.927	71.142	4
250220_85631	-87632.562	30177.746	71.142	8
250220_85632	-87646.256	30182.539	71.179	8
250220_85633	-87645.79	30182.357	71.178	8
250220_85634	-87645.324	30182.176	71.172	8
250220_85635	-87644.858	30181.995	71.169	8
250220_85636	-87644.392	30181.813	71.173	8

図 4.4 ヒートマップのグリッドごとのデータ (例)

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データをログデータで納品する。(例：図 4.5)

<必須項目>

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)
- ・ 計測位置座標 (x, y, z)
- ・ GNSS 測位状況

年月日_時分秒	X	Y	Z	GNSS測位状態
250220_85623	-87642.813	30181.735	71.088	5
250220_85624	-87642.347	30181.554	71.105	5
250220_85625	-87641.881	30181.373	71.102	5
250220_85626	-87634.892	30178.652	71.096	5
250220_85627	-87634.426	30178.471	71.115	5
250220_85628	-87633.96	30178.29	71.128	5
250220_85629	-87633.494	30178.108	71.127	5
250220_85630	-87633.028	30177.927	71.142	5
250220_85631	-87632.562	30177.746	71.142	5
250220_85632	-87646.256	30182.539	71.179	5
250220_85633	-87645.79	30182.357	71.178	5
250220_85634	-87645.324	30182.176	71.172	5
250220_85635	-87644.858	30181.995	71.169	5
250220_85636	-87644.392	30181.813	71.173	5

図 4.5 ログデータの例(施工中の所得時間・所得場所ごとの連続データ)

## 5. 発注者への提出資料

### 5.1. 監督に関する提出資料

発注者の監督に対して適切に対応するため、準備工や路盤工、アスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

#### 【解説】

受注者は、路盤工およびアスファルト舗装工の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、路盤工およびアスファルト舗装工の監督としては表 5.1 に示す施工状況把握を行うこととなっている。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合にはすぐに提示できるよう、作成する資料を整理しておく必要がある。路盤工およびアスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料を表 5.2 に示す。

表 5.1 路盤工およびアスファルト舗装工における施工状況把握の内容  
（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	施工時期	使用材料	把握の頻度
舗装工	路盤、基層、 表層	舗設時	敷均し・締固め状況、 天候、気温、舗設温度	一般：1回／1工事 重点：1回／3000m <sup>2</sup>

表 5.2 路盤工およびアスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
事前計測精度確認	事前チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機器と機能の確認</li> <li>事前計測精度の確認</li> <li>システム設定の確認</li> </ul>	2.3
試験施工結果		<ul style="list-style-type: none"> <li>試験施工と現場の同一性</li> </ul>	
品質管理結果	転圧回数管理のヒートマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップと計測範囲</li> <li>管理ブロックのサイズ</li> <li>ヒートマップの結果集計</li> </ul>	4.1
	精度検証結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度検証の方法と結果</li> </ul>	
	ヒートマップのデータ ログデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップの元となるデータ</li> <li>施工中に計測された生データ</li> </ul>	4.2

## 5.2. 検査に関する提出資料

発注者の検査に対して適切に対応するため、準備工や路盤工、アスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

### 【解説】

受注者は、路盤工およびアスファルト舗装工の品質に関して適切な検査が実施されるのに必要な以下の資料を整理し、提出しなければならない。

- ・ 本管理要領を適用する範囲を示す資料
- ・ 施工で利用する材料および締固め機械と、施工現場で利用した材料および締固め機械の同一性を確認する資料
- ・ 試験施工結果
- ・ ヒートマップと結果の集計
- ・ 精度検証結果
- ・ ヒートマップ形式のデータとログデータ

3次元カメラを用いた  
プルーフローリング管理要領（試行案）  
（面的管理要領）

令和7年6月

## 目 次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用の範囲	2
1.3. 管理項目	5
2. 準備工における管理・確認	6
2.1. 適用条件の確認	6
2.2. 使用機器の確認	7
2.3. 計測精度の確認	11
2.3.1. 事前計測精度確認	11
2.3.2. 計測位置の事前精度確認	13
2.3.3. システムの設定の確認	13
2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出（事前）	13
3. プルーフローリングにおける品質管理・精度検証	15
3.1. 現場位置の確認	15
3.2. 3次元カメラによるプルーフローリング試験	15
3.3. 計測結果の精度検証	16
4. 施工管理データの整理	17
4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理	17
4.2. データ納品の確認	20
5. 発注者への提出資料	22
5.1. 監督に関する提出資料	22
5.2. 検査に関する提出資料	23

## 1. 総則

### 1.1. 目的

本管理要領は、路床安定処理工・道路土工・下層路盤工において、3次元カメラを用いたプルーフローリングを行う際のシステムの基本的な取り扱いや品質管理方法およびデータ取得方法について定めることを目的とする。

#### 【解説】

本管理要領では、プルーフローリング試験で従来行われていた目視観察に代わり、地盤の変形を検出できる3次元カメラを用いたプルーフローリング試験について規定した。本手法の活用効果として、以下の3点が挙げられる。

第一の効果は、不良判定の個人差が解消できることである。従来のプルーフローリング試験は、施工後の路床や路盤上に荷重車となるローラやダンプトラックを走行させ、走行荷重により路床や路盤が変形しないか目視で観察する試験である。人間の目視観察について検証したところ、変形量が8mm程度で判定に個人差が発生し、熟練者レベルで最小3mm程度の変形を確認できていたが、3次元カメラを用いたプルーフローリングでは3mm以下の変形も数値として面的かつ定量的に把握することができ、従来方法と比較すると高い品質の確保が可能である。

第二の効果は作業性の向上である。従来のプルーフローリング試験は、5名程度で実施する場合が多く、荷重車のオペレータ1名、観察員3名、記録員1名といった内訳である。しかし、3次元カメラを用いたプルーフローリングでは遠隔地でもリアルタイムに試験結果の確認が可能のため、遠隔臨場と同様の運用ができ、荷重車のオペレータとシステム管理者の2名で試験実施が可能である。また、試験結果をヒートマップとして出力することができるため、従来の手書きによるデータ記録に対し、作業性の向上が可能となる。

第三の効果は安全性の向上である。従来のプルーフローリング試験は、人間が荷重車の真後ろを常時追尾しながら地盤面を注視する必要があるため、危険が伴う。しかし、3次元カメラを用いたプルーフローリングでは地盤の良否を自動かつ荷重車の全幅で判定できるため、複数人必要だった試験員はシステム管理者1名のみとなる。このシステム管理者は、試験結果を遠隔で確認できるため、荷重車を常時追尾することや地盤面を注視する必要がなく、周囲の状況確認が可能となり不安全的な状態となることはない。

上記の活用効果から、従来のプルーフローリング試験よりも大幅な省力化と高度な品質確保が期待できる。そこで、現場の作業性や品質管理の向上を目的に省力化が図れる技術の導入に向けた必要事項を定めるものとする。

## 1.2. 適用の範囲

本管理要領は、路床安定処理工・道路土工・下層路盤工において、3次元カメラを用いてプルーフローリングを行う際に適用する。

### 【解説】

従来、路床・下層路盤工における不良箇所の管理においては、プルーフローリング試験が実施されている。現行の品質管理基準では、プルーフローリング試験が必須の試験項目となっており、全幅、全区間での実施が必要であり、品質の良否は目視による判断であることから個人差が生じる場合がある。

一方、3次元カメラを用いたプルーフローリングは、現行の品質管理基準に記載されている路床安定処理工・道路土工・下層路盤工のプルーフローリング試験の代替手法として適用できるものであり、品質の確保や試験の簡素化、効率化に寄与する手法である。

本管理要領は、路床安定処理工・道路土工・下層路盤工のプルーフローリング試験を確実かつ効率的に実施するため、システムの基本的な取り扱いと施工管理方法およびデータ整理方法について取りまとめている。

(1) 3次元カメラを用いたプルーフローリングの管理項目

本管理要領は、現行の品質管理基準に記載されているプルーフローリング試験において、従来の代替手法として適用できるものとする。現行の品質管理基準および規格値に記載されている管理方法ならびに本管理要領による管理方法を表 1.1 に示す。

表 1.1 プルーフローリング試験の品質管理基準および規格値

工種		試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現 行 の 管 理 方 法	路床安定 処理工	プ ル ー フ ロ ー リ ン グ	舗装調査・試験法便覧 [4]-288	規格値：－ 参考： ①地盤の変形確認は目視による ②変形が確認された箇所はベンケルマンビームによるたわみ量測定を実施	・全幅、全区間で実施する。	荷重車については、施工時に用いた転圧機械と同等以上の締固効果を持つローラやトラック等を用いるものとする。
	道路土工					
	下層路盤工					
本 管 理 要 領	下層路盤工	プ ル ー フ ロ ー リ ン グ	3次元カメラによる計測	規格値：－ 参考：NEXCO ①粒状路盤工 3mm以下 ②セメント安定処理路盤 2mm以下	・全幅、全区間で実施する（現行と同様） ・事前計測精度確認を行い、3次元カメラの計測精度が確保されていることを確認する。 ・本施工後に、施工範囲全体において3次元カメラにより地盤の変形が確認された場合、ベンケルマンビームなどで変形量を2箇所以上計測し、3次元カメラとの差異を確認する。	ローラにGNSS及び3次元カメラを設置し、荷重車走行時の地盤の変形を計測し、施工範囲全体の変形量をヒートマップとして記録・管理する。
	※路床安定処理工、道路土工も適用可とする					

(2) 従来手法との相違点

本管理要領を用いた場合と従来管理方法との相違点を図 1.1 に示す。



図 1.1 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ

### 1.3. 管理項目

3次元カメラを用いたプルーフローリングの管理項目は、地盤の変形とする。なお、準備工を含めた、路床安定処理工・道路土工・下層路盤工について適切な管理を実施するものとする。

#### 【解説】

本管理要領で定める手法は、所定値を満足するよう施工を行ったのち、施工範囲全体を対象にプルーフローリングを行うものであり、従来の目視によるプルーフローリング試験を代替できる。

本手法を適用するためには、適用条件や計測精度などの条件について適切に管理する必要がある。本管理要領での管理項目・確認項目は表 1.2 のとおりである。

表 1.2 本管理要領による管理・確認項目およびその方法

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法	参照箇所
準備工	適用条件	● 適用工種・使用機械・通信環境・現場条件を確認	2.1
	使用機器の確認	● 管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認	2.2
	計測精度の確認	● 管理に必要な精度をシステムが確保していることを確認	2.3
施工後の品質計測	現場位置の確認	● 現場に設置した基準点上に計測機器を設置し、RTK-GNSS で得られる計測結果を比較	3.1
	変形量の取得	● 3次元カメラを用いて施工範囲全面で地盤が変形しないか確認	3.2
	計測精度の確認	● ヒートマップより地盤の変形が確認された任意の2点以上でベンケルマンビームなどを用いて変形量の計測を行い、精度の検証	3.3
データの整理	報告書の作成	〈計測結果の確認〉 ● 80cm以下のメッシュのヒートマップより、施工範囲全体において社内目標値等を満たしていることを確認	4.1
		〈データ納品の確認〉 ● 施工範囲全体のヒートマップを出力 ● 現場座標系に合わせた80cmメッシュのデータを出力	4.2

## 2. 準備工における管理・確認

### 2.1. 適用条件の確認

3次元カメラを用いたプルーフローリングの適用の可否を、使用機器、施工現場の通信環境や現場環境などの条件を踏まえて判断しなければならない。

#### 【解説】

3次元カメラを用いたプルーフローリングを適用して地盤の変形を確認するためには、以下の内容について当該現場の条件を確認し、適用可否を判断しなければならない。なお、路床工および下層路盤工に使用する材料については、種類を問わないものとする。

#### (1) 使用機械

3次元カメラを用いたプルーフローリングを使用するにあたり、荷重車は施工時に用いた転圧機械と同等以上の締固め効果を持つローラやトラックを用いる必要がある。

標準的な荷重車を表 2.1 に示す。また、これらの荷重車はなるべく一定の速度で走行すること。

表 2.1 3次元カメラを用いた変形量の計測に使用する標準的な荷重車

工種	荷重車の種類
路床安定処理工	施工時に用いた転圧機械と同等以上の締固め効果を持つローラやトラック等を用いるものとする。
道路土工	
下層路盤工	

#### (2) 通信環境

本管理要領で定める手法は、施工範囲の全面を連続的に計測する手法である。計測結果が施工範囲全体を計測したことを評価するためには、計測位置の取得が必須となる。RTK-GNSS方式を用いる場合は、衛星の受信やLTE通信が可能であることを確認する。

#### (3) 現場条件

本管理要領で定める手法は、降雨時や降雨後で地盤に水膜がある場合は計測ができない。なお、夜間や暗い環境下でも計測をすることが可能である。

## 2.2. 使用機器の確認

3次元カメラを用いたプルーフローリングは、3次元カメラで地盤の変形を検出できるシステムであり、これに必要な機器で構成されていることを確認する。使用するシステムの構成機器等を施工計画書に記載する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

### 【解説】

#### (1) システムの主な構成の確認

3次元カメラを用いたプルーフローリングは、3次元カメラで地盤の変形を検出できるシステムである。本手法による計測結果は、荷重車の位置情報と共に地盤の変形の有無が確認でき、クラウドへアップロードされるなど、電子データ化できることが必要である。

3次元カメラを用いたプルーフローリングを適用する場合に必要な標準的なシステム構成を図 2.1、標準的な構成機器を図 2.2 に示す。また、これらの構成機器の取り付け方法などの詳細はマニュアルを参照すること。



図 2.1 標準的なシステム構成

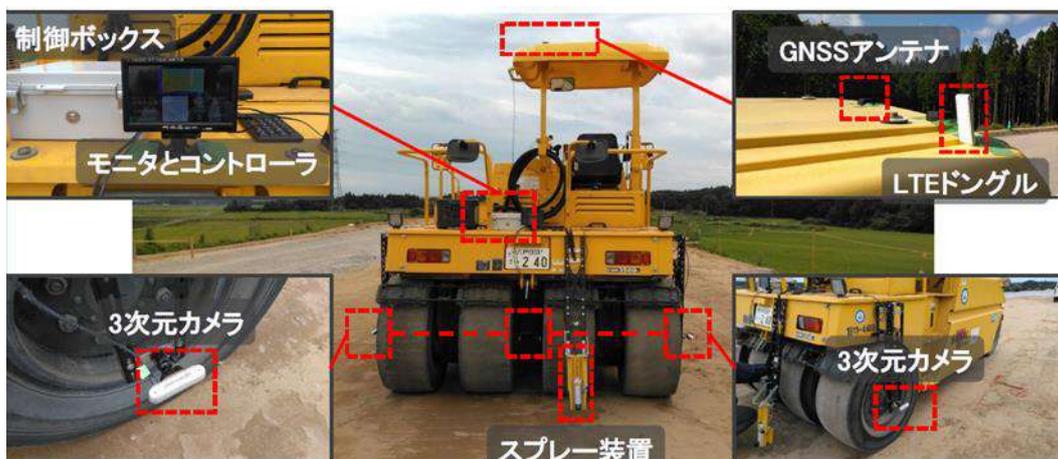


図 2.2 標準的な構成機器

## (2) 必要な機能の確認

### ①計測位置情報取得機能

計測の位置を定めるための機能で、主に RTK-GNSS が用いられる。計測結果を正しく判定するためには、位置情報が安定かつ連続的に取得できることが重要である。

計測位置情報の取得精度については、RTK-GNSS などのカタログ・性能仕様書により所定の計測性能を有することを確認するとともに、計測結果が現場で確認・記録可能なことをマニュアル等で確認すること。

### 参考事例

### ②地盤変形量算出機能

下層路盤等の変形を計測する装置である。この装置は、図 2.3 に示すように荷重車の通過前と通過中における同位置（図 2.3 の P 点）の差分により算出する。計算式は以下のとおりであり、地盤に変形がなければ差分は生じず、変形があれば差分が生じる結果となる。この方法により、計測と同時に変形量が算出できる機能を有することが必要である。この機能の有無は、マニュアル等を参照すること。

変形量算出の計算式： $(C1-C2) - (C3-C4)$

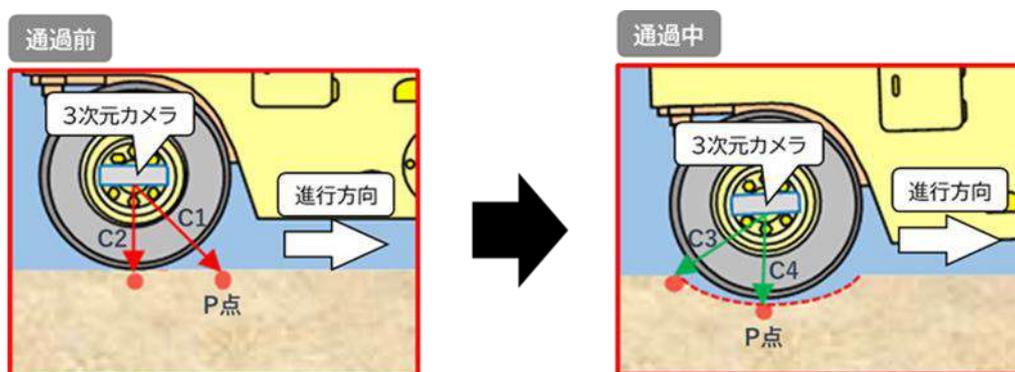


図 2.3 変形量の算出方法(例)

### ③計測結果表示機能

3次元カメラによる計測と同時に計測結果を表示する装置である。図 2.4 に示すように、計測範囲と同時に計測結果を表示するとともに、計測履歴などを表示し、施工範囲全体の計測漏れがないことを確認できることとする。計測結果は、80cm メッシュ以下の管理ブロック毎に結果を表示するものとする。

また、施工現場の図面などを背景に設定できることが望ましい。機能の有無については、マニュアル等を参照すること。



図 2.4 計測中の表示（例）

### ④計測結果記録機能

計測後に、計測した場所と計測結果に計測漏れがないことの確認および、任意に設定した地盤の変形量に対して満足していることを確認できる表示と記録ができること。計測後のデータは、計測装置からの記録媒体あるいはインターネット等のクラウド管理によるデータ管理などが可能であり、計測結果は、計測位置と計測値を判読可能なデータ形式（テキストデータ等）で出力できることが望ましい。機能の有無については、マニュアル等を参照すること。

(3) 使用機器の確認結果

使用機器の確認を行った結果をチェックシートにて確認する。確認結果は、次節の精度確認結果に合わせて記録・提出する。

表 2.2 使用機器の確認チェックシート

項目		確認内容	チェック欄
機器構成		① 計測位置情報取得機能 ② 地盤変形量算出機能 ③ 計測結果表示機能 ④ 計測結果記録機能	
必要な機能	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>●計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> <li>●スペック要求性能として、水平±20mm, 鉛直±30mm 以下であることが望ましい。</li> </ul>	
	②地盤変形量算出機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●地盤の変形をリアルタイムに検知できるか？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計測結果のヒートマップを計測と同時に表示できるか？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計測結果を位置情報と併せて自動記録できる機能があるか？</li> <li>●計測結果を現場平面図などに配置し、計測範囲全面のヒートマップとして、出力可能か？</li> </ul>	

## 2.3. 計測精度の確認

### 2.3.1. 事前計測精度確認

地盤の変形を計測する前に3次元カメラが適正に精度の確保が行われていることを確認する。確認の手順は以下のとおりである。精度が確保できない場合には、他の機器で再確認するか、従来の管理方法の採用を検討する。

(1) 3次元カメラの設置

荷重車に設置した3次元カメラが規定の範囲内を撮影しているか確認する。

(2) 計測距離の確認

精度確認用の板を計測し、その厚さ分の計測距離が変化しているか確認する。

(3) 計測データの確認

上記(2)の計測結果と使用した鉄板の厚さの差を確認する。

#### 【解説】

本手法に使用する3次元カメラについて、事前計測精度確認により必要な性能を満足していることを確認する。

(1) 3次元カメラの設置

3次元カメラが撮影しているモニターを見て、3次元カメラが適切な位置に設置されていることを確認する。3次元カメラの設置角度と設置高さを設定した後、距離の計測表示値を確認し、各領域の距離がほぼ同じ値になっているか確認する。モニターの表示例を図2.5に示す

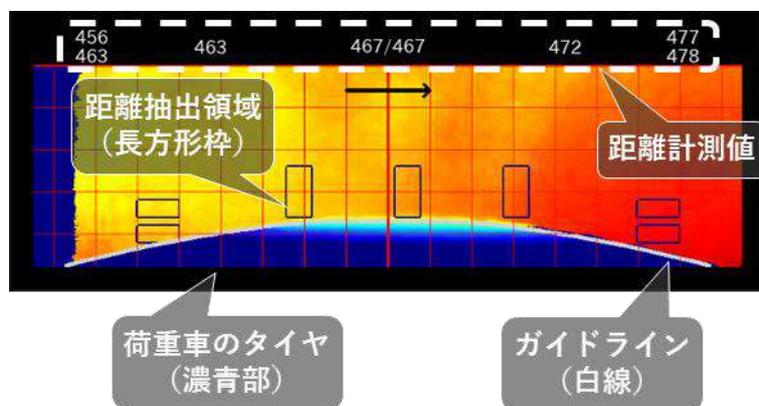


図 2.5 モニタの表示 (例)

## (2) 計測距離の確認

計測精度の確認のため、木版および厚みが既知である鉄板を用意する。計測精度確認用の鉄板の厚さは1～5 mm 程度とする。モニタを確認しながら精度確認用の鉄板が距離抽出領域に入るように置き、置いた鉄板の厚さに応じて計測距離が変化しているか確認する。鉄板の枚数は5枚以上とし、5水準以上で計測する。計測距離確認時のイメージを図 2.6 に示す。



図 2.6 精度確認用の木板と鉄板(左)、精度確認の実施イメージ(右)

## (3) 計測精度の確認

図 2.7 に示すように、5水準以上の計測データと所定の鉄板の厚さに概ね差がないことを確認する。このときの要求精度は、 $\pm 3$  mm 以内とする。

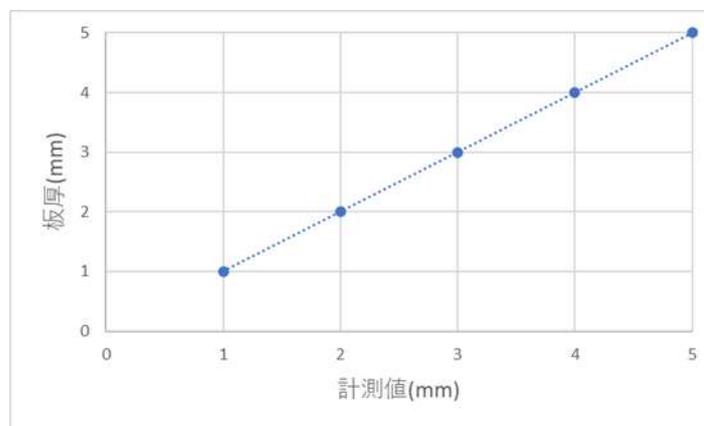


図 2.7 板厚に応じた精度確認の計測値の相関関係

### 2.3.2. 計測位置の事前精度確認

計測の実施前に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測の実施前に現場の既知点との差で確認する。

水平(x, y) : ±50mm 以下

※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを確認する。

#### 【解説】

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測結果が現場の位置座標に合致していることを現地で確認する。現場での既知点（工事の出来形管理等で用いる任意の既知点で良い上で、本システムを用いた位置計測を行い、所定の要求精度内の計測精度を有していることを確認する。

RTK-GNSS の計測位置（平面）と 3次元カメラの計測位置（平面）が異なる場合はオフセット値の入力を行い、地盤の変形に関する計測位置が正確であることを確認する。

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを現地で確認する。現地に基線を設け、基線上での計測と同時に結果が得られることを確認する。システムの計測速度に合わせて結果の表示が正しく更新され、結果の確認に支障をきたさないことを確認すること。

### 2.3.3. システムの設定の確認

3次元カメラを用いて計測した変形と同時に計測位置や計測範囲を適切に管理するため、以下の設定を行う。

#### 【解説】

#### (1) 管理ブロックサイズの設定

本管理要領における地盤の変形量管理は 80cm 以下の管理ブロックサイズで計測・管理を行うこととする。

### 2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出（事前）

3次元カメラを用いたプルーフローリングを用いる場合は、システムに必要な機能の確認結果、事前計測精度確認結果を監督職員に提出する。

#### 【解説】

前節に示す要領にしたがって、システムに必要な機能の有無の確認および事前計測精度確認を実施し、以下に示すチェックシートに確認結果を記載し、監督職員に提出する。

## 事前確認チェックシート (暫定案)

令和 年 月 日

工 事 名 : \_\_\_\_\_

受注会社名 : \_\_\_\_\_

作成者 : \_\_\_\_\_ 印

確認項目		確認内容	確認結果
適用条件の確認		<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用する荷重車は適正か？</li> <li>・適用工種は適正か？</li> <li>・適用範囲は適正か？</li> </ul>	
使用機器の構成		以下の機能を有しているか？ ①計測位置情報取得機能 ②地盤変形量算出機能 ③計測結果表示機能 ④計測結果記録機能	
機能 の 確 認	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>・計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> </ul>	
	②地盤変形量算出機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・荷重車の通過直前および通過中の地盤の高さの差分を用いて変形をリアルタイムに算出できる機能か？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲の計測結果のヒートマップを同時に表示できる機能</li> <li>・計測と同時に変形量をメッシュ毎に表示できる機能か？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測結果を位置情報と併せて自動記録する機能か？</li> <li>・計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力（データ出力）する機能か？</li> </ul>	
計 測 精 度 の 確 認	①計測距離の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄板の厚さに応じて計測距離が変化しているか？</li> </ul> 要求精度は±3mm以内とする	
	②計測位置の事前精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既知点※との水平方向の差が±50mm以内であるか？</li> <li>※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点</li> <li>・計測位置が連続かつリアルタイムに更新されているか？</li> </ul>	
	②システム設定の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理ブロックサイズは80cm以下で計測・管理できるか？</li> </ul>	

図 2.8 事前確認チェックシート (暫定案)

### 3. プルーフローリングにおける品質管理・精度検証

#### 3.1. 現場位置の確認

GNSS アンテナを設置した荷重車を現場の既知点上に配置し、計測システムで得られる位置が相違ないことを確認する。

水平(x, y) ±50mm 以下

※既知点は、出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点  
確認の頻度は、1回の計測（又は1日）につき2か所とし、計測の開始前と終了後とする。

#### 【解説】

作業開始前および計測後に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。計測座標の比較は、現場で用いている基準点から求めた座標との差で比較する。比較にあたっては次の事項に留意する。

- RTK-GNSS の計測位置（平面）と荷重車の計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行った値で比較すること。
- RTK-GNSS を用いる場合は、安定的に FIX 解が得られた状態であることが望ましい。

#### 3.2. 3次元カメラによるプルーフローリング試験

地盤の変形について、従来と同様に施工範囲全面にわたって計測する。また、80cm メッシュ以下となる管理ブロックにより計測を行う。なお、荷重車が入れないところは除外する。

#### 【解説】

現場計測においては、位置情報が連続的に取得できることを確認しながら、計測範囲に漏れの無いよう留意して計測を行う。計測は、80cm メッシュ以下となる管理ブロックで行い、移動方向においては、10cm 毎に区間の計測ができ、管理ブロックサイズごとの計測結果は最頻値、最低値など任意に設定できることが望ましい。

詳細な計測方法についてはマニュアルを参照すること。

### 3.3. 計測結果の精度検証

3次元カメラによって地盤の変形が確認された2か所以上でベンケルマンビームなどを用いて変形量の測定を行う。

**【要求精度】**

3次元カメラによる計測値とベンケルマンビームなどによる計測値の差：±3mm以下

**【解説】**

施工現場にて3次元カメラによるプルーフローリング後、ヒートマップとして出力された計測結果を参考に、任意の2か所以上を選定する。選定した箇所についてベンケルマンビーム※などで変形量を計測し、測定結果の整合性を確認する。3次元カメラによる計測値とベンケルマンビーム※などによる計測値の差は±3mm以内であること。±3mmを超える場合は、従来方法と同様のプルーフローリング試験を行う。

※精度検証における、ベンケルマンビームなどによる計測に用いる荷重車は、施工時に用いた転圧機械と同等程度の締固め効果を持つローラやトラック等を用いるものとする。

## 4. 施工管理データの整理

### 4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理

3次元カメラによるブルーフローリングの計測結果について、ヒートマップおよび集計表を作成する。また、計測精度について、検証結果を整理する。

整理した結果を取りまとめた報告書を作成する。

#### 【解説】

##### (1) 計測結果（ヒートマップ）の整理・確認

計測した結果は、データ記録媒体あるいはクラウドを経由して記録され、施工範囲全体に対する80cmメッシュ以下のヒートマップとして表示・出力されること。

ヒートマップは、図4.1に示すように、変形量に応じて色分けできること。また、ヒートマップのほかに、図4.2に示すような管理ブロックで表示された計測値を集計して表示・出力すること。また、任意ではあるが、図4.3のような変形量を表わすグラフを作成できることが望ましい。

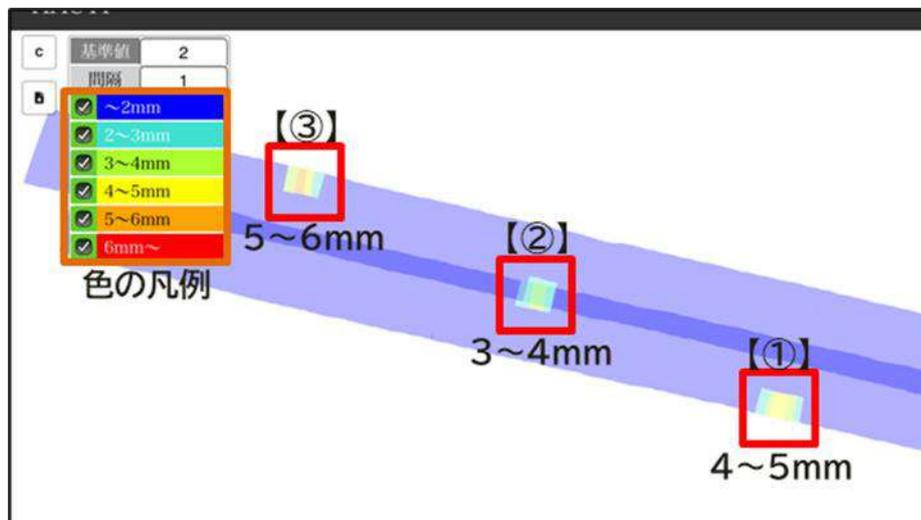
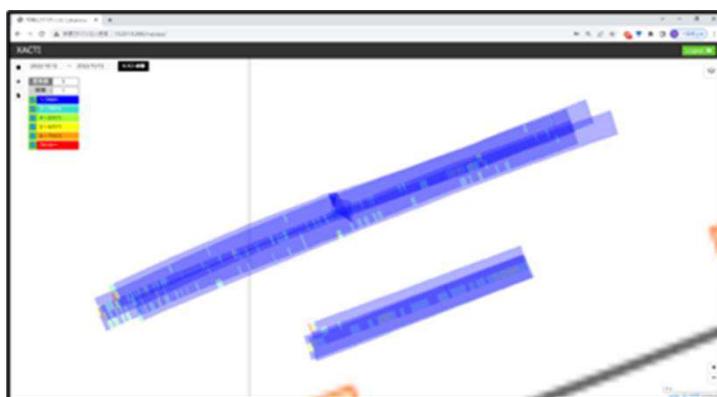


図 4.1 ヒートマップの色分け（例）



集計項目	結果	参考値
平均値	○mm	たわみ量 3mm以下 (NEXCO)
変形量最大値	○mm	

図 4.2 計測結果の表示（例）

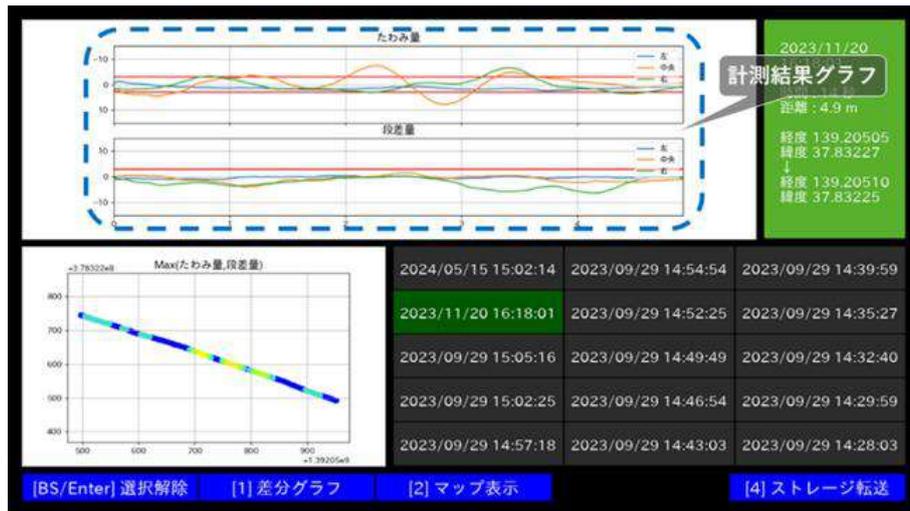


図 4.3 変形量のグラフ (例)

## (2) 精度検証結果の整理

精度検証結果について、図 4.4 に示すように、計測箇所と計測結果を整理して提出する。

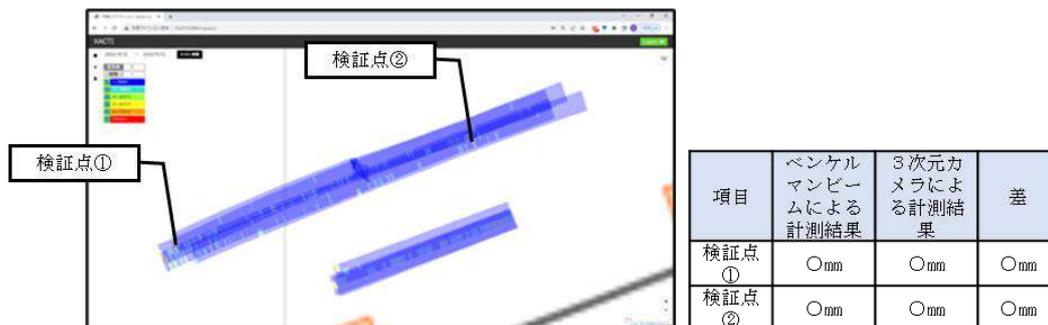


図 4.4 精度検証結果の報告 (例)

## (3) 報告書の作成

計測結果の提出に際しては、上記 (1)、(2) に加えて、以下の情報を添付して報告する。

〈必須の入力事項〉

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測日・オペレータ名・天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ システム管理者
- ・ 計測面積
- ・ 計測に使用した荷重車名
- ・ 計測に使用した荷重車の重量 (バラスト含む)

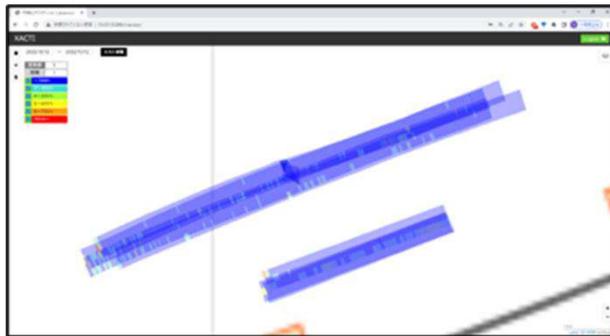
〈任意の入力事項〉

- ・ 変形量に関するグラフ
- ・ その他

### 3次元カメラによるプルーフローリング結果報告書

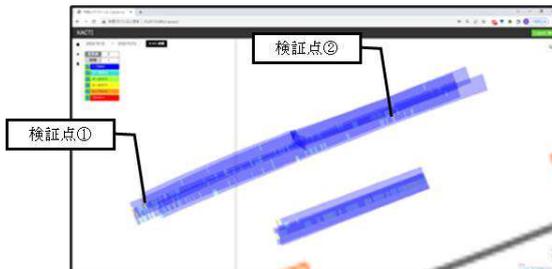
- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測日、オペレータ名
- ・ 天候（計測時）
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ システム管理者
- ・ 計測面積
- ・ 計測に使用した荷重車、荷重車の重量

#### ヒートマップ



集計項目	結果	参考値
平均値	○mm	たわみ量3mm 以下 (NEXCO)
変形量最大値	○mm	

#### 精度検証結果



項目	ベンケルマン ンビーム による 計測結果	3次元カメラ による 計測結果	差
検証 点①	○mm	○mm	○mm
検証 点②	○mm	○mm	○mm

#### Excel 書式添付(例)

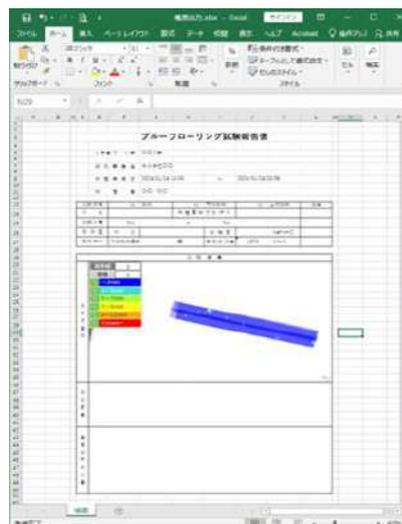


図 4.5 報告書 (例)

## 4.2. データ納品の確認

本管理要領で計測した以下の結果を納品する。

### (1) 報告書

- ・ 3次元カメラによるプルーフローリングの結果報告書 (PDF)
- ・ 事前計測精度確認結果 (PDF)

### (2) ヒートマップのデータ

(1) の元となる計測データを納品する。

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データを納品する。

#### 【解説】

本管理要領では、当該工事の品質確認に加え、データの事後利用も勘案し、以下の電子データについて「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「OTHERS」フォルダに格納する。

### (1) 報告書

3次元カメラによるプルーフローリング結果は、施工範囲全面の計測が完了していることが確認できる資料として作成し、納品する。また、事前計測精度確認結果については、計測結果報告書を作成し納品する。

### (2) ヒートマップのデータ

地盤の変形計測結果のヒートマップの元となるデータを納品する。データは、公共座標系に準拠することとし、管理ブロックの中心座標に、地盤の変形量を関連付けたものとする。データの順序は問わないが、データの記載順序などを記録した解説書を添付すること。(例:図 4.6)

〈必須項目〉

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒) : グリッドを通過した最終時刻曆
- ・ 管理ブロックの中心座標 (x, y, z)
- ・ 地盤の変形量

年月日_時分秒	X	Y	Z	変形量 (mm)
250220_85623	-87642.813	30181.735	71.088	2
250220_85624	-87642.347	30181.554	71.105	2
250220_85625	-87641.881	30181.373	71.102	1
250220_85626	-87634.892	30178.652	71.096	0
250220_85627	-87634.426	30178.471	71.115	0
250220_85628	-87633.96	30178.29	71.128	2
250220_85629	-87633.494	30178.108	71.127	1
250220_85630	-87633.028	30177.927	71.142	1
250220_85631	-87632.562	30177.746	71.142	1
250220_85632	-87646.256	30182.539	71.179	2
250220_85633	-87645.79	30182.357	71.178	0
250220_85634	-87645.324	30182.176	71.172	2
250220_85635	-87644.858	30181.995	71.169	1
250220_85636	-87644.392	30181.813	71.173	3

図 4.6 ヒートマップのグリッドごとのデータ (例)

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データをログデータで納品する。(例：図 4.7)

〈必須項目〉

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)
- ・ 計測位置座標 (x, y, z)
- ・ GNSS 測位状況

年月日_時分秒	X	Y	Z	GNSS測位状態
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	5
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	5
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	5
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	5
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	5
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	5
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	5
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	5
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	5
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	5
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	5
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	5
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	5
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	5

図 4.7 ログデータの例 (施工中の所得時間・所得場所ごとの連続データ)

## 5. 発注者への提出資料

### 5.1. 監督に関する提出資料

発注者の監督に対して適切に対応するため、準備工や舗装工において品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

#### 【解説】

受注者は、下層路盤工の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、道路土工・舗装工の監督として、表 5.1 および表 5.2 に示すように段階確認、施工状況把握を行うこととなっている。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合にはすぐに提示できるよう作成する資料を整理しておく必要がある。

本手法は、プルーフローリングに関するものであることから、舗装工の監督（段階確認）で必要となり得る資料を表 5.3 に示す。

表 5.1 道路土工・舗装工における段階確認の内容（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	確認時期	確認項目	把握の頻度
舗装工	下層路盤	プルーフローリング 実施時	プルーフローリング実施 状況	1回／1工事

表 5.2 舗装工における施工状況把握の内容（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	確認時期	確認項目	把握の頻度
舗装工	路盤、表層、 基層	舗設時	使用材料、敷均し・締固め状況、 天候、気温、舗設温度	一般：1回／1工事 重点：1回／3,000m <sup>2</sup>

表 5.3 舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
事前計測精度確認	事前チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機器と機能の確認</li> <li>事前計測精度の確認</li> <li>システム設定の確認</li> </ul>	2.3
品質管理結果	3次元カメラによる プルーフローリング結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップと計測範囲</li> <li>管理ブロックのサイズ</li> <li>ヒートマップの結果集計</li> <li>変形量のグラフ・結果集計（任意）</li> </ul>	4.1
	精度検証結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度検証の結果</li> </ul>	
	ヒートマップのデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップの元となるデータ</li> </ul>	4.2
	ログデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測された生データ</li> </ul>	

## 5.2. 検査に関する提出資料

発注者の検査に対して適切に対応するため、準備工やプルーフローリング試験での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

### 【解説】

受注者は、路床安定処理工・道路土工・下層路盤工の品質に関して適切な検査が実施されるのに必要となる、以下の資料を整理し、提出しなければならない。

- ・ 本管理要領を適用する範囲を示す資料
- ・ 事前計測精度試験結果
- ・ ヒートマップと結果の集計
- ・ 変形量を表わすグラフとその集計（任意）
- ・ 精度検証結果
- ・ ヒートマップ形式のデータとログデータ

自走式散乱型 RI ロボットを用いた  
アスファルト舗装の密度管理要領（試行案）  
（多点管理要領）

令和7年6月

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

# 目次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用の範囲	2
1.3. 管理項目	5
2. 準備工における管理・確認	6
2.1. 適用条件の確認	6
2.2. 使用機器の確認	7
2.3. 計測精度の確認	9
2.3.1. キャリブレーション試験	9
2.3.2. 計測位置の事前精度確認	10
2.3.3. システムの設定の確認	11
2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出（事前）	11
3. アスファルト舗装工における品質管理と精度検証	13
3.1. 現場位置の確認	13
3.2. RI ロボットによる密度測定	13
3.3. 計測結果の精度検証	14
4. 施工管理データの整理	15
4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理	15
4.2. データ納品の確認	18
5. 発注者への提出資料	20
5.1. 監督に関する提出資料	20
5.2. 検査に関する提出資料	21

## 1. 総則

### 1.1. 目的

本管理要領は、アスファルト舗装工において、自走式散乱型 RI ロボット（ガンマ線源ロボット）を用いて密度管理を行う際のシステムの基本的な取り扱いや品質管理方法およびデータ取得方法について定めることを目的とする。

#### 【解説】

本管理要領では、従来の切取コアによる密度管理に代わり、施工後に高速で多点の密度管理を行える自走式散乱型 RI ロボット（ガンマ線源ロボット）（以下、RI ロボット）を用いたアスファルト舗装の密度管理について規定した。本手法の活用効果として、以下の2点があげられる。

第一の効果は、作業性の向上である。従来手法におけるアスファルト舗装工の密度は、施工完了後にコア採取による確認が行われている。本手法を用いた場合、コアの採取および密度測定の手力やコストが不要となり、システム管理者1名での密度測定が可能となるほか、データ処理も概ね自動で実施可能となることから、作業性の向上が期待される。

第二の効果は、品質管理の精度向上である。従来手法は、破壊試験であることに加え、離散的な点の管理であることから、施工範囲全面の品質を確認できないといった課題がある。本手法は、施工範囲全面の密度を多点的に測定することが可能となるため、高い品質の確保が期待される。

上記の活用効果から、従来のコア法から自走式散乱型 RI ロボット（ガンマ線源ロボット）を用いて密度管理に置き換えることにより、大幅な省力化と高度な品質確保が期待できる。そこで、本管理要領は、現場の作業性や品質管理の向上を目的に省力化が図れる技術の導入に向けた必要事項を定めるものとする。

## 1.2. 適用の範囲

本管理要領は、アスファルト舗装工において、自走式散乱型 RI ロボット（ガンマ線源ロボット）を用いて締固め度管理を行う際に適用する。

### 【解説】

アスファルト舗装工の締固め度管理においては、コア採取による現場密度計測が実施されている。しかし、コア法では施工範囲の一部の密度管理しかできないうえに、コア採取の手間、コア採取部の復旧が必要となる。

RI ロボットを使用した現場密度計測は、施工後に非破壊で密度管理を行うことが可能となり、品質の確保や試験の簡素化、効率化が期待できる。

本管理要領は、アスファルト舗装工の密度管理を確実かつ効率的に実施するため、システムの基本的な取り扱いと施工管理方法およびデータの整理方法について取りまとめている。

また、本手法は非破壊で計測することが可能な手法であることから、従来手法では管理が困難とされてきた橋梁上面での密度計測にも有効である。

### (1) RI ロボットを用いたアスファルト舗装工の密度管理項目

本管理要領は、現行の品質管理基準に記載されている締固め後の密度において、従来の代替手法として適用できるものとする。現行の品質管理基準に記載されている管理方法並びに代替手法による管理方法を表 1.1 に示す

表 1.1 現場密度(アスファルト舗装工)の品質管理基準及び規格値

工種		試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現 行 の 管 理 方 法	ア ス フ ア ル ト 舗 装 工	現場密度の測定	舗装調査・ 試験法便覧 [3]-218	基準密度の94%以上  X10 96%以上 X6 96%以上 X3 96.5%以上  歩道箇所：設計図書による	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締固め度は、個々の測定値が基準密度の94%以上を満足するものとし、かつ平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>・ 締固め度は、10孔の測定値の平均値X10が規格値を満足するものとする。また、10孔の測定値が得難い場合は、3孔の測定値の平均値X3が規格値を満足するものとするが、X3が規格値をはずれた場合は、さらに3孔のデータを加えた平均値X6が規格値を満足していればよい。</li> <li>・ 1工事あたり3,000m<sup>2</sup>を超える場合は、10,000m<sup>2</sup>を1ロットとし、1ロットあたり10個(10孔)で測定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋面舗装はコア採取しないでAs合材量(プラント出荷数量)と舗装面積及び厚さでの密度管理、または転圧回数による管理を行う。</li> </ul>
			RIロボットによる計測	<p>個々の測定値が基準密度の94%以上</p> <p>測定範囲全体の平均値が基準密度の96%以上</p> <p>※計測完了後に任意の2点以上を抽出し、コア法による現場密度試験を実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キャリブレーションで密度が既知である供試体を計測器により計測し、その差分量を補正值として現場密度を算出する。</li> <li>・ 本施工後にRIロボットで施工範囲全体の密度測定を行い、施工範囲全体の密度の平均値が96%以上を満足すること。</li> </ul> <p>※人孔・横断構造物などの影響で正確な計測ができない範囲は、1ロット内に限り控除することができる。</p>	<p>GNSSを搭載したRIロボットにより、施工範囲全面で多点の密度計測を行うとともに、計測箇所を平面位置に自動でプロットし、記録・管理する。</p>
本 管 理 要 領						

(2) 従来手法との相違点

本管理要領を用いた場合の従来管理手法との相違点を図 1.1 に示す。



図 1.1 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ

### 1.3. 管理項目

RI ロボットを用いたアスファルト舗装工における管理項目は、現場密度とする。なお、準備工を含めた、アスファルト舗装工全般について適切な管理を実施するものとする。

#### 【解説】

本管理要領で定める手法は、所定の密度を得られる施工プロセスに基づいて施工したのち、施工範囲全体を対象に RI ロボットによる現場密度計測を行うものである。

本手法を適用するためには、適用条件や計測精度などの条件について適切に管理することが必要である。

本管理要領での管理項目・確認項目は表 1.2 に示すとおりである。

表 1.2 本管理要領による管理・確認項目及びその方法

工程	管理・確認項目		管理・確認の方法	参照箇所
準備工	適用条件		● 適用工種・使用機械・通信環境・現場条件を確認	2.1
	使用機器の確認		● 管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認	2.2
	計測精度の確認 (キャリブレーション)	供試体作成	● ホイールトラッキング試験供試体を5枚以上作成 (目標締固め度：100%)	2.3
		供試体の密度計測	● 密度が既知である供試体と RI ロボットの計測器で計測した密度の差分を確認	
施工後の品質計測	現場位置の確認		● 現場に設置した基準点上に計測機器を設置し、RTK-GNSS で得られる計測結果を比較	3.1
	現場計測		● 線源なしの状態では BG (バックグラウンド) を計測し、クラウドにデータを送信 ● RI ロボットを用いて、施工面積全体を対象に密度を計測	3.2
	計測精度の確認		● RI ロボットにて密度を計測した任意の2か所以上を抽出し、密度試験結果(コア採取による)との差を比較	3.3
データの整理	報告書の作成		〈計測結果の確認〉 ● 出力されたヒートマップにより、施工範囲全体の個々の密度が所定の密度以上になっていることを確認	4.1
			〈データ納品の確認〉 ● 施工範囲全体のヒートマップを出力 ● 現場座標系に合わせたデータを出力	4.2

## 2. 準備工における管理・確認

### 2.1. 適用条件の確認

RI ロボットの適用の可否を、使用機器、施工現場の通信環境や現場環境などの条件を踏まえて判断しなければならない。

#### 【解説】

##### (1) 使用機械

本管理要領で定める手法は、RI ロボットを用いて非破壊で施工範囲全体の密度を計測するものである。使用機械は、連続的に計測可能で計測結果を多点的に評価・記録する機能を有している必要がある。

##### (2) 通信環境

本管理要領で定める手法は、施工範囲の全面を連続的に計測する手法である。計測結果が施工範囲全体を計測したことを評価するためには、計測位置の取得が必須となる。RTK-GNSS を用いる場合は、衛星や無線の受信が可能であることを確認する。

##### (3) 現場条件

RI ロボットで得られる密度は、キャリブレーション試験によって求められる差分を使用して計算する。このため、計測区間内における施工は、キャリブレーション試験と同一のプラントから生産された同一の合材で施工されている必要がある。

## 2.2. 使用機器の確認

RI ロボットを用いた密度管理システムは、RTK-GNSS 等の位置取得機能および自動かつ多点的に密度測定ができるロボットにより構成されている。これらを使用する場合は、システムの構成機器等を施工計画書に記載する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

### 【解説】

#### (1) システムの主な構成の確認

RI ロボットを用いた密度管理システムは、位置情報を取得する装置、自動かつ多点的に密度が測定できる装置で構成される（例：図 2.1）。



図 2.1 システムの構成（例）

#### (2) 必要な機能の確認

##### ① 計測位置情報取得機能

計測の位置を定めるための機能で、主に RTK-GNSS が用いられる。計測結果を正しく判定するためには計測位置が安定かつ連続的に取得できることが重要である。

計測位置情報の取得精度については、RTK-GNSS などのカタログ・性能仕様書により、所定の計測性能を有することを確認するとともに、計測結果を現場で確認・記録可能であることをマニュアル等で参照すること。

##### ② 密度計測機能

散乱型 RI を搭載することで多点的に密度測定を可能としたロボットである。事前のキャリブレーションで得られる結果をもとに現場密度を算出する機能を有すること。機能の有無については、マニュアル等を参照すること。

##### ③ 計測結果表示機能

計測と同時に RI ロボットによる計測結果、計測履歴などをクラウドに表示し、施工範囲全体の計測漏れがないことを確認できることとする。

機能の有無については、マニュアル等を参照すること。

④ 計測結果記録機能

計測場所と計測結果に漏れがないことの確認および密度が規格値を満足していることをヒートマップに表示・記録が可能であること。計測後のデータは、計測装置の記録媒体あるいはインターネット等のクラウド管理により管理できることが望ましい。また、計測結果は、計測位置と計測値が判読可能なデータ形式（テキストデータ等）で出力できることが望ましい。機能については、マニュアル等を参照すること。

(3) 使用機器の確認

使用機器の確認を行った結果をチェックシートにて確認する。確認結果は、次節の精度確認結果に合わせて記録・提出する。

表 2.1 使用機器の確認チェックシート

項目		確認内容	チェック欄
機器構成		① 計測位置情報取得機能 ② 密度計測機能 ③ 計測結果表示機能 ④ 計測結果記録機能	
必要な機能	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>● 計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> <li>● スペック要求性能として、水平±20mm 以下であることが望ましい。</li> </ul>	
	②密度計測機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自動かつ多点的に密度の計測が可能か？</li> <li>● 可搬性があり、計測範囲全体を効率的に計測可能か？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>● 計測と同時に密度を表示できるか？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測結果を位置情報と併せて自動記録できる機能があるか？</li> <li>● 計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして出力可能か？</li> </ul>	

## 2.3. 計測精度の確認

### 2.3.1. キャリブレーション試験

RI ロボットによる密度を算出するため、事前に密度が既知である舗装上で密度計測を行う必要がある。

#### (1) 供試体の作成

- ・ 供試体はホイールトラッキング供試体とする。
- ・ 供試体数は5枚以上とし、目標締固め度は100%とする。
- ・ 作成した供試体の密度測定を行う。

#### (2) 供試体の密度計測

- ・ RI ロボットの計測器を用いて、密度が既知である供試体の密度を計測する。

#### (3) RI ロボットで計測した密度との比較

- ・ 上記密度の差分を算出する。

#### 【解説】

RI ロボットを使用して密度計測をする際のキャリブレーション試験の実施手順を以下に示す。

#### (1) 供試体の作成

施工現場における密度計測は、キャリブレーション時に設定した差分を補正值として用いて密度を算出する。その差分は、事前に作成した供試体との比較で決定する。供試体は施工現場で利用する合材と同じ骨材、配合とする。供試体作成後、すべての供試体について密度測定を行う。

- ・ 供試体：ホイールトラッキング供試体（30cm×30cm×5cm）
- ・ 個数：5枚以上
- ・ 供試体作成時の条件：目標締固め度 100%

## (2) 供試体の密度計測

(1) で作成した 5 枚の供試体を十字型に配置し、中心の供試体に対して RI ロボットの計測器を用いて密度計測を行う。密度計測のイメージを図 2.2 に示す。計測後、中心の供試体を入れ替えて 5 枚全ての供試体の密度計測を行う。計測方法の詳細はマニュアルを参照すること。

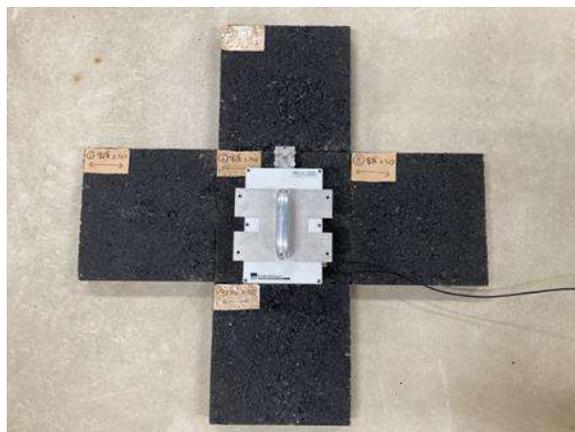


図 2.2 密度計測のイメージ

## (3) RI ロボットで計測した密度との比較

(2) で計測した 5 枚の密度のうち中央値に近い 3 つの平均値を用いて、供試体の密度との差分を算出する。

### 2.3.2. 計測位置の事前精度確認

計測の実施前に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測の実施前に現場の既知点との差で確認する。

水平(x, y) :  $\pm 50\text{mm}$  以下

※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを確認する。

### 【解説】

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測結果が現場の位置座標に合致していることを現地で確認する。現場での既知点（工事の出来形管理等で用いる任意の既知点で良い）上で、本システムを用いた位置計測を行い、所定の要求精度内の計測精度を有していることを確認する。

RTK-GNSS の計測位置（平面）と RI ロボットの計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行い、RI ロボットの計測位置が正確に計測できることを確認する。

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを現地で確認する。現地に基線を設け、基線上での計測と同時に結果が得られることを確認する。システムの計測速度に合わせて結果の表示が正しく更新され、結果の確認に支障をきたさないことを確認すること。

### 2.3.3. システムの設定の確認

RI ロボットを用いた密度が計測と同時に計測位置や範囲を適切に管理するため、以下の設定を行う。

#### 【解説】

#### (1) 計測範囲の設定

本管理要領における密度管理は、施工範囲全体の現場密度を計測することを目的としている。計測漏れを起こさないために計測範囲を設定する。計測範囲の設定例を図 2.3 に示す。

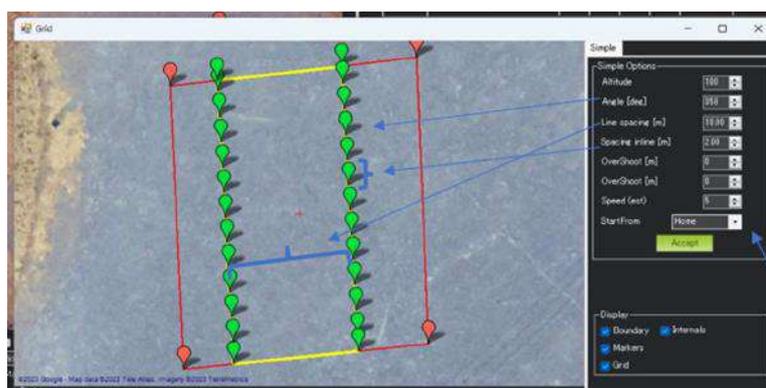


図 2.3 計測範囲の設定 (例)

#### (2) 計測点数

従来の取得頻度以上かつ最大頻度で取得可能な点数での計測とする。(目安として、10,000 m<sup>2</sup>あたり 100 点以上)

### 2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出 (事前)

RI ロボットを用いた密度を用いて密度管理をする場合は、システムに必要な機能の確認結果、キャリブレーション試験結果を監督職員に提出する。

#### 【解説】

前節に示す要領にしたがって、システムに必要な機能の有無および事前計測精度の確認 (キャリブレーション) を実施し、以下に示すチェックシートに確認結果を記載し、監督職員に提出する。

## 事前確認チェックシート (暫定案)

令和 年 月 日

工 事 名 : \_\_\_\_\_

受注会社名 : \_\_\_\_\_

作成者 : \_\_\_\_\_ 印

確認項目	確認内容	確認結果	
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適用工種は適正か？</li> <li>・使用材料は適正か？</li> <li>・通信環境は訂正か？</li> <li>・現場条件は適正か？</li> </ul>		
使用機器の構成	以下の機能を有しているか？ ①計測位置情報取得機能 ②密度計測機能 ③計測結果表示機能 ④計測結果記録機能		
機能 の 確 認	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>・計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> </ul>	
	②密度計測機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動かつ多点的に密度を計測可能であるか？</li> <li>・可搬性があり、計測範囲全体を効率的に計測可能であるか？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>・計測と同時に密度を表示できるか？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測結果を位置情報と併せて自動記録できるか？</li> <li>・計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力（データ出力）できる機能か？</li> </ul>	
計 測 精 度 の 確 認	①計測位置の事前精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既知点※との水平方向の差が±50mm以内であるか？</li> <li>※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点</li> <li>・計測位置が連続かつリアルタイムに更新されているか？</li> </ul>	
	②システム設定の確認	<計測範囲の設定> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲全体が計測対象として設定されているか？</li> </ul>	

図 2.4 事前確認チェックシート (暫定案)

### 3. アスファルト舗装工における品質管理と精度検証

#### 3.1. 現場位置の確認

GNSS アンテナを搭載した RI ロボットを現場の既知点上に配置し、計測システムで得られる位置が相違ないことを確認する。

水平(x, y) ±50mm 以下

※既知点は、出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点  
確認の頻度は、1回の計測（又は1日）につき2か所とし、計測の開始前と終了後とする。

##### 【解説】

作業開始前および計測後に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。計測座標の比較は、現場で用いている基準点から求めた座標との差で比較する。比較にあたっては次の事項に留意する。

- RTK-GNSS の計測位置（平面）と RI ロボットの計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行った値で比較すること。
- RTK-GNSS を用いる場合は、安定的に FIX 解が得られた状態であることが望ましい。

#### 3.2. RI ロボットによる密度測定

舗装施工後の密度について、施工範囲全体を計測する。人孔・横断構造物などの影響で正確な計測ができない範囲は、1ロット内に限り控除することができる。この場合は、現場密度試験は不要とする。

##### 【解説】

現場計測においては、位置情報が連続的に取得できることを確認しながら、計測範囲に漏れの無いよう留意して計測を行う。

詳細な計測方法については、マニュアルを参照すること。

### 3.3. 計測結果の精度検証

キャリブレーション試験で得られた差分により補正した密度について精度検証を行う。精度確認は、RI ロボットにて密度を計測した任意の2カ所以上を抽出し、コア採取による密度との差を比較することで実施する。

**【要求精度】**

密度と供試体もしくはコア法による密度の差：±1%以下

**【解説】**

キャリブレーション試験で求められた差分により、正確に現場の密度が計測されているかを検証することが必要である。検証は以下のいずれかの方法で実施する。

- 密度の測定結果が供試体密度もしくは現場密度（コア法）に比べて1%以上高い場合は、測定結果の全体の値について、その差分（1%を差し引いた差）を補正して用いることとする。また、密度と供試体密度もしくは現場密度（コア法）の差が2%以上ある場合は、従来手法による密度管理を行うこと。
- 現場での密度試験（コア法）結果2箇所以上について密度との差を比較する。計測箇所は、RI ロボットで計測した任意の2カ所とする。

## 4. 施工管理データの整理

### 4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理

RI ロボットを用いて計測した密度の結果について、ヒートマップおよび集計表を作成する。  
また、計測精度について、検証結果を整理する。

整理した結果を取りまとめた報告書を作成する。

#### 【解説】

##### (1) 計測結果（ヒートマップ）の整理・確認

計測した結果は、データ記録媒体あるいはクラウドを経由して記録され、施工範囲全体のヒートマップとして表示・出力する。

ヒートマップは、図 4.1 に示すように、規格値に適合する範囲、規格値を超える範囲など、密度に応じて色分けできる機能が必要である。

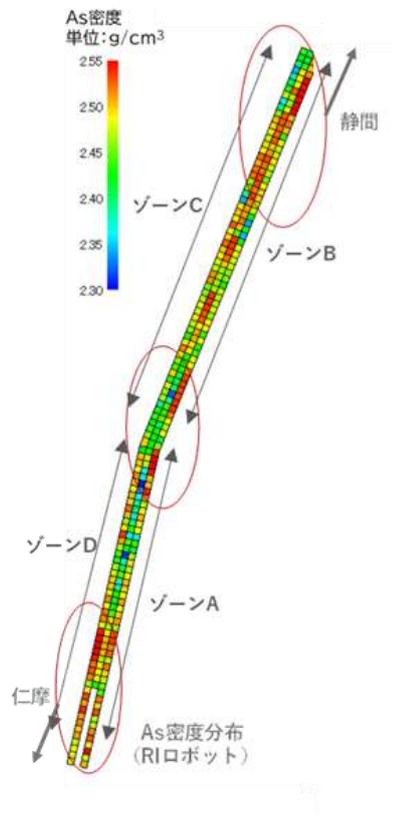


図 4.1 ヒートマップの色分け（例）

## (2) 精度検証結果の整理

精度検証について、計測箇所および計測結果を整理して提出する（例：図 4.2）。

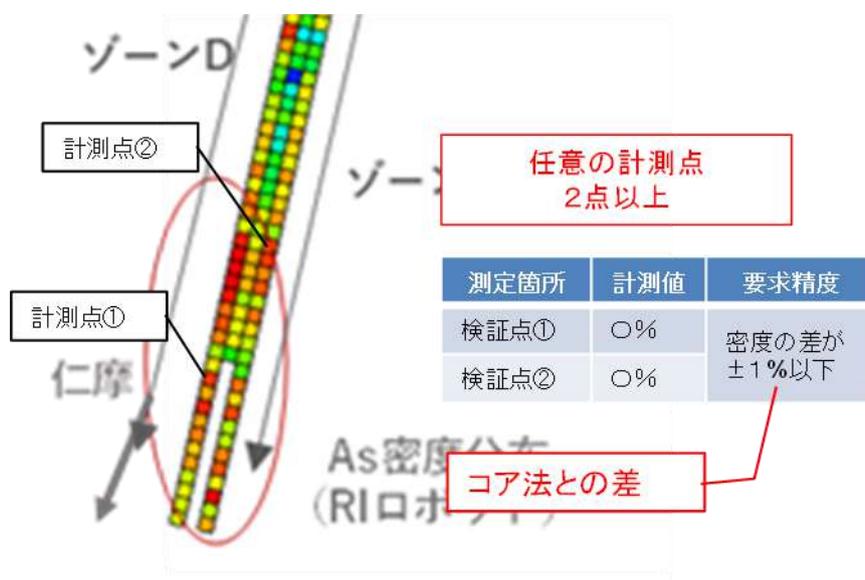


図 4.2 精度検証結果の報告（例）

## (3) 報告書の作成

計測結果の提出に際しては、上記（1）、（2）に加えて、以下の情報を添付して報告する。

### <必須の入力事項>

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 試験日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 試験項箇所、試験面積
- ・ 使用混合物名、基準密度
- ・ RI ロボットの型番
- ・ 計測密度（最大・最小・平均）

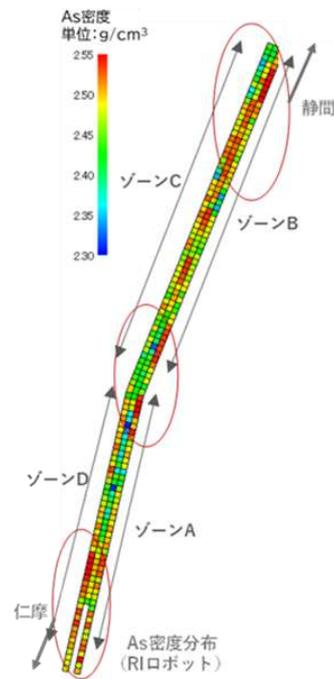
### <任意の入力項目>

- ・ その他

### 密度測定結果報告書

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 試験日、オペレータ名、天候
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 試験項箇所、試験面積
- ・ 使用混合物名、基準密度
- ・ RI ロボットの型番
- ・ 計測密度（最大・最小・平均）

### ヒートマップ



### 精度検証結果

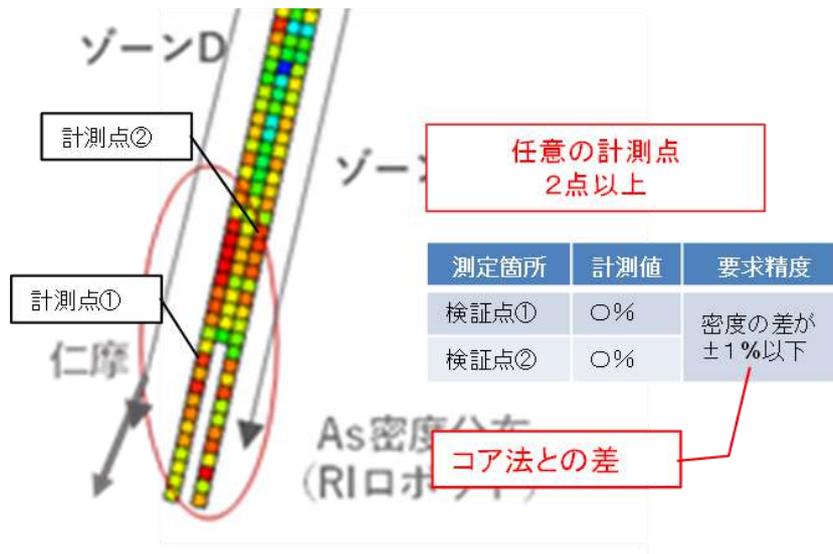


図 4.3 報告書 (例)

## 4.2. データ納品の確認

本管理要領案で計測した以下の結果を納品する。

### (1) 報告書

- ・ 密度測定結果報告書 (PDF)
- ・ キャリブレーションの試験結果報告書 (PDF)

### (2) ヒートマップのデータ

上記(1)の元となる計測データを納品する。

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データを納品する。

#### 【解説】

ヒートマップおよび密度の集計、精度検証結果は、電子データの形式で保管し、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「OTHERS」フォルダに格納する。

### (1) 報告書

密度計測結果は、施工範囲の全面的計測が完了していることが分かる資料として納品する。また、キャリブレーション結果については、試験結果報告書を作成し、納品する。

### (2) ヒートマップのデータ

密度計測結果のヒートマップの元となるデータを納品する。データは、公共座標系に準拠することとし、管理ブロックの中心座標に計測密度を関連付けたものとする。データの順序は問わないが、データの記載順序などを記載した解説書を添付すること。(例：図 4.4)

<必須項目>

- ・ 管理ブロックの中心座標 (x, y, z)
- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)：グリッドを通過した最終時刻暦
- ・ 密度計測結果

年月日_時分秒	X	Y	Z	密度 (密粒)
250220_85623	-87642.813	30181.735	71.088	2.305
250220_85624	-87642.347	30181.554	71.105	2.31
250220_85625	-87641.881	30181.373	71.102	2.306
250220_85626	-87634.892	30178.652	71.096	2.304
250220_85627	-87634.426	30178.471	71.115	2.308
250220_85628	-87633.96	30178.29	71.128	2.309
250220_85629	-87633.494	30178.108	71.127	2.307
250220_85630	-87633.028	30177.927	71.142	2.32
250220_85631	-87632.562	30177.746	71.142	2.321
250220_85632	-87646.256	30182.539	71.179	2.326
250220_85633	-87645.79	30182.357	71.178	2.327
250220_85634	-87645.324	30182.176	71.172	2.324
250220_85635	-87644.858	30181.995	71.169	2.331
250220_85636	-87644.392	30181.813	71.173	2.333

図 4.4 ヒートマップのグリッドごとのデータ (例)

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データをログデータで納品する。(例：図 4.5)

〈必須項目〉

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)
- ・ 計測位置座標 (x, y, z)
- ・ GNSS 測位状況

年月日_時分秒	X	Y	Z	GNSS測位状態
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	5
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	5
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	5
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	5
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	5
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	5
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	5
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	5
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	5
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	5
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	5
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	5
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	5
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	5

図 4.5 ログデータの例(施工中の所得時間・所得場所ごとの連続データ)

## 5. 発注者への提出資料

### 5.1. 監督に関する提出資料

発注者の監督に対して、適切に対応するため、準備工や舗装工において品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

#### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、アスファルト舗装工の監督として、表 5.1 に示す施工状況把握を行うこととなっている。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合には、すぐに提示できるよう資料を整理しておく必要がある。

アスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料を表 5.2 に示す。

表 5.1 路盤工およびアスファルト舗装工における施工状況把握の内容  
（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	施工時期	使用材料	把握の頻度
舗装工	路盤、基層、 表層	舗設時	敷均し・締固め状況、 天候、気温、舗設温度	一般：1回／1工事 重点：1回／3,000m <sup>2</sup>

表 5.2 アスファルト舗装工の監督で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
事前計測精度確認 （キャリブレーション）	事前チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機器と機能の確認</li> <li>計測精度の確認</li> <li>システム設定の確認</li> </ul>	2.3
品質管理結果	密度のヒートマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップと計測範囲</li> <li>管理ブロックのサイズ</li> <li>ヒートマップの結果集計</li> <li>計測値の結果集計</li> </ul>	4.1
	精度検証結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度検証の方法と結果</li> </ul>	4.2
	ヒートマップのデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップの元となるデータ</li> </ul>	
	ログデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測された生データ</li> </ul>	

## 5.2. 検査に関する提出資料

受注者の検査に対して適切に対応するため、準備工や密度試験での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な検査が実施されるのに必要となる、以下の資料を整理し、提出しなければならない。

- ・ 本管理要領で管理を実施する範囲を示す資料
- ・ 施工で利用する材料と施工現場で利用した材料の同一性を確認する資料
- ・ キャリブレーション試験結果
- ・ ヒートマップと結果の集計
- ・ 精度検証結果
- ・ ヒートマップ形式のデータとログデータ

電磁波密度測定装置を用いた  
アスファルト舗装の密度管理要領（試行案）  
（面的管理要領）

令和7年6月

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

# 目 次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用の範囲	2
1.3. 管理項目	4
2. 準備工における管理・確認	6
2.1. 適用条件の確認	6
2.2. 使用機器の確認	7
2.3. 計測精度の確認	11
2.3.1. キャリブレーション試験（相関確認）	11
2.3.2. 計測位置の事前精度確認	13
2.3.3. システムの設定の確認	13
2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出（事前）	14
3. アスファルト舗装工における品質管理・確認	16
3.1. 現場位置の確認	16
3.2. 電磁波密度測定装置による計測	16
3.3. 計測結果の精度検証	17
4. 施工管理データの整理	18
4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理	18
4.2. データ納品の確認	21
5. 発注者への提出資料	24
5.1. 監督に関する提出資料	24
5.2. 検査に関する提出資料	25

## 1. 総則

### 1.1. 目的

本管理要領は、アスファルト舗装工において、電磁波密度測定装置を用いて非破壊かつ面的な密度管理を行う手法について、システムの基本的な取り扱いや品質管理方法およびデータ取得方法について定めることを目的とする。

#### 【解説】

本管理要領では、従来のコア法による密度管理手法に代わり、電磁波密度測定装置を用いたアスファルト舗装の密度管理について規定した。本手法の活用効果として、以下の2点が挙げられる。

第一の効果は、作業性の向上である。従来手法におけるアスファルト舗装工の密度は、施工完了後にコア採取による確認が行われているため、コアの採取および埋め戻しに労力やコストを要する。対して本手法は、アスファルト混合物の誘電率を用いて、舗設現場の密度または締固め度を得る技術である。このため、施工現場でリアルタイムに、密度または締固め度を確認するには、誘電率とアスファルト混合物の関係性を示すキャリブレーションカーブを事前に取得する必要がある。現場施工前にキャリブレーションカーブを取得することでリアルタイム管理が可能となり、従来のコアからの密度管理では成し得ない舗設直後の即時評価が可能となり、作業性の向上が見込まれる。

第二の効果は、品質管理の精度向上である。従来手法は、破壊試験であることに加え、離散的な点の管理であることから、施工範囲全面の品質を確認できないといった課題がある。本手法は、施工範囲全面の密度を面的・多点的に測定することが可能となる。また、施工中に測定および評価を行うことで、密度異常箇所において対策を施すことも可能となる。その結果、舗装の品質を均一に保つことで、供用後の異常発生の可能性が低減され高度な品質確保が期待できる。

上記の活用効果から、従来のコア法から電磁波密度測定装置を用いたアスファルト舗装の密度管理に置き換えることにより、大幅な作業性の向上と高度な品質確保が期待できる。そこで、現場の作業性や品質管理の向上を目的に省力化が図れる技術の導入に向けた必要事項を定めるものとする。

## 1.2. 適用の範囲

本管理要領は、アスファルト舗装工において、電磁波密度測定装置を用いて締固め度管理を行う際に適用する。

### 【解説】

アスファルト舗装工の締固め度管理においては、コア法による計測が実施されている。しかし、コア法では施工範囲の一部の密度管理しかできないうえに、コア採取の手間、コア採取部の復旧が必要となる。

本手法は、電磁波密度測定装置と RTK-GNSS を組合せることにより、施工後に非破壊で連続的・面的に密度管理を行うことが可能となり、管理作業の効率化と舗装の品質管理の高度化を実現することが期待できる。

本管理要領は、アスファルト舗装工の密度管理を確実かつ効率的に実施するため、システムの基本的な取り扱いと施工管理方法およびデータの整理方法について取りまとめている。

また、本手法は非破壊で計測することが可能であることから、従来手法では管理が困難とされてきた橋梁上面での密度計測にも活用可能である。

### (1) 電磁波密度測定装置を用いた締固め管理項目

本管理要領は、現行の品質管理基準に記載されている締固め後の密度において、従来の代替手法として適用できるものとする。現行の品質管理基準に記載されている管理方法並びに代替手法による管理方法を表 1.1 に示す。

表 1.1 現場密度(アスファルト舗装工)の品質管理基準及び規格値

工種		試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現 行 の 管 理 方 法	ア ス フ ア ル ト	現 場 密 度 の 測 定	舗装調査・試験 法便覧 [3]-218	基準密度の 94%以上 X10 96%以上 X6 96%以上 X3 96.5%以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締固め度は、個々の測定値が基準密度の 94%以上を満足するものとし、かつ平均値について以下を満足するものとする。</li> <li>・ 締固め度は、10 孔の測定値の平均値 X10 が規格値を満足するものとする。また、10 孔の測定値が得がたい場合は 3 孔の測定値の平均値 X3 が規格値を満足するものとするが、X3 が規格値をはずれた場合は、さらに 3 孔のデータを加えた平均値 X6 が規格値を満足していればよい。</li> <li>・ 1 工事あたり 3,000m<sup>2</sup> を超える場合は、10,000m<sup>2</sup> 以下を 1 ロットとし、1 ロットあたり 10 孔で測定する。</li> </ul>	
			舗 装 工	電磁波密度測定 装置による密度 管理	締固め度 個々の測定値が基準 密度の 94%以上 全体平均 96%以上  ※計測完了後に任意 の 2 点以上を抽出し、 コア法による現場密 度試験を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キャリブレーション試験で密度と誘電率の相関性を定め、誘電率より密度を求めるものとする。</li> <li>・ 本施工後に、移動式電磁波密度測定装置を用いて施工範囲全体の誘電率を計測し、上記の相関から個々の値および施工範囲全体の平均値が X10 以上を満足すること。(従来規格値参照)</li> </ul> ※人孔・横断構造物などの影響で正確な計測ができない範囲は、1 ロット内に限り控除することができる。

## (2) 従来手法との相違点

本管理要領を用いた場合の従来管理手法との相違点を図 1.1 に示す。



図 1.1 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ

## 1.3. 管理項目

電磁波密度測定装置を用いたアスファルト舗装工における管理項目は、キャリブレーションから密度と誘電率の関係式を求めた上で、誘電率から求められる換算密度とする。なお、準備工を含めた、アスファルト舗装工全般について適切な管理を実施するものとする。

### 【解説】

本管理要領で定める手法は、所定の密度を得られる施工プロセスに基づいて施工をしたのち、施工範囲全体を対象に電磁波密度測定装置を用いて密度の計測を行うものである。

本手法は、面的な締固め密度を電磁波密度測定装置で得られる誘電率から算出した換算密度として確認することが基本となる。誘電率と換算密度の関係は、材料により異なることから、事前のキャリブレーションにて密度と誘電率の関係式を得ることが必要である。

本管理要領での管理項目・確認項目は表 1.2 のとおりである。

表 1.2 本管理要領による管理・確認項目及びその方法

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法	参照箇所
準備工	適用条件	● 適用工種・使用機械・通信環境・現場条件を確認	2.1
	使用機器の確認	● 管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認	2.2
	キャリブレーション	供試体の作成 ● ホイールトラッキング試験体を4水準（締固め度 100 %, 98 %, 96 %, 94 %）製作 誘電率と密度の相関確認 ● 電磁波密度測定装置による計測結果と、ホイールトラッキング試験体の密度を比較し、キャリブレーションカーブを作成	2.3
施工後の品質計測	現場位置の確認	● 現場に設置した基準点上に計測機器を設置し、RTK-GNSS で得られる計測結果を比較	3.1
	現場計測	● 電磁波密度測定装置により誘電率を連続的・面的に計測 ● 計測範囲内のすべてが計測されることを確認	3.2
	計測精度の確認	● 電磁波密度計で計測した任意の2か所以上を抽出し、密度試験結果（コア法）との差を比較	3.3
データの整理	報告書の作成	〈計測結果の確認〉 ● 50cm メッシュのヒートマップにより、施工範囲全体において、個々の密度が所定の密度以上になっていることを確認 ● 50cm メッシュごとの集計結果にて、全体の平均値が所定の密度以上であることを確認	4.1
		〈データ納品の確認〉 ● 施工範囲全体のヒートマップを出力 ● 現場座標系に合わせた 50cm メッシュのデータを出力	4.2

## 2. 準備工における管理・確認

### 2.1. 適用条件の確認

電磁波密度測定装置を用いたアスファルト舗装工における管理の適用可否を、使用機器、施工現場の通信環境や現場環境などの条件を踏まえて判断しなければならない。
--

#### 【解説】

##### (1) 使用機械

本管理要領で定める手法は、電磁波密度測定装置を用いて非破壊で施工範囲全体の密度を測定するものである。電磁波密度測定装置は連続的に締固め密度を計測可能で、計測結果を面的に評価・記録する機能を有している必要がある。

##### (2) 通信環境

本管理要領で定める手法は、施工範囲の全面を連続的に計測する手法である。計測結果が施工範囲全体を計測したことを評価するためには、計測位置の取得が必須となる。RTK-GNSS方式を用いる場合は、衛星や無線の受信が可能であることを確認する。

##### (3) 施工条件

電磁波密度測定装置で得られる換算密度は、キャリブレーション試験によって求められる密度と誘電率の相関に基づいて求められる。よって、キャリブレーション試験で用いる合材と同一の材料であることが前提であるため、計測区間内では、キャリブレーション試験と同一のプラントから生産された同一の合材で施工されている必要がある。

## 2.2. 使用機器の確認

電磁波密度測定装置を用いた締固め密度管理システムは、RTK-GNSS等の位置取得機能および誘電率を計測する電磁波密度測定装置、計測結果を表示・記録する制御装置で構成されている。使用するシステムの構成機器等を施工計画書に記載する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

### 【解説】

#### (1) システムの主な構成の確認

電磁波密度測定装置を用いた締固め密度管理システムの主な構成を示す。計測位置情報を取得する装置、電磁波密度測定装置、計測結果の表示・記録部で構成されている。

電磁波密度測定装置部においては、複数のセンサを搭載することで幅広な計測も可能となり計測効率の向上が期待できるが、システム費が増加するため、現場の規模に合わせた選択を行うことができる。



図 2.1 システムの構成 (例)

## (2) 必要な機能の確認

### ① 計測位置情報取得機能

計測の位置を定めるための機能で、主に RTK-GNSS が用いられる。計測結果を正しく判定するためには、位置情報が安定かつ連続的に取得できることが重要である。

計測位置情報の取得精度については、RTK-GNSS などのカタログ・性能仕様書により、所定の計測性能を有することを確認するとともに、計測結果が現場で確認・記録可能なことをマニュアル等で確認すること。

### ② 誘電率計測・密度換算機能

被計測対象の誘電率を計測する機能である。事前のキャリブレーション試験において、締め固め後の状態における誘電率と空隙率や密度との相関を確保することで、計測と同時に誘電率から換算密度を求める機能を有すること。機能の有無は、マニュアル等で確認すること。

### ③ 換算密度表示機能

誘電率の計測結果を相関式により密度に換算し、計測と同時に施工範囲内の密度を表示する機能である。これに加え、計測履歴などを表示し、施工範囲全体の計測漏れがないことを確認できることとする。

また、施工現場の図面などを背景に設定できることが望ましい。機能の有無については、マニュアル等で確認すること。



図 2.2 施工中の表示 (例)

#### ④ 計測結果記録機能

施工後に、施工漏れがないことの確認および、換算密度が規格値に対して満足していることをヒートマップとして確認できる表示と記録が可能であること。

計測後のデータは、計測装置の記録媒体あるいはインターネット等のクラウド管理によるデータ管理できることが望ましい。また、計測結果については、計測位置と密度値が判読可能なデータ形式（テキストデータ等）で出力できることが望ましい。

上記の機能については、マニュアル等で確認すること。

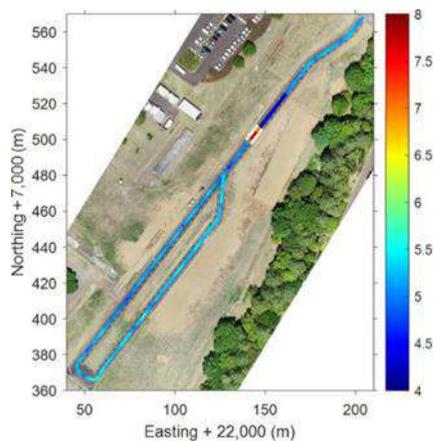


図 2.3 計測結果の記録と表示（例）

(3) 使用機器の確認結果

使用機器の確認を行った結果をチェックシートにて確認する。確認結果は、次節の精度確認結果に合わせて記録・提出する。

表 2.1 使用機器の確認チェックシート

項目		確認内容	チェック欄
機器構成		① 計測位置情報取得機能 ② 誘電率計測・密度換算機能 ③ 換算密度表示機能 ④ 計測結果記録機能	
必要な機能	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>●計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> <li>●スペック要求性能として、水平±20mm, 鉛直±30mm 以下であることが望ましい。</li> </ul>	
	②誘電率計測・密度換算機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●試験体を用いた相関式により誘電率から換算密度をリアルタイムに表示できるか？</li> <li>●試験体を用いて誘電率と現場密度の相関式を作成できるか？</li> <li>●自動かつ面的に密度の計測が可能か？</li> <li>●50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで密度の計測が可能か？</li> </ul>	
	③換算密度表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●施工範囲の計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>●計測と同時に換算密度を表示できるか？</li> <li>●50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで換算密度の表示が可能か？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計測結果を位置情報と併せて自動記録できる機能があるか？</li> <li>●計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の換算密度をヒートマップとして出力可能か？</li> </ul>	

## 2.3. 計測精度の確認

### 2.3.1. キャリブレーション試験（相関確認）

電磁波密度測定装置により求められる誘電率を密度に換算するため、密度と誘電率の相関式を作成する。

(1) 供試体の作成

- ・ 試験体は、ホイールトラッキング供試体とする。
- ・ 試験体は、締固め度 100 %、98 %、96 %、94 % の4水準以上とする。

(2) 供試体の誘電率測定

ホイールトラッキング供試体の測定においては、外部の影響（舗装以外の下層部）を受けない様考慮すること。

(3) 供試体の密度測定（真値の測定）

試験体の密度はコア法により測定を行う。

(4) 相関データの作成

上記（2）と（3）の結果から、相関式を作成する。

(5) 相関式の入力

現場計測時に、リアルタイムに換算密度が得られるよう、上記試験で得られた結果をシステムに入力し、（1）の供試体を用いて計測結果の確認試験を行う。

#### 【解説】

移動式電磁波密度測定装置のキャリブレーション試験の実施手順を示す。

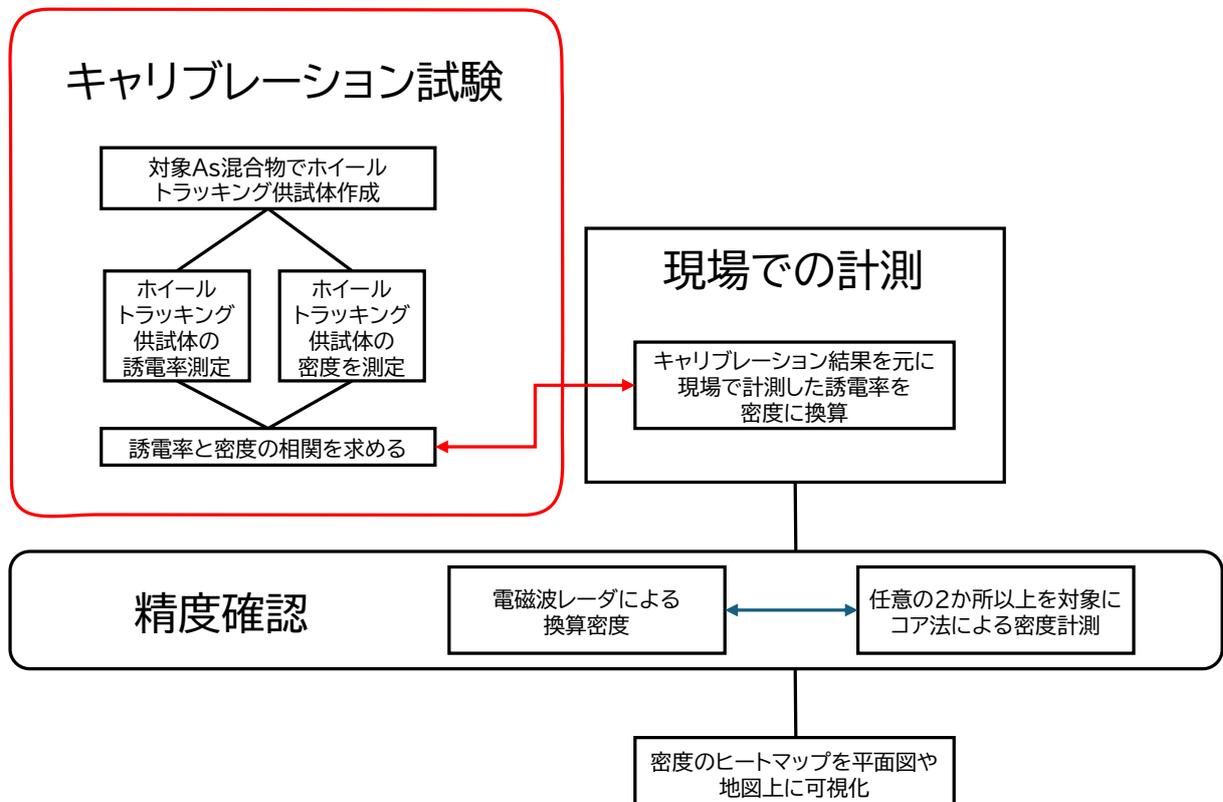


図 2.4 電磁波密度測定装置のキャリブレーション試験

### (1) 供試体の作成

電磁波密度測定装置はアスファルト舗装の誘電率を測定している。誘電率から密度に換算するためのキャリブレーションカーブを取得する。供試体は施工現場で利用する同一のプラントで生産された同一の合材で作成されたものとする。

供試体：ホイールトラッキング供試体（30cm×30cm×5cm）。

供試体の作成条件：締固め度 100 %、98 %、96 %、94 %の4水準以上とする。

### (2) 供試体の誘電率測定

供試体の誘電率を測定する。ホイールトラッキング供試体の測定においては、外部の影響（舗装以外の下層部）を受けない様考慮すること。

※詳細は各技術の計測マニュアルを参照すること。

### (3) ホイールトラッキング供試体の密度測定（真値の測定）

誘電率と比較するための密度については、ホイールトラッキング供試体により計測した結果を用いる。

### (4) 相関データの作成

計測した密度と誘電率を入力し相関データを作成する。

※詳細は各技術の計測マニュアルを参照すること。

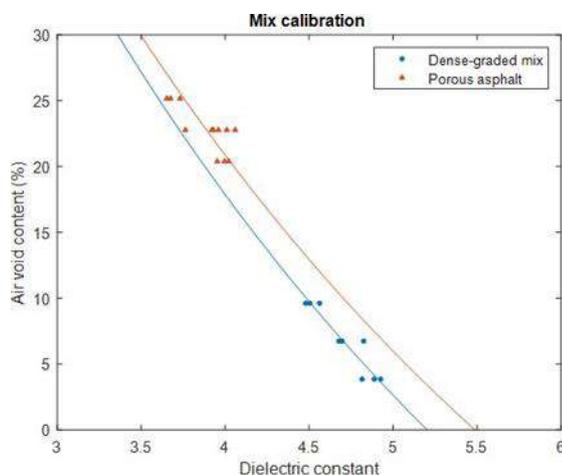


図 2.5 キャリブレーションカーブの作成

### 2.3.2. 計測位置の事前精度確認

計測の実施前に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測の実施前に現場の既知点との差で確認する。

水平(x, y) :  $\pm 50\text{mm}$  以下

※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを確認する。

#### 【解説】

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測結果が現場の位置座標に合致していることを現地で確認する。現場での既知点（工事の出来形管理等で用いる任意の既知点で良い）上で、本システムを用いた位置計測を行い、所定の要求精度内の計測精度を有していることを確認する。

RTK-GNSS の計測位置（平面）と電磁波密度測定装置の計測位置（平面）が異なる場合はオフセット値の入力を行い、電磁波密度測定装置の計測位置が正確に計測できることを確認する。

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを現地で確認する。現地に基線を設け、基線上での計測と同時に結果が得られることを確認する。システムの計測速度に合わせて結果の表示が正しく更新され、結果の確認に支障をきたさないことを確認すること。

### 2.3.3. システムの設定の確認

電磁波密度測定装置を用いた換算密度の計測と同時に計測位置や計測範囲を適切に管理するため、以下の設定を行う。

#### 【解説】

#### (1) 計測範囲の設定

本管理要領における密度管理は施工範囲全体の密度を測定することを目的としている。計測漏れを起ささないために計測範囲を設定できることが望ましい。

計測範囲が計測モニタ上に表示されていることを確認する。

#### (2) 管理ブロックサイズの設定

本管理要領における密度管理は 50cm 以下の管理ブロックサイズで計測・管理を行うこととする。電磁波密度測定装置のセンサ毎の計測範囲は最大幅を 50cm 以下とする。

#### 2.3.4. システム確認結果の資料作成・提出（事前）

電磁波密度測定装置を用いて密度管理を場合は、システムに必要な機能の確認結果、キャリブレーション試験結果を監督職員に提出する。

##### 【解説】

前節に示す要領にしたがって、システムに必要な機能の有無、キャリブレーションを実施し、以下に示すチェックシートに確認結果を記載し、監督職員に提出する。

## 事前確認チェックシート (暫定案)

令和 年 月 日

工 事 名 : \_\_\_\_\_

受注会社名 : \_\_\_\_\_

作成者 : \_\_\_\_\_ 印

確認項目	確認内容	確認結果	
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適用工種は適正か？</li> <li>・使用材料は適正か？</li> <li>・通信環境は訂正か？</li> <li>・現場条件は適正か？</li> </ul>		
使用機器の構成	以下の機能を有しているか？ ①位置情報取得機能 ②誘電率計測・密度換算機能 ③換算密度表示機能 ④計測結果記録機能		
機能 の 確 認	①計測位置 情報取得機 能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>・計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> </ul>	
	②誘電率計 測・密度換 算機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動かつ面的に密度を誘電率の計測ならびに密度への換算が可能であるか？</li> <li>・可搬性があり、施工範囲全体を効率的に計測可能であるか？</li> <li>・50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで計測が可能であるか？</li> </ul>	
	③換算密度 表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>・施工と同時に換算密度を表示できるか？</li> <li>・50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで換算密度の表示が可能であるか？</li> </ul>	
	④計測結果 記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測結果を位置情報と併せて自動記録できるか？</li> <li>・計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力（データ出力）できる機能か？</li> </ul>	
計 測 精 度 の 確 認	①計測位置 の事前精度 確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既知点※との水平方向の差が±50mm 以内であるか？</li> <li>※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点</li> <li>・計測位置が連続かつリアルタイムに更新されているか？</li> </ul>	
	②システム 設定の確認	<計測範囲の設定> <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲全体が計測対象として設定されているか？</li> </ul> <管理ブロックのサイズの設定> <ul style="list-style-type: none"> <li>・50cm 以下の管理ブロックサイズで誘電率・密度取得ならびにその管理ができるか？</li> </ul>	

図 2.6 事前確認チェックシート (暫定案)

### 3. アスファルト舗装工における品質管理・確認

#### 3.1. 現場位置の確認

電磁波密度測定装置を用いた計測装置を現場の既知点上に配置し、計測システムで得られる位置と相違ないことを確認する。

水平(x, y) ±50mm 以下

※既知点は、出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点  
確認の頻度は、1回の計測（又は1日）につき2か所とし、計測の開始前と終了後とする。

##### 【解説】

作業開始前および計測後に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。計測座標の比較は、現場で用いている基準点から求めた座標との差で比較する。比較にあたっては次の事項に留意する。

- RTK-GNSS の計測位置（平面）と電磁波密度測定装置センサの計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行った値で比較すること。
- RTK-GNSS を用いる場合は、安定的に FIX 解が得られた状態であることが望ましい。

#### 3.2. 電磁波密度測定装置による計測

電磁波密度測定装置を用いて、施工範囲全体を計測する。計測は50cmメッシュ以下の管理ブロックで行う。施工範囲を含むすべての範囲で、計測結果が得られるように計測を行う。

また、人孔・横断構造物などの影響で正確な計測ができない範囲は、1ロット内に限り控除することができる。この場合、現場密度試験は不要とする。

##### 【解説】

現場計測においては、位置情報が連続的に取得できることを確認しながら、計測範囲に漏れの無いよう留意して計測を行う。

計測は50cmメッシュ以下の管理ブロックで行い、移動方向においては、管理ブロック毎に平均値、最頻値、最低値など任意に設定できるものとする。

また、アスファルト面が濡れている場合には正確に密度測定ができない場合があるため、路面が乾燥した状態で計測する。乾燥した状態で計測できない場所（例：縦横断勾配の下部など）が1,000 m<sup>2</sup>以上になる場合は、当該範囲につき1カ所、現場密度試験（コア法）を実施して規格値を満足しているか確認する。

計測方法の詳細はマニュアル等を参照すること。

### 3.3. 計測結果の精度検証

キャリブレーション試験の結果から得られた相関係数により得られる換算密度について精度検証を行う。精度確認は2個以上で実施する。

精度確認は、実現場でのコア採取によるものとする。

#### 【要求精度】

換算密度とコア法による密度の差：±1%以下

#### 【解説】

キャリブレーション試験で求められた相関により正確に現場の密度が計測されているかを検証することが必要である。検証は以下の方法で実施する。

同一の材料の施工範囲において任意の2か所以上を対象にコア法による密度測定を行い、換算密度の測定結果との差を検証する。

換算密度の測定結果がコア法に比べて1%を超える場合は、従来手法による密度管理を行うこと。

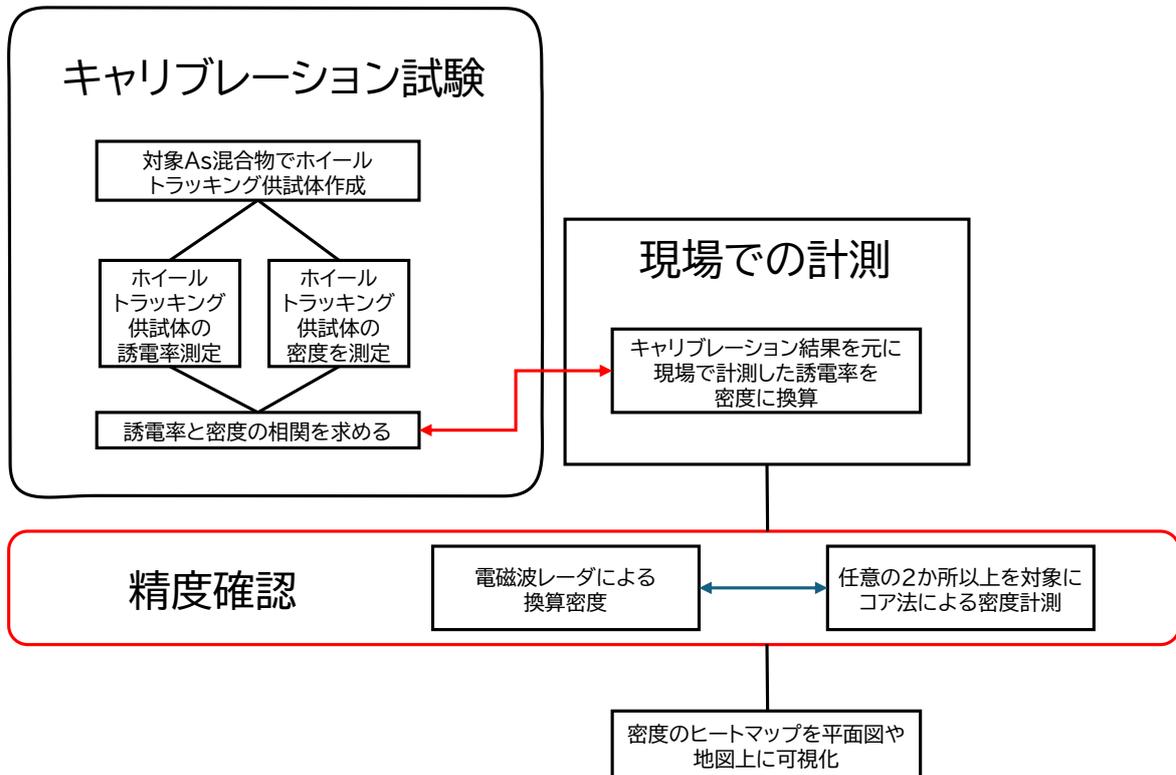


図 3.1 計測密度の精度確認

## 4. 施工管理データの整理

### 4.1. ヒートマップ作成と精度検証結果の整理

計測結果の換算密度について、ヒートマップおよび集計表を作成する。また、計測精度について、検証結果を整理する。

整理した結果を取りまとめた報告書を作成する。

#### 【解説】

##### (1) 計測結果（ヒートマップ）の整理・確認

計測した結果はデータ記録媒体あるいはクラウドを経由して記録され、施工範囲全体に対する分布図（ヒートマップ）にて表示・出力されること。ヒートマップ作成においては、個々の規格値に適合する範囲を水色、平均値の規格値以上となる範囲を黄緑として表示し、個々の規格値以下となるグリッドは赤色で表示すること。

また、表示・出力においてはヒートマップの他に、管理ブロックで表示された結果の集計（平均値）を表示・出力する。

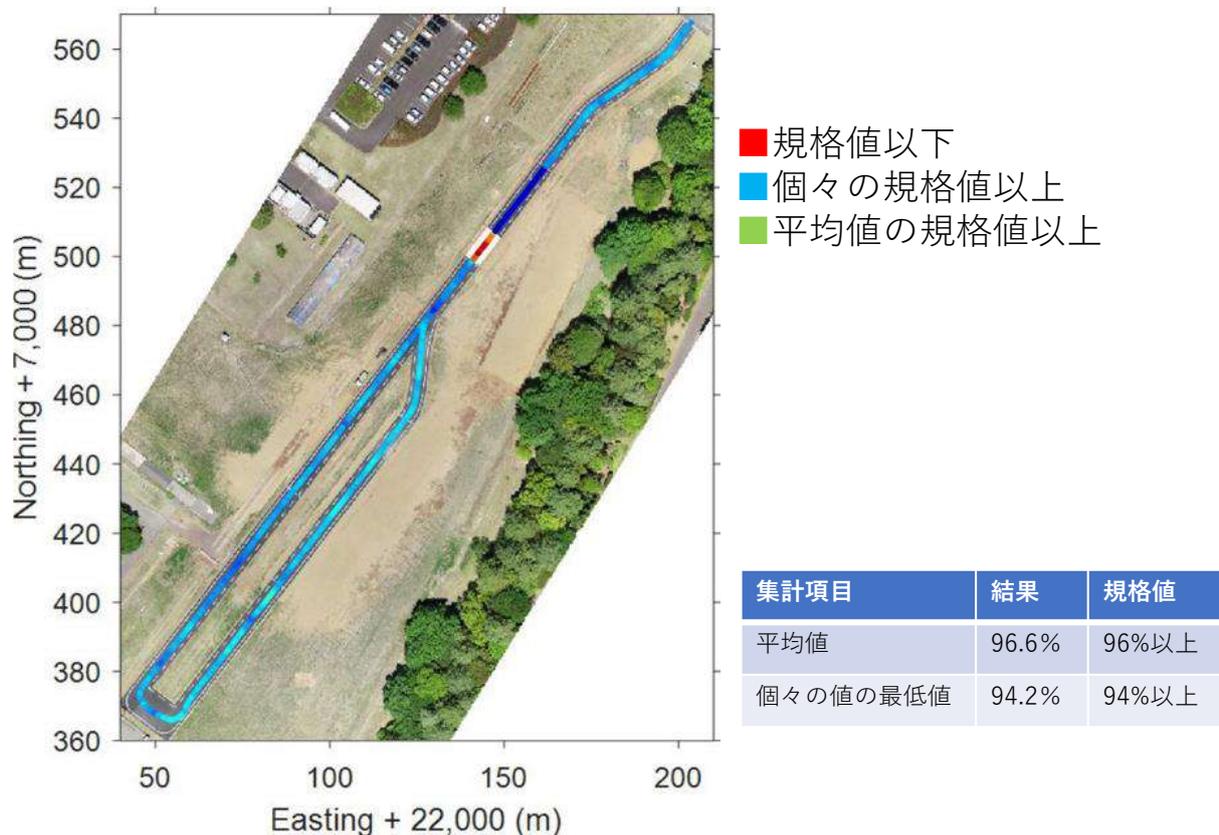


図 4.1 計測結果の表示（ヒートマップ）

## (2) 精度検証結果の整理

精度検証結果について、計測箇所と計測結果を整理して提出する。コア法による試験結果も提出すること。(例：図 4.2)



図 4.2 精度検証結果の報告 (例)

## (3) 報告書の作成

ヒートマップの計測結果の提出に際しては、上記 (1)、(2) に加えて、以下の情報を添付して報告する。

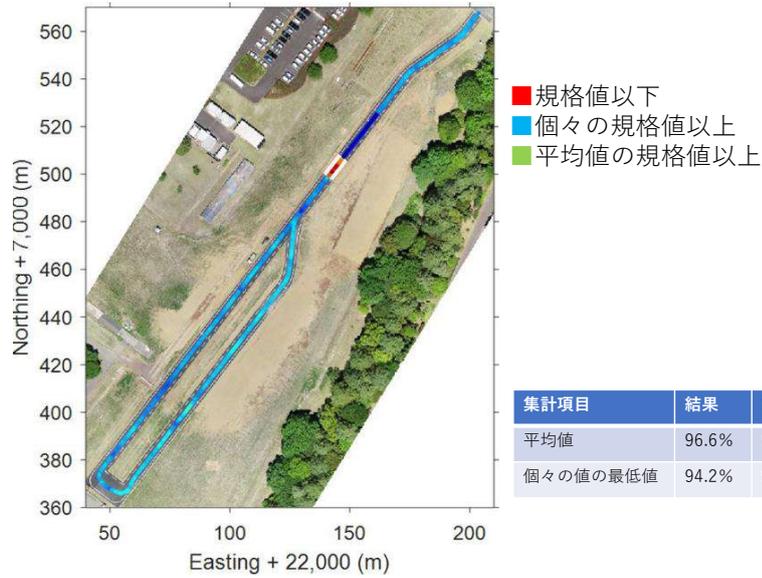
〈必須の入力事項〉

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測システム名
- ・ 計測日・天候・計測者・計測範囲
- ・ 使用混合物名・基準密度
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 計測密度 (最大・最小・平均)

### 密度測定結果報告書

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測システム名
- ・ 試験日・天候・計測者・計測範囲
- ・ 使用混合物名・基準密度
- ・ 管理ブロックサイズ
- ・ 計測密度（最大・最小・平均）

#### ヒートマップ



#### 精度検証結果



図 4.3 報告書 (例)

## 4.2. データ納品の確認

本管理要領案で計測した以下の結果を納品する。

(1) 報告書

- ・ 密度測定結果報告書 (PDF)
- ・ キャリブレーションの試験結果報告書 (PDF)

(2) ヒートマップのデータ

上記 (1) の元となる計測データを納品する

(3) ログデータ

施工中に計測された生データを納品する

### 【解説】

本管理要領案では、当該工事の品質確認に加え、データの事後利用も勘案し、以下の電子データについて、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「OTHERS」フォルダに格納する。

(1) 報告書

密度測定結果は、施工範囲の全面の計測が完了していることが確認できる資料として作成し納品する。また、キャリブレーション試験の結果については、試験結果報告書を作成し納品する。

## (2) ヒートマップのデータ

密度計測結果のヒートマップの元となるデータを納品する。データは、公共座標系に準拠することとし、管理ブロックの中心座標に、誘電率、換算密度値等を関連付けたものとする。データの順序は問わないが、データの記載順序などを記載した解説書を添付すること(例:図 4.4)

<必須項目>

- ・ 管理ブロックの中心座標 (x, y, z)
- ・ 計測日時 (年月日・時分秒) : グリッドを通過した最終時刻暦
- ・ 換算密度値

年月日_時分秒	X	Y	Z	密度 (密粒)
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	2.305
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	2.31
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	2.306
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	2.304
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	2.308
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	2.309
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	2.307
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	2.32
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	2.321
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	2.326
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	2.327
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	2.324
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	2.331
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	2.333

図 4.4 ヒートマップのグリッドごとのデータ(例)

(3) ログデータ

施工中に計測された生データをログデータで納品する。(例：図 4.5)

〈必須項目〉

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)
- ・ 計測位置座標 (x, y, z)

〈望ましい項目〉

- ・ GNSS 測位状況

年月日_時分秒	X	Y	Z	GNSS測位状態
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	5
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	5
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	5
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	5
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	5
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	5
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	5
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	5
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	5
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	5
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	5
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	5
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	5
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	5

図 4.5 ログデータの例(施工中の所得時間・所得場所ごとの連続データ)

## 5. 発注者への提出資料

### 5.1. 監督に関する提出資料

発注者の監督に対して適切に対応するため、準備工やアスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

#### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、アスファルト舗装工の監督として、表 5.1 に示す施工状況把握を行うこととなっている。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合にはすぐに提示できるよう作成する資料を整理しておく必要がある。アスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料を表 5.2 に示す。

表 5.1 路盤工およびアスファルト舗装工における施工状況把握の内容  
（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	施工時期	使用材料	把握の頻度
舗装工	路盤、基層、 表層	舗設時	敷均し・締固め状況、 天候、気温、舗設温度	一般：1回／1工事 重点：1回／3,000m <sup>2</sup>

表 5.2 アスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
精度確認結果・システム確認結果 キャリブレーション試験結果	事前チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機器と機能の確認</li> <li>計測精度の確認</li> <li>システム設定の確認</li> </ul>	2.3
品質管理結果	換算密度のヒートマップ・ 平均値	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップと計測範囲</li> <li>管理ブロックのサイズ</li> <li>ヒートマップの結果集計</li> </ul>	4.1
	精度検証結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度検証の方法と結果</li> </ul>	4.2
	ヒートマップのデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップの元となるデータ</li> </ul>	
	ログデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測された生データ</li> </ul>	

## 5.2. 検査に関する提出資料

発注者の検査に対して適切に対応するため、準備工やアスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な検査が実施されるのに必要な以下の資料を整理し、提出しなければならない。

- ・ 本管理要領を適用する範囲を示す資料
- ・ 施工で利用する材料と施工現場で利用した材料の同一性を確認する資料
- ・ キャリブレーション試験結果
- ・ ヒートマップと結果の集計
- ・ 精度検証結果
- ・ ヒートマップ形式のデータとログデータ

赤外線放射温度計を用いた  
アスファルト舗装の温度管理要領（試行案）  
（面的管理要領）

令和7年6月

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

# 目 次

1. 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用の範囲	2
1.3. 管理項目	3
2. 準備工における管理・確認	5
2.1. 適用条件の確認	5
2.2. 使用機器の確認	6
2.3. 事前精度確認試験	8
2.3.1. 赤外線放射温度計の精度確認	8
2.3.2. 計測位置の確認	9
2.3.3. システムの設定の確認	9
2.3.4. システムの確認結果の資料作成・提出(事前)	10
3. アスファルト舗装工における品質管理と確認	12
3.1. 現場位置の確認	12
3.2. 日々の精度確認(表面温度)	13
3.3. 赤外線放射温度計による計測	14
4. 施工管理データの整理	15
4.1. ヒートマップ作成	15
4.2. データ納品の確認	17
5. 発注者への提出資料	20
5.1. 監督に関する提出書類	20
5.2. 検査に関する提出資料	21

## 1. 総則

### 1.1. 目的

本管理要領は、アスファルト舗装工において、ローラに搭載された赤外線放射温度計を用いて温度管理を行う際のシステムの基本的な取り扱いや施工管理方法およびデータ取得方法について定めることを目的とする。

#### 【解説】

本管理要領では、赤外線放射温度計におけるシステムの基本的な取り扱い方法及び現場条件等を示すとともに、システムの特徴を考慮したデータ取得並びに表面温度の確認・把握方法を規定した。

現行の温度管理は、初転圧前などの温度管理を必要とする施工段階において、作業員が接触式の温度計を用いてアスファルト舗装の内部温度を測定することが多く、作業員が屈んで計測を行う必要があり危険を伴っていた。また、接触式の温度計での計測は測点数が増えた場合、作業時間の増加や初期転圧前のアスファルト混合物上に立ち入る回数が増えることとなるが、品質の確保ため望ましくない。対して、赤外線放射温度計を用いることで、以下の3点の活用効果が期待できる。

第一の効果は、作業性の向上である。赤外線放射温度計による品質管理は、施工と同時に赤外線によって舗装表面の温度計測ができ、遠隔地でも試験結果の確認が可能となるため、ローラオペレータの他システム管理者1名で測定が可能となる。

第二の効果は、安全性の向上である。従来手法は作業員が計測機器をアスファルトに挿入することで初期転圧前の温度を確認していたが重機との接触する危険性があった。しかし、赤外線放射温度計を用いることで、作業員が計測機器を用いて温度を計測する必要がなくなるため、重機と接触する危険性が低減される。

第三の効果は、品質管理の精度向上である。従来の温度計測は、離散的な点の測定のみであったのに対し、赤外線放射温度計は表面温度を面的に計測するため、容易に測点を増やすことが可能となる。

上記の活用効果から、赤外線放射温度計を用いた温度管理に置き換えることにより、大幅な作業性の向上と高度な品質確保が期待できる。そこで、現場の作業性や品質管理の向上を目的に省力化が図れる技術の導入に向けた必要事項を定めるものとする。なお、アスファルト舗装工においては、適切な温度状態での締固めが重要となる。そのため、温度管理に合わせて締固め作業についての管理を並行することが望ましい。

## 1.2. 適用の範囲

本管理要領は、アスファルト舗装工において、赤外線放射温度計を用いて温度管理を行う際に適用する。

### 【解説】

現行の品質管理基準では温度測定（初転圧前）が必須の試験項目となっており、規格値は110℃以上と定められている。ただし、混合物の種類によって敷き均しが困難な場合や、中温化技術により施工性を改善した混合物を使用する場合、締固め効果の高いローラを使用する場合などは、所定の締固め度が得られる範囲で、適切な温度を設定と記されている。現行の試験頻度は随時で、摘要には測定値の記録は1日4回（午前・午後各2回）と記されているが、赤外線放射温度計を用いる場合は、施工前に一度温度が正しく計測できているのか確認作業を行えば、試験施工を行う必要はないため、管理作業の省力化が期待される。

本管理要領は、アスファルト舗装工の温度管理を確実かつ効率的に実施するため、システムの基本的な取り扱いと施工管理方法およびデータの整理方法について取りまとめている。

### (1) 赤外線放射型表面温度計を用いた温度管理項目

本管理要領は、現行の品質管理基準に記載されている初期転圧前の表面温度管理において、従来の代替手法として適用できるものとする。現行の品質管理基準および規格値に記載されている管理方法並びに本管理要領による管理方法を表 1.1 に示す。

表 1.1 アスファルト舗装工における温度管理の品質管理基準及び規格値

工種	試験項目	試験方法	規格値	試験基準	摘要
現行の管理方法	下層路盤工	温度計による	110℃以上 ※ただし、混合物の種類によって敷均しが困難な場合や、中温化技術により施工性を改善した混合物を使用する場合、締固め効果の高いローラを使用する場合などは、所定の締固め度が得られる範囲で、適切な温度を設定	随時	測定値の記録は、1日4回（午前・午後各2回）
			赤外線放射温度計	現行と同様	施工時にローラに搭載された赤外線放射温度計によってアスファルト舗装表面の温度を測定し、GNSSによる測位情報をもとに作成したヒートマップまたは数値より良否を判定する。
本管理要領					

## (2) 従来手法との相違点

本管理要領を用いた場合の従来管理手法との相違点を図 1.1 に示す。



図 1.1 従来の管理方法と本管理要領での管理手法の流れ

### 1.3. 管理項目

赤外線放射温度計を用いたアスファルト舗装工における管理項目は、表面温度とする。なお、準備工を含めた、アスファルト舗装工全般について適切な管理を実施するものとする。

#### 【解説】

赤外線放射温度計を用いることで、手元温度計を用いらずともアスファルト舗装工の初期転圧前の表面温度を管理することができる。また、GNSSを併用することで、施工範囲全体を面的に計測することが可能となる。そのため、施工前に使用する赤外線放射温度計の計測精度とGNSSの位置情報の精度を確認する必要がある。

本管理要領での管理項目・確認事項は表 1.2 のとおりである。

表 1.2 本管理要領による管理・確認項目及びその方法

工程	管理・確認項目	管理・確認の方法	参照箇所
準備工	適用条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用工種・使用機械・通信環境・現場条件を確認</li> </ul>	2.1
	使用機器の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管理に必要な機能を持った機器が揃っていることを確認</li> </ul>	2.2
	計測精度の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管理に必要な精度をシステムが確保していることを確認</li> </ul>	2.3
施工時の品質計測	現場位置の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現場に設置した基準点上に計測機器を設置し、RTK-GNSS で得られる計測結果を比較</li> </ul>	3.1
	精度確認（表面温度）	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日々の精度を担保するため、施工直前と施工後に同一の箇所を計測し温度が正しく計測できているか確認</li> </ul>	3.2
	赤外線放射温度計による計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工範囲内におけるアスファルト舗装の表面温度を計測</li> <li>● システムの車載モニタにより、施工範囲全体の温度をリアルタイムで管理</li> </ul>	3.3
データの整理	報告書の作成	〈計測結果の確認〉 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 50 cm以下のメッシュのヒートマップより、施工範囲全体において規定以上の温度を確保していることを確認</li> </ul>	4.1
		〈データ納品の確認〉 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工範囲全体のヒートマップを出力</li> <li>● 現場座標系に合わせた 50cm メッシュのデータを出力</li> </ul>	4.2

## 2. 準備工における管理・確認

### 2.1. 適用条件の確認

赤外線放射温度計を用いた表面温度管理の適用可否を、使用機械、施工現場の地形や立地条件、施工規模及び土質の変化などの条件を踏まえて判断しなければならない。

#### 【解説】

##### (1) 使用機械

表面温度の計測作業に使用する機械は、本管理要領の適用機種であるタイヤローラ、タンDEMローラ、振動ローラ、コンバインドローラ、マカダムローラとする。

##### (2) 通信環境

本管理要領で定める手法は、施工範囲の全面を連続的に計測する手法である。計測結果が施工範囲全体を計測したことを評価するためには、計測位置の取得が必須となる。RTK-GNSS を用いる場合は、衛星や無線の受信が可能であることを確認する。

##### (3) 施工条件

表面温度と内部温度の差が大きく乖離するような施工条件ではないことを確認する。

例) 撒きだし直後など

なお、以下の現場条件時は表面温度と内部温度の差が大きく乖離してしまうことがあるため、十分に注意し施工を行うこと。

- ・ 冬季により、舗設前の路盤または基層が著しく低温の場合
- ・ 転圧時にローラやタイヤへの付着物防止のために行う散水が温度への影響を与えると考えられる場合

##### (4) 表面温度の管理

表面温度の管理は、以下の機能を有するものを準備しなければならない。

- ・ ディスプレイで施工範囲を選択
- ・ データ記録時の一時停止および再開
- ・ データをクラウドサービスへアップロード

## 2.2. 使用機器の確認

赤外線放射温度計を用いた表面温度の計測を行う際、使用するシステムのメーカー、型番、構成機器等を施工計画書に記述する。使用するシステムは管理に必要な諸機能を有していなければならない。

### 【解説】

#### (1) システムの主な構成の確認

赤外線放射温度計を用いた表面温度管理システムは、図 2.1 に示すような位置情報を取得する装置、アスファルト舗装の温度を計測する装置、リアルタイムで温度状況を確認する装置で構成されている。なお、使用する機器のメーカーごとに取付け方法が異なるため、事前に確認をすること。

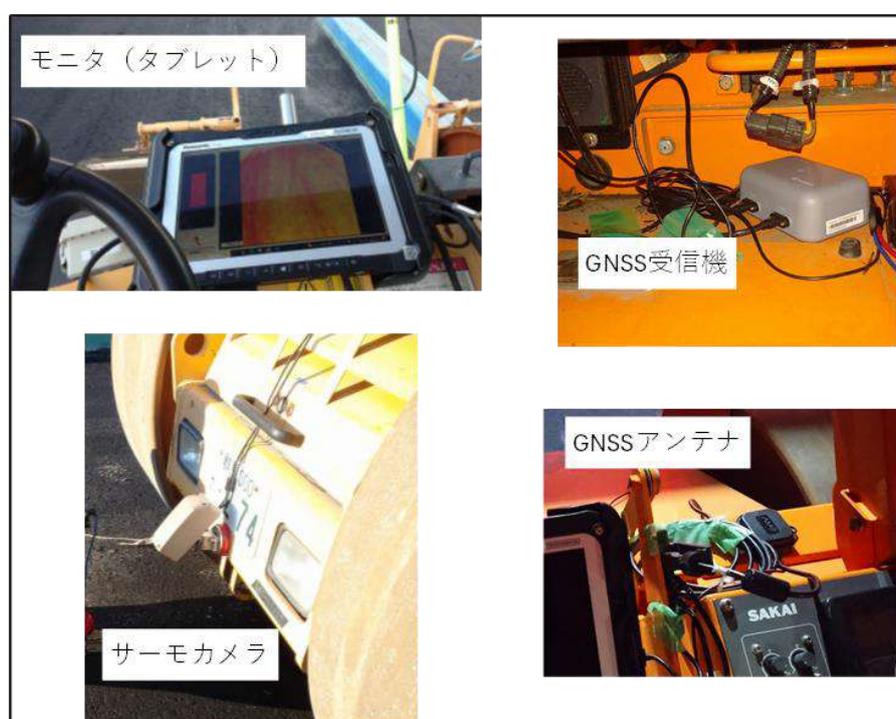


図 2.1 システム構成図 (例)

#### (2) 必要な機能の確認

##### ① 計測位置情報取得機能

計測結果の位置を定めるための機能で、主に RTK-GNSS が用いられる。計測結果を正しく判定するためには計測位置が安定かつ連続的に取得できることが重要である。計測位置の取得精度については、RTK-GNSS などのカタログ・性能仕様書により確認するとともに、計測開始および終了時に現場内の座標既知点にて正しい座標が計測できていることが望ましい。

##### ② 赤外線放射温度計

ローラに取付けることでアスファルト舗装の初期転圧前温度を計測可能とした装置。事前精度確認試験で得られた結果を元にアスファルト舗装の温度を算出する。

③ 計測温度の表示装置

アスファルト舗装初期転圧前の温度や転圧時の温度を表示する装置。計測範囲の温度を表示することで、転圧前の温度確認作業の短縮や適切な転圧温度範囲内か確認しながら施工を可能とする。

④ 計測結果の記録装置

赤外線放射温度計で計測した範囲のヒートマップを作成し、記録する装置。記録したヒートマップをクラウド上へアップロードすることで遠隔地でも確認を可能とする。

(3) 使用機器の確認結果

使用機器の確認を行った結果をチェックシートにて確認する。確認結果は、次節の精度確認結果に合わせて記録・提出する。

表 2.1 使用機器の確認チェックシート

項目		確認内容	チェック欄
機器構成		① 計測位置情報取得機能 ② 温度計測機能 ③ 計測結果表示機能 ④ 計測結果記録機能	
必要な機能	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>● 計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> <li>● スペック要求性能として、水平±20mm, 鉛直±30mm 以下であることが望ましい。</li> </ul>	
	②温度計測機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自動かつ面的に温度を計測可能か？</li> <li>● 可搬性があり、計測範囲全体を効率的に計測可能か？</li> <li>● 管理ブロックサイズ以下で計測が可能か？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>● 計測と同時に温度をメッシュ毎に表示できるか？</li> <li>● 管理ブロックサイズ以下で表示が可能か？</li> </ul>	
	③計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計測結果を位置情報と併せて自動記録できる機能があるか？</li> <li>● 計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力可能か？</li> </ul>	

## 2.3. 事前精度確認試験

### 2.3.1. 赤外線放射温度計の精度確認

赤外線放射温度計を用いて初期転圧前のアスファルト舗装の温度管理を行う際、機器が正しく計測できているのかを施工前に確認する必要がある。そのため、赤外線放射温度計と従来手法の温度計で計測しその差を確認、基準値を満たしているか確認する。なお、本管理要領に記載している赤外線放射温度計はアスファルト舗装の表面温度を計測する技術と内部温度を計測する2つの技術のいずれかを使用して初期転圧前のアスファルト舗装の温度管理を行う。

#### 【要求性能】

赤外線放射温度計と従来手法の温度計で計測した温度が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内

#### 【解説】

施工前に赤外線放射温度計が正しく温度計測できているのかを確認する必要がある。そのため、施工範囲内で任意の同一2箇所以上で赤外線放射温度計と手元温度計による計測を行い、その差が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内を満たしているか確認すること。その際、計測した温度が $110^{\circ}\text{C}$ をはさんで $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以上離れた温度とする。

例) 1測点目が $100^{\circ}\text{C}$ で2測点目が $110^{\circ}\text{C}$ となり、手元温度計と赤外線放射温度計で計測した温度の差が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内を満たしていること。



写真 2.1 計測温度精度確認 (例)

### 2.3.2. 計測位置の確認

計測の実施前に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測の実施前に現場の既知点との差で確認する。

水平(x, y) : ±50mm 以下

※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを確認する。

#### 【解説】

#### (1) 現場位置計測精度の確認

計測結果が現場の位置座標に合致していることを現地で確認する。現場での既知点（工事の出来形管理等で用いる任意の既知点で良い）上で、本システムを用いた位置計測を行い、所定の要求精度内の計測精度を有していることを確認する。

RTK-GNSS の計測位置（平面）とローラの計測位置（平面）が異なる場合はオフセット値の入力を行い、ローラの計測位置が正確に計測できることを確認する。

#### (2) リアルタイム計測の確認

計測位置が連続かつリアルタイムに更新されていることを現地で確認する。現地に基線を設定、基線上での計測と同時に結果が得られることを確認する。システムの計測速度に合わせて結果の表示が正しく更新され、結果の確認に支障をきたさないことを確認すること。

### 2.3.3. システムの設定の確認

赤外線放射温度計を用いた温度計測と同時に計測範囲を適切に管理するために、以下の設定を行う。

#### 【解説】

#### (1) 計測範囲の設定

本管理要領における温度管理は、施工範囲全体の温度を計測することを目的としており、計測漏れをおこさないように計測範囲を設定することが望ましい。計測範囲の設定例を図 2.2 に示す。

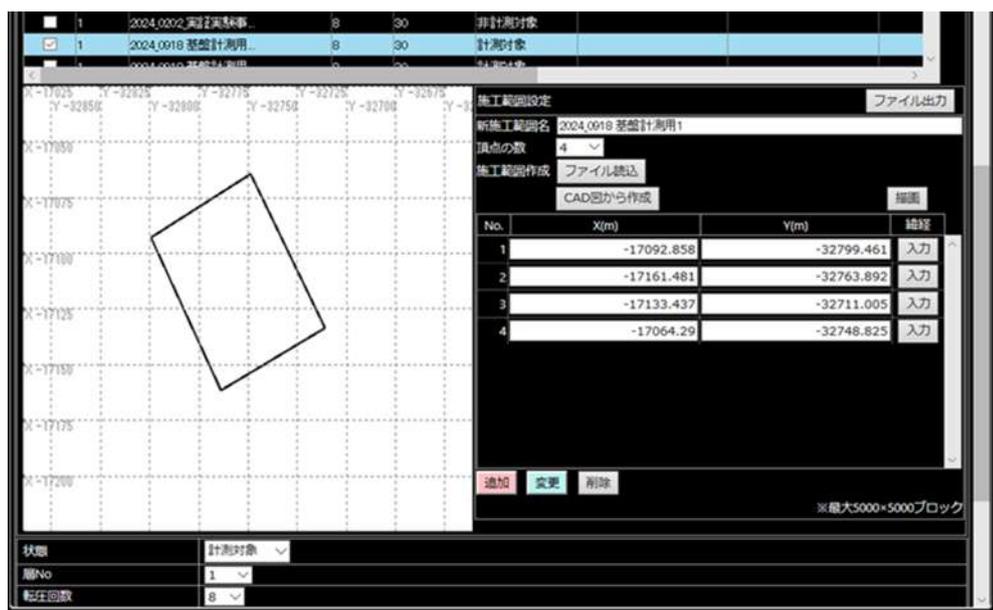


図 2.2 計測範囲の設定 (例)

## (2) 管理ブロックサイズの設定

本管理要領における温度管理は、50cm 以下の管理ブロックサイズで計測・管理を行うこととすることが望ましい。

### 2.3.4. システムの確認結果の資料作成・提出(事前)

赤外線放射温度計を用いて温度管理をする場合は、システムに必要な機能の確認結果、事前精度確認試験結果を確認した結果を監督職員に提出する。

#### 【解説】

前節に示す要領にしたがって、システムに必要な機能の有無、確認結果および事前計測精度確認結果を、以下に示すチェックシートに記載し、監督職員に提出する。

### 事前確認チェックシート (暫定案)

令和 年 月 日

工 事 名 : \_\_\_\_\_

受注会社名 : \_\_\_\_\_

作成者 : \_\_\_\_\_ 印

確認項目	確認内容	確認結果	
適用条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適用工種は適正か？</li> <li>・使用材料は適正か？</li> <li>・通信環境は訂正か？</li> <li>・現場条件は適正か？</li> </ul>		
使用機器の構成	以下の機能を有しているか？ ①計測位置情報取得機能 ②温度計測機能 ③計測結果表示機能 ④計測結果記録機能		
機能 の 確 認	①計測位置情報取得機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測位置情報を正確に取得可能か？</li> <li>・計測位置情報を連続的に取得できるか？</li> </ul>	
	②温度計測機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動かつ面的に温度を計測可能であるか？</li> <li>・可搬性があり、計測範囲全体を効率的に計測可能であるか？</li> <li>・50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで計測が可能であるか？</li> </ul>	
	③計測結果表示機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工範囲のメッシュ分割と計測結果のヒートマップを同時に表示できるか？</li> <li>・計測と同時に温度をメッシュ毎に表示できるか？</li> <li>・50cm メッシュ以下の管理ブロックサイズで計測結果表示が可能であるか？</li> </ul>	
	④計測結果記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測結果を位置情報と併せて自動記録できるか？</li> <li>・計測結果を現場平面図などに配置し、施工範囲全面の計測結果をヒートマップとして、出力（データ出力）できる機能か？</li> </ul>	
計 測 精 度 の 確 認	①計測位置の事前精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既知点※との水平方向の差が±50mm 以内であるか？</li> <li>※出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点</li> <li>・計測位置が連続かつリアルタイムに更新されているか？</li> </ul>	
	②システム設定の確認	<計測範囲の設定> 施工範囲全体が計測対象として設定されているか？ <管理ブロックのサイズの設定> 管理ブロックサイズは50cm で計測・管理できるか？	

図 2.3 事前確認チェックシート (暫定案)

### 3. アスファルト舗装工における品質管理と確認

#### 3.1. 現場位置の確認

GNSS アンテナを設置した計測システムを現場の既知点上に配置し、計測システムで得られる位置が相違ないことを確認する。

水平(x, y) ±50mm 以下

※既知点は、出来形管理で利用している基準点あるいは同等の精度を有する任意の既知点  
確認の頻度は、1回の計測（又は1日）につき2か所とし、計測の開始前と終了後とする。

#### 【解説】

作業開始前および計測後に、計測位置が正しく計測されていることを確認する。計測座標の比較は、現場で用いている基準点から求めた座標との差で比較する。比較にあたっては次の事項に留意する。

- RTK-GNSS の計測位置（平面）と赤外線放射温度計の計測位置（平面）が異なる場合はオフセットを行った値で比較すること。
- RTK-GNSS を用いる場合は、安定的に FIX 解が得られていることが望ましい。

### 3.2. 日々の精度確認（表面温度）

赤外線放射温度計を用いてアスファルト舗装の表面温度管理を行う際、計測機器の精度を担保するため、施工直前と施工終了後に従来手法の温度計測と赤外線放射温度計で同一の箇所計測する。

**【要求精度】**

赤外線放射温度計と従来手法による温度の差：±3℃以内

**【解説】**

赤外線放射温度計の日々の精度を担保するために、施工直前に正しく表面温度が計測できていることを確認する。

赤外線放射温度計による計測は、50cmメッシュ以下の管理ブロックで行い、管理ブロックごとに平均値、最頻値、最低値を用いることができる。

計測した温度の確認は同一の2箇所で赤外線放射温度計と手元温度計の差が±3℃以下であること。計測手順は前項2.3.1に示す。

日々の精度確認試験シート(表面温度) 暫定案						
					工 事 名 : _____	
					受注会社名 : _____	
					作 成 名 : _____ 印	
日時	赤外線放射温度計 (℃)	従来手法温度計 (℃)	温度差	判定 (○・×)	確認結果	規格値
○/○ (施工前)						±3℃
○/○ (施工前)						
○/○ (施工前)						
○/○ (施工前)						

図 3.1 日々の精度確認試験シート（暫定案）

### 3.3. 赤外線放射温度計による計測

受注者は赤外線放射温度計を用いて、施工範囲内におけるアスファルト舗装の表面温度を計測する。計測した温度は車載モニタにより、施工範囲全体の温度をリアルタイムで管理する。

#### 【解説】

受注者はモバイル通信およびGNSS受信精度の確認ができたのち、赤外線放射温度計を用いて初期転圧前のアスファルト舗装表面温度を計測する。計測した温度は、車載モニタにより、施工範囲全体の温度をリアルタイムで管理する。なお、表面温度を計測するにあたり次の事項に留意しなければならない。

- 捕捉される衛星の個数が多くても、衛星の配置が悪いと一時的に測位精度が悪いFLOAT解になることがある。この場合、FIX解に回復するまで作業を中断する。これは、作業を中断しない場合は、その範囲を従来手法で管理しなければならないためである。

なお、GNSSの受信状況精度が悪くFLOAT解が続き、本管理要領で温度計測が難しい場合は従来手法を用いて温度管理を行っても良い。ただし、本管理要領で計測できなかった箇所に関しては、従来手法で改めて計測すること。

## 4. 施工管理データの整理

### 4.1. ヒートマップ作成

赤外線放射温度計を用いた温度管理について、ヒートマップおよび集計表を作成する。  
また、整理した結果を取りまとめた報告書を作成する。

#### 【解説】

##### (1) 計測結果（ヒートマップ）の整理・確認

計測した結果は、データ記録媒体あるいはクラウドを経由して記録され、施工範囲全体に対する50cmメッシュ以下のヒートマップとして表示・出力されることが望ましい。

ヒートマップは、図4.1に示すように、規格値に適合する範囲、規格値を超える範囲など、温度に応じて色分けできる必要がある。

また、ヒートマップのほかに管理ブロックで表示された温度計測結果の集計を表示・出力できること。



図 4.1 表面温度のヒートマップ（例）

##### (2) 報告書の作成

ヒートマップの計測結果の提出に際しては、上記（1）に加えて、以下の情報を添付して報告する。

#### 〈必須の入力事項〉

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測システム名
- ・ 試験日・天候・計測者・計測範囲
- ・ 目標温度
- ・ 精度検証結果

### 赤外線放射温度計による温度測定結果報告書

- ・ 工事名・受注会社名
- ・ 計測システム名
- ・ 試験日・天候・計測者・計測範囲
- ・ 目標温度

#### ヒートマップ



#### 精度確認結果

##### 日々の精度確認試験シート(表面温度) 暫定案

工事名: \_\_\_\_\_

受注会社名: \_\_\_\_\_

作成名: \_\_\_\_\_ 印

日時	赤外線放射温度計 (°C)	従来手法温度計 (°C)	温度差	判定 (○・×)	確認結果	規格値
○/○ (施工前)						± 3°C
○/○ (施工前)						
○/○ (施工前)						
○/○ (施工前)						

図 4.2 報告書 (例)

## 4.2. データ納品の確認

本管理要領で計測した以下の結果を納品する。

(1) 報告書

- ・ 密度測定結果報告書 (PDF)
- ・ 精度確認結果報告書 (PDF)

(2) ヒートマップのデータ

上記 (1) の元となる計測データを納品する。

(3) ログデータ

施工中に計測された生データを納品する。

### 【解説】

ログファイル（赤外線放射温度計で計測した温度、計測時刻、位置情報、測位状況を記録するもの）も電子データの形式で保管し、「工事完成図書」の電子納品等要領で定める「OTHERS」フォルダに格納する。

(1) 報告書

温度計測結果は、施工範囲全体の計測が完了していることがわかる資料として作成し納品する。また、精度確認試験の結果については、報告書を作成し納品する。

## (2) ヒートマップのデータ

温度計測結果のヒートマップの元なるデータを納品する。データは、公共座標系に準拠することとし、管理ブロックの中心座標に表面温度を関連付けたものとする。データの順序は問わないが、データの記載順序などは記載した解決書を添付すること。(例：図 4.3)

〈必須項目〉

- ・ 年月日・時分秒：グリッドを通過した最終時刻暦
- ・ 管理ブロックの中心座標 (x, y, z)
- ・ 表面温度

年月日_時分秒	X	Y	Z	表面温度
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	152
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	155
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	156
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	153
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	154
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	151
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	155
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	152
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	159
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	155
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	154
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	152
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	150
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	157

図 4.3 ヒートマップのグリッドごとのデータ (例)

### (3) ログデータ

施工中に計測された生データをログデータで納品する。(例：図 4.4)

〈必須項目〉

- ・ 計測日時 (年月日・時分秒)
- ・ 計測位置座標 (x, y, z)
- ・ GNSS 測位状況

年月日_時分秒	X	Y	Z	GNSS測位状態
250220__85623	-87642.813	30181.735	71.088	5
250220__85624	-87642.347	30181.554	71.105	5
250220__85625	-87641.881	30181.373	71.102	5
250220__85626	-87634.892	30178.652	71.096	5
250220__85627	-87634.426	30178.471	71.115	5
250220__85628	-87633.96	30178.29	71.128	5
250220__85629	-87633.494	30178.108	71.127	5
250220__85630	-87633.028	30177.927	71.142	5
250220__85631	-87632.562	30177.746	71.142	5
250220__85632	-87646.256	30182.539	71.179	5
250220__85633	-87645.79	30182.357	71.178	5
250220__85634	-87645.324	30182.176	71.172	5
250220__85635	-87644.858	30181.995	71.169	5
250220__85636	-87644.392	30181.813	71.173	5

図 4.4 ログデータの例 (施工中の所得時間・所得場所ごとの連続データ)

## 5. 発注者への提出資料

### 5.1. 監督に関する提出書類

発注者の監督に対して適切に対応するため、準備工やアスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

#### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な監督が実施されるのに必要な資料を整理し、提出しなければならない。

土木工事監督技術基準（案）においては、アスファルト舗装工の監督としては、表 5.1 に示す施工状況把握を行うこととなっている。受注者は、監督職員の施工状況把握（特に資料による把握）に必要な場合にはすぐに提示できるよう作成する資料を整理しておく必要がある。アスファルト舗装工の監督（施工状況把握）で必要となり得る資料を表 5.2 に示す。

表 5.1 アスファルト舗装工における施工状況把握の内容  
（土木工事監督技術基準（案）より）

種別	細別	施工時期	使用材料	把握の頻度
舗装工	路盤、基層、 表層	舗設時	敷均し・締固め状況、 天候、気温、舗設温度	一般：1回／1工事 重点：1回／3,000m <sup>2</sup>

表 5.2 アスファルト舗装工の監督で必要となり得る資料

種別	資料	要点	備考
事前計測精度確認	事前チェックシート	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用機器と機能の確認</li> <li>計測精度の確認</li> <li>システム設定の確認</li> </ul>	2.3
品質管理結果	温度管理のヒートマップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップと計測範囲</li> <li>管理ブロックのサイズ</li> <li>ヒートマップの結果集計</li> <li>計測値の結果集計</li> </ul>	4.1
	精度検証結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度確認の方法と結果</li> </ul>	4.2
	ヒートマップのデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒートマップの元となるデータ</li> </ul>	
	ログデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工中に計測された生データ</li> </ul>	

## 5.2. 検査に関する提出資料

発注者の検査に対して適切に対応するため、準備工やアスファルト舗装工での品質管理に関わる資料を整理し、提出しなければならない。

### 【解説】

受注者は、アスファルト舗装工の品質に関して適切な検査が実施されるのに必要な以下の資料を整理し、提出しなければならない。

- ・ 本管理要領で管理を実施する範囲を示す資料
- ・ 施工で利用する材料と施工現場で利用した材料の同一性を確認する資料
- ・ ヒートマップと結果の集計
- ・ 精度確認結果
- ・ ヒートマップ形式のデータとログデータ