

# I C T舗装における問題点と課題及び工夫について

## 【 工 事 概 要 】

- < 工 事 名 > 平成29年度 清水港新興津ふ頭用地整備事業（清水港）新興津コンテナヤード舗装工事（第1工区）
- < 発 注 者 > 静岡県 清水港管理局
- < 施 工 箇 所 > 静岡市清水区新興津清見寺町地内



図-1 施工箇所位置図

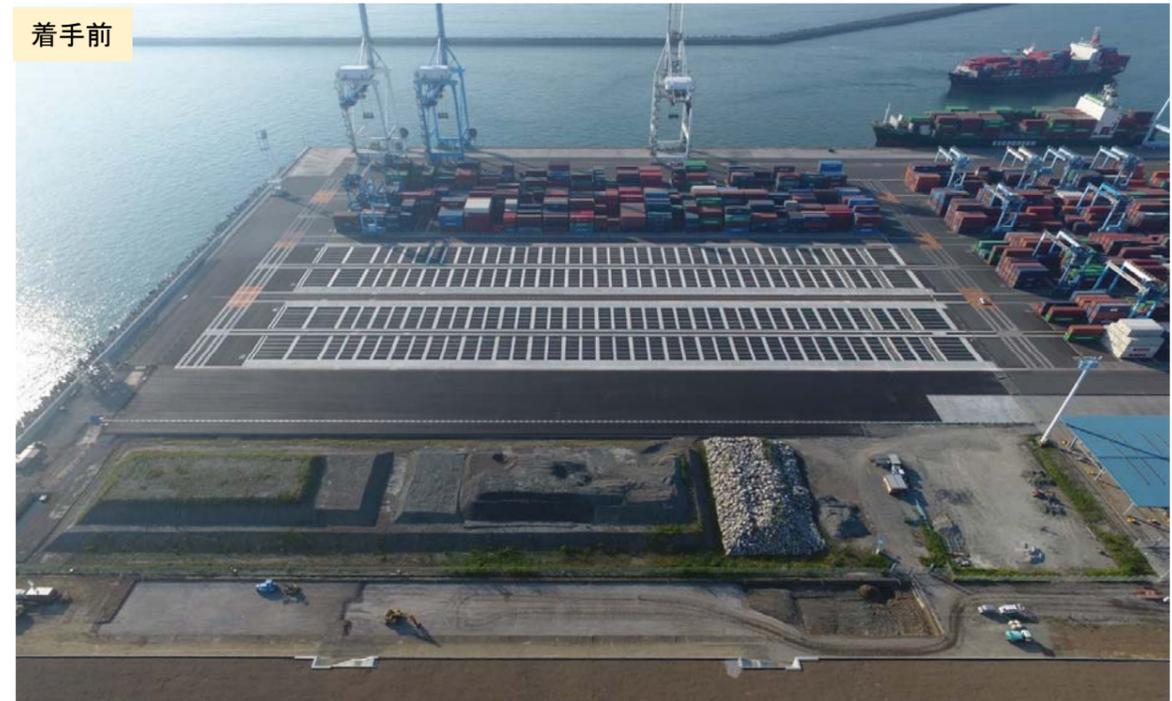
< 工 期 >  
1工区 平成 29年 9月 27日 ～ 平成 30年 3月 26日

< 請 負 金 額 >  
1工区 ¥77,096,000-

### < 工 事 内 容 >

	種別	細別	規格	単位	数量
1工区	アスファルト舗装工	N6舗装工(1)	施工幅 1.4≦b	m2	191
		N5舗装工(1)	施工幅 1.4≦b	m2	4,480
		N5舗装工(半たわみ性)	施工幅 1.4≦b	m2	1,060
	コンクリート舗装工	コンクリート舗装	t=30cm	m2	1,693

## 着手前



## 完 成

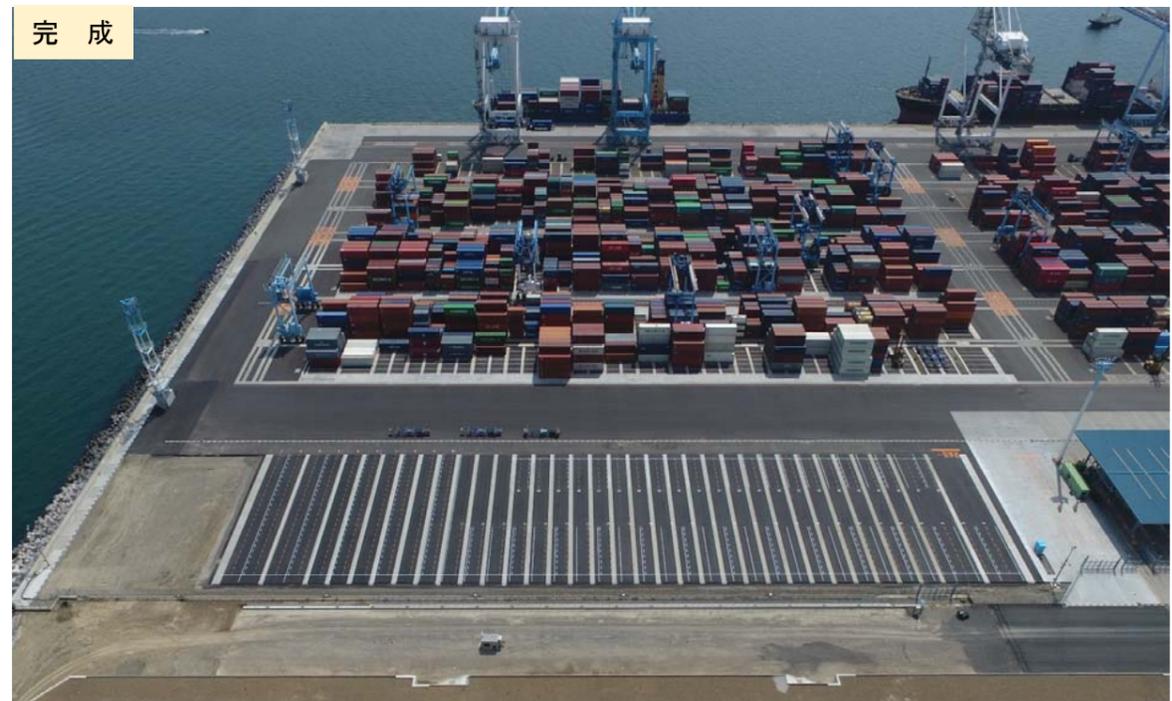
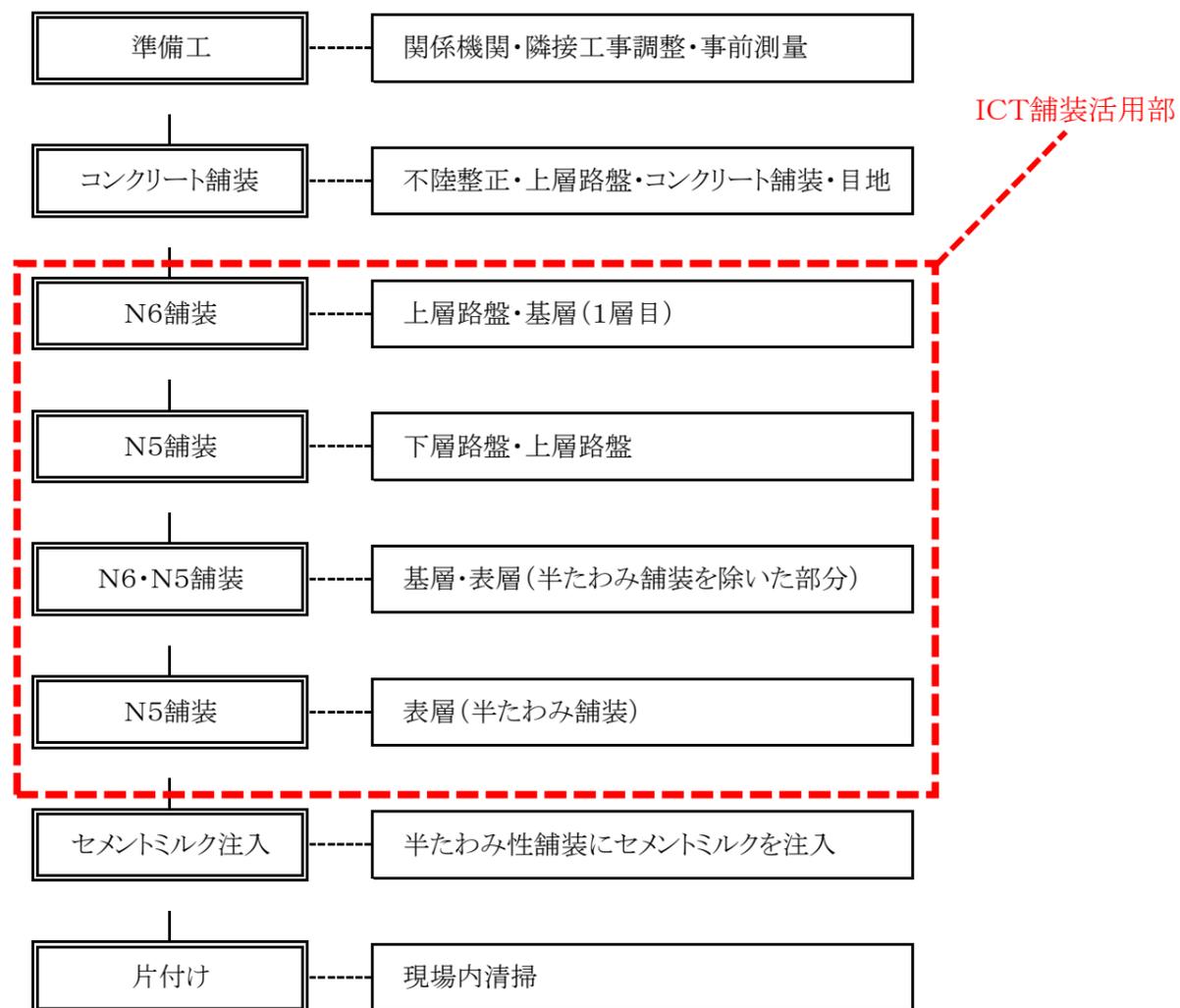


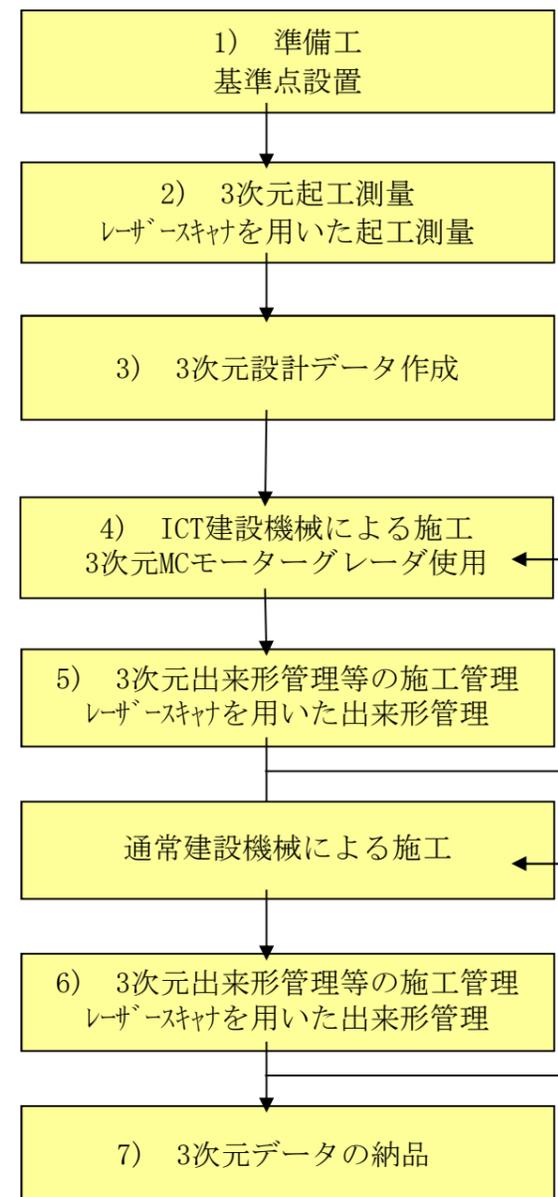
写真-1 着手前(上)及び完成写真(下)

【 施 工 方 法 】

＜ 本工事施工フロー ＞



＜ ICT舗装 施工フロー ＞



1) 準備工

施工に先立ち、基準点を設置します。基準点は4級基準点及び3級水準点の精度を有するものとし、レーザースキャナの精度確認試験を行い、測定精度が平面方向の測定精度±20mm以内、鉛直方向の測定精度±4mm以内であることを確認し、精度確認試験結果報告書(様式-6)を作成します。

<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー : Leica 測定装置名称 : ScanStation C10 測定装置の製造番号 : 1261606</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器 (標定点を計測する測定機器)</p>	
<p>①鉛直方向の測定精度の精度確認方法</p> <p>オートレベル</p>	<p>写真</p> 
<p>②平面方向の測定精度の精度確認方法</p> <p>50mスチールテープ</p>	<p>写真</p> 
<p>測定記録</p> <p>測定期日 : 平成30年 1月25日 測定条件 : 天候 晴れ                   気温 8℃ 測定場所 : 鈴与建設株式会社                   袖師事務所</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p>	
<p>①鉛直方向の測定精度の精度確認方法 □検査面の中心高さ ■検査面の4隅高さ</p>	
<p>②平面方向の測定精度の精度確認方法 テープによる直線距離</p>	

①鉛直方向の精度確認試験結果 (詳細)

<p>①レベルによる検査面の確認</p>		
<p>計測方法 : □検査面の中心 ■検査面の4隅計測結果 : 9.728m</p>		
		
<p>② LSによる確認</p>		
<p>計測結果 : 9.725m</p>		
		
<p>③ 差の確認 (測定精度)</p>		
<p>対象工種 : 表層</p>		
<p>計測距離 : 40m</p>		
	<p>レーザースキャナの計測結果による高さ (Z') - 検査面の高さ (Z)</p>	<p>判定</p>
<p>測定精度</p>	<p>9.725m - 9.728m = -0.003m</p>	<p>(基準値±4mm以内)</p>

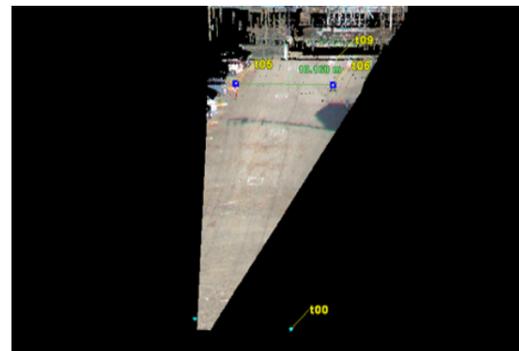
②平面方向の精度確認試験結果（詳細）

①テープによる検査点の確認

計測方法：■テープ □TSによる座標間距離 □TSによる座標値計測計測結果：10.168m



②LSによる確認



3DLSによる既知点の点間距離（L'）

	X	Y	Z	点間距離
1点目	-10.054	40.140	11.193	10.168m
2点目	0.113	40.261	11.160	

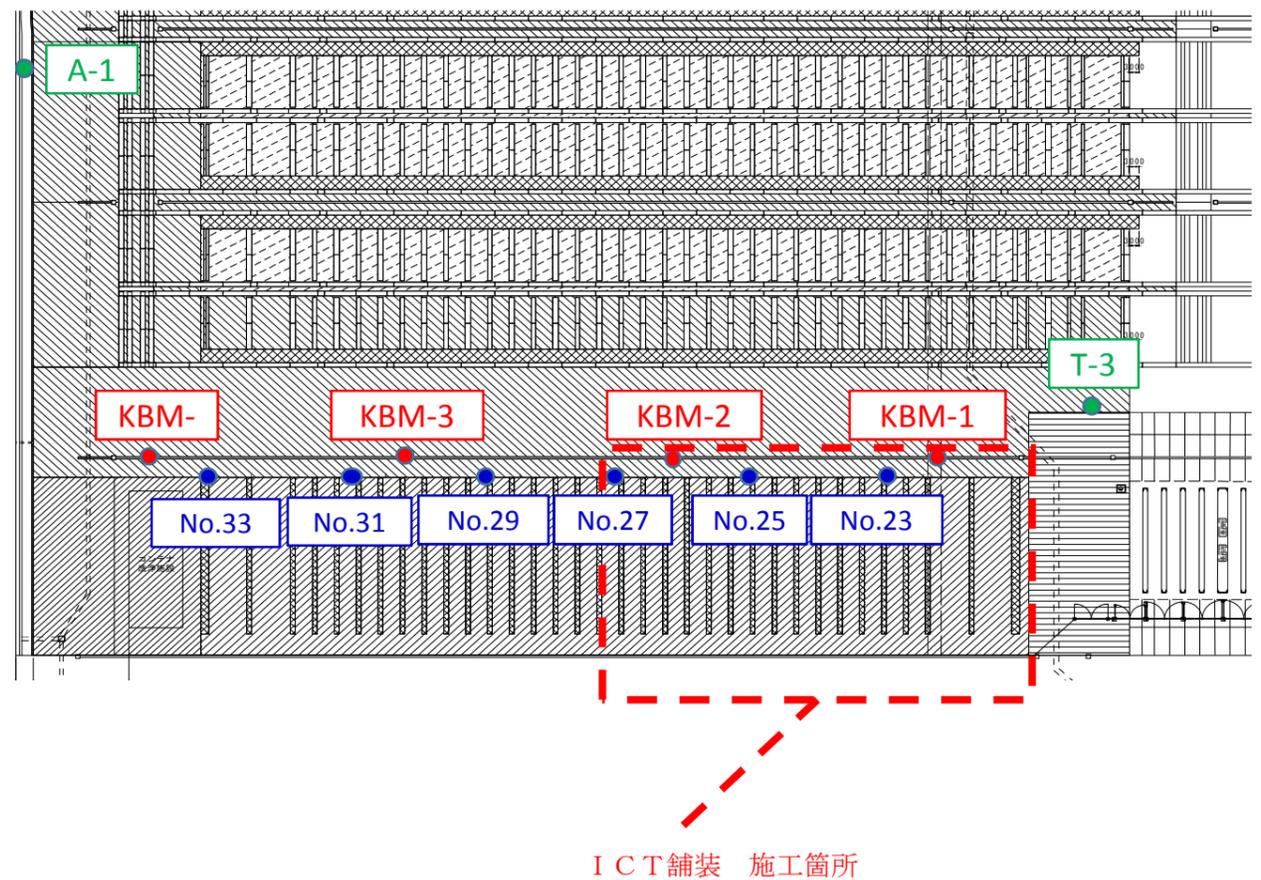
③差の確認（測定精度）

レーザースキャナーの計測結果による点間距離（L'）－ テープによる実測距離（L）  
 $10.168\text{m} - 10.168\text{m} = 0.000\text{m} (0\text{mm})$  ; 合格（基準値20mm以内）

③基準点設置

通常の基準点設置に加え、TSを用いたマシンコントロール（MC）施工を行うことを考慮し、基準点（No.23、No.25、No.27、No.29、No.31、No.33）を設置し、KBM-1～KBM-4を使用して座標を求めた。

基準点設置位置図



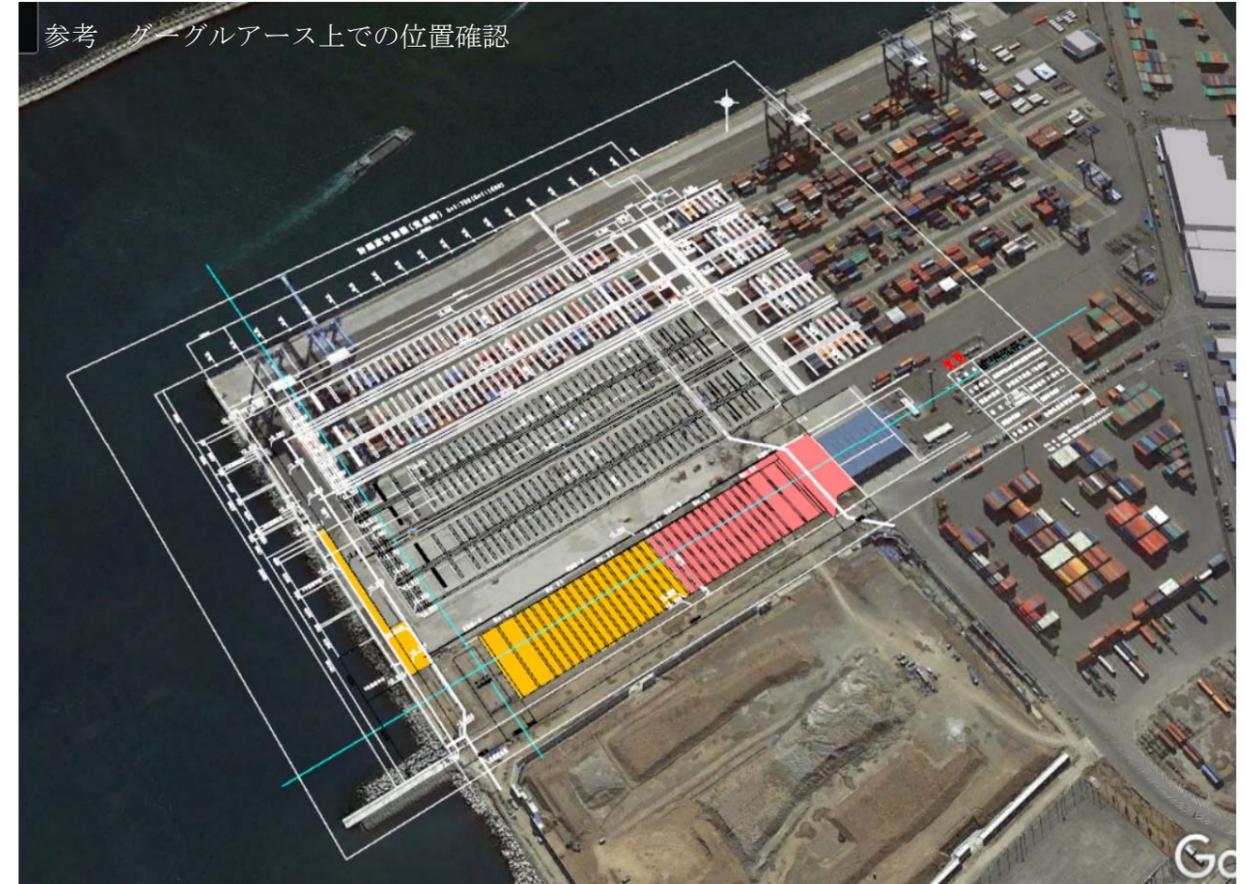
## 2) 3次元起工測量

- ・レーザースキャナーを用いて起工測量を実施。
- ・起工測量時の計測密度は0.25m<sup>2</sup>(50cm×50cm)あたり1点以上が必要であるため、計測距離は40m間隔とした。
- ・上記のデータを扱うソフトウェアは下記のものを利用。

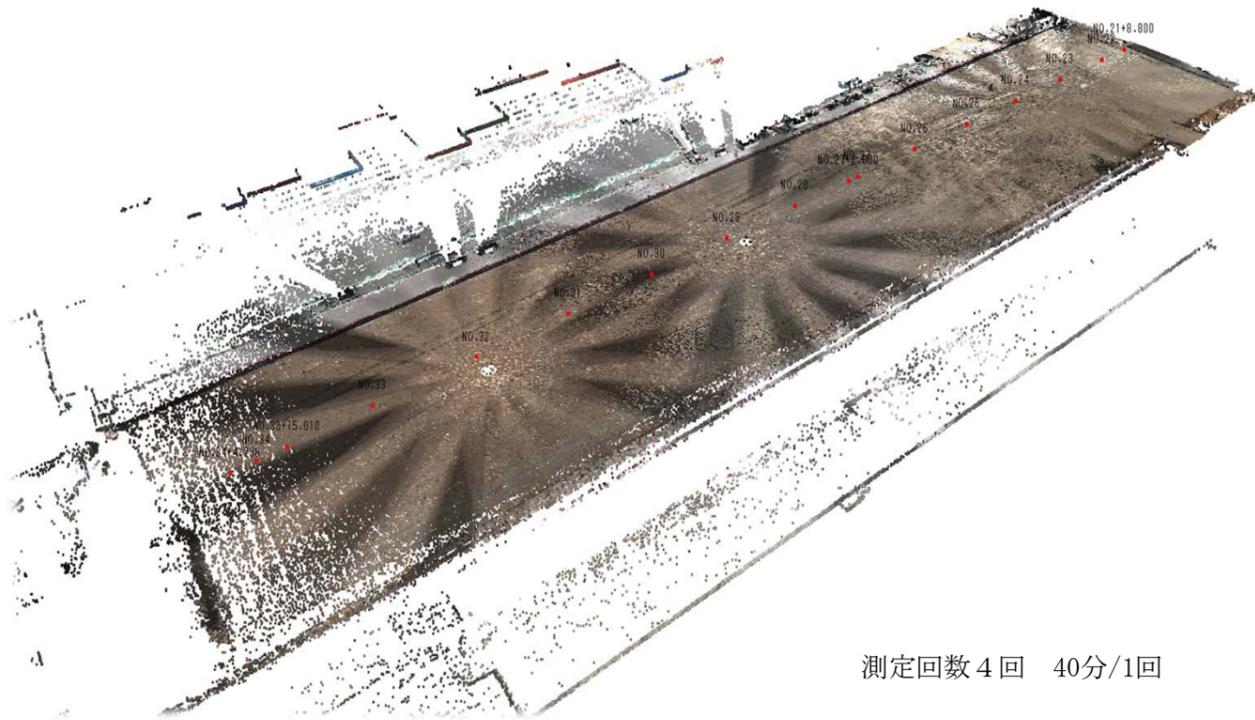
使用点群処理ソフト

- メーカー：ライカジオシステムズ  
ソフト名：Cyclone
- メーカー：建設システム(株)  
ソフト名：SiTE-Scope

### 計測状況

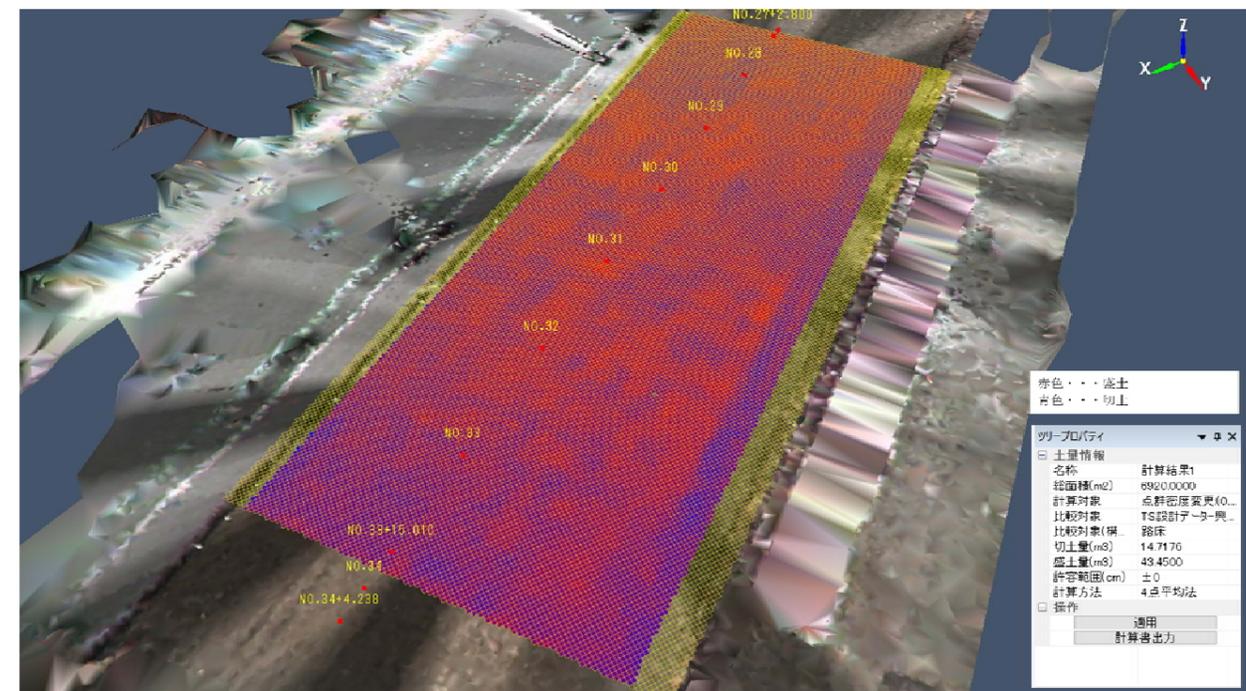


起工測量 点群出力図



測定回数4回 40分/1回

起工測量 土量計算ヒートマップ



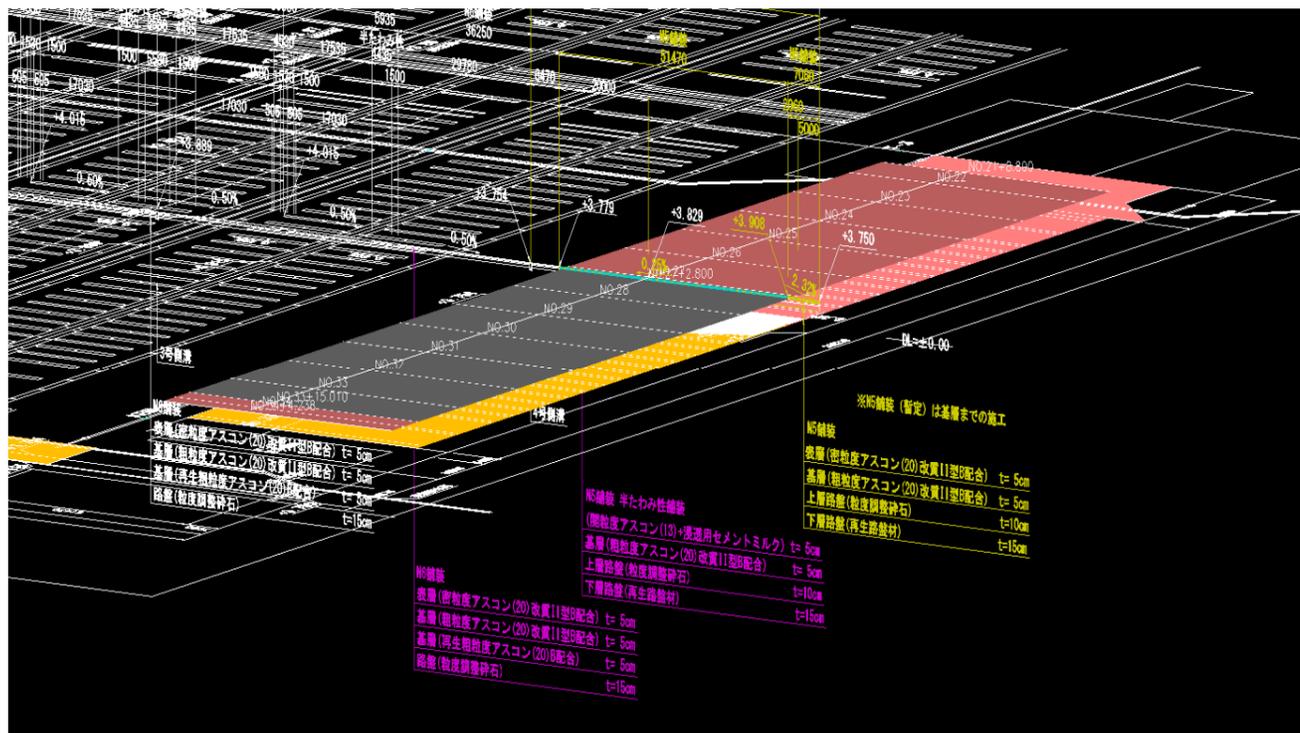
### 3) 3次元設計データ作成

- ・設計図書や起工測量で得られたデータを用いて、ICT建設機械による情報化施工を行うための3次元設計データを作成。
- ・作成後、3次元設計データチェックシート(右図：様式-1)を提出。

使用3次元設計データ作成ソフト

- 1) メーカー：建設システム(株)  
ソフト名：SiTECH 3D
- 2) メーカー：建設システム(株)  
ソフト名：現場大将

3次元モデル



## 第2章 3次元設計データチェックシート

### 第1節 舗装工

(様式-1)

平成 年 月 日  
 工事名：  
 受注者名：  
 作成者： 印

### 3次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び工事基準点	全点	・監督職員の指示した基準点を使用しているか？	
		・工事基準点の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・起終点の座標は正しいか？	
		・変化点(線形主要点)の座標は正しいか？	
		・曲線要素の種別・数値は正しいか？ ・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・縦断変化点の測点、標高は正しいか？	
		・曲線要素は正しいか？	
4) 出来形横断面形状	全延長	・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
		・基準高、幅、法長は正しいか？	
5) 3次元設計データ	全延長	・入力した2)～4)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 受注者が監督職員に様式-1を提出した後、監督職員から様式-1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提示するものとする。

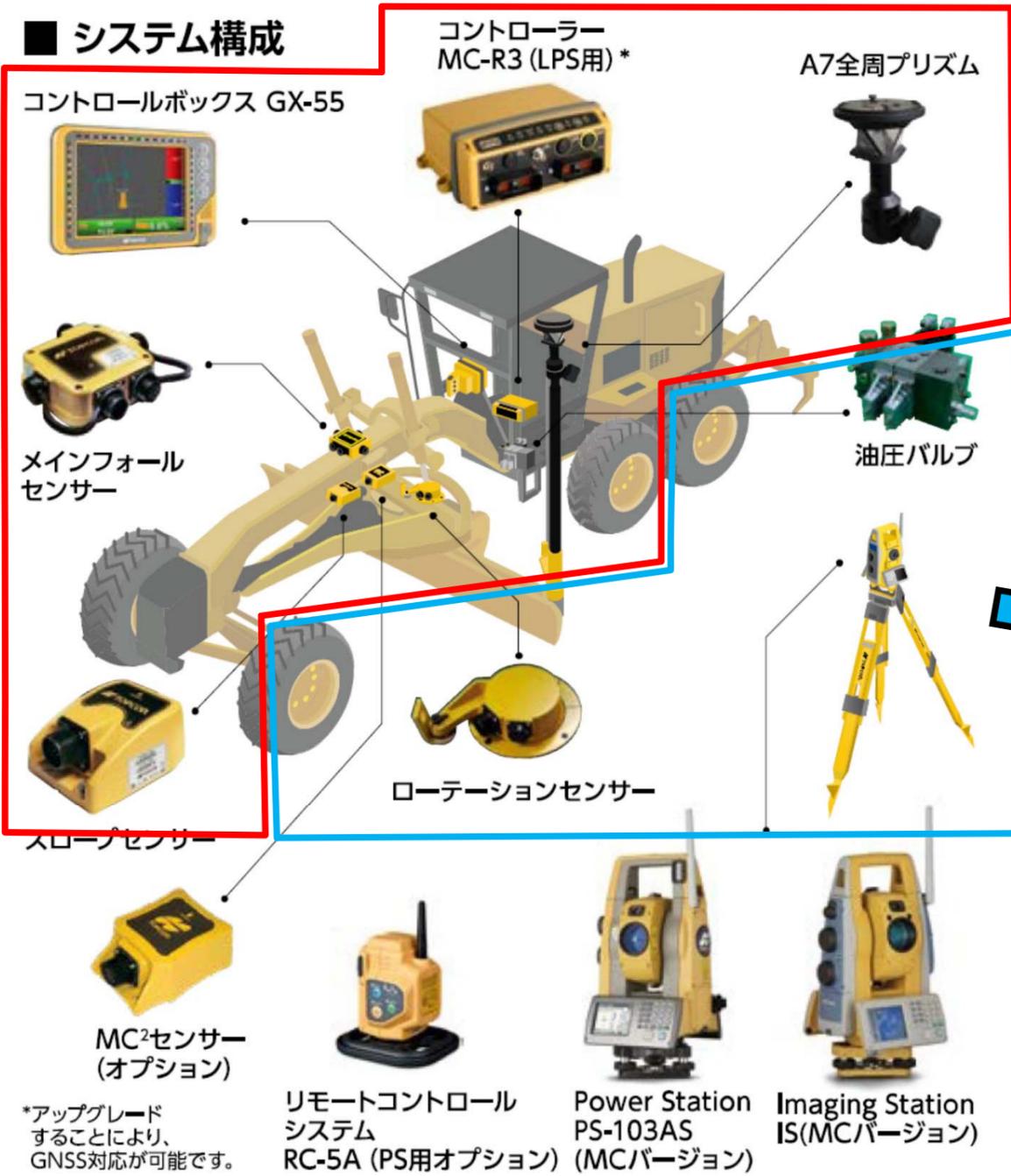
- ・工事基準点リスト
- ・線形計算書
- ・平面図
- ・縦断図
- ・横断図
- ・3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)

※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

4) ICT建設機械による施工

- ・3次元設計データを用いて作成した3次元設計データを用い、3次元MCモータグレーダで施工を実施。
- ・3次元MCモータグレーダの位置・標高をリアルタイムに取得し、ICT建設機械による施工用データとの差分に基づき制御データを作成し、排土板を自動制御する3次元マシンコントロール技術を用いて、敷均しを実施。

■ システム構成



施工状況



施工状況



5) 3次元出来形管理等の施工管理レーザーキャナを用いた出来形管理

1. 出来形管理基準及び規格値 (LS)

○次表に示す工種について、レーザーキャナ (LS) による出来形管理を行う。

工種	測定項目	個々の測定値		測定値の平均		測定基準	測定箇所
		規格値	社内規格値	規格値	社内規格値		
舗装工 (下層路盤工) (面管理の場合)	基準高	±90	±90	—	—	1. 3次元データによる出来形管理において「レーザーキャナを用いた出来形管理要領 (舗装編)」に基づき出来形管理を実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±10mmが含まれている。 3. 計測は設計幅員の内側全面とし、全ての点で標高値を算出する。計測密度は1点/m <sup>2</sup> (平面投影面積当たり) 以上とする。 4. 厚さは、直下層の標高値と当該層の標高値との差で算出する。 5. 厚さを標高較差として評価する場合は、直下層の目標高さ+直下層の標高較差平均値+設計厚さから求まる高さとの差とする。	
	厚さあるいは標高較差	±90	±90	+40 -15	+40 -15		
舗装工 (上層路盤工) 粒度調整砕石 (面管理の場合)	厚さあるいは標高較差	-54	-54	-8	-8		
舗装工 (基層工) (面管理の場合)	厚さあるいは標高較差	-20	-20	-3	-3		
舗装工 (表層工) (面管理の場合)	厚さあるいは標高較差	-17	-17	-2	-2		
	平坦性	—	—	3m <sup>2</sup> プロファイル メーター (σ) 2.4m 以下	3m <sup>2</sup> プロファイル メーター (σ) 1.92 mm以下		

2. 出来形管理写真基準 (LS)

工種	撮影項目	撮影頻度 [時期]	整理条件	摘要
舗装工 (面管理の場合)	厚さまたは標高較差	各層毎1工事に1回 [修正後]	代表箇所各1枚	

撮影にあたっては、次の項目を記載した小黒板を文字が判読できるよう被写体とともに写しこむものとする。

- ① 工事名
- ② 工種等
- ③ 出来形計測範囲 (始点側測点～終点側測点)



3. 使用機械

当該工事において利用する機器およびソフトウェアについて、「レーザーキャナを用いた出来形管理要領」に定められた性能および機能を有するものを使用する。

種別	名称	規格	検定番号	固有番号
レーザーキャナ	Leica ScanStationC10			1261606
3次元設計データ作成ソフトウェア	SiTECH 3D 現場大将			
点群処理ソフトウェア	Cyclone SiTE - Scope			
出来形帳票ソフトウェア	SiTE - Scope 出来形管理システム 快測ナビ			

LS本体

項目	本業務 (計測計画あるいは確認方法)	要領の記載内容
測定精度	様式-2に示される「精度確認試験結果報告書」に基づいて、起工測量時、および出来形計測前に実施する。	鉛直方向で±4mm 平面方向で±20mm ※当該現場での使用から6か月以内に実施したものであること。
精度管理 (LS本体)	巻末に別途添付する。	

4. LSによる計測

① LSの設置

レーザーキャナの機械設置は、「レーザーキャナを用いた出来形管理要領 (舗装工事編) (案)」に準じ、工事基準点上にターゲットを設置し、後方交会法によるレーザーキャナの設置を行う。

② LS計測の実施

LSを用いた計測では、下表の必要な計測点が取得できるように、計測密度を設定し、計測する。

	要領の記載内容	本業務 (実施計画)
起工測量	0.25m <sup>2</sup> あたり1点以上	0.25m <sup>2</sup> あたり1点以上
出来形計測	0.01m <sup>2</sup> あたり1点以上	0.01m <sup>2</sup> あたり1点以上

## 5. データ処理

出来形管理や出来高算出に係わるデータ処理は以下の手順のとおり実施し、出来形評価のための計算方法や数量算出方法は、要領に従った以下の方法で実施する。

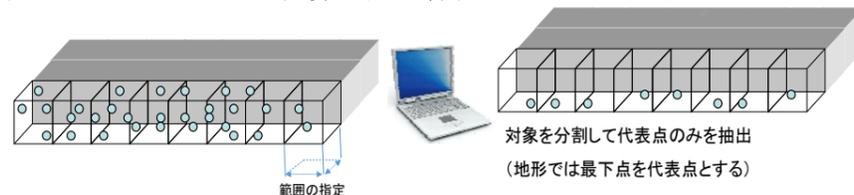
### ①データ処理手順

出来形管理に必要な処理	出来高算出に必要な処理	資料ソフトウェア
1. LS計測 (計測点群データの取得)		Cyclone
↓		
2. 不要点除去		SiTE - Scope
↓		
3. 点群密度の変更 (データの間引き)	8. 数量算出	SiTE - Scope
↓		
4. 点群密度の変更 (グリッドデータ化)		SiTE - Scope
↓		
5. 3次元設計データと出来形評価用データの各ポイント離れの計算		SiTE - Scope
↓		
6. 出来形分布図の作成		SiTE - Scope
↓		
7. 出来形帳票および3次元ビューの作成		SiTE - Scope 出来形管理システム

### ②データ処理および計算方法

	実施方法	要領に示される計算方法
3. 点群密度の変更 (データの間引き)	・最下点	・最下点 ・中央値
4. 点群密度の変更 (グリッドデータ化) 出来形評価用データのため	・T I N法	・個々の実在点 ・最近隣法 ・平均法 ・T I N法 ・逆距離加重法
8. 数量算出	・点高法	・点高法 ・T I N分割法 ・プリズモイダル法

参考図：データ処理および計算方法 最下点



## 7) 3次元データ納品

出来形管理資料は、ICT活用工事に関する基準に基づき、電子成果品として納品する。(出来形管理資料、3次元施工用データを除く、出来形評価用データ、計測点群データ、工事基準点及び評定点データは納品の対象とはしない。) 3次元出来形管理等の施工管理で取得した各施工段階及び完成形状の4次元データ(LAS形式)を、電子成果品とは別に、Shizuoka Point Cloud DBに登録する。

様式-31-2

### 出来形合否判定総括表

工種		舗装工(道路)		測 点		No. 21+8.8~No. 27+2.8	
種別		アスファルト舗装工(下層路盤工(中規模以上))		合否判定結果		異常値無	
測 定 項 目	規 格 値	判 定	社内規格値	判 定	測 点		
基準高	平均値	-2mm	-15~+40	○	-15~+40	○	
	最大値	27mm	±90	○	±90	○	
	最小値	-40mm	±90	○	±90	○	
	データ数	5869	1点/m2以上 (5867点以上)	○			
	評価面積	5867㎡					
	棄却点数	0	0.3%未満 (17点以下)	○			
厚さ	平均値	±0mm	-15~+40	○	-15~+40	○	
	最大値	87mm	±90	○	±90	○	
	最小値	-78mm	±90	○	±90	○	
	データ数	5867	1点/m2以上 (5867点以上)	○			
	評価面積	5867㎡					
	棄却点数	0	0.3%未満 (17点以下)	○			

\*ヒートマップは棄却点を含む全データを表示

	規格値以内のデータ数 (割合)	
	±80%以内	±50%以内
基準高のばらつき	5869 (100.0%)	5869 (100.0%)
厚さのばらつき	5863 (99.9%)	5820 (99.1%)

【ICT舗装の利点】

当工事において、従来施工と比較し、利点となった項目は下記（利点項目一覧表）のとおりであった。

特に効果が高かった、ICT建設機械による施工（3D-MC）の詳細結果を右記に記す。

ICT舗装 利点項目一覧表

起工測量	3Dモデル作成	3D-MC	出来形測量	3D納品
1人で計測できるので、作業の省人化が図れた。	電子野帳データ、ICT建機を操作するデータとして活用できるので、現場を効率的に施工することが可能。	水系による検測がなくなり、安全性が向上した、人工が21人減り省人化に繋がった。	1人で計測できるので、作業の省人化が図れた。	CDへの出力作業が不要となり、作業効率が向上した。
立会時の計測が容易である。	3次元データにより、詳細な設計照査が可能となる。	ブレード高が自動制御されるため、仕上げまでの敷均し回数が減少し、施工日数が1日短縮し作業効率が向上した。	TSで点群を確認するので、計測が容易であった。	
		材料分離がなくなり均一な仕上がりとなり品質向上に繋がった。	検査時、テープによる測定、黒板の用意が不要なので、スピーディーに確認することが可能。	
		丁張部の転圧不足や丁張撤去後の碎石補充、再転圧が不要となり、作業効率が向上した。	面管理による不良箇所見える化で品質が向上した。	

《ICT建設機械による施工詳細結果》

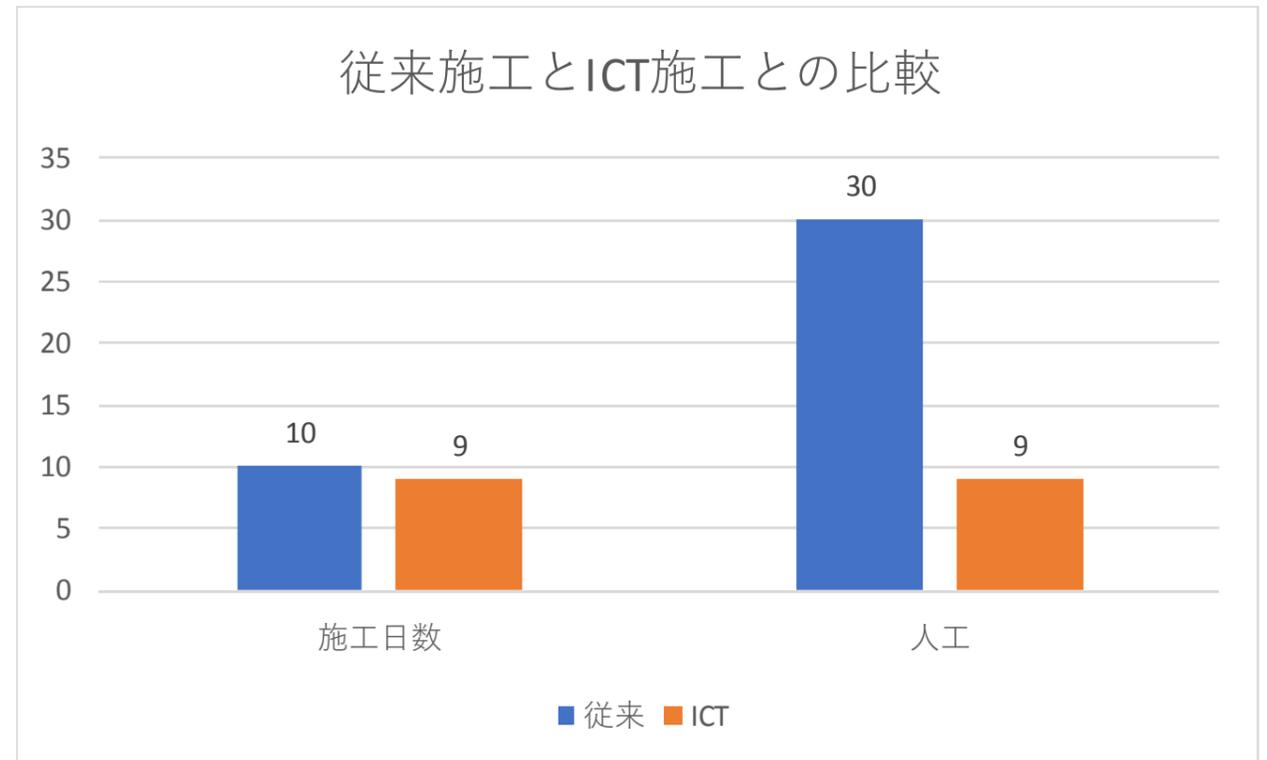
《詳細施工方法》

ダンプトラックより路盤材を荷卸しし、MCグレーダーの操作パネル（下記参照）にてブレードの高さを計画値より、3~5cm程度高めにして、荒整形を行い、その後方よりマカダムローラー、タイヤローラーにて転圧作業を行った。

次に、荒整形完了箇所より、ブレード高を設計値に設定し、仕上がり高に整形し随時転圧を行った。これらの作業を繰り返し路盤を完成させた。

《12,680m2当たりの施工実績》

- ・施工日数 搬入 6日（平均搬入敷均し数量 400m3/日）  
仕上げ 3日
- ・日当たり施工量 1,400m2（通常1,200m2）
- ・施工効率 15%UP



【ICT舗装の問題点と課題】

当工事において、従来施工と比較し、問題点・課題として発生した項目は下記（問題点・課題項目一覧表）のとおりであった。  
各項目における解決策としては、発注者については基準類の改定、受注者については人材育成、ベンダーについてはICT対応測量機械の普及と開発であるとする。

ICT舗装 問題点・課題 項目一覧表

	起工	3次元モデル作成	3DMC	出来形	納品
施工条件	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし
基準類の改定	計測に時間を要する。採取点群量が、0.25m <sup>2</sup> に1点以上なので40m程度までしか測定できず、1回の計測が40分ほどかかる。			計測に時間を要する。採取点群量が、0.01m <sup>2</sup> に1点以上なので40m程度までしか測定できず、1回の計測が40分ほどかかる。	
				レーザスキャナ直下を測定することができず、障害物等の裏側も測定できないので、計測回数が増加する。	
				摺り付け部やマンホールの控除の扱いが不明瞭である。	

	起工	3次元モデル作成	3DMC	出来形	納品
人材育成	ソフト操作にスキルが必要である。	ソフト操作にスキルが必要である。	重機操作にスキルが必要。	ソフト操作にスキルが必要である。	
	不要点の削除に時間を要する。			不要点の削除に時間を要する。	
物理的要因	故障時、代替え機を用意することが困難である。		故障時、代替え機を用意することが困難である。	故障時、代替え機を用意することが困難である。	
				新設アスファルト舗装面は採取データに低密度部分が発生する。	
	点群データ画面				雨やローラーの水等による湿った路面では、データ取得ができない。
				採取データをPCにて解析しなければならぬため、その場での合否判定が不可能。	
設計精度の課題	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし



【ICT舗装の検査時の工夫】

当工事における、検査時の対応として、TSローバー検査を採用し、スムーズな検査を実施することができた。

検査状況



【終わりに】

当工事は、静岡県発注工事において、初のICT舗装活用現場であった。当社においては、これまでの培ってきたICTの実績を活用し、起工測量から納品まですべての過程を、外注に頼らない自前で行った。

ICT施工では、一般的に、TSとMCグレーダー間の通信を妨げる支障物の存在と急な設計変更への対応には注意しなければならないが、平坦かつ見通しが良い本工事においてはそのような事象の発生はなく、起工測量、3次元モデル作成、ICT建機による施工までは、大きな問題もなく順調であった。

しかし、基層、表層の出来形測量では、点群の取得が思うようにいかないことがあった。その原因は、舗設直後のローラーの水、朝の路面の結露等であることが判明し、アスファルト舗装面の観測が難しいことが分かった。

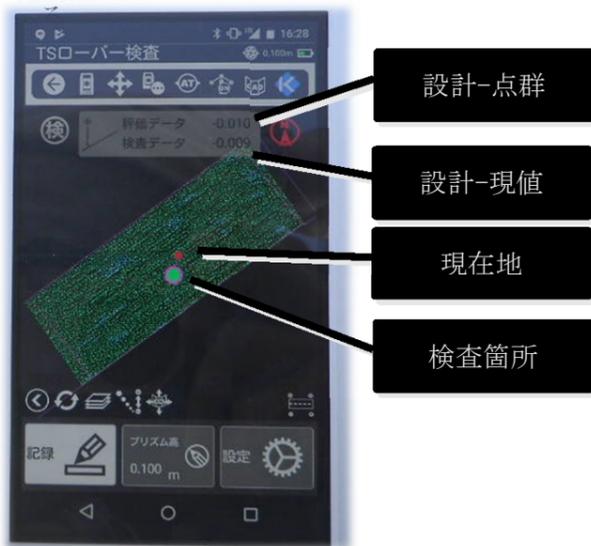
また、起工測量と出来形測量の点群データの取扱いでは、複数のソフトを使いこなさなくてはならないこと、また、データ量が大きいとハード側の不具合が頻発することから、従来業務と比較し非常に大きな負担を感じた。

対応策としては、多くの経験をする事と、機械とアプリケーションの技術発展、及び基準類・規定類の改正、人材育成がキーワードだと考える。

MCグレーダーによる施工では、安全性向上、省人化、施工性向上、品質向上は明らかであった。i-Constructionを含むICT施工は、今まさに黎明期である。まだまだ課題はあるが、柔軟な発想によりICT施工に積極的に取り組み、生産性の向上に繋げていきたい。

最後に、工事にご協力頂いた発注者を始め、関係機関や協力業者の皆様方に心より感謝申し上げます。

検査箇所を指定す



検査箇所へ移動

