

第8章 地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））における出来形管理技術の適用範囲は表8－1のとおりとする。

表8－1 出来形管理技術の適用範囲

1 面管理の場合

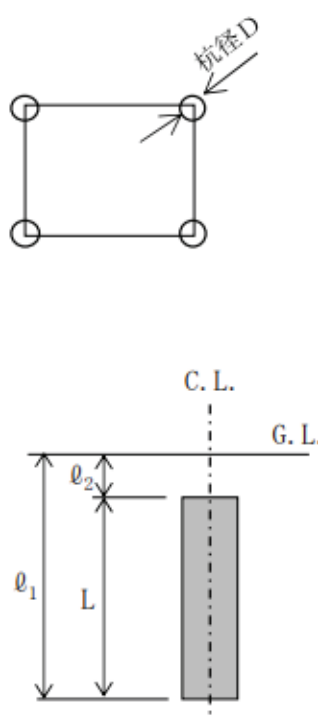
出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
・施工履歴データ	固結工（スラリー攪拌工）	基準高、位置、杭径、改良長	制限なし

第2 出来形管理基準及び規格値

測定項目、規格値、測定基準及び測定箇所は、表8-2のとおりとする。

改良長については、着底管理を求められない現場では、全体改良平面図において改良範囲全体の施工完了を示す着色がなされていることの確認をもって改良長Lの確認に代える。着底管理を求められる現場では、施工管理データ帳票において現場ごとに試験施工等により定めた着底判定基準を満足していることを確認する。

表8-2 出来形管理基準

工種	測定項目	規格値	測定基準	測定箇所
固結工 (スラリー 攪拌工)	基準高▽	0以上	杭芯位置管理表により基準高を確認。	
	位置	D/8以上	全本数。 施工履歴データから作成した杭芯位置管理表により設計杭芯位置と施工した杭芯位置との距離を確認。 (掘起しによる実測確認は不要。)	
	杭径D	設計値以上	1回/工事 施工前の攪拌翼の寸法実測により確認(掘起しによる実測確認は不要。)	
	改良長L	設計値以上	全本数。 施工履歴データから作成した杭打設結果表により確認。 (残尺計測による確認は不要。)	

測定箇所の図は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」(令和5年3月 国土交通省)から引用。

第3 出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順

1 施工履歴データ出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

施工履歴データを用いた出来形管理技術による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア ICT地盤改良機械

建設機械本体や施工中の作業装置位置をリアルタイムに計測・記録するための装置で構成される。施工履歴データは、車載PCから記録媒体（USBメモリー等）にコピーするなどして使用する。適用機種は表8-3のとおりである。別紙-8「ICT地盤改良機の機能、要件及び設定」の機能を有していなければならない。

表8-3 適用機種

工種	適用できる ICT建設機械	施工履歴データ を記録する箇所	施工履歴データ を記録する作業
固結工（スラリー攪拌工）	・3DMG地盤改良機	攪拌装置	改良材攪拌作業

イ 地盤改良設計データ作成ソフトウェア

地盤改良設計データ作成ソフトウェアは、出来形管理や数量算出の基準となる地盤改良の設計形状を示す地盤改良設計データを作成・出力するソフトウェアである。

ここでいう地盤改良設計データは、設計図書等に基づき、改良体番号・杭芯位置（ x, y ）（攪拌装置が多軸の場合は複数）・改良体天端の標高又は施工基面からの計画深度・改良体底面部の標高又は計画深度・杭径 D ・施工基面の標高を入力したものである。

別紙-9「地盤改良設計データ作成ソフトウェアの機能と要件（固結工（スラリー攪拌工））」の機能を有していなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、地盤改良設計データと施工中に記録した施工履歴データを用いて、地盤改良を行う範囲における攪拌回数及び改良材吐出量について、もれなく施工されていることを確認し、これを出来形管理資料として出力するソフトウェアである。

別紙-10「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件（地盤改良工）」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

施工履歴データによる出来形計測は、以下の測定精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用するICT建設機械本体の性能について、監督職員に提出すること。

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の回転軸中心の平面位置（ x, y ）と標高（ z ）の場合）】

水平 (x, y) : 各±100mm 以内
標高 (z) : ±50mm 以内

【静止状態での作業装置位置の測定精度（攪拌装置の回転軸中心の平面位置 (x, y) と施工基面からの深さHの場合）】

水平 (x, y) : 各±100mm 以内
深さ (H) : ±50mm 以内

（カタログ記載に加え、様式-11-5「施工履歴データの精度確認試験実施手順書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」による精度確認試験を行うこと。）

（３）精度確認

I C T建設機械の作業装置位置記録システムの管理が適正に行われていることを確認するため、着工前に現場の平坦な場所において精度確認試験を実施することとする。様式-11-5「施工履歴データの精度確認試験実施手順書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」に従い、本ガイドラインによる出来形管理範囲着工前に精度確認試験を実施し、その結果を様式-11-6「施工履歴データの精度確認試験結果報告書（地盤改良工（固結工（スラリー攪拌工））」を用いて提出する。

なお、I C T建設機械の作業装置位置の測定精度は、以下の要因により変化する。

- ①R T K-G N S Sの位置精度（R T K-G N S Sを測位に使用する場合）
- ②T S等光波方式の器械設置・計測誤差（T S等光波方式を測位に使用する場合）
- ③ソフト処理上の丸め誤差
- ④機械の劣化（刃先の摩耗を含む）

上記の要因等により所要の精度が得られなかった場合は、出来形管理に本ガイドラインを適用せず、従来どおりの管理を行うこととする。

（４）出来形管理の計測手順及び実施手順

ア I C T地盤改良機械の設定

当該現場の条件に応じたI C T地盤改良機械の設定を行い、R T K-G N S S等により取得した攪拌装置の位置をもとに地盤改良を正しく行うため、以下の項目について設定を行う。

（ア）施工箇所の設定

I C T地盤改良機械に地盤改良設計データを入力し、改良体の配置と改良体番号が車載モニターに正しく平面図表示されていることを確認するとともに、改良体番号で指定した任意の改良体が、平面図上の正しい位置に表示されることを確認する。

（イ）施工管理値の設定

所要の攪拌回数及び改良材吐出量は、受注者の提案する管理値を監督職員の承諾のもと設定する。

（ウ）攪拌装置の径の設定

使用する攪拌装置の径を実測し、I C T地盤改良機械に入力する。

イ 攪拌装置位置データ計測器のキャリブレーションの実施

施工着手までに攪拌装置位置データの計測器のキャリブレーションを行い、精度を担保する。キャリブレーション実施方法は、受注者、工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を監督職員の承諾を得た上で採用する。

ウ G N S S等の設置

I C T地盤改良機械を構成する機器にR T K－G N S Sを含む場合には、施工着手までにR T K－G N S S基準局を設置する必要がある。ネットワーク型R T K－G N S Sを用いる場合は、この作業は不要である。

なお、施工履歴データとして記録する攪拌装置の位置は、平面位置 (x, y) については監督職員に指示を受けた基準点と同じ座標系にて記録することとし、深度方向については施工基面からの深度 (H) 又は標高 (z) のいずれかを記録することとする。

エ 地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション

第3 1 (3) により事前に1 m程度の長さで深度計キャリブレーションを実施し、実測値と計器値を校正しているが、攪拌装置の貫入が深くなると実測値と計器値の誤差が生じる可能性があるため、改めて地中貫入をおこない実測値と計器値を合わせる必要がある。そこで、I C T地盤改良機械が計測し、車載モニターに表示するとともに、出来形管理資料作成のために記録する攪拌装置の深さ計測値と、残尺計測による深さ計測値との差が±100mm 以内となるように、深度計のキャリブレーションを行う。地中貫入を行ってのキャリブレーションは、現場ごとに1回、試験杭又は初めに施工する改良体の施工において実施する。キャリブレーション完了後、I C T地盤改良機械が計測する深度と残尺計測による深度の確認結果を様式-11-7「地中貫入を行っての深さ計測値のキャリブレーション結果報告書」に記載し提出する。

第4 出来形管理資料の作成

1 面管理の場合

受注者は、全体改良範囲図・杭芯位置管理表と施工管理データを、施工時の日常管理資料として作成し、出来形管理資料として提出する。

(1) 全体改良範囲図

全体改良範囲図は、攪拌済みの改良体を平面図上に着色表示したものである。攪拌装置位置データをもとに、攪拌装置位置データによる攪拌判定・表示機能の判定基準により当該改良体を改良済みの改良体と判定する。

全体改良範囲図における攪拌済みを示す改良体の色や表示するデータ項目は受注者の任意とするが、以下のデータ項目は必ず含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名、受注会社名
- ・ 全体改良範囲図に示す範囲の施工開始日及び終了日
- ・ 施工範囲（STA、No. 等）
- ・ 工法名

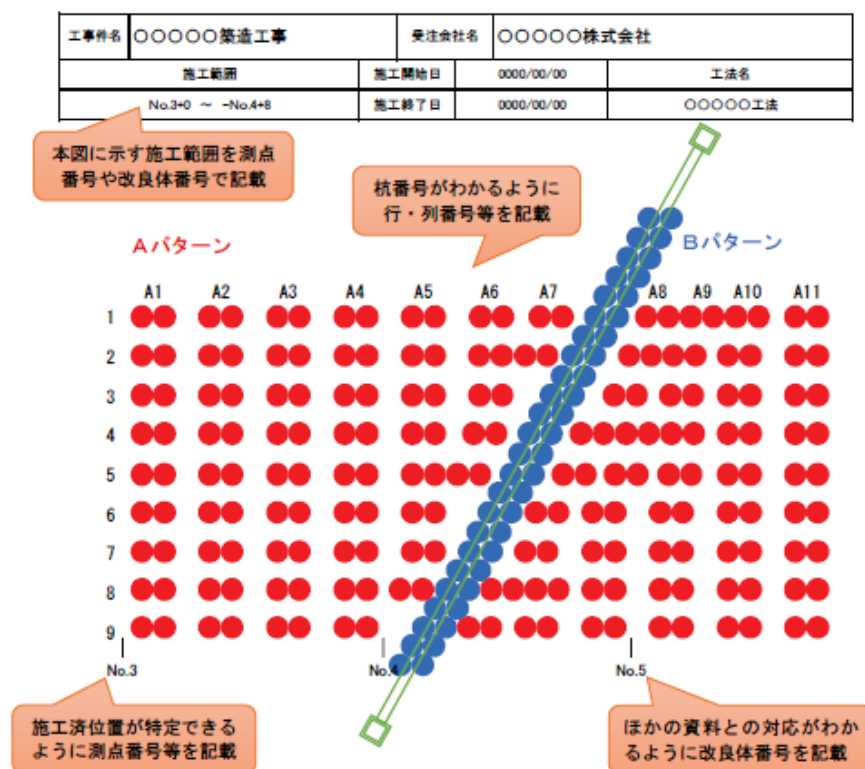


図8-1 全体改良範囲図作成例

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月 国土交通省））

(2) 杭芯位置管理表

施工履歴データをもとに、以下アからウまでのデータを杭芯位置管理表として取りまとめる。

ア 各改良体の設計の杭芯位置（ x ， y ）及び改良体天端の深さ（ H ）又は標高（ z ）

イ 各改良体の施工開始時の回転軸中心位置（ x ， y ）及び改良体天端の深度（ H ）又は標高（ z ）

ウ 上記アと上記イの差（ Δx ， Δy ， ΔH （又は Δz ））

※ 攪拌翼の回転軸が複数ある場合は、それぞれの回転軸について x ， y ， z ， Δx ， Δy ， ΔH （又は Δz ）を記載する。

表 8－4 杭芯位置管理表

工事件名	〇〇〇〇〇〇工事		受注会社名	〇〇〇〇株式会社
施工範囲		施工開始日	〇年〇月〇日	工法名
No. 〇〇 ～No. 〇〇		施工終了日	〇年〇月〇日	〇〇〇〇工法

改良体 番号	設計杭芯位置			施工実績				Δx	Δy	基準高 ΔH 又は Δz	合否 判定
	x	y	改良体 天端深度(H) 又は標高(z)	杭径 D	x	y	改良体 天端深度(H) 又は標高(Z)	規格値 $D/8$ 以下	規格値 $D/8$ 以下	0mm 以上	

(3) 施工管理データ帳票

施工管理データ帳票は、施工品質を担保するために施工中に計測・管理している数値の経時変化の帳票である。施工管理データ帳票の様式は受注者の任意とする。データ項目例及び必須のデータ項目を以下に示す。

【データ項目例】

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 改良体番号
- ・ 施工時間
- ・ 電流値又は回転トルク

【必須のデータ項目】

- ・ 深度 1 m 当たりの羽根切り回数又は軸回転数（（回／m）又は（rpm））
- ・ 深度 1 m 当たりのスラリー（改良材）吐出量（（L／m）又は（L／分））
- ・ 着底部付近については、深度 100mm ごとの速度及び電流値を表形式で施工管理データ帳票に併記するか別途作成する。

表 8－4 施工管理データ帳票作成例（１）

(出典：「３次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和５年３月 国土交通省））

工事名：		施工者：						年 月 日	
杭 No：C28-13		号 機：1 号機							
		第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層		
境界深度 (m)		1.5	19.3					貫入開始時間 0:00:00	
基準スラリー量 (l/m)		0.0	237.5					貫入終了時間 0:26:06	
								造成終了時間 0:48:40	

深度 (m)	昇降速度 (m/min)	軸 回転数 (回/m)	スラリー吐出量			電流 (A)
			No.1 (l/m)	No.2 (l/m)	計 (l/m)	
* 1.0	0.9	22	0.0	0.0	0.0	350
* 1.5	0.7	30	0.0	0.0	0.0	121
2.0	0.7	30	251.7	254.7	506.4	124
3.0	0.7	29	244.3	242.9	487.2	118
4.0	0.8	27	243.0	242.6	485.6	128
5.0	0.7	30	246.0	245.9	491.9	110
6.0	0.7	28	246.8	246.2	493.0	112
7.0	0.7	28	242.7	242.8	485.5	114
8.0	0.7	29	242.3	242.7	485.0	114
9.0	0.7	29	243.3	242.9	486.2	120
10.0	0.7	29	245.6	245.3	490.9	116
11.0	0.7	29	246.0	246.1	492.1	118
12.0	0.7	28	244.9	244.8	489.7	120
13.0	0.7	27	242.5	241.4	483.9	118
14.0	0.8	27	247.3	248.0	495.3	117
15.0	0.7	28	242.6	242.1	484.7	115
16.0	0.7	29	241.0	244.7	485.7	114
17.0	0.7	29	241.1	241.0	482.1	117
18.0	0.7	29	245.0	245.0	490.0	124
19.0	0.7	30	248.3	246.7	495.0	147
19.3	0.4	50	286.4	294.8	581.2	154

深度 (m)	昇降速度 (m/min)	軸 回転数 (回/m)	スラリー吐出量			電流 (A)
			No.1 (l/m)	No.2 (l/m)	計 (l/m)	
** 18.3	0.5	115	0.0	0.0	0.0	80
** 19.3	0.5	198	0.0	0.0	0.0	89
** 18.3	1.0	241	0.0	0.0	0.0	59
18.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	57
17.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	80
16.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	99
15.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	129
14.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	126
13.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	127
12.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	121
11.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	114
10.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	85
9.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	71
8.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	62
7.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	48
6.0	1.0	71	0.0	0.0	0.0	53
5.0	1.0	69	0.0	0.0	0.0	38
4.0	1.0	73	0.0	0.0	0.0	43
3.0	1.0	70	0.0	0.0	0.0	39
2.0	1.0	72	0.0	0.0	0.0	35
1.5	1.0	71	0.0	0.0	0.0	32
* 1.0	1.2	18	0.0	0.0	0.0	259
* 0.0	1.5	14	0.0	0.0	0.0	104
合 計	(1)	-----	4364.4	4366.8	8731.2	-----
判 定		OK	OK	OK		
総合計	(1)	----	4364.4	4366.8	8731.2	----

着底部詳細					
深度 (m)	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3
速度 (m/min)	0.6	0.6	0.6	0.1	0.3
電流 (A)	147	143	154	148	118

*：空打部
 **：先端処理部

基準軸回転数 44 回/m = 羽根切回数 350 回/m ÷ 羽根枚数 8 枚
 先端処理部基準軸回転数 175 回/m = 羽根切回数 350 回/m ÷ 羽根枚数 2 枚
 実績軸回転数 241 回/m = 羽根切回数 482 回/m ÷ 羽根枚数 2 枚

表 8-5 施工管理データ帳票作成例 (2)

(出典:「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和5年3月 国土交通省))

杭打設結果表						
Page 1						
工事名: ○○○○○○工 施工者: △△△△△△ 施工日: ****年**月**日 杭番号: XX-XX 号機番号: 1号機 杭径: 2000 (mm)						
スラリー1m3当たり						
(kg)	固 化 材	水	ベントナイト	遅延剤	膨加剤	W/C
配合A	750.0	750.0	0.0	0.0	0.0	100
配合B						

	設定深度 (m)	固 化 材 量 (kg)		基準スラリー量 (L/m)	配合
		土量1m3当たり	深度1m当たり		
第1層	5.90	160	502.4	670	A
第2層	7.10	125	392.5	524	A
第3層	12.20	206	643.7	859	A
第4層	13.80	380	1193.2	1591	A
第5層	—	—	—	—	—
第6層	—	—	—	—	—

削孔開始時間
0 : 00 : 00
削孔完了時間
0 : 31 : 22
造成完了時間
0 : 40 : 28

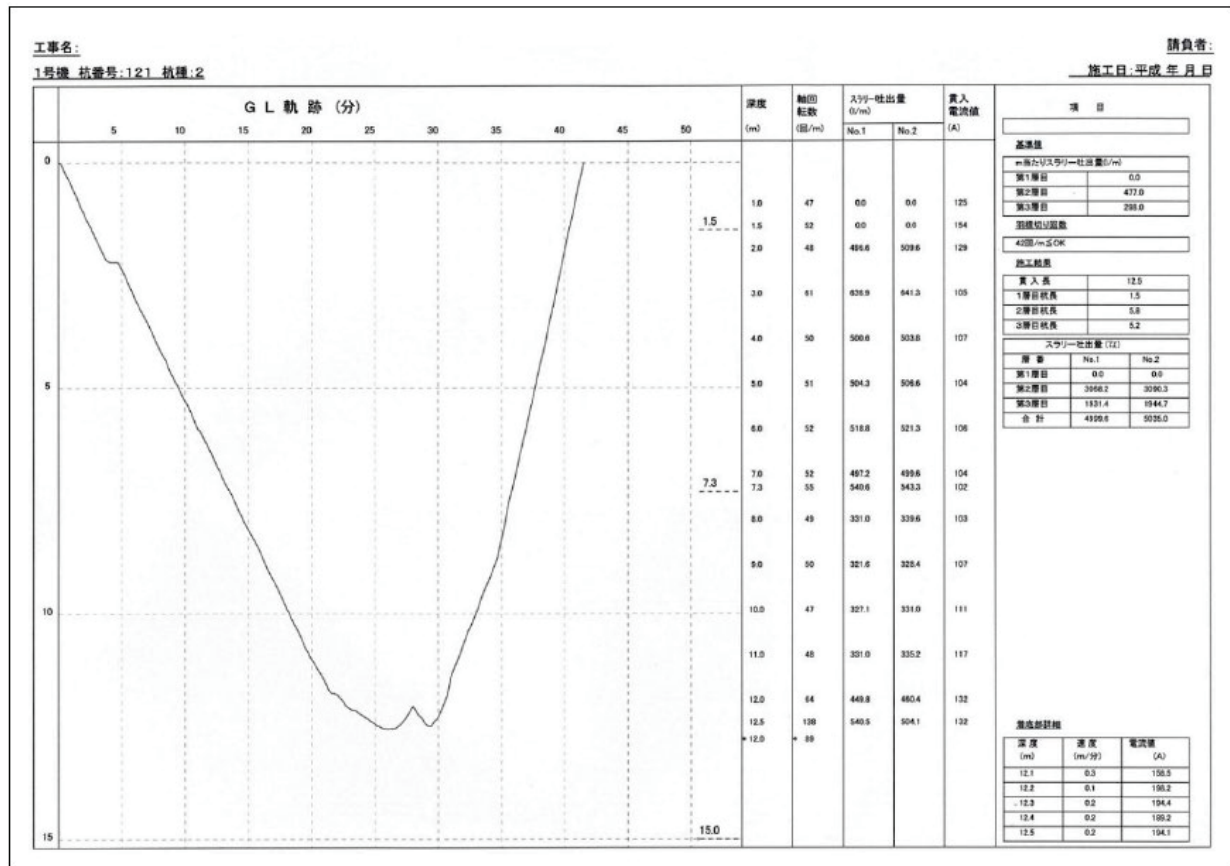
深 度 (m)	昇降速度 (m/min)	スラリー吐出量 (L/m)		スラリー吐出量 累計 (L)	電圧値 (V)	羽根切回数 (回/m)
		配合A	配合B			
1.00	0.29	763		763.0	155	527
2.00	0.56	676		1438.0	145	276
3.00	0.58	682		2120.0	126	267
4.00	0.57	693		2813.0	135	269
5.00	0.57	675		3488.0	108	271
5.90	0.55	689		4108.1	123	277
6.00	0.60	650		4173.1	124	266
7.00	0.57	525		4698.1	143	272
7.10	0.60	602		4758.3	140	286
8.00	0.44	882		5552.1	143	344
9.00	0.48	861		6413.1	138	322
10.00	0.48	889		7302.1	125	319
11.00	0.47	886		8188.1	111	324
12.00	0.49	859		9047.1	113	311
12.20	0.50	865		9220.1	116	310
13.00	0.27	1601		10500.8	112	560
**13.80	0.24	1622		11798.5	232	639
13.00	1.26	0		11798.5	233	762
12.80	1.09	0		11798.5	100	701
13.00	1.09	0		11798.5	100	839
**13.80	1.07	0		11798.5	264	896
13.00	1.78	0		11798.5	103	981
12.20	2.00	0		11798.5	104	918
12.00	2.00	0		11798.5	104	399
11.00	1.88	0		11798.5	111	393
10.00	2.00	0		11798.5	106	402
9.00	2.00	0		11798.5	109	398
8.00	2.00	0		11798.5	133	402
7.10	1.93	0		11798.5	127	428
7.00	1.50	0		11798.5	106	413
6.00	2.00	0		11798.5	108	353
5.90	1.50	0		11798.5	103	426
5.00	1.80	0		11798.5	104	362
4.00	2.00	0		11798.5	111	349
3.00	2.00	0		11798.5	105	349
2.00	1.88	0		11798.5	104	350
1.00	2.00	0		11798.5	107	357
0.00	1.36	0		11798.5	104	640
合 計	実 施	11799	0	11799	—	—
(L)	設 計	11509	0	11509	—	—
判 定		O K		O K		O K

着底部詳細		
深 度 (m)	速 度 (m/min)	電圧値 (V)
12.80	0.02	108
13.00	0.26	108
13.10	0.26	108
13.20	0.26	108
13.30	0.25	111
13.40	0.23	112
13.50	0.23	110
13.60	0.22	125
13.70	0.22	109
13.80	0.14	231

※: 着底部

表 8-6 施工管理データ帳票作成例 (3)

(出典:「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和5年3月 国土交通省))



第5 撮影記録による出来形管理

撮影記録による出来形管理は、表8－7のとおり行うものとするが、第4に示す出来形管理資料を提出する場合は、出来形管理に関わる写真管理項目を省略する。

【省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

①施工前

- ・施工前の杭芯出し状況及び完了状況

②施工中

- ・施工サイクル写真（マシンセット状況写真、掘削状況写真、掘削完了残尺写真、引き抜き状況写真、造成完了写真、マシン移動状況写真）

③施工後

- ・掘起しによる杭頭確認状況（標尺等を設置した杭径、杭間距離の計測写真）

表8－7 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
固結工 (スラリー攪拌工)	1回／施工箇所	位置・間隔（打込後）、 杭径（打込後）、 深度（打込前後）

第9章 法面保護工

第1 3次元出来形管理技術の適用範囲

法面保護工における出来形管理技術の適用範囲は、表9-1のとおりとする。

なお、表9-1に示す技術を適用するに当たり、計測装置位置と計測対象箇所との離隔等により精度確保が困難となる箇所、繰り返し計測を行うことが必要となる箇所等も想定される。当該箇所においては、施工段階における出来形計測結果が判る写真、画像データ等と併用するなど、他の計測技術による出来形管理を行ってもよいものとし、このことについて監督職員と協議することとする。

表9-1 出来形管理技術の適用範囲

1 断面管理の場合

出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
【単点計測】 ・TS等光波方式 ・TS（ノンプリズム方式） ・RTK-GNSS 【多点計測】 ・UAV空中写真測量 ・TLS ・UAVレーザー ・地上移動体搭載型LS	・ラス張 ・植生マット ・植生シート ・繊維ネット ・張芝 ・人工張芝	・面積	制限なし
	・種子散布		
	・客土吹付 ・植生基材吹付		
	・吹付枠	・梁延長 ・梁間隔 ・梁断面	

第2 出来形管理基準及び規格値

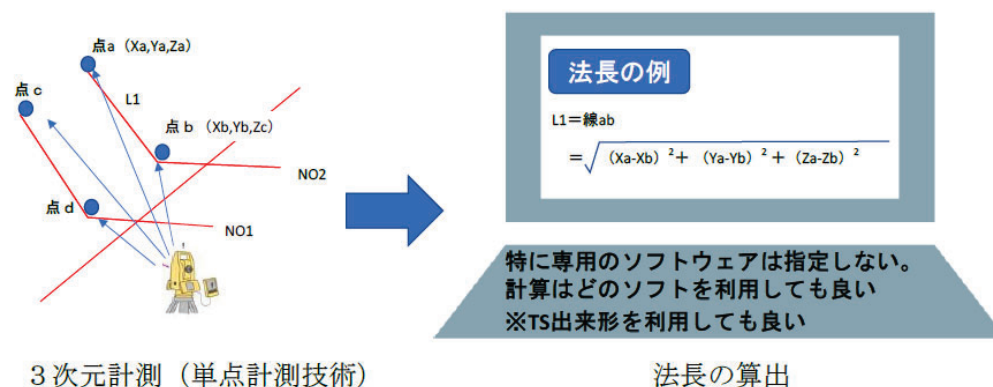
測定項目、出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められたものとする。

出来形管理項目の計測値は、以下（1）及び（2）により算出する。

（1）出来形計測を算出するために用いる3次元座標データの取得方法

ア 単点計測技術を用いる場合

計測箇所の管理対象として計測する断面又は測線上において、計測項目の端部等の3次元座標を計測し、座標値を取得する。



3次元計測（単点計測技術）

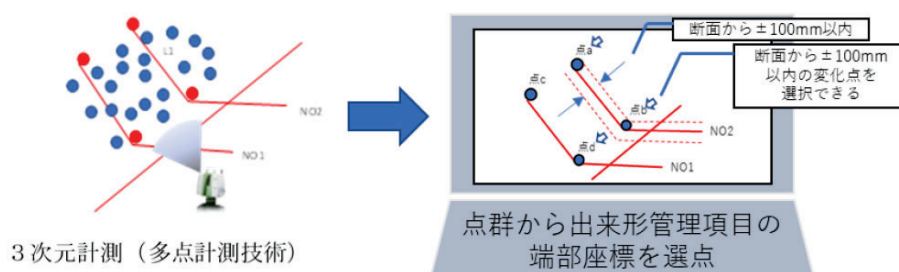
法長の算出

図9-1 単点計測技術を用いる場合の出来形計測方法

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

イ 多点計測技術を用いる場合

多点計測技術を用いて取得した計測点群のうち、計測する断面又は測線の±100mmの範囲内にある取得点群から任意に3次元座標を選択し、座標値を取得する。



3次元計測（多点計測技術）

図9-2 多点計測技術を用いる場合の出来形計測方法

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

(2) 計測値の算出方法

ア 面積の算出方法

以下(ア)法長及び(イ)延長を用いて、面積を算出する。

(ア) 法長の算出方法

計測すべき断面上又は測線上の法長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いて算出する。法長を分割して計測する場合は、分割位置を含む3次元座標を結んだ斜距離の累積長さを法長とする。

(イ) 延長の算出方法

計測すべき測線上の延長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いて算出する。延長を分割して計測する場合は、分割位置を含む3次元座標を結んだ斜距離の累積長さを延長とする。

なお、計測した3次元座標の点間を連続的に直線で結んで算出するため、計測対象の曲線の形状によっては実際の距離と異なる場合がある。延長の算出上支障がある場合は、監督職員と協議の上、従来手法により計測してもよい。

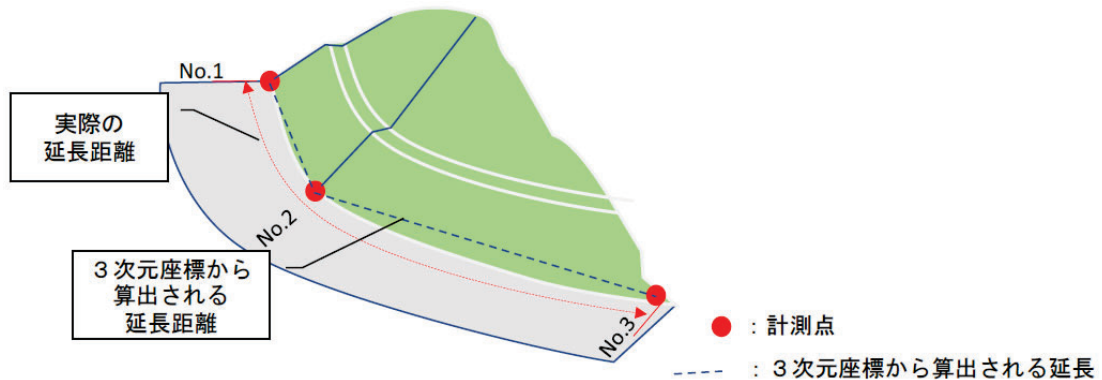


図9-3 延長計測の留意事項

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(令和5年3月国土交通省))

イ 梁延長の算出方法

計測すべき測線上の延長を構成する端部2か所の3次元座標間の斜距離を用いて算出する。2か所以上の計測箇所を指定し分割する、又は、計測箇所2か所の道のり距離(点群を含んだ斜距離)で計測する際には、1辺の長さを枠中心間隔以上とし、3次元座標を結んだ斜距離の累積長さを延長とする。

なお、計測した3次元座標の点間を連続的に直線で結んで算出するため、計測対象の曲線の形状によっては実際の距離と異なる場合がある。延長の算出上支障がある場合は、監督職員と協議の上、従来手法により計測してもよい。

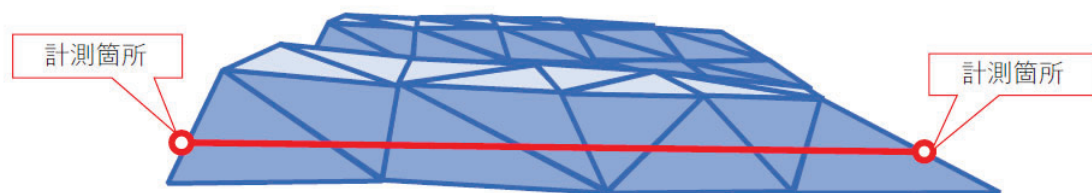


図 9 - 4 延長の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

ウ 梁間隔の算出方法

計測箇所の端部を構成する2か所を計測し、計測した3次元座標間の斜距離を用いて吹付枠に対する点間距離を算出する。



図 9 - 5 梁間隔の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

エ 梁断面の算出方法

以下（ア）幅及び（イ）高さを用いて、梁断面を算出する。

（ア）幅の算出方法

計測箇所の吹付枠に直交する測線から±50mmの範囲内において、幅の端部を構成する2か所を計測し、2か所の3次元座標間の斜距離を用いて吹付枠に対する水平距離を算出する。幅を分割して計測する場合は、分割位置を含む3次元座標を結んだ斜距離の累積長さを幅とする。

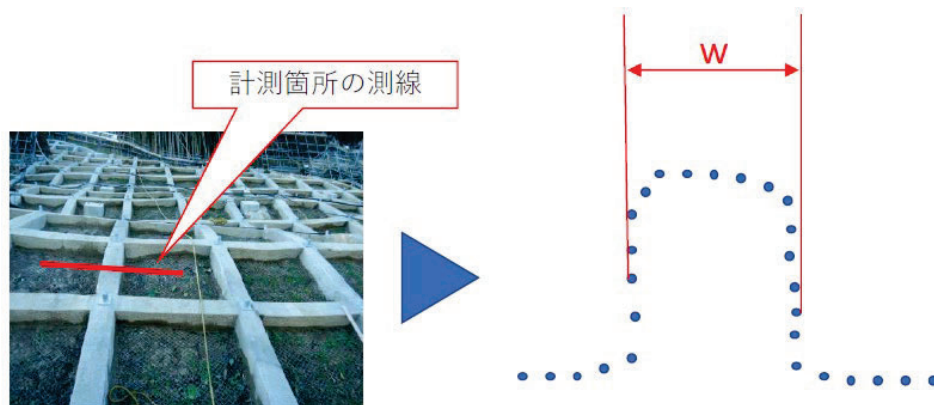


図 9 - 6 幅の算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

(イ) 高さの算出方法

計測箇所の吹付枠に直交する測線から $\pm 50\text{mm}$ の範囲内において、高さの端部を構成する2か所を計測し、3次元座標間の法線方向に対する鉛直距離の差分を用いて、吹付枠に対する鉛直距離を算出する。

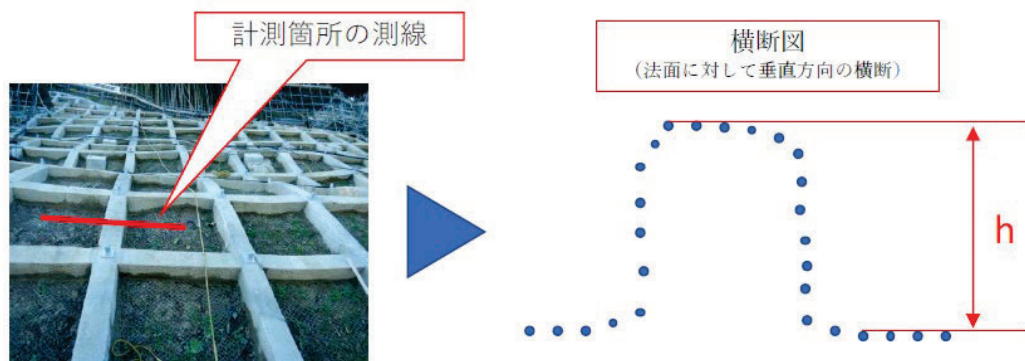


図 9 - 7 高さの算出方法

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

第3 出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順

1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

出来形管理用TS等光波方式による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

なお、施工管理データについては、以下に示す機器間でデータを交換できるように、**別紙－4**「出来形管理用TS等光波方式技術に用いる施工管理データの機器間データ交換の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用TS等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙－5**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ 出来形管理用TS等光波方式（ハードウェア及びソフトウェア）

出来形管理用TS等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙－7**「出来形管理用TS等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（2）計測性能

出来形管理用TS等光波方式は、以下に示す国土地理院認定3級で規定される性能と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用することとする。受注者は、利用するTSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。

国土地理院で規定がないTS等光波方式を利用する場合は、（3）に示す精度確認試験を実施し、その記録を監督職員に提出するものとする。

なお、TSは、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書があるものを使用する。

国土地理院認定3級で規定される性能

測距精度：±（5mm＋5ppm×D）以下※ 最小読定値20”以下

※ D値は計測距離（m）、ppmは 10^{-6}

<計算例>

計測距離100mの場合は、±（5mm＋5× 10^{-6} ×100× 10^3 ）＝±5.5mmの誤差となる。

（3）精度確認

受注者は、国土地理院で規定がないT S等光波方式を用いる場合は、その精度を確認するために以下の実施手順に即して精度確認試験を行い、**様式－2**「T S等光波方式の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して監督職員に報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用するまでに精度確認試験を行うことが望ましい。受注者は、本精度確認により、国土地理院で規定がないT S等光波方式において所要の計測値が得られることを確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び計測距離の範囲内において出来形計測に適用することができる。

イ 実施方法

(ア) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

(イ) T Sによる計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものをを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さの計測値から差し引く。プリズムをT Sで視準し3次元座標を計測する。

(ウ) 国土地理院で規定がないT S等光波方式による計測

プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものはプリズムを自動追尾する機能により3次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式で計測した計測結果を比較し、その差が表9－2に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9－2 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式の計測座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±10mm 以内	現場内2か所以上

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用T S等光波方式の設置

出来形管理用T S等光波方式は、工事基準点上に設置することを原則とするが、工事基準点上に設置することが困難な場合には、後方交会法により任意の未知点へ設置することができるものとする。

なお、未知点に出来形管理用T S等光波方式を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は $30\sim150^\circ$ 以内でなければならない。ただし、出来形管理用T S等光波方式と工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

イ 出来形計測の実施

出来形計測の実施に当たっては、出来形管理用T S等光波方式から出来形計測点までの斜距離を3級T Sは100m以内（2級T Sは150m以内）とする。T S等光波方式による計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図9－8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

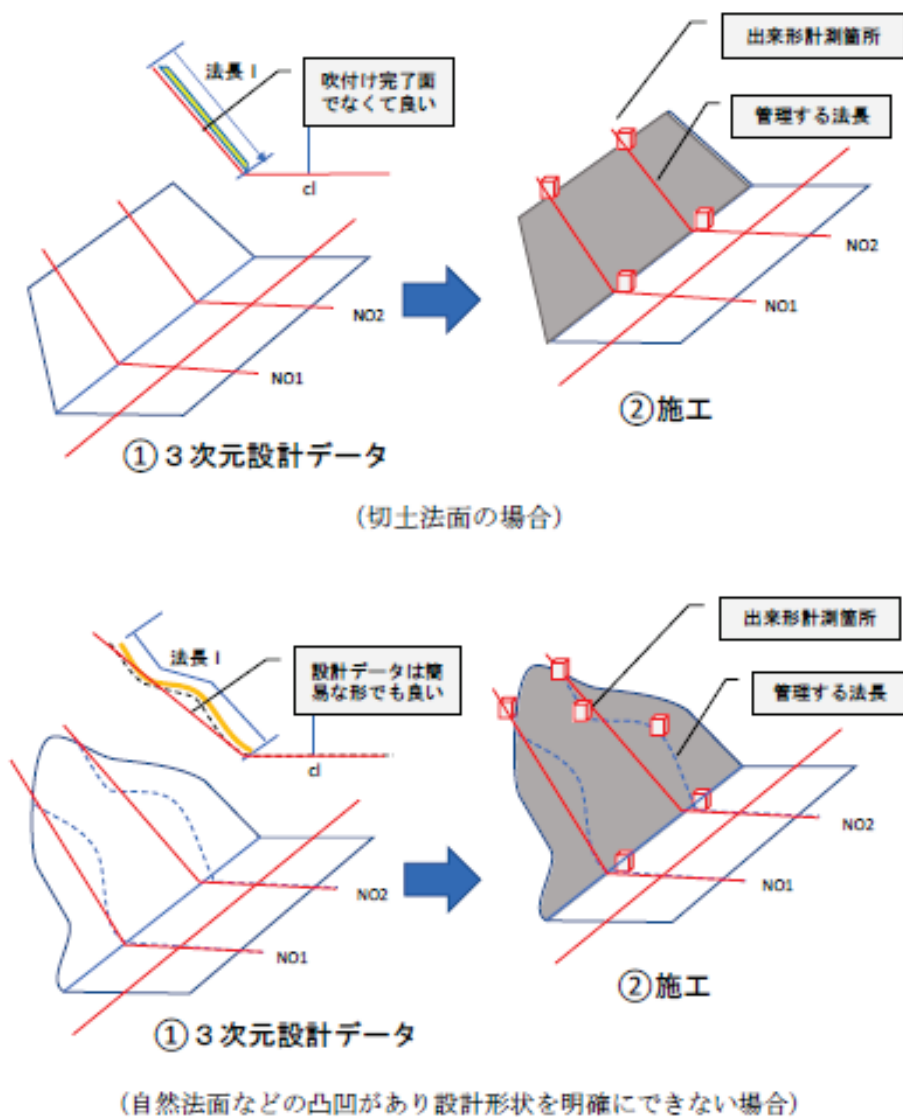


図9－8 出来形計測箇所

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

2 TS（ノンプリズム方式）出来形管理技術

（１）機器構成及び各機器の機能・要件

TS（ノンプリズム方式）による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりとする。

ア TS（ノンプリズム方式）本体

本体からターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して計測対象の相対的な位置座標を取得する。

イ 3次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 出来形座標確認ソフトウェア

出来形計測箇所の良否判定が可能な出来形計測箇所と3次元設計データを同時に確認できるソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－11**「出来形座標確認ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

エ その他

取得した3次元点群の点密度の調整等を行うソフトウェア、3次元座標から幅、法長及び延長を算出するソフトウェア、出来形管理結果を帳票として整理するソフトウェア及び数量算出を行うソフトウェアは任意とする。

（２）計測性能

TS（ノンプリズム方式）本体は、以下の測定精度と同等以上の性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用するTS（ノンプリズム方式）の性能について、監督職員に提出すること。

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±20mm 以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長 $\geq$ 設計延長の場合、±20mm 以内

規格値が $\pm L/10\text{mm}$ （ $L \geq 2$ ）の場合、±20mm 以内

規格値が $\pm L/10\text{mm}$ （ $L < 2$ ）の場合、±10mm 以内

規格値が－20mm の場合、±5mm 以内

（カタログ記載に加え、**様式－2**「TS等光波方式の精度確認試験結果報告書」を準用し精度確認試験を行うこと。）

（３）TS（ノンプリズム方式）の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するため、T S（プリズム方式）による計測とT S（ノンプリズム方式）による計測により精度確認試験を行い、**様式－2**「T S等光波方式の精度確認試験結果報告書」を準用し結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前に精度確認試験を行うことが望ましい。本精度確認により、ノンプリズム方式において所要の計測値が得られることが確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び視準距離の範囲内で、ノンプリズム方式を出来形計測に適用することができる。精度確認試験は、利用前12か月以内に実施することとする。

イ 実施方法

（ア）計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

（イ）T S（プリズム方式）による計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには先端が平らなものを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さ計測値から差し引く。プリズムをT Sで視準し3次元座標を計測する。

（ウ）T S（ノンプリズム方式）による計測

プリズム方式による計測後、そのままプリズムを立てた状態を保ちながら、望遠鏡内の十字線をピンポールに沿わせ、ピンポール先端（石ずき等）に合わせる。ピンポールやプレートを計測点から外し、ノンプリズム方式により3次元座標を計測する。

（エ）計測結果の評価

計測結果を比較し、その差が表9－3に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9－3 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T S（プリズム方式）とT S（ノンプリズム方式）の計測座標値の較差	【吹付砕工以外の工種】	現場内 2か所以上
	±20mm 以内（平面座標・標高差）	
	【吹付砕工】	
	規格値が施工延長≥設計延長：±20mm 以内（平面座標・標高差）	
	規格値が±L/10mm（L≥2）：±20mm 以内（平面座標・標高差）	
	規格値が±L/10mm（L<2）：±10mm 以内（平面座標・標高差）	
	規格値が－20mm の場合：±5mm 以内（平面座標・標高差）	

（4）G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ロバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の 2 か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 9－4 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 9－4 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア T S (ノンプリズム方式) の設置

T S (ノンプリズム方式) は、計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定する。また、計測範囲に対して、1 回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

T S (ノンプリズム方式) と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1 回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、設置箇所を複数回に分けて実施する。

なお、未知点に T S (ノンプリズム方式) を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ (複数の場合はその一つ) は $30\sim 150^{\circ}$ 以内でなければならない。ただし、T S (ノンプリズム方式) と工事基準点の距離が近い場合、方位の算出誤差が大きくなるため注意すること。

イ 出来形計測の実施

出来形計測の実施に当たっては、精度確認試験の確認距離内とする。ただし、器械設置時はプリズムを用いた計測を行うこととし、T S (プリズム方式) における制限距離内での計測を行う。T S (ノンプリズム方式) 計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図 9－8 に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について 3 次元座標値を取得するものとする。

4 UAV空中写真測量出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

UAV空中写真測量出来形管理技術による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア UAV

UAV本体、UAVを操作するためのコントローラ又は撮影計画ソフトウェア、カメラを固定するジンバル等、飛行撮影するための装置である。

イ デジタルカメラ

レンズや撮影素子を含む空中写真を撮影するための装置である。

ウ 写真測量ソフトウェア

撮影した空中写真から空中写真測量及び3次元図化を行い、地形や地物の座標値を算出するソフトウェアである。写真測量ソフトウェアは、撮影した空中写真及び標定点の座標やカメラキャリブレーションデータを用いて、空中写真測量の現地及び同時調整作業の内部処理によりステレオモデルを構築し、地形、地物等の座標値を算出できる機能を有していなければならない。

エ 3次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

オ 出来形座標確認ソフトウェア

出来形計測箇所の良否判定が可能な出来形計測箇所と3次元設計データを同時に確認できるソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－11**「出来形座標確認ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

カ その他

取得した3次元点群の点密度の調整等を行うソフトウェア、3次元座標から幅、法長及び延長を算出するソフトウェア、出来形管理結果を帳票として整理するソフトウェア及び数量算出を行うソフトウェアは任意とする。

(2) 計測性能

UAV空中写真測量による出来形計測は、以下の測定精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。ただし、現場精度確認において必要な精度を確保することが確認できる場合は、以下の計測性能の地上画素寸法とは異なる性能のデジタルカメラを用いることができる。受注者は、利用するUAV及びデジタルカメラの性能について、監督職員に提出すること。

計測性能：地上画素寸法が10mm／画素以内（出来形計測の場合）

測定精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長 $\geq$ 設計延長の場合、 $\pm 30\text{mm}$ 以内
規格値が $\pm L/10\text{mm}$ の場合、 $\pm 30\text{mm}$ 以内
規格値が -20mm の場合、 $\pm 10\text{mm}$ 以内
（カタログ記載に加え、様式－3「カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。）

（３）UAV 空中写真測量の精度確認

受注者は、現場における空中写真測量の測定精度を確認するため、空中写真から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行い、様式－3「カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

UAV 空中写真測量による計測ごとに、空中写真撮影後、写真測量ソフトウェアから計測点群データを算出する際に行う

イ 実施方法

（ア）検証点の設置

真値となる座標値は、基準点、工事基準点等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

なお、SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法を併用する場合は標定点の設置は任意とすることができるが、カメラ位置を直接計測できる手法のうち、自動追尾TSを利用する場合は、計測範囲内で最も離れた位置に、1点検証点を設置することとする。

（イ）計測

現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標の計測を行う。

（ウ）評価基準

UAV 空中写真測量による計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表9－5に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9－5 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	【吹付砕工以外の工種】 $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） 【吹付砕工】 規格値が施工延長 $\geq$ 設計延長： $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） 規格値が $\pm L/10\text{mm}$ ： $\pm 30\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差） 規格値が -20mm の場合： $\pm 10\text{mm}$ 以内（平面座標・標高差）	現場内 2か所 程度

（４）GNSSの精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ロガーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の 2 か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 9－6 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 9－6 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 撮影計画の立案

所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて、揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影計画を立案する。

鉛直下方を撮影する場合は、直線かつ等高度の撮影となるよう計画し、高低差があり一定高度での撮影ではモデル全体の地上画素寸法が確保できない場合には、飛行を数回に分ける、カメラを計測対象の斜面に正対し撮影するなど適切な撮影方法を検討することとする。

カメラを計測対象の斜面に正対させた斜め撮影の場合は、対地高度が所要の地上画素寸法を超えない範囲を保つように計画する。

対地高度は、必要な精度を確保できる地上画素寸法を確保できるよう、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求めるものとする。鉛直下方を撮影する場合の対地高度は、撮影高度（U A V の飛行する高度）から撮影区域内の撮影基準面高を減じたものとし、カメラを計測対象の斜面（平均勾配としてもよい）に正対させて斜めに撮影する場合の対地高度は、被計測対象の法面法線方向との離隔とする。

イ 標定点及び検証点の設置及び計測

U A V を活用した空中写真測量による計測結果を 3 次元座標へ変換するための標定点と精度確認用の検証点を設置する。標定点及び検証点の計測については、4 級基準点及び 3 級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。工事基準点等の既知点から T S

を用いて計測することができる。また、標定点及び検証点は空中写真測量による出来形計測中に動かないように固定する。

計測精度を確保するための標定点及び検証点の設置の条件は、以下を標準とする。

(ア) 標定点

計測対象範囲を包括するように、外側標定点として撮影区域外縁に 100m 以内の間隔となるように設置するとともに、内側標定点として天端上に 200m 間隔程度を目安に設置する。なお、SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法 (RTK、ネットワーク型 RTK、PPK、自動追尾 TS 等) を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。

(イ) 検証点

天端上に 200m 以内の間隔となるように設置する。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。計測範囲が狭い場合は、最低 2 か所設置する。精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。

ウ 空中写真測量の実施

空中写真測量の実施に当たっては、航空法に基づく「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行うこととする。UAV 空中写真測量において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図 9-8 に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について 3 次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ メッシュ) 当たりに 1 点以上の計測結果が得られる設定とする。

エ 出来形評価用データの作成

UAV で撮影した空中写真を写真測量ソフトウェアに読み込み、地形や地物の座標値を算出し、算出した地形の 3 次元座標の点群から不要点等を除去し、出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成する。点群処理ソフトウェアによるデータ処理手順は以下のとおりとする。

(ア) 計測点群データの不要点を以下の手順で削除する。

①対象範囲外のデータ削除

計測点群データの 3 次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。

②点群密度の変更 (データの間引き)

出来形計測データについては、 0.0025m^2 当たり 1 点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 当たり 1 点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよいが、座標値を変更するような処理はとってはならない。また、平面範囲で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理は行ってはならない。(出来形評価用データで以下のグリッドデータ化による場合は除く。)

③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほか、内挿し格子状に加工することにより、 0.0025m^2 当たり 1 点程度のデータとすることができる。

- (イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、各計測で個別の 3 次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に 3 次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。
- (ウ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象に T I N を配置し、地形や岩区分境界又は出来形の面データを作成する。

オ 精度確認

エで作成した計測点群データ上で、検証点の座標と、イにより計測した検証点の座標の真値を比較し、表 9－5 に示す基準以内であることを確認する。

5 T L S 出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

T L S 出来形管理技術による出来形管理のシステムの構成と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア T L S 本体

本体から計測対象の相対的な位置を面的に取得する機器である。

イ 3次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 出来形座標確認ソフトウェア

出来形計測箇所の良否判定が可能な出来形計測箇所と3次元設計データを同時に確認できるソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－11**「出来形座標確認ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

エ その他

取得した3次元点群の点密度の調整等を行うソフトウェア、3次元座標から幅、法長及び延長を算出するソフトウェア、出来形管理結果を帳票として整理するソフトウェア及び数量算出を行うソフトウェアは任意とする。

(2) 計測性能

T L S による出来形計測で使用する T L S 本体は、以下の計測精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用する T L S の性能について、監督職員に提出すること。

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm 以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±30mm 以内

規格値が±L/10mm の場合、±30mm 以内

規格値が－20mm の場合、±10mm 以内

(カタログ記載に加え、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。)

色データ：色データの取得が可能なことが望ましい。(点群処理時に目視により選別するために利用する。)

(3) T L S の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するために、既知点間の距離を比較し精度確認試験を行い、**様式－4**「T L S 精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前にその精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、T L S 本体に関する定期点検の必要性等が規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 既知点の設置及び計測

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に 2 か所以上の既知点を設置し、T L S による計測結果から得られる既知点の点間距離を計測する。

なお、事前に精度確認試験を行う場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し計測すること。

(イ) 検査点の検測

設置した検査点（基準点）を T S 又はテープで計測する。

(ウ) 計測結果の評価

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が表 9－7 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 9－7 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
点間距離	【吹付砕工以外の工種】 ±30mm 以内（平面座標・標高差） 【吹付砕工】 規格値が施工延長≧設計延長 ： ±30mm 以内（平面座標・標高差） 規格値が±L/10mm ： ±30mm 以内（平面座標・標高差） 規格値が－20mm の場合 ： ±10mm 以内（平面座標・標高差）	既知点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。検査点は 10m 以上の離隔を確保する。

(4) G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の2か所以上の既知点や検証点を利用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表9-8に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9-8 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内2か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア TLSの設置

TLSは、計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定して設置する。また、計測範囲に対してTLSの入射角が著しく低下する場合や、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

TLSと被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、TLS設置箇所を複数回に分けて実施する。

イ 標定点の設置及び計測

標定点を用いてTLSによる計測結果を3次元座標へ変換又は複数回の計測結果について標定点を用いて合成する場合は、計測対象箇所の最外周部に4か所以上の標定点を設置する。標定点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び標定点までの距離が100m以下（3級TSの場合）又は150m以下（2級TSの場合）とする。また、出来形計測を行っている間、標定点は動かないように確実に固定する。TSと同様に、TLS本体がターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測してもよい。この場合、ターゲットは工事基準点又は基準点上に設置する。

ウ 出来形計測の実施

TLSによる出来形計測は、計測対象範囲内で 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ メッシュ) 当たり1点以上の計測点が得られる設定で計測を行う。また、1回の計測距離は、様式-4「TLS精度確認試験結果報告書」を用いて実施した精度確認の距離範囲内とする。計測対象範囲に作業員、仮設構造物、建設機械等が配置されている場合、地表面のデータが取得出来ないため、可能な限り出来形の地表面が露出している状況で計測を行う。TLS計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこととする。

図9-8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ メッシュ) 当たりに1点以上の計測結果が得られる設定とする。

エ 出来形評価用データの作成

計測した出来形形状を示す計測点群データから、出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成する。点群処理ソフトウェアによるデータ処理手順は以下のとおりとする。

(ア) 計測点群データの不要点を以下の手順で削除する。

①対象範囲外のデータ削除

計測点群データの3次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。

②点群密度の変更（データの間引き）

出来形計測データについては、 0.0025m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 当たり1点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよいが、座標値を変更するような処理はとってはならない。また、平面範囲で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理は行ってはならない。（出来形評価用データで以下のグリッドデータ化による場合は除く。）

③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほか、内挿し格子状に加工することにより、 0.0025m^2 当たり1点程度のデータとすることができる。

(イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、各計測で個別の3次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に3次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。

(ウ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象にT I Nを配置し、地形や岩区分境界又は出来形の面データを作成する。

6 UAVレーザー出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

UAVレーザー出来形管理技術による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア UAV

UAV本体、UAVを操作するためのコントローラ、撮影計画ソフトウェア、レーザースキャナーを固定するジンバル等、飛行計測するための装置である。

イ レーザースキャナー

レーザの測距装置・GNSS受信アンテナ、受信機・IMUにより3次元座標値を計測するための装置である。

ウ 3次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

エ 出来形座標確認ソフトウェア

出来形計測箇所の良否判定が可能な出来形計測箇所と3次元設計データを同時に確認できるソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－11**「出来形座標確認ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

オ その他

取得した3次元点群の点密度の調整等を行うソフトウェア、3次元座標から幅、法長及び延長を算出するソフトウェア、出来形管理結果を帳票として整理するソフトウェア及び数量算出を行うソフトウェアは任意とする。

(2) 計測性能

UAVレーザーによる出来形計測は、以下の測定精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用するUAV及びレーザースキャナーの性能について、監督職員に提出すること。

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm 以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±30mm 以内

規格値が±L/10mm の場合、±30mm 以内

規格値が－20mm の場合、±10mm 以内

(カタログ記載に加え、**様式－5**「UAVレーザー精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うとともに、UAVレーザーの精度確認試験実施手順書を作成する。)

(3) UAVレーザーの精度確認

受注者は、現場におけるUAVレーザーの測定精度を確認するため、精度確認試験を行い、様式－5「UAVレーザーの精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。制度確認試験の実施手順は、以下のとおりとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、計測までに精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、UAVレーザー本体に関する定期点検の必要性等が規程されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。ただし、メンテナンス等によりIMUとLSを分離した場合は、組立後に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 検証点の設置

飛行コースと直交する後段方向に水平位置検証点及び標高検証点を3か所以上設置する。位置は、飛行コース直下に1か所、出来形計測時に想定している有効計測角でレーザーが射出される位置付近に1か所ずつとする。検証点としてx、y、z座標が特定できる点を用いることにより、水平位置検証点と標高検証点を兼ねることができる。また、既存の構造物の角等、既存の明瞭な地物で計測点群データからx、y、z座標が特定できるものがあれば、水平位置検証点及び標高検証点として用いてもかまわない。

(イ) 検証点の座標算出

同じ飛行コース上を往路方向と復路方向の各1回飛行して水平位置検証点及び標高検証点を計測し、往路及び復路の水平位置検証点のx、y座標及び標高検証点のz座標の較差を算出する。検証点を飛行コースと直交する横断方向に複数個設置できない場合は、1か所の検証点に対し、レーザーの射出角度が有効計測角、鉛直下方、その中間となるように、検証点に対する飛行コースの横断方向離隔を変化させて往路、復路の計測を行うこととする。

(ウ) 最適軌跡解析の実施

GNSS観測データ及びIMU観測データを用いて、Loosely Coupled方式又はTightly Coupled方式により最適軌跡解析を行う。Loosely Coupled方式は、GNSS衛星を利用したキネマティック解析により機体の3次元位置を特定し、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行う手法であり、GNSS衛星が5つ以下になると著しく精度が低下することに留意する必要がある。一方、Tightly Coupled方式は、キネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、GNSS衛星の衛星数が一時的に不足しても解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。最適軌跡解析は往路と復路で分割せず、一連の軌跡として解析する。

(エ) 計測結果の評価

往路と復路で計測した水平位置検証点及び標高検証点のx、y、z座標の較差が表9－9に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9－9 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
------	--------	----

各座標値 の較差	【吹付砕工以外の工種】 ±30mm 以内（平面座標・標高差）	設置され た検証点 全てにお いて実施
	【吹付砕工】 規格値が施工延長≥設計延長：±30mm 以内（平面座標・標高差） 規格値が±L/10mm：±30mm 以内（平面座標・標高差） 規格値が－20mm の場合：±10mm 以内（平面座標・標高差）	

（４）ＧＮＳＳの精度確認

T S の設置位置の計測にＧＮＳＳローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－７**「ＧＮＳＳの精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

（ア）計測

現場内の２か所以上の既知点や検証点を利用し、ＧＮＳＳによる計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

（イ）計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 9－10 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 9－10 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

（５）出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 飛行計画の立案

様式－５「UAV レーザーの精度確認試験実施手順書」及び「UAV レーザー精度結果確認報告書」に示す手順により、所要の精度が得られることを確認した計測と同じ諸元により計測することとする。また、計測データの相対的な精度を確保するとともに、計測データの欠損を防ぐため、隣接するコースのサイドラップ率が 30% 以上となるよう飛行計画を立案する。

イ 調整点の設置及び計測

UAV レーザーを用いた出来形計測により作成された 3 次元点群（オリジナル）が、要求される精度を満たしているか検証及び調整を行うため調整点を設置する。調整点は、面積（km²）を 0.25 で除した値に 1 を足した値とし、最低 4 点以上の設置を標準とする。

計測精度を確保するための調整点の設置の条件は、以下を標準とする。

(ア) 調整点の位置及び標高は、農林水産省農村振興局測量作業規程第3編第2章第4節第1款「TS点の設置」に準じた観測により求めることを標準とする。ただし、作成するオリジナルデータの測定精度が±50mm以内の場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第117条に示すTS等を用いるTS点の設置又は農林水産省農村振興局測量作業規程第2編第2章で規定する4級基準点測量に準じて行うものとする。

(イ) TS等を用いるTS点の設置に準じて行う場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第627条第3項を準用し、表9-11を標準とする。

表9-11 要求精度

区分		水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法		2対回(0°、90°)	1対回	2回測定
較差の 許容範囲	倍角差	60″	60″	5mm
	観測差	40″		

(ウ) 前項のTS点の設置に準じた観測をキネマティック法、RTK法又はネットワーク型RTK法により行う場合は、農林水産省農村振興局測量作業規程第118条及び119条に準じて行うものとし、いずれの方法においても、観測は2セット行うものとする。

なお、セット間の較差の許容範囲は、水平方向20mm、鉛直方向30mmを標準とする。

ウ UAVレーザー計測の実施

UAVレーザー計測の実施に当たっては、無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領の許可要件に準じた飛行マニュアルを作成し、マニュアルに沿って安全に留意して行うこととする。計測は飛行計画に基づき実施し、計測範囲内は、IMUの精度が低下しないよう一定方向かつ等高度、等速度を保つよう飛行し、旋回は十分な半径で飛行する。

なお、計測の前後及び一定時間経過ごとに、レーザースキャナー機材の製造元が推奨する方法により初期化を行うものとする。UAVレーザー測量において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図9-8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ メッシュ) 当たりに1点以上の計測結果が得られる設定とする。

エ 出来形評価用データの作成

UAVレーザーで計測した3次元点群をソフトウェアに読み込み、不要点等を除去し、出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成する。点群処理ソフトウェアによるデータ処理手順は以下のとおりとする。

(ア) 計測点群データの不要点を以下の手順で削除する。

①対象範囲外のデータ削除

計測点群データの3次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。

②点群密度の変更(データの間引き)

出来形計測データについては、 0.0025m^2 当たり1点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 当たり1点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよいが、座標値を変更するような処理はとってはならない。また、平面範囲で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理は行ってはならない。(出来形評価用データで以下のグリッドデータ化による場合は除く。)

③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほか、内挿し格子状に加工することにより、 0.0025m^2 当たり1点程度のデータとすることができる。

- (イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、各計測で個別の3次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に3次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。
- (ウ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象にT I Nを配置し、地形や岩区分境界又は出来形の面データを作成する。

オ 精度確認

- (ア) 最適軌跡解析をGNSS観測データ及びIMU観測データを用いて、Loosely Coupled方式又はTightly Coupled方式により行う。Loosely Coupled方式は、GNSS衛星を利用したキネマティック解析により機体の3次元位置を特定し、IMUのデータを反映して最適軌跡解析を行う。Tightly Coupled方式はキネマティック解析と最適軌跡解析を同時に行う手法であり、GNSS衛星の衛星数が一時的に不足しても、解析処理は一定の精度を維持できることが特徴である。
- (イ) コース間の重複部分に点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行うものとする。留意事項は以下のとおりである。
 - ①点検箇所数は、各コース間重複部分に2か所以上設置するものとする。
 - ②点検箇所の配置は、計測対象範囲内に偏りなく配置するよう努めるものとするが、各コースの起点側に1点、終点付近に1点の配置としてもよい。
 - ③植生のある場合や線状地域等の地形条件で平坦な場所がない場合は、配置及び点数を変更することができる。
 - ④点検箇所の標高値は、平坦で明瞭な地点を選定し、計測点密度と同一半径の円又はおおむね2倍辺長の正方形内の計測データを平均したものとする。
 - ⑤重複コースごとに点検箇所の標高値の較差を求め、較差の平均値等を求めるものとする。
 - ⑥重複コースごとの標高値の較差の平均値は $\pm 50\text{mm}$ 以内とする。
- (ウ) エで作成した計測点群データ上で、イにより計測した調整点の座標の真値を比較し、表9-9に示す基準値以内であることを確認する。なお、確認の結果、要求精度を満たさない場合には適切な調整を行い、再度確認を行う。また、必要に応じて再計測を行う。

7 地上移動体搭載型 L S 出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

地上移動体搭載型 L S 出来形管理技術による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア 地上移動体搭載型 L S

地上移動体搭載型 L S は、L S 本体から対象までの相対的な位置と、L S 本体の位置及び姿勢を組み合わせる面的に取得するシステムであり、詳細の機器構成は多様である。なお、本システムにより観測した結果を 3 次元座標値の点群データとして変換する。

イ 3 次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3 次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3 次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3 次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 出来形座標確認ソフトウェア

出来形計測箇所の良否判定が可能な出来形計測箇所と 3 次元設計データを同時に確認できるソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－11**「出来形座標確認ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

エ その他

取得した 3 次元点群の点密度の調整等を行うソフトウェア、3 次元座標から幅、法長及び延長を算出するソフトウェア、出来形管理結果を帳票として整理するソフトウェア及び数量算出を行うソフトウェアは任意とする。

(2) 計測性能

地上移動体搭載型 L S による出来形計測は、以下の計測精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用する地上移動体搭載型 L S の性能について監督職員に提出すること。

精度：

【吹付砕工以外の工種】

計測範囲内で±30mm 以内

【吹付砕工】

規格値が施工延長≥設計延長の場合、±30mm 以内

規格値が±L/10mm の場合、±30mm 以内

規格値が－20mm の場合、±10mm 以内

(カタログ記載に加え、**様式－6**「地上移動体搭載型 L S 精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うとともに、地上移動体搭載型 L S の精度確認試験実施手順書を作成する。)

色データ：色データの取得が可能なが望ましい。(点群処理時に目視により選別するために利用する。)

(3) 地上移動体搭載型 L S の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するために水平位置及び標高の精度確認試験を行い、**様式－6**「地上移動体搭載型 L S 精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前にその精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、地上移動体搭載型 L S に関する定期点検の必要性等が規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 既知点の設置及び計測

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に 2 か所以上の既知点を設置し、地上移動体搭載型 L S により既知点の点間距離を計測する。

なお、事前に精度確認試験を行う場合は、利用する現場条件を特定できないため、計測機器の仕様に応じて計測予定距離以上の距離に既知点を設置し計測すること。

(イ) 検査点の検測

基準点又は工事基準点を基礎に、設置した検査点を T S 等により計測する。その際、基準点等から検査点までの距離は、3 級 T S を用いて計測する場合は 100m 以内、2 級 T S を用いて計測する場合は 150m 以内とする。

(ウ) 計測結果の評価

計測結果を T S 等による計測結果と比較し、その差が表 9－12 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 9－12 精度確認試験における精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
座標値の較差	【吹付砕工以外の工種】 ±30mm 以内（平面座標・標高差）	精度確認基準を満足する最大計測距離と最大測定幅を確認する。
	【吹付砕工】 規格値が施工延長≧設計延長：±30mm 以内（平面座標・標高差）	
	規格値が±L/10mm：±30mm 以内（平面座標・標高差）	
	規格値が－20mm の場合：±10mm 以内（平面座標・標高差）	

(4) G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－7**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の2か所以上の既知点や検証点を利用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表9-13に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表9-13 精度確認試験における精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内2か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 計測計画の立案

所定の計測密度、測定精度が確保できる計測距離、範囲、検証点及び標定点の配置を立案する。

イ 検証点の設置・計測

地上移動体搭載型LSによる計測結果の精度を確認するための検証点を設置する。検証点は基準点又は工事基準点から計測を行う。また、検証点は出来形計測中に動かないように固定する。検証点は、**別紙—6**「地上移動体搭載型LS精度確認試験結果報告書」による計測範囲内において測定精度が最も不利となる箇所付近に2か所以上配置することとする。

バックホウ搭載LSを用いる場合は、出来形計測実施前に1日1回の頻度で、現場内の任意の場所において、**別紙—6**「地上移動体搭載型LS精度確認試験結果報告書」による検証点を用いた精度確認を実施することとし、施工中の検証点の設置及び精度確認は不要とする。

検証点は地上移動体搭載型LSの計測結果から平面位置が特定できるものを用いる。工事基準点から検証点までの計測距離（斜距離）について、3級TSを利用する場合は100m以内（2級TSは150m以内）とする。

ウ 標定点の設置・計測

計測結果の水平位置及び標高を調整するため調整用基準点の設置が必要である技術を用いる場合、標定点を設置する。標定点は、精度確認試験で確認した精度が最も低下する現場条件となる位置に2か所以上配置する。

エ 出来形計測の実施

地上移動体搭載型LSによる出来形計測は、計測対象範囲内で0.0025 m² (0.05m×0.05mメッシュ) 当たり1点以上の計測点が見られる設定で計測を行う。また、1回の計測距離は、**様式—6**「地上移動体搭載型LS精度確認試験結果報告書」を用いて実施した精度確認の距離範囲内とする。計測対象範囲に作業員、仮設構造物、建設機械等が配置されている状況では地表面のデータが取得出来ないため、可能な限り出来形の地表面が露出して

いる状況で計測を行う。地上移動体搭載型 L S 計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分考慮すること。地上移動体搭載型 L S 計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図 9-8 に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について 3 次元座標値を取得するものとする。

なお、 0.0025m^2 ($0.05\text{m} \times 0.05\text{m}$ メッシュ) 当たりに 1 点以上の計測結果が得られる設定とする。

オ 精度確認

ウで作成した計測点群データ上で得られる検証点の座標と、イにより計測した検証点の座標の真値を比較し、表 9-12 に示す基準値以内であることを確認する。

カ 出来形評価用データ等の作成

計測した出来形形状を示す計測点群データから、出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成する。点群処理ソフトウェアによるデータ処理手順は以下のとおりとする。

(ア) 計測点群データの不要点を以下の手順で削除する。

①対象範囲外のデータ削除

計測点群データの 3 次元的な鳥瞰図による目視確認等により、被計測対象物以外の計測データを削除する。

②点群密度の変更 (データの間引き)

出来形計測データについては、 0.0025m^2 当たり 1 点以上、出来形評価用データとしては 0.0025m^2 当たり 1 点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らしてよいが、座標値を変更するような処理はとってはならない。また、平面範囲で鉛直方向の最下点や中央値を抽出することはよいが、平均処理は行ってはならない。(出来形評価用データで以下のグリッドデータ化による場合は除く。)

③グリッドデータ化

出来形評価用データとしては、点群密度の変更による方法のほか、内挿し格子状に加工することにより、 0.0025m^2 当たり 1 点程度のデータとすることができる。

(イ) 現場での計測結果が複数ある場合には、各計測で個別の 3 次元座標に変換した結果を一つに合成する方法や複数計測の特徴点を用いて合成を行った後に 3 次元座標に変換する方法により、計測データの合成を行う。

(ウ) 計測点群データの不要点を削除した点群を対象に T I N を配置し、地形や岩区分境界又は出来形の面データを作成する。

8 RTK-GNSS方式出来形管理技術（断面管理）

（１）機器構成及び各機器の機能及び要件

出来形管理用RTK-GNSSによる出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア 出来形管理用RTK-GNSS（ハードウェア及びソフトウェア）

基本設計データを用い、現場での出来形計測、出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差の表示及び出来形計測データの記録と出力を行う装置である。高さ補完機能を持つ高さ補完装置が付属する場合もある。本ガイドラインに基づく出来形管理は、事前に作成した基本設計データを用いて従来の準備作業（出来形管理箇所を示す杭の座標計算や杭の事前設置作業）を行うことなく出来形計測を実施することが可能であり、現場での出来形計測と同時に出来形の良否判定ができることが特徴である。これらを実現するためには、事前に基本設計データを搭載し、現場での出来形計測データの取得と出来形確認を行う出来形管理用RTK-GNSSが必要となる。必要とする機能は以下のとおりである。

- ①施工管理データの読み込み機能
- ②RTK-GNSSの基準局及びローカライゼーション機能
- ③線形データの切り替え選択機能
- ④基本設計データの確認機能
- ⑤RTK-GNSSの通信設定確認機能
- ⑥初期化手順と較差確認機能
- ⑦任意断面における出来形管理機能
- ⑧管理断面における出来形管理機能
- ⑨観測状態確認機能
- ⑩出来形計測データの登録機能
- ⑪出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ⑫監督・検査現場立会い確認機能
- ⑬施工管理データの書き出し機能
- ⑭評価結果の報告
- ⑮高さ補完機能の動作状況確認機能（状況により機能が停止する場合に限る。）
- ⑯計測可能範囲の設定機能

イ 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、発注者から提示された設計図書等をもとに、出来形管理用RTK-GNSSに搭載可能な基本設計データを作成するソフトウェアであり、作成した基本設計データは、通信又は記憶媒体を通して出来形管理用RTK-GNSSに搭載することができる。**別紙－５**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

基本設計データと出来形測定データを読み込むことにより出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－６**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

出来形管理用RTK-GNSSは、国土地理院認定1級（2周波）と同等以上の性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、本ガイドラインに基づき出来形管理を行う場合は、利用するRTK-GNSSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。以下に、1級（2周波）の性能分類（農林水産省測量作業規定 別表1による）と出来形管理に必要な高さ精度を示す。

計測	計測性能	測定精度
起工測量 岩線計測 部分払い 出来高計測 出来形計測	公称測定精度：± $(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$ 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 ± $(20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500 \times 103) = \pm 21\text{mm}$ の誤差となる	鉛直方向 ±10mm 以内 平面方向 ±20mm 以内

出来形管理に必要な要求精度	4級基準点と同等以上の基準点との較差が、 平面±20mm 以内、鉛直±10mm 以内
---------------	---

ア RTK-GNSSの測定精度が国土地理院による1級（2周波）と同等以上の認定品であることを示すメーカーのカatalog又は機器仕様書を添付する。なお、国土地理院において測量機器の検討機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、これに準ずる日本測量機器工業会規格 JSIMA113 による1級（2周波）以上であることを証明する検査成績書等により、国土地理院が定める測量機器分類の1級（2周波）同等以上であることが確認できる場合は、1級（2周波）と同等以上とみなすことができ、国土地理院による登録は不要である。

イ 出来形管理に必要な鉛直精度を満たしていることを示す精度確認結果として、測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）を添付する。検査成績書に代えて、**様式-8**「高さ補完機能付きRTK-GNSS測量機の精度確認チェックシート」で確認した結果（1年以内）を添付してもよい。なお、確認した結果の提出は、施工計画書作成段階ではなく、計測を開始するまででよい。

ウ RTK-GNSSの精度管理が適正に行われていることを証明するために、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書を添付する。（農林水産省測量作業規定参照。）

エ 高さ補完機能としてレーザー光を利用する場合、JIS C 6802 に定められるレーザー製品の安全基準を守った製品であること。

(3) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用RTK-GNSS基準局の設置

出来形管理用RTK-GNSSで利用する基準局は工事基準点上に設置する。任意の未知点に設置する必要がある場合には、測量を実施して工事基準点とするか、後方交会法の

ように任意の点に設置した後で必要な位置情報を取得する機能を利用すること。なお、ネットワーク型RTK-GNSSの移動局のみにより測位する場合はこの限りではない。

イ ローカライゼーション（現地座標に変換）

GNSS座標系と現場座標系にズレがある場合、ローカライゼーションを行い、GNSS座標系を現場座標系に変換する。ローカライゼーションを行うことによりGNSS座標を現場座標へ変換するテーブルが作成され、GNSS座標の計測値から自動的に現場座標の計測値が得られる。

ウ 出来形計測の実施と精度確認

（ア）工事基準点上で初期化を行い、初期化直後、工事基準点の計測値に大きな誤差がないことを確認（既知点確認）する。初期化誤差が水平方向±20mm以上又は鉛直方向±10mm以上ある場合は、再度初期化を行う。

（イ）出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用RTK-GNSSを用いて、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形、法線、法肩等）の選択を行う。

出来形計測対象点に移動局を設置した上で、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠しFIX解を得てから10epoch（エポック）以上を計測する。なお、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠すれば、測定精度の確認用に2セット計測して比較し、較差が小さい場合は計測値を採用することとなっているが、出来形管理用RTK-GNSSによる出来形計測では、1セットとする代わりに精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。出来形計測の結果、計測精度が悪化している場合は再度計測しなければならない。出来形計測作業の手戻りを少なくするため、一定の計測間隔（100～200m程度）又は時間間隔（30分～1時間程度）で初期化を行うことが望ましい。RTK-GNSS出来形計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

図9-8に示すとおり、管理対象箇所全ての箇所について3次元座標値を取得するものとする

（ウ）出来形管理用RTK-GNSSでは、管理断面上の出来形計測点の誘導が可能であるため、従来の出来形管理に必要な準備測量（管理断面上の杭、目串等の設置）を事前に行うことなく計測できる。また、出来形管理用RTK-GNSSは、法長、幅、基準高等を算出する機能を有しているため、測定者は計測後すぐに設計値と計測値との差を確認できる。さらに、出来形管理用RTK-GNSSでは、出来形計測は断面ごとではなく、作業効率を考慮して自由に設定することができる。その際、出来形計測点一つで判定できるものの場合（基準高さ）は、高さ判定表示確認が可能である。出来形計測点二つで判定できるものの場合（幅、法長）は、出来形計測点と辺を構成するもう一点が取得済みであるかを表示し、取得済みの場合は長さの判定を行うことが可能である。

（エ）計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力又は選択する。

（オ）出来形管理用RTK-GNSSで確認した出来形計測データの記録を行う。上記（イ）～（カ）を繰り返して計測し、必要に応じて（ア）やアを実施する。

(カ) 出来形計測を円滑に行うため、計測実施前に、衛星配置の予測ソフトウェア等を用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。衛星の配置予測ソフトウェアは、測量機器メーカーウェブサイト等で入手できる。ただし、現場の状況（周辺の山、谷、ビル）に応じて衛星捕捉状況が変化するため、これらを十分に考慮して計測計画を立てること。

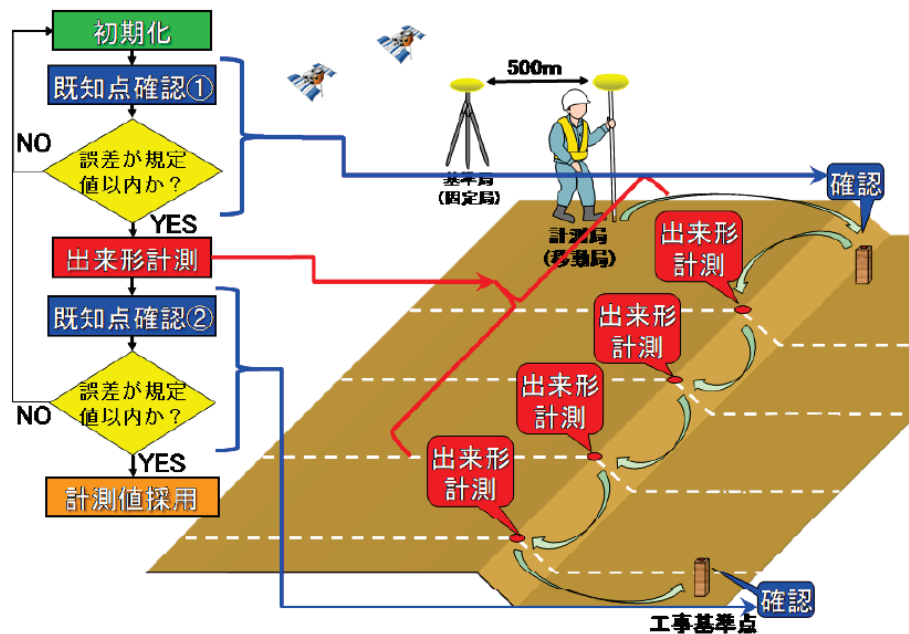


図 9－9 初期化と計測の手順

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和5年3月国土交通省）

第4 出来形管理資料の作成

受注者は、計測した3次元座標を用いて出来形寸法を算出し、出来形管理資料として出来形管理図表及び出来形計測位置の一覧を作成するものとする。

(1) 出来形管理図表

土木工事施工管理基準に定める出来形管理図表を自動又は手動により作成する。作成の流れは図9-10に示すとおりである。

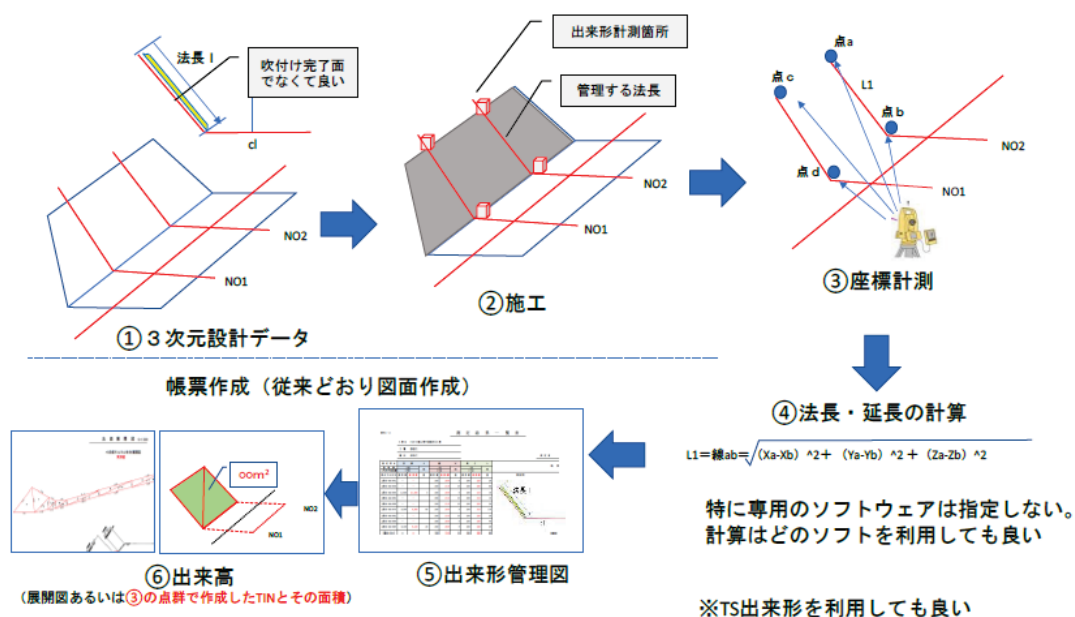


図9-10 出来形管理図表の作成の流れ

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

(2) 出来形計測位置の一覧

出来形計測位置の一覧として、出来形計測箇所が計測すべき断面上又は測線上で計測されていることを示す資料を添付することとする。3次元設計データに計測箇所を表示した平面図又はこれを確認できるビューアー付き3次元モデルファイルでもよい。

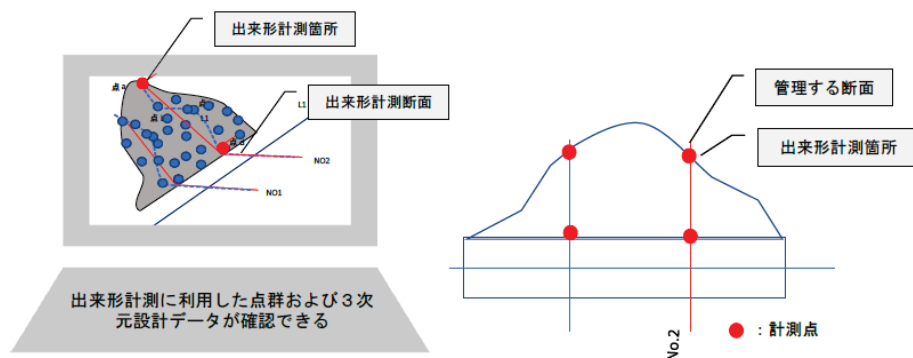


図9-11 3次元での確認機能（左）、平面図での確認機能（右）

（出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）」（令和5年3月国土交通省））

第5 撮影記録による出来形管理

1 断面管理の場合

(1) 撮影基準及び撮影箇所

撮影記録による出来形管理は、表9-14のとおり行うものとする。

表9-14 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
・ラス張 ・植生マット ・植生シート ・繊維ネット ・張芝 ・人工張芝 ・種子散布	1 か所／1,000m ² 上記未満は2 か所	法面状況、法面清掃、 法勾配、法長、厚さ、 ラス張、植生ネット 張、むしろ張、アンカ ー打込み等必要箇所
・客土吹付 ・植生基材吹付	1 か所／施工面積おおむね 200～400m ² 上記未満は2 か所	
・吹付枠	1 か所／1,000m ² 上記未満は2 か所	

(2) 撮影方法

表9-15に示す必要事項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撮影する。設計寸法、実測寸法及び略図は省略することができ、巻尺等を用いた計測を行わないため、リボンテープ、ピンポール等を写しこんだ出来形寸法を確認する写真撮影は原則として必要ないものとする。

なお、UAV空中写真測量により出来形管理を行う場合、撮影箇所によっては空中写真測量で撮影した写真又は撮影した写真から作成されるオルソ画像の納品をもって写真撮影に代えることが可能であり、被写体として写し込む小黒板は不要である。

表9-15 小黒板に記載する事項

出来形管理技術	記載事項	備考
TS等光波方式 TS（ノンプリズム方式） RTK-GNSS	・工事名 ・工種等 ・TS又はRTK-GNSS基準局の設置位置（ネットワーク型RTK-GNSSの場合はその旨を記載する。） ・出来形測定点（測点、箇所）	—
TLS 地上移動体搭載型LS	・工事名 ・工種等 ・出来形管理機器設置位置	—

	・ 出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点）	
U A V 空中写真測量 U A V レーザー	・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形計測点（測点・箇所）	撮影回数は、工事ごとに1回（施工後）とする。 U A V レーザーによる計測状況が分かるように撮影する。

第 10 章 付帯構造物工

第 1 3 次元出来形管理技術の適用範囲

付帯構造物工における出来形管理技術の適用範囲は表 10－1 のとおりとする。

表 10－1 出来形管理技術の適用範囲

1 断面管理の場合

出来形管理技術	工種	出来形管理項目	施工規模
・ T S 等光波方式 ・ T S （ノンプリズム方式） ・ T L S ・ R T K－G N S S	・ コンクリートブロック積み ・ コンクリートブロック張り ・ 石積（張）工	基準高、 法長、 施工延長	他工種の施工規模と同様。 （単独ではなく、
	・ コンクリート側溝工 ・ コンクリート管渠工	基準高、 幅、高さ、 施工延長	他工種の関連施工工種として実施することとする。）

※ 1 上表に記載のない管理項目及び適用対象外の管理項目は従来手法による。

※ 2 延長の算定に支障がある場合は、監督職員と協議の上、従来手法で計測してもよい。

※ 3 舗装工においては、T S （ノンプリズム方式）出来形管理技術及び R T K－G N S S 出来形管理技術を使用しないため、舗装工の関連施工工種として実施する場合は適用しない。

※ 4 暗渠排水工においては、T S （ノンプリズム方式）出来形管理技術を使用しないため、暗渠排水工の関連施工工種として実施する場合は適用しない。

第2 出来形管理基準及び規格値

1 断面管理の場合

測定項目、出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められたものとする。

T S（ノンプリズム方式）出来形管理技術及びT L S出来形管理技術を用いる場合は、以下の方法により測定値を算出する。

（1）基準高（標高）の測定値を3次元座標から算出する方法

基準高（標高）は、3次元座標値の標高座標（z座標）の値を用いて、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

（2）法長・幅・高さの測定値を3次元座標から算出する方法

法長は、計測した2点間の斜距離の算出値を測定値とし、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

幅は、計測した2点間の水平距離の算出値を測定値とし、管理断面上の設計値と測定値の対比で規格値との比較・判定を行う。

高さは、計測した2点間の標高座標（z座標）差分値を用いて規格値と比較・判定を行う。

高さの構成点として選択した2点は、同じ平面位置になくてもよい。

（3）延長の測定値を3次元座標から算出する方法

延長は、ブロック等の計測対象物に沿って、始点から終点までの複数箇所で3次元座標を計測し、これらの点間の直線距離（斜距離）の合計値を延長として用いて規格値と比較・判定を行う。

第3 出来形管理技術別の機器要件、精度管理及び計測手順

1 TS等光波方式出来形管理技術（断面管理）

（1）機器構成及び各機器の機能・要件

出来形管理用TS等光波方式による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

なお、施工管理データについては、以下に示す機器間でデータを交換できるように、**別紙－4**「出来形管理用TS等光波方式技術に用いる施工管理データの機器間データ交換の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用TS等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙－5**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ 出来形管理用TS等光波方式（ハードウェア及びソフトウェア）

出来形管理用TS等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙－7**「出来形管理用TS等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－6**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（2）計測性能

出来形管理用TS等光波方式は、以下に示す国土地理院認定3級で規定される性能と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用することとする。受注者は、利用するTSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。

国土地理院で規定がないTS等光波方式を利用する場合は、（3）に示す精度確認試験を実施し、その記録を監督職員に提出するものとする。

なお、TSは、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書があるものを使用する。

国土地理院認定3級で規定される性能

測距精度：±（5mm＋5ppm×D）以下※ 最小読定値20”以下

※ D値は計測距離（m）、ppmは 10^{-6}

<計算例>

計測距離100mの場合は、±（5mm＋5× 10^{-6} ×100× 10^3 ）＝±5.5mmの誤差となる。

（3）精度確認

受注者は、国土地理院で規定がないT S等光波方式を用いる場合は、その精度を確認するために以下の実施手順に即して精度確認試験を行い、**様式－2**「T S等光波方式の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して監督職員に報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用するまでに精度確認試験を行うことが望ましい。受注者は、本精度確認により、国土地理院で規定がないT S等光波方式において所要の計測値が得られることを確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び計測距離の範囲内において出来形計測に適用することができる。

イ 実施方法

(ア) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

(イ) T Sによる計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには、先端が平らなものをを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さの計測値から差し引く。プリズムをT Sで視準し3次元座標を計測する。

(ウ) 国土地理院で規定がないT S等光波方式による計測

プリズム方式による計測完了後、望遠鏡のないタイプのものはプリズムを自動追尾する機能により3次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式で計測した計測結果を比較し、その差が表10－2に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表10－2 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
T Sと国土地理院で規定がないT S等光波方式の計測座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±10mm 以内	現場内2か所以上

(4) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用T S等光波方式の設置

出来形管理用T S等光波方式は、工事基準点上に設置することを原則とするが、工事基準点上に設置することが困難な場合には、後方交会法により任意の未知点へ設置することができるものとする。

なお、未知点に出来形管理用T S等光波方式を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は $30\sim150^\circ$ 以内でなければならない。ただし、出来形管理用T S等光波方式と工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。

イ 出来形計測の実施

T S と計測点までの距離が大きくなるほど測定精度が低下する傾向にあるため、出来形計測時の T S と計測点までの視準距離の制限値は、使用する T S の級、工種及び出来形管理項目にかかわらず、一律 100m とする。

また、出来形計測を行う箇所が基本設計データに管理断面として入力したラインから延長方向に±100mm 以内の範囲内になるよう計測を行うこととする。

計測する横断面は、「土木工事施工管理基準」別表第 1 直接測定による出来形管理に定められた測定基準（線的なものについては施工延長おおむね 20m につき 1 か所、20m 未満は 2 か所）に基づき設定し、各断面の全ての計測対象点について 3 次元座標値を取得する。また、出来形計測点を適宜設定する。

3 T S（ノンプリズム方式）出来形管理技術

（１）機器構成及び各機器の機能・要件

T S（ノンプリズム方式）による出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりとする。

ア 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、設計図書等をもとに出来形管理用 T S 等光波方式に取り込み可能な基本設計データを作成するソフトウェアである。**別紙－５**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

イ T S（ノンプリズム方式）

出来形管理用 T S 等光波方式は、アで作成した基本設計データを用いて、現場での出来形測定及び出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差を表示し、出来形測定データの記録と出力を行う装置である。**別紙－７**「出来形管理用 T S 等光波方式の機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 点群処理ソフトウェア

計測データを読み込み、データ上で点間の水平距離、鉛直距離及び斜距離を計測できるソフトウェアである。C A D ソフトウェア等に同等の機能を有する場合は使用してもよい。

エ 出来形帳票作成ソフトウェア

出来形帳票作成ソフトウェアは、アで作成した基本設計データとイで測定した出来形測定データを読み込み出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－６**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

（２）計測性能

T S（ノンプリズム方式）本体は、以下の測定精度と同等以上の性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用する T S（ノンプリズム方式）の性能について、監督職員に提出すること。

精度：計測範囲内で±20mm 以内

（カタログ記載に加え、**様式－２**「T S 等光波方式の精度確認試験結果報告書」を準用し精度確認試験を行うこと。）

（３）T S（ノンプリズム方式）の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するため、T S（プリズム方式）による計測と T S（ノンプリズム方式）による計測により精度確認試験を行い、**様式－２**「T S 等光波方式の精度確認試験結果報告書」を準用し結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前に精度確認試験を行うことが望ましい。本精度確認により、ノンプリズム方式において所要の計測値が得られることが確認できた場合に限り、これを確認した計測条件及び視準距離の範囲内で、ノンプリズム方式を出来形計測に適用することができる。精度確認試験は、利用前 12 か月以内に実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 計測点の設定

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に2点以上の計測点を設定する。

(イ) TS（プリズム方式）による計測

計測点にプリズムを設置する。プリズムを付けるピンポールには先端が平らなものを用い、ピンポール先端が路面の窪みに刺さらないようにする。ピンポールの下に平滑で小さいプレートを設置してもよい。この場合、プレートの厚みを高さ計測値から差し引く。プリズムをTSで視準し3次元座標を計測する。

(ウ) TS（ノンプリズム方式）による計測

プリズム方式による計測後、そのままプリズムを立てた状態を保ちながら、望遠鏡内の十字線をピンポールに沿わせ、ピンポール先端（石ずき等）に合わせる。ピンポールやプレートを計測点から外し、ノンプリズム方式により3次元座標を計測する。

(エ) 計測結果の評価

計測結果を比較し、その差が表10-3に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表10-3 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
TS（プリズム方式）とTS（ノンプリズム方式）の計測座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±20mm 以内	現場内2か所以上

(4) GNSSの精度確認

TSの設置位置の計測にGNSSローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式-7**「GNSSの精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の2か所以上の既知点や検証点を利用し、GNSSによる計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表10-4に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表10-4 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
------	--------	----

各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度
---------	-------------------------------	------------

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア TS（ノンプリズム方式）の設置

TS（ノンプリズム方式）は、計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定する。また、計測範囲に対して、1回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

TS（ノンプリズム方式）と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、設置箇所を複数回に分けて実施する。

なお、未知点にTS（ノンプリズム方式）を設置する際は、利用する工事基準点間の夾角 θ （複数の場合はその一つ）は $30\sim150^\circ$ 以内でなければならない。ただし、TS（ノンプリズム方式）と工事基準点の距離が近い場合、方位の算出誤差が大きくなるため注意すること。

イ 出来形計測の実施

TS（ノンプリズム方式）による出来形計測は、精度確認試験の確認距離内とする。

ただし、器械設置時は、プリズムを用いた計測を行うこととし、TS（プリズム方式）における制限距離以内での計測を行う。

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第7に規定する出来形横断面位置ごとの管理断面上とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について3次元座標値を取得するものとする。上記の出来形計測対象点は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められた測定箇所とする。

なお、管理断面上とは、管理断面に対して直角方向に $\pm 10\text{cm}$ の範囲とする。これは、出来形管理用TS等光波方式でプリズムを出来形測定箇所に精緻に誘導する作業の効率を考慮しているためである。

5 T L S 出来形管理技術

(1) 機器構成及び各機器の機能・要件

T L S 出来形管理技術による出来形管理のシステムの構成と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア T L S 本体

本体から計測対象の相対的な位置を面的に取得する機器である。

イ 点群処理ソフトウェア

出来形計測で取得した複数回の 3 次元点群の結合、3 次元点群から樹木、草木、建設機械、仮設備等の不要な点の除外、出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータの作成、点群への T I N の配置及び 3 次元出来形計測結果の出力を行うソフトウェアである。点群処理ソフトウェアは、**別紙－1**「点群処理ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

ウ 3 次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示し、3 次元設計データの作成及び出力を行うソフトウェアである。3 次元設計データ作成ソフトウェアは、**別紙－2**「3 次元設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」の機能を有していなければならない。

エ 出来形帳票作成ソフトウェア

3 次元設計データと出来形評価用データを入力することにより、設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れの算出と良否の判定が行える情報を提供するとともに、計測結果を出来形管理として出力するソフトウェアである。出来形帳票作成ソフトウェアは、**別紙－3**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件（面管理の場合）」に示す機能を有していなければならない。

オ 出来高算出ソフトウェア

起工測量結果と、3 次元設計データ作成ソフトウェアで作成した 3 次元設計データ又は点群処理ソフトウェアで算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

(2) 計測性能

T L S による出来形計測で使用する T L S 本体は、以下の計測精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器を使用するものとする。受注者は、利用する T L S の性能について、監督職員に提出すること。

精度：計測範囲内で±20mm 以内（カタログ記載に加え、 様式－4 「T L S 精度確認試験結果報告書」による精度確認試験を行うこと。） 色データ：色データの取得が可能なが望ましい。（点群処理時に目視により選別するために利用する。）

(3) T L S の精度確認

受注者は、現場における測定精度を確認するために、既知点間の距離を比較し精度確認試験を行い、**様式－４**「T L S 精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時にすることも可能であるが、利用前にその精度確認試験を行うことが望ましい。現時点においては、T L S 本体に関する定期点検の必要性等が規定されていないため、暫定案として利用前 12 か月以内に精度確認試験を実施することとする。

イ 実施方法

(ア) 既知点の設置及び計測

計測機器本体から被計測対象の最大計測距離以上となる位置に 2 か所以上の既知点を設置し、T L S による計測結果から得られる既知点の点間距離を計測する。

なお、事前に精度確認試験を行う場合、利用する現場条件を特定できないことから、計測機器の仕様に応じて、計測予定距離以上の距離に既知点を設置し計測すること。

(イ) 検査点の検測

設置した検査点（基準点）を T S 又はテープで計測する。

(ウ) 計測結果の評価

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が表 10－5 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 10－5 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
点間距離	±20mm 以下	既知点は出来形計測で利用する最大計測距離以上の位置に配置する。 検査点は 10m 以上の離隔を確保する。

(4) G N S S の精度確認

T S の設置位置の計測に G N S S ローバーを用いる場合は、以下の手順により精度確認を行い、**様式－７**「G N S S の精度確認試験結果報告書」により結果を整理して報告するものとする。

ア 実施時期

現場の計測と同時に実施することも可能であるが、利用までにその精度確認試験を行うことが望ましい。

イ 実施方法

(ア) 計測

現場内の 2 か所以上の既知点や検証点を利用し、G N S S による計測結果から得られる既知点や検証点の座標を計測する。真値となる座標値は、基準点、工事基準上等の既知点の座標値や、基準点及び工事基準点を用いて測量した座標値を利用する。

(イ) 計測結果の評価

計測結果を既知点等の真値と比較し、その差が表 10－6 に示す精度確認基準を満たしていることを確認する。

表 10－6 精度確認基準

比較方法	精度確認基準	備考
各座標値の較差	平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内	現場内 2 か所程度

(5) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア T L S の設置

T L S は、計測対象範囲に対して正対して計測できる位置を選定して設置する。また、計測範囲に対して T L S の入射角が著しく低下する場合や、1 回の計測で不可視となる範囲がある場合は、不可視箇所等を補間できる計測位置を選定する。

T L S と被計測対象の位置関係は、被計測対象となる範囲の全てが精度確認試験で確認した最大距離以内となる範囲を設定する。1 回の計測で精度確認試験以上となる範囲がある場合は、T L S 設置箇所を複数回に分けて実施する。

イ 標定点の設置及び計測

標定点を用いて T L S による計測結果を 3 次元座標へ変換又は複数回の計測結果について標定点を用いて合成する場合は、計測対象箇所の最外周部に 4 か所以上の標定点を設置する。標定点の計測は T S を用いて実施し、T S から基準点及び標定点までの距離が 100 m 以下（3 級 T S の場合）又は 150 m 以下（2 級 T S の場合）とする。また、出来形計測を行っている間、標定点は動かないように確実に固定する。T S と同様に、T L S 本体がターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測してもよい。この場合、ターゲットは工事基準点又は基準点上に設置する。

ウ 出来形計測の実施

T L S による出来形計測は、3 次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で 10cm メッシュに 1 点以上の出来形座標値を取得するものとする。

（T L S 直下の欠測は許容する。）法肩、法尻及びほ場周縁から水平方向にそれぞれ ±50mm 以内に存在する計測点は評価から外してもよい。また、1 回の計測距離は、様式－4「T L S 精度確認試験結果報告書」を用いて実施した精度確認の距離範囲内とする。計測対象範囲に作業員、仮設構造物、建設機械等が配置されている場合は、地表面のデータが取得出来ないため、可能な限り出来形の地表面が露出している状況で計測を行う。

8 RTK-GNSS方式出来形管理技術（断面管理）

（１）機器構成及び各機器の機能及び要件

出来形管理用RTK-GNSSによる出来形管理のシステムを構成する機器と、各機器の機能及び要件は以下のとおりである。

ア 出来形管理用RTK-GNSS（ハードウェア及びソフトウェア）

基本設計データを用い、現場での出来形計測、出来形の良否判定が可能な設計と出来形の差の表示及び出来形計測データの記録と出力を行う装置である。高さ補完機能を持つ高さ補完装置が付属する場合もある。本ガイドラインに基づく出来形管理は、事前に作成した基本設計データを用いて従来の準備作業（出来形管理箇所を示す杭の座標計算や杭の事前設置作業）を行うことなく出来形計測を実施することが可能であり、現場での出来形計測と同時に出来形の良否判定ができることが特徴である。これらを実現するためには、事前に基本設計データを搭載し、現場での出来形計測データの取得と出来形確認を行う出来形管理用RTK-GNSSが必要となる。必要とする機能は以下のとおりである。

- ①施工管理データの読み込み機能
- ②RTK-GNSSの基準局及びローカライゼーション機能
- ③線形データの切り替え選択機能
- ④基本設計データの確認機能
- ⑤RTK-GNSSの通信設定確認機能
- ⑥初期化手順と較差確認機能
- ⑦任意断面における出来形管理機能
- ⑧管理断面における出来形管理機能
- ⑨観測状態確認機能
- ⑩出来形計測データの登録機能
- ⑪出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ⑫監督・検査現場立会い確認機能
- ⑬施工管理データの書き出し機能
- ⑭評価結果の報告
- ⑮高さ補完機能の動作状況確認機能（状況により機能が停止する場合に限る。）
- ⑯計測可能範囲の設定機能

イ 基本設計データ作成ソフトウェア

基本設計データ作成ソフトウェアは、発注者から提示された設計図書等をもとに、出来形管理用RTK-GNSSに搭載可能な基本設計データを作成するソフトウェアであり、作成した基本設計データは、通信又は記憶媒体を通して出来形管理用RTK-GNSSに搭載することができる。**別紙－５**「基本設計データ作成ソフトウェアの機能と要件」に示す要件を満たすものでなければならない。

ウ 出来形帳票作成ソフトウェア

基本設計データと出来形測定データを読み込むことにより出来形帳票を自動作成するソフトウェアである。**別紙－６**「出来形帳票作成ソフトウェアの機能と要件」に示す機能を有していなければならない。

(2) 計測性能

出来形管理用RTK-GNSSは、国土地理院認定1級（2周波）と同等以上の性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、本ガイドラインに基づき出来形管理を行う場合は、利用するRTK-GNSSの性能について、監督職員の承諾を受けるものとする。以下に、1級（2周波）の性能分類（農林水産省測量作業規定 別表1による）と出来形管理に必要な高さ精度を示す。

計測	計測性能	測定精度
起工測量 岩線計測 部分払い 出来高計測 出来形計測	公称測定精度： $\pm (20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$ 最小解析値：1mm 例：計測距離500mの場合は、 $\pm (20\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times 500 \times 103) = \pm 21\text{mm}$ の誤差となる	鉛直方向 $\pm 10\text{mm}$ 以内 平面方向 $\pm 20\text{mm}$ 以内

出来形管理に必要な要求精度	4級基準点と同等以上の基準点との較差が、 平面 $\pm 20\text{mm}$ 以内、鉛直 $\pm 10\text{mm}$ 以内
---------------	---

ア RTK-GNSSの測定精度が国土地理院による1級（2周波）と同等以上の認定品であることを示すメーカーのカatalog又は機器仕様書を添付する。なお、国土地理院において測量機器の検討機関として登録された第三者機関の発行する検定証明書、これに準ずる日本測量機器工業会規格 JSIMA113 による1級（2周波）以上であることを証明する検査成績書等により、国土地理院が定める測量機器分類の1級（2周波）同等以上であることが確認できる場合は、1級（2周波）と同等以上とみなすことができ、国土地理院による登録は不要である。

イ 出来形管理に必要な鉛直精度を満たしていることを示す精度確認結果として、測量機器メーカーの発行する検査成績書（1年以内）を添付する。検査成績書に代えて、**様式-8**「高さ補完機能付きRTK-GNSS測量機の精度確認チェックシート」で確認した結果（1年以内）を添付してもよい。なお、確認した結果の提出は、施工計画書作成段階ではなく、計測を開始するまででよい。

ウ RTK-GNSSの精度管理が適正に行われていることを証明するために、検定機関が発行する有効な検定証明書又は測量機器メーカー等が発行する有効な校正証明書を添付する。（農林水産省測量作業規定参照。）

エ 高さ補完機能としてレーザー光を利用する場合、JIS C 6802 に定められるレーザー製品の安全基準を守った製品であること。

(3) 出来形管理の計測手順及び実施手順

ア 出来形管理用RTK-GNSS基準局の設置

出来形管理用RTK-GNSSで利用する基準局は工事基準点上に設置する。任意の未知点に設置する必要がある場合には、測量を実施して工事基準点とするか、後方交会法の

ように任意の点に設置した後で必要な位置情報を取得する機能を利用すること。なお、ネットワーク型RTK-GNSSの移動局のみにより測位する場合はこの限りではない。

イ ローカライゼーション（現地座標に変換）

GNSS座標系と現場座標系にズレがある場合、ローカライゼーションを行い、GNSS座標系を現場座標系に変換する。ローカライゼーションを行うことによりGNSS座標を現場座標へ変換するテーブルが作成され、GNSS座標の計測値から自動的に現場座標の計測値が得られる。

ウ 出来形計測の実施と精度確認

（ア）工事基準点上で初期化を行い、初期化直後、工事基準点の計測値に大きな誤差がないことを確認（既知点確認）する。初期化誤差が水平方向±20mm以上又は鉛直方向±10mm以上ある場合は、再度初期化を行う。

（イ）出来形計測を行う管理断面と出来形計測対象点の指定を行う。出来形管理用RTK-GNSSを用いて、基本設計データに登録されている計測対象の管理断面の測点名と出来形計測対象点（道路中心線形、法線、法肩等）の選択を行う。

出来形計測対象点に移動局を設置した上で、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠しFIX解を得てから10epoch（エポック）以上を計測する。なお、農林水産省測量作業規程の路線測量に準拠すれば、測定精度の確認用に2セット計測して比較し、較差が小さい場合は計測値を採用することとなっているが、出来形管理用RTK-GNSSによる出来形計測では、1セットとする代わりに精度確認用として計測後に工事基準点で誤差の確認（既知点確認）を行うこととする。出来形計測の結果、計測精度が悪化している場合は再度計測しなければならない。出来形計測作業の手戻りを少なくするため、一定の計測間隔（100～200m程度）又は時間間隔（30分～1時間程度）で初期化を行うことが望ましい。RTK-GNSS出来形計測において欠測が生じる場合は、観測データの補間方法について監督職員と協議を行うこと。

（ウ）出来形管理用RTK-GNSSでは、管理断面上の出来形計測点の誘導が可能であるため、従来の出来形管理に必要な準備測量（管理断面上の杭、目串等の設置）を事前に行うことなく計測できる。また、出来形管理用RTK-GNSSは、法長、幅、基準高等を算出する機能を有しているため、測定者は計測後すぐに設計値と計測値との差を確認できる。さらに、出来形管理用RTK-GNSSでは、出来形計測は断面ごとではなく、作業効率を考慮して自由に設定することができる。その際、出来形計測点一つで判定できるものの場合（基準高さ）は、高さ判定表示確認が可能である。出来形計測点二つで判定できるものの場合（幅、法長）は、出来形計測点と辺を構成するもう一点が取得済みであるかを表示し、取得済みの場合は長さの判定を行うことが可能である。

（エ）計測した座標データに対して、計測点の種別（出来形計測対象点、品質証明のために計測した点、任意断面での出来形計測点）を入力又は選択する。

（オ）出来形管理用RTK-GNSSで確認した出来形計測データの記録を行う。上記（イ）～（カ）を繰り返して計測し、必要に応じて（ア）やアを実施する。

（カ）出来形計測を円滑に行うため、計測実施前に、衛星配置の予測ソフトウェア等を用いて計測可能時間等を確認しておくことが望ましい。衛星の配置予測ソフトウェアは、測量機器メーカーウェブサイト等で入手できる。ただし、現場の状況（周辺の山、谷、ビ

ル) に応じて衛星捕捉状況が変化するため、これらを十分に考慮して計測計画を立てること。

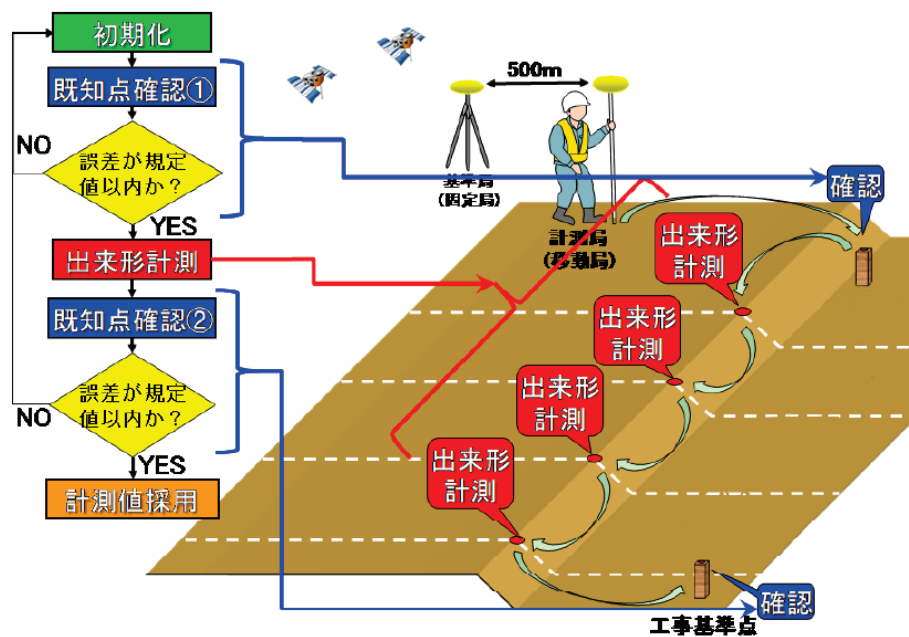


図 10－1 初期化と計測の手順

(出典：「3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）（令和5年3月国土交通省）

エ 出来形計測箇所

計測する横断面は、本ガイドライン（実施編）第7に規定する出来形横断図位置ごとの管理断面上とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について3次元座標値を取得するものとする。出来形計測対象点は、「土木工事施工管理基準」別表第1 直接測定による出来形管理に定められた測定箇所とする。

なお、管理断面上とは、管理断面に対して直角方向に±10cmの範囲とする。

第4 出来形管理資料の作成

1 断面管理の場合

受注者は、基本設計データと出来形計測データを用いて、出来形帳票作成ソフトウェアにより出来形管理資料を作成するものとする。基本設計データ作成ソフトウェア又は出来形帳票作成ソフトウェアを用いて出来形管理結果による横断図の作成ができる場合は、工事完成図書として利用することができる。

第5 撮影記録による出来形管理

1 断面管理の場合

(1) 撮影基準及び撮影箇所

撮影記録による出来形管理は、表 10－7 のとおり行うものとする。

表 10－7 撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所
コンクリートブロック積み コンクリートブロック張り 石積（張）工 コンクリート側溝工 コンクリート管渠工	1 か所／施工延長おおむね 40～80m 上記未満は 2 か所	床掘、基礎関係、その他必要箇所

(2) 撮影方法

表 10－8 に示す必要事項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撮影する。設計寸法、実測寸法及び略図は省略することができ、巻尺等を用いた計測を行わないため、リボンテープ、ピンポール等を写しこんだ出来形寸法を確認する写真撮影は原則として必要ないものとする。

表 10－8 小黒板に記載する事項

出来形管理技術	記載事項	備考
T S 等光波方式 T S （ノンプリズム方式） R T K－G N S S	・ 工事名 ・ 工種等 ・ T S 又は R T K－G N S S 基準局の設置位置（ネットワーク型 R T K－G N S S の場合はその旨を記載する。） ・ 出来形測定点（測点、箇所）	—
T L S	・ 工事名 ・ 工種等 ・ 出来形管理機器設置位置 ・ 出来形計測範囲（始点側測点～終点側測点）	—