

総括表

工種	出来形管理方法	ICT活用工事における適用範囲														3次元計測技術(技術概要集)						
		出来形管理の実施事項									計測マニュアル (別紙2)	精度計測性能および 管理 (別紙3)	工事数量算出	電子成果品作成規定	その他 3次元データ活用			マルチビーム測深	UAV写真測量	UAVレーザー計測	施工履歴データ	施工管理システム
		起工測量	出来形管理(別紙1)												完成形状	維持管理	災害対応					
			設計データ作成 データチェック (参考資料)	出来形計測	データ点処理	出来形管理	資料作成管理	出来形管理基準	出来形管理													
浚渫工	面管理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○				
基礎工	面管理	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○				○				
	施工履歴	○	○	○	○		○	○	○	○		○		○							○	
ブロック据付工	面管理	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○	○			
海上地盤改良工	床掘工置換工	面管理	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○				○				
	床掘工	施工履歴	○	○	○	○		○	○	○		○		○							○	
本体工(ケーソン据付工)	施工管理システム				○		○	○	○	○		○		○								○

<掲載ホームページ>

【港湾におけるICT活用に関する実施方針及び基準類】

https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr5_000061.html#yoryo

※上記のリンクより、【港湾におけるBIM/CIM適用に関する実施方針及び基準類】、【i-Construction及びBIM/CIM研修資料】等も参照可能

港湾工事における
3次元計測技術を用いた出来形管理に係
る 計測マニュアル・出来形管理要領
(令和8年4月版)

令和8年3月

国土交通省 港湾局

はじめに

i-Constructionの「ICTの全面的な活用」は、3次元データや情報通信技術の適用により高効率・高精度な施工を実現するものであり、工事施工中においては、施工管理データの連続的な取得を可能とするものである。そのため、施工管理においては従来よりも多くの点で品質管理が可能となり、これまで以上の品質確保が期待される。

受注者においては、実施する施工管理にあたっては、出来形管理の点群データや施工履歴データの取得によりトレーサビリティが確保されるとともに、高精度の施工やデータ管理の簡略化・書類の作成に係る負荷の軽減等が可能となる。また、発注者においては、従来の監督職員による現場確認が施工管理データの数値チェック等で代替可能となるほか、今後は検査職員による出来形・品質管理の規格値等の確認についても数値の自動チェックが可能となるなどの効果が期待される。

本要領「港湾工事における3次元計測技術を用いた出来形管理に係る計測マニュアル・出来形管理要領」（以下、「本要領」という。）は、3次元計測技術を海上土木工事に適用し施工管理を行う場合に必須な事項をとりまとめたものである。本要領を用いた施工管理の実施にあたっては、本要領の主旨、記載内容を理解するとともに、実際の施工管理においては、機器の適切な調達および管理等を行うとともに、適切な施工管理の下で施工を行うものとする。

本要領に記載した計測技術は、各種工種の標準的な施工における効率的かつ正確な出来形管理を目的とした検討、精度検証が行われたものである。しかし、現場条件、技術動向等によっては、本要領に記載されていない方法で効率的かつ正確に実施できることも考えられる。このような場合に現場ごとの協議を通して、本要領以外の方法を用いることを否定するものではない。

今後、現場のニーズや本技術の活用目的に対し、更なる機能の開発等技術的発展が実現されることが期待され、その場合、本要領も適宜内容を改善していくこととしている。

なお、本要領は、受注者が行う出来形管理に関する要領をとりまとめたものであり、工事数量算出や監督・検査については、別途定める要領を参照されたい。

【本要領の構成】

本要領の構成と内容は以下である。

構成		内容
要領	本編	本要領の適用工種・適用範囲と全工種で共通する実施事項
	別紙1 出来形管理の実施事項	工種別の実施事項
	別紙2 計測マニュアル	計測技術別の計測方法
	別紙3 計測性能および精度管理	工種・計測技術別の要求精度と精度管理
技術概要集		各種計測技術の解説
参考資料	データチェックシート	3次元設計データチェックシート 施工位置に係るデータチェックシート
	計測関連チェックシート等	精度確認等チェックシート

総目次

- ・ 本編
- ・ 別紙 1 出来形管理の実施事項
- ・ 別紙 2 計測マニュアル
- ・ 別紙 3 計測性能および精度管理
- ・ 技術概要集
- ・ 参考資料 チェックシート・精度管理表等

本編

本編 目次

第 1 章 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用工種・適用範囲	2
1.3 用語解説	7
1.3.1 一般的な工事測量関連	7
1.3.2 取得データ関連	11
1.3.3 出来形関連	14
1.3.4 ソフトウェア	14
第 2 章 準備	16
2.1 施工計画書の作成	16
2.1.1 共通事項	16
2.1.2 面管理（マルチビーム測深）	17
2.1.3 面管理（UAV を用いた計測）	19
2.1.4 施工管理システムを用いた管理	21
2.1.5 施工履歴データを用いた管理	21
2.2 工事基準点	23
第 3 章 出来形管理	24
3.1 起工測量	24
3.2 機器・ソフトウェア	25
3.3 3次元設計データ作成	26
3.4 計測性能および精度管理	27
3.5 出来形管理	28
3.5.1 出来形計測の実施	28
3.5.2 出来形計測箇所	28
3.5.3 計測点群データの処理	28
3.5.4 出来形評価用データの作成	28
3.5.5 出来形管理資料の作成	28
3.6 出来形管理基準	29
3.7 出来形管理写真基準	29
3.8 電子成果品の作成	29

第 4 章	工事数量算出	30
第 5 章	その他 3 次元データの活用	31
5.1	完成形状の把握【ブロック据付工】	31
5.1.1	目的	31
5.1.2	適用範囲	31
5.1.3	完成形状の 3 次元モデルの構造	31
5.2	維持管理（一般定期点検診断）への活用【ブロック据付工】	32
5.2.1	適用範囲	32
5.2.2	劣化度判定	32
5.3	災害対応への活用【ブロック据付工】	34
5.3.1	適用範囲	34
5.3.2	消波ブロック（水上部）の被災状況の確認方法	34
5.3.3	留意事項	35
第 6 章	電子成果品の作成規定	36
6.1	面管理	36
6.1.1	共通事項	36
6.1.2	浚渫工・海上地盤改良工（床掘工・置換工）	36
6.1.3	基礎工	37
6.1.4	ブロック据付工	38
6.2	施工管理システムを用いた管理	40
6.2.1	本体工（ケーソン据付工）	40
6.3	施工履歴データを用いた管理	41
6.3.1	共通事項	41
6.3.2	基礎工	42
6.3.3	海上地盤改良工（床掘工）	42

第1章 総則

1.1 目的

本要領は、以下の3次元計測技術を用いた出来形管理が効率的かつ正確に実施されるための具体的内容を明確化することを主な目的として策定したものである。

- (1) 面管理
- (2) 施工管理システムを用いた管理
- (3) 施工履歴データを用いた管理

【解説】

(1) 面管理

3次元データを用いた出来形管理（面管理）とは、3次元計測技術（マルチビーム測深、UAVを用いた計測）による出来形計測結果を3次元データ用のソフトウェアで数値化し、3次元CADやGISソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握するものである。

3次元計測技術による出来形計測は、被計測対象の計測を実施し、3次元データ用のソフトウェアによる数値化を行い、3次元CADやGISソフトウェアを用いて、出来形を面的に把握することが可能である。また、出来形計測により数量計算を行う場合には、出来形数量などを容易に算出することが可能となり、従来の施工管理手間の大幅な削減と、詳細な水深や出来形の形状取得が可能である。

(2) 施工管理システムを用いた管理

ケーソン据付工については、ICT機器を活用した施工管理システム（ケーソン据付の支援システム）により出来形管理を行うことができる。

ICT機器は、オペレーターの操作支援または作業装置の自動制御を行うため、施工中はケーソンの3次元座標および傾斜をリアルタイムで取得する。この3次元座標および傾斜は、取得時刻等とともに記録、保存される（以下、記録データを「出来形確認データ」という）。

施工中に得られた出来形確認データを用いることによって、出来形を容易に把握することが可能となり、従来の計測にかかる手間の削減と、出来形の形状取得が可能で、従来の巻尺・トランシット・レベル等による法線に対する出入り、据付目地間隔、天端高さ、延長の計測は不要となるため、施工管理の手間とコストの削減が期待できる。

(3) 施工履歴データを用いた管理

海上地盤改良工（床掘工）におけるグラブ浚渫船の施工管理システムや、基礎工（基礎捨石工）の重錘式均し機の施工管理システムは、オペレーターへの操作支援や作業装置の自動制御等を行うため、施工中は作業装置の3次元座標をリアルタイムで取得する。この3次元座標は、取得時刻等とともに「施工履歴データ」として記録、保存される。

施工中に得られた施工履歴データを用いて、従来の計測にかかる手間の大幅な削減と3次元的な出来形の形状取得が可能となる。また、施工と同時に施工履歴データが記録されるため、出来形計測を待たず、次工程の段取りが可能となるため、施工管理の手間とコストの削減が期待できる。

以上のように、3次元データや施工管理システム、施工履歴データを用いた出来形管理手法の適用効果は大きいと考えられるが、従来の出来形管理手法とは異なるため、これらを本要領に示すものである。

1.2 適用工種・適用範囲

本要領は、以下に示す工種、範囲に適用する。

【解説】

本要領の適用工種、適用範囲を表 1.2-1 および図 1.2-1、出来形管理の主な手順を図 1.2-2 に示す。

表 1.2-1 適用工種・適用範囲

工種	管理区分	出来形計測・出来形管理			出来形管理 以外の活用
		面管理	施工管理 システム	施工履歴 データ	
浚渫工	浚渫工	○			
基礎工	捨石本均し	基礎工	○		○
	捨石荒均し		○		○
消波工	消波ブロック据付	ブロック据付	○		○
被覆・根固工	被覆ブロック据付				○
	根固ブロック据付				○
海上地盤改良工	床掘工	海上改良地盤工	○		○
	置換工		○		
本体工（ケーソン式）	ケーソン進水据付工	本体工（ケーソン据付工）		○	

工種の名称：「港湾工事共通仕様書」の「3. 港湾工事出来形管理基準」にもとづく

(1) 浚渫工

本要領は、受注者が行うマルチビームを用いた起工測量、出来形計測および出来形管理に適用する。

表 1.2-2 適用工種、出来形管理項目等（浚渫工）

工種	管理区分	計測方法	出来形管理項目
浚渫工	面	マルチビーム測深	水深（底面、法面）

(2) 基礎工

本要領は、面管理については、受注者が行うマルチビームを用いた出来形計測および出来形管理（人力均しまたは水中バックホウ均しに限る）に適用する。

また、施工履歴データによる管理については、受注者が重錘式均し機を用いて基礎捨石工（本均し、荒均し）を施工し、施工履歴データを用いて行う出来形計測および出来形管理に適用する。

表 1.2-3 適用工種、出来形管理項目等（基礎工）

工種	管理区分	計測方法	出来形管理項目	備考
基礎工	面	水中水準測量	天端高	
		マルチビーム測深	天端高 天端の平坦性 天端幅・延長 法面	人力均し、水中バックホウ均しに限る
	施工履歴データ	重錘式均し機を用いた施工履歴データ	天端高 天端幅 天端延長	
基礎捨石工 ・捨石荒均し			天端高	

(3) ブロック据付工

本要領は、受注者が行う UAV を用いた出来形計測および出来形管理に適用する。

また、出来形管理以外の活用場面（完成形状の把握、港湾施設の維持管理（一般定期点検診断）、災害対応）に適用する。

表 1.2-4 適用工種、出来形管理項目等（ブロック据付工）

工種		管理区分	計測方法	出来形管理項目
ブロック据付工	消波ブロック据付	面	UAV を用いた計測	延長

表 1.2-5 出来形管理以外の活用場面（ブロック据付工）

工種		活用場面	計測方法
ブロック据付工	消波ブロック据付	完成形状の把握	マルチビーム測深 UAV を用いた計測
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 港湾施設の維持管理 （一般定期点検診断） ・ 災害対応 ※いずれも水上部に限る 	UAV を用いた計測

(4) 海上地盤改良工

本要領は、面管理については、受注者が行うマルチビームを用いた海上地盤改良工（床掘工・置換工）の出来形計測および出来形管理に適用する。

また、施工履歴データによる管理については、受注者がグラブ浚渫船を用いて海上地盤改良工（床掘工）を施工し、施工履歴データを用いて行う出来形計測および出来形管理に適用する。

表 1.2-6 適用工種、出来形管理項目等（海上地盤改良工）

工種		管理区分	計測方法	出来形管理項目
海上地盤改良工	床掘工	面	マルチビーム測深	水深（底面、法面）
	置換工			水深（天端面、法面）
	床掘工	施工履歴データ	グラブ浚渫の位置データを用いた施工履歴データ	水深（底面、法面）

(5) 本體工（ケーソン据付工）

本要領は、ICT 機器を用いた施工管理システムによりケーソン据付の施工を行い、施工中の出来形確認データを用いて行う出来形計測および出来形管理に適用する。

表 1.2-7 適用工種、出来形管理項目等（本體工（ケーソン据付工））

工種	管理区分	計測方法	出来形管理項目
本體工（ケーソン据付工）	施工管理システム	ICT 機器（TS、GNSS）を用いた計測	法線に対する出入据付目地間隔 天端高さ 延長

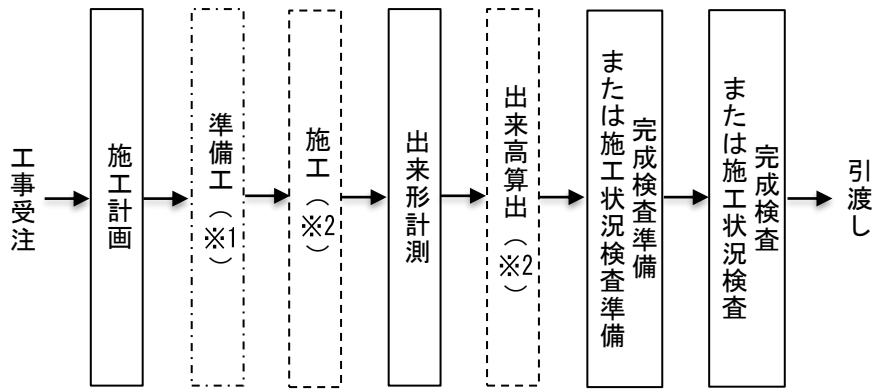
なお、本要領は、「港湾工事共通仕様書（本編）」、「港湾工事情質管理基準」、「港湾工事出来形管理基準」および「港湾工事写真管理基準」で定められている基準にもとづき、出来形管理データを用いた出来形管理の実施方法、管理基準等を規定するものとして位置づけるものであり、本要領に記載のない事項については、以下の関連する基準類に従うものとする。

本要領に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 「港湾工事共通仕様書（本編）」（国土交通省港湾局）
- 2) 「港湾工事出来形管理基準」（国土交通省港湾局）
- 3) 「港湾工事情質管理基準」（国土交通省港湾局）
- 4) 「港湾工事写真管理基準」（国土交通省港湾局）
- 5) 「港湾土木請負工事積算基準」（国土交通省港湾局）
- 6) 「土木工事数量算出要領(案）」（国土交通省 各地方整備局）
- 7) 「工事完成図書の子納品等要領」（国土交通省）
- 8) 「水路測量業務準則」（海上保安庁海洋情報部）
- 9) 「地方整備局（港湾空港関係）の事業における電子納品等運用ガイドライン【工事編】」（国土交通省港湾局）
- 10) 「国土交通省 公共測量作業規程」（国土交通省）
- 11) 「3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（浚渫工編）」（国土交通省港湾局）
- 12) 「3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（浚渫工編）」（国土交通省港湾局）
- 13) 「3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（基礎工編）」（国土交通省港湾局）
- 14) 「3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（基礎工編）」（国土交通省港湾局）
- 15) 「施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領（基礎工編）」（国土交通省港湾局）
- 16) 「3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（ブロック据付工編）」（国土交通省港湾局）
- 17) 「3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（海上地盤改良工：床掘工・置換工編）」（国土交通省港湾局）
- 18) 「施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領（海上地盤改良工：床掘工編）」（国土交通省港湾局）
- 19) 「3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（海上地盤改良工：床掘工・置換工編）」（国土交通省港湾局）
- 20) 「ICT機器を用いた出来形管理の監督・検査要領（本土工：ケーソン据付工編）」（国土交通省港湾局）

注) 上記基準類の名称は各地方整備局で若干異なる。

「国土交通省 公共測量作業規程」（国土交通省）は、「作業規程の準則」を準用する。



※1 工種により異なる

※2 対象工種

施工管理システムによる管理：本体工（ケーソン据付工）

施工履歴データによる管理：基礎工、海上地盤改良工（床掘工）

図 1.2-1 対象となる業務の範囲

表 1.2-8 準備工の内容

工種	管理区分	準備工の内容
浚渫工	面	<ul style="list-style-type: none"> 起工測量 マルチビーム機器の艤装 3次元設計データの作成 測線計画
基礎工	面	<ul style="list-style-type: none"> 起工測量 マルチビーム機器の艤装 3次元設計データの作成 測線計画
	施工履歴データ	<ul style="list-style-type: none"> 施工計画書 工事基準点の設置 自動追尾式 TS 3次元設計データの作成 重錘式均し機および施工管理システムの準備（基準点測量、起工測量は含まない）
ブロック据付工	面	<ul style="list-style-type: none"> 起工測量（基礎工に準じる） 機器の準備 工事基準点、標定点、検証点の設置（UAV 測量の場合） 計測計画 3次元設計データの作成
海上地盤改良工	面 （床掘工・置換工）	<ul style="list-style-type: none"> 起工測量 マルチビーム機器の艤装 3次元設計データの作成 測線計画
	施工履歴データ （床掘工）	<ul style="list-style-type: none"> 施工計画書 工事基準点の設置 GNSS 基準局の設置（ネットワーク型 RTK-GNSS 等の場合不要） 3次元設計データの作成 グラブ浚渫船の施工管理システムの準備（基準点測量、起工測量は含まない）
本体工 （ケーソン据付工）	施工管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ICT 機器の準備 GNSS 基準局の設置（ネットワーク型 RTK-GNSS や自動追尾 TS システム等の場合不要） 据付目標位置データの作成（基準点測量は含まない）

出来形管理の作業フロー	受注者の実施項目		
	面管理	施工管理システムによる管理	施工履歴データによる管理
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">施工計画書</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">準備工</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">3次元設計データ作成 据付目標位置データ作成、 施工目標位置データ作成</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">(施工)</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">出来形管理</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">出来形帳票作成等</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ◆施工計画書の作成 ◆機器等の手配 <ul style="list-style-type: none"> ・マルチビーム、UAV等機器 ・点群処理ソフトウェア ・3次元設計データソフトウェア ・出来形帳票作成ソフトウェア ・数量算出ソフトウェア ◆工事基準点、標定点、検証点の設置 ◆3次元設計データ作成ソフトウェアによる3次元設計データの作成 ◆精度確認および測深精度管理 ◆出来形計測 <ul style="list-style-type: none"> ・マルチビームを用いた測深(浚渫工、海上地盤改良工) ・潜水士による水中水準測量(基礎工)[※] ・UAVを用いた計測(ブロック据付工) ◆マルチビームデータ処理ソフトによるデータ処理 ◆出来形管理資料の作成 ◆電子成果品の納品 <p><small>※「潜水士による水中水準測量」は、施工途中や、「マルチビームによる出来形計測」の実施前に行う場合もある。なお、施工途中に実施する場合は、施工が完了している地点で行うこと。</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆施工計画書の作成 ◆機器の手配 <ul style="list-style-type: none"> ・TSやGNSS等 ◆機能の確認 ◆システムの設定 ◆工事基準点の設置 ◆計測精度確認試験 ◆据付目標位置データ作成 ◆施工 (出来形確認データの取得) ◆出来形管理資料の作成 ◆電子成果品の納品 	<ul style="list-style-type: none"> ◆施工計画書の作成 ◆機器の手配 <ul style="list-style-type: none"> ・重錘式均し機 ・施工管理システムおよび管理用PC ・自動追尾式TS ・点群処理ソフトウェア ・3次元設計データ作成ソフトウェア ・出来形帳票作成ソフトウェア ・出来形算出ソフトウェア ◆工事基準点の設置 ◆機器の適応確認 <ul style="list-style-type: none"> ・自動追尾式TS(基礎工) ・RTK-GNSS(海上地盤改良工) ◆3次元設計データ作成ソフトウェアによる3次元設計データの作成、施工目標位置データ作成 ◆機器の設置 <ul style="list-style-type: none"> ・自動追尾式TS(基礎工) ・GNSS基準局(地盤改良工) ◆システムの設定 ◆精度確認試験(キャリブレーション) ◆施工 (施工履歴データ取得) ◆施工履歴データの取り出し ◆点群処理ソフトウェアによるデータ処理 ◆出来形管理資料の作成 ◆電子成果品の納品

図 1.2-2 出来形管理の主な手順

1.3 用語解説

本マニュアルで使用する用語を以下に解説する。

1.3.1 一般的な工事測量関連

【工事基準点】

監督職員より指示された基準点をもとに、受注者が施工および施工管理のために現場およびその周辺に設置する基準点をいう。

【法線】

浚渫対象の航路等における航路法線、基礎捨石工の延長法線などの平面位置の基準線のこと。平面線形と縦断線形で定義され、3次元設計データの構成要素の1つとなる。

【平面線形】

平面線形は、法線を構成する要素の1つで、法線の平面的な形状を表している。

【縦断線形】

縦断線形は、法線を構成する要素の1つで、法線の縦断的な形状を表している。

【出来形横断面形状】

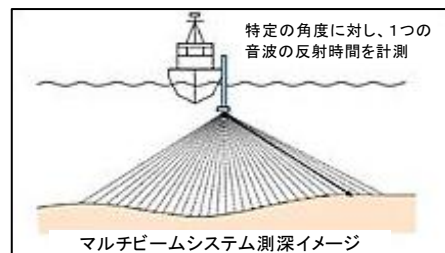
平面線形に直交する断面での、天端面、法面等の形状である。現行では、横断面図として示されている。

【スワス測深】

海底地形を面的にかつ詳細に計測する測深方法であり、マルチビーム測深とインターフェロメトリ測深の総称である。

クロスファンビーム方式のビームフォーミングによる計測密度は、音波を照射する範囲（以下スワスと記す）の中心側に対して外側のデータが粗くなる。ただし、各角度に対する往復時間の解が1つであるため、高い施工精度が要求される岸壁前面や岩礁帯のような凹凸の激しい地形を正確に計測することができる。

一方、インターフェロメトリ方式の場合は、干渉波を使用するため、スワスの中心付近では極端に計測点が少なくなるが、スワス幅はクロスファンビームより広範囲（水深の8～12倍）にわたって大量の計測点を得ることが可能である。そのため特に極浅海域において、マルチビームよりも効率的な測深作業が期待できる。また、サイドスキャン機能を有しており海底反射強度データの取得も可能である（一部のマルチビームも可能）。ただし、岸壁や岩礁帯のような凹凸の激しい地形に対しては、海底面からの反響信号と壁の反響信号とが干渉してしまうため正確な計測が困難になる場合がある。



「海洋調査技術マニュアル ー深浅測量ー ((一社)海洋調査協会)」より転載

図 1.3-1 スワス測深の概念

【マルチビーム】

マルチビームとは、ナロー（細かい）マルチ（複数の）ビームによる測深が名前の由来であるナローマルチビームシステムのことを略した表現である。

【マルチビーム測深】

船やボートに複数の音響ビームを同時送波することができる音響測深機（マルチビームソナー）を取り付け、一度に広範囲の水中地形を計測する測量のことで、ナローマルチビーム深浅測量とも呼ばれる。

【測位】

陸域、水域において測量等の調査作業、工事を実施する地点の位置の測定を行う作業をいう。その際、工事用基準点、港湾管理用基準面等の測量情報および利用する座標系情報が必要になるとともに、BIM/CIM等に使用するデータではGIS管理できるように国際標準系の使用が絶対となる。

【水深測量】

水域において深さの計測を行い、主に経緯度（もしくは位置座標）水深ファイルを作成する作業をいう。

【UAV】

UAV（Unmanned Aerial Vehicle）とは無人航空機のことである。

【UAVを用いた計測】

本マニュアルにおけるUAVを用いた計測とは、UAV写真測量、UAVレーザー計測のことをいう。

ここで、UAV写真測量とは、UAVに搭載したカメラにより空中写真を撮影し、撮影データから3次元点群データを作成することをいう。

また、UAVレーザー計測とは、UAVに搭載したレーザー（近赤外レーザー、グリーンレーザー）測距装置により3次元点群データを取得することをいう。

【標定点】

空中写真と測量の基準となる基準点および工事基準点と対応づけするために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。UAV写真測量の計測結果を現場座標系に変換するために使用する位置座標である。

【検証点】

空中写真によって取得した位置座標の計測精度を確認するために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量(UAV)の計測精度を確認するために、検証点における空中写真測量の算出結果と真値となる既知点あるいは測量した座標値を比較する。なお、検証点は、空中写真測量から得られる位置座標の確認に利用するため、空中写真測量の標定点として利用しない点である。

【3次元形状復元計算】

3次元形状復元計算とは、撮影した空中写真および標定点を用いて、空中写真の外部標定要素および空中写真に撮像された地点の位置座標を求め、地形・地物の3次元形状を復元し、オリジナルデータを作成する作業のことをいう。

【位置誘導管理】

ICT 機器を用いて据付中のケーソンの位置および施工開始からの経過時間を表示したもの。

【施工管理システム】

種々な計測機器（TS、GNSS、作業船の各種センサー類）により自船の位置および施工位置を監視しながら工事を行う支援システム。

【施工管理システム搭載型グラブ浚渫船】

グラブ浚渫船に、バケットの掘跡などを設計データと紐付けすることで、オペレーターの操作支援に寄与するシステムを搭載したもの。基本的に GNSS アンテナを船体に設置し、RTK - GNSS 方式による測位情報を船内に設置した PC にて処理し、モニターに表示させることでオペレーターがリアルタイムで確認する事が可能となる。取得した位置情報、特にバケットの掘跡については座標データとして PC に蓄積され、施工履歴として保存されることに着目し、出来形管理データとして応用する。

【重錘式均し機の施工管理システム】

モニターによりオペレーターへの操作支援を行うとともに、作業装置位置の座標点取得や建設機械の作業状態の情報を記録しているシステムをいう。地上に設置した自動追尾式 TS と併せ施工履歴データの取得を包括的に行うシステムとして利用される。

【ケーソン据付施工管理システム】

種々な計測機器（GNSS またはトータルステーション、傾斜計等）により据付ケーソンの位置・姿勢を計測し、据付目標位置と据付ケーソンの現在位置（x, y, z）を同時に表示して姿勢等を監視しながら、据付を行う支援システム。

【出来形確認データ】

ケーソン据付時に計測されるケーソンの3次元座標（位置）および傾斜、取得時刻などその時のケーソンの状態等の施工管理データのことを総称したもの。

【出来形確認データを用いた出来形管理】

GNSS またはトータルステーション、傾斜計等により据付ケーソンの位置・姿勢・注排水状況を計測し、据付目標位置と据付ケーソンの現在位置（x, y, z）を同時に表示して姿勢等を監視しながらケーソン据付工の管理を行う。

【据付目標位置データ】

据付目標位置データは、ICT 管理コンピュータに入力され、ケーソンの設置位置への誘導管理に用いられる。

【TS】

トータルステーション (Total Station) の略。1台の機械で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録および外部機器への出力ができる。標定点、検証点、標定点調整用基準点の座標取得、および実地検査に利用される。

【自動追尾式 TS】

自動追尾式 TS とは、プリズムを自動追尾する機能が組み込まれ視準することなく角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀を利用したものである。

重錘式均し機の施工管理システムと計測データを共有し、重錘式均し機の座標取得、および施工履歴データ計測に利用される。

【GNSS (Global Navigation Satellite System/汎地球測位航法衛星システム)】

人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。米国が運営する GPS 以外にも、ロシアで開発運用している GLONASS、ヨーロッパ連合で運用している Galileo、日本の準天頂衛星（みちびき）も運用されている。

【RTK-GNSS】

RTK とは、リアルタイムキネマティックの略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。既知点と移動局に GNSS のアンテナを設置し、既知点から移動局への基線ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。

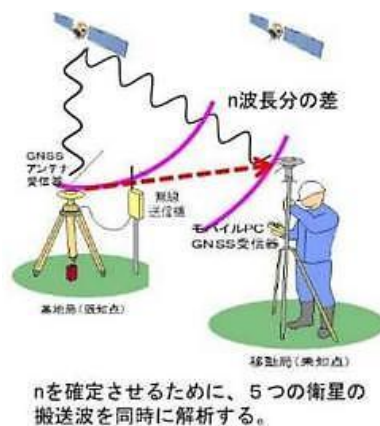


図 1.3-2 RTK-GNSS

【ネットワーク型 RTK-GNSS】

RTK-GNSS で利用する基地局を仮想点として擬似的に作成することで、基地局の設置を削減した計測方法のこと。全国に設置された電子基準点のデータを元に、移動局の近隣に仮想的に基地局を作成し、基地局で受信するデータを模擬的に作成する。これを移動局に配信することで RTK-GNSS を実施可能となる。このため、既知点の設置とアンテナは不要だが、仮想基準点の模擬的な受信データ作成とデータ配信に関するサービス事業者との契約が別途必要となる。

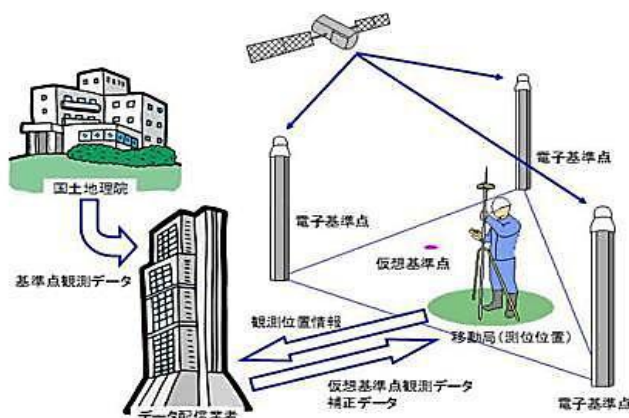


図 1.3-3 ネットワーク型 RTK-GNSS

1.3.2 取得データ関連

【計測点群データ（ポイントファイル）】

光学、レーザー、音響等の計測機器で計測した、もしくは施工履歴データから作業装置位置の3次元座標値以外の情報を削除した地形や地物を示す3次元座標値の計測点群データ。CSV や LandXML、LAS など出力される点群処理ソフトウェアなどでのデータ処理前のポイントのデータである。

【出来形評価用点群データ（ポイントファイル）】

計測点群データから不要な点を削除し、さらに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、もしくは施工履歴データから抽出した計測点群データから不要な点を削除し、さらに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である。専ら出来形の評価と出来形管理資料に供する。

【数量算出用点群データ（ポイントファイル）】

計測点群データから不要な点を削除し、さらに数量算出基準を満たす点密度に調整したポイントデータである。専ら数量（土量）の算出と数量算出資料に供する。

【数量計測データ（TIN）】

数量算出用点群データを用いて、不要な点を削除し、不等辺三角網の面の集合体としての面を構築したデータのことで、数量算出に利用する。

【出来形計測データ（TIN）】

出来形計測データを用いて、不要な点を削除し、不等辺三角網の面の集合体としての面を構築したデータのことで、出来形管理に利用する。

【CUBE 処理】

CUBE とは、Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator の略。マルチビームにより得られた各測深点の精度評価の指標である「総伝播不確かさ（TPU：Total Propagated）」を考慮した統計的な処理により、測深データから水深を算出する一連の処理手法のこと。令和4年4月に改正された海上保安庁『水路測量業務準則施行細則』にて、マルチビームのデータ解析方法として新たに追加された。

【CUBE 水深】

CUBE 処理により算出された水深のこと。

【3次元データ】

本マニュアルで使用する3次元データとは、水平位置に標高または水深値のZ値を加えたデータを指し、写真、レーザー、音響機器等で取得した点群データおよび単独で測定した点データをいう。さらに取得データを解析処理した、法線（平面線形、縦断線形）、出来形横断面形状を表記する目的のメッシュデータ、設計用CADデータ、土量計算、など設計図書に規定されている工事目的の数値データなどを指す。これらのデータが統一された空間座標系で利用される。

【3次元設計データ】

3次元設計データとは、法線（平面線形、縦断線形）、縦断図、横断図および利用する座標系情報など設計図書に規定されている工事目的物の形状とともに、それらをTINなどの面データで出力したものである。

【3次元設計データの構成要素】

3次元設計データの構成要素は、主に平面線形、縦断線形、横断面形状であり、これらの構成要素は、設計成果の数量計算書、平面図、縦断図および横断図から仕上がり形状を抜粋することで、必要な情報を取得することができる。3次元設計データは、これらの構成要素を用いて面的な補間計算を行い、TINで表現されたデータである。

【TIN】

TIN（不等辺三角網）とは、Triangulated Irregular Networkの略。TINは、地形や出来形形状などの表面形状を3次元座標の変化点標高データで補間する最も一般的なデジタルデータ構造である。TINは、多くの点を3次元上の直線で繋いで三角形を構築するものである。TINは、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される。

【3次元点群データ】

ICT機器の内、写真、レーザー、音響機器等で計測したデータ、もしくはシステムを搭載したグラブ浚渫船にて床掘を行った際に生成される作業装置の軌跡を示すデータであり、位置(x, y)と、深さ、あるいは高さ(z)の3要素で構成された3次元データの集合体のこと。

【メッシュデータ】

メッシュデータとは、点群データを正方形の格子状に区切った単位で、その範囲における点群データのうち中央値、最浅値を採択するなどの加工処理したデータのことである。

【TIN分割等を用いて求積する方法】

3次元設計データや起工測量結果から、それぞれの面データとしてTINからなる面データを作成したうえで、施工水深値にて施工水深面を設定し、各TINの水平投影面積と、TINを構成する各点から施工水深面までの高低差の平均（平均高低差）を乗じた体積を総和する方法のこと。

【プリズモイダル法】

起工測量結果、出来形計測結果等からそれぞれの面データとして TIN からなる面データを作成し、面データのポイントの位置を互いの面データに投影する。次に各面データから、本来の自身が持つポイントと相手のポイントを合わせたポイント位置により新たな三角網を形成し、この三角網の結節点の位置での標高差にもとづき複合した面データの標高を計算する。面データの各 TIN を構成する点をそれぞれの面データに投影すると、各面データに同じ水平位置で標高の異なる点を作成されるので、その作成された点で再度面データを構築し、三角形水平面積と高低差を乗じた体積を総和する方法のこと。

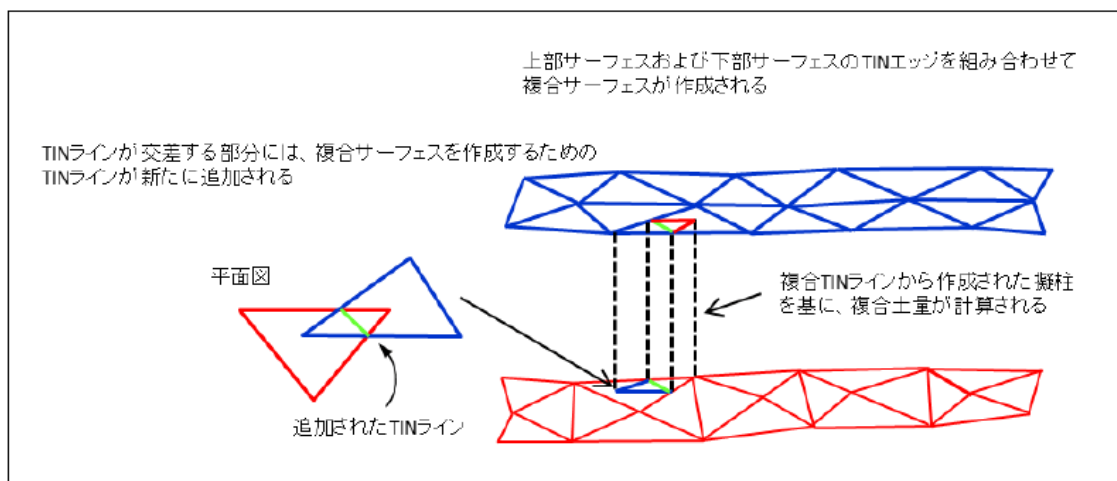


図 1.3-4 プリズモイダル法の概念図

【施工履歴データ】

①捨石均し施工時に計測される重錘式均し機等の作業装置の3次元座標や、そのデータの取得時刻等、施工中に得られる施工管理データを総称したものをいう。

②施工時に計測されるバケット掘削時の3次元座標（位置）、方位角、取得時刻等、施工管理データを総称したものをいう。

【スタンプ図】

施工中に取得した施工履歴データをもとに施工管理システムもしくはCADソフトウェア等で作成された重錘式均し機の底面形状が反映された施工箇所を示す図である。

【オリジナルデータ】

計測機器で使用するソフトウェアから出力できるデータのことソースデータともいう。取得機器独自のファイル形式あるいは、オープンなデータ交換形式となる。次作業の点群処理ソフトウェアで使用可能なオープンなデータ交換形式を採用し出力することが望ましい。例えば、LandXML は、2000年1月に米国にて公開された土木・測量業界におけるオープンなデータ交換形式である。

1.3.3 出来形関連

【出来形管理資料】

面管理において、3次元設計データと出来形評価用点群データを用いて、設計面と出来形評価用点群データの差分等、出来形管理基準上の管理項目の計算結果（水深差等）と出来形の良否の評価結果、設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分を表した分布図、据付延長等の工種ごとの出来形管理項目を整理した帳票、もしくは3次元モデルをいう。

施工履歴データを用いた管理において、作業船が施工中に記録する出来形確認データ（施工履歴データ）を用いて作成される出来形管理図である。

施工管理システムを用いた管理において、出来形確認データを用いたケーソン据付の出来形管理の結果をいい、ケーソン据付時の出来形管理図または施工管理データで構成される。

【施工履歴データを用いた出来形管理】

施工履歴データを用いて被計測対象の3次元形状の取得を行うことで、出来形や数量を面的に算出、把握する管理方法である。

【施工管理システムを用いた出来形管理】

施工中のケーソンの3次元位置情報（出来形確認データ）をTS等のICT機器で取得し、ケーソン施工管理システムで出来形を管理する方法のことである。

【面管理による出来形管理】

3次元設計データと出来形評価用点群データを用いて、設計面と出来形評価用点群データの差分等により出来形を管理する方法のことである。

【ヒートマップ】

個々の値のデータ行列、頻度を色で分類、強弱として表現した可視化されたグラフの一種。

ヒートマップは、本要領「別紙1」に示す各章の「出来形管理資料作成」を参照のこと。

1.3.4 ソフトウェア

【点群処理ソフトウェア】

計測点群データからノイズ等の不良なデータ点を除外するソフトウェアもしくは施工履歴データから出来形部分に対応した3次元点群データを抽出するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群を、さらに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、および当該点群にTINを配置し、3次元の出来形計測結果を出力する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】

3次元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設計形状を示す3次元設計データを作成、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】

3次元設計データと出来形評価用点群データを入力することで、設計面と出来形評価用点群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資料として出力することができる。

【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、あるい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。

第2章 準備

2.1 施工計画書の作成

2.1.1 共通事項

受注者は、施工計画書および添付資料に次の事項を記載しなければならない。

- | |
|--|
| <p>(1) 適用工種
適用工種に該当する工種を記載する。</p> <p>(2) 適用区域
3次元計測技術を適用する計測範囲、出来形管理を行う範囲を記載する。</p> <p>(3) 出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準
契約上必要な出来形計測を実施する出来形管理箇所を記載する。また、該当する出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。</p> <p>(4) 使用機器・ソフトウェア
3次元計測技術の計測性能、機器構成および利用するソフトウェアを記載する。</p> <p>(5) 使用する3次元計測技術による計測に関わる事項
使用する3次元計測技術による計測を実施する際に、施工計画書に記載しなければならない事項を記載する。</p> |
|--|

【解説】

(1) 適用工種

本要領の対象工種（浚渫工、基礎工、ブロック据付工、海上地盤改良工、本体工（ケーソン据付工））のうち、該当する工種を記載する。

(2) 適用区域

適用区域は、平面図等に施工範囲、3次元計測技術を用いて計測する範囲および出来形管理を行う範囲を明記する。

(3) 出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準

「設計図書」および「出来形管理基準および許容範囲」の測定基準にもとづいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、出来形確認データを用いた出来形管理を行う範囲については、本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

(4) 使用機器・ソフトウェア

3次元計測技術を用いた出来形管理を効率的かつ正確に実施するためには、別紙3に示す計測精度および精度管理に必要な性能を有し、適正に管理された3次元計測技術および必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用すること。

受注者は、施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトウェア名、ソフトウェアメーカー、バージョン）を記載する。

また、3次元計測技術機器本体については、必要な計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを確認できる書類等を添付資料として提出する。

なお、上記以外に必要な性能を有することを示すカタログや機器の仕様書などの提出資料については、工種により異なっており、表2.1-1のとおりとする。

表 2.1-1 カタログや機器の仕様書などの提出資料

工種	管理区分	カタログ等の提出資料
共通	-	・ 3次元計測技術機器本体については、必要な計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを確認できる書類等
浚渫工	面	・ マルチビームの保守点検記録 ・ ソフトウェアのメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書
基礎工	面 施工履歴データ	
ブロック据付工	面	・ 使用する UAV 等の機材の保守点検記録 ・ ソフトウェアのメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書
海上地盤改良工	面 (床掘工・置換工)	・ マルチビームの保守点検記録 ・ ソフトウェアのメーカーカタログあるいはソフトウェア仕様書
	施工履歴データ (床掘工)	・ GNSS 等の測位技術のメーカーカタログ等
本體工 (ケーソン据付工)	施工管理システム	・ GNSS、TS 等の測位技術のメーカーカタログ等

(5) 使用する 3次元計測技術による計測に関わる事項

受注者は、上記(1)から(4)の記載事項のほか、使用する 3次元計測技術による計測を実施する際に、施工計画書に記載しなければならない事項があれば記載する。

2.1.2 面管理 (マルチビーム測深)

(1) 適用工種

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(2) 適用区域

平面図上に当該工事の施工範囲を示し、本要領による出来形管理範囲と「港湾工事共通仕様書 3. 港湾工事出来形管理基準」による出来形管理範囲を塗り分ける。3次元計測範囲は、施工範囲を含め、法面および関連施設が近傍にあればそれを含む範囲、または、施工範囲外側で必要と考えられる範囲まで設定する。

(3) 出来形計測箇所、出来形管理基準・出来形管理写真基準

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(4) 使用機器・ソフトウェア

マルチビームを用いた出来形管理を正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された機材 (マルチビーム、GNSS、動揺補正装置等) および必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。受注者は、施工計画書に使用する機器構成を記載すると共に、その機能・性能などを確認できる資料を添付する。

<機器構成>

受注者は、本要領を適用する出来形管理で利用する機器およびソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

① マルチビーム測深機

使用するマルチビームについては、浚渫結果を適切に表現できる性能を保有する機器とする。受注者は、使用するマルチビームの性能を記載するとともに、性能を確認できる資料およびマルチビームの保守点検記録を添付すること。

② ソフトウェア

「2.1.1 共通事項」のとおり。

③ 必要な計測性能および測深精度

■ 計測性能（取得点密度）：

i) 浚渫工

<CUBE 処理によらない場合>

1.0m 平面格子内に 3 点以上（達成率 99%以上）

<CUBE 処理による場合>

水深区分に応じたグリッドサイズ（表 2.1-2）において、1 グリッド当たり 5 点以上（達成率 95%以上）。

表 2.1-2 水深区分別のグリッドサイズ（CUBE 処理）

水深区分	グリッドサイズ※
0～10m	0.25m
10～20m	0.5m
20～30m	1.0m

※グリッドサイズは、水深区分が複数に渡る場合には、測深区域の水深に応じて決定する。ただし、CUBE 処理の効率化と CUBE 水深の精度向上のために、浅い水深区分のグリッドサイズを用いることができる。

ii) 基礎工

工事数量算出の場合 : 3 点/1.0m 平面格子以上（達成率 99%以上）

出来形管理の場合 : 25 点/1.0m 平面格子以上（達成率 99%以上）

iii) 海上地盤改良工

3 点/1.0m 平面格子以上（達成率 99%以上）

■ 測深精度

「平成 14 年 海上保安庁告示第 102 号」で定める精度とする。ただし、基礎工および海上地盤改良工については、水路測量に係る事項を除くものとする。

詳細については、本要領「別紙 3」および「参考資料」の該当箇所に示す内容、または協議内容等によるものとする。

なお、海象条件や特殊な地形などの諸条件より、上記の精度・性能を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。

(5) 測線計画

受注者は、以下の必要な計測性能（取得点密度）および測深精度が確保できるよう、以下の点に留意しながら測線計画を立案し、施工計画書内に整理して提出すること。

- ・フットプリント
- ・測線の重複率

測深時のレンジ設定および発振間隔を決定した上で、計測にはエラーデータも含まれることも考慮し、必要密度を満たせるよう重複幅、船速の上限を決定する。

表 2.1-3 測線計画（スワス角等）

区分		スワス角等
浚渫工	CUBE 処理によらない場合	±45～60°（全角 90～120°）
	CUBE 処理による場合	±55°（全角 110°）以内 重複率 100%以上
基礎工		スワス角 90～120°
海上地盤改良工		

(6) 精度管理

受注者は、マルチビーム測深の精度管理の方法について記載する。

2.1.3 面管理（UAV を用いた計測）

(1) 適用工種

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(2) 適用区域

本要領による 3 次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の消波ブロック据付工範囲を示すとともに、出来形管理範囲を明示する。3 次元計測範囲は、消波ブロック据付工事範囲を含め、関連施設が近傍にあればそれを含む範囲、または、工事範囲外側で必要と考えられる範囲まで設定する。

(3) 出来形計測箇所、出来形管理基準・出来形管理写真基準

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(4) 使用機器・ソフトウェア

UAV を用いた計測による出来形管理を正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された機材（UAV、デジタルカメラ、レーザー測距装置等）および必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。受注者は、使用する機器構成を施工計画書に記載するとともに、その機能・性能などを確認できる資料を添付する。

<機器構成>

受注者は、本要領を適用する出来形管理で利用する機器およびソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

① UAV、デジタルカメラ、レーザー測距装置等

使用する UAV、デジタルカメラ、レーザー測距装置、GNSS、IMU（慣性計測装置）については、消波ブロックの形状を適切に計測できる性能を保有する機器とする。

受注者は、使用する機器の性能を記載するとともに、性能を確認できる資料および保守点検記録を添付すること。

② ソフトウェア

受注者は、本要領に対応する機能を有するソフトウェアであることを示すメーカーのカタログあるいはソフトウェア仕様書を、施工計画書の添付資料として提出する。

③ 計測性能

UAV を用いた計測では、以下の要求精度を達成できる性能を有する機器を使用するものとする。

なお、海象条件や特殊な現場などの諸条件より、以下の要求精度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。

i) UAV 写真測量

UAV 写真測量を行う場合の位置精度は、「作業規程の準則」にもとづき表 2.1-4 のとおりとし、位置精度 0.05m 以内、地上画素寸法 0.01m 以内を標準とする。標準以外の位置精度等を採用する場合は、監督職員と協議を行い決定する。

取得点密度は、表 2.1-5 に示す UAV レーザー計測の要求点密度と同等の「100 点/㎡以上」とするが、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 2.1-4 位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法	備考
0.05m 以内	0.01m 以内	標準とする
0.10m 以内	0.02m 以内	
0.20m 以内	0.03m 以内	

「作業規程の準則 第4編 地形測量および写真測量（三次元点群測量） 第3章 UAV 写真点群測量」
(国土交通省国土地理院)

ii) UAV レーザー計測

UAV レーザー計測を行う場合の点密度と位置精度は、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」にもとづき、表 2.1-5 を標準とする。

なお、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 2.1-5 要求点密度と精度

点密度	精度（標準値）
100 点/㎡以上	全ての調整用基準点における較差±5cm 以内

「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」(国土交通省国土地理院)

受注者は、計測性能について、UAV を用いた計測に使用する機器の性能を確認できる資料および保守点検記録を提出することとする。

ただし、海象条件や特殊な地形などの諸条件より、上記の精度・性能を満たすことが難しいと判断される場合は、特記仕様書にて変更することができる。

(5) 計測計画

受注者は、各手法の要求精度が確保できるよう計測計画を立案し、施工計画書内に整理して提出すること。以下の項目に留意し、計測計画を作成することとする。

- ・ 対象物との距離
- ・ 高さ
- ・ 対象物の形状
- ・ 地形
- ・ 要求精度
- ・ 近傍の障害物

(6) 精度管理

受注者は、UAV を用いた計測の精度管理の方法について記載する。

2.1.4 施工管理システムを用いた管理

(1) 適用工種

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(2) 適用区域

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(3) 出来形管理基準および許容範囲・出来形管理写真基準

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(4) 使用機器・ソフトウェア

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(5) 計測精度確認試験計画

精度確認については、本要領の「別紙3」（第5章）、および「参考資料」（資料6）を参照し実施の上、その記録を提出する。

2.1.5 施工履歴データを用いた管理

(1) 適用工種

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(2) 適用区域

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(3) 出来形管理基準および許容範囲・出来形管理写真基準

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(4) 使用機器・ソフトウェア

「2.1.1 共通事項」のとおり。

(5) 計測精度確認試験計画

精度確認については、本要領の「別紙 3」（第 2 章、第 4 章）、および「参考資料」（資料 4、資料 5）を参照し実施の上、その記録を提出する。

2.2 工事基準点

本要領にもとづく出来形管理で利用する工事基準点は、監督職員に指示を受けた基準点を使用して設置する。

出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、「国土交通省 公共測量作業規程」にもとづいて実施し、測量成果、設置状況と配置箇所を監督職員に提出して使用する。

【解説】

本項は、以下の工種、管理区分に適用する。

- ・ブロック据付工（消波ブロック陸上部）【面管理】
- ・基礎工【施工履歴データによる管理】
- ・海上地盤改良工【施工履歴データによる管理】
- ・本体工（ケーソン据付工）【施工管理システムによる管理】

海上地盤改良工（床掘工）において作業船の測位のために RTK-GNSS を用いる場合、および本体工（ケーソン据付工）において ICT 機器に RTK-GNSS を用いている場合に固定局を設置する際は、現場に設置された工事基準点を用いて 3 次元座標値への変換を行う。このため、出来形の計測精度を確保するためには、現場内に 4 級基準点または、3 級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度管理が重要である。工事基準点の精度は、「国土交通省 公共測量作業規程」の路線測量を参考にし、これに準じる。

工事基準点の設置に際し、受注者は、監督職員から指示を受けた基準点を使用することとする。なお、監督職員から受注者に指示した 4 級基準点および 3 級水準点（場合によっては 4 級水準点を用いてもよい）、もしくはこれと同等以上のものは、国土地理院が管理していなくても基準点として扱う。

工事基準点の設置時の留意点としては、出来形管理データの計測精度確認試験を行う際に、効率的に計測できる位置に TS が設置可能なように工事基準点を複数設置しておくことが有効である。また、本要領にもとづく出来形管理では出来形計測精度の確保を目的に、標定点を計測する場合は基準点から TS までの距離、標定点から TS までの計測距離（斜距離）についての制限を、3 級 TS を利用する場合は 100m 以内（2 級 TS は 150m）とする。

第3章 出来形管理

3.1 起工測量

(1) 起工測量の実施

受注者は、浚渫工、基礎工および海上地盤改良工の起工測量に 3 次元計測技術を用いることができる。

(2) 起工測量計測データの作成

受注者は、マルチビームで測深した工事前の現況水深の計測点群データから不要な点を削除し、TIN で表現される起工測量計測データを作成する。

計測方法や計測データの処理方法は、本要領の「別紙 2」を参照のこと。

(3) 精度確認

起工測量時において精度確認が必要な場合は、本要領の「別紙 3」を参照して実施する。

【解説】

起工測量は、面的な深浅測量が可能なマルチビームを用いて実施する。

面的なデータを使用した設計照査を実施する際は、当該工事の設計形状を示す 3 次元設計データについて、監督職員との協議を行い、設計図書として位置付ける。

なお、同一工事において海上地盤改良工（床掘工）と基礎工（捨石投入）が含まれる場合で、床掘工の出来形管理にグラブ浚渫船の施工履歴データを用いた場合には、施工履歴データを基礎工の起工測量データとして使用することができる。

(1) 起工測量の実施

受注者は、浚渫工、基礎工および海上地盤改良工においては、マルチビームを用いた起工測量を実施することができる。計測や計測データの処理は、本要領の「別紙 2」（第 1 章）を参照して実施する。

(2) 起工測量計測データの作成

受注者は、取得した計測点群データから、不要点削除（1.0m 平面格子内の中央値 1 点を抽出）が終了した計測点群データを対象に TIN を配置し、起工測量計測データを作成する。自動で TIN を配置した場合に、起工測量の水深と異なる場合は、TIN の結合方法を手動で変更してもよい。また、管理断面間隔より狭い範囲において点群座標が存在しない場合は、数量算出において平均断面法と同等の計算結果が得られるように TIN で補間してもよいものとする。

なお、浚渫工において CUBE 処理（※）を行う場合には、1 グリッドの CUBE 水深より作成したメッシュを起工測量計測データとすることもできる。

※「CUBE 処理」については、本要領の「別紙 2」（第 1 章）を参照のこと。

(3) 精度確認

起工測量時の精度確認は、本要領の「別紙 3」の各工種の該当箇所を参照して実施する。

3.2 機器・ソフトウェア

3次元計測技術を用いた面管理における標準的な機器・ソフトウェアは、以下のとおり。

- (1) 3次元設計データ作成ソフトウェア
- (2) 点群処理ソフトウェア（点群処理を必要としない場合は不要）
- (3) 出来形帳票作成ソフトウェア
- (4) 3次元計測技術
- (5) その他

【解説】

(1) 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す3次元設計データを作成・出力するソフトウェアである。

(2) 点群処理ソフトウェア

3次元計測技術で取得した複数回の3次元点群の結合や、3次元座標の点群からノイズ等の不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群にTIN（不等辺三角網）を配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。

なお、ソフトウェアを動作するためのパソコンは、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU、GPU、メモリなど）に留意すること。なお、点群処理を必要としない場合は不要である。

(3) 出来形帳票作成ソフトウェア

3次元データと取得データ（出来形評価用データや施工履歴データ等）を入力することで、出来形管理資料を作成することができるソフトウェアのことである。

(4) 3次元計測技術

3次元計測技術は、マルチビーム、UAVを用いた計測等の多点計測技術や、TS、GNSS等の単点計測技術がある。

(5) その他

上記の他、機器によって必要となるソフトウェアを任意に選定すること。

3.3 3次元設計データ作成

受注者は、特記仕様書に定めがある場合は、監督職員から貸与された設計図書等をもとに3次元設計データを作成する。

【解説】

受注者は、特記仕様書に定めがある場合は、出来形管理で活用する計測基準、平面線形、縦断線形、出来形横断形状等の設定を行い、3次元設計データの作成を行う。

なお、本体工（ケーソン据付工）については、対象外である。

3.4 計測性能および精度管理

受注者は、利用する3次元計測技術が所定の計測性能を有し、かつ適正な精度管理が行われていることを確認する。

また、計測性能および精度管理について確認できる書類等を監督職員に提出する。

【解説】

計測性能および精度管理の確認方法は、以下の概要および本要領の「別紙 3」を参照すること。

(1) 計測性能および測定精度

計測性能は、使用する3次元計測技術が有している能力のことであり、計測機器が具備すべき性能のことをいう。また、測定精度は、3次元計測技術を用いた出来形管理などの計測時（計測結果）に必要となる測定精度のことをいう。

① 事前の精度確認

事前に実施した精度確認試験結果等を用いて確認する。計測実施前に現場で実施する場合や、現場以外の場所で事前に実施する場合がある。

② 計測時の検証点（既知点）による精度確認

計測実施時に現場に検証点（既知点）を設置し計測を行い、計測点群データ上の検証点座標と真値の位置座標（基準点あるいは、工事基準点上といった既知点や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標）を比較することで確認する。

③ その他

国土地理院の登録品であることを示すカタログや機器仕様書、国土地理院において測量機器の検定機関とし登録された第三者機関が発行する検定証明書などの書類により確認する。

(2) 精度管理

精度管理は、使用する3次元計測技術の機器本体の動作システムに不具合が無いことを確認するなど、計測性能や測定精度に応じた測定結果が正しいものとなるように管理することをいう。

以下に確認方法の種類を示す。

① 定期的な管理記録等（校正証明書、保守点検記録、事前の精度確認結果等）

② 現地での精度確認等（計測時の検証点による精度確認、観測値の点検など）

3.5 出来形管理

3.5.1 出来形計測の実施

受注者は、要求される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用いて、出来形管理を実施するために施工後の出来形計測を実施する。

3.5.2 出来形計測箇所

3次元計測技術を用いた面管理、施工管理システムによる管理、施工履歴データによる管理を実施する全ての範囲で3次元座標を取得する。

3.5.3 計測点群データの処理

受注者は、出来形とは関係の無いノイズ等の不要点がある場合は、点群処理ソフトウェアを用いて除外し、計測点群データを作成する。なお、点群処理を必要としない場合は不要である。

3.5.4 出来形評価用データの作成

受注者は、3次元計測技術で取得した出来形形状を示す計測点群データから、出来形評価用データを作成する。出来形評価用データは、計測点群データ、平面格子内代表値、または計測点群データからTINを配置した出来形計測データのことである。

なお、点群処理を必要としない場合は不要である。

【解説】

出来形評価用データには、計測点群データ、平面格子内代表値、TINがある。

なお、施工管理システムによる管理（本体工（ケーソン据付工））では、ICT機器で計測した出来形確認データを用いて出来形を評価する。

3.5.5 出来形管理資料の作成

受注者は、3次元設計データと取得データ（出来形評価用データや出来形確認データ）を用いて出来形管理資料を作成する。

作成した出来形管理資料は、監督職員に提出する。

詳細については別紙1（1.7、2.4、3.6）を参照すること

3.6 出来形管理基準

本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲は、「港湾工事出来形管理基準」に定められたものとし、計測値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。
詳細については別紙1（1.8、2.5、3.7）を参照すること

3.7 出来形管理写真基準

出来形管理写真基準は、「港湾工事写真管理基準」に定められたものとする。

3.8 電子成果品の作成

「工事完成図書の電子納品等要領」に示す電子成果品の作成規定にもとづき成果品を作成する。

【解説】

本要領「本編」の「第6章」を参照のこと。

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。

第4章 工事数量算出

本要領では、工事数量算出は扱わない。
工事数量算出については、別途要領を参照すること。

【解説】

本要領では工事数量算出は扱わない。
工事数量算出については、以下の各要領を参照すること。

- ・3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（浚渫工編）
- ・3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（基礎工編）
- ・3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（海上地盤改良工：床掘工・置換工編）

第5章 その他3次元データの活用

5.1 完成形状の把握【ブロック据付工】

5.1.1 目的

ブロック据付工事において、工事完成時に取得された3次元点群データから、完成形状の3次元モデルを作成することにより、維持管理や災害対応の活用（後述）等への初期データとして活用することを目的とする。

5.1.2 適用範囲

ブロック据付工事において、完成形状となる場合のみに適用する。

5.1.3 完成形状の3次元モデルの構造

完成形状の3次元モデルは、3次元モデルの他に俯瞰図等で構成され、工事の完成段階において作成する。

【解説】

(1) 完成形状の3次元モデル

工事完成時に工事範囲およびその周辺区域においては、本要領の「別紙2」（第1章、第2章）の規定に従ったICT機器を用いた測量を実施し、完成形状の3次元モデルを構築する。

(2) 俯瞰図

設計データの3次元表示として、完成時の俯瞰図を3次元モデルから作成する。

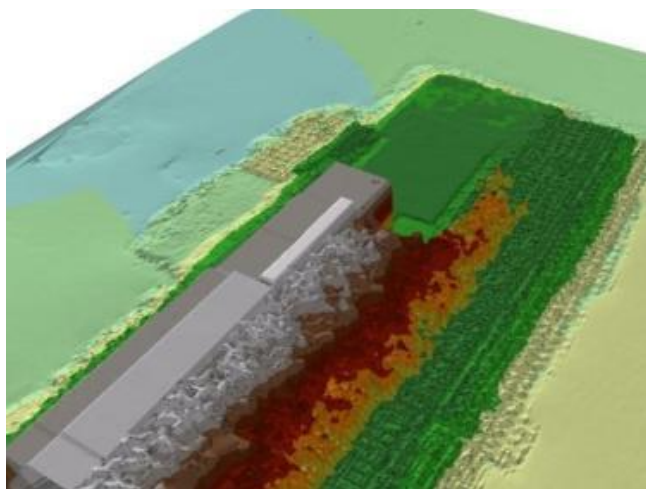


図 5.1-1 俯瞰図のイメージ

5.2 維持管理（一般定期点検診断）への活用【ブロック据付工】

5.2.1 適用範囲

ICT 機器を用いた計測により得られたデータを活用して消波工の維持管理（一般定期点検診断）を行う場合に適用する。

なお、ここでいう ICT 機器を用いた測量とは、UAV 写真測量および UAV レーザー計測のことをいう。

また、点検位置は、原則として水上部を対象とする。

【解説】

「港湾の施設の点検診断ガイドライン」では、点検診断においては、効率性、客観性を重視し、新技術の活用を積極的に検討することが望ましいとされている。

これをふまえ、ここでは、ICT 機器を用いた計測（UAV 写真測量および UAV レーザー計測）により消波工の一般定期点検診断を行う場合の方法を記載している。

なお、点検位置については、UAV を用いた計測となることから、原則として水上部を対象とする。UAV レーザー計測のうち、グリーンレーザーを用いる計測の場合には、水中部の消波工も計測できる可能性があるが、消波工の点検診断に係る水中部の計測精度についての知見が十分ではないことから、原則として水中部は対象としないこととする。

5.2.2 劣化度判定

UAV を用いた計測により得られたデータを用いて消波工の維持管理に係る点検（一般定期点検診断）を行う場合の劣化度判定の内容および方法を以下に示す。

(1) 劣化度判定の内容

当該データにより劣化度判定を行う点検診断項目は、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」に示される消波工の移動、散乱、沈下とする。

(2) 劣化度判定の方法

劣化度の判定は、点検単位長毎に現況の消波工の 3 次元モデル（TIN）と 3 次元設計データにより算出した換算沈下量を算出して行う。

【解説】

(1) 劣化度判定の内容

ICT 機器を用いた測量の方法により得られたデータを用いて消波工の維持管理に係る点検（一般定期点検診断）を行う場合の点検診断の項目および劣化度の判定基準は、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」に示される消波工の移動、散乱、沈下に関する事項を準用する（表 5.2-1 参照）。

表 5.2-1 消波工の点検診断の項目および劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目	点検方法	劣化度の判定基準
ケーソン式防波堤	Ⅱ類	消波工	移動、散乱、沈下	目視 ・消波工の天端、法面、法肩等の変形 ・消波ブロックの移動や散乱 a <input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面がブロック1層分以上、減少している。 b <input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面が減少している。(ブロック1層未満) c <input type="checkbox"/> 消波ブロックの一部が移動(散乱・沈下)している。 d <input type="checkbox"/> 変状なし。
			損傷、欠損	目視 ・消波ブロックの損傷、亀裂 ・欠損ブロックの個数 a <input type="checkbox"/> 欠損しているブロックが1/4以上ある。 b <input type="checkbox"/> aとcの中間的な変状がある。 c <input type="checkbox"/> 欠損や部分的な変状があるブロックが複数個ある。 d <input type="checkbox"/> 変状なし。

「港湾の施設の点検診断ガイドライン」より引用

(2) 劣化度判定の方法

劣化度の判定は、点検単位長毎に現況の消波工の3次元モデル(TIN)と3次元設計データにより、プリズモイダル法を用いて3次元設計データに対する現況の消波ブロックの体積を算出し、そこから求めた換算沈下量により劣化度判定を行う。

沈下量の算出方法(イメージ)は、図5.2-1に示すとおりである。

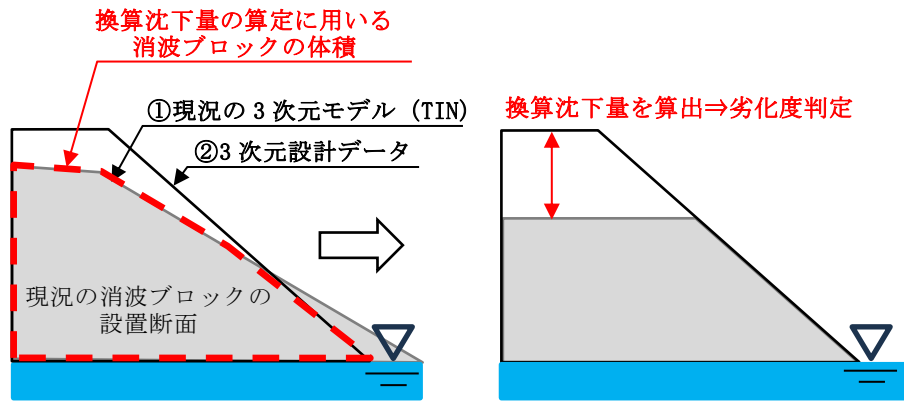


図 5.2-1 沈下量の算出方法(イメージ)

ICT機器を用いた計測の方法により得られたデータによる劣化度判定は、表5.2-2に示す判定基準によるものとする。

なお、表中の消波ブロックの「1層分」とは、ブロックメーカーのカタログ等に示される2層厚の1/2とする。

表 5.2-2 換算沈下量による劣化度の判定基準

劣化度	換算沈下量による劣化度の判定基準	劣化度の判定基準(点検診断ガイドライン)
a	換算沈下量が、消波ブロック1層分(2層厚の1/2)以上	点検単位長にわたり、消波工断面がブロック1層分以上、減少している。
b	換算沈下量が0.5m以上、消波ブロック1層分未満	点検単位長にわたり、消波工断面が減少している(ブロック1層未満)。
c	換算沈下量が0m以上0.5m未満	消波ブロックの一部が移動(散乱・沈下)している。
d	換算沈下量が0m未満	変状なし

5.3 災害対応への活用【ブロック据付工】

5.3.1 適用範囲

ICT 機器を用いた測量により得られたデータを活用して消波工の災害時において、被災状況を確認する場合に適用する。

なお、ここでいう ICT 機器を用いた計測とは、UAV 写真測量、UAV レーザー計測およびマルチビーム測深のことをいう。

また、被災状況の確認位置は、原則として水上部を対象とする。

【解説】

ICT 機器を用いた計測（UAV 写真測量および UAV レーザー計測）により消波工の被災状況の確認を行う場合には、事前に監督職員と協議を行うこと。

被災状況の確認位置については、UAV を用いた計測となることから、原則として水上部を対象とする。

UAV レーザー計測のうち、グリーンレーザーを用いる計測の場合には、水中部の消波工も計測できる可能性があるため、取得データの精度に留意した上で水中部のデータを活用することができる。

なお、水中部の消波工についてマルチビームの測深データがあり、水上部の UAV を用いた計測により得られたデータとあわせて被災状況の確認に使用する場合には、事前に水中部を含めた被災状況の確認の方法等について監督職員と対応を協議する。

5.3.2 消波ブロック（水上部）の被災状況の確認方法

UAV を用いた計測により得られたデータによる消波工の被災状況の確認は、3次元モデル（TIN や点群）等を利用して行う。

【解説】

被災後において、消波ブロックの被災後の3次元モデル（TIN や点群）と被災前3次元モデル（TIN や点群）や3次元設計データを用いることにより、被災の状況を視覚的に確認することができる。

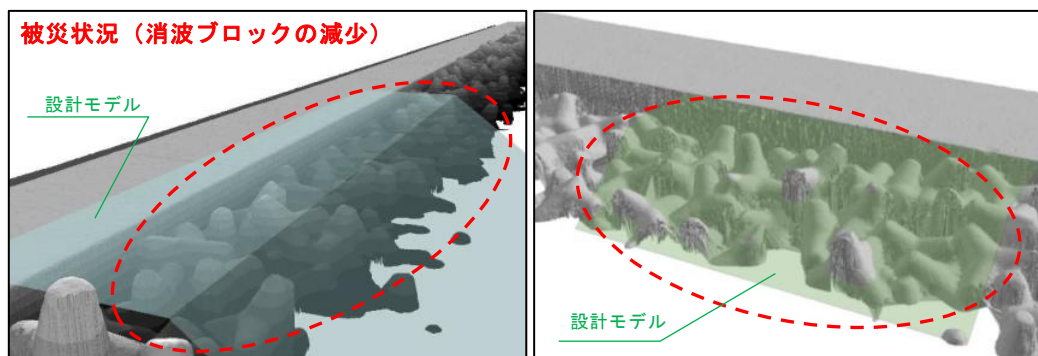


図 5.3-1 3次元データを用いた被災状況図（イメージ）

5.3.3 留意事項

プレート境界で発生する大規模地震時には、地殻変動により広域的に基準点が動くことが考えられる。基準点が動いた場合には補正が必要となるため、マルチビームや UAV 等で取得した座標が衛星から直接測位した絶対座標か、既存の基準点から計測した相対座標かを記録し、相対座標の場合は参照基準局の座標を再測量や補正パラメータによって補正する必要がある。

【参考】

地震や火山活動に伴う座標・標高補正（非定常）

<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun40037.html>

第6章 電子成果品の作成規定

6.1 面管理

6.1.1 共通事項

本要領の電子成果品の作成規定は、「地方整備局（港湾空港関係）の事業における電子納品運用ガイドライン（案）」（以下、「港湾空港工事ガイドライン」という。）の規定の範囲内で定めている。本要領で規定する以外の事項は、「地方整備局（港湾空港関係）の事業における電子納品運用ガイドライン（案）」による。

(1) ファイル名の命名

本要領にもとづいて作成した電子成果品が特定できるようにするため、ICON フォルダに計測機器の名称を記したサブフォルダを作成し格納する。ファイル名は、表 6.1-1 に示す命名規則に従うこと。

(2) 格納するデータ

保存するデータは、世界測地系で、データの並び順は、数学座標の x, y （測量座標の y, x ）、 z とし、 z は C. D. L= ± 0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

6.1.2 浚渫工・海上地盤改良工（床掘工・置換工）

本要領にもとづいて作成する電子成果品は、以下のとおりとする。

- ・ 3次元設計データ（J-LandXML等のオリジナルデータ：TINファイル）
- ・ 出来形管理資料（出来形管理図表(PDF)、ビューア付き3次元データ※）
- ・ マルチビームによる出来形評価用点群データ（CSV、J-LandXML等のポイントファイル）
- ・ マルチビームによる出来形計測の計測点群データ（CSV、J-LandXML等のポイントファイル）
- ・ 数量総括表および土量計算箇所表示図、俯瞰図（PDF、ビューア付き3次元データ※）

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、マルチビームを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

※ビューア付き3次元データについては、必要に応じて作成する

6.1.3 基礎工

本要領にもとづいて作成する電子成果品は、以下のとおりとする。

- ・ 3次元設計データ（J-LandXML等のオリジナルデータ：TINファイル）
- ・ 出来形管理資料（出来形管理図表(PDF)、ビューア付き3次元データ※）
- ・ マルチビームによる出来形評価用点群データ（CSV、J-LandXML等のポイントファイル）
- ・ マルチビームによる出来形計測の計測点群データ（CSV、J-LandXML等のポイントファイル）
- ・ 出来形合否判定総括表および天端の平坦性の評価箇所表示図、法面の俯瞰図（PDF、ビューア付き3次元データ※）

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、マルチビームを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

※ビューア付き3次元データについては、必要に応じて作成する

表 6.1-1 ファイルの命名規則【面管理／浚渫工・海上地盤改良工・基礎工共通】

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内 容	記入例
MB	0	DR	001	0~Z	・ 3次元設計データ (J-LandXML等のオリジナルデータ：TINファイル)	MBODR001Z. 拡張子
MB	0	CH	001	-	・ 出来形管理資料 (出来形管理図表(PDF)、ビューア付き3次元データ)	MBOCH001. 拡張子
MB	0	GR	001	-	・ マルチビームによる出来形計測の計測点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOGR001. 拡張子
MB	0	IN	001	-	・ マルチビームによる出来形評価用点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOIN001. 拡張子
MB	0	HR	001	-	・ マルチビームによる起工測量の計測点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOHR001. 拡張子
MB	0	EP	001	-	・ マルチビームによる起工測量の数量計算用点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOEP001. 拡張子
MB	0	AP	001	-	・ マルチビームによる出来形計測の数量計算用点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOAP001. 拡張子
MB	0	EG	001	-	・ マルチビームによる起工測量の数量計測データ (J-LandXML等のオリジナルデータ：TINファイル)	MBOEG001. 拡張子
MB	0	AS	001	-	・ マルチビームによる出来形計測の数量計測データ (J-LandXML等のオリジナルデータ：TINファイル)	MBOAS001. 拡張子
MB	0	VL	001	-	・ 数量総括表および土量計算箇所表示図、俯瞰図 (PDF、ビューア付き3次元データ)	MBOVL001. 拡張子

数量算出に利用した場合は、以下についても電子成果品として提出すること。

(面管理／浚渫工・海上地盤改良工・基礎工共通)

- ・マルチビームによる起工測量の計測点群データ (CSV ファイル等のポイントファイル) ※1
- ・マルチビームによる起工測量の数量計算用点群データ (CSV、J-LandXML 等のポイントファイル)
- ・マルチビームによる起工測量の数量計測データ (J-LandXML 等のオリジナルデータ：TIN ファイル)
- ・マルチビームによる出来形計測の数量計算用点群データ (CSV ファイル等のポイントファイル)
- ・マルチビームによる出来形計測の数量計測データ (J-LandXML 等のオリジナルデータ：TIN ファイル)
- ・数量総括表および土量計算箇所表示図、俯瞰図 (PDF、ビューア付き 3次元データ※2)

※1 起工測量の計測点群データについては、データが大きくなり電子媒体に収納が困難な場合は、監督職員と対応を協議する。

※2 ビューア付き 3次元データについては、必要に応じて作成・提出する。

6.1.4 ブロック据付工

本マニュアルにもとづいて作成する 3次元完成形状モデルに係る電子成果品は、以下のとおりとする。

- ・完成形状確認資料 (俯瞰図(PDF)、ビューア付き 3次元データ※)
- ・ICT 機器による完成形状測量の計測点群データ (CSV、J-LandXML 等のポイントファイル)

電子成果品は、「工事完成図書」の電子納品等要領で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、ICT 機器を用いた完成形状確認資料が特定できるように記入する。

※ビューア付き 3次元データについては、必要に応じて作成する。

表 6.1-2 ファイルの命名規則【面管理／ブロック据付工】

(マルチビーム測深)

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内 容	記 入 例
MB	0	WS	001	-	・完成形状確認資料 (俯瞰図(PDF)、ビューア付き3次元データ)	MBOWS001. 拡張子
MB	0	WD	001	-	・マルチビーム測深による完成形状測量の計測点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	MBOWD001. 拡張子

(UAV 写真測量)

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内 容	記 入 例
UAV	0	DR	001	0~Z	・3次元設計データ (J-LandXML等のオリジナルデータ:TINファイル)	UAVODR001Z. 拡張子
UAV	0	CH	001	-	・出来形管理資料 (出来形管理図表(PDF)、ビューア付き3次元データ)	UAVOCH001. 拡張子
UAV	0	GR	001	-	・UAVを用いた出来形計測による出来形評価用点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	UAVOGR001. 拡張子
UAV	0	AS	001	-	・UAVを用いた出来形計測による出来形評価用データ (J-LandXML等のオリジナルデータ:TINファイル)	UAVOAS001. 拡張子

(UAV レーザー計測)

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内 容	記 入 例
ULS	0	DR	001	0~Z	・3次元設計データ (J-LandXML等のオリジナルデータ:TINファイル)	ULSODR001Z. 拡張子
ULS	0	CH	001	-	・出来形管理資料 (出来形管理図表(PDF)、ビューア付き3次元データ)	ULSOCH001. 拡張子
ULS	0	GR	001	-	・UAVを用いた出来形計測による出来形評価用点群データ (CSV、J-LandXML等のポイントファイル)	ULSOGR001. 拡張子
ULS	0	AS	001	-	・UAVを用いた出来形計測による出来形評価用データ (J-LandXML等のオリジナルデータ:TINファイル)	ULSOAS001. 拡張子

備考) 消波ブロック据付(水上部)の3次元完成形状モデルについては、UAV写真測量またはUAVレーザー計測による出来形計測結果を使用する。

6.2 施工管理システムを用いた管理

6.2.1 本體工（ケーソン据付工）

本要領にもとづいて作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ・据付目標位置データ（オリジナルデータ）
- ・出来形管理資料（出来形管理図表（PDF）または、ビューア付き3次元データ）
- ・出来形管理データ（ケーソン据付位置データ）

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、出来形確認データを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

【解説】

本要領の電子成果品の作成規定は、「港湾空港工事ガイドライン」の規定の範囲内で定めている。本要領で規定する以外の事項は、「港湾空港工事ガイドライン」による。

(1) ファイル名の命名

本要領にもとづいて作成した電子成果品が特定できるようにするため、次の規定に従い格納すること。

- ① ICONフォルダに工種（本體工）を示した「CI（ケーソン据付）」のサブフォルダを作成する。
- ② ①の下層に計測機器の名称（施工中の出来形確認データ）を示した「CMR」のサブフォルダを作成し格納する。フォルダ構成例を図6.2-1に示す。
- ③ 格納するファイル名は、表6.2-1に示す命名規則に従うこと。
- ④ 設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、ケーソン据付位置データを変更するが、当初のケーソン据付位置と変更後のケーソン据付位置のデータを全て納品すること。
- ⑤ 整理番号は、ファイル番号をより詳細に区分する必要がある場合に使用するが、通常は0でよい。
- ⑥ 出来形管理資料をビューア付き3次元データで納品する場合で、ビューアとデータが複数のファイルで構成される場合は、全てをZIP方式により圧縮し、拡張子を「ZIP」として、次表の命名規則に従い納品すること。

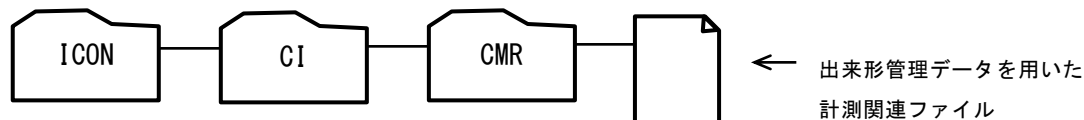


図 6.2-1 フォルダ構成例【施工管理システムを用いた管理／本體工】

表 6.2-1 ファイルの命名規則【施工管理システムを用いた管理／本體工】

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂来歴	内容	記入例
CMR	0	DR	001~	0~Z	・据付目標位置データ（オリジナルデータ）	CMRODR001Z. 拡張子
CMR	0	CH	001~	—	・出来形管理資料（出来形管理図表（PDF）または、ビューア付き3次元データ）	CMROCH001. 拡張子
CMR	0	GR	001~	—	・出来形管理データ（CSV等ファイル）	CMROGR001. 拡張子

6.3 施工履歴データを用いた管理

6.3.1 共通事項

本要領にもとづいて作成する電子成果品は、以下のとおり。

- ・ 3次元設計データ（LandXML等のオリジナルデータ(TIN)）
- ・ 出来形管理資料（出来形管理図表（PDF）または、ビューア付き3次元データ）
- ・ 施工履歴データによる出来形評価用データ（CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル）
- ・ 施工履歴データによる出来形計測データ（LandXML等のオリジナルデータ(TIN)）
- ・ 施工履歴データによる計測点群データ（CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル）
- ・ 工事基準点データ（CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル）

電子成果品は、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。格納するファイル名は、出来形確認データを用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

【解説】

本要領の電子成果品の作成規定は、「地方整備局（港湾空港関係）の事業における電子納品等運用ガイドライン【工事編】」の規定の範囲内で定めている。

本要領で規定する以外の事項は、「地方整備局（港湾空港関係）の事業における電子納品等運用ガイドライン【工事編】」による。

(1) ファイル名の命名

本要領にもとづいて作成した電子成果品が特定できるようにするため、次の規定に従い格納すること。

- ① ICONフォルダに所定のサブフォルダを作成する。
- ② 基礎工の場合：「SN（捨石均し）」
- ③ 海上地盤改良工の場合：「TB（床掘）」
- ④ ①の下層に所定のサブフォルダを作成し格納する。
- ⑤ 基礎工の場合：「KSR（機械均し施工履歴）」
- ⑥ 海上地盤改良工の場合：「TSR（床掘施工履歴）」
- ⑦ 格納するファイル名は、表 6.3-1 に示す命名規則に従うこと。
- ⑧ 設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更するが、当初の3次元設計データと、変更後の3次元設計データを全て納品すること。
- ⑨ 整理番号は、ファイル番号をより詳細に区分する必要がある場合に使用するが、通常は0でよい。
- ⑩ 出来形管理資料をビューア付き3次元データで納品する場合で、ビューアとデータが複数のファイルで構成される場合は、全てをZIP方式により圧縮し、拡張子を「ZIP」として、次表の命名規則に従い納品すること。

(2) 格納するデータ

この際の保存するデータは、世界測地系にもとづく日本測地系で、データの並び順は、数学座標の x, y （測量座標の y, x ）, z とし、 z は C. D. L = ± 0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

6.3.2 基礎工

(1) フォルダ構成、ファイル名の命名

フォルダ構成例を図 6.3-1、ファイル命名規則を表 6.3-1 に示す。

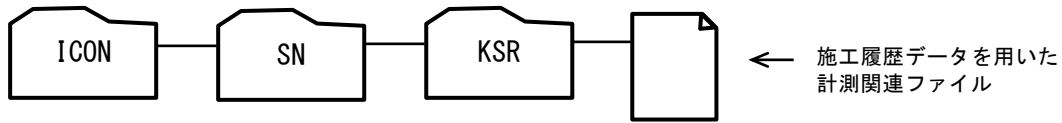


図 6.3-1 フォルダ構成例【施工履歴データを用いた管理／基礎工】

表 6.3-1 ファイル命名規則【施工履歴データを用いた管理／基礎工】

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂来歴	内容	記入例
KSR	0	DR	001～	0～Z	・ 3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	KSR0DR001Z. 拡張子
KSR	0	CH	001～	—	・ 出来形管理資料 (出来形管理図表(PDF)または、ビューア付き3次元データ)	KSR0CH001. 拡張子
KSR	0	IN	001～	—	・ 施工履歴データによる出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	KSR0IN001. 拡張子
KSR	0	AS	001～	—	・ 施工履歴データによる出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	KSR0AS001. 拡張子
KSR	0	GR	001～	—	・ 施工履歴データによる計測点群データ (CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	KSR0GR001. 拡張子
KSR	0	PO	001～	—	・ 工事基準点データ (CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)	KSR0PO001. 拡張子

6.3.3 海上地盤改良工（床掘工）

(1) フォルダ構成、ファイル名の命名

フォルダ構成例を図 6.3-2、ファイル命名規則を表 6.3-2 に示す。

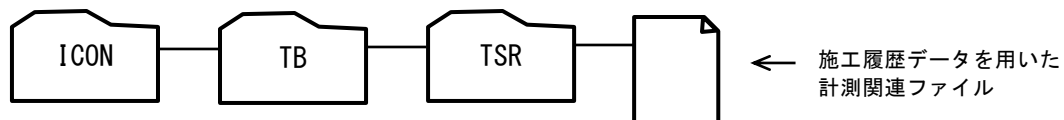


図 6.3-2 フォルダ構成例【施工履歴データを用いた管理／海上地盤改良工（床掘工）】

表 6.3-2 ファイル命名規則【施工履歴データを用いた管理／海上地盤改良工（床掘工）】

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂来歴	内容	記入例
TSR	0	DR	001～	0～Z	・ 3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	TSR0DR001Z. 拡張子
TSR	0	CH	001～	—	・ 出来形管理資料 (出来形管理図表(PDF)または、ビューア付き3次元データ)	TSR0CH001. 拡張子
TSR	0	IN	001～	—	・ 施工履歴データによる出来形評価用データ (CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	TSR0IN001. 拡張子
TSR	0	AS	001～	—	・ 施工履歴データによる出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	TSR0AS001. 拡張子
TSR	0	GR	001～	—	・ 施工履歴データによる計測点群データ (CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	TSR0GR001. 拡張子
TSR	0	PO	001～	—	・ 工事基準点データ (CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)	TSR0PO001. 拡張子

別紙 1 出来形管理の実施事項

別紙 1 出来形管理の実施事項

目次

第 1 章	面管理	1
1.1	適用工種	1
1.2	起工測量	1
1.3	3次元設計データ作成	2
1.3.1	3次元設計データ作成ソフトウェア	2
1.3.2	3次元設計データ作成	4
1.3.3	3次元設計データの確認	6
1.3.4	3次元海底地形モデル	7
1.4	出来形計測	9
1.4.1	出来形計測の実施	9
1.4.2	出来形計測箇所	10
1.5	計測点群データの処理	11
1.6	出来形管理	12
1.7	出来形管理資料作成	13
1.7.1	出来形管理資料作成ソフトウェア	13
1.7.2	出来形管理資料の作成	14
1.8	出来形管理基準	29
第 2 章	施工管理システムを用いた管理	32
2.1	対象工種	32
2.2	出来形確認データによる計測方法	32
2.2.1	機器構成	32
2.2.2	出来形確認データの計測性能および精度管理	33
2.2.3	ケーソン施工管理システム	33
2.2.4	工事基準点の設置	33
2.3	出来形確認データを用いた出来形管理	34
2.3.1	据付目標位置データの作成	34
2.3.2	据付目標位置の確認	35
2.3.3	ICT 機器の機能確認	36
2.3.4	ICT 機器の設定	36
2.3.5	出来形確認データによる出来形計測	37

2.4 出来形管理資料作成	38
2.5 出来形管理基準	40
2.6 出来形管理写真基準	40
第 3 章 施工履歴データを用いた管理	41
3.1 対象工種	41
3.2 準備工	41
3.2.1 工事基準点の設置	41
3.2.2 GNSS 基準局の設置【海上地盤改良工の場合】	41
3.3 3次元設計データ作成	41
3.4 施工履歴データによる計測方法	42
3.4.1 計測基準	42
3.4.2 機器構成	43
3.4.3 施工管理システム	46
3.4.4 施工履歴取得対象範囲	50
3.4.5 計測における留意事項	51
3.5 施工履歴データによる出来形管理	52
3.5.1 基礎工	52
3.5.2 海上地盤改良工	57
3.6 出来形管理資料作成	61
3.7 出来形管理基準	63
3.8 出来形管理写真基準	64

第1章 面管理

1.1 適用工種

面管理の適用工種は、以下とする。

- ・浚渫工
- ・基礎工（基礎捨石工：捨石本均し、捨石荒均し）
- ・ブロック据付工（消波ブロック据付）
- ・海上地盤改良工（床掘工、置換工）

1.2 起工測量

起工測量については、「本編」（第3章）を参照のこと。

1.3 3次元設計データ作成

1.3.1 3次元設計データ作成ソフトウェア

3次元設計データを作成する際には、出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す3次元設計データを作成・出力することができ、以下の機能を有するソフトウェアを用いること。

- (1) 3次元設計データ等の要素読込（入力）機能
- (2) 3次元設計データ等の確認機能
- (3) 設計面データの作成機能
- (4) 3次元設計データの作成機能
- (5) 座標系の変換機能
- (6) 3次元設計データの出力機能

【解説】

面的な出来形管理および3次元測量データを用いた数量計算を行う場合には、3次元設計データを作成でき、面的な出来形管理および出来形計測により数量計算を行う場合には、基準となる3次元設計データを作成でき、作成した設計データと設計図面との照合確認が可能な3次元設計データ作成ソフトウェアが必要となる。

ここでいう3次元設計データは、海底地形を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される「TINデータ」のことを示す。

(1) 3次元設計データ等の要素読込（入力）機能

- ・座標系の選択機能：
3次元設計データの座標系を選択する機能
- ・平面線形の読込（入力）機能：
設計図面に示される法線の平面線形を読込（入力）できる機能
- ・縦断線形の読込（入力）機能：
設計図面に示される法線の縦断線形を読込（入力）できる機能
- ・横断形状の読込（入力）機能：
設計図面に示される横断形状を読込（入力）できる機能
- ・現況水深データの読込（入力）機能：
出来形計測で得られた計測点群データ、あるいは面データを読込（入力）できる機能

(2) 3次元設計データ等の確認機能

上記(1)で読み込んだ（入力した）平面線形データ、縦断線形データ、横断形状データと出力する3次元設計データを重畳し、同一性を確認するための入力値比較や3次元表示が確認できる機能。

(3) 設計面データの作成機能

前述の(1)で読み込んだ（入力した）3次元設計データの幾何要素から設計の面データを作成する機能。本要領でいう面データは、TIN（不等辺三角網）データとする。

(4) 3次元設計データの作成機能

前述の(3)で読み込んだ設計面データにもとづく、3次元設計データを作成する機能。

(5) 座標系の変換機能

3次元設計データを、上記(1)で選択した座標系に変換する機能。

(6) 3次元設計データの出力機能

前述の(4)(5)で作成・変換した3次元設計データを使用するソフトウェア等のオリジナルデータで出力する機能。

1.3.2 3次元設計データ作成

受注者は、工事の発注図書に3次元設計データの作成が示されている場合や、監督職員から設計図書の3次元化の指示があった場合には、発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図、横断図等）や数量計算書等をもとに3次元設計データを作成する。

【解説】

受注者は、工事の発注図書に3次元設計データの作成が示されている場合や、監督職員から設計図書の3次元化の指示があった場合には、出来形管理で利用する平面線形、縦断線形、横断線形の設定を行い、起工測量の数量算出用点群データおよび出来形評価用点群データとの比較が可能な3次元設計データの作成を行う。

3次元設計データ作成時の留意事項を以下に示す。

(1) 準備資料

3次元設計データの作成に必要な準備資料は、設計図書の平面図、縦断図、横断図等と数量計算書等である。準備資料の記載内容に3次元設計データの作成において不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。

また、隣接する他工事との調整も必要に応じて行うこと。

(2) 3次元設計データの作成範囲

3次元設計データの作成範囲は、施工範囲の底面および法面（浚渫工は余掘、海上地盤改良工の場合は余砕を含む）の範囲、または、工事範囲外側で必要と考えられる範囲まで設定する。

(3) 3次元設計データの要素データ作成

3次元設計データは、設計図書（平面図、縦断図、横断図）から作成する。出来形横断面形状は、マルチビーム測深またはUAVを用いた計測を実施する範囲で、全ての管理断面および断面変化点について作成する。

3次元設計データの作成にあたっては、設計図書をもとに作成したデータが出来形の良否判定の基準となることから、当該工事の設計形状を示すデータについて、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。

(4) 3次元設計データ（TIN）の作成

入力した要素データをもとに面的な3次元設計データ（TIN）を作成する。TINは不等辺三角網の集合体であるため、曲線部では管理断面の間を細かい断面に分割して3次元設計データ化する必要がある。

このため、線形の曲線区間においては必要に応じて横断形状を作成した後にTINを設定する（例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にTINを設定する）。

(5) 水深情報

マルチビーム測深等による起工測量結果を3次元設計データ作成ソフトウェアに読み込み、作成した3次元設計データと重畳し比較した上で、発注図に含まれる現況水深と異なる場合については、監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。

(6) 数量算出

作成した3次元設計データは、設計図書として位置付けられるものであるため、数量を再計算しておく必要がある。3次元設計データにもとづく数量計算結果に当初数量と比べた増減が発生した際は、設計変更の対象となる場合がある。

(7) 設計変更について

設計変更で設計形状に変更があった場合は、その都度、3次元設計データを編集し変更を行う。このとき、最新の3次元設計データの変更理由、変更内容、変更後の3次元設計データファイル名は確実に管理しておくこと。

(8) その他留意点

地形の再現性に配慮した空間分解能を有する地形モデルを作成し、各設計データの基準値に合致した有効桁数を設定する。

① 断面形状

地形モデルは断面地形の再現性を配慮した空間分解能を有することが重要である。特に、法尻・法肩やケーソンフーチング等を有する場合は、これらの形状が確実に表現できるように、高密度のTINモデルを構築しなければならない。

② 横断形状に反映する項目

- ・ 現況地盤、設計断面
- ・ 計画水深
- ・ 構造物（既設のケーソン等）

③ 設計データの単位系および桁数

- ・ 平面座標 (m) : 小数3位止めを原則 四捨五入
- ・ 水深 (m) : 小数2位止めを原則 四捨五入
- ・ 距離 (m) : 小数2位止めを原則 四捨五入
- ・ 体積 (m³) : 小数1位止めを原則 四捨五入

1.3.3 3次元設計データの確認

受注者は、3次元設計データを作成した場合には、3次元設計データの作成後に、3次元設計データの以下の(1)～(4)の情報について、設計図書（平面図、縦断図、横断図等）と照合するとともに、監督職員に3次元設計データチェックシートを提出する。また、設計図書をもとに作成した3次元設計データが出来形の良否判定の基準となることから、監督職員との協議を行い、作成した3次元設計データを設計図書として位置付ける。

- (1) 平面線形
- (2) 縦断線形
- (3) 出来形横断面形状
- (4) 3次元設計データ

【解説】

3次元設計データの間違ひは出来形管理に致命的な影響を与えるので、受注者は3次元設計データが設計図書と照合しているかの確認を必ず行うこと。

3次元設計データの照合とは、3次元設計データが設計図書をもとに正しく作成されているものであることを確認することである。

また、受注者は、前述の資料の他、3次元設計データと設計図書との照合のための資料を整備・保管するとともに、監督職員から3次元設計データのチェックシートを確認するための資料請求があった場合は、確認できる資料を提示するものとする。

さらに、設計変更等で設計図書に変更が生じた場合は、3次元設計データを変更し、確認資料を作成する。

確認項目を以下に示す。照合は、設計図書と3次元設計データ作成ソフトウェアの入力画面の数値または出力図面と対比して行う。なお、3次元設計データチェックシートの詳細は、本要領の「参考資料」（資料1）を参照すること。

(1) 平面線形

平面線形は、構造物の起終点、各測点および変化点（断面変化点）の平面座標と曲線要素について、平面図および数量計算書等と対比し、確認する。

(2) 縦断線形

縦断線形は、線形の起終点、各測点および変化点の標高と曲線要素について、縦断図と対比し確認する。

(3) 出来形横断面形状

出来形横断面形状は、基準高、法長を対比し確認する。設計図書に含まれる全ての横断図について対比を行うこと。確認方法は、ソフトウェア画面上で対比し、設計図書の寸法記載箇所にチェックを記入する方法や、3次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせて確認する方法等を用いて実施する。

なお、横断線設定間隔は、浚渫工、基礎工、海上地盤改良工においては発注時の深淺測量図のメッシュ間隔、ブロック据付工においては発注時の管理測線間隔を基本とする。

(4) 3次元設計データ

マルチビームやUAVを用いた出来形計測データの入力要素（縦断形状、横断形状データ）と3次元設計データ（TIN）を重ね合わせ、同一性が確認可能な3次元表示した図を提出する。

1.3.4 3次元海底地形モデル

マルチビーム測深により取得された3次元点群データから、浚渫工、基礎工、海上地盤改良工、ブロック据付工（ただし、出来形管理を除く）における設計図書作成、施工計画、施工管理、出来形管理において必要な3次元海底地形モデルを作成することを目的とし、各対象工事の設計・施工段階における発注図書作成、施工計画、施工管理に必要な3次元設計データを作成する際に適用する。

【解説】

<設計段階>

工事範囲およびその周辺海域においては、マルチビーム測深を実施し、1.0m 平面格子内の中央値の点群データから、現状の海底地形をモデル化した「現状の海底地形の TIN」を構築する。構築された「現状の海底地形の TIN」から、現況の縦断面形状、横断面形状、および俯瞰図等を構築する。

なお、マルチビーム測深の実施方法は、本要領の「別紙2」（第1章）を参照のこと。

* 「3次元設計モデル」と「現状の海底地形の TIN」から、TIN 分割等を用いて求積する方法、プリズモイダル法で数量計算を実施し、発注数量が算出される。

<施工段階（起工測量）>

施工前に工事範囲およびその周辺海域においては、マルチビーム測深を実施し、「施工前の海底地形の TIN」を構築する。構築された「施工前の海底地形の TIN」から、施工前の縦断面形状、横断面形状および俯瞰図等を構築する。

* 「3次元設計モデル」と「施工前の海底地形の TIN」から、TIN 分割等を用いて求積する方法、プリズモイダル法で数量計算を実施して、設計図書の数量と比較検証を行い、更に、工事計画等を立案する。

<施工段階（出来形管理）>

工事完了後に工事範囲およびその周辺海域においては出来形管理として、マルチビーム測深を実施し、各工事の「完了時の海底地形の TIN」を構築する。構築された「完了時の海底地形の TIN」から、工事後の縦断面形状、横断面形状および俯瞰図等を構築する。

* 「3次元設計モデル」と「完了時の海底地形の TIN」から出来形評価を行い、出来形管理図表を作成し、出来形管理資料とする。

3次元海底地形モデルの3次元表示は、以下の要素を含む俯瞰図を各段階のTINモデルから作成する。

- ・ 設計時の海底地盤地形
- ・ 仕上がり形状の海底地盤地形
- ・ 施工前の海底地盤地形
- ・ 完了時の海底地盤地形

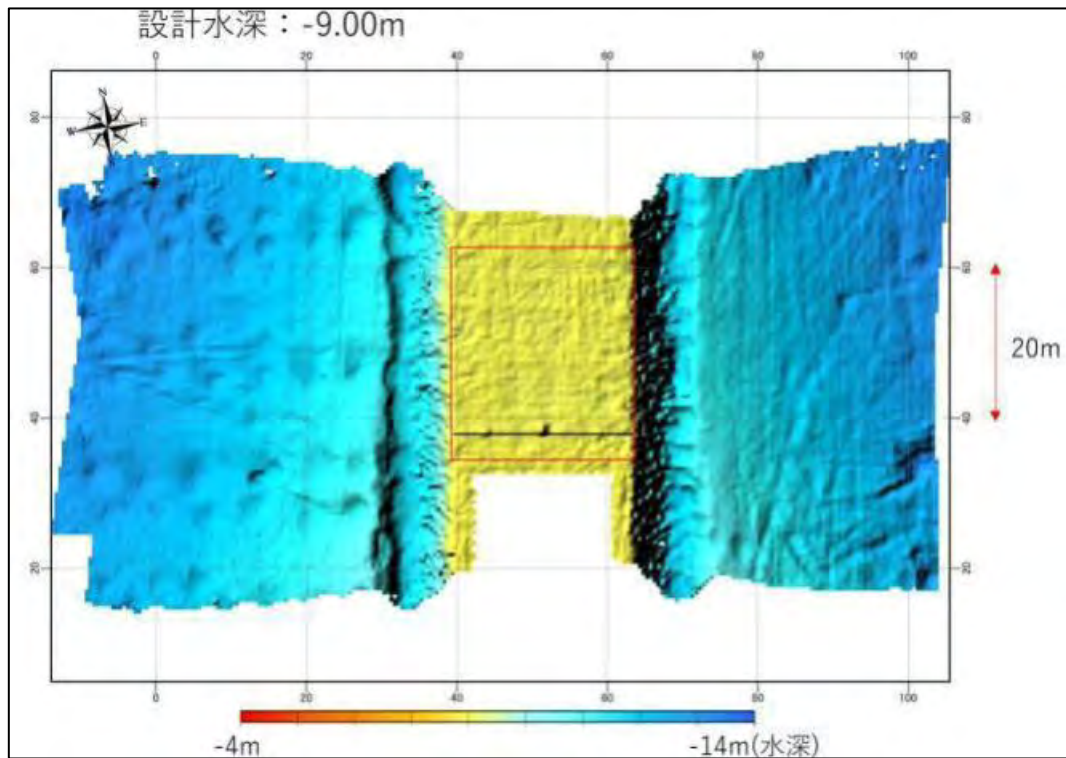


図 1.3-1 基礎工の俯瞰図のイメージ（基礎捨石工事完了時）

1.4 出来形計測

1.4.1 出来形計測の実施

(1) 出来形計測の実施

受注者は、出来形管理を実施するために施工後の出来形計測を実施する。なお、出来形計測時に必要な測定精度および計測密度を満たすこと。

(2) 出来形評価用データ等の作成

受注者は、3次元計測技術で計測した出来形形状を示す計測点群データから、さらに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。また、計測点群データから不要な点を除去し、TINで表現される出来形計測データを作成する。

【解説】

施工後の出来形形状を把握するために面的な出来形計測が可能な3次元計測技術を用いて実施する。

(1) 出来形計測の実施

出来形計測においては、出来形計測時に必要な測定精度および取得点密度を満たすこと。

なお、出来形計測の方法および精度管理については、本要領の「別紙2」「別紙3」の該当箇所を参照のこと。

(2) 出来形評価用データ等の作成

受注者は、計測した点群の不要点の除去が終了した計測点群データを対象に、さらに、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。また、計測点群データにTINを配置し、出来形計測データを作成する。

1.4.2 出来形計測箇所

本要領にもとづく出来形計測の範囲は、以下のとおりに設定する。

(1) 浚渫工

浚渫実施範囲および浚渫工を実施するにあたって海底の形状に影響を与えた範囲（施工範囲およびその周囲の外法肩から約 30m の範囲）とする。

(2) 基礎工

施工範囲および基礎捨石工を実施するにあたって海底の形状に影響を与えた範囲（施工範囲およびその周囲の外法尻から約 30m の範囲）とする。

(3) ブロック据付工

消波ブロックの据付状態を確認できる範囲とする。

(4) 海上地盤改良工

施工範囲および床掘工・置換工を実施するにあたって海底の形状に影響を与えた範囲（施工範囲およびその周囲の外法肩から約 30m の範囲）とする。

【解説】

(1) 浚渫工

マルチビームによる出来形管理で計測する 3次元座標は、底面、法面の全ての範囲で 3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。

(2) 基礎工

マルチビームによる出来形管理で計測する 3次元座標は、基礎捨石工については天端、法面の全ての範囲で 3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。

(3) ブロック据付工

UAV を用いた出来形計測範囲は、消波ブロックの据付状態を相対的に確認できる範囲として、消波ブロック据付範囲に加え、必要に応じて据付範囲の周辺部も適切に設定する。

出来形計測範囲において出来形計測を実施し、3次元座標が付与された出来形計測データを作成する。

(4) 海上地盤改良工

マルチビームによる出来形管理で計測する 3次元座標は、床掘工については底面、法面、置換工については天端面、法面の全ての範囲で 3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。

1.5 計測点群データの処理

出来形計測により取得した3次元点群より3次元の出来形評価用データおよび出来形計測データを作成する。

取得した3次元点群の処理に利用する点群処理ソフトウェアは、計測点群データからノイズ等の出来形とは関係のない不要点を除外する機能や、出来形評価用データおよび出来形計測データを出力する機能を有していなければならない。

【解説】

(1) 出来形評価用データ

作成する工種別の出来形評価用データは、表 1.5-1 のとおりとする。

なお、基礎工（基礎捨石工）の天端高については、潜水士が行う水中水準測量（単点計測）を含むものとする。

表 1.5-1 工種別の出来形用評価データ

工種	出来形評価用データ		計測方法
浚渫工	CUBE 処理によらない場合	1.0m 平面格子内の「最浅値」	マルチビーム測深
	CUBE 処理による場合	グリッドサイズ別 CUBE 水深 (1グリッドあたり1点) ※下表参照	
基礎工	天端高	1 箇所以上	水中水準測量
	天端幅・延長	1.0m 平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深
		10cm 平面格子内の「中央値」 ※境界部	
法面	10cm 平面格子内の「中央値」から作成した TIN		
ブロック据付工	全ての計測点群データから作成した TIN		UAV を用いた計測
海上地盤改良工	床掘工（底面・法面）	1.0m 平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深
	置換工（天端面・法面）		

【浚渫工 CUBE 処理】水深区分別のグリッドサイズ

水深区分	グリッドサイズ※
0~10m	0.25m
10~20m	0.5m
20~30m	1.0m

※グリッドサイズは、水深区分が複数に渡る場合には、測深区域の水深に応じて決定する。ただし、CUBE 処理の効率化と CUBE 水深の精度向上のために、浅い水深区分のグリッドサイズを用いることができる。

参考) 工事数量計算

工種	数量算出データ	計測方法
浚渫工	1.0m 平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深
基礎工	1.0m 平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深
海上地盤改良工	1.0m 平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深

(2) ノイズ等の不要点の除去

不要点の除去にあたっては、不要な点のみを抽出し、本来の出来形データまで除去しないように配慮する必要がある。

詳細については、本要領の「別紙 2」（第 1 章、第 2 章）の該当箇所を参照のこと。

1.6 出来形管理

作成した出来形評価用データを用いて、出来形の評価を行う。

【解説】

出来形の評価は、計測点群データから作成した出来形評価用データを用いて行う。

評価は、出来形評価用データと出来形管理基準（許容範囲）を比較することにより行う。

なお、出来形の評価方法は「1.7.2 出来形管理資料の作成」、出来形管理基準（許容範囲）は「1.8 出来形管理基準」を参照のこと。

1.7 出来形管理資料作成

1.7.1 出来形管理資料作成ソフトウェア

本要領で利用する出来形帳票作成ソフトウェアは、取得した出来形評価用点群データと3次元設計データの面データとの差分を算出し、出来形管理基準上の管理項目の計算結果（※）と出来形の良否の評価結果、および設計形状の比較による出来形の良否判定が可能な出来形分布図を出力する機能を有していなければならない。

【解説】

出来形の良否判定は、3次元設計面と出来形評価用データとの差分等（※）により行う。

（※） 浚渫工：底面および法面の水深差

基礎工：天端および法面の水深差

ブロック据付工：消波ブロックの据付延長が設計延長を満足するか否か

地上地盤改良工：底面または天端面、法面の水深差

1.7.2 出来形管理資料の作成

受注者は、3次元設計データと出来形評価用データを用いて、本要領で定める出来形管理資料を作成し、作成した出来形管理資料を監督職員に提出する。

【解説】

出来形管理資料とは、出来形管理基準の管理項目に対する測定結果をとりまとめたものであり、以降で工種別の作成例を図に示す。

受注者は、出来形管理資料を「出来形帳票作成ソフトウェア」により作成すること。「出来形帳票作成ソフトウェア」は、対象とする工種について下記に定める帳票を自動作成、保存、印刷ができるものとする。

(1) 浚渫工

浚渫工の出来形管理図表は、出来形を確認する箇所（底面、法面）毎に作成し、以下の情報について記載する。

- ・設計面と出来形評価用点群データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果（水深差の平均値等）と出来形の良否の評価結果。
- ・設計面と出来形評価用点群データの各ポイントの水深差分布図を整理した帳票。
- ・属性情報として、出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルの俯瞰図。

【解説】

3次元設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分（底面および法面の水深差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理図表とは、出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、および設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分を評価範囲の平面上にプロットした出来形分布図を明示したものである。

出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報は以下のとおりとする。

- ・出来形計測により得られた底面および法面の水深値（CUBE 処理によらない場合は「1.0m 平面格子データ内の最浅値」、CUBE 処理による場合は「水深区分によるグリッドサイズ（表 1.5-1 参照）で算出した CUBE 水深」と設計水深値との差分に対する割合による評価結果。
- ・データ数（CUBE 処理によらない場合は「1.0m 平面格子データ内のデータ数」、CUBE 処理による場合は「水深区分によるグリッドサイズ（表 1.5-1 参照）内のデータ数」と計測性能（取得点密度）との良否評価結果。
- ・出来形計測により数量計算を行う場合には、出来形計測から算出された純土量と設計時に算出された純土量との差分による評価結果。

出来形分布図に記載する項目は、以下のとおりとする。

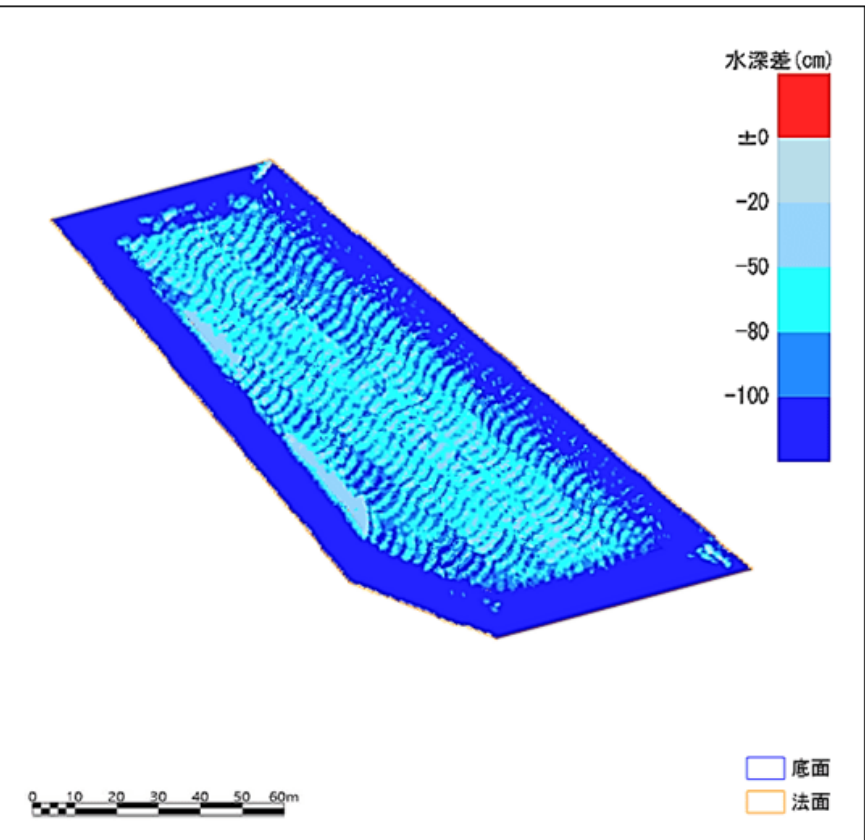
- ・評価範囲全体が含まれる平面図。
- ・設計水深より浅い位置が区別できるように別の色で明示する。
- ・設計水深と出来形評価用データとの差分に対する割合を示すヒートマップとして、出来形評価用点群データの平面格子および測点毎に結果を示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示する。

出来形合否判定総括表(例)

工事名 〇〇港(〇〇地区)航路浚渫工事
 工種 浚渫工(グラブ浚渫)

測点 浚渫施工範囲
 合否判定結果 合格

測定項目	水深差(cm)	データ数	抽出率	判定
底面水深	±0 ~	0	0.0%	合格
	-20 ~ ±0	3	0.1%	
	-50 ~ -20	1,420	58.9%	
	-80 ~ -50	987	41.0%	
	-100 ~ -80	0	0.0%	
	~ -100	0	0.0%	
	計	2,410	100.0%	
法面水深*1	±0 ~	0	0.0%	合格
	-20 ~ ±0	0	0.0%	
	-50 ~ -20	5	1.4%	
	-80 ~ -50	178	50.0%	
	-100 ~ -80	123	34.6%	
	~ -100	50	14.0%	
	計	356	100.0%	
データ数等	格子数	2,800		合格
	データ数	2,766	データ数/格子数 98.8%	
	評価面積(m2)	3,135		
純土量*2	計画(m3)	出来高(m3)	計画 - 出来高(m3)	残土量なし
	2,741	2,741	0	
特記事項	・ビューソフトにより三次元データを確認可能 ・出来形評価: 1.0m平面格子内に1点※、最浅値を採用 ・純土量算出: 1.0m平面格子内に1点※、中央値を採用 ※達成率99%以上 (プリズモイダル法での算出結果)			



※1: 法面水深は、ソフトウェアで底面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認し、測線にて確認する。

※2: 純土量は、余剰を含まない土量であり、『残土量なし』の場合は「計画=出来形」となる。(「計画>出来形」の場合は『残土量あり』)

図 1.7-1 出来形管理図表の様式および記載例 (浚渫工)

(2) 基礎工

基礎工の出来形管理図表は、出来形を確認する箇所（天端、法面）毎に作成し、以下の情報について記載する。

- ・属性情報として、出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルの俯瞰図。

【解説】

① 出来形の確認

3次元設計面と出来形評価用点群データの各平面格子およびTINの差分（天端および法面の水深差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理図表とは、出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、および設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分を評価範囲の平面上にプロットした出来形分布図を明示したものである。出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報は以下のとおりとする。

- ・水中水準測量で計測した水深値と天端設計水深との差分による評価結果
- ・出来形計測により得られた天端の平坦性（「中央値」を代表値とする1.0m平面格子）の評価結果
- ・出来形計測により得られた天端幅・延長（天端の端部における「中央値」を代表値とする1.0m平面格子）の評価結果
- ・出来形計測により得られた法面のTINと、3次元設計データとの差の評価結果
- ・データ数（1.0m平面格子データ内のデータ数）と計測性能（取得点密度）との良否評価結果

i) 天端高の確認方法

任意の1点以上で行った水中水準測量の結果と設計水深の差を計算する。差が以下の場合に合格とする。ここで「+」は設計値より浅いこと、「-」は設計値より深いことを示し、以降も同様とする。

- ・捨石本均し：±5cm以内
- ・捨石荒均し：±50cm以内

ii) 天端の平坦性の確認方法

天端の平坦性の確認には、天端区域内の計測点群データを抽出して使用する。抽出した計測点群データから1.0m平面格子を作成して、天端の平坦性を検査する。平面格子の代表値は「中央値」とする。

基準水深を、天端に位置する全ての1.0m平面格子の水深代表値（中央値）のヒストグラムから求めた最頻値とする（図1.7-2参照）。ヒストグラムの階級の幅は1cmとする。

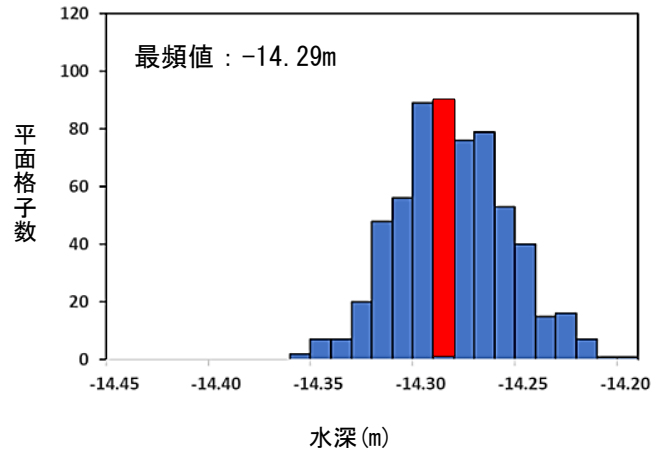


図 1.7-2 天端の全平面格子水深のヒストグラムと最頻値

基準水深と各平面格子水深の差を図 1.7-3 のように求め、以下の規定値の達成率(規定値達成平面格子数/全平面格子数)を計算する。達成率が 80%以上で合格とする。

- ・捨石本均し : ±5cm 以内
- ・捨石荒均し : ±50cm 以内

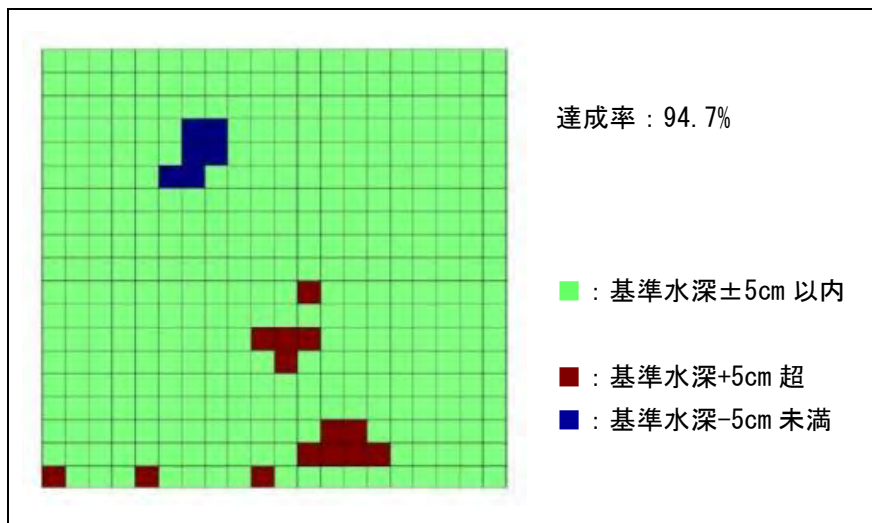


図 1.7-3 基準水深(最頻値)との差分(捨石本均し)

iii) 天端幅・延長の確認方法

平坦性の確認で作成した差分 1.0m 平面格子から、図 1.7-4 のように天端区域端の平面格子を抽出する。以下の規定値の達成率(規定値達成平面格子数/全平面格子数)を計算する。達成率が 80%以上で合格とする。

- ・捨石本均し : ±5cm 以内
- ・捨石荒均し : ±50cm 以内

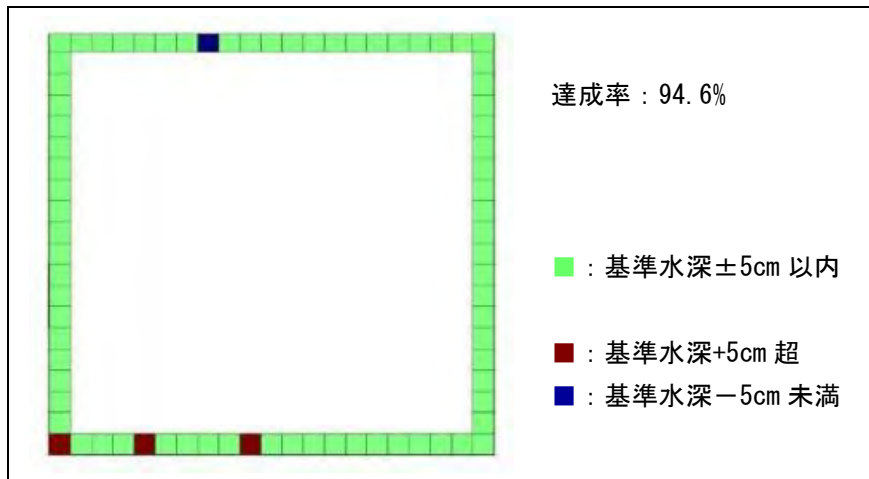


図 1.7-4 幅・延長評価

天端の端部の平面格子に関しては、天端外縁で切り取られた平面格子の部分の 1 辺が 10cm 以上の場合（図 1.7-5 の左図参照）、青の平面格子を幅・延長の検査に使用する。1 辺が 10cm 未満の場合（図 1.7-5 の右図参照）、それより 1 つ内側の青の平面格子を幅・延長の検査に使用する。

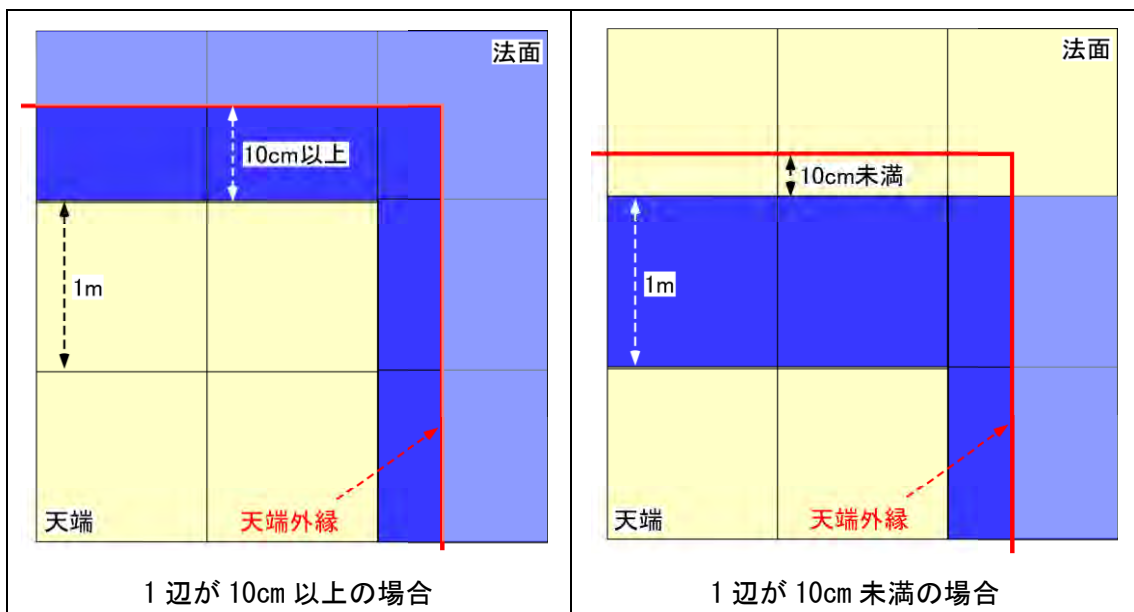


図 1.7-5 天端の端部の平面格子の取り扱い

iv) 法面の確認方法

法面の検査確認には、マルチビーム測深により取得された 3 次元点群データのうち、法面区域内のデータを抽出して使用する。抽出した 3 次元点群データから「中央値」を代表値とした 10cm 平面格子データを作成する。グリッドの抜けの部分は補間する。作成した平面格子から TIN を作成し、これを 3 次元設計データの TIN と比較する方法を法面の検査の標準とする。

計算した差分の TIN より、以下の規定値の達成率（規定値達成 TIN 数／全 TIN 数）を計算する。達成率が 80%以上で合格とする。

- ・法面の法線方向の差分値（図 1.7-6 参照）：±50cm 以内

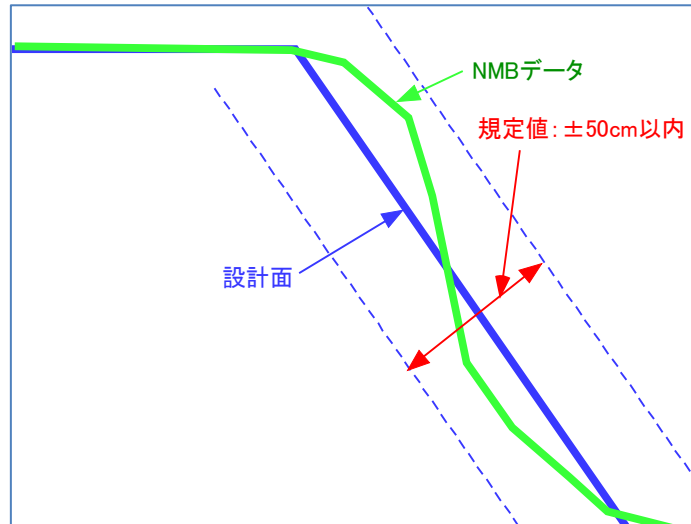


図 1.7-6 法面の法線方向の差分

法面の法線方向の差分値 S は、プリズモイダル法（図 1.7-7 参照）等で算出した差分値 D に対して設計面の傾斜角 θ で補正する。補正式は以下のとおりである。

$$S = D \times \cos\theta$$

S : 法面の法線方向の差分、 D : 水深差分値、 θ : 設計面の傾斜角

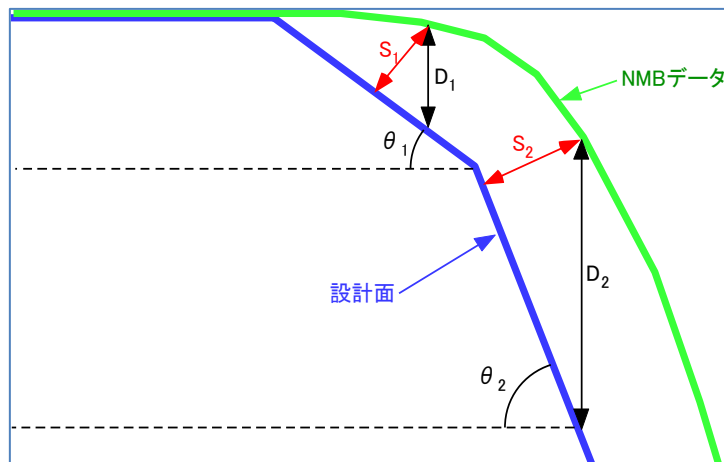


図 1.7-7 法面の法線方向の差分計算の概念

② 出来形管理図表

出来形分布図に記載する項目は、以下のとおりとする。

- ・天端の平坦性の平面図
- ・天端幅・延長の平面図
- ・法面の3次元図

規定値以内と規定値外を区別するヒートマップとして、出来形評価用点群データの平面格子やTINをプロットするとともに、色の凡例を明示する。

出来形合否判定総括表

工事名 ○○港（○○地区）防波堤築造工事

測線数 No. 1～No. 17

工種

合否判定結果 **合格**

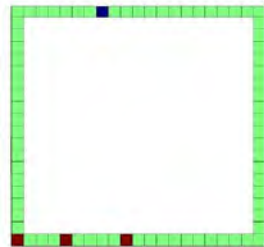
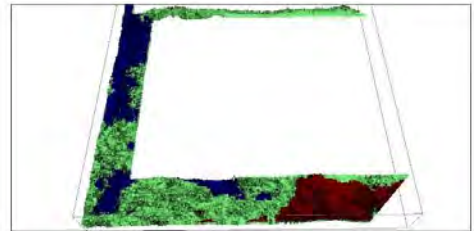
天端高	天端水深	水準測量	水深差 (cm)	判定	天端の平坦性
	-14.30	-14.29	1.0	合格	
1m格子	最頻値	-14.29			
天端 平坦性		格子数	比率	合格	
	±規定値内	360	94.7%		
	+規定値超	14	3.7%		
	-規定値未満	6	1.6%		
天端 幅・延長		格子数	比率	合格	 <p style="font-size: small;"> ■ 基準水深±5cm以内 ■ 基準水深+5cm超 ■ 基準水深-5cm未満 </p>
	±規定値内	70	94.6%		
	+規定値超	3	4.1%		
	-規定値未満	1	1.4%		
法面形状		TIN数	比率	合格	
	±規定値内	80	95.2%		
	+規定値超	1	1.2%		
	-規定値未満	3	3.6%		
データ数等	格子数	800		合格	
	データ数	795	99.4%		
特記事項					法面形状  <p style="font-size: small;"> ■ 基準水深±50cm以内 ■ 基準水深+50cm超 ■ 基準水深-50cm未満 </p>

図 1.7-8 出来形管理図表の様式および記載例（基礎工）

(3) ブロック据付工

ブロック据付工（消波ブロック）の出来形管理図表は、以下の情報について記載する。

- ・出来形評価用点群データから作成した TIN モデルで計測した消波ブロックの据付延長と出来形の良否の評価結果
- ・属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる 3 次元モデルの平面図、縦断面図、鳥瞰図

【解説】

■出来形管理図表

3次元設計面と出来形評価用点群データから作成した TIN モデルで計測した消波ブロックの据付延長により出来形の良否判定を行う。出来形管理図表とは、出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、および設計面と出来形評価用点群データから作成した TIN モデルを重畳し明示したものである。

出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報は以下のとおりとする。

- ・設計延長と出来形評価用点群データから作成した TIN モデルで計測した消波ブロックの据付延長の比較による評価

出来形分布図に記載する項目は、以下のとおりとする。

- ・評価範囲全体が含まれる 3 次元モデルの平面図、縦断面図、鳥瞰図
- ・設計延長と据付延長（計測値）を表示

■出来形の評価方法

出来形の評価は、以下に示す据付延長の計測により行う。

なお、以下の方法により難しい場合には、監督職員と対応を協議する。

① 計測の始点を設定

計測の始点は、設計上の天端部の始点とする。

② 計測の終点の設定

終点は、ソフトウェア上で以下の 2 点を抽出する。ただし、設計天端高よりブロック 1 層分以上低い場合は終点としない。

なお、ブロック 1 層分の高さについては、各種消波ブロックのカタログ値等を参照すること。

終点Ⅰ：天端部施工範囲内において設計天端高より 1 層分以上低くなっていないブロックのうち、終点側における天端部施工範囲内の最も外側（終点方向）のブロックを選択し、そのブロックの最高点の位置を抽出して終点（終点Ⅰ）とする。なお、同一の複数の最高点がある場合には、最も外側（終点方向）の点を採用する。

終点Ⅱ：天端部施工範囲の外側（終点方向）における最高点の位置を抽出して終点（終点Ⅱ）とする。なお、同一の複数の最高点がある場合には、最も外側（終点方向）の点を採用する。

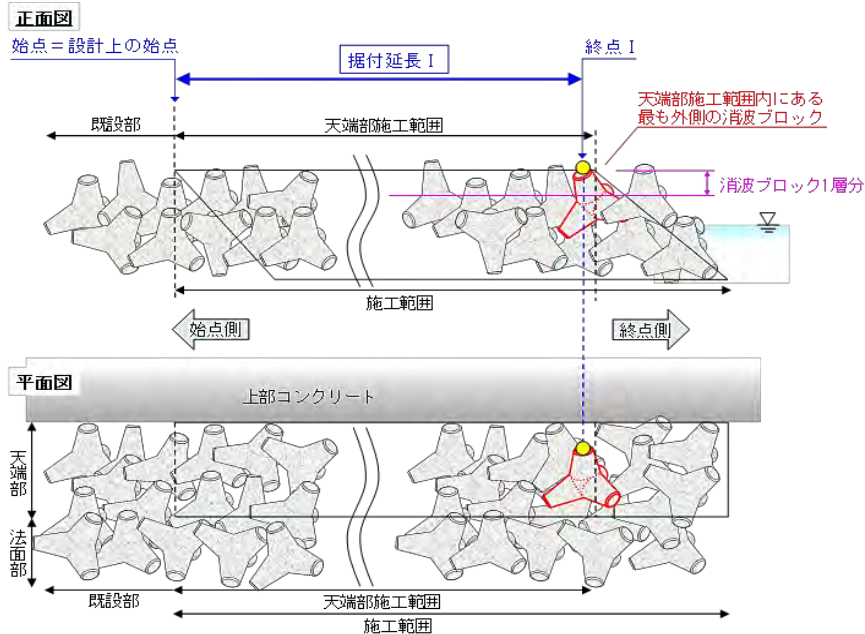
③ 出来形（据付延長）の計測

ソフトウェア上で「始点～終点Ⅰ＝据付延長Ⅰ」「始点～終点Ⅱ＝据付延長Ⅱ」のそれぞれを計測し、数値の大きい方を据付延長の計測値とし、これをもって出来形を評価する。

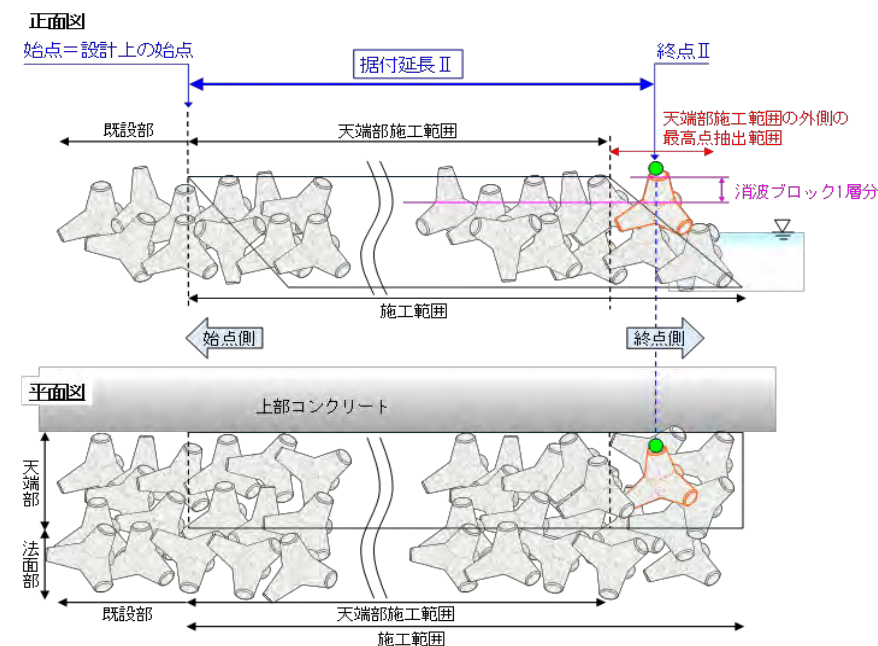
終点Ⅰ、Ⅱがどちらも得られない場合は、対応について監督職員と協議する。
消波ブロックの据付延長の計測方法（イメージ）を図 1.7-9 に示す。

＜例 1＞「据付延長Ⅰ＜据付延長Ⅱ」になる場合

（据付延長Ⅰの計測）



（据付延長Ⅱの計測）

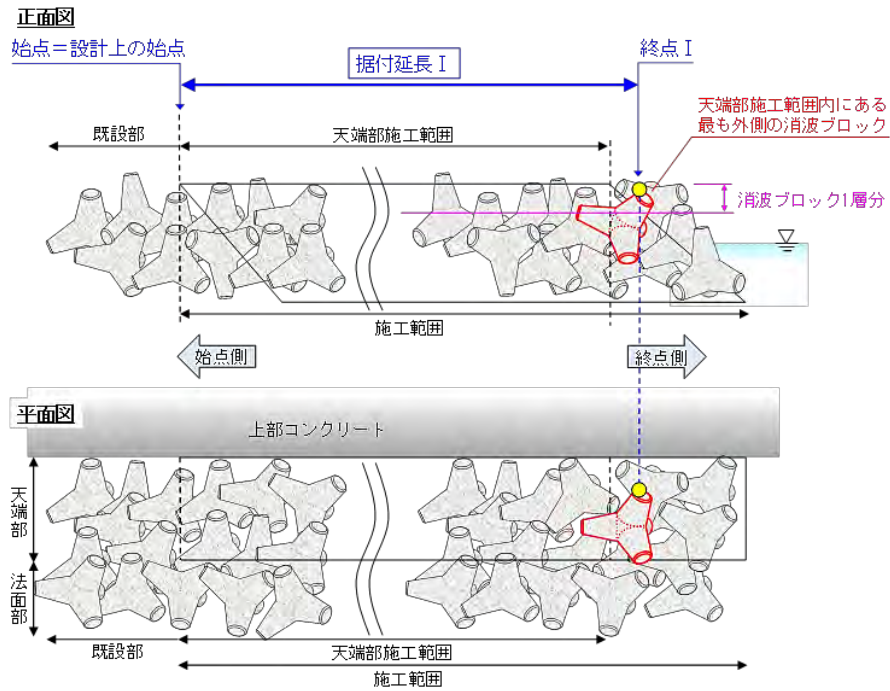


上図の場合は、据付延長Ⅱの方が長いので、据付延長Ⅱにより出来形を評価する。

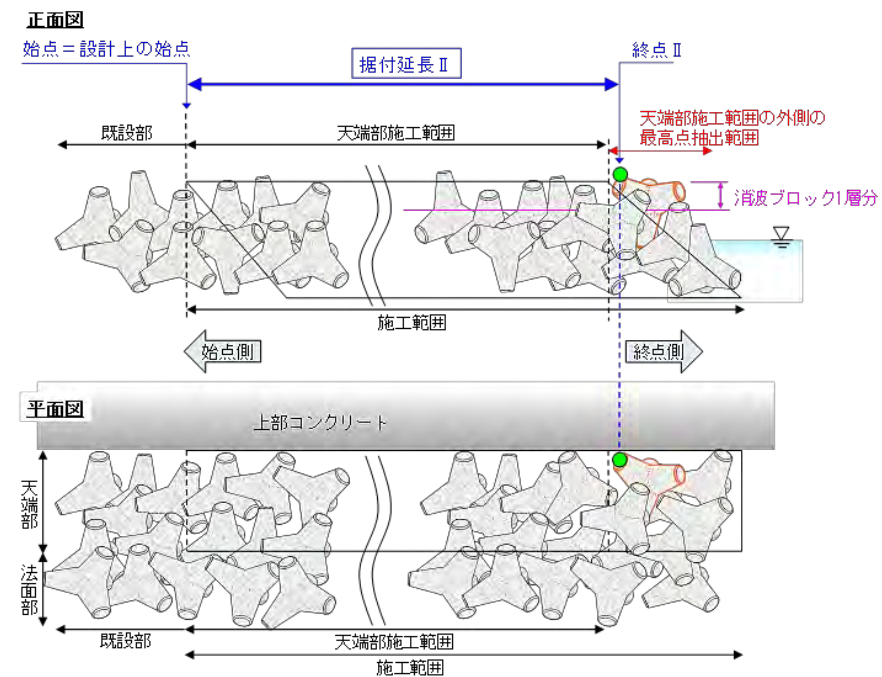
図 1.7-9(1) 消波ブロックの据付延長の計測方法（イメージ）（1/3）

<例2> 「据付延長Ⅰ>据付延長Ⅱ」になる場合

(据付延長Ⅰの計測)



(据付延長Ⅱの計測)

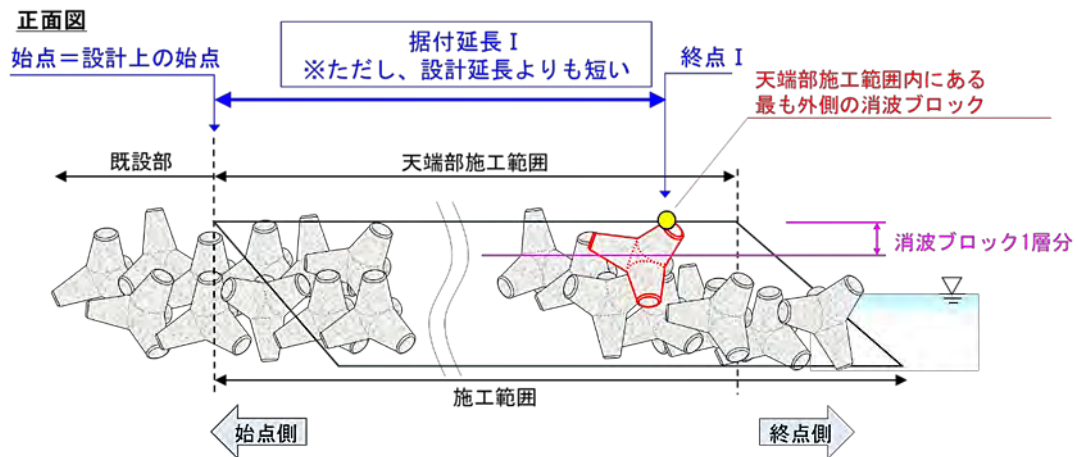


上図の場合は、据付延長Ⅰの方が長いので、据付延長Ⅰにより出来形を評価する。

図 1.7-9 (2) 消波ブロックの据付延長の計測方法 (イメージ) (2/3)

<例 3> 「据付延長Ⅱが設定出来ない（設計天端高よりも1層分以上低い）」場合

（据付延長Ⅰの計測）



（据付延長Ⅱの計測が出来ない場合）

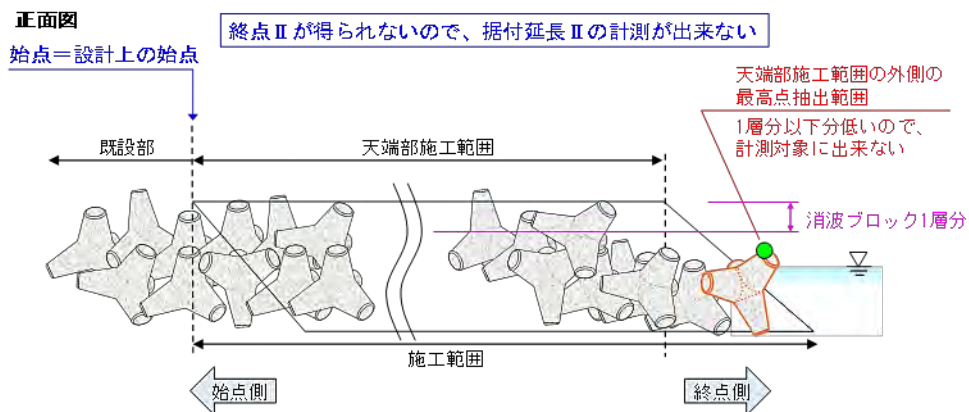


図 1.7-9(3) 消波ブロックの据付延長の計測方法（イメージ）(2/3)

消波ブロック据付 出来形合否判定総括表(案)

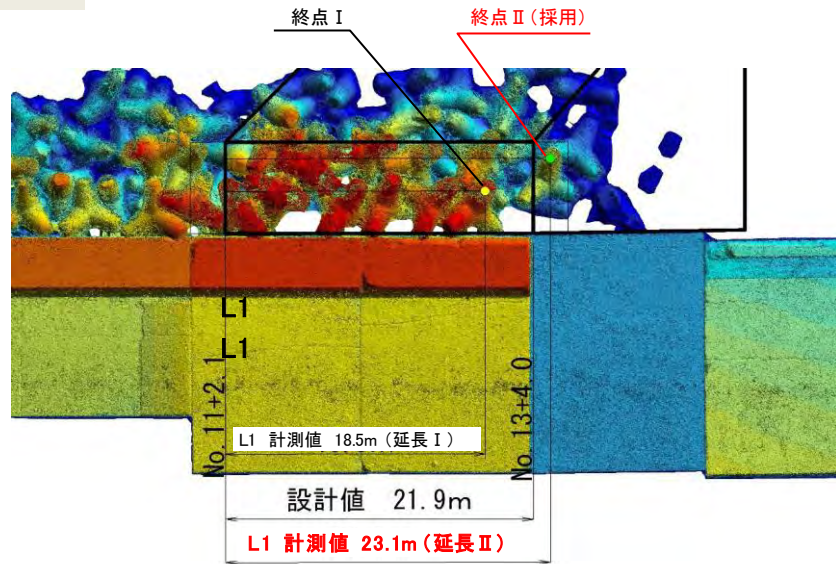
工事名 ○○港○○地区○○工事
 受注者 株式会社○○○
 工種 消波ブロック据付

令和 年 月 日

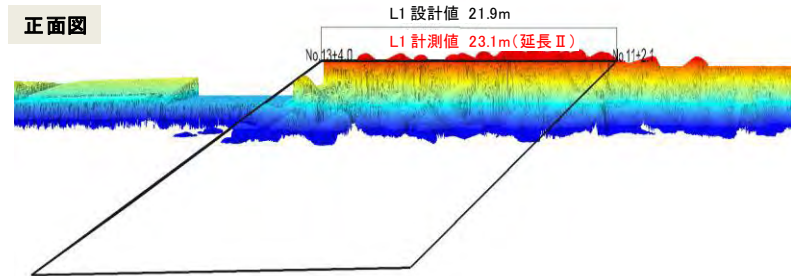
管理項目	測定密度	位置	設計値 (m)	区分	計測値 (m)	計測値採否
延長	法線上(最上段のみ)	L1	21.9	据付延長Ⅰ	18.5	-
				据付延長Ⅱ	23.1	採用

表示例

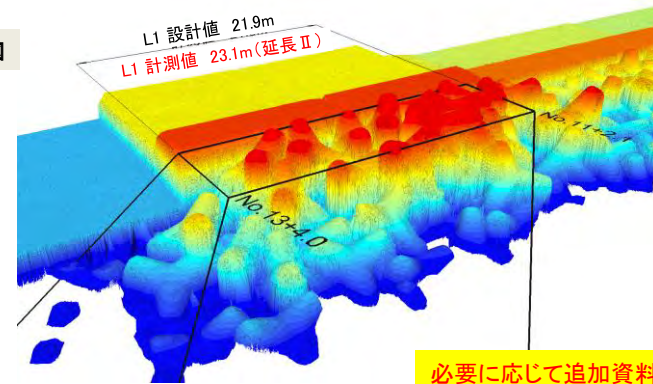
平面図



正面図



鳥瞰図



必要に応じて追加資料を添付

特記事項

図 1.7-10 出来形管理図表の様式および記載例 (ブロック据付工 (消波ブロック))

(4) 海上地盤改良工

海上地盤改良工の出来形管理図表は、出来形を確認する箇所（底面または天端面、法面）毎に作成し、以下の情報について記載する。

- ・設計面と出来形評価用点群データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の管理項目の計算結果（水深差の平均値等）と出来形の良否の評価結果。
- ・設計面と出来形評価用点群データの各ポイントの水深差の分布図を整理した帳票。
- ・属性情報として出来形管理基準上の管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルの俯瞰図。

【解説】

3次元設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分（底面および法面の水深差）により出来形の良否判定を行う。出来形管理図表とは、出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、および設計面と出来形評価用点群データの各平面格子および測点の差分を評価範囲の平面上にプロットした出来形分布図を明示したものである。

出来形管理基準上の管理項目から出来形の良否を評価する情報は以下のとおりとする。

- ・出来形計測により得られた底面または天端面、法面の水深値（1.0m平面格子データの中央値）と設計水深値との差分に対する割合による評価結果。
- ・データ数（1.0m平面格子データ内のデータ数）と計測性能（取得点密度）との良否評価結果。
- ・出来形計測により数量計算を行う場合には、出来形計測から算出された純土量と設計時に算出された純土量との差分による評価結果。

出来形分布図に記載する項目は、以下のとおりとする。

- ・評価範囲全体が含まれる平面図。
- ・出来形の許容範囲外の位置が区別できるように別の色で明示（床掘工については底面±30cm、置換工については天端面±50cmまたは特記仕様書による許容範囲）する。
- ・設計水深と出来形評価用データとの差分に対する割合を示すヒートマップとして、出来形評価用点群データの平面格子および測点毎に結果を示す色をプロットするとともに、色の凡例を明示する。

出来形合否判定総括表(例)

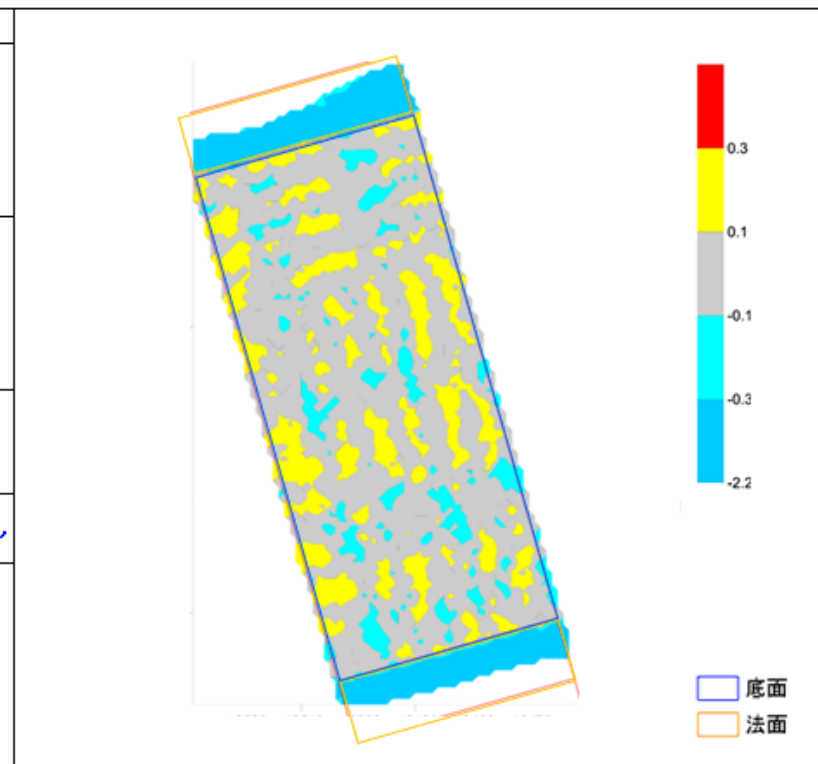
工事名 ○○港(○○地区)床掘工事

測点 床掘施工範囲

工種 床掘工

合否判定結果 合格

測定項目	水深差(cm)		データ数	抽出率	判定
底面水深	+30 超過		0	0.0%	合格
	±0 以上、+30 以下		16	1.7%	
	-30 以上、±0 未満		926	98.3%	
	-30 未満		0	0.0%	
	計		942	100.0%	
法面水深 ^{※1}	内側	+30 超過	0	0.0%	合格
		±0 以上、+30 以下	482	35.5%	
	外側	-200 以上、±0 未満	876	64.5%	
		-200 未満	0	0.0%	
	計		1,358	100.0%	
データ数等	格子数		2,310		合格
	データ数		2,300	データ数/格子数 99.6%	
	評価面積(m ²)		3,135		
純土量 ^{※2}	計画(m ³)		出来高(m ³)	計画 - 出来高(m ³)	残土量なし
	22,873		22,873	0	
特記事項	<p>・ビューソフトにより三次元データを確認可能</p> <p>・出来形評価および純土量算出：1.0m平面格子内に1点[※]、中央値を採用 [※]達成率99%以上 (プリズモイダル法での算出結果)</p>				



※1: 法面水深は、ソフトウェアで底面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認し、測線にて確認する。

※2: 純土量(純砕岩量を含む)は、余掘(余砕量)がある場合は余掘を含まない土量であり、『残土量なし』の場合は「計画=出来形」となる。(「計画>出来形」の場合は『残土量あり』)

図 1.7-11 出来形管理図表の様式および記載例 (海上地盤改良工：床掘工)

出来形合否判定総括表(例)

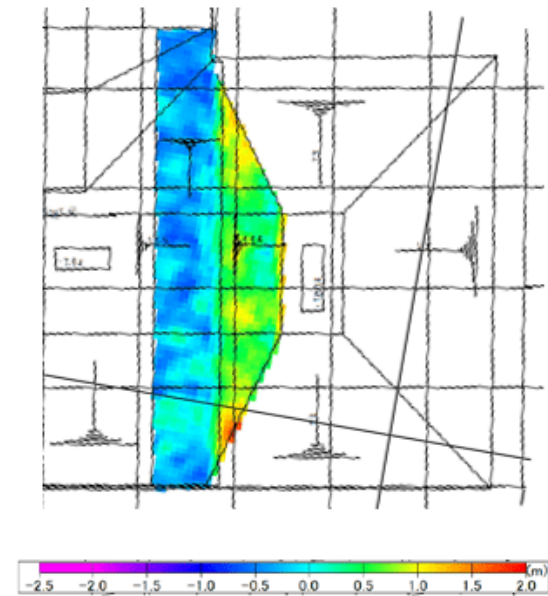
工事名 〇〇港(〇〇地区)地盤改良工事

測点 置換施工範囲

工種 置換工

合否判定結果 合格

測定項目	水深差(cm)	データ数	抽出率	判定
天端水深	+50 超過	0	0.0%	合格
	±0 以上、+50 以下	134	12.9%	
	-50 以上、±0 未満	902	87.1%	
	-50 未満	0	0.0%	
	計	1,036	100.0%	
法面水深 ^{※1}	±0 以上	780	93.4%	合格
	-50 以上、±0 未満	55	6.6%	
	-50 未満	0	0.0%	
	計	835	100.0%	
データ数等	格子数	1,871	データ数/格子数 100.0%	合格
	データ数	1,871		
	評価面積(m ²)	3,135		
置換土量 ^{※2}	計画(m ³)	出来高(m ³)	計画 - 出来高(m ³)	残土量なし
	9,809	10,743	-934	
特記事項	・ビューソフトにより三次元データを確認可能 ・出来形評価および純土量算出：1.0m平面格子内に1点 [*] 、中央値を採用 ※達成率99%以上 (プリズモイダル法での算出結果)			



※1: 法面水深は、ソフトウェアで天端水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認し、測線にて確認する。

※2: 置換土量は、『残土量なし』の場合は「計画 ≤ 出来形」となる。(「計画 > 出来形」の場合は『残土量あり』)

図 1.7-12 出来形管理図表の様式および記載例 (海上地盤改良工：置換工)

1.8 出来形管理基準

本要領にもとづく出来形管理基準は、港湾工事共通仕様書（国土交通省港湾局）における「港湾工事出来形管理基準」に定められたものとし、出来形評価値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

【解説】

本要領にもとづく出来形管理基準は、港湾工事共通仕様書（国土交通省港湾局）における「港湾工事出来形管理基準」を適用する。

(1) 浚渫工

本要領にもとづく出来形管理基準は表 1.8-1 のとおりとし、出来形評価値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

竣工測量は、水路測量を兼ねることを想定しているので、「水路業務法第6条申請」および「水路測量業務準則施行細則」に従う必要がある。

海底突起物等は、位置や高さ等の属性を明らかにする（参考資料：海上保安庁「海洋調査資料整理作業 共通仕様書」別紙 8, 9-1, 9-2 水深データの海底突起物等属性表）。

表 1.8-1 出来形管理基準（浚渫工）

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
浚渫工	水深 (底面) (法面)	マルチビーム測深 マルチビーム測深 ※ソフトウェアにて底面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認する。	<CUBE 処理によらない場合> 1.0m 平面格子内に1点、最浅値 <CUBE 処理による場合> 水深区分により定められたグリッドサイズにおける CUBE 水深 (1 グリットあたり1点)	10cm	出来形管理資料として整理	+0cm -規定しない、または特記仕様書による	+ : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと

(2) 基礎工

本要領にもとづく出来形管理基準は表 1.8-2 のとおりとし、出来形評価値はすべて許容範囲を満足しなくてはならないが、達成率を考慮することができる。

表 1.8-2 出来形管理基準（基礎工）

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
基礎工 基礎 捨石工	天端高	潜水士による 1 箇所以上の 水準測量		1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	+ : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと
		マルチビーム 測深	1.0m 平面格子内に 1 点、 中央値	1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	達成率 80%以上 + : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より浅いこと - : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より深いこと
	天端幅 ・ 延長	マルチビーム 測深	境界部の 1.0m 平面 格子内に 1 点、 中央値	1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	達成率 80%以上 + : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より浅いこと - : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より深いこと
	法面	マルチビーム 測深 ※ソフトウェアに天端面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認する。	「中央値」を代表値とした 10cm 平面格子から作成した TIN	10cm		±50cm	達成率 80%以上 + : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと

(3) ブロック据付工

本要領にもとづく出来形管理基準は表 1.8-3 のとおりとする。

なお、本工種の許容範囲は設定されていない。

表 1.8-3 出来形管理基準（ブロック据付工）

工種	管理項目	計測方法	採用するデータ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
消波ブロック据付工	延長	UAV を用いた計測	全ての計測点群データから作成した TIN	10cm	出来形管理資料として整理		

(4) 海上地盤改良工

本要領にもとづく出来形管理基準は表 1.8-4 のとおりとし、出来形評価値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

表 1.8-4 出来形管理基準（海上地盤改良工）

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
床掘工	水深（底面）	マルチビーム測深	1.0m 平面格子内に 1 点、中央値を採用	10cm	出来形管理資料として整理	±30cm または特記仕様書による	
	（法面）	マルチビーム測深 ※ソフトウェアにて底面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、法肩、法尻位置を確認する。	1.0m 平面格子内に 1 点、中央値を採用	10cm	出来形管理資料として整理	外側 2m（法面に直角） 内側 30cm（法面に直角）または特記仕様書による	
置換工	水深（天端面）	水中部 マルチビーム測深	1.0m 平面格子内に 1 点、中央値を採用	10cm	出来形管理資料として整理	延長 +規定しない -0	
	（法面）	マルチビーム測深 ※ソフトウェアにて天端面水深と同様の確認が困難等の場合には、法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、法肩、法尻位置を確認する。				天端高 ±50cm または特記仕様書による 法面高 特記仕様書による	

第2章 施工管理システムを用いた管理

2.1 対象工種

施工管理システムを用いた管理の対象工種は以下とする。

- ・ 本体工（ケーソン据付工）

2.2 出来形確認データによる計測方法

2.2.1 機器構成

本要領で用いる ICT 機器による出来形管理のシステムは、以下の機器で構成される。

- (1) ICT 機器本体
- (2) 出来形帳票作成ソフトウェア

【解説】

図 2.2-1 に出来形確認データを用いた出来形管理で利用する機器の標準的な構成を示す。

(1) ICT 機器本体

ケーソン据付位置データを計測・伝送する機器とリアルタイムに表示する機器である。(例：自動追尾 TS、ターゲットミラー、無線伝送装置、施工管理システムを内蔵したパソコン等)

(2) 出来形帳票作成ソフトウェア

据付完了時のデータを用いて、出来形管理図表を作成するソフトウェアである。

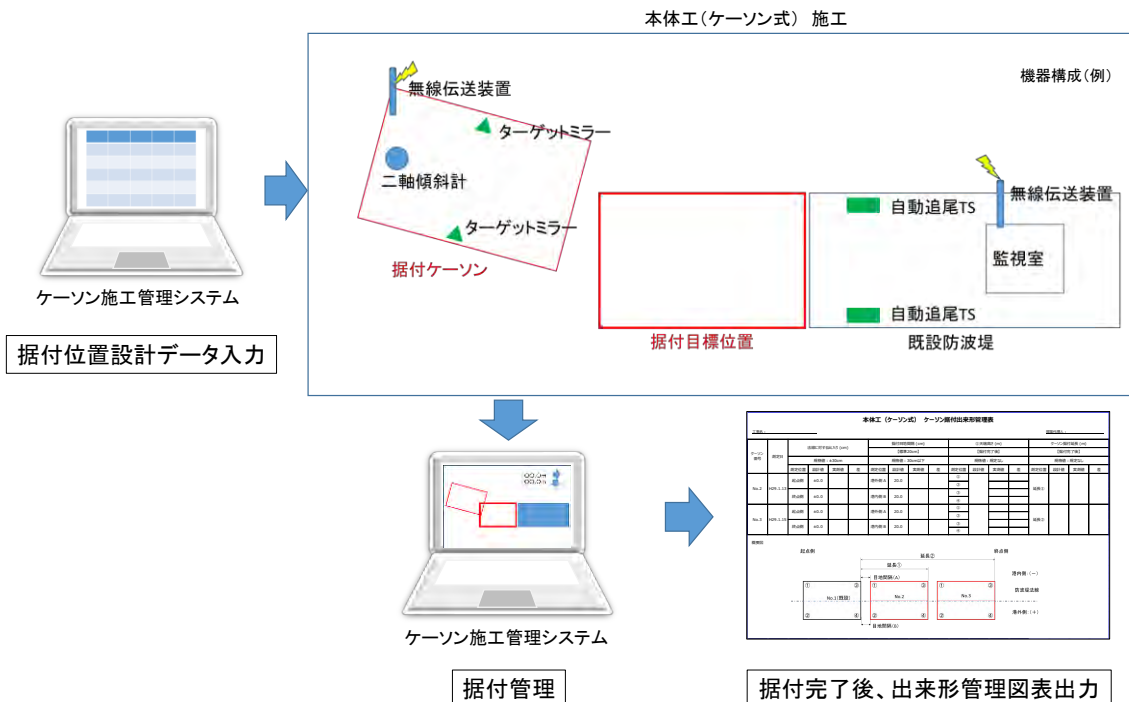


図 2.2-1 出来形確認データを用いた出来形管理機器の構成例

2.2.2 出来形確認データの計測性能および精度管理

出来形確認データによる出来形計測で利用する ICT 機器本体が出来形管理に適する計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であることが必要である。

なお、使用する機器の計測性能および精度管理は、本要領の「別紙 3」（第 5 章）を参照のこと。

2.2.3 ケーソン施工管理システム

ケーソン施工管理システムは、施工中の出来形確認データ（ケーソン据付位置データと据付目標位置）を管理することができ、以下の機能を有することとする。

- (1) 据付目標位置の表示機能
- (2) リアルタイムにケーソン位置を計測・表示する機能

【解説】

ケーソンを据付位置への誘導するためには、据付目標位置とケーソンのリアルタイムの位置を管理する必要となる。ここでいう据付目標位置は、設計図書に示されている据付を行う 3 次元的な施工位置（ x , y , z ）を表すデータである。

据付位置の平面的位置は施工範囲全体図上に表示する。

(1) 据付目標位置の入力・表示機能

設計図面に示される据付位置（ x , y , z ）を入力・表示できる機能。

(2) ケーソン位置の表示・出力機能

ケーソン据付時の施工時の位置データを表示し、据付完了後に出来形管理図表を出力する機能。

2.2.4 工事基準点の設置

工事基準点については、本要領の「本編」（第 2 章）を参照のこと。

2.3 出来形確認データを用いた出来形管理

2.3.1 据付目標位置データの作成

受注者は、発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図等）等をもとにケーソン据付管理システムへ入力する据付目標位置等のデータを作成する。

【解説】

受注者は、設計図書に示される据付位置を示す平面図、水深図などを用いて、ケーソン施工管理システムで入力するデータを作成する。以下に、据付目標位置データ作成時の留意事項を示す。

(1) 準備資料

据付目標位置データに必要な準備資料は、既設ケーソンの位置座標および新設ケーソンの位置座標が表記された設計図書の平面図、水深図である。準備資料の記載内容に据付目標位置データに不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。

(2) 据付目標位置データの範囲

据付目標位置データの範囲は、据付位置範囲とする。当初の想定と地形形状、水深が異なる等の理由で据付位置が設計図書と異なる場合は監督職員と変更等の協議を行い、その結果を据付目標位置データに反映させる。

据付目標位置データは、設計図書をもとに作成したデータが出来形の良否判定の基準となることから、当該工事の据付位置を示すデータに対して、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。

(3) 据付目標位置データの作成

「2.3.3 (1) 据付位置判定・表示機能」に示す機能により、ケーソン据付が完了したことが出来形確認データから判定できるように、ケーソンの法線からの出入、据付目地間隔、高さおよび延長を登録する。

2.3.2 据付目標位置の確認

受注者は、据付目標位置を以下の情報について、設計図書と照合するとともに、監督職員へ据付目標位置データチェックシートを提出する。

- (1) 工事基準点
- (2) 据付目標位置

【解説】

据付目標位置データの間違いは出来形管理に重大な影響を与えるので、受注者は据付目標位置データが設計図書と照合した上で必ず確認資料を作成すること。

「据付目標位置データと設計図書との照合」とは、据付目標位置データが設計図書をもとに正しく作成されているものであることを確認することである。確認結果は、本要領の「参考資料」（資料6）に示す様式「据付目標位置データのチェックシート」に記載する。

さらに、設計変更等で据付位置に変更が生じた場合は、据付目標位置データを変更し、確認資料を作成する。

確認項目を以下に示す。

(1) 工事基準点

工事基準点は、名称、座標を事前に監督職員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認する。

(2) 据付目標位置

出来形確認データを用いた出来形管理の該当区間の据付目標位置の入力要素（据付位置範囲の平面図、各ケーソンの座標、高さ）と設計図書を比較・確認する。

2.3.3 ICT 機器の機能確認

ICT 機器は以下の機能を有するものとし、機械の開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

(1) 据付位置判定・表示機能

据付ケーソンの天端 2 点以上の位置を測定し、ケーソンの据付位置が基準内にあることを判定し、表示する機能。

(2) ケーソン傾斜計測・表示機能

ケーソンの傾斜状況をモニターに表示する機能。

(3) 施工範囲の表示機能

施工範囲内の据付目標位置データで指定される対象ケーソンをモニターに表示する機能。

(4) 施工完了範囲の判定・表示機能

据付ケーソンの状況（位置、傾斜等）をリアルタイムでモニターに表示し、これをオペレーターが確認しながら施工できる機能。モニターへの表示方法については施工者の任意とする。

(5) 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

ICT 機器より取得する出来形確認データを用いて、出来形管理資料を作成する機能。

【解説】

使用する ICT 機器は、TS や GNSS 等によって取得したケーソンの位置（座標）を使ってケーソン位置を計測し、据付ケーソンの位置をリアルタイムで表示する機能（完了の判断は施工管理者が実施する）を持つものとする。

また、出来形管理資料（ケーソン配置図または施工管理データ）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できる。

2.3.4 ICT 機器の設定

当該現場の条件に応じた ICT 機器の設定を行い、GNSS 等で取得した位置をもとにケーソン据付を正しく行うために下記の項目について設定を行う。

(1) 据付位置の設定

(2) 法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の管理値の設定

【解説】

(1) 据付位置の設定

据付位置の設定は以下の手順にて行う。

- ・ ICT 機器に据付目標位置を入力し、据付目標位置がモニターに正しく表示されていることを確認する。
- ・ 入力した据付目標位置が平面図上の正しい位置に表示されることをモニターで確認する。

(2) 法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の設定

法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長は、対象となるケーソンの質量および防波堤・岸壁の別から発注者の承諾のもと管理値を設定する。

2.3.5 出来形確認データによる出来形計測

受注者は、ICT 機器による施工後、出来形確認データを取り出し、出来形を把握する。

(1) 施工管理データ計測器のキャリブレーション

施工管理データ計測器のキャリブレーションを行う。

(2) GNSS 基準局の設置

RTK-GNSS を用いて ICT 機器の測位を行う場合は、GNSS 基準局を工事基準点に設置する。
ネットワーク型 RTK-GNSS を用いる場合は、この作業は不要である。

(3) 事前の計測精度確認

作業装置位置の取得精度を確保するため、施工着手前に計測精度確認試験を行う。

【解説】

(1) 施工管理データ計測器のキャリブレーション

施工管理データ（位置および傾斜）の計測器のキャリブレーションを実施し精度を確認する。キャリブレーション実施方法は、施工者や工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を発注者の承諾を得た上で採用する。

(2) GNSS 基準局の設置

ICT 機器を構成する機器に RTK-GNSS を含む場合には、施工着手までに RTK-GNSS 基準局を設置する必要がある。同システムにより提供される位置の 3 次元座標には、RTK-GNSS が潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS 基準局の設置した位置の 3 次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置すること。

ネットワーク型 RTK-GNSS を用いる場合は、この作業は不要である。

(3) 事前の計測精度確認

ICT 機器を用いた施工に着手する前に、「参考資料」（資料 6）に示す様式「計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に従って計測精度確認試験を実施し、結果を提出する。

2.4 出来形管理資料作成

出来形管理図を管理資料として作成・保管する。また、位置・傾斜等の記録は、電子データの形式で提出する。

【解説】

(1) 出来形計測の位置

出来形計測は、以下に示す出来形管理項目ごとに所定の位置において実施する。

表 2.4-1 出来形計測の位置

出来形管理項目	出来形計測の位置
法線に対する出入	据付完了後、両端 2 箇所
据付目地間隔	据付完了後、天端 2 箇所
天端高さ	据付完了後、四隅
延長	据付完了後、法線上

(2) 出来形管理図

出来形管理図は、ケーソン据付ごとに各函の施工完了後に、パソコン等に記録された出来形確認データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。この図はケーソン据付を施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、各函ごとに作成する。

出来形管理図の様式および施工要領図に示す図面サイズは施工者の任意とするが、共通仕様書の様式を基本として出来形管理図表を参考に下記の必須のデータ項目を含むこと。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名
- ・ 施工日
- ・ 対象ケーソン番号
- ・ 法線に対する出入り
- ・ 据付目地間隔
- ・ 天端高さ
- ・ 延長

本體工（ケーソン式） ケーソン据付出来形管理表

工事名： _____

現場代理人： _____

ケーソン 番号	測定日	法線に対する出入り (cm)				据付目地間隔 (cm)				①天端高さ (m)				ケーソン据付延長 (m)			
		規格値：±30cm				規格値：30cm以下				規格値：規定なし				規格値：規定なし			
		【標準20cm】				【据付完了後】				【据付完了後】				【据付完了後】			
		測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差
No.2	H29.1.13	起点側	±0.0			港外側 A	20.0			①				延長①			
										②							
		終点側	±0.0			港内側 B	20.0			③							
										④							
No.3	H29.1.15	起点側	±0.0			港外側 A	20.0			①				延長②			
										②							
		終点側	±0.0			港内側 B	20.0			③							
										④							

概要図



図 2.4-1 出来形管理表の記載例（本體工（ケーソン据付工））

2.5 出来形管理基準

本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲は、「港湾工事出来形管理基準」に定められたものとし、測定値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

【解説】

出来形管理基準および許容範囲は「港湾工事出来形管理基準」に定められたものとし、本要領による管理の場合は、出来形管理図を用いて法線に対する出入、据付目地間隔、天端高さ、延長を確認することとし、実測は不要である。

表 2.5-1 出来形管理基準（本体工（ケーソン据付工））

工種	管理項目	計測方法	測定単位	結果の整理方法	許容範囲
本体工 (ケーソン据付) ケーソン進水据付	法線に対する出入	ICT機器による計測、施工管理システムによる出来形管理	1cm	出来形管理資料として作成	【防波堤】 ケーソン質量 2,000t 未満±20 cm 2,000t 以上±30 cm 【岸壁】 ケーソン質量 2,000t 未満±10 cm 2,000t 以上±15 cm
	据付目地間隔				【防波堤】 ケーソン質量 2,000t 未満 20cm 以下 2,000t 以上 30cm 以下 【岸壁】 ケーソン質量 2,000t 未満 10cm 以下 2,000t 以上 20cm 以下
	天端高さ				
	延長				

2.6 出来形管理写真基準

本要領に関する工事写真の撮影は以下の要領で行う。

1) 写真管理項目（撮影項目、撮影頻度 [時期]、提出頻度）

工事写真の撮影管理項目は、「港湾工事写真管理基準」によるが、「2.4 出来形管理資料作成」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できる。

【本要領の適用によって省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

- ①法線に対する出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の計測状況写真
- ②ケーソンごとの出来形写真（据付状況、法線に対する出入、目地間隔、天端高さ、延長について）

【解説】

計測精度確認試験時の写真を記録する。

また、ケーソン据付工の ICT 機器を用いた据付状況を確認できる写真を記録する。

第3章 施工履歴データを用いた管理

3.1 対象工種

施工履歴データを用いた管理の対象工種は以下とする。

- ・基礎工（機械均し：捨石本均し、捨石荒均し）
- ・海上地盤改良工（床掘工）

3.2 準備工

3.2.1 工事基準点の設置

工事基準点については、本要領の「本編」（第2章）を参照のこと。

3.2.2 GNSS 基準局の設置【海上地盤改良工の場合】

RTK-GNSS を用いてグラブ浚渫船の測位を行う場合は、GNSS 基準局を工事基準点に設置する。ネットワーク型 RTK-GNSS 等の計測に基準局を用いない計測方法を利用する場合は、この作業は不要である。

【解説】

グラブ浚渫船を構成する機器に RTK-GNSS を含む場合には、施工着手までに RTK-GNSS 基準局を設置する必要がある。同システムにより提供される位置の3次元座標には、RTK-GNSS が潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS 基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置すること。

ネットワーク型 RTK-GNSS 等の計測に基準局を用いない計測方法を利用する場合は、この作業は不要である。

3.3 3次元設計データ作成

3次元設計データ作成については、「第1章 1.3 3次元設計データ作成」を参照のこと。

3.4 施工履歴データによる計測方法

3.4.1 計測基準

基礎工では重錘式均し機の施工履歴データ、海上地盤改良工ではグラブ浚渫船の施工履歴データを用いた計測を行うにあたっては、測地系、基準面の設定を行うものとする。

【解説】

(1) 測地系

測量成果は、世界測地系にもとづく日本測地系により作成するものとする。

(2) 基準面

適用する基準面は、海上保安庁告知の最低水面（＝港湾管理用基準面 C. D. L）とする。

なお、実施中の海上地盤改良工（床掘工）または基礎工で使用している基準面と同一基準面を適用するのが原則である。

(3) 潮位【海上地盤改良工の場合】

潮位データは、特記仕様書で指定された潮位を使用することを基本とする。特記仕様書に記載がない場合は、監督職員と協議すること。

3.4.2 機器構成

本要領で用いる施工管理システムによる出来形管理のシステムは、以下の機器で構成される。

- (1) 施工管理システムの主要機器（基礎工の場合、海上地盤改良工の場合）
- (2) 施工管理システム（基礎工の場合、海上地盤改良工の場合）
- (3) 点群処理ソフトウェア
- (4) 3次元設計データ作成ソフトウェア
- (5) 出来形帳票作成ソフトウェア
- (6) 出来高算出ソフトウェア

【解説】

(1) 施工管理システムの主要機器

① 基礎工の場合【重錘式均し機】

シャフト部に自動追尾式 TS のプリズムが搭載された重錘式均し機である（図 3.4-1 参照）。

② 海上地盤改良工の場合【グラブ浚渫船本体】

自船位置や施工位置データを計測・伝送する機器とリアルタイムに表示する機器を搭載したグラブ浚渫船である（図 3.4-2 参照）。

（例：GNSS 機器、作業船の各種センサー類、施工管理システムを内蔵した PC 等）

(2) 施工管理システム

① 基礎工の場合【重錘式均し機】

施工中の重錘式均し機の位置をリアルタイムに計測・記録する機能を有するシステムである（図 3.4-1 参照）。

（例：自動追尾式 TS、プリズム、無線伝送装置、施工管理システムを内蔵した PC 等）

② 海上地盤改良工の場合【グラブ浚渫船】

グラブ浚渫船が床掘を行う施工位置や掘跡（施工履歴）を作業船オペレーターが視覚的に確認できるとともに、取得した施工履歴データを記録、出力が可能なシステムである（図 3.4-2 参照）。

(3) 点群処理ソフトウェア

施工管理システムで取得した複数の施工履歴データの結合や、3次元座標の点群から不要な点を除外するソフトウェアである。また、整理した3次元座標の点群に TIN（不等辺三角網）を配置し、3次元の出来形計測結果を出力するソフトウェアである。なお、ソフトウェアを動作するための PC は、性能によっては、データ処理に膨大な時間を要する場合もあるため、ソフトウェアの推奨動作環境（CPU, GPU, メモリなど）に留意すること。

(4) 3次元設計データ作成ソフトウェア

3次元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設計形状を示す3次元設計データを作成・出力するソフトウェアである。

(5) 出来形帳票作成ソフトウェア

(4)で作成した3次元設計データと、(3)で算出した出来形計測結果から、出来形の良否判定が可能な出来形分布図などを作成するソフトウェアである。

(6) 出来高算出ソフトウェア

別途計測した起工測量結果と、(4)で作成した3次元設計データ、あるいは、(3)で算出した出来形計測結果を用いて出来高を算出するソフトウェアである。

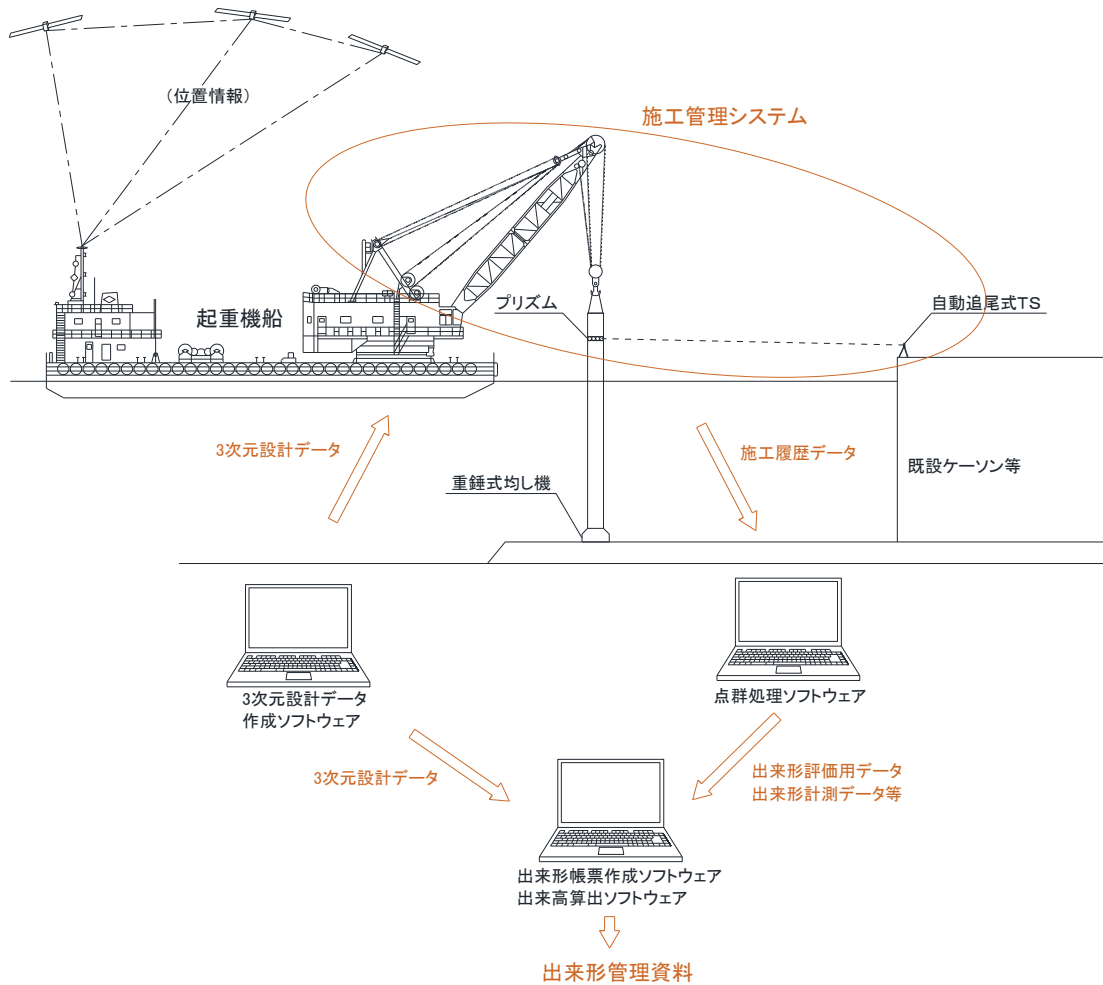


図 3. 4-1 施工履歴データによる出来形管理機器の構成例【基礎工：重錘式均し機】

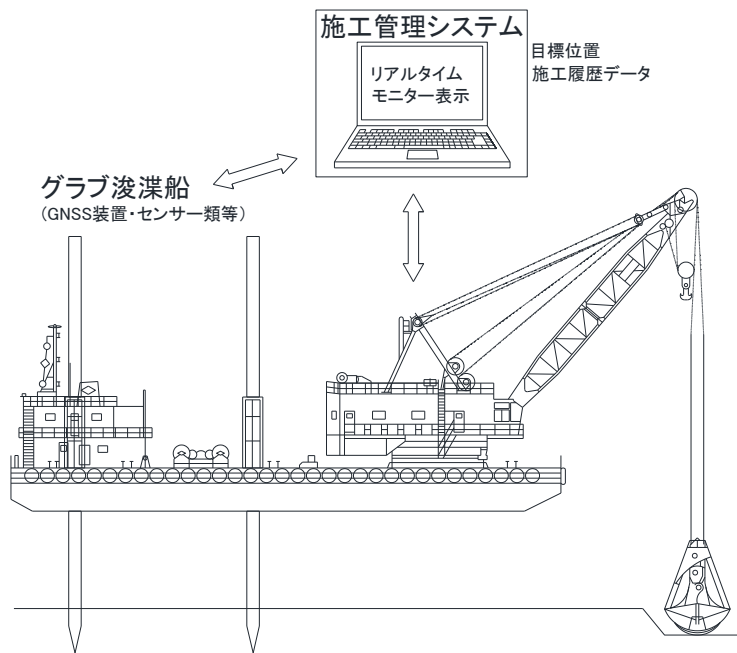


図 3.4-2 施工履歴データによる出来形管理機器の構成例【海上地盤改良工：Grab 浚渫船】

3.4.3 施工管理システム

(1) 計測性能および精度管理

施工履歴データを用いた施工管理システムは、出来形管理に適する計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器で構成されている必要がある。

なお、使用する機器の計測性能および精度管理は、本要領の「別紙 3」の「第 2 章 基礎工、第 4 章 海上地盤改良工」を参照のこと。

(2) 施工履歴データ取得・記録

施工管理システムは、施工中の施工履歴データを管理することができ、以下の機能を有することとする。

- ① 施工範囲の表示機能
- ② リアルタイムに施工位置を計測・表示する機能

【解説】

(基礎工の場合)

重錘式均し機を施工位置に誘導するためには、施工範囲と重錘式均し機のリアルタイムの位置を管理する必要がある。

(海上地盤改良工の場合)

グラブ浚渫船本体およびバケットを施工位置へ誘導するためには、施工範囲とグラブ浚渫船本体およびバケットのリアルタイムの位置を管理する必要がある。

なお、ここでいう施工範囲は、設計図書に示されている捨石均しを行う 3 次元的な施工位置 (x, y, z) を表すデータである。

① 施工範囲の入力・表示機能

設計図面に示される施工範囲を入力・表示できる機能。

② 床掘位置の表示・出力機能

施工範囲とバケットの施工時の位置データを表示し、床掘完了後に施工履歴データを出力する機能。

(3) 施工管理システムの機能確認

施工管理システムは以下の機能を有するものとし、システムの開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

(基礎工の場合)

- ① 施工位置判定・表示機能
- ② 施工範囲の表示機能
- ③ 施工完了範囲の判定・表示機能
- ④ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

(海上地盤改良工の場合)

- ① 施工位置判定・表示機能
- ② バケット方向角表示機能
- ③ 施工範囲の表示機能
- ④ 施工完了範囲の判定・表示機能
- ⑤ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

【解説】

(基礎工の場合)

使用する施工管理システムは、自動追尾式 TS 等によって取得した施工位置（座標）を使って重錘式均し機の位置を計測し、施工位置をリアルタイムで表示する機能（完了の判断は施工管理者が実施する）を持つものとする。

また、本要領案に従って出来形管理資料（施工図または施工管理データ）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できる。

施工管理システムの機能要件は以下のとおりとする。

- ① 施工位置判定・表示機能
重錘式均し機の位置が施工範囲であることおよび天端高が基準内にあることを判定し、表示する機能。
- ② 施工範囲の表示機能
位置座標で指定される施工範囲をモニターに表示する機能。
- ③ 施工完了範囲の判定・表示機能
施工の状況（重錘式均し機位置、天端高等）をリアルタイムでモニターに表示し、これをオペレーターが確認しながら施工できる機能。モニターへの表示方法については施工者の任意とする。
- ④ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）
施工管理システムに記録された出来形確認データ（施工履歴データ）を用いて、出来形管理資料を作成する機能。

(海上地盤改良工の場合)

使用するグラブ浚渫船は、GNSS 等によって取得した自船位置（座標）を使ってバケット位置を計測し、施工位置をリアルタイムで表示する機能（完了の判断は施工管理者が実施する）を持つものとする。

また、本要領案に従って出来形管理資料（施工図または施工管理データ）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できる。

- ① 施工位置判定・表示機能
バケットの位置が施工範囲であることおよび水深が基準内にあることを判定し、表示する機能。
- ② バケット方向角表示機能
バケットの方向をモニターに表示する機能。
- ③ 施工範囲の表示機能
位置座標で指定される施工範囲をモニターに表示する機能。
- ④ 施工完了範囲の判定・表示機能
施工状況（バケット位置、水深等）をリアルタイムでモニターに表示し、これをオペレーターが確認しながら施工できる機能（モニターへの表示方法については施工者の任意とする）。
- ⑤ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）
施工管理システムに記録された出来形確認データ（施工履歴データ）を用いて、出来形管理資料を作成する機能。

(4) 施工管理システムの設定

当該現場の条件に応じた施工管理システムの設定を行う。

(基礎工の場合)

自動追尾式 TS 等で取得した位置をもとに施工を正しく行うために下記の項目について設定する。

- ① 施工範囲の設定
- ② 天端高、天端幅、延長管理値の設定

(海上地盤改良工の場合)

GNSS 等で取得した位置をもとに床掘を正しく行うために、下記の項目について設定を行う。

- ① 施工範囲の設定
- ② 水深の管理値の設定

【解説】

(基礎工の場合)

- 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。
 - ・施工管理システムに施工範囲を入力し、モニターに正しく表示されていることを確認する。
 - ・入力した施工範囲が平面図上の正しい位置に表示されることをモニターで確認する。
- ② 基礎工天端高、天端幅、延長の設定
基礎工天端高、天端幅、延長は、対象となる工種別に発注者の承諾のもと管理値を設定する。

(海上地盤改良工の場合)

- 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。
 - ・施工管理システムに施工範囲を入力し、モニターに正しく表示されていることを確認する。
 - ・入力した施工範囲が平面図上の正しい位置に表示されることをモニターで確認する。
- ② 水深の管理値の設定
グラブ浚渫においての水深は、対象となる出来形管理項目等の別から発注者の承諾のもと管理値を設定する。
- ③ 0セット
グラブ浚渫においての掘削深度は、グラブバケットの支持ワイヤーロープ繰り出し長さで管理されるため、作業開始前にグラブバケットの0セットを行う。

3.4.4 施工履歴取得対象範囲

(1) 施工履歴取得対象範囲データの作成

受注者は、発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図等）等をもとに施工管理システムへ入力する施工範囲等のデータを作成する。

【解説】

受注者は、設計図書に示される施工位置を示す平面図、水深図などを用いて、施工管理システムで入力するデータを作成する。

以下に、施工履歴取得対象範囲データ作成時の留意事項を示す。

① 準備資料

施工履歴取得対象範囲データに必要な準備資料は、施工位置座標が表記された設計図書の平面図、水深図である。準備資料の記載内容に施工履歴取得対象範囲データに不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。

② 施工履歴取得対象範囲データの対象

施工履歴取得対象範囲データの対象は、基礎工または床掘工の施工範囲とする。地形形状、水深が異なる等の理由で当初に想定された施工位置が設計図書と異なる場合は、監督職員と変更等の協議を行って施工範囲を変更し、その結果を施工履歴取得対象範囲データに反映させる。

施工履歴取得対象範囲は、設計図書をもとに作成したデータが出来形の良否判定の基準となることから、当該工事の施工位置を示すデータに対して、監督職員の承諾なしに変更・修正を加えてはならない。

③ 施工履歴取得対象範囲データの作成

本要領「3.4.3 (3) ①施工位置判定・表示機能」に示す機能により、施工が完了したことが出来形管理データから判定できるように、施工範囲を示すデータを登録する。

(2) 施工履歴取得対象範囲の確認

受注者は、施工履歴取得対象範囲を以下の①②の情報について、設計図書と照合するとともに、監督職員へ施工目標位置データチェックシートを提出する。

- ① 工事基準点
- ② 施工履歴取得対象範囲の位置

【解説】

施工履歴取得対象範囲データの間違ひは出来形管理に重大な影響を与えることから、受注者は3次元設計データが設計図書と合致しているかを確実に照合しなければならない。

「施工履歴取得対象範囲データと設計図書との照合」とは、施工履歴取得対象範囲データが設計図書をもとに正しく作成されているものであることを確認することである。確認結果は、本要領の「参考資料」（資料4、資料5）に示す様式「施工目標位置データチェックシート」に記載する。

さらに、設計変更等で施工位置に変更が生じた場合は、施工履歴取得対象範囲データを変更し、確認資料を作成する。

確認項目を以下に示す。

① 工事基準点

工事基準点は、名称、座標を事前に監督職員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認する。

② 施工履歴取得対象範囲の位置

施工履歴データを用いた出来形管理の該当区間の施工履歴取得対象範囲の入力要素（※）と設計図書を比較・確認する。

※入力要素

（基礎工の場合）施工位置の平面図、施工箇所座標、天端高

（海上地盤改良工の場合）施工位置の平面図、施工箇所座標、深さ

3.4.5 計測における留意事項

施工履歴データを用いた出来形計測にあたっては、以下に示す事項に留意する。出来形計測にあたっては、以下に示す事項に留意する。

【解説】

（基礎工の場合）

計測時は、重錘式均し機による均し面の位置をそれぞれラップさせ、スタンプ図で示される施工箇所がもれなく施工範囲を満足するよう重錘式均し機の配置に留意する。

（海上地盤改良工の場合）

仕上げ面を施工する際は、隣り合うバケットの施工面をそれぞれラップさせるなど、掘跡で示される施工箇所がもれなく施工範囲を満足するようバケットの配置に留意する。

3.5 施工履歴データによる出来形管理

3.5.1 基礎工

(1) データの計測頻度・計測密度

受注者は、施工後、施工管理システムより計測頻度、計測密度を満たす施工履歴データを取り出し、出来形を把握する。

【解説】

① 計測頻度

施工管理システム上にてリアルタイムに重錘式均し機が均した平面位置（底面中心 x , y ）ならびに、該当位置における計画高と計測した均し高さ (z) の表示が得られること。

また、表示されたデータは施工管理システムに施工履歴データとして蓄積されることを確認すること。

② 計測密度

施工履歴データによる出来形計測は、重錘均し機の均し面が計測範囲を満たすように施工履歴データを取得する。

(2) データ管理（出来形評価用データの作成）

受注者は、取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点データを抽出し、抽出したデータを用いて出来形評価用データを作成する。

【解説】

施工管理システムからの施工履歴データの取出は、施工履歴データが施工管理システムのPCに保存されている場合には、施工後に施工管理システムPCから記録媒体（SDカード等）へ施工履歴データをコピーする。施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合は、クラウドサーバーからダウンロードする。

施工履歴データは対象区域全体でとりまとめ、水平位置と高さを記録した3次元点群データとして保存する。正データ（3次元点群データ）のほか、各種補正データなどをとりまとめ保存するものとする。

保存した3次元点群データから以下に記載する方法により、出来形評価用データを作成する。

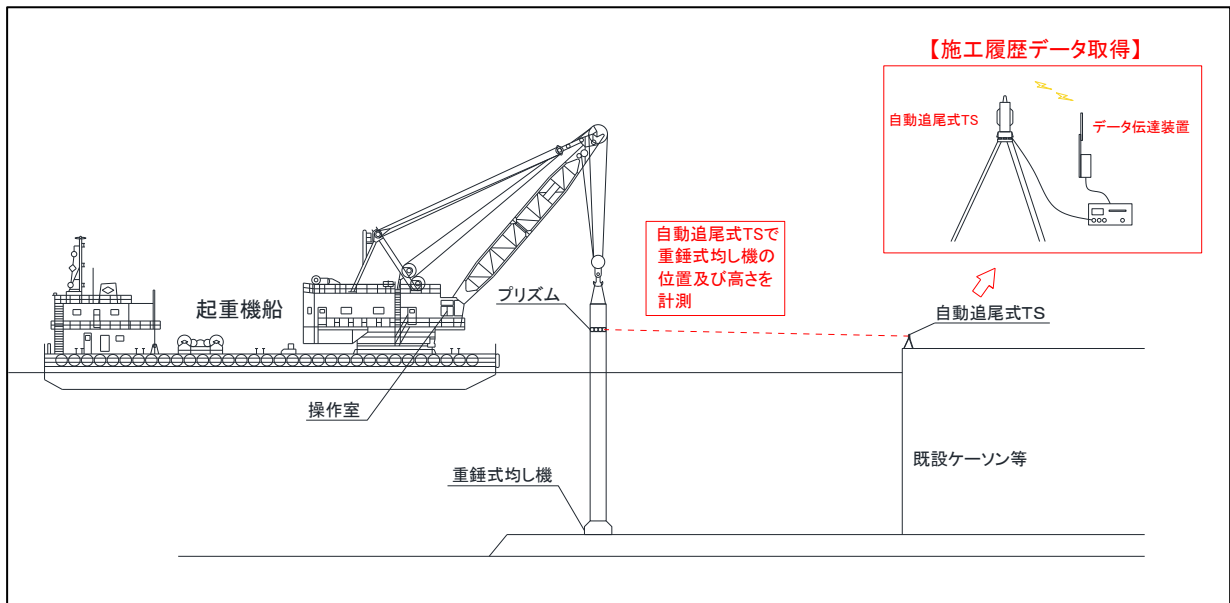


図 3.5-1 施工履歴データ取得のイメージ図

① 正データの作成

基礎工の施工状況の把握には、重錘式均し機の施工管理システムを用いた計測による全施工履歴データを使用する。

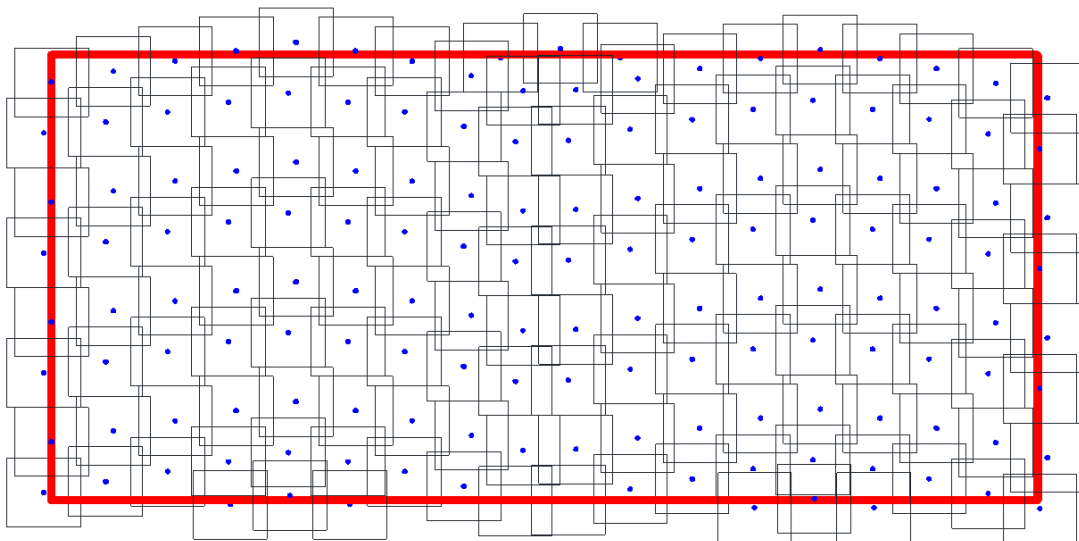
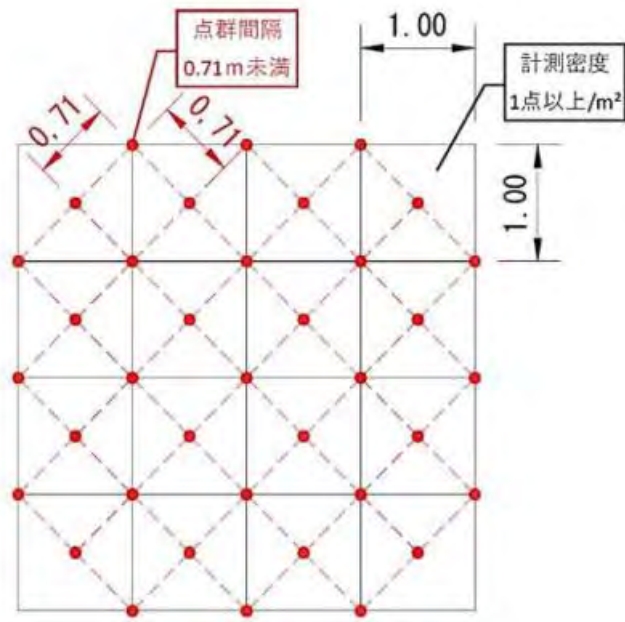


図 3.5-2 施工履歴データのイメージ図

図 3.5-3 のように、取得した施工履歴データ（点群データ）を重錘式均し機の底面形状に合わせて分配することにより、3次元点群データを作成する。分配手法を以下に示す。



①計測密度 1m 平面格子あたり 1 点以上の点群データが得られるように、重錘式均し機の底面寸法に合わせて点群間隔を 0.71m 未満に設定する。

図 3.5-3 点群間隔の設定根拠図

施工に供する重錘式均し機の底面寸法に合わせ所定の点群密度を確保するため、図 3.5-4 および図 3.5-5 に示すとおり点群データ分配を行う。分配する点群データの天端高 (z) は、重錘式均し機で仕上げた天端面の高さは一定であると仮定し、1 底面寸法内全数同一の値とする。

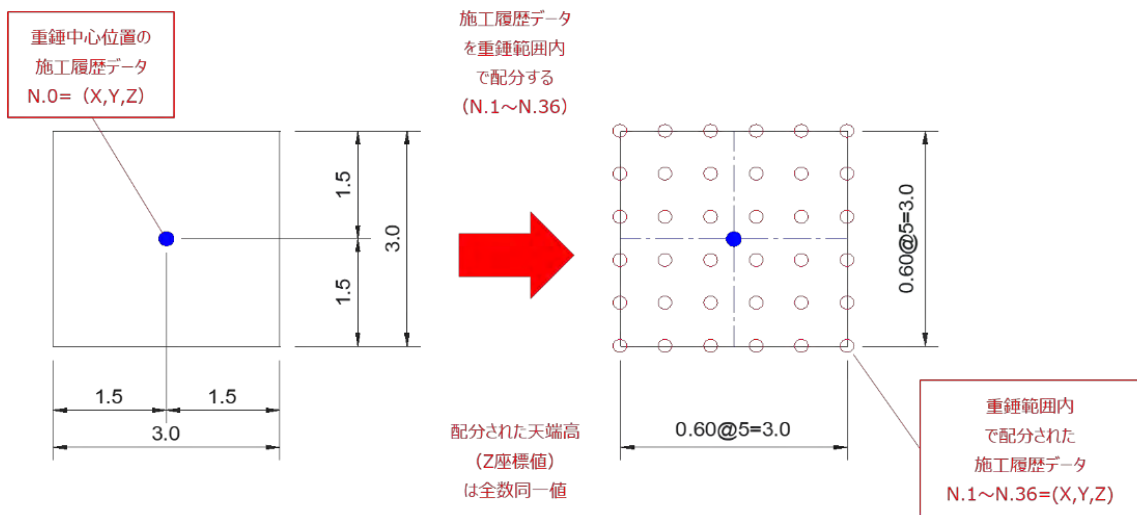


図 3.5-4 施工履歴データ分配図(例)

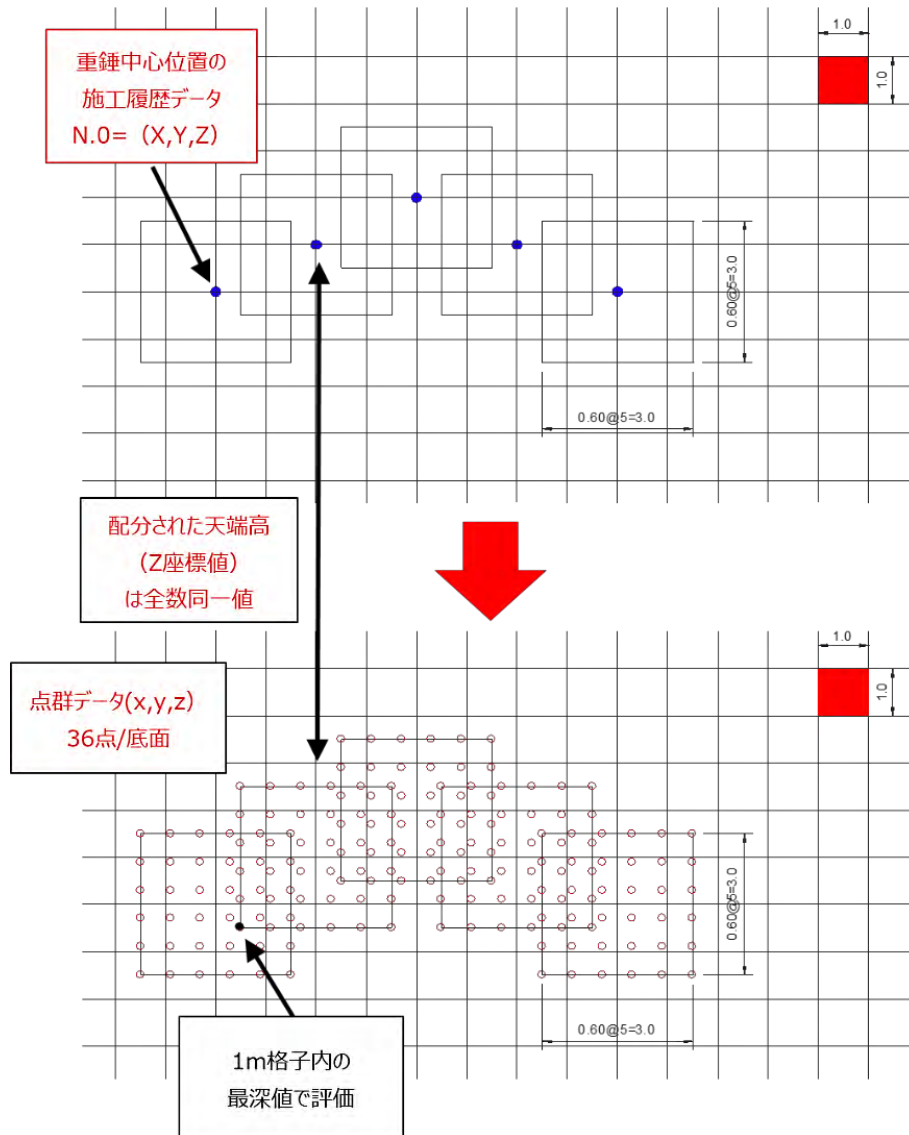


図 3.5-5 出来形評価用点群データ分配イメージ図

計測密度確認の留意点について以下に示す。

- ・計測対象の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数において施工履歴データが出来形計測データおよび出来形評価用データともに各格子内に 1 点以上のデータ密度が担保されていること。ただし、施工上の都合（作業装置規格、施工対象範囲全体に対する割り付け等）によりこの計測密度での施工履歴データ取得が困難な場合は、監督職員と協議の上変更を行うものとする。
- ・海象条件や特殊な地形などの諸条件により、計測密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- ・縦断面図、横断面図により凹凸等の形状を面的に把握するのに支障がない場合は、監督職員と対応を協議したうえで管理図面とする。

② 出来形評価のための採用値

取得した施工履歴データのうち、出来形評価に供する内容を以下に示す。

- ・出来形管理基準の採用値は各格子内の「最深値」とする。

③ データの保存

施工履歴データ、3次元点群データのほか、各種補正データなどをメタデータとしてとりまとめ、保存するものとする。

④ データの変換

施工履歴データ、3次元点群データは、一般的に使用される点群処理ソフトウェアで読み込み可能な形式と想定される平面位置 (x, y) と、基準面からの高さ (z) (3次元設計モデルに使用する際は、水深値には z に－(マイナス) 符号を加える必要がある。) を記録したスペース区切り、あるいはカンマ区切りのテキスト形式で保存するものとする。

この際の保存するデータの並び順は、数学座標の x, y (測量座標の y, x) , z とし、z は C. D. L= ±0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

3.5.2 海上地盤改良工

(1) 計測頻度・計測密度

受注者は、施工後、施工管理システムより計測頻度、計測密度を満たす施工履歴データを取出し、出来形を把握する。

【解説】

① 計測頻度

施工管理システム上にてリアルタイムにバケット位置（底面中心 x, y ）ならびに、該当位置における計画高と計測した水深（ z ）（均しの場合は均しの高さ）の表示が得られること。

また、表示されたデータは施工管理システムに施工履歴データとして蓄積されることを確認すること。

② 計測密度

施工履歴データによる出来形計測は、バケットの施工面、或いは均し機の均し面が計測範囲を満たすように施工履歴データを取得する。

(2) データ管理（出来形評価用データの作成）

受注者は、取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点データを抽出し、抽出したデータを用いて出来形評価用データを作成する。

【解説】

施工管理システムからの施工履歴データの取出は、施工履歴データが施工管理システムのPCに保存されている場合には、施工後に施工管理システムPCから記録媒体（SDカード等）へ施工履歴データをコピーする。施工履歴データがクラウドサーバーに保存されている場合は、クラウドサーバーからダウンロードする。

施工履歴データは対象区域全体でとりまとめ、水平位置と高さを記録した3次元点群データとして保存する。正データ（3次元点群データ）のほか、各種補正データなどをとりまとめ保存するものとする。

保存した3次元点群データから以下に記載する方法により、出来形評価用データを作成する。

① 正データの作成

海上地盤改良工（床掘工）の出来形の把握には、図3.5-6に示すとおり施工履歴データを用いた出来形計測による全取得データを使用する。

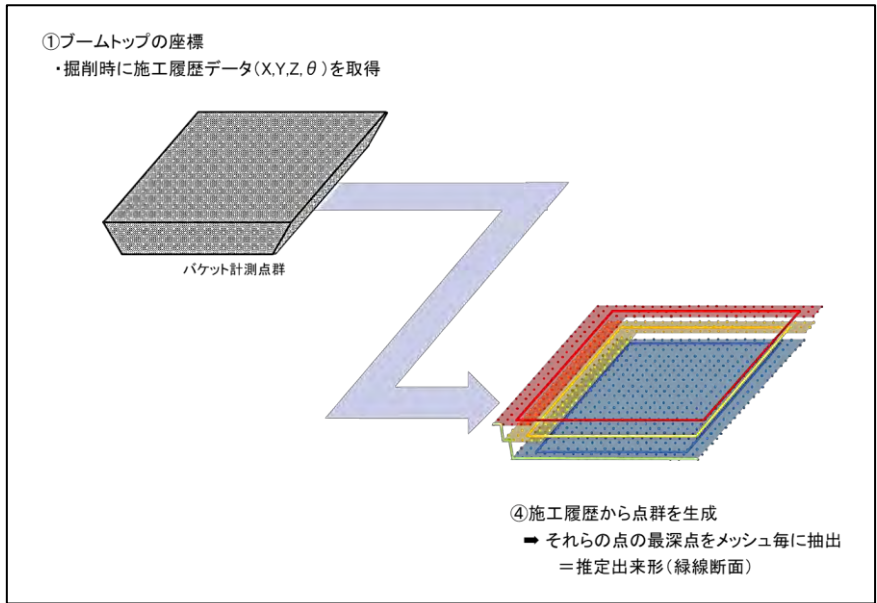
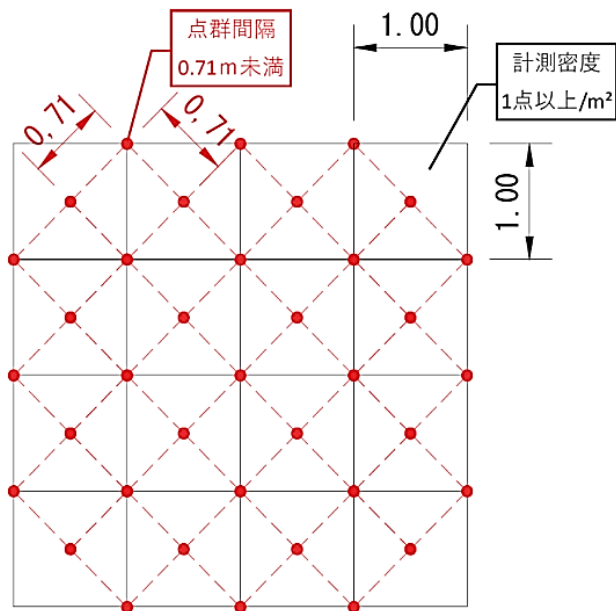


図 3.5-6 施工履歴データからの点群生成

取得した施工履歴データをグラブ掘削面の形状に合わせて分配することにより、3次元点群データを作成する。3次元点群データの作成にあたっては、1.0m 平面格子あたり1点以上となるよう施工履歴データを分配する。



1.0m 平面格子あたり1点以上の点群データが得られるようにグラブバケット範囲内の点群間隔を0.71m未満に設定する。

図 3.5-7 点群間隔の設定根拠図

施工に供するバケットの規模に合わせ所定の点群密度を確保するため、図 3.5-8 および図 3.5-9 に示すとおり点群データ分配を行う。分配する点群データの深度 (z) は、水平掘により仕上げた海底面の高さは一定であると仮定し、1 バケット内全数同一の値とする。

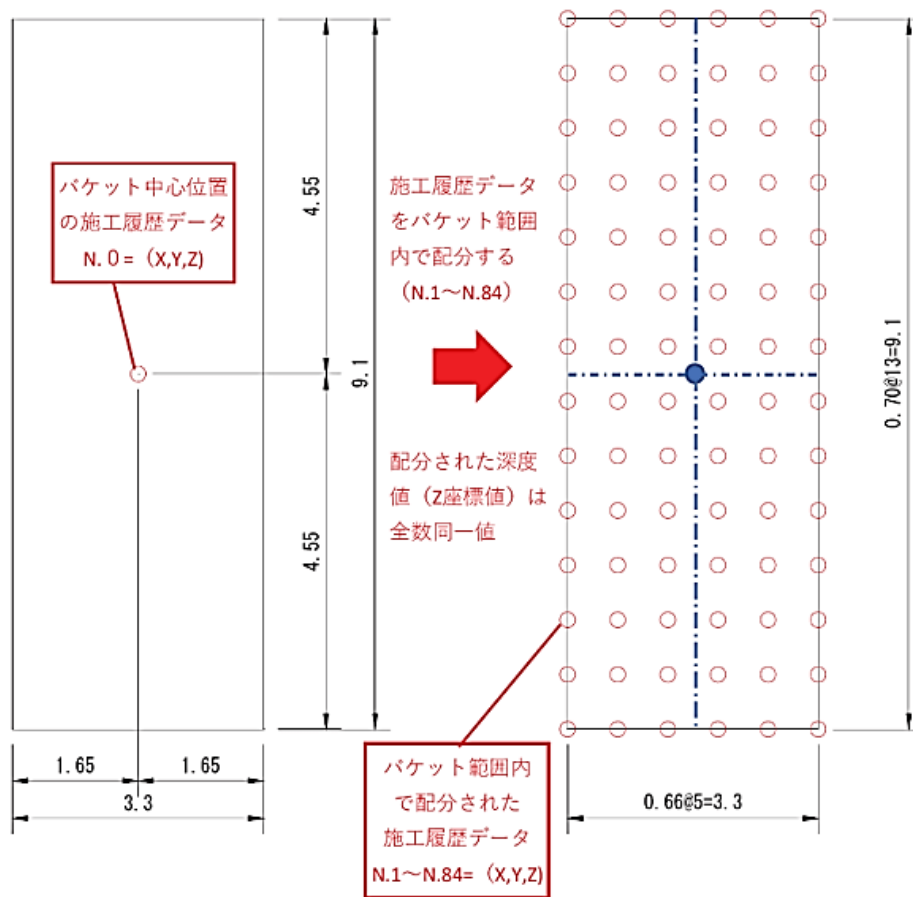


図 3.5-8 施工履歴データ分配図

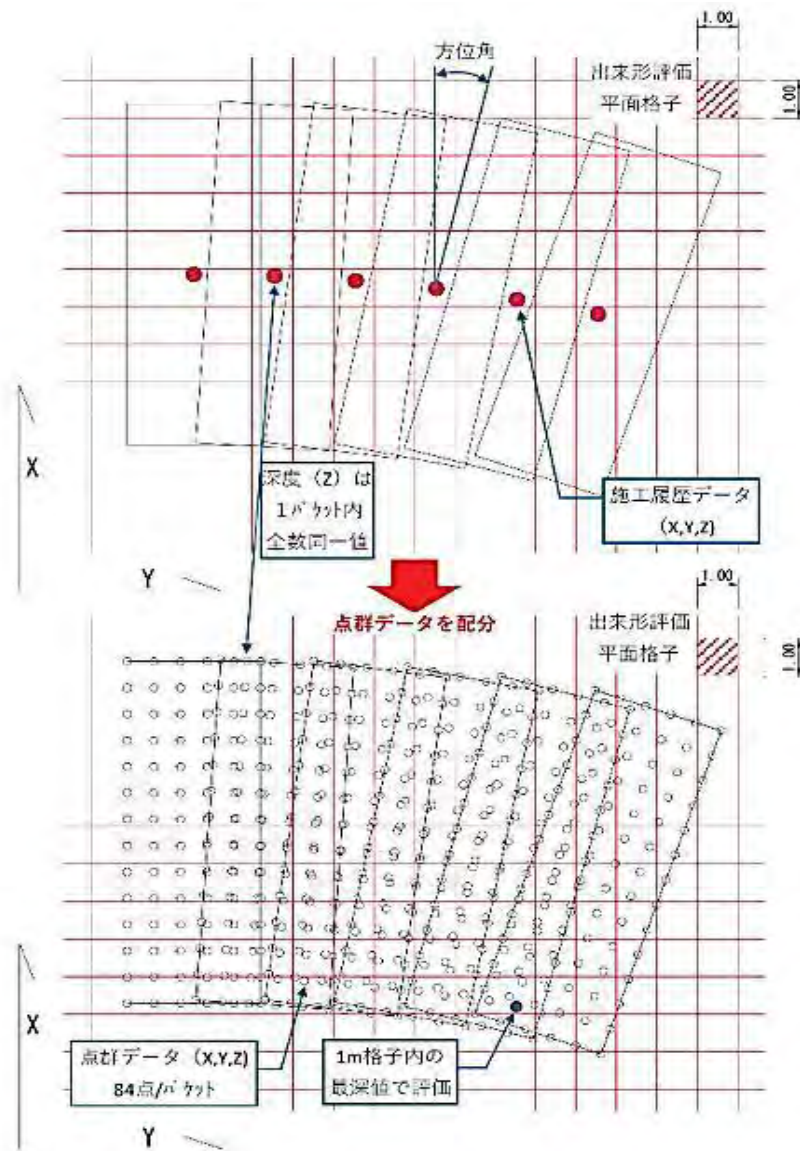


図 3.5-9 出来形評価用点群データ分配イメージ図

② 出来形評価のための採用値

取得した施工履歴データのうち、出来形評価に供する内容を以下に示す。

- ・ 出来形管理基準の採用値は各格子内の「最深値」とする。

③ データの保存

施工履歴データ、3次元点群データのほか、各種補正データなどをメタデータとしてとりまとめ、保存するものとする。

④ データの変換

施工履歴データ、3次元点群データは、一般的に使用される点群処理ソフトウェアで読み込み可能な形式と想定される平面位置 (x, y) と、基準面からの高さ (z) (3次元設計モデルに使用する際は、水深値には z に－(マイナス) 符号を加える必要がある。) を記録したスペース区切、あるいはカンマ区切りのテキスト形式で保存するものとする。

この際の保存するデータの並び順は、数学座標の x, y (測量座標の y, x) , z とし、z は C. D. L= ±0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

3.6 出来形管理資料作成

出来形管理図を管理資料として作成・保管する。また、平面位置 (x, y) ・仕上り高さ (z) 等の記録は、電子データの形式で提出する。

【解説】

出来形管理図は、施工完了後に、PC 等に記録された施工履歴データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。

出来形管理図の様式および施工要領図に示す図面サイズは施工者の任意とするが、共通仕様書の様式を基本として出来形管理図表を参考に下記の必須のデータ項目を含むこと。

(基礎工の場合)

施工管理図（スタンプ図）は捨石均しを施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、基礎工施工箇所ごとに作成する。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名 ・ 施工会社（施工者） ・ 工種、種別 ・ 設計値 ・ 設計範囲
- ・ 格子数 ・ 天端高 ・ 施工管理図（スタンプ図） ・ 合否判定結果

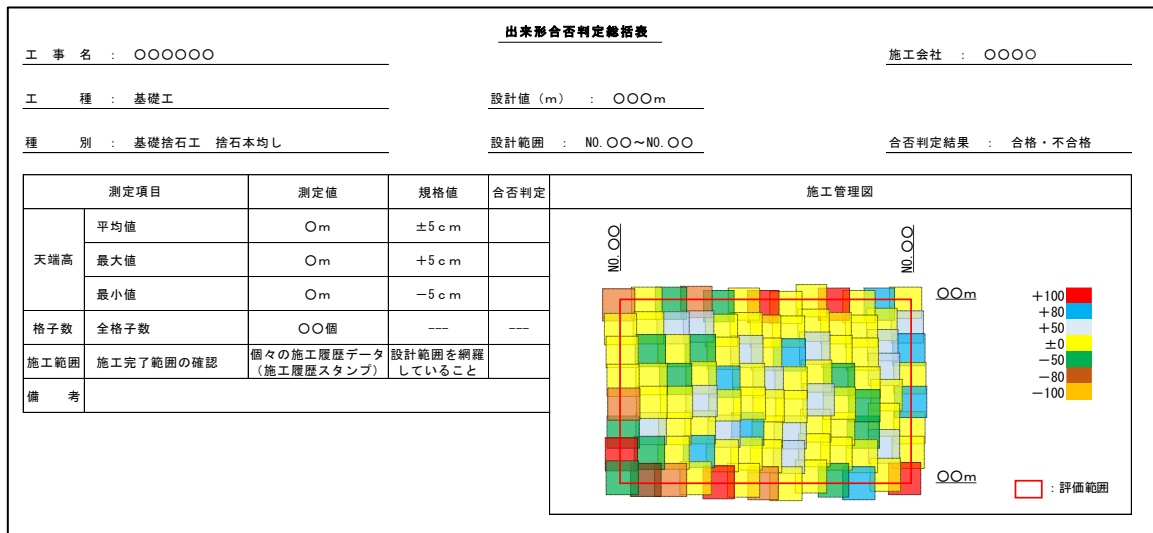


図 3.6-1 出来形管理図（基礎工／捨石本均し）（例）

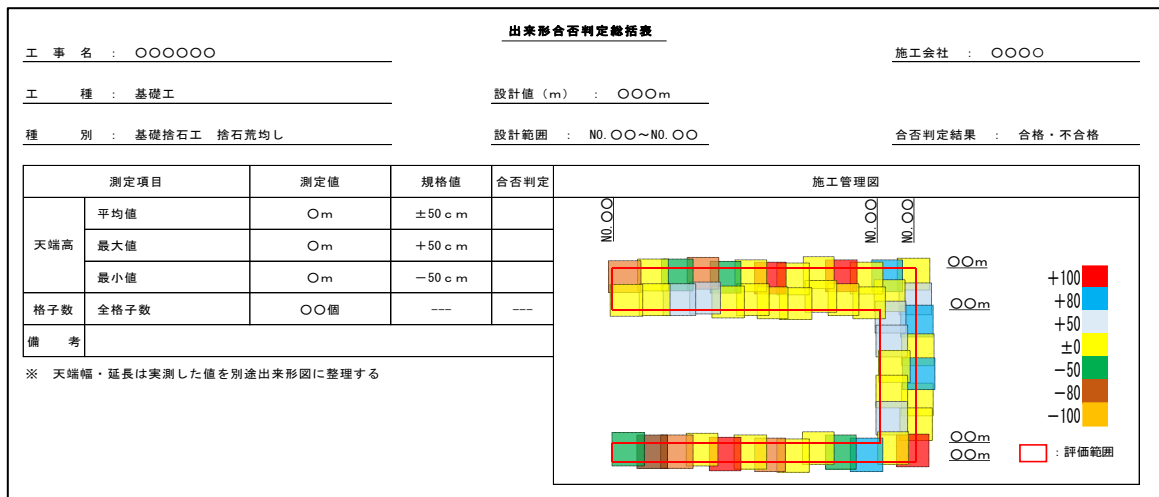


図 3.6-2 出来形管理図（基礎工／捨石荒均し）（例）

(海上地盤改良工の場合)

掘跡を示す図は、床掘工を施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、床掘工施工箇所ごとに作成する。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名 ・ 施工会社 (施工者) ・ 工種、種別 ・ 設計値 ・ 設計範囲
- ・ 水深 (底面および法面) ・ 格子数 ・ 達成率 ・ 掘跡図 ・ 合否判定結果

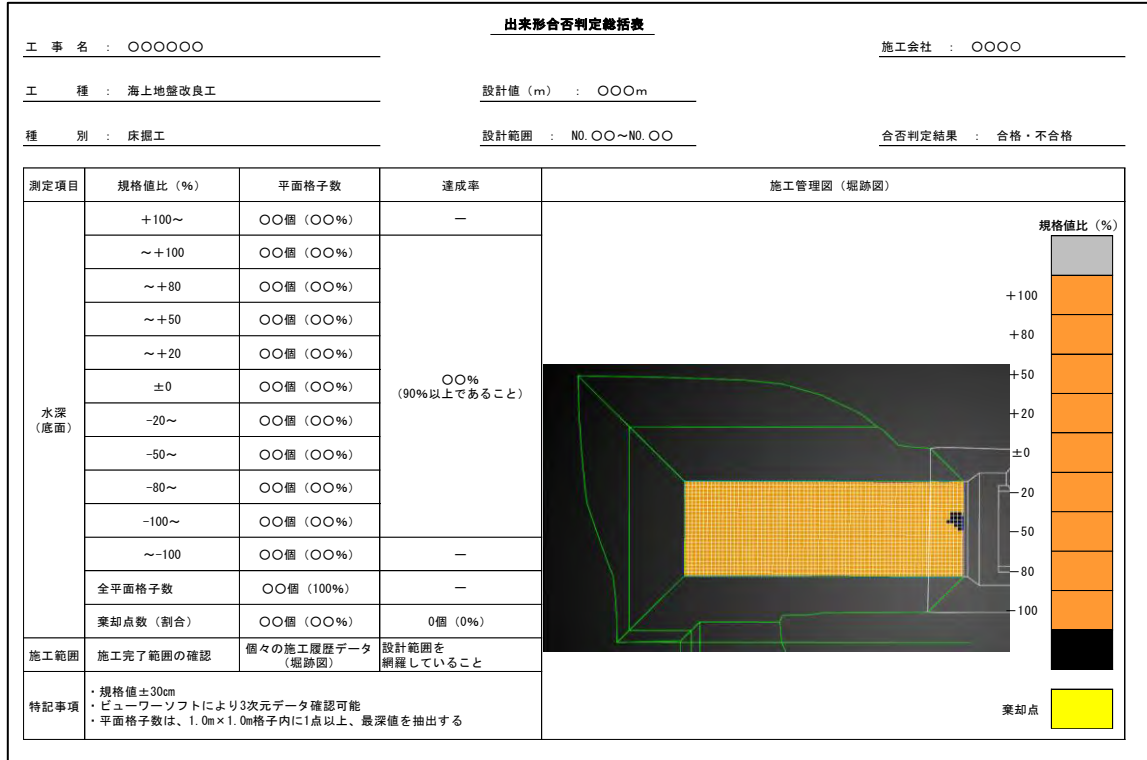


図 3.6-3 出来形管理図 (海上地盤改良工 (床掘工) / 底面) (例)

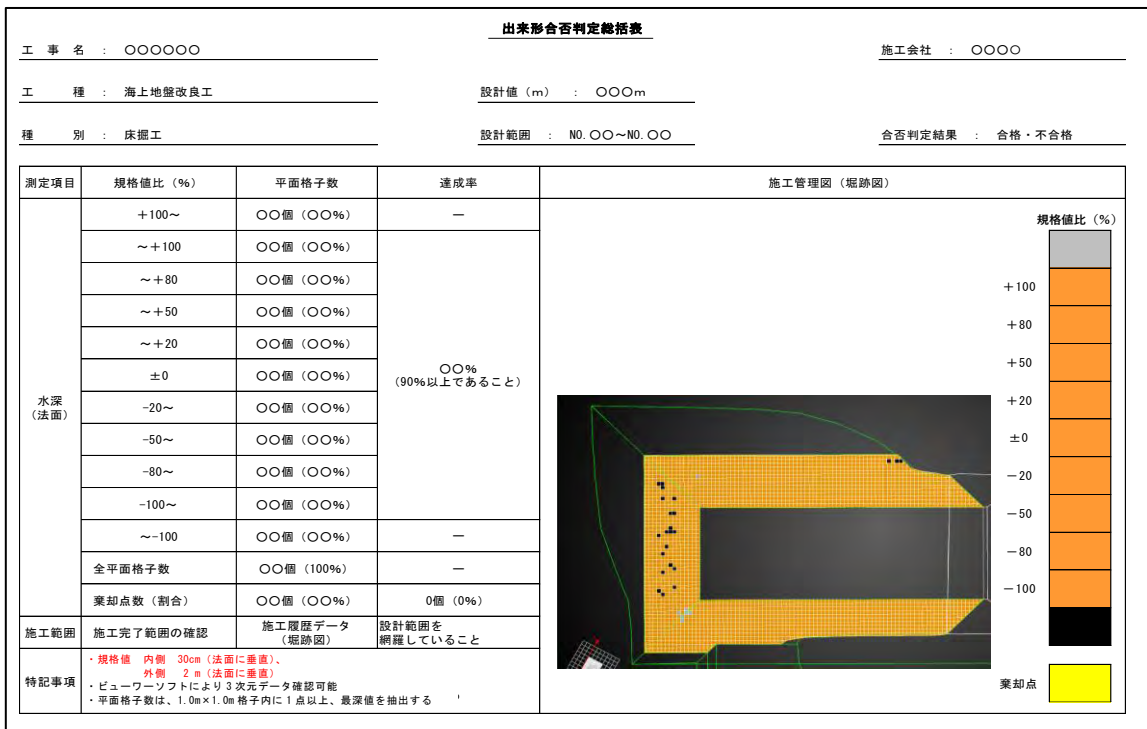


図 3.6-4 出来形管理図 (海上地盤改良工 (床掘工) / 法面) (例)

3.7 出来形管理基準

本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲は、「港湾工事出来形管理基準」に定められたものとし、測定値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

【解説】

(基礎工の場合)

本要領にもとづく出来形管理基準は表 3.7-1 のとおりとし、計測値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

表 3.7-1 出来形管理基準（基礎工）

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測定単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
捨石 本均し	天端高	施工履歴データ	1.0m 平面格子内に1点、最深値を採用	1cm	出来形管理図を作成	±5cm	
	天端幅	施工履歴データ	—	—	出来形管理図を作成	スタンプ図で施工箇所がもれなく施工範囲を満足していること	
	延長	施工履歴データ	—	—	出来形管理図を作成	スタンプ図で施工箇所がもれなく施工範囲を満足していること	
捨石 荒均し	天端高	施工履歴データ	1.0m 平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形管理図を作成	±50cm または ^特 による。	

(海上地盤改良工の場合【グラブ浚渫船】)

本要領にもとづく出来形管理基準は表 3.7-2 のとおりとし、許容範囲となる格子数（達成率）90%以上を満足しなくてはならない。

表 3.7-2 出来形管理基準（海上地盤改良工）

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測定単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
海上地盤 改良工 (床掘工)	水深 (底面)	施工履歴データ	1.0m 平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形管理図を作成	±30cm 以内	達成率 90%以上
	水深 (法面)	施工履歴データ	1.0m 平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形管理図を作成	外側 2m (法面に直角) 内側 30cm (法面に直角) または ^特 による	達成率 90%以上

3.8 出来形管理写真基準

本要領に関する工事写真の撮影は以下の要領で行う。

(1) 写真管理項目（撮影項目、撮影頻度〔時期〕、提出頻度）

工事写真の撮影管理項目は、「港湾工事写真管理基準」によるが、「3.6 出来形管理資料作成」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できる。

【解説】

（基礎工の場合）

計測精度確認試験（キャリブレーション）時の写真を記録する。

また、重錘式均し機を用いた施工状況を確認できる写真を記録する。

【本要領の適用によって省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

- ・天端高、天端幅、延長の計測状況写真

（海上地盤改良工の場合【グラブ浚渫船】）

計測精度確認試験時（キャリブレーション）の写真を記録する。

また、床掘工のグラブ浚渫船を用いた床掘施工状況を確認できる写真を記録する。

【本要領の適用によって省略できる出来形管理に関わる写真管理項目例】

- ・水深の計測状況写真

別紙 2 計測マニュアル

別紙2 計測マニュアル

目次

第1章 マルチビーム	1
1.1 適用工種等	1
1.2 作業工程	3
1.3 計測計画・準備	4
1.4 計測基準	7
1.5 計測	8
1.5.1 艀装・テスト	8
1.5.2 水深測量	13
1.6 計測における留意点	16
1.7 計測性能・精度管理	18
1.8 データ解析	21
1.8.1 浚渫工	22
1.8.2 基礎工	25
1.8.3 海上地盤改良工	26
1.8.4 ブロック据付工	27
1.9 データ管理	28
第2章 UAV	29
2.1 適用工種等	29
2.2 作業工程	30
2.3 計測計画・準備	31
2.4 計測基準	32
2.5 機器の装備・設置およびテスト	33
2.6 計測・撮影	34
2.7 計測における留意点	36
2.8 計測性能・精度管理	39
2.9 データ解析	40
2.10 データ管理	41

第1章 マルチビーム

1.1 適用工種等

マルチビーム測深の適用工種等は以下とする。

- ・浚渫工
- ・基礎工
- ・海上地盤改良工
- ・ブロック据付工

【解説】

(1) 適用工種、適用範囲

マルチビーム測深の適用工種、適用範囲は以下のとおりとする。

表 1.1-1 適用工種、適用範囲

適用工種	適用範囲	適用水深
浚渫工	起工測量、出来形計測	30m 以浅
基礎工（基礎捨石工／捨石本均し、捨石荒均し）	起工測量、出来形計測	30m 以浅
海上地盤改良工（床掘工、置換工）	起工測量、出来形計測	-
ブロック据付工 （根固ブロック据付、被覆ブロック据付、消波ブロック据付）	起工測量、 完成形状の把握	-

(2) 適用するスワス測深技術

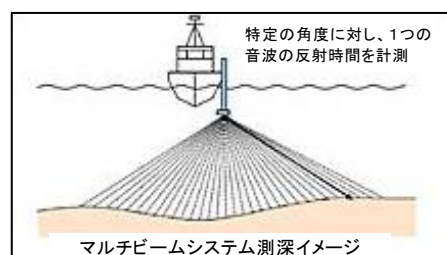
海底地形を面的に詳細に計測するスワス測深には 2 種類あり、主にクロスファンビーム（ミルズクロス）方式に代表されるマルチビーム測深と、インターフェロメトリ方式に代表されるインターフェロメトリ測深であり、測量船の左右方向に指向性の鋭い音響ビームを海底に照射し、船の進行とともに一括で多数点の水深値を計測する測深システムである。

本要領における 3 次元点群データの取得は、マルチビーム測深によるものとする。

<スワス測深システムの計測原理の主な特徴>

クロスファンビーム方式のビームフォーミングによる計測密度は、音波を照射する範囲（以下スワスと記す）の中心側に対して外側のデータが粗くなる。ただし、各角度に対する往復時間の解が 1 つであるため、高い施工精度が要求される岸壁前面や岩礁帯のような凹凸の激しい地形を正確に計測することができる。

一方、インターフェロメトリ方式の場合は、干渉波を使用するため、スワスの中心付近では極端に計測点が少なくなるが、スワス幅はクロスファンビームより広範囲（水深の 8～12 倍）にわたって大量の計測点を得ることが可能である。そのため特に極浅海域において、マルチビームよりも効率的な測深作業が期待できる。また、サイドスキャン機能を有しており海底反射強度データの取得も可能である（一部のマルチビームも可能）。ただし、岸壁や岩礁帯のような凹凸の激しい地形に対しては、海底面からの反響信号と壁の反響信号とが干渉してしまうため正確な計測が困難になる場合がある。



「海洋調査技術マニュアル－深浅測量－（（一社）海洋調査協会）」より転載

(3) 適用範囲と本要領の利用上の注意点

① 浚渫工

本要領では、浚渫工の出来形管理等に求められる要求精度を満たすように、マルチビームを使用した測深を前提とする。

使用するマルチビームは、浚渫結果を適切に表現できる性能を保有する機器とする。

なお、本要領は、出来形測量データの水路測量への活用にも対応するものである。

② 基礎工

本要領では、基礎捨石工の出来形管理等に求められる要求精度を満たすように、マルチビームを使用した測深を前提としている。

使用するマルチビームについては、基礎捨石工の計測結果を適切に表現できる性能を保有する機器とする。

なお、床掘工または置換工を伴う工事の場合には、床掘工または置換工（捨石投入直前の工種）の出来形計測は、ICT 基礎工の起工測量を兼ねるものとする。

③ 海上地盤改良工

本要領では、床掘工・置換工の出来形管理等に求められる要求精度を満たすように、マルチビームを使用した測深を前提としている。

使用するマルチビームについては、床掘および置換材投入結果を適切に表現できる性能を保有する機器とする。

④ ブロック据付工

使用するマルチビームは、ブロック据付後の維持管理において完成形状を把握するデータを適切に取得できる性能を保有する機器とする。

ただし、計測データを設計図書等として使用する場合など、他の目的、規定により本要領に拠らない場合は、それぞれ精度・性能を満たすよう特記仕様書に示すことにより変更することができる。

なお、起工測量として海底地盤（捨石マウンド等）の計測にマルチビームを使用する場合には、本計測マニュアル、もしくは「3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（基礎工編）」に示される計測方法を準用することができる。

1.2 作業工程

マルチビーム測深の工程別作業区分および順序は、次のとおりとする。

- (1) 測量計画・準備
- (2) 艀装・テスト
- (3) 水深測量
- (4) 計測基準
- (5) 検測・精度管理
- (6) データ解析
- (7) データ管理

【解説】

工程別作業区分(1)～(7)について、以降の「1.3」～「1.9」に示す。

1.3 計測計画・準備

測量実施者は、作業の着手前に作業方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な測量計画を立案し、これを発注者に提出する。測量計画を変更しようとする場合も同様とする。資料収集、現地調査が必要であれば行き、計測の精度を高めるよう準備する。

【解説】

(1) 計測計画

計測計画は作業工程によるほか、作業毎に作成するものとする。

計測計画は、以下の条件を満足するよう、計測区域の水深、海底地形、有効測深幅を考慮し、未測深が生じないように測線を設定する。

① 浚渫工

<CUBE 処理によらない場合>

スワス角 $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）、取得点密度（3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上））で測深が出来るように必要な範囲で重複する測線を設定する。

<CUBE 処理による場合>

準細則に示されているように、スワス角 $\pm 55^\circ$ （全角 110° ）以内で左右スワスが100%以上重複するよう、また水深区分に応じたグリッドサイズにおいて1グリッドの当りの測深点数5点以上（達成率95%以上）を満たす測深が出来るように設定する。

なお、水深区分に応じたグリッドサイズは、表1.8-1を参照のこと。

② 基礎工

基礎捨石工の数量や出来形を正確に把握する点群密度を確保するため、測深時に設定するスワス角は $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）とし、数量算出では3点以上/1.0m平面格子、出来形管理では25点以上/1.0m平面格子で、いずれも達成率99%以上の性能を満たせるように計画し測深することとする。

③ 海上地盤改良工

床掘土量、置換材投入量を正確に把握する点群密度を確保するため、測深時に設定するスワス角は $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）とし、3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）の性能を満たせるように計画し測深することとする。

④ ブロック据付工

ブロック据付工では、対象とするブロックと距離、高さ（標高、水深）、対象物の形状、地形等、必要な計測域を考慮し、未計測が生じないように機器および測線等を設定するとともに、完成形状の把握および出来形管理が適切に実施できるデータを取得できるよう、必要な範囲で重複する測線や、往復測線を設定する。

取得点密度は、ブロック据付の完成形状を適切に把握できると考えられる25点以上/1.0m平面格子とする。

【参考】

➤ 取得点密度

取得点密度は、スワス角、水深、船速、周波数、重複度合いの組み合わせで決まってくる。船速は遅いほどデータの密度を高くすることができ、測深時の船速が速すぎると

調査船の動揺で誤差が生じやすく、またデータ間隔が粗となるため、事前の測量計画時に船速上限を決めて、測深時に注意するものとする。ただし、潮流の激しい箇所、輻輳した航路、泊地等では、安全面から、むやみに船速を遅くすることはできない。このため必要な最低の船速を確保する必要がある場合、測線間隔を狭める等スワ幅の重複を考慮しつつ、必要とされる取得点密度を確保可能な測深計画を策定する必要がある。

▶ 一般海域での運用基準

(一般海域での運用基準)

- (1) 海底地形、水深を考慮し、測深作業が効率的に実施できるように計画する。
- (2) 航路、泊地、錨地、岸壁およびその付近においては、使用するナローマルチビーム測深機の有効測深幅および測量船の偏位を考慮して、未測深部分がないように計画する。この場合、有効測深線幅の20%を重複させることが一般的である。
- (3) 岩礁、漁礁、沈船等海底障害物が存在する海域、もしくはその存在が想定される海域では、最浅部が明確に捕捉できるように隣接測線が十分に重複する測線を計画する(片側のビーム幅100%以上の重複率を推奨)。

「海洋調査技術マニュアル－深浅測量－（(一社)海洋調査協会）」より転載

(2) 作業手続き

① 必要な手続き

マルチビーム測深の実施に際しては、事前に、水路測量許可申請（浚渫工に係る水路測量が該当）、海上作業の許可・届出、他の関係する法令に規定する許可申請や届出を提出する。また、地方条例や各団体等によって定められた同意・承諾等を遵守してその履行に適切な対応を行う。

さらに、作業の実施にあたっては、測深海域を管轄する関係機関や関係者への作業内容、作業方法および作業工程の周知を行う必要がある。

- ・発注者
- ・管轄の管区海上保安本部
- ・管轄の警察署、消防署、労働基準監督署
- ・最寄りの緊急病院
- ・船舶備船先
- ・受注者
- ・その他必要な連絡先

② 手続きの流れ

管轄の管区海上保安部への海上作業の許可申請は、原則として着工日の1ヶ月前に、受注者が管轄の港長または海上保安部署等へ行う。水路業務法第6条の申請は、管轄の管区海上保安本部長へ行い、対象海域の管轄が2つ以上の管区海上保安本部にまたがる測量の場合は海上保安庁長官へ申請を行う。

この許可申請にもとづき、実施される測深作業区域、方法等の公示が行われるほか、水路通報や航行警報が発出され、測深作業について安全周知が行われる。

なお、水路測量においてCUBE処理を行う場合は、水路測量実施計画書に使用するソフ

トウェア名、バージョン等を明記し、管区海洋情報部担当者と事前に協議する。基本的にはソフトウェア等による制約はないが、ソフトの違いによる処理時の設定方法や納品時に提出するデータ内容に違いが生じる可能性があるため、事前に確認が必要である。

実際計測において解消できないノイズが多く発生する場合や、海域中に魚群が多く存在して海底面以外の記録が多く測得されるなど CUBE 処理に適さない条件となった場合には、速やかに管区海洋情報部担当者に報告して協議を行い、従来手法に切り替えることも可能である。管区担当者との協議の結果、処理手法を切り替える場合は、監督職員と対応を協議する。

1.4 計測基準

マルチビーム測深を行うにあたっては、測地系、基準面、潮位の設定を行うものとする。

【解説】

(1) 測地系

測量成果は、世界測地系により作成するものとする。

(2) 基準面

各工種で適用する基準面は、海上保安庁告知の最低水面（＝港湾管理用基準面 C. D. L）とする。

なお、実施中の浚渫工、基礎工、海上地盤改良工で使用している基準面と同一基準面を適用するのが原則である。

(3) 潮位

使用する潮位データは、当該港湾における常設検潮所の有無により異なる。

なお、詳細について「水路測量業務準則施行細則」を参照すること。

① 常設検潮所がある場合

常設検潮所の観測データを潮位データとして使用することを基本とする。動作不良(故障中)など常設検潮所のデータが使用できない場合は、臨時検潮所を設置する。

② 常設検潮所が無い場合

簡易検潮器を使用した臨時検潮所を設置し、測量期間中の潮位の連続観測を行い補正值として使用する。

なお、臨時検潮所の設置にあたっては、発注者と協議し、詳細を決定するものとする。

【資料】

(2)～(3)の基準面決定簿に関連する資料の様式は、(一社)海洋調査協会ホームページ (<http://www.jamsa.or.jp>) よりダウンロードすること。

注) 手戻りを防止するため、測量計画時に管区海上保安本部海洋情報部等と調整を行うこと。

1.5 計測

1.5.1 艀装・テスト

艀装とは、測量船にマルチビーム測深機器本体および周辺機器を装備、設置することをいい、計測中に取り付け位置が動くことの無いよう強固な固定が必要である。

艀装完了後は各機器の作動確認と測量船の航走によるテスト計測を行い、各機器の正常動作を確認する。

【解説】

(1) GNSS 精度確認

測深時に使用する基準点測量、海上測位方法に関して、十分な精度を有していなければならない。

使用する GNSS については、測深実施前に精度確認を行うこと。

なお、詳細については、本要領の「別紙 3」の各工種の該当箇所を参照のこと。

(2) 機器の取り付け（オフセット）

マルチビーム測深機器本体および周辺機器の位置関係（オフセット値）を明確にし、測深中も位置関係は変化しない様に機器を取り付けるものとする。

計測したオフセット値は、本要領の「巻末資料」（資料 2）に示す様式「マルチビーム測深システム点検簿」に記載する。艀装状況に変更があった場合、必ず再計測を行う。

浚渫工において CUBE 処理を行う場合は、「水路測量業務準則施行細則」（準細則）では、オフセットの計測値の測定精度等が不確かさの要素として含まれるため、1mm 単位まで測定しておくことが求められている。

【参考】

必要とされるオフセット値の計測項目の例を示す。

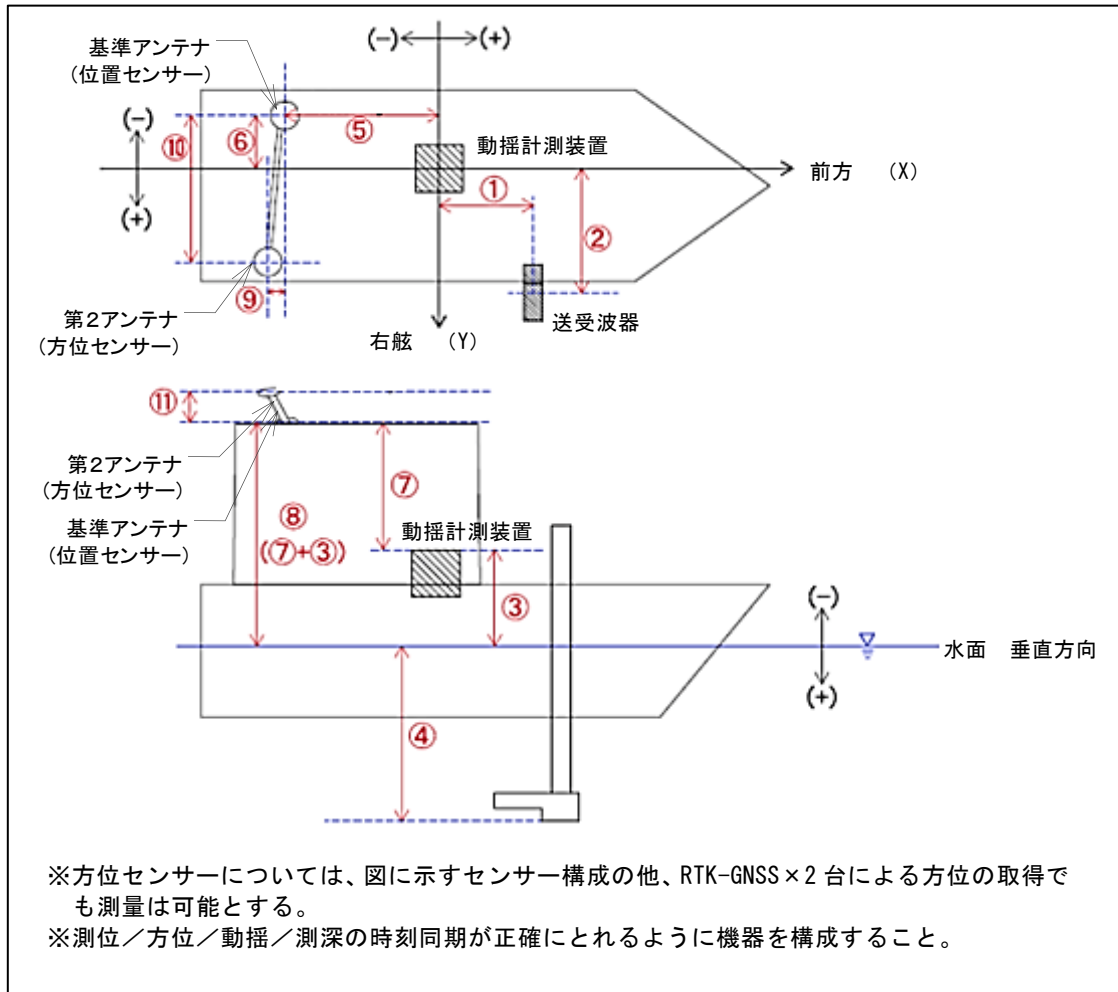


図 1.5-1 オフセット値の計測項目例

① 艀装時の留意点

各機器はロープ等で固定し、回転しないようにする。また、ケーブルの干渉にも注意する。

艀装状況に変更があった場合（緩み等があり艀装し直した場合、喫水を変えた場合、ソナーヘッドの向きを変えた場合など）は、必ず計測をやり直すものとし、その旨を本要領の「参考資料」（資料2）に示す様式「マルチビーム測深システム点検簿」等に記録する。

【参考】

- (1) 送受波器は、測量船が航行中に発生させる気泡の影響が少ない場所を選択し、水面に対して垂直に固定する(船舶の構造にもよるが、一般的には、船首または船の動揺軸(ピッチ方向)付近でかつ、船舶の喫水以下または海面より1 m以下に送受波器を固定することが望ましい)。
- (2) 固定するにあたっては、送受波器が振動しないように、船の前後方向および横方向(胴回し)をワイヤーなどで強固に固定しなければならない。
- (3) 動揺センサーは、船の動揺の中心付近、あるいは送受波器近くに送受波器と向きを揃えて艀装することが望ましい。
- (4) 方位センサーは、送受波器と向きを揃えて艀装する。
- (5) 位置センサー(GNSS)は、送受波器近く、天空を確保できる場所に艀装する。
- (6) 艀装を終えたら、各機器の位置関係をメジャー等で計測して記録・入力後、すぐに計測を開始できるようにする。
- (7) 送受波器の喫水は、バーチェック板またはメジャーを用いて計測する。
- (8) テストランを行い、送受波器や周辺機器にぐらつきなどが起きないか確認する。

「海洋調査技術マニュアル－深淺測量－ ((一社)海洋調査協会)」より転載

② 水平方向位置

各システムや収録ソフトウェアで規定されている位置を基準とし、相対位置は1mm単位まで計測する。計測結果は、収録ソフトウェアに入力すると共に、マルチビーム測深点検簿に記載しデータ処理時に適切に用いられていることを確認する。

③ 鉛直方向位置

基準は水面とし、センサー間の相対位置は1mm単位まで測定し、水面との関係付けはバーチェック法により10mm単位まで測定する。

計測結果は、収録ソフトウェアに入力すると共に、マルチビーム測深点検簿に記載しデータ処理時に適切に適用されていることを確認する。

②③の計測結果が、データ収録および処理ソフトウェアへの入力により、測深結果の補正に適用されていることを確認する。

(3) 喫水確認

① 喫水確認の方法

喫水の確認は、バーチェックにより行うものとする。水面を基準(0m)とし反射板を吊り下げ数mで固定し、ソナーヘッドから反射板の距離をマルチビーム測深機で計測、記録する。水面を基準とした吊り下げ長から計測したソナーヘッドと反射板の距離を減じたものが喫水値となる。この作業を3回行いその平均値により喫水値の確認を行う。

また、標尺での計測や取り付けパイプに付した喫水目盛りを読み取るなども同時に行う。

② 喫水確認に際しての留意点

喫水の確認に使用する索は、事前に検尺を行い伸縮のないことを確認したものを使用する。また確認作業実施海域は、測深海域の近傍でできるだけ静穏な場所を選び動揺による誤差が生じないように留意する必要がある。

(4) パッチテスト

マルチビーム測深システムは、水面に対しできるだけ水平、垂直に艀装することを基本とするが、船の形状や、固定時の固定ワイヤー等の張り具合により、必ず取付け誤差が発生する。この取付け角度の誤差（以下「バイアス値」という）と各機器の収録遅延（以下「レイテンシー」という）を求めるために、パッチテストを行うこととする。パッチテストは、測深中艀装状況に変化がないことが前提であり、変化があった場合は必ず再計測を行う。

① パッチテストの種類と方法

以下に示すバイアス値とレイテンシーをパッチテストにより求めることとする。

➤ バイアス値

Roll（ロール）：船の進行方向に対して横方向の取付け角度

Pitch（ピッチ）：船の進行方向の取付け角度

Yaw（ヨー）：進行方向に対する送受波器の向き

➤ 収録遅延

Latency（レイテンシー）：遅延時間

（機器に対してデータ転送などを要求してから、返送されるまでの収録遅延）

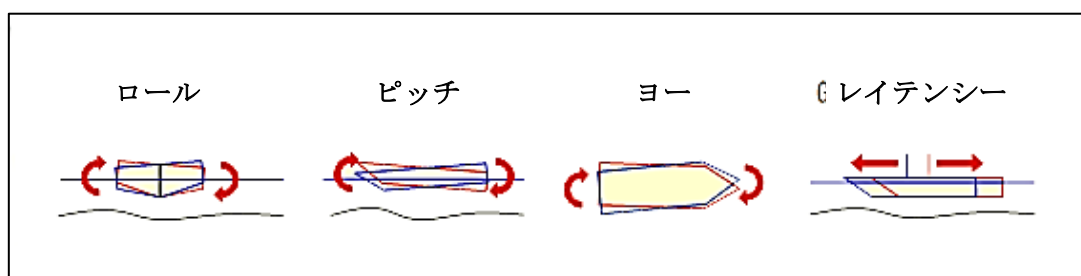


図 1.5-2 バイアス値等の種類

② パッチテストの計測条件

パッチテストは以下の条件で計測することが望ましい。

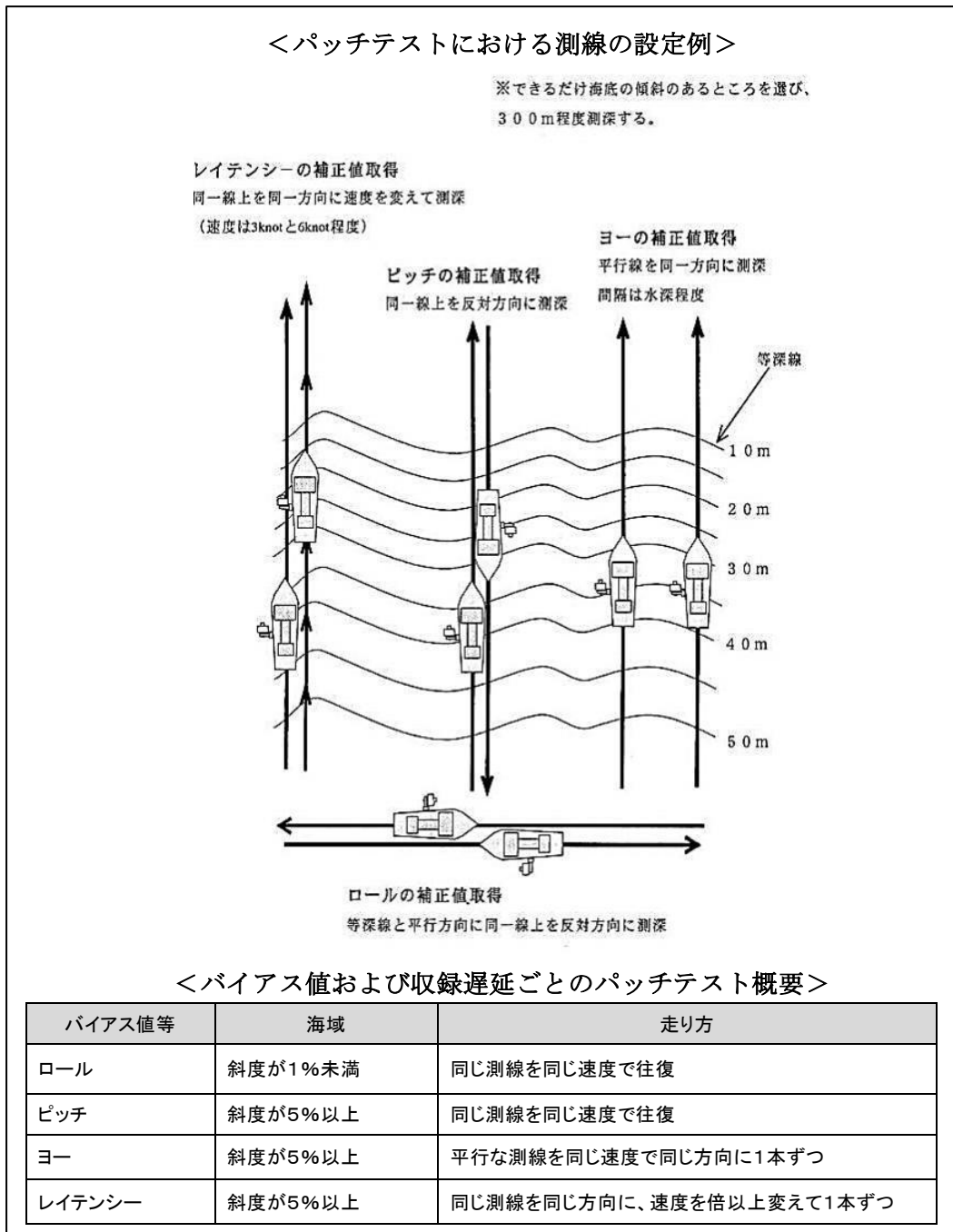


図 1.5-3 パッチテストの計測条件

【参考】

パッチテストの概要を示す。

測量船に送受波器を艀装する際に、水面に対して垂直に送受波器を取り付けることは難しく、若干の角度のズレを伴うことは避けられない。この角度のズレは、測深データに大きく影響するため、送受波器の取り付け角度を計測するパッチテストを行う必要がある。

パッチテストは平行測線、往復測線を基本とし必要に応じ交差測線などを実施する。このパッチテストにより、送受波器に対し3方向（前方(X)・右舷(Y)・下方(Z)）における取り付け角度（バイアス値と言う）および機器の収録レイテンシー（時間遅れ）を求める。

なお、パッチテストは送受波器の取り付け誤差の補正に有効な統計処理手法である。このため、パッチテストを実施する場所は、岩礁地帯など凹凸の激しい海域は避け、砂浜や港内等の安定したデータが取得できる場所が望ましい。

また、パッチテストは、周辺機器と送受波器の位置関係が変化していないことが前提である。そのため、作業中に、送受波器の固定ワイヤーを再度締めたり、ソナーに流木などが当たったりした場合などの僅かなズレが誤差要因となるため、毎日パッチテストを行わなければならない。船体装備型（設置型）の場合は、この限りではない。

「海洋調査技術マニュアル－深浅測量－（(一社)海洋調査協会）」より転載

1.5.2 水深測量

水深測量とは、測量船に艀装したマルチビームを用いた測深のことをいい、次工程の作業に必要な3次元データの作成を含むものとする。

測深の計測基準面は、海上保安庁告知の最低水面を原則とする。

位置座標の測地系は、世界測地系を使用するものとする。

【解説】

(1) 水中音速度測定

① 水中音速度測定の方法

水中音速度の測定は、水中音速度計による測定を基本とする。

測定位置については、測量海域の中央付近で可能な限り深い地点とし、海況が変化する海域では適切に測定点を配置することが望ましい。なお、測定は一日作業で1回以上行うものとし、計測位置の記録も同時に残しておくこと。

収録結果は、本要領の「参考資料」（資料2）に示す様式「音速度測定簿」に取りまとめる。

この方法で計測できない場合は、事前に協議の上、緯度、圧力、水温、塩分から計算により音速度を算出し使用することもできる。

② 測定値の入力

水中音速度計の降下時と引上げ時の測定結果から、最低1m毎の平均値に取りまとめ、その結果を収録、解析ソフトウェアで使用できる形式で作成する。作成した水中音速度データを解析ソフトに取り込み適用する。

(2) 測深

① 各種調整

収録ソフトウェアで測地系の設定、周辺機器の接続設定を行い、測線計画の取り込み、データ測深確認用の塗りつぶし範囲（測深データがあることを表示する格子の集合体の中で、マトリックスと呼ぶ）を作成、取り込みをする。マトリックスを作成する際のセルサイズ（塗りつぶすひとつの格子サイズ）は、海域水深の 1/10～1/20 が適当である。セルサイズを大きくしすぎるとリアルタイムでの未測深域確認ができなくなり、小さすぎると収録用 PC に必要以上の負荷が掛かる。

GNSS や動揺計測装置などの周辺機器について機器ごとの各調整を行い、収録用 PC にデータが正常に送られていることを確認する。

各周辺機器の接続設定や状況については、マルチビーム測深システム点検簿に記入する。

② 測深の方法

マルチビーム測深機による測深データや、GNSS による海上測位データ、動揺計測装置による動揺データは、互いに時間的な同期をとり、収録用ソフトウェアにより PC に保存する。

測深中計測者は、マルチビーム測深機が、良好な記録（海底地形を的確に捉えることができている記録）を得るために、使用する周波数、スワス角の設定、信号の波幅、出力、入力と出力の差、ふるい分けの設定(Gain Filter Gate)、データ返答率(Ping Rate)等を適宜調整する。なお、スワス角の設定は、格子間隔内のデータ数に影響するので注意が必要である。

(3) データ記録

マルチビーム測深機による測深データや、GNSS による海上測位データ、動揺計測装置による動揺データは、互いに時間的な同期を取り収録用ソフトウェアにより PC に保存する。データの収録開始、終了は余裕を持って行うようにする。収録時には、測深状況（ノイズの出方や欠落）、測位状況、予定測線からの変位量、動揺データの状況（ドリフト時などのエラー状況）を常に監視し、異常が見受けられた場合には補再測を行う。

また、収録ファイル名、航走方向、周辺海域の状況や、魚群などのエラーデータ、特徴的な事項などの記録を工事帳や測量野帳等の摘要欄に記載する。

(4) 再測深

測深データの測深範囲を確認し、未測深箇所等が確認された場合や、測深データノイズ等エラーデータが多く含まれる場合は、再測深を実施する。

① 再測深の条件

マルチビーム測深は未測深域が無いことが基本であることから、未測深域が確認された場合、再測深を行う。

音響的、電氣的ノイズが多い場合や、水中浮遊物、魚群などにより、海底面を的確に捉えることができていない場合、動揺計測装置による動揺の計測値に異常が見られた場合、海上測位データに位置飛びなどの異常が確認された場合は、直線補間が可能であれば補間するものとし、1 秒以上連続して異常な場合で、直線補間ができない場合は再測深を行う。

海底面上に突起状の記録が現れた場合は、隣接測線の同一位置での記録の確認を行い、明らかなノイズと判断出来なかった場合には、突起状の記録が現れた箇所の直上に測線を設けて再測深を行う。

また、収録データの確認時、容量が極端に少ない等の異常が見られた場合は、収録がされていないデータがあることが予測されるので、速やかにデータ再生を行い不適切であった場合、当該測線について再測深を行う。

測深中に再測深が必要と認められた場合、その理由と状況を測深簿に記入しておく。

② 再測深の方法

収録データの確認において、再測深が必要と判断された箇所について、収録ソフトウェア上で再測深範囲を十分カバーできるよう測線計画を作成し再測深を行う。再測深後は速やかにデータ再生を行い良好なデータが記録できていることを確認する。

1.6 計測における留意点

水深測量にあたり、留意すべき事項を以下に示す。

【解説】

(1) 測深時

① 共通事項

- ・測深作業中は、エラーの要因となる急旋回、急加速、急減速を控え、一定速度を維持するように航走する。
- ・測深オペレータは、PCのリアルタイム画面を見て、S/N比の良いデータを取得するように送受信信号およびTVG等の各種機能を調整する。
- ・直下ビームを半径とする円弧上に点列がでないようにする（「トンネル効果現象」（図1.7-1参照））。
- ・海底付近の魚群や海草による測深漏れを防ぐため、測量海域に関する情報（魚礁や生け簀の近傍、底質状況等の関連）を事前に把握するように努め、測深中にPCディスプレイのスワス断面を確認し、海底地形を的確に捉えているかを検証する。
- ・岩礁等の最浅部捕捉状況を確認した上で、補再測を検討する。なお、浅所確認は極低速で2回実施する。
- ・測深は、海上ができる限り平穏なときに実施するものとし、波浪のある場所をさけるものとする。

② ブロック据付工

i) 測線方向および船速

防波堤等の構造物計測時の測線方向は、構造物と平行を基本とする。また、取得する3次元点群データの密度を高めるため、船速を極力低速にし、進行方向のデータギャップを小さくする。ただし、安全が確保出来る範囲の船速は保持する。

ii) 構造物への音響ビームの集約

可能な限り、水面付近までの構造物の形状を把握するため、スワス方向・角度の可変が可能なマルチビーム機種は、構造物へビームを集約し、高密度な3次元点群データを取得する。測深イメージを図1.6-1に示す。

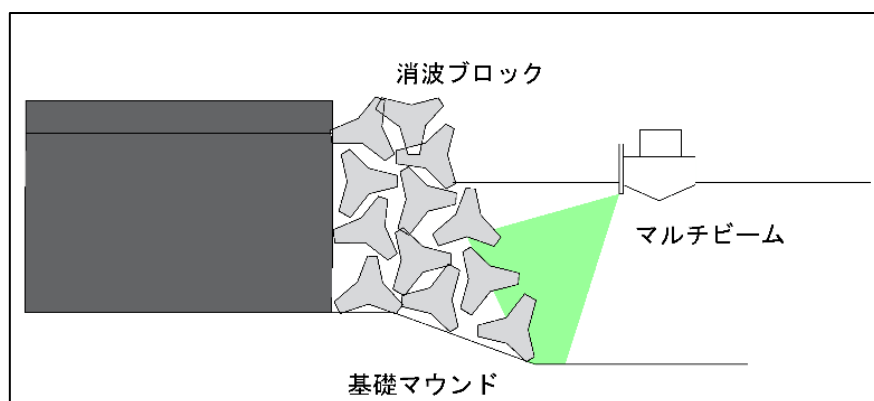


図 1.6-1 スワス方向・角度を調整した測深（イメージ）

iii) 水際部（水上部と水中部の境目）での計測方法

水中部のマルチビーム測深は満潮時に実施し、水上部の UAV を用いた計測は干潮時に実施する等、潮位差を利用して、可能な限り水際部の計測範囲を重複させ、シームレスに取得データを結合できるようにする。

また、マルチビーム測深と UAV を用いた計測で得られる 3 次元点群データ密度に差があることから、マルチビーム測深においては、測深時の船速を極力低速にして進行方向のデータギャップを小さくさせることや、構造物へビームを集約して高密度なデータを取得するよう、留意する必要がある。

(2) データ記録

時間的同期が取れていないと、補正が的確に行われず正しいデータを作成することができないため、時刻同期が行われていることを必ず確認する。

収録用ソフトウェアにより保存された測深データは、そのファイル数、測線毎の比較を行い測深時間とデータ容量の関係が各測線同士の比較より妥当であるかを検証する。収録データはバックアップを取っておくことが望ましい。

1.7 計測性能・精度管理

マルチビームの測深結果を検定するために、音響ビームの重複部のデータによる比較や、照査線（各測深線と交差する測深線）を計画し交差するデータとの比較検証を行い、規定の精度を確認するものとする。

【解説】

(1) 検測、精度管理

測深データを出来形管理に用いるにあたっては、測深データが適切でなければならない。そのため、検測により収録データの検証を行い、規程の精度を満たすことを確認すること。詳細については、本要領の「別紙3」の各工種の該当箇所を参照のこと。

(2) 主な測深エラーの原因と水深編集時の留意点

各種補正データが正しく作成、適用できていることも重要であるが、マルチビーム測深における特徴的な誤差要因である次のような現象が発生していないことを特に注意する必要がある。

【参考】

マルチビーム測深における誤差要因となる特徴的な現象について以下に示す。

<トンネル効果現象>

平坦な海底地形での測深データで、送受波器直下の強反射エコーが両端部付近のエコーに入り込み、誤って浅い海底と認識してしまう現象。

対処方法としては、スワ幅を狭め、弱反射エコーとなる範囲を減少させる他、水中音速度測定回数を増やして正しい音速度構造を取得し、解析する等があげられる。

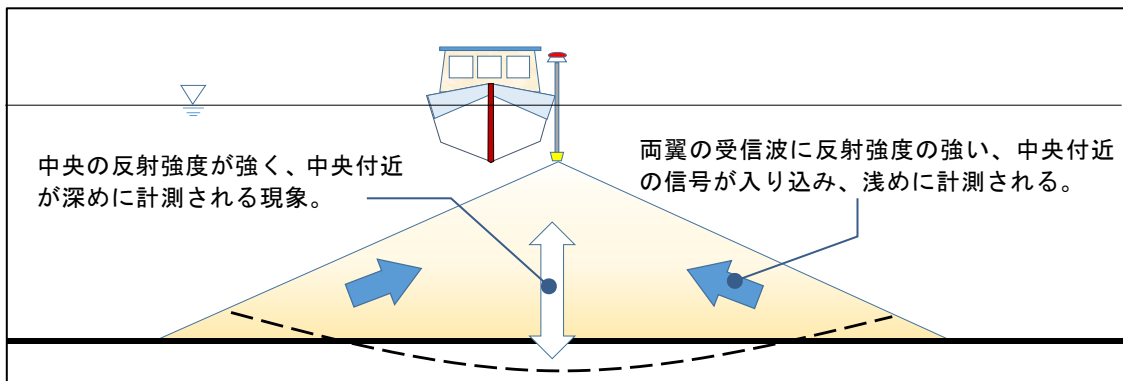


図 1.7-1 トンネル効果現象エラーイメージ

<スマイルカーブ現象>

平坦な海底において両端のビームが弱反射エコーとなり、計測しているスリットの重心が内側にズレることで浅く計測される場合か、水中音速度測定結果が正しくない場合に発生する現象。

対処方法としては、スワ幅を狭め、弱反射エコーとなる範囲を減少させる他、水中音速度測定回数を増やして正しい音速度構造を取得し、解析する等があげられる。

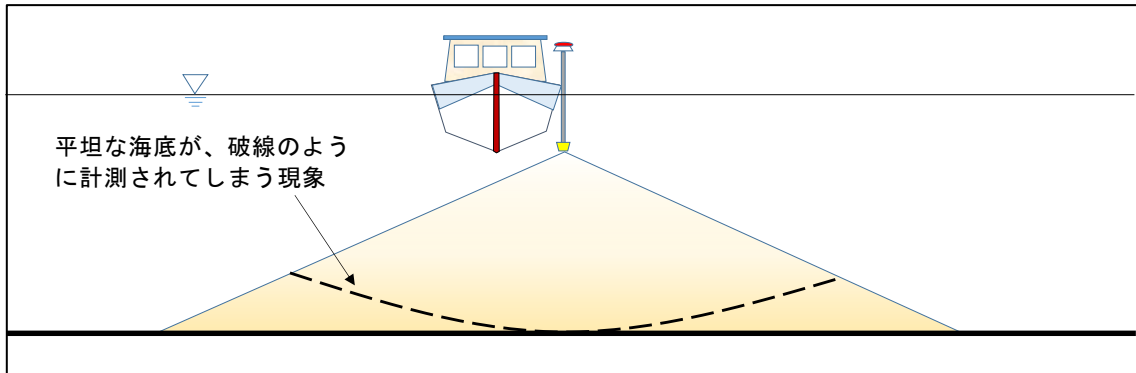


図 1.7-2 スマイルカーブ現象エラーイメージ

▶ トンネル効果現象によるエラーとスマイルカーブ現象によるエラーは、ともに平坦な地形が円弧状に計測されてしまう現象であり、現場ではどちらの原因か判定が難しい。このような症状が出た場合は、再測することが望ましい。

<クロストーク現象>

岸壁や防波堤などの港湾構造物の基部にあたるL字部分において、乱反射によるデータが発生し、L字部分が浅く計測される現象。対処方法としては、船速を下げ、送信出力を抑えることで、ある程度抑制することができる。

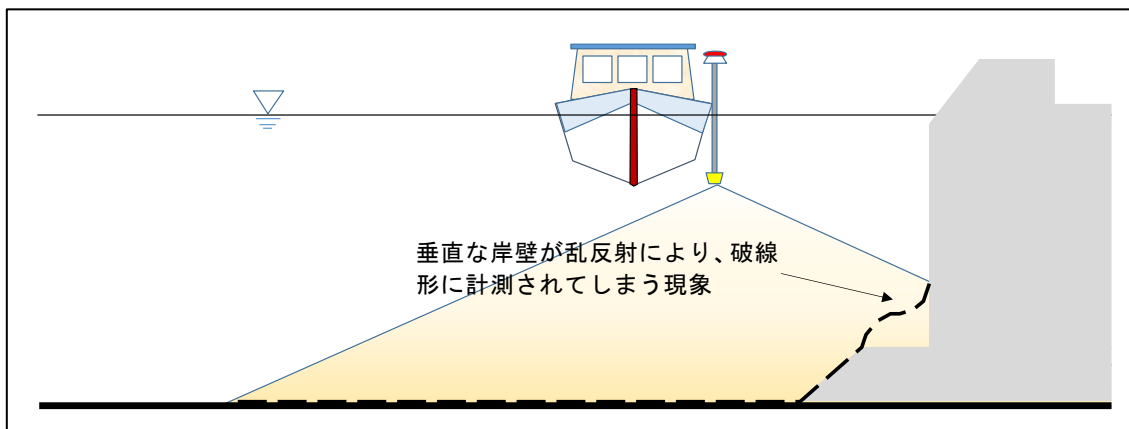


図 1.7-3 クロストーク現象エラーイメージ

<キャタピラ現象>

ロール・ピッチ・ヨー・ヒープの各動揺成分の補正が正しく行われなかったことによって、ビームがショット毎に上下左右へとぶれて、平坦な海底地形がキャタピラのような凹凸を繰り返した様な地形となる現象のこと。この現象は、測深作業中には確認が困難なため、あらかじめ動揺センサーの各種フィルター設定を正しく行うことが重要である。

また、動揺センサーの性能を過信せず、海象条件が悪化している場合は、速やかに作業を中止することを推奨する。また、データを解析し、キャタピラ現象が発生していないかを確認し、動揺成分の補正值の調整で解決できるものかを判断する。解決できない場合は、再測する。

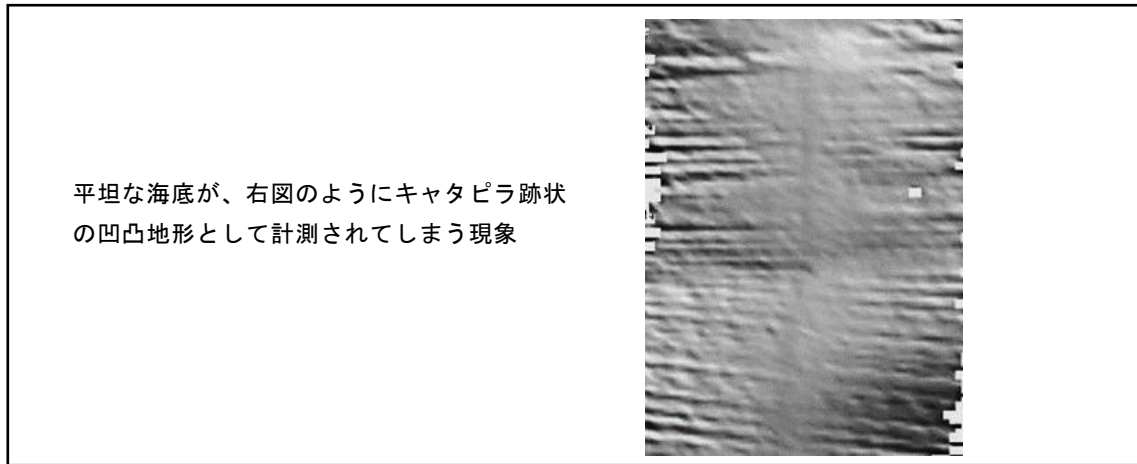


図 1.7-4 キャタピラ現象エラーイメージ

1.8 データ解析

水中音速度計測結果、潮位観測結果を適用し補正を行った後、電氣的ノイズや水中浮遊物、魚群等のエラーデータを除去した上で、海底地形を適切に表現した点群データを作成するものとする。AI フィルタを使用してデータ処理を行った場合でも、最終的には人の目により削除した点群も含めて全点群データの確認を行う必要がある。

【解説】

(1) ノイズ除去処理

ノイズには音響的、電氣的なもの他、浮遊物、魚群、泡など海中を浮遊する物体などがある。ノイズの除去は、解析ソフトにより統計的・予測的にある程度削除することができるが、統計的な処理や機械学習によるデータ処理（マルチビームデータクラウド処理システムによる自動ノイズ除去等）では限界があるため、最終的にはプロファイル表示し手作業による復元または除去作業を行う必要がある。判断に迷う記録については画像等を残し他測線の記録などから総合的に判断する。

(2) 3次元データ解析時の留意点

各種補正データが正しく作成できている事が重要であるとともに、マルチビーム測深における特徴的な誤差要因である現象が発生していないことを特に注意して確認する必要がある。

また、ノイズ除去によりデータ数が減少しても、必要データ数が確保されている事が必要である。

【コラム】マルチビームデータクラウド処理システム

マルチビームによって収録された測深データをクラウド上で処理するシステムで、リアルタイムの測量状況の確認（リアルタイム処理機能）及びノイズ処理等のデータの後処理（後処理機能）を行うことができる。

このうち後処理機能は、AIを活用し、これまでの解析データを学習させることで、大半のノイズを自動除去するAIノイズ処理プログラムを搭載しており、令和7年度より、直轄港湾工事の起工測量等のデータ解析に適用されている。

解析データを水路測量に活用する場合は、作業従事者が目視により最終確認を行い、必要に応じて手作業による復元または除去作業を行うことから『水路測量業務準則施行細則』における「CUBE処理によらない場合」に該当する。

1.8.1 浚渫工

(1) CUBE 処理によらない場合

① 正データを用いた中央値・最浅値の作成

測線毎に、補正とノイズ処理を行った測深結果を対象海域全体で取りまとめ水平位置と水深を記録した点群データとして保存する。

点群データは、土量計算および出来形管理に供するに十分な密度であること等を確認した後、1点/1.0m 平面格子の点群データを作成する。

取得点密度および点群データ作成の留意点について以下に示す。

- 測深海域の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数の 99%以上の平面格子において 3 点以上の取得点密度が担保されていること（達成率 99%以上）。
- 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- 1.0m 平面格子内において中央値または最浅値を抽出し、1点/1.0m 平面格子の点群データを作成する。なお、中央値または最浅値の抽出が困難な 3 点未満の平面格子については、周囲の抽出点データから空間解析等により補間できるものとする。
 - ・土量計算に使用する場合：中央値
 - ・出来形管理に使用する場合：最浅値

なお、浚渫箇所が点在したり、サンドウェーブによる影響等により海底地形の変化が頻繁に生じているような特殊な海域の場合には、特記仕様書により抽出方法を指示することができる。

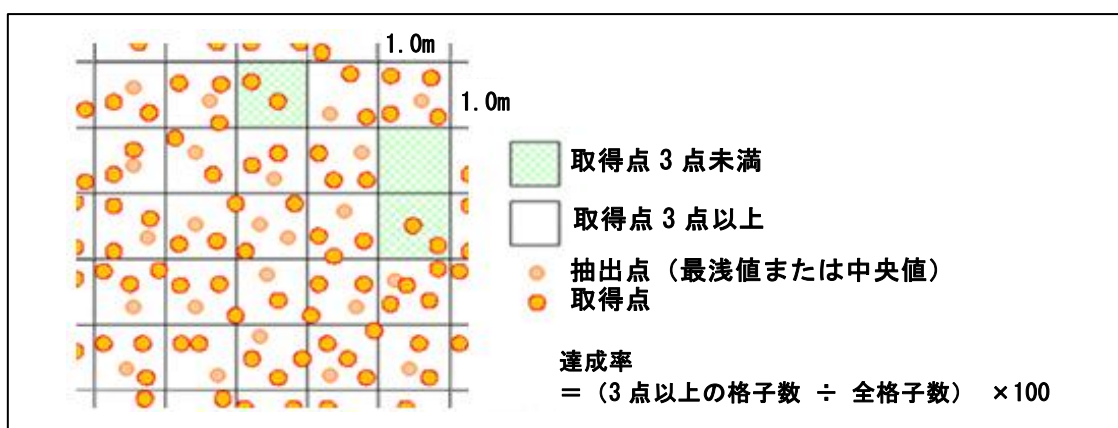


図 1.8-1 データ密度の考え方（浚渫工）

(2) CUBE 処理による場合

① CUBE 処理の条件

CUBE 処理を行う場合には、以下の条件をすべて満たす必要がある。

- ・マルチビーム音響測深機により取得した測深データであること。
- ・スワス角 $\pm 55^\circ$ （全角 110° ）以内で、左右スワスが100%以上重複した測深データであること。
- ・海上位置測量には、原則としてネットワーク型 RTK 法または後処理キネマティック法若しくは同等以上の測定精度の手法を用いていること。
- ・送受波器の各種バイアス値が0.01 度位まで求められていること。

② CUBE 水深の計算

i) 必要情報

CUBE 水深は、以下の情報および各情報の計測精度を用いて計算する。

- ・測位記録
- ・測深記録
- ・動揺センサーの記録
- ・表面音速度の記録
- ・水中音速度の記録
- ・喫水量
- ・測位装置、測深機および動揺センサーのオフセット計測値
- ・送受波器の各種バイアス値
- ・験潮記録

ii) グリッドサイズ

CUBE 水深のグリッドサイズは、水深 30m 以浅の浚渫工の場合、表 1.8-1 に示す水深区分に応じたグリッドサイズとし、水深の区分が複数に渡る場合には、測深区域の水深に応じて決定する。ただし、CUBE 処理の効率化と CUBE 水深の精度向上のために、浅い水深区分のグリッドサイズを用いることができる。

表 1.8-1 CUBE 水深のグリッドサイズ

水深区分	グリッドサイズ
0~10m	0.25m
10~20m	0.5m
20~30m	1.0m

iii) 取得点密度

表 1.8-1 に示す水深区分による 1 グリッドの CUBE 水深の算出に用いる測深点数は 5 点以上（達成率 95%以上）とする。

iv) キャプチャー範囲

CUBE 水深は、設定したグリッドの中心点からどの程度離れたデータまでを採用するかによって計算結果が変化するため、算出においては、各グリッドの中心点からの距離が原則としてグリッドサイズの $1/\sqrt{2}$ 倍の範囲に含まれる測深点を使用する。

v) CUBE 水深（正データ）

設定した測深点について、入力する機器の誤差、精度、条件などの「不確かさ (Uncertainty)」を用いて、解析ソフトにより CUBE 水深を計算する。

CUBE 水深（正データ）は、1 グリッドに 1 点とし、1 グリッドに 1 点得られた CUBE 水深を使用して、出来形管理を行う。

vi) 曖昧さの除去

CUBE 水深を決定する過程において複数の仮説水深が得られた場合には、曖昧さを除去するための条件を設定する必要がある。曖昧さを除去するための自動選択手法としては、(1) Density（測点密度が最も高かった水深を採用）、(2) Locale（周辺のグリッドとの関連性が最も高かった水深を採用）、(3) Density & Locale（(1)と(2)を組み合わせて総合的に評価した水深を採用）の 3 種類がある。特に明確な要因がなければ、(3) を使用する。

【解説】

CUBE 水深の計算に用いられる「不確かさ (Uncertainty)」とは、各測深点の精度評価の指標である「総伝播不確かさ (TPU: Total Propagated Uncertainty)」のことである。TPU は測深誤差の期待値の推定量で、ソナー等機器類の測深精度や潮位の観測精度等、様々な誤差要因が考慮された「鉛直成分 σ_v (TVU)」、「水平成分 σ_h (THU)」から構成され、CUBE 水深は、以下の式で TPU からあるグリッドに対する各測深点数の伝播不確かさを求めることで計算される。

$$\sigma_p^2 = \sigma_v^2 \left(1 + \left[\frac{\text{dist} + \text{hes} * \sigma_h^2}{\text{node_spacing}} \right]^{\text{de}} \right)$$

(式-1)

σ_p : あるグリッドに対する各測深点の伝播不確かさ

σ_v : 総伝播不確かさ鉛直成分 (TVU)

σ_h : 総伝播不確かさ水平成分 (THU)

dist: グリッド格子点から各測深点の距離 (m)

hes (horizontal error scalar): パラメータ

de (distance exponent): パラメータ

node_spacing: グリッドサイズ (m)

上記計算式におけるパラメータ「hes (horizontal error scalar)」、「de (distance exponent)」は、それぞれ処理時に設定することが可能である。CUBE アルゴリズムで当初用いられるデフォルト値は hes=2.95 (99%信頼区間)、de=2.0 となっている。ただし、米国 NOAA では、異物の浅所トップが CUBE 仮説として捉えられるように、hes=1.96 (95%信頼区間) を採用している。準細則では特に規定はないが、異物を逃さず判断するために米国 NOAA の設定値が指針となっている。

③ CUBE 水深の点検

CUBE 処理により得られた CUBE 水深が適切に作成されているかを確認するため、以下の点検を行う。点検結果は帳票にとりまとめて記載する。

- ・測深記録に、喫水改正、オフセット補正、潮高改正、表面音速度改正および水中音速度改正が適切に行われていること。
- ・測深記録に、測位、方位および動揺データの適用が適切に行われていること。
- ・系統誤差が生じていないこと（作成された CUBE 水深を 3 次元表示して確認）。
- ・上記点検を行った上で、CUBE 水深にノイズが残っていた場合には、測深記録のノイズ削除を行い、CUBE 水深を更新作成する。CUBE 水深に影響を与えないノイズについては、ノイズ削除の作業を省略することができる。

1.8.2 基礎工

(1) 正データを用いた中央値の作成

測線毎に、補正とノイズ処理を行った測深結果を対象海域全体で取りまとめ水平位置と水深を記録した点群データとして保存する。

点群データは、数量計算および出来形管理に供するに十分な密度であること等を確認した後、1 点/1.0m 平面格子の点群データを作成する。

取得点密度および点群データ作成の留意点について以下に示す。

- 捨石投入の数量計算においては、測深海域の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数の 99%以上の平面格子において 3 点以上の取得点密度が担保されていること（達成率 99%以上）。
- 捨石本均し、捨石荒均しの出来形管理においては、測深海域の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数の 99%以上の平面格子において 25 点以上の取得点密度が担保されていること（達成率 99%以上）。
- 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- 1.0m 平面格子内において中央値を抽出し、1 点/1.0m 平面格子の点群データを作成する。なお、点群データの抽出が困難（3 点未満）の平面格子については、周囲の抽出点データから空間解析等により補間できるものとする。

なお、施工箇所が点在したり、サンドウェーブによる影響等により海底地形の変化が頻繁に生じているような特殊な海域の場合には、特記仕様書により抽出方法を指示することができる。

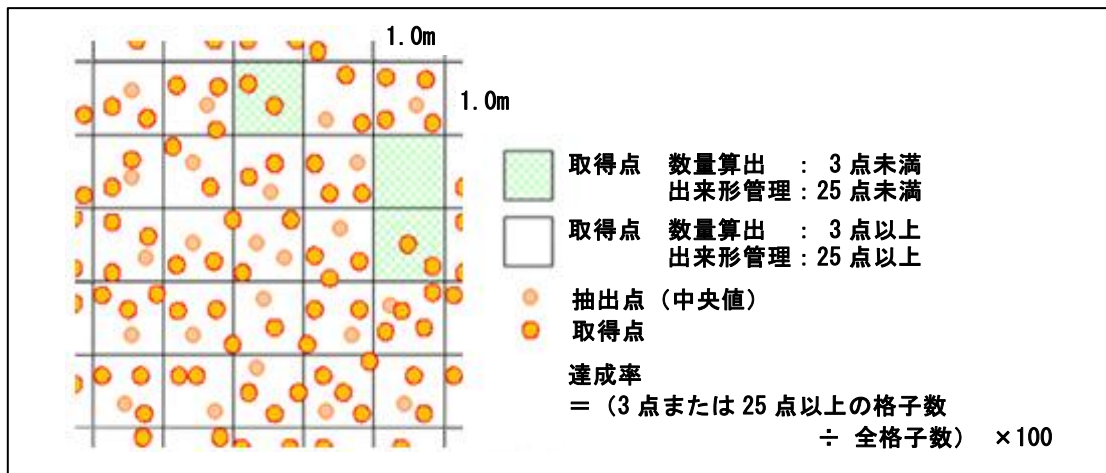


図 1.8-2 データ密度の考え方 (基礎工)

1.8.3 海上地盤改良工

(1) 正データを用いた中央値の作成

測線毎に、補正とノイズ処理を行った測深結果を対象海域全体で取りまとめ水平位置と水深を記録した点群データとして保存する。

点群データは、数量計算および出来形管理に供するに十分な密度であること等を確認した後、1点/1.0m平面格子の点群データを作成する。

取得点密度および点群データ作成の留意点について以下に示す。

- 測量海域の全域に1.0m平面格子をかけ、その総平面格子数の99%以上の平面格子において3点以上の取得点密度が担保されていること (達成率99%以上)。
- 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- 1.0m平面格子内において中央値を抽出し、1点/1.0m平面格子の点群データを作成する。なお、中央値の抽出が困難な3点未満の平面格子については、周囲の抽出点データから空間解析等により補間できるものとする。
 - ・数量計算に使用する場合 : 中央値
 - ・出来形管理に使用する場合 : 中央値

なお、施工箇所が点在したり、サンドウェーブによる影響等により海底地形の変化が頻繁に生じているような特殊な海域の場合には、特記仕様書により抽出方法を指示することができる。

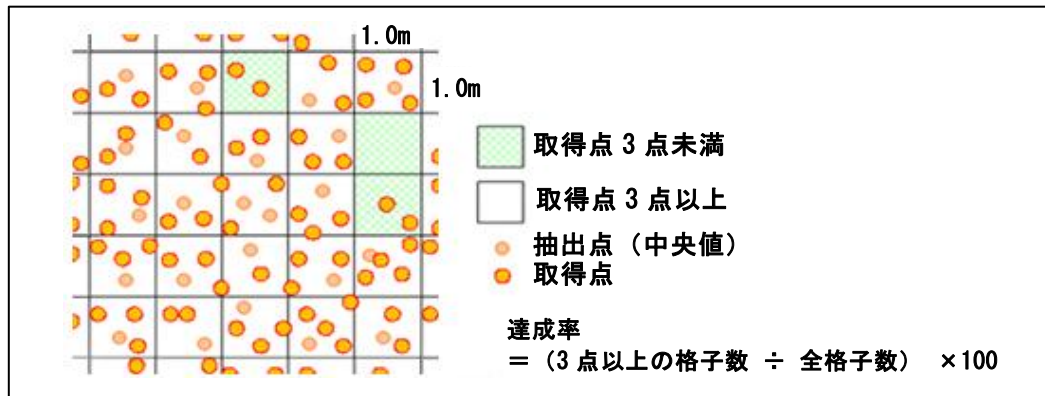


図 1.8-3 データ密度の考え方（海上地盤改良工）

1.8.4 ブロック据付工

(1) 正データの作成

ブロック据付の完成状況の把握には、マルチビーム測深における全取得データを使用する。

現状の地形計測時には測線毎に、補正とノイズ処理を行った計測結果を対象区域全体でとりまとめ水平位置と高さを記録した 3 次元点群データとして保存する。

3次元点群データは、ブロック据付工に供するに十分な密度であることを確認する。

取得点密度確認の留意点について以下に示す。

- 「ブロック据付の完成形状の把握」を目的とする場合については、計測対象の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数において 25 点以上の取得点密度が担保されていること。
- 起工測量として海底地盤（捨石マウンド等）の測量を行う場合は、測深海域の全域に 1.0m 平面格子をかけ、その総平面格子数の 99%以上の平面格子において 3 点以上の取得点密度が担保されていること（達成率 99%以上）。1.0m 平面格子内において中央値を抽出し、1 点/1.0m 平面格子の点群データを作成する。なお、点群データの抽出が困難（3 点未満）の平面格子については、周囲の抽出点データから空間解析等により補間できるものとする。
- 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- 縦断図、横断図により凹凸等の形状を面的に把握するのに支障がない場合は、監督職員と対応を協議したうえで管理図面とする。

1.9 データ管理

マルチビームを用いた測深データは、測線毎に補正とノイズ処理を行った深浅測量結果を対象海域全体で取りまとめ、水平位置と水深を記録した点群データとして保存する。正データ（3次元点群データ）のほか、水中音速度や潮位などの各種補正データ、オフセット値、パッチテスト結果などを取りまとめ保存するものとする。

【解説】

(1) 浚渫工でのデータの保存

正データ（3次元点群データ）のほか、水中音速度や潮位などの各種補正データ、オフセット値、パッチテスト結果などを取りまとめ、保存するものとする。

浚渫工においてCUBE処理を用いた場合には、CUBE水深から「緯度、経度、水深、不確かさ（Uncertainty）、測深点密度（Density）」の5要素を出力した水深ファイルを作成して保存する。水深の区分が複数にわたる場合には、それぞれの水深の区分について水深ファイルを作成する。

(2) データの変換

正データ（3次元点群データ）は、出来形管理および数量算出で一般的に使用されるソフトウェアで読み込み可能な形式と想定される平面位置（ x, y ）と、基準面からの深さ（ z ）を記録したスペース区切り、あるいはカンマ区切りのテキスト形式で保存するものとする。

この際の保存するデータは、世界測地系で、データの並び順は、数学座標の x, y （測量座標の y, x ）, z とし、 z は C.D.L= ± 0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

【留意点】

マルチビームで計測したデータ x, y, z の取扱いについて、留意点を以下に示す。

<平面位置 x, y >

日本国内の測量で使用される測量座標は、 x 軸を縦軸、 y 軸を横軸としている。

CAD 等で扱う縦軸が y 軸、横軸が x 軸の数学座標とは異なるため注意が必要である。

<深さ z >

深浅測量で扱う水深値 z には、 \pm （プラスマイナス）を示す符号は付記されない。

3次元設計モデルに使用する際は、 z に $-$ （マイナス）符号を加える必要がある。

第2章 UAV

2.1 適用工種等

UAV を用いた計測の適用工種等は以下とする。

- ・ブロック据付工（水上部）

また、UAV を用いた計測とは、以下のことをいう。

- ・UAV 写真測量
- ・UAV レーザー計測

【解説】

(1) 適用工種、適用範囲

UAV を用いた計測の適用工種、適用範囲は以下のとおりとする。

表 2.1-1 適用工種、適用範囲

適用工種		適用範囲	その他の活用
ブロック据付工	消波ブロック据付	完成形状の把握	-
		出来形計測	港湾施設の維持管理に係る点検 (一般定期点検診断) 災害対応

(2) 適用範囲と本要領の利用上の注意点

① 使用する機器

使用する機器は、ブロック据付後の維持管理において完成形状を把握するデータを適切に取得できる性能を保有する機器、消波ブロック据付については水上部の出来形管理を適切に取得できる性能を有する機器とする。

ただし、計測データを設計図書等として使用する場合など、他の目的、規定により本要領に拠らない場合は、それぞれ精度・性能を満たすよう特記仕様書に示すことにより変更することができる。

② UAV を用いた計測に関する他の基準類との関係

UAV を用いた計測について、本要領に記載のない内容については、国土交通省国土地理院の「作業規程の準則」、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」に従うものとする。

また、港湾施設の維持管理に係る点検（一般定期点検診断）に関しては、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」に示す点検診断の項目、劣化度の判定基準のうち、「移動、散乱、沈下」に係る項目に準ずるものとする（表 2.1-2）。

表 2.1-2 消波工の劣化度判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目	点検方法	劣化度の判定基準
ケーソン式防波堤	Ⅱ類	消波工	移動、散乱、沈下	目標 ・消波工の天端、法面、法肩等の変形 ・消波ブロックの移動や散乱 a <input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面がブロック1層分以上、減少している。 b <input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面が減少している。(ブロック1層未満) c <input type="checkbox"/> 消波ブロックの一部が移動(散乱・沈下)している。 d <input type="checkbox"/> 変状なし。
			損傷、欠損	目標 ・消波ブロックの損傷、亀裂 ・欠損ブロックの個数 a <input type="checkbox"/> 欠損しているブロックが1/4以上ある。 b <input type="checkbox"/> aとcの中間的な変状がある。 c <input type="checkbox"/> 欠損や部分的な変状があるブロックが複数個ある。 d <input type="checkbox"/> 変状なし。

「港湾の施設の点検診断ガイドライン」より引用

2.2 作業工程

UAV を用いた計測の工程別作業区分および順序は、次のとおりとする。

- (1) 計測計画・準備
- (2) 機器の装備・設置およびテスト
- (3) 計測基準
- (4) 計測・撮影
- (5) 検測・精度管理
- (6) データ解析
- (7) データ管理

【解説】

工程別作業区分(1)～(7)については、以降の「2.3」～「2.9」に示す。

2.3 計測計画・準備

計測実施者は、作業の着手前に作業方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な計測計画を立案し、これを発注者に提出する。

計測計画を変更しようとする場合も同様とする。

資料収集、現地調査が必要であれば行い、計測の精度を高めるよう準備する。

【解説】

(1) 計測計画

対象とするブロックの計測計画は、対象物との距離、高さ（標高）、対象物の形状、地形等、必要な計測域を考慮し、未計測が生じないように機器および測線等を設定するとともに、完成形状の把握および出来形管理が適切に実施できるデータを取得できるよう、必要な範囲で重複する測線や、往復測線を設定する。

(2) 作業手続き

計測に際しては、それぞれ事前に工事の許可・届出、他の関係する法令に規定する許可や届出を提出する際に、計測内容で特記すべき事項を併せて提出する。また、地方条例や各団体等によって定められた同意・承諾等を遵守して、その履行に適切な対応を行う。

さらに、作業の実施にあたっては、区域を管轄する関係機関や関係者への作業内容、作業方法および作業工程の周知を行う必要がある。

2.4 計測基準

ICT 機器を用いた計測を行うにあたっては、測地系、基準面の設定を行うものとする。

【解説】

(1) 測地系

測量成果は、世界測地系により作成するものとする。

(2) 基準面

適用する基準面は、海上保安庁告知の最低水面（＝港湾管理用基準面 C.D.L）とする。

なお、実施中のブロック据付工で使用している基準面と同一基準面を適用するのが原則である。

2.5 機器の装備・設置およびテスト

ICT 計測機器本体および周辺機器の装備・設置は、計測中に支障が生じないように確実にを行う必要がある。

装備・設置完了後は各機器の作動確認とテスト計測を行い、各機器の正常動作を確認する。

【解説】

(1) GNSS 精度確認

使用する GNSS 機器は、測量時に計測機器の測位のため使用する基準点測量、測位方法に関して、十分な精度を有していなければならない。

(2) 機器の取り付け

UAV に計測機器を取り付ける場合は、機器本体および周辺機器の位置関係を明確にし、計測中も位置関係は変化しない様に機器を取り付けるものとし、取り付け状況に変更があった場合、必ず再計測を行う。

2.6 計測・撮影

ブロック据付の完成形状の把握を目的とする場合については、完成形状が適切に把握できるデータの取得を目的に UAV を用いた計測を実施する。

また、消波ブロック据付の出来形計測を目的とする場合には、出来形管理が適切に実施できるデータの取得を目的に UAV を用いた計測を実施する。

【解説】

(1) ブロック据付の完成形状の把握

「ブロック据付の完成形状の把握」を目的とする場合の精度管理は、「作業規程の準則」、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」を参照して決定すること。

なお、取得点密度は、ブロック据付の完成形状を適切に把握できると考えられる「25 点以上/1.0m 平面格子」とする。

なお、水際部（水上部と水中部の境目）において、海象条件等により上記の取得点密度の確保が困難な場合には、監督職員と対応を協議する。

(2) 消波ブロック据付の出来形管理

「消波ブロック据付（水上部）の出来形管理」を目的とする場合の精度管理は、「作業規程の準則」、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」に従うものとする。

なお、UAV 写真測量における地上画素寸法、UAV レーザー計測における取得点密度は、表 2.6-1～表 2.6-2 に示すとおりとする。

① UAV 写真測量

UAV 写真測量を行う場合の位置精度は、「作業規程の準則」にもとづき表 2.6-1 のとおりとし、位置精度 0.05m 以内、地上画素寸法 0.01m 以内を標準とする。標準以外の位置精度等を採用する場合は、監督職員と協議を行い決定する。

取得点密度は、表 2.6-2 に示す UAV レーザー計測の要求点密度と同等の「100 点/m²以上」とするが、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 2.6-1 位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法	備考
0.05m 以内	0.01m 以内	標準とする
0.10m 以内	0.02m 以内	
0.20m 以内	0.03m 以内	

作業規程の準則 第 4 編 地形測量および写真測量（三次元点群測量） 第 3 章 UAV 写真点群測量

② UAV レーザー計測

UAV レーザー計測を行う場合の点密度と位置精度は、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」にもとづき、表 2.6-2 を標準とする。

なお、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 2.6-2 要求点密度と精度

点密度	精度 (標準値)
100 点/m ² 以上	全ての調整用基準点における較差±5cm 以内

「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル (案)」

2.7 計測における留意点

UAV を用いたブロック据付工の計測にあたっては、以下に示す事項に留意する。

【解説】

(1) UAV 写真測量

① 撮影計画

UAV 写真測量の撮影コースの方向は、計測対象範囲の形状を鑑みて、コース数の少ない方向を選定するが、比高の大きい場合や撮影日の風向にも影響される。

防波堤等のように、側面がある構造物の場合や消波ブロック等の複雑な構造物がある場合は、垂直写真だけでは側面の点密度が不足すること、および位置精度向上が期待されることから、斜め写真の撮影を加えて実施することを推奨する。

斜め写真は垂直写真と同一対象物を海側から撮影できるコースを設定し、写真の中心に対象施設が撮影されるようにする。

斜め撮影の同一コース内の隣接空中写真間は 80%以上、コース間隔は 60%以上とする。高度は垂直写真と斜め写真の地上画素寸法が概ね同等となるようにカメラの角度および高度を計算して設定する。なお、撮影においては単コース撮影では誤差が大きく出る傾向があることと、消波ブロックで 3次元の再現性が劣ることから、複数コースによる撮影を標準とする。

また、図 2.7-1 に示すように、少なくとも 1枚以上の空中写真が対象範囲の外側で撮影されるように計画する。地上画素寸法については、3次元データの利用目的や要求精度を考慮し、他の基準類などを参照し決定することができる。なお、海面は 3次元データ作成の際に障害となるため、図 2.7-2 に示すように 1枚の写真に写る水域部の割合は、極力少なくする。

UAV 撮影時の写真データの記録方式については、RAW 撮影を推奨とするが、JPEG 形式で記録しても良い。

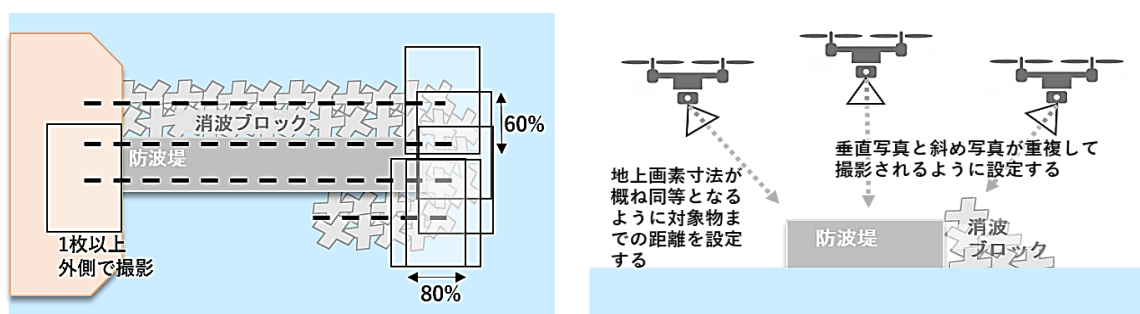


図 2.7-1 空中写真の撮影計画イメージ



※左の写真の方が1枚の写真に水部が少なく、望ましい

図 2.7-2 空中写真の撮影例（水域部の割合）

② 標定点・検証点の設置

「作業規程の準則」では、「標定点は、計測対象範囲を囲むように配置する点（外側標定点）および計測対象範囲内に配置する点（内側標定点）で構成する。」とされているが、作業の効率性・安全性の向上の観点から、消波ブロック据付（水上部）においては、「標定点は、100m 以内毎に防波堤幅の両端 2 列に外側標定点とその内側に 1 点の内側標定点を配置することを標準とする。また、検証点は 200m 間隔以内で最低 2 点以上設けることを標準とする。なお、検証点は標定点とは別に設置する必要がある。これらの標定点および検証点は消波ブロック上には配置しないこととする。」ただし、消波ブロックの離岸堤など上部工が無い構造の場合は、陸域に標定点および検証点を設置し、広域撮影を行うなどの対応も可能である。

UAV 写真測量の計測手法のうち、RTK 方式、ネットワーク型 RTK 方式、PPK 方式、自動追尾型トータルステーション方式を活用し、撮影時のカメラの位置情報を取得することが可能な場合は、標定点の配置は任意とすることができる。なお、検証点については、200m 間隔以内に最低 2 点以上設けて精度を評価するものとする。

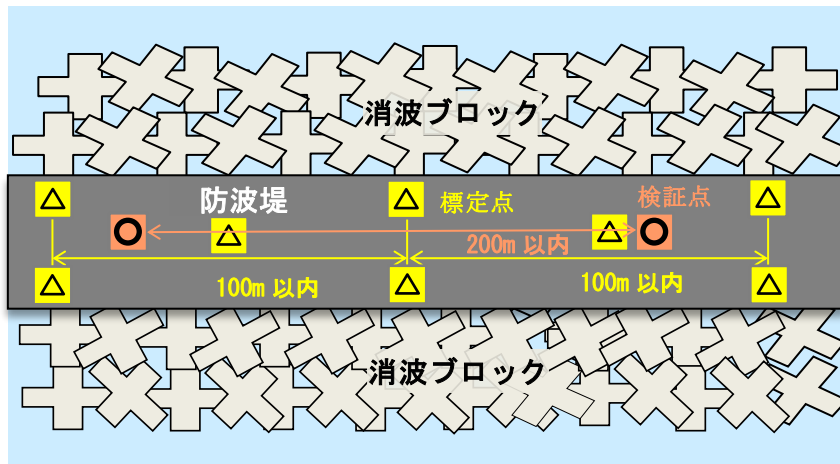


図 2.7-3 UAV 写真測量 標定点と検証点の設置イメージ

(2) UAV レーザー計測

UAV レーザー計測は、近赤外レーザーとグリーンレーザーと 2 種類に大別でき、いずれも UAV 写真測量とほぼ同等の精度で、水上部の構造物の計測が可能である。

近赤外レーザーの計測点密度や設置する調整点数などの決定については、使用する機器のスペックや、他の基準類を参照し決定すること。なお、検証点については、200m 間隔以内に最低 2 点以上設けることを標準とする。調整点を使用する場合や検証点の設置個所は防波堤天端上とし、消波ブロック上の設置は省略可とする。

水際部の計測においては、水上部および水際部の 3 次元点群データを同時に計測する UAV 搭載型グリーンレーザー計測器を用いることを推奨する。なお、グリーンレーザー計測では水質（濁り）や気象条件（潮位、波浪、砕波など）による影響を受けることから、事前に確認したうえで、計測作業を行うこと。また、グリーンレーザー計測器は水上部と水際部を同時に計測することができることから、計測点密度や調整点および検証点の配置については、水上部の内容に従って実施すること。

(3) その他

① 水際部（水上部と水中部の境目）での計測方法

水中部について同時にマルチビーム測深を実施する場合には、マルチビーム測深は満潮時に実施し、水上部の UAV を用いた計測は干潮時に実施する等、潮位差を利用して、可能な限り水際部の計測範囲を重複させ、シームレスに取得データを結合できるようにする。

また、マルチビーム測深と UAV を用いた計測で得られる 3 次元点群データ密度に差があることから、マルチビーム測深においては、測深時の船速を極力低速にして進行方向のデータギャップを小さくさせることや、構造物へビームを集約して高密度なデータを取得するよう、留意する必要がある。

2.8 計測性能・精度管理

UAV を用いた計測結果については、規定の精度を満足することを確認するものとする。

【解説】

精度検証は、「別紙 3」に示す方法により実施し、「精度確認試験結果報告書」に記録する。

なお、UAV 写真測量における地上画素寸法や要求精度、UAV レーザー計測における要求精度、並びに取得点密度の詳細については、本要領の「別紙 3」（第 3 章）を参照のこと。

2.9 データ解析

計測結果の補正を行った後、ノイズ等のエラーデータを除去した上で、地形を適切に表現した3次元点群データを作成するものとする。

【解説】

(1) データ解析

各方法により取得したデータは、解析ソフトを用いて補正やノイズ除去を行い、3次元点群データを作成する。

(2) UAV 写真測量における3次元形状復元計算

UAV 写真測量における3次元復元計算は、「作業規程の準則」にもとづき実施するものとする。

3次元点群データは、撮影した画像および標定点データを用いて、3次元形状復元計算ソフトを用いて作成する。

(3) ノイズ除去処理

ノイズの除去は、ある程度は解析ソフトにより統計的に除去することが出来るが、統計的な処理では限界があるため、最終的にはプロファイル表示し、手作業による除去作業を行う必要がある。判断に迷う場合には画像等を残し他測線の記録などから総合的に判断する。

(4) 計測データ編集時の留意点

各種補正データが正しく作成できている事が重要であるとともに、ICT計測機器における特徴的な誤差要因である現象が発生していないことを特に注意して確認する必要がある。

また、ノイズ除去によりデータ数が減少しても、必要データ数が確保されていることが必要である。

(5) 正データの作成

ブロック据付工の据付状況の把握には、UAVを用いた計測で得た全取得データを使用する。現状の地形の計測時には測線毎に、補正とノイズ処理を行った計測結果を対象区域全体でとりまとめ、水平位置と高さを記録した3次元点群データとして保存する。3次元点群データは、ブロック据付工に供するに十分な密度であることを確認する。

取得点密度確認の留意点について以下に示す。

- 「ブロック据付の完成形状の把握」を目的とする場合については、計測対象の全域に1.0m平面格子をかけ、その総平面格子数において25点以上の取得点密度が担保されていること。
- 「消波ブロック据付（水上部）の出来形管理」を目的とする場合については、計測対象の全域に1.0m平面格子をかけ、その総平面格子数において100点以上の取得点密度が担保されていること。
- 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- 縦断図、横断図により凹凸等の形状を面的に把握するのに支障がない場合は、監督職員と対応を協議したうえで管理図面とする。

2.10 データ管理

取得データは、測線毎に補正とノイズ処理を行った計測データ結果を対象区域全体でとりまとめ、水平位置と高さを記録した3次元点群データとして保存する。正データ（3次元点群データ）のほか、各種補正データなどをとりまとめ保存するものとする。

【解説】

(1) データの保存

取得オリジナルデータ（3次元点群データ）のほか、各種補正データなどをメタデータとしてとりまとめ、保存するものとする。

(2) データの変換

収録データ（3次元点群データ）は、一般的に使用される点群処理ソフトウェアで読み込み可能な形式と想定される平面位置（ x, y ）と、基準面からの高さ（ z ）（3次元設計データに使用する際は、水深値には z に－（マイナス）符号を加える必要がある。）を記録したスペース区切り、あるいはカンマ区切りのテキスト形式で保存するものとする。

この際の保存するデータは、データの並び順は、数学座標の x, y （測量座標の y, x ）、 z とし、 z はC.D.L= ± 0 を基準として、基準下はマイナス、基準上はプラス表記とする。

別紙 3 計測性能および精度管理

別紙 3 計測性能および精度管理

目次

第 1 章 浚渫工.....	1
1.1 面管理	1
1.1.1 計測性能および精度管理	1
第 2 章 基礎工.....	4
2.1 面管理	4
2.1.1 計測性能および精度管理	4
2.2 施工履歴データを用いた管理	5
2.2.1 計測性能および精度管理	5
第 3 章 ブロック据付工.....	6
3.1 面管理	6
3.1.1 計測性能および精度管理	6
3.2 ブロック据付の完成形状の把握	8
3.2.1 計測性能・精度管理	8
第 4 章 海上地盤改良工（床掘工・置換工）.....	9
4.1 面管理	9
4.1.1 計測性能および精度管理	9
4.2 施工履歴データを用いた管理	10
4.2.1 計測性能および精度管理	10
第 5 章 本体工（ケーソン据付工）.....	11
5.1 施工管理システムを用いた管理	11
5.1.1 計測性能および精度管理	11

第1章 浚渫工

1.1 面管理

1.1.1 計測性能および精度管理

マルチビーム測深に関する以下の計測性能の確認、精度管理を行わなければならない。

(1) GNSS 精度確認

- ・「平成 14 年海上保安庁告示第 102 号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』による。

(2) 測深データの精度確認

- ・検測（水路測量業務準則施行細則）における測深精度の検証）
- ・精度管理

(3) 取得点密度

3 点以上/1.0m 平面格子、達成率 99%以上（CUBE 処理によらない）

5 点以上/1 グリッド、達成率 95%以上（CUBE 処理による）

ただし、海象条件や特殊な地形などの諸条件より、上記の精度・性能を満たすことが難しいと判断される場合は、特記仕様書にて変更することができる。

【解説】

(1) GNSS 精度確認

測深時に使用する基準点測量、海上測位方法に関して、十分な精度を有していなければならない。

GNSS は、測量実施前に精度確認を行い、「平成 14 年海上保安庁告示第 102 号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』を満たしていることを確認しなければならない。

なお、浚渫工において CUBE 処理を行う場合は、原則としてネットワーク型 RTK 法または後処理キネマティック法もしくは同等以上の測定精度の手法を用いなければならない。

精度確認の結果は、本要領の「巻末資料」（資料 2）に示す様式「GNSS 精度確認結果」に取りまとめる。

【参考】

本章では使用する GNSS の測位方法について規定していない。しかし、出来形管理基準を満たすためには最終点群データが適切に再現可能な精度が確保できる測位精度を有するシステムを使用する必要がある。使用する GNSS 機器は、使用にあたり発注者の承諾を事前に受けることが一般的である。

(2) 測深データの精度確認

マルチビームを用いた深浅測量の測定結果を検定するために、音響ビームの重複部のデータによる比較や、照査線（各測深線と交差する測深線）を計画し交差するデータとの比較検証を行い、規定の精度を確認するものとする。

① 検測

i) データの検証方法

収録データの検証は、「水路測量業務準則施行細則」で定められた測深精度の検証方法のとおりとし、測定誤差の限度は、「平成 14 年 海上保安庁告示第 102 号」で定められたとおりとする。照査線の間隔は、測深線間隔の 15 倍を標準とする。ただし、海象条件や特殊な地形などの諸条件により、基準を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。

「水路測量業務準則施行細則」における測深精度の検証の方法を示す。

第 8 章 水深測量

第 2 節 測深の方法

3. スワス音響測深機

(1) スワス音響測深機の精度は、第 1 項第 2 号の基本性能を満たすとともに次の精度を満たすものとする。

ハ ビームフォーミングによる測深精度は砂地の平坦な海底を利用して測量船を停船させ 200 ピング以上を取得し、そのビーム毎の水深の平均から標準偏差を算出し、標準偏差の 2 倍(誤差)の値が告示別表二の事項「水深」の項目「深さの測定の誤差の限度」以内であること。

第 3 節 測深作業

3. スワス音響測深機

(4) スワス音響測深機による測深作業は、第 1 号および本号の規定によるほか次による。

イ 現地作業における測深精度を検証するため、起伏のある海域において、左右のビームが 100%重複するように 2 本の平行な測深線（井桁のような測深線）を走行（以下「井桁走行」という）し、1 日 1 回以上データを取得するものとする。ただし送受波機が船底装備となっている場合は、測量作業毎に最低 1 回の実施でよい。

② 精度管理

i) バイアス値の算出

バイアス値は、パッチテストにより求める。パッチテストは複数の測深結果を統計的に処理し、重複する箇所での地形再現性からバイアス値を求めるものである。

なお、浚渫工において CUBE 処理を行う場合には、送受波器の各種バイアス値が 0.01 度位まで求められていなければならない。

パッチテストにより求められたバイアス値は、マルチビーム測深システム点検簿に記入すると共に解析ソフトウェアに入力し適用する。

ii) 測深値の補正用データ

マルチビーム測深機により測深したデータについては、海上測位データとの関係づけ、水中音速度、潮位、動揺データ等で補正を行うため、必要な精度で必要な情報が取得されていなければならない。各測深点データを標準化するデータ解析には、解析ソフトウェアを使用するが、測深データおよび測深時の補正データがソフトウェア上に適切に読み込まれていることを確認する必要がある。

iii) 測深精度管理チェックシートの作成

各機器の設定が的確に行われていること、各種補正データが適切に反映されていることを確認するために「測深精度管理チェックシート」を作成する。測深精度管理チェックシートには、GNSS 精度確認結果、マルチビーム測深システム点検簿（オフセット値、パッチテスト結果等を含む）、各種補正記録簿（音速度測定記録、検潮記録）、測深精度管理表（照査線による検測結果）を添付するものとする。

チェックシートについては、本要領の「参考資料」（資料 2）に示す様式「測深精度管理チェックシート」を参照すること。

(3) 取得点密度

取得点密度は、表 1.1-1 のとおりとする。

なお、海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。

表 1.1-1 CUBE 水深のグリッドサイズ

工種	管理区分	処理区分	取得点密度
浚渫工	面管理	CUBE 処理によらない	3 点以上/1.0m 平面格子 達成率 99%以上
		CUBE 処理による	5 点以上/1 グリッド ※グリッドサイズは下表参照 達成率 95%以上

※CUBE 水深のグリッドサイズ

水深区分	グリッドサイズ
0～10m	0.25m
10～20m	0.5m
20～30m	1.0m

第2章 基礎工

2.1 面管理

2.1.1 計測性能および精度管理

マルチビーム測深に関する以下の計測性能の確認、精度管理を行わなければならない。

(1) GNSS 精度確認

・「平成14年海上保安庁告示第102号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』による。

(2) 測深データの精度確認

(3) 取得点密度

3点以上/1.0m 平面格子、達成率99%以上

【解説】

計測性能および精度管理の詳細は、「第1章 浚渫工」を参照のこと。

ただし、「(2) 測深データの精度確認」については、水路測量に係る事項を除くものとする。

2.2 施工履歴データを用いた管理

2.2.1 計測性能および精度管理

施工履歴データによる出来形計測で利用する重錘式均し機の施工管理システムは、下記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であること。受注者は、本要領にもとづいて出来形管理を行う場合は、利用する施工履歴データの精度について、監督職員に提出する。

以下に、出来形管理で利用する施工履歴データに要求される精度基準を示す。

【施工管理システムの計測精度】鉛直(z)：±20mm 以内

【解説】

(1) 計測性能

計測位置の取得精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ・自動追尾式 TS の位置精度
- ・自動追尾式 TS および計測対象物の寸法計測誤差
- ・プリズムの取付け不良およびガタツキ
- ・ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における計測精度確認試験により精度管理を行う必要がある。重錘式均し機の施工管理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、着工前に本要領の「参考資料」(資料 4) に示す様式「計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に従い、計測精度確認試験(キャリブレーション)を実施し、その結果について、様式「計測精度確認試験結果報告書」を用いて記録する。記録結果は、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

なお、自動追尾式 TS 本体は国土地理院 3 級以上あるいは、同等以上の計測性能を有することとする。自動追尾式 TS の計測性能は、国土地理院 3 級以上の認定品であることを示すメーカーのカタログあるいは機器仕様書で確認することができる。また、国土地理院において測量機器の検定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、およびこれに準ずる日本測量機器工業会規格 JSIMA101/102 による適合区分 B 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 3 級以上であることが明記されている場合は 3 級と同等以上と見なすことができ、国土地理院による登録は不要である。

国土地理院で規定がない自動追尾式 TS を利用する場合は、本要領の「参考資料」(資料 4) に示す様式「自動追尾式 TS の計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に示す計測精度確認試験を実施し、その結果については、様式「自動追尾式 TS の計測精度確認試験結果報告書」を用いて記録する。記録結果は監督職員に提出する。

(2) 精度管理

自動追尾式 TS の精度管理が適正に行われていることを確認する書類を提出する。

例えばメーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書または検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書で確認することができる。

第3章 ブロック据付工

3.1 面管理

3.1.1 計測性能および精度管理

消波ブロック据付工の出来形管理で利用する UAV を用いた計測では、下記の計測性能を有し、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、本要領にもとづいて出来形管理を行う場合は、利用する UAV を用いた計測を実施するための機器の性能について監督職員に提出すること。以下に、計測性能を示す。

【UAV 写真測量の場合（標準）】

- ・点密度 : 100 点/m²以上
- ・位置精度 : 0.05m 以内
- ・地上画素寸法 : 0.01m 以内

【UAV レーザー計測の場合（標準）】

- ・点密度 : 100 点/m²以上
- ・位置精度 : ±5cm（全ての調整用基準点における較差）

【解説】

(1) 消波ブロック据付（水上部）の出来形管理

精度検証は、以下の資料に従い精度の検証を実施し、実施結果を本要領の「参考資料」（資料 3）に示す様式「精度確認試験結果報告書」に記録する。

- ・「作業規程の準則」
- ・「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」

なお、UAV 写真測量における地上画素寸法や要求精度、UAV レーザー計測における要求点密度や要求精度は、表 3.1-1～表 3.1-2 のとおりとする。

① UAV 写真測量

UAV 写真測量を行う場合の位置精度は、「作業規程の準則」にもとづき表 3.1-1 のとおりとし、位置精度 0.05m 以内、地上画素寸法 0.01m 以内を標準とする。標準以外の位置精度等を採用する場合は、監督職員と協議を行い決定する。

取得点密度は、表 3.1-2 に示す UAV レーザー計測の要求点密度と同等の「100 点/m²以上」とするが、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 3.1-1 位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法	備考
0.05m 以内	0.01m 以内	標準とする
0.10m 以内	0.02m 以内	
0.20m 以内	0.03m 以内	

作業規程の準則 第 4 編 地形測量および写真測量（三次元点群測量） 第 3 章 UAV 写真点群測量

② UAV レーザー計測

UAV レーザー計測を行う場合の点密度と位置精度は、「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」にもとづき、表 3.1-2 を標準とする。

なお、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

表 3.1-2 要求点密度と精度

点密度	精度（標準値）
100 点/m ² 以上	全ての調整用基準点における較差±5cm 以内

「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」

3.2 ブロック据付の完成形状の把握

3.2.1 計測性能・精度管理

ブロック据付工の完成形状の把握におけるマルチビーム計測または UAV を用いた計測では、下記の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。

【解説】

(1) 水中部

水中部の計測性能・精度管理については、「第1章 浚渫工」を参考とするものとし、実施結果を本要領の「参考資料」（資料2）に示す様式「測深精度管理チェックシート」に記録する。

ただし、水路測量に係る事項を除くものとする。

(2) 水上部

精度検証は、以下の資料に従い精度の検証を実施し、実施結果を本要領の「参考資料」（資料3）に示す様式「精度確認試験結果報告書」に記録する。

なお、UAV 写真測量における地上画素寸法や要求精度、UAV レーザー計測における要求点密度や要求精度については、以下の要領を参照して決定すること。

- ・「作業規程の準則」
- ・「UAV 搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」

第4章 海上地盤改良工（床掘工・置換工）

4.1 面管理

4.1.1 計測性能および精度管理

マルチビーム測深に関する以下の計測性能の確認、精度管理を行わなければなら**ない**。

(1) GNSS 精度確認

「平成 14 年海上保安庁告示第 102 号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』による。

(2) 測深データの精度確認

(3) 取得点密度

3 点以上/1.0m 平面格子、達成率 99%以上

【解説】

計測性能および精度管理の詳細は、「第 1 章 浚渫工」を参照のこと。

ただし、「(2) 測深データの精度確認」については、水路測量に係る事項を除くものとする。

4.2 施工履歴データを用いた管理

4.2.1 計測性能および精度管理

使用するグラブ浚渫船本体は下記の測位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こと。受注者は、本要領にもとづいて出来形管理を行う場合は、利用する出来形管理データの精度について、監督職員に提出する。

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。

【施工管理システムの計測精度】

施工管理システムにおける水平位置の精度は、海上地盤改良工に係るマルチビーム計測における GNSS の水平位置の精度を準じるものとし、「平成 14 年海上保安庁告示第 102 号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』による。

【解説】

(1) 計測性能

グラブ浚渫船の位置の計測精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ・ RTK-GNSS の位置精度
- ・ ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における計測精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

(2) 精度管理

グラブ浚渫船の施工管理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、着工前に本要領の「参考資料」（資料 5）に示す様式「計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に従い、計測精度確認試験（キャリブレーション）を実施し、その結果については、様式「計測精度確認試験結果報告書」を用いて記録する。結果については、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

なお、施工管理システムに係る計測機器は、例えば、メーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書または検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録で確認することができる。

第5章 本體工（ケーソン据付工）

5.1 施工管理システムを用いた管理

5.1.1 計測性能および精度管理

出来形管理データによる出来形計測で利用する ICT 機器本体は下記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であること。受注者は、本要領にもとづいて出来形管理を行う場合は、利用する出来形管理データの精度について、監督職員に提出する。以下に、出来形管理で利用する出来形管理データに要求される精度基準を示す。

- ・ TS : 平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±20mm 以内
- ・ GNSS : 平面座標 ±20mm 以内 標高差 ±30mm 以内

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。

注) 国土交通省 公共測量作業規程参照

【解説】

(1) 計測性能

ICT 機器の位置の計測精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ① TS または RTK-GNSS の位置精度
- ② TS、RTK-GNSS および角度センサー位置間の寸法計測誤差
- ③ 角度センサーによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における計測精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

(2) 精度管理

ICT 機器の管理が適正に行われていることを確認する書類を提出する。例えば、メーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書または検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録で確認することができる。

(3) 事前の計測精度確認

ICT 機器を用いた施工に着手する前に、本要領の「参考資料」（資料 6）に示す様式「計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書」に従って計測精度確認試験を実施し、その結果については、様式「計測精度確認試験結果報告書」を用いて記録し、提出する。

参考資料

チェックシート・精度管理表等

番号	資料名	工種	区分
資料 1	3次元設計データチェックシート		
資料1-1	3次元設計データチェックシート	海上地盤改良工	面管理
資料1-2	3次元設計データチェックシート	基礎工、ブロック据付工	
資料1-3	3次元設計データチェックシート	基礎工、海上地盤改良工	施工履歴データ
資料 2	マルチビーム計測に係る測深精度管理チェックシート		
資料2-1	測深精度管理チェックシート (測深精度管理チェックシートに添付する資料)		マルチビーム計測
資料2-2-1	GNSS精度確認結果	浚渫工、 基礎工、 海上地盤改良工、 ブロック据付工	
資料2-2-2	マルチビーム測深システム点検簿		
資料2-2-3	音速度測定簿		
資料2-2-4	検潮記録簿		
資料2-2-5	マルチビーム測深精度管理表①		
	(CUBE処理を行う場合に参考となる設定項目等)		
資料2-3-1	補再測確認シート	浚渫工	
資料2-3-2	CUBE処理設定確認シート		
資料2-3-3	CUBE処理チェックシート		
資料 3	UAVを用いた計測に係る精度確認試験		
資料3-1-1	カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書	ブロック据付工	UAVを用いた計測
資料3-1-2	レーザー測量精度確認試験結果報告書		
資料 4	施工履歴データを用いた管理(基礎工)に係るチェックシート等		
資料4-1	施工目標位置データチェックシート (計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書)	基礎工	施工履歴データ
資料4-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書		
資料4-2-2	計測精度確認試験結果報告書 (自動追尾式TSの計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書)		
資料4-3-1	自動追尾式TSの計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書		
資料4-3-2	自動追尾式TSの計測精度確認試験結果報告書		
資料 5	施工履歴データを用いた管理(海上地盤改良工)に係るチェックシート等		
資料5-1	施工目標位置データチェックシート (計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書)	海上地盤改良工	施工履歴データ
資料5-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書		
資料5-2-2	計測精度確認試験結果報告書		
資料 6	施工管理システムを用いた管理(本体工)に係るチェックシート等		
資料6-1	据付目標位置データチェックシート (計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書)	本体工	施工管理システム
資料6-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書		
資料6-2-2	計測精度確認試験結果報告書		

参考資料 チェックシート・精度管理表等

目次

資料 1	3次元設計データチェックシート	1
資料 1-1	3次元設計データチェックシート（浚渫工、海上地盤改良工／面管理）	1
資料 1-2	3次元設計データチェックシート（基礎工、ブロック据付工／面管理）	2
資料 1-3	3次元設計データチェックシート（施工履歴データを用いた管理）	3
資料 2	マルチビーム計測に係る測深精度管理チェックシート	4
資料 2-1	測深精度管理チェックシート	4
資料 2-2	測深精度管理チェックシートに添付する資料	5
資料 2-2-1	GNSS 精度確認結果	5
資料 2-2-2	マルチビーム測深システム点検簿	7
資料 2-2-3	音速度測定簿	8
資料 2-2-4	検潮記録簿	9
資料 2-2-5	マルチビーム測深精度管理表	10
資料 2-3	CUBE 処理を行う場合に参考となる設定項目等	13
資料 2-3-1	補再測確認シート	13
資料 2-3-2	CUBE 処理設定確認シート	14
資料 2-3-3	CUBE 処理チェックシート	15
資料 3	UAV を用いた計測に係る精度確認試験	16
資料 3-1-1	カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書	16
資料 3-1-2	レーザー測量精度確認試験結果報告書	18
資料 4	施工履歴データを用いた管理（基礎工）に係るチェックシート等	20
資料 4-1	施工目標位置データチェックシート	20
資料 4-2	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	21
資料 4-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	21
資料 4-2-2	計測精度確認試験結果報告書	23
資料 4-3	自動追尾式 TS の計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	24
資料 4-3-1	自動追尾式 TS の計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	24
資料 4-3-2	自動追尾式 TS の計測精度確認試験結果報告書	26
資料 5	施工履歴データを用いた管理（海上地盤改良工）に係るチェックシート等	27
資料 5-1	施工目標位置データチェックシート	27

資料 5-2	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	28
資料 5-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	28
資料 5-2-2	計測精度確認試験結果報告書	29
資料 6	施工管理システムを用いた管理（本体工）に係るチェックシート等	30
資料 6-1	据付目標位置データチェックシート	30
資料 6-2	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	31
資料 6-2-1	計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書	31
資料 6-2-2	計測精度確認試験結果報告書	33

資料 1 3次元設計データチェックシート

資料1-1 3次元設計データチェックシート（浚渫工、海上地盤改良工／面管理）

日 付： 年 月 日

業 務 名：

受注機関：

作 成 者：

3次元設計データチェックシート

項 目	対 象	内 容	点 検 結 果
1) 平面線形	全延長	①起点・終点の座標は正しいか	
		②法面余掘、底面余掘等の変化点の座標は正しいか	
		③その他、構造物等の座標は正しいか	
2) 縦断面形状	全延長	①縦断面形状の起点・終点の水深は正しいか	
		②縦断変化点の水深は正しいか	
		③その他、構造物等の水深は正しいか	
3) 横断面形状	全延長	①横断面形状の起点・終点の位置は正しいか	
		②作成した横断面形状は正確に反映されているか	
		③法面余掘幅、底面余掘厚等、水深は正しいか	
4) 3次元設計データ	3次元	①入力した 1)～3)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○または×を記すこと。

※2 上記を確認した際に用いた下記資料もあわせて提出すること。

- ・数量算出断面資料
- ・平面図
- ・縦断図
- ・横断図

※上記以外に分かりやすい資料がある場合は、これに替えることができる。

日 付： 年 月 日

工 事 名： _____

受注機関： _____

作 成 者： _____

3次元設計データチェックシート

項 目	対 象	内 容	点 検 結 果
1) 平面線形	全延長	①起点・終点の座標は正しいか	
		②変化点の座標は正しいか	
		③その他、構造物等の座標は正しいか	
2) 縦断線形	全延長	①起点・終点の高さは正しいか	
		②変化点の高さは正しいか	
		③その他、構造物等の高さは正しいか	
3) 横断形状	全延長	①起点・終点の位置は正しいか	
		②作成した横断形状は正確に反映されているか	
		③天端幅、高さ、勾配は正しいか	
4) 3次元設計データ	3次元	①入力した 1)～3)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○または×を記すこと。

※2 上記を確認した際に用いた下記資料もあわせて提出すること。

- ・数量算出断面資料
- ・平面図
- ・縦断図
- ・横断図

※上記以外に分かりやすい資料がある場合は、これに替えることができる。

資料1-3 3次元設計データチェックシート（施工履歴データを用いた管理）

令和 年 月 日

工事名： _____

受注者名： _____

作成者： _____

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) 基準点および基準面	全点	・ 監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・ 工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・ 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？	
		・ 変化点の座標は正しいか？	
		・ 各測点の座標は正しいか	
3) 縦断線形	全延長	・ 線形の起終点の測点、水深は正しいか？	
		・ 縦断変化点の測点、水深は正しいか？	
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1)～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“○”を記すこと。

※2 該当項目のデータ入力がない場合は、チェック結果に“－”と記すこと。

資料 2 マルチビーム計測に係る測深精度管理チェックシート

資料2-1 測深精度管理チェックシート

【深淺測量精度管理チェックシート】		品質証明者:		印		(期間: 年 月 日 ~ 年 月 日)	
確認項目	確認資料	確認内容	確認日	確認者	確認結果 確認結果(コメント)	備考	
1. 使用するGNSSの測位精度	GNSS精度確認結果	実際に使用した機器である 観測基準点の既知座標値と観測平均座標値の差が示されている 最終成果を作成するに当たり十分な精度を有している 必要な時間、データ数が観測されている 記入に漏れがない	/				
2. 測深機器の取付状況	マルチビームシステム点検簿	マルチビーム測深機および周辺機器が適切に構築されている 各計測機器の位置関係が適切に計測・記録されている パッチテスト結果が正しく記録されている	/				
3. 水中音速度の計測結果	水中音速度測定簿	必要水深までの計測が出来ている グラフがなめらかで異常値が含まれていない 適切な間隔で記録が計測されている	/				
4. 潮位記録	潮位記録	作業開始時刻から終了時刻までの記録が記入されている 港湾管理者が定める港湾管理用基準面からの潮位である 潮位変動がなめらかであり、極端な変動(スライク的なエラー)や副振動が無い	/				
5. 測深精度	検測(測深精度)管理表	適切な間隔で検測が行われている 検測との差が海上保安庁告示102号に定められた誤差以内である	/				

資料2-2-1 GNSS 精度確認結果

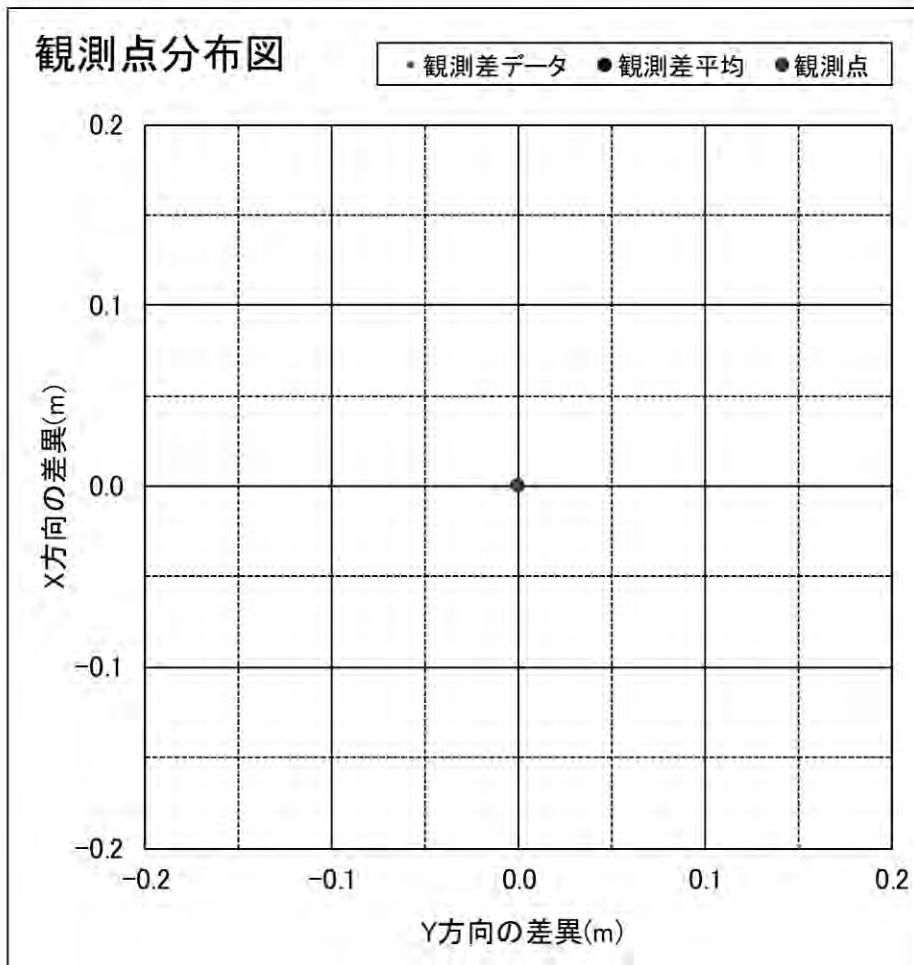
1. GNSS精度確認結果

	作業実施日	平成 年 月 日
	作業実施者	
	使用機器名称	

基準点「〇〇」において、使用するGNSSを設置し観測を実施した。
 データの取得は1秒毎に、600個(10分間)のデータを取得した。
 下表により、GNSSによる観測は本測量の精度を満たしている。

	世界測地 X	世界測地 Y
既知点座標		
平均値座標		
(観測平均)-(既知)		

観測点分布図

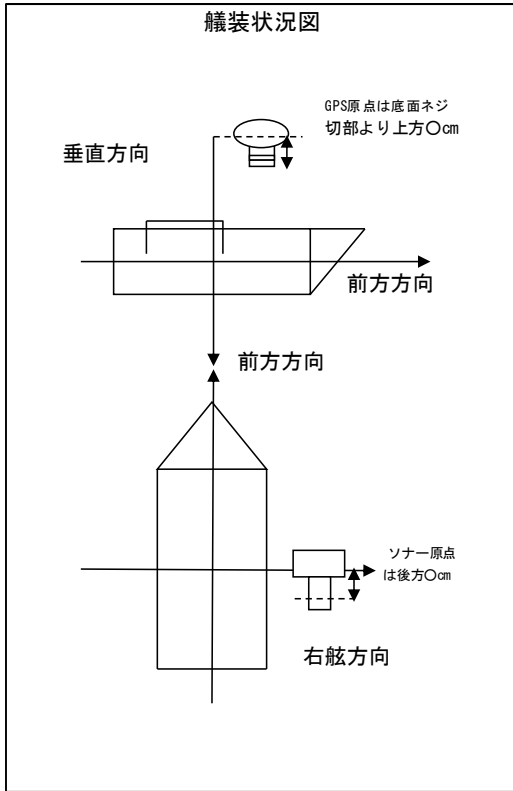


2. マルチビーム測深システム点検簿

工事名 : _____

実施年月日 : _____

インストレーションの測定



各機器の艀装状況 (installation offsets)

単位 : m	前方(X)	右舷(Y)	下方(Z)
水中ヘッド			
動揺計測装置			
RTK-GNSS			

※右舷がX軸、前方がY軸のプラス方向

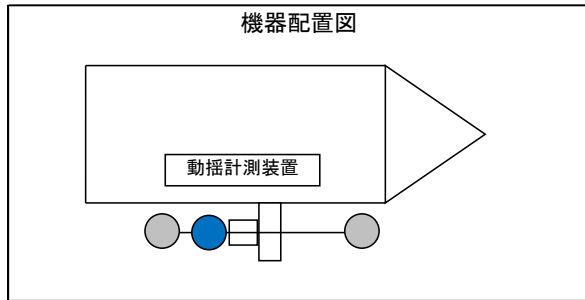
慣性ジャイロ Instllation1

単位 : m	前方(X)	右舷(Y)	下方(Z)
動揺計測装置⇒基準アンテナ			

※慣性ジャイロは前方がX軸、右舷がY軸のプラス方向

慣性ジャイロ Instllation2

単位 : m	前方または右舷
基準アンテナ⇒第2アンテナ	



<メモ>

資料2-2-4 検潮記録簿

4. 検潮記録簿

平成〇〇年×月×日		時刻	潮高(m)		時刻	潮高(m)		時刻	潮高(m)	
潮位基準面			観測値	校正値		観測値	校正値		観測値	校正値
T.P.=±0.00 (m)		5:00	0.53	0.52	10:00	-0.71	-0.71	15:00		
		5:10	0.50	0.49	10:10	-0.72	-0.72	15:10		
		5:20	0.46	0.45	10:20	-0.73	-0.72	15:20		
時刻	潮高(m)	5:30	0.42	0.41	10:30	-0.73	-0.72	15:30		
0:00		5:40	0.37	0.37	10:40	-0.71	-0.71	15:40		
1:00		5:50	0.31	0.32	10:50	-0.71	-0.70	15:50		
2:00		6:00	0.27	0.28	11:00	-0.70	-0.69	16:00		
3:00		6:10	0.22	0.23	11:10	-0.67	-0.67	16:10		
4:00		6:20	0.18	0.18	11:20	-0.65	-0.65	16:20		
5:00		6:30	0.13	0.13	11:30	-0.63	-0.63	16:30		
6:00		6:40	0.06	0.07	11:40	-0.60	-0.60	16:40		
7:00		6:50	0.02	0.02	11:50	-0.56	-0.56	16:50		
8:00		7:00	-0.04	-0.03	12:00	-0.53	-0.53	17:00		
9:00		7:10	-0.09	-0.09	12:10	-0.49	-0.49	17:10		
10:00		7:20	-0.14	-0.14	12:20	-0.45	-0.45	17:20		
11:00		7:30	-0.21	-0.19	12:30	-0.39	-0.40	17:30		
12:00		7:40	-0.25	-0.24	12:40	-0.34	-0.35	17:40		
13:00		7:50	-0.29	-0.29	12:50	-0.29	-0.30	17:50		
14:00		8:00	-0.34	-0.34	13:00	-0.24	-0.25	18:00		
15:00		8:10	-0.38	-0.39	13:10	-0.20	-0.20	18:10		
16:00		8:20	-0.43	-0.43	13:20	-0.15	-0.14	18:20		
17:00		8:30	-0.48	-0.48	13:30	-0.09	-0.09	18:30		
18:00		8:40	-0.51	-0.52	13:40	-0.04	-0.03	18:40		
19:00		8:50	-0.55	-0.55	13:50	0.03	0.03	18:50		
20:00		9:00	-0.58	-0.59	14:00	0.08	0.08	19:00		
21:00		9:10	-0.62	-0.62	14:10	0.13	0.14	19:10		
22:00		9:20	-0.64	-0.64	14:20	0.19	0.20	19:20		
23:00		9:30	-0.67	-0.67	14:30	0.26	0.25	19:30		
計		9:40	-0.69	-0.68	14:40	0.32	0.31	19:40		
平均		9:50	-0.69	-0.70	14:50	0.36	0.36	19:50		

高 潮	h	m	m	低 潮	h	m	m
	h	m	m		h	m	m

MEMO	読取者	〇〇	校正者	××
------	-----	----	-----	----

現場名: 〇〇地形測量
 検潮所: △△検潮所

〇
〇
株式会社

資料2-2-5 マルチビーム測深精度管理表

マルチビーム測深精度確認表（照査線）

実施測線		Co. ○○		点検者： ○○ ○○	
測定誤差の限度：海上保安庁告示第102号のとおり					
始点からの距離	水深		較差	判定	
	本測	照査線	本測-照査線		
15	-5.140	-5.240	0.10	OK	
20	-6.740	-6.709	-0.03	OK	
25	-7.940	-7.876	-0.06	OK	
30	-8.740	-8.763	0.02	OK	
35	-9.140	-9.138	0.00	OK	
40	-9.340	-9.335	-0.01	OK	
45	-9.540	-9.514	-0.03	OK	
50	-9.640	-9.641	0.00	OK	
55	-9.740	-9.773	0.03	OK	
60	-9.840	-9.913	0.07	OK	
65	-10.140	-10.134	-0.01	OK	
70	-10.540	-10.521	-0.02	OK	
75	-11.040	-11.067	0.03	OK	
80	-11.840	-11.806	-0.03	OK	
85	-12.740	-12.710	-0.03	OK	
90	-13.740	-13.747	0.01	OK	
95	-14.640	-14.633	-0.01	OK	
100	-14.940	-14.997	0.06	OK	
105	-15.140	-15.215	0.08	OK	
110	-15.140	-15.262	0.12	OK	
115	-15.240	-15.367	0.13	OK	
120	-15.340	-15.405	0.06	OK	
125	-15.440	-15.489	0.05	OK	
130	-15.540	-15.595	0.06	OK	
135	-15.640	-15.667	0.03	OK	
140	-15.640	-15.666	0.03	OK	
145	-15.640	-15.709	0.07	OK	
150	-15.640	-15.770	0.13	OK	
155	-15.740	-15.795	0.06	OK	
160	-15.740	-15.809	0.07	OK	
165	-15.740	-15.861	0.12	OK	
170	-15.840	-15.905	0.06	OK	
175	-15.840	-15.890	0.05	OK	
180	-15.840	-15.919	0.08	OK	
185	-15.840	-15.950	0.11	OK	
190	-16.040	-16.052	0.01	OK	
195	-16.040	-16.080	0.04	OK	
200	-16.140	-16.162	0.02	OK	
205	-16.140	-16.185	0.05	OK	
210	-16.140	-16.192	0.05	OK	
215	-16.140	-16.209	0.07	OK	
220	-16.240	-16.260	0.02	OK	
225	-16.240	-16.256	0.02	OK	
230	-16.240	-16.262	0.02	OK	
235	-16.240	-16.335	0.09	OK	
240	-16.340	-16.419	0.08	OK	
245	-16.540	-16.524	-0.02	OK	
250	-16.540	-16.580	0.04	OK	
255	-16.540	-16.580	0.04	OK	
260	-16.640	-16.684	0.04	OK	
265	-16.640	-16.710	0.07	OK	

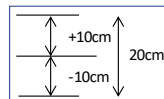
資料 2-2-5 マルチビーム測深精度管理表②

マルチビーム測深機精度管理表（井桁計測）

実施日： ○○○○年○○月○○日
 格子間隔： 0.5m
 実施測線： 測線1 測線2
 測線3 測線4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0.05	0.16	0.09	0.04	0.13	0.14	0.14	0.16	0.05	0.02	0.16	0.03	0.10	0.11	0.11	0.05	0.23	0.11	0.11	0.16	0.09
1	0.10	0.11	0.13	0.04	0.10	0.06	0.14	0.14	0.09	0.14	0.11	0.09	0.12	0.18	0.14	0.16	0.17	0.12	0.17	0.05	0.11
2	0.14	0.16	0.04	0.16	0.03	0.08	0.04	0.14	0.11	0.13	0.11	0.08	0.25	0.11	0.04	0.14	0.05	0.04	0.11	0.09	0.09
3	0.11	0.11	0.15	0.12	0.17	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11	0.06	0.17	0.04	0.15	0.17	0.15	0.04	0.10	0.17	0.17	0.14
4	0.04	0.13	0.08	0.12	0.08	0.14	0.17	0.17	0.14	0.14	0.11	0.12	0.14	0.07	0.14	0.17	0.05	0.01	0.07	0.11	0.15
5	0.13	0.13	0.00	0.12	0.08	0.15	0.16	0.14	0.12	0.13	0.10	0.05	0.18	0.09	0.05	0.05	0.05	0.11	0.05	0.03	0.08
6	0.06	0.09	0.08	0.14	0.10	0.14	0.06	0.11	0.10	0.11	0.06	0.23	0.10	0.07	0.04	0.08	0.17	0.12	0.15	0.12	0.03
7	0.07	0.14	0.12	0.06	0.15	0.07	0.17	0.12	0.09	0.14	0.07	0.07	0.08	0.05	0.03	0.06	0.16	0.13	0.07	0.12	0.09
8	0.05	0.14	0.09	0.13	0.06	0.04	0.17	0.14	0.10	0.29	0.06	0.13	0.10	0.17	0.12	0.10	0.17	0.16	0.11	0.10	0.12
9	0.09	0.04	0.10	0.03	0.05	0.11	0.13	0.15	0.12	0.14	0.11	0.16	0.06	0.13	0.08	0.11	0.09	0.12	0.08	0.13	0.11
10	0.24	0.14	0.13	0.13	0.16	0.06	0.13	0.14	0.15	0.09	0.12	0.15	0.14	0.09	0.14	0.11	0.14	0.06	0.18	0.10	0.21
11	0.14	0.13	0.13	0.09	0.16	0.17	0.18	0.13	0.15	0.09	0.14	0.07	0.14	0.11	0.12	0.10	0.05	0.07	0.13	0.05	0.10
12	0.12	0.09	0.12	0.17	0.14	0.15	0.12	0.15	0.15	0.10	0.07	0.08	0.11	0.16	0.15	0.08	0.18	0.08	0.15	0.12	0.14
13	0.18	0.17	0.15	0.08	0.18	0.12	0.17	0.12	0.09	0.13	0.18	0.11	0.07	0.12	0.05	0.14	0.05	0.14	0.14	0.14	0.09
14	0.07	0.07	0.14	0.13	0.12	0.16	0.15	0.10	0.06	0.09	0.09	0.16	0.10	0.17	0.14	0.07	0.05	0.17	0.14	0.15	0.12
15	0.11	0.14	0.11	0.12	0.17	0.13	0.11	0.12	0.13	0.07	0.10	0.13	0.14	0.07	0.12	0.14	0.12	0.14	0.10	0.11	0.09
16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.14	0.11	0.04	0.16	0.18	0.07	0.11	0.14	0.07	0.12	0.18	0.11	0.09	0.12	0.18	0.13	0.17
17	0.11	0.05	0.18	0.07	0.17	0.11	0.14	0.06	0.13	0.17	0.12	0.06	0.07	0.14	0.15	0.18	0.14	0.18	0.07	0.14	0.15
18	0.14	0.11	0.16	0.04	0.27	0.14	0.15	0.08	0.12	0.12	0.08	0.11	0.12	0.04	0.11	0.13	0.09	0.15	0.14	0.29	0.19
19	0.14	0.12	0.09	0.16	0.06	0.15	0.05	0.13	0.14	0.09	0.03	0.16	0.13	0.11	0.14	0.05	0.08	0.15	0.07	0.08	0.11
20	0.16	0.11	0.17	0.16	0.17	0.10	0.06	0.12	0.15	0.08	0.12	0.07	0.21	0.22	0.22	0.06	0.11	0.05	0.13	0.06	0.12

評価基準 ±10 cm 達成率90%以上



= 基準を満たす
 = 基準を満たさない

格子数 21×21=441 達成率 430/441=97.5% (合格)

資料 2-2-5 マルチビーム測深精度管理表③

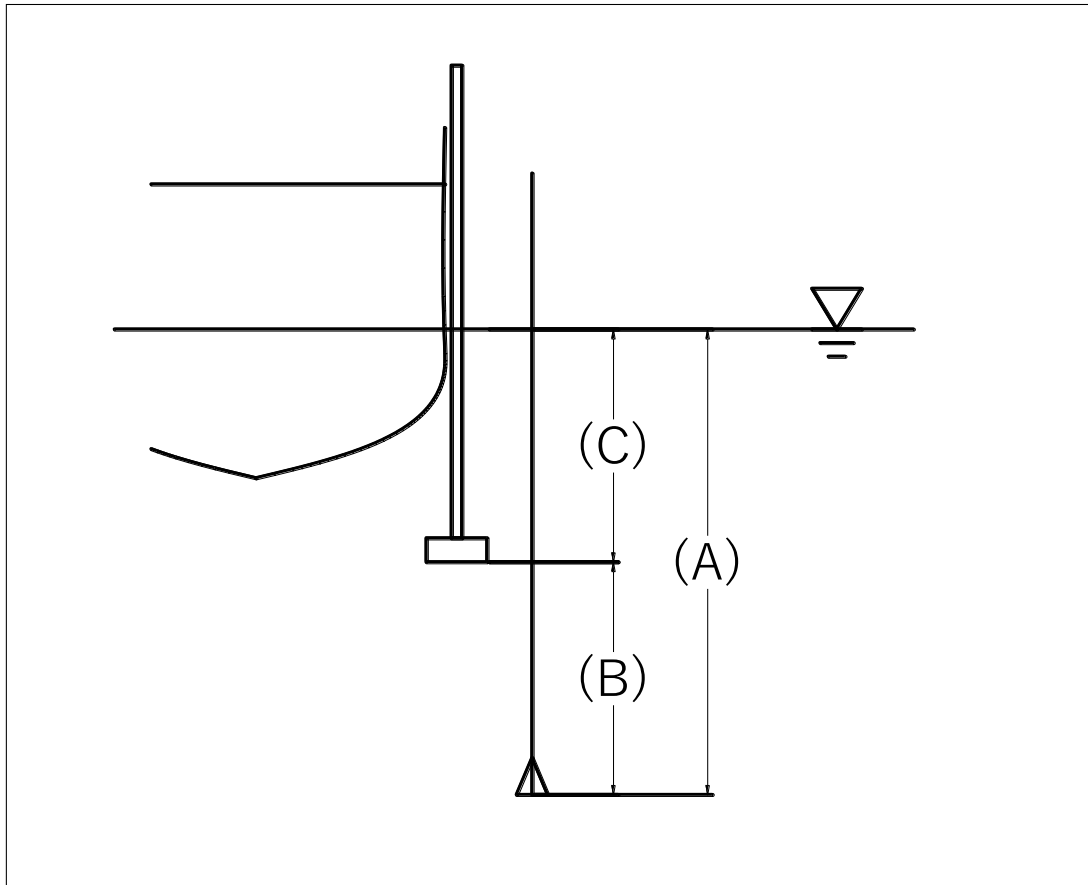
バーチェックによる喫水測定表

実施日：〇〇〇〇年 〇〇月 〇〇日

実施者：〇〇 〇〇

- ・ (A) バーチェック板 (反射物) を垂下させ、水面を基準としたときの長さを読み取る。
- ・ (b) 同時にマルチビーム測深機のスワス断面状に表示されている、バーチェック板のソナーヘッドからの長さを読み取る。
- ・ (B) 同じ計測を3回行い、平均値を算出する
- ・ 垂下長 (A) から平均値 (B) を引いた値を喫水値 (C) とする。

	(A) 垂下長	(b) 計測値	喫水値 (C) = 垂下長 (A) - 計測値平均 (B) (C) = (A) - (B) = 2.00 - 0.85 = 1.15 (m)
1 回目	2.00 m	0.86 m	
2 回目		0.85 m	
3 回目		0.84 m	
平均 (B)		0.85 m	喫水 (C) : 1.15 m



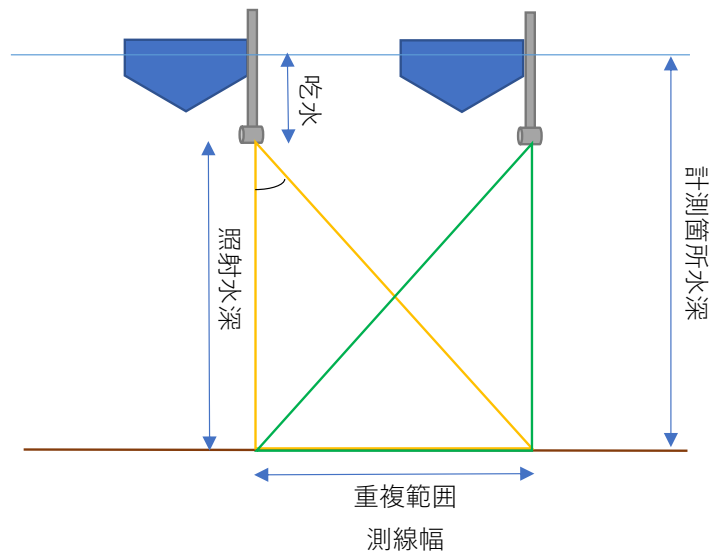
資料2-3 CUBE 処理を行う場合に参考となる設定項目等

資料2-3-1 補再測確認シート

補再測確認シート

計測時設定値		
項目	設定値	規定・推奨値
スワ幅		±55度以下
発振数		
測線間隔		重複率100%以上
ビーム数		256ビーム以上
吃水		

CUBE設定値	
グリッドサイズ	



※サーフェスチェック

項目	規定値
Density	5点以上 (達成率95%以上)

※異常物の有無

直上測線を計測しているか。

シングルビーム或いはウォーターカラムデータを計測しているか。

補再測メモ

CUBE処理設定確認シート

CUBE処理設定値

項目	設定値	規定・推奨値
グリッドサイズ		下表
パラメータ	hes	1.96
	de	2.00
IHO基準		1a級

艙装機器	項目	メーカー名	機器名	メーカー精度	設定値
Navigation	性能				
	精度				
	間隔				
Gyro/Heading	性能				
	精度				
	間隔				
Heave	性能				
	精度				
	間隔				
Roll & Pitch	性能				
	精度				
	間隔				
Sonar	性能				
	精度				
	間隔				
音速度計	性能				
	精度				
	間隔				
潮位	性能				
	精度				
	間隔				
オフセット	精度				
吃水	精度				
船速	精度				

水深区分によるグリッドサイズ

水深	グリッドサイズ
0-10m	0.25m
10-20m	0.5m
20-40m	1m

資料2-3-3 CUBE 処理チェックシート

CUBE処理チェックシート

	回目
--	----

※データ適用、設定の確認

番号	確認項目	判定
1	TPU設定値がもれなく入力されているか。	
2	オフセット値が正しく入力されているか。	
3	音速度、潮位補正データが適用されているか。	
4	後処理測位が適用されているか。	
5	グリッドサイズが適切に設定されているか。	
6	出力（表示）したCUBE水深とグリッドサイズが整合しているか。	
7	点密度(Density)が規定以上に確保されているか。	

※処理結果に基づく確認

番号	確認項目	判定
8	水深段彩図より地形に変化がある箇所を確認	
9	仮説水深が複数発生した箇所の確認	
10	仮説強度で0以外の数値となった箇所の確認	
11	計算に使用したデータの最浅値と中央値の差が大きい箇所を確認	
12	標準偏差で周囲と差の大きな箇所を確認	
13	Uncertaintyで最大となる箇所を確認	
14	Uncertaintyで周囲と変化の大きい箇所を確認	

※仮説強度：「そのグリッドの海底地形として、どの水深値が最も確か（真値に近い）か」を示す統計的な確信度や信頼性の指標

※精度検証

番号	確認項目	判定
15	照査線による精度検証	
16	CUBE水深のUncertaintyのTVUが規定を満たしているか。	

※異常物の処理

番号	確認項目	判定
17	異常物データの最浅値を復活したか。	
18	異常物リストの作成	

※データ出力

番号	確認項目	判定
19	CUBE-LMDの作成	
20	出力データに隙間がないか。	
21	FT-LMDの作成	
22	MergeCUBE-LMDの作成	

※判定によりノイズ処理を行った場合は、処理後のデータを使用して再度CUBE処理を行う。

資料 3 UAV を用いた計測に係る精度確認試験

資料3-1-1 カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

日 付： 年 月 日
 工 事 名： _____
 受注機関： _____
 作 成 者： _____

カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー : (製造メーカー名) 測定装置名称 : (製品名、機種名) 測定装置の製造番号 : (製造番号)

(2) 精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候 晴れ 気温 8℃
測定場所	(株) UAV測量 ○○工事現場
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS : 3級TS以上 <input type="checkbox"/> 機種名 (級別○級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

(3) カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	(製造メーカー名)
名称	(製品名、機種名)
製造番号	(製造番号)
写真	(写真)

(4) 精度確認試験結果 (詳細)

①真値とする検証点の確認



計測方法：既知点 or TSによる座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
1点目	44044.720	-11987.655	17.890
2点目	44060.797	-11993.390	17.530

②空中写真測量 (UAV) による計測結果



空中写真測量 (UAV) で測定した検証点の位置座標			
	X'	Y'	Z'
1点目	44044.700	-11987.644	17.870
2点目	44060.778	-11993.385	17.521

③差の確認 (測定精度)

空中写真測量による計測結果 (X', Y', Z') — 真値とする検証点の座標値 (X, Y, Z)

検証点の座標間較差			
	ΔX	ΔY	ΔZ
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分 (最大) = -0.020m (-20mm) 以内；合格 (基準値 50mm 以内)

Y成分 (最大) = -0.011m (-11mm) 以内；合格 (基準値 50mm 以内)

Z成分 (最大) = -0.020m (-20mm) 以内；合格 (基準値 50mm 以内)





日付： 年 月 日

工事名： _____

受注機関： _____

作成者： _____

精度確認試験結果報告書

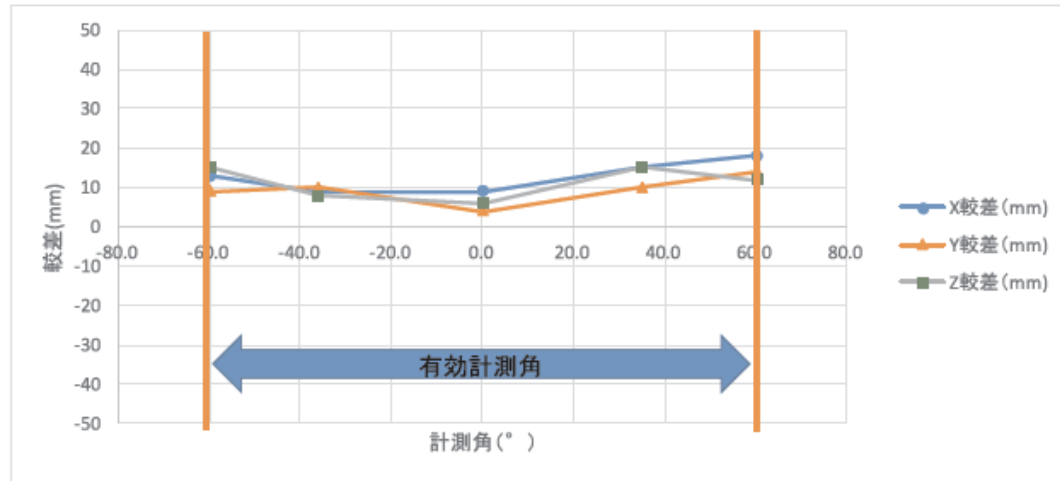
<p>精度確認の対象機器</p> <p>メーカー： (株)ABC社</p> <p>測定装置名称： TOKI</p> <p>測定装置の製造番号： NNK0001</p>	<p>写真</p> 
<p>検証機器（検証点を計測する測定機器）</p> <p>2級トータルステーション GPT00000</p>	<p>写真</p>
<p>測定記録</p> <p>測定期日： 令和2年2月18日</p> <p>測定条件： 天候 晴れ</p> <p> 気温 8℃</p> <p>測定場所： (株)UAVレーザー測量</p> <p> 社内 資材ヤードにて</p>	<p>写真</p> 
<p>精度確認方法</p> <p>■ 標高検証点との標高較差 ■ 水平位置検証点との座標較差</p> <p>標高検証点 水平位置検証点</p>  	

・精度確認試験結果（詳細）

① 検証点の計測結果

飛行対地高度：30m

水平位置検証点							標高検証点					
点名	計測角 (°)	往路		復路		往路と復路の較差		点名	計測角 (°)	往路	復路	往路と復路の較差
		① X座標(m)	② Y座標(m)	③ X座標(m)	④ Y座標(m)	①-③ X較差(mm)	②-④ Y較差(mm)			⑤ Z座標(m)	⑥ Z座標(m)	⑤-⑥ Z較差(mm)
KH01	60,0	48439,327	-39217,745	48439,309	-39217,759	18	14	KV01	60,0	18,424	18,412	12
KH02	35,0	48440,284	-39247,068	48440,269	-39247,078	15	10	KV02	35,0	18,454	18,439	15
KH03	0,0	48441,010	-39269,498	48441,001	-39269,500	9	4	KV03	0,0	18,446	18,440	6
KH04	-36,0	48441,754	-39292,109	48441,745	-39292,119	9	10	KV04	-36,0	18,427	18,419	8
KH05	-60,0	48442,892	-39326,975	48442,879	-39326,984	13	9	KV05	-60,0	18,561	18,546	15



② 較差の確認（測定精度）

UAVレーザーの計測結果による計測点座標 — 調整用基準点座標

飛行対地高度 30m

有効計測角 60度 以内 ; 合格 (基準値±50mm 以内)

資料 4 施工履歴データを用いた管理（基礎工）に係るチェックシート等

資料4-1 施工目標位置データチェックシート

施工目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名： _____

受注者名： _____

作成者： _____

施工目標位置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 および 基準面	全点	・ 監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・ 工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・ 座標は正しいか？	
2) 平面図	全延長	・ 各測点の座標は正しいか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

資料4-2 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

資料4-2-1 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

1. 実施時期

計測装置の計測精度確認のため、重錘式均し機の施工履歴データによる出来形管理を行う範囲で着工前に計測精度確認試験を実施する。

2. 実施方法

着工前に、施工履歴データの計測精度を確認する。計測精度確認試験は、作業船係留時など、作業船および重錘式均し機が静止した条件下に適用する。計測精度確認試験結果は、様式-3に従って記録する。

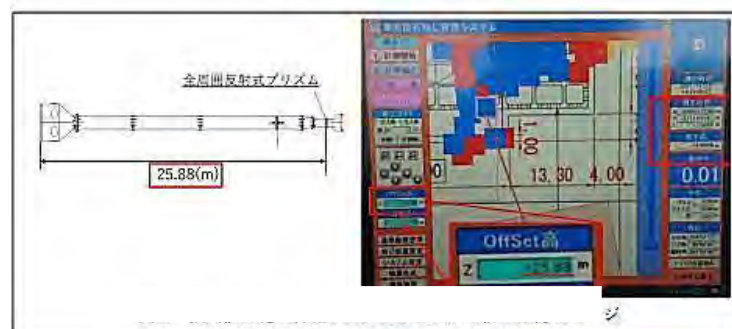
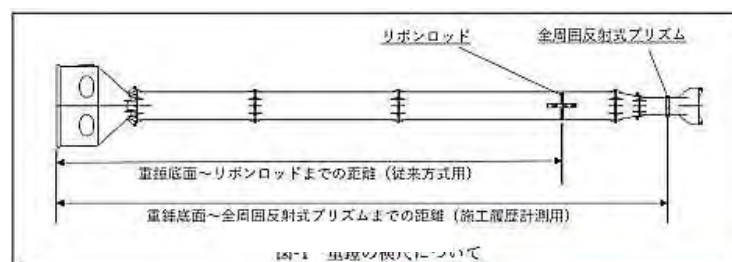
1) 重錘式均し機の形状確認

重錘均し機の形状寸法を確認する。以下項目は、施工履歴データの取得のための各設定値となるため、必ず計測する。

- ①プリズム装着位置までの長さ（鉛直方向オフセット値）…………… L
- ②プリズム装着面から重錘式均し機芯（シャフト芯）までの距離…………… r
- ③重錘式均し機底面の幅・延長（点群の分配範囲）…………… a, b

2) 計測精度の確認

- ①既知点に設置した自動追尾式 TS により、重錘均し機の最下端面の深度（z）を計測し、施工管理システムに記録する。
 - ②任意の箇所に据え付けたレベルにより、重錘均し機の最下端面の深度（z）を計測する。
 - ③①と②の計測結果を比較し、その差が基準値以内であることを確認する。
- なお、1)で確認したオフセット値を反映して確認するものとする。



作業装置の検尺および施工管理システム表示値

3. 評価基準

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

計測精度確認試験での精度確認基準

試験モード	精度確認基準	備考
z 座標の 精度確認	鉛直(z) : $\pm 20\text{mm}$	現場毎に 1 回実施 ただし、機器を変える場合は再度 実施

4. 実施結果の記録

実施結果を記録・提出する。

次頁に、計測精度確認試験結果報告書の例を示す。

計測精度確認試験結果報告書

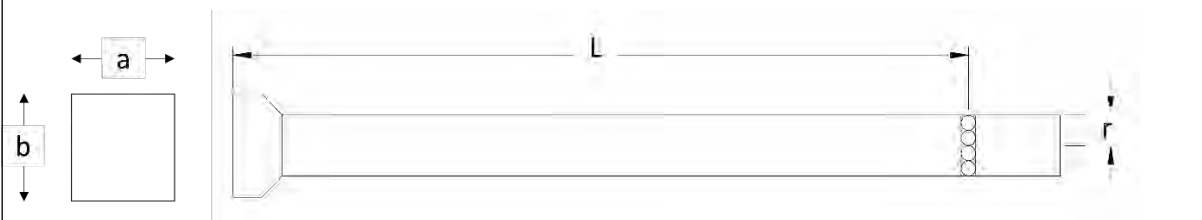
試験実施日： 年 月 日

試験者あるいは計測精度管理担当者

(会社名) _____

(氏名) _____

1) 重錘式均し機の形状確認



【単位：mm】

	設定値	自主計測		検査	
		実測値	差	実測値	差
a					
b					
L					
r					

2) 計測精度の確認

【単位：mm】

	施工管理システム 記録値	レベルによる 計測値	差
z			

※1) で計測したLの実測値をオフセット値として設定すること。

資料4-3-1 自動追尾式 TS の計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

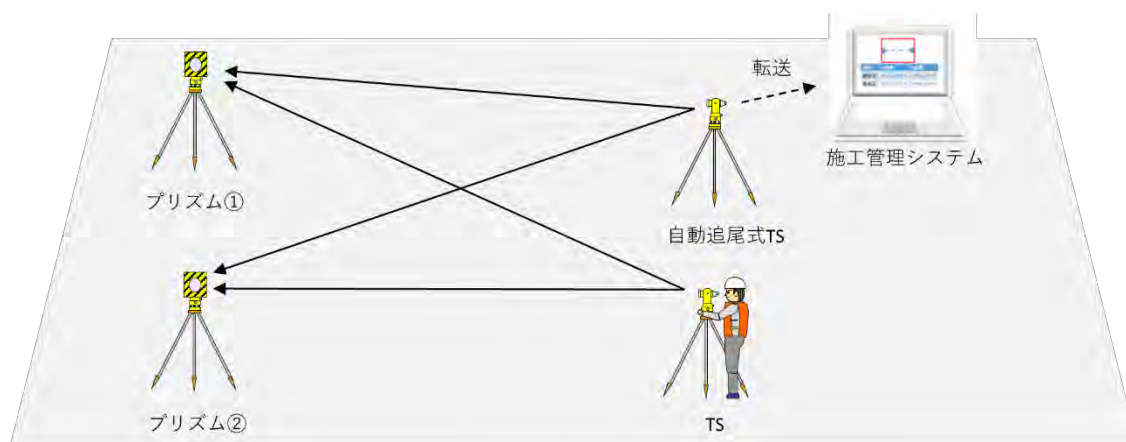
自動追尾式 TS の計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

1. 実施時期

受注者は、本精度確認により、国土地理院で規定がない自動追尾式 TS にて所要の計測値が得られる場合に限り、これを確認した計測条件、計測距離の範囲内で、国土地理院の規定がない自動追尾式 TS を出来形計測に適用することができる。

2. 実施方法

- ①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 2 点以上の計測点を設定する。
- ②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。自動追尾式 TS により、プリズムの座標 (x, y, z) を計測し、施工管理システムに記録する。
- ③他地点に据え付けた TS 等により、プリズムの座標 (x, y, z) を計測する。
- ④②と③の計測結果の差異が基準値以内であることを確認する。



計測精度の確認

3. 評価基準

TS と国土地理院で規定がない自動追尾式 TS で計測した計測結果を比較し、その差が適正であることを確認する。

計測精度確認試験での精度確認基準

試験モード	精度確認基準	備考
x, y, z 座標の 精度確認	水平 (x, y) : ±20mm 以内 鉛直 (z) : ±10mm 以内	現場毎に 1 回実施 ただし、機器を変える場合は再度 実施

4. 実施結果の記録

実施結果を記録・提出する。

次頁に、計測精度確認試験結果報告書の例を示す。

自動追尾式 TS の計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日

試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名) _____

(氏名) _____

1) 計測精度の確認

【単位：mm】

		x	y	z
国土地理院で規定がない自動追尾式 TS による計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
TS による計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
差	プリズム①			
	プリズム②			

自動追尾式 TS について、第三者機関が発行する有効な試験成績書または検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他メーカーによる機器の作動点検等の記録を添付する。

資料 5 施工履歴データを用いた管理（海上地盤改良工）に係るチェックシート等

資料5-1 施工目標位置データチェックシート

施工目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名： _____

受注者名： _____

作成者： _____

施工目標位置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 および 基準面	全点	・ 監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・ 工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・ 座標は正しいか？	
2) 平面図	全延長	・ 各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断図	全延長	・ 設計値は正しいか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

資料5-2 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

資料5-2-1 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

1. 実施時期

計測装置の計測精度確認のため、グラブ浚渫船の施工履歴データによる出来形管理を行う際は、着工前に計測精度確認試験を実施する。

2. 実施方法

着工前に、施工管理データ（位置および深さ）の計測器のキャリブレーションが完了したグラブ浚渫船を用い、施工履歴データの計測精度を確認する。計測精度確認試験は、自船が係留している場合など、移動しない場合に適用する。計測精度確認試験結果は、様式-3に従って記録する。

・グラブ浚渫船測位装置（GNSS アンテナ）の計測精度確認

グラブ浚渫船に GNSS アンテナを設置し、その位置を TS やポータブル GNSS 受信機器等を用いて測位する。施工管理システムに表示される平面座標との差異が基準値内であることを確認する。

3. 評価基準

計測精度確認試験での計測精度確認基準

試験内容	計測精度確認基準	備考
平面座標 (x, y) の計測精度確認	「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル（海上地盤改良工：床掘工・置換工編）（令和4年4月改訂版）（国土交通省港湾局）」に準ずる。	現場毎に1回実施 ただし、機器を変える場合は再度実施

4. 実施結果の記録

実施結果を記録・提出する。

本要領の添付資料（様式-3）に、計測精度確認試験結果報告書の例を示す。

資料5-2-2 計測精度確認試験結果報告書

計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日

試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名) _____

(氏名) _____

平面位置確認		平面座標		平面誤差
		x	y	
GNSS アンテナ ①	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			
GNSS アンテナ ②	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			

資料 6 施工管理システムを用いた管理（本体工）に係るチェックシート等

資料6-1 据付目標位置データチェックシート

据付目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工 事 名 : _____

受 注 者 名 : _____

作 成 者 : _____

据付目標位置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 および 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) 平面図	全延長	・ケーソンの据付範囲は正しいか？	
		・ケーソンの据付位置の座標は正しいか？	
		・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断図	全延長	・天端高さは正しいか？	
4) 据付目標 位置データ	全延長	・入力した2)～3)の幾何形状と出力する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。

資料6-2 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

資料6-2-1 計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

計測精度確認試験実施手順書および試験結果報告書

1. 実施時期

計測装置の計測精度確認のため、ICT 機器による出来形管理を行う範囲で着工前に計測精度確認試験を実施する。

2. 実施方法

着工前に、計測装置の位置計測についてのキャリブレーションが完了した ICT 機器を用い、出来形確認データの計測精度を確認する。計測精度確認試験は、ケーソンが仮置きされている場合など、移動しない場合に適用する。計測精度確認試験結果は、様式-2 に従って記録する。

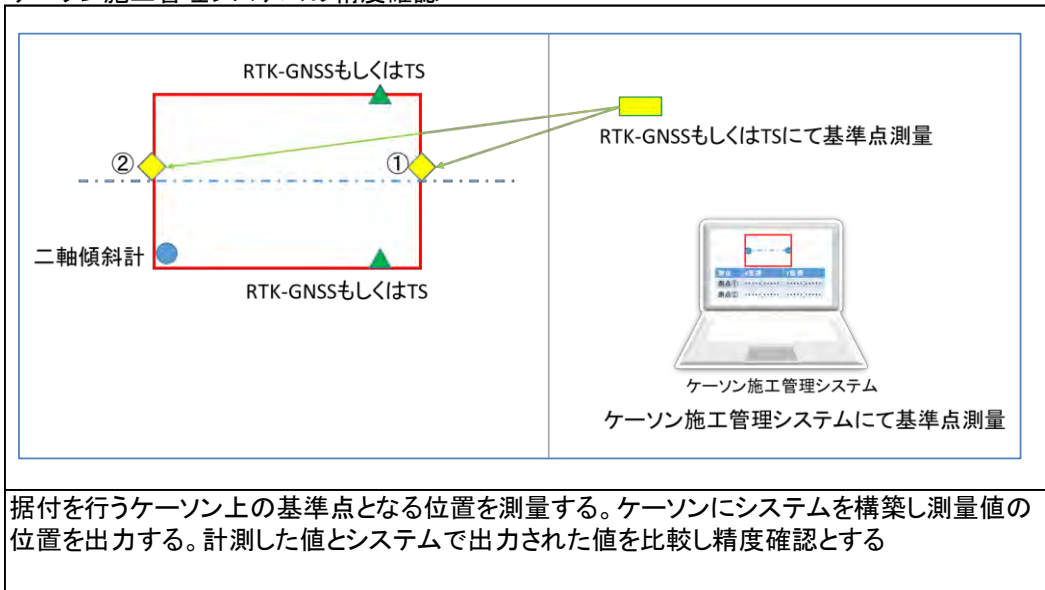
1) GNSS を用いるシステムの場合

- ・ケーソンに取り付ける GNSS アンテナを用いて、ケーソン四隅の座標 (x, y, z) を計測する
- ・ケーソンに GNSS アンテナ、傾斜計等を設置し、ケーソン寸法、端部からのオフセット値を登録する
- ・システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z) が、計測された座標との差異が基準値以内であることを確認する

2) TS を用いるシステムの場合

- ・TS を用いて、ケーソン四隅の座標 (x, y, z) を計測する
- ・ケーソンに TS プリズム、傾斜計等を設置し、ケーソン寸法、端部からのオフセット値を登録する
- ・システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z) が、計測された座標との差異が基準値以内であることを確認する。

ケーソン施工管理システムの精度確認



3. 評価基準

計測結果を従来手法による計測結果と比較し、その差が適正であることを確認する。

計測精度確認試験での精度確認基準

試験モード	精度確認基準	備考
1) x, y, z 座標の精度を TS で確認する方法	3次元座標 (x, y, z) の各成分の較差：±20mm 以内	現場毎に 1 回実施 ただし、機器を変える場合は再度実施
2) x, y, z 座標の精度を GNSS で確認する方法	平面座標 (x, y) の各成分の較差：±20mm 以内 標高 (z) の較差：±30mm 以内	〃

※1) または 2) のいずれかの方法で確認する

4. 実施結果の記録

実施結果を記録・提出する。

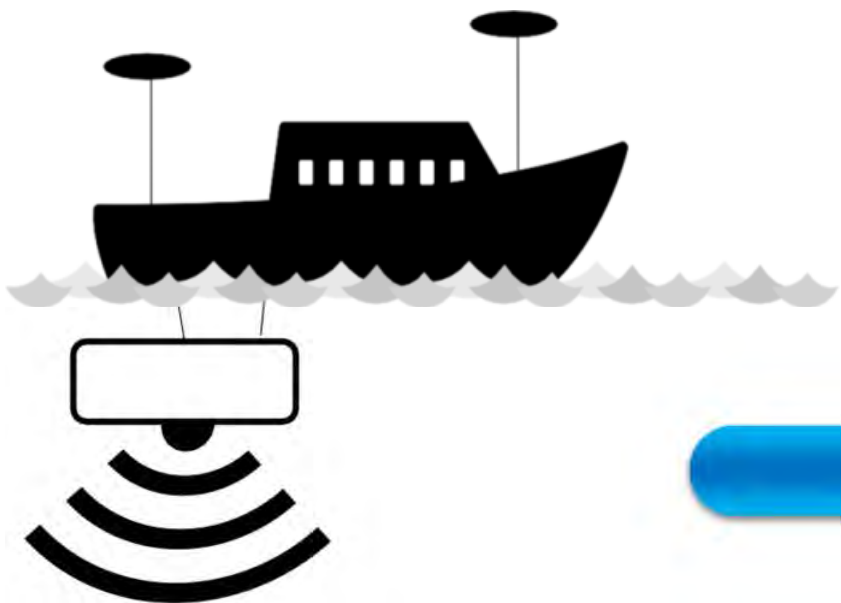
本要領の添付資料（様式-2）に、計測精度確認試験結果報告書の例を示す。

計測精度確認試験結果報告書

計測実施日： 令和〇年〇月〇日

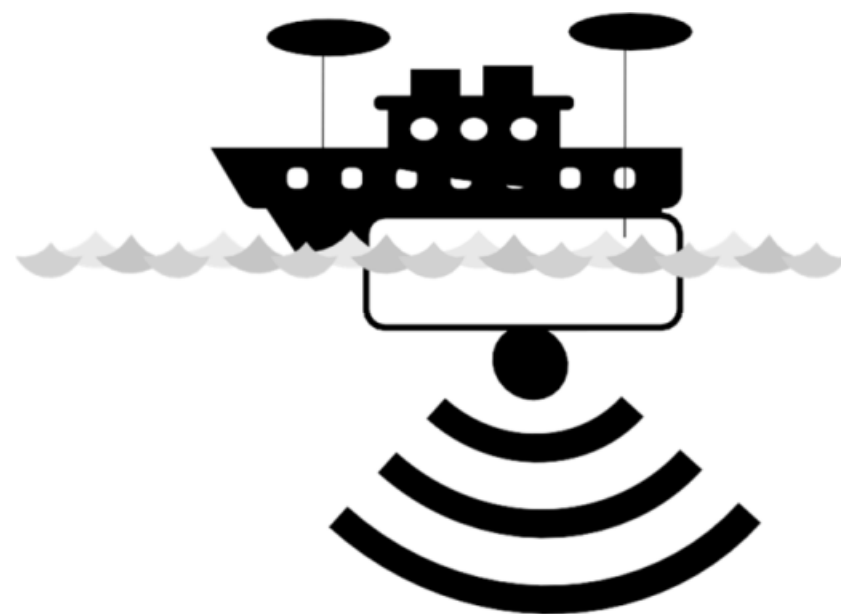
機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者： (会社名) 〇〇〇〇〇〇
(氏 名) 〇〇 〇〇

<p>検証機器: RTK-GNSS メーカー: 〇〇 機種名: 〇〇 検証方法: 校正書添付 もしくは 検測点確認</p>	
<p>検証機器: トータルステーション メーカー: 〇〇 機種名: 〇〇 検証方法: 校正書添付 もしくは 検測点確認</p>	
<p>検証機器: 二軸傾斜計 メーカー: 〇〇 機種名: 〇〇 検証方法: カタログ添付</p>	
<p>差の確認: システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z)</p>	<p>計測された座標との差異: 〇〇mm ≤ 基準 ± 20mm 以内</p>



技術概要集

マルチビーム測深



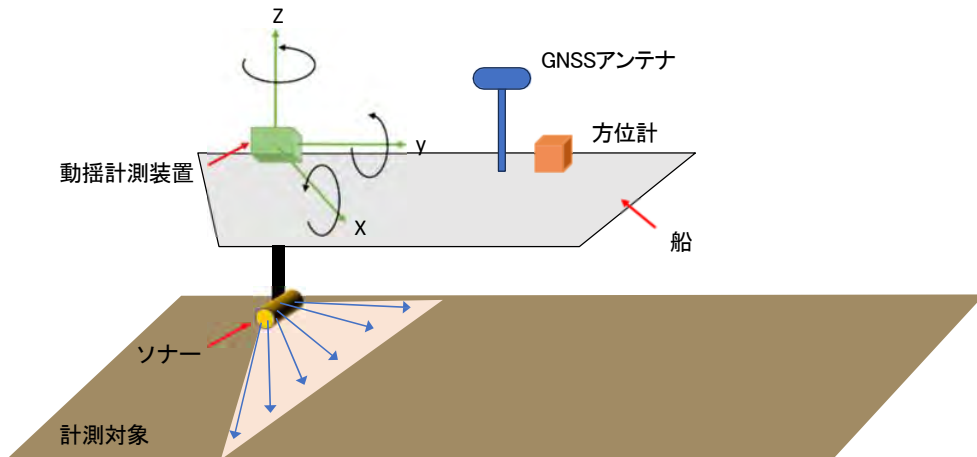
- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

■ マルチビーム測深とは？

マルチビームは、ナロー（細かい）マルチ（複数の）ビームによる測深が名前の由来であるナローマルチビームシステムのことを略した表現である。

マルチビーム測深とは、船やボートに複数の音響ビームを同時送波することができる音響測深機（マルチビームソナー）を取り付け、一度に広範囲の水中地形を計測する測量のことで、ナローマルチビーム深浅測量とも呼ばれる。



計測原理

測量船の喫水付近に取り付けられたソナーから発信した音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより海底や構造物までの水深を計測することができる装置と、測量船の位置（GNSS）、傾き（動揺計測装置）、方向（方位計）を取得するセンサを組合せて、海底や構造物の3次元座標値の点群データとして変換する技術である。



(参考)

■スワス測深

海底地形を面的に詳細に計測するスワス測深には2種類あり、主にクロスファンビーム（ミルズクロス）方式に代表される「マルチビーム測深」と、インターフェロメトリ方式に代表される「インターフェロメトリ測深」であり、測量船の左右方向に指向性の鋭い音響ビームを海底に照射し、船の進行とともに一括で多数点の水深値を計測する測深システムである。

本要領における3次元点群データの取得は、「マルチビーム測深」によるものとする。

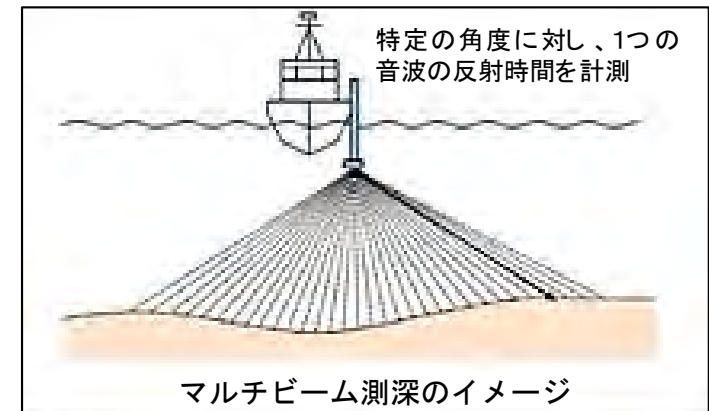
◆マルチビーム測深

クロスファンビーム方式のビームフォーミングによる計測密度は、音波を照射する範囲（以下スワスと記す）の中心側に対して外側のデータが粗くなる。ただし、各角度に対する往復時間の解が1つであるため、高い施工精度が要求される岸壁前面や岩礁帯のような凹凸の激しい地形を正確に計測することができる。

◆インターフェロメトリ測深

インターフェロメトリ方式の場合は、干渉波を使用するため、スワスの中心付近では極端に計測点が少なくなるが、スワス幅はクロスファンビームより広範囲（水深の8～12倍）にわたって大量の計測点を得ることが可能である。そのため特に極浅海域において、マルチビームよりも効率的な測深作業が期待できる。

ただし、岸壁や岩礁帯のような凹凸の激しい地形に対しては、海底面からの反響信号と壁の反響信号とが干渉してしまうため正確な計測が困難になる場合がある。

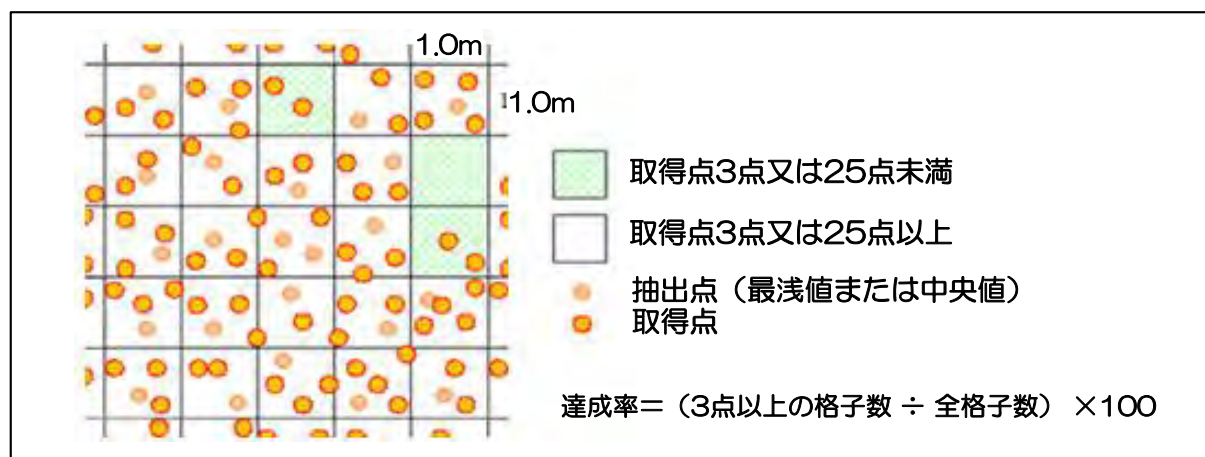


■ マルチビーム測深による起工測量・出来形計測

マルチビームを用いた起工測量を行うことで、3次元計算による工事数量の算出が可能となる。
 また、工事の完了時にマルチビームを用いた出来形計測を行うことで、面的な出来形の評価を行うことが可能となる。
 マルチビーム測深におけるデータ取得の規定を以下に示す。

工種	起工測量		出来形計測		完成形状の把握	
	取得点密度	採用値	取得点密度	採用値	取得点密度	採用値
浚渫工	3点以上/1.0m平面格子	中央値	3点以上/1.0m平面格子	最浅値		
基礎工	3点以上/1.0m平面格子	中央値	25点以上/1.0m平面格子	中央値		
海上地盤改良工	3点以上/1.0m平面格子	中央値	3点以上/1.0m平面格子	中央値		
ブロック据付工	3点以上/1.0m平面格子	中央値			25点以上/1.0m平面格子	-

浚渫工、基礎工、海上地盤改良工の取得点密度の達成率は99%以上であること。
 ただし、海象条件や特殊な地形などの諸条件により、取得点密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。



◆ CUBE処理の場合

浚渫工（30m以浅）においては、以下の計測条件を満たす場合にCUBE処理を行うことができる。

- マルチビーム音響測深機により取得した測深データであること。
- スワス角 $\pm 55^\circ$ （全角 110° ）以内で、左右スワスが100%以上重複した測深データであること。
- 海上位置測量には、原則としてネットワーク型RTK法又は後処理キネマティック法若しくは同等以上の測定精度の手法を用いていること。
- 送受波器の各種バイアス値が0.01度位まで求められていること。

CUBE水深のグリッドサイズは、下表に示す水深区分に応じたグリッドサイズとし、水深の区分が複数に渡る場合には、測深区域の水深に応じて決定する。ただし、CUBE処理の効率化とCUBE水深の精度向上のために、浅い水深区分のグリッドサイズを用いることができる。

CUBE水深のグリッドサイズ

水深区分	グリッドサイズ
0~10m	0.25m
10~20m	0.5m
20~30m	1.0m

➤ CUBE処理とは？

CUBEとは、Combined Uncertainty and Bathymetric Estimatorの略。

マルチビームにより得られた各測深点の精度評価の指標である「総伝播不確かさ（TPU：Total Propagated）」を考慮した統計的な処理により、測深データから水深を算出する一連の処理手法のこと。令和4年4月に改正された海上保安庁『水路測量業務準則施行細則』にて、マルチビームのデータ解析方法として新たに追加された。

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配・性能確認
- 1.2 計測計画

2. 現場計測

- 2.1 使用機器類の性能確認（艀装および作動確認）
- 2.2 水深測量（測深）
- 2.3 計測性能・精度管理

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形評価用データの作成

1 計測準備

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配・性能確認

音響測深機器による計測に必要な機器・ソフトウェアを手配する。

一般的な機器構成を以下に示す。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。

機器構成例

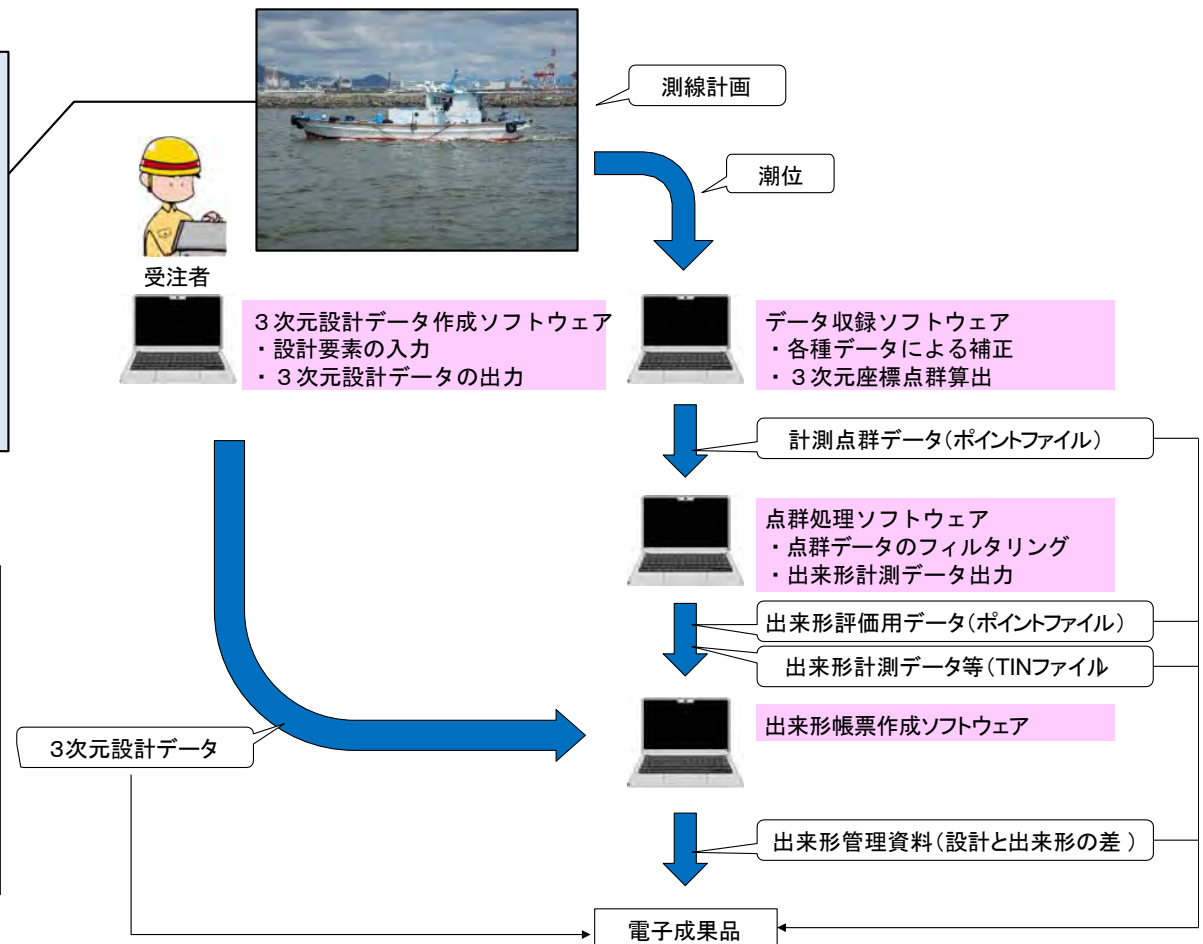
マルチビーム測深に使用する主な機器

- 1) マルチビーム測深機器本体
- 2) 動揺センサー
- 3) 方位センサー
- 4) 位置測位センサー
- 5) 音速度計
- 6) PC
- 7) データ収録・解析ソフトウェア
- 8) 測量船



計測性能の確認：利用前に以下の確認を行うこととする。

- ・測線計画を満足する音響測深機器及び周辺機器であること。
- ・所定の重複率、点密度が確保できる音響測深機器及びソフトウェアであること。



2 現場計測

3 計測データ処理

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

機器の構成



マルチビーム測深に使用する主な機器

- 1) マルチビーム測深機本体
- 2) 動揺センサー
- 3) 方位センサー
- 4) 位置測位センサー
- 5) 音速度計
- 6) PC
- 7) データ収録・解析ソフトウェア
- 8) 測量船

- 1) 音響測深機器本体
音響測深機器は、測量船の喫水位置に取り付けられ、そのソナーヘッド部から発信した音波が水底で反射されて戻ってくるまでの時間を測定することにより、地形までの水深を計測することができる装置である。
- 2) 動揺センサー
測量線の傾き（ロール角、ピッチ角）を計測するための装置。水上では揺れや傾きにより音波の発信方向にずれが生じてしまうため、その揺れや傾きを検知して、計測した結果を補正する必要がある。動揺計測装置は、船の動揺の中心付近、あるいは送受波器近くに送受波器と向きを揃えて艙装することが望ましい。
- 3) 方位センサー
測量船の向き（ヨー角）を計測するための装置。送受波器と向きを揃えて艙装する。
- 4) 位置測位センサー
測量船の現在地を計測するための装置。ここでは、GNSSのことを指す。
- 5) 音速度計
水中での音速度を計測するための装置である。この装置により計測出来ない場合は、事前に協議の上、圧力、水温、塩分から計算により音速度を算出し使用することもできる。
- 6) PC
上記1)～5)の機器による取得データ（測量船の位置情報や計測済みの領域など）をモニター上に反映させ、計測をすすめながら計測漏れがないか確認することができるように、PCを測量船に搭載する。
- 7) データ収録・解析ソフトウェア
データ収録・解析ソフトウェアは、測深機器本体による測深データや、GNSS等による位置測位データ、動揺計測装置による動揺データの収録及びデータ解析を行い、地形の座標値を算出できるものとする。
- 8) 測量船
上記1)～6)の機器を艙装し、航行するための船舶が必要となる。

データ収録・解析ソフトウェア



- 1) 水中音速度測定結果の反映
深浅測量を実施するためには、**水中音速度の補正**をかける必要があることから、**一日作業で1回以上**、水中音速度の測定を実施し、データ収録・解析ソフトウェアに取り込み適用すること。
測定位置については、測量海域の中央付近で可能な限り深い地点とし、海況が変化する海域では適切に測定点を配置することが望ましい。
の方法で計測できない場合は、事前に協議の上、緯度、圧力、水温、塩分から計算により音速度を算出し使用することもできる。
- 2) ノイズ除去処理
ノイズには音響的、電気的なもののほか、浮遊物、魚群、泡など水中を浮遊する物体などがある。ノイズの除去は、使用するソフトウェアにより統計的にある程度削除することができるが、統計的な処理では、限界があるため、最終的には、手作業による除去作業を行う必要がある。
- 3) 水深編集時の留意点
各種補正データが正しく作成できていることが重要であるとともに、音響測深における特徴的な誤差要因である現象が発生していないことを特に注意して確認する必要がある。また、ノイズ除去によりデータ数が減少しても、必要データ数が確保されていることが重要である。
- 4) 計測基準
測深の計測基準面は、「海上保安庁告知の最低水面」を原則とする。
位置座標の測地系は、世界測地系を使用するものとする。

1.2 計測計画

1 計測準備

測量実施者は、作業の着手前に作業方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切な測量計画を立案し、これを発注者に提出する。測量計画を変更しようとする場合も同様とする。

資料収集、現地調査が必要であれば行い、計測の精度を高めるよう準備する。

1) 計測計画

計測計画は作業工程によるほか、作業毎に作成するものとする。

計測計画は、以下の条件を満足するよう、計測区域の水深、海底地形、有効測深幅を考慮し、未測深が生じないように測線を設定する。

① 浚渫工

<CUBE処理によらない場合>

- ・スワス角： $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）
- ・取得点密度：3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）
- ・上記を満たすように重複する測線を設定

<CUBE処理による場合>

- ・スワス角： $\pm 55^\circ$ （全角 110° ）以内
- ・左右スワスが100%以上重複
- ・1グリッドの当りの測深点数5点以上（達成率95%以上）（グリッドサイズは水深区分別に設定）

② 基礎工

- ・スワス角： $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）
- ・取得点密度
数量算出：3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）
出来形管理：25点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）
- ・上記を満たすように重複する測線を設定

③ 海上地盤改良工

- ・スワス角： $\pm 45\sim 60^\circ$ （全角 $90\sim 120^\circ$ ）
- ・取得点密度：3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）
- ・上記を満たすように重複する測線を設定

④ ブロック据付工（完成形状の把握）

- ・取得点密度は、25点以上/1.0m平面格子とする。
- ・上記を満たすように重複する測線を設定
- ・数量算出は、「基礎工」を参照する。

2 現場計測

3 計測データ処理

1.2 計測計画

1 計測準備

2) 作業手続き

① 必要な手続き

マルチビーム測深の実施に際しては、事前に、水路測量許可申請（浚渫工に係る水路測量が該当）、海上作業の許可・届出、他の関係する法令に規定する許可申請や届出を提出する。また、地方条例や各団体等によって定められた同意・承諾等を遵守してその履行に適切な対応を行う。

さらに、作業の実施にあたっては、測深海域を管轄する関係機関や関係者の作業内容、作業方法および作業工程の周知を行う必要がある。

② 手続きの流れ

管轄の管区海上保安部への海上作業の許可申請は、原則として着工日の1ヶ月前に、受注者が管轄の港長または海上保安部署等へ行う。水路業務法第6条の申請は、管轄の管区海上保安本部長へ行い、対象海域の管轄が2つ以上の管区海上保安本部にまたがる測量の場合は海上保安庁長官へ申請を行う。

この許可申請にもとづき、実施される測深作業区域、方法等の公示が行われるほか、水路通報や航行警報が発出され、測深作業について安全周知が行われる。

なお、水路測量においてCUBE処理を行う場合は、水路測量実施計画書に使用するソフトウェア名、バージョン等を明記し、**管区海洋情報部担当者と事前に協議**する

実際計測において解消できないノイズが多く発生する場合や、海域中に魚群が多く存在して海底面以外の記録が多く測得されるなどCUBE処理に適さない条件となった場合には、速やかに管区海洋情報部担当者に報告して協議を行い、従来手法に切り替えることも可能である。管区担当者との協議の結果、処理手法を切り替える場合は、監督職員と対応を協議する。

2 現場計測

3 計測データ処理

2 現場計測

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

2.1 使用機器類の性能確認（艀装および作動確認）

マルチビーム測深では、**現地にて測量船への艀装を行う**こととなる。測量船にマルチビーム測深機器や周辺機器を艀装する際には、各機器の位置関係を明確にし、計測中に取り付け位置が動くことのないよう強固に固定するものとする。**艀装完了後は各機器の作動確認と測量船の航走によるテスト計測を行い、各機器の正常動作を確認**する。艀装及び作動確認の実施項目は下記に示すとおりである。

- 1) GNSS精度確認
- 2) 機器の取り付け（オフセット）
- 3) 喫水確認
- 4) パッチテスト

1) GNSS精度確認

使用するGNSSについては、測深実施前に精度確認を行うこと。要求精度は、「平成14年海上保安庁告示第102号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』による。

2) 機器の取り付け（オフセット）

マルチビーム測深機器本体および周辺機器の位置関係（オフセット値）を「マルチビーム測深システム点検簿」に記載する。
なお、浚渫工においてCUBE処理を行う場合は、準細則においてオフセットの計測値の測定精度等が不確かさの要素として含まれるため、1ミリmm単位まで測定しておくことが求められている。

① 艀装時の留意点

各機器はロープ等で固定し、回転しないようにする。また、ケーブルの干渉にも注意する。

艀装状況に変更があった場合は、必ず計測をやり直すものとし、その旨を「マルチビーム測深システム点検簿」等に記録する。

② 水平方向位置

各システムや収録ソフトウェアで規定されている位置を基準とし、相対位置は1mm単位まで計測する。計測結果は、収録ソフトウェアに入力すると共に、マルチビーム測深点検簿に記載しデータ処理時に適切に用いられていることを確認する。

③ 鉛直方向位置

基準は水面とし、センサー間の相対位置は1mm単位まで測定し、水面との関係付けはバーチェック法により10mm単位まで測定する。計測結果は、収録ソフトウェアに入力すると共に、マルチビーム測深点検簿に記載しデータ処理時に適切に適用されていることを確認する。

②③の計測結果が、データ収録および処理ソフトウェアへの入力により、測深結果の補正に適用されていることを確認する。

3) 喫水確認

① 喫水確認の方法

喫水の確認は、**バーチェック**により行うものとする。水面を基準(0m)とし反射板を吊り下げ数mで固定し、ソナーヘッドから反射板の距離をマルチビーム測深機で計測、記録する。この作業を**3回行いその平均値**により喫水値の確認を行う。

また、標尺での計測や取り付けパイプに付した喫水目盛りを読み取るなども同時に行う。

② 喫水確認に際しての留意点

喫水の確認に使用する索は、事前に検尺を行い伸縮のないことを確認したものを使用する。また確認作業実施海域は、測深海域の近傍でできるだけ静穏な場所を選び動揺による誤差が生じないように留意する必要がある。

4) パッチテスト

マルチビーム測深システムは、水面に対してできるだけ水平、垂直に艀装することを基本とするが、船の形状や、固定時の固定ワイヤー等の張り具合により、必ず取付け誤差が発生する。この取付け角度の誤差（以下「**バイアス値**」という）と各機器の収録遅延（以下「**レイテンシー**」という）を求めるために、パッチテストを行うこととする。パッチテストは、測深中艀装状況に変化がないことが前提であり、変化があった場合は必ず再計測を行う。

① パッチテストの種類と方法

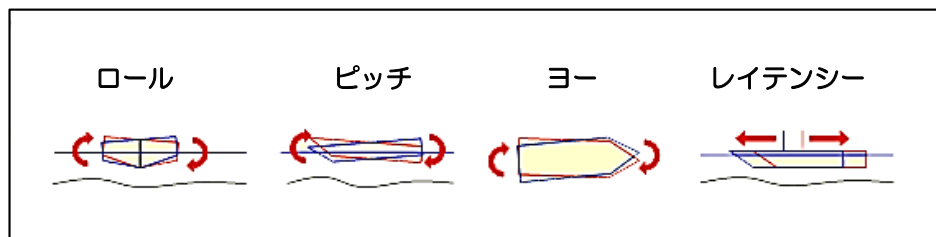
以下に示すバイアス値とレイテンシーをパッチテストにより求めることとする。

＜バイアス値＞

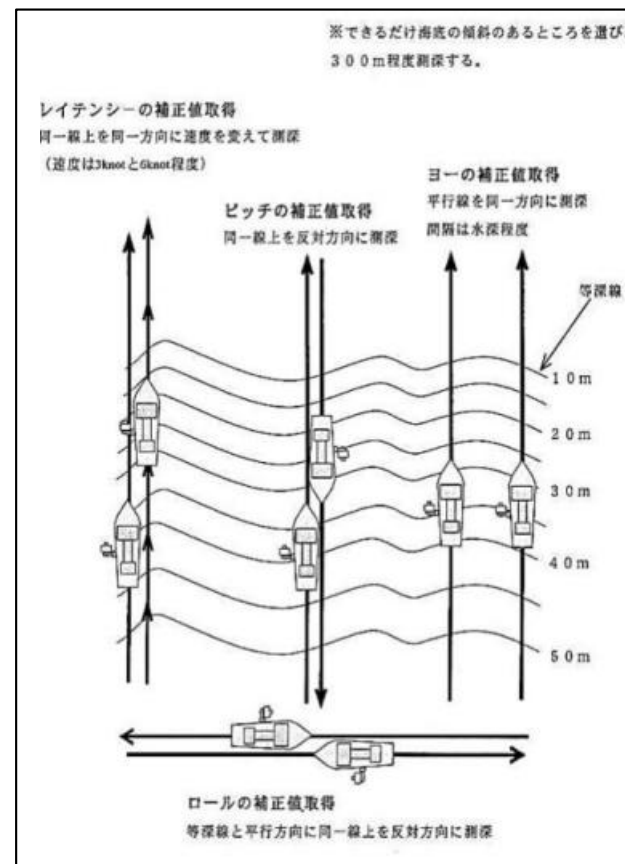
- Roll（ロール）：船の進行方向に対して横方向の取付け角度
- Pitch（ピッチ）：船の進行方向の取付け角度
- Yaw（ヨー）：進行方向に対する送受波器の向き
- Latency（レイテンシー）：遅延時間

② パッチテストの計測条件

パッチテストは右図の条件で計測することが望ましい。



バイアス値の種類



パッチテストにおける測線の設定例

計測性能に関する確認結果の整理

1) GNSS精度確認結果

1. GNSS精度確認結果

作業実施日 : 平成 年 月 日

作業実施者 :

使用機器名称 :

基準点「〇〇」において、使用するGNSSを設置し観測を実施した。
データの取得は1秒毎に、600個(10分間)のデータを取得した。
下表により、GNSSによる観測は本測量の精度を満たしている。

	世界測地 X	世界測地 Y
既知点座標		
平均値座標		
(観測平均)-(既知)		

観測点分布図

● 観測差データ ● 観測差平均 ● 観測点

2) マルチビーム測深システム点検簿

2. マルチビーム測深システム点検簿

工事名 : _____

実施年月日 : _____

インストレーションの測定

各機器の艙装状況 (installation offsets)

単位:m	前方(X)	右舷(Y)	下方(Z)
水中ヘッド			
動揺計測装置			
RTK-GNSS			

※右舷がX軸、前方がY軸のプラス方向

慣性ジャイロ Instlation1

単位:m	前方(X)	右舷(Y)	下方(Z)
動揺計測装置⇨基準アンテナ			

※慣性ジャイロは前方がX軸、右舷がY軸のプラス方向

慣性ジャイロ Instlation2

単位:m	前方または右舷
基準アンテナ⇨第2アンテナ	

機器配置図

<メモ>

1

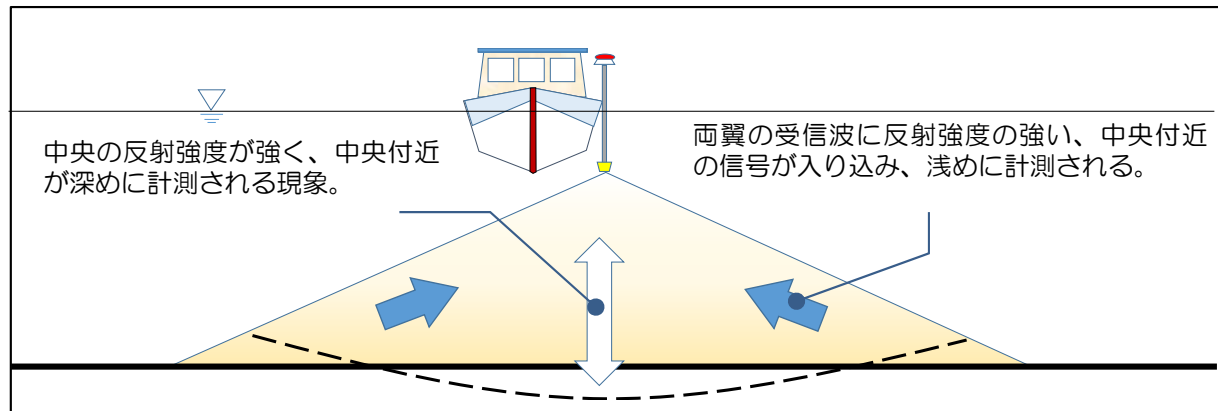
計測準備

■ 測深時の留意点

- 測深、急加速、急減速を控え、一定速度を維持するように航走する。
- 測深オペレータは、PCのリアルタイム画面を見て、S/N比の良いデータを取得するように送受信信号およびTVG等の各種機能を調整する。
- 直下ビームを半径とする円弧上に点列がでないようにする（「トンネル効果現象」）（下図）。
- 海底付近の魚群や海草による測深漏れを防ぐため、測量海域に関する情報（魚礁や生け簀の近傍、底質状況等の関連）を事前に把握するように努め、測深中にPCディスプレイのスワス断面を確認し、海底地形を的確に捉えているかを検証する。
- 岩礁等の最浅部捕捉状況を確認した上で、補再測を検討する。なお、浅所確認は極低速で2回実施する。
- 測深は、海上ができる限り平穏なときに実作業中は、エラーの要因となる急旋回施すものとし、波浪のある場所をさけるものとする。

2

現場計測



トンネル効果現象エラーのイメージ

3

計測データ処理

2.3 計測性能・精度管理

1

計測準備

マルチビーム測深に関する以下の計測性能の確認、精度管理を行わなければならない。

- 1) GNSS精度確認
- 2) 測深データの精度確認
- 3) 取得点密度

1),3)は前述のとおり

2) 測深データの精度確認

マルチ深浅測量の測定結果を検定するために、音響ビームの重複部のデータによる比較や、照査線（各測深線と交差する測深線）を計画し交差するデータとの比較検証を行い、規定の精度を確認するものとする。

なお、以下は「浚渫工」に適用するものであり、「**基礎工、ブロック据付工、海上地盤改良工**」については、**水路測量に関連する事項を除く**ものとする。

① 検測

収録データの検証は、「**水路測量業務準則施行細則**」で定められた測深精度の検証方法のとおりとし、測定誤差の限度は、「**平成14年海上保安庁告示第102号**」で定められたとおりとする。照査線の間隔は、測深線間隔の15倍を標準とする。ただし、海象条件や特殊な地形などの諸条件により、基準を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。

② 精度管理

◆ バイアス値の算出

バイアス値は、パッチテストにより求める。パッチテストは複数の測深結果を統計的に処理し、重複する箇所での地形再現性からバイアス値を求めるものである。

なお、浚渫工においてCUBE処理を行う場合には、送受波器の各種バイアス値が0.01度位まで求められていなければならない。

パッチテストにより求められたバイアス値は、マルチビーム測深システム点検簿に記入すると共に解析ソフトウェアに入力し適用する。

◆ 測深値の補正用データ

測深データについては、海上測位データとの関係づけ、水中音速度、潮位、動揺データ等で補正を行うため、必要な精度で必要な情報が取得されていなければならない。各測深点データを標準化するデータ解析には、解析ソフトウェアを使用するが、測深データおよび測深時の補正データがソフトウェア上に適切に読み込まれていることを確認する必要がある。

◆ 測深精度管理チェックシートの作成

各機器の設定が的確に行われていること、各種補正データが適切に反映されていることを確認するために「**測深精度管理チェックシート**」を作成する。

測深精度管理チェックシートには、GNSS精度確認結果、マルチビーム測深システム点検簿（オフセット値、パッチテスト結果等を含む）、各種補正記録簿（音速度測定記録、検潮記録）、測深精度管理表（照査線による検測結果等）を添付するものとする。

2

現場計測

3

計測データ処理

◆ 測深精度管理チェックシートの作成

各機器の設定が的確に行われていること、各種補正データが適切に反映されていることを確認するために「測深精度管理チェックシート」を作成する。

測深精度管理チェックシートには、GNSS精度確認結果、マルチビーム測深システム点検簿（オフセット値、パッチテスト結果等を含む）、各種補正記録簿（音速度測定記録、検潮記録）、測深精度管理表（照査線による検測結果等）を添付するものとする。

【測深精度管理チェックシート】

【測深精度管理チェックシート】		(期間: 年 月 日 ~ 年 月 日)				
工事名:		品質証明者:		印		
【浚深工】 マルチビームを用いた深淺測量が適切に行われ、測深結果が必要精度を満たしていることを確認する。						
確認項目	確認資料	確認内容	確認結果			備考
			確認日	確認者	確認結果(コメント)	
1. 使用するGNSSの測位精度	GNSS精度確認結果	実際に使用した機器である	/			
		観測基準点の既知座標値と観測平均座標値の差が示されている	/			
		最終成果を作成するに当たり十分な精度を有している	/			
		必要な時間、データ数が観測されている	/			
2. 測深機器の取付状況	マルチビームシステム点検簿	記入に漏れがない	/			
		マルチビーム測深機および周辺機器が適切に艙装されている	/			
		各計測機器の位置関係が適切に計測・記載されている	/			
		パッチテスト結果が正しく記録されている	/			
3. 水中音速度の計測結果	水中音速度測定簿	必要水深までの計測が出来ている	/			
		グラフがなめらかで異常値が含まれていない	/			
		適切な間隔で記録が計測されている	/			
4. 潮位記録	検潮記録	作業開始時刻から終了時刻までの記録が記入されている	/			
		港湾管理者が定める港湾管理用基準面からの潮位である	/			
		潮位変動がなめらかで有り、極端な変動(スパイク的なエラー)や副振動が無い	/			
5. 測深精度	検測(測深精度)管理表	適切な間隔で検測が行われている	/			
		検測との差が海上保安庁告示102号に定められた誤差以内である	/			

3 計測データ処理

1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理

3.1 出来形評価用データの作成

マルチビーム測深にて取得したデータからノイズなどを除去し、計測点群データを整理し、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。
また、計測点群データにTINを配置し、出来形計測データを作成する。

■ 工種別の出来形用評価データ

工種	出来形評価データ		計測方法
浚渫工	CUBE処理によらない場合	1.0m平面格子内の「最浅値」	マルチビーム測深
	CUBE処理による場合	グリッドサイズ別CUBE水深 (1グリットあたり1点) ※下表参照	
基礎工	天端高	1箇所以上 1.0m平面格子内の「中央値」	水中水準測量
	天端幅・延長	1.0m平面格子内の「中央値」 ※境界部	マルチビーム測深
	法面	10cm平面格子内の「中央値」から作成したTIN	
海上地盤改良工	床掘工（底面・法面） 置換工（天端面・法面）	1.0m平面格子内の「中央値」	マルチビーム測深

基礎工（基礎捨石工）の天端高の出来形評価には、潜水土が行う水中水準測量（単点計測）が必要となる。

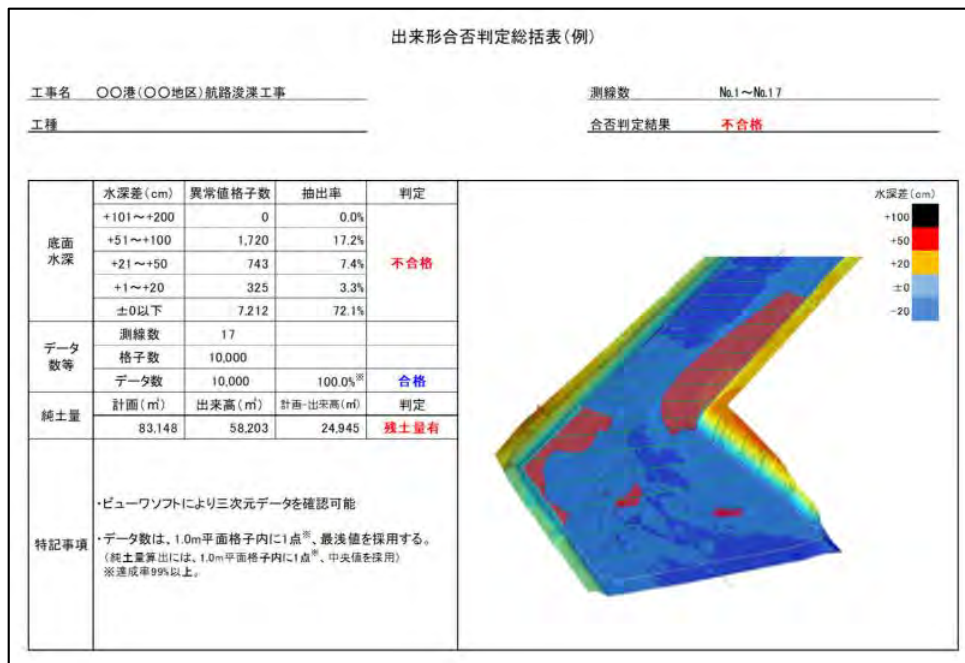
CUBE水深のグリッドサイズ

水深区分	グリッドサイズ
0~10m	0.25m
10~20m	0.5m
20~30m	1.0m

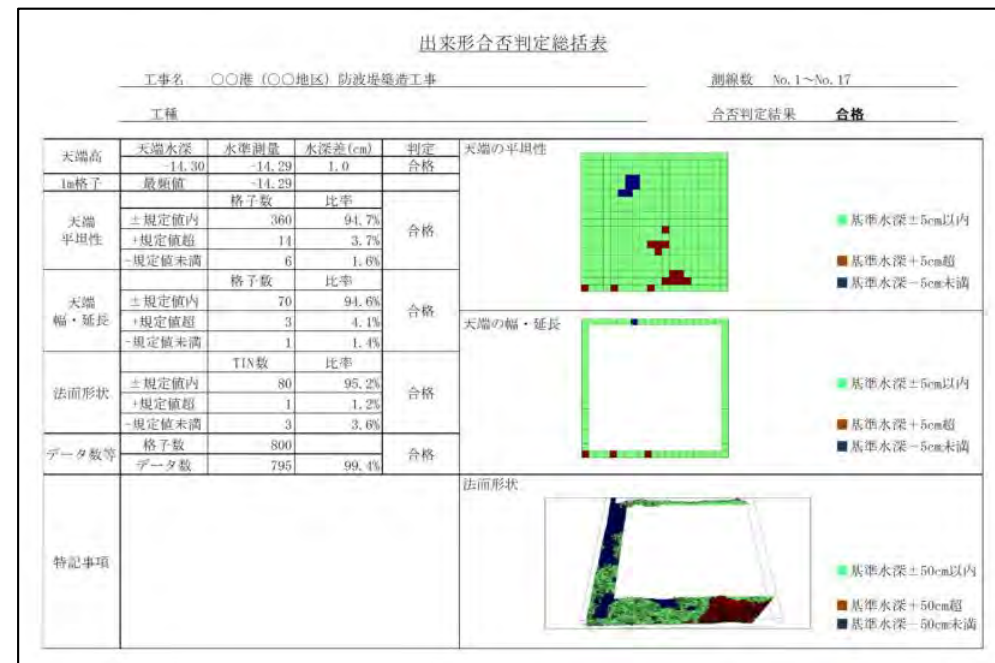
1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理



出来形管理図表作成例(浚渫工)



出来形管理図表作成例(基礎工)

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

■ 浚渫工

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
浚渫工	水深 (底面) (法面)	マルチビーム測深 (マルチビーム測深データで法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認する。)	<CUBE処理によらない場合> 1.0m平面格子内に1点、最浅値 <CUBE処理による場合> 水深区分により定められたグリッドサイズにおけるCUBE水深(1グリットあたり1点)	10cm	出来形管理資料として整理	+0cm -規定しない、又は特記仕様書による	+ : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと

■ 基礎工

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
基礎工 基礎 捨石工	天端高	潜水士による1箇所以上の水準測量		1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	+ : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと
		マルチビーム測深	1.0m平面格子内に1点、中央値	1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	達成率80%以上 + : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より浅いこと - : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より深いこと
	天端幅 ・ 延長	マルチビーム測深	境界部の1.0m平面格子内に1点、中央値	1cm	出来形管理資料として整理	<捨石本均し> ±5cm <捨石荒均し> ±50cm	達成率80%以上 + : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より浅いこと - : 基準値(1.0m平面格子の最頻値)より深いこと
	法面	(マルチビーム測深データで法肩または法尻直角方向の測線座標を入れ、勾配を確認する。)	「中央値」を代表値とした10cm平面格子から作成したTIN	10cm		±50cm	達成率80%以上 + : 設計値より浅いこと - : 設計値より深いこと

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

■ 海上地盤改良工

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
床掘工	水深 (底面)	マルチビーム測深	1.0m平面格子内に 1点、 中央値を採用	10cm	出来形管理資料と して整理	±30cm 又は特記仕様書による	
	(法面)	マルチビーム測深データで法 肩または法尻直角方向の測線 座標を入れ、法肩、法尻位置 を確認する。	1.0m平面格子内に 1点、 中央値を採用	10cm	出来形管理資料と して整理	外側2m（法面に直角） 内側30cm（法面に直角） 又は特記仕様書による	
置換工	水深 (天端面) (法面)	水中部 (マルチビーム測深データで法 肩または法尻直角方向の測線 座標を入れ、法肩、法尻位置 を確認する。)	1.0m 平面格子内に 1点、 中央値を採用	10cm	出来形管理資料と して整理	延長 +規定しない -0 天端高 ±50cm又は特記仕様書に よる	

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

適用区域は、平面図等に施工範囲、3次元計測技術を用いて計測する範囲及び出来形管理を行う範囲を明記する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、出来形確認データを用いた出来形管理を行う範囲については、本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

施工計画書に使用する機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトウェア名、ソフトウェアメーカー、バージョン）を記載する。

また、3次元計測技術機器本体については、必要な計測性能を有し、適正な精度管理が行われていることを確認できる書類等を添付資料として提出する。

なお、上記以外に必要な性能を有することを示すカタログや機器の仕様書などの提出資料については、工種により異なるので注意のこと。

記載事項

提出書類

(5) 測線計画

以下の必要な計測性能（取得点密度）および測深精度が確保できるよう、以下の点に留意しながら測線計画を立案し、施工計画書内に整理すること。

- ・フットプリント
- ・測線の重複率

記載事項

(6) 精度管理

マルチビーム測深の精度管理の方法について記載する。

記載事項

(参考) 作成資料の様式

【測深精度管理チェックシート】

【測深精度管理チェックシート】

(期間: 年 月 日 ~ 年 月 日)

工事名:

品質証明者:

印

【浚渫工】マルチビームを用いた深淺測量が適切に行われ、測深結果が必要精度を満たしていることを確認する。

確認項目	確認資料	確認内容	確認結果			備考
			確認日	確認者	確認結果(コメント)	
1. 使用するGNSSの測位精度	GNSS精度確認結果	実際に使用した機器である	/			
		観測基準点の既知座標値と観測平均座標値の差が示されている	/			
		最終成果を作成するに当たり十分な精度を有している	/			
		必要な時間、データ数が観測されている	/			
2. 測深機器の取付状況	マルチビームシステム点検簿	記入に漏れがない	/			
		マルチビーム測深機および周辺機器が適切に構築されている	/			
		各計測機器の位置関係が適切に計測・記載されている	/			
		パッチテスト結果が正しく記録されている	/			
3. 水中音速度の計測結果	水中音速度測定簿	必要水深までの計測が出来ている	/			
		グラフがなめらかで異常値が含まれていない	/			
		適切な間隔で記録が計測されている	/			
4. 潮位記録	検潮記録	作業開始時刻から終了時刻までの記録が記入されている	/			
		港湾管理者が定める港湾管理用基準面からの潮位である	/			
		潮位変動がなめらかで有り、極端な変動(スパイク的なエラー)や副振動が無い	/			
5. 測深精度	検測(測深精度)管理表	適切な間隔で検測が行われている	/			
		検測との差が海上保安庁告示102号に定められた誤差以内である	/			

(参考) 作成資料の様式

【検潮記録簿】

4. 検潮記録簿

平成〇〇年×月×日		潮高(m)		時刻		潮高(m)		時刻		潮高(m)		
潮位基準面		観測値	校正値	時刻	観測値	校正値	時刻	観測値	校正値	時刻	観測値	校正値
T.P.=±0.00 (m)		5:00	0.53	0.52	10:00	-0.71	-0.71	15:00				
		5:10	0.50	0.49	10:10	-0.72	-0.72	15:10				
		5:20	0.46	0.45	10:20	-0.73	-0.72	15:20				
時刻	潮高(m)	5:30	0.42	0.41	10:30	-0.73	-0.72	15:30				
0:00		5:40	0.37	0.37	10:40	-0.71	-0.71	15:40				
1:00		5:50	0.31	0.32	10:50	-0.71	-0.70	15:50				
2:00		6:00	0.27	0.28	11:00	-0.70	-0.69	16:00				
3:00		6:10	0.22	0.23	11:10	-0.67	-0.67	16:10				
4:00		6:20	0.18	0.18	11:20	-0.65	-0.65	16:20				
5:00		6:30	0.13	0.13	11:30	-0.63	-0.63	16:30				
6:00		6:40	0.06	0.07	11:40	-0.60	-0.60	16:40				
7:00		6:50	0.02	0.02	11:50	-0.56	-0.56	16:50				
8:00		7:00	-0.04	-0.03	12:00	-0.53	-0.53	17:00				
9:00		7:10	-0.09	-0.09	12:10	-0.49	-0.49	17:10				
10:00		7:20	-0.14	-0.14	12:20	-0.45	-0.45	17:20				
11:00		7:30	-0.21	-0.19	12:30	-0.39	-0.40	17:30				
12:00		7:40	-0.25	-0.24	12:40	-0.34	-0.35	17:40				
13:00		7:50	-0.29	-0.29	12:50	-0.29	-0.30	17:50				
14:00		8:00	-0.34	-0.34	13:00	-0.24	-0.25	18:00				
15:00		8:10	-0.38	-0.39	13:10	-0.20	-0.20	18:10				
16:00		8:20	-0.43	-0.43	13:20	-0.15	-0.14	18:20				
17:00		8:30	-0.48	-0.48	13:30	-0.09	-0.09	18:30				
18:00		8:40	-0.51	-0.52	13:40	-0.04	-0.03	18:40				
19:00		8:50	-0.55	-0.55	13:50	0.03	0.03	18:50				
20:00		9:00	-0.58	-0.59	14:00	0.08	0.08	19:00				
21:00		9:10	-0.62	-0.62	14:10	0.13	0.14	19:10				
22:00		9:20	-0.64	-0.64	14:20	0.19	0.20	19:20				
23:00		9:30	-0.67	-0.67	14:30	0.26	0.25	19:30				
計		9:40	-0.69	-0.68	14:40	0.32	0.31	19:40				
平均		9:50	-0.69	-0.70	14:50	0.36	0.36	19:50				
高 潮		h m m		低 潮		h m m		h m m		h m m		
		h m m				h m m				h m m		

MEMO
 現場名: ○○地形測量
 検潮所: △△検潮所

読取者 ○○ 校正者 ××

○
○
株式会社

(参考) 作成資料の様式

【マルチビーム測深精度管理表】

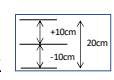
マルチビーム測深精度管理表（照査線）

マルチビーム測深精度確認表（照査線）				
実施測線	Co. 〇〇		点検者： 〇〇 〇〇	
測定誤差の限度：海上保安庁告示第102号のとおり				
始点からの距離	水深		較差	判定
	本測	照査線	本測-照査線	
15	-5.140	-5.240	0.10	OK
20	-6.740	-6.709	-0.03	OK
25	-7.940	-7.876	-0.06	OK
30	-8.740	-8.763	0.02	OK
35	-9.140	-9.138	0.00	OK
40	-9.340	-9.335	-0.01	OK
45	-9.540	-9.514	-0.03	OK
50	-9.640	-9.641	0.00	OK
55	-9.740	-9.773	0.03	OK
60	-9.840	-9.913	0.07	OK
65	-10.140	-10.134	-0.01	OK
70	-10.540	-10.521	-0.02	OK
75	-11.040	-11.067	0.03	OK
80	-11.840	-11.806	-0.03	OK
85	-12.740	-12.710	-0.03	OK
90	-13.740	-13.747	0.01	OK
95	-14.640	-14.633	-0.01	OK
100	-14.940	-14.997	0.06	OK
105	-15.140	-15.215	0.08	OK
110	-15.140	-15.262	0.12	OK
115	-15.240	-15.367	0.13	OK
120	-15.340	-15.405	0.06	OK
125	-15.440	-15.489	0.05	OK
130	-15.540	-15.595	0.06	OK
135	-15.640	-15.667	0.03	OK
140	-15.640	-15.666	0.03	OK
145	-15.640	-15.709	0.07	OK
150	-15.640	-15.770	0.13	OK
155	-15.740	-15.795	0.06	OK
160	-15.740	-15.809	0.07	OK
165	-15.740	-15.861	0.12	OK
170	-15.840	-15.905	0.06	OK
175	-15.840	-15.890	0.05	OK
180	-15.840	-15.919	0.08	OK
185	-15.840	-15.950	0.11	OK
190	-16.040	-16.052	0.01	OK
195	-16.040	-16.080	0.04	OK
200	-16.140	-16.162	0.02	OK
205	-16.140	-16.185	0.05	OK
210	-16.140	-16.192	0.05	OK
215	-16.140	-16.209	0.07	OK
220	-16.240	-16.260	0.02	OK
225	-16.240	-16.256	0.02	OK
230	-16.240	-16.262	0.02	OK
235	-16.240	-16.335	0.09	OK
240	-16.340	-16.419	0.08	OK
245	-16.540	-16.524	-0.02	OK
250	-16.540	-16.580	0.04	OK
255	-16.540	-16.580	0.04	OK
260	-16.640	-16.684	0.04	OK
265	-16.640	-16.710	0.07	OK

マルチビーム測深精度管理表（井桁計測）

マルチビーム測深精度管理表（井桁計測）																						
実施日：	〇〇〇〇年〇〇月〇〇日										実施測線： 測線1	測線2										
格子間隔：	0.5m										測線3	測線4										
0	0.05	0.16	0.09	0.04	0.13	0.14	0.14	0.16	0.05	0.02	0.16	0.03	0.10	0.11	0.11	0.05	0.23	0.11	0.11	0.16	0.09	
1	0.10	0.11	0.13	0.04	0.10	0.06	0.14	0.14	0.09	0.14	0.11	0.09	0.12	0.18	0.14	0.16	0.17	0.12	0.17	0.05	0.11	
2	0.14	0.16	0.04	0.16	0.03	0.08	0.04	0.14	0.11	0.13	0.11	0.08	0.25	0.11	0.04	0.14	0.05	0.04	0.11	0.09	0.09	
3	0.11	0.11	0.15	0.12	0.17	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11	0.06	0.17	0.04	0.15	0.17	0.15	0.04	0.10	0.17	0.17	0.14	
4	0.04	0.13	0.08	0.12	0.08	0.14	0.17	0.17	0.14	0.14	0.11	0.12	0.14	0.07	0.14	0.17	0.05	0.01	0.07	0.11	0.15	
5	0.13	0.13	0.00	0.12	0.08	0.15	0.16	0.14	0.12	0.13	0.10	0.05	0.18	0.09	0.05	0.05	0.05	0.11	0.05	0.03	0.08	
6	0.06	0.09	0.08	0.14	0.10	0.14	0.06	0.11	0.10	0.11	0.06	0.23	0.10	0.07	0.04	0.08	0.17	0.12	0.15	0.12	0.03	
7	0.07	0.14	0.12	0.06	0.15	0.07	0.17	0.12	0.09	0.14	0.07	0.07	0.08	0.05	0.03	0.06	0.16	0.13	0.07	0.12	0.09	
8	0.05	0.14	0.09	0.13	0.06	0.04	0.17	0.14	0.10	0.10	0.29	0.06	0.13	0.10	0.17	0.12	0.10	0.17	0.16	0.11	0.10	0.12
9	0.09	0.04	0.10	0.03	0.05	0.11	0.13	0.15	0.12	0.14	0.11	0.16	0.06	0.13	0.08	0.11	0.09	0.12	0.08	0.13	0.11	
10	0.24	0.14	0.13	0.13	0.16	0.06	0.13	0.14	0.15	0.09	0.12	0.15	0.14	0.09	0.14	0.11	0.14	0.06	0.18	0.10	0.21	
11	0.14	0.13	0.13	0.09	0.16	0.17	0.18	0.13	0.15	0.09	0.14	0.07	0.14	0.11	0.12	0.10	0.05	0.07	0.13	0.05	0.10	
12	0.12	0.09	0.12	0.17	0.14	0.15	0.12	0.15	0.15	0.10	0.07	0.08	0.11	0.16	0.15	0.08	0.18	0.08	0.15	0.12	0.14	
13	0.18	0.17	0.15	0.08	0.18	0.12	0.17	0.12	0.09	0.13	0.18	0.11	0.07	0.12	0.05	0.14	0.05	0.14	0.14	0.14	0.09	
14	0.07	0.07	0.14	0.13	0.12	0.16	0.15	0.10	0.06	0.09	0.09	0.16	0.10	0.17	0.14	0.07	0.05	0.17	0.14	0.15	0.12	
15	0.11	0.14	0.11	0.12	0.17	0.13	0.11	0.12	0.13	0.07	0.10	0.13	0.14	0.07	0.12	0.14	0.12	0.14	0.10	0.11	0.09	
16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.14	0.11	0.04	0.16	0.18	0.07	0.11	0.14	0.07	0.12	0.18	0.11	0.09	0.12	0.18	0.13	0.17	
17	0.11	0.05	0.18	0.07	0.17	0.11	0.14	0.06	0.13	0.17	0.12	0.06	0.07	0.14	0.15	0.18	0.14	0.18	0.07	0.14	0.15	
18	0.14	0.11	0.16	0.04	0.27	0.14	0.15	0.08	0.12	0.12	0.08	0.11	0.12	0.04	0.11	0.13	0.09	0.15	0.14	0.29	0.19	
19	0.14	0.12	0.09	0.16	0.06	0.15	0.05	0.13	0.14	0.09	0.03	0.16	0.13	0.11	0.14	0.05	0.08	0.15	0.07	0.08	0.11	
20	0.16	0.11	0.17	0.16	0.17	0.10	0.06	0.12	0.15	0.08	0.12	0.07	0.21	0.22	0.22	0.06	0.11	0.05	0.13	0.06	0.12	

評価基準 ±10 cm 達成率90%以上

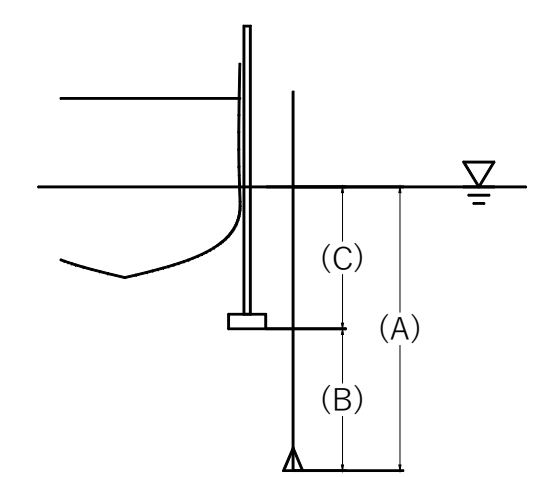


格子数 21×21=441 達成率 430/441=97.5% (合格)

= 基準を満たす
 = 基準を見逃さな

マルチビーム測深精度管理表（パッチェックによる喫水測定表）

パッチェックによる喫水測定表			
実施日：	〇〇〇〇年 〇〇月 〇〇日		実施者： 〇〇 〇〇
<ul style="list-style-type: none"> ・(A) パッチェック板（反射物）を垂下させ、水面を基準としたときの長さを読み取る。 ・(b) 同時にマルチビーム測深機のスワス断面図に表示されている、パッチェック板のソナーヘッドからの長さを読み取る。 ・(B) 同じ計測を3回行い、平均値を算出する ・垂下長(A) から平均値(B) を引いた値を喫水値(C) とする。 			
	(A) 垂下長	(b) 計測値	喫水値(C) = 垂下長(A) - 計測値平均(B) (C) = (A) - (B) = 2.00 - 0.85 = 1.15 (m)
1回目	2.00m	0.86m	
2回目		0.85m	
3回目		0.84m	
平均(B)		0.85m	喫水(C) : 1.15m



(参考) 作成資料の様式

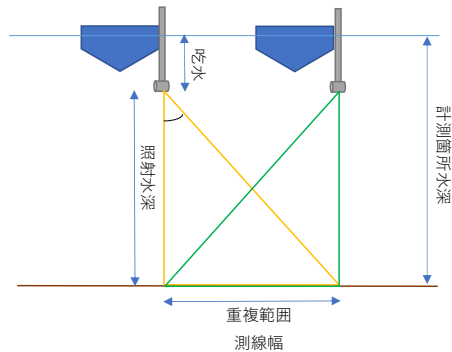
【CUBE処理を行う場合】

補再測確認シート

補再測確認シート

計測時設定値		
項目	設定値	規定・推奨値
スワス幅		≒55度以下
発振数		
測線間隔		重複率100%以上
ビーム数		256ビーム以上
吃水		

CUBE設定値	
グリッドサイズ	



※サーフェスチェック

項目	規定値
Density	5点以上 (達成率95%以上)

※異常物の有無

直上測線を計測しているか。

シングルビーム或いはウォーターカラムデータを計測しているか。

補再測メモ

CUBE処理設定確認シート

CUBE処理設定確認シート

CUBE処理設定値

項目	設定値	規定・推奨値
グリッドサイズ		下表
パラメータ	hes	1.96
	de	2.00
IHO基準		1a級

搭載機器	項目	メーカー名	機器名	メーカー精度	設定値
Navigation	性能				
	精度				
	間隔				
Gyro/Heading	性能				
	精度				
	間隔				
Heave	性能				
	精度				
	間隔				
Roll & Pitch	性能				
	精度				
	間隔				
Sonar	性能				
	精度				
	間隔				
音速度計	性能				
	精度				
	間隔				
潮位	性能				
	精度				
	間隔				
オフセット	精度				
吃水	精度				
船速	精度				

水深区分によるグリッドサイズ

水深	グリッドサイズ
0-10m	0.25m
10-20m	0.5m
20-40m	1m

CUBE処理チェックシート

CUBE処理チェックシート

※データ適用、設定の確認

番号	確認項目	判定
1	TPU設定値がもれなく入力されているか。	
2	オフセット値が正しく入力されているか。	
3	音速度、潮位補正データが適用されているか。	
4	後処理測位が適用されているか。	
5	グリッドサイズが適切に設定されているか。	
6	出力(表示)したCUBE水深とグリッドサイズが整合しているか。	
7	点密度(Density)が規定以上に確保されているか。	

※処理結果に基づく確認

番号	確認項目	判定
8	水深段彩図より地形に変化がある箇所を確認	
9	仮説水深が複数発生した箇所を確認	
10	仮説強度で0以外の数値となった箇所を確認	
11	計算に使用したデータの最浅値と中央値の差が大きい箇所を確認	
12	標準偏差で周囲と差の大きな箇所を確認	
13	Uncertaintyで最大となる箇所を確認	
14	Uncertaintyで周囲と変化の大きい箇所を確認	

※精度検証

番号	確認項目	判定
15	照査線による精度検証	
16	CUBE水深のUncertaintyのTVUが規定を満たしているか。	

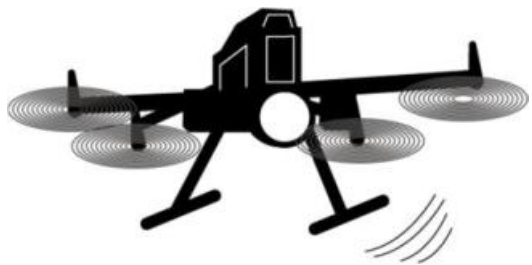
※異常物の処理

番号	確認項目	判定
17	異常物データの最浅値を復活したか。	
18	異常物リストの作成	

※データ出力

番号	確認項目	判定
19	CUBE-LMDの作成	
20	出力データに隙間がないか。	
21	FT-LMDの作成	
22	MergeCUBE-LMDの作成	

※判定によりノイズ処理を行った場合は、処理後のデータを使用して再度CUBE処理を行う。



技術概要集

UAV 写真測量



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

■ UAV写真測量とは？

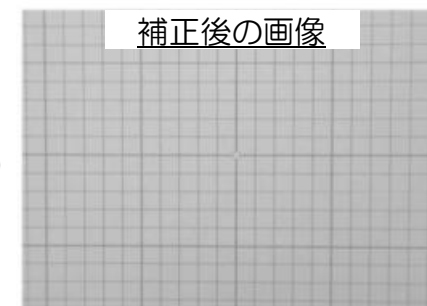
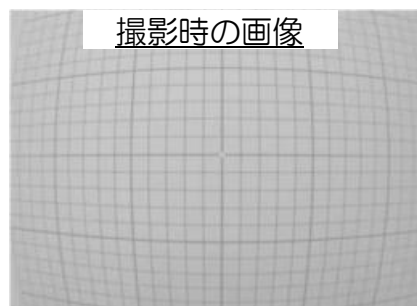
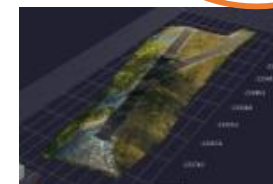
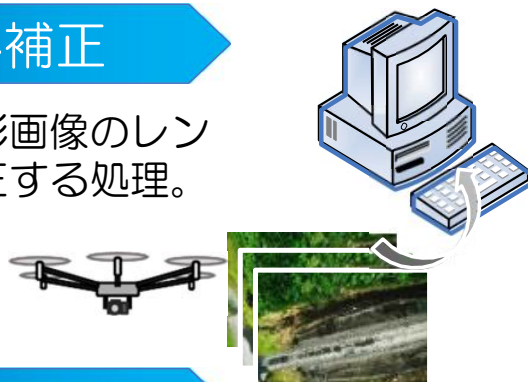
UAV写真測量とは、UAVを用いて撮影した連続する空中写真より、3次元点群データを作成する技術である。



写真から点群データを作成する仕組み

レンズ歪み補正

写真測量時の撮影画像のレンズの歪み等を補正する処理。



特徴点マッチング

撮影した異なる写真の**色彩、輝度、色調**などから**特徴点を抽出**し、複数の写真と一致する点を抽出



マッチング



留意点

精度よく各写真をマッチングさせるためにはより多くの特徴点が必要となるため、以下の点に留意して計測に臨むことが重要である。

- 撮像のブレ、ボケが発生しないこと
- 明るさ、露出、シャッタースピード、飛行速度、画像解像度を適切に設定すること

ステレオ写真処理



立体化の原理

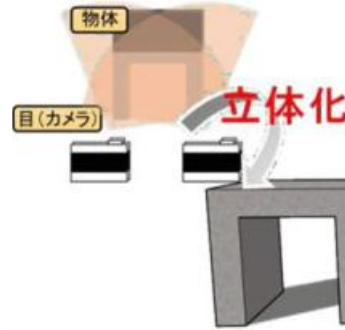
撮影した写真に写る地表物を、複数の異なる写真で解析することにより、立体化する処理。

上記の処理を施し、撮影した写真を立体化する。

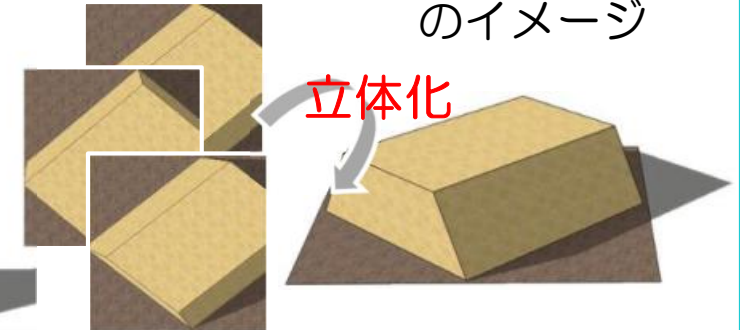
人間には2つの目があり、左右の目が離れていることにより、左右それぞれの目に写る景色には、見え方に微妙な違い(視差)を生じます。この左右の見え方の違いにより、人間は物の立体感を認識するため、2枚の写真のラップ率は60%が最適とされている。

UAV写真測量では、各写真の特徴点をSfM、MVSによりマッチングさせて、撮影位置、撮影方向(姿勢)を算出し、特徴点の3次元座標を計算する。

※立体化のイメージ



※空中写真による立体化のイメージ



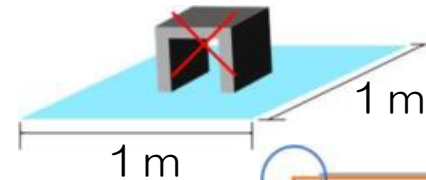
➤ 写真解像度 (地上画素寸法 (1画素辺りの地上の寸法)) の確保

地上の詳細な変化を画像に収めるために必要な要素。

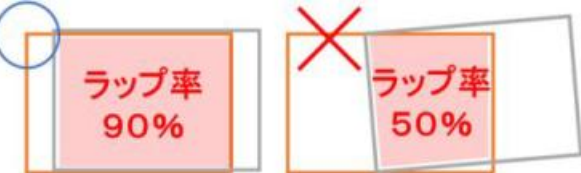
➤ ラップ率の確保

各写真で取得された特徴点が、隣り合った2枚の写真で多くマッチングさせるためラップ率を80%以上を確保する。

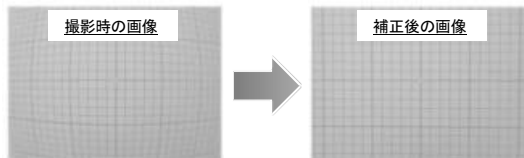
※例【地上画素寸法が1mの場合】



地上画素寸法より小さい地表物は計測されない



レンズ歪み補正



レンズの歪みを補正



特徴点マッチング

各写真の位置と姿勢を計算



ステレオ写真処理

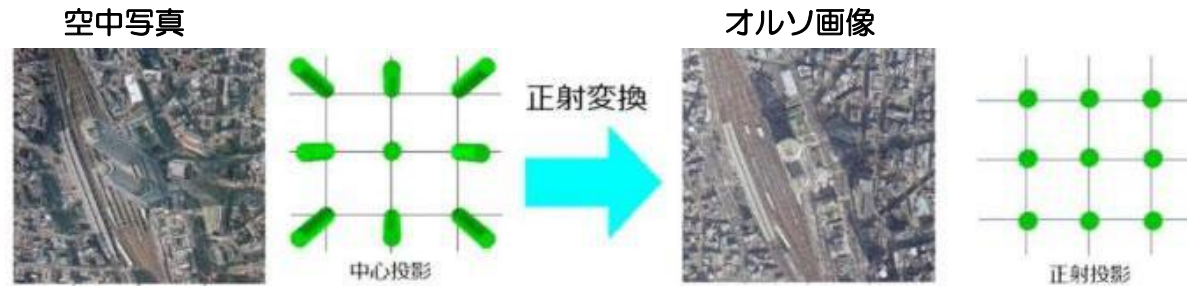
3次元座標の計算

(参考) オルソ画像処理

空中写真はレンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像の位置にズレが生じる。オルソ画像は、写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換（正射変換）したものの。

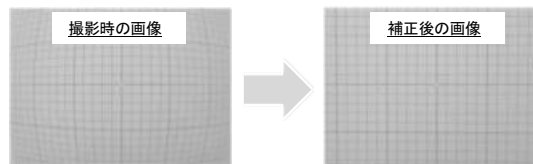
➡ 撮影画像の歪み量、レンズの中心位置等のパラメータを補正する数値を入力。

高い建物、地形ほど大きく写る。
広角なレンズを使うと建物が倒れ込む



レンズ歪み補正

レンズの歪みを補正



特徴点マッチング

各写真の位置と姿勢を計算



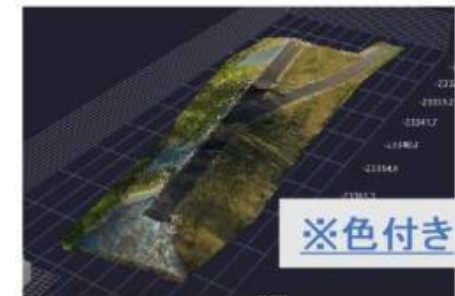
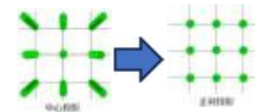
ステレオ写真処理

3次元座標の計算



オルソ画像処理

写真を正射変換

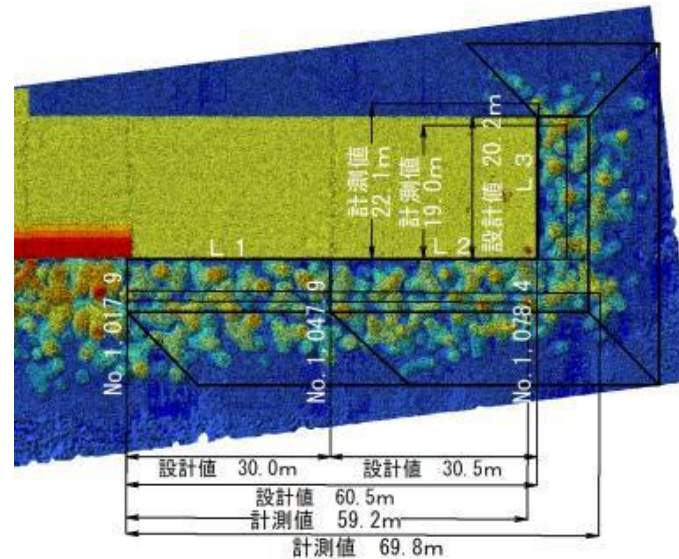


3次元点群

UAV写真測量の適用範囲

■ ブロック据付工の出来形計測

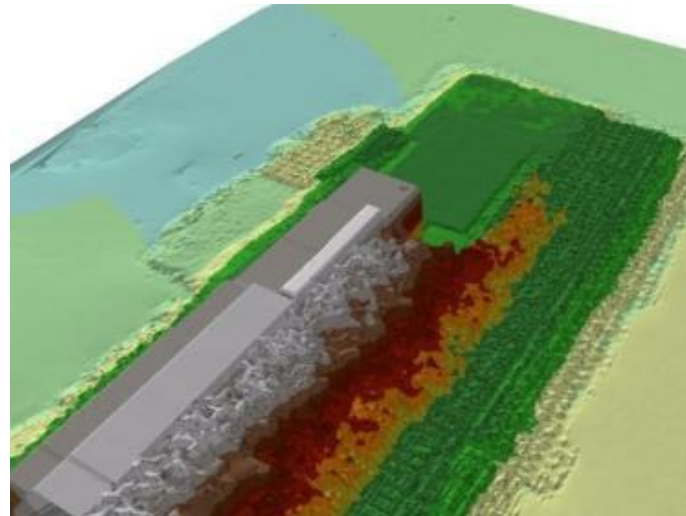
工事の完了時にUAVを用いた出来形計測（UAV写真測量）を行うことで、面的な出来形の評価を行うことが可能となる。下図は、出来形計測の例で、ソフトウェア上で計測TINと3次元設計モデルを重ねて表示したものである。



出来形計測の例

■ ブロック据付工の完成形状の把握

工事の完了時にUAVを用いた計測（UAV写真測量）を行うことで、面的な完成形状の把握が可能となる。



完成形状の把握の例
※水中部はマルチビーム測深による

◆ 利用手順

出来形評価用データの作成

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 撮影・飛行計画
- 1.4 標定点・検証点の配置計画

2. 現場計測

- 2.1 標定点・検証点の計測
- 2.2 UAVによる撮影飛行

3. 計測データ処理

- 3.1 計測点群データの作成
- 3.2 検証点による精度確認
- 3.3 出来形評価データの作成

1 計測準備

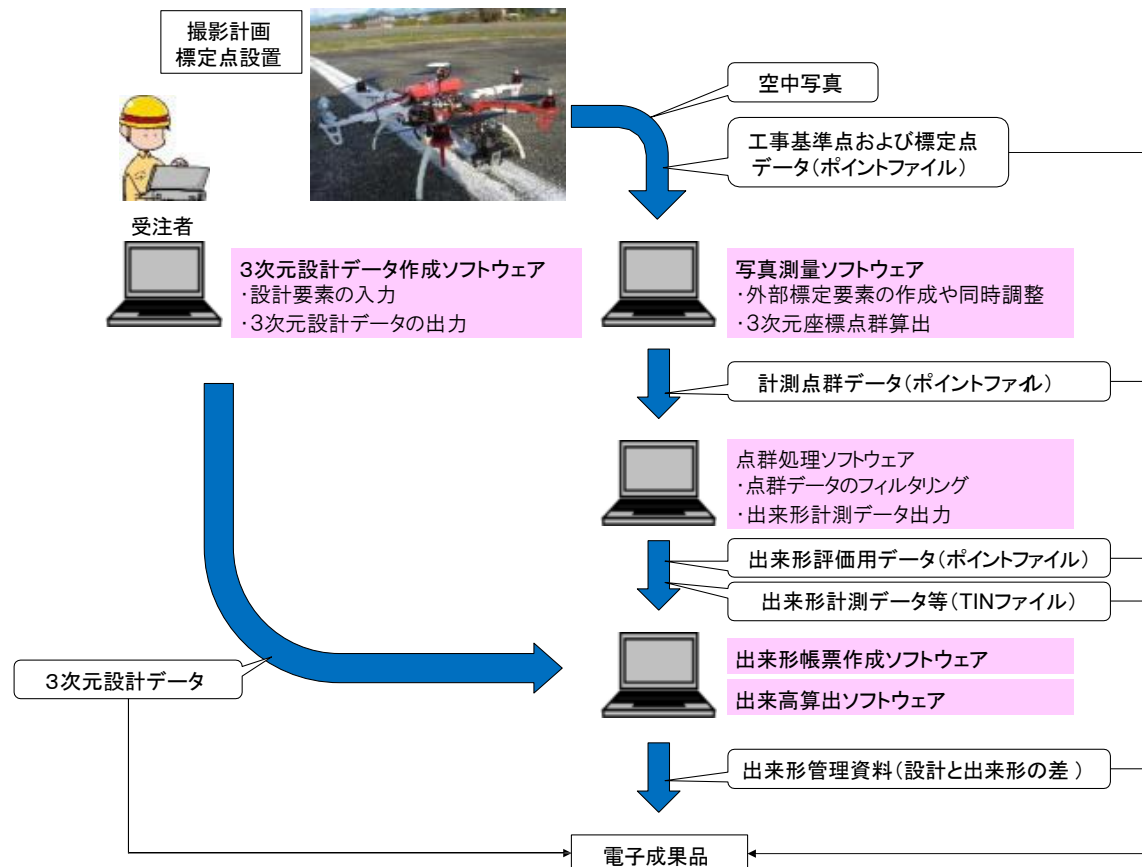
1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

UAV写真測量に必要な機器・ソフトウェアを手配する。
一般的な機器構成を以下に示す。
施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。

- (1) UAV本体
- (2) デジタルカメラ
- (3) 各種ソフトウェア

2 現場計測



UAVの選定に関する留意事項

航空法に基づく無人航空機の許可要件に準じた機体を使用すること。

- ・2022.6より利用する無人航空機は登録が義務化



3 計測データ処理

1.2 使用機器類の性能確認

1 計測準備

UAV写真測量に必要な機器類の性能などを確認する。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 測定精度の確認

(1) 計測性能の確認

1) UAV本体



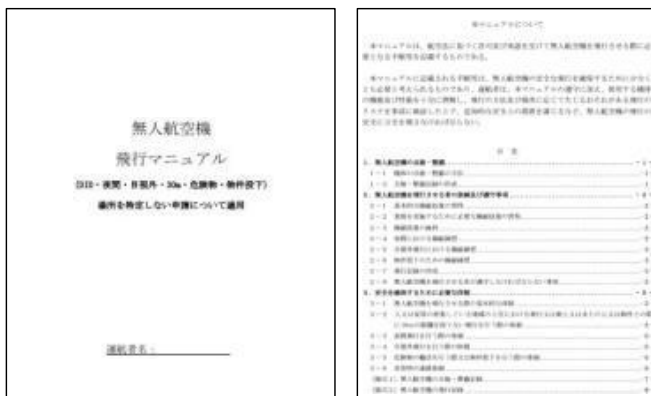
以下の性能及び機能を有すること。

- 撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保すること。（搭載するカメラ重量との比較・計測範囲を飛行する時間と当該UAVの飛行可能時間の比較などを行う）
- 航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じた機体であること。※
- 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の算出するソフトウェアを有すること。

※「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機体性能を有するとともに、当該機体に関する飛行マニュアルを整備しておくこと。

飛行マニュアルは下記HPを参照。

<https://www.mlit.go.jp/common/001218180.pdf>



2 現場計測

3 計測データ処理

2) デジタルカメラ



①カメラの機能

下記のいずれかを示すメーカーカタログあるいは仕様書を施工計画書の添付資料として提出すること。

- ・インターバル撮影又は遠隔でシャッターを操作できること
- ・計画したラップ率を考慮した撮影位置で自動シャッター操作ができること

②カメラの機能

- ・各工種で要求される点群精度を生成できる解像度を有すること。

※グローバルシャッターを用いる場合は、グローバルシャッターに対応したソフトウェアを使用すること

※歪みが大きいレンズや歪みが不均質なレンズは使用を避けること

※ピントは固定とすることが望ましく、オートフォーカスの使用は避けること

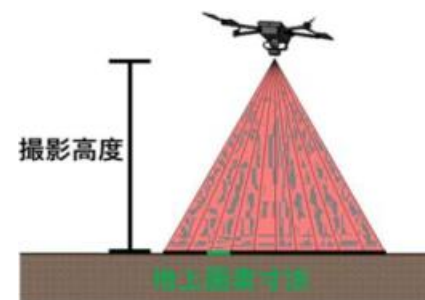
※《参考例》測定精度：±50mm以内の場合、地上画素寸法が10mm/画素が目安

※土工では鉛直下向きでの撮影が基本となっているが、最近では、斜め撮影の他、法面工におけるカメラの傾斜などの機能を適宜検討する

※必要に応じて製造メーカー等による機能維持のための点検（センサーの清掃及び機能確認等）を実施すること



インターバル撮影：シャッターを一定間隔で切る機能
飛行速度・対地高度によりシャッター間隔は変化する



対地高度により地上画素寸法は変化するので
飛行高度に合わせた機材を選定する。

3) UAV及びデジタルカメラ

- UAV及びデジタルカメラについては、製造メーカー等による保守点検を実施する。点検の頻度は、UAVは1年に1回以上、デジタルカメラは必要に応じて実施する。
- 受注者は、計測性能について、UAVやデジタルカメラの性能を確認できる資料及びUAVの保守点検記録を提出する。

4) 各種ソフトウェア



写真測量ソフトウェアとは、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、空中写真測量の原理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ソフトのこと。

写真測量ソフトウェアの機能を確認する。

□ **カメラキャリブレーションを行う機能**

(カメラキャリブレーションはカメラごとに実施する)

※カメラキャリブレーションにより算出されるレンズパラメーター（レンズの歪み）は、レンズの焦点距離、センサー、ピント、絞りなどのわずかな違いによりパラメータの数値に影響を与えます。また、カメラキャリブレーションを行うための撮像の影響も大きい。

そのため、カメラキャリブレーションは、キャリブレーションに適した環境で撮影を行いパラメータを算出すること。（明瞭な地物、標識などが設置されていて、十分な光量、ブレ、ボケのない画像を使用）

現場における撮影は、カメラキャリブレーションを行った時と同じカメラ設定（シャッタースピード、絞り、ピント）で撮影すること。

※キャリブレーションに適した環境を確保できない場合は、第三者機関によるカメラ検定によりレンズパラメータを算出することができる。

※現場で撮影した画像によるセルフキャリブレーションは避けるものとする。

(2) 測定精度の確認

1) ブロック据付の完成形状の把握

精度検証は、以下の資料に従い精度の検証を実施し、実施結果を「精度確認試験結果報告書」に記録する。

なお、UAV写真測量における地上画素寸法や要求精度、UAVレーザー計測における要求点密度や要求精度については、以下の要領を参照して決定すること。

- ・「作業規程の準則」
- ・「UAV搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」

2) ブロック据付の出来形管理

精度検証は、以下の資料に従い精度の検証を実施し、実施結果を「精度確認試験結果報告書」の様式に記録する。

- ・「作業規程の準則」
- ・「UAV搭載型レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」

UAV写真測量を行う場合の位置精度は、「作業規程の準則」にもとづき下表のとおりとし、**位置精度0.05m以内、地上画素寸法0.01m以内を標準**とする。標準以外の位置精度等を採用する場合は、監督職員と協議を行い決定する。取得点密度は、「**100点/m²以上**」とするが、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。



UAV写真測量の場合、検証点による精度確認となる。
精度確認は、計測点群データ作成時に行う。

位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法	備考
0.05m以内	0.01m以内	標準とする
0.10m以内	0.02m以内	
0.20m以内	0.03m以内	

1.3 撮影・飛行計画

1 計測準備

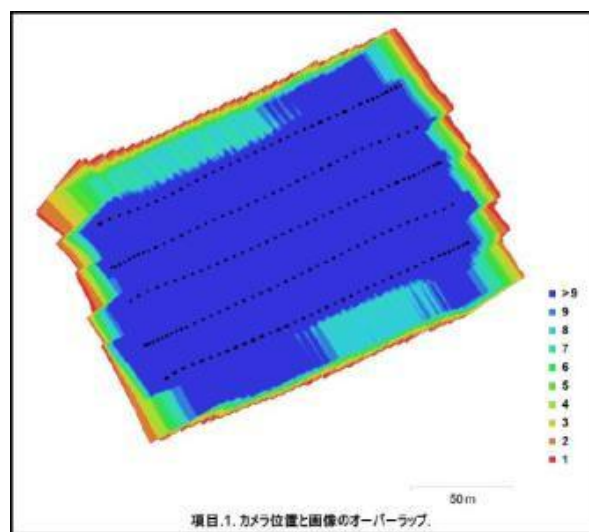
所定のラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を算出するソフトウェアを用いて揚重能力とバッテリー容量に留意の上、撮影・飛行計画を立案する。

(1) 飛行の範囲の設定

計測範囲を施工計画書に記載する。

(2) 飛行高度・飛行速度・シャッタースピードの設定

- 撮影計画を作成し、施工計画書に記載する。
- 工種で要求される地上画素寸法を満足するように、進行方向のラップ率（オーバラップOL）、隣接コースのラップ率（サイドラップSL）、飛行高度・飛行速度・シャッタースピードを求める。なお、ラップ率は、進行方向では80%以上（撮影後に写真重複度の確認が困難な場合は90%以上）、隣接方向では60%以上とする。



写真測量ソフトによる実際のラップ率の算出例

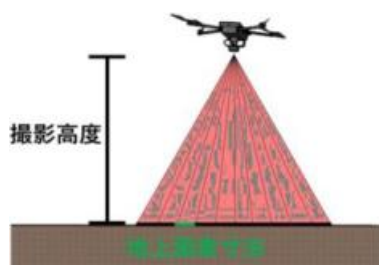
2 現場計測

3 計測データ処理

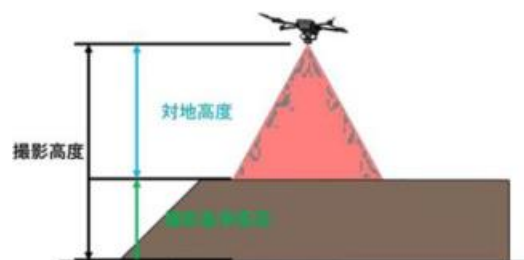
(3) 飛行及び撮影時の留意事項

- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上設定する。
- 対地高度は、必要な精度を満たす地上画素寸法を確保できること、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。撮影高度は、対地高度に撮影区域内の撮影基準面高を加えたものとする。
- 直線かつ等高度または等対地高度の撮影となるように計画する。
- 構造物周囲を含む計測を実施することが望ましい。

■ 対地高度は測定時の要求画素寸法を確保できること

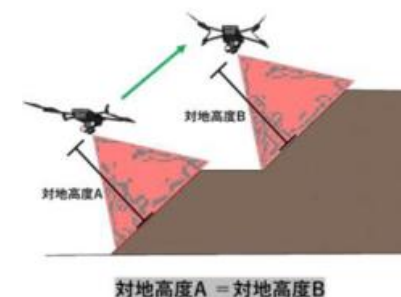


■ 撮影高度は対地高度+撮影基準面高を加えたものとする



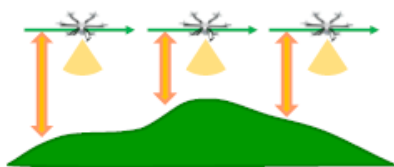
■ 斜面における等対地高度

* 斜め撮影は斜面の傾斜、離れ、カメラ角度など高度な設定が必要となるため垂直撮影で精度が確保できない場合の補備的な撮影



■ 等高度または等対地高度が望ましい

等高度撮影



等対地高度撮影



■ 撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚以上の空中写真の組み合わせ）以上設定すること



(4) 航空法に基づく飛行許可申請（現場条件次第では提出が必要）

D I D地区や空港周辺などUAVの飛行にあたり許可の有無を確認する必要がある。
許可申請には時間がかかる場合があるので、早めの準備が必要である。
許可・申請は下記のHPを参照。

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html

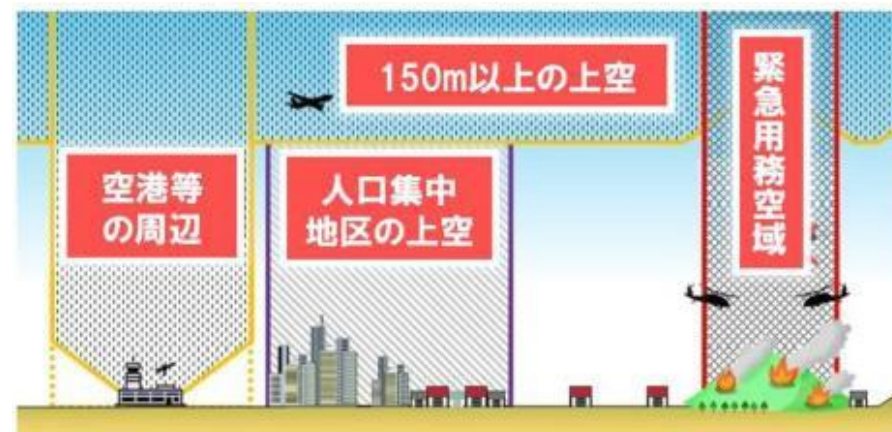
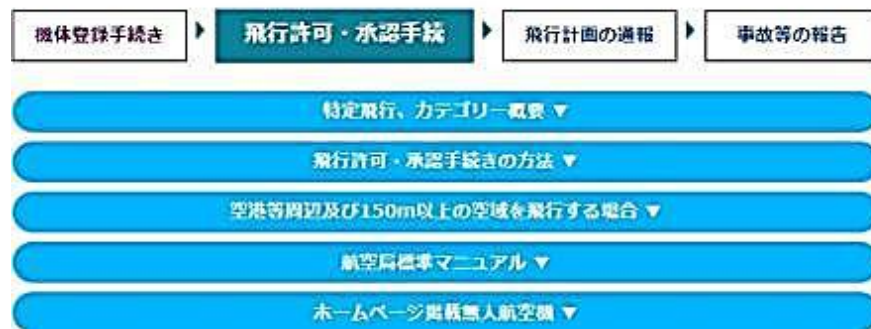
無人航空機の飛行許可・承認手続

ここでは100g以上の無人航空機を屋外で飛行させる際に必要な「飛行許可・承認手続」について説明します。
無人航空機の運航に関する法体系については、下記資料をご参照ください。

PDF表示 [無人航空機の運航に関する法体系](#)

無人航空機を屋外で飛行させるために必要な手続き全体のうち、航空法第132条の85、86に基づく「飛行許可・承認手続」は下図の位置づけです。
本手続きは該当カテゴリ及び機体認証・操縦者技能証明の有無により省略できる場合がありますので後述にて手続きの要否をご確認ください。

※無人航空機を飛行させるための一連の手続きは原則、後述のオンラインサービス「ドローン情報基盤システム<通称：DIPS2.0>」よりおこなってください。
※飛行許可・承認手続きの実施においては、機体登録手続きを実施し登録記号または試験飛行届出番号発行を受けている必要があります。



1.4 標定点・検証点の配置計画

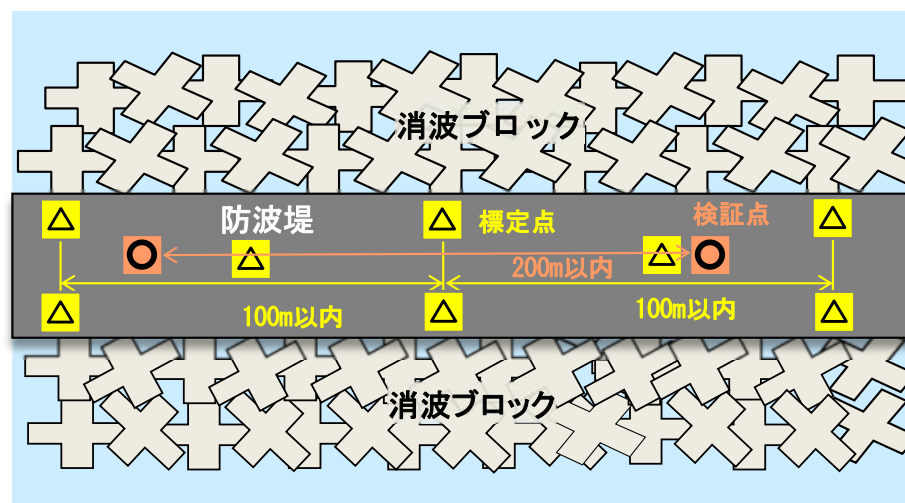
1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理

空中写真測量（UAV）による計測結果を3次元座標へ変換するためには、標定点と精度確認用の検証点を設置する必要がある。

- 標定点、検証点の配置計画を作成して施工計画書に記載する。
- 国土交通省国土地理院の「作業規程の準則」に基づき配置する。消波ブロック据付においては以下のとおり。
- 国土交通省国土地理院の「作業規程の準則」では、「標定点は、計測対象範囲を囲むように配置する点（外側標定点）および計測対象範囲内に配置する点（内側標定点）で構成する。」とされているが、作業の効率性・安全性の向上の観点から、消波ブロック据付（水上部）においては、「標定点は、100m以内毎に防波堤幅の両端2列に外側標定点とその内側に1点の内側標定点を配置することを標準とする。また、検証点は200m間隔以内で最低2点以上設けることを標準とする。なお、検証点は標定点とは別に設置する必要がある。これらの標定点および検証点消波ブロック上には配置しないことも可とする。」ただし、消波ブロックの離岸堤など上部工が無い構造の場合は、陸域に標定点および検証点を設置し、広域撮影を行うなどの対応も可能である。
- UAV写真測量の計測手法のうち、RTK方式、ネットワーク型RTK方式、PPK方式、自動追尾型トータルステーション方式を活用し、撮影時のカメラの位置情報を取得することが可能な場合は、標定点の配置は任意とすることができる。なお、検証点については、200m間隔以内に最低2点以上設けて精度を評価するものとする。



UAV写真測量 標定点と検証点の設置イメージ

2 現場計測

1

計測準備

2

現場計測

3

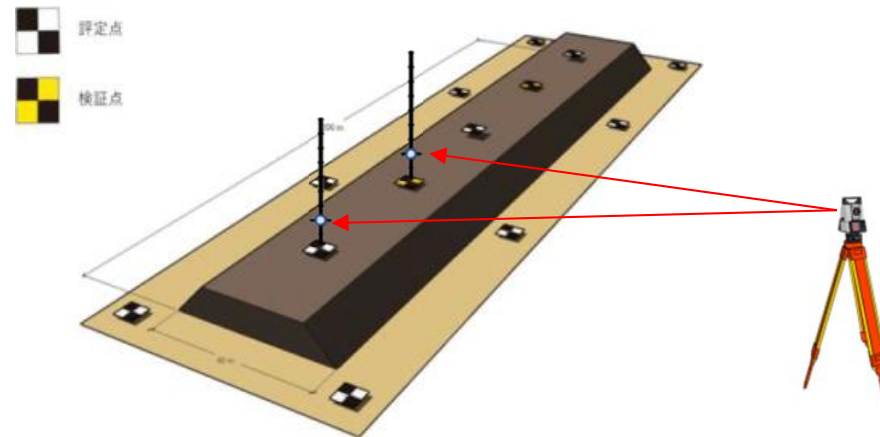
計測データ処理

2.1 標定点・検証点の計測

現場に計画した標定点・検証点を配置し、各点の座標を計測する。

(1) 標定点・検証点の計測

- 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。例えば、工事基準点などの既知点から、事前精度確認にて所要の精度があることが確認されたTS等光波方式を用いて計測することができる。
- RTK方式、ネットワーク型RTK方式、PPK方式、自動追尾型トータルステーション方式を活用し、撮影時のカメラの位置情報を取得することが可能な場合は、標定点の配置は任意とすることができる。



標定点・検証点の計測イメージ

注意

- ・ 検証点を標定点として使用しないこと
- ・ 標定点・検証点は計測中動かないよう設置すること

2.2 UAVによる撮影飛行

UAVを飛行させ空中から写真を撮影する。

(1) 撮影飛行

空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。

(2) 計測の留意事項

1) 安全計測のための留意点

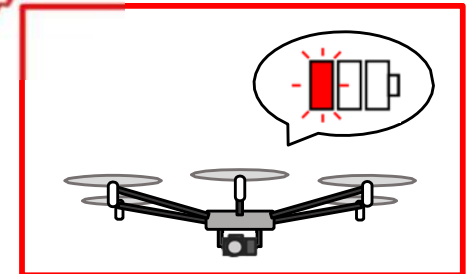
空中写真測量（UAV）による計測では、撮影だけでなくUAV本体の飛行の安全にも十分留意する必要がある。

- ・ UAV機体の定期点検および飛行前点検の実施
- ・ 強風や突風の恐れのある気象条件
- ・ バッテリー残量に注意
- ・ 安全飛行マニュアルに準拠し飛行する。

また、港湾荷役や工事で使用している無線電波とUAVの使用する電波は同じ周波数帯（2.4GHz帯）の場合が多いので、操縦電波の障害に注意が必要である。



バッテリー残量に注意



2) 諸手続き

航空法による届け出、資格、周知など遵守すべき事項を確認すること。

- ・ 施工現場における飛行制限の確認
- ・ 港湾関係者等への周知
- ・ 必要な資格の取得

1

計測準備

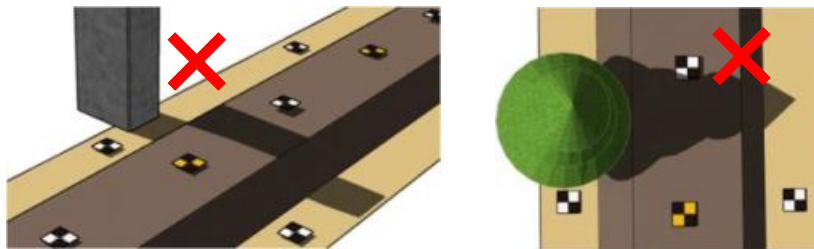
2) 精度確保のための留意事項

空中写真測量（UAV）による計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

《計測精度を確保するための留意事項》

- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 水面や白色部のハレーションに留意
- 草や木などで地面が覆われている場所
- 積雪により地面が覆われている場合
- 法面や構造物を計測する場合には、カメラの角度などを工夫すること
- 水面や草本木など動きのある地物が多く介在するエリア

■ 影部など暗く写真が鮮明に撮影できない場所



■ 強風や突風の恐れのある気象条件



■ 対象構造物の全面を所定の密度で計測することが困難な場合は出来形写真で保管する



■ 可能な限り地面が露出している状態



3

計測データ処理

1

計測準備

3) 防波堤や消波ブロック等の複雑な構造物がある場合の留意点

防波堤等のように、側面がある構造物の場合や消波ブロック等の複雑な構造物がある場合は、垂直写真だけでは側面の点密度が不足すること、および位置精度向上が期待されることから、**斜め写真の撮影を加えて実施することを推奨**する。

斜め写真は垂直写真と同一対象物を海側から撮影できるコースを設定し、写真の中心に対象施設が撮影されるようにする。

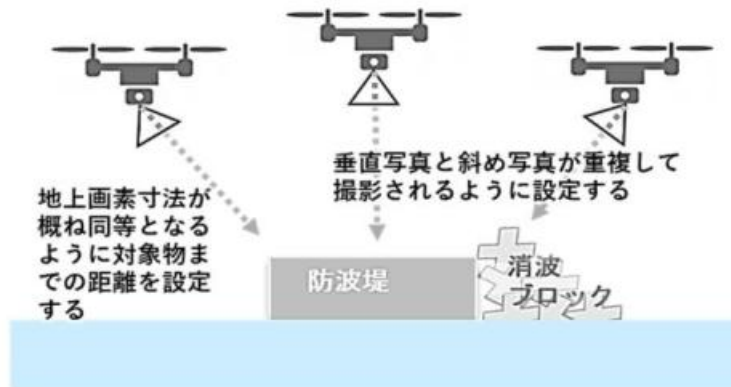
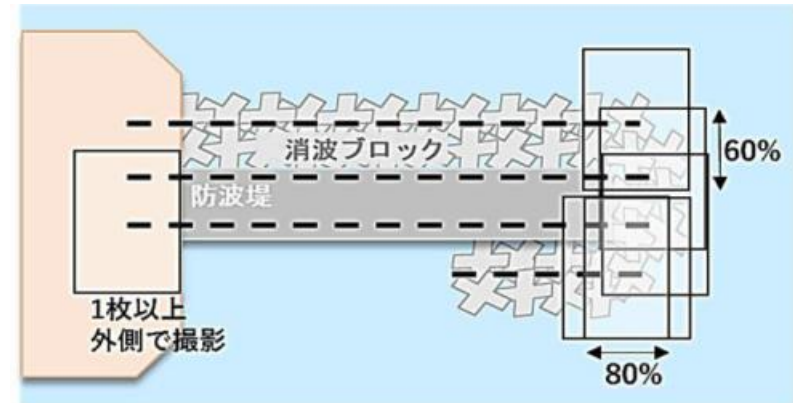
斜め撮影の同一コース内の隣接空中写真間は80%以上、コース間隔は60%以上とする。高度は垂直写真と斜め写真の地上画素寸法が概ね同等となるようにカメラの角度および高度を計算して設定する。

なお、撮影においては単コース撮影では誤差が大きく出る傾向があることと、消波ブロックで3次元の再現性が劣ることから、複数コースによる撮影を標準とする。

また、右図に示すように、少なくとも1枚以上の空中写真が対象範囲の外側で撮影されるように計画する。

地上画素寸法については、3次元データの利用目的や要求精度を考慮し、他の基準類などを参照し決定することができる。

なお、海面は3次元データ作成の際に障害となるため、右図に示すように1枚の写真に写る水域部の割合は、極力少なくする。



空中写真の撮影計画イメージ

2

現場計測

3

計測データ処理



左の写真の方が1枚の写真に水部が少なく、望ましい

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

4) その他の留意事項（自動航行を行わない場合の留意点）

自動航行を行わない場合の測定精度を確保するための所定の条件は以下を標準とする。

- 直線かつ、等高線または等対地高度の撮影となるように飛行する。
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上形成できるように飛行する。
- 構造物に接触しないよう、十分注意して計測する。

3 計測データ処理

3.1 計測点群データの作成

撮影写真から点群を生成し、不要点の削除を行う。

(1) 写真測量ソフト点群を生成する

- 点群生成については、各写真測量ソフトウェアのマニュアルによる。
- 点群生成に利用するのは標定点のみである。

(2) 点群処理ソフトで計測点群データを作成する

- 生成した点群データから、不要点を削除する。
- 必要に応じて密度調整を行う。

注 意

■ 写真測量ソフトウェアに関する留意事項

- ・カメラキャリブレーションの結果（カメラパラメータ）は、測定精度に影響を与えるため、施工現場におけるセルフキャリブレーションは避けて、カメラキャリブレーションに適した環境で実施すること。
- ・UAVの飛行ログデータ（カメラ位置データ、姿勢情報、RTK情報など）を使用したデータ処理が行える場合は、利用してもよい。

■ 点群処理ソフトに関する留意事項

- ・処理する3次元座標は、出来形管理結果に影響するため、不要点除去時には留意すること。

3.2 検証点による精度確認

1

計測準備

計測点群データ上で取得した検証点の座標値と、現場計測の際に取得した検証点の座標を比較し**要求されている測定精度以内であることを確認**する。

精度確認の結果は、「**精度確認試験結果報告書**」にとりまとめ、発注者に提出する必要がある。

注意


- UAV写真測量では、**現場計測ごとに精度確認が必要**。
- 点群生成時に利用していない検証点を用いる。
- 生成した点群から抽出した検証点座標とTS等で計測した検証点座標の比較を行う。
- 比較結果が全て要求精度を満たしていることを確認する。

2

現場計測

TSによる検証点の座標値

①真値とする検証点の座標




計測方法：既知点（TS）による座標計測

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
1点目	44044.720	-11987.455	17.490
2点目	44000.797	-11995.385	17.520

空中写真測量による検証点の座標値

②空中写真測量（UAV）による計測結果



空中写真測量（UAV）で測定した検証点の位置座標

	X'	Y'	Z'
1点目	44044.700	-11987.444	17.470
2点目	44000.778	-11995.385	17.521

③差の確認（測定精度）

空中写真測量による計測結果（X', Y', Z'）－ 真値とする検証点の座標値（X, Y, Z）

検証点の座標間較差			
	Δ X	Δ Y	Δ Z
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分（最大）＝-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）
 Y成分（最大）＝-0.011m（-11mm）以内；合格（基準値50mm以内）
 Z成分（最大）＝-0.020m（-20mm）以内；合格（基準値50mm以内）

計測のタイミング及び工種により要求される精度を確保していることを確認する

3

計測データ処理

（抜粋）

精度確認試験結果報告書

1.1) 測量概要

1.2) 精度確認試験結果

精度確認試験結果			
検査項目	検査結果	検査基準	検査結果
1点目	44044.720	-11987.455	17.490
2点目	44000.797	-11995.385	17.520

1.3) 精度確認試験結果

検査項目	検査結果	検査基準	検査結果
X成分（最大）	-0.020m	-20mm	合格（基準値50mm以内）
Y成分（最大）	-0.011m	-11mm	合格（基準値50mm以内）
Z成分（最大）	-0.020m	-20mm	合格（基準値50mm以内）

「精度確認試験結果報告書」を提出する

3 計測データ処理

1

計測準備

2

現場計測

3

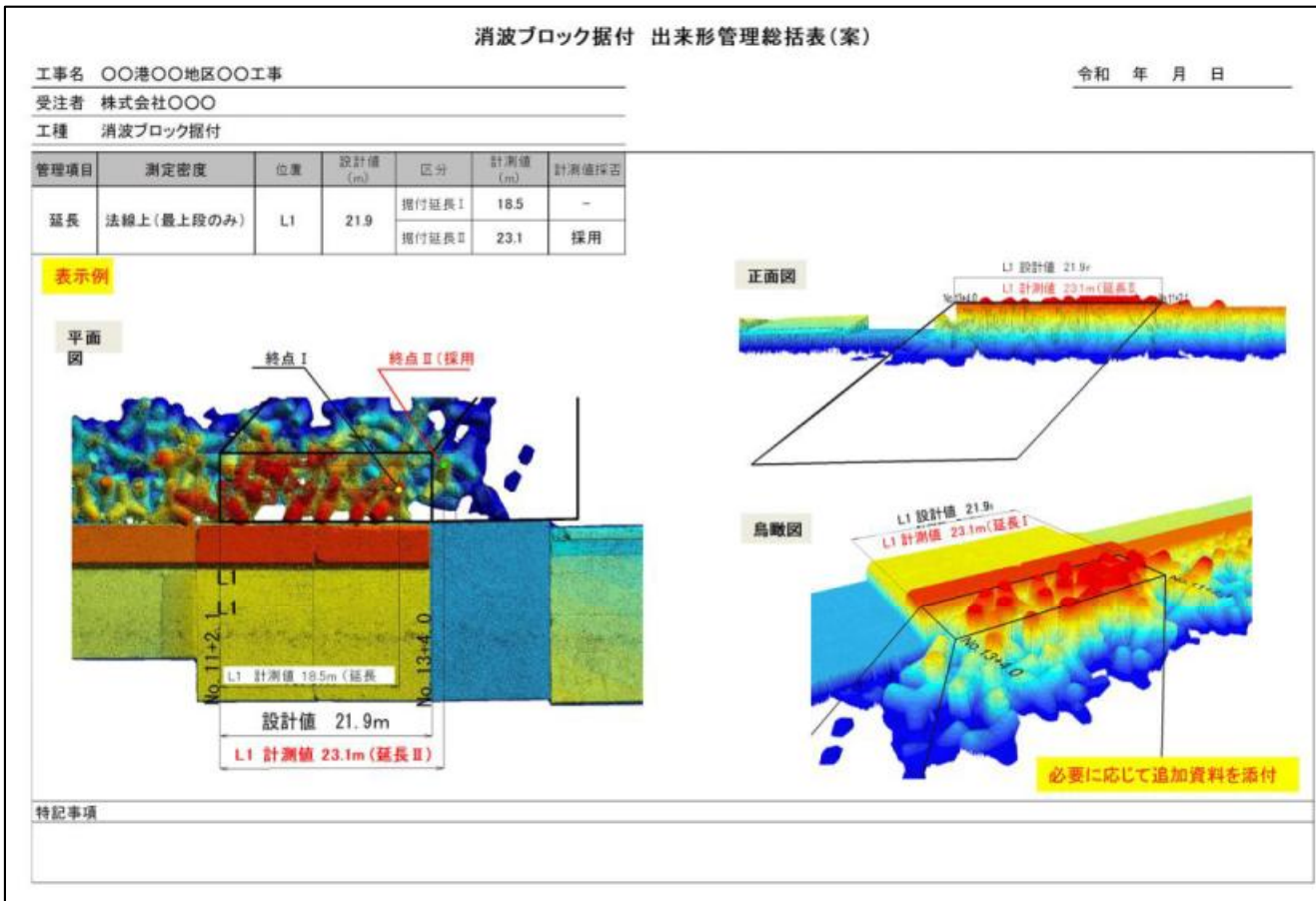
計測データ処理

3.1 出来形評価用データの作成

消波ブロック据付工の出来形評価用点群データは、全ての計測点群データとする。
出来形評価用点群データよりTINを配置し、出来形評価データを作成する。
なお、出来形評価の方法は、本要領の「別紙1」を参照のこと。

■ 出来形用評価データ

工種	出来形評価データ	計測方法
ブロック据付工	全ての計測点群データから作成したTIN	UAVを用いた計測



出来形管理図表作成例

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

■ 消波ブロック据付工

工種	管理項目	計測方法	採用するデータ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
消波ブロック据付工	延長	UAVを用いた計測	全ての計測点群データから作成したTIN	10cm	出来形管理資料として整理		

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

本要領による3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の消波ブロック据付工範囲を示すとともに、出来形管理範囲を明示する。3次元計測範囲は、消波ブロック据付工事範囲を含め、関連施設が近傍にあればそれを含む範囲、または、工事範囲外側で必要と考えられる範囲まで設定する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、出来形確認データを用いた出来形管理を行う範囲については、本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

UAVを用いた計測による出来形管理を正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された機材（UAV、レーザー測距装置等）および必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。使用する機器構成を施工計画書に記載するとともに、その機能・性能などを確認できる資料を添付して提出する。

記載事項

提出書類

(5) 計測計画

受注者は、各手法の要求精度が確保できるよう計測計画を立案し、施工計画書内に整理して提出すること。以下の項目に留意し、計測計画を作成することとする。

- ・対象物との距離
- ・高さ
- ・対象物の形状
- ・地形
- ・要求精度
- ・近傍の障害物

記載事項

(6) 精度管理

UAVを用いた計測の精度管理の方法について記載する。

記載事項

(参考) 作成資料の様式

【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】

日 付： 年 月 日
 工事名：
 受注機関：
 作成者：

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

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカー：(製造メーカー名) 測定装置名称：(製品名、機種名) 測定装置の製造番号：(製造番号)

(2) 精度確認試験結果 (概要)

精度確認試験実施年月	年 月 日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候 晴れ 気温 8℃
測定場所	(株) UAV測量 ○○工事現場
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS : 3級TS以上 <input type="checkbox"/> 機種名 (級別○級)
精度確認方法	検証点の各座標の較差

(3) カメラの位置計測に用いた機器

カメラの位置計測に用いた機器がある場合は以下を記入すること

メーカー	(製造メーカー名)
名称	(製品名、機種名)
製造番号	(製造番号)
写真	(写真)

(4) 精度確認試験結果 (詳細)

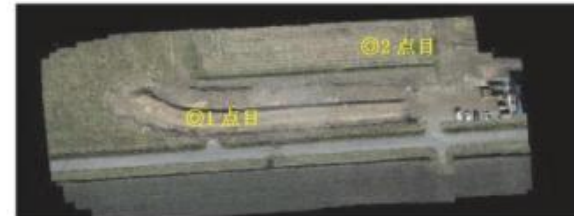
① 真値とする検証点の確認



計測方法：既知点 or TSによる座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
1点目	44044.720	-11987.655	17.890
2点目	44060.797	-11993.390	17.530

② 空中写真測量 (UAV) による計測結果



空中写真測量 (UAV) で測定した検証点の位置座標			
	X'	Y'	Z'
1点目	44044.700	-11987.644	17.870
2点目	44060.778	-11993.385	17.521

③ 差の確認 (測定精度)

空中写真測量による計測結果 (X', Y', Z') — 真値とする検証点の座標値 (X, Y, Z)

検証点の座標間較差			
	Δ X	Δ Y	Δ Z
1点目	-0.020	-0.011	-0.020
2点目	-0.019	-0.005	-0.009

X成分 (最大) = -0.020m (-20mm) 以内; 合格 (基準値 50mm 以内)

Y成分 (最大) = -0.011m (-11mm) 以内; 合格 (基準値 50mm 以内)

Z成分 (最大) = -0.020m (-20mm) 以内; 合格 (基準値 50mm 以内)



技術概要集

UAVレーザー計測



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

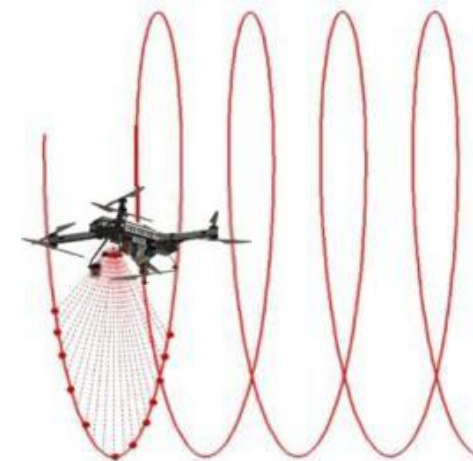
■ UAVレーザー計測とは？

UAVレーザー計測システムは、UAV上のGNSS、IMU及びレーザーキャナーによって構成される。その原理は、GNSSとIMUによりUAVの位置と姿勢を求め、レーザーキャナーにより左右にスキャンしながら地上までのレーザー光の反射方向と地上までの距離を計算し、これらの装置の関係付けと計測データの解析により3次元座標を解析するものである。



特徴と計測原理

- レーザーを連続的に2次元の放射状に射出するユニットをUAVへ搭載
- UAVが飛行し移動することでレーザーがスパイラルに射出、地表面の3次元点群を取得
- レーザーユニットの位置は、GNSSなどで測定
- 短周期の姿勢変化はUAVに搭載されるIMUのデータによって補正
- 高精度なものでは、ペイロードは6～7kgにもなる
- GNSSによる測位データと、IMUによる姿勢変化データによって軌跡（トラジェクトリ）を解析
- その上にスキャンデータを時系列で展開し、一つの座標系の点群データを作成
- ユニットの性能や必要とされる精度や密度によって、対地高度および飛行速度を決定



留意点

レーザーの回転方向（横方向）の間隔は、端部ほど大きくなる

◆ 利用手順

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 飛行計画の立案

2. 現場計測

- 2.1 調整用基準点・検証点の設置及び計測
- 2.2 UAVレーザーシステムの確認
- 2.3 UAVレーザー計測の実施

3. 計測データ処理

- 3.1 検証点による精度確認

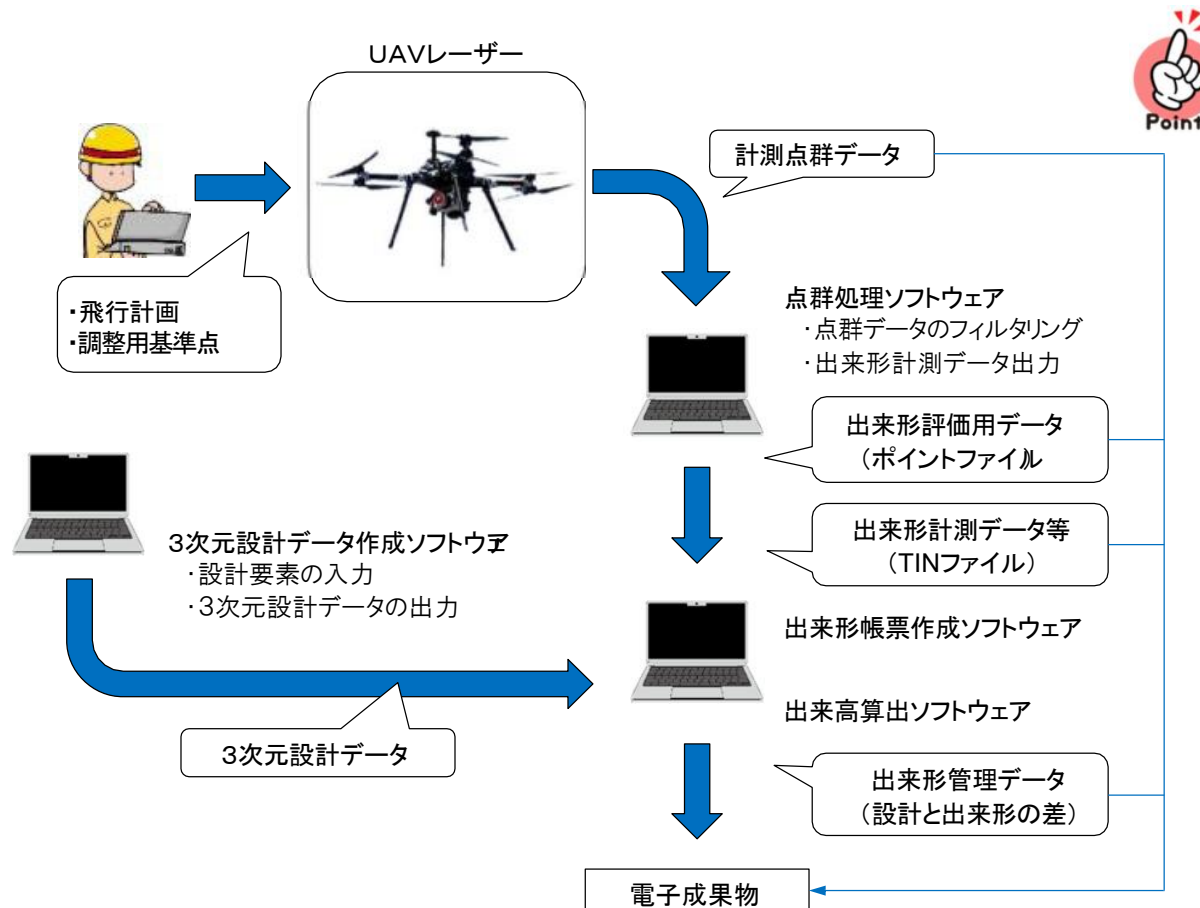
1 計測準備

1 計測準備

1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

UAVレーザー計測に必要な機器・ソフトウェアを手配する。
一般的な機器構成を以下に示す。
施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。

- (1) UAVレーザー本体（UAV本体、レーザースキャナ（LS）本体）
- (2) 各種ソフトウェア



UAVレーザーの計測性能は多様であることと、使用しているIMUやLSが高精度なほど高価格となる傾向もあり、各現場の状況に併せて適用可能な機器を選定することが重要。



2 現場計測

3 計測データ処理

1.2 使用機器類の性能確認

UAVレーザー計測に必要な機器類の性能などを確認する。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 測定精度の確認

(1) 計測性能の確認

1) UAV本体



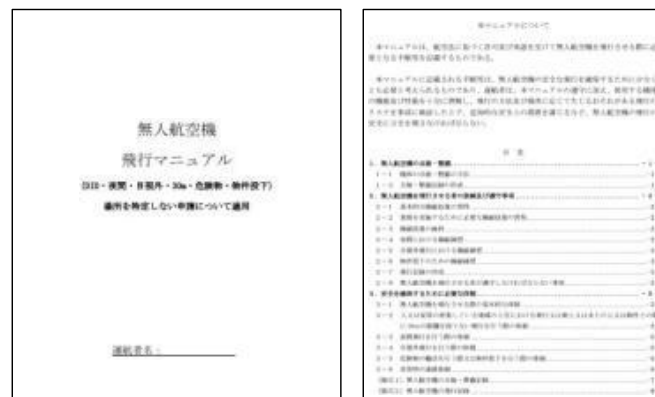
以下の性能及び機能を有すること。

- 自動飛行機能及び異常時の自動帰還機能を装備していること。
- 航行能力は、計測が想定される飛行域の地表風に耐えることができること。
- 撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保すること。（搭載するLSの重量との比較・計測範囲を飛行する時間と当該UAVの飛行可能時間の比較などを行う）
- 航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じた機体であること。※

※「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機体性能を有するとともに、当該機体に関する飛行マニュアルを整備しておくこと。

飛行マニュアルは下記HPを参照のこと。

<https://www.mlit.go.jp/common/001218180.pdf>



2) GNSSアンテナ及びGNSS受信機

- GNSSアンテナは、UAVの頂部に確実に固定されていること。
- GNSS観測データを1秒以下の間隔で取得できること。
- 2周波で搬送波位相を観測できることを標準とする。
- IMU（慣性計測装置）
- センサ部の3軸の傾き（ローリング、ピッチング、ヘディング）及び加速度を計測可能なこと。
- レーザ測距装置との位置関係を堅ろうに固定できるものとし、レーザ測距装置に直接装着することを標準とする。

3) レーザ測距装置

- スキャン機能を有すること。
- 眼等の人体に悪影響を与えない機能を有していること。
- 安全基準が明確に示されていること。

4) ソフトウェア

- GNSS及びIMUから得られたデータを用いて推定した誤差モデルから、再度軌跡を計算する繰り返し計算によって誤差モデルを改善し、最適解を算出できること。
- 解析結果の評価項目を表示できること。
- 最適軌跡解析で得た結果及びレーザ測距データを統合解析し、計測点の三次元位置が算出できること。

1.3 飛行計画の立案

1 計測準備

UAVレーザーは、IMU、LSの性能に応じて精度が左右されるため、要求精度を確保できる範囲で、飛行計画を立案する。

(1) 飛行計画

UAVレーザーで使用するGNSS、IMU、LSの性能に応じて計測諸元を作成し飛行計画を立案する。飛行対地高度は、飛行空域の状況、IMUとLSの性能により決定する。計測データの相対的な精度の確保と計測データが欠測しないよう、必ず隣接するコースに重なりがあるように、飛行計画を立案する。

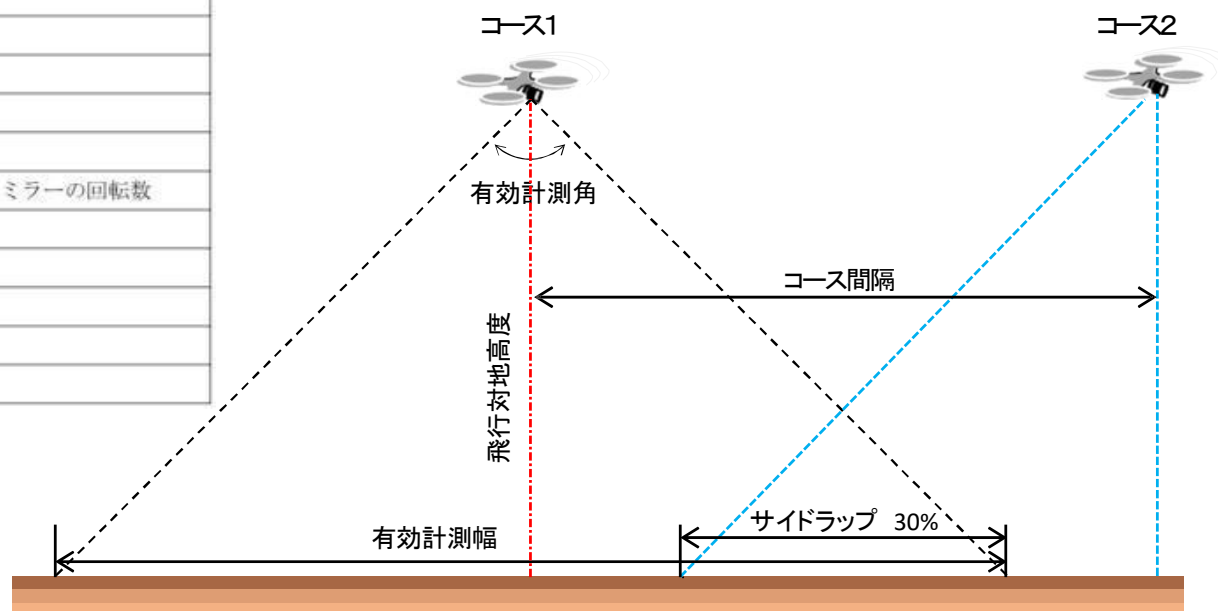
また、飛行計画上のサイドラップ率が30%以上となる飛行計画を立案する。

飛行対地高度の決定は、IMU、LSの性能を考慮し有効計測角、有効計測幅を決定し、要求精度 > 予測精度となるよう十分留意すること。

2 現場計測

・飛行対地高度	(m)
・飛行速度	(m/秒)
・レーザー拡散角	(mrad)
・IMUの精度 (ロール角)	(度)
・IMUの精度 (ピッチ角)	(度)
・IMUの精度 (ヘディング角)	(度)
・スキャン回転数	(回転/秒) ポリゴンミラーの回転数
・レーザー発光回数	(回数)
・有効計測角	(度)
・有効計測幅	(m)
・コース間隔	(m)
・計測点間隔 (進行方向、横断方向)	(cm)

3 計測データ処理



1

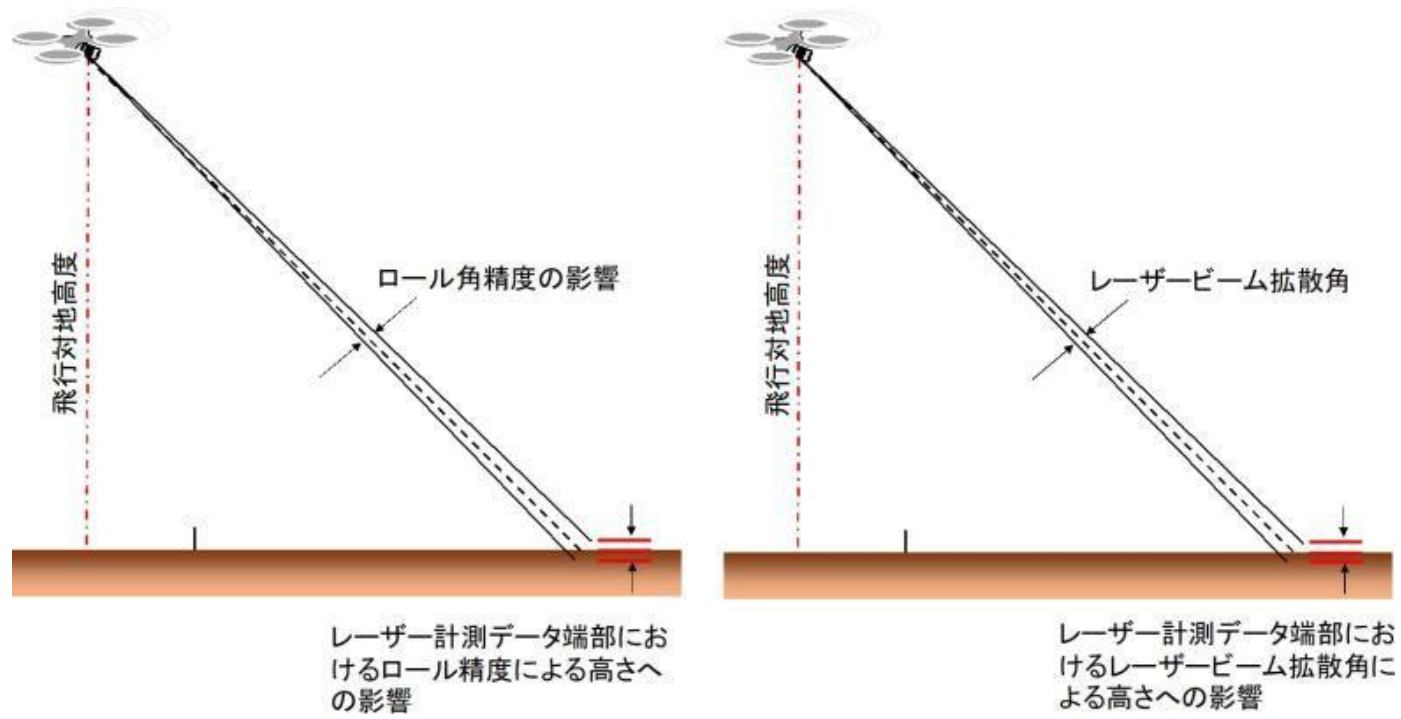
計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理



ロール角度及びレーザー拡散角が予測精度に与える影響

1 計測準備

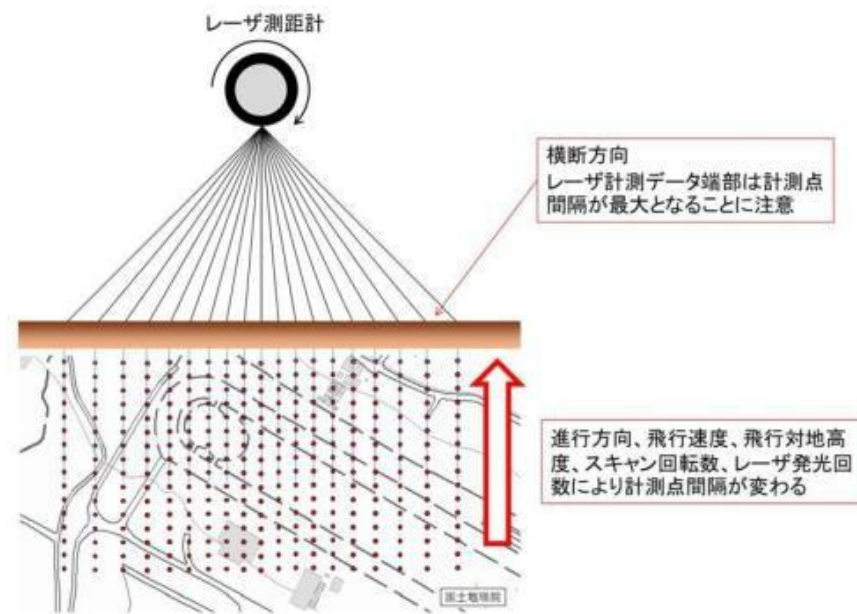
飛行速度は、計測点密度に影響するため、LSの性能により決定する。

LSの性能が、レーザー発光回数10万点/秒、スキャン回転数50回転/秒、飛行速度4m/秒、飛行対地高度30mの場合、計測点密度は、進行方向で8cm（4m÷50回転）、横断方向で12.5cm（下図参照）となる。

飛行中は、機体の揺れによる計測点密度の粗密が生じる恐れがあるため、要求される計測点密度を十分満足するように留意して飛行速度を決定すること。



計測点密度（横断方向）の計算方法の一例



計測点密度

2 現場計測

3 計測データ処理

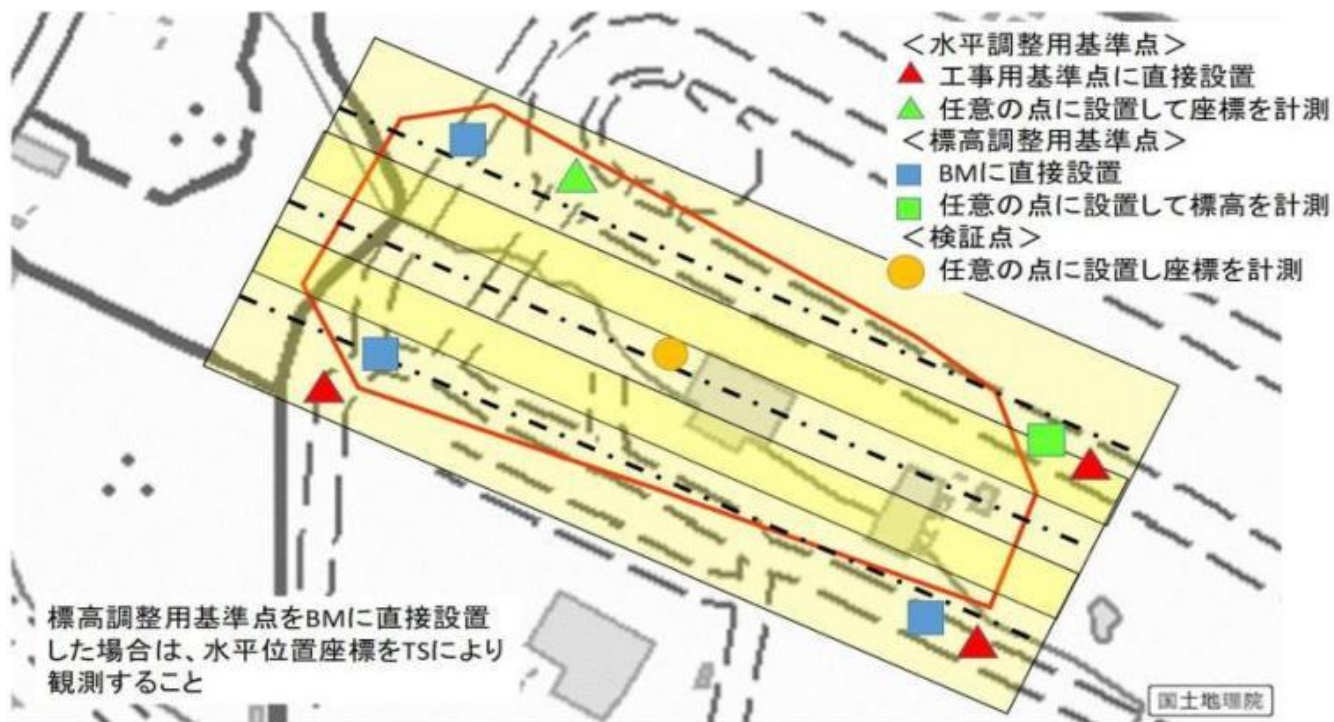
(2) 調整用基準点・検証点の設置計画

① 調整用基準点

調整用基準点の設置については、「『作業規程の準則』第4編 第4章 第5節 第3款 調整点の設置」を参照することができる。

② 検証点

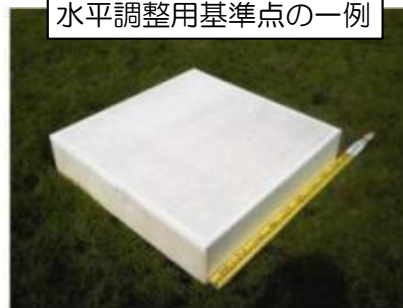
検証点の設置については、「『作業規程の準則』第4編 第4章 第5節 第7款 オリジナルデータの点検測量」を参照することができる。



標高調整用基準点の一例



水平調整用基準点の一例



- 調整用基準点の形状は任意であり、計測点群データから座標が特定できるものを用いる。
- x, y, z 座標が特定できる物を用いることで、標高調整用基準点と水平調整用基準点を兼ねる事が出来る。

(3) 地上固定局の設置

UAVレーザーは、LSの位置をキネマティック法で求めるために必要な地上固定局を設置するものとする。

地上固定局は、電子基準点、仮想点、施工現場へ設置した基準局を使用するものとする。また、地上固定局のデータ取得間隔は1秒1epochとする。

- UAVレーザーにおいて、LSの位置は、GNSS測位（衛星測位）「キネマティック法」による測位演算で求める。キネマティック法は、現場でリアルタイムに測位演算する「RTK法」と後処理で測位演算する「後処理キネマティック法」に分類される。
- キネマティック法は、高精度に位置を算出するために地上固定局を設置し、飛行中のUAVに搭載されたGNSSと同時観測する必要がある。地上固定局は、施工現場の近傍に設置されている電子基準点や仮想点、施工現場内に設置された基準局を使用することができる。
- 「RTK法」は、地上固定局の観測データを無線装置によりUAVへリアルタイムに転送する必要がある。「後処理キネマティック法」は、配信事業者からダウンロードした観測ファイル又は、施工現場内に設置した基準局の観測データファイルとUAVレーザーの観測データを用いて解析を行う。

(3) 取得点密度

取得点密度は「100点/m²以上」とするが、これにより難しい場合には、監督職員と協議を行い決定する。

2 現場計測

1

計測準備

2

現場計測

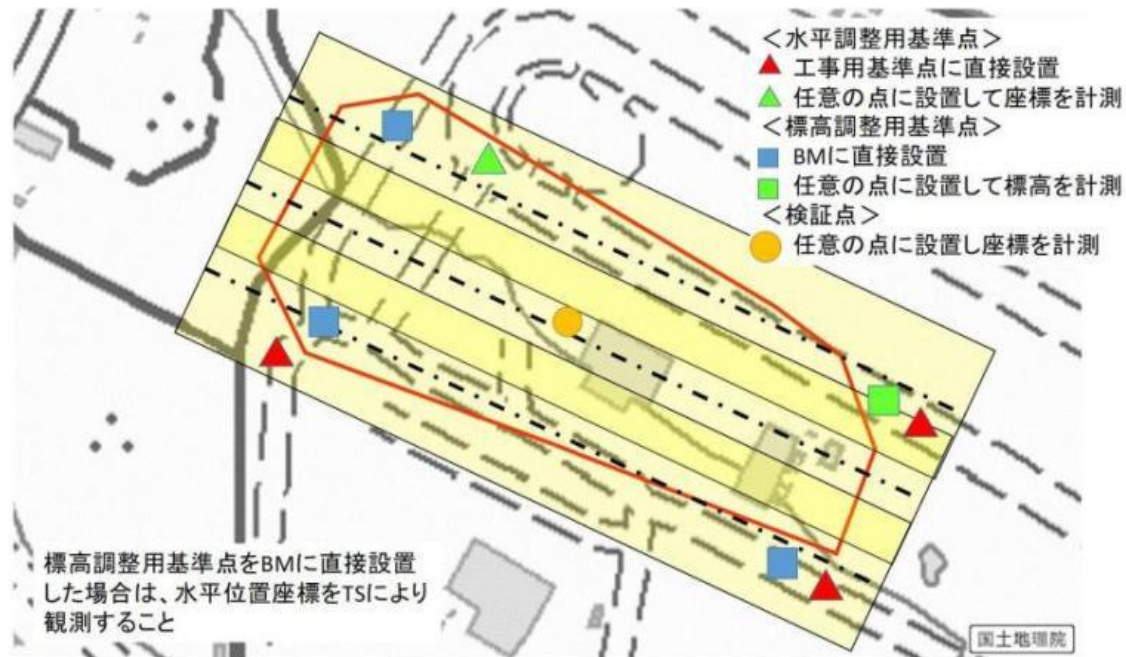
3

計測データ処理

2.1 調整用基準点・検証点の設置及び計測

計測計画に基づき、調整用基準点・検証点を配置し、各点の座標を計測する。

- 調整用基準点の計測はTSを用いて実施し、TSから基準点及び調整用基準点までの距離が100m以下（3級TSの場合）あるいは150m以下（2級TSの場合）とする。
- 鉛直高さや水平位置の検証点は、それぞれ最低1点以上、調整用基準点の設置位置から概ね等距離となる位置に設置するものとし、計測方法は調整用基準点と同等とする。ただし、工事基準点、BM、KBMへ直接設置できる場合は、この限りではない。
- このほかx,y,z座標が特定できる物（既存の構造物の角など、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）を用いることで、標高調整用基準点・検証点と水平調整用基準点・検証点を兼ねる事が出来る。調整用基準点、検証点の配置図は、任意の様式で受注者が作成、補間し、監督職員の求めに応じて提出できるようにすることとする。



■ UAVレーザー計測（防波堤、消波ブロック）における留意点

UAVレーザー計測は、**近赤外レーザー**と**グリーンレーザー**と2種類に大別でき、いずれもUAV写真測量とほぼ同等の精度で、水上部の構造物の計測が可能である。

近赤外レーザーの計測点密度や設置する調整点数などの決定については、使用する機器のスペックや、他の基準類を参照し決定すること。なお、検証点については、200m間隔以内に最低2点以上設けることを標準とする。調整点を使用する場合や検証点の設置個所は防波堤天端上とし、消波ブロック上の設置は省略可とする。ただし、消波ブロックの離岸堤など上部工が無い構造の場合は、陸域に標定点および検証点を設置し、広域撮影を行うなどの対応も可能である。

水際部の計測においては、水上部および水際部の3次元点群データを同時に計測する**UAV搭載型グリーンレーザー計測器**を用いることを推奨する。なお、グリーンレーザー計測では水質（濁り）や気象条件（潮位、波浪、砕波など）による影響を受けることから、事前に確認したうえで、計測作業を行うこと。また、グリーンレーザー計測器は水上部と水際部を同時に計測することができることから、計測点密度や調整点および検証点の配置については、水上部の内容に従って実施すること。

2.2 UAVレーザーシステムの確認

UAVレーザーを構成するGNSS、IMU、LSのキャリブレーション等を行う。

1) 事前確認

GNSS、IMU、LSの取り付け位置のオフセット量（レバーアーム）を計測し記録する。ボアサイトキャリブレーションにより、IMU、LSの取り付け角を計測し記録する。この確認は、GNSS、IMU、LS相互の位置関係が変わる可能性のある組み立て作業等を行った場合に実施する。

2) 計測前の準備

GNSSは、後処理解析で十分な精度（キネマティック解析によるFIX状態）が確保できるよう初期化を行う。
IMUは、ロール角、ピッチ角、ヘディング角の精度が収束するようメーカー推奨の初期化を行う。

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

2.3 UAVレーザー計測の実施

1

計測準備

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」の許可要件に準じて作成した飛行マニュアルに沿って、安全に留意して計測を実施する。

計測は飛行計画に基づき実施する。また、IMUの精度が低下しないよう一定方向、等速度で飛行し、旋回は十分な半径で飛行する。

留意点

UAVレーザーの計測では、計測対象範囲に作業員や仮設構造物、建設機械などが配置されている場合は、地形面のデータが取得できない。このため、可能な限り出来形の地形面が露出している状況での計測を行う。また、次のような条件では適正な計測が行えないので十分気をつけること。

- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまうような気象
- 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- 草や木などで地面が覆われている場所
- UAVレーザー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、飛行等を含む安全性に十分考慮すること
- 衛星の配置や受信状態が悪いと高精度な計測が行えない場合があるため、事前に衛星の配置状況等を確認すること

2

現場計測

3

計測データ処理



3 計測データ処理

3.1 検証点による精度確認

UAVレーザー計測で得られた計測点群データ上の検証点の座標値から精度確認を実施する。
精度確認の記録は発注者に提出する。

点検測量結果精度管理表(検証点・標高)

地区名		〇〇地区		作業者	〇〇 〇〇
				点検者	〇〇 〇〇
番号	点名	点検測量成果の 標高	3次元計測データの 平均標高	較差 ΔH	合否 出来形計測で±50mm以内 起工測量で±100mm以内 出来高計測で±200mm以内
1	K1	28.531	28.533	0.002	合格
2	K2	28.512	28.515	0.003	合格
3	K3	22.314	22.318	0.004	合格
4	K4	24.921	24.931	0.010	合格
5					
6					
7					
8					
較差の平均				0.005	
較差の標準偏差				0.007	

点検測量結果精度管理表(検証点・水平)

地区名		〇〇地区				作業者	〇〇 〇〇		
						点検者	〇〇 〇〇		
番号	点名	検証点の計測座標		3次元計測データによる 調整用基準点の 水平座標		検証点の計測座標と3次元計測データによる 調整用基準点の較差と合否			
		X座標 (①)	Y座標 (②)	X座標 (③)	Y座標 (④)	ΔX (③-①)	合否	ΔY (④-②)	合否
1	G1	56.247	1024.313	56.26	1024.322	0.010	合格	0.009	合格
2	G2	97.231	1342.213	97.24	1342.226	0.006	合格	0.013	合格
3	G3	123.143	1399.74	123.15	1399.755	0.011	合格	0.011	合格
4	G4	239.46	1011.473	239.46	1011.475	0.000	合格	0.002	合格
5									
6									
7									
8									
較差の平均						0.007		0.009	
較差の標準偏差						0.009		0.011	

1 計測準備

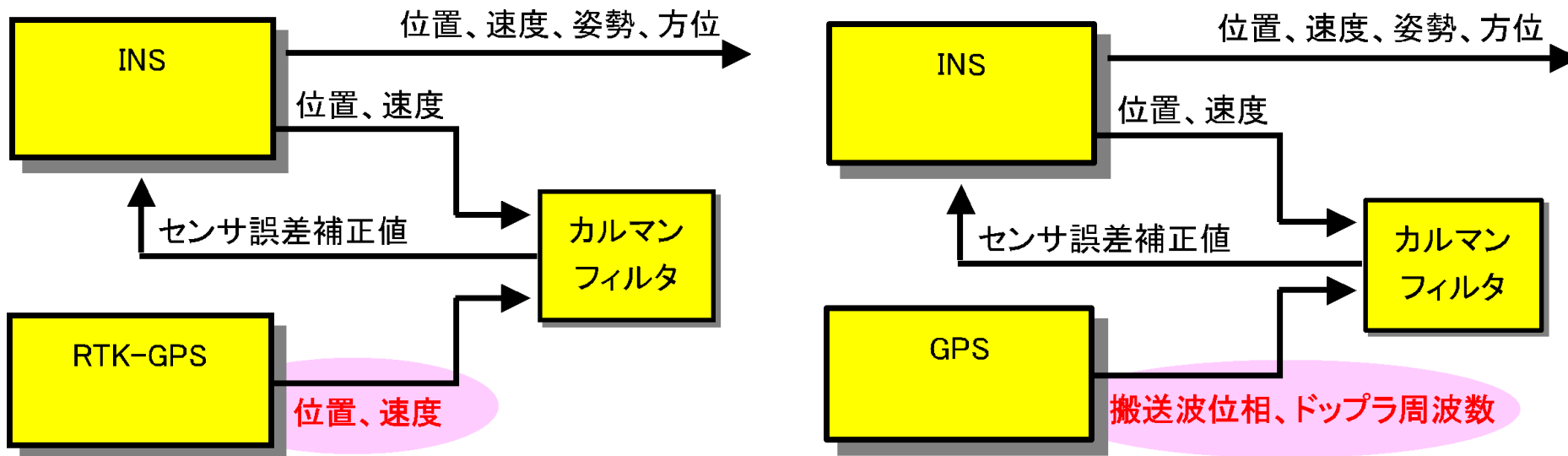
2 現場計測

3 計測データ処理

(1) 最適軌跡解析

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、LooselyCoupled方式又はTightlyCoupled方式で行う。LooselyCoupled方式は、まず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プロセスを経る。LooselyCoupled方式のキネマティック解析時にはGNSS衛星が5個以上必要となり、5個以下になると著しく精度が低下することに留意すること。

TightlyCoupled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。



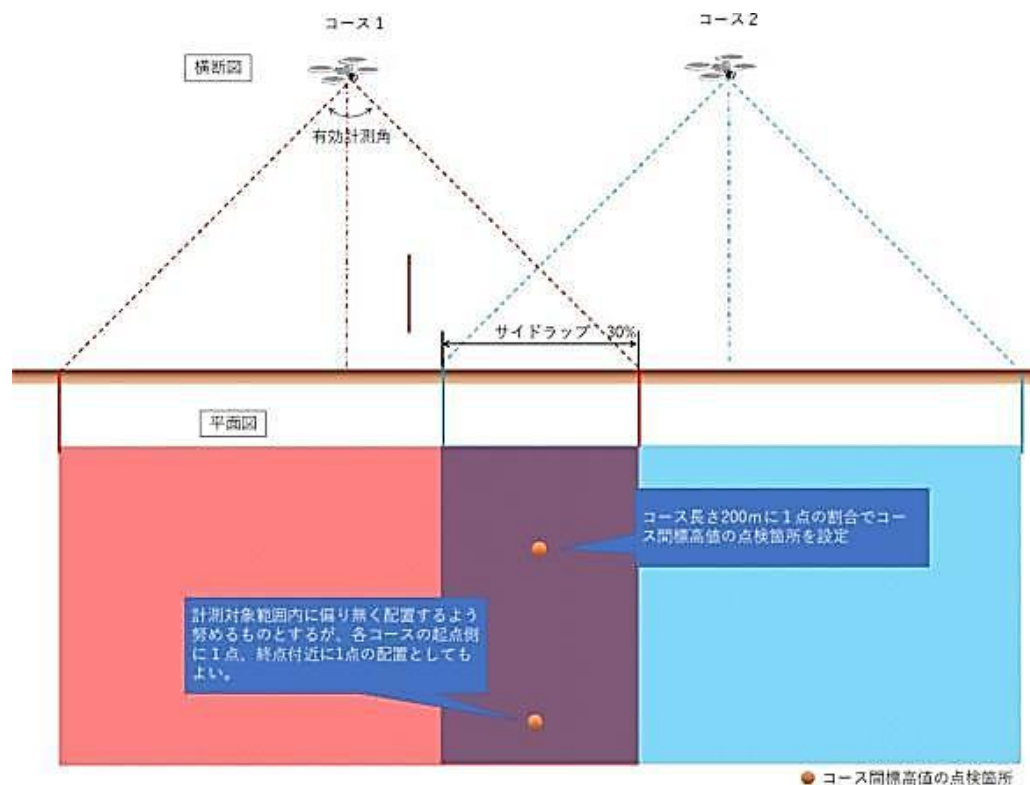
LooselyCoupled方式 (国総研HPより)

TightlyCoupled方式 (国総研HPより)

(2) コース間標高値の点検

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。

- ①点検は、各コース間重複部分で2箇所以上行う。
- ②点検箇所は、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植生のある場所等の地形条件で平坦な場所がない場合は、点検箇所の配置及び点数を増加させることで、測量精度の劣化を防ぐことができる。
- 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点検箇所の標高値の較差は、重複計測したレーンごとに算出する。算出には、レーンごとに各点の較差を集計し、平均する。
- ⑥重複計測したレーンごとの標高値の較差の平均値は、 $\pm 50\text{mm}$ 以内とする。



(3) 3次元計測データの調整

調整は以下の方法により行うものとする。

- ①調整用基準点と比較する3次元計測データは、所定の格子間隔と同一半径の円又は2倍辺長の正方形内の計測データを平均する。
- ②すべての調整用基準点において3次元計測データの平均値との較差を、水平位置、標高について求め、その平均値との標準偏差等を求める。
- ③各調整用基準点における点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上又はRMS誤差が50mm以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。
- ④すべての調整用基準点での点検の結果、水平位置、標高の較差の平均値の絶対値が50mm以上の場合で、標高調整用基準点の較差の傾向が作業地域全体で同じ場合は、地域全体の3次元データの標高値を上下の一律シフトの平行移動により補正を行う。また、水平調整用基準点の較差の傾向が、作業地域全体で同じ水平方向にシフトしている場合は、水平方向に一律シフトの平行移動及び回転により補正を行う。
- ⑤上記④の補正を行った後、再び上記③の点検を実施し、結果を次に示す調整用基準点調査票にとりまとめる。監督職員から提出の請求があった場合は速やかに提出する。

調整用基準点検証精度管理表(標高)

地区名		〇〇地区			作業者		〇〇〇〇		
番号	点名	調整用基準点の標高	調整用基準点の計測点群データの平均標高	較差 ΔH	番号	点名	調整用基準点の標高	調整用基準点の計測点群データの平均標高	較差 ΔH
1	G1	28.48	28.48	0.00	11				
2	G2	28.43	28.43	0.00	12				
3	G3	20.3	20.30	0.00	13				
4	G4	20.41	20.42	0.01	14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値-最小値	標準偏差
計測範囲全域の水準との差	4	0	0.01	0	0.01	0.01

調整用基準点検証精度管理表(水平位置)

地区名		〇〇地区				作業者		〇〇〇〇	
番号	点名	調整用基準点の水平座標		3次元計測データによる調整用基準点の水平座標		調整用基準点の3次元計測データの差		〇〇〇〇	
		X座標 (E)	Y座標 (N)	X座標 (E)	Y座標 (N)	ΔX (E-E)	ΔY (N-N)		
1	G1	98.241	1004.313	98.24	1004.302	0.016	0.009	0.013	
2	G2	97.231	1342.313	97.24	1342.298	0.006	0.013	0.014	
3	G3	123.142	1396.34	123.15	1396.755	0.011	0.011	0.016	
4	G4	239.48	1011.433	239.46	1011.475	0.020	0.042	0.046	
5									
6									
7									
8									
9									
10									

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値-最小値	標準偏差
計測範囲全域のΔXの差	4	0.007	0.011	0.000	0.011	0.008

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値-最小値	標準偏差
計測範囲全域のΔYの差	4	0.009	0.013	0.002	0.011	0.011

	データ数	平均値(m)	最大値(m)	最小値(m)	最大値-最小値	標準偏差
計測範囲全域のΔXYの差	4	0.011	0.018	0.002	0.016	0.015

1

計測準備

(4) 3次元計測データの精度確認

調整した計測点群データから検証点の座標をもとめ、別途計測した検証点の標高及び水平位置座標値との差を算出する。x, y, z 座標のそれぞれの成分の差は±50mm以内であること。確認結果は、次図に示す様式で整理し提出する。

点検測量結果精度管理表(検証点・標高)

地区名		〇〇地区		作業者	〇〇 〇〇
				点検者	〇〇 〇〇
番号	点名	点検測量成果の 標高	3次元計測データの 平均標高	較差 ΔH	合否 出来形計測で±50mm以内 起工測量で±100mm以内 出来高計測で±200mm以内
1	K1	28.531	28.533	0.002	合格
2	K2	28.512	28.515	0.003	合格
3	K3	22.314	22.318	0.004	合格
4	K4	24.921	24.931	0.010	合格
5					
6					
7					
8					
較差の平均				0.005	
較差の標準偏差				0.007	

点検測量結果精度管理表(検証点・水平)

地区名		〇〇地区				作業者	〇〇 〇〇		
						点検者	〇〇 〇〇		
番号	点名	検証点の計測座標		3次元計測データによる 調整用基準点の 水平座標		検証点の計測座標と3次元計測データによる 調整用基準点の較差と合否			
		X座標 (1)	Y座標 (2)	X座標 (3)	Y座標 (4)	ΔX (3-1)	合否	ΔY (4-2)	合否
1	G1	56.247	1024.313	56.26	1024.322	0.010	合格	0.009	合格
2	G2	97.231	1342.213	97.24	1342.226	0.006	合格	0.013	合格
3	G3	123.143	1399.74	123.15	1399.755	0.011	合格	0.011	合格
4	G4	239.46	1011.473	239.46	1011.475	0.000	合格	0.002	合格
5									
6									
7									
8									
較差の平均						0.007		0.009	
較差の標準偏差						0.009		0.011	

3

計測データ処理

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

■ 消波ブロック据付工

工種	管理項目	計測方法	採用するデータ	測深単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
消波ブロック据付工	延長	UAVを用いた計測	全ての計測点群データから作成したTIN	10cm	出来形管理資料として整理		

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

本要領による3次元計測を行う範囲を明記する。また、平面図上に当該工事の消波ブロック据付工範囲を示すとともに、出来形管理範囲を明示する。3次元計測範囲は、消波ブロック据付工事範囲を含め、関連施設が近傍にあればそれを含む範囲、または、工事範囲外側で必要と考えられる範囲まで設定する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、出来形確認データを用いた出来形管理を行う範囲については、本要領にもとづく出来形管理基準および許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

UAVを用いた計測による出来形管理を正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された機材（UAV、レーザー測距装置等）および必要かつ確実な機能を有するソフトウェアを利用することが必要である。使用する機器構成を施工計画書に記載するとともに、その機能・性能などを確認できる資料を添付して提出する。

記載事項

提出書類

(5) 計測計画

受注者は、各手法の要求精度が確保できるよう計測計画を立案し、施工計画書内に整理して提出すること。以下の項目に留意し、計測計画を作成することとする。

- ・対象物との距離
- ・高さ
- ・対象物の形状
- ・地形
- ・要求精度
- ・近傍の障害物

記載事項

(6) 精度管理

UAVを用いた計測の精度管理の方法について記載する。


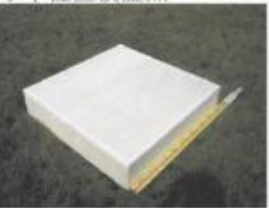
記載事項

(参考) 作成資料の様式

【精度確認試験結果報告書】

日付： 年 月 日
 工事名：
 受注機関：
 作成者：

精度確認試験結果報告書

精度確認の対象機器 メーカー： 株式会社ABC社 測定装置名称： TOKI 測定装置の製造番号： NNK0001	写真 
検証機器 (検証点を計測する測定機器) 2級トータルステーション GPT0000	写真 
測定記録 測定期日： 令和2年2月18日 測定条件： 天候 晴れ 気温 8℃ 測定場所： (株) UAVレーザー測量 社内 資材ヤードにて	写真 
精度確認方法 ■ 標高検証点との標高較差 ■ 水平位置検証点との座標較差 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> 標高検証点  </div> <div style="text-align: center;"> 水平位置検証点  </div> </div>	

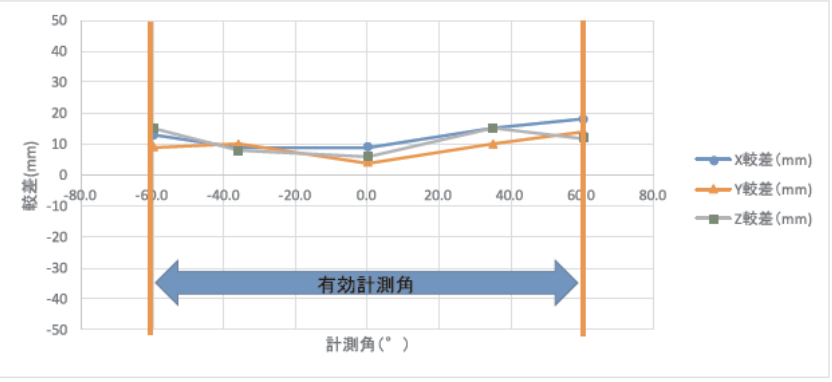
・精度確認試験結果 (詳細)

① 検証点の計測結果

飛行対地高度：30m

点名	計測角 (°)	水平位置検証点				標高検証点		
		往路		復路		往路と復路の較差	往路と復路の較差	往路と復路の較差
		① X座標 (m)	② Y座標 (m)	③ X座標 (m)	④ Y座標 (m)			
				①-③ X較差 (mm)	②-④ Y較差 (mm)			

KH01	60.0	48439,327	-39217,745	48439,309	-39217,759	18	14	KV01	60.0	18,424	18,412	12
KH02	35.0	48440,284	-39247,088	48440,269	-39247,078	15	10	KV02	35.0	18,454	18,439	15
KH03	0.0	48441,010	-39269,496	48441,001	-39269,500	9	4	KV03	0.0	18,446	18,440	6
KH04	-36.0	48441,754	-39292,109	48441,745	-39292,119	9	10	KV04	-36.0	18,427	18,419	8
KH05	-60.0	48442,892	-39326,975	48442,879	-39326,984	13	9	KV05	-60.0	18,561	18,546	15



比較差 (mm)

計測角 (°)

有効計測角

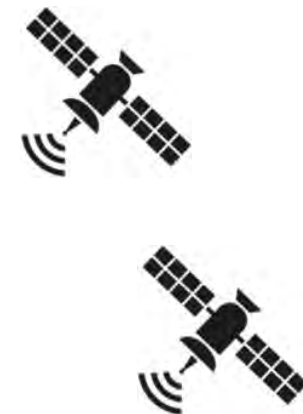
● X較差 (mm)
 ▲ Y較差 (mm)
 ■ Z較差 (mm)

② 較差の確認 (測定精度)

UAVレーザーの計測結果による計測点座標 - 調整用基準点座標

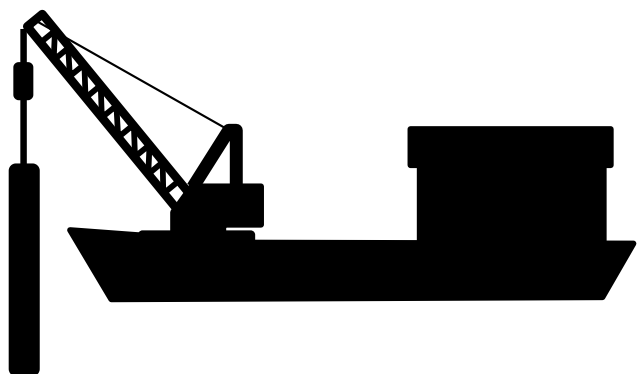
飛行対地高度 30m

有効計測角 60度 以内 ; 合格 (基準値±50mm以内)



技術概要集

施工履歴データ (基礎工)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

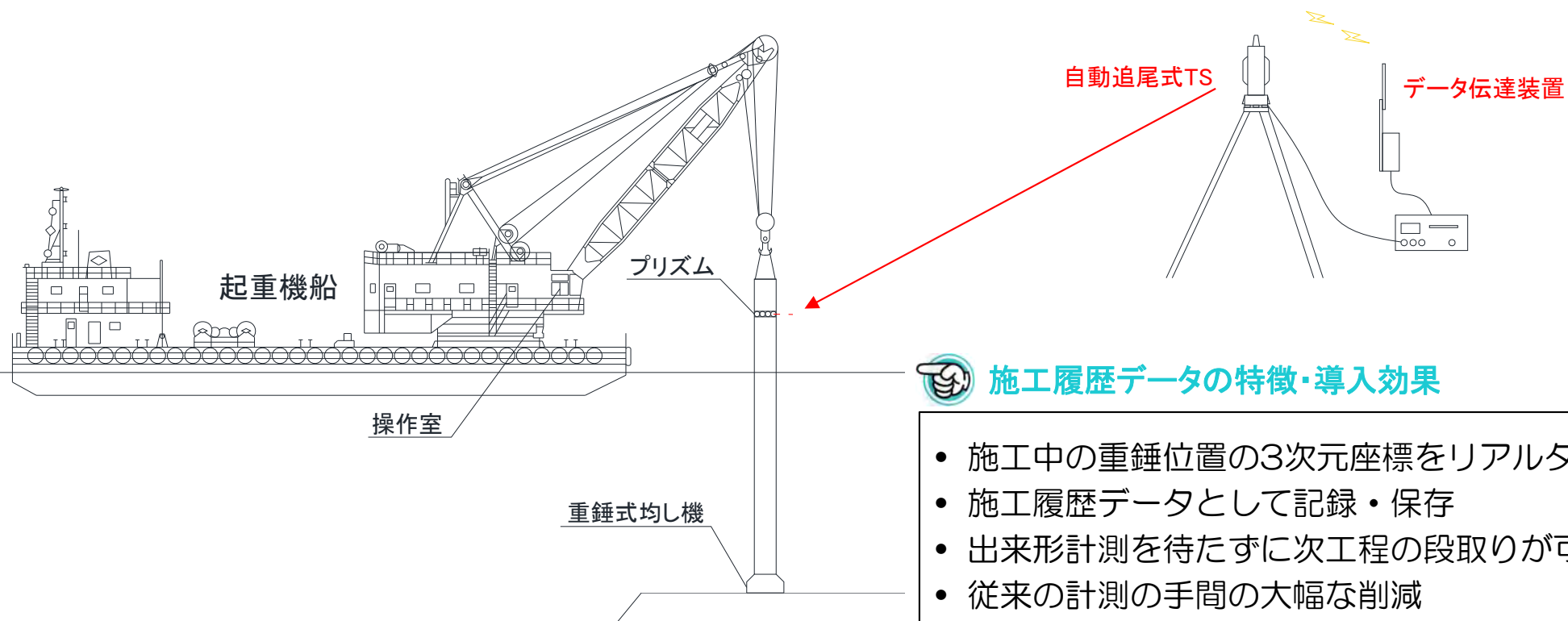
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

■ 施工履歴データを使った出来形管理とは？

重錘式均し機の施工管理システムにより計測、蓄積される3次元位置情報を用いて、1.0m平面格子内のデータ（最深値）で基礎工（本均し、荒均し）の出来形管理を行う技術である。

施工履歴データを用いて出来形管理を実施することで、出来形管理の省力化・省人化が可能となる。

重錘式均し機の位置のデータ記録



👉 施工履歴データの特徴・導入効果

- 施工中の重錘位置の3次元座標をリアルタイムに取得
- 施工履歴データとして記録・保存
- 出来形計測を待たずに次工程の段取りが可能
- 従来の計測の手間の大幅な削減

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 施工履歴取得対象範囲

2. 現場計測

- 2.1 計測基準
- 2.2 施工管理システムの設定
- 2.3 計測
- 2.4 計測時の留意点

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形評価データの作成
- 3.2 出来形管理資料の作成

1 計測準備

1 計測準備

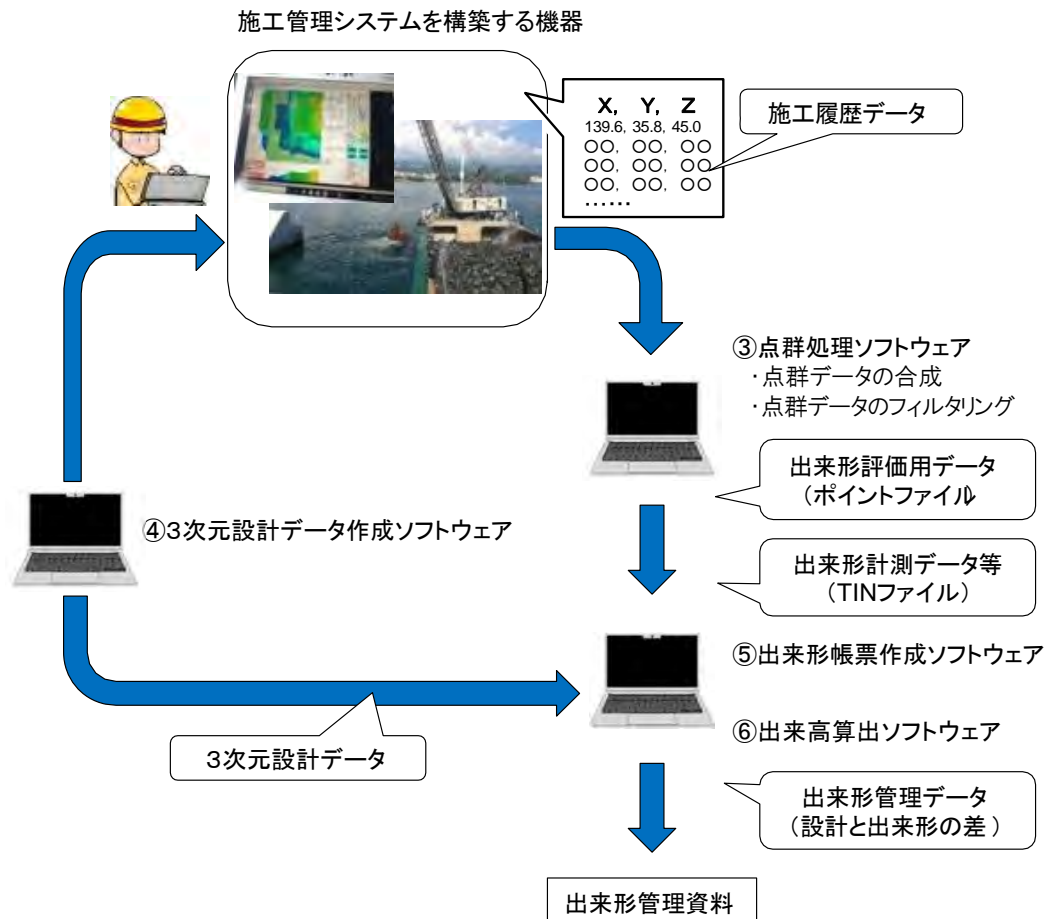
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配する。

一般的な機器構成を以下に示す。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。

- (1) 施工管理システムを構築する機器
- (2) 各種ソフトウェア



2 現場計測

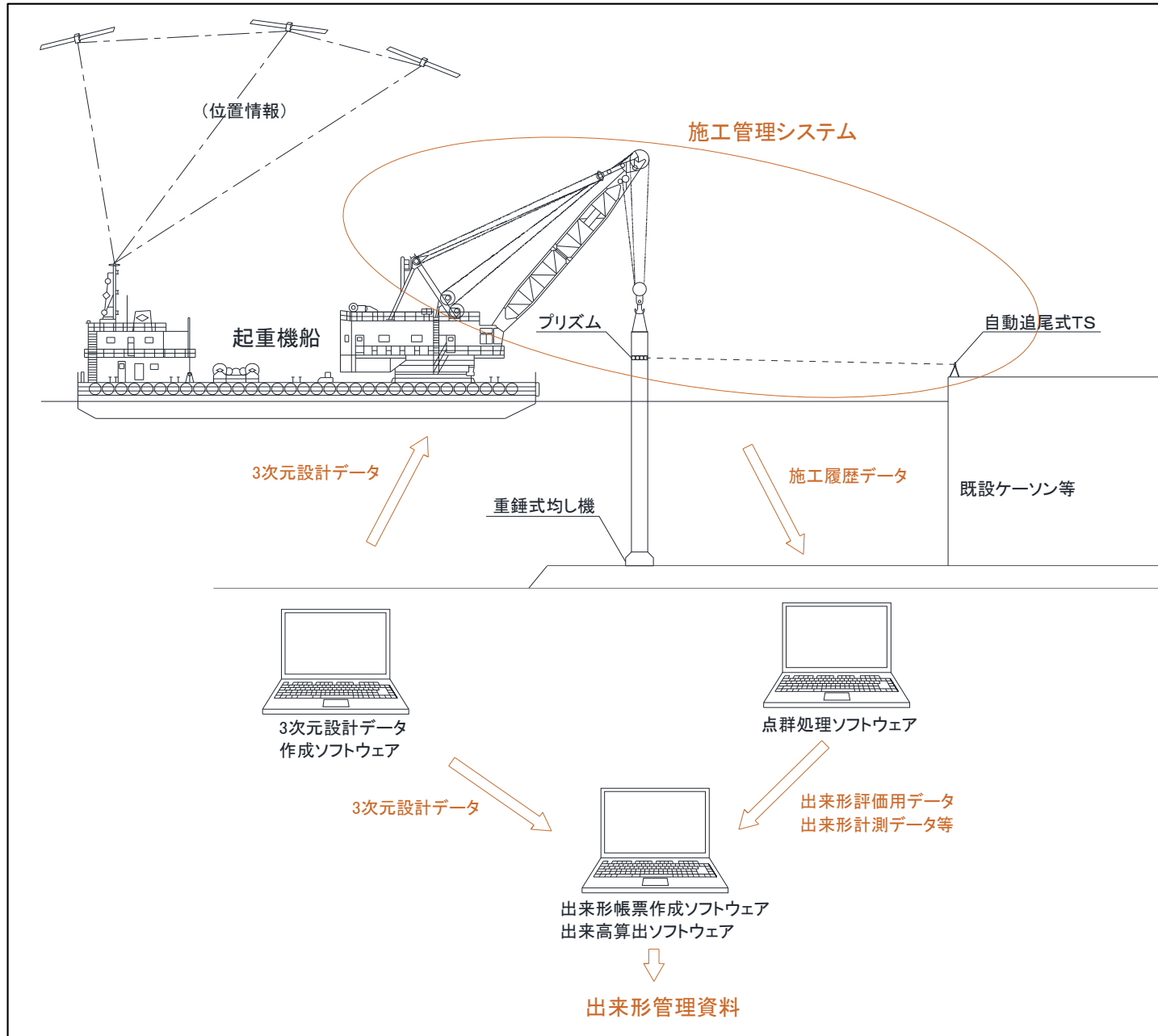
3 計測データ処理

1 計測準備

1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理



施工履歴データによる出来形管理機器の構成例

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能を確認する。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 機器の機能確認

(1) 計測性能の確認

計測位置の取得精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ① 自動追尾式TSの位置精度
- ② 自動追尾式TS及び計測対象物の寸法計測誤差
- ③ プリズムの取付け不良及びガタツキ
- ④ ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

施工管理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、事前に性能確認を実施する。

1) 精度確認（着工前）

出来形管理を行う範囲において、着工前に「(1)計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」又は「(2)国土地理院で規定がない自動追尾式TSの計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従って精度確認試験を実施し、その結果を提出する。

精度確認は、現場毎に1回実施する。ただし、機器を変える場合は再度実施する。

■実施時期：出来形管理範囲着工前に、現場ごとに1回実施する。

■実施方法：以下の(1)、(2)のいずれかの機器について、上記の「計測精度確認試験実施手順書」に示される方法で実施する。

(1)国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾式TS

(2)国土地理院で規定がない自動追尾式TS

◇ 自動追尾式TSの精度管理

自動追尾式TSの精度管理が適正に行われていることを確認する書類を提出する。

確認は、例えば、メーカーの推奨期間内の第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書で行うことができる。

(1) 国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾式TSを使用する場合

計測装置の計測精度確認のため、重錘式均し機の施工履歴データによる出来形管理を行う範囲で着工前に計測精度確認試験を実施する。

■実施方法

着工前に、施工履歴データの計測精度を確認する。
なお、計測精度確認試験は、作業船係留時など、作業船及び重錘式均し機が静止した条件下に適用する。

1) 重錘式均し機の形状確認

重錘均し機の形状寸法及び以下を確認する。

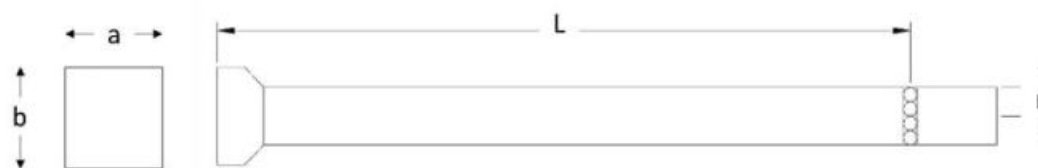
- ① プリズム装着位置までの長さ
(鉛直方向オフセット値) …………… L
- ② プリズム装着面から重錘式均し機芯
(シャフト芯) までの距離 …………… r
- ③ 重錘式均し機底面の幅・延長
(点群の分配範囲) …………… a, b

2) 計測精度の確認

- ① 既知点に設置した自動追尾式TSにより、重錘均し機の最下端面の深度 (z) を計測し、施工管理システムに記録する。
- ② 任意の箇所に据え付けたレベルにより、重錘均し機の最下端面の深度 (z) を計測する。
- ③ ①と②の計測結果を比較し、その差が計測精度の基準値以内であることを確認する。
※1)で確認したオフセット値を反映する。

3) 確認試験結果報告

実施結果を所定の様式 (計測精度確認試験結果報告書) に記録し、提出する。



重錘式均し機、オフセットの計測イメージ



施工管理システムにおけるオフセット値の表示例

(2) 国土地理院で規定がない自動追尾式TSを使用する場合

本精度確認により、国土地理院で規定がない自動追尾式TSにて所要の計測値が得られる場合に限り、これを確認した計測条件、計測距離の範囲内で、国土地理院の規定がない自動追尾式TSを出来形計測に適用することができる。

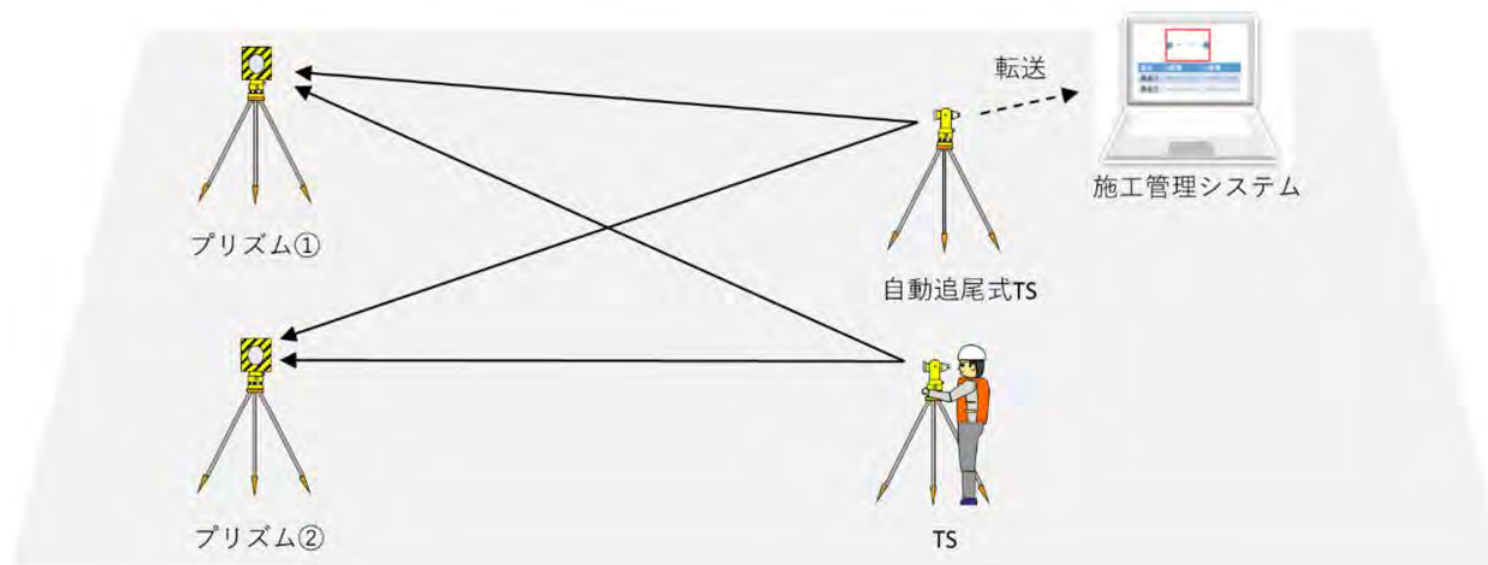
■実施方法

1) 計測精度の確認

- ① 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2点以上の計測点を設定する。
- ② 計測점에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扱い、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。自動追尾式TSにより、プリズムの座標 (x, y, z) を計測し、施工管理システムに記録する。
- ③ 他地点に据え付けたTS等により、プリズムの座標 (x, y, z) を計測する。
- ④ ②と③の計測結果の差異が計測精度の基準値以内であることを確認する。

2) 確認試験結果報告

実施結果を所定の様式（自動追尾式TSの計測精度確認試験結果報告書）に記録し、提出する。



計測精度の確認（イメージ）

2) 計測精度

施工管理システムの計測精度（精度管理における基準値）は、以下のとおりとする。

種類	計測精度（基準値）
①国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾式TS	鉛直(z)：±20mm以内
②国土地理院で規定がない自動追尾式TSを使用する場合	水平(x,y)：±20mm以内 鉛直(z)：±10mm以内

計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日
試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名) _____
(氏名) _____

1) 重錘式均し機の形状確認

【単位：mm】

	設定値	自主計測		検査	
		実測値	差	実測値	差
a					
b					
L					
r					

2) 計測精度の確認

【単位：mm】

	施工管理システム 記録値	レベルによる 計測値	差
z			

※1) で計測したLの実測値をオフセット値として設定すること。

① 計測精度確認試験結果報告書
(国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾型TS)

自動追尾式 TS の計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日
試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名) _____
(氏名) _____

1) 計測精度の確認

【単位：mm】

		x	y	z
国土地理院で規定がない自動追尾式 TS による計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
TS による計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
差	プリズム①			
	プリズム②			

自動追尾式 TS について、第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録を添付する。

② 計測精度確認試験結果報告書
(国土地理院で規定がない自動追尾式TS)

(2) 機器の機能確認

施工管理システムを用いた施工履歴による出来形管理を適切に実施するため、施工管理システムは所定の機能を有することが必要である。

そのため、施工管理システムが以下の機能を有することを確認する。

- ① 施工履歴データを取得・記録する機能
- ② 各種の判定・表示機能
- ③ 出来形管理資料作成機能

① 施工履歴データを取得・記録する機能

重錘式均し機を施工位置に誘導するためには、施工範囲と重錘式均し機のリアルタイムの位置を管理する必要がある。そのため、施工管理システムは、以下の機能を有するものとする。

なお、ここでいう施工範囲は、設計図書に示されている捨石均しを行う3次元的な施工位置(x, y, z)を表すデータのことをいう。

◆ 施工範囲の入力・表示機能

設計図面に示される施工範囲を入力・表示できる機能。

◆ 重錘式均し機位置の表示・出力機能

施工時の重錘式均し機位置データ(施工履歴データ)を表示・記録し、施工完了後に3次元的な施工位置を出力する機能。

② 各種の判定・表示機能

使用する施工管理システムは、自動追尾式TS等によって取得した施工位置（座標）を使って重錘式均し機的位置を計測し、施工位置をリアルタイムで表示する機能を有するものとし、システムの開発会社や各工法協会等が提示するシステムの仕様を示す資料その他によって確認する。

◆ 施工位置判定・表示機能

重錘式均し機的位置が施工範囲であること及び天端高が基準内にあることを判定し、表示する機能。

◆ 施工範囲の表示機能

位置座標で指定される施工範囲をモニターに表示する機能。

◆ 施工完了範囲の判定・表示機能

施工の状況（重錘式均し機位置、天端高等）をリアルタイムでモニターに表示し、これをオペレーターが確認しながら施工できる機能。なお、モニターへの表示方法については施工者の任意とする。

③ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

施工管理システムに記録された出来形確認データ（施工履歴データ）を用いて、出来形管理資料を作成する機能を有するものとする。

出来形管理資料（施工図又は施工管理データ）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できる。

1.3 施工履歴取得対象範囲

発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図等）等を基に施工管理システムへ入力する施工位置等のデータを予め作成し、以下の1) 2) の情報について、設計図書と照合するとともに、監督職員へ「施工目標位置データチェックシート」を提出する。

- 1) 工事基準点
- 2) 施工履歴取得対象範囲の位置

施工目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名： _____
 受注者名： _____
 作成者： _____

施工目標位置データチェックシート

項目	対象	内 容	チェック結果
1) 基準点及び基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
2) 平面図	全延長	・各測点の座標は正しいか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

施工目標位置データチェックシート

2 現場計測

1

計測準備

2.1 計測基準

重錘式均し機の施工履歴データを用いた計測を行うにあたっては、測地系、基準面の設定を行う。

- ◆ 測地系：成果は、世界測地系に基づく日本測地系より作成する。
- ◆ 基準面：適用する基準面は、港湾管理用基準面C.D.Lとする。なお、基礎工で使用している基準面と同一基準面を適用するのが原則である。

2

現場計測

2.2 施工管理システムの設定

現場計測の前に、当該現場の条件に応じた施工管理システムの設定を行う。
設定項目は下記とし、各設定情報が正しく表示されていることをモニターで確認する。

- (1) 施工範囲の設定
- (2) 天端高、天端幅、延長管理値の設定

3

計測データ処理

2.3 計測

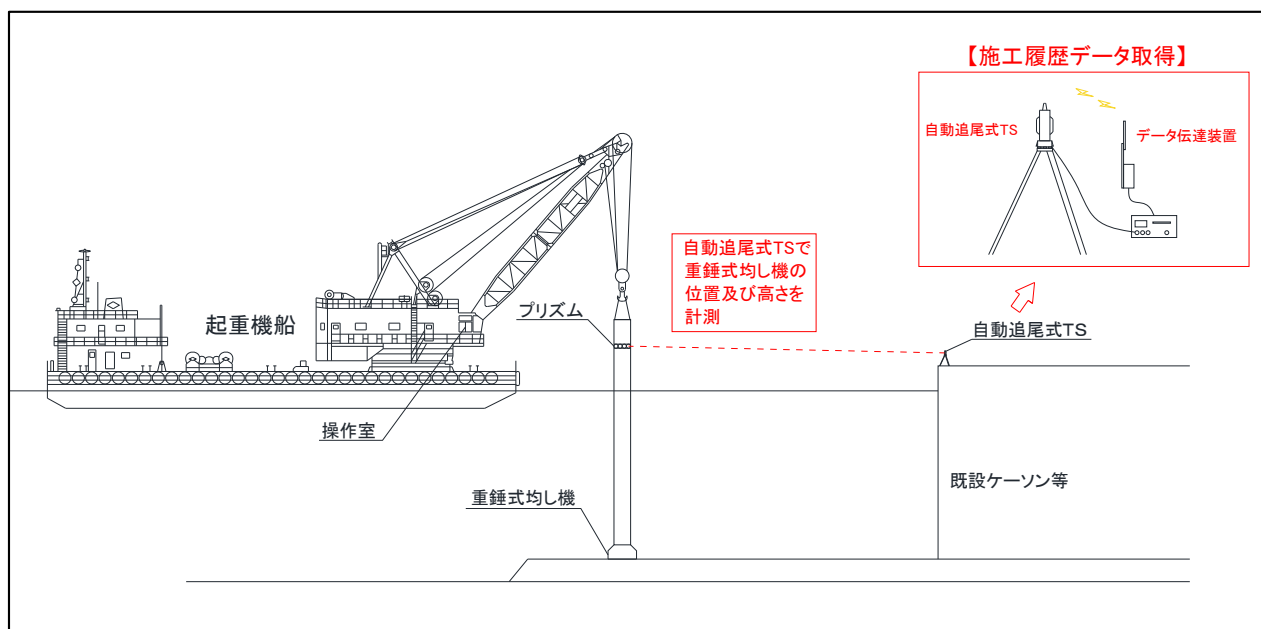
施工管理システムを用いて、基礎工の出来形を計測する。

また、施工管理システムより計測頻度、計測密度を満たす施工履歴データを取出し、出来形を把握する。

- ◆ 計測頻度：施工管理システム上にてリアルタイムに重錘式均し機が均した平面位置（底面中心 x, y ）、並びに該当位置における計画高と計測した均し高さ（ z ）を表示する。また、表示されたデータが施工管理システムにて施工履歴データとして蓄積されることを確認する。
- ◆ 計測密度：施工履歴データによる出来形計測は、重錘均し機の均し面が計測範囲を満たすように施工履歴データを取得する。

計測密度に関する留意点を以下に示す。

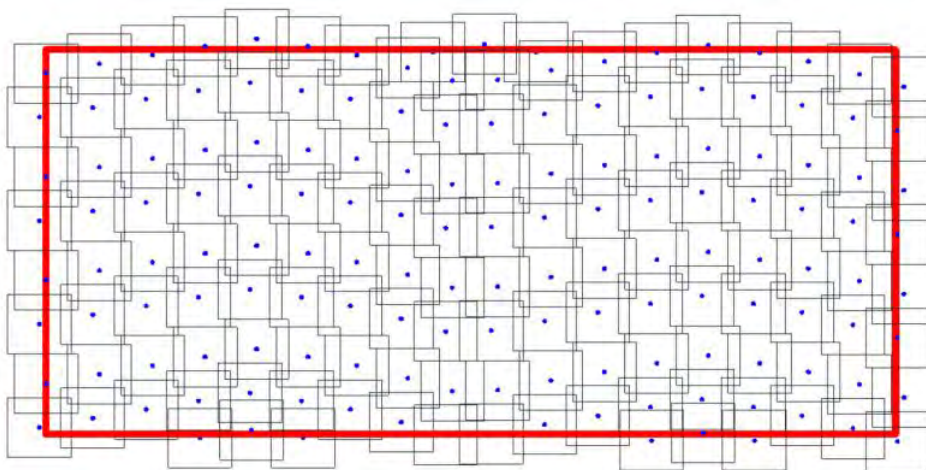
- ◆ 計測対象の全域に1.0m平面格子をかけ、その総平面格子数において施工履歴データが出来形計測データ及び出来形評価用データともに各格子内に1点以上のデータ密度が担保されていること。ただし、施工上の都合（作業装置規格、施工対象範囲全体に対する割り付け等）によりこの計測密度での施工履歴データ取得が困難な場合は、監督職員と協議の上変更を行うものとする。
- ◆ 海象条件や特殊な地形などの諸条件により、計測密度を満たすことができなかった場合は、監督職員と対応を協議する。
- ◆ 縦断図、横断図により、凹凸等の形状を面的に把握するのに支障がない場合は、監督職員と対応を協議したうえで管理図面とする。



施工履歴データ取得のイメージ

2.4 計測時の留意点

重錘式均し機の施工履歴データを用いた基礎捨石工（本均し、荒均し）の出来形計測（捨石均し状況の把握）にあたっては、重錘式均し機による均し面の位置をそれぞれラップさせ、スタンプ図で示される施工箇所がもれなく施工範囲を満足するよう重錘式均し機の配置に留意する。



計測位置のイメージ

- 施工箇所
- 重錘式均し機による均し面の位置

3 計測データ処理

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

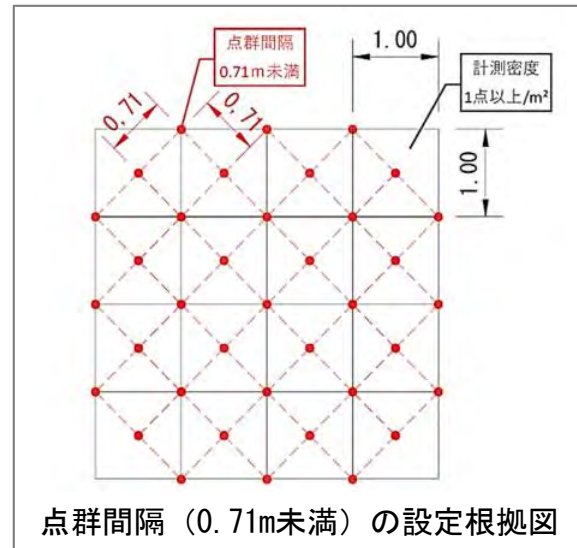
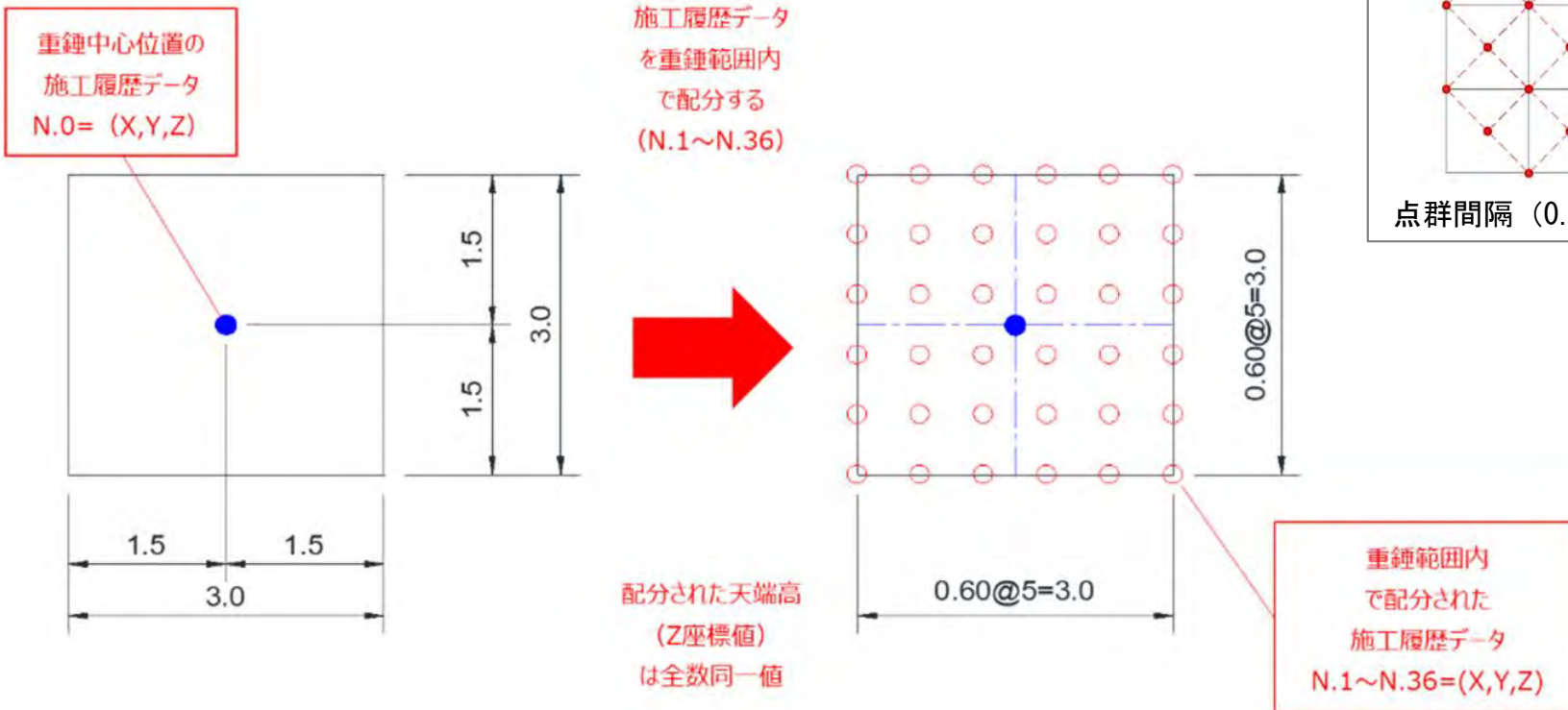
3.1 出来形評価データの作成

取得した施工履歴データから3次元座標、記録時刻等の点群データを抽出し、抽出したデータを用いて出来形評価用データを作成する。

(1) 正データの作成（施工履歴データ（点群データ）の分配）

取得した施工履歴データ（点群データ）を重錘式均し機の底面形状に合わせて分配することにより、3次元点群データを作成する。

1.0m平面格子あたり1点以上の点群データが得られるように、重錘式均し機の底面寸法に合わせて点群間隔を0.71m未満に設定する。（点群間隔（0.71m未満）の設定根拠図参照）



重錘式均し機底面が幅3.0m、延長3.0mの場合の施工履歴データ分配図（例）

3.2 出来形管理資料の作成

作成した出来形評価データを用いて、出来形管理資料を作成する。

- ◆ 出来形管理図は、施工完了後に、PC等に記録された施工履歴データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。
- ◆ 施工管理図（スタンプ図）は、捨石均しを施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、基礎工施工箇所ごとに作成する。
- ◆ 出来形管理図の様式及び施工要領図に示す図面サイズは施工者の任意とするが、共通仕様書の様式を基本として、下記の必須のデータ項目を含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・工事名 ・施工会社（施工者） ・工種、種別 ・設計値 ・設計範囲 ・格子数 ・天端高
- ・施工管理図（スタンプ図） ・合否判定結果

出来形合否判定総括表				
工 事 名 : ○○○○○○		設計値 (m) : ○○○m		施工会社 : ○○○○
工 種 : 基礎工		設計範囲 : NO.○○~NO.○○		合否判定結果 : 合格・不合格
種 別 : 基礎捨石工 捨石本均し				

測定項目		測定値	規格値	合否判定	施工管理図
天端高	平均値	○m	±5cm		
	最大値	○m	+5cm		
	最小値	○m	-5cm		
格子数	全格子数	○○個	---	---	
施工範囲	施工完了範囲の確認	個々の施工履歴データ (施工履歴スタンプ)	設計範囲を網羅 していること		
備 考					

出来形管理資料（本均し）の例

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

(1) 出来形管理基準及び許容範囲

計測値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

工種	管理項目	計測方法	採用する 点群データ	測定単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
捨石本均し	天端高	施工履歴データ	1.0m平面格子内に1点、最深値を採用	1cm	出来形図を作成	±5cm	
	天端幅	施工履歴データ	—	—	出来形図を作成	スタンプ図で施工箇所がもれなく施工範囲を満足していること	
	延長	施工履歴データ	—	—	出来形図を作成	スタンプ図で施工箇所がもれなく施工範囲を満足していること	
捨石荒均し	天端高	施工履歴データ	1.0m平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形図を作成	±50cm又は ^特 による。	

(2) 出来形管理写真基準

- ◆ 本資料に基づく出来形管理資料を提出する場合には、出来形管理に関わる写真管理項目を省略できる。
(省略できる写真管理項目例：天端高、天端幅、延長の計測状況写真)
- ◆ 計測精度確認試験（キャリブレーション）時の写真を記録する。
- ◆ 重錘式均し機を用いた施工状況を確認できる写真を記録する。

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

平面図上に当該工事の施工範囲を示すとともに、施工管理を行う範囲を平面図上に明記する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、施工履歴データを用いた出来形管理を行う範囲については、出来形管理基準及び許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

施工履歴データを用いた出来形管理を効率的かつ正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理された重錘式均し機及び必要かつ確実な機能を有するソフトウェア（施工管理システム）を利用する必要がある。

そのため、使用する機器構成を施工計画書記載するとともに、自動追尾式TS等の測位技術については、その機能・性能を確認できる資料を添付する。

① 機器構成

出来形管理で利用する機器及びソフトウェアの構成について、施工計画書に記載する。

記載事項

② 機能・性能を確認できる資料

自動追尾式TS等の測位技術が必要とする機能を有する性能であることを示すメーカーのカタログ等の資料を、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

(5) 計測精度確認試験計画

計測精度確認試験については、「計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照の上、計画を立案し、実施する。結果については、監督職員の求めに応じ提出できるように保管する。

記載事項

記録・保管

(参考) 適用工種

重錘式均し機を用いて基礎捨石工（本均し、荒均し）を施工し、施工履歴データを用いて行う出来形計測及び出来形管理に適用する。

適用する工種は、下表のとおりとする。

章	工種	出来形管理項目
基礎工	捨石本均し	天端高
		天端幅
		延長
	捨石荒均し	天端高

(参考) 作成資料の様式

資料名	備考
3次元設計データチェックシート	
施工目標位置データチェックシート	
計測精度確認試験結果報告書	下記のいずれか <ul style="list-style-type: none"> ・国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾型TS ・国土地理院で規定がない自動追尾式TSを使用する場合

● 3次元設計データチェックシート

3次元設計データチェックシート			
令和 年 月 日			
工事名: _____			
受注者名: _____			
作成者: _____			
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) 基準点及び基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか?	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか?	
		・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?	
		・変換点の座標は正しいか?	
		・各測点の座標は正しいか?	
3) 縦断線形	全延長	・線形の起終点の測点、水深は正しいか?	
		・縦断変換点の測点、水深は正しいか?	
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 1)~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“○”を記すこと。
 ※2 該当項目のデータ入力がない場合は、チェック結果に“-”と記すこと。

● 施工目標位置データチェックシート

施工目標位置データチェックシート			
令和 年 月 日			
工事名: _____			
受注者名: _____			
作成者: _____			
施工目標位置データチェックシート			
項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか?	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか?	
		・座標は正しいか?	
2) 平面図	全延長	・各測点の座標は正しいか?	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

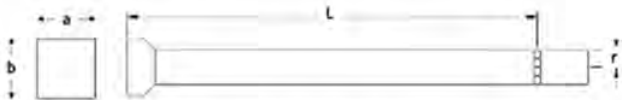
(参考) 作成資料の様式

- 計測精度確認試験結果報告書
(国土地理院3級以上あるいは同等以上の計測性能を有する自動追尾型TS)

計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日
試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名)
(氏名)

1) 垂錐式均し機の形状確認



【単位：mm】

	設定値	自主計測		検査	
		実測値	差	実測値	差
a					
b					
L					
r					

2) 計測精度の確認

【単位：mm】

	施工管理システム 記録値	レベルによる 計算値	差
a			

※1) で計測した時の実測値をオフセット値として設定すること。

- 計測精度確認試験結果報告書
(国土地理院で規定がない自動追尾式TS)

自動追尾式 TS の計測精度確認試験結果報告書

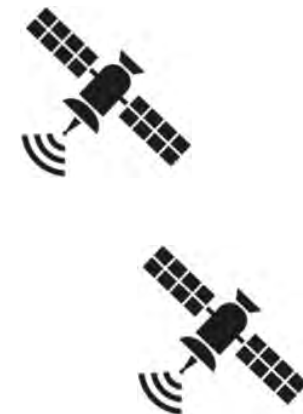
試験実施日： 年 月 日
試験者あるいは計測精度管理担当者
(会社名)
(氏名)

1) 計測精度の確認

【単位：mm】

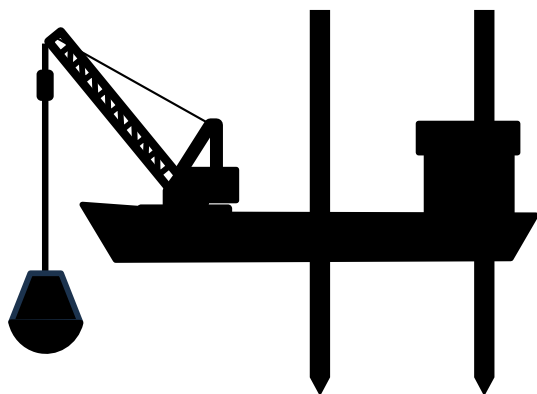
		x	y	z
国土地理院で規定がない 自動追尾式 TS による 計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
TS による計測結果	プリズム①			
	プリズム②			
差	プリズム①			
	プリズム②			

自動追尾式 TS について、第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録を添付する。



技術概要集

施工履歴データ (海上地盤改良工：床掘工)



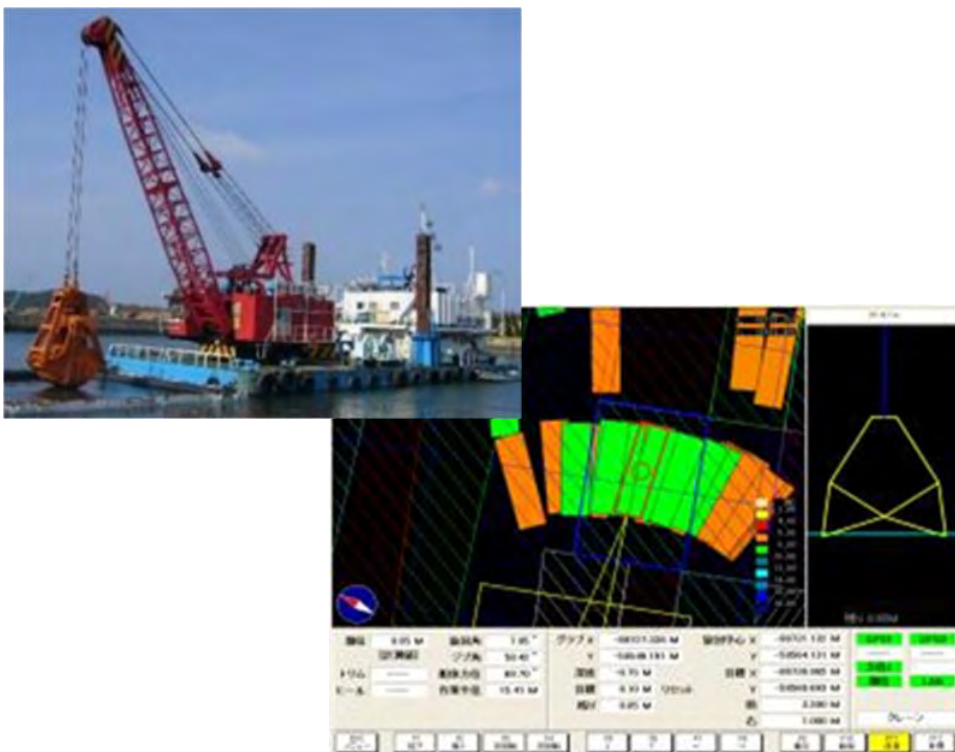
- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

■ 施工履歴データを使った出来形管理とは？

グラブ浚渫船に搭載した施工管理システムにより計測、蓄積される3次元位置情報を用いて、1.0m平面格子内のデータ（最深値）で海上地盤改良工（床掘工）の出来形管理を行う技術である。施工履歴データを用いて出来形管理を実施することで、出来形管理の省力化・省人化が可能となる。

グラブ浚渫船本体、バケットの位置のデータ記録



👉 施工履歴データの特徴・導入効果

- 施工中のグラブバケット位置の3次元座標をリアルタイムに取得
- 施工履歴データとして記録・保存
- 出来形計測を待たずに次工程の段取りが可能
- 従来の計測の手間の大幅な削減

1. 計測準備

- 1.1 使用機器・ソフトウェアの手配
- 1.2 使用機器類の性能確認
- 1.3 施工履歴取得対象範囲
- 1.4 GNSS基準局の設置

2. 現場計測

- 2.1 計測基準
- 2.2 施工管理システムの設定
- 2.3 計測
- 2.4 計測時の留意点

3. 計測データ処理

- 3.1 出来形評価データの作成
- 3.2 出来形管理資料の作成

1 計測準備

1 計測準備

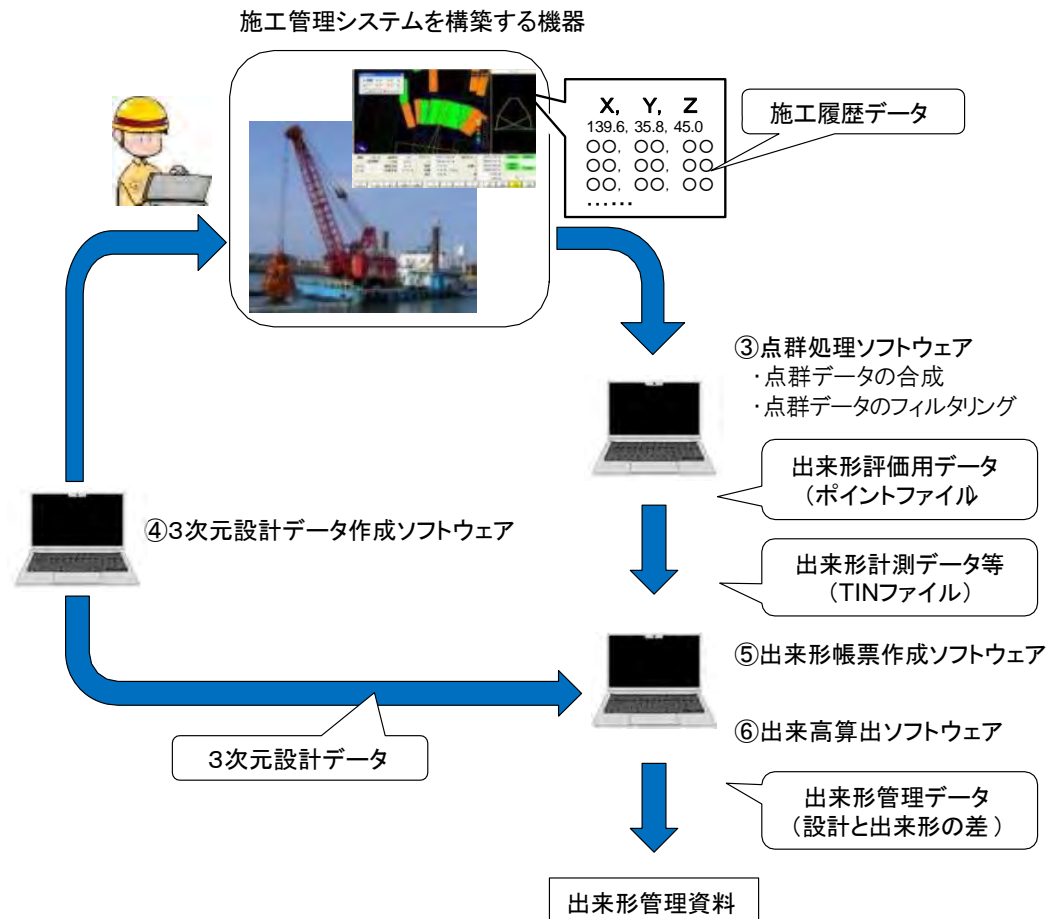
1.1 使用機器・ソフトウェアの手配

施工履歴データを用いた出来形管理に必要な機械・ソフトウェアを手配する。

一般的な機器構成を以下に示す。

施工計画書には、これらの機器構成（計測機器名称、計測機器メーカー、ソフトメーカー、ソフトウェア名、バージョン）を記載する。

- (1) 施工管理システムを構築する機器
- (2) 各種ソフトウェア



2 現場計測

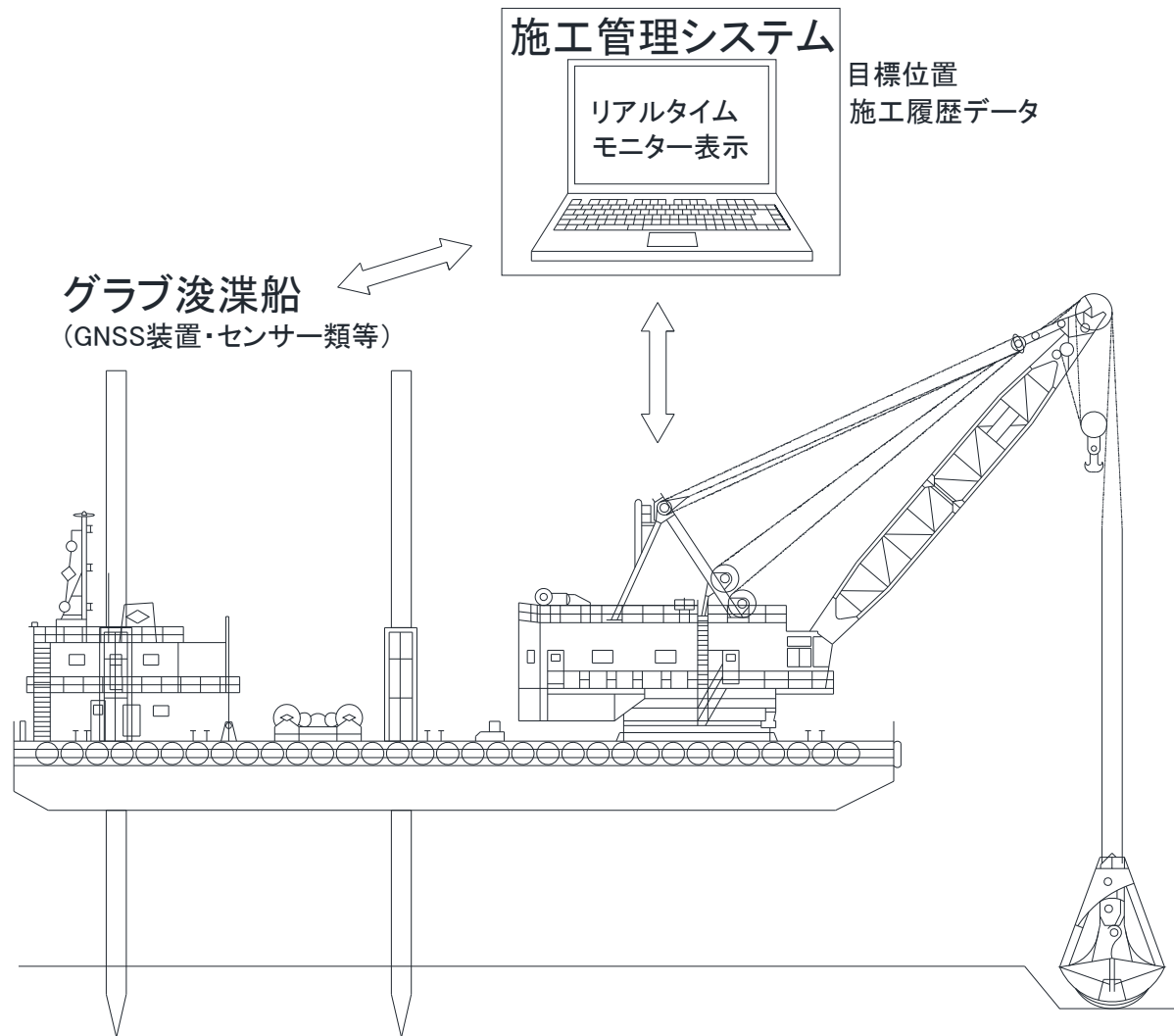
3 計測データ処理

1 計測準備

1 計測準備

2 現場計測

3 計測データ処理



注) グラブ浚渫船には、「水平掘り装置」が搭載されている必要がある。

施工履歴データによる出来形管理機器の構成例

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能を確認する。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 機器の機能確認

(1) 計測性能の確認

計測位置の取得精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ① RTK-GNSSの位置精度
- ② ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

施工管理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、事前に性能確認を実施する。

1) 精度確認（着工前）

出来形管理を行う範囲において、着工前に「計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従って精度確認試験を実施し、その結果を提出する。

精度確認は、現場毎に1回実施する。ただし、機器を変える場合は再度実施する。

■実施時期：出来形管理範囲着工前に、現場ごとに1回実施する。

■実施方法：着工前に、施工管理データ（位置及び深さ）の計測器のキャリブレーションが完了したグラブ浚渫船を用い、施工履歴データの計測精度を確認する。計測精度確認試験は、自船が係留している場合など、移動しない場合に適用する。

① グラブ浚渫船測位装置（GNSSアンテナ）の計測精度確認

グラブ浚渫船にGNSSアンテナを設置し、その位置をTSやポータブルGNSS受信機器等を用いて測位する。施工管理システムに表示される平面座標との差異が基準値内（計測精度確認基準内）であることを確認し、「計測精度確認試験結果」記録する。

② 計測精度確認基準

試験内容	計測精度確認基準
平面座標 (x, y) の計測精度確認	「平成14年海上保安庁告示第102号」水路測量における測定または調査の方法に関する告示の『水平位置の測定の誤差の限度』

◇ 施工管理システムに係る計測機器の精度管理

施工管理システムに係る計測機器については、例えば、メーカーの推奨期間内の第三者機関が発行する有効な試験成績書又は検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録で確認することができる。

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

計測精度確認試験結果報告書

試験実施日： 年 月 日

試験者あるいは計測精度管理担当者

(会社名)

(氏名)

平面位置確認		平面座標		平面誤差
		x	y	
GNSS アンテナ①	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			
GNSS アンテナ②	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			

計測精度確認試験結果報告書

(2) 機器の機能確認

施工管理システムを用いた施工履歴による出来形管理を適切に実施するため、施工管理システムは所定の機能を有することが必要である。

そのため、施工管理システムが以下の機能を有することを確認する。

- ① 施工履歴データを取得・記録する機能
- ② 各種の判定・表示機能
- ③ 出来形管理資料作成機能

① 施工履歴データを取得・記録する機能

グラブ浚渫船本体及びバケットを施工位置に誘導するためには、施工範囲とグラブ浚渫船本体及びバケットのリアルタイムの位置を管理する必要がある。そのため、施工管理システムは、以下の機能を有するものとする。

なお、ここでいう施工範囲は、設計図書に示されている床掘を行う3次元的な施工位置 (x, y, z) を表すデータのことをいう。

- ◆ 施工範囲の入力・表示機能
設計図面に示される施工範囲を入力・表示できる機能。
- ◆ 床掘位置の表示・出力機能
施工範囲とバケットの位置でデータを表示し、床掘完了後に施工履歴データを出力する機能。

② 各種の判定・表示機能

使用するGrab浚渫船は、GNSS等によって取得した自船位置（座標）を使ってバケット位置を計測し、施工位置をリアルタイムで表示する機能（施工管理システム）を有するものとし、システムの開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

◆ 施工位置判定・表示機能

Grabバケットの位置が施工範囲であること及び天端高が基準内にあることを判定し、表示する機能。

◆ バケット方向角表示機能

バケットの方向をモニターに表示する機能。

◆ 施工範囲の表示機能

位置座標で指定される施工範囲をモニターに表示する機能。

◆ 施工完了範囲の判定・表示機能

施工状況（バケット位置、水深等）をリアルタイムでモニターに表示し、これをオペレーターが確認しながら施工できる機能。なお、モニターへの表示方法については施工者の任意とする。

③ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

Grab浚渫船より取得する施工履歴データを用いて、出来形管理資料を作成する機能を有するものとする。出来形管理資料（施工図又は施工管理データ）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できる。

1.3 施工履歴取得対象範囲

発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図等）等を基に施工管理システムへ入力する施工位置等のデータを予め作成し、以下の1) 2) の情報について、設計図書と照合するとともに、監督職員へ「施工目標位置データチェックシート」を提出する。

- 1) 工事基準点
- 2) 施工履歴取得対象範囲の位置

施工目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名: _____

受注者名: _____

作成者: _____

施工目標位置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 基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか?	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか?	
		・座標は正しいか?	
2) 平面図	全延長	・各測点の座標は正しいか?	
3) 縦断図	全延長	・設計値は正しいか?	

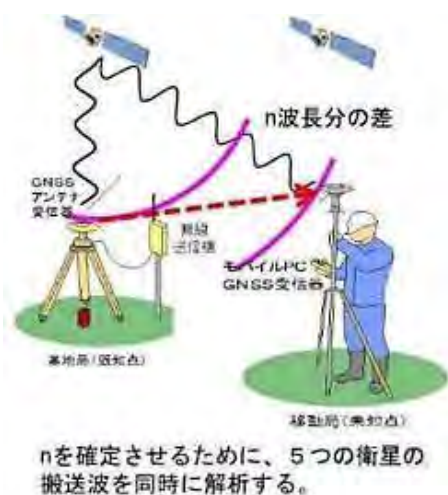
※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

1.4 GNSS基準局の設置

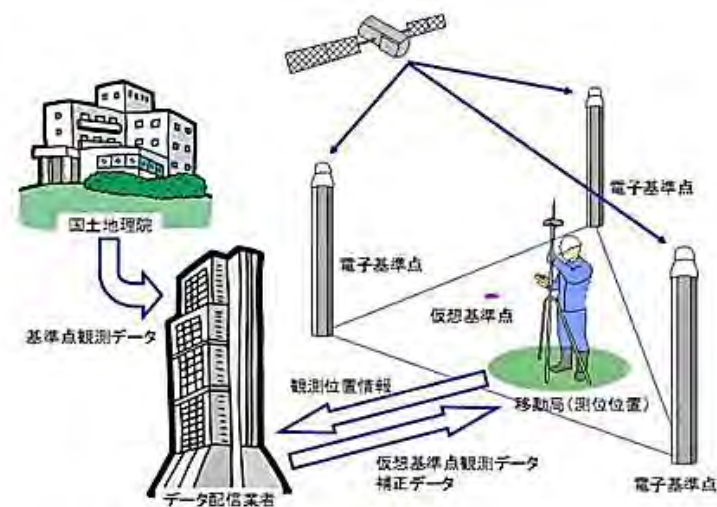
1 計測準備

RTK-GNSSを用いてグラブ浚渫船の測位を行う場合は、GNSS基準局を工事基準点に設置する。
ネットワーク型RTK-GNSS等の計測に基準局を用いない計測方法を利用する場合は、この作業は不要である。

- ◆ グラブ浚渫船を構成する機器にRTK-GNSSを含む場合には、施工着手までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。同システムにより提供される位置の3次元座標には、RTK-GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置する。



RTK-GNSS



ネットワーク型RTK-GNSS

2 現場計測

3 計測データ処理

2.1 計測基準

グラブ浚渫船の施工履歴データを用いた計測を行うにあたっては、測地系、基準面の設定を行う。

- ◆ 測地系：成果は、世界測地系に基づく日本測地系より作成する。
- ◆ 基準面：適用する基準面は、港湾管理用基準面C.D.Lとする。なお、海上地盤改良工（床掘工）で使用している基準面と同一基準面を適用するのが原則である。
- ◆ 潮位：潮位データは、特記仕様書で指定された潮位を使用することを基本とし、特記仕様書に記載がない場合は、監督職員と協議する。

2.2 施工管理システムの設定

現場計測の前に、当該現場の条件に応じた施工管理システムの設定を行う。
設定項目は下記とし、各設定情報が正しく表示されていることをモニターで確認する。

- (1) 施工範囲の設定
- (2) 水深の管理値の設定
- (3) 0セット

- ◆ 0セット：グラブバケットの支持ワイヤーロープ繰り出し長さで管理されるため、作業開始前にグラブバケットの0セットを行う。

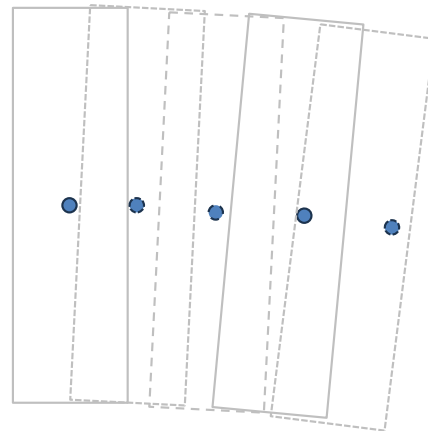
2.3 計測

施工管理システムを用いて、海上地盤改良工（床掘工）の出来形を計測する。
また、施工管理システムより計測頻度、計測密度を満たす施工履歴データを取り出し、出来形を把握する。

- ◆ 計測頻度：施工管理システム上にてリアルタイムにバケット位置（底面中心 x,y ）、並びに該当位置における計画高と計測した水深（ z ）を表示する。また、表示されたデータが施工管理システムで施工履歴データとして蓄積されることを確認する。
- ◆ 計測密度：施工履歴データによる出来形計測は、バケットの施工面が計測範囲を満たすように施工履歴データを取得する。

2.4 計測時の留意点

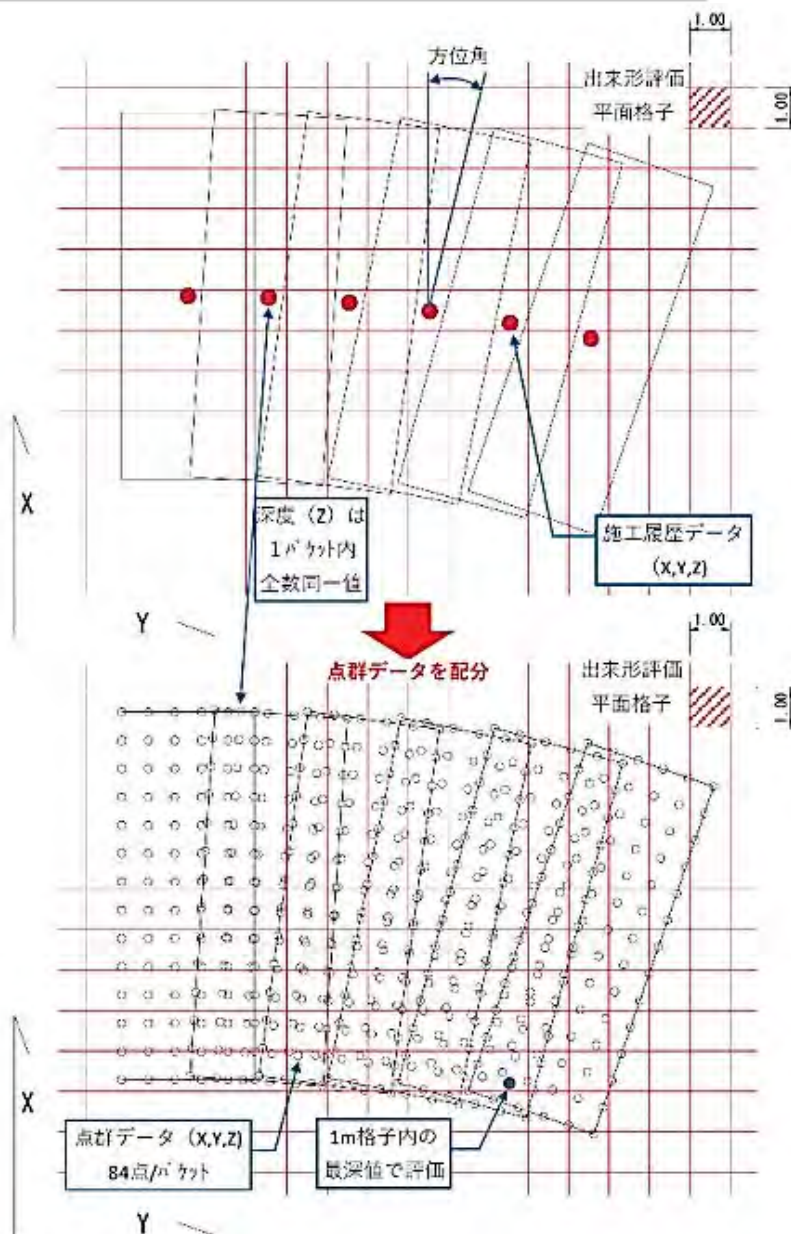
グラブ浚渫船の施工履歴データを用いた海上地盤改良工（床掘工）の出来形計測にあたっては、仕上げ面を施工する際は、隣り合うバケットの施工面をそれぞれラップさせるなど、掘跡で示される施工箇所がもれなく施工範囲を満足するようバケットの配置に留意する。



- グラブバケット範囲
- 施工履歴データ (x, y, z) : グラブバケット範囲の中心位置

施工位置（1バケット）と施工履歴のイメージ

3.1 出来形評価データの作成



出来形評価データ用点群データ分配イメージ

(2) 出来形評価のための採用値

出来形評価データは、1.0m平面格子内の「最深値」とする。

◆ 注意点

施工履歴データ、3次元点群データ、出来形評価データは以下のとおりとする。

- 水深値には z に - (マイナス) 符号を加える必要がある。
- データの並び順は、数学座標の x, y (測量座標の y, x), z とし、 z は C.D.L = ± 0 を基準として、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

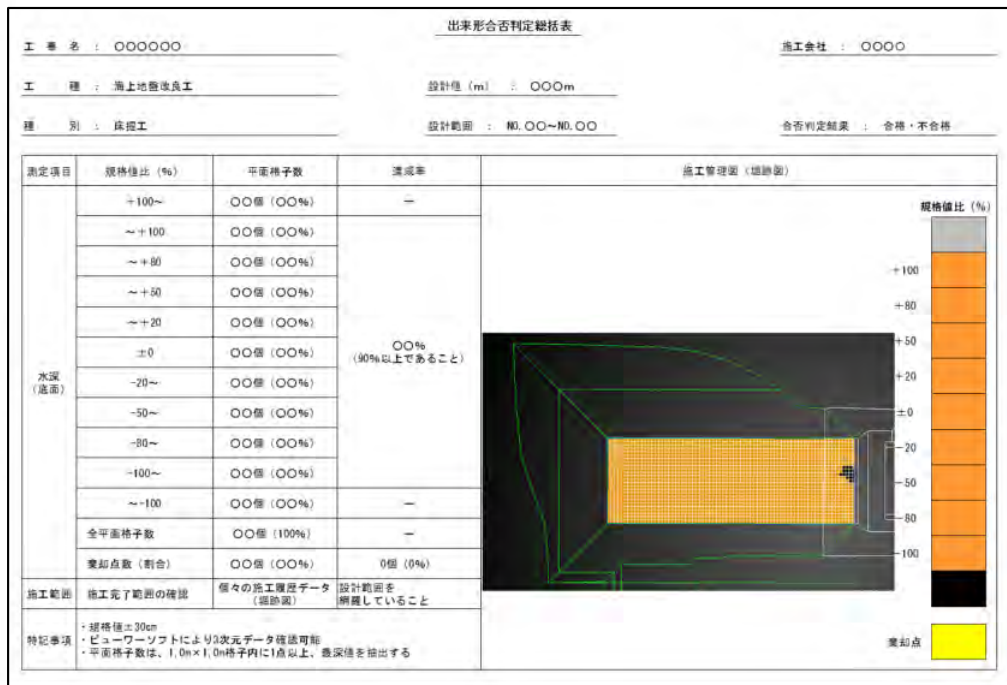
3.2 出来形管理資料の作成

作成した出来形評価データを用いて、出来形管理資料を作成する。

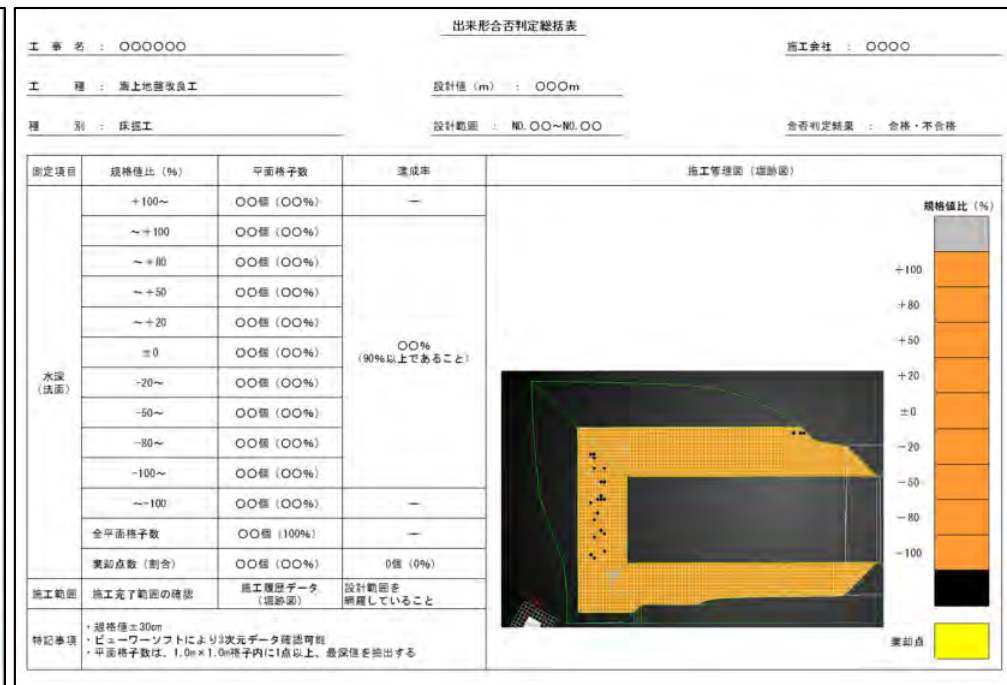
- ◆ 出来形管理図は、施工完了後に、PC等に記録された施工履歴データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。
- ◆ 掘跡を示す図は床掘工を施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、床掘工施工箇所ごとに作成する。
- ◆ 出来形管理図の様式及び施工要領図に示す図面サイズは施工者の任意とするが、共通仕様書の様式を基本として出来形管理図表を参考に下記の必須のデータ項目を含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名
- ・ 施工会社（施工者）
- ・ 工種、種別
- ・ 設計値
- ・ 設計範囲
- ・ 水深（底面及び法面）
- ・ 格子数
- ・ 達成率
- ・ 掘跡図
- ・ 合否判定結果



底面の例



法面の例

◆ 参考資料

出来形管理基準及び許容範囲等

(1) 出来形管理基準及び許容範囲

計測値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

工種	管理項目	計測方法	採用する点群データ	測定単位	結果の整理方法	許容範囲	備考
海上地盤改良工 (床掘工)	水深(底面)	施工履歴データ	1.0m平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形図を作成	±30cm以内	達成率 90%以上
	水深(法面)	施工履歴データ	1.0m平面格子内に1点、最深値を採用	10cm	出来形図を作成	外側2m(法面に直角)内側30cm (法面に直角)又は 特による	達成率 90%以上

(2) 出来形管理写真基準

- ◆ 本資料に基づく出来形管理資料を提出する場合には、出来形管理に関わる写真管理項目を省略できる。
(省略できる写真管理項目例：水深の計測状況写真)
- ◆ 計測精度確認試験(キャリブレーション)時の写真を記録する。
- ◆ 床掘工のグラブ浚渫船を用いた床掘施工状況を確認できる写真を記録する。。

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

平面図上に当該工事の施工範囲を示すとともに、施工管理を行う範囲を平面図上に明記する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、施工履歴データを用いた出来形管理を行う範囲については、出来形管理基準及び許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

施工履歴データを用いた出来形管理を効率的かつ正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理されたグラブ浚渫船かつ確実な機能を有するソフトウェア（施工管理システム）を利用する必要がある。

そのため、施工計画書に使用するグラブ浚渫船の機器構成を記載するとともに、GNSS等の測位技術についてはその性能を確認できる資料を添付する。

① 機器構成

出来形管理で利用するグラブ浚渫船及びソフトウェアについて、施工計画書に記載する。

記載事項

② 機能・性能を確認できる資料

GNSS等の測位技術については、性能を示すメーカーのカタログ等の資料を、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

(5) 計測精度確認試験計画

計測精度確認試験については、「計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照して実施の上、その記録を提出する。

記載事項

提出書類

(参考) 適用工種

グラブ浚渫船を用いて床掘工を施工し、施工履歴データを用いて行う出来形計測及び出来形管理に適用する。
適用する工種は、下表のとおりとする。

章	工種	出来形管理項目
海上地盤改良工	床掘工	水深(底面)
		水深(法面)

(参考) 作成資料の様式

作成資料

3次元設計データチェックシート

施工目標位置データチェックシート

計測精度確認試験結果報告書

● 3次元設計データチェックシート

3次元設計データチェックシート

令和 年 月 日

工事名: _____
 受注者名: _____
 作成者: _____

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) 基準点及び基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
		・起終点の座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・変化点の座標は正しいか？	
		・各測点の座標は正しいか？	
		・線形の起終点の測点、水深は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・縦断変化点の測点、水深は正しいか？	
		・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
4) 出来形横断面形状	全延長	・基準高、幅、法長は正しいか？	
		・入力した 1)～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“○”を記すこと。
 ※2 該当項目のデータ入力がない場合は、チェック結果に“－”と記すこと。

● 施工目標位置データチェックシート

施工目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名: _____
 受注者名: _____
 作成者: _____

施工目標位置データチェックシート

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点及び基準面	全点	・監督職員の指示した基準点、基準面を使用しているか？	
		・工事基準点、工事基準面の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
2) 平面図	全延長	・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断面図	全延長	・設計値は正しいか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”を記すこと。

● 計測精度確認試験結果報告書

計測精度確認試験結果報告書

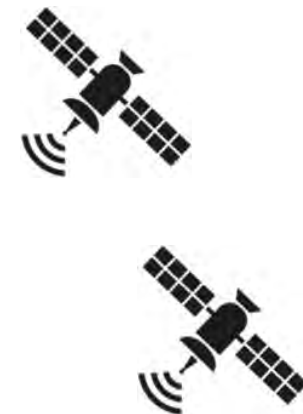
試験実施日： 年 月 日

試験者あるいは計測精度管理担当者

(会社名) _____

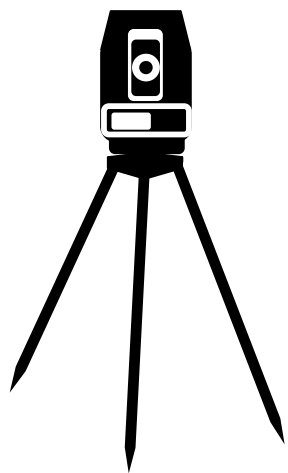
(氏名) _____

平面位置確認		平面座標		平面誤差
		x	y	
GNSS アンテナ①	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			
GNSS アンテナ②	モニター表示値			—
	自主計測値			—
	差			



技術概要集

施工管理システム (本体工：ケーソン据付工)



- ◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）
- ◆ 利用手順
- ◆ 参考資料

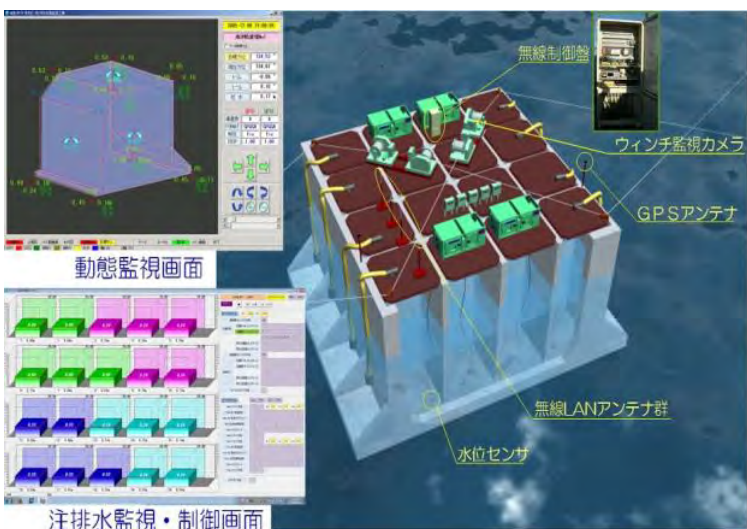
◆ 基礎知識（計測の仕組みについて）

■ 施工管理システムを使った出来形管理とは？

施工中のケーソンの3次元位置情報（出来形確認データ）をTS等のICT機器で取得し、ケーソン施工管理システムで出来形を管理する技術のことである。

ICT機器及びケーソン施工管理システムを用いて出来形管理を実施することで、出来形管理の省力化・省人化が可能となる。

ケーソンの位置、傾斜の計測



本体内（ケーソン式） ケーソン掘付出来形管理表

ケーソン 番号	掘削日	法線に対する出入り (cm)				掘付傾斜傾角 (cm)				②天端高さ (m)				ケーソン掘削延長 (m)			
		規格値: ±30cm				【標準20cm】 規格値: 30cm以下				【掘付完了後】				【掘付完了後】			
		測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差
No.2	H29.3.13	掘削前	±0.0			掘削前 A	20.0			①							
		掘削中	±0.0			掘削前 B	20.0			②							
		掘削後	±0.0			掘削前 C	20.0			③							
No.3	H29.3.13	掘削前	±0.0			掘削前 A	20.0			①							
		掘削中	±0.0			掘削前 B	20.0			②							
		掘削後	±0.0			掘削前 C	20.0			③							

掘削日



👉 施工管理システムの特徴・導入効果

- オペレーターの操作支援
- 作業装置の自動制御
- 掘付中のケーソンの3次元座標及び傾斜をリアルタイムに取得、記録・保存
- 従来の計測の手間の大幅な削減



1.2 使用機器類の性能確認

計測に必要な機器類の性能を確認する。

- (1) 計測性能の確認
- (2) 機器の機能確認

(1) 計測性能の確認

ICT機器の位置の計測位置精度は、下記の要因等により変化すると考えられている。

- ① TSまたはRTK-GNSSの位置精度
- ② TS、RTK-GNSSおよび角度センサ位置間の寸法計測誤差
- ③ 角度センサによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差

様々な誤差要因が考えられるため、現場における精度確認試験により精度管理を行う必要がある。

ICT機器の管理が適正に行われていることを確認するため、事前に性能確認を実施する。

1) 精度確認（着工前）

出来形管理を行う範囲において、着工前に「計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」に従って精度確認試験を実施し、その結果を提出する。

精度確認は、現場毎に1回実施する。ただし、機器を変える場合は再度実施する。

■実施時期：出来形管理範囲着工前に、現場ごとに1回実施する。

■実施方法：着工前に、計測装置の位置計測についてのキャリブレーションが完了したICT機器を用い、出来形確認データの計測精度を確認する。計測精度確認試験は、ケーソンが仮置きされている場合など、移動しない場合に適用する。

(1) 精度確認の方法

① TSを用いるシステムの場合

- TSを用いて、ケーソン四隅の座標 (x, y, z) を計測する。
- ケーソンにTSプリズム、傾斜計等を設置し、ケーソン寸法、端部からのオフセット値を登録する。
- システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z) が、計測された座標との差異が基準値以内であることを確認する。

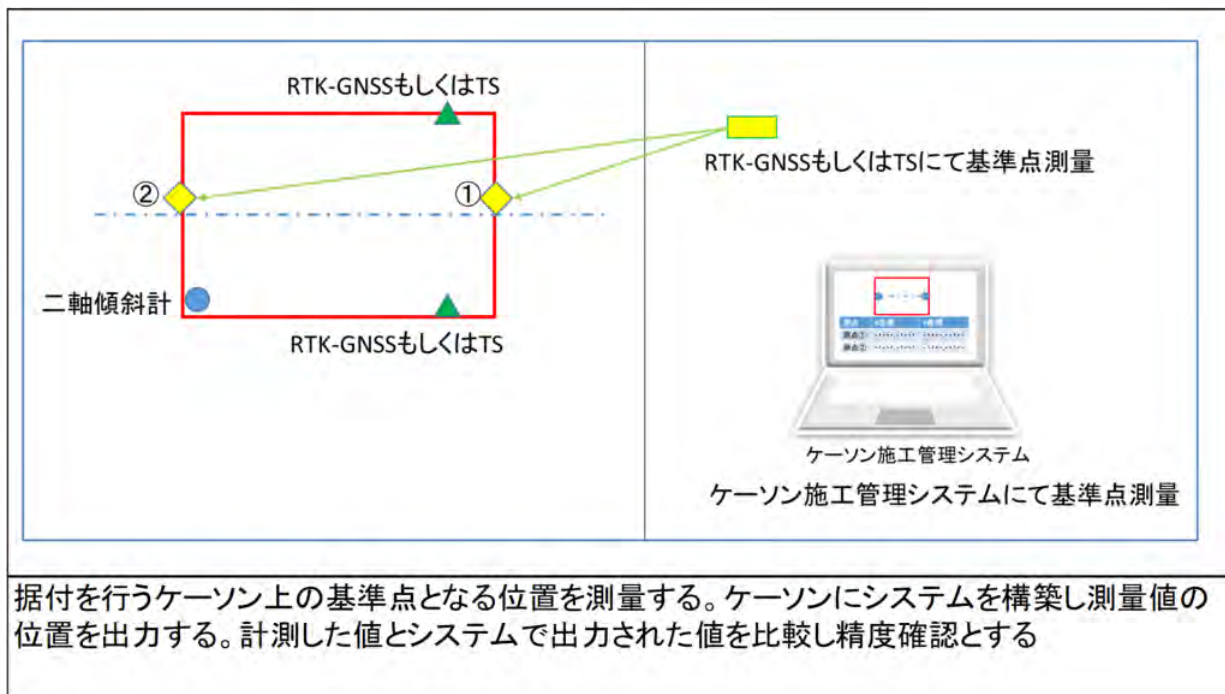
② GNSSを用いるシステムの場合

- ケーソンに取り付けるGNSSアンテナを用いて、ケーソン四隅の座標 (x, y, z) を計測する。
- ケーソンにGNSSアンテナ、傾斜計等を設置し、ケーソン寸法、端部からのオフセット値を登録する。
- システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z) が、計測された座標との差異が基準値以内であることを確認する。

(2) 精度確認基準

試験モード	精度確認基準
① TSで確認する方法	3次元座標 (x, y, z) の各成分の較差：±20mm以内
② GNSSで確認する方法	平面座標 (x, y) の各成分の較差：±20mm以内 標高 (z) の較差：±30mm以内

1 計測準備



ケーソン施工管理システムの精度確認

2 現場計測

3 計測データ処理

◇ ICT機器の精度管理

施工管理データ（位置および傾斜）の計測器のキャリブレーションを実施し精度を確認する。キャリブレーション実施方法は、施工者や工法協会等が定めたキャリブレーション実施方法を発注者の承諾を得た上で採用する。

メーカーの推奨期間内に実施されたうえで第三者機関が発行する有効な試験成績書または検査成績書、あるいはメーカーが発行する校正証明書、その他製造メーカーによる機器の作動点検等の記録で確認することもできる。

計測精度確認試験結果報告書

計測実施日： 令和〇年〇月〇日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者： (会社名) ○○○○
(氏名) ○○ ○○

検証機器: RTK-GNSS メーカー: ○○ 機種名: ○○ 検証方法: 校正書添付 もしくは 検測点確認	
検証機器: トータルステーション メーカー: ○○ 機種名: ○○ 検証方法: 校正書添付 もしくは 検測点確認	
検証機器: 二軸傾斜計 メーカー: ○○ 機種名: ○○ 検証方法: カタログ添付	
差の確認: システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z)	計測された座標との差異: ○○mm ≤ 基準 ± 20mm 以内

計測精度確認試験結果報告書

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

(2) 機器の機能確認

1) ケーソン施工管理システム

ケーソン施工管理システムは、施工中の出来形管理データ（ケーソン据付位置データと据付目標位置）を管理するため、以下の機能を有することが必要である。

- ① 据付目標位置の入力・表示機能
設計図面に示される据付位置 (x, y, z) を入力・表示できる機能。
- ② ケーソン位置の表示・出力機能
リアルタイムにケーソン据付時の施工時の位置データを表示し、据付完了後に出来形管理図表を出力する機能。

2) ICT機器

ICT機器は以下の機能を有するものとし、機械の開発会社や各工法協会等が提示する機械の仕様を示す資料その他によって確認する。

① 据付位置判定・表示機能

据付ケーソンの天端2点以上の位置を測定し、ケーソンの据付位置が基準内にあることを判定し、表示する機能。

② ケーソン傾斜計測・表示機能

ケーソンの傾斜状況をモニタに表示する機能。

③ 施工範囲の表示機能

施工範囲内の据付目標位置データで指定される対象ケーソンをモニタに表示する機能。

④ 施工完了範囲の判定・表示機能

据付ケーソンの状況（位置、傾斜等）をリアルタイムでモニタに表示し、これをオペレータが確認しながら施工できる機能。モニタへの表示方法については施工者の任意とする。

⑤ 出来形管理資料作成機能（施工時の写真撮影を省略する場合）

ICT機器より取得する出来形確認データを用いて、出来形管理資料を作成する機能。

なお、出来形管理資料（ケーソン配置図または施工管理データ）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できる。

1.3 据付目標位置データ

1 計測準備

発注者から貸与された設計図書（平面図、縦断図等）等を基にケーソン据付管理システムへ入力する据付目標位置等のデータを作成する。

また、据付目標位置を以下の情報について、設計図書と照合するとともに、監督職員へ据付目標位置データチェックシートを提出する。

- (1) 工事基準点
- (2) 据付目標位置

◆据付目標位置データ

据付位置判定・表示機能により、ケーソン据付が完了したことが出来形管理データから判定できるよう、据付目標位置データには、ケーソンの法線からの出入、据付目地間隔、高さ、及び延長を登録する。

2 現場計測

3 計測データ処理

据付目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工 事 名 : _____

受 注 者 名 : _____

作 成 者 : _____

据付目標位置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 および 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) 平面図	全延長	・ケーソンの据付範囲は正しいか？	
		・ケーソンの据付位置の座標は正しいか？	
		・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断図	全延長	・天端高さは正しいか？	
4) 据付目標位置データ	全延長	・入力した2)～3)の幾何形状と出力する設計データは同一となっているか？	

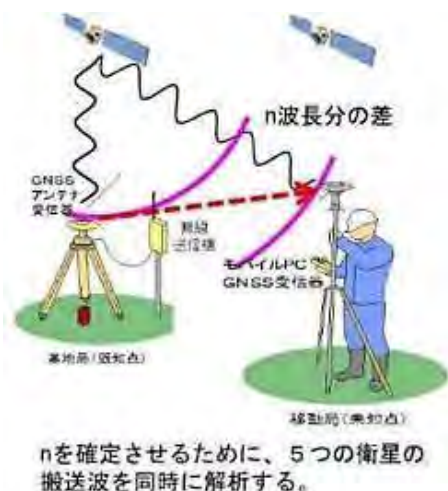
※) 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

1.4 GNSS基準局の設置

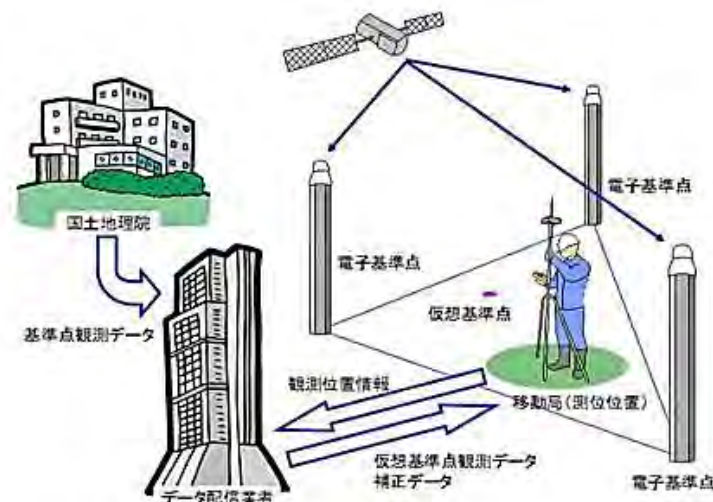
1 計測準備

RTK-GNSSを用いてケーソンの位置の計測を行う場合は、GNSS基準局を工事基準点に設置する。
ネットワーク型RTK-GNSS等の計測に基準局を用いない計測方法を利用する場合は、この作業は不要である。

- ◆ 位置計測機器にRTK-GNSSを含む場合には、施工着手までにRTK-GNSS基準局を設置する必要がある。同システムにより提供される位置の3次元座標には、RTK-GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、RTK-GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、工事基準点に必ず設置する。



RTK-GNSS



ネットワーク型RTK-GNSS

2 現場計測

3 計測データ処理

2 現場計測

1

計測準備

2

現場計測

3

計測データ処理

2.1 ICT機器の設定

当該現場の条件に応じたICT機器の設定を行い、GNSS等で取得した位置をもとにケーソン据付を正しく行うために下記の項目について設定を行う。

(1) 据付位置の設定

(2) 法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の管理値の設定

◆ 据付位置の設定

- ICT機器に据付目標位置を入力し、据付目標位置がモニタに正しく表示されていることを確認する。
- 入力した据付目標位置が平面図上の正しい位置に表示されることをモニタで確認する。

◆ 法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の設定

- 法線からの出入、据付目地間隔、天端高さ、延長は、対象となるケーソンの質量および防波堤・岸壁の別から発注者の承諾のもと管理値を設定する。

2.2 計測

ICT機器を用いてケーソンの位置をリアルタイムに計測し、ケーソン施工管理システムを用いて出来形確認データにより据付目標位置にケーソンを誘導して据付ける。

3 計測データ処理

3.1 出来形管理資料の作成

出来形管理図を管理資料として作成・保管する。また、位置・傾斜等の記録は、電子データの形式で提出する。

- ◆ 出来形管理図は、ケーソン据付ごとに各函の施工完了後に、パソコン等に記録された出来形管理データを電子媒体に保存し、出来形帳票作成ソフトウェアによって出力する。この図はケーソン据付を施工したことを確認するための出来形管理資料となるので、各函ごとに作成する。
- ◆ 出来形管理図の様式および施工要領図に示す図面サイズは施工者の任意とするが、共通仕様書の様式を基本として出来形管理図表を参考に下記の必須のデータ項目を含むこととする。

【必須のデータ項目】

- ・ 工事名 ・ 施工日 ・ 対象ケーソン番号 ・ 法線に対する出入り
- ・ 据付目地間隔 ・ 天端高さ ・ 延長

本體工（ケーソン式） ケーソン据付出来形管理表																		
工事名: _____										現場代理人: _____								
ケーソン 番号	測定日	法線に対する出入り (cm)				据付目地間隔 (cm)				①天端高さ (m)				ケーソン据付延長 (m)				
		規格値: ±30cm				【標準20cm】 規格値: 30cm以下				【据付完了後】 規格値: 規定なし				【据付完了後】 規格値: 規定なし				
		測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	測定位置	設計値	実測値	差	
No.2	H29.1.13	起点側	±0.0			港外側 A	20.0			①				延長①				
										②								
		終点側	±0.0			港内側 B	20.0			③								
										④								
No.3	H29.1.15	起点側	±0.0			港外側 A	20.0			①				延長②				
										②								
		終点側	±0.0			港内側 B	20.0			③								
										④								

概要図

出来形管理資料の例

出来形管理基準及び許容範囲等

(1) 出来形管理基準及び許容範囲

計測値はすべて許容範囲を満足しなくてはならない。

工種	管理項目	計測方法	測定単位	結果の整理方法	許容範囲
ケーソン 進水据付	法線に対する 出入	ICT機器による計測、 ケーソン施工管理システムによる 出来形管理	1cm	管理表を作成し提出	【防波堤】 ケーソン質量 2,000t未満：±20cm 2,000t以上：±30cm 【岸壁】 ケーソン質量 2,000t未満：±10cm 2,000t以上：±15cm
	据付目地間隔	ICT機器による計測、 ケーソン施工管理システムによる 出来形管理	1cm	管理表を作成し提出	【防波堤】 ケーソン質量 2,000t未満：20cm以下 2,000t以上：30cm以下 【岸壁】 ケーソン質量 2,000t未満：10cm以下 2,000t以上：20cm以下
	天端高さ	ICT機器による計測、 ケーソン施工管理システムによる 出来形管理	1cm	管理表を作成し提出	
	延長	ICT機器による計測、 ケーソン施工管理システムによる 出来形管理	1cm	管理表を作成し提出	

(2) 出来形管理写真基準

- ◆ 本資料に基づく出来形管理資料を提出する場合には、出来形管理に関わる写真管理項目を省略できる。
【省略できる写真管理項目例】
 - ・法線に対する出入、据付目地間隔、天端高さ、延長の計測状況写真
 - ・ケーソンごとの出来形写真（据付状況、法線に対する出入、目地間隔、天端高さ、延長について）
- ◆ 計測精度確認試験時の写真を記録する。
- ◆ ケーソン据付工のICT機器を用いた据付状況を確認できる写真を記録する。

施工計画への記載事項・提出書類

(1) 適用工種

適用工種に該当する工種を記載する。

記載事項

(2) 適用区域

平面図上に当該工事の施工範囲を示すとともに、施工管理を行う範囲を平面図上に明記する。

記載事項

(3) 出来形管理基準及び許容範囲・出来形管理写真基準

「設計図書」及び「出来形管理基準及び許容範囲」の測定基準に基づいた出来形計測箇所を記載する。自主管理するための任意の計測箇所については、記載不要である。

また、出来形確認データを用いた出来形管理を行う範囲については、出来形管理基準及び許容範囲、出来形管理写真基準を記載する。

記載事項

(4) 使用機器・ソフトウェア

出来形確認データを用いた出来形管理を効率的かつ正確に実施するためには、必要な性能を有し適正に管理されたICT機器を利用する必要がある。

そのため、施工計画書に使用するICT機器の機器構成を記載するとともに、GNSS、TS等の測位技術についてはその性能を確認できる資料を添付する。

① 機器構成

出来形管理で利用するICT機器について、施工計画書に記載する。

記載事項

② 機能・性能を確認できる資料

GNSS、TS等の測位技術については、性能を示すメーカーのカタログ等の資料を、施工計画書の添付資料として提出する。

提出書類

(5) 計測精度確認試験計画

計測精度確認試験については、「計測精度確認試験実施手順書及び試験結果報告書」を参照して実施の上、その記録を提出する。

記載事項

提出書類

(参考) 適用工種

ケーソン据付工のICT機器を用いて施工し、施工中の出来形確認データを用いて行う出来形計測および出来形管理に適用する。適用する工種は、下表のとおりとする。

章	工種	出来形管理項目	備考
本體工 (ケーソン式)	ケーソン進水据付工	法線に対する出入	据付完了後、両端2箇所
		据付目地間隔	据付完了後、天端2箇所
		天端高さ	据付完了後、四隅
		延長	据付完了後、法線上

(参考) 作成資料の様式

作成資料

据付目標位置データチェックシート

計測精度確認試験結果報告書

●据付目標位置データチェックシート

据付目標位置データチェックシート

令和 年 月 日

工事名： _____
 受注者名： _____
 作成者： _____

据付目標位置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 および 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) 平面図	全延長	・ケーソンの据付範囲は正しいか？	
		・ケーソンの据付位置の座標は正しいか？	
		・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断面	全延長	・天端高さは正しいか？	
4) 据付目標位置データ	全延長	・入力した2)～3)の幾何形状と出力する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。

●計測精度確認試験結果報告書

計測精度確認試験結果報告書

計測実施日： 令和〇年〇月〇日

機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者： (会社名) ○○○○○
 (氏名) ○○ ○○

検証機器：RTK-GNSS メーカー： ○○ 機種名： ○○ 検証方法：校正書添付 もしくは 検測点確認	
検証機器：トータルステーション メーカー： ○○ 機種名： ○○ 検証方法：校正書添付 もしくは 検測点確認	
検証機器：二軸傾斜計 メーカー： ○○ 機種名： ○○ 検証方法：カタログ添付	
差の確認：システムから算出されるケーソン四隅の座標 (x, y, z)	計測された座標との差異：○○mm ≤ 基準 ± 20mm 以内