

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月改定版)

令和4年3月

国土交通省 港湾局

目 次

第 1 章 概説	1
1.1 はじめに	1
1.2 目的	1
1.3 本マニュアルの構成	2
1.4 適用範囲と利用上の注意点	3
1.5 用語の解説	5
第 2 章 マルチビームを用いた深淺測量	7
2.1 作業工程	7
2.2 測量計画・準備	8
(1) 測量計画	8
(2) 作業手続き	9
2.3 艀装・テスト	10
(1) GNSS 精度確認	10
(2) 機器の取り付け（オフセット）	10
(3) 喫水確認	10
(4) パッチテスト	10
2.4 水深測量	11
(1) 水中音速度測定	11
(2) 測深およびデータ記録	11
(3) 再測深	11
2.5 計測基準	12
(1) 測地系	12
(2) 基準面	12
(3) 潮位	12
2.6 検測・精度管理	13
2.7 データ解析	13
(1) ノイズ除去処理	13
(2) 3次元データ解析時の留意点	13
2.8 データ管理	14
(1) 正データを用いた中央値の作成	14

(2) データの保存.....	15
(3) データの変換.....	15
第 3 章 3次元設計データの作成	16
3.1 目的	16
3.2 適用範囲	16
3.3 3次元設計モデルの構造.....	16
(1) 3次元海底地形モデル(TIN モデル)	16
(2) 縦断面形状	18
(3) 横断面形状	18
(4) 俯瞰図	18
3.4 3次元設計データの作成範囲.....	20
3.5 3次元設計データを作成する際の留意点.....	20
(1) 断面形状	20
(2) 横断形状に反映する項目.....	20
(3) 設計データの単位系および桁数.....	20
3.6 3次元設計データの照査方法.....	21

第 1 章 概説

1.1 はじめに

国土交通省では、「ICT の全面的な活用」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産・管理システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction を進めており、港湾分野においても、計画・調査、測量・設計、施工計画・積算、施工・施工管理、検査、維持管理に至る一連の建設プロセスにおいて ICT を全面的に活用した情報の 3 次元化の一環として、新たに基準の整備を進めているところである。

『マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(海上地盤改良工：床掘工・置換工編)』（以下「本マニュアル」という）は、海上地盤改良工（床掘工・置換工）（以下「床掘工・置換工」という）におけるマルチビームを用いた深浅測量について、現在の技術を勘案した標準的な作業方法や測深性能、測深精度等について定めたものである。

1.2 目的

本マニュアルは、床掘工・置換工においてマルチビームを用いた深浅測量を実施する場合の標準的な作業方法を定め、その規格の統一、成果の標準化および必要な精度の確保に資することを目的とする。

なお、本マニュアルに記載の無い項目については『港湾設計・測量・調査等業務共通仕様書（国土交通省港湾局）』に準ずるものとする。

1.3 本マニュアルの構成

本マニュアルは、床掘工・置換工においてマルチビームを用いた深淺測量を実施する際の標準的な作業方法、使用する機器等の必要な事項について規定している。

また、測量技術としてのマルチビームを用いた深淺測量に対する理解を深め、その利用の普及・促進を図るため、解説を加えている。なお、本マニュアルの全体構成は、以下のとおりである。

① 全体概要

床掘工・置換工におけるマルチビームを用いた深淺測量についての概説、本マニュアルの構成等について説明している。

② マルチビームを用いた深淺測量

床掘工・置換工においてマルチビームを用いた深淺測量を実施するにあたっての工程別作業区分および順序、作成手法、精度管理等について規定している。

③ 3次元設計データの作成

マルチビームにより取得された3次元測深データから、床掘工・置換工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次元設計データの作成方法について規定している。

1.4 適用範囲と利用上の注意点

本マニュアルでは、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、マルチビーム測深を使用した深浅測量を前提としている。

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。

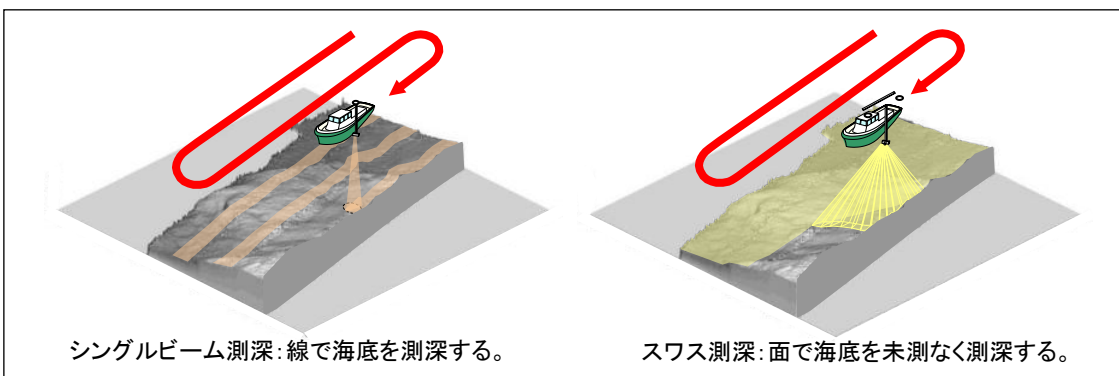
【解説】

床掘工・置換工の出来形測量等においては、後述する「2.6 検測・精度管理」で示すとおり、原則として精度は「平成14年海上保安庁告示第102号」で定められているとおりとし、測深性能（取得点密度）は、1.0m平面格子に3点以上（達成率99%以上）を標準とする。ただし、海象状況や特殊な地形など諸条件より、上記の精度・性能を満たすことが出来なかった場合は、監督職員と対応を協議する。

スワス測深とは、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。

海底地形を面的に詳細に計測するスワス測深には、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の2つのシステムがあるが、3次元点群データの取得にはマルチビーム測深を用いる。

従来のシングルビーム測深が海底を送受波器直下の水深情報を線で測深しているのに対し、スワス測深は面的に詳細な海底地形を測深するものである。



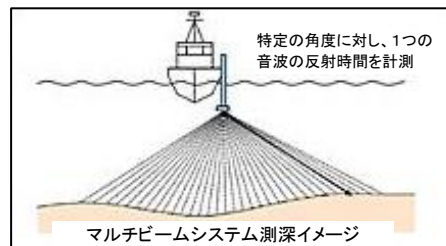
「海洋調査技術マニュアル－深浅測量－（(一社)海洋調査協会）」より転載

図- 1.1 シングルビーム測深とスワス測深

2つのスワス測深システムの計測原理の主な特徴を示す。

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

(データ取得間隔)

マルチビームを使用して測量計画を立案する場合、特に対象水域の水深、成果の分解能（メッシュサイズ）、計測の目的(精度)を考慮し、有効測深幅を設定することが重要である。

近年一般化しているスペックのマルチビームは、1スワスが256本の音響ビームからなり、測深時に1ビームが等角度モード（ソナーヘッドを中心とした等角度で計測）、等間隔モード（海底面において等距離で計測）の選択ができるようになっている。さらにスワス角は 10° ～ 160° まで調整可能となっている。

本マニュアルに示す取得点密度3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上）を要する測深の場合、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、スワス角は 90° ～ 120° に設定するものとする。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（3点以上/1.0m平面格子（達成率99%以上））を満たせるよう重複幅、船速の上限を決定する。

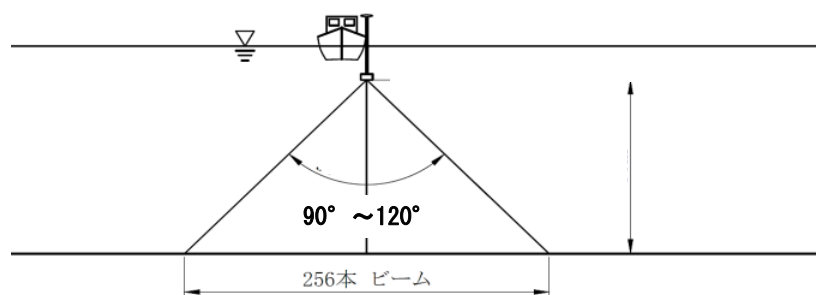


図- 1.2 測深データのイメージ

1.5 用語の解説

本マニュアルで使用する用語を以下に解説する。

【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。

【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。

【海上位置測位】

水域において深淺測量等の調査作業、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、工事中基準点、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。

【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（以下「3次元データ」という）を作成する作業をいう。

【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、位置・水深値の点群データ、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、視覚化するための面データに必要なTINデータなどを指す。これら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。

【TINデータ】

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】

マルチビーム機器で測深したデータであり、平面的な位置(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、本来の自身を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が作成されるので、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。

第 2 章 マルチビームを用いた深浅測量

2.1 作業工程

マルチビームを用いた深浅測量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

床掘工・置換工の作業工程は、「マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とする。ただし、水路測量に関する事項を除くものとする。

2.2 測量計画・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い、計測の精度を高めるよう準備する。

(1) 測量計画

測量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。

測量計画は、測量区域の水深、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とともに、床掘工および置換工の出来形管理等において適切な地形再現ができる取得点密度（3点以上/1.0m 平面格子（達成率 99%以上））で測深できるよう、必要な範囲で重複する測線を設定する。

【解説】

<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ス幅の重複を考慮しつつ、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。

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 90° ～ 120° とし、1.0m 平面格子 3点以上（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。

（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ー深浅測量ー（(一社)海洋調査協会）」より転載

(2) 作業手続き

深浅測量の実施に際しては、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、測量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。

その他の必要な事項については、「マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とする。ただし、水路測量に関する事項を除くものとする。

2.3 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。

(1) GNSS 精度確認

水深測量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する。

精度確認結果は、「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)」に示す GNSS 精度管理表に取りまとめる。

(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、「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)」に示す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。

(3) 喫水確認

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。

(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、必ず取り付け誤差が発生する。この取り付け角度の誤差 (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。

上記 (1)～(4) において、その他に必要な事項については、「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とする。ただし、水路測量に関係する事項を除くものとする。

2.4 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深浅測量をいい、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。

(1) 水中音速度測定

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。

(2) 測深およびデータ記録

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とり、収録用ソフトウェアによりPCに保存する。

(3) 再測深

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

上記(1)～(3)において、その他に必要な事項については、「マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とする。ただし、水路測量に係る事項を除くものとする。

2.5 計測基準

マルチビームを用いた深浅測量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。

(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、港湾管理用基準面 C. D. L とする。

なお、床掘工・置換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。

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。

2.6 検測・精度管理

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。

検測・精度管理については、「マルチビームを用いた深浅測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とするものとし、実施結果を同マニュアルの別紙「測深精度管理チェックシート（案）－計測精度管理表（照査線による検測結果）」に記録する。

2.7 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。

(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。

2.8 データ管理

マルチビームを用いた深浅測量データは、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。

(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。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。

- ① 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）。
- ② 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。
- ③ 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、施工箇所が点在していたり、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。

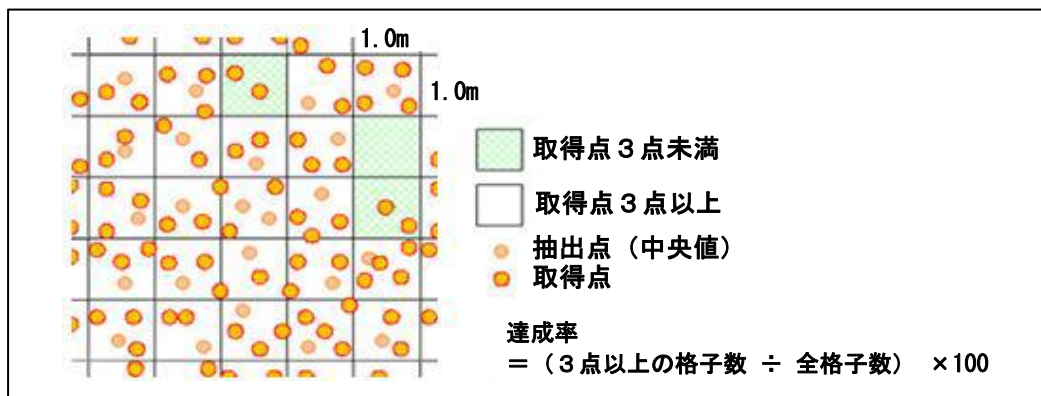


図- 2.1 データ密度の考え方

(2) 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。

(3) 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。

【解 説】

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>

深淺測量で扱う水深値 Z には、±（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 3 章 3次元設計データの作成

3.1 目的

マルチビームにより取得された3次元点群データから、床掘工・置換工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次元設計データを作成することを目的とする。

3次元設計データを使用し、以下の事項について検討を行う。

- ① 床掘方法・置換方法・作業船種の選定
- ② 床掘工・置換工事設計
- ③ 高精度な数量計算
 - ・床掘土量 ・置換材投入土量 ・運搬量 ・揚土量

3.2 適用範囲

床掘工・置換工事の設計・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。

3.3 3次元設計モデルの構造

3次元設計モデルの構成要素は、3次元海底地形モデル（不等辺三角網モデル：TINモデル）、縦断面形状、横断面形状、および俯瞰図等で構成され、設計から施工、出来形管理の各段階において作成する。

(1) 3次元海底地形モデル(TINモデル)

<設計段階>

- ① 工事範囲およびその周辺海域においては、本マニュアル 第2章の規定に従ったマルチビームによる深淺測量を実施し、1.0m平面格子内において中央値を抽出した1点/1.0m平面格子の点群データから、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。
- ② 構築した縦断面形状、横断面形状、および俯瞰図等から仕上がり形状を抜粋し、必要な情報を取得する。「床掘工・置換工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」は、これらの構成要素を用いて面的な補間計算を行い、モデル(TIN)を構築する。なお、施工範囲の外側は、「現状の海底地形の TIN」と接合し合成する。加えて、土質情報は土質算出

区分表から土質、N 値の情報にもとづき 3 次元データ化する。生成された「現状の海底地形の TIN」から、仕上りの縦断面形状、横断面形状、および俯瞰図等を構築する。

* 上記の 2 種類の 3 次元設計モデルから、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 >

- ③ 施工前に工事範囲およびその周辺海域においては、本マニュアル 第 2 章の規定に従ったマルチビームによる深淺測量（起工測量）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。

* 上記の「施工前の海底地形の TIN」および、発注者から貸与された「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」および「置換工事の仕上がり形状の海底地形の 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：床掘工） >

- ④ 床掘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、本マニュアル 第 2 章の規定に従ったマルチビーム測深による深淺測量を実施し、「床掘工完了時の海底地形の TIN」を構築する。構築された「床掘工完了時の海底地形の TIN」から、床掘後の縦断面形状、横断面形状および俯瞰図等を構築する。

* 上記「床掘工完了時の海底地形の TIN」と、発注者から貸与された「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の 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。

< 施工段階（出来形管理：置換工） >

- ⑤ 置換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、本マニュアル 第 2 章の規定に従ったマルチビーム測深による深淺測量を実施し、「置換工完了時の海底地形の TIN」を構築する。構築された「置換工完了時の海底地形の TIN」から、置換後の縦断面形状、横断面形状および俯瞰図等を構築する。

* 上記「置換工完了時の海底地形の TIN」と、発注者から貸与された「置換工事の仕上がり形状の海底地形の 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。

(2) 縦断面形状

- ・ あらかじめ発注図等に法線が示されている場合は、法線を縦断面として設定する。それ以外の場合には、工事範囲の中心に工事法線を設定し、これを縦断面とするなど別途設定する。
- ・ 「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」と「現状の海底地形の TIN」から、床掘工事の仕上がり形状および、現況の縦断面形状を構築する（設計段階）。
- ・ 「置換工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」と「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」から、置換工の仕上がり形状および、現況の縦断面形状を構築する（設計段階）。
- ・ 「施工前の海底地形の TIN」から、施工前の縦断面形状を構築する。
- ・ 「床掘工完了時の海底地形の TIN」から、床掘完了時の縦断面形状を構築する（出来形管理）。
- ・ 「置換工完了時の海底地形の TIN」から、置換完了時の縦断面形状を構築する（出来形管理）。

(3) 横断面形状

- ・ 中心線に直交した横断線を設定する。なお、横断線の設定間隔は発注時の深淺測量図のメッシュ間隔を基本とする。
- ・ 「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」と「現状の海底地形の TIN」から、床掘工事の仕上がりおよび現況の横断面形状を構築する。（設計段階）
- ・ 「置換工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」と「床掘工事の仕上がり形状の海底地形の TIN」から、置換工の仕上がりおよび現況の横断面形状を構築する。（設計段階）
- ・ 「施工前の海底地形の TIN」から、施工前の横断面形状を構築する。
- ・ 「床掘工完了時の海底地形の TIN」から、床掘完了時の横断面形状を構築する。（出来形管理）
- ・ 「置換工完了時の海底地形の TIN」から、置換完了時の横断面形状を構築する。（出来形管理）
- ・ 横断面形状データは、構造物、法面、地形変化点を含む。

(4) 俯瞰図

設計データの 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
- ・ 床掘工完了時の海底地盤地形
- ・ 置換工完了時の海底地盤地形
- ・ 土質、N 値のボーリング調査情報

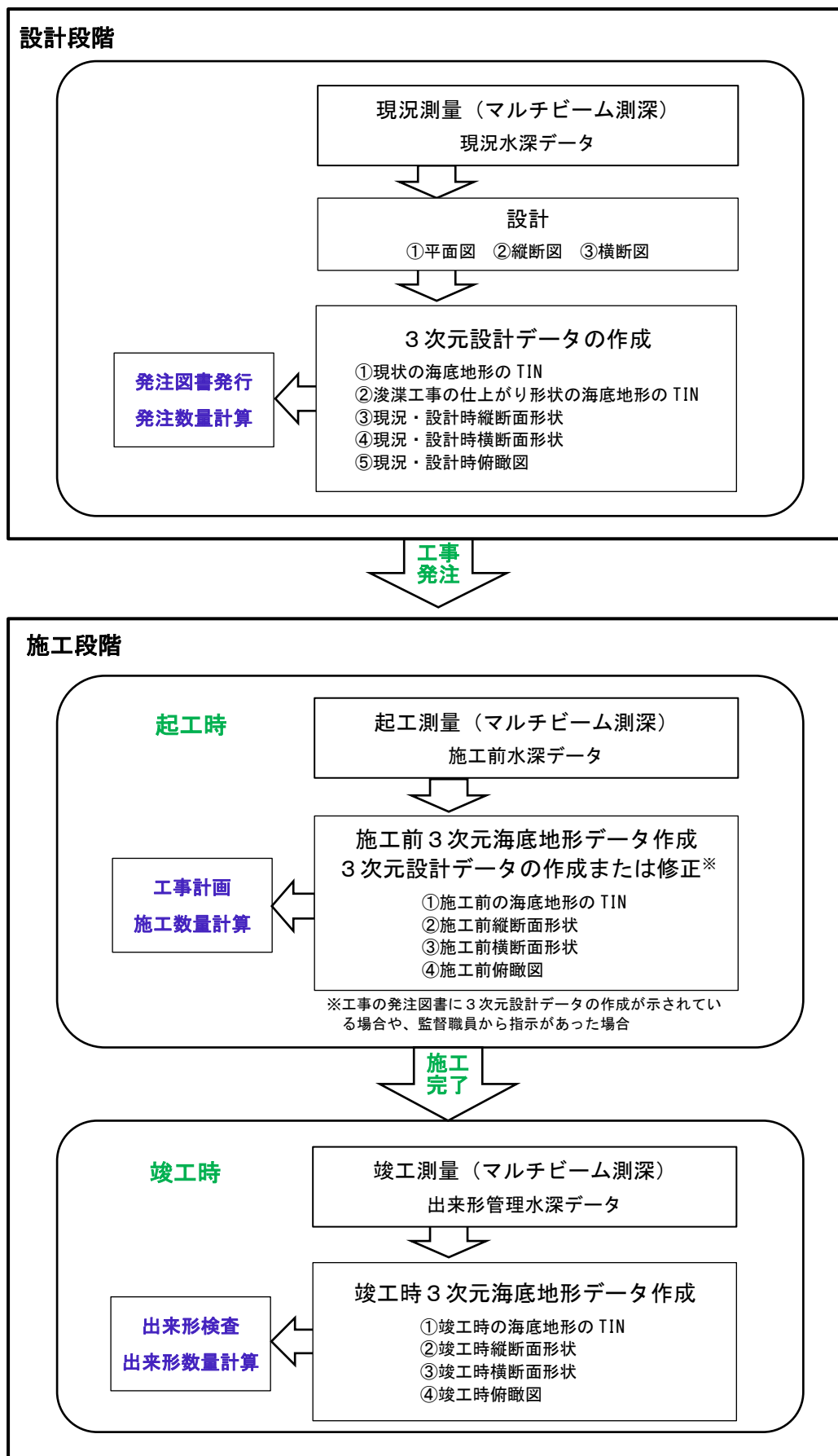


図- 3.1 3次元設計データ作成のフローチャート

3.4 3次元設計データの作成範囲

TINモデル、縦断面形状、横断面形状および俯瞰図等の作成範囲は、床掘工・置換工による海底地形の形状を考慮して作成範囲を設定する。

3.5 3次元設計データを作成する際の留意点

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

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、高密度の不定形 TIN モデルを構築しなければならない(1.0m 空間分解能)。

(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

(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

3.6 3次元設計データの照査方法

3次元設計データの照査方法の概要は、以下の2点とする。

- (1) 3次元設計データを3次元ビューアで表示し、その外観を目視で点検する。
- (2) 2次元の設計図書（平面図、縦断図、横断図等）と照合して点検する。

なお、照査は、上記(1)および(2)の点検を実施することを基本とするが、2次元の図面と3次元データの両方を、同一の3次元CAD設計ソフトウェアを使用して作成した場合は、両者の整合性が取れていると評価されるので、(2)の点検を省略しても良いものとする。

一方、3次元CAD設計ソフトウェアで作成した2次元図面を、汎用CAD等に変更するなど、複数のソフトを用いた場合は、必ずしも3次元モデルと2次元図面が一致する保証がないことから、両方の点検が必要である。

その他の必要な事項については、「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)」を参考とする。ただし、水路測量に係る事項を除くものとする。