

I C T機器を用いた
測量マニュアル（ブロック据付工編）
（令和3年4月版）

令和3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	4
第 2 章 ICT 機器を用いた計測	5
2.1 作業工程	5
2.2 計測計画・準備	6
(1) 計測計画	6
(2) 作業手続き	6
2.3 機器の装備・設置およびテスト	7
(1) GNSS 精度確認	7
(2) 機器の取り付け	7
(3) 喫水確認(水中音響計測の場合)	7
(4) パッチテスト(水中音響計測の場合)	7
2.4 計測基準	8
(1) 測地系	8
(2) 基準面	8
(3) 潮位	8
2.5 検測・精度管理	9
(1) 検測・精度管理	9
2.6 データ解析	9
(1) ノイズ除去処理	9
(2) 計測データ編集時の留意点	9
2.7 データ管理	10
(1) 正データの作成	10
(2) データの保存	10
(3) データの変換	10
2.8 計測における留意事項	11

(1) 水中部	11
(2) 陸上部	12
(3) その他	14
第 3 章 3次元形状モデルの作成	15
3.1 目的	15
3.2 適用範囲	15
3.3 3次元地形モデルの構造.....	15
(1) 3次元形状モデル.....	15
(2) 俯瞰図	15
3.4 電子成果品の作成規定.....	16
(1) ファイル名の命名.....	16

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（ICT 土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産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。

「ICT 機器を用いた測量マニュアル（ブロック据付工編）」（以下「本マニュアル」という）は、ブロック据付工における ICT 機器を用いた測量方法について、現在の技術を勘案した標準的な作業方法や計測性能、計測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、水中、陸上でのブロック据付工において ICT 機器を用いた測定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、成果の標準化を行い、必要な品質の確保に資することを目的とする。

ただし、本マニュアルで定める測量方法は、ブロック据付工の出来形確認に使用することを目的とするものではなく、その後の維持管理において完成形状を把握するためのデータを取得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『港湾工事共通仕様書 3. 港湾工事出来形管理基準』『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。

【解 説】

本マニュアルで取り上げる ICT 機器の大きな特徴は面的データの取得であり、取得した面的データをブロック据付状況（完成形状）の把握と記録に使用するものである。

光学機器、レーザー機器、音響機器のデータ取得機器、および空中、陸上、水中、誘導、自律等の分類による搭載機器の状況、固定、移動、リアル、事後別のデータ取得システム、データ精度、形状確認、計測値等の目的別データ処理システム、キャリブレーション、測位システム等の一貫複合システムとして機能するため、これまでの個点抽出データによる把握に比較し、精度、品質の向上が大きく図れる。

本マニュアルでは、代表的な計測手法について記述し、本マニュアル以外の計測手法を用いる場合は、監督職員と対応を協議する。

1.3 本マニュアルの構成

本マニュアルは、根固ブロック据付工および被覆ブロック据付工については水中での据付、消波ブロック据付工については水中および陸上での据付について、据付位置、形状、凹凸等の据付状況を ICT 機器を用いて計測する際の標準的な作業方法、管理計測項目、使用する機器等の必要な事項について規定している。

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

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）における ICT 機器を用いた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 ICT 機器を用いた計測

ICT 機器を用いたブロック据付工の測量方法について規定している。

なお、計測機器の分類としては、以下の組み合わせによる。

- ・ ICT 計測機器：光学、レーザー、音響、水圧
- ・ 計測機搭載手段：船舶、UAV、ROV 等、航空機、陸上（車上、人を含む）
- ・ 計測機：移動（誘導、自律）、固定
- ・ データ取得および解析方法：リアル静止、動画画像、リアルタイム計測、事後解析

③ 3次元形状モデルの作成

ICT 機器により取得された3次元計測データから、ブロック据付工における据付形状の把握において必要な3次元形状モデル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

本マニュアルは、工事完了時においてブロック据付工のブロックの据付形状を把握するための ICT 機器による計測を前提としている。

使用する ICT 機器については、ブロック据付工の据付状況を適切に表現できる性能を保有する機器とする。

【解説】

使用する ICT 機器については、ブロック据付工の出来形確認ではなく、その後の維持管理のため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、規定により本マニュアルに拠らない場合は、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）の測量を行う場合は、音響計測機器を使用することとし、計測方法については、「3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（基礎工編）（令和3年4月版）」を準用できる。

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。

【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、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。

【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、点群データを格子状に区切った単位で、その範囲における点群データを平均値化し代表値として採択するなどの加工処理したデータのことである。

【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3次元座標値の点群データ。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。

【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である。また、整理した3次元座標の点群からTINを配置し、3次元の測量結果を出力するソフトウェアである。

【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でソースデータともいう。取得機器独自のフォーマットを持つことが多い。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。

第 2 章 ICT 機器を用いた計測

本章では、ICT 機器を用いたブロック据付工（根固ブロック据付、被覆ブロック据付、消波ブロック据付）の測量方法について規定する。

本マニュアルで定める測量方法は、ブロック据付工の出来形確認に使用することを目的とするのではなく、その後の維持管理のための完成形状を把握するためのデータを取得することを目的とする手法である。

なお、陸上部（消波ブロック）のブロック据付形状の計測方法については、国土交通省における『「ICT の全面的活用」を実施する上での技術基準類』を準用できる。ただし、取得点密度に係る事項については、本マニュアルの規定に従うものとする。

2.1 作業工程

ICT 機器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
- (4) 計測基準
- (5) 検測・精度管理
- (6) データ解析
- (7) データ管理

2.2 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。

(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、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、適切なブロック据付形状を把握できる取得点密度（1.0m 平面格子に 25 点以上）で計測できるよう、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

水中および陸上での計測に際しては、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。

2.3 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ことが必要である。

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。

(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、空中および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。

(2) 機器の取り付け

船上等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。

(3) 喫水確認

① 喫水確認方法

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)とし反射板をつり下げ数 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、計測海域の近傍で出来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

水深測定用の音響計測システムでは、受発信機を水面に対し出来るだけ水平、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、計測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。

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、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し、GIS で処理するものとする。

(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、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。

(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。

2.5 検測・精度管理

ICT 機器を用いた測定結果を検定するために、検証点や照査線等を用いたデータの比較検証を行い、規定の精度を確認するものとする。

(1) 検測・精度管理

① 水中部

水中部の検測・精度管理については、「マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)(令和3年4月改定版)」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)－マルチビーム測深精度管理表(照査線)」に記録する。

② 陸上部

陸上部の検測・精度管理については、『「ICTの全面的活用」を実施する上での技術基準類』(「空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)」等)を準用するものとし、その実施結果を記録する。

2.6 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。

(1) 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) 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共に、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事が必要である。

2.7 データ管理

ICT 機器を用いた収録データは、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。

(1) 正データの作成

ブロック据付工の据付状況の把握には、ICT 機器を用いた計測によ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。

- ① 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。
- 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 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) データの保存

収録オリジナルデータ（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。

(3) 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、水面下はマイナス、水面上はプラス表記とする。

2.8 計測における留意事項

ICT 機器を用いたブロック据付工（根固ブロック据付、被覆ブロック据付、消波ブロック据付）の計測（据付形状の把握）にあたっては、以下に示す事項に留意する。

(1) 水中部

○ 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。

○ 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-2.1に示す。

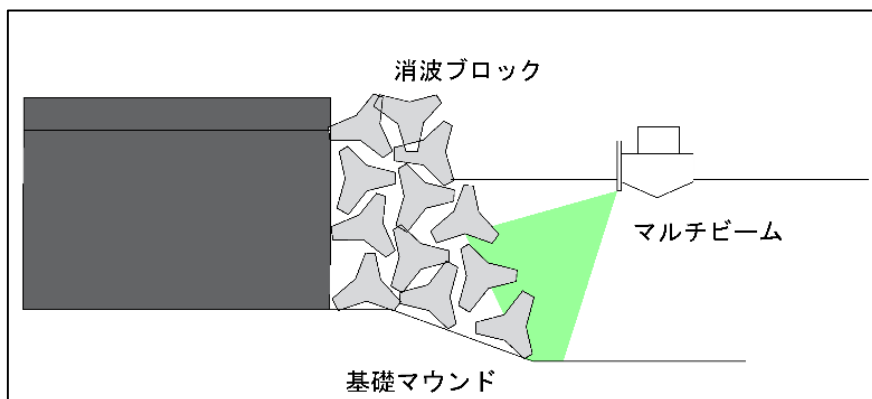


図- 2.1 スワス方向・角度を調整した測深（イメージ）

(2) 陸上部

○ UAV 写真測量 (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、及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-2.2 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-2.3 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。

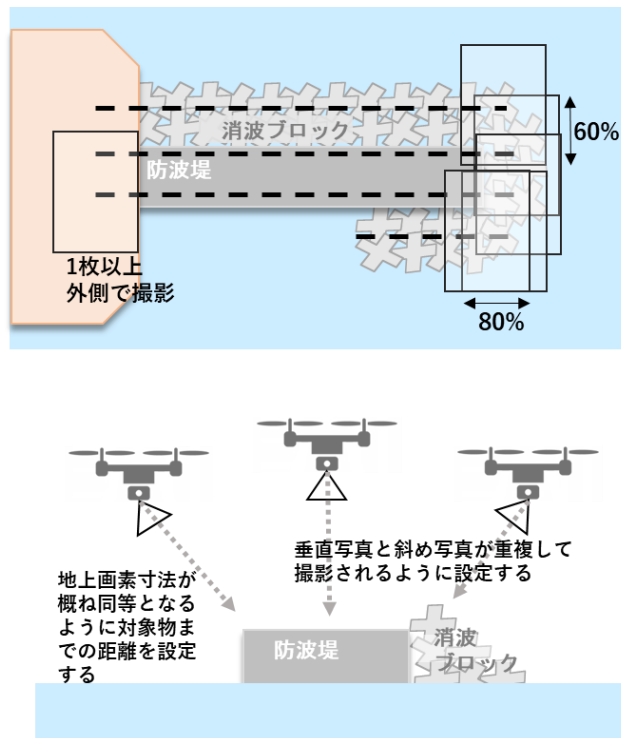


図- 2.2 空中写真の撮影計画イメージ



※左の写真の方が1枚の写真に水部が少なく、望ましい

図- 2.3 空中写真の撮影例（水域部の割合）

○ UAV 写真測量（標定点設置）

『作業規定の準則（一部改正 令和2年3月31日 国土交通省告示 第461号）』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（陸上部）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。これらの標定点及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。」

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。

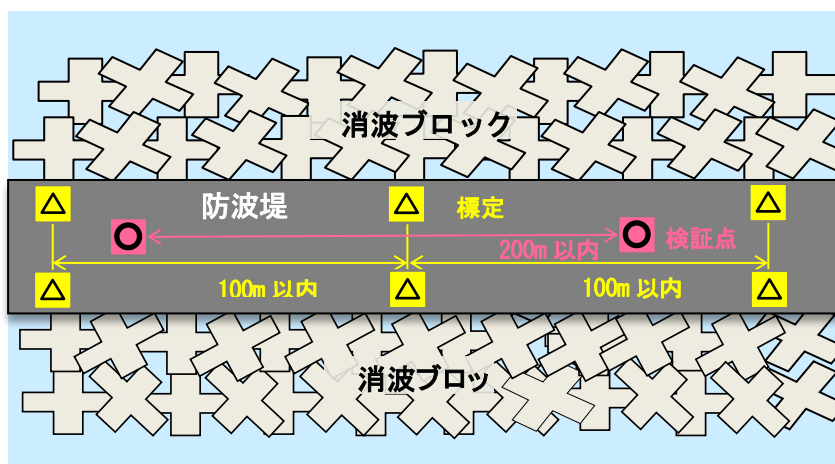


図- 2.4 UAV 写真測量 標定点と検証点の設置イメージ

(3) その他

○ 水際部（陸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、陸上部の UAV 写真測量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 写真測量で得られる 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。

○ UAV 搭載型レーザー計測手法の活用

UAV 写真測量による計測手法のほか、UAV 搭載型レーザー計測も活用できるものとする。UAV 搭載型レーザー計測は、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、近赤外レーザーは、UAV 写真測量とほぼ同等の精度で、陸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、陸上部及び水際部の三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（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陸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及び検証点の配置については、陸上部の内容に従って実施すること。

第 3 章 3次元形状モデルの作成

3.1 目的

取得された3次元データから、3次元CAD等のソフトウェアを使用したブロック据付工事における据付形状の把握において必要な3次元形状モデルを作成することを目的とする。

3.2 適用範囲

ブロック据付工事において、完成後の維持管理に必要な3次元形状モデルを作成する際に適用する。

3.3 3次元地形モデルの構造

3次元設計モデルの構成要素は、3次元形状モデル、縦断面形状、横断面形状、および俯瞰図等で構成され、工事の完成段階において作成する。

(1) 3次元形状モデル

工事完成時に工事範囲およびその周辺区域においては、本マニュアル第2章の規定に従ったICT機器を用いた測量を実施し、3次元形状モデルを構築する。

(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。

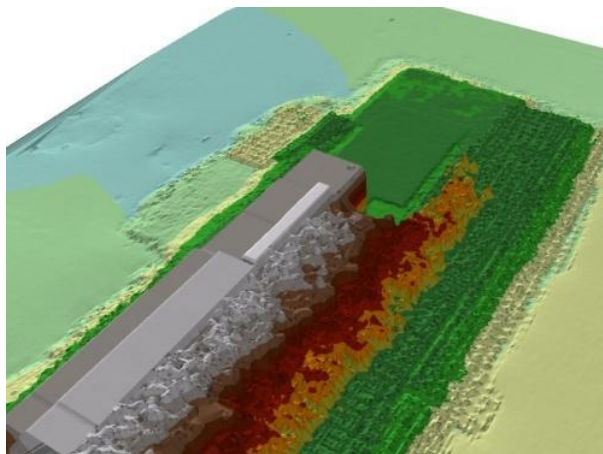


図- 3.1 俯瞰図のイメージ

3.4 電子成果品の作成規定

本マニュアル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。

- ・ 完成形状確認資料（俯瞰図(PDF)、ビューワー付き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。

※ビューワー付き3次元データについては、必要に応じて作成する。

【解説】

本マニュアルの電子成果品の作成規定は、「工事完成図書の電子納品等要領」の規定の範囲内で定めている。本マニュアルで規定する以外の事項は、「工事完成図書の電子納品等要領」による。

(1) ファイル名の命名

本マニュアル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- 3.1 に示す内容を必ず記入すること。

表- 3.1 ファイルの命名規則

(マルチビーム測量)

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内 容	記入例
MB	0	CH	001	-	・完成形状確認資料 (俯瞰図(PDF)、ビューワー付き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)	MBOGR001. 拡張子

(空中写真測量)

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	CH	001	-	・完成形状確認資料 (俯瞰図(PDF)、ビューワー付き3次元データ)	UAVOCH001. 拡張子
UAV	0	GR	001	-	・空中写真測量(UAV)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)	UAVOGR001. 拡張子

※上記の他、使用した機器により、国土交通省の『「ICTの全面的活用」を実施する上での技術基準類』における「電子納品の作成規定」を準用してファイル名等を命名する。ただし、出来形測量を完成形状測量と読み替えるものとする。

※上記の基準類に記載されていない機器を使用する場合には、監督職員と協議し、承諾を得る。