

関川河口導流堤の UAVを用いた点検の試行について

山本 純¹・工藤 恵介¹・小林 卓生¹

¹高田河川国道事務所 河川管理課 (〒943-0847 新潟県上越市南新町3-56)

関川河口にある沖側導流堤では、平成13年より毎年点検を行っており、導流堤本体及び隣接する消波ブロックの沈下状況などを完成当時と現況を比較して調査している。

これまでは人力による点検を実施しており、さまざまな課題が挙げられていたことから、令和5年度に試験的にUAVを用いた点検を行ったため、その結果を報告する。

キーワード UAV, UAV写真点群測量, 導流堤点検, 消波ブロック

1. はじめに

新潟県上越市を流れる一級河川関川の河口には、河口部の流下能力確保を目的として、「関川河口導流堤」が設置されている。関川河口導流堤は写真-1に示すとおり、陸側導流堤と沖側導流堤に分かれて施工されている。

沖側導流堤は平成9年度に施工が完了し、平成13年から毎年出水期前の5月中旬～下旬に点検を実施している。写真-2のように沖側導流堤は導流堤本体の周りに消波ブロックが設置されており、本体及び消波ブロックの沈下状況や上部コンクリートの目地開き、消波ブロックの損傷を完成時と比較して点検している。

従来までは、陸から離れていることもあり、船舶を運航して人力による点検を実施していたが、さまざまな課題が挙げられていたため、令和5年度はUAVを用いての点検を試験的に実施した。その結果を報告する。

2. 沖側導流堤の概要

沖側導流堤の本体はB=10m, L=340mのケーソンで出来ており、天端高さはT.P.+5.5m, 先端水深は-8.5mである。

沖側導流堤の役割としては、関川への漂砂の侵入の防止、波浪侵入の防止、河口砂州のフラッシュ効果の促進が挙げられ、冬期風浪の影響による砂州の形成を抑制す

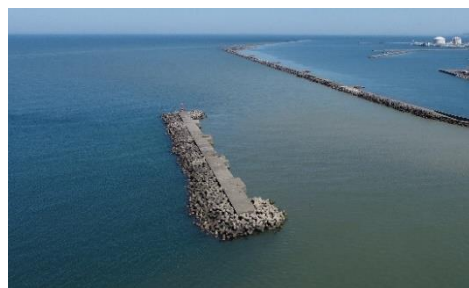


写真-2 沖側導流堤全景



写真-1 関川河口部航空写真

ると共に、洪水による掃流力を高め河口の閉塞を抑止することで、河口部の流下能力を確保している。

3. 従来までの点検方法と課題

従来までの人力による点検のフローを図-1に示す。船舶を用いての点検のため、当日の気象や海象条件に左右されやすいという課題が一番に挙げられた。なるべく波が穏やかな日を選んで点検を実施していたが、午前と午後とでは海象条件が全く異なることも多く、帰港するのが危険になることがあるため、点検作業をすばやく終わらせる必要があった。そのため、計測の精度を落とさないように点検員を増員して対応していた。

また、消波ブロックの計測時は写真-3のように計測しており、海側に身を乗り出すこともあるが、命綱を取り付けるアンカーが無く、施工当時の係留用アンカーはあるものの、塩害により腐食しており強度が不足していた。さらに、もし導流堤から転落してしまうと消波ブロック（テトラ32～40トン）には掴むところが無く、容易に導流堤に上がることができないという危険もあった。

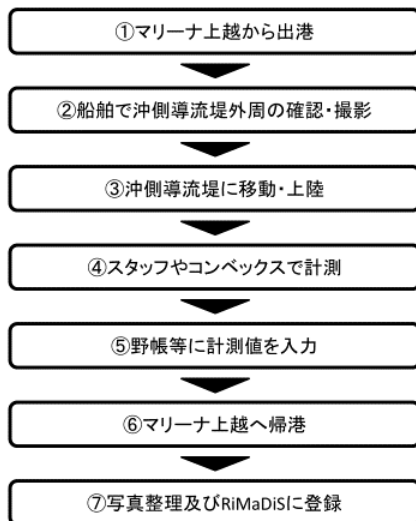


図-1 従来までの点検フロー



写真-3 消波ブロックの計測状況

4. UAV点検の手法選定と精度目標

前述のようにさまざまな課題や作業の危険性があったため、UAVを用いた点検を試験的に実施した。UAVを用いることで、作業の安全性の確保、作業の効率化、少人数での作業が可能、作業日の条件の緩和などの効果が期待された。

今回、UAVを用いた点検方法として、「UAVレーザー測量」と「UAV写真点群測量」の2つの手法が挙げられたが、樹木等の障害物が無い導流堤の測量であり、かつ安価である「UAV写真点群測量」を採用した。

写真点群測量の実施にあたり、図-2に示すUAV撮影計画を立ててUAV写真点群測量に臨んだ。『UAVを用いた公共測量マニュアル（案）』（以下、「マニュアル」という。）の第49条には「作成する三次元点群の位置精度は、0.05m 以内、0.10m 以内又は0.20m 以内のいずれかを標準とする。なおここでいう位置精度とは、作業範囲において観測した検証点の位置座標と、この地点に相当する三次元点群が示す位置座標のX, Y, Z それぞれの成分の較差の許容範囲をいう。」とある。消波ブロックの沈下を計測するのであれば、マニュアルに則った精度で問題ないと思われたが、ケーソン不陸や上部コンクリートの目地開き等の計測では精度の誤差が大きいと判断したため、位置精度誤差の目標を「2.5cm (±1.25cm)」とした。この目標を達成するために後述の工夫を実施した。

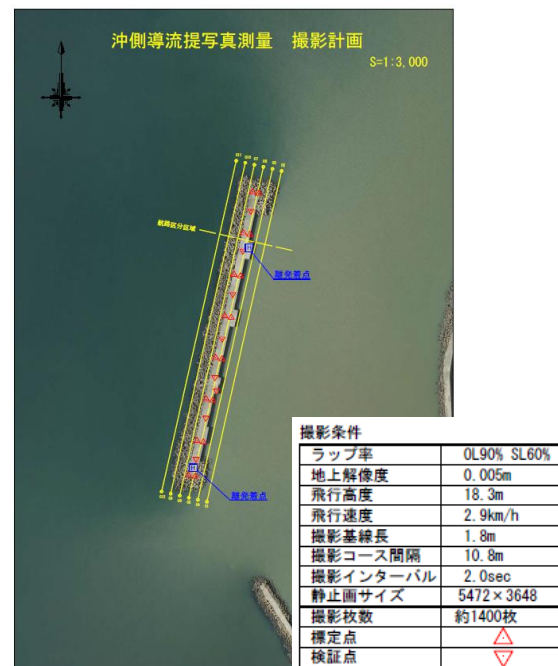


図-2 UAV 写真測量 撮影計画

5. UAV測定の精度向上を目的とした工夫点

写真点群測量を実施するにあたり、マニュアルでは「位置精度0.05m以内の場合、外側標定点間隔100m以内、内側標定点間隔200m以内を標準とする」となっているところ、今回は標定点を50m間隔で16箇所、検証点を標定点から離れた場所に均一に8箇所設置した。また、図-3に示すように、撮影コースを設定する際、コース間隔を10.8mとし、同一コース内の隣接数値写真との重複度は90%以上、隣接コースの数値写真との重複度を60%以上とした。

さらに、図-2の撮影計画にも記載するように、地上解

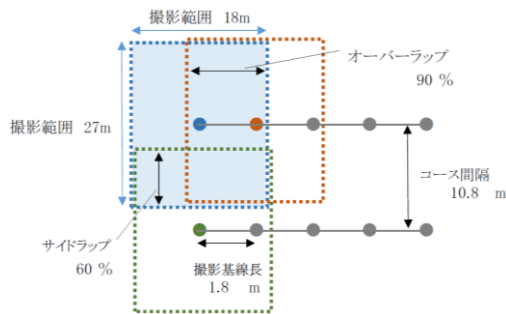


図-3 隣接数値写真の重複度

像度を通常0.01mのところ0.005mに設定し、飛行高度を18.3m、飛行速度を2.9km/hとして、低空かつ低速で撮影飛行することで精度を高めた。今回の測量では1500枚以上の写真を撮影しオルソ画像を作成した。

UAVによる点検は今回が初めての試行であるため、人力による点検との精度比較をするために、従来までの点検も合わせて行った。

6. 結果と精度比較

(1) 測量結果の整理

撮影した数値写真及び標定点を用いて、数値写真の外部標定点要素及び数値写真に撮影された地点の位置座標を求め、地形・地物等の三次元形状を復元し、オリジナルデータ（オルソ画像）を作成した。その結果を図-4に示す。精度を高くし、撮影枚数を多くしたことで、オルソ画像の解像度も向上し、いままでの点検では確認できなかった消波ブロックの欠けや、導流堤から離れた海側の消波ブロックの沈下状況や損傷状況などの細かい部分まで確認することができた。

また、作成したオルソ画像を使用して、図-5に示すような、計画時の導流堤と現況の高さ比較ができる段彩図を作成した。沖側導流堤の天端高は、港湾施設の基準及び近隣施設の直江津港西防波堤とのバランスを考慮して

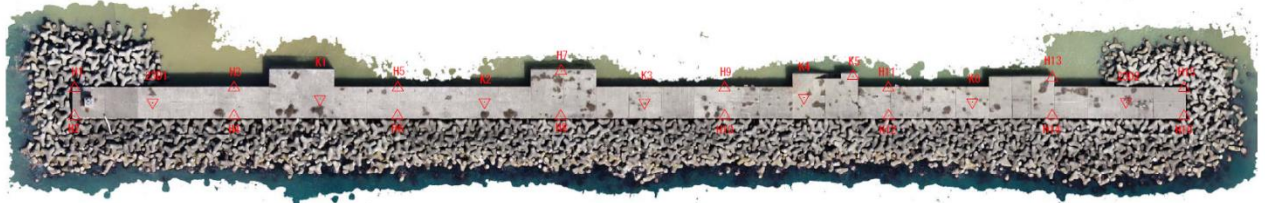


図-4 全体オルソ画像

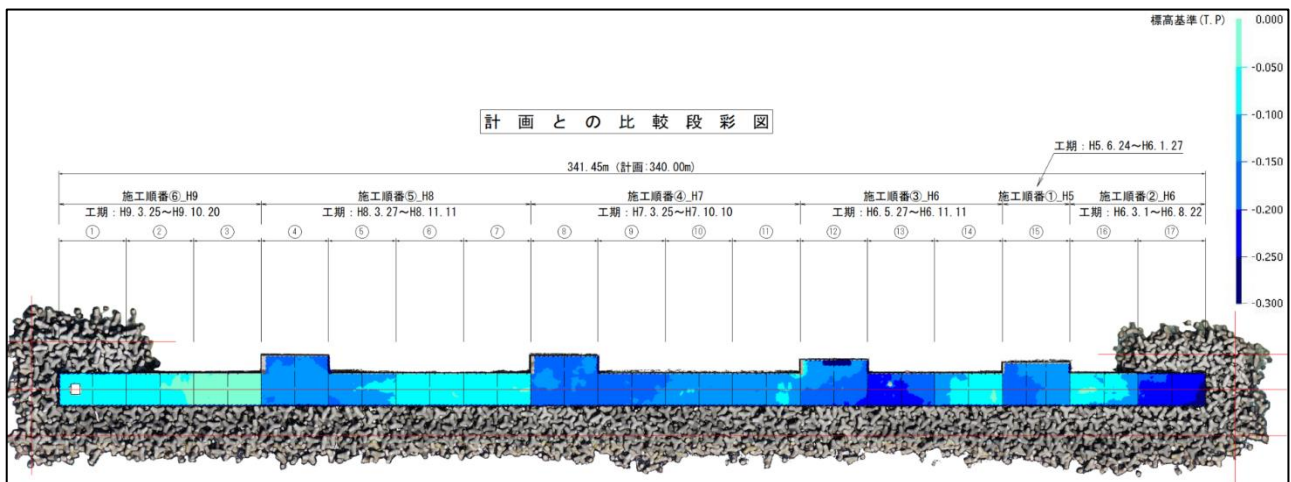


図-5 比較段彩図

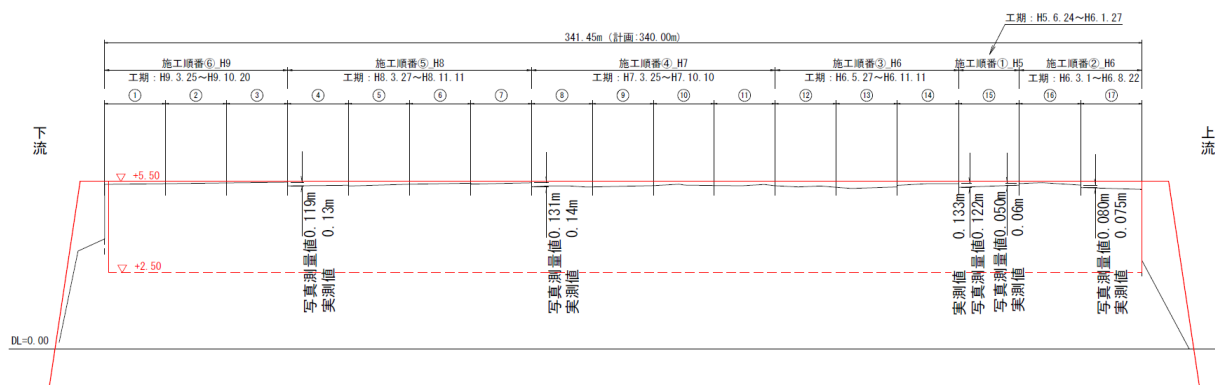


図-6 精度比較図

TP.+5.5mと設計されている。段彩図ではTP.+5.5mからの沈下状況が確認でき、点検を開始した平成13年から数値は大きく変動していないものの、UAVを用いた点検でも人力による点検と同様の結果が得られることがわかった。また、段彩図により、導流堤全体を把握することで、施工順番と沈下状況の関係も確認できた。

(2) 精度比較

今回、UAVでの点検は初めての試みであったため、従来までの人力による点検を合わせて行い、UAV測量結果との精度比較を行った。その結果を図-6に示す。

導流堤の縦断図から、施工計画時（赤線）と比べてケーソン不陸が比較的大きいと思われた箇所を選定し、UAVでの「写真測量値」と、スタッフ等を用い人力で計測した「実測値」を比較した。結果として、どの箇所でも測量誤差が約1cm程度となり、位置精度誤差の目標としていた「2.5cm (±1.25cm)」は達成されたと考える。

7. 考察

UAVを用いて点検を行った結果、従来までの人力による点検との誤差が約1cm程度となり、マニュアルに記載されている精度誤差よりもかなり高い精度で計測ができたと考える。また、オルソ画像を使用した段彩図を作成したことで、導流堤の沈下状況や、施工順番と沈下の関係性が一目で確認できるようになった。さらに、最低限の人数で点検ができ、点検時間も大幅に短縮されたため、当日の気象変化にも対応しやすくなったと考える。

しかし、新たな課題や問題点も明らかになった。

UAVでの測量作業自体は沖側導流堤に上陸せずに離れた場所から作業ができたが、標定点と検証点の設置・計測のために、船舶を使って上陸しなければいけなかった。次回からの点検測量でも、ケーソン自体を移動体と考え、わずかに沈下していると考え、標定点の再設置または座標等の再確認は必須事項となるため、毎回の点検で船舶の運航及び導流堤へ上陸せざるを得ない。

そのため、標定点と検証点の設置が必要ない、レーザーを用いたUAV測量法や、沖側導流堤に上陸しなくても全体を計測できる音響測深など、そのほかの測量方法についても検討を進めていきたい。

8. まとめ

今回、関川の河口導流堤にてUAVを用いた点検を試行した。結果として、従来までの人力による点検では把握できなかった消波ブロックの変状や導流堤全体の沈下状況などが確認できた。また、人力による点検との精度誤差も比較することができ、高い精度での点検が実施できたため、これからもUAVによる点検を積極的に実施するとともに、今回新たに挙げられた問題点を元にさまざまな測量方法についても検討していきたい。

謝辞： 本論文の作成にあたりご協力いただいた皆さまに心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) UAVを用いた公共測量マニュアル(案) 国土交通省国土地理院