

消波ブロックの沈下、どうやって判断する？

～3次元点群データを活用した防波堤消波ブロック災害状況調査～

株式会社 建設コンサルタントセンター 中嶋 規人

1. はじめに

特定第3種漁港である焼津漁港は、国際化への対応や大規模地震津波対策等の課題に対し、効率的かつ重点的な基盤づくりが進められている。

このような状況の中、令和元年10月12日～13日にかけて来襲した台風第19号により、焼津漁港の防波堤及び護岸の消波ブロックが広範囲にわたって被災した。(図-1)

静岡県は、この災害の早期復旧に向け、現地状況の把握及び被災範囲の特定と災害査定用資料作成が急務となった。そのため、まずは被災範囲の特定にあたり、被災認定基準を満たす「消波ブロックの沈下・破損」状況を調査する必要があった。しかし、総延長3.1kmという広範囲にわたり被災した消波ブロックを直接測量することは、危険を伴い時間も費やすことから、災害査定に間に合わない可能性が高かった。そのため、短時間で可能な調査方法を決定することが課題であった。

本業務では、これら課題の解決策として、「水上部をUAV写真点群測量、水中部をナローマルチビーム測深により計測した3次元データ」と、「台帳断面図を基に作成した被災認定基準面の3次元設計データ」とを比較する方法を採用し、結果として早期に被災範囲を特定し被災状況を把握することができた。

以下では、防波堤消波ブロックの災害時における、ICT技術を活用した被災状況調査の有効性について報告する。

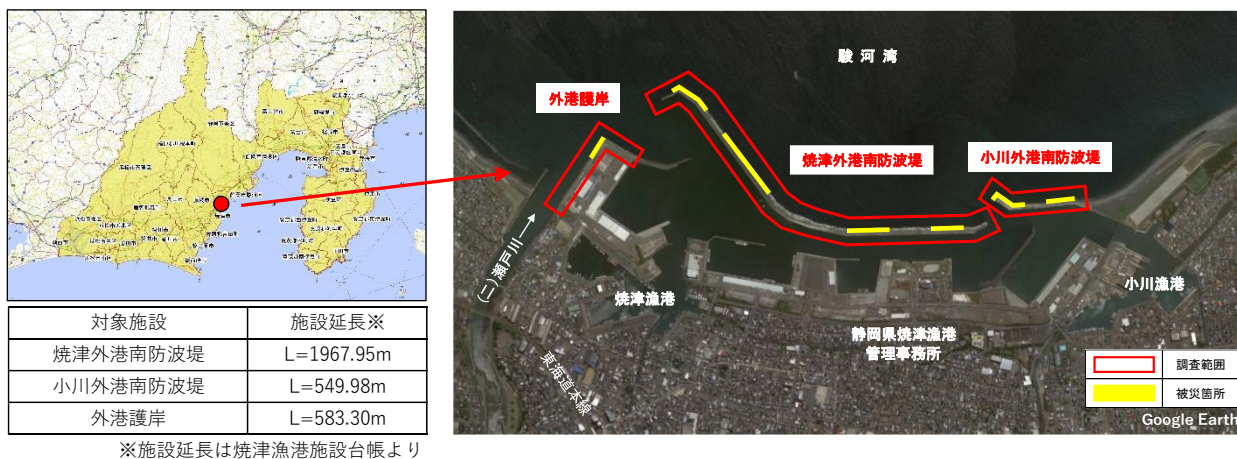


図-1 調査位置図

2. 台風第19号による被災

1) 台風第19号の概要

令和元年10月6日に南鳥島近海で発生した台風第19号は、マリアナ諸島を西に進み、一時大型で猛烈な台風に発達した後、次第に進路を北に変え、日本の南を北上し、12日19時前に中心気圧955hpaで伊豆半島に上陸した。

台風の接近・上陸に伴い石廊崎では最大瞬間風速36.7m/s、網代では最大瞬間風速31.8m/s、御前崎では最大瞬間風速31.0m/sを観測した。

また、沿岸では台風の接近に伴い潮位が高くなり、気象庁潮位観測点では石廊崎、御前崎、清水港、内浦で過去最高潮位記録を更新し、石廊崎で最大潮位偏差 224cm を観測した。海上では、石廊崎で波高 13m を超える猛烈なしけとなった。台風第 19 号の経路図と沿岸波浪実況図を図-2、図-3 に示す。



図-2 台風経路図

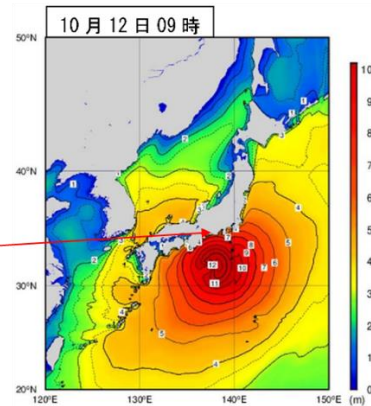


図-3 沿岸波浪実況図

2) 被災概要

台風が駿河湾に接近したことで、港内の波高は高まり、さらに気圧の低下に伴う海面上昇により波高(波力)が増大し、外港防波堤及び外港護岸の消波ブロックが不安定となり沈下及び破損が発生した。被災状況を写真-1、被災イメージを図-4 左に示す。

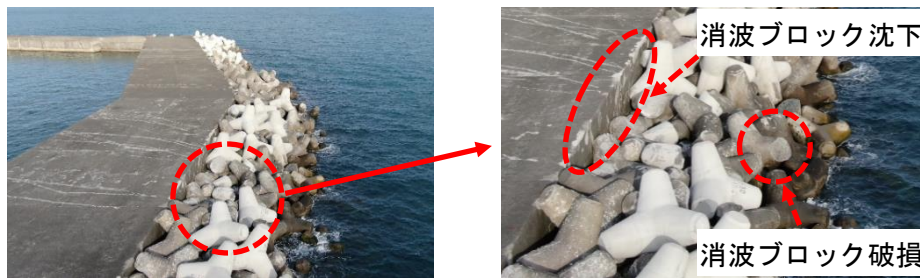
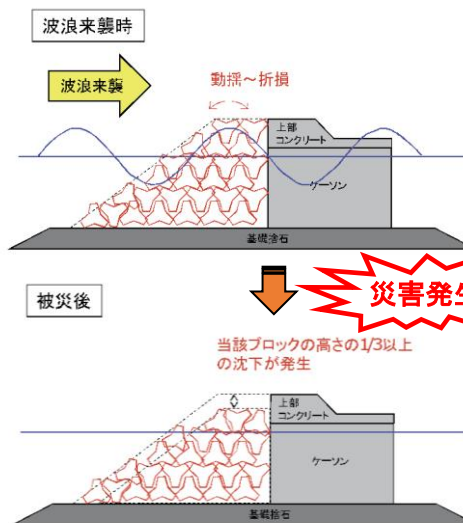


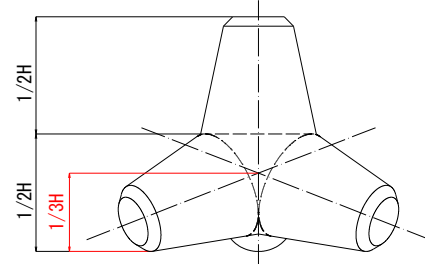
写真-1 焼津南防波堤の被災状況

3) 消波ブロックの被災認定基準



「水産関係施設災害復旧事業事務必携 平成 29 年度版」より、消波ブロックの被災認定基準は、漁港では補充する消波ブロック 1 個の高さの 1/3 程度が沈下した場合としている。(図-4 右)

消波ブロックの種類	ブロックH	1/3H
32t型テトラポッド	3.550m	1.183m
64t型テトラポッド	4.505m	1.502m



出典：国土交通省中部地方整備局清水港湾事務所工務課
2018 年、ドローンを活用した被災調査

図-4 被災イメージ

3. 調査方法

1) 現地状況の把握に向けた課題

早急に被災状況を把握し、被災範囲を特定する必要がある。しかし、消波ブロックの破損状況は目視で確認できるものの、消波ブロックの被災認定基準である沈下量は目視では確認できないことから、測量等の計測を行う必要がある。

図-5 に示す従来の測量方法は、レベル等による沈下量の測定、測量船による音響測深及び潜水士により消波ブロックの飛散状況を把握している。しかし、従来の調査方法を当該被災箇所で行う場合、以下の課題が考えられる。

- ・ 調査期間の長期化
- ・ 被災した消波ブロックへ上陸し直接計測することによる安全上の問題

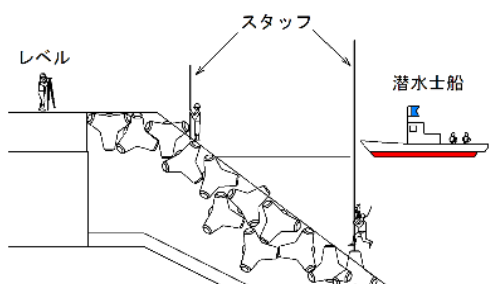


図-5 従来の測量方法

2) ICT 機器の活用

課題の解決策として、短期間で広範囲の調査が可能で、且つ安全に被災状況を確認できる調査方法を選定する必要があった。そのため、短時間で広範囲の状況を把握するために ICT の活用が適していると考えた。

水上部で確認できる範囲は UAV 写真点群測量、水中部は UAV では確認できないためナローマルチビーム(図-6)による測深を提案した。

計測した 3 次元データと、台帳断面図を基に作成した被災認定基準である消波ブロック 1 個の高さの 1/3 を沈下させた 3 次元設計データを比較し、消波ブロックの沈下状況を視覚的に示し、机上で被災範囲を特定した。

ICT 機器を活用した調査の実施フローを図-7 に示す。

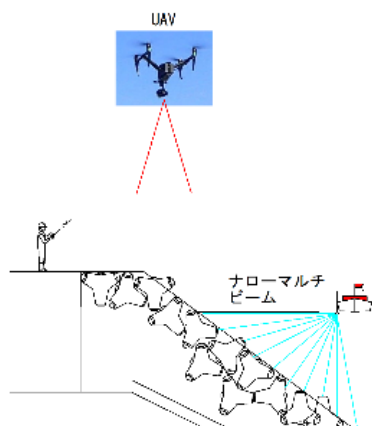


図-6 ICT 機器を活用した測量方法



図-7 ICT機器を活用した実施フロー

3) 調査方法の概要(手順)

①UAV写真点群測量

飛行計画、基準点(標定点)の設置・観測、UAV写真点群測量、3次元地形モデルの作成を行った。(図-8)

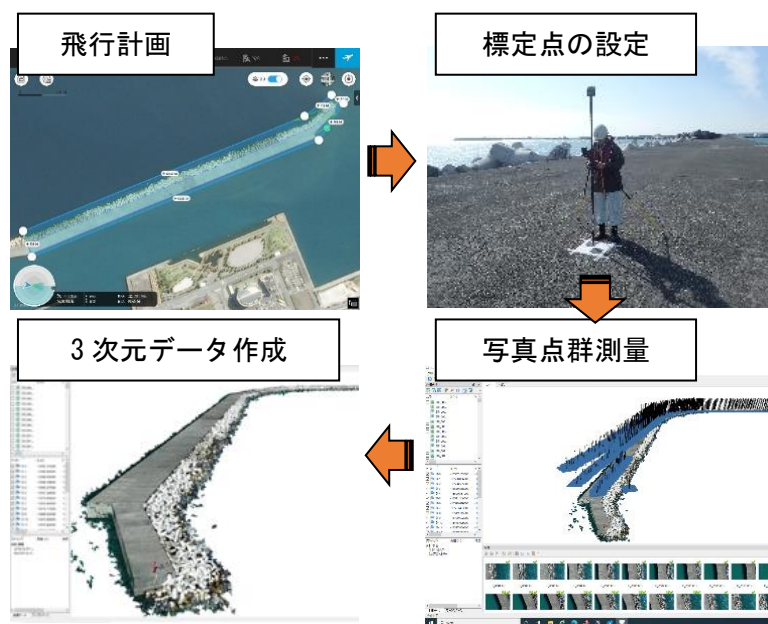


図-8 UAV写真点群測量

②3次元設計データ作成

台帳断面等の資料を基に、被災認定基準である消波ブロック1個の高さの1/3を沈下させた3次元設計データを作成した。(図-9)

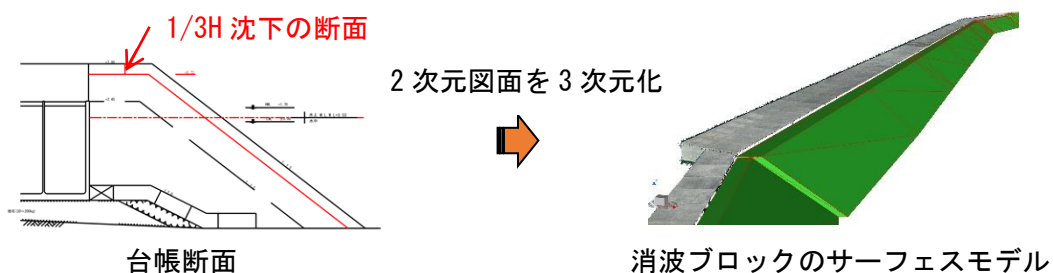


図-9 焼津南防波堤3次元設計データ

③ヒートマップ(差分図)作成

UAV 写真点群測量より得られた 3 次元地形モデルと 3 次元設計データ(被災認定基準面)を比較し、差分を色で識別したヒートマップ(図-10)を作成した。
(計画面以下を青色、計画面より上を赤色で表示)

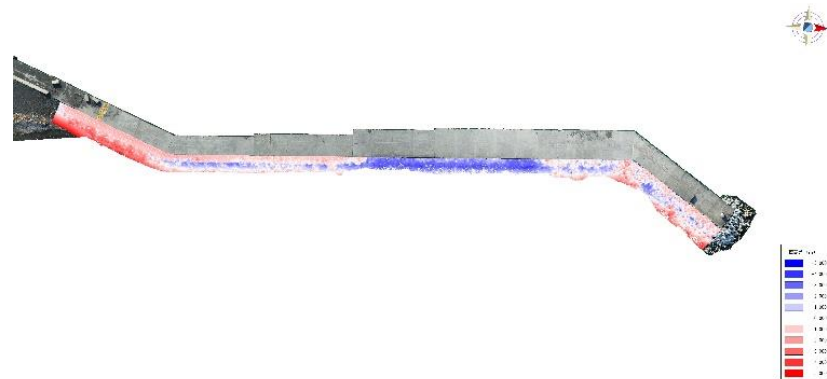


図-10 小川南防波堤ヒートマップ

④被災範囲の特定

③で得られたヒートマップを基に発注者と協議を行い、被災認定基準を下回る箇所(青色表示)付近において被災状況を確認し範囲の検討を行った。計測データが 3 次元データであるため任意箇所を断面を抽出したり、角度を変えて多面的に現況を確認できたため、現地に出向くことなく机上で被災範囲を特定した。(図-11、図-12)

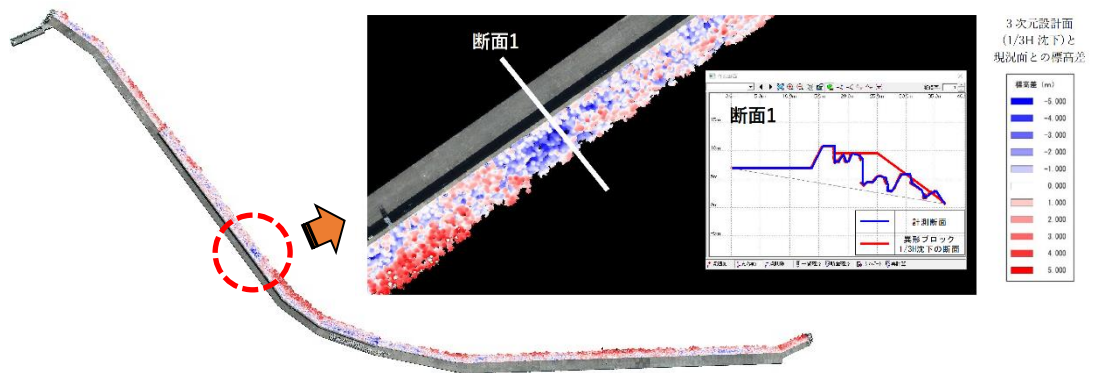


図-11 焼津南防波堤の標高差分図

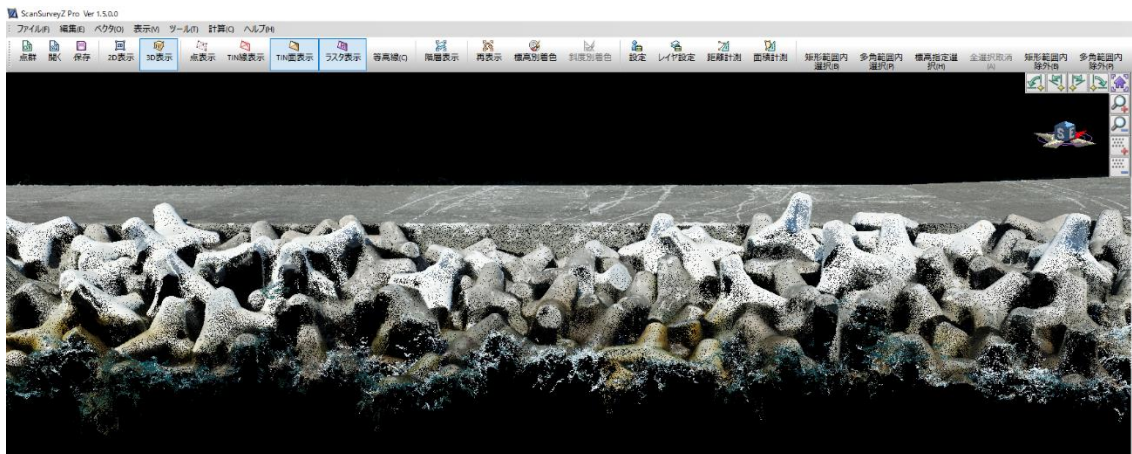


図-12 焼津南防波堤被災状況の 3 次元画像

⑤ナローマルチビーム測深

④で特定した被災範囲において、水中部の消波ブロックの飛散状況や海底地形の状況をより詳細に把握するため、ナローマルチビーム測深機による調査を行った。被災箇所は外海に面しており高波や風の影響を直接受けるため、効率的に水中部の状況が把握できるナローマルチビーム測深を採用した。(図-13)

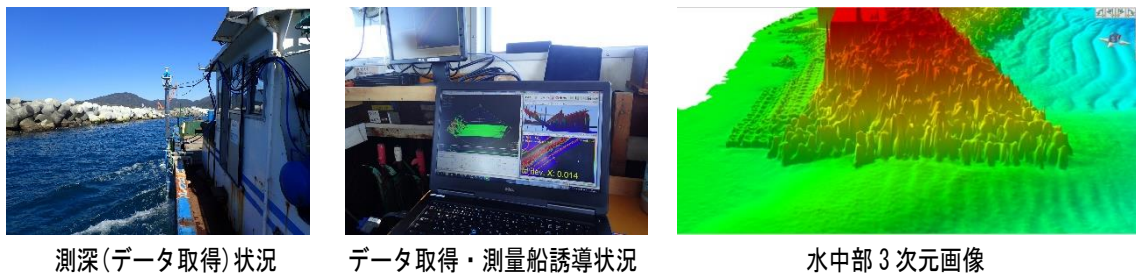


図-13 ナローマルチビーム測深

⑥水上部・水中部のデータ統合

UAV 計測データとナローマルチビーム計測データを統合することで、被災した消波ブロックの水上部・水中部の状況を3次元データで一体的に把握した。統合したデータより災害復旧に必要な断面図等を作成した。(図-14)

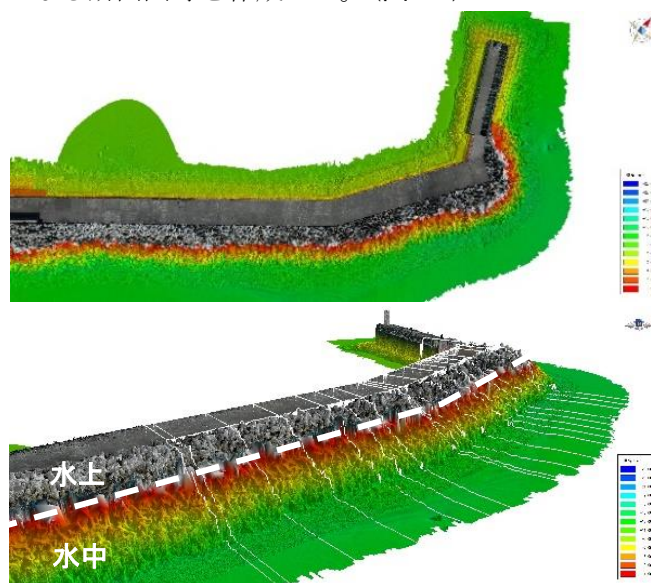


図-14 水上と水中の統合データ

⑦災害査定設計

3次元計測で得られたデータと台帳断面図との重ね合わせを行い、計画形状と沈下形状が比較できる復旧断面図の作成を行った。

作成した断面図には、消波ブロックの被災認定基準である「消波ブロック1個の高さの1/3 沈下」のライン(赤破線)を図示し、沈下が認められる箇所について着色(赤ハッチング)を行い、各断面図のブロック沈下面積の算出を行った。(図-15)

災害復旧として補充する消波ブロック個数は、平均断面法により体積の算出を行い、補充する消波ブロックごとの空隙率を考慮した上で必要個数を決定した。

被災した3施設は、焼津外港南防波堤(L=997.1m)、小川外港南防波堤(L=290.4m)、外港護岸(L=68.3m)で、現地の被災状況等から7箇所の災害申請を行った。(図-16)

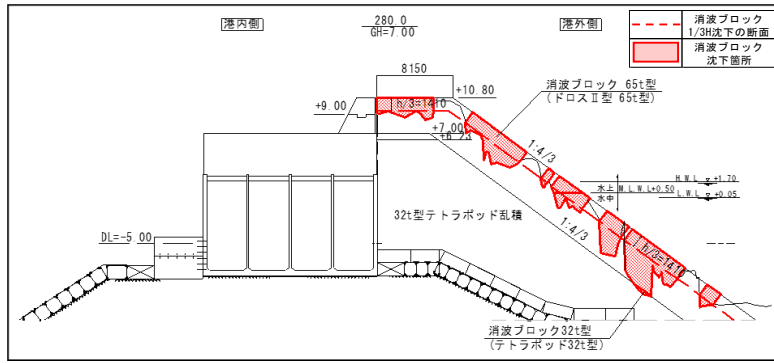


図-15 復旧断面図

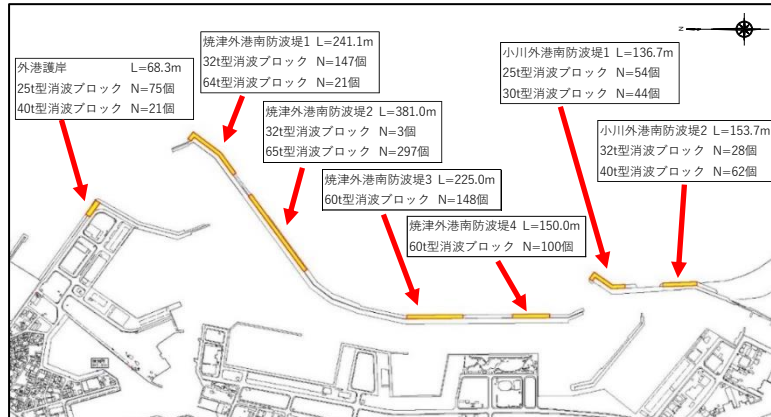


図-16 災害申請箇所

4. 評価

現地作業は、作業員が危険な場所に立ち入ることなく、安全な場所での作業が可能となり、事故なく早期に作業を完了することができた。災害時の ICT 機器活用による調査期間短縮の効果は十分であった。

また、台帳断面を基に作成した 3 次元設計データと取得した 3 次元データを比較することで、視覚的に現地状況を把握でき、机上で消波ブロックの被災範囲を特定することが可能となった。

従来の測量と比較し計測データは非常に高密度となるため、任意間隔で断面を作成することが可能となり、複雑な形状を示す消波ブロックの不足量をより正確に算出することができた。

表-1 に本災害業務における従来の調査方法と ICT 機器調査の比較を示す。

表-1 従来調査と ICT 機器を活用した調査の比較

調査方法	従来手法	評価	ICT活用	評価
データ精度	地形測量・横断測量・シングルビーム測深 位置・標高 ±数10cm程度 ※作業規定の基準を満足	○	UAV写真点群測量 ナローマルチビーム測深 位置・標高±10cm程度	○
被災範囲の測量 被災箇所の調査	・地形測量後、XYZから簡易的な縦断面図を作成し、被災範囲を特定 ・測線間隔に左右されるが、消波ブロックのような複雑な形状の場合、 詳細な変状までは把握できない ・被災が広範囲な調査では調査期間が長期化する ・線状のデータを取得	△	・3次元点群データと3次元設計データを比較し、被災範囲を特定 ・高密度点群データを取得することで消波ブロックのような複雑な 形状も把握できる ・広範囲の調査でも効率的に作業ができ、調査期間の短縮が可能 ・面的データを取得	○
作業日数	30日	△	15日	○
人工	外業：48人工 内業：12人工 合計：60人工	△	外業：23人工 内業：13人工 合計：36人工	○
安全性	・横断測量の際に消波ブロックから転落の危険	△	・UAVは陸上作業のみで安全 ・ナローマルチビームは水上での作業時間が従来よりも短縮できるため 安全性が高まる	◎
総合評価	○		◎	

5. 今後の課題

- ・ ICT 機器の活用により、現場作業日数は大幅に削減されたが、ややデータ解析・フィルタリング作業等に時間を要するため、より内業作業の効率化が求められる。
- ・ ナローマルチビーム測深のみのデータでは消波ブロックの飛散状況の把握は可能であるが、潜水士による水中調査を行わないため、目視を要するブロックの再利用の判断は困難である。現在発展途上である水中ドローン(写真-2)を利用した調査が可能となることも今後期待される。
- ・ 台帳資料を基に 3 次元設計データを作成するため、「管理された台帳」が必要である。



写真-2 水中ドローン

6. おわり

ICT 機器を活用して 3 次元計測を行うことは、防波堤前面の消波ブロックのように従来の測量では危険が伴う現場や災害査定においても、短期間で安全に詳細な現況把握ができ、有効である。

また、取得・作成したデータは、今後の変状追跡が可能になるなど、今後の維持管理資料としても有効利用できると考えられる。

本事例により、ICT 技術が、省力化、生産性の向上に資することが確認された。

災害時に限らず平時にも積極的に活用し、現場を 3 次元計測しデータ管理していくことが期待される。