

海岸保全施設の維持管理・点検に関する 新たな試みについてー津松阪港海岸での検証ー

後藤 健太郎¹

¹中部地方整備局 四日市港湾事務所 工務課 (〒510-0064 三重県四日市市新正3-7-27)

持続可能なインフラメンテナンスの実施に向け、延長が長く面的な管理が求められる津松阪港海岸の海岸保全施設を対象として、効率的・効果的に点検・診断等が行えるよう先進的ICT技術の導入に向けた技術的知見の蓄積、点検手法のあり方について整理、報告する。

キーワード 海岸保全施設、維持管理、LCC縮減、ICT

1. 津松阪港海岸の概要

津松阪港海岸は、1953年の13号台風や1959年の伊勢湾台風を契機に整備されており50年以上経過していることによる海岸保全施設の老朽化や沈下が進行していることが確認されたほか、来襲が予測されている南海トラフ地震においては液状化の発生も懸念され、耐震性の確保も必要であることから、1992年に事業採択されたものである。

現在、整備を進めている阿漕浦・御殿場工区は海岸保全施設の背後に多くの住宅や工業施設が建ち並ぶほか、海浜部周辺は海水浴、潮干狩りやヨット等多くの用途で利用されており、2021年には「三重県とこわか国体」のビーチバレーボール会場やセーリング会場が予定されるなど、地域の生活圏と密接な関係を有する地域である。

2. 当該地域における維持管理上の課題

海岸保全施設の整備後に必要となる維持管理において、施設の健全な状態が長期間に渡り確保できるよう適切な維持管理が必要であり、維持管理費用の縮減に向けた効率的かつ効果的な維持管理のあり方が求められている。

阿漕浦・御殿場工区は、約3.5kmの南北に長い海岸線に加え、前面には広い砂浜があり、面的な管理が必要である。

当該海岸における海岸保全施設の現状を踏まえた維持管理に関する課題を以下に抽出した。

(1) 安全性

点検時において、堤防天端上から表法面、裏法面を確認する際に誤って転落の危険性がある。また、地域の生

活道であるため朝夕の通行量の多い時間帯を中心に車両に注意して維持管理点検をすることが必要である。

(2) 効率性

海岸延長は南北に長い約3.5km及び踏査し難い砂浜を含むため、同区間を徒歩で目視点検した場合、点検要員を増やす等、点検には長い時間を費やす必要がある。

また、点検にあたり、点検方法や点検結果の評価などに個人差が出ないようにする必要があり、出来るだけ統一した手法・視点で継続的に実施されることが必要である。

(3) 経済性

人口減少社会となり、点検作業の省人化及び省力化の実現、維持管理コストの低減という作業効率の向上の課題が挙げられる。

初期投資費用の増加など短期的には費用が増大してしまうICT等新技術の導入であっても、50年後を見据えた予防保全の観点から、ライフサイクルコスト（以下、「LCC」という）の縮減・平準化に寄与する重要な手法であり維持管理点検等への新技術の導入は必要不可欠である。

3. 維持管理手法の考え方の整理

(1) 維持管理の考え方

阿漕浦・御殿場工区の海岸保全施設の維持管理シナリオの策定に向け、各種点検（日常巡視・定期）における方法及び内容について既往資料を整理・確認を行った。

以下に、日常点検（巡視）時における点検箇所を図-1に示すが、大まかな変状を目視にて確認する方法が基本

であり、5年に1回などの一定周期で行う定期点検において海岸保全施設の健全度評価や修繕等が必要な部材の詳細な変状把握を実施している。

また、海岸管理者では、変状が起こりやすい区間や背後地が特に重要である箇所を重点点検箇所を設定し、頻度を変更するなどの効率的な変状の把握に努めている。

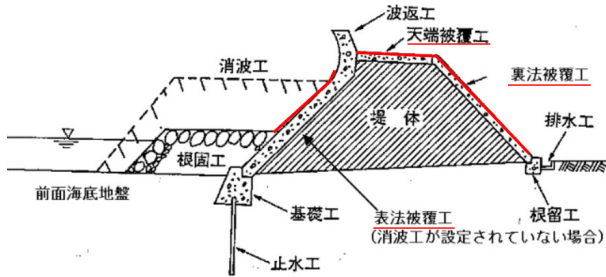


図-1 堤防の巡視点検箇所

4. 維持管理シナリオの作成

(1) ICT等の新技術を用いた維持管理技術の適用検討

維持管理における課題解決に効果が見込める新技術情報提供システム（NETIS）の登録技術や国土交通省インフラメンテナンス技術を始め、既に点検診断を効果的かつ効率的行っている新技術の導入例を以下の表-1に示す。

表-1 点検診断の効率化等を目指し開発された導入例

点検手法の名称	使用機材等	取得データ	手法	初期費用
全方位カメラによる写真撮影（車両）	全方位カメラ（ビークル搭載型）	画像	写真撮影	中
全方位カメラによる写真撮影（徒歩）	全方位カメラ（徒歩）	画像	写真撮影	中
UAV 搭載型カメラによる空中写真測量	UAV+カメラ	画像	写真撮影	中
UAV 搭載型カメラによる動画撮影	UAV+カメラ	動画	動画撮影	低
UAV 搭載型カメラによる空中写真測量	UAV+カメラ	3次元点群データ	空中写真測量	中
航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測	航空機+レーザスキャナ	画像	写真撮影	高
航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測	航空機+レーザスキャナ	3次元点群データ	レーザ測量	高
MMS（モバイルマッピングシステム）による3次元計測	MMS（モバイルマッピングシステム）	3次元点群データ	レーザ測量	高
ハンディレーザ（SLAM）による3次元計測	ハンディレーザスキャナ	3次元点群データ	SLAM（自己位置推定・空間地図同時計測）	中
レーザスキャナによる3次元計測	レーザスキャナ	3次元点群データ	レーザ測量	高
UAV 搭載型グリーンレーザによる3次元計測	UAV+グリーンレーザ	3次元点群データ	レーザ測量	高
地中レーダによる空洞化調査	地中レーダ	レーダデータ	レーダ計測	中
CCDカメラとスマートフォンによる空洞化調査	CCDカメラ+スマートフォン	写真・動画	写真・動画撮影	低
防波堤の一般臨時点検診断結果の活用	UAV+カメラ	画像	写真撮影	—
ドローンによる護岸の台風被害調査	UAV+カメラ	画像	写真撮影	—

ドローンによる高波浪来襲前後の防波堤状況確認	UAV+カメラ	画像	写真撮影	—
ドローンとマルチビームによる消波工の現況調査（むつ小川原港）	UAV+カメラ ナローマルチビーム	画像 XYZデータ	写真撮影 音響測深	—
ドローンとマルチビームによる消波工の現況調査（秋田港）	UAV+カメラ ナローマルチビーム	画像 XYZデータ	写真撮影 音響測深	—

(2) 新技術を活用した点検技術・手法の選定

これらの新技術のうち、阿漕浦・御殿場工区の維持管理に効果的な点検技術・手法を選定し、維持管理シナリオを作成する。阿漕浦・御殿場工区の特徴として、海岸延長が南北に長く連続的な構造であるため、それらを効率よく把握するのに適した点検手法として、表-1のうち3つの技術に絞り、適合性、容易性及び経済性の観点から比較評価を行い、最も評価の高くなったUAVを活用した維持管理技術を選定した。

表-2 維持管理手法の比較

点検手法	適合性	容易性	経済性	総合評価
全方位カメラ（写真）	△	○	○	○
UAV（写真、動画、3次元点群）	◎	○	○	◎
航空機搭載型レーザ測深機（写真、3次元点群）	△	○	△	△

UAVを用いた点検については導入事例が多く、撮影した画像データから3次元点モデルの作成、更には横断面作成による被災時前後の比較が可能であり、UAVの用途は多岐に渡る。

UAVにて撮影したデータは、3次元形状復元計算を行い、画像や3次元点群データとして出力できる。

出力画像は、画質を調整した詳細な状況を確認できる単写真やレンズのズレを変換したオルソ画像として施設全体の連続した変状の把握が可能となる。

得られた3次元点群データは、標高分布の把握や縦横断面図の作成が出来、前回点検時との比較等の活用も可能。

なお、3次元点群データの作成に求められる画像の撮影要求精度は、1pixel当たり1cm以下であり、1cmより詳細な変状の評価にあたっては、3次元点群データよりも詳細な撮影が必要となるため、用途に応じた撮影高度を考慮する必要がある。

これらの特徴を鑑み、UAVによる海岸保全施設の健全度を把握することを目的とした維持管理点検のシナリオを図-2に示す。

点検対象施設は、阿漕浦・御殿場工区に位置する海岸堤防に加え、附帯施設である陸閘（横引き式及びフラップゲート式）も対象とした。

点検項目のうち、特に天端高、砂浜について、UAVを用いることで詳細な計測まで可能となり、高潮や津波襲来後における前回点検時の比較において、施設の沈下量の変化や砂浜の侵食・堆積傾向も把握できると考えられる。

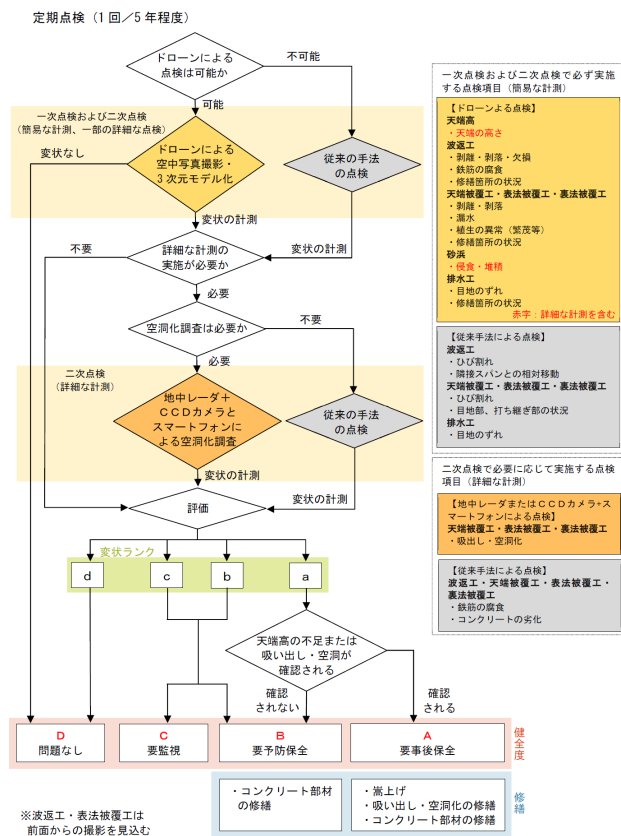


図-2 UAVを用いた維持管理シナリオ

5. 維持管理シナリオの現地試験

(1) 現地実証試験

作成した維持管理シナリオの適用性を検証するため、現地実証試験を行った。

海岸堤防の変状確認のための撮影では、施設上空から等間隔に飛行・撮影し、オルソ画像及び3次元モデルを作成した。

海岸堤防の変状（ひび割れ）の検証においては、幅が異なるひび割れを模した紙を天端被覆工、表法被覆工、裏法被覆工に設置し、ひび割れの有無及び規模を画像から確認可能か検証した結果を図-3に示す。

撮影方法	撮影高度	波返し		天端被覆工	
		写真	評価	写真	評価
静止画 (3:2)	18m		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：やや見える 3mm △：かすかに見える 1mm ×：全く見えない		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：かすかに見える 3mm ×：全く見えない 1mm ×：全く見えない
動画 (4K)	12m		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：はっきり見える 3mm ○：やや見える 1mm △：かすかに見える		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：はっきり見える 3mm ○：やや見える 1mm △：かすかに見える
動画 (2.7K)	9m		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：はっきり見える 3mm ○：やや見える 1mm △：かすかに見える		1cm ◎：はっきり見える 5mm ○：はっきり見える 3mm ○：やや見える 1mm △：かすかに見える

図-3 3次元モデル（天端高）と変状（ひび割れ）の検証

(2) 実証試験結果

オルソ画像や3次元モデルから、目視で行う海岸堤防の一次点検項目の確認が可能であることが確認された。

但し、上空からの撮影では、波返し工や表法被覆工において確認できない箇所があるため、UAVによる施設前面からの撮影等が必要である。

また、ひび割れ幅やスパンのズレ等の数mm単位の確認において、3次元モデルでの確認は困難であったが、オルソ画像や飛行高度を低く変更して撮影することが確認できた。

撮影方法別にひび割れの見え方を表-3に示す。静止画は、動画よりも飛行高度を高高度で確保でき、撮影範囲が広く点検に最も適しているが、被災時の状況把握など使用目的によって撮影方法を使い分けることが重要であることが確認できた。

表-3 UAVによる撮影方法別ひび割れの見え方

撮影方法	撮影高度 または 撮影距離	撮影箇所	ひび割れの見え方			
			1cm (3次元モデル)	5mm (変状ランクa)	3mm (変状ランクb, c)	(参考)1mm (変状ランクd)
静止画 (3:2)	18m	波返し	◎	○	△	×
		天端被覆工	◎	△	×	×
動画 (4K)	12m	波返し	◎	◎	○	△
		天端被覆工	◎	◎	○	△
動画 (2.7K)	9m	波返し	◎	◎	○	△
		天端被覆工	◎	◎	○	△
静止画 (3:2)	10m	波返し	◎	◎	◎	△
		天端被覆工	◎	◎	◎	△
動画 (4K)	7m	波返し	◎	◎	◎	◎
		天端被覆工	◎	◎	◎	◎
動画 (2.7K)	5m	波返し	◎	◎	◎	◎
		天端被覆工	◎	◎	◎	◎
静止画 (3:2)	5m	表法被覆工	◎	◎	◎	◎
		裏法被覆工	◎	◎	○	×

凡例 ◎：はっきり見える、○：やや見える、△：かすかに見える、×：全く見えない

6. UAVを用いた点検手法の検証・考察

今回の現地実証試験は、UAVの画像データに基づく3次元モデルの解析により、数cm単位の変状の確認が可能であることが分かった。

また、UAVによるひび割れの点検は、数mm単位の確認が難しいものの、1度の撮影で施設の概ねのひび割れの位置、形状及び規模が確認できた。

これにより、海岸保全施設の維持管理の省人化・省力化に繋げることが可能となり、更に被災直後の施設状況の把握には大きく貢献するものと考えられ、定期的に撮影することで被災前後の比較も可能となる。

今後は、事務所へのUAVの配備が予定されており、海岸保全施設のみならず港湾施設の維持管理に、これらの先進的技術を導入し、現場での作業性を始めとする諸課題に対応した、維持管理の実効性の向上に繋げていく。