

水中ドローンによる港湾構造物劣化調査システムの開発

(株)大本組 正会員 ○神原誠司 正会員 柏葉洋一 正会員 橋 伸一 非会員 杉山 誉
(株)計測リサーチコンサルタント 非会員 家村享明

1. はじめに

港湾施設は、塩害などの厳しい環境下におかれるため劣化が懸念される。一方、海中部など目視では容易に劣化・損傷状況を把握できない部分が多い。このため、潜水士による点検や専門の調査員によるボート等を使用した点検が実施されている。建設業界は人手不足が課題の中、港湾施設においては急速に老朽化が進行する施設の適切な維持管理を安全に進めていくことが課題である。

これらの課題を解決するため、「水中ドローンによる港湾構造物劣化調査システム」を構築した。これにより、専門の調査員を必要とせず、ボート等でアクセスできない箇所等の撮影が可能となる。さらに栈橋下面へ調査員が立入る必要がないため安全性が向上する。本稿では、簡易的で効率的な調査が可能な技術として水中ドローン調査機の仕様と取得した画像を用いて解析するシステムの概要および検証結果を報告する。

2. 概要

調査に使用する機器および開発した構造物劣化調査システムについて下記に示す。

(1) 水中ドローン調査機

調査機の外観を写真-1に示す。水中ドローン(Chasing M2)を用いる利点は、運動性能が高く、小型・軽量で可搬性に優れている点である。水中ドローンの上部に発砲ポリエチレンの板を固定し、撮影機器を水上に搭載できるようにした。点検写真の撮影には360度カメラ(Insta360 X4)を用いることで画角のオーバーラップを確保した。また、映像を確認しながら手動操縦できるように有線のFPV(First Person View)装置を搭載した。

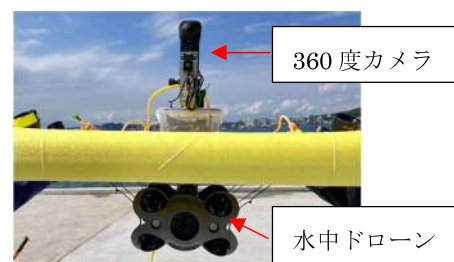


写真-1 調査機外観

(2) ソフトウェアシステム

開発した構造物劣化調査システム構成を図-1に示す。本システムは、①サブシステム1(水中ドローンで撮影された連続写真の展開画像作成)②サブシステム2(展開画像を基に損傷図面作成)③サブシステム3(損傷種類・損傷数量を集計)で構成する。

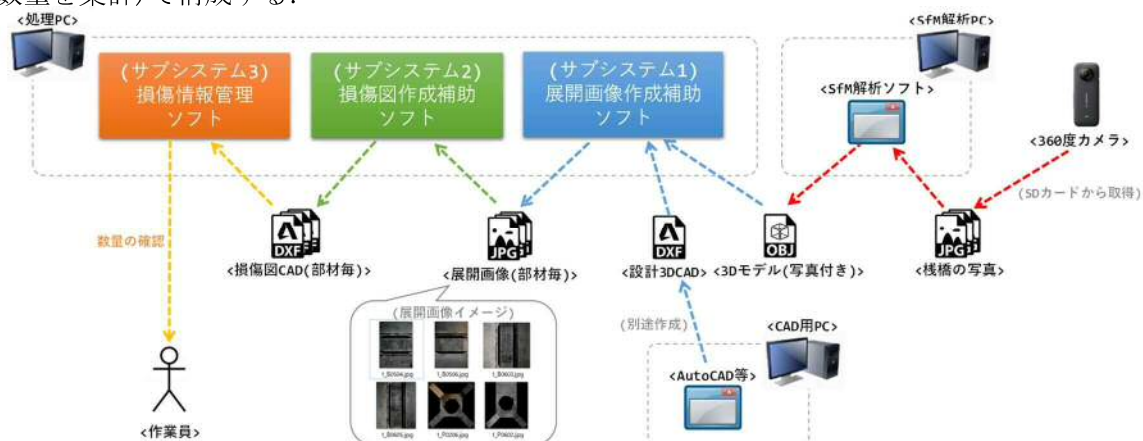


図-1 ソフトウェアシステム構成図

各サブシステムの処理フローは次の通りである。①360度カメラ搭載の水中ドローン調査機を用いて栈橋下部の連続写真を撮影し SfM (Structure from Motion) 解析を行う。解析で得られた栈橋下部の写真付き

キーワード 水中ドローン, 港湾構造物劣化調査, SfM 解析, 維持管理, 360度カメラ

連絡先 〒700-8550 岡山県岡山市北区内山下 1-1-13 (株) 大本組 土木本部総合技術部 TEL 086-227-5179

3D モデルを読み込み、図-2 の手順で栈橋下部の形状を模した部材情報を与え、展開画像を生成する。②①で生成した部材ごとの展開画像を読み込んで損傷をトレースし、展開画像ごとに損傷 CAD 図を作成する。③損傷 CAD 図を読み込み、ひび割れ・鉄筋露出・剥離等の損傷の数量を集計する。

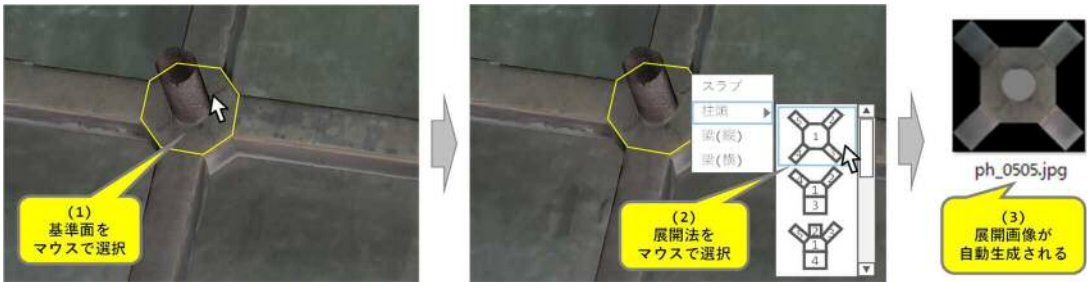


図-2 3D モデルの画像生成フロー

3. 現場検証

(1)「調査」検証した現場は、静穏域に設置された長さ 33m×幅 23m の栈橋である。検証時の干満差は 2m 程度、栈橋上部工下面と水面との距離は 0.5m～2.8m 程度であった。

水中ドローンが航行した航路を図-3 に示す。約 760m² の栈橋上部工下面を約 45 分で 6 航行し撮影した。栈橋の 1 航路の撮影範囲は、長さ約 20m×幅約 5m である。検証結果より約 4,000m²/日(5 時間)の調査が可能と想定する。

(2)「データ処理」図-4 に生成した 3D モデル(部材情報付)、表-1 にサブシステム 1 による展開画像の作成に要した時間を示す。処理フローは、①SfM 解析(使用ソフト：MetaShape)にて 3D モデルを作成、② 現地の 3D CAD 図面を別途作成し dxf ファイルとして保存、③ SfM 解析で得た 3D モデルと 3D CAD 図面を読み込み、位置姿勢スケールを調整、④ 3D CAD エンティティに部材情報を与えて 3D CAD 図面を 2D 展開図化、⑤ 3D モデルのテクスチャ画像をキャプチャして部材毎の展開画像を生成し jpg ファイルとして保存、となる。

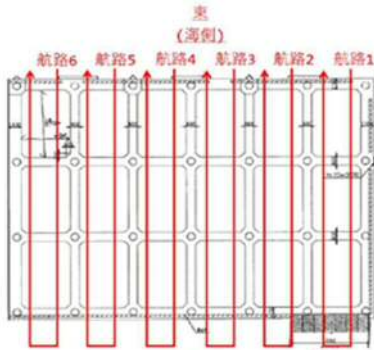


図-3 水中ドローン航路

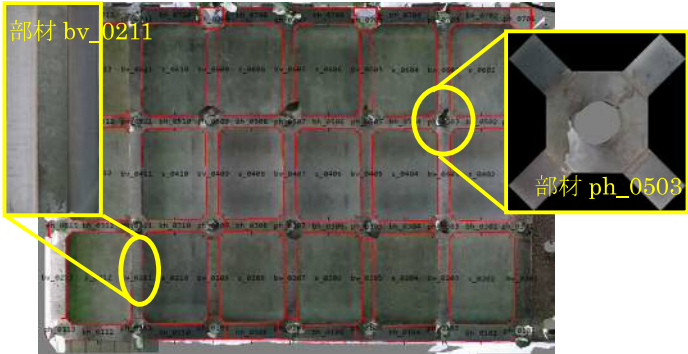


図-4 生成した 3D モデル

4. 検証結果

(1) 市販の水中ドローンを利用して簡易かつ効率的に撮影できた。また、360 度カメラの動画を基に SfM 解析を行うことにより、3D モデル解析に要する時間を縮減できた。

(2) 本実証では、比較的新しい栈橋であり有害なひび割れ等は検出されなかったが、開発したシステムにより撮影画像の展開図化が短時間で可能であることを確認した。

5. まとめ

開発した港湾構造物劣化調査システムにより、専門調査員によるボートや足場等を使用しての目視調査を必要とせず、専門調査員の負担軽減に繋がることが期待される。今後は、専門調査員の目視調査と開発したシステムを比較し有効性を確認したい。また、ひび割れだけでなく浮きの検出、海中部の鋼管杭等の点検へ適用範囲を拡大し、港湾構造物維持管理の働き方改革の一助となるよう努めていきたい。

表-1 データ処理時間

分類	作業内容	所要時間	備考
調査	現場撮影	32分	航路1～6
3Dモデル作成	動画インポート	60分	8K動画24fps
	静止画変換	20分	3641枚のjpg画像生成
	sfm解析	650分	objファイル生成
	小計	730分	
展開画像作成	3DCAD図面作成	-	AutoCadにて別途作業
	3Dモデル調整	180分	位置姿勢スケール等
	2D展開図化	35分	13通りの展開法作成
	展開画像の生成	2分	91部材の展開画像jpg生成
	小計	217分	