

画像解析による変状図や三次元点群データを用いた岸壁の劣化度判定適用検討

一般財団法人 沿岸技術研究センター ○佐藤 昌宏・安田 弘希
国土交通省 中国地方整備局 花木 崇・中村 祥也
岡山県 土木部 港湾課 藤田 孝一・市河 秀太
岡山県備中県民局 水島港湾事務所 中本 和幸・竹本 直人
海洋・港湾構造物維持管理士会 内藤 英晴・山口 貴史

1. はじめに

港湾法で定められた技術基準対象施設は、維持管理計画書に基づき供用期間にわたって要求性能を満足するように、適切な維持を行う必要がある。維持管理を行う上で定期点検診断は必須であるが、港湾管理者が管理する施設は非常に多いことから、コスト削減や省力化が見込まれる新技術の導入が求められている。本論文では、これまで人力による目視で点検診断が行われてきた岸壁の上部工とエプロンに着目し、UAV による写真撮影データから画像解析によりひび割れ等の変状図や三次元点群データを作成し、劣化度判定を試みた。

2. 検討内容

(1) 対象施設

岡山県倉敷市に位置する水島港水島地区の東公共岸壁を対象に検討した。構造形式は、図 1 に示す控え矢板式係船岸である。当施設の維持管理計画書によると、港湾工事設計便覧(1959 年版)により設計され、1965 年に供用開始している。その後 50 年以上経過しているが、定期的な点検やエプロンの打替(現状では幅 13m)、電気防食陽極の取付け、防舷材の取換えなどの維持補修が行われており、一般貨物船による荷揚げなど、現在でも高い稼働率で使用されている。

(2) エプロンおよび上部工の劣化度判定基準

表 1 に、一般定期点検診断で行う上部工の劣化度判定基準を示す。港湾の施設の点検診断ガイドライン¹⁾で

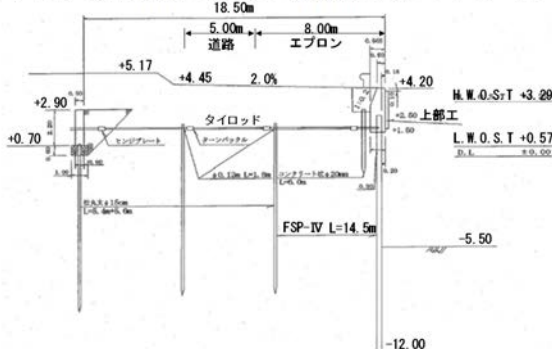


図 1 水島港水島地区 東公共岸壁(標準断面図)

は、目視点検により劣化度を数値で判定する閾値として、コンクリートの劣化や損傷(Ⅱ類)は「幅 3mm のひび割れ」が示されている。表 2 に、エプロン(コンクリート舗装)の劣化度判定基準を示す。沈下や陥没(Ⅰ類)は「エプロンに 3cm の沈下(段差)」や「エプロンと背後地間に 30cm の沈下(段差)」が示されている。コンクリートの劣化や損傷(Ⅱ類)は「0.5~2m/m² のひび割れ度」が示されている。詳細定期点検診断では、エプロン、上部工共に「ひび割れ等の変状図作成」が示されている。

表 1 上部工の劣化度の判定基準¹⁾

点検診断項目の分類	点検診断の項目	点検方法	劣化度の判定基準
Ⅱ類	コンクリートの劣化、損傷	目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋腐食 ・劣化の兆候 等	a □係船岸の性能を損なうような損傷がある。
			b □幅3mm以上のひび割れがある。
			c □広範囲に亘り鉄筋が露出している。
			d □幅3mm未満のひび割れがある。 □局所的に鉄筋が露出している。

表 2 エプロン(コンクリート舗装)の劣化度の判定基準¹⁾

点検診断項目の分類	点検診断の項目	点検方法	劣化度の判定基準
Ⅰ類	沈下、陥没	目視	a □矢板式本体背後の土砂が流出している。
			b □矢板式本体背後のエプロンが陥没している。 □車両の通行や歩行に重大な支障がある。
			c □エプロンに3cm以上の沈下(段差)がある。
			d □エプロンと後背地の間に30cm以上の沈下(段差)がある。
Ⅱ類	コンクリートの劣化、損傷	目視 ・コンクリートのひび割れ、損傷	e □エプロンに3cm未満の沈下(段差)がある。
			f □エプロンと後背地の間に30cm未満の沈下(段差)がある。
			g □変状なし。
			h □コンクリート舗装でひび割れ度が2m/m ² 以上である。 □車両の通行や歩行に支障があるひび割れや損傷が見られる。

(3) 検討手法

現地作業では、RTK-GNSS 搭載型 UAV により、対象施設の写真撮影を行った。RTK 測位は、機体に装備されている VRS 方式²⁾を用いた。観測値の精度検証のため、近傍の基準点で GNSS 観測を行った結果、X 座標:-14mm, Y 座標:+6mm, Z 座標:+9mm の誤差を確認した。次に室内作業では、次の a)と b)の二つの手法で検討を行った。a)空撮写真と位置情報から、SfM/MVS 処理により三次元画像モデルを作成した。これにより、ひび割れや損傷の相対位置を特定できる。次に、正射変換したオルソ画像を作成した上で画像解析を行った。画像解析では、西村ら³⁾のひび割れ半自動抽出とひび割れ近傍の濃淡分布からひび割れ幅を算出する方法を採用した。

キーワード UAV, オルソ画像, 画像解析, 三次元点群データ, 劣化度判定, 一般定期点検診断
連絡先 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2 TEL 03-6257-3702

b)空撮写真と位置情報から、SfM/MVS 処理により三次元点群データ(DEM)を取得した。取得したデータは、前述の精度検証結果を踏まえて位置補正を行った。

3. 検討結果

(1)画像解析によるひび割れ等の変状図と劣化度判定

図2に、No.1ブロック(延長32.50m)で求めたオルソ画像、図3に、画像解析によるひび割れ等の変状図を示す。CAD上で数量を算出した結果、表1に示す「コンクリートの劣化や損傷(Ⅱ類)」について、幅3mm以上のひび割れは無かったが、幅3mm未満のひび割れ(総延長3.56m)を検出したことより、「劣化度c(変状はあるが、部材の性能低下がほとんど認められない状態)」と判定した。表2に示すエプロンの「コンクリートの劣化や損傷(Ⅱ類)」は、ひび割れ度 0.154 m/m^2 ($<0.5\text{ m/m}^2$)であったことから「劣化度c」と判定した。なお、人力でひび割れ長さやひび割れ幅を計測した結果、正確に求められていることを確認した。



図2 オルソ画像(No.1ブロック)

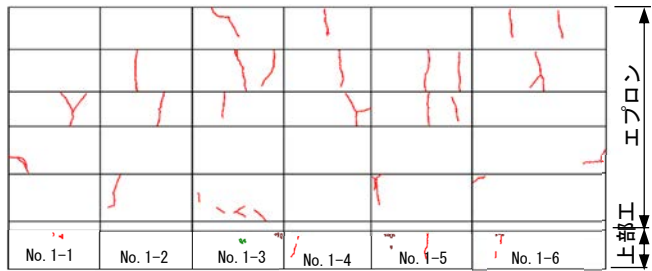


図3 画像解析によるひび割れ等の変状図(No.1ブロック)

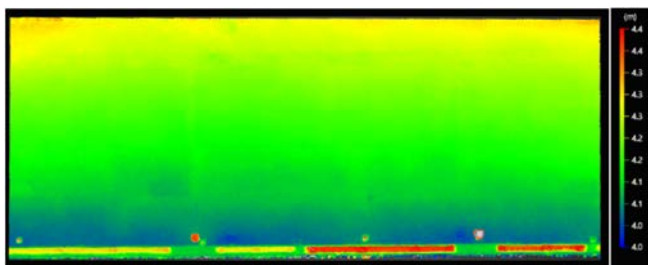


図4 三次元点群データ 平面図(No.1ブロック)



図5 三次元点群データ 断面図(No.1-4 中心側線)

(2)三次元点群データを用いた変状抽出と劣化度判定

図4に、No.1ブロックで求めた三次元点群データの平面図を示す。各点は、それぞれがXYZ座標を有しており、色情報を組み合わせたデータになる。エプロンの勾配は、色情報から模式的に海側に向かって下りの傾斜がついていることから確認でき、図5に示す点群データを用いた断面図から求めることができる。表2に示すエプロンの「沈下、陥没(Ⅰ類)」は、沈下などが確認されなかったことから「劣化度d(変状なし)」と判定した。さらに、鉄筋コンクリート対応型の地中レーダ探査⁴⁾を用いて詳細調査した結果、エプロン下に空洞がないことを確認した。なお、図4では、上部工の天端が緑色に対して、直背後のエプロンが紺色であったことから段差を確認できる。上部工とエプロン境界の段差部には、排水孔が設置してあることより、エプロン舗装の打替え時に排水のために設けられた段差であると判断できる。この段差は、図4に示す断面図から9.2cmと計測され、目視の計測結果7.5cm(それぞれ6側線の平均値)とおおむね一致した。

4. まとめ

画像解析による変状図や三次元点群データを用いて、岸壁の劣化度判定を試みた。その結果、a)画像解析から描いたひび割れ状況図から幅3mm未満のひび割れ幅を定量化でき、目視により正確な図化を確認した。b)三次元点群データは、エプロンの勾配や段差が差分で計算でき、目視によるスケールを用いた計測結果と数cmオーダーでその整合性を確認した。

本検討の結果、変状の把握を目的とした定期点検診断では、劣化度判定に活用可能なデータの作成方法が提示できた。ただし、UAVによる写真測量の精度は、カメラ性能(画素数)、ソフトウェアの特性、GNSSの測定精度、当日の天候などに左右される³⁾。そのため、データを蓄積し精度検証を行っていく必要がある。

参考文献

- 国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン(令和3年3月 一部変更)，2014。
- 川口 真吾・鈴木 高二朗・鶴田 修己・朝比 翔太：UAVによる沿岸域の写真測量の精度の検討，港湾空港技術研究所資料，No.1366，2019。
- 西村 正三・原 健司，木本 啓介，松田 浩：3D レーザ・デジタル画像を用いた軍艦島計測と損傷図作成，Journal of JSPRS，pp.46-53，2012。
- 国土交通省港湾局：港湾の施設の新しい点検技術 カタログ(令和4年3月 一部変更)，2022。