

ハフ変換を適用した自立式鋼矢板護岸における座屈の非接触検出 Non-Contact Detection of Buckling in Cantilever Steel Sheet Pile Wall by using Hough Transform

○萩原大生* 石神暁郎* 長島繁男* 鈴木哲也**

○Taiki Hagiwara*, Akio Ishigami*, Shigeo Nagashima* and Tetsuya Suzuki**

1. はじめに

農業用鋼矢板護岸では腐食に伴う座屈により、鋼矢板と背面地盤の安定性が失われている護岸が顕在化している。既往研究では UAV を援用した画像計測による腐食診断技術を進めており^{1), 2)}、切梁式鋼矢板護岸の座屈破壊に対してハフ変換による非接触評価を行っている³⁾。これまでの検討を踏まえ、本稿では座屈による変形が顕在化した自立式鋼矢板護岸に対して、デジタル画像のハフ変換を適用し、座屈護岸の非接触評価を試みた結果を報告する。

2. 計測方法

北海道に位置する M 排水路の鋼矢板護岸にて、画像計測を実施した。計測対象の護岸を Fig. 1 に示す。対象は、普通鋼矢板（元厚：10.5 mm）を用いた自立式護岸である。画像計測は、UAV（Matrice 210, DJI）に搭載した空撮カメラ（Zenmuse Z30, DJI）により実施した。UAV による計測は、Fig. 2 に示すように水路内に機体を飛行させ、水路断面の法線方向にカメラを向けて実施した。撮影条件は、焦点距離 4 mm、絞り値 5.6、シャッタースピード 1/750 s である。

3. 解析方法

座屈による鋼矢板護岸の傾倒について、鋼矢板の傾斜角度を指標に評価する。取得画像から図形検出手法のハフ変換により傾斜角度を検出する。ハフ変換は、パラメータにより表現可能な図形を画像中より検出する手法である。直線を式 (1) で表す。



Fig. 1 計測対象の自立式鋼矢板護岸
Steel sheet pile wall to be measured.



Fig. 2 UAV による画像計測
Set up for image acquisition by using UAV.

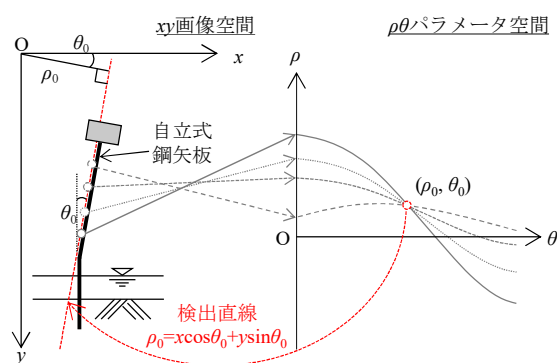


Fig. 3 ハフ変換による座屈検出モデル
Model of buckling detection applying the Hough transform.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

ここで、 ρ は原点から直線までの符号付き

* 土木研究所寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI

** 新潟大学自然科学系（農学部） Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード：自立式鋼矢板、座屈、画像解析、ハフ変換、非接触計測

距離, θ は原点から直線へ下した垂線と x 軸のなす角である. ハフ変換による座屈検出モデルを Fig. 3 に示す. ハフ変換により鋼矢板の直線を検出し, その角度パラメータにより傾斜角度を評価する. 解析画像 (1,920×1,080 pixel) を Fig. 4 に示す. 検討ケースは排水路左岸の 9 枚の鋼矢板とする.

4. 結果および考察

解析画像へのエッジ検出により得られる画像空間内のエッジを, パラメータ空間に写像した結果を Fig. 5 に示す. パラメータ空間において, $6^\circ \leq \theta \leq 18^\circ$, $0 \leq \rho \leq 1,000$, 投票度数 (特定座標にて正弦波が重なった回数) 160 のしきい値を設定し, 解析対象の鋼矢板の直線を抽出する. 直線検出結果を Fig. 6 に示す. Fig. 6 において赤色の円で印を与えた検出直線の角度パラメータを, 画像解析により得られる解析角度とする. 検討ケースで設定した鋼矢板の実測角度と解析角度について比較した結果を Fig. 7 に示す. ハフ変換により非接触で検出した解析角度は実測角度を再現できることが確認された. 鋼矢板 No. 1 と No. 2 は, 他のケースと比較してウェブを正面から撮影する条件に近いことから実測角度と解析角度に相違が生じていると推察される.

5. おわりに

本稿では, デジタル画像のハフ変換による自立式鋼矢板護岸の座屈検出結果を報告した. 画像解析による非接触の角度検出で鋼矢板の実測角度を評価可能であった.

謝辞: 現地調査を実施させていただいた岩見沢市農政部の西山圭輔氏に記して感謝申し上げます.

引用文献

- 1) 鈴木哲也, 大高範寛, 藤本雄充, 島本由麻, 浅野 勇 (2019): UAV を用いた赤外線計測による腐食鋼矢板実態の検出・評価, 農業農村工学会誌, 87(8), 25-28.
- 2) 萩原大生, 島本由麻, 鈴木哲也, 大高範寛, 藤本雄充 (2020): 同時生起行列を用いた腐食鋼矢板画像におけるテクスチャ特徴の検出, 農業農村工学会論文集, 310, I 145-I 153.
- 3) 萩原大生, 島本由麻, 鈴木哲也 (2021): デジタル画像のハフ変換による切梁式鋼矢板護岸の変形検出, 農業農村工学会論文集, 312, I_1-I_9.

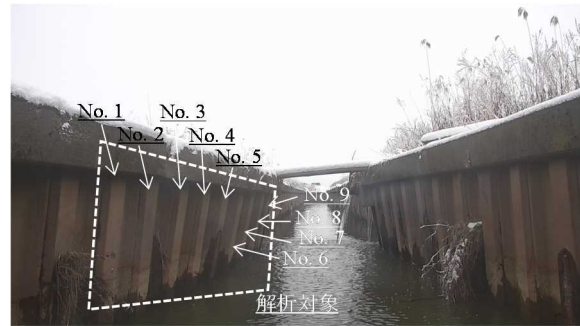


Fig. 4 解析画像
Analytical image.

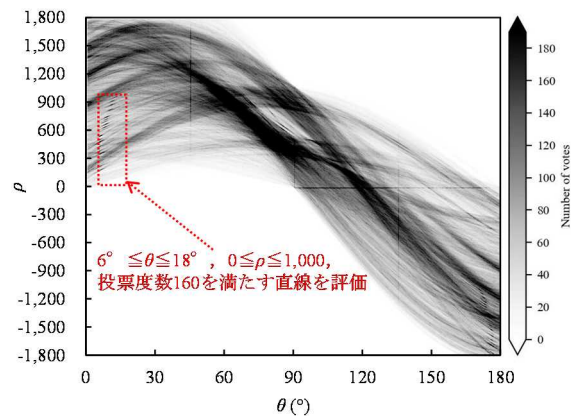


Fig. 5 パラメータ空間における正弦波
Sine waves in parameter space.

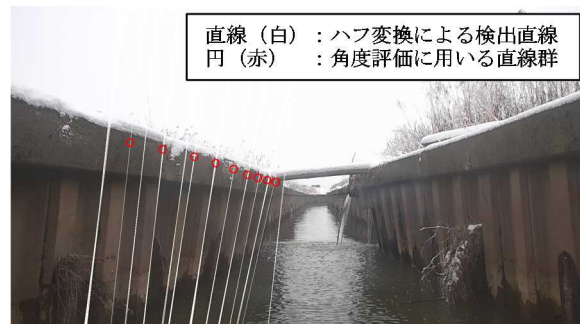


Fig. 6 ハフ変換による直線検出結果
Result of line detection by the Hough transform.

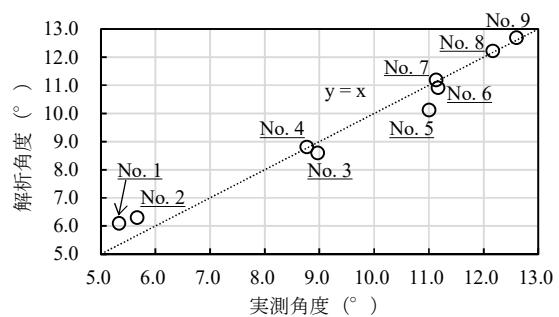


Fig. 7 実測角度と解析角度の比較
Comparison of measurement angles and analytical angles.