

## 捨石堤実験における断面形状画像計測手法の構築と実験の効率化

東洋建設(株) 正会員 ○酒井 大樹

東洋建設(株) 正会員 金澤 剛

熊本大学大学院 フェロー会員 辻本 剛三

### 1. はじめに

著者らは施工途中の捨石堤が高波浪によって被災を受ける過程を検討するため、断面水路を用いた水理模型実験を行っている。捨石堤の断面形状を計測する手法として、従来、レーザー変位計を使用している。その計測手法の実験手順を図-1(a)に示す。従来の計測手法の欠点は、水中に没した捨石堤を計測する場合に精度の確保が困難な点と実験効率が良くない点である。レーザーは通過する媒体によって屈折率が変化するので水面を通過するのは避けたい。そのため、計測前には造波を停止させてから水位を下げ、捨石堤を露出させた状態にする必要がある。この場合、水位調整のための注排水にかかる時間が長く、計測頻度を多くすると1ケースに数日間の時間を要する場合もある。さらに計測のために造波を停止させるため、波を継続的に作用させることができないという欠点もある。それらの欠点を解決して実験の効率化を図るために、図-1(b)に示す実験手順を考案した。本手法は、画像解析を捨石堤の断面形状計測に利用したもので、造波を中断することなく、撮影した動画から任意時刻の断面形状を計測する方法である。本研究では、構築した画像解析手法と従来手法を比較し精度検証を行った。そして、本手法の適用事例から実験効率の向上を確認した。

### 2. 画像解析手法

図-2に実験の様子を示す。使用するビデオカメラは一般的に市販されているもので、フレームレートは30fps、解像度はフルHDサイズである。ガラス面にカメラの背景が映り込んでいると画像解析でのノイズ処理が複雑になる可能性があるため、暗幕を設置した。撮影は、断面水路のガラス越しに行い、波による捨石堤の一連の被災過程を録画した。実験後に撮影動画から解析する時刻の写真を抽出して画像解析を行い、捨石堤の断面形状を計測した。

画像解析にはオープンソースの OpenCV<sup>1)</sup>を使用した。OpenCVは多数のプログラム言語に対応しているが、本研究では Python 用のライブラリを使用した。撮影した捨石堤の断面形状から石表面のエッジ検出を行うため、OpenCVに組み込まれている Canny 法<sup>2)</sup>という画像解析アルゴリズムを用いた。図-3に画像解析の手順を示す。まず予め、水路ガラス面上に解析範囲の四隅に座標位置を把握したマーキングを施す。ステップ①で解析対象画像の四隅のマーキングから解析範囲を切り取る。切り取る際には射影補正を施した。このとき、切り取った画像の縦あるいは横方向のピクセル数とマーキングの座標から pixel/cm を算出する。ステップ②、③で画像のグレースケール化と2値化を行い、同時に Gaussian フィルタでノイズの処理を

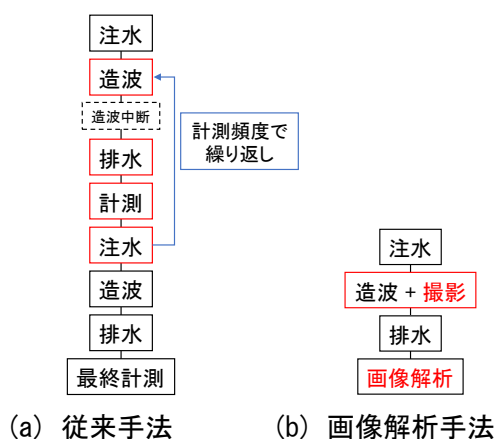


図-1 実験手順

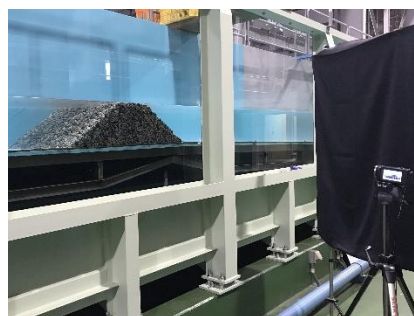


図-2 実験の様子

キーワード OpenCV, Canny 法, 水理模型実験, 捨石堤, 効率化, 働き方改革

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設株式会社 鳴尾研究所 TEL 0798-43-5902

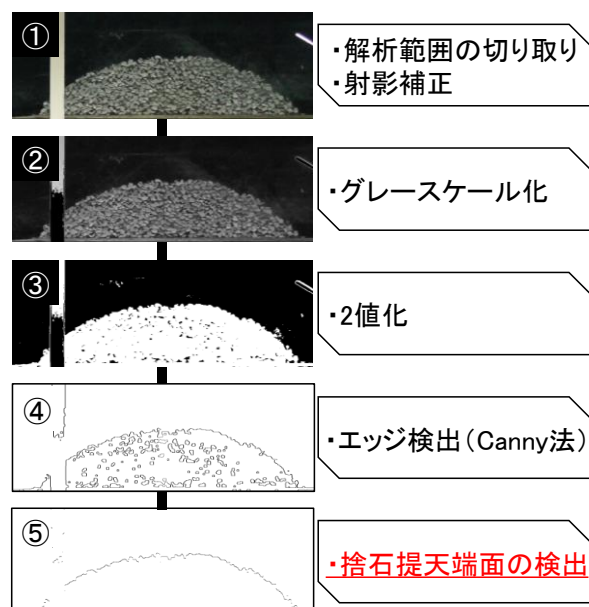


図-3 画像解析の手順

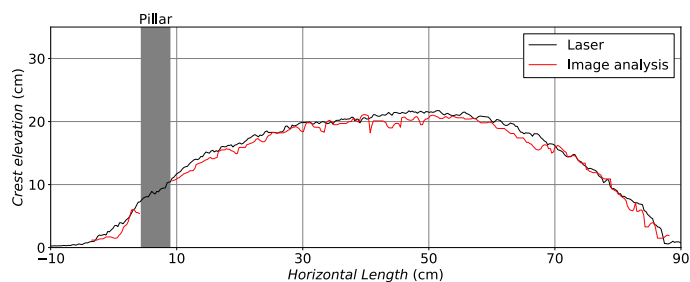


図-4 レーザー変位計と画像解析の結果比較

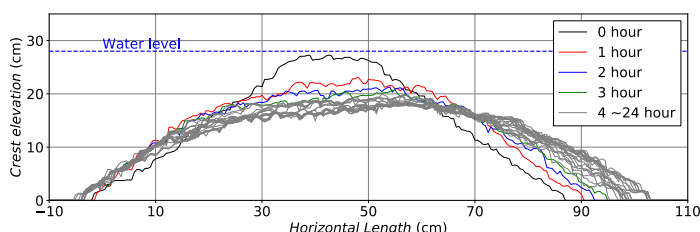


図-5 本手法の適用例

行う。ステップ④で Canny 法によるエッジ検出を行う。ここでは捨石堤の天端面以外の石の輪郭も検出される。そこで、ステップ⑤で捨石堤の天端面のみを抽出する。

**3. 精度検証** 本手法の精度を検証するため、従来手法であるレーザー変位計による結果との比較を行った。レーザー変位計では、断面水路奥行方向に三測線で計測を行い、平均した値を採用した。画像解析では、ガラス面際の形状を計測することになる。図-4 に結果の比較を示す。全体的に概ね良好な結果が得られた。多少、結果に差があるが、使用している石材の中央粒径は 1.3cm で、その差は最大でも石材 1 つ分程度で問題ないとする。注意点として、本手法はガラス面における形状を解析するため、今回の計測範囲のように、断面水路の柱などが計測範囲と重なる場所はデータが欠損する。そこで、模型の設置位置を考慮する必要がある。

#### 4. 本手法の適用事例

図-5 に本手法の適用事例結果を示す。模型縮尺は 1/25、造波時間は 4.8 時間で現地換算では 24 時間に相当する。動画から 12 分毎（現地換算 1 時間毎）の静止画像を抽出し、合計 25 枚の画像を解析して捨石堤の変形過程を図化した。解析に要した時間は、画像枚数あたり 1 分にも満たない。従来手法で 12 分毎に計測するとなると、4.8 時間分の造波をするには図-1 (a) の実験手順を 24 回繰り返すことになる。その場合、1 ケースの実験に要する時間が多大となり非現実的である。また、12 分毎に造波を中断するために波が途切れてしまい、波の連続性が保てないことも問題である。本手法の利点は、実験後に任意の時刻、時間間隔で解析が可能なことである。従来手法よりもデータ取得間隔を大幅に短くし、密なデータを取得できるうえに、実験からデータ解析までに要する時間を大幅に短縮できたため、実験効率が向上したといえる。

#### 5. まとめ

本研究では画像解析による捨石堤形状の計測手法を構築した。従来手法と比較しても十分に使用できる精度であることが確認できた。適用事例からは、データ取得間隔を短くし、実験からデータ解析までに要する時間も短縮できたことから、大幅な実験効率の向上が確認できた。

昨今、働き方改革の実現が求められているが、本手法は働き方改革に繋がるものであり、生産性を向上させ、まさに働き方改革の求めに応じるものである。画像解析の可能性は大きく、今後の展望としては、対象物を捨石堤だけではなく、異なる水理模型実験に対しても適用例を拡げたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) OpenCV ドキュメントのウェブサイト : <https://docs.opencv.org/>
- 2) Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8:679-714, 1986.