

画像解析を用いた消波ブロック安定性評価手法についての研究

五洋建設株式会社 正会員 ○石田 裕章
広島大学 正会員 一井 康二

1. 目的

消波ブロックの維持管理方法の合理化を目指し、画像解析技術を用いたブロックの形状・配置を手軽に把握する手法を検討した。そして、消波ブロック、特にテトラポッドを対象に画像解析による個々のブロック配置の評価、及び安定性評価手法を提案した。

2. 画像解析による消波ブロック3次元形状復元

本研究では, Bundler¹⁾と PMVS-2²⁾という画像解析ソフトを用いて, 消波ブロックの3次元形状復元を行った。画像解析に用いる写真は特定の位置から撮影する必要はなく, いくつかの注意点に注意して適当に撮影を行うことで, 対称物の3次元形状復元が可能である。現地で実際に設置されているテトラポッドの状況を撮影した写真を用いて3次元復元を行うことも可能であることも確認されている。

3. 模型実験による安定性評価データベースの作成

模型実験の目的は, テトラポッドの安定性指標を決定するための個々のブロックに対するデータ計測方法やデータ整理方法, ブロック位置関係のデータ化手法の提案であるため, 実験時のテトラポッド設置状況と外力の与え方は単純化することとした。具体的なブロックの設置方法は, 実現場のテトラポッド状況を再現するのではなく, 規則的に並べた下部ブロックの上に無造作に上部ブロックを設置する方法を用い, 外力は傾斜による一方向への外力を与える方法を用いた。土槽上部と側面にカメラを設置し, ブロックが変位した順番や変位状況の目視確認を行った。

3. 1. ブロック座標値の計測方法

実験を行う前に, 各ブロックに 38 点の計測点を予め設定しておき, 重心位置 G を基準(0, 0, 0)とした時の各座標値(基準座標値)を決定しておく³⁾。実験時には, 計測点の中から目視で確認できる位置にある3点を選択し, その座標値を計測する。座標値の計測方法は, 画像解析により得られた3次元座標点データを画像解析に用いた写真上に2次的に表示し, 各ブロックの計測点上にある座標データを選択・抽出することで高精度な計測が可能となる。

3. 2. 実験結果を用いたデータベースの作成

実験結果を用い, ブロックの重心位置変位の有無, ブロックが変位した時の傾斜角度, 各ブロックと接触ブロックとの重心間距離, 接触点数のデータをまとめたグラフを図.2 に示す。今回の実験結果では, 重心間距離(平均値) L_g が 4.5cm 以下の配置にあるブロックは動かず, 安定しているという結果になった。模型ブロックの頂点部直径 $R=1.0\text{cm}$ であるため, L_g を R で除して一般化し, 各ブロックの無次元化重心間距離 (L_g/R) が 4.5 以下であるとき安定であるという判断ができる可能性がある。

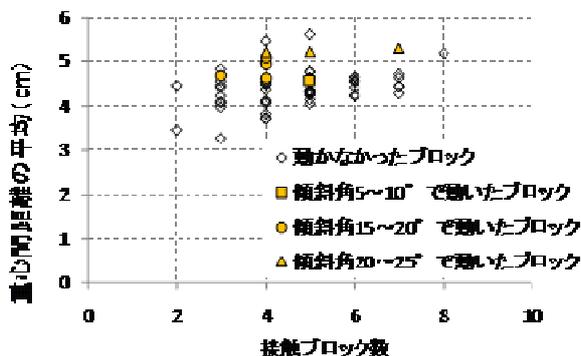


図2 データベース作成例

キーワード テトラポッド, 画像解析, 安定性評価

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1丁目4-1 広島大学工学部地盤工学研究室 TEL082-424-7783

4. 画像データからの消波ブロックの位置及び姿勢の推定

画像解析結果の3次元座標データを用いてテトラポッドの突出部先端の円部(頂点部)とその中心座標値を自動検出するプログラムの作成を行った。テトラポッドの3次元的位置及び姿勢の特定には3点の任意箇所の座標値が必要となってくるが、まずテトラポッドの形状の中で最も特徴的である頂点部中心の座標値を自動抽出する方法について検討を行った。

4. 1. プログラムの作成と考え方

画像解析結果を可視化した時のテトラポッド模型頂点部の画像を図3に示す。テトラポッドの頂点部は図3に示すように真横から見たとき平坦で、また、真上から見たときは直径Rの円形をしている。プログラムの基本的な入力情報は、頂点部直径の大きさRと座標データ数nを用いた。

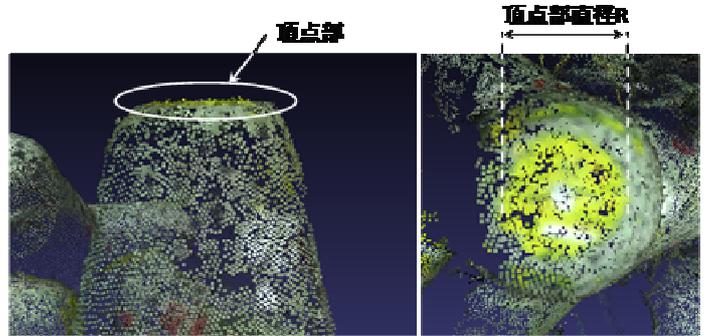


図3 テトラポッド模型頂点部

テトラポッド頂点部の形状特性が「平坦で円形」であることに着目し、頂点中心点と頂点中心点から半径R/2の円周上にある点を用いて外積計算を行った結果は、外積ベクトルが一致するか頂点中心点から対象位置になるはずと考えのもと、頂点部検出を行った。また、外積ベクトルは頂点中心と重心を結んだ線分上に存在するはずである。そこで、外積計算結果を用いて頂点中心点から重心方向に移動した位置でのテトラポッド表面上の点の検索を行い、ある程度の点の存在が確認された時、頂点部と判断した。

4. 2. プログラムの出力結果

模型実験の画像解析結果を用いた出力結果の例を図4に示す。図4は座標データ数n≒100,000の出力例で、頂点部を10箇所出力することに成功した。しかし、図4中の白色円内に示すように頂点部以外の箇所を誤って出力しているケースが7箇所ある。この誤検出の問題については明確な原因を明らかにすることは出来ず、今後の課題である。

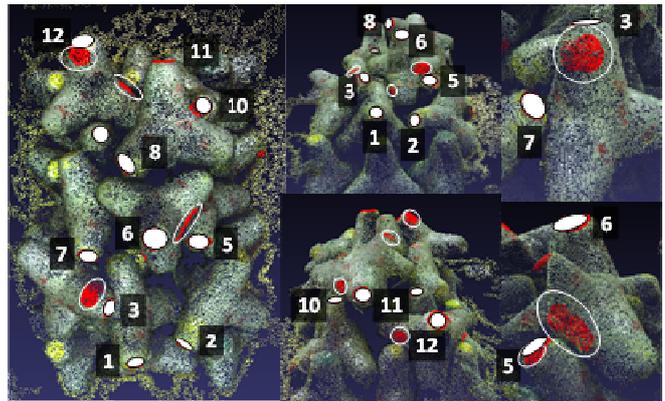


図4 頂点部検索結果の例

4. 3. 重心位置の推定

上述したように、頂点部は「円形で平坦」という形状特性を持っているため、頂点中心と頂点部円周上の点を用いて外積計算をすると外積方向が一致する。この外積方向は頂点中心点から重心点までのベクトル方向と一致するため、外積ベクトルと頂点中心から重心までの距離を用いて計算が可能である。重心位置Gの座標値は右に示す式により求まり、頂点部を精度よく検出することが出来れば、頂点部を検出したブロックの重心位置も推定できる。これにより、3次元復元画像中のブロック姿勢及び配置が頂点部自動検出プログラムによって把握できる可能性がある。

$$G = \frac{\overbrace{a(i) \cdot G}^{\text{頂点部中心から重心までの距離}}}{\underbrace{a(i) \cdot B(0) \times a(i) - c_j(0,0)}_{\text{外積ベクトルの大きさ}} - \underbrace{a(i) \cdot B(0) \times a(i) - c_j(0,0)}_{\text{外積ベクトル}} + \underbrace{a(i)}_{\text{頂点部中心座標値}}}$$

参考文献

- Bundler : <http://phototour.cs.washington.edu/bundler/>
- Patch-based Multi-view Stereo Software : <http://grail.cs.washington.edu/software/pmvs/>
- 株式会社テトラ : テトラポッド設計要領, pp.1-14, 1996年