

SfM-MVS による橋脚周辺での河床変動の検討

愛知工業大学 工学部都市環境学科 正会員 赤堀 良介
 静岡市役所 非会員 青島 正和
 福田道路株式会社 非会員 中田 詞也

1. はじめに

水理構造物周辺での局所流は洗掘や河岸浸食等の要因となり得るが、このような流れは氾濫流の空間スケールに対して非常に小規模で、かつ構造自体も複雑であるため、現地観測に基づく定量的な評価が困難な現象の一つであった。その要因として対象物のスケールで地形を解像し得る観測手法が一般的でなかったことが挙げられるが、これに対処し得る新しい技術として、Unmanned aerial vehicle (UAV) により得た画像に対する Structure from Motion-Multi View Stereo (SfM-MVS) 技術の適用が挙げられる。本研究では、2016年9月20日に庄内川(土岐川)で発生した出水前後での橋脚周辺の地形変化を、SfM-MVS から得た地表モデルの比較から定量的に評価することを試みた。この際、簡便な観測を目指し UAV によらない高所撮影手法を用いた。さらに、既往の5mメッシュDEMデータを元に河床変動解析の結果と比較することで、該当する橋脚周辺での河床変動機構に関して考察を行った。

2. 研究手法

観測対象は、岐阜県および愛知県を流れる庄内川(土岐川)の河口から58km付近左岸である(図-1)。庄内川では、2016年9月20日に土岐水位観測所で避難判断水位4.50mを超える4.53mのピーク水位を記録した。筆者らは2016年9月2日と12月23日に現地観測を実施しており、出水の変化を観測する機会を得た。観測では、RTK-GNSS(Sokkia製,GSX2)による標定点の位置情報取得、さらに高所撮影を行った。

本研究ではUAVによる撮影ではなく、伸縮ポール先端に取り付けたカメラによる撮影を行った。これは遠隔操作カメラを約7m上空に持ち上げて撮影を行うものであり、後藤¹⁾により提案された。環境や制度上の制約が少なく、特に都市域河川での安全な撮影に効果を発揮する。本研究では、ポール(プロメイト製,E-4867)の先端にレンズ式カメラ(Sony製,ILICE-QX1L)を取り付けた。一般的なSfM-MVSでは中心の対象を取り囲みながら撮影するが、本研究ではカメラ保持者がその場で水平回転しながら撮影し、一回転したところで次の場所に移動した¹⁾。また伸縮ポールの長さを50cm程度にし、橋梁の上からも同様の撮影を行った。

SfM-MVS解析には、Agisoft製PhotoScan Professional edition(Ver.1.2.6)を用いた。様々な角度から撮影された画像を用いることで、橋梁や橋脚の形状を含めたDigital Surface Model(DSM)が作成可能であっ

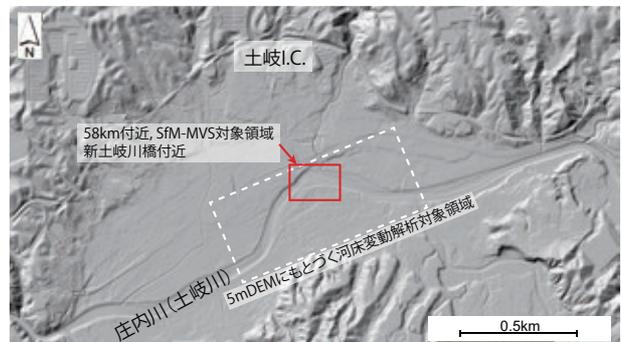


図-1 庄内川 58km 付近における各解析の対象領域



図-2 58km 周辺 DSM と橋脚部分の別角度から見た拡大図

た(図-2)。画像枚数は12月23日の場合で1367枚、標定点は24点、元DSMの解像度は4.21cmであった。撮影時間は半日程度であり、本手法であれば災害後の緊急的な現地踏査の際にも地形や構造物のモデル化が簡易に実施可能である。

これらのDSM解析により検討を行った後、平面2次元河床変動数値解析を実施し、河道の平面形から規定される堆積および浸食傾向について考察した。ただし図-1に示すように、DSMとして得られた河道形状の範囲(赤枠)は橋梁周辺の局所的なエリアであり、水域も補間出来ておらず、リーチスケールで見た流れの構造の解析には適していない。このため計算条件としての地形の設定にあたり、先のDSMは使用せず、既往の5mメッシュDEMデータを用いた計算を行った(白枠)。

近年の情報²⁾から土岐水位観測所でのH-Q式を作成し、対象期間の水位から9月20日の流量を算出した。当時は、4.53mというピークの3日後に、2.35mほどの小規模なピークが生じていた。両者に対応する流量を955m³/s, 184m³/sとし、代表粒径を10mmと仮定して河床変動解析を行った。計算にはiRIC³⁾に含まれるNays2Dを用いた。また橋脚部分は障害物とした。

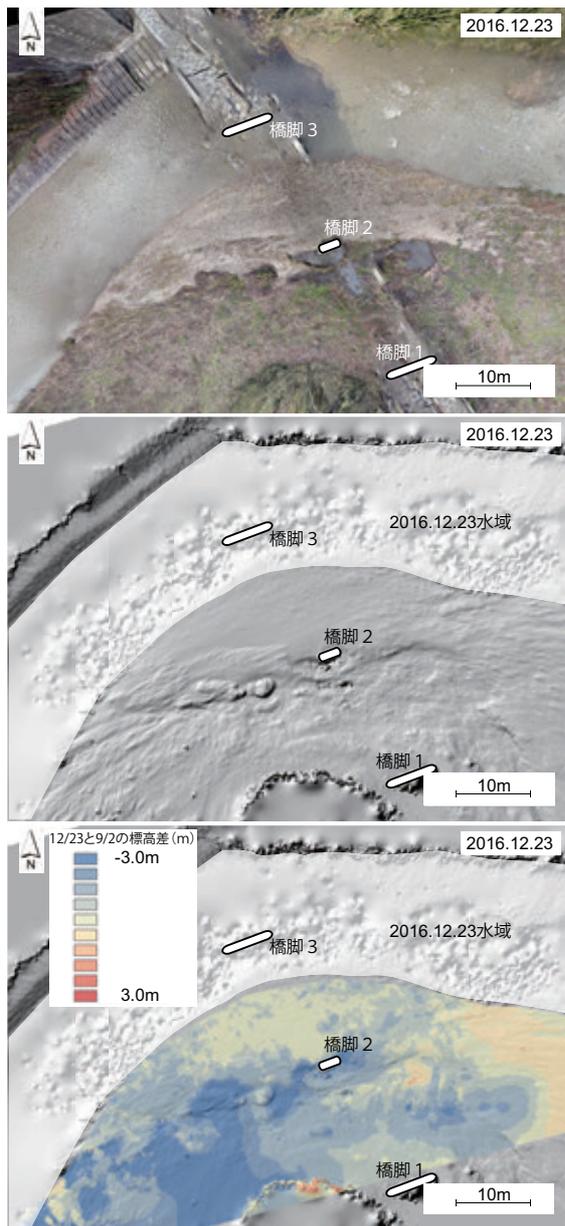


図-3 作成された DSM (12/23 画像, 上: オルソ画像, 中: 陰影図, 下: 9/2 に対する 12/23 の DSM 標高変動量

3. 解析の結果

上記の DSM は, GIS (ESRI 社, Arc Desktop10.2) で整理し, 陰影図作成や地形の変化の検討 (図-3) に利用した. DSM と RTK-GNSS で取得したものの標高値を比較すると, 標準偏差は 13cm 程度に収まった. 地形の検討に際しては元 DSM から橋梁部分を削除した. また本観測では水面下の地形を得ていないため標高情報に関しては水域部分に網かけを行っている. これらによると, No.2 の橋脚部分の下流側で洗掘が進行し, 逆に上流側では堆積の傾向が見られた. また No.2 橋脚下流の洗掘により形成された河床低下箇所については, 階段状に何段かの筋が見受けられ, 出水期間中に複数回のピークの影響を受けたことが確認された.

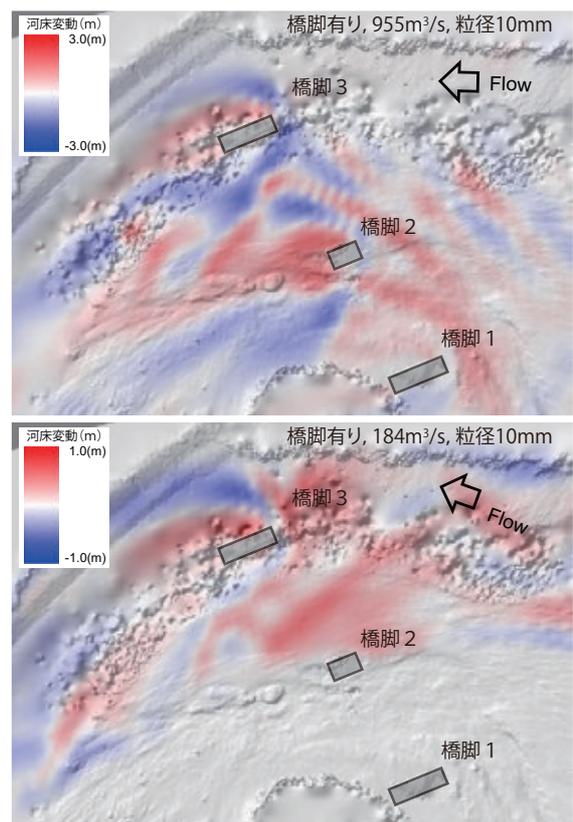


図-4 5mDEM に基づく平面 2 次元河床変動数値解析結果, 上: 最大ピーク時 (955m³/s), 下: 小ピーク時 (184m³/s)

次に, 既往の 5m メッシュDEM データを用いた平面 2 次元河床変動解析の結果として, 助走期間に規定流量まで流量を増加させた後, 2 時間通水した際の河床変動量のコンター図を, 図-4 に示す. それぞれの流量での結果を比較すると, No.2 の橋脚下流側に存在する浸食により生じた階段状の構造が, 各流量での浸食傾向箇所の変遷とよく一致していることが示された.

4. まとめ

庄内川 58km 付近における 2016 年 9 月 20 日の出水前後の河床変動について, ポールカメラ画像に SfM-MVS 解析を適用することで DSM を作成し検討した. また同時に既往の 5m メッシュDEM を用いた平面 2 次元の河床変動数値解析を行い, 河道の平面形に規定された堆積と浸食の傾向について考察を行った. 結果から, 簡単な撮影と標定点計測のみで高解像度地形モデルの作成が可能であったこと, またそこで把握できた微細な浸食の状況が出水時の河道の物理的特性とよく一致することが確認出来た.

参考文献

- 1) 後藤秀昭: SfM(Structure from Motion)-MVS(Multi-Video Stereo) 技術を用いた変位地形の数値表層モデルの作成と変位量の計測 -1970 年代撮影の空中写真およびポールカメラの写真を用いた検討-, 活断層研究, 42 号, pp.73-83, 2015.
- 2) 水文水質データベース: <http://www1.river.go.jp/>
- 3) iRIC software: <http://i-ric.org/ja/>