

東日本大震災による野蒜築港関連の土木遺産被災調査について

- 地上型 3 次元レーザースキャナによるレンガ橋台の被災解析 -

株式会社テクノシステム 正会員 丹治史哉
 東北大学大学院工学研究科 正会員 後藤光亀

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）では、仙台湾岸の運河群や野蒜築港関連の土木遺産が大きな被害を受けた。

本報告では、野蒜築港のシンボルである土木構造物レンガ橋台の被災状況を、地上型 3 次元レーザー測量を用いて解析した。著者らは、今回の震災前に「下の橋」に関して詳細な 3 次元レーザー測量を実施しており、震災前後の 3 次元レーザー測量の結果を比較検討することにより地震動と津波による被害の特徴を評価する。

み、9 月のレーザー測量時には土嚢で護岸が修復されていた。



図-1 野蒜築港跡レンガ橋台（下の橋）付近

2. 調査方法

現地調査は、震災前平成 22 年 11 月 9 日、震災後平成 23 年 9 月 26 日、図-1 に示す東松島市の野蒜築港跡である新鳴瀬川のレンガ橋台「下の橋」で計測を行った。

計測には、TOPCON 社製地上型 3 次元レーザースキャナ GLS-1500 を使用した。この機械は、1535nm の波長のレーザを、被計測物に 30,000 点/秒で照射し、被計測物の 3 次元点座標群と色 (RGB) 画像およびレーザ反射強度をデジタル計測できる。

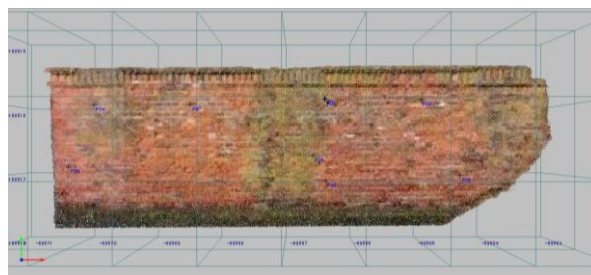


図-2 色情報表示（震災前の下の橋 NO.1）

3. 結果および考察

図-2 ～図-4 は、震災前のレンガ橋台「下の橋」側面（石巻側（左岸）で海側）の 3 次元レーザースキャナの解析結果を示す。ここで、3 つのレンガ橋台は海側から NO.1 ～3 とする。図-2 は、搭載カメラの色情報と 3 次元座標点データ群、図-3 は、反射強度と 3 次元座標点データ群で、反射強度の小さい青色のレンガは、色が黒褐色から茶褐色の濃いレンガ色で、風化が進行せずレンガの原寸法を保持している。この青色の反射強度を示す風化の少ないレンガの面を 6 点選択し、これらを基準点としてレンガ橋台側面（海側）の基準平面を決定し、その基準平面からの凹凸を図-4 に示す。橋台の上端のレンガ飾りの欠損が明確となり、またレンガの欠損や目地欠落の状況を表示することが可能であり、今回の津波被災で流失した歴史的構造物の状態を保存できた意義は極めて大きい。

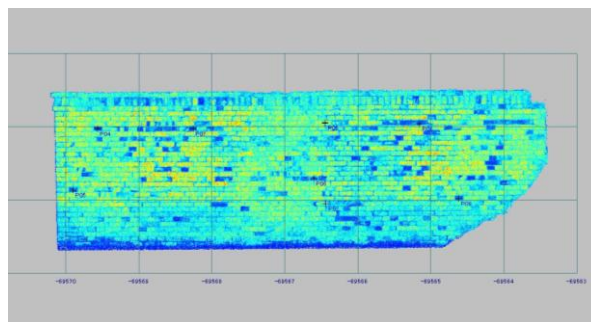


図-3 反射強度表示（震災前の下の橋 NO.1）

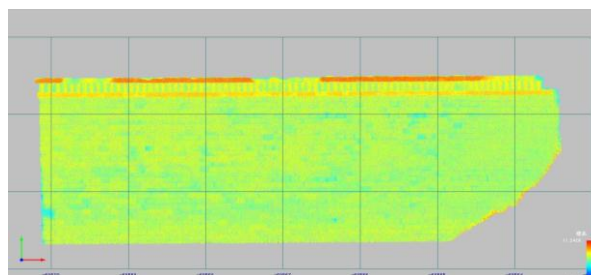


図-4 凹凸表示（青～赤：0～25.4 cm）

写真-1 は、津波被災後の下の橋左岸の状況である。左岸側は NO.1 と 2 のレンガ橋台が津波で流失し、NO.3 は一部損壊した。7 月には護岸の応急復旧が進



写真-1 津波で損壊した下の橋
(2011年6月5日撮影)

表-1 津波によるレンガ積層の損壊段数

(レンガ積層=レンガ+目地、10段の平均=6.82cm/段)

下の橋	西側	中央	東側
右岸 No.1	9	8	9
右岸 No.2	8 *	8	13
右岸 No.3	8	4	5 *
左岸 No.3	35 以上 *	4	4 *

* : 各レンガ橋台の損壊段数は3か所（↓で表記）で測定

レンガ橋台は、セメントモルタル目地面やレンガ面をほぼ水平に津波で破壊されている。

震災前後の下の橋レンガ橋台の傾きは、右岸 NO.1~3 がそれぞれ、 1.6° （震災前）→ 1.4° （震災後）、 0.4° → -0.1° 、 -0.5° → -0.8° 、左岸 NO.1~3 がそれぞれ 3.4° → 流失、 1.3° → 流失、 1.3° → 1.5° で、残ったレンガ橋台の傾きは、震災前後で大きな変化はなかった。ここで、傾きの値は正が海側へ、負が陸側への傾斜を示す。下の橋レンガ橋台右岸 NO.3 のレンガの寸法は、10 個の平均で長手 22.6 ± 0.3 cm、高さ 11.1 ± 0.1 cm、小口 11.4 ± 0.2 cm であった。セメントモルタルの目地は約 0.8cm である。

レンガ橋台のレーザー反射率は、図-3 に示すように各レンガ表面の緻密さによりパッチワーク状になる。この模様合わせは RGB 画像より明確で使いやすい。上述のレンガと目地の寸法を利用して被災前後のレンガ橋台に高さを合わせ、津波により損壊したレンガ段数を算定し表-1 に示した。図-5 に震災前後の下の橋の状況を示す。津波によるレンガ橋台と稲井石による護岸の損壊の状況が図示され、その概要が表現されて

いる。

図-6 は、レーザー測量による下の橋の NO.3 と北上運河の横断面図を示す。津波は地震発生後、鳴瀬川河口の水位計記録から約 1 時間後の 15 時 45 分に襲来した。津波はまず北上運河を遡上し、下の橋の左岸を直撃し、取り付け道路の背後に洗掘を生じさせたと考えられる。その後、最大波の第 1 波が防潮堤や運河のサイクリング道を射流化した水塊として運河に流れ込みレンガ橋台のレンガ積層を破壊していったと考えられる。

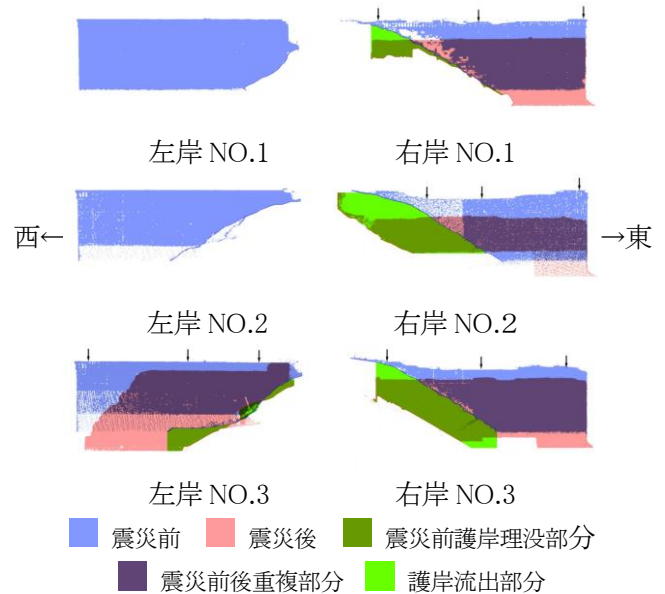


図-5 震災前後の下の橋の被災状況

(海側からの側面図)

4. おわりに

レンガ橋台や運河形状などの歴史的な遺跡・建造物への地上型3次元レーザースキャナを用いた利活用について考察を加えた。

いま、日本一長い運河群である貞山運河・北上運河・東名運河の運河断面も十分把握されていない。今後津波浸水域であるこれら運河群は、多重防御の観点からその断面や景観が大きく変更される可能性がある。そのためにも3次元レーザースキャナによるデータベース化は重要な検討課題である。

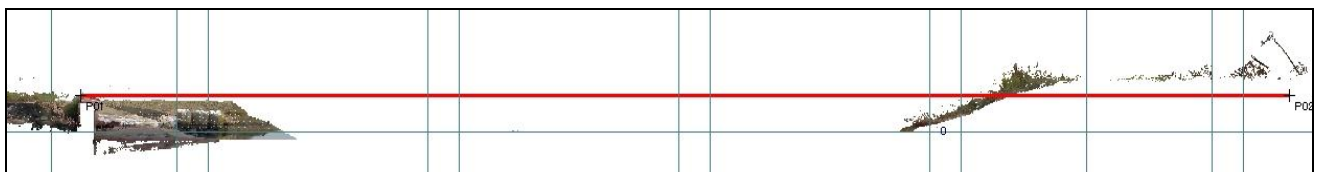


図-6 下の橋 (左岸 NO.3 レンガ橋台) と北上運河の横断面図 (計測期間：平成 23 年 9 月 26 日、8 時 48 分～17 時 45

分)。運河の兩岸の法肩間の距離、約 54m、法尻間の距離、約 41m (ただし潮汐の影響があり正確ではない)。赤い水平線は、下の橋 (左岸 NO.3) のレンガ橋台の天端の標高を示したもので、対岸の運河のサイクリング道の標高は約 0.95m 高い。