

2011 年東北地方太平洋地震津波で現れた野蒜築港市街地跡悪水吐暗渠の 3D レーザー測量調査

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

1. はじめに

平成 23 (2011) 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。

鳴瀬川と北上運河の合流点の護岸が津波で流出し、悪水吐暗渠が現れた。本報告は、水辺での松の倒木など障害物がある場合の迅速な悪水吐暗渠調査とその全体像を、地上型 3 次元レーザー測量 (以下 3D レーザー測量) で解析した発掘調査結果から考察する。

2. 調査方法

現地調査は、震災後の 2011 年 6 月 1 日に、東松島市の野蒜築港市街地跡の天屋公園付近に津波の洗掘で現れた悪水吐暗渠で行った。調査は東松島市教育委員会と共同で行った。計測には、TOPCON 社製地上型 3 次元レーザー扫描仪 GLS-1000 を使用した。本装置は、1535nm の波長のレーザーを、被計測物に 3000 点/秒で照射し、被計測物の 3 次元点座標群と色 (RGB) 画像およびレーザー反射強度をデジタル計測できる。3D レーザー測量は、津波で洗掘された海側からと天屋公園の道路上から 2ヶ所の計 3ヶ所で行った。津波で倒伏した松の木は撤去が困難であったので、計測設定箇所には松の木が計測に影響を及ぼさない位置決め工夫を行った。また、野蒜築港周辺の電子基準点は矢本で 0.47m の沈下が観測されている。発見された暗渠は、満潮時に海面下となるので、計測は干潮の時刻に合わせて行った。

3. 3D レーザー測量解析

3.1 悪水吐暗渠の新発見と 3D レーザー測量の意義

写真-1 に野蒜築港市街地跡と明治期の悪水吐暗渠計画図を示す。2011 年 5 月、地元浜市漁港の大友久義氏の指摘で発見され、7 月の梅雨期を控え河川管理者が 7 月から緊急復旧工事に入る必要から、暗渠発掘調査は迅速性と正確性が要求された。3D レーザー測量は、3 次元の位置情報と RGB 画像の映像情報も同時に計測できるのでその迅速性と正確性そして史料性を確保しやすい。

写真-2 は、6 月 1 日の 3D レーザー測量時の状況と関係者による発掘調査の確認状況を示す。今回の報告は、1 日間で行った 3D レーザー測量解析結果を示す。

3.2 3D レーザー測量解析

写真-2、図-1 に示すように、天屋公園の周辺の護岸が津波で大きく洗掘された。図-1 に示す 3D レーザー測量の結果から、右岸 3 段目の石材天端は河川管理道路の路面より約 3.3m 下に位置していることが確認された。

写真-3 に示すように、暗渠に使用された石材は凝灰岩で、底板の上に石を 3 段重ね、その上部に蓋の凝灰岩を設置する構造で、石材層の外側に粘土質の土で被覆し水密性を確保する構造は、写真-4 に示す平成 16 (2004) 年発掘の暗渠と同様である。ただし、2004 年の暗渠の底部は底板ではなく胴木であった。

図-2、3 の 3D レーザー測量結果から、今回の暗渠側面の凝灰岩の寸法は、石材が幅 (小口)・高さ・長さが計測できる左岸側の 3 つ凝灰岩 (最上段: 3 段目) の計測結果から、幅 23~24、高さ 20~21、長さ 89~90 cm で、これも前回の暗渠とほぼ同様である。しかし、最も北上運河側の凝灰岩は、幅 25、高さ 20、長さ 56 cm であった。暗渠内側の断面は幅 60、高さ 60 cm で 2004 年発掘の暗渠断面と同様であった。

なお、暗渠の蓋に使用されている凝灰岩の寸法は、道路の縁石が落下して破損していたため、6 月 1 日の調査では正確な寸法は計測できなかった。縁石を撤去した後の発掘調査 (6 月 5、6 日) は後日報告予定である。暗渠の左岸 (石巻側) 3 段目の 4.2m 間の天端勾配は、石材の凹凸による計測誤差から評価は正確性に欠けるが、ほぼ水平であった。

震災後、堤防周辺は頻繁に工事が入りその現状が保持されにくく、現地で測定した基準点が不明になることもある。そこで、震災以後の空中写真を活用し、津波による倒木した松の木の位置、記念碑の倒壊位置などを利用し、3 次元レーザー測量結果と重ね合わせて、震災直後で測量基準点が不明になった場合の位置決めを行った。

その結果、暗渠の陸側への延長線は、天屋公園の左岸管理道路下にあると判断された。左岸の堤防建設時に現在の路面より約 3m 以深を掘削していなければ、まだ道路下に暗渠が残っている可能性が高い。明治期の県庁文書の悪水吐暗渠の計画図 (写真-1) では、この路線の暗渠は鳴瀬川 (北西) 方向に曲がっているため、残りの暗渠延長はあまり長くないと推察される。

写真-2 に示すように、2011 年 6 月 1 日、管理者・教育委員会・研究者等で簡易発掘調査結果を確認し、堤防の緊急復旧工事のため埋戻しを行った。

護岸の本格復旧を行う際には、河川・運河の管理者と協議し、緊急に埋め戻した暗渠の延長上での暗渠の存在の有無を確認する必要がある。土木遺産、地域の歴史遺産として風化しない対応を行うことが肝要である。

津波は野蒜築港に関連する土木遺産に大きな被害を与えたが、その強大なエネルギーが新たな悪水吐暗渠の発見に繋がったことは皮肉なことである。



写真-1 野蒜築港市街地跡と悪水吐暗渠の計画図



写真-2 悪水吐暗渠の新発見

左上：鳴瀬川と北上運河の合流点の護岸が津波で流出し、暗渠が現れた。右上：護岸堤防天端から約3m以下に暗渠があった。左下：暗渠は満潮時には海面下に没してしまう。右下：管理者・教育委員会・研究者等による確認。堤防の緊急復旧工事のため簡易発掘調査後、6月末までに埋戻しを行った（2011.06.01撮影）



写真-3 津波後に発見の悪水吐暗渠跡

左上：新発見の石積みが見え出した悪水吐暗渠の全景。右上：断面は2004年発見の暗渠と同じで、幅60cm、高さ60cm。左下：暗渠の底は板張りであった（2011.06.06撮影）。2004年の暗渠は桐木方式。右下：石材は凝灰岩、石積みの間と側面に粘土質の土で被覆しているのも2004年の暗渠と同様であった（2011.06.01撮影）

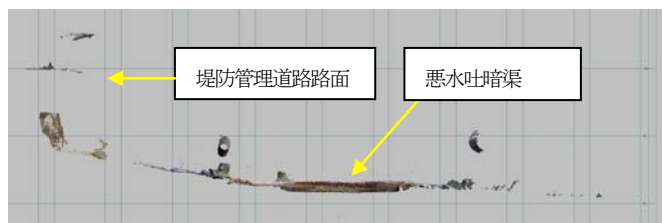


図-1 3Dレーザー測量結果（右岸暗渠延長上の縦断面図）
堤防の管理道路路面と悪水吐暗渠の右岸底板より3段目（天端）との高低差は約3.3m。地中探索を行える深さ。



図-2 左岸（石巻側）の3Dレーザー測量結果（右：運河側）
上：左岸（石巻側）平面図、下：側面図（野蒜側：内側）



図-3 右岸（野蒜側）の3Dレーザー測量結果（右：運河側）
上：右岸（野蒜側）平面図、下：側面図（野蒜側：外側）
（図2,3は3Dレーザー測量データを暗渠石材のみにクリーニング）



写真-4 平成16（2004）年発見の悪水吐暗渠跡

左：悪水吐暗渠発掘全景。全長約11m。右：暗渠断面は幅60cm、高さ60cm。近代土管（愛知県常滑産）を使用、土管の接続にセメントを使用。

4. おわりに

今回の暗渠調査は、津波で洗掘された後の地表面の石材を中心に計測したが、津波で散乱した運河護岸の稲井石を人海戦術で除去し測量用ピンポールで砂地を検索した結果、底板と思われる存在と1段目の石材の存在が北上運河の護岸近くまで確認された。

野蒜築港の悪水吐暗渠は、当時高価な近代土管やセメントを利用した日本人用としては最古級の近代下水道である。本格復旧が始まるに当たり堤防の嵩上げ工事が行われるが、この地域資産を後世に確実に伝えるさらなる調査が必要とされる。