

平成23年東北地方太平洋沖地震による 歴史的土木構造物の被災状況に関する調査報告 (その2)

阿部 貴弘¹, 後藤 光亀², 伊藤 登³, 依田 照彦⁴

¹正会員 日本大学准教授 理工学部まちづくり工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: abe.takahiro@nihon-u.ac.jp

²正会員 東北大学准教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: goto@civil.tohoku.ac.jp

³正会員 株式会社プランニングネットワーク (〒114-0012 東京都北区田端新町 3-14-6)

E-mail: itoh@pn-planet.co.jp

⁴正会員 早稲田大学教授 理工学術院社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: yoda1914@waseda.jp

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、東日本の広範囲にわたる歴史的土木構造物が甚大な被害を受けた。土木学会土木史研究委員会では、委員会内に東日本大震災特別小委員会を設置し、文化庁及び建築学会等の関係機関と連携し、土木学会各支部や土木学会選奨土木遺産選考委員会等の協力のもと、歴史的土木構造物の被災状況に関する調査を実施している。

平成24年度は、被災した歴史的土木構造物のうち、本格復旧が進む施設に対して技術的検討を行うとともに、平成23年度に現地調査を実施することができなかった未調査被災施設を対象に被災状況調査を行った。

本報告は、これらの平成24年度の調査結果について報告するものである。

Key Words: *Tohoku Region Pacific Coast Earthquake in 2011, historic civil engineering structures, damage survey, JSCE's Recommended Civil Engineering Heritage*

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とそれに伴う津波により、東日本の広範囲にわたる歴史的土木構造物が甚大な被害を受けた。土木学会土木史研究委員会では、委員会内に東日本大震災特別小委員会(以下、小委員会)を設置し、文化庁及び建築学会、日本建築家協会、日本建築士会連合会等の関係機関と連携し、土木学会各支部や土木学会選奨土木遺産選考委員会等の協力のもと、歴史的土木構造物の被災状況に関する調査を実施している。

平成23年度は、被災地域にある「重要文化財(建造物)」、「登録有形文化財(建造物)」、「土木学会選奨土木遺産」全250件を対象として、まず、被災の有無を確認する第

一次調査を実施した。この第一次調査で被災有りと確認した歴史的土木構造物のうち、被災の程度が大きい7件に対して、第二次調査として、被災状況に関する現地調査を実施した¹⁾。

平成24年度は、被災した歴史的土木構造物のうち、本格復旧が進む施設に対して技術的検討を行うとともに、平成23年度には第二次調査として現地調査を実施することができなかった未調査被災施設を対象に被災状況調査を行った。

本報告は、こうした平成24年度の調査結果について報告するものである。

なお、本調査は、文化庁が立ち上げた「東日本大震災被災文化財建造物復旧支援事業(文化財ドクター派遣事業)」の一環で実施している。

2. 調査概要

(1) 調査対象施設

土木学会 土木史研究委員会 東日本大震災特別小委員会では、平成 24 年度の文化財ドクター派遣事業に係る調査として、本格復旧に向けた技術的検討、及び、未調査被災施設の被災状況調査を目的として、平成 12 年度の選奨土木遺産「野蒜築港関連事業」のうち、以下の施設を対象に調査を実施した。

表-1 調査対象施設

調査対象施設	所在地	施設管理者	調査目的	備考
貞山運河 (多賀城緑地護岸)	宮城県 多賀城市	宮城県	復旧に向けた 技術的検討	1890 (明治 23) 年 竣工
東名運河	宮城県 東松島市	宮城県	被災状況調査 (平成 23 年度 未調査施設) 復旧に向けた 技術的検討	1884 (明治 17) 年 竣工
釜閘門	宮城県 石巻市 (北北運河)	宮城県	被災状況調査 (平成 23 年度 未調査施設)	1895 (明治 28) 年 以前? 竣工
大曲閘門	宮城県 石巻市 (南北運河)	宮城県	被災状況調査 (平成 23 年度 未調査施設)	1907 (明治 40) 年 竣工

(2) 調査日時及び調査員

各施設の調査は、以下の日時及び調査員により実施した。

表-2 調査日時及び調査員

調査対象施設	調査日時	天候	調査員
貞山運河 (多賀城緑地護岸)	平成 25 年 3 月 14 日 (木) 10:00~11:00	晴れ	後藤光亀 (東北大学 准教授) 伊藤登 (株) プランニングネット ワーク 代表取締役 阿部貴弘 (日本大学 准教授)
東名運河	平成 25 年 3 月 14 日 (木) 12:00~13:00	晴れ	
釜閘門	平成 25 年 3 月 14 日 (木) 13:15~14:15	晴れ	
大曲閘門	平成 25 年 3 月 14 日 (木) 14:15~14:45	晴れ	

(3) 調査項目及び調査方法

各施設に係る調査項目及び調査方法は、以下の通りである。

表-3 調査項目及び調査方法

調査対象施設	調査項目	調査方法
貞山運河 (多賀城緑地 護岸)	○被災状況の確認 ○今後の復旧・復興方針等 の確認 ○復旧に向けた技術的検討	・現地目視調査 ・地元自治体(多賀城市) へのヒアリング調査
東名運河	○護岸の被災状況の確認 ○復旧に向けた技術的検討	・現地目視調査
釜閘門	○被災状況の確認 ○復旧状況の確認	・現地目視調査 ・施設管理者(宮城県) へのヒアリング調査
大曲閘門	○被災状況の確認 ○復旧状況の確認	・現地目視調査

3. 調査結果

(1) 貞山運河(多賀城市区間)

a) 調査対象施設位置

本調査では、多賀城市内において貞山運河と旧砂押川が分岐する地点にある中の島北部の多賀城緑地の護岸のうち、北端から西岸にかけて現存する石積み護岸、さらに被災前には石積み護岸が残されていた東岸の一部区間を調査対象とした。

b) 被災状況

多賀城緑地の護岸は、東側は 5 分勾配のコンクリートブロック護岸であり、北端部で石積み護岸と接続し(図-1)、その後石積み護岸の勾配を変化させて、西岸の約 2 割勾配の石積み護岸へと続いている。護岸は空石積みであるが、石積みの目地にゆるみは見られるものの、石材の脱落はほとんど見られない(図-2)。なお、天端の笠にコンクリートが打設されていることから、かつて補修が実施されたものとする(図-4)。

目視では、西岸は地震動による液状化により護岸自体が旧砂押川側に滑っていると推察する(図-3)。また、今次の被災によるものであるかどうかは不明であるが、護岸自体が孕んでいる箇所も散見される。全体としてみると、石積み護岸に根入れがないか、あっても浅いものであると推察する。

これらから、多賀城緑地の北端および西岸に現存する石積み護岸については、津波による被害ではなく、地震動による被害の影響が大きいと考える。

こうした被災状況は、平成 23 年度調査実施時点(平成 23 年 11 月 2 日)で確認された被災状況とほぼ同様の状況であり、前回調査時点から顕著な被害の進行は見られず、また特段の復旧事業等も行われていないことを確認した。

なお、多賀城緑地の東岸の一部、中の島に架かる橋梁の南側のあたりには、かつて石積み護岸が存在していたことがわかっている。この石積み護岸はすでに津波により欠損しているが(図-5)、今回の調査実施時は貞山運河の水位が低かったことから、欠損箇所の底部を観察することができた。その結果、欠損箇所から、護岸があったと推測される位置に木杭の列を発見することができた(図-6)。これらの木杭は、当該石積み護岸の基礎である可能性があるとして推察する。

c) 復旧に向けた技術的検討

貞山運河の復旧にあたっては、調査実施時点(平成 25 年 3 月 14 日)において、施設管理者である宮城県により、「貞山運河再生・復興ビジョン」の策定が進んでいる。このビジョンに基づき検討されている本調査対象箇所の復旧計画における基本的な護岸形状は、2 割のコンクリート護岸とその上部の特殊堤により構成されている。



図-1 多賀城緑地北端部の石積み護岸（東対岸より望む）
石積み護岸とコンクリート護岸の接続部の破損が大きい
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-2 多賀城緑地北端部の石積み護岸（東対岸より望む）
石積みの目地にゆるみがあることがわかる
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-3 多賀城緑地西岸の石積み護岸（南向き）
石積み護岸が旧砂押川側に沿っている
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-4 多賀城緑地西岸の石積み護岸（北向き）
天端の筧にコンクリートが打設されている
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-5 多賀城緑地東岸
石積み護岸のあった箇所が削波で大きくえぐられている
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-6 多賀城緑地東岸
欠損箇所の底部から木杭の列が発見された
（撮影：阿部，2013.3.14）

その一方で、現状では、既存の石積み護岸の断面図等がなく、復旧計画の護岸形状との関係性を把握できないことが問題である。

そのため、石積み護岸の復旧にあたっては、まず、3次元レーザースキャナー等による測量により、現況図面の作成を行う必要がある。次に、矢板により瀬替えを行い、護岸下部をドライな状態にしたうえで試掘を行い、本来の護岸構造を把握する必要がある。そのうえで、当該護岸を本来の姿で復旧するための工法の検討を行なう必要がある。

また、これと並行して、現在検討されている復旧計画との比較により、石積み護岸を残す場合の問題点や残すための方法など、具体的な検討を行なう必要がある。

(2) 東名運河

a) 調査対象施設位置

本調査では、東松島市内を流れる東名運河のうち、護岸が石積み護岸であった、東名駅と野蒜駅のほぼ中間地点から野蒜駅周辺に至る区間を調査対象とした。

b) 被災状況

東名運河の調査対象区間は、北岸はコンクリート護岸、南岸は地元の井内石を用いた石積み(石張り)護岸であった。北岸のコンクリート護岸の被害は限定的であったのに対し(図-7)、南岸の石積み護岸は津波によるとみられる被害が顕著であった(図-8、9)。

石積み護岸の被害が大きかった要因としては、i) 石積み護岸に用いられている石材のサイズが小さいことから、コンクリート護岸と比較して重量が小さい可能性があること、ii) 空石積みで吸出し防止材がないと考えられること、iii) 根入れがないか、あっても浅いことなどが考えられる。

また、これらの石積み護岸は、比較的近年施工されたと思われるが、これらは直方体の石材を並べただけのものであり、ひとつの石材の脱落が、次々と他の石材の脱落につながったものと考えられる。

なお、南岸の石積み護岸上部の堤防上の松林は、欠損が大きいものの一部は残存していた。

c) 復旧に向けた技術的検討

東名運河の場合においても、貞山運河と同様に、矢板により瀬替えを行い、南岸の石積み護岸下部をドライな状態にしたうえで試掘を行い、本来の護岸構造を把握する必要がある。その後のプロセスは貞山運河と同様であるが、運河では通常設置されない河床洗掘防止のための根固めや護床工の設置が、津波被害に対して一定の効果があるものと推察する。

また、復旧に際して堤防を築造する場合は、現存する南岸堤防上の松林を保全し、その南側に盛土する形で堤防を築造するなどの対応が望まれる。その際、松林群など景観保全に関しても十分配慮することが望まれる。



図-7 東名運河（東名駅と野蒜駅のほぼ中間地点（南西向き））
コンクリート護岸に比べ、石積み護岸の被害が大きい
(撮影：阿部，2013.3.14)



図-8 東名運河（東名駅と野蒜駅のほぼ中間地点（南西向き））
石積み護岸の被災状況（撮影：阿部，2013.3.14）



図-9 東名運河（野蒜駅付近（西向き））
石積み護岸の被災状況（撮影：阿部，2013.3.14）

(3) 釜閘門

a) 調査対象施設位置

本調査で対象とする釜閘門は、北北上運河と定川の合流点に位置する。

b) 被災状況

釜閘門は、北北上運河の最下流、定川との合流点に位置する閘門で、定川からの逆流を防止する機能を有していた。この閘門は、上下流2基の鋼製マイタゲート閘門と、井内石の空石積み護岸による閘室からなる。

今次の震災では、定川を遡上し北北上運河に流れ込んだ津波により、下流側の閘門は流失もしくは水没し、上流側の閘門も著しく破損した。また、北北上運河の堤防も、上流側閘門近傍の右岸側（北側）が大きくえぐられ、さらに周辺地盤も70cm～120cm沈下した。このため、被災直後は、定川からの逆流により、北北上運河堤防からの越水および塩水遡上による取水障害が懸念された。

そのため、応急復旧として、まず、えぐられた堤防を復旧するとともに、定川からの逆流を防止するため、上流側閘門の直下流で土嚢により河道を閉塞する措置が取られた（図-10、11）。一方、北北上運河からの排水機能を確保するため、上流側閘門の北側、土嚢で閉塞された河道の一部にフラップゲートを設置し（図-12）、自然排水を可能とした。

調査実施時点においては、釜閘門は応急復旧がなされたままの状態にあり、上流側閘門の直下流は土嚢により閉塞され、門扉や閘頭部護岸も大きく被災したままの状態にあった（図-13）。また、下流側閘門の門扉と左岸側（南側）の閘頭部護岸は流失し、右岸側（北側）の閘頭部護岸は水没した状態にあった（図-14）。さらに、閘室部の空石積み護岸は、一部は原位置に比較的健全な状態で残存していたが、堤防がえぐられたことなどもあり全体として大きく被災していた（図-16、17）。

今回の調査で、大きく破損した閘頭部護岸の状況を観察したところ、これまで、当該護岸は、野蒜石と推測される切石積みの表面に化粧モルタルを塗布したものと考えられていたが²⁾、自然石が使われていたのは表面笠石のみで、その下部は玉石コンクリートブロックによる構造で、その表面に化粧モルタルを塗布したものであったことがわかった。また、護岸内部は盛土であることもわかった。さらに、護岸に用いられている玉石コンクリートは、凍害によると推察される劣化が進行していることを確認した（図-15）。

これまで、釜閘門に関しては、建設年次や設計者、さらに改修履歴等が明らかになっていないなど、その土木史的価値が十分に評価されているとは言い難い状況にあった。しかし、今回の調査により新たに観察された閘頭部護岸の玉石コンクリート等の分析等により、釜閘門の建設年次もしくは改修年次、さらに建設技術の特徴な

ど、釜閘門の価値評価が進展することが期待される。

なお、釜閘門については、本格復旧にあたり、定川との合流点の堤防位置に水門を建設し、現状の釜閘門の位置に新たな閘門を建設する方向で検討が進められている。被災の程度が甚大であることから、釜閘門の復元的復旧は難しいと考えるが、本格復旧にあたっては、以下の点に留意することが望まれる。

- ・現存する鋼製マイタゲートの門扉や開閉装置など、閘門関連設備の保存
- ・同じく、流失・水没した鋼製マイタゲートの門扉や開閉装置、銘板など、閘門関連設備の捜索・保存
- ・撤去等に際して、閘頭部や閘室部の護岸構造や木杭など基礎構造等の調査・把握・記録
- ・閘頭部や閘室部の護岸を構成する石材やコンクリートブロック等の保存や、新設閘門におけるそれらの護岸材料の再利用
- ・以上の調査・記録等に基づく釜閘門の歴史的価値評価の実施



図-10 被災した釜閘門全景（右岸上流側から望む）
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-11 被災した下流側閘門と閘室（上流側から望む）
左岸側の閘頭部は流失している（撮影：阿部，2013.3.14）

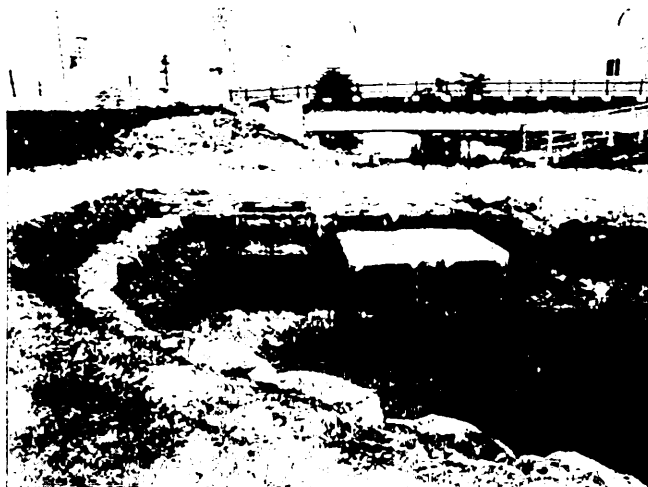


図-12 新たに設置されたフラップゲート（右岸下流側から望む）
（撮影：阿部，2013.3.14）

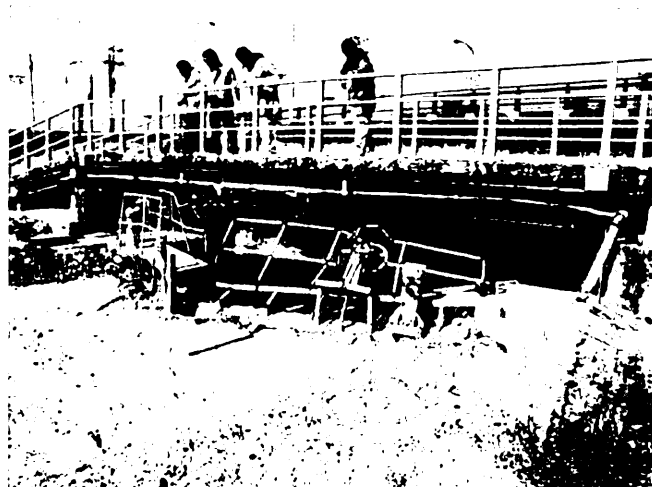


図-13 土護により閉塞された上流側閘門（左岸下流側から望む）
門扉も大きく破損している（撮影：阿部，2013.3.14）



図-14 水没した下流側閘門（右岸下流側から望む）
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-15 下流側閘頭部護岸の裏側
自然石が使われているのは表面等石のみで、その他は
玉石コンクリートブロックで積まれている
（撮影：阿部，2013.3.14）



図-16 閘室部の井内石による空石積み護岸
（右岸より左岸側を望む）（撮影：阿部，2013.3.14）

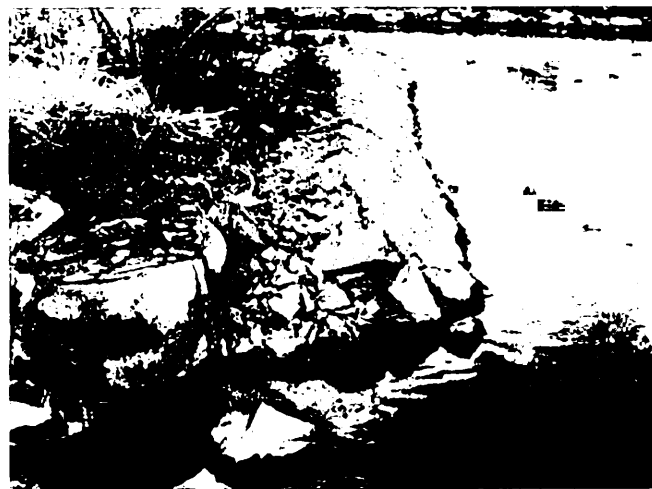


図-17 閘室部の空石積み護岸の被災状況（右岸側下流より望む）
（撮影：阿部，2013.3.14）

(4) 大曲閘門

a) 調査対象施設位置

本調査で対象とする大曲閘門は、南北上運河と定川の合流点に位置する。

b) 被災状況

大曲閘門は、南北上運河と定川との合流点に位置する閘門で、釜閘門と同様の機能を有していた。この閘門は、釜閘門と同様の上下流2基の鋼製マイタゲート閘門と、釜閘門とは異なりコンクリート護岸による閘室からなる。

目視による確認では、閘室部は、一部にコンクリート護岸の剥離が見られたが、比較的健全な状態であった(図-18)。一方、上下流両閘門の門扉及び護岸は、大きく被災していた。

まず、下流側(定川側)の門扉は残存していたが、変形が大きく、駆動が可能であるかどうかは確認できなかった(図-19)。上流側(南北上運河側)の閘門門扉は、右岸側(南側)のみ変形した状態で残存しており、左岸側(北側)の門扉は流失もしくは水没していた(図-20)。さらに、両閘頭部の護岸は、不同沈下によるとみられる護岸のひび割れや石積み・ブロックの乱れ等が発生していた。また、護岸内部の盛土にも、流失や陥没が見られた(図-20)。

なお、今回の調査で、大きく破損した閘頭部護岸の状況を観察したところ、釜閘門同様、大曲閘門も、表面笠石のみ自然石で、その下部は玉石コンクリートブロックによる構造で、さらにその表面に化粧モルタルを塗布したものであったことがわかった。また、護岸内部は盛土であることもわかった。さらに、護岸に用いられている玉石コンクリートは、凍害によると推察される劣化が進行していることを確認した(図-20)。

釜閘門同様、大曲閘門も、設計者や改修履歴等が明らかになっていないなど、その土木史的価値が十分に評価されているとは言い難い状況にあることから、今回の調査により新たに観察された閘頭部護岸の玉石コンクリート等の分析等により、大曲閘門の価値評価が進展することが期待される。

また、大曲閘門の本格復旧にあたっては、原位置での復元的復旧が望まれるが、水門及び閘門を新設する場合には、釜閘門と同様の点に留意することが望まれる。

4. まとめ

以上の通り、本報告では、平成24年度の文化財ドクター派遣事業の一環で東日本大震災特別小委員会が実施した、歴史的土木構造物の被災状況に関する調査結果を取りまとめた。

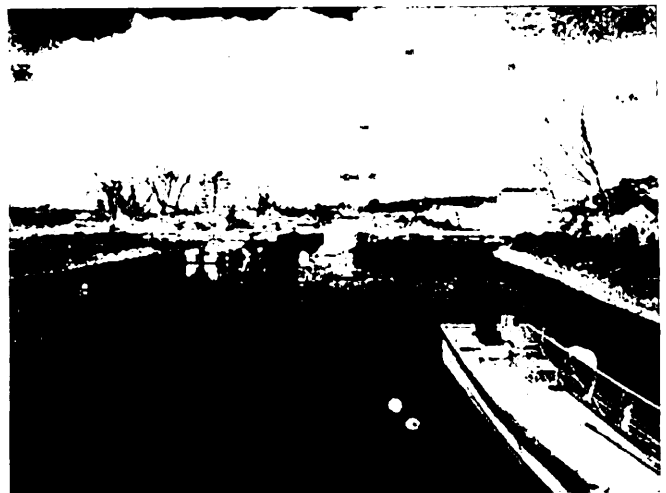


図-18 被災した大曲閘門の全景(上流側(南北上運河側)から望む)(撮影:阿部, 2013.3.14)



図-19 下流側閘門の被災状況(左岸上流側から望む)(撮影:阿部, 2013.3.14)



図-20 上流側閘門の被災状況(右岸側から望む)
護岸の割れや内部盛土の流失が見られるほか、左岸側の門扉は流失もしくは水没している
(撮影:阿部, 2013.3.14)

本調査において、現地調査及びヒアリング調査等に基づき、本格復旧が進む貞山運河及び東名運河に関する技術的検討を行ったほか、平成 23 年度の調査では未調査であった釜閘門及び大曲閘門の被災状況を把握することができた。

また、本調査により、多賀城緑地の石積み護岸の基礎とみられる木杭や、釜閘門及び大曲閘門の閘頭部の構造など、これまでには確認されていなかった、当該施設の歴史的な価値付けの推進に資する新たな事実を確認することができた。

こうした本調査の成果が、被災した歴史的土木構造物の本格復旧に資するとともに、今後の災害に対する歴史的土木構造物の防災技術の向上や、歴史的土木構造物の価値付けの推進等に資することを期待する。

謝辞：本調査にご協力いただいた文化庁、宮城県及び多賀城市の職員の皆様に、心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 阿部貴弘、依田照彦：平成 23 年東北地方太平洋沖地震による歴史的土木構造物の被災状況に関する調査報告，土木史研究講演集 Vol.32，pp. 37-48，2012
- 2) 宮城県教育委員会：宮城県の近代化遺産－宮城県近代化遺産総合調査報告書－，宮城県文化財調査報告書190集，p. 65，2002

(2013. 4. 5 受付)