

重要文化財石井閘門の補修工事報告

東出 成記¹・知野 泰明²・阿部 貴弘³・後藤 光亀⁴・伊納 浩⁵・色川 篤⁶

¹国土交通省 北上川下流河川事務所 所長（〒986-0861宮城県石巻市蛇田字新下沼80）

E-mail : higashide-s82ac@mlit.go.jp

²日本大学 工学部 土木工学科 准教授（〒963-8642福島県郡山市田村町徳定字中河原1）

E-mail : chino@civil.ce.nihon-u.ac.jp

³日本大学 理工学部 まちづくり工学科 准教授（〒101-8308東京都千代田区神田駿河台1-8-14）

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

⁴東北大学大学院 工学研究科 准教授（〒980-8579宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6）

E-mail : koki.goto.e1@tohoku.ac.jp

⁵株式会社東京建設コンサルタント 本社事業本部 流域文化部（〒170-0004東京都豊島区北大塚1-15-6）

E-mail : ino-h@tokencon.co.jp

⁶国土交通省 北上川下流河川事務所 管理課（〒986-0861宮城県石巻市蛇田字新下沼80）

E-mail : irokawa-a82ac@mlit.go.jp

重要文化財（平成14年・2002年に指定）である石井閘門は、平成23年(2011年)3月11日に発生した東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）による震度6強の揺れと津波によって、周辺地盤の沈下や石積、煉瓦等が変形・破損した。また、石井閘門は明治13年（1880年）に完成して現在まで130年余り供用されている施設であり躯体等の老朽化も懸念されていた。

そこで、石井閘門の管理者である国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所では、平成24・25年度の2カ年をかけて、重要文化財としての価値を保ちながら閘門としての機能回復を目的に健全度調査・補修工事等を実施し、平成26年度には実施した調査・工事の経緯等を取りまとめた工事記録を作成した。

本稿は、石井閘門補修工事に際し、調査および工事を通じて明らかになった石井閘門の特徴を報告するものである。

Key Words : 閘門, オランダ人技師, 補修工事, 東日本大震災, 重要文化財

1. はじめに

(1) 石井閘門の概要

現在の旧北上川と北上運河とを接続する石井閘門は、明治13年（1880）年に明治政府の野蒜築港事業の一環として建設されたもので、計画はオランダ人技師ファン・ドールンが手がけた日本初の西洋式近代閘門である。なお、現在も船舶が通過する機能を果たす閘門としては国内で最古の施設である。

また、明治期から大正期にかけて全国に建造された近代閘門の規範を示す施設として土木技術上価値が高いとされ、平成14年（2002）に国の重要文化財に指定されている。

石井閘門の構造は、閘室を石造とし、合掌扉（マイターゲート）を収める閘頭部および閘尾部はレンガ造となっている。なお、建設当時木製だったゲートは、昭和41年（1966年）に鋼製に改修（開閉機を含む）されているが、その他の部分は、改築や修復記録がなく、建設当時の姿をほぼ残している。

(2) 震災被害について

石井閘門は、建設から幾度かの地震（震度5以上等）に見舞われているが、平成23年(2011年)3月11日の東日本

大震災では、震度6強の揺れを受けるとともに、地震発生後の津波にも襲われた。津波は、運河側から進入しマイターゲートを押し開き旧北上川側へ抜け、ゲートが開操作される形で押し開かれたため開閉機は破損したが、躯体本体には大きな被害を受けることがなかった。なお、この地震により、広域地盤沈下が発生し、石井閘門周辺でも60cmほど沈下した。

表-1 石井閘門の構造

項目	内容
完成年	明治13年（1880年）（工事開始は明治11年）
計画・設計者	ファン・ドールン
構造	閘扉部（閘頭部・閘尾部）＝煉瓦積（一部安山岩） 閘室部＝石積（井内石） ゲート＝マイターゲート（合掌扉）の人力開閉
形状	全長＝50.4m 全幅＝閘頭部・23.8m 閘尾部・19.5m 閘室内＝30.1m（長）×7.3m（幅）×5.0m（高） （文化財指定時の測定値）



写真-1 石井閘門（閘尾部）の全景 H25.4撮影



写真-2 津波被害の状況（閘尾部） H23. 3. 12 撮影

2. 調査・工事の概要

(1) 調査・工事の経緯について

石井閘門の管理者である北上川下流河川事務所では、応急復旧として門扉を閉鎖状態に固定し、その後、開閉機の機能回復を行った。また、建設から130年余り経過し、河川管理施設として今後も機能するのか、重要文化財としての価値をどのように確保していくかなどの課題を踏まえ、学識経験者・関係機関の方々による重要文化財「石井閘門」保全対策検討委員会（以下委員会と呼ぶ）を設置（H24. 8. 8）し、土木構造物としての健全度、文化財としての価値の確保等の面から様々な指導をいただくこととなった。なお、重要文化財（建造物など）の補修工事に詳しい長岡造形大学の木村勉教授に委員長を務めていただいた。この委員会（現地での指導を含め8回実施）には工事終了まで様々な指導をいただいた。

平成24年度は、石井閘門の健全度を確保することを中心に調査を実施し、特に、水抜きによる構造体の目視調査を実施し石井閘門の全体像を把握した。平成25年度には、健全度調査結果等を踏まえ、補修方法の検討および設計を実施し、平成25年（2013）11月中旬から補修工事を実施し、平成26年（2014）3月末に工事が終了した。

(2) 調査の概要

調査は、文献や聞き取り調査などにより補修履歴の把握、全国の閘門の構造との比較からみた石井閘門の文化的価値の把握などの調査を実施するとともに、石井閘門が河川管理施設として今後も活用可能であるかを判断するための健全度調査を実施した。

健全度調査は、表-2に示した調査項目を実施し、その結果は、構造体は煉瓦や石積の一部にひび割れや欠損が見られるものの概ね健全であることが確認された。

また、煉瓦積や石積については、背後の積み方、周辺地盤の状況等の情報が得られたことから転倒・滑動に対する安定照査を実施し、地震に対して所要の安定性が確保されていることが確認された。

表-2 健全度調査の主な項目

調査項目	概 要
水替え実施による全景の目視調査	水面下の状況確認のため仮締切を実施し水を抜き、閘門全景の目視調査を実施した。結果は煉瓦積にひび割れが確認されたものの構造体として問題はないと確認された。
3Dレーザー測量	水抜きにともない閘門全景が計測できることから3Dレーザー測量を実施。明治期に書かれた図面と照合しほぼ同じ大きさであることが分かり、明治期の図面の精度の高さを確認した。また、今後の変状などを探るモニタリングの基礎データを確保した。
井内石積構造調査	井内石積の背後構造が不明であったため、構造体としての安定性などが確認できなかった。そこで、今回素堀調査を実施し裏込状況を確認した。裏込は3m程あり堅固な造りであることが確認された。
煉瓦積強度調査	煉瓦積の一部からコアサンプルを採取し圧縮強度・せん断強度試験を実施した。結果は、いずれも必要強度以上であることが確認され、健全であることが確認された。
コンクリート強度調査	昭和初期に門扉と開閉機を交換した時に設置されたコンクリート基礎については、コンクリートの必要強度よりも下回るとともに、地盤沈下によるゆがみ・亀裂などが確認された。
土質調査	石井閘門がどのような地盤の上に設置されているかを把握するため、4箇所においてボーリング調査を実施。その結果、明治初期の文献に書かれているように砂層（今回の調査結果ではN値=15~31）の上に設置されていることが確認された。
開閉機・門扉劣化調査	昭和41年（1966）に木扉から鋼扉に替えられた門扉と開閉機については、ヒンジ部分に破損が見られるものの、それらの交換・調整や全体の防食（塗装等）を実施していけば今後とも利用していくことが可能と判断された。

資料）土木学会誌 vol99No2 2月号 2014年 被災地からの発信
大震災にも耐えた重要文化財「石井閘門」の補修 佐藤克英
p52 記載表を一部修正



写真-3 水抜き調査状況（H25.1撮影）

水抜きを実施し目視調査や3Dレーザー測量等を実施

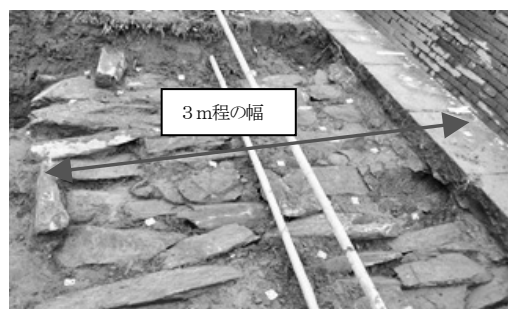


写真-4 素堀調査状況（H25.2撮影）

閘室内を構成する石積の裏込めは3mにもおよぶ

(3) 工事の概要

健全度調査結果を踏まえ、構造体としては所要の安定性が確保されていること等から、今回の補修工事は、煉瓦積のひび割れや笠石の欠損部分補修などを主とし、補修範囲を最小限にとどめることとした。

なお、補修にあたっては、可能な限り既存の部材を当時の技術を活用し施工するものとした。また、重要文化財でもあることから、新規部材のうち、煉瓦については、当時の大きさと同じになるように製造し、大きさ、配色などに配慮した。

表-3 主な補修工事内容

工 種	概 要
石工	◆笠石・隅石の欠損部分の再設置 既存部材を利用するとともに、失われた部分については、当時の石が産出されていないことから、秋田県男鹿石を採用 ◆階段部分再設置 地盤沈下にもない傾いた階段を一部新材をはめ込み積みかえて補修
煉瓦工	◆煉瓦積の欠損部分の積み直し ひび割れ部分の補修（積み直し） 現在の煉瓦よりも大型の煉瓦であり、今回特注にて製作（大きさと色合いを合わせた）
開閉機基礎 コンクリートの再設置	◆開頭部・開尾部の開閉機基礎の再設置 昭和 41 年（1966）に門扉と開閉機の改築とともに設置された基礎コンクリートが、ひび割れや強度不足から再設置



写真-5 新規の材料への刻印

刻印を施し補修した時期が分かるように配慮

3. 調査および補修時に明らかになった事項

(1) マイターゲートの小窓

文献調査を進める中で、『起業公債並起業景況 第三回報告 明治13年（1880年）10月大蔵省国債局起業公債掛編述』および『工学叢誌 第六号 野蒜築港之記 明治14年（1881年）4月 杉山輯吉』の文献には、マイターゲートの機能について『2名たらずの操作員で、5分程度で開閉ができると人が驚いている』さらに『ゲートに水窓があり、水は高い方から低い方へ自動的に流れる』と記述されている部分があった。これ以前の閘門は角落としによる調整であり、角落としの操作に時間がかかることから、ゲート部分に小さな水窓（水位調整の小ゲート）があることで、簡単に水位調整ができ、短時間で門扉が開閉できることとなり人々を驚かせたと考えられる。

今回の水抜き時には、昭和41年（1966）に改築された鋼製のゲートにも小窓が設置されており、当時の技術がそのまま利用されていることが確認できた。



写真-6 今回の水抜き時に確認された小窓（H25.1撮影）

(2) 煉瓦の積み方（イギリス十字積）

目視調査の段階で、委員会メンバーである長谷川直司委員（独立行政法人建築研究所）から、煉瓦の積み方が通常のイギリス積ではなく、イギリス十字積であるとの指摘を受けた。このイギリス十字積は、旧オランダ積とも言われ、オランダで積まれていた積み方で、どの位置からみても長手と小口が十字（クロス）に見えるように積まれているものである。長谷川委員からは、このイギリス十字積の構造物は日本では数例しか確認されていない大変珍しいものであるとのことであった。

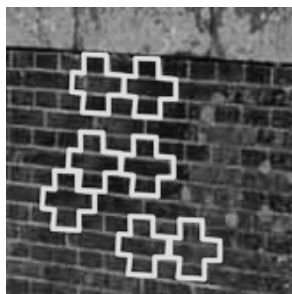


写真-7 左：石井閘門のイギリス十字積 右：毛馬閘門（淀川）のイギリス十字積
イギリス十字積はどの部分でも十字（クロス）となるデザイン。
通常のイギリス積は、十字（クロス）となる部分とならない部分が混在している

この石井閘門は、オランダ人技師のファン・ドールンが計画・設計している点からもオランダで積まれていた積み方を石井閘門でも取り入れたと考えられる。

また、今回の文献調査によって、広井勇が昭和2年（1927）に書き示した「日本築港史」の近代の築港・野蒜港の中には、「工事技術者には、……ファン・ドールンを主任とし、以下工手マストレイク、工手アルンスト、職工長、ウィール外数名の蘭人……」との記述があり、野蒜築港を始め石井閘門の建設にはオランダ人技師や職人が直接関わっていたことが推測される。

(3) 笠石のズレ止め金具

補修工事にともない、笠石を撤去したところ、笠石のズレ防止のために、L型の金具が発見された。この金具

は、図-1のように、背後の煉瓦積に埋め込まれており、建設当時から用いられていた技術と考えられる。

また、一部腐食が進んだ金具を切り取り、金属の組成分析を行った結果、素材の中に含まれるリンが高濃度であることから、日本で産出する鉄鉱石等利用して製造されたものではなく輸入材である可能性が高いとの結果を得ている。



写真-8 石井閘門の笠石下部から見つかったズレ止め金具
この金具は健全であるが一部の金具は腐食が進んでいた



図-1 ズレ止め金具
ズレ止め金具は笠石に開けられた穴に差し込まれていた

(4) 笠石のダボ穴における硫黄の活用

目視調査において、笠石どうしは、ダボで固定されていることが確認されていた。そこで、解体時には、ダボを壊さないように慎重に取り外した結果、一部の笠石から「硫黄臭がする黄色粉」が発見された。そこで、『建築石材施工と積算 田中昌穂著 1957年』等の文献を調べた結果、石材工事において石と石を接着・固定する材料として加熱した鉛や硫黄を用いたことが明記されていた。特に、硫黄は安価であり使い勝手が良く「硫黄は熱すると粘性のある液体となり、それをダボ穴に流し込みダボを植え込む」としており、今回発見された黄色粉も石の接着に利用した硫黄であると判断できる。

また、この硫黄の入ったダボ穴は、笠石の片側のみから発見されており、笠石を差し込む段階で利用したものと想定される。



写真-9 笠石のダボ穴から発見された硫黄

4. 考 察

今回の健全度調査及び補修工事により明らかになった、文化財の価値を向上させる特徴について以下に示す。

- ①合掌扉(マイターゲート)に小窓をつけて水位調整を容易にした点
- ②煉瓦積み方法であるイギリス十字積の希少性
- ③オランダ人技術者が現場工事に直接関わった点
- ④従来の工法には無い、笠石にズレ止め金具を利用した点
- ⑤石と石を接着・固定するために硫黄を利用した点

5. おわりに

本稿は、平成27年3月に国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所でもとめた「重要文化財 石井閘門補修工事記録」の内容を基本に記載したものである。

この記録誌は、委員会メンバーから今回の補修工事で「何がわかったのか、どこを、どう補修したのか」を後世の技術者に伝える必要があるとの指摘を受け、取りまとめたもので、国会図書館、土木学会図書館等の図書館に納本している。

そこで、今回の報告内容で不十分な点などは、これらの図書館において記録誌をご確認いただき土木史研究の一助としていただければ幸いと考えている。

謝辞：

重要文化財「石井閘門」保全対策検討委員会のメンバーの方々および文化庁、宮城県・石巻市教育委員会等の関係者の皆さまに深く感謝の意を表するとともに、補修工事に従事していただいた(株)栄工業、日本製紙石巻テクノ(株)、(株)寒風、(株)肥後屋商店の皆さまに御礼申し上げます。

参考文献

- 1)重要文化財石井閘門補修工事記録 国土交通省 東北地方整備局 北上川下流河川事務所／編集 平成27年(2015)
- 2)起業公債並起業景況第三回報告 大蔵省国債局起業公債掛編述 明治13年(1880)復刻版
- 3)工学叢誌第六号 野蒜築港之記 杉山輯吉 明治14年(1881)
- 4)土木学会誌vol199No2 2月号 2014年 被災地からの発信
大震災にも耐えた重要文化財「石井閘門」の補修 佐藤克英 p50～53
- 5)日本築港史 広井勇 丸善 昭和2年(1927)
- 6)建築石材施工と積算 田中昌穂著 昭和34年(1957)

(2016. 4. 11 受付)