

重要文化財横利根閘門の保全対策について (東日本大震災で受けた被災等に対する修理)

中村 徹立¹・松田 貞則²・岩間 靖³

¹正会員 国土交通省 利根川下流河川事務所 所長 (〒287-8510千葉県香取市佐原イ4149)
E-mail: nakamura-t85ae@ktr.mlit.go.jp

²正会員 日本工営株式会社 アセットマネジメント技術部 (〒102-0083東京都千代田区麹町4-2)
E-mail: matsuda-sd@n-koei.jp

³村本建設株式会社 東京支店 (〒102-0084東京都千代田区二番町3-4)
E-mail: YASUSHI_IWAMA@muramoto.co.jp

国指定重要文化財である横利根閘門は、約280万個もの煉瓦が使われた国内最大級の煉瓦造閘門で、基礎に松丸太に代わり煉瓦壁井筒を用い、施工中に耐荷試験を行うなど近代的施工で建造された。煉瓦造から鉄筋コンクリート造に移行する時代の煉瓦造閘門の一つの到達点を示す遺構として、土木技術史上重要な構造物であり、現役の文化財として日常的に使用されている。

横利根閘門では、東日本大震災で受けた被災及び経年劣化に対して、緊急的な補修及び老朽化に対する補修を平成25年度に実施し、無事完了した。前報では、横利根閘門の保全対策について経過報告を行い、特に水抜き調査を行い水中部の亀裂状況について確認した結果を報告した。その後、補修の実施段階においても調査・観測を継続し、補修範囲及び補修方法を決定した。本論文では、検討の経緯を述べるとともに、補修工事の概況、発掘調査で見つかった遺構、今後の保存と活用に向けた基本方針について報告する。

Key Words : *important cultural assets, lock, brick construction, well foundation, conservation*

1. はじめに

横利根閘門は、大正10年(1921年)3月に建造された我が国最大級の規模を誇る複閘式閘門で、利根川の明治改修事業で唯一現存するシンボリックな閘門である。現在は、横利根閘門前面の利根川に横利根水門が建設されたため、利根川洪水時における当初の治水機能はなくなり、最近では釣り舟、プレジャーボートなど年間2千隻程度が閘門を利用して通船している。

こうした中、横利根閘門は平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(以降、東日本大震災)を受けて、門扉を収容する閘扉室の一部に亀裂が発生し、その後、亀裂幅は最大20mmほどに拡大した。現在は外気温に依存した日常的な変動に落ち着いた状況にあることを確認しているが、亀裂は門扉開閉装置の下を通過しており、施設の機能を保全する上で緊急的な補修が必要となった。このため、平成25年8月より補修工事に着手し、平成26年3月に無事完了したところである。

また一方で、平成7年3月に竣工した大改築から20年近く経過し、当時の特徴的な技術であるリベット接合の門

扉の塗装、木材による扉体水密材や防舷材は、劣化が顕在化してきた。これらは、機能上の保全だけでなく文化財的価値の保全の面からも早急な補修が必要となったため、被災に対する補修とあわせて補修工事を実施した。

現役の文化財土木構造物として今後も活用していくため、横利根閘門では工事実施段階においても調査・観測を継続し、文化財的価値を損なわないように亀裂の補修範囲及び補修方法、構造物周辺の地盤対策等について検討し、設計・施工に反映させた。また、横利根閘門は井筒基礎や側壁に2,784,410個の煉瓦を使用し、意匠の面からも価値を有することから、煉瓦を傷めず外観を回復させる目的で試験的に洗浄を行い、実施工に反映させた。その他、三次元レーザースキャナによる構造物の形状測量や石積み擁壁発掘調査など、形状や構造の記録にも努め、末長く伝える資料として記録誌にまとめた。

本報では、補修計画の検討経緯と補修工事の内容、工事中に把握した事項を紹介するとともに、横利根閘門の機能と文化財的価値を再確認し、保存と活用に向けた基本方針を整理したので、ここに報告する。

2. 補修の経緯

(1) 検討概要

横利根閘門の裏閘扉室左岸構造物において亀裂が発生したため(図-1)、東日本大震災直後の平成23年3月13日から観測を開始し、補修工事が完了する平成26年3月31日までの約3カ年にわたり検討が実施された。

検討に当たっては、利根川の河川構造物、煉瓦・コンクリート構造物、歴史的構造物の保存に造詣のある学識経験者らから意見を伺う検討委員会を平成24年度に設置した。検討委員会は、業務・工事の進捗に併せてこれまでに4回実施した。主な検討項目を以下に示す。

- ① 横利根閘門の調査方法
- ② 被災した裏閘扉室左岸構造物の安定検討
- ③ 補修計画の検討
- ④ 補修工事中の調査と工事への反映検討
- ⑤ 保存活用方針検討

なお、検討委員会は、平成26年度も継続し、補修箇所経過を確認するとともに、保存活用計画の策定に向けて検討を進める予定である。

(2) 横利根閘門の調査方法

横利根閘門の被災箇所(亀裂)は、水面下並びに構造物裏側に広がっており、構造物の安定確認と補修範囲を決定する上で、非破壊調査技術(高周波衝撃弾性波探査)や水中点検技術(水中カメラロボット)を駆使して健全性の把握を行った。最終的には、水抜き調査、構造物裏側の開削調査により詳細な確認を行い、設計に反映させた。また、被災の原因となった液状化に伴う地盤の移動メカニズムを検討するため、機械ボーリング等による基礎地盤調査を行った。

その他、横利根閘門には木材を使用した防舷材等の構造物があり、劣化が顕在化していた。木材劣化診断士による調査を行い、健全性を踏まえて補修範囲を選定した。

(3) 被災した裏閘扉室左岸構造物の安定検討

閘門としての機能及び文化財土木構造物の保全の観点から構造物の安定確認は重要な課題であった。このため、調査・観測を入念に行った。その結果、裏閘扉室左岸構造物の構造特性(基礎・側壁を兼ねる煉瓦造の重力式井筒構造)と、亀裂及び構造物の観測データの推移・挙動、測量や観察した亀裂状況を踏まえて、構造物としての安定に問題がないことを確認した。

なお、被災後は東日本大震災直後の緊急点検を踏まえて、自動観測体制(1回/時間)を構築し、毎週管理値と照合してデータの確認を行いながら、使用を継続した。

(4) 補修計画の検討・設計

東日本大震災による被災の復旧に当たっては、文化財の改変を最小限に抑えるため、注入して亀裂を閉塞する方法を計画した。また、被災の原因に対する再発防止の観点から、被災した裏閘扉室左岸構造物周辺の地盤については、地震時の地盤の移動を抑制する対策を計画した。工法の選定に当たっては、施工性や経済性だけでなく、施工時の構造物への負荷が小さく、文化財的価値を損なわないように煉瓦に付着した地盤改良材を除去できる地盤対策(浸透固化処理工法)を選定した。

横利根閘門に関する史料は、工事の中心となった中川吉造によって「土木学会誌」¹⁾に設計の考え方、寸法・使用材料、工事の記録が残されている。木材による扉体水密材や防舷材、石積み擁壁の積み直しに当たっては、当初の設計の考え方を史料より把握し、それを活かす方法で補修を計画するとともに、施工実施時に判明した事項を反映して設計変更に盛り込む対応とした。

(5) 補修工事中の調査と工事への反映検討

被災によって変動がみられた亀裂については、構造物裏側を開削して亀裂の広がり状況を確認し、補修範囲を決定するとともに、裏側からも注入を行い、亀裂の閉塞を確実に行った。また、亀裂周辺の煉瓦の緩みを打音調査によって確認した上で、慎重に注入補修を行った。

劣化した防舷材は、健全性の低下した気中部にある木材のみを取り替え、水中部の木材は既設利用する計画としたが、施工実施段階では、木材の状態をみて延命化処置として木材保存剤の浸漬処理あるいは樹脂補修を施す対応を行った。

石積み擁壁の積み直しに当たっては、文化財の取り扱いに精通した専門家による指導の下で発掘調査を行い、施工に反映させた。

煉瓦の洗浄については、煉瓦構造に精通した専門家による指導の下で、一部試験施工的に実施して煉瓦への影響と効果を確認した上で、洗浄条件を決定し、実施工を行った。

(6) 保存活用方針検討

横利根閘門の機能と文化財的価値を再確認し、保存すべき対象とそれを守るために定期的に保全していく対象を区分し、経年劣化に対する計画的な保全方法を検討した。横利根閘門では、10~15年サイクルを基本として、状態を継続的に観察しながら定期的な維持管理を行う方針とした。具体的な計画については、平成26年度に検討委員会で意見を伺い、関係機関と協議しながら作成していく予定である。

2. 被災を受けた横利根閘門の健全性

(1) 被災を受けた裏閘扉室左岸構造物の安定性

補修工事と並行して裏閘扉室左岸構造物の裏側を開削し、以下の項目を確認した。

- ① 亀裂の範囲・状況の確認
- ② 裏側の構造確認（当時の図面との照合）
- ③ 地盤状況の確認

東日本大震災で発生した亀裂は、井筒間にある継手コンクリートに概ね沿って構造物裏側に広がっていることが分かり、重力式構造物の安定上、問題はないことが確認できた（図-2）。亀裂の幅は表側で最大16.5mm、裏側は若干広く最大20mm、閘扉室底版に向けて幅は小さくなる状況（2mm程度）にあった（写真-1, 2）。亀裂には段差があり、構造物裏側には亀裂を挟んで横利根川寄りの井筒に10mm程度のずれが生じ、その方向は裏側（公園側）に向けて凸方向であった。調査の結果、この継手部以外に構造物裏側に連続した亀裂はないことから、こ

の部分に引張力が集中し、亀裂が拡大したものと推定される。このような亀裂の状況は、基礎地盤調査を踏まえて推定した液状化による地盤の移動方向を裏付けるものであり、開削調査は被災の原因究明と構造物の安定確認、構造物裏側からの亀裂補修施工において効果的な調査であった。

(2) 土砂に覆われた閘室の状況

2つの閘扉室の間にある閘室の底部は、平成25年2月に水抜き調査を行った際に40cm以上の土砂堆積があり、状況の確認が困難であった。このため、補修工事の中で土砂を撤去して調査を行い、護岸法留ブロック及び護床ブロックに安定や機能上の問題がないことを確認した。閘室護岸は過去に大規模な改修を行った経緯（平成9年3月竣工）があるが、法面下三段の護岸ブロックについては当初のものを再使用した状況が確認できた。一方で、護床ブロックについては、建造時に水中底張した際の固定金具跡が残されており、過去に大規模な改修が行われた形跡はないものと推定された。

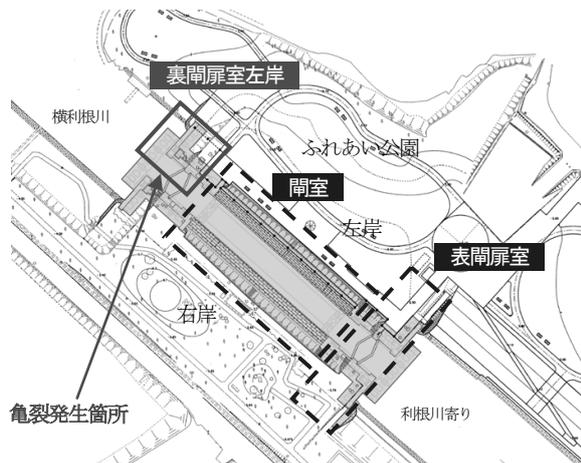


図-1 東日本大震災による亀裂発生箇所

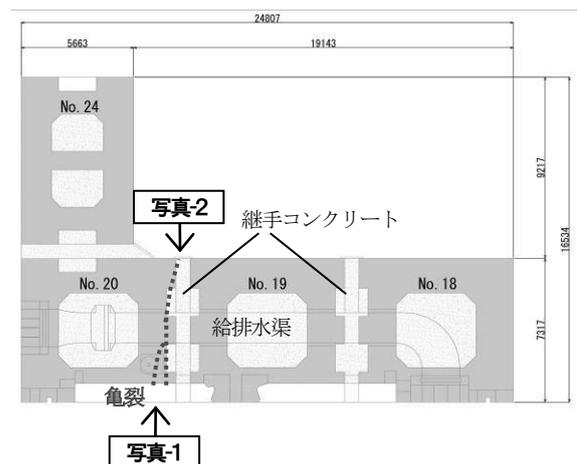


図-2 裏閘扉室左岸の井筒配列と亀裂位置



写真-1 裏閘扉室左岸の側壁（表側）に生じた亀裂

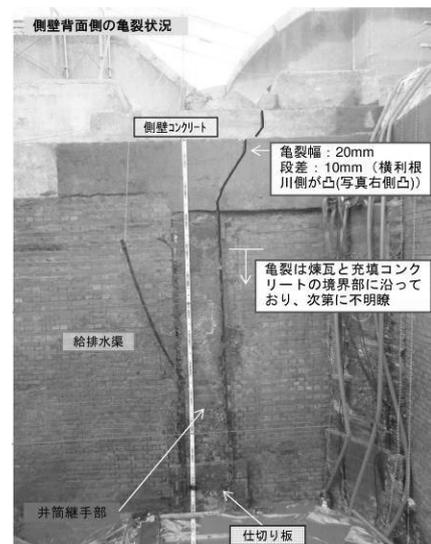


写真-2 裏閘扉室左岸の裏側に生じた亀裂

3. 東日本大震災による被災の補修計画と実施した方法

(1) 井筒亀裂補修

東日本大震災による被災で生じた亀裂は、構造物の安定に問題はなかったが、亀裂は裏側まで貫通していたため、背面土砂の吸い出しによる構造物周辺への影響が懸念された。調査では、この他にも表面的なひび割れを確認したが、機能への影響が現状ないため、文化財の改変は避け、被災で生じた亀裂のみを補修の対象とした。

亀裂補修は東日本大震災の緊急的な補修と位置付け、工事後も一定期間の継続的な監視を行うこと、打音調査した結果、亀裂周辺の煉瓦に緩みが広がっていないことから、煉瓦の張り直しまでは行わず、補修方法は長期耐久性を考慮して「セメント系材料による注入」を計画と

した。また、亀裂補修箇所は煉瓦造であるため、煉瓦の配置や素材感を著しく損ねる可能性がないかサンプルピースを作製して着色材の使用も検討したが、表-1に示す検討の過程を経て、無理に似せて色合わせすることは避け、歴史的構造物の歴史の一部として残す観点も考慮し、目地と同様に5mm程度凹ませて補修した。

(2) 亀裂直上の開閉装置の再設置

東日本大震災による被災で生じた亀裂は、裏開扉室左岸側の小門扉開閉装置ギアスタンド（下部軸受）直下を通過し、ギアスタンドを固定するアンカーボルト全6本のうち、4本に変形等の変状が確認された。亀裂の変動原因である液状化は、別途地盤改良により対策する計画としたが、地震時の構造物の変動を完全に抑止することは技術的に困難である。そのため、将来の地震災害においても開閉装置の変形・破損を防止するため、固定部に変位吸収可能な加工を施し、再設置を行った（写真-3）。

表-1 亀裂補修の検討表

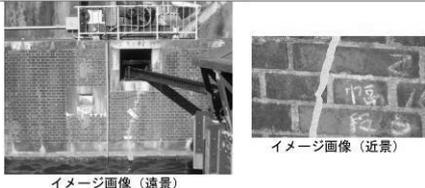
景観対策方法	亀裂補修		煉瓦貼り直し
	着色なし（セメント系補修材のみ）	着色あり（セメント系補修材+無機顔料）	
基本的な考え方	亀裂も歴史の一部と考えてセメント材のみで補修する。また、水際であり、汚れ等が付着してくることで2~3年経過すると馴染んでくる可能性がある。	補修材（シール材）の物性に影響を与えず、耐候性（変色・褪色がない）に優れた無機顔料を添加し、亀裂補修箇所の煉瓦の色合いに調和したもので補修する。 なお、個々の煉瓦には色合いの違いがあり、それぞれに色の調合を行い補修することは困難である。	亀裂箇所の煉瓦表面を鑿、小型電動工具を用いて補修箇所脇の煉瓦を傷つけないようにはつきり取り、はつり面を平らにした上で、やや寸法が大きい補修煉瓦を20mm厚程度にスライスして寸法調整したものを貼り付け、目地詰めを行い補修する。 今後、亀裂補修箇所の変動、見た目の経年変化を踏まえて、補修の要否を検討する。
サンプル写真			
文化財としての価値	形状 特別な変化なし	特別な変化なし	補修煉瓦の寸法を調整して煉瓦を配置する
	材質 無機系補修材料を注入して補修	無機系補修材料を注入して補修（シール材には無機顔料を添加）	貼り直し範囲が小さいことから、色合いを見ながら既成の煉瓦使用する（維持管理の予備品も含めて大きさ・色合いを合わせた煉瓦製作を行うことも検討）。
総合判定	景観 特別な景観対策なし。目地の色合いに近く、煉瓦の配置、素材感を損ねるものではないと考えられる。	煉瓦の配置を分断して違和感を与えないように補修材（シール材）を着色する。但し、煉瓦個々の本来の色合いを再現して補修することは困難である。	外観上、亀裂痕が分からなくなる。
	◎ 補修箇所の色合いが煉瓦の配置を分断して特別に目立つ可能性は少なく、経年的に馴染む可能性もある。歴史の一部として残す観点も考慮した場合、特別な景観対策の必要性は少ない。	○ 類似の色によって合わせることであり、煉瓦個々の本来の色合いを尊重した場合、違和感を残す可能性がある。	△ 現状では煉瓦が崩落するような緩みはないことから、既成煉瓦の一部を解体してまで補修する必要性は少ない。



写真-3 変位吸収可能な加工を施して再設置したギアスタンド



写真-4 地盤改良材の煉瓦付着性確認試験

(3) 地盤対策

東日本大震災による被災の原因として、裏閘扉室左岸の背面地盤が周辺の公園斜面下方に向かい移動するのに伴い、左岸側構造物に液状化による偏土圧が作用し、構造物の変動が生じたと推定された。そのため、裏閘扉室左岸の背面地盤及び前面地盤に対して、再度災害防止の観点から地盤対策を計画した。文化財土木構造物であるため、施工時の構造物への影響が軽微で、地盤改良材が煉瓦に付着しても容易に除去可能な工法として「浸透固化処理工法」を選定した。地盤改良材の煉瓦への付着性については、配合試験を踏まえて現地に注入する材料を決定し、それを用いて2カ月間一定時間毎に付着性を確認する試験を実施した。その結果、付着した場合でも除去でき可逆性が確保されることを確認した(写真4)。

4. 老朽化に対する補修計画

(1) 防舷材の取り替え

老朽化によって木材の腐朽が著しく、一部の部材で欠落も生じたことで、船舶のコンクリート護岸への接触防止及び船舶保護という防舷材としての機能が低下した。また、部材の劣化によって景観が損なわれた状況であり、取り替えを計画した。

取り替えに当たり、形状については原型を維持し、材質については当初と同じ木材(杉材)を基本とした。また、水際の実設置条件を考慮して耐久性及びライフサイクルコストの観点から、「加圧式保存処理方法」を施した木材を使用し、現地で組み立て後、木目を生かした自然な仕上がりが長期間継続するように耐候性の木材保護塗料を塗り、長寿命化を図った(写真5)。また、調査の

結果、常時水面下の木材は腐朽がなく健全な状況であったため、既設の木材を継続使用した。但し、一部には割れがみられたため、樹脂で補修するとともに、木材保存剤を染み込ませたウエスで浸漬処理を施し、延命化処置を行った(写真5)。

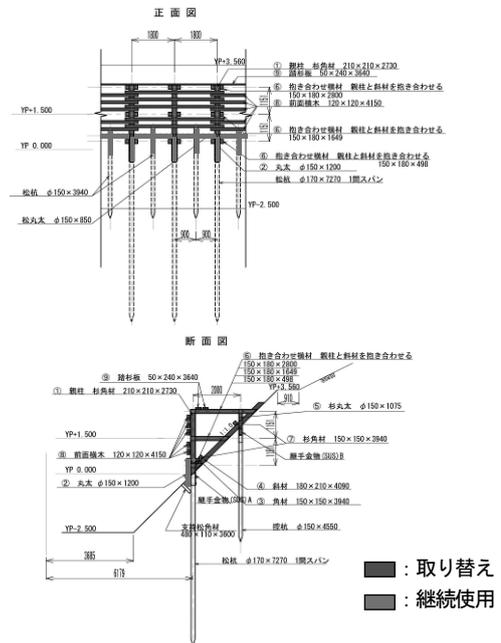


図-3 防舷材の補修範囲



(1)木材保護塗料の塗布 (2)木材保存剤の浸漬処理

写真-5 防舷材の木材保護処理

表-2 防舷材控杭継手部の補修検討表

	(案1) くさび固定による方法	(案2) 樹脂材による充填固定による方法	(案3) ボルト固定による方法[現状]	(案4) 差し込み固定による方法
概念図				
概要	継輪内に挿入される柱部位に溝をほり、継輪と柱溝にくさびを打込み固定する方法。	継輪と挿入される柱部位の上下端部にエポキシ系樹脂材を充填し柱材を固定する方法。	既存ボルトが交換できる範囲の根巻きコンクリートを撤去し、継輪と挿入される柱部位をボルトで固定後、復旧する方法。	継輪内に挿入される柱部位に溝をほり、継輪内に差し込み後、現状のボルトの一部を活かして固定する方法。
当初の設計思想との整合性	横利根閘門では、水密木材も含めて継手にはボルト固定が用いられていることから、当初とは異なる方法と考えられる。	接着剤による固定方法は当初とは異なると考えられる。	史料から控杭の継手方法についての記述は確認できないが、横利根閘門では、水密木材も含めて継手にはボルト固定が用いられていることから、当初と同様な方法と考えられる。	取り替える継ぎ丸太を差し込み、継手構造として重要文化財指定時に復元した現状のボルトを一部固定に活かす方法である。
特徴	木材のみで施工が可能。	継輪と柱材との隙間が閉塞され、継輪内の腐朽防止になる。	従前からの工法の路費による文化財の構造意義の確保。	従前からの工法を活かして文化財の構造意義の確保。
短所	継輪内に水が入り込むため、腐朽防止効果はない。	取替時に継手内に付着する接着剤の削取りが発生する。	取替の度に根巻きコンクリートの撤去・復旧作業が必要。	継ぎ丸太の溝切りや横材を固定するボルト穴の位置調整が必要。
施工性	継手部の溝切り木材加工が伴うものの、施工性はよい。	継手部木材加工の必要も無く、施工性がよい。	根巻きコンクリートの撤去復旧に伴い、施工性が悪い。	継手部の溝切り木材加工が伴うものの、施工性はよい。
経済性	中	小	大	小
評価	△	△	○	◎

なお、防舷材の構造は建造当初の設計の考え方を尊重し、防舷材の本体と基礎に継手部を設ける構造を活かしつつ、今後の取り替えを考慮し、表-2に示す検討の過程を経て、控杭との継手は差し込み固定できる方法を用いて修理した。

(2) 扉体の補修

門扉（大門扉・小門扉で各4枚）の塗装は、平成7年3月に竣工した平成の大改築時に塗替塗装を行って以降、20年近く経過したため、大気部の塗装については、チョーキング（白亜化）と下地塗装の露出が生じ、塗装は寿命に達していた。文化財的価値を有する門扉の鋼板及びブリケットの腐食防止を図るため、大気部（ふっ素樹脂系）と水中部（エポキシ樹脂系）の劣化条件にそれぞれ適した実績のある塗装系を選定し、塗替塗装による補修を行う計画とした。

また、扉体水密材については、平成の大改築時以降、一部の木材は劣化状況をみて取り替えを行ってきたが、左右岸の扉体が互いに接触する合掌部の木材については、部材が大きくて取り替えが容易でなく、平水位付近では腐朽による断面欠損が生じ水密性が低下していた。このため、塗替塗装にあわせてすべて取り外し、当初と同じ

ケヤキ材を用い、旧法にならって分割された木材をボルトで継いで固定する方法により取り替えを行った。

5. 補修の実施段階における調査・試験

(1) 煉瓦洗浄試験

横利根閘門の煉瓦壁には、カビ・コケ類による黒ずみ汚れ等の付着物と、長年にわたり背面側のコンクリートから遊離した石灰が析出・付着した状況がみられた。このため、煉瓦の配列や色合いといった意匠を回復させる目的で、煉瓦洗浄の実施を検討した。洗浄に当たっては、煉瓦に損傷を与えない範囲で洗浄可能な条件を検討するため、実績を踏まえて高温高压洗浄による試験洗浄を行い、その効果を確認した。洗浄試験は、煉瓦構造物の保存に精通した専門家の指導の下で実施し、煉瓦の硬度、洗浄前後の色彩及び煉瓦表面の変化を計測しながら試験を進め、煉瓦及び目地への負担、汚れの取れ具合、ぬめり除去効果の3つの観点から評価したところ、温度130℃、圧力30kgf/cm²、洗浄時間40秒（900cm²当り）が最適であった（表-3）。また、洗浄範囲を広げて洗浄が歴史的風合いに与える影響を目視確認したところ、煉瓦の配列と

表-3 洗浄圧力・洗浄時間に応じた煉瓦洗浄結果（洗浄温度 130℃）²⁾

要素試験結果（健全部）							
試験ステップ	黒ずみ汚れ			遊離石灰			
	圧力	洗浄前後の状況		圧力	洗浄前後の状況		
I	50 kgf/cm ²	洗浄前	洗浄時間 60 秒	洗浄後	洗浄前	洗浄時間 40 秒	洗浄後
				煉瓦・目地影響：○ 汚れ取れ具合：○ ぬめり除去：○			煉瓦・目地影響：○ 石灰取れ具合：×
II	30 kgf/cm ²	洗浄前	洗浄時間 60 秒	洗浄後	洗浄前	洗浄時間 40 秒に洗剤使用	洗浄後
				煉瓦・目地影響：○ 汚れ取れ具合：○ ぬめり除去：○			煉瓦・目地影響：○ 石灰取れ具合：×
III	30 kgf/cm ²	洗浄前	洗浄時間 30 秒	洗浄後	洗浄前	洗浄時間 60 秒	洗浄後
				煉瓦・目地影響：○ 汚れ取れ具合：△ ぬめり除去：△			煉瓦・目地影響：○ 石灰取れ具合：×
IV	145 kgf/cm ²	洗浄前	洗浄時間 40 秒	洗浄後	洗浄前	洗浄時間 60 秒	洗浄後
				煉瓦・目地影響：○ 汚れ取れ具合：○ ぬめり除去：○			煉瓦・目地影響：○ 石灰取れ具合：×
《評価指標》							
・煉瓦・目地影響 ○：影響なし ×：影響あり							
・取れ具合 ○：すべて除去 △：一部除去できない箇所あり ×：大半又は全く除去できない							
・ぬめり除去 ○：すべて除去 △：一部除去できない箇所あり ×：大半又は全く除去できない							

個々の色合いが鮮明になり、全体的に鮮やかな赤煉瓦色に回復する良好な結果が得られた(写真-6)。但し、遊離石灰については植物性酸性洗剤も併用したが、煉瓦を傷つけることなく効率的に洗浄することは困難な状況であったため、今後の技術的課題とした。

実施工では煉瓦1,030m²を対象に試験で決定した仕様にて洗浄を行った。現時点、5~10年周期の実施を考えているが、今後、暴露状況による洗浄効果の継続性を毎年確認し、その経過を踏まえて、標準的な実施周期の見直しを図る予定である。



(1)洗浄前 (2)洗浄後
写真-6 煉瓦洗浄実施前後の状況

(2) 石積み擁壁発掘調査

形状が歪んだ石積み擁壁の積み直しに当たり、積み方の特徴、裏込め及び基礎の状況を発掘調査によって確認し、施工に反映させるとともに、記録として残すことを目的として実施した。発掘調査の実施に当たっては、文化財の取り扱いに精通した専門家による指導の下で行った。

石積み擁壁は、史料にも記載のある通り、間知石積であり、水平目地は通り、垂直方向の目地をずらして積まれている布積である。石材は「千葉県犬吠岬より産出し銚子石と称する砂質凝灰岩」である。部分的にコンクリートブロックが使用された個所もあった。最下段の根石

や最終的に盛土によって隠れてしまうことが想定された部分などに使用されたものと推定される(写真-8)。横利根閘門の建造には、多数のコンクリートブロックが使用されており、その一部を加工して転用した可能性があり、無駄なく合理的に施工を行う当時の創意工夫とも考えられる。また、組積には、セメントモルタルが用いられたようである。合端部分の上面にモルタルが付着している様子が確認できた(写真-9)。部分的に空積状態のところもみられるが、全体を通視すると、モルタルがある目地が多数みられた。目地部に当時高価なセメント材料を用いて石積を実施しているのは、河川際の立地を考慮し、布積の弱点である構造的強度の不足を補い、石積の安定性を向上させる配慮として実施された可能性がある。

裏込めには砂利(玉石:最大径50mm程度)が用いられていた。その厚みは約500mm程度であった。玉石の裏込めの前には、砂岩の角石(150mm~200mm程度)を追飼石、友飼石、胴飼石として使用していた(写真-10)。これらの石材は、史料中に「石屑其他」と記載された材料と推定された。

石積み擁壁を構成する石材自体、部分的な損傷は確認されたが(写真-11, 12)、大きな耐力不足になるような損傷ではなかった。慎重に解体後、発掘調査で確認した組積手法で積み直し、機能回復と文化財的価値の保全を図った。

(3) 三次元レーザースキャナによる建造物の形状測量

今後の文化財の保存及び教育教材等の利活用に向けて、横利根閘門の現況を立体的に記録する事を目的として、三次元レーザースキャナによる建造物の形状測量を行った(図-4)。特に、亀裂補修を行った裏閘扉室左岸の煉瓦側壁面、形状的な歪みが生じやすい石積み擁壁及び閘



写真-7 発掘後、解体前の状況



写真-9 合端部分モルタル詳細



写真-11 石材下部角の破損



写真-8 コンクリートブロック使用



写真-10 石積断面の状況

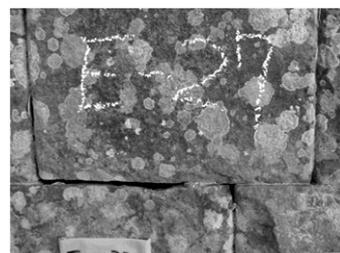


写真-12 石材下部の笑目地

室底部について、立体的形状を細かく記録した。



(1)利根川方面からみた閘門 (2)補修した石積み擁壁

図4 3Dレーザースキャナ法で作成した立体図

6. 維持管理方針

(1) 維持管理の考え方

横利根閘門の保存・維持管理の実施にあたり、形状・材質・色彩の面からみた文化財的価値と、維持管理の変遷等を勘案して文化財としての維持管理の区分を設定し、今後の保存と保全に関する基本方針を検討した(表4)。この基本方針を踏まえて、今後50年間のライフサイクルタイムにおける維持管理のサイクルを設定した。横利根閘門では、10~15年サイクルで経年劣化に対する計画的な保全を実施する方針とし、今後、具体的な管理手法・体制を検討し、保存活用計画としてまとめる予定である。

(2) 今後の課題と予定

横利根閘門の周辺は公園として整備されているが、文

化財の保存・保全を行う維持工事のために必要なスペースを確保する等の観点から、以下の点に留意して周辺の再整備を進める方針である。

- ① 扉体の塗替塗装には、大型重機の配置及び現地塗装を行うための施工ヤードの確保が必要である。横利根閘門の維持管理にも配慮して公園内の再整備が必要である。
- ② 旧給排水扉巻揚機は、当初設置されていた場所の近傍に屋外保存されているが、調査の結果、発錆が顕著で再稼働も困難な状態である。文化財(附指定)としての保存と活用に向けて、屋内展示施設への移設も含めて検討する。

謝辞: 横利根閘門保全対策検討委員会においてご尽力を頂いた宮村忠委員長をはじめ、各委員の皆様へ深く感謝の意を表すとともに、現地におきまして煉瓦洗浄試験に立ち会い頂き、ご意見を頂いた(独)建築研究所 長谷川直司様、煉瓦付着性試験、煉瓦洗浄試験、石積み擁壁発掘調査など、横利根閘門の補修に当たり協力いただいた皆様へ深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 中川吉造：横利根閘門に就て，土木学会誌，vol.12，No.3，土木学会，1926。
- 2) 中村徹立ほか：重要文化財横利根閘門の煉瓦洗浄方法とその適用について，土木学会第67回年次学術講演会，2014。（投稿中）

(2014.4.7 受付)

表-4 横利根閘門の保存・保全に関する基本方針整理表(一例)

部位名	写真	構造形式	員数	保存基準※	部位	維持管理の変遷			維持管理の区分設定		維持管理方法		備考		
						当初	改修時	今回工事	保存対象	保全対象	保全周期(期待耐用年数)	保全方法			
① 門扉		鋼製、合掌複開式、手摺付	8枚	1	扉体	・リベット構造 ・塗装不明(下地:光明丹)	・リベット構造によって部分取替	・塗装塗装 (大気部:ふっ素樹脂系、水中部:エポキシ樹脂)	・扉体(リベット構造)	・塗装	・10~15年(塗装)	・定期点検(年点検)	・定期点検(目視)を基に修繕時期を判定(劣化状況に応じて塗膜厚計測)	・定期点検(目視)を基に修繕時期を判定(劣化状況に応じて塗膜厚計測)	
		分割木材による継ぎ構造	合掌部側部底部	2	水密木材	・ケヤキ(分割木材による継ぎ構造)	・ケヤキ(当初の構造を踏まえて取替)	・ケヤキ(当初の構造を踏まえて取替)	・分割木材による継ぎ構造	・木材	・10~15年(木材)	・定期点検(年点検)	・木材の種類はケヤキ以外に木材調達を考慮して選定	・木材の種類はケヤキ以外に木材調達を考慮して選定	
		鋼製、歯車式	4基	2	開閉装置	・手動ラック	・ギア類、ギアスタンド、動力装置	・ギアスタンド取替	・ラック棒	・塗装 ・ギア類	・10~15年(塗装) ・1年(給油脂)	・定期点検(年点検)	・定期整備		
② 給排水扉開閉装置		鋼製、歯車式	2基	2	開閉装置	・手動オープンギア	・自動化(動力装置の設置)	・補修なし	・手動オープンギア	・塗装 ・ギア類	・10~15年(塗装) ・1年(給油脂)	・定期点検(年点検)	・定期修繕(塗替塗装、整備)		
③ 給排水扉	—	鋼製	4枚	2	扉体	・鋼製ローラ	・鋼製ローラ	・補修なし	・扉体構造	・塗装	・10~15年(塗装)	同上			
④ 翼壁		コンクリート造、煉瓦及び石張	2組	1	煉瓦	・煉瓦(金町煉瓦、日本煉瓦、大板窯業)	・煉瓦洗浄(詳細不明)	・煉瓦洗浄試験	・煉瓦(金町煉瓦、日本煉瓦、大板窯業)	・外観(煉瓦表面)	・5~10年(煉瓦洗浄)	高温高压洗浄(温度130℃、圧力30kg/cm ² 、洗浄時間900cm ² あたり40秒)	・洗浄周期は今後経過観察を行い、必要に応じて調整	・洗浄周期は今後経過観察を行い、必要に応じて調整	
					石張	・花崗石(常陸稲田産)	・不明(一部補修跡あり)	・補修なし	・花崗石	・外観(石材表面)	・長期使用	・定期点検(年点検)	・石張の損傷等を目標確認		
⑤ 側壁		コンクリート造、煉瓦及び石張	2組	1	煉瓦	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	・翼壁と同じ	
					石張	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上	・同上
		コンクリート造、コンクリート塊張	1組	1	開室コンクリート塊張	・コンクリート塊張	・コンクリート塊張(当初に復元)	・補修なし	・コンクリート塊張構造	・開室護岸形状	・長期使用	・定期点検(年点検)	・コンクリート塊張の損傷・隙間の変化を目標確認	・コンクリート塊張の損傷・隙間の変化を目標確認	

※保存・維持管理の実施に当たっての基準
 基準1：構造物自体の保存を行い、定期的に保全する部分は主たる形状及び色彩などを維持する必要がある部位
 基準2：定期的に取替えなどの維持管理を必要とするため、形状は維持するが、材質については維持管理を勘案して、適宜取替えを行うことが可能な部位
 基準3：意匠上の配慮を行いつつ、所有者等の判断により、形状、材質を適宜変更することが可能な部位