参考資料

第５回
重要文化財「石井閘門」保全対策検討委員会

(補修工事報告)

平成26年3月12日（水）

国土交通省　東北地方整備局
北上川下流河川事務所

1.　補修工事の概要

資料-3 p.1～2

【スケジュール】平成25年10月21日～平成26年3月28日

【これまでの工事実施手順】

仮設工

↓

開閉機取り外し

↓

石工　（笠石取り外し）
（笠石欠損部補修）
（隅石欠損部補修）

仮設足場設置

笠石取り外し

1.　補修工事の概要

資料-3 p.1～2

煉瓦工　（煉瓦取り外し・再設置）

↓

開閉機基礎コンクリート工
（取り壊し）

↓

石工　　（階段設置、段差調整）
（笠石再設置）

↓

開閉機基礎コンクリート工
（コンクリート打設）

↓

煉瓦積再設置

笠石再設置

開閉機基礎コンクリート再設置

1.　補修工事の概要

資料-3 p.1～2

今後の工事実施手順

根固め工（閘頭部深掘れ対策）

↓

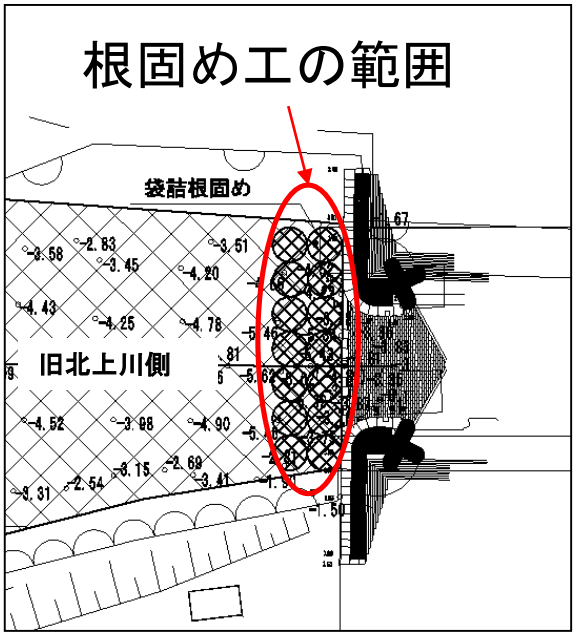
開閉機再設置

↓

工事発生材（煉瓦・石材等）の埋設保存

↓

旧開閉機の野外展示



袋詰根固め製品例

2.　補修工事によって発見された事項

資料-3 p.3～5

笠石のズレ止め金具

笠石下から見つかった釘（和釘）

笠石下から見つかった金物

笠石のズレ止め金具

笠石下からの鉛板

笠石に埋め込まれていた金具

2.　補修工事によって発見された事項

資料-3 p.3～5

笠石下からの木片

笠石からのダボ(井内石）

モルタル片

笠石のダボ穴からの硫黄

隅石からのダボ(安山岩）

煉瓦

2.　補修工事によって発見された事項

資料-3 p.3～5

耐火煉瓦

閘尾部･左岸側のアンカー周囲からの鉛

閘頭部　門扉周辺からのアンカー頭部

階段脇の石積

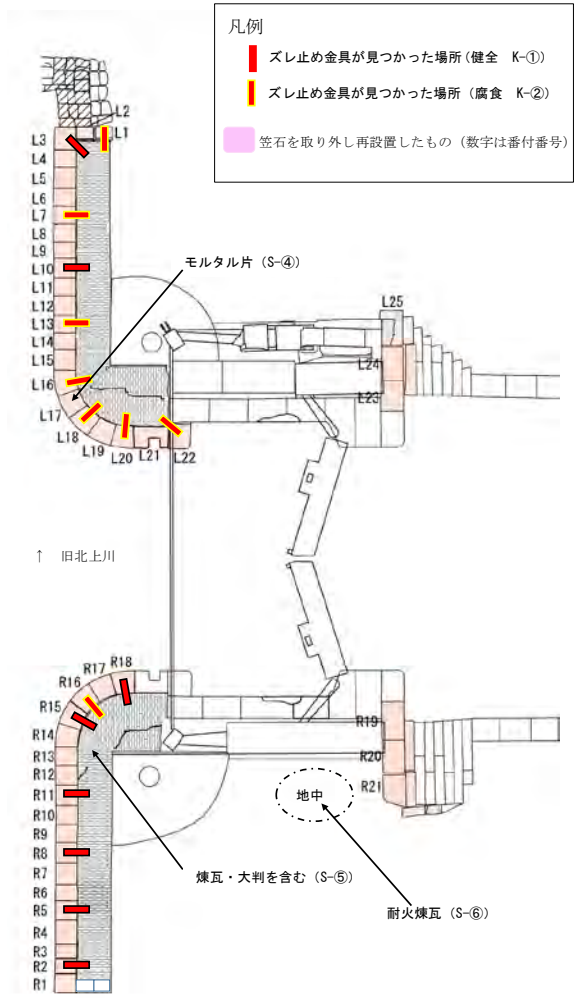
2.　補修工事によって発見された事項

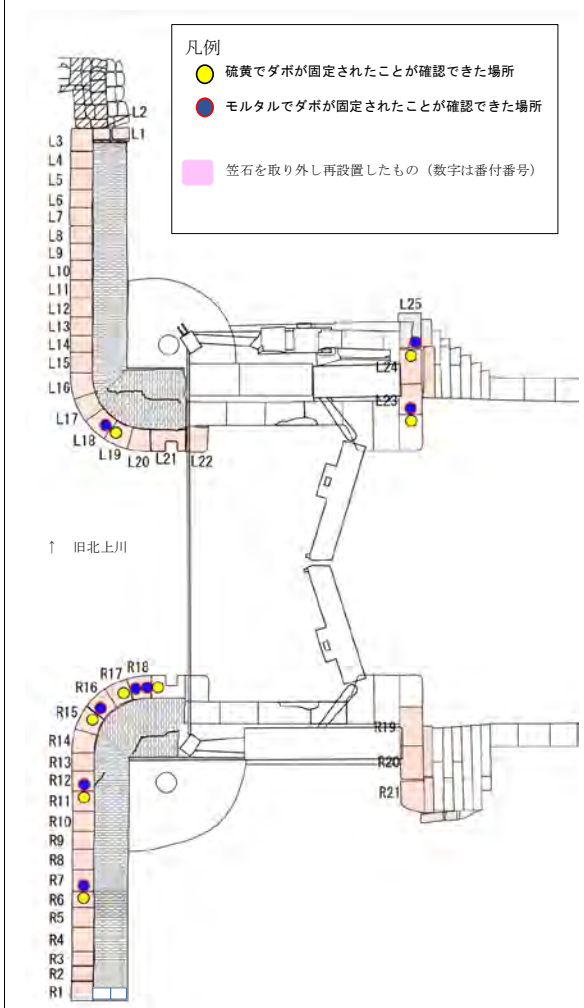
資料-3 p.6

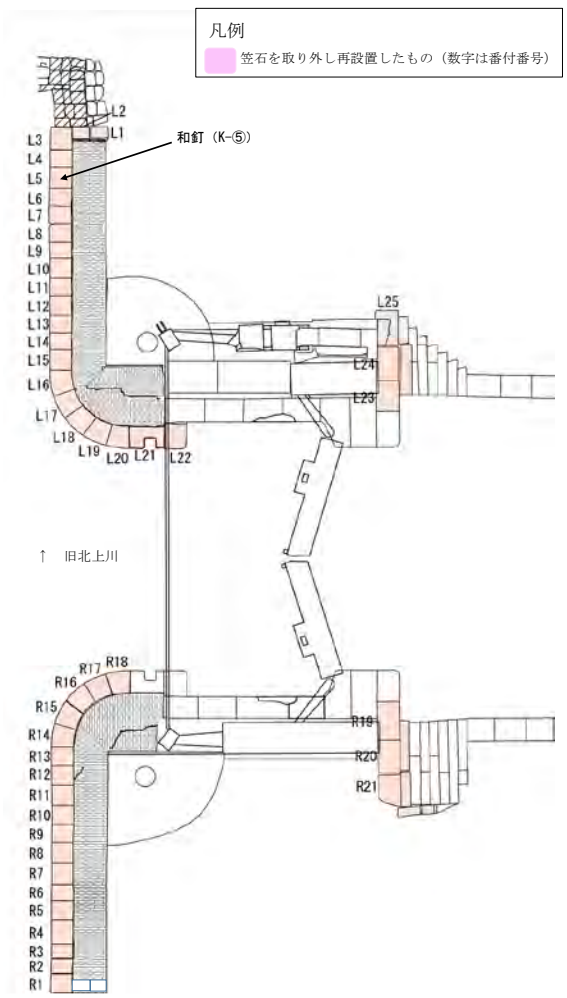
閘頭部

発見された場所　（閘頭部）

笠石下部から発見されたズレ止め金具の位置	笠石ダボ穴から硫黄が出て来た場所	その他







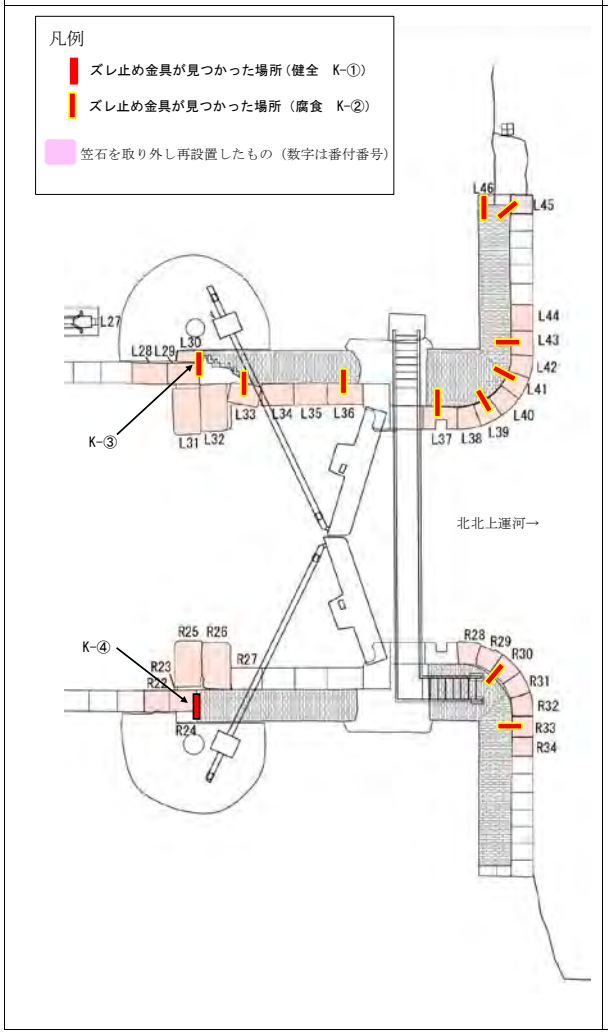
2.　補修工事によって発見された事項

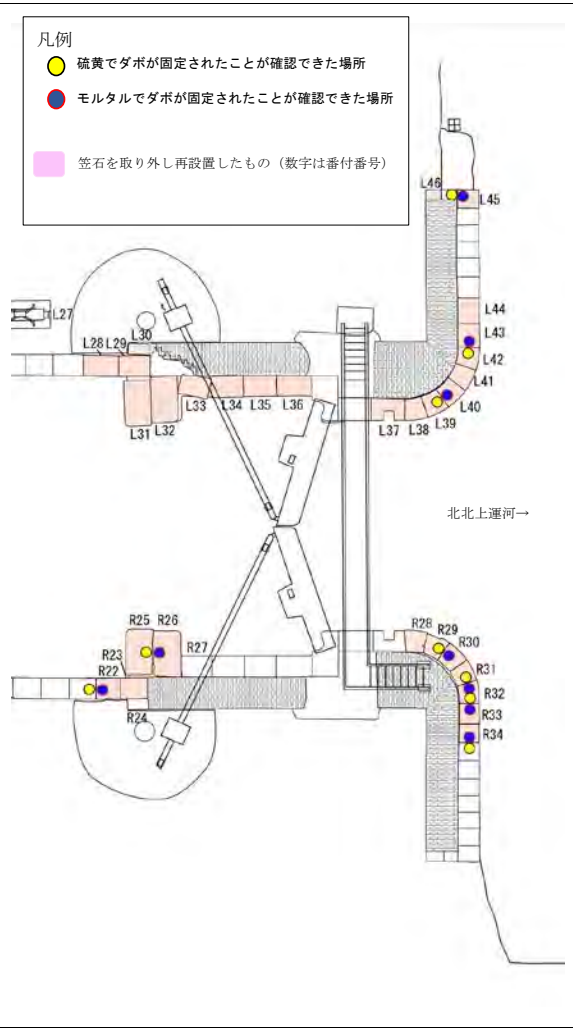
資料-3 p.7

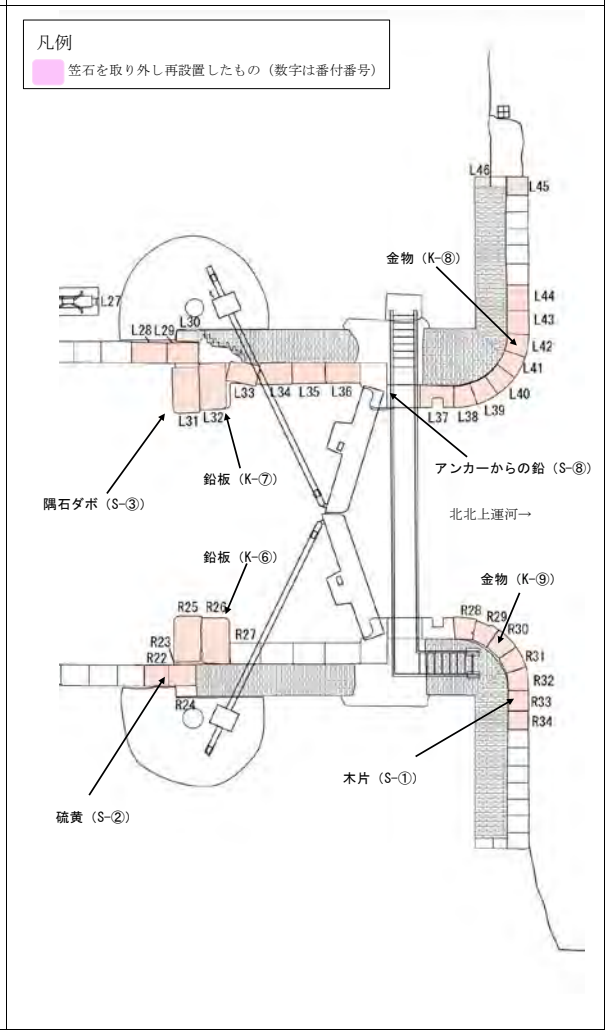
閘尾部

発見された場所　（閘尾部）

笠石下部から発見されたズレ止め金具の位置	笠石ダボ穴から硫黄が出て来た場所	その他



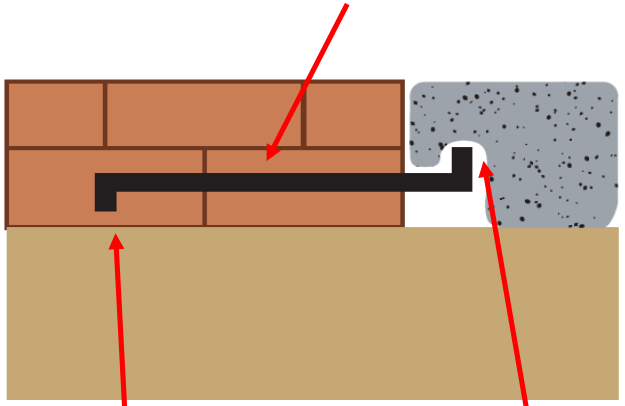




3.　補修工事によって判明した事項

（1）　笠石のズレ止め金具

金具　長さ900㎜（推定）
L形部分60㎜　太さ20㎜



金具は、笠石に開けられた穴に差し込まれていた
（モルタル等による接着はない）

どのように煉瓦と接続しているかは不明

この金具は、文献（工学叢書　第六号　明治14年等）においても記載がなく、その素材がどのようなものかが分かっていない。

そこで、金属分析を行う研究機関に依頼し、金属の組成分析等を行った。

その結果、この金具は錬鉄で作られた素材で、リンが高濃度であることから輸入材であると考えられる。

なお、明治期に奈良県・唐招提寺の補修で利用されたベルギー産と言われるボルトとよく似た成分組成であることから、この金具は、ベルギーで造られた可能性がある。

表　成分分析結果と比較

試料名	C 炭素	Si 珪素	Mn ﾏﾝｶﾞﾝ	P ﾘﾝ	S 硫黄
石井閘門のズレ止め金具	0.016	0.16	0.069	0.32	0.012
唐招提寺のボルト	0.009	0.12	0.063	0.38	0.034
錬鉄（平均的な化学成分）	0.05　～ 0.25	0.02～0.2	0.01～0.1	0.05　～ 0.23	0.02～ 0.1

出所：成分分析等：日鉄住金テクノロジー(株)
参考資料　：奈良県教育委員会　国宝唐招提寺金堂修理工事報告書　2009

3.　補修工事によって判明した事項

（2）笠石の硫黄を利用した設置方法

笠石を取り外したところ、ダボ穴から硫黄が出て来た。なお、反対側はダボはモルタルで固定された。

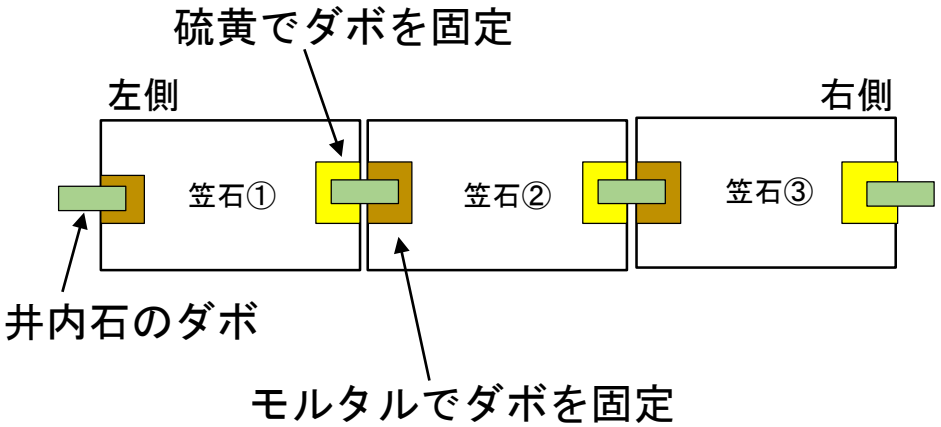


図　笠石のダボ接続方法のイメージ図

硫黄は、江戸･明治・大正期には、鉛とともに、石と石、石と金属の接着に一般的に用いられた工法であり、笠石どうしをダボで接続するために利用されたものと思われる。

ダボ穴からでてきた硫黄

施工方法（推定）

現場では、笠石①を据え付け、笠石①の右側ダボ穴に熱した硫黄を粘土状にして押し込み設置

別の場所で施工（モルタルによるダボの接着）した笠石②を笠石①に差し込む

3.　補修工事によって判明した事項

資料-3 p10

（3）　笠石下部のモルタル設置

　笠石の下には、モルタルが設置されていた。このモルタルを観察した結果、煉瓦上部にまず、モルタルを敷均し、その上に、高さを調整するモルタルを団子状に盛り上げたものと思われる。

　なお、モルタル上部には10～15㎜程度の土砂が堆積しており、雨水とともに進入したものと思われる。

笠石L41下部には10㎜程度のモルタルが発見された

　笠石L16では、40㎜程度調整のモルタルが盛り上がっている部分を発見。また、このモルタルは下部のモルタルと一体化していないことを確認

3.　補修工事によって判明した事項

笠石取り外し直後の写真　煉瓦天端側と運河側に土砂が堆積している状況が分かる。

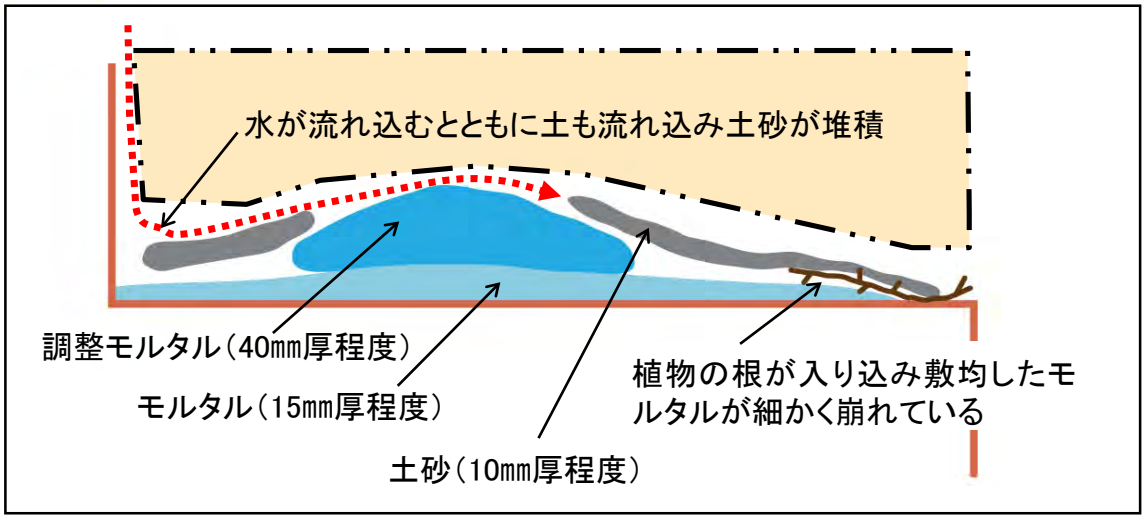
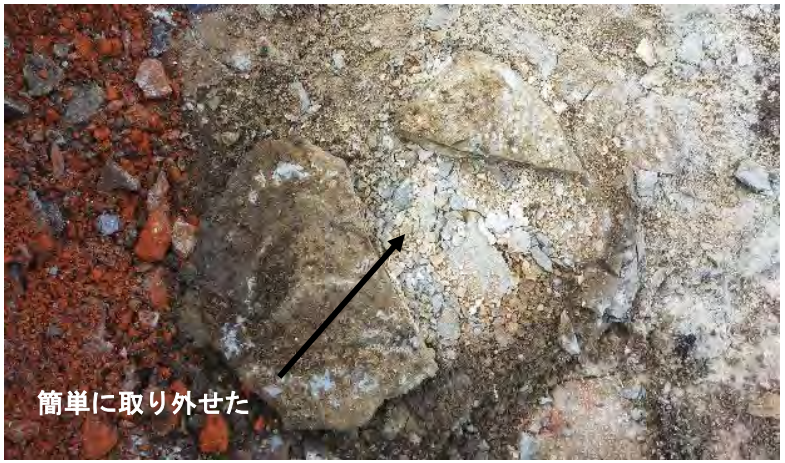


図　笠石・L16下部の状況



盛り上がったモルタルは、ものモルタルよりも下にあるモルタルとは一体化していない。

崩れたモルタル周辺には植物の根が繁茂していた

3.　補修工事によって判明した事項

資料-3 p11

（４）　隅石の設置方法

　煉瓦積と一体的になっている隅石は、金具等によるズレ止めはなく、自重および上部にある笠石の抑えによって構造体を形成していることが分かった。なお、隅石どうしはダボによって接続されていることが確認された。

安全性確保の点から笠石を取り除く（閘尾部・左岸）

隅石と煉瓦との間にはモルタルがあるのみ。下部の隅石とはダボで接続

ズレ落ちた隅石も周辺の煉瓦積とは金物類で接続している形跡はない

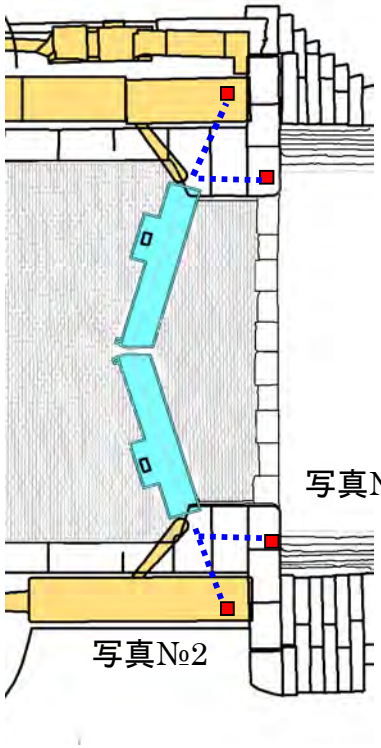
3.　補修工事によって判明した事項

（５）マイターゲートのヒンジとアンカー

今回の閘頭部で6cm角の金属物が発見された。これは、昭和41年に設置した鋼扉のヒンジを止めるアンカーであると思われる。

写真№１

写真№２



閘頭部ヒンジのアンカー位置

マイターゲートは、門扉を扉体の片側で支える構造である。そのため、全開・全閉時に扉体が垂れることを防ぐために、門扉が開いた場合（水流方向）の固定と、閉まった場合（合掌方向）の固定を考え２個所にアンカーを設けるのが一般的である。

ことから、この２つの金属物が門扉のアンカーであると考えられる。

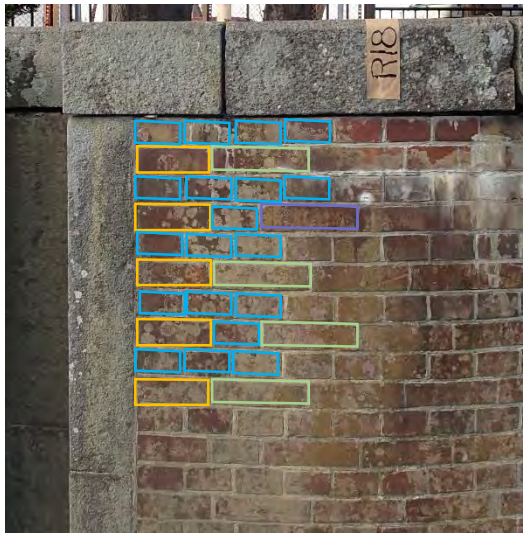
なお、今回は、閘尾部では、発見されていないが、煉瓦天端あるいは管理橋のコンクリート内等に、この金属物が存在しているものと思われる。

3.　補修工事によって判明した事項

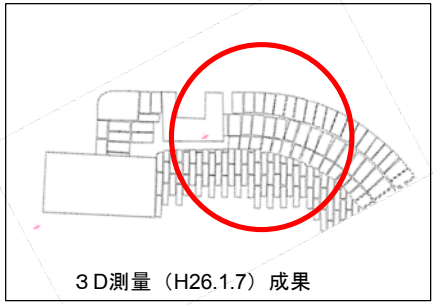
資料-3 p12

（6）　煉瓦の積み方

イギリス十字積と言われる積み方を確認した。



閘頭部･右岸



閘頭部･左岸

1～4段で1つのパターンを構成

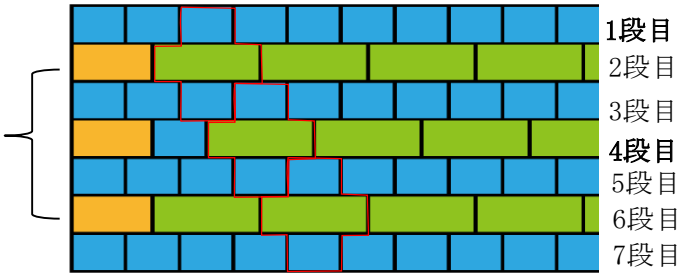
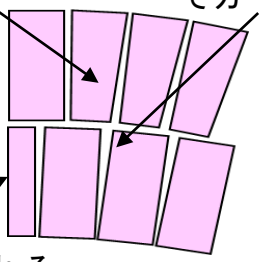


図-7　閘頭部右岸の煉瓦積みパターン

凡　例
小口（並煉瓦の半分）
七五（並煉瓦の3/4）
並（普通煉瓦）

①セリ落としで対応し、カーブをつくる

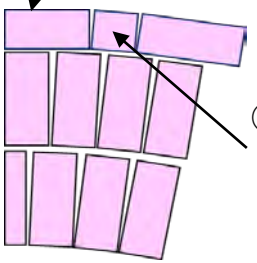
④煉瓦積の内部の方の目地幅が広く、目地幅でカーブに対応



ヨウカンと言われる半分の煉瓦で調整

1段目･3段目の積み方

②長手が表にでる場合は、煉瓦を加工せずに利用（目地幅でカーブをつくる）



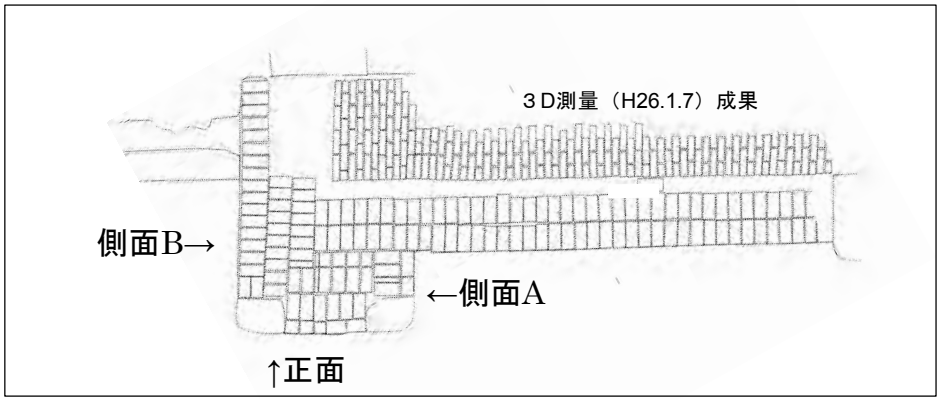
③4段目では、小口が表に出る場合は、半マス煉瓦で対応

4段目の積み方
（2段目はこの断面の小口がないもの）

3.　補修工事によって判明した事項

閘尾部にある門柱周辺では、隅石の間が狭いため、イギリス十字積のパターンとは異なる積み方になっている。

閘尾部･左岸



閘尾部･左岸

門柱周囲では、正面、側面Bでは、十字になるが、側面Aでは、単純な積み方となる

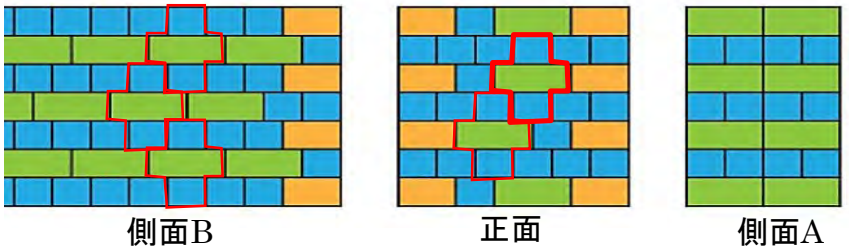
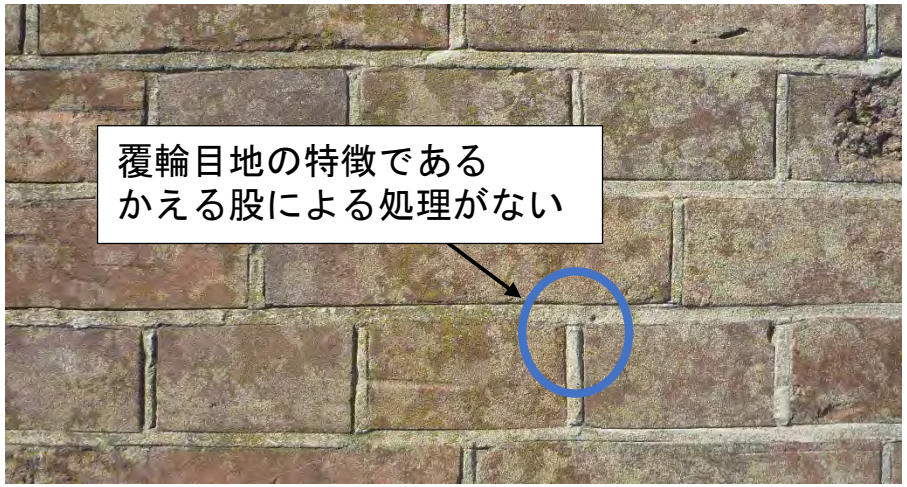


図　閘尾部･左岸･門柱の煉瓦積みパターン

3.　補修工事によって判明した事項

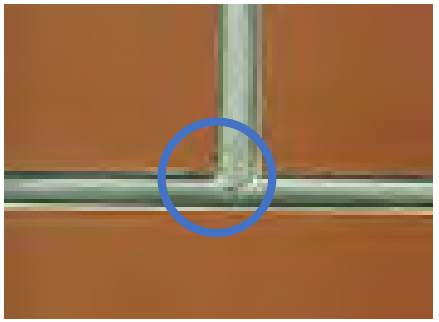
（7） 煉瓦の目地

覆輪目地である可能性もあったことから、その確認を実施した。結果、石井閘門では浅目地（平目地を含む）で仕上げられていると考えられる。



石井閘門･閘頭部・右岸側の煉瓦積写真

目地は、櫛のような先端の尖った道具を用い目地をはみ出した部分を取り除いた感じも見受けられる



覆輪目地の特徴

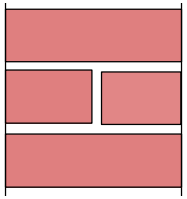
覆輪目地は、中央部が“かまぼこ”のように盛り上がっている。

また、縦目地が横目地の中央部に重なって見える形状“かえる股”と言われる処理である。

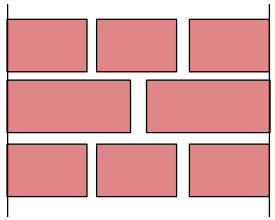
3.　補修工事によって判明した事項

（8） 煉瓦の大きさ・形とデザイン

煉瓦取り外し時に、通常の煉瓦（221×112×58）よりも大きい煉瓦（233×116×59）が複数確認された。また、隅石の間のデザインでは、この大型煉瓦を活かした積み方が施されていることが分かった。なお、カーブ部分では曲面を持つ役物（異形）煉瓦を利用していないことも確認された。



230～235㎜の煉瓦1個で構成されている。下段は110～115㎜の煉瓦2個で構成されている



110～115㎜の煉瓦3個で構成。下段は170～175㎜の煉瓦2個で構成されている

煉瓦がカーブしているかを57本確認したが、その多くが直線であった。

参考
曲面の煉瓦（D形・かまぼこ煉瓦）のイメージ

3.　補修工事によって判明した事項

（９）　煉瓦積からの漏水

煉瓦積の劣化要因となる水の浸入について確認を行った。その結果、周囲から雨水が流れ込み煉瓦積背後に染みこんで漏水している可能性があると考えられる。

閘頭部左岸の煉瓦積状況

閘尾部右岸の煉瓦積状況

雨水が溜まった開閉機ピット（閘頭部右岸）

煉瓦積背後には空洞が多く見られた（閘尾部左岸）

周囲の雨水が煉瓦積側に流れている（閘尾部右岸）

隙間から雨水が流れ込む（閘頭部左岸）

4.　補修内容

資料-3 p.15

(１)　笠石欠損部の補修手順

①工場の大型機械で笠石をカット

②代替石の作成

③代替石への刻印(2013)

④代替石と母材をつなぐステンレスピン（径6㎜）を設置

4.　補修内容

資料-3 p.15

⑤代替石と母材に接着剤を塗布

⑥代替石と母材を組み合わせる

⑦接着面に3㎜程度できた空間を塞ぐ樹脂を塗布

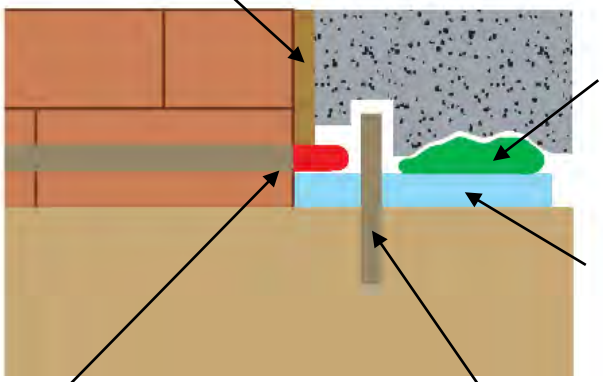
⑧はみ出た樹脂をたたき落とす

⑨完成

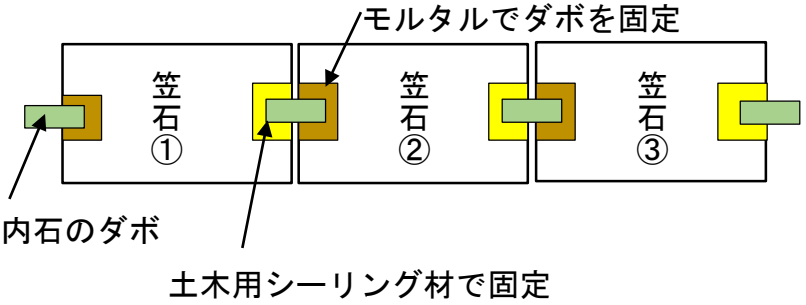
4.　補修内容

資料-3 p.15

（２）　笠石の再設置手順



新規ステンレス棒（長200㎜　径10㎜）
先を尖らせて、穴の中に残る煉瓦くずの影響を
受けないように配慮



新規ダボ、今回の工事で設置したことが分かる
ように“×”印をカッターで入れる

4.　補修内容

資料-3 p.16

①煉瓦の目地部分に残る植物の根を焼き処理

②煉瓦の隙間に無収縮モルタルを充填

③無収縮モルタルの充填状況

④防水性を高めるために吸水調整材を塗布

4.　補修内容

資料-3 p.16

⑤防水モルタルを敷均す

⑥ズレ止め金具が腐食し利用できない場合は、一部を切断し新たな金物を設置するスペースを確保

⑦新たなズレ止め金具を設置するために煉瓦積にドリルで穴をあける

⑧笠石設置のために調整モルタルを設置

4.　補修内容

資料-3 p.16

⑨片側のダボ穴には土木用シーリング材を充填

⑩笠石を押しつけて設置する側のダボはモルタルで固定。

⑪笠石を再設置

⑪笠石の高さ調整・再設置終了

4.　補修内容

資料-3 p.17

（３）　隅石の設置手順

①代替石に替える部分を決定

②替える部分をカット

③代替石の加工（刻印は工場で実施）

④代替石と母材をつなぐステンレスピンの設置

4.　補修内容

資料-3 p.17

⑤ステンレスピン（径6㎜）

⑥代替石と母材に接着剤を塗布

⑦人力で設置

⑧母材と代替石との隙間を樹脂で処理し、その後周囲の母材と風合いをそろえるためノミでたたく

⑨完成

4.　補修内容

資料-3 p.17

（４）　階段の設置手順

①補修前

②階段の取り外し

③調整のために設置する代替石の加工

④仮置きしながら調整を実施

⑤調整用の代替石設置済み状況

4.　補修内容

資料-3 p.17

（５）　ズレ落ちた隅石の補修

①ズレれていた状況

②隅石の一部が外れ　水中に落下。

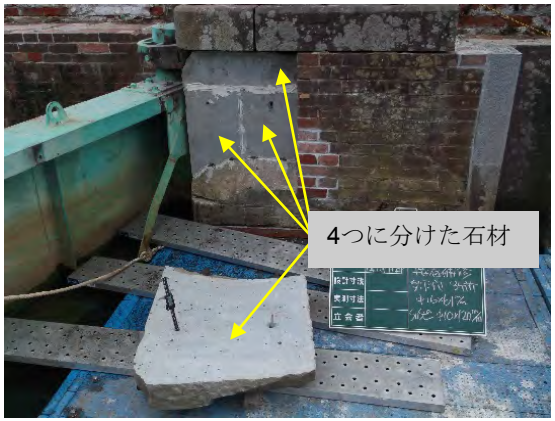
③水中に落ちた石を回収

④人力で動かせるように工場で4つに分割

4.　補修内容

資料-3 p.17

⑤分割した3つの石をステンレスピンと接着剤で固定



⑥見える“表”部分には継ぎ目が出ないように大きくカットした石を設置

⑦クレーンで持ち上げ、最後は人力で設置

⑧完成

4.　補修内容

資料-3 p.17

（６）　笠石の段差調整手順

震災によって井内石積と煉瓦積とに沈下の差が発生し、笠石に段差がついた

①補修前

②段差を調整する代替石

③代替石を入れるための下地調整

④代替石の設置

⑥段差調整後

閘門操作員のみの利用となるため、震災によって沈下したことを伝えるために、スロープ処理ではなく段差処理とした

4.　補修内容

資料-3 p.17

(７)　煉瓦積手順

①取り外す煉瓦に番付

②取り外す煉瓦に番付

③試験的に煉瓦を取り外し、今後の取り外し方針を検討

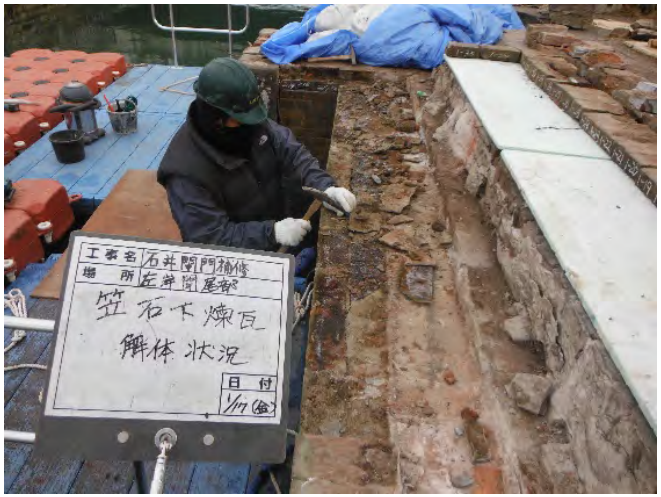
④煉瓦上部のモルタルを撤去

4.　補修内容

資料-3 p.17

⑤モルタルが撤去された状態

⑥グラインダーによって目地に切れ目を入れる



⑦煉瓦を外していく

⑧煉瓦を取り外した状況

4.　補修内容

資料-3 p.17

⑨目地モルタルの混練

⑩刻印の無い煉瓦に墨で「2013」と判を押す

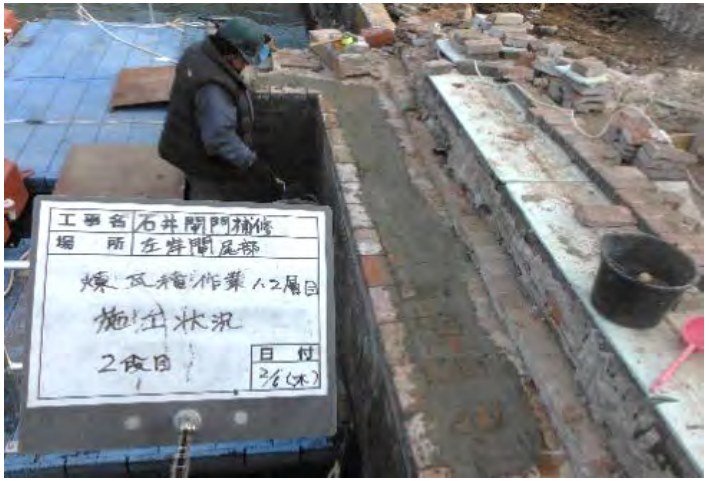
⑪取り外した煉瓦のうち、再利用できる煉瓦をケレン

⑫煉瓦の積み上げ

4.　補修内容

資料-3 p.17

⑬目地へのモルタル充填



⑭2層目との間にモルタルを設置

⑮煉瓦が積み上がった状況

⑯煉瓦が積み上がった状況

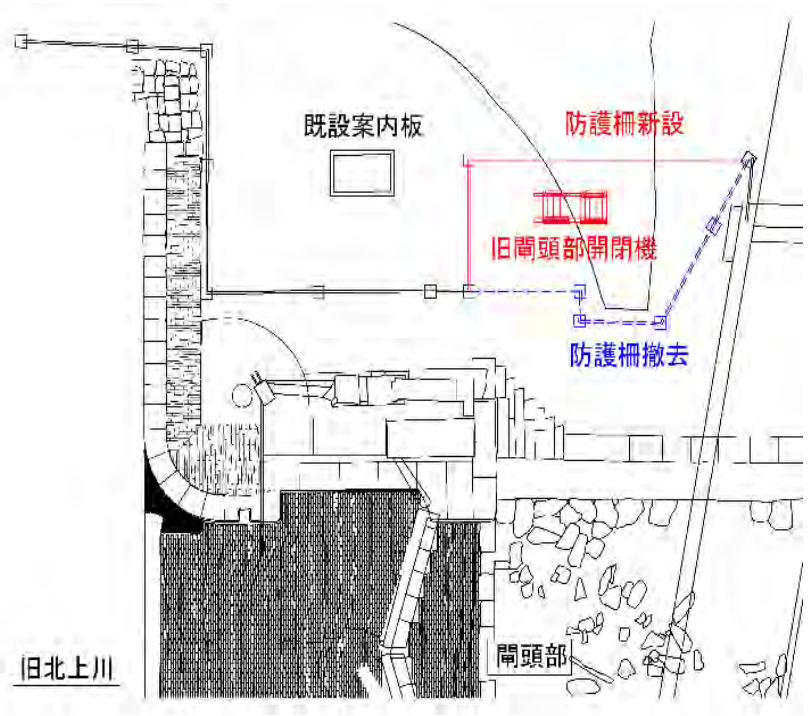
5.　閘頭部開閉機の野外展示と埋設保管

資料-3 p.20

(１)　野外展示

閘頭部の開閉機(昭和41年設置)の修理を行った際、回転装置の安全性に問題があることが分かり新規の開閉機に取り替えることとなった。

そこで、以前の開閉機（昭和41年設置）を石井閘門の脇に野外展示することとした。

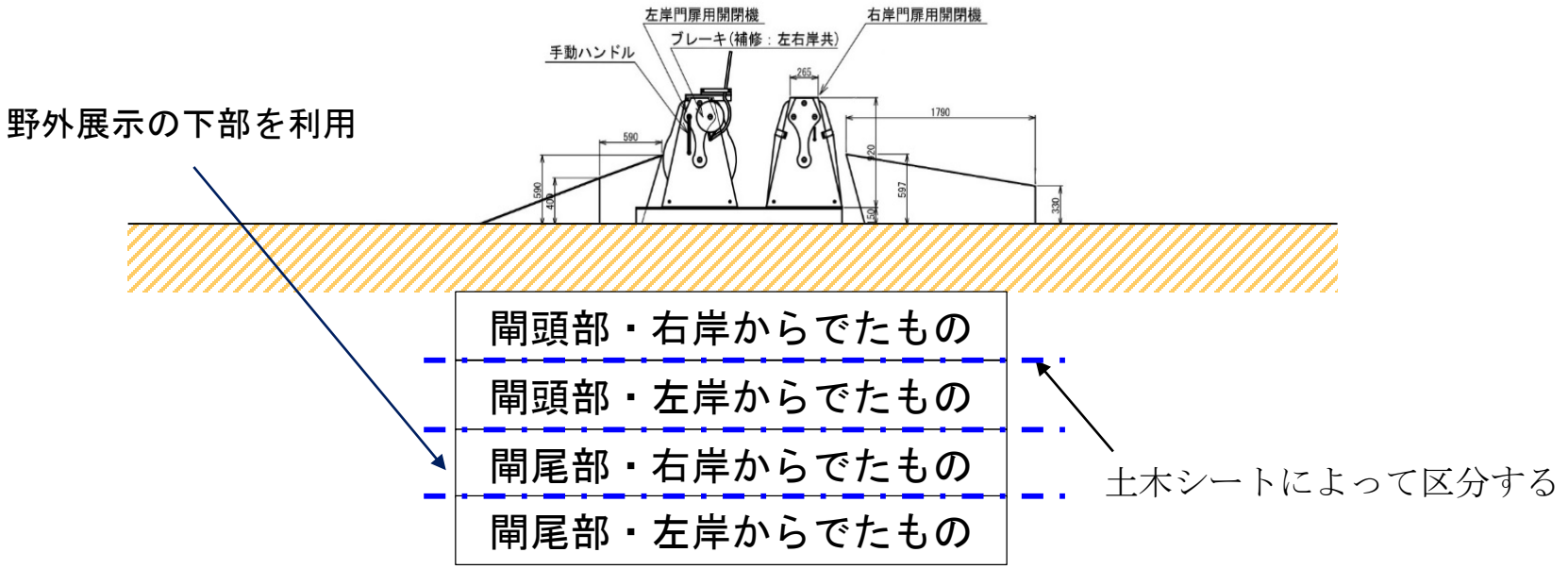


5.　閘頭部開閉機の野外展示と埋設保管

資料-3 p.21

（２）　埋設保管

室内保管と埋設保管を実施することとし。埋設保管は旧開閉機の野外展示場所の脇を利用することとしている。



6.　工事記録報告書の作成

資料-3 p.22

今回の工事記録を下記の目次に沿って作成していくことを検討。

目　次　(案)

第1章　概説
1.1　補修事業の概要
1.2　石井閘門の概要

第2章　補修工事の概要
2.1　補修工事の経過
2.2　補修工事の実施方針
2.3　工事実施体制
2.4　工事費
2.5　工事内容
2.6　工事工程
2.7　工事環境

第3章　補修工事内容
3.1　仮設工事
3.2　石工事
3.3　煉瓦工事
3.4　機械設備工事

第4章　調査項目
4.1　施工に係る事項
4.2　室内保管と埋設保管

第5章　写真類（補修前　補修後）

第6章　図面類（竣工図）

参考資料