

### 第3章 形式技法調査

#### 第1節 石材

##### 1. 種類及び産地

通潤橋に使用されている石材は、熊本県内の多くの石造アーチ橋と同じく、阿蘇溶結凝灰岩である。阿蘇火山による火砕流噴火は、およそ27万年前から9万年前までの間に数万年の間隔を挟んで4回発生し、最後となる4回目の噴火は、巨大噴火であったとされている。火砕流堆積物は、時期毎に約27万年前の阿蘇-1から、約14万年前の阿蘇-2、約12万年前の阿蘇-3、および約9万年前の阿蘇-4火砕流堆積物と分類される。溶結凝灰岩は、火砕流堆積物が石材として溶結したものであり、「阿蘇-1溶結凝灰岩」のように呼称して使用されている。熊本県内の石造アーチ橋を始めとする石造文化財の多くは、最も広域に分布し軟岩として加工に適した阿蘇-4溶結凝灰岩の使用例が多い。通潤橋においては、阿蘇-1溶結凝灰岩が用いられており、その点は特筆される。石材は、橋直下を流下する五老滝川より採取されており、橋から約500m上流にある落差約3mの「とどろ滝」は、建造時の石材採掘によって創出された人工の滝と伝わる。本来、五老滝川では、河床の至る所で阿蘇溶結凝灰岩の岩盤がみられるが、とどろ滝から通潤橋までの区間では岩盤は全く見られず、河床は砂地で非常に不自然である。また、とどろ滝や通潤橋の下流に残る河床や河岸の岩盤には、矢穴などの石切りの痕跡が確認される。一帯の地質は、橋から約150m下流にある「五老ヶ滝」(国指定名勝「肥後領内名勝地 五郎ガ瀧」、県指定天然記念物)が懸かる阿蘇-1溶結凝灰岩であり、約9万年もの期間、河川により火砕流堆積物上部の弱溶結部が洗掘され、下部の強溶結部が露出している。史料上<sup>1</sup>においても、この一帯は、石性(石質)がよいものを一揃えに採取できるという、良好な石切場であると認識されている。

なお、実際の石材の採掘作業においては、五老滝川の水流を一時的に逃して採石が行われたことが記載され、それを裏付けるように、下井手取水口の隣には工事中の河川の仮流路となる隧道の入口も存在

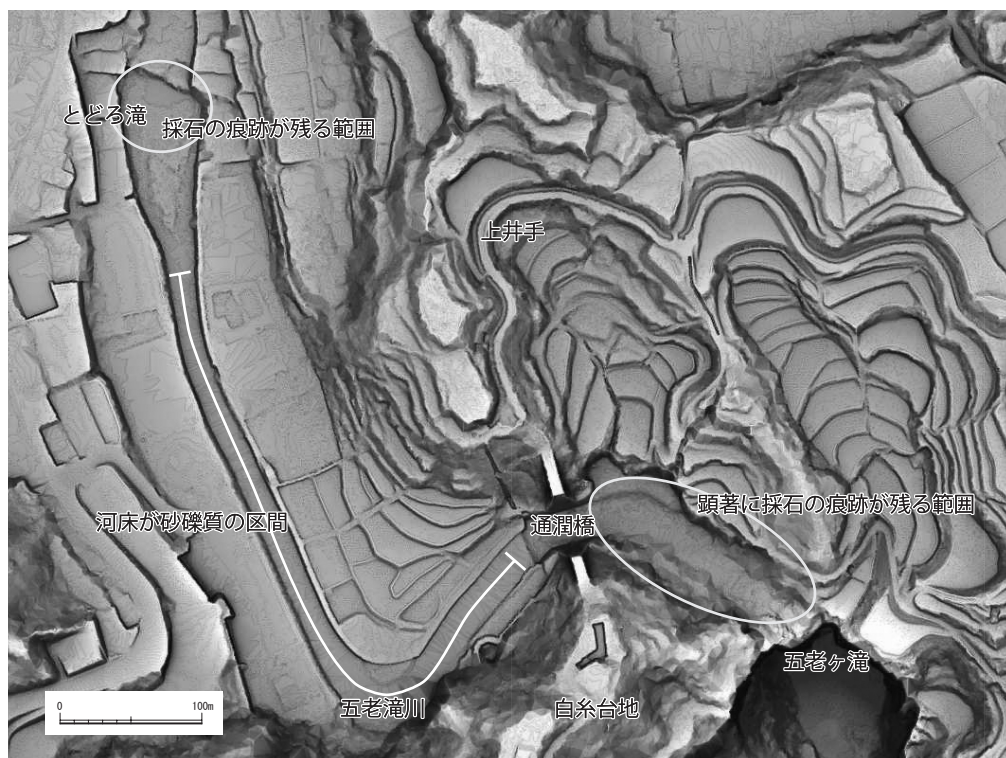


図3-1-1 通潤橋に用いられた石材の採石範囲  
(林野庁計測データによる赤色立体図を使用)

する。通潤橋では、建設工事における石材運搬の効率と石質の双方を勘案し、直下の五老滝川より石材の調達を行ったといえる。

## 2. 石質

溶岩は、液体のマグマが固結した岩石であるのに対し、溶結凝灰岩はマグマの破片、古い岩石のかけら、火山灰などが固結した岩石である。これら構成物の混じり合い方や固まり方がピンポイントに場所によって異なるため、岩石の性質も多様といえる。このことは、安定した均一性をもつ花崗岩や安山岩などの石材とは、本質的に異なる。特に、阿蘇溶結凝灰岩は、不均質で多様な岩相を示すため、熟練者による肉眼観察による同定は欠かせない。本町では、平成26年度に『重要文化財通潤橋保存活用計画』の策定に伴い、地質学及び工学的的手法によりオリジナル石材、産地（五老滝川河床）のほか、町内で産出される阿蘇溶結凝灰岩の調査を実施している。本項の内容は、その大部分を若干の整理を行い掲載するものである。

通潤橋の建設時に採石された五老ヶ滝の滝口付近の溶結凝灰岩は、灰色（本質レンズはやや結晶化しており、艶がないもの）で基質は灰白色のもの、赤味があったもの（灰色石と似ているが、全体が赤っぽい色味を呈する）、および黒色（本質レンズは黒色のガラス質）で基質は灰黒色のもの、以上3種に大別できる。これらの岩相の違いは、同一露頭でお互いに漸移するものであり、岩石の区分として本質的な差異ではない。本質レンズは、ガラス質の場合と結晶質の場合とがある。顕微鏡下では、基質が細粒の火山灰の平行配列しているピトロクラスティック組織であるが、基質の結晶化が著しいものが多い。本質レンズの中には、真円に近い気泡があり、強溶結の本質レンズの特徴を示す。また、本質レンズが多斑晶質であることも、阿蘇-1溶結凝灰岩の特徴である。肉眼的に「赤味」を感じる部分では、鉄を含む鉱物である斜方輝石、単斜輝石および磁鉄鉱の周辺部が赤褐色に変化しており、酸化が進む状況にあったことが判断できる。黒っぽい岩石は、基質、本質レンズともに、灰色、赤色の部分に比べて明らかにガラス質である。結晶化していないため、構成物の配列が明瞭であり、溶結凝灰岩が有する肉眼で見たときの本質レンズの配列に平行な方向には割れやすい性質は、このミクロな構造を反映していることを示している。

通潤橋に使用されている石材は、概ね灰白色の堅固な溶結凝灰岩である。全体は灰白色であるが、本質レンズには、艶が弱いものの「黒曜石」からなるものも残っており、そのような部分は、黒いレンズ状の縞模様が顕著なユータキシティック構造が明瞭で、全体の色味として「黒っぽさ」が増す。また、一部には本質レンズの配列方向にほぼ平行なヘアークラックが見られるものがある。このようなクラックの存在は、水の侵入を容易にし、吸水性の高い溶結凝灰岩の凍結による劣化を進行させる原因の一つと考えられる。

阿蘇-1溶結凝灰岩は、全般的に構成物が荒く、溶結し少し結晶化が進むと、著しく硬く、細工し易い石材とは言い難い。しかし、硬いだけでなく、粘りも持ち合わせている。このことが、通潤橋に不可欠な大きな荷重などに耐える必要のある石材として選ばれた可能性が考えられる。

工学的調査としては、圧縮強度等についてデータを収集している。詳細は、第5章第1節に記載するが、阿蘇-1溶結凝灰岩・阿蘇-3溶結凝灰岩を含む、8種類13分類の石材圧縮試験より、最大圧縮強度が13.8から126.5 (N/mm<sup>2</sup>) まで、大幅にばらつく結果となることが判明した。このうち、五老滝川より採集した石材は、73.4から85.0 (N/mm<sup>2</sup>) 間に収まり、他の岩石と比較しても数値のばらつきが少なく、比較的強度の高い石材の産地であることが確認されている。また、一部では石材の堆積方向の圧縮強度と堆積層方向の圧縮強度が逆転しているケースもある。

## 第2節 形式・技法等の調査

通潤橋は、平成31年（令和元年、2019）から令和2年（2020）の保存修理工事（平成30年大雨災害復旧）において、初めて壁石垣の一部解体、積み直しを実施することとなった。修理範囲は、端部の壁石垣上部に限られ、通水石管下部の裏築構造は明らかになったものの、大部分は未解体である。そのため、本節では甚だ不十分な点もあるが、現時点で確認しうる通潤橋の構造形式や技法について、整理する。また、基礎や石垣内部などの未確認な点は、「通潤橋仕法書」（以下、「仕法書」という。【史料編：史料1】）・「南手新井手記録」（【史料編：史料4～26】）といった歴史史料からの情報を紹介し、若干の考察を加えておく。

### 1. 構造・形式

#### (1) 基礎

未解体のため不明である。当初計画時点では、輪石の基礎として2間（約3.62m）石積みによる「足附」を設ける予定であったが、手永による計画見直し段階で、高さ2間の岩盤を基礎とする案に変更されている【史料編：史料1（挿絵四）】。この変更は、石積より強固な岩盤を利用する方が、より安定度を確保できると判断されたことを示している。構造上、アーチが半円拱の形態を採ると推定される通潤橋にとって、有利であることの指摘もある（第5章第1節）。なお、外観の目視においては、橋脚基部は両岸共に河床の岩盤に接していることが明らかである【巻末写真：写真14、26】。橋躯体の壁石の石積は、橋脚部より両岸の橋端部に向けて上方へ続いていくが、この部分については、史料上にも言及はなく判然としない。

#### (2) 輪石（アーチ）

単一アーチ。通潤橋の場合、建造時よりアーチを構成する石材を「輪石」と呼称し、仕法書においてもその用語が確認できる。国指定重要文化財「霊台橋」（下益城郡美里町）では、「懸石<sup>2</sup>」という言葉が使用されている。

通潤橋の輪石は一重で、断面形が台形状の切石を各段布積みとする。加工は目視での確認ではあるが、壁石と比較して丁寧に加工されており、加工痕は残るものの全体的に平滑に仕上げている。厚さは、仕法書において「霊台橋を参考に3尺（約0.90m）とした」との記述があり、掛石（輪石を構成する石材のうち、両端に位置する上下流の前面にみえる部分<sup>3</sup>）での計測値は、ほぼ同数値である。掛石は、石材の長さが長短するものを交互に用いる傾向があるが、基部付近では下方に長い石材を連続して用いる箇所もみられる。基部の形態は、橋脚部に包まれている状態のため、詳らかでない。仕法書にみられる挿絵【史料編：史料1（挿絵四）】には、河床の岩盤より2間の高さの位置に岩盤を掘り込み、輪石を据えて状況が描かれている。その他、輪石に関する記述として「石ニ板目マサ目有り」と「板目合わせにす」のほか、「築合の口を明け胴にて喰合」など合端に関するものもみられる。

#### (3) 石垣（「鞆石垣」）

##### ①「鞆石垣」の用語について

通潤橋においては、輪石部分を除く上下流に面する両側壁の石垣を指すものとして、「鞆石垣」の用語がある。仕法書では、「鞆石垣」のほか「高石垣」という表現も見受けられる。現在の「鞆石垣」の用例として、輪石の基部を包む両岸の橋脚部の石積、あるいはより局所的にその勾配を認識することのできる、橋脚部の隅角部（出角部）を示す言葉として使用される向きが強い。建築分野におけるアーチ橋の部位を示す用語に「壁石（スパンドレル）」がある。これらはアーチの部材と橋面の間にある三角形の部位を指しており、アーチの上部（主に肩部）に小規模なアーチを乗せる形式のものは「オーブ



ンスパンドレル橋」と呼ばれ、類型化されている。通潤橋は、兩岸の橋端部よりアーチ部に至る取付部に該当する石垣が輪石の基部を包むため、建築分野でいう壁石（スパンドレル）と一体化していることもあり、明確に区分することは難しい。

本来「鞘石垣<sup>4</sup>」は、城郭石垣に由来する用語である。城郭石垣の石積み技能者である熊本藩の穴生に伝来していたとされる技術書「石垣秘伝之書」<sup>5</sup>にもその名称が記されており、刀剣の鞘の形状を石垣の反りに見立てた言葉で「矩返し勾配の総称」と理解されている<sup>6</sup>。時代は下るが、弘化4年（1847）に完成した霊台橋に関する史料として、砥用手永惣庄屋笹原善兵衛が記したとされる「目鑑橋手鑑 弘化三年午九月」がある。この史料においては、橋本体に該当する石垣を「通石垣」と記し、それらを保護するために副えられた石垣（「副石垣」<sup>7</sup>）を「鞘石垣」ないし「袖石垣」、あるいは「押石垣」と呼んでいる。ここで留意しなければならないのは、通潤橋における鞘石垣とは異なる構造物であることである。つまり、霊台橋における鞘石垣は、橋本体に付属する別の構造物であり、通潤橋においては橋本体を構成する石垣をさし、かつ矩返し勾配が付くという点である。橋を支持するという機能の面では同質であるが、その形態は全く異なり、矩返し勾配は、輪石上部を除くほぼすべての側壁部にみることができる。

以上の点を踏まえ、橋脚部の石垣と上下流両側面の石垣に区分し、型式・技法について整理する。

## ②石垣（両側面）

上下流側面の石垣について述べる。通潤橋にみられる矩返し勾配については、北垣聰一郎氏の論考<sup>8</sup>があるほか、第5章第1節においても言及されているため、割愛する。ここでは、仕法書の記述に沿い、石垣の形式等について整理する。

側壁の石積は、切込みはぎ、布積みで、間詰石はみられない。全体的には横目地が意識されるが、輪石際から側壁上の矩返し勾配の稜線を経て、側壁と一体化する付近は扇状積みとなっている。橋脚部の四隅より側壁に伸びる稜線と輪石際に挟まれる部分の側壁は直立で、勾配の付く側壁と入角をなす。仕法書では、この部分の入角について、角を付けず丸く築くことを鹿子木某の説としている【史料編：史料1（挿絵四）】。



図3-2-1 内部構造の様子

平成30年大雨災害復旧の保存修理工事では、崩落した右岸上流側端部を中心にほぼ直立した部分の石垣（手摺石直下より下方7段、計111石）を解体し、内部構造をはじめ、側壁を構成する築石（通称は壁石と呼ばれる。以下「壁石」とする。）の特徴を知る初めての機会となった。その際に確認した壁石は、その8割以上が控え約0.5mから0.69m内外であり、石面に対してやや控えは長いものの、城郭石垣と比較すると短く、橋端部に近い数石を除いて形状は立方体を呈していた。合端の合わせは、ほぼ全体という印象が強く<sup>9</sup>、介石もほぼ見

られない。壁石のみで自重を支えて自立しており、石材の取り外しにかなりの労力が必要であった。仕法書においても、築石（切り石）の合端では角が欠けるため、2尺5寸（約0.75m）方の石材では4寸（約12cm）、2尺（約0.6m）方以下では2寸5分（約7cm）ほど間隔を取り、胴で接合することを説く記事がみえる。

仕法書において、石垣に用いられる石材については、高さおよそ10間の側壁を下段より四分割し、区



間毎に石面と控えの規格を定めたとされる【史料編：史料1（挿絵十）】。これは、石垣構造をより強固にすることを意図したものだが、実際の石垣との比較においては、石材規格において相違がみられた。

最下層となる高さ1間2合（約2.17m）の区間で目視できる範囲は、橋脚部の河川に面する築石部のみであり、実際には根石2段分に相当する部分である（【図2-2-9】橋脚部（アーチ下部）石垣立面図）。石材の規格は、石面が最大で長軸約2m、短軸約1.2mを測り、仕法書にある方2尺5寸（約0.75m）を超えるものが大半である。2段目についても、橋脚部のみ観察が可能であり、側壁に接して設けられた護岸のための石垣により確認することはできない。橋脚部の築石の規格は、長辺が約0.6～0.7m（およそ2尺～2尺3寸）のものが多くみられる。3段目は、アーチ下の橋脚部においては、石垣が輪石を包む部分にあたり、目視できるのは上下流側の側壁のみとなる。石材規格は、横方向が約0.7m（およそ2尺3寸）、縦が約0.5m（およそ1尺7寸）を超えるものが主体で、2段目の規格に近い印象を受ける。次の4段目は、石材の規格が横方向で0.6m（およそ2尺）、縦が0.5m（およそ1尺7寸）からややそれを下回り、目視において3段目との相違を認識することができる。仕法書における規格は、1尺5寸（約0.45m）方、控え2尺（約0.6m）と記され、先の平成30年大雨災害復旧による修理範囲の石材と概ね一致しており、上方に小さな規格の石材を用いる傾向がみてとれる。4段目の上端ラインは、両岸共に輪石中央に載る石材上辺の横目地と重なる。この横目地はやや下りつつ端部まで連続しており、途中石積の段数を増やしていく。おそらく、この横目地は、側壁（壁石）を積み上げる工程の最後の区切りを示していると思われ、これより上部は、天端より下部2段に手摺石（後述）を載せるため、高さの調節を行う意味合いが強いと推測される。

その他、側壁の強度を向上させる手法として、史料上【史料編：史料21】に「2尺（約0.6m）方で、控え3尺（約0.9m）の石材を使用する中に、5尺（約1.51m）の控えを持つ石材（「引石」）を1坪あたり3本ずつ入れる」という記述がある。実際に先の保存修理工事においても、隣接する石材より控えが長い約0.95m（およそ3尺1寸）のいわゆる長尺石【巻末写真：写真45、46】を確認しており、何らかの規則性をもって配置していると思われる。

### ③石垣（橋脚部）

ここでは、河川に対して直交する両岸の石垣について述べる。城郭石垣という隅角部が上下流にあり、矩返し勾配の稜線がよく観察できる。そのため、便宜上、局所的にこの部分を「鞘石垣」とする用例もある。

最下部の概ね2段は根石で、面が方形または長方形の大型の石材を重ね、控えの方向に岩盤を掘り込み据えている（【図2-2-9】、【巻末写真：写真46ほか】）。右岸側は中央部より下流よりの1ヶ所のみ3段になる部分がある。石材の規模は、最大で面の長軸約2.0m、短軸1.2mを測り、出角の根石とその後背に位置するものは、重心を受けるよう、加工、配置されている。仕法書には、出角部分の根石の配置について、平面的に説明した挿絵【史料編：史料1（挿絵十七）】がみられるが、石材は面が2尺（約0.6m）、控えが角石で5尺（約1.5m）、脇の石材が3尺（約0.9m）とあり、見たところ算木積み部分の規格であり、根石ではない。左岸上流側の隅角部は、根石はなく算木積みで、石尻部分は岩盤下に据えられている。それ以外は根石2段の上部より算木積みとなる。角石は、若干の差異はあるものの高さ2尺、控え5尺の規格は実際と大きな齟齬はない。仕法書には、角石の積み方に関する記事【史料編：史料1（挿絵十六）】があり、石尻を下げる割合について、下から1石目では1尺7寸（約0.51m）、2石目では1尺1寸3分（約0.342m）、3石目では2尺7寸（約0.81m）と記し、地震への対応を意図していることが分かる。しかし、実測図との対比では数値に差異があり、実際の勾配はやや急となる。

橋脚部の築石は、輪石基部を被覆する部分に該当する。アーチを組み上げる際に、地橋（支保工）が設置されるが、現存する模型（第7章第5節）は半円形を呈しており、内部に多数の支柱が立つ。そのため、築石の積み上げ作業に支障が生じると考えられ、実施時期については疑問点が多い。【図2-2-9】で

は、兩岸共に輪石に接する最上段より下3～4段目まで横目地が通らず、他の築石より後の工程で積まれた可能性も考えられる。仕法書によれば、最終段階の挿絵【史料編：史料1（挿絵四）】において、輪石は河床より高さ2間の岩盤上より築くとされ、アーチ部は径15間3尺（約28.37m）の半円拱をなす。第2章第2節で図示している計測図【図2-2-16、17】で示すアーチ部の想定直径ラインより、橋脚部の根石1段目下端（河床の岩盤）までの高さは、約3.6m（およそ2間）であり、仕法書の計画図と齟齬はないことが確認できる。橋脚部石垣立面図【図2-2-9】では、根石1段目の下端より高さ2間の位置は、下から5段目の築石上縁の横目地あたりに相当する。従って、隅角部の角石、2段の根石、3段の築石を順に積み、その後地橋を構築したと想定できる。それより上部は、支柱の配置が作業に支障がなく、築石の控えに係る作業に必要な空間が確保できるならば、地橋の解体後でなくとも石積み作業は可能と思われる。いずれにしても史料上にも言及はなく、詳細は明らかでない

#### ④手摺石

橋上部の両端に短小な延石状の石材を2段積む。仕法書には「手摺石」の名称はみられない。切石布積みで、高さは橋上に設置されている三尺角の通水石管の上面とほぼ同じ高さとなる。壁石とは異なり一様に控えが短く、約0.4m未満のものが大半を占める。

### （4）内部構造

#### ①裏築（敷石・赤土タタキ・裏築天端石・円礫・裏築）

史料上においては、橋上に敷設する吹上樋（通水石管列）の重量に対する懸念から、それに応じる対策に関する記事が散見される。過去、通水石管のより下部を改変した記録はなく、実態を知りうる手段は史料に限られており、奇しくも先の豪雨災害に伴う保存修理工事は、その一端をうかがう上で貴重な機会となった。ここでは、解体に伴い明らかとなった情報と仕法書の記事を中心に説明を進める。なお、吹上樋（通水石管列）より下部の順序は、石管ないし赤土タタキ、敷石列、裏築天端石、円礫、裏築となる。



※数字は通水石管からの層順を示す

図3-2-2 通潤橋の内部構造（オルソ画像）

**【敷石】** 敷石は、通水石管列の下部に敷設される方形状の板石で、横方向に2枚並べ橋軸方向に1列を構成する。通水石管列（吹上樋）のうち建設当初は木樋（材質はクリまたはケヤキ）であった部分は、その幅員に合わせて1枚が設けられる。過去の修理工事において、その存在は確認されていたが、平面形が明らかになったのは、先の保存修理工事が初となる。中央部並びに下流側の石管列直下にも同様の敷石があるとみられる。

**【赤土タタキ】** 石管列以外の箇所は、先述の敷石はなく、粘質土を叩き締めた「赤土タタキ（通称）」が全面に敷き詰められる。これらは、想定される通水石管からの漏水や雨水の浸透を低減する目的で設けられたものと推測されている。仕法書等、史料上に記述はみられない。

**【裏築天端石】** 裏築天端石は、修理工事における呼称で、仕法書でいう「裏築」の最上層にあたる。両

側壁の間となる全面に敷設されていると思われる。石材の長手方向を縦に用いて並べ、特に敷石が載る箇所はノミ仕上げで、他は割肌である。これらは、石管の重量を伴う敷石の荷重を分散し、下部に伝える役割が想定されており、石管の勾配調整に伴い、現場での加工が想定されている<sup>10</sup>。

【円礫】裏築天端石の下部には、石管の勾配を調整するためと考えられる円礫が5～10cm程度薄く敷かれている。裏築天端石の固定のほか、高さの調整材としての役割があったと考えられる。

【裏築】円礫より下位は裏築となる。仕法書における「裏築」は、中詰め材を指しており、丸石は用いず、全て一定の大きさ以上の割石を使い、一石ずつ不安定にならないように積むことが記されている。確認された裏築は、0.2～0.7m程度の不定形のやや扁平気味な割石が乱積みされ、一部には壁石の未成品も利用されていることが確認されている。材質は、他と同様に阿蘇-1溶結凝灰岩であるが、壁石や通水石管に用いられている石材のものとは比べ、やや質の劣るものが多い<sup>11</sup>。壁石の石尻に接する付近は、面を揃えるものの、城郭石垣の裏込めとは異なり、側壁を控えて支持する構造にはなっていない。層をなすほど整然とはしないが、上部を歩行しても動くことはなく、加工時に生じた破片等を空隙に詰め込み、隙間を埋めて噛み合っている状態で、上部からの荷重が分散される構造となっている。平成30年時の大雨による側壁の崩落時にも、内部に充填されている裏築が最小限の流失で留まったのは、こうした特異な状況による。平成28年熊本地震による他の石橋の修理事例からしても、同様の事例はみられない。通潤橋において、このような裏築が用いられたのは、仮に壁石等に変位が生じた場合においても、通水管の沈下を防ぎ通水を確保するためであることが、当時の行政史料からも十分にうかがい知ることができる。

## ②釣石

上流・下流側双方の壁石を内部で連結し、孕み出しや地震等に伴う変形を防止する工法で、ダボ（太柄）で上下の石材を繋ぐ構造とされる。仕法書には、その断面の模式図【巻末史料：史料1（挿絵十四）】と立面における配置【巻末史料：史料1（挿絵十一、十四）】を示す挿絵が記されている。それによれば、垂直方向は橋の天端より下部3間5合（約6.33m）の範囲、水平方向は1間単位で輪石の際に設けられている。設置数については、「南手新井手記録」【巻末史料：史料16】において「28通」とされているが、先の保存修理工事でも確認されておらず、実態は未確認である。

石造アーチ橋において、築石の両壁面を内部で緊結する事例は、天保10年（1839）に架橋された諫早眼鏡橋（長崎県諫早市）にみられ、修理報告書<sup>12</sup>では「鎖石」と呼称されている。形態は、延石状の長い石材を相欠き継ぎの要領で組み合わせるもので、二連アーチ中央に位置する橋台の橋面直下に用いられる。また、石造アーチ橋におけるダボの事例は、諫早眼鏡橋のほか、県内では豊岡眼鏡橋（熊本県北区植木町、享保2年（1802））、門前川眼鏡橋（熊本県上益城郡御船町、文化5年（1808））などがあり、主に輪石の連結に用いられている。築石に用いる事例は、諫早眼鏡橋のみ知られており、横と上下の石材を連結するものである<sup>13</sup>。諫早眼鏡橋におけるダボ鉄やチキリ鉄の事例は、太田静六氏が指摘<sup>14</sup>する



図3-2-3 諫早眼鏡橋における鎖石

諫早市美術・歴史館 2020『諫早市美術・歴史館企画展 諫早眼鏡橋』より転載

ように、中国宋代の建築技術書である「榮造方式」との比較から中国との密接な関わりを指摘しているのは、興味深い。一方で、石造アーチ橋以外でのダボ鉄の事例は、日本近海に出没する外国船への対応として幕末期に各地で築造された台場（砲台）の石垣で確認される。これらの事例は、別に示す通りであるが【表3-2-1石造アーチ橋以外におけるダボ鉄の使用事例】<sup>15</sup>、通潤橋の建造時期と重複し、在野の



| 名称           | 場所        | 建造主体   | 完成年                       | 使用箇所                     | 特記事項                          |
|--------------|-----------|--------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 品川台場(第五)遺跡   | 東京都港区     | 江戸幕府   | 嘉永7年(1854)                | 石垣 隅角部出角                 | 請負者 岡田次助(樋橋切組方棟梁)             |
| 神奈川台場        | 神奈川県横浜市   | 松山藩    | 万延元年(1860)                | 石垣 隅角部出角                 | 史料上での確認                       |
| 舞子砲台跡        | 兵庫県神戸市    | 明石藩    | 元治元年(1864)～<br>慶応元年(1865) | 砲台上層部の壁体となる<br>石垣の部材(推定) | 勝海舟(軍艦奉行並)とその門弟<br>佐藤与之助による設計 |
| 池下経見嶽の台場(仮称) | 長崎県諫早市飯盛町 | 佐賀藩諫早領 | 19世紀前半?<br>(慶応3年(1867年))  | 砲台の台座                    | 台座を構成する石製レールの接合<br>に使用        |

表3-2-1 石造アーチ橋以外におけるダボ鉄の使用事例



図3-2-4 品川台場(第五)遺跡におけるダボ鉄の事例

(写真左上) 隅角部出角石に用いられたダボ鉄

(写真右) ダボ穴を有する築石

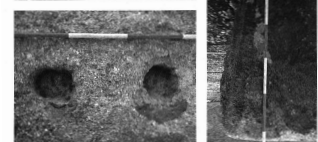
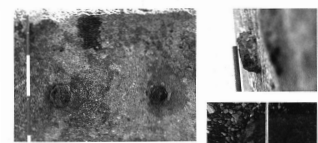
公益財団法人東京都スポーツ文化事業団 東京都埋蔵文化財センター 2014『港区品川台場(第五)遺跡 -品川ふ頭再編整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査-』東京都埋蔵文化財センター調査報告第290集より転載



下面



上面



左上:ダボD・E 右上:ダボD側面

左下:ダボ穴A・B

右下:正面縁の精加工「江戸切」

技術者が大きく関係することは注目される。一例だが、品川台場の築造を請け負った岡田次助は、「樋橋切組方棟梁」として河川の施設や橋の建設に携わったとされる人物である<sup>16</sup>。また、台場の築造が全国規模で展開されることで、技術交流も活発となるのは容易に想像できる。通潤橋の釣石に用いられるダボは、どの系譜上に位置するのかわからない。しかし、城郭石垣の石積み技能者とは異なる在野の石工が構築した鞘石垣(法返し勾配)に併用される点は重要であり、憶測の域ではあるが、幕末期の石積技術の様相を考察するうえで、ダボは一端をうかがう一つの視点となりうる可能性がある。

## (5) 通水石管(吹上樋)

### ①通水石管

取入口から吹上り口まで石管列を3列敷設し、歴史史料ではこれらを「吹上樋」として一括で呼称する。石管の規格は、約3尺四方(約0.9m)の石材中央におよそ1尺(約0.3cm)四方の通水孔を削り貫く形式を基本とする。通水孔は、1尺四方で統一されるが、外面までの厚さは1尺を下回るものも多く、石の目等の具合による調整加工の差異によるものと思われる。管長は、短いもので約0.35~0.40m、長いものは約0.85mで、割合幅がある。「御試吹上樋」の石管と比較して、外面の加工具合は瘤が残るなどかなり荒い。一方で合端面は精緻な加工を施し、半円状の漆喰目地を二重に彫る。目地漆喰の取替など、石管列の間で行う作業に支障がないため、外面の加工を省略したものと思われる。漆喰の目地穴は、通水管を連結すると円錐状となり、縦横双方より目地漆喰を充填し、漏水を防止する構造となる。目地を

二重にするのは、常時通水することを企図し、内側目地の漆喰が破損した場合に外側目地を用いて漆喰の充填のみ行い、再度破損した際に漆喰のみの取り替えが可能とする理由によることが史料上より読み取れる（【卷末史料：史料1、5、7】）。なお、石管列を3列とするのも同様の理由で、1列が使用不可となった際の対応として、残り2列の管を使用するためとある。

また、管路に堆積する土砂の排出機能として、低所に土砂抜き穴を設け、吹き出す水の勢いで土砂を洗い出すことが「南手新井手記録」【卷末史料：史料8】に明記されている。これが、現在の「通潤橋の放水」となっていることは、周知の事実である。さらに、放水による排出が困難な堆積物が生じた際の対応として、材質が栗またはケヤキ<sup>17</sup>の蓋付木樋を設置し、万が一の場合は取り崩して除去する仕法との記事がある。仕法書【卷末史料：史料1（挿絵十八）】では、吹上樋1列に付き木樋が4カ所、片側に2カ所ずつ設置していることが分かる。現在、12カ所あったとされる木樋のうち、8カ所は一重目地の石管に置き換わっており、3カ所は松丸太を削り貫いた木管となっている。木管形式の推移については、史料上では確認できない。

## ②漆喰

目地材には、「漆喰」を用い、その製法は仕法書に記されている。土5合、白灰（焼いた灰）2升、砂1升8合、塩1合、松葉汁（松葉を2日程度煮たもの）をつき合わせ、一旦2日2晩寝かせた後、再度つき合わせ、適度な湿り気になったものである。漆喰に松葉汁を使用する例は、現時点で轟泉水道（熊本県宇土市）の石樋でのみ確認され、他の類例は知られていない。轟泉水道との比較において、現在通潤橋では消石灰（轟泉水道では貝灰を使用する）を用い、石灰化の速度が著しく遅く、比重も重いなどの相違はある。仕法書において、漆喰の採用に至る検討過程では、御試吹上樋による通水試験の際には、鉄を用いることが検討されている（第4章第2節）。漏水への対応として、鉄の方が良いとの結果を得たものの、地震などにより目地材が破損した際に詰め替えが困難であり、石管を割り崩す必要があることから、容易に交換が可能な漆喰が選定されている。

通潤橋における建造当初の漆喰は、長年詰め替え作業が行われてきたため、当初のものはほぼ残っていないと考えられ、また判別も困難である。ただし、山都町畑に所在する通水試験を実施した場所に「御試吹上樋」を構成する通水石管が残るが、その目地に付着する漆喰は当時のオリジナルのものである。

## (6) 取入口・吹上口

**【取入口】** 切込みはぎ布積みで、石材はやや長い立方体状の石材を用い、現在目地材には、赤土とセメントの混合物が用いられる。昭和30年代頃まで目地材には漆喰が使用されていたと考えられるが、判然としなない。平面形は台形状で、3列の通水管毎に区分するため、内部に2つの仕切壁が設けられる。底面にも壁面に使用する石材を用いた石張となっている。上井手本線と接する北側には、上端を引き上げるための把手の付いた木製の砂蓋（「本井手通り砂蓋」小原・原田家文書）が設けられ、通水管毎に水量調節ができる構造となっている。取入口より上井手方向を見て下流側には、2基の砂蓋（「水落シ砂蓋」小原・原田家文書）が設けられ、余水を排出する役割を担っている。重要文化財指定の直前頃に、ヒューム管を敷設した際、上井手の本線は取入口に至る前を東から西に流路を変更しており、その際「本井手通り砂蓋」直前の区画と上井手が接する箇所新たに同形式の砂蓋が2基新設されている。取入口の直上には、昭和30年代頃まで水門番人が居住する小屋があり、本井手通り砂蓋に面して戸があり、古写真では小屋の内部より砂蓋を開閉できる形式となっていた【卷末写真：写真72】。なお、大正8年（1919）に通水石管列の間に送水用鉄管1基が増設された際、一部改変されているほか（昭和48年（1973）撤去、復旧）、昭和58年（1983）時の保存修理工事における解体修理などの履歴がある。

**【吹上口】** 吹上口は、吹上樋より吹き上がる水が用水路に到達する前に位置する施設で、不要な用水を排出するための余水を排出する砂蓋1基を南東隅に設ける。その南西側には御小屋から吹上口内部に至

る石製の階段が設けられている（建設時期は不詳）。取入口同様に、両側面・底面の三面石張で、現在目地材には赤土セメントが用いられる。側面部の築石に裏込は用いておらず、水を受けるまたは溜めるための目的のものであったと考えられる。建造当初よりしばらくは、吹上樋出口付近に木製の仕切板が設置されていたが【巻末写真：写真70】、いずれかの時期にコンクリート製に更新されている。昭和58年（1983）の保存修理工事の際には、敷石の木製の仕切板の痕跡が確認されている<sup>18</sup>。昭和46年（1971）、昭和58年（1983）、平成12～13年（2000～2001）<sup>19</sup>の保存修理工事の際には、側壁、底面石張の解体修理、目地材の取替などが実施されている。

## 〈註一覧〉

- 1 永青文庫「覚帳」9.7.3ほか【史料編：史料21】「南手新井手記録」
- 2 茂見家文書「目鑑橋手鑑 弘化三年午九月」（財団法人文化財建造物保存技術協会 1980『重要文化財霊台橋保存修理工事報告書』砥用町）
- 3 財団法人文化財建造物保存技術協会 1980『重要文化財霊台橋保存修理工事報告書』砥用町 P.123「註四」を援用。
- 4 鞘石垣の用例は、17世紀後半に成立していたと考えられる「石垣秘伝之書」のほか、南部藩抱石工平栗氏に伝わる平栗文書（「元文3～6年 江戸石垣稽古井盛岡城石垣普請請留書」）の中で、盛岡城内の石垣修理に関する記事に「さや石垣」の呼称がみえる。[出典] 石川県金沢城調査研究所編 2011『金沢城石垣構築技術史料Ⅱ』金沢城史料叢書12
- 5 公儀普請に関わった熊本藩穴生に共有されたと考えられる城郭石垣構築に必要な知識を解説する技術書。「野口本」、「北川本」、「上妻本」の三種の伝本が知られる。延宝8年（1680）の年紀、署名、花押を有する「野口本」は原本と理解されており、少なくとも17世紀前半には成立していたと思われる。
- 6 北垣聰一郎氏（石川県金沢城調査研究所名誉所長）のご教示による。
- 7 太田静六氏は、史料にみられる「鞘石垣」、「袖石垣」、「袖石垣」を一括して「副石垣」と呼称している。[出典] 太田静六 1964「砥用町の石造眼鏡橋」『砥用町史』下益城郡砥用町役場
- 8 北垣聰一郎 2011「アーチ石橋、通潤橋の鞘石垣について」『勝部明生先生喜寿記念論文集』勝部明生先生喜寿記念論文集刊行会
- 9 平成30年時の保存修理工事に石積み技能者として作業に携わった大和陸男氏、荒木大人氏、道上直弘氏、藤原孝史氏4名のご教示による。詳細は公益財団法人文化財建造物保存技術協会編 2020「第5章第2節 工事完了後に行った討論会」『重要文化財通潤橋保存修理工事（災害復旧）報告書』山都町 による。
- 10 前掲9に同じ。
- 11 前掲9に同じ。
- 12 諫早市教育委員会社会教育課 1961『重要文化財眼鏡橋移築修理工事報告書』
- 13 前掲12に同じ。
- 14 太田静六 1980『眼鏡橋 -日本と西洋の古橋-』理工図書株式会社
- 15 公益財団法人東京都スポーツ文化事業団 東京都埋蔵文化財センター 2015『港区品川台場（第五）遺跡2 -平成26年度品川ふ頭再編整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査-』東京都埋蔵文化財センター調査報告第301集、神戸市教育委員会文化財課 2006『舞子砲台跡 第1～4次発掘調査報告書』、野澤哲郎・新井実和・江口喬裕 2021「諫早眼鏡橋（国指定重要文化財）チキリ鉄・ダボ鉄について」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要第11号』長崎県教育庁長崎県埋蔵文化財センター編等を参考に作成した。
- 16 公益財団法人東京都スポーツ文化事業団 東京都埋蔵文化財センター 2014『港区品川台場（第五）遺跡 -品川ふ頭再編整備事業に伴う埋蔵文化財発掘調査-』東京都埋蔵文化財センター調査報告第290集
- 17 史料上では「槻」と記載される。「槻」は櫟（けやき）の古名（『精選版 日本国語大辞典』）。
- 18 財団法人文化財建造物保存技術協会 1984『重要文化財通潤橋保存修理報告書』矢部町
- 19 平成12～13年（2000～2001）の修理は、熊本県が主体となり農林水産省の補助金を活用して実施している。