

# 道路橋石橋の定期点検に関する参考資料（中間報告）

[ 石造アーチ橋 ]

令和 3 年 3 月

道路橋石橋維持管理検討委員会

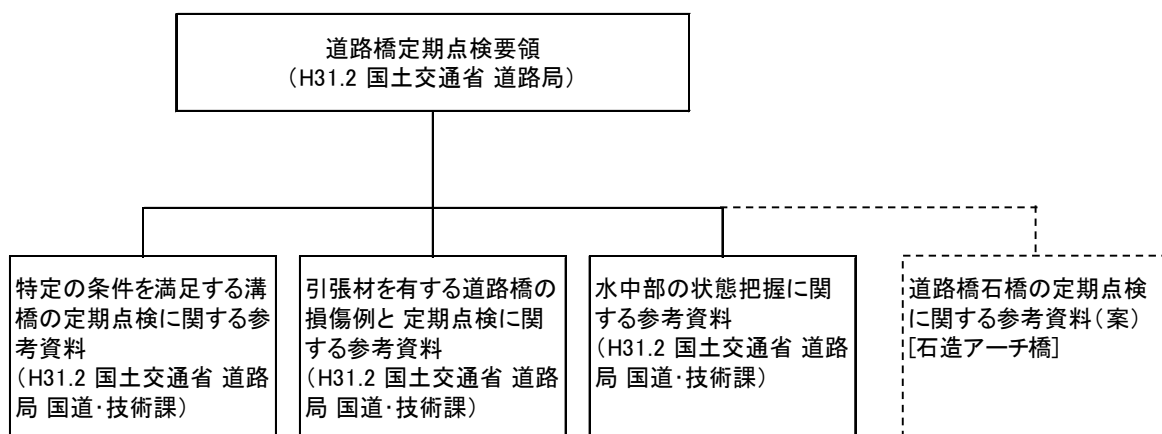
## 本資料の位置付け

本資料は、アーチ構造の石橋（以下、石造アーチ橋と呼ぶ）について、健全性の診断を行うために適切かつ効果的に状態の把握が行われるように、その構造や材料の特性を踏まえて個々の石造アーチ橋の状態の把握の方法を計画するための技術資料である。

健全性の診断は、個々の橋及び変状に応じて適切に行う必要があり、技術的助言（「道路橋定期点検要領（平成 31 年 2 月 国土交通省道路局）」）にも記載されているとおり下記の点に注意する必要がある。

- ・ 道路橋毎又は部材毎の健全性の診断を行うにあたっては、当該部材の変状が道路橋の構造安全性に与える影響、混在する変状との関係性、想定される原因（必ずしもひとつに限定する必要はない）、今後の変状の進行、変状の進行が橋の構造安全性や耐久性に与える影響度合い等を見立てる必要がある。また、例えば、他の部材の変状との組み合わせによっては、着目する部材が道路橋に与える影響度が変わることもある。
- ・ 道路橋の構造、置かれる状況、変状の種類や発生箇所も様々であることから、特定の部材種別や変状種類毎に画一的な判定を行うことはできない。

そこで、本資料ではこれらを踏まえて適切な健全性の診断が行われるよう、石造アーチ橋の構造や材料の特性、変状の特徴についての情報をまとめた。



本資料

# 目 次

Page

---

---

1. 石造アーチ橋の構造特性 .....	1
2. 定期点検における留意点 .....	6
3. 典型的な変状例と健全性の診断の留意点 .....	15
4. 記録方法の例 .....	27
別紙 1. 部材の名称と変状の例 .....	31
別紙 2. 定期点検の手順の考え方（参考例） .....	34
付録 1. 三次元測量及び画像による記録の事例 .....	35
付録 2. 石材の種類と使用事例 .....	38

# 1. 石造アーチ橋の構造特性

## (1) アーチ橋の構造特性

アーチ構造は、鉛直方向に作用する力をアーチリブによって主に圧縮力として橋台に伝達し、支持する耐荷機構を有している（図 1-1）。アーチリブがアーチ構造としての耐荷機構を成立させる形状を保持し、安定している必要がある。

アーチ橋は、路面と支柱とアーチリブで構成される。それぞれの役割は、①路面は作用荷重を受けて支柱への伝達、②支柱は路面からの荷重を受けてアーチリブへの伝達、③アーチリブは支柱からの荷重を受けて橋台への伝達である（図 1-2）。

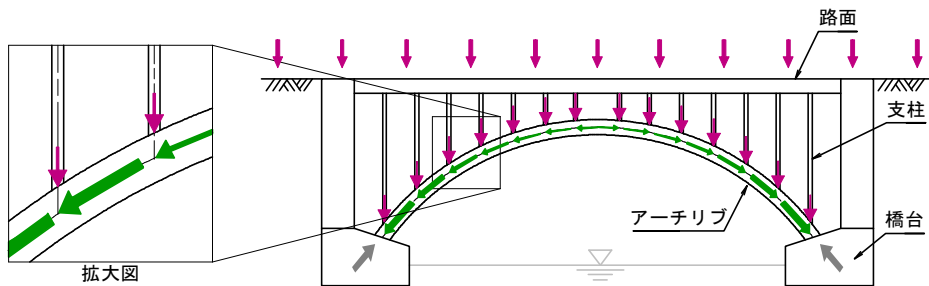


図 1-1 上路式アーチ橋の構造模式

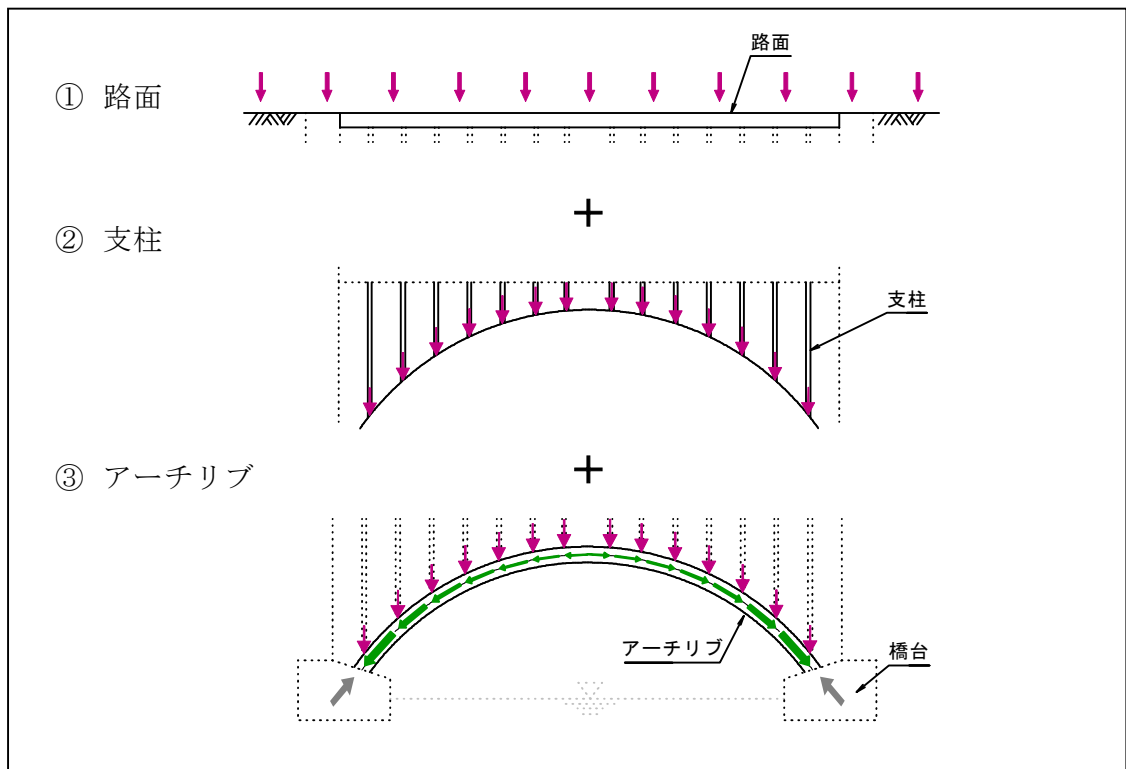


図 1-2 上路式アーチ橋の部材構成

## (2) 石造アーチ橋の構造特性

石造アーチ橋の基本的な構造特性はアーチ橋と同様であり、壁石と中詰がアーチ橋の支柱、輪石がアーチリブの役割を果たす。背面地盤から均等に土圧を受け、上部からもアーチ中心線に対して対称に鉛直荷重を受けることで、壁石及び中詰を通して輪石に荷重が伝達され、最終的に、輪石同士は主として圧縮状態となって耐荷機構を發揮し、アーチ軸線に沿って橋台を介して地盤に荷重を伝達する（以降、アーチ機構と定義する。）。

石造アーチ橋は、石材を組合せて構築した構造でかつ連結されていない離散構造の特徴を有している。このため、石橋のアーチ機構の成立性を確保するためには、石材相互に圧縮力が働き、隣接する石材に圧縮力を伝達するように輪石の軸圧縮力が支配的となることが構造特性上重要である。

ライズ比（ライズ／スパン）が1/4より大きいときは、概ねこのような耐荷機構が成立することが分かっている<sup>1)</sup>。これより小さくなると、輪石同士を圧縮状態にするために大きな軸力が必要になっていくこと、また、基礎に生じる水平力が大きくなり、基礎の変状の影響を受けやすくなっていく特徴があることに、診断を行う時に注意する必要がある。

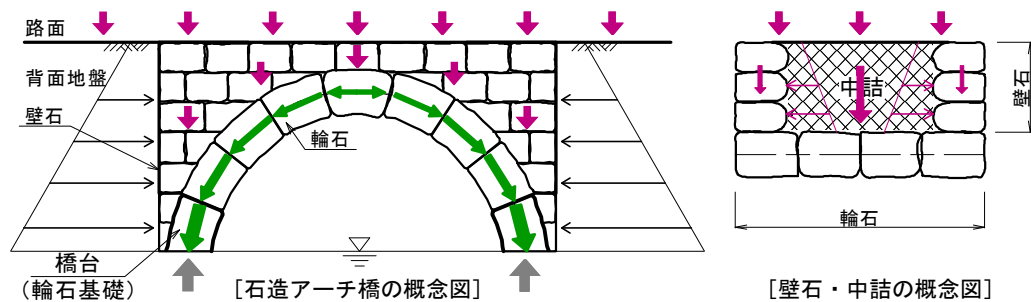


図 1-3 耐荷機構の概念（側面図・断面図）

① 路面、壁石・中詰

壁石は、中詰土の側圧を支持する部材であり、中詰とともに路面を支持し、輪石を保持・拘束する部材である。(図 1-4)

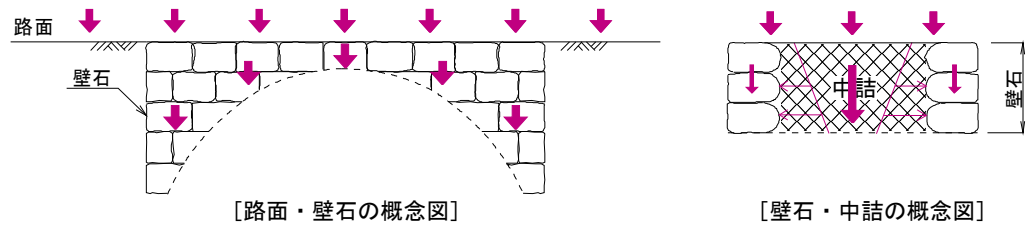


図 1-4 各部材の役割 (路面、壁石・中詰)

② 輪石、橋台・橋脚・基礎

輪石は、壁石と中詰からの荷重を受けて橋台及び基礎地盤へ伝達する部材である。橋台はアーチ軸力に対して橋台背面の土圧と地盤反力で拘束されることが重要である。

(図 1-5)

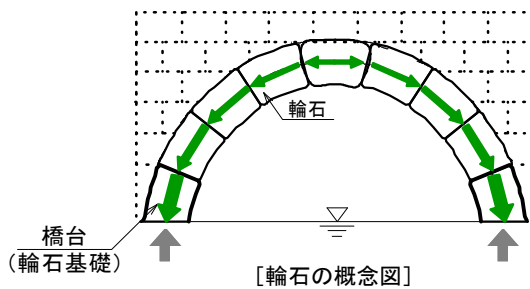


図 1-5 各部材の役割 (輪石、橋台・橋脚・基礎)

(3) 使用材料<sup>2) 3)</sup>

① 石材は、強度、耐久性、耐摩耗性等の性質が優れているため、古くから建設材料として使用されてきた。

石造アーチ橋に使用される石材は、各地域に分布する地質を反映している。例えば、阿蘇や始良等の火砕流堆積物の一部である溶結凝灰岩は、ノミで加工しやすい軟岩であるため、九州地方の石造アーチ橋の石材として一般的に使用されている。また、溶結凝灰岩以外では、花崗岩、砂岩、安山岩等の岩石が使用されている。背振山地に広く分布している花崗岩類、熊本県天草地域では砂岩、大分県北部や熊本県南部では安山岩が石材として使用されている。

石材の性質を表す指標には、圧縮強度、引張強度、比重、空隙率、吸水率、方向性及びクリープ等がある。石材の性質の概要を表-1.1 に示す。

表-1.1 石材の性質の概要<sup>1)</sup>

項目	性質
圧縮強度 <sup>4)5)</sup>	比重、空隙率、吸水率および圧縮強度はお互いに関連する物性であり、一般に比重が大きいほど空隙率および吸水率は小さく圧縮強度は大きい。 九州の石橋に多く使用されている石材の圧縮強度は、花崗岩>安山岩>溶結凝灰岩>砂岩>凝灰岩となる。
引張強度	引張強度は小さく、圧縮強度の1/10~1/20程度である。
比重	一般に2.4~2.7の範囲にあるが岩種では変成岩の比重が大きく、火成岩、堆積岩の順位に小さくなる傾向にある。 九州の石橋に多く使用されている石材の比重は、火成岩(花崗岩、安山岩)>堆積岩(溶結凝灰岩、砂岩、凝灰岩)となる。
空隙率	0に近いものから数十%まで広範囲に分布するが、火成岩、変成岩が小さく、堆積岩は大きい傾向にある。吸水率も空隙率と同様の傾向にある。圧縮強度は構成粒子とその結合状態ならび空隙率によって支配される。 九州の石橋に多く使用されている石材では、堆積岩(溶結凝灰岩、砂岩、凝灰岩)>火成岩(花崗岩、安山岩)となる。
吸水率 <sup>6)</sup>	含水状態によっても影響を受け、含水率が高いほど強度は低下し、花崗岩でも飽水した場合の強度の低下は12%に達することがある。
方向性 <sup>5)7)</sup>	堆積方向と堆積層方向では、圧縮強度に違いがみられる。 (一般的に堆積方向の圧縮強度が大きい。)
クリープ <sup>6)</sup>	岩石はクリープにより若干変化を示すが、概ね一定の値を示す。

- ② 石造アーチ橋に使用される石材の耐久性は、その実績から数百年あるいはそれ以上といえる。

九州に現存している石造アーチ橋の石材について、石材の種類による耐久性の相違は大きくみられていない。日本で最も古い石造アーチ橋といわれている長崎眼鏡橋は寛永 11 年(1635 年)に竣工し、洪水による流出後に復元され、再利用された石材(安山岩が用いられている)は未だに遜色なく現存している<sup>8)</sup>。九州内の石造アーチ橋の多くは、江戸時代後期(1800 年頃)以降に築造されているが<sup>9)</sup>、その当時のまま現存している橋の多さから、石材の耐久性の高さがわかる。

石材のうち砂岩については、厚さ数ミリ程度で板状に剥離したり(写真-1.1)、表面に小穴が密集したりしてハニカム状の風化が発生している事例(写真-1.2)もあるため留意する必要がある。詳細については文献9)、10)等を参照するとよい。



写真-1.1 崩落片の発生事例<sup>10)</sup>



写真-1.2 ハニカム状の風化事例<sup>11)</sup>

- ③ 石材の種類の見分け方については、付録 2. を参照するとよい。

#### (4) 保全上の特徴

健全性の診断は、現状だけでなく、変状要因の考察も踏まえた次回定期点検までの状態の変化の可能性やその程度、また、予防的な措置を行うことの合理性等も加味して行うべきで、変状の特徴や橋としての耐荷機構の成立メカニズムの保持、回復方法についての基礎知識も必要になる。

石造アーチ橋の場合は、石材同士が圧縮力を伝達できるように石材間の接触を確保し続けられるように、以下のような形状と荷重伝達経路を保ち続ける保全が構造の成立性として必須である。

- ① 基礎を移動させない、輪石のアーチ形状を変えないための保全
- ② 中詰土の変形及び流出を抑制するための保全
- ③ 側方にはらみ出ししない保全等

維持管理では形状と荷重伝達経路が狂わないように構造、材料に対して必要な対策を取っていくことになる。逆に言えば、形状と荷重伝達経路が崩れると、大規模に石材を積み直す必要等が出てくる可能性が高くなるので、それも踏まえた健全性の診断ができるように、2章以降に示す状態の把握の項目や方法からなる点検計画を立てるのがよい。

#### [参考文献]

- 1) 五味傑・橋本直樹・秋葉芳之・関文夫：バランスド扁平アーチ構造の構造特性とその挙動に関する研究，平成 25 年度日本大学理工学部学術講演会論文集，pp. 521-522，2014
- 2) 土木学会：第四版 土木工学ハンドブック I，pp. 136-137，1989. 12
- 3) KABSE：石橋の設計ガイドラインを用いた石橋設計と桁石橋の実状，p. I-3，II-7，2018. 6
- 4) KABSE：石橋の維持管理に対する健全度診断と点検要領，p. 11，2010. 6
- 5) KABSE：石橋に用いられる石材の材料特性とすべり挙動の解析手法の検討，第 28 号，pp. 123-131，2012. 12
- 6) 日本原子力研究開発機構：結晶質岩を対象とした長期岩盤挙動評価手法に関する研究（2014 年度），pp. 13-17，pp. 57-60，2015
- 7) 応用地質：来待砂岩の力学異方性と堆積構造に関する研究，第 53 巻，第 3 号，pp. 112-120，2012
- 8) KABSE：石橋の設計ガイドラインを用いた設計と改定維持管理ガイドライン，II-9，II-10，2016. 6
- 9) 眼鏡橋 ー日本と西洋の古橋ー 工学博士太田静六著（理工図書）pp. 50-52，1980
- 10) 朽津信明・森井順之・佐藤円香・西山賢一：長崎市出島で見られる砂岩石材の風化現象について，日本応用地質学会平成 26 年度研究発表会講演論文集，pp. 239-240，2014.
- 11) 朽津信明・森井順之・西山賢一：砂岩製文化財の表面風化形態について，日本応用地質学会平成 27 年度研究発表会講演論文集，pp. 189-190，2015



## 2. 定期点検における留意点

### (1) 定期点検の基本

技術的助言付録1の2(1)（「道路橋定期点検要領（平成31年2月 国土交通省道路局）」の定期点検の目的について）の趣旨に則り、適切な健全性の診断及び第三者被害防止のための措置ができるよう、石造アーチ橋の定期点検では、以下の観点から状態を把握することが基本となる。

- 1) 定期点検では、石造アーチ橋の耐荷機構の成立性を診断するために、必要な情報を把握する必要がある。特に河川内に橋台・橋脚がある場合は、石造アーチ橋の耐荷機構に重要な影響を及ぼす洗掘の確認のため、非出水期、近接目視により直接的にその状態の把握を行うのが望ましい。
- 2) 石造アーチ橋は、植生が繁茂しやすい構造であり、対象部位の状態の把握を的確に実施するために、樹木や植生は除去する必要がある。
- 3) 1) に示す耐荷機構の成立性が次回定期点検までに変化するかどうか、さらに中長期での修繕の必要性について判断できるように、変状が疑われる場合にはその考えられる要因を、また変状がない場合でも変状につながる要因をできるだけ多角的に把握する必要がある。
- 4) 石片や目地材等の落下等による第三者被害の観点での損傷を発見した場合は、その場で措置を行うものとし、定期点検時に措置ができない場合は、措置の方法を検討し、速やかに措置を実施する必要がある。また、舗装や付属施設等についても状態を把握する必要がある。
- 5) 樹根は、形状を変化させること及び水みちを作ることの要因になるため、定期点検の時にこれを取り除くことを基本とする。ただし、樹根を取り除くことにより石造アーチ橋の一部又は全体の形状を変化させる可能性がある場合は、別途検討する。例えば、本体構造に影響のない範囲までの除去とし、樹根は撤去せずに状態の把握を行い、これを取り除くような措置（2. (5)2) ⑦参照）を検討できるように記録に残すとよい。
- 6) 石造アーチ橋は文化財指定を受けているものもあり、以後の措置を行う際に協議が必要となる場合がある。そのため、文献調査及び現地調査で確認されたものは記録様式に文化財の指定機関を記載しておくことよい。
- 7) 石造アーチ橋は幅員拡幅のために主構造であるアーチ橋上部をコンクリート床版で拡幅されたものや輪石の変状をコンクリート等で補強したものもある。石材以外の部材については、「道路橋定期点検要領（平成31年2月 国土交通省道路局）」を参照して点検を実施するとよい。

## (2) 耐荷機構に関わる変状の要因との関係

石造アーチ橋の耐荷機構に関わる変状の要因との関係は、構造を区分して、橋の状態に関する情報を把握できるように状態の把握の手順や方法を検討するとよい。

石造アーチ橋は図-2.1 に示すように圧縮力の伝達を期待した離散構造であることから、一つの石材の動きが橋全体の挙動に連動する可能性が高い。図-2.2 に例示するように洗掘により橋台に変状が発生した場合、輪石や壁石も追従することになる。特に、1)～2)の部位・部材については、アーチ機構の構造安全性に密接に関係することを認識して状態を把握することが重要であり、表 2-1 の 1)～4) の順で状態を把握するとよい。

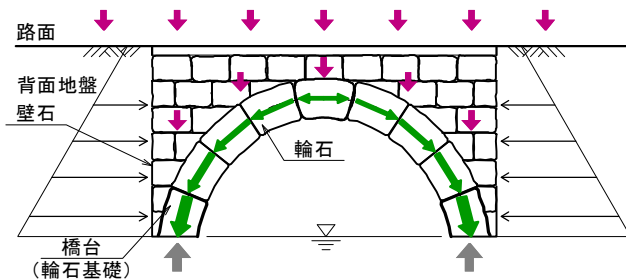


図 2-1 耐荷機構の概念

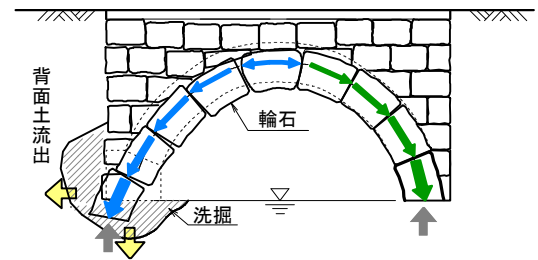


図 2-2 挙動事例 (イメージ)

表 2-1 状態把握の手順

	部位・部材	概念図
1)	橋台・橋脚・基礎 輪石	
2)	壁石・中詰	
3)	路面・背面地盤	
4)	その他部材	—

### (3) 構造特性を踏まえた見るべきポイント

石造アーチ橋は、単径間（写真-2.1）や多径間、また橋脚を有するもの（写真-2.2）もある。多径間の場合は、隣接する径間への影響も含めて状態を把握する必要がある。



写真-2.1 単径間の事例



写真-2.2 橋脚を有する多径間の事例

石材の組み方は、布積（ほぼ直方体に整形した石材を水平方向に配列して積み上げる工法）（写真-2.3）がほとんどである。また、石材間の目地を処理したもの（写真-2.4）と無処理のもの（写真-2.5）がある。前者は、架設当初から漆喰等で目地処理したケースと目地の開きの発生により事後的に処理したケースがある。目地の処理がされている場合、背面に滞水する可能性がある。中詰土の流出や背面の滞水により、壁石のはらみ出し等の変状につながるため、場合によっては、内部の状態を把握する必要がある。

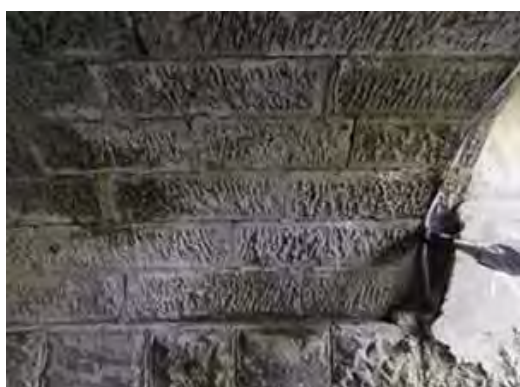


写真-2.3 布積の事例



写真-2.4 目地（処理有り）



写真-2.5 目地（無処理）

また、石造アーチ橋は、橋台・橋脚の基礎や輪石の一部または全体をコンクリート補強した事例（写真-2.6、写真-2.7）、道路拡幅を目的として主構造である石造アーチ橋の上部にコンクリート床版を設置した事例（写真-2.8）も見られる。補強により基礎や輪石が直接目視できない場合や拡幅により荷重伝達が異なる場合もあるため、補強の目的に照らし合わせて本体への構造安全性に注意して状態を把握する必要がある。



写真-2.6 基礎部分を補強している事例



写真-2.7 輪石全体を補強している事例



写真-2.8 石造アーチ橋の上部にコンクリート床版を設置している事例

#### (4) 全体外観確認及び形状確認

近接目視点検に先立ち、事前の現地踏査により、舗装の滞水・沈下、輪石・壁石の形状変化、基礎の洗掘や沈下・移動・傾斜の相互の関連性を踏まえて、橋梁全体の状況変化を外観確認するとよい。特に石造アーチ橋の耐荷機構は1.(2)の通り、アーチの形状が保たれていることや土圧や鉛直荷重が均等であることが重要であり、アーチ・壁石の形状の変化（アーチの変形量、径間長、ライズ、壁石のはらみ出し量）を把握するとよい。



## (5) 各部材の状態の把握

### 1) 橋台・橋脚・基礎、輪石の状態の把握

石造アーチ橋は、アーチ機構により、石材同士が圧縮力を伝達し、橋台・橋脚の基礎を介して荷重を堅固な地盤に伝達できることや、輪石部分が壁石や中詰を支持し、中詰土の流出等がないことを確認するために、まず、橋台・橋脚・基礎、輪石について、下記の観点で状態を把握するとよい。なお、河川内の橋梁で流水部にある部材について、状態の把握の時期は基礎地盤の状態が確認しやすい非出水期に実施するのが望ましい。

- ① 護岸を含む基礎周辺地盤の洗掘等
- ② 橋台・橋脚・基礎の沈下・移動・傾斜の有無
- ③ 石材同士の一体性
- ④ 圧縮力を伝達している石材の状態

アーチ形状が崩れると構造安全性に影響を与えるため、以下の点を念頭に置きながら状態の把握を行うことがアーチ形状の確認においては重要である。

イ) 石材の一部が抜け落ちてもアーチ機構は成立していることもあり得る。ただし、原因によっては、連鎖的に外れる可能性があるため、抜け落ちやずれ（抜け出し）が生じていないかを確認する必要がある。また、アーチ頂部（要石）付近では、壁石・中詰の死荷重が小さくなり、活荷重の影響を直接受けやすくなることが懸念されるため、アーチ頂部（要石）付近の状態の把握にも注意する必要がある。活荷重による輪石同士のせん断挙動が生じ、抜け落ちの可能性を懸念するものである。特にアーチ頂部の石材のかみ合わせの喪失は、アーチ全体の不安定化に結び付くことがあるので、健全性の診断にあたっては留意するとよい。

ロ) 石材の抜け落ちやずれ（抜け出し）の原因については、アーチ形状の変化、石材の摩耗等が疑われるため、状態の把握の項目や方法により定期点検の計画を立てるときは、形状の変化や摩耗の要因まで遡る等、アーチ機構の構造安全性の今後の経時変化について判断するための情報が得られるように、あらかじめ検討しておく必要がある。例えば、ずれ（抜け出し）の寸法を計測して定量的に把握することが考えられる。

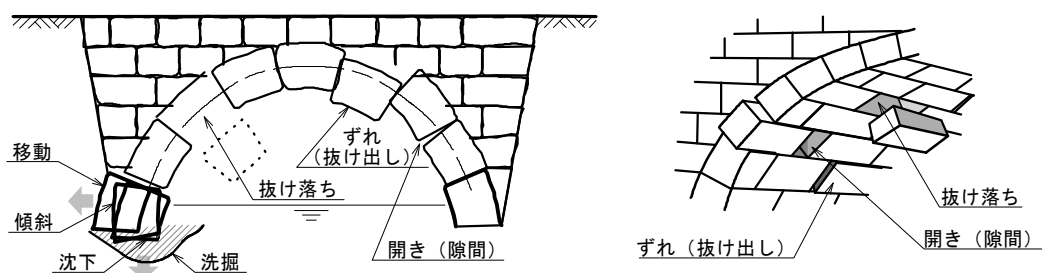


図 2-3 構造安全性に影響を及ぼす変状事例

ハ) 石材のひびわれ、破断（亀裂）、剥離がある場合、単に変状の確認のみを行うのではなく、現状の圧縮力に対して荷重伝達ができるように石材相互の一体性も確認することが重要である。

ニ) 石材のひびわれ、破断（亀裂）、剥離の原因については、形状の変化による応力変化と石材の材質に依存する両者が疑われる場合もある。したがって、定期点検の計画を立てるときは、形状の変化の要因まで遡る等、アーチの安定性の今後の経時変化について判断できるような情報を取得するとよい。例えば、破断（亀裂）の幅の寸法を計測して定量的に把握することが考えられる。

ホ) 一方、上記以外の形状の変化、石材のひびわれ、破断（亀裂）、剥離、変色・劣化がある場合には、その要因を考察できるよう、例えば、漏水の状況、洪水時の流下物の衝突等の痕跡を把握するとよい。

ヘ) 橋台の基礎地盤の改良として梯子胴木を設置して荷重分散を図っているものもあるため、梯子胴木が出現（露出）した場合は、その形状や劣化状況も確認しておくのがよい。

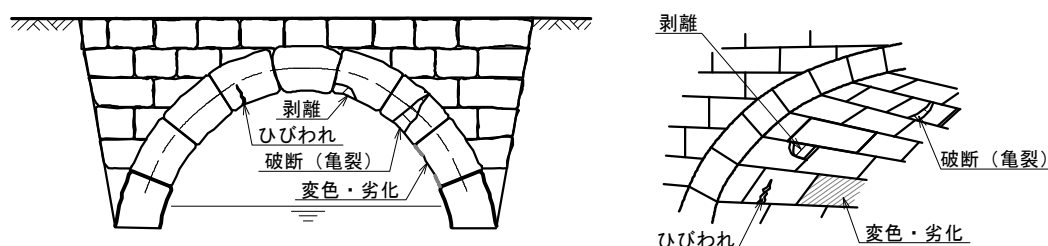


図 2-4 石材単体の変状事例

## 2) 壁石・中詰の状態の把握

壁石が中詰を保持して中詰土の流出等がないこと、中詰が壁石の形状を保持して路面高さを保持できること等を確認するためには、下記の観点で状態を確認するとよい。

なお、植生や樹根貫入がある場合は、除去してから状態の把握を行うことを基本とし、本体構造への影響により除去が出来ない場合は記録に残すのがよい。

- ① 壁石のはらみ出し
- ② 中詰の流出、空洞
- ③ 漏水の有無、舗装の異常（路面陥没）
- ④ 樹根貫入、植生の有無

壁石がはらみ出している等、形状に変化がある場合は、中詰の変状が疑われるため、例えば流出に伴う空洞等の確認を行うのがよい。中詰材には土砂、栗石、石材等が使われているが、粒径が小さいほど変状が発生しやすい。関連して、石材のずれ（抜け出し）等の変状がないか確認を行うのがよい。

- イ) 石材の一部が抜け落ちても壁石の機能としては成立していることもあり得るが、連鎖する可能性がある時にはアーチ全体の不安定化に直結する。石材の抜け落ちが確認された周辺部位での抜け落ちやずれ（抜け出し）等が生じていないかを確認する必要がある。
- ロ) 石材のひびわれや破断（亀裂）、剥離の原因については、形状の変化による応力変化と石材の材質に依存する両者が疑われる場合もある。したがって、状態把握の項目や方法により定期点検の計画を立てるときは、形状の変化の要因まで遡る等、壁石の安定性の今後の経時変化について判断できるような情報を取得するとよい。例えば、破断（亀裂）の幅の寸法を計測して定量的に把握することが考えられる。
- ハ) アーチ形状に経時変化があった場合はその上部における壁石・中詰にも変状が生じていないか等、各部材の変状の相関について確認する必要がある。
- ニ) それぞれの変状については、今後の経時変化について判断するための情報が得られるように、あらかじめ検討しておく必要がある。例えば、はらみ出しの寸法を計測して経時変化を定量的に把握すること等が考えられる。
- ホ) 壁石のはらみ出しがあっても、輪石への荷重伝達ができるように石材相互の一体性も確認することが重要である。
- ヘ) 中詰材（土砂、栗石、石材等）によっては、土圧により、壁石のはらみ出しの原因となるため、必要に応じて中詰材の調査を行うとよい。
- ト) 樹根を取り除くことにより変状が生じる可能性がある場合は、本体構造に影響の無い範囲までの除去とし、樹根は撤去せずに状態の把握を行うよう注意する必要がある。樹根の撤去が出来なかった箇所については、位置や大きさ、樹根の広がり（根の張り具合）と変状箇所との関連性を点検調書に記載して、今後の措置が必要なことを記録に残すのがよい。また、樹根は水の供給により生育するため、水の浸入経路についても確認するとよい。

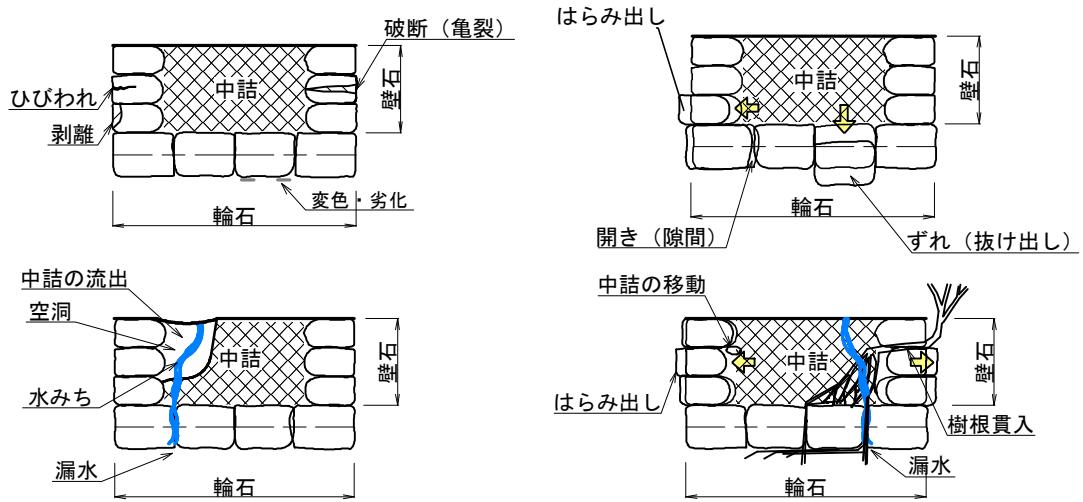


図 2-5 構造安全性に影響を及ぼす変状及び石材単体の変状事例

### 3) 舗装・背面地盤の状態の把握

アーチ形状を拘束することができ、また、路面を支持できるように、下記の観点で状態を把握するとよい。(図 2-6)

- ① 路面の凹凸、路面陥没、舗装の異常
- ② 漏水、排水不良の有無、水の流入
- ③ 路盤や背面土砂の流出

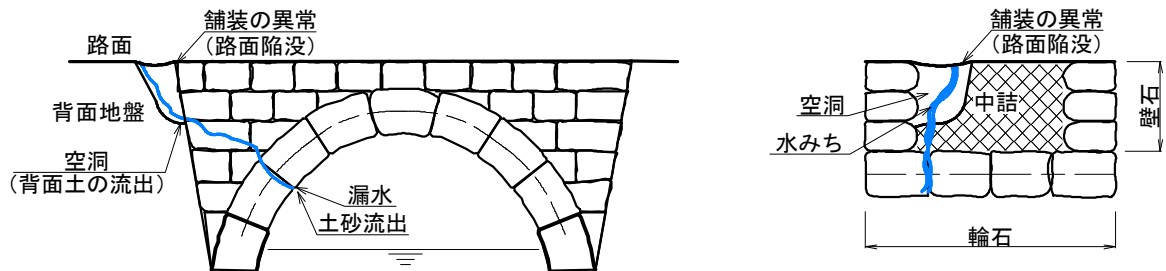


図 2-6 舗装・背面地盤の変状事例

舗装・背面地盤の変状は、アーチ形状の拘束状態の変化を起こす可能性があるため、石造アーチ橋全体について下記の項目に着目して実施することが重要である。

- イ) 舗装に沈下やひびわれ等が見られる場合は、壁石や中詰、輪石にも形状の変化が生じていないかの観点で状態を把握する必要がある。
- ロ) 各変状については、その要因を考察できるように、舗装の段差や沈下量を計測し、経時変化を定量的に把握すること等が考えられる。



- ハ) 排水不良による内部への水の流入により、中詰の土砂流出や樹根貫入等が生じていないかの観点で確認する必要がある。
- ニ) 舗装の変状の状態によっては、中詰の細粒分の流出による体積変化や空洞の発生は、舗装の変状となって、その兆候が見られることがある。また、舗装の修繕がしばしば行われている痕跡があれば、中詰の変状を疑う余地がある。この場合に、路面陥没等の恐れがあるため注意する必要がある。
- ホ) 洪水等による背面地盤及び中詰の流出によって、輪石に偏載荷重が作用しアーチ形状に変化を来す可能性があるため、背面地盤及び中詰の流出の状態の把握を行うことが重要である。
- ヘ) 道路縦断によっては、道路排水が滞水しやすい。石造アーチ橋への水の浸入は、中詰の細粒分流出の原因となり得るため、防水・排水の必要性を検討出来るように滞水状況を記録に残すとよい。

#### 4) その他の部材の状態の把握

その他の部材は、防護柵（ガードレール、コンクリート、石材等）、拡幅部の床版、添架物等が挙げられる。防護柵の通りを確認した際に、異常がある場合には、橋台・橋脚・基礎の沈下・移動・傾斜、輪石や壁石の形状変化が生じている可能性がある。その場合は、橋全体の構造安全性に影響を及ぼす可能性がある。

状態の把握にあたっての留意点は、道路橋定期点検要領（国土交通省・道路局）を参照するとよい。加えて、石造アーチ橋特有の注意点としては、以下の事例が挙げられる。

- ① 護岸や路上施設等において、主要部材へ影響が生じる変状が発生していないか、石造アーチ橋全体やアーチ形状に支障はないか等の観点で状態を把握する必要がある。
- ② 防護柵（高欄）の路面内側の傾きが発生している場合は、橋梁本体に変状の発生や中詰の異常の可能性が高いため、全ての部材に対して関連する変状がないかを確認する必要がある。
- ③ 護岸及び水切りに変状が発生している場合は、輪石、橋台・橋脚・基礎、壁石・中詰に対する変状も合わせて確認する必要がある。

### 3. 典型的な変状例と健全性の診断の留意点

#### (1) 健全性の診断の留意点

部材単位での健全性の診断を行う場合の参考となるよう、典型的な変状例に対して、判定にあたっての考慮すべき事項の例を示す。

なお、各部材の健全性の診断は、定量的に判断することは困難であるため、定期点検においては、石造アーチ橋の条件（構造、架橋、活荷重等）を考慮して適切な区分に判定する必要がある。

- 1) 道路橋毎又は部材毎の健全性の診断を行うにあたっては、当該部材の変状が道路橋の構造安全性に与える影響、混在する変状（ひびわれと開き等）との関係性、想定される原因（必ずしも一つに限定する必要はない）、今後の変状の進行、変状の進行が橋の構造安全性や経年変化に与える影響度合い等を見立てる必要がある。たとえば、同じ部材の異なる種類の変状や他の部材の変状との組み合わせによっては、着目する部材や変状が道路橋に与える影響度の評価が変わることもある。
- 2) 判定区分Ⅱは、安全性の観点からは次回定期点検までの措置の必要性は想定されないが、予防保全の観点から次回定期点検までに措置を講ずることが望ましい状態であるとされている。しかしながら、石造アーチ橋に用いられる石材自体の劣化は、1. (3)の通り、一般的に想定し難い。また、アーチ形状や石材同士の圧縮力を伝達する荷重経路の変化が見られる場合には、突発的な安定の喪失も想定する必要がある。したがって、アーチ形状の変化や石材のゆるみについては、この観点から判定区分Ⅱになることは少なく、判定区分Ⅰ又はⅢになることが多いと考えられる。
- 3) 経年変化として、河川部においては水衝部における石材の沈下による基礎及びアーチ形状の不安定化、石材同士のゆるみやこれに伴う基礎地盤の細粒分等の流出、吸出しによる中詰め不安定化が懸念される。そこで、基礎周辺地盤の洗掘や石材のゆるみが見られたり、局所的な細流分の流出等が疑われる変状が見られたりする場合には、次回定期点検までに安全性の観点からの対策を行う必要性についても注意して、診断を行う必要がある。

また、これらの変状が見られないまでも、石材に対する衝突痕の発生、石材の摩耗等などは見られる場合も、出水等の際には洗掘被害を受けるリスクを示していると考えられる。したがって、軽微な損傷であったとしても次回定期点検までに予防的な措置を採ることが望ましい場合も考えられることにも注意して診断を行う必要がある。

- 4) その他、ここに記載の事項についても、変状の原因やメカニズムに照らして変状が進行したときに、アーチ機構に与える影響などを考慮し、診断に反映させることで、適切な診断につながると考えられる。
- 5) 判定区分ⅢとするかⅣとするかについて判断に迷う場合には、安全を優先し、各種詳細調査よりも先に緊急に必要な措置をとることが必要な場合もある。

## (2) 健全性の区分の判定

健全性の区分を判定するための画一的な判断基準を作ることは困難であることから、健全性の診断を行う場合の参考となるよう、典型的な変状例のイラスト、写真に対して、状態の把握や健全性の診断にあたって考慮すべき事項の例を示す。

また、備考には、イラストや写真の例を補足するために、個々の石造アーチ橋の構造や架橋条件の観点から現地で確認すべき事項や記録すべき事項について例示した。

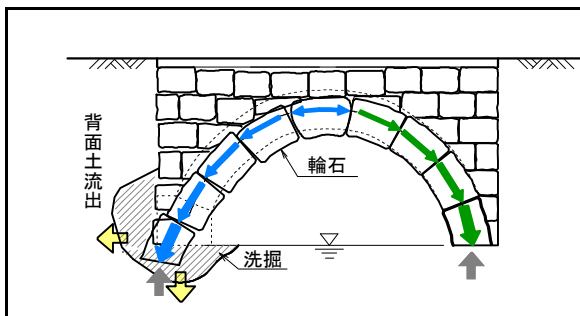
- ① 共通して確認すべき事項の例
- ② 損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響の例
- ③ 記録事項のポイントの例
- ④ 判定にあたっての留意点の例

各部材の状態の判定は、定量的に判断することは困難であり、構造形式や架橋条件によっても異なるため、定期点検においては、対象の石造アーチ橋の条件を考慮して適切な区分に判定する必要がある。

なお、例示写真は典型的な変状をイメージするためのもので、本来管理者の判定区分に何ら影響を与えるものではない。

■アーチ・壁石の形状確認

アーチ・壁石の形状		1 / 9
-----------	--	-------



例 [アーチ形状の変化]

- ・目視確認と計測の結果、アーチ形状に変化がみられる。なお、前回までは、健全なアーチ形状であった。
- ・アーチ形状の変化が進行すると、石材相互の一体性が確保されなくて圧縮力の伝達ができなくなり、輪石のアーチ機構が成立しなくなる可能性があるため、形状変化進行箇所の石材相互の一体性の状況確認が重要である。



例 [アーチ形状の変化]

- ・計測の結果、アーチ形状の変化の進行が見られる。
- ・アーチ形状の変化が進行すると、石材相互の一体性が確保されなくて圧縮力の伝達ができなくなり、輪石のアーチ機構が成立しなくなる可能性があるため、形状変化進行箇所を含む形状変化箇所の石材相互の一体性の状況確認が重要である。



例 [壁石の通りの変化・はらみだし]

- ・目視確認の結果、壁石の通りの変化が見られ、計測の結果、壁石面がはらみだしの形状変化が見られる。
- ・壁石の形状に異常がある場合、中詰の押し出しや空洞等の状況確認や壁石を支持している輪石の形状変化の確認が重要である。

備考

①共通して確認すべき事項

- ・輪石のアーチ形状に変化がある場合でも、アーチ機構が成立している場合があるため、前回点検と比較して総合的に評価するとよい。アーチ機構は圧縮力を伝達するために石材相互の一体性が確保されていることの状態確認が重要であり、その状態によっては構造安全性に影響を及ぼす可能性がある。
- ・ライズ比が小さくなると、輪石同士の圧縮状態を保持する大きな軸力が必要となり、基礎に生じる水平力も大きくなるため、基礎の変状の影響を受けやすくなる。そのため、洗掘による橋台の沈下・移動・傾斜や石材のひびわれ等が発生していないかを確認することが状態の把握を行う上での重要なポイントになる。
- ・壁石形状に変化がある場合でも、石積み(擁壁)としての機能が成立している場合があるため、前回点検と比較して総合的に評価するとよい。壁石形状に変化がある場合には、壁石単独の形状変化なのか、壁石を支持する輪石のアーチ機構の変化に伴う変化なのか見極めが重要である。いずれの変化によっても構造安全性に影響を及ぼす可能性がある。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

- ・形状変化が大きい場合、アーチ機構や石積み(擁壁)としての機能が成立しなくなるため、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等大きな外力により崩壊する可能性がある。

③記録事項のポイント

- ・形状の変化状況は、前回点検との比較を行うことになる。従来の計測手法の他、三次元計測等の機器やデジタル測距計等による計測も効率的である。機器の精度には相違があるため、機器の特性、適用範囲、計測条件等を確認する必要がある。

④判定にあたっての留意点

- ・判定区分については、各部材の状態(圧縮力の伝達等)をふまえて健全性の診断を行う必要がある。

■構造安全性に影響を及ぼす変状

橋台・橋脚・基礎		2/9
----------	--	-----



例 [洗掘]

・基礎下面の支持地盤に洗掘が見られる。  
 ・洗掘は支持地盤の支持機構への影響、背面地盤の流出は均等な土圧のバランス状態に影響するのでその程度の把握が重要である。合わせて、基礎の沈下傾斜移動、石材相互の一体性を確認する必要がある。



例 [洗掘、ひびわれ]

・基礎下面の支持地盤の洗掘により、背面土が流出し、橋台に沈下が生じ石材の鉛直方向の連続したひびわれが生じている。  
 ・沈下箇所の上部付近の石材相互の組合せ状態の確認も重要である。



例 [洗掘]

・基礎下面の支持地盤に広範囲に洗掘が見られ、背面土、支持地盤が流出し、基礎底面も露出している。橋台の沈下・移動・傾斜は見られていない。  
 ・広範囲の洗掘は支持地盤の流出による支持機構の喪失、背面地盤の流出は不均等な土圧状態に影響するのでその程度の把握が重要である。

備考

①共通して確認すべき事項

・基礎部の洗掘により支持地盤が流出するとアーチ機構が成立しなくなる可能性がある。また、背面土の流失を伴うと土圧のバランスが崩れる。いずれの場合も、その範囲と程度の確認が重要である。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

・アーチ機構が成立しているように見えても、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して構造安全性が損なわれ、突如落橋する恐れがある。

③記録事項のポイント

・洗掘が確認されている場合は、その深さ、延長、奥行きや石材のひびわれ位置の関連性、また、背面土の流出状況(奥行等)を記録するとよい。

④判定にあたっての留意点

・上記の内、アーチ機構が成立しない場合には、判定区分Ⅳとし、緊急的に通行規制等の措置を行う必要がある。



■構造安全性に影響を及ぼす変状

橋台・橋脚・基礎		3/9
----------	--	-----



**例** [洗掘]

- ・橋台下部に局部的に洗掘が見られる。
- ・基礎の沈下・移動・傾斜及び石材相互の一体性、洗掘の進行性の有無を確認する必要がある。



**例** [洗掘、移動]

- ・橋台基礎に洗掘が見られ、橋台下端の石材が部分的に移動が見られる。
- ・橋台の移動に伴うアーチ形状の歪み、洗掘の進行性、背面土の流出状況を確認する必要がある。



**例** [洗掘]

- ・橋台基礎の補強コンクリート部において、広範囲に洗掘が見られる。
- ・補強コンクリートの目的を踏まえて、基礎に洗掘がないかを確認する必要がある。

**備考**

①共通して確認すべき事項

- ・橋台・橋脚・基礎において、沈下・移動・傾斜が見られる場合は、橋梁本体もしくは周辺護岸等に鉛直方向のひびわれ、路面の変状が現れることがあるため、併せて確認するとよい。また、背面土が流出している可能性があり、背面土の流出状況(空洞化の状況)を確認するとよい。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

- ・橋台・橋脚・基礎の洗掘は、局部的であれば構造への影響は小さい場合もある。しかし、どのくらいの期間で進行するかは予測できないのが通常であるため、アーチ機構が成立しない恐れがあることから、川の特長、周辺地盤等を確認し洗掘の進行を確認する必要がある。

③記録事項のポイント




- ・洗掘が確認されている場合は、その深さ、延長、奥行きや石材の移動量、背面土の流出状況(奥行等)を記録するとよい。また、細粒分等の再堆積やコンクリートによる補強部の根入れ深さ等も記録するとよい。

④判定にあたっての留意点

- ・洗掘の進行性は予測できないのが通常である。橋台・橋脚・基礎に洗掘が見られ、アーチ形状の変化があり、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して構造安全性が損なわれる可能性がある場合には判定区分をⅢとすることが多い。
- ・基礎周辺地盤の洗掘や石材のゆるみはなく、局所的な細粒分の流出等、軽微な損傷が見られるときには、判定区分をⅡとすることも考えられるが、次回点検までのリスクに留意して診断を行う必要がある。

■構造安全性に影響を及ぼす変状

輪石	4 / 9
----	-------

	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td style="text-align: center;">[抜け落ち]</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石に抜け落ちが見られる。</li> <li>・抜け落ちによりアーチ機構が成立していない状態であるため、所要の耐荷力が既に失われている。</li> </ul> </td> </tr> </table>	例	[抜け落ち]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石に抜け落ちが見られる。</li> <li>・抜け落ちによりアーチ機構が成立していない状態であるため、所要の耐荷力が既に失われている。</li> </ul>	
例	[抜け落ち]				
<ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石に抜け落ちが見られる。</li> <li>・抜け落ちによりアーチ機構が成立していない状態であるため、所要の耐荷力が既に失われている。</li> </ul>					
	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td style="text-align: center;">[破断(亀裂)]</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石側面部に斜方向の破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・アーチ軸線に対して斜方向の破断は、圧縮力の伝達できていない状態であるため、損傷による石材相互の一体性の確認が重要である。</li> </ul> </td> </tr> </table>	例	[破断(亀裂)]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石側面部に斜方向の破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・アーチ軸線に対して斜方向の破断は、圧縮力の伝達できていない状態であるため、損傷による石材相互の一体性の確認が重要である。</li> </ul>	
例	[破断(亀裂)]				
<ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石側面部に斜方向の破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・アーチ軸線に対して斜方向の破断は、圧縮力の伝達できていない状態であるため、損傷による石材相互の一体性の確認が重要である。</li> </ul>					
	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">例</td> <td style="text-align: center;">[破断(亀裂)]</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の輪石に連続的な破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・破断(亀裂)によりアーチ機構が成立していない状態であるため、地震や出水等の大きな外力により崩壊する可能性がある。</li> </ul> </td> </tr> </table>	例	[破断(亀裂)]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の輪石に連続的な破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・破断(亀裂)によりアーチ機構が成立していない状態であるため、地震や出水等の大きな外力により崩壊する可能性がある。</li> </ul>	
例	[破断(亀裂)]				
<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の輪石に連続的な破断(亀裂)が見られる。</li> <li>・破断(亀裂)によりアーチ機構が成立していない状態であるため、地震や出水等の大きな外力により崩壊する可能性がある。</li> </ul>					

備考

①共通して確認すべき事項

・広範囲の輪石の抜け落ちのおそれ、アーチ軸線に対しての斜方向の破断(亀裂)、複数の輪石に連続的な破断(亀裂)のおそれは、アーチ機構が成立しているように見える場合もあるため、慎重な状態の把握が必要である。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

・複数の抜け落ちや連続的な破断(亀裂)によりアーチ機構が成立していない場合は、圧縮力が伝達されておらず、所要の耐荷力が既に失われていることがある。  
 ・アーチ機構が成立しているように見えても、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して、構造安全性が失われ突如崩落もしくは落橋する恐れが高い。

③記録事項のポイント



・輪石の側面部に斜方向の破断(亀裂)が見られる場合は、その位置、範囲、幅の寸法について記録するとよい。

④判定にあたっての留意点

・上記の内、アーチ機構が成立しない場合は、判定区分Ⅳとし、緊急的に通行規制等の措置を行う必要がある。

■構造安全性に影響を及ぼす変状

輪石	5/9
----	-----

	<p>例 [ずれ(抜け出し)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石にずれ(抜け出し)が局部的に見られる。</li> <li>・周辺の輪石にずれ(抜け出し)がないかを確認する必要がある。</li> </ul>
	<p>例 [ずれ(抜け出し)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の輪石にずれ(抜け出し)が見られる。</li> <li>・周辺の輪石のずれ(抜け出し)の状態を確認する必要がある。</li> </ul>
	<p>例 [開き(隙間)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石全面的に開き(隙間)が見られる。</li> <li>・輪石にずれ(抜け出し)や中詰の流出の有無を確認する必要がある。</li> </ul>
<p>備考</p> <p>①共通して確認すべき事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石のずれ(抜け出し)が生じた要因として橋台・橋脚・基礎の沈下・移動・傾斜が懸念されるため、下部構造の状態について確認が重要である。</li> <li>・アーチの頂部付近でずれ(抜け出し)が生じている場合には、軸重による踏み抜きの可能性についても疑う必要がある。周辺の輪石の緩みや路面・舗装の状態などと併せて、橋の状態を評価する必要がある。</li> </ul> <p>②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石のずれ(抜け出し)は、石材の一部が抜け落ちしてもアーチ機構は成立していることもあり得るが、原因によっては、どの輪石に進行するのかは予測できないのが通常であり、輪石にずれ(抜け出し)・開き(隙間)が発生している場合は、入念に経年変化の状況を確認する必要がある。</li> </ul> <p>③記録事項のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石のずれ(抜け出し)や開き(隙間)が見られる場合は、その代表的な変位量やその範囲を記録するとよい。また、開き(隙間)の場合は、輪石の代表的な変位箇所の幅員とその範囲を記録するとよい。</li> </ul> <p>④判定にあたっての留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輪石の変状の進行性は予測できないのが通常である。アーチ形状の経年変化や輪石にずれ(抜け出し)・開き(隙間)の変化が見られ、アーチ機構としての石材相互の一体性の観点から重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して構造安全性が損なわれる可能性がある場合は判定区分をⅢとすることが多い。</li> </ul>	



■構造安全性に影響を及ぼす変状

輪石	6/9
----	-----



例

[ひびわれ]

・輪石の下端において、部分的にひびわれが見られる。  
 ・隣接する周囲の輪石のひびわれ発生状況を確認し、石材相互の一体性が確保され、アーチ機構として圧縮力が伝達できているかを確認する必要がある。



例

[変色・劣化]

・輪石に変色が見られ、表面に苔類が繁茂している。  
 ・変色や苔類の繁茂は水による可能性が高いため、水みちの確認や石材の材質の劣化に伴うひびわれや剥離の変状がないかを確認する必要がある。



例

[漏水]

・輪石に漏水が見られる。  
 ・漏水による石材の劣化、中詰材の流出の有無を確認する必要がある。

備考

①共通して確認すべき事項

・石材の変状がある場合、輪石に働く圧縮力に対して荷重伝達ができているか石材相互の一体性の確認をすることが重要である。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

・隣接している輪石にひびわれが生じている場合は、アーチ形状の歪みが発生している恐れがあり、局所的に圧縮力が働いている可能性がある。

③記録事項のポイント

・ひびわれが生じている輪石が増えるとアーチ形状の歪みが進行する恐れがあることから、ひびわれの幅、位置等を記録しておくことよ。

④判定にあたっての留意点

・輪石のひびわれや劣化が部分的に見られても、アーチ形状の経年変化もなく、石材相互の一体性が確保されている場合は判定区分をⅠとすることが多い。

■構造安全性に影響を及ぼす変状

壁石・中詰	7 / 9
-------	-------



例

[全面抜け落ち](崩壊)

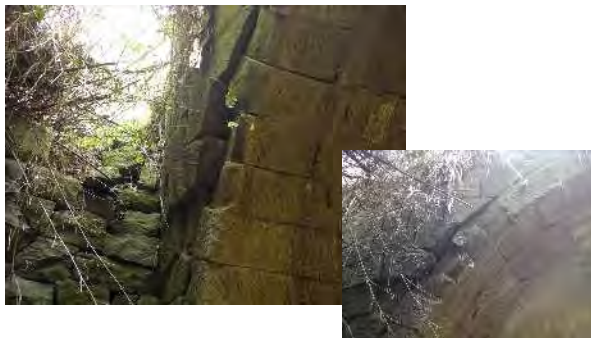
- ・地震により壁石の片面が抜け落ちて崩壊し、中詰が流出している。
- ・壁石の抜け落ち及び中詰の流出により、橋梁として機能しない状態である。



例

[抜け落ち](崩壊)

- ・地震により壁石が抜け落ち、全面崩壊し中詰が流出している。
- ・壁石の抜け落ちによる崩壊及び中詰の流出により、橋梁として機能しない状態である。



例

[ずれ(抜け出し)]

- ・壁石に、はらみ出しによる抜け落ちの恐れのある石材が、またはらみ出し箇所下の輪石に破断が見られる。
- ・不安定となっている壁石の状態を確認するとともに、壁石がはらみ出している箇所の中詰の状態を確認する必要がある。また、アーチ形状に歪みが生じていないかを確認する必要がある。

備考

①共通して確認すべき事項

- ・壁石の抜け落ち(崩壊)、橋梁として機能しておらず、ずれ(抜け出し)は、抜け落ち(崩壊)への進行や輪石に破断状況により、橋梁として機能していない可能性のある状態である。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

- ・壁石が全面崩壊し中詰が流出した状態は、橋梁として機能していない状態である。
- ・ずれ(抜け出し)により、はらみ出し箇所下の輪石に破断が見られる状態は、今後、抜け落ち、壁石の崩壊、中詰の流出に進展する恐れがあり、構造安全性に与える場合がある。ただし、輪石のずれ(抜け出し)は、石材の一部が抜け落ちしてもアーチ機構は成立していることもあり得るため、入念に経年変化の状況を確認する必要がある。

③記録事項のポイント

- ・はらみ出しが確認されている場合は、寸法、はらみ出し量の代表値やその範囲を記録するとよい。また、はらみ出しが確認された範囲に影響する輪石も記録するとよい。

④判定にあたっての留意点

- ・上記のように橋梁として機能していない状態である場合には、判定区分Ⅳとし、緊急的に通行規制等の措置を行う必要がある。



■構造安全性に影響を及ぼす変状

壁石・中詰	8 / 9
-------	-------

	<p><b>例</b>      [はらみ出し]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石に広範囲のはらみ出しが、また輪石の形状にも変化が見られる。</li> <li>・石材相互の一体性の確認及びはらみ出しによって生じた隙間から中詰の流出や空洞が発生していないかを確認する必要がある。</li> </ul>
	<p><b>例</b>      [はらみ出し]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石の天端付近に部分的にはらみ出し、抜け落ちの恐れのある石材が見られる。</li> <li>・不安定となっている壁石の状態を確認するとともに、壁石がはらみ出している箇所の中詰の状態を確認する必要がある。</li> </ul>
	<p><b>例</b>      [はらみ出し]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石に、はらみ出し及び壁石下端のずれによる抜け落ちの恐れのある石材が見られる。</li> <li>・不安定となっている壁石の状態を確認するとともに、壁石がはらみ出している箇所の中詰の状態を確認する必要がある。また、アーチ形状に歪みが生じていないかを確認する必要がある。</li> </ul>
<p><b>備考</b></p>	<p>①共通して確認すべき事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石・中詰は輪石の変形を拘束する役割も担っているため、壁石に変状がある場合にはアーチ形状の変化や石材相互の一体性に変化が生じていないかを確認する必要がある。</li> </ul> <p>②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・広範囲の壁石のはらみ出しは、今後、壁石の崩落、中詰の流出に進展する恐れがあり、構造安全性に影響を与える場合がある。</li> </ul> <p>③記録事項のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・はらみ出しが確認されている場合は、寸法、はらみ出し量の代表値やその範囲を記録するとよい。また、はらみ出しが確認された範囲に影響する輪石も記録するとよい。</li> </ul> <p>④判定にあたっての留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石のはらみ出しの進行性は予測できないのが通常である。壁石のはらみ出しの範囲が広く、はらみ出しの進行による抜け出しが懸念されるような場合は、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して構造安全性が損なわれる可能性があるため判定区分Ⅲとすることが多い。</li> </ul>

■構造安全性に影響を及ぼす変状

壁石・中詰	9/9
-------	-----

	<p>例 [はらみ出し、植生]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石全体及び輪石に植生が見られる。</li> <li>・植生の大きさの変化と壁石のはらみだしとの関連性や活荷重による中詰土のはらみ出し等がないかを確認する必要がある。</li> </ul>
	<p>例 [樹根貫入]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石に、樹根貫入が見られる。</li> <li>・樹根は壁石から中詰に、さらには輪石まで貫入することがあるため、壁石及びアーチ形状に歪みが生じていないかを確認する必要がある。</li> </ul>
	<p>例 [はらみ出し、樹根貫入]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁石に、樹根貫入による部分的なはらみ出しが見られる。</li> <li>・樹根は壁石から中詰に、さらには輪石まで貫入することがあるため、壁石及びアーチ形状に歪みが生じていないかを確認する必要がある。</li> </ul>

備考

①共通して確認すべき事項

・植生・樹根貫入の成長とアーチ形状、壁石形状の変化と石材相互の一体性の変化の関連性を確認しておくことが重要である。また、植生等の成長は水の供給が原因のため、舗装や橋梁取り付け部からの水の流入状況、壁石、輪石面からの水の流出状況、コケ類の繁茂状況等を加味して水みちの確認を行うのがよい。さらに、樹根貫入やはらみ出しによって生じた隙間から中詰の流出や空洞が生じていないか確認する必要がある。

②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響

・壁石のはらみ出しは、部分的であれば構造への影響は小さい。ただし、植生や樹根の成長圧の外に、樹木が暴風等を受けことにより石材相互の一体性の変化に進展する恐れがある。

③記録事項のポイント

・植生や樹根貫入は、石材の組合せ形状を変化させる要因になるため状態の把握の時にはこれを除去するのがよいが、逆に取り除くことにより形状を変化させるような場合は影響が無い範囲までとして、措置のために必要な記録を残すとよい。

④判定にあたっての留意点

・壁石のはらみ出しの進行性は予測できないのが通常である。壁石のはらみ出しの位置や範囲の他に樹根貫入の育成を考慮し、重車両が通行した際の活荷重、地震や出水等の大きな外力に対して構造安全性が損なわれる場合は判定区分をⅢとすることが多い。  
 ・中詰土の局所的な細粒分の流出等、軽微な損傷が見られるときには、判定区分をⅡとすることも考えられるが、次回点検までのリスクに留意して診断を行う必要がある。



■全体外観の確認

全体外観		
	<p>例</p>	<p>[防護柵の傾斜]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外観の確認の結果、防護柵(高欄)に傾斜が見られる。</li> <li>・防護柵の変形については、車両の衝突等の外的要因によるものと、輪石・壁石・中詰の変状による構造的要因によるものがあるため、注意する必要がある。</li> <li>・特に防護柵が内側に傾斜している場合、壁石や中詰に変状があることが多いため、壁石のはらみ出しや中詰の流出も併せて確認することが重要である。</li> </ul>
	<p>例</p>	<p>[舗装の異常]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外観目視の結果、舗装の異常(舗装ひびわれ、滞水跡)が見られる。</li> <li>・舗装の異常、凹凸が局部的に見られる場合には、輪石・壁石・中詰に変状が生じている可能性があるため、各部材の変状の有無を含めて確認する必要がある。</li> <li>・特に雨水浸入による中詰の流出や空洞、路面の陥没が発生していないかに注意する必要がある。</li> </ul>
	<p>例</p>	<p>[不同沈下(段差)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外観目視の結果、背面部の舗装に段差(沈下)が見られる。</li> <li>・背面地盤と舗装に段差がある場合は、橋梁部もしくは背面地盤のいずれかが沈下している可能性があるため、橋全体の異常がないか確認する必要がある。</li> <li>・また、下部工の沈下や輪石・壁石の変状、雨水浸入による中詰の流出に伴う路面の沈下に注意する</li> </ul>
<p>備考</p> <p>①共通して確認すべき事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視点検に先立ち、事前の現地踏査により、橋梁の沈下に伴う舗装の滞水や土砂だまり、輪石・壁石の形状変化、基礎の洗掘や沈下・移動・傾斜の相互の関連性を踏まえて、橋梁全体の状況変化を外観確認するとよい。</li> <li>・中詰の流出や空洞、背面土砂の流出については、近接目視で確認ができない場合もあるため、水の浸入経路の状況を確認し、壁石や輪石に変状の兆候がないかを把握することが重要である。</li> </ul> <p>②損傷が進行したときに石造アーチ橋の構造安全性に与える影響</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アーチ形状や壁石形状に変化がある場合は、防護柵(高欄)や舗装、背面地盤にも変状が見られることが多く、壁石の崩落や中詰の流出に進展する恐れがあり、構造安全性に影響を与える場合がある。全体外観確認で変状が確認された場合は、各部材の相関について状態の把握を行う必要がある。</li> </ul> <p>③記録事項のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁の全体的な変状の確認を行い、経年的な変状を把握するために、形状確認図と橋梁全体の写真を記録に残すとよい。</li> </ul> <p>④判定にあたっての留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・判定区分にあたっては、全体外観確認での情報をふまえた上で各部材の判定を行う必要がある。</li> </ul>		

## 4. 記録方法の例

記録として残す内容について以下に例を示す。併せて、この資料で想定する石造アーチ橋に特化した定期点検要領等を各道路管理者が策定するにあたって、記録様式の参考となる資料を次頁より添付するので、適宜参考にするとよい。

- 1) 石造アーチ橋においては、アーチの構造安全性が重要であるため、定期点検実施時には橋梁全体の変状の確認を行う必要がある。経年的な変状を把握するために、形状確認図（④形状確認図の例）と橋梁全体の写真を記録に残すとよい。
- 2) 構造の概要、現状の損傷の状態、耐荷力の観点、原因、進行性を考慮し、次回点検までの措置方針に関する所見を記述する。また、措置の観点と次回定期点検までの間での措置の優先性について、1枚にまとめて記述すると定期点検の結果を総括する資料としても活用できると考えられる。例えば、①定期点検記録様式の例は、最低限残しておくとうい情報を網羅し、かつ橋として総括する所見を記載するようにした。また、今後の維持修繕のために、文化財の指定機関や石の劣化と色の関係（石材の種類毎）等についても記載しておくとうい。
- 3) 部材毎の健全性の診断の所見は、部材毎・損傷種類毎に作成するとよい。したがって、部材番号（③部材番号図の例）を決めるとよい。この時、近接目視を基本とした状態の把握が適正に行われたことも明示するために、写真等（②損傷写真及び判定結果の例）も添えるとよい。また、輪石にナンバリングを行い、変状の経年変化を確認しやすいように部材図を作成した事例もある。
- 4) その他、目的に応じて、必要な記録を目的にかなう方法で残せばよい。例えば、健全性の診断に考慮した損傷については、部材番号と対応して、大まかな損傷の位置や範囲をスケッチし、損傷写真番号とともに旗揚げ（⑤損傷図の例）しておくとうい、あとから診断結果を振り返るとき等に役立つ。
- 5) 計測は変状の経年変化を確認しやすい位置とし、次回点検でも同位置で実施できるように定点の位置を明確にして記録に残すとよい。

距離計測には、デジタル測距計等によるハンディな測量も効率的である。また、形状確認に測量機器等（三次元測量等）を活用したり、変状を画像（座標を有したデータ）で残したりして、形状確認図や損傷図を省略する方法もあるため、事例を付録1に添付する。なお、直接状態の把握を行った箇所と機器等でのみ状態の把握を行った箇所は明らかにし、記録に残すとよい。また、機器は精度に相違があるため、機器の特性、適用範囲、計測条件等の確認が必要である。
- 6) 定期点検のみでなく、異常時（地震や洪水等）により被災を受けた際の復旧にも活用できるため、変状が生じていない箇所についても写真撮影等により記録を残すとよい。

## ① 定期点検記録様式の例

付録4. 定期点検記録様式の例

記録様式(その1)

橋梁名・所在地・管理者名等

橋梁名	路線名	所在地	起点側	緯度 経度	○° ×' △"	橋梁ID
〇〇橋 (フリガナ) マルマルハシ	市道〇〇号	〇〇県〇〇市〇〇地先				
管理者名	定期点検実施年月日	路下条件	代替路の有無	自専道or一般道	緊急輸送道路	占用物件(名称)
〇〇県〇〇振興局〇〇土木事務所	2021.3.〇	河川	無	一般道	その他	水道管

部材単位の診断(各部材毎に最も厳しい健全性の診断結果を記入)

定期点検者

(株)〇〇〇〇 □□ □□

定期点検時に記録

応急措置後に記録

部材名	判定区分 (Ⅰ～Ⅳ)	変状の種類 (Ⅱ以上の場合に 記載)	備考(写真番号、 位置等が分かる ように記載)	応急措置後の 判定区分	応急措置内容	応急措置及び 判定実施年月日
上部構造	輪石	〇	ひびわれ	写真1, 2		
	壁石	〇	剥離	写真3		
	中詰	〇				
下部構造	橋台・橋脚・基礎	〇	抜け落ち	写真4		
路上	舗装・背面地盤	〇				
その他	〇					

道路橋毎の健全性の診断(判定区分Ⅰ～Ⅳ)

定期点検時に記録

(判定区分) (所見等)

〇

(適切に記載する)

全景写真(起点側、終点側を記載すること)

架設年次	橋長	幅員
〇〇〇〇年	〇〇.〇m	〇.〇m
橋梁形式		
石造アーチ橋(1径間)		
■文化財の指定(県指定)		

<側面>  
起点



<桁下面>

起点



上流側

下流側

※架設年次が不明の場合は「不明」、文化財の指定が無い場合は「無」と記入する。

## ② 損傷写真及び判定結果の例

記録様式(その2)

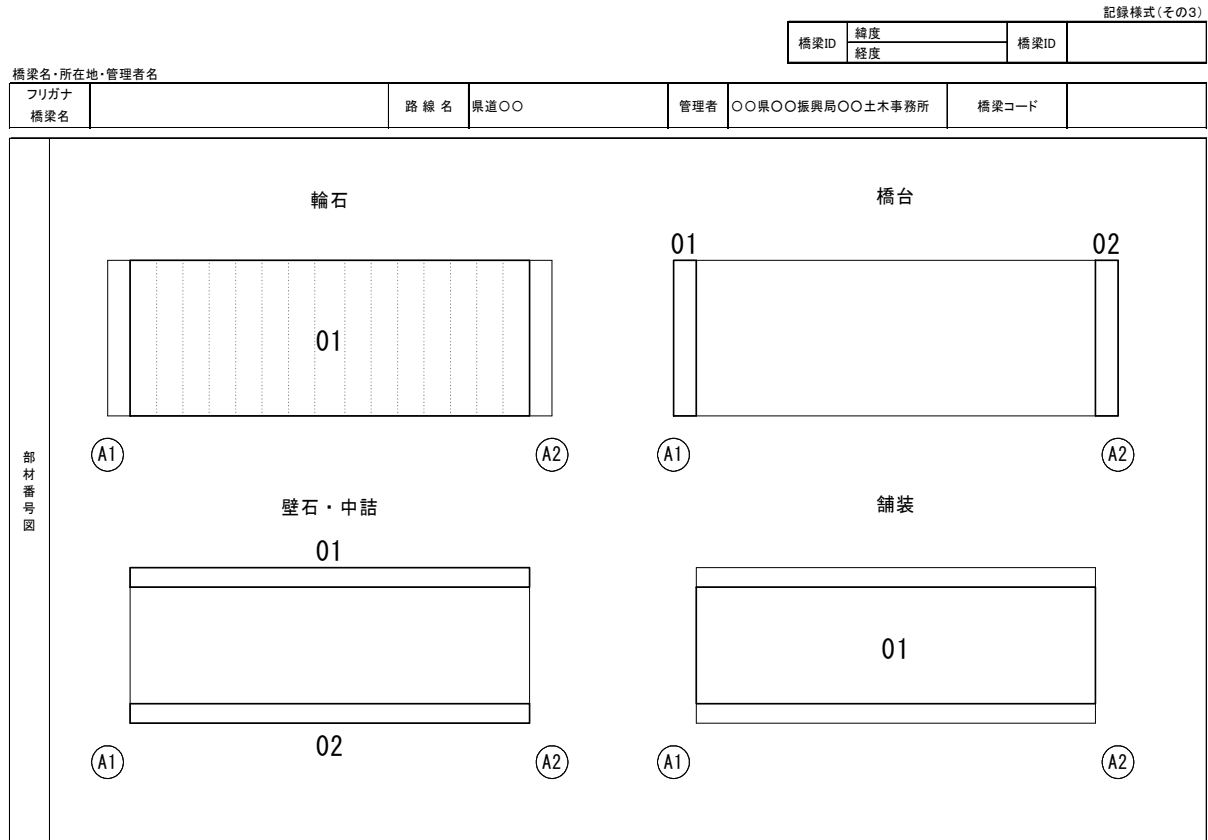
○部材単位の判定区分がⅡ、Ⅲ又はⅣの場合には、直接関連する不具合の写真に記載のこと。

○写真は、不具合の程度が分かるように添付すること。

写真1	輪石【判定区分: 〇】 	写真2	輪石【判定区分: 〇】 
写真3	壁石【判定区分: 〇】 	写真4	基礎部【判定区分: 〇】 

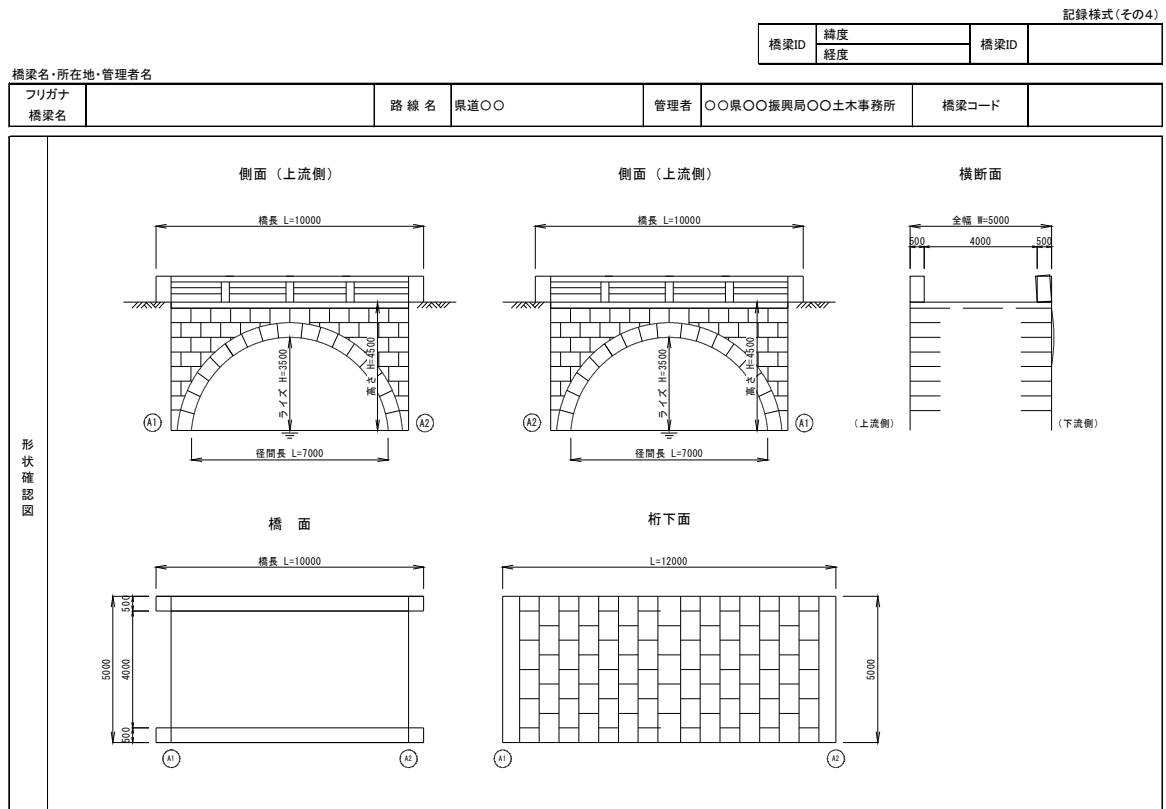


### ③ 部材番号図の例



※画像による場合は省略してもよい

### ④ 形状確認図の例





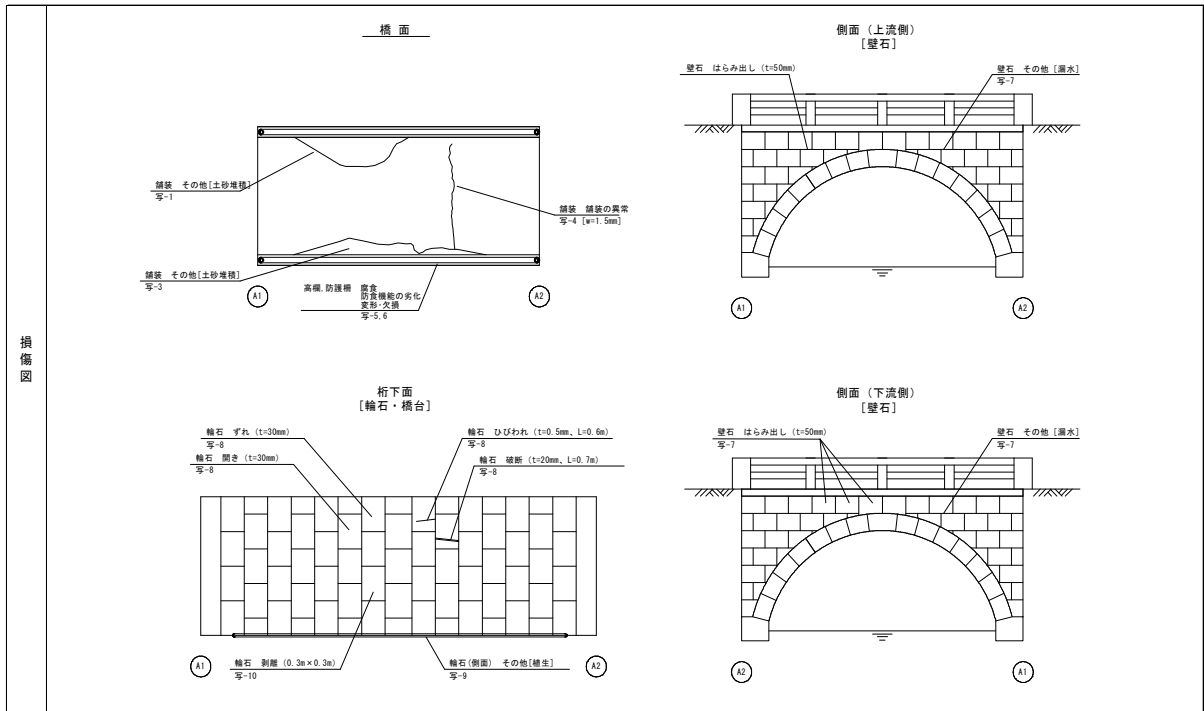
### ⑤ 損傷図の例

記録様式(その5)

橋梁ID	緯度	橋梁ID	
	経度		

橋梁名・所在地・管理者名

フリガナ 橋梁名	路線名	県道〇〇	管理者	〇〇県〇〇振興局〇〇土木事務所	橋梁コード	
-------------	-----	------	-----	-----------------	-------	--



※画像に置き換えてもよい

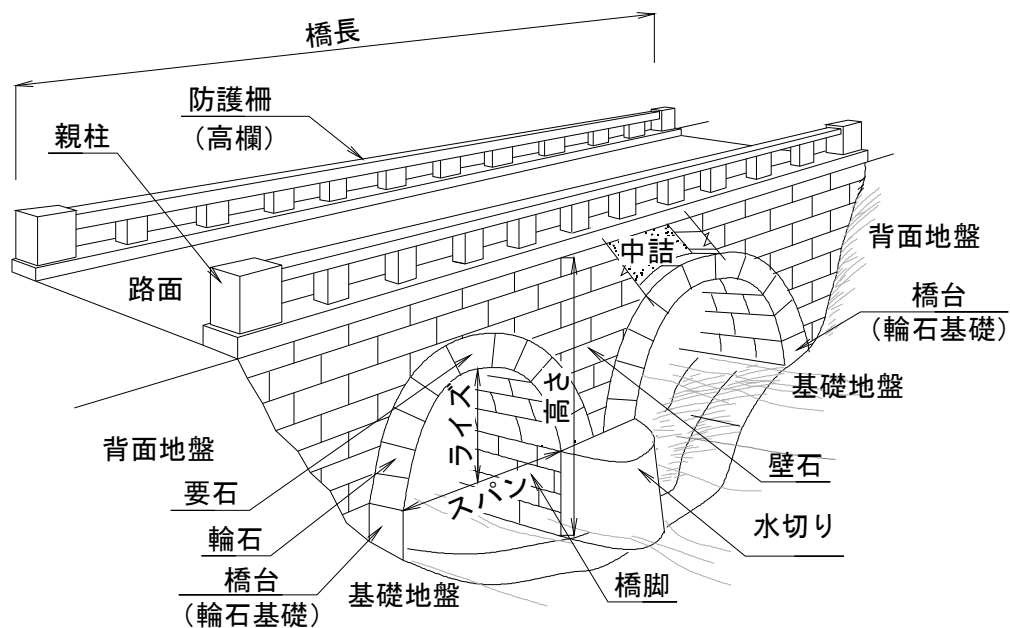
## 別紙 1. 部材の名称と変状の例

### (1) 石造アーチ橋の部材の名称

石造アーチ橋の主な部材の名称及び内容を別表-1 に示す。

別表-1 石造アーチ橋の主な部材名称<sup>1)</sup>

名称	内容
橋長(きょうちよう)	親柱の両端間の距離をもって橋長と呼ぶ。
高さ(たかさ)	橋台基礎底面又は輪石下端から壁石上端(路面が石材と接している場合は路面)までの高さとする。
ライズ(らいず)	アーチ輪石の最も低い位置から要石の下端までの距離とする。拱矢(きょうし)ともいう。
スパン(すぱん)	アーチ輪石の最も低い位置の河川面からアーチの中心までの距離の2倍とする。径間長(けいかんちよう)ともいう。
ライズ比(らいずひ)	ライズとスパンの比率(ライズ/スパン)のこと。半円の場合は0.5となる。
輪石(わいし)	アーチを構成する石を指す。アーチ石、拱環石(きょうかんせき)ともいう。
[輪石基礎(わいしきそ)]	基礎地盤に接する最下端の輪石のこと。起拱石(ききょうせき)ともいう。
[要石(かなめいし)]	アーチの頂部にある輪石を指す。
壁石(かべいし)	アーチ側面に積み上げる石積(擁壁)をいう。アーチの変形を拘束すると共に中詰材の崩壊を防ぐ機能を有する。
中詰(なかづめ)	アーチと壁石に囲まれた空間を充填した部材を指す。壁石と同様にアーチを拘束する役割をもつと共に、路面以下の荷重を支える路体の機能を有する。



(2) 確認すべき形状・変状の種類及び各部位・部材の対象とする変状の項目

石造アーチ橋における確認すべき形状・変状の種類を別表-2 に、各部位・部材の対象とする形状・変状の項目を別表-3 にそれぞれ示す。

別表-2 確認すべき形状・変状の種類<sup>2) 3)</sup>

形状・変状の種類	形状・変状の特徴	構造安全性に影響を及ぼす形状・変状			石材単体・その他の変状
		形状確認	変状の要因	石材相互の一体性	
アーチの形状	アーチ形状に変化が生じている状態	○			
壁石の形状	壁石形状に変化が生じている状態	○			
沈下・移動・傾斜	橋台・橋脚の基礎が沈下や移動や傾斜している状態		○		
洗掘	橋台・橋脚の基礎付近が洗掘している状態		○		
空洞	中詰材が流出して空洞となっている状態		○		
樹根貫入	石材間に樹根が貫入している状態		○		
抜け落ち	石材が抜け落ちている状態、石材が崩落している状態			○	
はらみ出し	石材相互で形成される面にはらみが見られる状態 石材の面の通りの変状が見られる状態			○	
ずれ(抜け出し)	石材間にずれが発生している状態			○	
開き(隙間)	石材間が開いている状態			○	
ひびわれ	石材の表面にひびわれが見られる状態			○	○
破断(亀裂)	石材のひびわれが割れて貫通している状態			○	○
剥離	石材の一部が崩落・欠損している状態			○	○
変色・劣化	石材の変色など部材本来の色が変化する状態				○
漏水・滞水	雨水等が石材内部から漏出、滞留している状態				○
植生	石材間に植生が繁茂している状態				○
舗装の異常	舗装にひびわれ等が生じている状態				○
不同沈下(段差)	背面土砂が抜け出しや地耐力の差により沈下している状態				○
防護柵・地覆の異常	防護柵・地覆に異常が生じている状態				○
その他	上記以外の変状				○

○: 確認すべき形状・変状

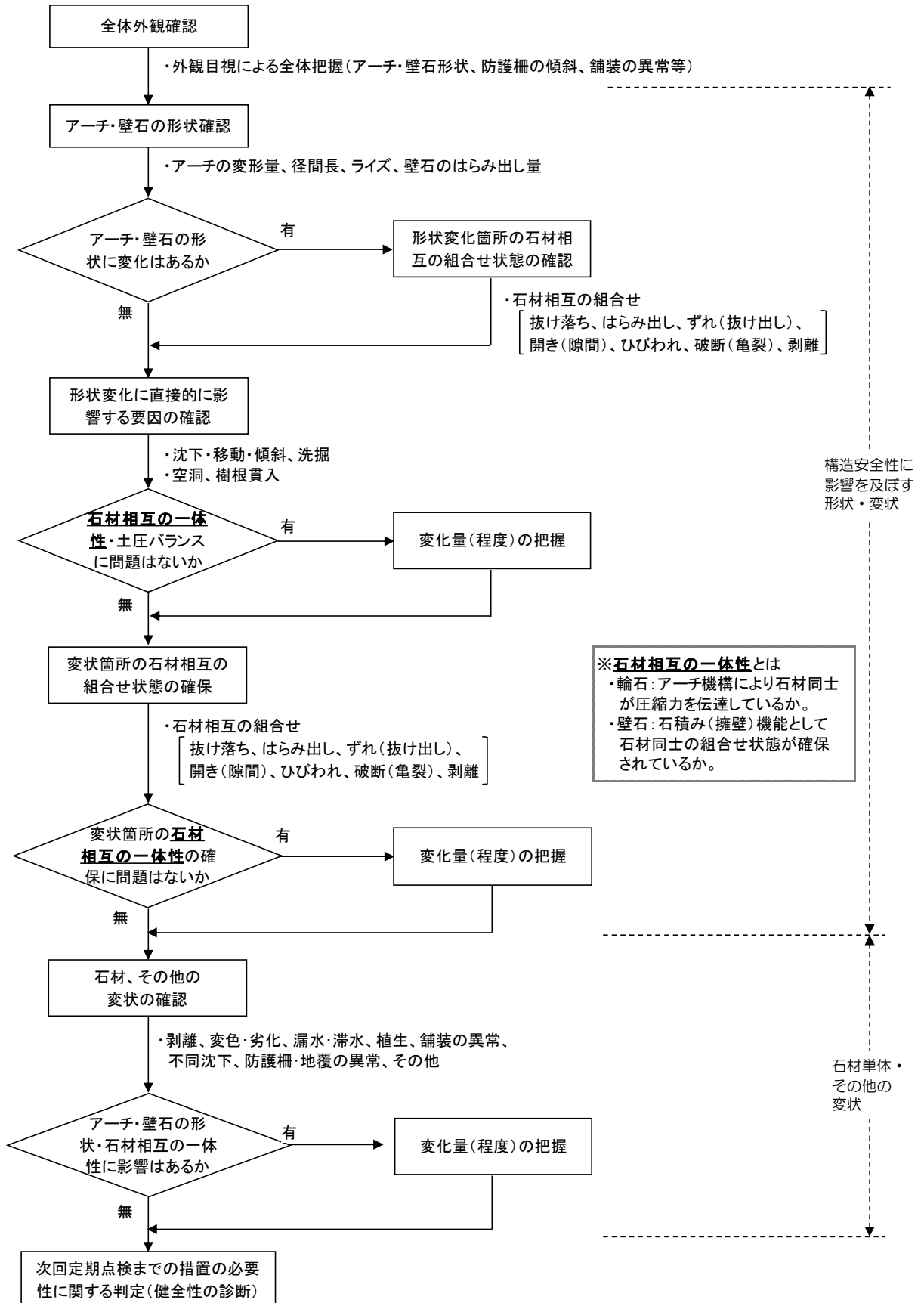
別表-3 各部位・部材の対象とする形状・変状の項目<sup>2) 3)</sup>

部位・部材区分		アーチ・壁石形状 の変化	構造安全性に影響を 及ぼす形状・変状	石材単体・その他の 変状
上部構造	輪石(要石)	アーチ形状	沈下・移動・傾斜 洗掘 空洞 樹根貫入 抜け落ち はらみ出し ずれ(抜け出し) 開き(隙間) ひびわれ 破断(亀裂) 剥離	ひびわれ 破断(亀裂) 剥離 変色・劣化 漏水・滞水 植生 その他
	壁石	壁石形状		
	中詰	-		
下部構造	橋台・橋脚・基礎	-		
路上	舗装	-	-	舗装の異常 不同沈下
	排水施設	-	-	漏水・滞水 その他
	周辺地盤	-	-	その他
	防護柵	-	-	防護柵・地覆 の異常
その他	護岸	-	-	その他
	水切り	-	-	
	付帯施設等	-	-	

[参考文献]

- 1) KABSE：石橋の設計ガイドラインを用いた設計と改訂維持管理ガイドライン, p. II - 2, 2016. 6
- 2) KABSE：石橋の維持管理に対する健全度診断と点検要領, p. 117, 2010. 6
- 3) KABSE：石橋の設計ガイドラインと維持管理ガイドライン, p. II -18, 2014. 6

## 別紙 2. 定期点検の手順の考え方（参考例）



別図-1 定期点検の手順の例

## 付録 1. 三次元測量及び画像による記録の事例

石造アーチ橋は、架設年次が古く、構造図等の図面が現存していないものが多く、今後の維持管理を行う上で有用な基礎資料となることから、図面を作成して記録している。ただし、石造アーチ橋は離散構造であり、計測箇所が多くなるため、三次元測量や画像により記録するのが効率的である。

石造アーチ橋の状態の把握において、三次元測量による計測及び画像による作成を行った事例を次頁以降に紹介する。

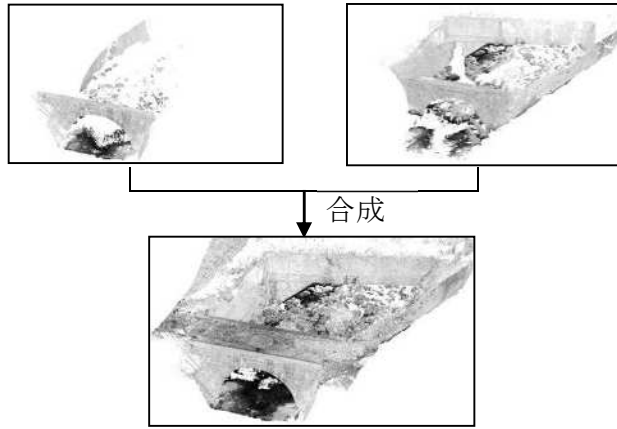
### [参考文献]

- 1) 宇城市教育委員会提供：教育第 B-4 号 鴨籠橋修復整備測量設計業務委託 調査結果報告書 三次元測量及び画像データ, 2018. 3

(1) 三次元測量による図面作成の事例<sup>1)</sup>

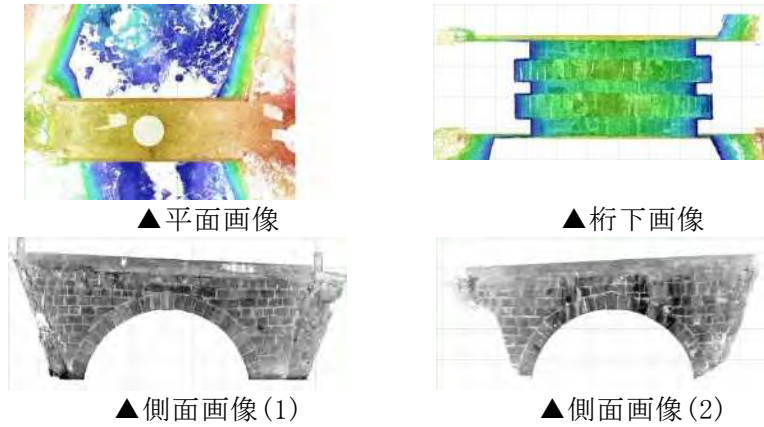
①データ処理合成

各計測データの合成により、下図のような個別の点群データから計測対象全体の点群データを取得してデータを合成した。



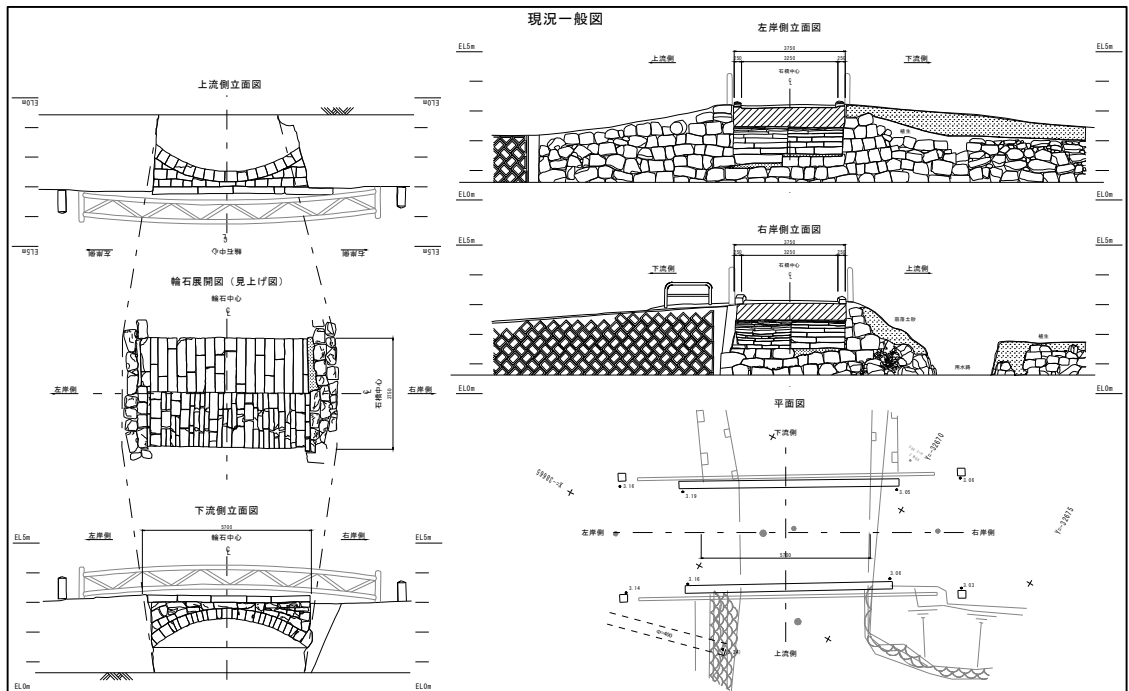
②点群投影画像作成

三次元レーザーで取得した点群を水平・垂直面に投影し、平面図及び側面図を作成した。なお、不要な地面等の点群が投影されないよう高さを設定し、点群を投影した。



③現況一般図作成

上記データの画像をトレースし、橋長や幅員等の諸元を記載して図面を作成した。



## (2) 画像作成の事例<sup>1)</sup>

### ①下流立面オルソ画像（下流側からの側面図）



### ②左岸立面オルソ画像（A1 橋台）



### ③右岸立面オルソ画像（A2 橋台）



### ■参考：オルソ画像とデジタルカメラ写真の対比

オルソ画像は、歪みを補正して座標を有したデータとなるため、石の開き具合等の変状を定量的に記録することが可能である（写真-付 1.10、写真-付 1.11）。



写真-付 1.10 オルソ画像



写真-付 1.11 デジタルカメラによる画像



## 付録 2. 石材の種類と使用事例

石造アーチ橋に使用される石材は、架橋位置により採取される地域で様々である。石造アーチ橋に使用される代表的な石材は、花崗岩、安山岩、溶結凝灰岩、砂岩である。また、石材の名称も採取される地域によって異なることがある。

九州における石造アーチ橋において、石材の種類による変状の相違は大きくみられていないが、砂岩については、厚さ数ミリ程度で板状に剥離したり、表面に小穴が密集したりしてハニカム状の風化が発生する事例があり、石材の劣化に伴って構造安全性に影響を及ぼす恐れがあるため注意が必要である。

石材の種類と使用事例を付表-2.1 に示す。

なお、石材表面は長期の使用により、草木や苔等で視認しにくくなっている場合もあるため、石材表面の水洗い等を行った後に確認するのがよい。

### [参考文献]

- 1) 誠文堂新光社：薄片でわかる岩石図鑑, P52, P62, P72
- 2) 全国農村教育協会：石ころ博士入門, P38-39, P52-53, P74-75, P92-93

付表-2.1 石材の種類と使用事例<sup>1) 2)</sup>

項目	概要・特徴	九州内における石材使用の事例	
花崗岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マグマが地下深くでゆっくり冷えて固まったもの。</li> <li>・みかげ石ともいう。</li> <li>・肉眼で見えるサイズの白っぽい鉱物と黒っぽい鉱物からなる。</li> <li>・花崗岩は全体的に白っぽい岩石である。</li> <li>・全体的に均質であり、ムラが少ない。</li> </ul> 	<p>九州内における石材使用の事例</p> <p>眼鏡橋(秋月眼鏡橋) [福岡県朝倉市]</p> 	
安山岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マグマが地表に噴出してできる火山岩である。</li> <li>・やや粘り気が大きく、ガスが抜けにくい。</li> <li>・色は灰色が基本だが、赤色を帯びることもある。</li> <li>・気泡の穴が空いていることが多い。</li> </ul> 	<p>眼鏡橋 [長崎県長崎市]</p> 	<p>倉瀬橋 [長崎県佐世保市]</p> 
溶結凝灰岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火砕流によってできる凝灰岩が、まだ高温のうちに堆積することで構成粒子が熱によって癒着したり、大量の噴出物のため圧密を受け、硬くしまったもの。</li> <li>・色は淡灰色、淡紫色、淡赤色等がある。</li> <li>・大粒の軽石が押しつぶされてレンズ状を示すことが多く、その軽石が黒曜岩となっている場合がある。</li> </ul> 	<p>轟橋 [大分県豊後大野市]</p> 	<p>霊台橋 [熊本県美里町]</p> 
砂岩	<ul style="list-style-type: none"> <li>・碎屑岩のうち、粒子が1/16mm以上2mm以下のものが、浅い海底または深い海底で固まったもの。</li> <li>・色は白色～灰色で、酸化鉄により黄色や褐色の場合もある。</li> <li>・肉眼で粒が密集していることが認識できる位の粒子サイズ。</li> <li>・細粒で粒のそろった細粒砂岩、粗粒で粒のそろっていない粗粒砂岩がある。</li> <li>・砂岩の一部には、厚さ数ミリ程度で板状に剥離したり、表面に小穴が密集したりしてハニカム状の風化が発生している事例もあるため留意が必要である。</li> </ul> 	<p>八反田橋 [宮崎県串間市]</p> 	<p>志安橋 [熊本県天草市]</p>  <p>(剥離、ハニカム状風化の例)</p> 