

9 施工計画

被災石橋修復における輪石解体・復元について

熊本県土木施工管理技士会

株式会社尾上建設

現場代理人・主任技術者

荒木 大人[○] 熊本 乃 親

1. はじめに

近年の気候変動に伴い、地震、大雨等により橋梁が被災することが増えている。石橋が被災した場合、修復技術が確立されていないため、修復が困難となる場合が多い。また、江戸時代に架橋された橋もあり、文化財指定されていることも多い。文化財指定されている場合、修復方法に制約があり、工事を更に困難なものとしてしまう。

本稿では平成28年熊本地震により被災した市指定文化財鴨籠橋（かもこぼし）の災害復旧工事を例に、石橋修復で特に難しい輪石解体・復元について報告する。

工事概要

- (1) 工事名：鴨籠橋災害復旧工事
- (2) 発注者：熊本県宇城市 宇城市教育委員会
- (3) 工事場所：宇城市不知火町長崎地内

- (4) 工期：令和2年7月28日～
令和3年5月28日

本工事は、平成28年熊本地震により市道4号鴨籠線において、輪石のはらみ出し、隣接石積護岸の崩落等の損傷が発生したため、輪石・壁石を積直し、中詰材、路面等を従前の形に復元する災害復旧工事である。

石橋について馴染みのない読者も多いと思われるため、今回対象となるアーチ型石橋の各部の名称と基本構造について図-1を用いて説明する。

「輪石」はアーチを構成する石材、「要石」は輪石の中央に設置される石材、「壁石」は輪石の上に設置され、壁を構成する石材、「中詰材」は石橋の内部に設置される石材等である。また、ここでいう「支保工」は施工時に輪石を保持するための仮設材で、今回は木材で作成した。

基本構造は、輪石によりアーチを構築し、その



図-1 アーチ型石橋の各部の名称と基本構造

上に壁石を垂直に積み、内部に中詰材を詰めることで、構成される。これらの石積を接着剤なしに、崩落しない構造で構築する必要がある。

2. 現場における問題点

本工事で修復する石橋は明治期に架橋されたものを昭和期に石橋により拡幅されており、二つの石橋が隣接して一つの石橋を構成している珍しい構造を持っている。

設計の段階では、輪石変形が確認されていたため、支保工により輪石を浮揚させ、変形部分を整形することで、従前の形に復元する輪石浮揚・積均しの計画となっていた。これは、輪石を完全に解体して、復元する方法より、少ない工数で施工できるメリットがある。

しかし、施工開始時に、石橋の現況測量を行った結果、明治期の輪石は上・中・下流部とも大きな変位が見られ、特に右岸中央部の落ち込みは著しかった。CADにより輪石浮揚をシミュレーションしたが、支保工が左右岸均等に当たらないため無理に浮揚を行うと、動いてはいけない輪石基礎（輪石最下段）まで浮揚してしまう可能性が極めて高い。輪石基礎部は石橋の要であり、位置移動等により安定性（安全性）を欠く恐れが大きい。そのため、輪石浮揚による矯正は困難と考えられ、支保工半径、構造、寸法の見直し、および解体・復元を考慮した計画が必要となった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 支保工半径の検討

輪石の横断測量図（アーチ形状CADデータ）に可変の正円を重ね、上・中・下流部の輪石基礎に影響しない最適な支保工半径の検討を行った。設計支保工半径は $R=3939\text{mm}$ であったが、 $R=3600\text{mm}$ で作成する事により輪石基礎に干渉せず、かつ輪石の大部分を支保できる事をシミュレーションにより確認した。シミュレーション結果を図-2に示す。

解体・復元を想定した場合、支保工断面が小さくなる事により、支保工と輪石の隙間が大きくなり、均一なジャッキアップが出来ない事が予測されたが、調整用の木材を適切に配置する事により対処できると判断されたため、監督員と協議を行い、支保工構造を変更した。結果、輪石解体・復元を行うこととなったが、輪石基礎部へ影響する事なく復元する事ができた。

(2) 輪石解体・復元の実施

輪石より上部の解体を行い、輪石洗浄を行った結果、石材の損傷が多数あり、またアーチ変形も著しかった。特に輪石中央部は、流用材と考えられるホゾ・ホゾ穴がある断面の小さな輪石が連続して組まれており、割れ等が集中していた。

有識者を含めた関係者による協議を行った結果、設計段階では輪石浮揚・積均しが計画されて

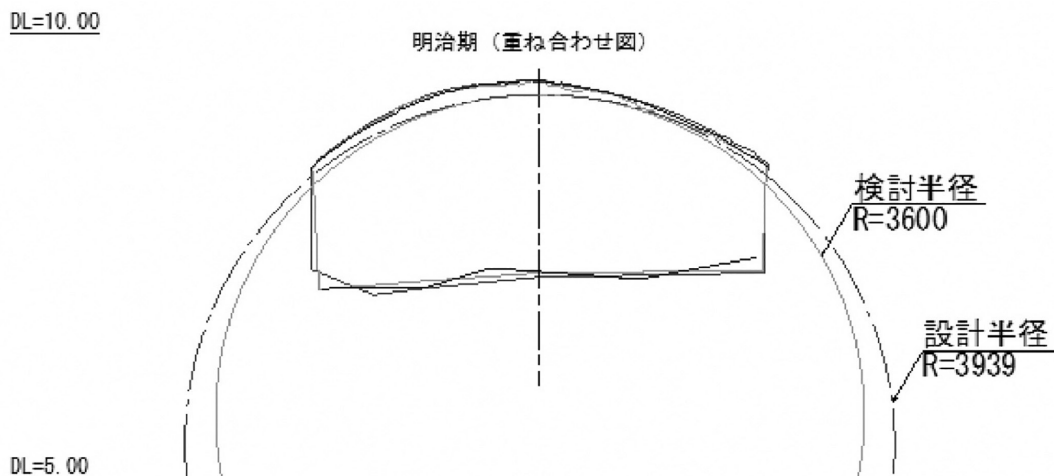


図-2 支保工半径の検討

いたが、輪石解体・石材補強・復元が必要と判断されたため、当初設計にはない輪石解体・復元を実施することとなった。

石橋の輪石解体・復元には高度な伝統技術の習得が必要であり、石橋毎に細部の構築方法が異なるため、施工方法が確立されていない。弊社は江戸時代から続く石橋架橋の伝統技術を継承していることと、これまでの文化財石橋の修復・復元工事の施工経験から経験豊富な技術者を配置することで、本石橋の輪石解体・復元を実施することとした。

輪石のアーチ変形は著しいものの、復元にあたっては現況の形状から復元形状を予測する必要があるため、輪石背面の横断測量を行った。計測箇所は輪石下面と同様の測点とし、アーチ形状を詳細に把握する事とした。また、輪石背面の墨出しにあたっては、これまで経験した解体・復元と比較しても凹凸が著しいため時間を要したが、丁寧な作業を心掛けた。

測量データを図面化し、机上によるシミュレーションから、左岸側の1から9列を数ミリ程度下面方向に位置移動し、全体的に右岸側へ矯正する方針を定めた。

輪石補強完了後、支保工に偏圧が生じないように左右岸均等に1回目の輪石組みを行った。図-3に示すように、1回目の輪石組みでは、要石寸法より20mm程度空き寸法が小さく要石が入らなかった。また左右岸1列目の段差が5cmほど生じたが、測量の結果アーチ形状は正円に近づいたため、矯正方針は妥当と判断し微調整を繰り返す事とした。2回目の輪石組みを図-4に示す。しかし、輪石組み4回目に矯正困難な課題が発見された。

創建時もしくは経年変化、あるいは地震時なのか特定は困難であるが、合端面に隙間があって輪石が折れた事により、上下の合端が程よく馴染んでいた。それらの輪石を補強した事により直線的になって馴染まず、上部の輪石にズレが伝播したと推測された。



図-3 輪石組み1回目（下流側）



図-4 輪石組み2回目（下流側）

既存輪石を削って調整する事は原則禁止である。他の既存輪石に伝播し、全ての輪石が噛合わなくなる。仮に1箇所でも削って調整した場合、全てを調整する事になり、違ったアーチ形状となる可能性さえある。さらに壁石との噛合わせまで食い違い、文化財としての価値を失う危険に発展する。しかし、これまでの経験により予測されていた事であり、予め対策について協議を行っていた事から、輪石合端面の微加工（数ミリ）を行った。ただし、これは、十分な仮組み・調査測量を行った結果からの判断であり、また経験および確かな技術に基づいたものであり、慎重に実施するべきものである。

結果、右岸側中央部の落ち込みは最大13cm程矯正され、アーチ形状を正円に近づけさせる事ができた。図-5に復元前の輪石形状を、図-6に復元後の輪石形状を示す。また、復元後の明治期の輪石を図-7に示す。

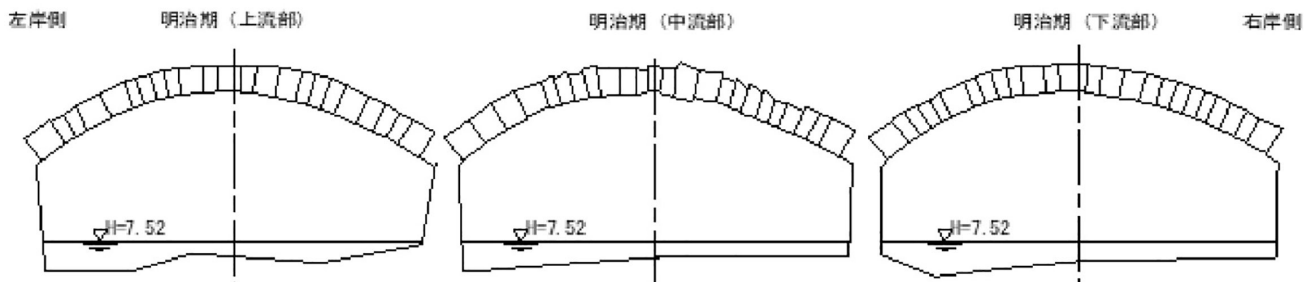


図-5 復元前の輪石形状

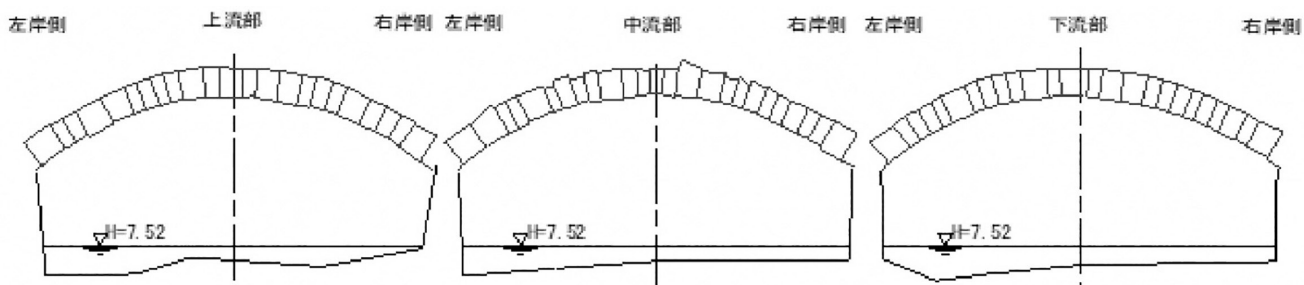


図-6 復元後の輪石形状



図-7 復元後の明治期の輪石

4. おわりに

復旧工事完了後、載荷試験が実施された。20トン車両の後輪荷重が静的に作用して鉛直変位は最大0.1mm程度、動的に作用しても鉛直変位は最大0.36mmであり、ほぼ通常の普通車両が利用する場合であれば構造的及び耐荷力的にも全く問題がないとの結果が得られ、現在市道として供用されている。

本工事は文化財石橋の修復工事であり、全国的

にも事例の少ない、輪石解体・復元による修復工事である。輪石形状の大きな変形の修復には輪石解体・復元が必須であるが、その難易度から修復を断念してしまうことも多い。本報告が参考になり、より多くの石橋が修復され、地域の宝である文化財が保護されることにつながることを願う。

最後に、本工事の施工に当たりご協力をいただいた関係者の皆様に感謝し、ここに御礼を申し上げます。