

石造アーチ橋の現況調査と変状特性の基礎的検討

長崎大学工学部 学生会員 ○平山 朋樹 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史

1.はじめに

石造アーチ橋（以下石橋と記す）は紀元前から建設されており、橋梁の中では最も歴史があるものである。近世の鋼橋・コンクリート橋が主流になった現在でも、中国では建設されており、石橋の特徴が活かされ続けている。我が国でも 17 世紀に建設された長崎の中島川にかかる眼鏡橋をはじめとして、昭和初期まで造られ、九州に全国の石橋の 9 割以上が存在する¹⁾。道路橋、歩道、庭園等に使用される他、文化財等として観光資源の役割も担っている。本研究の目的は、長崎県内に現存する石橋の現地調査を実施し、石橋を構成する部材の変状特性を明らかにすることである。

2.現地調査概要

本調査では長崎県内に現存する石橋を調査対象とした。調査を実施した石橋は、I 橋、S 橋、KT 橋、Y 橋、M 橋、MT 橋、H3 橋、M2 橋である（表 1 参照）。調査方法として、簡易的な測量器具（巻尺、スタッフ、ポール等）を用いて、図 1 に示す輪石や要石などの石橋を構成する各部材の状態を目視で調査した。

表 1 調査対象石橋の諸元

橋名	橋長(m)	最大 支間長(m)	径間数	幅員(m)	アーチ 径間(m)	拱矢(m)	スパン ライズ比	自動車通 行の有無
S 橋	5.00	5.00	1	4.00	5.00	5.00	1.00	有
KT 橋	5.09	2.68	1	4.94	3.69	3.70	1.00	有
Y 橋	4.90	4.90	1	3.18	4.00	3.40	0.85	有
I 橋	8.37	8.00	1	3.50	8.37	6.00	0.75	有
H3 橋	3.52	3.00	1	2.14	3.52	2.60	0.74	無
M 橋	4.00	3.60	1	2.32	4.00	2.20	0.55	有
M2 橋	6.00	6.00	1	2.50	6.00	3.00	0.50	有
MT 橋	9.79	9.00	1	2.44	9.59	4.00	0.41	有

3.調査結果と考察

表 2 は現地調査の結果を示したものである。本調査の結果をスパンライズ比別に見てみると、スパンライズ比（アーチ径間を拱矢で除した値）が 1.00 の石橋には大きな輪石のずれが確認されなかったのに対し、スパンライズ比が 1.00 よりも小さい石橋には基礎部分周辺と要石周辺に多くのずれや開きが存在した。その要因としては、自動車の通行によって石橋に荷重が作用し、橋軸方向に対して変位が生じたことが考えられる。調査対象の石橋は表 1 から分かるように、全て自動車の通行があるが、比較的交通量は少ない。特に MT 橋では道幅が狭いため、自動車の通行により作用する荷重は静的に近い状態であると考えられる。このような石橋に集中荷重を作用させたときの変形モードは、M 字のようになることが模型実験により確認されている³⁾。表 2 に示した MT 橋の調査結果をみると、要石部分の鉛直下向きのせり出しと基礎部周辺の輪石の開きが存在した。このことから自動車の通行による荷重の作用によって、橋軸方向に変位が生じているのではないかと考えられる。また、スパンライズ比が 1.00 の石橋に変状が確認されなかった要因

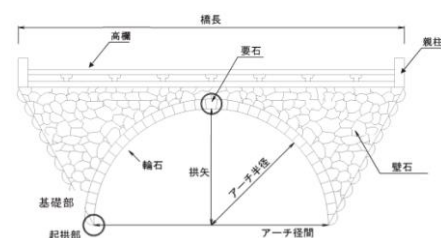


図 1 石橋の各部の名称⁴⁾

としては、これらの石橋を構成している石材の大きさや形状が比較的統一されており、かつずれや開きが生じやすい輪石間をモルタルを用いて補強していることによって、これを防止していることが考えられる。表 2 に示している調査結果から I 橋と Y 橋を比較すると、I 橋は石材の形状が横長で大きさも統一されていない。そのため、力が均等に伝達されず基礎部分にある 1 つの石材に特に集中して力が作用したため、亀裂が生じたと推測される。さらに、輪石はせん断方向の力が限界摩擦力以上になると滑り落ちる⁵⁾。表 2 に示している M2 橋の写真を見ると各所に石材の抜け落ちが見られる。このことから石材の種類や切り出し方法、建造された年代による差異が石橋の変状に大きく影響していることが考えられる。

表 2 現地調査の結果

	I 橋		S 橋	
写真				
結果	右岸側輪石間に幅約 3cm の開き 右岸側基礎部分に約 30cm のひび割れ		橋面と橋台にずれ 左岸側輪石部分に幅約 5cm の開き	
	KT 橋		Y 橋	
写真				
結果	状態は良好で安定		状態は良好で安定	
	M 橋		MT 橋	
写真				
結果	左岸下流側の輪石間に約 2cm の開き 左岸側の輪石表面に剥離		上流側要石のせり出し 右岸側輪石間に幅約 9cm の開き	
	H3 橋		M2 橋	
写真				
結果	左岸側輪石間に幅約 5cm の開き 輪石基礎部分に約 5cm のせり出し		右岸側輪石間に幅約 8cm の開き 各所に石材の抜け落ち	

4.おわりに

本調査結果から、石橋のスパンライズ比と輪石のずれ・開きには関連性があることが確認された。今後の展開としては、個別要素法による数値計算により、石橋のアーチ形状と輪石のずれ・開きの頻度との関係を力学的に明らかにしていく。

参考文献

- 1) 坂田力,市川紀一：九州の石造アーチ橋について, 土木史研究第 21 号, pp 265-266, 2001
- 2) 九州構造橋梁工学会：石橋の設計と維持管理のガイドライン, pp 2-3, 2014
- 3) 九州構造橋梁工学会：石橋の設計と維持管理のガイドライン, pp 27-34, 2014
- 4) 九州構造橋梁工学会：石橋の設計と維持管理のガイドライン, pp 1-2, 2014
- 5) 寺尾将志ら：離散型有限要素モデルによる石造アーチ橋の地震時挙動解析, 計算工学講演会論文集, Vol.17, pp 1-2, 2012