

埼玉大学 正会員 深堀清隆

埼玉大学 正会員 窪田陽一

埼玉大学 学生会員 木村雄司

1、緒言

現代の橋梁を概観すると上部工に対する美的配慮が優先され、下部工や上部工と下部工の視覚的連続性に対する配慮が十分でないように感じられる。本研究の対象となる歴史的石造アーチ橋は上路アーチという構造形式上の利点もあるが橋脚保護工まで含めて考えても上部下部の視覚的連続性について多くはデザイン上の手本となり得よう。また水切りのような橋脚保護工や橋脚上のスパンドレルに設けられた開口部など橋脚周辺の構成要素が橋のイメージを決定づける良好なアイストップとしての役割を果たしていることも参考になる。技術的背景も架橋条件も異なるこれら歴史的橋梁についてデザインのレビューを行うことについては現代デザイン技術への適用可能性について疑問視する声もなくはないが、このようなレビューはハード技術の中からそのまま使えるようなものを取り出すことを意味するわけではなく、形を産み出す思考過程すなわち、昔の技術者が石という材料特性や立地特性、技術的背景の中から

表1 データベースの項目とそのカテゴリ

項目	カテゴリ
橋脚の断面形状	四角形、五角形、六角形（片側台形）、六角形（両側三角）、七角形、八角形、十角形、円弧+四角形、円弧+五角形、小判形（両側円弧）、片側尖頭型、両側尖頭型、アーモッド型（円弧+尖頭型）など
橋脚保護工	高さ 高、中、低
	頂部形状 水平、斜状、雑状、段状、球面状、塔または建築
	側面形状 等幅、上部拡大、基部拡大、階段
	配置 橋の片側側面、両側側面
	水切り上 屋根上の笠石、防衛施設、支柱、バルコニー、開口部、彫像、照明柱、礼拝堂、塔、建築用途、船着場、ニッチ、その他の装飾
	機能 橋脚に作用する水の力を減少させる、流下物の衝突から橋脚を保護、船舶・自動車の衝突対策、転倒防止効果、河床洗掘軽減
バルコニー	平面形状 半円状、楕円状、三角形、四角形、尖頭型
	支持形式 橋脚保護工上がバルコニー、橋脚保護工にのり、支持を介する、ステイ型、支持なし
	設置位置 橋脚部（一体型）、橋脚部（分離型）、橋台部、アーチ間部
	空間占有物 モニュメント、十字架、照明柱、ベンチなど
開口部	有無
支柱（ピラスター）	有無
寸法比	W/S（橋脚厚/径間長）、S ² /W
基本項目	番号、橋梁名、国、地域・地方、河川、構造形式、主構材料、橋脚材料、用途、寸法比測定法、完成年、全長、最大スパン、最大径間長、幅員、平均橋脚厚、ライズ、参考文献など

橋脚周辺の構成要素の形をどのように決めていったのかを探るわけであるから、これを価値のないことと断じるのは不当であろう。このような歴史的石造アーチ橋のデザインレビューは既に馬場らが行っている¹⁾²⁾。本研究も同様に紀元前から19世紀に至る歴史的石造アーチ橋のデザインの変遷を扱うが、橋脚周辺部に焦点を絞り、これらの形態の詳細な類型化を試みる。さらにその類型を橋脚に関わる寸法比W/S（橋脚厚/径間長）と関連づけ、橋脚形態と橋全体のプロポーションとの関係を議論しようとするものである。

2、歴史的石造アーチ橋のデータベース構築

橋梁データは諸外国または日本の文献等により紀元前から20世紀までにつくられた歴史的石造アーチ橋を604橋収集した。データの各項目は文献中の写真や図面または解説文から抽出されたもので、寸法比については実寸が記述されていない場合、図面や写真から計測している。各項目とそのカテゴリを表1に示す。

3、橋脚周辺デザインの歴史的変遷

表2に示す時代区分により、データベースで定義した橋脚断面形状、橋脚保護工の頂部形状、高さについて歴史的変遷を調べた。各項目ごとに構成比の歴史的変遷を追うことも可能だが、ここでは紙面の都合上、各時代区分を代表する規範型（形態の組み合わせとして多かったもの）はどのような形態であったか、及びそれらが全体のバリエーションに占める割合がどの程度なのかを示すにとどめる（表2）。概略的にみると断面形状は多角形から小判型へ、保護工の高さはより低く、頂部形状は水平のものから錐状に変化していることがわかる。

4、橋脚周辺構成要素と寸法比W/Sの関係

ここではバルコニーや開口部の有無、橋脚断面形状、橋脚保護工の高さをもとにしてそれら

表2 各時代の代表的な橋脚保護工形態の構成比

時代	断面形状	高さ	頂部形状	配置	構成比	橋数	サンプル数
ローマ期	五角形	中	水平型	片側面	15%	3	20
	五角形	中	水平型	両側面	15%	3	
	五角形	中	錐状	片側面	10%	2	
石造アーチ衰退期							
中世	六角形	高	水平型	両側面	13%	8	62
	五角形	高	水平型	両側面	10%	6	
	六角形	中	錐状	両側面	10%	6	
ルネサンス期							
17C	六角形	高	水平型	両側面	25%	17	67
	六角形	中	錐状	両側面	25%	13	53
	六角形	高	水平型	両側面	13%	7	
18C	六角形	中	錐状	両側面	19%	16	86
	小判形	中	錐状	両側面	10%	9	
19C	小判形	中	球面状	両側面	19%	12	62
	小判形	低	球面状	両側面	18%	11	
	小判形	低	錐状	両側面	10%	6	
	小判形	中	球面状	両側面	44%	4	
20C	小判形	低	球面状	両側面	44%	4	9
	小判形	中	錐状	両側面	22%	2	

が、橋梁の全体のフォルムに影響する寸法比 W/S とどのような関係にあるかを考察する（表3）。

(1)バルコニーの有無と W/S の関係

歴史的な石造アーチ橋においては橋脚保護工の上部をバルコニーとする場合が多い。実際 604 橋のデータのうちバルコニーを有するのは 133 橋にものぼり橋脚保護工上部の形態の主流となっている。バルコニーがあると基本的に W が大きくなるため、W/S は大きくなる傾向にある。

(2)開口部の有無と W/S の関係

開口部は自重を軽減し地盤への負荷を軽減したり、材料の節約、耐洪水性能の向上のために設けられる。開口部のある方が各時代とも比較的に W/S が小さくなっているが、これは開口部を設けることで耐洪水性能が増すので、W を大きくし橋脚の自重を増すことで洪水に対抗する必要がなくなるためではないかと推察される。W の大きい橋は中世に多く特にこの時期は W/S の差が大きくなっている。17 世紀以降になると開口部の有無によって寸法比の差は小さくなるが、これはこの時期から耐洪水性能というよりむしろ装飾的意味が増加していることを考慮すべきであろう。

(3)橋脚保護工の高さと W/S の関係

傾向としては水切りの高さが低くなるほど W/S が小さくなる。視覚的には橋脚が薄いほど水平方向の視覚的連続性を保ちやすくなるので、それを阻害しない

ように低いことは都合がよい。逆に橋脚が厚いのであれば、単調な面を見せるよりは鉛直方向のラインで区切りリズム感を持たせることも有効である。

(4)橋脚保護工の上流側断面と W/S の関係

多角形断面よりは半円断面の方が W/S が小さいという傾向がでていいる。ルネッサンス期にアルベルティは「建築論」の中で水切りの断面は三角形断面が良いとしているが、流水抵抗を高めなければ美観上円形が良いとしている。18 世紀になるとペロネは薄い小判型断面の橋脚を多用した。これが規範となり以後小判型断面が主流となる。アーチの扁平化と橋脚の薄肉化、小判型断面の多用という傾向が連動しておりこのような結果となったと思われる。

(5)橋脚保護工の側面形状と W/S の関係

橋脚保護工の側面形状については基部拡大型の方が W/S が小さい値をとっていることがわかる。形態からみると、橋脚が薄ければそれだけ安定感にかけるので、上部で桁にすり付け、下方に踏ん張った形とすることで安定感が得られる上、水理学的にみてこの形の水切りは河床洗掘防止効果もあることから、この傾向は理に適ったものと考えられる。

5、結語

本研究では橋脚保護工の形態、バルコニー、開口部の有無及びその形態に応じてどのような寸法比 W/S をとる傾向があるのかを調べ、現代橋梁の下部工および上部工の関係のデザインにおいて参考となりうる資料を得ることができた。今後は橋脚周辺の構成要素が持つ構造的意味をより加味して同様の形態評価を行うことが課題となろう。

参考文献

1)馬場俊介、フランスの歴史的な石造アーチ橋の形態と意匠、土木史研究 No.11、1991
2)馬場俊介・二宮紀・小川元秀、歴史的な石造アーチ橋の構造論的分類への試み、土木史研究 No.10、1990

表3 橋脚周辺形態と W/S の関係（数値は項目に該当する橋梁の W/S の平均値）

	開口部		バルコニー		上流側の橋脚保護工断面				橋脚保護工の高さ			橋脚保護工の側面形状		
	有	無	有	無	三角形	四角形	尖頭形	半円状	高	中	低	等幅型	階段型	基部拡大型
ローマ期	0.310	0.383	—	0.352	0.376	0.321	0.366	0.225	—	0.377	0.360	0.358	0.328	—
石造アーチ衰退期	0.271	—	0.240	0.286	0.271	—	—	—	0.240	0.300	—	0.270	—	—
中世	0.244	0.397	0.401	0.360	0.356	0.450	0.515	—	0.408	0.368	0.177	0.387	0.184	—
ルネッサンス期	0.258	0.373	0.375	0.374	0.365	0.251	0.522	0.488	0.346	0.413	0.218	0.378	0.297	—
17C	0.243	0.316	0.363	0.295	0.320	0.241	0.228	0.224	0.385	0.292	0.272	0.303	—	0.256
18C	0.217	0.286	0.353	0.276	0.305	0.287	0.172	0.162	0.319	0.298	0.202	0.292	0.200	0.222
19C	0.370	0.221	0.322	0.188	0.339	0.099	0.107	0.159	0.263	0.250	0.150	0.281	0.167	0.118