

橋梁技術史上における甲突川五石橋の位置づけ

On Technical and Historical Discussions about the Five Stone-Masonry Arch Bridges over the Kotsuki River

吉原 進* 辻目英正** 奥田 朗***
YOSHIHARA Susumu NIGEME Eisei OKUDA Akira

There were five major stone-masonry arch bridges across the Kotsuki river in Kagoshima City till recently. Two of them were seriously damaged due to heavy rains which fell on the region on August 6, 1993. For carrying out the river conservation works and for avoiding the collapse of the remaining three bridges in future, it was decided to move these bridges to a new place. Therefore the bridges were dismembered physically and were investigated in detail. This paper presents a comparative study of those results in relation to stone-masonry arch bridges of China, Korea and Europe. By clarifying the fundamental differences between these arch bridges, an attempt is made to understand the characteristics and the contents of the arch bridges across the Kotsuki river from technological history perspective.

1. はしがき

古来、日本にはアーチ石橋はなかった。その理由には木材の豊富さや河川の特異性とか為政者の意図があった。江戸時代になって主として九州にアーチ石橋が数多く建造され始めた。これは高度の技術なしに建造できない、外国から技術移転があったに違いないと、その伝来源について欧州説、中国説、琉球説や朝鮮説など諸説がある。技術はある所から完成された形で導入されることもあれば、土着の技術に各種情報が重なって新しいものを生み出すこともある。

甲突川五石橋の解体調査の結果の一部は既に報告した¹⁾。本論文ではその結果と中国や欧州のアーチ石橋の視察²⁾の結果および各種資料等³⁾を、上に述べた点から比較・検討し、甲突川五石橋の特徴とその技術の意義を技術史上に位置付け、もってアーチ石橋建設の技術系譜体系化の資料とするものである。

2. 技術系譜の検討に関する考察

1) 技術と「ものまね」

自分の能力を省みず他と同じものを作ろうとしても、よほど簡単なものしか作れない。たとえ外部から導入されたとしても、橋の場合、河川、地盤、地形、材料などが違うから同じには造れない。その成立の背景を考えなければ、造れても一回限りで定着しないし、異なる社会状況への適用性や変化への発展性もない。これは猿まねである。

高度でも技術は客観的で論理的なものであるから、受ける側にその基礎があれば、その移転は簡単であ

る。むしろ感覚的なものが移転しにくい。日本人は「ものまね」が得意と揶揄されるが、これは人間の生来の能力の一つであって卑下する必要はない。伝来した技術の中からその精神や背景を理解し、選別する力があれば、異なる状況への適応力が出るし、発展性が生まれる。「ものまね」は猿まねではない。

アーチ石橋の完成に不可欠のアーチ締めについては、日本には墳墓、建築など原始的組積みアーチの伝統がないので、独自に発想できたとは考え難い。

2) 日本の技術背景

急峻地形にある日本の河川は特有の性質を持っている。大陸性の河川や広大な水郷地帯に架かる橋と水との関係は、日本におけるのと全く異質のものである。日本人は日本の河川に対応した出水制御や河道整備を行っていたし、水稲耕作や都市生活に必要な水を獲得する各種の水利技術や、河川特性と地形に応じた独特の架橋技術を培っていた。

欧州は石の文化、日本は木の文化の国といわれる。日本は多雨地帯にあって建設資材用樹木は豊富であるが、石材も多い。自然石も切り石も、細工ものや彫刻も扱っていた。土木分野にも多い。特に九州に多い。平地に石垣を積んで巨大な城を築いた。

平城になってから曲線積み石垣が創出された。これは直線積みにはない強さを持っている。慶長年間に創出された曲線積みは扇勾配（寺勾配、宮勾配）といわれ、縄のたるみ曲線からの発想とされる。地盤支持力は既に掌握されていて、この違いによって直線勾配（1607年小倉城、1624年和歌山城など：硬地盤）

キーワード 甲突川五石橋 アーチ石橋 技術史 技術と美

*正会員 工博 鹿児島大学工学部 〒890 鹿児島市郡元1-21-40、**正会員 財土木計画(株)、***正会員 (財)先端建設技術センター(前鹿児島県土木部長)

と扇勾配(1607年熊本城、1610年名古屋城など:軟地盤)を使い分けていた。また丹念な裏込めの施工から、土圧や水圧の扱い方も知っていた⁴¹⁾。扇勾配石垣は自然石や、楔型切り石で積まれた。この石垣は上載荷重による石どうしの圧力によって、土圧による孕み出しに抵抗出来たのである。この素晴らしい技術も元和元年(1615年)の一国一城令で進歩が止まり、いつしか忘れ去られた。この扇勾配石垣がアーチ石橋に応用されたとは極論すぎよう。しかしその石垣に込められた精神や技術がアーチ石橋建設で甦ったと考えることはできる。

日本は地震国だから石組構造、特にアーチ石橋が定着しなかったし、九州で多く作られたのは地震が少なかったからといわれるが、九州にも大地震が起っていた⁴²⁾。ローマ橋の発祥地イタリアは日本と同様な地震国である。中国にも地震は頻繁に起っている。しかし地震で石橋が崩落した例はほとんどない⁴³⁾。エネルギー吸収能力に優れている上、相当程度に変形しても新しい位置で安定する融通性の高い構造体だから、アーチ石橋のような石組み構造は地震に強い。

3) アーチ石橋に関する情報源

遣隋使、遣唐使で中国へ、天正少年使節(1582年)や支倉常長(1613年)などが欧州へ派遣された。その中には僧侶が多数含まれていた。彼らはアーチ石橋を目にしたに違いない。帰化、亡命、交易などで僧職者など多くの外国人が日本を訪問し、場合によって定住している。ザビエル自身はどうであれ、僧職者は日本だけでなく、中国・朝鮮・欧州でも優秀な土木技術者であった。朝鮮出兵で多方面の技能者も連れ帰った。人物往来以上に文物も交流していた(天龍寺船:1341年、勘合貿易:1404年、朱印貿易:1592年)。漢書、蘭書の輸入量は膨大で、多数の海賊版が作られていた。アーチ石橋は絵画のモチーフになる。多数の絵画や図面が日本に入っていた可能性は高い。錦帯橋は明国の絵画からの発想とされている⁷⁾。

4) 技術系譜論の手法と意義

技術系譜は、橋の着工に至る背景、条件、技術蓄積、完成までの主張、技法に加え、その後の経過や美感などについても体系化されるべきである。

日本のアーチ石橋について、建設前後の事情を記した文書類が大火や災害、戦災や暴動などの破壊活動で失われた。アーチ石橋自体も、流失したり、撤

去されたり、現存していても改造されて、創建時の姿、形や技術が正確に解らないことがある。数少ないデータから判断せざるを得ず、誤解や思い違いを生み易いし、数少ない一致の例をもって普遍的であると思ひ込み易い。この様な状況から種々の推測や仮説が生まれ、各方面に引用されているうちに特定のものが一人歩きして、検証されたと誤解され易い。

視察調査による各種条件、形態や技法等の比較を通して類似性だけでなく独自性をも検討することが重要である。アーチ石橋各部の寸法やその比は重要な情報であるが、橋の場合は自然条件や社会条件から寸法が決まることが多く、自由に決定できるものは少ない。この分析は技術水準の測定には有効であるが、類似性の判断材料にはならないことが多い。

橋は社会の要請と自然の要件を満たすように造られる。その自然が社会を作り、社会が自然を変える。この自然と社会は、ともに穏やかな面と激しい面の間を変動する。長い期間中のこれらの変動を、創建時の技術は想定し得ない。だから土砂に埋没し、干上がり、溺れた橋がある。壊れたし、壊された。修復し、改造され、撤去された。社会、自然との関連で創建後の経過もとらえねばならない。

過去の技術の系譜を調べるのは、単なる興味や懐古からだけでなく、文化を支える土木技術の将来のためである。過去の技術は未熟でも問題を解決する能力が劣っていたわけでない。土に混ぜていた藁切れが、ガラス繊維による強靱なコンクリートを生み出した。辺境の地で生きていた原始的な吊り橋が鋼線を得て現代橋の花形として甦った。

過去の遺物と言われるアーチ石橋であるが、その耐久性や美性は近代橋の比でない。しかも良質の石の耐圧強度と単位体積重量の比は現在使われる一般的コンクリートや鋼材に比べて劣るものでない。現に中国ではスパンは近代橋に及ばぬが、「尺には尺の短所あり、寸には寸の長所ある」と近年も大規模なアーチ石橋が建設されている⁴⁴⁾し、小規模なものは民間でも造られている(朝日新聞平成8年9月2日夕刊)。

5) 甲突川五石橋の建設背景

甲突川五石橋の建設資金は借金踏み倒しと密輸によって賄われたと極論される。幕府やほとんどの藩が失敗した中で、現在から見れば多少の行き過ぎはあったにしても、薩摩藩で改革に成功したのはなぜ

か。多方面の収入増加策、支出削減策など、現在に通用する総合的財政政策が効果を発揮したのである。甲突川五石橋の建設背景⁹⁾や岩永三五郎、阿蘇鉄矢の事跡¹⁰⁾などについてはそれぞれ別に述べる。

3. アーチ石橋の構成要素とその技術評価

1) スパン割りと側面形状

(a) 鹿児島には1スパンから5スパンまでのアーチ石橋があった。甲突川五石橋の5スパン連続橋は江戸時代の橋として日本では沖縄以外に例がない。洪水の多い沖積地盤に偏平な円弧アーチによる薄い橋脚の多スパン橋を作ったのは驚異的であるが、中国や欧州では時代的にみてこれは珍しくない。

清官式石橋造法は連続アーチのスパン長の比率を奇数の場合しか記していない^{8b)}。事実中国では偶数スパンの多連アーチ石橋を見ていない。ローマ橋は半円の多連アーチで、ルネッサンス期になって偏平なアーチを使い始めたが、その橋脚は厚い。その後フランスで薄型橋脚の上に多心円などの偏平アーチを架設した¹¹⁾。美的観点から偶数スパンを避けるべきとの指摘がある¹²⁾。(b) 岩永三五郎は自然に逆わずに、河川中央部の速い流れの影響を避けて、中央スパンを大きくしたといわれる。ならば川の中央に橋脚のくる偶数スパンをなぜ選んだのか。武之橋のように全ての橋を奇数スパンとすべきであった。中央部が大きいのは路面形状からの自然の成りゆきで決まっただけであろう。

3スパンとすれば路面が高くなる。路面を低くするにはアーチをもっと偏平にするか、スパンを小さくするしかない。前者は技術的に難しい。後者は橋脚が厚くなり施工は簡単になるが、通水面積を遮り、洪水の影響を強く受ける。路面を下げなければ、路面傾斜が大きくなり、使い難く、転倒の危険が増す。また全てを5スパンにすると路面が低くなる。これを避けるにはアーチ上の壁高を増すか、高い橋脚上にアーチを築かなければならない。高い壁は耐洪水性と美感上問題となる。日本で高い橋脚の上にアーチを築いたのは明治になってからのことである¹³⁾。(c) 甲突川五石橋の路面は緩やかな単一円弧曲線である。しかし創建時の武之橋は中央部スパンの上の路面だけ別の円弧であった¹⁴⁾。これは極めて珍らしく、美感上の配慮とも考えられるが、技術的制約からの決定と見るべきである。単一路面に拘ると、路

面が総体的に高くなり、重量増加につながり地盤支持力の限界に抵触すること、ひいては経費増加につながるることからの技術的決断ととれる。しかし車馬の通行には不便であった。

ハリのアーチ石橋の路面は緩やかな一定勾配の中央が少し高い山型で、均整の取れた対称形である。ローマやスペインの長大橋はキャンパーの目立たない直線路面が多い。単スパンの中には積み変え痕のあるマルチ橋(写真-1)のような変わり種がある。中国江南のアーチ石橋の路面は、舟運用に橋下空間が大きく、急な一定勾配の背の高い山型である。背の高い単一の円弧曲線、らくだ瘤に似た変曲点のある背の高い曲線、長大で勾配が目立たない直線路面、極めて背の低い平坦路面、緩やかな単曲線路面もある¹⁴⁾。

(d) スパン割りは時代的制約(すなわち技術水準)と自然条件、社会条件(すなわち機能性)によって決まる。他地域のやり方をそのまま使えない。鹿児島の地でいかにそれらの兼ね合いを付けるか、そのために新しい対応を考える必要があった。これが甲突川五石橋における技術革新の契機となった。しかも甲突川五石橋は同じ川筋に接近して建設される群としての調和や対比など美性も強く意識された。

2) アーチ

甲突川五石橋のアーチは極めて平凡である。

(a) 加工し易く、地元で豊富に産する熔結凝灰岩の切り石を空積みしている。元々鹿児島では石垣、石像などで多くの凝灰岩の切り石が使われていた。

(b) アーチ曲線は欠円であるが、特別に偏平なものでない。欧州、中国では楕円や多心円、馬蹄形や尖頭形など種々の曲線が使われていた¹⁵⁾。

多スパンの欠円アーチ橋は水位が高くなると急に河積の閉塞率が大きくなる。高くても薄い橋脚を使わない限り日本のような河伏係数の大きい河川には本来適さない。欧州では高い基礎上に偏平アーチを組んでいたが、初期のものは橋脚幅が極めて大きく、洪水対策として優れたものでなかった。ローマ帝国崩壊後の技術の長い沈黙が停滞を生んだようだ。

また早い段階から中国・欧州各地で造られていた尖頭アーチは日本にはない。コーベルアーチの伝統のなかった日本ではあまりにも異様な形に見えたこともあろうし、河積の閉塞率の大きさから採用されなかったとも考えられる。

(c)日本のアーチ石橋のリング構成は全て横積みである。日本にもリブアーチがあるとされるが、一列だけのリングである(写真-2)。

中国ではリブ式も使われる。拡幅改造が容易で、段階供用が可能である。リブ式アーチは面外変形に対する剛度が小さく、洪水や地震による横からの力に弱い。日本のアーチにはリブ式は採用し難い。欧州のアーチも切り石を使った横積みがほとんどであるが、れんがを使った例もある。

中国のアーチリング構成法は多い。橋軸方向を縦、橋軸直角方向を横、石の合わせ目を合端として積み方を紹介する¹⁶⁾。縦長石の縦合端が連続する縦積みを縦列リング(リブ式リング)、横長石の横合端が水平に連なる横積みを横列リング、(薄曲面加工¹⁷⁾)縦長石の横合端が水平に連なる積み方のものを分節縦列リング、分節縦列リングの横合端にリング幅分の細長い石(龍筋石という)を挟み込んだ横石分節縦列リング、横列リングの外側に一列づつリブ式リングを添えた縁取り横列リング、縁取り横列リングの横合端の一定本数毎に龍筋石で分節を作った額縁リング、同じ大きさの矩形の石を積んで縦横に合端が通る縦横列リング、自然石などの乱積みリング、その他に煉瓦積みもある。これらを力学的特性や施工性で使い分けたであろうが詳細はわからない。

(d)要石

アーチの締め付けには落架式と打込み式があると考えられる。要石がリングの上縁または下縁からはみ出ている場合は打込み式と考えられるが、要石がリング厚と同じ場合落架式の可能性が大きい。甲突川五石橋の要石はリング石と同じ厚さで、上下とも縁が一致していて、側面の加工跡が他のアーチ石と同じであり、特別な打込み傷痕もないし、軟岩なので、落架式が採用されたと判定できる。長崎では打込み式であった¹⁷⁾ようであるが、打込みだけでアーチ締めが完了したとは言いきれない。

アーチの締め付けはその完成の鍵となる重要な技法で、完成品や絵画を見るだけではわからない。城石垣からの発想とも考え難い。石の硬さや支保工の構造と関係がある。中国・欧州でこの使い分けをどうしたか、時代的変遷の有無もわからない。アーチ締めについては直接指導を受けるか、工事現場に立ち会う機会でもない限り、要領を把握できるもので

ない。種々の状況は中国からの導入を示唆している。

朝鮮のアーチ石橋には、中央部の要石が一本水面方向に突き出ているものがある^{18*)}(写真-3)。

要石がリング幅より大きく前後に突き出ているものがある。これは意匠上の選択であろう。事実その先端に彫刻されているケースもある。

(e)甲突川五石橋のアーチリングはだばなどによる結合をせず、漆喰なども使わない空積みである。

日本でだばなどを使った例として豊岡眼鏡橋(写真-4)、西木倉橋や諫早眼鏡橋などが知られているが、極めて少数である。豊岡眼鏡橋のだば穴は浅い。鹿児島島の吉野太鼓橋のだば穴は極めて鋭利に加工されていた(写真-5)。しかしこの橋は創建時期が明確に確定されることなく¹⁹⁾、先年の8・6水害で崩落した。アーチ上の壁石が高くて増水した水からの圧力に抗しきれずに、被害を受けたものと推定される。なお使用されていただばは発見されていない。

中国にはだばなどの使用例が多い。沖積地盤上の偏平リブアーチである趙州橋のだばは、極めて厳重かつ精緻である。側面のだばは要石の両側では3列、それ以外は2列で、鼓型を採用している(写真-6)。リング背面で、隣接どうしが結合されている(写真-7)。だばや千切石の他に鈎石、鉄拉杆(写真-6)によって、リブアーチを両側から引き付けて一体化している。これらは壁石の孕み出しを防ぐ効果もある。この一体化はリブリングが洪水時、地震時に働く面外曲げ変形に無力であることを熟知した技法である。横列リングにはこの面外曲げ変形は起こり難いが、長い横合端に作用する圧縮力が均一でないことや洪水時にはアーチ石に吸い出し力が働くこともあるので、結合が全く不要というものでもない。

この結合のため石に穴を穿つが、これに応力が集中して亀裂の原因となることがある(写真-8)。また軟石では圧壊されて結合の効果が発揮されない。甲突川五石橋にだばが使われない理由である。

また、江南の薄肉アーチではリングを強くするために縦積みのアーチ石(大理石)の端を直接突き合わせず、龍筋石のほぞ穴にはめ込んで面外変形に抵抗し、面内変形にはヒンジとなる細工を施している。これはリング厚が薄くて^{8*)}だばの切り口に障害が起こるのを避けるために採用されたものであろう。

だばなどによる結合はアーチリングの一体性を強

くして、地盤沈下や洪水、地震などによる変形に対する安定性を高めるために使われる。一体性の弱いリブリングや沖積地盤上のアーチや偏平なアーチで、硬い石の場合に使われる。しかもアーチの変形は半径方向、円周方向、横方向のずれの他に回転変形もあり極めて複雑である。目的に応じてだぼや千切石など、大きさ、位置など慎重に決めねばならない。この結合は、その使用の必要性や適合性を考えて使うべきで、不用意に使うべきものでない。必要性の的確な判断の上で使わないなら、それも一つの成熟した技術である。欧州にはだぼの使用例はなく²⁰⁾、中国に多い。日本の数少ない使用例をもって、日本のアーチを中国と関連付けるには材料不足であろう。

3) 壁石と断面形状

(a) アーチリングが二重になっているのが甲突川五石橋の特徴とされる²¹⁾。しかし上側のリングは全面になく壁石の下(外側一列のみ)にだけある。これはアーチ保護石である。力学的にはアーチ石に加わる壁石からの力を平均化するためと意匠上の工夫である。

中国・欧州ではアーチ保護石をよく見る。アーチリング石の上部を薄く切り出した例がある(写真-9)。これは完全な意匠上の配慮であり、かつアーチ石に水が滴って汚れるのを防ぐ効果がある。中国江南のアーチ保護石には壁石の孕み出しを防ぐような加工がある(写真-10)。

アーチ保護石は鹿児島以外にもある(写真-4)。甲突川五石橋のアーチ保護石の厚さはリング石とほぼ同じで、この厚さは他に例を見ず極めて珍しい。保護石が厚いほど、アーチリングとのなじみがよくなければ逆効果であるから、高度な摺り合わせ加工が必要になる。資金が潤沢であったから出来たことであろう。技術と美が資金で活かされた例である。

(b) 壁石の積み方が扇型で極めて珍しい。この積み方は河頭太鼓橋でも見られ、鹿児島の三五郎に独特な手法である。例外的に通潤橋にも見られる。普通壁石は、目地が水平な布積み、乱積みで、まれにアーチ石と同心の円積み(写真-11)もある。

中国・欧州では布積みか乱積みである。

扇積みは意匠上の効果が大きい。他に、壁石どうしの緊結力をアーチ作用で高めて孕み出しを防止する力学的な意義が有り得る。水平布積みでは、壁石を互いに押し付けて孕みを止めるような側面からの

力は働かない。ただアーチ効果で孕みを止めようとしたのなら、壁石の加工に違いがあるはずだが、これがまだ見い出せない(なお既報では力学的な意味はあまりないとしていた¹⁴⁾)。可能性として扇積み壁石のアーチ効果は十分考えられるので、ここに訂正するが、結論は保留しておく。

壁石が高い壺台橋や通潤橋では孕み防止対策の必要性は高い。前者は乱積み壁石であり、後者は扇積み壁石に鎖石が使われていた。また転倒対策用の鞘石垣や扇勾配石垣に孕み防止効果もある。

(c) 甲突川五石橋の壁石には開口部がない、充腹アーチである。甲突川は洪水を頻繁に起こすし、架橋点の河床に岩盤がない。大きな壁石に開口部を設ければ洪水流の疎通がよくなり、水流による転倒モーメントを減少させ得る。自重が小さくなり地盤支持力不足を補う効果が大きく、意匠の効果もある。多連式アーチ橋では開口部を設ける意義は特に大きい。

中国・欧州では早い段階から開口部を持つ例が多いのに、日本には例がない。日本のアーチが中国・欧州からの伝来であることを主張するためには、この開口部の必要性が極めて高いにも拘らず、これを設けた例が日本にない理由についての検証が必要である。

日本には沖積地盤上に巨大な建造物(城の石垣)を建造してきた実績があって、地盤支持力について知識の蓄積があり、対応の仕方を掌握していたと考えられる。洪水対策は別に述べる。

鹿児島県知覧町の矢橋橋:1852年建造(写真-12)は日本における唯一の例外で、アーチリングの上に別のアーチを乗せて、壁石の面積を減少させている。なおこの橋の建設地点には岩が露出しているので、支持力の点では問題はない。洪水対策の可能性はある。非対称な側面形で非常に珍しいものである。

(d) 洪水流や地震による転倒に抵抗するための工夫に、甲突川五石橋では壁石を傾斜させている。なお、水切りにも転倒抵抗能力がある。

中国・欧州では背の高い城壁を傾斜させることはしない²²⁾。関係の有無を断定できないが、ほとんどのアーチ石橋の壁石も直立している。趙州橋はリブリングの中央部を僅かに絞って安定を計っている。

フランスの聖ベネチ橋の路面がくの字になっている理由として、洪水に対する抵抗力を増すため、戦略上の必要性および施工ミスの可能性が挙げられている²³⁾。これは転倒対策のための処置と見るべきである。立

っている一枚の板は簡単に倒れるが、屏風は倒れにくい。これから橋体を曲げる発想は簡単に得られる。

スペインの市に残る水道橋には控え壁があり、かつアーチ壁体が波形になっている(写真-13)。これも施工ミスでなく転倒対策と見るべきである。ただ、リグの水道橋よりもっと背の高いリグナ(写真-14)やセビルの水道橋には目に見える転倒対策はないのが不思議で、悪魔の橋と称される由縁かと思われる。(e)壁石が抜け出すのは、全橋の崩落にいたるものではないが、路面が陥没して橋の機能を果たせなくなる。この壁石が抜け出ない対策も必要である。周知のように諫早眼鏡橋には鎖石が使われていたが、甲突川五石橋の壁石には鈎石などの直接的な孕み出し防止対策はなかった。なぜその処置をしなかったか。路面が低く壁石が高くなかったこともあろうが、石垣や護岸擁壁の経験から土圧の概念を把握していた。孕み出し防止対策としてはすでに述べた壁石の扇積みによるアーチ作用を活用しようとした可能性が高い。なお五石橋では一部孕み出しが見られたが、これはむしろ当然で、創建当時自動車やバスなどの高速で移動する重量物を想定できたわけがない。

欧州の壁石への細工については知らない。

壁石の高くなる江南のアーチ石橋や玉帯橋のアーチ近傍の壁石高の大きい部分に、両側の壁を貫通する天盤石に挟まれた縦に長い石からなる間壁(図-1)を設けている。壁石を間壁の溝にはめ込んで孕み出しを防ぐものである。なお間壁の枠内に石が積まれておれば、薄いアーチリングの変形を阻止する働きもあるが、資料による限りは間壁は壁石の孕み出しを防ぐ枠でしかなく、せん断壁と見るには無理がある。その他に上下流の両壁石間を貫通する龍頭石で壁石の孕み出しを防ぐこともある。江南の薄肉アーチは変形による壁石の孕みを徹底的に防止していた。間壁等は側面に特有の意匠効果を与える。間壁には対句が龍頭石には文様が彫り込まれることがある。

4) 地覆石と路面敷石

(a) 甲突川五石橋や他の鹿児島県のアーチ石橋の耳石は外まで出ている。円月橋や平戸幸橋にも見られるが、例はそれほど多くない。この場合耳石の上に高欄が作り付けられる。木の板橋の様式を模倣したものと思われる。アーチ石橋ではこのわずかな飛び出しが側面形を見る目に強い印象を残す。中国には多

くの例があって、しかも耳石端部に連続文様が彫り出してある例もある(写真-15)。

(b) 甲突川五石橋の路面敷石は横布敷き(目地が橋軸直角)、斜め布敷きや乱敷きとかその併用であったりする¹⁾。

ローマの道の石畳の幾何模様は印象的であり、同じパターンが路面敷石にも使われている(写真-16)。

中国では敷石の目立つ場所(橋の中央の路面中間)に、紋章を彫り込んだ大きな千斤石(写真-17)が置かれていることがある。橋の建設に関わった個人の顕彰あるいは自己顕示のためのものと推測される。

高欄や路面敷石は目立つものである。その割には力学的に難しい問題ではなく(摩擦とか割れの対策は要るか)、洋の東西を問わず意匠的な工夫についての腕の奮い所で、美が追求できる個所である。

5) 中詰め

甲突川五石橋の中詰めには大小入り交じった石の加工屑が積み込まれていた。路面陥没を防ぎ、路面からの荷重を分散させてアーチリングに伝えるものである。これが昔には到底想定できなかったバスの通行を可能としていた(後世、路面はコンクリート、アスファルトで舗装された)。荷重分散効果が大きく、沈下もなく、地震やバスによる振動エネルギーの吸収力も大きい。

石橋と植物の相性はよいので好まれるが、植物の根は太るので除去すべきである。中国江南の朱家角放生橋にはざくろの木(石溜木)があった^{1*)}。これは景観と安全についての、民と官、伝説と現実の格闘である。土が多量になくても植物は成長する。西田橋では水切り石の間から植物が生え出して石組を緩ませていたし、鹿児島真黒橋のようにアーチ石が隠れるほど繁茂している例もある。

荷重の分散効果を重視して中詰めには土を使うと、路面から浸入した雨水と一緒に流れ出て壁石やアーチ石腹面を汚す。古いローマ橋はもちろん、改修した趙州橋の汚れも目立った(写真-18、19)。甲突川五石橋では中詰めから土砂が漏れた跡はない。

バリの中詰めは煉瓦積みである。

6) 水切り

甲突川五石橋の橋脚に付設された「下の大きい三角錐形水切り」は世界的に極めて珍しい。御船目鑑橋の水切りは僅かに下が大きいものであった。

水切りは通常大きい壁石(又は橋脚)で妨げられる洪水流の流れを平滑化して、壁石に作用する力を小

さくするものと考えられていたようで、先端が三角や半円で下から上までまっすぐの筒状となっているのがほとんどである。この意図で水切りが付設されるなら、水位が高くなると壁石の影響が大きくなるので、水切りも上ほど大きくなっていなければならない。日本や欧州では見かけないが、中国には数例ある²⁴⁾(写真-20)。さらに水切りは転倒防止効果もあるし、流下物の影響を避ける意図もある。盧溝橋には斬龍剣と称して三角形の先端を鉄で補強して氷塊の衝突から橋を守っている(写真-21)。橋下に舟が通るところでは船舶の衝突対策ともなるが、中国江南のアーチ石橋に水切りはなかった。

甲突川五石橋の三角錐形の水切りは、河床洗掘防止に抜群の効果が期待できることはすでに述べた¹⁸⁾。同じ水切りでもその使用意図が中国・ヨーロッパと全く異なっている。これは鹿児島型の特徴で、この技術は現代橋の橋脚にもそのまま適応できるものである。

イタリアの建築家フルベティは橋脚回りの水流と河床の洗掘状況を橋脚の形と関連つけて観察している²⁵⁾。しかし彼は鉛直型しか検討していなくて、甲突川五石橋のような三角錐形は眼中になかったようである。最近の橋脚はほとんどが筒型であるが、中には逆向きの傾斜型があって昔の知恵を生かさず、河床の洗掘対策に相当の工費を費やしている例がある。

どの形であれ橋梁の側面形に与える意匠効果が大きいのので、工夫を凝らしている例が多い。先の壁石や水切りは、竹内敏雄が「技術美は、所定の目的にかなった機能が活発な力の充実と緊張をもってそれに適応した形態に直感化されるところに成立する。合目的性そのものではなくて合目的機能の力動的表現が技術美の本質的契機なのである。」と定義した技術美^{26a)}を作る例である。

7) 基礎、反力石垣

偏平なアーチを架けるには、スパン数に関係なく、水平反力に対抗出来る岩盤などの支持層がなければならない。沖積地盤は水平抵抗力が小さい。甲突川五石橋では大規模な人工岩盤ともいえる反力石塊群を橋端の下に埋設していた。平戸幸橋には小規模な石垣があった。しかし甲突川五石橋の反力石塊群の規模の壮大さ、施工の丁寧さは極めて珍らしい。これほどの規模のものは他にまだ確認例がない。

中国・欧州では初期の段階から橋台の水平反力に対抗するのに木杭を使っているが、沖積地盤上の偏平アーチである趙州橋では大きめの直接基礎を深く埋めている。偏平なリルト橋にも基礎石の下に大量の

木杭を用いている。リリス・カセルによるガリ戦記に、ライン河に木橋を架けた際、現在用いられるような斜め杭を打って橋脚代わりにしたことが記されている²⁷⁾。

甲突川五石橋の基礎は極めて単純で、二重に積んだ基礎石の下には梯子胴木が敷かれていただけである。この胴木は水中での施工性の改善と基礎石が受ける力を地盤へ平均化して伝達するために使われたものであるが、地盤への荷重の影響を低減させることも期待できる。現在地盤の支持力を改善するために使われているジオテキスタイルなどによる、補強土工法の発想の原点がどこにあるか知らないが、梯子胴木は現代版ジオテキスタイルである。

中国には胴木の例は見られないようである。

朝鮮では1986年に発掘された慶州月城の南端にある月亭橋(8世紀中頃建造)の基礎には、井桁型(2.5m x 2.7m)の木材を水平に置き、その中には雑石を敷いてあったとのことである^{18b)}(写真-22)。

基礎に木杭を使う例は諫早眼鏡橋にある。中国・欧州にも多数の例がある。甲突川五石橋には木杭を使っていない(護床敷石の末端止めに短い杭を使っていた例はある)。これから考えると、城の石垣や護岸で胴木の使用実績があり、地盤支持力の推定には確たる自信があって、胴木と反力石垣で対処したものであろう。

以下に、甲突川五石橋の技術を取りまとめる。

表-1 甲突川五石橋の技術

実例があり、必要があるが使っていない技術	だば、壁石開口、木杭
実例はあるが、意図が違ったり改良された技術	水切り、胴木 アーチ保護石(二重風リク)
実例がない技術	扇積り壁石、反力石塊群(護床敷石)
従来技術の転用	耳石の突出、高欄、胴木
完成品視察では解らない技術	アーチ締め

4. 洪水対策の技術評価

アーチ石橋は高水位の洪水流に弱い。大きな壁石に働く動圧力に抗しかねて、壁石が崩れ、アーチ石が抜け出し、全体が崩落した例は多いし、沖積地盤上にある多連橋の橋脚が洪水流による洗掘で崩落した例も多い²⁸⁾。特にこの数年の間に洪水で流失したものは多い。急激に増水して流木共々高速で流下する日本の河川でアーチ石橋を守るための対策は極めて嚴重である。アーチ石橋の場合大きな壁石があり、水位が高くなると河積の閉塞が急に増えるので、桁

橋に比べてきびしい条件を付けねばならない。アーチ石橋を洪水から守るためには水位を高く出来ない。これは治水対策より遙かに厳しい条件である。

沖積地盤上の甲突川五石橋には大規模な護床敷石を敷設している。類似のものは錦帯橋にもある。これは河床の洗掘防止を目的としたもので、どちらも上流側だけでなく下流にもある。まるで前述のマルティの書物を読んでいたかのような施工である。ところがこの2例の他にほとんど例がない。

甲突川五石橋ではすでに述べたように水切り、傾斜壁石、護床敷石などの直接的洪水対策の他に、上流で植林を勧めたり、田畑を遊水池と想定するなど現在の水文学、河川工学を先取りするような対策を講じていた。そしてアーチ石橋を高い水位の洪水流から守るため、新上橋から下流部では右岸堤防を低くして意図的に越流させていた¹⁹⁾。橋自体の安全を考えるに、これほど簡単確実な策はない。当時既に西田橋右岸方の街道筋には相当の家屋が密集していた(図-2)にもかかわらずである。専制的社会体制下だから出来たことで、現在ではこれは許されない。甲突川の洪水史や流域の変化については別に述べる²⁰⁾。

ところが甲突川五石橋の2橋が8・6水害で流失した。岩永三五郎の対応が悪かったからではない。高密度の都市を守るために、河川の堤防を整備し、洪水流の水位が高くなることを容認せざるを得ない状況となったがためである。これはアーチ石橋にとって危険極まりない事態であり、三五郎はこんな事態を想定していない。洪水時の水位を高く設定したままで現地に残った3橋を守るのは極めて難しい。

欧州では壁石に水抜き穴を設けている。趙州橋も水抜き穴を設けて、流水を阻害するのを避けている。盧溝橋では頑丈な斬龍剣を備えている。その上、妖怪が脅すかのように水面を睨んでいる。これらはどれも洪水から橋を守るものである。また江南地方の華奢な薄肉アーチの中には呉門橋のように極端なまでに通水面積を減らしている例もある(写真-23)。

アーチ石橋がこの方面から伝えられたとすると、これらの矛盾した水との関係をどの様に日本の橋に取り込んだのであろうか。それぞれの必要性や日本の河川への適応性を考えなければ、猿まねに終わっただけであらう。単なる借り物で甲突川に五石橋が建設できたのではない。いろいろの中から、甲突川

に最適なものを前例にとらわれずに創出したに違いない。少なくとも石を積み上げさえすれば橋が出来ると考えていたわけでないのは確かである。

5. アーチ石橋の美的評価と安全感

中国・欧州に残る代表的なアーチ石橋の美感や景観についての考察は別に述べる²¹⁾。日本の橋、特に昔の橋には本来の機能と関係のない装飾は少なく、高欄における擬宝珠がある程度である。甲突川五石橋には西田橋の擬宝珠以外に装飾らしいものはない。

アーチ石橋の特性もあろうが、これで美を感じるのが日本人の美感である。竹内敏雄は装飾の美的効果について、「技術美は、機能の力が形態に直感化されることにかかわっているかぎり、装飾形式が技術的対象の内から発する合目的的形式とは異なるものとして外から押し付けられるならば、かえって美的効果を減殺し阻害することになる。」と²⁶⁾、この点からの所感を述べている。

欧州の橋には装飾の色合いの強い彫刻が多い。ローマ橋の質実・剛健の橋体は見応えがある。その上高階秀爾³¹⁾の、「イタリア人は安定した明快な静的空間構成を好み、他方派手な豊かな装飾表現を好む。」の通りの豪華な彫刻が後世になって欄柱上に取り付けられた(サンジョエ橋)。パリでは一番古いとされるポンヌフでさえ、飾ったバルコニーやマリ像、天使像や動物、紋章などの装飾品がある。これらはどれも橋自体の安全にも、利用上の安全にも合目的性を持たない装飾品である。オリジナルを知らない我々からすれば、これはこれで見事に橋と調和していて、橋を地域文化の象徴ととらえる文化性が現れている。またスペインには戦いに明け暮れた中世の混乱を象徴する堅固な要塞風の橋頭堡が偉容を誇っている(写真-24)。これはもはや通常の橋の合目的性などを超越した橋の別の機能であるが、やはりなくてはならない風情を醸し出している。そして歴史が作る美でもある。日本の橋と異なり欧州の橋は建築同様芸術作品としての橋が多い。

朝鮮の橋には動物、龍の頭や鬼の像を欄干や壁石に刻み、彫り出している。アーチリングの真ん中から下に突き出された石の先で水面を睨みつけている龍頭は珍しい。どれも風水地理説からくる魔除で、橋の安全を願ったものであるとのことである¹⁸⁾。

中国にも豪華なあるいは繊細な装飾品がある。純粋な装飾の他に、得体の知れない、恐ろしげな獣らしき飾り、人物の顔や日常生活を描写したレリーフ、紋章のレリーフの他に、事業を顕彰する銘文や橋飾りなど

あらゆる種類の作品が添付されている。獣等は永続すべき橋自体の安全を神に祈ったあとと考えられる。

朝鮮や中国のこのような装飾品は、竹内敏雄のいう合目的的形式と異質とは言い切れないし、さらに独自の美的効果もある。これが彼らの美意識であり、橋の安全を願う気持ちである。日本のアーチ石橋がもしこの方面から伝来したとするなら、この類の装飾に対する大きな差異にも注意すべきである。日本人に美意識がなかったわけでない。橋の安全性への考え方に差があったのである。

日本では長い間、橋は洪水に流されるもの、火事で焼けるもの、年を経ると朽ちるものとの認識しかなかった。永久橋たるアーチ石橋が出現しても、それまでの橋に対する観念から、その安全を中国や朝鮮のように神獣、奇獣などに頼ることなく、石の堅固さと新しい形の橋に挑戦する石工の腕に頼った。だから石工達は自分達の技術と感性を唯一の拠り所にして橋の建設に精魂込めねばならなかった。その結果できたアーチ石橋は、それ自体が美しく、景観との相性もよい。その上、耳石の突き出し、二重リング風の厚い保護石、路面敷石など、随所に強烈な美意識が働いて出来た成果である。

多様の中の統一とか統一の中の多様は古今東西で用いられる美の追求手段である。聖トリニ橋はそれより200年前に架設されたベッキ橋を意識して建設された。年を経て建設されたバリの橋梁群にも対照や調和を意識したあとがある。長崎の中島川もある。それらと違って同時期に建設された甲突川五石橋では、これを群としてとらえて意図的に、随所にこの手法が用いられたのである。

武之橋の改修前の縦断曲線は、美感より技術課題を優先した結果であろうが、結果的には多様の中の統一の美を実現した。甲突川五石橋の水切りはユニークな形で、これは具体的安全対策としての合目的的形式である。扇積みの壁石と同じく力学的必然が生んだ美である。路面敷石など技術を求めない個所では、自由な発想と趣味で意匠に凝った。甲突川五石橋では敷石のパターンを変えて、統一の中の多様な美を実現した。これは竹内敏雄^{28c)}が「橋は全て切実な生活の具であるだけに、多少の形式の遊びをもってそれを潤色することは、人間心理の必然的要求である。」と指摘する遊び心である。

此岸と彼岸を繋ぐ畏敬すべき橋、貢納の道と忌避

すべき橋、地域の象徴として記憶される橋。先端技術を駆使するプロ軍団でなければ架橋できない堅固なアーチ石橋の出現は、自然に順応していた日本人の安全感を克服の可能性へと変革させる端緒となった。それにふさわしい新しい美の演出まで施された生活や産業の安定のための現実の橋は、この点において西洋へと繋がる時代の先駆けとなったのである。

以下に甲突川五石橋の美と技術の関係をまとめる。

表-2 甲突川五石橋の技術と美 [外国の例]

装飾的装飾	擬宝珠	[各種彫刻]
祈願、顕彰の装飾	なし	[奇獣、奇神]
技術が作る美	水切り、(扇積り壁石)、丹念な施工	
美より技術が優先	スパン割り、縦断曲線	
遊びの美	路面敷石	

表-3 甲突川五石橋の群としての調和

多様の中の統一	二重風リガ、耳石、扇積み壁石
統一の中の多様	路面敷石、水切り、高欄

6. アーチ石橋の改築や保存の意義

腐食しない石も長い時間の間に風化する。石組には緩急様々の障害が起こる。自然条件に合わなくなりあるいは材料が朽ちれば(物理的寿命が尽きれば)崩壊するし、社会的適応性がなくなれば(機能的寿命が尽きれば)改造され、撤去される。このうちアーチ石橋の障害、補修や改造についての具体的事例は別に述べる³²⁾。

甲突川五石橋は耐荷能力が大きい。西田橋は幅員が広く、乗用車の離合やバスの通行さえ可能なほどであった。この物理的、機能的潜在能力の高さは極めて珍らしい(現在なら過剰設計と非難されよう)。

一般にアーチ石橋の耐荷能力は大きい。中国の盧溝橋はマルコポーロにその美が評価され、欧州へ伝えられた。この橋は美だけの華奢な橋でない。無骨な頑丈さを強烈に印象付ける巨大なものである。1975年重量物の運搬のため、路面が改造され、430トンもの重量物を積載した車両を通過させた³⁴⁾。驚異的な耐荷能力で、この時最大たわみは第5スパンで0.52mmであった。その後旧に復され、現在は車両の通行は禁止されている。これだけ能力があるものの機能を強制的に停止するのが正しい保護策であろうか。

主要街道にあった武之橋は、幅員と勾配が市街電車の通行に適さないので、撤去は免れたものの引退させられた。甲突川五石橋の社会との関連は別に論ずる³³⁾。ただ惜しいことに電車を通す巨大な橋が、あまりにも接近して造られた。これが武之橋を通し

て見る桜島というなによりの景観を殺した。振動エネルギー吸収能力に優れていても、すぐ隣りを頻繁に通る電車の振動は無視できない。霊台橋も電車と大型トラックの違いはあるが同じ状況にある。一般に新橋は旧橋に接近して建設される。これは保護策と言うより単に取り残して、自然死を待つこととなる場合が多い。豊岡眼鏡橋や意味は少し異なるが早鐘眼鏡橋、茶屋町橋梁などは悲惨な残し方である。楠浦眼鏡橋や秋月眼鏡橋、通潤橋は周辺環境とよくマッチしてすばらしい。

甲突川五石橋は周辺景観がよい状況ではなかった。橋には機能寿命、物理寿命の他に感性寿命がある。感性には造る感性と使い、見る感性がある。特に見る感性には必然性や絶対性がないから、機能寿命以上に社会の影響を受け易い。発展を目指す都市がローマやパリになるのは、言うは易いが簡単なことではない。街中に遺跡のあるスペインの市も苦闘していた。歴史は希少性によって美を生むが、醜を作ることもある。社会と共に歩む土木施設としてやむを得ぬ点である。

元の西田橋には楼門があり、その写真(写真-25)がある。単写真で精度に問題はあるが、ある程度採寸はできる。ならば西田橋を移設する際、楼門を作ればどうかという声が起こり得よう。古いものを再建するとき、常にこの様な問題が起る。逆に甲州の猿橋の架けかえの際発見された文書によると、古いものは我々がこれまで馴染んでいたものより一回りも小さかった。以前より大きく立派な猿橋にした1900年の架け替えの際、「この橋、依然旧制を改めざるは、迂曲に似てきにあらず」と、ときの郡長の現実的な発言があって今のようになり拡大されたとのことである³⁴⁾。

今の人の思い出を重視する記憶主義、懐古主義か、記録を重視する記録優先主義か、先を見て少し能力を増やす実益主義か、どれを選ぶか決断がむずかしい。記録重視は設定時点によっては極端な場合ゼロになり得る。実益主義は新橋架設になりかねない。

土木施設はシステムであるから、部分の保存は意味がないとの意見もある。現役の場合はシステム全体が重要であるが、橋自体の安全が脅かされる甲突川五石橋は一部であっても移設して保存する意義は大きい。自然死や不可抗力死で失うことを考えれば、移設はむしろ積極的な選択肢であると考えらるべきである。文化財としてシステム全体を保存すること

は理想論ではあっても、土地への私権が複雑に絡まる日本では至難のことである。

7. むすび

- 1) 橋を作り守る技術の評価において、実例があり必要性があるのに使われていない事例、実例があるが意図を変えたり改良した事例、実例があるかないか判らない事例や従来の技術を転用した事例など、自然や社会の条件に対応した個々の細工に込められた先人の苦心のあとを深く考えることなく、皮相にのみ目を奪われていては、正しい評価は出来ない。
- 2) 橋は巨大で、他の何にも変え難い機能を果たすものである。そして本来的に美性が備わっているし、また美性を求められる。飾る美、飾らない美いづれにしても技術との関連において美を評価することによって、逆に技術の本質をとらえることもできる。
- 3) 橋の安全に対する考えや橋への感性(特に見る感性)は社会とともに変わる。保存の際には、そのものの評価と共に社会の変化の評価を忘れてはいけない。
- 4) 過去の技術を良くしようと、改良や革新を重ねることによって技術は進歩する。世代を重ねるうちに元の技術も精神も忘れてしまう。技術は使ってこそ、伝えられ、新しい展開が開ける。一時の都合でこれまで培われてきた技術を消滅させてはいけない。

修復を怠ることは撤去や流失と同様に、橋自体の消滅と技術の消滅を迎える。技術を継承するのは、単に我々の先輩を顕彰し、懐古するためだけに必要なものでない。多様な価値観から混乱しがちな現代生活を支え続け、混沌とした将来に備えるためにも継承しなければならない。

謝辞

甲突川五石橋に関連して設置された関係委員会の委員諸氏、同委員会の設置母体である鹿児島県河川課、同都市計画課および鹿児島市橋りょう建設課および解体調査の実務を担当された建設技術コンサルタント、大福コンサルタント、協和コンサルタント、文化財建造物保存技術協会の関係各位および中国・ヨーロッパへの視察に同行頂いた、秋山聖造デザイン研究所、前迫石材工業、新日本技術コンサルタントの各位、また中国での視察の際案内や指導に参加頂いた上海市政工程設計院の陸慶慶氏、北京市市政工務局の夏樹林氏、胡達和氏ならびに元武蔵大橋工務局唐宸澄氏および梯子胴木とジオテキスタイルの関連についてご教示頂いた鹿児島大学工学部教授北村良介氏に深甚な謝意を表するものである。

参考文献および注釈

- 1) a) 吉原進は「鹿児島県甲突川五石橋」形態的、構造的特徴」第16回土木史研究発表会論文集、1996年。b) 金丸ほか「玉江橋解体調査結果」。c) 阿久根ほか「薩摩藩城下に架けた高麗橋の構造」など関係論文全8篇
- 2) 1994-96年の間に現地に赴いて視察したアーチ石橋は次の通りである。中国では江南地区で10橋、北京および周辺で14橋、その他数橋、欧州では1997で23橋、ドイツで14橋、フランスで7橋、日本では鹿児島島の10橋、熊本県の5橋、長崎県の8橋、福岡県大分の8橋、山形の6橋、東京の4橋である。
- 3) a) 羅英・唐宸澄「中国石拱橋研究」人民交通出版社1993年。b) 陸慶慶「中国石橋」人民交通出版社、1992年。c) ソノコシ他「古い橋」(古い橋)。

大元社ソウル市、1993年、d) ベルト・ハインリッヒ「橋の文化史」宮本・小林訳、鹿島出版会、1991年、e) 太田静六「眼鏡橋」、西日本新聞社、昭和54年

4) 藤岡通夫「日本の城」至文堂、昭和35年、a) p. 104-105、b) p. 108

5) 理科年表では、1900年までの307件のうち21件が九州沖縄関係の地震である。1596年別所湾の瓜生島が陥没したM=6.9の地震など直下型と思われる地震や、1707年の南海道沖地震M=8.4(これは理科年表にはない)の他日向灘地震など海溝性地震の記録もある。九州が特発的に地震の少ない地域とはいえない。また、イタリアの地震については例えば金子史明「ボンベイが滅んだ日」中公文書、1995年などにもある。

6) 文献による調査対象1730件のうち、洪水による流失118件、撤去270件に対して地震による被害例は1件のみ、ちなみに文化財指定は国県市関係102件である。

7) 前出3 e) p. 165-166

8) 前出3 a) のa) p. 35表1-4に「スパン116m ライズ比1/8の九溪河橋、1972年」とある。b) p. 15、c) p. 19に厚さスパン比の最小の例としてスパン20mでリング厚さ30cmが例示されている。d) p. 15

9) 内山一則ほか「甲突川五石橋の建設の背景」第17回土木史研究発表会論文集、1997年

10) 辻目英正ほか「我が国の石造アーチ橋の発展と岩永三五郎、阿蘇鉄也の事跡」第17回土木史研究発表会論文集、1997年

11) ベッキョ橋(1345年3スパン、ライズ比1/6.5の欠円)、聖トリニタ橋(1569年3スパン、ライズ比1/7の離手)はともに橋脚スパン比が1/5程度であったが、マイ橋(1769年5スパン)では橋脚スパン比が1/9.2と極めて薄い橋脚が実現した。

12) a) 古くは加藤謙平「橋梁美学」山海堂出版部、昭和11年、p.44に橋梁のスパンは奇数が多いこと、その理由は流速の大きい河川中央部に橋脚を置くのを避けること、美的関係から橋脚を中心とする対称は面白くないこととある。b) 関淳「構造設計論」土木工学「ブ」II、22、p. 953で橋脚が対称軸となる「集中対称形」は、賞賛される黄金比に対して1:1比例となり、これを鉛比と比喩して視覚的によく感じられないと述べている。

13) 鹿児島市鶴尾橋(4スパン、撤去が明治29年、大分の耶馬溪橋(8スパン)が大正13年に建造された。

14) 急な一定配置路面は楓橋、朱家角放生橋(5スパン)など、らくだ形路面は北京市頤和園の玉帶橋、長大で勾配が目立たない路面は盧溝橋、背が低く平坦で長い路面は宝常橋など中国のアーチ石橋はバラエティに富んでいる。なお背の高い単一円弧路面は中国に多いといわれるが、実はほとんどない(写真集3 b)で捜すとp. 54陸安橋がある程度である。なお中央が高い路面をらくだ形とする論文があるが、単曲線ではなく変曲点をもつ路面に対して用いるべきである。

15) 半円、欠円について楕円や多心アーチはよくみる。尖頭アーチは中国では十七孔橋、玉帶橋など、ヨーロッパではスペインラゴナ近辺のマルトレル橋、トレドのサンマルチン橋、アルカンタラなどがある。馬蹄アーチはあまり見ないが、蘇州の拙政園のなかにも小さなものがあつた。

16) この名称は中国にはあって日本にない。適切かどうか検討が必要である。

17) 林一馬「アーチ石橋成立の基盤と史的背景—長崎の水災史と石橋群に関する研究(中)」長崎総合科学大学紀要、第24巻2号、1983年、p. 233に掲載の長崎古今集覧名勝図説の中の石橋築造之図にある。なお同氏は同図において24巻2号で「上」、25巻1号で「下の1」、同2号で「下の2」、27巻2号で「補遺」と、資料に基づく詳細な論究の結果を発表されている。

18) 前出3 c) のa) p. 39、p. 87、p. 90等に写真がある。b) p. 42、c) p. 44

19) 吉野太鼓橋は寛永年間(1624~1644年)に創建されたとの伝聞が、鹿児島県維新前土木史に掲載されている。

20) 本当に存在しないことが確かめられたかどうか不明、存在しないことの検証は簡単に出来ることではない。

21) 甲突川五石橋に関する誤解は色々に伝えられている。例えば後出3 4)によると、二重リングについて上のリングが力学的な意味のアーチ、下のリングは流木避けとある。しかしこれらの誤解は外観からの半断だからやむを得ない。

22) とは太田静六「石・木・土の古橋」吉川弘文館1991年には200以上の城が紹介されているが、壁が傾斜している例はない。

23) 成瀬勝武「橋」河出書房、昭和16年、p. 50

24) 前出3 b) p. 35、広東省普濟橋

25) 前出3 d) p. 112

26) 竹内敏雄「塔と橋」、弘文堂、昭和46年、a) p. 8、b) p. 29-30、c) p. 112

27) 藤原武「U-マの道の物語」原書房、1985年、p. 242-249。の他に、堀野七生「U-マの物語Ⅱ」新潮社、1995年、p. 270-271。にある。U-マ人が技術の民であることを示そうとの著者の意図はカエサル原意とは異なるが、一般向け書物にこれを紹介された塩野に敬意を表したい。

28) 橋脚の洗掘による崩壊例は武之橋、新上橋など、アーチ石が抜け出して半壊した例は大東院橋など、壁石が崩壊したのは長崎眼鏡橋、諫早眼鏡橋など、洪水で押し流されたのは吉野太鼓橋などがある。

29) 牟田神宗「甲突川の治水史・流域特性の変化と五石橋」第17回土木史研究発表会論文集、1997年

30) 秋山裕史ほか「アーチ石橋の美惑と景観」第17回土木史研究発表会論文集、1997年

31) 高階秀爾「芸術空間系譜」鹿島研究所出版会、昭和42年、p. 62

32) 阿久根芳徳ほか「歴史的アーチ石橋の損傷、補修保存に関する考察」第17回土木史研究発表会論文集、1997年

33) 創建後の改修などは、長谷場良二ほか「甲突川五石橋の取扱いに関する歴史的経緯」第17回土木史研究発表会論文集、1997年で論ずる。

34) 上田篤「橋と日本人」岩波書店、p. 138-140

35) 鹿児島市立美術館蔵「天保年間鹿児島城下絵図」六曲半双屏風

36) 趙州橋の傍らにある展示館に掲示されていた修復工事中の写真。

37) 島津忠義のコレクション写真、尚古集成館所蔵

* 以下の写真のうち、注のないものは筆者または(株)秋山環境デザイン研究所秋山裕史氏による。

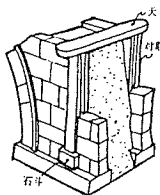


図-1 間壁^{3a)}

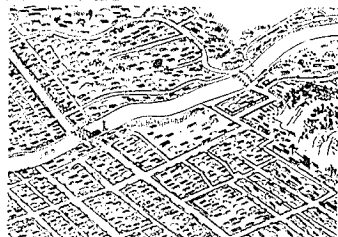


図-2 天保時代の西田橋右岸の家屋^{3b)}

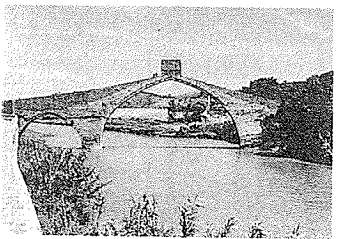


写真-1 Sai Inamure Bridge

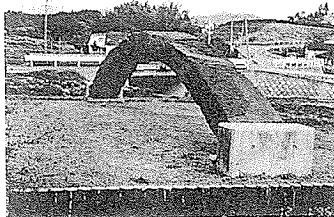


写真-2 熊本河川橋

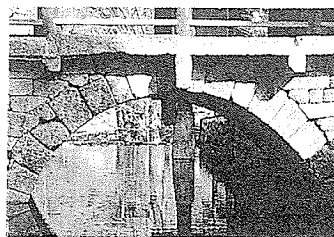


写真-3 要石から突き出た龍頭^{3c)}



写真-4 熊本豊岡眼鏡橋の石のだば



写真-5 鹿児島吉野太鼓橋のアーチ

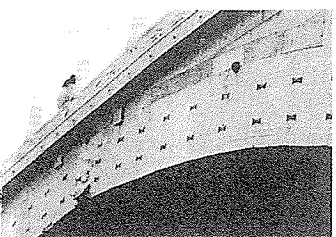


写真-6 趙州橋の鈎石、鉄拉杆^{3d)}

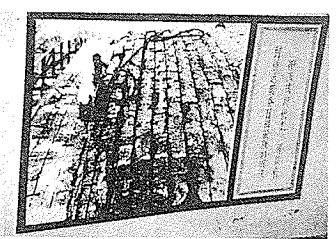


写真-7 趙州橋の7-チ背面^{3e)}



写真-8 だぼ穴からの亀裂

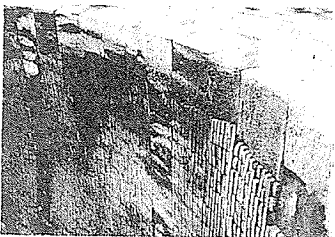


写真-9 切り出し水切り7チ

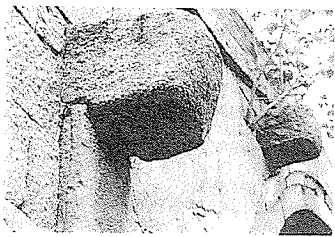


写真-10 江南の壁石止め7チ保護石

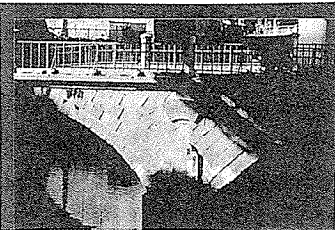


写真-11 同心円積み壁石



写真-12 鹿児島知覧町矢櫃橋

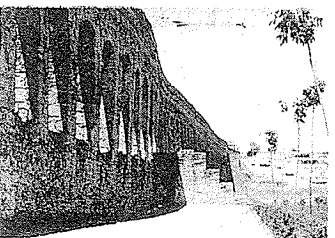


写真-13 ス・イミダの水道橋

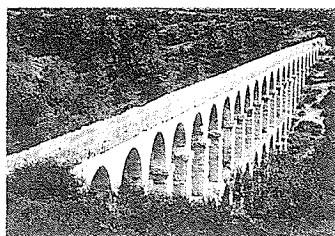


写真-14 ス・インタラナ水道橋



写真-15 耳石の連続模様



写真-16 石畳路面敷石

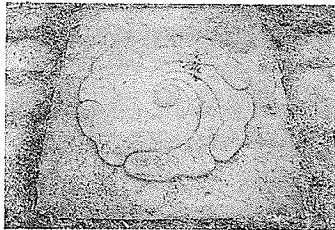


写真-17 千斤石の紋章



写真-18 バリの石橋の汚れ

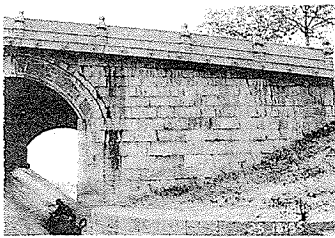


写真-19 趙州橋の汚れ

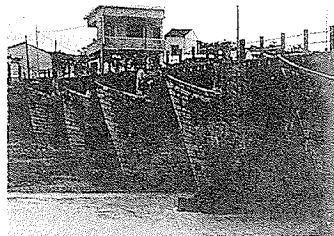


写真-20 舟形水切り²⁴⁾

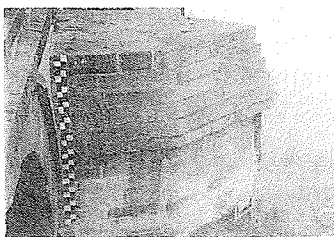


写真-21 盧溝橋の斬龍剣

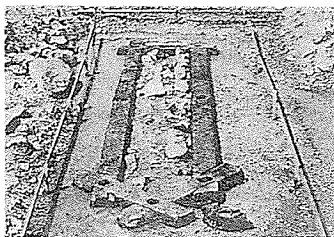


写真-22 朝鮮で出土した胴木³⁶⁾

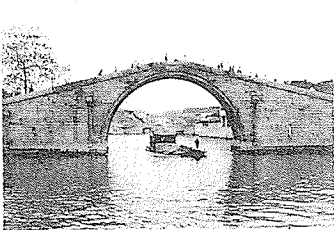


写真-23 呉門橋

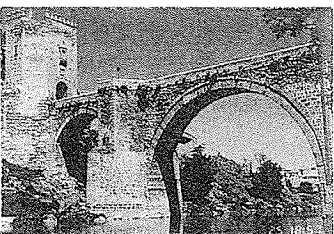


写真-24 トレドのアルカンタラ



写真-25 旧西田橋の楼門³⁷⁾