

西田橋の築造技法と改変状況*

－ 解体調査結果から －

On the Construction Technique and Improvements of Nishida Bridge

長谷場 良二^{※※} 関 晃^{※※※} 吉原 進^{※※※※}

HASEBA Ryozi SEKI Akira YOSHIHARA Susumu

要旨： 鹿児島市の甲突川五石橋は、150 年程前に肥後の石工・岩永三五郎が築造した江戸時代における代表的な4連又は5連の石造アーチ橋である。しかし、1993年8月の集中豪雨による洪水で、五石橋のうち2橋が流失してしまい、残った3橋は、再度災害防止のための河川改修に合わせて、移設して保存されることになった。そこで、移設のために実施された解体調査結果等を基に、五石橋を象徴するものとして西田橋の築造技法と改変状況について報告するものである。

1. はじめに

鹿児島市の中心を流れる甲突川に架かる5つの石橋（以下「五石橋」という。）は、薩摩藩の城下整備の一環として、肥後から招かれた名石工・岩永三五郎によって1845(弘化2)年からの5年間で毎年1橋ずつが架けられたもので、江戸時代における代表的な4連又は5連の石造アーチ橋である。

橋名	橋長	連	橋幅	架設	建設費	杆 程
玉江橋	51.0m	4連	4.7m	嘉永2年	1,560兩	5/350
新上橋	46.8	4	5.0	弘化2	2,415	3/300
西田橋	49.6	4	6.2	弘化3	7,127	2/800
高麗橋	55.0	4	5.4	弘化4	2,800	2/000
武之橋	71.0	5	5.5	嘉永元	2,400	1/350

(表-1)甲突川五石橋の諸元¹⁾

しかし、1993(平成5)年8月6日の集中豪雨による洪水で、五石橋のうち新上橋と武之橋とが流失してしまい、残った3つの石橋は、再度災害防止のための河川改修に合わせて、移設して保存されることになった。

このうち西田橋は、江戸時代、島津家参勤交代の道筋にあって城下の表玄関としての役割を持ち、擬

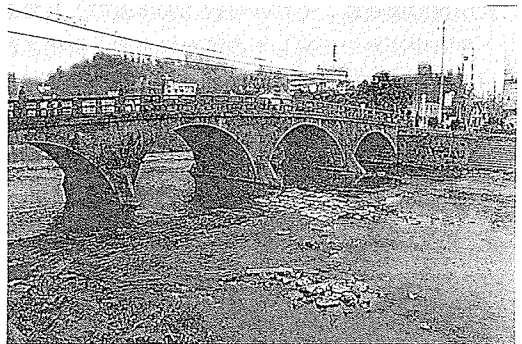
※ Keywords ; 石造アーチ橋、西田橋、築造技法、改変状況

※※ 正会員 鹿児島県土木部都市計画課

(〒890-77 鹿児島市鴨池新町10-7)

※※※ 正会員 (株)協和コンサルタンツ

※※※※ 正会員 鹿児島大学工学部海洋土木工学科



(写真-1)甲突川に架かる西田橋

宝珠高欄を用いるなど贅を凝らして五石橋を代表するものとして知られており、1953(昭和28)年9月、県指定有形文化財(建造物)に指定されている。このため、条例に基づく現状変更許可を1995(平成7)年12月に得た後、翌年2月から約1ケ年をかけて移設のための解体が行われた。

西田橋を含む五石橋の建設の背景や社会環境の変化に伴う改変、取り扱いの経緯等については、今回、別に論じる。また、玉江橋や高麗橋等の解体調査結果については昨年度に報告²⁾がなされ、西田橋の実橋載荷試験やそれに基づく構造解析結果についても昨年度に報告³⁾している。そこで、本報文では、解体調査結果を基に五石橋を象徴するものとして西田橋の築造技法と改変状況について、若干の考察を加えて報告するものである。

2. 石造アーチ橋築造技術の概観

西田橋各部位の築造技法を観ていく前に、既存研究⁴⁾から我が国の石造アーチ橋築造技術について概観しておく。

(1) 技術の伝播

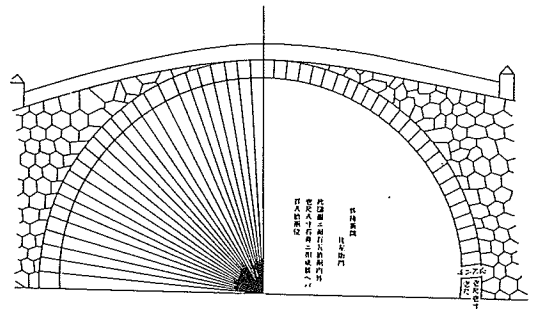
石造アーチ橋の歴史は紀元前にまで遡るが、日本では、1502年に築造された沖縄の天女橋(敷、幅9.4m, 1径間, 橋高約3m) が現存するもので最も古い。この橋のアーチ石の組み方は、石材の長手方向をアーチの方向に積む方式で、その後の我が国において見られる石材の長手方向をアーチの方向と直角に積む石組みのものは、長崎において、1634年(或いは1648年) に中国からの渡来僧・如定の指導により中島川に眼鏡橋(敷 幅23m, 2径間, 橋高 4.6m) を架けたことに始まると言われている。

西田橋の築造は、それから約 200年後のことであり、主に中国から伝来した技術が日本的に消化され、独自の発展を遂げた一つの成果である。

石造アーチ橋の築造は、手本さえあれば技術的にそれほど難しいことではなく、城石垣等に高度な技術を持っていた日本の石工には十分対応できるものであったと考えられ、その後、材料入手の容易さもあって、技術が九州一円に広がることとなる。しかし、石橋は、それまでの木橋に比べて莫大な建設費用を要するため、各地での石橋築造の動機や背景はかなり異なっており、大まかに論ずると、長崎では石橋文化を持った移住者や貿易で蓄財した商人による公共奉仕として、熊本では農民と庄屋により年貢米の運搬路や農業用水路等として、鹿児島では藩による基盤整備の一環として、それぞれ架けられたとすることができよう。また、そのことが石橋の技法や意匠を特徴付けることともなり、例えば、長崎の布積壁石、熊本で見られる乱石積壁石など、後述する西田橋とは明らかに意匠が異なっている。

(2) アーチの設計方法

石造アーチ橋は、アーチ石相互の軸力とそれに基づく合端(アーチ石間の接触面) の摩擦力で安定を保つ構造形式であるが、当時、理論的計算方法があったわけではなく、経験的に学びとった技術により設計していた。



(図-1)大分に残る幕末の石積の設計図⁵⁾

小山田は、大分に残る幕末の石積の設計図や古老の伝承を基に、地面や紙の上に川幅等に見合う円弧を描いて基本の形状を決め、さらに、石の材質や運搬等を考慮しながら石材寸法を決めていく設計方法を具体的に紹介している。通行の便を考えたときの橋面の縦断勾配、それと呼応したアーチの大きさ、この2つをどのように設定するか、欠円の分切りとも兼ね合って、石工の技術力の一つの見せ所である。

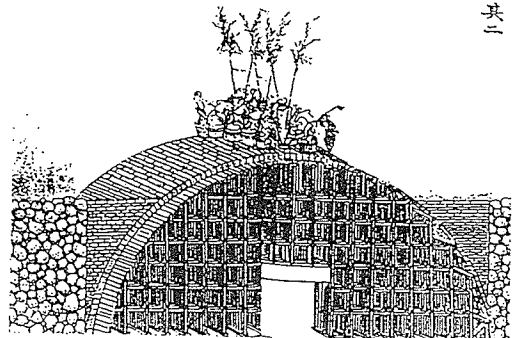
(3) アーチ石積みの方

アーチ石の組積は、「長崎今昔集覧名勝図絵」等史料を基にした推測によると、

石橋築造之図



其二



(図-2)石橋築造之図(「長崎今昔集覧名勝図絵」所収)

- ①橋台となる基礎をつくる。また、橋台背後に水平反力をとる石垣を築くとしたものもある。
 - ②木材を用いて下地橋（支保工）をつくる。
 - ③両側下方からアーチ石を積んでいく。なお、組積に伴う支保工の変形が懸念されるが、頂部の重し等の対策は無いようである。また、支保工の上げ越しも行っていないと考えられる。
 - ④支保工の上に、アーチ石を築いていき、最後の要石（クラウン部）は少々きつめのものを大蛸で叩き込んでアーチを完成する。この時点で、どこまで壁石を積んでいるのかよく判らないが、図絵では半分位の高さまで積んでいる。
 - ⑤支保工の撤去を行ってアーチを締める。
- という手順となる。

(4) その他の築造技法

石造アーチ橋には、構造体の変形や石部材の滑落防止等のためにそれぞれ特徴的な技法が使われている。ここでは西田橋と比較するという観点から、これまでの他の石橋解体調査において判明している主なものを列挙しておく。

- ①沖積層の上に築造されている平戸の幸橋（1702年築、幅19.8m、1径間、敷）や諫早眼鏡橋（1839年築、幅49.2m、2径間、敷）では、基礎の補強工法として胴木を用い、いずれもその下に長さ1m程度の松杭を打ち込んでいた。
- ②アーチ石のズレや離散防止の対策工法として、長崎の眼鏡橋等ではアーチ石相互を漆喰接着し、諫早眼鏡橋では隣合うアーチ石間にダボ鉄をはめ込んでいた。なお、前者は壁石にも施して外観の化粧という役目もあるのかもしれない。
- ③土圧による壁石の滑り出し防止の対策工法として、諫早眼鏡橋では、所々に奥行きの長い石を使って、それに上下左右の石を鉄で結びつける工夫や、さらに、上流側と下流側の壁石を継ぐ鎖石工法が採られていた。

3. 西田橋の築造技法⁶⁾

西田橋の解体に当たっては、河川内での作業という制約はあったが、解体は一度限りのことであり、解体時の所見が大事であるという基本認識のもとに、

すでに実施している概観等調査では把握できていない内部の構造仕様や改変又は創建時の痕跡等物的証拠が収集できるように努めた。ここでは、調査結果を基に西田橋各部位の築造技法について述べる。

(1) 使用石材と加工方法

西田橋を構成する石材の数は、表-2のとおりであり、この他に関連するものとして護岸石がある。

部 位	個 数	部 位	個 数
高 欄	477	袖 石 垣	88
橋 面 敷 石	737	枕 石	27
壁 石	512	水 切 石	39
ア ー チ 石	818	楔 石	37
袴石・基礎石	221	中 詰 石・反力石	カサツナ
小 計		2,956	
護 床 敷 石	4,056	流失護床敷石	不 明
計		7,012	

(表-2)西田橋の構成石材一覧

使用石材の材質は、溶結凝灰岩の一種で、甲突川中流域の産地名から小野石及び河頭石と呼ばれているものである。主に用いられていたのは小野石であり、河頭石は高欄部材等に使用されていたが、小野石が白っぽく、河頭石が黒っぽいという外観上の特徴を持つ。小野石は、約30万年前の加久藤上部火砕流堆積物に相当して、単位体積重量は2t/m³程度で、力学的には硬質部が中硬岩（一軸圧縮強度300~400kg/cm²）、軟質部が軟岩（同 200kg/cm²未満）に分類でき⁷⁾、アーチ石等の構造部材には硬質部が使用されていた。

石材の加工は、ゲンノウ叩き、ノミ切り、ヨキ斫りの各仕上げが使い分けられており、基本的には表面や合端（石材同士の接触面）をヨキ仕上げとしていた。なお、高欄部材の化粧は磨き仕上げである。

(2) アーチ基礎

a) 基礎の構造体

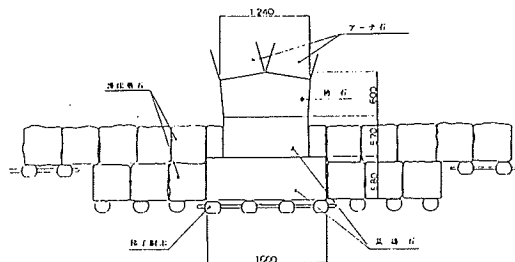
アーチ基礎の構造は、梯子胴木（材質はクロマツかアカマツである。）の上に基礎石を2段（小口が概ね60cm角程度で、長さは下段が約150cm、上段が約110cm）に積んで、その上にアーチ石の角度に合わせて加工した袴石（上幅約120cm、下幅約110cm、高さが中央で約60cm、肩で約50cm）を載せ、石はい

ずれも長手方向を河川横断方向に組んでいた。

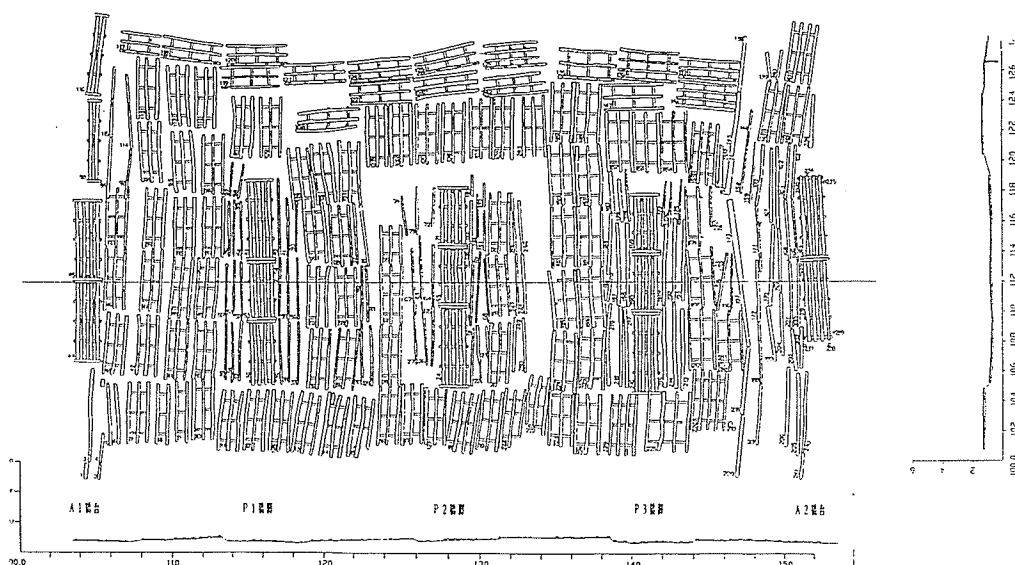
なお、上段の基礎石の並べ方は、他の甲突川4橋では石の長手方向を河川縦断方向にしたものと交互に方向を変えたものがあり、いずれも下段の基礎石や上の袴石と目地方向を違える工夫が見られたが、西田橋では長手方向がすべて揃っているため、上下で目地が通るようなところが見受けられた。

梯子胴木は、径20cm前後の丸太を厚み18cmに太鼓落としたものを4本使いして、中間部は込栓止めた平板の貫で、端部は丸太をホゾ差し受けした角材の頭繋ぎで組み立てられ、幅は約2mであるが、長さが約5.5mのものと約4mのものの2種類から

なり、これを2～3組使って頭繋ぎ同士を大栓で繋ぎ、1カ所の基礎胴木としていた。



(図-3)アーチ基礎構造の概念図



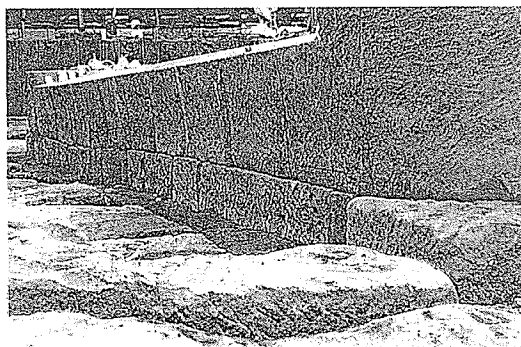
(図-4)基礎の胴木の配置図

図-4は、護床敷石や河川護岸を含めて発見された胴木の全体的な位置関係を表した図面である。

これを見ると、P1橋脚上流側とA2橋台上下流側には頭繋ぎが無い。他の甲突川4橋と比較すると、A2橋台の形式が西田橋の次に築造された高麗橋と同じであり、その後に造られた武之橋、玉江橋は継ぎのない1本もので梯子胴木を組み立てている。また、西田橋の前の新上橋は2組を繋いでいるが、丸太そのものを目違い継ぎのようにして込栓止めており、それぞれの橋での工夫の変遷が伺える。

P1橋脚では、頭繋ぎ同士を繋ぐ大栓が無く、その部分で胴木が「く」の字に折れており、写真-2で判るとおり下流から2/3～3/4の位置で基礎石が波

打っている。しかし、その上の袴石では上端角の通りが通っており、現場で袴石の高さを調整しているのが伺える。これから推測すると、不完全な水替の



(写真-2)P1橋脚を下流から見た不陸状況

中での掘削や敷均しの施工のため、元々の想定として、梯子胴木の上に基礎石を敷いて、安定した後に袴石で高さの調整を図ろうとしたと考えられる。

また、全体の不陸状況を袴石両端の上角でみると、A1橋台及びP3橋脚を除くと全体として下流側に比べ上流側が2~10cm低く、橋脚相互ではP3からP1方向へ最大18cm低くなっていくという傾向があるが、壁石天端（後述するように、橋面縦断の改変で壁石が嵩上げされたり、削られたりしているのが判っているが、その影響を受けていない箇所）の高さと比べても関連性を掴むことはできず、これらの差異が施工時の誤差なのか何らかの外的要因による変形なのかを特定することはできなかった。

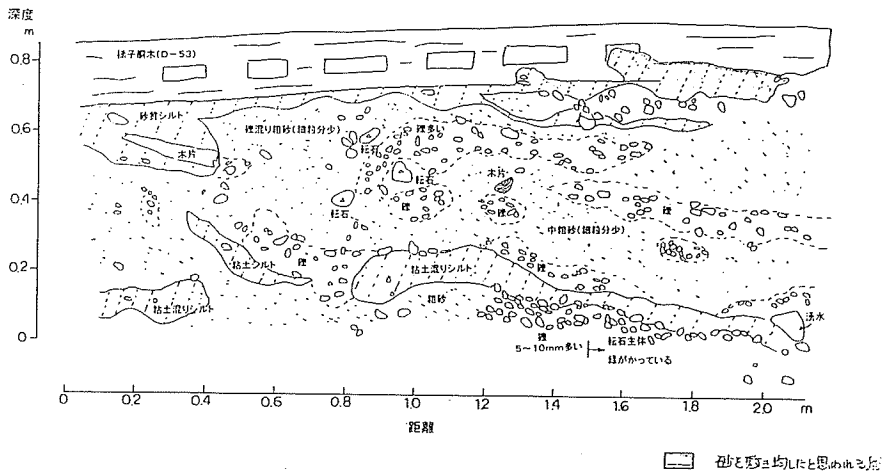
なお、図-4でみるとA2橋台の基礎胴木が他の基礎胴木に比べ下流側にかなりずれて配置されてい

るが、この謎については次節で述べる。

また、各基礎の下段基礎石から一連の数字を記した墨書番付けが発見された。このうちA2橋台に「掛口 壹」とあることやP3橋脚に「十八 此迄」とあることなどから推測すると、番付けは組立順序を表しており、P2橋脚は下流側から、それ以外は上流側から組んでいったと考えられる。各基礎相互の組立順序は墨書からは明らかでないが、各基礎間で墨書の内容や字体、筆跡等に違いが認められることから、石工の手が異なると考えられる。

b) 基礎下の地業

西田橋の基礎地盤は、N値が10程度の沖積層であることが判っており、梯子胴木の下に特別な地業が施されていないかトレンチやボーリング調査等により確認した。



(図-5) P1橋脚梯子胴木下の地層断面図

胴木の直下には砂質シルトが厚くて10cm程度存在するが、胴木の設置のための敷均し土と考えられ、それより下の層は、礫混じり粗砂やシルト等のいずれも自然堆積したいわゆる二次シラスの層であり、人為的なものは特に認められなかった（図-5に代表的な地層断面図を示す）。河川兩岸及びP2橋脚位置でのボーリング調査の結果を見ても二次シラスで、深度10m近くから20mを超える範囲では地震時に液状化する層を含んでおり、概ね40~50m以深に洪積層の城山層が現れる。

なお、胴木の間には斫り屑を詰め、基礎石は胴木に直かに載せていた。いずれにしても、梯子胴木は、

古来石垣等の基礎に使われていた一般的工法であり、西田橋の場合、ほぼ基礎石の範囲にあって、荷重分散の効果と言うよりは石の位置決めや不同沈下防止を目的として用いられたと考えられる。

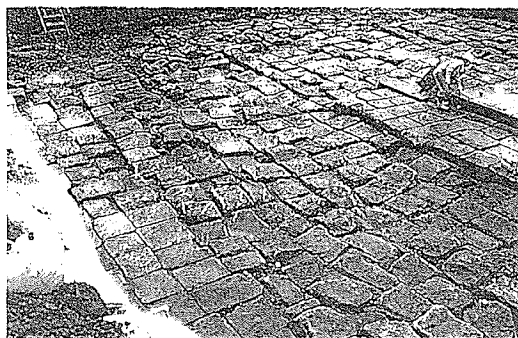
また、五石橋は同じような地盤状況下にあるが、いずれも基礎の木杭等は打っていない。西田橋P2橋脚位置で行った平板載荷試験結果では、極限支持力が 39.6 tf/m^2 であったが、西田橋自重による最大地盤反力度は 40 tf/m^2 程度と推定⁸⁾されることから、現代では考えられない大胆さである。平戸の幸橋や諫早眼鏡橋に比べると径間長が短く、荷重が分散されて経験的にこれでも大丈夫だと判断したのか。た

だ、五石橋には、基礎石の周りに上下流方向で約30m、全川幅にわたって次節に述べるような護床敷石（大きなもので500～700kg程度）が施されており、これが洗掘防止とともに基礎の根入れ効果として地耐力増加に役立っているのではないかと考えられる。

（3）護床敷石

a) 敷設状況

護床敷石は、五石橋以外では殆ど事例（錦帯橋に例がある）のない技法であるが、胴木の上に、基本的には縦横30～70cm、厚さ40～70cmでやや尻落しとの立方体に近い形状の石を並べており、上下流方向では胴木より広い範囲にわたって敷いて河床への馴染みを図ったと思われる。なお、P2橋脚上流側では胴木位置付近まで敷石が無かったが1993年の洪水で流出したものである。また、写真－3と写真－4を見比べる



（写真－3）右岸護床敷石



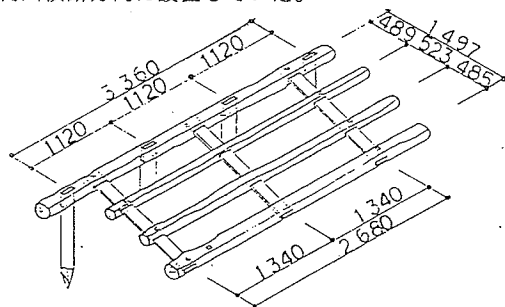
（写真－4）左岸下流側護床敷石

と並べ方に明らかな違いがあり、左岸側は部分的には後世に敷き直された可能性もあるが、全般に右岸側の方が施工が丁寧で、石工の手が違うようだ。

また、1段深くなっている橋脚等基礎の周辺には護床敷石も2段積みされており、右岸橋台前は4列、左岸橋台前は2列、橋脚両側は3列が2段に積まれ

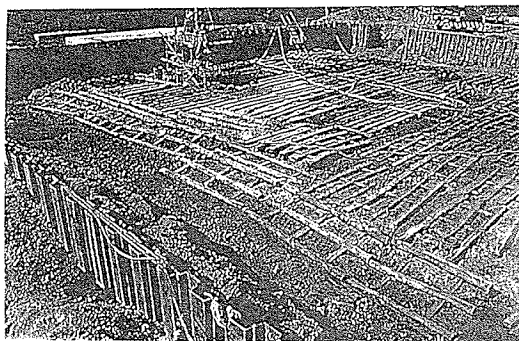
て、入念な基礎の保護対策が図られている。

護床敷石下の胴木の敷設状況は、図－4のとおりであり、1本ものから5本組のものまで変化に富むが、基本的には、2段積みされた敷石の下は施工性もあつたのか1本胴木が3列敷かれ、その他は3本組みの梯子胴木を敷いていた。また、下流側には図－6のような頭に杭を打って且つ傾斜させた胴木を河川横断方向に設置していた。



（図－6）下流端部の胴木

胴木の敷設精度は、図－4や写真－5からも判るようにそれほど良いとは思われず、他の胴木の上の方に被さっているものもあった。このようなこともあり、護床敷石は胴木の上に川砂を敷いて高さ調整した後に据えられていた。



（写真－5）左岸側胴木の敷設状況

また、護床敷石下の胴木は、西田橋の前に造られた新上橋で1.2～1.5mの「田の字」形のものが使われていたが、西田橋の3本組胴木には、貫穴以外に繋ぎ穴を持った胴木が一部に発見された。これは、当初新上橋のように現場で繋ぎ穴を接いで胴木を連結しようとしたが、密に配置しようとすれば施工性が悪くなるので、計画変更したのかもしれない。その後の3橋には胴木が無い。

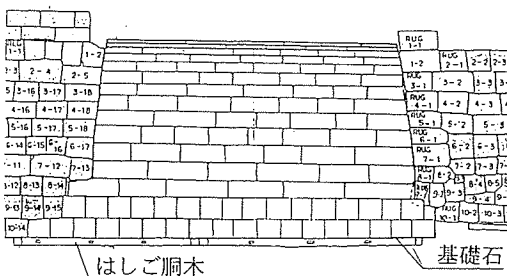
b) 右岸橋台付近の謎

図－4から判るように、右岸橋台の梯子胴木は下

流側に大きくずれている。また、その前面の護床敷石の胴木も丸太が並んでいて他と様相が違う。そして、護床敷石の施工が左岸側に比べ施工が丁寧なことはすでに述べた。これらの謎を解く手掛かりは、丸太胴木と3本組み胴木の境界にあるくの字形に折れながら連なっている角材の敷設にあり、そのすぐ左横に点在する5本の木杭（鑑定の結果、五石橋では、木材としてクロマツ（又はアカマツ）が使用されている中で、内2本はクスノキとイスノキであった。）にあり、さらには、右岸橋台の胴木だけが、次に築造する高麗橋の胴木形式と同じであり、その周囲に7本の杭を打って動かないように配慮していることにあるように思われる。

これから想定できることは、右岸側は水衝部になることから、施工のための瀬替えを此処で行い、そのために最後の施工となって、施工性が悪い中で作業しなければならなかったために起きた現象であると説明することである。あるいは、川幅を統一するという当時の河川改修を考慮して、角材の位置から右岸側は西田橋の架設に合わせて拡張された部分であり、そのために施工方法が違ったと説明することである。しかし、いずれも明確な根拠はなく、また、基礎胴木がこのように狂いを生じたことを十分説明しているとは言い難く謎のままである。

なお、右岸橋台の梯子胴木とアーチ石の関係であるが、図-7のとおり基礎石、袴石と上に積み上げていく途中で少しずつ修正して対処している。



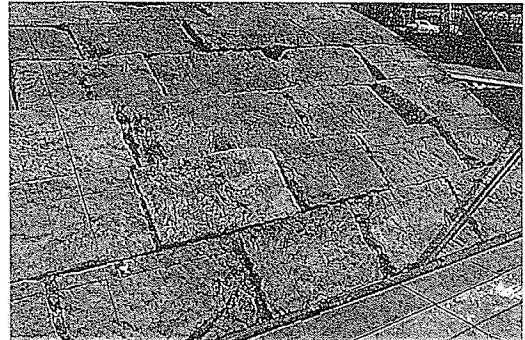
(図-7) 右岸橋台の基礎組積関係図

(4) アーチ石と反力石群

a) アーチ石組積

アーチは、厚みと幅が55~60cm程度の台形状で長さが1m程度の石材を空積みで組んでいた。諫早眼

鏡橋のようなダゴ鉄も使用していないが、むしろ当時の一般的技法である。また、その合端は腹（下）面は正確に加工されているが、背面方向には逃げがあり、間詰めに砂利、砂等が詰め込まれていた。

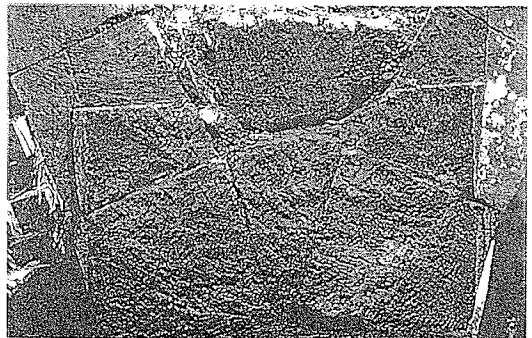


(写真-6) アーチ石背面の状況

要石には、先述したような大蛸等で叩かれた痕跡は認められなかった。

なお、他に見られないものとして、合端に鉄片が全部で58箇所差し込まれていたが、規則性や構造上の意図的なものは認められず、大部分の鉄片が元々石を切り出す矢として用いる楔状の鍛鉄であり、頭が潰れていたことから、アーチ組積完了後に、石自体は迫っていても隙間が目立つ箇所に打ち込んだものと考えられる。

また、隣り合うアーチ石最下段（起拱石）の裏にはずれ防止のために、楔状の石を埋め込み、さらに、1石上まで切石できちんと裏込めしていた。

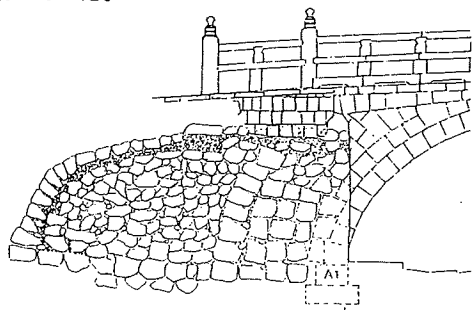


(写真-7) P3橋脚上流側の拱石の納まり

アーチ石の背面には、「此石と川上付仕合初」、「此の段と上仕合五日」等の墨書が一部残っており、施工の段取りや作業範囲を表していると考えられるが、基礎石のように一連のものとして関連を判断することはできなかった。

b) 反力石群

西田橋のアーチは、アーチ半径とアーチ高さの比から1, 4径間が3.3分切り, 2, 3径間が2.2分切りの欠円となっており、アーチ基部には水平力が作用することとなる。橋の兩岸に岩盤の無い沖積地盤上でアーチの水平力に抵抗するものとして、諫早眼鏡橋では壁石積みが出土している⁹⁾が、五石橋では兩岸地中に人工岩盤とでも言うべき巨大な石塊を築いていた。



(図-8)反力石垣群の断面図



(写真-8)左岸反力石群基底部

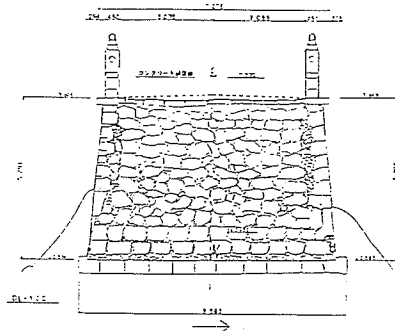
西田橋の反力石群は、長さが親柱から8~8.5m、高さが約3m、上幅で約10.5mの規模となっており、表面の石は天端のものが30~60cm角で控え60cm程度のやや尻落としの石、壁面のものが45cm角で控え60

cm程度の間知石状になっていた。また、中詰めはアーチ石から2.7mまでの範囲は陸側に面を向けてきちんと石積みされていた。

(5) 壁石と中詰め材及び水切石

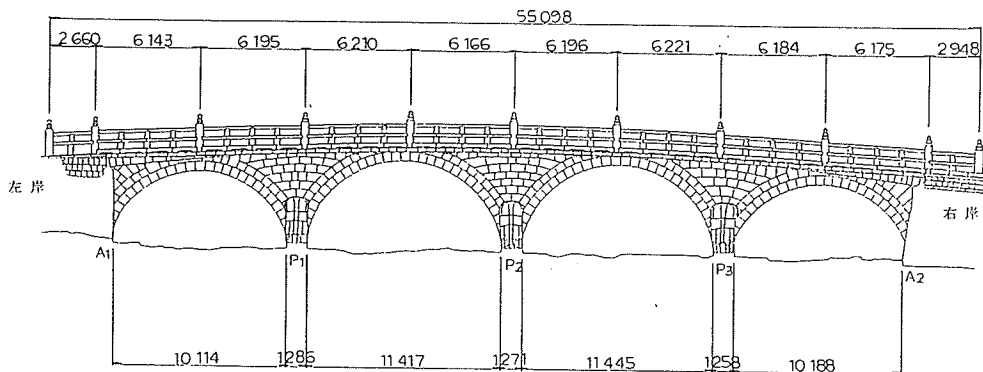
a) 壁石

「昭和29年鹿児島県文化財調査報告書」¹⁰⁾では、西田橋の大きな特徴として4点挙げているが、このうち3点が壁石に関する内容であり、①橋側面が踏張りを持っていること、②迫石(アーチ石)が二重であること、③壁面もアーチで築造してあること、というものである。



(図-9)橋断面図

①の壁石の傾きは、見た目にも安定感を与えるが、流水対策上は洪水流を上に逃し、その反力として下方へ抑えられて石橋の安定に寄与することから、単に意匠的なものとは考えにくく、五石橋で最初に架設された新上橋では橋の上幅と下幅との比が0.68と特に傾きを大きくしている。西田橋ではこの値が0.85程度となっている。②のアーチを二重に見せる技法は、中国等でも見られるが、五石橋では西田橋から用いられたものである。構造は、アーチ石上に控

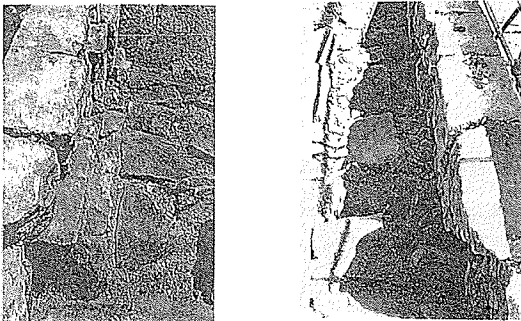


(図-10)橋断面図

え24cm程度の石を据えた飾りアーチであり、その背後に控え45cm程度の石を沿わせていた。通常の壁石は控え45cm程度であり、飾りアーチの上では背後に沿わせた石とに跨って組むという工法が採られていた。③の扇状の組み方は、三五郎独自の技法とされ、壁面の傾斜と複合して個々の石材表面の加工角度等に高度な技術が必要と思われるが、積まれた壁石表面を見ても隣り合う2石にわたって加工された痕跡がほとんど無いこと、何らかの原因で表裏を返して使ったと思われる壁石があったことなどから、組む前に仕上げ加工していたと考えられる。この②と③は、解体時の状況からみて、力学的な意味合いよりは意匠的配慮が強いと考えられる。

ｂ) 中詰め材

中詰め材には、縦横30～50cm控え60～70cm程度の割肌の石を用いており、基本的には、写真－9のように壁石の裏に2重に石垣を組むような工法を採って、その内側は乱積みのような感じで壁石の段に合わせて1段ずつ積んでいた。西田橋では壁石に鎖石工法等は見られなかったが、このような積み方が、土圧を軽減させ、壁石の滑り出し防止対策に呼応するものと考えられる。ちなみに、第1径間下流側では壁石が最大約6cmはらみ出しているのが認められたが、この区間は橋面縦断改変時の工事で壁石背後の石組が撤去され、土砂が投入された結果と思われる。(この場所は、植物の根も大量に繁茂していた。)



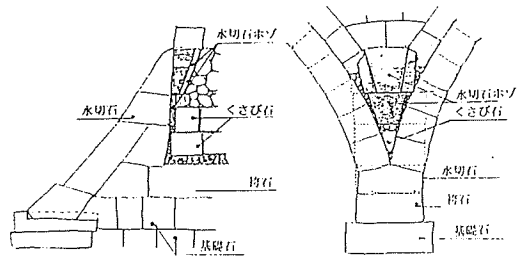
(写真-9) 中詰め石工法

中詰め材の間詰めには、上部では大きめの栗石や斫り屑を用いて粗く間詰めしていたが、袴石からアーチ石で5石目の高さまでは「かま土(粘性土)」を用いて隙間なく充填しており、その上とは明らかに違う。このことは、先述したアーチ石の組積手順にいうアーチ閉合までに壁石を施工する範囲と関連

するのかもしれない。

ｃ) 水切石

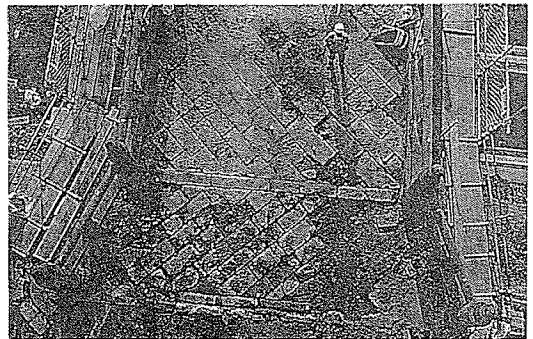
橋脚の上下流側にある水切石は、橋脚付近の水流の乱れの改善や橋脚先端部の洗掘防止への効果を考えたものと思われるが、正面から見ると「象の貌」を連想させるようなユニークな形状をしている。組積みは壁石と基礎石とにホゾ入れしてあり、創建時のまましっかりとっていた。



(図-11) 水切石詳細図

(6) 橋面敷石と枕石

橋面のコンクリート舗装の下から、斜め敷きの石畳が全面に出現したが、造園用語にある「横布石敷」と区別するため「斜め布石敷」と呼ぶことにした。前出の文化財調査報告書では、古老の話として「網代敷」であった¹¹⁾とされているが、呼称の違いかもしれない。また、この石畳は、明らかに明治の橋面縦断改修工事において施工されているが、創建時と同じ並べ方だったのか現段階では不明である。

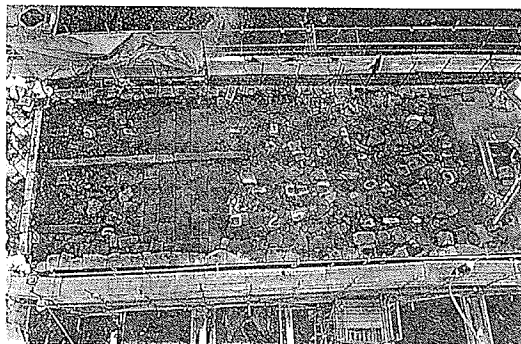


(写真-10) 橋面敷石

なお、耳石(端部敷石)を壁石の外に張り出すのは意匠的な三五郎の技法である。

さらに、兩岸側の壁石形状から嵩上げ前の高さと考えられる地中から、橋軸方向に石列の一部(石幅

約30cm, 間隔約1m, 3列, 最大延長約8m)が発見され, その位置関係から橋面敷石を据え付けるための基準石であると判断し, 「枕石」と呼ぶことにした。路床は粒度の細かい砂と土を叩き締めており, その下の中詰め石の上はハツリ屑等が多かった。

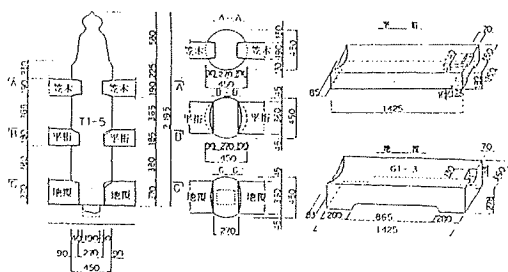


(写真-11) 枕石の検出状況

創建時の敷石の並べ方については, 出現した敷石の裏面にその形状と直交するように切欠きが設けられており, 枕石との関係等を考えると横布石敷であった可能性もあり, 現在検証を進めている。他の甲突川4橋では, やはり明治期頃に橋面の縦断改修工事が行われた高麗橋や武之橋に斜め布石敷で敷設された痕跡があった。

(7) 高欄

西田橋の高欄は, 木橋時代の和様高欄を踏襲したものと思われ, 他の甲突川4橋と大きく違う意匠上の特徴となっている。



(図-12) 高欄の縦横構造

柱と横架材(笠木, 平桁, 地覆)との接手は, 柱の切り込みに横架材を差し込む構造であり, 笠木については大入れとしていたが, 平桁, 地覆については, 仕口の上角に半月状の欠き込みを作り, 柱の切り込み上部にこれに合うような半月状の突起を付け

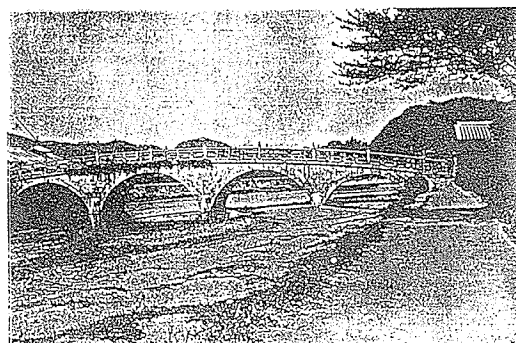
て, 横にずれ出さないような工夫がしてあった。また, 斗束, 込束と平桁, 地覆とはホゾとホゾ穴で組み合わせてあり, さらに, 小柱も耳石にホゾ入れして全体が空積みによる総持ち構造となっていた。

(8) 取付護岸

西田橋の取付には, 明治期の写真に階段を持った護岸が両岸とも写っているが, 西田橋創建との関係は明確でなかった。今回, 図-7のように橋本体の石と護岸石とが重なり合って, 一体的に組積みされたと判断できる部分を確認できた。また, 図-4の基礎胴木の配置図において, 左岸下流側の階段護岸付近には, 他の護岸下の1本胴木と違って2本使用の梯子胴木が敷設されていたが, この胴木を観察してみると, 橋台や橋脚基礎に使用する4本使用の梯子胴木を縦に2分割して転用していた。これらから, 取付護岸は石橋創建と同時に造られたものであることが判明した。

4. 西田橋の改変状況

西田橋の改変履歴については今回別に述べる¹²⁾が, 橋の形状そのものを変えた改造としては, 1877(明治10)年前に取付き階段を斜路の石畳に変更した工事と, 1910(明治43)年に橋面縦断勾配を緩くした改修工事とがある。そこでここでは, 道路としての橋面と取付道路の改変状況について述べる。



(写真-12) 明治初期の西田橋(大正五年刊「鹿児島市史」口絵)

(1) 橋面縦断の改変状況

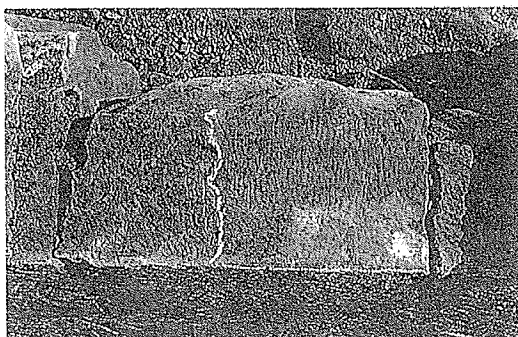
西田橋の創建時縦断曲線は, ①「大正5年刊鹿児島市史」口絵の明治初期の姿を写した写真からの単写真標定, ②壁石改変跡として, 図-10の両岸側の

楔状になった部分を嵩上げと考えた場合のその境界面、③二重アーチを施した美的意図を考慮して推定した4つの二重アーチクラウン天端点、の3ケースについて最小自乗法により求め、半径約160m(88間)の円と推定している。

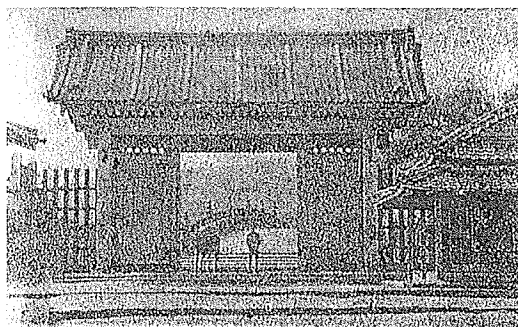
写真-13は、上記②の楔型の壁石が細くなった部分の収まりを写したものであり、下の壁石上端線が折れている。その上面合端を写したものが写真-14で、白チョークの印を境に右がヨキ仕上げ、左の切削部分がノミ仕上げとなっており、縦断改修工事での改変である。このように明治の工事では壁石切削上面をノミで仕上げていた。



(写真-13) 第4連上流壁石の収まり



(写真-14) 下方壁石の上面合端の仕上げ状況



(写真-15) 明治初期の西田橋左岸側

ところで、この縦断改修の前、即ち創建時の状況を示す痕跡としては、先述した枕石の他に、反力石上から丸いホゾ穴を持つ親柱、袖柱の基礎石(袖柱基礎石は左岸側のみ)も原位置で発見されている。

取付きの階段については、その部材等は発見できなかったが、右岸反力石群上面に写真-16のような規則的な欠き取りがあった。踏掛石から1m間隔で2列、さらに1.2m離れて1列、欠き取りの高さが約9cmであり、その状況から踏面が1m程度の階段のアタリ加工の痕跡と考えられる。

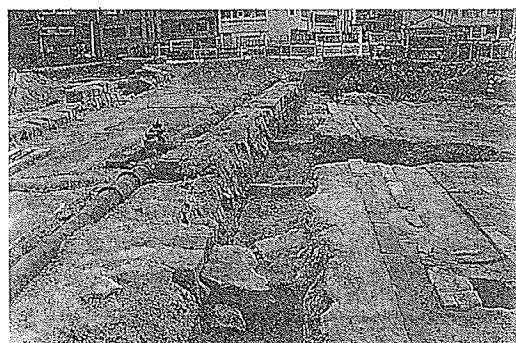
なお、左岸の反力石群の上面には、その標高がやや低くこのような欠き取り跡はなかった。



(写真-16) 右岸反力石上面の欠き取り状況

(2) 取付道路の改変状況

取付道路の地中は、両岸側とも大正、昭和期に施工された水道管やガス管等の埋設工事などによりかなりの部分が攪乱されていたが、一部に残った痕跡から路面の変遷をおおむね特定することができた。



(写真-17) 左岸取付道路発掘状況(その1)

写真-17に左岸側の発掘状況を示すが、明治の縦断改修で築かれた路側石垣(3段積みであった。)の一部等が発掘された。旧路面としては、現在のアスファルト面から約1m下に碎石に三和土のような

ものを混せて固められた面（A面）があり、明らかに人為的に仕上げられていた。その下10cmには締め固められた面（B面）が出て、轍跡も認められたことから路面として使われていた時期があると考えられる。さらにその下約1mには、写真-18のように立石遺構のある堅い面（C面）があったが、反力石群の組積みがその面を切り取っていたことから、石橋築造以前、木橋時代の路面と考えられる。



(写真-18)左岸取付道路発掘状況 (その2)

また、C面とB面との間はシラスや砂からなる盛土層であり、このようなことから、B面が石橋創建時の路面で、その上のA面は補修路面又は取付き階段が斜路に変えられたときの路面と判断した。

5. おわりに

構造力学や流体力学等の理論的な裏付けのない時代に、その経験と観察眼によって独創性のある多連アーチの石橋を築造した岩永三五郎には改めて感心する。

三五郎の用いた築造技法は、構造的には奇をてらったものではなく、石組みの本質を知った堅実なものであった。一方、意匠的にはアーチという構造主体に調和させながら円の使い方にこだわり、独特の美を創出している。また、石材の面や辺の加工、石組みが正確であり、三五郎を補佐した大工頭の阿蘇鉄矢、さらには、鹿児島の石工達の存在も忘れてはならない。西田橋は、まさに肥後の架橋技術と薩摩の土木技術の結晶であると言える。

なお、今回の解体作業では、橋面敷石にコンクリート舗装が直打ちしてあったり、高欄の接手にモルタルが使用されていたりと、過去の改造跡に泣かされたが、これらの状況を見ると構造物補修のあり方

を考えさせられる。

最後になったが、西田橋の移設保存は、表-3に示す「西田橋解体復元調査委員会」の指導、助言を得ながら、（財）文化財建造物保存技術協会の設計・施工監理のもとに進めており、今回の解体が有益な成果を得ることができたことに改めて感謝の意を表したい。

吉原 進	（委員長）鹿児島大学工学部教授
棚橋 由彦	長崎大学工学部助教授
彦坂 熙	九州大学工学部教授
山尾 敏孝	熊本大学工学部教授
横田 修一郎	島根大学総合理工学部教授
川村 純二	郷土史研究家
土田 充義	鹿児島大学工学部教授
馬場 俊介	岡山大学環境理工学部教授
三木 靖	鹿児島短期大学長
加藤 允彦	奈良国立文化財研究所
木村 勉	埋蔵文化財センター保存工学研究室長
谷口 信行	奈良国立文化財研究所建造物研究室長
福村 秀徳	谷口工業（有）代表取締役
前迫 実	福村石材工業（株）代表取締役
稲田 博	前迫石材（株）代表取締役
稲寺 隆	前鹿児島県道路公社副理事長
横田 穰二	鹿児島市助役
	鹿児島県土木部長

(表-3)西田橋解体復元調査委員会

参考文献

- 1) 架設年は五石橋のアーチ石刻文，建設費は「宮之原源之丞；嘉永二年閏四月 御産物御仕登金銀銭御納高萬控」
- 2-a) 金丸正光，飯島健二郎，吉原進「玉江橋解体調査結果」土木史研究第16号，1996
- b) 阿久根芳徳，末永幸一，吉原進「薩摩藩城下に架けた高麗橋の構造」土木史研究第16号，1996
- c) 今村裕一郎，中島一誠，柚木兼治，吉本和久，吉原進「新上橋・武之橋解体調査結果」土木史研究第16号，1996
- 3-a) 高橋洋一，迹目英正，長谷場良二，吉原進「石橋アーチ橋の載荷試験と構造特性について」土木史研究第16号，1996
- b) 菊田利男，迹目英正，長谷場良二，吉原進「個別要素法によるアーチ石橋の構造特性の検討」土木史研究第16号，1996
- 4) 本章の検討は主に以下の文献に拠った
- a) 小山田了三「橋」法政大学出版局，1991
- b) 林一馬「眼鏡橋創架の時期とその周辺（上，中，下，補遺）」長崎総合科学大学紀要，1983，1986
- c) 山口祐造「九州の石橋を訪ねて（前中後）」昭和堂，1974～1976
- d) 諫早市教育委員会「重要文化財眼鏡橋修繕工事報告書」，1961
- e) 平戸市教育委員会「重要文化財幸橋修繕工事報告書」，1984
- 5) 前掲4-a)，p.237から転載
- 6) 比較に挙げた甲突川4橋については，前掲2)や鹿児島市資料による。
- 7) (社)土木学会西部支部「建設資材としての凝灰岩の特性についての基礎調査報告書」鹿児島県土木部，p.59，1994.3
- 8) 前掲3-b)，p.284
- 9) 前掲4-d)，p.11～12
- 10) 野村孝文「鹿児島県文化財調査報告書 第2集抜刷」鹿児島県教育委員会，第4章西田橋の特徴，1954
- 11) 前掲10)，第3章西田橋の現状
- 12) 長谷場良二，奥田朗，吉原進「甲突川五石橋の取り扱いに関する歴史的経緯」土木史研究第17号，1997