

玉江橋解体調査結果・

Results of investigation based on dismantling of Tamae Bridge

○金丸 正光**

鮫島 健二郎***

吉原 進****

KANEMARU, Masamitsu

SAMESHIMA, Kenjiro

YOSHIHARA, Susumu

甲突川五石橋は、薩摩藩が天保11年(1840)頃に鹿児島県の治水や架橋を推進するため、肥後から招いた岩永三五郎により架けられた。

玉江橋は、嘉永2年(1849)に甲突川五石橋のうち最後に架けられた橋で平成6年(1994)に解体された。現在、復元に向けての準備が進められている。

今回の玉江橋解体調査により、玉江橋は創建時のそのままの姿を残しているのではなく、壁石にはじまり水切石、高欄などの至る所に補修や補強が行われていたことを確認した。本報告は、解体調査で判明した補修の痕跡と三五郎の技術的特徴を述べるものである。

1. はじめに

平成5年夏、鹿児島地方を中心に発生した豪雨災害は、かつて経験したことのない甚大な被害を県内各所にもたらした。特に、平成5年8月6日鹿児島市を中心に襲った豪雨は、市内を流れる甲突川、稲荷川などを氾濫させ、市街地の424ha、約12,000戸が浸水被害をもたらした¹⁾。

「平成5年8月6日豪雨」と命名されたこの集中豪雨は、甲突川流域の上流部の日置郡郡山町において日雨量が384mm、下流の鹿児島気象台で259mmであり、しかも、時間最大雨量が郡山町役場で99.5mmと短時間に極めて強い雨が集中した未曾有の豪雨であったため、急激に河川の水位が上昇し、家屋の浸水や水道施設の被災、橋の流失など、交通、電気、通信、水道が途絶し、未だかつて経験したことのない災害となり、市民生活に大きな混乱を与え

た。

この豪雨で、甲突川流域では激甚な浸水被害に加えて、肥後の名石工「岩永三五郎」の作として県民に愛着が深く、一世紀半にわたって利用されてきた甲突川五石橋のうち、新上橋と武之橋を流失させた。

この豪雨による甲突川の洪水流量は、河川の流下能力を著しく越えた結果、河川堤防の決壊、溢水を引き起こした。

このような甚大な浸水被害を受けたことから、鹿児島県では甲突川を平成5年度から平成9年度までの5ケ年で抜本的な改修を行うため、河川激甚災害対策特別緊急事業等を導入した。

この事業で流失を免れた玉江橋、西田橋、高麗橋の3橋は移設して保存される事になった。

玉江橋は、甲突川五石橋のうち最後に架けられた橋で、最も上流に位置していた。全長51mの4連アーチ橋で、上流のアーチ径間は、左岸より10.32m、

* keyword: 玉江橋(甲突五石橋)、技術史

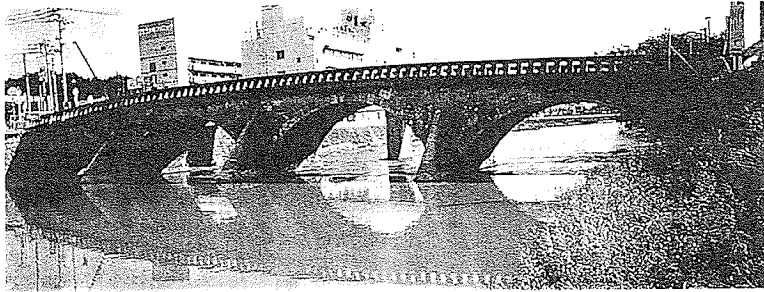
** 建設技術コンサルティング

*** 鹿児島市橋りょう建設課主査

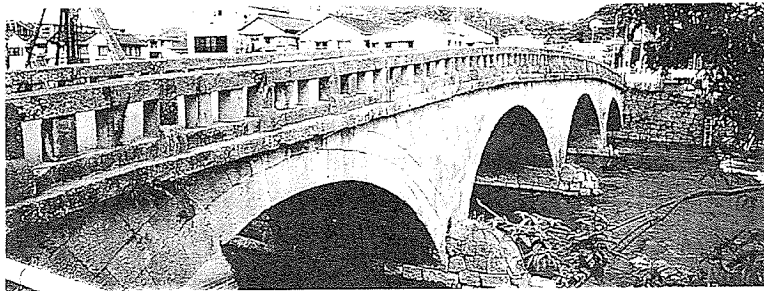
**** 正会員 工博 鹿児島大学工学部海洋土木工学科

(〒890 鹿児島市伊敷町7022番地1)

(鹿児島市石橋調査技術委員会座長)



写真－１ 上流から見た解体前の玉江橋



写真－２ 下流から見た解体前の玉江橋

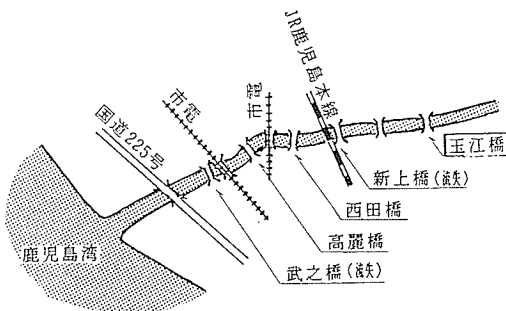
２．解体工事の工程

11.57m、11.47m、10.22m、下流は、10.19m、11.62m、11.52m、10.29mであり上下流で径間の異なり、五石橋の中で三番目に長い橋であった。また、橋面有効幅員は4.0mと最も狭い橋であった。

今回、玉江橋解体調査で判明した改修の履歴と岩永三五郎の技術について述べる。

玉江橋の解体工事は、平成6年2月1日から工事に着工したが、工事が始まって約1ヶ月後、当初埋蔵区域に含まれないとしていた「甲突川川底遺跡」の包蔵地に玉江橋も含まれるとの見解が、市教育委員会から出されたため、文化財保護法に基づく文化庁への通知を行い、約1ヶ月中断した。市教育委員会の提案により「甲突川川底遺跡」に影響のない河床より上の部分のみの解体工事を行う事とし、出水前（5月末）に河床から上の部分の解体を完了した。

出水期明けの10月、市教育委員会の川底遺跡調査が約1ヶ月間行われ、遺跡の確認はされなかったことから、基礎工の解体工事が再開され、平成7年2月に全ての工事が完了した。なお、解体工事と同時進行で調査も進められた。



図－１ 橋梁位置

3. 解体現況調査の概要

石造4連アーチ橋の移設は、全国的にも事例を見ない事業である。文化財として貴重なものであるがゆえに、この解体作業は、慎重に取り組む必要があった。

移設復元に向けての各部位の調査は、現況を正確に把握する事が重要であり、現況測量のための基線設置を行い、直接測量により各石材のコーナーを観測した結果を三次元座標(X,Y,Z)で管理すると同時に図化を行った。また、石材個々の表面に朱墨で石材番号と矢印をマーキングして、現況を写真撮影し、解体された各部位の石材の採寸を行い、各石材の相互の位置関係を的確に把握出来るようにした。

新上橋、武之橋についても同様の調査を実施している。

解体された石材については、1枚をひもで取り付け、もう1枚を表面に出ない面に樹脂系接着剤で石材番号を書いたラベルを取り付け、石材仮置場に運んだ。運ばれた石材は、図-2に示すように各部位毎に石組みの状態がわかりやすいように、平面的に展開して並べて保管した。

写真3 採寸写真

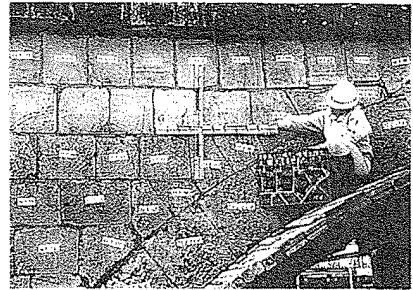


写真4 マーキング状況

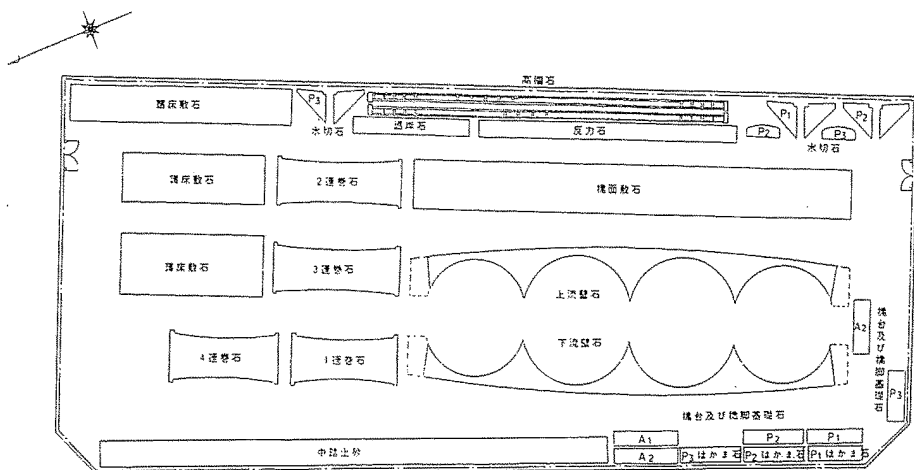


図-2 石材仮置場の保管状況

4. 史料調査

玉江橋が架けられた経過および現在に至るまでの補修時期などの歴史的変遷について、史料調査を行った。

古い記録はなかったが、昭和40年以降の補修経歴については、鹿児島市の決算資料や建設会社の工事記録より、表-1に示される補修工事の経歴が、判明した。

また、アーチ石、壁石、水切石、橋面敷石については、新聞の記事や昭和40年頃に撮影された写真より判断して、各石材の施工年月日を記載した。

玉江橋を解体して、高欄、橋面舗装および敷石、壁石、水切石、護床敷石に補修された痕跡を確認できた。

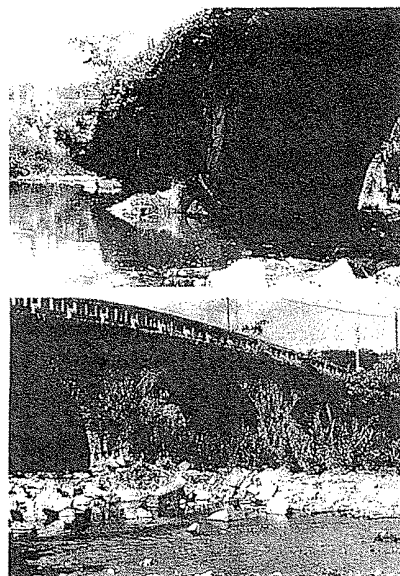


写真5 昭和40年頃の玉江橋（上：上流側，下：下流側）
（写真提供：小牧勇蔵）

表-1 補修工事の経歴

種別	補修状況	工事名	工事内容	施工年月日
アーチ石	合端部分の落石	不明		S40年代以前
壁石	コンクリート煉石積（下流2～3連目）	不明		S40年代以前
水切石	上流 側面は中詰コンクリートを充填した煉石積水割に改築	不明		S40年代以降
	下流 一部コンクリートを使用。左岸P ₁ は現存せず			
橋面舗装	コンクリート舗装	玉江橋災害復旧工事		S41.10～S42.3頃
	アスファルト舗装	小規模工事	橋面のオーバーレイ	S56頃
橋面敷石	全体の25%程度がコンクリートで補修	不明		S40年代以前
高欄	下流側の高欄及び親柱を丸鋼（アンカー）で補強 上下流の高欄の合端をモルタル目地を使用	玉江橋補修工事	高欄が内側に倒れてきたので修復した（L=40m）	S61.2.3 ～S61.3.15
	新材で補修（支柱1本、親柱2本、笠石2本）	玉江橋災害応急工事	災害により左岸上流側高欄が破損したので修復した	H5.8.30 ～H5.8.31
	地覆と敷石との間に均しコンクリートが約10cm使用	不明		
護床敷石	石橋の上下流端に高さ1.8mのコンクリート壁とコンクリート張りで補修	玉江橋災害復旧工事	中央橋脚の補強並びに床止め工事	S41.10～S42.3頃
	石橋下流側にコンクリート張りや囲固めブロックが敷かれていた	玉江橋復旧工事	敷石 A=11.3㎡ コンクリート張 V=25.5㎡ 橋台・橋脚根巻コンクリート V=2.17㎡	S54.6.25

5. 石橋を構成する石材

玉江橋を構成する石材は、ほとんど小野石が使用されているが、左岸上流側の高欄に補修材として川内石を用いており、上流側の水切石に赤味を帯びた郡山石を側面に補修材として使用されていた。

小野石は、甲突川中流の岩崎橋から塚田橋にかけての丘陵地斜面に分布しており、白っぽい溶結凝灰岩で間知石などに利用されている。

谷口信行(1994)によると、現在、土木用の溶結凝灰岩を採取しているところは、鹿児島市では小山田町一帯で小野石および小山田石を、またわずかではあるが吉田インター近くで花棚石を採取している。また市近郊では、郡山で赤味を帯びた郡山石を、また入来では、黒っぽい凝灰岩(入来石)を採取している⁵⁾。

6. 解体調査結果²⁾

(1) 親柱

親柱は、4基全て石造りであったが、左岸の2基と右岸上流側の1基については橋面敷石の天端付近で折れていた。折れている上部を外してみると左岸下流は写真6に示すように丸鋼 $\phi 25$ mm、左岸上流はコンクリート、右岸上流も異形鉄筋D10mm2本による補修、補強をしていた。

親柱は、図-3や写真7に示すように基礎石の深さ23cmのホゾ穴に建て込んであり、ホゾ穴の基礎石と親柱のホゾ接合部の間詰めに砂利を充填して固定してあった。

写真6 左岸下流側親柱基部の補強材

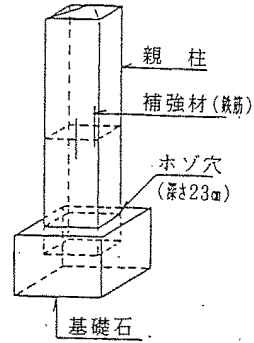


図-3 親柱建て込み図

写真7 親柱基礎石

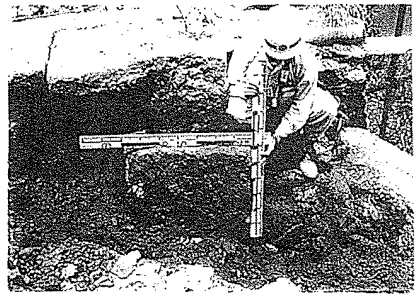
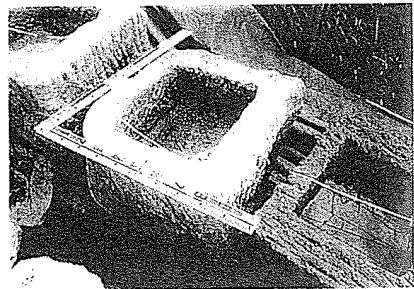


写真8 ホゾ穴のある基礎石



(2)地覆・高欄

下流側については、写真9、10に示すように橋面敷石から地覆石、支柱、笠木まで、橋面敷石と地覆石を削孔して、 $\phi 16\text{mm}$ の丸鋼で連結してあった。また、削孔と丸鋼の充填材にモルタルが使用されていた。上流側についても、笠木の補強に丸鋼が使用されていた。

左岸上流側の支柱や笠木には、他の高欄に用いられている石材（小野石）とは加工の異なる現代の機械切りで加工された石材が、使用されていた。

石材と石材の接合部の目地材には、写真11に示すようにモルタルが使用されており、高欄は、表-1 玉江橋の補修経歴より、昭和61年に高欄が内側に倒れてきて、安全対策として丸鋼やモルタルを用いて補修、補強をしたものである。

高欄支柱の、ホゾは支柱の下面と上面にあり丸みを帯び、仕口面より約1cm突出していた。橋面敷石の上面と笠木の下面には、支柱のホゾが納まるようにホゾ穴が設けてあった。

地覆は、橋面敷石との間に勾配調整に使用されたと思われるコンクリートが使用されていた。このコンクリートは貝殻片が混入していることから、海砂を使用していることがわかり、昭和40年代に補修したものと推定される。

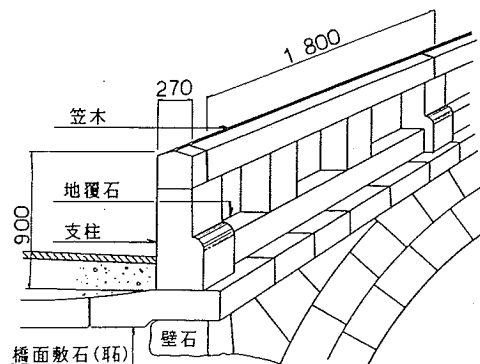


図-3 高欄建て込み図

写真10 地覆石の補強材



写真9 下流側高欄支柱の補強材

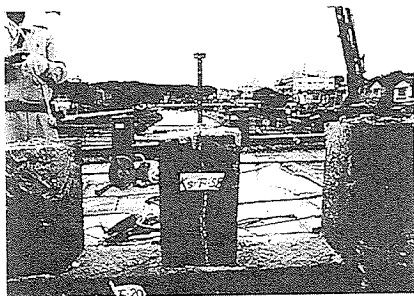
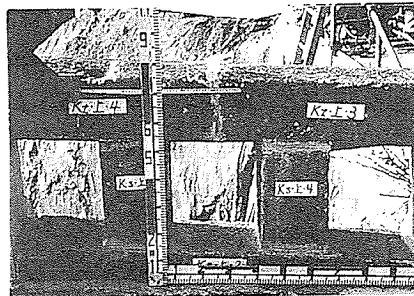


写真11 高欄の目地モルタル



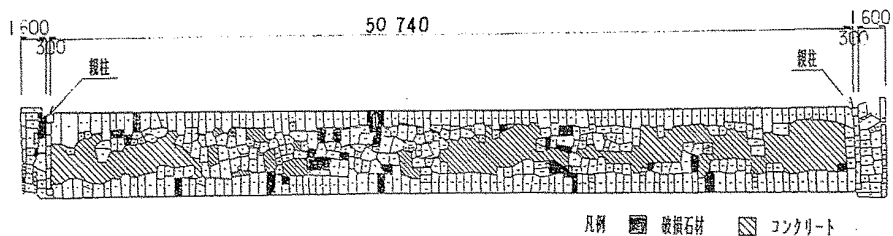


図-5 橋面敷石平面図

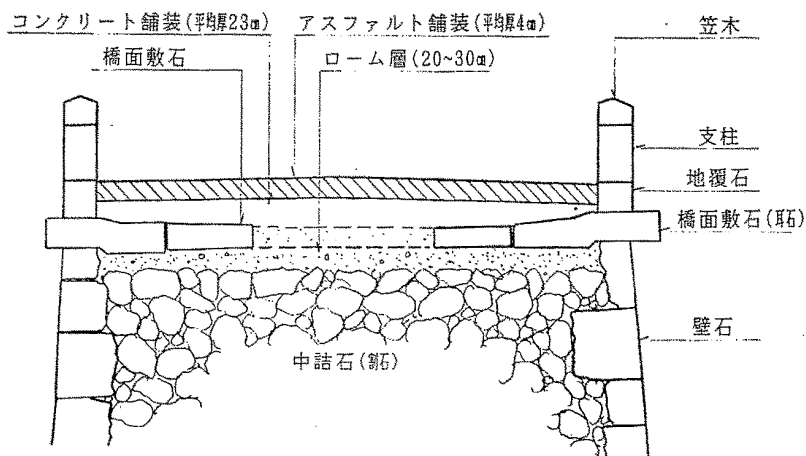


図-6 橋面敷石横断形状

(3) 橋面敷石

橋面敷石の上部には、コンクリート舗装（平均厚23mm）の上にアスファルト舗装（平均厚4mm）が施されていた。舗装の時期は、工事記録によるとコンクリート舗装は昭和41年10月～昭和42年3月に、また、アスファルト舗装は昭和56年頃、施工されている。

舗装を取り除いた後の橋面敷石は、図-5に示すように耳石の並べ方は、橋軸直角方向に一石ずつ大きさを違えて敷き並べてあり、中間はランダムに敷き並べられていたが、破損しているものが多く全橋面積の25%相当がコンクリートを用いて置き換えていた。また、横断面をみると耳石の高さより中央部は約10cm低くなっており、また、クラック等の損傷が激しかった。

耳石の横断形状は、図-6に示すように橋の外側より内側を厚くして安定を保つ細工が施されてあった。

橋面敷石の敷設範囲は、図-5に示すように親柱の位置で幅30cmの石材で間切りを行い、更に兩岸

へ橋面敷石とほぼ同じ幅で長さ約1.6mの範囲、敷石を敷設していた。

写真12 橋面敷石のホゾ穴

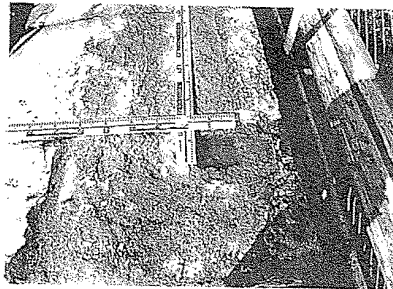
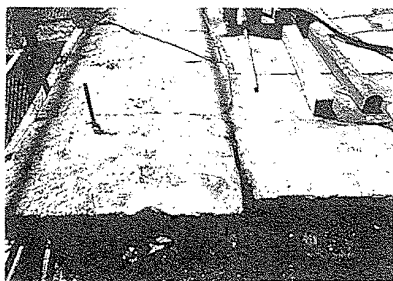


写真13 敷石に埋め込んである丸鋼



(4)水切石

下流側水切石は、写真14に示すように外側は丸みを帯びた石材で構成されており、内側は礫とロームで中詰めされていた。高さは、上流3.6mと比べ1.8mと低かった。また、橋脚3基のうち、左岸側P₁橋脚下流の水切石は現存していなかった。

上流側水切石は、先端と基礎付近の石材は小野石を使用しており、両側面より大きい石材を用いていた。両側面は材質の異なる石材（色調が違う）を用い、内部はコンクリートを充填した練石積であった。

基礎部は、左岸側P₁橋脚以外の上流側水切石には厚さ0.5m、幅1.6m、長さ3.0mの基礎コンクリートが施されて、水切石を構成する石材で構築していた。左岸側P₁橋脚は、水切石と中埋コンクリートを充填した練石積で基礎から構築されていた。

改築の時期は、工事関係者からの聞き取りや昭和40年頃の写真から判断して、昭和40年代以降だと思われる。

写真14 下流側P₂橋脚水切石

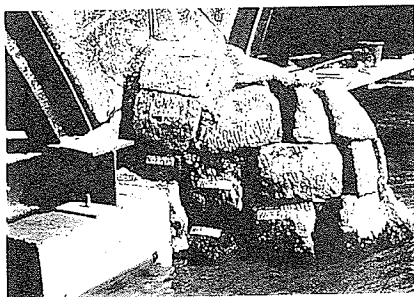


写真15 上流側P₁橋脚水切石(左:側面,右:正面)

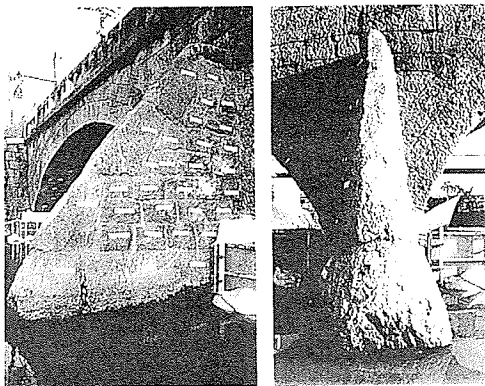


写真16 上流側水切工内部状況

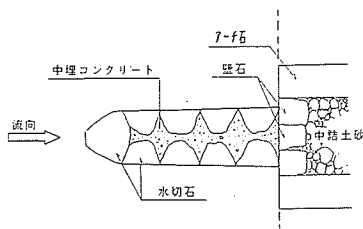
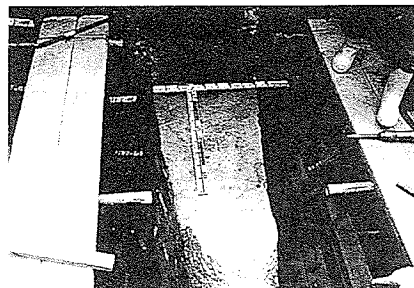


図-7 上流側水切石の内部

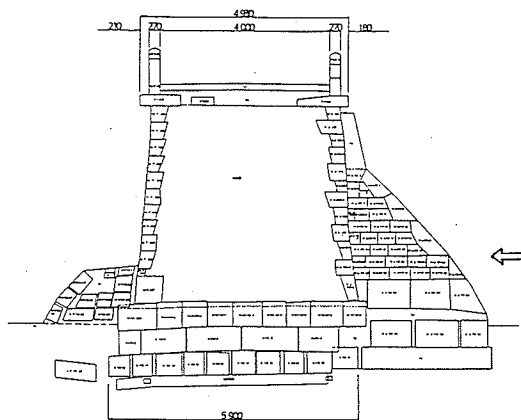


図-8 P₂橋脚横断形状

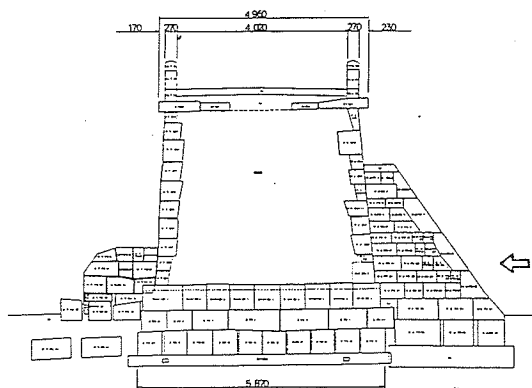


図-9 P₃橋脚横断形状

(5) 壁石

壁石の控えは、30～50cm程度の短いものであった。表面処理や合端はノミ仕上げで加工されているのに対し、背面は写真18に示すように割ったままの状態であった。

下流側2～3連目は、写真17に示すようにコンクリートを用いて布積みの練石積となっていた。この部分の石材は、正面から見ると正方形に近く、控長は60～70cm程度で画一化された石材を用いていた。

また、この壁石の高さの基礎から約1/3の所に削孔してあった2本の孔(φ60mm程度)は、この間の積替えに伴い橋脚部補強のグラウトホール跡ではないかと予想していたが、内部にはそれを裏付けるようなグラウトらしきものは発見出来なかった。この壁石の補修時期は、昭和40年頃の写真資料では布積みの状態で写っていることから、昭和40年以前に積み替えられたものと判断される。

他の部分の壁石は、創建時のままの石材が扇形に積まれており、控え方向の加工も合端以外は、かなり雑であった。二重アーチと言われたものも、アーチ石の上に、壁石をアーチ形状で積んだものであった。なお、下流側2～3連の布積み箇所は、正面から見るとアーチ石が二重にはなっていなかった。

上流側1～2連目の石材番号64番の石材の合端に「月二十八日」と彫り込んだ文字が、写真19に示すように発見された。

これは、左岸から3連目アーチ石に刻まれてある「嘉永二己酉三月二十八日留入」と関係があり、留入に用いるアーチ石が留入前に破損したか、文字を彫り間違えて、壁石に使用したと思われる。

写真17 下流2～3連目の壁石(布積み)

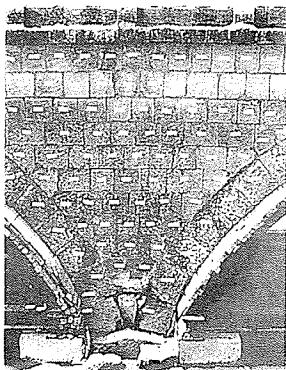


写真18 壁石背面の状況

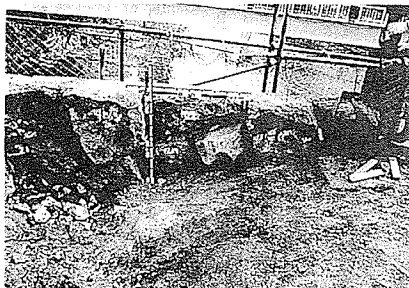
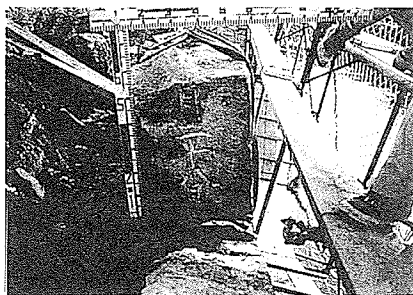


写真19 壁石に使用された文字入り石材



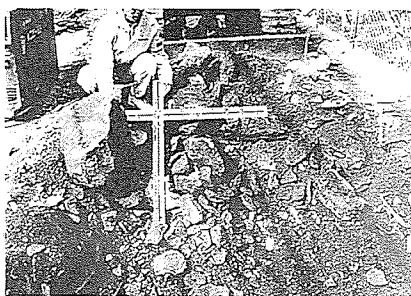
(6) 中詰め土

中詰め土は、図-5に示すように最上部は橋面敷石の高さ調整と思われるローム層が20～30cm締め固めてあり、その下位は割石が不規則に詰めてあり、割石と割石の間は空隙があった。

割石の大きさも不均一であり、アーチ石や壁石などの加工時にでた残材と思われる石が用いられていた。

また、1連目と4連目の橋台付近の中詰め石は、立方体に加工されており、大きいもので約1トンの程度の中詰め石を土砂といっしょに敷き並べてあり、反力石塊群の一部ではないかと思われた。

写真20 中埋めに使用されていた割石



(7)アーチ石

壁石の所でも述べたように、外見上二重アーチに見えたアーチ石も、一重アーチ構造であり、外側は壁石であった。石材の加工の方法は、表面に見える下側、側面、合端面については丹念にノミによる仕上げが施されていた。背面は、壁石が積まれる所は表面に見える所と同様に仕上げてあったが、その他の仕上げは、部分的にノミで仕上げてあるものの、割ったまま加工を施さない石もあった。中には、石切場でのセリ矢の跡が残った石材もあった。

背面の石材個々の凹凸は大きいもので10 cm以上もあったが、アーチ石表面の合端部には、写真23に示すように漆喰を用いて補修されていたが、補修記録がないため、補修時期が特定出来なかった。

アーチ石とアーチ石の隙間は、川砂利混じりの土砂が詰めていた。

橋脚の基部には、正面から見ると五角形のはかま石の上に左右の連のアーチ石が積まれており、P₁橋脚で7本、P₂橋脚で9本、P₃橋脚で9本並べてあった。橋台のはかま石は、橋脚部の五角形の形状と比べ、厚さもアーチ石の控厚と同程度の約60 cmであり、A₁橋台で6本、A₂橋台で5本並べてアーチ石が積まれてあった。橋台橋脚のはかま石の幅は、アーチ石基部における幅より長く敷かれてあった。

橋脚アーチ石の基部には楔石が用いられ、アーチ支点の移動防止に対する工夫が施しており、特に大きな荷重が作用する2～3連目の部分は入念に施工されていた。

写真21 巻石表面の石組み

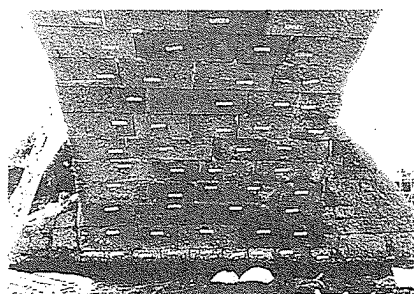
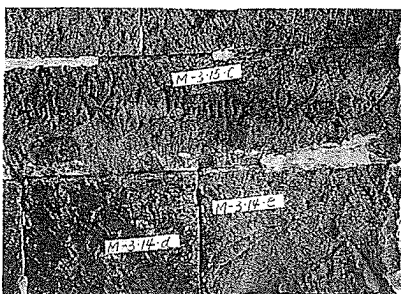


写真22 アーチ石背面の石組み



写真23 3連目アーチ石の留入(合端に漆喰使用)



(8)基礎石

橋台部の基礎石は、はかま石の下に2段積まれており、A₁橋台の上段は橋軸直角方向に並べてあり、下段は橋軸方向に並べてあった。A₂橋台については、上段の上流側の2本と下流側の1本は橋軸方向に並べてあり、それ以外は橋軸直角方向に並べてあった。下段は橋軸方向に並べてあった。基礎石の並べ方は、橋台前面を揃えて背面側は長さが不揃い状態であった。

橋脚部の基礎石は、五角形のはかま石の下に基礎石が橋台同様に2段積まれていた。P₁橋脚上段の上流側の2本は橋軸方向に並べてあり、それ以外は橋軸直角方向に2列並べてあった。P₂橋脚上段の下流側の1本は橋軸方向に並べてあり、それ以外は橋軸直角方向に2列並べてあった。P₃橋脚上段の上流側の1本と下流側の2本は橋軸方向に並べてあり、それ以外は橋軸直角方向に2列並べてあった。すべての橋脚の下段は、橋軸方向に並べてあった。

P₂橋脚の基礎は、上流の基礎石の高さと比べ下流側が約10 cm沈下していた。これは、昭和40年頃の橋脚の補強並びに床止め工事により、橋脚間の床掘施工中、橋脚基礎の梯子胴木より約1 mを掘り下げて水替えを行ったところ、上流側から橋脚基礎

の下を潜って湧水し、橋脚の基礎を洗ったために橋脚が10 cm沈下した。その結果、アーチ上部に亀裂を生じたと文献に記載されている¹⁾。そのP₂橋脚の基礎部周辺には、上記の床止め工事の際、沈下したため応急対策と思われるグラウトが注入されていた。

写真24 P₂橋脚基礎石

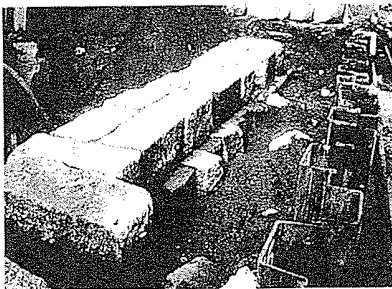


写真25 P₂橋脚梯子胴木のグラウト

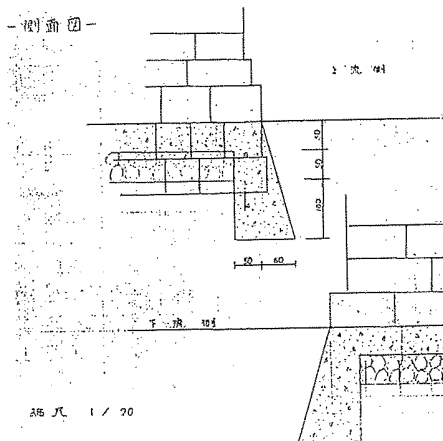


図-10 昭和42年の玉江橋災害復旧工事図面³⁾
(石橋上下流のコンクリート床止め壁)

(9) 梯子胴木

梯子胴木はA₁橋台の土台木が一部破損しており、P₂橋脚は昭和40年頃の中央橋脚の補強並びに床止め工事により沈下した事に起因して、下流側の栈木との接合部で梯子胴木が破損していた。P₁橋脚もP₂橋脚同様に下流側の栈木との接合部で破損していた。残りのP₃橋脚とA₂橋台の梯子胴木は、原形を保った状態で破損はほとんど無い状態であったが、P₃橋脚の上流部の一部は、水切石を改築した際に基礎コンクリートと梯子胴木の上流端の一部を巻き込んで打設されていた。

梯子胴木の組み方は、図-11に示すように橋軸直角方向に土台木が4本平行に並べてあり、栈木は土台木の松丸太をくり抜いて、4本の土台木を2箇所所で連結してあった。土台木の上面は、基礎石を敷き並べやすいようにちょうで水平に仕上げられていた。栈木は、板状に加工されており、土台木と栈木の接合部には、くさび板や木栓が打ち込まれて固定されていた。

梯子状に組まれた胴木の間には、雑割石が詰められており胴木下面の地盤を掘削してみたが、置き換え等を行った痕跡は見当たらなかった。

写真26 A₂橋台梯子胴木

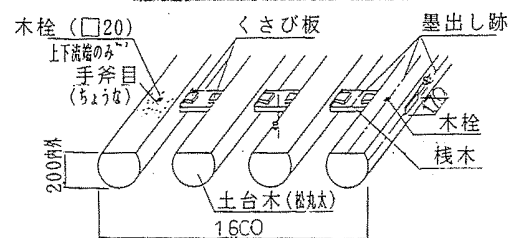


図-11 梯子胴木の接合部

(10) 反力石塊群

兩岸の橋台背面には、地表面から約1mの深さに石橋の水平力を受け止めるためと思われる反力石塊群が地中に石材を積んで構築されていた。反力石塊群の中詰めは、大小様々な割石と土砂が締め固めてあり、表面を控厚30cm程度の大きさも様々な形状の石材で乱積み状態で積み上げて覆っていた。

上下水道管やガス管等の埋設部分については、埋設時の掘削により一部、反力石が取り除かれていた。

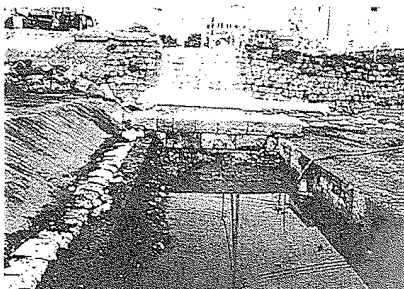
写真27 A₁橋台反力石塊群



(11) 護床敷石

石橋の真下には、図-11に示すように上下流端に高さ1.8mのコンクリート壁を施し、その間を厚さ50cmのコンクリート張りが施され護床敷石はなかった。また、下流側についてもコンクリート矢板を打ち込んであり、河床面をコンクリート張りを施し、その下流に中空三角ブロックを敷き並べてあった。上流には、大小様々な石材が河床面下約50cmの深さに散在して埋まっており、左岸側水路吐口部には、護床ブロックが設けてあった。昭和40年頃の写真5を見ると河川内に散在しており、上記の工事により、取り替えられたものである。

写真28 石橋上下流端のコンクリート壁



7. おわりに

平成5年8月6日に鹿児島市を襲った集中豪雨により、新上橋、武之橋は流失したが、最上流端にある玉江橋は、流下物で閉塞されたにもかかわらず、なぜ流失しなかったか、解体調査を行った結果に基づきその理由を推察する。第一は、護床敷石が床止め工事により石橋の上下流にコンクリート壁を造り表面をコンクリート張りで覆っていたため、河床の洗掘を防いだ。かつ石橋の基礎をコンクリート床止めで固定していたことも、崩壊防止に役立った。第二は、この洪水により上流からの流木や車や浮遊物が流れてきて橋脚に衝突したと思われるが、水切石がコンクリートの練石積に改築されていたために、石橋本体に損害を被らなくて済んだ。第三に下流側2～3連目の壁石がコンクリートを用いた練石積の壁石に補修されていたために、2連目と3連目のアーチ石間を固定する大きな楔の役割を果たしたものと推察される。

約150年前に岩永三五郎が手掛けた玉江橋を、調査解体して、三五郎の創意、工夫の跡とその後の補修や補強の変遷を知ることができた。

今後、解体された玉江橋を文化財としての復元をしなければならない。また、移設地で末永く県民に愛され、保存されるためにも、補修、補強が重要となってくる。

参考文献

- 1) 鹿児島県河川課資料
- 2) 鹿児島市橋りょう建設課：玉江橋外2橋現況調査測量業務委託報告書、平成7年3月
- 3) 小牧建設工事記録
- 4) 小牧才二：考える、昭和42年9月
- 5) 鹿児島県土木部、国土木学会：建設資材としての凝灰岩の特性についての基礎調査