

薩摩藩城下に架けた高麗橋の構造・

－ 鹿児島市甲突川に架かる4連石造アーチ橋・高麗橋の解体調査結果 －

Structures of the Korai Bridge located in the main area of old Satsuma province

阿久根 芳 徳** 吉 原 進*** 末 永 幸 一****

By AKUNE.Yoshinori , YOSHIHARA.Susumu , SUENAGA.Kouichi

概 要

鹿児島市の中心部を流れる甲突川には4～5連の石造アーチ橋が5橋、群をなして架かり、「甲突川五石橋」として愛称されてきたが、平成5年8月豪雨による洪水で「新上橋」と「武之橋」の2橋が流失し、残る「玉江橋」「西田橋」「高麗橋」は甲突川の河川激甚災害対策特別緊急事業で移設保存することになった。

本報告は薩摩藩城下に架けられた、「甲突川五石橋」の中では2番目に大きい「高麗橋」の解体調査を通じて解明された石橋の構造や技法、ならびに橋改変の歴史をまとめたものである。

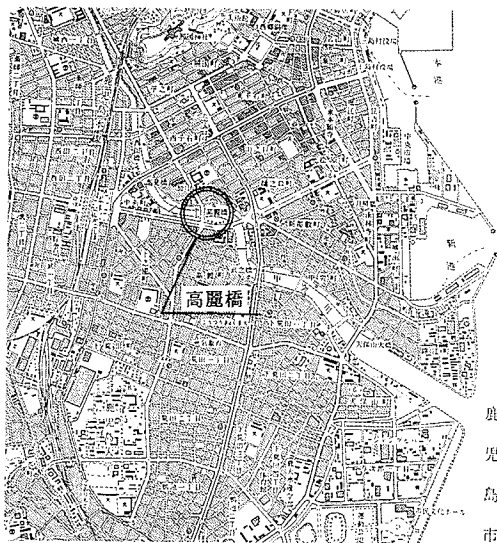
1. はじめに

鹿児島市は島津七十七万石の城下町として栄え、西洋技術の導入を積極的に行うなど、日本の近代化へ大きく貢献した。また、明治維新における功労者である西郷隆盛や大久保利通らの偉人を生み出した地である。その中央を甲突川が流下し、鹿児島の歴史と共に歩んで来た。

薩摩藩は調所笑左衛門広郷の天保の改革で財政の建て直しを図り、天保の甲突川大洪水を期に、甲突川の治水工事に着手し、その河川改修工事の一環として、肥後の石工岩永三五郎の手により、甲突川五石橋を架けた。

甲突川五石橋はいずれも4～5連の連続アーチ橋で、他県でも例を見ない大規模な石橋群となった。

高麗橋は甲突川五石橋のうち、下流から2番目に



図－1 高麗橋位置図

* keyword 薩摩藩，高麗橋，4連石造アーチ橋構造

** 大福コンサルタント株式会社

(〒890 鹿児島市東郡元町17番15号)

*** 正会員 工博 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 (鹿児島市石橋調査技術委員会座長)

**** 鹿児島市建設局橋りょう建設課

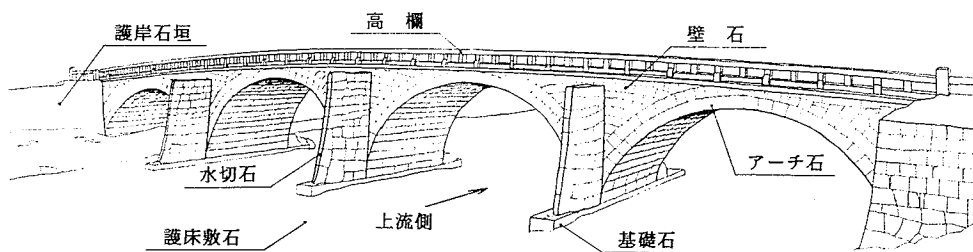


図-2 高麗橋全体立面図（上流側）

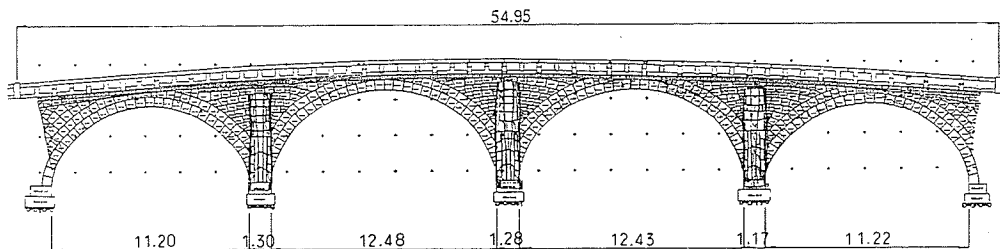


図-3 高麗橋側面図（上流側）

架かり、橋長 54.95m、幅員5.45mで中央二つのアーチ径間が平均 12.46m、両端のアーチ径間が平均 11.21mの4連アーチ橋であり、武之橋の69.5mに次いで2番目に長い石橋となった。

ところが、平成5年（1993年）8月に鹿児島市と周辺地域を中心に集中豪雨が襲い、市内を流れる甲突川が氾濫し、甲突川五石橋の新上橋と武之橋が流失した。

このような災害に対し、河川激甚災害対策特別緊急事業を導入し、甲突川の抜本的な改修を行うこととなり、残る石橋についても今後の災害による流失の危険性から守る為、移設保存することとなった。

本報告は高麗橋の現状調査並びに解体調査を通じて解明された石橋の構造や技法、工事の変遷に関し、昔の記録等を含めて検討を加えたものである。

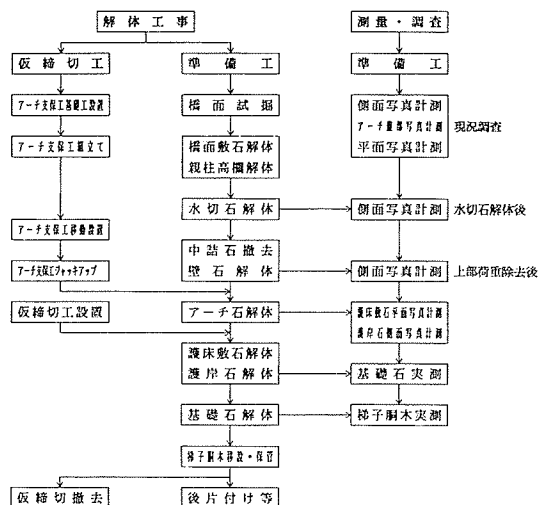


図-4 解体工事・解体調査のフローチャート

2. 解体工事の概要

高麗橋の解体範囲は4連石造アーチ橋本体及び河床の護床敷石、取付護岸の石垣を対象とした。

解体に先立ち、仮設道路及び仮橋、足場、アーチ支保工等の仮設備工の設置を行った。

解体は主に人力で行い、高欄部や橋面部のコンクリート部に関してはブレーカー等を用いて石材周辺のコンクリートを慎重に外した。解体した石材の積み込みはクレーン車やバックホウを用い、トラック

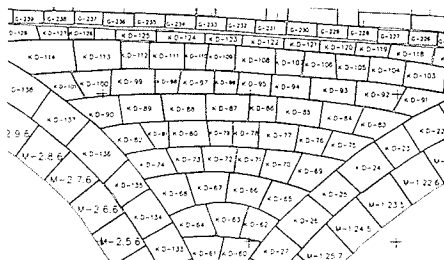
で石材置場に運搬・整理した。

3. 解体調査の概要

解体調査に先立ち、史料調査を行った結果、明治42年5月から7月までの72日間を費やし、橋面の勾配改修工事が行われたことが鹿児島市史や当時の鹿児島新聞（現在の南日本新聞）の記録で明らかとなっており、調査では改修の歴史が把握出来るようにする。

現況調査は主に写真測量による外観計測を行い、石橋を構成する石材の位置関係を3次元座標で計測記録した。また、写真測量で捕捉出来なかった部分は実測により計測した。解体の状況に関しては写真撮影を行い、記録した。写真測量並びに実測した結果は工種毎に図化し、整理した。各石材にはそれぞれ符号や番号を付し、主要寸法を計測の上、写真撮影を行い、記録した。

年 代	内 容
天保13年 (1842)	高麗橋は西田松岡様城下町の要所であり、古くは木橋であった
弘化4年 (1847)	甲突川の改修工事
明治42年7月17日	高麗橋 アーチ完成 (1847, 10, 26) 高麗橋改修工事 (橋面の勾配を緩やかに) (鹿児島市史に記録有り)
大正10年	高麗橋鉄管添架工事 (鹿児島水道史に記録有り)
大正末期頃	高麗橋の鉄管添架状況
昭和5年	高麗橋上流側で水道管伏越工事 (鹿児島水道史に記録有り)
昭和29年	甲突川五石橋の調査 (鹿児島県文化財報告集第二集)
昭和36, 37 年頃	発達する交通網により高麗をコンクリートで改修
昭和40年	高麗橋の交通量調査に着手 (鹿児島市)
昭和43年1月	大型車の乗り入れ禁止
昭和44年	高麗橋の架設計画 (鹿児島市)
昭和47年3月	高麗橋上流に甲突橋 (人造橋) 架橋
平成5年12月 ~平成7年3月	高麗橋解体調査及び解体工事完了



X 座標 (m)	Y 座標 (m)	Z 標高 (m)
石材番号: K-D-85		
1013.4269	996.8090	5.5886
1013.5738	996.8096	5.6064
1013.6153	996.8131	5.6096
1013.6443	996.8174	5.6131
1013.6350	996.8341	5.7407
1013.6286	996.8571	5.9187
1013.6241	996.8636	5.9380
1013.6215	996.8658	5.9462
1013.6133	996.8665	5.9480
1013.5914	996.8629	5.9469
1013.5463	996.8638	5.9439
1013.4073	996.8685	5.9323
1013.2458	996.8678	5.9159
1013.1217	996.8659	5.8975
1013.0921	996.8665	5.8971
1013.0157	996.8673	5.8587
1013.0405	996.8370	5.6921

工事請負入札
一、高松橋改修工事
一、黒松橋改修工事
一、式
右本月三十日午前十時公入札以テ勝負
付スモノ者ハ本市第四課ニ磁テ承合ス可シ
明治四十二年四月
鹿兒島市役所

の市役所主任、津田監役、飯沼技士、森本技士の諸氏は今同會で市役所士十名、技士十名、月俸三十圓に任命せらるゝ十二名を任の云。

以上、市役所主任の若手、全條の技師、工頭、一昨より若手、これたが、技士、頭、以上七十一日間の豫定なり。

●津田監役、飯沼技士、森本技士

▲臨時、市役所、市役所、既に斯等、せしむ、思が、市役所

明治四十二年七月十七日　高麗橋改修工事成ル此橋中心ニ到ルニ隨ヒ其橋面漸次ニ高シ故ニ車馬ノ往來不便ナリ市ハ玆ニ見ルアリ市會ニ工費ヲ要求シテ五月六日此工ヲ起ス而シテ其橋面ヲ平夷ニ改メ橋臺ヨリ其前後路面ヲ延長シテ以テ通行ヲ便ニス

此橋梁ノ間數輻員及工費等左ノ如シ

一 松浦源石延長	貳拾八間	幅參四六合
一 西原鎮百坪八合		平均幅參四七合
一 龜岩石延長	貳圓	此處柱七坪四合
一 松前後崎西均延長	七拾圓	平均幅四圓八合七二
一 此處鎮參百四拾坪九合		平均幅貳合二九
一 町越屋長有西拾坪		
一 此處鎮參拾坪壹合		
右工費金千百九拾五圓		

- 229 -

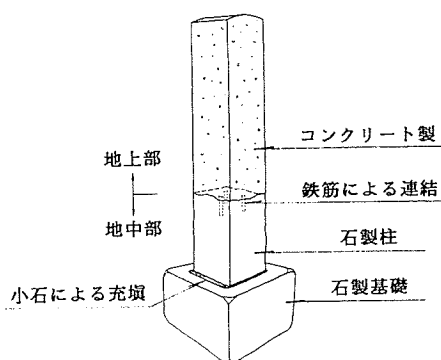


図-7 親柱・袖柱立面図

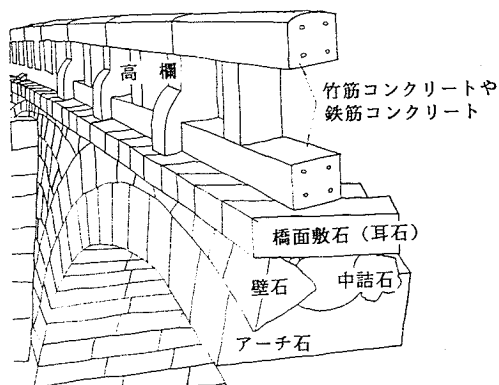


図-8 高欄部詳細立面図

(2)橋面部について

橋面は4～8cmのアスファルト舗装に覆われ、アスファルト舗装の下は耳石部を除き、厚さ15～30cmのコンクリート舗装が施工されており、橋面敷石は確認出来なかった。橋面敷石(耳石)は斜めに配置されていた。石材は幅25～30cm、厚さ15～20cm、長さ50～80cmで、橋体側面より外側に15～20cm張り出していた。兩岸の橋端部を路面より30～50cm掘り下げると、部分的に創建時のものと思われる敷石が発見された。

本橋が明治42年に改修されたことは前述した通りであるが、その時に橋面敷石のほとんどが取り除かれたものと推察される。

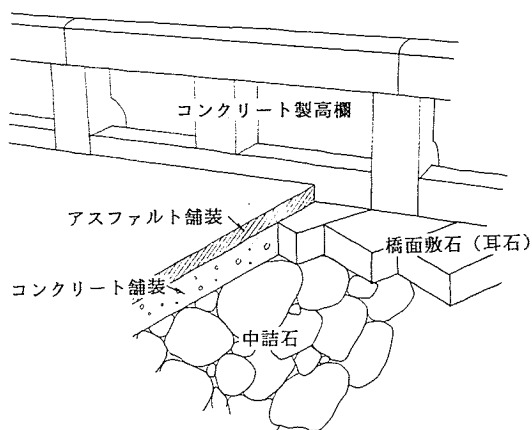


図-9 橋面部構造図

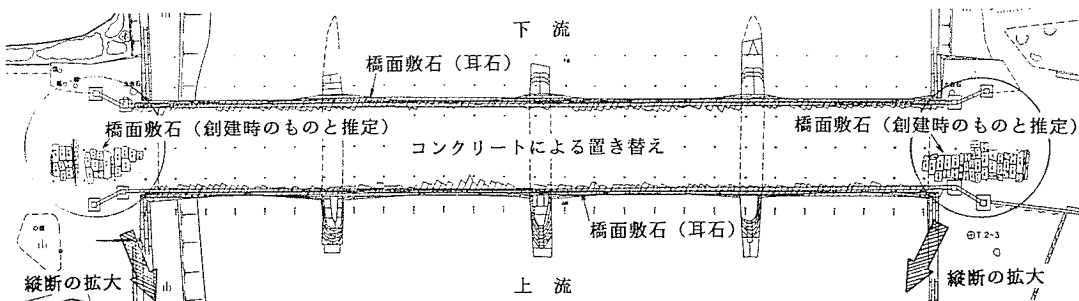


図-10 橋面部平面図

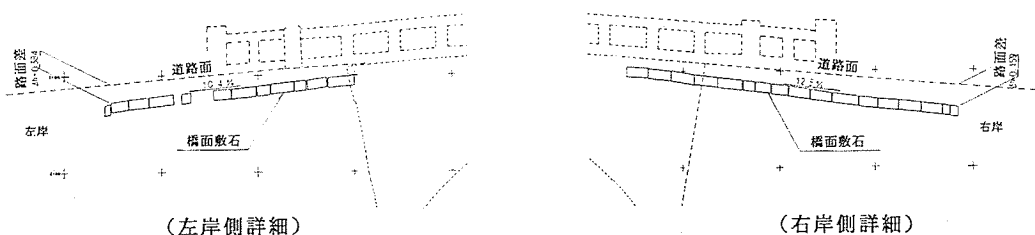


図-11 橋面敷石縦断面図

(3)水切石について

高麗橋の特徴は、甲突川五石橋のなかでもひときわ大きい上流側の水切石にあるといわれている。

上流側の水切石の目地はモルタルで目詰されていた。水切石の天端部分は厚さ15～20cmのコンクリートが施され、壁石と2本のレールで結合されていた。また、水切石の積み方や解体後の背後の壁石の仕上げの状況が中段付近で変化していたことなどから、水切石が過去に積み増しあるいは積み替え等の改修を受けた可能性が考えられる。

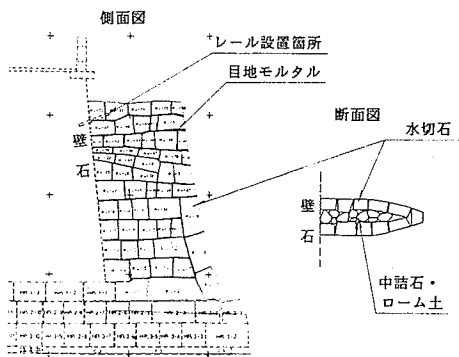


図-12 水切石構造図(上流)

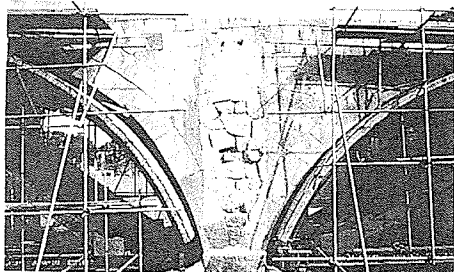


写真-5 水切石解体後の壁石状況(上流側3,4連7-7間)

上流側に比べて極めて小さい下流側の水切石は、コンクリート等による補修はみられず、空積み状態であった。最も左岸よりの橋脚部の水切石は、一部が流失し、雑石が積まれていた。

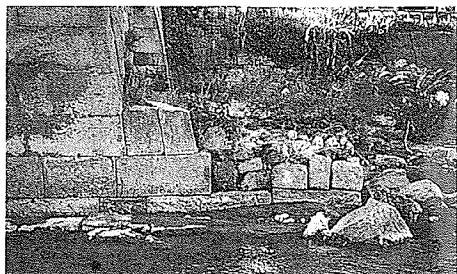


写真-6 下流側水切石の状況(1,2連7-7間)

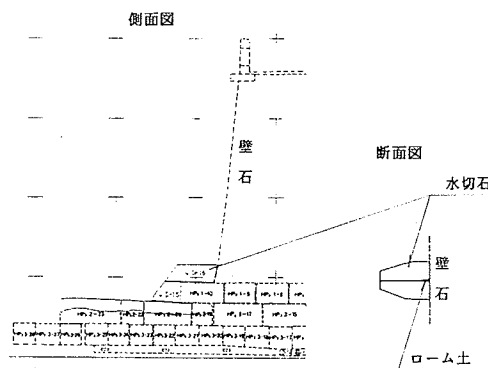


図-13 水切石構造図(下流)

(4)壁石・中詰材について

壁石は上下流共に、扇状に積まれていた。石材表面は風化し、指で触れただけで表面が剥離してしまう程の状態であった。また、全体的に外側に孕み出しており、特に下流側の1,2連アーチ間の壁石が10～20cm孕みだしていた。中詰材除去後の壁石内側には、特別な孕み出し対策は施されていない。

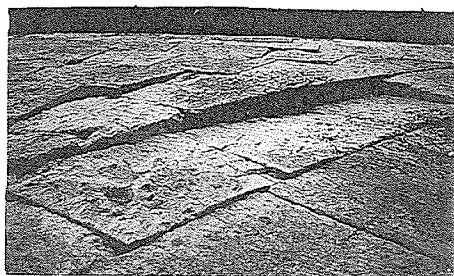


写真-7 下流側壁石状況(1,2連7-7間)

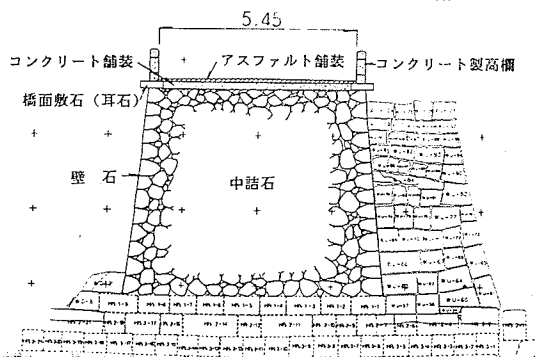


図-14 高麗橋断面図(橋脚部)

壁石の控えは比較的短く、30～60cmのもので、上流・下流共に空積みで、太柄鉄等による補強はみられなかった。石材の形状は不規則で、側面の目に触

れる面の加工はノミ仕上げで、控え側の目に触れない面は割り肌のままの粗い状態であった。二重アーチを模していたアーチ石外輪の石は壁石であった。

中詰材には石材加工時の残材と思われる砕石や比較的大きな割石が不規則に詰められていた。3, 4連アーチ間の中詰材からパンの包装紙(ビニール製)や学校給食で使用されていたジャムのビニール袋数点が発見された。袋に印刷されている内容より、昭和30年代に使用されていたものと推察される。従って、本橋の橋面部あるいは中詰部に関しては比較的近年に改修が行われたものと考えられる。

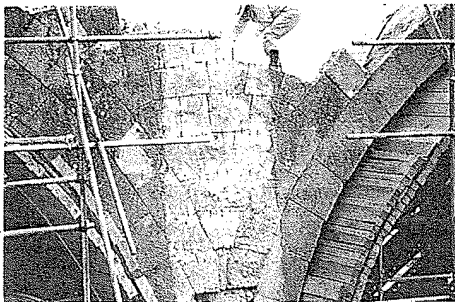


写真-8 崩壊に破れ、二重アーチを模した壁石(上流側2, 3連アーチ間)



写真-9 中詰石の状況(2, 3連アーチ間)

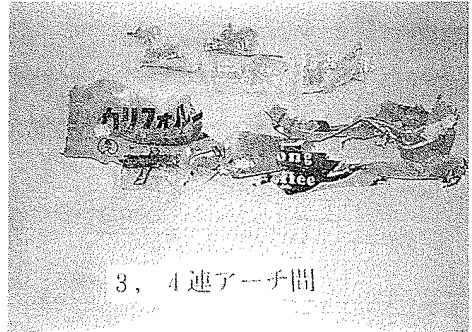


写真-10 3, 4連アーチ間に見つかったビニール袋類

(5)アーチ石について

石材表面の風化による劣化が著しかった。また、ひび割れや欠損も多くみられ、3連目アーチの頂部付近の石材欠損がひどく、石材の約1/3が深さ10~15cm崩落している箇所がみられた。

アーチ石は空積みで、漆喰等の目詰りや太柄鉄による補強はみられなかった。

アーチ石の腹面や側面の目に触れる面は丁寧なヨキ仕上げで加工されていたが、背面の目に触れない面に関しては粗いノミ仕上げであった。

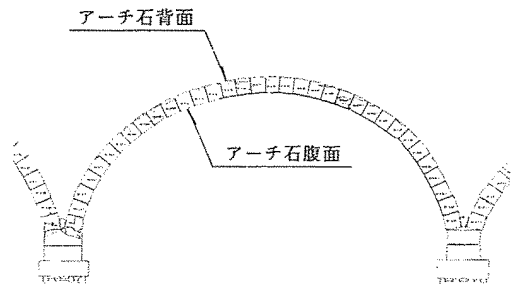


図-15 アーチ部断面図



写真-11 アーチ石腹面状況(3連目アーチ)



写真-12 アーチ石背面状況(3連目アーチ)

アーチ石の合端には小石が充填材として用いられていた。

左岸より2連目アーチの頂部付近の下流側の石材表面にはクモの巣の様な幾何学模様が3ヶ所彫り込んであった。

また、左岸より1連目アーチの要石には

「弘化四年未 十月 二十六日留入」

の文字が3つの石材にわたり彫り込んであった。

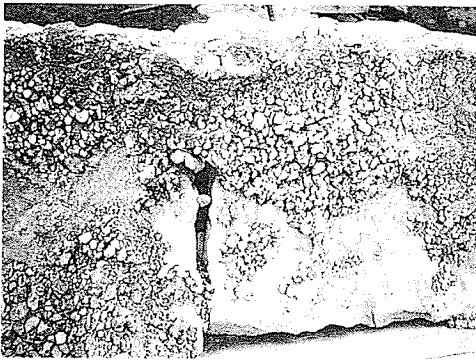


写真-13 アーチ石の合端に充填されていた小石

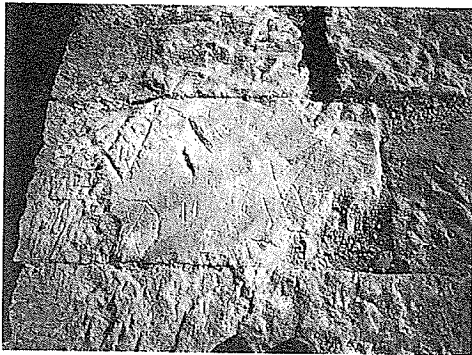


写真-14 アーチ石の背面に彫られていた幾何学模様

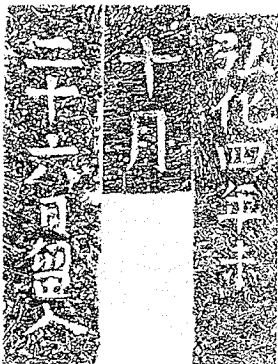


写真-15 1連アーチ石要石に刻まれた留入年月日の拓本

(6)反力石塊群について

両岸橋台部のアーチ石及び基礎石の背後には、アーチ石基部に発生する水平力に抵抗する為のものと推察される反力石塊群が設置されていた。

反力石塊群は幅 6.0m, 奥行き10.0m, 高さ・3.0mの規模で周囲を50cm程度の間知状の石で壁を形成し、内部に割石や土砂を詰めてあった。

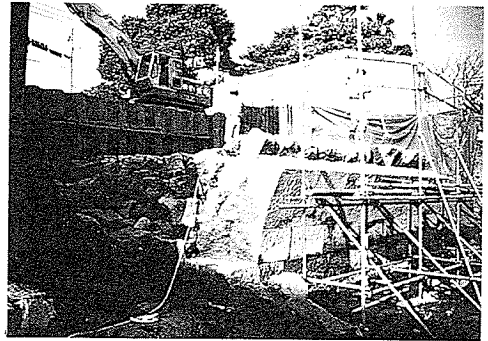


写真-16 反力石塊群の状況（左岸側橋台部背面）

(7)基礎部について

アーチの根元にははかま石があり、アーチ石を支えていた。はかま石の下には基礎石が2段に積まれており上段の基礎石は河川縦断方向と横断方向の交互に、下段の基礎石は河川横断方向に積まれていた。基礎石は道路センター付近に当たる中央部分が5～10cm沈下している状況であった。また、下段基礎石は沈下の影響か、5～10個の石材が損傷していた。

基礎石の周囲には、洗堀防止の為に、護床敷石が2層に敷設されていた。

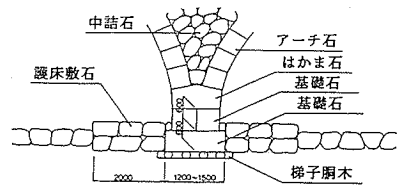


図-16 基礎部の断面図

また、基礎石の下には梯子脚木が設置されていた。両岸橋台部及び1, 2連アーチ間橋脚部、2, 3連アーチ間橋脚部の梯子脚木は特に大きな破損もなく、原形を保った状態で、腐食も少なく、木材の状況も良かった。3, 4連アーチ間橋脚部の梯子脚木は部分的に破損し、他の梯子脚木に比較して腐食がひどかった。

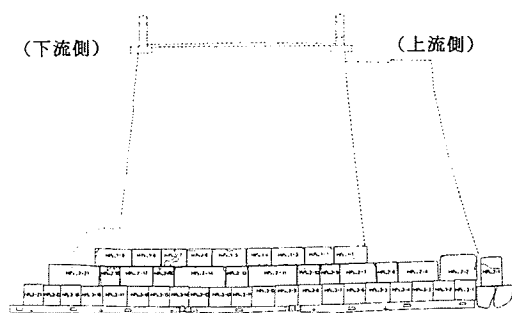


図-17 基礎部の縦断面図

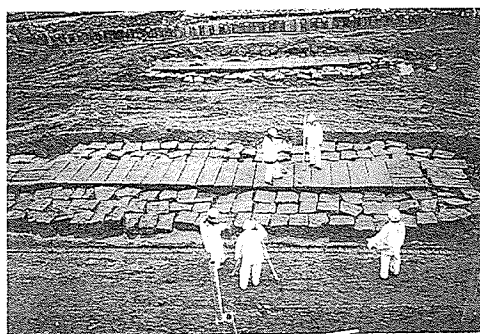


写真-17 基礎石並びに護床敷石の状況 (1, 2連7-子間部の最下段)

橋脚部の梯子胴木は長さ約13.0m、幅約1.5mで、三つの桢を連結する構造であった。橋台部は長さ約10.0m、幅約1.5mで、二つの桢を連結したものであった。

4本の胴木(土台木)を横木及び桢木で組み、要所を木栓で固定し一つの桢を組み上げ、桢と桢を貫で結合し、梯子胴木を構築していた。

梯子胴木下の地盤は特に置き換えられた様子もなく、砂地に直接梯子胴木を設置したようであった。梯子胴木より1~2m深の地盤の状態をスウェーデン式サウンディング試験により調査したところ、換算N値が10程度の砂質地盤であった。

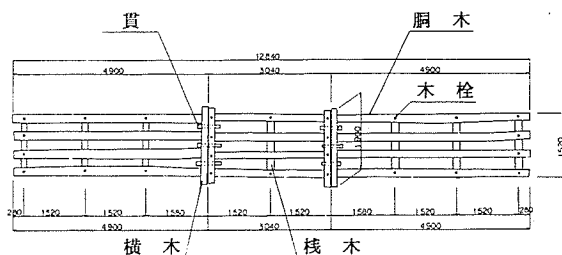


図-18 梯子胴木平面図(橋脚部)

(8)護床敷石について

河川縦断方向に約30m、横断方向に約50m、面積約1500㎡にわたり敷石が敷設され、河床の安定を図っていた。

敷石は径0.3~1.0mの大小様々な割石が不規則に配列されていた。

橋脚、橋台の周囲には敷石が2層に敷設され、局所洗掘防止対策と地盤の支持力補強を兼ねた工夫が施されていたものと推察される。最下流部には敷石流失防止の為に、直径15~20cmの枕胴木とそれを支える為の直径10~15cm、長さ0.8~1.0mの止杭が設置されていた。

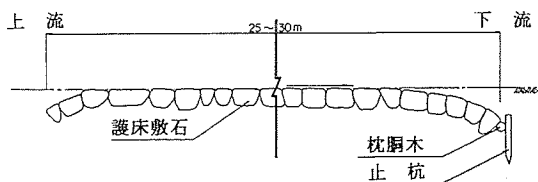


図-19 護床敷石縦断面図

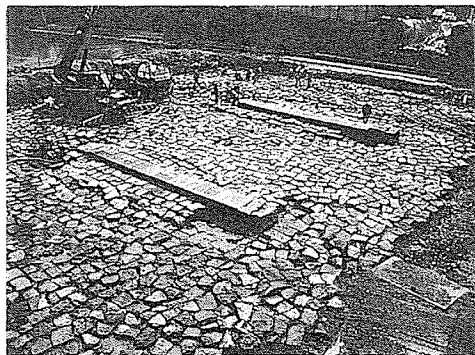


写真-18 護床敷石の敷設状況



写真-19 護床敷石最下流部の枕胴木

(9)護岸部について

橋の付け根部の護岸石垣は、上段の3～4段が石の積み方や形状、大きさが下段の状態と異なっていることより、積み増しの改修の跡が確認出来た。おそらく、明治期に行われた橋面の勾配改修工事の際に護岸の石垣も積み増しされたものと推察される。

護岸石垣の基礎部には、城石垣の基礎に見られるような直径15～20cmの枕胴木が設置されていた。



写真-20 護岸石垣の状況

(10)石材の損傷状況について

解体された各石材の損傷状況は下表の様であった。損傷調査は石材外観を目視により行った。表中の原形を留めない石材とは、石材が複数に割れており、補修が困難であると思われる石を対象に判断した。

なお、コンクリート製であった高欄部と親柱の一部も番号を付けて石材置場に保管したが、下表の石材損傷度調査の対象からは除外した。

表-2 石材損傷状況表

石 材 種 類	原形を留めた石材	原形を留めない石材	合 計
橋面敷石	耳 石 220 (73.6)	79 (26.4)	299
	その他 91 (100.0)	0 (0.0)	91
	合 計 311 (79.7)	79 (20.3)	390
水割工 (水切石)	288 (95.0)	15 (5.0)	303
壁 石	上 流 429 (99.1)	4 (0.9)	433
	下 流 397 (95.9)	17 (4.1)	414
	合 計 826 (97.5)	21 (2.5)	847
アーチ石	1 連 172 (98.3)	3 (1.7)	175
	2 連 193 (97.5)	5 (2.5)	198
	3 連 196 (90.0)	21 (10.0)	211
	4 連 179 (97.8)	4 (2.2)	183
	合 計 734 (95.7)	33 (4.3)	767
	基 礎 石 221 (91.3)	21 (8.7)	242
護 岸 石	626 (99.2)	5 (0.8)	631
反 力 石	344 (100.0)	0 (0.0)	344
護 床 敷 石	4494 (98.1)	89 (1.9)	4583
合 計	7844 (96.8)	263 (3.2)	8107

※1. () 内は各項目毎の石材合計数に対する割合を示す。

※2. 橋面敷石 (耳石) の原形を留めなかった石材79箇のうち、10箇はコンクリートで置き換えられていた。

4. おわりに

およそ150年間、雄大な桜島を背景に甲突川に架かっていた「高麗橋」は交通事情の変化や自然災害の影響で数回その形を変えてきたことが今回の解体調査によりわかった。また、橋の基本的な構造は石を積み上げた単純なつくりであったが、流水や上部の荷重等の外力への対応策が反力石塊群や基礎石、護床敷石に施されていたこともわかった。さらに、石材表面の風化が顕著であることもさることながら、基礎部やアーチ部の構造体として最も重要な部分の石材が損傷を受けていたこともわかった。

今回の解体調査で解明された石橋の構造や損傷具合を踏まえて、各部の補強や石材の補修を行い、市民に末永く愛されるような移設復元が行われることが望まれる。

<参考文献>

- 1) 太田静六：眼鏡橋 日本と西洋の古橋
- 2) 増留貴朗：提言－五大石橋を考える
21世紀からの鹿児島市づくりと五大石橋
- 3) 鹿児島市：鹿児島市史（大正5年発行）
- 4) 鹿児島県立図書館：鹿児島新聞
（現南日本新聞）明治時代の記事
- 5) 鹿児島県土木課：鹿児島縣維新前土木史
- 6) 鹿児島県土木部：安全な甲突川をめざして
平成治水甲突川河川改修工事について
- 7) 鹿児島県土木部：藩政時代の土木史
- 8) 鹿児島市建設局：高麗橋解体設計業務報告書