

石造アーチ橋・西田橋の復元と保存活用*

Restoration and Preservation for the Nishida Bridge,
one of the Five Stone-Masonry Arch Bridges over the Kotuki River

長谷場 良二^{※※} 橋本 孝^{※※※} 関 晃^{※※※※} 吉原 進^{※※※※※}

By HASEBA Ryozi HASHIMOTO Takasi SEKI Akira YOSHIHARA Susumu

要旨：江戸時代の代表的な多連アーチ石橋群として知られた鹿児島市の甲突川五石橋。1993年8月6日の水害後、五石橋のうち流失を免れた3橋は、保存策についての激しい議論の末、河川改修に合わせて移設して保存することになった。このうち西田橋については、創建時の姿を基本として復元し、西田橋御門や五石橋の歴史、技術等を伝える記念館を併設するなどして、2000年4月から石橋記念公園として一般公開された。

これまでに西田橋の復元設計や移設地の整備方針などについて報告しているの、今回は、復元工事におけるアーチ石組みの計画と施工状況について報告するとともに、「移設」における保存再生について改めて考える。

1 はじめに

鹿児島市の中心を流れる^{こうつがわ}甲突川の五石橋は、江戸時代末期に城下整備の一環として、木橋から架け替え（最上流の玉江橋は新設）たもので、薩摩藩の財政改革の成功と肥後（熊本県）から招かれた名石工岩永三五郎によって架橋が実現した歴史の所産である。

（表-1）甲突川五石橋の諸元¹⁾

橋名	橋長	連	橋幅	架設年	建設費	河口距離	備考
たまえばし 玉江橋	50.7m	4連	4.0m	1849	1,560兩	5.37km	
しんかんばし 新上橋	46.8	4	4.8	1845	2,415	3.30	流失
にしだばし 西田橋	49.5	4	6.2	1846	7,127	2.83	
こうらいばし 高麗橋	54.9	4	5.4	1847	2,800	1.99	
たけのはし 武之橋	71.0	5	5.5	1848	2,400	1.32	流失

五石橋は、創建以来交通手段など社会環境の変化に対応して幾つかの改変を受け、またある時は議論の対象となりながら、現役の橋として使用されてきた。

しかしながら、1993(平5)年8月6日、市街地の約1万2千戸が浸水するなど大きな被害をもたらした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、保存策についての激しい議論の末、貴重な遺産として後世まで確実に残すため、河川改修に合わせて移設保存することになったものである²⁾。

移設は、県道橋である西田橋を県が、市道橋である玉江橋と高麗橋を鹿児島市がそれぞれ分担して行った。

移設先に決まった市街地北部の^{いなりがわ}稲荷川河口の両岸は、

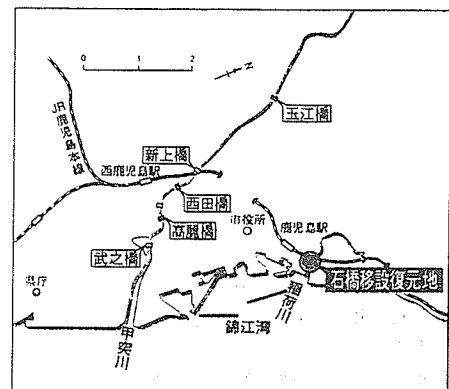
※ Keywords：石造アーチ橋、西田橋、復元施工、保存再生
※※ 正会員 鹿児島県土木部道路建設課

(〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10-1)

※※※ (財)文化財建造物保存技術協会

※※※※ 正会員 (株)協和コンサルタンツ

※※※※※ 正会員 工博 鹿児島大学工学部海洋土木工学科
(西田橋解体復元調査委員会委員長)



（図-1）甲突川五石橋と3橋の移設地

岩永三五郎が最初に架けた多連アーチの石橋・永安橋が近くにあったことから三五郎とも縁が深い土地である。

左岸の祇園之洲に高麗橋と玉江橋を、その対岸に西田橋を、周辺景観や動線等に配慮しながらそれぞれ配置して、両地区を人道橋で結ぶとともに、西田橋御門や五石橋の歴史、技術等を伝える記念館を建設するなど鹿児島市の歴史を知る場の一つとなるような環境整備を行って、2000(平12)年4月25日、石橋記念公園として開園した。

このうち、西田橋の移設については「西田橋解体復元調査委員会（後掲表-7）」の助言を得ながら進めてきたが、その成果の一部は、これまでに事前調査や解体調査の結果、さらには、石橋の復元設計と移設地の整備方針などについて報告^{3)~8)}している。

本報文では、石橋の復元工事において一番のポイントとなるアーチ石組みの計画と施工状況について報告するとともに、西田橋という土木遺産の「移設」における保存再生の考え方について私見を述べる。なお、西田橋移設復元の事業におけるデジタル情報の活用についても、今回、別に報告⁹⁾する。

2 アーチ石組みの計画と施工

解体時のアーチ基礎には、5つの基礎同士及び各基礎の上下流で最大10cmオーダーの不陸があったが、既報¹⁰⁾のとおり、その原因を特定することができず、基礎石の変位状況と橋面高さ等の関係からも創建時の計画高さを推定する明確な根拠が見出せなかったことなどから、アーチ基礎は解体前の位置関係で復元し、アーチ形状についても、解体前に倣って復元することにした。

施工については、五石橋の在来工法を伝える史料が残っていないため、他の石橋に関する数少ない史料や復元事例から考察し、さらに、西田橋の解体結果を踏まえて計画を立て、試験施工を行いながら進めることにした。

(1) 在来工法等の考察

a) 「通潤橋仕法書」¹¹⁾

計画の経緯から筆を起し、車橋地橋之事、車橋の事、石垣法事、石樋の事、漆喰の事、大石運送之事と6つの項目をたてて記述されている。

「車橋地橋之事」では、地橋(アーチ支保工)の構造について記されているが、支保工の上げ越しを行ったというような記述は無い。

「車橋の事」では、輪石(アーチ石)の加工について記した後、積み方として「輪石の折を防には築合中窪く成ぬよう、また八唐臼踏ぬ¹²⁾ふに築合を念の入るべし」と記している。

また、「石垣法事」の最後に「地橋崩しは上段の柱、中央の柱五六寸伐下、夫より双方のよふに伐下り……」と記していることから、橋全体の組積みが完了した後にアーチ支保工を切り下げ撤去したものと考えられる。

b) 「石橋架設之図」¹³⁾

長崎古今集覧名勝図絵に2枚の絵(図-2)が所収されており、背後に2連アーチの眼鏡橋が描かれていることから、袋橋又は魚市橋の架設の状況と考えられている。

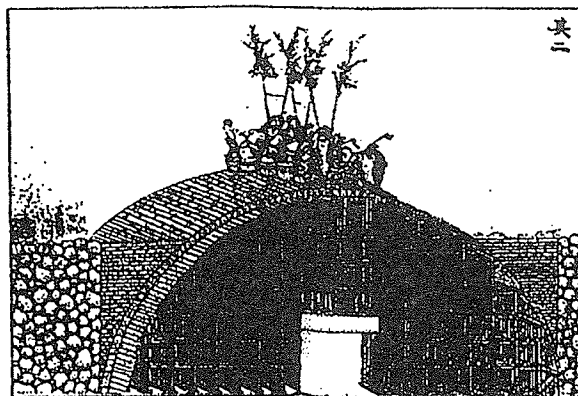
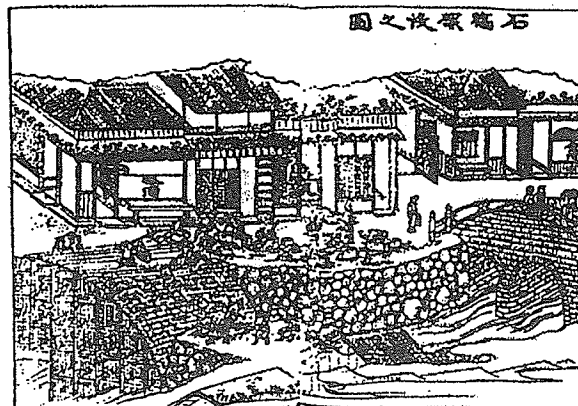
「其の一」はアーチ石を半分程まで積んでいる様子であるが、アーチ石背後だけ石垣のようなものが築かれており、五石橋の反力石¹⁴⁾のような役割を果たすものかもしれない。

「其の二」は要石を大蛸で打ち込んでいる様子であるが、壁石が全体高さの中程まで積まれている。

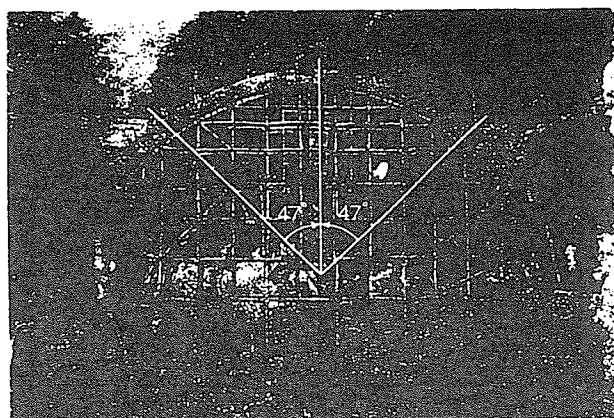
c) 武之橋の留石銘

甲突川五石橋の一つ武之橋の中央アーチの留石には、「嘉永元年申三月十八日北掛口留入 同卅十日其次留入 四月三日南掛口留入同四日其次留入 同十〇〇日中央之留入 石工尽力其功不日成矣」と銘があり、各連アーチの閉合日を知ることができる。

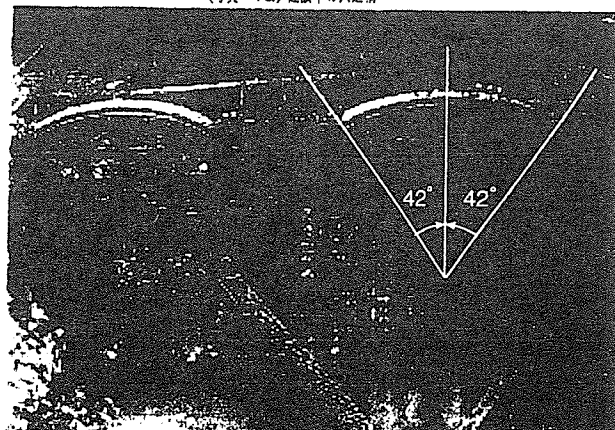
アーチ閉合日の間隔は1日から12日程度とまちまちであり、また、それぞれの着手日は不明で、石工の作業の班編成等も判らないが、アーチ閉合が、1連目～2連目～5連目～4連目～3連目という順序で行われ、全部の連を同時に行っているわけではないことが判る。



(図-2) 石橋架設之図



(写真-1a) 建設中の大返橋¹⁵⁾



(写真-1b) 建設中の轟橋¹⁵⁾

d) 大正期以降の石橋写真に見る施工状況

大分県の石橋の内、犬返橋(1924年架設)と轟橋(1933年架設)との施工途中の写真が残っているが、いずれもアーチの頂部付近に正装した工事関係者が並んで立って

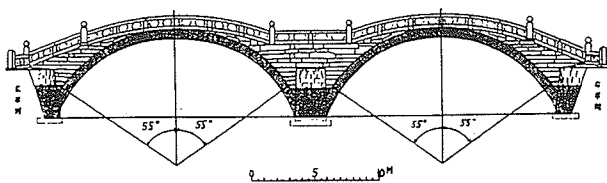
いることから、アーチ閉合後間もない時点の記念写真と思われ、アーチ組積みに合わせて壁石を施工した範囲を知ることができる。

アーチ閉合に先立つ壁石及び中詰め施工は、犬返橋がアーチ円弧の中心角で左右約47°まで、轟橋がアーチ円弧の中心角で左右約42°までである。

e) 諫早眼鏡橋復元の状況

工事報告書¹⁶⁾のアーチ組積みに関する部分を要約すると、

- ・模型実験の結果を基に、アーチ石合端の延びを勘案して、支保工を頂部で15~18cm上げ越した。
- ・壁石を下から6段目（アーチ円弧の中心角で左右55°）まで積み、中詰めを施してから、アーチの閉合を行った。



(図-3) 諫早眼鏡橋のアーチ閉合時の組積範囲

- ・アーチ軸力導入後、頂部に約30tonの石を積み重ねて、アーチを締め原寸に近い円弧とした。

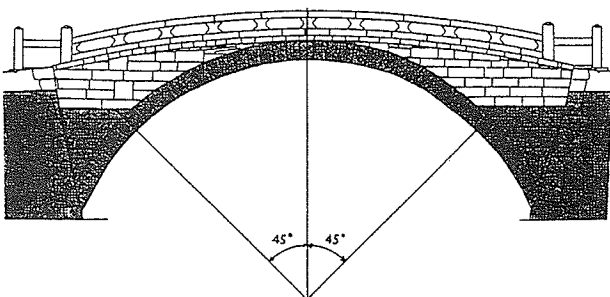
の手順となる。

なお、上げ越しについては、その量が大きいとアーチ石の下端角に段々が生じて、本来の位置関係に納まらなくなる危険性を指摘もしている。

f) 平戸の幸橋復元の状況

工事報告書¹⁷⁾によると、アーチ組積みについては、諫早眼鏡橋の事例も検討した上で、

- ・アーチ石は、合端の逃げが多く、また、接触面はヨキ仕上げされて平らであることなどから、支保工の上げ越しは行わなかった。
- ・アーチ閉合に先立つ壁石及び中詰め施工は、アーチ円弧の中心角で左右45°まで行った。
(アーチ石合端の接触状態が悪い部分にモルタル充填したが、組積み時に当該位置だけ僅かに背面の肌離れが認められたため。)



(図-4) 幸橋のアーチ閉合時の組積範囲

- ・要石は全て新材に取り替えたので、打ち込んで納める方法を採用した。
(アーチ軸力導入前後での要石の降下量は7mm(径間

15.64m)であった。)

- ・アーチ軸力導入後、頂部にアーチ石不再用材を1列載荷し、支保工肩部の根太をもう一度締め直して力が支保工にも伝わるようにして変形を防ぐ努力をした。

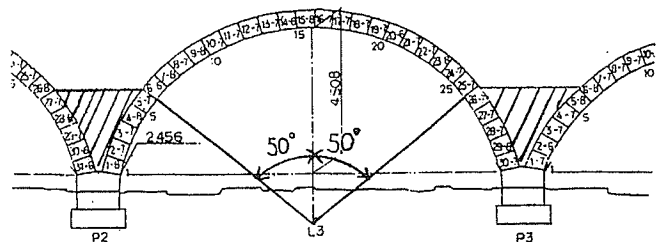
の手順で施工している。

g) a~fによる考察

アーチの形成に当たっては、要石をきつめに据え付ける(或いは打ち込んで納める)こととすれば、アーチ支保工は計画円弧に合わせて設定すればよく、「上げ越し」は復元に特有な考慮事項であるといえる。西田橋については、要石の損傷を防ぐために打ち込みを行わないこととするが、一方、諫早眼鏡橋のように10数cmも上げ越しするのでは、支保工を下げたとき本来の位置関係に納まらない危険性が高いので、さらに検討する必要がある。

なお、2つの復元事例においては、アーチ閉合後、頂部に載荷してアーチを締める工法を採用しているが、必然性までは検証できない。

次に、アーチ閉合時の変形防止のため、壁石や反力石等のある高さまで積んでいるのが分かる。西田橋の場合は、中詰め石の間詰めにかま土が使用されていた、アーチ石で下から5段目までの範囲¹⁸⁾がこれに相当すると考えられる。



(図-5) 西田橋の間詰め材がカマ土である範囲

また、アーチ支保工は、少なくとも壁石組積み完了まで存置しているが、足場としての効用よりも、アーチの変形防止としての効用が大きいといえる。

すなわち、各連の組積み順序についても、脚部の移動を止めておけば、全連のアーチ石を同時に積み上げる必要はなく、各連独立して積み上げてよいと考えられ、武之橋の留石銘が参考となる。

(2) 解体施工結果からの考察

解体による荷重除去に伴いアーチ形状が変化するが、表-2は、解体時の定点測量結果から、解体前の状態を初期値としたときの相対浮き上がり(垂直変位)量を集約して一覧にしたものである。

橋面敷石を取り外しただけでは、頂部を除き壁石等が載る部分はその拘束から殆ど動いていない。壁石、中詰め等が取り外されると全般的に動くが、その浮き上がり量には基礎地盤の弾性変位の影響も含まれると考えられることから頂部で実質数mm程度¹⁹⁾である。

また、アーチ石の浮き上がりは、アーチ軸力の減少に伴う合端部分の伸びに起因し、曲線長の伸びに言い換え

(表-2)アーチ各部の相対浮き上がり量

(単位；mm)

連	橋面敷石解体後								壁石，中詰め解体後															
	脚 部			肩 部			頂部横		頂 部		脚 部			肩 部			頂部横		頂 部					
	上流	下流	平均	上流	下流	平均	上流	下流	平均	上流	下流	平均	上流	下流	平均	上流	下流	平均	上流	下流	平均			
1	1	0	1	1	0	1	6	2	4	1	5	3	3	3	3	5	5	5	7	7	7	5	9	7
2	2	1	2	1	0	1	5	5	5	4	4	4	3	1	2	7	6	7	9	8	9	8	9	9
3	1	1	1	3	1	2	3	2	3	4	4	4	2	2	2	4	6	5	6	8	7	3	10	7
4	-1	1	0	-1	2	1	3	4	4	2	3	3	2	1	2	2	4	3	6	8	7	6	11	9

(表-3)アーチ石浮上りに伴う曲線長伸びの検証

上載荷重除去時

連	解体時の実績						支保工の設定値	
	頂部浮上量(mm)			曲線伸び量(mm)			ジャッキ	曲線伸び
	上流	下流	平均	上流	下流	平均	アップ量	量(mm)
1	5	9	7	8	14	11	5 mm	10
2	8	9	9	14	9	9	7	14
3	3	10	7	11	13	12	7	14
4	6	11	9	6	10	8	5	10

応力解放時

連	解体時の実績						支保工の設定値	
	頂部浮上量(mm)			曲線伸び量(mm)			ジャッキ	曲線伸び
	上流	下流	平均	上流	下流	平均	アップ量	量(mm)
1	17	24	21	16	17	17	8 mm	16
2	27	35	31	25	48	37	15	30
3	18	24	21	15	37	26	15	30
4	19	24	22	17	11	14	8	16

注) 応力解放時点の決定は、支保工ジャッキアップに伴う要石両側の合端の目視観測によった。

ることができる。実際、解体作業時の偏荷重の影響等は考えられるものの、ほぼ円曲線を保って変化(相関係数が0.992~0.999)していると言える。

そこで、上載荷重除去時と応力解放時との2つの段階における各測点の座標値をアーチ石腹面位置に換算して測点間の距離を計算し、完成形のそれと比較した結果を表-3左側部分に示す。

一方、アーチ支保工は、櫛型に配置した円弧状のH形鋼を用いており、中央頂部をジャッキで上下すると、アーチ脚部をヒンジとして回転しながら円の周長(曲線長)が伸び縮みする構造となっていることから、完成形のアーチ形状に合わせた支保工を中央頂部でジャッキアップして曲線伸び量がほぼ一致するように設定した結果を表-3の右側部分に示す。

このように解体施工の実績から見て、アーチ支保工の「上げ越し」は、諫早眼鏡橋に比べ1桁少ないオーダーで設定できる可能性が検証できたので、これらの値を参考に試験施工を行って決定することとした。

(3) アーチ石組みの施工

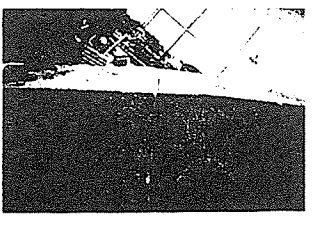
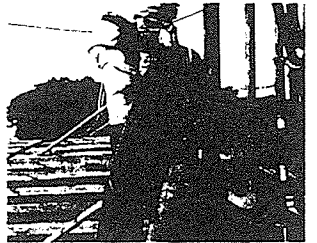
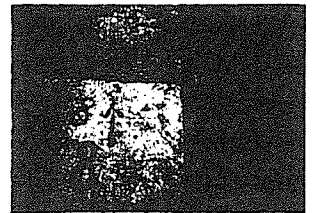
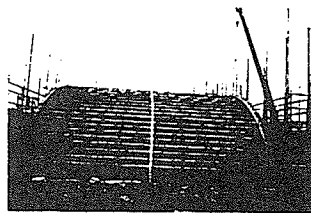
a) 施工の順序

アーチ石組み積みにあたり、石材の保全上組み直し回数を少なくするとともに、復元精度を上げる施工手順を確認するために、第4径間において試験施工を行い、その結果を踏まえて、解体時と逆の4、1、3、2径間の順に施工した。

すなわち、アーチ閉合時の支保工ジャッキダウンに伴う橋軸方向への変形等を抑制するために、アーチ石5段目の高さまでは、一次施工として全径間を並行して積み上げた。6段目以降については、二次施工として4、1、3、2径間の順番で各径間ごとに施工した。

b) 第4径間目の試験施工

- ①解体時の測量結果に基づき、上下流端部の石材位置及びセンター位置を支保工上の板材にマーキング(3次元座標)した。
- ②まず、5mmの支保工上げ越しでアーチ上下流端部の石材で仮組みを始めたところ、想定した形状とならないことが判明した。
- ③このため、ベニヤ板により石材を型取りし、これを見立てて、先に行ったマーキングに仮合せを行った。この時のベニヤ板下部と支保工角材との隙間を各アーチ石での調整厚の目安とした。



(写真-2)アーチ石組みの試験施工

④次に、これらを基にアーチ上下流端部の石材（石背面の加工面が概ね平らになっていることに着目）だけを用いて、腹面と背面の両面が隣り合う石と段差がつかないように仮組みを行い、調整材（平板）の高さ、橋軸直角方向へのズレ、橋軸方向のゆがみなどを把握した。

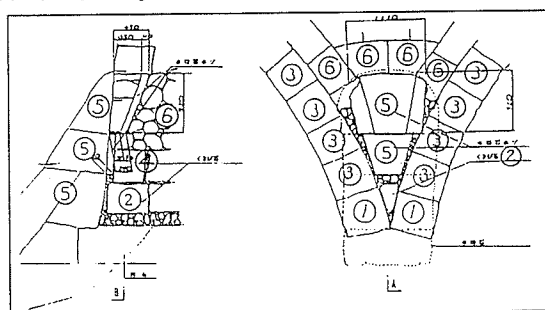
⑤その結果、支保工上げ越しは、8mmでもダメで、その約2倍15mmの設定で上手くいくことが判明した。

以上のような試験施工の結果を踏まえ、各連についても①、③、④の手順で仮組みを行うこととした。

アーチ支保工の上げ越し量（1,4径間は15mm、2,3径間30mm）は、西田橋の解体施工結果からの想定どおりとはなかった。そもそも想定の数値はアーチ石合端が拘束された状態にあるが、実際の施工においては、アーチ石の開放により合端面に微細な変化が生じ、石なりに組上げていくと角度等が微妙にずれてくるものと考えられる。

c) アーチ石組み一次施工（アーチ石5段目まで）

アーチ石と水切石、中詰めの施工手順は、端部アーチ石と水切石との微妙な位置決めをする必要があり、図一6の手順で実施した。



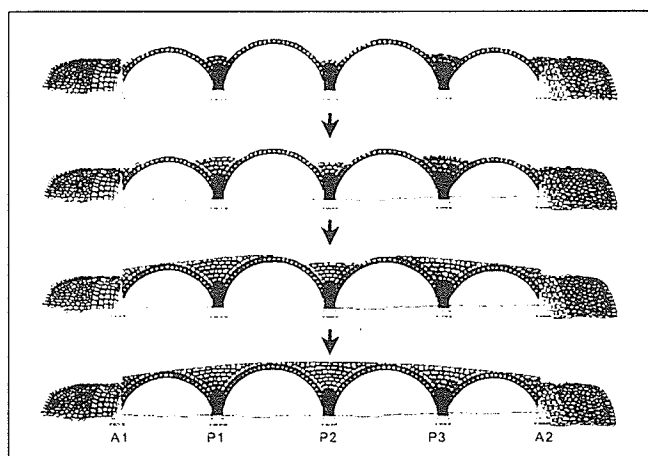
(図-6) アーチ基部の組み積み手順

d) アーチ石組み二次施工（6段目以降の据付）

6段目以降については、上下流端部の石材のみを再度仮組みし、要石の納まりを確認した。その後、解体時に付した合端やアーチ背面のマーキング、座標データを基に両側交互に一段毎に全列を据付けた。全体を据付けた後、通りを確認し調整が必要な場合は取り外して据付け直した。

e) 壁石・中詰め施工時のアーチ挙動

アーチ閉合後の壁石・中詰めの施工に当たっては、全径間並行して壁石一段を積み毎に、中詰め材を充填する計画と



(図-7) 壁石・中詰め施工手順

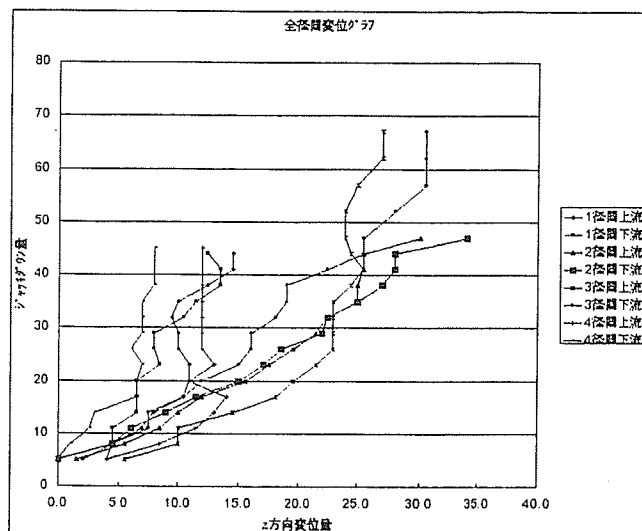
していた。しかし、一段積んだとき、各連においてアーチ肩(45°付近)が中央橋脚P2を中心に両岸側へ向かって4～5mm動いたことが確認された。

そのため、アーチ頂部に載荷することも考えたが、1,4径間の両岸アーチ肩に大型土嚢(約10トン)を載荷したところ幾らか元に戻った。これを踏まえて、先ず両岸の反力石を完全に完成させ、その後、P1・P3の壁石を二段積み、次にP2壁石を一段積んだ後、P1, P3, P2の順で各壁石一段を順次積み上げていくことにした。この作業手順の変更後は、特に大きな挙動は見られなかった。

(4) アーチの閉合と納まり

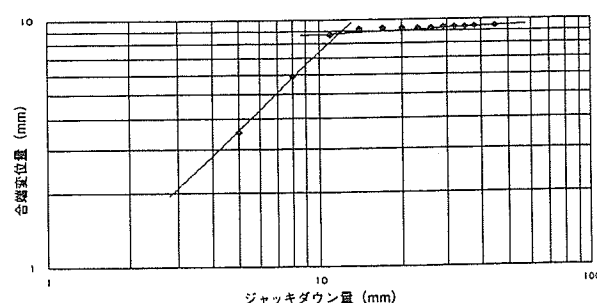
アーチ閉合に当たっての支保工のジャッキダウンは、初回が5mm、2回目以降は3mmのダウン量で行った。

図一8に示す要石の定点観測から、上げ越し量に見合うジャッキダウン量付近から変位が落ち着く傾向にあるのが分かる。



(図-8) アーチ閉合時の要石定点観測結果

また、アーチ石合端に設置した亀裂変位計による合端の収縮量をジャッキダウン量の対数目盛上にプロットしたグラフの一例が図一9である。ジャッキダウン量が上げ越し量に見合う付近から合端変位の収縮比(収縮量/ジャッキダウン量)が小さくなり、アーチに軸力が導入されていく過程に移行したものと判断される。



(図-9) 第4径間中央断面(中央石)

表－４は各段階の座標値の観測結果である。復元後と全径間閉合後との差を見ると、４、１、３、２径間の順で変位量が大きくなる傾向にあるが、これはアーチ閉合の順番となっている。すなわち、アーチ閉合後時間が経つにつれ、石同士が馴染んでくることを裏付けている。

*印は解体時に墨で設定した基準点マークが消えていたため再度設定したもので、参考程度となるが、それらを含めた復元後と解体前との比較では、アーチ高さ（Ｚ）

については１、４径間で最大７mm、２、３径間で最大１２mmの差であり、西田橋の径間１０.１２８～１１.５１５mからすると１／１０００～１／１５００の誤差である。また、ＹＺ方向を合わせた座標値（ＸＹＺ）に差は残ったが、数mm程度はどうしても測量誤差が含まれること、さらに、元々のアーチ円弧が真円でなく歪んでいること、上下流でもアーチ半径が違うこと等を考慮すると、概ね計画値に納まっていると判断できる。

（表－４）アーチ閉合後の各径間アーチ石の測量結果

径間	石 No.	①解体前測定値			②2箇所ジャッキアップ後			③復元後最終測定			②-①			③-②			③-①		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1径間（上流）	4	108.138	105.752	4.195	108.134	105.747	4.194	108.135	105.750	4.193	-0.004	-0.005	-0.001	0.001	0.003	-0.001	-0.003	-0.002	-0.002
	7	108.241	106.908	5.313	108.242	106.912	5.317	108.244	106.915	5.314	0.001	0.005	0.004	0.002	0.003	-0.003	0.003	0.008	0.001
	13	108.320	110.187	6.375	108.326	110.189	6.377	108.325	110.191	6.376	0.006	0.002	0.002	-0.001	0.002	-0.001	0.005	0.004	0.001
	17	108.285	112.156	6.016	108.284	112.158	6.013	108.282	112.161	6.013	-0.001	0.002	-0.003	-0.002	0.003	0.000	-0.003	0.005	-0.003
	20	108.182	113.608	5.256	108.180	113.611	5.250	108.178	113.613	5.250	-0.002	0.003	-0.006	-0.002	0.002	0.000	-0.004	0.005	-0.006
1径間（下流）	23	108.062	114.792	4.205	108.059	114.795	4.204	108.057	114.796	4.203	-0.003	0.003	-0.001	-0.002	0.001	-0.001	-0.005	0.004	-0.002
	4	116.002	105.768	4.192	116.006	105.763	4.195	116.005	105.769	4.188	0.004	-0.005	0.003	-0.001	0.006	-0.007	0.003	0.001	-0.004
	7	115.865	106.926	5.307	115.868	106.923	5.314	115.867	106.921	5.310	0.003	-0.003	0.007	-0.001	-0.002	-0.004	0.002	-0.005	0.003
	10	115.750	108.430	6.112	115.750	108.429	6.123	115.749	108.433	6.119	0.000	-0.001	0.011	-0.001	0.004	-0.004	-0.001	0.003	0.007
	13	115.706	110.184	6.386	115.704	110.186	6.392	115.703	110.183	6.393	-0.002	0.002	0.006	-0.001	-0.003	0.001	-0.003	-0.001	0.007
2径間（上流）	17	115.758	112.199	5.948	115.752	112.198	5.952	115.753	112.202	5.950	-0.006	-0.001	0.004	0.001	0.004	-0.002	-0.005	0.003	0.002
	20	115.857	113.632	5.21	115.850	113.634	5.217	115.850	113.633	5.205	-0.007	0.002	0.007	0.000	-0.001	-0.012	-0.007	0.001	-0.005
	23	115.997	114.782	4.201	115.998	114.780	4.200	115.999	114.784	4.197	0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.004	-0.003	0.002	0.003	-0.004
	4	108.056	116.860	4.196	108.042	116.888	4.190	108.040	116.869	4.184	-0.014	0.028	-0.006	-0.002	-0.019	-0.006	-0.016	0.009	-0.012
	7	108.161	117.949	5.491	108.149	117.954	5.493	108.148	117.955	5.487	-0.012	0.005	0.002	-0.001	0.001	-0.006	-0.013	0.006	-0.004
2径間（下流）	10	108.261	119.324	6.373	108.244	119.319	6.381	108.243	119.320	6.375	-0.017	-0.005	0.008	-0.001	0.001	-0.006	-0.018	-0.004	0.002
	13	108.332	120.633	6.965	108.318	120.636	6.971	108.317	120.638	6.966	-0.014	0.003	0.006	-0.001	0.002	-0.005	-0.015	0.005	0.001
	16	108.394	122.216	7.301	108.367	122.221	7.309	108.366	122.222	7.304	-0.027	0.005	0.008	-0.001	0.001	-0.005	-0.028	0.006	0.003
	19	108.366	123.267	7.192	108.352	123.276	7.210	108.352	123.277	7.203	-0.014	0.009	0.018	0.000	0.001	-0.007	-0.014	0.010	0.011
	22	108.324	124.755	6.783	108.311	124.761	6.799	108.311	124.761	6.795	-0.013	0.006	0.016	0.000	0.000	-0.004	-0.013	0.006	0.012
3径間（上流）	25	108.189	126.544	5.487	108.185	126.525	5.492	108.183	126.522	5.488	-0.004	-0.019	0.005	-0.002	-0.003	-0.004	-0.006	-0.022	0.001
	28	108.092	127.493	4.202	108.101	127.498	4.198	108.101	127.490	4.193	0.009	0.005	-0.004	0.000	-0.008	-0.005	0.009	-0.003	-0.009
	4	115.990	116.913	4.200	116.008	116.908	4.204	116.009	116.920	4.205	0.018	-0.005	0.004	0.001	0.012	0.001	0.019	0.007	0.005
	7	115.817	117.928	5.558	115.823	117.923	5.572	115.823	117.925	5.564	0.006	-0.005	0.014	0.000	0.002	-0.003	0.006	-0.003	0.006
	10	115.666	119.299	6.622	115.674	119.322	6.619	115.675	119.318	6.618	0.008	0.023	-0.003	0.001	-0.004	-0.001	0.009	0.019	-0.004
3径間（下流）	13	115.610	120.643	7.105	115.617	120.664	7.105	115.616	120.664	7.105	0.007	0.021	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.006	0.021	0.000
	16	115.616	122.271	7.216	115.624	122.283	7.218	115.625	122.276	7.214	0.008	0.012	0.002	0.001	-0.007	-0.004	0.009	0.005	-0.002
	19	115.616	123.754	7.173	115.624	123.754	7.172	115.627	123.750	7.176	0.008	0.000	-0.001	0.003	-0.004	0.004	0.011	-0.004	0.003
	22	115.706	125.208	6.485	115.721	125.235	6.485	115.720	125.214	6.487	0.015	0.027	0.000	-0.001	-0.021	0.002	0.014	0.006	0.002
	25	115.820	126.604	5.561	115.814	126.599	5.568	115.814	126.598	5.560	-0.006	-0.005	0.007	0.000	-0.011	-0.008	-0.006	-0.016	-0.001
4径間（上流）	28	115.964	127.660	4.198	115.960	127.666	4.204	115.961	127.666	4.206	-0.004	0.006	0.006	0.001	0.000	0.002	-0.003	0.006	0.008
	7	108.087	129.616	4.214	108.087	129.610	4.211	108.086	129.610	4.210	0.000	-0.006	-0.003	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.006	-0.004
	10	108.211	130.725	5.547	108.213	130.720	5.546	108.213	130.718	5.545	0.002	-0.005	-0.001	0.000	-0.002	-0.001	0.002	-0.007	-0.002
	13	108.351	132.556	6.811	108.356	132.550	6.815	108.354	132.550	6.814	0.005	-0.006	0.004	-0.002	0.000	-0.001	0.003	-0.006	0.003
	15	108.389	134.957	7.201	108.392	134.951	7.197	108.385	134.950	7.195	0.003	-0.005	-0.004	-0.007	-0.001	-0.002	-0.004	-0.007	-0.006
4径間（下流）	18	108.393	136.460	7.076	108.393	136.462	7.076	108.390	136.459	7.074	0.000	0.002	0.000	-0.003	-0.003	-0.002	-0.003	-0.001	-0.002
	21	108.337	137.986	6.489	108.337	137.991	6.496	108.335	137.988	6.494	0.000	0.005	0.007	-0.002	-0.003	-0.002	-0.002	0.002	0.005
	24	108.247	139.335	5.591	108.251	139.338	5.598	108.250	139.334	5.598	0.004	0.003	0.007	-0.001	-0.004	0.000	0.003	-0.001	0.007
	27	108.104	140.343	4.199	108.105	140.345	4.190	108.104	140.342	4.188	0.001	0.002	-0.009	-0.001	-0.003	-0.002	0.000	-0.001	-0.011
	4	115.971	129.640	4.199	115.976	129.647	4.202	115.977	129.651	4.203	0.005	0.007	0.003	0.001	0.004	0.001	0.006	0.011	0.004
5径間（上流）	7	115.845	130.713	5.592	115.851	130.711	5.591	115.849	130.713	5.589	0.006	-0.002	-0.001	-0.002	0.002	-0.002	0.004	0.000	-0.003
	10	115.730	132.105	6.539	115.728	132.102	6.543	115.729	132.105	6.539	-0.002	-0.003	0.004	0.001	0.003	-0.004	-0.001	0.000	0.000
	13	115.640	133.707	7.085	115.649	133.708	7.089	115.650	133.708	7.080	0.009	0.001	-0.015	0.001	0.000	0.011	0.010	0.001	-0.005
	16	115.644	135.018	7.218	115.640	135.021	7.234	115.641	135.025	7.226	-0.004	0.003	0.016	0.001	0.004	-0.006	-0.003	0.007	0.008
	18	115.662	136.522	7.091	115.663	136.519	7.073	115.664	136.521	7.086	0.001	-0.003	-0.018	0.001	0.002	0.013	0.002	-0.001	-0.005
5径間（下流）	21	115.748	138.074	6.424	115.742	138.078	6.433	115.741	138.076	6.428	-0.006	0.004	0.009	-0.001	-0.002	-0.005	-0.007	0.002	0.004
	24	115.853	139.315	5.524	115.847	139.318	5.533	115.848	139.320	5.534	-0.006	0.003	0.009	0.001	0.002	0.001	-0.005	0.005	0.010
	27	115.984	140.382	4.188	115.990	140.386	4.189	115.990	140.388	4.186	0.006	0.004	0.001	0.000	0.002	-0.003	0.006	0.006	-0.002
	4	108.098	142.650	4.199	108.103	142.654	4.196	108.102	142.651	4.194	0.005	0.004	-0.003	-0.001	-0.003	-0.002	0.004	0.001	-0.005
	7	108.225	143.861	5.249	108.234	143.865	5.246	108.232	143.864	5.249	0.009	0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.003	0.007	0.003	0.000
6径間（上流）	10	108.311	145.299	6.071	108.317	145.297	6.071	108.314	145.293	6.069	0.006	-0.002	0.000	-0.003	-0.004	-0.002	0.003	-0.006	-0.002
	13	108.329	147.032	6.292	108.333	147.036	6.297	108.333	147.031	6.298	0.004	0.004	0.005	0.000	-0.005	0.001	0.004	-0.001	0.006
	17	108.298	148.975	6.073	108.293	148.978	6.074	108.294	148.972	6.070	-0.005	0.003	0.001	0.001	-0.006	0.000	-0.004	-0.003	0.001
	20																		

3 西田橋の「移設」における保存再生

近年、「地域づくり」、「まちづくり」といったキーワードがもてはやされ、それぞれの地域の歴史・文化が見直される中で、地域の資産としての土木施設の保存活用にも目が向けられるようになってきた。

本来、土木施設は、住民の生活、安全、利便を支える基本的な社会資本として、その時の技術レベルや財政事情のもとで、より便利に、より快適にと追求した結果の実用的な仕掛けである。一方で、土木施設は、その場所の自然条件、社会条件に適合させたオーダーメイドで計画されるため、それが50年、100年の単位で存続(機能)するとき、地域のランドマークとして風景と一体となって、愛着とか郷愁とか云った感性的役割を持つことになる。

このように、元の場所を離れては意義が減ってしまうという土木施設が本来持つ性格、或いは歴史的景観という立場から見て、西田橋の「移設」における保存再生の方法はどうであったか、改めて考えてみたい。

(1) 石橋復元の時代設定

西田橋が五石橋を代表する橋として県指定有形文化財(建造物)に指定されたのは1953(昭28)年である。しかしながら、それ以前に表一5のとおり外見上も大きな改変を受けており、移設に際し、どの時代に復することが最も妥当かという議論があった。

(表一5) 西田橋の改変とその現状²⁰⁾

改変年代	改 変 内 容	解体調査結果
1877(明治10)年以前	取付きの階段が斜路に改変される。	右岸反力石上に階段石据付けの欠取り痕跡があったが、部材は発見されなかった。
1910(明治43)年	橋面縦断勾配を緩くする工事が行われる。	壁石について、嵩上げの量と範囲及び切削の範囲が現場の痕跡で特定された。
1921(大正10)年	上流側に水道管が添架される。	1990年に上下流側の添架物(水道・ガス)が撤去され、架台跡のモルタルが残る。
不詳(戦前)	橋面にコンクリート舗装が敷せられる。	コンクリート下から斜め敷きの石畳が現れた。
1944(昭和19)年頃	青銅製擬宝珠が供出され陶器製に置換えられる。	市立美術館蔵の青銅製擬宝珠が西田橋小柱の宝珠座径に合うことが確認された。
1953(昭和28)年	7個を鉄製擬宝珠に置換える。	現状は、陶器製4個、鉄製8個

一般論として、創建時の姿には、その当時の技術レベルや財政事情を反映しながら、作者(設計者)の構造的、美的意図が具現化された価値があり、また、その後の改変を経た姿には、社会環境の変化に伴って利便性や付加価値等を付与され、いわば場所の歴史を体現している価値

があると言っていることができる。しかし、移設する西田橋にとっては、継承すべき場の歴史、風景そのものの価値を確保し、高めることが「保存」をより意義あるものにすることでもあった。

西田橋は、橋面の円弧に4連の二重アーチ(外輪アーチは壁石)の円が内接するという意匠²¹⁾や内外にほとんど例がない扇積みの壁石もその扇形の中心の傾きに橋面の円弧の中心と関連を持たせる²²⁾など高度なデザイン力が現されている建造物であり、また、解体調査の結果、取付き部の階段など正確には判らない部分があるものの、概ね創建時の状況を把握できることが確認された。

このようなことから、西田橋復元の時代設定は創建時におき、その後の改変の状況等は、併設する記念館において、歴史の流れの中で実感できるような情報提供をすることで割り切りを行った。

(2) 創建時へのこだわり方

復元設計では、文化財としての価値を失わないように、保存のために必要な補修、補強などの安全対策を講ずることは当然として、オリジナルな部材や完璧な遺構が存在しない部分の設計等においては、細部にとらわれて全体的なバランスを欠き、結果として過去のどの時代にも存在しなかった姿とならぬよう留意した。

検討段階で議論された主なものを列挙すると、

- ・基礎地盤処理については、何らかの地盤改良だけで済ますか、RC床版という堅いものを挟むかで議論が分かれた。結果は、工法的により安全性の高いものが望ましいとの観点から、RC床版+上層一部SCP処理が採用され、RC床版の上に川砂を敷いて、梯子胴木などの伝統工法を再現した²³⁾。
- ・橋詰階段の設計に当たり、右岸反力石上の切欠き痕跡は下流側に向いているが、4つの切欠き全てが論理的に説明できるわけではなく、また、古い地図等現存の資料からは判断できないため、今回の復元では、橋軸直角方向として整備することとした²⁴⁾。
- ・橋面敷石は、明治の縦断改修工事で一度取り外して敷き直されているが、創建当初の並べ方を結論付ける明確な根拠はなかった。このため、解体前の部材がそのまま使える(判明した時点で対応できる)斜め敷きが望ましいと判断がなされた²⁵⁾。

そして当然、創建時の姿として外見上こだわったのが、1910(明治43)年の橋面縦断改修工事に伴う改変を元に戻す表一6に示す3つの部位であるが、ここでもオリジナルな「姿・形」と「部材」とのバランスの取り方には留意した。

(表一6) 創建時の橋面縦断へ戻す部位毎の復元内容

部 位	復 元 内 容	備考(記念館での展示等)
橋面縦断形状	・ 両岸側は、当初壁石の上端線に合わせて復する。 ・ 中央部は、古写真の単写真標定測量解析を基に半径88間(160m)の円弧に復する。	
壁 石	・ 縦断改変により削られた壁石は、新材を接着して形状を復する。 ・ 壁石は部分的な孕み出しを修正して、解体前に倣って組み立てる。	不要となる解体前の嵩上げ部材は一部を展示する。
高機据付	・ 上記縦断形状を基に中央橋脚中心を小柱位置として耳石ホゾ穴上に組み立てる。 ・ 親柱、袖柱の一部やその基礎石は残存材から形状を推定し、新材で復する。 ・ 仕口間詰め等が必要な場合は、石の色に合わせた砂漆塗を用いる。	擬宝珠は青銅製に復し、既存の陶製、鉄製は1組を展示する。

a) 壁石の嵩上げ

上流側P2橋脚部の壁石天端5石の直下に当たる石は、壁石上面を明治の改修時に削平されていたので、これを盛り足して旧状に復した。

また天端5石については、当初壁石を転用したものはあるが、改修時に削平した直下の壁石上面に合うように、上下左右の合端のうち2～3面を削り直して使用していることが判った。従って、今回盛り足して修復した

壁石上面の曲率が大きくなったので、天端5石を載せると隣り合う壁石との合端に隙間が生じる。この隙間を盛り付け補修し、さらに上部に不足分を継ぎ足すと見苦しくなり、本来の壁石の大きさに補修した意図も理解しにくくなると考えられる。そこで、壁石天端の5石を新材に取替え、旧材は新材の裏に並べて埋め込み保管することにした。

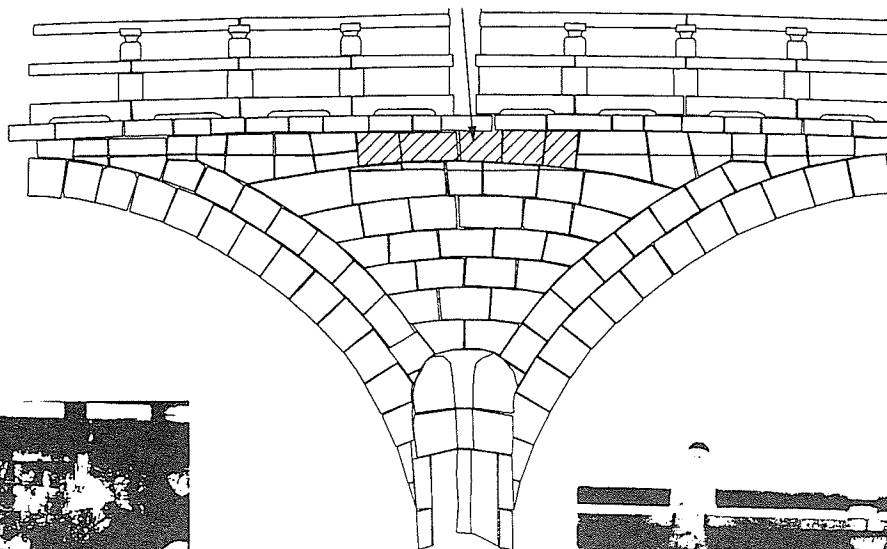
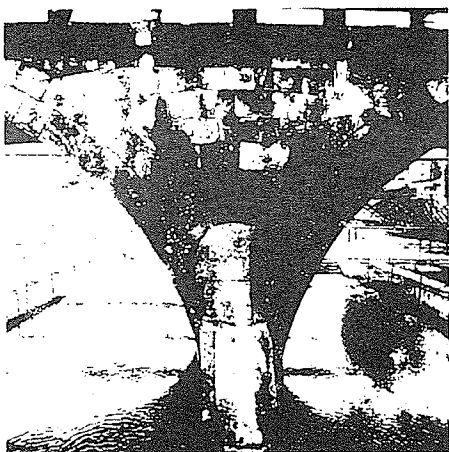


図 15.2.6



解体前



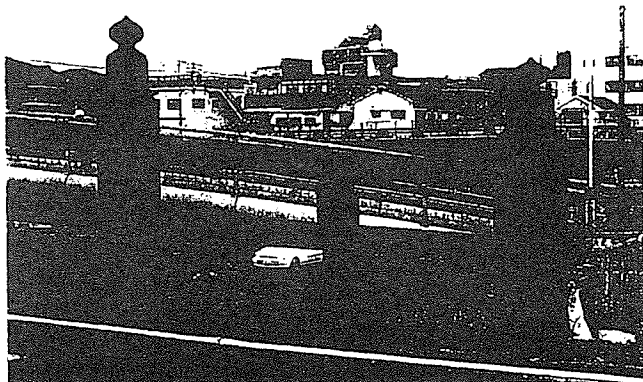
復元後

(図-10) 上流P2橋脚部壁石の復元状況

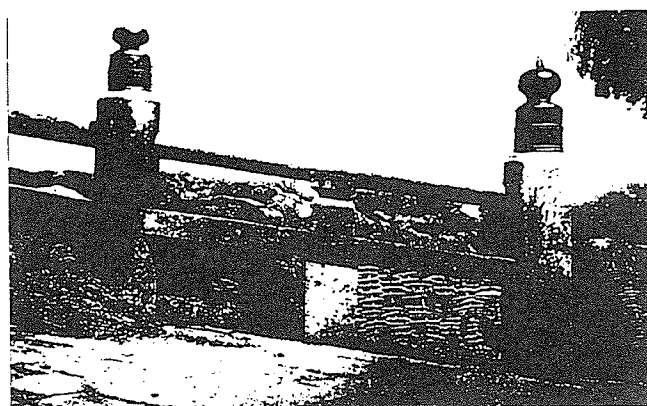
b) 高欄の据え付け

明治の改修工事の際に、両岸側では各部材の傾きや仕口を新しい勾配に合わせるために削ったりしており、創建時に戻す復元では隙間が生じるので、部材に付着しない程度で水気の少ないモルタル(セメント：砂＝1：4)や鉛板を部材表面からやや窪ませて間詰め処理した。

また、写真-3のように、改修工事で部材の通りが悪くなった箇所も多く見られたため、これを機会に直した。



(写真-3) 解体前の高欄部材の通り



(写真-4) 明治10年頃と復元後の高欄部材の通り

(3) 環境としての移設地整備

移設された西田橋は、自ずから史跡的価値を失ってしまった。創建時と同じ人道橋に戻ったとはいえ、もはや「橋」ではなく、公園の展示物であるという乱暴な言い方もある。

移設された西田橋が、今後とも文化遺産として保存・活用されていくためには、新たな価値を付加しなければならない。

西田橋の建造物としての素晴らしさについては異論はなく、復元された姿を間近に見ることで実感もできる。また、建造物そのものばかりでなく、その価値を示す多くの成果も一連の事業を通じて得ることができた。

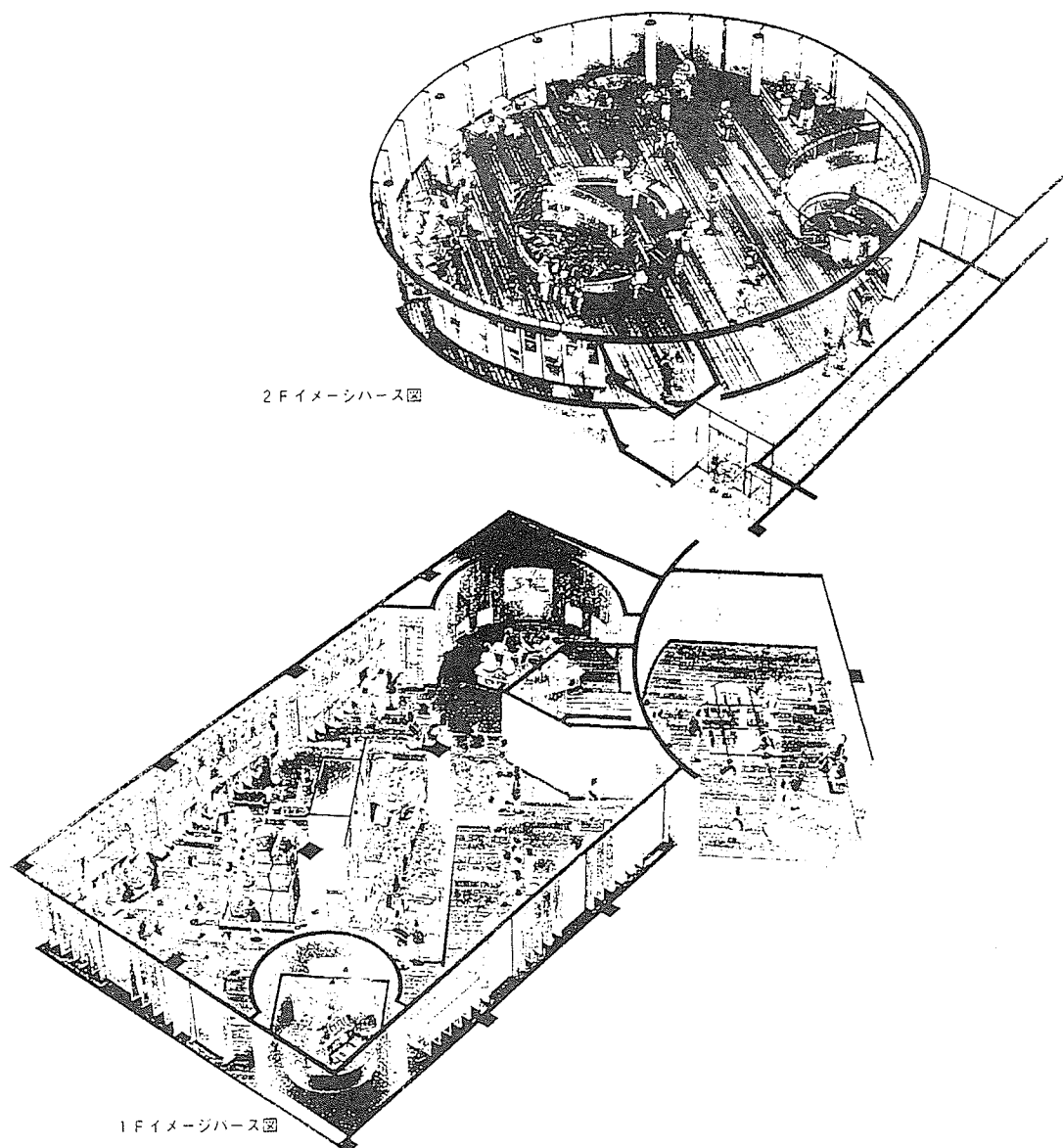
さらに、五石橋に関する歴史的、文化的情報を視覚的に伝えることで、西田橋の史跡的価値についても擬似的に体得できるのではないか。一方では、移設地の西田橋しか知らない世代や県外からの観光客に、どのような情報を伝えてゆかなければならないか。

それが、移設地における環境整備の課題であった。

限られた空間の中で圧倒的な存在感を持つ西田橋。修景は簡素なものとし、橋の下に水の流れを創るため、形状を甲突川の河道に合わせ、その中に河原としての砂洲をつくり、循環方式で水を流すこととした。また、明治初期まであった西田橋御門は、橋の性格を表す重要な施設として復元的に整備することとした。

街道風に土舗装した園路により全体を散策できるようにし、最後に、記念館を西田橋の視点場となるように配置した。

そして、記念館では、「石橋の歴史と文化」及び「石橋の技術と移設復元」という2つのテーマを設定して、ジオラマやレプリカといった立体的な展示やマルチビジョンなどの映像装置等も駆使しながら、全体から個々のテーマへと情報のレベルを整理して提供し、五石橋という文化遺産を分かり易く、客観的に紹介することに努めるとともに、観る者の心に残る館となるように心がけた。



(図-11) 石橋記念館のイメージ・ハース

4 おわりに

1993(平成5)年の8.6水害後に始まった西田橋の移設保存。石組みの仕様や石工岩永三五郎独自の工夫など多くの知見を得た上で、創建時の姿を基本に復元がなった。

今回の移設に当たっては、アーチ形状に加工したH形鋼を櫛形に配置した支保工を用い、クラウン部をジャッキにより上下してアーチ弧長を変えられる構造にするとともに、解体に先立ち実橋載荷試験を行って石橋構造特性の解析を試み、解体時の除荷や復元時の載荷に伴うアーチ変位の観測、アーチ閉合後のアーチ石合端の挙動観測、さらには写真測量の活用など「科学的」な手法を用いるよう努めた。しかし一方では、人力で加工された空積み石造物の復元が、最終的には石工の「職人技」と根気のいる作業に負うところが大きいことを改めて知らされることにもなった。

桜島を眼前に望む地に復元された西田橋。川の対岸には高麗橋、玉江橋が移築され一体的な公園となっている。開園以来、公園には人工の流れや砂洲で遊ぶ親子連れの姿が見られ、また、西田橋傍に併設された記念館は、開館7ヶ月余の12月3日には入館者10万人を突破した。鹿児島県の歴史を知る場の一つとして、県外からのツアーが定着するとともに、小中学生の体験学習の場にも活用されている。

最後に、今回の事業推進に当たって、石橋の解体復元は(財)文化財建造物保存技術協会及び(株)協和コンサルタンツに、移設地の整備計画は(財)日本緑化センターに、記念館の展示は(株)丹青社にそれぞれ業務委託を受けていただき、また、表7に示す調査委員会には通算25回(15回の小委員会を含む)にわたって委員会を開催し熱心に論議していただいた。記して感謝の意を表したい。

(表7) 西田橋解体復元調査委員会

吉原 進	(委員長) 鹿児島大学工学部教授
棚橋 由彦	長崎大学工学部教授
彦坂 照	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(元・鹿児島大学)
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
	埋蔵文化財センター保存工学研究室長
木村 勉	奈良国立文化財研究所建造物研究室長
谷口 信行	(株)谷口工業代表取締役
福村 秀徳	福村石材工業(株)代表取締役
前迫 実	前迫石材(株)代表取締役
稲田 博	鹿児島県道路公社副理事長(第6回まで)
藤崎 和久	鹿児島市助役(前任:稲寺隆、佐竹芳郎)
横田 穰二	鹿児島県土木部長(前任:横田穰二、奥田朗)
薮茂 寿太郎	(特別委員) 東京農業大学農学部教授
山下 廣幸	(特別委員) 県歴史資料センター 黎明館学芸課長

注記及び参考文献

- 1) 架設年は各石橋の留石銘。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蔵納高萬石」による。
- 2) 長谷場良二、奥田、吉原「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
- 3) 高橋洋一、迹目、長谷場、吉原「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
- 4) 菊田利男、迹目、長谷場、吉原「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
- 5) 富岡直人、迹目、長谷場、吉原「石造アーチ橋の構造と地中探査技術の応用」土木史研究第16号、1996
- 6) 長谷場良二、関、吉原「西田橋の築造技法と改変状況ー解体調査結果からー」土木史研究第17号、1997
- 7) 長谷場良二、鳥巢、吉原「石造アーチ橋・西田橋の移設復元方針」土木史研究第18号、1998
- 8) 福武毅芳、長谷場、山口、竹脇、吉原「西田橋基礎の地震応答シミュレーションー沖積地盤上の石造アーチ橋の移設計画ー」土木史研究第18号、1998
- 9) 西村正三、関、長谷場、吉原「西田橋移設復元におけるデジタル情報の活用」土木史研究第21号、2001
- 10) 前掲7)、p355
- 11) 布田保之助「通潤橋仕法書」熊本県上益城郡矢部町教育委員会編、(原本)1854頃
- 12) 「唐臼踏ぬ」とは、唐臼が手前を踏んで先の杵を跳ね上げて穀類を搗く道具なので、石の片側が跳ねないように、即ちグラグラしないように合端をよく密着させよという教えである。
- 13) 長崎古今集覧名勝図絵「石橋架設之図」、1811頃、長崎市立博物館蔵
- 14) 前掲6)、pp605~606
- 15) 岡崎文雄、高山、薬師寺(大分の石橋を考える会)「伝えたいふるさとの石橋」高山総合工業(株)、1996
- 16) 「重要文化財相模橋移築修理工事報告書」長崎県諫早市教育委員会、1961
- 17) (財)文化財建造物保存技術協会「重要文化財幸橋保存修理工事報告書」長崎県平戸市、1984
- 18) 前掲6)、p607
- 19) 前掲4)、p285「自重解析での沈下量を基に得られる上げ越し量は、0.061cm」との結果もある。
- 20) 前掲7)、p352
- 21) 前掲7)、p355
- 22) 「鹿児島県指定有形文化財(建造物)西田橋移設復元工事報告書」鹿児島県土木部、p85、2000
- 23) 前掲8)及び前掲7)、p355
- 24) 前掲7)、p356
- 25) 前掲7)、p356