知覧町矢櫃橋とアーチ部歪みの原因に関する考察

鹿児島大学　　正会員　○二宮　公紀

１．はじめに

鹿児島県の石橋は、大小あわせて 944 橋が造られ、2000 年 3 月の時点で 501 橋が現存しているとの鹿児島県の調査資料がある[1]。その大半は河川の川幅が狭いところに構築されているため、単スパンでしかもスパン長の短いものとなっている。2 連以上の石造アーチ橋は、移設復元された西田橋、高麗橋、玉江橋を含めても 1 割にも満たない。それらの中で、規模や意匠的な評価は高くないが、形状のユニークさで群を抜く存在なのが、知覧町に現存する 2 連の矢櫃（やびつ）橋である（昭和 53 年町指定文化財、同 64 年補強工事）。この橋は通常のめがね橋とは異なり、スパン長 2.6mのアーチ（以後、子アーチ）がスパン長 5.3mのアーチ（以後、親アーチ）に負いかぶさるというスパン長に極端な違いがある形状となっている。しかも、子アーチの輪石の並びによる形状は、円弧でなくいびつに歪んでいるという構造的に二重に不安定な造りとなっている（Poto.1）。

本論では、矢櫃橋の紹介とアーチの歪みの原因について、シミュレーションの結果も含めて検討する。

２．矢櫃橋について

鹿児島県薩摩半島の中位に位置する知覧町は武家屋敷や特攻基地として有名であるが、ここに石橋としては特異な形状の矢櫃橋があり、現在は一帯が公園化され観光の目玉の 1 つとして保存活用されている。全長 20.4m、幅員 2.8m の麓川に架かっているこの橋について、知覧町郷土誌[2]には次のように書かれている。

「郡河上の矢櫃ヶ岡と亀甲城跡は南北に相対している。さおを渡せば届くようにせばめられたこの河流に、素朴な眼鏡の橋が、自然の礎石の上に架けられている。無造作な構造と、大小二つの眼鏡になっている奇妙な格好は道行く人の目をひいているが、小田代の奴命（ぬめい）橋とともに、嘉永五年（1852）の永久橋架設の残石で造られたものといわれている。石工は打出口の瀬戸口某であった（森勇一談）。この橋の道は、藩政時代には多くの人馬が行きかいした。」

Poto.1　矢櫃橋（上流より）

亀甲城のすぐ北に位置し、西側には現在でも残っている武家屋敷群が控えるなど、当時は交通の要衝として重要な働きをしていることが伺える。

親アーチに子アーチが覆いかぶさるように造られているこの橋で使用されている石材は、溶結凝灰岩であり、加工しやすい石ではあるが、矩形体とは程遠い形状のものがほとんどであるし、石の寸法も不揃いとなっている。前述の文献[2]の記述に見られるように永久橋で使わなかった残石を用いており、新たな石材を切り出すなどの調達はなかったことを窺い知ることができる。しかも、表面は粗雑で仕上げ加工など行われたようではない（親アーチ側には 8 段の仕上げ加工の施された階段が取り付けられているが、これは後年の工事で新たに作られたもののようである）。人の往来が激しく、城の表玄関に位置する石橋としては、鹿児島市の西田橋（移設）が思い浮かぶが、それと比較すると余りにも簡素である。

使用されている石材の個数は、およそ 300 個。最も大きい石でも約 50cm×40cm×110cm で、重さにして 550～600kg 程度と思われる（水切りと思われる石を除く）。石材が残石であったこと、その大きさ、個数、仕上げの度合い、川幅、地形などからみて長時間を要する架設工事となったとは考えにくい。作業は農民が行った

キーワード　石造アーチ橋，構造計算，歪み

連絡先　　〒890-0065　鹿児島市郡元 1-21-40　鹿児島大学工学部情報工学科　ＴＥＬ099-285-3165

としても秋の収穫後の農閑期 1 回で充分に仕上げられたであろう。このことから、架設の時期が文献[2]では明示されてないが、永久橋架設の直後に作られた場合で嘉永 6 年（1853)、構造の検討に時間を要したとしても、翌年の安政元年（1854）には完成したものと思われる。

３．子アーチの歪みに関するシミュレーション

矢櫃橋の子アーチの歪み（Fig.1）の原因については、3 つほど考えられる。

① 設計時には歪みはなく、架設中に歪みが生じてしまった。
② 設計時には歪みがなく、架設中も歪みはなかったが、後年の補強工事で歪んでしまった。
③ 設計時から歪みがあった。

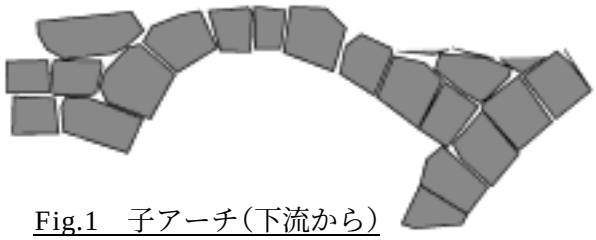

Fig.1　子アーチ（下流から）

以上、3 つのうちここでは①に関して検討している。①の要因としてアーチに対して架設中に偏った荷重が作用することで発生することが考えられる。そのため矢櫃橋をモデル化し Fig.2 に示されるように親アーチの a, b, c, d, e の要素に 10ton の載荷がされた状態でシミュレーションを行った。P 点の水平方向の移動量を Tab.1 に示す。

Tab.1　P 点の移動量（単位：cm）

載荷要素	a	b	c	d	e	(a+b+c+d+e)/5
移動量	0.001238	0.010827	0.020700	0.022882	0.015622	0.014254

子アーチのスパンは 2.6m であり、最大の移動量は無視できるくらいの 0.2mm 程度でしかないという結果が得られた。それに対して親アーチの最大移動量は 1.1mm であった。子アーチの移動量は親アーチのそれの約 5 分の 1 でしかなく、子アーチの歪みがもたらされる前に親アーチが歴然たる歪みを生じることを示している（Fig.3)。これらから、①による歪みは考えにくいと思われる。

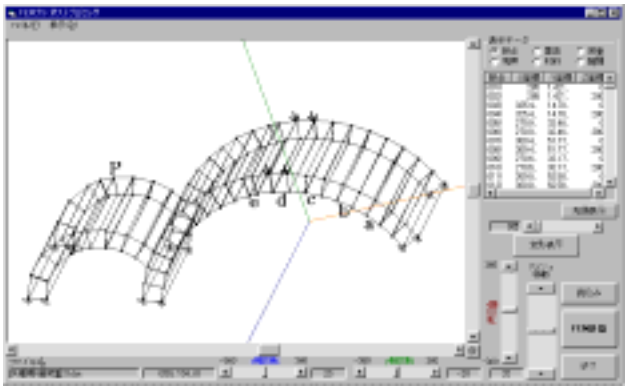

Fig.2　モデル化された矢櫃橋

４．まとめ

尖頭アーチを用いて建物を作った例は多く存在する。しかしながら矢櫃橋のように非対称な円弧をアーチの中心からずれた点で結び合わせて造られた例はほとんど見かけられない。それにも関わらず、②か③の可能性を採用することが妥当であると考えざるを得ない[3,4]。

③の場合の理由としては、麓川が左カーブして流れる中間地点に矢櫃橋を架設してされていることとも関係があると思われる。橋の断面に垂直方向から力が加わった場合、アーチ輪石は持ち上がるような挙動をする。そのため子アーチの川岸側の曲率半径を小さくして、立ち上がった形にし、洪水に対処した可能性がある。

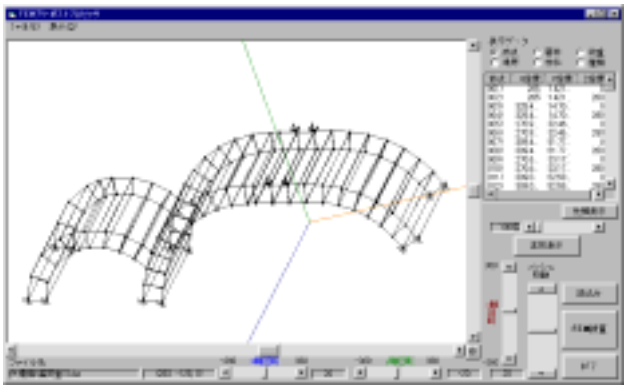

Fig.3　FEM による解析

参考文献

[1] 鹿児島県の石橋データベース　石橋記念館　2000
[2] 知覧町郷土誌編さん委員会：知覧町郷土誌　1982　780P.
[3] 二宮公紀、愛甲頼和　実測値データから想定した矢櫃橋アーチ部の歪み補正について　平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集　Vol2　2002 年 3 月　pp.A168-169
[4] 坪内雄祐、二宮公紀　測定誤差を考慮した石橋の再現シミュレーションについて　平成 14 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集　Vol2　2003 年 3 月　pp.B302-303