

アーチはどのようにして日本に伝来したか

岩手大学工学部 正会員 宮本 裕 正会員 岩崎正二 正会員 出戸秀明

How the arch bridges were introduced in Japan

by

Yutaka MIYAMOTO, Shoji IWASAKI and Hideaki DETO

Abstract

Arch bridge is one of the bridges which have long time history in the world. It is supposed that the first arch bridge was constructed in the Middle and Near East. From the Middle and Near East, arch bridge technique were transmitted to Rome, China or another country. It is sure that the arch bridge technique was transmitted from China to Japan in the Edo period.

We examine in this paper the possibility that the arch bridge technique was transmitted from China to Japan before the Edo period.

We are proposing that the transmission of the arch bridge technique should be studied with considering another cultural transmission.

【キーワード：アーチ、墳墓、日中技術交流、ローマ、中国】

1. まえがき

この研究は土木技術史の中から対象としてアーチ橋を選び、古代ローマ、中国のアーチ技術と日本のそれとの関係を説明したものである。アーチについては、ローマと中国のアーチをあつかった論文や円弧アーチを主にとりあつかった論文があるが、日本から見たアーチ技術の伝来を歴史的にまとめたものは比較的少ないようである。さらに、技術史を研究する際に大事な取り組みの姿勢を確認し、土木史研究の意義にもふれたい。

2. 技術史の意義

土木技術史を考える際、技術史そのものについてどう考えるべきかということをもまず述べたい。

技術史の意義については、ここでは2人の先人の言葉をあげることにする。

「現代は、好むと好まざるとにかかわらず、人間が生活のみならず、思考においてさえも、技術に支配される時に一步一步近づいているように思われる。今の技術万能の時代を見直すために、近代初期までの道具の時代を振り返りつつ、技術の発生と展開に始まる祖先の知恵と根底となる思想を眺めてみることは、時代の技術とそのあり方を考察するためにより示唆を与えてくれるものと思われる。」

この言葉は小山田了三『民族資料の技術史』から引用した。

今一つを引用する。

「『技術史・技術論』は決して容易な学問ではない。第1にそれは歴史である。従って歴史一般、ことに文化、社会についての歴史の理解が前提となる。第2に技術とは生産のための人間の行動の様式である。そこで現実の生産のあり方についての知識をまず必要とする。製鉄の基本原則を知らずに、製鉄史を論ずることができぬことは、自明の理であろう。

それとともに、文献をよく知りそれを読解しうる力を養わねばならぬ。近代以前の文献を読みこなす力を

もち、みずから文献を探求する力をもつことは大切である。また、外国語の文献を理解することの必要は、いうまでもない。」

これは吉田光邦『技術史・技術論』からの引用である。

これらの先人の考えに対して、著者らは技術そのものをよく知った立場の者がその方面の研究をするべきであることは論を待たないが、技術史の研究が何らかの将来の技術発展に貢献するという積極的な意義には、必ずしもこだわらないものである。およそ真理というものは、そのものだけのために存在するものであって、真理であればそれでよいものである。その真理を積極的に人間生活の改善に使えるなら結構であるが、現在には役に立たなくとも将来その価値が改めて見直される場合が人類の文化・技術史上よく見られるものである。

その例として遺伝におけるメンデルの法則をあげたい。メンデルの法則はメンデルの報告後100年たって再発見され、その生物学上の価値が見直されたものである。別の例としてドイツ中世の民衆本「ティル・オイレンシュピーゲル」は、第84話では風評に基づく裁判が放浪者・余所者に対して適用された当時の事実を述べているものであり、「噂ではやくざ者です」と証言する者が7人いれば、事実はどうであれ断罪できたという。³⁾したがって、これを社会史学の資料として現代人が使うことができる。明治や大正の新聞も当時の庶民の生活の資料として使うこともできるし、日本の文化や技術のレベルを客観的に示す資料となりうる。

したがって事実を述べていれば将来なんらかの別の価値が出てくるものであると考えたい。

しかしここでは本研究が事実を明らかにしたいという著者らの意志にもとづくものであることをことわり、土木技術史研究の意義については別の機会に改めて発表したいと考える。

3. アーチ橋の技術史

これから述べる報告では、土木技術史の中でも橋の歴史について考える。橋の歴史をあつかった著書は数多くあり、たとえばドイツ博物館資料「橋の文化史」¹⁰⁾もその1つである。またここでは橋梁全般の技術史をあつかうことは紙面の都合もあり困難なので、特にアーチについて取り上げ、ローマ時代のアーチ、中国のアーチそして日本のアーチのことを述べる。

橋は日本では土木工学の範疇に入り建築の対象ではない。しかし人類の技術史の観点から見ると、アーチ構造は橋にも使用されるが教会の天井や窓などにも多用されている。その力学原理は同じなので、アーチを志す者は土木建築全体について文献を参照する必要がある。

4. アーチの起源

古くから使われた橋の構造形式として、桁橋、片持ち梁、吊橋、アーチ橋がある。すなわちアーチの歴史は古い。石を材料として橋を架ける場合、桁橋としたら曲げを受ける結果、引張り応力を受ける部分（梁の下側）で破壊が生ずる。そのため石を使ってスパンが20m以上の長い橋を架けようとする、圧縮力が主に働くアーチ橋が唯一の架橋可能な形式となる。このため石を多く使って橋を架けたオリエント、ローマ、中国などがアーチを採用したのである。

圧縮力に対応するアーチ構造とよく似た構造に疑似アーチがある。これは本質的には片持ち構造といえるもので、真のアーチではない。

参考文献10によると、アーチの起源に関する説を3つ紹介している。

- すなわち 1) 片持式アーチが何らかの原因で崩れて結果的に圧縮力が主に作用するアーチになった(図-2)。
2) 二枚の石板を傾斜をつけてもたれ合わせる形式から発達したアーチ(図-3)
3) 天井の台石をフラットアーチのように放射状に分割しても支えられることに気がつき
アーチができた(図-4)。

これらはみな妥当な仮説であって、それらを証明する実例が世界各地で独立に発生したものであろう。

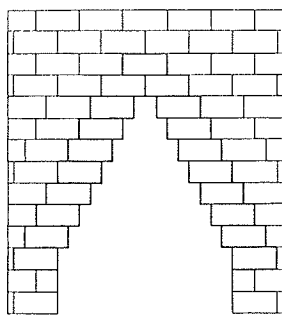


図-1 疑似アーチ
(原図: MacGregor, BRIDGES, 1980)

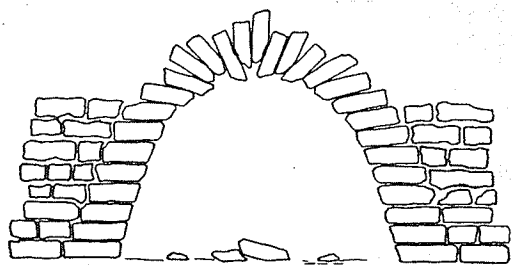


図-2 アーチ起源その1
(原図: Heinrich, 橋の文化史, 1991)

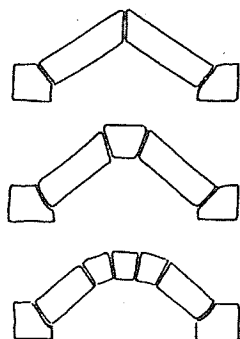


図-3 アーチ起源その2
(原図: Heinrich, 橋の文化史, 1991)

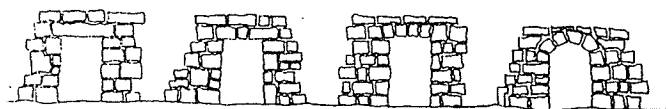


図-4 アーチ起源その3
(原図: Heinrich, 橋の文化史, 1991)

5. 世界的なアーチ技術の伝播経路

参考文献14によると、武部は「中国のアーチの技術はローマのアーチ橋の技術が東漸して来たものだ」という説を否定して「中国のアーチ橋は、広く歴史的には中央アジアに古く起こったアーチ技術の影響を受けているが、直接的にはローマのアーチの影響を受けたとは認められない」と述べている。

武部はその理由としてフルマヤーの「ローマのアーチがマッシブであるのに、中国のそれはスレンダーである」という説を紹介している。武部はさらに、アーチの切石の積み方についても、中国は並列方式と縦連方式の方式が見られるのに、ローマのアーチは縦連方式だけであることをつけ加えている。これらのことはもっともなことであると思われる。

そして、武部は900年頃に書かれたイブン・セラビヨンの地理書に、バクダードの西のサラール運河に「シナ人の橋」と名付けられた橋が架かっていたことにふれて、この時期は橋についても、技術・文化の相互交流としてとらえることを提案している。つまり中国が西方からの技術・文化の影響を受けたこともあろうし、逆に西方へ影響をあたえたこともあろう。

著者は直接的なローマから中国、あるいは中国からローマへの直接的な文化の移動があったかもしれないが、そうでない間接的な伝播もありえたと思う。すなわち、中近東において生まれたすぐれた文化が近隣の諸国へ時間の経過とともに伝播し、その国々からまた隣国へと伝搬し、最後には中国へ伝わったものもたくさんあるだろう。胡麻、胡椒、胡瓜などは西域から中国にもたらされたものとして、みな胡の字がついている。正倉院の琵琶も人から人の手を経て、国から国へと移動され最終的に日本に伝わったものである。

その中の一つがアーチである。すなわちアーチの伝播経路については、①チグリス・ユーフラテス→エトルリア→ローマの伝播と②チグリス・ユーフラテス→シルクロード（ただし、こう呼ばれる以前にすでに存在していた地域をさす）→中国の2つを考えるのが、他の文化・技術（たとえば鉄や彩紋土器など）の場合を考えても自然である。同じ技術が時間の遅れを示しながら世界中の各地に分布したことを見て、その技術が各地域においてそれぞれ独立に発見されたものとするのは不自然であろう。ちなみに鉄器が最も早く発達したのは小アジア地方（ヒッタイト）とされているが、紀元前10世紀頃には、原始的製鉄技術は、ヨーロッパ、インド、中国にも広く普及した。

北京科技大学韓教授は中国の鑄鉄生産のために必要な高熱炉の技術は、伝統的な製陶技術によるものだと説明している。ちなみに新石器時代に製陶技術がかなり発達して、合理的な窯を使って1280°Cもの高温を得ていたという。¹³⁾ また紀元前2000年の龍山文化期に、窯内の空気をコントロールして黒陶を作っていた。このようにアーチばかりでなく他の技術の伝搬してきたことも考えないといけない。

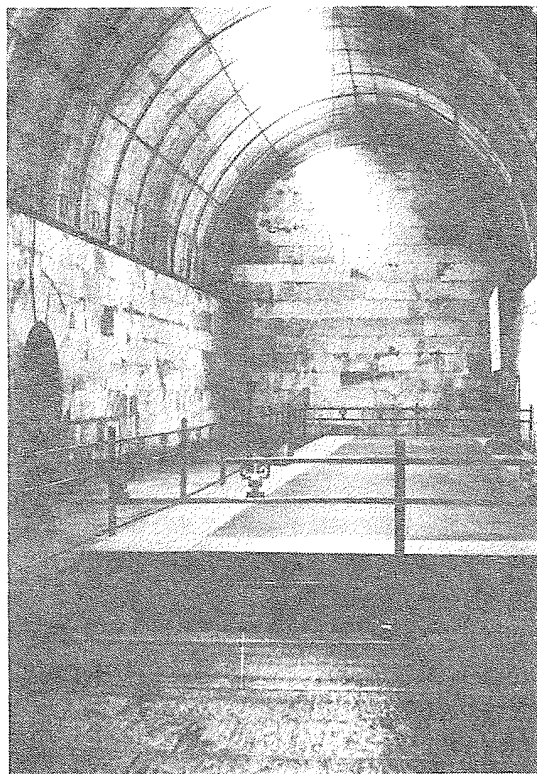


写真-1 定陵の地下宮殿（撮影：北京三連スライド製作所） 写真-2 石舞台古墳（撮影：宮本，1984）

6. 墓室アーチの伝来

北京にある明の十三陵の定陵の地下宮殿(underground palace)を見ると、そのみごとな石アーチの天井に驚かされる。日本の飛鳥の石舞台古墳はただ巨石を積んでいるだけでアーチではない。中国の石アーチの歴史は古く漢代に皇帝の陵墓は石アーチで作られていたという。玄奘三蔵ゆかりの大雁塔も磚（焼いたレンガ石）造りの塔であるが入口や窓は正しくアーチ構造を使っている。当時の仏教とその関連の文化や技術を取り入れながら、なぜか石アーチ技術は日本に残っていない。日本でアーチを構造物に取り入れたのは後に述べるように江戸時代になってからであった。文献4)によれば中国から朝鮮半島南部（百済）にまで伝わった

が、日本には伝えられたという証拠はまた発見されていない。それはなぜであろうか。アーチの製作技術は秘密とされたのだろうか、あるいは日本には木材が豊富だから木造建築は適している、石造り建築は必要ないとされ、当時の日本人が積極的にアーチ技術を取り入れなかったのだろうか。朝鮮半島の碑室墓としては6世紀頃の公州宋山里武寧王陵と公州宋山里六号墳がある。また朝鮮の石造りアーチの古例には新羅時代の仏国寺基壇の白雲橋（慶州、750年頃）がある。

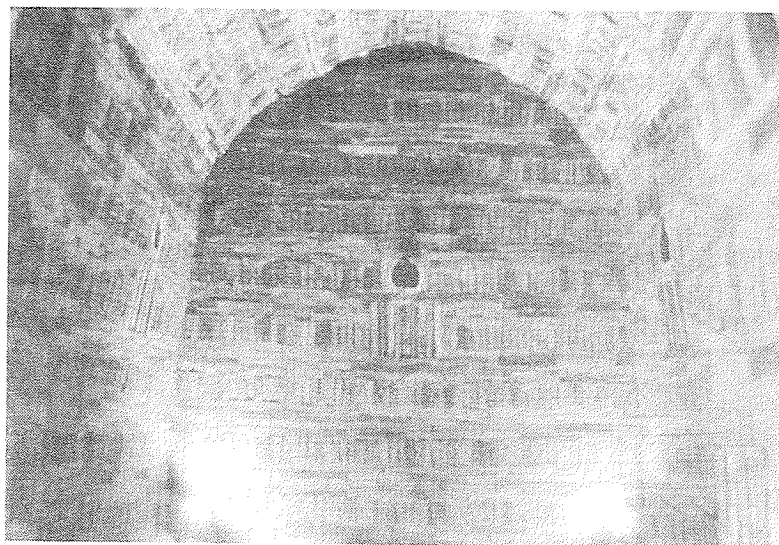


写真-3 寧王陵（撮影：韓国観光公社）

7. 趙州橋のアーチとしての特性

中国に現存する最古の石アーチ橋は河北省の石家荘にある趙州橋（正式名は安濟橋）であり、隋の大業年間（605-617）に李春により建造されたとされている。橋の本体は雄大な単孔のアーチであり、スパン37.02メートル、アーチ部分は28個の並列した切石できている。そのスパンの大きさだけではなく、注目すべきはライズが比較的低い弓形アーチ（欠円アーチ）で中心角は約60度であるが、参考文献7)によると半径 $r=27.70\text{m}$ なので半円弧全体のスパン（直径）は55.4メートルにも達する。

この橋の特徴は2つあり、1つの特徴である主アーチの上に4個の小アーチを設けていることである。これらの4つの小アーチは、通水面積を1.5%も増加させている。アーチと通路の間の部分は通常石を積み上げて空間はみだされているが、趙州橋のようにこの部分に穴をあけている橋をオープンスパンドレルアーチという。この洪水時に水を逃がす考え方は、例えばローマのファブリキウス橋¹⁰⁾に見られるものである。ファブリキウス橋ではアーチの上といっても橋台の上の部分に穴がけられているが、やはり洪水の時水を通すため橋を洪水から守っている。当時の東西の文化交流のあったことを考えると、あるいはローマのファブリキウス橋の穴をあける考え方を趙州橋に応用したのかもしれない（趙州橋の場合は橋脚の上ではなく、スパンドレルつまりアーチの上に積み上げられる煉瓦の一部に穴をあけている）。

もう1つの特徴はアーチの切石と切石の相互の結合作用を強固にするために、一対の腰鉄という蝶形の楔が埋め込まれていることである。壁石に設けられた2個ずつ計4個の水抜きアーチにもやはり同じく楔が挿入されている。現在まで中国とそれをまねた日本以外にヨーロッパなどではアーチ切石間に楔を用いる工法は発見されていない。

石造アーチの技術度を表すのにライズ比（アーチのライズ／アーチのスパン）というものがある。趙州橋はライズ比は $7.23/37.02=1/5.12$ となり5分の1以下で、1345年にフィレンツェにヴェッキオ橋が完成

するまで趙州橋のライズ比は世界最小の記録を800年近くも保持していたことになる。ただし文献7では、1567年にイタリアのフィレンツェにサンタ・トリニタ橋が完成するまで趙州橋のライズ比は世界最小の記録を保持していたと書いてある。このサンタ・トリニタ橋は弓形アーチではなく、半径の異なるいくつかの円弧を組み合わせて作られており、多心アーチあるいはその形から籠手型アーチ¹⁰⁾と呼ばれている。サンタ・トリニタ橋のライズ比は7分の1であった。ヴェッキオ橋は弓形アーチであり、そのライズ比は6.5分の1である。したがって、趙州橋の世界最小のライズ比記録を越えたものは、まずヴェッキオ橋であり、それから200年後にさらにサンタ・トリニタ橋が記録を伸ばしたのである。

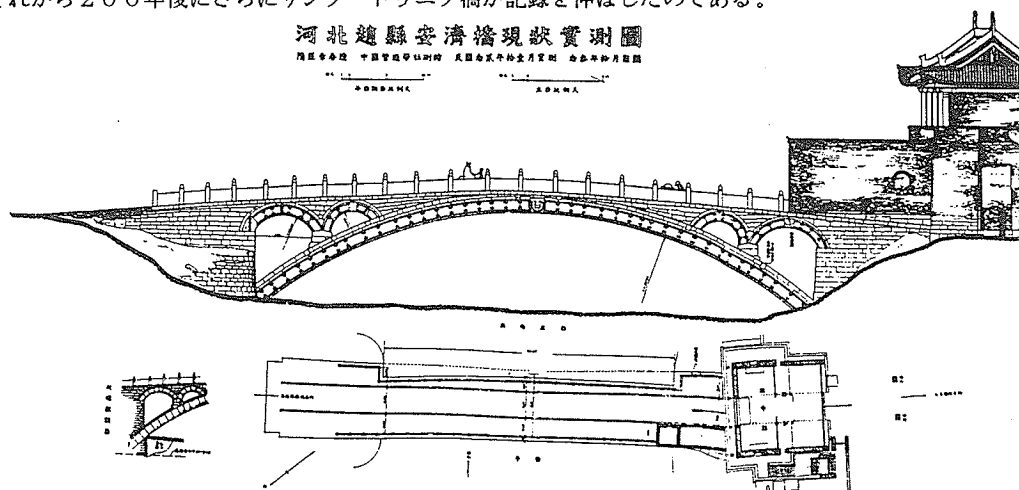


図-5 安濟橋（原図：茅以升，中国古橋技術史，1986.5）

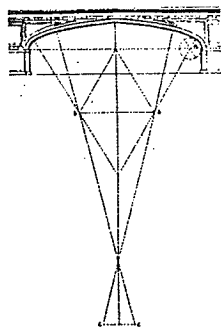


図-6 サンタ・トリニタ橋
（原図：Heinrich，橋の文化史，1991）

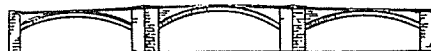


図-7 ヴェッキオ橋
（原図：Heinrich，橋の文化史，1991）

8. 中国の墓陵建築とアーチ建築

一般に早期のアーチ構造を問題にするならば、多くは地下の墓陵建築に用いられたものであり、それがのちに発展して、橋梁および防火上の要求が高い建築にまで及んだ。

木椁墓室が腐乱しやすいという欠点を克服するために、前漢中葉に煉瓦を積んで作った筒型アーチ構造の墓室が出現した。当時、接着剤となるのはわずかに黄土しかなかったから強度の点では弱く、煉瓦積みアーチ煉瓦には楔型のもの、あるいはほぞつき親子煉瓦があり、それで内部のつながりを強化している。経験のなかからアーチ煉瓦は圧力を受け止める一方だという原理がわかってから、この主の強化方式はもう再び採用されることがなくなった（前述のように中国から技術移転された日本のアーチ橋における、アーチの切

石間に見られる楔の特徴と矛盾するが、ここでは参考文献11の記述にしたがう)。筒型アーチ構造は、ずっと地下の墓室の主要構造の形式となってしまう、明清時代まで続く。明の十三陵の定陵地下宮殿、清の東陵、裕陵地下宮殿は、いずれもみな精緻堅固な筒型アーチ構造が見られる。2千年来の筒型アーチ構造の発展変化はライズが高いこと、スパンが大きいこと、石灰接着剤を使っていること、並列式が改善され、縦連式の積み方になったこと、アーチ部に“伏”と呼ばれる偏平型アーチを加え、つなぎを強化していること、に表れている。このことはまた、筒型アーチ構造の使用がもうかなりの段階まで成熟していることを物語る。唐宋以来、それは磚（レンガ）塔や橋梁にも大量に用いられてきた。軍事上、火薬の発明によって、元代から城門も木組から筒型アーチ煉瓦積みに変化し防火にも役立った。明代以降は、煉瓦製造業が発達し、防火上要求も高い建築物、たとえば蔵書楼、書類倉庫などにも煉瓦石の筒型アーチが作られ、一般にこれを無梁殿と呼んだ。¹¹⁾

筒型アーチの構造と平行して発達したのが、甲殻アーチで、およそ紀元前一世紀の前漢末に編み出され、主として、地下墓室に使われた構造である。それと筒型アーチの異なる点は、天井の荷重を左右の壁にではなく、四面の壁に均等に伝えるところにある。甲殻は、正方形または長方形の墓室に適用されている。地上の建築にこの種の構造が応用されている例は多くないが、ただ宋代以後、イスラム教が中国に伝えられてから、円甲殻の屋根が礼拝殿（モスク）の建築物に適用されている。たとえば、杭州の鳳凰寺の主殿の屋根が三つの円甲殻構造である。

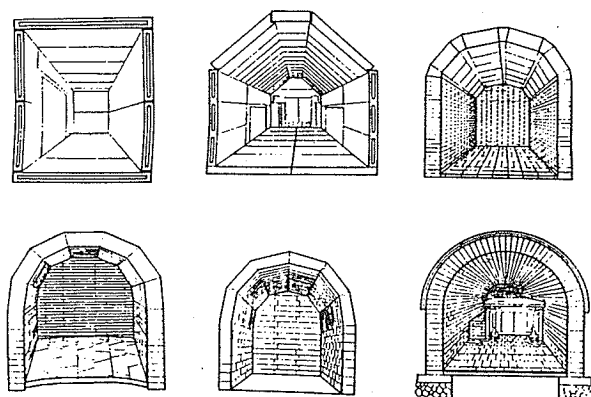


図-8 漢代アーチ墓室（原図：孫大章，中国古代建築史話，1987）

9. 江戸時代の日本のアーチ橋

日本のアーチ橋として最古の物は長崎の眼鏡橋である。また岩国の錦帯橋が最古の木造アーチである。もちろん琉球王国時代の沖縄を考えると長崎眼鏡橋より200年以上も前にアーチ構造はあった。現存する最古アーチは座喜味城にみられるアーチ形門で、1420年頃の構築と考えられている。⁶⁾しかし琉球のアーチ技術は薩摩藩などに伝わった事実はない。

1661年に明が滅亡する前に、政情不安を逃れて日本に亡命する中国人が増え、長崎はこれらの明の文化人により活気のある町となったという。1632年に黄蘗宗興福寺の2代目住職となった如定が来日している。この如定は我国最古の石造りアーチ橋眼鏡橋を架けたとされている。

太田静六は1000年以上も続いた東ローマ帝国が1452年に、オスマントルコにより滅ぼされるに先だって、首都コンスタンチノーブル（今のイスタンブール）から多くの学者や芸術家がイタリアのフィレンツェに亡命し、これらが原動力となってイタリア・ルネッサンスが開花したことを例に上げ、明も滅びる前

後に、多くの文化人や芸術家、学者らが、我国に亡命してきた時の事情が同じであることを述べ、長崎に多くの新文化がもたらされたことを解説している。当時、明から亡命してきた学者や僧侶は、概して有能な知識人が多かったので、石造りアーチ橋の設計施工は容易であったはずだし、当時は明船が常に長崎に来航しており、学者や僧侶ばかりでなく、医者を始めとする多くの技術者や職人まで来日していることにもふれている。⁶⁾したがって長崎の初期の石造りアーチ橋は、中国人の指導のもとに架けられたであろうことは妥当と考えられる。亡命してきた中国人は貿易により利益をあげる者もあり、異民族の清に支配される中国にいるよりも、平和な長崎で生活できることに感謝し、その意を表すために石橋を架けたのであらうとされている。

岩国の錦帯橋は日本最古の木造アーチであり藩主吉川広嘉の指導とされているが、最初医師として亡命し、晩年に僧となった明僧独立は「西湖志」を藩主に見せ、その中の連続アーチ橋の図が錦帯橋のモデルになったということを太田は推測している。中国には北宋末期（11世紀）のべん梁の清明節の様子を描いた絵の中に木造アーチが見られるように古くから木造アーチが使われていた。

したがって長崎の眼鏡橋も岩国の錦帯橋も中国伝来の橋と考えられる。

10. アーチ構造の変遷

現代においてアーチ系橋梁としては50m以上のスパンの場合に円弧アーチは少ない。なぜならアーチの高さが高くなり取り付け道路の盛土量が多くなるから不経済になるからである。したがってスパンを大きくしながらアーチ高さ（ライズ）を少なくすることが必要である。それには放物線が必要となる（中世のルネッサンスでは籠手型アーチが考えられたが）。放物線形アーチとしてその創始者の名前をとってランガー桁がある。ランガー桁とは桁をアーチで補剛したものである。¹⁰⁾これに対して古典的アーチは力を半円を描くアーチ部分のみに頼り、車道の役割をする桁は上からの荷重をも伝えるだけという構造になっている。外力をアーチだけが分担する古典的なアーチと、アーチ自身の分担のほかには補剛桁の助けを受ける現代のアーチとを比べると、当然現代のほうがすぐれていることがわかる。日本がこの全体構造要素で力を分担する合理的な近代アーチ構造を取り入れたのはヨーロッパからの学問を取り入れた明治以降であった。

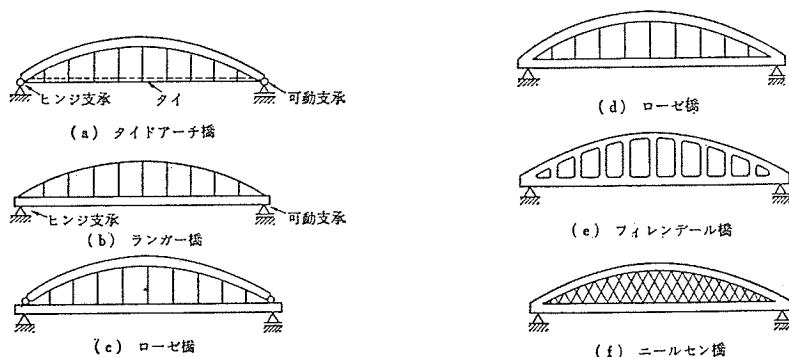


図-9 放物線アーチ（原図：渡辺昇，橋梁工学，1974）

11. 江戸時代より前に日本にアーチが伝来しなかったこと

アーチの技術が江戸時代より前に日本に一度は伝達したものの日本の風土にあわないと判断され定着しなかったのか、留学技術者や技術交流をした当時の日本の技術者がアーチ技術のすばらしさの説明を受けても日本に導入する必要性認めなかったのか、現在は不明である。たとえば醍醐味に見られるように平安時代には酪農製品も当時の日本人は嗜好品の中にいったんは加えたが、日本の食事の中で取捨選択の結果、忘れら

れ明治以降に新たに食生活に取り入れられた例もある。したがって、石アーチ橋をいったんは日本に移入してみたが、（最初に支保工を組み立ててその上にアーチ石を積んでいき最後に要石（要石）を入れこんでから支保工を取り去るという）施工の煩雑さ、背後の支持条件の必要性、石材料の入手困難さ等から日本になじまないものと判断され、アーチ建設技術は5～6世紀に無用のものとされたのかもしれない。

あるいは日本の国内事情として石は少ないが木材は豊富にある、地震に対して石構造よりは木構造のほうが丈夫であることを体験的に知って、石アーチ技術は日本になじまないと判断したのかもしれない。

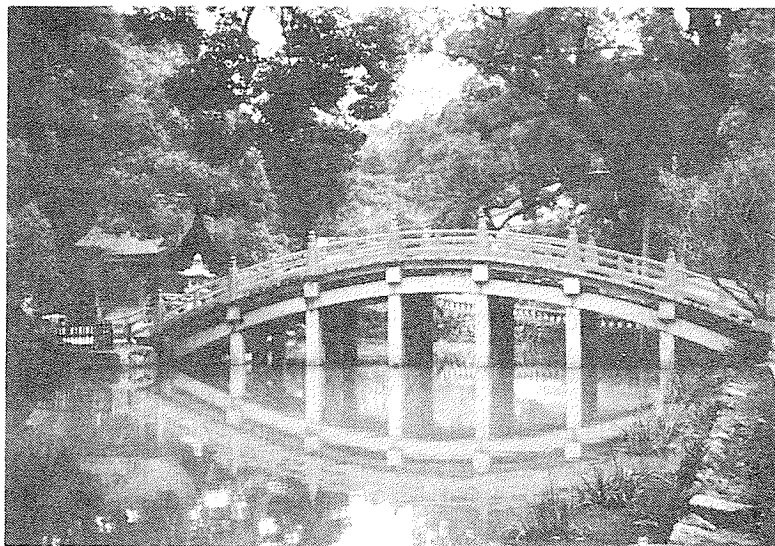


写真-4 太宰府天満宮の太鼓橋（撮影：宮本，1972）

それにしても1つくらい石アーチの例が残っていてもよさそうである。神社などによく見られる太鼓橋はアーチの軸圧縮力の構造力学を完全にすて単なる桁構造に墮落し、一見形態をとりこんだように見せた偽アーチであり、これこそはアーチの高い技術に及ばなかった日本の技術水準を裏付けるものになっている。



写真-5 大雁塔（撮影：九江電影機械工場）

また大雁塔の窓のアーチに見られるように建築の分野でも当然中国に留学して帰国した日本人は数多くいたので、窓アーチを伝えようと考えた者もいたはずである。しかし結局、石で建物や窓のある塔を作ろうと

はしなかったのであろう。遣唐使などが中国の城壁や科挙を知っていても、それを結局日本では必要がないとして受け入れなかったことと似ている。

これまでの資料から、著者は日本ではアーチ技術を中国や朝鮮から取り入れなかったと判断する。

12. まとめ

日本のアーチ建設技術が確認できるのは江戸時代の長崎眼鏡橋（石橋）と岩国錦帯橋（木橋）が最初であり、それらは中国の影響と考えられる。それ以前にアーチの技術が日本に伝来された証拠はない。しかし、これからの古墳などの発掘によって新事実がわかる可能性はないとはいえない。

技術史を研究する者の姿勢として、日本思想史研究の学問の創設に貢献した村岡典継氏の、一度「認識されたもの」を再び「認識していく」ことにより研究の客観性を保障するという研究姿勢の重要性を強調したい。¹³⁾

それはつまり、研究者としての研究資料の引用のルールとして、何を何から引用したかを明らかにすることが大事なことである。このことを示唆していただいた岩手大学人文社会科学部藤原暹教授に感謝の意を表するものである。

ここでは土木技術史を研究する上での基本的な考え方と基礎的な資料を整理した。これが著者らの研究のスタートとなるものである。

この研究で明らかになった特徴は以下の通りである。

1. 技術史の意義について著者らの考えを述べた。
2. アーチの起源を紹介し、円弧アーチ、弓形アーチ、籠手型アーチ（多中心アーチ）、放物線アーチへと発展する過程を明らかにした。
3. 歴史的・地理的にアーチの技術の広がった過程を整理・確認した。すなわち中央アジアで最初に発生したであろうアーチは、一方はエトルリア、ローマと伝達され中世から現代のヨーロッパで各種のアーチ形式が考案された。また、もう一方はシルクロードを通じて中国、朝鮮に伝わった。
4. 特に日本の立場から見て、アーチ技術がいつごろどのように移入されたかを論評した。
日本へは、江戸時代に中国からアーチ技術が伝達されたが、それ以前に古墳などでのアーチ式墓の技術は中国から朝鮮半島まで伝わって、日本には伝達された証拠はない。
現代の土木構造物としてのアーチ技術はほとんど明治以降に欧米から入ってきたものである。
5. 一度「認識されたもの」を再び「認識していく」という客観的な研究方法を使って、土木技術史を研究するという基本的な考え方を確認した。
6. アーチ技術の伝達を考えるのに際して、アーチ技術そののみを考えるのではなく、他の文化的なもの、例えば製鉄技術、彩紋土器、琵琶などの伝達と総合的に考えるべきであることを示唆した。

ここでは、主として文献に基づいて論考を行ったので、実証的裏付けが不足していることは指摘されるまでもない。今後日本において古墳や遺跡などから新事実が発見されたら、日本に飛鳥天平の頃にアーチ技術のあったことが認められるかもしれない。しかし、江戸時代に新しく中国からアーチ技術が伝来されたことは疑うことのできない事実である。

参考文献

- 1) 小山田了三：『民族資料の技術史』、東京電気大学出版局、昭和61年
- 2) 吉田光邦：『技術史・技術論』、放送大学教材、昭和61年
- 3) 阿部謹也：『中世の窓から』、朝日新聞社、昭和56年
- 4) 東広島市教育委員会：三永の石門、昭和53年

- 5) 大竹三郎：『橋をかける』、大日本図書、1985年
- 6) 太田静六：『眼鏡橋』、理工図書、昭和55年
- 7) 潘洪萱（武部健一訳）：『中国名橋物語』、技報堂、1987年
- 8) 吉田巖編：『橋のはなしⅠ・Ⅱ』、技報堂出版、1985年
- 9) 川田忠樹：『歴史の中の橋とロマン』、技報堂出版、1987年
- 10) Bert Heinrich、宮本裕・小林英信共訳、『橋の文化史』、鹿島出版会(1991.6.5)
- 11) 孫大章編：『中国古代建築史話』、中国建築工業出版社、1987年
- 12) 平凡社：『世界大百科事典』
- 13) 藤原暹編：『続日本生活思想研究』、生活思想研究会、平成2年
- 14) 武部健一、アーチは東漸したか、第9回日本土木史研究発表会論文集、1989.6
- 15) 宮本裕・出戸秀明：アーチ橋の土木技術史的考察、岩手大学工学部研究報告 第43巻(1990)