

錦帯橋との比較研究に向けた欧州木造アーチ橋に関する歴史調査*

Historical Research on European Wooden Arch Bridges for Comparative Study of Kintaikyo

本田泰寛**、渡辺浩***、小林一郎****

By Yasuhiro HONDA, Hiroshi WATANABE and Ichiro KOBAYASHI

abstract

The purpose of our research is a technical evaluation of Kintaikyo bridge for the inscription in the World Heritage List of UNESCO. One of the important evaluation points is to establish the uniqueness of the bridge mainly from the viewpoint of structure as timber bridge. In this context, this paper presents a part of comparative study of Kintaikyo bridge and some historical timber bridges in European countries.

1. はじめに

(1) 研究の背景

著者らは現在、錦帯橋のユネスコ世界文化遺産リストへの登録を目指した調査・研究を実施している。錦帯橋は世界遺産の分類の中でも、とりわけ技術遺産として高い価値を有するとみられているため、主要な評価基準である「真正性」と「完全性」に加え、橋梁としての「唯一性」（「構造の特徴」や「形式の唯一性」）を証明する必要がある¹⁾。このため、現在欧米やアジアの木橋と錦帯橋との比較研究に向けた調査を実施している。このうち、本稿では欧州の木造アーチ橋に関する調査についてまとめる。

橋梁に関して言えば、欧州には石造文化圏の国が多いため、木橋史を概観することは容易ではない。このため本研究では、欧州における木造アーチ橋発展の概略を抑えるために、アーチの出現や発展、さらに消滅に至る概略をまとめる。その上で、錦帯橋のアーチリブに着目し、同様の構造が欧州に存在した可能性について考察を加える。

2. 錦帯橋の概略

錦帯橋は山口県岩国市を流れる錦川に架かる木橋で、橋長は193.3mである²⁾。全5径間のうち、中央3径間は反橋と呼ばれるアーチ構造で（それぞれ35.1m）、柱橋と呼ばれる両側径間は桁構造（34.8m）である。反橋は5主構のアーチリブで構成されている。アーチリブは、左右それ

ぞれのアーチ基部から迫り出すように桁を組み、中央部に位置する大棟木および小棟木で連結されるような構造になっている（図-1、本稿ではこれを「錦帯橋式アーチリブ」とする）。



図-1 錦帯橋のアーチリブ側面図

3. 17世紀以前の事例

(1) トラヤヌス橋

現在、文献や資料で確認することのできる最も古い木造アーチ橋は、ローマにあるトラヤヌスの記念柱に描かれたトラヤヌス橋である（図-2）。本橋は、105年にドナウ川がルーマニアのドロベタを通過する場所に架けられ、スパンは51m、橋長は1200mを超えたものと推定されている³⁾。上部工は、3重に並置されたアーチリブが、斜材のような部材によって床版と固定される構造となっている。

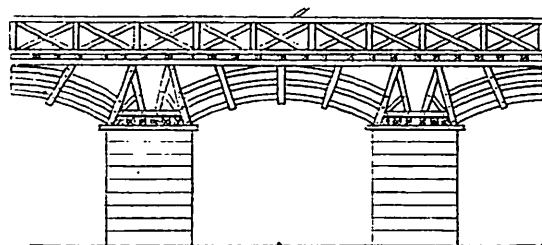


図-2 トラヤヌス橋

*Keyword 錦帯橋 欧州 木造アーチ橋

**正会員 博(工)

***正会員 工博 熊本大学大学院 教授

****正会員 博(工) 福岡大学工学部 准教授

(〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号)

(2) パラディオのトラスアーチ橋

中世イタリアの建築家パラディオは、『建築四書⁴⁾』において、自身が考案した複数の橋梁を示している。これらの橋梁はパラディアンブリッジとして欧州諸国に紹介されていた⁵⁾。この中には図-3 に示すようなトラスアーチ橋が示されている。フランスの土木技術者ゴージェは『橋梁概論⁶⁾』においてこのトラスアーチを紹介しているが、構造の説明に際しては、全体を石造のアーチ環に見立てた上で、各部材が「要石」や「迫石」とどのように対応するかを説明している。

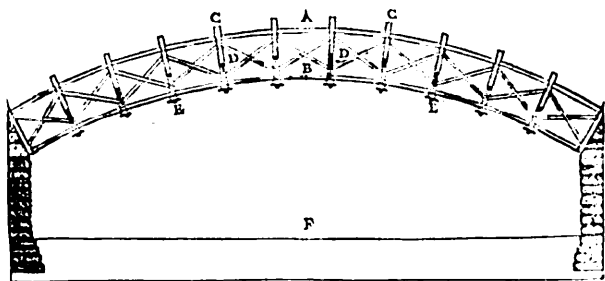


図-3 パラディオのトラスアーチ

(3) スカモッツィの屋根付橋

また、パラディオから遅れること約 50 年、同じくイタリア人の建築家スカモッツィは『普遍的建築の理念⁷⁾』において木造の屋根付橋を紹介している(図-4)。スパンおよそ 18m の中央径間にはアーチが用いられている。構造としては、橋脚付近では桁が二重になっており、さらに方杖によって補強されている。こうした特徴を見ると、本橋はアーチ橋というよりは、桁橋をアーチリブによって補強した構造に近い。

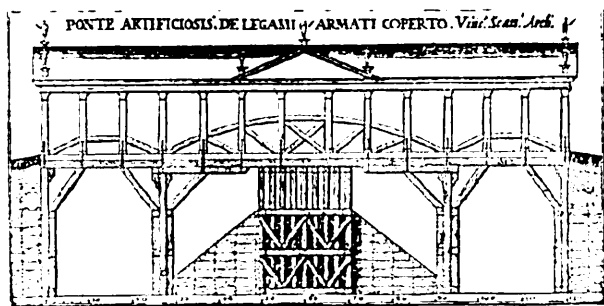


図-4 スカモッツィの屋根付橋

(4) メゾン・ラフィット橋

錦帯橋が創建された 17 世紀中に存在した木造アーチ橋としては、図-5 に示すメゾン・ラフィット橋があげられる。本橋はスパン 28m のアーチ 5 径間からなり、橋脚と橋台は石造である⁸⁾。アーチ部分には、木材で二重のアーチを組み、それらを筋交いのような部材で固定しつつ、床版を支えるような構造になっている。このようなアーチの組み方は、先に見たトラヤヌス橋に共通するものである。また、19 世紀に入っても、鉄道橋や石造アーチ橋の支保工で同



図-5 メゾン・ラフィット橋

様の構造が用いられていることから、この構造は欧州で定着していた形式のひとつであったものと考えられる。

4. 18 世紀から 19 世紀初頭の事例

(1) フランス

トリュデン地図は 1745 年から 1780 年にかけて土木局によって作成されたフランス全土の地図⁹⁾で、都市間の主要道路や河川の様子などが記録されている。全 64 巻、3000 枚以上の地図及び道路橋の図面がまとめられており、当時のフランスにおける道路橋建設の様子的一端を見ることができ少数の資料のひとつである。道路橋図面群は、地図作成時に現存していたものと、さらに当時建設予定となっていたものからなっており、全部でおよそ 1500 橋が収められている。このうちのほとんどは石造アーチ橋(一部レンガを含む)で、木橋は 82 橋、全体の 5 パーセントである。木橋の構造はすべて単純な桁橋である。これらの桁橋の構造は、スパンおよび木材の寸法に応じて大きく 3 つのパターンに分けられており¹⁰⁾、体系的な利用がなされていたことがわかる。

なお、アーチ橋は全く建設されていなかったというわけではなく、例えば 1771 年、ナントではロワール川上にスパンおよそ 40m のトラスアーチが計画されている。また、遅くとも 19 世紀初頭には図-6 に示す構造のアーチ橋が利用されるようになっていく。本橋のアーチは、角材状の木材を 4 層に重ね、その上下両端をボルト締めすることでアーチリブが形成されている。このタイプの橋梁はパリやその他の地方都市でも建設されていたことが確認できるため、当時アーチ橋を架ける際のひとつのモデルとなっていたと考えられる。

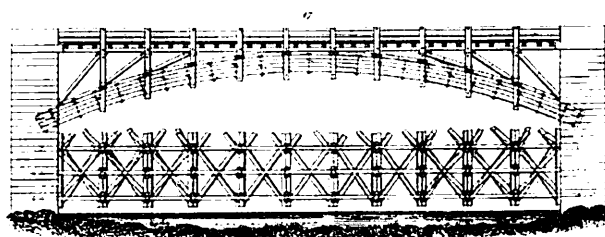


図-6 アーチ橋のモデル

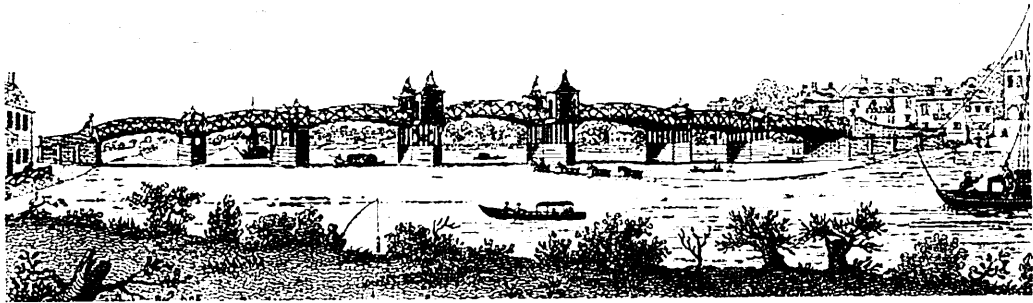


図-7 ハンプトンコート橋

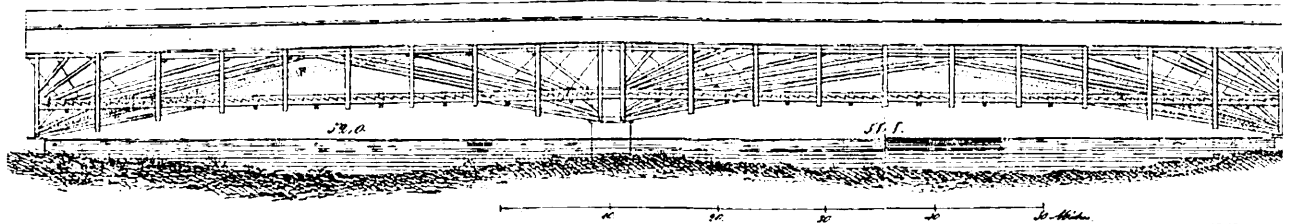


図-8 シャフハウゼン橋

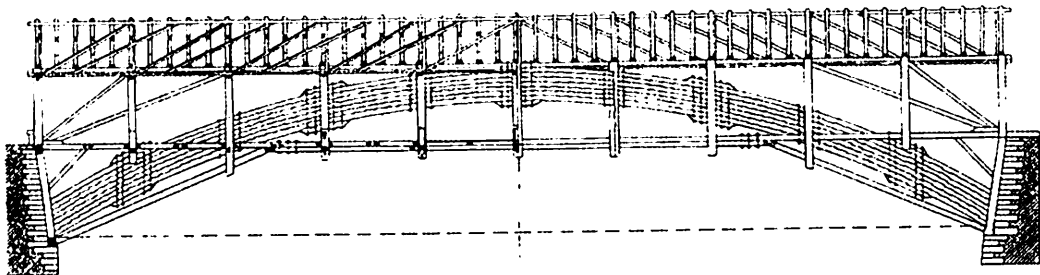


図-9 ヴェッチングゲン橋

(2) イギリス

イギリスでは通常、川幅が広い場所での架橋の場合には、単純な桁構造の橋を建設しており、構造や力学において特筆するような技術は見られなかったとされている¹¹⁾。従って、木造アーチ橋が架けられるという例はあまり多くなかったのではないかと考えられる。そうした中、1753 年に完成したハンプトンコート橋（図-7）は、橋長 150m、7 径間のアーチ構造¹²⁾を有する珍しい事例となっている。本橋は、多径間であることと、太鼓橋である点が錦帯橋と共通しているものの、トラスアーチとなっている点に違いがある。本橋は架橋から 25 年が経過した 1778 年に架け替えられるが、より単純な構造が望ましいという理由から桁橋が用いられた。

(3) スイス

ルツェルンのカペル橋やシュプロイアー橋に代表されるように、スイスでは数多くの屋根付橋が建設された。今日でも、少なくとも 200 橋を超える屋根付橋が存在している¹³⁾。また、欧州の木橋史において重要な位置を占めるのは、ヨハネスとハンス＝ウールリッヒのグルーベンマン兄弟によって建設されたシャフハウゼン橋とヴェッチングゲン橋の 2 橋である。グルーベンマン兄弟はトイフェン出身の大工で、主として教会や住宅建築を手がける傍らで、11 橋の木造アーチを建設した¹⁴⁾。

シャフハウゼン橋は 1758 年の建設当初、スパン 119m の単径間の架橋が計画されていたが、地元の架橋委員会の

意見をを受けて 2 スパン (52m、55.8m) へと変更された（図-8）。各スパンは、橋脚および橋台からスパン中央部へ向かって延びる部材で屋根を支持し、さらにその屋根から床版が吊られたような構造となっている。さらに、左右の橋台を支点としたアーチ状の部材が用いられていることも確認できる。シャフハウゼン橋は、このように複雑な構造によって 55m という大スパンが確保された。

続いて 1765 年にはヴェッチングゲン橋を建設する（図-9）。本橋はスパン 61m のアーチを有し、シャフハウゼン橋の構造と比較すると簡素な構造になっている。アーチ部分は、角材状の部材を 7 層に重ね合わせて、上下両端からボルト締めすることでアーチリブを構成している。本橋は、後に建設される屋根付橋のモデルとなり¹⁵⁾、20 世紀以降に入っても同様の構造で屋根付橋が建設された¹⁶⁾。また、橋梁概論等の文献では、殆どの場合本橋について触れられており、ヴェッチングゲン橋は欧州における木造アーチ橋技術の完成形のひとつであったと考えられる。

5. 19 世紀の事例

(1) 上路式アーチ橋の発展

19 世紀初頭になると、近代の鉄橋に近い構造の上路式アーチ橋が見られるようになる。図-10 は 1803 年にスコットランドに建設された上路式アーチ橋である。スパンは約 32m (109 フィート) で、5 列のアーチリブが並置されている。なお、パラディオのトラスアーチ橋の構造の解説

において、ゴートイエが石造アーチ橋との対比を通じていたことを先に見たが、テルフォードは本橋のスパンドル部分のフレームが、石造アーチ橋における迫石と同じ役割を果たしている、と説明している。

図-11 はドイツのヴィーベキングによって設計されたパンベルク橋（1809 年）である。本橋の場合には、スパン約 62m（208 フィート）、ライズ約（32 フィート）で¹⁷⁾、単径間の木造アーチ橋としてはかなり大規模であると考えられる。アーチリブは全部で 3 列あり、中央のリブは 3 列に並置した角材を 3 層に重ねたもの、左右両端のリブは 2 列に並置した角材を 4 層に重ねて構成されている。これは、基本的には前章で見たヴェッチングゲン橋と同様の構造になっている。外観は石造橋に見えるよう、化粧板のようなもので装飾されている。

その後、上述したタイプの橋梁は鉄によって建設されるようになっていく。また、同じ時期にフランスで登録された特許を見ると、大スパンアーチを架けるための技術として、木鉄混合のアーチやテーパー形の集成材に似た擬似アーチ¹⁸⁾などが考案されている。このように、木材自体の利用は研究が進められてはいたものの、木造アーチ橋としては目立った発展は見られない。

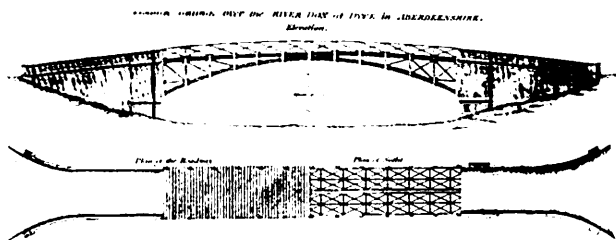


図-10 アバディーン近郊のアーチ橋

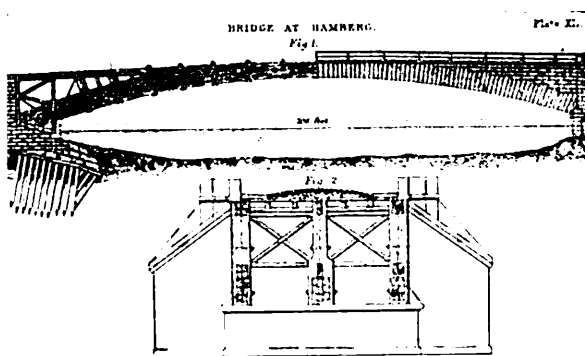


図-11 パンベルク橋

(2) 木橋の消滅

19 世紀中頃から、フランスでは木橋全般の利用が徐々に少なくなっていく。その理由のひとつはやはり耐久性であった。例えばナント市のある架橋事業では、橋種を検討した公式レポートの中で「最も安価なのは木アーチであるが、耐用年数は 25 年を超えることはないであろう¹⁹⁾」という見解が示されている。さらに、近代的な橋を架けたいという市長の意向もあって、ボロンソーが提案した鋳鉄製の上路式アーチ橋が採用された。

もう一点は経済性である。当時フランスで全国的に展開

されていた鉄道網整備では、鉄道橋を建設する場合には頻繁に木橋が利用されていた²⁰⁾。しかし 1840 年代、土木局のエンジニアであるモランディエールは木造橋より経済的な石造アーチ橋（モン・ルイ橋）を提案し、その後の鉄道橋架橋に大きな影響を与えた²¹⁾。

6. おわりに

本稿では、錦帯橋との比較研究に向けて、欧州における木造アーチ橋の歴史を概観した。本調査は現在も継続中であるため、ドイツや北米については取り上げておらず、今後の課題としたい。現時点でのまとめとしては、次のような点を上げることができる。

①欧州では、木造アーチ橋の歴史はローマ時代に建設されたトラヤヌス橋にまで遡る。その後もいくつかの木造アーチ構造が考案されている。

②18 世紀ごろのフランスではすでにアーチ橋のモデルとなるような構造が確立されていた。元々、木橋の利用自体が少なかったという背景から、ヴァリエーションが生まれにくかったのではないかと推測される。

③スイスではスパン 60m に達するような木造アーチ橋が建設される。ここで確立したアーチリブの構造は、その後 19 世紀までほぼ形を変えることなく用いられ続けた。こうした結果、錦帯橋式アーチリブに相当するような木造アーチ構造が欧州で出現することはなかったのではないかと考えられる。

参考文献・注記

- 1 岩田市：『錦帯橋国際シンポジウム報告書』、2008
- 2 岩田市：『名勝錦帯橋架替事業報告書』、2005
- 3 R. Bancila and E. Petzek : « The History of the Romanian Danube Bridges », *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, Cottbus, May 2009
- 4 A. Palladio : *Les quatre livres de l'architecture, mis en français*, 1650
- 5 J. Dupré : *Bridges - A history of the world's most famous and important spans*, p.33 Black dog & Leventhal publishers, 1997
- 6 H. Gauthier : *Traité des Ponts où il est parlé de ...*, 1765 (1716)
- 7 V. Scamozzi : *L'Idée della architettura universale*, 1615
- 8 Courtin : *Travaux des ponts et chaussées depuis 1900*, p.118, 1812
- 9 Base de données ARCHIM, <http://www.culture.gouv.fr/documentation/archim/atlasdetrudaine.htm>
- 10 E. Gauthey : *Traité de la construction des ponts Tome II*, 1806, Liège
- 11 E. Cresy : *Un encyclopedia of civil engineering, historical, theoretical and practical*, London, 1847
- 12 T. Pope : *A treatise on bridge architecture*, 1811
- 13 Werner Stadelmann : *Suisse Holzbrücken der Schweiz - ein Inventar*, Verlag Brüder Monatsblatt, 1990
- 14 J. Koller : *Die Werke der Baumeister Grubenmann, Ein Baugeschichtliche und Bautechnische Forschungsarbeit*, 1942
- 15 Accademia di Architettura : *John Soane and the wooden structure bridges of Switzerland. Architecture and the culture of technology from Palladio to the Grubenmanns*, Switzerland, 2003
- 16 前掲 13), p.188
- 17 T. Tredgold : *Elementary principles of carpentry*, 1875
- 18 « Nouveau système de pont à grande portée », Brevet d'invention de 5 ans, pris le 26 août 1826, par le Vicomte de Barès-du-Molard, chef de bataillon d'artillerie, à Valence (Drôme)
- 19 Archives municipales de Nantes, « Sur le pont projeté en remplacement du pont Maudit », le 23 mars, année 1830
- 20 F. Caron : *Histoire des chemins de fer en France Tome I*, pp.285-286, Fayard, 1997
- 21 C. Desnoyers : « Services rendus et travaux exécutés par M. Morandière, Inspecteur général des ponts et chaussées », *Annales des ponts et chaussées mémoire 5e série*, p.411, 1875