

近代におけるわが国の木造アーチ橋の変遷について*

The Historical Transition of Timber Arch Bridge in Modern Era in Japan

紅林 章央** 前田 研一*** 伊東 孝****

By Akio Kurebayashi, Ken-ichi Maeda and Takashi Ito

概要

本論文は、わが国の近代における木造アーチ橋の変遷を明らかにすることを目的としたものである。まず、近代において架設されていた木造アーチ橋の施工実績を可能な限りリストアップし、錦帯橋以外に59橋（明治以前：3橋、明治以降56橋（再架含む））の存在を明らかにした。これをもとに、①明治時代、わが国を代表する木造アーチ橋であった臥龍橋（山形県）、愛本橋（富山県）、万年橋（東京都）の3橋の構造と関与者、②国内の施工実績の約3割を占めた栃木県足尾地区に架設された橋名、③横浜市の弁天橋、山形県の基点橋など代表的4橋の概要、④架設方法とアーチリブの製作方法などについて明らかにした。

1 はじめに

海外にわが国の橋梁について紹介をする場合、構造的オリジナリティや景観の美しさから、岩国の錦帯橋は決して外すことのできないわが国を代表する橋梁である。優れた構造と景観性を兼ね備えたこの木造アーチ橋は、時代を超えて多くの人に愛されてきた。しかし、錦帯橋以外の木造アーチ橋の変遷については、今まで研究がほとんどされていないため、土木史や橋梁の専門家の間でさえ知られていない状況にある。

わが国の木造アーチ橋は、木造トラス橋など他の木造橋梁と比べ施工数が著しく少なく、また、施工時期のピークが1900年頃と時代を遡ることなどから、施工実績、構造、施工法など多くの点が不明な状況にある。

本論文は、わが国で近代に架設された木造アーチ橋（幕末に架設されていたせりもち式の木造アーチ橋と、明治以降導入された西洋式の木造アーチ橋（木材を接合しアーチリブを製作、鉛直材を立ち上げ桁・床版を支持＝現代のアーチ橋と同様の構造））について、施工実績を把握し一覧表を作成するとともに、構造や製作・架設方法など、わが国の木造アーチ橋の変遷を明らかにすることを目的としている。

2. 明治以前の木造アーチ橋

明治以前に架設された木造アーチ橋は、岩国の錦帯橋以外広く知られていない。この章では、江戸時代末、錦帯橋以外に木造アーチ橋で架設されていた3橋について述べる。

(1) 蓬萊橋

蓬萊橋は、愛媛県松山市の現在の新立橋(国道31号線)の旧橋名である。国道31号線は、松山と高松を結ぶ幹線道路で江戸時代は金毘羅道と呼ばれ、この街道が松山城の外堀の石手川を渡る地点に、本橋は架設されていた。

初代の橋は、1789年(寛政元年)、松山藩の砲術家であった宮内与八が考案し架設したものであったが、6~7年後に台風で流失し、1826年(文政9年)に再架された。この二代目の橋は絵図(図-1)が現存している。橋長32.4m、幅員4.5mで、側面にアーチリブが複数描かれトラスで補剛するなど錦帯橋と酷似しており、同橋と同様のせりもち式のアーチ橋であったことがわかる。

その後、1888年(明治21年)に西洋式の木造アーチ橋(絵図現存)での架け替えの記録が残されている。この橋は、1936年(昭和11年)に現在のRCアーチ橋に架け替えられるまで存続した。

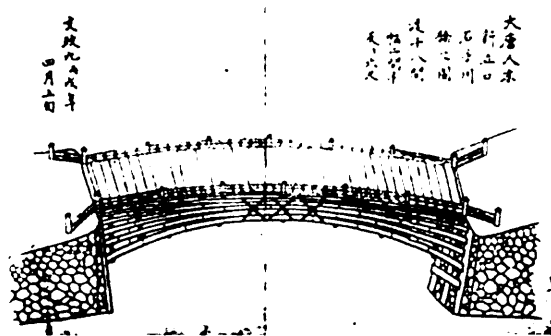


図-1 蓬萊橋¹⁾

(2) 堯音橋

堯音橋は、愛媛県松山市の現在の立花橋(国道33号線)の旧橋名である。国道33号線は、松山と高知を結ぶ幹線道路で江戸時代は土佐道と呼ばれ、この街道が石手川を渡る地点に、本橋は架設されていた。

初代の橋は、松山市法蓮寺の住職堯音が、浄財を募り、

*Keyword: 木橋、アーチ橋、橋梁史

**正会員 東京都建設局

(〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1)

***正会員 工博 首都大学東京大学院教授 都市環境学部 都市環境学科 都市基盤環境コース

****正会員 工博 日本大学教授 理工学部社会交通工学科

松山藩からも資材の提供を受け、1819年（文政2年）に完成した。堯音は、この橋の建設にあたって、大工榎垣卯兵衛を岩国に派遣し、錦帯橋の構造を学ばせた。この橋も絵図（図-2）²⁾が残されている。橋長27m、幅員5.4mのせりもち式の木造アーチ橋で、絵図にはせりもち構造が鮮明に描かれている。

その後、藩政時代に一度架け替えられ、さらに1876年（明治9年）にも木造アーチ橋で架け替えられた。この橋の設計者は、ドイツ人の Tuichen といわれており、これから西洋式のアーチ橋であったと推測される。この橋は1886年（明治19年）に流失し架け替えられた。

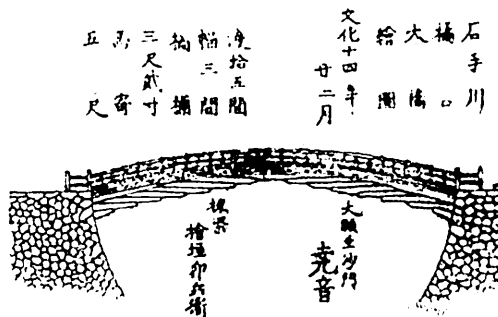


図-2 堯音橋²⁾

(3) 御幸橋

御幸橋は、宇和島市和霊神社への参道が須賀川を渡る地点に架設された、現在の神幸橋の旧橋名である。

初代の橋は、1864年（元治元年）、和霊神社の神官和田大隅守元会が浄財を募り、太鼓橋を工夫して造営したと伝えられ、橋長は現在の橋から約25mと推測される。

この橋は、その後、1886年（明治19年）と1919年（大正8年）にいずれも木造アーチ橋で架け替えられた。³⁾

江戸時代のアーチ橋については、写真や図面が残されておらず構造の確認はできないが、明治末期の写真（写真-1）と大正時代の写真が残されている。これから、アーチリブがトラスのプレストリブアーチ橋であったことがわかる。1886年（明治19年）の架け替えで導入されたとも考えられるが、このような橋梁形式は他に施工例が無いこと、鉛直材を設けない和式のアーチ橋の特徴もあること、また宇和島藩は幕末、蘭学の先進藩であったことなどを勘案すると、当初からこの形状であった可能性も否定できないと考える。



写真-1 御幸橋（絵葉書 筆者所有）

3. 明治・大正時代の木造アーチ橋

(1) 木造アーチ橋の施工数

明治時代に架設された木造アーチ橋は、「明治工業史（土木編）」⁴⁾には22橋と記載されている。このうち、弁天橋（横浜市）など7橋は橋名が記載されているものの、残り15橋については「栃木県足尾に架けられた」とあるのみで、具体的橋名の記載はない。なお、「日本道路史」⁵⁾にも、22橋と記載されているが、具体的な橋名は記載されていないことから、明治工業史を引用したものである。

今回の調査により、明治に43橋、大正に12橋、昭和に1橋（表-1、再架設含む）の計56橋の架設が確認されたが、架設数はたいへん少なかったといえる。

(2) 木造アーチ橋の施工数が少なかった理由

明治末の段階で国内の総木橋数は、135,000橋⁶⁾に上っていた。また、明治以降欧米から導入された木造トラス橋（木鉄混合）は、明治末の時点で270橋⁷⁾、鉄・鋼の道路橋も既に315橋⁸⁾も架設されていた。それに比べ、木造アーチ橋の施工数は、43橋と極端に少ない。さらに、大正期になると木造アーチ橋は架設数が減り、木造トラス橋との差は拡大することになった。

木造アーチ橋と木造トラス橋の施工数に大きな差が生じた理由としては以下のことがあげられる。

- ①木造アーチ橋は、アーチ部材を曲線に加工する必要がある。角材では曲線加工が困難なため、板を曲げその板を何枚も重ね合わせることで曲線を造りだすなど、製作に手間がかかった。
- ②木造アーチ橋は、圧縮部材であるアーチリブ全てを木材で制作するため、多くの木材が必要であった。一方、木造トラス橋は、圧縮材に木、引張り材に鉄と、素材の特性にあった材料を用いた構造（木鉄混合構造）とすることが可能であり、材料の使用量を抑えた経済的な設計が可能であった。
- ③木造アーチ橋の架設は、今日、鋼アーチ橋の架設で多く用いられる張り出し架設のケーブルエレクション工法が開発されていなかったために、総足場・総支保工法によりアーチ形状を組み立てなければならなかった。そのため、施工は困難であった。

(3) 施工地域の特徴

表-1から施工地域は、明治当初は全国各地で架設されていたものの、後期になると、栃木県日光・足尾地域に集中して架設されたことがわかる。

戦前に全国に架設された56橋のうち、栃木県内に架設されたのは21橋と約4割を占め、さらにこれらのうち、回顧橋と晩翠橋を除いた19橋が日光、足尾地域に集中しており、地域が限定された、かなり特殊な橋梁形式であったことがうかがえる。

また、高橋（武蔵御岳神社）、登龍橋（三峰神社）、渡猿橋（愛宕神社）、御幸橋（和霊神社）など社寺への参道橋が多いのも特徴で、これは、アーチ形状が太鼓橋を連想させるために用いられたからと考えられる。

表-1 明治・大正・昭和戦前の木造アーチ橋

架設年	橋名	所在地	橋長(m)	支間長(m)	幅員(m)	架替・落橋年	設計者	備 考	出展
1873	弁天橋	神奈川県横浜	17.8	10.9×3	6~7	1908	Shepherd	国内初の西洋式 工部省鉄道寮施工	(4)
1876	立花橋	愛媛県松山市	32	18	3.6	1886	Tuischen	1819年の2~3回目の再架 西洋式アーチ	(7)
1877	小旗橋	埼玉県都幾川町				1910流失			(8)
1885	境橋	岐阜県下呂市	51.6		3.6	1896流失		トラス補剛 旧金山町	(7)
1886	笹水橋	富山県富山市	109	35×3	6.1	1888流失		旧郷入村	(9)
1886	神幸橋	愛媛県宇和島市				1919		1886年の橋の架け替え 御幸橋 プレストリブアーチ	(3)(18)
1889	臥龍橋	山形県寒河江市	54.5	54.5	4.5	1915	島田貞吉	1/20模型現存 施工:本木勝次郎	(10)(18)
1889	蓬萊橋	愛媛県松山市	36	36	4.5	1936		新立橋	(1)
1891	愛本橋	富山県黒部市	64	19	4.8	1911流失	高田吉太郎	施工:佐藤組(佐藤工業) 旧宇奈月町	(12)(18)
1891	茶点橋	山形県村山市	136	34×4	5.4	1903			(13)
1893	藤橋	富山県砺波市	59	59	3.25	1907		箱形橋梁の複合構造 旧庄川町	(7)
1893	片平橋	長野県橋川村				1935		中田道	(7)
1894	小野川橋	福島県二島町	43						(4)
1897	万年橋	東京都青梅市	89	71	3.3	1907	金井彦三郎	国内最大支間長 施工:久保田多二郎	(11)
1898	高橋	東京都青梅市	37		1.8	1919		現在の御岳橋 御岳神社参道	(10)(18)
1907	船木橋	東京都大台町	約90			1903			(15)
1907	富沢橋	静岡県静岡市	67			1910		旧藤科村	(4)
1903	茶点橋	山形県村山市	153	38×4	4.5	1919		国内最大	(13)(18)
1904	中宮橋	栃木県日光市	90	45×26.7	4.5	1935	中村猪吉(計画)	施工:若原久次郎 旧藤原村	(4)(18)
1904	白雲橋	京都府京都市	18.8		3.9				(16)(18)
1905	堀野橋	大分県宇佐市				1923		トラスアーチ 旧内野	(7)
1906	中野寺西沢第一橋	栃木県日光市							(18)
1903~1906	南橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	田元橋	栃木県日光市				昭和2年		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	間藤橋	栃木県日光市				昭和13年		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	上の平橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	雲虫橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	上間藤橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	大黒橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	赤沢橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	切岸橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	砂畑橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(19)
1903~1906	馬立橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	上間藤橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	銀山平橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1903~1906	渡戸瀬水路橋	栃木県日光市				昭和初め		旧足尾町	(18)(19)
1907以前	晩翠橋	栃木県那須塩原市	81.8	10.9		1908		アーチ補強	(18)
1907	渡雲橋	東京都	約15			昭和初め		東京勲業博覧会	(18)
1909	栄橋	栃木県日光市	12.3			昭和初め			(4)
1910	松尾橋	大阪府箕面市				1916		筑面動物園	(18)
1911	藤浪橋	岐阜県飛騨市				1931		旧井岡町	(7)(18)
1911	間藤橋	栃木県日光市	58			1937			(4)(18)
1912	間藤橋	栃木県那須塩原市	39	30		1923			(18)
1913	中宮橋	栃木県日光市	90	45×26.7		1935		1904年の橋を拡充 旧藤原村	(7)(18)
1914	豊能橋	埼玉県秩父市	35			昭和初め		藤神社参道 旧大滝村	(7)(18)
1915	大瀬橋	宮崎県延岡市	16		4.9			コンクリート	(7)
1915	姫川橋	福島県下郷町	40			1932		トラスアーチ	(7)
1915	臥龍橋	山形県寒河江市	54.5	54.5	4.5	1937		1889年の橋の架け替え	(10)(18)
1916	岩谷橋	岩手県二戸市	100	6径間	3.5	1919		現橋は当時の工部省工務使用(国道4号)	(18)(20)
1917	新川橋	東京都	14.5		16.2	1923	花房周太郎	コンクリート	(21)
1919	吉川橋	東京都	15		4.5	1926		コンクリート中路式	(22)
1919	茶点橋	山形県村山市	153	38×4	4.5	1945			(13)(18)
1919	神幸橋	愛媛県宇和島市				1932		1886年の橋の架け替え 御幸橋	(3)(18)
大正初期	千石橋	和歌山県九度山町				1931流失		高野山本寺 旧同里村	(18)
大正初期	鷹渡橋	京都府京都市				1934流失		皇宮神社参道	(18)
1941	野中橋	岩手県二戸市	44	22×2	6.5			(国道4号)	(23)

(4) 施工期間の特色

施工のピークは明治後期の1900年前後で、大正時代中期の1920年代には新規の架設が見られなくなり、橋梁形式としては短命であったことがわかる。これは、大正中中期になると自動車荷重への対応のため、地方でも鋼橋が架設されるようになったことや、コンクリート橋が普及したためと考えられる。

4. 代表的3橋梁の構造比較

臥龍橋(山形県)、愛本橋(富山県)、万年橋(東京都)については、構造図、模型、写真などが残されており、構造などを把握できる。以下に3橋の構造の特徴を記す。

(1) 臥龍橋

臥龍橋は、山形県寒河江市にあり、出羽三山への参道である六十里街道(現在の国道112号)が、最上川の支流である寒河江川を渡る地点に架設されていた。

初代の橋は、1827年(文政10年)に架設された、橋長43.6m、幅員4.5mの東北随一と称えられた大規模な肘木橋で、「臥龍」という橋名は、橋の外観が、龍が臥せ

た形状に似ていることから名付けられたものである。

この橋は、1858年(安政5年)の肘木橋での架け替えを経て、1889年(明治22年)に木造アーチ橋(写真-2)に架け替えられた。この橋は、橋長54.5m、幅員4.5m、アーチライズ比1/15であった。

設計者は「寒河江市史編纂叢書」¹⁰⁾では、河北町の大工本木勝次郎としており、「東北の土木史」²¹⁾では寒河江市の宮大工鈴木源助としているが、写真からわかるように本格的な西洋式のアーチ橋であるため、地元の大工による設計は不可能であったと思われる。このため、当時山形県技師であった島田貞吉等が関与した可能性が高いと考えられる。

その後、1915年(大正4年)に、再び木造アーチ橋で架け替えられ、1937年(昭和12年)に現橋のRCアーチ橋が架設されるまで存続した。

木造アーチ橋に関する資料は、写真に加え、前述した本木家に絵図(図-3)と材料表が、県立山形工業高校には1/20の精巧な模型(写真-3)が各々保存されており、これらから橋の構造を概ね把握することができる。

この模型は、山形県寒河江土木出張所に保存されていたものを、1955年（昭和30年）頃、所長であった鈴木勝作氏が山形工業高校に寄贈²⁵⁾したもので、斜材の方向（内側から外側に向いている。1915年（大正4年）に架け替えられた橋は、外側から内側に向いている。）から、1889年（明治22年）に架設された橋と考えられる。

橋の特徴は以下のとおりである。

- ①構造は、アーチリブを石垣の中に突っ込み固定する固定アーチ橋で、アーチ沓は使用していなかった。
- ②アーチリブは4本で、1本あたり巾30cm、厚7.5cm、長9mの杉板を水平に8枚重ねて、ボルトで束ねて構成した積層構造で、総厚は60cmで、8枚の継ぎ手は1箇所集中しないようにずらして重ねていた。
- ③桁は4主桁で、巾36cm、厚さ15cmの杉板を2枚重ねて使用。
- ④鉛直材（18×15cm：櫛材）は、アーチリブを両側から挟む形で設置し、アーチリブとは上中下の3箇所ボルトによって固定。
- ⑤鉛直材の座屈防止の斜材（30×18cm）を設置。

（2）愛本橋

愛本橋は富山県宇奈月町にあり、旧北陸道（山街道）が黒部川を跨ぐ地点に架設されていた。初代の橋は、1662年（寛文2年）に加賀藩の5代藩主前田綱紀によって架設されたもので、猿橋、錦帯橋と並ぶ日本三奇橋の一つに数えられた橋長62.4m、支間長45.5mの長大肘木橋であった。江戸時代を通じ、20～30年毎に計10回の架け替えが行われていた。最後の肘木橋は1862年（文久2年）に架設された。

木造アーチ橋は、この名橋の老朽化に伴い1891年（明治24年）に架け替えられたもので、橋長64m、支間長49m、幅員4.8m、アーチライズ比1/10で総工費は10,275円で、設計者は富山県の技師高田雪太郎、施工は佐藤組（佐藤工業）であった（写真-4）。この橋については、写真に加え、高田が寄稿した工学会誌（明治26年6月号）の論文¹²⁾により、図面（図-4）や材料、工費、アーチ曲線の求め方など、橋の詳細について知ることができる。

- ①全体の構造は、アーチリブをアーチアバットに設けた鋳鉄製アーチ沓（アーチ受け）に固定。
- ②アーチリブは4本で、1本につき巾42.3cm、厚18.9cm、長6.3mの杉板を水平に4枚重ねてボルトで束ねた積層構造で、総厚は75cmであり、4枚の継ぎ手は1箇所に集中しないようにずらして重ねていた。
- ③桁は4主桁で、巾21cm、厚さ42cmの杉材を使用。
- ④鉛直材（21×42cm）は、アーチリブと桁を挟む様な形状で設置し、ボルトで固定。
- ⑤鉛直材の座屈防止の斜材（21×21cm）を設置。

（3）万年橋

万年橋は、東京都青梅市で現在の国道411号が多摩川を渡る地点に架設されていた。架設は1897年（明治30年）、橋梁の規模は橋長89m、支間長74m、幅員3.3m、アーチライズ比1/2.8で、設計者は明治中期のわが国の



写真-2 臥龍橋（絵葉書 筆者所有）

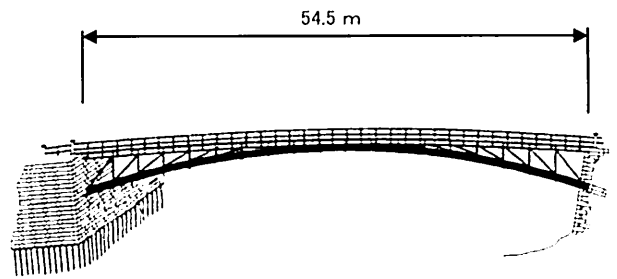


図-3 臥龍橋図面（本木家所蔵 筆者加工）

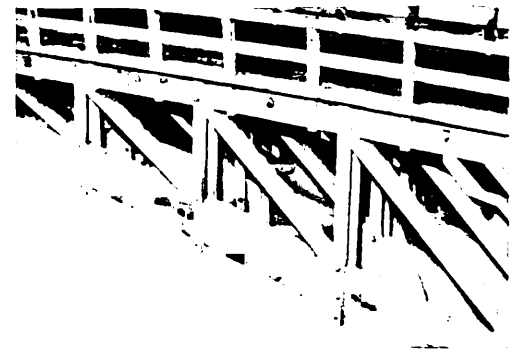


写真-3 臥龍橋模型（山形工業高校工藤教諭撮影）

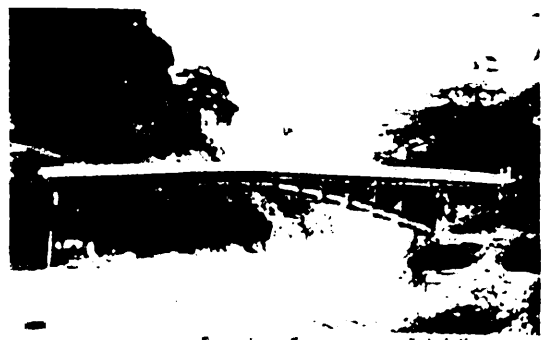


写真-4 愛本橋（絵葉書 筆者所有）

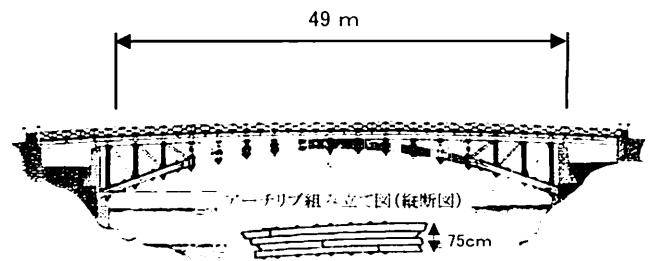


図-4 愛本橋図面¹²⁾（筆者加工）

橋梁界を代表する1人である東京府技師の金井彦三郎、施工は青梅の大工久保田多三郎であった²⁹⁾(写真-5)。

この橋は、戦前に架設されたわが国の木造アーチ橋(表-1)の中で最長支間長であるばかりでなく、1985年(昭和60年)頃から架設されるようになった現代の橋梁構造を採用した近代木橋(最長は大分市の三日月橋の65m)を含めても最長支間長の橋梁であった。

この橋も、写真以外に図面(図-5)と材料表が、施工した久保田家に残されており、詳細な構造を知ることができる。主な特徴は以下のとおりである。

- ①全体の構造は、アーチリブをアーチバット(御影石75.5×75.5×45.3cm)に設けた鉄製のアーチ脊(アーチ受け)に定着させる構造。(愛本橋と同構造)
- ②アーチリブは2本で、1本につき巾30cm、厚7.5cm、長1.8mの杉板を垂直に5枚重ねて構成した積層構造で、厚さは30cmあり、5枚の継ぎ手は1箇所集中しないようにずらし重ねていた。(臥龍橋、愛本橋は水平に重ねる)
- ③桁は4主桁。
- ④アーチリブと鉛直材などは、T型・十字型・枝型などに加工した鉄板継ぎ手を介してボルトで接合。
- ⑤座屈防止のため斜材を設置。
- ⑥アーチリブ、主桁以外は角材や板材でなく丸太を使用。

万年橋は、他の2橋に比べて支間長が長いにもかかわらず、アーチリブの断面が著しく小さく(30cm×30cm)、丸太を用いるなど造りも雑である。これは以下のような理由によるものであった。

この木造アーチ橋から鋼アーチ橋(1907年架設)への架け替えにあたって、1903年(明治36年)に東京府議会へ付議した明治37、38年度予算案の写しが残されている。これによると、「明治31年に竣工した現橋は特殊な構造の仮橋のため、腐朽破損が激しく交通上危険なため、架け替える必要がある」と記載されており、これから木造アーチ橋は、本格的な橋(鋼アーチ橋)が架設されるまでの間の仮橋であったためと考えられる。

5. 足尾の木造アーチ橋群

(1) 木造アーチ橋の建設年

前述したように、明治、大正期に栃木県内に架設された木造アーチ橋は21橋と全国の約4割を占め、さらにそのうち日光、足尾地域に19橋が集中して架設されていた。しかし、具体的な橋名は、今日不明である。

足尾鉦山は、江戸時代の元禄、正徳年間には国内有数の銅産出量を誇っていたが、江戸後期には産出量が落ち疲弊していた。それを、1877年(明治10年)古河市兵衛が買収し、近代的な銅山として再生させ、1887年(明治20年)頃には産出量は国内最大の銅山となっていた。

この時期の隆盛を伝えるものに、古河鉦山お抱え写真師の小野崎一徳が撮影した「古河足尾銅山写真帖」(1895年)²⁹⁾がある。これには10橋の橋梁写真が記載されている。内訳は、鑄鉄下路アーチ橋が1橋、木造トラス橋が6橋、木造方杖橋が2橋、そして今日も残る鍊鉄ボー



写真-5 万年橋(久保田家所蔵)

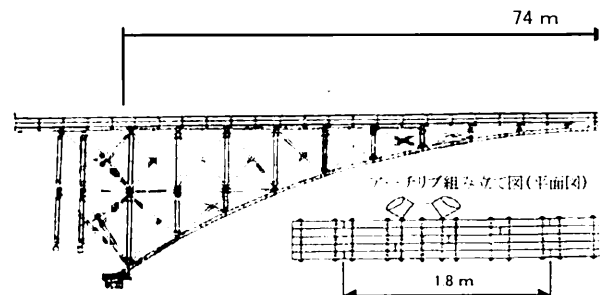


図-5 万年橋図面(久保田家所蔵 筆者加工)

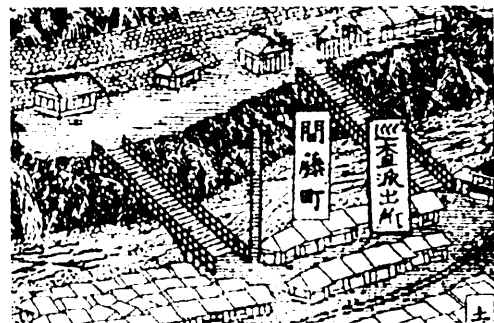


図-6 「足尾銅山全図」間藤橋付近



写真-6 上間藤橋・間藤橋(絵葉書 筆者所有)



写真-7 間藤橋木造アーチ橋起拱部跡(2008年撮影筆者)

ストリング橋の古河橋で、木造アーチ橋は1橋もない。明治のある時期、木造アーチ橋は、足尾に多数架設され、しかも足尾以外ではほとんど見ることができない、足尾を代表する特徴的な景観であったと思われる、架設されていれば、当然撮影し記載されていたと思われる。記載がないということは、写真帖が発刊された1895年(明治28年)には、木造アーチ橋が、まだ架設されていなかったのではないかと推測される。

一方、戦前、足尾鉱山を撮影した絵葉書は多数残されており、これらには、前述した鑄鉄下路アーチ橋や木造トラス橋はなく、古河橋、鋼上路式アーチ橋の渡良瀬橋の他、上路式アーチ橋が多く撮影されている。筆者が所有するこれらの絵葉書の中には、葉書表面の仕切り線が無い(1900~1909年(明治33~39年)の葉書)ものも含まれており、これから1900~1909年頃には、木造アーチ橋が架設されていたことがわかる。

1902年(明治35年)9月、足尾に大きな被害をもたらしたことから「足尾台風」と名付けられた台風が来襲し、降雨量315mmという猛烈な雨量を観測した。これによって、多数の橋が流失したとの記録が残されており、橋の再架にあたり、木造アーチ橋が架設されたのではないかと推測される。これらから、木造アーチ橋が架設されたのは、足尾台風後の1903~1909年(明治36~39年)頃と考えられる。

(2) 木造アーチ橋の橋名

1912年(大正2年)に発行された足尾銅山の鳥瞰図の「足尾銅山全図」¹⁹⁾には多くの橋が描かれている。これから、橋の概ねの形状を読み取ることができる(図-6)。この図と、絵葉書(写真-6)及び1915年(大正4年)に発行された足尾地域の地図である「足尾銅山図」を用い、木造アーチ橋名の特定を行ったのが、表-1で旧足尾町と記した間藤橋など14橋である。

鳥瞰図からは、アーチ橋が、鋼製か木造かの判別は出来ないが、鋼製であれば、今日コンクリートで巻き立て補強され使用されている渡良瀬橋のように後年も使用されたであろうこと、間藤橋の跡には木造アーチ橋の起拱部と思われる木材が残されていること(写真-7)などから、渡良瀬橋以外は、木造アーチ橋として計上した。

(3) 木造アーチ橋で建設された理由

木造アーチ橋が多く架設された理由としては、以下のような理由が考えられる。

①渡良瀬川などの度重なる水害や急流から流失を免れるためには、河川を1スパンで跨ぐ必要があり、スパン長は40m~50m必要であった。上路式トラスであると、桁高が高くなり、河積阻害が大きくなる。また溪谷部であることから下路式トラスであると支間長が長くなる。

②「足尾銅山全図」「足尾銅山図」から、この時期の足尾の橋梁の多くは、軌道を併用しており、一般の道路橋より高い剛性が必要であった。

③明治末の時点では、鋼橋は高価で、多用は経済的に困難であり、また鉄筋コンクリート橋はまだようやく国内

で実験的に架設される程度であった。

なお、これらの橋の事業者は、古河鉱山であったのか、この時期に県内に複数の木造アーチ橋を架設した栃木県であったのかは特定できなかった。

6. その他の主な木造アーチ橋

(1) 弁天橋(横浜市)

弁天橋(写真-8)は、横浜駅開業にあわせ、1873年(明治6年)に架設された、わが国最初の西洋式木造アーチ橋である。橋長は47.8m、支間割は10.9m×3、設計は工部省鉄道寮の建築副長の英国人 Charles Shepherd で、施工は鉄道寮が行った²⁰⁾。

石積み橋脚を持つ3径間の見事な西洋式のアーチ橋である。アーチリブは、臥龍橋や愛本橋と同様に板を水平方向に重ね合わせる積層構造でかなり太く、スパンドレルには斜材が設置されているのが見える。この橋は、老朽化により1908年(明治41年)に鋼ポネートラス橋に架け替えられた。

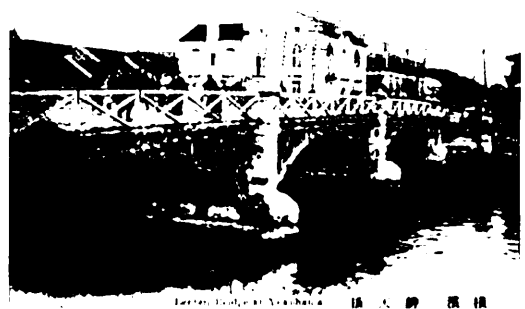


写真-8 弁天橋(絵葉書 筆者所有)

(2) 基点橋(山形県 村山市)

基点橋は、山形県村山市で、県道樽石・村山線が最上川を跨ぐ地点に架設されていた。初代の橋は、1891年(明治24年)に架設された橋長136m、支間割は34m×4という国内最長の木造アーチ橋であった¹⁹⁾。山形県では明治22年に建設時国内最長支間長の臥龍橋を架設しており、この技術が基本となって、基点橋が架設されたと推測される。

この橋は1903年(明治36年)に再架され橋長は153mとなり、これは現在にいたるも、木造アーチ橋としてわが国最長の記録となっている(写真-9)。さらに、1919年(大正8年)にも木造アーチ橋として再架された。



写真-9 基点橋(絵葉書 筆者所有)

(3) 舟木橋 (三重県 大台町)

舟木橋は、1902年(明治35年)に、三重県大台町で現在の国道42号線が、宮川を跨ぐ地点に架設された(写真-10)。しかし、わずか1年後に流失している¹⁵⁾。このように短命であったため詳細は不明であるが、この橋の後に1905年(明治38年)に木造トラス橋(レンガ橋脚)が架設され、さらに1931年(昭和6年)に、その橋脚を再利用して、現在の鋼トラス橋が架設されており、現在の橋から木造アーチ橋の橋長は約70m程度と推測される。これから、舟木橋は、青梅市の万年橋に匹敵する、国内最大規模の木造アーチ橋であったと考えられる。



写真-10 舟木橋(大台町役場所蔵)

(4) 岩谷橋(岩手県 二戸市)

岩谷橋は、1916年(大正5年)に、岩手県二戸市内で現在の国道4号線(奥州街道)が、白鳥川を渡る地点に架設された、6径間、橋長100mの大規模な木造アーチ橋であった(写真-11)。この橋は、1888年(明治21年)に架設された木造方杖橋を架け替えたもので、石積みの橋脚は再使用された。

この橋について、岩手県の佐藤清治技師が、昭和12年9月号の「道路の改良」の「地方通信」²⁰⁾に寄稿し、以下のように記している。「岩谷橋は、全国的に珍しいアーチ木橋で、その堅牢なることは錦帯橋にも優っている。請負者は丹野五郎、工費1万3千円、アーチは木曽檜の2寸板を7枚重ねて巧みに曲折し、橋脚は九戸城址から採掘した城石を石灰と砂で20余mの高さに積み重ね、近代土木の寵児鉄筋コンクリートを尻目に悠々その堅牢を誇っている。」

この橋は、1950年(昭和25年)に鋼鉄桁に架け替えられたが、石積み橋脚は再使用され、コンクリートで巻き立てられているものの現在も使用されている。



写真-11 岩谷橋(絵葉書 筆者所有)

7. 木造アーチ橋の施工方法

(1) 架設方法

前記したように、明治から大正前期においては、今日アーチ橋の架設で多用されるケーブルエレクション工法は国内では施工されておらず、このため、架設はオールステイジング工法で行われていたと思われる。

前記の舟木橋では、まだ足場を完全に撤去していない架設直後の写真(写真-10)が残されている。足場(支保)は宮川の流水部を避け張り出し設置していたのがわかる。また、青梅市の万年橋についても、多摩川に足場(支保)を組み上げた架設中の写真(写真-11)が残されている。

濁水期中にこれだけの規模の橋梁を、この工法で架設するというのは、工期面でかなり厳しかったと考えられ、2枚の写真から、当時の木造アーチ橋の施工の困難さを垣間見ることができる。

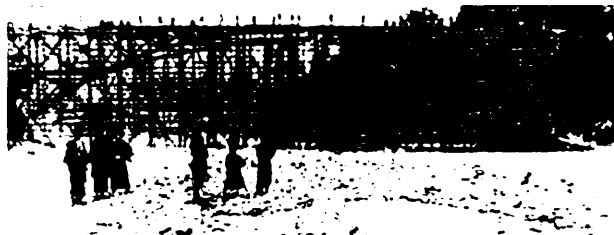


写真-11 万年橋架設中写真(本木家所蔵)

(2) アーチリブの曲げ加工

木造アーチ橋の施工上の最大の特徴であり、困難であったと思われるのはアーチリブの曲げ加工である。この加工方法については、以下の2件の文献が残されている。

1件目は、高田雪太郎が、工学会誌(明治26年6月号)に寄稿した愛本橋に関する論文²¹⁾で、次のように記載している。「助材は先ず一々火に焙り水を以て濡し、彎形に作りたり」。これから、アーチリブは、板を火に焙り、水をかけてふやかして、曲線に加工していたことが判る。

2件目は、東京市技師の花房周太郎が、『土木学会誌大正6年8月号』に寄稿した「新川橋改修工事報告」²²⁾である。この論文は75ページにわたり、木造アーチ橋の設計、施工、工費など工事全般にわたり詳細に記載しており、アーチリブ製作(曲げ加工)から架設までについて8ページを割いて説明をしている。

手順は以下のとおりである。

- ①アーチリブを構成する板材(桧)は、1ブロックの長さ3.6m、幅45cm、厚さ6cmで、これを5層水平に重ねる。アーチリブの製作は材木店内の工場で行った。
- ②アーチリブの1ブロックの板材(長さ3.6m)が7枚収まる長さ4.3m、幅0.55mの蒸し器(図-7)を製作し、この中で板を6時間かけて蒸しあげる。
- ③アーチリブは、鋼アーチリブの仮組みをする時のように平面に寝かして全スパン組み立てる。蒸しがあがった板を、あらかじめ設置した曲線修正用の型枠(図-8)へセットし、ジャッキで曲線加工を施し固定する。接着剤

は使用せず、小口面は完全に接触するように切断し微調整を施す。アーチリブ内側の1層目を通し終えた後、順次外側の層へ移り5層完成後これらをボルトで固定し一体化する。これを現場へ搬送し架設する。

この曲線加工はたいへん困難であったらしく、節があった場合や蒸らし時間が少なかった場合、ジャッキを強くかけ過ぎた場合などに板に亀裂が生じ、最適な方法を得るまで試行錯誤をくりかえした様子が読み取れる。

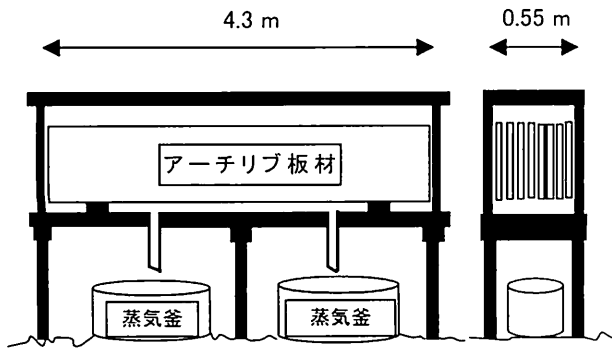


図-7 アーチリブ板材蒸し器

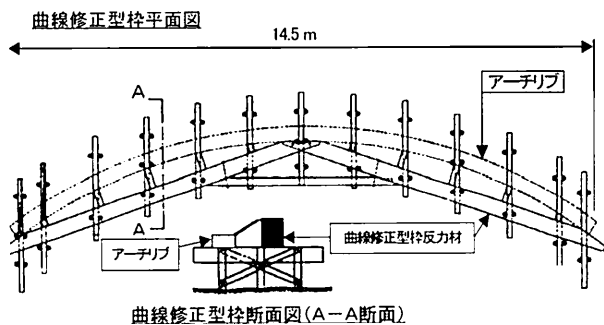


図-8 アーチリブ曲線修正型枠 (平面図・断面図)

8. おわりに

本論文では、わが国における木造アーチ橋の施工リストを作成した。これにより、今まで詳細が不明であった木造アーチ橋に関して、以下のことを明らかにした。

- a) 江戸末期には錦帯橋以外に国内に3橋の木造アーチ橋が存在していたこと。
- b) 明治以降戦前までに再架を含め56橋の架設があったが、これは他の橋梁形式に比べ著しく少なかったこと。
- c) 架設時期は1900年頃がピークであり大正中期以降はほとんど架設されておらず期間的に短期間であったこと。
- d) 地域的には足尾地域を中心とした栃木県で全国の約4割を占めるなど集中的に架設されたこと。
- e) わが国の木造アーチ橋を代表する臥龍橋、愛本橋、万年橋の3橋についての構造や関与者。
- f) 足尾地域に架設された木造アーチ橋の橋名、時期。
- g) 木造アーチ橋の架設方法とアーチリブの製作方法。

本研究により、足尾地域を中心とした栃木県で全国の約4割を占めることが判明した。今後は、これらの構造や関与者などを調査することで、わが国の木造アーチ橋

の変遷について、さらに詳細を明らかにしていきたいと考えている。

最後に、山形県立山形工業高校の工藤先生には、臥龍橋の木造模型の存在をご教示頂いた上に多くの写真をお送りいただきました。改めて感謝の意を表すとともに、このような貴重な文化財を長く大切に保存されてきたことに関し深く敬意を表します。

参考文献

- 1) ふるさと素鷲編集委員会：『ふるさと素鷲』, P. 161, 1985.
- 2) ふるさと素鷲編集委員会：『ふるさと素鷲』, P. 259, 1985.
- 3) 宇和島市史編纂委員会資料
- 4) 工学会：『明治工業史』, 啓明会, pp. 42~45, 1929.
- 5) 日本道路協会：『日本道路史』, P. 930, 1977.
- 6) 内務省土木局：『土木局第二十回統計年報』, pp. 139~141, 1912.
- 7) 藤井郁夫：『橋梁史年表改訂版 CD-ROM 版』, 海洋架橋調査会, 2000.
- 8) 都幾川村：『都幾川村史 通史編』, P. 560, 2001.
- 9) 白井芳樹：『とやま土木物語』, pp. 90~91, 2002.
- 10) 寒河江市教育委員会：『寒河江市史編纂叢書第32集』, pp. 39~40, 1985.
- 12) 高田雪太郎：越中国愛本橋, 工学会誌第138巻, pp. 313~320, 1893.
- 13) 山形県土木部：基点橋パンフレット
- 14) 東京都西多摩建設事務所：『西多摩の多摩川に架かる橋』, 1977.
- 15) 大台町資料
- 16) 京都府：『京都府橋梁写真帖』, 1915.
- 17) 岡崎文雄氏所有写真
- 18) 絵葉書
- 19) 森田大吉：『足尾銅山全図』, 1913.
- 20) 佐藤清治：「道路の改良」第19巻, P. 111, 1937.
- 21) 花房周太郎：新川橋改築工事報告, 土木学会誌第3巻第4号, pp. 991~1058, 1917.
- 22) 田村興吉：「土木学会誌」第6巻4号, P19, 1920.
- 23) 「土木学会誌」第29巻5号, 1913, 口絵
- 24) 今井幸雄、三浦孝治：『東北の土木史』, 土木学会東北支部, pp. 307~316, 1969.
- 25) 山形県土木技術者会：『土木のあゆみ』, pp. 119~122, 2000.
- 26) 攻玉社工学校：「金井彦三郎先生伝」, 玉工 (第13巻5号)
- 27) 小野崎一徳：『古河足尾銅山写真帖』, 1895.
- 28) 松信裕：『明治の日本』, 横浜開港資料館, P26, 1990.