

3節 日本の木橋

渡辺 浩
福岡大学工学部

1. はじめに

錦帯橋は、存在においても技術においても日本が世界に誇る木橋である。その一方で、日本には古くから多くの木橋が架けられ利用されてきた。近年になるとそれらの多くは姿を消したが、そもそも日本ではどのような木橋が多く架けられてきたのであろうか。まずこのことについて、木材という建設材料の特徴を踏まえて検証する。また、錦帯橋が誕生するにあたっては国内の様々な木橋の事例が参考にされてきたはずである。国内の木橋の事例を挙げながら、それらがどのように錦帯橋に繋がっていったのかについて考察する。

2. 木の文化と木橋

日本文化は木の文化とも呼ばれるように、古来より日本では木の恵みを活かす暮らしが実践されてきた。昔話でも描かれる木の文化の実践は決して意図的なものでも義務的なものでもなく、自然と共生する農耕民族としての生業によるものでもあった。木橋はその延長にあるものとも言えるが、橋の場合はそう簡単な話ではない。安全性が確保できる材料が要求されるからである。加えて、加工しやすさ、入手しやすさも重要である。そして、木材がこれらの要求を満足する材料であったからに他ならない。

現代では建設材料として鋼材やコンクリートが主流になっているが、これらと比較しても木材には様々な利点がある。第一に木材は適度な強度を有する。表 5.3-1 は各樹種・材料について、目安となる強さと許容応力度の例をとりまとめたものである。すると木材においては、設計で使用される許容応力度は実際の強さよりもかなり小さく設定されているもののコンクリートと遜色なく、軽くて引張力にも耐えられることを考慮すれば同等以上の性能を有していることがわかる。また密度を考慮した比強度は鋼材と同程度であることから、鋼製柱と同じ荷重を支えられる木製柱は断面は大きいものの重さは同程度となることもわかる。すなわち、木材は軽く

表 5.3-1 各樹種・材料の強さと許容応力度の例(文献 1)-3)より作成)

材 料 の 種 類		強さの例 (N/mm ²)	許容応力度の例 (N/mm ²)
木材	ヒノキ	120	7.6
	アカマツ	135	8.1
	ケヤキ	125	7.7
コンクリート		30	8.5
鋼材		400	140

木材の材料の強さは木材工業ハンドブックによる平均の縦引張強さ、許容応力度は国土交通省告示第 1524 号による。コンクリートは橋梁に使用される一般的な配合の圧縮強さと許容応力度、鋼材は SS400 の引張強さと許容応力度を示す。



写真 5.3-1 現存する土橋の例(島根県)
(著者撮影)



写真 5.3-2 現存する土橋の桁と床版(島根県)
(著者撮影)

て強いという面で建設材料として魅力的な性質を有していることが理解できる。

第二に木材は手軽に入手できる材料である。気温が高く多雨な日本では樹木の成長は旺盛であり、国土が狭く地形も山がちであることから平地に住み田畑を耕しながらも山林は近かった。これらのことから適度に利用すれば枯渴の心配がない木材は実に好都合な材料であった。

日本の国土面積に占める森林面積の割合は約 66%であり、これは森林大国と呼ばれるフィンランドやスウェーデンに匹敵するものである。また国土が南北に長く高地も多いことから常緑広葉樹林から落葉広葉樹林、常緑針葉樹林が各地に分布しており、多種多様な樹種の木材が多面的に利用されてきた。現在のような組織的な林業が行われるようになったのは戦後のことであり、人口林は森林全体の約 40%にも達しているが、この人工林率の高さは手軽に入手できる木材資源に対する期待の表れであるとも言える。

そして第三に木材は加工が容易である。強度の割には柔らかいため簡単な工具で極めて容易に切削加工ができる。このことは石材も含めた他材料には真似できないメリットといえる。

一方で欠点としては耐久性が挙げられる。特に木橋は屋外で風雨に晒される環境で使用されるため看過できない。木材は天然材料であり有機物であるため、他材料にはない生物的な劣化が生じる。これは微生物の攻撃によるものであるため、使用環境により劣化の速度が劇的に異なるという特筆すべき性質を持つ。1,000 年以上利用されている寺社建築がある一方で数年しか利用できない外構構造物が存在するのは、素材の違いというより使用環境の違いによるものである。このため木橋では、防腐処理や雨仕舞いの工夫に加え部材交換や架替えにより機能を維持しているものが一般的である。この耐久性という課題に加え、天然の材料に由来するばらつきや調達性が木橋が消滅していった理由であり、現在においても木材は橋の材料としての性質に遜色はない。

3. 日本の木橋の例

(1) 一般的な桁橋と土橋

写真5.3-1,2は島根県安来市に現存する桁橋の例である。丸太や製材を組み合わせ路面に土を敷いたこのような木橋は土橋とも呼ばれ、古い時代から多くが架けられてきた。路面に土を敷いていることからそもそも長期の耐久性が期待されておらず、簡易な作りとすることで修繕や更新の省力化が図られている。このような橋は相当数が存在していたものの、当たり前すぎてそのほとんどが記録にも残らない存在であった。同様な例として写真5.3-3は江戸東京博物館内に復元された木橋時代の日本橋である。木橋である日本橋は1911(明治44)年に撤去されたが、それまでの間、改良を加えられながら木橋として架けられ続けたことがわかっている。



写真 5.3-3 江戸東京博物館に復元されている木橋時代の日本橋(著者撮影)



写真 5.3-4 錦帯橋のヒントになったとも言われる甲斐の猿橋(山梨県, 著者撮影)

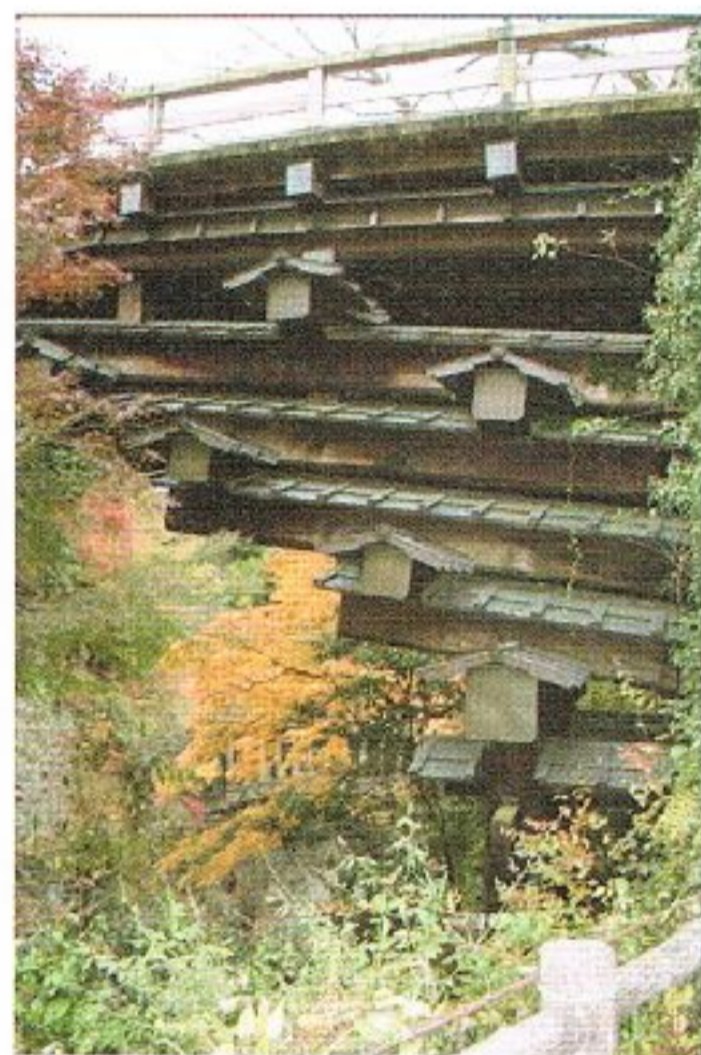


写真 5.3-5 猿橋の桁構造(著者撮影)



写真 5.3-6 愛本橋の模型(金沢工業大学製作)
(金沢工業大学本田秀行研究室提供)

(2) 猿橋

単純な桁橋では入手できる丸太の長さ以上の支間の橋を架けることはできない。中間橋脚を設ければ支間は短くできるが、渡河する河川によっては洪水時に容易に破壊される。とはいえ軟質である木材を繋ぎ合わせて長尺化することは容易ではない。写真5.3-4,5の猿橋は、このような場合に架けられた形式の橋で、刎ね橋や肘木橋と呼ばれる。兩岸の岩盤をくり抜いて桁材を差し込み、中央部に迫り出しながら桁材を重ねることで23.6mの支間を実現している。この位置にいつ橋が架けられたのか、いつからこの形式であったのかは明らかではないが、遅くとも江戸時代中期には現在の形式であったとされ、錦帯橋の発想のヒントになったとも言われている。現存する橋は1984(昭和59)年に架け替えられたもので、1851年(嘉永4)当時の形状を模したものであるが、主桁は鋼材に木化粧を施したものとなっている。

(3) 愛本橋

同様な形式として著名なものに富山県に架けられていた愛本橋がある。刎ね橋としての愛本橋は1663(寛文3)年の架設とされ、橋長61mの壮大な規模であり、猿橋や錦帯橋とともに三奇橋のひとつに数えられることもある。この1891(明治24)年の架替で消滅したが、金沢工業大学が1/20スケールで写真5.3-6のような模型を製作しており、当時の容姿をうかがい知ることができる。図5.3-1はその元になった1820(文政3)年当時の図面である。

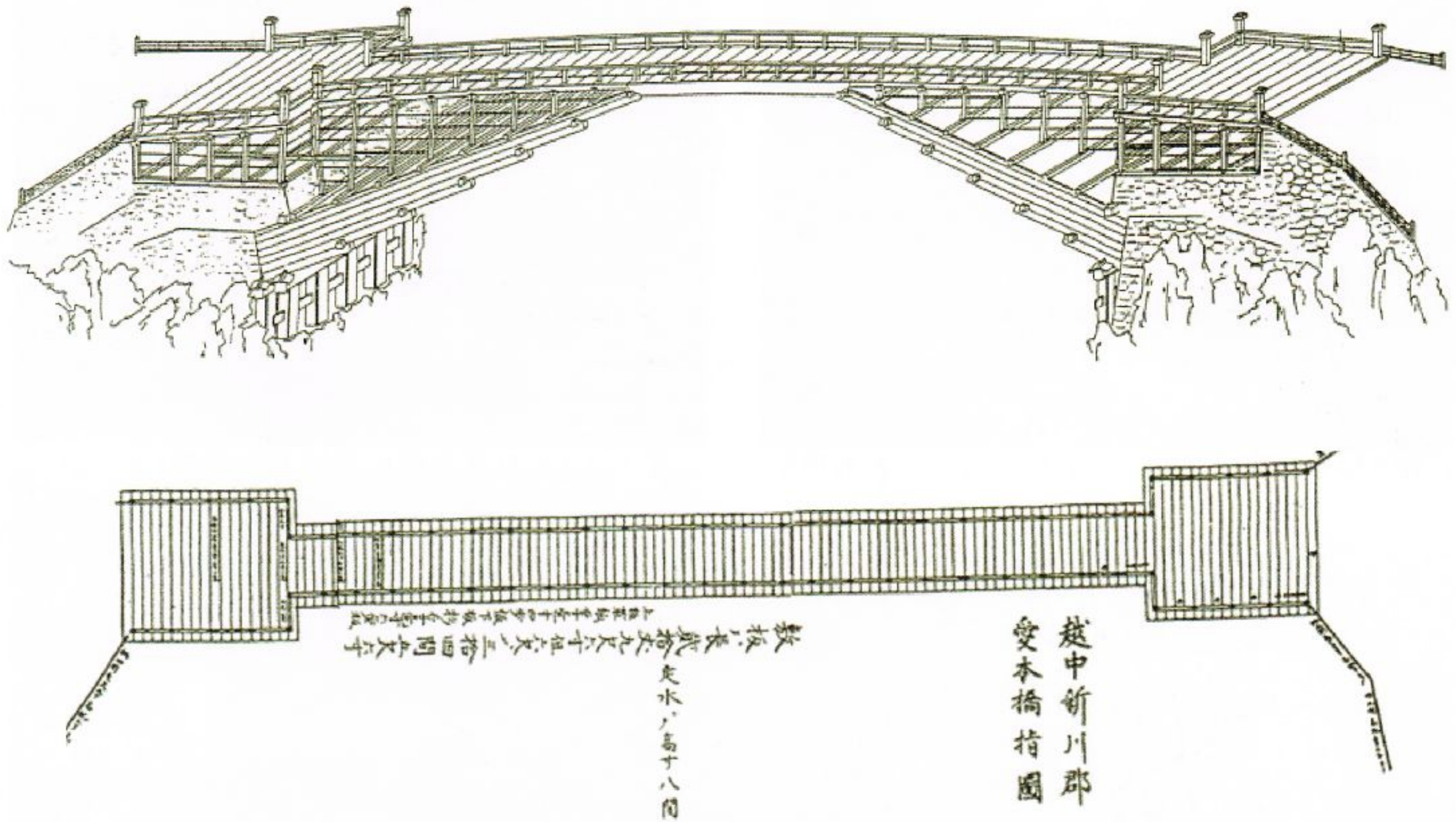


図 5.3-1 旧愛本橋の図面（金沢工業大学提供）



写真 5.3-7 日光の神橋（栃木県，著者撮影）

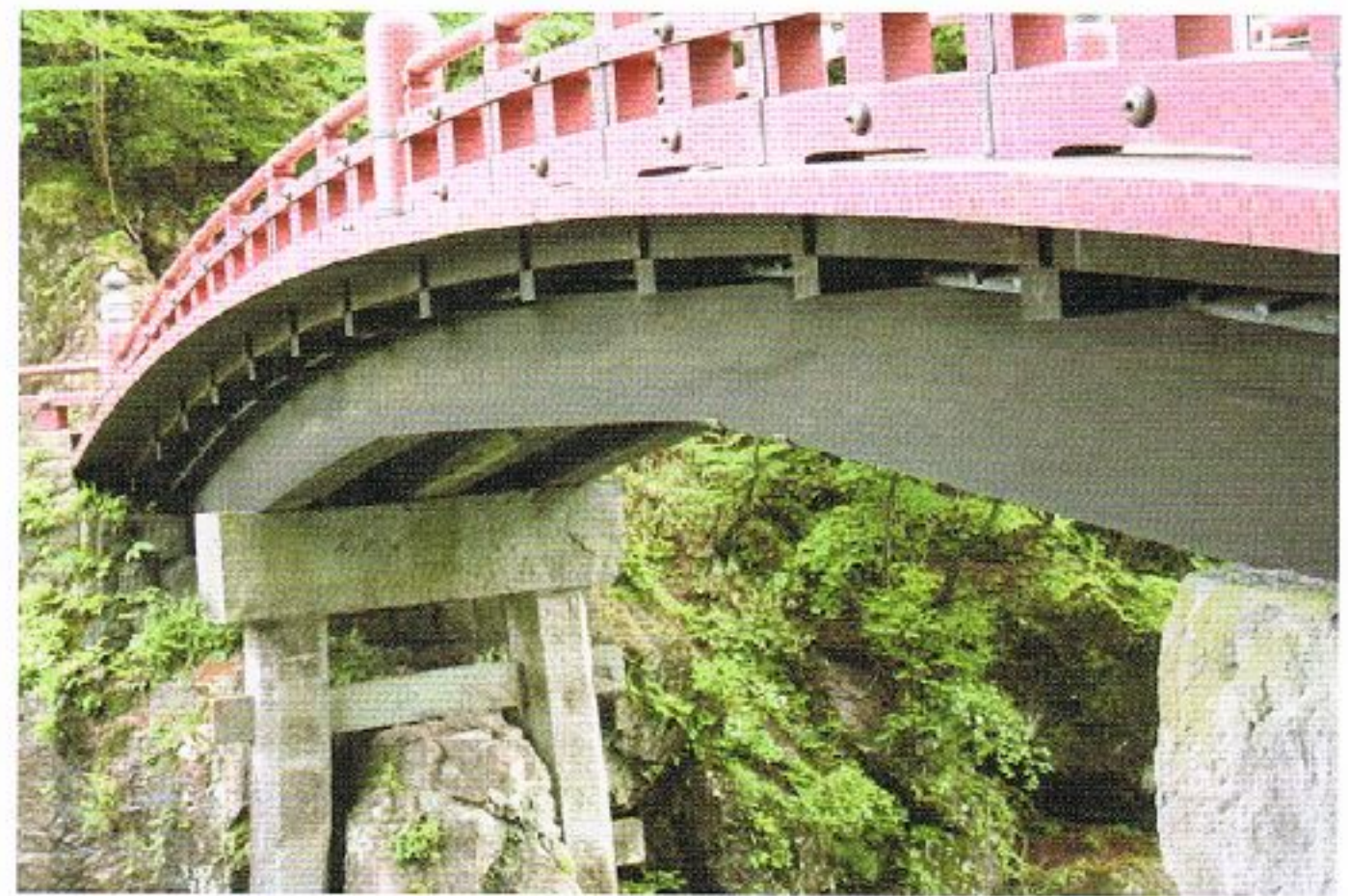


写真 5.3-8 神橋の桁構造(著者撮影)

(4) 日光の神橋

写真5.3-7,8の日光の神橋も三奇橋のひとつに数えられる橋である。石の橋脚が750mm×900mmもの断面を有するケヤキの3主桁を支えているが、端部は猿橋等と同様に岩盤に差し込まれており、それぞれ縦に3本が接がれたものである。橋の起源は奈良時代初期，現在の形式になったのは江戸時代初期とされる。現存する橋は水害で流失した旧橋を1904(明治37)年に架け替えたもので，2005(平成17)年に主桁は交換せずに大改修が行われた。1944(昭和19)年に国宝建造物，1950(昭和25)年に国の重要文化財の指定を受けた。また日光東照宮等の二社一寺の建造物群とその周辺が1999(平成11)年に「日光の社寺」として世界文化遺産に登録されたが，神橋もそれを構成する建造物群のひとつである。

(5) かずら橋

吊り橋は現在の橋梁技術においても最も長支間の橋が架けられる形式である。また，地盤が



写真 5.3-9 西祖谷のかずら橋(徳島県, 著者撮影)



写真 5.3-10 かずら橋の吊り材と路面(著者撮影)



図 5.3-2 神通川の舟橋⁴⁾ (株式会社 源 提供)

強固な山間部において谷を渡る簡易的な橋の事例も多い。しかしながらそれらには高性能な鋼製ケーブルの役割が大きい。これがない時代には植物の蔓がケーブルとして利用され、各地で険しい谷を渡る橋が架けられてきたが、強度や耐久性等による安全性の課題も大きかった。写真5.3-9,10はこの例として著名なかずら橋である。起源は明らかではないが、この地域にはかつてよりかずらを主ケーブルに利用した吊り橋が10数橋架けられていたとされる。現在はこの橋を含め3橋が架けられているが、この橋は唯一かつての位置にかつての形のまま残っており、国指定の重要有形民俗文化財となっている。橋長は45mで、現在は観光客の安全に配慮して鋼製ケーブルが使用されており、かずらはこれを装飾するものとなっている。この橋も三奇橋のひとつに数えられることがある。

(6) 神通川の舟橋

舟を並べてその上に敷き板を渡し橋とする舟橋は海外でも多くの事例がある。日本では富山市街を流れる神通川に架かっていた神通川の舟橋が特に有名である。1596(文禄5)年に架設され1882(明治15)年に一般的な木橋に架け替えられるまでの間、鎖に繋がれた60隻あまりの舟を連ねた舟橋が改良を重ねながら利用され、日本一の規模として富山の名所となっていた。図5.3-2は地元の絵師、松浦守美(1824(文政7)年-1896(明治29)年)により描かれた神通川の舟橋の絵である。

(7) 伊勢神宮の宇治橋

伊勢神宮では、過去1,300年に渡りおおむね20年毎に正殿他全ての建造物を更新する式年遷宮



写真 5.3-11 伊勢神宮の宇治橋(三重県, 著者撮影)



写真 5.3-12 宇治橋の橋脚と桁構造(著者撮影)

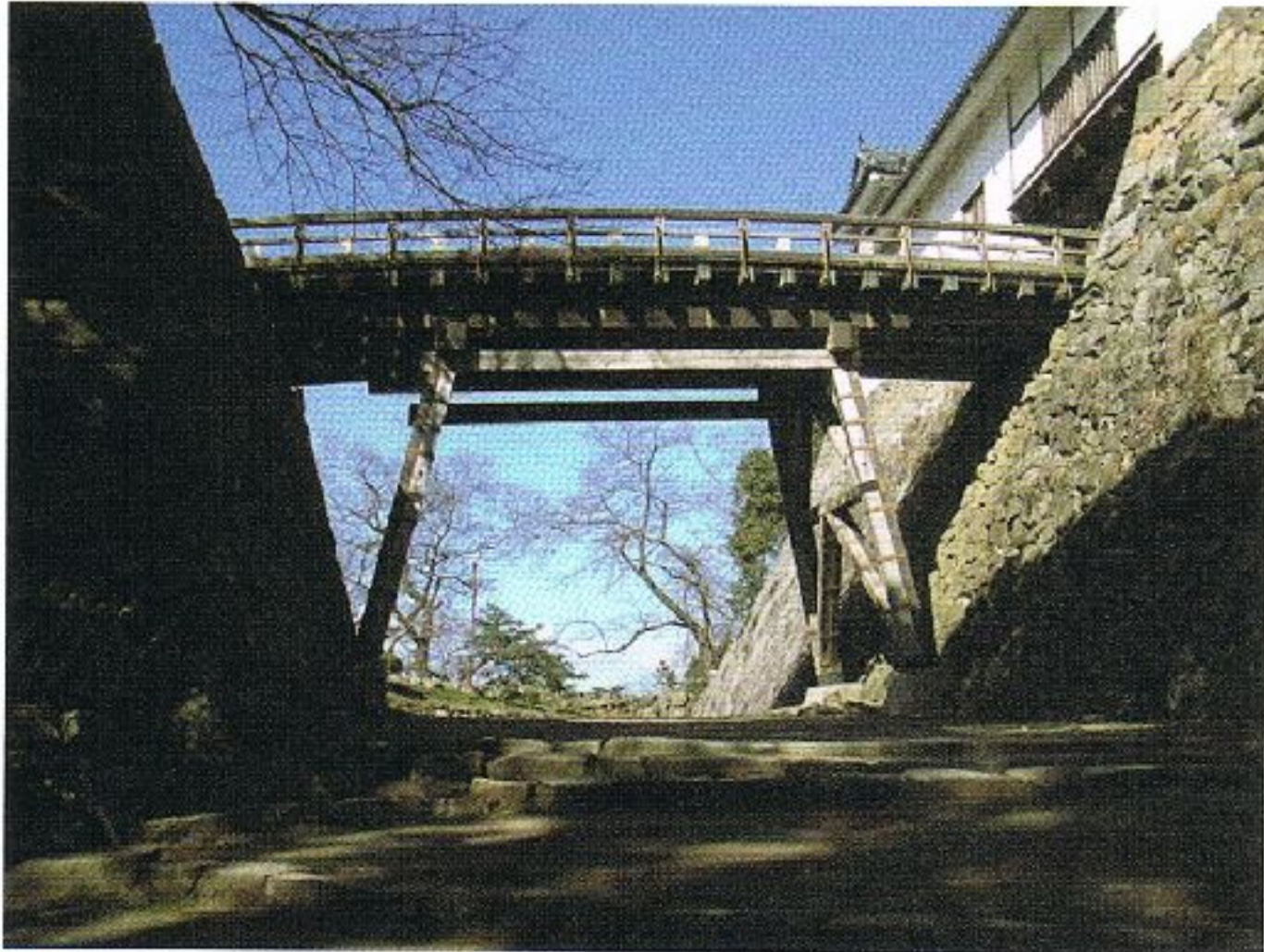


写真 5.3-13 彦根城の廊下橋(滋賀県, 著者撮影)

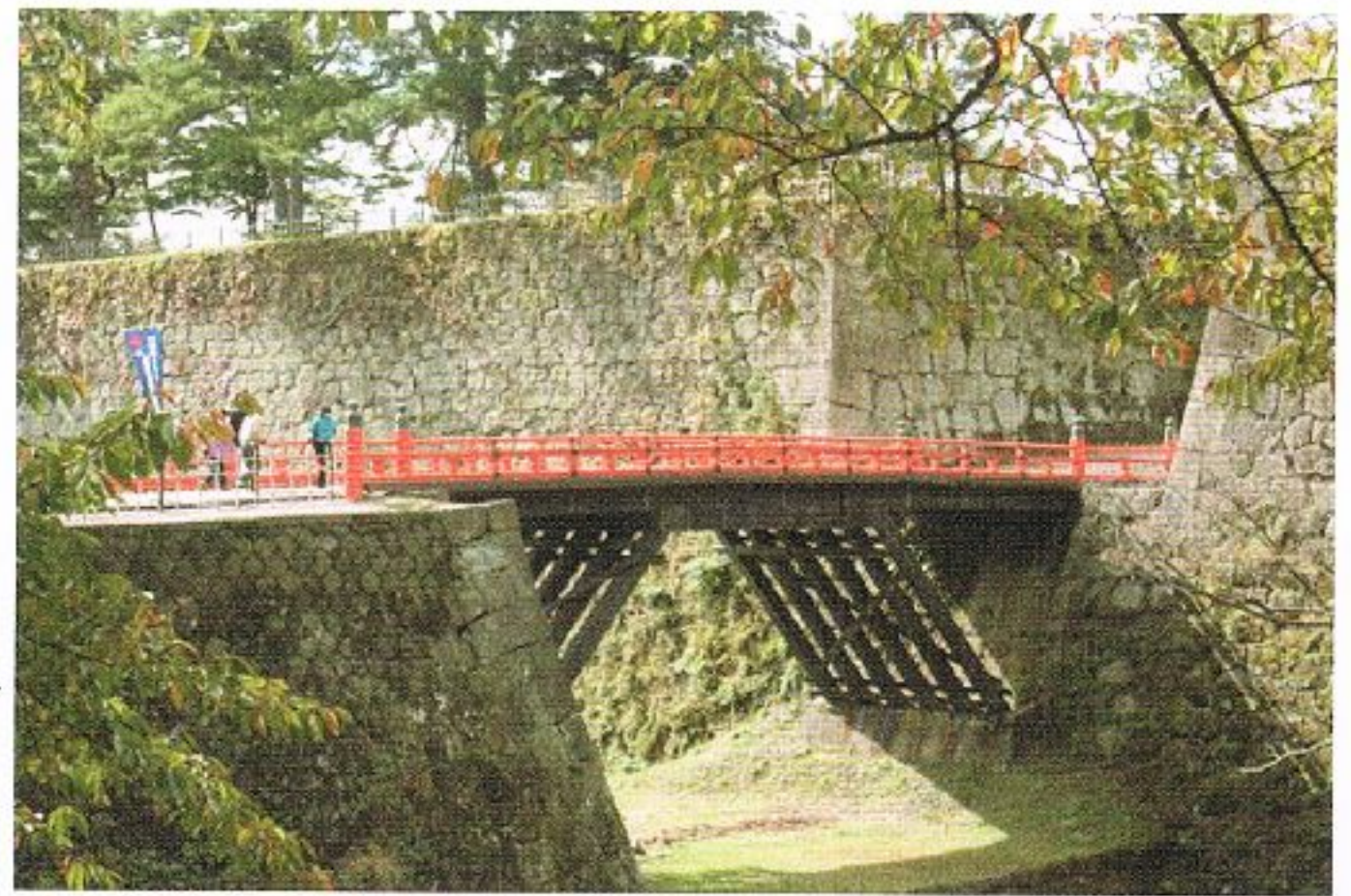


写真 5.3-14 会津鶴ヶ城の廊下橋(福島県, 著者撮影)

が行われている。内宮の入口に架かる写真5.3-11,12の宇治橋もそれにあわせて20年毎に架け替えられることになっており、現存する橋は2009(平成21)年11月に完成したものである。橋脚はケヤキ、その他はヒノキであり、正殿等の建築物と同様に専門の職人により製作されている。なぜ式年遷宮が20年毎なのかについては明らかではないが、結果として正殿や宇治橋は健全な状態に保たれている。また職人技術の伝承の観点からはこの20年毎の遷宮がそれを容易かつ継続的なものに行っていることは確かである。

(8) 城跡の木橋

かつて各地に存在していた城には多数の木橋が架かっていたはずである。時代に応じて城の位置づけや縄張りが変わったため木橋の位置づけもこれにあわせて変化していったものと推測されるが、防衛が主眼であった城では木橋は主要な通路であると共に万一の際には容易に破壊できることが求められていた。写真5.3-13は彦根城の廊下橋、写真5.3-14は会津鶴ヶ城の廊下橋であるが、いずれもこのような機能が求められていたものと考えられている。一方で写真5.3-15は福井城内に明治初期までかかっていた木橋を復元したものであるが、福井城は江戸時代初期に整備されたものであり戦略的な位置づけはないようである。

(9) 屋根付き橋

雨の多い日本では耐久性向上のために屋根を持つ橋も多く架けられていた。写真5.3-16はその一例である御幸の橋である。1773(安永2)年の架設とされ、現存する橋は1886(明治19)年に架設され1998(平成10)年に改修されたものである。屋根付き橋は神社の境内に比較的多く見られ

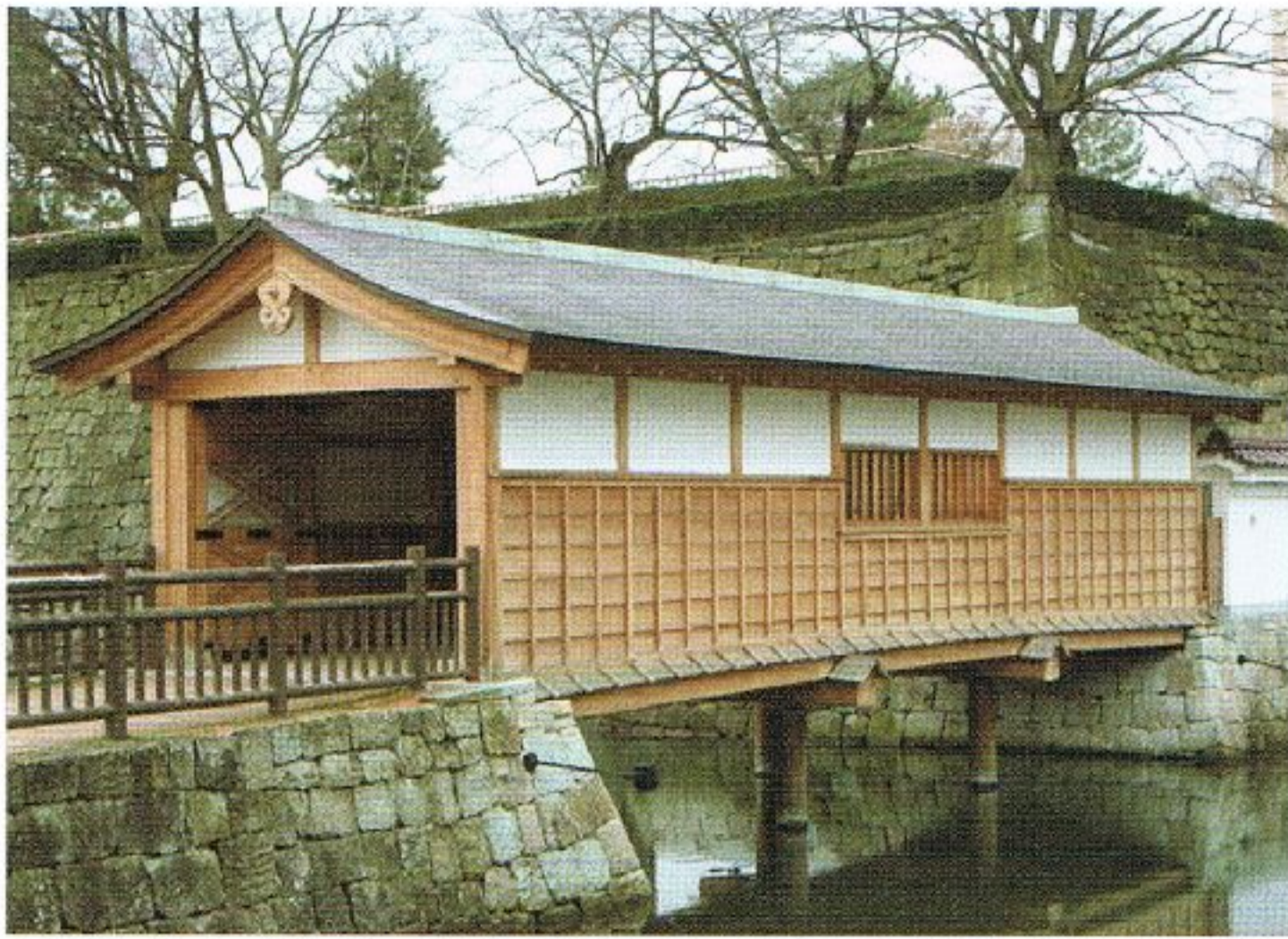


写真 5.3-15 福井城の御廊下橋(福井県, 著者撮影)



写真 5.3-16 御幸の橋(愛媛県, 著者撮影)

るが、これは耐久性向上だけでなく神社の橋を風雨から守りたいという信仰上の理由もあったと推察される。一方で屋根を有する木橋の割合は決して大きくはなかった。これは屋根を持つことで建設費や維持管理費がかさむ上に暴風に弱くなるため、トータルコスト面でのアドバンテージを見出せない場合も多かったためと考えられる。

(10) 上津屋橋

写真5.3-17は京都府の木津川中流に架かる上津屋橋である。74径間で橋長357mの壮大な規模ではあるが、堤外地の高水敷間を結び洪水時には流出を覚悟した流れ橋でもある。流出しても紛失しないよう全ての桁と床版がワイヤーにより繋がれている。1953(昭和28)年の架設と外観の割には新しいが、この橋には木橋に対する古来からの日本人の考え方が凝縮されていると言える。すなわち定期的な流出を見越して丈夫には作らない、そのため安価を第一に耐久性向上策は施さない、劣化すれば交換すればよい、用材も容易に入手できるから、といったものである。実際にこの写真でも、部分的な交換や部材の転用がうかがえる。決して高貴ではない普通の橋であることが木橋に求められていた証しであるともいえる。

4. 日本の木橋と錦帯橋の関わり

ここまで、日本にこれまで架けられてきた木橋について紹介してきたが、錦帯橋に類似する橋は見られなかった。これについて考察する前に、橋の長支間化の有力な手段であるトラス橋とアーチ橋について考えてみたい。

トラス橋は通直な部材の組み合わせという点で木材にとって有利である。実際に欧米におけるトラス橋の技術は木橋によって発展していったと言ってもよい。しかしながら日本で木トラス橋が架けられたのは海外から技術導入された明治以降のことである。さらにはこれらの橋もトラス格点の腐朽という宿命的な弱点により決して長寿ではなかった。現在国内で供用されている木トラス橋は集成材や鋼製接合具等の新しい技術による木橋が主であり、日本古来の木橋技術が伝承されたものではない。

また木アーチ橋についても、主部材の引張接合が不要であるという点では有利であるが、同程度の曲率の湾曲材を揃えることは容易ではなく、結果として木アーチ橋の一般化は湾曲集成材の登場まで待たなければならなかった。石アーチ橋である長崎眼鏡橋の架設が1634(寛永11)年であったことを考えるとアーチ橋のメカニズムは既に知られていたであろうから、木アーチ橋が見られなかったのは木材でアーチ橋を実現することが困難であったからと考えるのが自然であろう。

錦帯橋は、精密に加工された製材が長手方向に位置と角度をずらしながら重ねられ、だぼやかすがい、巻き金等によって一体化された大断面のアーチリブを有する、純粋なアーチ橋であ



写真 5.3-17 上津屋橋（京都府，著者撮影）



写真 5.3-18 木曾の大橋（長野県，著者撮影）



図 5.3-3 主構造の耐荷メカニズム(著者作成)

ることが特徴である。しかしながらこれを実現するためにはその技術のみならず大量の優良な木材と優秀な職人，その結果として莫大な費用が必要となる。一方でかつての人々が橋に期待していたのは，架け替えながら使用し続けられる木橋であり，洪水で流されない長支間の橋は望まれても錦帯橋ほどのハイスペックな橋を架けるといふ感覚そのものがなかったというのが実情であろう。このことは錦帯橋の創建以降もそれを模倣する例が見られなかったことでも裏付けられる。既存の技術を導入することは新しいものを産み出すよりも容易であったはずであるが，そのような事例は知られていない。唯一，錦帯橋を模倣した事例として写真 5.3-18 の木曾の大橋がある。これは木曾ヒノキの普及促進のために錦帯橋の図面を元に総ヒノキ造りで1989(平成元)年に架けられたものである。

最後に，錦帯橋は写真 5.3-4 の甲斐の猿橋と類似であると言われることがあるが，どうなのだろうか。猿橋では桁端部が岩盤に差し込まれており回転が拘束されているが，錦帯橋では橋脚上の隔石に当てられているだけであり自由を拘束していない。また猿橋は中央部の桁は両端の桁と剛に接合されていないが，錦帯橋では中央部は一体構造である。これらを図式的に表すと図 5.3-3(a) および図 5.3-3 (b) のようになる。これらは一般的な 2 ヒンジアーチとゲルバーであり，両者のメカニズムは大きく異なることがわかる。

猿橋では桁端部を差し込むための強固な岩盤が両岸にある必要がある。しかしながら錦帯橋の架橋位置のような平野部ではそのような条件を満たす場所は少ない。このような場合でも図 5.3-3(c) のように両端の桁が回転しないように端部に大きな石等のおもりを置くことで猿橋と同じメカニズムを持つ刎ね橋を架けることができる。錦帯橋の創建にあたってはこのような形式も検討されたかもしれないが，端部のおもりは相当な大きさとなり中間橋脚も巨大とならざるを得ないことは問題となったであろう。結果として多径間の刎ね橋よりも，橋脚間の桁を一体構造とした方が合理的であり，その検討の末に錦帯橋式の木アーチ橋が見出されるに至ったとも考えることができるかもしれない。

5. おわりに

本節では、錦帯橋の価値を日本の木橋の視点から考察した。日本では適度な強度を持ち加工や入手がしやすいという木材を活かした木橋が多く架けられてきたが、桁橋から刎ね橋、吊り橋、舟橋、屋根付きの橋、神社の橋、城跡の橋、流れ橋と多くの事例を見てきたものの錦帯橋と同一のメカニズムを有する橋は過去には存在しなかった。

錦帯橋の特徴は、通直な木材を精巧に組み合わせて一体化された大断面のアーチリブを有する、純粋なアーチ橋であることである。しかしながら技術が高度かつ高価であるため、架け替えながら使い続ける当時の木橋の価値観ではこれを受け入れる余地はなかったと考えられる。

また、錦帯橋が甲斐の猿橋と類似であると言われることがあるが、橋梁工学的なメカニズムは大きく異なる。しかしながら、影響が全くなかったと考えなければならない理由もない。仮に猿橋が大きなヒントになったとしても、それを元に錦帯橋式アーチを見出し実現させたという意味で、錦帯橋の唯一性は日本の木橋技術史においても高く評価されるべきものと言える。

参考文献

- 1) 森林総合研究所監修：木材工学ハンドブック改訂4版, 2004
- 2) 国土交通省告示第1524号, 2007.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II鋼橋編, IIIコンクリート橋編, 2012
- 4) 松浦守美：神通川 舟橋の図