

四日市製紙専用鉄道の大型吊橋・富士橋*

Fuji-bashi - Large Railway Suspension Bridge constructed by Yokkaichi Paper Company

森 陽子** - 望月 清*** - 樋口輝久**** - 馬場俊介*****

By Yoko MORI, Kiyoshi MOCHIZUKI, Teruhisa HIGUCHI and Shunsuke BABA

1915(大正4)年、静岡県富士川に架けられた富士橋は、恐らく、戦前で最大の中央径間を有し、日本で最初の鉄道用吊橋であったと目されるにもかかわらず、その存在が忘れ去られて久しい。その理由は、富士橋が四日市製紙という私企業によって計画された専用鉄道の橋梁であったこと、専用鉄道が計画ミスもあって富士橋の完成時に無価値なものとなってしまったこと(橋の存在意義も失われた)、その後すぐに富士橋そのものが台風の中で落橋してしまったこと、などの“不運”が重なったためである。本論文は、富士橋の名誉を回復し、かつて富士橋という吊橋が存在し、その橋は近代日本の吊橋の技術史を語る上で欠かせない構造物であることを主張する内容となっている。そのためには、現在入手可能なあらゆるデータ(決して多くはないが)を利用して、富士橋の実態にできる限り迫ろうとする。

1. はじめに

富士橋は1915(大正4)年1月、四日市製紙によって静岡県富士川に架けられたわが国初の鉄道用吊橋であった。しかし、イギリスから輸入する予定だった蒸気機関車が第一次世界大戦の影響で届かなかったため、専用馬車鉄道に変更され、その2ヶ月後の同年3月からは、他社の鉄道路線を経由した輸送ルートが稼動し始めて存在そのものが薄くなってしまふ。そこで翌1916(大正5)年8月から貨取橋として一般公開されるのだが、1919(大正8)年9月、台風襲来時に意図的に落橋させられて短い一生を終えるに至った。

何とも哀れな来歴の吊橋であるが、補剛トラスを有する近代吊橋としては恐らく戦前最大の中央径間162.8mをもち、実現こそしなかったが恐らく戦前で最初、かつ、唯一と目される蒸気機関車の走行を前提とする吊橋という2点からすれば、決して無視されていい構造物ではない。しかし、製紙会社の専用橋、短命という運の悪さが重なって、今までその存在はほとんどの公式記録から欠落していた。しかも、短命に終わった理由は、決して設計が悪かったわけではなく、災害を防ぐために意図的にケーブルを切断されたためであった。本論文は、こうした富士橋の名誉を回復し、その名を吊橋の技術史に残すことを目的として作成された。

本論文はつぎのような構成となっている。すなわち、まず2

章で、製紙業の略史、土木構造物との関わり、富士橋を含む専用鉄道を建設した四日市製紙とそのライバル社・富士製紙について述べている。富士橋が忘れ去られた理由の一つは、富士橋が製紙会社によって造られた産業構造物であるからであり(各種の公共事業史に掲載されにくい)、富士橋の価値を論じるにはその背景としての製紙業の歴史をきちんと押さえておく必要があるからである。

次に、3章では、富士川の両側での鉄道敷設競争、その一環としての富士身延鉄道と四日市製紙専用鉄道、四日市製紙専用鉄道の着工に至る経緯とその後について述べる。ここで、富士橋の誕生にとって、四日市製紙と富士製紙の競争が大きな鍵となっていたことが示される。

4章は、本論文の中核部であり、その内容は、富士橋の吊橋史における位置付け、残存する富士橋に関する資料の紹介、富士橋の構造強度に関する推測などである。富士橋に関して残存している資料はきわめて乏しく、県への申請書に添付された“設計書”も、実態は材料表でしかない。こうした状況では、実際にどのような設計が行われたかは定かではないが、それを、①県から会社に対する警告文、②物部長穂によって行われた振動実測論文、③富士橋の数年後に架設された桃介橋との設計安全率の比較、によって明らかにしようとする。

* Keywords: 吊橋、技術史、製紙、鉄道

** 岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科(論文提出時)
(〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)

*** 芝川町郷土史研究会会員、元・新富士製紙百年史編纂委員

**** 正会員 岡山大学助手(環境理工学部環境デザイン工学科)

***** 正会員 岡山大学教授(同上)

2. 明治～大正期の製紙業

(1) 製紙業における技術的発展と土木構造物の必要性

a) 明治初期

明治初期の洋紙製造は、有恒社、抄紙会社(→製紙会社→王子製紙)、パピール・ファブリック(→磯野製紙所)、蓬萊社製紙部(→真島製紙所→大阪製紙所→下郷製紙所)、ジャパンペーパーメーカーズ・カンパニー(→神戸製紙所→三菱製紙所)、三田製紙所(→廃業…富士製紙の中核)の6社体制から始まるが¹⁾、当初はすべての会社が製紙原料として木綿ボロを用いていた²⁾。

製紙業における最初の技術のブレークスルーは、製紙原料のボロから稲ワラへの転換であった。抄紙会社(1875年操業開始)は1876(明治9)年に製紙会社と名称変更し、それから10年後には一頭地を抜いた存在となっていたが、その理由は、1880年代初頭からいち早くボロから稲ワラへの転換を始めていたからである³⁾。転換の背景には、①ボロの供給には限界があり新聞・雑誌に大量に消費するほど多いわけではない、②ボロを叩いて繊維化するのに蒸気機関の動力源として必要な石炭の価格が1880年代初頭に高騰していた、という理由があった。日本国内で大量に発生する稲ワラを用いることで、①②の問題は解消し、製紙価格を引き下げることができたのである。製紙会社の若き社員としてこの新技術の導入に積極的に動いたのが大川平三郎であった。

ボロから稲ワラへの変換がもたらしたもう一つの影響は、工場の立地を都市域から郊外・田園部に変えたということである。ボロの集積には都市部が便利だったが、ワラの集積には都市である必要がなかったからである⁴⁾。しかし何れの点でも、土木関連施設は全くと言っていいほど無関係であった。

b) 明治中～末期

明治初期から続いた6社体制が崩壊し、1887(明治20)～1890(明治23)年の4年間で4社(4工場)が新設、中には本論文で対象とする四日市製紙と富士製紙も含まれていた。また、王子製紙と名を変えた製紙会社が新たに2工場を新設、寡占体制を敷いていた。さらに、1894～1899(明治27～明治32)年にかけては、日清戦争後の需要増を受け新たに4社(4工場)が誕生して、加えて四日市製紙が芝川工場、富士製紙が静岡富士根第二工場を、王子製紙は中部工場を増設した⁵⁾。

この時期の特徴は、低価格・大量供給を追求して、製紙原料がボロ・ワラから木材へと2度目の大転換を起こしたことである。それに伴い、動力源は火力(石炭蒸気)から水力(水車動力)へと徐々に(新設工場から)変更されていった⁶⁾。木材パルプの導入は、先の大川平三郎が、欧州視察を経て1886(明治19)年に亜硫酸パルプ(SP)工場を稼働させたのが嚆矢となるが、機械・品質に問題が生じて断念、アメリカ視察後の1889(明治22)年12月に実用運転に漕ぎ着けた(気田工場を

新設)⁷⁾。一方、富士製紙は、その僅か1ヶ月後(1890年1月)に、真島襄一郎が中心となって入山瀬工場で碎木パルプ(GP)を原料とする製紙に成功、1892(明治25)年にはSPも原料として使い始める⁸⁾。こうした技術革新により、王子製紙の不動の地位が富士製紙に脅かされるようになり、1898(明治31)年以降は富士製紙が業界1位に就く⁹⁾。

木材パルプの導入と水力への変換は、製紙業と土木を結び付ける結果となった。すなわち、工場立地を木材や水力の得られやすい山間部に立地したことで、資材や製品の輸送が最大のネックとなり、それを解決するため道路や鉄道の敷設、つまり土木工事が必要となったわけである。ただ、現在のところ、これによって明治期に重要な土木遺産が造られた例は知られていない。

製紙業界が動力源を水車動力から水力発電に切り替えるのは、他産業より遅れ明治末期に入ってからで、最も早い王子製紙で1910(明治43)年に操業を開始した新鋭の苫小牧工場が第一号であった。これに付随して造られたのが、現在Bランクの近代土木遺産として認定されている千歳第一発電所と同・取水堰堤である。この時期業界ナンバーワンだった富士製紙は電化に対する取り組みが遅れ、1917(大正6)年から江別工場が水力発電に切り替えたのが最初となった¹⁰⁾。いずれにせよ、このころから製紙工場の立地が安価で安定した木材供給を求めて北海道に集中するようになる。

c) 大正期

明治期に北海道に基盤を移した製紙業は、大正期に入ると樺太や東アジア諸地域に関心を拡大していった。その間、第一次大戦(1914～18年)の勃発による需要拡大を受けて、産業として成熟していく一方で、富士製紙と王子製紙は業界の二大勢力として中小会社の合併・吸収をくり返していった¹¹⁾。

王子製紙は前述の北海道進出(1910年)によって経営難を乗り越えると、1913(大正2)年には再び富士製紙を抜き、1915(大正4)年に三井合名の樺太紙料工場を買収、1924(大正13)年に有恒社、小倉製紙を買収・合併するなどして勢力拡大に努めた。

富士製紙は、1913～20(大正2～9)年の間、放漫な経営と内紛の影響で生産量一位の座を王子製紙に譲る。しかし、その後、野田製紙所、四日市製紙、梅津製紙などの合併を経て昭和期に入ると一位の座を取り戻すに至る。このときの富士製紙の社長は王子製紙出身の大川平三郎であった。

時代は相前後するが、大川は四日市製紙、九州製紙、中央製紙の経営を経て、1913(大正2)年に樺太工業を設立する。熟達した経営手腕と樺太の豊富な木材を背景としたこの新興会社は、中央製紙、中ノ島製紙、木曾製紙、九州製紙を合併し、三大製紙会社と表現されるまでに成長した¹²⁾。

大正期の製紙産業の特徴は、木材パルプが普及したことである。全製紙原料に占める木材の比率は、1909(明治 42)年の19%から1921(大正 10)年の49%へと急上昇している¹³⁾。そして、もう一つの特徴は、前述したように水力発電の利用であった。その間、関連する土木構造物は多様化し、専用鉄道関連では、本稿の富士橋、王子製紙専用軽便鉄道の山線鉄橋(北海道、1924 年転用)、発電施設関連では、王子製紙千歳第二～第四発電所と取水堰堤・ダム(北海道、1916～1920 年)と九州製紙深水発電所と水路橋(熊本、1921 年)、富士製紙の野花南堰堤と古川調整池堰堤(ともに北海道、1918年と1929年、ともに現存せず)、王子製紙の雨竜堰堤群(北海道、1943 年)が知られている。また、当時日本の領土であった南樺太には、わが国最初のバットレス・ダムとなった手井貯水池ダム(1918 年)が樺太工業の手で完成・現存している。富士橋といい、手井ダムといい製紙業の土木技術史における貢献度合いは高いが、両構造物ともこれまでは無名の存在であった。今後も、製紙に着目すれば新たな発見があるかもしれない。

(2) 四日市製紙とその周辺

ここでは、富士橋の架設者である四日市製紙について、簡単な略歴を紹介する。記述の大半は『新富士製紙百年史』¹⁴⁾『大川平三郎君伝』¹⁵⁾によっている。

a) 四日市製紙の設立から芝川工場開設まで

四日市製紙は1887(明治 20)年 12 月に設立され、ワラを原料とした製紙工場を四日市市内に建設して 1890(明治 23)年 10 月から製造を開始する。しかしその年は不況で製紙業界が紙価の下落に苦しんでいた時期にあたり、会社の経営は非常に苦しかった。そのため、1893(明治 26)年 6 月に 1 株 100 円の株式を 1 株 15 円に切り下げて社内整理を行うとともに、当時、王子製紙の専務取締役(1893 年 9 月～1898 年 8 月)になっていた大川平三郎に技術面の援助を依頼した。大川は機械各部を改善し、早期に生産を軌道に乗せることに成功、その直後の 1894(明治 27)年に日清戦争が勃発して製紙業界が活況に転じたことで、四日市製紙も利益が計上できるようになった。これに力を得た経営陣は、1896(明治 29)年 7 月に臨時株主総会を開いて 351,000 円の増資と新工場の建設を決定し、その立地を、大きな水車動力が得られ、原料となる木材が確実に入手でき、富士川沿いで運搬の便のいい、静岡県富士郡芝富村(現・芝川町、富士川と芝川の合流点)に選定。会社は同年 8 月 11 日付で芝川の水利権を獲得し、翌 1897(明治 30)年 4 月には臨時株主総会を開いて 35 万円の追加増資を行い、本格的な建設工事に取りかかる。

四日市製紙が芝川工場の計画を進めていたころ、富士製紙も水力と木材の豊富なこのエリアに進出しようと土地の取

得を始めていた。ところが、四日市製紙はそれに気付かずに、芝川工場の敷地を一気に買収してしまう。富士製紙はこれに腹を立て、四日市製紙が買い入れた土地のうち登記未了の土地の所有者数名に土地を売らせ(二重売買)、登記を済ませてしまった(先に登記したものが土地の権利を取得するという法律を盾にとった嫌がらせ)。しかし、四日市製紙は、富士製紙の行為を「いったん代金支払い済みと知りつつ無智貪欲の輩を誘惑し、二重売買をしたのは、他人の事業妨害の悪事なり」¹⁶⁾と主張し、法律にお構いなく工事を進めた。当然裁判沙汰となり、一時は町民を巻き込んで騒然とした雰囲気になったが、最終的には四日市製紙が勝訴し芝川工場の操業に漕ぎ着けることができた。この当時、富士製紙の経営陣は河瀬秀治、村田一郎、色川誠一、四日市製紙の経営陣は松岡忠四郎、大川平三郎が中心となっていた。

b) 四日市製紙と富士製紙

芝川工場は 1898(明治 31)年 12 月に操業を開始する。ところがこの頃は、日清戦争による好況も一段落し不況の色が濃くなりかけていた時期で、紙の需要が伸びない中で、好況時に建設された他社新工場が相次いで操業を開始したために生産過剰となったことで市況は悪化していた。しかし芝川工場は、安価で豊富な木材を原料に用いることができたことと、生産した新聞用紙の品質が良好だったことから、逆風の中でまずまずの収益を上げることができた。

ところで、1897(明治 30)年 8 月、大川平三郎が四日市製紙の取締役に就任したのと同じ月、四日市の本社工場が全焼してしまうが、大川は被災した機械類を修理し、芝川工場に転用して生産能力を上げることを提案する。それには 7 万円の増資が必要となったが、この期に及んで富士製紙との間にあった遺恨が人事抗争という形で再燃する。すなわち、富士製紙の「色川氏(詳細な肩書は不明)」は、四日市製紙の松岡専務に対し、富士製紙と合併するなら 15 万円や 20 万円の資金は提供しても良いという話を持ちかける。この行為は、大川平三郎伝では「社長以上の勢力を揮う大川一党を放逐したいという陰謀」¹⁷⁾と指弾されている(大川は 1898 年 12 月から四日市製紙の専務になっていた)。この“陰謀”は成就しなかっただけでなく、結果的に、大川をより大きく飛躍させることになった。彼は 1899～1901(明治 32～34)年に上海の華章公司に雇われ、帰国後の 1903(明治 36)年には請われて九州製紙の経営にあたり、中央製紙を設立する。大川は、1907(明治 40)年、再び四日市製紙の取締役に就任するが、これと並行してかつてのライバルであった富士製紙の株の取得を進め、1918(大正 7)年に四日市製紙社長、翌 1919(大正 8)年に富士製紙社長となった後、両者を合併させてしまった(1920 年、社名は富士製紙のまま)。

3. 四日市製紙専用鉄道

(1) 富士川近辺の鉄道敷設の動き

a) 富士馬車鉄道（富士川東岸側の動き）

1889(明治22)年に東海道線が全通した時点で、富士川東岸側の駅は鈴川停車場(現・吉原駅)のみであった。当時このエリアの交通の中心は近世由来の甲州街道であった。ただ、甲州街道は富士山麓の傾斜地を通るため坂道が多く、降雨のたびに土砂が流出して車馬の通行には不適であった。そこで1884(明治17)年に道路組合が組織されたが、関係町村の負担金だけでは工事費用を賄うことができなかった¹⁸⁾。

1888(明治21)年11月、富士製紙が前出の入山瀬工場の建設に取り掛かる。そこで予期せぬ問題が生じた。竣工の約1年前にあたる1889(明治22)年1月～3月の『工場事務所日記』にその間の事情が記載されている。それは、製紙機械等の運搬に伴う道路損傷の問題であった。すなわち、入山瀬工場で使用する機械類は、輸入港であった横浜から江尻港(現・清水港)まで回送され、そこから、東海道線を利用して鈴川停車場まで運び、そこから入山瀬工場まで狭い甲州街道を通して運搬した。そのため、路肩が損傷したとの苦情が多数寄せられた¹⁹⁾。そこで、吉原～大宮間の村々の責任者が集まって協議し、1889(明治22)年7月14日に吉原大宮往還(通称、大宮新道)の建設を県に出願することになった(吉原～大宮間8.97km、総工費10,237円、富士製紙が一部負担)。同年8月7日に許可が下り、直ちに着手、まもなく完工した²⁰⁾。

一方、“予期せぬ問題”が持ち上がっていた最中の1889(明治22)年2月20日、富士製紙の河瀬社長は、鈴川停車場～入山瀬工場間の製紙資材運搬用鉄道の計画を立案し、大宮町の豪農・高瀬牧太郎、池谷佐平ら有力者に提示する。さらに、鈴川停車場、宿場町・吉原、大宮町(現・富士宮市)の有志と協議を重ね、同年3月21日入山瀬工場で発起人会を開き、資本金24,000円で富士馬車鉄道会社を発足させた。資本金の負担内訳は、大宮町7,000円、吉原町4,000円、富士製紙13,000円であった(鈴川～大宮間12.4km、総工費29,585円)。翌1890(明治23)年1月着工、同年6月に営業を開始した。半年足らずで開業に漕ぎ着けた理由は、直前に完成していた大宮新道に軌間2ft(60cm)の線路を敷き、その上を一頭立て12人乗りの箱馬車を走らせるだけの簡単な構造だったためである²¹⁾。

富士馬車鉄道の営業状況の詳細は不明だが、開業から10年後の1899(明治32)年12月から翌1900(明治33)年5月の記録によれば、収入30,229円に対して支出28,234円と2,000円の純利益を得ている。収入の内訳は貨車19,656円、客車8,946円で、貨物収入が旅客収入を大きく上回っていた。明治期に開業した静岡県内のその他の馬車鉄道(御殿

場、城東、秋葉の3鉄道)は旅客中心の路線であり、いずれも大正期に廃業していることから、富士馬車鉄道における富士製紙の役割がいかに大きかったかがわかる²²⁾。

b) 駿甲間の鉄道路線計画（富士川西岸側の動き）

富士馬車鉄道敷設から2年後の1882(明治25)年、明治政府は「鉄道敷設法」を公布する。その第2条では、中央線を含む33路線を予定線として定め、第7条では、第一期予定線として中央線をはじめとする9路線を定めている。この中央線については比較線が設定された。すなわち、「中央予定線ノ内神奈川県下八王子若ハ静岡県下御殿場ヨリ山梨県下甲府及長野県下諏訪ヲ経テ伊那郡若ハ西筑摩郡ヨリ愛知県下名古屋ニ至ル鉄道」²³⁾とあるように、西端は名古屋と決まっていたが、東端は八王子もしくは御殿場が想定されていた。ところがこれに富士川西岸側の岩淵停車場を起点として(岩淵～甲府間の第二期線を第一期線に格上げして)欲しいとする請願が加わる。かくして、中央線の第一期予定線は、八王子、御殿場に加えて岩淵～甲府ルートの3路線になった。この競争は、1894(明治27)年、最終的に八王子～名古屋間のルートで決着する。

決定を受け、翌1895(明治28)年2月、岩淵側(富士川村と清水町)の有志は帝国議会上に「岩淵・甲府線の第一期線への編入に関する請願書」を提出する。同年12月には、これに山梨県側も加わり、岩淵線期成同盟会を組織し甲岩線施設鉄道の敷設を請願しようとした。一方、このころ既に東京では渡辺友次郎らが岩淵～甲府間の駿甲鉄道会社の設立を出願し、設立許可まで得ていた。そこで、両者は一本化を図って富士川鉄道を設立。ルートは、東海道線・岩淵停車場(現・富士川駅)を起点に、富士川沿いに北上し、身延を経て甲府に至るというものであった。富士川鉄道は1896(明治30)年4月に仮免許を受けるが、日清戦争後の社会・経済事情もあって何ら具体的に進展しないまま、1902(明治35)年2月に鉄道敷設権を放棄してしまう。

1907(明治40)年6月、日露戦争のお陰で国内経済が安定したのを受けて、富士川町(1901年から村→町)、清水町(1924年から町→市)の有志に静岡市の有志を加えた駿甲軽便鉄道期成同盟会が結成される。1909(明治42)年2月には、一日でも早く国営鉄道を実現して欲しいとする「甲府岩淵間鉄道敷設ニ関スル請願書」が帝国議会上に提出される²⁴⁾。

c) 富士身延鉄道（富士川東岸側のさらなる動き）

1909(明治42)年4月、鈴川～岩淵間に新たに富士停車場が開業すると、富士馬車鉄道の手で富士停車場～長沢(入山瀬)間3.2kmに軌道が新設される(富士製紙は輸送を新路線経由に切り替える²⁵⁾)。

一方、1911(明治44)年6月には、富士～甲府間90.1kmの軽便鉄道の敷設が認可され、翌1912(明治45)年4月、資本

金 400 万円で富士身延鉄道が発足、社長は富士製紙の社長・小野金六が兼任した。同年 5 月、富士身延鉄道は、第一期分として富士～大宮間の鉄道敷設権を取得するため、177,000 円で富士馬車鉄道を買収する。そして 1913(大正 2)年 1 月、富士～大宮間 9.7km の建設に着手、同年 7 月 20 日に開通した(路線の重複する富士停車場～長沢間、入山瀬～大宮間の馬車軌道は撤去され、鈴川停車場～入山瀬の馬車軌道のみ残された)²⁶⁾。

d) 甲・駿軽便鉄道 (富士川西岸側のさらなる動き)

こうして後発の富士身延鉄道が急速に現実化していく中で、駿甲鉄道の運動は次第に不利な情勢となり、計画の変更を余儀なくさせられていく。

まず、1910(明治 44)年、富士川町の有志らによって「芝川・岩淵間軽便鉄道敷設発起人会」が開かれ、同年 9 月には「岩淵・甲府間鉄道敷設五カ町村連合有志会」と変更、さらに 11 月には「甲・駿軽便鉄道」と改名される。最後の案は、甲府市、清水町、静岡市の有志が、資本金 400 万円で、甲府～興津間 96.6km の軽便鉄道を敷設しようとするものであった。ここで注目すべきことは、名称が駿甲鉄道ではなく甲駿鉄道と逆転している点、また、路線が岩淵～甲府から興津(清水町)～甲府に変わっている点(発起人の半数が甲府側で、富士川町周辺の人々が抜け、清水・静岡周辺の人々が加わっている)である²⁷⁾。

富士川町の人々が抜けた理由は、「甲・駿軽便鉄道」の計画に現実性が持てなかったこと(結局、実現しなかった)、そして、四日市製紙専用鉄道が現実性の高い計画として俎上に上りつつあったからである²⁸⁾(結局、部分着工に至った)。

(2) 四日市製紙専用鉄道の着工に至る経緯

a) 舟と鉄道

芝川工場では、原料となる木材の大部分を山梨県側(南アルプス山麓の早川流域)の山林に依存していた。伐採された木材は溪谷の“卸し場”に集材され、“川狩り”によって流下し“揚場”で引き上げ富士川との合流部にある積置場(下山村高島)に一時保管された。そこから筏を組んで富士川を流下し、工場の西南にあたる富士川左岸に繫留し陸揚げ後、トロッコに積み替えて工場内の“土場”まで運搬された。これらの作業はすべて許可制によるもので、いちいち願書を提出して許可書の交付を受けなければならなかった²⁹⁾。

工場が必要とする資材の運搬は、東海道線・岩淵停車場まで鉄道で、そこから舟に積み替え、堀河運河経由で富士川に入り、工場前の“定繫場”まで遡上するというルートを採用した(3人が1本の長い綱で舟を曳き、1人が舵を取るため舟の先端部分の穴に竹竿を通して陸地との加減を保つという大変な作業であった)³⁰⁾。

工場から搬出される紙製品は、工場西南の河岸で舟に積

み込まれて富士川を下り、堀河運河を経由して東海道線・岩淵停車場まで送られた。富士川を利用した輸送は水量に左右され、また相当な危険が伴うものであった²⁹⁾。

こうした前近代的な輸送手段を、より安全に、より早く、より安い方法に変えることは、芝川工場にとって重大な関心事であった。その際作られた「運賃比較表」³¹⁾によれば、舟賃だと 90 円のところ、鉄道(岩淵から工場まで軌道を敷設した場合の運賃)だと 66 円 30 銭で石炭や木材を運搬できるとしている(比較表で使われている単位や「噸数」の詳細については触れられていないので、数値の正確さは不明である)。

b) 富士身延鉄道と自前の専用鉄道

『鷹岡町史』には、「四日市製紙にとっては高い運賃を払って富士身延鉄道を利用して原料製品の輸送をするよりは同社の専用鉄道を敷設する方が経済的であった」「富士身延鉄道の社長がライバル会社の富士製紙の社長でもある小野金六であることも理由の一つであった」²⁸⁾という記述があるが、これ以上の確かな表現はできないので、ここではそのまま引用した。『大川平三郎君伝』には、さらに、四日市製紙の取締役に就任した重盛信近は、自分の出世の邪魔になった大川が富士製紙の株を買集めていたことから、系列の富士身延鉄道に対抗心を感じていたとの記述もある³²⁾。これらの事情が重なって、岩淵～芝川間に鉄道を敷設して一矢報いたいと思ったのかもしれない。

この専用鉄道計画は、1912(明治 45)年 1 月 26 日、地元の『静岡民友新聞』に初めて報道される²⁹⁾。それによれば、ルートは岩淵から木島～南松野～北松野を経て富士川を渡り芝川工場に至る「七哩余り(11～12km)」であり、木島～南松野間は工事が困難なので、南松野の馬坂(現・富士川町)～北松野の有無瀬川(現・富士川町)の「一哩五八鎖(2.77km)」を先に着工するとある。つぎの報道は同年 5 月 13 日の記事で、岩淵から芝川工場までの「二哩強(約 3.2km)」の専用軌道を敷設し、富士川に架ける橋は長さ「約九〇間(164m)」の吊橋となるであろうとしている。1912(大正元)年 12 月 19 日に出された 3 回目の記事では、路線延長は「六哩三八鎖(10.41km)」、富士橋の橋長は「百十四間(207.3m)」とされている。

1913(大正 2)年 7 月に富士身延鉄道が富士～大宮間を開業するが、四日市製紙が専用鉄道の敷設申請を行ったのも同年同月(1913 年 7 月)であった。このときの申請書は現存しないが、1914(大正 3)年 3 月 3 日付の四日市製紙芝川支店の記録³³⁾によれば、「…大正貳年七月二十日及全年八月三十一日附申請ノ静岡縣富士郡芝富村會社芝川製紙工場構内ヨリ全縣庵原郡松野村北松野有無瀬川西岸ニ至ル専用鐵道敷設ノ件免許候ノ條…」とある。ここで、芝川工場と有無瀬川西岸間の距離は「二哩八鎖(3.39km)」とされてい

る。この事実から、『静岡民友新聞』の3回目の報道(1912年12月)から申請(1913年7月)までの半年間に工事区間が短縮されたことがわかる。その理由は、静岡県から内閣総理大臣山本権兵衛に提出された「復申書」³⁴⁾(時期不明)に、「…該線路ノ内起点ヨリ貳哩八鎖附近道路ニ接続スル地点迄ハ公益上支障無之被認候間 其間ニ對シ免許相成 該道路接続箇所ヨリ終点迄ハ工事困難且施設方法モ適当ナラザルモノト被認候間…」とあるように、岩淵～有無瀬川東岸間の施工が至難だと思われていたからである。

四日市製紙の重盛取締役は、1914(大正3)年3月4日の許可書³⁵⁾を受けて(翌5日に軌道工事着工)、同年3月28日に「橋梁架設工事施工願」³⁶⁾を、同年12月24日に「橋梁設計訂正御許可願」³⁷⁾を静岡県知事に提出する。しかし、イギリスに注文していた蒸気機関車(到着予定日:1915年3月2日)の到着が、第一次世界大戦のおおりに受けて無期延期となりそうなことがわかったため、1914(大正3)年10月9日に「専用鐵道線を假用し馬車運搬御許可願」³⁸⁾、1915(大正4)年2月3日に「専用鐵道竣功期限延長申請書」³⁹⁾を静岡県知事に提出した。

この間、1914(大正3)年3月から有無瀬川西岸～芝川工場の建設工事が始まっていたが、こうした動きとはまったく別に、富士身延鐵道の芝川停車場に関わる協定が結ばれようとしていた。先に述べたように富士身延鐵道は1913(大正2)年7月大宮まで路線を延長しており、さらに芝川までの路線延長を計画していた。この芝川停車場に関して、同年12月、両社の間でつぎのような協定⁴⁰⁾が結ばれたのである。

- ・四日市製紙は、貨物の全量を富士身延鐵道に委託する(年間最低3万tonを保証)。
- ・富士身延鐵道は、2万tonまでの貨物は遅滞なく運搬する。
- ・富士～芝川間の運賃は、1tonにつき1円とする。
- ・協定の期限は、開業から1919(大正8)年6月30日までとする。
- ・芝川停車場の用地(四日市製紙の社宅のある2600坪の土地)は、富士身延鐵道に無償で貸与する。

この協定により、四日市製紙が専用鐵道の敷設を決断する最大の要因となった、“富士身延鐵道の高い運賃”という障害が消滅した。

四日市製紙は、専用鐵道の申請を出した1913(大正2)年7月のわずか5ヶ月後に協定を締結し(1913年12月)、さらにその3ヶ月後には専用鐵道に着工している(1914年3月)。以後、専用鐵道の工事と富士身延鐵道の芝川伸延工事は平行して進められ、四日市製紙の専用鐵道は1915(大正4)年1月に完成、富士身延鐵道の伸延工事はその2ヶ月後の

1915(大正4)年3月に完了している⁴¹⁾。

四日市製紙にとって専用鐵道の工事は完全な二重投資であり、資金が潤沢とはいえなかった民間企業がなぜこのような無駄なことを行ったのか(協定締結と同時に専用鐵道の工事を中止しなかったのか)理由はつかめなかった。

c) 専用鐵道の開通後

四日市製紙専用鐵道は1915(大正4)年1月に完成する。しかし、全線の3分の2以上にあたる岩淵～有無瀬川東岸間は未完成なままで、その区間は牛馬車による代行輸送を強いられた。そこで、同年3月に富士身延鐵道の芝川停車場が開業すると、四日市製紙は貨物のほとんどを芝川停車場経由で運ぶようになってしまう。

結果として、四日市製紙の示した選択肢は、利用価値の減った専用鐵道の中で唯一存在価値の高かった(富士川に架かる数少ない橋であった)富士橋を、賃取橋として一般開放することであった。四日市製紙は同年12月9日、県知事に「錢徴収公衆通行御許可願」⁴²⁾を提出し、翌1916(大正5)年8月に許可を受ける。

残された専用軌道は、岩淵方面への物品の輸送に多少は利用できるという目算で、蒸気機関車の代わりに馬車鐵道の運行できるようにするため、「専用鐵道竣功期限延長申請書」³⁹⁾と「専用鐵道線を假用し馬車運搬延期願」⁴³⁾を毎年くり返し申請していく。ところが、1918(大正7)年に原内閣が誕生すると、一転して「鐵道竣功期限延長不許可書」⁴⁴⁾が発令されてしまい(1919年3月8日付)、「専用鐵道布設御免許状」⁴⁵⁾を返納せざるを得なくなった(1919年4月22日)。

この1919(大正8)年には、専用鐵道にとってもう一つ重大な事件が起きた。同年9月14日、大型台風に見舞われた際に富士橋が落橋してしまったのである。その結果、有無瀬川西岸～旧・富士橋の左岸側橋詰、同・右岸側橋詰～芝川工場の2区間に分けて馬車鐵道を運行し、富士川の渡河には舟を用いることにした。こうした変化を受けて、四日市製紙は同年11月18日、「専用馬車鐵道存置願」⁴⁶⁾を提出、翌1920(大正9)年2月23日に許可を受けた。しかし、存置願を提出したわずか9日後の1919(大正8)年11月27日には、四日市製紙と富士製紙が合併契約書を取り交わし、翌1920(大正9)年2月には両社が合併してしまう⁴⁷⁾。そこで、同年4月14日には、馬車鐵道による物品運搬を廃止し、鐵道の撤廃届け⁴⁸⁾を提出するに至った(同年4月22日に許可⁴⁹⁾)。

4. 富士橋

(1) わが国の吊橋建設史と富士橋

一般論であるが、吊橋は、各種形式の橋梁の中で、データの残存・蓄積、構造物本体の保存という点に関して、これまで最も冷遇されてきたものの一つであろう。すなわち、わが国

の近代橋梁史は、鉄・鋼構造物を中心に、土木遺産の中では最も精力的に研究が進められてきた。しかし、鉄道用拱渠以外の煉瓦橋と鉄筋コンクリート橋については網羅的なデータ収集が図られて来なかった。特に、木橋、吊橋については、その大半が単に過渡的な存在であり、構造的にも短命で、技術的にも敢えて記録に残すだけの面白みもなく、都市とは離れた田園部・山中に架けられることが多く人目に触れにくい、など様々な理由で記録に残されないまま存在そのものが忘れられてしまった。

さて、わが国最初の近代吊橋は、1870(明治3)年、皇居内の山里の御庭(現・吹上御苑内)に架けられた山里の吊橋であった(橋長73m、径間70.9m)。設計はアイルランド生まれのお雇い技師ウォートルス(Thomas James Waters)だと言われている。この吊橋は振動特性が悪かったとされるが⁵⁰⁾、早くも1881(明治14)年には撤去された。

その後の明治期の吊橋史について、藤井郁夫氏の論文「日本の吊橋の変遷について」⁵¹⁾および同氏の労作『橋梁史年表』⁵²⁾によれば、主索に鉄鎖、または、鉄線を用いた木造無補剛吊橋が多く見られるのが1880～1910年頃、トラス補剛(木造)の採用は1890年代以降、トラス補剛や主塔に鉄を使い始めるのは1910年代に入ってからで、国産鋼索の使用も1910年代、鉄筋コンクリート主塔は1910年代中葉というように大まかな時期区分が可能である。中央径間に関するデータはあまり残っていないため明言はできないが、1911(明治44)年竣工の天竜橋(別名・鹿島橋、静岡県)の114.5mという中央径間は、トラス補剛を有する高剛性の吊橋としては“記録的”な数値である。表-1に、明治～大正期を代表する補剛吊橋の一覧を示す。この表から見る限り、1915(大正4)年

架設の富士橋は、飛び抜けて大きな(戦前の日本では最大級の)中央径間を有する吊橋であったことがわかる。

また、森林鉄道用の吊橋という分類で、藤井論文には、生保内林用手押軌道(仮称)の神の岩橋(1926年、橋長78.8m)の名が挙がっている。しかし、鉄道用といっても神の岩橋を通っていたのは人間が手で押すトロッコでしかなく、蒸気機関車の通行を前提とした富士橋とは性格が異なっている。

最後に、静岡県芝川町には、近世の名吊橋であった釜口橋、最初期の鉄筋コンクリート主塔をもつ芝宮新橋(1916年)、大正期最大級(橋長238m、中央径間126m)の吊橋である身延橋(1923年)など10橋程度が戦前に架けられた記録があり、吊橋の“メッカ”の感があった。富士橋の存在は、こうした地域だからこそあり得たとも言えよう。

(2) 富士橋に関わる記録

a) 四日市製紙に関わる地元の資料

富士橋は前述のように、四日市製紙の専用軌道が富士川本流を渡る地点に架けられた鉄道用の吊橋である。蒸気機関車が入手できなかったため、橋の上を実際に蒸気機関車が走ったことはないが、設計を済ませ県に施工願を提出した段階(1914年3月)では、蒸気機関車が着かないことを知らなかったと思われるので(知ったのは1914年9月頃か?)、設計上はれっきとした鉄道用吊橋であった。

富士橋にまつわる記述が初めて記録に現れるのは、1912(明治45)年1月26日付『静岡民友新聞』の、「…富士川架橋となすこととなし同工事は興津川に経験ある鈴木技師の設計に成れりと云へり」という記事である。同年5月13日付『静岡民友新聞』には、もう少し詳しく、「…富士川架橋工事が最も急がれ先ず以てその架橋設計は同会社技師由美房

表-1 補剛トラス吊橋の中での富士橋の位置 (影付きの行の橋は現存しない)

橋名	竣工年	都道府県	補剛形式	橋長	中央径間	径間数	主塔
兼山橋	1891年	岐阜	木トラス補剛	80m			木塔
美恵橋	1897年	岐阜	木トラス補剛	77m			木塔
庄川橋	1900年	富山	トラス補剛	447m		多	木塔
比佐里橋	1905年	群馬	木トラス補剛	74m	73m	1	木塔
新川橋	1906年	富山	木トラス補剛	360m		多	木塔
水神橋	1909年	長野	木トラス補剛	279m			木塔
魚沼橋	1908年	新潟	鉄トラス補剛	95m			鉄塔
弁天橋	1910年	愛知	木トラス補剛	98.3m			鋼塔
荻原橋	1911年	三重	木トラス補剛	103.6m	94.5m	1	鋼塔
天竜橋	1911年	静岡	木鉄トラス補剛	206.3m	114.5m	2	木塔
津久美橋	1913年	岐阜	木トラス補剛	76m			木塔
釜口橋	1913年	長野	鋼トラス補剛	89m		3	木塔
勝山橋	1915年	福井	鋼トラス補剛	93m	91m	1	鋼塔
富士橋	1915年	静岡	木トラス補剛	204.53m	161.8m	2	鋼塔
美濃橋	1916年	岐阜	鋼トラス補剛	114.2m	113.3m	1	RC塔
対鶴橋	1917年	長野・岐阜	木トラス補剛	111.16m	90.96m	1	RC塔
多摩川橋	1920年	東京	鋼トラス補剛	100m			RC塔
川本橋	1922年	島根	鋼トラス補剛	109m	109m	1	鋼塔
桃介橋	1922年	長野	木トラス補剛	247m	104.4m	4	RC塔
身延橋	1923年	静岡	鋼トラス補剛	237.6m	126m		鋼塔
正喜橋	1924年	埼玉	鋼トラス補剛	139m	138m	1	鋼塔

(文献51, 52より作成)

八郎氏並びに興津釣橋に手を染めたる技師鈴木練平氏も参与し、一切の請負価格は金一万円にして松野村清水此吉氏が工事の一切を引き受け、その橋梁の延長は約九〇間(163.6m)、内二五間丈は陸橋なり。サスペンション式堅牢なる釣り橋なり…」と紹介されている。設計者の名前が2名記されているが、後者の鈴木練平が工手学校(工学院大学の前身)の出身者らしい⁵³⁾ことしかわかっていない。また、「興津釣橋」についての情報も得られていない(『橋梁史年表』にも未記載)。ただ、この記事自体が信憑性はあまり高くない。設計前の記事のため、橋長は2割短めと寸法は間違っているし、工費も実費の3分の1以下である。このうち橋長については、1912(大正元)年12月19日付の記事で、「…サスペンション式釣り橋、長さ百十四間(207.3m)、陸橋二十間、水上九十四間の高さを保てり、レールは一八封度、ゲージは二尺五寸にて…」と訂正している。設計前の段階としては、かなり実際に近付いた数値となっている。

富士橋の名前は、つぎに、1914(大正3)年3月28日、四日市製紙が静岡県に提出した「橋梁架設工事施工願」⁵⁴⁾で現れる。施工願には橋梁一覧表⁵⁵⁾、橋梁設計表⁵⁶⁾、設計書⁵⁷⁾、各種図面(図-1「富士川吊橋附近横断面図」⁵⁸⁾参照)が添えられていた。このうち、橋梁一覧表には橋長として「橋梁長六七五呎(205.7m)」との記載があるが、この数値は間違いで、同年12月24日の「橋梁設計訂正御許可願」⁵⁹⁾で、「橋梁長六六六呎(203.0m)」と訂正している。これ以外の諸元については、表-2に示す。

ここで、残念なことは、“設計書”という名にもかかわらず、実際に残っているのは単なる“材料表”にすぎず、具体的にどのような設計が行われたか、すなわち蒸気機関車の活荷重をどう考えたのか、風荷重をどう想定していたのかなどの具体的事実を知ることはできない。

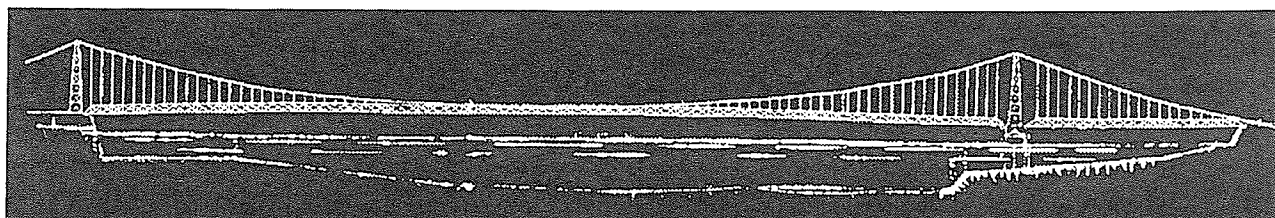
富士橋の着工時期は不明だが、専用鉄道の敷設申請が1913(大正2)年7月20日、許可が翌1914(大正3)年3月4日、さらに、富士橋の施工願が同年3月28日という流れからすれば、当然4月以降の着工であったと思われる。竣工が1915(大正4)年1月なので、工期は最長でも9ヶ月と規模の割に短時間で完成したようである。

先に述べたように、完成して2ヶ月で富士橋は“無用の長物”になってしまったので、四日市製紙は通行料をとって橋

表-2 富士橋の諸元および材料
(橋梁一覧表⁵⁵⁾、橋梁設計表⁵⁶⁾、設計書⁵⁷⁾より抽出)

全般
・竣工: 1915(大正4)年1月
・落橋: 1919(大正8)年9月14日
・径間数: 2(中央径間1、側径間1)
・橋長: 666尺(前後関係から“呎”の間違い、203.0m)
・中央径間:
534尺(162.8m)、側径間(右岸側1連のみ)126尺(38.4m)
・工費: 33,966円
ケーブル類
・主索: 8番鉄線500本(25条東ねたワイヤロープの20本撚り)
→ 左右各1本
(アンカレジは木骨コンクリート製)
・吊索(主索⇄吊桁): 8番鉄線10条
→ 左右各107本(図から読みとった推測値)
(吊桁の取付け部には「環付ボルト」、「タンバックル」、「クラング」を使用)
・耐風索: 8番鉄線200条
→ 左右各1本
(アンカレジの構造は主索と同じ)
・耐風支索(耐風索⇄吊桁): 8番鉄線5条
→ 左右各98本(材料表の数値)
木構造
・補剛桁: ヒノキ製ダブルワーレントラス
「上下臥材」(上下弦材): 13.0×0.8×0.5尺
(3.94×0.24×0.15m)
「斜材»: 6×0.5×0.25尺(1.82×0.15×0.08m)
「木頭」(隅沓材): 1.5×0.4×0.5尺(0.45×0.12×0.15m)
(補剛トラスの数: 中央径間88構、側径間21構)
(上・下弦材の接合には「継鉄物」、「ボルト」を使用)
・床構:
「横桁」(吊桁): 13.0もしくは15.0×1.0×0.58尺
(3.94~4.55×0.30幅×0.18m)計107本
「縦桁木」(縦桁): 13.0×0.6×0.6尺
(3.94×0.18幅×0.18m)6列
「敷板」(床板): 9.0×0.7以上×0.2尺
(2.73×0.21~幅×0.06m)
「振止木」(抗風材): 6.0×0.5×0.5尺
(1.82×0.15幅×0.15m)左右各53箇所(2構に1)
「垂直材」(鉄棒): 6.0もしくは4.7×径0.07尺
(1.82~1.42×径0.021m)
主塔・橋脚・橋台
・主塔: 鋼トレスル 2基(購入費2,106円)
・橋脚: 間知石練積 1基
(汽船形、先端は角石、内部はコンクリート)
・橋台: 間知石練積 2基
(「橋台ノ基礎ハ右岸ハ地下二十五呎掘下ケ「コンクリート」ヲ用ヒ 長五十一呎巾四呎厚三呎ニシテ生松末口七寸丸太ヲ以テ造リタル 長五十一呎巾三呎ノ梯形敷木ヲ敷設シ左岸ハ陸地ニ付地下六呎掘下ケ「コンクリート」ヲ用ヒ 長二十呎巾三呎厚二呎ニシテ地枕ハ六呎ノ松丸太拾壹本打建ツ 但「コンクリート」ハセメント一、砂三、砂利六、ノ配合トス」とある)

図-1 富士川吊橋附近横断面図 (「富士川吊橋附近横断面図」より一部修正)



を一般に開放することとし、1915(大正4)年12月9日に県知事宛「橋銭徴収公衆通行御許可願」⁴²⁾を申請、翌1916(大正5)年8月24日付で許可⁶⁰⁾される。その際に取り決められた通行料(片道)は、人2銭、自転車4銭、牛馬車10(空車時)～30銭などというものであった。1人2銭という料金は、大正中期の物価指標でアンパン1個分に相当するものであったが、当時の貸取橋としては標準的な金額であった(約34,000円という建設費に比べれば低額だったと言える)。ただ、どの程度の通行量があったかについては記録が残っていない。

ところで、完成後の富士橋について、その構造(強度)に関わるような資料は1件しか残されていない。それは、1916(大正5)年2月16日に静岡県内務部が四日市製紙に送り付けた文書⁶¹⁾で、「…富士川橋梁ハ塔柱異状有之趣ナルニ付テハ其ノ原因並状況詳細御取調應力計算書添付至急申披キ戴度右ハ支障ナキヤ否調査ヲスル迄馬車通行ハ極メテ安全ナル荷重ニ制限スルカー一時通行ヲ見合ス等…」、すなわち、主塔部に異状があったことを示唆する内容となっている。これに対する会社側の報告書⁶²⁾は、同年3月1日に出されている。「…富士川橋梁鉄柱異状ノ件ニ付取調候処右ハ全ク竣成後間モナク當地方ニテ一昼夜真西ヨリノ強風有テ之ガ為メ左岸ノ塔柱角鉄八本ノ内二本ハ頂上ニ於テ約三吋河心ニ向ツテ彎曲仕り候 以後直チニ周囲三吋寸分ノ一ノ鋼線ノ控ニ繩四條ヲ張り相當重量ノ荷重ニテ使用仕候処 今日ニ至ルモ是レ以上彎曲不仕其ノ他ノ部ニ於テハ別ニ異状ヲ認メス候 尚ホ御命令通り御調査完了相成ルマテ荷重ハ極メテ安全ナルモノニ制限可仕候…」。この内容から、富士橋が一度は風に弱かったことがわかる。

貸取橋として一般の通行に供せられるようになって2年半後の1919(大正8)年9月14日、富士橋は台風による富士川の増水に見舞われ落橋する。それは偶然、「鐵道竣工期限延長不許可書」⁴⁴⁾が出された(すなわち、富士橋経由の馬車鉄道の運行に引導が渡された)半年後のことであった。この間の状況が、『芝川郷土史資料 かわのり28号』²⁾には、つぎのように書かれている。「大正八年九月一〇日以来降り続いた大雨は、一四日になって暴風雨となり午後九時頃には、富士川は二八尺の高水位となり、強風のため川は大きなうねりとなって橋桁に襲いかかった。やがて橋桁は高波に呑み込まれ風圧線はうねりのたび毎に付近にあった社宅に接触して、柱にぎしぎしと音を立てて食い込み、建物は倒壊寸前になっていた。風圧線と母線は左岸で切断され、富士橋はゆっくりと右岸に流されていった」。文中、風圧線云々(傍点部)とあるのは、吊橋が強風で破壊されたのではなく、川沿いに並んでいた社宅の倒壊を防ぐため、意図的に耐風索と主索が切断されたことを述べたものである。このことから、富士橋が必ずしも風に弱い構造であったわけではないことがわかる。

橋を再建しても馬車鉄道の免許が再交付される可能性は低かったので、富士橋は4年8ヶ月という極めて短い年月でその一生を終えることになった。現在、県道・富士川～身延線の富原橋の上流側に残っている石積遺構がかつての富士橋の名残である。

b) 土木学会誌の記事

富士橋の名は今では忘れ去られてしまっているが、それは、きわめて短命であったことに加え、製紙会社の専用橋であったということが大きく響いている。一般に橋を用途分類した場合、鉄道用、道路用、水路用の3種類に分けられるが、このうち鉄道用は、国鉄(官鉄)、私鉄、森林鉄道、その他産業用に分けられる。これらの区分ごとに、各種資料におけるデータの把握率は、国鉄(官鉄)が未完成路線の橋や付け替え廃止区間の橋を除いてほぼ100%であるのに対し、私鉄、森林鉄道ではかなり抜け落ち、産業用鉄道に至ってはほぼゼロに近い。富士橋が、その抜き目出た規模にもかかわらず無名のまま葬り去られた背景にはこうした事情がある。

しかし、用途は別にして、富士橋のもう一つの側面は、吊橋であるという事実である。そこで、一度だけはあるが、長大吊橋の振動特性という観点から、富士橋が土木の世界で報告されたことがあった。物部長穂の「吊橋ノ振動並ニ其衝撃作用ニ對スル關係」⁶³⁾(『土木学会誌』第7巻第4号、1921年)という長文の論文である。

物部論文で振動調査の対象とされたのは、表-3に示すような4橋であった。論文が出されるに至った理由は、恐らく、冒頭の釜口橋が1918(大正7)年10月に行軍中の将兵66名を巻き込んで落橋し(死者7名⁶⁴⁾)、その原因究明が必要となったためであろう。論文の内容は、4つの吊橋について固有周期(横振動と上下振動)を計算し、現地での振動測定結果と比較・検討するというものであった(落橋した釜口橋だけは推測値で代用)。

表中に示した実測値は、載荷状態をいろいろと変えた実測データの中で、固有周期に最も近いケース(いわば“最悪”の状況)と、それほど近くないケースの2種類である。このうち、事故を起こした釜口橋では、上下振動の1次モードに対し固有周期と実測値がきわめて近接しており、縦隊行進に弱かったことが推論できる結果となっている。

他の吊橋について同様な観点で見ると、まず上下振動については、神田橋と多胡橋の2橋で固有周期と実測値がかなり近接する場合があり、橋の渡り方によっては不快な振動が発生する可能性がある。しかし、だからといって教人が渡っているだけで落橋事故につながるとは思えないし、教10人～100人に対応した実測値がないので安全性に関する議論はできない。横振動については、多胡橋の場合、小学生200人を縦隊歩行させた実測値が報告されている。その

表-3 物部論文における振動周期比較 (文献 63より作成)

橋名	中央径間*	竣工年	固有周期	実測値(載荷状態)
釜口橋 (静岡)	59.4m	1913年 1918年10月落橋	0.49秒(上下振動)	0.51秒(並足歩行/推定値)
			1.09秒(横振動)	不明
富士橋 (静岡)	164.9m	1915年 1919年2月実測	1.11秒(上下振動)	0.55秒(3人歩行)
			1.25秒(横振動)	0.315~0.326秒(1,3人駆け足) 1.10~1.16秒(3人歩行)
神田橋 (群馬)	128.0m	不明 1919年7月実測	0.73秒(上下振動)	0.32秒(1人駆け足) 0.64秒(2人歩行)
			2.85秒(横振動)	0.84秒(1人足早歩行)
多胡橋 (群馬)	109.7m	1919年 1919年10月実測	0.98秒(上下振動)	0.83~0.98秒(1人駆け足) 0.33秒(5人駆け足)
			2.33秒(横振動)	0.88秒(1人駆け足) 2.0秒(小学生200人縦隊歩行)

*論文中に記載されている数値(富士橋の他にも数値に記載ミスがある)

表-4 富士橋と桃介橋の比較

	富士橋(1915年)	桃介橋(1922年)
活荷重	軽便鉄道(蒸気機関車対応)	工専用トロック軌道 復原時は歩行者のみ
塔柱	鋼トレスル製	鉄筋コンクリート製
形式	2径間吊橋	4径間吊橋
橋長	203.0m	247.762m
中央径間	162.8m	104.452m
主索	ケーブル(#8@20条*25本撚り) ×1本が左右2索	ケーブル(7条*19撚り, 40mm径) ×4本(平行配置)が左右1対
耐風索	ケーブル(#8@200条) ×1本が左右2索	ケーブル(7条*19撚り, 32mm径) ×1本が左右1対, 中央2径間のみ
斜索(ステイ)	なし	ケーブル(7条*7撚り, 12mm径) ×片側6本が左右1対, 計36本
補剛トラス	木製ダブルワーレントラス	木製ダブルワーレントラス
補剛トラス間隔(吊索間隔)	2.0m	2.28m
補剛桁高(弦材中心線)	1.56m(推測)	2.04m(全高2.333m)
抗風材	2パネルごとに1ヶ所	3パネルごとに1ヶ所
補剛部全幅員、有効幅員	2.7m(推測)、1.5m(推測)	3.000m、2.728m
床組構造	吊桁、縦桁、床板の3層構造	吊桁、縦床桁、横床桁、敷板の4層構造

際の周期2.0秒という数値は、1次モードの固有周期2.33秒にかなり近く、多胡橋が深刻な横振動が発生する可能性を示唆している。

富士橋の特徴は、4橋の中で上下振動に対して最も耐性が高そうに見えることである。それは、蒸気機関車の走行を前提としているため、吊橋全体の剛性が高いためだと解釈できる(載荷状態を変えれば違う結論になるかもしれない)。一方、横振動に対しては不快な横揺れを生ずる可能性が見取れる(しかしそれも、少人数の特定の動きに対してだけなので、蒸気機関車を走らせたらどうなのか、風に対してはどうなのか、ということまでは判断できない)。

物部論文の技術史的価値は、大正期という近代吊橋の本格的導入期(すなわち、山間の人道橋としてではなく、一人前の道路橋として扱われるようになった時期)にあって、吊橋の弱点である振動問題を理論と実測の両面から解明している点にある。そのパイオニア的な姿勢は高く評価され

るべきであろうが、多胡橋を除いて実験に用いた活荷重が小さすぎるし、データの正確さにもかなり疑問がある。例えば、富士橋について次の2点の記載ミスを指摘できる。①論文が『土木学会誌』に登載されたのは1921(大正10)年のことで、富士橋落橋から1年半も経っているのに、落橋の事実がどこにも触れられていない。②論文によれば、富士橋は3径間、全長256.26m、中央径間164.46mの吊橋となっているが、実際は2径間、全長204.53、中央径間161.80mであった。

c) 富士橋の構造の特徴 — 同時期の吊橋との比較

実態のわからない富士橋の設計について、何らかの示唆が得られるかもしれないもう一つの手段は、同世代の同規模橋と対比することである。ここでは、手元に詳細な設計データのある桃介橋との比較を試みることにする。両橋の主だった特徴を表-4に示す。

富士橋は鉄道用、桃介橋も吊橋上に軌道が敷設されていた(読書発電所の建設作業用)。富士橋の主塔は鉄骨トラス

製、明治末期から一部の道路用(人道用でない)大型吊橋で採用され始めた構造であった。桃介橋のような鉄筋コンクリート製主塔は1914(大正3)年が日本における初出年であり、富士橋の時代にはまだまだ未知の技術であった。しかし、それでも富士橋のアンカレッジに木骨コンクリートが使われていることは注目に値する。なお、前述したように、富士橋の主塔が1916(大正5)年に補強されていることから、この部分が富士橋の最大の弱点であったことは疑いない。

富士橋は2径間で橋長203.0m、桃介橋は4径間で橋長247.762m、ともに大正期を代表する大型吊橋である。ところで、富士橋の中央径間は桃介橋より1.56倍長いので、主索もかなり太く(断面積比2.26倍)になっている。桃介橋の主索の7条19撚りというケーブルは現在でも使われている標準的なタイプだが、富士橋の主索の20条25本撚りというケーブルは特殊なスペックである。また、富士橋の耐風索は桃介橋に比べて相当に太い(断面積比5.65倍)が、このことは、富士川の異常出水でも人為的に切断されるまでは持ちこたえたという事実と合致している。一方、桃介橋では、1983(昭和58)年の異常出水時の耐風索破断が通行止め→廃橋→復原のきっかけとなっている(桃介橋の耐風索は細すぎたのかもしれない)。桃介橋にあって富士橋にない最も顕著な構造要素は、斜索(ステイケーブル)である。アメリカの初期の吊橋には揺れ止めを期待してステイケーブルが加えられている例がしばしば見られるが、日本では非常に珍しく、桃介橋がほとんど唯一の存在である。富士橋は中央径間が大きいし、鉄道用でもあったのでステイケーブルが導入されていても不思議ではないが、その痕跡はない。

補剛トラスは両橋とも木製のダブルワーレントラスだが、富士橋の方が橋の規模の割に小振りで、その分揺れ易い構造になっている(富士橋の数値は明確に記載されているわけではないが、設計図と材料表をもとに推測した)。一方で、補剛トラスの横倒れ座屈を防止するための抗風材は、2トラス・パネルに1ヶ所と桃介橋(3トラス・パネルに1ヶ所)より密に配置されており、構造的にはかなり頑健であった。床組は3層構造で簡易に見えるが、桃介橋の4層構造の方が特異例であることからすれば、問題はない。

ここで、現行の設計基準に基づいて、当時の設計の妥当性を推測してみよう。これら2橋の吊橋はもちろん現行の基準で設計されたわけではないが、両橋を同じ基準で再現設計してみることで、両橋のもつ“安全性”の相対的な水準が推し量れるのではないかと考えたからである。

設計計算の手順としては、桃介橋を“重要文化財にふさわしい厳密さで復原”しようとするにあたって、桃介橋保存・活用検討特別委員会の当初資料として提出された試行的計算書⁶⁵⁾を参考にす。そして、活荷重(富士橋は機関車の離散軸荷重、桃介橋は歩行者の等分布荷重)、プラス、死荷重の

作用時に、主索が破断に対してどの程度の安全率を有しているかを算定する。

まず、富士橋の活荷重に関しては、四日市製紙がイギリスからどんな蒸気機関車を輸入するつもりでいたかに関する記述はない。ここでは、専用鉄道で輸送力は限られていたという前提のもとに、明治初期にイギリスから日本に輸入された小型のマンニング・ワードル社製C形サドル・タンク型機関車を想定することにした。この機関車の軸荷重は、 $p_1=6.25t$ 、 $p_2=6.81t$ (p_1 から1.651mの場所)、 $p_3=7.03t$ (p_1 から3.353mの場所)⁶⁶⁾となる。簡易影響線⁶⁵⁾を用いて活荷重水平力に換算すると291.95kNという結果を得た。貨車がどれだけ連結されることになっていたかは全く不明であり、実際の活荷重水平力は、貨車分の追加荷重、プラス、走行時の衝撃加算値を含め概数として291.95kNを2倍した値、すなわち、 $H_p=583.91kN$ を用いることにした。従って、活荷重による主索の最大張力 T_p は、 $H_p \times 1.034$ (ここに、 $1.034 = \sec\{\tan^{-1}4n/l'\}$)、中央径間: $l'=164.5m$ 、サグ: $f=10.84m$ 、サグ比: $n=f/l'=0.0659$)⁶⁵⁾より、 $T_p=603.72kN$ となる。

一方、死荷重については、床組部(床板、縦板、吊桁)、補剛トラス部(弦材、斜材、隅沓材、抗風材、鋼棒)、ケーブル部(主索、吊索、耐風索、耐風支索)それぞれの1mあたりの自重の総和⁶⁵⁾を計算すると、 $w=3.33kN/m$ となる(材料表、設計図をもとに大きさ、細部構造を推測して概算したもの)。これから死荷重水平力は $H_w=w l'^2/8f$ ⁶⁵⁾ $=1040.42kN$ であり、活荷重と同様にケーブル最大張力を求めると、 $T_w=1075.83kN$ となる。よって活荷重と死荷重を合わせた主索の最大張力は、 $T=1679.55kN$ となる。

主索の安全率を求めるためには、富士橋に使われている主索の切断荷重を知る必要がある。これに関しては「8番鉄線500本」というデータしかないので、桃介橋の主索設計で用いられた「構造用ストランドロープ規格に定められている $\phi 40$ (標準断面積763mm²)⁶⁷⁾のA級1種の切断荷重101tf(990.51kN)」を参考にして、富士橋主索の切断荷重を推定した。すなわち、富士橋の主索の推定断面積は6,894mm²(8番鉄線:径4.19mm⁶⁸⁾、断面積13.788mm²)なので切断荷重は $T_s=990.51 \times (6,894/763)=8949.57kN$ と算定される。

以上のように求められた主索の最大張力 T 、主索の切断荷重 T_s の比をとれば、安全率として $T_s/T=5.33$ という数値を得る。現行の設計基準によれば設計安全率は“3”なので、 $5.33 > 3$ となつて安全性は十分に確保されている。ちなみに、歩行者荷重を対象とした桃介橋(復原時)の安全率は5.60⁶⁵⁾であり、5.33に極めて近い数値となっている。

以上の計算はあくまで概略的なもので、機関車が実際に届いて本当に富士橋の上を走つたらどうなつていたかはわからないが、少なくとも、“富士橋の主索の設計はかなり妥当なものであった”と言える結果となった。

5. 結論

本論文では、1915(大正4)年、静岡県芝川町富士川に架けられた富士橋について、その建設と忘れ去られるに至った経緯を紹介し、また、数少ない現存データから富士橋の実態を少しでも明らかにしようと務めてきた。結果として、以下のような結論が得られた。

(1) 富士橋は1915(大正4)年1月に完成し、1919(大正8)年9月14日に意図的に落橋させられた。

(2) 富士橋の2径間(中央径間162.8m、側径間38.4m)、鋼製主塔、木製補剛トラスをもつ鉄道用吊橋であった。

(3) 富士橋は、恐らく、第2次大戦以前のわが国(外地を除く)で最大の中央径間を有する近代洋式吊橋(補剛トラスを有する吊橋)であった。

(4) 富士橋は、恐らく、わが国で最初の、蒸気機関車の走行を前提とした鉄道用吊橋であった。

(5) 富士橋は、鋼製主塔が耐風性能に欠けるという欠点はあったが、吊橋全体の強度に関しては、恐らく、問題がなかったものと推定できる。

(6) こうした事実にもかかわらず、富士橋の名前が近代日本の吊橋史から欠落しているのは、富士橋の短命さ、私企業それも製紙会社の専用橋であったという事実に基づくものである。

(7) 以上の点から、富士橋は近代日本の吊橋史上重要な構造物であったと再評価すべきである。

謝辞

土木資料探索舎を主宰される藤井肇男氏には鈴木鍊平技師について貴重なご教示をいただきました。

参考文献

- 1) 鈴木尚夫:『現代日本産業発達史 12紙・パルプ』,現代日本産業発達史研究会, pp.59-60, 1967
- 2) 前掲(1), pp.59-64
- 3) 前掲(1), pp.71-72
- 4) 前掲(1), p.66
- 5) 前掲(1), pp.87-89, pp.101-104
- 6) 前掲(1), pp.99-101
- 7) 武越三又:『大川平三郎君伝 経済人叢書』, 図書出版社, pp.80-86, 1990
- 8) 前掲(1), pp.90-95
- 9) 前掲(1), p.106
- 10) 前掲(1), pp.164-176
- 11) 前掲(1), pp.145-152
- 12) 前掲(1), pp.201-213
- 13) 前掲(1), p.155
- 14) 新富士製紙社史編纂委員会:『新富士製紙百年史』, 新富士製紙, 1990
- 15) 前掲(7)
- 16) 前掲(7), p.117
- 17) 前掲(7), p.118
- 18) 富士宮市史編纂委員会:『富士宮市史』, 富士宮市, pp.541-545, 1971-1986
- 19) 富士市史編纂委員会:『鷹岡町史』, 富士市, pp.395-398, 1984
- 20) 前掲(18), pp.593-595

- 21) 前掲(19), pp.961-965
- 22) 前掲(19), pp.965-971
- 23) 野田正徳:『明治期鉄道史資料 第Ⅱ期 第2集 (28)地方鉄道意見集』, 日本経済評論社, pp.2-3, 1989
- 24) 前掲(19), p.972
- 25) 前掲(19), p.970
- 26) 前掲(19), pp.971-976
- 27) 前掲(19), p.973
- 28) 前掲(19), p.975
- 29) 「四日市製紙時代の輸送」, 望月清, かわのり, 芝川町郷土史研究会, 22, 1995
- 30) 「四日市製紙時代の輸送(七)」, 望月清, かわのり, 芝川町郷土史研究会, 29, 2002
- 31) 「運賃比較表」, 富士製紙芝川工場資料室所属
- 32) 前掲(7), p.119
- 33) 「四日市製紙株式会社芝川支店文書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 34) 「復申書」, 富士製紙芝川工場資料室所属
- 35) 「鐵道院文書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 36) 「橋梁架設工事施工願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 37) 「橋梁設計訂正御許可願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 38) 「専用鐵道線ヲ假用シ馬車運搬御許可願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 39) 「専用鐵道竣功期限延長申請書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1915
- 40) 「協定書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1913
- 41) 新富士製紙社史編纂委員会:『新富士製紙百年史』, 新富士製紙, 1990
- 42) 「錢徴収公衆通行御許可願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1915
- 43) 「専用鐵道線を假用シ馬車運搬延期願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1915, 1916, 1917, 1918、
- 44) 「鐵道竣功期限延長不許可書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1919
- 45) 「専用鐵道布設御免許返納書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1919
- 46) 「専用馬車鐵道存置願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1919
- 47) 「四日市製紙時代の輸送(六)」, 望月清, かわのり, 芝川町郷土史研究会, 28, 2001
- 48) 「専用馬車鐵道撤廢願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1920
- 49) 「静岡県文書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1920
- 50) 日本橋梁建設協会:『日本の橋(増訂版)―多彩な鋼橋の百余年史』, 朝倉書店, pp.34-35, 1994
- 51) 藤井郁夫:「日本の吊橋の変遷について」, 土木史研究, 11, pp.101-104, 1991
- 52) 藤井郁夫:『橋梁史年表(CD-ROM版)』, 海洋架橋調査会, 1992
- 53) 工談会員名簿謄本 明治30年12月30日調査, 1897
- 54) 「橋梁架設工事施工願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 55) 「橋梁一覧表」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 56) 「橋梁設計表」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 57) 「設計書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 58) 「富士川吊橋附近横断面圖」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 時期不詳
- 59) 「橋梁設計訂正御許可願」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1914
- 60) 「橋錢徴収公衆通行許可書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1916
- 61) 「静岡県内務部文書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1916
- 62) 「報告書」, 富士製紙芝川工場資料室所属, 1916
- 63) 物部長徳:「吊橋ノ振動並ニ其衝擊作用ニ對スル關係」, 土木学会誌, 7.4, pp.561-604, 1921
- 64) 芝川町誌編さん委員会:『芝川町誌』, 芝川町, p.867, 1973
- 65) 建設技術研究所:『設計計算書』, 長野県南木曾町, 1992
- 66) 日本国有鉄道:『鐵道技術発達史V』, 株式会社クロス出版, p.189, 1990
- 67) <http://www2s.biglobe.ne.jp/~yamatoxl/kouzourp.files/tabstrip.htm>
- 68) 小栗富士雄:『標準機械設計図表便覧』, 共立出版株式会社, p.123, 1963