

四日市製紙専用鉄道の吊橋—富士橋の再評価*

Railway Suspension Bridge of Yokkaichi Paper Company – Revaluation of Fuji-bashi

森 陽子**・望月 清***・樋口輝久****・馬場俊介*****

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

Fuji-bashi, completed in 1915 over the Fuji River in Sizuoka Prefecture, is probably the longest span suspension bridge as well as only one railway suspension bridge in Japan before the World War II. However it's existence has been forgotten for a long time. The reason of oblivion will be as follows; that is, it was constructed by a private paper-manufacturing company, and it was used only four years until it was destructed in the stormy night with intent to save disaster. The purpose of this paper is to regain its reputation, and try to emphasize that *Fuji-bashi* is one of the important structures in the history of civil engineering of the modernized era in Japan. The paper contains lots of original data concerning its construction.

1. はじめに

富士橋は1915(大正4)年1月、四日市製紙会社によって静岡県富士川に架けられた大型の吊橋で、わが国で初めて蒸気機関車の走行を前提としたものであった。しかし、工事の途中で、イギリスから届くはずの蒸気機関車が第一次世界大戦の影響で無期限延期となることが分かり、馬車鉄道に目的変更していた。さらに、完成からわずか2ヶ月後の同年3月に、富士橋を経由しない別ルートでの輸送が始まり、橋の存在そのものが薄くなってしまった。四日市製紙は、翌1916(大正5)年8月から貨取橋として一般開放したが、それも長続きせず、1919(大正8)年9月の台風襲来時に災害防除のため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近代(明治初期～昭和戦前)で最大の中央径間162.8mを有し、実現こそしなかったものの、戦前で最初にして、かつ、恐らく唯一と目される「蒸気機関車の走行を前提とした」吊橋であった。このことを考えれば、富士橋は決して忘れ去られていい構造物とは言えない。しかし、製紙会社という私企業の専用橋であったことと、短命という運の悪さ、それに恐らくは釜口橋(別名・富士川釣り橋)との混同も重なり、今までその存在がほとんどの記録から欠落してしまってい

た。本論文は、存在すら忘れ去られていた富士橋を、吊橋の技術史上重要な存在であるとして再評価しようとすることを目的として作成されたものである。

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、製紙技術の変遷をごくコンパクトに記述し、それに伴ってどのような土木構造物が出現したかを述べる。

次に、3章では、富士橋の建造者である四日市製紙と、富士山麓において覇を競っていた富士製紙について、両社の概要、富士川両岸における軌道建設の経緯、四日市製紙専用鉄道の建設に至る経緯などについて触れる。

4章は、本論文の中核部であり、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がその内容である。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、単なる“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、によって少しでも明らかにしようとしている。

本論文は、第23回の土木史研究講演会で発表された講

* Keywords: 吊橋、技術史、製紙、鉄道

** 兵庫県職員

*** 芝川町郷土史研究会会員、元・新富士製紙百年史編集委員

**** 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)

(〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)

演論文¹⁾をベースに、講演会での討議内容を加味し、かつ、製紙業に関わる教科書的な解説や、富士川兩岸での鉄道競争に関わる地方史的な記述を削除・集約し、全体の構成を整えたものである。

2. 製紙技術の変遷と土木施設

本節では、わが国の明治初期～大正期に至る製紙技術の中で、原料と動力という2点に着目して、それがどのような影響を与えたかを概説する。ただ、かなり簡略化して記述したため、定型化しすぎたきらいがあるので、より詳細な情報が必要な場合は、前記講演論文¹⁾を参照されたい。

明治初期に始まった日本の洋紙製造は、技術的な、すなわち、製紙原料とそれを繊維化する動力という視点でみると、①綿ボロ+蒸気機関、②稲ワラ+水車、③木材パルプ+水車、④木材パルプ+水力発電という4段階の変化を辿った。①から②への移行は1880年代初頭から始まり、その背景には、綿ボロ(古着)の供給難と、蒸気機関の燃料である石炭価格の高騰があった。②から③への移行は、輸入品に対抗するための低価格化と大量供給を旗印に、1889～90年にかけて実用運転が始まり、製紙工場を大規模な化学工場に変貌させた。③から④への移行は1910年の王子製紙の北海道進出を契機としたもので、動力の安定供給、大規模化した工場の電気照明、さらに売電事業の本業化を視野に入れたものであった。

この①から④への移行は、製紙会社の立地を大きく変えていった。すなわち、①都市部→②郊外・田園部→③山間部(交通が便利で河川沿いという条件付き)→④北海道(その後、樺太、朝鮮半島など海外領土に)という図式である。この中で、土木と強く関わりのあるものは、③と④である。まず、③の場合、原料である木材は、筏を含む河川舟運によって搬送できたとしても、その他の工場資材や薬品類、特に、大量に生産される商品としての紙類の輸送を行うには、鉄道を整備することが望ましかった。その際、軌道敷だけでなく、橋梁やトンネルなどの土木構築物が造られる可能性がある。④の場合は、水力発電施設が必要となる。そして、その関連の土木施設としては、ダム、取水堰堤、発電所ということになる。

③は明治中期から、④は明治末期から始まっているが、いずれも恒久的な土木構造物の建造自体がまだ僅少な時期にあたり、「製紙土木」の存在は重要である。ところが、これまでこの分野にはあまり関心が払われてこなかったため、関連する土木施設について悉皆的な調査が行われた例はない。現在判明しているだけでも、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)と九州製紙深水电発所と水路橋

(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)、さらには、樺太工業によって造られた、わが国初のバットレス・ダムである手井貯水池ダム(1918年)などがあり、今後の調査・解明が待たれる。

3. 四日市製紙の専用鉄道

本章では、四日市製紙が専用鉄道(ひいては富士橋)を敷設するに至った経緯を、いろいろの面から検証していく。その中には、(1)静岡県芝川に工場進出を果たした四日市製紙と、既にその近くの入山瀬に最新工場を構えていた富士製紙との関係、(2)より広域的な富士川西側エリアと東側エリアの鉄道敷設競争という目で捉えたときの背景分析、(3)四日市製紙専用鉄道の詳細という3つの論点が含まれる(年表-1参照)。

(1) 四日市製紙と富士製紙

四日市製紙は1887(明治20)年12月に設立された製紙会社である。明治初期に相次いで開設された洋紙6社の一つではないが、1890年代から20世紀の初頭(明治20年代から大正期)にかけて全国シェアの10%弱を維持していった中堅の製紙会社であった。創業時の、稲ワラを原料とした四日市工場が焼失したことを契機に、木材資源と水力資源に恵まれた静岡県の富士川流域に新天地を求めて工場を新設することにした。四日市製紙は、富士川と芝川の合流点に立地を選定し、1896(明治29)年8月11日付で芝川の水利権を獲得した。

しかし、富士山麓では、四日市製紙が参入するずっと以前から製紙業を営んでいる会社があった。それが、富士川の東側エリアの入山瀬にわが国の最新鋭工場を持っていた富士製紙であった。富士製紙は四日市製紙と同年に設立された後発グループの製紙会社だが、人材、資金、技術の何れも一流だったため、ちょうど四日市製紙が芝川工場を建設している頃、それまで一位だった王子製紙を抜いて、日本一の座に着いていた。富士製紙は、すでに1890(明治23)年の入山瀬工場創業時から、東海道線鈴川停車場～工場間の製紙資材運搬用に、地元と連携して富士馬車鉄道会社を発足させていた。

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、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

年表-1 四日市製紙と富士製紙および富士川兩岸の鉄道建設に関する年表

年	月 日	「四日市製紙」と富士川西側の動き	「富士製紙」と富士川東側の動き
1884			* 甲州街道の道路組合の設立
1887	12 月	・「四日市製紙」設立	・「富士製紙」設立
1888	11 月		・富士製紙の工場建設に伴い道路が破損
1889	2 月 20 日		・製紙資材運搬用鉄道の計画(鈴川～入山瀬工場)
	3 月 21 日		* 「富士馬車鉄道」が発足
	8 月		* 吉原大宮往還(通称「大宮新道」)の建設
1890	6 月		・入山瀬工場操業
			* 「富士馬車鉄道」が営業開始(鈴川～大宮)
1892	6 月 21 日	『鉄道敷設法』(中央線のルートが八王子～名古屋に決定)	
1895	2 月	* 「岩淵・甲府線の第一期線への編入に関する請願書」を提出	
1896	4 月	* 「富士川鉄道」が仮免許を受ける	
	8 月 11 日	・芝川の水利権を獲得	
		★用地買収をめぐる「四日市製紙」と「富士製紙」の対立(「四日市製紙」が勝訴)	
1898	12 月	・芝川工場操業	
1890		・河川舟運による製紙資材の運搬→専用鉄道敷設の機運が高まる	
1902	2 月	* 社会・経済事情から「富士川鉄道」が鉄道敷設権を放棄	
1907	6 月	* 「駿甲軽便鉄道期成同盟会」を結成	
1910	11 月	* 「甲・駿軽便鉄道」に改名(興津～甲府)	
1911	6 月		* 軽便鉄道の敷設が認可される(富士～甲府)
1912	1 月	・専用鉄道の敷設を計画(岩淵～芝川工場)	
	4 月 1 日		* 「富士身延鉄道」が発足(社長は富士製紙の社長)
1913	7 月 20 日		* 「富士身延鉄道」(富士～大宮)の開業
	7 月	・専用鉄道の敷設を申請	* 芝川までの路線延長を計画
	12 月	★「四日市製紙」は貨物の全量を「富士身延鉄道」に委託する等の協定を締結	
1914	3 月 4 日	・専用鉄道の敷設が認可される	
	3 月 28 日	・「橋梁架設工事施工願」を提出	
		・第一次世界大戦により蒸気機関車の到着(1915年3月2日予定)が無期延期	
	10 月 9 日	・蒸気機関車の未着に伴い「専用鐵道線を假用し馬車運搬御許可願」を提出	
1915	2 月 3 日	・「専用鐵道竣功期限延長申請書」を提出	
	1 月	・専用鐵道の一部(有無瀬川西岸～芝川工場:全体の1/3)が完成(富士橋の完成)	
	3 月	・貨物のほとんどを「富士身延鐵道」で運搬→専用鐵道の存在意義がなくなる	* 「富士身延鐵道」が芝川まで開通
	12 月 9 日	・富士橋の「錢徴収公衆通行御許可願」を提出	
1916	8 月	・富士橋を賃取橋として一般開放	
1919	3 月 8 日	・「鐵道竣功期限延長不許可書」が発令される	
	4 月 22 日	・「専用鐵道布設御免許状」を返納	
	9 月 14 日	・台風により富士橋落橋	
	11 月 18 日	・「専用馬車鐵道存置願」を提出(富士川の渡河には舟を使用)	
	11 月 27 日	★「四日市製紙」と「富士製紙」が合併契約を結ぶ	
1920	2 月	★「四日市製紙」と「富士製紙」が合併	
	4 月	・馬車鐵道による運搬を廃止(鐵道の撤廃届けを提出)	

(著者作成)

※ ・ は製紙会社に関する出来事(専用鐵道を含む)。

※ * (字下げ部分)は、地元での鐵道建設(製紙会社の専用線は含まない)に関わる出来事。

※ ★ は四日市製紙と富士製紙(富士身延鐵道)の両方に関わる出来事。

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・岩渕停車場(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、清水町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。そして、1909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「甲府岩渕間鉄道敷設ニ関スル請願書」が帝国議会に提出される⁶⁾。翌1910年、富士川町の有志らによって「芝川・岩渕間軽便鉄道敷設発起人会」が開かれ、同年9月には「岩渕・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。最後に出された案は、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、路線が岩渕～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⁷⁾。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⁸⁾。

くり返し請願が行われるなど「西側エリア」の熱意のほどは伝わってくるのだが、実行力と資金が伴わなかったため、すべて机上の空論に終わってしまった。それに比べて、「東側エリア」では、富士製紙を中心にすべてが順調に進んでいた。

東海道線が全通した時点(1889年)で、このエリアの交通の要は甲州街道であった。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⁹⁾。1888年11月に富士製紙が入山瀬工場の建設に取り掛かったとき、工場で使用する機械類は、東海道線・鈴川停車場から工場まで、狭い甲州街道を通して運搬された。その結果、路肩が損傷してしまい¹⁰⁾、地元では吉原大宮往還(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、1889年7月)。翌8月に許可が下り、直ちに着手された¹¹⁾。

一方、富士製紙では、このことを見通していたように、河瀬社長が鈴川停車場～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(1889年2月20日)。さらに、鈴川停車場、宿場町・吉原、大宮町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、富士馬車鉄道会社を発足させた(資本金の負担内訳は、富士製紙が54%)。翌1890年1月に鈴川～大宮間12.4kmを着工、同年6月に営業開始している。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¹²⁾。

富士製紙の素早い対応で好スタートを切った富士馬車鉄道だが、開業から10年後の1899(明治32)年12月から翌1900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、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¹³⁾。

「東側エリア」での大きな動きは、20年近く経った1911(明治44)年6月、富士～甲府間90.1kmの軽便鉄道の敷設が認可されたことである。翌1912年4月には、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、富士馬車鉄道を買収する。そして1913(大正2)年1月には、富士～大宮間9.7kmの建設に着手、同年7月20日に開通に漕ぎ着ける¹⁴⁾。こうした素早い動きは、「西側エリア」を苛立たせたことは疑いない。東海道筋と甲府を結ぶ鉄道には、ずっと前から手を上げ続けてきたのに、「東側」に先手を取られてしまった。

このような状況にあつて、四日市製紙が企画した「西側」を経由した専用鉄道の計画は、一会社の意向を離れて、地域の期待を孕むものでもあった。それがまた、専用鉄道を敷こうとする会社の意識に、一定の義務感を与えたのではないかと著者らは考えている。

(3) 四日市製紙専用鉄道の着工に至る経緯

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』に報道されて初めて明らかになった⁴⁾。それによれば、ルートは岩渕から木島～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、岩渕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¹⁵⁾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」¹⁶⁾(時期不明)に、「…該線路ノ内起点ヨリ貳哩八鎖附近道路ニ接續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 該道路接續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、岩渕～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¹⁷⁾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」¹⁸⁾を、同年12月24日に「橋梁設計訂正御許可願」¹⁹⁾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、第一次世界大戦のあおりを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」²⁰⁾、1915(大正4)年2月3日に「専用鐵道竣功期限延長申請書」²¹⁾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、富士身延鉄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鉄道は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²²⁾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鉄道に委託する(年間最低3万tonを保証)。
- ・富士身延鉄道は、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、富士身延鉄道に無償で貸与する。

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

四日市製紙は、専用鉄道の申請を出した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ヶ月後には専用鉄道に着工している(1914年3月)。以後、専用鉄道の工事と富士身延鉄道の芝川伸延工事は平行して進められ、四日市製紙の専用鉄道は1915(大正4)年1月に完成、富士身延鉄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²³⁾。

四日市製紙にとって専用鉄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鉄道の工事を中止しなかったのか)理由はつかめなかった。

四日市製紙専用鉄道は1915(大正4)年1月に完成する。しかし、全線の3分の2以上に当たる岩渕～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月に富士身延鉄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鉄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」²⁴⁾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、岩渕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鉄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」²¹⁾と「専用鐵道線を假用し馬車運搬延期願」²⁵⁾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」²⁶⁾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」²⁷⁾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、専用鉄道にとっても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区間に分けて馬車鉄道を運行し、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」²⁸⁾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⁴⁾。そこで、同年4月14日には、馬車鉄道による物品運搬を廃止し、鉄道の撤廃届け²⁹⁾を提出するに至った(同年4月22日に許可³⁰⁾)。

4. 富士橋

(1)わが国の吊橋建設史と富士橋

近代の吊橋は、同時代に架けられた他の形式の橋梁の中で、現存している件数(表-1 参照)、現存していなくても架橋にかかわる諸データが残存している割合、のいずれも最も低い部類に入る。その理由は、わが国の近代橋梁史は、鉄・鋼構造物(初期においては旧国有鉄道の資料)を中心に、行われてきた経緯があり、一部吊橋を除き、山間部に大量に架けられたものは除外される傾向にあったこと。また、吊橋は、木橋と同様にその大半が過渡的な存在であり(構造的に短命)、技術的にも取って記録に残すだけの面白みが少ないと考えられていたのであろう。都市と離れた田園部・山中に架けられることが多く、人目に触れにくかったことも影響しているのかもしれない。近代の吊橋に関わる既往の研究は、藤井郁夫氏の論文「日本の吊橋の変遷について」³¹⁾がほとんど唯一の指標的な研究であった。

わが国最初の近代(洋風)吊橋は、どの橋梁史の本にも書かれているように、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)と言われている。この吊橋はステイ(斜)索を有しているにもかかわらず、振動特性が悪かったとされるが³²⁾、早くも1881(明治14)年には撤去されてしまった。

その後の明治期の吊橋史について、藤井郁夫氏の労作『橋梁史年表』³³⁾によれば…主索として、鉄鎖または鉄線(針金)を用いた無補剛吊橋が主流だったのが1880～1910年頃。補剛トラス(木造)の採用は1890年代以降。補剛トラスや主塔に鉄材を使い始めるのは1910年代に入ってから。国産鋼索(ワイヤーロープ)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、補剛トラスをもった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、鉄道用の吊橋という観点からは、藤井論文³¹⁾によれば、釜の脇橋梁の工事用軌道に使われた吊橋(1913年)が第一号とされている。しかし、この吊橋は恐らく手押しトロッキに使われていたものであろう。生保内林用手押軌道(仮称)で使われた神の岩橋(1926年、橋長78.8m、現存)は、常設の鉄道吊橋としては最古期のものと考えられてきたが、やはり手押しトロッキ用の吊橋であった。こういう既往の編年の中で、1915(大正4)年という富士橋の架設時期は、常設の鉄道

表-1 補剛トラス吊橋の中での富士橋の位置付け(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
勝山橋	1915年	福井	鋼トラス補剛	93m	91m	1	鋼塔
釜口橋	1915年	静岡	鋼トラス補剛	59m		1	鋼塔
富士橋	1915年	静岡	木トラス補剛	203.0m	162.8m	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	山梨	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

(かなりの部分を文献³¹⁾、³³⁾に基づいて作成)

用吊橋としては文句なしに最古とすることができる。

さらに、戦前の吊橋で蒸気機関車の通行を前提としたものがあつたかどうかについて著者らは情報を持たないが、少なくとも国鉄、私鉄、軽便鉄道関連では存在していないので、あるとすれば森林鉄道の可能性が高い。追加情報のない現時点で、富士橋は戦前で唯一の、蒸気機関車の通行を前提とした吊橋と言える。ただし、橋の上を走行するはずだった機関車が届かなかったため、実際には馬車鉄道の吊橋であつたが。

最後に、富士川と直接関係はないが、富士橋のわずか2kmほど上流の富士川本流に、釜口橋という吊橋が架けられていた。後述するように、行軍中の陸軍将兵 60 余名を巻き込んだ落橋事故(死者7名³⁴⁾)を起したことで知られる橋である。富士橋と釜口橋は、表-1 から分かるように、竣工年が1915(大正4)と同一なのだが、落橋したのも同じ年(1918年)なのである。富士橋は富士川橋と呼ばれたことがあり、一方の釜口橋も富士川釣橋と記載されることがある。径間数、中央径間の大きさ、補剛トラスの材質、落橋原因に違いはあるものの、よく似たものがほとんど同じ場所、同じ時期に並存したわけで、偶然とはいえ、混同を招きやすいことは確かである。

(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。橋の上を実際に蒸気機関車が走ったわけではないが、設計が完了して県に施工願を提出した段階(1914年3月)では、蒸気機関車が届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る。

富士橋にまつわる記述が初めて記録に現れるのは、先にも簡単に触れたが、1912(明治45)年1月26日付の『静岡民友新聞』で、「…富士川架橋となすことと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」という記事が掲載された。同年5月13日付の『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)の出身者らしいこと³⁵⁾くらいしか判明していない。また、「興津釣橋」が何を指しているかについての情報も得られていな

い。ただ、この新聞記事自体、あまり信憑性が高いとは言えない。設計前の記事のため、橋長は完成寸法より2割短かめだし、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。

富士橋の名前が、つぎに現れるのは、1914(大正3)年3月

表-2 富士橋の諸元および材料

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呎(162.8m)、側径間(右岸側1連のみ)126呎(38.4m)
- ・工費: 33,966円

ケーブル類

- ・主索: 8番鉄線 500本(25条束ねたワイヤロープの20本燃り)
→ 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」、「クランク」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」(隅杓材): 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)

(橋梁一覧表 36)、橋梁設計表 37)、設計書 38)より抽出)

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」¹⁸⁾である。施工願には橋梁一覧表³⁶⁾、橋梁設計表³⁷⁾、設計書³⁸⁾、各種図面(図-2「富士川吊橋附近横断面図」³⁹⁾参照)が添えられていた(横断面図は2枚残されているが、詳細部の形態に微妙なズレがあるため、新たに図面を起すことはせず、原図を見やすくして掲載することにした)。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、同年12月24日の「設計訂正御許可願」¹⁹⁾によれば、径間の計り方を間違えており、工事が始まってからミスに気が付いたゆえに、「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(設計寸法なので、完成寸法と違っている可能性がある)。

ところで、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具体的事実を知ることのできる資料は残されていない。

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(詳細不明)。竣工が1915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、富士橋は、完成して2ヶ月で“会社にとっての重要度”がゼロに近くなってしまったので、四日市製紙は通行料をとって橋を一般に開放することにした。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」²⁴⁾を申請し、翌1916(大正5)年8月24日付で許可⁴⁰⁾される。そこには橋長として、「長一一間三尺(202.7m)」という記載がある(完成寸法に関する唯一の貴重な記録)。この数値は表-2の666呎(203.0m)ときわめて近い数値であり、橋がほぼ設計図通りに造られていたことがわかる。なお、その際に取り決められた通行料は、片道あたり、人が2銭、自転車4銭、牛馬車が10(空車時)～30銭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り、当時の賃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安かったと言え

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(2km上流の釜口橋とは経由地が違うためライバルにはなにくかった)。

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⁴¹⁾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了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…」と、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⁴²⁾は、同年3月1日に出されたつぎのような内容のもので、「…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式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…」、富士橋が風に弱かったことを示唆したものとなっている。

賃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て落橋させられる。それは偶然、「鐵道竣工期限延長不許可書」²⁶⁾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』⁴⁾に、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

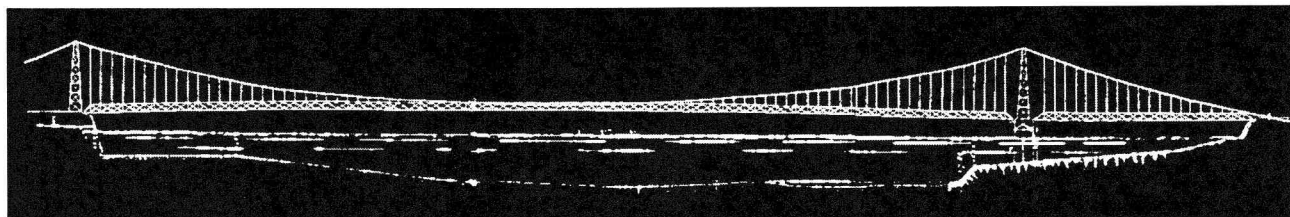


図-2 富士川吊橋附近横断面図 (「富士川吊橋附近横断面図」³⁹⁾より一部修正)

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。

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

富士橋が土木関連の書物、論文に名を残したことはほとんどなかったが、一度だけ、長大吊橋の振動特性という観点から紹介されたことがある。それが、物部長穂の「吊橋ノ振動並ニ其衝撃作用ニ對スル關係」⁴³⁾ (『土木学会誌』第7巻第4号、1921年)という長文の論文であった。

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、先に引用した釜口橋の落橋事故の原因究明にあったものと思われる。論文の内容は、落橋した釜口橋、本論文の富士橋ほか2つの吊橋について、固有周期(横振動と上下振動)を求め、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している)。対比する吊橋として富士橋ほか2橋が選ばれたのは、いずれも中央径間100m超と、当時最大級の吊橋だったからであろう。

表中に示した実測値は、論文中に記載されていた多くの数値の中で、固有周期に最も近いケース(いわば“最悪”の状況)と、それほど遠くないケースの2種類を選んだものである。このうち、落橋した釜口橋では、上下振動の1次モードに対して、固有周期と実測値がきわめて接近しており、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接近する場合があります。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、だからといって数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、数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にくい。横振動については、多胡橋の場合、小学生250人を縦隊歩行させた実測値が報告されている。その際の周期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、不快な横揺が生ずる可能性を否定できない(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か、風に対してはどうか、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)にあつて、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ようとした点にある。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いかに小さすぎるし、データの正確さにはかなり不満が残る。例えば、富士橋について次の2点の“問題”を指摘できる。論文によれば、①富士橋は3径間(「左右側径間各々…」)、全長256.26m、中央径間164.46mの吊橋と明記されているが、実際は2径間、全長204.53、中央径間161.80mであった。また、②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、

表-3 物部論文における振動周期比較

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	1915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250人縦隊歩行)

(文献43)より作成)

* 表-2、表-4と比べれば分かるように、数値が間違っている。

**釜口橋はすでに落橋していたため実測は不可能。この数値は設計図に基いた推測値。

現存していないことに何一つ触れていないことは、落橋の原因が論文のテーマと無関係であるにせよ、①と合わせて見た場合、学術論文としての慎重さが欠けているように思われる。

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、設計の妥当性を含めて、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、同時代の吊橋と比較することである。ここでは、手元に詳細な設計データのある桃介橋(1922 年)と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)ことからすれば、広義の鉄道橋である。富士橋の主塔は鉄骨トラス造で、これは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最新の構造であった。一方の桃介橋では鉄筋コンクリート造の主塔が採用されている。鉄筋コンクリート造の主塔は、1914(大正 3)年が日本における初出年と目されるが、それは富士橋のわずか1年前のことであり、富士橋の設計時点では、まだまだ未知の技術であった。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当初設計で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、共に大正期を代表する大型吊橋であった。ただ、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)なっている。桃介橋(復元前)の主索に使われていた 7 条 19 撚りというケーブルは、現在でも使われ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、特異な規格であった。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→廃橋化に至るきっかけとなった(桃介橋の耐風索は細すぎたのかもしれない)。桃介橋にあつて富士橋にない最も顕著な構造要素は、ステイ(斜)索である。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、著者らの知る限りでは、前出の山里の吊橋と桃介橋でしか確認できていない。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索が導入されていたとしても不思議はない。

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・パネルごとに 1 ヶ所と桃介橋(3 トラス・パネルごとに 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、特に問題はない。

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る。

設計計算の手順は、桃介橋を“重要文化財にふさわしい

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)	工事用トロック軌道 復元時は歩行者のみ
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

厳密さで復原”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⁴⁴⁾に準じた。そして、活荷重(富士橋の場合は機関車の離散軸荷重、桃介橋の場合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してみた。ただ、困ったことに、富士橋の活荷重に関するデータは皆無で、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すら分かっていない。同じ静岡県内の中遠鉄道で、1914(大正3)年製イギリス・バグナル(Bagnall)社製の30inchゲージ、5.75tonのB形サイドタンク式機関車が導入されている例は判明したが⁴⁵⁾、四日市製紙の場合、吊橋着工前の一般土工部等の設計図⁴⁶⁾や、吊橋完成後に馬車鉄道として暫定開業した際の貨車の設計図⁴⁷⁾から、24inchゲージであったことが判明したため、車種を確定するには至らなかった。そこで、当時の日本で、24inchゲージ用に使われていたB形(2軸)、重量(運転整備)5tonの機関車を想定することにした。貨車の積載量、車両数については、前出の「運賃比較表」⁵⁾で、1日の平均運搬量を50ton、「載貨車二百貫目(750kg)ヲ一日ニ四運轉セシムル」⁵⁾という記述があったので、1回につき12.5tonを17両編成の貨車(貨物を積載した場合の貨車1両の総重量は1tonと仮定)で運搬するものとした。これらの機関車と貨車の軸荷重を簡易影響線⁴⁴⁾を用いて活荷重水平力に換算すると、276.06kNとなる。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: $l' = 164.5\text{m}$ 、サグ: $f = 10.84\text{m}$ 、サグ比: $n = f/l' = 0.0659$)⁴⁴⁾より、 $T_p = 285.45\text{kN}$ と計算される。

一方、死荷重については、物部論文に従って $w = 2 \times 187\text{lb/尺}$ ⁴⁸⁾、すなわち $w = 5.46\text{kN/m}$ とした。これから死荷重水平力は $H_w = wl'^2/8f$ ⁴⁴⁾ $= 1703.75\text{kN}$ であり、活荷重と同様にケーブル最大張力を求めると、 $T_w = 1761.68\text{kN}$ 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、 $T = 2047.13\text{kN}$ と計算される。

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 763mm^2)⁴⁹⁾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 $6,894\text{mm}^2$ (8番鉄線: 径 4.19mm ⁵⁰⁾、断面積 13.788mm^2)なので切断荷重は $T_a = 990.51 \times (6,894/763) = 8949.57\text{kN}$ と計算された。

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_a の比をとることで、安全率として $T_a/T = 4.37$ という数値を得た。現行の設計基準によれば設計安全率は“3”なので、 $4.37 > 3$ となって安全性は十分に確保されていることが

分かる。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 5.60 ⁴⁴⁾であり、 4.37 に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ったらどうなっ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”と言える結果が得られた。

5. 結論

本論文では、大正初期に静岡県芝川町富士川に架けられた富士橋について、その建設の経緯を明らかにするとともに、数少ない現存データから富士橋の技術史的な価値を少しでも明らかにしようとした。結果として、以下のような5つの結論が得られた。

(1) 富士橋が建設される前段階として、芝川工場をもつ四日市製紙が、自社の輸送手段として、自前で専用鉄道を敷設するか、ライバル富士製紙の関連会社である富士身延鉄道に“身を委ねる”か、という二者択一問題があった。結論が出ないままに、最後には“二兎を追う”ことになってしまい、それが富士橋の運命に微妙な影を投げかける結果となった。すなわち、もし、富士橋を含む専用鉄道が、四日市製紙にとって唯一の交通手段であり続けたら、富士橋の存在はもっとPRされたであろうし、こんなにもあっさりと落橋させることはなかったかもしれない。富士身延鉄道の利用に何の問題がないと判った時点で、富士橋は、会社にとって“お荷物”となったことは想像に難くない。

(2) 富士橋に関する資料は、全国的なレベルで見ても欠落しているだけでなく、地元の間や、四日市製紙の後継会社内にも十分残されていなかった。今回の調査で、富士橋の竣工を1915(大正4)年1月、落橋を1919(大正8)年9月14日と確定できた。また、富士橋の規模を、設計寸法ではあるが、中央径間162.8m、側径間38.4mの2径間吊橋と特定することもできた(完成後の橋長記録から、ほぼ設計寸通りに造られたことも判明した)。しかし、材料表はあったものの、設計計算書はおろか、設計者を特定できるような痕跡、設計図、完成写真など一切存在していないことが判明した。

(3) 富士橋の評価という点については、既往の吊橋データから判定する限りにおいて、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。また、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もあった。ただし、後者については、世界情勢の影響で、実際には蒸気機関車が走行することはない、馬車鉄道に利用された。

(4) 富士橋は、架設直後、鋼製主塔が耐風性能に欠けるという欠点はあったものの、全体としては、同時代の他の吊橋(桃介橋)との比較結果から類推して、明らかな設計上のミ

スはなかったと考えられる。富士橋が架設からわずか4年8ヶ月後に落橋したのも、富士橋が耐風性に劣っていたからでなく、災害防除のため意図的に破壊されたものであった。

(5) 富士橋は、このように、近代日本において、吊橋の技術史上、その存在意義を十分主張できるほどの資質、完成度を備えていた。それにもかかわらず、これまでほとんど忘れ去られてきた背景には、前記(1)の不幸な来歴、(4)の短命さに加え、私企業それも製紙会社の専用橋であったこと(土木界からの調査があまり行われてこなかった)、双子の存在とも言える釜口橋との混同、などさまざまな要因が絡み合っていた。本論文により、富士橋の名誉が回復されることを期待したい。

吊橋史に限らず、今後、わが国の土木技術史をより深化していくためには、土木と関係の薄い産業関連施設の調査を進めていかなければならない。

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) 森陽子・望月清・樋口輝久・馬場俊介：「四日市製紙専用鉄道の大型吊橋・富士橋」，土木史研究，23，pp.83-94，2003
- 2) 武越三叉：『大川平三郎君伝 経済人叢書』，図書出版社，p.117，1990
- 3) 望月清：「四日市製紙時代の輸送(七)」，かわのり，芝川町郷土史研究会，29，2002
- 4) 望月清：「四日市製紙時代の輸送(六)」，かわのり，芝川町郷土史研究会，28，2001
- 5) 「運賃比較表」，富士製紙芝川工場資料室所属
- 6) 富士市史編纂委員会：『鷹岡町史』，富士市，p.972，1984
- 7) 前掲6)，p.973
- 8) 前掲6)，p.975
- 9) 富士宮市史編纂委員会：『富士宮市史』，富士宮市，pp.541-545，1971-1986
- 10) 前掲6)，pp.395-398
- 11) 前掲9)，pp.593-595
- 12) 前掲6)，pp.961-965
- 13) 前掲6)，pp.965-971
- 14) 前掲6)，pp.971-976
- 15) 「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
- 16) 「復申書」，富士製紙芝川工場資料室所属
- 17) 「鐵道院文書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 18) 「橋梁架設工事施工願」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 19) 「橋梁設計訂正御許可願」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 20) 「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
- 21) 「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

- 22) 「協定書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1913
- 23) 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
- 24) 「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
- 25) 「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
- 26) 「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
- 27) 「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
- 28) 「専用馬車鐵道存置願」，富士製紙芝川工場資料室所属，1919
- 29) 「専用馬車鐵道撤廢願」，富士製紙芝川工場資料室所属，1920
- 30) 「静岡県文書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1920
- 31) 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
- 32) 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
- 33) 藤井郁夫：『橋梁史年表(CD-ROM版)』，海洋架橋調査会，1992
- 34) 芝川町誌編さん委員会：『芝川町誌』，芝川町，p.867，1973
- 35) 工談会員名簿謄本 明治30年12月30日調査，1897
- 36) 「橋梁一覧表」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 37) 「橋梁設計表」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 38) 「設計書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1914
- 39) 「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
- 40) 「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
- 41) 「静岡県内務部文書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1916
- 42) 「報告書」，富士製紙芝川工場資料室所属，1916
- 43) 物部長穂：「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
- 44) 建設技術研究所：『設計計算書』，長野県南木曾町，1992
- 45) <http://www.asahi-net.or.jp/~dd5t-mrt/link230-09a.html>
- 46) 「第一號開渠設計圖」，「第二號開渠設計圖」，「口和橋設計圖」，「土工定規之圖」，「一ノ坪橋設計圖」，富士製紙芝川工場資料室所属
- 47) 「軌道用荷馬車全圖」，「軌道用荷馬車ブレーキ之図」，富士製紙芝川工場資料室所属
- 48) 前掲43) p.589
- 49) <http://www2s.biglobe.ne.jp/~yamatox1/kouzourp.files/tabstrip.htm>
- 50) 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