

第13章 舟橋・浮橋技術史—舟橋・浮橋はどのようにして造られてきたか—

第1節 浮体構造と材料の変遷

(1) 古代浮体構造の推移

古来、水に浮く有機質の材料(動物・植物質材料)が浮体(筏・葦舟)の材料として用いられてきた。ポントーンの初期の段階は、パピルス類・葦・ヤシの葉柄・竹・柴・丸太などその地域で得やすい植物材料を束ね、あるいは獣皮を用いた浮袋でイカダが、浮体として用いられた。これらイカダ類は現在でも最も単純な水上交通手段、浮かぶ土地(住居および栽培用)、木・竹材などの運搬手段として現在でも用いられている。一番単純で原始的な形態を伝える代表的な浮体は、南米チチカカ湖のウルス島の浮島であろう。

イカダは漢字では木偏の文字では桴・楫・楫・楫・楫などを、竹冠では筏、竹冠に江を付した文字などを用いている。恐らく古代のイカダは、竹材を用いたものには地域性が見られ、木材を用いたものが中国各地に広く分布していたと判断されるので、木偏のイカダの文字がおおかったものと判断される。皮・革や袋・囊に関連した浮体の漢字は見当たらず、おそらく皮・革舟や皮袋イカダは夷・狄など周辺民族にその源が在るゆえであろう。

古来中国では慣用的に小さなイカダには桴を、大きなイカダには筏の字を用いてきた。また『和名類聚集』^{既出}によれば、筏は航行用の大型船に、桴は当初には舢(はしけ・小舟)と同義で用いられ、査・楫は槎と同じで水中の浮木を意味していた、と記されている。中国温帯地方の竹の産地では、むしろ竹を並べ束ねて筏を作るほうが、航行用には丸太で作るより簡便であったろう。中国では筏舫で筏舟の意に用いていた。また、フネを船舟・舟船と呼ぶように、桴筏でイカダ一般の意を表わし、また舟筏で航行用のフネ・イカダの総称に用いていた^{序章参照}。

我国でも、筏は木材・竹の搬出手段としてではなく、明治に至るまで航行手段としても全国的に用いていたと判断される。明治10年代に編集・出版された『長野県町村誌』^{既出}によると、信州西筑摩郡(現長野県木曾郡)の木曾川流域には、渡舟の代わりに大小の渡筏が用いられていた。記録にのこる木曾川および同水系 鹹川・瀬戸山川・御嶽川の筏渡場は20箇所近くに及び、渡筏の数は40枚以上が記録されている。しかし、同時期の上・下伊那郡4村の天竜川渡場には筏は用いられず、長さ6間—7間(加重平均6.58間(約12.0m))、幅3.5尺—5尺(加重平均4.33尺(1.31m))、平均細長比9.16の高瀬舟形式の渡舟が用いられていた。このように、明治時代でも川筋一つの差で、川渡の手段にこれだけの差があったということは、単なる経済・社会要因に起因するのではなく、地域河川文化の伝承性が当時までは残されていた。

新石器時代以降、獣皮製浮袋(皮袋)はユーラシア大陸(Eurasia)の中央アジアの牧畜地帯、メソポタミア・インド亜大陸・チベット・中国黄河および長江奥地流域では、牛・羊・豚・ヤクなどの家畜の皮・革を用いて作られ、これら浮体を木枠にまとめて筏としていた。また、楊柳・タマリスクなどの枝を用いた枠組に獣皮を張った舟は、世界各地で有史以前から用いられていた。大型の革舟はチグリス・ユーフラテス河での交易、地中海東部海域でのレバノンスギの曳航にも広く用いられていた。

既に述べたように、クセノポンの『アナバシス』に皮囊イカダの浮橋建造計画が、記述されている。アレキサン드로ス大王東征の渡河作戦の場合には、緒戦においては舟橋用の舟艇を分解して船載および陸地輸送し、現地では浮体に組立て用いていたが、遠征途中からは現地での舟橋用舟艇の建造と架橋の記述が行われている。舟が得られない場合の軍橋架設に際しては、兵士各自が所持する行軍用革製のテントを縫い合わせて袋を作り、中に枯草を詰めた浮袋を用いて浮橋を架けていた。皮製の浮き袋は、有史以前に人類が手を加えて創りだした初めての人工浮体と判断されるが、丸太に石斧・石鑿で凹部を削り、火で焼くなどして造り上げた丸木舟とどちらが、人工浮体としての起源の古さを論ずることは出来ない。皮革に代わり加硫ゴムを用いて空気吹込み式ゴムボート(inflatable gumboat、pneumatic boat)を実用化して軍用舟橋で実戦に用いたのは、既に述べたように19世紀以

降である。

樹林地帯では丸木舟および板材を綴合わせもしくは組合わせた木舟(縫合船・三板船)が、平原・湖沼地帯では葦・竹・丸太類の筏と同様に、葦舟¹が古来浮橋・舟橋の浮体として用いられてきた。漢字の舟の字の原型は筏であり、船の字は元来丸太を拵った丸木舟を表している。これらの浮体は、河川や潮の流れに逆らって移動することは、櫓・櫂や帆または曳き綱により可能であり、アメリカ原住民は古くからセンターボードを有するバルサ製の大型筏で遠洋航海を行っていた。

流れの所定の位置に碇・ロープ類で固定し、また固定後の水流に対する抵抗を少なくするには、筏より舟のほうが優れていた。さらに、水上の所定の位置に定着させるまでの浮体の移動量・作業量を最小にし、浮橋架橋作業を容易にするには、艫・舳先・舵を有し櫓・櫂で自由に航行できる既製の舟を用いるのが最適であった。浮橋の浮体には既製の舟を用い、個々の舟を錨で固定して強固な木桁、あるいは木製組立桁橋で連結するローマ軍団様式が、ヨーロッパでは主な形式であった。

歴史時代の古代中国では、浮橋の主な浮体は舟であったが、造船材料が得られない地域、あるいは緊急の場合には、葦・木・竹・浮袋などを用いた筏を、浮体に用いることが多かった。中国黄河上流の青海・甘肅・寧夏地域では有史以前より、ヒツジ・ウマ・ウシ・ヤク・ラクダの皮で浮袋のイカダや皮舟²を作り、人や家畜、荷物の運搬を行ってきた。これらの皮袋は、黄河中・上流域のみならず長江の中・上流域やチベット・ネパール、東南アジアのベトナム・ラオス・カンボジア・タイ・ミャンマーや、インド亜大陸のインド・バングラデシュ・パキスタン、中近東のアフガニスタン・イラン・イラク・シリアおよび中央アジアの高原地帯、地中海地域などの主として乾燥・牧畜地帯に、普遍的な水上交通手段として用いられてきた。

梅沢忠夫は、^{モンシヤ}寧夏から^{パオトウ}包頭まで黄河の流れに乗って下ってくる皮袋イカダと、アフガニスタンのカプール郊外のベグラム遺跡を流れる川に浮かぶ、皮袋イカダとは全く同じであると記述している³。今西錦司は、同様なイカダでインダス川を下っている⁴。

これらの皮袋は、牛・豚・羊1頭分を丸々剥がした継ぎ目のない皮を用いている。木製枠に12頭分の羊皮袋を括りつけたイカダは、帰りの陸路では一人で背負って運搬している。黄河上流^{ランチョウ}蘭州の伝承・諺では、「流れを下るには人がイカダに乗り、上流に向かうには、イカダが人に乗る」といわれている。牛10頭分の皮袋イカダの積載量は、数10トンと称されている。現在でも黄河上流域や長江上流域では、輸送手段としての皮袋イカダは依然として利用されている。また、^{カンシュー}甘肅省は、ヒツジ皮イカダを省の風景の観光スポットとして売り出している⁵。毛沢東(1893-1976)は東征時代、長江上流で大規模な革袋イカダ船団を編成し、軍隊や物資の輸送に用いていた。

ダ・ヴィンチは、エジプト人、エチオピア人、アラビア人たちはナイル河をわたるとき、ラクダの両脇に浮き袋として、2つの皮袋を括りつけて渡るのが普通であると述べている⁶。浮体構造は、獣皮製浮き袋および草木(葦類・竹・椰子(葉柄・幹)・樹木)を用いた筏から平底川舟・縫合船・3段櫂船の浮体と、順次大型へ発展していった。

獣皮浮き袋に代わって、足踏み式フイゴを用いて空気で膨らます、天然ゴム製ポンツーン⁶が1851年、ロンドンハイパークで開催された第1回国際万国博覧会に、米国のグッドイヤーゴム会社より出品されている。米陸軍は、すでに南北戦争以前の1846年、このゴムボートを用いた軍用舟橋の開発に成功し、米墨戦争で実戦使用に成功し、1864年南部アーカンソー州リッロック近傍の戦いで実際に使用している。ゴムボートを用いた1舟橋編成単位(a trail: 日本陸軍訳語 縦列)の輸送は、34台のワゴンで行うことが出来た。また、第2次世界大戦前のこのボート1艘の積載荷重は、約7,000ポンド(約2.6トン)に達し、これの係留には45ポンド(16.8kg)の錨1個で十分であった。日米戦争(第2次世界大戦)開戦直後の1941年(昭和16年)12月末には、米軍はすでに戦車が通過可能なゴムポンツーン舟橋の実験を、ケンタッキー州フォートノックス軍用地で行っている。おそらく初期のゴム製浮体は、剛性に乏しく戦車などの重量車両の走行には、適していなかったと推定される。第11章北アメリカ大陸の舟橋・浮橋 第1節(3)アメリカ合衆国軍事浮橋の技術発展史を参照のこと。

第2次大戦中の独軍工兵隊は、大中小3種類のゴム製ポンツーン(ボート: pneumatic boat)を所有し、兵員・武器の輸送と共に、舟橋構築にも用いていた。最大規格のボートの寸法は、長さ26フィート(約7.8m)、幅9フ

ィート 9 インチ(約 2.9m)で重さは 637 ポンド(約 290 kg)の仕様で、13.5 トンの積載能力を有していた。第 2 次世界大戦においても日本陸軍の舟橋浮体の主力は鉄舟であり、この面での米英連合軍やナチス独軍との技術格差は量の面を含めて歴然としていた。

(2) 日本の舟橋・浮橋の浮体構造

わが国の歴史に残る古代の浮橋の浮体には、舟とともに少数であるが筏も用いられていたが、地名・氏族名に残る舟橋・船橋が示すように木造船を用いる場合が多く、筏を用いる場合の記録は祖谷および木曾川の筏橋の例などがあるが非常に少ない。筏流と筏橋舟との共存以外には、舟橋架橋の機動性・施工性から、中世以降には舟がほとんどの場合浮体に重用されてきた。これらの舟は渡舟・漁舟・農作業舟、荷舟などを、架橋のたびに徴用・借用や買上げを行い、戦闘の際や御用船橋の架橋には強制的に徴集されていた。舟橋に用いていた浮体の詳細構造が明らかになるのは、中世以降の丸木舟に替わる箱型構造舟(箱舟)の登場からである。大鋸の普及により大材の厚板が得やすくなり、室町時代以降は、中国渡来技術のいわゆる三板船(2 枚の舷側と 1 枚の底板からなり、艫には舳板を用いる)構造の舟が効率よく建造できるようになった。しかし、近代に到るまで、急流河川の川舟および荒磯での小型漁船の船底部分(航)には、丸木舟の部分を用いている場合が多い。三板舟は現在の中国・台湾・東南アジアの河川・湖沼で、あるいはヨーロッパの湖沼で普遍的な 10 人乗り程度までの平底の小型川舟で、欧米では一般にパント(punt)と呼ばれている。

中世後期から江戸時代に、主として河川交通に用いられていた舟の形式には、大別して① 高瀬舟形式⁸と② 平田舟形式⁹の 2 種に分類できる。平安時代から中世の高瀬舟・平田舟の原型の箱舟構造における長さ(L)と幅(W)の比(L/W:細長比)は、用途により不定で 4-7 程度の範囲を示していた。近世江戸時代でもこの分類の境界は曖昧であり、同一種類の舟に双方の呼称を用いる例があり、河川の流域によっても統一された高瀬舟と平田舟(艫)の区別は、判然としていなかった。また栗橋関所役人が名付けた利根川の幕府米輸送の舟すべてに定めた「高瀬船」のように、通常の高瀬舟に似てもつかない大型荷舟(50 石-30 石船)であり、細長比が 4-5 のむしろ典型的な平田舟の平面形状をしている高瀬船が近世史において横行している。明治以降の河川荷舟の統計記録では、異なる管理者・政府機関が同一河川の同一舟種を課税台帳などに、高瀬舟あるいは平田舟と記録しこれらの呼称・定義の混乱は、明治時代以降現代に至るまで専門歴史家の著書でもさらにひどくなってきている。

中世から近世までのこれらの舟の呼称は、各関連章・項で詳述したように時代・場所により大きく変動している。また、現在はこれら和船の伝承が途絶えている地域が多く、現在各地で川舟の復元が図られている。江戸幕府の川船番所で用いられていた、関東地区の川舟識別用『船鑑』¹⁰の絵図からも正確な高瀬舟と平田舟の識別は困難である。ただこの船鑑に描かれている両舟の舵の形だけが明瞭に異なっているが、航行・停泊中の舟の識別には役に立たないであろう。現代でも、森鷗外の小説『高瀬舟』による高瀬舟のイメージが一人歩きし、益々、両船種の区分が困難となっているようである。なお、掘割・運河・湖沼・汽水域などの農作業舟や小型の運搬作業舟の呼称には、舟・小舟のほか田舟・舂の名も一般に用いられていた。荒川水系では小型の川荷舟・艫を似艫と称している史料も多い。

江戸時代、神通川下流域の長さ 6 間余り(約 11m)の 20-23 石積川舟は、平太舟と呼ばれこの種の舟が舟橋や渡し舟に多く用いられていた。酒田湊でも最上川の同様な荷舟を平田舟と称していた。富山藩の記録によると、舟橋補充用の舟 3 艘、橋板 6 枚および惣舟(舟橋の保守管理用の舟か)の修理費用に銀 2 貫 900 匁が支出されている^{注4)}ので 1 艘の値段は 1 両換算銀 60 匁とすれば、約金 13 両程度であったと推定される。1 尺当たりの舟価は、約銀 3.3 匁(12.5g)となる。明治 15 年(1882)に撮影された神通川舟橋の写真から判断すると、この最後の舟橋に用いられている舟は長さ 40 尺(12m)程度で、舳先の高いいわゆる高瀬舟形式である。瀬戸内および関東以西の太平洋岸の河川では、通常この種の舟は高瀬舟と呼ばれている。なお、福井藩の安永 8 年の記録では、日野川の白鬼女渡の渡舟(長さ 9 尋 4 尺(約 16m)、幅 6 尺 4 寸 5 分(約 2m)、深さ 1 尺 2 寸 5 分(38cm)、細長比 8)の新造費に銀 1 貫 385 匁(23 両)が支出されていた。1 尋を 5 尺とすれば単価は 28.3 匁(106g)/尺、1 尋を 6 尺とすれば 23.9 匁(89.5g)となり、舟容積、所要材料・手間を勘案しても定期発注される規格型の浮体舟の価格は、発注数の少ない渡舟より安価であったと考えられる。

利根川・荒川水系の「明治有料船橋」の浮体に用いられていた和船の特徴については既に大2章で述べた。「大越船橋」の敷舟は小型の特殊な寸胴の箱舟型で、60艘の同一規格の多量特注の舟橋専用舟か、農作業用の田舟の転用であったと考えられ、非常に安い価格となっている。中世・近世の東海道筋に架けられていた通信使や将軍が用いた御用船橋の浮体には、戦国時代からの伝統的な浦・湊から徴発された漁船を用いている場合が多かった。舟橋用の一定規格の舟を多数集めるには、漁船が一番適していた。

天保度房川船橋の浮体の記録では、「高瀬舟」を新調したとする史料があるが、その敷舟の様式・形状・寸法(長さ・幅)を記録している史料は残されていない。房川船橋に関する種々の史料・資料から幕府による呼称はともあれ、この敷舟の種類は利根川中流水域で用いられていた平田舟であったと判断される。明治4年、四国大洲の肘川に架けられていた舟橋「浮亀橋」には、その名の通り船首を高くもたげた高瀬舟が浮体に用いられていた。

中国地方第1の大河、^{ごうのがわ}江川の急流部の舟運には、^{かろこ}軽枯船と呼ばれる長さ4.5~5間、幅3尺5、6寸から7、8寸程度の細長い舟が、近世の江戸時代から明治・大正年代に用いられていた。この舟の形状は「波割鳩^の胸^の之^の如^のク^の反」とあり、この舳(波割)が波を割って急流の岩石の間を水鳥のように軽快に下ったと記述されている。この軽枯船は、細長比7.6程度のいわゆる高瀬舟形式の典型舟である。

航舟をタカセブネと呼ばせる地域や、10俵-50俵積の小舟を「^{ひらうちふね}鱧船」、大型を「高瀬舟」と大きさにより呼称を変える地域もあり、川舟の呼称には地域性が高く、全国共通の呼称は殆ど見られなかった。弁財舟・菱垣回船のように逆に和名抄では、小さくて底の深い舟を「^{たかせ}太加世」と呼んでいる。

高瀬舟は川舟形式の総合的呼称ではなく、各地域・河川流域で恣意的に用いられていた呼称といえる。すべに述べたように『栗橋関所御用記録』では、関所を通過する利根川荷舟をすべて「高瀬舟」と記録している。また栗橋・古河間の房川渡舟を「茶舟」と呼んでいた。

江戸時代利根川の中下流域の標準的な荷舟、主として銚子で陸奥の物産を回船から積みかえ利根川を遡行し、^{せきやど}関宿で江戸川に入り江戸に向かう「高瀬舟」は、通常の200石(500俵)舟で長さ11間(20m)、幅2間4尺5寸(5m)を有し、その細長比は4.0の寸胴型である。大型の江戸時代利根川の「高瀬舟」は、500石(1250俵:75トン)積みでは、全長89尺(約27m)、幅22尺(約6.7m)の寸法で、細長比は4.0を示し他の地域での通称では「平田舟」と呼ばれる川舟形式である。たの河川ではこのような寸胴の荷舟を高瀬舟と称することはない。千葉県立大利根博物館に展示されている利根川「高瀬舟」の5分の1模型から算定すると、この舟の原寸長さは4.5m、幅は1.2mであり、細長比は3.8となる。現在でもこの種の利根川観光船を伝統に従い高瀬舟と称している。茨城県那珂川の高瀬舟も長さ5.5間(9.9m)、幅1間(1.8m)、細長比5.5のやや寸胴で、平田舟と称してもおかしくない。おそらく、関東地域の河川、特に利根川流域では、舳先(波割)を高くした鳩胸の舟を細長比に関係なく、高瀬舟と称していたのかもしれない。

富士川の舟運に用いられていた高瀬舟は、細長比6.5-7.3の範囲であるが、江戸時代の幕府公用・御三家・諸大名が、富士川の渡に用いていた渡舟は、この地では高瀬舟もしくは長舟と呼ばれ、長さ7間2尺(13.3m)、巾5尺8寸(1.75m)で細長比7.6のやや寸胴の高瀬舟形式を示していた。しかし、一般人の定渡舟に用いられていた舟は、長さ5間4尺(10.3m)、巾5尺2寸(1.58m)、細長比は6.54を示し、やや高瀬舟に比べ小ぶりの舟を用いていたが、富士川ではこれらの形式の川荷舟を平田舟と称していた。また相模川上流溪谷地域では、細長比8.4のやや細長い高瀬舟が用いられていたが、下流域ではこの形式の高瀬舟は、平田舟とも呼ばれており、両者の呼称は中・下流域では混用して、あるいは通じて用いられ、特別な呼称の区別はなされていなかった。

注 第1節 浮体構造と材料の変遷

1 アシ・ヨシ(葦・蘆・葭)類は、イネ科の多年草で世界各地の水辺に自生する、世界でもっとも分布の広い植物。古来屋根・壁および舟・イカダの構築材料、マット・すだれなどに利用。英語の reed には種類が多く存在し、代表的なアシは、common reed または water reed(*phragmites communis or around furagmites*)と称し、中東から極地までの湖、川、沼沢地、沼地(fens and marshes)の岸辺に繁茂している。他の有用アシ類の海生アシ(*amopolula arenaria*)、マラム草(marram grass:*psamma arenaria*)類は、ヨーロッパおよび北アフリカ海浜の砂場に繁殖。また、パンパスグラス(*gynerium argenteum*)やその他の目に属する reed mace(*typha*)、Typhaceae 科に属する bur-reed(*suparganium*)、Cyperaceae

科に属する bulrush など、アシ類と同様な用途に用いられてきた。

- 2 『三才図会』(器用 4 卷)に、皮船は牛馬の生皮を竹木に取り付けて箱形にし、火で乾燥した船であり、2 つの船を 1 つに合わせた場合には 2 人を乗せる事ができると記載している。
- 3 『モゴール族探検記、梅沢忠夫著』(岩波書店、1956 年)
- 4 『今西錦司全集 第 3 卷、今西錦司著』(講談社、1974 年)

【革袋イカダの記述は、「カラコルム：インダス河畔にて」に収録】

- 5 『中国地理紀行 第 1 号 特集 2：黄河に漂う羊の皮のイカダ、常清民著』(中国国家地理、年日本版)
- 6 『レオナルド・ダ・ヴィンチの手記 (下)、ダ・ヴィンチ著、杉浦明平訳』(岩波書店、1998 年)
- 7 品質の安定した弾性ゴムは、1838 年米国のグッドイヤー社(The Goodyear Rubber Company)が発明した、天然ゴム(生ゴム: latex)にイオウを加えて加熱する、加硫(vulcanizing)成型する方法で得られる。弾性ゴムは以後各種の製品に使用され現在に及んでいる。グッドイヤー社が 1851 年にロンドン万博に出品したゴム製ボンツーンは、長さ 20 フィート(約 6m)、直径 20 インチ(約 50cm)の 3 本の円筒形中空ゴムチューブを、3 本縦に並べて長さ 6m、幅 1.5m のボートを構成していた。タイヤチューブと同様、足踏式のフィゴで青銅製の弁付きノズルから、空気を圧入して膨らます方式である。ゴム浮体チューブの成型素材は、ゴム塗装した帆布(canvas)にゴム接着剤で成型し、窯で本体ゴムと接着ゴムとを加硫して製造されていた。
- 8 江戸時代の高瀬舟^{*}は、急流河川で用いられていた全長 10-15m 程度の比較的小型の川舟で、舳先が高く舟幅が細くて舷側が平田舟より高いものを一般に称していた。主として川の上下流域を連絡し人貨の輸送を行っていた。瀬戸内海に注ぐ川の高瀬舟の細長比は、岡山県高梁川・高瀬通しの 7.1-7.5、吉井川高瀬舟の 7.1、広島県江の川の高瀬舟 6.2、兵庫県揖保川の高瀬舟 7.0、京都府大堰川の高瀬舟 7.9、高瀬川^{*}の高瀬舟 6.5 が記録されている。平安中期の女流歌人赤染衛門(生没不明)の歌に大井川の高瀬舟が見えるが、舟の形状の意味ではなく、高瀬に浮かぶ川舟を詠じた物である。

※ 京都の高瀬川は角倉了以(1554-1614)が、慶長 16 年(1611)に京都二条から伏見を經由して淀川へ通じる水運の目的で開削した水路。了以が輸送船に高瀬舟を導入したためこの名がついた。森鷗外の『高瀬舟』の出版により川舟のいわば代名詞となっている。高瀬とは河川の急流を意味し、中世からは瀬あるいは急流を奔る舟の乾舷が高いこと、あるいはその舟種をいうようになった。利根川の幕府御用の荷舟にはすべて高瀬舟の呼称を用い、富士川渡しでの大名や役人の渡河に用いた平田舟を「御高瀬船」と称していた。
- 9 江戸時代のヒラタ舟は、平太舟・平田舟・^{ひらたがね} 櫓・ヒラタ・ヒラダ(平駄)・ゴヘイダ(五平田)^{*}とも、また胴が張っていたので福井地域では、胴張舟(胴舟)とも呼ばれていた。近距離海上・穏やかな河川・湖沼・堀・用水路などで人・牛馬・財貨・農作物・年貢米の輸送や漁猟に用いられていた。江戸で遊覧の屋形船に用いていた舟も平田舟である。酒田では、14 世紀ころの室町時代には、内陸部への河川輸送が丸木舟からようやく「さんばん(三板)形式」の平田舟へ転換している。これは「大鋸(大切)」の地方への普及により、大板が得やすくなったことによる。九州遠賀川で主として石炭を運んでいた川舟は五平田舟が通称であるが、この種の舟が高瀬舟とも呼ばれていた。これら九州地方においても、通常平田舟と高瀬舟との厳密な区別はなく、混用されている場合が多く認められている。和名抄では、ふねの平たい形状からきた名前であり、和名は「比良太」である。後世では舟の大小により大平太・小平田、時には似櫓とも称している。四国肱川の「川櫓」は長さ 26 尺 5 寸(約 8m)、幅 5 尺 5 寸(約 1.67m)、細長比 4.8 の 800 貫(3 トン)積みの典型的な平田舟である。明治初年に大洲の肘川に架けられていた、舟橋「浮亀橋」の残された写真の舟の形状は、橋の名称のように舳先を高くした、一見して高瀬舟形式と判断される。恐らく明治初頭の舟橋には、各種の其の地域で得やすい川舟を、そのまま用いていたのであろうと判断されるが、舟の形状・寸法を記入してある明治時代の有料船橋の文書は、既に述べたように利根川水系・荒川水系の記録以外にはほとんど存在していない。

※ ゴヘイダは、石炭の異称。北九州地区で五平田が始めて石炭の発掘を始めたのでこの名があるとされる。遠賀川・筑後川など北九州地方での、石炭の輸送に使用されたので石炭輸送の川舟の名前となり、背に石炭を積んで運ぶ馬は、五平田馬と呼ばれていた。
- 10 船鑑は、幕府の川船役所^{*}の支配下に置かれていた、江戸に入ってくる海回船や関東地区の川舟を識別するために、享和 2 年(1802)に発行されている、海舟と 33 種の川舟を描いた資料。そのなかで高瀬舟と平田舟とを仕分ける特徴は明快には描かれていない。

※ 江戸の川船役所は、江戸当初には深川に江戸出入りの舟改めを行なう「深川番所」が、寛文元年(1661)に設けられていたが、のち小名木川の中川口の「中川番所」に移された。江戸への川舟による人貨の出入りの管理のほか、川舟の新造・改造のたびに極印を行うとともに、舟への課税が完了していることの確認作業も行っていた。

第2節 現代浮橋の構成方法と構成材料

(1) 浮体構成材料と構成方法の概要

現代では、恒常施設としての大型浮橋の浮体には、木造船を用いることは少なく、専用大型浮体(ポンツーン)が、鉄筋コンクリート(reinforced concrete : RC)、プレストレストコンクリート(prestressed concrete : PC)および金属(鋼・アルミニウムなど)板を用いて製造されている。特に、重いコンクリート造では、軽量化の目的でコンクリートの高強度化(圧縮強度 55N/mm²)、軽量化(密度 1.9t/m³)とともに PC 工法の導入により、大型化・効率化がはかれるようになってきている。さらには、FRP(Fiber Reinforced Plastics : 繊維補強コンクリート)製ポンツーンや発泡スチレン・ウレタンを充填したポンツーンなども用いられている。既製のドラム缶を用いた例も多い。ポンツーンを道路の基盤として用いている。

北ヨーロッパではコンクリート製浮体には、高強度軽量コンクリートがよく用いられているが、北米の大型浮橋の場合、高強度の普通コンクリートを用いた PC ポンツーンを直接ボルト・PC ケーブルで接合して並べた、ポンツーンの総延長が橋の長さとなる。現在、欧米では本格的な浮橋に鋼製ポンツーンを用いることは少ない。現在、PC ポンツーンの補強のため、従来の普通鋼材の鉄筋の代わりに、高張力で耐久力に優れた新素材のカーボンファイバーやアラミッド樹脂ファイバーを用いた線材・ロープ・棒材が用いられるようになってきている。

また、コンクリート製ポンツーン製造には、耐凍害性および衝撃強度特性に優れた繊維補強されたレジンコンクリートを用いた PC 版を表面型枠材として鋳造されたポンツーンも製造される可能性が高い。

現在の主要陸上交通網としての機能を、満足させている北欧の現代浮橋のポンツーンは、北海の石油採取基地に用いられている、高強度軽量コンクリート製の大型の PC を用いて製造されている。

浮橋を構成する浮体の係留・固定方式には、大別して (1) 浮体固定型(anchor stayed floating bridge)と (2) 非固定の自由係留型(free floating bridge)の 2 種類の基本形に分類されるが、わが国の場合にはこれ等の組合折衷型 (3) が江戸時代の御用舟橋には多く用いられていた。

現代浮橋での (1) 型式の適用は、アメリカ合衆国のシアトル地域で見られる。大型ポンツーンを直接剛接合し、個々のポンツーンの水平移動を阻止するためには、強力な複数のアンカースティ(6本の場合もある)で保持されている。(2) の例は、比較的浮橋に働く応力の少ない、潮流や波・風の比較的穏やかなノルウェーのフィヨルドの浮橋や、金属製の歩行者用浮橋に多く適用されている。

(2) 浮体係留・固定方式の種類

浮体の係留固定方式には、大別して錨・係留索方式(チェインアンカー方式・カテナリ方式)と杭直接固定型(杭・ドルフィン方式)の 2 種類がある。特長は、個々の浮体或は浮体節¹を杭、錨・碇・重石と錨綱・錨索(cable)・チェインとで所定の位置に固定・係留し、舟橋を形成する方式である。浮体の係留固定には、水流・潮流、風・波力などによって生ずる水平方向の主荷重を、イカリ(重石・碇・錨)に結んだアンカーライン(チェイン・縄・綱(ロープ)・索(ケーブル))で係留・固定をカテナリ方式(チェイン・アンカー方式)が一般的に広く用いられている。イカリおよびアンカーラインを用いずに、あるいは共用して、水中や岸に打ち込まれた杭に個々の浮体をロープで係留する方法と、浮体に働く移動応力を直接杭に負担させるドルフィン・フェンダー方式とがある。

初期の舟橋の場合には、俵・網袋に入れた岩石塊や、岩石を綱でククリ、碇・錘として用いて、触先の部分を所定の位置に固定していた。アケメネス朝(Achaemenes)ペルシャおよびギリシャ・ローマ時代の軍用舟橋には、殆どの場合錨を主力とする浮体係留方法が用いられた。

日本の場合、江戸時代の臨時・仮設の「御用船橋」には多数の錨・碇が敷舟の固定に用いられ、両岸の杭間位に張られたロープおよび川上の両岸の虎杭から張られた虎綱が併用されるようになった。碇には同時代の帆船や漁舟の場合と同様に、錨と俵に石を詰めた石俵とを用いる金石併用時代が長く続いた。主要な川上側(触先)のアンカーには唐人型の錨が、俵・網袋に詰めた岩石重石と併用して用いられていた。艫の横ぶれ防止用には、殆どの場合岩石重石か石俵碇が用いられていた。イカリについては、「第13章舟橋・浮橋の技術史および第14章第5節イカリ・碇・錨の語源的考察に、詳述している。

明治時代に架けられていた関東平野の民営有料舟橋の場合、深い川底への杭打ちが可能となり川中の杭および

岸辺の杭からロープで、浮体を所定の位置に係留する方式が行なわれていた。さらに、杭の固定を安全にするために川上に沈めた錨を用いる方法や、杭間に張られたケーブルを錨で補強し、これにロープで浮体を係留する方式も用いられていた。

一般に小型の浮体の場合には、錨索(anchored stay)は、左右に2本、舟の場合には舳と艫に1本ずつの場合が多いが、大型のポンツーンの場合はそれぞれの4隅に1本、場合によってはさらに中央部にブレ止め用を2本の計6本を用い、各1本のケーブルは、大きい場合には破断強度100t程度を有する高張力鋼のケーブルであり、プレストレスをあらかじめ導入して用いている(5.2章北アメリカの舟橋・浮橋参照)。

ヘロドトスの『歴史』・『アレキサンドル大王東征伝』・シーザーの『ガリア戦記』などに見える舟橋架橋方法は、個々の浮体を錨・重石などのアンカーケーブルで固定する方式によっており、ローマ版図の属州でもこの方式が一般に用いられてきた。このシーアンカー方式は現代の大型浮揚構造物、港湾施設の浮埠頭・ポンツーンなどの係留・固定方式の標準形式の一つとして見てよい。また、岸壁側の係留には、地上にアンカーするランドアンカー方式も併用されることが多い。

古来、杭打ちが可能な水深の比較的浅い海底・川底や湖底の場合には、特に小規模の舟橋の場合には、水中に打ち込んだ木杭が浮体の移動防止に用いられてきた。現在では、大規模のポンツーン(浮埠頭・浮棧橋・浮ホテル・浮揚型空港およびヘリポートなど)の係留・固定には、水底に打ち込まれたドルフィン(dolphin)と呼ばれる係船柱(H型鋼・鋼管杭やPC杭)やケーソンなどと、杭頭に装着した防舷材(fender)とを用いる、いわゆるドルフィン・フェンダー方式が使用されるようになってきている。もちろん、単独だけではなく、各種アンカー方式との併用で行なわれている場合も多い。

ローマの軍用舟橋に例を見るように、河川、海峡の舟橋架橋のための個々の浮体は、浮体を流れに逆らって所定の位置に係留するために、流れの抵抗を個々の浮体に分担させるので、それぞれの浮体が錨で水底にアンカー(sea anchorage)されていた。しかし、この方式は敵前渡河などの軍用仮設舟橋には適していたが、一個の浮体が流失または損傷を受けると全体としての安全性の確保は出来なくなる。またさらには、舟橋の動揺を最小にする目的のために、個々の浮体それぞれを両岸間に張られた頑丈な複数のケーブルに緊結され、または個々の浮体の連結は強固な桁材で連結した。浮体上の桁材の連結は剛接合かピン接合を用いていた。

(3) 自由係留型方式 (free floating system)

この方式は、両岸間に張られたケーブル・チェーンに浮体を連結する方式および浮橋の両詰の2箇所浮橋の水平応力を負担する方式の2種類に大別される。前者は、中国の黄河・長江などの大河にかかる舟橋技術として発展してきた。いわば‘横方向の吊橋’といって良く、古代中国における舟橋技術は吊橋技術と同根の技術であり、我国でも同様であった。後者は、古代には錨着の必要のない、湖沼や古代流れの穏やかな川の浮橋に主に用いられていたが、大スパンで川や潮の流れに抵抗できる大規模浮橋への適用は、PCや金属製トラス構法と大型ポンツーンの開発が行われた、20世紀後半以降である。

日本では戦国時代以降九頭流川・神通川・北上川の舟橋が、この方式を用いて係留に錨を用いず、両岸間に張られたシラクチフジまたは鉄鎖を用いていた。後者は、潮流・波力・風力の水平荷重の比較的軽微なノルウエーのフィヨルトの大型浮橋に用いられている。浮橋を構成する個々の浮体、あるいは数個の浮体をまとめた浮体要素(節: elements)を錨などで係留・固定しないと言う意味での自由浮揚(free floating)である。川や海峡を横断する係留ケーブルを用いていない、自由浮揚方式の場合、浮体節間および橋両詰での浮体連続体の固定方法は、水位・潮位および移動荷重の変化に追従するような種々な方式が行なわれている。たとえば、橋詰両端の浮体は水位に応じて自動的に注水・排水を行い岸からの路面勾配の調整を行う方式、両橋詰には大スパン桁梁橋・箱型梁などで連絡し、多少の水位変動では道路勾配の変化に多大の影響を与えていない。また、個々の浮体同士の接合・連結方式は、次々と変化する外力(波力・潮流・水流・風力・動荷重)および浮橋の規模・構造に適応したさまざまな方式が採用されている。

中国で古くから大規模の浮橋・吊橋の建設が行なわれていたのは、構造耐力の高い太径で長尺の竹索および鉄鎖の製造技術に優れ、また恒常的な浮橋および吊橋の架橋技術も、古くからの多くの経験により、伝承技術とし

て蓄積されていたことによる。随時代には吊橋や舟橋のケーブルには既に鉄鎖が用いられていた。両岸で固定された鉄鎖に個々の浮体を緊結して、浮体間に通路を架け渡す方式のわが国での嚆矢は、九頭竜川および神通川舟橋といえようが、その技術水準は、遙か以前の唐時代の玄宗皇帝が黄河に架けた蒲津橋より勝っていたとは言い難い。

洪水対策のように、緊急時には橋両詰または中央部で鉄鎖を解き舟橋の流出を防ぐには、個々の浮体を錨で固定されていない方式のほうがすばやく対応できる。さらに、主ケーブルに用いられていた鉄鎖や藤索・竹索を流れに抵抗して、ロクロを用いて真っ直ぐに張る施工方法もまた、当時の先端技術が要求されていた。各川舟は、川の流れ(流量・流速・波動)に応じて弧を描いて連結され、流れの荷重に柔軟に対応する柔構造の連結方法が、当時ではもっとも優れた方法であった。これらの大河や海峡に架橋されていた恒久的な浮橋の浮体には、筏ではなく流体抵抗の少ない船舶が用いられてきた。一方、我国の古代・中世の軍用や支配階級専用の臨時浮橋の場合には、架橋が比較的容易で施工性にすぐれ、経済的な錨固定式が用いられていた。ローマ軍団は遠征の度に、舟橋係留用の錨・碇を携帯・運搬していた。

中国では頻繁に解体して水上を曳航移動して、水路を開けねばならない舟橋の場合には、錨による浮体(舟)の固定は、ほとんどの場合行われていなかったと考える。この場合の舟は、お互いに桁・梁により、おそらく数個のブロックとして強固に連結され、増水緊急時の緊急避難や舟路を開けるためには、すばやく解体していた。

船舶航行用の可動部分を持つ浮橋の場合には、この方式は余り適していない。この方式で可動部分を浮橋の中央に設ける場合には、可動部分の荷重を負担する浮橋の2箇所あるいは1箇所の端部の敷舟・ポンツーンを強固にアンカーする必要があった。

現代における自由浮揚係留方式は、浮橋をかける場所が急流で浮体をアンカーで固定できない場合、底質が軟質泥土(ヘドロ)で保錨力が期待できない場合、海峡・フィヨルトのように水深が数百mに及びアンカーラインが確保できない場合などで、水流速・風速・波高が穏やかな箇所には、他の形式の橋梁に比べはるかに経済性に優れている。橋下空間(クリアランス: clearance)を大きくしたこの形式の現代浮橋の建設は増加しつつある。

注 第2節 現代浮橋の構成方法と構成材料

- 1 複数の浮体を、予め桁や橋梁の上部構造で強固に連結した節(ブロック)を、水上で連結し通常は錨で係留する方式。軍用舟橋の場合のほとんどはこの方式になりつつある。最新式ではエンジンを備え、これらの浮体節をフェリーとして、兵員・武器・弾薬・装備類の河川横断輸送にも用いている。浮体を川幅の単体に片岸で連結し、そのまま回転させて向こう岸へ渡す工法は、南北戦争にしばしば用いられてきた。

第3節 浮体アンカー方法

(1) アンカー方法の概要

浮橋にかかる荷重の大部分を負担し浮体を所要に位置に係留・定着させるための主ロープ・ケーブルを固定するためには、人力または機械力でロープ・ケーブルを一時的に引っ張り、それらの端部が抜け出さないように重力、摩擦力、引き抜き・転倒耐力などで抵抗させる必要がある。川や潮流、風力によって発生する力が弱い場合、或は緊急を要するローマ時代の軍用舟橋などの場合は、浮体は錨・重りで個別に定着させるか、或は兩岸間に張り渡されたロープ・ケーブルと共同して発生する応力を分担させる方法を用いていた場合がある。江戸時代のお成り浮橋は殆どの場合、この折衷方式を用いていた。中国では一般的には、舟橋の両端部の地盤・岩盤に固定したキャプスターン(巻上げロクロ)で、ロープ・ケーブルを巻き上げ、それらの端部を種々の固定(アンカレッジ)方法で定着させる。中国で浮橋が大規模で常設されている場合、或は吊橋の場合などには、轆轤(キャプスターン)は元位置の建屋の中に設置され、逆止め装置がなされたままで保管され、ケーブルの再緊張および再架橋(竹索橋の場合は1年ごと)に用いられていた。竹索を用いた中国雲南省・四川省などの吊橋の場合には、現在でもこの構法が用いられているものもある。

古代中国浮橋のランドアンカー方法¹は、吊橋のロープ・ケーブルの定着とほぼ同様な構法を用いていたと思われる。中国の四川省で古来建設されてきた吊橋で、ロープに竹繊維製のロープを用いている場合は、ロープの伸びを補償するための再緊張および1年毎のロープの張替え工事のために、兩岸のロクロ・キャプスターンはそのまま建屋の中に保全されることが多かった。恒常的な舟橋の場合も同様な構法で行なわれていた。

(2) 立木・岩石など自然物の利用

川原・川岸や溪谷の岸壁に適切な樹木か岩がある場合には、その木の幹や巨石・巨岩に主ロープの端部を緊結する。「佐野の舟橋」は、複数の立木に係留のグランドアンカーに用いていた伝承については既に述べた。吊橋・籠橋(籠渡)・舟橋の架橋箇所到手ごろな岩石がある場合には、全ての場合にランドアンカーとして、つい最近まで我が国でも行われていた。舟橋の使用例としては、千曲川塩名田の船橋、祖谷の筏橋、飛騨川の舟橋などがある。祖谷の浮橋(筏浮橋)および吊橋の場合は立木を利用したことが記録されているが、絵図に残されている場合には、体裁を考えてか立木利用の絵図・絵画は無く、岩石を利用してアンカーしている場合が大げさな構図で描かれている。この方法は、中国奥地、南米奥地の吊橋では、現在でも行なわれている。ただし、現在のペルーの伝統的なカヤツリグサ科の茅(トラ類)の縄を用い、兩岸の岩石をアンカーとしている原始的な吊橋は、わずかに観光用として1橋だけが残されている。

わが国の場合、川岸や川辺の立木をランドアンカーとして、実際に用いてい証拠は絵図面にしかない。明治16年に創架され25年に再構築の許可申請書が出された、利根川の中瀬浮橋の計画図(架橋略図)には、右岸中瀬村(埼玉県深谷市中瀬)の土手に生えている樹木に係留用の鉄線を結び付けている様が描かれている。左岸(北岸)平塚村(現、群馬県伊勢崎市平塚)側では松丸太の杭を用いている。強度上安全な樹木が平野部の河川の土手に具合よく生えていることは殆どない。また樹木が明治時代に、実際に係留杭として用いられていた例はない。川原や岸壁の岩が、舟橋や吊橋のアンカーとして過去に用いられた証拠は、江戸時代の飛騨川「綱株岩」、明治時代の千曲川塩名田の舟橋係留岩のように、綱を通すための穿孔や綱を滑らかにまわすために岩の下部に鑿で加工した痕が残されているからである。

(3) 木杭・木製櫓・鋼管杭・PC杭

わが国の中世・近世から明治・大正・昭和時代の多くの浮橋は、大きな木杭を埋設または打ちこんでロープ・ケーブル・チェーンのアンカーとしてきた。ただし、千曲川・犀川の江戸時代と明治有料舟橋の係留には、杭の代わりに護岸・水制に用いられていた牛・櫓を用いていた。また、江戸時代富士川の御用舟橋の仮設係留用に、千曲川水系と同様の牛・櫓を用いていた。

わが国の浮橋の場合、この方式は基本的には2種類の形式に分類される。一つは、川の兩岸に杭を打ちあるいは埋設して兩岸間に単数または複数本のロープまたは鉄鎖などを張り、これに個々の浮体、舟を結び連結する方

式である。舟橋の連結状態の平面図形は非固定型舟橋の場合には、神通川舟橋のように、鉄鎖 2 本だけで全浮体を係留して、兩岸の杭だけで全荷重を支える式の場合には、特に大きな東大寺大仏殿の柱に匹敵するケヤキの木杭が片岸に 6 本が用いられていた。使用できない場合は、中小規模の多数の杭(群杭)を用いていた(一遍上人：富士川の舟橋、神通川舟橋)。同様な形式の利根川の明治有料船橋「妻沼橋」の場合には、舟の係留は錨と鉄綱との併用式であったが、兩岸の係留用の木杭には長さ 3 間半(6.3m)、末口 1 尺 2 寸(直径 36cm)のケヤキ材を 2 本ずつ 4 本を用いていたが、1 本のケヤキ杭の値段は 6 円 50 銭の大金であった。なお、係留鉄綱の補助に用いられていた栗杭(長さ：3.6m、末口径：21cm)の 1 本につき 90 銭が支払われていた。わが国の係留用杭材には、松・杉・ヒノキがこの順序で用いられ、栗やケヤキのどの堅木の使用例はすくない。

「御用船橋」で既に述べたように安永 5 年(1766)4 月、将軍社参のための利根川の房川渡しに架けられた舟橋の係留には、埼玉県立博物館所蔵の絵図の書き込みによると、合計 14 本(係留杭 12 本、虎綱杭 2 本)の杭が、用いられているがその太さは、各杭とも大きさは廻り 8 尺(直径約 76cm)、長さ 4 間(約 7.2m)の巨大なものである。4 間の長さのうち、3 間(5.4m)を地中に、地上へは頭 1 間(1.8m)を残していると書き込まれている。廻り 8 尺(直径 76cm)、長さ 4 間(7.2m)の松柱の容積は 3.3m³、その杭 1 本の質量は、松材の標準密度は 0.52t/m³であるので 1.7 トンと算定される。

このような巨大な松杭を施工現場に持ち込むためには、松材の伐採・搬出・運搬の時間と莫大な手間とを要する。河川敷や河原の砂利層に巨大杭を 5m 以上打ち込むことは現代でも困難な作業であり、当然掘削して轆轤を用いて巨大杭を立て込んでいた。この砂利層の掘削は、絶え間ない水替えと深さ 5m に及ぶ掘削穴周辺の崩落事故を含む、想像を絶する重労働であったことは既に「房川船橋」の項で述べた。土の層であれば、江戸時代でも矢板を打ち、山止め工事が簡単に出来るが、砂利層の場合は相当に困難な工事となる。

中世・近世における巨大橋柱の建込みには、「震込」^{ゆすりこみ}工法が用いられていた。都立大学付属図書館蔵の「矢作橋杭震込図」(『愛知県史 資料編 18 (近世 4)』、2003 年所載)には、矢作川橋の橋脚(橋杭)の施工に、「荷重震動方式」が用いられている。川上に足場を組み所定の位置に立てた巨大な柱の頭部に長径の座を組み、その上に石俵か土俵をピラミッド状に多量に載せ、頂部に結わえた左右の綱を、扇を持つ幸領の合図に合わせ、鼓と掛け声にあわせて左右に交互に引き、柱を震動と荷重により川底にゆすり込む施工工程が極めて写實的に描かれている。柱頂部に架けられた太綱の端部には、小綱が結ばれ各側に 15 名ぐらいが綱を牽き、柱垂直の通を補正する 2 人の作業者と、采配を振って合図の伝達を行う片側 2 人も示されている。この絵図には歌が描かれているが、恐らく木遣歌の類であろう。野口雨情の民謡集『雨情民謡百篇』に「よいとまけの唄」が収録されている。数十年前まではこの種の「よいとまけ」風景が、よく身近の工事場で見られていた。

多数の人力による「よいとまけ」工法が消滅した後に、20 数年前までは動力ウインチ式杭打工法の主流であり、よく見受けられたモンケン(重錘)杭打工法は、都心では騒音・震動問題で見受けられなくなった。モンケン(monkey)のようにすばやく昇降するところから、モンキーが訛って称せられたことによるといわれる。この鉄製の大型モンケン(重錘)を杭頭に落として、衝撃で杭を打込み施工する方法は、明治時代になって行われた新工法であった。モンケン杭打工法は、人力で牽いて昇降する鉄製の重錘をモンケンと称し、モンケンの中心部には円孔が穿ってあり、真矢(芯矢)と称する長い鋼製の棒をガイドとしている。現在では、H 型項杭・鋼管杭・PC 杭などの低騒音杭打ち施工やアースオーガー(earth auger)などの現場コンクリート打杭が主流となっている。

江戸時代には支持土質が軟弱な場合、杭が比較的小型な場合などや、手間費用を掛けても川中に橋脚を施工する場合に、震込法が用いられていたと判断される。嘉永 2 年(1849)江戸川に架けた「御用船橋」の場合には、係留杭として長さ 4 間(約 7.3m)、目通り直径 1 尺 7 寸 5 分(約 53cm)より 1 尺 2 寸 5 分(約 38cm)の松丸太を 8 本用いているが、その杭施工方法は、『石川民部家文書』「三九七 嘉永二年正月 松戸金町御船橋仕様早見」には「之は兜口頭四方より切組三寸勾配柱根切尖し式間半掘込震込」と記述されている。この「震込」は長さ 4 間の杭の先端を尖らせ、掘った穴に埋込んで仮固定を行い、その後「震込」工法により 2.5 間(約 4.5m)打ち込んでいる。

木杭・木柱の「震込」作業は、古くは「揺立」とも称していた。『太平記』^{既出}(三四)には「河舟百余艘取寄て、河の面二町ばかりに引并べ、柱をゆり立、もやいをいれて」の記述がある。『日葡辞書』の「yuritate」には、「柱や檣などをゆすぶってその重みで下にめり込ませるようにしっかりと立てる」意味としている。直径約 1m の

樁杭を用いていた神通川舟橋の係留杭の、施工記録は残されていない。おそらく震込工法により施工していたのであろう。利根川の明治有料舟橋の係留杭打ち込みに、震込工法を用いていた記録はあるが、構法の詳細を示す記録は無い。

明治時代の舟橋用のアンカー用杭には、陸上の他に水中に打込まれた小型の杭も併用して用いていた。これは、昭和時代の初期までは、河川によってはまだ盛んであった運搬船の航行や筏流しを通過させるために、一部の高架舟橋を除いて、橋の一部を取り外す形式が大部分を占めていた。このようにして、船舶航行用の水路確保には、川幅を通して浮体係留用のロープを張ることは出来ないため、川中に打ち込んだ木杭と両橋詰の杭の間にロープを張り、川の間で分断された舟橋を作り、分断された杭間は取り外し可能な橋面を搭載した、1艘または2艘の舟橋部分で構成された移動橋節とし、それを曳航または水平回転移動させることで水路を確保していた。中小規模河川の場合には、高架橋を浮体の上に搭載して舟橋を架け、その桁下を舟は航行していた。

明治39年に創架された、荒川右岸の東京府北豊島郡岩淵町(現、東京都北区岩淵町)と左岸の埼玉県北足立郡川口町(川口市舟渡町)を結ぶ川口船橋の係留には、川中の4箇所被打れた杭が用いられていた。この杭には、末口5寸(15cm)、長さ3間半(6.3m)の松杭を根入深さ12尺(3.6m)に打ち込み、岩淵側右岸から数えて5・3・4・5艘の合計17艘の平田舟を、4箇所の杭が分担して係留していた。水路部分は2箇所設置され、川口寄りには3艘の舟が岩淵寄りには1艘の舟が、それぞれ回転分離して水路を開けていた。

川幅の広い場合、両岸から虎綱で舟橋を固定するには、使用するロープの長さを長くするか、短くても強度の強いロープを用いる必要となる。大河・急流での川中での杭打ち作業は、技術・財力の上でも江戸時代の日本では困難であり、錨で浮体を固定・係留する構法が合理的であったが、常設浮橋の属性として要求される川幅の臨時・部分的な航行水路の確保には不適であった。

鉄鎖を両岸の杭間に張りさらに錨・重石により舟を固定する、安全上は十分な上方の方式に対し、関東の御用船橋ではさらに川上の両岸に杭(虎杭：片岸1本または2本づつ)を打ち、直径10cmほどの檜綱の虎綱を張り連結用の留綱を係留していた。川中の杭からロープで舟橋の桁を係留する方式は明治以降の有料船橋に用いられていた。

現在の大型浮揚構造物の係留・固定には大口径の鋼管杭、H型鋼杭、PC杭、鋼製シートパイル杭・ケーソン杭(中空部掘削、コンクリート充填)を一般には用いているが、ドルフィン(dolphin)、フェンダー(fender)またはドルフィンフェンダーと呼ばれ、防舷材には各種のゴム製品を用いている。

(4) 鉄像・石像・石積・石造建物

吊橋・浮橋の鉄鎖のアンカーに鑄鉄製の像を用いるのは、中国唐時代の独自の構法である。蒲津橋がその代表的な例であるが、舟橋・吊橋の鉄鎖のアンカーにも鉄の獅子像などが用いられていた。時には10t以上の鑄物の像が用いられた。第6章 中国の舟橋・浮橋 第2節 (3) 蒲津橋の鉄牛・鉄人・鉄柱を参照。

中国では舟橋・吊橋の両岸間のケーブル(鉄鎖・竹索)の固定端部の上に切石を積むか、或は石積岸壁や石造建築をアンカーとする構法が良く用いられていた。場合によっては、大きな石像を重しとして用いる方法も場合によっては採られていた。橋の両岸には通常切石積みの建屋(基礎・壁とも)が建てられ、アンカー用途の重石のほかケーブル引張用に用いたロクロの保管用建屋、管理・防御用の施設としても用いられていた。

舟橋係留用の石杭は、千曲川に架けられた明治有料舟橋の一例だけが、河原に残されている。富士川上流吊橋のアンカーに、大きな石碑を用いている絵図が残されている。しかし、わが国の場合には、加工した石材の杭や石像をランドアンカーとして用いる例は少ない。

(5) 複合方式

上記方法を複数組み合わせる方法を用いた例も多い。明治時代関東地方の利根川・荒川水系の河川に架けられていた舟橋の係留方法は、関係項目で述べているように、ワイヤロープを両岸或は川中に打ち込まれた木杭間に張り、舟を係留する方法が基本形で、舟はさらに錨で個別にアンカーするか、或は川中の杭および、またはワイヤロープを用いた錨でアンカーしていた。

注 第3節 浮体アンカー方法

- 1 ランドアンカー(land anchor)は dead man anchor と呼ばれ、シーアンカー(sea anchor)に対応する用語。通常浮橋や浮埠頭・浮揚構造物の陸地側に設置され、定着・係留に用いられる。中国では古来地錨と称す。

第4節 浮体の接岸・接合・連結方法

(1) 柔結合

近世までの舟橋では、ロープ・ケーブルに連結された各浮体間は、木材・丸太・厚板あるいは竹を桁材として連結するが、連結箇所は例外を除いて金具で浮体に固定されることは少なく、桁材は浮体の舟梁に綱で結び付けられ、ある程度の自由度を有し簡単に分解できる構法となっていた。通常の場合、急流河川に設けられた舟橋の平面形状は、川下に対し懸垂線状に「コの字形」に湾曲する、懸垂線状いわゆるカタナリーを呈していた。柔結合舟橋の両端は岸に固定されることは無く、兩岸の係留杭間に張られた係留索に各浮体は連結され、柔結合の浮体を錨係留することは、徳川幕府の御用舟橋を除いては存在していない。

中国では黄河の蒲津橋が、わが国では神通川の舟橋がその典型的な方式の例である。

(2) ポンツーン剛結合

浮体間を桁材で連結し、その上の梁を渡し踏み板で覆い橋の路面を構成する。穏やかな流れや静水面の浮橋の場合、既製木橋をそのまま浮体に載せる形式をとる場合もある。米国西部のPC製大型浮橋の場合、直接ポンツーン同士を剛接合し、桁橋を用いずにそれらの上面を道路の路盤としている。

(3) 既製組立桁・橋床版による連結

既製の桁で浮体間を直接連結し、橋を構成する。軍用の場合、軽金属製の剛構造の桁か橋版を用いている。通常は、舟橋の桁材に過大応力が生じないように、浮体を錨やドルフィンで水底に固定する必要がある。ローマ人がライン河やドナウ河に架けた舟橋は、この技術の嚆矢と見ることが出来る。経済性を無視した、迅速架橋と高度の機能性とは現代軍事用舟橋の特徴である。

浮体と桁、桁同士の結合方式にピン回転・スライド方式の柔結合および浮橋全体に発生する水平応力を兩岸の連結・接合部分で負担する剛結合を採用している場合が多い。

橋脚を、各浮体の上に建て上部を箱型桁橋・トラス橋などで連結する構法で、剛結合の一種であるが、橋下を自由に船舶が航行できる特徴を有する。明治時代のわが国の有料船橋では、在来型木造桁橋の上部構造(superstructure)を浮体(舟)の上に建て、梁下を川舟が自由に航行できる方式も用いられていた。通常の橋を搭載する方式であるが、この形式の浮橋は安全性に問題があり大型の場合には採用されなかった。

北欧における現代大型浮橋のポンツーンの連結は、鋼製の桁橋をポンツーン上の橋台に載荷する方式を採用している。大型ポンツーンを相互に直接剛接合しその上面を道路とする方式は、北米式)合に素早く現代のものは、巨大なポンツーン上の大スパンPC橋である。橋下は船舶の航行を妨げない高さを有する構造となっている。各浮体節間および浮体と橋桁接合・固定方法は、水位の変化および多少の水平移動に対しては、ピン構造形式・スライド形式の金物を介在して行っている。

【第13章 注に使用のこと】

特注1)『船の歴史 第1巻古代中世篇、上野喜一郎著』(天然社、1952)

特注2)『船の歴史事典、アテリオ・ケカーリ、アンジェルツ共著、堀元未美訳』(原書房、1985)NC51-17

注4) 舟橋管理者の乗船を指しているのか、艇舟・雑用船を指すのかは不詳である。

注5)『富山船橋考、高瀬保著：歴史の中の都市と村落社会田中嘉男編 所収』(思文閣、年)