

運河に屹立するリンク・バランス・バスキュール

三重県にあるJR四日市駅から四日市港に向かってしばらく歩くと、臨港地区に立ち並ぶ工場や倉庫の間から、塔のようなライトグレーの構造物が姿を現す。近付いていくと、次第に構造物の全貌が明らかになり、最後にはその構造物が運河の上に架けられた跳上橋(バスキュール橋)であることがわかる。

この橋は、増田淳とともに建設コンサルタントの草分け的存在といわれる山本卯太郎が設計し、1931(昭和6)年に竣工した現役唯一の跳開式鉄道橋、末広橋梁である。

橋の架かる千歳運河周辺は工場や倉庫などが立ち並ぶ臨港地区であり、橋は専用鉄道の引込み線となっている。そのため、橋を通るのはセメントや土砂を工場へ運搬する貨物列車である。通常は運河を見下ろすように、桁が約80度の角度で跳ね上げられ、船舶が航行できる状態になっており、日に数度、桁が降ろされ列車が通行する。

末広橋梁は5連の桁からなる橋長58mの単線の鋼製鉄道橋で、岸側の両端の桁が上路プレートガーダー(鋼板や鉄骨等を組み合わせてプレート状にし、断面がI字形になるように組み立てた桁)、岸から2番目の桁が下路プレートガーダー、跳開式可動部分である中央桁が下路プレートガーダーとなっている。

その構造上の特徴として、可動部橋桁の仰角に関係なく昇降用の動力は一定で、かつ従来の跳上橋と比べ動力を軽減するという当時としては画期的な新技術を用いて設計されており、リンク・バランス・バスキュールあるいは鋼索型跳上橋と呼ばれた。

なぜ、このような構造を考えついたのだろうか。

欧米の土木技術の受容

明治政府は欧米列強に追いつくため、基本政策として「富国強兵」を掲げ「殖産興業」を推進した。欧米の先進技術や学問、制度など西洋文明を積極的に取り入れるため、近代化の指導者として大勢の外国人を高給で招聘し、彼らの持つ知識・技術・経験を日本人に学ばせた。土木の分野でも、1870(明治3)年頃から約20年にわたり、多くの外国人技術者が鉄道建設をはじめ、河川、水道、港湾整備などの様々な事業の実施や指導のため雇用された。

一方、政府は優秀な若者を欧米に留学させることにより、文化の導入や技術の習得を推し進めていった。1880(明治13)年以降になると、欧米で学び、実務経験を積んできた古市公威や廣井勇などが帰国

し、その技術と経験を国内の土木事業に活かすとともに後進の指導に当たるようになった。

また、時を同じくして、田辺朔郎のように工部大学校(1873年8月開校、1886年に東京大学と合併)などの国内の教育機関で土木技術を学んだ卒業生たちが活躍をするようになり、明治後期には、日本人の手によって土木事業が行われるようになる。

その結果、鉄道建設による国内輸送力の増大、疎水事業や河川の利水・治水事業による生活の安定、港湾整備による貿易振興などが成し遂げられていった。

FLAVOR OF CIVIL ENGINEERING INHERITANCE

土木遺産の香

第52回

欧米技術の受容と昇華を示す可動橋「末広橋梁(旧四日市港駅鉄道橋)」

(三重県四日市市)



株式会社日本港湾コンサルタント
管理本部/CALS/EC室/室長

市場嘉輝 (会誌編集専門委員)

ICHIBA Yoshiteru

関東大震災復興事業を機に自立した橋梁技術

橋梁の分野では、明治前期にはヨーロッパ製の輸入鉄橋が数多く建設された。その材料は鋳鉄・錬鉄であった。明治後期になると、材料がより剛性の高い鋼鉄へと変わっていき、次第にアメリカ製の鋼橋に取って代わられていった。

このように当初は技術・材料ともに外国に依存していた。しかし、日本の橋梁技術者たちは、鋳鉄・錬鉄から鋼への材料の進歩に対応しながら、貪欲に欧米技術を吸収していった。これに呼応するようにして、鋼材も国産化が進み、品質が向上するとともに供給量も増大していった。こうして、明治後期から大正

期にかけて、徐々に橋梁技術の国産化が進み、1923(大正12)年の関東大震災後に8年にわたって実施された震災復興事業を機に、日本の橋梁技術は自立したのである。

大正後期から昭和初期にかけてのこの時代は、関東大震災復興事業や全国各地の都市開発とあいまって、日本の橋梁技術を誇るかのように、景観に配慮した新しい意匠の橋梁が次々と建設された時代である。

そして、このような時代に山本卯太郎は登場する。卯太郎は名古屋高等工業学校(現在の名古屋工業大学)を卒業後に渡米し、4年間橋梁を研究した「可

動橋」を得意とした橋梁技術者である。帰国後の1919(大正8)年に山本工務所という会社を興した。建設コンサルタントの先駆けといわれるゆえんである。

可動橋における新技術の開発

可動橋は複雑な構造を持ち、高い技術力が要求される土木構造物である。可動橋には橋桁の可動方法により旋回(スウィング)橋、跳上(バスキュール)橋、昇開(リフト)橋などの様々な種類があり、卯太郎は「跳上橋」を得意とした。

アメリカ帰りの卯太郎はシカゴの例を挙げ、臨



千歳運河に屹立する末広橋梁

海地区の産業都市発展のために、可動橋の必要性を説き、橋桁の開閉に時間を要する旋回橋は、スピード時代の可動橋としてはそぐわず、短時間で開閉が可能な跳上橋あるいは昇開橋が、これからの時代を担っていく構造形式であるとの信念を持っていた。

この信念を貫くように、日本初の跳上式鋼橋となる隅田川跳上橋(東京都荒川区)と正安橋(大阪市此花区)を1926(大正15)年に架橋した。

この後、卯太郎と彼が率いる山本工務所は、名古屋港跳上橋(名古屋港区)を架橋するなど、次々と可動橋を建設していくのである。このように可動橋を次々と設計していく中で、跳上橋の可動メカニズ

ムを分析し、創意工夫を加えることにより、跳上式可動橋の新技術を考案・実用化し、実践している。

この技術は「山本式跳上橋」「山本式鋼索型自動平衡跳上橋」「リンク・バランス・バスキュール」と呼ばれるもので、可動橋の動力軽減を目的として、より経済的な設計ができるように考案された技術である。

通常の跳上橋では、可動部橋桁を昇降する際の動力を軽減するために、可動部橋桁にアームやワイヤー等でカウンターウェイト(吊り合いを取るための錘)が取り付けられている。

卯太郎は跳上橋の昇降メカニズムを数学的に解析して、可動部橋桁の作用点が特殊曲線に沿って動的

に動く仕組みを考案したのである。論説では、可動部橋桁とカウンターウェイトを接続する部分のモーメントアーム(回転軸と力の作用点との距離)を動的に変えていくことで、可動部橋桁の仰角が変化してもカウンターウェイトと完全に釣り合うことを証明している。更に、設計実務で使えるように、単なる理論だけでなく、図式解法によって、離散的な点を順次連結して特殊曲線の包絡線を求める設計法を提案した。

この画期的な技術により、跳上式可動橋において、可動部橋桁の仰角に関係なく昇降用の動力は一

定で、かつ従来の跳上橋と比べて1/4程度の動力で昇降が可能となった。

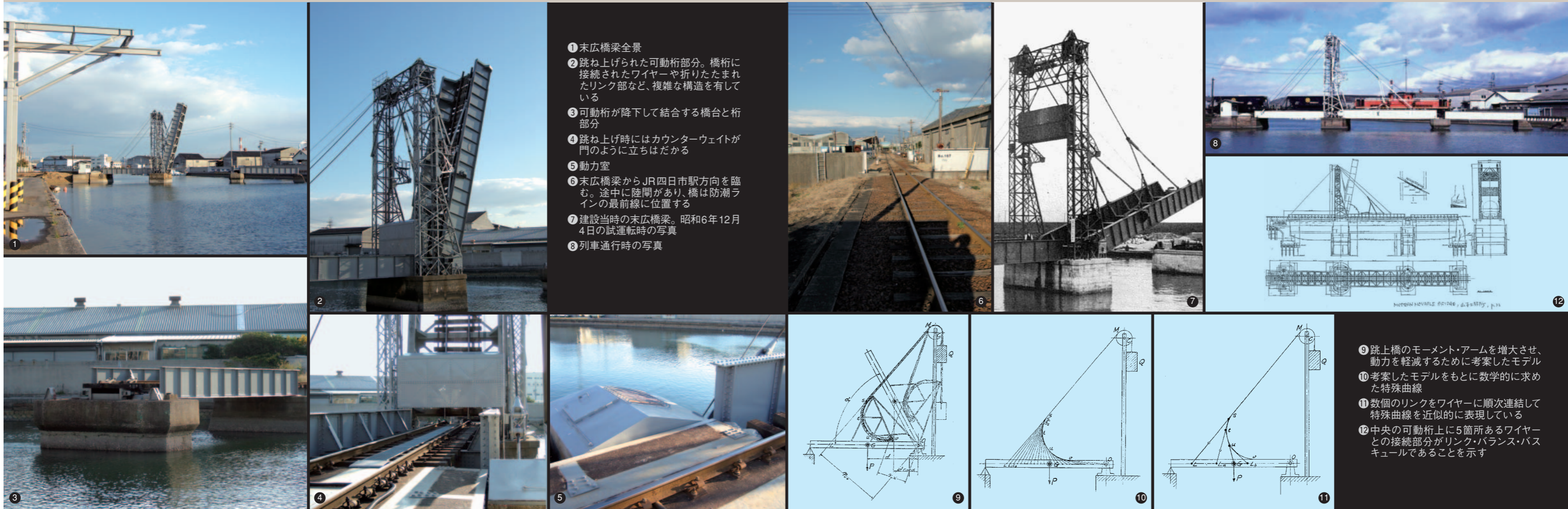
卯太郎はこの理論と設計法を取りまとめ、1928(昭和3)年12月発行の『土木学会誌』に「鋼索型跳上橋の一考案」と題する論説報告を発表している。そして、このリンク・バランス・システムについて、日本、イギリス、アメリカ、ドイツの4カ国で特許を取得している。

この論説報告では、栄橋(香川県坂出市)での実際の設計例を紹介しているが、その後、この技術を用いて、福島新橋(徳島県徳島市)を架橋し、いよいよ

橋である。やがて、モータリゼーションの発達により運河を利用した水上交通が衰退し、自動車を利用した陸上交通に取って代わられていく。こうして、日本における可動橋の建設は衰退することとなり、結果として明治以降に架設された可動橋をすべてリストアップしても110橋程度しかない状況となる。しかも、その大部分が撤去あるいは固定化され現在に至っている。近年建設された可動橋は、その実用性よりも、地域おこしのシンボルやモニュメントとして、観光のために建設される場合がほとんどである。

このような日本における可動橋が辿ってきた歴史の中で、末広橋梁はリンク・バランス・バスキュールという技術的な意義を持ちながら、四日市港の発展の歴史のみならず、日本の近代化の過程を示す遺構でもある。こうした点が評価され、また現役唯一の跳開式鉄道橋ということもあいまって、末広橋梁は1998(平成10)年に可動橋として初めて国の重要文化財に指定された。

末広橋梁は、意匠の斬新さといった見た目の面白さには欠けるかもしれない。しかしながら、外部



- ① 末広橋梁全景
- ② 跳ね上げられた可動桁部分。橋桁に接続されたワイヤーや折りたたまれたリンク部など、複雑な構造を有している
- ③ 可動桁が降下して結合する橋台と桁部分
- ④ 跳ね上げ時にはカウンターウェイトが門のように立ち上がる
- ⑤ 動力室
- ⑥ 末広橋梁からJR四日市駅方向を臨む。途中に陸間があり、橋は防潮ラインの最前線に位置する
- ⑦ 建設当時の末広橋梁。昭和6年12月4日の試運転時の写真
- ⑧ 列車通行時の写真

- ⑨ 跳上橋のモーメント・アームを増大させ、動力を軽減するために考案したモデル
- ⑩ 考案したモデルをもとに数学的に求めた特殊曲線
- ⑪ 数個のリンクをワイヤーに順次連結して特殊曲線を近似的に表現している
- ⑫ 中央の可動桁上に5箇所あるワイヤーとの接続部分がリンク・バランス・バスキュールであることを示す

1931(昭和6)年に卯太郎の可動橋技術の集大成ともいえる末広橋梁を架橋するのである。こうして、卯太郎は自ら考案した新技術を実践することで、日本独自の発展を遂げていった可動橋技術を牽引し、やがて、可動橋梁界のエキスパートと評されるようになっていくのである。

また、卯太郎は『土木学会誌』や『土木建築工事画報』で理論や臨港都市のあり方などについて積極的に情報発信する一方で、国内の架橋のみならず、海外にも可動橋を輸出している。特に『土木建築工

事画報』では、卯太郎が国内外で設計した橋梁の紹介記事が数多く取り上げられていることから、当時最先端の橋梁技術者として評価を受けていたことがわかる。こうした活動の一方で、母校で後進の育成にも努めるなどエネルギッシュに活動した。しかし出張先で倒れ、1934(昭和9)年に急逝した。

時代を語る可動橋

もともとは、陸上交通と運河による水上交通の拮抗していた時代に、その両立を目指したのが可動

からも確認できる斬新なメカニズムを有する現役の「動く橋」として、これからも、可動させながら保存する「動態保存」を願ってやまない。

「活きる橋」として、そして「生きる橋」として千歳運河に立ち、これからも四日市港を見守り続けて欲しいものである。

<参考文献>

- 1)『土木と文明』合田良實 1996年 鹿島出版会
- 2)『近代化産業遺産群 続33 ～近代化産業遺産が紡ぎ出す先人達の物語～』経済産業省 2009年
- 3)『鋼索型跳上橋の一考案』山本卯太郎 『土木学会誌 第14巻第6号』1928年12月 土木学会

- 4)『産業都市の発達と可動橋の現代性』山本卯太郎 『土木建築工事画報 第6巻第6号』1930年7月 工事画報社(土木学会附属土木図書館所蔵)
- 5)『歴史的鋼橋集覧』土木学会鋼橋造委員会歴史的鋼橋調査小委員会 1996年
- 6)『可動橋一覧』の作成と近代可動橋の現在と評価』伊東孝 『土木史研究講演集 第12回』1992年 土木学会
- 7)『可動橋一覧と近代橋梁の利活用』伊東孝 『土木史研究講演集 第22回』2002年 土木学会

<取材協力・資料提供>

- 1)社団法人 土木学会附属土木図書館

<写真提供>

- P55、①、②、③、④、⑤、⑥ 筆者
 ⑦ 『土木建築工事画報 第8巻第1号』1932年1月 工事画報社(土木学会附属土木図書館所蔵)
 ⑧、⑫ 参考文献5
 ⑨、⑩、⑪ 参考文献3