



土木遺産の香 第94回

壮大なトラスが並ぶ世界遺産のフォース橋 イギリス・スコットランド



日本工営都市空間株式会社
山田 耕治 / YAMADA Koji

堅固な構造が印象的な橋
げたイギリスのセバーン川に架けられたアイアンブリッジ（1781年開通）がその先駆けである。これは溶かした鉄を鋳型に流し込む「鋳鉄」の技術が使われた。ただし、鋳鉄ではあまり大きな部材を作ることはできないから、長大橋は難しい。

その後、鉄は炭素の含有率を減らすと、より強い材料となることが知られるようになった。1840年頃には石炭を用いた反射炉が発明され、「鍛鉄」が製造されるようになった。エッフェル塔（1889年竣工）は鍛鉄による構造物の代表例といわれる。

さらに製鉄技術は進歩を遂げる。1870年頃にはベッセマーの転炉やシーメンスらの平炉などにより、強靭な「鋼鉄」の大量生産が可能となる。ちょうど欧米で鉄道整備が進められた時期にあたり、鉄道の線路や橋梁に鋼鉄が使われるようになった。

今回取り上げるのはイギリス北部、スコットランドの主要都市であるエдинバラ近郊に位置し、フォース湾に架かるフォース橋である。全長2,530m、鋼製のカンチレバー・トラス橋で1890年に完成している。鋼鉄で組み立てられた堅固な構造が印象的で、「鋼の恐竜」というニックネームまでつけられたという。建設から130年以上たった現在でも、エдинバラから北部方面への鉄道専用橋として現役の橋である。なぜこのような堅固な構造が選ばれたのであろうか。

製鉄技術の変遷と橋梁

鉄は古くから人間の生活に欠かせない材料であったが、建設材料として広く使われるようになったのは18世紀後半以降のことである。本誌でも取り上



写真1 橋北側のノース・クイーンズフェリー駅



写真2 ノース・クイーンズフェリーの市街地をまたぐフォース橋



写真3 橋の南側遊歩道から見たフォース橋取
り付け部の石造橋



写真4 ノース・クイーンズフェリーの旧ふ頭



写真5 サウス・クイーンズフェリーの船溜まり
から見たフォース橋

橋が落ち続けた時代

鋼鉄の登場により、これまでにない長大な橋が欧米の各地で建設された。しかし設計の不備や施工の未熟さなどから、これらの長大橋が次々と落橋した。

アメリカではオハイオ州のアシュタブラ橋が1876年に落橋、1887年にはイリノイ州のグレート・チャッツワース橋が、橋を渡る列車もろとも谷底へ転落した。イギリスでも鋳鉄桁橋ディー川橋が完成した翌年の1847年に落橋。1879年にはスコットランドのティイ橋が落ち、75人が死亡した。

フォース橋の建設は、このような時代を背景にしたものであった。まさに、鋼鉄の橋の歴史は栄光と挫折の連続であった。

フォース橋架橋以前

エдинバラはスコットランドで有数の都市である。中世に由来するエдинバラ城とその周辺に都市が広がり、市街地の北側にはくさび形に入り込んだフォース湾が北部地方へのアクセスを遮っていた。

フォース湾にはクイーンズフェリーと呼ばれる渡船が運行されていた。19世紀後半、鉄道建設がイギリス各地で推進されるようになると、フォース湾のクイーンズフェリーに代わる渡河の方法が関心を集め、当時のイギリスの技術者たちが競い合うように技術提案を行った（詳しくは参考文献1）を参照）。

まず検討されたのがトンネル案であったが、この案は実現しなかった。次に検討されたのは道路橋である。ローマ時代の舟橋（舟を連ねて、その上を渡河するもの）や鎖橋の提案があったが、これらも実現には至らなかった。

フォース架橋の検討

こうした中で出てきたのが、鉄道橋の提案である。クイーンズフェリーの渡河地点では橋の全長が長くなる。奥（西）に行くほど幅が狭くなるフォース湾の特性から、フェリーよりも西に7kmほどいったチャールズタウンという地点での鉄道橋の検討が行われた。中心となったのは、当時ノースブリティッシュ・エディンバラ・グラスゴー鉄道のエンジニアで



写真6 フォース橋のメイントラス



写真7 フォース橋から隣接するフォース道路橋(吊り橋)とクイーンズフェリー・クロッシング橋(斜張橋)を眺める

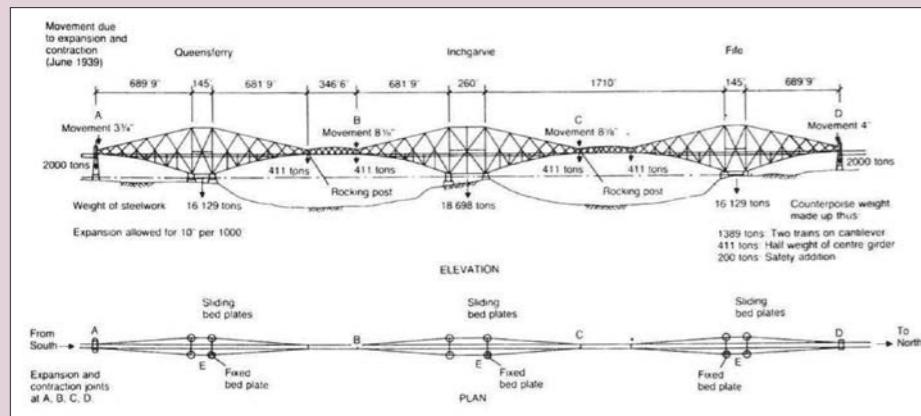


図1 フォース橋基本構造図 (出典:土木学会「フォース橋の100年」)

あったトマス・バウチ (1822~1880) という土木技術者であった。

バウチは、2つの吊り橋を中心でつなげたようなフォース橋計画図を提案した。この計画は認可を受け、1878年には橋脚工事が開始された。

ティ橋の崩落とフォース橋への影響

しかし、ここで思わぬ事故が起きた。前述したティ橋の崩落 (1879年12月) である。長さ914mもの橋が、吹き荒れる嵐の中、大勢の旅客を乗せた列車もろとも崩壊し、75人の命が失われた。

そのティ橋の設計はバウチによるものだった。バウチはティ橋の事故調査で、設計において十分に風荷重を考えていないかったと強く非難された。バウチはこの時点でフォース橋の設計を完了していたが、フォース橋の設計担当を解任された。フォース橋の設計は白紙に戻ったのである。

新たな設計者と建設工事
ここで、頓挫しそうなフォース橋の運命を変える救世主が現れる。鉄道局のコンサルタントを務め、後にイギリス土木学会長を務めることになるジョン・ファウラー (1817~1898) とベンジャミン・ベーカーである。彼らは、バウチの吊り橋とはまったく異なる、新しい計画

案を提示した。それが、3つのカンチレバー(片持ち梁)トラスのプランであり、後に実現したフォース橋の姿である。カンチレバーのトラスは左右の張り出し部がバランスして、工事中はそれぞれがやじろべえのように自立・安定するように設計されている。

鉄道局の承認を経て1881年9月に設計が着手され、1882年7月に国王の裁可を得た。建設工事は1882年12月に契約締結され、8年あまりを経た1890年3月、フォース橋はついに開通した。開通当時、この形式で世界最大の橋であった。

日本人技術者の関わり

ここでもう1人、フォース橋の実現に尽力した技術者について触れておきたい。日本人の渡邊嘉一 (1858~1932) である。嘉一は1883(明治16)年工部大学校(東京大学工学部の前身の一つ)の予備校土木科を首席で卒業後、ただちに技師として工部省の鉄道局へ入るが、翌年辞してイギリスのグラスゴー



写真8 建設時のフォース橋:3つのトラスの接合前、それぞれが自立している(出典:土木学会「フォース橋の100年」)

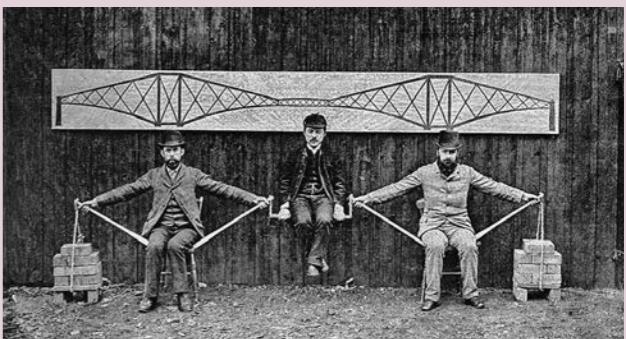


写真9 フォース橋の人間模擬実験(中央が渡邊嘉一)

大学に留学する。ここでも好成績を残し、1886(明治19)年に卒業した。その後フォース橋建設工事監督技師として4年間在職した。

嘉一が写り込んでいる一枚の写真が、イギリスの王立科学研究所に残されている。2人の男性の胴体の両側に作られる紐と片腕で作られる三角形で支えられた中央に、日本人の嘉一がちょこんと座っている。カンチレバー・トラスの構造をわかりやすく示したものだ。

嘉一は、1888(明治21)年に帰国し、その後は関西瓦斯、東京石川島造船所(現在のIHIの前身)、京王電気軌道(同、京王電鉄)など数多くの会社の経営に携わった。また土木学会の設立に尽力し、帝国鉄道協会の会長を勤めるなどの活躍があった。

フォース橋の現地を歩く

架橋から1世紀以上が経過した今も、フォース橋は建設当時の壮大で堅固な姿を見せている。フォース橋を現地で見るには鉄道でのアクセスが便利だ。エдинバラ(ウェイヴァリー)駅から、北に向かう鉄道に乗ると約20分でフォース橋を渡ることができる。橋の北側、すなわち橋を越えた先の駅はノース・クイーンズフェリー駅で、橋の南側はダルメニー駅である。駅はいずれも海面よりも約50メートル高い位置にある。

ノース・クイーンズフェリー駅を降りると、駅に繋がる道路を道なりに下りきったところがフォース橋の北側の取り付け部にあたる。ここから橋の雄姿を縦方向から眺めることができる。

南側のダルメニー駅からは、線路沿いにハイキングコースのような細い遊歩道があり、これを線路に沿って真っすぐ行くと橋の南側の取り付け部に至る。

線路と直角の方向の遊歩道に折れて西に向かうと、林の合間からフォース橋を見ることができる。遊歩道から水辺に階段や坂を降りるとサウス・クイーンズフェリーの市街地である。海沿いを走る東西の通りからはフォース橋の景観をゆっくりと眺めることができる。この通り沿いにはフォース橋の工事の犠牲者を悼む石碑が建ち、クイーンズフェリー博物館がある。

フォース湾に係る3つの橋

フォース橋は2015年にユネスコの世界遺産に登録されているが、世界遺産に登録された橋はいったいいいくつあるのだろうか。筆者が調べたところでは、登録名や登録資産に橋が含まれる世界遺産は、水道橋を除けば、全世界で10カ所程度である。世界遺産の橋は、歴史的都市などに付帯する構成要素として指定されることが多く、橋そのものが世界遺産の中心的な資産であるのは、イギリスのアイアンブリッジとフォース橋など、数例しかない。

フォース橋が1890年に完成して以降、フォース湾には2つの橋が架けられた。フォース橋の西側には吊り橋のフォース道路橋が1964年に開通している。そのさらに西には、高速道路のための斜張橋、クイーンズフェリー・クロッシング橋が2017年に開通している。フォース湾には、19、20、21世紀に建造され、それぞれ構造形式の異なる3つの大きな橋が重なるように見られ、あたかも橋梁博物館の様相である。3世紀に渡る技術の変遷と土木技術者の奮闘が展示されたかのようで、胸が熱くなる。

参考文献

- 1) 土木学会土木史研究委員会編、フォース橋の100年、土木学会、1992年
- 2) 三浦基弘・岡本義香、橋の文化誌、雄山閣、1998年
- 3) 吉田巖、橋のはなしII、技報堂出版、1985年