

【卷頭言】

技術研究と矛盾のはなし —吊橋の補剛法をめぐって—

Technical Researches and Their Funny Results
—Concerning Stiffening Girders of Suspension Bridges—

取締役社長 川田忠樹
President Tadaki KAWADA



1. スチーブンソンとブリタニア橋

世界で吊橋に鉄道を走らせようと考えたのは1840年代、英國のロバート・スチーブンソンが最初であろう。

彼は蒸気機関車で有名なジョージ・スチーブンソンの一人息子で、父をたすけて英國の鉄道普及に大きく貢献し、晩年は土木学会長、機械学会長などを歴任して、イギリスを代表する第一級の技術者でもあった。

おりしもトマス・テルフォードがメナイ吊橋（主径間 175 m, 当時世界最長）を完成して、画期的に橋梁のスパンを伸ばした直後であり、同じメナイ海峡をまたいで、ほぼ並行して計画された鉄道橋に、吊橋を採用しようと考えるに至ったのは、しごく自然のなりゆきであった。

ところで、問題は吊橋の撓みやすさにある。

最大スパンを 140 m とおさえても、鉄道橋としてはメナイ吊橋そのままの構造では無理で、そこで彼は鉄製の箱桁で、足りぬ剛性を補ってやろうと考えた。

ではどの程度の箱桁で補剛してやればよいのか。そこでスチーブンソンは、当時のイギリスではこうした実験の第一人者と目された、実務的な機械技術者ウィリアム・フェアベーンと、数理解析学の大家イートン・ホッジキンソン教授の両名に協力を求めて、桁高を決定するための一連の実験にとり組んだ。

結論を述べれば、このブリタニア橋では桁高をどんどん高くしていったために、ケーブルは一切不要ということになってしまった。

ケーブルが無くなれば、もはや吊橋ではない。かくして図-1にみられるように、せっかくタワーを設けながらもケーブルを欠き、しかも余りにも桁高が高くなってしまったために、列車は橋の中をトンネルのようにくぐり抜けるという、名づけてチュウブラー橋（チューブとはイギリスでは地下トンネルの意もある）という、今日の箱桁のはしりのようなものが出来上がって、世の人々を驚かせたのである。

(The Book of Bridges より)

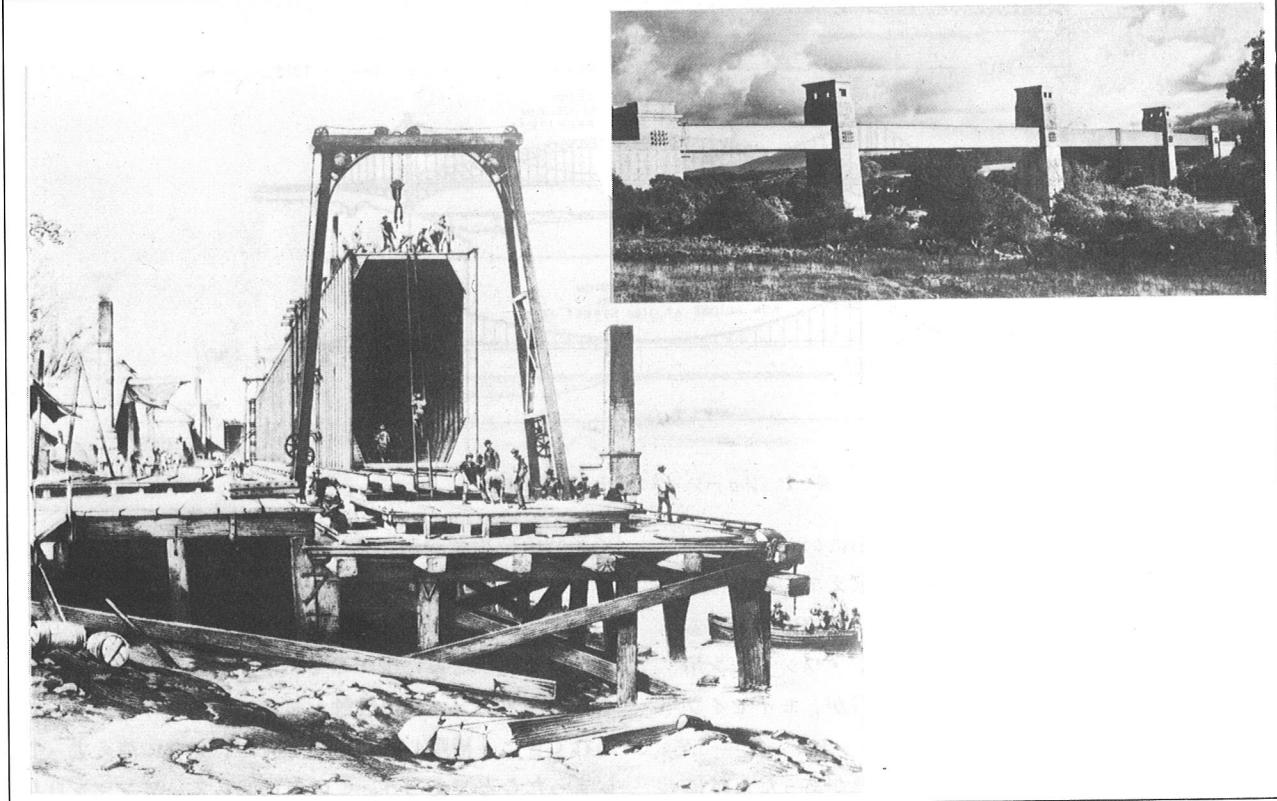


図-1 ブリタニア橋

2. アンマンとジョージ・ワシントン吊橋

このブリタニア橋の丁度逆をいったのが、オットー・アンマンの架けたジョージ・ワシントン吊橋であろう。

テルフォードやスチーブンソンが活躍した時代から半世紀あまりをへて、この間に吊橋はローブリング父子の活躍などもあり、長径間をとばすにふさわしい構造形式としての地位を次第に固めつつあった。世界第八番目の不思議とまでいわれた、ブルックリン吊橋（主径間480m）の話はあまりにも有名である。

理論的にみても、いわゆる吊橋の弾性理論が確立されて、さらに吊橋の撓み理論が、メランの手によって導か

とされていた。その苦心のあと幾つかを、図-2に掲げた例でみていただきたい。

アンマンの師匠ともいるべきリンデンタルの設計が、一番上の(a)であるが、彼はケーブルそのものを補剛しようとした。それに対して(b)のシャッヘンマイヤーは、巨大な補剛トラスを採用したし、(c)のクリボシャイン教授にいたっては、それでも足りなくてアーチで補剛することを考えた。

これらの(a)から(c)までの三案は、何れも実現をみなかったが、それにしても吊橋に剛性を与えることに、いか

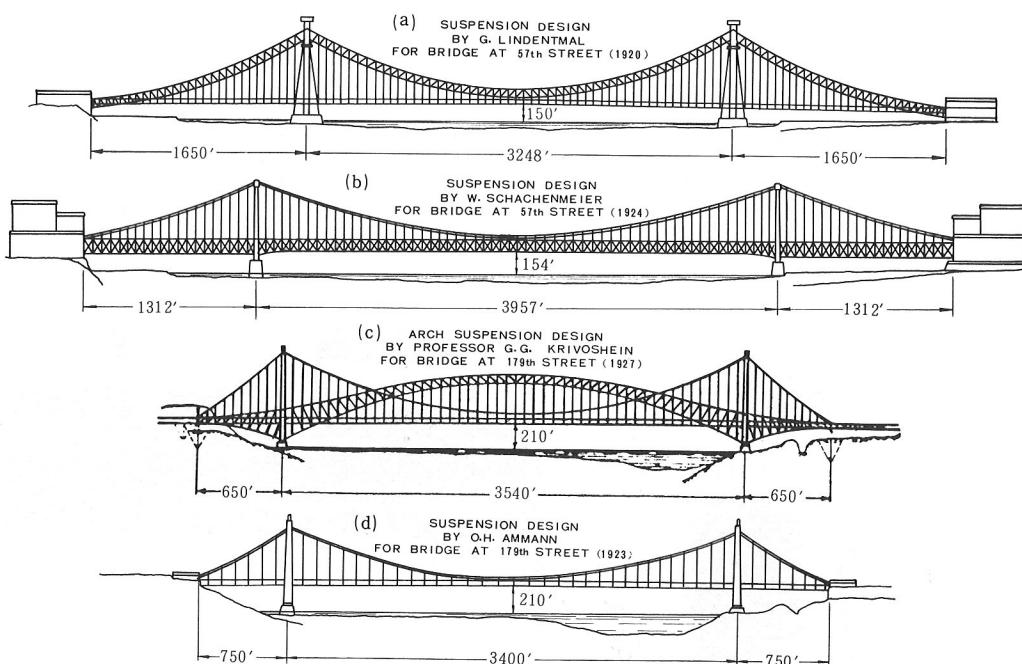


図-2 ジョージ・ワシントン吊橋計画案

れ、モイセイフによって実用に供されるにいたった。

このような技術的な進歩と経験をふまえて、人類は二十世紀に入ると、ついに1,000mというスパンに挑戦することになる。その最初のものがジョージ・ワシントン吊橋であり、それを可能ならしめた技術者が、モイセイフと組んだオットー・アンマンであった。

この場合にも、将来は鉄道を通す計画があつただけに撓みをいかに押えるかということが当初から大きな問題

に当時の技術者達が知恵をしぶったかがよくうかがえて、すこぶる興味深いものとなっている。

ところで我々にとってより興味深いことは、こうした案の中で実現をみた唯一のもの、すなわち最後の(d)案、オットー・アンマンの設計からは、あれだけ苦心をこらされてきた「補剛」という考え方方が、完全に消え去ってしまったことであろう。この点に関して、アンマン自身は次のように語っている。

「……ほかの設計と異なる最も重要な点は、剛性の与え方、いいかえれば、補剛という考えを全く省くにいたったことであろう。

考えられる活荷重の5倍も重い橋床部と、大きなケーブルの重量によって、活荷重撓みは比較にならぬほど小さなものとなり、最終的には二階橋として鉄道を二車線付加しても、また当初一階だけで自動車専用橋として供用する場合でも、吊橋の剛性に不足はなかった。

すなわち、補剛トラスを省略しうることは、始めから明らかだったのである……」

このような結果を生ずるからくりは、実は一にも二にも、モイセイフの提唱する撓み理論にあった。

旧来の弾性理論では考えも及ばぬことであったが、この輝かしい新理論に忠実に設計をすすめることにより、ジョージ・ワシントン吊橋では、ついに補剛トラスが必要となってしまったのである。

3. 研究の成果とその影響

イギリスとアメリカという具合に、場所も異なり、時代にもいささかへだたりがあったとはいえ、同じように吊橋という構造物を対象にしながら、全く正反対な二つの結論を導き出したことで、このブリタニア橋とジョージ・ワシントン吊橋の話は、我々の興味をそそってやまない。ところでその橋が、後世に与えた影響となると、これはもはや興味だけでは済まされない、きわめて重要な意味を持ってくる。

先ず第一に、イギリスではこののち、一世紀以上にわたり、全くといっていいほどに吊橋は見棄てられてしまうことになる。

クリifton吊橋のような一、二の例外も無いではないが、少くとも技術的な進歩という点では、チェーン・ケーブルの時代をもって、完全にストップしてしまった。

ワイヤーを吊橋のケーブルに利用したのはフランスのセガンなど、旧大陸系の技術者であり、それをより有効に利用して吊橋を画期的に進歩させ、近代的な長大橋梁としての地位を確立せしめたのは、ローブリングら新大陸アメリカの技術者であった。

貴方の橋が成功する位なら、私達は何を苦勞して研究してきたかわかりません。かのブリタニア橋も、一大失敗作ということになってしまうことでしょう——と、ナイアガラ渓谷に244mの鉄道吊橋を架けるというローブリングの計画に、真っ向から反対したスチーブンソンの手紙が残されている。

こうした考え方方がイギリスでは主流となり、今世紀後半に入つて、フォースやセバンといった長大吊橋が計画されるに至るまで、技術者達に吊橋から背を向けさせてしまったのが、ブリタニア橋の研究の成果であった。

もう一方のジョージ・ワシントン吊橋の方は、その影響たるやより深刻なものがあった。

吊橋の剛性は何も補剛トラスに頼らなくてもよいといふ、アンマンやモイセイフが導き出した結論は、その後ブロンクス・ホワイトストーン橋(700m)など、きわめて揺れやすい吊橋を世に送り出す結果となり、それはついにタコマナロウズ橋において頂点に達した。

中央径間853m、完成した1914年には、世界第三位の規模を誇ったタコマ吊橋は、供用開始後僅か4ヶ月にして、文字どおり、嵐の海の小舟のように揺れ、飴のようにねじ切れて海中に没してしまった。

ブリタニア橋の場合も、ジョージ・ワシントン吊橋の場合も、当代一流の技術者達が真剣に取り組みながらも、彼等が到達した研究の成果は、ある限られた範囲でしか正しいものではなく、そして結局そのいずれもが、本質的には間違いでいた。このことは、その後の歴史的な経過が実証したとおりである。

ただ、それにもかかわらず、この二つの橋に関係した技術者達が、いずれも斯界最高の権威者、大家と目される人達ばかりであつただけに、時代を大きくミスリードしてしまったのである。

私は権威とか、研究というものの、限界とその怖ろしさをここに見る思いがするのだが、それと同時に、人類が今日享受している多くの技術的成果が、こうした貴重な試行錯誤の上にはじめて到達し得たものであることをも、また心に銘記しておかねばならないことであろうと考えている。

1980, 5, 5記