

古構造学の創生に向けて*

A Study on Methodology of Extinct Structure History

本田泰寛**、小林一郎***、星野裕司****

By Yasuhiro HONDA, Ichiro KOBAYASHI and Yuji HOSHINO

概 要

本研究は、橋梁史の一分野としての古構造学の創設を提案し、事例研究を通じた方法論の確立を試みる。ある構造が利用されなくなる背景には、設計や施工を取り巻く様々な条件の変化がある。しかし、それらの構造物が実現に至る経緯には、それなりの必然性とそれを完成しようとする決意の創造性を見ることができる。古構造学は、その構造物の独自性と設計者の創造性の謎を解き明かすための手法の提供を目指す。

1. はじめに

本研究は、古生物学にない古構造学の創設を提案し、橋梁史の一分野として確立することを目的としている。すでに利用されなくなった構造には、構造自体の脆弱性、材料の改善、設計条件・施工条件の変化というような理由があるが、それぞれの時代に新たな意志のもとに完成した橋梁には、その時代なりの必然性と、それを実現しようとする新たな決意を見ることができる。

しかし、今日的な視点から見た場合、これらは過去のものとして取り扱われ、顧みられることは少ない。著者らは、現在は用いられていなくても、発想として価値がある事例は、記録して学ぶべきであると考えている。

古構造学の志向するところは、失敗を繰り返さないために過去の事例を学ぶことではなく、それぞれの時代に見られた新たな決意に由来する創造性を学ぶことにある。また、古構造学的な視点から橋梁に関する発想の変遷を捉えていくことで、従来とは異なる橋梁史の側面を明らかにすることができるのではないかと考えている。

2. 古生物学

古生物学とは歴史科学的手法を軸に、生物学と地球科学とを統合した学問分野で、自然をありのままに記述する自然史科学の一分野をなす。目的は、過去の地球に存在したすべての生物を描き尽くし、生物の進化を解明すること

である。主に絶滅した生物の化石および化石を産出した地層を対象とした事例研究を通して、過去に起こった事象の復元や推測が進められる。

3. 古構造学

本研究では、「過去に実現されたすべての構造は考察に値する」という前提に立ち、上記の古生物学の学問体系を参照しながら、古構造学の方法論の確立を目指す。目的は、過去に実現されたすべての創造的な橋梁に関する発想の源を訪ね、記述することである。以下に、研究対象と研究方法について述べる。

(1) 研究対象

古構造学では、「世界初の形式を実現しつつも、現在は利用されなくなった橋梁」を研究の対象とする。この中には当然、現存しない橋梁も含まれる。ただし、ある発想が実現に至っていることが重要であることから、アイデアのみが設計図やメモ書き等の形で残っているだけのものについては、当面対象から除外することとした。

(2) 研究方法

従来、我が国の設計論・構造論では、前例の結果を学び、利用していく手法（know-how型）が主流であった。この手法は、「世界一の橋梁の実現」といった、主として量的に前例を越えるタイプの研究には適している。通常、橋梁の歴史を振り返る際には、スパンや橋長の更新といった、数値的な記録性が主要な着眼点となっていた。従って一般的に我々が知る橋梁史では、それぞれの時代に見られた技術的な頂点が連ねられていることから、順調な発展を見ることができる。そのような歴史観のもとで前例を越えようと試みる場合、量的な記録性を追求しようという発想に至

*keywords : 古構造学、創造性、橋梁史

**正会員 博(工) 熊本大学学術研究員

***正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科教授

****正会員 博(工) 熊本大学大学院自然科学研究科助手

(〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号)

るのは極めて自然なことである。

また近年では、エンジニア個人の資質に着目した作家論的な視点からの研究が見られる²⁾。これは、設計者の具体的な思考や行動の過程を忠実に記述することで独創的な発想が生まれるプロセスを解明しようとするものである (know-why 型)³⁾。ここで対象とされるのは、今日的な視点から見ても優れた業績を残したエンジニアであり、現在用いられることがなくなった橋梁 (構造) は失敗例として捉えられ、研究の対象とされるエンジニアの成功例を説明するための比較対象として参照されるにとどまる場合が多い。

本研究では、橋梁史や作家論では評価が困難であった事例に焦点を当て、そこに見られる創造性の由来を明らかにする。研究の手法としては、上記の作家論と同様 know-why 型を採用し、世界初となる橋梁が特定の個人や組織のいかなる創造性によって実現したのかを検証する。ただし、構造形式や施工法といった技術自体の先駆性を論じるのではなく、対象とする橋梁の完成した時期およびその前後の時代との関係から、当時における創造性を読みとることに重点をおく。

4. 研究事例

ここでは、フランソワ・エヌビック (François Hennebique) およびエヌビック社の橋梁設計の基本コンセプトに着目した。一例として、1900 年にフランスで建設されたシャテルロー橋 (写真-1) を取り上げる。

(1) 橋梁史的分析

シャテルロー橋は RC アーチ橋として世界で初めてスパン 50m を実現しており、さらにスパン 40m の両側径間を含む橋長は 135m と、当時としては突出した規模であった。床版は、橋軸方向に 4 本のリブ、橋軸直角方向に 2m 間隔で配置された小梁を持つ T 桁構造となっており、柱列を介してアーチで支えられている。アーチはリブを 4 本持

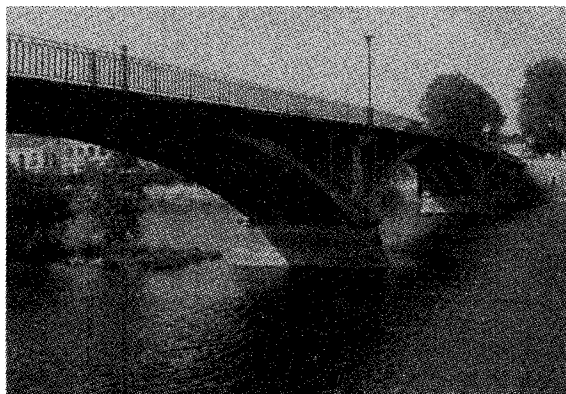


写真-1 シャテルロー橋 (撮影：本田)

つアーチスラブとなっており、床版と同様の T 桁構造が採用されている。これは、この頃すでに建築物で採用していた床版と同様の構造である (図-14)、図-25)。

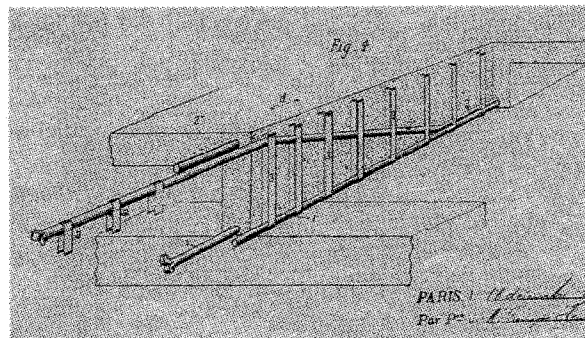


図-1 T 桁構造

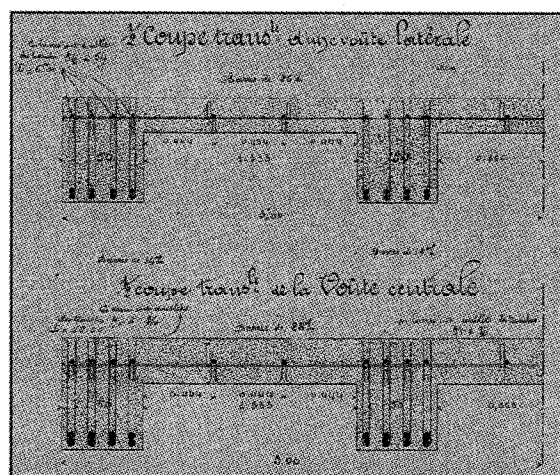


図-2 アーチ断面図

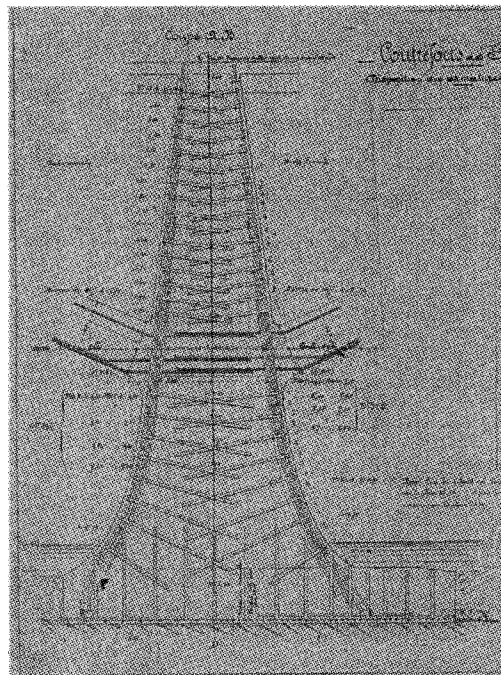


図-3 橋脚の縦断面図

本橋は高欄をのぞいたすべての部分が RC で形成されており、上部工から基礎までがすべて一体化された全固定構造（図-3⁶⁾）となっている。外観を見ると、橋台と橋脚には石造構造物、アーチ側面には当時の鉄橋に頻繁に用いられていた装飾が施されている（写真-2、写真-3）。本橋は、鉄橋との競争設計の末にフランスで初めて採用された RC 橋で、本橋の完成後、エヌビック社は同型の RC 橋を各地に建設していった。



写真-2 橋台の装飾（撮影：本田）



写真-3 ノートル・ダム橋の装飾（撮影：本田）

エヌビック社による橋梁の特徴は、①T 桁構造、②全固定構造、③装飾の 3 点に集約される⁷⁾。

- ①T 桁構造は、いわゆるエヌビックシステムと呼ばれる特許技術である。これは基本的な建築物の床組のために開発されたもので、急速な普及および特許の失効の結果、基本的な構造として常識的に用いられるようになった。
- ②全固定構造は、マイヤールによって提示された「アーチ構造は 2 ヒンジあるいは 3 ヒンジとするべきではないか」という疑問と、その解決策としての一連の橋梁によって、否定されていく。
- ③装飾は、構造自体が美しい造形を持つべきであるという構造主義が台頭していく中、次第に忘れ去られていった。

現時点から振り返ってみると、それぞれの項目に技術的な革新性を見いだすのは極めて困難である。また、通常の橋梁史において論点となるのは、いかに世界記録が樹立されてきたかということであるため、エヌビックとその橋梁

群は、RC 橋梁史の劈頭に最大スパンの記録を樹立した 2 橋が残るのみとなっている。

（2）古構造学的分析

それでは、エヌビックの独創性はどこにあるのだろうか。そのためには、19 世紀フランスの橋梁建設の概況をまず知る必要がある。1825 年、マルク・スガンによるワイヤーケーブルによる吊橋が建設されて以降、フランスでは吊橋が橋梁建設の主流となる。しかし、1850 年にアンジェーで大規模な落橋事故が起きたことで、急速にブームが去った。このため 19 世紀の後半は、石造アーチ橋と鉄橋が建設されていく。

石造アーチ橋の特徴は、耐久性および都市デザインの一環としての装飾である。パリ市内の吊橋の架け替えにおいて石造アーチ橋が採用された例が散見されるのはこのためである。また、都市内の鉄橋に関しては、施工性が高いため上部工にかかるコストは低く、また石造アーチ橋では実現が困難な長スパンを確保できるというメリットもあった。ただし橋脚や橋台は石造が基本であったため、これを加味すると必ずしも経済的ではなかった。さらに、石造部分（下部工）と鉄（上部工）の景観上のアンバランスはしばしば問題となった。建築家 C. ガルニエによるエッフェル塔批判の主要な論点はここにある。

このように、石造アーチ橋と鉄橋は、それぞれの特徴を生かす形で明確に使い分けがなされていた。一方、経済性や信頼性、さらには美観に対して疑問の多かったコンクリートの導入は敬遠される傾向にあったため、当時のフランスは RC 橋の後進国であった。

このような状況の中、エヌビックは、20 世紀以降に建設されるあらゆる橋梁を RC 橋にしようという目的を持っていた⁸⁾。それを実現するための具体的な課題は、鉄橋のような経済性とスパン、石造アーチ橋のような信頼性を RC 橋において両立させることである。前節で挙げた①～③の特徴は、上記の課題に対する解決策として、次のように捉え直すことができる。

- ①建築物で多くの実績をあげ、施工性の高い T 桁構造を用いる。
- ②上下部一体構造とすることで、地盤等の周辺条件に依存しない構造とする。また、基礎工事も自社でおこない、トータルなコストを低減する。
- ③装飾を多用することで、石造アーチ橋や鉄橋に偽装する。

これらをパッケージとしたスタイル（エヌビックスタイル）を確立することで、鉄橋より安価で、石橋のように信頼性が高く、安定した景観を持った RC 橋が成立した。ここで初めて、旧来の形式に対して競争力を持った RC 橋が登場したことになる。このような技術のパッケージングに加えて、アーチ形式をパターン化し、さらに代理店システムによる経営戦略⁹⁾によって、各地に RC 橋を普及した。

RC 橋によって旧来の橋梁を駆逐したい、という目的は、

当時のエンジニアには見ることのできない、新たな決意であったといえる。エヌビック社の出版物に見られる旧来の橋梁との比較に客観性が欠如しており、その内容がしばしば批判されているのはそのためであろう。結局、エヌビックの目的は達成されることはなかったが、パッケージングと経営戦略というエヌビックの創造性を生み、RC 橋を石造アーチ橋や鉄橋と並ぶ橋梁として成立させるに至った。

5. 考察

(1) 古構造学的評価

スガンによる橋脚基礎へのコンクリートの導入や、19世紀後半に各地で多様なRCに関するシステム開発が見られたように、コンクリートは地場的、個人的な材料であり、各人各様で利用される自由な材料であった。エヌビックが旧来の構造や装飾を模倣し、さらに全固定構造に固執したのは、コンクリートの持つ自由度を最大限に生かしつつ、旧来の技術と新しい材料を統合するという、コンクリートに対するエヌビックなりの解釈の結果であった。

ところが、エヌビックスタイルのRC 橋が確立され、経営戦略に組み込まれた時点で、RC 橋は工業製品としての性質を持つことになった。エヌビック社がおこなっていた橋梁建設を見ると、例えば代理店による鉄筋の断面形状の変更といった技術的な改善は見られるものの、エヌビックスタイルそのものが覆されるような例は見受けられない。エヌビックは、コンクリートの特徴を活かしつつたどり着いたスタイルは、最終的には自由度を大きく制限することとなった。エヌビックの実践した RC 橋の工業製品化は、作家主義の本質である一品生産、景観設計の本質である現場主義から乖離することである。これが、エヌビックの発想あるいはエヌビック社という組織の限界点であった。

(2) 橋梁史における位置付け

ここで改めて、橋梁史の中でエヌビック社の橋梁建設を考えたい。当時、エヌビックが乗り越えなければならなかったのは、RC 橋ではなく、石造アーチ橋および鉄橋であった。エヌビックは、それらの外観や構造を模倣しつつも、コンクリートの利点を生かした全固定構造や工業製品化という形で否定することで、エヌビックスタイルを確立した。このような競争力のある RC 橋の登場と普及があればこそ、これに続くマイヤールやフレシネは、それを否定することで、本格的な RC 橋の時代を創造していくことができた。RC 橋は、このような否定的な継承という紆余曲折を経ながら発展してきた。

6. おわりに

本稿では、古構造学の方法論の確立を目指した事例研究について述べた。その内容を以下にまとめる。

(1) 2章では、古生物学の概要を述べた。

(2) 3章では、古構造学の研究対象と研究手法について述べた。古構造学が対象とするのは、世界初を実現しつつも現在は利用されなくなった構造で、その評価に当たっては研究対象が建設された当時における創造性を明らかにすることが重要であることを指摘した。

(3) 4章では、エヌビック社の橋梁を対象として、古構造学的手法による事例研究をおこなった。当時におけるエヌビックの創造性は、技術のパッケージングと組織経営にあり、これによって RC 橋が初めて橋梁力のある橋梁として成立したことを明らかにした。

(4) 5章では、事例研究を通じて得られた知見にもとづいて、エヌビック社の橋梁建設に対する古構造学的な評価および橋梁史における位置付けを試みた。RC 橋の発展は、優れたエンジニアのみによって達成されているのではなく、直前の時代を否定的に継承するという発想の連続である可能性を指摘した。

今後、数件の事例研究を通して、古構造学の方法論の確立について模索する予定である。

謝 辞

本研究は、文部科学省科学研究費・萌芽研究（課題番号16656156）の補助を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 間嶋ほか、『古生物学入門』、朝倉書店、1991.10
- 2) 例えば、D.P.ビルントンによる一連のマイヤール研究（『塔と橋 構造芸術の誕生』、鹿島出版会、2001.8.10、David P. Billington: *Robert Maillart's Bridges The art of engineering*, Princeton University Press, 1979.）。
- 3) 小林ほか、主題と変奏－E.フレシネの設計手法の一側面、構造工学論文集、Vol.45A、pp.561-568、1999.4
- 4) Brevet d'invention n°265135 18 mars 1897
- 5) « plan n°7, Voûtes », IFA, BAH/4-A/1899/02, code003195
- 6) « plan n°11, contreforts des piles, disposition des armatures », IFA, BAH/4-A/1899/02, code003195
- 7) 本田ほか、シャテルロー橋の建設に見る鉄筋コンクリート橋技術、土木史研究論文集 vol.24、pp.1-8、2005.6
- 8) La construction des ponts au XXe siècle-Les Ponts Hennebique, 1906
- 9) 本田ほか、リソルジメント橋の設計を通して見たエヌビック社の技術移転の事例、土木史研究論文集 vol.23、pp.83-93、2004.6