

近代日本における鉄筋コンクリート橋梁の 構造デザインの展開

外濠アーチ橋・神田川アーチ橋に着目して

内藤 歩¹・中井 祐²

¹正会員 内藤 歩 鹿島建設株式会社土木設計本部

(〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30, E-mail:naitoa@kajima.com)

²正会員 博士(工) 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail:Yu@civil.t.u-tokyo.ac.jp)

鉄筋コンクリートの技術体系及び構造デザインの特徴を明らかにすることにより、近代日本の文化や思想に迫ることができないかと考え、近代日本における鉄筋コンクリート橋梁の「技術体系の変遷」及び「構造デザイン」にその端緒を求めた。本研究においては、はじめに鉄筋コンクリート橋梁の技術体系の発展過程を整理した総合年表を作成した。そして、技術体系の発展が構造デザインに与えた影響を分析するために外濠アーチ橋・神田川アーチ橋という鉄道高架線中の二橋に着目しこれを比較した。技術体系の発展と構造デザインの関係を追うことで、技術の発展が力学的合理性や経済性を追求した構造デザインをもたらしたことを明らかにした。さらに、構造計算技術が進歩する中で、経済性の追求自体が自己目的化する傾向が見られることを指摘した。

キーワード：近代日本、鉄筋コンクリート、橋梁、構造デザイン

1. はじめに

(1) 背景

形状の自由度が高く、性状が複雑な複合材料である鉄筋コンクリートの構造デザインにおいては、構造デザインに対する姿勢に各国の思想や文化が反映されるのではないかと考え、日本における鉄筋コンクリートや構造デザインの特徴を明らかにすることにより、背景となった日本の文化や思想に迫ることができないかという考えが本研究のきっかけである。技術導入時の試行錯誤の過程に特色を見られると考え、近代日本の鉄筋コンクリート橋梁に着目して研究を行う。

(2) 既往研究

近代日本の橋梁設計についての研究としては中井¹⁾²⁾によるものを挙げることができる。樺島正義、太田圓三、田中 豊という三人の技術者の設計思想から近代日本の橋梁を捉えている。主に鋼橋を対象とし鉄筋コンクリート橋についてはあまり触れられていない。明治末期から大正初期の橋梁における鉄筋コンクリート技術の導入過程についての研究としては山根³⁾⁴⁾による研究を挙げることができるが、構造デザインの観点からの技術に対する考察はあまり行われていない。

この他に鉄筋コンクリートの導入過程に関する研究として、建築での導入経路を明らかにした堀⁵⁾、構造計

算図表の系譜を明らかにした増田ら⁶⁾、鉄道分野での煉瓦からの転換を明らかにした小野田⁷⁾、セメント試験法の制定について考察した菊池ら⁸⁾を挙げることができる。また、欧州における状況については、欧州で指針が成立する過程を明らかにした鈴木⁹⁾、フランスでの官民それぞれの状況やエヌビック社についての本田ら¹⁰⁾¹¹⁾の研究がある。

設計思想に関する研究としては、戦前における設計思想の系譜を当時の設計者達の文献から明らかにした山下¹²⁾、マイヤールを研究した鈴木¹³⁾、阿部美樹志を研究した小野田¹⁴⁾や伊藤¹⁵⁾、また、ビリントン¹⁶⁾による構造デザインの歴史に関する研究などを挙げることができる。

また、近代日本の鉄筋コンクリートアーチ橋への網羅的な研究としては紅林ら¹⁷⁾の研究を挙げることができる。

以上、既往研究においては、近代日本における鉄筋コンクリートの技術体系の発展と構造デザインの展開との関係に着目した研究は十分になされていない。

(3) 対象と目的

鉄筋コンクリート橋梁の技術も他の技術同様に近代化の過程で欧米から試行錯誤の中で導入されたものである。この導入過程に着目し、本研究では明治から第二

次世界大戦前を研究の対象期間とする。

本研究の目的は、鉄筋コンクリート橋梁の技術体系の変遷と構造デザインとの関係を明らかにすることとし、第一の目的を鉄筋コンクリート橋梁の技術体系の発展過程を把握することとする。さらに、技術体系の発展が鉄筋コンクリート橋梁の構造デザインに与えた影響を考察するために、発展過程において重要な位置にあると思われる具体例を分析し、技術体系の発展と構造デザインの展開との関係を明らかにすることを第二の目的とする。

(4) 手法

鉄筋コンクリート橋梁の技術体系の発展については、技術体系を構造計算技術、材料学、施工技術の三つの観点に分けて整理した上で、これらをまとめて総合年表を作成し、時代区分の整理を行う。構造デザインの比較事例としては、戦前の橋梁技術を設計、施工、研究においてリードした鉄道省の橋梁に着目し、阿部美樹志による1918年竣工外濠アーチ橋、大河戸宗治による1925年竣工神田川アーチ橋という東京市街高架線上の規模や設計条件の近い二橋を分析することとする。

2. 鉄筋コンクリート技術体系の発展過程

(1) 資料の整理

(a) 構造計算技術

構造計算技術については、ティモシェンコ¹⁸⁾の研究により17世紀からの欧米での技術発展の過程を把握した上で、工学会誌土木分野の記事(1881年～1921年)と土木学会誌(1915年～1937年)の記事から、橋梁の構造計算に関わる記事を抽出し、記事の内容をもとに技術の発展を整理する。また、明治末から大正初期に関しては山根による既往研究を参考にする。

(b) 材料学

コンクリートの配合と理論については、1916年の日比忠彦による『鉄筋混凝土の理論及其応用』¹⁹⁾、吉田徳次郎による回顧²⁰⁾などの一次資料、既往研究等から菊池ら⁸⁾、小林²¹⁾、福沢²²⁾、白山²³⁾を参考にして整理する。鉄筋については、吉田徳次郎の回顧²⁰⁾、池田²⁴⁾による既往研究を参考にする。試験法及び試験設備については、吉田徳次郎²⁰⁾や建築の浜田稔²⁵⁾といった研究者や、設計者である阿部美樹志²⁶⁾の回顧、及び菊池ら⁸⁾、洪²⁷⁾の既往研究などから整理する。また、セメントの硬化時間についての炭村²⁸⁾の既往研究を参照する。

(c) 施工技術

施工技術については、吉田徳次郎による回顧²⁰⁾、当時の土木建築雑誌(1922～1936年)、土木建築工事画報

(1925年～1940年)の記事、既往研究として吉田²⁹⁾、国分³⁰⁾、岡田³¹⁾、高田³²⁾、田澤³³⁾、松浦³⁴⁾を参考にし、計量、ミキサ、締固めといった当時の現場での作業や民間における技術の教育、参照された示方書について整理する。

(2) 発展過程と時代区分

構造計算技術、材料学、施工技術について整理した上で、これらをまとめて総合年表を作成する。(図1)この年表から次のように時代区分をまとめることができると考える。

a) 1890年頃から1903年頃

「鉄筋コンクリート橋梁前夜」。

1891年の原龍太による御茶ノ水橋など、日本人による設計への転換期である。日本の橋梁界がやっと独り立ちを始めた時期であると言える。トラス橋が中心であり、設計では経験式が多く用いられた。

欧米での鉄筋コンクリートの利用が伝えられていたものの、この時代は無筋コンクリートの時代である。

b) 1903年頃から1913年頃

「欧米からのシステムの導入と実証」。

鉄筋コンクリートを国策として導入する機運が生まれ、欧米で実績のある配筋形式、システムを導入し、実際に架設を行う技術の実証が行われた。ドイツでの組織的な実験を受け、理論が統一されていき、この時代に欧米各国で規準が制定された。日本ではこれら規準の比較研究が行われた。1909年に大河戸宗治は欧米の規準を参考にした「鉄筋混凝土設計施工示方書(案)」を作成した。

猿橋水道橋などでは、最小仕事の定理や弾性論といった構造計算の理論が実際の設計に適用され始めていた。

このように、欧米で実績あるシステムをまるごと導入し、実証を通して各システムの比較が盛んに行われた時代である。

c) 1914年頃から1922年頃

「鉄筋コンクリート橋梁の普及開始」。

1914年鉄道省「設計心得」、1915年内務省「鉄筋混凝土橋梁仮取締規則」と設計施工に関して国内の規準が整備され、全国的な普及のための環境ができた。

鋼橋、鉄筋コンクリート橋ともに経験式に変わり、最小仕事の定理等の構造計算理論が実際の設計へ適用されるようになった。

欧米の鉄筋コンクリート橋梁の種々の技術を消化し、多くの技術者が利用出来るかたちに技術体系が整った時代と言える。

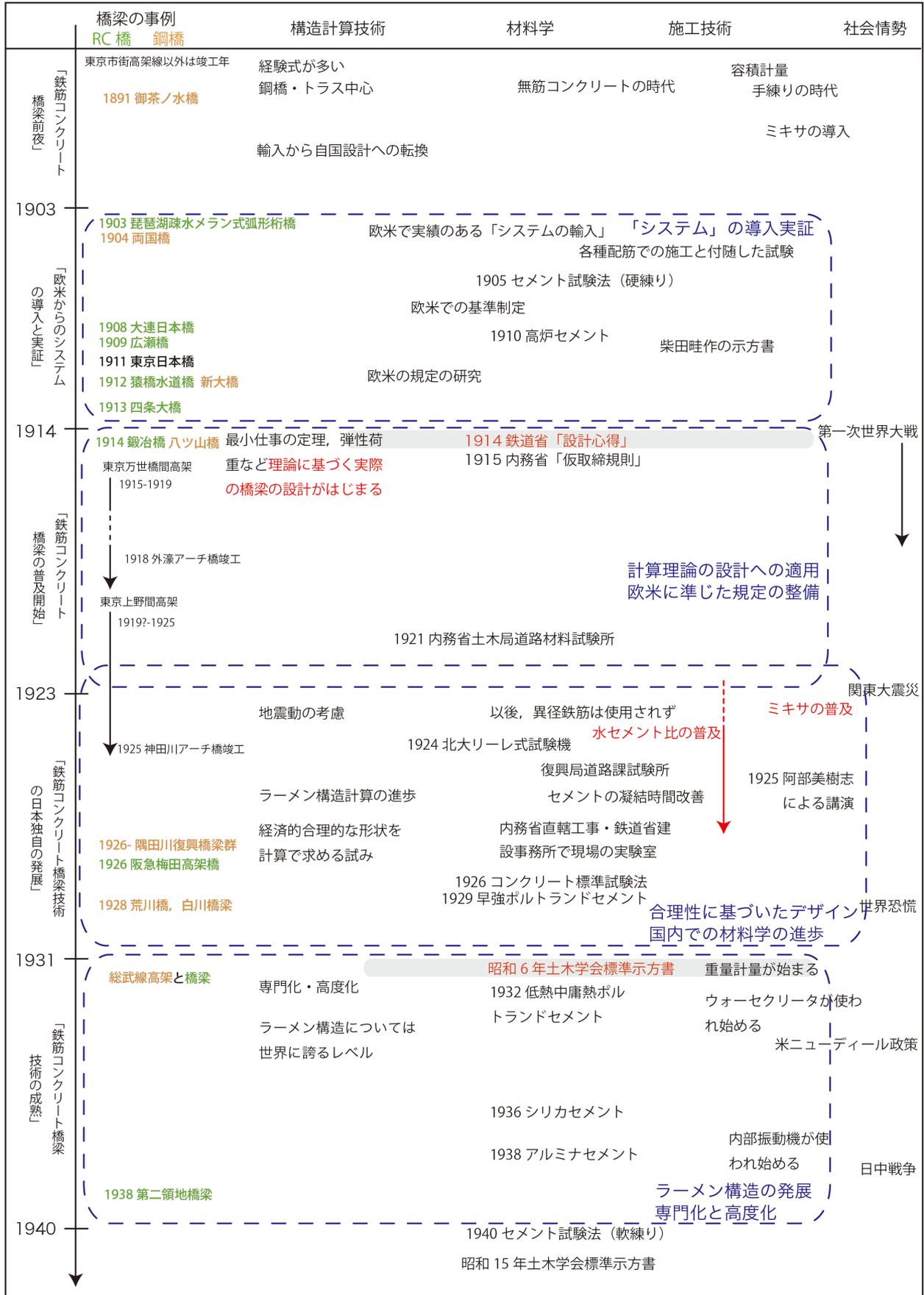


図-1 鉄筋コンクリート橋梁技術体系の総合年表

d) 1923 年頃から 1930 年頃

「鉄筋コンクリート橋梁技術の日本独自の発展」。

関東大震災を経験し、地震動を考慮した設計が進歩した。建築において耐震性の高い鉄筋コンクリート構造が注目され本格的に普及するようになった。オフィスビルや高架橋での利用からラーメン構造の解析技術が進歩した。構造解析技術が進歩した結果、構造の安全性を確かめるだけでなく、より合理的経済的な形状となるよう、計算によって形状を決定しようという流れも生まれた。

コンクリートが導入されてから長く、配合は容積による 1:2:4 などといった比により決められ、水量は軟練り、硬練りといった性状で管理されていた。エイブラムスによる水セメント比が吉田徳次郎によって日本に伝えられたのは 1922 年であり、帝都復興のコンクリート建設量の増大に合わせて考え方が普及していった。各種試験場が整備され、材料研究の環境が整った。セメントの品質もこの時期に大きく改善された。

施工面ではミキサが普及し、建設量の増大を可能にした。阿部美樹志は雑誌や講演を通じて、施工技術の向上に努めていた。

建設の増加とともに国内の技術者、研究者による技術の発展が進んだ。耐震性の考慮が日本独自の技術体系の方向性を定めたと考えられる。

e) 1931 年頃から 1940 年頃

「鉄筋コンクリート橋梁技術の成熟」。

土木学会により標準示方書が整備され、技術体系がひとまず確立したと言える。

ラーメン構造の技術については世界的にも高い水準にあった。構造計算技術、材料学ともに技術が成熟し高度化、専門化が進んでいった。

配合では重量計量が始まり、ウォーセクリータも使われ始めた。内部振動機が使われはじめるなど、施工設備の発展が進んだ。

標準示方書の整備と構造計算技術、材料学の高度化は、戦前の技術体系が一つの到達点に達したことを示していると考えられる。

構造計算の技術が応力の算定、断面の決定をより精緻化し、より経済的合理的なデザインを可能にしていった。この設計を実現するためには、鉄筋コンクリートという複合材料の性状をより正確に把握し、コントロールする材料学の発展が必要となる。そして、それを実際の構造物として建設する施工技術の向上が求められる。構造計算技術、材料学、施工技術の三つの技術が総合的に発展することで、より経済的合理的な理想の構造を設計し、施工することが可能になっていったと言える。

日本の技術体系をまとめる中で、日本の特徴として以

下の点を指摘出来る。欧米においても鋼に比べると技術が確立していなかった鉄筋コンクリートであったが、欧米で実績のあるシステムを比較することで、効率よく技術を導入しようとしている。様々な構造形式を試行錯誤することは少なく、欧州で行われたような、解析困難なシェル構造等を施工して実験するよりも、構造計算技術、材料学を精緻化していくことで、合理的経済的な橋梁を建設する傾向が見られる。

3. 外濠アーチ橋と神田川アーチ橋

(1) 外濠アーチ橋（東京万世橋間）

東京万世橋間の高架橋及び外濠アーチ橋は、1911 年から 1914 年までイリノイ大学などへ留学し、Ph. D. を取得した阿部美樹志によって設計された。阿部美樹志が鉄道院に復帰したのは 1914 年 11 月であり、1915 年 1 月には東京万世橋間の鉄筋コンクリートでの建設が決定していたことから、留学中から省内で検討が行われていたのではないかと推察される。外濠アーチ橋は、東京市との協議の関係で、1916 年 9 月に大倉組と上部工事契約が結ばれた通常の高架の部分とは別に、1917 年 2 月に 1 径間メラン式と決定、追加工事として契約された。

外濠アーチ橋は 1918 年に竣工し、径間約 38m、ライズ約 5.7m と当時国内最長の鉄筋コンクリート橋梁であった。

(2) 神田川アーチ橋（東京上野間）

東京万世橋間に続き東京上野間の建設が進められた。

神田川アーチ橋の設計は 1914 年に欧米の規定を参考にした「鉄筋混凝土設計施工示方書（案）」を作成するなど当時の鉄筋コンクリートや橋梁技術に詳しい大河戸宗治によって設計された。神田川アーチ橋の設計時期は不明であるものの、大河戸が 1919 年に鉄道院東京改良事務所長に就いており、1923 年に上部工に着工していることから 1919～1923 年の間に設計されたと考えられる。

1925 年竣工し、モニエ式トランスフォームドカテナリ鉄筋コンクリートアーチ橋、径間約 33m、ライズ約 8.5m である。

(3) 鉄筋コンクリート橋梁技術の比較

a) 構造計算技術

二橋の間で最も大きな違いは、アーチ環の厚さと形状の決定方法である。外濠アーチ橋では、楕円形に近い多心円を仮定し、繰返し照査をしながら形状を決定した。神田川アーチ橋において大河戸は新しい設計方法を導入し、圧力線とアーチ軸線が一致するようにした。また、従来の方法ではアーチ環の厚さは実例や実験公式から決定されていたが、大河戸の手法では厚さとアーチ軸曲

線を同時に決定することができるとした。

b) 材料学

外濠アーチ橋では鉄骨でアーチを組むメラン式が採用されている。大河戸による明治末期の鉄筋コンクリート橋梁の回顧⁴²⁾では、当時の鉄道のベテラン技術者は、鉄骨を組むメラン式に他の配筋形式に比べて信頼を置いていた様子が述べられている。神田川アーチ橋ではモニエ式が用いられている。モニエ式はメラン式に比べて鋼材の使用量が少なく経済的であり、また、圧縮と引張りの分担がより明解であると言え、外濠アーチ橋から比べて合理的な設計へと技術が進歩していると言える。

外濠アーチ橋では、アーチの温度変化と熱応力に関する知見が少なかったために、慎重に検討が行われた。ドイツ、スイスでの指標、国内では鍛冶橋の事例を参照すると共に、阿部が留学していたイリノイ州等アメリカでの事例が参照された。留学時の阿部の役割としてこれ

らの事例の収集があったと推察される。神田川アーチ橋の設計では、建設概要や大河戸の論文中で、このような検討が行われた様子は見られない。温度変化については不明な点が多いとしながらも、外気温の変化を華氏 90 度 (摂氏 50 度) とし、内部の変化をその 2/3 として華氏 ± 30 度とするなど、非常に簡潔に算定が行われた。この考え方の出所は本論文の調査では明らかになっていないが、実績の積み重ねによって設計がより明解になっている様子がうかがえる。

c) 施工技術

外濠アーチ橋では施工の分割、エクспанションジョイントについても海外の事例を参照しており、阿部の留学の成果と考えられる。

神田川アーチ橋については、本研究では施工に関する資料を得られず、比較が出来ていない。

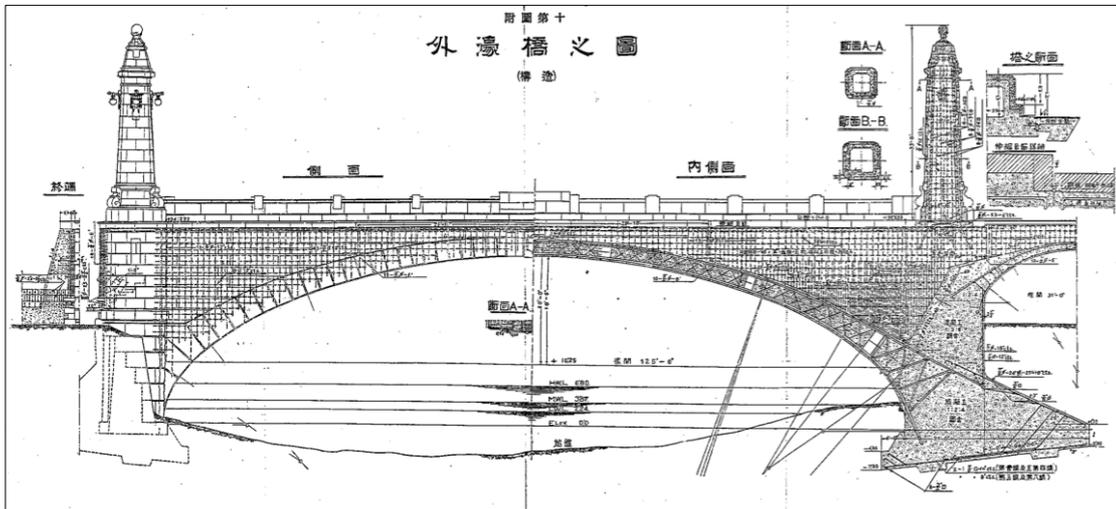


図-2 外濠アーチ橋構造 (『市街高架線東京万世橋間建設紀要』)

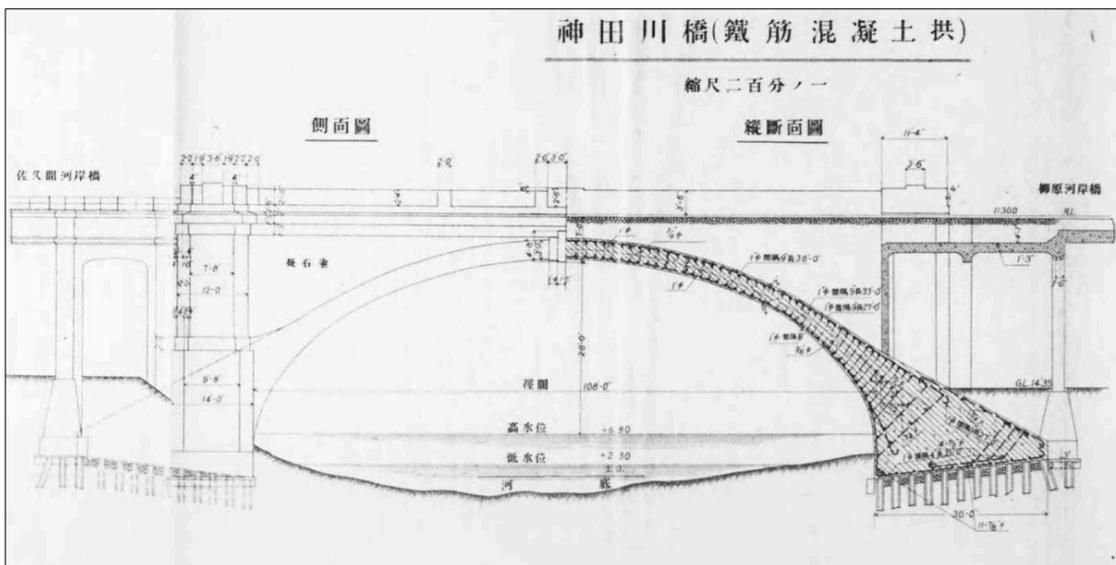


図-3 神田川アーチ橋構造 (『東京市街高架線東京上野間建設概要』)

(4) 構造デザインの比較

外濠アーチ橋は、楕円に近い多心円から繰返し照査を行いながらアーチ環を決定している。アーチ軸線、アーチ腹線、アーチ背線の設計過程では、計算の繰返しにより力学的な合理性を追求している。この手法は形状を操作する変数が多いため、このことが設計者阿部美樹志の美意識が設計に反映されることを可能にしていると考えられる。

一方の神田川アーチ橋では、形状を決定する論理を定めた後は、計算によって自動的に理想状態のアーチ環の厚さ、形状が導出される。設計者によらない経済的合理的な構造を明解に現すことが可能となったものの、設計者の美意識が反映される余地は少ない。従って、設計者大河戸の美意識よりも形状決定の論理が構造デザインの中で表現されているという印象を受ける。

アーチ環と腹との関係性を見ても、外濠アーチ橋では環と腹とが一体的であり、古典的なアーチであるように見える。神田川アーチ橋では、アーチ環の合理的設計に力が注がれているが、腹は死荷重として扱われており、外濠アーチ橋に比べて環と腹とは独立して設計されている印象がある。これはアーチ理論に忠実な構造を指向したものと考えられる。これをさらに進めた形式が開腹アーチと言え、抽象的なアーチ理論を指向する共通した構造デザイン思想であると考えられる。

4. 考察

総合年表(図1)にあるように、外濠アーチ橋は「鉄筋コンクリート橋梁の普及開始期」に位置し、神田川アーチ橋はこの「普及開始期」から「鉄筋コンクリート橋梁技術の日本独自の発展期」への転換期に位置していることがわかる。したがって、この二橋を比較することは、このような技術体系の転換が構造デザインに与えた影響を考察する手がかりになると考えられる。

先に述べたように、二橋の技術のなかで最も大きな違いはアーチ環の設計手法である。「普及開始期」における設定した形状に対する安全性の照査としての構造計算技術から、「発展期」における合理的な形状の決定を可能にする構造計算技術への発展が、外濠アーチ橋と神田川アーチ橋の設計手法にも見られる。

神田川アーチ橋では、計算によって最も経済的合理的なアーチの厚さ、形状を自動的に決定出来るようになり、これがそのまま用いられている。装飾は排除され、経済的合理的なアーチ環が表現されている。佐々木(山下)¹²⁾⁴⁵⁾や中井¹²⁾の近代日本の橋梁の研究からは、モダニズムの合理的構造を表現する設計思想が昭和初期に登場する様子が見られる。神田川アーチ橋はこのようなモダニズムの設計思想による鉄筋コンクリート橋梁の先駆けであると言える。そして、神田川アーチ橋の事例から

はモダニズムの構造デザイン思想とそれを可能にした鉄筋コンクリートの技術体系とがお互いに大きく関係していることがうかがえる。

「鉄筋コンクリート橋梁技術の日本独自の発展期」、 「成熟期」においては、鉄道の高架橋を中心にラーメン構造の建設が進む。これに合わせて構造計算や材料学の技術が精緻化していくが、この取り組みはまったく新しい構造デザインの創造へとつながらず、精緻な解析そのものが自己目的化していく傾向が見られる。こうした構造の精緻な解析と経済性の改善という取り組みは、日本の構造デザインの特徴を語る視点として提案出来るのではないかと考えた。

5. まとめ

本研究では、近代日本における鉄筋コンクリート橋梁について、技術体系の発展過程を総合年表として整理し、外濠アーチ橋と神田川アーチ橋という鉄道橋梁の事例から技術体系の発展と構造デザインの展開の関係について考察を行った。

今後の課題としては以下の3点があげられる。

大河戸宗治が先駆的な設計手法を生み出すことができた背景は本研究では明らかになっていない。当時は、最小仕事の定理等の理論式を用いた設計が普及しつつあったものの、土木学会誌では大河戸のような試みの先例は見当たらない。大河戸や鉄道省に焦点を当てた調査を行い、大河戸が接していた設計事例や文献などの情報を明らかにする必要があると考えられる。大河戸のモダニズムの設計思想がどのような影響の下に形成されたのかを考察することができると思われる。

戦前の構造デザインの展開については、充腹アーチから開腹アーチへという展開が重要な要素であると考えられる。外濠アーチ橋と神田川アーチ橋の比較で見られるような、充腹アーチの合理的設計による構造デザインの転換に続き、死荷重となる部分を削り合理化した開腹アーチの設計技術と構造デザインの展開についての考察を行う必要がある。

本研究では近代日本を対象とした。戦後のコンクリート技術についても、断絶があるわけではなく戦前の技術からのつながりがあると考えられる。PCなど新しい技術が導入されるなかでどのような構造デザインの展開があったのかを本研究の手法や成果を用いて研究することで、今後の構造デザインに対する示唆が得られると考えられる。

参考文献

1) 樺島正義・太田圓三・田中豊の仕事と橋梁設計思想：近代日本における橋梁設計の近代化とその特質、中井

- 祐, 東京大学大学院博士論文, 2003
- 2) 近代日本の橋梁デザイン思想 三人のエンジニアの生涯と仕事, 中井 祐, 東京大学出版会, 2005
- 3) 我国への鉄筋コンクリート橋導入の技術史的研究, 山根 巖, 京都大学大学院博士論文, 2002
- 4) 我が国大正期の鉄筋コンクリート橋規準の成立過程について, 山根 巖, 土木史研究講演集 Vol. 23, 2003
- 5) 日本における鉄筋コンクリート建築成立過程の構造技術史的研究, 堀 勇良, 東京大学大学院博士論文, 1982
- 6) 戦前期の日本における鉄筋コンクリート構造計算図表の特徴について, 増田泰良, 藤岡洋保, 建築学会学術講演梗概集, 2005
- 7) わが国における鉄道用煉瓦構造物の技術史的研究, 小野田滋, 東京大学大学院博士論文, 1998
- 8) セメント試験法制定と横浜築港工事の技術的関連性について, 菊池勝広, 初田 亨, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004
- 9) 欧州における鉄筋コンクリート技術の歴史の変遷-欧州初の鉄筋コンクリート指針成立過程に関する研究-鈴木 圭, 山下真樹, 土木史研究論文集 Vol. 25, 2006
- 10) 19 世紀フランスにおける鉄筋コンクリート橋の受容過程, 本田泰寛, 小林一郎, ミシェル・コット, 土木史研究講演集 Vol. 25, 2005
- 11) エヌビック社の橋梁建設政策について, 本田泰寛, 小林一郎, ミシェル・コット, 土木史研究講演集 Vol. 24, 2004
- 12) 戦前の橋梁景観設計の思潮に関する研究, 山下 葉, 日本都市計画学会学術研究論文集, 1990
- 13) ロベール・マイヤールの構造デザインと設計思想, 鈴木 圭, 土木史研究講演集 Vol. 25-27, 205-2007
- 14) 阿部美樹志とわが国における黎明期の高架鉄道橋, 小野田滋, 土木史研究 Vol. 21, 2001
- 15) エンジニア・アーキテクト阿部美樹志の仕事とその特質, 伊藤仁志, 東京大学大学院修士論文, 2004
- 16) 塔と橋 構造芸術の誕生, D.P. ビリントン, 伊藤学・杉山和雄・海洋架橋調査会訳, 鹿島出版会, 2001
- 17) わが国におけるコンクリートアーチ橋の発展, 紅林章央, 前田研一, 伊藤 孝, 土木史研究講演集 Vol. 24, 2004
- 18) 材料力学史, S.P. ティモシェンコ, 最上武雄・川口昌宏訳, 鹿島研究所出版会, 1974
- 19) 鉄筋混凝土の理論及其応用, 日比忠彦, 丸善, 1916
- 20) 此の二十五年間の我国土木界に於けるコンクリート及び鉄筋コンクリートの回顧, 吉田徳次郎, セメント界彙報, 1934
- 21) コンクリートの文明史, 小林一輔, 岩波書店, 2004
- 22) コンクリートの高強度化への挑戦, 福沢公夫, コンクリート工学 Vol. 30, No. 10
- 23) コンクリート調合設計の発展, 白山和久, コンクリート工学 Vol. 35, No. 4, 1997
- 24) 鉄筋の高強度化・太径化への歩み, コンクリート工学 Vol. 31, No. 4, 1993
- 25) コンクリート研究回顧, 濱田 稔, 建築雑誌 915, 1962
- 26) コンクリート界の十年を顧る, 阿部美樹志, 土木建築工事画報 6 月号, 1933
- 27) 黎明期のコンクリート理論 後編, 洪 悦郎, セメント・コンクリート No. 627, 1999
- 28) コンクリートの硬化時間制御への試み, 炭村栄一, コンクリート工学 Vol. 31, No. 2, 1993
- 29) コンクリートと施工法 その移り変わり (その 1) 建築におけるコンクリート施工の移り変わり, 吉田辰夫, コンクリート工学 Vol. 18, No. 5, 1980
- 30) コンクリートと施工法 その移り変わり (その 2) 土木におけるコンクリート施工の移り変わり, 国分正胤, コンクリート工学 Vol. 18, No. 6, 1980
- 31) コンクリートと施工法 その移り変わり (その 11) 土木における練りませ・締固め・養生方法の移り変わり, 岡田 清, コンクリート工学 Vol. 19, No. 5, 1981
- 32) コンクリート技術の歴史第 3 回 型わく・支保工の合理化, 高田博尾, コンクリート工学 Vol. 30, No. 6, 1992
- 33) コンクリート技術の歴史第 7 回 コンクリートの流動性の変遷, 田澤栄一, コンクリート工学 Vol. 30, No. 12, 1992
- 34) コンクリートダムにみる戦前のダム施工技術, 松浦茂樹, 土木史研究 Vol. 18, 1998
- 35) 鉄筋混凝土の施工に就て, 阿部美樹志, 土木建築雑誌 Vol. 4, No. 6-12, 1925
- 36) 市街高架線東京万世橋間建設紀要, 鉄道省東京改良事務所, 1920
- 37) 東京市街高架線東京上野間建設概要, 鉄道省, 1925
- 38) 鉄道院東京市街高架線常盤橋万世橋間基礎杭打工事概況, 土木学会誌 Vol. 2, No. 3, 1916
- 39) 東京市街線銭瓶町万世橋間工事ノ現況, 土木学会誌 Vol. 4, No. 5, 1918
- 40) 市街高架線東京万世橋間建設紀要, 稲垣兵太郎, 土木学会誌 Vol. 6, No. 6, 1920
- 41) 拱橋の設計に就て, 大河戸宗治, 土木学会誌 Vol. 11, No. 5, 1925
- 42) 国鉄の回顧, 日本交通協会, 日本国有鉄道総裁室文書課, 1952
- 43) 鉄筋混凝土工学, 阿部美樹志, 1916
- 44) ある Engineer Architect の記録 阿部美樹志の足跡, 柴田拓二, コンクリート工学 Vol. 26, No. 8, 1988
- 45) 戦前の大阪市内橋梁の景観設計思想に関する研究, 佐々木葉, 土木史研究 Vol. 11, 1991