

# 廣井勇にみる札幌農学校の土木教育とわが国における橋梁学の確立\*

Education of Civil Engineering at S.A.C. and establishment of Japanese Bridge Engineering\*

原口征人\*\*・今 尚之\*\*\*・岸 邦宏\*\*\*\*・佐藤馨一\*\*\*\*\*

By Masato HARAGUCHI\*\*, Naoyuki KON\*\*\*, Kunihiro KISHI\*\*\*\* and Keiichi SATOH\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

札幌農学校は単に農学のみを教えた教育機関ではなく、幅広い科学知識を教授し、学理と実践の両者のバランスを持った学校であった。文部省ではなく開拓使の管轄であった農学校は独自の目的意識を持ち、そのカリキュラムは独特なものになっていった。そして、そこで学んだ廣井勇は明治時代の土木人として、また後世の模範となる技術者として評価されている。

現在、廣井勇は港湾工学に果たした貢献に対しての評価が高い。しかし、それ以外の業績（橋梁学や教育）についてはほとんど知られていない。本研究では廣井の港湾分野以外の功績に光をあて、わが国の橋梁学に果たした役割を考察する。

## 2. 札幌農学校の設立とW・ホイーラー

### (1) 札幌農学校2代目教頭W・ホイーラー

開拓使官吏を養成する目的でつくられた札幌農学校は、1876年(明9)の開校から農学と土木工学を教えることを目的として設立されている<sup>※1</sup>。

初任教頭クラークの帰国により2代目の教頭に就任したのは、数学・土木工学・図学・測量などを教えていたW・ホイーラーであった<sup>※2</sup>。ホイーラーはマサチューセッツ農科大学第1期生で土木工学を専攻し、在学中から大学内外の測量や土木設計を手がけていた。卒業後は鉄道の路線設置班長、線路区技師

として働き、来日前には自分の事務所を経営していた<sup>※4</sup>。

彼は札幌農学校の教育方針として「論理的理解を基本とし、これに基づいて様々な事態に対して応用・実践できる能力を養うことを目的とする教育」を掲げ、土木工学の初期教育（測量や製図）を実地教育として行っている。

### (2) 開拓使におけるホイーラーの業績

ホイーラーは学校での職務のほか、開拓使からさまざまな調査を依頼された。1877年(明10)4月に洪水被害を受けた豊平橋の復旧も依頼されている。ホイーラーは破損した橋（米人機械技師ホルトの設計）の問題点が川中に建設した中央橋台にあることを指摘して、増水の影響を受けない岸に橋台を移し、堤防を強化するよう設計を改めた。橋には木造ハウトラスに弓形補強材を加えた形式の、Burr型トラス橋（支間長63m）を再度採用している（図1）。竣工は1878年(明11)10月である。札幌の玄関口に当たるこの橋はわが国では珍しい洋式木造トラス道路橋であり、その姿は「札幌第一の大観」と形容された<sup>※5</sup>。

また現在、札幌市民に「時計台」として親しまれている札幌農学校演武場は、彼が農学校本館兼兵式教練所として基本設計を行い、開拓使工業局によって建てられたものである。

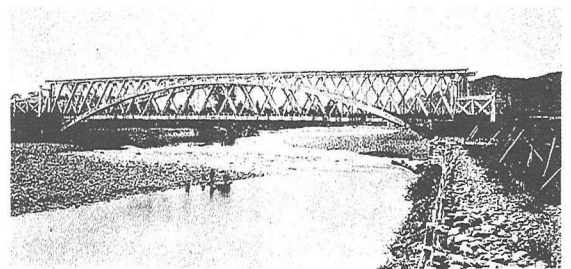


図1 ホイーラー設計の豊平橋<sup>※3</sup>

\*キーワード：土木史、計画情報、計画基礎論

\*\*学生員 修(工) 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(〒060 北海道札幌市北区北13条西8丁目 ☎011-706-6215, fax 011-726-2296)

\*\*\*正員 博(工) 北海道教育大学教育学部(〒070 旭川市北門町9 ☎0166-51-6151, fax 0166-52-2108)

\*\*\*\*学生員 修(工) 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(〒060 北海道札幌市北区北13条西8丁目 ☎011-706-6215, fax 011-726-2296)

\*\*\*\*\*フエロー 工博 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(☎011-706-6209, fax 011-726-2296)

### 3. 札幌農学校における土木学講義

#### (1) 廣井ノートにみられる講義内容

札幌農学校初期のカリキュラムでは、4年生の後期に「土木学」の講義が行われていた。講義に使用されたと推測される教科書や2期生2名（廣井勇、宮部金吾）による講義録が残っている。両方とも1881年(明14)のものであり、教師は米国人のピーボディである。廣井ノートの中で通常より大きく書かれた文字を抜き出し、目次として作成したものを図2に示す。理論として構造力学の内容に重点をおいて講義し、その力学理論を適用してトラス橋にかかる応力などを解いている。つまり土木学の講義は現在の分野区別で考えると、構造力学・橋梁学の講義であったといえる。

#### (2) 米国の橋梁学の特徴

講義に使われた教科書はJ.B.ホイラーの「An Elementary Course of Civil Engineering (1877)」であった。J.B.ホイラーはUnited State Military Academy（米国陸軍士官学校）の教授であり、同校の士官候補生が「土木技術の実践」を簡潔なかたちで学べるようにこの本を著わした。

米国の橋梁技術は、人口のまばらな国土に鉄道用の橋梁を速成、軽便にまた経済的に建造することを目指していた。このためヨーロッパのように永久的な橋ではなく、木材を用いたトラス構造に卓越したものがあった<sup>26)</sup>。材料力学などを使ったヨーロッパの厳密な理論とは違い、米国では実地的な建設の必要に即した力学解析を行っている<sup>27)</sup>。札幌農学校で教授された橋梁理論もトラス構造を中心に、実践的な理論であった。

#### (3) 卒業後の廣井勇の橋梁建設

札幌農学校を1881年(明14)7月に卒業した廣井は、官費生の規定に従い開拓使御用掛に奉職した。11月には煤田開採事務係で鉄路科勤務となり、速成工事で有名な米国人技師クロフォード監督の幌内鉄道建設に従事している。ここで最初の設計となる小規模の鉄道橋梁を担当し、架設している。1882年(明15)2月に開拓使が廃止されると、幌内鉄道の移管に

### Civil Engineering by C.H.Peabody Sapporo Agr'l College 1881

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Introduction                      | 1   |
| Strength of Materials             | 18  |
| Crushing                          | 28  |
| Shearing Stress                   | 30  |
| Torsion                           | 34  |
| Cross-Breaking of Beams & Girders | 42  |
| Flanged Iron Beams                | 49  |
| Shearing Strength of Beam         | 54  |
| Rectangular Beams                 | 57  |
| Beams of Any Cross Section        | 64  |
| Deflection Beams                  | 70  |
| The Strength of Column & Pillars  | 74  |
| Solid of Equal Resistance         | 84  |
| A Transverse Strain               | 88  |
| Forces Acting Ubliguelly          | 94  |
| Rolling Roads                     | 96  |
| Curved Beams                      | 101 |
| Framing                           | 116 |
| Crane                             | 139 |
| Arches                            | 151 |
| Bridges                           | 157 |
| Roofs                             | 177 |
| Roads                             | 191 |

図2 廣井勇ノート目次（土木学講義）  
（原口作成）

### PLATE-GIRDER CONSTRUCTION

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| WEB-STRESS                                    |
| FLANGE STRESS AND FLANGES                     |
| WEB                                           |
| LATERAL FORCES                                |
| RIVETS AND RIVET SPACING                      |
| SPLICING                                      |
| THROUGH GIRDERS                               |
| OTHER FORCES THAN THOSE ALREADY<br>CONSIDERED |
| WEIGHT                                        |
| ESTIMATE OF COST                              |
| GENERAL REMARKS                               |

図3 「PLATE-GIRDER CONSTRUCTION」  
目次

ともない工部省に転属となる。3月に鉄道局勤務を命ぜられ、日本鉄道会社の東京高崎間建設工事の監督として、荒川橋梁の架設にあたった。

#### 4. 廣井勇の留学

##### (1) 自費アメリカ留学時代

廣井はお互いに洋行熱を高めていた学友に先んじて、1883年(明16)12月に恩師であるW・ホイラーを頼って単身渡米した<sup>※9</sup>。師の紹介でミシシッピ川改良工事に政府雇員として従事(河川測量など)したことを皮切りに、1884年(明17)9月シー・シェラー・スミス工事事務所技手(橋梁設計)、1886年1月ノーフォーク市鉄道会社技手(鉄道工事)、同年9月エッジムア橋梁会社技手(鉄橋の設計や製作)というように、当時建設熱の高い米国で土木技術者としての経験を重ねた。

米国では当時、さまざまな建設会社が市場原理のなかで競争する土壌がつくられていた。廣井ものちにこの当時を回顧し、「製図も早く描けなくてはパンにもありつけない。計算でも間違ったものなら1日2日の仕事はまったく水に流されてしまう」<sup>※9</sup>と、その厳しさを語っている。

##### (2) 「Plate-Girder Construction」の出版

廣井はアメリカにおける橋梁技術者の経験から、1冊の書物をニューヨークのVan Nostrand 社から出版している(1888年、第1版)。この書物は全100ページあまり、縦17.8cm・横11.6cmのB6サイズ弱の小冊子であり、大きさから技術者が携帯できる技術解説書として書かれたことが推測できる。

当時、薄肉の鉄板を用いた橋梁はイギリスの箱桁橋(ブリタニア橋が有名)に始まり、鉄道に用いるための改良が進められていた<sup>※10</sup>。小スパンの橋に対しては鉄材が大量生産されるに従い、I型断面の鉄製プレートガーダーが主として用いられていた。

図3は「Plate-Girder Construction」の目次を示したものである。構成は[一般概説、荷重、各部応力、各部細説]とプレートガーダー橋の理論的解説から、最後に50フィート単線鉄道橋の設計事例に理論をあてはめている。設計図面や応力計算を詳しく示しているため、実際の橋梁技術者に非常に便利なものとなっている。廣井はこれにより「合衆国の実践をよく示すこのクラスのガーダー(序文より)」の標準設計を示したと考えられる。初心者にも理解し易く書かれたこの書物は教科書としても使われ、1914年(大3)に5版が出るほど好評であった<sup>※11</sup>。

##### (3) ドイツ留学時代

廣井勇は1887年(明20)3月3日、札幌農学校助教に採用され、ドイツ留学をいわれた。訓令では「ベルリン大学に留学」となっているが、廣井は1887年9月からカールスルーエ工科大学に一年間、1888年9月からはスツツガルト工科大学に半年間滞在し土木工学、水利工学を研究してパウ・インジュニール(土木工師)の学位を受けている。

当時ドイツでは材料学、構造力学の研究が盛んに行われ、諸理論が発表されていた(図4)。モール(O.Mohl, 1835~1918)やヴィンクラー(Winkler, 1835~1888)、エンゲッサー(F.Engesser, 1848~1931)、ミュラー・ブレスロウ(H.Müller-Breslau, 1851~1925)などの構造力学、橋梁学の

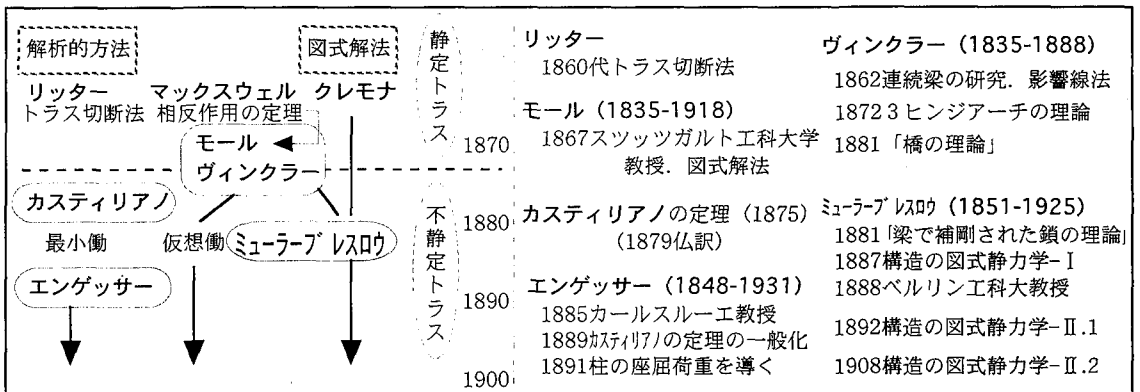


図4 材料力学・構造力学理論の発展とドイツ研究者(関係図、年表) <sup>※12</sup>

| 廣井勇の履歴                                                                                                                            | 廣井勇の著述                                                                                                                                                                                                                                            | ★ 橋梁学関連<br>■ 港湾工学関連<br>● コンクリート材料関連<br>▽ その他                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1881 札幌農学校卒業<br>1883 渡米<br>1887 札幌農学校助教に採用<br>ドイツ留学に発つ<br>9月 カールスルーエ工大<br>1888 スツツガルト工大<br>1889 帰朝、農学校教授                          | 困み杵 <div>             出版された書籍<br/>             政府委託事業の報告<br/>             杵なし：雑誌、紀要などに掲載された論文、報告、記事           </div> 記号                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                   | ★1888 Plate-Girder Construction                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                         |
| 1890 道庁技師兼務となる<br>1891 結婚する<br>1895 小樽防波堤試験工事<br>11月 古市公威工事を視察<br>1897 小樽築港事務所長任命<br>9月 農学校を辞任<br>1899 3月 工学博士を授与<br>9月 東京帝大教授となる | ■1894 函館港湾調査報文<br>■1896 小樽港湾調査報文<br>▽1895 小樽港市街水道調査報文<br>■1898 築港巻の1－巻の5<br>■1899 函館港改良工事報文                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                         |
| 1900 港湾調査会委員となる                                                                                                                   | ■1900 小樽築港工事（演説）<br>■ 函館港改良工事<br>★1901 橋梁示法書<br>★1902 構拱ニ於ケル応力ノ計算<br>★1902 横桁ニ於ケル応力ノ計算法<br>★1903 再び橋梁示法書ニ就イテ ●1903 鉄筋混凝土橋梁                                                                                                                        |                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                   | ★1905 The Statically-Indeterminate Stresses in Farnes Commonly Used for Bridges                                                                                                                                                                   | ●1905 The Preparation and Use of Concrete Blocks for Harbour Works                                                                                                      |
| 1908 小樽第1期防波堤工事竣工<br>1909 欧米視察                                                                                                    | ■1907 築港（前編 後編）改訂版<br>▽1908 英和工学字典（共著）<br>■1908 小樽築港工事報文前編                                                                                                                                                                                        | ★ The Stresses in Viaduct-Bents                                                                                                                                         |
| 1911 大東岬にて波力の実験を開始                                                                                                                | ★1915 The Statically-Indeterminate Stresses 第2版（改訂増補）                                                                                                                                                                                             | ★1910 欧米の鉄道橋に就て<br>●1913 On Long-Time Tests of Portland Cement セメント用法実験報告<br>★1913 On the Determination of Actural Stresses in a Metallic Bridge<br>●1915 海中工事に於ける鉄筋混凝土 |
| 1919 3月 土木学会会長<br>6月 東京帝大を辞任                                                                                                      | ★1919 下関海峡横断鉄橋設計報告<br>●1919 セメント用法実験 Utilization of Wave Power（波力利用の実験）<br>■1919 On a Method of Estimating the Force of Waves（波力測算の方法）                                                                                                            |                                                                                                                                                                         |
| 1921 上海港改良技術会議                                                                                                                    | ■1920 波力の推定に就て ●1920 On Long-time Tests of Portland Cement Hydraulic<br>■ 波動力の測定と其の利用 Lime and Volcanic Ashes（膠灰水硬石及火山灰の長期試験）<br>■1921 On the Nature of Drifting Sands as Affecting Harbor Construction on Sunday Coasts（砂浜に於ける築港工事に影響する漂砂の性質に就て） |                                                                                                                                                                         |
| 1923 関東大震災<br>帝都復興院評議会評議員                                                                                                         | ■1923 近代に於けるわが国最初の築港 ■1923 東京横浜両港の修築に就て<br>●1924 Discussion on Disintegration of Cement in Sea Water<br>■1925 朝鮮の西海岸に於ける潮汐の利用<br>■1926 波力利用の実験（1）（2） ■1926 日本港湾に於ける修築管理及荷役                                                                        |                                                                                                                                                                         |
| 1928 10月 永眠                                                                                                                       | ■1927 日本築港史                                                                                                                                                                                                                                       | ■1927 再び海中工事に於ける鉄筋混凝土に就て<br>■1927 上海港改良技術会議に就て                                                                                                                          |
|                                                                                                                                   | ▽1928 大自然の偉力に対する人間業の信念と老博士の談                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                   | ▽1930 Prevention Damages to Engineering Structures Caused by Great Earthquakes<br>▽1931 Prevention of Damages to Engineering Structures Casused by Great Earthquakes                                                                              |                                                                                                                                                                         |

図5 廣井勇の技術関連著述一覧

大家がドイツ工科大学に籍を置いていた。

特にカスティリアノの理論を一般化したエンゲッサーは、1885年からカールスルーエ工科大学の教授になっている。彼は鉄道技師として実務につくかわら、連続ばりや過剰部材あるいは剛節を含んだ不静定構造に関する論文を発表している。廣井の経歴と後の研究方向を考えると、エンゲッサー教授のもとで研究を進め文献収集をしたものと考えられる。

## 5. 札幌農学校工学科での橋梁学教育

新設された札幌農学校工学科の講義は、工学科主任である廣井の留学中からすでに始められていた。1887年(明20)から進められた農学校の再生改革では、1期生2期生らの日本人教師により農学科工学科ともドイツ大学制度の導入がはかられ、それまでのアメリカ農学校モデルからの脱却がはかられていた。工学科は総勢16人の工学士を世に送り出したが、その教育は理論だけではなく、実践を含めた教育により、広い見識と応用力をもつ土木技術者を養成するものであった。

廣井はここで橋梁学、港湾工学ほか土木工学全般に渡って講義をしていた。廣井の著作「Plate-Girder Construction」も複数冊購入されている<sup>13</sup>ことから、講義に用いていたものと推察される。学生にはその当時の橋梁技術の体得として、幌内鉄道の小樽入船町陸橋や幌向橋の見学旅行を行っている<sup>14</sup>。また、教師陣が嘱託されていた道庁業務を、学生の卒業論文のテーマで研究していく方針がとられ、鉄道橋梁も題材とされた<sup>15</sup>。

卒業後、橋梁の設計をした者も数多い。岡崎文吉(1期)は廣井教授のもと、北海道初の鉄製道路橋として豊平橋のかけ替えを行っている(1898年竣工)<sup>16</sup>。また、北海道炭礦鉄道会社の技師であった大村卓一(6期)は、小樽港の石炭積み出し用栈橋(コールピアー)を設計している<sup>17</sup>。

## 6. 工学科廃止と東京帝大教授就任

### (1) 札幌農学校工学科の廃止

明治20年代に文部省は、それまでのさまざまな高等教育機関を統一して教育の一元化をはかった。札

幌農学校も政府内の根強い不要論や、道庁予算の縮小によって工学科の廃止を決定した。廣井は最後の工学科卒業生を送り出し、1897年(明30)7月に農学校教授を辞任する。

辞任後は小樽築港事務所長としての業務に専心していたが、1899年(明32)9月に東京帝国大学工科大学教授に任命される。この異例の人事は、前年の7月に工科大学教授を辞した古市公威によってなされたものと伝えられている<sup>18</sup>。古市は小樽築港防波堤工事の視察などにより、廣井の才能を知る立場にあった。

### (2) 工科大学土木工学第三講座教授

東京帝大では1893年(明26)から講座制が施行されていたが、土木工学第三講座(橋梁工学)はそれまで、短期間で担当者が入れ替わっている状態であった<sup>19</sup>。しかし、廣井が着任してからの20年間(1919年辞任)は固定し、学生の教育と研究がなされていた。

図5には廣井勇の技術関係著述の一覧を示す。廣井の著作を概観すると、帝大教授辞任(1919年)以前と以後に研究内容がはっきりと分かれていることが見て取れる。港湾関連事業の嘱託は引き続き受けていたが、東京帝大での研究分野は自分が任されていた橋梁、また新しく橋梁の材料として登場してきた鉄筋コンクリートに限って行い、教授を辞任してから港湾の研究を行っている。自分に課された使命と責任を強く自覚し、教育者・研究者の立場を明確に分けて行動していた姿が認められる。

## 7. 東京帝大における橋梁学研究

### (1) 「橋梁示法書」<sup>20</sup>の発表

1901年(明34)12月、廣井は工学会誌に「橋梁示法書」を発表している。これは工科大学において講述されたものとされ、荷重の設定や応力算出式、限界基準値などにより、鉄道・公道それぞれの設計示方が示されている。続いて材料試験の示方書と工事監督上の注意を載せ、技術者の利用に便宜をはかっている。鉄材を輸入していた時代から国内で生産する時代に変わり始めたこの時期に、橋梁製作全体の示方書案として執筆されたものといえる。

発表後、剛結した横桁の項目に関して質問が多かったため、1903年(明36)に「再び橋梁示法書について」<sup>注21</sup>と題し二次応力の計算法を追加説明している。図7に示すのがその桁の状態であるが、それまでは第一図のABCD各点をヒンジと仮定し、静定構造として解いていた。これに対し廣井は第二図のように剛結の不静定構造状態で解く方法として、最小働の原理を紹介している。これらを理論的に体系化し、日本の技術者に応えるかたちで出版されたのが「The Statically-Indeterminate Stress」<sup>注22</sup>である。

(2)「The Statically-Indeterminate Stress」の刊行  
1905年(明38)にVan Nostrand 社から発行された「橋の不静定構造力学理論」と題したこの著書は、本邦初のカスティリアノの定理の紹介として有名である<sup>注23</sup>。図6にその目次構成を示す。

工科大学の講義に基づいたこの書物には、当時最新の理論であった不静定構造の解法が、トラス橋から陸橋・連続桁・アーチ橋・吊橋などの橋の形態ごとに簡潔にまとめられている。ここには材料力学を橋梁学という実用理論に展開する、工学的方法をみてとることができる。この書物は当時「世界的名著」<sup>注24</sup>として知られており非常に好評を博している<sup>注25</sup>。

カスティリアノ(A. Castigliano 1847~1884)の定理は、作用する荷重によって構造物内にたくわえられるひずみエネルギーを利用して構造物の弾性変形を算定するときに用いられ、不静定構造物の解法に広く用いられる重要な定理である<sup>注26</sup>。

26. 彼が完全な定理の証明を数値の計算例をつけてフランスで出版(1879年)して以降、主にドイツの研究者が理論を展開していった。

図4の材料力学・構造力学の発展の流れと図5における廣井の橋梁関係著述を比較する。静定構造の解法は1870年代にほぼ理論的な問題はなくなり、不静定構造物の研究に主眼は移っていく。マックスウェル-モールの仮想働の原理と同時に、カスティリアノの最小働原理を用いた解法

# THE STATICALLY-INDETERMINATE STRESSES IN FRAMES COMMONLY USED FOR BRIDGES

## CONTENTS (ページ)

|                                                                      |         |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| § INTRODUCTORY CHAPTER                                               | 1-7     |
| <b>GENERAL PRINCIPLES (一般原理)</b>                                     |         |
| Definition of internal work (内働の定義)                                  |         |
| Work of direct stress (直応力による内働)                                     |         |
| Work of normal stress (内働)                                           |         |
| Work of bending moment (曲げモーメントによる内働)                                |         |
| Work of tangential stress (せん断力による内働)                                |         |
| Theorems of Castigliano (カスティリアノの定理)                                 |         |
| Principle of least work (最小働の原理)                                     |         |
| Initial restraint (初期拘束力)                                            |         |
| § CHAPTER I                                                          | 8-21    |
| <b>TRUSSED BEAMS (トラス桁)</b>                                          |         |
| § CHAPTER II                                                         | 23-41   |
| <b>VIADUCT BENTS (陸橋構柱)</b>                                          |         |
| § CHAPTER III                                                        | 43-69   |
| <b>CONTINUOUS GIRDERS (連続桁)</b>                                      |         |
| § CHAPTER IV                                                         | 70-108  |
| <b>ARCHES WITH TWO HINGES (2 ヒンジャーチ橋)</b>                            |         |
| § CHAPTER V                                                          | 109-137 |
| <b>ARCHES WITHOUT HINGES (固定アーチ橋)</b>                                |         |
| § CHAPTER VI                                                         | 139-151 |
| <b>SUSPENSION BRIDGES (吊橋)</b>                                       |         |
| <b>TRUSSES WITH REDUNDANT MEMBERS (不静定トラス)</b>                       |         |
| § CHAPTER VII                                                        | 154-174 |
| <b>SECONDARY STRESSES DUE TO RIGIDITY OF JOINTS (接合点の剛度に対する二次応力)</b> |         |

図6 「THE STATICALLY-INDETERMINATE STRESSES」目次

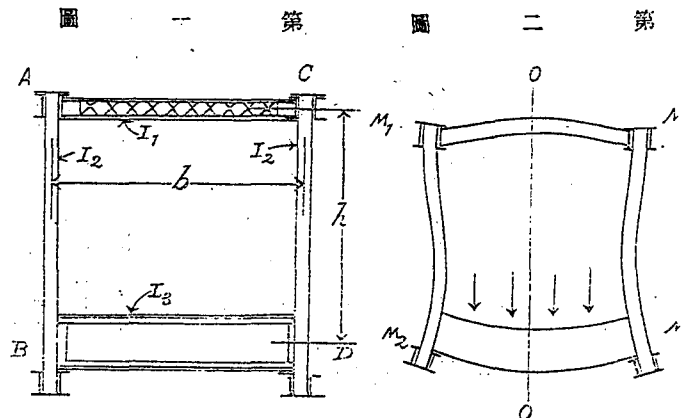


図7 廣井が扱った不静定構造<sup>注27</sup>

も研究がなされる。エンゲッサーとミューラープレスロウなどが主だった研究者としてあげられるが、1900年初頭の廣井の研究もこれらと同じように進行しているものであった。1906年の初版後になされた研究は1915年の第二版に収められ、この第二版も前回以上に好評であったという。

### (3) 橋梁学の確立

前記の2つの例にみられるように、廣井の橋梁分野の論考は一方で橋梁建設の標準化によって技術者の便を図ることに向けられ、一方では世界的な趨勢に対応した学術研究へと向けられていた。もっとも二次応力の理論解については、トラス橋がピンによる自由端の構造から剛結のリベットや溶接の結合に移行していき、より複雑な橋梁形態の解析が必要とされてきていた、という実際問題の反映でもあった。このように廣井は標準化し量産すべき橋梁と、慎重に構造解析を施す橋梁とを分けて考察し<sup>注28</sup>、それらを設計・施工の実務経験による知見によって統合し、橋梁技術の体系をつくり上げた。これにより材料力学・構造力学の理論から設計・施工という工学的実践までを学究対象とする、橋梁学の確立がなされたといえる。

廣井の講義録<sup>注29</sup>は東京大学土木工学科図書室に寄贈されている。学生に対してさまざまな橋梁の解法をそれぞれの橋梁のランクにあった図式解法、解析的方法を駆使して講義し、自ら数値計算をした例をプリントにして配布し理解の助けとしている。また講義の終了近くには、美観の点からみた架設場所による橋梁様式の選択について教授している。

## 8. まとめ

科学技術の実践的応用を主眼にすえた技術観は、札幌農学校の教育と米国留学を経て廣井の工学思想のなかで確固としたものとなっていく。この実践的な土木技術に対する姿勢は、ドイツ留学で最新の理論を学んだあとにも発揮され、廣井の著書や示方書の提案、大学での橋梁学講義に影響を及ぼしている。廣井のスタンスはあくまで設計者や施工者の実務に根差したものであり、材料力学や構造力学を用いた橋梁学の体系化にあった。これにより様々な形

態の橋梁を設計するための方法が導かれ、廣井のあとに続く田中豊等の人材の輩出につながっていく。

最後に、本研究をまとめるに際して、北海道大学大学院社会基盤工学専攻構造工学講座の林川助教授、及川技官には数々の貴重な助言、資料の提供などのご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

### 【参考文献および注記】

- 1) 詳しくは、原口・今・佐藤：「札幌農学校の土木工学教育に関する研究」土木史研究18, pp17~28, 1998.6
- 2) クラークはマサチューセッツ農科大学学長職のまま札幌農学校設立にあたり、開校後8ヶ月で帰国する。ホイーラーはその後の2年半を教頭職となり、廣井ら2期生以後の学生にはクラークと同等かそれ以上の影響力があった。
- 3) 北海道開発局旭川開発建設部：「選一旭橋60周年記念誌」, 1994.8
- 4) 渡辺正雄：『お雇い米国人科学教師』講談社, p331, 1976.4.21
- 5) 北海道土木技術会鋼道路橋技術委員会：『北海道における鋼道路橋の歴史』, 北海道通信社, pp.153~156, 1984.6
- 6) S・P・ティモシェンコ：『材料力学史』鹿島研究所出版会, p166, 1974.1.3 (左記文献は以下『材料力学史』と表記。)
- 7) 『材料力学史』pp.172~177 クールマンはアメリカの橋梁建設における実践に過ぎ理論の厳密性に欠く状況を批判している。
- 8) 十川嘉太郎：「長尾さんと廣井先生を偲ぶ」土木建築工事画報, pp.159~165, 昭和11年10月号
- 9) 故廣井工學博士記念事業會：『工學博士廣井勇傳』1940.7.10(改版), p146 (左記文献は以下『廣井勇傳』と表記。)
- 10) 『材料力学史』pp.143~148
- 11) 『廣井勇傳』p36 本の序文にはさらに、各々の建設会社で各々の設計をしており設計者は自分の会社の例を参考にして仕事をしている。その負担は設計者にとって大きく、この弊害を無くするために標準の指針が必要である、としている。
- 12) 『材料力学史』、藤井郁夫：『橋梁史年表』(財)海洋架橋調査会, 1992.9.28および「近代土木と外国人」土木学会誌1987年6月号特集、より原口作成
- 13) 「二十六年七月ヨリ 備品請求書 書籍館」札幌農学校簿書[465], 1893~
- 14) 「明治二十五年 修学旅行報告書 教務部」札幌農学校簿書[450], 1892~ 入船町陸橋は日本人設計の最初の

- 鉄道トラス桁（小西・西野・淵上：「明治時代に製作された鉄道トラス橋の歴史と現状（第6報）」土木史研究11, p132, 1991）。幌向橋架橋は助教授だった岡崎文吉が当時監督をしていた（浅田英祺：『流水の科学者岡崎文吉』北海道大学図書刊行会, 1994.7.20, 巻末年表参照）。
- 15) 前掲 1) 参照
- 16) 浅田英祺：流水の科学者岡崎文吉, 北海道大学図書刊行会, 1994.7.20, pp.330~334
- 17) 大村は報文を残している（「小樽及室蘭石炭船積高架橋工事報文」, 1912.7.8）。
- 18) 帝國大學新聞社：『東京帝國大學學術大観工學部・航空研究所篇』帝國大學新聞社, p68, に「此の異数の選任は主として古市教授によつたと傳へられる。」とある。（左記文献は以下『東京帝國大學學術大観』と表記。）
- 19) 講座制施行後の担当者は、田辺朔郎教授・倉田吉嗣講師・原龍太郎講師・服部鹿次郎助教授（分担または担任）。『東京帝國大學學術大観』p76
- 20) 廣井勇：「橋梁示法書」工学会誌236巻, 1901.12
- 21) 廣井勇：「再び橋梁示法書二就イテ」工学会誌249巻, 1903.2
- 22) 廣井勇：『Statically-Indeterminate Stresses in Frames Commonly used for Bridges』Van Nostrand Company, 1905
- 23) 廣井は前節ように工学会においてカスティリアノの最小働の原理について何度か質問を受けている。また『東京帝

- 大學學術大観』p76 にはこの定理を用いた不静定トラスの解法を学生に明快に教授した、と特筆しており、廣井が日本の先駆者であったことが判断される。
- 24) 『東京帝國大學學術大観』p76
- 25) 『廣井勇傳』p59に、当時 Engineering News Record誌はこの本を「その内容と云ひ文章と云ひ米國人の著書中にも嘗て見ざる名著である」と激賞し、「廣く全世界の橋梁工學に寄與してゐる」、とある。
- 26) ティモシェンコは「彼の名著以来、構造力学は明らかにたいして進んでいない」とその発想を高く評価している（『材料力学史』p264）。
- 27) 廣井勇：「再び橋梁示法書二就イテ」工学会誌249巻, 1903.2 より抜粋
- 28) 「構拱ニ於ケル應力ノ計算」工学会誌238巻, 1902.2 廣井はここで「構拱（バドルブリッジ）ノ形状美觀ノ点ニ於テ他種結構（トラス）ニ卓越スルハ争フベカラザル事實ナリ」。そのため市街地等の美觀を主とする場所に用いられることが多いが、今まで正確に解析できなかったため用いられることが少なかった。しかし最小働の原理を用いることによって容易にしかも正確にもとまる、として解析例を紹介し「構拱建造ノ普及ニ助タランコトヲ希望スルモノナリ」としている。
- 29) 「BRIDGE PROF. HIROI」Vol. I Stress & Wooden Bridge, Vol. II Bridge Metallic, Vol. III Higher Structure の3巻からなる。1914年~1915年にかけての講義録と思われる。

## 廣井勇にみる札幌農学校の土木教育とわが国における橋梁学の確立

原口 征人・今 尚之・岸 邦宏・佐藤 馨一

明治初期の札幌農学校では、農学教育とともに土木工学の教育がなされていた。この「土木学」と題された講義の内容は、構造力学・橋梁学の分野に関するものであった。農学校で学んだ廣井勇はのちに、アメリカにおいて実践主義的な橋梁設計を体験し、またドイツにおいて最新の材料力学理論を学んでいる。そして、その理論を廣井自身の技術観でまとめ、橋梁学を発展させた著作を著わし、また、札幌農学校工学科及び東京帝大工科大学で後進の育成をした。

本研究では、札幌農学校の土木教育や廣井勇の著書の調査分析から、日本の橋梁学成立に重要な役割を果たした廣井勇の橋梁学理論の形成、土木技術観の形成の過程を明らかにする。

Civil engineering as well as Agriculture was instructed Sapporo Agricultural College at early Meiji Era. The contents of 'Civil Engineering' was Bridge engineering Structural dynamics. One of the graduates of S.A.C., Isami Hiroi, went abroad for study of pragmatic bridge construction in America, and of the theory of elasticity and of the strength of materials in Germany. Afterward he published a lot of paper of bridge engineering and two books from Van Nostrand.

This paper explainethe theory of bridge engineering of Hiroi from the lecture of Civil Engineering at S.A.C. and his books.