

## 歴史的な鋼橋・ポニー型トラス橋について

佐々木 秀弥<sup>1)</sup> 稲村 和彦<sup>2)</sup> 幽谷 栄二郎<sup>3)</sup>

鉄の橋の歴史は、イギリスで鑄鉄によるアイアンブリッジが造られてから220年、わが国では明治初期にイギリスから輸入した錬鉄製の橋梁を架けてから120年になる。当然のことながら、この間にわが国の経済の高度成長に伴い、輸送力の増強による列車荷重の増加や使用条件の変更などにより、耐荷力の小さい昔の橋は取替えの対象となった。そのような理由で昔の橋は姿を消しつつあったが、その中で損傷程度の少ない橋は道路橋や歩道橋などに転用され、再生したものもある。また、昔の橋を保存するため、展示の目的により現存している橋もある。

本文は、明治時代に外国から輸入され、わが国の文化遺産であるポニー型トラス橋を事例に挙げ、当初の設計条件や構造形状などの概要を紹介するものである。

## まえがき

わが国に初めて鉄道が敷設された1872（明治5）年当時は橋梁はすべて木橋であった。錬鉄製トラス橋が最初に用いられたのは、1874（明治7）年であり、70ft複線ワーレントラス<sup>1)</sup>が武庫川やその他に数橋架けられた。

当初、鉄道橋梁の技術はイギリス人の顧問技師の指導下にあったため、イギリスにおいて製作され輸入された。その後、トラス橋の標準設計をアメリカ人技師に委託した関係上、アメリカから多く輸入されるようになった。また、九州地区はドイツ人技師の指導下にあったため、ドイツの橋が多く架けられた。

橋の形式としては、1883（明治16）年に来日したイギリス人ポーナルにより設計された多くの橋がワーレン型式であった。ポーナルが帰国した後、1899（明治32）年から1912（大正1）年にかけては、クーパー型トラス橋がアメリカから輸入された。それらは主に鋼製で、プラットトラスの系列に属するバルチモアトラス、ペンシルベニアトラスあるいはシュウェドラートラスであった。

その当時のトラス橋の格点はピンで結合されていたが、そのような構造の鉄道橋は列車走行時の振動が大きく、欠陥<sup>2)</sup>を生じ易かったため、1915（大正4）年以降、格点構造はピン結合からリベット結合へと移行している。それに伴いプラット型トラス橋の採用は減少し、リベット結合に好都合なワーレン型トラス橋が多く用いられるようになった。諸外国から受けた橋梁技術の影響度の目安として、わが国に輸入されたピン結合トラス橋の連数<sup>3)</sup>を挙げると表-1のとおりである。

輸入した橋の形式には、ポニートラスをはじめプラットトラス、ボーストリングトラス、ワーレントラスなど色々な形状のものがある。本文では、鉄道橋として使用した後、道路橋に転用して今日

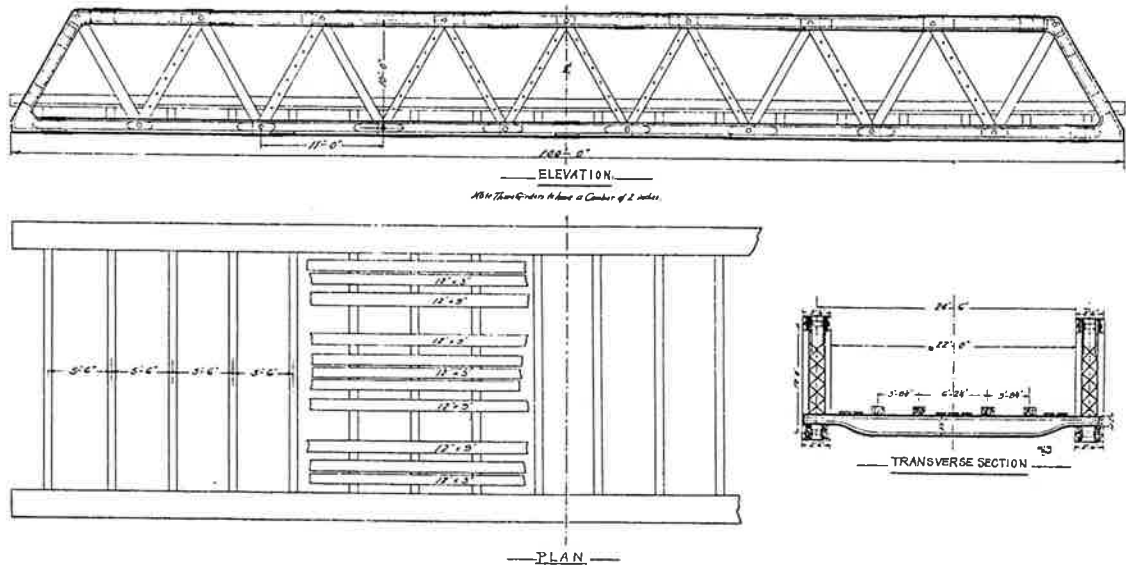
表-1 輸入したピン結合トラス橋の連数

輸入国	輸入年代	ピン結合トラス橋	ポニー型トラス橋
イギリス	1874～1897年 (明治7)(明治30)	(17種類) 317連	(ワーレン型) 135連
ドイツ	1887～1897年 (明治20)(明治30)	(4種類) 75連	(ボーストリング型) 56連
アメリカ	1902～1926年 (明治35)(昭和元)	(22種類) 191連	(ワーレン型) 15連

1) 東京橋梁営業部顧問 2) 橋梁設計部次長 3) 橋梁設計部東京設計課

IMPERIAL RAILWAYS OF JAPAN

ROKUGO BRIDGE



百呎鍊鐵構桁

図-1 100ftポニー型ワーレントラス橋の構造図（参考文献1より転載）

でもなお現存しているポニー型トラス橋をとりあげ、その概要を述べる。

1. ポニー型トラス橋の形状

ポニートラス (pony truss)は、上横構、橋門構がなく、橋の上方が開放されている下路または中路式のトラスであり、適用径間は70ftおよび100ftの短スパンの橋梁に用いられたトラス橋である。わが国においては、明治中期から大正初期にかけて多く輸入され、架設された橋である。このトラス橋はポーナル型ポニーワーレントラスと呼ばれることが多いが、ポーナルが設計した訳ではなく、100ftトラス橋も最初に設計された70ftトラス橋と同じく、イギリスで設計されたものである。

径間100ftのポニー型ワーレントラス橋は、鍊鉄製で、1876（明治9）年に開通した大阪～京都間の上神崎川ほか3橋梁に最初に用いられて以来、順次官設鉄道や日本鉄道会社の各線を主体に明治末期まで30年余にわたって、標準トラス橋として製作<sup>41</sup>されている。主構中心間隔は17'-2" (5.232 m)で、主構の構造は70ftトラスと同様であるが、端柱は傾斜している。端柱と上下弦材との接続部は一体構造で、角部は曲線状であり、景観的配慮が感じられる。横桁は曲線をいれた舟型形状を呈しており、下弦材の上に載せて連結する構造であった。輸入当初のトラス橋の材質は鍊鉄製であつ

たが、後期のものは鍊鉄から鋼に変わり、上下弦材に溝形鋼を使用したものもあるが、基本構造は同様である。100ftポニー型トラス橋の標準構造を示すと図-1のようである。

イギリス系のポーナル型ポニーワーレントラスには隅控構を設けなかったが、九州鉄道会社線に用いたドイツ系のボーストリングトラスには、横桁腹板と一体にした隅控構を設け、主構垂直材には長ボルトで連結していた（図-2(a)）。1897（明治30）年にわが国の設計で関西線木津川に架設された100ft斜角右60°のポニートラスにはT型鋼による下横構を設け、横桁と下弦材とを連結している。ポニー型トラス橋の隅控構は、上弦材の水平挫屈を防ぐため、トラス主構の内側に設

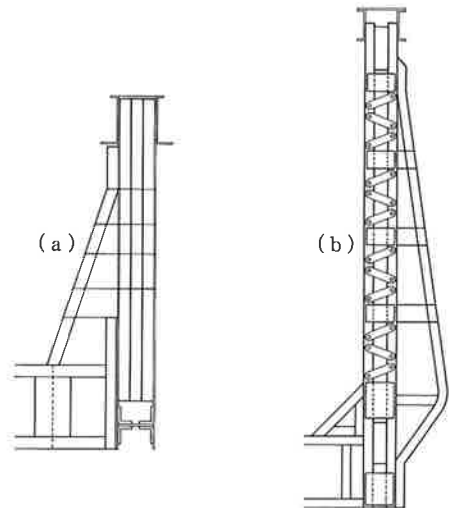


図-2 ポニートラス隅控構の組み方概略図

けていたが、長大スパンの場合には建築限界に支障きたす問題もあり、その後、主構外側に設けることにより、主構中心間隔を拡大することなく、経済的設計がなされている（図-2(b)）。

## 2. 橋梁用鉄材・鋼材の変遷

イギリスにおいて橋梁構造用材料として木材の代わりに鑄鉄を用いたのは、有名なアイアンブリッジ橋が建設された1778年であるが、鑄鉄の機械的性質はそれをアーチ橋には用いられるが、トラス橋には不適であった。トラス橋に鉄が用いられるためには錬鉄の発明が待たれた。このように鑄鉄から錬鉄へ、錬鉄から鋼へと橋の材料は変わっていくが、鉄材が橋に用いられた時代を分類すると概ね次のようである。

- 1770～1850年 鑄鉄橋の時代
- 1850～1880年 錬鉄橋の時代
- 1880～1895年 錬鉄・鋼併用橋の時代
- 1895年～ 鋼橋の時代

なお、鉄道橋においては鑄鉄製橋梁は架設されなかった。

### (1) 錬鉄材

最初に錬鉄橋が1832年イギリスのグラスゴーに架けられ、その後、ブリタニア橋が架けられた。錬鉄材が用いられてから1880年頃までの約40年間は錬鉄材が構造用材料の主体となっていた。

わが国における錬鉄橋の歴史を見ると、最初の

表-2 錬鉄製橋梁の経緯

年代	橋梁径間・型式	摘要
1874年 (明治7)	70ft(複線) ボニーワーレントラス	神戸-大阪間、武庫川、 下神崎川、下十三川
1876年 (明治9)	100tf ボニーワーレントラス 50tf複線下路鉸桁	大阪-京都間、上十三川、 上神崎川、茨木川、桂川 大阪-京都間、檜の尾川
1877年 (明治10)	100tf(複線) ボニーワーレントラス	東京-横浜間、六郷川
1878年 (明治11)	上路鉸桁	新橋、神戸の鉄道工場で 製作の記録あり。
1879年 (明治12)	50tf 上路鉸桁	京都鴨川 三村により設計される。
1885年 (明治18)	20～70ft 上路鉸桁	シェルビントン、ポーナル により設計完了。 作錬式と称せられる。
1886年 (明治19)	200tf ダブルワーレントラス	東北本線利根川 ポーナル設計。
1888年 (明治21)	100tf 上路プラットラス	東海道東部線第5相沢川、 1885年原口要が邦人として、 初めてトラスを設計。

鉄の橋として、1868(明治元)年に長崎に架設された「くろがね橋」、1869(明治2)年に横浜の吉田橋ワーレントラスなどがあつた。鉄道橋における錬鉄材を使用した橋の経過を表-2に示す。

錬鉄材は機械的な性質において、現在の普通軟鋼に劣る(表-4参照)。材質は層状をなし、その層が剥離性の割れなどの欠陥はあるが、耐食性は軟鋼材に比して大きいという特長がある。錬鉄材を用いた鉄道橋で、転用、一部補修、補強をして、現在までまだ使用に耐えている橋もあるのもこのためと思われる。

### (2) 軟鋼材

鉄道橋における軟鋼材使用の推移を表-3に示す。1893(明治26)年以前の橋梁はすべて錬鉄またはベッセマー鋼と考えられる。

当時、錬鉄橋から鋼橋になると、橋桁断面が小さくなりタワミ量が増加し、振動の点で問題はないかなどの議論がされていた。その後、軟鋼材は規格化され、一般構造用圧延鋼材の強さは、JES24(1925年)のS39Aでは引張強さ383～461N/mm<sup>2</sup>であったが、JES430(1938年)、JES金属3101(1948年)、JIS G 3101(1952年)と変遷し、現在も使用しているSS41は、引張強さ402～491N/mm<sup>2</sup>となった。

## 3. 設計に用いられた示方書類

1895(明治28)年にわが国最初の示方書が完備されるまでは、示方書も外来の時代であった。文献1にそれまでの設計示方書の変遷の概要が記されており、それを参考にして述べる。

初期においては、橋梁の設計のために確たる示

表-3 軟鋼材製橋梁の経緯

年代	橋梁径間・形式	摘要
1888年 (明治21)	200tf ダブルワーレントラス	東海道本線天竜川 弦材は鋼、腹材は錬鉄 翌年富士川、大井川など に同形式30連余架設。
1889年 (明治22)	100tf ワーレントラス	湖畔線(現東海道本線) 野洲川、初の鋼トラス
1893年 (明治26)	20～70ft 上路鉸桁(作30年式)	ポーナル設計 補剛材のT形およびL形 は、なお錬鉄が用いら れている。
1894年 (明治27)	80tf 上路鉸桁(作30年式)	
1895年 (明治28)	3～12ft 10種類のI形桁	
1902年 (明治35)	20～80ft 上路鉸桁	作35年式 杉文三が設計。



浜中津橋（写真-1）は1873(明治6)年に製作され東海道線の大阪・下十三川に架設，その後，長柄運河の道路橋に転用された。支間22.75m，格点ピン連結のポニーワーレントラス橋である。

十条跨線橋（写真-2）は1895(明治28)年にイギリスのコクレン社で製作され，東北本線旧荒川橋梁に架設，その後，1931(大正10)年に東京都の市道（道路橋）に転用された。トラス橋の両側には歩道専用の人道橋が新設されている。

港3号橋（写真-3）は1907(明治40)年にイギリスで製作され，総武線旧江戸川橋梁に架設，その後，1912(明治45)年に横浜税関旧生糸検査所専用線の大岡川橋梁に移設し使用された。専用線は廃線となり，1988(昭和63)年に第1連を短縮・改造し，旧臨港線に歩道橋として転用・移設された。

旧六郷川橋梁（写真-4）は1875(明治8)年にイギリスで製作した複線ワーレントラスで，1877年に開通している。この橋は1912(明治45)年に撤去されたが，単線桁に改造のうえ，1915(大正4)年に御殿場線に移設された。その後，1965(昭和40)年に架け替えになったが，由緒ある橋のため保存することになった。その1連はJR東海三島研修

センター構内に保存され，鉄道記念物に指定されている。もう1連は，愛知県の博物館明治村に引き取られ，1988(昭和63)年に旧橋の複線桁の形に復元され，展示されている。

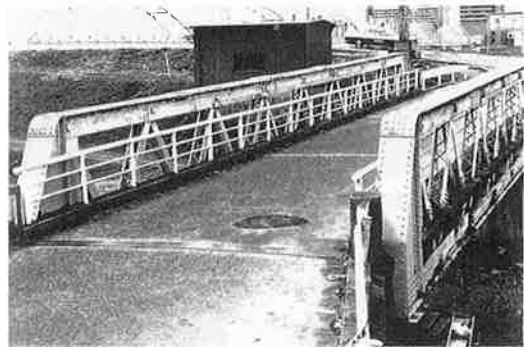


写真-1 浜中津橋（トラス製作1873(明治6)年）



写真-2 十条跨線橋（トラス製作1895(明治28)年）

表-5 現存するポニー型トラス橋

	浜中津橋	十条跨線橋	港3号橋	旧六郷川橋梁	六郷川鉄橋
種別	道路橋	道路橋	歩道橋	展示・保存	展示・保存
竣工年	1935(昭和10)年	1931(昭和6)年	1988(昭和63)年	1965(昭和40)	1988(昭和63)年
路線名	長柄運河道路	—	横浜・旧臨港線歩道	(JR東海・三島)	(博物館 明治村)
所在地	大阪市北区	東京都北区	横浜市中区	三島職員研修センター	愛知県犬山市
橋長(m)	22.75 (70ft 改造)	30.5 (100ft)	(100ft 改造)	30.175 (100ft)	30.175 (100ft)
幅員(m)	4.5	7.7 (主構中心間 7.05)	—	7.05 (24'-6")	7.05 (5.23 を改造)
形式	ポニーワーレントラス	複線 ポニーワーレントラス	複線 ポニーワーレントラス	複線 ポニーワーレントラス	複線 ポニーワーレントラス
製作会社	(イギリス)	コクレン社 (イギリス)	ブライス・ワイズ社 (イギリス)	ハミルトンズ・ウインザー・アイアンワークス社 (イギリス)	同左
製作年	1873(明治6)年 (単線用) 1896(明治29)年 (複線改造)	1895(明治28)年	1907(明治40)年	1875(明治8)年	同左
移設・転用	◇東海道線・大阪・下十三川のトラス橋撤去。 ◇大阪市道路橋・十三橋に移設。 ◇大阪市道路橋・浜中津橋に再転用。	◇東北本線旧荒川橋梁のトラス橋撤去 ◇東京都の道路橋に転用。 ◇トラス橋の両側に人道橋新設。	◇総武線江戸川橋梁のトラス橋撤去。 ◇横浜・旧生糸専用線・大岡川に移設 ◇旧臨港線・歩道橋に再転用。	◇東海道線旧六郷川橋梁のトラス橋撤去。 ◇由緒ある橋梁のため三島研修センターに保存。 ◇昭和40年鉄道記念物に指定。	◇東海道線旧六郷川橋梁のトラス橋撤去。 ◇御殿場線第2酒匂川橋梁に単線用に改造，移設。 ◇博物館明治村に展示のため複線型トラスに復元改造。
橋梁銘板	—	写真-8	写真-7	写真-5,6(拓本版)	同左(複製版取付)
全景写真	写真-1	写真-2	写真-3	写真-4	—
参考文献	文献8	—	文献9	文献8	—

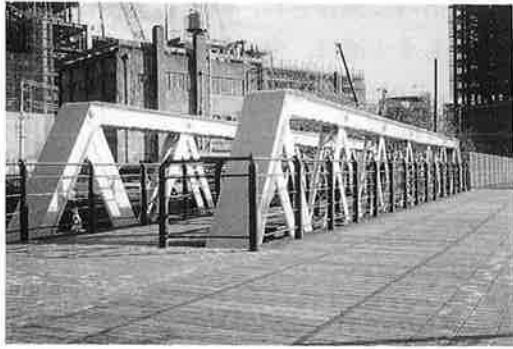


写真-3 港3号橋（トラス製作1907(明治40)年)

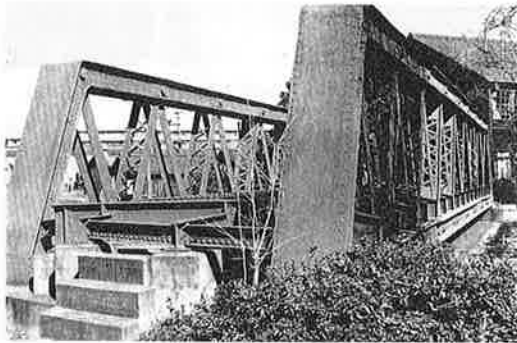


写真-4 旧六郷川橋（トラス製作1875(明治8)年)

以上のほか、イギリス製100tfポニー型トラス橋は真岡線や関西本線などに数橋残っており、現在も使用されている。

### 5. 橋梁の製作工場

鉄道が開業した当初の橋は木材製橋梁であったが、鉄の橋に架け替えられた1877(明治10)年当時、新橋～横浜間、大阪～神戸間のそれぞれの橋梁は、新橋と神戸の鉄道工場で作られたという記録があるが、当時のわが国の工業水準から見て、これはイギリス製の橋梁を両鉄道工場を組み立てたものと思われる。

明治末期まで、トラス橋はほとんど全部、鋳桁は相当量が諸外国から輸入されたが、その国別の製作工場名が文献10に記録されている。その要約を表-6に示すが、イギリスにおける製作工場は11工場にも及んでいる。

わが国においては、前述のように新橋と神戸の鉄道工場で組立が行われていたが、東海道線六郷川橋梁の建設工事については、六郷川岸に分工場をつくり、組立・製作が行われた記録が文献1に示されている。国内の製作会社で最初に製作されたものは1897(明治30)年の鋳桁であり、ポニーワーレントラスは1911(明治44)年に製作されている。表-7にそれらの製作工場を示す。

表-6 輸入した橋梁の製作工場

国別輸入年代	製作工場名	備考
イギリス	1874(明治7)年 Dorman Long & Co., Middlesbrough Patent Shaft & Axletree Co., Staffordshire Patent Shaft & Axletree Co., Wednesbury (1887 ~ 1910) Sheton Steel, Steel, Iron & Coal Co., Staffordshire Steel Co. of Scotland, Glasgow Steel Peech & Toyer, Yorkshire	写真-9
	1897(明治30)年 Arrol's Bridge & Roof Co., Ltd. Glasgow (1906) Braithwaite & Kirn Makers STK (1907) Widnes Foundry Co., Ltd. (1906) Lecoq (1888) The Cleveland Bridge & Engineering CTK Darlington (1897)	写真-7
ドイツ	1887(明治20)年 Fried, Krupp, Essen Gutehoffnungshutte Aktion Gessellschaft fur Bergbon, Oberhausen 1897(明治30)年 Luxemburger Bergweerks-und-Saarbrucken Hutte near Saarbrucken Harkort Daisbary (1903)	写真-10
アメリカ	1902(明治35)年 American Bridge Company of New York U.S.A Keystone Bridge Co., Pittsburg Pan. U.S.A. of the American Bridge Co. Phoenix Iron Co., Phoenixville, Pa U.S.A. 1915(大正4)年 Pencoyd Iron Works, Phila Pa U.S.A. of the American Bridge Co. Edgemore Bridge Works of American Bridge Co. Wellington Del.	写真-11

表-7 わが国における橋梁の製作工場

年代	製作工場	製作内容
1874年 (明治7) ? 1897年 (明治30)	神戸鉄道工場 新橋鉄道工場 (六郷川分工場)	イギリスで製作し、輸入した橋を日本の鉄道工場で組立てた。
1897年 (明治30)	汽車製造会社 三菱長崎造船 川崎造船 石川島造船	国内メーカーで最初の鉄桁(3ft~12ftのI形桁)が製作された。
1911年 (明治44)	汽車製造会社 石川島造船 川崎造船	国内メーカーで最初のトラス橋(100ftポニーワーレントラス)が製作された。

## 6. 橋梁の銘板

橋梁には橋の製作を証明する銘板(ネームプレート)を取付けるのが慣例となっている。銘板の歴史は鉄の橋の製作当時から始められており、すでに、1877(明治10)年にイギリスから輸入したポニー型トラス橋(旧六郷川橋梁)に取付けてあった。

写真-5、写真-6は、旧六郷川橋梁の銘板の拓本であり、現在、JR東海三島研修センターに保存・展示してある橋から採ったものである。ポニートラスの端柱には、製作会社銘板のほかに、設計関係者であるボイルとポールの名が肩書きと共に示された銘板も付いている。ポールのF.R.Sとい

うのは、フェロー・オブ・ザ・ロイヤルソサエティ(王位技術者協会会員)であり、ボイルのC.S.Iは、コンパニオン・オブ・ザ・スター・オブ・インディア(インドの星勲章受章者)であることを示している。

写真-7は、旧江戸川橋梁(100ftポニートラス橋)の銘板で、S.T.Kは総武鉄道会社の略号である。旧江戸川橋梁は1909(明治42)年に開通した。この橋は横浜税関旧生糸検査所専用線の大岡川に移設され、現在も残っている。

写真-8は、旧荒川橋梁(100ftポニートラス橋)の銘板で、イギリスのコクレン会社のものである。この橋は1931(昭和6)年に東北本線東十条駅に近接する十条跨線道路橋として移設され、現在も使用されている。



写真-5 旧六郷川橋梁の製作会社銘板



写真-7 旧江戸川橋梁の製作会社銘板

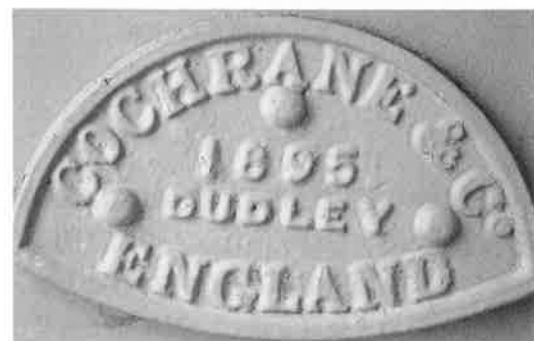


写真-8 旧荒川橋梁の製作会社銘板

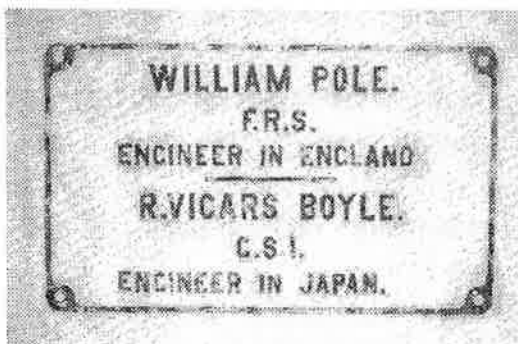


写真-6 旧六郷川橋梁の設計関係者銘板



写真-9 イギリス製橋梁の銘板



なお、これら以外のものを示すと、写真-9はイギリス製、写真-10はドイツのハーコート会社製、写真-11はアメリカ製ピン結合トラス橋の銘板である。



写真-10 ドイツ製橋梁の銘板



写真-11 アメリカ製橋梁の銘板

### あとがき

わが国の鉄の橋の歴史は、明治初期に錬鉄製橋梁が架けられてから始まった。この間に橋梁の技術的發展により、構造形式や使用材料などはいずれも著しい進歩・発展を遂げ、製作面でもリベットから溶接接合に移行し、経済的で美しい橋が架けられるようになった。このことは誠に好ましいことではあるが、その反面、昔の橋が次第に姿を消す運命にあることは、寂しい思いである。

最近、昔の橋に対する関心が高まり、橋の文化遺産としての調査活動が盛んに行われ、次のような書籍が発刊されている。

- ・鉄の橋百選<sup>11)</sup> (近代日本のランドマーク) : 成瀬輝男
- ・歴史的鋼橋集覧<sup>9)</sup> : 土木学会, 歴史的鋼橋調査小委員会編

・鋼橋の技術史研究報告書：鋼橋技術研究会編  
これらの報告書の作成にあたっては、橋梁の調査に多くの時間と労力が費やされ、貴重な内容であり、誠にすばらしいものである。

ブリッジアドバイザー田島二郎博士は、「昔の橋から新しいことを学ぶことができる」とよく話しておられ、昔の橋の研鎖は大切であることを教えてくださいました。わが国においても、昔の橋を文化遺産として展示・保存する運動が高まり、すでに全国で約10ヶ所で橋が展示・保存されるようになった。

終わりに、本文のまとめにあたり、いろいろと話題提供やご指導いただいた関係の方々に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 久保田敬一：本邦鉄道橋梁ノ沿革ニ就テ業務研究資料, 第22巻, 第2号, 鉄道大臣官房研究所, 1934.1.
- 2) 西村俊夫：ピン結合鉄道トラス橋の変状とその対策, 鉄道技術研究報告, No.48, 1965.7.
- 3) 西村俊夫：国鉄トラス橋総覧, 鉄道技術研究資料, 第14巻, 第12号, 1957.12.
- 4) 西野保行・小西純一・淵上龍雄：明治時代に製作された鉄道トラス橋の歴史と現状 (第2報), 第6回日本土木史研究発表会論文集, 1986.6.
- 5) 阿部英彦：鋼鉄道示方書の変遷, 橋梁と基礎, Vol.15, 建設図書, 1981.8.
- 6) 友永和夫：鉄道橋の保守ならびに補強法について, 土木学会夏季講習会テキスト, 1951.8.
- 7) 田島二郎：鋼鉄道の許容応力度, 季刊カラム, No.37, 新日本製鉄㈱, 1970.10.
- 8) 建設図書：トラス橋特集, 橋梁と基礎, Vol.27, 1993.8.
- 9) 土木学会歴史的鋼橋調査小委員会編：歴史的鋼橋集覧 (上巻・鉄道橋, 下巻・道路橋・吊橋・可動橋), 1997.12.
- 10) 日本国有鉄道：鉄道技術発達史, 第2編施設, 1949.1.
- 11) 成瀬輝男：鉄の橋百選 (近代日本のランドマーク), 東京堂出版, 1994.9.