

わが国における鉄道用ラチス桁の現況とその歴史的経緯*

Railway Lattice Girders in Japan, an Historical Survey

西野保行[†]、小西純一[‡]、中川浩一[‡]

要 旨

わが国における鉄製鉄道橋梁については、トラス橋及びプレートガーダーについては、その記録も多く、またかなり系統的設計がなされたため、その現況ならびに歴史的経緯についても、かなり明らかになってきている。

この中において、第1次世界大戦のために、大形鋼板が入手しにくくなった時代において、突如として出現したラチス桁は、ヨーロッパにおいてはかなり一般的な存在ではあったけれども、わが国の鉄道用鉄（鋼）製桁の流れの中においては、異流に属するものであった。

それでもその使用範囲は北海道から中国地方に及んだが、本格的採用とはならず、その後は撤去による減少を重ね、現在は3橋梁を残すのみとなっている。また橋梁架設時の仮桁として使用されたものも現存している。

本論文は、その現況から入って、過去の使用状況を中心として、その歴史的経緯を探ろうとするものである。

1. 諸外国におけるラチス桁の発達^{1), 2)}

(1) はじめに

1918（大正7）年、突如としてわが国において設計され、次年以降製作されたラチス桁は、欧米諸国において19世紀に発達した極めて古い橋梁技術の延長上にあると見るには、あまりに飛び離れ過ぎた存在である。しかしその苦しまぎれ的な出現の裏には、大型板材の入手難という、かつてドイツにおいて採用された理由の一つとしてあげられたものが、またしてもあったことは興味深い。したがって前段として、ドイツを軸とするラチス桁の歴史を探ってみたい。

(2) 木造ラチスから鉄ラチスへ

木材、特に構造材に適する樫の木が豊富なドイツにおいては、同じく木橋技術の発達したアメリカから技術導入を行ったが、木材の圧縮に対する強さを生かしたハウ（Howe）トラスが当然その軸

となる。このハウトラスをダブルに組んだトラスは、Elbe川の鉄道橋に導入されたものが代表的な存在で、Wiffenbergの手になるものである。支間40mのもの3径間、同54mのものが11径間という長大橋で、1851年に開通し、33年間の使用に耐えた。

しかしながら、木造鉄道橋にまつわるトラブルは多く、ドイツにおいても1871年には全面的に禁止となり、鉄製橋梁の時代へと移って行く。ドイツにおける鉄の鉄道橋については、Borsig工場が1840年代の中頃から手がけ始めていたが、早くも1846年にはGubenの手になるNeisse川橋梁が、錬鉄によるラチス桁として架けられている。ラチス部材を竹箆の竹のように編んで使っているのが面白い。

この頃には、ラチス桁にキングポストを重ねるイギリス式の手法も、ドイツで使われた。これには、アメリカから持込まれてイギリスにおいて1840年代から普及したTownトラスがベースとなっている。これが木材の不足により、木材部分が鉄に置換されたものであった。

* keywords: ラチス桁、鉄道構造物（橋梁）
† 正会員 首都圏新都市鉄道㈱
（〒111 東京都台東区浅草橋5-20-8）
‡ 正会員 信州大学工学部社会開発工学科
茨城大学教育学部

このようなドイツにとっては外来技術であったラチス橋は、支間の長大化の要請に従って大型化の傾向をたどる。その中で有名なものは Karl Lentzeの手になる Weichel川のDirschau橋である。この橋は工事中止となった吊橋にかわるものとして計画されたものである。彼はこれに先立ち、箱形形状の Britannia橋を調査しているが、当時のドイツにおいては大形の板材が大量には入手できなかったこと、手馴れたラチス構造の方が安心できたこと等の理由により、箱形のラチス桁となったものである。一軌道、一車線の併用橋で、支間130.88mのものが6径間あり、1857年に開通した。

(3) ラチス桁からトラス桁へ

この後の20年間に、ドイツにおけるラチス桁は、段々とラチスの組み方が粗くなって行き、ラチス材も平板から山型断面、T型断面に変化して行く。1859年完成のKölnのラチス橋は、ラチスの組み方はまだ細かいが、圧縮方向には山型材が使われ、1861年開通のKehl-Strassbourg 橋あたりからラチスのメッシュは粗くなりだし、1870年代に入るとトラスとみた方がよいような形となって、ラチス橋は流れとしては終りを迎えることとなる。

ただし、ラチス橋は部材が多いので戦争による破壊に強いことなど、別の見地からかなり後まで造られたようである。

わが国の鉄道用トラスは、1873年(推定)製の武庫川等に架設されたポニーワーレントラスに端を発するが、すでにラチス桁の時代を過ぎていたのか、その後もトラス的なラチス桁は、まったく検討の対象とはされていなかったようで、鉄道用鉄橋はトラスとプレートガーダーが主力となって行くという経過をたどる。

2. 日本における鉄道用ラチス桁

(1) 出現に至る沿革³⁾

わが国における鉄道用ラチス桁は、「代用鋳桁」とも称せられたが、これはプレートガーダー(鋳桁)の代用という意味で、先に述べた歴史的経緯からしても、トラス桁にとって変わるものではなかった。もっともプレートガーダーのトラスである、参宮線宮川橋梁にしても、桁高さは低く、主構中間隔もプレートガーダーに近いが、やはり

トラス桁で、このラチス桁とは一線を画している⁴⁾。

そこで、わが国のプレートガーダーの歴史から述べなければならないが、これについては著者らの研究⁵⁾を参照していただくとして、この代用鋳桁出現の前後の国鉄での標準設計について見てみよう。1906(明治39)年の鉄道国有法公布後においては、統一的な設計が必要なこと、設計荷重をクーパー荷重のE33と決定したことなどから、明治42年式(達680号)が定められた。これはアメリカ鉄道技術協会(AREA)の仕様書(1906年)によるものであるが、補剛材と腹板との間にはすべてフィラーが入っていること、平面支承であること(80ftを除く)などの特徴がある。

その後1912(明治45)年に鋼鉄道橋設計示方書が発表され、かなり使用断面設計方法等が改良されたので、1919(大正8)年に達540号をもって新しい標準設計が定められ、大正8年式と呼ばれている。設計荷重は同じくE33であるが、補剛材と腹板との間のフィラーを廃止して補剛材はフランジ部分でクリンプすることとし、また平面支承は荷重配分が悪く、たわみに対しても不都合だったので、角型鋳鉄シューをはかせるなどの改良がなされている。

1918(大正7)年に設計された、主題のラチス桁は、この2種類のプレートガーダーの間に出現したもので、正式には「鋼格鋳桁」と呼ばれ、鋳桁の一種に分類されている。

その導入の経緯は、当時、わが国の製鉄業は大形物の製作設備が不十分であり、また、第1次世界大戦の影響を受けて、大形鋼板の輸入が非常に困難になったため、プレートガーダーの腹板の代わりに山形鋼を使用してラチスを組むこととしたためといわれている⁶⁾。

したがって、あくまでもプレートガーダーの代用であって、決して本流ではなく、参考文献⁷⁾の中でも、著者は、

「然レドモ本格桁ハ戦時ニ際シ臨機応変ノ処置ヲ取リタルニ過ギザルヲ以テ茲ニ詳記セズ」と、冷淡な記述に止めている。この著作の時点(1934(昭和9)年)でも、もて余しものであったのだろうか。

設計図面は、(財)鉄道総合技術研究所に、40ft、50ft、60ft、70ftのものが、図面番号C147-0～3として保存されている。

設計は同時に完成したものではないようで、4回にわけて示達されている。その主なる要目を示すと表-1の通りで、この他に主桁中心間隔などの異なるものがあつたようである⁷⁾。

(2) 構造上の特徴

基本的骨格はプレートガーダーで、その腹板のみを山形鋼を内外側に配した斜格子で置き換えたものである。格子の交点ではリベットで環填材を介して結合している。なるべく本来のプレートガーダーとの置換性を持たせた寸法を採用している。比較のため、同じE33を設計荷重とする明治42年式同径間のものの要目を表-2に示す。重量は40ft、50ftで差はわずかだが、60ft、70ftと大きくなるにつれてラチスの方が軽くなっている。

中間対傾構が構造上取り付けられないため、下

フランジにも横構を設けたが(60ft、70ftのみ)、震動が大きかったといわれる。

部材数が多いのは止むを得ない所であるが、いちばん目を引く「格角材」は、50ftで160、60ftで188、70ftで200に達する。

やはり弱点が多かったためか、1954(昭29)年8月に、腐食の少ない50ft、70ftを選んで精密な応力検査をしている⁸⁾。その結果、50ftは実耐率85%で、補強修繕を行えば当分持ったものの、70ftは実耐率65%で、D51形機関車の運転ならびに共振を起こす70km/h以上の高速運転には要注意で、速度制限の必要ありと診断されている。そのため端補剛材の突縁取付端板の補強や、対傾構の新設補充を行ったものがあるようである。

(3) ラチス桁の使用状況

実際にラチス桁がどこに架設されたか、全貌は把握されていない。しかし他の種類の橋梁についての研究経験からして、次のようなアプローチに

表-1 ラチス桁要目(設計図面C147-0～3により作表)

| 径間 ft-in (m) | 支間 ft-in (m) | 全長 ft-in (m) | 重量 long ton (ton) | 桁高 ft-in (m) | 桁中心 間隔 ft-in(m) | 達年月日/達番号/図面番号 |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 40'-0" (12.192) | 42'-4" (12.903) | 44'-0" (13.411) | 10.215 (10.379) | 4'-4.5" (1.333) | 4'-0" (1.219) | 大 7. 7.25/886/C147-0 |
| 50'-0" (15.240) | 52'-6" (16.002) | 54'-4" (16.561) | 14.649 (14.885) | 5'-2.5" (1.588) | 5'-0" (1.524) | 大 7.11. 5/1301/C147-1 |
| 60'-0" (18.288) | 62'-10" (19.152) | 64'-10" (19.761) | 19.008 (19.314) | 6'-0.5" (1.842) | 5'-0" (1.524) | 大 7.11. 5/1302/C147-2 |
| 70'-0" (21.336) | 73'-0" (22.250) | 75'-2" (22.911) | 24.973 (25.375) | 6'-6.5" (1.994) | 5'-0" (1.524) | 大 7. 9.19/1137/C147-3 |

1 lt=long ton=2240 lb=1.0161 ton, 1 ft=foot=12 inches=304.8mm, 1 in=25.4mm
注:「橋桁ノ強度」、鉄道省工務局、1926. によれば、桁中心間隔の大きいタイプが存在した。

表-2 明治42年式鉄桁(40ft～70ft)要目(文献3)により作成

| 径間 ft-in (m) | 支間 ft-in (m) | 全長 ft-in (m) | 重量 long ton (ton) | 桁高 ft-in (m) | 桁中心 間隔 ft-in(m) | 達年月日/達番号 |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|---------------|
| 40'-0" (12.192) | 42'-4" (12.903) | 44'-0" (13.411) | 9.795 (9.953) | 4'-4.5" (1.334) | 4'-0" (1.219) | 明42. 8. 3/680 |
| 50'-0" (15.240) | 52'-6" (16.002) | 54'-4" (16.561) | 14.385 (14.617) | 5'-2.5" (1.588) | 5'-0" (1.524) | 明42. 8. 3/680 |
| 60'-0" (18.288) | 62'-10" (19.761) | 64'-10" (19.761) | 19.826 (20.146) | 6'-0.5" (1.842) | 5'-0" (1.524) | 明42. 8. 3/680 |
| 70'-0" (21.336) | 73'-0" (22.250) | 75'-2" (22.911) | 27.299 (27.739) | 6'-6.5" (1.994) | 5'-0" (1.524) | 明42. 8. 3/680 |

注:「橋桁ノ強度」、鉄道省工務局、1926. によれば、要目が少し異なる桁が多数存在する。

よって調査して行くことが可能である。

- a) 1919 (大正8) 年以降に開通した線区への新規投入
- b) 同年以降に複線化された区間における増設線部への新規投入
- c) 同年以降に取り換え期に入った線区への新規投入
- d) 既設橋梁の径間拡張に伴う増連用の新規投入
- e) a)~d)に該当するものの転用。設計荷重がE33 であることがキーとなる。

鉄道建設史にかかわる記述や列車とともに写った写真などを手掛りに探して行くと、a)、b)に相当するものとしては、

- a-1) 名寄本線
- a-2) 羽越本線 (羽越北線)
- a-3) 山口線 (徳佐以北)
- b-1) 山陽本線 (網干以西)

などで使用されたことがはっきりしてきた。なお現存している3つのうち、1つはa)、2つはd)である。

現時点で、現存しているもの⁹⁾、保存されていたことがあるもの¹⁰⁾、写真のあるもの¹¹⁾、および文献上明らかなもの¹²⁾ からその存在が明らかになったものをまとめると、表-3の通りで、35連に過ぎない。これに対し、1954 (昭和29) 年現在のラチス桁の残存数は50連という記録¹³⁾ があり、特に岡山局管内の32連は先のb-1)に相当するものと考えられるが、具体的状況はまったく解っていない。

またラチス桁は鋳桁と区別せずに投入されたようであるので、大正8年から12年頃にかけて開通した線区の橋梁で、参考文献¹²⁾ 中、支間12~21 m の「鋳桁」と記載されているものの中にはラチス桁が含まれている可能性がある。例えば、表-3中の山口線徳佐川橋梁も、この文献では鋳桁として記載されているのである。

なおこのラチス桁の歴史的価値を伝えるべく、かつて国鉄中央鉄道学園三島分教所 (現JR東海三島社員研修センター) に写真-1に示すように、武礼川橋梁(60ft)の主桁が中央で二つに分割され

表-3 ラチス桁架設橋梁調 (1995.3現在)

| 線名・駅間 | 橋梁名 | 桁×連数* | 開通 | 撤去 | 文献 | 備考 |
|-------------------|-------------------|----------------------------------|------|------|--------|-----------------------|
| 1 名寄本線 川西-中湧別 | 第三湧別川橋梁 | 60ft×9 | 1921 | | 12) | |
| 2 名寄本線 沙留-渚滑 | 渚滑川橋梁 | 60ft×6 | 1921 | | 12) | |
| 3 羽越本線 本楯-南島海 | 日向川橋梁 | 60ft×5 Gd30ft×15 | 1919 | | 12) | |
| 4 羽越本線 新屋-羽後牛島 | 雄物川橋梁 L=599.5m | 60ft×8 Tt150ft×9 Gd 30ft×1 | 1920 | | 12) | |
| 5 羽越本線 道川-下浜 | 鮎川橋梁 | 60ft×1 | 1920 | | 12) | |
| 6 羽越本線 道川-下浜 | 雪川橋梁 | 60ft×1 | 1920 | | 12) | |
| 7 羽越本線 二古-道川 | 君ヶ野川橋梁 | 60ft×1 Gd 40ft×2 | 1920 | | 12) | |
| 8 山口線 徳佐-船平山 | 徳佐川橋梁 | 50ft×1 | 1922 | 現存 | 9) | |
| 9 山陰本線 城崎-竹野 | 竹野川橋梁 4 | 60ft×1 Gd ×4 | 1919 | 現存 | 9) | |
| 10 山陰本線 久谷-浜坂 | 田君川橋梁 1 | 60ft×1 Gd 60ft×1 | 1922 | 現存 | 9) | |
| 11 山陰本線 安来-荒島 | 武礼川橋梁 | 60ft×1 | | 1968 | 10)11) | 中央鉄道学園三島分教所構内に保存その後廃棄 |

注：山陰本線田儀付近、山陽本線倉敷付近、同線吉永付近の橋梁にあったという情報あり。

*：Gd=上路鋳桁、Tt=下路トラスで、ラチス以外の桁構成を示す。

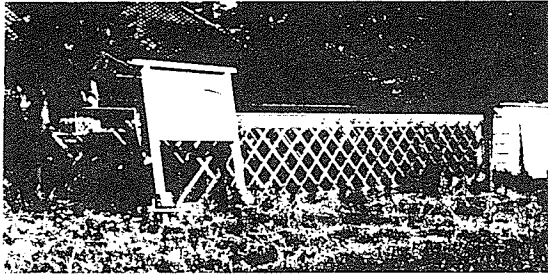


写真-1 国鉄中央鉄道学園に保存のラチス, 1978. 7中川

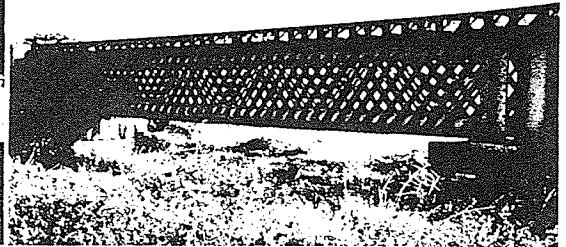


写真-3 山陰本線田君川橋梁第1連(60ft), 1994. 10西野

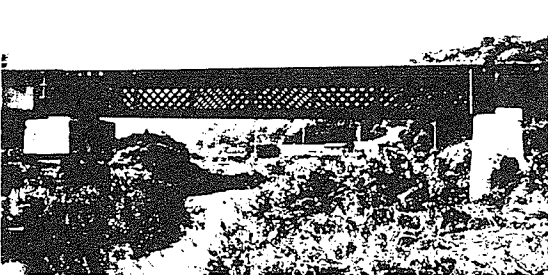


写真-2 山陰本線竹野川橋梁第4連(60ft), 1994. 10西野

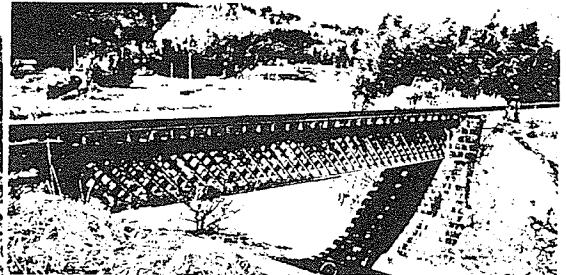


写真-5 山口線徳佐川橋梁(50ft)1994. 3 小西

た形で保存展示されていたが、今はない¹⁰⁾。

3. 現在使用されている鉄道用ラチス桁

(1) 概況

1954(昭和29)年に50連あったとされるラチス桁は、その後列車の重量化、高速化、それにもともとの弱さ、老朽化、保守の困難さなどから、先述のように補強がなされたものもあったようだが、減少の一途をたどり(その経過はまだ把握されていない)、次の(2)~(4)に示す3連が現存するのみである。

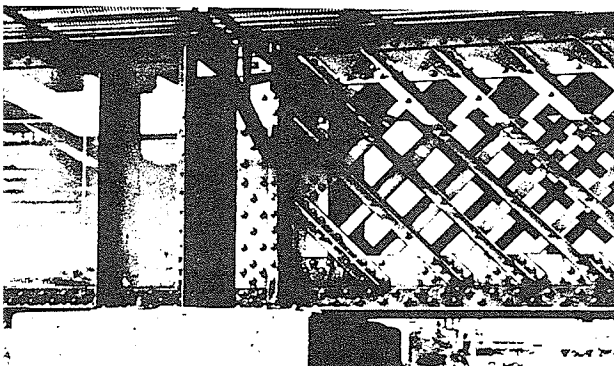


写真-4 田君川橋梁支点付近、明治42年式鉄桁との対照
1994. 10 西野

(2) 竹野川橋梁

写真-2に示すもので、全4連中の第4連に位置している。当該区間の開通は1908(明治41)年であるので、開通当初からのものではない。橋梁台帳⁹⁾によると第4橋脚は大正8年、第2橋台は昭和11年の竣工となっており、この第4連のラチス桁は河川改修などに伴う径間拡張時に増設されたものと推定され、先の2.(3)のd)のケースとなる。

なお起点方端部寄りにおいて、内外側の斜格子の間に板を入れて補強している。

(3) 田君川橋梁

写真-3、4に示すもので、全2連中の第1連に位置している。この区間の開通は1911(明治45)年であるが、橋梁台帳⁹⁾によると1922(大正11)年に径間拡張して単径間から2径間になっており、このときにラチス桁が増設されたものと考えられる。

(4) 徳佐川橋梁¹⁴⁾

現存する唯一の50ft桁である。写真-5に示すように、この桁1連のみの橋梁である。当該区間の開通は1922(大正11)年で、初代桁がそのまま現在に至っているものと考えられる。

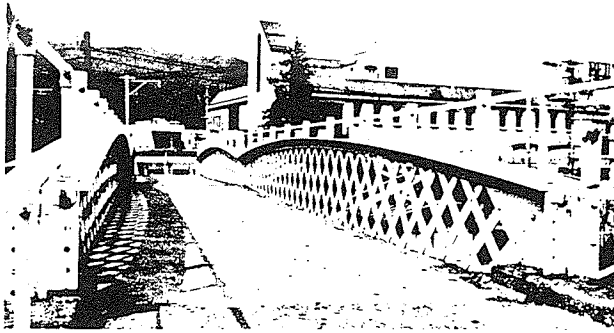


写真-6 工事桁改造の茅野駅跨線人道橋, 1991. 8小西

(5) まったく別系統のラチス桁¹⁵⁾

鉄道橋ではないが、イギリスの駅構内の跨線橋を思わせるラチス桁が、茅野駅構内にある。写真-6に示す茅野市管理の人道橋の2連がそれである。

これは、何と関西本線2代目の木曾川橋梁ならびに揖斐川橋梁で、橋脚工事に用いた仮橋の床を支えるための主桁間を結ぶ横桁を、ひっくり返して、下路歩道橋に仕立てたものである。元の横桁は15ft(約5m)間隔に配置されたと、記録にあるので、全長867mの木曾川橋梁で、170枚位使用されていたことになる。これらは参考文献¹⁶⁾の中の写真及び図面とも一致するので、この転用であることは間違いないと思われるが、このうちの4枚がここに来たわけである。跨線橋の桁の全長は31ft、高さは中央で3ft、両端で2ftで、桁中心間隔は7ftである。縁は山形鋼、格子は帯材で、八幡製鉄所の製品である。前記の橋脚工事は1926(大正15)年から1928(昭和3)年にかけて行われたが、何故にラチス桁にしたのかは明確ではない。簡単なトラスやプレートガーダーよりも価格がなお低かったからであろうか。

5. 今後の研究の方向

ラチス桁は、実務的にはやや特殊であるという点からしか注目されず、むしろ厄介者として淘汰の対象としてあげられたため、その記録、特に第2次大戦後の記録が少ない。まず初代の架設箇所を把握し、順次転用等の状況をも把握して、主流になれなかった技術の全貌を明らかにしたい。

謝辞

著者らは、1990年以来、土木学会鋼構造委員会歴史的鋼橋調査小委員会(成瀬輝男委員長)の委員として調査活動を行って今日に至っている。委員長はじめ、委員各位からさまざまなご教示やご支援をいただいております、感謝したい。

本文第1章の内容は、成瀬輝男氏の著作に負うところが大きく、また執筆に当たっているご教示を賜った。鉄道総研市川篤司氏には橋梁台帳や図面等の資料をご提供いただき、現地調査の手配をしていただいた。JR西日本小郡保線区助役國近憲明氏には徳佐川橋梁調査にご案内いただいた。故田中勇氏、奈良一郎氏には現存橋梁に関する情報を賜った。鉄道総研・技術情報室の小野田滋氏には、資料調査に多大のご協力を頂いた。倉島鉄一、亀井一男両氏には、過去の状況を含む貴重な情報をお寄せいただいた。末尾ながら厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 成瀬輝男「鋼橋前史Ⅲ-19世紀ドイツ鉄の橋」、カラム、No.114、1989.10、p.49~63.
- 2) Hans Pottgießer: "Eisenbahnbrücken aus zwei Jahrhunderten", Birkhauser Verlag, Basel, p.66~, 1985
- 3) 久保田敬一「本邦鉄道橋梁ノ沿革ニ就テ」、業務研究資料、鉄道大臣官房研究所、22-2、1934.1
- 4) 成瀬輝男編『鉄の橋百選』、東京堂出版、1994.9、p.48~49.
- 5) 西野保行・小西純一・中川浩一「明治期におけるわが国の鉄道用プレートガーダーについて-概説」、土木史研究 No.13、p.321~330、1993.6
- 6) 3)に同じ、p.40
- 7) 6)に同じ。
- 8) 高坂紫朗『鉄道防災改良施工法』、三報社印刷、1955.8、p.404~5.
- 9) 西日本旅客鉄道橋梁台帳
- 10) 中川浩一:『鉄道記念物の旅-臨地調査の記録』、クオリ、1982.5、p.29.
- 11) 鉄道土木の100年、構造物の変遷(鉄道100年特集)、鉄道土木、14-10、1972.10.
- 12) 『日本鉄道請負業史-大正・昭和(前期)篇』、(社)日本鉄道建設業協会、1978.3
- 13) 8)に同じ、p.365,表-148.
- 14) 4)に同じ、p.104~105.
- 15) 小西純一「信濃の鉄道橋」、鉄道ピクトリアル、鉄道図書刊行会、No.595、1994.9、p.52-56、p.36-7.
- 16) 柳生義郎「"Pneumatic Caisson"工法に拠る関西線木曾川、揖斐川の架橋工事計画に就て」、土木学会誌、14-4、1928.8、p.475-542.の写真第5、附図第22.