

日本の長大トラス橋 Long Span Truss Bridges in Japan

藤井 郁夫
Ikuo Fujii

要旨；トラス形式の橋梁は日本には明治になって導入され、日本の橋の長大支間化の役割を果たした。

以後のこの形式の発展を支間長を指標にして振り返ってみた。

結果として、橋形式としては 単純形式から、カンチレバー形式、連続形式へと変遷をしている。

そして又、長大と言える支間長を明らかにすることが出来た。また何故長大橋が架けられたか、さらにはその架設法についてもみてみた。

1. 単純トラス橋

日本最初のトラス橋は1869（明治2）年横浜で架けられた吉田橋であり、この橋は錬鉄製ダブルワーレントラス橋で支間長は約24mであったと推定されている（図-1）⁵⁾。

7年後の1876（明治9）年になって北海道札幌に支間長約63mの木鉄混合のバー型トラス橋・豊平橋がかけられている（図-2）⁶⁾。

それからさらに10年後の1886（明治19）年には支間長60m級の錬鉄製ダブルワーレントラス橋・東北本線利根川橋梁が架けられている⁷⁾。

クーパー型と呼ばれる、プラット形式の200呎鉄道用トラス橋の標準設計が作られたのは1898（明治31）年であった。この60m級のトラス橋は支間長が日本の国土に相応しい橋であったとみえてその後長らく、錬鉄が鋼になり、ピン結合が剛結合に、主流がワーレン型に変わったにしろ、桁橋が常用されるようになったつい最近の1950年代迄鉄道用のみならず道路橋としても長大橋の標準形式のように多用されてきた⁷⁾。単純トラス橋の常用支間長が80～90mにまで大きくなったのは1970年代になってのことである（図-11）。

明治末ごろから日本の鉄道は山地部にも延ばされるようになった。山地部での谷渡りの為に長大支間長の単純トラス橋が架けられた。1899（明治32）年には現・山陰本線の保津川橋梁（支間長85.3m）が架けられた。1908（明治41）年には中央本線で支間長93.3mの第一と第二の2つの木曽川橋梁が架けられた。この橋梁は木曽川の夏期の洪水と冬季の多量の木材の流送を考慮して、河中に橋脚を設置することを避けてこの支間長のトラス橋を架けた。これらの木曽川橋梁の

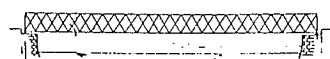


図-1 吉田橋



図-2 豊平橋

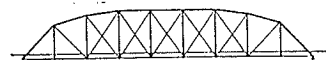


図-3 クーパー型トラス

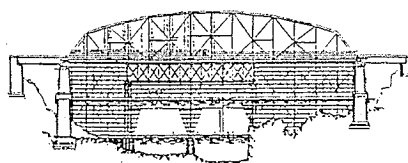


図-4 第一木曽川橋梁の架設

（キーワード） 日本 トラス橋

正会員 物東京鐵骨橋梁 東京都 港区 芝浦四丁目 18-32

架設はなお河中に仮支台を設けて総足場工法を用いている(図-4)¹⁰⁾。磐越西線が「水深く流強く(中略)一朝洪水に際すれば増水六十呎に達する」阿賀野川を渡る深戸、釜の脇、徳沢の三つの支間長90.7mの単純トラス橋(図-5)は1913(大正2)年に両側径間のトラス橋を利用したカンチレバー架設法によって架けられている¹¹⁾。

大正も終わり頃の1924(大正13)年には支間長93.3mのピントラス橋としては最大でかつ最後の北上川橋梁(大船渡線)や三面川橋梁(羽越本線)が架けられている。道路橋としては1897(明治30)年に東京隅田川の永代橋(支間長67.4m)が、1901(明治34)年には群馬県渋川市で利根川をわたる坂東橋(支間長68m)が架けられている。三面川橋梁を含めてこれらの橋は平地部に架けられた橋であり、困難な下部工、基礎工の数を少なくすることに主眼があったと考えるられる。また橋脚高さの高い北上川橋梁ではエレクショントラスを用いて架設をしている¹⁰⁾。

1928(昭和3)年に架けられた現・大阪環状線の本津川橋梁と岩崎運河橋梁は、橋名のとおり橋下を通る船航のために、いずれも支間長94.7mという大支間長のダブルワーレントラス橋である。1930(昭和5)年に架けられた名古屋の向野跨線橋は、関西本線や近鉄名古屋線などを含む名古屋駅構内の数多くの線路を跨ぐために、旧・保津川橋梁のトラス橋を再用して架設された。

単純トラス橋としては日本最大の支間長164.6mを持つ澱川橋梁は現・近鉄京都線が宇治川をわたる箇所に1928(昭和3)年に架けられた。この橋は高水敷を演習場として使用していた軍隊が反対した為に橋脚の設置をあきらめてこの長大支間長のトラス橋が架けられた¹¹⁾。

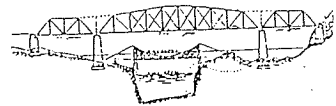


図-5 阿賀野川釜の脇橋梁
(手前は工事用の吊橋)

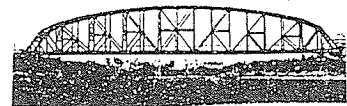


写真-1 澱川橋梁
(撮影 月岡 康一)

2. ゲルバートラス橋

H. Gerberがいわゆるゲルバー橋の特許を得たのは1866年、そして1867年にはその最初の橋が架けられている¹²⁾。日本では1883(明治26)年に岡田竹五郎が初学者のために和文で著した講義録『橋梁論』にもこの形式は「肱木橋」と名付けられて記載し紹介されている。しかし実際に日本で架設されたのははるかに遅い。

1928(昭和3)年3月徳島県の吉野川に架けられた穴吹橋は橋長415mで、この橋の主体部である右岸側の流心部区間は支間長36.6+73.2+36.6mの日本最初のゲルバートラス橋であった。この橋の右岸側第一号橋脚は露出岩上におき、流心を避けて設置した第二号橋脚は基礎岩盤にたつする深さ約48mの井筒基礎とし、中央径間の両張り出し部はそれぞれの側径間をアンカースパンとするカンチレバー架設によっている¹³⁾。

昭和時代の1930年前後になると数多くの道路橋が架けられるようになったが、穴吹橋の例のように、長大支間長の道路橋としてはゲルバートラス橋が多用された(図-11)。これは静定構造であること、基礎工に未だ自信の無かったこと等によるものと考えられる。例えば盛岡

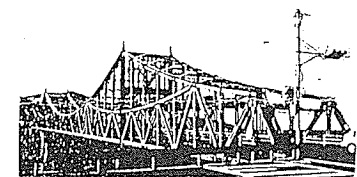


写真-2 穴吹橋
(撮影 小西 純一)

市で北上川を渡る1940（昭和15）年に完成した旧・夕顔瀬橋（支間長2@48m）は当初連続トラス橋として着工したが、基礎井筒沈下中に基礎が岩盤ではなく土丹層であることがわかったので急速ゲルバートラス橋に変更されたという（図-6）¹⁴⁾。



図-6 夕顔瀬橋

支間途中にゲルバーヒンジを持つこの形式を鉄道橋には用いた例は1931（昭和6）年の神岡軌道神通川橋梁（最大支間長72m）に始まり、東武鉄道隅田川橋梁（最大支間長64m）、東武日光鋼索線大谷川橋梁（最大支間長80m）、横浜臨港線瑞穂橋梁（最大支間長36m）そして戦後の営団地下鉄荒川中川橋梁（最大支間長150m）と数少ない。このうち1935（昭和10）年に架けられた瑞穂橋梁は両側径間に張り出したトラスに側径間のプレートガーダーをのせた形式のゲルバー橋であり、そのトラス主構以外の部分は日本の橋としては最初期に属する溶接構造である。またこの橋はクレーン船によって一括架設されている¹⁵⁾。1969（昭和44）年に完成した営団地下鉄荒川中川橋梁は基礎地盤軟弱且つ地盤沈下地帯であることから鉄道橋梁にかかわらずゲルバートラス橋が採用された¹⁶⁾。なお1977（昭和52）年に竣工した高速湾岸荒川橋（支間長150m）もまた同じ理由からゲルバートラス橋が採用されている¹⁷⁾。

ゲルバートラス橋は2径間形式、3径間形式、多径間形式に分けられる。2径間形式は夕顔瀬橋のようにむしろ例外的である。等径間を連続させた多径間形式は橋長の長い長大スパンの橋の場合にゲルバー形式の特色を生かした経済的な形式といえる。1937（昭和12）年に完成し、新潟県長岡市で信濃川をわたる長生橋は橋長850.8mで65mの径間を繰返し、支点上でトラス高を高くした連続13の山をもつ。同じ年に完成した長野市で犀川を渡る旧・丹波島橋も支間長65mで連続8つの山を持つこの形式独特の特徴ある形をした橋であった。

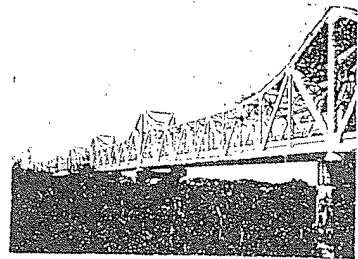


写真-3 長生橋

（撮影：藤井 有次大）

日本の道路トラス橋で支間長が初めて100mをこえたのは1937（昭和12）年に静岡県天竜市で天竜川に架けられた鹿島橋で橋長216m 支間長57+102+57mである。この橋や穴吹橋にみるように不等径間の3径間形式は支間長の長大化を図ったゲルバートラスの標準形式ともいえる。支間長62.4+104+62.4mと3径間形式の主径間部をもつ大師橋（東京～川崎市、多摩川）は1939（昭和14）年に完成しているが側径間の区間に旋回橋に改造可能な径間を準備していることから分かるように、この橋も舟運を考慮してこの支間長を、したがって下路ゲルバートラス橋が採用されている¹⁸⁾。

1974（昭和49）年大阪港内に架けられた港大橋は、航路幅から決められた510mの中央支間長をもつ3径間型のゲルバートラス橋でQUEBEC橋（549m）、FORTH橋（521m）に次ぐ現在世界第3位の支間長を持つ橋である。港大橋の形式の選定にあたっては、吊橋、アーチ橋、斜張橋、そしてゲルバートラス橋等が比較検討されているが、まず工費は当然として、耐震・耐風性、架設の容易さ、走行性したがってタワミの大きさ等が比較検討されているが、結論として過去

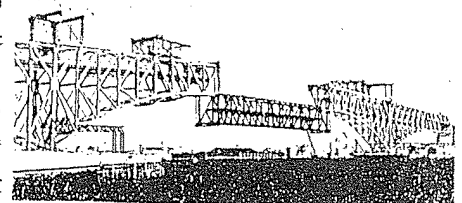


写真-4 港大橋の架設

（撮影：横河村南庵）

に実績の多い、安定性が他形式に比して高く、かつ不等沈下にたいして有利としてこのゲルバー形式が選ばれている¹⁹⁾。(写真-4)

3. 連続トラス橋

不静定構造ですべてにセンシティブな連続トラス橋は、アメリカでも1917年までは設計・施工しうるのは僅か2社であったという²⁰⁾。日本でも図-11でみるように昭和30年代になるまでに架けられた連続トラス橋は数少ない。

(1) 木鉄混合連続トラス橋

日本最初の鉄道新橋～横浜間が1872(明治5)年に開業したとき、そのうちの最大の橋梁六郷川橋梁は支間長16.7mの木造の連続トラス橋であった。1874(明治7)年に開業した神戸～大阪間の鉄道では中小橋に木造トラス橋が架けられている(図-7)⁴⁾。

1894(明治27)年に架けられた晩翠橋(栃木県黒磯市 那珂川)は橋長約110mの木鉄混合の2径間連続の上路トラス橋であった。下部工を再用して1923(大正12)年に架け替えられた橋もまた木鉄混合上路連続トラス橋であった(写真-5)²¹⁾。

1917(大正6)年に山口県岩国市の錦川の錦帯橋の上流側にかけられた臥竜橋は景観を重視して意匠設計は京都高等工芸高等学校の教授武田伍一博士が担当しているが、橋長182m支間長14mのこの橋も又木鉄混合連続上路トラス橋であった。この橋の橋脚付近の詳細を図-8に示す²²⁾。

(2) 第二次大戦以前の連続トラス橋

東北本線利根川橋梁(上り線)は1919(大正8)年になって、その側径間が、東海道本線天竜川橋梁および大井川橋梁で使用されていた200呎ダブルワーレントラスの中央に支点を設けたうえ、端格間を短縮改造した下路連続トラス橋に架け替えられた²³⁾。

1935(昭和10)年に開業した高徳線の吉野川橋梁は橋長950.6m、基礎を地表下約26m付近にあるよくしまった砂礫層に置くこととし、渇水期を利用して一気に基礎工事を完成させるために空気ケーソン基礎を採用し、着底後その底部で地盤の支持力を測定確認をしている。このことを前提にして、上部工には上弦材上を移動するデリッククレーンによる張り出し架設をすることとして、平行弦の支間長71.2mの3径間連続トラス橋を4連ならべた形式が採用された。この吉野川橋梁の結果から70m程度のスパンの等径間鉄道橋では、鋼重は単純トラスのそれと大差ないにしても架設の工期、工費、安全性などのことからこの形式の有利性が明らかになったという²⁴⁾。

なお、この吉野川橋梁は1946(昭和21)年12月21日の南海地震によって基礎が不等沈下をした。幸い沈下による影響はトラス各部材応力が弾性限度内であったので、ジャッキにより正規の状態に復旧する事が出来た(図-9)²⁵⁾。

(3) 1950年迄の連続トラス橋

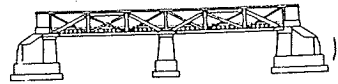


図-7 都賀川橋梁

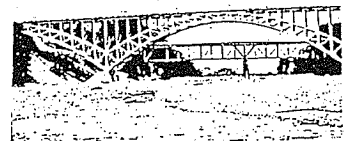


写真-5 晩翠橋

(手前は1932年架設の新・晩翠橋)

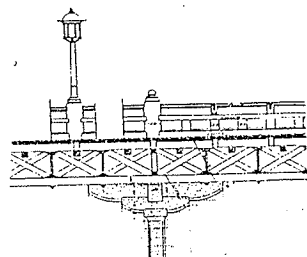


図-8 臥竜橋

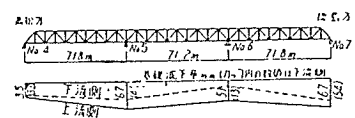


図-9 吉野川橋梁地震の影響

宮崎県高鍋町で小丸川を渡る小丸大橋は、井筒基礎で、上部工は主径間に支間長49+56+46m、両側径間にそれぞれが3@28mの3径間連続下路トラス橋を配置した橋長323.5mの橋で戦後も間もない1948(昭和23)年に完成した。またこの橋の特色は上部工用鋼材合計約707トンの内約半数の333トンを近くにあった新田原飛行場の旧軍の格納庫の解体材を使用していることである²⁶⁾。

飯田線竜川橋梁は支間長205呎の上路単純トラス橋であったが、ダム建設による水位上昇に対応するために、1949(昭和24)年にトラスの下部1/3を切除して2径間連続トラス橋に改造された²³⁾。

1950(昭和25)年7月には松山市の重信橋に、それまで使用されていた木造下路トラス橋の橋脚を補強再利用して支間長3@37.5mの下路連続トラス3連の下路連続トラス橋が架けられた。この橋もまた、在庫していた鋼材を前提に設計されたという²⁷⁾。

(4) 新幹線と高速道路のトラス橋

第二次大戦後の1950年代から連続トラス橋が架けられるようになり、同時に1930年代に始まったカンチレバートラス橋と交代を始めた。1960年代になるとカンチレバートラス橋が殆ど架けられなくなったのたいて、やがて多径間橋には連続トラス橋が常用されるようになってきた。同時に支間長が200~300mという海をわたる連続トラス橋が架けられるようになった。(図-11)。

これらを決定づけたのは東海道新幹線の下路連続トラス橋梁群であり、高速道路に架けられた上路の連続トラス橋の数々と言えよう。

東海道新幹線ではそれ迄の結果を集約して、高張力鋼材、溶接、高力ボルト、垂直材の無いワーレントラス等を用いた支間長60m級の下路連続トラス橋の標準設計を作り、富士、大井、竜竜をはじめとする各河川をこの形式で渡っている²⁸⁾。

東名、中央の高速道路は富士山麓、あるいは桂川ぞいの山地部を走る。このため高橋脚とともに、支間長100m級迄の上路連続トラス橋を多用した。谷を渡る上路連続トラス橋では橋脚の高さを低くするとともス橋では橋脚の高さを低くするとともに、高さの低い橋端の橋台で地震時の水平力を取らせるなどの合理化が可能であった²⁹⁾。

(5) 天門橋と生月大橋

1966(昭和41)年に完成した天門橋は、黒之瀬戸大橋(支間長300m)、大島大橋(支間長325m)などが続く、海を渡る長大連続トラス橋の嚆矢といえる。熊本県天草五橋の一つとして架けられたこの天門橋は支間長200+300+200mの下路連続トラス橋であり設計、製作、架設に綿密な考慮を払った上で、架設には兩岸から150mづつ張り出すカンチレバー架設が採用された³⁰⁾。

1989(平成1)年に完成した長崎県の平戸島と生月島を結ぶ下路連続トラス橋 生月大橋は支間長200+400+200mと連続トラス橋としては日本内のみならず、世界最大の支間長をもつ橋である。この橋の架設には全橋長を5ブロックに分け、最大長さ212m重量2200トンの大ブロックをクレーン船による一括架設によった(図-10)³¹⁾。



写真-6 小丸大橋

(撮影 岡村 隆敏)

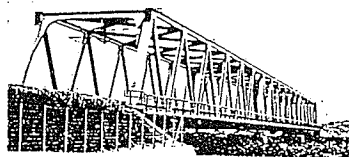


写真-8 新幹線のトラス橋

(撮影 奈良 一郎)



写真-9 中央道の上路トラス橋

(撮影 藤井 郁夫)

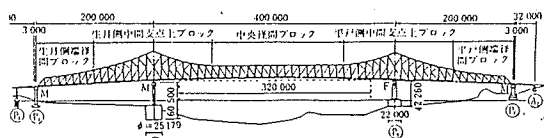


図-10 生月大橋

4. まとめ

日本でのトラス橋の変遷を支間を指標にして振り返ってみた。結果から次のようなことがいえる。

- ① 単純トラス橋では1890年代から1950年頃迄は支間長60m以下のトラス橋が多用されており、それ以上の支間長の橋が長大スパンのトラス橋といえるように思える。1970年代になると80～90m迄の橋が多用されるようになっている。
- ② 1930年代から導入されたカンチレバートラス橋は1960年頃まで比較的大支間の橋に多用された。
- ③ 1950年代になると連続トラス橋が次第にカンチレバートラス橋に代わって架けられ、やがて50～100m支間の多径間の橋には連続形式が常用されるようになった。そして1965年頃からいきなり200～300mと大変な大支間長の海を渡る連続トラス橋が架けられるようになった。
- ④ 洪水、木材の流送、船航、そして困難な下部工を避けるために長大なトラス橋が架けられている。
- ⑤ 長大トラス橋の架設は総足場工法に始まり多径間ではカンチレバー架設法が用いられ、最近の海に架ける橋ではクレーン船による一括架設法が用いられている。
- ⑥ 吉野川橋梁の例のような、地震による不等沈下には再度注意を払うべきであろう。
- ⑦ 第2次大戦以前に架設された連続トラス橋、特に木造トラス橋についてさらに調査を必要とする。

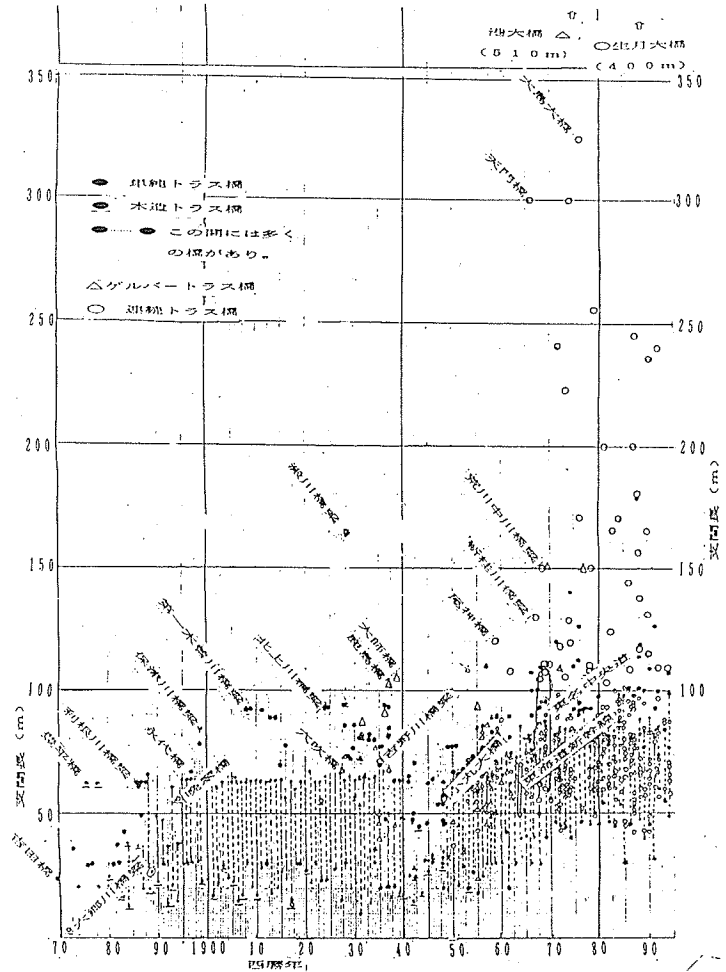


図-1.1 トラス橋の変遷(概 観)

参考文献

- 1) 藤井 郁夫「橋梁史年表」海洋架橋調査会平成4年9月28日
- 2) 海洋架橋調査会「世界の長大橋(第四版)」1995年4月
- 3) 日本橋梁建設協会「橋梁年鑑」 各年版
- 4) 久保田敬一「本邦鉄道橋ノ沿革ニ対シテ」土木学会誌 3巻1号83頁大正6年2月
- 5) 五十畑弘「橋梁 吉田橋」土木史研究第11号 335頁 土木学会 1991年6月5日
- 6) 山口敬介「皇平橋改築工事概況」道路の改良6巻11号55頁道路改良会大正13年11月15日
- 7) 小西祐一他「明治時代に製作された鉄道トラス橋の歴史と現状(第5報)」第9回日本土木史研究発表会論文集 227頁1989年6月
- 8) 渡辺喜夫「官設鉄道中央西線第一木曾川橋梁工事報告」帝國鉄道協会会報10巻2号104頁明治42年4月25日
- 9) 富田栄一郎「岩越線阿賀野川釜の並橋梁工事報告」帝國鉄道協会会報14巻5号662頁大正2年10月25日
- 10) 「北上川鉄道橋梁設工事」土木建築工事画報1巻1号34頁工事画報社大正14年2月25日
- 11) 関根茂樹他「瀬川橋梁工事報告概要」土木学会誌16巻8号513頁昭和5年8月
- 12) 成瀬輝男「鐵橋造の発展に寄与した人々(8)ゲルバー」鐵橋造協会誌No16, 1995年48頁

- 13) 中忠義「穴吹橋架設工事に就て」道路の改良 10巻6号75頁 道路改良会
- 14) 編集委員会「夕張残物語」33頁 岩手県 平成5年7月1日
- 15) 天竺良吉「電弧溶接橋-短期橋工事」第3回工学会大会講演集 87頁土木学会昭和11年7月
- 16) 耳野慎他「東西線東湯町～西船橋間の計画と施工」土木技術 24巻5号89頁土木技術社昭和44年5月1日
- 17) 木村孝宏他「荒川湾岸橋の設計と施工計画」橋梁と基礎 1974年8月12頁建設図書
- 18) 白黒清延「大師橋架設工事」土木工学7巻2号77頁工業雑誌社 昭和13年2月10日
- 19) 阪神高速道路公団「港大橋工事誌」70頁 昭和60年3月15日 土木学会
- 20) Lawrence N. Bigelow「Fifty-Year Development-Construction of Steel Steel Truss Bridges」ASCE June1974 239?
- 21) 磯忍「県下有数の名橋=兜橋=」商工会報くろいそ 63号6頁 平成1年5月1日
- 22) 原田啓「山口県岩国錦川筋鉄鋼橋架設工事報告」工学会誌 第414号75頁 1918年2月
- 23) 西村俊夫「鉄道トラス橋の歴史」橋梁と基礎 27巻8号18頁1993年8月
- 24) 稲葉雄兵衛「高松線吉野川橋梁の設計」土木工学3巻3号199頁工業雑誌社 昭和9年3月10日
- 25) 田中豊「新橋(1)」60頁 技報堂 昭和28年6月25日
- 26) 岩崎県土木部道路課「小丸大橋改築工事概要」土木技術 3巻5号32頁 昭和23年5月
- 27) 西谷勇夫「国道23号線重信橋工事報告」土木技術5巻9号26頁 昭和25年9月
- 28) 日本国有鉄道「東海道新幹線工事誌」253頁 昭和40年3月
- 29) 日本道路公団「中央高速道路工事誌」313頁 昭和45年3月20日
- 30) 土木学会「橋1966～1967」 6頁
- 31) 土木学会「橋1991～1992」 平成4年12月14日 14頁