

木造トラス構造の事例に関する歴史的調査

A Historical Study on Timber Truss Bridge Superstructure

○五十畠弘*

ISOHATA Hiroshi

*博（工学）JFEエンジニアリング（株）（〒100-8202 東京都千代田区丸の内1-1-2）

ABSTRACT In this paper timber truss bridge is spotlighted to study on the achievements of the construction in Japan during the early Modern period for examining the characteristics of the structures including iron and timber composite trusses. Also the cases in overseas countries especially Australia constructed for the same period as in Japan are studied as well as the situations of timber truss bridge technologies in western countries. Based on these studies the meanings of timber truss bridge construction during early modern period in Japan is considered.

Keyword: 木造トラス、橋、歴史的調査、技術発展、明治期

timber truss, bridge, historical study, technical development, Meiji period

1. 研究の目的と背景

近代における橋梁技術の発展は、新たな構造形式、構造材料をベースとした欧米の橋梁技術を導入する過程であった。この中にあって、建設された橋梁は、実用的には圧倒的多数が木橋であったが、木橋建設技術が橋梁技術全体の発展の中で果たした役割は、鉄、錬鉄、鋼やコンクリート構造に比べて限定的であった。しかし、梁構造主体の明治以前と比べ、構造的に明確な相違をもつアーチやトラスなどの木組構造が、木造構造あるいは、錬鉄との混合構造として明治初期から中期にかけてはじめて建設されたことは、国内における橋梁技術発展の流れの中で評価をする意味がある。

本論文では、木鉄混合構造を含む木造トラスに焦点をあて、近代初期におけるこれらの事例の調査を行い、構造的特徴を明らかにしつつ木造トラスが橋梁建設技術の中で果たした役割について考察する。また、国内への導入技術のもととなった欧米、とくにほぼ同時期に欧米からの技術導入で木造トラスを建設したオーストラリアにおける事例についても国内比較の視点から言及する。

2. 木造トラスの技術導入

2.1 明治期のトラス構造に対する認識

明治に入ってから土木寮によって旧幕府普請方の用いてきた橋梁工法が纏められた^①。これによれば、明治以前の木橋は、猿橋、愛本橋、錦帶橋などの一部を除き、ほとんどが梁を単純支持で用いた構造で、建築における伝統的な木組構造が、橋梁主構造に適用される事例は極めてまれであった。

このことから明治以後の木橋構造をそれ以前と比べると、明らかな違いとして欧米からの導入技術によってトラス、アーチなどの木組構造（日本道路史 p. 930 では「洋式木橋」と表現されている）が木造のみあるいは、木鉄混合構造として採用されるようになったことを指摘できる。

国内で日本語によって発行された初期の欧米技術に基づく橋梁工学図書^②によれば、トラス構造は「構桁」と表記され、構造について以下のように定義づけをしている。

「最簡単ナル構桁ハ三角形ナリトス而シテ如何ニ錯雜セル構桁ト雖モ必ズ三角形ヨリ組成セシ者ナラザル可カラズ然ラザレバ第一章「フレーム」(Frame) ノトキニ述ヘタル如ク此構造ハ其硬性ヲ保ツ能ハザレバナリ」

また、トラス構造の各種類に対して同書では、表-1に示す表記を採用している。木橋の材料としては、櫻、檜、栗、松、杉が一般的であった³⁾。

2.2 木橋・木造トラス施工実績

近代橋梁技術の発展の中で、鉄橋やコンクリート構造に比べて木橋の果たした役割は、必ずしも高くはないとの評価⁴⁾が一般的であったが、施工件数からみれば圧倒的多数が木橋で施工されている（表-2、注；木橋および土橋が木造橋）。

表-1 トラスの各構造形式の日本語表記

日本語表記	英語名称
鋸歯状構桁	Warren or Zig-zag Girder
双鋸歯状構桁	Double Warren Girder
方格構桁	Lattice Girder
フィンク構桁	Fink Truss
プラット構桁	Platt Truss
ハウ氏構桁	Howe Truss
ホイップル構桁	Whipple Truss
バルティモア橋梁会社構桁	Baltimore Bridge Co's Truss
ボルマン氏構桁	Bolman Truss
弓状構桁	Bowstring Girder

表-2 道路橋（6 尺（1.8m）以上）の形式別橋梁数、比率⁵⁾

年月	木橋	土橋	石橋	鉄橋	その他	合計
1902.12 (明治35年)	130,938 (45.8%)	101,289 (35.45)	53,478 (18.7)	85 (0.03)	362 (0.1)	286,152 (100%)
1907.12 (明治40年)	131,547 (44.8%)	109,321 (37.3)	61,816 (21.1)	114 (0.04)	554 (0.2)	293,352 (100%)
1912.12 (明治45年)	135,099 (42.0%)	117,478 (36.5)	67,935 (21.1)	315 (0.10)	623 (0.2)	321,450 (100%)

明治工業史（土木編）によれば、明治年間で施工された木造道路橋のうちトラスは、約 270 橋⁶⁾とされており、最も初期のものは、1876（明治 9）年に施工された豊平橋（北海道；木鉄複合ハウトラス 208ft×1+106ft×1），で、内地では、1879（明治 12）年施工の出雲橋（東京、橋長 15 間），次いで 1883（明治 16）年に馬入橋（神奈川、橋長；120 間）が施工された。（注；1ft=0.303m, 1in=0.025m, 1 間=1.82 m, 1 尺=303mm, 1 寸=30.3mm, 1 分=3.03mm）

1884（明治 17）から 1885（明治 18）に施工された主な木造トラスとしては、根古屋橋（埼玉、122 間 6 分），吉田橋（埼玉、21 間 5 分），秩父橋（埼玉、78 間 3 分），今宿橋（群馬、40 間），利根橋（群馬、90 尺×2，大月橋（山梨、33 間 5 分）などがある。この期間は、欧米からの技術導入開始後ほぼ 10 年を経て、日本人技術者の手で木造トラスを含む近代橋梁の設計、施工が開始された時期である。とくに群馬県では今宿橋のほかにも小規模ではあるが、野沢房敬によって各種の構造形式の木造・鉄複合構造トラスが施工されたのは注目に値する。

明治 26（1893）年には、富山県で高田雪太郎により木造アーチの愛本橋とともに、橋長 55 間の 2 径間木鉄混合トラスの笹津橋が神通川に架設されている。しかし、建設件数からみて木橋のほとんどが桁構造である状況は近代以前と変わることなく、木造トラスは橋梁工法として一般化することはなかった。

明治末年において現存した長さ 100 間（180m）以上の木造トラスはわずか 14 橋であった（表-3）。このうち最長は、1911（明治 44）年に着工され 1915（大正 4）年に完成した栃木県の鬼怒川橋で、橋長は 307 間 5 分であった。明治年間を通じて、木造トラスの施工例は、関東の埼玉、栃木、群馬および京都で多い。

一方、初期の鉄道建設においても木橋が建設された。新橋・横浜間の 23 橋 48 径間は、すべて木橋が採用された。このうち六郷川橋梁には、ラチス型トラスにクインポストを重ねた檜材によるトラスが採用され、それ以外はすべて櫻の単純桁が採用された⁷⁾。

六郷川橋梁のトラスは 55ft スパンが 7 連使用され、弦材には、高さ 1ft2in×厚さ 3in×長さ 30～40ft の檜材が重ねて使用された。六郷川橋梁は、杭周りの洗掘と部材の腐朽により開通後わずか 3

年後の 1875 (明治 8) 年に、鍛鉄トラスへの架け替え工事が開始され 1877 (明治 10) 年 11 月に工事が完了した⁸⁾.

1873 (明治) 6 年に着工された神戸・大阪間の鉄道建設でも武庫川、下神崎川、下十三川の 3 河川の橋梁は鍛鉄トラス桁であったが、これ以外は全て木橋が採用された。

木橋のうち都賀川橋梁は、六郷川橋梁と同形式の 33ft スパン 2 連で構成された下路キングポストトラスが採用された¹⁰⁾. しかし、これらの木造橋鉄は、供用後数年で鍛鉄桁や鍛鉄トラスに架け替えが進められ、供用期間は極めて短いものであった。従って明治期における木橋トラスの実績は、北海道の一部でアメリカの影響のもとトレッスル構造などが施工されたが、全国的にはほとんどが道路橋の分野であるといえる。

3. 初期の木造トラスの施工事例

明治初年以降 10 年代から 20 年代頃まで施工された木造トラスの施工事例について図面文献を中心調査をした。

3.1 都賀川橋梁(1873(明治 8)年)(図-1)

1873 (明治 6) 年頃に施工された神戸・大阪間鉄道の都賀川橋梁に採用されたトラス構造は、「本邦鐵道橋梁ノ沿革ニ就テ」によれば、「其ノ構造ハ六郷川構析ニ比シ頗ル堅牢ニシテ・・・」¹¹⁾ とで記述されており、新橋・横浜間の六郷川の経験を踏まえて設計されたことが推測される。33ft スパン 2 径間のクインポストで、格点はボルトで結合されている。橋床は下弦材に支持された床桁に床板を斜に張り、その上に軌道が置かれている、2 径間連続とはなっているが構造的には明確ではない。

表-3 明治末年における木造トラス道路橋
(橋長 100 間 (182m) 以上) (明治工業史 p. 33)⁹⁾

所在地	橋名	橋数
京都	桂橋、綾部橋、大堰橋、以久田橋	4
群馬	久芳橋	1
栃木	鬼怒橋、渡良瀬橋	2
愛知	木曽川橋	1
滋賀	御幸橋	1
岩手	宮古橋	1
高知	鏡川橋、物部川橋	2
愛知	重信橋	1
大分	山国橋	1
	橋数計	14

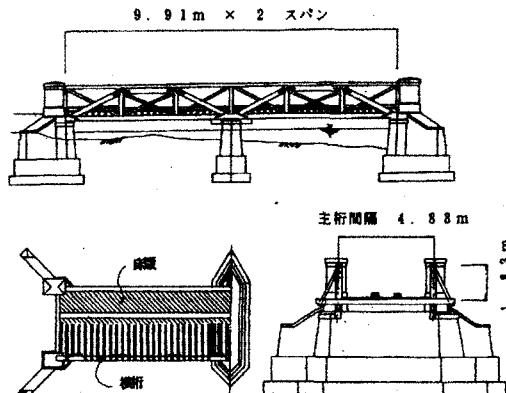


図-1 都賀川橋梁 (1873)¹²⁾

3.2 秩父橋(1885(明治 18)年)^{13) 14)}

秩父橋は、橋長 142.12m で幅員 4.24m、スパン 36.36m × 3 連と 18.18m × 2 連の木鉄混合構造のプラットトラスで、木造トラスとしてもっとも初期のものである。上弦材と垂直材に木材を使用し、引張材の下弦材、斜材に鍛鉄が用いられた。秩父橋は 1928 (昭和 3) 年のコンクリートアーチへの架け替えまで 40 余年の間供用された。

3.3 野沢房敬による木・鉄混合構造トラス(1892(明治 25)年前後)

国内橋梁技術は明治初年からの政府雇用の欧米人技術者や、欧米留学日本人技術者で急速に技術導入が進んだ。明治 10 年代に入ると欧米人技術者は減少傾向を辿り、日本人の手によって日本語の橋梁工学図書も出版され国内工学教育が充実してきた。

野沢房敬は、この時期に国内で工学教育を受け近代技術を修得した初期の世代である。1888 (明治 21) 年に帝国大学工科大学を卒業し、滋賀県を経て群馬県、山陽鉄道、九州鉄道に勤務をしている。群馬県勤務は 1 年半と短い期間であったが、明治 25 年前後のこの期間に木鉄混合トラスを数多く設計、

施工をしている。

これらの事例は欧米の橋梁技術を消化した日本人技術者の技術認識を知るための貴重な設計事例である。1893(明治26)年10月発行の資料¹⁵⁾に掲載された主な木・鉄混合トラスには以下のものがある。なお、使用鉄材は鋳鉄、鍛鉄である。

(1)只則橋(フィンクトラス)

最も単純なフィンクトラスで、断面12×10ft(305mm×254mm)の木材の弦材とスパン中央で下向きにポストを立てその先端から両支点に向けて張られた径1-1/4in(32mmφ)の鉄斜材で構成される。格点部には、板厚3/8in(9.5mm)の鉄材が使用されている。ボルトは径3/4in(19mmφ)が使用された。スパン40ft(12.2m)、幅員15ft(4.6m)である。

(2)新布橋(ポニー式ハウトラス)(図-2)

主構1面あたり直径1in(25mmφ、中央)、から1-1/2in(38mmφ)の鉄丸棒各2本の垂直材をもつスパン72ft(21.9m)のポニーハウトラスである。上弦材はスパン中央で添接された幅12in(305mm)、高さ9in(229mm)の部材が、中央パネル部で厚さ6inが追加された断面構成となっている。下弦材は端部パネルを除いて幅12in、高さ10inに6in厚が重ねられた断面で構成され、高さ10inの部材は、支点からスパン1/4の個所で添接されている。添接板はそれぞれ3/8in(19mm)厚の添鉄板と、径3/4in(19mmφ)のボルトによっている。また、格点部も鉄板とボルトで結合されている。下横構の斜材は、直径1in(25mmφ)の鉄丸棒が使用された。

(3)松見橋(ポニー式プラットトラス)(図-3)

鉄材の垂直材、斜材をもつスパン70ft(21.3m)ポニープラットトラスである。弦材は部材長31ft(9.4m)として、上弦材は2個所で添接され、下弦材はスパン中央とスパン1/4の3個所で添接された。斜材には中央部で径3/4in(19mmφ)×1本、あとは支点部方向に1in(25mmφ)1-1/8in,(29mmφ),1-1/4in(32mmφ)各2本の鉄丸棒が使用された。端部の垂直材には1-3/8in(35mmφ)の鉄丸棒が使用された。格点部には鉄板が使用されているが端部格点には鉄製のソケットが使われている。

(4)山田川橋(下路ハウトラス)(図-4)

スパン90ft(27.4m)のハウトラスである。下弦材は長さの異なる3枚の板を重ね、継手部で添接板を介してボルトで一体化された集成断面となっている。斜材は圧縮側部材が間隔をもつ2枚の板材で構成され、板材1枚の引張部材が2枚の圧縮材の間を通過して交差している。

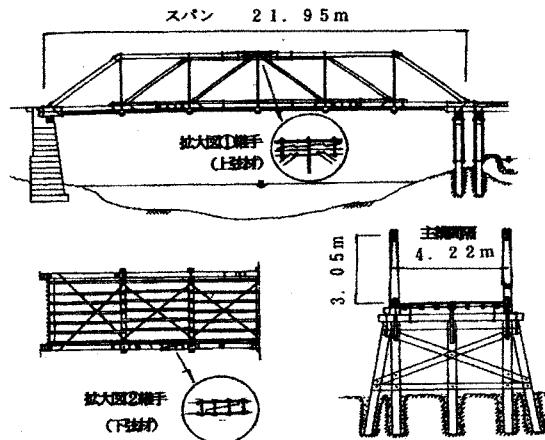


図-2 新布橋¹⁶⁾

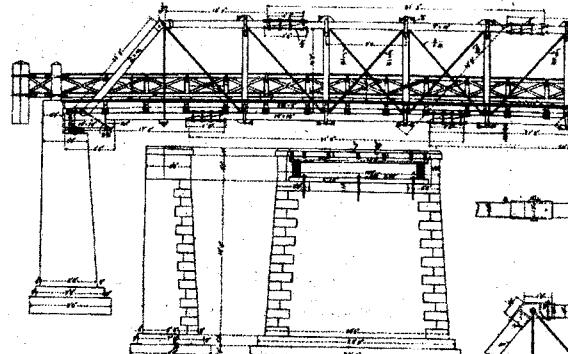


図-3 松見橋¹⁷⁾

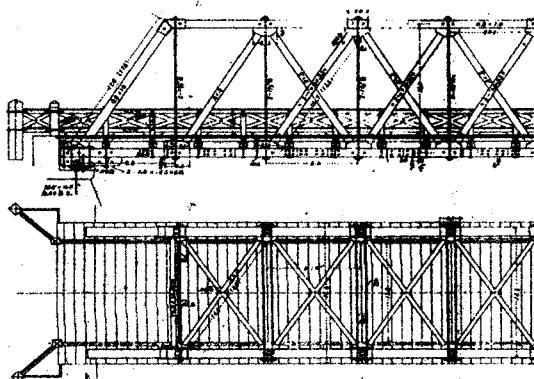


図-4 山田川橋¹⁸⁾

垂直材には、 $1\text{-}1/8\text{in}$, $1\text{-}1/4\text{in}$, $1\text{-}1/2\text{in}$, および $1\text{-}3/4\text{in}$ の 4 種類の鉄丸棒がそれぞれ 2 本づつ使用された。上下横構は斜材に木材、垂直材に鉄丸棒が使用された。格点には、鉄製のソケットが使用された。

(5)今宿橋(ポニー式ハウトラス)

スパン 50ft のポニーハウトラス 4 連で構成される。上弦材、斜材は幅 10in (254mm), 高さ 9in (228mm), 下弦材はスパン中央部で添接された幅 10in (254mm), 高さ 11in (279mm) の部材断面である。垂直材は 1 主構あたり 2 本の鉄丸棒で断面は端部で径 $1\text{-}1/8\text{in}$ であった。主構面は橋軸方向に $1/100$ の傾斜がつけられている。格点部はボルトによって結合される。下横構の格点部はパネル中央部となっており、下横構の垂直材にも径 $3/4\text{in}$ ($19\text{mm}\phi$) の鉄丸棒が使用されている。

(6)須川橋(上路ハウトラス) (図-5)

スパン 80ft (24.4m) の上路ハウトラスである。橋長としては、両側の渡桁を加えて 100ft (30.5m) となる。本橋は図面中に使用材料が記述されており、弦材は唐松材、格点のブロックには檜材、橋床は栗材となっている。垂直材は鉄丸棒で端部から中央に 1.2 寸 ($36\text{mm}\phi$) $\sim 0.8\text{ 寸}$ ($24\text{mm}\phi$) の各 1 本が使用された。上下横構の垂直材にも鉄丸鋼が使用されている。

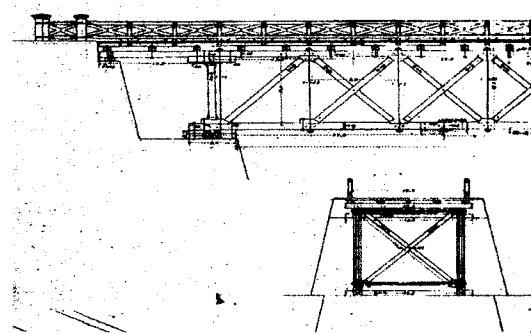


図-5 須川橋¹⁹⁾

(7)新栄橋(下路ハウトラス)

スパン 75ft (22.9m) の下路ハウトラスである。弦材、格点ブロックとも檜材が使用され添接板には厚さ $3/8\text{in}$ 、垂直材には径 $1\text{-}1/4\text{in}$, $1\text{-}1/8\text{in}$ の鍛鉄棒が各 2 本づつ使用された。主構の斜材は圧縮部材が 2 枚、引張部材が 1 枚で構成され、引張部材が 2 枚の圧縮部材の間を通過して交差している。下横構は主構の 2 パネル分を 1 パネルとして斜材に径 $1\text{-}1/4\text{in}$, $1\text{-}1/8\text{in}$ の鍛鉄の丸棒を使用している。

4. 海外の木造トラス技術

4. 1 欧米における木造トラス技術

欧米における木組構造は、中世以降長い歴史をもつが、アーチ構造と分化を図り独自のトラス構造分野が確立されたのは近代に入ってからである。アメリカでの発達の影響を受けてトラス構造は、19世紀前半にはすでに構造形式として確立された技術となった。19世紀に入り、欧米、特にアメリカやオーストラリアでは、鉄製橋梁とならんで、木造トレッスル構造や木造トラス構造などの木橋が地方道路のみならず幹線道路や鉄道橋の実用橋として多数施工された。

19世紀における木橋建設技術の拠り所として、1824年にイギリスで出版されたトマス・トレッドゴールド (Thomas Tredgold; 1788-1829) の Elementary Principles of Carpentry がある。この図書は、国内にも影響を与えた、1901 (明治 41) 年に発行された日本語の橋梁工学の図書²⁰⁾に「トレッドゴールドの継手の基準」として引用されている。高田雪太郎もトレッドゴールドの図書を参考にして木造アーチの越中愛本橋を設計しており、同時期での国内での木橋の設計の参考にされたものと思われる²¹⁾。

4. 2 オーストラリアにおける木造トラスの事例²²⁾²³⁾²⁴⁾

オーストラリアでは、1859年にPWD (公共事業局) が設立され、当初は主要な道路橋は石造橋か木造アーチによって建設された。木造アーチは、イギリスの設計をそのまま導入したもので、地場の hard wood (潤葉樹) を使用した集成材によって構成されるアーチリブは、腐食による一部取り替えなどの維持が困難であり、経済性に劣ることから、1860年代に入るとトラス構造に切り替えられた。木造トラス構造は、その後 20 世紀初頭まで改良を加えながら発展し、実務的にも幹線道路の一般的な橋梁として建設された。

1860 年代には、イギリスから導入されたクイーンポストトラスが改良されて「OLD PWD (旧公共事業

局)」タイプとして標準化された。ニューサウスウェールズでは、1862年から1889年までの間に、道路整備にともない延長64kmの橋梁が建設された。橋梁は鍛鉄ラチス桁が一部含まれるが、ほとんどが木橋であり、内147箇所にスパン55ftから100ftのOLD PWDタイプの木造トラスが架設された。OLD PWDタイプは、2橋が現存し内一橋が1877年に施工されたMonkerai橋である(写真-1)。



写真-1 Monkerai 橋 (1877年, Karuah川, Monkerai, NSW)²⁵⁾

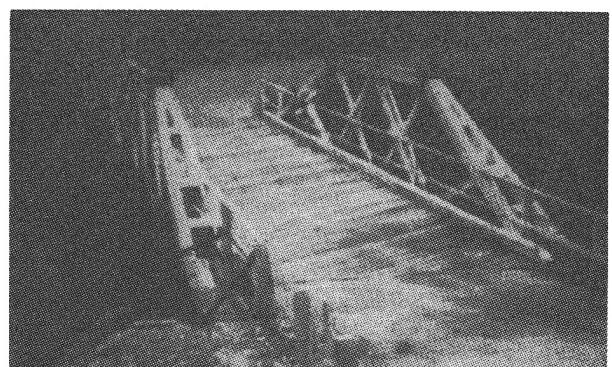


写真-2 Gaston Gorge 橋 (1892年, Tunks Creek, Hornsby, NSW)²⁶⁾



写真-3 Wee Jasper 橋 (1896年, Coodradigbee River, Wee Jasper, NSW)²⁷⁾



写真-4 Allan トラス (1996年筆者撮影; 建造1900年頃, Singleton, NSW付近の地方道)

OLD PWDタイプはその後、主構の面外安定のために、上弦材端部を勾配のつけた2本の部材とする他、垂直材のロッドを主構の外側に配置されるように改良された(写真-2)。しかし、1本物の木材で構成される上弦材の取り替え、および4枚の板材で集成される下弦材の部分取り替えの困難さなど、維持上の問題が指摘された。一方では、道路橋荷重として蒸気エンジン付きのトレーラーによる荷重の増加、植民地政策による経済性重視の設計もあって、1890年代には、木造トラスの設計はアメリカの技術を導入して大幅に改良が加えられた。これが設計者Percy Allanの名前をとって「Allanトラス」と呼ばれる形式である(写真-3, 4)。

この形式は、アメリカの木造ハウトラスの構造を取り入れ、施工しやすく、部材の部分的取り替え、維持も従来形式より容易であることから1894年にPWDの標準形式となって普及した。1890年代には108橋が施工されている。木造トラスの各構造形式では、いずれも、格点(写真-5)、吊材、ニーブレース、および添接板に鍛鉄、鍛鉄材が使用されている。また、スパンを長くするために、主構をより

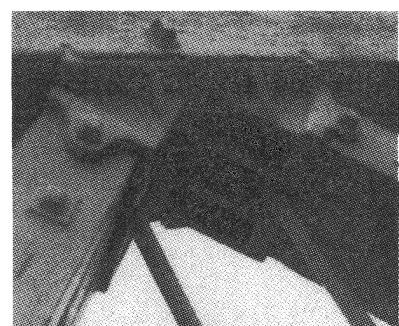


写真-5 Allan トラス橋の格点部 (1996年筆者撮影; 建造1900年頃, Singleton, NSW付近の地方道)

高くして上横構を設ける構造もアメリカの設計を導入して施工され、これらの一例は現存する。

5. 考察

5.1 内外比較の視点による構造的評価

鉄道用木造トラスは、最も初期に施工されたトラスの事例であるが、六郷川橋、都賀川橋とも構造的には曖昧さが残り、鉄橋への架け替えを前提とした仮橋的な意味が高かったと思われる。実際に木製鉄道橋は1878（明治11）年頃より鉄桁への架け替えが進められたため、鉄道橋において木橋が使用されたのは、明治5年以降の10年間程度の短期間に留まった。このため鉄道用木造トラスの影響は限定的であった。この点、国内での鉄道橋用の木橋については実用性から比較的長期間に亘って木造トラスが使用されたアメリカやオーストラリアとは大きく異なる。

国内における木造トラス建設の橋梁技術発展上の意味は、道路橋の分野において、引張材や、格点部、継手部に鉄材を用いた木鉄混合構造の実践を積んだ点にある。木造トラスの設計を通じて構造力学理論に適ったより合理的な構造を目指したことが、木鉄混合トラスの施工例、図面から窺える。

しかし、橋梁が仮設的な構造物であるとの旧来の意識の枠を脱することに国内の木橋技術が貢献したかについては疑問がある。これは、野沢の設計した木鉄混合トラスの図面をアメリカやオーストラリアの構造と較べることで推測できる。

1880年代の日本人の設計した木造トラスは、オーストラリアと同様に欧米という同じ導入技術を消化しているが、すでに日本式に設計されて、オーストラリアの木造トラスとは、相違点が出ている。

野沢の木鉄混合トラスは、オーストラリアのトラスと比べ格点部など詳細部では類似してはいるが、構造的には、水平方向を含み全体剛性がかなり低く、相当振動しやすい橋梁であったものと思われる。これは設計荷重の違いによるよりも、永久構造を目指すか否かの設計意識の差とみることができる。

更に、新布橋、松見橋、今宿橋はそれぞれボニートラスであるが、すべてニーブレースが省略されている点もオーストラリアや欧米の事例と異なる。雨水の処理なども勘案すると、結果として耐久性の短い橋であったことがうかがえ、設計の考え方の根底には旧来の木橋同様に、限定期間での機能を期待する仮橋の設計思想を脱していないことが推測される。これは、19世紀の後半の30年ほどの間に、オーストラリアの木造トラスが半永久橋を目指して施工性とともに、維持の観点も取り入れて構造の改良が行われたことと大きく異なる点である。

5.2 木造トラス施工の橋梁技術発展上の意味

(1) 木造トラス建設の意味

明治10年代末頃から木造トラスの建設事例が出現したことは、近代橋梁技術が消化から建設へと転換を示す事象として捉えることができる。この時期は、日本人による日本語での橋梁工学図書の発刊が始まった時期と一致している。例えば、1880～86（明治23～29）年には土木講義録（工学書院発刊）の中で「木橋架設ニ就テ」が発刊された。これは明治初年では一部の欧米留学やお雇外国人技術者に就いてのみ取得できた欧米知識の一般化傾向を示しており、技術発展過程上大きな意味をもつ。これと同様に、欧米技術の知識をベースとする木造トラスが、日本人によって設計、施工されたことは、導入技術がこの時期までに消化されたと見ることができる。

(2) 木造トラス建設の橋梁技術への影響

木造トラス、特に木鉄混合トラスは、木造アーチとともに、構造材料として高価な鍛鉄材ではなく安価な木材を使用することで、欧米流の橋梁技術を実践する機会を提供したことにより近代橋梁技術の導入に寄与したことが評価できる。これは、木造構造が施工件数の少ない鉄橋に代わって、近代構造力学、橋梁工学の実践の場としての意味を与えたと捉えることもできる。

しかし、木造トラスの橋梁技術全体の中での影響力を考えた場合、材料が木造であることをもって、その影響力は限定的であった。これは、木材が旧来の材料であることで、たとえ構造技術自体がトラスという欧米先進技術に基づく構造であっても、19世紀後半の近代初期の国内工業技術分野は、欧米からのハード中心の数多くのものが流入するという新しいモノの溢れる時代にあって、先進技術とは受け入れにくかったと考えられる。橋梁分野では、新時代にふさわしい鍛鉄、そして鋼鉄を材料とす

ることが、先進的な技術として評価される条件とされたものと考えられる。これが木橋、および木造トラス構造に対するバイアスのかかった評価²⁸⁾つながったものと考えられる。

参考文献および注釈

- 1) 堤防橋梁積方大概: 土木寮, 明治 4 年
- 2) 例えば、岡田竹五郎著「橋梁論」, 工談会, pp. 74-78, 明治 26 年 12 月.
- 3) 「木橋架設便覧」, 前澤初治著, 明治 41 年 10 月」 p. 6, では、木材の等級として 1 等から 5 等まで、それぞれ、櫻、桧、栗、松、杉のランク付けをしている。また、「近世橋梁学(上巻)」, 中村謙一郎著, 明治 44 年」 p. 20 では、作用引張強度として、櫻 2000lbs/in², 桧、松 1700lbs/in², 杉 1200lbs/in² としている。
- 4) 「日本道路史」, 道路協会編, 1977」では、「架設数からは圧倒的に多かったものの、歴史的な意味合いをもつ橋梁はごく少ない。むしろ明治以前の橋梁史に注目せざるを得ない。」(p. 930) とされており、「土木技術の発展と社会資本に関する研究(発行: 総合研究開発機構, 八十島義之助編, 技報堂, 昭和 60 年 7 月)」, p. 339) では、「・・・しかし、木橋架設技術は、すでに江戸時代に職人の手にゆだねられており明治期において技術的に特筆すべきものはない。」とある。
- 5) 明治工業史(土木編) : 工学会編, p. 33, 1929.
- 6) 前掲文献 5), p. 42.
- 7) 久保田敬一: 本邦鐵道橋梁ノ沿革ニ就テ, 鉄道省大臣官房, 1933, p. 33
- 8) 前掲文献 7), p. 33.
- 9) 前掲文献 5), p. 231.
- 10) 前掲文献 7), p. 33.
- 11) 前掲文献 7), p. 33.
- 12) 前掲文献 7), 第二図より作図
- 13) 秩父橋架替工事概要, 埼玉県, 昭和 6 年 5 月
- 14) 高田貞一: 秩父橋架替工事概要, 工事画報 p. 10. 昭和 6 年 7 月号.
- 15) 野沢房敬: 木橋図譜, 工学書院, 明治 26 年 10 月.
- 16) 前掲文献 15) 附図
- 17) 前掲文献 15) 附図
- 18) 前掲文献 15) 附図
- 19) 前掲文献 15) 附図
- 20) 前沢初治著, 原龍太郎閲, 金井彦三郎校: 実用木橋架設便覧 (The Manual of Wooden beam bridge adopted for practical use), p. 12, 1901.
- 21) 市川紀一: 越中愛本橋(下), 橋梁と基礎 94-6. p. 43, 1994. 6.
- 22) Chrimes. M.: Civil Engineering 1839-1889, A Photographic History, Thomas Telford, pp. 99-104, 1991.
- 23) Fraser R.: Evolution of Timber Truss Road Bridges in New South Wales, Australia, Proceeding of an International Conference on Historic Bridges to Celebrate the 150th Anniversary of the Wheeling Suspension bridge, pp. 155-170, October 21-23, 1999.
- 24) Coltheart L, Fraser D. : Landmarks in Public Works, Engineers and their works in New South Wales 1884-1914, Southwood Press, NSW, pp. 50-61, 1987.
- 25) 前掲文献 23), p. 159.
- 26) 前掲文献 24), p. 51.
- 27) 前掲文献 24), p. 51.
- 28) 例えば、前掲文献 4) に示す木橋に対する評価