

## 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

首都圏新都市鉄道(株) 正会員 西野保行  
信州大学工学部 正会員 小西純一  
茨城大学教育学部 中川浩一

### The Historical Outline of Railway Plate Girders in Japan before 1912

#### 要旨

明治期のわが国の鉄道用橋梁として主力を占めたものは、プレートガーダー(鉄桁)であって、径間15ftから80ftに至る領域は、これが主力を占めており、早くから標準設計(定規と称した)が確立していた。しかしながら、その中でも主力を占める官鉄に関するものはかなり詳細が解っていたが、それ以外の私設鉄道のものや、全部を通じての架設状況などは系統的な記録に乏しい。そこで、かなり現物が減少してきたとはいえまだそれが存在するうちに、実証的な裏付けをもとに一連の研究を行って行きたいと考えるもので、今回はその導入部とし概説を述べるものである。[明治時代、鉄道橋梁、プレートガーダー]

#### 1. 鉄道用鉄桁の史的研究の現状について

筆者のうち、小西・西野は、洲上とともに、過去数年にわたって明治期の鉄道用トラス橋について、一連の研究を発表してきた<sup>1)</sup>。しかし、トラス橋よりもはるかに多数を占める同時代の鉄桁については、その複雑さが早くから知られており(文献2)3)など)、その判別については、文献3)4)5)6)などを読むにつけても、実務者においても、相当苦勞したようであって、われわれはその研究の着手にはなかなか踏み切れなかった。この研究を進展させるためには、特に、寸法の実測が欠かせないため、視察によるだけでは不十分な面があり、現物を中心とした研究は、同時代のトラス橋に比し大幅に遅れているのが現状である。

#### 2. 明治期における鉄道橋梁の一般的趨勢<sup>7)-10)</sup>

明治期における鉄道用鉄桁の位置付けを知るために、鉄桁以外の形式の鉄道橋梁の一般的趨勢を見ておきたいと思う。

##### (1) 木桁

本邦における鉄道橋として最初に出現したものは木桁であり、1872(明治5)年竣工の東京・横浜間に架設された23橋である。径間長13ftから48

ftのものは<sup>けやき</sup>欅材を数本並べた単桁で、六郷川の7連のみが55ftのラチストラスであった。

1873(明治6)年頃架設された神戸・大阪間の橋梁にも、木桁(単純桁・トラス)が採用されたが、大阪以東においては木桁は溝橋に採用されるにとどまった。

木桁についても12ft、15ft、18ftの標準設計が、シャービントンならびにポーナルによって定められていた。木桁は1875(明治8)年以降、鉄橋に架け替えられていったが、すべて消滅したのは1897(明治30)年以後のことであった。

##### (2) I形桁(工形桁)

1888(明治21)年に木桁に代替すべきものとして12ft~18ftのI形桁の設計が行われた。しかし、ポーナルはI形材の材質に不安があるとしてこれを採用せず、翌年これに代る鉄桁を設計した。一方、山陽鉄道や九州鉄道ではI形桁を多数架設した。官設鉄道では1895(明治28)年に至って古川晴一が、3ft~12ftのものを設計して以降、広く採用された。1906(明治39)年に15ft桁、18ft桁を加えた。1909(明治42)年、E33荷重に対応するものが太田円三により設計された。

##### (3) 槽状桁

槽状桁は、官鉄のごく初期に三ノ宮停車場に採用されたと伝えられ、また明治20年代に山陽・関西・阪鶴・参宮の各鉄道が採用したというが、特別設計であって、数は少なかった。標準設計は、1909（明治42）年にE33荷重に対して9ft~18ftのもの制定されたのが最初である。

#### （4）トラス桁（鉄製）

わが国最初の鉄製トラス桁は、大阪・神戸間の武庫川、下神崎川、下十三川に架けられた全長70ftの錬鉄製3主構複線ポニーワーレントラスであって、純径間は約65ftしかなかった。

1876（明治9）年以降単線100ft ワーレントラス、翌年には、六郷川の木トラスの架け替え用としての複線100ft ワーレントラスが出現して、トラス桁はもっぱら100ft 以上を担当することとなり、70ft、80ftは、鋳桁の適用範囲に属することとなって行く。

### 3. 初期における鋳桁の導入<sup>7) 8) 10) 12)</sup>

わが国の鉄道に錬鉄製鋳桁が導入されるのは、大阪・京都間においてである。すなわち東京・横浜間はもちろん、鉄製トラス桁が導入された神戸・大阪間においても当初は鋳桁は採用されていない。

大阪・京都間におけるものには、イングランドの概略設計に基づいてイギリスにおいて製作されたものと考えられているが、詳細は不明である。ただ松ノ尾川橋梁のみはその図面が知られている。径間50ftの下路鋳桁で、上縁が中央に向かって高く曲線を描いているタイプのものである。

次いで、木桁の架け替え用として、東京・横浜

間及び大阪・神戸間において、1878（明治11）年頃より多数製作架設された。その設計は在日のイギリス人によるもので、製作は新橋工場六郷川岸分工場ならびに神戸工場において行われた。東京・横浜間のは、径間19ftから32ft9in、神戸・大阪間のは、桁の全長が17ft6in から63ftに及んだが、特に後者は、単桁のほか、2径間から4径間の連続桁を採用したのが特徴である。

京都・大津間以後については、鋳桁は広く当初より採用され、後の標準設計へとつながって行く。

#### 4. 鋳桁の適用範囲について<sup>7) 8) 10) 12)</sup>

まず、径間の短い方についてであるが、先に木桁よりI形桁への架け換えの所で述べたように、3ft~12ftはI形桁の範囲と考えられていた。したがって短い方は12ftからスタートしたが、後に転圧I形材の信頼度が上がるにつれて、15ft、18ftはそちらの分野ということになり、20ftが最短のものとして定着して行く。

径間の長い方については、上述のように100ftはトラス桁の範囲に入るものと早くから割り切られていた。1881（明治14）年に、連続桁ではあるが、姉川及び妹川に70ftを架けたことが自信となり、70ftの単桁は早期に出現し、1894（明治27）年には鋼鋳桁として80ftを設計するに至った。

明治期を締めくくる1909（明治42）年制定の達680号型（明治42年式、活荷重E33）においても径間20ftから80ftに至る範囲は変わらず、この間が鋳桁の適用範囲として定着したことがうかがわれる。

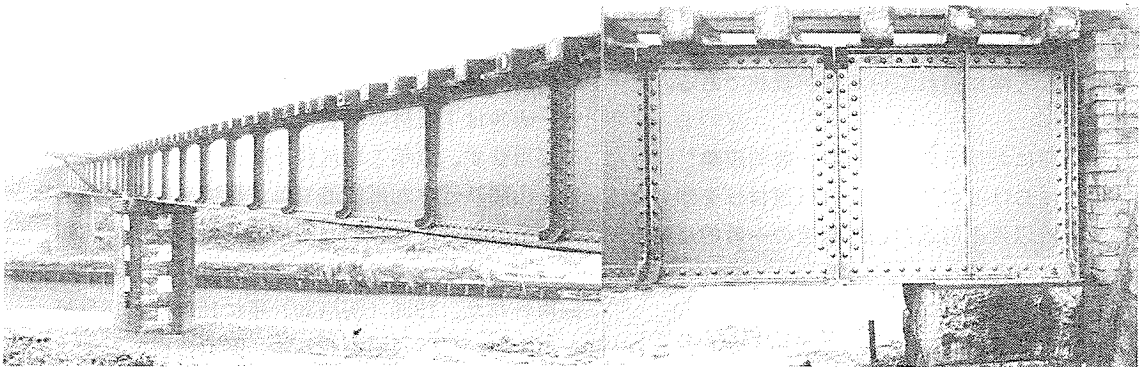


写真1 作錬式70ft桁の例、武豊線石ヶ瀬川橋梁、1891年架設、溝型溶接補強を施工。[1991.10.1小西]

写真2 石ヶ瀬川橋梁70ft桁端部、[1991.10.1小西]

## 5. ポーナル来日以前の鉄桁<sup>7) 8) 12)</sup>

イギリス人ポーナルは1882(明治15)年に建築師長となり、1896(明治29)年にその職を去って行くが、その間は「ポーナル時代」と呼ばれるほどに彼の影響の強い時代であった。彼の来日以前における鉄桁については、上述のように不明の点もあるが、概略次のような流れではなかったかと考えられる。

まず、錬鉄製鉄桁が当初より出現する大阪・京都間については、イングランドの概略設計でイギリス設計・製作と考えられる。次に東京・横浜間と神戸・大阪間の木桁架け替えに対応するものは、1878(明治11)年頃に出現してくる。設計者は、参考文献<sup>7) 8)</sup>によると、「本邦在住英人」とあるが、当時の建築師長であった、シャーピントンとイングランドの影響下にあったものと推測される<sup>11)</sup>。京都・大津間および敦賀・長浜間における鉄桁はシャーピントンの事務所において設計したが、そのうち特に鴨川の50ft鉄桁は三村周の設計に関わるものである。

## 6. ポーナル設計の鉄桁とその系列化<sup>7) 8)</sup>

ポーナルは、長浜以東の東海道線の橋梁について腕を振るうが、特に200ftのダブルワーレントラスに関しては有名である。しかしその最大の功績は、1889(明治22)年の東海道線全通後に力を尽した、鉄桁の標準設計化(基本橋桁制定)ではないかと考えられる。

標準設計的な鉄桁は、先にシャーピントンが20ftと30ftのものを設計していたが、ポーナルは来

日して直ちに、これらより長い径間のものについての設計を行って系列化を完成した。その内容は7.において詳述するが、一般に「作錬式鉄桁」といわれるものである。しかし一時期にまとめて設計されたものではないので、やや寄せ集め的な感があるが、わが国最初の標準桁であり、これらの組み合わせによって橋梁の径間構成をする手法は今日に至るまで守られている。

1887(明治20)年を過ぎると、鉄橋の材質としてようやく鋼が基本として定着してくるが、鉄道局長官松本荘一郎は、ポーナルに命じて、鋼鉄桁の標準設計を行わせた。これは、1893(明治26)年から翌年にわたって完成したが、先の作錬式によく似たものであって、「作30年式鉄桁」と呼ばれるものである。

以上の2系列は一般に「ポーナル型鉄桁」と呼ばれており、補剛材にT型材を好んで用い、また両端でフランジ山形を避けるように湾曲しているので視覚的にも直ちに判別できるものである。

ポーナルの離日後、日本の鉄道橋技術はアメリカに傾斜し、鉄桁も後述の「作35年式鉄桁」に移行してしまうが、いまだに多くの「ポーナル桁」が残存していることは、この桁の優秀さを示しているといえよう。

## 7. 作錬式鉄桁

### (1) 概要<sup>7) 8)</sup>

作錬式鉄桁とは、鉄道作業局が制定した全錬鉄製鉄桁定規に属する一連の鉄桁のことである。一部既存のものを尊重し、8年間位にわたって設計

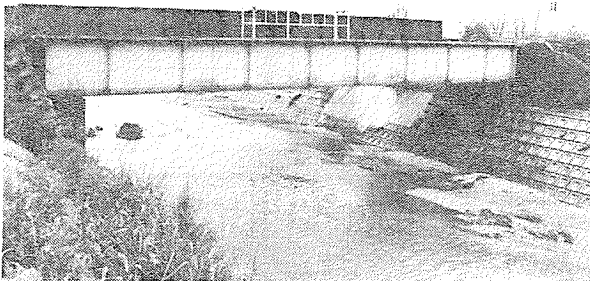


写真3 作錬式47ft桁の例、武豊線明德寺川橋梁、1891年架設、1/3部分を佐久間レールパークに保存展示 [1991.10.1小西]

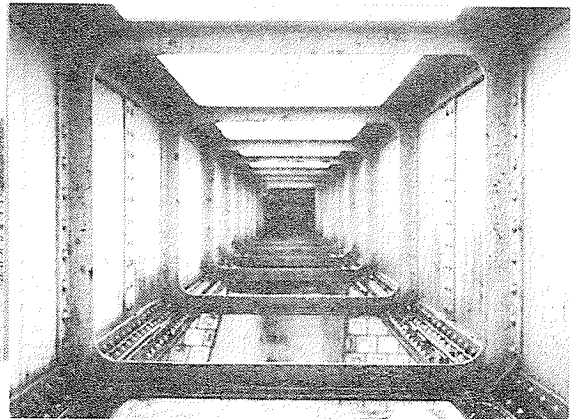


写真4 作錬式47ft桁のブラケット、明德寺川橋梁

されたものを系列化したため、補剛材の間隔などは径間ごとにばらばらである。表1に主要寸法などを示す。なお、図1に、文献6)p.45から、「上路プレートガーダーの見分け方」という各種桁の特徴のポイントを示す図表を転載させていただく。

(2) 構造上の特徴

この桁の構造上の特徴は次のようである。

- a) カバプレートの幅は広く、桁の全長に及んでおり、桁端部には端カバプレートがある。
- b) フランジ山形の断面は小さい。


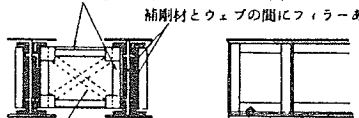
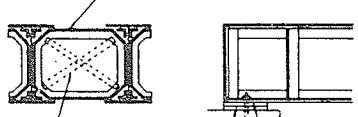
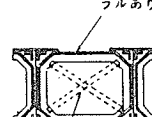

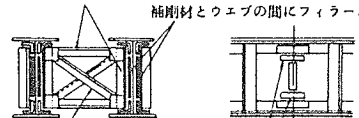
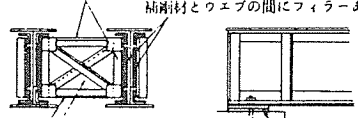
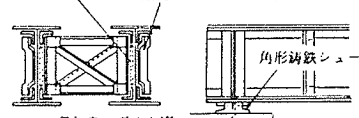
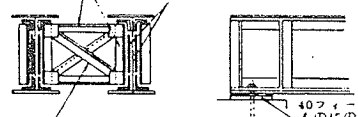
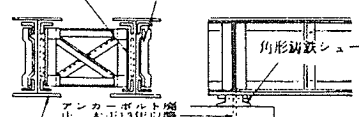
型式	特徴	型式	特徴
作 様 式	<p>補剛材と支材を基たT形鋼。ラテラルなし。</p>  <p>30フィート以下のものに平鋼のダイヤゴナルあり。 (補鉄の見分け方) グラインダーで火花を発生させるとき補鉄はしだれ状、鋼は松形となる。</p> <p>底板(ソールプレート)なし。</p>	(12フィートから20フィート)	<p>補剛材と支材はL形鋼。15フィート以上のものにラテラルあり。</p>  <p>補剛材とウェブの間にフィラーあり。</p> <p>15フィート以上のものに平鋼のダイヤゴナルあり。</p>
30年式 (鉄作乙 第1075号)	<p>補剛材と支材を基たLまたはT形鋼。ラテラルなし。</p>  <p>ポータル氏式は18フィート以下のものに平鋼のダイヤゴナルにあり。 (30フィートにもある)</p> <p>底板あり。 M.32年以降のものに体鉄(ソールプレート)が追加。</p>	関西補強形	<p>(30フィート以上)</p> <p>補剛材と支材を基たLまたはT形鋼。ラテラルあり。</p>  <p>平鋼のダイヤゴナルあり。</p>
37年式	<p>補剛材と支材はL形鋼。ラテラルなし。</p>  <p>平鋼のダイヤゴナルあり。支材と共にカセットプレートで内張補剛材に取付けられる。</p> <p>底板、床版、共にあり。</p>	42年式 (達第680号) E 33	<p>(作35年式に準ずる) 補剛材、支材、およびラテラルあり。L形鋼</p>  <p>補剛材とウェブの間にフィラーあり。</p> <p>対傾鋼あり。L形鋼</p> <p>下フランジのカバプレートは応力上の必要後に止めている。</p> <p>ウェブの添接にモーメントプレートを使用。</p>
35年式 (鉄作乙 第7号)	<p>補剛材、支材、およびラテラルあり。L形鋼。</p>  <p>補剛材とウェブの間にフィラーあり。</p> <p>対傾鋼あり。L形鋼。</p> <p>80フィートのものに下ラテラルあり。</p> <p>底板のみあり。</p>	大正8年式 (達第540号) E 33	<p>端補剛材および対傾鋼取付部のみフィラーあり。</p>  <p>補剛材をクリンプして直接ウェブに添結。</p> <p>角形鋼鉄シュー使用。</p> <p>アンカーボルト腐出。大正13年以降再び採用。</p>
山崎基本形 40年式 (鉄作乙 第880号)	<p>補剛材、支材、およびラテラルあり。L形鋼</p>  <p>補剛材とウェブの間にフィラーあり。</p> <p>対傾鋼あり。L形鋼</p> <p>40フィートのものにのみ体鉄板にあり。</p>	大正9年式 (達第94号) E 40	<p>(大正8年式に準ずる) 端補剛材および対傾鋼取付部のみフィラーあり。</p>  <p>補剛材をクリンプして直接ウェブに添結。</p> <p>角形鋼鉄シュー使用。</p> <p>アンカーボルト腐出。大正13年以降再び採用。</p> <p>60フィート以上で、カバプレート3枚。</p>

図1 上路プレートガーダーの見分け方 文献6)所載

表1 作鍊式鉄桁（鉄道作業局鍊鉄鉄桁） [参考文献2)4)7)8)によって作成]

径間	支間	全長	高さ	傾斜	重量	設計年	備考
ft	ft-in	ft-in	ft-in	ft-in	ton		
12-0	13- 2	14- 4	1- 3	3- 8 <sup>1/4</sup>	1.242	1889(期22)	I形桁代替
15-0	16- 6	18- 0	1- 6	3- 8 <sup>1/4</sup>	1.849	1889(期22)	I形桁代替
18-0	19- 6	21- 0	1- 8	3- 8 <sup>1/4</sup>	1.986	1889(期22)	I形桁代替) I形桁代替
20-0	21- 8	23- 0	2- 0	3- 8 <sup>1/4</sup>	2.650	1881(期14)	頃 Shervinton設計
30-0	31- 4	33- 0	2- 6	3- 8 <sup>1/4</sup>	5.611	1881(期14)	頃 Shervinton設計
40-0	42-0 <sup>1/2</sup>	44- 1	3- 3	3- 8 <sup>1/4</sup>	7.542	1883(期16)	頃
50-0	52- 2	54- 4	4-0 <sup>3/8</sup>	5- 0	12.473	1883(期16)	日本鉄道荒川橋梁用
47-4	49- 6	51- 8	4-0 <sup>3/8</sup>	5- 0	12.366	1886(期19)	50-0を改訂
60-0	62- 6	65- 1	4-4 <sup>1/2</sup>	5- 0	16.016	1885(期18)	
70-0	72- 2	74- 4	4-10	5- 0	21.515	1885(期18)	70ft連続桁を基に設計, 短尺
70-0	73- 0	76- 0	4-10	5- 0	22.479	1886(期19)	改訂, 支承面積増大, 長尺

注: 特記のほかは建築師長C. A. W. Pownall 設計。平面支承で支間は概略値。高さは山形背面間。

c) 補剛材は両端で山形は避けるように湾曲しており、腹板とカバープレートにリベット結合されている。補剛材間隔は大きく、またその材型としては、T型材が好んで用いられている。

d) 小径間のものを除いては対傾材はなく、補剛材と支材とを、片仮名の口の字型に鍛接したブラケットと称する一体の枠を用いている。また横構はない。

e) 支承は平面支承で、オリジナルのものでは底板も床板もない。

f) 40ft以下の桁ではレールの直下に桁がくるよう桁中心間隔が決められている。

g) 腹板はせん断力にのみ抵抗するものと考えており、腹板添接用リベットは片側1列で、補剛材の取り付けリベットがこの添接を兼ねている場合がある。モーメントプレートはない。

これらの特徴は、視覚的な観察で明らかに認められるところであり、d)を除いて1920年代のイギリスの教科書に説明されているプラクティスとはほぼ一致している<sup>18)</sup>。

### 8. 作30年式鉄桁<sup>7)8)</sup>

形態的・寸法的に作鍊式とはほぼ同じであるが、材料を鋼とした。ただ屈曲や鍛接に便なように、補剛材・支材には鍊鉄を引き続き用いた。その主要寸法は表2の通りである。47ft4in桁は50ftとなり、また径間の長い方に80ft桁が加えられた。なお、補剛材配置は、スパンによっては作鍊式と異なっている。80ft桁においては、その端部において腹板を厚くし、水平補剛材を置くなどして、補強に意を注いでいる。

この形式は1894(明治27)年頃から1908(明治41)年頃にわたって広く各地に架設され、各私鉄でも同系のものが採用された。さしたる補強もされずに現用されているものも各地で見られる。

なお、外側の補剛材はそのまま、内側のブラケットを廃し、次に述べる作35年式と同様のまっすぐな補剛材と支材、対傾構に変えた明治37年式という形式も存在した<sup>4)5)</sup>。

### 9. 作35年式鉄桁<sup>7)8)</sup>

ポーナルの帰国後、わが国の鉄道橋梁技術はそ

表2 作30年式鉄桁（鉄道作業局明治30年11月17日鉄作乙第1075号） [参考文献2)4)7)8)によって作成]

径間	支間	全長	高さ	傾斜	重量	設計年	備考
ft	ft-in	ft-in	ft-in	ft-in	ton		
15-0	16- 6	18- 0	1- 6	3- 8 <sup>1/4</sup>	1.898	1893(期26)	
20-0	21- 6	23- 0	2- 0	3- 8 <sup>1/4</sup>	2.514	1893(期26)	
30-0	31- 6	33- 0	2- 6	3- 8 <sup>1/4</sup>	5.353	1893(期26)	
40-0	42-0 <sup>1/2</sup>	44- 1	3- 3	3- 8 <sup>1/4</sup>	8.486	1893(期26)	
50-0	52- 2	54- 4	4- 0	5- 0	12.552	1893(期26)	
60-0	62- 4	64- 8	4-4 <sup>1/2</sup>	5- 0	16.145	1893(期26)	
70-0	72- 8	75- 4	4-10	5- 0	21.543	1893(期26)	
80-0	83- 3	86- 6	6- 0	5- 0	31.931	1894(期27)	

注: 建築師長C. A. W. Pownall 設計。平面支承で支間は概略値。高さは山形背面間。

他にポーナル氏式、北陸線型と分類されたグループがある。差異は僅少である。また、37年式は外側は作30年式と同じだが、内側の補剛材、支材、対傾構などは作35年式と同じ構造のものである。

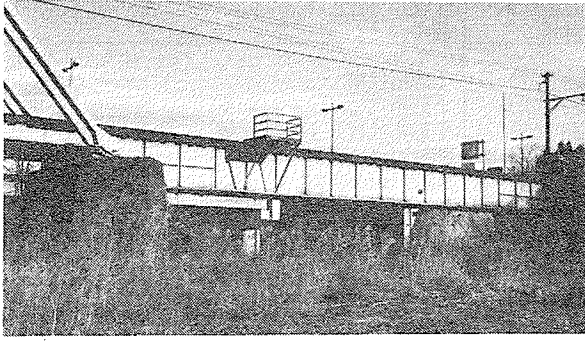


写真5 作30年式80ft桁の例, 東武鉄道砥川橋梁, 同社開業当時からの桁を転用, 1897 Cleveland Bridge製[1991. 1. 15小西]

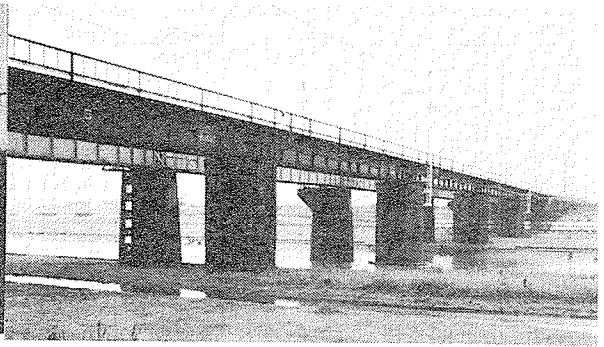


写真7 作30年式70ft桁の例, 中央本線矢田川橋梁下り線, 1898 J. L. Lecoq製, 溶接補強[1992. 7. 17小西]

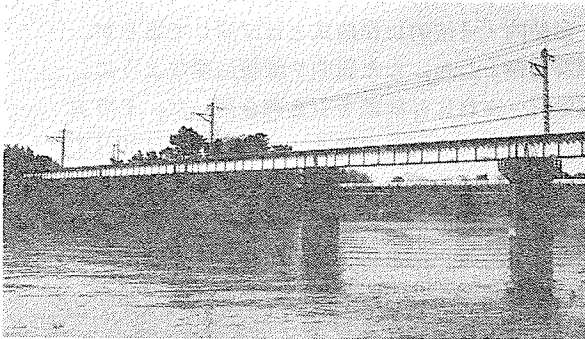


写真6 作30年式70ft桁の例, 成田線長戸川橋梁 [1993. 3. 6 西野]

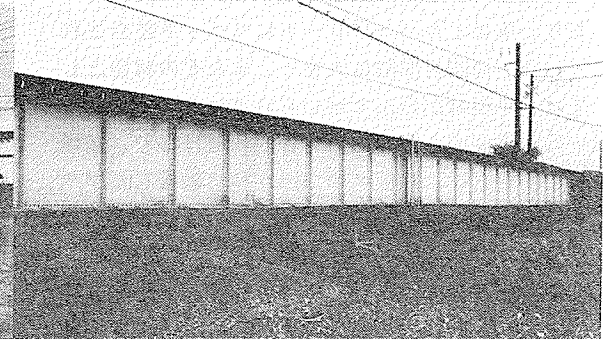


写真8 作35年式70ft桁の例, 中央本線横河川橋梁 [1992. 10. 11 小西]

れまでのイギリス式からアメリカ式へ転換する。作30年式以前のイギリス式の桁の特徴である補剛材等の鍛鉄の鍛接部材は、その製作に手間がかかり、困難をきたしはじめ、また列車荷重の増大に対しても、抜本的対応をしなければならなくなったため、杉文三にアメリカのペンコイド社の設計に準じた鉄桁を設計させた。活荷重は、77ton 1C テンダー機関車重連（動輪軸重30000 lb(13.4ton)）に2400 lb/ftの等分布荷重を連行したものである。これが1902（明治35）年に公布された、作35年式鉄桁と称せられているものである。その主

要寸法は表3に示す通りである。

従来のイギリス型桁に対し、官設鉄道としては最初のアメリカ型鉄桁であり、製作は容易になった。その特徴は次の通りである。

- a) 作30年式に比べてけた高が高い。
- b) フランジには各径間用とも、不等辺山形鋼を使用し、山形鋼の断面比率が大きくなった。
- c) カバプレートは上下フランジともけた端まで延びているが、端カバープレートはない。カバープレートの幅は小さい。
- d) モーメントプレートはない。

表3 作35年式上路鉄桁（鉄道作業局明治35年1月21日鉄作第7号） [参考文献2)4)7)8)によって作成]

径間 ft	支間 ft-in	全長 ft-in	高さ ft-in	中心間 ft-in	重量 ton	設計年	備考
20-0	21-0	22-10	2-3	3-8 <sup>1/4</sup>	2.912	1902(明35)	
30-0	31-8	32-11	3-0 <sup>1/2</sup>	3-8 <sup>1/4</sup>	5.800	1902(明35)	
40-0	41-11 <sup>1/2</sup>	43-5	3-8 <sup>1/2</sup>	3-8 <sup>1/4</sup>	9.469	1902(明35)	
50-0	52-7	54-2	4-6 <sup>1/2</sup>	5-0	13.434	1902(明35)	
60-0	62-10	64-8	5-2 <sup>1/2</sup>	5-0	19.637	1902(明35)	
70-0	73-1 <sup>1/2</sup>	75-3	6-0 <sup>1/2</sup>	5-0	25.238	1902(明35)	
80-0	83-3	85-6	6-8 <sup>1/2</sup>	5-0	31.736	1902(明35)	

注：杉文三設計。平面支承で支間は概略値。高さは山形背面間。斜角桁（50°，60°，70°）も設計された。

e) 補剛材は山形鋼で、すべてまっすぐである。腹板との間に填材（フィラー）を用いている。

f) 底板はあるが床板はない。

g) 上横構および対傾構がある。80ft桁は下横構も備えている。

ただ、この年代に相当する鉄桁においても、東海道線の複線化工事に使用するものは、在来のものと並行架設する必要上、特に既定の分にあわせたり、新しく設計したようである。

なお、1912年開通の真岡軽便線（現真岡鉄道）の橋梁に対しては「真岡線式」と呼ばれる、ポータル型系統の15ft、20ft、40ftの桁が存在する<sup>2)</sup>。

## 10. 私設鉄道の鉄桁

1883（明治16）年、日本鉄道が開業して以来、

次々に私設鉄道が設立され、鉄道網は急速に広がっていった。幌内鉄道はアメリカの技術、九州鉄道がドイツの技術でスタートしたが、本州の鉄道は、官設鉄道と同様、イギリス流の技術で建設が進められた。官設鉄道に建設を委託した日本鉄道や甲武鉄道は官設鉄道と同じ作錬式や作30年式を用いた。山陽鉄道の初代桁も作錬式と同じ構造であるが、桁高さがすこし大きい。表4は、1906.7年に国有化された私鉄の桁の一覧（抄）である。参考文献2)4)9)によって作成した。鉄道の数と同じかそれ以上の桁種類が存在した様子が分かるが、実質的には同じ形とみなせるものもあるので、最終的に何種類になるのか、これからの調査にまつところが大きい。

官鉄が作35年式を採用すると前後して、各私

表4 私設鉄道の鉄桁抄 [参考文献2)4)9)によって作成]

No.	鉄道名	桁呼称	設計	径間範囲	架設	備考
01	日本鉄道	日鉄錬	作錬式と同じ	20-70	1883-91 敷島、峠	
02	日本鉄道	日鉄鋼	作30年式と同じ	20-70	1895-98 露	
03	日本鉄道	日鉄標準		15-80		寸法は作30と略同、重量は大きい
04	日本鉄道	日鉄型	1901クーパー設計	30-60	第2線、管線	
05	日本鉄道	2径間連続下路	特別設計	81ft10in	1896南千住架道橋	バックルプレート張り
06	山陽鉄道	神戸・広島間式	作錬式に準じる	20-70	1888-94	桁高さが少し高い。
07	山陽鉄道	広島・三田尻間式		20-70 鋼	1897-98	
08	山陽鉄道	三田尻・下関間式		20-70 鋼	1900-01	
09	山陽鉄道	山陽基本型	1904（米國式）	20-70	1904-	補剛材の形状変更 40年式も略同
10	山陽鉄道	下路鉄桁	特別設計	85	1897第1、第2立野川橋	当時最長の鉄桁
11	山陽鉄道	旋回橋（可動橋）	特別設計		1899.10 兵庫運河	わが国鉄道橋唯一。現存。
12	播但鉄道	播但線式		20-70	1895, 1901	
13	讃岐鉄道	讃岐鉄道式		18, 40	1889, 97	
14	京都鉄道	京都鉄道式		10-70	1897, 99	
15	阪鶴鉄道	阪鶴鉄道式		18-70	1897-99	
16	関西鉄道	四日市名古屋間式	作錬式にほぼ同じ	20-70	1889-97	他に、西成線式など各種
17	関西鉄道	関西型	1906設計	13-80		鉄道院に引き継がれる
18	関西鉄道	関西補強型		10-70		
19	参宮鉄道	参宮鉄道式		18-70	1893, 97	
20	奈良鉄道	奈良鉄道式		12-70	1895-96	
21	大阪鉄道	大阪鉄道式		12-80	1889-93	
22	浪速鉄道	浪速鉄道式		20-70	1895	
23	南和鉄道	南和鉄道式		12-50	1896	
24	紀和鉄道	紀和鉄道式		12-60	1898	
25	徳島鉄道	徳島鉄道式		30, 40, 50	1899-1900	
26	九州鉄道	ハーコート型	ハーコート 社設計製作	20, 30, 40	1890-94	
27	九州鉄道	九州鉄道型鉄錬		20-60		
28	九州鉄道	九州鉄道型		19-70		
29	筑豊鉄道	筑豊線型		20		
30	七尾鉄道	七尾線型		20-60		
31	橋本 鐵道	炭鉄線式鉄錬		30, 40, 70		
32	北越 鐵道	炭鉄線式鋼		18-80		
33	北海道鐵道	北海道鉄道式		15-80		

その他製作工場名を付したものがあ

大阪汽車会社型、東京汽車会社型、若松製作所型、行橋製作所型、山陽鷹取工場型、レオポルト型、ヘッドライトサン型、アクスルトリー型、ドルマンロング型、ユニオン型、ハーコート型、クリーブランド型、オーガストピーコック型、など。

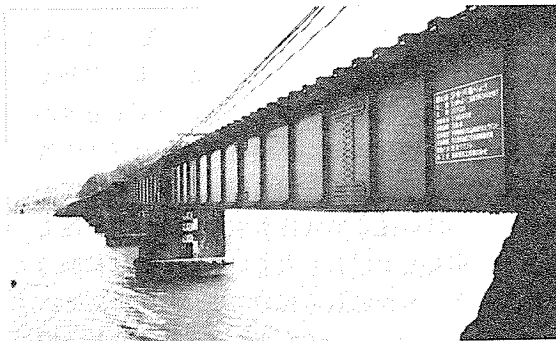


写真9 関西補強型70ft桁の例，参宮線汐合川橋梁，明治43年川崎造船所兵庫分工場製[1993. 1. 31小西]

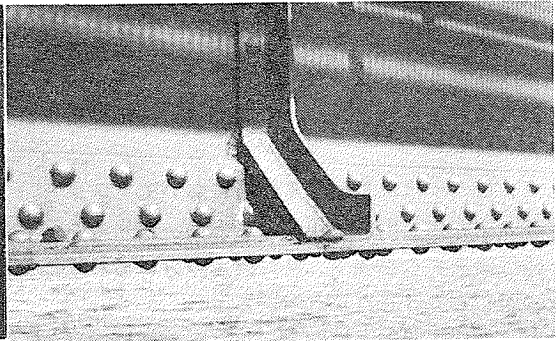


写真10 関西補強型70ft桁の下縁と補剛材下端，参宮線汐合川橋梁[1993. 1. 31小西]

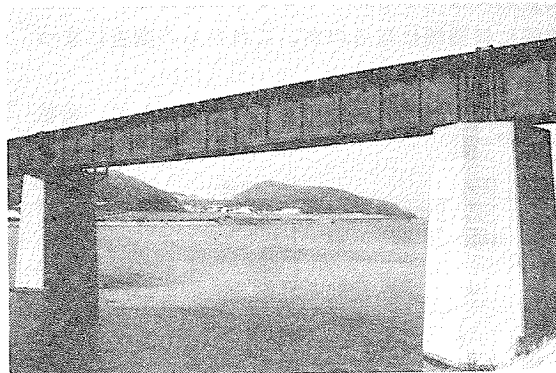


写真11 山陽基本型70ft桁の例，加古川線第2加古川橋梁，1905山陽鉄道兵庫工場製，溶接補強[1990. 7. 22西野]



写真12 阪堺電気軌道大和川橋梁，横河橋梁明治44年製[1992. 3. 11. 小西]

鉄でも独自の設計を行うようになった。

関西鉄道では、国有化直前の1906年に、作30年式を強化した、関西補強型と呼ばれる標準桁を設計した。桁高さと、フランジ山形を大きくし、対傾構を備え、モーメントプレートを使用している。国有化後に各地建設線で使用された(写真9, 10)。

山陽鉄道では1904年に、アメリカ式の標準桁を設計した。山陽基本型と呼ばれるもので、構造は作35年式とよく似ているが、フランジ山形鋼は等辺である。自社の兵庫工場でも製作している(写真11)<sup>9)</sup>。

日本鉄道でも、1901年、アメリカ式の標準桁をクーパーに委嘱して設計した<sup>9)</sup>。

国有化されなかった私鉄の内、南海鉄道では、官設鉄道あるいは山陽鉄道の標準桁に準じたものを採用したようである。また、東武鉄道では、開業時には作30年式を採用した。

## 11. 下路鉸桁

下路鉸桁としては、ごく初期において桧ノ尾川橋梁が存在したことを述べたが、一般にはその数が少なかったため、個別の設計とし標準設計はなかった。しかし1908(明治41)年に20ftから50ftにかけての標準設計を定め、1910(明治43)に至ってE 33荷重に対応して20ftから80ftに至るものを定めた。

1909(明治42)年から2年間にわたって架設され東京市街線の鉸桁は、浜松町橋梁を除いてすべて下路鉸桁で、ドイツ人バルツァーが設計したものである。88ton 機関車重連に対して、ドイツ式示方書によっている。甲武鉄道建設の中央本線神田・飯田橋間の昌平橋、水道橋、小石川各架道橋(ドイツ・ハーコート社の設計・製作)と共通点が多い。

阪堺電気軌道の大和川橋梁は上述の作錬式と共通するイギリス式の複線下路桁 9連と鉄柱橋脚を組み合わせた特筆すべき橋である(写真12)。



12. 明治42年式鉄桁<sup>7)8)</sup>

明治期を締めくくるものとしては、設計荷重をE33に改定して設計し直した一連の鉄桁がある。1909(明治42)年に達680号で公布したいわゆる明治42年式である。引き続きアメリカ流の技術を採用し、アメリカ鉄道技術協会(American Railway Engineering and Maintenance of Way Association)の仕様書(1906)によったものである(写真13)。その主要寸法は表5の通りである。

- 作35年式に比べた場合の技術的特徴は、
- a) 桁高さが大きい。
  - b) 作35年式と同様、補剛材と腹材との間にはすべてフィラーを入れている。
  - c) カバープレートは上フランジのみ桁端まで達している。
  - d) 腹板の添接にモーメントプレートを用いている。
  - e) 平面支承で、底版と床版を有する。ただし、80ft桁のみはピンとローラーを用いた沓を使用している。
  - f) 作35年式と同様、上横構、対傾構を有する。80ft桁のみに下横構がある。

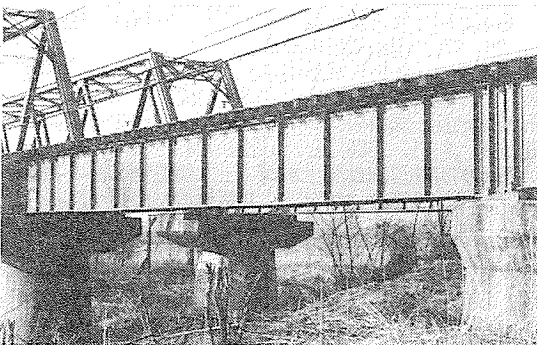


写真13 明治42年式70ft桁の例、信越本線犀川橋梁上り線第14連、桁端部を改造、シューをはく。  
[1993. 1. 31小西]

13. 明治期鉄桁の補強使用について<sup>16)</sup>

明治期鉄桁の設計荷重は、1ftに付1トンの等分布荷重からはじまり、もっとも後期のポータル桁である作30年式の場合の活荷重はB6形式の蒸気機関車重連の後に、1ftにつき1トンの等分布荷重が連なるものというように大きくなったが、明治42年式以降のクーパーのE33荷重に比べると小さいものであった。したがって、大正末期に至ってD50形機関車が出現するに及び、古い桁については補強をする必要が生じた。鉄桁に対する補強方法には、次のようなものがあり、a)~d)は活線で使用しながら施工したものである。

- a) トラスドビーム補強：桁の下側に抗張材と支材でトラスドビームを添加する。短い桁ではキングポスト式、40ft~70ftではクイーンポスト式とする。
- b) 並列式補強：在來桁の両側に同種の古桁を並べて置き、これらを互いに1ないし3箇所で連結する。
- c) 溶接補強：桁のフランジに平板(リベットの頭を避ける必要がある)や溝型材(上下フランジ)を溶接し、フランジ断面を増加させたり、T型断面の船底型部材を下フランジに溶接し、桁高を増大させる(写真14)。
- d) 二次部材の追加：補剛材、対傾構などを追加する。他の方法とも併用する。
- e) 切断短縮：桁の両端を切断除去して支間長さを短くして転用する。
- f) 古主桁を4枚並べる。

機械的に緩みの来やすいa)を除いては、いまだにこの補強を受けた形で現用されている明治期の鉄桁が数多く見られる。

14. 今後の歴史的 연구の方向について

明治期の鉄桁は、もともと数が多いだけに、転用桁・改造桁を含めると、相当数が各地に現存し

表5 明治42年式上路鉄桁(鉄道院明治42年 8月 3日達第 680号) [参考文献2)4)7)8)によって作成]

径間 ft	支間 ft-in	全長 ft-in	高さ ft-in	中心幅 ft-in	重量 ton	設計年	備考
20-0	21-10	23- 2	2-6 <sup>1/2</sup>	4- 0	3. 666	1909(明治42)	
25-0	26-11	28- 4	2-11 <sup>1/2</sup>	4- 0	4. 745	1909(明治42)	
30-0	32- 0	33- 6	3-6 <sup>1/2</sup>	4- 0	6. 052	1909(明治42)	
40-0	42- 4	44- 0	4-4 <sup>1/2</sup>	4- 0	9. 953	1909(明治42)	
50-0	52- 6	54- 4	5-2 <sup>1/2</sup>	5- 0	14. 617	1909(明治42)	
60-0	62-10	64-10	6-0 <sup>1/2</sup>	5- 0	20. 146	1909(明治42)	
70-0	73- 0	75- 2	6-6 <sup>1/2</sup>	5- 0	27. 739	1909(明治42)	
80-0	83- 2	85- 6	7-0 <sup>1/2</sup>	6- 0	39. 392	1909(明治42)	

注：太田円三設計。平面支承で支間は概略値。高さは山形背面間。

ており、通過トン数の多い幹線にも90年、100年を経て現用のものがある。しかし10年前の写真などを見ると、かなりのものが近年になって失われていることがわかる。

これまで述べてきた多くの種類のさまざまなスパンを判別するためには、図面などの基本的な資料の系統的な収集整理が必要である。明治期鉄桁の図面は、官鉄の定規桁に属するものは、文献収録されているが<sup>7) 8) 14)</sup>、官鉄以外のものは、その名称や分類が表-4に示すように判明しているものの、図面は公刊物に紹介されたことはなく、鉄道部内資料としてもまとまった形存在するのかどうか必ずしも明らかではない。したがって、現物との対応は困難を極めている。

現物については、鉄道当局の協力により台帳など参照させてもらいながら、分布状況を把握するとともに、現物調査を、時宜を失せず行う必要がある。また、下級線区へ転用されたものや、道路橋や跨線橋へ転用されたものにも目を向ける必要がある。なお、現物の形式など、出自の確定には、現物の測定、リベット数の確認など、現物に触れる必要のあるものがあり、運営している鉄道当局の協力が不可欠である。しかし、桁の種類の特定制ということが、かつてほど実務的には意味を持たなくなっただけに、なかなか難しいところである。

なお、これらの調査・研究を進めるに当って、製作銘板が欠除しているものが多いことが、大きな障害となっている。特に国内製造と思われるものには、はじめから付けなかったと思われるふしもあり、これらの製作所の特定は困難である。しかし、一方では輸入品について、ヨーロッパ本土



写真14 作30年式60ftをT型溶接補強した例、成田線第1手賀沼悪水橋梁[1992. 2. 16西野]

の製作所の銘板を付けたものが発見されつつあり、輸入状況の解明も必要となってきている。

## 謝 辞

今回も多くの方のお世話になった。お名前を記して感謝の意を表します。

田島二郎、淵上龍雄、高橋弘、飯島章、小栗彰夫、倉島英一、京都大学工学部土木系図書室、交通博物館肥沼恵一、佐藤美知男、鉄道総研小野田滋、J R 東日本施設電気部片寄紀雄、同東京構造物検査センター賛田英世、同長野土木技術センター

(当時) 深沢正敏、J R 東海建設工事部名倉隆雄、伊藤文彦、南海電鉄工務部廉林光夫、長野電鉄電車部(当時) 田中守、東京エンジニアリング(株) 成瀬輝男、東京鉄骨橋梁(株) 奈良一郎、藤井郁夫、日本交通技術(株) 田中勇(故人)の各位。

## 参考文献

- 1) 小西純一・西野保行・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1報～第6報)，第5回～第11回日本土木史研究発表会論文集[土木史研究]，1985～1991。
- 2) 鉄道省工務局「橋桁ノ強度」，鉄桁，1926. 5。
- 3) 高坂紫明「鉄道防災改良施工法」，三報社，1955. 8. . . p. 361-370, 国鉄橋桁の沿革
- 4) 山田秀男「鉄桁形式鑑別表」，鉄道橋けた関係参考資料，日本国有鉄道施設局土木課，1958. 11。
- 5) 清水治長：国鉄のプレートガーダーの歴史と識別法，鉄道土木，2-11，1960. 11.， p. 720-724。
- 6) 日本国有鉄道施設局土木課「土木建造物取替の考え方」，鉄道施設協会，1974. 8.，Ⅱ鋼構造，p. 43-58。
- 7) 久保田敬一：本邦鉄道橋ノ沿革ニ就テ，土木学会誌，3-1，1917. 2.， p. 83-130。
- 8) 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。
- 9) 「明治工業史」，鉄道篇，日本工業会，1926. 5。
- 10) 「鉄道技術発達史」第2篇(施設)Ⅲ，日本国有鉄道，1959. 1.， p. 1528-1629。
- 11) 日本国有鉄道「日本国有鉄道百年史」，第1巻，1969. 4.， p. 321。
- 12) 日本国有鉄道「日本国有鉄道百年史」，第2巻，1970. 4.， p. 162, 172, 181, 192, 228。
- 13) 河野天瑞：荒川鉄橋建築工事報告，工学会誌，第4輯第48巻，1885. 12.， p. 712-722. 第5輯第49巻，1886. 1.， p. 751-779。
- 14) 内田録雄「鉄道工事設計参考図面」，共益社書店，1897。
- 15) 鉄道局「全国各鉄道橋梁及隧道明細表」，明治27年7月31日現在
- 16) 土木学会編「土木工学ハンドブック」，技報堂，1954.， p. 881-888. 第14編鉄道橋，第11節橋桁の補強
- 17) 日本国有鉄道施設局特殊設計室「橋桁類設計図面一覽表」，昭和27年7月末現在，1952
- 18) A. Morley: Theory of Structures, Longmans, 1929