

明治時代における鉄道橋梁下部工 序説*

Substructure of Railway Bridges in Meiji Era—A historical Introduction

小西 純一**

By Junichi KONISHI

Abstract

There are few papers or publications on history of railway bridge substructure in Japan, especially up to 1912(Meiji Era). The aim of the present paper is to overview the substructures of that period.

Various types of foundations used are discussed briefly based on a register of railway bridges and tunnels in Japan issued in 1894 and quantitative distribution of various types of foundations is analysed. Structures and functions as well as construction methods of several types of foundations which are now historic are described.

Various types of piers and abutments are also discussed and photographs of several examples of still working substructures are shown.

1. はじめに

明治時代における橋梁下部工つまり橋台・橋脚とその基礎工に関する記述は少ない。系統的かつ具体的な記述はほとんどないと言ってよい。上部工である桁に関しては、久保田敬一の「本邦鉄道橋梁ノ沿革ニ就テ」¹⁾にかなり詳細な記述があり、沿革が明らかにされている。また、明治時代の桁が現在どの様な形で残っているかについても著者らの調査研究²⁾によりかなり明らかになっている。しかし、前掲の久保田論文にはその表題にも関わらず橋梁下部工に関する記述はない。『明治工業史 鉄道篇』³⁾における下部工に関する記述はわずか1頁であるし、『鉄道技術発達史』⁴⁾にはまとまった記述がなく、とくに煉瓦構造についてはほとんど触れられていない。

一方、幸いなことに、明治時代の橋台・橋脚や

基礎工の実物は相当数残っていて、現在も使用されている。たとえ上部工は代替りしていても、下部工は開通当初のものを補修などを加えながら使用している橋梁が多いのである。しかし、明治末のものでも経年80年を越え、取替えが進んで、年々着実にその数は減っている。日本の鉄道開通から120余年を経た今、とくに、今日では完全に過去の技術となった煉瓦積・石積構造の橋梁下部工について、土木技術史的立場からの系統的な調査研究を行って、記録に残す必要がある。

しかし、基礎工はその大部分が地中に埋まっていて、撤去工事など特別の場合以外は見る事ができず、橋台・橋脚工も内部構造を見ることができないので、下部工の調査には困難が伴う。工事記録や図面などがとりわけ重要な情報源となる。丹念な文献探索が求められる。

本論文では、明治時代に採用された基礎工と橋台・橋脚工について、文献調査と現地調査により、それらを分類し、構造、形態、使用状況などの概要を明らかにして、今後の系統的調査の糸口にしようとするものである。

* keywords: 橋梁下部工、明治時代、技術史

**正会員 工博 信州大学工学部社会開発工学科
(〒380 長野市若里500)

2. 『明治工業史 鉄道篇』の記述

『明治工業史 鉄道篇』の下部工に関する記述は次のような短い要約である⁵¹⁾。

『…下構は上構と異り主として地形および地質に応じ、其の設計を定めたものにして、最初より著しき変遷を見ず。基礎としては混凝土工、杭打混凝土工、井筒工等用ひられ、橋台及び橋脚は石材、煉瓦又は混凝土を以て築造したり。』

『明治26年 7月鍛鉄橋梁に対する橋台及び橋脚の基本設計制定せられし以来、明治年間における唯一の定規として、主として之に拠り築造せられたるも、該定規に適合せざる橋梁に対しては依然特別設計を行へり。随って其の形状寸法等多種多様なれども、大体に於て直型、U型及び翼型の3種なり。又基礎に関しては明治30年楕円形及び円形井筒の基本設計定められたり。而して、円形井筒は既に京阪間建設当時より、楕円井筒は東海道線建設の時より築造せられたり。各種下構の内、少々異形に属する二三のものを挙げれば、明治7年阪神間武庫川他2橋梁には鍊鉄製螺旋杭を使用し、又明治11年京浜間六郷川改築に際しては、径間100呎構桁の橋脚として鑄鉄製円柱を使用したり。該円筒は直径8呎深さ70余尺にして内部には混凝土を填充したり。後、43年該区間改良工事に於て楕円形及び円形の井筒を使用し、煉瓦積橋台及び橋脚を築造したり。』

『明治44年山陰線鎧・久谷間に架設したる餘部陸橋は延長1019呎高さ36呎にして、上構に鍛桁を架し、下構はトレスル型なり。』

以下にはここに要約された内容をもう少し詳細に調べてみることにする。

3. 基礎工の状況

(1) 1894(明治27)年時点の基礎工の種類

基礎工の状況については、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)⁵¹⁾の記載によって概略が明らかになる。これには、全橋梁の上部工に関するデータとともに、基礎工の種類と地質が記載されているのである。記載された名称は必ずしも統一がとれておらず、鉄道あるいは線区によって言い回しが異なるものもある

が、分類して書き出せば次のようである。

①直接基礎

- a 「天然、天然硬層、天然岩石」：しっかりした地盤を整地して直接橋台・橋脚を載せる。
- b 「コンクリート」：地盤をある深さまで掘削してコンクリートを打ち、基礎とする。
- c 「捨、捨木、胴木、枠、枠組」：掘削整地した地盤面に丸太などを敷き並べたり、格子状に組んで基礎とする。
- d 「板張、プランキング」：cの胴木などの上に板張りをして平面の基礎を造る。
- e 「箱枠」：直接基礎の補助工法に位置付けられる工法で、松板材で正方形あるいは長方形に組んだ箱枠を据え、山留めをしつつ内部の土砂を掘削し、箱枠を沈下させる。所定の深さに達したら、捨て杭などの地固めを行い、コンクリートを打設するか、木材で格子組みを施工して基礎とする。橋脚完成後、箱枠の上部は撤去する。

②杭基礎

- f 「杭、杭打」：1基の橋脚などに数本から数十本の生松杭を打ち込み、その上端を切り揃えてから基礎を施工するもので、基礎の方式には直接基礎の項で述べた各種があり、「杭打コンクリート」、「杭打板張」などのように組み合わせて記載されている。

なお、木材を使った基礎工は、常に地下水面下にあれば十分耐久性が期待できるものである。

- g 「鉄管柱」：鍊鉄製と鑄鉄製があり、わが国での施工例は少ない。わが国の鉄道で用いられたのは、橋脚と一体のスクリー付き、先端解放形である。

③井筒基礎

- h 「煉瓦ウエル」：煉瓦造の井筒で断面は円形と楕円形が一般的である。井筒躯体の内部から地盤面を掘削しながら、自重と重錘の作用により躯体を沈め、上部に継ぎ足してゆく。

(2) トラス橋の基礎工分布

前掲文献5)に計上された橋梁数は膨大であるので、代表例としてトラス橋を抜粋し、橋台・橋脚の項を付け加えたものが付録の付表1である。

これより、1894(明治27)年時点のトラス橋68橋の基礎工の分布は、橋梁単位で、コンクリート

20、杭打コンクリート12、杭打枠組 1、井筒30、鉄管 4、不明 2（1橋重複）となっている。多径間の橋で井筒が多いのは低水敷の水中基礎を含むからであろう。

わが国鉄道創業期の1870年代から、各種基礎が次々に採用されており、イギリスなどですでに普及している工法が導入されたと考えられる。そして、上部工の種類とその規模、橋脚の高さ、地層構成、支持層の土質と深さなどを考慮して基礎工の形式と規模を決めたものであることは、数少ない工事報告からも読み取ることができる^{(1)~(8)}。

(3) 1894（明治27）年以降の状況

1894年以降の状況は、『日本鉄道請負業史明治篇』⁽⁹⁾や、『日本国有鉄道百年史』^{(10)~(12)}の記述から断片的にはあるが辿ることができる。それによると一般的な状況は大正半ばまで変わらない。しかし、明治末の1911年には大分線（日豊本線）でコンクリート井筒を施工（大分建設事務所施工、所長工学博士那波光雄）するなど、コンクリートの使用拡大の試みが始まる⁽¹³⁾。

ニューマチックケーソンが日本人技術者によって橋梁に使用されたのは、1908~09（明治41~42）年、朝鮮の京義線清川江橋梁からとされている⁽¹⁴⁾。しかし、本土鉄道での施工は、1927（昭和

2）年の関西本線木曾川、揖斐川両橋梁の改築工事からである⁽¹⁵⁾。

4. 基礎工の構造と実例

本章では代表的あるいは特異な下部工の構造について述べ、実例の図または写真を示す。

明治時代の鉄道橋梁下部工の姿を正確に伝える資料として、内田録雄編輯『鉄道工事設計参考図面』、共益商社発行、1897（明治30）年がある。

その内容は付表2に掲げるが、『明治工業史』に記されている橋台と橋脚の定規と井筒工の床環（curb shoe）の標準図、さらには、各地の橋梁の下部工図面が収録されている。

(1) 煉瓦井筒基礎

a) わが国における煉瓦井筒基礎のはじめ

煉瓦井筒は京阪間の橋梁から導入されたが、その構造や施工法は、当時のイギリス人技師たちの母国ですでに確立し広く普及していたものであった。モレルの後任の建築師長（Engineer-in-Chief）ボイル（Richard Vicars Boyle）は、母国の土木学会に六郷川橋梁改築の工事報告を寄稿している。そこでは下部工の構造について簡潔に説明してあるが、新規の構造を述べるわけではなく、計画・施工上の事柄が中心である。

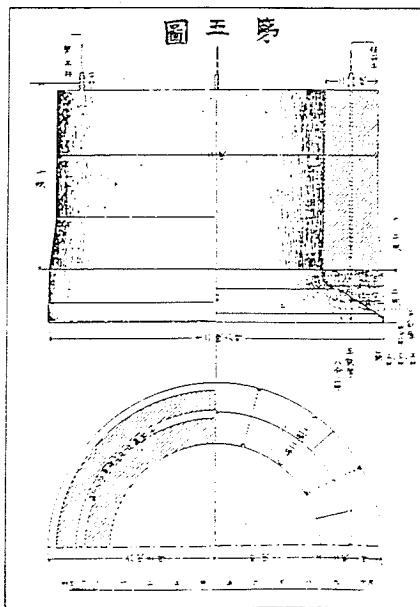


図1 荒川橋梁の12ft円形井筒（文献7）所載）

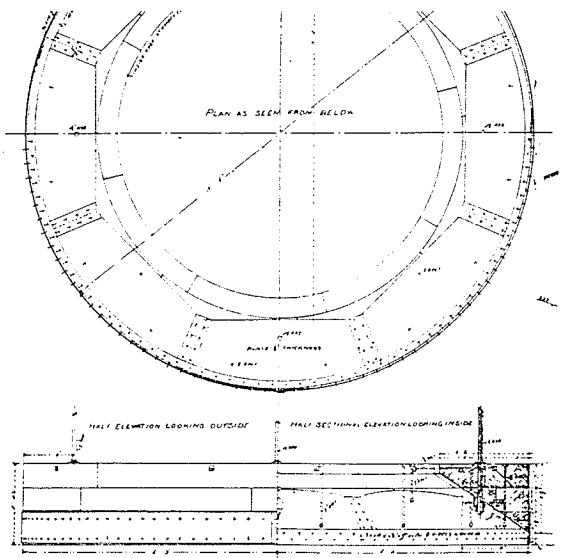


図2 12ft円形井筒の床環構造図（部分）⁽¹⁷⁾

その後の工事報告は多くないが、荒川橋梁の報告(1885)¹⁾と長良川橋梁の報告(1892)²⁾に記述されている煉瓦井筒工、さらには『鉄道工事設計参考図面』(1897)³⁾所載の諸橋梁下部工図面はいずれも六郷川橋梁のものと基本的に同一手法による構造と見ることができる。

b) 煉瓦井筒基礎の構造

大きい支持力を必要とする水中基礎として標準的に使用された煉瓦井筒の構造を述べる。

断面形状は、円形あるいは楕円形のいずれかである。トラス桁を支える橋脚の場合には最初、2本の円形井筒基礎にアーチ形橋脚を支持させるものが多かったが、その後楕円形井筒基礎に楕円形橋脚を用いるようになった。

荒川橋梁の井筒を図1に示す。直径12ftの井筒の下端には木造床環(curb shoe)がある。床環は井筒本体よりも直径を6in大きくしてあって、井筒本体の沈下を容易にしてある。床環の構造を図2に示す。松材の薄片を組み合わせて3層の円環にしてある。底面は角度60°の刃先状になっていて鉄板で覆われ、山形鉄の刃先が付いている。直径1.5inのロッド(suspension rod)が4本、床環の底から井筒の頂点まで貫通しており、高さ10ft(3.05m)毎に継ぎ目がある。

c) 井筒の施工

井筒の施工であるが、まず地盤面を水平に整地し、正確に位置を決め、床環を設置する。ついで床環の上に煉瓦を積んで行く。テンプレートを使用したことがボイルの報告から分かる。煉瓦は数種類の扇形の異形煉瓦を使用し、壁厚さは2ftである。高さ8ft積んだら平鉄の環をはめ、目地モルタルが硬化したら井筒内部を掘削し、井筒を自重で沈下させる。所定の深さまで沈下したら次の10ftのロッドを継ぎ足し、つぎの10ftの煉瓦を積む。以下、掘削・沈下を繰り返す。施工中は井筒を鉛直に沈下させるのに苦労した。また、深くなると周辺地盤と井筒の摩擦により自重のみでは沈下しにくくなるので、井筒上にレール等の重量物を載せて底を掘削し、沈下を促す。堅硬な地層に達したら、上部工自重と活荷重を考慮した所定の重量に積み増して数日間沈下量を測定し、もはや沈下が進まないと判定したら井筒沈降作業を終了



写真1 犀川旧橋梁の床環とロッド継手部
(著者1986.12)

する。井筒上端を所定の高さにし、表面を整え、井筒内を排水して中詰めコンクリートを打設する。

d) 掘削器

掘削は人力による外、簡単な掘削器が各種使用された。六郷川橋梁では袋鋤簾(bag excavator)が好成績を収め、ブル式ハンドドレッジャー(Bull's hand dredger)、ケナード式砂ポンプ(Kennard's improved sand pump)も使用された。ガットメル式浚渫器(Gatmell's excavator)も広く使用された道具であり、長良川橋梁改築工事で使用されたことが工事報告に図入りで紹介されているほか、往年の施工法の教科書や、『鉄道工事設計参考図面』にも図が収録されている。

e) 掘り出された井筒

施工された井筒は地盤中にあるので普通は上端部のみしか見ることができないが、川床の整備などで、古い井筒が掘り出されることがある。筆者はかつて信越本線犀川橋梁旧橋の明治20年施工の井筒解体を見学させてもらい、上述の構造を驚きをもって確認した。松材が全く腐朽していないのも印象的であった(写真1)。

f) 関西鉄道木曾川橋梁、揖斐川橋梁

明治時代の井筒基礎の橋梁で特筆すべきは、関西鉄道が1895（明治28）年に開通させた木曾川、揖斐川の両橋梁であろう。これらはかつて東海道線の計画時に比較線として調査したとき、「地質泥濘所謂底無しと知られたる所にして架橋不可能として見捨てたるもの」であったから、たとえ建設できるとしても多額の工費を必要とする。一私設鉄道には経済的負担が大きすぎるのではないかと疑問の声が上がっていた。那波光雄によれば、「……鉄道局長官井上勝ノ如キハ関西鉄道社長白石直治工学博士ニ向ヒ該計画ノ無謀ナルヲ極言シ、断念スヘキコトヲ戒飾セラレタルモ博士ハ経済的範圍ニ於テ架橋可能ナルヲ確信シ、遂ニ四名間延長ノ申請ヲ貫徹シ、明治26年末ヨリ工事準備ニ着手シ、越エテ27年 3月起工セリ。此ノ如ク当時ニ在リテ両橋ノ成否ハ鉄道界ノ矚目セシ所ナリキ」（18）。

実際の設計・施工是那波光雄博士や管村工学士が担当した。

両橋の架橋地点は三大河川の河口にできた新沖積層中にあるので地盤は軟弱で、比較的良好な砂利層は木曾川で深さ55～59m、揖斐川で深さ48～

60m まで下がらないと出てこないのである。しかるに、両橋の井筒は木曾川で最大深さ20m、平均深さ15m、揖斐川で最大深さ25.5m、平均深さ19m（以上低水位からの深さ）となっていて、支持層には達しておらず、いわば軟弱層に浮かんだ状態であった。したがって、供用開始後かなり沈下した橋脚もあり、最大沈下量は約0.22m に達する。井筒は30ft×15ftの楕円形断面で、井筒重量を減らすために、左右に直径5ftの空洞1個ずつを残して中詰めを行っている。橋脚は高さ19ft（5.8m）、小判形断面で上部ほど細くなっており、表面を切石積にした煉瓦造である（図3）。橋脚数は木曾川で13本、揖斐川で15本である。1928（昭和3）年、新橋が完成して旧橋は廃止となったが、伊勢電気鉄道が払い下げを受け、1938（昭和13）年に電気鉄道の橋として復活した。伊勢電気鉄道は近鉄名古屋線となり、1959（昭和34）年に新橋が完成して廃止されるまで60余年使用された。国有鉄道の橋としては例外的に短命であったのは、支持層に達していない井筒の支持力不足が原因であった。

(2) 直接基礎（箱枠併用）

根入れ深さ、凍結深さなどを考慮して地盤をあ

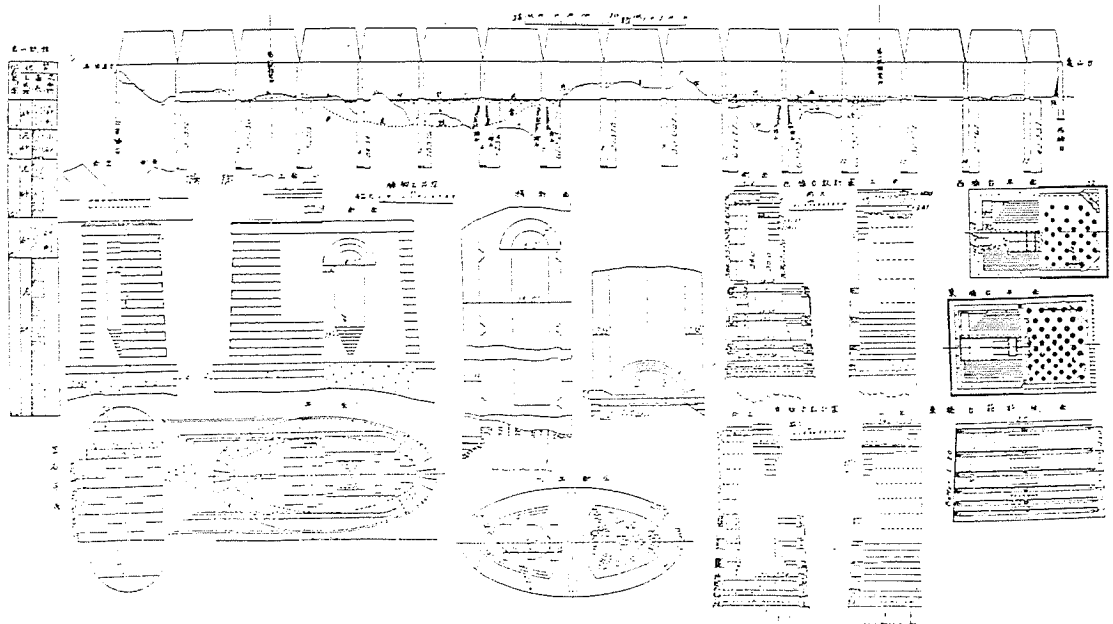


図3 関西鉄道揖斐川橋梁井筒・橋台・橋脚図（部分）、文献18）所載

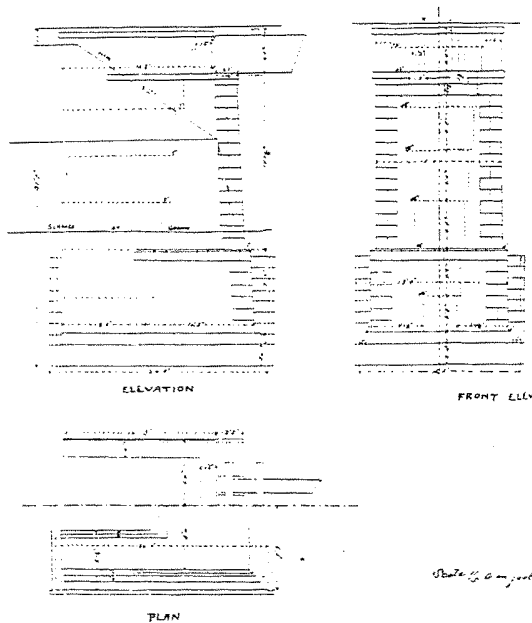


図4 甲武鉄道多摩川橋梁の橋台、コンクリート基礎、箱桁使用、橋台はU形（文献17）所載）

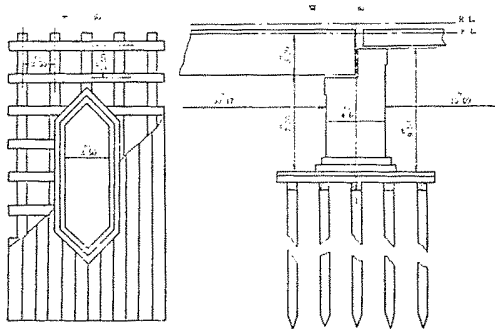


図5 プランキング基礎の例、長崎本線東大川橋梁、文献16)p.319. 所載

る深さまで掘削して基礎を置く工法で、堅練りコンクリートを打設したり、丸太などの木材を敷いたりして基礎とするものである。地盤が悪い場合には、杭打ちを施して杭基礎とする。補助工法として、3. (1) で説明した箱桁がある。木製の丈夫な枠で土留しながら枠の内部を安全に掘り下げて行くものである。箱桁自体は上部工の荷重を受けず、施工時の土留め工である。この工法は東海道線の建設時に安倍川橋梁で南 清により初めて試みられたといわれている。図4 は甲武鉄道多摩川橋梁（現・中央本線多摩川橋梁上り線）の橋台の例であり、コンクリート基礎で、箱桁が描かれ

ている。なお、当橋梁は上下部工とも甲武鉄道時代のものが現役である。

(3) プランキング基礎

これも3. (1) で説明したが、図5 に示すような構造である。

5. 橋台・橋脚工

(1) 橋台・橋脚工の材質別分布

橋台・橋脚工については、使用状況に関する、当時の総括的な資料が現存するのかが不明で参照できなかった。しかし、日本国有鉄道が昭和28年度に実施した橋梁実態調査の結果を総括したものが、高坂紫朗『鉄道防災改良施工法』¹⁶⁾ に紹介されていて参考になる。

それによると、1954（昭和29）年3月末日現在で、橋梁総延長723kmで線路総延長の3.6%、線路建造物中に占める財産構成は42%、財産価額は1761億円に達する。

下部構造は、橋台87,346基、橋脚23,296基であり、その経年別、材質別内訳は表1のようである。これから、1915（大正4）年以前の橋台・橋脚の材質は圧倒的に煉瓦と切り石が多いが、大正5年～大正14年の間に煉瓦・石は急速に減少して、コンクリートが急速にとって変わる。勢力分野が劇的に変わり、煉瓦の時代からコンクリートの時代に移行するさまがよく分かる。なお、「その他」に入る鋼鉄製トレスルなどは、例外的存在であったことが数量から明らかである。

(2) 橋台・橋脚の分類

材質と形式により分類される。

a. 材質別 煉瓦積

石積

鉄・鋼鉄

コンクリート造

b. 形式別

煉瓦積・石積、コンクリート造の橋脚・橋台は基本的に重力式橋脚である。明治時代に最も普及していたのは煉瓦積・石積のもので、図6にそれらの断面、形態を示す。

断面が高さ方向に一定か漸変するものと、断面形状・寸法が2～数段の段階式に変わるもの(c)とがある。

表1 橋台・橋脚の経年別、材質別内訳

建造年代	煉瓦	石造	コンクリート	その他	計	%
明治30年以前	9,827	5,608	53	10	15,498	14
明治31年～40年	7,231	4,654	38	4	11,927	10.8
明治41年～大正 4年	6,368	5,639	3,731	99	15,837	14.3
大正 5年～大正14年	1,600	1,660	16,970	120	20,350	18.4
大正15年～昭和10年	284	436	28,758	539	30,017	27.1
昭和11年～昭和20年	119	100	12,650	160	13,029	11.8
昭和21年以降	15	37	3,836	96	3,984	3.6
計	25,444	18,134	66,036	1,028	110,642	100.0
%	23.0	16.4	59.7	0.9	100.0	

(単位：基)

高坂紫朗『鉄道防災改良施工法』、三報社、1955.8.10.、第6章橋梁下部構造の改築、p.254～360.より引用(6)

橋脚の断面形状にはいろいろある。円形(A)、楕円形(C)、小判形(D)、舟形(E, E1, G)、尖頭形長方形(F, F1, H)、長方形(I)、2基の井筒に跨がるアーチ式(a)など。

煉瓦積・石積以外のものとしては

- ◇鉄管柱（铸铁、鍊鉄、鋼／スクリュー付き）
 - ◇鉄トラス（トレッスル）
 - ◇木造（仮橋、応急橋などに用いられた。）
- などがある。

橋台の形式には以下のものがある。

- ◇胸壁式(J): 胸壁と土留壁とでできている。
- ◇翼壁式(L): 翼壁と橋台を一体に造る。
- ◇U字形(K): 翼壁が線路に平行している。
- ◇アーチ付(b): 盛り土などに接して1～数径間の

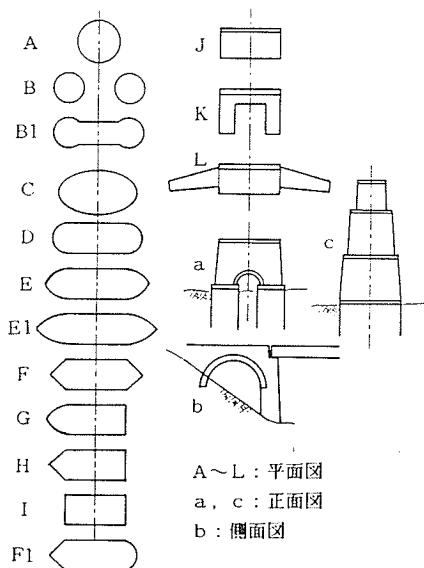


図6 橋脚・橋台の断面、形態（著者）

煉瓦アーチを設けた橋台。

6. 橋脚の実例

(1) 鉄管柱

a) 武庫川橋梁ほかの螺旋付鍊鉄柱

わが国最初の鉄道用鉄橋である1874（明治7）年開通の下十三川、下神崎川、武庫川の3橋には、橋脚と基礎を兼ねた鍊鉄製のスクリューパイルが使用された（螺旋付鍊鉄柱、鍊鉄螺旋柱などと記されている）。その外形を図5と写真2に示すが、直径 2ft9in(838mm)の円柱形で、鍊鉄板を丸めてリベットで組み立ててあり、先端にスクリューが付いている。スクリューは一重であり、鉄管径に比してスクリュー径の比は大きくなく、鉄管先端は開いており、図7に示す、岸壁等にも用いられた螺旋杭(screw pile)とは異なる。地盤中に掘り込まれるにつれて先端から入ってくる土砂を掘削機で外に搬出したものと推定される。所定の深さに達し、所要の支持力が確認されたら中詰めコンクリートを施工する。橋脚頭部には铸铁の桁座が載り、ボルトで連結してある。上部工は3主構複線トラスであり、各トラスの支点部に1本ずつ計3本で1橋脚を形成し、橋脚間は支材とタイロッドで連結してある。中央の橋脚は上下線を支えるので両端よりも大きな荷重を受けるが、鉄管の直径は同一である。

下神崎川、武庫川の2橋は1916（大正5）年まで40年間使用された。特徴ある橋脚は現存していないが、桁は改造された姿ながら大阪市内に浜中津橋として奇跡的に現存している。

b) 六郷川橋梁の铸铁管柱

1877（明治10）年木橋から改築された六郷川橋

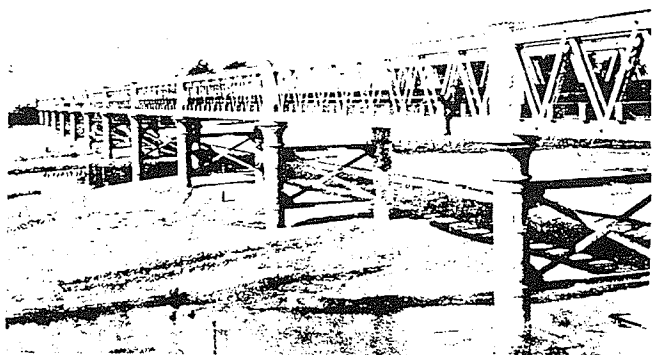


写真2 竣工時の武庫川橋梁（日本鉄道史所載）

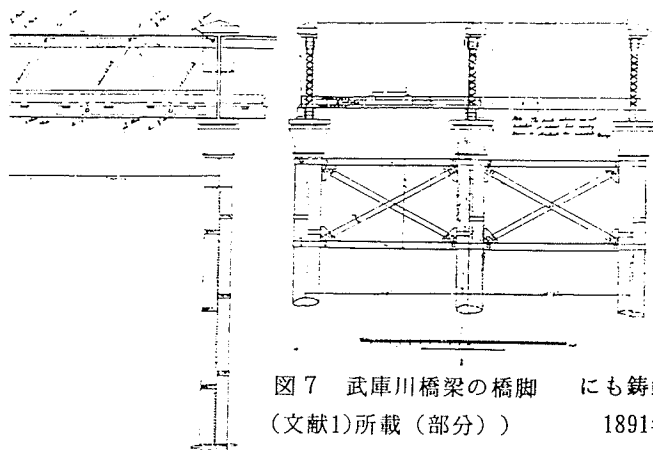


図7 武庫川橋梁の橋脚（文献1）所載（部分））

梁では、流水部のトラスを支える橋脚に煉瓦井筒とともに基礎を兼ねた铸铁製の鉄管柱が用いられた。第27、28、29号橋脚がそうで、直径 8ft、長さ85ftの铸铁製の鉄管2列から成る。1913（大正2）年まで使用された。

c) 長良川橋梁の铸铁管柱

1887（明治20）年開通の長良川橋梁も橋台・橋脚はすべて基礎を兼ねた铸铁柱であった。200ft桁を支える橋脚には直径2ft6in(762mm)の铸铁柱5本、100ft桁を支える橋脚には4本を用いた。铸铁柱は支持層に達するまで地盤中にねじ込まれており、コンクリートで中詰めされている。ねじ込まれたと記述されているので、これもスクリーパイルであったと推測される。武庫川のものが鍊鉄であったのに対しこちらは铸铁であるのが特徴である。プレートガーダーの新川、境川両橋梁

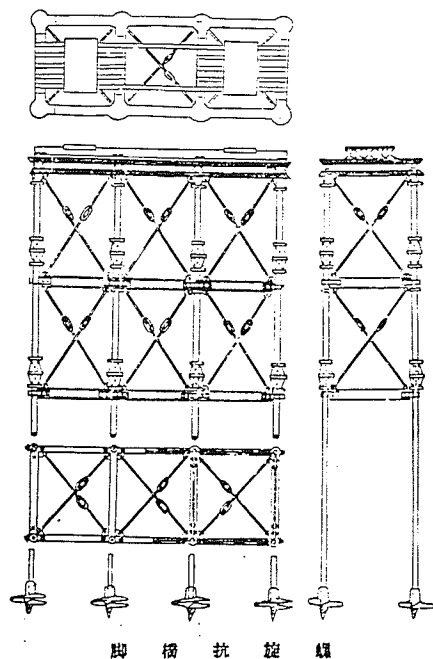


図8 スクリューパイルの例（鶴見・草間『土木施工法』（1912）所載）

にも铸铁柱が使用された。

1891年に起こった濃尾地震でこれらの铸铁柱がほとんど全部地盤面付近で折損してしまい、橋桁の一部は河中に墜落した（写真3）。復旧に当たっては鉄柱をやめて通常の煉瓦井筒基礎などに改築された。官設鉄道ではこれ以後铸铁柱橋脚はほとんど採用していない。

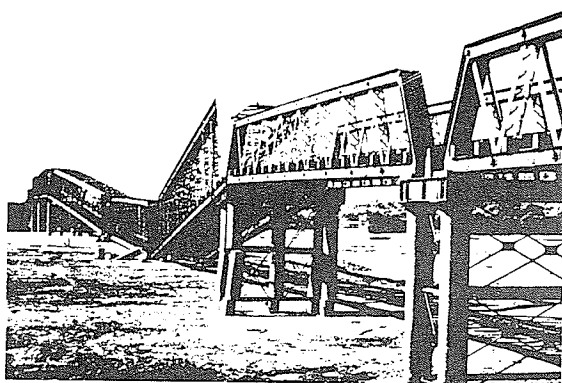


写真3 濃尾地震で被災した長良川橋梁（"Great Earthquake of Japan", 1891 所載）

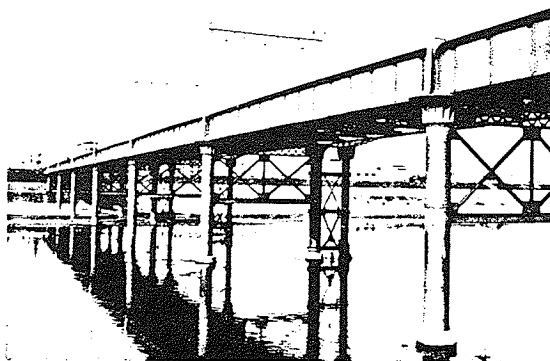


写真4 阪堺電気軌道大和川橋梁（著者1992.3）

d) 阪堺電気軌道の大和川橋梁

現在も使用されている鉄管橋脚の実例が阪堺電気軌道の大和川橋梁で、1911（明治44）年開通の複線下路プレートガーダー9連を連ねる橋である。ただし、スクリュépイルではなく、円柱形の桶枠内にコンクリートを打設して、これに鑄鉄管のペデスタルを固定するものである。同じ大和川に架かる南海電気鉄道本線と高野線の大和川橋梁も鋼管柱の橋脚を使用しており基礎も同様である（本線の橋梁は撤去）（写真4）。

(2) 煉瓦造円形橋脚

プレートガーダーを支える橋脚で、基礎が井筒である場合、井筒と等径の円筒形橋脚とした橋梁がある。東海道旧線（現奈良線）鴨川（1879）、武豊線石ヶ瀬川（1891）（写真5）、同英比川（1891）などがそうであるが、その後あまり用いられなくなる。再び円形断面が多く用いられるのは昭和になってからの建設線である。

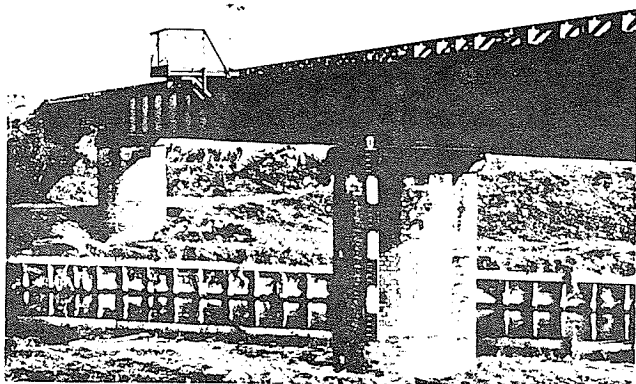


写真5 石ヶ瀬川橋梁の円形橋脚（著者1993.1）

(3) 煉瓦造アーチ形橋脚・楕円形橋脚

トラス桁を支える橋脚は京阪間橋梁以来、2列の円形井筒に跨るアーチ形が多数建設された。そのうち、六郷川（1877）と揖斐川（1887）のものは図1のB1のような断面をしていた。揖斐川のは、道路橋に転用されて揖斐川橋として現存しているが、上半分をコンクリートで巻く補強が施されている（写真6）。200ft桁用の橋脚でアーチ式だったのは揖斐川、日本鉄道利根川（1886）、木曾川（1887）の3橋に止まり、以後は楕円形井筒に載る小判形が多い。東海道本線の富士川（1889）、大井川（1889）、長良川（1892）では現在でも当初の下部工が補修・補強を受けながら現役である。写真7、8は大井川下り線の橋脚で、補強の鋼の帯が巻かれている。

100ft桁用としては大正期に入ってもアーチ形橋脚が建設されている。1919年開通の養老鉄道肱江川は桁と調和したその好例である。写真9はトラス桁時代の姿である（トラスは1989撤去）。

(4) 煉瓦造長方形橋脚

図6のD～Iまで様々な変化がある。水中にあるものは水流を乱さないように尖頭形にしている。しかしその形状について研究成果に基づく明確な指針があったわけではなさそうである。尖頭部に

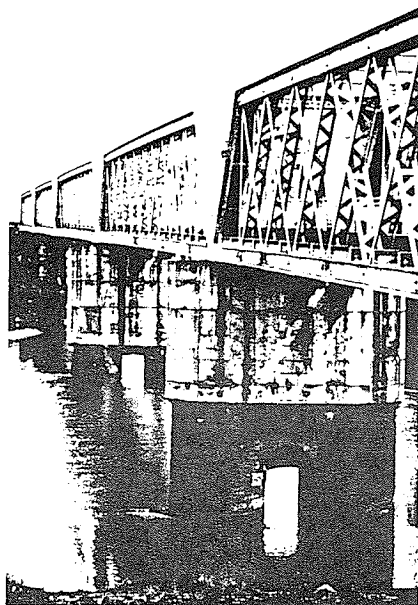


写真6 揖斐川橋のアーチ形橋脚（著者1994.3）

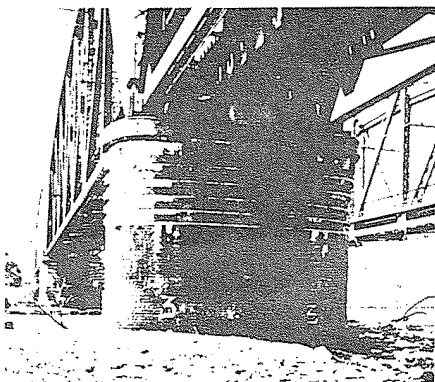


写真7

大井川橋梁下り線橋脚、桁は2代目、補強されている。(著者1994.3)

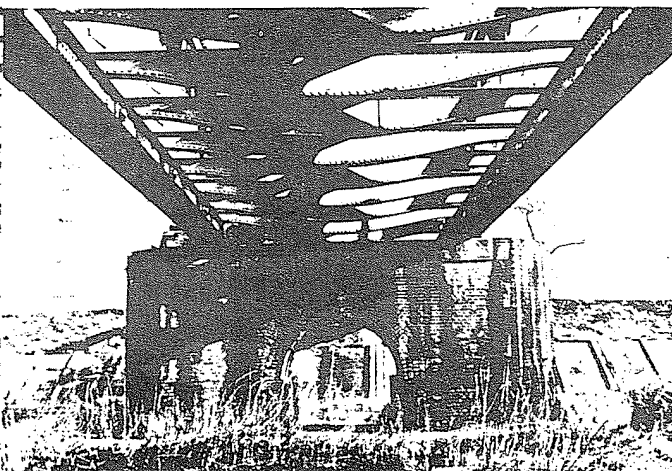


写真9 近鉄養老線肱江川橋梁(著者1986.3)

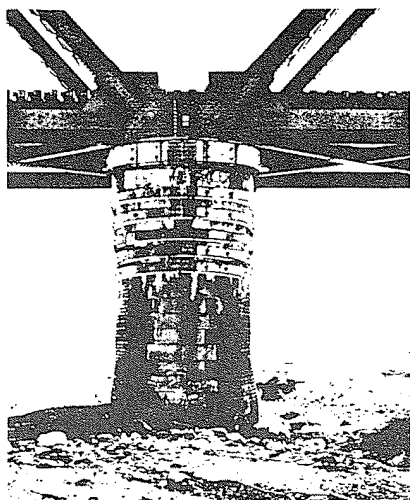


写真8 大井川橋梁下り線橋脚、上流側、切石が配置されている。(著者1994.3)

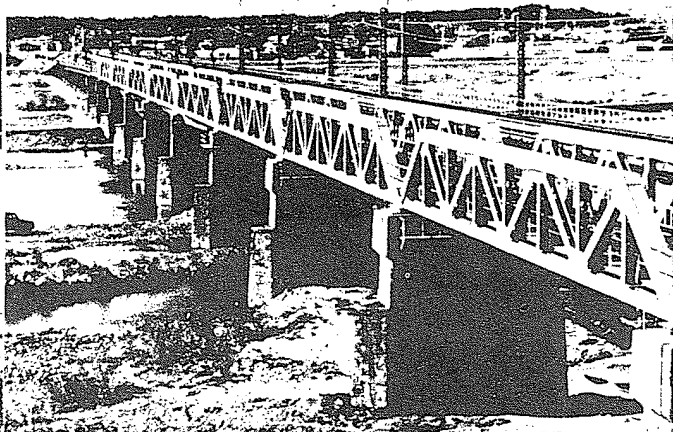


写真10 東北本線鬼怒川橋梁上り線、1917年開通だが、1897年開通の第1線に合わせて設計されている。(著者1991.1)

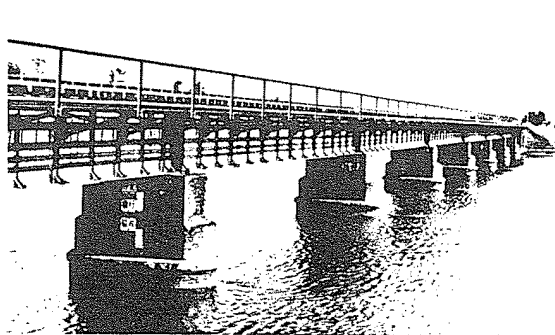


写真12 参宮線沙合川橋梁、1911年開通(著者1993.1)

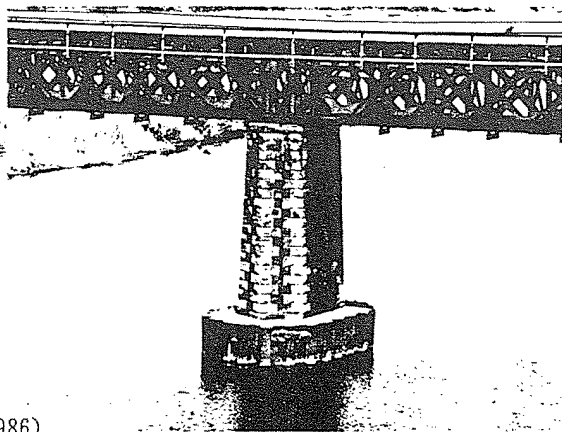


写真11 参宮線宮川橋梁橋脚、1897年開通(著者1986)

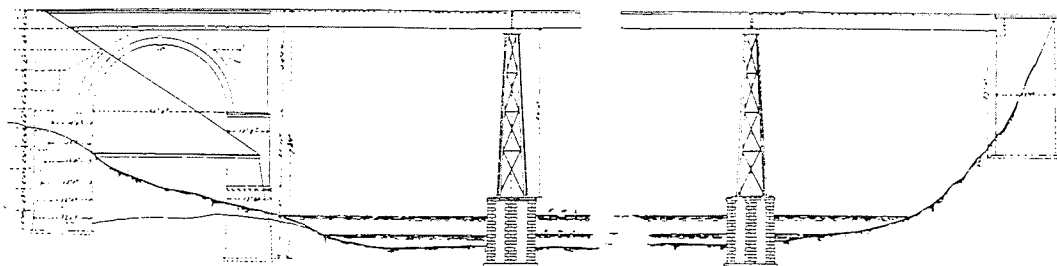


図9 英国式トレスルの例（第七馬淵川橋梁）文献17）所載

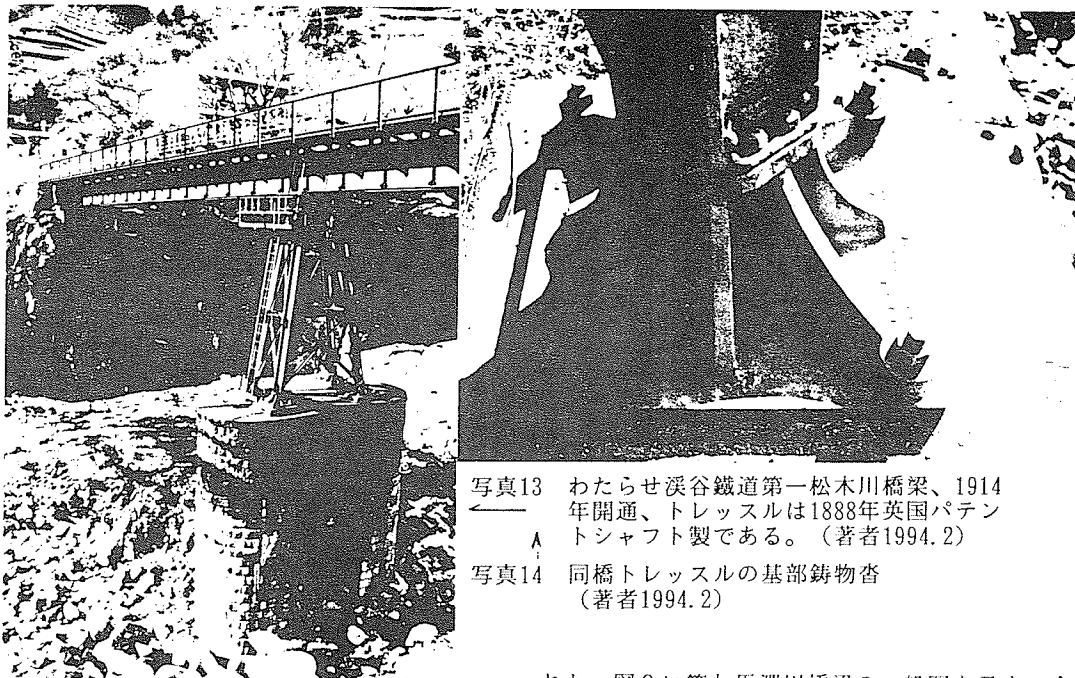


写真13 わたらせ溪谷鐵道第一松木川橋梁、1914年開通、トレスルは1888年英国パテントシャフト製である。（著者1994.2）

写真14 同橋トレスルの基部鋳物杓（著者1994.2）

は流木などの衝突に備えて切り石がはめ込まれている。切り石は様式に従ってくし形に配置されており、煉瓦とのコントラストが美しい。

写真10はトラス用の橋脚の例、写真11はプレートガーダー並の大きさのトラスが載る橋脚の例である。

写真12は煉瓦だけの橋脚の例である。

(5) トレスル橋脚

鉄製の橋脚のうち、鉄管柱については(1)で述べた。もう一つの形式はトラス式の橋脚すなわち trestle である。余部橋梁は1912年開通のわが国最大のトレスル橋梁であるが、この形式の橋梁は20年を遡る1891（明治24）年開通の日本鉄道第五区線盛岡－青森間（現東北本線）に多数建設さ

れた。図9に第七馬淵川橋梁の一般図を示す。余部橋梁がトレスル上にも桁が載る、アメリカで普及したいわゆるアメリカ式のものであるのに対して、こちらは、普通の橋脚をトレスルに置き換えた、イギリスからの輸入品であった。4本の柱は錬鉄板5枚で対角線入りの正方形断面を構成しており独特のものである。下端には鋳物の杓があり、煉瓦造アーチ式橋脚の上に固定されている。

東北本線からの転用と考えられる高さの低いトレスル2基がわたらせ溪谷鐵道の第一松木川橋梁にある。Patent Shaft and Axletree Co., 1888の銘板が付いており、杓には同じ内容が陽刻となっている。写真13に橋脚全景、写真14に杓付近のクローズアップを示す。希少価値のある構造物である。

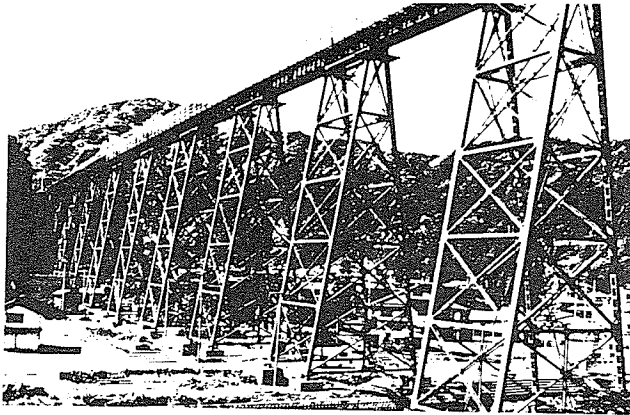


写真15 山陰本線余部橋梁、1912年開通、わが国最大のトレスル橋梁（著者1994.10）

余部橋梁は全長309m余、橋脚の高さ約35.6mの大規模な橋である（写真15）。その構造はアメリカで普及しているものに準じている。11基のトレスル橋脚はアメリカンブリッジ製作、桁23連は東京石川島造船所製作である。なお、橋脚・橋台の基礎は石積の直接基礎である。昭和になって、少数ながらアメリカ式のトレスルが数橋建設されている。余部橋梁に比べると規模は小さい。

7. まとめ

従来まとまった報告の少ない明治時代の鉄道橋梁の下部工について、使用形式・形態などを文献調査から概略を明らかにした。とくに、基礎工の代表形式である煉瓦井筒基礎について、その構造や施工方法を述べ、特殊例として橋脚と基礎工が一体になった鉄管柱についても具体例を挙げて述べた。橋脚については各種の橋脚を、現存例によって例示した。

しかし、当時の具体的な設計法などについての文献や、1894（明治27）年以降のものについての網羅的な文献を発見できず、現地調査も不十分で、今後課題を残した。ご批判、ご教示を賜りたい。各位のご協力を得ながら文献調査、現地調査を進め、従来余り記述されてこなかった煉瓦時代の下部工の全体像を明らかにしたいと考えている。

謝 辞

本文をまとめるに当たり、鉄道総合技術研究所小野田滋氏には、煉瓦構造物についてご教示を頂

いた他、貴重な資料を提供頂いた。首都圏新都市鉄道㈱西野保行氏には現地調査を共にし、多くのご教示と励ましを頂いた。交通博物館、京都大学工学部土木系図書室、土木学会土木図書館には資料調査に多大の便宜をはかって頂いた。心から感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 久保田敏一「本邦鉄道橋梁ノ沿革ニ就テ」、業務研究資料22-2、1934.1.、鉄道大臣官房研究所
- 2) 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6報）」、土木史研究、11、1991.6. p.13 1-142. ほか9編
- 3) 『明治工業史』鉄道篇、昭和年月（復刻版：学術文献普及会、昭和46年(1971)）p. 241.
- 4) 日本国有鉄道『鉄道技術発達史』第2篇（施設）Ⅲ、1959.1
- 5) 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
- 6) Boyle, Richard Vickers: "The Rokugo River Bridge and Foundations on the Tokio-Yokohama Railway, Japan.", Proc. I. C. E., Vol. 68, 1882, p. 216-228, Plate 7.
- 7) 河野天瑞「荒川鉄橋建築工事報告」、工学会誌、第48巻、明治18年(1885)12月、p. 712-22、第49巻、明治19年(1886) 1月、p. 751-66, 766-79、折込図12.
- 8) 野村龍太郎「長良川鉄橋改築工事報告」、工学会誌、第127巻、明治25年(1892) 7月、p. 403-417、附図5
- 9) 鉄道建設業協会『日本鉄道請負業史 明治篇』昭和42年(1967)12月
- 10) 『日本国有鉄道百年史』第2巻、1970.4
- 11) 『日本国有鉄道百年史』第3巻 1971.8
- 12) 『日本国有鉄道百年史』第4巻 1972.3
- 13) 前掲4)p. 1715.
- 14) 前掲9)p. 453.
- 15) 柳生義郎「"Pneumatic Caisson" 工法に拠る関西線木曾川掛斐川の架橋工事計画に就て」、土木学会誌第14巻第4号、昭和昭和3年(1928) 8月、p. 475-542.
- 16) 高坂紫朗『鉄道防災改良施工法』三報社、昭和30年(1955) 8月、p. 254
- 17) 吉川三次郎校閲内田録雄編『鉄道工事設計参考図面』第1、5、8回、橋梁部、第2、7回定規部、明治30年(1897)
- 18) 那波光雄「軟弱ナル地盤ニ建設セラレタル橋脚橋台ノ構造ト竣成後25年間ノ経過ニ就キテ」、土木学会誌、第7巻第1号、大正10年(1921) 2月、p. 35-54. 附図.
- 19) 飯田耕一郎「紀和鉄道紀伊川橋梁」、帝国鉄道協会会報第3巻、明治34年(1901)、p. 79-174.、附図.
- 20) 久保田敏一「本邦鉄道橋ノ沿革ニ就テ」、土木学会誌、第3巻第1号、大正6年(1917) 2月、p. 83-130.、附図16.、第10図
- 21) 鶴見一之・草間偉瑳武『土木施工法』、丸善、明治45(1912)年 1月
- 22) Milne and Burton: "Great Earthquake of Japan", Lane, Crawford & Co. 1891
- 23) 南海電気鉄道所蔵「阪堺電気軌道大和川橋梁図面」
南海電気鉄道所蔵「南海本線大和川橋梁図面」
南海電気鉄道所蔵「高野線大和川橋梁図面」

付表1 トラス桁橋梁の下部工一覧(明治27年(1894)現在)

NO.	橋梁名	連数径間 ft-in	全長 ft-in	橋台	橋脚	基礎工 ft-in	地質	1/2 開通	現用
官設鉄道 東海道線									
1	六郷川	6060-6 複線	600	24~26P	煉瓦B1	12-0円煉2	土砂	1877	×
2	第一酒匂川	1070.10198-10	276-7	27~29P	8-0鑄鉄2	8-0鑄鉄2	砂石	1889	○
3	第二酒匂川	3093-5	294	切石K	切石IFc	コンクリート	砂石	1889	○
4	第三酒匂川	1094-10	301-6	切石K	切石IFca	12ft円煉2	砂石	1889	×
		10198-10		切石K	切石IFc	コンクリート	砂石	1889	×
5	第一相沢川	10198-10	198-10	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	△
6	第二相沢川	10198-10	198-10	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	△
7	第三相沢川	10198-10	198-10	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	△
8	第四相沢川	10105上路	105	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	×
9	第五相沢川	10105上路下り	105	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	×
10	第六相沢川	10105上路上り	105	切石K	—	コンクリート	砂石	1889	△
11	富士川	90199-4	1874	煉瓦	煉瓦E	35-6×18楕煉	硬層	1889	○
12	大井川	100199-4	3339-4	煉瓦K	煉瓦E	24×12楕煉	岩層	1889	○
13	原野谷川	2094-6.	419-3			杭打コンクリート	硬層	1889	×
		1040.8018-9							
14	太田川	2094-6.2050	307-7			杭打コンクリート	硬層	1889	×
15	天竜川	190200	3907-4	煉瓦	煉瓦E	楕煉#)	硬層	1889	×
16	木曾川	20198-4	1874	煉瓦La	煉瓦Ha	12-0円煉2	砂利	1887	×
		60199-4 10201-4							
17	長良川	50199-4.1060	1515	煉瓦J	煉瓦E	30×15楕煉	砂利	1892	○
		3094-4. 1094-3		煉瓦J	煉瓦E	24-6×14楕煉			
18	揖斐川	30202.20200-8	1055-4	煉瓦J	煉瓦B1a	12-0円煉2	砂	1887	○
19	光善寺川	1064	64		—	コンクリート	砂	1889	×
20	野洲川	13070.4094	1769			コンクリート	砂利	1889	×
21	桂川	2095-10	1198		煉石Ha	12-0円煉2	砂利	1876	○
		10097-4							
22	太田川	2094-4	194-8			9-0円煉2	砂利	1876	
23	茨木川	1064-4	94-4	煉瓦Ja	—	9-0円煉2	砂利	1876	○
24	上神崎川	13094-4	1290-8			12-0円煉2	砂	1876	×
25	上十三川	5094-4	495-8			12-0円煉2	砂	1876	×
26	下十三川	2063-11複線	622-3		2-9鍊螺3	2-9鍊螺3	砂	1874	×
		7065-8							
27	下神崎川	2063-11複線	1182-5		2-9鍊螺3	2-9鍊螺3	砂	1874	×
		15065-8							
28	武庫川	2063-11複線	832-5		2-9鍊螺3	2-9鍊螺3	砂	1874	×
		10065-8							
官設鉄道 信越線									
29	上碓氷川	10100上路	100	煉Kb		コンクリート		1885	△
30	千曲川	9040.3094	696	煉瓦	煉瓦	12-0円煉2	砂利	1888	×
31	犀川	8040.3093	860	煉瓦	煉瓦Ea	12-0円煉2	砂利	1888	×
		10198							
日本鉄道									
32	荒川	4094-6.48050	3035	煉瓦	煉瓦Da	12-0円煉2 複線用	粘土	1885	×
33	烏川	6094	594	煉瓦L	煉瓦H	杭打及コンクリート		1886	△
34	利根川	30199-4.9094-2	1527	煉瓦L	煉瓦Da	12-0円煉2		1886	×
35	田川	1095	95	煉瓦K	—	コンクリート		1886	×
36	西鬼怒川	4094-4.8050	835	煉瓦K	煉瓦Da	10-0円煉2		1887	×
37	東鬼怒川	8050.10094-4	1435-3	煉瓦K	煉瓦Da	10-0円煉2		1887	×
38	五百川	1094.3040	229	煉瓦K	煉瓦E	杭打及コンクリート		1887	
39	名取川	8094-4	790	煉瓦K	煉瓦E	コンクリート+箱枠?		1887	
40	小川	1093-10	93-10		—	杭打及コンクリート		1890	
41	日光線田川	1094-4	94-4	煉瓦	—	コンクリート		1890	×
水戸鉄道									
42	鬼怒川	7094-4	694			円煉2		1889	
43	勤行川	1094-4.2040	184			コンクリート		1889	
44	小貝川	1094-4.3040	229			コンクリート		1889	
両毛鉄道									
45	利根川	20200.3070	641-4	煉瓦K	煉I 石Cc	36×18楕煉		1889	×

No.	橋梁名	連数径間 ft-in	全長 ft-in	橋台	橋脚	基礎工 ft-in	地質	2/2 開通 / 複線	現用
総武鉄道									
46	江戸川	3@100, 4@70	605-6			井筒	粘質礫石	1894	×
北海道炭鉱鉄道									
47	入船町橋	1@50, 6@27-3 1@26-9	271			杭打コンクリート	泥	188-	×
48	豊平川	1@147, 1@47 3@15, 2@30	370	切石K	切石I	杭打枠組	砂利	1882	×
49	千歳川	1@214, 1@30	256			円形井筒	粘土	188-	×
50	幌向川	1@95, 4@30	233			枠組	粘土	1882	×
51	郁春別川	1@95, 4@15	165			枠組	粘土	1882	×
伊予鉄道									
52	石手川	1@105	105	煉瓦J		セメントコンクリート	砂利	1893	○
九州鉄道									
53	金山川	1@100, 1@12	118-6			杭打コンクリート	泥土	1890	×
54	遠賀川	4@100, 5@150	1214			円形井筒	硬質粘土、礫	1890	×
55	新川	2@40, 1@100	190-5			円形井筒	軟土	1890	×
56	釣川	1@100	100		—	杭打コンクリート	軟土	1890	
57	旭川	1@100	100		—	コンクリート	砂利	1890	
58	千歳川	5@100, 4@150, 2@30	1232-2	煉瓦	煉瓦F1	円煉2	粘土	1890	×
59	藤田川	1@100, 2@40	195-9			杭打板張コンクリート	粘土	1890	
60	矢部川	2@150	841-5			角形井筒	硬質粘土	1891	
61	繁根木川	1@100	100		—	コンクリート	砂	1891	
62	高瀬川	4@150, 4@100	1049-4		煉瓦I, H	杭打板張コンクリート	硬質粘土	1891	
63	井芹川	1@100	100		—	杭打板張コンクリート	砂	1891	
64	田手川	1@100	100		—	コンクリート	硬土	1891	
65	城原川	1@101	101		—	杭打板張コンクリート	粘土	1891	
筑豊興業鉄道									
66	遠賀川	12@100	1279	煉瓦	煉瓦	円形井筒	砂	1891	
67	若宮川	7@40, 1@100	412-6			円形井筒	砂粘土	1891	
68	嘉麻川	2@100						1893	
69	中元寺川	1@100						1893	

本表は橋台、橋脚欄以外は鉄道局『全国各鉄道橋梁及隧道明細表』、明治27年によって作成した。
 橋台、橋脚欄は『鉄道工事設計参考図面』橋梁之部、工事報告、写真などによって判断できたものを記入した。
 橋台・橋脚 ローマ字記号は断面形状・形式を表す。本文図6を参照。
 基礎 12-0円煉2 = 直径12ft0in 円形煉瓦井筒2列、30×15楕煉=長径30ft短径15ft楕円形煉瓦井筒
 8-0鉄柱2 = 直径8ft0in鉄柱2列、2-9鉄柱3 = 直径2ft9in鉄柱螺旋柱3列
 #) 天竜川：日本国有鉄道百年史第2巻p. 66には楕円形井筒の径は24ft×16ftとある。
 現用：○は現用、×は撤去、△は廃止現存 空欄は未調査

付表2 内田録雄編輯『鉄道工事設計参考図面』（共益商社発行，1897年）所載の下部工関係図面

- 橋台・橋脚定規
第2回定規之部 第8図 鉄道版桁橋台及橋脚定規
- 井筒床環(curb)
第7回定規之部 第10図 BRICK WORK & CURB SHOE FOR SMALL ELLIPTICAL WELL
第11図 環形ウェルカワプシュー（径12呎）附属金物、第12図 同煉瓦割及木割
第13図 径24呎12呎楕円形ウェルカワプシュー、第14図 同木割、第15図 煉瓦割及附属金物
- 掘削器
第8回橋梁之部 第1図 ハンドドレツシャー（鋤簾） BULL'S HAND DREDGER
第2図、第3図 ガットメル浚泥器 GATWELL'S EXCAVATOR
- 各橋梁下部工
第1回、第5回、第8回橋梁の部に収録された橋梁
トラス：六郷川初代鉄橋、第二酒匂川、大井川橋梁、（以下日本鉄道）利根川、烏川、田川、東鬼怒川、五百川、名取川、両毛鉄道上利根川
鉋 桁：尺里川、（以下日本鉄道）第一黒川、那珂川、釈迦堂川、松川、白石川、七北田川（箱桁）、広瀬川（箱桁）、衣川（箱桁）、身馴川、成瀬川（箱桁）、平川、第七馬淵川（鉄構橋脚）、第九馬淵川（鉄構橋脚）、鉄構橋脚詳細、甲武鉄道多摩川、浅川