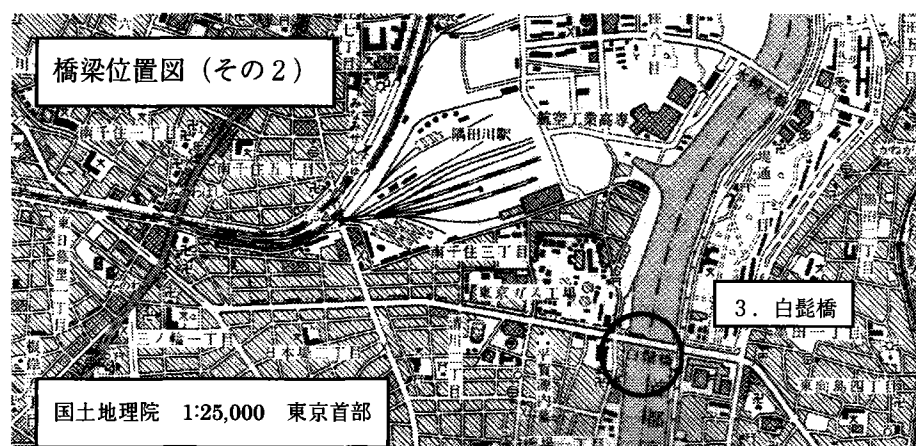
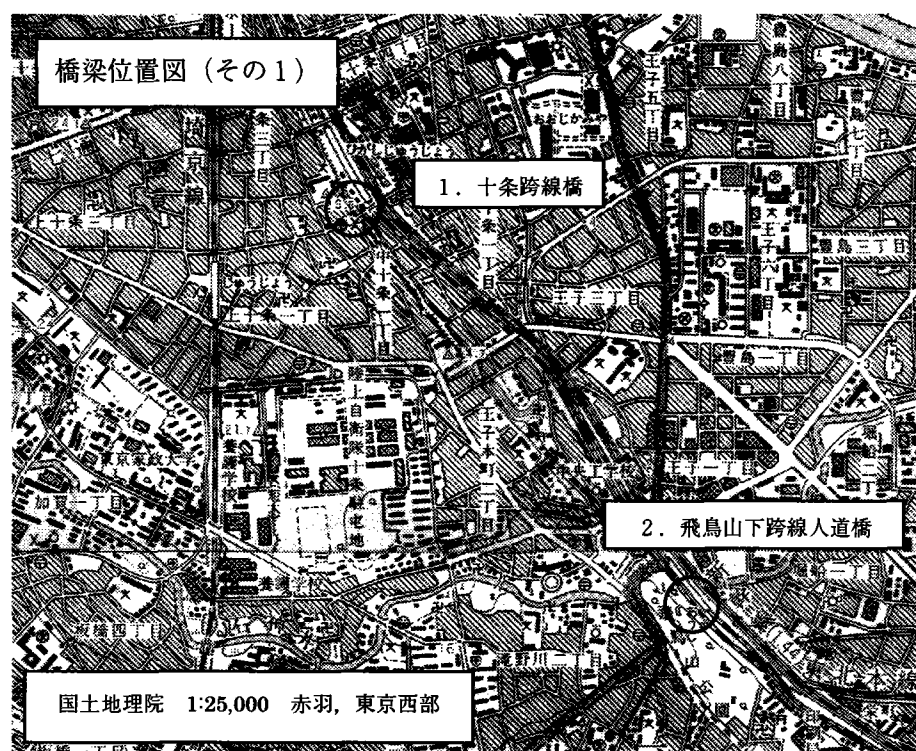
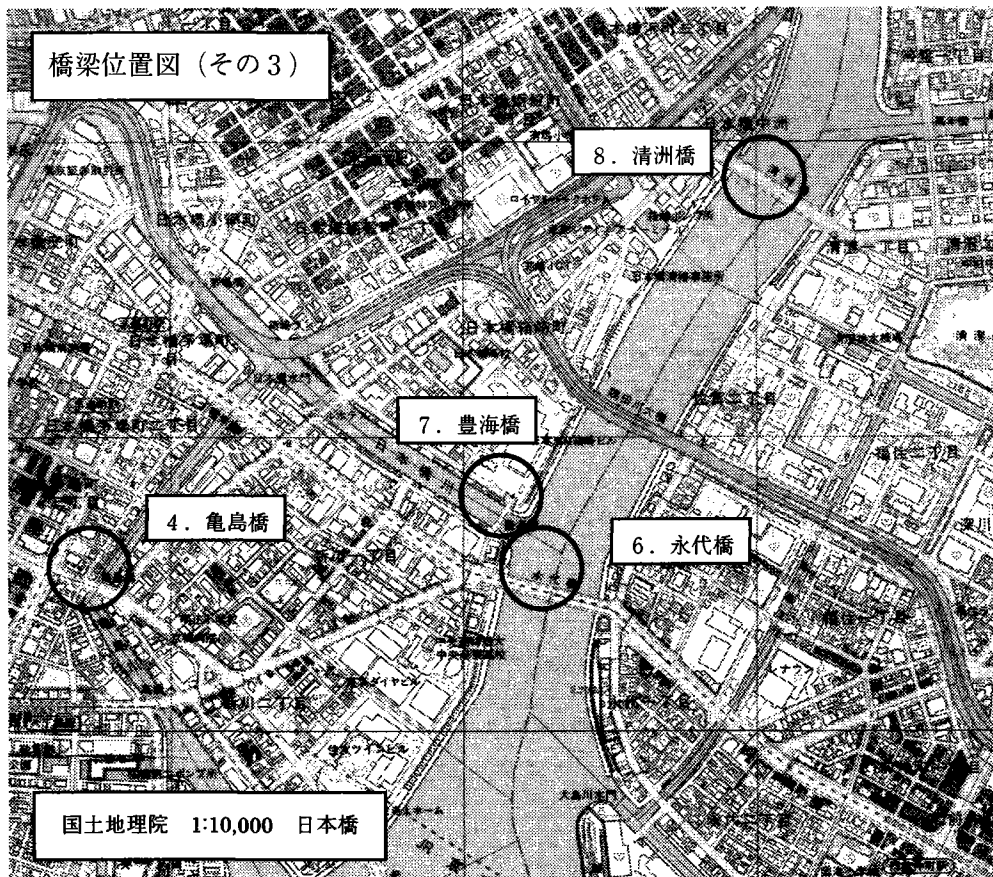


§ 3. 歴史的鋼橋を訪ねて

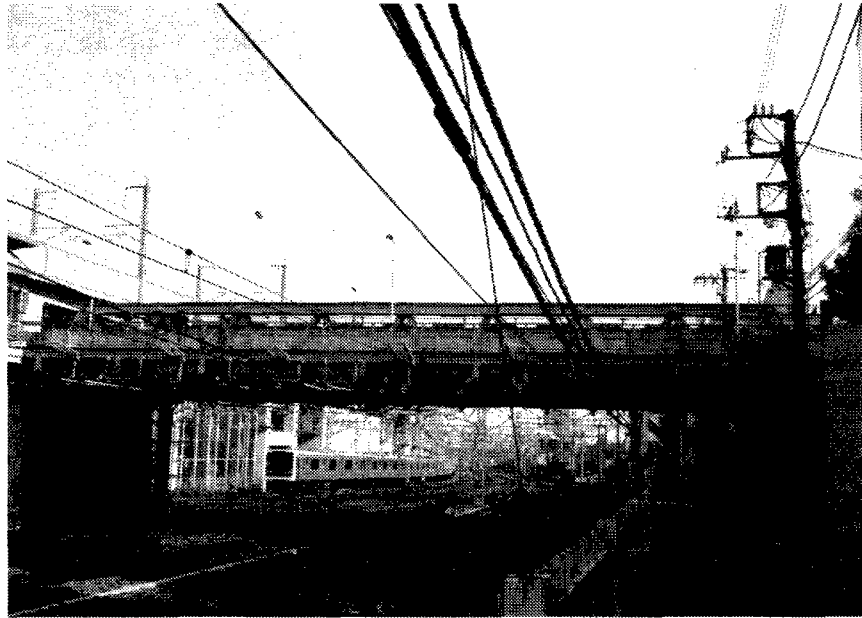
見学・調査を実施した橋梁

	橋 名	所在地(東京都)	竣工年	構造形式
1	十条跨線橋	北区十条	昭和6(1931)	ボニーワーレントラス(ピン結合)
2	飛鳥山下跨線人道橋	北区王子	大正14(1925)	中路ブレースドリブ固定アーチ
3	白髭橋	荒川区南千住－墨田区堤通	昭和6(1931)	下路ブレースドリブバランスドタイプアーチ
4	亀島橋	中央区八丁堀－新川	昭和4(1929)	上路2ヒンジアーチ
5	札の辻橋	港区田町－芝浦	昭和8(1933)	下路曲弦プラットラス
6	永代橋	中央区新川－江東区佐賀	大正15(1926)	下路バランスドタイプアーチ
7	豊海橋	中央区新川－箱崎	昭和2(1927)	下路フィーレンデール
8	清洲橋	中央区中洲－清澄	昭和3(1928)	3径間自碇式補剛吊橋





1. 十条跨線橋（じゅうじょうこせんきょう）



[写真-3.1.1：全 景]

1-1. データ

竣工年 : 昭和6年(1931)
所在地 : 東京都北区中十条(京浜東北線 東十条駅前)
路線名 : 不明
跨越対象 : JR 東北本線, 京浜東北線
橋長・幅員 : 30.2×7.7m (ラーメン部を含めると橋長 45.9m)
構造形式 : ポニーワーレントラス (ピン結合)
径間数・支間長 : 1×30.2m
設計活荷重 : 不明
鋼 重 : 不明
設計者/設計年 : 不明
製作者/製作年 : 英国 Cochrane 社製/明治28年(1895)
架設者/架設年 : 不明/昭和6年(1931)
架設工法 : 不明
下部工形式 : [橋台] 不明
 : [橋脚] 不明
基礎工形式 : [橋台] 不明
 : [橋脚] 不明
起業者/管理者 : 鉄道省/北区
備 考 : 東北本線荒川橋梁(1895年架設)を移設・改造し道路橋に転用したもの

1-2. 概要

本橋は、昭和6年(1931)建造となっているが(『北区の橋』⁴⁾によると昭和2年)、東北本線の旧荒川橋梁を移設したもので、その完成は1895年である。トラス端柱にイギリスの製作メーカーである Cocrhane 社の銘板が今も残されている。

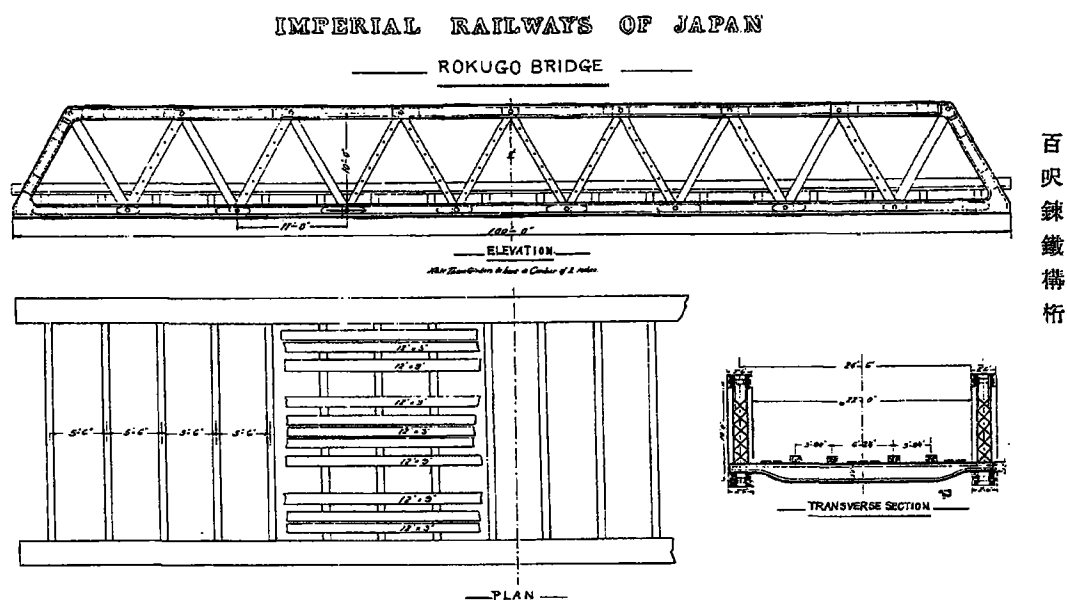
荒川橋梁には100ftの複線ポニーワーレントラスが4連あった。そのうちの1連が本橋であり、他の3連のうち2連の転用先は、それぞれ江ヶ崎跨線橋(横浜市鶴見区、現存)と大鹿橋(群馬県水上市、昭和40年撤去)であるが、残りの1連は不明である。

北側のトラス主構の外側には歩道が添架されており、下弦材の上に張り渡したH形鋼の上に載っている。南側の歩道部は本橋と構造的に独立している。

明治期の鉄道橋は、ほとんどが外国からの輸入橋である。特に、明治初期にはイギリス人の顧問技師の指導下で建設されたため、イギリスから輸入され架設されている。イギリス式のトラス橋は、明治期の初期から中期にかけて、非常に多く輸入されているが、橋長70ft, 100ft, 200ft ワーレントラスが標準設計的に用意され全国の鉄道橋に使用された。

最初の鉄製(錬鉄)トラス橋は明治7年(1874)、神戸～大阪間の武庫川橋梁他に架設された70ftポニーワーレントラスである。十条跨線橋は100ft複線ポニーワーレントラスといわれ、東海道本線六郷川橋梁と同形式である。[図・3.1.1]に六郷川橋梁の一般図を示す。

これらイギリス式トラス橋は、この十条跨線橋のほかにも現存しているものが多数ある。一例を挙げると70ft形式は浜中津橋(大阪市北区)として、100ft形式では六郷川橋梁が明治村他に保存される形で、また、200ft形式では揖斐川橋(岐阜県大垣市)や湖畔橋(北海道千歳市)に現存している。



[図・3.1.1：一般図(六郷川橋梁)¹⁾]

1-3. この橋の見どころ

エンドポストには東北本線荒川橋梁に架設された当時(1895年)の銘板が今も残っている[写真-3.1.2]。「COCHRANE & Co 1895 DUDLEY ENGLAND」と印されており、半月型の特徴のある銘板である。ちなみに“COCHRANE”は“コ克蘭”と発音するのが正しいようである。



[写真-3.1.2: 銘板]

イギリス式のトラス橋の斜材は、[写真-3.1.3]に示すように基本的に2枚のプレートで構成されており非常にシンプルな構造である。圧縮材は座屈防止のため2枚のプレート間にハニカム状の綾材が設けられているが、引張材は何も設けられていない。



[写真-3.1.3: 斜材]

[写真-3.1.4, 3.1.5]は上弦材の格点構造である。引張材と圧縮材で左右のプレート間隔が異なり、圧縮材の内側に引張材が差し込まれる構造となっている。また、斜材の端部は8角形のプレートにより補強されている。ピンカラーには径ごとにアルファベットの陽刻が施され、組み立て時に判別し易いように工夫がされている。[写真-3.1.4]の格点には“C”が、[写真-3.1.5]には“K”の文字が確認できる。



[写真-3.1.4: 上弦材格点(1)]

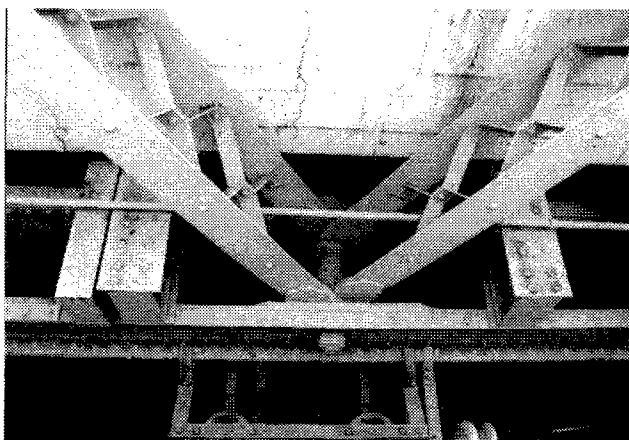


[写真-3.1.5: 上弦材格点(2)]

〔写真・3.1.6〕は、支間中央部の下弦材である。上側が開いたコの字形断面となっているためゴミなどが溜まりやすい構造となっている。横桁は格点ではなく格間で支持されており、これもイギリス式トラス独特のディテールである。したがって、下弦材は正確には軸力を受ける梁部材である。この写真の左端に見える小さな桁は反対側に添架された歩道の支持梁である。この歩道は、昭和44年（1969）に添架されたもので、〔写真・3.1.7〕に示すように左右のトラス下弦材上にH形鋼を渡し、張り出した部分で歩道を支持する構造となっている。車道部を支えている横桁はオリジナルのものであり、独特の船底形状をしている。

また、〔写真・3.1.7〕をよく見ると下弦材現場継手の添接板形状が菱形となっていることがわかる。上弦材側は長方形であることより、引張部材継手の設計にこのころから孔引きの考え方があったことをうかがわせる。

〔執筆担当：稲村 和彦〕



〔写真・3.1.6：下弦材格点〕



〔写真・3.1.7：床組〕



〔写真・3.1.8：橋面〕

《参考文献》

- 1) 久保田敬一：『本邦鉄道橋ノ沿革ニ就テ』, 1934.1
- 2) 成瀬輝男編：『鉄の橋百選』, 東京堂出版, pp.42-43, 1994.6
- 3) 歴史的鋼橋調査小委員会編：『歴史的鋼橋集覧』, 土木学会, 第一集下巻, pp.329-330, 1997.12
- 4) 東京都北区教育委員会：『北区の橋』, 1984.3

2. 飛鳥山下跨線人道橋（あすかやましたこせんじんどうきょう）



[写真-3.2.1：全 景]

2-1. データ

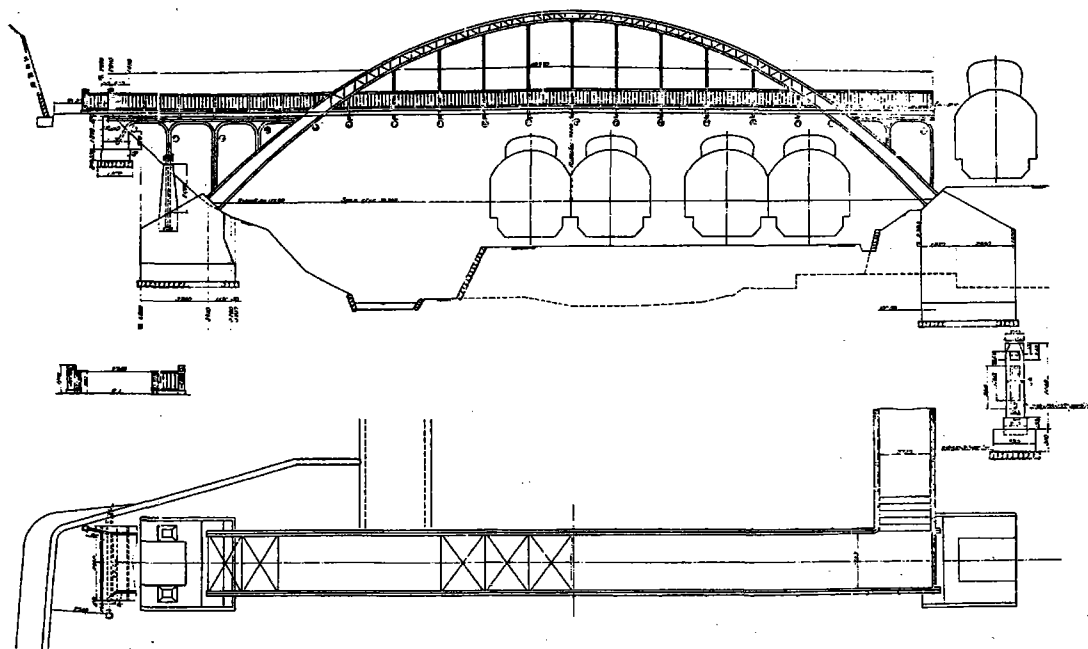
竣工年	：大正 14 年（1925）
所在地	：東京都北区王子（京浜東北線 王子駅構内）
路線名	：不明
跨越対象	：JR 東北本線，京浜東北線
橋長・幅員	：41.0×2.74m
構造形式	：中路ブレースドリブ固定アーチ
径間数・支間長	：1×35.360m（アーチ支間）
設計活荷重	：不明
鋼 重	：不明
設計者／設計年	：不明
製作者／製作年	：不明
架設者／架設年	：不明／大正 14 年（1925）
架設工法	：不明
下部工形式	：[橋台] 鉄筋コンクリート製 ：[橋脚]
基礎工形式	：[橋台] 木杭 ：[橋脚]
起業者／管理者	：鉄道省／
備 考	：古レールを利用したアーチ橋で非常に珍しいタイプである

2-2. 概 要

飛鳥山下跨線人道橋は、京浜東北線王子駅南口にある古レールを利用した橋長41mの跨線人道橋であり、この橋を渡るとすぐに飛鳥山公園となる。古レールを再利用した跨線橋は全国に多数存在しているが、そのほとんどがトラス構造やスパンの短い梁構造であり本橋のような固定アーチ形式のものは非常に珍しい。本橋の他に古レールを使用したアーチ跨線橋としては、白金栈道橋（目黒跨線人道橋）、立川跨線橋などがあるのみである。

このような古レールを利用した構造物は、大正末期から第二次大戦前後の物資不足の時代に建設されたものがほとんどであり、本橋も大正14年（1925）に架設されている。使用しているレールは、明治期に多数輸入されたドイツ・ユニオン社製のUD-1887、NTK（日本鉄道会社）の第1種、30kgf/mレールであり、アーチリブの他に、床版の縦桁、スパンドレルおよびアプローチ階段部の梁、柱にも使用されている。

4本のレールを使用したアーチリブのスケルトンは二次曲線であり、部材高さは基部の910mmからクラウンへ向かって584mmに絞られている。また、中路形式となっており路面より下側のアーチリブはソリッドリブ、上側はブレースドリブ形式となっているのが特徴である。飛鳥山公園への入口としてのためか、景観に配慮した細かいデザインが成されており、設計者のセンスのよさがうかがわれる。また、ディテールのにもいろいろな工夫が凝らされている。



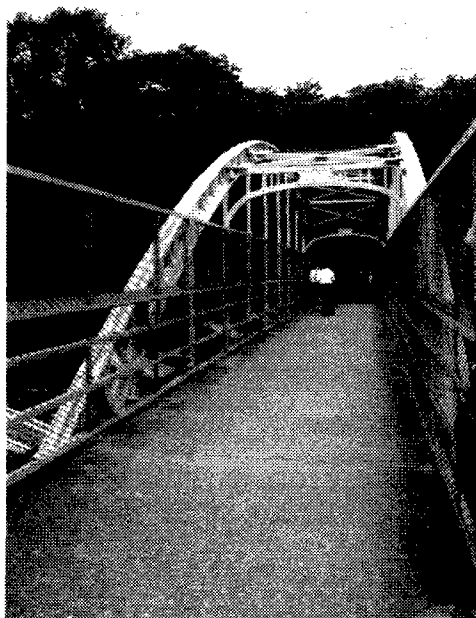
【図-3.2.1：一般図¹⁾】

2-3. この橋の見どころ

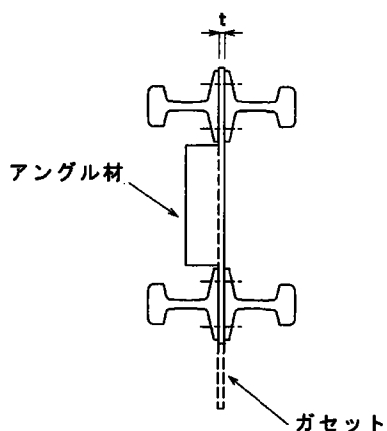
路面より上側のアーチリブはブレースドリブ形式となっており，利用者に開放感を与えるとともに，飛鳥山公園のゲートとしてのシンボル性が強調されているように感じられる [写真-3.2.2]。

アーチのスケルトンは二次曲線であるが，このような大きな曲率の曲げ加工をどのような方法で行ったのであろうか。

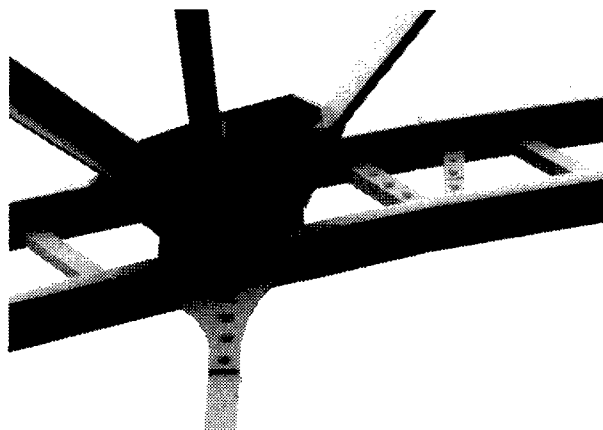
ブレースドリブアーチ部の断面を [図-3.2.3] に示す。2本のレールの頭を外側にして，刃を落としたアングル材やガセットを挟み込むようにリベットで閉じ合わされている。したがって，これらの部材が取り付けられない箇所は，2本のレールの間に板厚分のわずかな隙間が開いている。



[写真-3.2.2：橋 面]

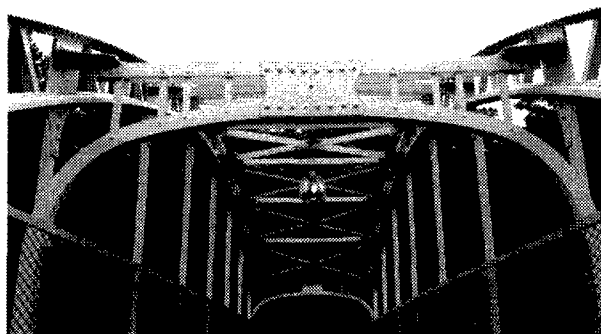


[図-3.2.3：アーチリブ断面]



[写真-3.2.3：アーチリブ]

橋門構やラテラル，吊材などにはすべてアングル材が使用されている [写真-3.2.4]。橋門構中央のタイプレートは，両端が円弧状にカットされており，ディテールへの細かい配慮が感じとれる。このタイプレート中央に見える穴は，橋銘板を取り付けていた跡であろうか。



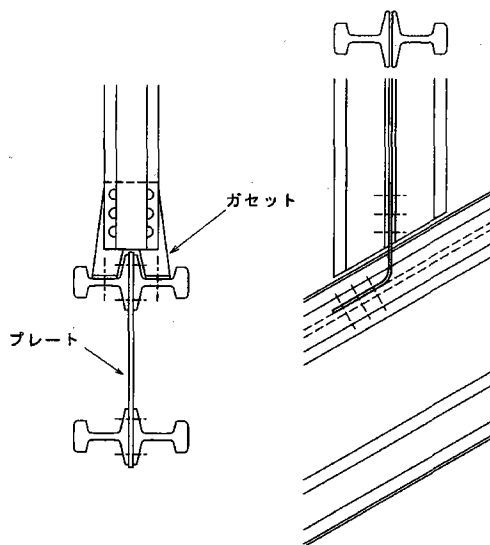
[写真-3.2.4：橋門構]



〔写真-3.2.5：アーチリブと垂直材〕

〔写真-3.2.5〕はスパンドレル部のアーチリブと垂直材の取り付け構造である。垂直材はレールの頭が橋軸方向を向いており、〔図-3.2.3〕に示す下路部の吊材のようなディテールで連結するのは困難である。そこで、〔図-3.2.4〕のような板を曲げたガセットプレートを紹介して取り合う構造とし、ガセット形状も目立たないように工夫がされている。

また、支柱の上端はレール高さの約5倍の内径で曲げ加工されており、縦桁のレールと背中合わせに綴じ合されている。このディテールは古レールを使用した構造物に見られる独特のもので、〔写真-3.2.6〕に示す階段部にも使用されている。硬い感じのレール構造物に柔らかさを与えているようである。〔写真-3.2.7〕は床版の下面である。床版の厚さは約22cmあり、7本のレールがコンクリートに埋まっている。



〔図-3.2.4：格点構造〕



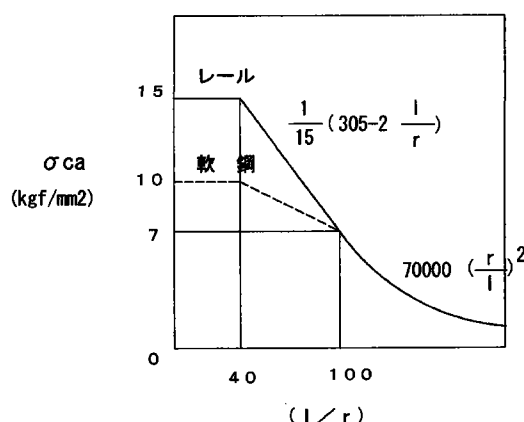
〔写真-3.2.6：階段部の構造〕



〔写真-3.2.7：上路部の床版〕

ところで、このようにレールを構造部材として使用する場合はどのように考えられていたのでしょうか。

当時の示方書によるとレールの引張強度は 65kgf/mm^2 以上と定められており、実験による降伏応力は $36\sim 45\text{kgf/mm}^2$ であった。したがって、降伏応力の下限值に対して安全率2をとり許容軸引張応力は $\sigma_{ta}=18\text{kgf/mm}^2$ と定められていた。一方、降伏応力が普通鋼 (SS39) の1.5倍で弾性係数もほとんど等しいことから、軸圧縮力強度は [図-3.2.5] に示すような耐荷力曲線としていた。すなわち、レール材は適切な断面構成で使用すれば、その高強度特性が発揮され普通鋼よりはるかにスレンダーで丈夫な構造物を作ることができたのである。このことは、貴重な鋼材をリサイクルするという考え方以上に、古レールの鉄道構造物が普及したもう一つの理由かも知れない。

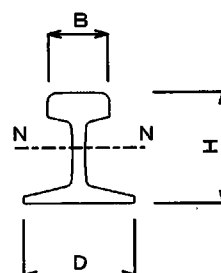


[図-3.2.5：レールと普通鋼（軟鋼）の耐荷力曲線]

また、古レールの断面諸係数は『軌道整備心得』に定められていたレール頭部の摩耗限界に準じて、 30kgf/m レールは9mm減、 37kgf/m は14mm減、そして 50kgf/m は16mm減として計算され、[表-3.2.1] のような値であった。したがって、古 30kgf/m レールの断面諸係数は新しい 25kgf/m に相当すると考えて問題がなかったようである。

[表-3.2.1：新旧レール断面諸係数]

	25kgf/m	30kgf/m		37kgf/m		50kgf/m	
	新Rail	古Rail	新Rail	古Rail	新Rail	古Rail	新Rail
A(cm2)	31.4	32.8	33.3	38.5	47.3	54.1	64.3
B(mm)	54.0	—	60.3	—	62.7	—	67.9
D(mm)	98.4	—	108.0	—	122.2	—	127.0
H(mm)	98.4	—	108.0	—	122.2	—	144.5
Ix(cm4)	412	456	604	654	952	1231	1744
Iy(cm4)	81	136	152	198	227	342	377
Wx(cm3)	82	82	108	104	149	165	225
Wy(cm3)	16	25	28	32	37	53.9	53.4
rx(cm)	3.6	3.6	4.0	4.0	4.5	4.7	5.1
ry(cm)	1.6	2.0	2.0	2.3	2.2	2.5	2.4



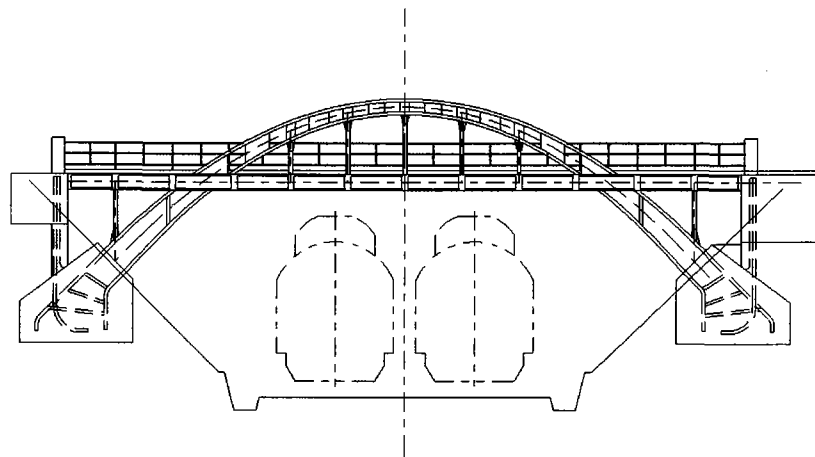
2-4. 古レールのアーチ橋

前述のように、古レールを再利用した跨線橋などの鉄道構造物は全国に多数存在している。しかし、飛鳥山下跨線人道橋のようにアーチ橋の主構部材に古レールが使用されているものは極めて少ない。このような古レールアーチ橋について調査を行ったところ、[表-3.2.2]に示すような橋梁が現存もしくは架設されていたことが分かった。ここでは、これらの概要を示す。

[表-3.2.2] 古レールアーチ橋

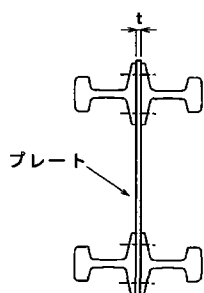
No.	橋 名	竣 功	所在地	橋 種	橋長(m)	支間(m)	有効幅員 (m)	構造形式	跨越対象	備 考	
1	飛鳥山下跨線人道橋	大正14(1925)	東京都北区	人道橋	41.00	36.40	2.74	中路ブレースドリ ブ固定	東北本線		
2	立川跨線橋 (めがね橋)	昭和6(1931)	東京都立川市	道路橋	22.22	18.29	3.66	中路ソリッドリブ 固定ボニー	中央本線		
3	白金横道橋 (目黒跨線人道橋)	昭和8(1933)	東京都目黒区	人道橋	不明	不明	不明	上路	山手線／山手 貨物線		
4	栗橋駅跨線人道橋	昭和26(1951)	埼玉県栗橋市	人道橋	27.69	不明	3.1	中路固定	東武伊勢崎線 ／東北本線	平成13(2001) 撤去	
5	忍川 橋梁群	前屋敷橋	不明	埼玉県吹上町	道路橋	15.6	3.3+5.7+3.3	3.0 + 1.0	3径間上路	忍川	
		(無名橋)	昭和8(1933)	行田市堤根	道路橋	15.6	3.4+8.5+3.4	3.0	3径間上路	忍川	
		(無名橋)	昭和8(1933)	行田市堤根	道路橋	16.5	3.4+8.5+3.4	2.8	3径間上路	忍川	
		(無名橋)	昭和8(1933)	行田市堤根	道路橋	15.6	3.4+8.2+3.4	2.7	3径間上路	忍川	
		(無名橋)	昭和8(1933)	行田市堤根	道路橋	15.0	3.7+5.9+3.7	2.5	3径間上路	忍川	
		(無名橋)	不明	行田市堤根	水管橋	14.5	14.5	—	単径間上路	忍川	
		第二菅谷橋	不明	行田市持田	道路橋	10.0	9.2	2.5	単径間上路	忍川	
		梵天橋	昭和7(1932)	行田市谷郷	道路橋	10.0	不明	2.5	単径間上路	酒巻導水路	
		八ツ島橋	昭和7(1932)	行田市長野	道路橋	10.0	不明	1.8	単径間上路	酒巻導水路	
		赤堀橋	昭和7(1932)	行田市谷郷	道路橋	10.0	不明	1.8	単径間上路	酒巻導水路	
6	小谷橋	昭和7(1932)	埼玉県吹上町	道路橋	19.8	4.7+7.4+4.7	2.6	3径間上路	元荒川		
7	笹原橋	昭和7(1932)	鴻巣市三ツ木	道路橋	21.2	6.1+7.9+6.1	3.0	3径間上路	元荒川		
8	洗井橋	昭和7(1932)	鴻巣市寺谷	道路橋	28.3	7.1+9.1+7.1	6.1	3径間上路	元荒川	桁橋で補強	

(1) 立川跨線橋 (たちかわこせんきょう)

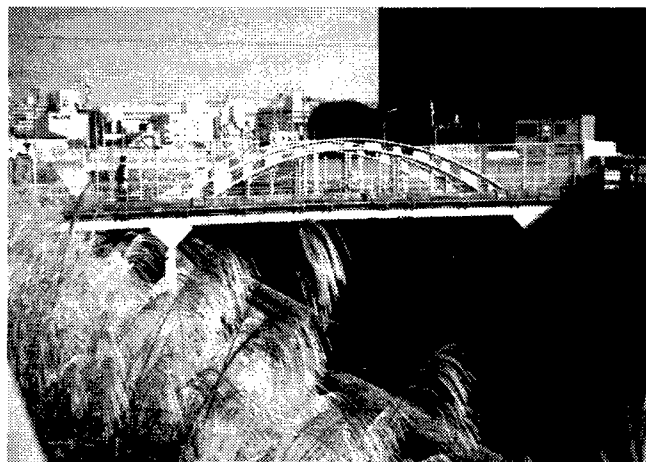


[図-3.2.6：一般図]

立川跨線橋は、JR 中央線立川～日野間にあり、昭和 3 年（1928）に単径間の煉瓦アーチ橋から現在のレールアーチに架け替えられた。旧橋がその形から「めがね橋」と呼ばれていたことから、橋の形式が変わった今でも周辺の人にはこの名前で親しまれているようである。構造的には、飛鳥山下跨線人道橋と同じ中路式固定アーチであるが、こちらは人だけではなく一般車両も渡る立派な跨線橋である。アーチリブの断面は [図-3.2.7] に示すような 4 本のレールを使ったソリッドリブ形式であるが、路面より上のウェブ部分に開腹部が設けられている。また、橋門構や上支材はなくポニー形式となっている。



[図-3.2.7：アーチリブ断面]

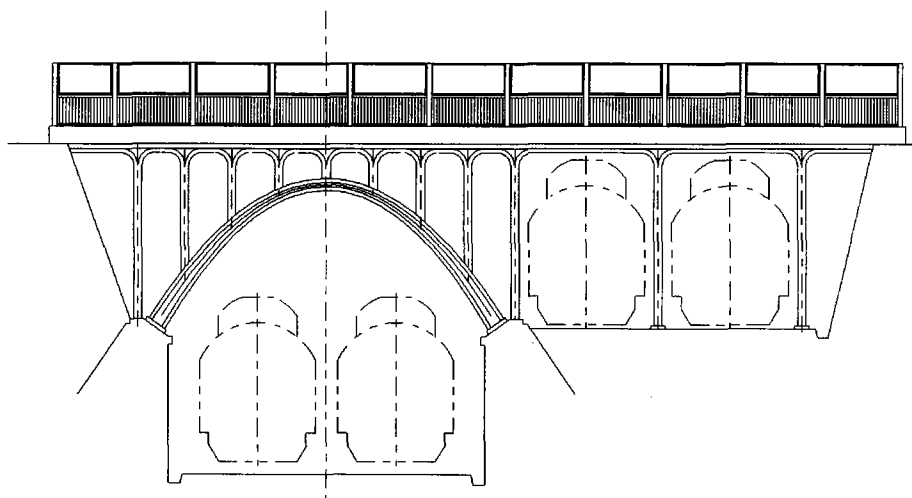


[写真-3.2.8：全 景]



[写真-3.2.9：アーチリブ]

(2) 白金栈道橋 (しろかねさんどうきょう)

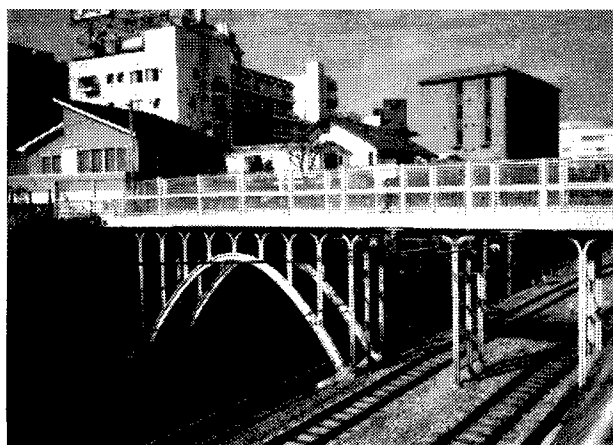


[図-3.2.8：一般図]

白金栈道橋は JR 山手線目黒～恵比寿間に昭和 8 年（1933）に架設された幅員 2m の人道橋である。支間のおよそ $1/3$ の高いライズを持つアーチ径間は山手貨物線を，側径間は山手線を跨いでおり，それぞれのレールレベルの違いを生かしたユニークな構造となっている。

レールを 4 本使用したアーチリブの構造は基本的に飛鳥山や立川のものと同様であるが，支間が短くウェブ高も低いため，すべてソリッドリブ形式となっている。レールの頭が落とす影がアーチリブをさらにスレンダーに見せ繊細さが強調されている。

また，レールを逆 U 字型に曲げた垂直材がスパンドレル部からクラウン部へと連続しリズムミカルな印象を与えている。

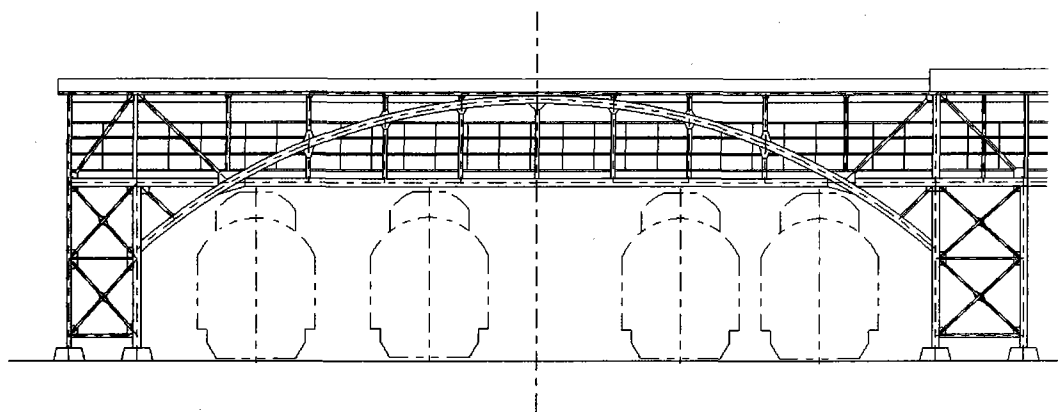


[写真-3.2.10：全 景]



[写真-3.2.11：アーチ部]

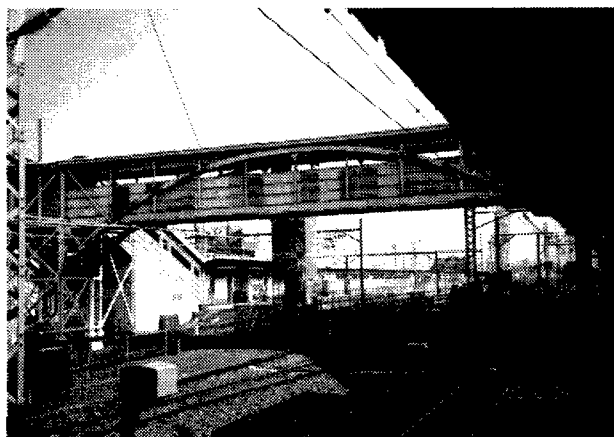
(3) 東武伊勢崎線栗橋駅乗換え跨線橋



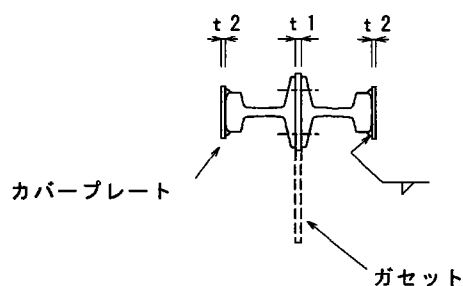
〔図-3.2.9：一般図〕

この跨線橋は東武伊勢崎線栗橋駅構内に昭和 26 年（1951）に架設された JR 東北本線との乗り換え跨線橋である。

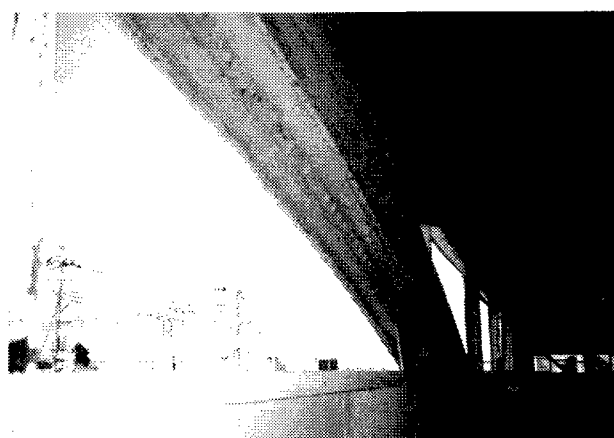
橋長 27.69m の珍しい中路アーチ形式の跨線橋であり、このアーチリブにもやはり古レールが使用されている。〔図-3.2.10〕にアーチリブの断面形状を示すが 2 本のレールの間にプレートを挟み込み、さらに頭側にもカバープレートを溶接した変わった構造となっている。この跨線橋は、同駅の橋上化に伴い平成 13 年（2001）に残念ながら撤去された。



〔写真-3.2.12：全 景〕



〔図-3.2.10：アーチリブ断面〕



〔写真-3.2.13：アーチリブ〕

(4) 忍川橋梁群 (おしかわきょうりょうぐん)

埼玉県行田市内を流れる忍川には古レールを使った小規模なアーチ橋が昭和 8 年 (1933) 頃に多数架設された。平成 14 年に調査した段階では、酒巻導水路を含めて 10 連 (水管橋 1 連含む) が現存していることがわかった。これらのアーチ橋群は、大きく 3 径間と単径間の 2 種類のタイプに分けられるが、特に 3 径間形式にはさまざまなバリエーションが見られ楽しい。[写真-3.2.14] は忍川と上越新幹線が交差する付近であり、これらの橋のなかで最も規模が大きく、唯一橋銘板のある橋である。

[写真-3.2.15] は新幹線高架橋から国道 17 号深谷バイパスに至るまでの間であるが、このあたりにはそれぞれ形の異なる 3 径間アーチが密な間隔で 4 連並んでいる。農業用車両しか渡らないような小さな橋であるが、周囲の自然と調和して実に美しい風景である。また、酒巻導水路と国道 125 号が交差する付近には [写真-3.2.16] のような単径間アーチ橋が 3 橋ある。これらの橋も河川改修によりやがて姿を消してしまう運命であるのは残念である。

跨線橋やプラットホームの上屋など鉄道関係の構造物に古レールが使用されている例はよくあるが、このように鉄道と全く関係のない場所で、しかもこれだけの数の古レール橋がまとまって架設されているのは非常に珍しい。文献 5)によるとこのレールは東武鉄道で使われていた 30Kgf/m レールであることが確認されている。



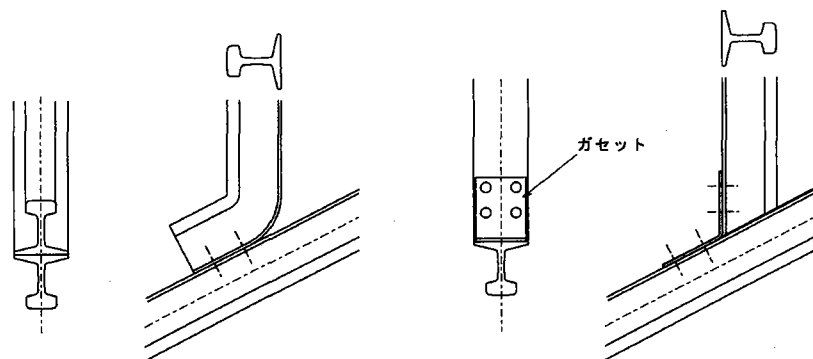
[写真-3.2.14：前屋敷橋]



[写真-3.2.15：3 径間アーチ橋群]

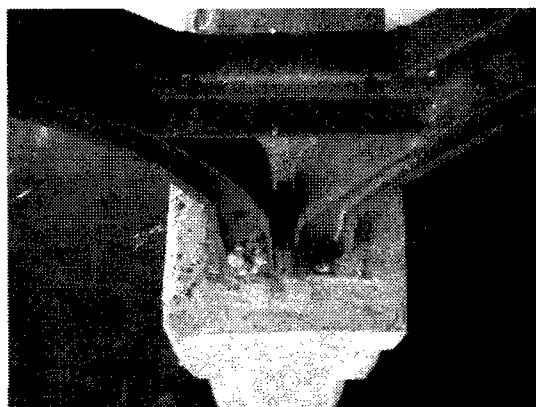


[写真-3.2.16：梵天橋]

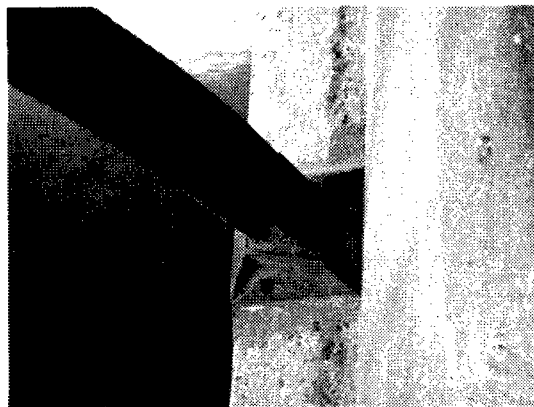


[図-3.2.11：アーチリブと垂直材との取り付け]

これらアーチリブの構造はすべて、[図-3.2.11]に示すような一本のレールを曲げただけの単純な構造で上下を逆転した状態で使用されている。そして、幅の広い底面側で垂直材と取り合う構造となっている。垂直材とアーチリブの取り付けディテールには、レールの端部を曲げてアーチリブに直接連結するものと、薄い板を曲げたガセットを介して取り合う2種類がある。[写真-3.2.17]は3径間アーチの中間支点の構造である。また、アーチの端支点は一見固定されているように見えるが、[写真-3.2.18]に示すような短い鞘のような鋳物製支承にレールを差し込むだけの単純な構造となっておりヒンジに近いと考えられる。



[写真-3.2.17：中間支点]



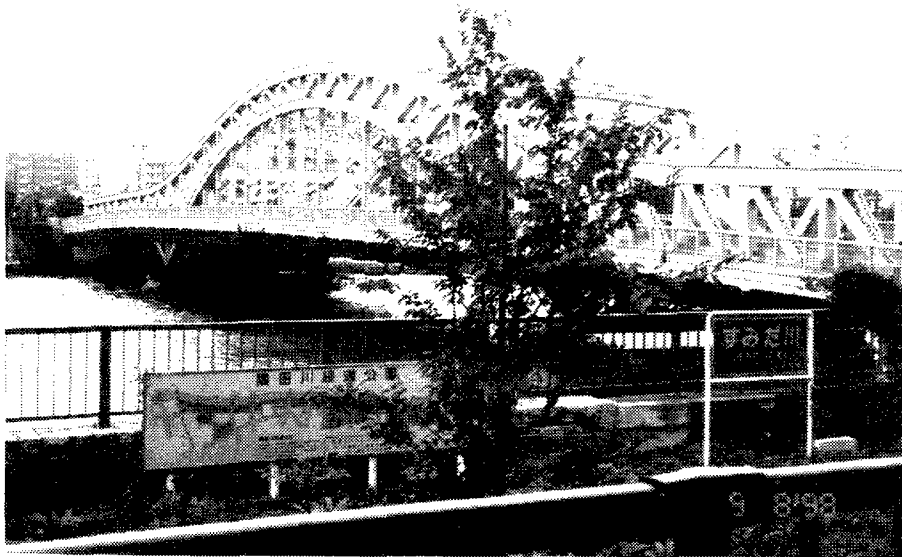
[写真-3.2.18：端支点]

[執筆担当：稲村 和彦，掘井 滋則]

《参考文献》

- 1) 飛鳥山下跨線人道橋図面
- 2) 成瀬輝男編：『鉄の橋百選』，東京堂出版，pp.122-123，1994.6
- 3) 歴史的鋼橋調査小委員会編：『歴史的鋼橋集覧』，土木学会，第一集下巻，pp.352-353，1997.12
- 4) 東京都北区教育委員会：『北区の橋』，pp.15，1984.3
- 5) 渡辺，伊藤，窪田：「古レールを使用した忍川橋梁群に関する考察」，土木史研究 No.16，pp.303-310，1996.6

白鬚橋（しらひげはし）



[写真・3.3.1：全 景]

3-1. データ

竣工年月 : 昭和 6 年 (1931) 6 月 10 日
所在地 : 東京都荒川区南千住～墨田区堤通
路線名 : 明治通り
跨越対象 : 隅田川
橋長・幅員 : 168.8×22.1m
構造形式 : 下路カンチレバー式ブレースドリブバランスドタイドアーチ
径間数・支間長 : 44.196+79.553+44.196m
設計活荷重 : 一等橋 (大正 15 年道路構造に関する細則案)
鋼 重 : 1922.962tf
設計者／設計年 : 増田 淳／不明
製作者／製作年 : 川崎造船所／昭和 6 年 (1931)
架設者／架設年 : 大林組 (宮地鐵工所)／昭和 6 年 (1931)
架設工法 : デリッククレーンによるステージング架設
下部工形式 : [橋台] 半重力式 (施工 大林組)
 : [橋脚] 半重力式 (施工 大林組)
基礎工形式 : [橋台] 井筒 (施工 大林組)
 : [橋脚] 木杭 (施工 大林組)
起業者／管理者 : 東京府／東京都
備 考 :

3-2. 概要

白鬚橋は昭和6年（1931）に、都市計画道路第一期環状線 1.3.16 号線（現・明治通り＝府県道第 36 号寺島川端線）の橋として東京府が架けた²⁾。

その昔、治承4年9月というから西暦にして1180年、当時「利根川」であったこの川に源頼朝が浮橋を架けて兵を渡したのはこの橋の付近と伝えられている。

この川が武蔵と下総の境であった江戸期、そして明治の人々はこの橋の少し下流にあった「橋場の渡し」で当時「荒川」だったこの川を渡っていた。

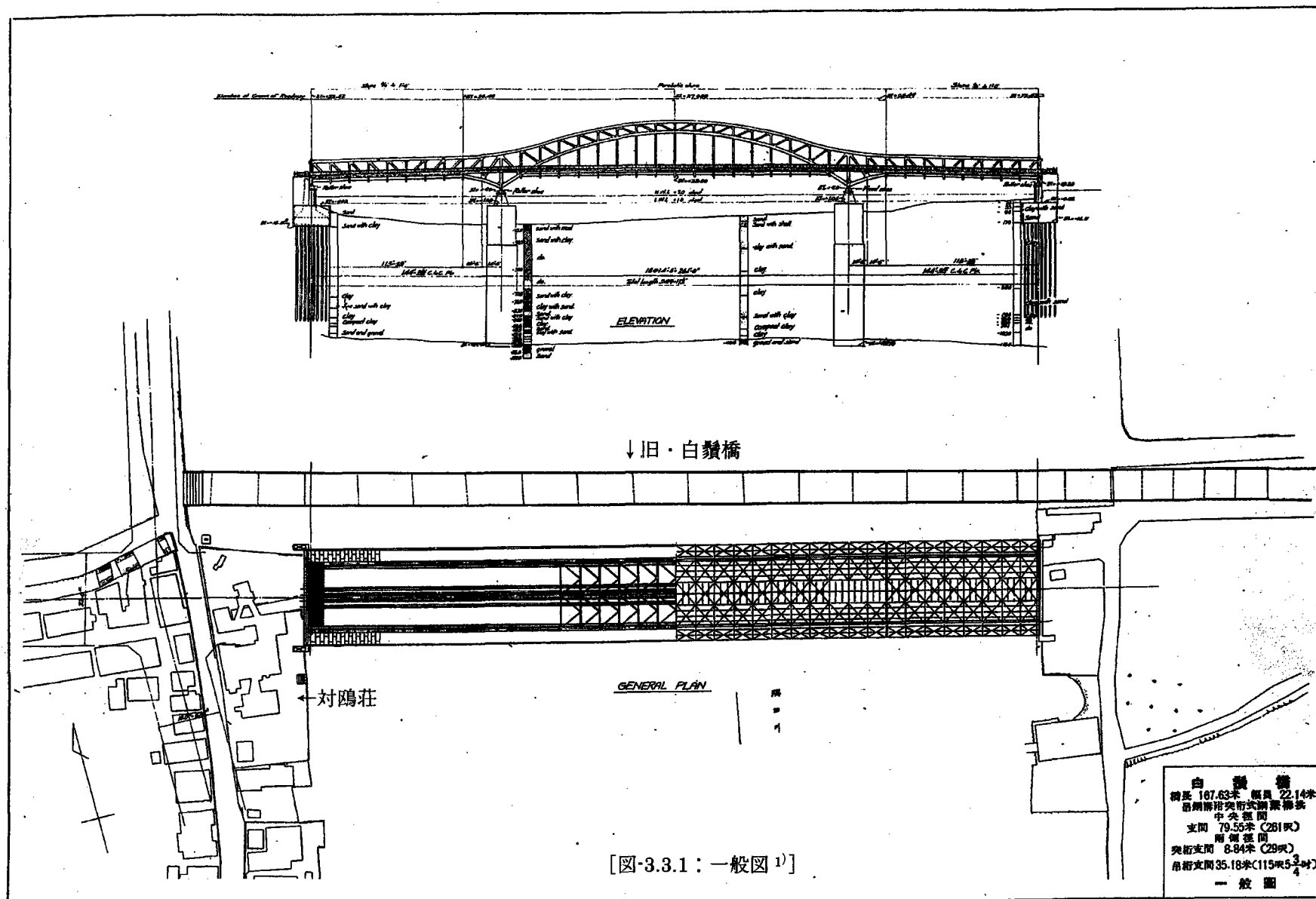
その時代、この付近は風光明媚の地として知られていた。東岸を望めば桜堤の墨堤、その背後に橋名にその名を頂いた白鬚神社と松林。明治6年12月に征韓の議論で病をえた参議三条実美を明治帝が見舞われたのは現・白鬚橋の西側橋端にあった三条の別邸・対鷗荘であった³⁾。大正2年になって、地域の有志が総額10万円を集めて「白鬚橋株式会社」を創設し、大正3年5月に現橋の直上流に長さ235m幅7.3mの木桁橋を架けた。この橋の通行料は当初は一人1銭、後には2銭であったという。

旧綾瀬川の水門が大正11年に完成し、大正13年10月からは荒川放水路全川にわたる通水が始まり、岩淵水門から下流のこの川は隅田川となった。昭和3年からは護岸・浚渫あるいは埋め立てなどの河身整理工事がなされ⁴⁾、名実ともに「春のうらら」の隅田川となった。毎年春には白鬚橋をゴールにして墨堤レガッタ・ボートレースが行われている。

現・白鬚橋は地区の境界に架けられている。すなわち橋の西端の北側は荒川区南千住三丁目であり、南側の歩道部分は台東区橋場二丁目である。これに対して橋の東側は、北側が墨田区堤通二丁目、南側は堤通一丁目である。



[写真-3.3.2：木橋時代の旧橋¹⁷⁾]



(1) 設 計

【設計者】この橋の設計者は増田淳（1883～1947）である。

【活荷重】荷重としては、街路橋であるから大正 15 年の「道路構造に関する細則案」に従い一等橋、すなわち 12tf トラックと 14tf 転圧機を考慮し、主構の群集荷重には $488\text{kgf}/\text{m}^2$ をとっている¹⁾。

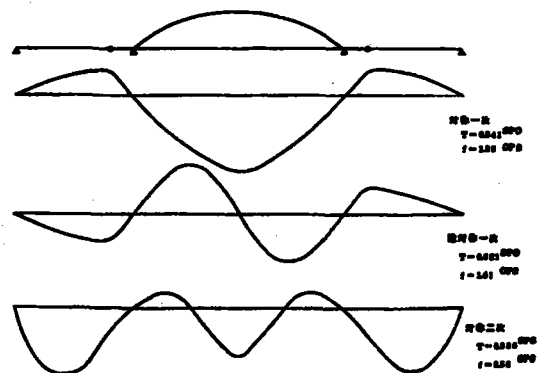
【使用鋼材】昭和 49 年頃行われた材質調査結果によれば、使用鋼材は SS39 材級の材料であるが、りん、炭素、特に硫黄の含有量が多く、サルファーバンドと思われる線状偏析も認められている⁵⁾。

【単 位】日本では大正 10 年（1921）にメートル法が公布され、大正 13 年（1934）7 月 1 日より実施することになっていた。しかし、10 ないし 20 年間の猶予期間をおいたこともあり、完全に実施されたのは第二次大戦後である。

まして白鬚橋が設計され、施工された昭和当初のこの時期はメートルとフィートとが混用されて大変に混乱している。白鬚橋も活荷重は上記のようにメートルトンであり、支間長は $144\text{ft}5 \cdot 3/4\text{in} + 261\text{ft} + 144\text{ft}5 \cdot 3/4\text{in}$ 、総長さ 594ft の設計である。したがって、上部工の各部材もすべて in サイズの鋼材が使用されている。結果の総鋼重は 1892 英噸と計算されている。橋台にはアメリカから輸入した末口 10in 長さ 75 尺の木杭が用いられている。

【振動性状】昭和 43 年の調査では、白鬚橋の固有振動数は約 3Hz (2.5～3.5Hz) であり対数減衰率は 0.02～0.04 程度であったという。振動モードを [図-3.3.2] に示す。

この結果から見るとこの橋は固有振動数 2Hz から外れており比較的硬い橋であるといえよう⁵⁾。



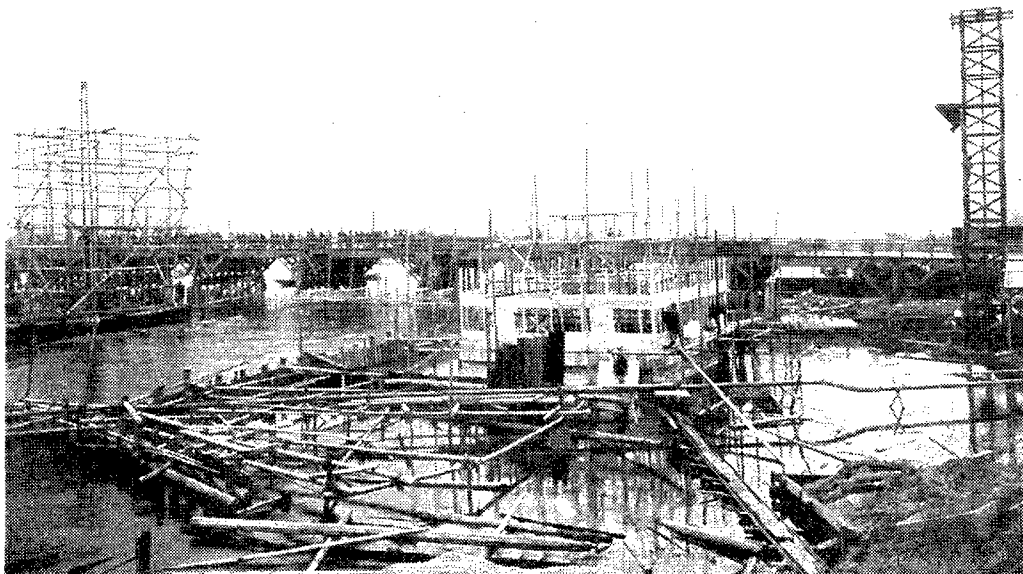
[図-3.3.2：振動モード⁵⁾]

(2) 施 工

施工は上下部工一式が大林組（主任技術者は岩尾新）の請負である。上部工の製作は川崎造船所で架設は宮地鐵工所である⁷⁾。また、この工事の東京府の主任技師は佐野俊男であった。

【仮 設】工事は昭和 3 年 9 月に起工し、東橋台付近に 400 面坪、西橋台付近に 100 面坪の工事用地を設けた。杭材などの処理のために約 120 面坪の船入設備を設けている。設備として上水道の他、東西両側で計 178KVA を受電した。

【橋 台】橋台は木矢板による仮締め切り内に約 $9.7 \times 8.7\text{m}$ 高さ 4.8m の井筒を各橋台ごとに、左右 2 基沈めその中に木杭を打ち込んだ。橋軸直角方向に 2 基の基礎工を設置し下部工躯体でこれを結ぶ形式は、地震時に左右の基礎が別の動きをするので望ましくない、とい



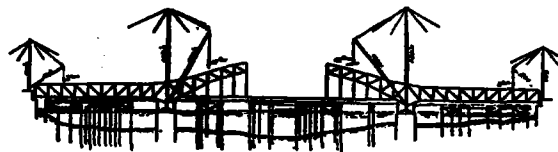
〔写真-3.3.3：下部工施工中の状況¹⁷⁾〕

うのも関東大震災での教訓の一つであった。にもかかわらず白鬚橋でこの方式を採用したのは、橋台躯体が大きな剛度を持つからであろうか。

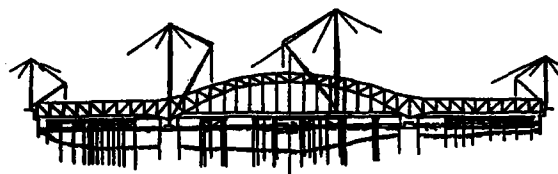
橋台井筒の沈下は大変苦勞し、結局外周をほとんど掘削した。にもかかわらず、沈下で壁厚 25cm の鉄筋コンクリート側壁が4基とも圧挫したという。設計が悪かったのか、施工に因があるのか今では考えられない事故である。

【橋 脚】橋脚基礎は各々24.6×6.7m の長楕円形井筒であり、締め切り、敷砂上に沓を設置して沈下させた。西側橋脚の例ではTP-4尺から沈下を開始し、深さ約6mまではサンドポンプ掘削、以下は水替え掘削し、約10m付近からの沖積粘土層区間ではまったく湧水がなく、基礎の砂層に達してから湧水があったがそれも3寸程度のポンプで水替え可能であった。したがって、表層以外はすべて空堀人力掘削で沈下させている。

【上部工】上部工は木杭ステージ上に、デリッククレーンで架設した〔図-3.3.3〕。部材は東京芝浦港で本船から舁に移して現地まで運んだ。塗装は工場錆止めの上に現場3回塗りであった。



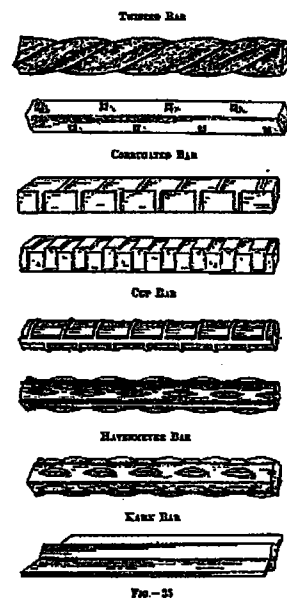
【舗 装】舗装は鉄筋コンクリート床版上に車道は木塊舗装、歩道はアスファルト舗装であった。ここで、白鬚橋を含めて震災復興橋梁は多くが車道には木塊舗装がなされている。その理由を復興局の最後の橋梁課長だった成瀬先生は後日「別に理由はない。当時ロンドン木塊舗装だというのが



〔図-3.3.3：上部工架設⁶⁾〕

で、木塊を沢山作ったら余って使うところがないので、橋の上ならよいだろうということで、そうなった。」とおっしゃられたという⁸⁾。

【使用鉄筋】床版・下部工も含めて鉄筋はすべてルクセンブルグ製の Corrugated Bar を使用している。当時、多くの種類の Deformed Bar が製作されていたが、そのうちおもなものは [図-3.3.4] であった⁹⁾。とはいえ欧米、特にヨーロッパでは当時異型鉄筋はほとんど使用されていなかったという。にもかかわらず、日本製よりもルクセンブルグ製のほうが安いという理由があったにしろ、わざわざ輸入までして異型鉄筋を使ったのには、しかるべき理由・意味・意志があったのであろうと推定される。



[図-3.3.4：異形鉄筋⁹⁾]

(3) 開通式¹⁰⁾

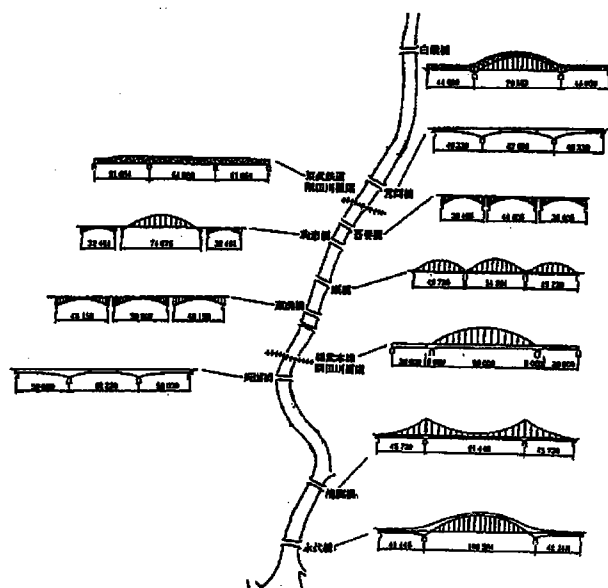
昭和6年8月8日午前10時から開通式が行われた。牛塚東京府知事以下付近有力者などが列席して盛大に行われたという。付近一帯は旗などで飾り、余興の舞台まで設けてお祭り気分で景気を添えたとのことである。工事そのものの竣工は6月10日である。

総事業費約124.5万円。うち大林組の請負金額は約102万円であった。なお、このうち上部工製作は31万円で(160円/噸)であった。

3-3. この橋の見どころ

【隅田川の橋】震災復興時に隅田川に架けられた橋は [図-3.3.5] のとおりである。図は旧綾瀬川が合流してより下流部のみを示す。この図に示したように、道路橋では復興局が5橋（永代橋、清洲橋、蔵前橋、駒形橋、言問橋）、市で3橋（両国橋、既橋、吾妻橋）架けているのに対して、白鬚橋のみは東京府が架設した。なお、上流の千住大橋も東京府の架設である。

[図-3.3.5] でいずれの橋も3径間形式をとってその中央支間長は45m（吾妻橋）から永代橋の101mま

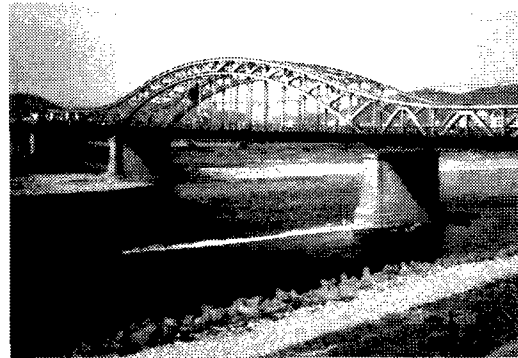


[図-3.3.5：隅田川橋梁群¹¹⁾]

であるが、白鬚橋のそれは 79.5m で永代橋、総武本線隅田川橋梁について第 3 位である。また、最上流の白鬚橋と最下流の永代橋を同じバランスドタイドアーチ形式にしたのは何か意図があったのであろうか。



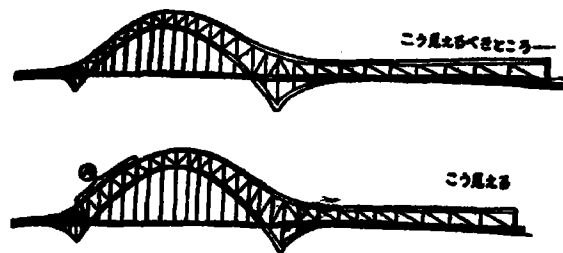
〔写真-3.3.4：旭橋（旭川市）¹⁸⁾〕



〔写真-3.3.5：忠節橋（岐阜市）〕

【ブレースドリブタイドアーチ橋】

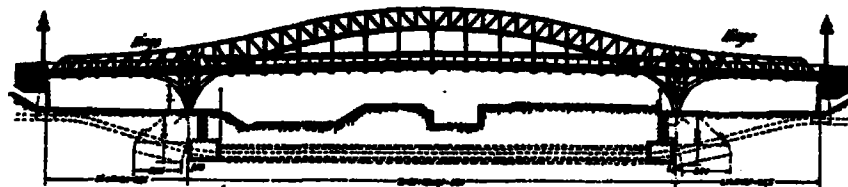
〔図-3.3.5〕でみるように、隅田川の橋でブレースドリブタイプのバランスドタイドアーチ形式は白鬚橋のみである。国内で白鬚橋と同じ形式の橋は旭橋〔写真-3.3.4〕、忠節橋〔写真-3.3.5〕の 3 橋のみである（現在、新北上大橋がこの形式で架設中である）。



〔図-3.3.6：白鬚橋の形¹³⁾〕

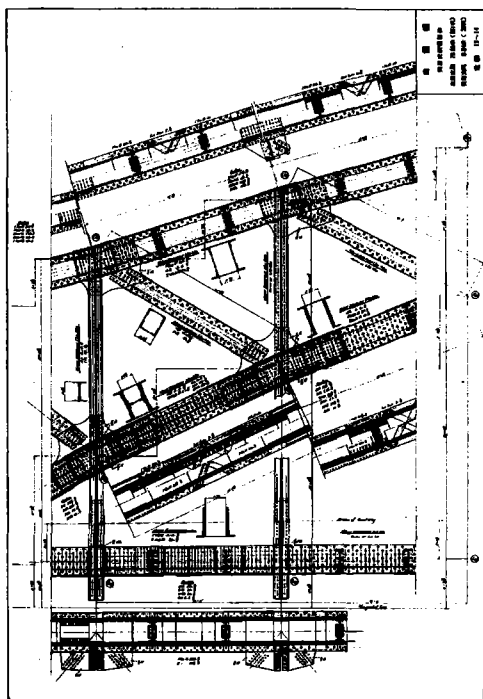
白鬚橋の付近は東京にしては何故か妙に静かである。「意外なほどに野性的な色合いをした隅田川に白鬚橋が軍艦のようにそびえている」¹³⁾と評した方もあるが、「軍艦」よりもむしろ「恐竜の背中」には見えないだろうか〔図-3.3.6〕。

〔図-3.3.7〕は大正末に完成したドイツ・ベルリンのヒンデンプルグ橋であるが側径間長が短いこともあるが、よりスマートな感がある。

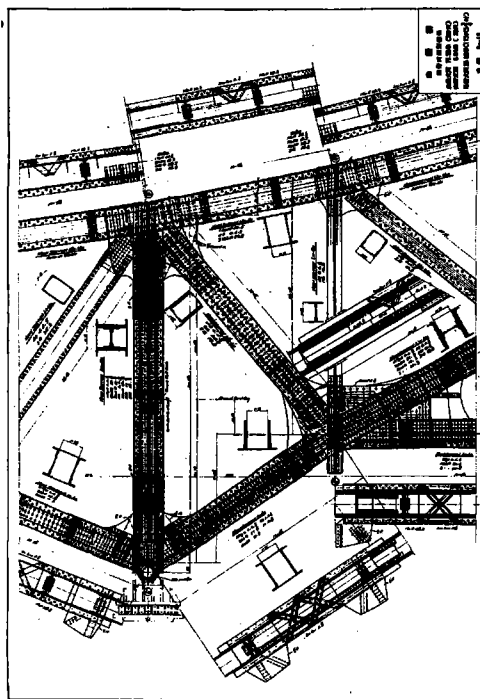


〔図-3.3.7：ヒンデンプルグ橋〕

【部材寸法】ブレースドリブ形式の下路橋は堂々とした風格を持ち、存在感のある形式であるが、旭橋、忠節橋に比して白鬚橋は特に部材寸法が太いように見える [図-3.3.8]。これは白鬚橋の斜材が太い（特に垂直材に比して）ことが主要因と思われる。



【図-3.3.8：斜材と垂直材 1'】

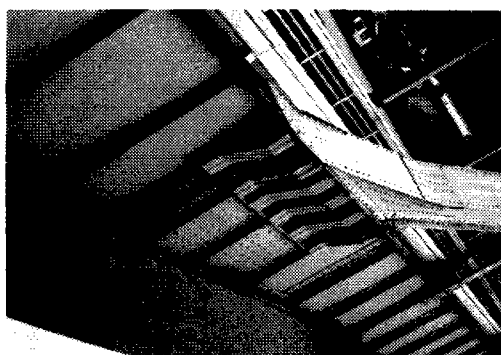


【図-3.3.9：アーチ端部 1'】

【アーチ端部】ローゼやランガー形式ではアーチと桁の交点の構造が問題となる [写真-3.3.6, 3.3.7]。ブレースドリブでタイドアーチの白鬚橋での構造は非常に簡明であり、支点付近はむしろ不安感すら感じるほどである [図-3.3.9, 写真-3.3.8]。



【写真-3.3.6：住吉橋（ローゼ桁）】

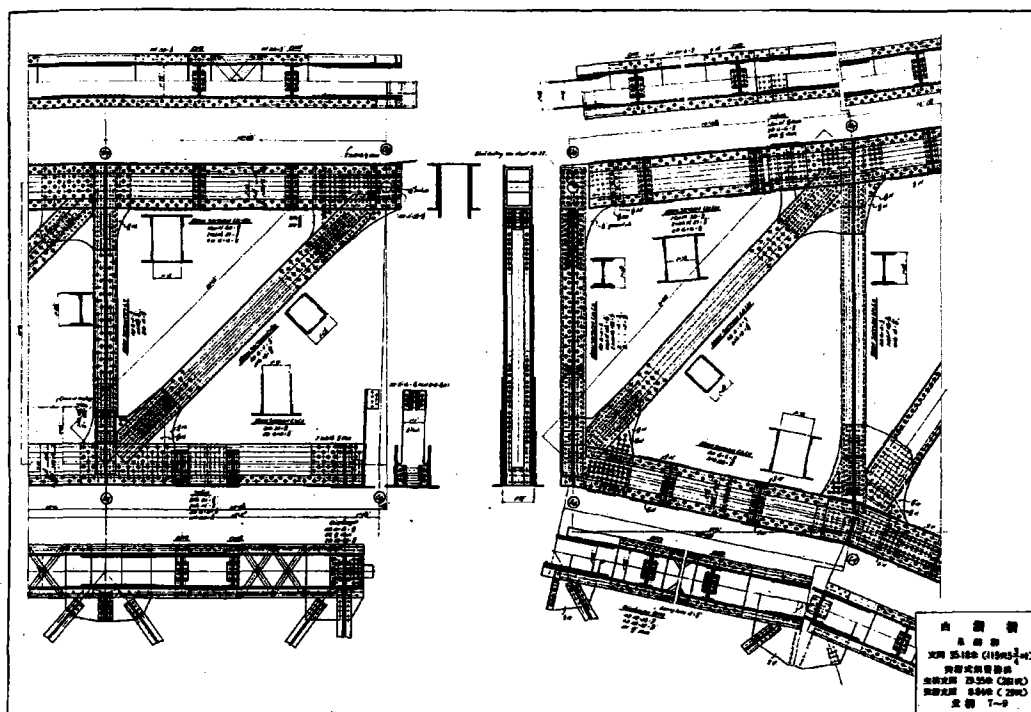


【写真-3.3.7：方谷橋（ランガー桁）】



【写真-3.3.8：白鬚橋の支点部】

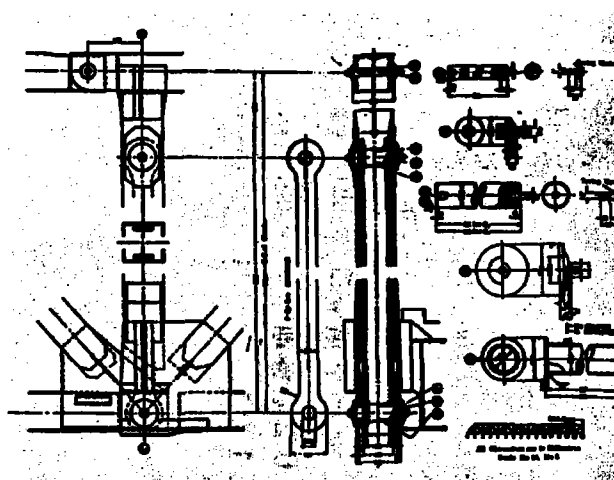
【ヒンジ部】[写真-3.3.9, 図-3.3.10] は白鬚橋のヒンジ部である。カンチレバートラスのそれ [図-3.3.11] に比して構造は簡単である。



〔図-3.3.10：白鬚橋のヒンジ部¹⁾〕



〔写真-3.3.9：白鬚橋のヒンジ〕



〔図-3.3.11：ゲルバートラスのヒンジ部例¹⁴⁾〕

【上横構】[写真-3.3.10,3.3.11] は白鬚橋の上横構である。視角的検討までされたのであろうか息をのむほど美しい。渋滞の高速道路から白鬚橋の美しい上横構と、それから真っ直ぐに白く伸びる明治通りとを見下ろして、あの橋を渡って帰ろうかとの誘惑にかられた人も少なくはないのではないだろうか。



[写真-3.3.10：上横構(1)]



[写真-3.3.11：上横構(2)]

【横 桁】白鬚橋の横桁も広幅員下路橋の宿命として 1.5m（山形鋼背面間隔）の高い桁高と、3.9m 近い大きな張り出しをもつ [写真-3.3.12]。ちなみに支間長 67.3m のカンチレバープレートガーダー言間橋の中央桁高は 2.3m である。隅田川を上下する船の船長に伊東孝先生が一番良い橋は？と訊ねると橋脚が一基の新大橋を挙げたという。それでは悪い橋はとの質問には、高い桁高と前後に大きく張り出した横



[写真-3.3.12：白鬚橋の横桁]

桁を持つ下路橋群を挙げたという [写真-3.3.13]。地盤沈下によって桁下空間がより低くなった当今では余計に危険“感”を強く感じるのであろう。橋が本来的に持つべき性格からして心すべき点である。駒形橋（横桁高 1.3m）も近接すると横桁も柔らかく感じる [写真-3.3.14]。この例のようにブラケットカバーや横桁先端の形状などを何らかの処理をすることで多少は“危険感”を少なくすることができるのではないであろうか。



[写真-3.3.13：広幅員下路桁の横桁（駒形橋）]



[写真-3.3.14：駒形橋の横桁]

【親 柱】[写真-3.3.15,3.3.16] は親柱である。エンドポストを包んだこの形式は、走行車から見やすく且つエンドポストの保護をも兼ねて有効であり、ユニークである。



〔写真-3.3.15：親柱（正面）〕



〔写真-3.3.16：親柱（背面）〕

【照明器具】この時期の橋には大変工夫をした照明器具を取り付けている例が多い。白鬚橋もまたその一例である。ただし、現在の親柱頂部の照明器具はオリジナルより小さいものに取り替えられている [写真-3.3.15,-3.3.16]。また、中間部は照明器具を垂直材に直接取り付けられていたが、現在は別の照明柱に取り付けられている [写真-3.3.9]。

3. 4 維持補修

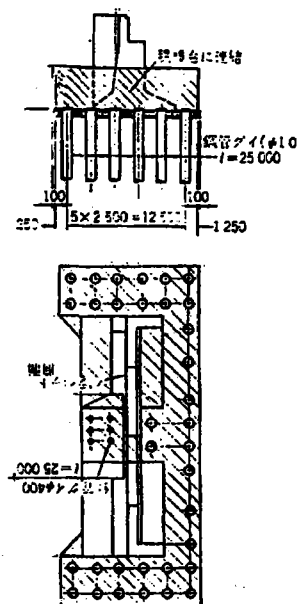
【舗 装】車道の木塊舗装は昭和 20 年代の工事でアスファルト舗装にしている。

【点検結果】昭和 43 年から大規模な点検がなされている。この結果のうちおもなものは次のとおりである⁵⁾。

- 1)橋全体の沈下
- 2)両橋台の支間中央側への移動
- 3)これによる可動沓の固定化と沓付近の部材の変状
- 4)鉄筋コンクリート床版上下面付近の部材腐食
- 5)下弦材ダイヤフラム近傍の腐食
- 6)下弦材橋脚部の腐食
- 7)沓部の腐食

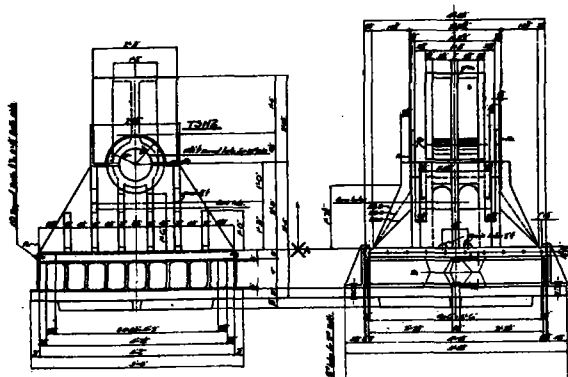
【地盤沈下】東京の沈下は明治 25 年ころから始まったといわれる。白鬚橋に近い堤通り二丁目の観測井での記録では昭和 11 年から昭和 48 年 1 月までの間に計 1073.8mm 沈下している。昭和 43 年頃の記録によれば、橋全体が約 880mm 均一に沈下しており、相対的不等沈下は 23mm 程度と観測されている。この約 90cm の沈下は洪積層以下の沈下量にほぼ等しいという¹⁵⁾。

【橋台の移動】浅草側、向島側ともに橋台が沓位置で約 100mm 支間中央側に移動している。結果として上沓がパラペットに密着し可動沓としての機能を失っていた。同時に桁端部の下弦材と垂直材に変状を生じていた。橋台は下げ振りによる目視程度では傾斜は認められず、むしろ土圧による押し出しでは？と推測されている。この変状は今後も続くであろうこと、また、耐震上も問題であるとして補強されている。その補強は旧橋台の周囲に鋼管杭を打ち、コンクリートフーチングで旧橋台と一体化し、昭和 49 年 8 月に完成した¹⁵⁾ [図-3.3.12]。

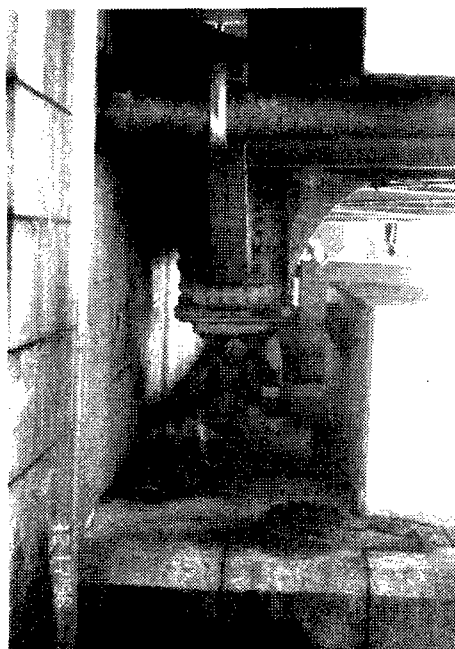


[図-3.3.12：橋台補強¹⁵⁾]

【橋台沓の取り替え】機能を失っていた橋台ローラー沓は、仮支点を設けて新沓に取り替えられた [写真-3.3.17]¹⁶⁾。



[図-3.3.13：(旧) 支承]

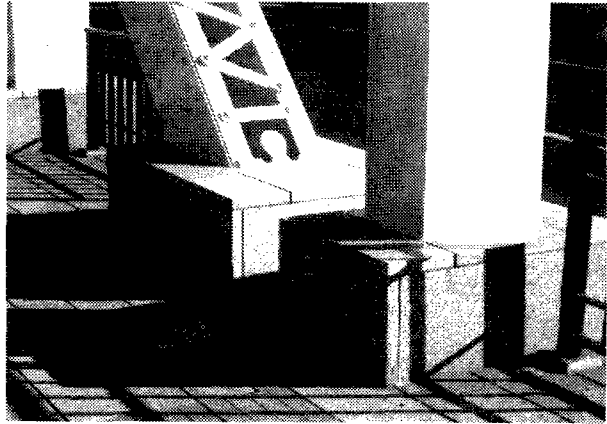


[写真-3.3.17：(現) 支承]

【その他】平成 10 年現在で補修されていたのは次のとおり。

①アーチトラス垂直材・吊材の補強

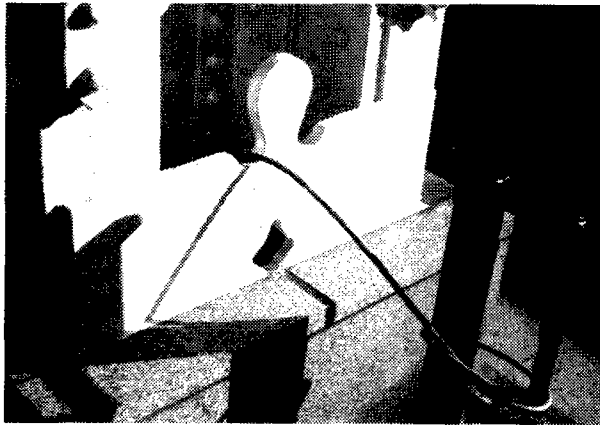
〔写真-3.3.18〕 H形鋼材の両面に 20～35mm のプレートを溶接している。何故この個所にこんな厚い板が必要であったのであろうか。内面の腐食防止対策はどうなっているのであろうか。



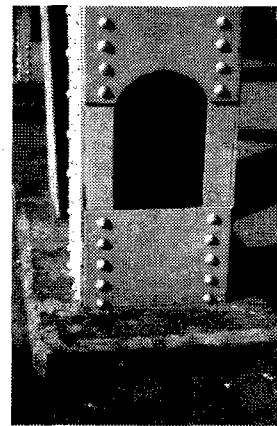
〔写真-3.3.18：腐食防止〕

②床版上面部のコンクリート打ち

床版上面で鋼部材との接点の状況を〔写真-3.3.18,3.3.19〕に示す。床版上面付近の部材腐食の対策としてなされた処置と考えられる。



〔写真-3.3.19：飾り板〕



〔写真-3.3.20：腐食防止（札の辻橋）〕

〔写真-3.3.20〕は札の辻橋の同じ目的の処置である。床版本体との接合さえ十分であればこれで目的は十分果たしているし、路面上の邪魔物の感じもない。一方、〔写真-3.3.18,3.3.19〕のように上面にまで化粧材を置き、且つ鋼部材との接触部に水が溜まらないように施工することは実際問題として非常に難しいと思われる。

③飾り板の設置

レーシングバーとの間に〔写真-3.3.18,3.3.19〕のような模様入りのプレートが溶接設置されてある。おそらく腐食部の補強とゴミその他の異物が斜材内に投入されることを防ぐために設置されたと考えられるが、手間が掛かっている割には橋全体のイメージと合致しているとは思えない。

④橋台沓前面のコンクリート打ち

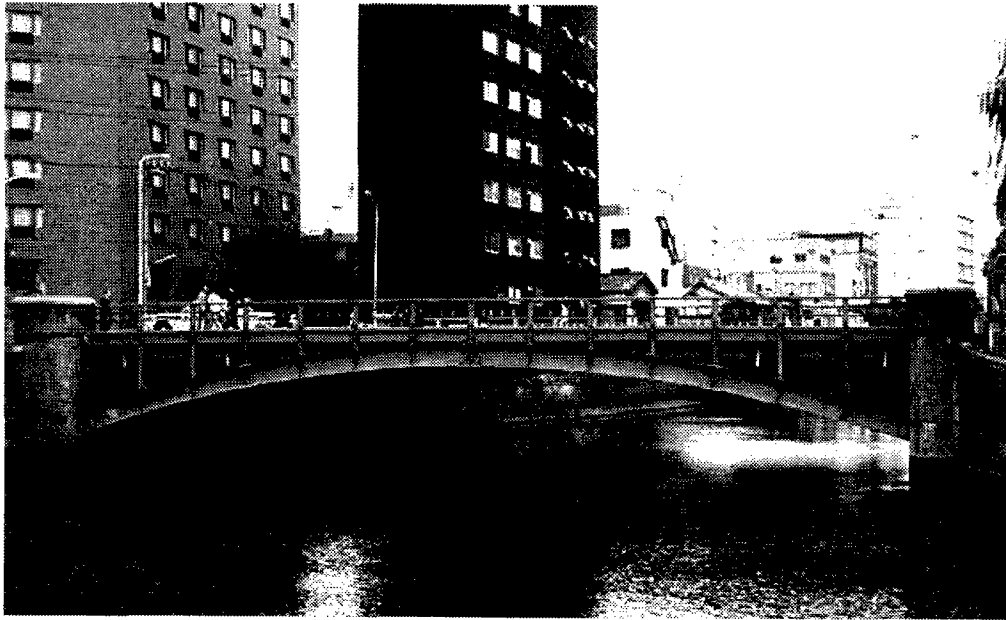
落橋防止のためと思われるが、橋台沓前面に〔写真-3.3.17〕のようにコンクリートが打ち足されている。少なくともこれにより沓は乾燥し難くなり腐食されやすくなっている。

〔執筆担当：藤井 郁夫〕

《参考文献》

- 1)東京府土木部橋梁課：『東京府橋梁設計図集第二輯』,シビル社,昭和 12 年 2 月 25 日
- 2)東京府：『東京府史』,昭和 11 年 9 月 19 日
- 3)豊島寛彰：『続隅田川とその兩岸（中巻）』,芳洲書院,昭和 44 年 9 月 22 日
- 4)戸田晃：「荒川の河身整理工事」,土木ニュース 16 巻 4 号,シビル社,昭和 12 年 4 月
- 5)東京都建設局道路部：『隅田川筋橋梁調査報告書』,昭和 45 年度
- 6)岩尾新：「白鬚橋工事報告」,土木学会誌 18 巻 1 号,pp.1,昭和 7 年 1 月
- 7)株宮地鐵工所：『MIYAJI』,pp.49,昭和 63 年 6 月
- 8)鈴木俊男：「隅田川の橋ばし」,道路,1980 年 3 月号,pp.60,日本道路協会
- 9)阿部美樹志：『鉄筋混凝土工学』,三秀舎,pp.82,昭和 4 年 5 月 25 日
- 10)東京朝日新聞,昭和 6 年 8 月 9 日夕刊
- 11)東京都建設局：『東京都の橋と景観』,昭和 62 年 12 月
- 12)藤井郁夫：『橋梁史年表』,海洋架橋調査会,平成 4 年 9 月 28 日
- 13)松本哉：『すみだ川気まま絵図』,三省堂,pp.166,1985 年 6 月 25 日
- 14)土木学会：『土木工学ハンドブック』,pp.1132,1963
- 15)青木重雄他：「白鬚橋橋台の補強工事」,橋梁と基礎,Vol.8,No.10,pp.46,1974.10
- 16)稲毛克彦他：「白鬚橋支承すえ替え工事報告」,住友重機械技報 23 巻 67 号,pp.88,1975
- 17)土木学会：『土木工事写真集』,昭和 5 年 6 月
- 18)旭川開発建設部：『還 旭橋 60 周年記念誌』,pp.44,平成 5 年 12 月

4. 亀島橋（かめじまはし）

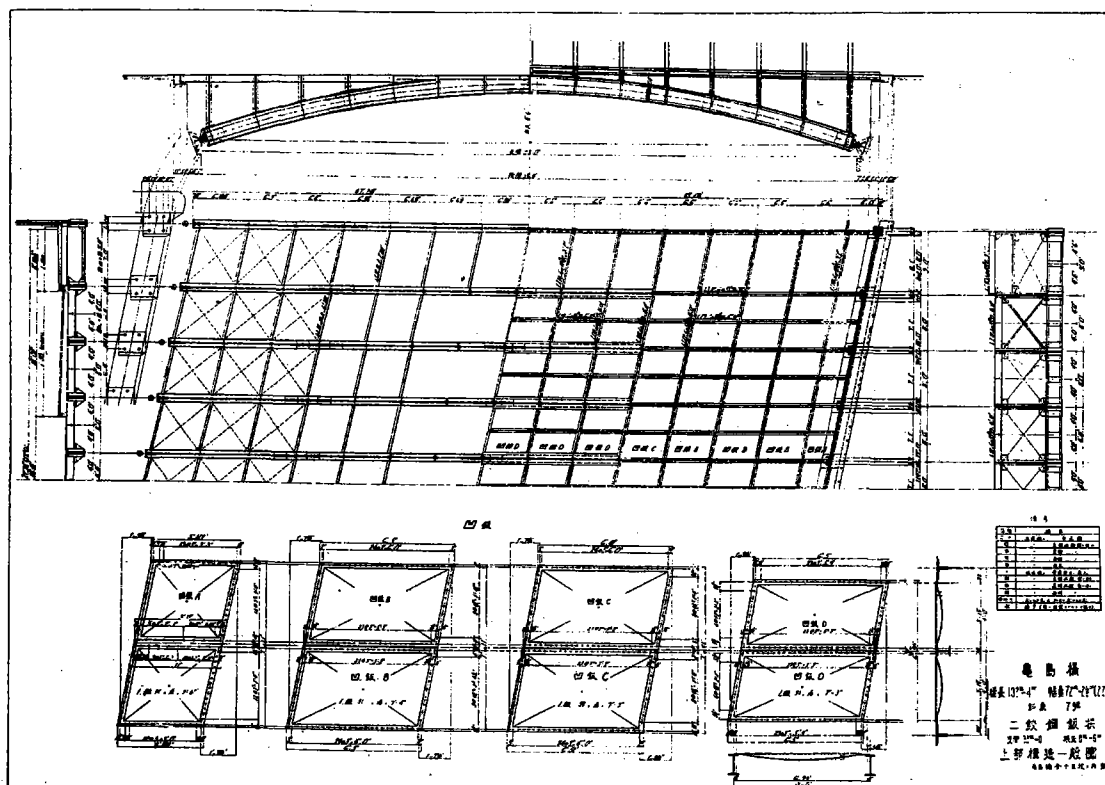


[写真-3.4.1 全 景¹⁾]

4-1. データ

竣工年月 : 昭和4年(1929)12月
所在地 : 東京都中央区八丁堀1丁目～新川1丁目
路線名 : 八重洲通り
跨越対象 : 亀島川
橋長・幅員 : 31.2×22.0m
構造形式 : 上路2ヒンジアーチ
径間数・支間長 : 1×28.18m (アーチ支間)
設計活荷重 : 一等橋 (大正15年道路構造に関する細則案)・軌道有り
鋼 重 : 258tf
設計者／設計年 : 阪東⁵⁾／不明
製作者／製作年 : 横河橋梁製作所／昭和4年(1929)
架設者／架設年 : 横河橋梁製作所／昭和4年(1929)
架設工法 : ステージング架設
下部工形式 : [橋台] 鉄筋コンクリート製
 : [橋脚]
基礎工形式 : [橋台] 木杭
 : [橋脚]
起業者／管理者 : 復興局／中央区
備 考 : 斜角79°, 平成13年(2001)撤去, 架け替え

4-2. 概 要



[図-3.4.1：一般図²⁾]

東京駅から八重洲通りを東に向うと、やがて亀島川という小さな川に差し掛かるが、そこに架けられているのが亀島橋である。橋を渡ると新川一丁目となるが、このあたりは江戸時代には霊岸島と呼ばれていたそうである。霊岸島は日本橋川河口の中州を造成して作られた文字通りの島で、そのとき埋め残されたのが亀島川となった。この橋の上流側には霊岸橋と新亀島橋、下流側には高橋と南高橋の合わせて5つの橋が架けられている。これらの橋はいずれも震災復興事業により架け替えられたものであったが、近年、順次改築が進み、亀島橋も平成13年(2001)に再び架け替えられた。これにより亀島川に架かる復興橋梁はとうとう南高橋を残すのみとなった。



旧橋の亀島橋は昭和 4 年（1929）完成の鋼 2 ヒンジ上路アーチであったが、この形式の橋梁は震災復興により多数架設された。吾妻橋、蔵前橋あるいは駒形橋の側径間もこの形式に属するが、特に隅田川右岸の中小河川に多く架けられ、その数は全部で 20 橋近くに及んだ。この形式が隅



[写真-3.4.2：竣工当時の旧亀島橋²⁾]

田川右岸地域に多く選定された理由の一つとして、当時、工業地帯であった左岸地域に比べて、右岸は商業地域であり周辺の建築物と調和を図る必要があり、橋上からの展望にも配慮してこの上路形式のアーチが採用されたという見方がある³⁾。しかし、支間の割に幅員が広い幹線道路に採用されている場合が多く、2主構の下路トラスや下路アーチ橋では床組の構造高が大きくなり過ぎ桁下空間を確保できなかったのが一番の原因ではないだろうか。

復興局の「橋梁の桁下端高及径間に関する規定」⁴⁾によると、隅田川に流入するほとんどの河川は、幅 8.2m 以上、高さ 3.4m 以上（東京湾中等潮位上）の航路空間を確保する必要があった。川幅が狭いため単径間とすることが望ましく、また、市街地であるためアプローチの嵩上げも困難である。このような理由により、支間中央部の構造高が薄くできるこの多主桁で偏平な 2 ヒンジアーチが都合が良かったと考えるほうがむしろ自然である。

この形式の橋梁は特に神田川筋に集中して架設されており、現在もその姿を見ることができる。例えば、浅草橋は江戸通り（国道 6 号）、美倉橋は清洲橋通り、そして和泉橋は昭和通り（国道 4 号）といずれも幹線道路の橋梁である。

〔表-3.4.1〕は亀島橋を含む同形式アーチ 7 橋の構造諸元を示したものであるが、これによるとアーチ支間、ライズ、および主構間隔などの基本構造にある程度のパターンが決められていたように感じられる。これは設計や製作の標準化、合理化を狙ったものとも考えられるが、アーチ部材のスケルトンが全く同じでも格間数が異なっていたり、断面アレンジも微妙に違っているものがあり、完全にそうでないようである。ただし、主構間隔は同一のものが多く、床組部材などの二次部材は共通の設計が行われたのではないだろうか。

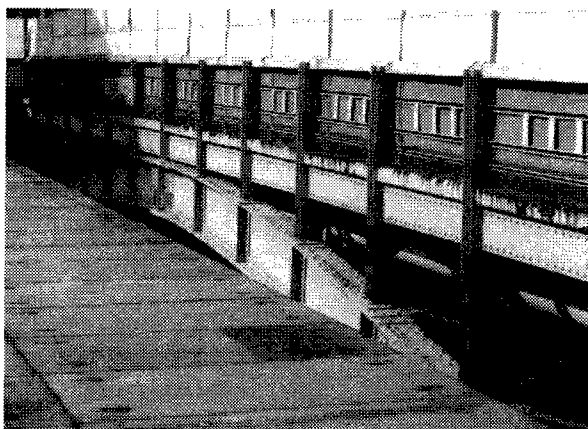
〔表-3.4.1：代表的な 2 ヒンジアーチの構造諸元〕

No.	橋 名	竣 功	橋長(m)	有効幅員(m)	アーチ 支間(m)	ライズ (m)	主桁本数	格間数	主桁間隔(m)		跨越対象	備 考
					[尺]	[尺]			車道	歩道		
1	海運橋	昭和2(1927)	35.76	11.00	18.18	2.42	5	10	2.21	2.51	楓川	撤去
					[60.0]	[8.0]						
2	江戸橋	昭和2(1927)	62.94	44.00	28.18	2.58	17	18	2.59	3.12	日本橋川	2連、現存
					[93.0]	[8.5]						
3	美倉橋	昭和3(1928)	35.82	22.00	32.72	2.73	10	16	2.44	2.44	神田川	現存
					[108.0]	[9.0]						
4	小網橋	昭和3(1928)	35.97	22.00	32.72	3.33	10	16	2.44	2.44	東堀留川	撤去
					[108.0]	[11.0]						
5	源森橋	昭和3(1928)	24.43	22.00	21.82	2.12	11	14	2.18	2.18	源森川	現存
					[72.0]	[7.0]						
6	高橋	昭和2(1927)	54.09	24.85	24.24	3.33	10	14	2.44	3.35	小名木川	2連、架け替え
					[80.0]	[11.0]						
7	亀島橋	昭和4(1929)	31.19	22.00	28.18	2.58	10	14	2.44	2.74	亀島川	斜角79°、架け替え
					[93.0]	[8.5]						

4-3. この橋の見どころ

我々が調査をしたときには、すでに架け替え工事が始まっており、[写真-3.4.3]のように、平行して栈橋が架設された状態であった。本橋の特徴は、外アーチの垂直材がそのまま橋面上に立ち上がり、高欄の支柱を兼用している点である。これと同様のディテールを神田川の後楽橋にも見ることができる。

一方、[写真-3.4.4]は、亀島橋と全く同じアーチリブ形状を持つ江戸橋の側面

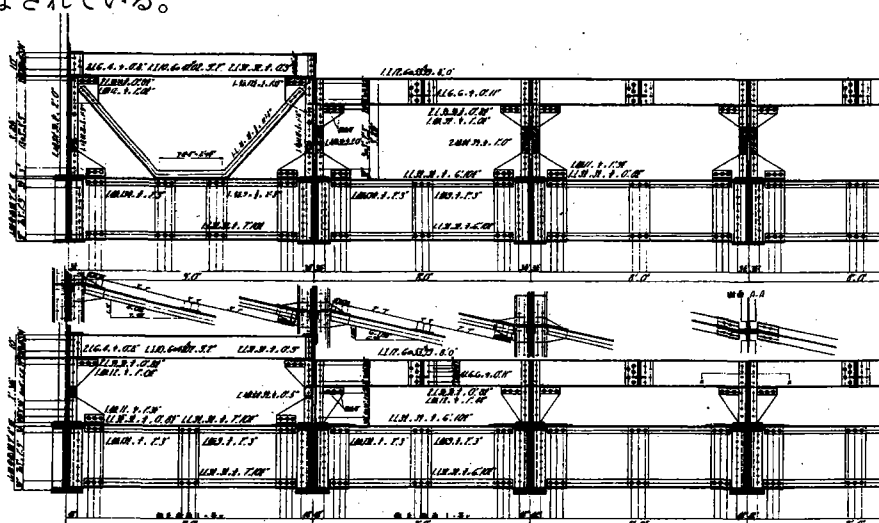


[写真-3.4.3：亀島橋の側面]

面である。江戸橋は、歩道部の外縦桁が外アーチより張り出した位置にあり、それを支えるブラケットも湾曲した化粧版で全体が覆われている。[写真-3.4.3]と比較すると路面のラインが強調されて同じプロポーションのアーチでも随分異なった印象を与えている。このように、このアーチ形式は多数の橋梁に採用されたため、主桁配置やブラケット構造に工夫することによりそれぞれが画一的な印象を与えないような配慮がなされている。

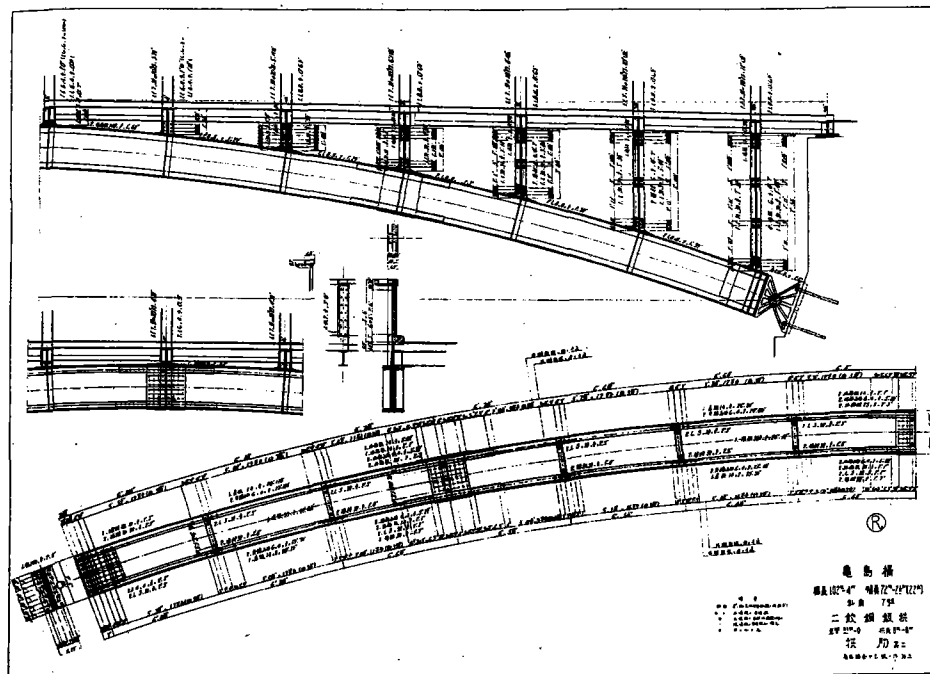


[写真-3.4.4：江戸橋の側面]

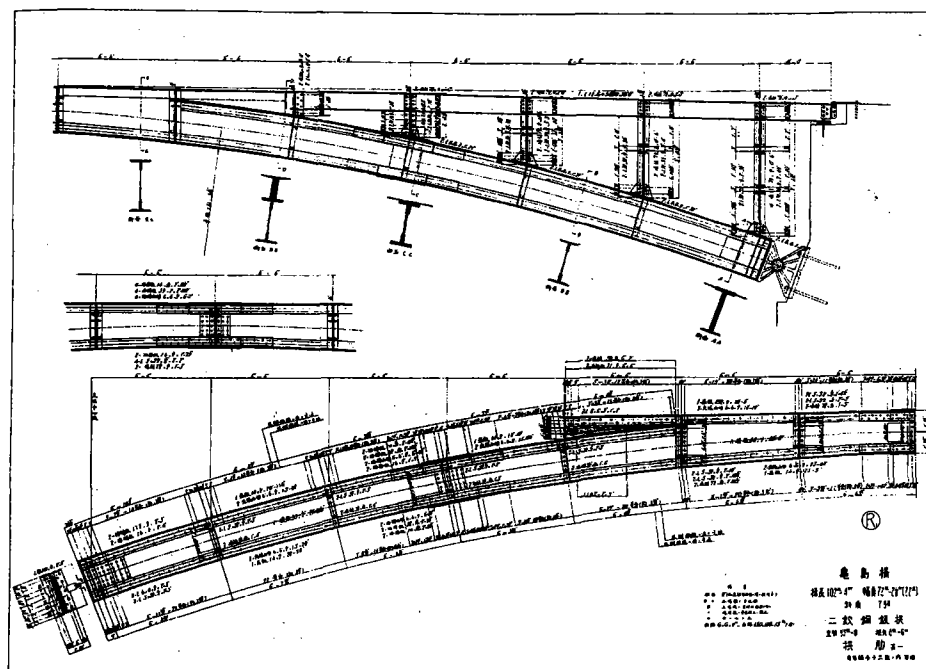


[図-3.4.2：床組の断面図²⁾]

亀島橋のアーチリブは全部で10本あり車道部、路面軌条の直下、そして歩道部を支える外アーチの3種類にグルーピングされている。アーチリブは〔図-3.4.2〕に示すように、車道部は約2.5m、歩道部は約2.7m間隔で設置されており、歩道部の縦桁は横桁の上フランジに寄せ掛ける構造となっている。そのため、外アーチは〔図-3.4.3〕に示すように、クラウン部でアーチリブと縦桁が交わっていないが、〔図-3.4.4〕の内側のアーチリブはクラウ



〔図-3.4.3：外側のアーチリブ²⁾〕



〔図-3.4.4：内側のアーチリブ²⁾〕

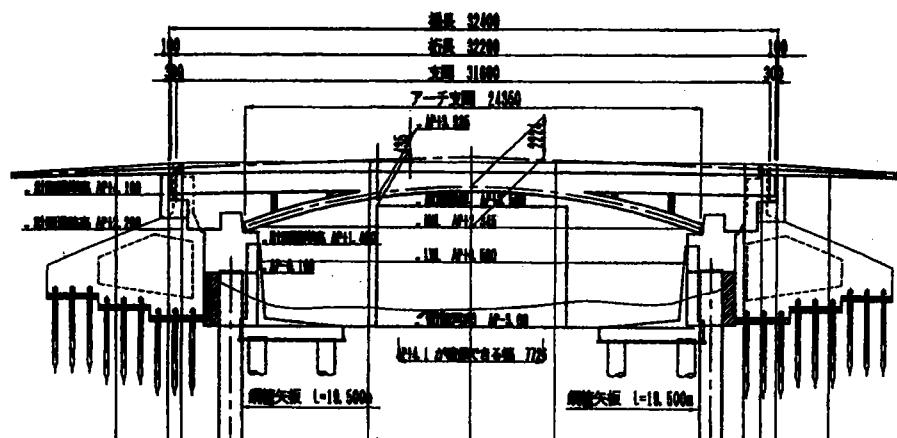
ン部で縦桁と一体化される構造となっている。これは、歩道部のマウントアップによる死荷重の増加を避け、なおかつ見え掛かり部のアーチラインを強調するよいアイデアである。アーチリブ高さは約 740mm で軸線は半径 40m の円弧である。ウェブの補剛材は下路アーチとは異なりすべて軸線に対して法線方向に配置されている。亀島橋に限らずこの上路 2 ヒンジアーチ形式のほとんどがこのような構造となっている。

〔写真・3.4.5〕は、左岸上流側の親柱と袖高欄であり、写真のように L 字型の一体形状となっている。頂部が円弧状の削られた短い鰐のある石が積まれており、これはオリジナルのままなのである。高欄本体はやはり戦時中に外されたようであり、オリジナルとは異なったデザインのもののがはめられていた。



〔写真・3.4.5：親柱と袖高欄〕

新しい亀島橋は〔図・3.4.5〕に示すように、旧橋の構造形式を踏襲した鋼床版 2 ヒンジ上路ローゼ形式であるが、アーチ支間は若干短くなっている。架け替えの理由は B 活荷重による上部工の耐荷力不足であるが、橋台の基礎は健全であったためそのまま利用されている。



〔図・3.4.5：新しい亀島橋の一般図〕

〔執筆担当：掘井 滋則〕

《参考文献》

- 1) 伊東 孝編：『橋の見方、楽しみ方』, 土木学会, 2001
- 2) 復興局土木部橋梁課：『橋梁設計図集 第 5 輯』, シビル社, pp.15-27, 1930.6
- 3) 伊東 孝：『東京の橋』, 鹿島出版会, pp.140-142, 1986.12
- 4) 復興局土木部橋梁課：『復興局橋梁概要』, pp.17
- 5) 中央区教育委員会：『中央区の橋・橋詰広場』, pp.206, 1998.3

5. 札の辻橋（ふだのつじはし）



[写真・3.5.1：全 景]

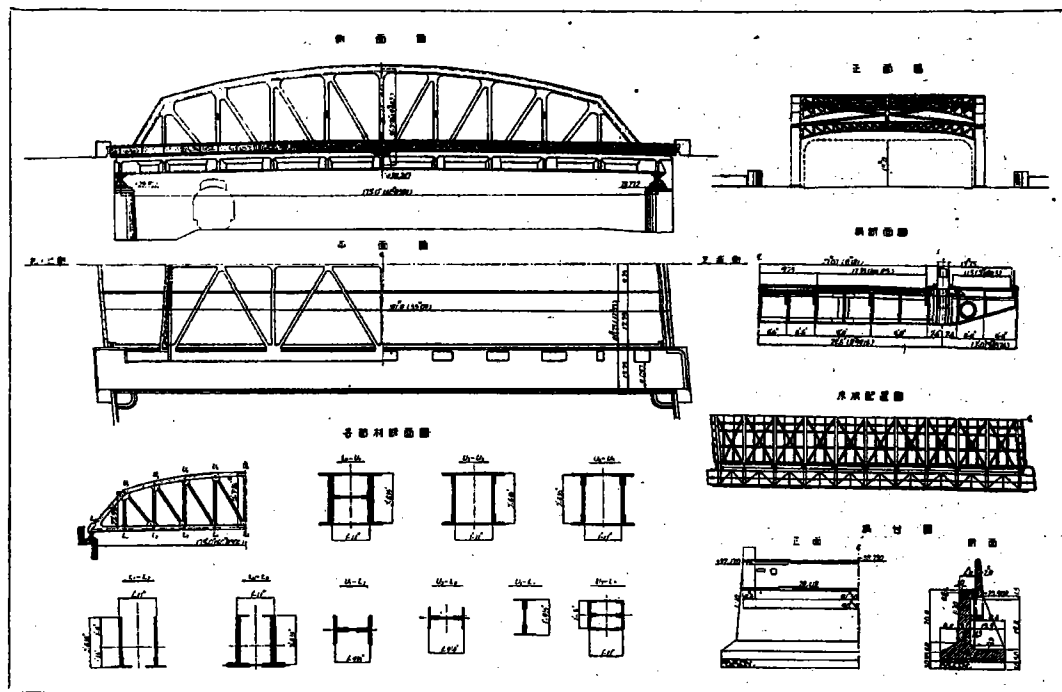
5-1. データ

竣工年月	：昭和8年（1933）3月4日
所在地	：東京都港区田町～芝浦
路線名	：特例都道日比谷芝浦線（第409号）
跨越対象	：JR 京浜東北線，山手線，東海道線，東海道新幹線，東海貨物支線
橋長・幅員	：55.091×21.818m
構造形式	：下路曲弦プラットトラス
径間数・支間長	：1×52.730m
設計荷重	：一等橋（大正15年道路構造に関する細則案）
総鋼重	：693.5tf
設計者／設計年	：大野 博／昭和3年（1928）
製作者／製作年	：宮地鐵工所／昭和7年（1932）
架設者／架設年	：清水組，宮地鐵工所／昭和7年（1932）
架設工法	：ステージング工法
下部工形式	：[橋台] 重力式コンクリート
基礎工形式	：[橋台] 木杭
起業者／管理者	：東京市／東京都
備 考	：平成14年6月に撤去，解体

5-2. 概要

江戸時代、幕府の御触書や犯罪人の罪状などを一般庶民に知らせる高札場（こうさつば）と呼ばれる公共掲示場が、交通の要路や人目につきやすい所に設けられた。この高札場は「札の辻」とも呼ばれ、それがそのまま地名となったところが全国各地にある。例えば、滋賀県大津市国道 161 号線の札の辻は旧東海道と旧北陸街道の分岐点であり、京都伏見の竹田街道、埼玉県川越市などにもこの地名を見ることができる。そして、東京都港区三田の「札の辻」もまたその一つである。ここに高札場が置かれていたのは、正確には天和 2 年（1682）までであり、その後は下高輪に移されたそうである。そのため、この地名は「元札の辻」として改められたが、いつのころからか頭の“元”がとれて再び「札の辻」と呼ばれるようになり現在に至っている。ここは、京浜 1 号線（国道 15 号線）と三田通りの交差点であり、現在でも交通の要衝となっている。

札の辻橋は、この交差点から東海道線、京浜東北線、山手線、そして新幹線など計 11 本の線路を飛び越し、芝浦方面へと抜ける大規模な跨線橋である。この橋が架かっている田町付近はもともと海岸であり、現在の京浜 1 号線より海側はすべて砂浜であった。そして、明治 40 年、ここに新橋～横浜間を結ぶ鉄道が敷かれそれが後の東海道線となる。大正時代に入ると、東海道線より海側の埋め立てが始まり、現在の芝浦町一帯が誕生する。その後、そこには多くの工場や倉庫が立ち並び、芝浦町は一大産業地帯へと発展を遂げることになるが、そのためには東海道線により分断されている道路交通の円滑化が不可欠であった。そこで、当時の東京市都市計画一等大路三類二号線の一部としてこの跨線橋が計画された。

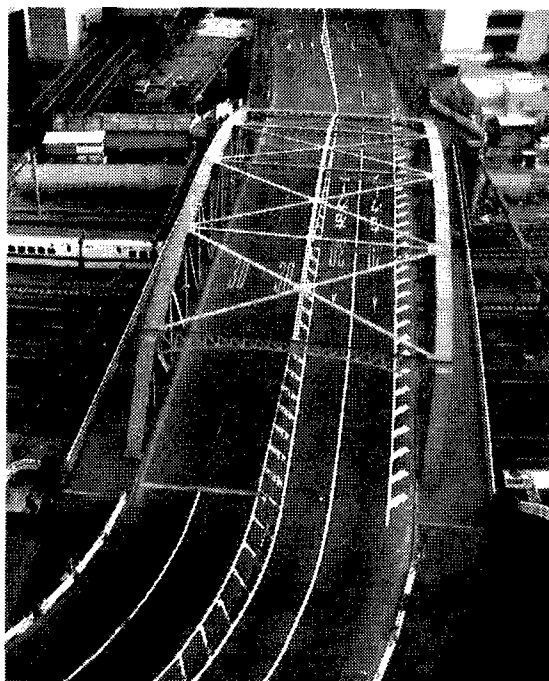


[図-3.5.1：一般図¹⁾]

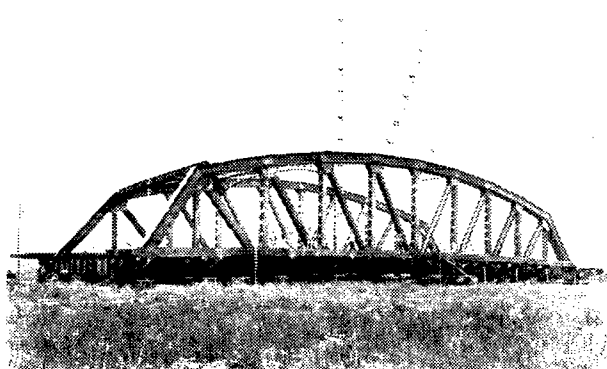
この橋の設計は、当時の東京市橋梁課大野 博 の手により昭和 3 年（1928）に行われた。図面タイトル版の掛長の欄に小池啓吉、技師には瀧尾達也の名前も見ることができる。

上部工の構造形式は、橋長 55.1m の単純下路曲弦プラットラスであり、総幅員が 24.7m とかなりの広幅員である。端部にわずかな斜角（ $85^{\circ} 30'$ ）がついているが両端の格間長を調整することで対処している。この頃の大規模な下路トラスの例として犀川大橋（金沢市、支間 61m、大正 13 年竣工）、犬山橋（犬山市、支間 3@73.1m、大正 14 年竣工）などが挙げられるが、総幅員が 20m を越えるようなものは、この橋以外に見あたらない。また、床組は路面軌条を敷設できる構造となっている。当時、復興局や東京市で架設された幹線道路や路面軌条を併設する重要度の高い橋梁には、バックルプレートタイプの床版を採用している例が多いが、本橋の場合は通常の鉄筋コンクリート床版が用いられている。ただし、実際ここに路面電車が走ることはなかったようである。

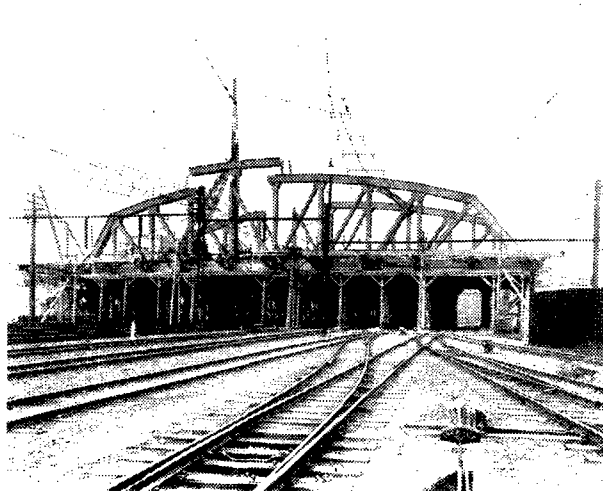
上下部工事は一式で当時の清水組【現清水建設】に請負で発注され、鋼桁の製作、架設工事は宮地鐵工所の手により行われている。架設は [写真-3.5.4, 3.5.5] に示すように、線路上をすべて防護工兼用のステージングで覆い、トラベラークレーンを用いて行われた。この防護工の設置工事は、東京市から鉄道省に委託するかたちで行われており、このような跨線橋の工事発注スタイルは今も昔も同じである。



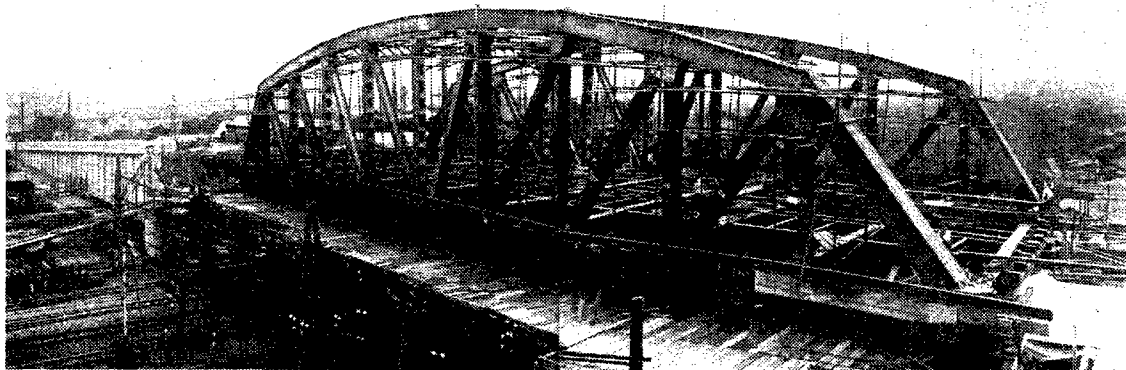
[写真-3.5.2：橋 面]



[写真-3.5.3：仮組中の札の辻橋]



[写真-3.5.4：架設中の札の辻橋³⁾]



[写真-3.5.5：架設中の札の辻橋²⁾]

現場でのトラスの架設作業は、昭和7年（1932）の9月1日から行われた。ところで、これらの写真より、この当時からこの跨線橋の下には沢山の線路が敷かれていたことが伺える。これは、ここより品川寄りの芝浦側一帯が鉄道省の用地であったためである。後に、この橋の下を新幹線のような高速鉄道がひっきりなしに通ることになろうとは、当時の工事関係者は想像できたであろうか。

[写真-3.5.6] は、昭和8年（1933）3月の渡り初め式の様子を伝える貴重な写真である。現在では、この橋を取り囲むように高層ビルが立ち並んでいるが、竣工当時は当然そのようなものではなく、その巨大な跨線橋の姿は、芝浦周辺のどこからでも眺めることができたようである。『芝区史』にも「札の辻から天空高く東海道線に架かっている大陸橋」⁴⁾としてその威容が紹介されている。



[写真-3.5.6：開通式の様子]

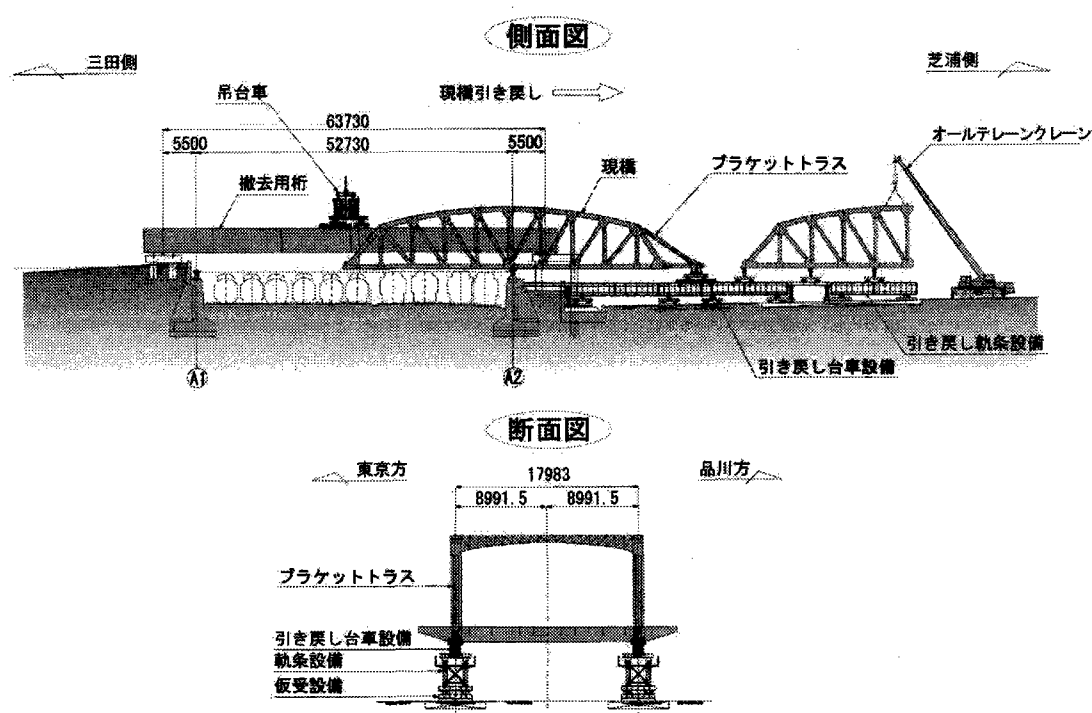
さて、昭和8年(1933)の竣工から約70年にわたり風雪に耐えてきた本橋は、現在、架け替え工事が進められており、まもなく2代目札の辻橋にその役目をバトンタッチしようとしている。

架け替えの理由は、

- ①：東海道新幹線の大井回送線増設により支間を広げる必要が生じたこと。
- ②：三田側橋台付近の平面線形が屈曲しており、道路交通の支障となっている。
- ③：現状のトラス構造は将来的にメンテナンスの負担となる懸念があること。

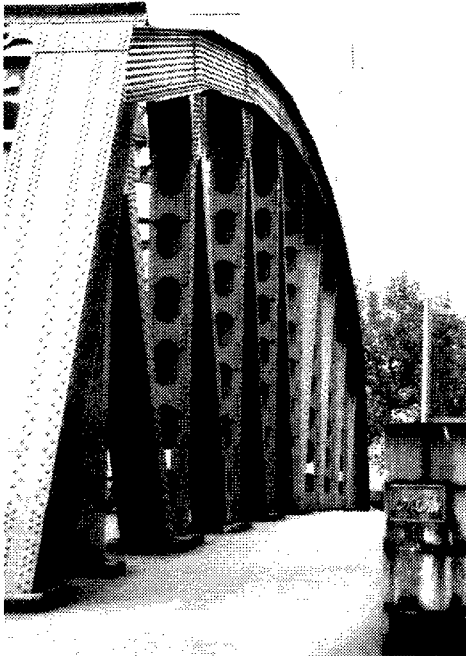
であり、本体の疲労や腐食による耐荷力不足ではなく、周辺環境の変化が大きな要因のようである。ちなみに、新橋の構造は単純鋼床版4主箱桁橋(支間 $l=64.4\text{m}$)となる予定である。

現橋のトラスの撤去作業は、あらかじめ平行して架設した仮橋に一旦道路を切り廻した後、[図-3.5.2]に示すような架設術で引き戻す方法により平成14年(2002)6月に行われた。これは、三田側の支点を左右トラス外側に架設した撤去用桁上の吊台車で吊り下げ、芝浦側は桁端に取り付けたブラケットトラスの先端を台車で支え、橋軸方向に移動させる工法である。

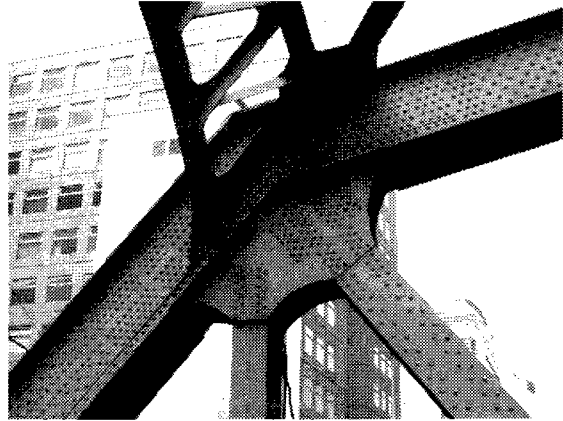


[図-3.5.2：撤去要領図⁵⁾]

5-3. この橋の見どころ

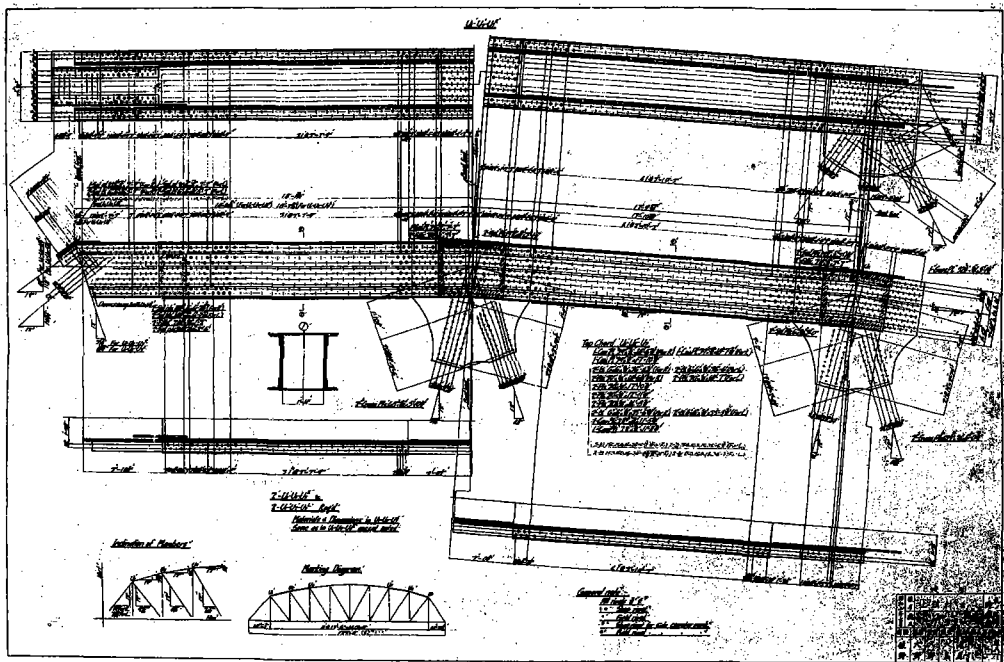


[写真-3.5.7：主構トラス全景]

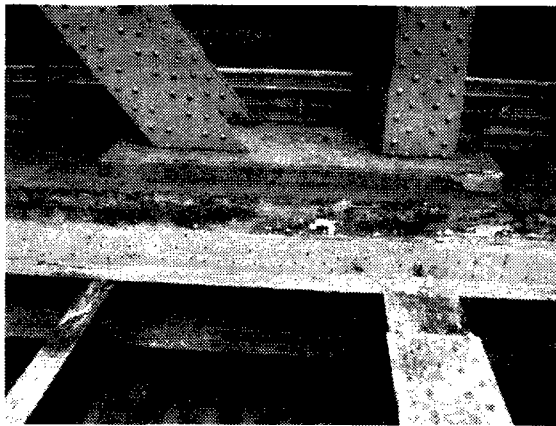


[写真-3.5.8：上弦材格点]

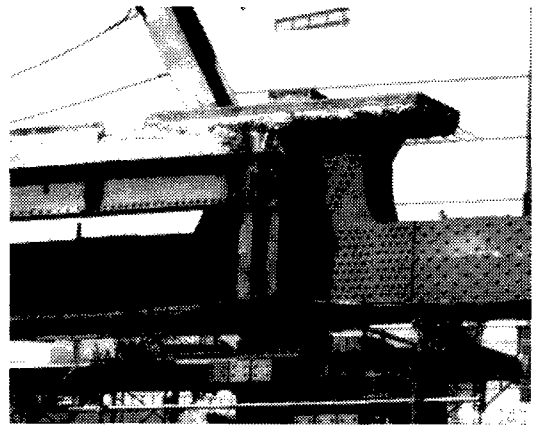
[写真-3.5.7] は東京側の主構面である。整然と並ぶリベットが重厚な印象を与えている。リベットの総本数は約 12 万本にもおよび頭部だけでも 17tf の重量となる。また、垂直材の円弧状にカットされたタイプレートがアクセントとなっている。上弦材の格点は二次曲線上に乗っており、支間中央で 3195mm のライズがある。上弦材のウェブ高さは 775mm, カバープレート幅は 990mm ある。上弦材端部上側に見えるアングル材は橋門構の上弦材でありこれと同様のディテールを古い鉄道トラス橋にも見ることができる。[写真-3.5.8] は、上弦材端部の格点であるが、ガセットにはアール加工が施されており非常に丁寧に製作されている印象を受ける。



[図-3.5.3：上弦材⁶⁾]

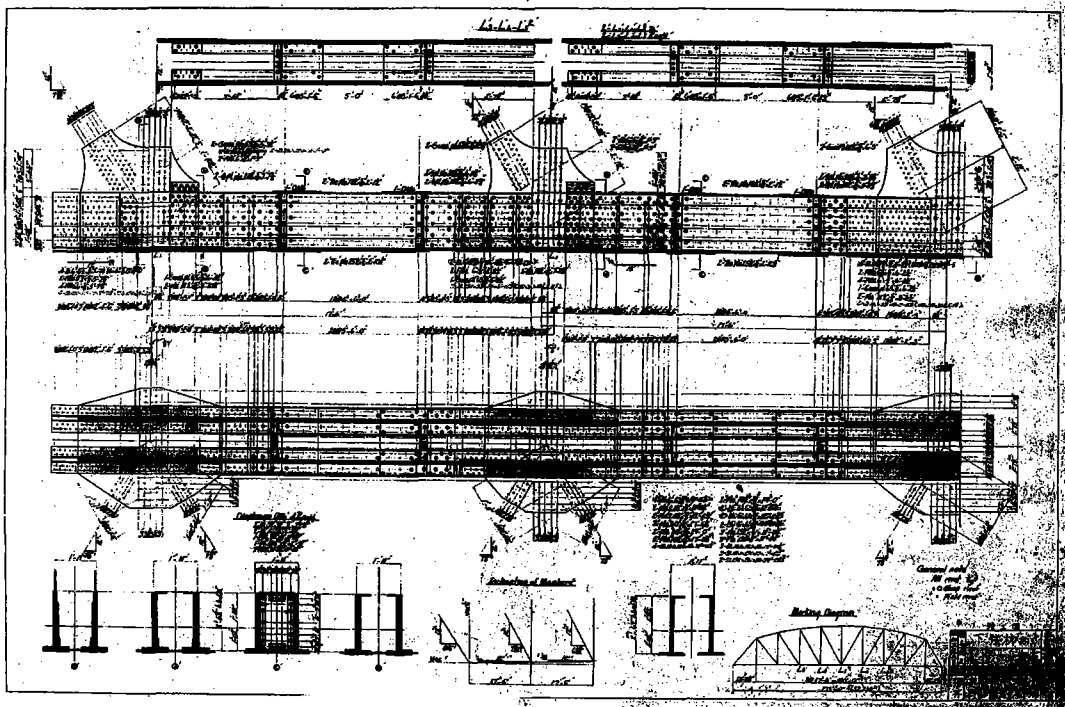


〔写真-3.5.9：床版断面〕



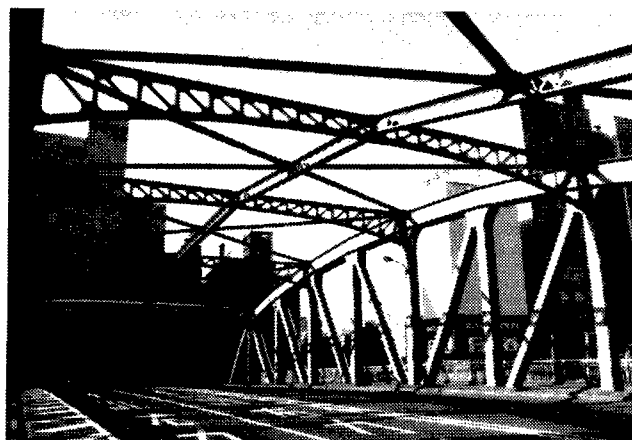
〔写真-3.5.10：解体中の下弦材格点〕

〔写真-3.5.9〕は、車道部床版が切断撤去された状態である。床版の厚さは約 18cm で床版支間 (2.7m) に比べて薄く感じる。しかし、供用開始から床版は一度も打ち替えや補強がされておらず、切断面を見るかぎりでは、非常に密実な良いコンクリートが打たれていた。また、このように歩車道境界部に主構面を設け、腹材が床版コンクリートを貫通する箇所は腐食の要因となりやすいが、本橋の場合もやはり若干の断面欠損が見られた。〔写真-3.5.10〕は引き戻し後解体中の下弦材であるが、主構間隔が広いいため下弦材のウェブ高さ 775mm に比べて、横桁が 1460mm と高く、床版は下弦材よりかなり高い位置にあることがわかる。そのため、床版は下弦材上に打ち下ろすのではなく、隣接した縦桁で支持されている。また、下弦材のガセットも上弦材と同様に丁寧にアール加工が施されている様子が見える。



〔図-3.5.4：下弦材⁶⁾〕

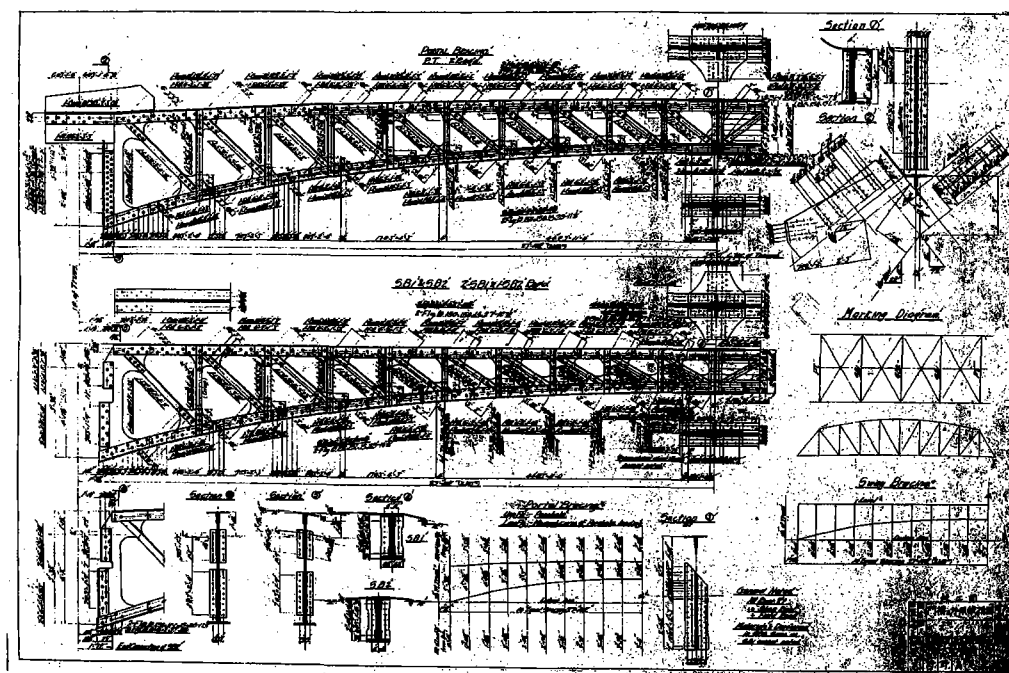
橋門構，横支材は主構と同じプラット
トラスとなっており，構造の統一が図
られている。橋門構の上弦材にはわず
かに放物線のキャンバーが付けられて
おり，下弦材の形状は単純梁に放物線
等分布荷重が作用したときの曲げモー
メント曲線である [写真-3.5.11]。主構
間隔が 17.983m と広いためか，横構部
材が非常にスレンダーに感じるが，そ
の反面，圧迫感も少なく軽快である。
また，横支材は2格間毎に設けられて
いるため，橋軸方向のストラット部材
の角折れが主構上弦材より目立ってい
る。[写真-3.5.12] は，そのストラット
と橋門構との取り合い構造である。橋
門構を端斜材に合わせて傾けているた
め，ストラットの先端がそれと取り合
うように曲げ上げられており非常に面
白いディテールである。



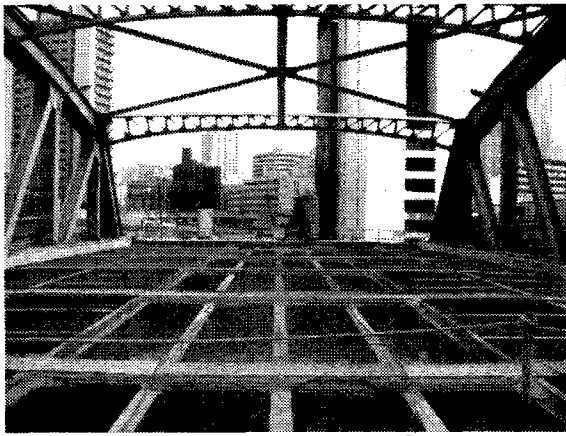
[写真-3.5.11：横支材]



[写真-3.5.12：橋門構中央]

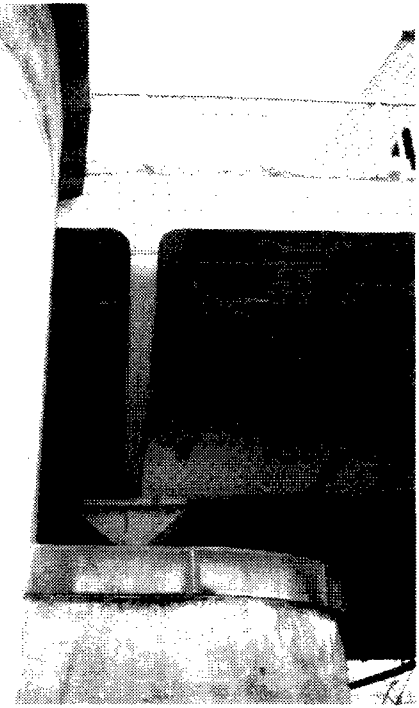


[図-3.5.5：橋門構と横支材⁶⁾]



〔写真-3.5.13：床 組〕

〔写真-3.5.13〕は、床版撤去後の床組の構造である。床版は全部で9本の縦桁で支持されており、中央の5本は路面軌条を支持するために、密な間隔で配置されている。また、車道部の縦桁は横桁間隔に2本の繫材が橋軸直角方向に設けられている。〔写真-3.5.14〕は三田側支承付近の様子であるが、青色に塗られた橋面上の部材とは異なり、床版より下側は明るいベージュ色に塗り分けられている。歩道部は縦桁をブラケット上に載せ掛けることにより、車道部との床版に段差を設け死荷重の低減が図られている。また、ブラケット下フランジ先端は曲げ加工が施され、連結板により滑らかに側縦桁に擦り付けられている。橋詰めにはバルコニーのような広場が設けられ、また、沓座の角も円弧状となっており、まわりを縁石で飾ることにより下部工のマッシブな感じを和らげている。



〔写真-3.5.14：橋端部〕

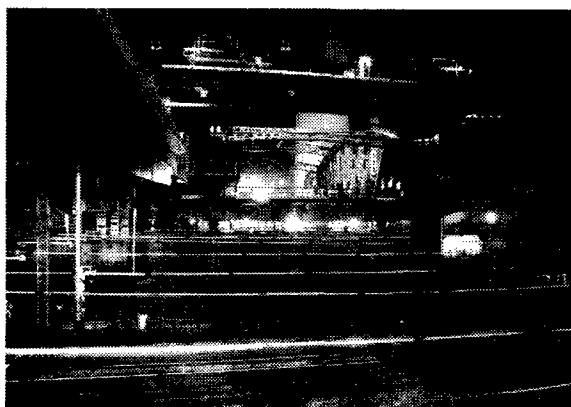
支間中央の側縦桁には〔写真-3.5.15〕のような橋銘板が取り付けられており、右側から「ふだのつじはし」と綴られている。河川を跨ぐ橋梁にはこのような位置に橋銘板が付けられているものもあるが、跨線橋では非常に珍しい。〔写真-3.5.16〕はエンドポストの裏面に取り付けられている橋歴板であり、「昭和七年度製作 合資会社 宮地鐵工所」とある。



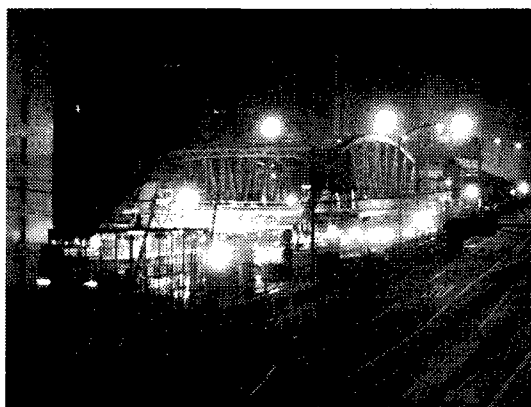
〔写真-3.5.15：ブラケットの先端と橋銘板〕



〔写真-3.5.16：橋歴板〕



[写真-3.5.17：引き戻し中]



[写真-3.5.18：引き戻し完了]

[写真-3.5.17,3.5.18] は引き戻し作業の様子である。引き戻し作業は、平成 14 年（2002）6 月 2 日の午前 2 時頃行われた。引き戻し作業に要した時間はわずか 20 分程度であった。[写真-3.5.19] は、引き戻し後、ヤード上ではほぼ 2/3 の解体が完了した状況である。鋼重 700tf のトラス全部を解体するのに約 3 ヶ月の時間を必要とした。このような芝浦界隈のランドマーク的な橋が姿を消してしまったことに何か寂しさを感じるのは私だけであろうか。



[写真-3.5.19：解体中の全景]

[執筆担当：掘井 滋則]

《参考文献》

- 1) 内務省土木試験所：『本邦道路橋輯覧 第 4 輯』,pp.40,1939.4
- 2) 大野 博：「札の辻跨線橋」,土木建築工事画報,pp.30-31,1932.11
- 3) 株宮地鐵工所：『創業 80 周年記念』,pp.50,1988
- 4) 「芝区史」,pp.1745,1938.3
- 5) 鉄建・佐藤建設共同企業体：札の辻橋架け替え工事パンフレット
- 6) 札の辻橋竣工図

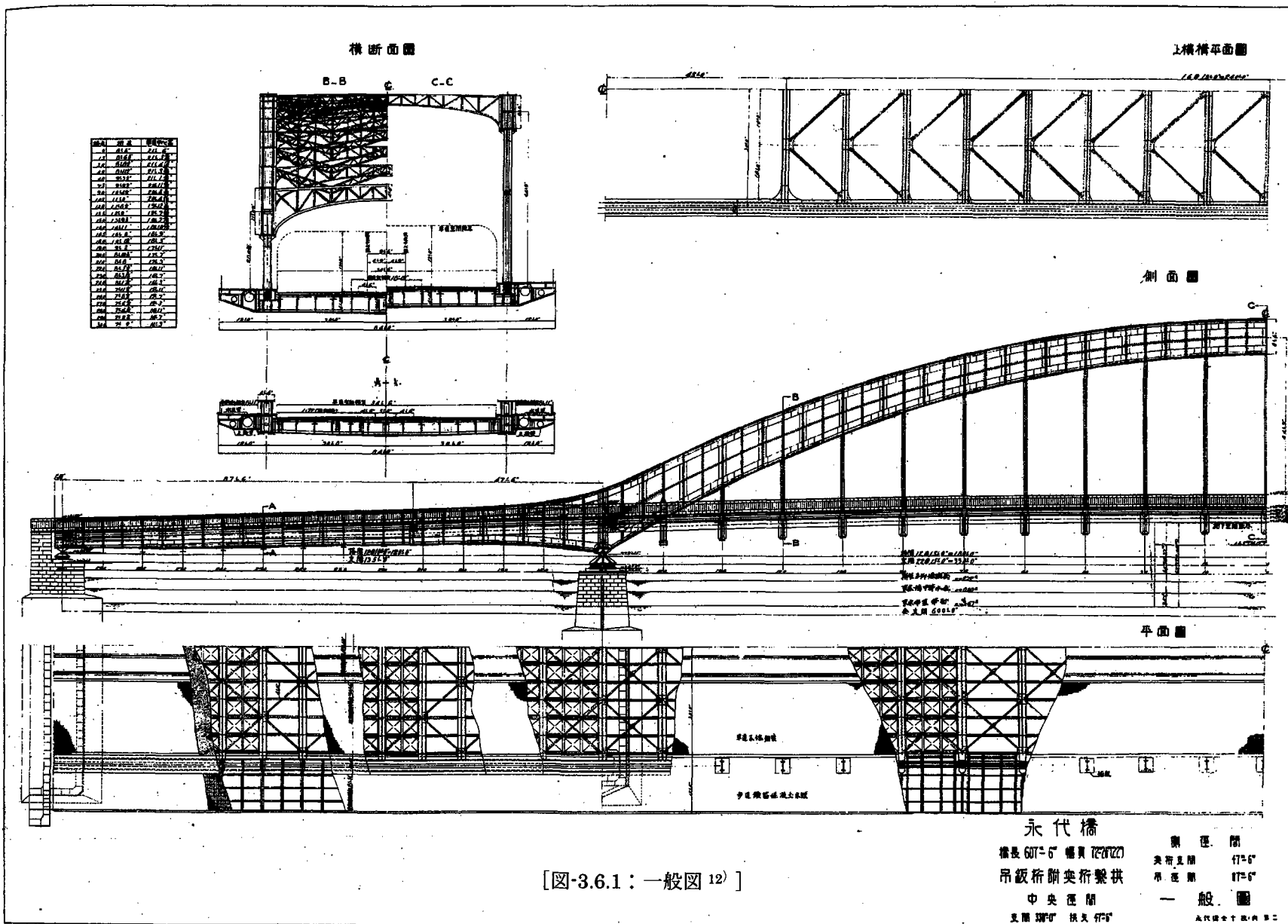
6. 永代橋（えいたいはし）

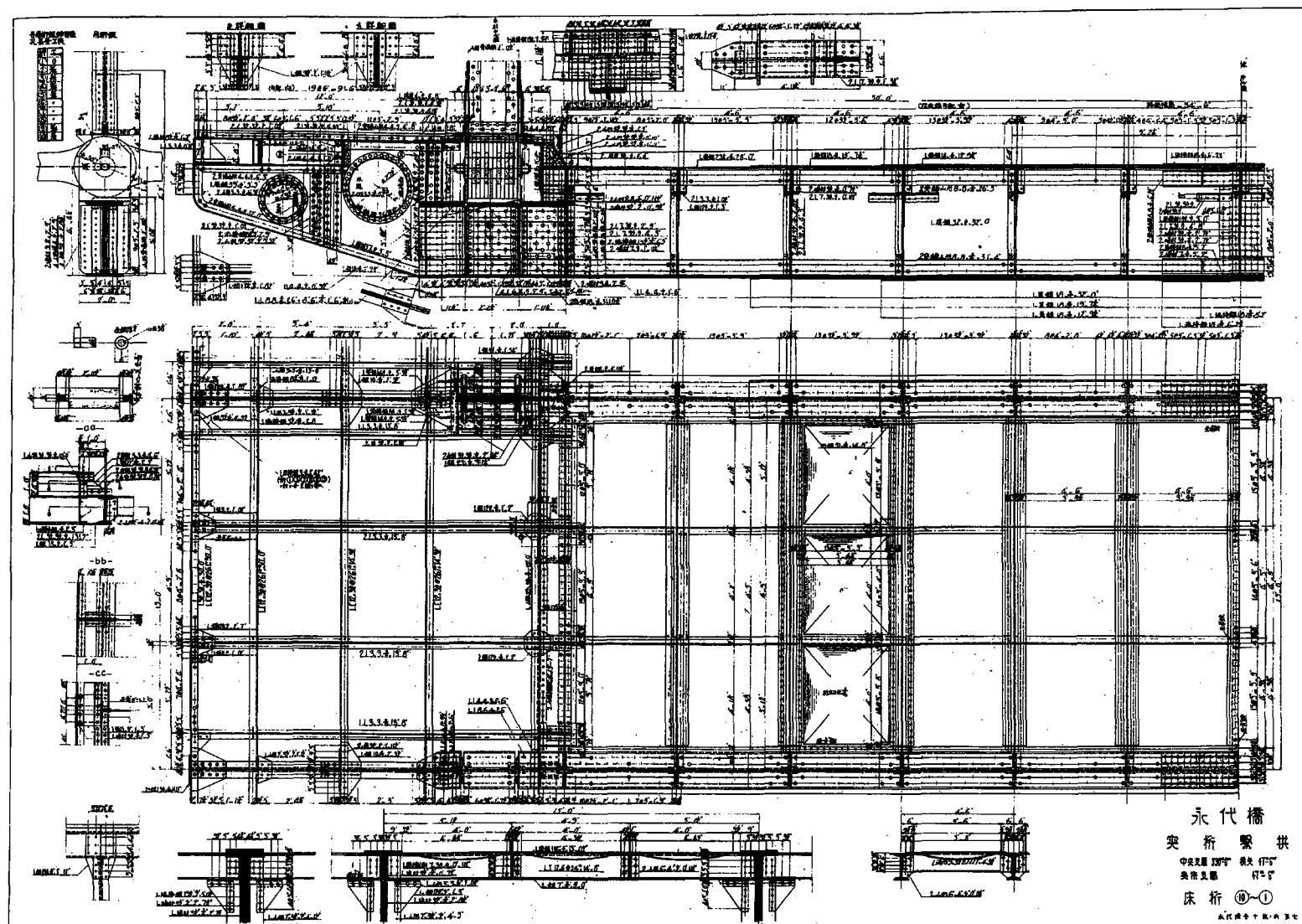


〔写真・3.6.1：全 景〕

6-1. データ

竣工年月 : 大正 15 年（1926）12 月 20 日
所在地 : 東京都中央区新川 1 丁目～江東区佐賀 1 丁目・永代 1 丁目
路線名 : 永代橋通り（主要地方道 10 号線）
跨越対象 : 隅田川
橋長・幅員 : 185.17×22.0m（車道 16.60m＋歩道 2@2.70m）
構造形式 : 下路カンチレバー式バランスドタイドアーチ（主構間隔 18.0m）
径間数・支間長 : 41.148+100.584+41.148m,（突桁支間 26.568m）
設計活荷重 : 一等橋（大正 8 年 12 月道路構造令および街路構造令）・軌道有り
鋼 重 : 3932tf
設計者／設計年 : 田中 豊（原案），竹中善忠／不明
製作者／製作年 : 川崎造船所／大正 15 年（1926）
架設者／架設年 : 直轄（人夫は川崎造船所が供給）／大正 15 年（1926）
架設工法 : 桁上およびフローティングクレーンによるステージング架設
下部工形式 : [橋台] 重力式コンクリート
 : [橋脚] 重力式コンクリート
基礎工形式 : [橋台] ニューマチックケーソン
 : [橋脚] ニューマチックケーソン
起業者／管理者 : 復興局／東京都
備 考 : タイ材はアイバー（デュコール鋼）使用
 昭和 63 年（1988）よりライトアップ開始

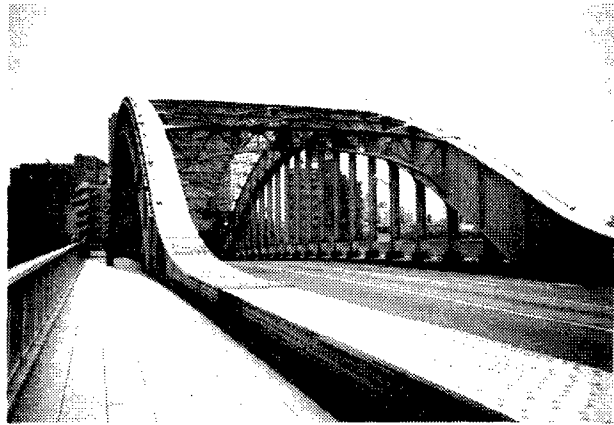




[圖-6.2：断面図，平面図 12)]

6-2. 概 要

威風堂々とした永代橋は、大正 15 年（1926）12 月、震災復興橋梁として隅田川に最初に架けた橋である。その頃、永代橋の下流に橋はひとつもなく、最も下流に架かる永代橋は帝都の第一橋梁であった。現在でいえばレインボーブリッジや横浜ベイブリッジと同様、『都市の門』として造られた。ここから 800m 上流に架かる第二橋梁の清洲橋とは対をなしてデザインされ、清洲橋の優雅な女性美とは対照的に永代橋は筋肉隆々とした男性美を思わせる。また、すそ野の長い美しいラインが印象的でもある。[写真-3.6.3] は、日本橋川河口に架かる豊海橋から見た永代橋だが、フィーレンデールが額縁となり絵画を見ているようである。ドイツのライン川に架かるルーデンドルフ橋を参考にデザインされたといわれているが、重量感あふれる下路式バランスドタイドアーチは、吊橋以外で初めて支間が 100m を越えた橋としても有名である。また、架橋地点は地盤が弱いため我が国で初めて大型ニューマチックケーソン工法が採用され、中央径間アーチ部の繫材（タイ材）には日本で最初の高張力鋼“デュコール鋼”が用いられている。



[写真-3.6.2：新川側から見た正面の永代橋]



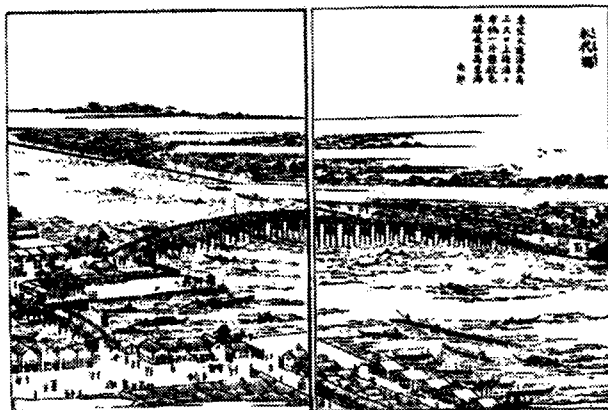
[写真-3.6.3：豊海橋から視る永代橋]

6-3. 沿 革

永代橋の歴史をたどると江戸中期までさかのぼる。元禄 11 年（1698）に隅田川で 4 番目の橋（①千住大橋 1594 年，②両国橋 1661 年，③新大橋 1693 年）として、幕府が関東代官 伊那忠順を普請奉行に任命し築造したものである。当時、佐賀町のあたりは永代島と呼ばれ、“深川の大渡し”と称した渡船が交通の手段であった。これに代わって架けられたのが橋長百十間（200m）、幅三間一尺五寸（5.9m）の永代橋で、現在より 150m 上流に架けられた。将軍綱吉の「五十才」を記念して“御寿命永代に”という祈りをこめて造られたとも伝えられている。

文政町方書上によると材木は上野寛永寺の根本中堂建築の余材を用いたとあり、偉大な橋の呼び名とは逆に品質はあまり良くなく丸太を高欄にした仮橋に近かった。そのため、5年後には修理が行われているが、老朽化の原因の一つに根本中堂の普請と永代橋の新設と一緒に発注したことが挙げられる。一説によれば二つの築造を同時に請負った二人の請負人の儲けが一人 12,000 両、二人で 24,000 両を浮かせた結果が、意外に早い老朽化を招いたともいえる。ちなみに享保 4 年（1719）の新大橋の架替え総工費が 6,127 両であった史実から察しても二人の請負人の儲けが
いかに法外であったかがわかる。

当時の道路や橋梁の維持管理は幕府直轄あるいは勘定奉行（現在の国土交通省に相当）で行っていたが、幕府は財政難から隅田川に架かる大きな橋の維持には手を焼いていた。江戸三大橋のうち両国橋と新大橋は後に町奉行支配とされたが、永代橋については人の通行が危ぶまれる程朽ちていたため廃橋の対象となっていた。しかし、地元民の強い要望で残り、享保 6 年（1721）



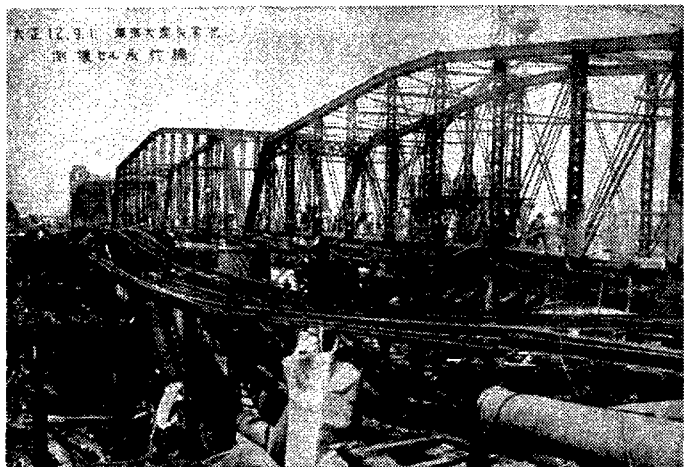
〔図-3.6.3：江戸時代の木橋⁸⁾〕

以後は町人による維持管理とされ、武士、医者以外からひとり二文の渡し賃を徴収して運営にあたった。以後、町方持ちの賃取橋は増えていった。

文化 4 年（1807）8 月 19 日、深川の富岡八幡宮の祭礼（今日では通称”水かけ祭り”で有名）は 12 年ぶりに復活された。15 日の予定が大雨で順延し結局 4 日遅れの開催となった。当日は雨上がりの快晴で、待ちに待った数十万の群集が永代橋に押し寄せた。橋は佐賀町側 1 径間目の 12 間ほどのところから崩れ落ち、1,500 名の犠牲者を出したことは天明・安政の天災地変とともに江戸の大惨事といわれている。この惨事後架け替えられた永代橋は大きな船の通行を考慮し、橋桁を思いきり高くして錦絵に描かれるほどの優美な太鼓橋となった。その後明治 8 年（1875）に架け替えられた橋長 190m、幅員 11.4m の橋が最後の木橋となった。

永代橋が鋼橋に架け換えられたのは明治 30 年（1897）で、隅田川で三番目（①吾妻橋 1887、②厩橋 1893）に架けられたプラットラスである。それまでは鉄の橋といっても錬鉄製であったわが国の道路橋として初めて鋼を使った橋梁として持筆される。現在より、50mほど下流に架けられた橋長 182.2m、幅員 13.9m の 3 連からなる曲弦プラットラス橋は、倉田吉嗣の設計であり巨大橋として市民の評判となった。しかし、その頃の橋は鉄橋といえども床版は木製が普通であった。大正 12 年 9 月 1 日の関東大震災ではコンクリート床版の新大橋を除くと、永代橋を含めていずれも鉄骨部分を残して焼け落ちた。通行不能となった橋は両岸の延焼から避難してくる人々を通せず被害を大きくした。

現在のタイドアーチに架け替える直前の永代橋は、トラス橋の下流側に路面軌道用橋と桁橋が架けられていたようである[写真-3.6.5]。トラス橋を下り線、桁橋を上り線として使用していたようである。この時代に交通量の増加によるものとは考えにくく、幅員の関係であろうか。この写真は、大正14年5月6日撮影されたもので、上流側に現在の永代橋のケーソン工事が始まっている様子が見える。[写真-3.6.4]は下流側から撮影した震災直後の様子で、軌道桁と桁橋は落橋しているがトラス橋の落橋は免れたようである。手前に垂れ下がっているのは軌道用のレールではないかと思われる。張出し部の床版は焼失しているが、トラス上のたくさんの人影は仮に敷いた床版の上を歩いていると思われる。また、[写真-3.6.5]からはこれら被災した橋は新橋完成までに一旦修復したことがわかる。



[写真-3.6.4:震災直後のトラス橋¹⁵⁾]



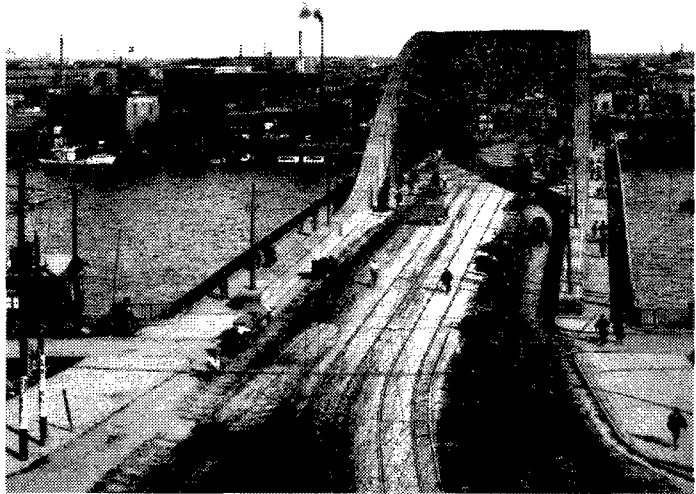
[写真-3.6.5:旧橋と新橋架設¹⁶⁾]

6-4. 橋の特長

【設 計】

永代橋の下流側に見える佃島には今でこそ摩天楼のように高層ビルがそびえたっているが、大正時代は遠くまで見渡せる視界の開けた場所だった。このような「雄大なる環境に調和することは、区々たる局部的装飾の能くする処にあらず、橋梁其のものが全体として表現する気分によってのみ果さる」(『永代橋設計計算書稿』復興局)として今日あるような雄大なる輪郭の形式が選ばれた[写真-3.6.6,昭和3年10月撮影]。

デザイン比較では充腹板構造はトラス構造と違って単純で部材の弱点が少ないため寿命が永い。またタイドアーチはたわみによる付加応力の影響が他の構造形式よりも非常に少ないという利点を持っている。運搬や架設上の欠点はあるが、耐久性の理由からソリッドリブタイプが採用された。設計的には側径間の1/3付近(橋脚から14.5m点)に固定ヒンジを設け、構造解析を容易にしている。多大な引張力がかかる中央径間の繫材

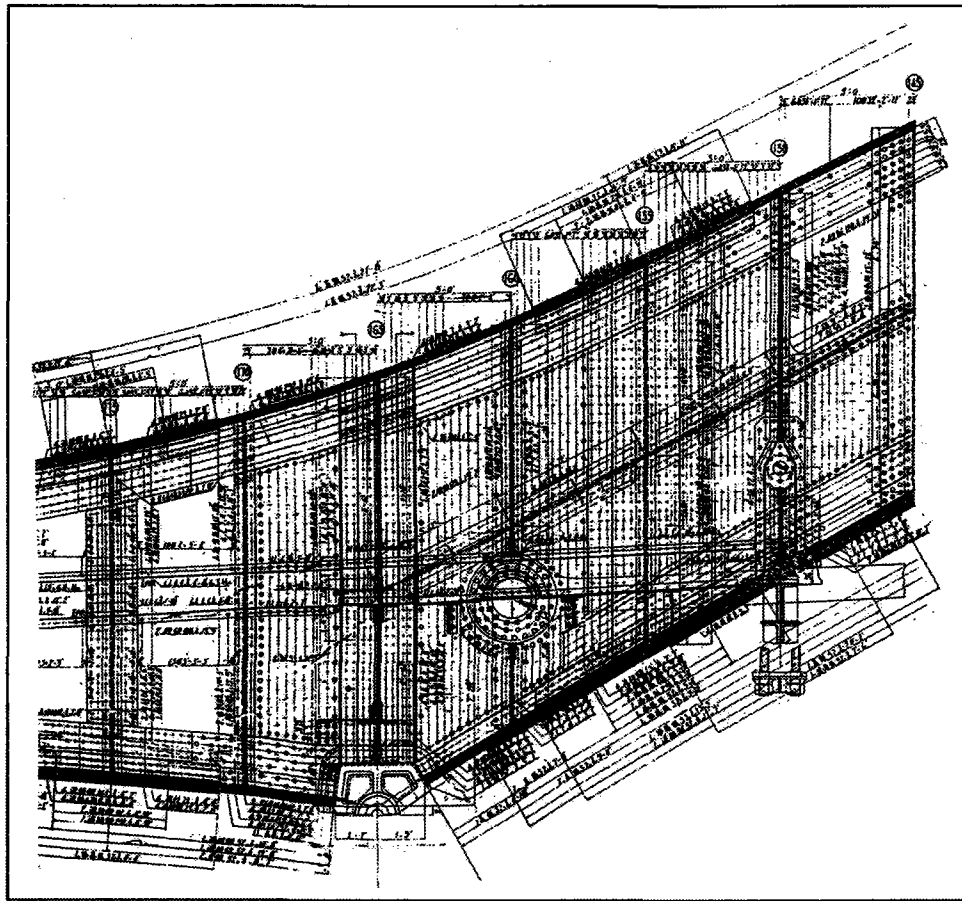


【写真-3.6.6：竣工当時の永代橋¹⁶⁾】

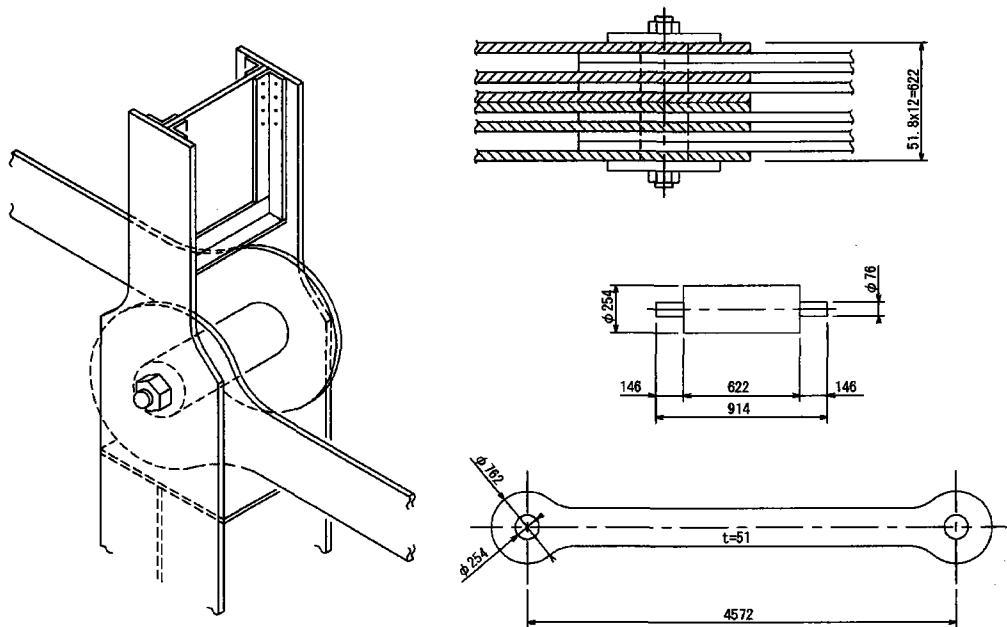
(タイ材)にはデュコール鋼による眼鉾(アイバー)[図-3.6.5]を使用しているが、断面積の過大を避ける効果があったと考える。

デュコール鋼とは低マンガンの高張力鋼であり、高強度で摩耗、衝撃に強い性質を持っている。英国の製鉄会社(デビット・コルビル社)が大正11年に開発した60キロクラスの造船用鋼材である。その社名からデュコール鋼と呼ばれ、日本には海軍の造船関係者から伝えられ、大正13年平賀譲博士によって土木技術界に紹介された。日本では川崎造船所のみがその製造技術をもっていたようである。

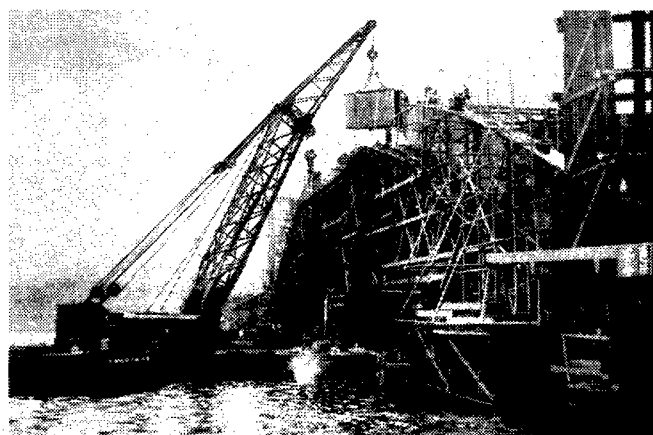
復興局はいち早くこの高張力鋼に注目し、橋梁用鋼材の適否を見極めるべく、大正14年の機械試験結果をもとに成分規格を定めた。米国の橋梁顧問技師モイセイエフらは $(\text{Mn}+\text{Si}) \leq 2\%$ であると主張していたが、わが国の田中 豊、沼田政矩らは永代橋、清州橋に使用する国産デュコール鋼のMn含有量を1.4~1.6%と指定した。橋梁の実績としては、清州橋アイバーチェーンの他、入間川橋梁(八高線)では試験桁として1連製作、源助橋架道橋(東海道本線)では、連築限界の関係で主桁フランジに使用されている。



[図-3.6.4：橋脚支点側面図 12¹⁾]



[図-3.6.5：アイバーイメージ図]

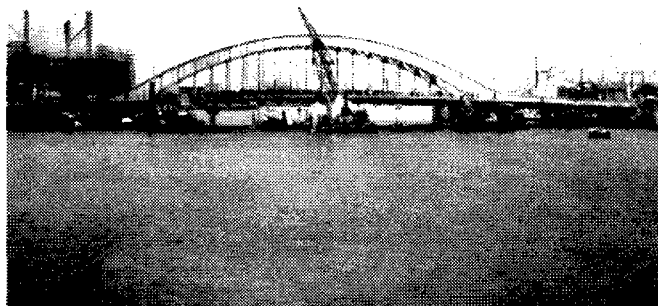


[写真-3.6.7：架設中の永代橋¹⁵⁾]

【工 事】

大正 13 年 12 月 1 日に起工し、
大正 15 年 12 月 20 日に開通式を挙
行している。これだけの大工事を 2
年間という短い工期で成し遂げて
いることに驚きである。

架設は [写真-3.6.7] に示すよう
にオールステージング工法で行わ
れた。まず、通船に必要な空間を河
川上に設け、この上に仮設桁を架け
支保工を組んだ。最初に両側の径間
を架設し、順次中央に向かって架け



[写真-3.6.8：旧橋の撤去⁷⁾]

ていった。クレーンは 50tf 浮動起重機船と 8tf 定置起重機船を用いた。上横構部材は橋脚
支柱間に張ったロープにより架空運搬を行った。[写真-3.6.7] に写っているのはアーチブ
ロックを架けている 50tf クレーンと思われる。

下工部はおもに直轄施工されたが、その準備工事は大丸組と間組が請負った。橋桁は川崎
造船所が製作し、架設工事は直営で行なったが、人夫は川崎造船所が供給した。

復興局は東京の下町に 125 の橋を架けたが、その総工事費は 3,400 万円であった。その
40%は隅田川の六つの橋（相生橋、永代橋、清洲橋、蔵前橋、駒形橋、言問橋）に費やさ
れ、いちばん工費が高かったのは「清洲橋」で 320 万円、次は「永代橋」の 290 万円であった。
なんとこの 2 橋で 2 割近い額の費用が使われた。

震災の 2 年後、ドイツのマンハイム市を流れるネッカー川に新設される橋の設計コンペ
が行われた。第 1 位は「言問橋」を思わせる「ゲルバー式」の鉸桁橋、2 位が「永代橋」と同じ「タ
イドアーチ」であった。それは偶然にも世界的な傾向と一致していた。と同時に近代日本の
橋梁技術が世界的水準に達したことを証明する出来事であった。

近年、土木学会では、永代橋と清州橋をワンセットにして「第一回選奨土木遺産」に選定した。

その石碑にはこう書かれてある [写真-3.6.9]。

- ・二つの橋は、近代橋梁技術の粋をあつめてつくられた震災復興橋梁郡の中心的存在である。
- ・永代橋は、わが国ではじめてスパン 100m をこえた橋であり、しかも現存最古のタイド・アーチ橋である。

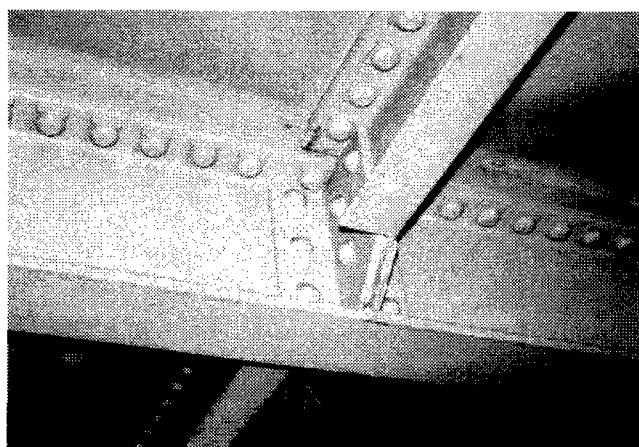


[写真-3.6.9：石 碑]

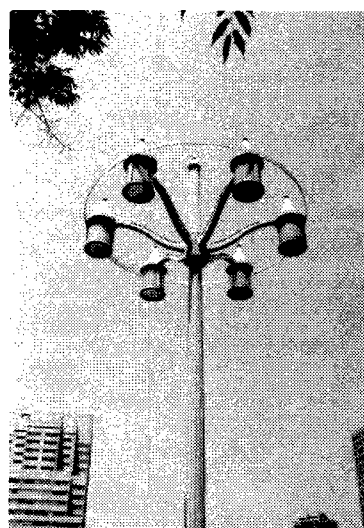
【補修工事】

昭和 42 年から 43 年にかけては地盤沈下や交通量の増大により、両側の橋台が沈下し変形が生じたため修理を行った。昭和 60 年から 62 年にかけては歩道部 RC 床版を打替え、車道部床版は凹版の形状をした 1,300×1,300×8 mm のバックルプレート（鋼製型枠に類似）1,440 枚のうち、断面減少をきたしている約 3 割を取り替えた。取付はテーパー座金と TCB を使用している [写真-3.6.10]。

また、高欄は 30cm 高くして 1.2m に取り替え、歩行者の安全性を高めた。照明灯も当時のデザインに変えられたようだが、灯の数は 2 個から 6 個に増えている [写真-3.6.11]。また、ライトアップによる橋の演出もこの頃から始まり、ホワイトブルーに映える永代橋はテレビニュース等の冒頭に良く映し出される。



[写真-3.6.10：バックルプレートの取り付け部]



[写真-3.6.11：照明灯]

【下部構造】

橋の設計から材料，施工まで全て自前でおこなったのが震災復興橋梁の特長だが，唯一の例外が軟弱地盤に橋の基礎を据えつけるために採用したニューマチックケーソン工法であった。可能な限り迅速にかつ耐震的に築造するため，米国からの技術導入を決定したのは復興局土木部長の太田圓三であり，間に立ったのが後の白石基礎工事会社の創設者，白石多士良であった。

橋脚部のケーソン型枠は木造で大きさは長さ 24.24m×幅 6.06m×高さ 30.3m であった。これを 5 段に分け，復興局蔵前ケーソン工場にて製作した。最下段である高さ 7.27m 分は蔵前河岸の船台上にて組立てた。

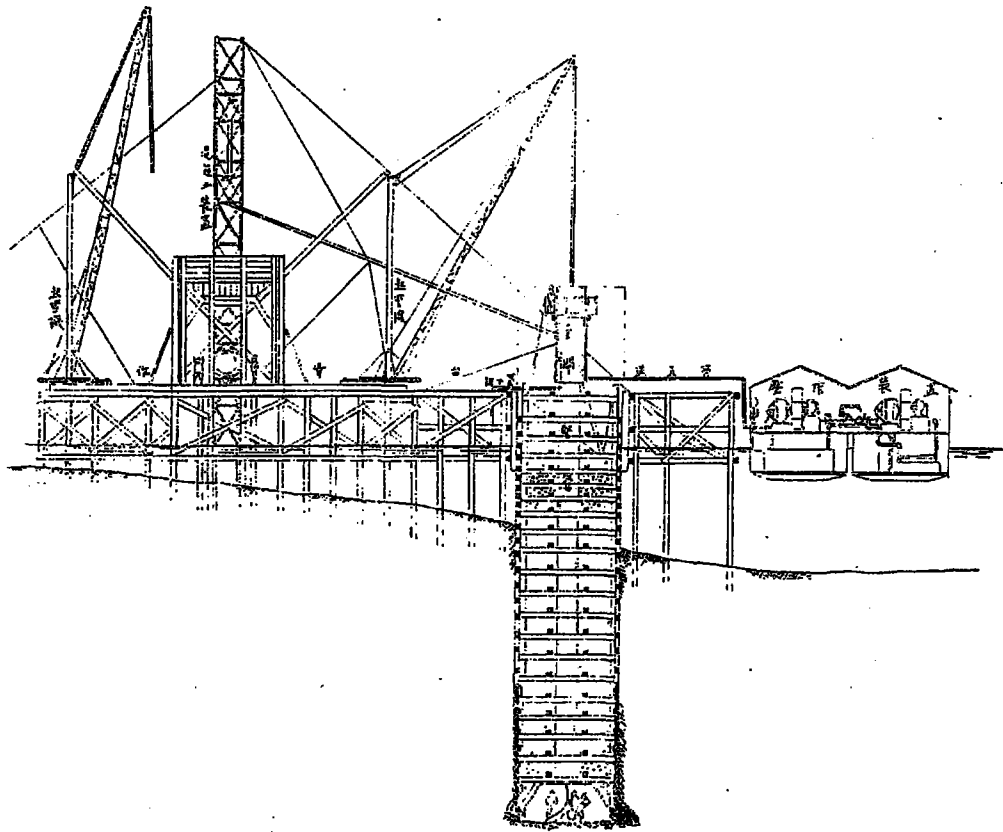
進水曳航の後所定の位置においてコンクリートを充填，沈下した。と同時に第 2 段を継足し，かつ潜函作業室の水を排除し圧縮空気を送り込んで函底土砂の掘削を行った。約 3 週間で 27.88m の砂利層に到着したので潜函作業室をコンクリートで充填し作業は完了した。橋台は長さ 27.88m×幅 4.12m の重力擁壁型橋台だが同様に 24.24m の砂利層に到着した。

米国からは 3 人の技術者を招いた。当時 62 才のベテラン監督技師ヒューズは全体を上手に取り仕切った。若い大学出のクラフトとイングランダーは，日本の若い技術者たちと意気投合した。彼らは，細部に至るまで実務的な技術を教えてくれた。米国技師指導の下，初めての試みながら米国に劣らず優秀な成果を上げ，設置誤差は最大 18cm という精度であった。また，打設したコンクリート量は 12,200m³ で，船の通行を止めることなく，8 ヶ月間で所期の基礎工事を完了した。初めてのケーソン工事にあたり，潜函夫の選抜には慎重であった。18 才～40 才までの強健で肥満でない事が条件で，さらに，潜函夫には潜函病の発作を心配し，カード [図-3.6.7] を膚身離さず携帯させた。工事協には休養船を設け，暖房設備や浴室，コーヒー等を用意した。ケーソン用の機械設備は全て米国ニューヨークにある基礎会社より購入したが，購入額は 28 万円であった。設備は，その後の清州橋や言問橋のケーソン工事でも使用した。

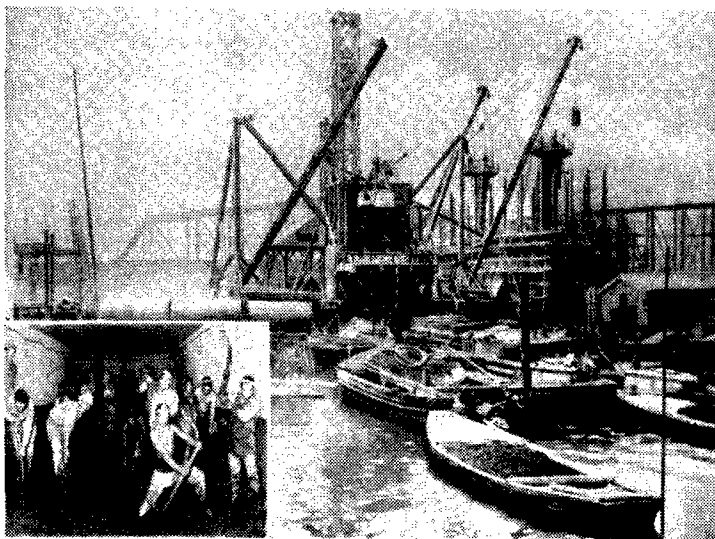
支点構造は，新川町側橋脚支点を固定支承 [写真-3.6.12]。佐賀町側橋脚支点を可動支承となっている。側径間の突桁架違部 [図-3.6.8] は固定(ピン支承)とし，両橋台は可動(ピンローラー支承)である。これらを支える橋台，橋脚の表面には 8,000 切の江戸切仕上げ花崗岩(御影石)で石積を施している。



[写真-3.6.12：新川側の橋脚ピン支承]



[図-3.6.6：ケーソン側面図¹³⁾]



[写真-3.6.13：基礎工事(ケーソン内部)¹⁵⁾]

第 號
復興局 壓搾空氣内工事従業者
永代橋 此ノ票所持ノ者 病氣ニ罹リタルヲ
發見セラレタル方ハ必ず永代橋
橋梁工事詰所 ニ送り届ケラレタシ
京橋區大川端町永橋代際
復興局土木部隅田川派出所

[図-3.6.7：カード¹³⁾]

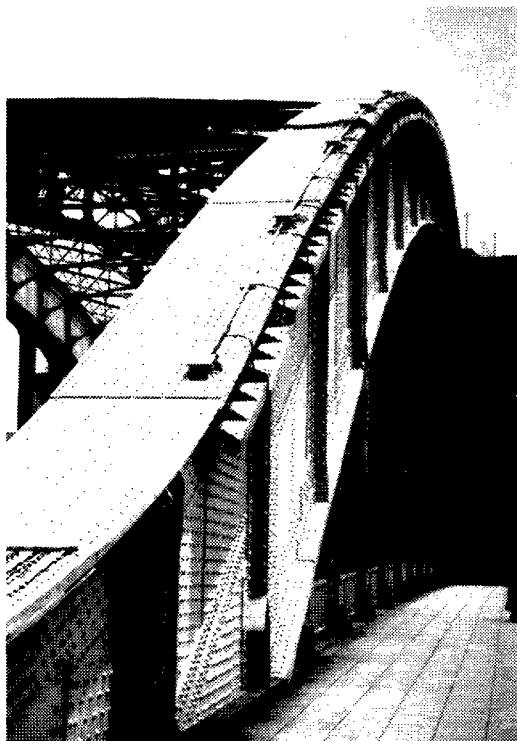
6-5. この橋の見どころ

圧倒的な重量感が伝わってくるアーチリブの桁高は、頂上で 2,591 mm 橋脚支点部で 3,962 mm のⅡ形断面である [写真-3.6.14]。最大ブロック重量は 30tf, リベットの総本数は 70 万本でそのうちの半分は現場打ちであったというから、想像を絶する現場リベット打ち作業である。

アーチ支点部の下フランジは板を 7~8 枚重ねてあり厚さも最大 10 cm に達する [写真-3.6.15]。これだけの枚数をリベットで貫通させる孔の精度にただ々脱帽である。

アーチの重厚な感じとは対照的に軽快なリズムを織りなす上横構と横支材 [写真-6.16]。部材端部の曲線仕上げやガセットのアール加工に見られるように構造細部まで機能と美しさを追求した姿勢が伝わってくる。

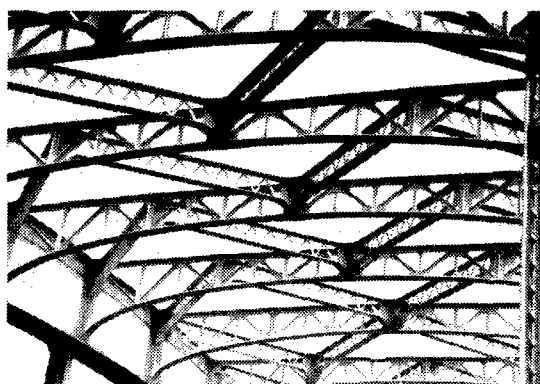
[写真-3.6.17] は側径間（突桁）の下フランジとブラケットであるが、突桁の主構断面は π 形をしているのが見える。水道管等の添架関係はブラケットを貫通している。



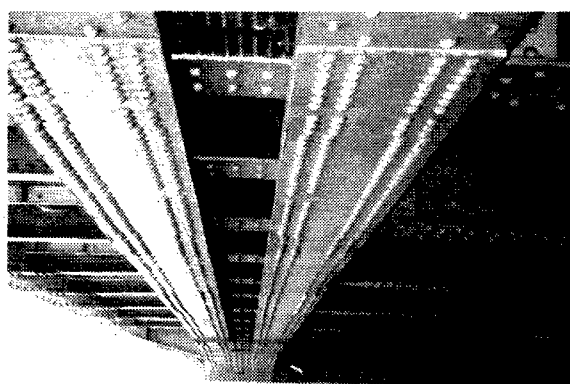
[写真-3.6.14：アーチリブ]



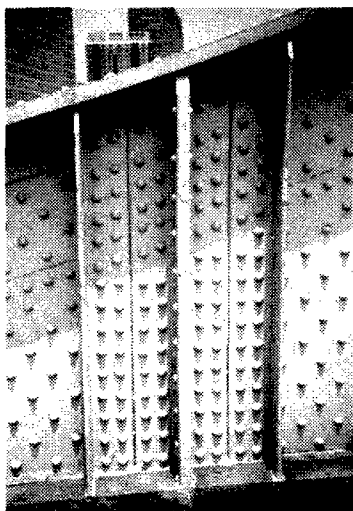
[写真-3.6.15：アーチ支点部下フランジ]



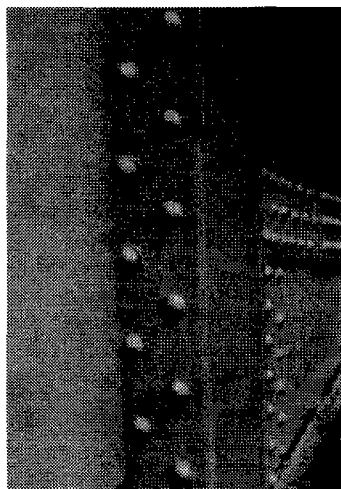
[写真-3.6.16：上横構・上支材]



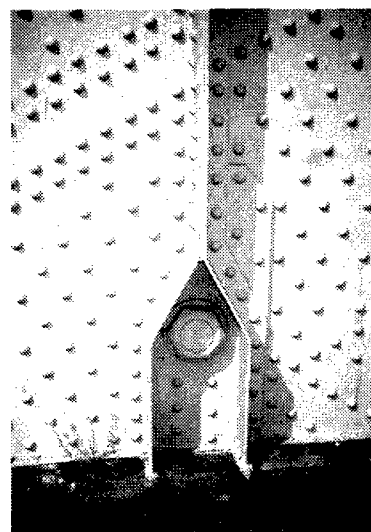
[写真-3.6.17：側径間桁下]



〔写真-3.6.18：支点補剛材〕



〔写真-3.6.19：支点補剛材〕



〔写真-3.6.20：第一吊材ヒンジ〕

橋脚支点部の補剛材には製鉄所の陽刻がしるされている〔写真-3.6.18, 3.6.19〕。上から“BS 8×8 SEITETSUSHO YAWATA ヤワタ”と書かれている。第一吊材は部材長が短いため、二次応力を発生させないように上部がピン構造となっている〔写真-3.6.20〕。

チェーン構造の中央径間タイ材は車道部と歩道部の縦桁の間にあるため、水上バスなどから床版下面を覗かないかぎりその姿を見ることはできない。

1+(2)+1+(1)+2+(1)+1+(2)+1 と格間で6枚ずつのアイバーが交互につながっていることが〔写真-3.6.21〕より確認できる。

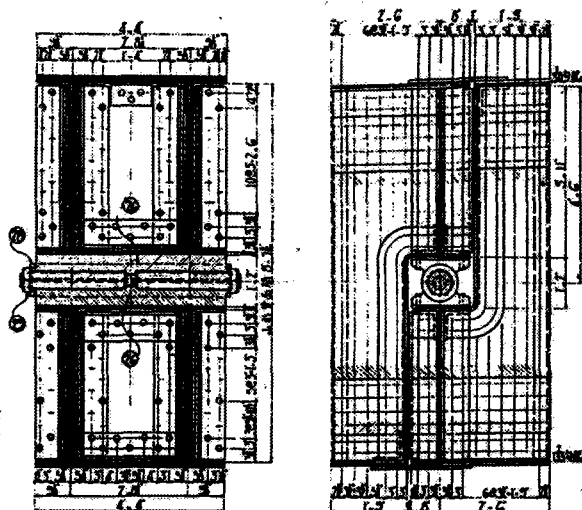


〔写真-3.6.21：アイバー〕

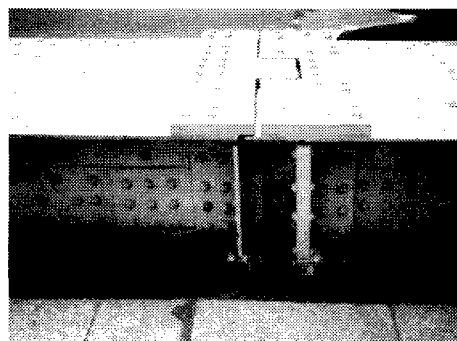
〔写真-3.6.22〕は橋台全面付近の床組構造である。車道部は橋軸直角方向に12枚のバックルプレートが並んでいる。主構間隔が60ft (18,288mm)と広いので、横桁も1,476mmと高く、間隔も10ft (3,048mm)と狭い。また、華奢なラテラル部材をよく見るとすべて座屈している。何故このような力が作用したのであろうか。



〔写真-3.6.22：床組〕



[図-3.6.8：ヒンジ部¹²⁾]

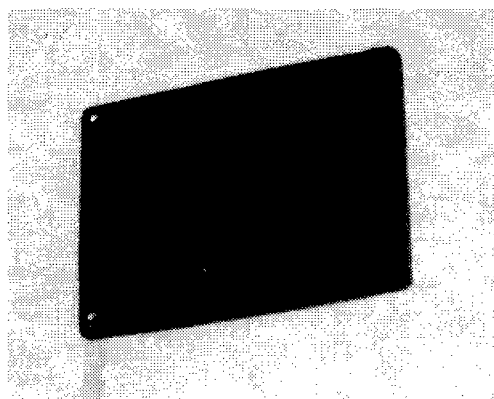


[写真-3.6.23：ヒンジ部]

橋脚支点から側径間へ 14,478 mm (側径間 $\times 0.35$) の所にヒンジ点を設けている [図-3.6.8] が、路面上からはその上側のみが見える [写真-3.6.23]。

橋歴板 [写真-3.6.25] には上から川崎造船所製作, 二段目に復興局, その下に材料関係の製作会社も記入されている。

山形鋼・鉄鋼・型鋼類は製鉄所, 川崎造船所, 浅野造船所の製作。リベットは浅野小倉製鋼所, 眼鋸 D.C 鋼は川崎造船所兵庫工場, 鋳鋼は神戸製鋼所の製作である。これだけ詳細に書かれている橋歴板はめずらしい。



[写真-3.6.25：橋歴板]

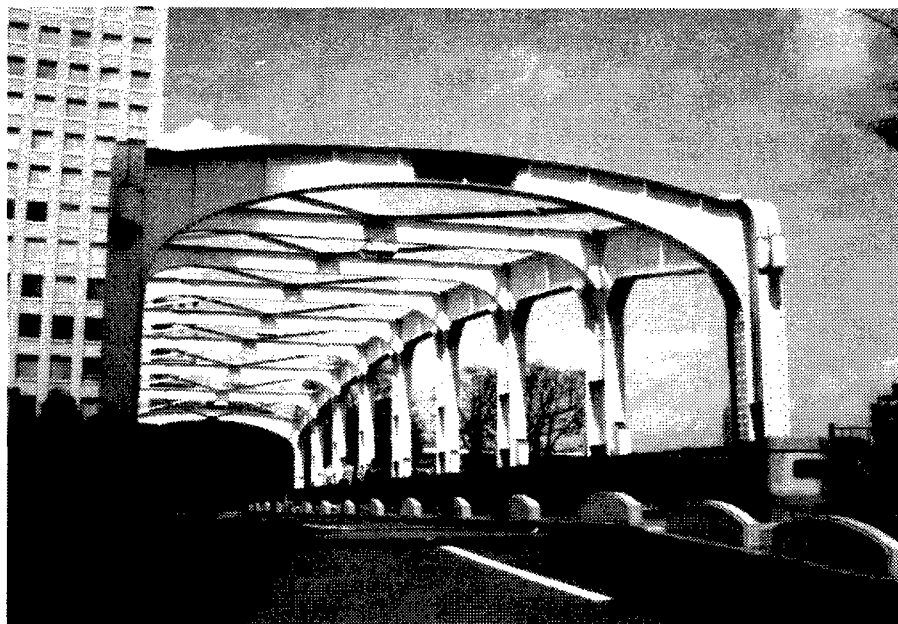
[執筆担当：大岩 由典]

《参考文献》

- 1) 日本橋梁建設協会編：『日本の橋』, 朝倉書店, pp.P9,36,37,56,57,64,79,80,1984
- 2) 成瀬輝男編：『鉄の橋百選』, 東京堂出版, pp.P126-127,1994
- 3) 米盛 公義：『隅田川の橋』, 橋梁と基礎, pp.P9-15,1987.8.
- 4) グラビア『隅田川著名橋の整備・永代橋』, 橋梁と基礎,1987.8
- 5) 白井 裕：『隅田川・橋の紳士録』, 東京堂出版, pp.P24-29,1993

- 6)伊東 孝：『東京の橋』,鹿島出版会,pp.P39,98-118,1986.9
- 7)伊東 孝編：『橋の見方, 楽しみ方』,土木学会,2001
- 8)中央区文化財調査報告書第5集：『中央区の橋・橋詰広場』,東京都中央区教育委員会社会教育課文化財係,pp.P111-113,1998.3
- 9)復興調査協会：『帝都復興史第二巻』,興文堂書院,pp.P1671-1675,1930.5
- 10)歴史的鋼橋調査小委員会編：『歴史的鋼橋集覧』,土木学会,第一集下巻,pp.P355-357,1997.12
- 11)内務省土木試験所：『本邦道路橋輯覧(昭和3年版)』,道路改良社,pp.P192,1928.4
- 12)東京府土木部橋梁課編集：『橋梁設計図集 第二輯』,シビル社,pp.P8-17,解説,1928.7
- 13)釘宮 磐・森田三郎：『永代橋基礎工事概要』,土木学会誌第13巻,第5号, pp.P687-705,附図,1927.10
- 14)田中 豊・沼田政矩：『構造用D鋼の適正試験に就て』,土木学会誌,第27巻,第6号,pp.P539-546,1941.6
- 15)土木図書館編：『絵葉書にみる日本の橋』,柘植書房, pp.P34-35,1992.4
- 16)土木学会田中賞選考委員会編：『Bridges 田中賞の橋』,鹿島出版会,pp.P88,168,1999.9
- 17)鈴木理生：『郷土室だより』,京橋図書館,1997.6

7. 豊海橋（とよみはし）



〔写真・3.7.1：全 景〕

7-1. データ

竣工年月 : 昭和2年(1927)2月27日
所在地 : 東京都中央区箱崎～新川
路線名 : 不明
跨越対象 : 日本橋川
橋長・幅員 : 46.279×8.0m
構造形式 : 下路フィーレンデール
径間数・支間長 : 1×45.110m
設計荷重 : 一等橋(大正15年道路構造に関する細則案による)
鋼重 : 272.297tf
設計者／設計年 : 福田武雄／不明
製作者／製作年 : 横河橋梁製作所／大正15年(1926)
架設者／架設年 : 横河橋梁製作所, 宮地鐵工所／大正15年(1926)
架設工法 : 三脚デリックによるベント架設
下部工形式 : [橋台] 重力式コンクリート
基礎工形式 : [橋台] 木杭
起業者／管理者 : 復興局／中央区
備考 : 我が国最初のフィーレンデール(Vierendeel)橋, 昭和59年(1984)鋼床版に置き換え, 中央区区民文化財(平成7年登録)

7-2. 概 要

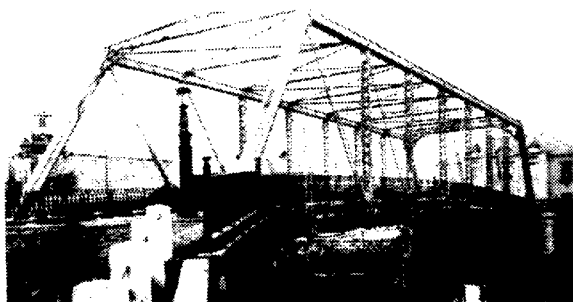
最初に豊海橋が架けられたのは元禄 11 年（1698）と言われている。この橋は架橋当時から、さまざまな呼び方がされており「乙女橋」、「女橋」あるいは「ほうかい はし」と呼ばれていた時代もあったようである。豊海橋は日本橋川の第一橋梁でありその架橋位置は昔からあまり変わっていない。ところが、隅田川に架かる永代橋はもともと現在の位置より上流側に架けられていた [図-3.7.1]。したがって、大手町から深川方面へ行くには、現在の永代橋通りのような真っ直ぐな道路はなく、日本橋川の右岸を川沿いに下り豊海橋で対岸へ渡った後、右折して永代橋を渡っていたようである。そして、明治 30 年（1897）に永代橋がほぼ現在の位置（日本橋川の河口より下流側）に鋼トラス橋として架け替えられてから、この 2 橋はほぼ現在のような位置関係となった。また、明治 36 年（1903）1 月には、豊海橋もそれまでの木橋から [写真-3.7.2] に示す橋長約 40m の下路プラットトラスに架け替えられたが、関東大震災後の昭和 2 年（1927）2 月、復興局により再度架け替えられ、現在の下路フィーレンデール橋となった。

さて、豊海橋は、我が国最初のフィーレンデール橋としても有名であるが、何故、この形式が採用されたのであろうか。当時の復興局の橋梁プランとして隅田川に流

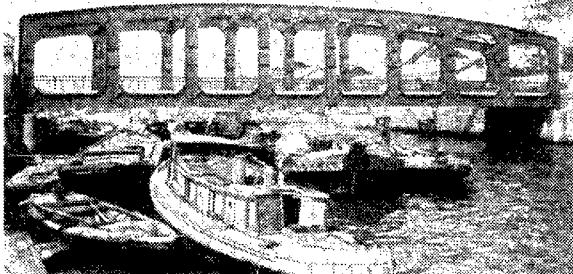
入する中小河川の第一橋梁には、航路の障害とならないように単径間の下路形式を原則としランドマークとなるようにそれぞれ異なった橋梁形式が選択されている。例えば、築地川東支川の第一橋梁である海幸橋はランガー桁であり、神田川のそれはソリッドリブタイドアーチの柳橋である。また、小名木川の第一橋梁の万年橋は同じタイドアーチ形式でもブレースドリブタイプであり、どちらかと言うとアーチ系の橋梁が多く選択されている。



[図-3.7.1：明治初めの豊海橋と永代橋¹⁾]



[写真-3.7.2：トラス橋時代の豊海橋²⁾]



[写真-3.7.3：竣工まもない頃の豊海橋³⁾]

豊海橋
橋長 154'-2" 幅員 26'-0"
フレンドエール橋
支間 148'-0"
一般圖

ここで、豊海橋にあえてフィーレンデル橋を選んだに理由として、この橋の設計者である福田武雄は文献 5) で次のように述べている。

「橋を設計するとき、その当時の基本的な考え方は“橋はモニュメントである”という認識です。したがって、永代橋の近くに同じアーチでは具合が悪い。あまりちゃちなトラスでも困る。そういう意味でがっちりした橋を選んだのです。」

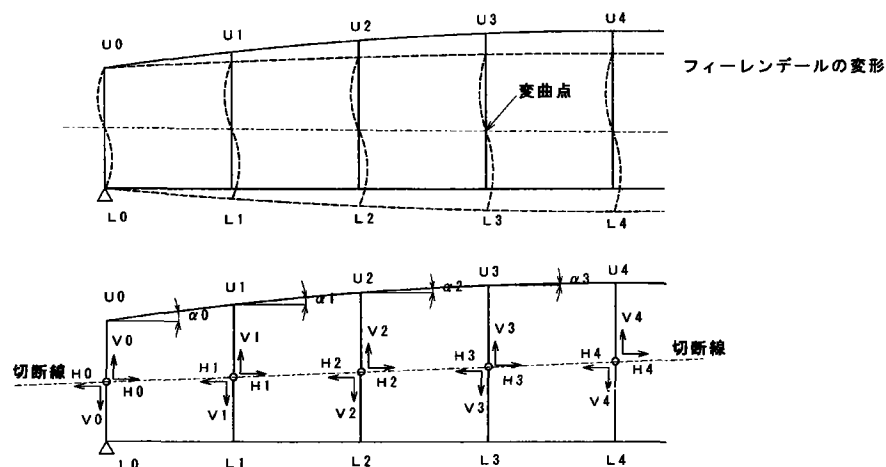
このように、豊海橋は永代橋に近接しているがゆえに、そのバランスに配慮してこの形式を採用したのが一番の理由のようである。また、ここにフィーレンデル形式を最初に提案したのは、同じ復興局の山口文象であると言われている。もともと建築出身の彼はこの形式が非常に気に入っていたようで、後に黒部川第二発電所の「目黒橋」(昭和 9 年竣工)を設計している。

7-3. 設 計

豊海橋の設計は、前述のように福田武雄によるものであり、彼が復興局土木部橋梁課勤務時代に最初に手掛けた橋梁と言われている。さて、現在のように変形法による骨組構造解析が容易にできない時代に、このような高次の不静定構造物をどのようにして解いたのであろうか。フィーレンデルの不静定次数は格間数の 3 倍に等しいため、豊海橋の場合は 24 次の不静定構造物となる。そのため、弾性理論により断面力を算出するには、さまざまな仮定条件を導入しない限り現実的には不可能であった。

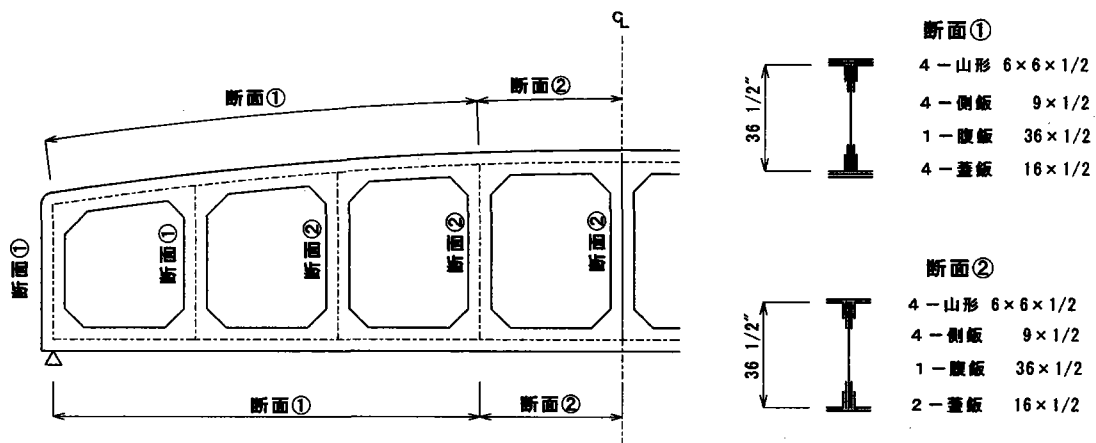
本橋では Hartmann の解法と呼ばれる近似法を用いて計算が行われている⁴⁾。これは、

- 1) 荷重はすべて格点荷重として作用させる。
- 2) 部材の断面定数は格点間で一定である。
- 3) 部材は格点において剛結とする。
- 4) 上弦材と下弦材の断面二次モーメントは同じとする ($I_u = I_l$)。[ただし、上弦材はわずかに曲弦となっているが、 $I_u = I_0 \sec \alpha$ として補正する]
- 5) セン断変形の影響はわずかであるので考慮しない。



[図-3.7.3: Hartmann の解法⁴⁾]

〔図-3.7.4〕に実際の断面構成を示す。格点間隔は 18ft 6in で上下弦材と垂直材のウェブ高さは、3ft 1/2in ですべて同じである。計算理論に忠実に上下弦材は同一の断面で、中央の2パネルのみ上下フランジのカバープレートが1枚少ない小さな断面となっている。また、垂直材も上下弦材と同じ断面アレンジのものが使われている。



警庁舎
 スレンダエル様
 主 館 14.5-0
 附 属 14.5-0

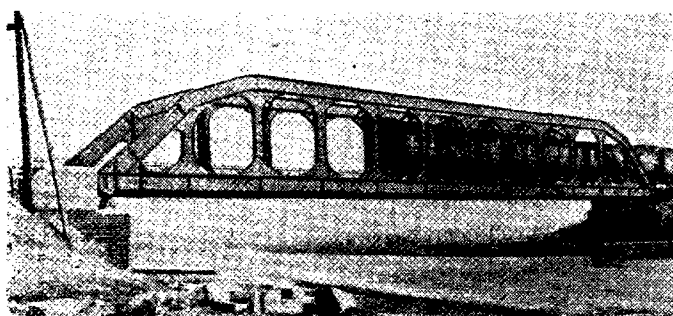
[図-3.7.5：主 構³⁾]

接の発達にともない、1932～1935 年の間に 21 橋の道路橋と 5 橋の鉄道橋が溶接によって架設されたというから驚きである。ちなみに、これらフィーレンデール桁の最大支間は、Malines 複線鉄道橋の支間 274ft [写真-3.7.5] と Lanay 道路橋の支間 208ft であり、どちらも溶接構造であった。また、これら溶接構造のフィーレンデール橋のなかには、1938 年に脆性破壊により大落橋事故を起こし有名となった Hasselt 橋も含まれている。

「フィーレンデール構桁を好んで架けるベルギー人はこの形式はかえって普通の構桁（トラス）より材料を節約し得ると主張している。しかし筆者の観るところを以てすれば、トラスが平行弦である限りフィーレンデール型は明らかに余分の材料を必要とするのであるが、せん断力の大なる支点付近で桁高を低くすれば、換言せば下路橋においては上弦を極端な曲弦にして昔の Bowstring 型とすれば、せん断抵抗に多くの材料を必要としないから十分経済的な橋桁となり、かえって普通の構桁より材料を節約し得るに至るのである。」

—75—

断剛性が増加するため使用する鋼材が減り、トラスよりも経済的になり得るというのである。我々日本人は、フィーレンデール桁と聞くとすぐに梯子を横に寝かせたような平行弦のものをイメージするが、確かにベルギーのフィーレンデール桁には、さまざまなタイプのものがある。



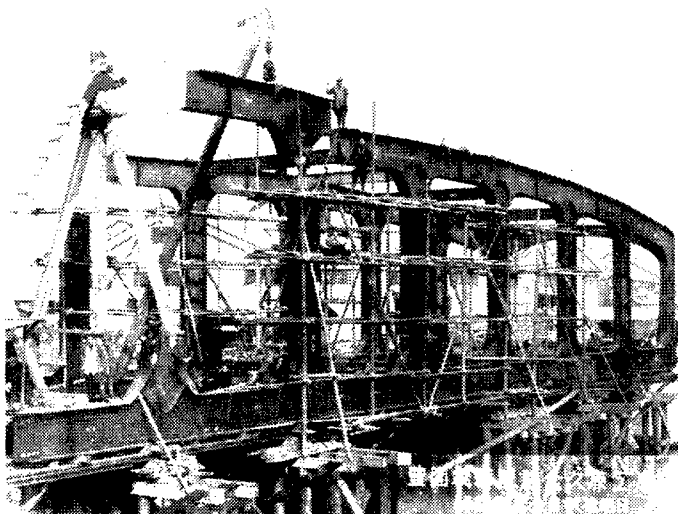
〔写真-3.7.6：端部を絞り込んだ平行弦の鉄道橋⁶⁾〕

彼らは数多くのフィーレンデール桁を架けたことにより、経済的なプロポーションを見つけ出していたのかもしれない。

また、フィーレンデール教授自身は、ピン結合であるとしながらも二次応力を軽減するために小さなガセットで腹材を剛結するトラス構造に矛盾を感じ、むしろ、最初から二次応力を評価し、格点の剛性をなるべく大きくする方が各パネルのせん断剛性が増し、しいては橋梁全体の剛性増加につながり合理的であると考えたようである。

7-4. 架 設

〔写真-3.7.7〕は、豊海橋の架設中の写真である。国内ではリベット橋のフィーレンデール形式そのものが希であり、ましてこのような架設中の写真は非常に珍しい。この写真より架設は、三脚デリックによるベント工法で行われたことがわかる。木杭のベントで下弦材の格点を支持しているが、中央の格点だけは支持せずに約 8m の航路幅を確保している。また、三脚デリックもすべて丸太造りの極めて簡単な構造である。写真右下



〔写真-3.7.7：架設中の豊海橋〕

には「豊海橋新設記念久原工事部、昭和貳年参月貳拾貳日」と記載されているが、本橋の工事の着工は大正 15 年（1926）5 月 15 日、竣工は昭和 2 年（1927）2 月 27 日である。したがって、日付から推測してこの写真は文字通り工事関係者に記念として配られたものであろうか。そして、“久原”とはこの現場を取り仕切っていた親方の名前と思われる。本橋の製作は横河橋梁製作所、架設は宮地鐵工所の手で行われている。

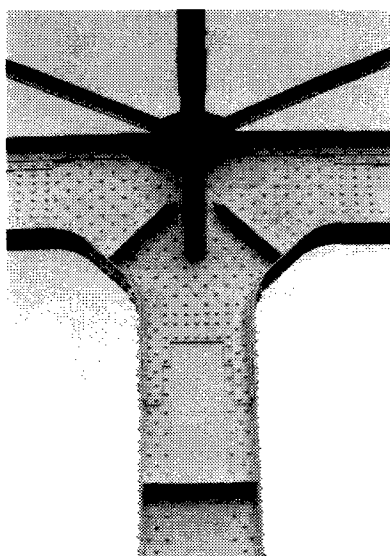
7-5. この橋の見どころ



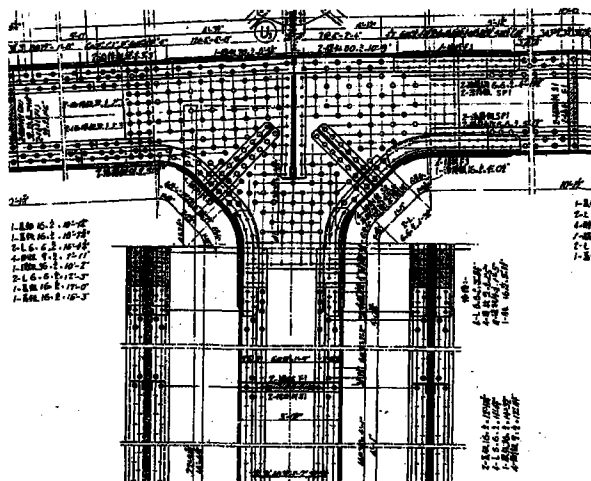
[写真-3.7.8：側面]

上下弦材の中心間隔は、端部で 17ft 6in, 中央で 23ft あり, 5ft 6in と意外と大きなライズが付けられている。最近, 垂直材に夜間照明のためのライトボックスが取り付けられたが, スッキリとしたフィーレンデールのシルエットが台無しとなった感がある。景観改善事業としてここまで本体構造に手を加えてしまうのは如何なものだろうか。

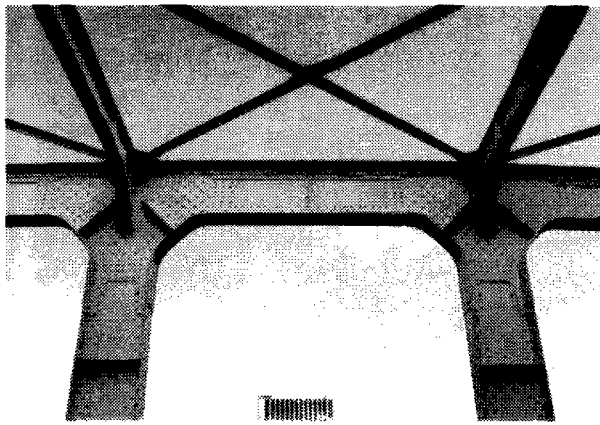
格点部は [写真-3.7.9] に示すように 45° のハンチを設けた部分を剛域と見なして設計されており, 現在のようないわゆる隅角部としての設計はなされていない。剛域部はウェブが $1/2$ in 板 3 枚に増厚されており, ちょうどその境目が継手位置となっている。また, 斜め方向に補剛材も取り付けられている。



[写真-3.7.9：格点構造]

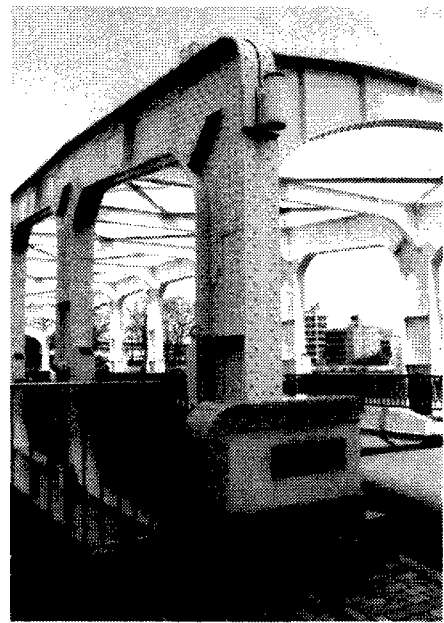


[図-3.7.6：格点構造詳細³⁾]



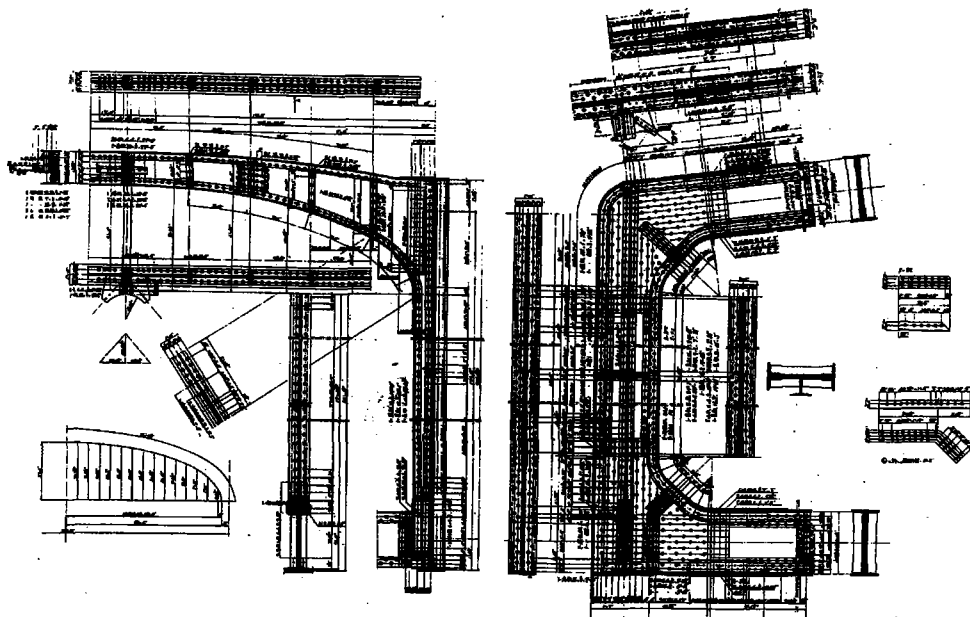
〔写真-3.7.10：上弦材と上横構〕

ところで、〔写真-3.7.10〕を見ると主構に比べ上横構の断面が随分小さく感じる。当初は上横構もフィーレンデル形式にしてすっきりした構造にすることを検討したが主構間隔が広いためかなり大きな部材断面となることがわかった。そこで、逆にダブルワーレ



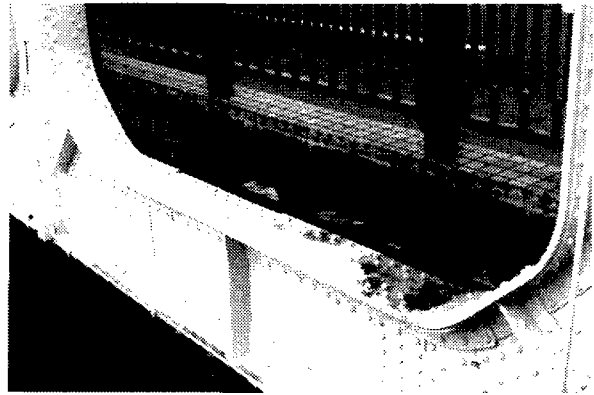
〔写真-3.7.11：橋門構〕

ンにして部材断面を小さくして目立たなくするとともに、主構との構造の対比を狙ったそうである⁴⁾。確かにこれは狙いと通りの効果を上げており上横構はその存在を感じさせない。ちなみに、目黒橋の上横構にはフィーレンデル形式が採用されている。また、橋門構にも、いろんなアイデアがあったようである。トラス形式ではマッシヴな主構に比べて華奢に見え、主構に合わせたフィーレンデル形式では部材構成が煩雑で不経済であるという理由から、結局、〔図-3.7.7〕のようなシンプルなプレートガーダー形式が採用された⁴⁾。下フランジのラインは、長径を 28ft 8in、短径 10ft 8in の楕円である。



〔図-3.7.7：橋門構と主構端部³⁾〕

本橋のオリジナルの床版は、7本の縦桁で支持された厚さ18cmの鉄筋コンクリート床版であったが、昭和59年（1984）に[写真-3.7.12]のように鋼床版に置き換えられた。それほど交通量が多い路線とも思えないのであるが。



[写真-3.7.12：床版]

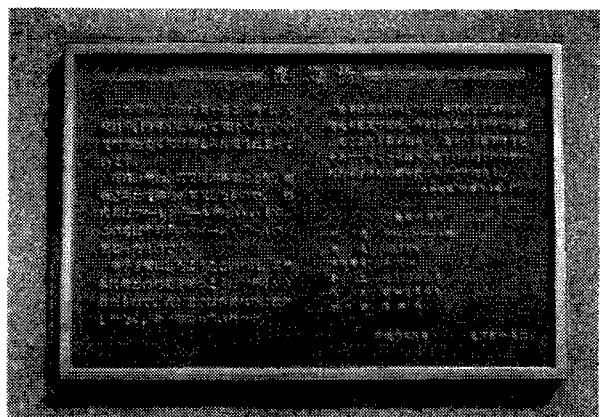
今から70年ほど前、[写真-3.7.13]の風景を見た永井荷風は、『断腸亭日乗』で下記のように詠んでいる。

「豊海橋鉄骨の間より斜に永代橋と佐賀町辺の燈火を見渡す景色、今宵は明月の光を得て白昼に見るよりも稍画趣あり。満々たる暮潮は月光を浴びてきらきら輝き、橋下の石垣または繋がれたる運送船の舷を打つ水の音亦趣あり。」



[写真-3.7.13：橋上から永代橋を望む]

確かにこのような光景が見られるところは他になくに非常におもしろいアングルである。なお、本橋は平成7年（1995）に中央区区民文化財に登録され橋詰めの公園にはそれを記念して[写真-3.7.14]のようなレリーフが置かれている。



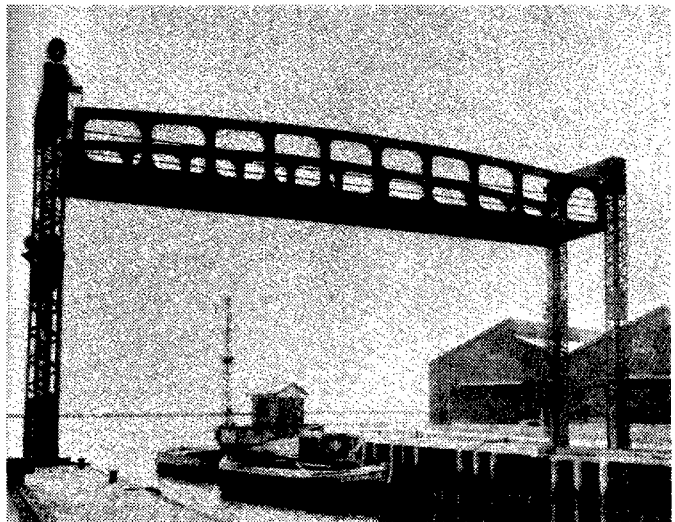
[写真-3.7.14：中央区民文化財のレリーフ]

7-6. 日本のフィーレンデール橋

豊海橋が昭和2年(1927)に架設されてから70年以上の月日が経つが、それまでの間にどれくらいのフィーレンデール橋が架設されたのであろうか。ここでは、国内のフィーレンデール橋の実績を〔表-3.7.1〕にまとめ、そのうちの何橋かについて簡単な概要を示す。

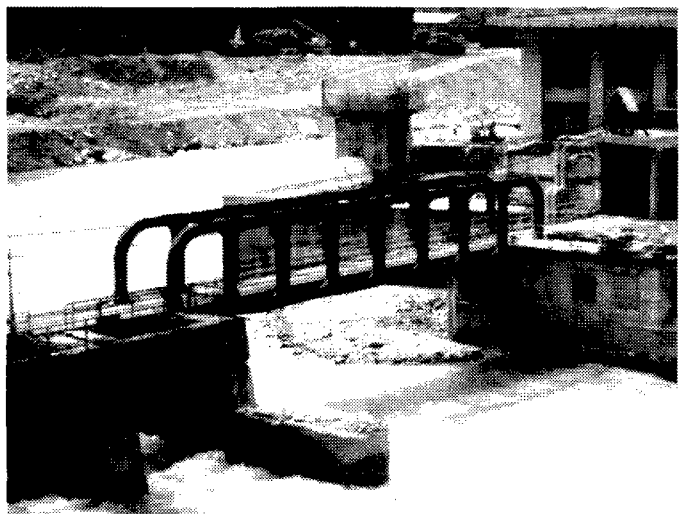
我が国では、現在までにフィーレンデール橋は20橋程度しか建設されておらず、このなかにはトラスのパネルの一部をフィーレンデール構造としたものなども含まれている。また、道路橋として使用する目的で計画、設計されたものはそのうち数橋であり、やはり経済性や施工性の理由からこの形式が採用されるのは極めて希のようである。しかし、近年その機能性やスッキリした構造が都市景観によくマッチすることから、人道橋への採用実績は増加しているようである。

〔写真-3.7.15〕は昭和8年(1933)に川崎市の日満埠頭に架設された日満埠頭昇開橋である。この橋はすでに撤去されており現存しない。可動部の支間は21.0m、幅員3.3mと小規模であるが、豊海橋に次いで我が国で2番目のフィーレンデールであった。また、軽量化のために全溶接構造が採用されており、当時としては画期的であった。



〔写真-3.7.15：日満埠頭昇開橋⁷⁾〕

〔写真-3.7.16〕は昭和9年(1934)に黒部川第二発電所建設のために架設された目黒橋であり、橋面にはトロック軌条が敷かれている。この橋の設計は復興局の山口文象であり、彼は豊海橋の構造形式にフィーレンデールを提案した人物でもあった。豊海橋の設計は福田武雄に譲ることになったが、彼はこの目黒橋で念願のフィーレンデール橋を設計する機会を得たことになる。



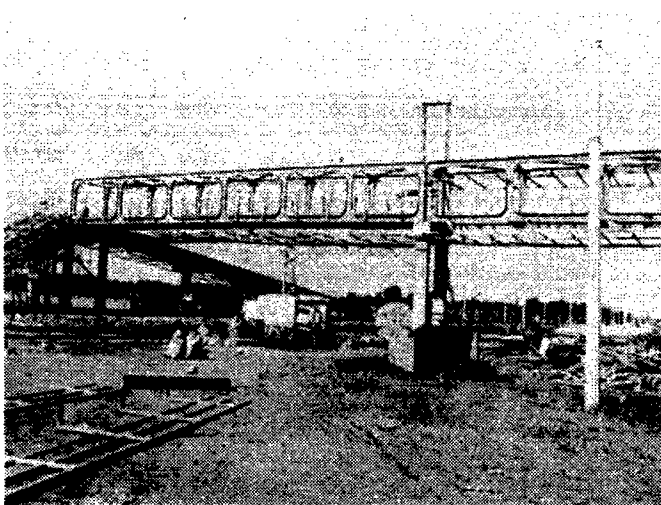
〔写真-3.7.16：目黒橋〕

[表-3.7.1：日本のフィーレンデル橋の実績]

平成14年3月現在

No.	橋 名	竣 功	所在地	橋 長 (m)	支 間 (m)	有効幅 員	橋 種	構造形式	設計荷重	総鋼重 (tf)	平米鋼重 (kgf/m ²)	製 作	備 考
1	豊海橋	昭和 2(1927)	東京都	46.3	45.1	8.0	道路橋	下路・曲弦	12tf, 14tf転	272	734	横河	
2	日満川崎埠頭昇開橋	昭和 8(1933)	神奈川県	22.4	21.6	3.3	人道橋	下路・曲弦 ポニー	500kgf/m ²	42	568	横河	全溶接橋, 現存せず
3	目黒橋	昭和 9(1934)	富山県	29.3	29.3	3.05 (単線)	鉄道橋	下路・平行弦	軽車両	不明	不明	日橋	
4	南浦和電車区横断人道跨線橋	昭和35(1960)	埼玉県	87.0	24.2+24.4+ 24.4+24.2	3.0	人道橋	下路・平行弦 4径間連続	350kgf/m ²	69	237	不明	現存せず
5	中央跨線橋	昭和38(1963)	茨城県	88.0	28.8+28.8+ 29.9	3.0	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	不明	不明	浦賀重工	
6	磯道跨線橋	昭和38(1963)	茨城県	48.0	19.8+28.4	3.0	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	不明	不明	不明	
7	真珠島歩道橋	昭和45(1970)	三重県	62.8	62.0	3.3	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	107	517	松尾	
8	新砂子橋	昭和45(1970)	兵庫県	34.0	33.0	8.0	道路橋	下路・三角型	TL-14	86	316	川重	SM58, 現場溶接, 斜角 59°
9	新作跨線人道橋	昭和46(1971)	千葉県	41.6	34.0	2.5	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	不明	不明	不明	
10	新神戸駅ホーム桁(生田川橋梁)	昭和47(1972)	兵庫県	69.3/53.5	68.3/52.5	7.8/7.0	人道橋	二層式・平行弦	500kgf/m ²	544/511	1029/1390	川重, 横河, 石橋	
11	浜松町駅跨線人道橋	昭和59(1984)	東京都	65.6	64.8	7.0	人道橋	下路・平行弦	500kgf/m ²	483	1052	東骨	耐候性鋼材, 田中賞
12	幕張メッセ駐車場連絡デッキ	平成 1(1989)	千葉県	129.8	61.0+55.4	7.0	人道橋	下路・平行弦 2径間連続	350kgf/m ²	835	919	横河	
13	サンデッキ相模大野跨線橋	平成 2(1990)	神奈川県	53.5	53.5	4.5	人道橋	下路・曲弦	350kgf/m ²	198	822	東骨	
14	保津峡橋	平成 2(1990)	京都府	54.0	37.2	7.0	道路橋	下路・平行弦	TL-20	164	629	横河	
15	緑道橋	平成 3(1991)	福岡県	30.5	30.0	3.0	人道橋	下路・曲弦 ポニー	350kgf/m ²	52	568	川重	
16	渋川駅東西連絡橋	平成 3(1991)	群馬県	68.7	23.9+37.6	2.5	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	110	640	日車	一部ブラットラス
17	岡沢橋	平成 3(1991)	神奈川県	50.0	不明	不明	道路橋	下路・台形型	TL-20	不明	不明	石原	
18	アカンサス・インターフェイス (金沢大学連絡橋)	平成 6(1994)	石川県	136.0	37.5+60.0+ 37.5	5.0/3.25	人道橋	二層式・平行弦 3径間連続	TL-14	491	722	横河	ダブルデッキ
19	汐入のベイウォーク	平成 7(1995)	神奈川	121.0	54.0/55.0	5.0	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	622	1028	住重, 巴	平面X型単弦
20	甲州街道横断橋	平成 9(1997)	東京都	58.1	54.3	3.7	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	157	732	川田	中央8パネルフラットラス
21	ささやき橋	平成 9(1997)	富山県	14.5	13.6	1.8	人道橋	下路・台形型	350kgf/m ²	25	985	川田	単弦
22	ふれあい橋	平成 9(1997)	栃木県	98.5	32.0+65.5	10.0	人道橋	上路・曲弦 2径間連続	TL-14	558	566	川田	全断面現場溶接
23	鷗橋	平成 11(1999)	福島県	92.5	36.8+54.3	8.0+ 2@2.8	道路橋	上路・曲弦 2径間連続	B活荷重	584	458	川田, 日塔	全断面現場溶接
24	道玄坂歩道橋	平成 13(2001)	東京都	49.5	47.5	3.2	人道橋	下路・平行弦	350kgf/m ²	140	884	川田	

〔写真-3.7.17〕は JR 南浦和電車区を横断する位置に昭和 35 年（1960）に架設された人道橋である。橋長 97.2m、幅員 3.0m の 4 径間連続構造で、我が国最初の連続フィーレンデール橋であった。現在は撤去されて存在しない。



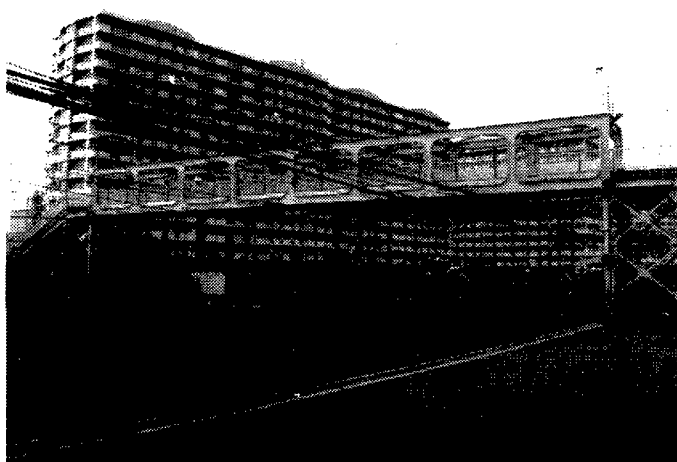
〔写真-3.7.17：南浦和電車区横断人道跨線橋⁸⁾〕

〔写真-3.7.18〕は JR 常磐線高萩駅構内に昭和 38 年（1963）架設された人道跨線橋である。支間約 29m の単純フィーレンデールが 3 連並んだ橋長 88m の大規模な跨線橋である。また、この駅の構内には隣接して磯道跨線橋という単純 2 径間のフィーレンデール跨線橋も架設されている。



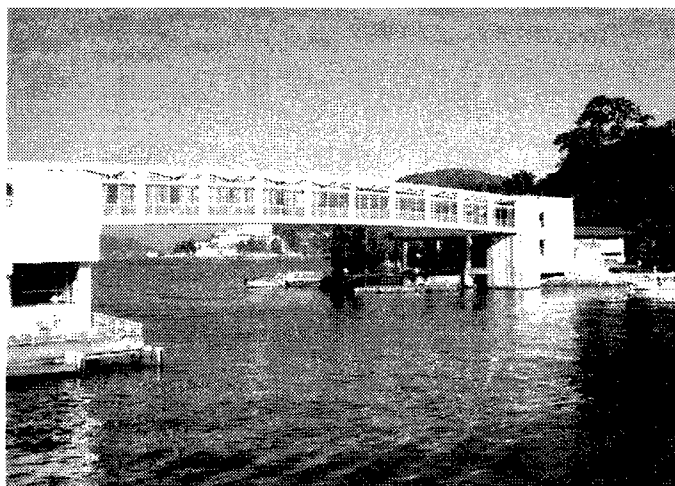
〔写真-3.7.18：中央跨線橋〕

〔写真-3.7.19〕は同じく JR 常磐線北松戸～馬橋間に架設された人道跨線橋である。この橋は、常磐線の増線にともない昭和 46 年（1971）に架け替えられたものである。支間 34.0m の単径間の構造であるが、パネルの縦横比などは〔写真-3.7.17,3.7.18〕の跨線橋に酷似している。



〔写真-3.7.19：新作跨線人道橋〕

〔写真・3.7.20〕は真珠の養殖で有名な三重県鳥羽市のミキモトパールアイランド内に架設された真珠島歩道橋である。支間は 62.0m, 幅員は 3.3m であり, 昭和 45 年 (1970) の完成である。



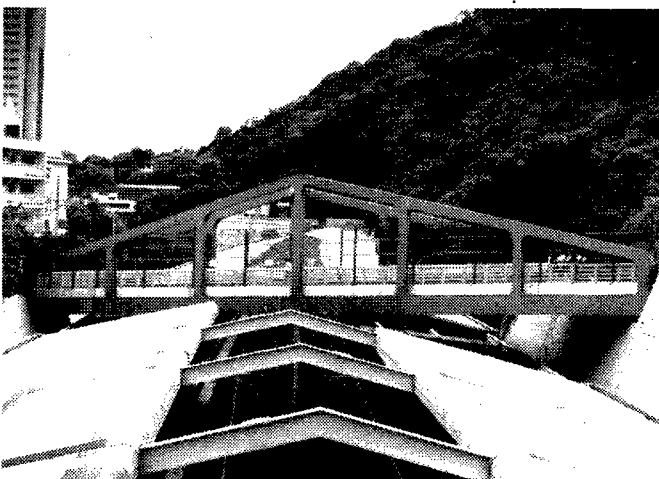
〔写真・3.7.20：真珠島歩道橋⁹⁾〕

〔写真・3.7.21〕は山陽新幹線新神戸駅が生田川を跨ぐ部分に架けられたホーム桁であり, 上層がプラットホームを, 下層がコンコースを支えるダブルデッキ構造となっている。主構が 4 面あるためトラス構造とすると, 斜材がコンコースの人の流れを遮るためこの形式が採用された。ただし, 山側の一面はその必要がないためトラス構造となっている。ちなみに, そのトラス主構の重量は, フィーレンデル主構の約 $1/2$ だそうである¹⁰⁾。



〔写真・3.7.21：新神戸駅ホーム桁¹⁰⁾〕

〔写真・3.7.22〕は同じく新神戸駅構内に架設された跨線道路橋であり昭和 45 年 (1970) の完成である。上弦材が三角形状となっておりプラットホームの上屋ともよく調和している。上支材が中央格点に一本あるだけのシンプルな構造となっており, 主構の現場継手はすべて溶接である。また, 鋼材の一部には SM58 材が使用されている。



〔写真・3.7.22：新砂子橋〕

[写真-3.7.23]は昭和 59 年(1984)に JR 浜松町駅構内に架設された跨線人道橋である。支間 64.8m は単純フィーレンデール橋としては国内最大規模であり，平米鋼重は 1052 kgf/m²にも及ぶ。浜松町駅海側再開発のために計画されたもので，周囲の高層ビルとの景観に配慮してこの構造が採用された。11 本の線路を跨いでおり，送り出し工法により架設された。また，耐候性鋼材が使用されており土木学会田中賞を受賞している。



[写真-3.7.23：浜松町駅跨線人道橋]

[写真-3.7.24]は千葉市幕張メッセの日本コンベンションセンターと駐車場を連絡するために設けられた歩道橋で，平成元年（1989）の完成である。主構はすべて化粧版で覆われているが橋長 129.8m の 2 径間連続フィーレンデール桁であり，それぞれのスパンが浜田川と県道を跨いでいる。



[写真-3.7.24：幕張メッセ駐車場連絡デッキ]

[写真-3.7.25] の保津峡橋は平成 2 年（1990）に JR 山陰本線保津峡駅前に架設された道路橋であり本格的な道路橋フィーレンデールとしては豊海橋以来となる。平行弦であるがエンドポストは曲線で赤い色とそのプロポーションが目黒橋 [写真-3.7.16] を彷彿とさせる。工事用道路の関係から長尺な部材が運搬できないことと，景観性からこの形式が採用された。



[写真-3.7.25：保津峡橋]

[写真-3.7.26]は平成3年(1991)に渋谷駅上に架設された跨線連絡橋である。2径間連続のトラス構造であるが、それぞれの支間中央部はフィーレンデール構造となっている。斜材が省略されたパネル部は、路面が主構より外側に張り出しており開放感を与えている。また、部材はすべてメッキ処理されている。



[写真-3.7.26：渋谷駅東西連絡橋]

[写真-3.7.27]は平成3年(1991)に横浜の三ツ沢ジャンクション上に架設されたオーバブリッジである。第三京浜の拡幅工事にともない単純鋼桁から珍しい台形型の鋼床版フィーレンデールに架け替えられた。隣接するヤードで地組みした桁をトランスポーターで運び、650tfクレーンにより一括架設された¹²⁾。



[写真-3.7.27：岡沢橋]

[写真-3.7.28]は平成6年(1994)に金沢大学構内に設けられたダブルデッキの人道橋であり、上層は緊急車両が走行できるように活荷重にTL-14が考慮されている。橋長136.0mの3径間連続形式でフィーレンデール橋としては国内最長である。最大支間は60.0mあり中間支点の大きなせん断力に抵抗するため、前後のパネルには斜材が設けられている。



[写真-3.7.28：アカンサス・インターフェイス]

〔写真-3.7.29〕は平成7年(1995)に京浜急行汐入駅前の再開発事業のために架設された歩道橋である。交差点上を跨ぎ周辺地域への人の動線に配慮してX型の平面形状となっている。幅6.7m, 支間が55.0mと54.0mの鋼床版箱桁が中央で交差しており, それを単弦のフィーレンデルで補強した珍しい構造となっている。上弦材, 垂直材の断面は700×700mmある。



〔写真-3.7.29：汐入のベイウオーク II〕

〔写真-3.7.30〕は平成9年(1997)にJR新宿駅南口再開発のために甲州街道を跨ぐ位置に架設された歩道橋である。支間中央の8パネルはプラットラスであるが, 両端の2パネルがフィーレンデル構造となっており, そこから階段で出入りできるようになっている。手延べ桁を付けずに甲州街道上を送り出し架設された。



〔写真-3.7.30：甲州街道横断橋〕

〔写真-3.7.31〕は, 平成10年(1998)に鬼怒川温泉の中心部に架設された人道橋であり, 国内では珍しい上路形式の2径間連続構造である。短い径間は橋台に負反力を作用させないために片持ち梁となっている。渓谷にマッチしたそのプロポーションは温泉街の新しいシンボルとなっている。架設はトラベラークレーンによる張り出し工法で行われ, 主構の現場継手はすべて溶接である。



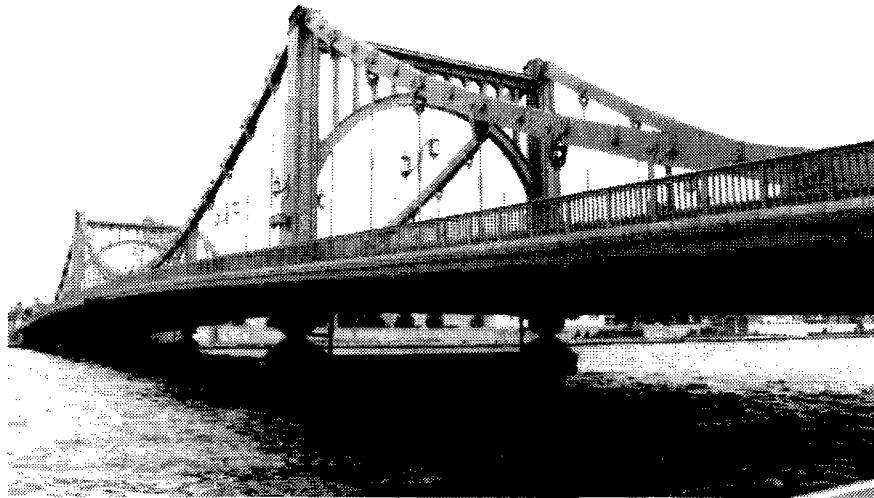
〔写真-3.7.31：鬼怒川温泉ふれあい橋〕

〔執筆担当：掘井 滋則〕

《参考文献》

- 1)『江戸から東京へ 明治の東京』,人文社,pp.65,2001.4
- 2)東京都中央区教育委員会：『中央区の橋・橋詰広場』,pp.186-187,1998.3
- 3)復興局土木部橋梁課：『橋梁設計図集 第一輯』,シビル社,pp.48,1928.4
- 4)復興局土木部橋梁課：『橋梁設計計算書集 第一輯』,シビル社,pp.41-123,1931.5
- 5)構造計画コンサルタント(株)：『福田武雄博士論文選集』,pp.249-250,1993.9
- 6)成瀬勝武：「フィーレンデール構桁橋について」,土木工学, Vol.4,No.10,pp.82-84,1935.10
- 7)(株)横河橋梁製作所：『横河橋梁五十年史』,pp.55,1960
- 8)「鉄道土木」,Vol.2,No.11,1960.11
- 9)松尾橋梁(株)パンフレット
- 10)阿部英彦：「めずらしい橋」,土木技術, Vol.46,No.5,pp.69-70,1991.5
- 11)橋梁と基礎,Vol.29,No.12,1995.12
- 12)橋梁と基礎,pp.163,Vol.26,No.8,1992.8

8. 清洲橋（きよすはし）



[写真-3.8.1：全 景]

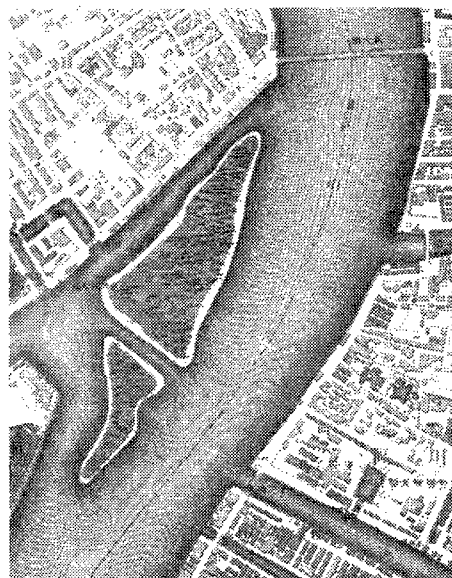
8-1. データ

竣工年月	：昭和3年（1928）3月15日
所在地	：東京都中央区中州～清澄一丁目
路線名	：清洲橋通り（主要地方道474号線）
跨越対象	：隅田川
橋長・幅員	：186.6×22.0m
構造形式	：3径間自碇式補剛吊橋
径間数・支間長	：45.72+91.44+45.72m
設計荷重	：一等橋（大正8年12月道路構造令および街路構造令）・軌道有り
鋼 重	：4527tf
設計者／設計年	：鈴木清一，田中 豊（原案）／不明
製作者／製作年	：川崎造船所／昭和2年（1927）
架設者／架設年	：川崎造船所／昭和3年（1928）
架設工法	：桁上およびフローティングクレーンによるステージング架設
下部工形式	：[橋台] 重力式コンクリート ：[橋脚] 重力式コンクリート
基礎工形式	：[橋台] ニューマチックケーソン ：[橋脚] ニューマチックケーソン
起業者／管理者	：復興局／東京都
備 考	：ドイツのケルン吊橋をモデルにしたと言われる，チェーンはデュコール鋼

8-2. 概 要

【沿 革】

清洲橋は、昭和 3 年に当時の復興計画道路幹線第 28 号線（現・清洲橋通り＝主要地方道 474 号線）が隅田川を横断する橋として、復興局が架けた新設の橋梁である。橋名は一般公募により、左岸側の清住町の「清」と右岸側の中洲町の「洲」の二文字を取って「清洲橋」と名づけられた。ところで、この中洲町とはその名のとおり隅田川に生成した中洲を明和 8 年（1771）に市街地として整備したのがその起源である。当時、この中洲町一帯は江戸一番の繁華街であり多数の水茶屋や料理店等が軒を並べ、夏には夕涼みをする人々が大勢集まったという。しかし、この中洲は洪水時に流れの妨げになるという理由から寛政元年（1789）の河川改修工事により撤去され、中洲町はわずか 18 年でその繁華に幕を閉じることとなる。ところが明治時代になり、一度改修された中洲の地に再び“洲”が形成されはじめ、明治 19 年（1886）に再度、新地として中洲町は復活を遂げるが、昔ほどの賑わいは取り戻せなかったようである。そして、この中洲の復活により新たに誕生した川筋が現在の箱崎川である。



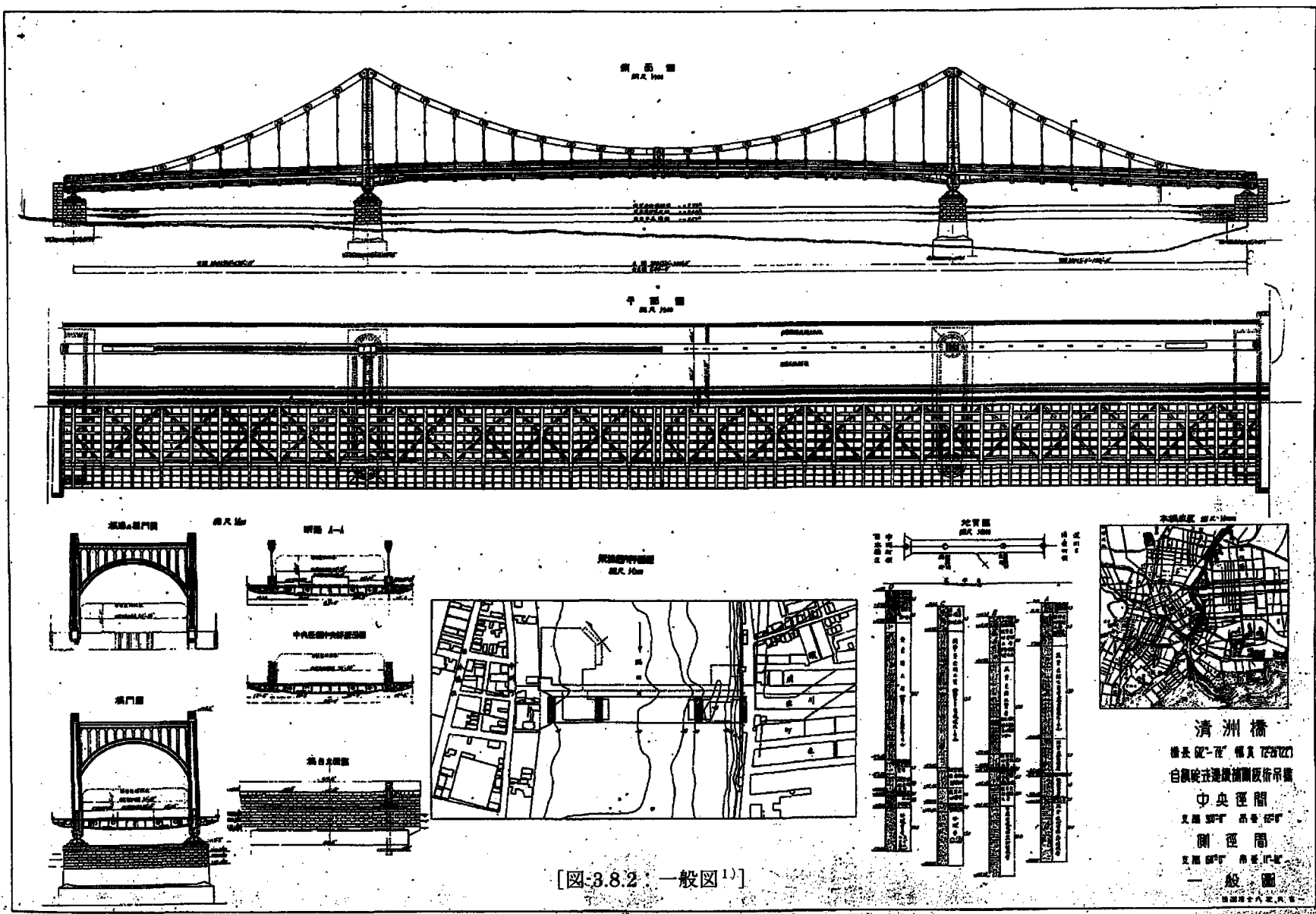
〔図-3.8.1：明治初めの中洲⁹⁾〕

【橋梁形式の選定】



〔写真-3.8.2：竣工当時の清洲橋¹⁾〕

橋梁形式の選定にあたり、架橋地点の両岸が低く上路形式では桁下空間を十分に確保できないため下路形式とする必要があった。また、桁下を航行する船舶のためには河川内に橋脚を設けない構造が望ましいが、当時の技術では 180m をワンスパンで跨ぐことは不可能であった。当然、2 径間とするか 3 径間かという議論となるが、河川中央に大きな航路幅を確保でき景観的にも均衡がとれた 3 径間とすることとなった。ところで、一つ下流側の永代橋の構造形式は隅田川の第一橋梁として突桁繫拱橋（バランスドタイドアーチ＝3 径間）とすることがすでに決定されていたため、清洲橋はそれとは構造的に趣を異とする必要があった。



清洲橋
橋長 217.7 米 橋寬 12.5 米
白鋼絞式連續鋼筋混凝土橋
中央徑間
支距 30.0 米 橋寬 12.5 米
側徑間
支距 30.0 米 橋寬 12.5 米
一般圖

そこで、男性的な永代橋のスケルトンとは対照的で優美な印象を与える吊橋形式を採用することとした。さて、この付近は永代橋と並んで隅田川の中で最も地盤の悪い地域であり、地質調査の結果マイナス 30 メートル以上の深さでなければ信頼できる支持層に到達できないことがわかった。このような軟弱な地盤に巨大なアンカレイジを必要とする他碇式吊橋を採用することは当然構造的に好ましくない。このような理由から、清洲橋の構造形式はケーブルの水平反力を補剛鈹桁に取らせる自碇式吊橋に決定され、基礎構造には、工事を早く確実にできるニューマチックケーソン工法が採用された。

8-3. 設 計

清洲橋は、原案が当時の復興局橋梁課長であった田中豊によるものであり、その実施設計は鈴木清一によるものである。『清洲橋設計計算書』²⁾にはこの橋の設計方針として次のように述べられている。

「ここに於て本橋は補剛鈹桁で吊鎖の水平反力を取り得る設計として言はば一種の突鈹橋であり普通の補剛鈹桁吊橋に比して遙に大なる剛性を有して居る。且つ補剛鈹桁も三径間に切らず活荷重のみに対しては連続鈹桁として剛性を加え只死荷重のみに対しては中央径間に三個の鉸を入れて静定構造として応力の正確を期し又橋脚橋台等の不等沈下に対する危険を避くべく構造としたのである。」

すなわち、死荷重については 3 ヒンジ補剛鈹桁、活荷重に対しては連続補剛鈹桁を有する吊橋として応力計算を行い、それらを重ね合わせて完成系の断面力としているのである。ただし、ヒンジ部は完成時にリベットにより剛結されることから、不等沈下による二次応力低減に対して本当に効果があるのか疑問

である。また、清洲橋は 1915 年にドイツに完成したケルンの吊橋

〔写真-3.8.3、支間 184.5m〕を参考に設計されたことは有名な話であるが、この設計計算書には「ケルン橋に範を取り我国橋梁技術と彼国（ドイツ）の橋梁技術をよく比較研究の結果、長を取り短を捨て



〔写真-3.8.3：ケルン吊橋³⁾〕

更に幾多の独特の設計を加え以って完全を期したものである」と書かれており、ただ単にケルン吊橋を真似たものではないことを強調している。しかし、その主塔部のデザインなどを見ると、清洲橋はケルン吊橋に酷似しており素人目にはこの橋のコピーと思われるのであろうか。〔図-3.8.3〕に本橋の基本構造系を示す。支間割とケーブルのサグ量は死荷重により塔頂に作用する水平力（H）がバランスするように決定されている。すなわち補剛鈹桁の死荷重を W_d とすると、

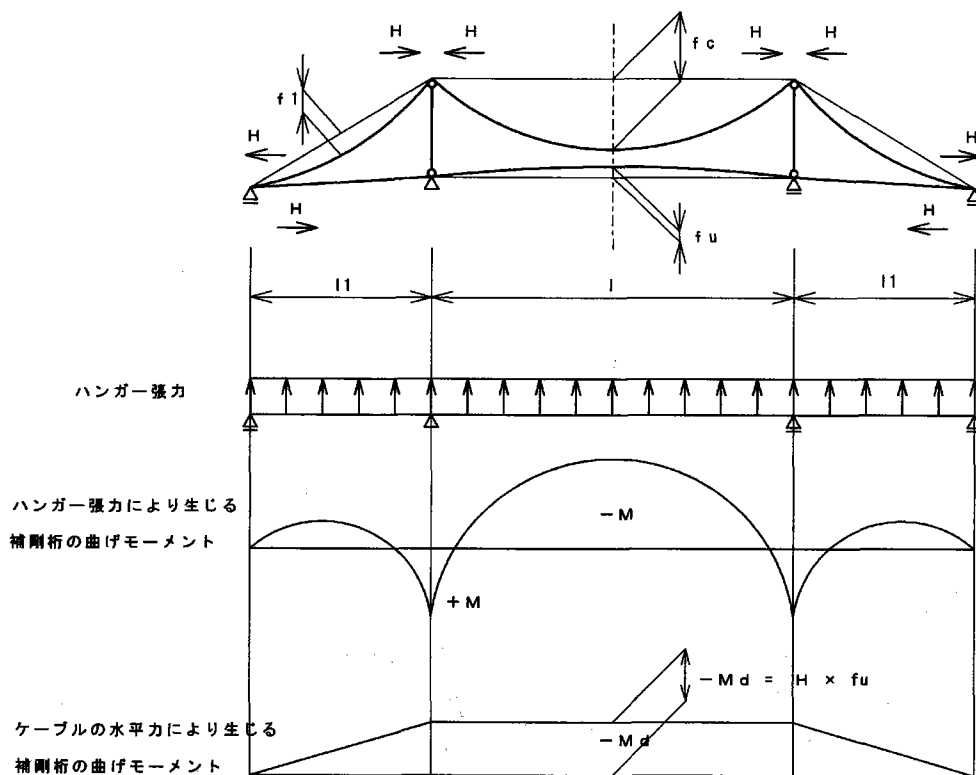
$$\frac{Wd \, l_1^2}{8 f_1} = \frac{Wd \, l^2}{8 f_c}$$

$$\frac{f_1}{f_c} = \frac{l^2}{l_1^2}$$

となる。ここで支間割りはフィート・インチ寸法で切りのよい2：1（中央径間：側径間＝300ft：100ft）であるので、中央径間のサグ（ f_c ）と側径間のサグ（ f_1 ）の比は

$$\frac{f_1}{f_c} = \frac{1}{4}$$

となる。1主構当たりの死荷重は約18tf/mであるので、ケーブルに作用する死荷重張力はおおよそ1400tfとなる。



[図-3.8.3：自碇式吊橋の構造系²⁾]

一般的に吊橋のサグ量（ f_c ）は経済性から支間長の1/10程度としているものが多いが、本橋の場合は約1/7であり、やや深めのサグを有していることになる。これは主塔部門構の意匠と道路建築限界の関係およびケーブルに作用する張力の制約からであろうか。

通常、吊橋の補剛桁は死荷重状態では無応力という考えで設計されるため、補剛桁の死荷重曲げモーメントは[図-3.8.3]に示すようにハンガー張力によって生じる曲げモーメントで打ち消されると見ることができる。ところが、自碇式吊橋の場合は、補剛桁形状にそり（ f_u ）を設けることによって、ケーブル水平力が補剛桁に負の曲げモーメント（ M_d ）を与えるため、同じケーブル張力の他碇式吊橋に比べると大きな荷重に抵抗できるというメリットがあ

る。これは、アンカレイジが不要であるという自碇式吊橋のもう一つの特徴かも知れない。

ケーブルには当時、すでに永代橋の繫(タイ)材として実績のあったデュコール鋼板を格点位置でピン連結したチェーン構造となっている。デュコール鋼の降伏点は $3400\text{Kgf}/\text{cm}^2$ 程度であり、清洲橋の場合は許容引張応力度を $1700\text{Kgf}/\text{cm}^2$ として設計されている(安全率=2)。ちなみに、ケルン吊橋にはこのような高張力鋼は使われておらず、チェーンが全鋼重に占める割合はケルン吊橋が約 3 割強であるのに対して清洲橋は約 2 割と軽量化が図られている。このあたりが清洲橋がケルン吊橋の真似ではないという所以なのかもしれない。

8-4. 架 設

清洲橋の架設は[図-3.8.4]に示すようにすべてステージング工法により行われた。側径間側は下部工事に使用した栈橋を補強拡張して利用し、中央径間側は適当な航路を確保しながら3連の鋼板桁を架設し栈橋とした。さらに、橋脚上には主塔を組み立てるために高さ約 25m の櫓が設けられた。まず、最初に補剛桁と主塔の組み立てを行うが、最大ブロック重量は主塔付近の主桁で 28tf にもおよび、それ以外のブロックでも平均 15tf 程度の重量があった。したがって、これらの部材の荷揚げや架設作業は、すべて 50tf 吊りおよび 25tf 吊りのフローティングクレーンによって行った。一般的な吊橋であれば補剛桁より先にケーブルを架設するが自碇式の場合は補剛桁にケーブルの反力を取らせるのでその順序は逆となる。また、補剛桁も完成時の高さより上げ越した位置で組み立てる必要がある。つぎに、桁上に設けた架台によりチェーン



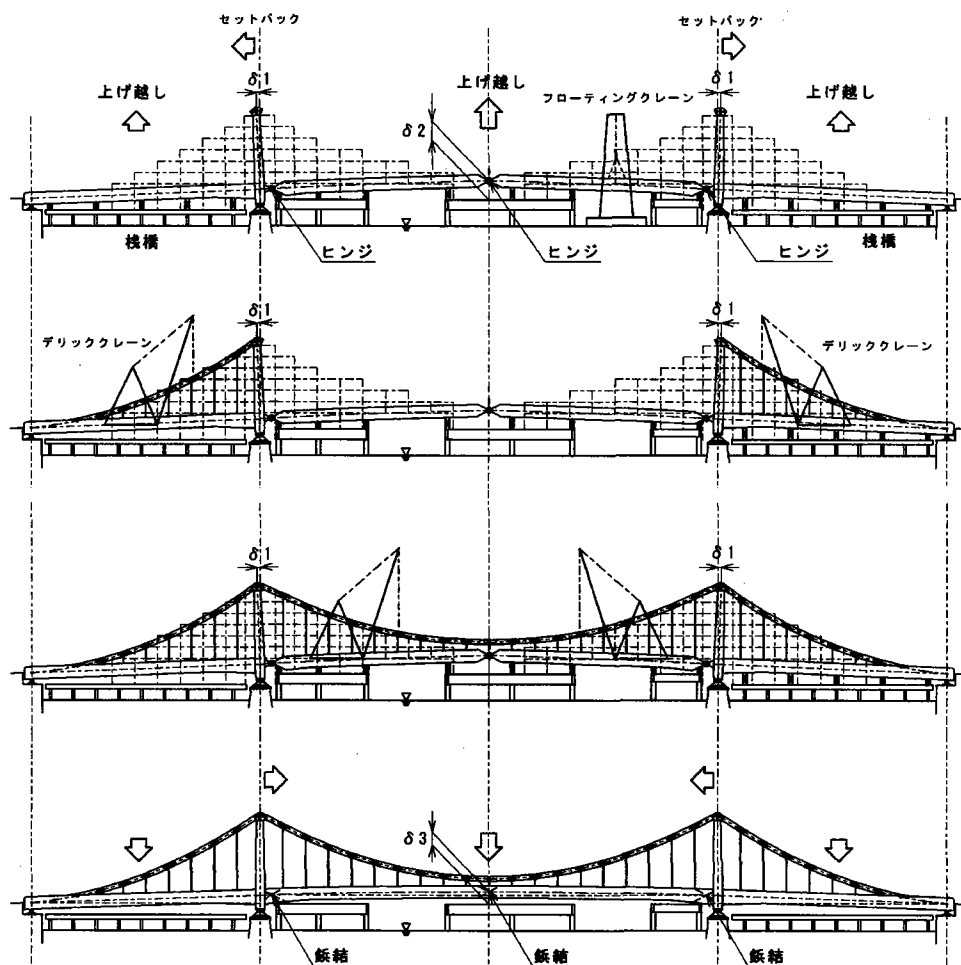
[写真-3.8.4：架設中の清洲橋⁴⁾]



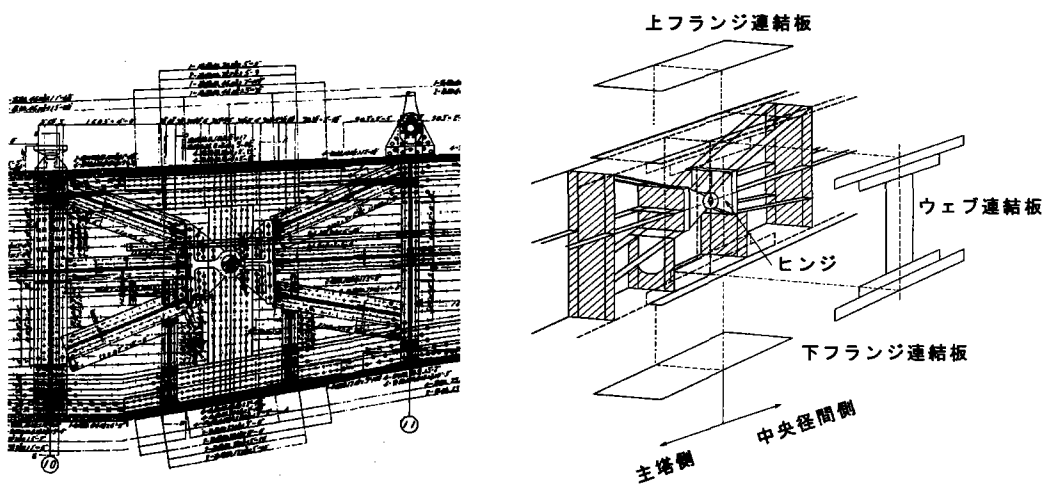
[写真-3.8.5：架設中の清洲橋⁵⁾]

構造のケーブルおよび吊材の組み立てを両橋台側から中央に向かって行う。そして、各ケーブルや吊材のピン挿入が完了した段階で、栈橋上の各支持点を開放し補剛桁の全鋼重をケーブルに預けるのである。このとき、あらかじめ上げ越しておいた補剛桁は沈下し完成形状となり、3箇所ヒンジ部はこの段階で鉚結される。すなわち、これ以降の荷重に対して補剛桁は3径間の連続桁として抵抗することになる。このヒンジ部は[図-3.8.5]に示すように

補剛桁内に鋳物のピン支承を組み込んだ構造となっており、補剛桁に作用する大きな圧縮力を確実に伝達できるようディテールに工夫がされている。また、このような狭隘なスペースでリベットを打ったというのであるから驚きである。

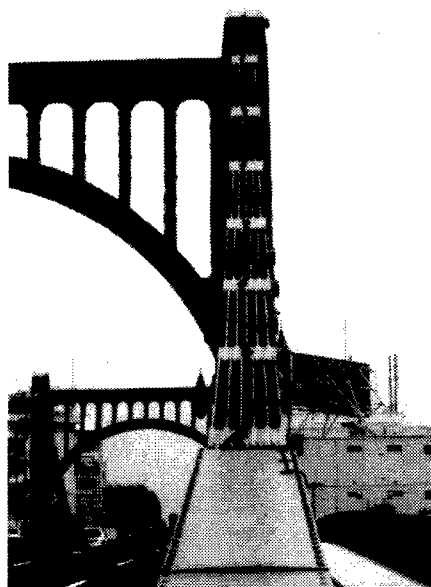


〔図-3.8.4：架設要領図〕

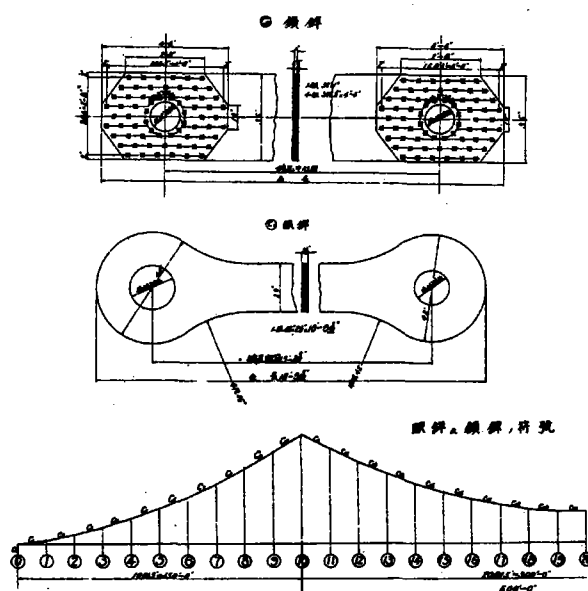


〔図-3.8.5：架設ヒンジの詳細図¹⁾とイメージ図〕

8-5. この橋の見どころ

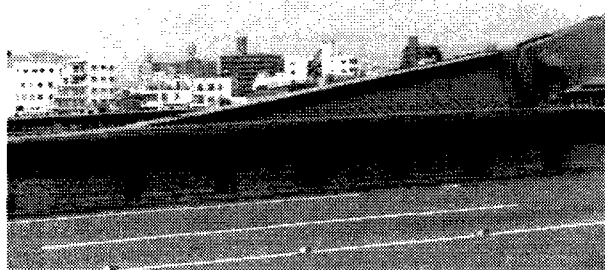


[写真-3.8.6：ケーブル]

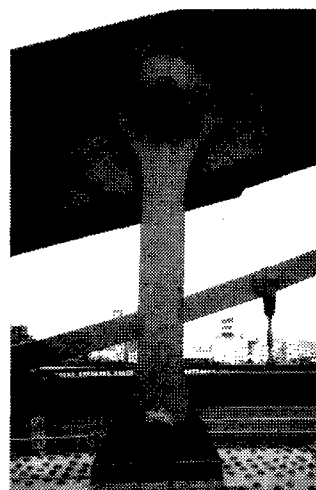


[図-3.8.6：チェーンの構造¹⁾]

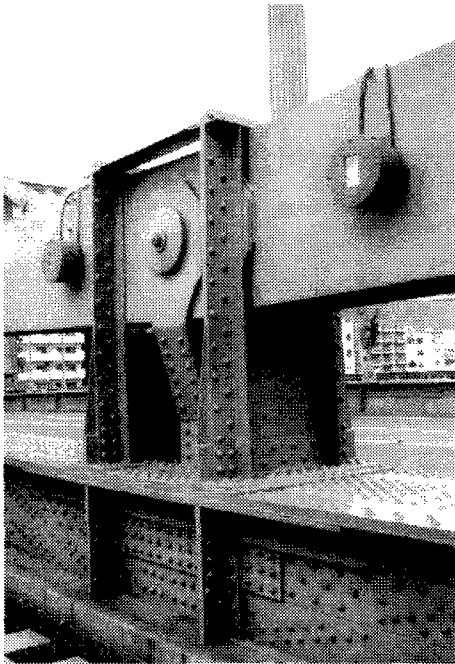
[写真-3.8.6] は、ケーブルを橋軸方向に見たものであり、厚さ 1 in、幅 36~38in の鋼板が 6 枚、5 枚と交互にチェーン状に繋がっているのがわかる。チェーンの構造は [図-8.6] のようになっており、四隅を切り落とした長い鋼板の両端に 8 角形状の補強板が皿リベットで裏表に固定されている。ただし、端部の格点 0（端支点）~ 2 の 2 パネルのみは、補剛桁内部に収めるため眼鋸（アイバー）形状となっている。これらのチェーンの材質はすべてデュコール鋼でありその重量は 722tf にもおよぶ。[写真-3.8.7] は側径間端部のチェーンと補剛桁の取り合いである。左端の路面上に見える半円状のプレートは格点 1 のピンカバーであり、チェーンはこれより左の格点 0 で補剛桁にアンカーされている。[写真-3.8.8] は格点 4 の吊材であるがアイバーで吊られているのはここまでで、これより主塔側はロッド形式の吊材となる。



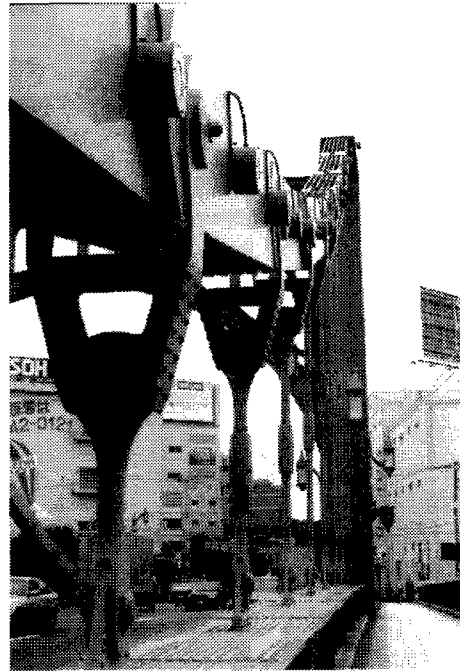
[写真-3.8.7：チェーンの端部]



[写真-3.8.8：格点 4 の吊材]

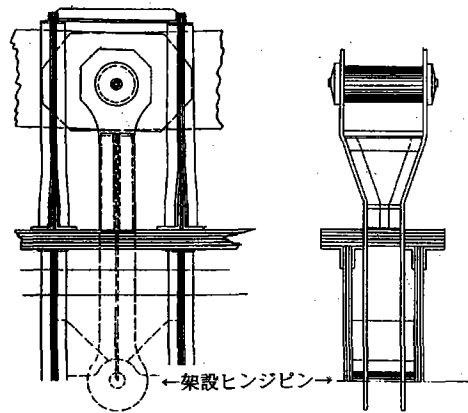


〔写真-3.8.9：格点 20 の吊材〕



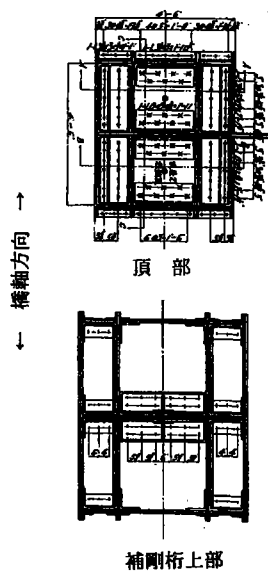
〔写真-3.8.10：中央径間の吊材〕

〔写真-3.8.9〕は中央径間中央の格点 20 の吊材であるが、前後に門型のフレームが設けられている。この吊材は〔図-3.8.7〕のように補剛桁側で架設ヒンジのピンと直接取り合う構造となっており、部材幅も絞り込まれている。そのため、風や地震荷重により橋軸直角方向に荷重を受けた場合、この部材は面外方向に大きな曲げを受けることになる。そこで、ケーブルと補剛桁の相対変位を拘束するためにこのフレームが設けられたと考えられる。格点 19 と 20 以外の中央径間の吊材は〔写真-3.8.10〕に示すようにすべてロッド形式となっており外径は 114mm ある。また、橋軸直角方向の変位も吸収できるように橋軸廻りにもピンが設けられている。



〔図-3.8.7：格点 20 の構造¹⁾〕

主塔〔写真-3.8.11〕の高さは橋脚の天端より約 20.3m あり、断面は〔図-8.8〕のように 6 セル構造で、大きさは最大 1.9×1.6m から頂部で 1.4×1.4m に絞られている。側面にわずかに突出して見える内セルのアンゲル材が主塔をスレンダーに見せている。塔頂にサドルはなく、チェーンを直接ピンで定着する構造である。左右の塔柱間にはアーチ状の門構が設けられており、その垂直材の上端のガセットにも綺麗にアール加工されている。この門構のデザインは、ケルン吊橋と良く似ているが、清洲橋のほうが垂直材のピッチが細かく繊細な印象を与えている。

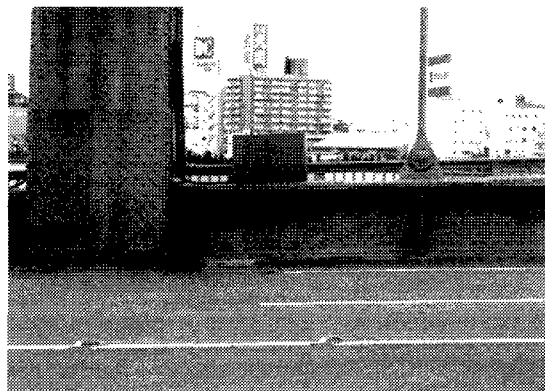


〔図-3.8.8：主塔の断面¹⁾〕



〔写真-3.8.11：主 塔〕

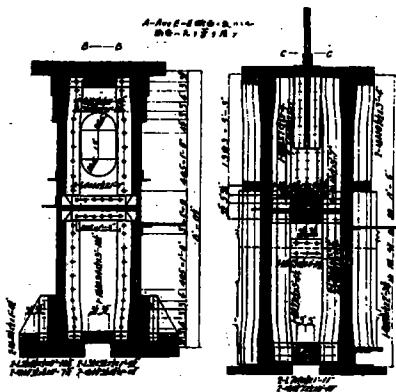
〔写真-3.8.12〕は中央径間の端部に設けられた架設ヒンジ部である。斜め方向に打たれたリベット列がヒンジのバックアップ材の位置で、ちょうど路面のあたりがピンの中心となる。このジョイント部はまず工場で $3/4$ inのリベット孔を開けておき、現場でさら1inに拡孔して連結したようである。このような狭隘な箇所ですぐのリベットを打つのはかなり大変な作業である。補剛桁は主塔部を貫通しており、補剛桁の橋軸方向変位はこの右岸側の主塔で固定されている。主塔の基部は〔写真-3.8.13〕のように半球状のピボット支承となっており、活荷重や温度の変位に対して主塔自身がロッキングする構造となっている。ところで、この写真の側縦桁のラインを見ると主塔部付近で不自然なカーブを描いていることに気付く。ここはちょうど架設ヒンジの位置であり、恐らくキャンバーがうまく合わなかったためにこのような屈曲した形状になったのではないだろうか。



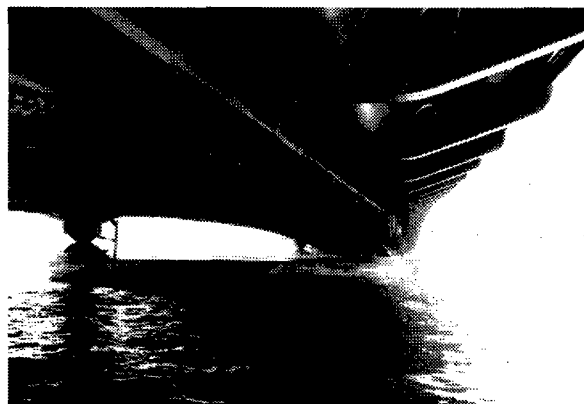
〔写真-3.8.12：架設ヒンジ部〕



〔写真-3.8.13：主塔基部〕

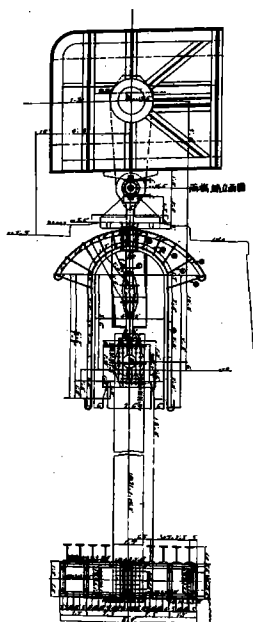


[図-3.8.9：補剛桁の断面¹⁾]

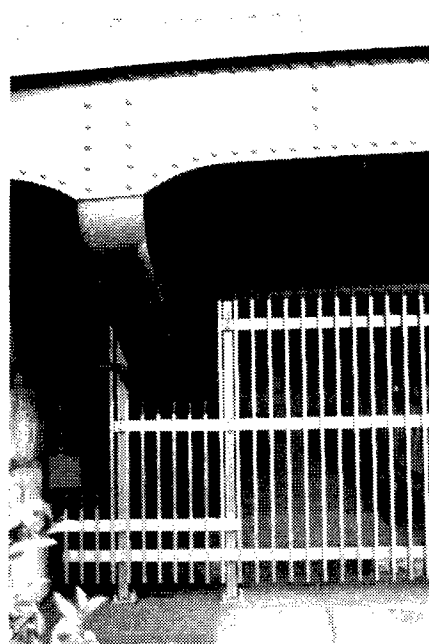


[写真-3.8.14：補剛桁下面]

補剛桁は[図-3.8.9]に示すような偏平な π 断面となっており、カバープレートの幅は46in ウェブ高さ（山形鋼背面間隔）は8ft から、中間支点上で10ft まで変化している。ウェブ中心間隔は約70cm 程度であり、[写真-3.8.14]に見える下フランジの隙間はわずか20cm 足らずである。ウェブ側面にはマンホールのようなものも見あたらず一体どうやって現場リベットを締めたのか首を傾げる。[図-3.8.10]は端部の支承であり、約300tf という大きな負反力に抵抗するため、いわゆるペンデル構造となっている。沓座から約8mの深さまでアンカーされており、中間のロッド部でターンバックルにより長さ調整ができる構造となっている。また、支承と補剛桁を連結するピンプレートにもデュコール鋼が使用されている。[写真-3.8.15]は右岸側の支承であるが、夏場でもないのに支承のロッキングピンが左側にかなり倒れており、橋台に変位が生じているのであろうか。



[図-3.8.10：端部支承の構造¹⁾]



[写真-3.8.15：端部支承]

最後に、本橋の製作について簡単に触れておきたい。使用されている鋼材の内訳を〔表-3.8.1〕に示す。ほとんどの部材は川崎造船所で製作されたが、吊材のロッドや支承の製作は神戸製鋼所である。高欄などの付属物はすべて日本鑄造で製作されている。表中のセミスティールとは、半鋼とも呼ばれ錬鉄と鋼の中間の硬さをもつ鑄鋼の一種である。錬鉄より強度が高く加工性に富むため、当時の高欄などにはよくこの材料が使用されている。また、表中にリベット数量は含まれていないが、使用したリベットは総本数で64万本あり、その半分以上が工場締めで残りが現場である。リベット頭部の重量だけで110tfにも及んだ。製作工程は〔表-3.8.2〕に示すとおりであり、製作着手から輸送完了までを約15ヶ月で行っている。

〔表-3.8.1：鋼材重量²⁾〕

種 類	重 量(tf)	備 考
補剛钣桁	1,590.800	
床 桁	1,327.410	縦桁, 横構
塔柱, 橋門	355.530	
チェーン, ピン	803.684	デュコール鋼
支 承	114.278	鑄鋼
吊材(ロッド)	14.023	
吊材(アイバー)	63.701	
吊材用ピン他	6.886	
水道管吊手他	3.890	
伸縮装置	11.775	セミスティール
高 欄	58.908	〃
排水管	10.970	
鉄 筋	13.400	歩道床版用
ベンデル支承アンカー	28.455	
電柱他	14.332	セミスティール
計	4,418.042	

〔表-3.8.2：製作工程²⁾〕

種 目	原 図	製 作	仮組立	運送(艀船積)
着 手	大正15年10月6日	大正15年8月6日	昭和2年5月10日	昭和2年5月10日
終 了	昭和2年8月15日	昭和2年9月15日	昭和2年9月20日	昭和2年10月12日
日 数	11ヶ月11日	13ヶ月17日	4ヶ月12日	4ヶ月4日

8-6. その他の自碇式吊橋について

清洲橋は我が国最初の自碇式吊橋であり、前述のようにドイツのケルン吊橋(Koln-Deutz 橋)をモデルに設計された。ここでは、清洲橋が設計された20世紀初頭、海外にはどのような自碇式吊橋が架設されていたのか簡単に触れる。そもそも自碇式吊橋のアイデアはオーストリアの技師ランガー(Josef Langer)が考案したものといわれている。そして1899年にドイツのElbe-Trave 運河に架設されたMuhlentor 橋(L=81.3m)が世界で最初の自碇式吊橋であり、その後、〔表-3.8.3〕に示すような橋がドイツを中心に架設された。

[表-3.8.3：20世紀初頭の海外の自碇式吊橋⁶⁾]

No.	橋名	所在地	竣工	主径間(m)	側径間(m)	径間数	ケーブル	補剛桁形式	備考
1	Muhlenthor	ドイツ	1899	41.99	19.66	3	リベット	連続トラス	現存せず
2	Napageld	オーストリア	1910	36.00	21.00	3	リベット	連続トラス	現存せず
3	Koln-Deutz	ドイツ	1915	184.46	92.22	3	アイプレート	連続桁	現存せず
4	Lippstadt	ドイツ	1917	55.19	11.50	3	リベット	3ヒンジトラス	
5	Sevrnth St.	アメリカ	1926	134.75	67.47	3	アイバー	連続桁	
6	Ninth St.	アメリカ	1927	131.06	65.53	3	アイバー	連続桁	
7	Admiral Scheer	ドイツ	1927	96.30	36.90	3	アイプレート	連続桁	
8	Forst	ドイツ	1927	39.59	19.79	3	アイプレート	連続トラス	
9	Sixth St.	アメリカ	1928	131.06	65.53	3	アイバー	連続桁	
10	Koln-Mulheim	ドイツ	1929	315.00	91.00	3	スノバイラルロープ	連続桁	側径間是非吊径間
11	Little Niangua	アメリカ	1933	68.58	34.29	3	スノバイラルロープ	2ヒンジ桁	
12	King-Alexander I	ユーゴスラビア	1934	261.00	75.00	3	スノバイラルロープ	連続桁	側径間是非吊径間

この表より Koln-Deutz 橋がいわゆる最初のチェーン構造を採用した本格的な自碇式吊橋であったといえる。また、近代吊橋の先進国のアメリカでも、ピッツバーグ州 Allegheny 川に、Seventh St, Ninth St, そして Sixth St の3橋のチェーン構造自碇式吊橋が架設されている [写真-3.8.16]。

ところで、自碇式吊橋には何故このようなチェーン構造のものが多くいのであろうか。アメリカではすでに Brooklyn 橋(1883 年, 中央径間 486m), Williamsburg 橋(1903 年, 中央径間 448m)などの平行線ケーブルを使用した長大吊橋が完成しており、ケーブル部材にワイヤーロープを使用することも選択肢としては考えられたはずである。しかし、自碇式吊橋は、通常の吊橋に比べると不静定次数が高く、製作、架設においてより厳密な形状管理が必要となる。特にワイヤーロープは長さの管理が難しく弾性係数のバラツキなどの問題もあり、このような自碇式吊橋に使用するには、当時の技術では不相当と判断したのであろう。また、当然、ワイヤーロープを使用した方が上部工は軽くなり経済的なものが設計できるが支間



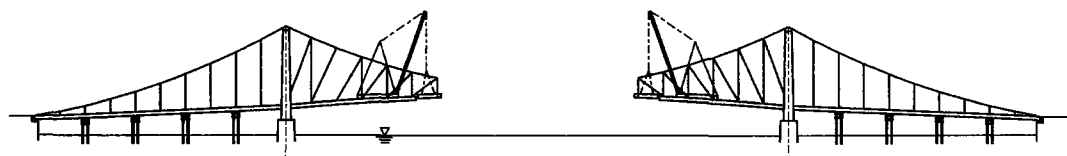
[写真-3.8.16：ピッツバーグの自碇式吊橋群⁷⁾]

が 200m 前後の場合はチェーン構造でもそれほど遜色はなかったようである。そして、清洲橋ではこの問題を解決すべくチェーンに高強度のデュコール鋼が採用されたと推測すれば納得できる。1929 年にやはりドイツに架設された Koln-Mulheim 橋のケーブルにはスパイラルロープが採用されたが、この橋は側径間を吊っていない単径間吊橋である。



[写真-3.8.17：アイバータイプのチェーン⁸⁾]

[写真-3.8.17] は、ピッツバーグの Sixth St 橋のチェーン構造であるが、ドイツや清洲橋のものと異なり全長がアイバー構造となっている。また、この 3 吊橋は [図-3.8.11] に示すような非常にユニークな工法で架設されている。一般的に自碇式吊橋はケーブルをアンカーする補剛桁を先に架設しておく必要があり、桁下に支保工が設置できない場合架設は不可能である。しかし、この橋は側径間を支保工で架設した後、中央径間のケーブルと補剛桁間に仮設の斜材を設けトラス構造として張り出し架設している。チェーン構造ならではの非常に面白い架設工法である。



[図-3.8.11：ピッツバーグ 3 吊橋の架設工法]

[執筆担当：掘井 滋則]

《参考文献》

- 1)復興局土木部橋梁課：『橋梁設計図集 第二輯』,シビル社,pp.18-25,1928.7
- 2)復興局土木部橋梁課：『清洲橋設計計算書』,シビル社,pp.41-123,1928.7
- 3)鷹部屋福平：『世界橋梁写真設計図説』,正興館,pp.83,1931.3
- 4)土木図書館編：『絵葉書にみる日本の橋』,柘植書房,pp.36,1992.4
- 5)土木学会田中賞選考委員会編：『Bridges 田中賞の橋』,鹿島出版会,pp.14,1999.9
- 6)Howard Mullins：「無碇着吊橋に就いて」,Civil Engineering&Architecture Vol.15,No4,pp.170-173
- 7)STEVEN A.OSTROW：『Bridges』,Metro Books,pp.81
- 8)Bridge Design&Engineeringt, No.2,pp.23,1996.1
- 9)『江戸から東京へ 明治の東京』,人文社,pp.65,2001.4