

4 図面等の分析

4.1 調査対象の概要

本調査研究で対象とする 7 橋の構造諸元（表 4.1～4.7）および、現況写真（写真 4.1～4.7）を以下に示す。これらの 7 橋の設計および、施工の時期は 1928(昭和 3)年から 1934(昭和 9)年の 7 年間に集中している。（7 橋ごとの分析結果は、別冊の報告書で示す。）

(1) 十三橋

十三橋は大阪府の国道 176 号が淀川を越えて淀川区と北区を繋ぐ場所に架かる。1934(昭和 7 年)1 月に完成した下路ブレースドリブタイドアーチ 5 連を主径間とし、両側にゲルバー板桁、単純板桁を配置した橋長 681.2m の橋梁である。ブレースドリブタイドアーチのスパンは 64.0m で、ゲルバー板桁、板桁はそれぞれ 32.7m、12.8m である。幅員は路面電車を想定して設計がされ、車線幅 14.5m、歩道部が両側に 2.75m で全幅 20.0m である。下部構造は、基礎が松杭を使用し、鉄筋コンクリート構造を採用している。現地施工は、上部工が大阪鉄工所、下部工は大林組、飛島組である。

(2) 尾張大橋

尾張大橋は、国道 1 号が木曽川を渡る箇所に架かる。竣工時は木曽川大橋と呼ばれ図面等は木曽川大橋の名称が使われている。1933(昭和 8)年 11 月に完成した単純下路ランガートラス 13 連と右岸側に単純トラス 1 連を配した橋長 878.71m の長大橋である。ランガートラスのスパンは 63.42m である。幅員は片側 1 車線で 7.5m である（後年に主構の両側に歩道が追加された）。下部工は鉄筋コンクリート構造で、基礎の施工にはニューマチックケーソンが採用された。

(3) 伊勢大橋

伊勢大橋は、尾張大橋が開通した 1 年後の 1934(昭和 9)年 11 月に完成した揖斐・長良川を国道 1 号が越える箇所に架かる全長 1106.7m の長大橋である。支間構成はスパン 72m のランガートラス 15 連を連ねたもので、幅員は尾張大橋と同様に 7.5m である。本橋は、尾張大橋との構造の類似性、設計、施工時期が重複することから相互に資料を使いつつシリーズで計画、設計作業が行われた。下部工も尾張大橋と同様にニューマチックケーソン工法による基礎で鉄筋コンクリート構造である。

(4) 美々津橋

美々津橋は、宮崎県日向市美々津の耳川に架かる。耳川河口部は水深が深く、下部工の施工から、河口から 1km ほど遡った場所に 1934(昭和 9)年 9 月建設された。両側はスパン 17.8m の板桁で、中央部にスパン 64.4m のスパンドレルブレースドアーチ 2 連により構成される。下部基礎には初期の鉄筋コンクリート杭が使用されている。

(5) 常願寺川水路橋

常願寺川水路橋は、富山県の常願寺川の上流部に架かる。現在は地名をとり千寿橋と呼ばれ、銘板が付けられている。完成は、1932(昭和 7)年 8 月で、常願寺川左岸の水力発電

所の建設に先立って架設されて資材運搬の機関車を渡し、発電所の完成後は水圧鉄管と連絡道路を通す橋として現在に至る。全長は 163.0m で中央部にスパン 88.0m のブレースドリブタイドアーチが架かる。上部工の製作は三菱造船所神戸造船所製作である。

(6) 荒川橋

荒川橋は、埼玉県秩父市の荒川上流部に架かる 1929 (昭和 4) 年 5 月に完成したブレースドリブバランスドアーチである。現地は河川の湾曲部で流水部が右岸側に寄り、左岸側斜面が右岸より緩慢である地形上から左岸側にスパン 15.55m の板桁が配置されている。バランスドリブアーチは、アンカースパンはそれぞれ 27.2m で中央部が 85.5m である。幅員は 5.5m と狭く、後年にすぐ上流側に新橋が施工され、荒川橋は 1 車線と歩道部が設けられて下り専用に使われている。下部工は直接基礎である。

(7) 41D、42B、108A (新架橋)

41D、42B、108A は、いずれも江東区内に震災復興橋梁として施工された新架橋である。記号で表されていることから標準的に設計されたものである。文献調査、および現地調査結果などの照合により、41D は、42B、108A それぞれ現在東京都江東区の管理する東富橋、新扇橋および、西豎川橋であることが分かったが、このうち新扇橋は架け替えられて現存しない。構造形式は、41D、42B が、それぞれスパン 40.6m、56.8m の下路プラットトラスで、108A は、側径間 9.76m、中央径間 15.15m の 3 径間ゲルバー板桁で、いずれの橋も、中小河川の橋梁として当時多く建設された標準的な構造形式である。

表 4.1 十三橋諸元

橋 名	十三橋
所在地	大阪府大阪市淀川区新北野 1～北区中津 7 (国道 176 号)
設計年	1929(昭和 4)年 4 月～11 月
完成年	1932(昭和 7)年 1 月
設計荷重	自動車 12tf, 軌道部 電車 28tf
構造形式	カンチレバプレートガーダー, 下路ブレーストリブタイドアーチ, プレートガーダー
橋長、幅員	681.2m × 20.0m (車 14.5+歩 2@2.75m)
支間構成	10×32.7m + 5×64.0m + 2×12.8m
下部構造	鉄筋コンクリート/松杭(末口= 10in., 長=50ft.)
施工者	(株)大阪鉄工所, (株)大林組, (株)飛島組



写真 4.1 十三橋 (撮影 : 2007 年 8 月)

表 4.2 尾張大橋

橋 名	尾張大橋(木曽川橋)
所在地	愛知県弥富町 (国道 1 号)
設計年	1930(昭和 5)年 2 月 12 日 ~ 8 月 15 日
完成年	1933(昭和 8)年 11 月 8 日
設計荷重	二等橋
構造形式	単純下路ランガートラス橋,2)単純下路トラス橋
橋長、幅員	878.81×7.5m
支間構成	13 × 63.42m + 1 × 40.77m
上部鋼重	2842.4tf
下部構造	鉄筋コンクリート、ニューマチックケーソン
施工者	間組



写真 4.2 尾張大橋 (木曽川橋) (撮影：2007 年 8 月)

表 4.3 伊勢大橋

橋 名	伊勢大橋(揖斐長良川橋)
所在地	三重県桑名市 (国道 1 号)
設計年	1930(昭和 5)年 5 月 19 日 ~ 1930(昭和 5)年 7 月 22 日 (変更設計 1932/9/14 ~ 11/2)
完成年	1934(昭和 9)年 11 月 8 日
設計荷重	二等橋
構造形式	単純下路ランガートラス橋
橋長、幅員	1105.7 × 7.5m
支間構成	15 × 72m
上部鋼重	3519.1tf
下部構造	鉄筋コンクリート、ニューマチックケーソン
施工者	間組



写真 4.3 伊勢大橋(揖斐長良川橋) (撮影：2007 年 8 月)

表 4.4 美々津橋

橋 名	美々津橋
所在地	宮崎県日向市美々津町 (県道)
設計年	1929(昭和 4)年 10 月 28 日 ~ 1932(昭和 7)年 4 月 28 日
完成年	1934(昭和 9)年 9 月
設計荷重	二等橋
構造形式	上路スパンドレルブレーストアーチ
橋長、幅員	168.668 × 7.5m
支間構成	1 × 17.834+2 × 64.4+1 × 17.834m
上部鋼重	404.216tf
下部構造	重力式鉄筋コンクリート、杭
施工者	高田機工



写真 4.4 美々津橋 (撮影 : 2007 年 7 月)

表 4.5 常願寺川水路橋

橋 名	常願寺川水路橋 (千寿橋)
所在地	富山県大山町
設計年	1931(昭和6)年5月19日～7月7日
完成年	1932(昭和7)年8月
設計荷重	1.2mφ 水路鉄管、軌道荷重(工事材料運搬用ガソリン機関車)
構造形式	ブレースドリブタイドアーチ
橋長、幅員	6m(主構間) × 88.0m
支間構成	54.014m + 88.0m + 20.984m
上部鋼重	232.1 tf
下部構造	
施工者	三菱神戸造船所



写真 4.5 常願寺川水路橋 (撮影：2007 年 11 月)

表 4.6 荒川橋

橋 名	荒川橋
所在地	埼玉県秩父郡荒川村（国道140号）
設計年	1928(昭和3)2月23日～1929(昭和4)1月22日
完成年	1929(昭和4)5月20日
設計荷重	6tfトラック 8tfロードローラ-
構造形式	上路プレートガーダー、3径間連続上路ブレーストリップバランスドアーチ
橋長、幅員	156.7 × 5.5m
支間構成	1 × 15.545m 27.203+85.496+27.203m
上部鋼重	463.7tf
下部構造	コンクリート/直接基礎
施工者	日本橋梁(株)



写真 4.6 荒川橋（撮影：2008年2月）

表 4.7 新架橋 3 橋 (41D 橋、42B 橋、108A 橋)

41D

橋 名	41D (東富橋)
所在地	東京都江東区富岡二丁目～牡丹三丁目(大横川 補助線街路(41号))
設計年	1927(昭和 2)12 月 30 日～1928(昭和 3)1 月 16 日,製図 1928 年 2 月
完成年	1930(昭和 5)年 2 月
設計荷重	一等橋
構造形式	下路プラットラス
橋長、幅員	40.6 m× 11 m
支間構成	40. 6m 1 スパン
上部鋼重	
下部構造	鉄筋コンクリート
施工者	



写真 4.7-1 41D (東富橋) (撮影:2006 年 11 月)

42B

橋 名	42B (新扇橋)
所在地	江東区猿江1～扇橋1(江東区道)(小名木川, 補助線街路(42号))
設計年	1927(昭和2)8月22日～1927(昭和2)8月30日, 製図 1927年9月
完成年	1929(昭和4)年12月、1972(昭和48)年3月 架替
設計荷重	一等橋
構造形式	下路プラットラス
橋長、幅員	56.8 m × 10.9 m
支間構成	39.9m × 1スパン
上部鋼重	
下部構造	鉄筋コンクリート
施工者	

(1972 (昭和48) 年3月 架替され現存しない)

108A

橋 名	108A (西豎川橋)
所在地	江東区緑 2～立川 1
設計年	1927(昭和 2)9 月 27 日～1927(昭和 2)10 月 25 日,および 1927(昭和 3)2 月 7 日～1928(昭和 3)3 月 5 日、製図 1927 年 9 月
完成年	1928
設計荷重	1 等橋
構造形式	3 径間ゲルバー桁橋
橋長、幅員	34.8m × 10.94m
支間構成	9.76m + 15.15m + 9.76m (= 115ft)
上部鋼重	
下部構造	鉄筋コンクリート
施工者	



写真 4.7-1 108A (西豎川橋) (撮影:2006 年 11 月)

4.2 図面の種類と構成

1929（昭和4）年に設計され、1931（昭和6）年に完成した十三橋の図面の構成を、表4.8に示す。上部工、下部工、応力図、およびケーソンの作業室や、シャフトなどの仮設備の図面、さらには、装飾まで含まれている。

欧米における鋼橋の図面の種類は、後述するように、契約の段階に従って、一般図、設計図、詳細図、工作図などがある。これに対して国内の鋼橋図面では、十三橋の図面構成に見られるように、一般図から詳細図までをも含んでいる。これは今日の国交省や地方自治体発注の橋梁工事図面と同じ構成である。図面は、契約図書の一部であり、構造計画を示し、発注段階では応札準備の目的も持ち、かつ契約後は工場の製作や、現場での架設工事のための施工情報までもカバーする多目的な文書であることがわかる。

表 4.8 十三橋(1929)の図面構成

No.	図面名称	No.	図面名称
1	一般図	21	トラス詳細(1)～(3)
2	断面図	22	(トラス)斜材詳細
3	橋台詳細	23	(トラス)垂直材詳細
4	橋脚詳細	24	(トラス)繋ぎ材詳細
5	橋脚躯体詳細	25	(トラス)下横構詳細
6	橋脚基礎潜函詳細	26	(トラス)ポータル詳細
7	潜函作業室鋼フレーム	27	(トラス)対傾構詳細
8	床版詳細(1)～(4)	28	(トラス)上横構ストラット詳細
9	桁スパンのマーク図	29	(トラス)上横構斜材詳細
10	横桁、縦桁詳細図	30	(トラス)沓伸縮継手詳細
11	横桁詳細	31	高欄詳細
12	縦桁詳細	32	高欄および親柱詳細
13	縦桁、沓、ロッカー沓	33	高欄詳細照明灯詳細
14	主桁詳細(1)～(9)	34	避難路
15	横構詳細	35	トラス・桁間の伸縮継手詳細
16	伸縮継手詳細	36	作業シャフト詳細
17	応力図	37	橋台のウイング壁の装飾詳細
18	トラススパンのマーク図		
19	(トラス)床桁詳細		
20	(トラス)縦桁詳細		

4.3 図面の分析結果

(1) 製図手法

増田淳の設計事務所で作成された図面で共通的に指摘できることは、図面表現の巧みさ、見た目の美しさといった表現上の特徴がある。これは、今日の手書きの図面では実践されなくなっている構造線、寸法線、引出し線など太線、中線、細線の線幅の差を大きくとってインキングで描かれることによる。加えて字体の統一性、配置のよさなども表現上の特徴を形成している(図 41、4.2、4.3)。図面の字体の統一については、1970 年代まで、橋梁メーカーの製図者では実践されていた。増田淳事務所の図面の線のメリハリや、配置による全体の印象、特徴については、過去にも同様な指摘がある。



図 4.1 十三橋(1929)主構詳細図(部分)

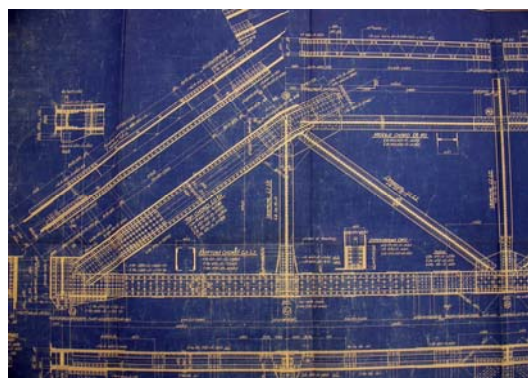


図 4.2 伊勢大橋(1930)主構詳細図(部分)

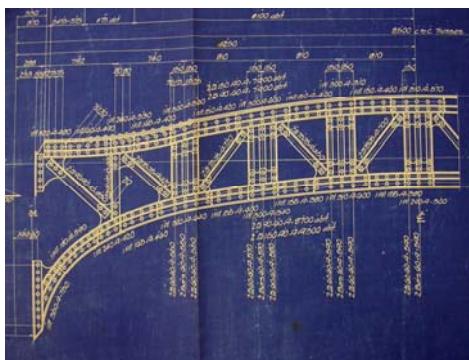


図 4.3 尾張大橋ポータル詳細図(部分)

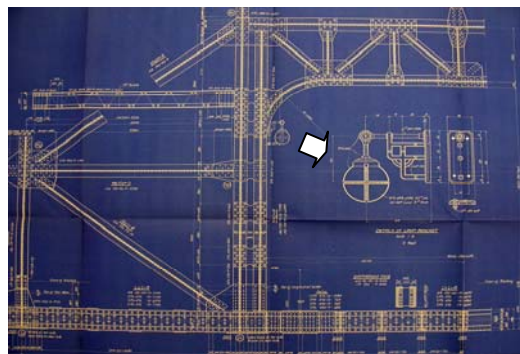


図 4.4 伊勢大橋主構詳細に描かれた照明

(2) 材料の表記法

図面上に描かれた部材の材料の寸法、数量を図面中に部材寸法とは別に部材近傍にまとめて表記する方法は、今日の詳細図では一般的に行なわれているが、これは 20 世紀初め頃から始まった表現方法である。十三橋、伊勢大橋など増田淳事務所で作成された鋼橋上部工の図面では、すべてこの方法で表現されている。

この材料の表記法は、アメリカンブリッジ Co.に勤務をした経験をもつ関場茂樹

(1876-1942)によって、国内に導入されたとされているが、20 世紀初めのアメリカで橋梁設計実務を経験した関場以外の技術者も、同様な知識を修得して帰国しており導入者であったと考えられる。

(3) 橋梁設計者、製図者の所掌範囲

大正から昭和初期における設計実務では、専門の分化は今日ほど進んでおらず、一般に設計者一人が扱う範囲が広がった。この傾向は図面にも表れている。同一の設計者が、鋼橋、コンクリート橋、上部工、下部工、親柱、高欄、照明灯などの付属品、施工計画まで幅広い分野の図面の作成に関与していることが図面から読み取れる。

伊勢大橋の主構図には、その部材に取り付く照明灯も描かれている（図 4.4）。通常構造図に付属品を描きこむことは珍しく、今日では主構造と杳、高欄、親柱を含む付属品とは、別々に扱うのに対して、同じ設計者によって同一の図面に描かれており、設計者、製図者の所掌範囲の広さを示している。

架設計画図（図 4.5）では、張り出し架設時における架設最大反力など、架設仮設備の施工に必要な情報が、設計者による図面として作成されている（図中○印箇所）。設計者は、主構造の設計にとどまらず、付属品の設計、さらには施工までを含む、設計、製作、架設の全体を所掌する立場がこれらの図面からわかる。

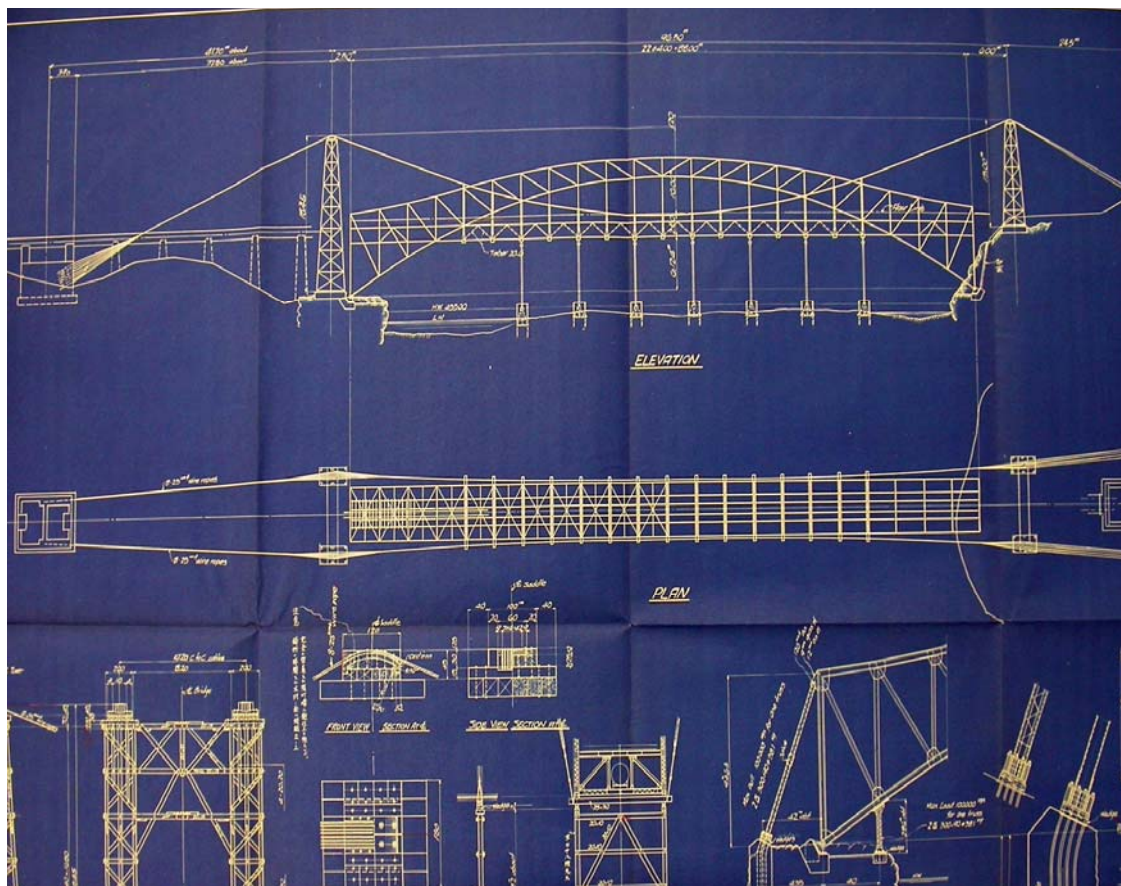


図 4.5 架設一般図 常願寺川水路橋（千寿橋）

(4) 図面上の注記

図面は、製作、施工のための情報だけでなく、設計計算結果も盛り込まれる。今日でも応力図として断面構成図、モーメント図として作成される場合があるが、増田事務所の図面のうち、吉野川橋の一般図には、応力図に加えて、設計荷重の記述（英文）もある（図 4. 7）。

「道路構造令に関する細則(案) (1926(大正 15)年)」の制定によって荷重が定まってから日が浅いことから、図面中にあえて記述されたものと考えられる。この部分は、施工には直接関係ないが、図面は、設計計算書と一体となって設計の考え方を示すものでもあった。一方、下部工の施工に関する注記もある。増田事務所で作成した図面で、下部工基礎にニューマチックケーソン工法を採用したものがいくつかある（図 4. 8）。伊勢大橋では、特に、潜函の気閘（エアロック）の特許に関する契約図書の特記仕様に相当する文章が、図面中に注記されている（図 4. 9）。ここにも設計者（製図者）は、発注者の代理として、施工までをも所掌する技術総括者の立場にあることが読み取れる。

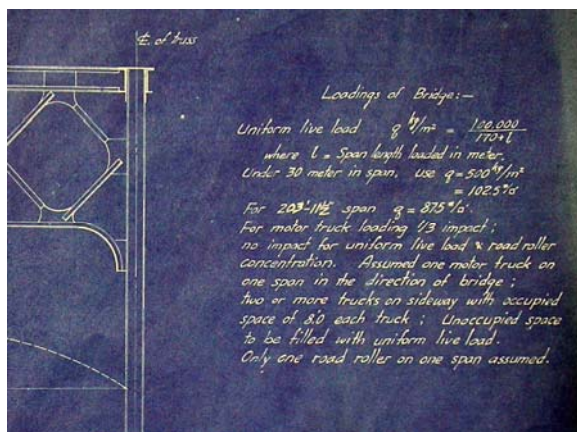


図 4. 7 吉野川橋(1926)図面での設計荷重の記述
道路構造令細則(案)の 2 等橋設計荷重(英文)

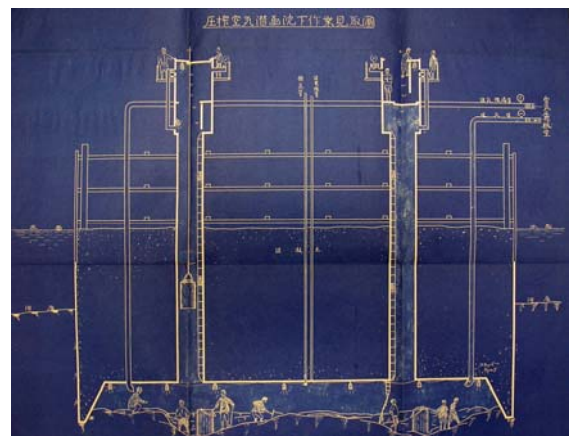


図 4. 8 十三橋潜函沈下作業図

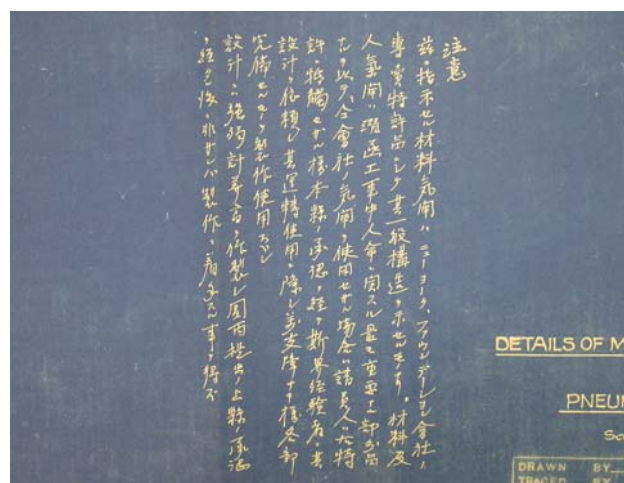


図 4. 9 伊勢大橋の図面に記された「注意」

(5) 図面表現技巧

増田淳および、増田事務所の図面に関する評価として、見た目の美しさ、表現のうまさを指摘されている。特に、構造線、寸法線、引出し線などの太線、中線、細線のメリハリが利いている点を挙げられる。表現のうまさは、機能性の面から分かりやすい図面であることがその理由である。また、字体の統一性、配置のよさなども全体としてスッキリした図面の印象を与えている。

増田淳および、増田事務所の図面は、構造詳細図面でも 1 枚/日程度の非常な早さで書かれており、類似設計の参照、手戻りが少ない製図法であることも仕上がりに関係があると思われる。

増田淳および、増田事務所の図面に対する評価としては、鋼構造協会誌 JSSC の座談会記事「わが国のれい明期における鉄橋（1971.9）」 および「同（続）（1982.2）」の増田淳に関する部分がある。この中で、増田事務所の図面について以下の発言がある。

「伊勢大橋と千代橋(の施工)をやった。ああいうきれいな図面はみたことがない。・・・(中略)・・・要領がよくて線の使い方もよい・・・(中略)・・・図面みて施工するときにはとにかく楽であった。必要なことがくっきり書いてある。・・・ほんとうに知っていて書いている。あれはスタッフがよかったのだと思う」(飯吉精一)

「陣田さんは寸法線から描いてゆく。一番細い線から書いてゆく。ですから図面がきれいです。」(鈴木俊男)

「アメリカブリッジカンパニーの流れをくんでいる。」「松尾で働いていた人で陣田さんという人がいて、非常にきれいな図面を書く。」(青木楠男)

(6) 対象範囲の広さ

増田淳事務所の設計した橋梁の施工を担当した飯吉精一氏の前述の談話の指摘にもある通り、鋼、コンクリート、上部工、下部工、さらにはその施工計画まで幅広い分野に精通して「・・・ほんとうに知っていて書いて」いたことが、図面を通じて分かる。

いくつか具体的な事例を以下に列举する。

尾張大橋の縦桁、ラテラルの施工誤差吸収のために 19φリベット用に通常 20.5φの孔に対して、23.5φを図面上で指示している。現地での組み立て順序などを考慮して誤差の派生する箇所を考慮したうえでの指示である。

これに対して、尾張大橋の3年後に建設された宮崎県的美々津橋では、拡大孔ではなく現場合わせによる指示がされている。すなわち「・・・部材○○、ラテラルブレーシング、ストリンガーの接続箇所ハ、格点○、○間ノ距離ヲ現場ニテ正確ニ計測シ部材を切り揃へ穿孔ノ後組立テヲナスベシ」が注記されている。

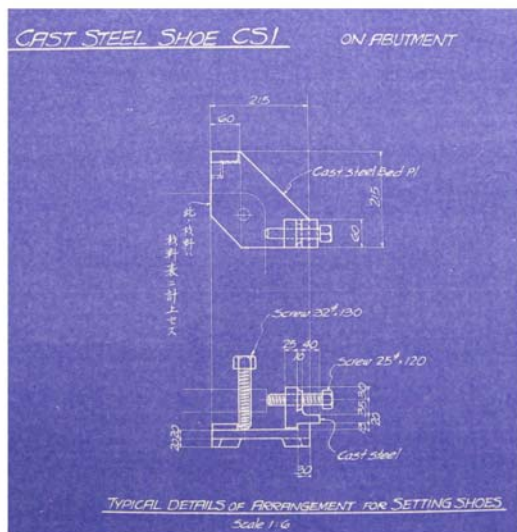


図 4.13 美々津橋の沓図の中に示された据付治具

(7) 技術的特筆事項

① ニューマチックケーソン

ニューマチックケーソン基礎は欧米では 19 世紀後半からすでに採用された工法で、ニューヨークのブルックリン吊橋（1883）には、木製のケーソンが使用された。増田の設計した橋梁でもニューマチックケーソンは多く採用されている。美々津橋や、伊勢大橋、尾張大橋では刃口部分を鋼構造とした木製のケーソンが使用されている。ケーソンについては、施工図や、空気圧管理図などの施工情報の他、特許がアメリカの会社にあるための留意事項が記載されている。

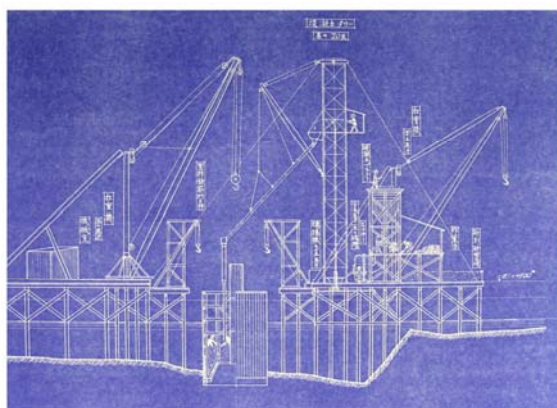


図 4.14 伊勢大橋 ケーソン施工図

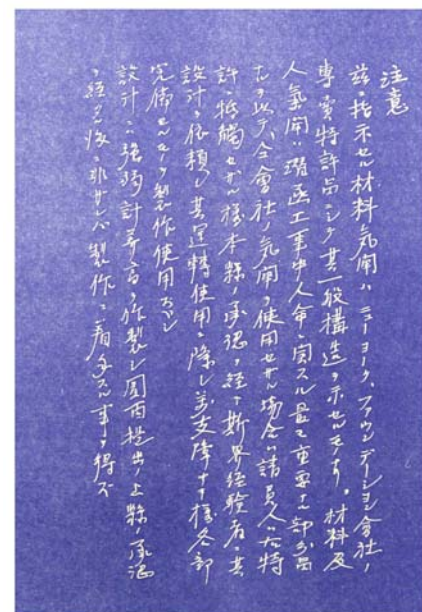


図 4.15 伊勢、尾張大橋ケーソン施工図注記

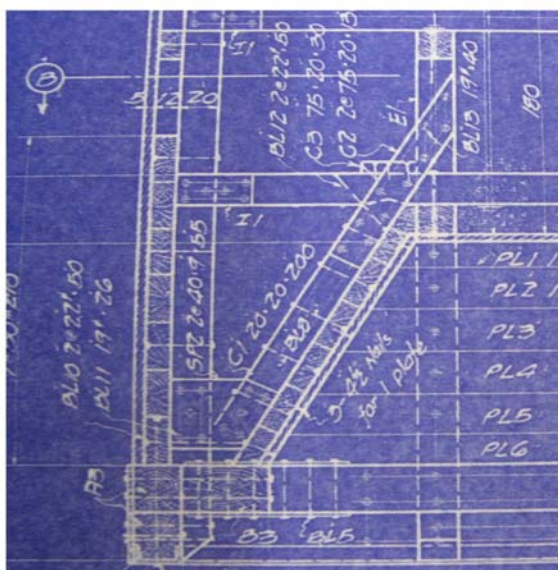


図 4.16 尾張大橋 ケーソン刃口部

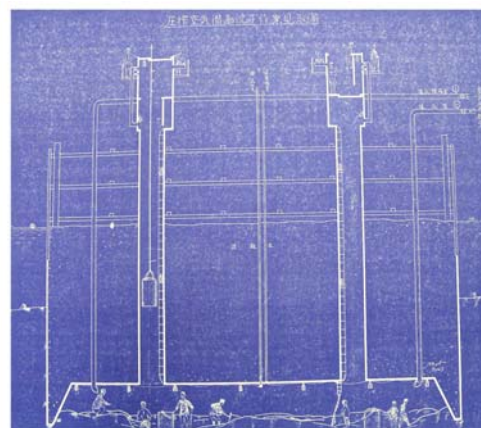


図 4.17 十三橋、ケーソン施工図

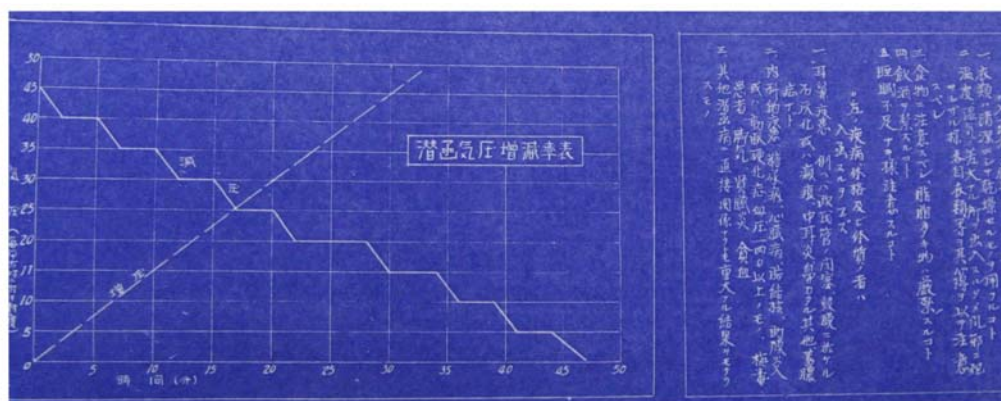


図 4.18 十三橋 ケーソン気圧増減率表

②コンクリート杭の使用

美々津橋の南側の橋台基礎には 8 角形断面の有効長 4.5m 余長 20cm の鉄筋コンクリート杭 96 本が採用されている。国内でコンクリート杭が使われるようになったのは明治末から大正の初めの 1910 年代半ば以降で当初は 4 角形や六角形断面が採用された。本格的な採用は 1915 年から 1919 年まで施工が行われた東京・万世橋間の鉄道高架橋の基礎で 8 角形の断面が使用された。美々津橋における鉄筋コンクリート杭の採用は本格的な採用から約 10 年の後である。設計計算書には鉄筋コンクリート杭の図 (sketch of reinforced concrete pile) が示されており、施工に関わることをして 20cm の余長の部分を、「此ノ部分ハ杭打チタテ後混凝土ヲ切取り主鉄筋ヲ真直グニ伸バシ橋台内に埋め込ミノコト」とある。

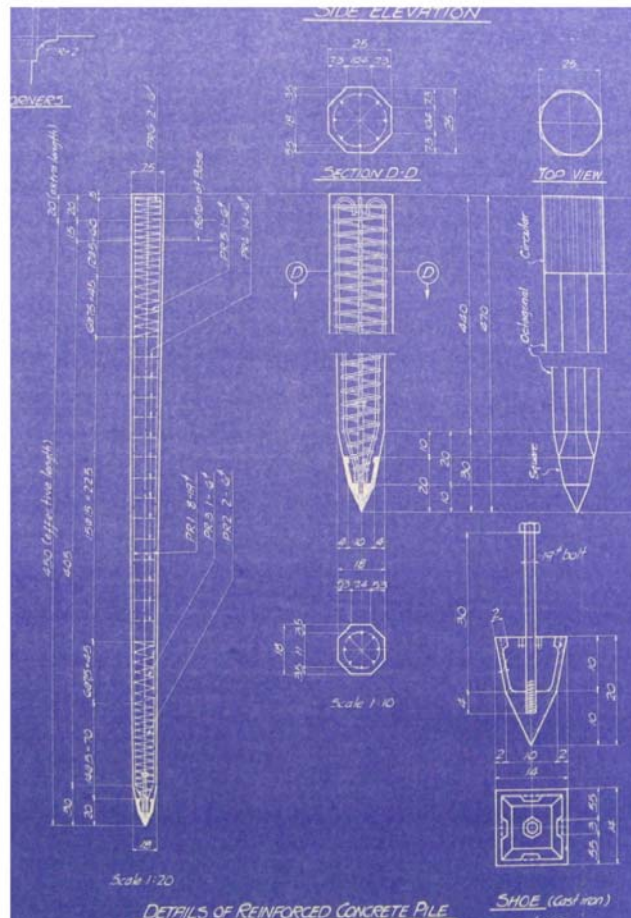


図 4.19 美々津橋の南岸橋台用の鉄筋コンクリート杭

(参考資料)

御茶ノ水両国間高架橋建設概要、鉄道省、p.10-17, 1932

東工 90 年のあゆみ(東工第 37 巻、特集号)、日本国有鉄道東京第一工事局、p.360,1987

③施工計画図

増田事務所の設計図面には、施工に関わる情報がかなり含まれているが、全長 1km をこえる橋長全体にわたって、栈橋工を施工した伊勢大橋は大規模な仮設備に関する図面が含まれる。本橋の下流側に施工された仮栈橋のプレートガーダーおよび、木造の水中橋脚の図面がある。この栈橋を利用してケーソンの施工、およびランガー桁の施工が行われた。

仮橋は、20.1m、18.1m の 2 種類の組み合わせで全長 1105.7m に渡って施工され、桁上には 3 条の軌道が布設された。

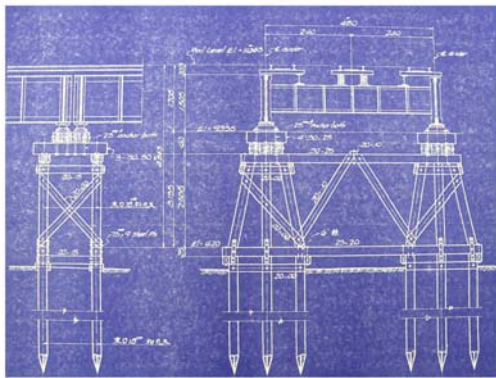


図 4.20 伊勢大橋 仮架橋図

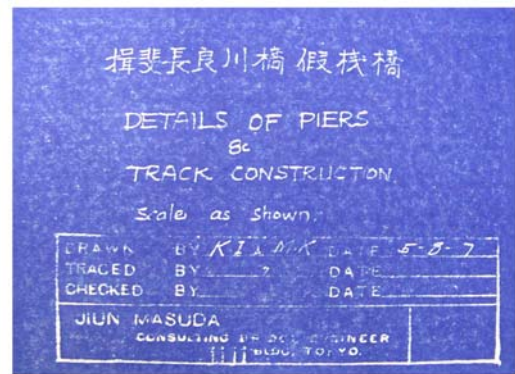


図 4.21 伊勢大橋仮栈橋図面タイトル

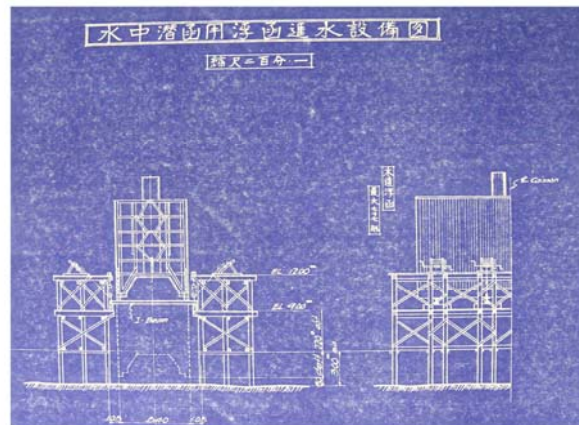


図 4.22 伊勢大橋水中潜函用浮函進水工事

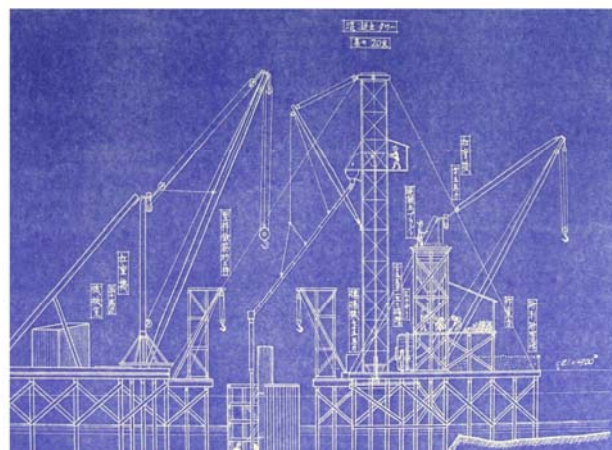


図 4.23 ケーソン施工図

(8) 意匠性

橋梁の景観設計に対する配慮は、特に増田事務所の設計が他の同時代の橋梁と比べて特色を持っていたことは見出し難いが、意匠性への配慮を大量かつ急速に処理した設計の中で取り入れられていたことが、図面から分かる。これらは構造詳細図と同一の視点で行われていた。意匠設計は特に橋面工など利用者の目に触れる部分に施されている。これらは今日では主構造と杣、高欄、親柱を含む付属品（この表現も当時はない）とは、一線が画されているが、増田淳事務所の図面では、親柱、照明、ウィングの袖高欄、橋梁部の高欄など橋面工には構造図面と同じ設計者によって書かれている。

①橋面工

美々津橋は、橋詰の袖高欄、親柱が石造で、円をモチーフにしたブロンズの装飾がはめ込まれている。親柱の形式としては共通的に石造柱が採用され、照明を側面、あるいは頂部に配置するものが多いが、美々津橋も同様なデザインであった。親柱、袖高欄の石造部は現存するが、ブロンズ製の装飾、橋名板、照明は取り外され、新たなものがはめ込まれている。照明は親柱頂部に新たなものが追加されているが、オリジナルのデザインとは異なる。

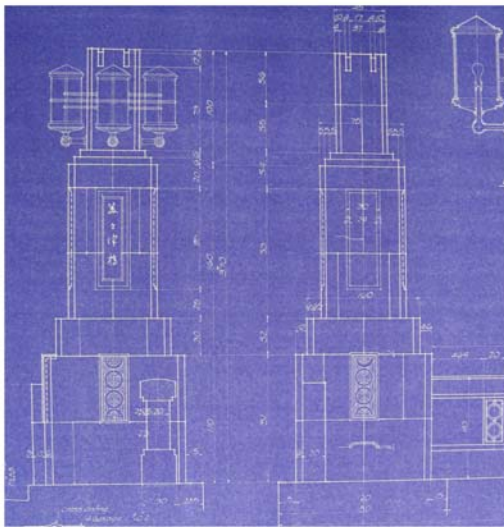


図 4.24 美々津橋親柱、照明図面



写真 4.8 美々津橋親柱現況（平成 19 年 8 月撮影）

十三橋の親柱、橋詰高欄、橋梁部高欄などは規模が大きい。石造で親柱の側面には美々津橋と同様に照明が取り付けられたデザインであるが、現存しない。橋名板、橋詰高欄、橋梁部高欄の円と歯車状のモチーフの装飾は現存する。オリジナルであることが図面から確認できる。

伊勢大橋の親柱は石造の親柱の側面に照明を取り付けたデザインであった。現橋の右岸橋詰は、堤防に沿った道路と橋の交差点となっており、その角に位置する親柱は撤去され、ガード用のコンクリートブロックが設置されている。なお、伊勢大橋の主構造図面に照明

灯の取り付けが描かれている。通常構造図に、付属品を描きこむことは珍しい。同じ設計者の手になることを示している。

尾張大橋も同様に、親柱は現存しない。照明も現存しないが、完成当時は上弦材の断面構成用のリベット箇所には 22φ のボルトで取り付けられていたことが図面から分かる。

新架橋は小規模橋梁ではあるがいずれも石造の親柱があった。これらのうち橋梁本体が現存する 41D(東富橋)、および 108A(西堅川橋)では、石造の親柱があるが、前者は当初の設計とは異なるデザインで取り替えられたものである。

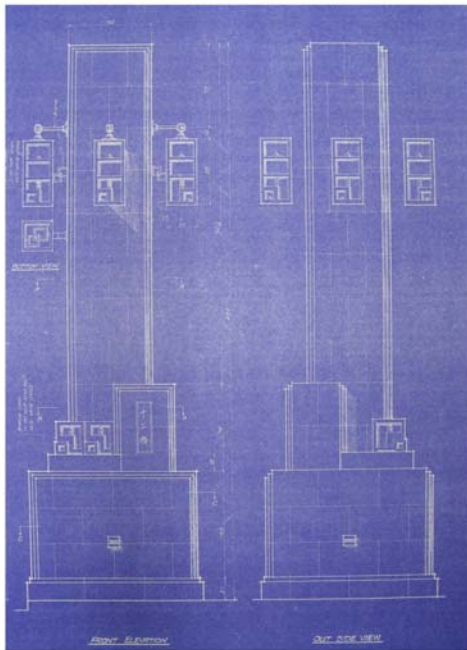


図 4.25 十三橋親柱・照明



写真 4.9 十三橋親柱の現況
(平成 19 年 8 月 1 日撮影)



写真 4.10 十三橋 橋詰高欄の装飾



写真 4.11 親柱と橋詰高欄

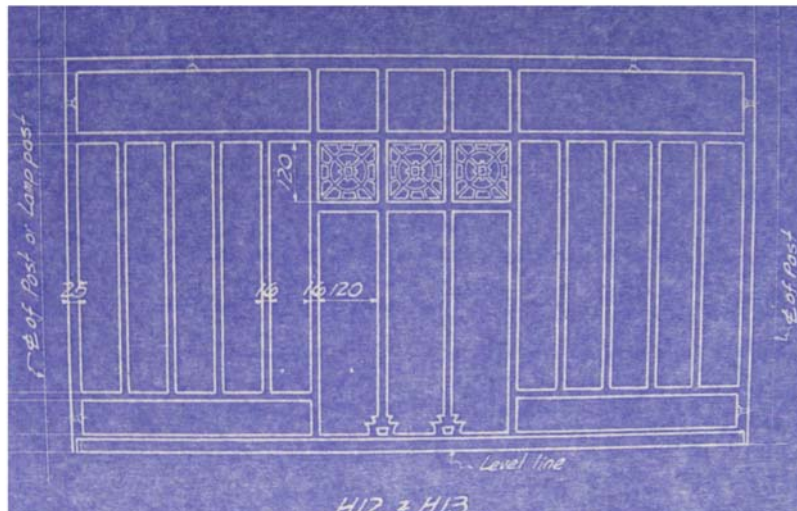


图 4.26 十三橋 橋梁部高欄



写真 4.12 十三橋 橋梁部高欄（撮影：2007 年 8 月）

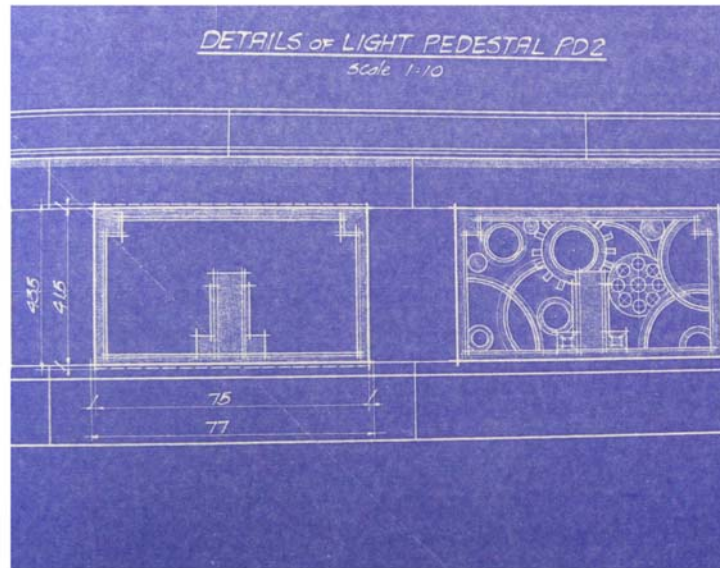


図 4. 27 橋詰高欄の装飾



写真 4. 13 十三橋 橋梁部高欄(バルコニー)

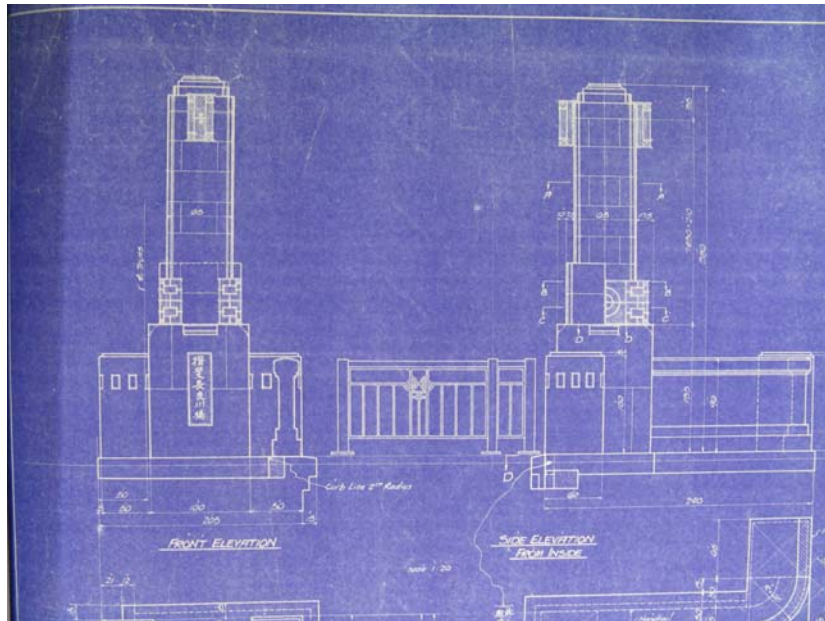


図 4.28 伊勢大橋親柱

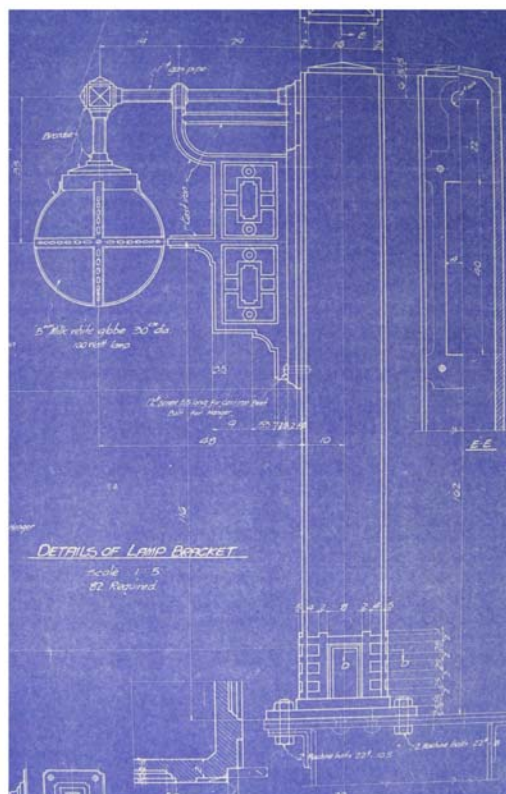


図 4.29 尾張大橋照明ポール

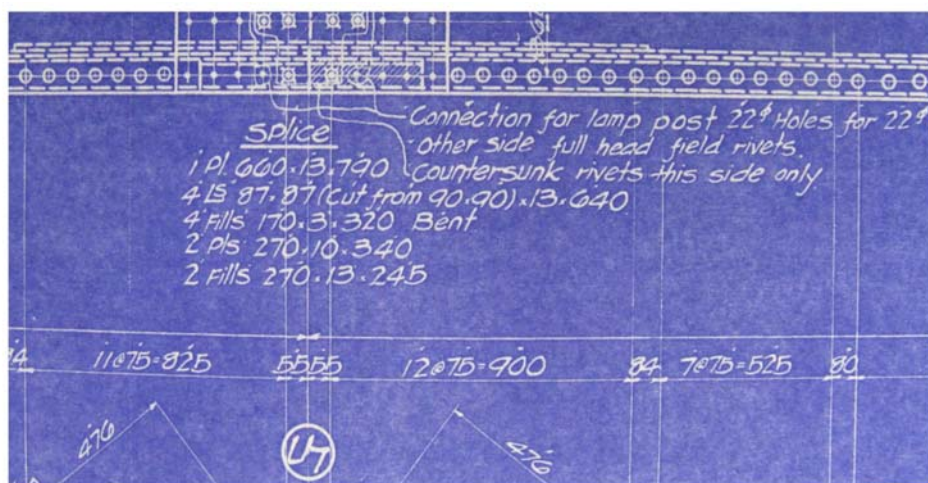


図 4.30 尾張大橋 上弦材上面の照明ポール取り付け箇所(22φボルト)

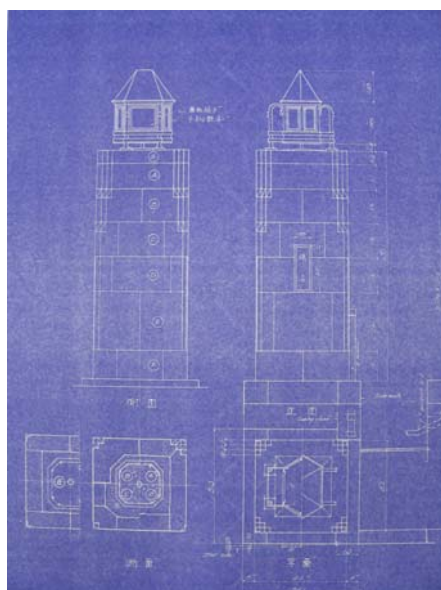


図 4.31 41D (東富橋) 親柱



写真 4.14 41D (東富橋) の現在の親柱



写真 4.15 108A（西堅川橋）の親柱

②構造部

橋面工以外の構造部分の意匠としては、下路橋における橋門構（ポータル）に装飾が施されている例がある。橋門構ポータルに曲線を採用して形状自体に意匠性を持たせるとともに、装飾が別途施される例もある。

十三橋ではポータルと端ポスト部材で構成される橋門構の門形を全体で曲線的にすりつけ、5連のアーチの起点、終点のポータル側面には铸铁製の装飾がはめ込まれる設計となっている。ポータルのトラス上弦材はアングルであるが、橋面構の傾斜にあわせてアングルの歯が角度が付けられている。この加工を含め下弦材のアングルの熱間加工（火造り）がされている。この部分は、オリジナルのまま現存する。

伊勢大橋、尾張大橋は、橋梁スパンが伊勢大橋のほうが大きく橋門構自体の規模も伊勢大橋の方が大きくなっている。このためもあり、伊勢大橋の橋門構は尾張大橋が意匠性があるのに対しより機能的である。伊勢大橋のポータルは桁高の高いトラス構造で、ポストとの隅角からポータルスパン中央にかけて単純円弧ですりつけたシンプルな構造である。これに対し、尾張大橋はポータルのトラスの上弦、下弦とも曲線で構成されている。



写真 4. 16-18 十三橋の端スパン外側のポータル装飾

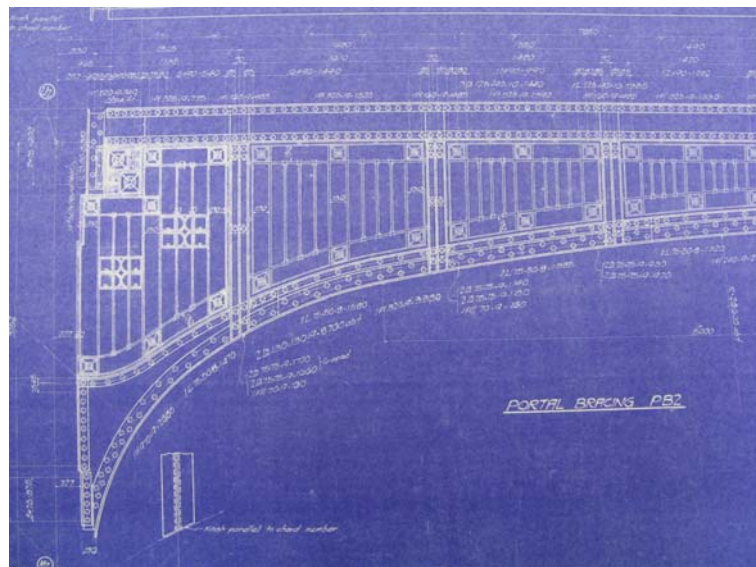


図 4. 32 十三橋のポータルの装飾

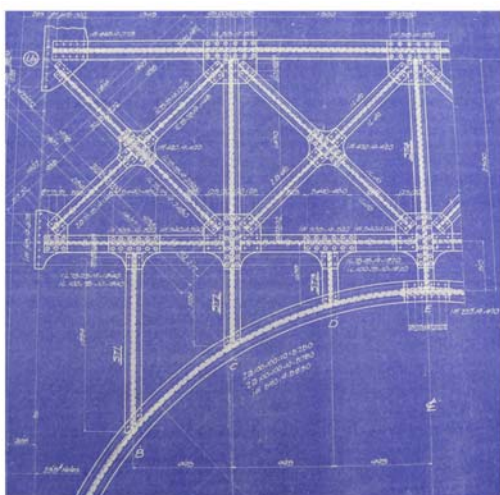


図 4.33 伊勢大橋のポータル

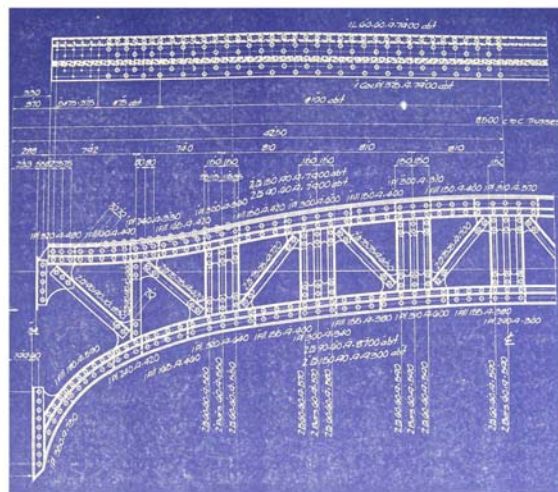


図 4.34 尾張大橋のポータル



写真 4.19 伊勢大橋橋門構ポータル



写真 4.20 尾張大橋橋門構造ポータル

(9) 設計情報の記述

図面は、製作、施工のための情報だけでなく、設計情報も盛り込まれる。これは設計結果の表現が図面であるため当然であり、今日では応力図として断面構成図、モーメント図が図面として含まれるが、増田事務所の作成図面では、設計荷重の記述（英文）もある（吉野川橋他）。これは構造令による荷重が定まってから日が浅いことから、図面中にあえて記述されたものと思われる。

(10) 材料の表記法

鋼橋上部工の場合、材料の表記に造船方式から分化を始めた当時のアメリカ（アメリカンブリッジ Co.）の方式が採用されている。当該部材の近傍に、材料を部材長を含みすべて記述するもので、これに対応して材料表に部品毎に員数が記入されてまとめられている。

この方式は、今日では一般的な表記方法で JIS との整合化がされた土木製図基準（土木学会、1998）でも「それぞれ対応する部材の近くに部材の寸法を表示する（2.3 部材の表示, p.28）」こととされているが、20 世紀初頃からアメリカンブリッジ Co.（1900 年設立）で採用され始めたといわれる。増田より先にアメリカンブリッジに勤務をした関場茂樹によって、アメリカから横河橋梁に導入したとされている（横河橋梁 80 年史）。

鋼橋の製作図は、もともと造船の方式に倣っていた。造船では、原寸図がもっとも重要視され、設計図は原寸図作成の一資料とみなされた。このため、設計図には詳細な材料は記載されることはなかった。造船の工作にとって、原寸図が伝統的に「図面」であった。造船の工作法を踏襲した橋梁では、床書き原寸で、最終寸法を、キャンバー、伸ばしなどを考慮して決定し、これをテンプレート、ないしはシナイに写し取り鋼板、形鋼の切断が行われた。設計図から断面構成、寸法、そしてキャンバーが読み取ればあとは原寸場で展開して材料を確定するという手順がとられた。

(11) 鋼材に関する図面注記

増田の図面の注記では、ほとんどの鋼材を特別の断りがない限り O. H. steel を使用することを指示している。O. H. steel とは Open Hearth steel すなわち平炉鋼である。平炉鋼使用を明記した背景には、設計が行われた 1920 年代の国内における鋼材供給状況が背景としてある。

平炉とは、1865 年にシーメンス、マルタン父子によって開発された製鋼法で、シーメンス・マルタン法と呼ばれる。戦後この製鋼法は、酸素上吹転炉法（BOF）や、電気アーク炉（EAF）にとって代われ先進国では 1990 年頃まで姿を消しており、今日では東欧の一部で使われている。

増田が橋梁設計実務を学んだ 1910～20 年代のアメリカは、1890 年代にイギリスを抜いて世界最大の鉄鋼国となってから 20 年近くが経過しており、製鋼法は塩基性平炉法が一般化していた。主として英米では構造用鋼には平炉鋼が使われることが一般的であったがドイツ、フランス、ベルギーなどヨーロッパ大陸では転炉法が主流であった。ドイツにおける橋梁用としては St37 や St48 が転炉で生産されて使われていた。

国内の産業的な鉄鋼生産は 1901 年の八幡製鉄所の創業に始まる。八幡製鉄所では、創業当初、製鋼には酸性転炉法を採用していたが、1919 年に、新たに塩基性平炉法が導入さ

れた。この後酸性転炉法が停止されたのは 1927 年であったが、この間、転炉鋼、平炉鋼の生産が平行して行われた。鉄鋼主要製品であったレールは、国内需要のかかなりの部分を海外産が占めていたが、国内産では 75 ポンドレールは塩基性平炉鋼を使用し、60 ポンド、80 ポンドレールには酸性転炉鋼が使用された。

橋梁分野では、永代橋(1926)の吊材、および清洲橋(1928)のチェーンには高張力マンガン鋼（デュコール鋼）が使用されたことは良く知られている。この鋼材は第一次世界大戦後のワシントン軍縮会議の造艦制限を受けてイギリスで開発された 60 キロ級の艦船材料で、日本の海軍も研究を進めていた材料であった。従来の鋼鉄にくらべてマンガンと炭素の含有量が多く、ねばり強さをもっていた。

このような国内の鉄鋼生産の状況の下、構造用鋼としては、転炉鋼、平炉鋼の両方が使用された。鋼材の規格としては、1921(大正 10)年に日本標準規格(旧 JES の規定)が制定された。これを前提として 1926(大正 15)年に内務省規定、道路橋梁に関する細則や、鉄道省の鋼鉄道橋の規定で許容応力度が引張、圧縮 1200kg/cm²、せん断 900kg/cm² が規定されていた。また、昭和 15 年静定の鋼道路橋示方書の第一章総則に日本標準規格第 430 号によることを標準とするとされ、第三章、製造法、第三条では、「鋼材は特に指定なき限り第一種乃至第三種は平炉又は電気炉により製鋼するものとす。但し注文者の承認を経たるときは転炉により製鋼するを得。」とある。

増田が設計を手がけた時期は、以上のような鉄鋼製品の供給状況を背景として鉄鋼材料技術の革新が進む変化のある時期であった。

増田事務所の図面で O.H Steel の記述があるのは、9 橋のうち概ね 1929(昭和 9)年以後に設計された 7 橋である。国内生産では平炉鋼が主流となりつつあること、鋼材規格の JES で規定がされるようになったこと、これに基づく内務省規定が整備されたことなどから、使用材料を O.H Steel に限定する意味は大きくはないと思われるが、アメリカで自ら修得した設計で同品質の橋梁の建設を実現するために、「特に記述がなければ O. H. steel を使用すること」の注記が記されたものと考えられる。

表 4.9 増田淳の橋梁図面における OH スチールの記述

橋 名	設計年月	完成年月	OH スチール記述	備 考
伊勢大橋	1930/5～7 1932/9～11(変更)	1934/11	○有	
尾張大橋	1930/2～8	1933/11	○有	
美々津橋	1929/11～1932/4	1934/9	○有	
荒川橋	1928/2～1929/1	1929/5	×無	
常願寺川水路	1931/5～7	1932/8	○有	
十三橋	1929/4～11	1932/1	○有	
41D	1927/12/～28/1	1929/2	×無	
42B	1927/8	1929/12	○有	
108A	1927/9～28/3	1928	×無	

表 4.10 ドイツにおける橋梁用鋼材

種 類	降伏点 (kg/mm^2)	抗張強度 (kg/mm^2)	平均抗張強度 (kg/mm^2)	平均伸張度 (%)
St37	24	37~43	40	26
St48	31	48~58	53	23

(出典：三浦七郎、鋼橋上巻、常盤書房、p.40,昭和 9 年より)

表 4.11 1921(大正 10)年の日本標準規格(旧 JES)の規定

種 類	抗張強度(kg/mm^2)	標準抗張試験片	伸張度(%)
鋼板、形鋼及平鋼	39~47	第一号	厚 9mm 以上・・・21 以上 厚 9mm 未満・・・17 以上
棒鋼	39~47	第二号 第三号	21 以上 25 以上
鉄筋コンクリート用棒鋼	39~52	第二号 第三号	21 以上 25 以上
鋸材	34~41	第二号 第三号	27 以上 34 以上

(出典：三浦七郎、鋼橋上巻、常盤書房、p.42,昭和 9 年より)

参考文献

- 1) 三浦七郎 鋼橋 (上巻)、常盤書房、昭和 7 年
- 2) 新聞記事文庫 鉄道(21-152)、大阪毎日新聞 1927.7.2-1927.7.7(昭和 2)
- 3) 日本橋梁建設協会編、日本の橋 (増訂版)、p.104-105,1994.
- 4) 海野福寿編、技術の社会史 3 西欧技術の移入と明治社会、有斐閣、pp.55-60, 1982.
- 5) HEAD, J, American and English Methods of Manufacturing steel Plates. (including appendix and plate). Proceedings of the ICE, P2936, 1896

4.4 設計計算書の分析結果

(1) 設計計算書の構成

増田淳事務所の立場は、発注者から設計業務を請け負っているが、実務的には発注者の立場で橋梁工事全体を統括する発注者の代理に近い。このため、計画が確定したあとに詳細設計を行なうのではなく、計画段階から関与しており、設計計算書の構成も予備設計、比較設計などの計算書の作成にも関与している。特に十三橋の場合は、予備設計計算書や、比較設計計算書とともに予算に関わる書類も含まれる。尾張大橋では、予算設計計算書が増田淳によって作成されている。構造計算の部分は、全般的には英文の記述が多い。

設計の範囲は、上部工、下部工、親柱、照明などの意匠設計および、架設設計まで行なわれている。設計計算書の種類としては必ずしも用語は統一されていないが、以下の通りである。

- ・ 予算設計々算書
- ・ 比較設計予算書
- ・ 設計々算書（上部工、下部工）
- ・ 応力計算書
- ・ 材料調書
- ・ 鋼材材料表
- ・ 下部工数量計算書

(2) 設計準拠基準

7 橋の設計時期は、それぞれ重複はあるが、昭和 2（1927）年 8 月（42B）から昭和 7（1932）年 11 月（伊勢大橋変更設計）の約 5 ヶ年間である。最初の橋梁の 42B が設計される直前の大正 15（1926）年には「内務省道路構造二関スル細則」が発行されて規定が改定されていることから、いずれもこの細則を準拠基準としている。

7 橋の設計荷重には、基準に規定される一等橋から三等橋に応じて自動車（またはロードローラー）の荷重と、その周りに支間長で低減する分布荷重である「群衆荷重」が採用されている。自動車荷重は、橋軸方向に 1 台、横方向に 4 台とし、1 橋に 1 台載荷している。十三橋では、軌道の車両荷重も採用されている。

(3) 鉄筋コンクリート構造の採用

増田事務所が設計した橋梁は、比較的規模が大きいものが多く、常願寺川水路橋の木床版を除いて鉄筋コンクリート床版が採用された。この鉄筋コンクリート床版は、木床版で被害の多かった関東大震災以後、積極的に採用されるようになった昭和初期の先端的な工法である。

7 橋の設計が行なわれていた時期の昭和 3（1928）年に発行された鷹部屋福平の「架構新論」の序には以下の記述がある。

「…特に震災後の我邦は強剛なる材料と構法とを選ぶ必要を痛切に体験したる結果として鉄筋混凝土構造は最適の材料であり且つ構法であることに到達したかの感がある。」

大正 15 年の細則には鉄筋コンクリート床版設計で有効幅の規定がある。鉄筋コンクリート床版の厚は、いずれも 150mm（美々津）～155mm（尾張）程度で、鉄筋径は 12mm φ、かぶりが 20mm（十三）～25mm（尾張）がとられた。十三橋では、異型鉄筋が採用されている。増田事務所が設計した床版の設計計算は、鉄筋コンクリート床版の比較的初期の事例である。

(4) 構造解析

鉄筋コンクリートの採用とともに、剛結合された鉄筋コンクリート構造のラーメンが採用されるようになったことは、昭和初期における橋梁構造における不静構造の増加をもたらした。このため構造解析において不静定構造が高級理論として構造解析で着目されるようになった。昭和 2（1928）年に発行された鷹部屋福平の「架構新論」もそのような要請に応えるものであった。

19 世紀から 20 世紀初頭までに確立された静定、不静定構造解析の理論をもとに、設計実務としては、手計算で構造解析を行うための効率化の工夫が行われてきた。図式解法もその一例で、鉄道橋で最大断面力を生じる連行荷重の載荷位置の決定や、各種トラスの図式解法もこの一例である。

増田淳事務所はアーチ構造を多く手がけており、設計計算の構造解析では不静定の解析に膨大な時間がかかるために、この設計作業の効率を図ることが設計実務上非常に重要であった。7 橋の設計計算では、計算途中がすべて含まれてはいないが、影響線を求めるまでの部分に多くを費やしている。

7 橋が設計された昭和初期には、不静定構造の解析は、カステリャノの最小仕事の定理により、支点反力を不静定力として選定して影響線を求める方法が鷹部屋福平の「架構新論」によって設計実務で使われるようになった。

増田淳のアーチの構造解析は、仮想仕事 (principle of virtual work) の定理によるもので、当時すでにアーチ構造の解析で使われている。これは、部材に力が作用し変位が生じるときの仕事（力×変位）のつり合い条件に基づいて組み立てられる。すなわち、「外力が作用してつり合っている部材に対して、微小変位を与えたとき、その変位によって生ずる外力の仕事と内力の仕事の和は 0 になる」ということに基づく（この場合の微小変位をもって、仮想変位 (virtual displacement) の方法と呼ばれる）。

方程式は、微小変位に外力を乗じたものの総和＝0 とおいて組み立てることの繰り返しで解析を行っている。美々津、常願寺川、荒川のアーチの場合、ブレース材は軸力部材であり、その微小変形は次式で与えられる。

$$\delta_i = \Sigma \left\{ \int_0^L \frac{N_0 N_i}{EA} dx \right\}$$

δ_i : 微小変位 N_0 : 外力による応力 N_i : 単位力による応力

この外力としては、不静定力の他、単位荷重 ($P=1$) を載荷した式を加えて解くことで、影響線を求めている。したがって、アーチを構成する各部材ごとに、単位荷重 ($P=1$) を

移動させて各載荷ケースごとに、連立方程式を解く繰り返して計算を行っている。繰り返し数は、部算数×単位荷重の載荷ケース（上弦材の格点数）となり、設計計算においては、このような膨大な設計計算の負荷を軽減することは実務上極めて重要であった。計算のメッシュを粗くし（格点を減らし）、補完をしたり、図式解法が多用されたのは、実務的に設計計算の負荷を減らし効率を上げる工夫の一例である。さらに、構造解析の負荷の大きさが、構造計画にも影響を与えた可能性もありうると思われる。

深い谷川の荒川上流部に架かるバランスドアーチの荒川橋では、兩岸の勾配が非対称の地形条件ではあるが、左岸、右岸側の径間長は同じスパンにとり、左岸側には単スパンの桁橋を別途配置する構成としている。これによってアーチ本体のスパン割を対称形にとり構造解析の計算負荷を低減したとの判断の可能性もありうる。増田は、土木学会誌の施工報告論文で、左岸のみに桁橋が配置されたスパン構成について、景観の面から残念であった趣旨のことを述べている（「埼玉県荒川橋の設計及び架設工事」土木学会誌第 17 巻 5 号、昭和 6 年 5 月）。

一方、尾張、伊勢大橋に用いられたランガートラスは、アーチリブは軸力のみで、曲げはすべて補剛トラスで負担する構造で、やはり昭和初期では事例は多くはない。この 2 橋は、後述するように構造が類似しており、設計時期も近かったことから、個々に独立した 2 橋の設計をすべて行なったのではなくシリーズとして設計され共有できる部分を利用して設計作業の軽減が図られている。詳細設計の構造解析では、影響線を求めて載荷しているが、「予算設計」と称される基本設計では、死荷重概算断面力に対する比で活荷重断面力を算出している。また、41D、42D で採用されたトラスの構造解析では、図式解法によって行っている。

参考文献(昭和初期発行の橋梁関係書)

- 中村謙一 近世橋梁学 上巻 大正 15（1926）年発行
- 中村謙一 近世橋梁学 中巻 大正 15（1926）年発行
- 鷹部屋福平 架構新論 昭和 2（1928）年発行

4.5 考察

4.5.1 20 世紀初頭における英米における鋼橋設計実務

国内の図面と対比をするために、20 世紀初頭から前半の国内の鋼橋建設技術に影響を与えたと考えられる 19 世紀末から 20 世紀前半に施工された欧米の鋼橋の図面を調査する。

(1) 図面の種類

欧米における 19 世紀から 20 世紀初頭の鋼橋、その他の鋼構造の図面は、一般図、設計図および、詳細図の 3 種類に分類される。一般図 (General Drawing) は、構造計画の全体を示すもので概要図である。設計図 (Design Drawing) は、これに従って使用材料の特定、数量を把握し、応札準備の積算ができるもので、一般図とあわせて契約図面 (Contract Drawings) となるものである。

詳細図 (Detail Drawings) は、工場での製作手順や、現地での施工手順を反映したより詳細な図面であり、契約後に橋梁会社によって作図される場合が多かった。今日の道路公団や、首都公団の実施設計図に近い。この他の図面では、配置図、応力図、ビームスケッチ、材料リスト、図面リスト、リベットリスト、架設図などがある。

(2) 図面の特徴

1889 年末に完成した総鋼重 50,958 トン、リベット 650 万本を使用したゲルバートラスである。大量な鋼材加工を行った点からすれば、最初の大規模鋼橋の設計、施工事例である。工事を請負った Sir William Arroll によって実際の製作に使用された上弦材格点部の詳細図は、鉛筆書きの青図である。製図手法については線のメリハリはこれより 20 年以上も後の国内の図面よりも少なく、実務的な図面である。鋼板の重ね継手、部材の継手が複雑に入り組んで表現されている。

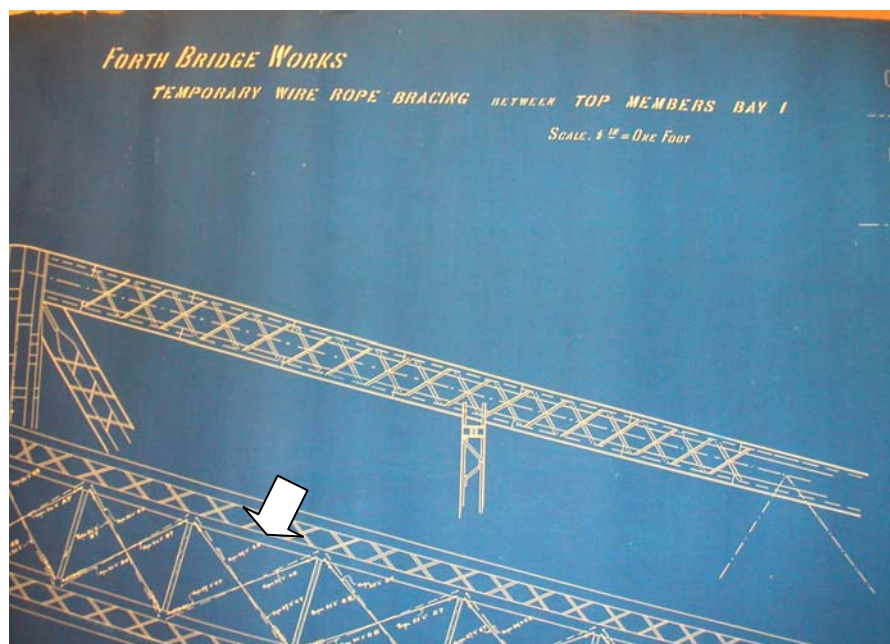


図 4.35 フォース鉄道橋 (1890) 上弦材架設図 (部分) (上弦材の仮ワイヤーブレース)



写真 4.21 フォース鉄道橋 (1890) 主構格点部 (撮影 2003. 9)

図 4.35 は、トラスの張り出し架設後方の最先端部における上弦材の張り出し架設図である。チェーンに代わってワイヤーロープが工事に大規模に使用されるようになったのは、フォース鉄道橋の架設工事からとされているが、この図面でワイヤーが上弦材の仮のブレース材で使用されていることが分かる。

フォース鉄道橋の設計、製作、架設の状況は、この他の架設図、および工事記録関係図書により、ほぼ正確に把握することができる。材料の表記については、20 世紀に入ってから一般化し、今日まで行なわれている部材の近傍に材料の員数、寸法をまとめて記載する方法は、19 世紀末のフォース鉄道橋ではとられていないことが分かる。図面上の材片に、引き出し線で a,b,c...といった記号がふられ、この記号ごとに工作図を作成し材料を拾ったものと考えられる。

19 世紀の鋼橋製作の図面は、鋼板加工の面では技術的に先行していた造船の方式に影響を受け、その製図法に倣っていた。造船では、原寸図がもっとも重要視され、原寸図が伝統的に図面として扱われた。このため設計図は原寸図作成の一資料と考えられ、材料を図面中に員数を含めて記載することはなかった。

1882 年から調査、計画を開始し、設計を経て 80 年代中頃から現地付近の仮設ヤードで製作の開始されたフォース鉄道橋では、この造船の工作法が踏襲されたものと考えられる。設計図をもとに、床書き原寸を作成し、リベット孔を含めて木製のテンプレートに写し取り、その他の製作に必要な情報もテンプレート表面に焼き印字で記録された。

これに対して、フォース鉄道橋より約 30 年後の 1916 年に建設されたアメリカのグレート・ノーザン鉄道のイエローリバー橋の設計図では、すでにアメリカンブリッジ Co. によって始められたとする部材近傍への材料の記述がされている。しかし、ほぼ同時期のドイツの道路橋の設計図では、まだ旧来の通りの表現法で材料の記述はない。

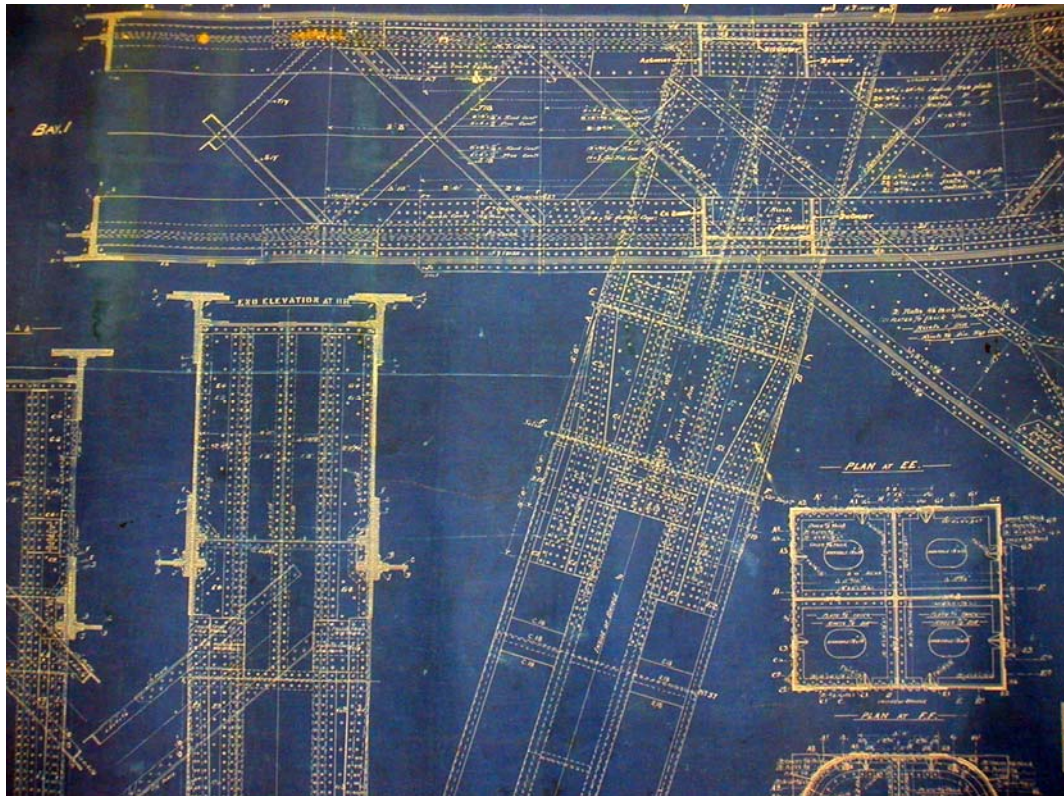


図 4.36 フォース鉄道橋(1890)主構格点詳細図 (部分)

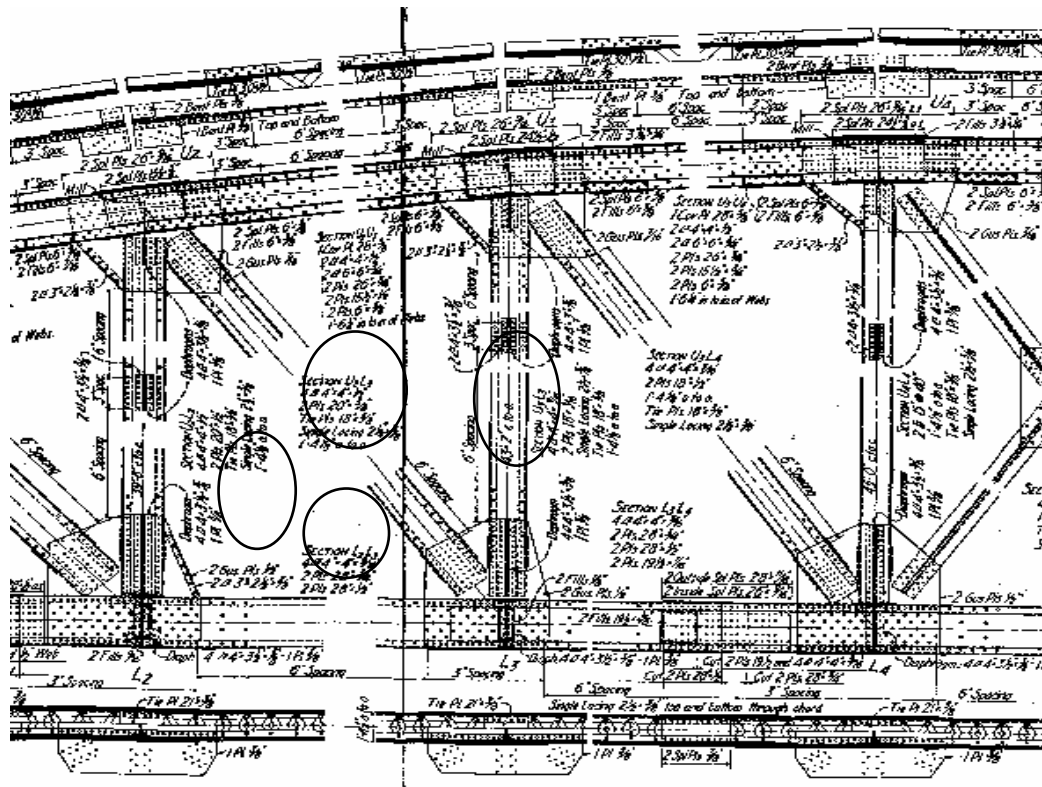


図 4.37 イエローリバー鉄道橋(1916)主構設計図 (米、グレート・ノーザン鉄道)

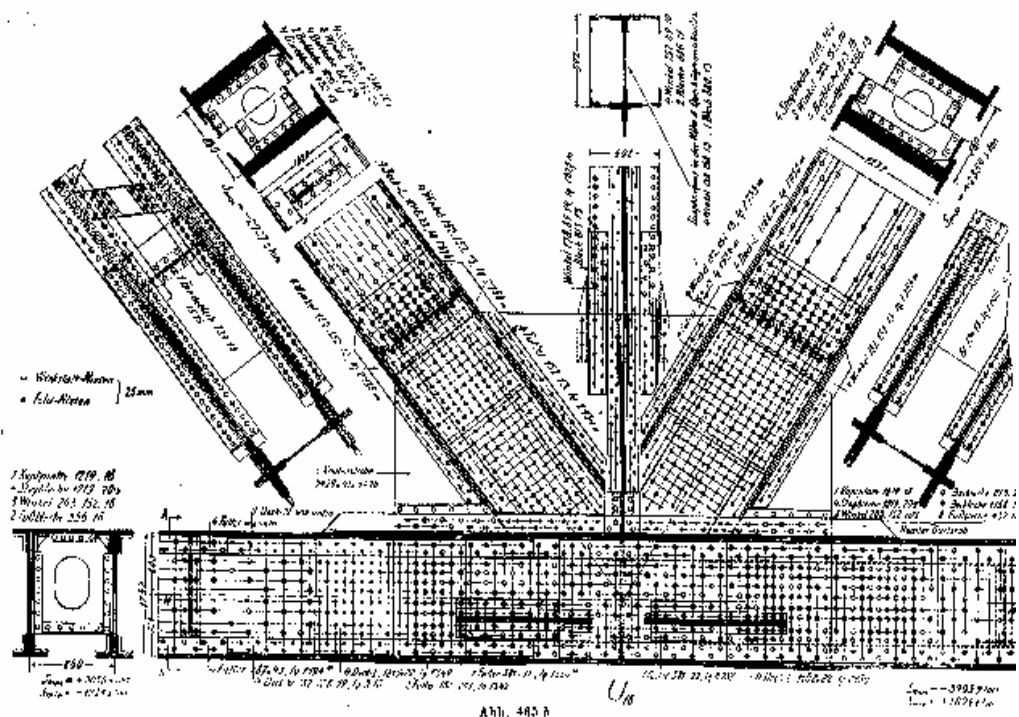


図 4.38 ドイツの道路橋(1921)主構格点設計図

1932 年完成のオーストラリアのシドニーハーバー橋では、イギリスの橋梁技術者のラルフ・フリーマンによってイギリス方式で設計、建設された鋼橋であるが、設計図では、部材近傍へ材料の記述をする方法が採用されている。

以上より、20 世紀初めにアメリカンブリッジ Co.で始められた造船方式から分化をした橋梁独自の表現法は、20 年以上をかけてヨーロッパでも採用される鋼橋図面方式となった流れがあることが推測される。

(3) 図面の表現方法

欧米の橋梁製作会社（ファブリケーター）における設計は、保有している構造形式毎の標準図(Typical Drawings)を参考にして実施されている。この標準図が図面の基準の役割を果たしており、図面表現方法についてもかなり細かな点まで製図者への指示事項としてまとめられていた。20 世紀初頭における設計図面については、アメリカンブリッジ Co（1900 年創業）で実践されていた方式がイギリスを含めて大きな影響をもっていたが、同社での製図者への指示事項をとして以下の記述がある。

「第一寸法線は、図形より5/8 インチ離して引き、第2 寸法線との間隔は5/16 インチとする。」「より重要な寸法や施工上の表示(erection Mark)はより大きく書く。ただし、ペンの一筆の範囲とする。」「材料の寸法を部材近くを書くスペースがない場合は、図面の端に表で示して、図中にその対応を示すこと。」「可能な限り継手部のリベット孔、添接板などは相手側も示して、複数図でチェックが必要ないようにすること。」

(4) 図面の複写

1905 年イギリスで刊行された文献 (Farnsworth, A. W.: Construction Steel Work, Charles Griffin and Co., London) に、20 世紀初頭の鋼橋の製図法が示されている。これによれば、製図には鉛筆によるトレースもかなり普及してきていることがわかる。

19 世紀中頃までは、厚手の図面用紙に直接インキングするのが一般的であったが、19 世紀末以後、最初に鉛筆で書かれた図面を改めてインキングトレースすることが多くなった。実際には鉛筆で小さい detail paper に詳細を描き、それらを集積して、大判のトレーシングクロス (tracing cloth) にインクで写し取る (トレースする) 手順がとられていた。作図の順序としては、一般図を計算の前に描き、次に応力図を描くこととされ、詳細図はこの後に書くとされていた。トレースには良質のリンネル紙 (亜麻のボロを入れた上質紙) を用いることが推奨されていた。

トレースされた図は、ネガ (青図) または、ポジで複写されて使用された。当時すでに青図以外に、白地に青線 (ポジ)、白地に黒線、白地に茶色線で複写が可能であったが、青図 (フェロシアン紙) は、変更などが発生しても修正しにくい点が欠点であったが、もともと安価であり普及していた。実務上は、図面は通常は 2 セットコピーされ、工場に 1 セット、フォアマンに 1 セットが置かれたが、大規模な工事では 3 セットコピーされる場合もあった。

(5) ファブリケーターにおける設計機能と組織

橋梁製作会社の設計機能としては、製作工程の中の一工程として設計、積算、応力シート、一般図、工作図、材料票調製、材料発注を実施することがあった。この設計機能を果たす組織は、アメリカンブリッジ Co. などの大企業の場合は、社内に設計部署を保持していたが、橋梁会社によっては、社外の独立した設計会社と契約をして製図を委託する場合もあった。

アメリカンブリッジ Co. の場合の設計組織は、1915 年にニューヨークで発行された「Structural Steel Drafting and Elementary design」によれば、以下のとおり、大きく分けて設計、製図、積算の 3 つの部門で構成されていた。

積算・設計部門 (Estimate and Design Department)

チーフ設計者 1 名。通常はチーフ積算者と兼ねる場合が多いが、アメリカンブリッジの場合は別々に配置され、この下に、副積算者 (Assistant Estimators)、製図工 (Draftmen)、および数量算定者 (Weight Figures) がいた。このほか、積算の照査者や、機械製図工、建築製図工が配置されることもある。

製図部門 (Drafting or Detailing Department)

チーフ製図者 (Chief Draftman) の下に 7, 8 名の製図工で構成する班が置かれる。製図工の役目は詳細展開、トレース、照査である。照査の場合は班から独立する。

業務部門 (Billing Department)

チーフ算定者 (Chief Biller) の下に副 Biller を置く。業務部門の役目は、材料の算定、

輸送計画、支払で、このほか、青図部門（Blue Print Department）が置かれ、複写を行う。

表 4.12 アメリカンブリッジ Co. の設計組織

設計部門 (Estimate and Design Department)
チーフ設計者 1 名。通常はチーフ積算者と兼ねる場合が多いが、アメリカンブリッジ Co. の場合は別々に配置。この元、副積算者 (Assistant Estimators)、製図工 (Draft man)、および数量算定者 (Weight Figures) がいた。このほか、積算の照査者や、機械製図工、建築製図工が配置されることもある。
製図部門 (Drafting or Detailing Department)
チーフ製図者 (Chief Draft man) の下に 7、8 名の製図工で構成する班が置かれる。製図工の役目は詳細展開、トレース、照査である。照査の場合は班から独立する。
積算部門 (Billing Department)
チーフ算定者 (Chief Biller) の下に副 Biller を置く。業務部門の役目は、材料の算定、輸送計画、支払このほか、青図部門 (Blue Print Department) が置かれ、複写を行う



写真 4.22 橋梁製作工場の製図室（イギリス、1900 年頃）
 (Sir William Arroll & Co. ダルマノック工場(グラスゴウ))(出典:「Bridges, Structural Steel Work, and Mechanical Engineering Productions」, 1907, p. 35)

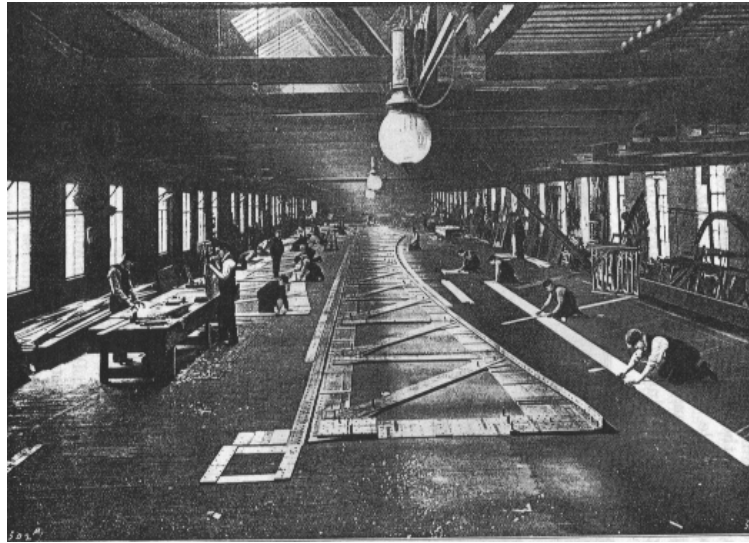


写真 4.23 橋梁製作工場の原寸場（イギリス、1900 年頃）

（Sir William Arroll & Co. ダルマノック工場（グラスゴウ））（出典：「Bridges, Structural Steel Work, and Mechanical Engineering Productions」, 1907, p. 37）

一方、イギリスにおける橋梁会社の Sir William Arroll は、フォース鉄道橋の施工を請負った会社であるが、海外へ鉄桁を輸出する当時のイギリス最大のファブリケーターであった。1909 年に Sir William Arroll 社によってロンドンで発行された「Bridges, Structural Steel Work, and Mechanical Engineering Productions」によれば、概ね組織は、アメリカと同じである。1900 年時点では、製図室には、30 名程度の製図工がおり、ここで製図される工作図に基づいて、原寸場でテンプレートが製作された。

4.5.2 20 世紀初頭における鋼橋建設技術

図面および、製図方法に関する調査を踏まえて、わが国の 20 世紀初頭の鋼橋技術について欧米との比較の視点で考察する。

(1) 20 世紀初頭のアメリカ橋梁への視点

明治末年にあたる 19 世紀末から 20 世紀にかけてわが国では、橋梁形式で鉄道橋のトラス構造主体から、規模の比較的大きなアーチも見られるようになってきたが、アメリカにおいてもこの時期は、橋梁建設のラッシュの時期にあたり、国内橋梁技術はアメリカの橋梁建設に対して高い関心をもっていた。明治から大正にかけての工学会誌、土木学会誌ではアメリカでの橋梁建設の報文がしばしば掲載されており、ここからも、国内橋梁技術のアメリカに対する関心の高さが表れている。

1920(大正 9)年 4 月発行の工学会誌（第 438 巻）では、「米国における大径間を有する橋梁」のタイトルで 1904 年から 1917 年までの間で完成した 21 橋の橋梁を紹介している。増田淳が米国にいた時期は 1907～21 年であるが、この間に 17 橋が完成している。

「…全数の 3/4 は最近 10 年で完成しており、さらにその大部分は最近 5 年に完成している。単純トラスはピン結合、リベット結合ともに近年著しい発達を遂げ、1906 年まではピン結合の最大スパンは、ル

イスビルの 546.5ft であったが、エリザベス St 橋梁(オハイオ)の 586ft に凌駕され、6 年後にはセントルイスの Municipal 橋の 668ft、また 1917 年には、720ft のメトロポリス橋の出現に至った。リベットトラスにては、1907 年に「至るまでの最大スパンの単純トラスは、300ft10in であったが 1908 年には 412ft8in のカナディアン・パシフィック橋がフレンチ川に架設され、1911 年にはカンザスシティのミズリー川に 425ft6.5in が架設された。1919 年に至っては、一躍 50%の増加を見て 643ft10.5in ペンシルバニア橋梁をルイスビルに架設するに至った。引き続き 3 カ年に 3 橋の連続トラスをが竣工したことは、橋梁技術上の一大進歩である。スパン 775ft、2 連の鉄道トラス、ハドソンベイ鉄道のネルソン川橋梁 400ft、ベッセマー・フック鉄道の 520ft 0.5in がこれである。

鉄筋コンクリートにおいてはモンローSt および、Lammmer Av.のほか、現在ミシシッピー川に架設中のスパン 400ft を有するフランクリン Ave 橋梁の如きは注意すべきものなり。」

(2) 20 世紀初頭の国内橋梁技術の傾向

19 世紀初頭にあたる明治末年は、長く続いた鋼トラスの海外からの輸入が国産に移った時期である。明治 44 (1911) 年完成した山陰本線餘部鉄橋は、トレッスル構造がアメリカンブリッジ Co.製の輸入で、上部工の桁が石川島造船所製の国産であった。またこの時期は、トラスが多用された明治年間に比べて、アーチ構造が目立って建設されるようになった時期でもある。この傾向は、復興橋梁で一層顕著になった。

増田事務所が手がけた橋梁形式は吊橋から桁橋まで多岐に亘るが、アーチもトラスに次いで多い構造形式である。増田淳の事務所の設計のうち、トラスが 25 橋に対して、アーチは 15 橋にも上る。増田淳によるアーチの採用には、14 年間にわたる実践を積んだアメリカにおける構造形式の選定の傾向が影響を与えていると考えられる。

アメリカでは、19 世紀後半以降、ヨーロッパに較べるとアーチは比較的少なく、よりトラスが好まれた。桁橋の適用範囲を越える中スパン以上では、鉄道橋を中心に圧倒的にトラスが多かった。しかし 20 世紀に入りこの傾向に変化がでてきた。増田淳の在米時期にアメリカ橋梁界に大きな影響力をもっていた J.A.L.ワデル (J.A.L Waddell:1854 - 1938) は、著書、「Bridge Engineering Volume I,II(1916 発行)」、および「Economics of Bridgeworks(1921 発行)」で、アーチは、構造の剛性が欠けることや、設計計算での部材の応力度の不正確さを欠点としてあげているが、利点として建設の経済性と構造の景観性を強調している。

20 世紀前半を代表する鋼アーチは、欧州ではなく、アメリカにおけるヘルゲイト橋(1912、スパン 298m)、ベイヨン橋 (1931、スパン 503.6m) そしてオーストラリアのシドニーハーバー橋(1932、スパン 503m)という実橋建設をもって示された。このうちニューヨークのヘルゲイト橋は、当時世界最長のアーチ橋で、アメリカにおけるトラスからアーチへの傾向を示す象徴的な出来事といえる。

この橋は、増田淳が在米していた間の 1912 年に着工され、1916 年に完成している。アメリカから帰国した増田が、隅田川の白鬚橋 (1931、ブレースドリブタイドアーチ、スパン 79.6m) を完成させたのは、アンマンの設計のベイヨン橋(1931、ブレースドリブアーチ、503.5m)、フリーマンらの設計したシドニーハーバー橋 (1932、ブレースドリブアーチ、503m) 完成の直前のことである。

表 4.13 世紀初頭の橋梁技術のエポックメイキング

年	橋 名	技術的特筆
1898(明治 30)	永代橋	トラス 67.4m 初の鋼道路橋
1902(明治 34)	石狩川橋 ワデル設計示方書 杉文三標準鋼鉄道橋	最大スパン 60.6m (200ft)
1905(明治 37)	両国橋	橋長 164.5m
1911(明治 44)	餘部鉄橋	橋長 310.6m トレSSLはアメリカンブリッジ製
1912(明治 45)	山家橋 鋼鉄道橋示方書	明治最大規模のアーチ; スパン 81.8m、橋長 164.2m
1913(大正 2)	釜の脇橋梁 四谷見附橋	スパン 90.7m スパン 34m
1914(大正 3)	ハツ山橋	初の 3 主構タイドアーチ、42.5m
1919(大正 8)	岩田橋 道路構造令	板桁; 初の鉄筋コンクリート床版

表 4.14 19～20 世紀にかけての国内主要アーチ橋

年	橋名(所在地、スパン)
明治 31 (1898)	浅草橋 (東京、24.5m)
明治 32 (1899)	新橋 (東京、22.5m)
明治 34 (1901)	京橋 (東京、18.2m)
	江戸橋 (東京、36.4m)
明治 40 (1907)	万年橋 (東京、89.0m)
明治 43 (1910)	鹿乗橋 (愛知、72.7m)
明治 45 (1912)	山家橋 (京都、164.2m)
大正 2 (1912)	本町橋 (大阪、46.5m)
	納屋橋 (愛知、27.3m)
	四谷見附橋 (東京、36.9m)
大正 3 (1912)	呉服橋 (東京、31.8m)
	難波橋 (大阪、182.7m)
	ハツ山橋 (東京、42.0m)
大正 4 (1912)	大正橋 (大阪、90.6m)
	桜橋 (三重、115.0m)

(3) 国内鋼橋へのアメリカ技術の影響

①アメリカからの技術導入に関わった技術者

19 世紀から 20 世紀にかけて、アメリカの橋梁技術の国内への影響は大きい。これらの中で重要な役割を果たしたのが、アメリカの設計会社や、アメリカンブリッジ Co.などの橋梁企業へ勤務して帰国した技術者であったとみることができる。

図面の表記法、設計の実務的な方法などは、直接の経験を通じて体得する部分が多く、アメリカンブリッジ Co.の図面の表記法や、橋梁設計におけるアメリカ方式(American Practice)を国内にもたらしたのは、設計実務をアメリカで経験した技術者であった。1870 年代後半から、1920 年代まで途中の 1890 年代の一時期を除き、常に、アメリカの設計会社や、橋梁会社では実務についていた日本人技術者がいた。

20 世紀初めのアメリカンブリッジ Co.には、同時期に数名の日本人技術者が在籍していたこともあった。帰国後これらの技術者が、アメリカの橋梁技術の実務を通じて導入し、20 世紀初頭のわが国の技術向上に貢献したと考えられる。

国内におけるアーチ形式の増加についても、アメリカでの構造形式選定の傾向を実務を通じて学んだ増田淳を始めとする帰国者による影響も大きいと考えられる。

一方、明治 15 年から 5 年間に在日して初期の日本人橋梁技術を育成したワデルは、帰国後もアメリカの技術の日本国内への導入に貢献している。ワデルは、帰国後、アメリカの橋梁分野で大きな影響力をもつ立場となり、渡米した日本人橋梁技術者に対して少なからず影響を与えた。

②アメリカの橋梁技術に対する見方

アメリカの橋梁会社は、20 世紀に入り、アメリカンブリッジ Co.として再編された。アメリカ橋梁市場の 90%のシェアを持っていたキーストン橋梁会社始め 27 社を JP モルガン&Co.が統合して、1900 年に新たに発足した会社がアメリカンブリッジ Co.である。

表 - 4. 15 19 世紀～20 世紀にかけてアメリカに滞在した主な橋梁技術者（太線：在米期間）

氏 名(生年-没年)	1850s	60s	70s	80s	90s	1900s	1910s	1920s	1930s	1940s	滞米期間	滞在先
原口要 (1851-1927)	51								1927		1875～80	ペンシルバニア
二見鏡三郎 (1856-1931)	56								1931		1879～?	アトランティック・パシフィック鉄道
広井勇 (1862-1928)	62								1928		1883～89	Edgemore Bridge
樺島正義 (1878-1949)			78							1949	1901～06	アメリカブリッジ、ワデル他
関場茂樹 (1876-1942)			76							1942	1903～08	アメリカブリッジ
増田享 (1883-1947)				83						1947	1907～21	ベリック他
JAL Waddell (1854-1938)									1938		1882～86(滞日)	東京大学

20 世紀初頭以降、アメリカ国内のほとんどの大規模橋梁は、アメリカンブリッジ Co.が関係し、日本を含む海外へも橋桁を輸出していた。

橋梁の建設が盛んに実施された 20 世紀初頭のアメリカに対するわが国橋梁界の見方は、積極的に手本としてその技術を取り入れる対象であった。工業の中心がイギリスからアメリカに移行する多くの 2 次産業の中で共通することであった。アメリカ橋梁技術に対する日本の橋梁界の見方を示すものとして、1920(大正 9)年 4 月発行の工学会誌（第 438 巻）、報文「米国における大径間を有する橋梁」がある。この中で 1904 年から 1917 年までの活

発な長大橋梁建設が行なわれていることが紹介されている。

③日本式の橋梁図面の確立

ワデルは、橋梁図面についても実務的な面からの指摘をしている。20 世紀初頭のアメリカにおける橋梁設計は、コンサルタントによってその詳細のレベルがかなり異なっていた。製作工場の **shop drawings, working drawings** まで踏み込んで細部まで指示する設計をする場合と、主要な寸法、リベット数まで示すが、その配置の寸法は示さず製作工場の決定に委ねる設計(**general detail drawings**)があった。

ワデルが自らの設計事務所の活動で一貫して採用したのが後者の方法で、コンサルタントの設計では、**shop drawings** に踏み込む作図は、厳に慎むべきことと主張している。この場合、製作会社が設計図に従って詳細図、工作図 **working drawings** を作成し、コンサルタントの承認を得る手続きが取られていた。すなわち、エンジニアのアシスタントは、設計図が指示した内容を詳細図で反映させているか、ミスがないかを照査する義務と権限を負っていた。

この方法によれば、それぞれの製作工場独自の工作方法に適した構造詳細を選定することができることの利点をワデルはあげている。加えて、この方法では、コンサルタントの事務処理能力が拡大することもワデルは指摘しており、詳細設計図まで作成する前者の方法に比べると、3 倍の設計量をこなせると述べている。

アメリカでの設計実務を経験した日本人技術者は、アメリカにおける橋梁図面の種類には精通していたはずであるが、帰国後、国内で実践したのは、アメリカにおける複数の方式をそのまま導入するのではなく、前者の製作まで実施できる詳細設計図を選択したことは注目すべき点である。ワデルの主張する橋梁企業や製作工場独自の工作法に従った詳細設計を企業にゆだねるのではなく、発注者が自ら設計を行い、契約図書として支給する方法である。

これは明治初年以來の官主導による工業化という国内の状況に適合しているとの判断から、計画はもちろん、設計、製作、架設までも発注者、すなわち設計者が詳細設計で示す方式を選択的に導入したと考えることができる。今日においても日本の鋼橋図面は、施工図並みの図面で発注される方式が主流であり、施工者の選択範囲が広がる各種のバリエーションはあるが、基本的な部分は、20 世紀初頭におけるアメリカからの選択的な導入以降変わっていない。

国内の図面は、欧米の設計図と詳細図の両方の役割をもつ多目性をもっており、この特徴は契約や事業執行方式、コンサルタントの性格などが欧米とは異なるわが国の建設実務のあり方とも相互に関係している。

(4) 20 世紀初頭の鋼アーチの傾向と増田事務所

わが国における橋梁設計技術者は、20 世紀初頭に限らず、近代技術の導入以来、主として発注者のインハウスエンジニアであった。詳細設計を契約図書の一部として支給する形式の発注形態の建前からは、常に設計は発注者側が設計するものであった。このような中であって増田淳事務所の設計者としての活動は異例であった)。ここでは、増田淳事務所の橋梁設計事務所としての役割を通して、20 世紀初頭における橋梁設計者についての考察を

加える。

①増田事務所の設計技術力

増田事務所が手がけた橋梁形式は吊橋から桁橋まで多岐に亘るが、アーチもトラス構造に次いで多い構造形式である。この理由としては、増田が技術者としての実践を積んだアメリカにおける構造形式の傾向の影響があると考えられる。

増田淳が設計の実践を積んだアメリカでは、19世紀後半以降、アーチは、ヨーロッパに較べると比較的少なく、よりトラスが好まれ、桁橋の適用範囲を越える中スパン以上では、鉄道橋を中心に圧倒的にトラスが多かった。しかし20世紀に入りこの傾向に変化がでてきた。増田が滞米時期にアメリカ橋梁界に大きな影響力をもっていたJ A L.ワデル(1854 - 1938)は、著書、「Bridge Engineering(1916)」および、「Economics of Bridgeworks(1921)」で、アーチの欠点としては、構造の剛性が欠けることや、設計計算での部材の応力度の不正確さをあげているが、利点としては建設の経済性と構造の景観性を強調している。

20世紀前半を代表する鋼アーチは、アーチの老舗の欧州ではなく、アメリカにおけるヘルゲイト橋(1912年完成、スパン298m)、ベイヨン橋(1931年完成、スパン503.6m)そしてオーストラリアのシドニーハーバー橋(1932年完成、スパン503m)という実橋建設をもって示された。このうちニューヨークのヘルゲイト橋は、当時世界最長のアーチ橋で、アメリカにおけるトラスからアーチへの傾向を示す象徴的な出来事といえる。この橋は、増田の渡米5年後の1912年に着工され、1916年に完成している。アメリカから帰国した増田が、隅田川の白髭橋(スパン80m)を完成させたのは、ベイヨン橋、シドニーハーバー橋完成の1~2年前のことである。

増田事務所の扱った設計件数は20年間で80橋に上り、ほとんどが大規模な橋の設計を手がけている。これらの設計は、上部工だけでなく、下部工も含み、また、メタルだけでなくコンクリートもある。構造形式は多様である。加えて架設図も含まれる。このような条件で、年間4橋のペースで設計をこなすことは並大抵ではない。事務所の設計能力、製図能力は、今日の常識からみても、桁はずれた設計処理能力といえる。

工法についても、先端的な技術の導入に積極的であり、基礎工法でのニューマチックケーソン工法、新架橋41Dの下部工の施工の仮締切りでの鉄矢板(テル・ルージュ)、十三橋での、鉄筋コンクリート床版でのアメリカTruscon Steel社の異型鉄筋の使用、美々津橋での、鉄筋コンクリート杭の採用などが上げられる。これらの技術情報は、増田滞米中の人脈(下記のb)によるものと思われる。

増田淳事務所の設計処理能力を支えた最大の要素は、陣田をはじめとした経験のあるスタッフの存在に加えて、以下の点があったものと考えられる。

- a)アメリカでの経験の体系化・資料化、特に設計事例の体系的な入手・整備
- b)帰国後のアメリカ橋梁界とのパイプによる情報入手
- c)事務所外部からの人的支援

このうち特にa)が増田事務所の設計力のポイントではないかと考えられる。増田が滞米中から帰国後の設計事務所開設を考えていたのであれば、当然ながら設計事例の収集に熱心であったはずである。これは設計実務において、過去の設計事例の蓄積は不可欠である

ことをアメリカでの設計実務経験より熟知していたからである。今日でも設計作業は、過去の類似事例を参考として図面を書き起こすことが一般的に行われている。これは増田淳が大学で師事し 1880 年代にアメリカで橋梁設計実務の経験のある広井勇の著書である「Plate-Girder Construction」,1888,NY) の中でも述べられている。

「ほとんどの設計事務所において、プレートガーダーの図面の蓄積は、多くの製図者にとって、それらの設計が正しいかどうかには拘らず、通常は新しい橋を「設計」するための情報源である・・・」(The abundance of plate-girder drawing in almost every engineering office, no matter whether their design are correct or not, has usually been a source to many draftsmen to “design” a new girder, and -----)

また、当時の設計・製作の手順を詳述したイギリスの橋梁会社 Sir William Arroll の発行した「Bridges, Structural Steel Work, and Mechanical Engineering Productions」にも過去の設計事例を資料化、カタログ化するという同種の記述がある。実績のレファレンス化は、当時の欧米の設計事務所では一般的に行われていた。発見された増田淳事務所の図面の中に、他の設計事務所による図面が含まれるが、レファレンスとして使用されたものと考えられる。

例えば、構造が類似している伊勢大橋、尾張大橋、木曽川大橋は、それぞれ先例を設計資料化し参考にして設計を行っていることが伺われる。設計計算書、設計図の日付によって尾張大橋の予算設計、予備設計をそれぞれ 1 ヶ月程度で終了し、上部工の詳細設計もほぼ 1 ヶ月で終了していることが分かる。これに対して伊勢大橋は、尾張大橋の直後に設計を実施しており、尾張大橋の設計図面は、伊勢大橋の図面を参照しながら作成されたことが設計図面、計算書に記入された年月日により分かる。製図者はいずれも図面のサインから稲葉によることも分かる。

表 4.16 尾張、伊勢、木曽川大橋の設計時期・期間

橋 名	尾張大橋	伊勢大橋	木曽川大橋
予算設計	1929.11/3-12/.2		
予備設計	1930 2/3-2/15	1930 2/12-2/17	1933 5/19-5/29
詳細設計(上部工)	1930 5/2~6/3	1930 6/19-7/5	1933 6/3-8/20

b)のように帰国後もアメリカ橋梁関係者との人脈を維持し、橋梁設計に関する情報入手していたことも考えられる。すなわち、設計を業務として実施するには、過去の設計例は不可欠であることから、自らの実績とともに、他の事務所の設計例も体系的に整備していたものと考えられる。

c)の事務所外部からの人的支援もありえたと思われる。増田事務所は自治体の嘱託という立場で、特定の地域で集中的に設計を実施している。このことから、当該自治体から人的支援を受けたことは考えうる。これを窺わせるものとして、前述の鋼構造協会誌 JSSC の座談会記事「わが国のれい明期における鉄橋 (続) (1982.2)」に、当時東京府勤務の鈴木俊男氏の次の発言がある。

「増田さんの事務所が五反田の坂の途中にありましてね。私ども、尾崎さんに引っ張りだされて手伝いに、昔若いころ行ったことあるんです。そこでやっぱり図面を大事にされていて……（後略）」

②増田事務所の設計者としての立場

増田が開設した設計事務所は、当時のアメリカの設計事務所や、イギリスのコンサルタント会社の活動に似ていることから、国内におけるコンサルタント会社の嚆矢と指摘されることがある。しかし、欧米のような3者、すなわち、発注者、請負者、そしてインディペンデントエンジニアの関係におけるコンサルタントは、当時の日本には存在しなかった。したがって、当時の増田事務所を必ずしもコンサルタントエンジニア事務所の嚆矢と言い切ることは適当ではない。橋梁建設事業において、国内では、甲・乙2者の契約関係であって設計は発注者の役割であり、これをインハウスエンジニアが果たしている。このため、増田事務所は、インハウスエンジニアの代行を果たしたと考えるのが妥当であると考えられる。実際にも増田淳は、インハウスエンジニア層が薄かった全国の自治体で、嘱託技師として発注者側の立場で設計をしている。

参考文献

- 1) 福井次郎、設計技術者・増田淳の足跡、土木史研究論文集、pp.165-175, 2004
- 2) 五十畑弘、増田事務所で描かれた図面と20世紀初頭の橋梁技術、2003年土木学会全国大会の研究討論会「幻の橋梁エンジニア・増田淳再発見」配布資料（平成15年9月24日）。
- 3) 藤森照信、近代日本における建築設計図面史料の研究、文部省科学研究費補助金研究成果報告書、1988-1990
- 4) 国内外の建築アーカイブの現状ー建築アーカイブネットワーク構築に向けてー、(社)日本建築学会、2004.
- 5) 近代建築資料総合調査特別調査委員会報告書、(社)日本建築学会、2004.
- 6) 「座談会 わが国のれい明における鉄橋(続) (JSSC, 鋼構造協会、Vol.18, No.189, p.21, 1982)
- 7) 『横河橋梁八十年史』、(株)横河橋梁製作所、p.92,95,1987.
- 8) A. Stevenson Biggert, Wire-Ropes, Minutes of Proceedings, Part3, Volume 101, Session 1889-1890, Institution of Civil Engineers, p.231, 1890.
- 9) William Westhofen, The Forth Bridge, Moubray House Publishing, ,p.34-64, 1989.(Reprint from 1890version)
- 10) 設計計算結果の断面構成（板幅×板厚）のみの記述で、部材長さを含む材料寸法のための記述はない（図-13）。
- 11) Coklin, Chas. D, Structural Steel Drafting and Elementary design, John Wiley and Sons, New York, p.126, 1915.
- 12) Farnsworth, A. W., Construction Steel Work, Charles Griffin and Co., London, p.1394 ,1905.

- 13) Bridges, Structural Steel Work, and Mechanical Engineering Productions, Sir William Arroll & Co, Published for Private Circulation by “Engineering” LTD., London, p.30-42, 1907.
- 14) J.A.L.Waddell, Bridge Engineering, Volume II, p.1379-80,1916.
- 15) J.A.L.Waddell, Bridge Engineering , Volume I, p.617-646, 1916.
- 16) J.A.L.Waddell, Economics of Bridgework, p.232-249, 1921.
- 17) 「米国における大径間を有する橋梁」、工学会誌,第 438 巻、1920(大正 9)年 4 月)
- 18)) Isami Hiroi, Plate-Girder Construction, D.Van Norsfraud, Publisher, p.3, 1888.