

1. はじめに

土木分野では、近代土木遺産の評価、保存の動きが 1990 年代から始まった。土木学会は 1993 年から 95 年に土木構造物としては、国内初の「近代化土木遺産全国調査」を実施した。さらに 1996 年から 98 年に実施された「重要度の高い近代土木構造物の技術的、意匠的、系譜的评价」をもとに、「日本の近代土木遺産・現存する重要な土木構造物 2000 選」を 2001 年発刊し、以後改訂してきた。しかし、これらの評価された近代土木構造物も老朽化もあって、撤去されるものも多く、今後の経年によりさらにその数は増加するものと思われる。構造物の撤去は同時に関係資料の散逸、破棄にもつながり、現物だけではなく近代土木技術の重要な史料が失われることも懸念される。今後土木構造物のストックの増加に伴って、歴史的土木構造物の補修、補強などの需要が高まることが予測されるが、現物の保存とともに、図面を中心とする関連資料についても保存・整備を進めることが極めて重要である。

歴史的土木構造物の保全に関し、鋼橋については、土木学会の委員会（歴史的鋼橋小委員会）において 2003 年度より開始し、2006 年 11 月に「歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル」が土木学会より発刊された。また、2006 年 7 月より、鋼構造、コンクリート、地盤、石造など全分野の土木構造物を対象として土木遺産の保全技術に関する活動が開始された（「土木遺産保全技術連合小委員会」）。

土木図面は、近代土木技術の関連資料の中でもその史料性からとりわけ重要な位置を占める。しかし、現存する歴史的土木構造物でも、図面が残されている例は必ずしも多くはない。建築分野では、近代建築の保存・活用とともに、史料としての図面に関する研究やアーカイブ整備の面からの建築関連資料の調査が進められ、近代建築物の図面収集保管についても積極的に進められている。

図面は他の図書と異なり、公開を意図したものではなくその存在については、実態がよく把握されていないのが現状である。これらの関連資料は時間の経過とともに失われる可能性が高く早急に着手する必要がある。土木分野では、図面を史料対象として扱い積極的に評価する面では遅れているが、図面を含む関連資料に関する調査・研究は、歴史的土木構造物の保全と一体不離の課題であり、かつとりわけ緊急性の高いテーマである。

欧米ではアーカイブ整備の一環としての土木図面の保存、閲覧が進んでいる。国内においてもとくに近年、デジタル技術の発展にともなって、絵画、絵図、地図、写真などの画像を史料として解説する研究が広がりを見せている。

本調査・研究では、歴史的近代土木構造物として事例が最も多い鋼橋を対象として設計図面を対象とした。土木分野において、図面や設計計算書を史料の対象として行った調査としては、初めてのものであり、歴史的近代土木構造物関連資料に関する基礎的な調査・研究に位置づけられる。今後、本調査をきっかけに、土木分野のアーカイブ調査がさらに拡大することを期待する。

なお、本研究は、土木学会図書館委員会と鋼橋技術研究会の関係部会で、実施したもので、平成 18、19 年度の文科省研究助成を受けて実施した。

2. 研究の背景

歴史的土木構造物に関する資料として、その構造物の計画、設計の段階で作成され、施工に使用された図面は、土木史研究における一次史料として重要である。しかし、現存するほとんどの歴史的鋼橋で、図面が残されている例はまれであり、土木史料としての図面の活用は限られている。これは鋼橋以外の分野の土木図面でも、概ね同じ状況にある。

土木図面が史料として収集、整備されてこなかったことは、一般の図書、文献などの資料に対して、寸法、形態が異なることによる物理的な制約や、契約図書であることによる非公開性など文書の性格の違いもあるが、基本的なこととして、図面そのものに対する史料価値の評価が、これまで必ずしも十分にされてこなかったことがあると考えられる。このことは図面の史料性に着目した既往の調査・研究が限られていることにも表れている。

2002年に土木研究所において、20世紀前半の橋梁設計技術者、増田淳(1883-1947)の図面1,300枚および、設計計算書等10,000ページが発見されたことは、図面の史料としての分析、史料価値に関する調査、研究へのひとつのきっかけを与え、2003年土木学会全国大会の研究討論会では、橋梁技術者としての増田淳、および戦前日本の橋梁技術が取り上げられ、この中で図面の史料性も論じられた。

増田淳は、1907年から1921年まで14年間に亘るアメリカでの設計実務を経た後、1922(大正11)年に帰国し、設計事務所を開設した。以後、1940年代初めまでのおよそ20年間に、約80橋の設計を手がけている。これらの中には、長六橋(1924設計、アーチ、熊本)、白鬚橋(1927設計、アーチ、東京)、吉野川橋(1926設計、トラス、徳島)、常盤橋(1928設計、トラス、岡山)、十三大橋(1929設計、アーチ、大阪)、阿武隈橋(1929設計、トラス、宮城)、尾張大橋(1930設計、ランガー、愛知)、伊勢大橋(1930設計、ランガー、三重)といった20世紀前半の代表的な鋼橋が含まれる。

建築分野での図面調査に関する調査は土木分野より進んでおり、1990年には、文部省科学研究費補助金研究として、東京大学の藤森照信氏により「近代日本における建築設計図面史料の研究」が3カ年の研究成果としてまとめられている。建築学会では、2000年度に国立科学博物館より「わが国の建築技術発達に関する資料の所在確認調査」の研究委託を受けたのをきっかけに、「近代建築資料総合調査特別委員会」を設置し、建築アーカイブネットワーク構築に向けて海外を含む図面など保存の調査・研究を史料としての図面に関する研究やアーカイブ整備の面から実施した。

図面の本来的な役割は、特定の構造物に関する計画、設計、建設の各過程における土木行為に対する情報提供である。既設構造物の蓄積も少なく、建設に比べて完成後の維持、補修への認識が高くはなかった時代にあつては、建設が終了すれば、図面はその役割を終了し資料の価値は消滅したとされ、一定期間の保管を経て廃棄されることが一般的であった。この傾向は設計図書の電子納品の進む現在においても続いている。

しかし、図面は、特定の構造物の計画、設計の考え方を表現し、実際に製作、架設された構造物や工法を示すものであることに留まらず、他の関連資料と併せて、図面が製作された時期の設計・施工技術、更には設計実務、体制などに関する手がかりを与える一次情報となる。これは、特定の構造物の計画、設計、施工、維持といった土木行為のための情報提供の役割を越えて、土木史研究における史料として一般性をもつことを意味する。

本調査研究では、20世紀初めの大正から昭和初期の時期に作成された鋼橋の図面を対象

として取り上げ、土木史研究における図面の史料性について実証的な検証を行うものである。橋梁は歴史的土木構造物の中でも件数も多いことから、土木構造物全体のサンプル的意味合いをもつ。国内の橋梁としては、増田淳事務所の作成した鋼橋図面を対象とし、これとともに欧米における同時期の鋼橋図面についても調査を行なう。

調査結果に基づいて、図面の面から大正、昭和初期におけるわが国の鋼橋技術への欧米の影響および、鋼橋建設の特徴、位置づけについて考察を試みる。これをもって、図面の土木史料としての価値の存在を明らかにする。

土木図面が史料として収集、整備されてこなかった要因としてもっとも基本的な問題は、図面そのものの土木史研究における史料価値への認識であるが、同時に、一般の図書、文献などの資料に対して、寸法、形態が異なることによる物理的な制約や、契約図書であることによる非公開性など文書の性格の違いもある。このことから本調査研究では、図面の史料性を明らかにするとともに、土木図面の保管・管理の状況についても調査を実施をする。土木図面が史料として収集、整備されてこなかった具体的要因としては以下のものが考えられる。

- ・ 一般図書とサイズ、形態（筒で巻き保管）などが異なることから、収納スペース、閲覧方法など、物理的な制約があるため。
- ・ 収集した後の保管とともに、修復などの技術、予算の制約があること。
- ・ 工事図面は、契約図書の一部で、契約当事者間のみ保有する非公開であることにより図書化された場合を除き、収集ルートはなく、定常的入手は困難性であること。
- ・ 社会資産以前に施主の資産、保有者の権利の意識が強いこと。
- ・ 図面そのものに対する資料価値の認識が、他の資料ほど一般化していないこと。

これらの理由のうち、収納の物理的理由、設備の問題、修復技術などは、デジタル化などの方策で将来的には対応は可能である。また、図面が図書とその性格が最もことなる点であるが、図面と同様に網羅的、定常的に収集する必要があるか、さらには収集の必要性についても検討を行い、図面の性格に適合した保管・整備の検討が求められる。

3. 研究目的と方法

3. 1 研究の目的

図面は、土木構造物の建設までの手段であり、建設が完成すれば、その意味は少なくなると考えられる。しかし、建設における考え方、その他図面が作成された当時の技術的背景が図面から読み取ることができる史料性をもつ。本研究では、増田淳図面を対象として、鋼橋技術史における図面の史料性に関する検証を行う。

すなわち、本研究の目的は土木図面の史料価値を、鋼橋図面の調査を通じて実践的に明らかにすることである。本調査研究では、以下の2点を目的とする。

第1は、鋼橋図面の史料性に関する実証的な研究である。2000年に発見された増田淳の鋼橋図面は膨大である。土木研究所から土木図書館へコピーの寄贈がされたが、その後の調査は進んでいない。鋼橋の専門家の視点で、図面、計算書の内容を分析することで、図面のもつ史料性を明らかにする。分析の中で比較検討の必要性に応じて、一部欧米における同時期の鋼橋図面についての調査も行なうこととする。具体的には、次項で示す増田淳事務所の実施した主要な橋梁図面、設計計算書を対象として分析を行う。この過程で欧米の鋼橋図面や、鋼橋図面の成立に影響を与えた他分野の図面と比較を行い昭和初期のわが国の鋼橋技術に対する欧米の影響とわが国の橋梁技術の特徴について明らかにする。

第2は、国内外において、鋼橋図面が資料としてどのような保管管理をされているか、その実態を調査する。企業、図書館、資料館などにおける図面の保管管理、利用状況の調査を通じて、図面史料性に対する現在の認識を把握する。

3. 2 研究の方法

3.2.1 図面分析

1) 調査対象の決定

調査対象全体は、増田淳事務所で設計製図を行なった構造物86件（1600枚の設計図、および設計計算書10,000ページ）のうち、現橋との対比が可能である現存する主要橋梁7橋とする。

表 3.1 調査対象

番号	橋名（旧名、所在地）	設計/竣工	構造等
1	41D,42B,108A(復興橋（東富、新扇、西堅川）、東京)	1927,8 /1927	トラス/トラスゲルバ [®] -桁、鋼矢板
2	荒川橋（埼玉)	1928/1929	上路アーチ
3	常願寺川水路橋（千寿橋、富山)	1931/1931	下路アーチ
4	尾張大橋（旧木曾川橋、愛知)	1930/1933	ランガー、歩道添架、ニューマチックケーン
5	伊勢大橋（旧揖斐長良橋、三重)	1930/1934	ランガー、歩道添架、ニューマチックケーン
6	十三大橋（大阪)	1929/1931	下路アーチ、ニューマチックケーン
7	美々津橋（宮崎)	1932/1932	上路アーチ、ニューマチックケーン、コンクリート杭

2) 調査の着目点

各橋梁は以下の点を含んで調査分析を行う。

(1) 図面、設計計算書の構成を把握する。

全体の構成を把握し、準拠する基準、設計方法、参考資料なども明らかにする。

(2) 図面の表現方法

- －現在の表現方法と対比
- －現橋と対比
- －欧米の同時代の橋梁図面との対比

(3) 設計時期、設計者、製図者

(4) 施工管理への関与

(5) その他現在の設計図、計算書と対比した違い

3.2.2 図面保管管理

1) 調査対象の選定

以下の組織の調査対象候補の中から一部を選定し、調査（所在地、担当者他）対象とする。

(1) 大学

旧帝大（東京大学、京都大学、東北大学、九州大学、北海道大学、大阪大学、名古屋大学）および歴史の古い工学系私立大学の図書館、資料館等。

(2) 公共図書館

国立国会図書館、東京都中央図書館ほか各道府県立図書館、市立等の公立図書館等。

(3) 専門図書館

土木学会、建築学会、機械学会、造船学会などの学会および、建設産業図書館他、主要図書館等。

(4) 政府機関、特殊法人他

国土交通省、土木研究所、道路公団、本四公団、首都公団、JR 総研他。

(5) 地方公共団体

主要な都道府県市町村橋梁管理部門、教育委員会。

(6) 企業

主要橋梁メーカー、ゼネコン、建設コンサルタンツ。

(7) 博物館

科学博物館他の博物館等。

2) 調査作業の準備

(1) 調査票の作成

保管橋梁図面の有無、保管対象、保管状況、公開（閲覧）の可否など図面史料の保存状況を把握できる調査項目を網羅した調査票を作成する。調査はこの調査票に従って実施する。

(2) 調査方法

調査方法は①実地調査、②アンケート調査、③ウェブ調査などによるが、それぞれの調

査対象ごとに単一または複数の調査方法を確定する。

(3) 調査準備

それぞれの調査方法、対象先に応じて、調査依頼状、アンケート票、訪問依頼書などの作成をし、調査担当者を決定するなどの具体的調査実施の準備を行う。

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) 十三大橋

十三大橋は大阪府の国道176号が淀川を越えて淀川区と北区を繋ぐ場所に架かる。1932(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、右岸側にゲルバー板桁、左岸側に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。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号が木曾川を渡る箇所に架かる。竣工時は木曾川大橋と呼ばれ図面等は木曾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) 美々津大橋

美々津大橋は、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。完成時は地名をとり千寿橋と呼ばれ設計図書もこの名称による。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 十三大橋諸元

橋名	十三大橋
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 十三大橋 (撮影 : 2007 年 8 月)

表 4.2 尾張大橋

橋名	尾張大橋(木曾川大橋)
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(木曾川大橋)(撮影:2007年8月)

表 4.3 伊勢大橋

橋名	伊勢大橋(揖斐・長良大橋)
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・長良大橋) (撮影: 2007年8月)

表 4.4 美々津大橋

橋名	美々津大橋
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 美々津大橋（撮影：2007年7月）

表 4.5 常願寺大橋

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(工事用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 常成願寺川水路橋（撮影：2007年11月）

表 4.6 荒川大橋

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ロードローラー
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ブバランスドアーチ
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）年に完成した十三大橋の図面の構成を、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、十三大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 十三大橋(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-1、2、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 十三大橋(1929)主構詳細図(部分)

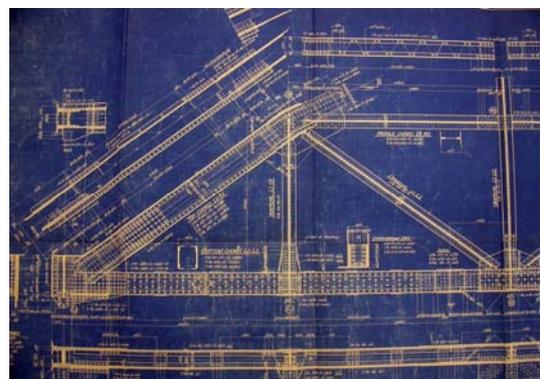


図 4.2 伊勢大橋(1930)主構詳細図(部分)

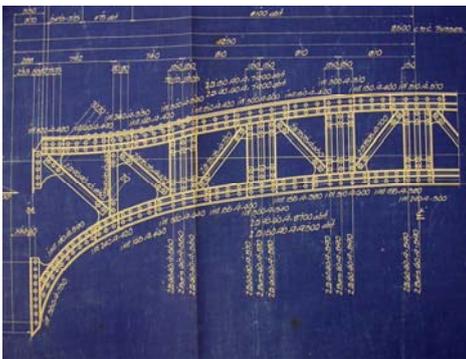


図 4.3 尾張大橋ポータル詳細図(部分)

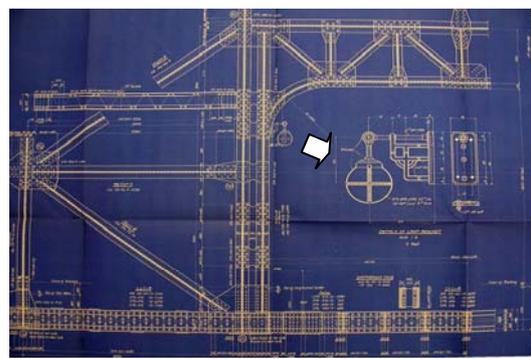


図 4.4 伊勢大橋主構詳細に描かれた照明

(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。十三大橋、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。通常構造図に付属品を描きこむことは珍しく、今日では主構造と沓、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。

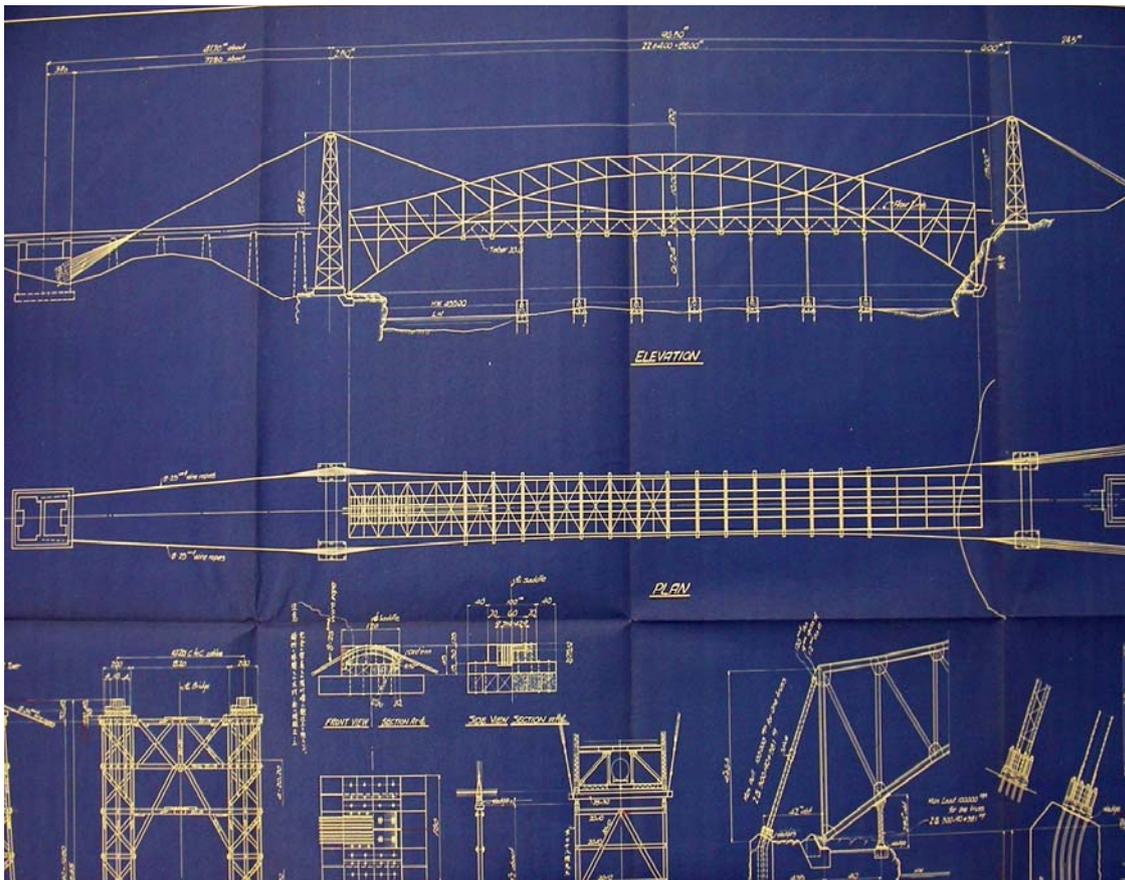


図 4.5 架設一般図 常願寺川水路橋(千寿橋)

(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-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-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-9）⁸⁾。ここにも設計者（製図者）は、発注者の代理として、施工までも所掌する技術総括者の立場にあることが読み取れる。

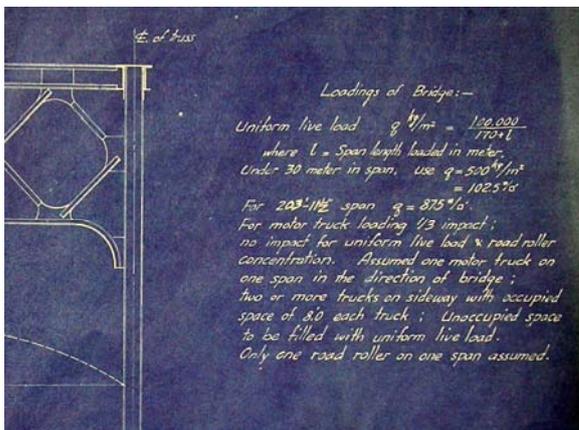


図 4.7 吉野川橋(1926)図面での設計荷重の記述
道路構造令細則(案)の2等橋設計荷重(英文)

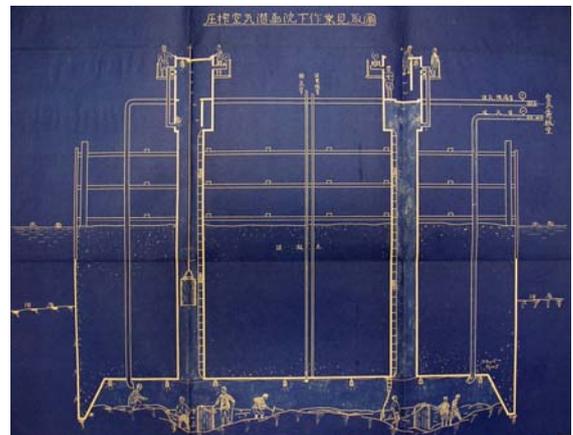


図 4.8 十三大橋潜函沈下作業図

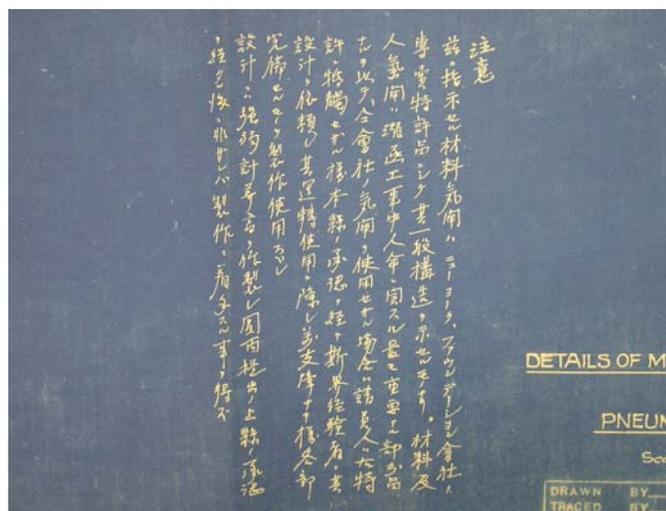


図 4.9 伊勢大橋の図面に記された「注意」

(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つ 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)

「アメリカン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 るとおり、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列挙する。

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、バカ孔ではなく 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。

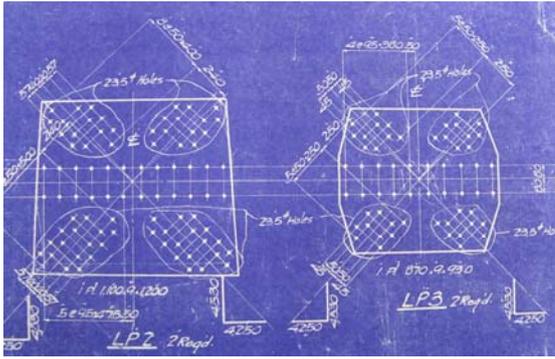


図 4.10 ラテラルのガセット

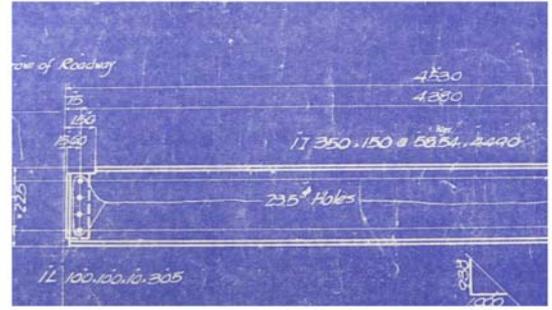


図 4.11 縦桁の取り合いリベット孔は 23.5

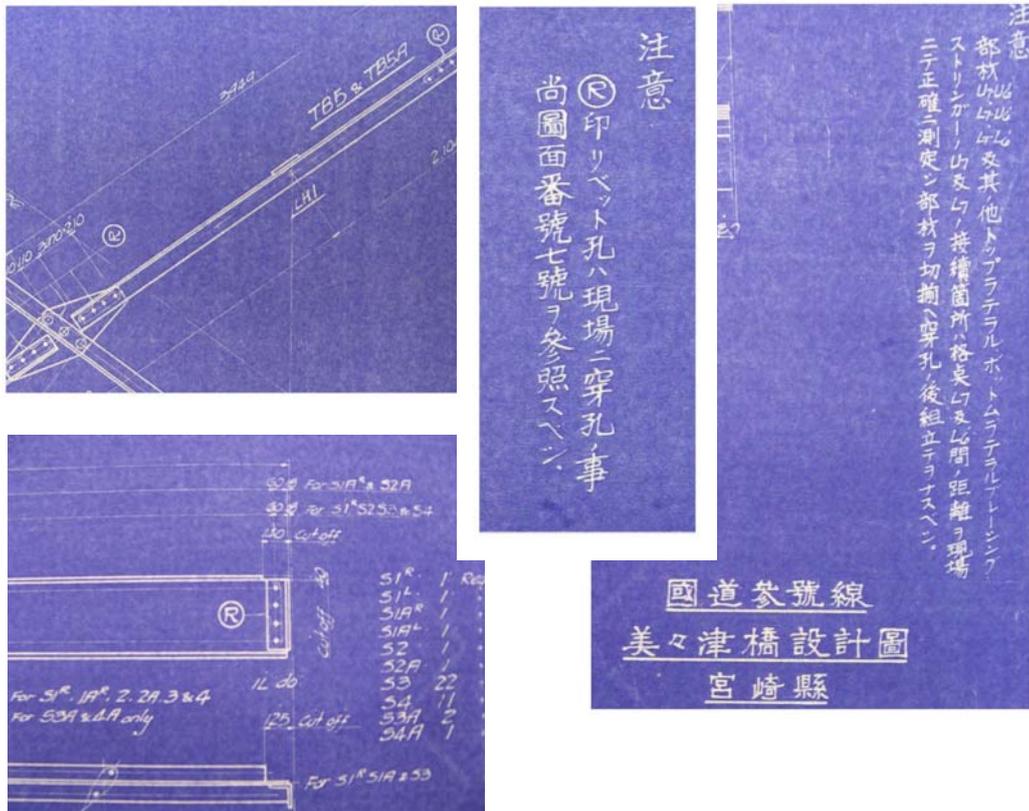


図 4.12 美々津橋、現場合わせに関する注記

美々津橋では、沓の据付に関しても架設時の据付調整用の治具が、図面中に示されていることも、設計者の施工への関与を示している。橋脚天端に固定された金具に取り付けられたスクリーボルトを捻じ込むことで水平、垂直 2 方向の位置の調整を行うものである。架設用であることから「此ノ材料ハ材料表ニ形状セズ」と図面中に記載されている。

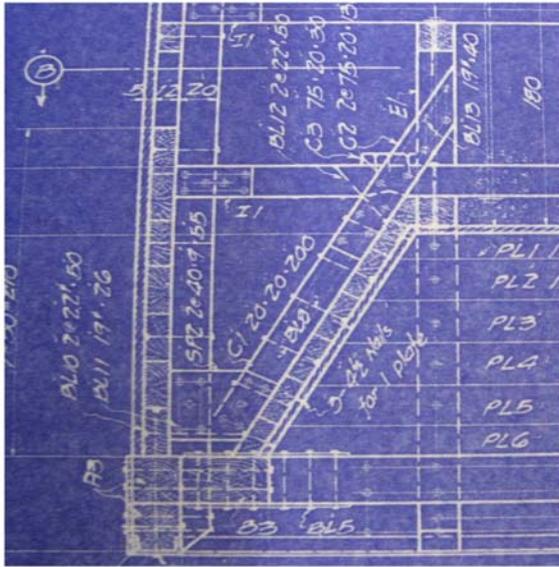


図 4.16 尾張大橋 ケーソン刃口部

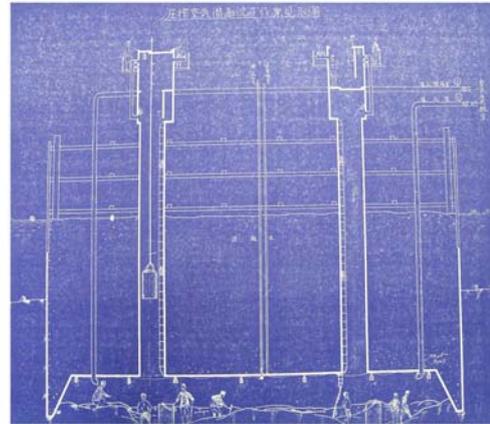


図 4.17 十三大橋、ケーソン施工図

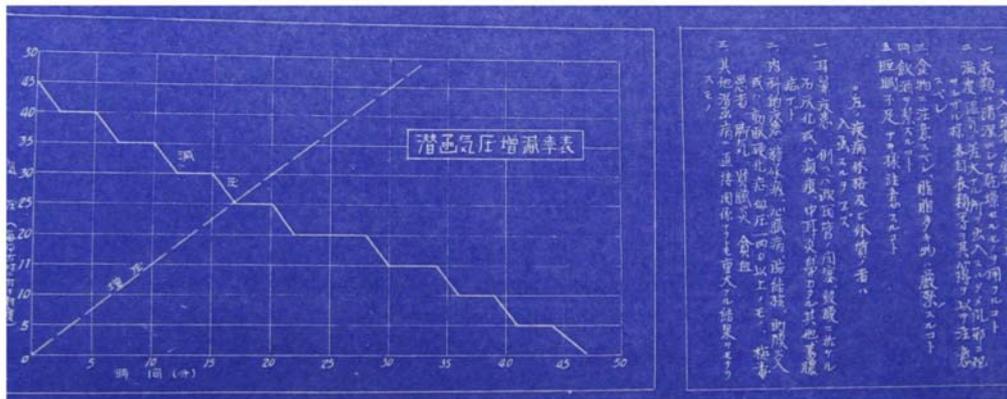


図 4.18 十三大橋 ケーソン気圧増減率表

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八角形断面の有効長 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八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、施工に関わることとして 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。

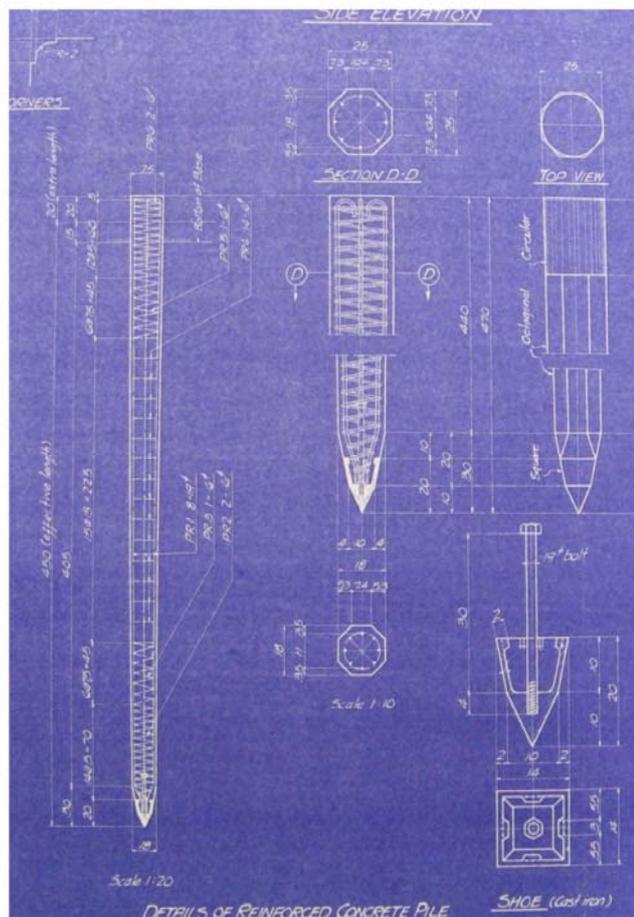


図 4.19 美々津橋の南岸橋台用の鉄筋コンクリート杭

(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 1 km 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。

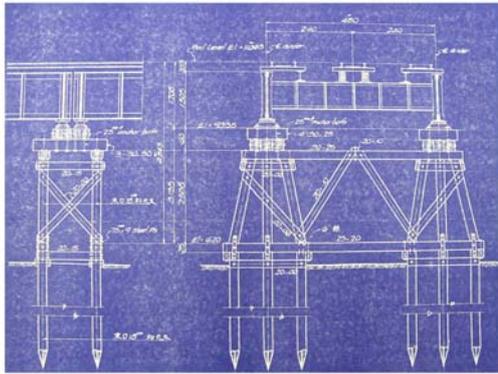


図 4.20 伊勢大橋 仮棧橋図

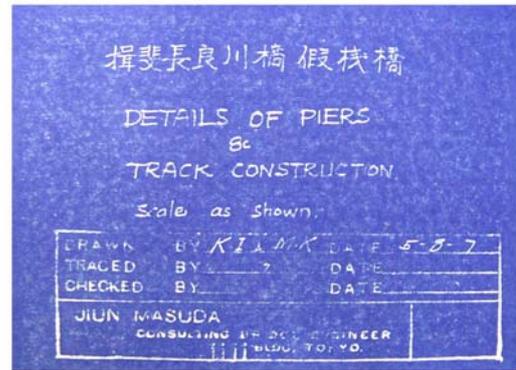


図 4.21 伊勢大橋仮棧橋図面タイトル

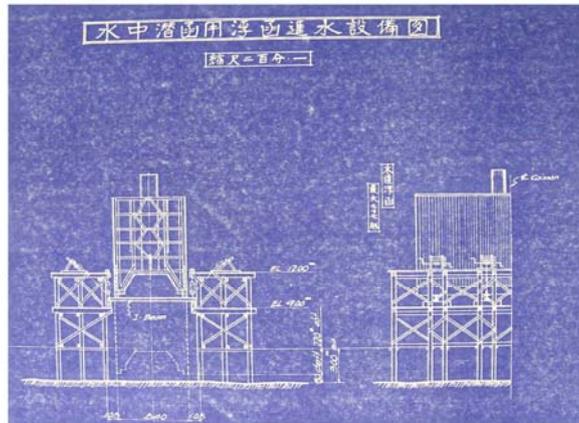


図 4.22 伊勢大橋水中潜函用浮函進水工事

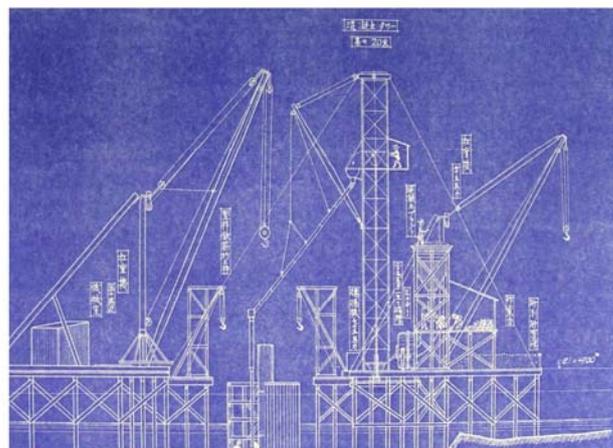


図 4.23 ケーソン施工図

(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沓、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、ウイングの袖高欄、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。

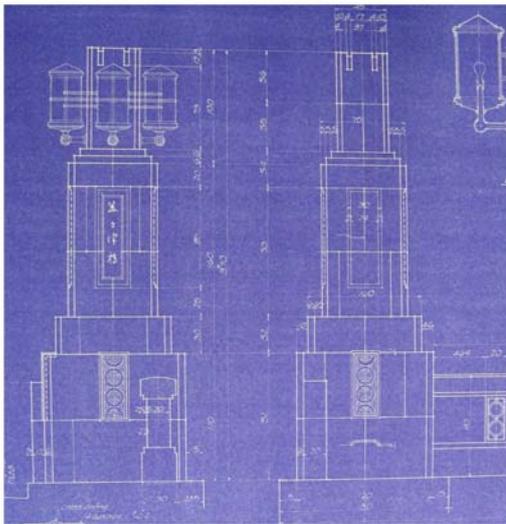


図 4.24 美々津橋親柱、照明図面



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、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。

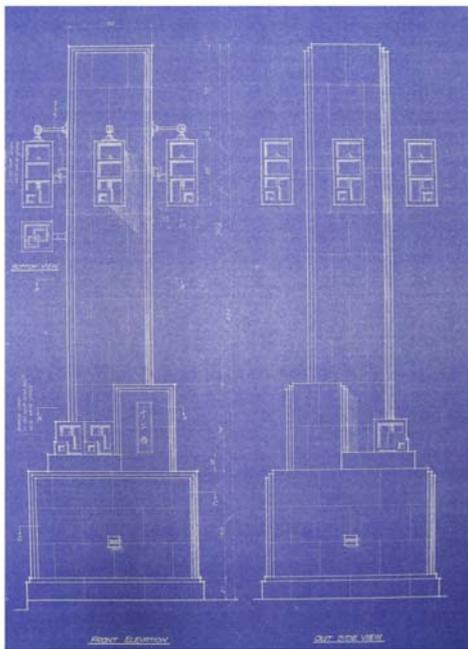


図 4.25 十三橋親柱・照明



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 十三大橋 橋詰高欄の装飾



写真 4.11 親柱と橋詰高欄

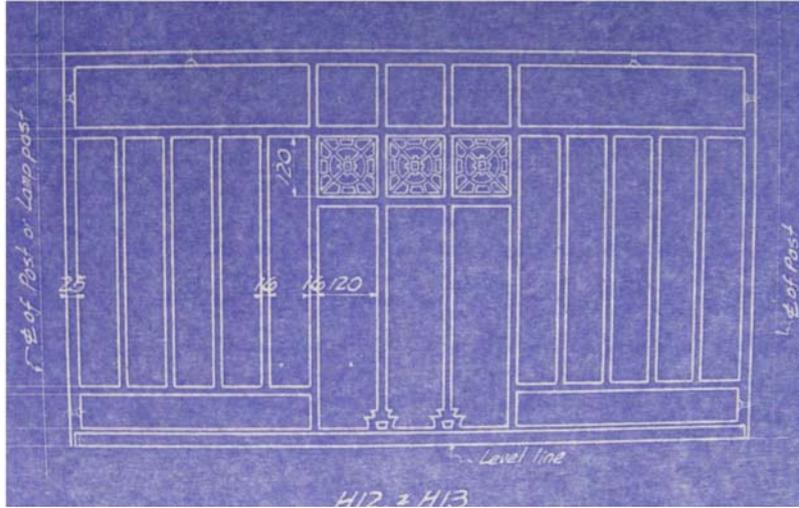


图 4.26 十三大橋 橋梁部高欄



写真 4.12 十三大橋 橋梁部高欄 (撮影：2007 年 8 月)

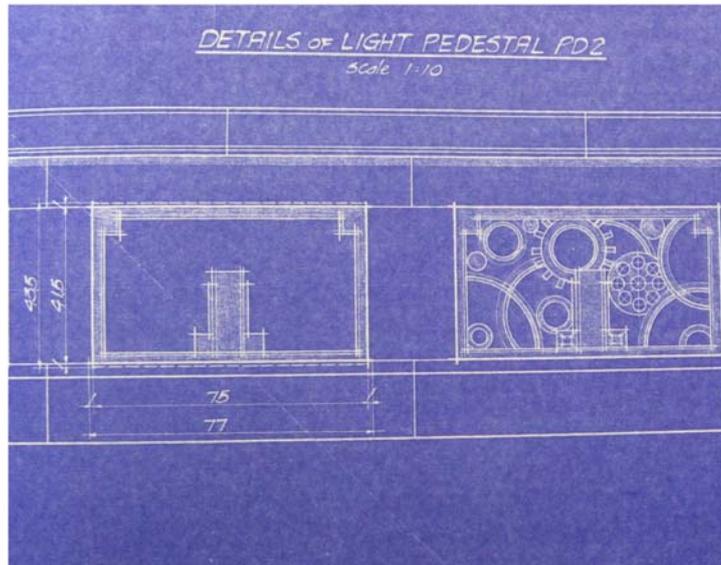


図 4.27 橋詰高欄の装飾



写真 4.13 十三大橋 橋梁部高欄(バルコニー)

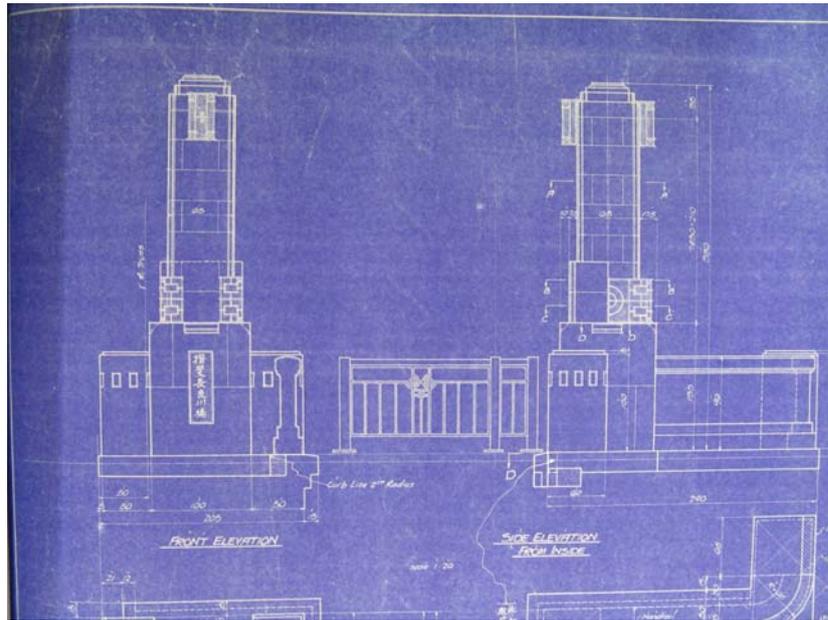


図 4.28 伊勢大橋親柱

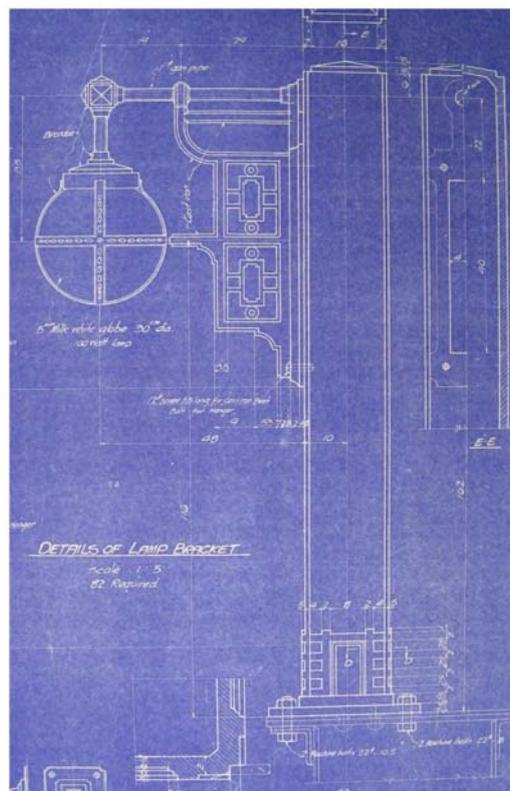


図 4.29 尾張大橋照明ポール

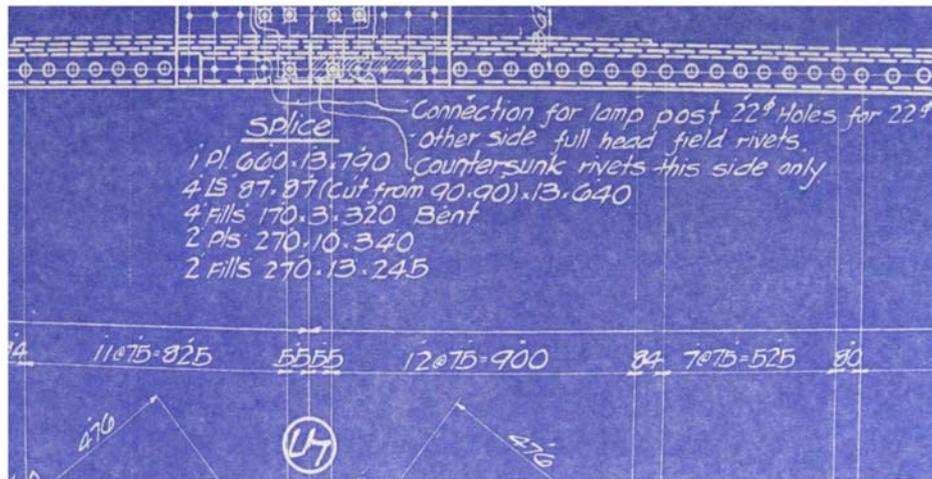


図 4.30 尾張大橋 上弦材上面の照明ポール取り付け箇所(22φボルト)

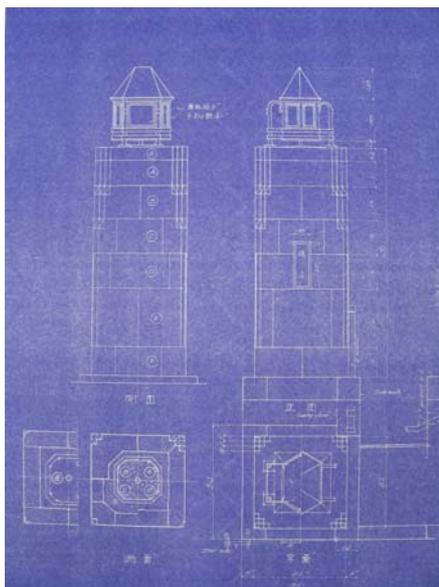


図 4.31 41D (東富橋) 親柱



写真 4.14 41D (東富橋) 親柱現在の親柱



写真 4.15 108A (西堅川橋) 現在の親柱

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。

十三大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、トラスのポータル側面にはスパン外側から鋳鉄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 十三大橋の端スパン外側のポータル装飾

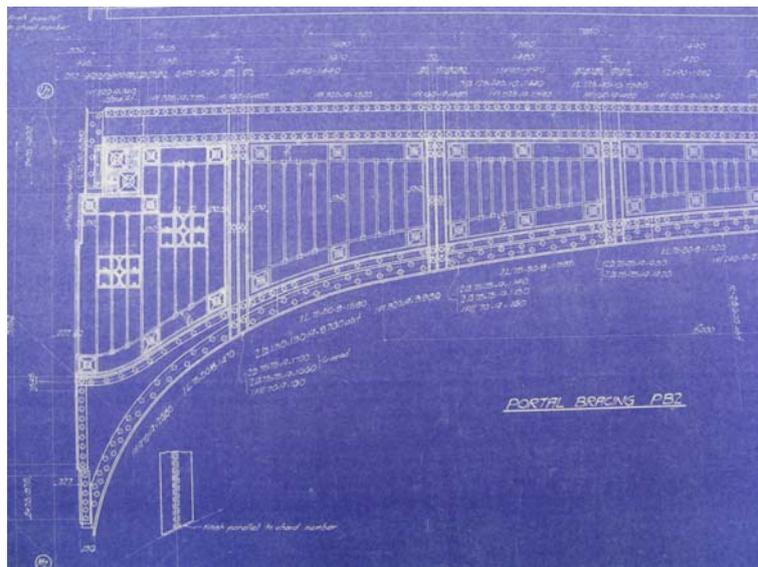


図 4.32 十三大橋のポータルの装飾

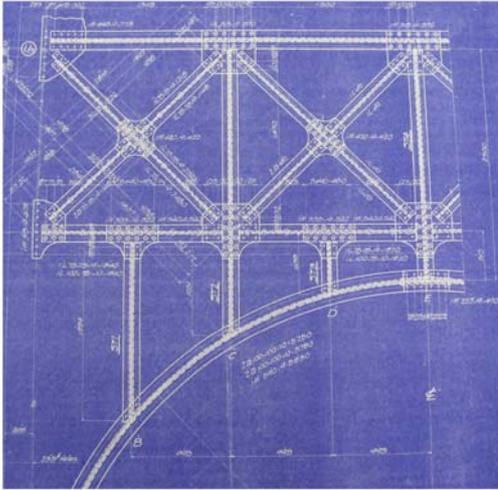


図 4.33 伊勢大橋のポータル

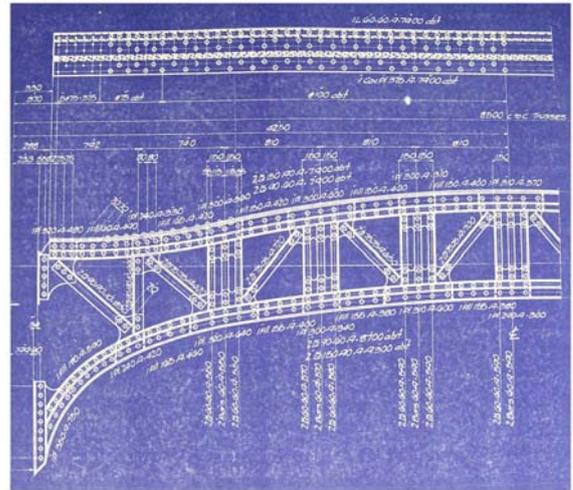


図 4.34 尾張大橋のポータル



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り当然であるが今日の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な断りがない限り 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	
十三大橋	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