

土木アーカイブの確立に関する研究

～土木図面の史料性に関する調査～

日 大 生 産 工 〇五十畑 弘
(財)先端建設技術センター 福井 次郎

1. 研究の背景と目的

近年、まちなみ保全、環境保全などの行政施策の一環として歴史的建造物の保全、活用の事例が増えている。

建造物の維持、補修、管理、活用とともに、その建造物に関する情報である図面を中心とする関連資料の収集、保存、整備も重要である。関連資料の調査・研究は、歴史的建造物の保全、活用と一体不離の課題であり、図面を含む資料の収集・保管・管理の枠組み（土木アーカイブ）を確立することは、今後の歴史的建造物の保全、活用のみならず、土木史研究にとっても不可欠である。

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¹⁾。

土木分野では、建設時の実務的な施工情報を史料として積極的に評価、認識する面では遅れている。特に図面については、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。

本研究では、歴史的建造物として事例が最も多い鋼橋の設計図面等を対象とし、これらが特定の建造物の建設、維持の情報を越えて一般性のある史料性をもつことを実践的に明らかにする。この研究は、土木分野のアーカイブの確立に向けた基礎的研究の一部を構成する。

なお、本研究は、18年度、および19年度科学研究費補助金を受けて実施した。

2. 研究対象と方法

歴史的建造物として評価された鋼橋で、戦前の昭和初期に建設され現存する増田淳設計の7橋の図面、計算書を対象とする。これら図面、計算書から、読み取れる昭和初期の橋梁建設の実践技術を明らかにする。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年間に分布する。対象橋梁の概要を表1に示す。

3. 結果

3.1 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工事実施の図面構成では、上部工、下部工、

表1 研究対象橋梁の概要

No.	橋 名	概 要
1	十三橋	1932(昭和7年)1月に完成。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。幅員は路面電車を想定して設計され、車線幅14.5m、歩道部が両側に2.75mで全幅20.0m。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。
2	尾張大橋	1933(昭和8)年11月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。ランガートラスのスパンは63.42mで、幅員は7.5m。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を採用。
3	伊勢大橋	1934(昭和9)年11月完成。全長1106.7m。尾張大橋との構造の類似性、設計、施工時期の重複からシリーズで計画、設計作業を実施。下部工は尾張大橋と同様ニューマチックケーソン工法。
4	美々津橋	1934(昭和9)年完成。両側はスパン17.8mの板桁。中央部にスパン64.4mのスバンドレルブレースドアーチ2連。下部基礎には初期の鉄筋コンクリート杭を使用。
5	常願寺川水路橋	水力発電所の建設の資材運搬の機関車を渡す橋として1932(昭和7)年8月に完成。全長163.0m、中央部88.0mのブレースドリブタイドアーチ。
6	荒川橋	1929(昭和4)年5月完成。ブレースドリブランスドアーチ。アンカースパンは各々27.2mで中央部が85.5m。幅員5.5mと狭く、後年上流側に新橋施工。荒川橋は1車線と歩道部の下り専用。下部工は直接基礎。
7	41D、42B、108A(新架橋)	1927～1927(昭和3)年完成。江東区内に標準的に設計された震災復興橋梁。41D、42B、108Aは、それぞれ東富橋、新扇橋および、西豊川橋。新扇橋は架替。41D、42Bは、スパン40.6m、56.8mの下路プラットラス。108Aは、側径間9.76m、中央径間15.15mの3径間ゲルバー板桁。

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、高欄、親柱等の装飾まで含まれる。欧米における鋼橋の図面の種類は、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役割をもつ文書である。

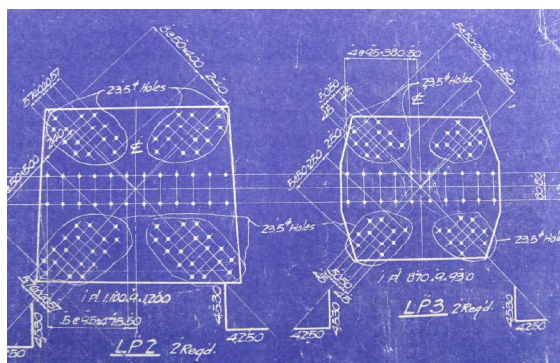


図1 尾張大橋ラテラルのガセット

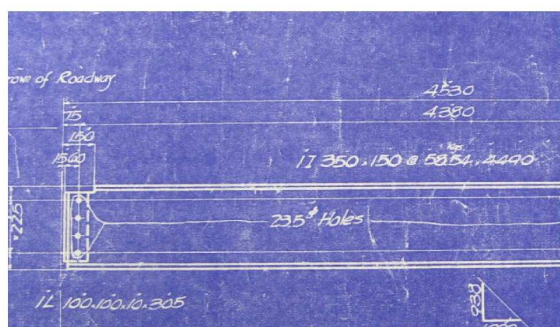


図2 尾張大橋縦桁の取り合い リベット孔は23.5

3.2 圖面分析結果

施工で実践された建設時の先端的な技術、材料、デザインなどについて図面分析を通じて明らかにする。

1) 施工情報

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発生を考慮した指示である（図 1、2）。

これに対して、尾張大橋の3年後に建設された宮崎県の美々津橋では、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○、ラテラルブレイシング、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。

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²⁾。

2) 技術的特筆事項

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、アメリカのブルックリン吊橋（1883）、イギリスのフォース鉄道橋（1890）、タワーブリ

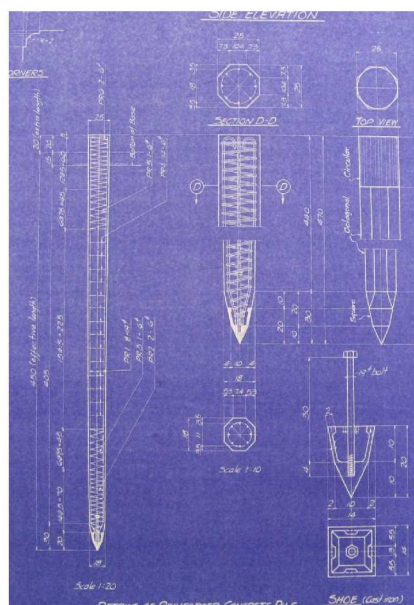


図3 美々津橋の南岸橋台用の鉄筋コンクリート杭

ツジ(1894)は初期の例である。国内でも大正から昭和初期にかけてニューマチックケーソン工法が多く採用され始めた。隅田川の震災復興橋梁とともに、美々津橋や、伊勢大橋、尾張大橋もその事例で、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。

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(図 3)。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³⁾。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。設計計算書にも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、「此ノ部分ハ杭打ち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。

鉄筋コンクリート床版

7 橋の内、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⁴⁾。

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

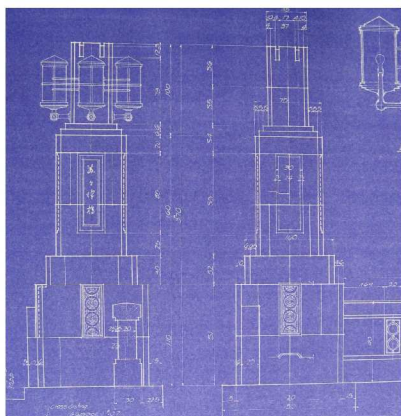


図4 美々津橋親柱、照明図面



写真1 美々津橋親柱現況（平成19年8月撮影）

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。

3) 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。意匠設計も構造設計と同じ業務の範疇で行われていた。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。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、増田事務所図面では、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。

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

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（図4）。現橋では、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。照明は親柱頂部にオリジナルのデザインとは異なるものが追加されている（写真1）。

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。

図面によれば、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。

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を全体で曲線的にすりつけ、5連のアーチの起・終点のポータル側面には鋳鉄製の装飾がはめ込まれる設計となっている（図5）。ポータルのトラス上弦材はアングルであ

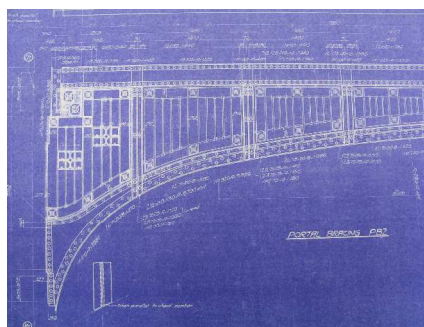


図5 十三橋のポータルの装飾



写真2 十三橋の端スパン外側のポータル装飾（平成19年8月撮影）

るが、橋門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（写真2）。

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、尾張大橋が意匠性があるのに対し伊勢大橋の橋門構はより機能的である。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。

4) 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。

表 2 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	Nov-34	○有	1932/9～11(変更)
尾張大橋	1930/2～8	Nov-33	○有	
美々津橋	1929/11～1932/4	Sep-34	○有	
荒川橋	1928/2～1929/1	May-29	×無	
常願寺川	1931/5～7	Aug-32	○有	
十三橋	1929/4～11	Jan-32	○有	
41D	1927/12/～28/1	Feb-29	×無	
42B	Aug-27	Dec-29	○有	
108A	1927/9～28/3	1928	×無	

4．考察（昭和初期の橋梁設計技術の分析）

4.1 設計計算全般

7 橋を設計した増田淳事務所は、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、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。

4.2 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。

4.3 構造解析

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。7 橋の設計計算でも、構造解析で影響線を求めるまでの部分に多くを費やしている。

アーチの構造解析では、仮想仕事 (principle of virtual work) の定理を適用し、設計作業において微分方程式で微小変位に外力を乗じたものの総和 = 0 とおき、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。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で計算を行っており、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) と膨大な設計計算の負荷があった。計算負荷を軽減することは実務上極めて重要であり、格点を減らして計算のメッシュを粗くし、補完で図式解法が多用されたのは、設計計算の負荷を減らし効率を上げた一例である。尾張、伊勢大橋の 2 橋は、構造が類似し、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。

5．あとがき

今後、図面分析による図面情報の史料性の研究とともに、保管管理の実態、データベース化、デジタル化などの調査および、結果をもとにした土木アーカイブの確立に向けた研究を継続する。

なお、本研究は、平成 18 年度から実施した鋼橋技術研究会、および土木学会図書館委員会における図面の史料性に関する調査研究の活動成果をもととしている。

参考文献

- 1) 近代建築資料総合調査特別調査委員会報告書、日本建築学会、2004.3
- 2) 五十畑他、土木図面の史料性に関する調査研究—鋼橋を対象として—、平成 18、19 年度化学研究費補助金 (基盤研究(C)) 研究成果報告書、2008.6.
- 3) 御茶ノ水両国間高架橋建設概要、鉄道省、p.10-17, 1932
- 4) 日本橋梁建設協会編、日本の橋 (鉄・鋼橋のあゆみ)、p.40-43, 2004.