

## 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。

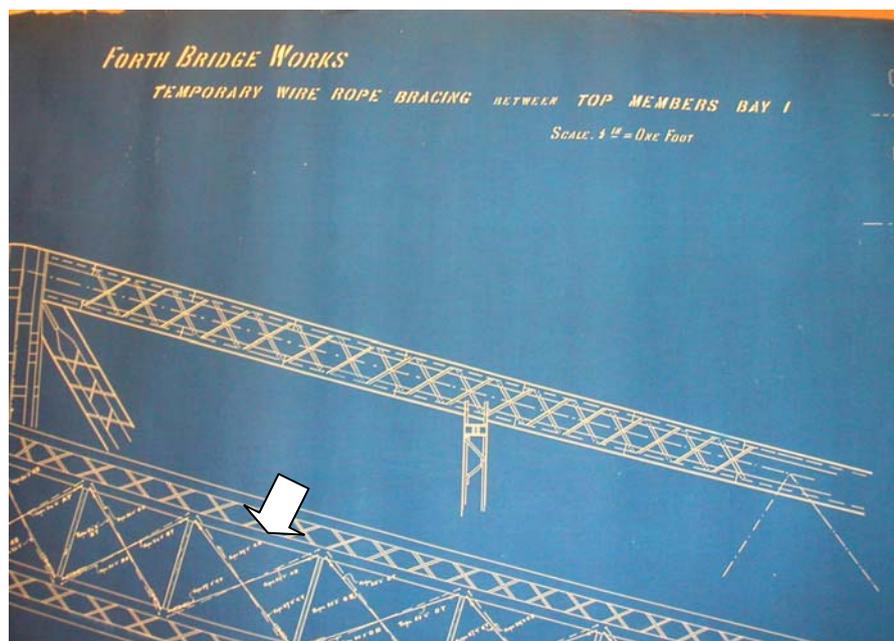


図 4.35 フォース鉄道橋(1890)上弦材架設図(部分)(上弦材の仮ワイヤーブレース)

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。



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

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わかる。図面上の材料片に、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あつかわれた。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。

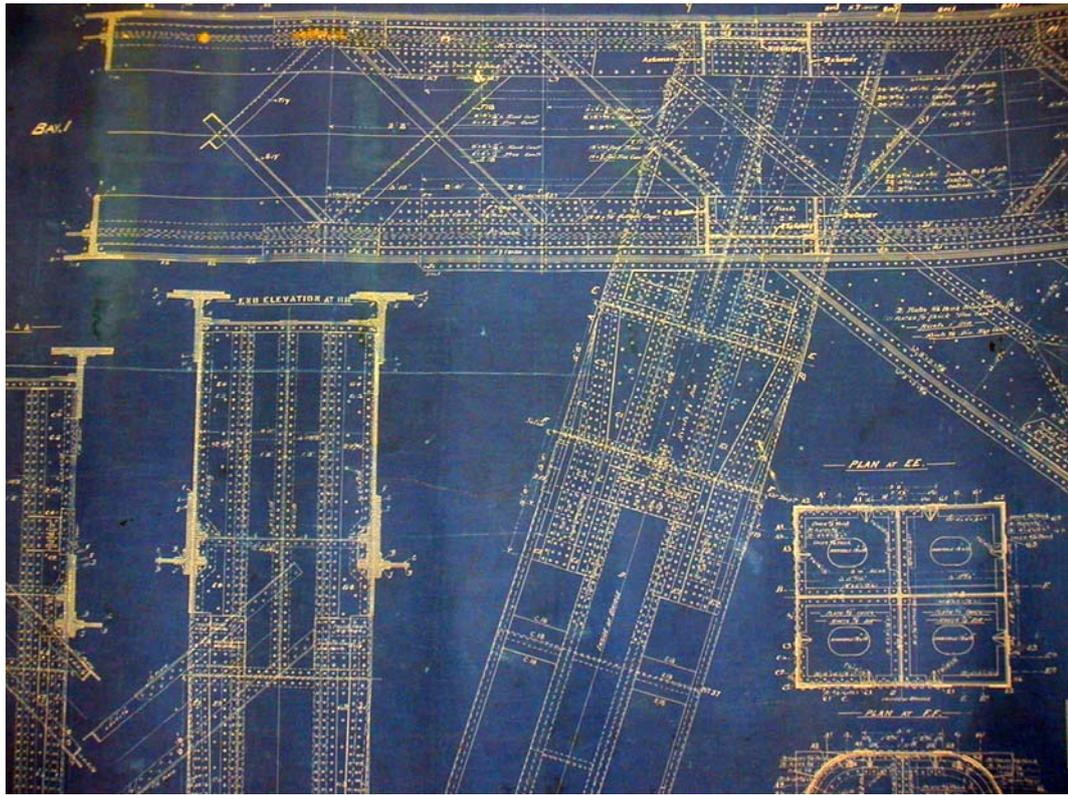


図 4.36 フォース鉄道橋(1890)主構格点詳細図 (部分)

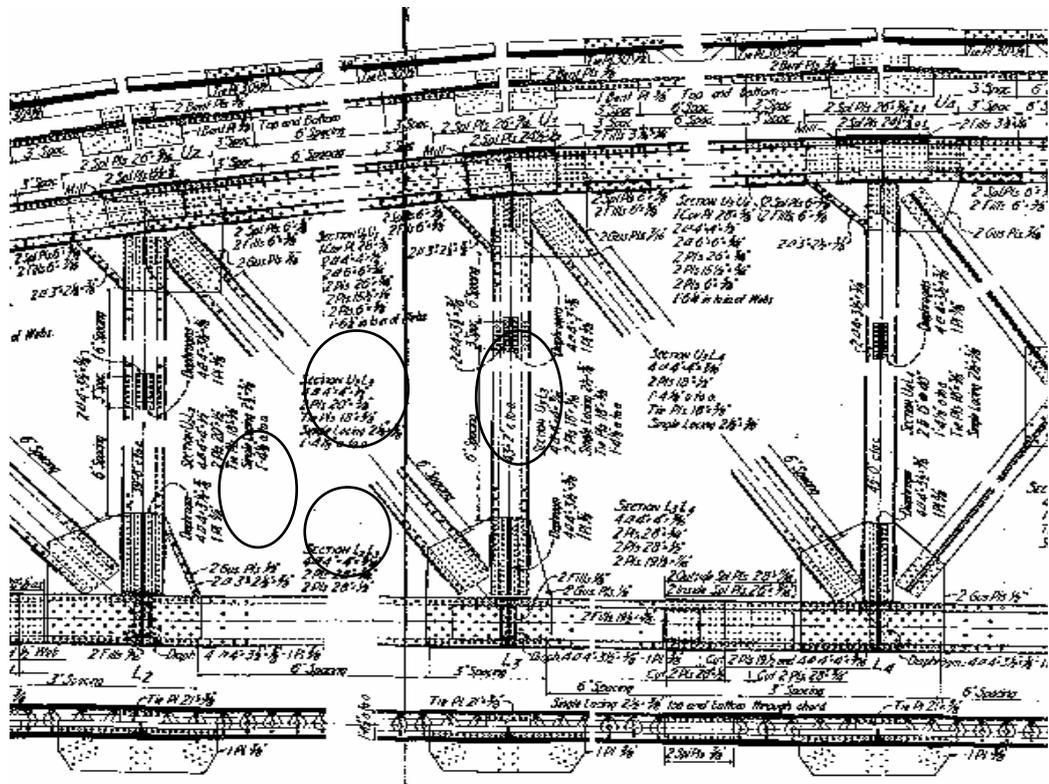


図 4.37 イエローリバー鉄道橋(1916)主構設計図 (米、グレート・ノーザン鉄道)

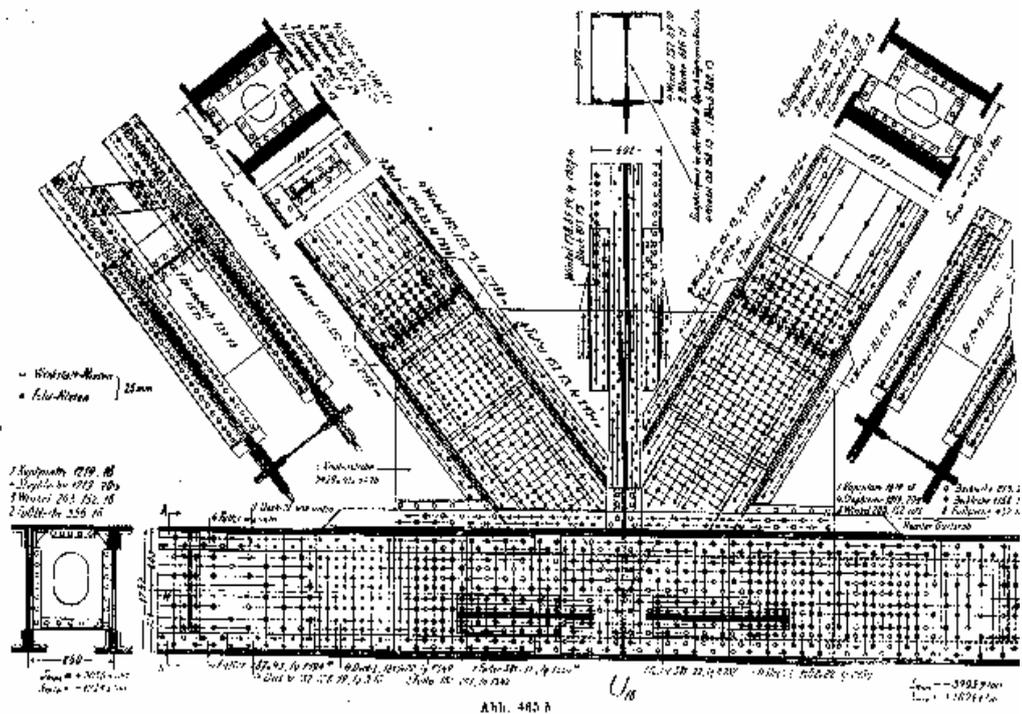


図 4.38 ドイツの道路橋(1921)主構格点設計図

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、American Bridge Company（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、もっとも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、大きくわけて設計、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。この元に、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) のもとに 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) の元に副 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 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。この元には、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) のもとに 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) の元に副 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)

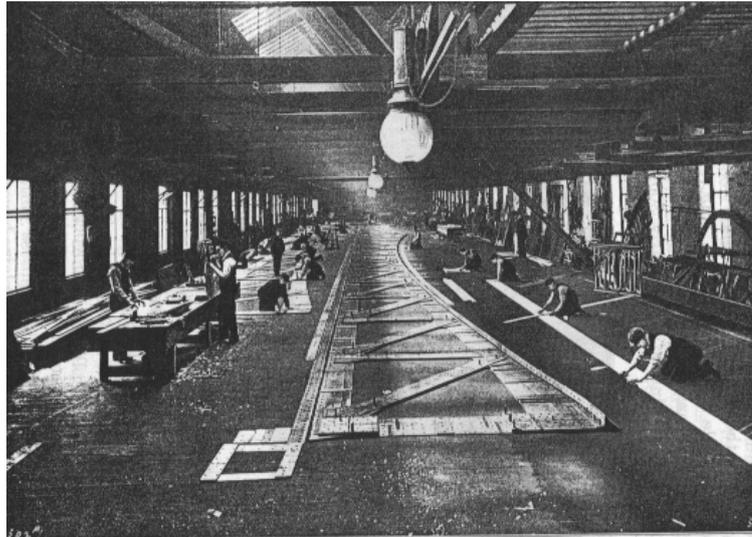


写真 4.23 橋梁製作工場の原寸場（イギリス、1900 年頃）

（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ーケーターであった。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ーのミズリー川に 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 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が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)	八ツ山橋	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)
	八ツ山橋 (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20)。

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
増田淳 (1883-1947)				83								1947	1907～21	ドリック他
JAL Wadell (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(22)。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。このような中におい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が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、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)、十三大橋での、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 26)。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、木曾川大橋は、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、木曾川大橋の設計時期・期間

橋名	尾張大橋	伊勢大橋	木曾川大橋
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を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囑託という立場で、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。従って、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。したがって、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 卷、1920(大正 9)年 4 月)
- 18)) Isami Hiroi, Plate-Girder Construction, D.Van Norsfraud, Publisher, p.3, 1888.