

## 2. センター・アーカイブからひも解くコンクリート技術

Concrete Technology read and dispelled from the C. E. S. T. C. Archive

技術支援課 穴戸 薫、菅井 太

### 1. はじめに

土木技術支援・人材育成センターでは、大正・昭和初期の土木技術に関する資料を多数保管している。本編は、これらの資料の中から垣間見ることができ「昔のコンクリート技術」を紹介する。ここでは、土木技術創世記の技術者が図面等に込めた構造物に対する思い入れなどを紹介する。

### 2. 著名橋・新大橋

図-1の設計図は新大橋橋脚の図面である。この橋は1977年に架け替えられ、今は明治村（愛知県）に一部移築されている。図面に示された新大橋は、外国人技師の指導を受けずに、日本人だけで設計された日本最初の橋梁といわれている。図面作製年代は1906年12月から1911年5月である。今から百年前、

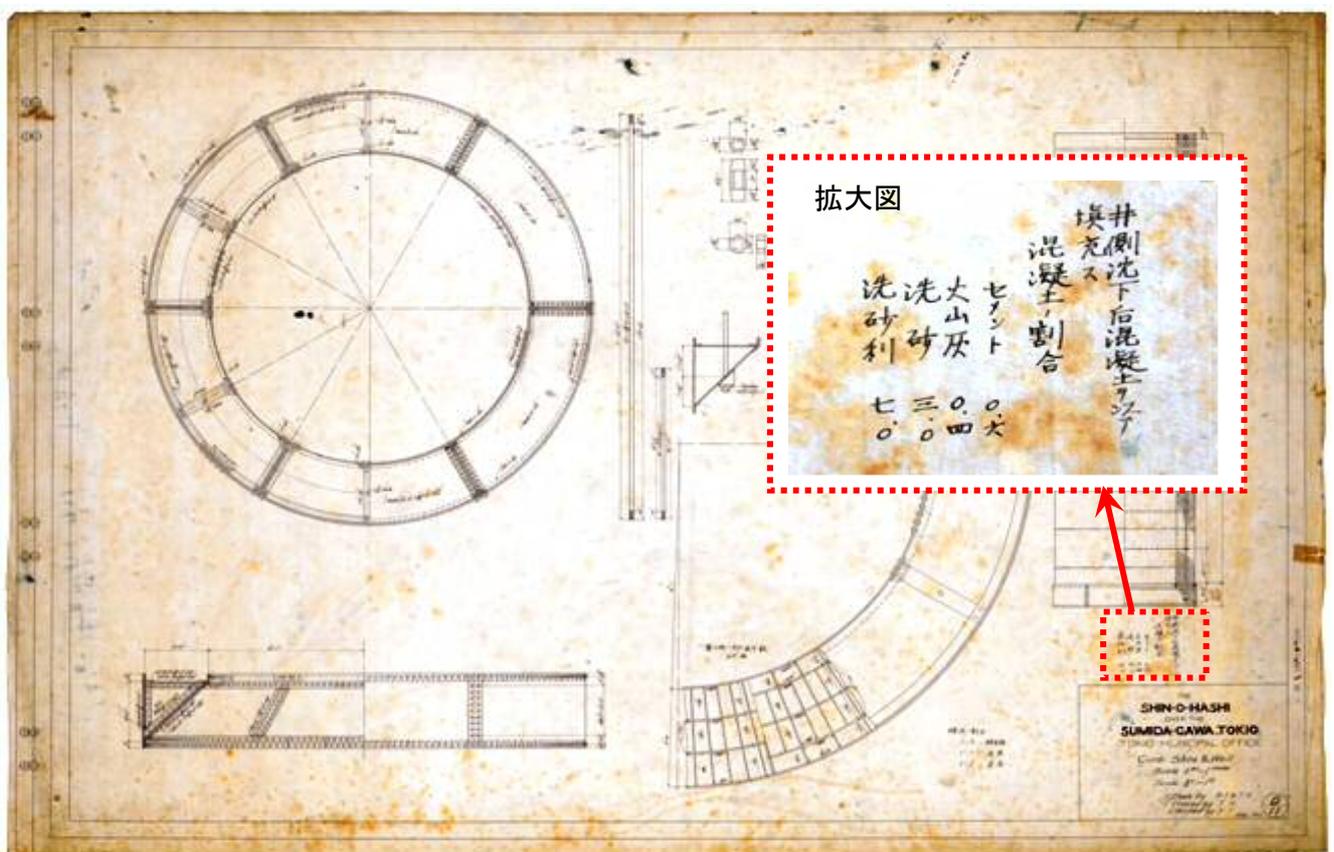


図-1 新大橋図面（コンクリートの割合）（1911年）

鋼構造橋梁の曙を迎えた記念碑的な図面となっている。設計は樺山正義氏である。当時の図面には設計者、製図者、照査などの決済欄はなく、サインで「Made by M.K」(樺山氏と思われる)とか「Traced by Y.T」といったようにイニシャルだけが残されている。

この設計図集の中に混凝土(コンクリート)の混合割合が記されている図面がある。図中に、図面の右下に四角で囲んだ箇所の拡大図を示す。ここに、「井側(井筒)沈下后混凝土ヲ以テ填充ス混凝土ノ割合 セメント 0.6 火山灰 0.4 洗砂 3.0 洗砂利 7.0」とある。ここに示された数値については、特段の説明書きはないが、嵩容積<sup>かさ</sup>の比率を示したものである。今日の配合は重量で表すことになっているが、土木学会「コンクリート標準示方書」(昭和24年版)が制定されるまでは、容積配合が主流であった。当時のコンクリートの配合は、梁部材など構造体として使用する場合は1:2:4(セメント:砂:砂利の容積比率)、中込コンクリートなど非構造体に用いる配合は1:3:6(同)が一般に用いられていた。

新大橋の構築にあたっては、コンクリートを練り上げる職人は、セメントをバケツ6分目、火山灰(関東では寄居白土<sup>はくと</sup>)を4分目、砂をバケツ3杯、砂利を7杯という割合でミキサーの中に放り込み、コンクリートを練っていた。職人にとっては、とても分かりやすい配合表記だったに違いない。

コンクリートの配合で注目すべきことは、水量の指定がない点である。今のコンクリート工事では、水セメント比や単位水量は、強度・耐久性を決定する最も重要な項目になっている。それに比べて、新大橋架橋当時ではコンクリート標準示方書は制定されていないため、水量は所定の強度を有し、かつ施工に必要な軟らかさが得られる適量を使用するという暗黙の了解があった点である。当時の職人は、コンクリートに対して十分な知識を有していたので、「シャブコン」(不法に水を加え軟らかくしたコンクリート)など、施工不良の問題が起こることはなかった。分業化が今日ほど進んでいない時代の職人

は、プライドを持って仕事をしていたことが伺い知れる。

また、この時代、セメントは大変貴重で高価であったので、火山灰を40%も混合して、セメントの使用量を減らしている。当時から、火山灰がアルカリ性の環境で徐々に固まる“ポズラン反応”を知っていて、この性質を有効活用していることが分かる。この火山灰の活用は、<sup>ひろい いきみ</sup>廣井 勇 博士が指導して構築した“小樽港北防波堤”(工事期間1897-1907年)でも使われており、一般的に用いられていた手法であった。この技術が集大成されて、JIS R 5212-1950「シリカセメント」に引き継がれている。

### 3. コンクリート工事の今昔

大正末期から昭和初頭の時代では、生コン工場は存在していないため、現場でミキシングプラントを設置して、コンクリートを練り上げていた。ちなみに、生コン工場の発祥は、スカイツリーの足元の業平橋に1949年創業開始している。

写真-1は、大正15年の言問橋建設工事の施工写真である。ここには、当時練混ぜに使用したドラムミキサーが写っている。また、ミキサーの脇には容積配合の計量に使った樽も写っている。写真-2には、現場の空きスペースにセメント袋が山積みされている。今と違い、コンクリート練りは大変な作業であ



写真-1 コンクリートの練混ぜ (1926年)

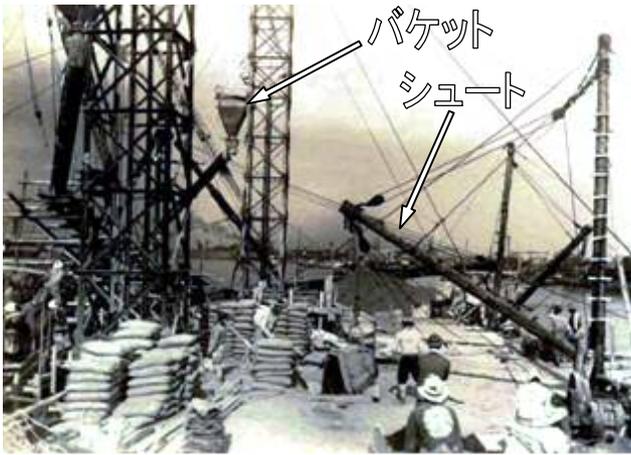


写真-2 コンクリートの打込み状況 (1926年頃)

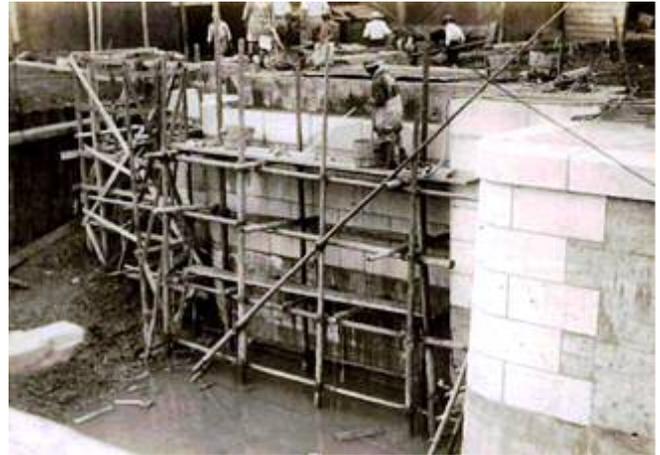


写真-3 コンクリート面の石張 (1926年頃)



写真-4 今のコンクリート打込み状況



写真-5 コンクリート打込み状況 (1935年)

ったことがしのばれる。

練り上がったコンクリートは、バケットに入れ吊り上げ、写真-2右側にあるシュートで所定の位置に打ち込んでいた。このコンクリート打込み方法をシュート打設と呼ぶ。

コンクリート打込み後、コンクリート表面は石積みで化粧が施されていた(写真-3)。大正から昭和初期時代のコンクリート建造物の多くは、打ち放しではなく、表面を煉瓦、石、化粧モルタルで装飾しているのが多く見られる。こうした建造物には、著名橋のように安定感のある構造美と地域のシンボルとしての自己主張を感じ取ることが出来る。一方では、表面を被覆することで、長期にわたる風雪に耐え得る高耐久建造物を作ることができたわけである。

ところで、本文中で“コンクリートの打込み”という言葉を使ってきた。現在のコンクリート工事で

は、写真-4のように、コンクリートポンプ車を用いて、型枠の中にコンクリートを流し込んでいる。丁度この写真では、コンクリートがポンプの筒先からニョロニョロと押し出されているところが写っている。このコンクリート打ちのことをポンプ打設と呼んでいる。

ところで、何故コンクリートを流し込んでいるのに“打つ”という呼び方をするのであろうか？

その答えは、写真-5に写っている。この写真は、昭和10年、蔵前橋通り舗装工事の写真である。コンクリートの締固めには、木蛸きだこを用いて打ち固める方法が取られている。表面にモルタルが浮上るまでコンクリートを丹念に叩き、コンクリート内部の空隙を取り除くように打ち固めていた。その名残で、今でも、コンクリートを型枠内に詰め、締固める行為を、「打込み」とか「打設」と呼ぶのである。

コンクリートの施工においては、鍛え上げるように、しっかりと締めることが、施工の基本であることをこの写真は物語っている。先人が示してくれた施工の極意である。

この写真をじっくりと見てみると、職人さん達の掛声が聞こえて来るようだ。おそらく、ここに写っている職人たちも、コンクリート工事に対するプロ意識が高く、手抜き工事などは生じ得なかったものと思われる。



写真-6 現在の聖橋遠景(2011年)

### 3. 設計の神髄

ここでは、昔の図面から垣間見ることのできる“設計者魂”を探索する。

図-2は聖橋の図面集の一ページである。聖橋は現在も供用されている神田川に架かる橋の一つである。写真-6の現況写真からも分かるように、重厚な趣を持った、地域のシンボルとしての存在感を持った名橋である。

図-2右下のタイトル部分には、図中拡大図に示す

ように“中央経間 <sup>ちゅうおうけいかん</sup> 拱橋 <sup>きょうきょう</sup> (アーチ橋のこと) 拱架 <sup>きょうか</sup> (アーチ型枠支保工) 構造図 <sup>きょうりく</sup> 詳細図及拱肋 <sup>コンクリートうち</sup> (アーチリブ) 混凝土打順序”と記されており、この図面がアーチ橋を造るときの型枠支保工の詳細図であり、コンクリートの打込み順序を示した施工手順書であることがわかる。図-2左上のアーチ部分に数字が記されている。このコンクリート打込み順序を追っていくと、千鳥に打込み、各ブロック間には隙間を開け、

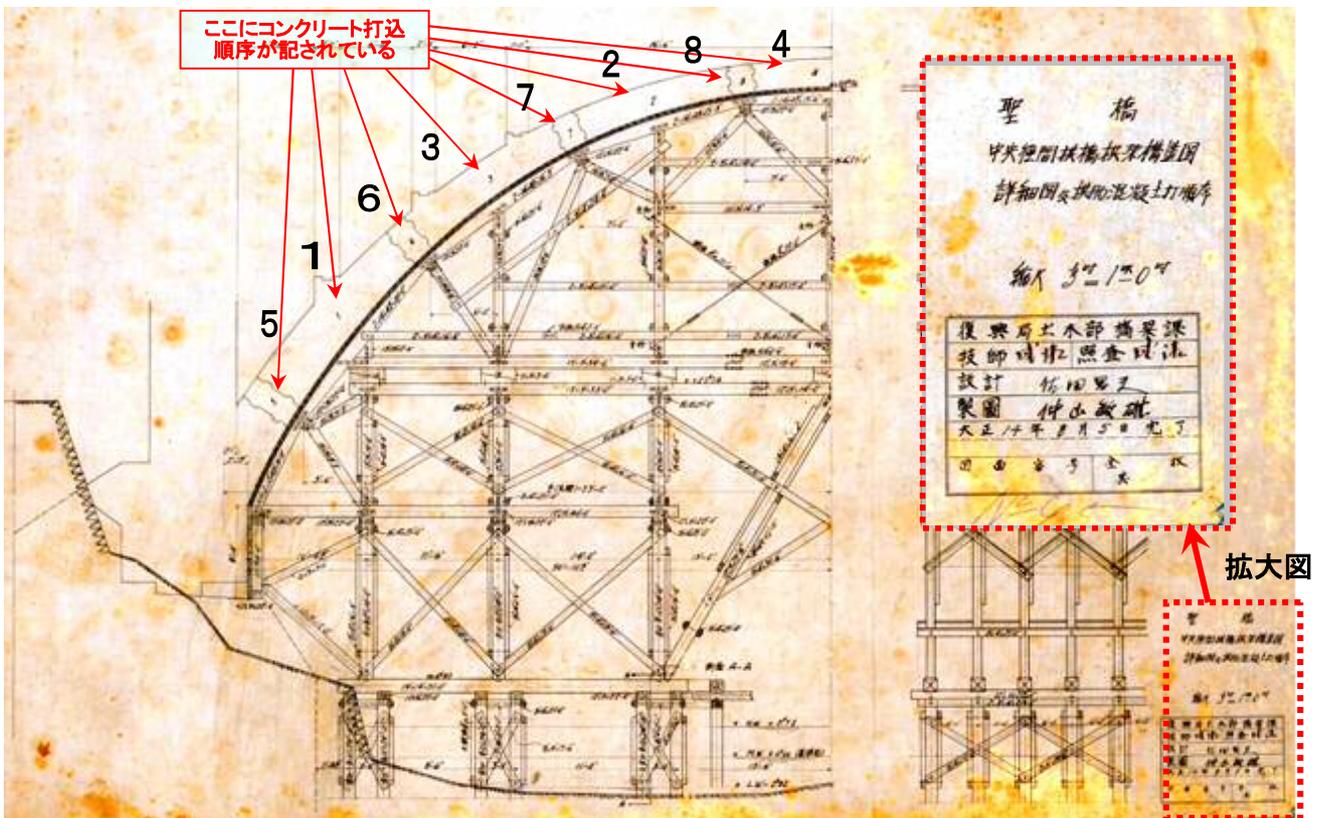


図-2 聖橋図面-支保工図- (1927年開通)

最後に間詰め部分を打つように指示している。

アーチ橋は、写真-6からも分かるように、死荷重の大きい構造物となる。アーチ下部の方から順序良くコンクリートを打込むと、後で打ち込んだコンクリートの重みで支保工が変形して、先に打込んだコンクリートに予期しない力や変形を生じることになり、予期しない応力が作用する可能性がある。今日では、鋼製の型枠支保工が使用できるので、不要な変形を抑えることができるが、当時の木製の型枠支保工では変形も大きくなり、施工過程で不測の変形を防止するため、このような注意事項を図面に記載したと思われる。

この図面から、設計者が施工のことまで気を配り、施工時の留意点を図面に書き入れていたことが読み取れる。先人が残してくれたこの図面から“設計とはこうあるべきだ”という、設計者魂が伝わってくる。

この聖橋は、御茶ノ水駅の近くの神田川に架かる

橋で、東京復活大聖堂（通称：ニコライ堂）と湯島聖堂の二つの聖堂をつなぐ橋として命名された。この聖橋の図面こそ、設計者魂が込められた“聖なる図面”であるといえよう。

もう一枚、当所のアーカイブの中から貴重な芸術的図面を紹介する。図-3は三原橋の一般図である。三原橋は昔流れていた三十間堀川（中央区の中央通りと昭和通りの間を流れていた河川で現在は1948年埋立廃川）に架けられた晴海通りの橋である。現在は廃橋となっている。図面左下の部分（で囲んだところ）に三原橋のパースが描かれている。パースの拡大を図-4に示す。パースとは建物などの完成予想図を投射図法で描画したイメージ図をいう。この図面は、三原橋の設計者がこのような姿の橋を作ってほしいという想いを施工者に伝えるために書き記したものである。歩道の石畳の上に何気なく書きしるされたパースから、設計者の三原橋に対する熱い想いが伝わってくる。ここでも“設計図は設計者

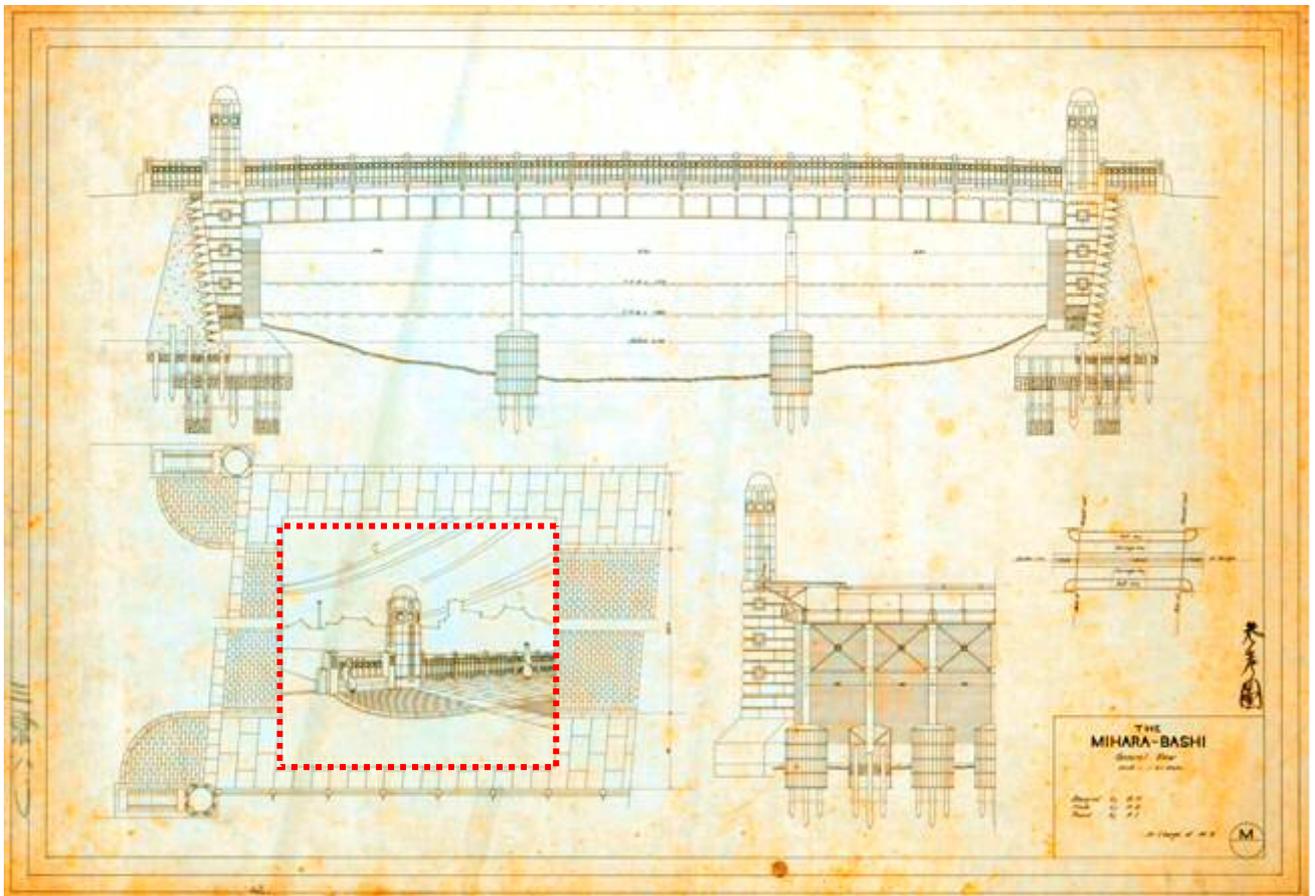


図-3 三原橋一般面（1929年開通）



図-4 三原橋のパス部拡大図

の意図するところを、うまく施工者に伝えるもの”という設計者魂を表現した良い事例である。

ところで、当時はこのような芸術的な絵も、烏口（写真-7）という製図道具を用いて描いていた。ペン先がガラスのくちばしに似ているため烏口と呼ばれている。この烏口の口先に墨を含ませ、ネジの調節によって線の幅（太さ）を調節し、図面を描いていた。今日では、CAD(Computer Aided Design)等が使えるので、人の手でこうした図面を描くことはないが、大正から昭和初期の時代では、図工職人が直線や曲線まで寸分の乱れも無く詳細に描いていた。当然ながら、描画に失敗すれば最初から描き直しと



写真-7 烏口

なるので、図面一枚仕上げるにも大変な労力が必要であったと推測される。当時の製図者の力量の高さにも目を見張るものがある。

#### 4. 設計者のロマン

この章では、昔の輝かしい設計技術、施工技術のモニュメントを紹介する。

写真-8は龍閑橋の現況写真である。この橋は、東京市の時代、日本橋区（現中央区）と神田区（現千代田区）の境界となっていた龍閑川（1950年に埋立廃川）に架けられた橋長10.5m、幅員27.0mの橋である。大正15年(1926年)に開通した。幅員中央部分はプレートガーター橋となっており、軌道電車が走っていた。一般車道部と歩道部は図-5, 6に示すような「鉄筋コンクリートトラス橋」という珍しい形式が採用されている。

この鉄筋コンクリートトラス橋が採用された理由は、建設当時、鉄もコンクリートも高価であったため、使用する材料を減らしたいという経済的制約が



写真-8 龍閑橋の現況(2011年)

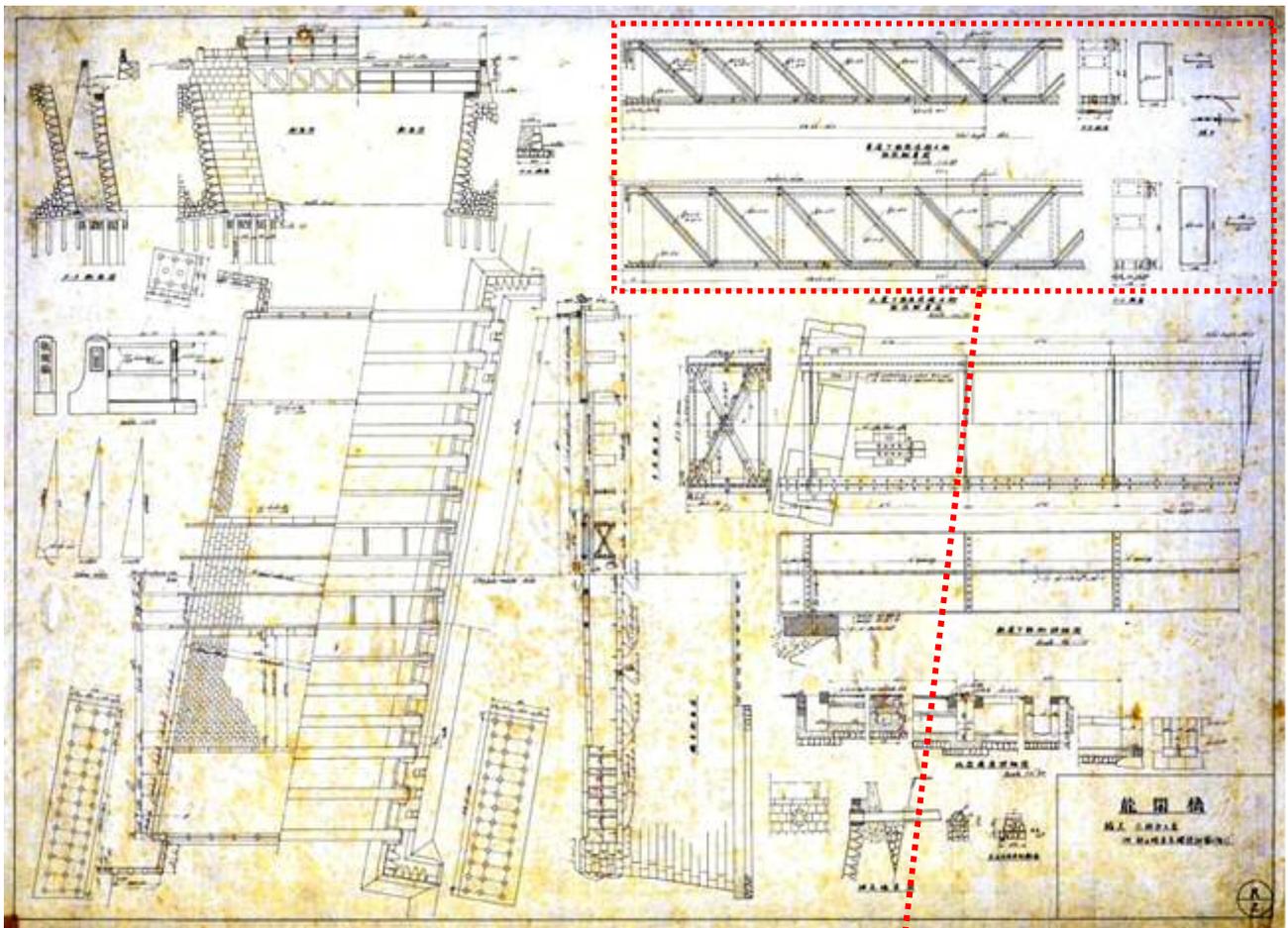


図-5 龍閑橋の一般図 (1929年開通)

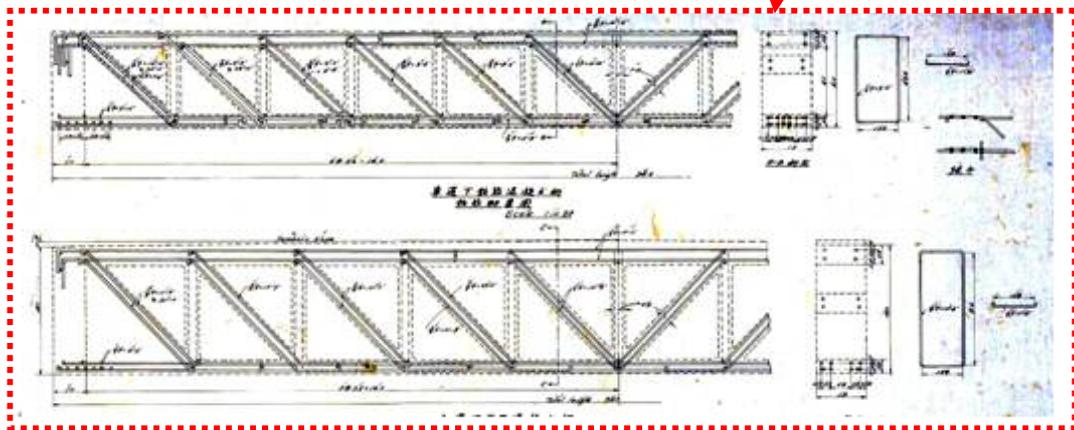


図-6 鉄筋コンクリートトラス部材の詳細図

あったためと考えられる。しかし、それ以上に“新しい構造への挑戦”という技術者のロマンがあったものと思われる。この鉄筋コンクリートトラス形式の橋は世界的に見ても先駆的試みであった。

辻正哲氏<sup>1)</sup>によれば、鉄筋コンクリートトラス橋の架橋はフランスのラファイエット橋(1928年)が世界初ということなので、これより2年早く龍閑橋は造られていることになる。当時の日本の技術水準は、

世界の最先端を進んでいたといえる。

トラス橋の設計では、トラスの格点(トラス部材が交わる箇所)が増す分、高次の不静定構造物となり、構造計算も複雑になる。計算機の無い時代に、どのようにしてこの橋を設計計算したのであろうか。当時の技術者集団の技術力の高さに驚かされる。

写真-9に、スパン中央部分の格点部分の詳細を示す。この施工断面を見ると、極めて丁寧に造られて



写真-9 トラス格点部分の詳細

いることが分かる。型枠合板やボイド管などが無い時代に、せき板だけを用いて、どのようにして格点の曲面部分を施工したのであろうか。当時の型枠大工の力量にも目を見張るものがある。格点部分を曲面にすることで、応力集中を避ける効果が期待できる。写真-9の曲面部分と平面部分との取り合い部分も見事な出来栄えとなっている。

設計者の意図を忠実に具体化する施工者の職人技にも敬服するのみである。また、躯体表面には上塗りモルタルによる化粧も施されて、86年間の風雪に耐え得る耐久性と、見栄えの良い構造物を造ること

ができたのである。展示物の下弦材では、かぶり部分のコンクリートが剥落している箇所もあるが、全体的に見て、ひび割れも少なく、どっしりとした存在感を漂わせている。

残念ながら、この橋以降、鉄筋コンクリートトラス橋が架けられることは少なかった。しかし、こうした技術は後のプレストレストコンクリート(PC)トラス橋や鋼複合トラス橋など、長大スパンの橋梁技術として受け継がれている。

## 5. おわりに

当所に保管されているアーカイブ資料から先人が残してくれた“技術者魂”をコンクリート技術の面から紐解いてきた。本文執筆に当たり使用した戦前の橋梁図面などのアーカイブを眺めると、土木技術の創生期に先人達が試行錯誤を繰り返し、超人的なエネルギーを投入し、社会資本の整備に命を賭けていたことがひしひしと伝わってくる。

著名橋などを探索する場合、こうした橋が作られた時代に思いをめぐらすと、新しい発見があるかもしれない。本文が土木技術史探訪の一助になれば幸いである。

## 参 考 文 献

- 1) 辻 正哲 (2002) : 鉄筋コンクリートトラス橋-PCトラス橋への前段-、コンクリート工学、Vol. 40、9号、49-51