

帝都復興事業における隅田川六大橋の設計方針と永代橋・清洲橋の設計経緯*

Design Concept of Six Bridges in Sumida-river of the Tokyo Reconstruction Work in Taisho era and Design Process of Eitai Bridge and Kiyosu Bridge

中井 祐**

Yu NAKAI

Summary

This thesis discusses on the design concept of six bridges in Sumida river constructed as the Tokyo reconstruction work in Taisho era and the design process of Eitai bridge and Kiyosu bridge based on descriptions written by Enzo Ota and Yutaka Tanaka who was engineers of the Bureau of Reconstruction. Especially it is argued that the most essential design concept of six bridges was to introduce long spanned plate girder structure into six bridges and Eitai bridge and Kiyosu bridge were designed as a set by making reference to the design competition for Köln bridge in 1911. Furthermore, it is showed that there is possibility Eitai and Kiyosu bridges were constructed as the groundwork for future development of technology of long spanned bridges in Japan.

1 はじめに

本論文では、帝都復興事業において復興局が建設した隅田川六大橋（相生・永代・清洲・蔵前・駒形・言問の六橋）全体の設計方針を示すとともに、六橋中特に重要な位置付けにあったと思われる永代橋と清洲橋の二橋について、その設計経緯について論考する。

隅田川の六橋については、タイドアーチや自碇式吊橋、ゲルバー桁など多様な構造形式が用いられるとともに、ニューマチックケーソン基礎やデュコール鋼、鋼矢板締切工法など当時国内では前例のない技術が適用されたことが一般に知られている¹⁾。しかし、この日本近代橋梁史のエポックとして位置付けられる事業に関して、その設計思想、あるいは同時代的な新しさが何であったかという点について、既往の文献は具体的に述べてはいない。特に、一橋ごとに異なる構造形式が採用された点が顕著な特徴として指摘されることが多いが、設計者の意図や計画プロセスの詳細に関する有力な説は提示されていないのである²⁾。

以上の認識から、本論文は特に復興局橋梁課長であった田中豊、及び復興局土木部長太田圓三の二人の言説に着目し、隅田川六大橋の設計思想及び永代清洲両橋の設計経緯について具体的に論じるものである。

なお以上の本論文の主旨に照らして、当時の土木系専門雑誌に発表された設計工事報告及び論説等を一次史料に準ずるものとして位置付け、分析・考察の基礎としている。また一次史料として、田中豊が復興事業と平行して東京帝国大学土木工学科において行っていた講義「橋梁」の筆記録³⁾、復興局橋梁課による永代橋の設計図面青図⁴⁾、及び永代橋工事記録写真⁵⁾の三種類を参照し、考察に反映させている。これらの史料は本論文が初出である

と思われるため、明記しておく。

2 隅田川六大橋の設計方針

(1) 型式検討の前提条件

『帝都復興事業誌』には、復興街路橋一般の橋梁形式の選定にあたって、特に地形・地質・環境の三点に留意した旨が記されている⁶⁾。このうち地形とは、主に架橋地点の地盤高、河川運河の航行のために必要とされる桁下空間の建築限界、及び橋台部の土地の広狭等を意味する。この地形が形式選定に及ぼした制約は大きかったと考えられる。なぜならば、多くの架橋地点が下町の低地であったため、桁下空間を航路として確保し、かつ計画路面高を現況地盤にすりつける必要から、桁高が厳しく制限されることになるからである。

太田圓三が橋梁形式は「皆デッキ型のものが宜い」と述べているように⁸⁾、復興局は街路橋として下路よりも上路橋が美観上好ましいと考えており、原則として地形条件から上路が不可能な場合に下路を選定したと見なしてよい。太田は永代清洲の二橋について「永代、清洲の様なものになるとスルーにするより仕方がないから、何うしても鐵構造が路面の上部に出張つて参ります」と述べているが⁹⁾、これは地形条件から下路形式を前提にせざるを得なかったことを指している¹⁰⁾。

隅田川の六橋のうち永代・清洲のほかにも下路を採用しているのは駒形橋であるが、『帝都復興事業誌』に「駒形橋は橋臺地に近く、幹線街路があつて、充分の盛土をなし難い」ために下路形式を選定したことが明記されている。従って隅田川の六橋については、まず上路形式を原則としつつ、地形上困難な場合（つまり周囲の現況地盤高へのすりつけの必要から計画路面高さを低めに設定

*Keyword : 帝都復興事業, 橋梁設計思想, 隅田川六大橋

**正会員 工博 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 専任講師 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

せざるを得ない場合)に、下路形式を前提として型式検討を行ったものと考えられる¹¹⁾。

(2) 長径間鉸桁構造の一貫した適用

『帝都復興事業誌』には、隅田川六橋にかかわる設計方針として「主桁には構桁の型式を用ひないで、鉸桁の型式を採用した。構桁を採るべきか、或は鉸桁を用ふべきか、其の利害得失は、今日なほ一つの問題であつて、鉸桁を一貫して採用するのは稍大膽なるの感があつたが〔後略〕」と記されている¹²⁾。あわせて復興局が架設した115橋中トラス橋及びトラス構造が全く用いられていない¹³⁾ことを考えると、鉸桁構造の一貫した採用こそが、復興局の最も重要な設計方針であった可能性が浮上する。

田中豊は「最も進歩せる型式の橋梁を架設したいもの」と考へました結果上部構造の主桁は一貫して鉸桁の型式を採用することとし〔後略、傍点引用者〕と述べている¹⁴⁾。鉸桁橋そのものは当時極めて一般的な形式ではあったが、鉸桁構造を長径間の主桁や補剛桁、主構等に採用する場合には、鋼重の増大、鉄板製作能力の限界、運搬架設上の問題、腹板の面内応力の把握と座屈への対処、桁高が小さくなるために予期される振動やたわみの問題など、技術上解決すべき多くの課題と直面することになり、トラスよりも先進的な理論と技術が必要になる。田中が鉸桁を「最も進歩せる型式」と述べているのは、これらの理由に基づくものと見て良いだろう。

長径間鉸桁構造の採用という田中のアイデアは、もともとケルンの吊橋(図1)をヒントにしたものである。田中は次のように述べている¹⁵⁾。

1915年獨乙ケルン市に於てライン河に架けられた全長369米の吊橋の補剛桁鉸桁が採用せられた事が私には何となく長径間鉸桁の復活時代の先駆をなすものでは無いかと云ふ様な感じがしてならなかつたのであります

当時、長径間橋梁の桁や主構はトラスで組むのが普通であった。田中は、補剛桁に鉸桁を大胆に用いたケルンの吊橋の姿に衝撃を受けるとともに、橋梁技術の将来の方向性をそこに感じ取ったのである。

田中は、設計当時兼任していた東京大学土木工学科の講義中でも、長径間鉸桁構造を講義中最も重要な事項であるとした上で「コレハKölnノ suspension bridgeニ使ハレテ以来ダンダン各所デ使ハレル傾向アリ隅田川ノ大橋ハ皆コレニスル」と述べており¹⁶⁾、当時最大の関心事であったことが窺える。従って、隅田川六橋の主構造部に一貫して長径間鉸桁構造が採用されたのは、そこに橋梁技術の将来性を見込んだ田中が、意図的に導入したものと結論付けてよいであろう¹⁷⁾。

当時の橋梁課技師成瀬勝武は、後年「私は新時代的な傾向として、または明日の橋の造形として、断然ソリッド・ウェブ型式を採用することを願っていただけに田中豊氏が敢然この型式をとられたことを深く喜んだ」と回想しており¹⁸⁾、田中の方針が、当時若いエンジニアたちにとって刺激に満ちていたことが想像される。

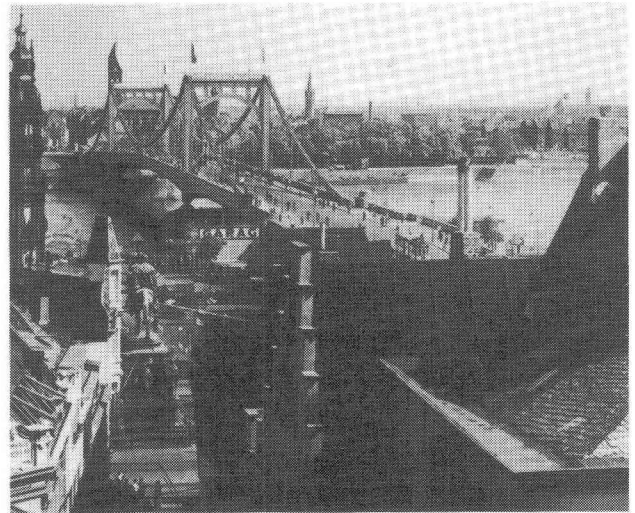


図1 ケルンの吊橋 (Peter Fuchs, *Köln damals gestern heute*, Greven Verlag Köln, 1998, p17 より転載)

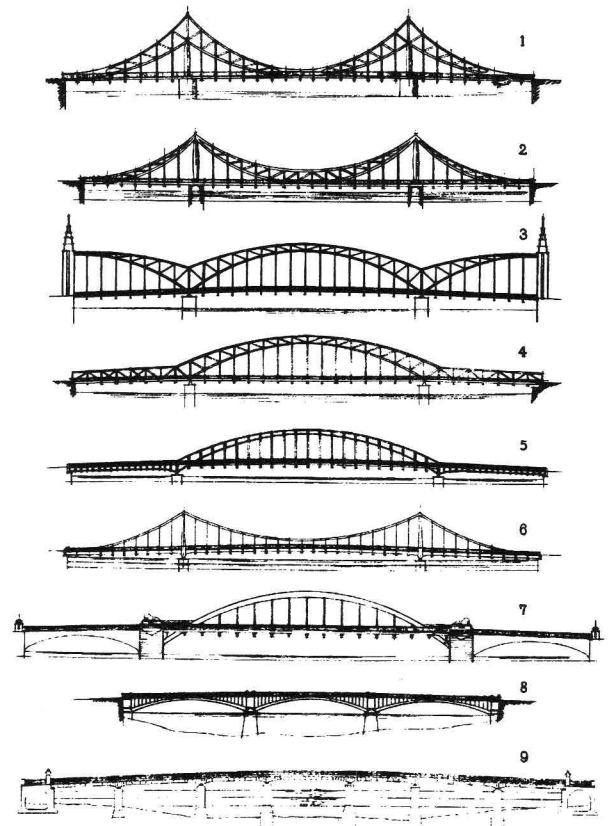


図2 隅田川橋梁の構造形式スタディ案 (太田圓三『帝都復興事業に就て』附図13号、復興局土木部、大正13.8)

(3) 太田圓三の示した方向性

しかしながら、鉸桁構造の一貫した採用という大方針は、検討当初から決まっていたわけではない。太田圓三が大正13年8月に発表した型式検討案(図2)には、永代橋と清洲橋についてトラス構造を用いたスケッチが多く含まれており、復興土木事業の総責任者として隅田川橋梁群に特別の思い入れを抱いていた太田自身が鉸桁構造にこだわっていた形跡は見られない。

田中は復興事業完成後に「六大橋の型式選定に當り、最も進歩せる型式を採用し、之を適切に按配した事は、

橋梁技術界輓近の情勢に鑑みて何等の遜色がない。此等の事實は一つに故太田土木部長の卓見による所であつて特筆に値する[傍点引用者]と述べている¹⁹⁾。この田中による「最も進歩せる型式を採用し、之を適切に按配した」という言葉を手掛かりに、当時太田の示した方向性について、以下考察していくことにする。

a) 「最も進歩せる型式」の意味

まず「最も進歩せる型式」とは、太田のどのような意図を反映した言葉なのであろうか。例えば図2に見られる多少突飛とも思える橋のデザイン案や、建築家の山田守を議論相手に自ら橋の検討を行いつつスタッフに「計算出来ない橋を架ける」と鼓舞し²⁰⁾、また図面を前にして田中が太田に「そんな型で落ちてでも知りませんよ」とくっつかか²¹⁾等というエピソードをあわせて考えると、太田が新しいオリジナルの構造や形の橋を求めたことが想像される。

さらに注目すべきは、復興局が設計に先立って世界各国の橋梁事例の写真を2,000枚以上にわたって収集し、設計のための参考にしたという事実であり、これは太田の指示によるものと見なすことが可能である²²⁾。この時収集された写真は、大正15年に出版されているが、その序文に次の主旨が記されている²³⁾。

吾人日本の技術者たるものは、徒らに先進國の驥尾に附し、晏如たるべきものに非ずして、吾國に適應せる日本獨特の技術を練磨向上せしむべき必要を痛感せしめられたり。是に於て復興局の東京横濱兩都市に於ける橋梁の設計に當りては、深く思を茲に致し日本技術の進歩を發揚するに努め、一面亦外國技術の粹を抜く爲め、外務省を通して駐外大使館に委嘱し、各國に於て各自著名なる橋梁の寫眞を蒐集せり。[傍点引用者]

これを、写真集の監修者が太田の収集意図を換言したものと解釈すれば、当時太田が目指した価値が見えてくる。太田は西洋文明の学習消化の上に、日本独自の文化を築き上げる必要を主張するのが常であった²⁴⁾。例えば震災の年の大正12年1月、鉄道省技師であった太田は「年頭偶感」と題して次のような意見を述べている²⁵⁾。

もう明治も大正と變り新文明の輸入も稍久しきに亘つたのであるから[中略]是からはよく西洋文明を消化した新日本文化といふものが段々と出来て来てよい時代ではあるまいか[中略]外國の國々で見ましても、英國は英國、獨逸は獨逸、米國は米國と各自大々皆固有の技術を有して居ります[中略]外國のものを輸入するのはいいが、よく之を消化したい、消化し得るのを自分のものに變形する様に努力して、日本の技術を進歩させたいといふ意見を申上げるので、極めて平凡な議論となるのであります

つまり太田の心中には、欧米技術の単なる模倣をいつまでも続けるのではなく、近代西洋技術を咀嚼して日本独自のものに昇華させ、日本の近代文化の醸成の基盤にしなければならない、という問題意識があった。上に引

用した「年頭偶感」の文章を、太田は大正13年8月に発表した『帝都復興事業に就て』中の橋梁事業を解説する箇所にはわざわざ再掲しており²⁶⁾、従って太田にとって橋のデザインとは、西洋近代技術の咀嚼の上に築かれる、近代日本の文明・文化の形を体現すべき一つの対象であったのだと思われる。つまり太田が方向性として最初に示したのは、欧米の橋の模倣ではなく、日本独自の技術を用いて日本独自のデザインを実現することだったと考えてよい。その準備として、太田は世界各国の橋梁事例写真の収集を指示したのであろう。また、当初画家や芸術家に橋のデザイン案を相談した、という有名なエピソードにも、そのような太田の思いを共通して見て取ることができる。

しかし欧米から輸入された技術を忠実に学び、応用することのみを学んできた当時の日本の橋梁技術者にとって、独自の技術に基づくオリジナルな橋梁デザインの実現という課題は、あまりに現実性の薄いものであったはずである。結局太田の意図を「最も進歩せる型式」の採用、即ち最先端の構造形式の実現という意味に読み替えた田中が、常日頃から関心の対象であり、当時世界最先端の技術でもあった長径間鉸桁構造の採用という形で、太田の求めに応えたものと考えられるのである。

b) 「適切に按配」の意味

一方「適切に按配」が具体的に何を意味するのかは判然としない。橋梁形式の配置に関する言及であることは間違いないと思われるが、明快なマスタープランが存在していた可能性を示唆する史料は見あたらない。太田は六橋の検討に際し、次のように述べている²⁷⁾。

上部構造につきましては[中略]十數種の型式を設計して見ました。それには外國の例を其儘採ると云ふことも、餘り感心したことはないと思存じ、是迄餘り例の少なき様なものをと考へましたが[中略]其の中から稍物になり相なものを撰んだのが、附圖一三號[引用者注: 図2として前掲]の如きものであります。殊にタイド、アーチとか、其他拱型のものの中々數が多いが、インバーテッド・アーチ型又はサスペンション式の、曲り方が上方に曲つた型ものは少ないから、特に其の様なものを考へて見た次第であります。[中略]其八は極めて普通なる無難のものでありますから、蔵前や言問邊に架けて見度いと思つて居ります。[傍点引用者]

ここに、隅田川六橋の検討プロセスに関する一つの特徴を見出すことができる。それは、検討の際にその型式を適用する架橋地点は必ずしも特定されていなかったということである。つまり、最初に考え得る新しい構造や形のデザイン案の候補を複数ピックアップし、次に地質や地形・周辺景観等を考慮しながら合理的判断を加味し、各架橋地点に当てはめていく、という手順に従ったものと考えられるのである。これは、各地点に応じて個別に最適解を検討する通常の方法とは出発点が全く異なっており、即ち独自の技術によるオリジナルなデザインの実

表1 隅田川六大橋の鋼重及び工費一覧(筆者作成)

橋名	型式	総鋼重 (㎡当り鋼重)	総工費 (㎡当り工費)	担当者
相生橋	ゲルバー鋼桁	1,278t (0.3t/㎡)	1,341,753円 (318円/㎡)	三宅政治
永代橋	鋼ゲルバー式 タイドアーチ	3,932t (0.965t/㎡)	2,841,921円 (698円/㎡)	竹中喜義
清洲橋	鋼自旋式吊橋	4,460t (1.09t/㎡)	3,009,038円 (732円/㎡)	鈴木清一
蔵前橋	鋼アーチ	2,142t (0.56t/㎡)	1,718,723円 (451円/㎡)	井浦玄三
駒形橋	鋼アーチ	2,061t (0.63t/㎡)	1,719,554円 (522円/㎡)	岩切良助
富岡橋	鋼ゲルバー桁	2,718t (0.77t/㎡)	1,830,713円 (520円/㎡)	岩切良助
(以下参考)				
吾妻橋	鋼アーチ	847t (0.28t/㎡)	1,250,000円 (417円/㎡)	(東京市)
両国橋	鋼ゲルバー桁	2,579t (0.65t/㎡)	864,100円 (219円/㎡)	(東京市)
既橋	鋼タイドアーチ	2,045t (0.61t/㎡)	1,148,127円 (343円/㎡)	(東京市)

現という太田の方針が上記の手順を生み、結果的に一橋ずつ異なる型式が採用される形で具体化したものと考えられるのである。

3 永代橋と清洲橋の設計経緯

(1) 鋼重と工費から見た永代橋と清洲橋の特殊性

表1²⁸⁾に、隅田川六大橋の鋼重及び工費を示す。六橋総予算(12,461,702円)の半分弱(47%)に相当する5,850,959円を永代清洲の両橋が占めている。当時平均的な橋梁建設費の㎡単価は240~300円程度であり²⁹⁾、最も経済的な設計に比して、約3倍もの予算が注ぎ込まれたことになる。鋼重も、経済性を重視したとされる相生橋に対して3倍以上を費やしている。

さらにこの両橋には、ニューマチックケーソン基礎やデュコール鋼など新技術も惜しみなく注がれており、六橋中特別な存在として扱われたことが明らかである。以下、両橋の形式選定の経緯を述べ、さらになぜこの両橋が特別扱いなのかを考察する。

(2) 対の橋としてのデザイン

永代橋と清洲橋の二橋は、下路形式として設計することが決定したのち(2(1)参照)、互いに対の形をなすように検討されている。『帝都復興事業誌』には「清洲橋は永代橋の上流に並行し、其の距離近からざるも彼我相望み得べく、永代橋と對照的位置にあるから、永代橋の上向きなる拱型曲線に對して、下垂形線を有する吊橋を撰定した[傍点引用者]」とあり³⁰⁾、田中も清洲橋について「上構は永代が上向の曲線型であるのに対し反對に下向の吊橋型を取るのが調和も良く」と述べている³¹⁾。

しかし、単に上向きと下向きの曲線を組み合わせるという造形上の効果のみを狙ってこの二橋に巨費を投じた

とは考えにくい。上下逆向きの曲線の対比という理屈は、むしろ形式採用の理由を説明するためにあとから付したものと見るのが自然であろう。そこで、次に両橋の形式選定の根拠について、清洲橋がケルンの吊橋をモデルにしたという事実に着目して考察する。

(3) ケルンの吊橋との関連

清洲橋はケルンの吊橋と同形式を採用したことを、田中自身が明言している³²⁾。このケルンの吊橋は、1911年の設計競技を経て実現したものである。図4にコンペの上位三案を示すが、Aは補剛桁を鉄桁とした吊橋案(採用案)、Bが補剛桁にトラスを用いた吊橋案であり、Cがブレーストリブのタイドアーチ案である。このうちCは、図2に示した復興局による当初の検討案のうち、「4」の

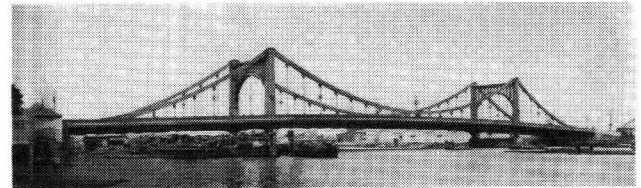
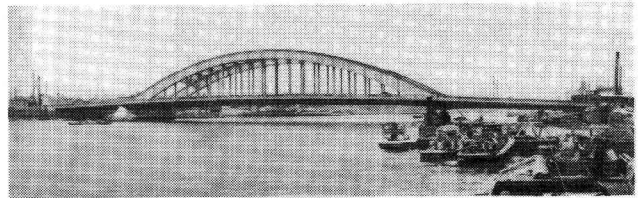
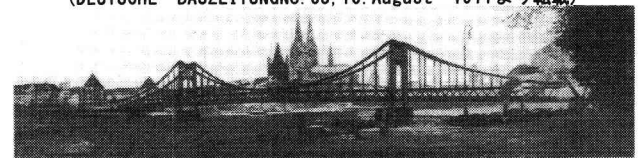


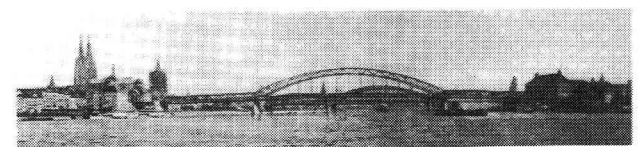
図3 上下逆向きの曲線を対置させた対のデザイン(上:永代橋, 下:清洲橋。『橋梁設計圖集第二輯』復興局土木部橋梁課,昭和3.7口絵写真を転載)



A: 補剛桁に鉄桁を用いた採用案 (DEUTSCHE BAUZEITUNG No. 65, 16. August 1911より転載)



B: 補剛桁にトラス桁を用いた案(落選) (DEUTSCHE BAUZEITUNG No. 65, 16. August 1911より転載)



C: ブレーストリブタイドアーチ案(落選) (DEUTSCHE BAUZEITUNG No. 69, 30. August 1911より転載)

図4 ケルンの橋の設計競技における上位三案

プレーストリプタイドアーチとほぼ同一の形状である。

田中は、復興局橋梁課長を務めていた頃の昭和2年の講演で、「ケルンの吊橋は丁度私が學生時代に其競争設計の審査が有りましたが當時獨乙は工業の勃興全盛の時代であつた爲め極めて興味あるものでありました[傍点引用者]」と述べているから³³⁾、当時少なくともこの上位三案を知っていたことは確実であり、永代橋の原形がこのコンペにおけるタイドアーチ案にあることは間違いないと思われる。従って、永代橋と清洲橋という対のデザインは、ケルンの橋の設計コンペで上位に残った案を参照したものであったと結論付けて良いであろう。田中は

コンペ案のプレーストリプをソリッドリブに変更して永代橋の原案としたのである。

(4) 永代橋の設計経緯

a) 構造形式の選定理由

田中によれば、永代橋の型式検討の前提条件としたのは以下の四点である³⁴⁾。

- ①地盤が極めて軟弱であること
- ②河畔地が低地であること
- ③隅田川の河口であり、船舶の通行が頻繁であること
- ④周囲の風光が雄大であること

表2 永代橋設計及び施工の経緯 (筆者作成)

年	月	上部工設計	上部工事	下部工事
大正13	7	ボーリング調査により地質詳細判明		
	8	プレーストリプを含む三案で検討		
	9			蔵前河岸で潜函進水台・滑台工事着手
	12			第一橋脚基礎潜函進水
大正14	1			第一橋脚所定位置に曳航
	3			第二橋脚進水開始
	4			第一橋脚圧搾空気投入開始
	5			第二橋脚所定位置に曳航
	6			第一橋脚基礎コンクリート充填完了 第二橋脚圧搾空気投入開始 京橋側・深川側橋台掘削開始
	7			第二橋脚基礎コンクリート充填完了
	8		神戸川崎造船所にて原寸に着手	京橋側・深川側橋台コンクリート充填完了
	10	下橋設計完了		
	11	一般図作成完了 吊径間板桁設計完了 排水装置詳細設計完了		
	12	吊径間板桁設計完了(一部) アーチ主構部設計完了 アーチ繫材取付詳細部設計完了 支承部設計完了 材料表作成完了 高橋設計完了		
大正15	1	アーチ吊材設計完了 上橋構・橋門構設計完了		深川側橋台竣工
	2	アーチ部寸法図・製作図完了	吊桁部部材製作完了	
	3	伸縮継手等詳細部設計完了		
	4	アーチ部床桁設計完了	吊桁部仮組立完了 吊桁部現場搬送	
	5		アーチ部部材製作完了	
	6	繫材(7/16")設計完了	支承据付 吊桁部架設開始	
	7			
	8	照明設計完了	アーチ部仮組立完了	
	9	袖高橋設計完了		
	10		アーチ主構築設	
	11		アーチ閉合 タイバー取付完了	
	12		アーチ部床桁取付 鉚打式(3日) 開通式(22日)	
昭和2	1		軌道及び舗装工事	

条件①より通常のアーチ橋が不可能であること、条件②より下路形式が前提となること(2(1)参照)、条件③より支間割を三径間とし、かつ中央径間を可能な限り大きく確保することが必要であることが、それぞれ記されている。従ってこの時点で、形式の候補はトラス、他にタイドアーチと自碇式の吊橋の三案に限られてしまう。

④の景観上の要件については、田中は「架橋地点附近の雄大なる環境に調和する事は區々たる局部的裝飾の能くする處にあらず、橋梁其物が全體として表現する氣分に依つてのみ果さる。即ち型式としては其輪廓の豪壯雄大なるものを撰ばざる可からず。吊橋の如きは形態佳麗なるも其美は繊細にして幾分女性的の感あるが故に本地點の如き雄大なる環境中にありては壓倒さるゝ傾きあるべし」と述べているが³⁵⁾、永代橋に吊橋は不適とする論理としては具体性を欠いている。むしろ永代橋に吊橋を採用するか否かの合理的判断基準として、条件③に起因する、中央径間を可能な限り大きく確保するという航行上の要件が強く配慮されたはずである。自碇式吊橋の場合、中央径間と側径間のバランスを欠くと両橋台部橋端にアップリフトが生じるため、支間割の自由度がトラスやタイドアーチに比して大きく劣るからである。

次に田中は「トラスは其不規則なる斜材の爲に非常に不愉快なる感じを興ふる[中略]更に橋外より見たる形態の美に就いて比較するにトラスの男性的にして力強き輪廓は可とするも優美の點に於て缺くる所大なり」としてトラス橋の美観上の欠点を列挙し、「典雅にして然も雄大なる曲線美」のアーチが優れている、と述べる³⁶⁾。ただ、復興局が結局トラス橋を設計しなかったこと、また図1に示した構造形式案に通常のトラス橋が含まれていないことを勘案すると、復興局は検討の初期段階で、トラス橋という可能性を断っていたと考えるべきである。

さらに田中は、タイドアーチの主構を鉸桁構造とする理由について「Solid Ribは二枚の鉸により上下兩弦を連結せるものなる故、架設の際に部材の重量大となり幾分不便は免れざれども其應力計算は比較的正確にして格點の剛性に伴ふ二次的應力による影響を特に考慮する必要なく且つ部材の弱點少き爲め、其壽命を長くし得る利益あり[中略]Solid Ribは其外觀壯重なるのみならず、最

も良くMassの美を表現し、其の虹の如く中空に懸れる拱肋の曲線は瀟洒なる吊材の直線と相俟つて遺憾なく四圍の風光と調和するを得べし」と述べている³⁷⁾。ここには、より単純で剛性が高い構造を求める田中の志向と、それを美観の見地から正当化しようとする姿勢が表れている。

タイドアーチと吊橋という対のデザインの発想が、ケルンの橋のコンペ案をアイデアソースとしていることを本章(3)で指摘したが、上に示した田中の型式選定に関する記述は、次の段階として、永代橋にタイドアーチを採用することの正当性を、合理的・美観の見地から説明するものとして位置付けられるであろう。

b) 設計及び施工の経過

表2に、永代橋の上部工・下部工の設計及び施工の経過を年表で示す³⁸⁾。上部工に先行して下部工の設計を終え、その後下部工の施工と並行して上部の詳細設計が進められている。大正13年9月には下部工の仮設工事に着手しているから、図2に示した型式検討案が太田により発表された時点(大正13年8月)で既に、下部工の型式(ニューマチックケーソン基礎)と位置形状はほぼ固まっていたことになる。つまり、大正13年の前半には、ニューマチックケーソン基礎工法の導入、及び永代橋と清洲橋を下路式タイドアーチと自碇式吊橋という対の橋としてデザインするという方向性が決定しており、上部工の構造をいかに具体化するか、という問題のみが積み残っていたのである。田中はおそらく、この時点で既に長径間鉸桁構造の適用というアイデアを太田に示していたものと考えられるが(長径間鉸桁構造を用いた最終案に近い永代・清洲両橋のスケッチが、既に図2に登場している)、太田は田中の提案を採用することを保留し、別のデザイン案の可能性を探っていたということになる。

太田は上部工の形に関しては、最後までオリジナルのデザインという目標にこだわったのであろう。ここに、隅田川の橋のデザインに対する太田の価値観が端的に現れているものと見てよいが、この点に関しては、「4 まとめ」において改めて考察を行う。

c) 細部デザインの特徴とデュコール鋼の使用

永代橋の細部デザインの最大の特徴は、アーチのタイ

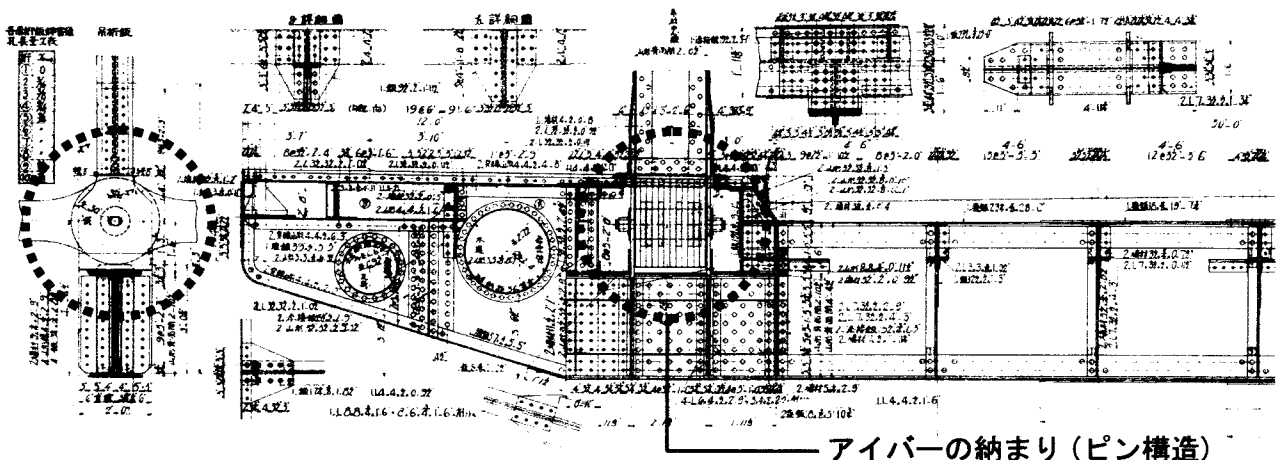


図5 永代橋床組詳細(『橋梁設計圖集第二輯』復興局土木部橋梁課, p14, 昭和3.7より転載)

材と床組の納まりにある。タイ材にはアメリカ技術であるアイバーが用いられ、かつ高張力鋼であるデュコール鋼で製作されている。タイ材と吊材及び床桁からなる格点部は典型的なピン構造を形成している(図5参照)。

しかし、鉄道省や内務省は大正中頃から格点部の構造をピンから鉋結へと切り替えており、アイバーを用いたピン構造は復興当時既に用いられることのない過去の技術であった³⁹⁾。にもかかわらず、なぜ「最も進歩せる型式」を目指した田中が、永代橋に旧来のアメリカ技術であるアイバーとピン構造を用いたのであろうか。構造上の利点⁴⁰⁾と美観上のメリット⁴¹⁾が主な理由であることは確かであるが、田中が、高張力鋼で製作したアイバーの使用を長大橋梁のための基礎研究として位置付けていたという解釈は有効であると思われる。田中は当時、東大の講義において「コレ[引用者注：アイバーを指す]ハ economical ナル tension member ナリト云ヒ相当 large span ノ bridge ニ使用サル (American practice) [下線引用者]」と述べており⁴²⁾、つまりアイバーを長大橋梁を実現するために有効な技術であると考えていた。特にアメリカの長大橋技術に対する関心は極めて高く、復興事業のちに発表した二、三の論説の中でも繰り返し言及しており⁴³⁾、田中が長大橋梁の技術を自らの重要な課題として位置付けていたことは間違いないのである。

1937(昭和12)年3月に内務省土木局によって公表された関門橋の計画案(実現せず)は、主要構造の大部分にデュコール鋼を用いた吊橋案であった。デュコール鋼は、補剛トラス桁の弦材と添接板、及びケーブル定着のアンカレッジの内部に埋め込まれるアイバーの材料として用いられ、復興局が使用したものとほぼ同一の性状を有するものであった⁴⁴⁾。田中が関門橋の計画に関わったことを特定できる史料は現在のところ見当たらないが、永代橋におけるデュコール鋼の使用が関門橋吊橋案の布石となっている可能性が指摘できよう。

(5) 清洲橋の設計について

田中豊は清洲橋の設計について「此の橋[引用者注：ケルンの吊橋を指す]は其型式に於て面白いのみならず使用材料もニツケルクローム鋼を採用して有ることが大に注意すべき点でありました[中略]組立中には補剛桁に3個のヒンジを入れ静定構造とし死荷重に依つて補剛桁に灣曲力率が起らない様にしましたことなどは大體ケルンの吊橋と同一の要領に依つたものであります[傍点引用者]」と述べている⁴⁵⁾。つまり、単に構造型式のアイデアや形だけでなく、高張力鋼の採用や施工上の手順に至るまでケルンの吊橋から引用したことになる⁴⁶⁾。

田中が、ケルンの橋をここまで徹底して真似してよしと考へた理由は何であらうか。田中が隅田川六大橋に鉋桁構造を一貫して採用したのは、そこに橋梁技術の将来性を見たからであった。つまり田中は、隅田川の橋を将来の日本橋梁技術の発展へ向けての第一歩として位置付けていたものと思われる。つまり、規模こそ小さいもののケルンの吊橋のほぼ忠実なコピーとして設計された清

洲橋も、少なくとも田中の心中では、将来の技術的発展即ち長大橋技術の確立への布石として位置付けられていたという解釈が成立し得る。永代橋と清洲橋に惜しみなく予算が投じられた理由を、そこに見いだすことが可能であろう。現段階では推測に頼らざるを得ないが、日本近代橋梁史における永代清洲両橋の位置付けを検証する上で、今後重要な視点であると思われる。

4 まとめ

以上の分析及び考察の結果から考えると、永代清洲両橋の設計内容は、ケルンの橋のコンペ案の参照、長径間鉋桁構造の適用、高張力鋼の使用、ニューマチックケーソン基礎工法の導入、清洲橋に見られるケルンの吊橋の模倣など、結局ドイツあるいはアメリカの技術やデザインを導入したものに過ぎず、当初太田が示した「独自の技術によるオリジナルなデザイン」という目標にはほど遠い結果に終わったとも言える。この点に関して、太田は総責任者としてどのように考えていたのであろうか。

太田が、西洋文明の咀嚼の上に日本独自の文化を築きあげる必要を常に主張していたことは先述した。一方で太田は、近代日本はいまだ表面的物質文明の渦中にあるに過ぎず、日本独自の近代文明を成すには一層の学習努力が必要である、とも考えていた。例えば復興局土木部長在任時に記した次の文章には、そのような問題意識が顕著である⁴⁷⁾。

一般の人々はよく日本人は凡て模倣的の國民であると言ふて自ら憤慨する。物は見方である、私も現在の日本國民は物質文明に於て特に歐米を模倣して居ることを否定するものではない。然し乍ら開國僅かに50年餘に過ぎぬ我國に於て、模倣なしに直ちに歐米の物質文明を消化し得るであらうかと考へれば、其甚だ出來難いことであるは何人も肯定するであらう。英、佛、獨等に於ても其文明の根柢は深く、其時期に於て長いのである[中略]我國民性が敢て其源に於て模倣的の特性を有するのではなくして、今日では歐米の文化に幻惑され是を學ぶに日も是足らざるの致す所からである。言ひ換えれば吾等は物質文明に対して小兒である。小兒が大人の眞似をして言語を習ひ、教師の眞似をして學んで居ると同様である。[中略]實に私共は今物質文明に對し學習の時代に在る。學習の時代に在るものは大に眞似、大に模倣すべきである。斯くしてよく學びよく習ふて初めて我風土に適合した凡ての日本固有のものが出來るのであるから、よく勉強して成る可く早く成長したる文化國民となるべきである。私は更に言ふ、我國民性は決して模倣を能事として満足する様なものではない。かすに年月を以てせよ、然らばやがて來る時代は光明燦然たるものとなるであらう

つまり太田の心中では、日本独自のものをという思いと、そのためにはまだ学習努力が必要であるという思いとがせめぎ合っていたのである。太田は、課内で橋梁の

設計検討が進んだある段階で、独自の技術、オリジナルのデザインという目標設定が現実的ではないと言う事実面に直面したはずである。一方田中は、太田の意図を「最も進歩せる型式」即ち最新の構造形式の実現という意味に読み替えて、永代清洲両橋にはケルンの吊橋及びそのコンペ案をベースに設計し、さらにドイツ最新技術である長径間鉸桁構造をデザインモチーフにするというアイデアを太田に提示した。太田は上部工のデザインについてはオリジナルなデザインの模索にこだわったものの、ある時点で（おそらく大正13年の後半であろう）、半ば妥協を伴いつつ田中の提案を全面的に受け入れ、目標を完全に「最先端技術の学習消化」に切り替えて、永代清洲両橋に重点的に新技術と予算を投入したのではないだろうか。そしてその決断を一層確かならしめた要因として、永代清洲にデュコール鋼を採用して将来の長大橋技術確立への布石にするという田中の思惑が存在したという可能性を、指摘できるのである。

復興計画執行の事実上の責任者であった太田圓三は、橋はもちろん、道路計画や高速鉄道計画などにも積極的にに関わり、常に近代都市東京のあるべき姿とは何か、日本独自の近代文明・近代文化の形とは何かを考えていた。それが、オリジナルなデザインという目標設定として現れた。一方田中豊にとっての関心事は、常に日本の橋梁技術発展の方向性とは何かという点にあった。この二人の個性や嗜好が有効に作用し合うことによって、現在の隅田川橋梁群が実現したとすることができるであろう。

最後に、本論文の成果を以下にまとめておく。

- ・隅田川六大橋の最も重要な設計方針が、当時最新の技術的傾向であった長径間鉸桁構造の一貫した適用であることを示した。
- ・太田圓三の「独自の技術による新しいデザインを」という方針を反映して、最初にさまざまな型式を考案したのちに各架橋地点にあてはめていくという検討手順を経ることになり、結果として一橋ずつ異なる構造形式が実現したという解釈を示した。
- ・永代橋と清洲橋が対の橋として検討されたことを示し、さらにこのアイデアが、1911年のケルンの橋の設計競技上位案の参照に基づいていることを示した。
- ・永代橋の設計経緯と型式選定プロセスの詳細を明らかにした。
- ・永代清洲の両橋が将来の長大橋梁技術確立へ向けての布石として位置付けられていた可能性を指摘した。

今後、太田と田中の個性の分析を深化させて、隅田川橋梁群の設計経緯に関する考察をより鮮明にしていくことに加え、隅田川以外の比較的小規模の街路橋の型式選定はどのような具体方針に拠っているのか、また復興局の方針が東京市の復興橋梁事業にどのような影響を与えたのかといった点が、興味深い課題として残されていると言えよう。

- 1) 本論文では、東京市の設計施工による隅田川の復興橋梁（既橋・両国橋・吾妻橋）は対象としていない。
- 2) 例えば日本橋梁建設協会編『日本の橋—多彩な鋼橋の百余年史—』朝倉書店,1994.6
- 3) 伊東は、復興橋梁の形式配置について「計画論として非常に特筆すべき、しかも外国の諸都市にも見られぬ、このような壮大な橋梁配置計画が、不思議なことに当時の報告書なり、事業誌に一言も記録されていないのである」と述べている（伊東孝『東京の橋』鹿島出版会, p156, 昭和61.9）。
- 4) 大正14年7月から翌年にかけて、即ち田中が東京帝国大学工科大学の教授に就任した最初の年度に土木工学科で行った講義の筆記録。復興局において隅田川の諸橋を設計している最中（もしくは直後か）の講義である。当時土木工学科一年生であった伊藤令二による筆記録で、全370頁からなる。全体に、田中のドイツ理論への傾倒ぶりがよく現れていること、また力学一般の原理から構造力学の基礎へ、さらに橋梁の構造理論及び各論へと、一般から個別へと展開していく体系的な講義の構成が、大きな特徴である。伊藤學氏所蔵。
- 5) 復興局橋梁課『永代橋設計圖面(上)(下)』。永代橋上部工の詳細設計の青焼き図をまとめて綴じたもの。ほぼすべての図面に、照査、設計、製図の各署名と、日付が記されている。B2版、見開きB1版で、上下二冊からなる。東京大学工学部土木工学科所蔵。
- 6) 下部工の工事着手から竣工まで、復興橋梁の施工経過を写真で克明に記録したもので、各橋梁ごとに数巻にまとめられている。東京大学工学部土木工学科所蔵。各写真には工事内容と日付のメモが記されている。永代橋は全5巻からなるが、1~3巻の所在は不明。復興局で作成したものを、田中豊が東大に保管していたものと思われる。
- 7) 『帝都復興事業誌土木篇上巻』復興事務局, pp335-342, 昭和6.3
- 8) 太田圓三『帝都復興事業に就て』復興局土木部, p142, 大正13.8
- 9) 前掲8), p142
- 10) 永代橋については、田中豊も「架橋地點附近は河畔低地にして且人家稠密なる故規定の桁下空間を得る爲めには其形式を下路式(through Type)とするは止を得ず」と報告している(田中豊「新永代橋の型式撰定に就て」土木建築工事画報 Vol.3-3, p3, 昭和2.3)。
- 11) 例えば蔵前橋は、アプローチを現況地盤から4m近く嵩上げて、わざわざ上路形式を採用している(『橋梁設計圖集第二輯』復興局土木部橋梁課, p26, 昭和3.7参照)。
- 12) 前掲7), pp342-343
- 13) 復興局は唯一、八ツ山橋のアーチ主構にトラス構造を用いているが、これは既存の橋の拡幅事業であり、併設部を既存の構造にあえて合わせたためと見なしてよい。
- 14) 田中豊「隅田川橋梁の型式」土木建築雑誌 Vol.6-1, p3, 昭和2.1
- 15) 前掲14), pp3-4
- 16) 田中豊講義記録「橋梁」pp258-259。長径間鉸桁構造は、当時鋼構造の理論面では最先端と言われたドイツの最新技術であった。田中の東大における講義も、その多くの部分が最新のドイツ理論に基づいており、田中が日本の橋梁技術の将来をドイツ技術の傾向に重ね合わせて思い描いていたことは、確実である。
- 17) 田中は鉄道省に復帰した後も、長径間鉸桁構造の追究を生涯のテーマとしていたようである。例えば総武線両国御茶ノ水間高架線の昭和橋を支間長44mの単径間鉸桁(当時最長)で設計しているが、田中自身この橋を会心の作と位置付け、

- 自分の考える未来の橋に通じるものだ、と述べたというエピソードがある(青木楠男・黒田武定ほか「座談会 わが国のれい明期における鉄橋」日本構造協会誌 Vol.7-69, p39, 1971.9)。また、同じく田中が手がけた同高架線中の隅田川橋梁(ランガー桁)や、全溶接を導入して軽量化を図った田端大橋(鉸桁)にも、鉸桁構造追究という田中の意図が色濃く現れていると見ることができる。
- 18) 成瀬勝武「土木技術家の回想(その3)」土木技術 Vol.25-3, pp125-126, 昭和45.3
- 19) 田中豊「復興橋梁に関する一技術家の感想」都市問題 Vol.10-4, pp779-781, 昭和5.4
- 20) 平山復二郎「復興事業と故太田圓三氏」土木建築雑誌 Vol.10-7, p28, 昭和6.7
- 21) 長久保俊夫「復興局時代の課長を偲ぶ」平井教編『田中豊博士追想録』所収, 東京大学工学部土木工学科橋梁研究室, p84, 昭和42.8
- 22) 太田は、独創的な仕事をするためには政府が図書館や研究所等を創設し、仕事の参考となるような資料を収集保管すべきであるという持論を語っている(太田圓三「土木工事の改善」土木学会誌 Vol.11-3, pp477-479, 大正14.6)。
- 23) 田中豊・成瀬勝武他『世界橋梁写真集』シビル社, 大正15.12
- 24) 中井祐「樺島正義・太田圓三・田中豊の仕事と橋梁設計思想—日本における橋梁設計の近代化とその特質—」東京大学学位論文, 2003.1 第三章参照。
- 25) 太田圓三「年頭偶感」土木建築雑誌 Vol.2-1, p9, 大正12.1
- 26) 前掲8), pp135-136
- 27) 前掲8), pp144-145
- 28) 本表は、次の史料に基づいて筆者が作成した。『帝都復興事業誌土木篇上巻』復興事務局, 昭和6.3 / 森田三郎「相生橋工事報告」土木建築工事画報 Vol.3-2, pp27-31, 昭和2.2 / 相馬龍雄「清洲橋上部構造架設工事」土木建築工事画報 Vol.4-6, pp20-23, 昭和3.6 / 目黒清雄「駒形橋工事概要」都市工学 Vol.6-7, pp47-57, 昭和2.7 / 小池啓吉「吾妻橋改築工事(二)」土木建築雑誌 Vol.10-3, pp92-106, 昭和6.3 / 「両国橋」土木建築工事画報 Vol.8-7, pp44-47, 昭和7.7 / 遠藤正巳「厩橋改築工事概要」道路の改良 Vol.12-2, pp87-100, 昭和5.2
- 29) 当時平均的な橋梁建設費は、坪当たり800~1,000円であった(成瀬勝武「神田橋改築工事」土木建築工事画報 Vol.2-1, p25, 大正15.1)。
- 30) 前掲7), p344
- 31) 前掲14), p4
- 32) 前掲14), p4に「此の型式は前述のケルンの吊橋の型を採用したものであります」との記述がある。
- 33) 前掲14), p4
- 34) 田中豊「新永代橋の型式撰定に就て」土木建築工事画報第3巻第3号, pp3-8, 昭和2.3
- 35) 前掲34), p3
- 36) 前掲34), p4
- 37) 前掲34), pp4-5
- 38) 本表は、次の史料に基づいて筆者が作成した。『永代橋設計圖面』東京大学工学部土木工学科所蔵史料/「永代橋工事記録写真第四巻」及び「同第五巻」東京大学工学部土木工学科所蔵史料/ 竹中喜義「永代橋上部構造設計」土木建築雑誌 Vol.6-1, pp5-13, 昭和2.1 / 釘宮磐「永代橋工事に就て」都市工学 Vol.5-10, pp7-10, 大正15.10。「永代橋工事記録写真第四巻」及び「同第五巻」には、工事現場の写真の右肩に日付が記されており、工事の進捗段階を正確に追うことができる。なお、『永代橋設計圖面』の各図面の日付欄に記された月日をもって、設計完了とみなした。
- 39) 例えばタイドアーチの場合で見ると、既に大正3年に鉄道技師大河戸宗治によって設計された八ツ山橋には吊材・床桁・タイ材の三者が鉸結されるディテールが採用されている。スパン40mの八ツ山橋は、アーチスパン100mの永代橋に比べて小規模の例であるが、永代橋とほぼ同時期に設計され、また似通ったスケールを有するタイドアーチ橋の千住大橋(昭和2年竣工, 増田淳設計)や白鬚橋(昭和2年竣工, 増田淳設計)も八ツ山橋と同じく鉸結である。
- 40) 前掲7), p317に、普通鋼では断面過大となるために鋼重軽減を意図してデュコール鋼を採用した旨の記述がある。
- 41) 成瀬勝武は後年、高張力鋼を用いることでタイ材をすべて床組の内部に納めることができるという美観上の配慮があったことを述べている(前掲18), p126)。
- 42) 前掲16), p232
- 43) 田中は持論を開陳することが稀な技術者であったが、復興事業後に発表した次の三本の論説には、全てアメリカの長大橋技術に関する言及がなされている。(1)では「大徑間橋梁に對しても相當の準備をして居らねばならぬ」と述べ、長大橋技術の研究努力の必要を主張している。
- (1) 田中豊「本邦橋梁界所感」土木建築工事画報 Vol.9-6, pp14-15, 昭和8.6
- (2) 田中豊「歐米管見」土木学会誌 Vol.19-8, pp601-608, 昭和8.8
- (3) 田中豊「橋梁技術界所見」土木建築雑誌 Vol.15-1, pp4-5, 昭和11.1
- 44) 日本土木史編集委員会編『日本土木史大正元年~昭和15年』土木学会, pp690-693, 昭和40.12及び田中豊編『橋梁参考圖表下巻』克誠堂出版, pp103-110, 昭和25.3参照。
- 45) 前掲14), p4
- 46) もちろん、ここまで徹底したコピーに抵抗がなかったわけではない。当時橋梁課の囑託であった山口文象は、のちに「清洲橋をやるときにはたいへん抵抗がありました。ドイツのケルンのサスペンション・ブリッジができたばかりで、こいつのまねになるから困るといふような話もありました」と述べている(山口文象・長谷川堯「兄事のこと」長谷川堯『建築をめぐる回想と思索』所収, 新建築社, p175, 昭和51.1)。
- 47) 太田圓三「土木工事の改善」土木学会誌 Vol.11-3, pp477-478, 大正14.6