

明治末期における京都での鉄筋コンクリート橋*

Reinforced Concrete Bridges at Kyoto in the End Age of Meiji

山根 巖**

By Iwao Yamane

概要

明治末期における京都での鉄筋コンクリート橋は、有名な田辺朔郎による明治36(1903)年の琵琶湖疎水に架けた日ノ岡の「孤形桁橋」に始まるが、明治38年から京都市の井上秀二により、高瀬川で4橋の小規模鉄筋コンクリート橋群が架設された。

一方京都府においても、明治41(1908)年原田碧が長崎市から転勤して来て以後多数の鉄筋コンクリート橋が架設されたが、その代表は鞍馬街道の「市原橋」と「二之瀬橋」と言えよう。これ等の橋はメラン式を発展させた日本的な考え方の軸組方式で「鉄骨コンクリート構造」のアーチ橋とトラス橋として建設されている。また明治38(1905)年日比志彦により導入されたモニエ式アーチ・スラブが、I字鉄桁に用いられて「鉄筋橋」と呼ばれ大正期末迄に多数建設され、市原橋の側径間にも採用されている。

明治末期の京都での鉄筋コンクリート橋は、府市共にメラン式等の試験的な小規模の橋梁が多かったが、大正2(1913)年に完成した柴田畦作による、鴨川での鉄筋コンクリートアーチ橋の四条及び七条大橋の架設で、鉄筋コンクリート橋は大規模化し多様化して、日本の鉄筋コンクリート橋の発展に大きな影響を与えた。

こうした明治末期における京都での鉄筋コンクリート橋の導入と発展の特徴について、調査した結果を報告する。

1. 京都市における鉄筋コンクリート橋の建設

(1) 琵琶湖疎水に架かる橋

鉄筋コンクリートに関する早期の記録としては、明治27(1894)年8月造家学会での帝大教授田辺朔郎の「地震と迫持との関係及び耐震迫持の考案」と題する講演があり、建築雑誌(造家学会誌)にも掲載されている。¹⁾この講演はアーチ構造が耐震的に有利である事を静力学的に説明したものであるが、質疑応答の中で当時計画されていた鉄道の「東京高架橋」の構造として、煉瓦アーチ構造と比較して、鉄筋コンクリート・アーチ構造の研究をしている事を述べ、「システム・メラン」「システム・モニエル」を比較して紹介している。

1890年頃からの欧米での鉄筋コンクリート構造の急速な発展は、我国の先進土木技術者の間でも注目されており、調査研究は進められていたが、実際のコンクリート橋の架設には極めて慎重であった。

明治36(1903)年7月田辺朔郎は琵琶湖疎水の日の岡に、メラン式孤形桁橋(現在名、日の岡11号橋)を架設した。支間7.3m、幅員1.5mの小橋であり、試験的なものであったと見られる。²⁾(写真-1)

次いで明治36年10月「明治工業史、土木編」に記

録されているメラン式の「鹿ヶ谷御殿前橋」(現在名、第7号橋、橋長7.3m、純幅員3.3m)が架設された。³⁾この橋は琵琶湖疎水の北水路支線上で、現在の鹿ヶ谷上宮ノ前町の「哲学の道」の傍らに現存している橋と見られる。(写真-2参照)I字鉄桁を用いたメラン式の鉄筋コンクリート斜スラブ橋で、側面には2条の凹形の意匠線が入り、鉄製高欄の形と共に明治の面影を残す佇まいである。(写真-2参照)

また、明治37(1904)年御陵黒岩町の琵琶湖疎水に大岩橋(現在名、山の谷橋)が、鉄筋コンクリート閉側固定アーチ橋として架設された。橋長12.6m、幅員2.0mの小規模人道橋であるが、監督技師山田忠三、技手河野一茂、請負人大西巳之助と橋体に表示されている。(写真-3参照)

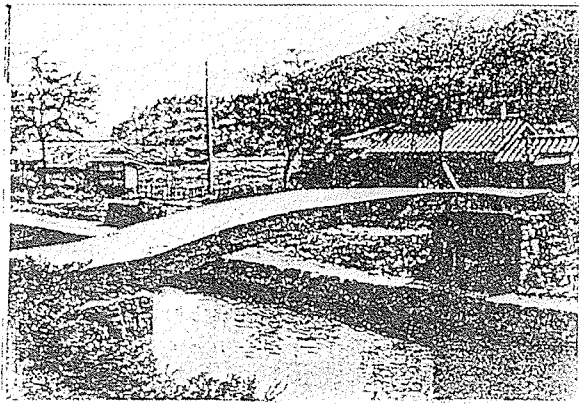
山田(竹内)忠三は第一琵琶湖疎水工事で、田辺朔郎により現場教育された技術者であり、田辺朔郎の設計した京都東本願寺の防火用水工事を担当し、明治30年に工学会誌に報告している。⁴⁾

大岩橋の設計者は明記されていないが、田辺朔郎の設計と見られ、疎水上の橋でありメラン式の吊型枠で架設されたものと考えられる。

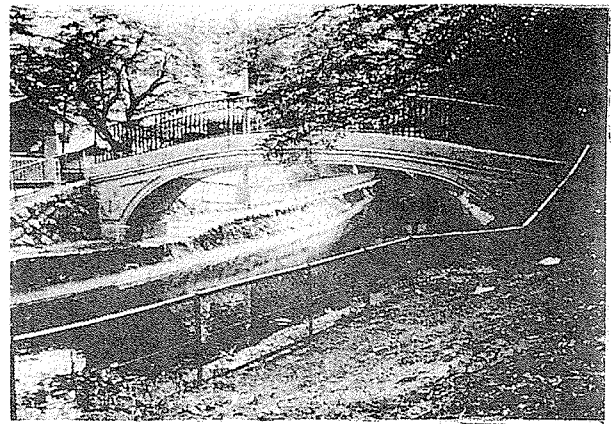
* keywords; 明治末期 京都 鉄筋及び鉄骨コンクリート橋

** 正会員; 大日コンサルタント株式会社

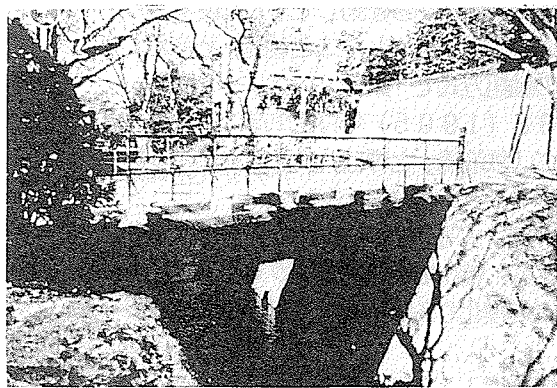
(〒500-8384 岐阜市藪田南 3-1-21)



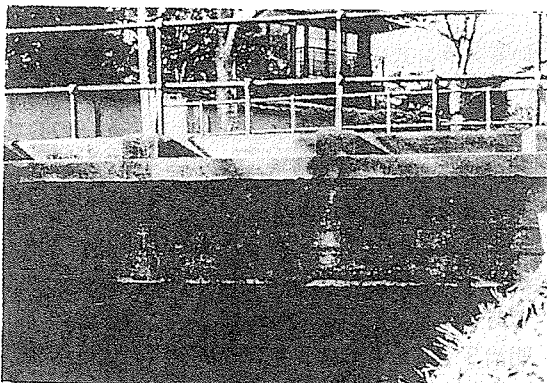
写真一 1 メラン式弧形桁橋（日の岡11号橋）明治36年7月²⁾



写真一 3 大岩橋（山の谷橋）明治37年（平成9年、筆者撮影）



写真一 2 (1) 鹿ヶ谷御殿前橋（第7号橋）明治36年10月、側面全景（平成10年、筆者撮影）



写真一 2 (2) 鹿ヶ谷御殿前橋（第7号橋）桁側面と意匠線、

拱腹線は疎水舟運の桁下空間を大きく取るため、楕円形を採用しており、アーチ側面に縁取した意匠は、明治40（1907）年架設の長崎の「梅香崎橋」と同類であり、欧州の橋梁を模したものと見られる。⁵⁾

この他明治45（1912）年6月に、インクライン下流の岡崎広尾に鉄筋コンクリート橋の疎水広尾橋、橋長23mが架替えられている。³⁾

(2) 井上秀二と高瀬川に架けた橋

井上秀二は明治33（1900）年京都帝大第一回卒業生として大学に残り助教授に任ぜられた。明治34年から始まった京都市の西ノ洞院川の暗渠化工事の鉄筋コンクリート・カルバートを指導し、翌年京都市に転じて土木課長となった。この後高瀬川に数橋の人道橋を架設

しているが、その内4橋が鉄筋コンクリート橋である。市議会で「コンクリートの橋は壊れる」と言われて、予算がなかなか通らなかったと言われている。²⁾

これ等の一つが明治38（1905）年架設の径間7.3mの2交開側アーチ橋の仏光寺橋である。（写真一4参照）次いで同年三條通り上るの姉小路橋が径間5.5m、及び材木町橋が径間7.3mのキャンチレバー橋として架設された。⁶⁾（写真一5（1）参照）

仏光寺橋はメラン式工法、姉小路橋はアンネビク式工法で架設されたと言われ、⁷⁾舟運のある高瀬川のため支保工として木造三角トラスを組んでおり、片持梁の帯鉄の使用状況や、扶壁式の橋台の配筋が見られる。⁸⁾

（写真一5（2）参照）

明治40（1907）年には遅れて六軒橋の閉側固定アーチ橋が完成している。⁹⁾（写真一6参照）

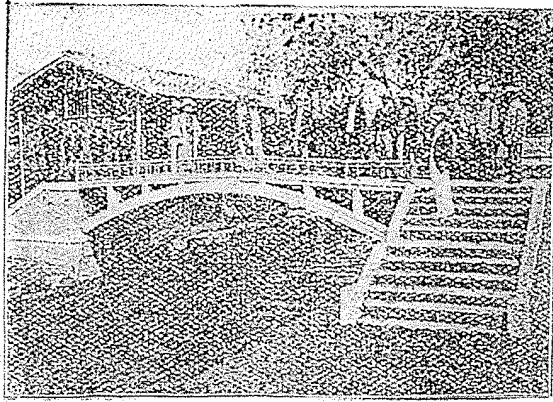
これ等の小規模橋は、昭和の始めの頃に高瀬川の景観保全のために撤去された。³⁾

明治37（1904）年頃より京都市三大事業（第二琵琶湖疎水、上水道設置、道路拡幅による市街電車運行）が計画され、技術顧問田辺朔郎の下で井上秀二はその責任技術者となり、橋梁からは遠ざかっている。

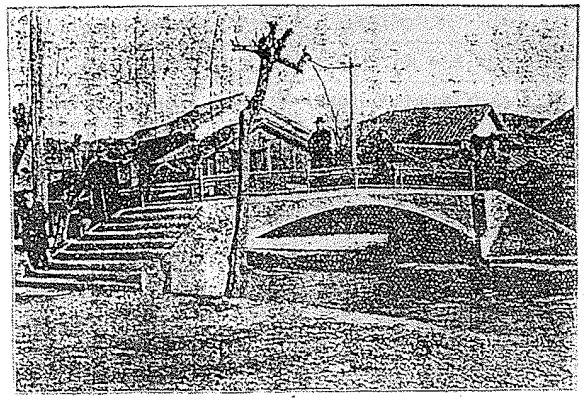
なお、井上秀二は明治39（1906）6月田辺朔郎の校閲で、我国最初の鉄筋コンクリートに関する著書「鉄筋コンクリート」を出版している。¹⁰⁾（図一1参照）これには横書で鉄筋コンクリートの各種工法が紹介されているが、設計計算の理論の説明が主であり、設計計算例等は示されていない。

(3) 鴨川の四条大橋及びひ七条大橋の建設

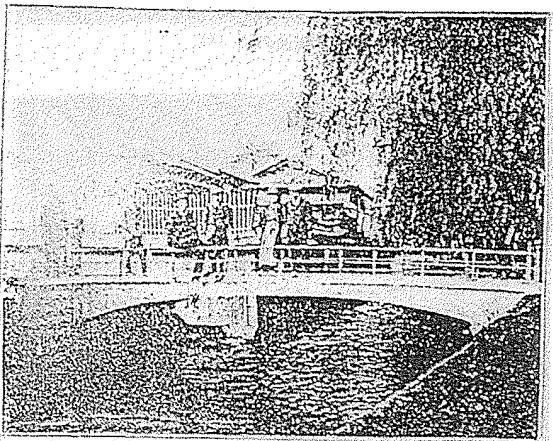
京都市鴨川の四条大橋の由来は、資料¹¹⁾にも記されているが、古くから祇園八坂神社の参道として架設されていた。暴れ川のため度々流失していたが、「安政3（1856）年橋脚として42本の石柱を立て、長さ50間の板橋を敷渡し」と記された板橋も明治6（1873）年の洪水で破損し、翌年に輸入錬鉄のラチイス・ガーダーに架替られていた。明治末期にはこれも老朽化して、幾度か補修が行われていた。¹¹⁾



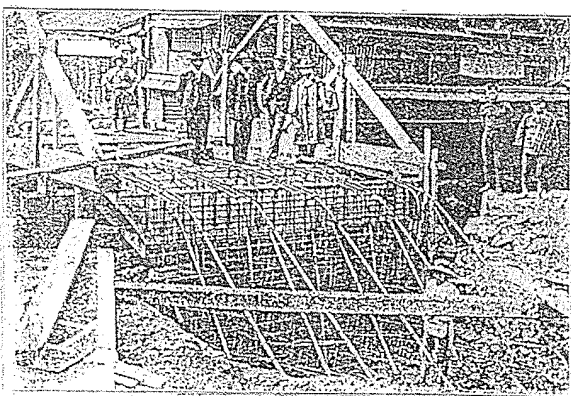
写真一4 弘光寺橋(明治38年)全景⁸⁾



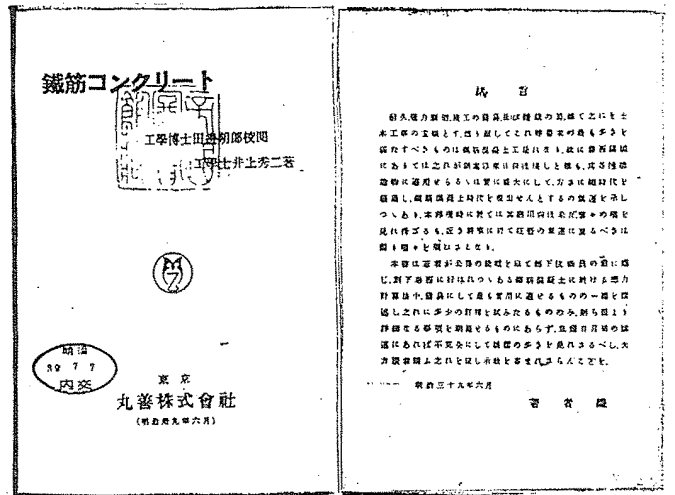
写真一6 六軒橋(明治40年)全景⁸⁾



写真一5(1) 姉小路橋(明治38年)全景⁹⁾



写真一5(2) 姉小路橋施工中の状況、⁹⁾



図一 井上秀二著「鉄筋コンクリート」表題及び緒言(明治39年)¹⁰⁾

明治41(1908)年より始まった京都市三大事業により、市道の拡張及び電車軌道の設置のため四条及び七条大橋の架替が必要となった。形式としては京都の近代化を代表するものとして、欧米風の鉄筋コンクリートアーチ橋が選ばれ、元京都帝大講師で当時東京帝大教授の、この方面の専門研究者である柴田畦作(明治29年帝大土木科卒)に設計及び指導が依頼された。¹¹⁾

明治44(1911)年10月に四条及び七条大橋は起工され、大正2(1913)年3月と4月に竣工した。(写真一7、写真一8及び写真一9参照)

なお、七条大橋は現存するが、四条大橋は昭和10(1935)年6月28日の大出水に際し、川幅狭少のた

め流水の障害物となり、付近一帯の大浸水の原因となった。昭和16(1941)年にはこの橋は撤去されて、川幅は拡張され橋は鋼板桁橋に架替られた。¹¹⁾

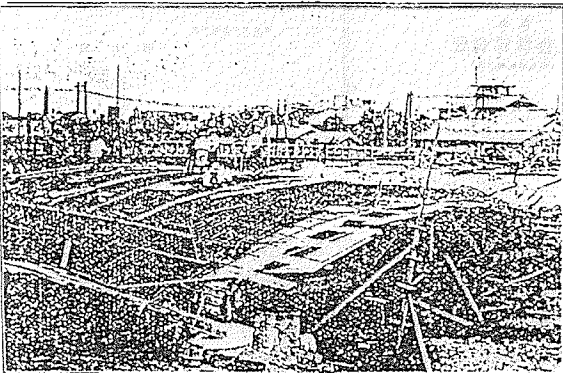
図一2は四条大橋の一般図であり、図一3は七条大橋の一般図を示す。¹²⁾表一1にこれ等2橋の橋梁諸元と、同時期に建設された横浜の「吉田橋」の橋梁諸元を比較のために示す。¹³⁾

これ等の橋の工事報告は資料に示されておるが、¹⁴⁾柴田畦作の力作であり、東京帝大での鉄筋コンクリートの講義でも特に力を入れて詳述された様である。¹⁵⁾工事報告では設計計算法には触れていないが、平山復二郎の回想によれば、アーチの計算に積分式が11入っている水平力を求める式が示されたと言われ、最小仕事の原理により解析されていたと見られ、設計計算法でも従来のアーチの図解法から脱却していた事が窺はれる。

表一1によればこれ等3橋は、橋の設計条件の違いで各々異なっているが、支保工や施工法にも極めて慎重な点は共通している。京都の橋梁の規模が大きいので、鉛板製のエキスパンション・ジョイントを側壁両端に設けている。施工上では1日のコンクリート打設量に応じた分割施工と、支保工等の変形を考慮した起拱点での施工目地の設置や、中詰め土砂の水式盛土工法(水締め工法)が当時としては目新しい。京都における鉄筋コンクリ

表一 明治末期の鉄筋コンクリート・アーチ橋比較表

橋名	四条大橋	七条大橋	石田橋
工期	自明治44年11月 至大正2年3月	自明治44年11月 至大正2年4月	自明治43年12月25日 至明治44年10月29日
橋長	93.02m	112.17m	36.6m
幅員	21.95m車道14.88m 歩道3.66×2m	18.3m 歩道別なし	21.6m車道12.7m 自転車道1.8×2m 歩道3.6×2m
区間・道数	14.88m×5道	14.88m×6道	7.6+18.3+7.6
上部工形式	R. C. 閉側アーチ橋	R. C. 閉側アーチ橋	R. C. 閉側アーチ橋
拱矢 (拱矢比)	1.5m (1/10)	1.5m (1/10)	1.98m (1/9.2) 1.53m (1/5)
拱腹線	円弧 (R=15.24m)	円弧 (R=15.24m)	円弧
活荷重	電車荷重 20t×2台	電車荷重 20t×2台	電車軌道、貨物
橋面構造	下敷コンクリート(1:3:6) 上敷アスファルト	下敷コンクリート(1:3:6) 上敷アスファルト	中粒砂粒上に石散敷 目地モルタル
使用鉄筋	本体 コルゲートッド・バー 側壁 国産丸棒	本体 コルゲートッド・バー 側壁 国産丸棒	カーン・バー カップ・バー
アーチ・コンクリート	セメント 瀝野セメント 概ね1.8~2mに分割し打設、 起拱点に施工目地。	セメント 瀝野セメント コンクリート 1:2:4 同左	セメント 瀝野セメント 拱腹線0.9~1.2mに分割し 起拱点より拱頂に向かい
橋台・橋脚	鉄筋コンクリート造 (1:3:6)	鉄筋コンクリート造(1:3:6)	鉄筋コンクリート造
基礎工	松杭 0.2×2.1m	松杭 0.2×2.1m	松杭 0.15×5.5m
特記事項	中詰土砂の水式盛土工法 側壁河床に鉛直型のエキスパ ンション・ジョイント使用	同左 拱腹コンクリートの1日打設 能力に応じて分割打設	床版載荷試験を実施 モルタル強度とコンクリ ート試験に普及

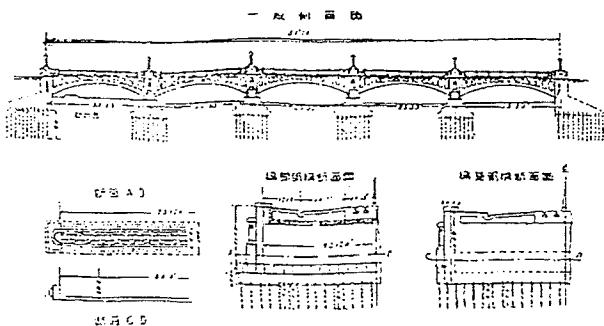


写真一七 四条大橋の施工状況¹⁴⁾

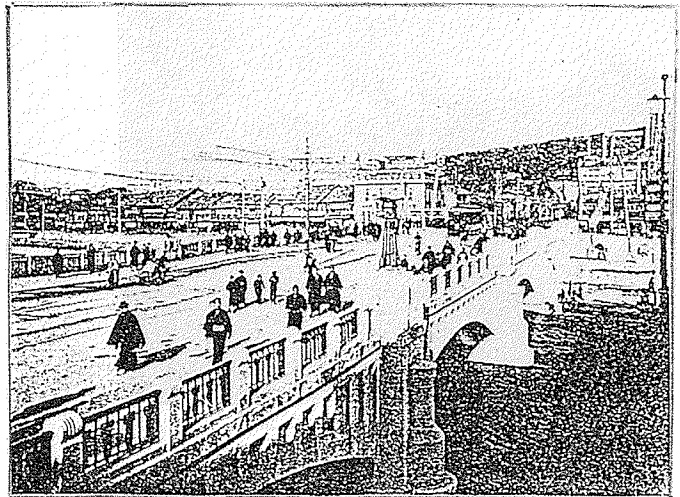
ート橋技術は、これ等の橋で大規模化し多様化して、その後の日本の鉄筋コンクリート・アーチ橋の設計施工に大きな影響を与えた。

なお、橋梁意匠では工学士森山松之助及び山口孝吉(共に明治30年東京帝大造家学科卒)に依頼している。¹⁴⁾ 都市景観を考慮した当時の欧米風の優雅なデザ

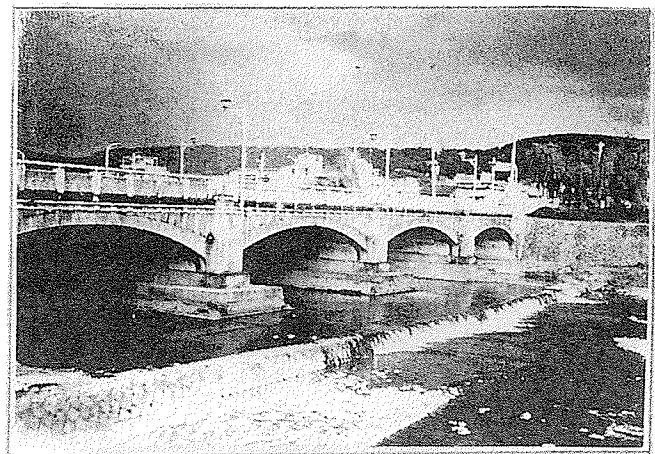
四条大橋



図一 四条大橋一般図¹²⁾



写真一八 四条大橋の開通の頃¹⁴⁾



写真一九 七条大橋の現況(平成9年、筆者撮影)

ンではあるが、側壁に支柱状の模様を浮上らせて特徴を表現している。(写真一八及び写真一九参照)

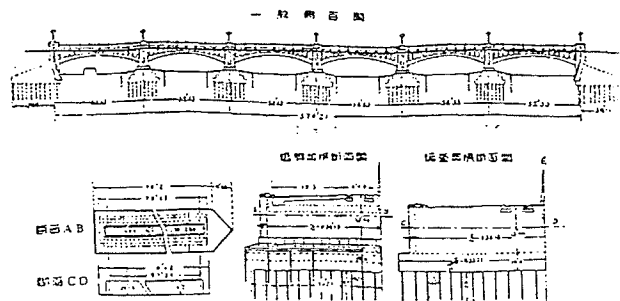
工事報告には京都市監督者のみならず、工事請負人の東京太田組工業所の担当者名まで詳細に記録されており、記録としても貴重である。¹⁴⁾

2. 京都府における鉄筋コンクリート橋の建設

(1) 京都府における市原橋の建設の背景

明治末期には京都府においても市の影響もあって鉄筋コンクリート橋建設の機運は高まっていたと考えられる。しかし、大正4(1915)年に編纂された「京都府

七条大橋



図三 七条大橋一般図¹²⁾

誌(下)」には30間(54.6m)以上の橋では、鉄筋コンクリート構造としては四条及び七条大橋以外には掲載されていない。しかし橋梁写真として明治45(1910)年3月竣工の「市原橋」(鉄骨コンクリート開側固定アーチ橋)と大正3(1914)年2月竣工の「二之瀬橋」(鉄骨コンクリート・トラス橋)が、特別に掲げられている。¹⁶⁾(写真-10及び写真-24参照)

京都府誌と同時期の大正初期に京都府により編纂された「橋梁写真帖」には、明治43(1910)年から45年までの3年間に、小規模ではあるが11橋の鉄筋コンクリート系の橋が掲載されている。¹⁷⁾鉄筋コンクリート系の橋として「市原橋」と「二之瀬橋」は、共に京都府を代表する橋であるが、鉄骨及び鉄筋を併用した特異なアーチ橋とトラス橋である。

京都府の鞍馬街道は古くから鞍馬神社や貴船神社の参道として存在したものであるが、京都と丹波や若狭を結ぶ街道であった。明治36(1903)年に鞍馬街道の道路改修工事が行われ、静市野村の鞍馬川に橋長7間(12.7m)幅2間(3.64m)の木橋が架設され市原橋と呼ばれた。¹⁸⁾この橋は明治45(1912)年3月に鉄骨式コンクリート・アーチ橋に改築されたが、(写真-10参照)昭和41(1966)年3月の道路改修により、隣接して合成鋼板桁橋が架設されて、現在は人道橋として利用されている。(写真-11参照)

(2) 京都府での市原橋の建設

市原橋は橋長32.2m、中央アーチ径間20.2m側径間6.1m×2、有効幅員3.64mの写真-12に見られる吊支保工を利用した鉄骨式開側コンクリート固定アーチ橋である。(写真-10及び12参照)

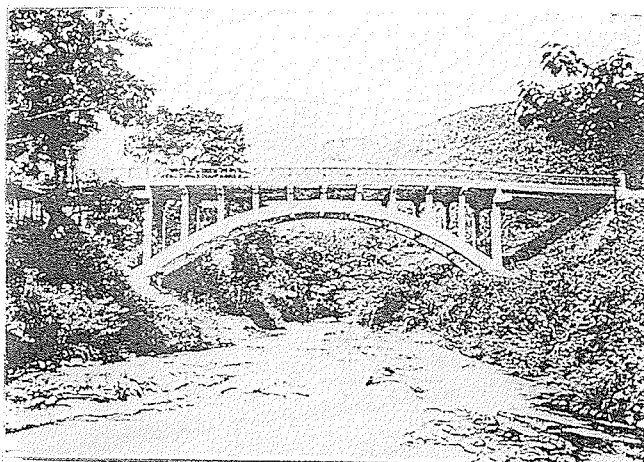
図-4に内務省土木試験所の編纂した資料¹²⁾を示すが、拱軸線は放物線の様である。写真-13に見える様に山形鉄をタイプレートで結合したアーチリブのみならず、支柱や床組も鉄骨構造にコンクリートで包装した部材から成る構造である。車道床板のみが鉄筋コンクリート構造であり、アーチ環のみに鉄骨を使用しているメラン式とは異なっている。(図-4及び写真-12参照)

現状は排水不良のため下手側のコンクリート支柱に剥離を生じて、鉄骨が剥き出しになっており。橋に特別の意匠は施されていないが、コンクリート表面はモルタル塗布の表面仕上げが丁寧に行われており、橋梁全体のバランスが良く安定感のある橋である。

詳細に観察すると側径間の単純鉄桁は、図-5に示す様にI字鉄桁の間にアーチ形の下面を有する鉄筋コンクリート床板構造で、拱矢比は1/10を備えている。

60×60×6の山形鉄材はコンクリート打設中の変形防止に設けられたものと見られる。(写真-15)

写真-14を見ると、この橋の地覆の側面には、前述の鹿ヶ谷御殿前橋と同様に、明治期の意匠の特徴として幅6cmの凹型線条の意匠線一本が施されている。



市原橋の完成時の状況(明治45年3月)¹⁶⁾
 市原橋の完成時の状況(明治45年3月)
 市原橋の完成時の状況(明治45年3月)

写真-10 市原橋の完成時の状況(明治45年3月)¹⁶⁾

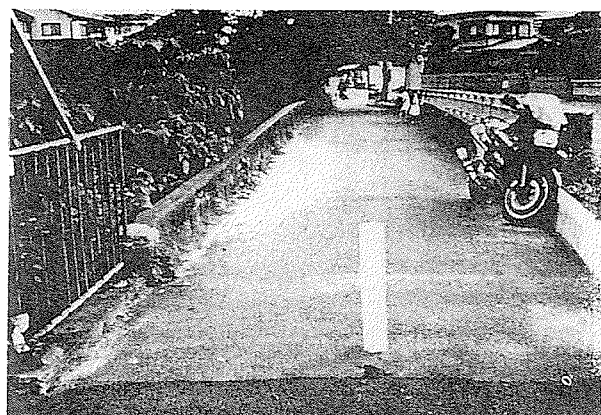


写真-11 市原橋の道路現況(平成9年、筆者撮影)

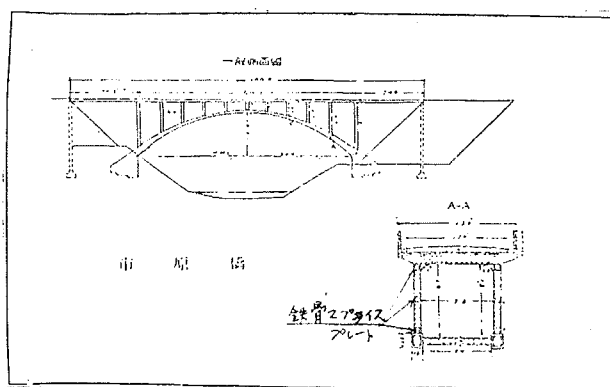
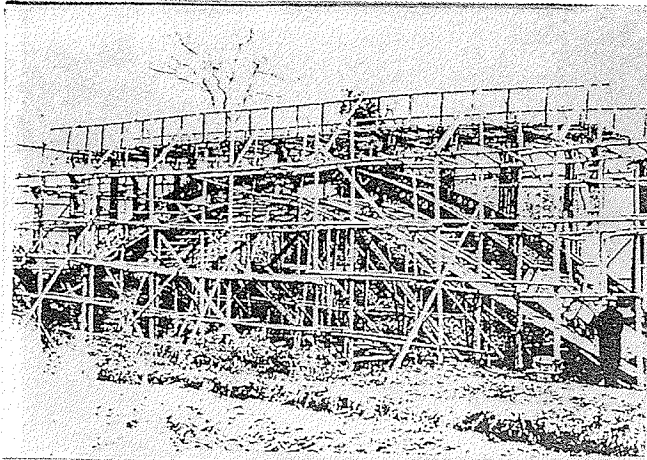


図-4 市原橋一般図¹²⁾

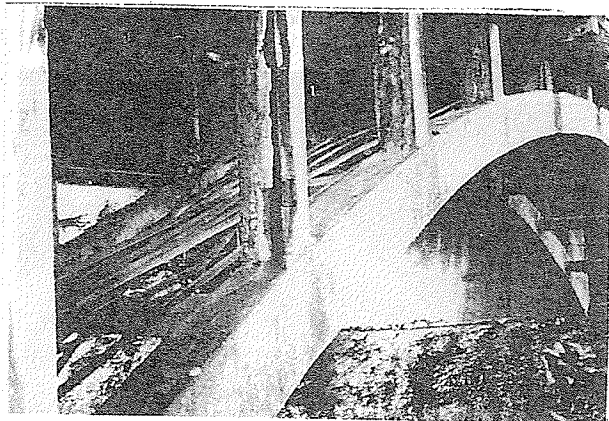
この床板構造は1881(明治14)年に、仏人モニエ(J, Monier)がI字鉄桁の間に鉄筋コンクリート拱床を有する橋梁の発明特許を取得したモニエ・アーチスラブ(Monier Gewölbe)と呼ばれる構造であり、拱矢比約1/10を有する特徴がある。¹⁸⁾

この構造は1884(明治17)年モニエの鉄筋コンクリート構造の実施権の譲渡を受けた独人ワイス(G, A, Wayss)が実験を重ねて改良した構造である。ワイス式とも呼ばれ、図-6にその構造を示す。¹⁹⁾欧州では建築の床構造に多く使用されたとする。¹⁸⁾

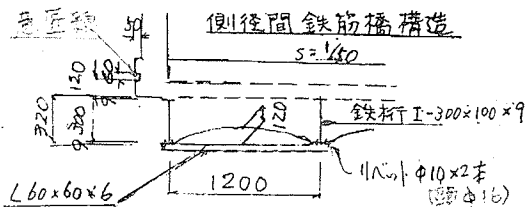
この構造の日本への導入について、資料²⁰⁾によれば



写真一 1 2 市原橋の鉄骨架設状況¹⁷⁾



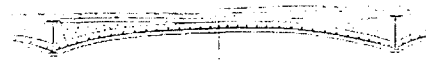
写真一 1 3 市原橋アーチ橋の支柱部現況 (平成9年、筆者撮影)



図一 5 市原橋、側径間横断構造図 (モニエ・アーチスラブ)

明治38(1905)年京都市岡崎公園内に「京都商品陳列所」が計画された際に、当時京都高等工芸学校教授式田五一(明治30年、東京帝大造家学科卒)が建築設計を担当し、京都帝大土木科教授日比忠彦(明治30年東京帝大土木科卒)がその床構造を担当した。日比忠彦は明治35(1902)年より2年間、独国の工科大学で鉄筋コンクリート工学を研究して帰朝しており、このモニエ式アーチスラブ構造を採用している。

欧州においても当時鉄筋コンクリート構造の評価は定まっておらず、鉄筋コンクリート造りの教会の安全性が疑問視されて、使用許可が議論されていたと言う状態であった。²⁰⁾そうした状況でこの建築物の壁は煉瓦構造として、床構造だけが鉄筋コンクリート構造の採用に留まっており、建築物全体は明治43(1910)年3月に完成した。²⁰⁾



日比忠彦の著書の床構造(建築物)¹⁹⁾

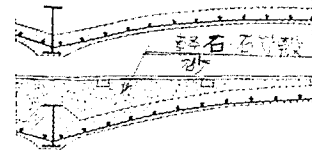
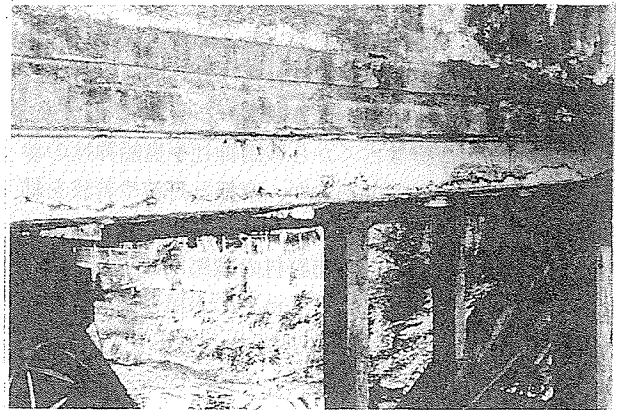
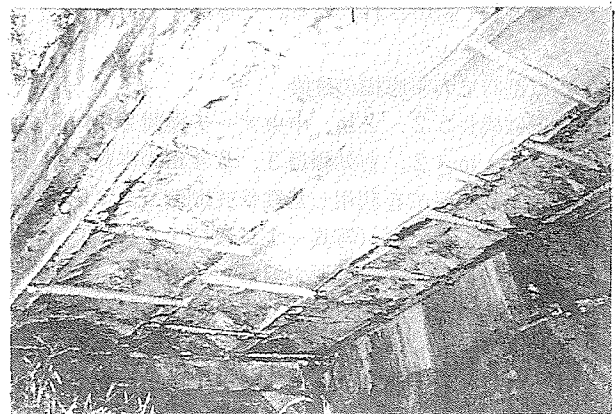


Abb. 117 und 118. Moniergewölbe.

図一 6 モニエ式アーチスラブ構造図(建築物)¹⁹⁾



写真一 1 4 市原橋、側径間鉄桁及び地覆外観(平成9年、筆者撮影)



写真一 1 5 市原橋、側径間床版下面現況(平成9年、筆者撮影)

この床構造の施工中の写真一16が、日比忠彦の著書²¹⁾に示されているが、I字鉄材の間のアーチ状のスラブの下面に沿って鉄筋が配置されており、モニエ・アーチスラブが採用されていたと見られる。

資料によれば、²⁰⁾多数の建築及び土木技術者を集めて、この形式の2m角のスラブの公開荷重試験が実施され、設計者の日比忠彦教授もそのスラブの強い事に驚いていたと言う。(写真一17参照)

原田碧が大正元(1912)年8月田辺朔郎の監修で出版した編纂書²¹⁾の中にも、モニエ・アーチスラブの図一7が示されており「拱軸ハ多く異ナリタルモ上面ニ発生スベシ」と説明しておる。更に田辺朔郎を通じて入手したと思われるが、写真一16と同じ写真が掲載されて

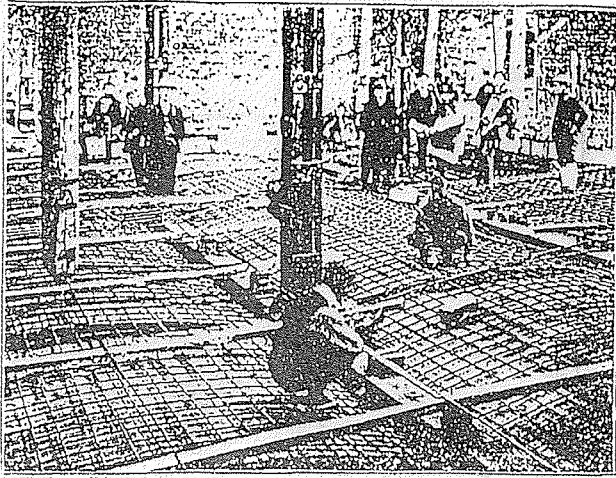


写真-16 京都商品陳列所の床構造施工状況²¹⁾

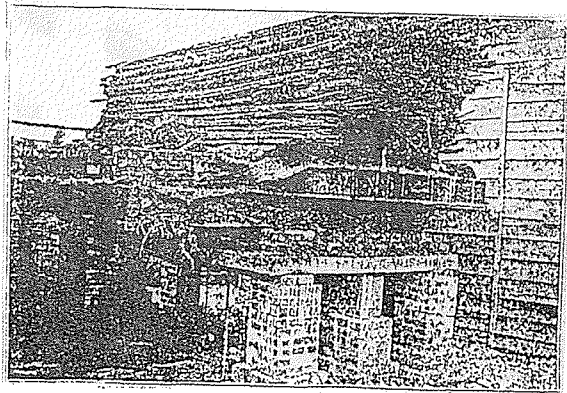


写真-17 モニエ・アーチスラブ載荷試験²¹⁾

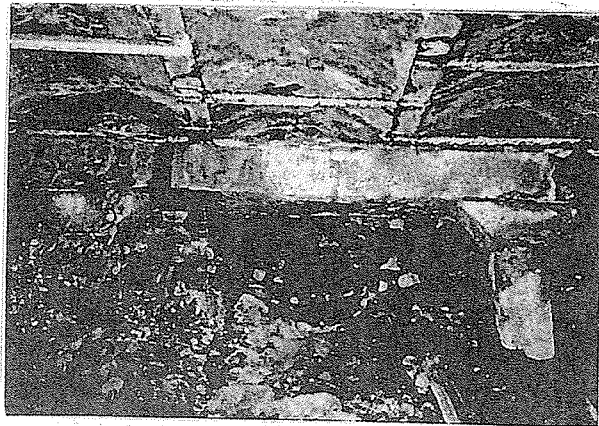


写真-18 市原橋中抜型(門型)鉄筋コンクリート橋台
(平成9年 筆者撮影)

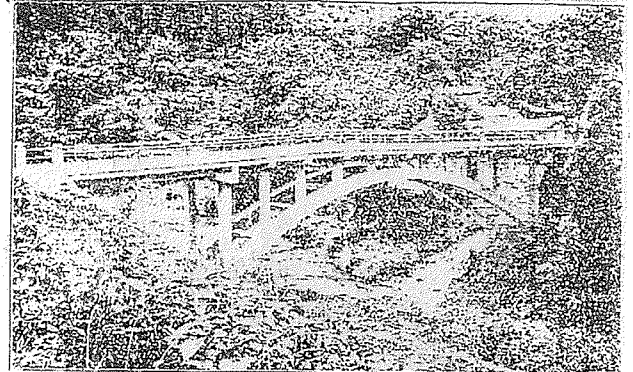
いる。⁸⁾

なお図-4の橋梁一般図に示す通り、市原橋の橋台は鉄筋コンクリート造りであり、写真-18に見る通り高盛土の土圧を軽減するため中抜形の門型構造となっており、現地の状況に応じて工夫していた事が窺える。原田碧が編纂した前述の書物の大正2年発行の訂正再版には、京都府の写真-10とは違う角度からの「市原橋」の写真-19が追加されている。大正元年の出版に間合わず訂正再版で追加したものであり、市原橋の設計は



Fig.128.

図-7 原田碧の編纂書のモニエ・アーチスラブ図⁸⁾



山城國鞍馬街道市原橋設筋「コンクリート」拱
徑間40呎拱矢高15呎幅12呎 拱ノ太サ中央ニテ15吋角 柱3吋×10吋最長丸型
工費悉千八拾圓

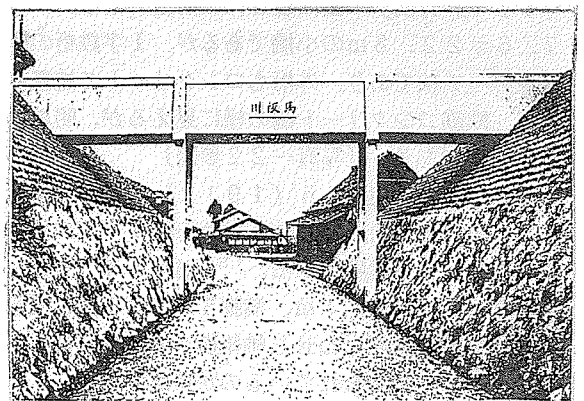
写真-19 市原橋完成時(原田碧の編纂書の大正2年の訂正再版より)

原田碧によるものと見られる。(写真-19参照)

(3) 京都府でのその他の鉄筋コンクリート橋
前述の京都府の「橋梁写真帖」¹⁷⁾によれば、明治43(1910)年から45年までの3年間に架設された鉄筋コンクリート系の小橋梁を分類すると次の通り。

表-2 京都府明治末期建設の鉄筋コンクリート系橋梁

(a) 鉄筋コンクリート橋	2橋
(b) 鉄筋橋	5橋
(c) I字鉄桁(板床版)+RC橋脚	3橋
(d) 鉄骨鉄筋コンクリート・アーチ橋	1橋



山城國丹波郡田辺町 鞍馬街道田邊停車場街道 馬坂町ニ架ス
工費六百六十圓金 明治四十五年三月完成
橋脚既成土工 長五十二尺 幅六尺五寸 高四尺

写真-20 馬坂川鉄筋コンクリート槌橋(明治45年3月)¹⁷⁾

この資料¹⁷⁾の中で写真-20の鉄筋コンクリート水路橋は、京都府田辺町に明治45(1912)年完成した橋長15.8m、幅員2m、深さ1.2mの馬坂川槌橋である。こうした複雑な構造にも鉄筋コンクリート構造が適している事を示している。

「鉄筋橋」と記されている最初の橋は、明治43(19

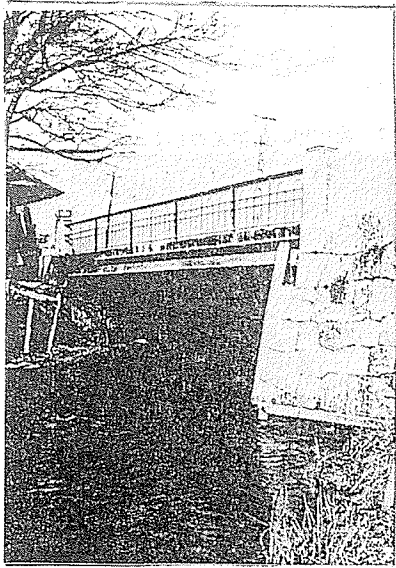


写真-21 最初の鉄筋橋「高橋」(明治43年)¹⁷⁾

10)年8月完成の竹田と深草の境の東高瀬川に架設した大和街道の「高橋」(橋長9.1m、幅員14.6m)であり、写真-21に示す。¹⁷⁾この高橋は「明治工業史、土木編」にも鉄筋コンクリート橋に分類して記録されている。³⁾この橋は外見上はI字鉄桁橋の様であるが、市原橋の側径間(写真-14参照)と同じである。

同じ資料でI字鉄桁橋と記された上川口橋は板床版であり、これとは区別して「鉄筋橋」と書かれている。¹⁷⁾大規模な支保工の必要がなく、錆びる事もなくて耐荷力の大きいモニエ・アーチスラブが、京都府では「鉄筋橋」と呼ばれて採用されていた。

写真-22は京都市により大正12(1923)年3月に琵琶湖疎水上に架設されて、鴨川近くの熊野通に現存する「熊野橋」の橋体及び床版構造である。²²⁾3×7.6=22.8mの小橋であるが、I字鉄桁の間の床版がアーチ状であり、外桁もコンクリートで被覆されていて、鉄筋コンクリート橋の様にみえるが、明らかに「鉄筋橋」である。(写真-22参照)

写真-23は明治45(1912)年に、京都府天田郡上川口村の牧川に架設のI字鉄桁橋「上川口橋」の鉄筋コンクリート橋脚である。¹⁷⁾橋長54.6m、幅員3.9m、支間9.1m、橋脚5基であるが、橋脚が極めて細い部材を組合わせた軸組構造であり、日本の木造橋からの発想で造られているのが特徴である。

(4) 京都府での二之瀬橋の建設

少し対象時期を外れるが、市原橋と一連の同じ考え方で建設され、大正3(1914)年2月に竣工した「二之瀬橋」について述べる。この橋は市原橋の北方、鞍馬川の上流の二之瀬に架かる鉄製ワーレン・トラス橋をコンクリートで包んだ、最初から鉄骨式鉄筋コンクリート・トラス橋として架設された橋である。(写真-24参照)橋長14.5m、幅員3.64mの小橋である。日本

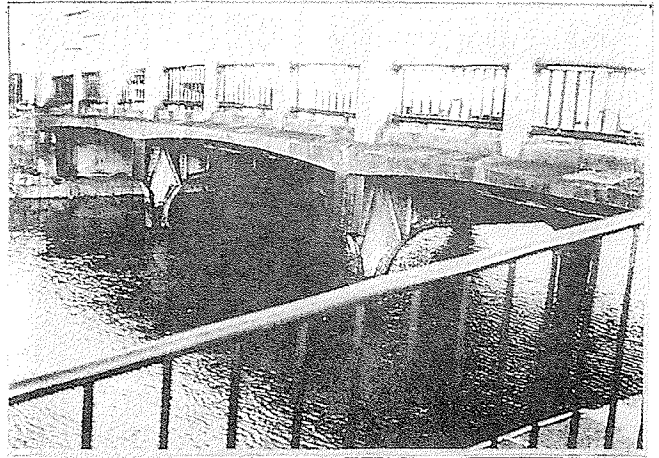


写真-22(1) 疎水に架かる熊野橋全景(大正12年)平成10年筆者撮影

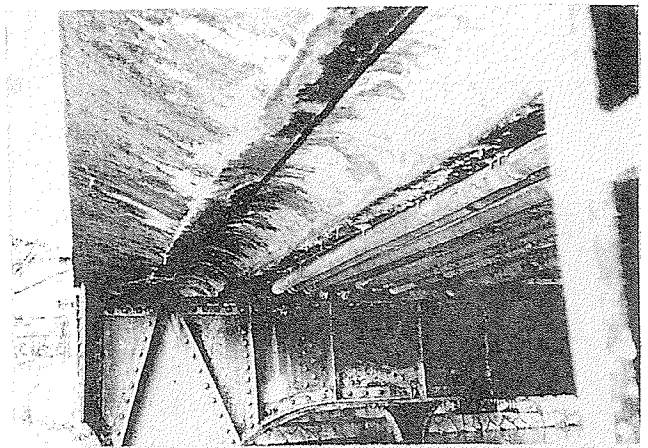


写真-22(2) 熊野橋床版下面(モニエ・アーチスラブ)平成10年筆者撮影

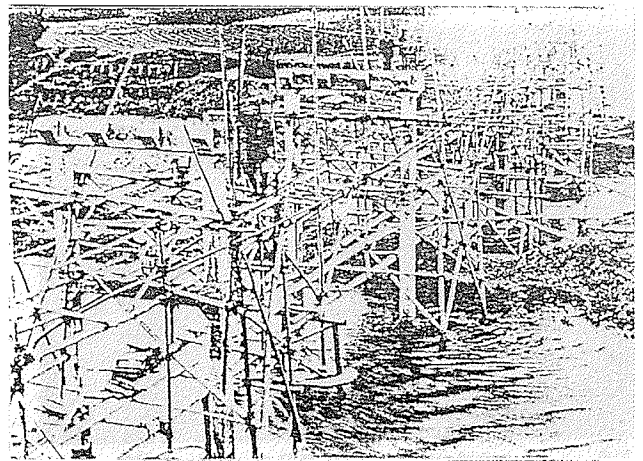
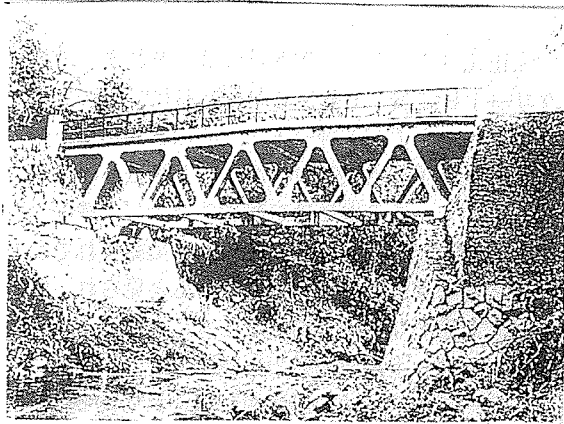


写真-23 上川口橋の鉄筋コンクリート橋脚施工状況¹⁷⁾(明治45年3月)

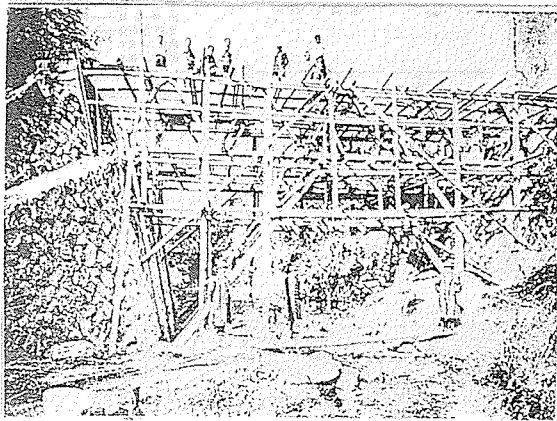
では長崎市に大正4(1915)年架設の本川口橋²³⁾と、大正9(1920)年東京に架設された龍田橋²⁴⁾(橋長10.9m)の記録があるが、詳細については不明である。

二之瀬橋の現況を見ると、府道には隣接して新しい合成鋼板桁橋が架設されており、旧橋は廃橋として草むしているが現存する。(写真-25参照)

写真-24を見ると、幾何学的に整然とした縞模様(格子)の姿や、統一された格点構造の形は、欧米のトラス橋に類



写真一24 (1) 二之瀬橋完成時状況 (大正3年2月)¹⁶⁾



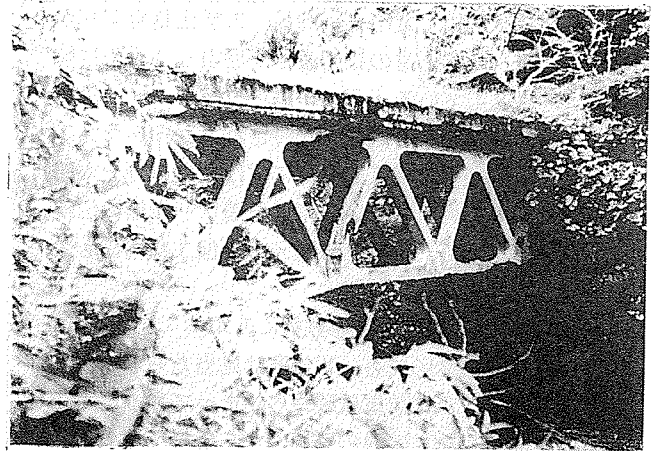
写真一24 (2) 二之瀬橋鉄骨組立状況¹⁷⁾

する独特の美観を呈している。¹⁷⁾橋の桁下空間がかなり大きく、支保工が容易でない点が新しい形式を採用した理由と見られるが、市原橋後の鉄骨式コンクリート構造の発展として、コンクリートの造形順応性を利用した新しい形式への試みと言えよう。但し、鉄材の高価であった当時では工費が高く、現場施工も難しいのでこれに続く同種の橋は無かった様である。

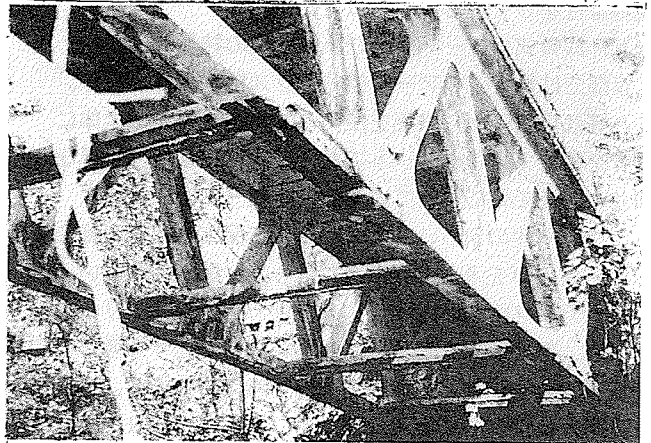
接近して見ると写真一26の様に鉄骨構造は、主構、横桁、横構共に溝型鉄2本を対面させて、タイプレートで結合した断面構成であり、内外にコンクリートが充填されており、外表面は全てモルタル塗布で丁寧に仕上げられている。コンクリートの一部が剥離しているため、車道床版の構造は、鉄筋コンクリートである事が分かる。斜材の格点形状も美しく統一されており、特別な意匠は施されていないが、橋の景観には充分な配慮が行き届いている。

なお、大正元(1912)年に原田碧が編纂した前述の書物には、鉄筋コンクリート・トラス橋の実例として仏国Avranchesの支間30mの曲弦プラット・トラス型鉄筋コンクリート橋の施工写真が示されている。¹⁸⁾しかし、この橋は鉄骨ではなく、支保工上で純鉄筋コンクリート構造で施工されている。²⁵⁾

市原橋や二之瀬橋の様な複雑な鉄骨及び鉄筋コンクリート構造の採用は、鉄道以外には橋梁方書等が整備さ



写真一25 二之瀬橋現況全景 (平成10年筆者撮影)



写真一26 二之瀬橋の構造現況 (平成10年筆者撮影)

れておらず、欧米技術の導入と個人の技術力に依存していた当時としては、鉄橋と鉄筋コンクリート橋との両者の高度な技術が必要であった。

両橋の設計者名を明記した資料はないが、原田碧は明治41年長崎市長崎港湾改良事務所から転勤し、大正2(1913)年頃まで京都府土木課の道路部門の指導的技術者であり、¹⁹⁾長崎市での鉄橋及び鉄筋コンクリート橋の実績を考えると、両橋は共に原田碧の設計と見て良いと考えられる。

3. 京都での鉄筋コンクリート橋技術の導入の考察

(1) 京都での技術導入の特徴

(a) 大学教授指導による導入と発展

京都での鉄筋コンクリート橋技術の導入は、京都帝大教授田辺朔郎のメラン式弧形桁橋から始まっているが、舟運のある水路や河川上流の渓谷に架設された小橋が多く、鉄骨を利用したメラン式の系統が多いが、アンネビック工法も採用されている。現場の施工条件に応じた工法を採用していたと考えられる。

大規模な支保工により施工したのは、柴田睦作の四条及び七条大橋のアーチ橋であるが、こうした実例は少ない。これ等の橋は大学教授が欧米技術を導入して、支保工上でのアーチ橋の施工を考慮して、施工法まで仕様書を作成して詳細に指導した。^{26) 27)}

施工も東京太田組工業所（技師長、工学士梅野実）が担当しており、大学出身の技術者達が担当して欧米技術を導入して施工している。長崎の鉄筋コンクリート橋が長崎港湾改良事務所の直営で建設されたが、フランスのコンクリート技術を導入して身に付けた、星野一太郎や原田碧により指導された。長崎は石造アーチ橋に伝統技術のある土地柄で、京都とは地元の支保工技術にも差があったと考えられる。⁵⁾

「鉄筋橋」と呼ばれたI字鉄桁にモニエ・アーチスラブを採用した橋梁形式も、報告書は見当たらないが、日比忠彦教授のスラブ荷重試験から始まっており、大正末期の頃までにかなりの数の実施例がある様である。

京都では大学関係者や、大学出身の技術者達が設計し現場監督をしているのが特徴である。

(b) 鉄骨式のアーチ橋及びトラス橋の特徴

京都では鉄骨式のアーチ橋やトラス橋が現存するが、これ等は車道床版に鉄筋を使用している以外は、全体に鉄骨を組立てコンクリートで包んだ部材による、特異な新しい構造で建設されている。（写真-12、24）

これ等一連の新しい構造は、単に支保工の安全や施工の容易さのみを考えて採用されたものとは思われない。

アーチリブの他に橋体全体を鉄骨としてコンクリートで包み、部材断面を小さくして軸組構造型とする考え方であり、メラン式とは異なる新しい考え方である。

前述の京都府の「上川口橋」や、大正2（1913）年完成の「久世橋」（I字鉄桁橋、橋長267.5m）の橋脚構造は、同形の二層門型である。（写真-23参照）これ等は鉄骨ではないが、欧米の重厚な積組構造とは違う、日本的な考え方による軸組構造の造形を、河川敷き内でありながら採用している。

これ等は欧米の鉄筋コンクリート橋技術を導入しながらも、なお日本人の伝統的な造形上のメンタリテイ^{2B)}の一つである木橋、鳥居や格子戸等の造形に合わせて「改良」した、日本的な工法と言えるのではなかろうか。

市原橋は小規模であり試験的なものであったので、有名でもなく、他橋への影響は限られている。大正期に入り愛知県の黄柳（つげ）橋、愛媛県の有枝橋等²⁹⁾のメラン式ではないが、日本的な造形感覚の軸組構造を取り入れた鉄筋コンクリート・アーチ橋も、同様の考え方で設計されたと考えられる。

二之瀬橋の鉄骨式コンクリート・トラス橋は、市原橋の考え方をトラスに発展させた新しい構造であり、鉄骨鉄筋コンクリート・トラス橋と評価される。

(2) 京都府における原田碧の役割と田辺朔郎

田原碧は職員録によると、明治41（1908）年に長崎市から転勤し、大正2（1913）年まで京都府土木課長寺崎新策（明治34年京都帝大土木科卒）に次ぐ道路担当の主任技師として在職していたと見られる。⁵⁾

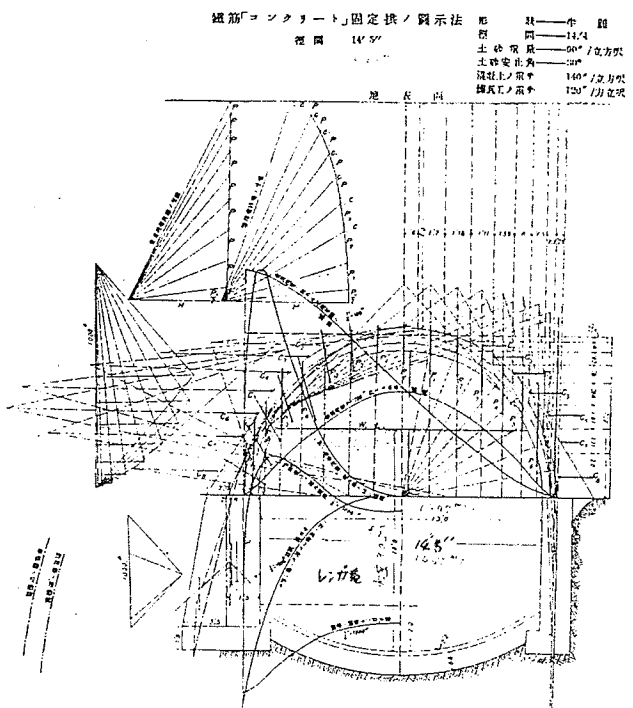
この間京都府は前述の通り多くの鉄筋コンクリート橋を架設しているが、原田碧はその中心的な役割を果たし

ていた。

更に、大正元（1912）年8月には、それまでの鉄筋コンクリート橋に関する研究と実績を基に、田辺朔郎の監修、長崎市での上司星野一太郎（明治30年東京帝大卒）の校訂で、「実用鉄筋コンクリート構法」の編纂書を出版している。この本には京都市の建設した鉄筋コンクリート橋や、欧米の橋の写真等が多数掲載されており、これ等の多くは田辺朔郎の援助によると見られ、監修の域を越えた懇切な指導があったと考えられる。

一例を挙げれば、上記原田碧の編纂書の中で鉄筋コンクリート・アーチの図解法の設計例が示されている。^{B)}

これは京都市が建設した「第二琵琶湖疎水」の暗渠部のアーチ・カルバートの設計書の図解法であり、³⁰⁾



8 第二琵琶湖疎水暗渠のアーチ・カルバート設計図解法^{B)}

田辺朔郎を通じて入手した資料と見られる。（図-8参照）

なお田辺朔郎自身は、明治21（1888）年初版を出版した「珍袖公式工師必携」の第12版を、大正元（1912）年10月に発行しているが、これには序において「新ニ編纂セント相等シキ加除ヲナシ、世ノ進歩ニ後レザランコトヲ期セリ」と述べて、主として鉄筋コンクリートの設計施工について追加改訂している。³¹⁾

田辺朔郎は自身の編纂書の改訂版を原田碧と同時期に出版しているが、これは実用的なハンドブックであり、写真は掲載されていない。鉄筋コンクリートの写真は監修した原田碧の編纂書に提供したと見られる。

原田碧が設計した長崎の「梅香崎橋」はメラン式の鉄筋コンクリート・アーチ橋であるが、通船高を確保するため楕円形のアーチ環を採用している。このため支間に比してコンクリート量や鉄骨量が多く、景観は良いが不経済である。⁵⁾これに対して、「市原橋」では全体に鉄骨

構造を使用して、これ等をコンクリートで包んだ軸組構造を採用して、コンクリート量を減じて自重による応力を減少させている。ここでは設計条件の違いで、新しい構造の考え方を採用しており、技術上の発展があったと考えられる。

こうした発展は何処から来たのであろうか。今後の詳しい調査研究に待つとして、ここで一つの仮説が許されるならば、この新しい考え方は田辺朔郎の構想であり、両橋はその試験橋であったと考えられる。

田辺朔郎は明治27(1894)年の造家学会でのアーチ橋の耐震性に関する前述の講演¹⁾後の質疑応答の中で、当時計画されていた鉄道の「東京高架橋」に関連して、鉄筋コンクリート・アーチ橋の研究について述べている。その中で「システム・メラン」と「システム・モニエル」を比較して、図-9の様なメラン式アーチの鈎桁による断面は、コンクリートと鉄との摩擦に疑問があり、コンクリートに割れを生ずる恐れありとして「システム・モニエル」を推奨している。しかしここには既に、鉄骨をコンクリートで包む考え方が現れている。¹⁾

実際の施工実績では「メラン式弧形桁橋」等の試験的小橋が多く、これ等はメラン式の実物試験の役割を果たしている。田辺朔郎の考え方は、こうした関与した小橋の実績を通じて、メラン式から鉄骨をコンクリートで包む軸組構造の「市原橋」へと変遷して行ったと考えられる。なお、当時米国では耐火性向上のために、鉄骨をコンクリートで包む鉄骨コンクリート建築物が盛んであり、こうした事も欧米技術の情報に詳しい田辺朔郎の新しい橋梁構造の考え方に影響していると考えられる。

原田碧の梅香崎橋から市原橋への考え方の変換には、今の所具体的な資料は見当たらないが、その編纂書の内容から判断すると、田辺朔郎の新構造への構想が大きく影響していると思われる。

更に二之瀬橋では、市原橋での鉄骨利用の技術と実績を進展させ、完全な軸組構造型の鉄骨コンクリート・トラス橋を完成させた。この2橋はいずれも欧米技術を導入して、現場に適合する日本的な軸組型の橋梁形式へと発展させた試験的試みであったと言える。

こうした一連の鉄筋コンクリート橋の新構造への試みは、田辺朔郎の構想による技術指導と見られるが、実務を担当した設計者としては、鉄橋と鉄筋コンクリート橋の両方に実績のある原田碧と考えられる。

4. まとめ

以上の明治末期における京都での鉄筋コンクリート橋に関する報告文を纏めると、次の通りである。

(1) 京都の鉄筋コンクリート橋は、明治36(1903)年田辺朔郎が、琵琶湖疎水に架設したメラン式弧形桁橋に始まる。同年メラン式鉄筋コンクリート・スラブ橋の鹿ヶ谷御殿前橋が架設され、更に明治37(1904)年に大岩橋(閉側鉄筋コンクリート・アーチ橋)が架設されて現存している。

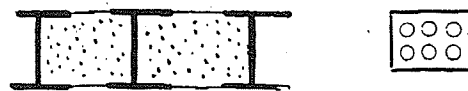


図-9 田辺朔郎のメラン及びモニエル式の断面図¹⁾

(2) 京都市土木課長の井上秀二が、明治38(1905)年高瀬川に2交開側鉄筋コンクリート・アーチ橋の仏光寺橋、次いで同種のキャンチレバー橋の姉小路橋、及び材木町橋を架設した。明治40(1907)年には閉側固定アーチ橋の六軒橋を架設している。アーチ橋はメラン式、キャンチレバー橋はアンネビック式工法で架設された。

(3) 鴨川には大正2(1913)年、鉄筋コンクリート閉側固定連続アーチ橋の四条及び七条大橋が、柴田睦作の設計及び指導で架設された。支保工上で施工された大規模なアーチ橋であり、大量のコンクリートが細心の注意を払って施工された。設計も最小仕事の原理により解析されており、従来のアーチ橋の図解法からの脱却が見られ、その後のアーチ橋の設計施工に影響を与えた。

(4) 京都府においては、明治45(1912)年3月鉄骨式コンクリート固定アーチ橋の「市原橋」が鞍馬街道に架設された。車道床版を除いて主構造全体が、鉄骨をコンクリートで包んだ軸組構造型であり、欧米のアーチ環だけを鉄骨構造としたメラン式とは異なる考え方の「鉄骨コンクリート構造」と言える。

大正3(1914)年完成の鞍馬街道の鉄骨式ワーレン型コンクリート・トラス橋の二之瀬橋も、市原橋と同様の考え方の技術的延長であり、床版を除いて全て鉄骨をコンクリートで包む軸組構造である。

これ等2橋の鉄骨式の採用は、単に支保工の施工上の安全と容易さが目的ではなく、日本人の伝統的な造形上のメンタリティーによる軸組構造の採用と考えられる。

欧米の積組構造型に対して、日本人の心情に合う新しい構造と造形を目指した、鉄骨コンクリート構造の試験的試みと評価される。

(5) 明治38(1905)年に計画された京都商品陳列所の建設に当たり、日比忠彦はこの建物の床構造にモニエ・アーチスラブを採用した。多数の建築及び土木技術者を集めて、この形式の2m角の実物スラブの荷重試験を実施し、その耐荷力の大きいのに驚いたと言う。

このモニエ・アーチスラブ構造が京都府で「鉄筋橋」と呼ばれて、明治大正期に府及び市で多数架設されている。「明治工業史、土木編」に記録されている「高橋」が、明治43(1910)年に鉄筋橋として最初に架設され、市原橋の側径間にも採用されている。

(6) 原田碧は明治41(1908)年長崎市から京都府に転勤し、大正2(1913)年まで土木課長に次ぐ道路担当の主任技師として、多くの鉄筋コンクリート橋を建設している。この間田辺朔郎の監修で「実用鉄筋コンクリート構法」の編纂書を出版している。

市原橋や二之瀬橋の軸組構造の日本的な鉄骨式コンクリート・アーチ橋やトラス橋は、田辺朔郎の構想による新しい考え方の鉄骨コンクリート構造として試験的に採用されたと推定される。

これ等には田辺朔郎の懇切なる指導と援助が窺えるが、設計実務を担当したのは、鉄橋と鉄筋コンクリート橋の両方に実績のある、原田碧と考えられる。

原田碧の長崎での佐世保橋や、梅香崎橋の鉄筋コンクリート橋の技術は、京都府において市原橋や、二之瀬橋として発展したものと評価される。

5. 謝辞

本報文を作成するに当たり、田辺朔郎先生の業績資料を保管されている、京都市水道局の担当者や、京都市建設局橋梁建設係の方々にお世話になりました。ここから御礼を申し上げます。

参考資料

- 1) 田辺朔郎「地震と迫持との関係及び耐震迫持の考案」建築雑誌、第96号、造家学会、明治27年12月、
- 2) 昔のコンクリートを語る会「昔のコンクリート」セメント・コンクリート叢書第24巻、日本ポルトランド・セメント同業会、69頁、昭和11年10月、
- 3) 日本工学会編「明治工業史、土木編」工学会明治工業史版行会、48頁、昭和4年7月、
- 4) 竹内忠三「大谷派本願寺防火用水工事報告」工学会誌、16輯、183巻、170頁、明治30年3月、
- 5) 山根巖「明治末期における長崎での鉄筋コンクリート橋」土木史研究、No. 19、1999. 6、
- 6) 田辺平学、二見秀雄「鉄筋コンクリート」高等建築学第9巻、常盤書房、25頁、昭和9年12月、
- 7) 武田五一「鉄筋コンクリート構造の発達を顧みて」セメント界彙報、第321号、48頁、昭和9年12月、
- 8) 原田碧「実用鉄筋コンクリート構法」丸善株式会社、大正元年8月、
- 9) 京都府立総合資料館「京都府百年の年表、7建設交通通信編」京都府、昭和45年3月、
- 10) 井上秀二「鉄筋コンクリート」丸善株式会社、明治39年6月、
- 11) 松倉新太郎「京の四条大橋三代記」土木技術、第3巻1号、60頁、昭和17年1月、
- 12) 内務省土木試験所「本邦道路橋輯覧(第1輯)」117頁、134頁、大正14年12月、
- 13) 石橋絢彦、粟野定次郎「横浜市吉田橋鉄筋コンクリート工事報告」工学会誌、第365巻、大正2年9月、
- 14) 柴田睦作「新設の京都四条及び七条大橋」土木建築工学、第1巻2号、85頁、大正3年2月、
- 15) 平山復二郎「四条の大橋」土木工学、第4巻10号、55頁、昭和10年10月、
- 16) 京都府「京都府誌(下)」215頁、大正4年10月、
- 17) 京都府「橋梁写真帖」大正4年、
- 18) R, Saliger 「BAU AUSFUHRUNGEN AUS DEN HOCHBAU UND BAUGESATZE」(HANDBUCH FUR EISENBETON BAU IN VIER BANDEN) WILHELM ERNST & SOHN seite 99 BERLIN 1909.
- 19) 日比忠彦「鉄筋混凝土の理論とその応用」丸善株式会社、287頁、大正5年1月、
- 20) 武田五一「鉄筋コンクリート構造の発達を顧みて」セメント界彙報、321号、51頁、昭和9年12月、
- 21) 日比忠彦「鉄筋混凝土講話」弘道館、大正2年7月、
- 22) 内務省土木試験所「本邦道路橋(第1輯)」42頁、大正14年12月、
- 23) 長崎市役所「長崎市制六十五年史」1343頁、昭和31年3月、
- 24) 伊東孝「東京の橋—水辺の都市景観」鹿島出版会、257頁、昭和61年9月、
- 25) W, Gehler 「BAU AUSFUHRUNGEN AUS DEN INGENIEURWESN DRITER TEIL」BRUCKEN UND EISENBAHNBAU WILHELM ERNST & SOHN seite 260 BERLIN 1908
- 26) 吉田徳次郎「コンクリートの回顧」セメント界彙報、321号、37頁、昭和9年12月、
- 27) 昔のコンクリートを語る会「昔のコンクリート」日本ポルトランド・セメント同業会、50頁、昭和11年10月、
- 28) 芦原義信「外部空間の設計」彰国社、35頁、昭和50年10月、
- 29) 馬場俊介「黄柳(つげ)橋の保存・再生へ向けての事前調査」土木史研究No. 12、1992. 6、
- 30) 京都市役所「京都市三大事業誌(第二琵琶湖疎水編第二巻)」55頁、大正元年9月、
- 31) 田辺朔郎「公式工師必携」第13版、丸善株式会社、大正2年10月、