

増田淳の橋梁設計手法と設計思想に関する研究*

A Study on the Technique and the Idea of Jun MASUDA's Bridge Design

加賀 晃次** 長尾 文明*** 野田 稔****

by Kouji KAGA, Fumiaki NAGAO, Minoru NODA

概要

増田淳はアメリカで30橋、日本国内で80橋近くの設計に携わっていたにもかかわらず、これまでその設計手法、設計思想に関する研究はほとんどなされていなかった。それは設計計算書、設計図面などが散逸してしまい、まとまった形で存在していなかったからである。しかし、2002(平成14)年秋、(独)土木研究所においてそれらの資料が多数存在していることが判明した。本研究は、それらの資料と筆者の所有している資料および現存している橋梁の調査等を基に、10数年間に国内で80橋近くもの設計を成し得たその設計手法と増田が一橋一橋に込めた思想について約30年間建設コンサルタントに在籍し、橋梁設計に携わってきた実務者の立場から検証を試みたものである。

はじめに

1919(大正8)年11月、道路法が制定され国道および主要道の改良費として、永久橋の架設など多額の費用を要するものについては国費が支給されることになり、徳島県は主要な仮橋や渡船場11箇所を選んで順次永久橋を架けていく計画を立てた。これが徳島県における11大橋梁架設計画である。このとき架設が計画された11橋のうち三好橋¹⁾、穴吹橋^{2), 3), 4)}、吉野川橋^{5), 6)}、勝浦川橋⁷⁾、大松川橋⁸⁾、那賀川橋⁹⁾の設計を行ったのが増田淳である。

勝浦川橋、大松川橋は1925(大正14)年に、三好橋は1927(昭和2)年に、また、穴吹橋、吉野川橋、那賀川橋は1928(昭和3)年に完成した。

増田^{1), 2), 10), 11), 12)}は、1883(明治16)年9月25日、香川県高松市に増田正九郎の次男として生まれ、1907(明治40)年東京帝国大学工科大学土木工学科を卒業、翌年4月橋梁研究のため渡米した。これは既にアメリカで活躍していた樺島正義、堀見末子、関場茂樹などの影響によるものである。増田は堀見を頼ってミズリー州・カンサス市の「ヘドリック工務所」に勤務(1908～1912)、その後バージニア州「バージニア橋梁研究所」(1912～

1913)、マサチューセッツ州「ボストン橋梁製作所」(1913～1914)、「ヘドリック・コ克蘭橋梁及高級建築設計事務所」(1914～1922)の勤務を経て1922(大正11)年に帰国した。この14年間のアメリカ滞在中に設計と施工に従事した橋梁は陸橋、公道橋、鉄道橋、栈橋、可動橋など30橋にのぼる。なかでも可動橋は、増田がわが国に持ち込んだ最も顕著な技術であるといわれている。

アメリカで30橋、日本国内で80橋近くの設計に携わった増田は1947(昭和22)年7月26日脳溢血で65歳の生涯を閉じた。数々の名橋を残しながら増田の存在は限られた人にしか知られることはなかった。それは、当時は極端な官尊民卑の時代であったこと、またこれらの設計資料が、増田の死後散逸してしまい、まとまった形で残っていなかったことによる。彼の業績は、土木学会誌に掲載された2編の論文、16巻5号「神戸市高松 Bridgeの設計及び施工」(1930(昭和5)年5月)¹³⁾と17巻5号「埼玉県荒川橋 Balanced Archの設計及び施工」(1931(昭和6)年5月)¹⁴⁾および2冊の著書『土木工学材料施行編・構造設計編』(成美堂 1908(明治41)年)¹⁵⁾と『橋梁詳論 第一巻 桁の理論とその応用』(増田橋梁研究所 1935(昭和10)年)¹⁶⁾、さらに『Souvenir Bridge Catalogue』¹⁷⁾のタイトルのある増田橋梁研究所の案内書(以下会社案内と略記)、国内各地に現存する橋梁等によって知ることが出来るのみであった。しかし、2002(平成14)年秋、独立行政法人土木研究所に増田の設計した橋の設計図、計算書が多数保存されていることが判明した^{18), 19), 20)}。さらに、翌年9月24日徳島市で開催された土木学会全国大会においても「幻の橋梁エンジニア・増田淳再発見」²¹⁾として研究討論会で取り上げられた。会

*key word : 増田淳, 橋梁, 設計手法, 設計思想

**フェロー会員・徳島大学先端技術科学教育部

博士後期課程

***正会員・徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス

研究部エコシステムデザイン部門 教授

****正会員・徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス

研究部エコシステムデザイン部門 准教授

(〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

場には増田の甥に当たる増田照夫氏も出席し、増田が妻コトに「橋はただ架けたらいいというものではない。架ける場所によって橋の形を変え、地形や風景にとけ込む橋を架けなければならない」と語っていた話を披露された。増田は一橋一橋に、ここにはこれ以上の橋は架けられないというほどの思いを込めて設計したことを伺わせる言葉といえる。筆者は1992(平成4)年に吉野川に架かる橋の緒言をとりまとめた「徳島・橋ものがたり」¹⁹⁾を自費出版した。また、同年に発足した「徳島橋梁技術者の会」の会員として1995(平成7)年に出版された「橋についての質問箱」¹⁹⁾と、次いで1997(平成9)年に出版された「四国三郎 吉野川の橋」¹⁹⁾に編集委員として参加し、増田について執筆している。さらに、増田の設計した橋のうち、1980(昭和55)年には穴吹橋の耐荷力算定⁴⁾を、1990(平成2)年には吉野川橋の床版打換設計、1993(平成5)年には同橋の床組補強設計を行っている。これらのことから増田の設計した橋に関心を持ち、その設計手法、橋への思いを検証したいと考えていた。資料がほとんど無かったこともあり、これまで増田に関するまとまった論文はほとんど見あたらない。本論文は、今回発見された資料、著者の所有する資料、さらに現存する橋梁の調査などを通して、今まで30年近く、橋梁の設計、補修などに携わってきた実務者の立場から80橋近くにも及ぶ橋梁の設計をなし得た設計手法、また増田が一橋一橋の設計に込めた設計思想について検証した。

1. 増田淳の設計した橋梁

それまで外国人技術者任せであった橋梁設計に、ようやく日本人技術者が橋梁設計の表舞台に登場することになった大正末期のころ、日本は関東大地震の被害を受け、国を挙げて復興に取り組んでいた。そのような中において、各県の嘱託技師として数々の橋梁設計に携わり、めざましい活躍をしたのが増田である。増田が嘱託技師として関係した府県は、岩手、宮城、福島、群馬、埼玉、東京、神奈川、富山、長野、岐阜、静岡、愛知、三重、京都、大阪、兵庫、鳥取、岡山、山口、徳島、愛媛、熊本、宮崎の23府県に及び、台湾、韓国、中国にも活躍の場を広げていた。

増田の際だった特徴は、鋼橋、コンクリート橋に関わらずいろいろな構造形式を自在に設計するとともに、千住大橋のタイドアーチ^{20), 21)}、三好橋の吊橋、穴吹橋のゲルバートラス、白鬚橋のバランスドブレースドリブタイドアーチ^{20), 21)}、木曾川橋(尾張大橋)のランガートラス^{20), 21)}、高田橋のSRCラーメン²¹⁾などに見られるように、当時その形式としてはわが国で最初となるような構造形式を設計したことである。しかもそれぞれにこれほどまで優れた設計を成した得た橋梁技術者は日本において増田以外に見付けることは出来ないと思われる。

(1) 増田淳が日本国内で設計・施工に携わった橋梁

a) 会社案内に記載されている橋梁

増田が日本国内で設計・施工に携わった橋のうち、会社案内に記載されている55橋を表-1に示す^{21), 18), 21), 22)}。表中、番号は会社案内に示された番号、1~30はアメリカにおける橋梁でありここでは割愛している。また有無は現存の有無を示す。現在の橋梁形式と比較しても斜張橋やPC橋を除いてほぼ全ての形式が採用されている。

表-1 会社案内に記載されている橋

番号	橋梁名	完成年	府県名	橋長(m)	径間数	上 部 構 造 形 式	有 無
31	加古川橋	1924(大正13)年	兵庫県	384	17	鋼桁	有
32	千曲川立花橋	1925(大正14)年	長野県	204	3	鋼桁プラットトラス	無
33	千曲川上田橋	"	長野県	205	4	鋼桁プラットトラス	無
34	勝川橋	"	徳島県	147.7	10	RCT桁, SRC桁	無
35	大井川橋	"	徳島県	157.2	11	RCT桁, SRC桁	有
36	二子橋	"	東京都	440	24	鋼桁	有
37	六郷橋	"	神奈川県	455	19	鋼桁プラットトラス	無
38	千曲川新井橋	1926(大正15)年	長野県	450	6	鋼桁プラットトラス, SRC	無
39	千曲川村山橋	"	長野県	813	40	鋼桁プラットトラス, SRC	有
40	日野橋	"	東京都	370	20	鋼桁	有
41	曾文橋	"	台湾	340	9	鋼桁ワーレントラス	有
42	錦川水路橋	"	長野県	46	1	鋼デッキベケットトラス	無
43	犀川水路橋	"	長野県	36.5	1	鋼スループベケットトラス	無
44	長六橋	"	熊本県	73	1	鋼桁プラットトラス	無
45	武蔵大橋	"	兵庫県	208	15	ヒトガタスリットトラス, SRC	有
46	桂橋	1927(昭和2)年	京都府	310	22	鋼桁プラットトラス, SRC	無
47	千住大橋	"	東京都	91.7	1	鋼桁プラットトラス	有
48	三好橋	"	徳島県	244	5	1段懸吊り吊橋, SRC	有
49	穴吹橋	1928(昭和3)年	徳島県	416	18	鋼桁プラットトラス, SRC	無
50	新荒川大橋	"	東京都	845	21	3段懸吊り吊橋, SRC, 鋼桁, SRC	無
51	鹿橋	"	岡山県	617	20	鋼桁プラットトラス, SRC	有
52	高松橋可動橋	"	神戸市	29.7	2	鋼バスキュール橋	無
53	徳名山道橋	"	群馬県	150	4	鋼桁ワーレントラス	無
54	吉野川橋	"	徳島県	1,071	17	鋼桁ワーレントラス	有
55	42-B橋	"	東京都	55.9	1	鋼桁ワーレントラス	有
56	108-A橋	"	東京市	35	3	鋼ゲルバー式桁	有
57	41-D橋	"	東京市	40.5	1	鋼桁プラットトラス	有
58	坪井可動橋	"	熊本県	31.5	3	鋼バスキュール橋	無
59	萩原橋	"	熊本県	182.5	3	鋼桁ワーレントラス	無
60	渡柳橋	"	熊本県	99.4	3	鋼桁ワーレントラス	無
61	前川橋	"	熊本県	231.3	6	鋼桁ワーレントラス	有
62	河原橋	1929(昭和4)年	岡山県	270	7	鋼桁ワーレントラス	無
63	栗田橋	"	岡山県	394.1	19	鋼桁プラットトラス, SRC	無
64	常盤橋	"	岡山県	492.4	18	鋼桁プラットトラス, SRC	無
65	白銀橋	1930(昭和5)年	東京都	170.7	3	鋼桁プラットトラス, SRC, 鋼桁, SRC	有
66	荒川橋	1929(昭和4)年	埼玉県	156.7	4	鋼桁プラットトラス, SRC, 鋼桁, SRC	有
67	河原橋可動橋	1930(昭和5)年	神戸市	64.6	4	鋼スウィング橋	無
68	淀大橋	"	京都府	261.7	10	鋼ゲルバー式桁	無
69	神皇橋	"	京都府	352	13	鋼ゲルバー式桁	有
70	尾久橋	"	東京都	131.7	5	鋼ゲルバー式桁	無
71	永安橋	"	岡山県	332.1	11	鋼桁プラットトラス, SRC	無
72	中川橋	"	岡山県	134.2	11	鋼桁, RCT桁	無
73	十三橋	1931(昭和6)年	大阪府	711.4	16	鋼桁プラットトラス, SRC, 鋼桁, SRC	有
74	徳島大橋(伊予大橋)	1934(昭和9)年	三重県	1,105.7	15	鋼ランガートラス	有
75	木曾川橋(尾張大橋)	1933(昭和8)年	愛知県	878.8	14	鋼ランガートラス, SRC	有
76	阿武隈橋	1931(昭和6)年	宮城県	571.1	17	鋼ランガートラス, SRC	無
77	戸田橋	"	埼玉県	528.8	20	鋼ランガートラス, SRC	無
78	四日市橋可動橋	"	三重県	75.6	6	鋼バスキュール橋	無
79	高田橋	"	徳島県	514.6	27	SRCラーメン	無
80	徳夫橋	1933(昭和8)年	徳島県	185	7	ヒトガタスリットトラス	有
81	新川橋	1931(昭和6)年	徳島県	12	1	ヒトガタスリットトラス	有
82	城南橋(山手大橋)	"	京都府	114	6	ヒトガタスリットトラス	有
83	徳島大橋(伊予大橋)	"	富山県	88	1	鋼桁プラットトラス	有
84	千代橋	1932(昭和7)年	鳥取県	358.3	16	鋼桁	有
85	奥平橋	"	宮崎県	166.7	4	鋼桁プラットトラス, SRC	有

b) 会社案内に記載されていない橋梁

会社案内に記載されていないが、増田が設計したこと

表-2 会社案内以外で増田が設計したと考えられる橋

番号	橋 梁 名	完 成 年	府県名	橋長(m)	径間数	上 部 構 造 形 式	有 無
M1	皆 野 橋	1935(昭和10)年	埼玉県	120.7	3	ビト・フス・メ・フ・メ・フ	有
M2	富士見橋(旧津島橋)	1937(昭和12)年	東京都	60	3	鋼ラーメン	有
M3	木 曾 川 橋	1933(昭和8)年	岐阜県	429	7	鋼・ス・フ・フ・フ・フ・フ	有
M4	那 賀 川 橋	1928(昭和3)年	徳島県	263.4	4	鋼桁鉄ワーレントラス	有
M5	長 浜 大 橋	1935(昭和10)年	愛媛県	226	7	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス	有
M6	釜石坂平河側橋	1943(昭和18)年	岩手県	849.2	95	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M7	白 石 大 橋	1931(昭和6)年	宮城県	25.2	1	R・C 桁式アーチ	無
M8	名 取 川 橋	1929(昭和4)年	"	190.42	9, 2	鋼桁	無
M9	聖 徳 橋	1933(昭和8)年	埼玉県	40	1	鉄・ス・ス・ス・ス・ス	無
M10	佐 久 良 橋	1934(昭和9)年	"	176	7	ビト・フス・メ・フ・メ・フ・ス・ス	無
M11	秋 夕 瀬 橋	1933(昭和8)年	"	770.5	46	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M12	ウ ツ 木 橋	1935(昭和10)年	東京都	171	3	不明	無
M13	神 村 橋	1938(昭和13)年	"	95.8	3	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M14	黒川-黒川中流橋	1929(昭和4)年	神奈川県	1,086	—	鋼トラス構造モノレール	無
M15	神 通 川 橋	1936(昭和11)年	富山県	294	10	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M16	清水港フット	1929(昭和4)年	静岡県	不明	不明	不明	無
M17	江ノ瀬可動橋	1940(昭和15)年	三重県	不明	不明	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M18	大月川可動橋	1931(昭和6)年	大阪府	73	3	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M19	神戸港海上橋	1933(昭和8)年	兵庫県	19.3	1	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M20	下関島崎可動橋	1936(昭和11)年	山口県	31.3	2	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M21	おおさき川可動橋	1935(昭和10)年	"	不明	5	鋼・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無
M22	鹿野戸橋	1929(昭和4)年	宮崎県	57.2	3	ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス・ス	無

・：設計した年を示す（完成年は不明）

表-1、表-2をもとに増田が設計した橋梁の上部構造形式を図-1に示す。{ }内の数字は会社案内に示された各形式の橋梁数を示す。1橋梁で2形式以上有する場合は重複させて数えている。また、()内の数字は会社案内以外で増田が設計したことが明らかな橋梁で形式が判明しているものの橋梁数を示す。ただし、M14は構造がモノレールであるため除く。

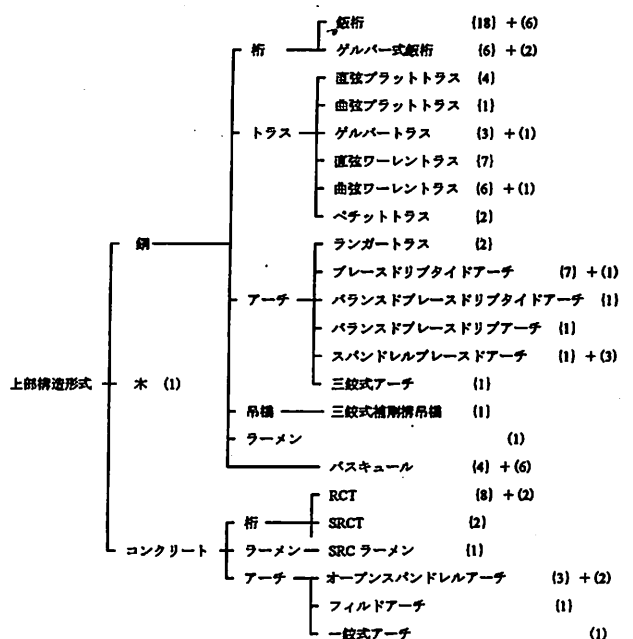


図-1 橋の上部構造形式の分類とその橋梁数

会社案内によると、増田は 1922(大正 11)年 1 月、橋梁コンサルタント事務所、増田橋梁研究所を開設し、年間 7 ～ 8 橋の割合で設計を行っていたことになる。これは現在のように、コンピューターが無い時代、多くの担

当技術者がいたとしても驚異的な数字といわざるを得ない。何がこのことを可能ならしめたのか検証する。それは、まず第1に優秀なスタッフによる合理的な業務処理体制、第2に類似形式・スパン割の採用、第3に上部構造形式選定の早見表の作成が考えられるが、その根底には長期のアメリカ滞在による経験からアメリカ流の合理主義があったことが推測できる。

設計を受けた場合の処理体制としては、作成された図面の製図、トレース、照査の欄に K.Inaba, M.Jinda, I.Matano, F.Yamazaki, Y.Ogasawara, Y.Hirata, R.Itagaki, Y.Tanaka などのサインが記されていることから、現在、われわれが行っている手法と同様に、増田が全て設計したのではなく、重要な部分は増田が行い、それ以外の部分は部下に任せていたと考えられる。これらのうち K.Inaba は稲葉健三（名古屋高等工業学校卒業）、M.Jinda は陣田稔（山梨高等工業学校卒業）⁹⁾である。稲葉、陣田とも増田の著書である『橋梁群論 第一巻 桁の理論とその応用』の共同執筆者であることから、技術力を見込まれ増田の信頼も厚く、片腕として事務所を切り回し、彼らを中心としたスタッフが設計計算、図面作成、数量計算、照査などを分業体制で処理していたことが推測できる。また、増田の図面は非常に分かり易く、施工しやすいといわれているが、それは、下の徳島県穴吹橋に見られるように施工中の写真に増田がよく写っていることから、現場によく出向き施工を監督し、施工のことがよく分かっていたからと考えられる。

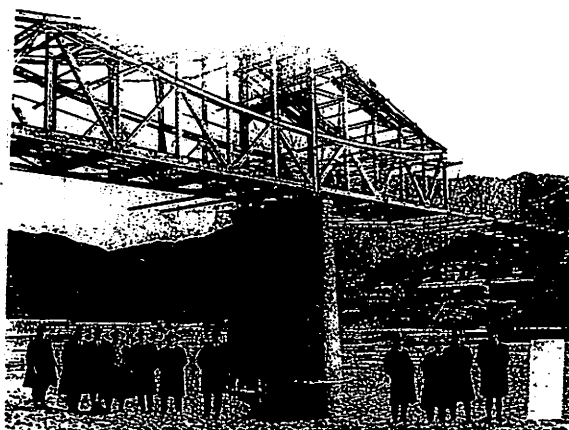


写真-1 徳島県穴吹橋（右から5人目が増田）

岡田写真館「穴吹橋竣工記念写真帳」より引用

大正末期から昭和初期にかけて日本各地の自治体は道路橋を架ける必要に迫られており、道路橋の設計が出来る技術者を渴望していた。このような橋梁界の中にあつて、増田はうまくその時代の流れにのつた人物といふことができる。増田はそれまでの実績と確かな技術力をPRし、一つの橋で実績をあげるとその県で猛烈に営業を行つたと思われる。それは増田の設計した橋梁の所在

府県と設計した橋梁数を会社案内から見ると、東京府、長野県、岡山県の6橋、徳島県、熊本県の5橋というように特定の府県に集中している。特定の府県で営業したことに加え、同じ府県また府県外でも河川条件、道路条件が同じようであれば類似の形式、スパン割を採用したことが、これほど多数の橋梁設計を成しえた理由であろう。その例としては、徳島県の[34]勝浦川橋（4径間SRC桁＋6径間RC桁）と[35]大松川橋（5径間SRC桁＋6径間RC桁）、長野県の[38]千曲川篠ノ井橋（6径間直弦プラットトラス＋15径間RC桁）と[39]千曲川村山橋（7径間直弦プラットトラス＋33径間RC桁）、熊本県の[60]植柳橋（3径間直弦ワーレントラス）と[61]前川橋（6径間直弦ワーレントラス）、京都府の[68]淀大橋（8径間鋼ゲルバー式鋼桁＋両サイド鋼桁）と[69]御幸橋（11径間鋼ゲルバー式鋼桁＋両サイド鋼桁）などを挙げることができる。形式のみの類似をみた場合、長野県の[33]千曲川上田橋と神奈川県[37]六郷橋、東京府の[47]千住大橋におけるブレースドリブタイドアーチ、三重県の[74]揖斐長良橋と愛知県の[75]木曾川橋におけるランガートラス、兵庫県[45]武庫大橋と福島県の[80]信夫橋および京都府の[82]城南橋におけるRCオープンスパンドレルアーチなどを挙げることが出来る。増田より5歳年長で、増田と同時代の橋梁設計技術者に樺島正義（1878（明治11）年1月15日～1949（昭和24）年7月10日）がいる。樺島は1902（明治35）年1月から1906（明治39）年5月までの4年5ヶ月間アメリカに滞在し、増田より一足早く帰国、1921（大正10）年3月わが国最初の橋梁コンサルタント事務所を開設した。樺島は、日本橋、新大橋、鍛冶橋、呉服橋、高橋、神宮橋、一石橋、四ツ橋、水郷大橋など数々の名橋を設計しているが、主に活躍したのは1908（明治41）年～1924（大正13）年である。その樺島にあたかも取って代わるように1925（大正14）年～1932（昭和7）年に活躍したのが増田である。

樺島は東京とその近辺の市街橋に拘ったのに比べ、増田は地方をねらったといえる。橋種の多さから地方の方が形式選定に対し、自由な発想が出来たのではないと思われる。樺島は上部構造形式をトラスならプラットトラスというように固執するところがあるが、増田にはそれが無い。ここに増田と樺島の性格の違いが現れていると考えられ、設計した橋の数、橋種の多さから営業力、実践力では増田が上であったと思われる。

（3）上部構造形式選定の早見表の作成

われわれが上部構造形式を決める場合、地盤条件や河川条件などからスパン長を決める。増田もスパン長により、鋼桁なら鋼桁とするかゲルバー式鋼桁とするか、またコンクリート桁ならRC桁にするかSRC桁にするか、スパンが長ければトラスにするかアーチにするか、さらにトラスなら直弦にするか、曲弦にするかなど上部構造形式選定の目安となるスパン長を決めていたことが推測

できる。ここで、会社案内に記されている鋼橋、コンクリート橋について、その設計されたスパン長を各形式に對し表-3～表-10に示す。

表-3 鋼 鋼 桁 の ス パ ン 長 (m)

番 号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
31	兵 庫 県	加古川橋	22.6	
36	東 京 府	二子橋	18.3	
37	神奈川県	六郷橋	18.8	
40	東 京 府	日野橋	18.0	
48	徳 島 県	三好橋	20.0	
49	徳 島 県	穴吹橋	16.5, 18.33	
50	東 京 府	新荒川大橋	23.0	
51	岡 山 県	霞橋	18.3	
63	岡 山 県	蘆田橋	13.6, 16.8	
64	岡 山 県	常盤橋	21.53	
66	埼 玉 県	荒川橋	15.545	
71	岡 山 県	永安橋	18.34	
72	岡 山 県	中川橋	20.5	
73	大 阪 府	十三橋	12.846	
76	宮 城 県	阿武隈橋	18.0	
77	埼 玉 県	戸田橋	21.5	
84	鳥 取 県	千代橋	21.84	
85	宮 崎 県	英々津橋	18.06	

表-4 ゲルバー式鋼桁のスパン長 (m)

番 号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
46	京 都 府	桂橋	24.5	
56	東 京 市	108-A橋	15.54	
68	京 都 府	淀大橋	29.0	
69	京 都 府	御幸橋	29.0	
70	東 京 府	尾久橋	27.26	
73	大 阪 府	十三橋	32.71	

表-5 R C T 桁 の ス パ ン 長 (m)

番 号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
34	徳 島 県	勝浦川橋	12.13	
35	徳 島 県	大松川橋	12.13	
38	長 野 県	千曲川篠ノ井橋	11.3	
39	長 野 県	千曲川村山橋	13.56	
45	兵 庫 県	武庫大橋	7.9, 8.2	
46	京 都 府	桂橋	8.75	
50	東 京 府	新荒川大橋	10.3	
72	岡 山 県	中川橋	10.11	

表-6 S R C T 桁 の ス パ ン 長 (m)

番 号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
34	徳 島 県	勝浦川橋	18.2	
35	徳 島 県	大松川橋	16.4	
79	福 島 県	高田橋	17.0, 19.2	ラーメン

表-7 直弦トラスのスパン長 (m)

番号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
38	長野県	千曲川篠ノ井橋	47.3	ブラットトラス
39	長野県	千曲川村山橋	50.29	"
53	群馬県	榛名山索道陸橋		ワーレントラス
57	東京市	41-D橋	38.97	ブラットトラス
60	熊本県	植柳橋	32.58	ワーレントラス
61	熊本県	前川橋	38.0	"
62	岡山県	周匝橋	38.0	"
63	岡山県	蘆田橋	37.5	"
75	愛知県	木曾川橋	40.77	"

表-8 曲弦トラスのスパン長 (m)

番号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
32	長野県	千曲川立ヶ花橋	67.0	ブラットトラス
49	徳島県	穴吹橋	73.0	ゲルバーワーレン
50	東京府	新荒川大橋	63.0	ワーレントラス
51	岡山県	霞橋	53.5	"
54	徳島県	吉野川橋	63.5	"
55	東京府	42-B橋	55.93	"
59	熊本県	萩原橋	60.0	"
64	岡山県	常磐橋	55.0	ゲルバーワーレン
76	宮城県	阿武隈橋	55.0	ワーレントラス
77	埼玉県	戸田橋	87.5	ゲルバーワーレン

表-9 鋼アーチのスパン長 (m)

番号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
33	長野県	千曲川上田橋	50.3	ブレースドフライトアーチ
37	神奈川県	六郎橋	65.8	"
44	熊本県	長六橋	73.0	"
47	東京府	千住大橋	90.0	"
50	東京府	新荒川大橋	42.6	三鉸式
65	東京府	白鷺橋	79.6	バラスト ブレースドフライトアーチ
66	埼玉県	荒川橋	85.446	バラストブレースドフライトアーチ
71	岡山県	永安橋	50.0	ブレースドフライトアーチ
73	大阪府	十三橋	64.0	"
74	三重県	揖斐長良橋	72.25	ランガートラス
75	愛知県	木曾川橋	63.42	"
83	富山県	常願寺水路橋	88.0	ブレースドフライトアーチ
85	宮崎県	美々津橋	64.42	スパンドレルブレースドフライトアーチ

表-10 コンクリートアーチのスパン長 (m)

番号	架設府県名	橋 梁 名	スパン長	備 考
45	兵庫県	武庫大橋	8.23, 21.50	オプスバインドフライトアーチ
80	福島県	信夫橋	22.2, 27.0	"
81	福島県	新川橋	12.0	フィールドアーチ
82	京都府	城南橋	19.25	オプスバインドフライトアーチ

これらをまとめると、図-2に示すようになる。

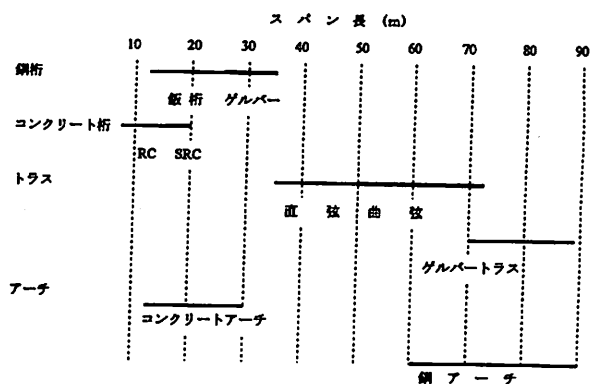


図-2 スパン長による上部構造形式の使い分け

図-2 から鋼桁とゲルバー式鋼桁との使い分けはスパン長 25 mが一応の目安としていえると考えられ、コンクリート桁では RC 桁と SRC 桁との使い分けは 15 mを目安としていえると考えられる。トラスでは 50m 以下は直弦トラス、50m 以上は曲弦トラスとしている。また、ゲルバー式トラスは[64]常盤橋のようにスパン 55m の橋もあるが、70m 以上が一応の目安としていえると考えられる。鋼アーチも例外として[71]永安橋の 50m があるがスパン長は 60m 以上、コンクリートアーチのスパン長は 10m ~ 30m を目安としていえると考えられる。

このスパン長による上部構造形式選定の早見表を使うことによって多数の設計が処理できたと推測できる。

しかし、早見表を使用する場合、橋長が 1,000m 以上となる[54]吉野川橋の計画に対し、『吉野川橋工事概要』に徳島県技師年光十一が「架設地点は洪水時小径間にては背水の登陸を来たし、(中略)数回比較設計の結果、最も経済的なりと認めた云々」と記しており、複数案が検討されている。また、[52]高松橋可動橋については自ら「先ず計画案として固定橋、水底隧道、可動橋等諸種の立案をなし、併せて航行船舶及陸上交通量等の精密なる調査をなし、以上諸案に付きその工事額及交通の便否、並びに都市美観上の優劣等につき慎重なる研究を遂げここに成案を得て云々」¹⁹⁾と記しているように、道路条件、河川条件が同じであれば同じ橋種、スパン割を機械的に適用したわけではなく慎重に色々な調査を行った後、経済性、周辺環境の調和の優劣などを十分考慮した上で最適な形式を選定していたことが分かる。これは、現在われわれが行っている設計計画と同様の比較設計作業といえる。

3. 増田の橋梁設計思想

増田の設計思想を彼の設計した橋の特徴、形式とスパン割などによるタイプ分け、さらに会社案内に記されている橋への思いから検証する。

(1) 増田の設計した橋梁の特徴

増田の設計した橋梁の特徴として以下のことを挙げる事が出来る。

①鋼、コンクリートを問わず橋種が多い。特に、ワー

レントラス、飯桁、ブレースドリブタイドアーチ、RCT 桁などの採用が多い。(図-1 参照)

②わが国で最初となる形式の設計を行っている。

- ・吊橋 [48] 徳島県 三好橋
- ・ゲルバートラス [49] 徳島県 穴吹橋
- ・バランスドブレースドリブタイドアーチ [65] 東京府 白鬚橋
- ・ランガートラス [75] 愛知県 木曽川橋
- ・SRC ラーメン [79] 福島県 高田橋 (増田の新案)

③可動橋を多数設計している。

- [52] 神戸市 運河可動橋 (高松橋)
- [58] 熊本県 坪井可動橋
- [67] 神戸市 苅藻島可動橋 (旋回橋)
- [78] 三重県 四日市港可動橋
- [M 5] 愛媛県 長浜大橋
- [M17] 三重県 江ノ浦可動橋
- [M18] 大阪府 木津川可動橋
- [M19] 兵庫県 神戸港跳上橋
- [M20] 山口県 下関彦島可動橋,
- [M21] 山口県 沖の山運河可動橋

④ 500m を越える長大橋の設計が 9 橋にのぼる。

- ・橋長 1,000m 以上 2 橋
 - [54] 徳島県 吉野川橋 1,071m
 - [74] 三重県 揖斐長良橋 1,105.7m
- ・800m 以上～1,000m 未満 3 橋
 - [39] 長野県 千曲川村山橋 813m
 - [50] 東京府 新荒川大橋 845m
 - [75] 愛知県 木曽川橋 878.8m
- ・700m 以上～800m 未満 1 橋
 - [73] 大阪府 十三橋 711.4m
- ・500m 以上～700m 未満 3 橋
 - [76] 宮城県 阿武隈橋 571.1m
 - [77] 埼玉県 戸田橋 528.8m
 - [79] 福島県 高田橋 514.6m

⑤ 近接橋梁に同一形式を用いて統一性を持たせている。

徳島県勝浦川橋[34]、大松川橋[35] (RCT + SRCT)
京都府淀大橋[68]、御幸橋[69] (鋼ゲルバー式飯桁)

(2) 増田の設計した橋のタイプ分け

前章で示したように増田はスパン長による上部構造形式選定の早見表によりスパン割を行ったと思われるが、増田の設計した橋は、橋梁構造から見た場合、大略以下の 5 タイプに分けることが出来る。

タイプ 1: 同一形式、同一スパンの連続——長大橋に見られる

- ・鋼飯桁——[31]加古川橋、[36]二子橋、
[40]日野橋、[84]千代橋
- ・直弦ワーレントラス——[60]植柳橋、[61]前川橋
[62]周匝橋

- ・曲弦ワーレントラス——[54]吉野川橋、
[59]萩原橋

- ・RC オープンスパンドレルアーチ——[80]信夫橋、
[82]城南橋

- ・ランガートラス——[74]揖斐長良橋、
[75]木曽川橋

- ・ブレースドリブタイドアーチ——
[33]千曲川上田橋

- ・曲弦ブラットトラス——[32]千曲川立ケ花橋

タイプ 2: 同一スパンではないが同形式の連続——比較的市街化された地区に見られる

- ・RC + SRC ——[34]勝浦川橋、[35]大松川橋
- ・ゲルバー式飯桁——[68]淀大橋、[69]御幸橋、
[70]尾久橋

タイプ 3: 流量の多い箇所を長スパンとし、少ない箇所を短スパンとする——比較的広い河川や急流河川に見られる (非対称)

- ・ゲルバー式トラス + 飯桁——[49]穴吹橋、
[64]常盤橋、[77]戸田橋

- ・アーチ + 飯桁——[37]六郷橋

- ・直弦ワーレントラス + 飯桁——

- [38]千曲川篠ノ井橋、[39]千曲川村山橋、

- [50]新荒川大橋、[63]蘆田橋

- ・吊橋 + 飯桁——[48]三好橋

- ・ブレースドリブタイドアーチ + 飯桁——

- [71]永安橋

- ・鋼ゲルバー式飯桁 + RC 桁——[46]桂橋

- ・曲弦ワーレントラス + 飯桁——[76]阿武隈橋

タイプ 4: 中央径間を長スパンとし、両側径間を短スパンとする——ほぼ左右対称

- ・RC 連続アーチ——[45]武庫大橋、[80]信夫橋、
[82]城南橋

- ・曲弦ワーレントラス + 飯桁——[51]霞橋

- ・ブレースドリブタイドアーチ + 飯桁——

- [73]十三橋

- ・バランスドブレースドリブタイドアーチ——

- [65]白鬚橋

- ・バランスドブレースドリブアーチ——[66]荒川橋

- ・SRC ラーメン——[79]高田橋

- ・スパンドレルブレースドアーチ + 飯桁——

- [85]美々津橋

タイプ 5: 単径間——比較的長スパンを 1 径間で飛ばす

- ・ブレースドリブタイドアーチ——[44]長六橋、

- [47]千住大橋、[83]常願寺水路橋

(3) 増田の橋に込めた思い

増田の橋に込めた思いは会社案内に記載されている各橋の説明文に見ることが出来る。これらの言葉は全ての橋に記されているわけではないが以下に紹介する。

表-11 増田が各橋梁に記した説明文

番号	橋梁名	架設府県名	各橋梁に記した説明文
33	千曲川上田橋	長野県	体裁優美なるタイドアーチ
44	長六橋	熊本県	架設鋼橋にして容姿秀麗なる市街橋なり
45	武庫大橋	兵庫県	遠く六甲の翠岳を背景とし青松白砂の参差たる武庫川に架設せられたるものにして明細なる風景とともに阪神国道中辻麓一の橋梁なり
46	桂橋	京都府	高欄意匠純日本古式にして
47	千住大橋	東京府	近代式タイドアーチ橋これに替わってその雄姿を現せり
48	三好橋	徳島県	山景水明なる地点に架せられたる一大吊橋なり
49	穴吹橋	徳島県	極めて不便なる渡船を廃し、交通の面目を一新せり
54	宮野川橋	徳島県	関西地方における最長橋梁の一つなり
65	白鷺橋	東京府	隅田川に架設せられ彼の有名なる各大学外語学校の対抗ボートレースの決勝点に位し、競技シーズンにおいては秀麗活潑なる橋上観員の盛況を呈す
66	荒川橋	埼玉県	この地形に最も好適なる上路式バランスド・アーチ橋を架設せり。付近の緑深く、水清き環境に対し、その容姿強きに過ぎず、弱きに失せず、明細なる風光に一段の趣を添え、一偉観を呈せり
68	淀大橋	京都府	日本趣味を巧みに取入れたる近代意匠の高欄及び電飾、スマートなる橋体と共に良く名河の清流に臨み、由緒ある老松連なる天然の美観と調和し、行人をして自ら橋上に一憩を貪らしむるものあり
69	御幸橋		
73	十三橋	大阪府	背景天然の美に恵まれたる所薄しといえども河幅広大水豊かにして一団に繁茂せる緑の度は浪波の名に添かず、拱橋の荘厳雄大な容姿、径間長大なる桁橋の直線的構造美は近代的装飾と相俟って一大偉観を呈せり。夏季の納涼、春秋における道徳の好適地たるを失せず。
74	橋梁長良橋 *(伊勢大橋)	三重県	本邦における最長の橋梁なり
79	高田橋	福島県	最も経済的な工法を採用したるものにして著者の新案になれるものなり。本橋は失業救済事業として実施せられたるため、全ての点において質素を旨とし、何ら装飾設備を施さざりしも、出来ばえ頗る優秀、外観優美軽快にして、恵まれたる山地の美観によく調和せるを見る。
80	信夫橋	福島県	高欄廻りは全部石張りを施し、堂々たる威風を有す。
82	城南橋 *(鳥羽大橋)	京都府	高欄廻りは石張りをなし、近代式装飾を施し、新なる威容を有す。
83	常願寺水路橋 *(千寿橋)	富山県	構造は拱橋にして、日本アルプスの名峰立山の登山口に当たり、いわゆる山景水明の地にして、山中の一つの絶景なり。
85	美々津橋	宮崎県	翠山、明水、白帆乱れ動く美々津港の正面に麗気雄たのごとく浮び揚がる本橋の美観賞観に値せん。

これらの説明文がどのような橋梁、構造形式、タイプに対して述べられているか。説明文を橋梁本体の姿・形、周辺環境との調和、付属品への配慮、効果について当てはめると表-12 のようになる。

表-12 説明文の各項目別分類

項目	橋への思い	番号	橋梁名	形式	1/17
橋梁本体の姿・形	容姿優美なる	33	千曲川上田橋	ブレースドタイドアーチ	1
	容姿秀麗なる	44	長六橋	"	5
	壮麗なる	45	武庫大橋	ビオナスバッドアーチ、RC	4
	その雄姿を現せり、近代式	47	千住大橋	ブレースドタイドアーチ	5
	関西地方における最長橋梁の一つ	54	宮野川橋	曲弦ワーレントラス	1
	容姿優美なる	65	白鷺橋	バラストブレースドタイドアーチ	4
	その雄姿を現せり、弱きに失せず、一偉観を呈せり	66	荒川橋	"	4
	スマートなる橋体	68	淀大橋	グルバー式鉄桁	2
	容姿雄大な容姿、近代的装飾	73	十三橋	ブレースドタイドアーチ、RC	4
	外観雄大な容姿、本邦における最長の橋梁なり	74	橋梁長良橋	ランガートラス	1
周辺環境との調和	関西地方において、著者の意匠に値し	79	高田橋	SRC ラーメン	2
	新案なる容姿を呈す	82	城南橋	ビオナスバッドアーチ	1
	美々津港に麗せん	83	常願寺水路橋	ブレースドタイドアーチ	5
	雄たのごとく浮び揚がる本橋の美観賞観に値せん	85	美々津橋	スワドルブレースドタイドアーチ	4
	背景となる美観とともに	45	武庫大橋	ビオナスバッドアーチ	4
	白鷺橋となる美観に	48	三好橋	19世紀初頭トラス鉄桁	3
	ボートレースの決勝点に位し	65	白鷺橋	バラストブレースドタイドアーチ	4
	付近の緑深く、水清き環境に対し、容姿雄大な容姿に一段の趣を添え	66	荒川橋	"	4
	良く名河の清流に臨み、由緒ある老松連なる天然の美観と調和し	68	淀大橋	グルバー式鉄桁	2
	血脈ある老松連なる天然の美観と調和し	75	木曾川橋	ランガートラス、RC	1
付属品への配慮	外観雄大な容姿に値し、雄たのごとく浮び揚がる本橋の美観賞観に値せん	79	高田橋	SRC ラーメン	2
	白鷺橋となる美観に	83	常願寺水路橋	ブレースドタイドアーチ	5
	雄た、麗、白帆乱れ動く	85	美々津橋	スワドルブレースドタイドアーチ	4
	高欄意匠純日本古式にして	46	桂橋	グルバー式鉄桁	2
	日本趣味を巧みに取り入れたる	68	淀大橋	グルバー式鉄桁	2
	近代意匠の高欄及び電飾	80	信夫橋	ビオナスバッドアーチ	1
	高欄廻りは全部石張りを施し、堂々たる威風を有す	82	城南橋	ビオナスバッドアーチ	1
	高欄廻りには石張りをなし、近代式装飾を施し	82	城南橋	ビオナスバッドアーチ	1
	交通の面目を一新	49	穴吹橋	グルバー式鉄桁	3
	最も経済的な工法を採用	79	高田橋	SRC ラーメン	2

表-12 から構造形式としてはアーチに関するものが多く、次に鋼鉄桁に関するものが多い。橋のタイプ分けから増田の橋への思いとして形式の「連続性」と「対称性」というキーワードを挙げる事が出来る。増田が「対称性」に拘ったことは、論文「埼玉県荒川橋 Balanced Arch の設計及び施工」の中に「アーチ型に就いて考究せるに理想的の地形とは言い難きも大体において良好にしてヒンジの位置に多少の工事を施せば兩岸ほぼ対称となることを得べし。(中略)左岸拱橋に連続したる鋼鉄桁橋1径間は対称を破り幾分美観を損する嫌なきにしもあらねど云々」とあることから裏付けられる。

「橋梁本体の姿・形」と「周辺環境との調和」に対する言葉の多さから、増田が設計に取り組む際、まず第1に考えた項目は「橋梁本体の姿・形」であり、次が「周辺環境との調和」とすることが出来る。架設地にあう姿・形の橋梁を連続性と対称性を考慮し構造形式を選定するとともに周辺環境との調和を考慮した。その時、河川条件に適合した径間割りや斜角、径間相互のバランスなどより構造形式を自在に駆使し、経済的な設計を行った。当然、高欄、親柱、照明灯などの付属物にも配慮がなされ、その結果として、架橋による効果が発揮されたと考

えられる。このことは、「はじめに」でも記したが、増田が妻に語った言葉とまさに符合するといえる。これらの項目を見ると、増田にはその地に架けたい橋梁形式があり、そしてその形式が不思議とその地に調和した、といえるほど設計に対する自信が読み取れる。

増田が日本各地で活躍し始めるのは1923(大正12)年9月1日に発生した関東大地震以後からである。これは東京周辺が、復興に向け死にもの狂いになっていた時期に当たる。東京周辺における復興期およびそれ以降の橋梁設計の方向は鉄道出身の田中豊によって決められていた。田中が鉄桁に橋梁技術の将来の方向を感じ取ったのは1915(大正4)年に架設されたケルンの吊り橋に使用されていた補剛桁を見てからである。田中は鉄桁の持つシンプルで量感に富んだ形こそ、自分の目指すべき橋の方向として、言問橋(1928(昭和3)年)、総武線隅田川橋梁(1932(昭和7)年)、昭和橋(同)、さらに田端大橋(1935(昭和10)年)の架設へと積極的に鋼鉄桁を採用していた。橋梁技術の将来の方向を鋼鉄桁に定めた田中の主導のもと、東京周辺では当然、鋼鉄桁の使用が多くなる背景があった。

増田が帰国し、国内で最初に設計した橋が加古川橋である。増田は加古川橋に鋼鉄桁を採用しているが、これは言問橋の架かる4年前のことである。その後の増田が設計した上部構造形式をみると鉄桁に拘ることなく、いろいろな形式の橋を設計している。このことから、架設地点に合う橋梁本体の姿・形を最優先に考え、架設地点の環境との調和より構造形式を選定したことが分かる。東京近辺での構造選定に影響されること、また時代の流れに惑わされることは無かったと見るのが妥当である。

表-11、表-12から増田には、東京を含めその周辺の形にはまった道路計画の中での橋梁設計ではなく、大自然の中に自在にその架設地にあった橋梁を出現させることの方が性格に合っていたのではないかと考えられる。

(4) 増田の設計思想

以上のことから増田が一橋一橋に込めた思想として次のことがいえる。

- ① スパン割に対し、連続性、対称性を考慮している。
- ② 形式選定に当たり周辺の自然環境、特に背景や河川との調和を重視し、架設地点に最適ないろいろな橋種を採用している。
- ③ 時には曲線構造、時には直線構造を用い、姿や形の美しさにこだわりをもっている。
- ④ 設計した一つ一つの橋に自信が伺われる。
- ⑤ 高欄、親柱、照明灯など付属物の設計についても配慮している。
- ⑥ いろいろな橋種を採用しているが十分調査を行い、周辺環境との調和の優劣を考え経済性も考慮している。

⑦ 形式選定に当たって必要なら自らオリジナルとなる構造を創り出している。

⑧ 上対傾構などの部材に、装飾性を持たせ、美的効果を出している橋梁がある。

増田はランガートラスの尾張大橋、バランスドブレースドリブタイドアーチの白鬚橋のように構造形式として日本における第1号となる設計を行っているし、新案となるSRCラーメン形式の高田橋の設計を行うなど新構造形式を創り出している。いろいろな構造形式を使うことにより橋梁本体の姿、形を強調することが出来たし、橋梁を架設地点の環境に調和させることも出来たといえる。

4. 結論

増田の設計手法、設計思想について次のことが検証できた。

・ 設計手法について

- ① 優秀なスタッフを配し、分業体制で業務を処理した。
- ② 特定の府県や他府県で類似形式・スパン割の採用を含め、集中的に何件もの業務を処理した。
- ③ 上部構造形式によりスパン長の基準となる早見表を作成していた。
- ④ 現場をよく見、施工しやすい図面を作成した。

・ 設計思想について

- ① 構造形式を自在に駆使し、周辺環境に調和する形式を選定した。
- ② 構造形式に拘ることなく、色々な形式の設計を行うと共にオリジナルな形式を創造したことはアメリカに長く滞在したことによる自由主義の影響といえる。
- ③ 連続性、対称性を多用し、曲線の多いアーチ、特にブレースドリブタイドアーチ、曲弦ワーレントラス、ゲルバートラス、RC オープンスパンドレルアーチを好んで採用した。

おわりに

結論で述べた事項は、そのことに固執するつもりは毛頭無く、まだ緒に就いたばかりの増田淳研究の一助となり多くの人が増田の、ひいては土木史の研究に興味を示されることになればよいと考えている。さらに、古い橋の構造を研究することが、これから増加すると考えられるこれらの橋梁の補修・補強に役立つことを期待するものである。

参考文献

- 1) 鎌村英郎：「三好橋の補修工事と応力測定について」土木技術 第10巻第10号 1955年10月
pp.24～30
- 2) 徳島県土木部：「穴吹橋図面」 1928年3月
- 3) 徳島県土木部：「穴吹橋切り取り工事計画書」
1971年3月
- 4) 徳島県土木部：「穴吹橋補強設計」 1981年10月
- 5) 徳島県：「吉野川橋工事概要」 1928年12月
- 6) 吉野川橋図面 1928年12月
- 7) 徳島県土木部：「勝浦川橋、大松川橋応力測定」
1970年
- 8) 増田橋梁研究所：「Souvenir Bridge Catalogue」
- 9) 福井次郎 et al. 「幻の橋梁エンジニア・増田淳再発見」 土木学会平成15年全国大会研-11資料
2003年9月
- 10) 「大発見!増田淳の橋梁設計図書大量に見つかる」
橋梁と基礎 2003年3月 pp.49～50
- 11) 「日の目を見る橋梁設計技術者・増田淳の業績」
土木学会誌 2003年5月 pp.85～86
- 12) 藤井肇男：「土木人物事典」 アテネ書房
2004年12月
- 13) 増田淳：「神戸市高松 Bscule Bridge の設計及び施工」 土木学会誌 第16巻第5号 1930年5月
- 14) 増田淳：「埼玉県荒川橋 Balannced Arch の設計及び施工」 土木学会誌 第17巻第5号 1931年5月
- 15) 増田淳：「土木工学 材料施行編・構造設計編」
成美堂 1908年
- 16) 増田淳：「桁の理論とその應用 橋梁詳論 第壹巻」
増田橋梁研究所 1935年1月
- 17) 加賀晃次：「徳島・橋ものがたり」 1992年3月
- 18) 徳島橋梁技術者の会：「徳島の橋 橋についての
質問箱」 1995年9月
- 19) 徳島橋梁技術者の会：「とくしまの橋 四国三郎
吉野川の橋」 1999年3月
- 20) 平井敦他：「鋼橋Ⅲ」 土木学会監修 土木工学叢書
1967年9月
- 21) 増田淳の設計計算書および設計図面
土木学会図書館
- 22) 長浜町・動く橋シンポジウム実行委員会：
「動く橋の仲間たち 動く橋シンポジウム'94」
資料集 1994年10月