

著名橋改修における課題

— 戦前の橋梁建設事情を振り返る —

2018年11月16日

大阪地域計画研究所
(株)駒井ハルテック
丸山 忠明

歴史的鋼橋の 補修・補強マニュアル



歴史的鋼橋とは

- ① 技術
- ② 意匠
- ③ 系譜

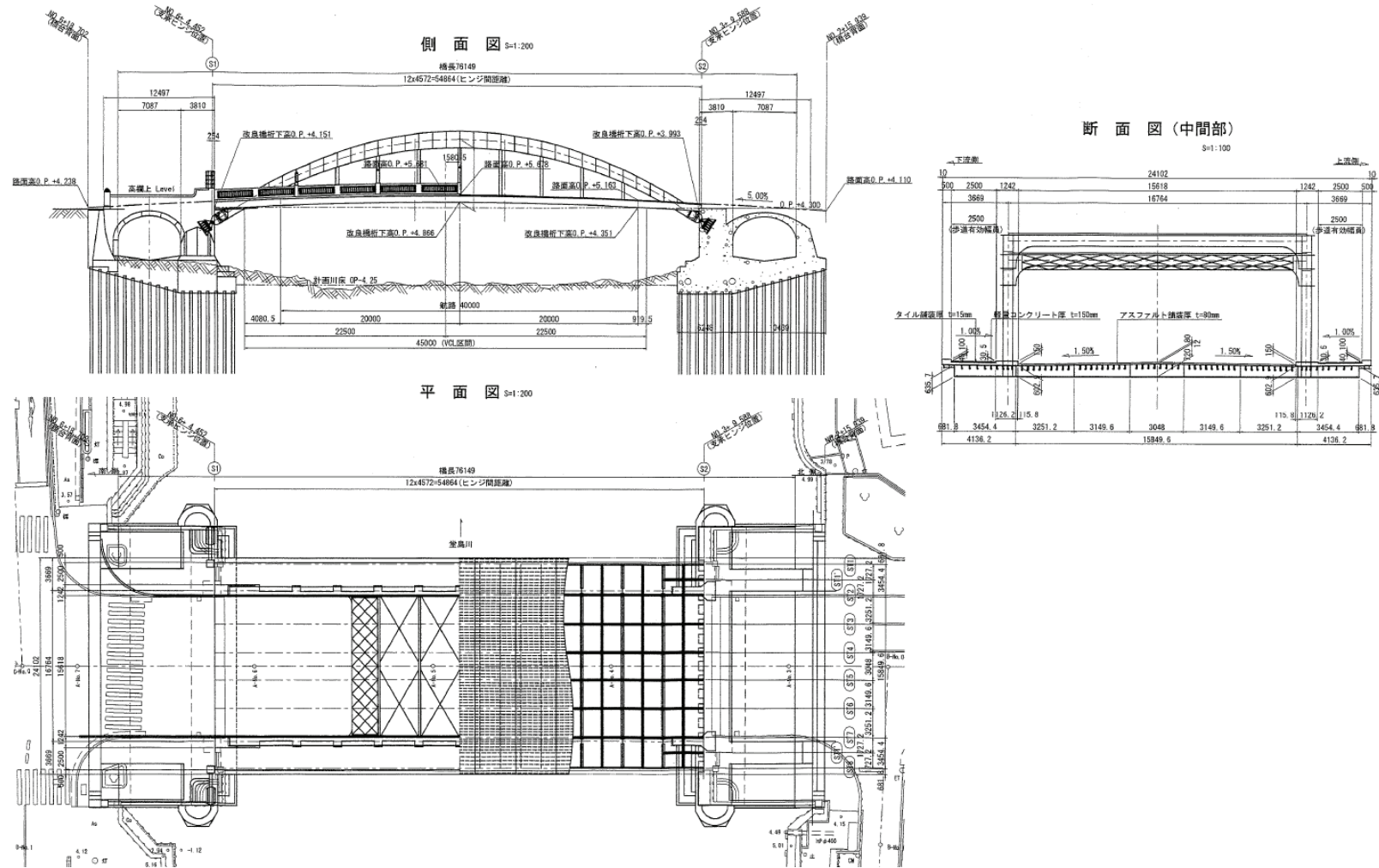
文化材的価値(heritage)
形態を保存

堂島大橋



堂島大橋一般図

堂島大橋 橋梁一般図 (改良) S=1:200



アーチ部材の応力調整



堂島大橋工事状況



工事全景

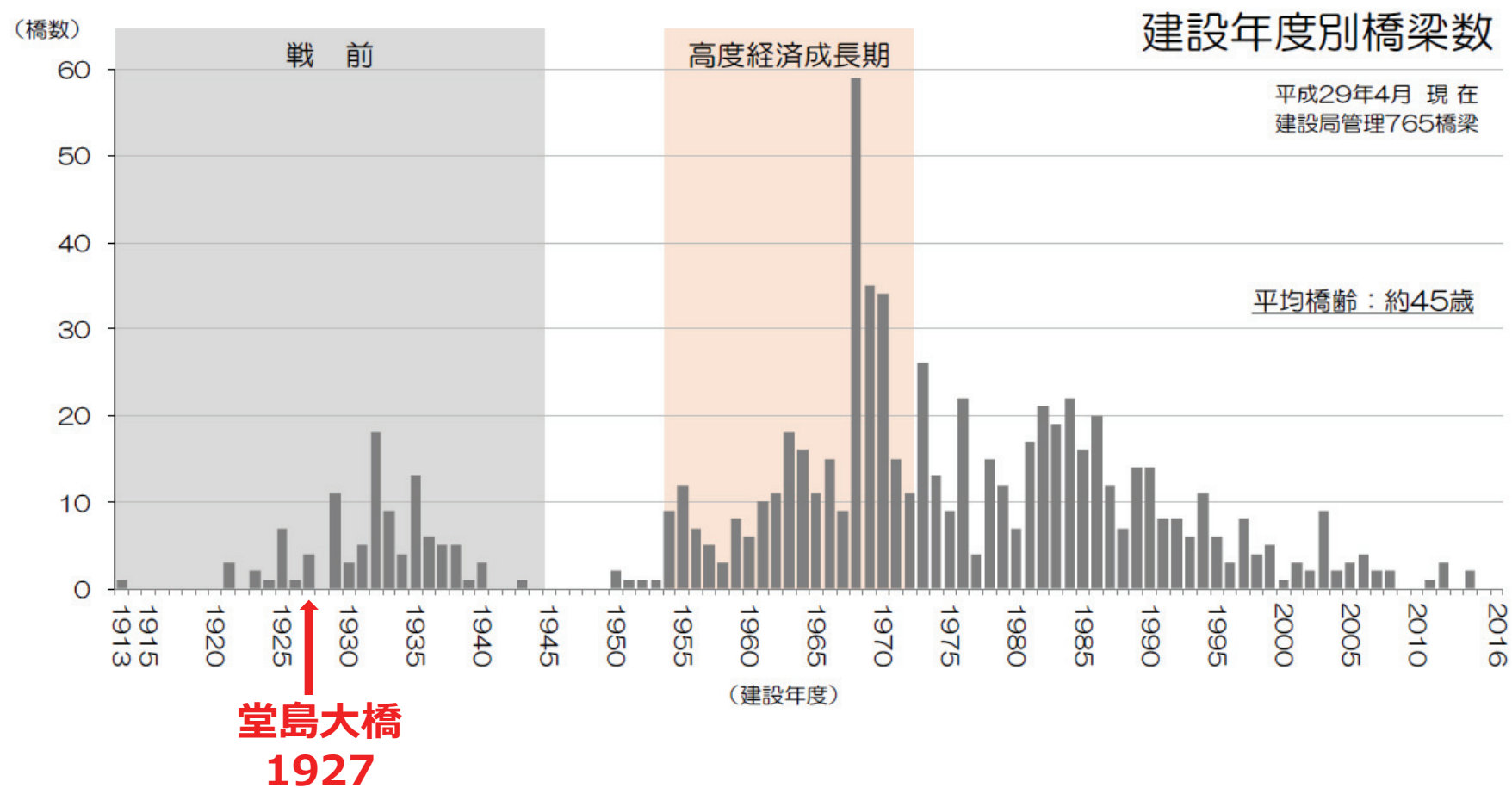


路面状況(右岸)

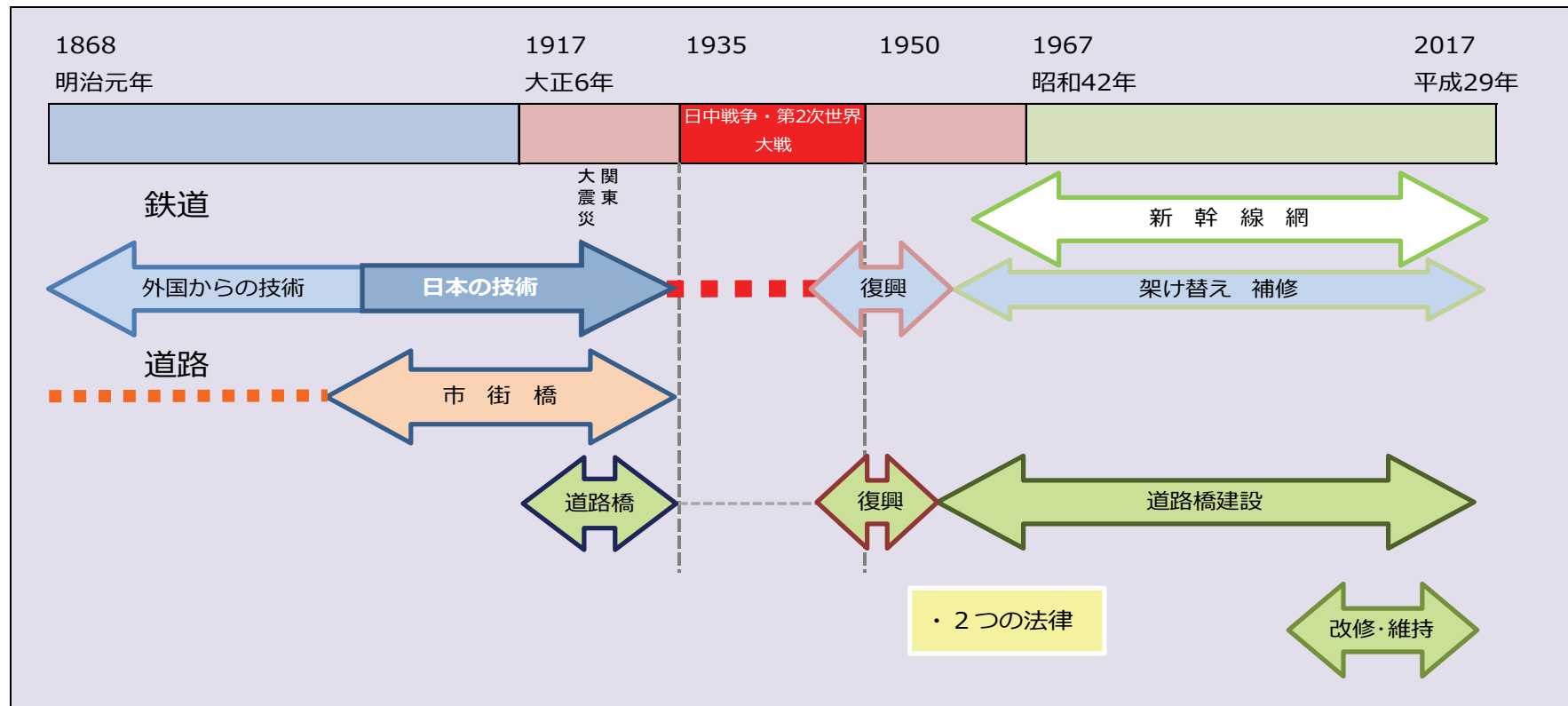
戦前に建設された橋改修の課題

- ① 戦前の橋梁建設技術の継承が
ほとんどされていない
- ② 戦前の橋梁を現在の技術視点から
視てしまう

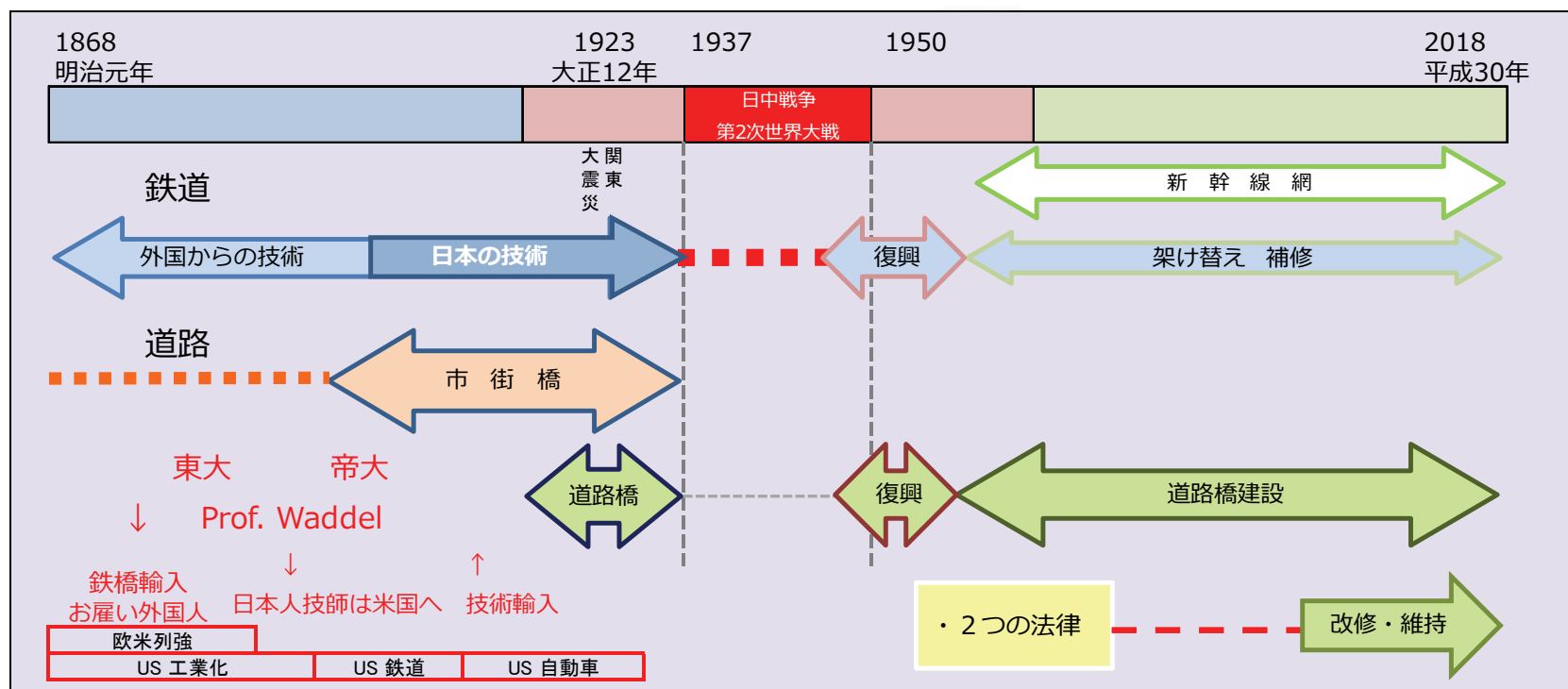
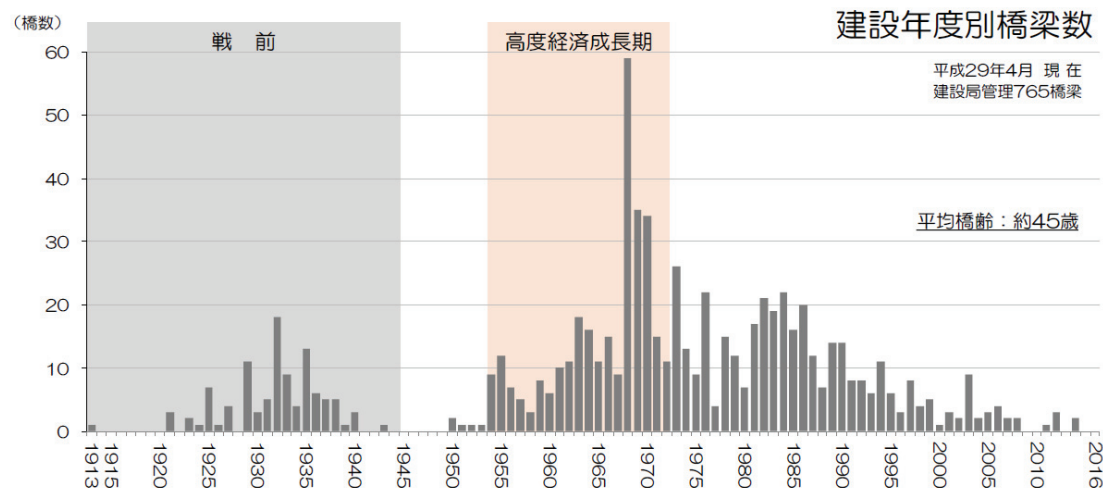
大阪市年度別橋梁数



明治維新から150年



明治 150年 橋梁史



日本自動車保有台数の推移

全国の自動車保有台数の推移

(各年3月末)

年次	自動車保有台数	前年比(%)	年次	自動車保有台数	前年比(%)
明治40 (1907)	16	-	37	4,134,776	121.5
大正 2 (1913)	892	-	38	4,922,046	119.0
3	1,066	119.5	39	5,937,273	120.6
4 (1915)	1,244	116.7	40 (1965)	6,984,864	117.6
5	1,648	132.5	41	8,123,096	116.3
6	2,672	162.1	42	9,639,391	118.7
7	4,533	169.6	43	11,690,755	121.3
8	7,051	155.5	44	14,021,970	119.9
9 (1920)	9,999	141.8	45 (1970)	16,528,521	117.9
10	12,116	121.2	46	18,919,020	114.5
11	14,866	123.7	47	21,222,715	112.2
12	12,765	85.9	48	23,869,198	112.5
13	25,001	195.9	49	25,962,870	108.8
14 (1925)	30,215	120.9	50 (1975)	27,870,475	107.3
昭和 元	38,693	129.0	51	29,143,445	104.6
2	66,306	171.4	52	31,048,135	106.5
3	81,718	123.2	53	32,965,084	106.2
4	97,071	118.8	54	35,179,501	106.7
5 (1930)	106,604	109.8	55 (1980)	37,333,250	106.1
6	118,241	110.9	56	38,992,023	104.4
7	124,936	105.7	57	40,834,041	104.7
8	134,812	107.9	58	42,687,435	104.5
9	155,582	115.4	59	44,558,835	104.4
10 (1935)	176,252	113.3	60 (1985)	46,362,874	104.0
11	195,236	110.8	61	48,240,555	104.0
12	216,746	109.5	62	50,223,439	104.1
13	221,162	103.5	63	52,645,676	104.8
14	217,563	98.4	平成 元	55,136,643	104.7

15 (1940)	217,219	99.8	2 (1990)	57,993,866	105.2
16	198,607	91.4	3	60,498,850	104.3
17	188,295	94.8	4	62,713,454	103.7
18	180,257	95.7	5	64,498,279	102.8
19	163,635	90.8	6	66,278,836	102.8
20 (1945)	144,351	88.2	7 (1995)	68,103,696	102.8
21	109,586	75.9	8	70,106,536	102.9
22	184,856	168.7	9	71,775,647	102.4
23	233,113	126.1	10	72,856,583	101.5
24	312,288	134.0	11	73,688,389	101.1
25 (1950)	387,543	124.1	12 (2000)	74,582,612	101.2
26	413,732	106.8	13	75,524,973	101.3
27	531,570	128.5	14	76,270,813	101.0
28	759,757	142.9	15	76,892,517	100.8
29	1,094,784	144.1	16	77,390,245	100.6
30 (1955)	1,338,313	122.2	17 (2005)	78,278,880	101.1
31	1,501,740	112.2	18	78,992,060	100.9
32	1,775,120	118.2	19	79,236,095	100.3
33	2,069,143	116.6	20	79,080,762	99.8
34	2,404,118	116.2	21	78,800,542	99.6
35 (1960)	2,898,479	120.6	22 (2010)	78,693,495	99.9
36	3,403,768	117.4	23	78,660,773	100.0

(国土交通省調)

注1 保有台数は二輪車、軽自動車を含む総数。

5 昭和47年以前は沖縄県保有台数は除く。

2 明治40年は普通自動車として16台。

6 小型特殊は含まず。

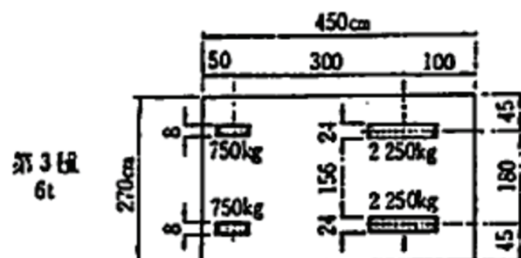
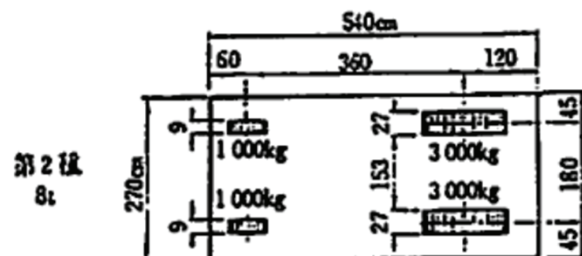
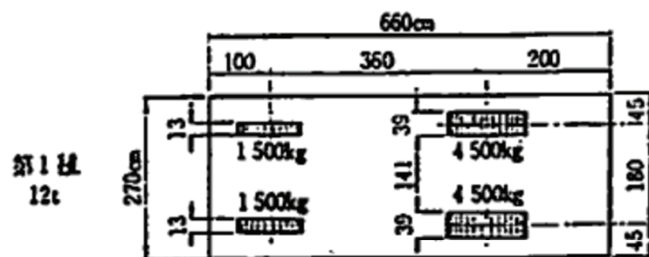
3 明治40年から昭和26年までの統計は、昭和26年6月1日道路運送車両法が制定され、その解読書として昭和26年11月発行の財団法人運輸故資更生協会の資料による。

7 軽自動車の農耕車及び特殊車は含まず。

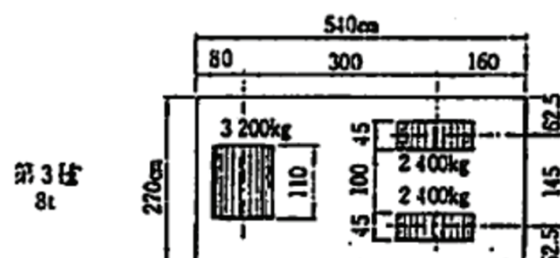
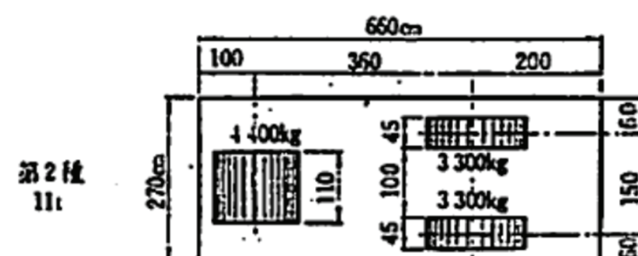
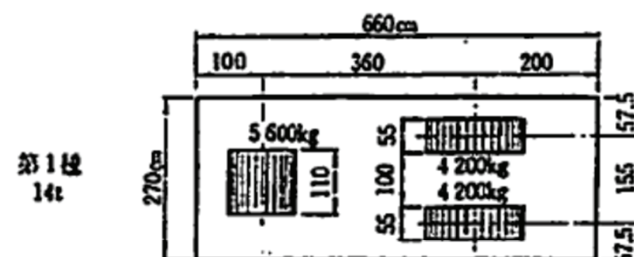
4 昭和26年以降は陸運統計要覧及び運輸白書による。

道路構造令細則(T15)設計荷重

自動車荷重



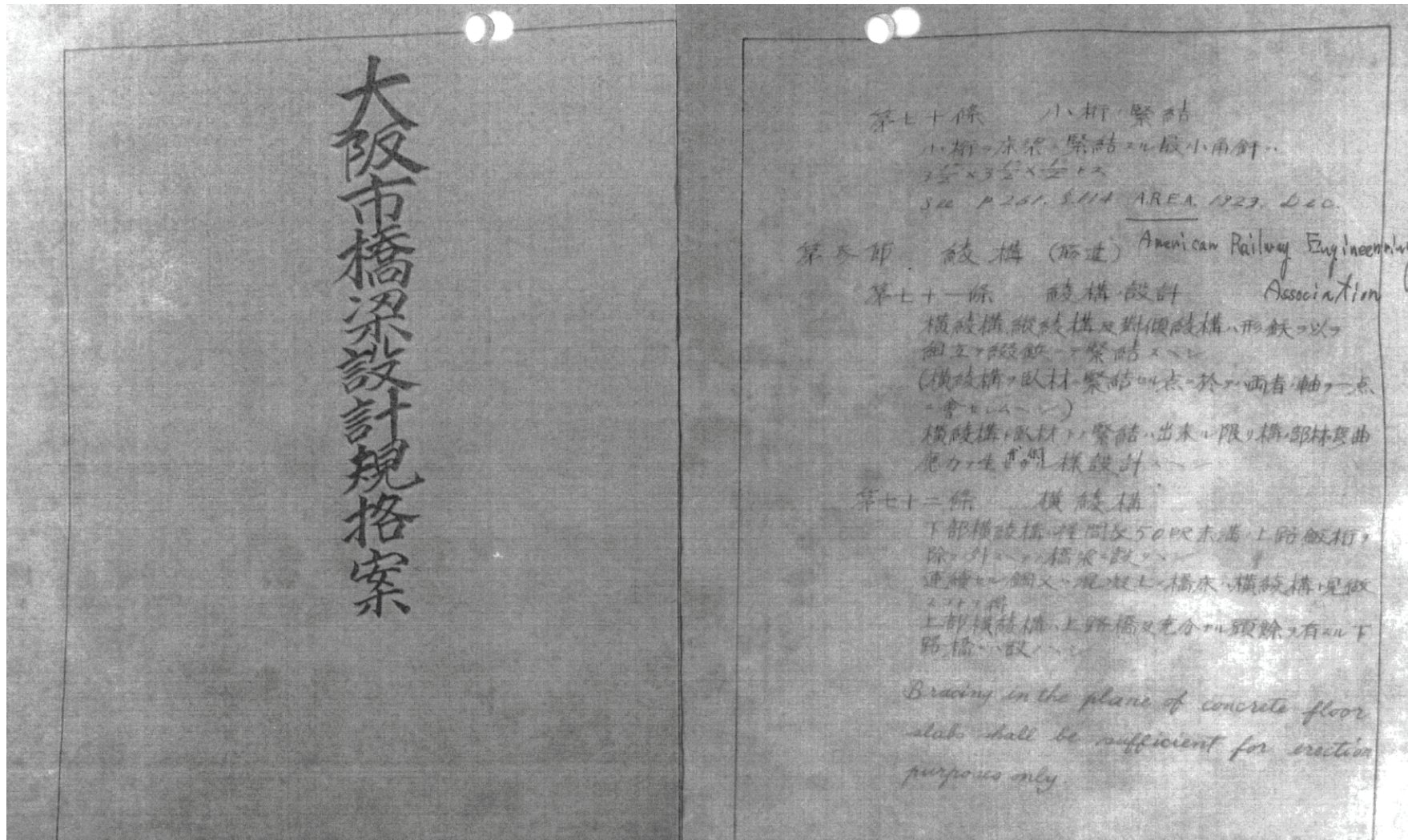
根圧機荷重



Interurban Street Car



大阪市橋梁規格案



明治・大正の橋梁関係著作



廣井 勇 東京大学教授



- 札幌農学校卒
- 自費で米国へ
- 河川・鉄道橋梁工事
- 札幌農学校教授
- 小樽港事務所
- 東京大学教授
- 第6代土木学会会長

1900年ごろ、イギリス ファブの製図室



Sir William Arrol & Company, Dalmarnock工場(グラスゴウ) 約30名の製図工

出典: Bridges, structural steel work and Mechanical Engineering productions, 1909, London

Plate Girder Construction 表紙



Plate Girder Construction 前書き

PREFACE.

For railway as well as highway bridges, there is probably no other form of girders that are more extensively used and daily being constructed than plate-girders. The reason for this lies mainly in the simplicity of their construction and their stiffness as compared with open-girders. That the construction of a plate-girder is simple, is, however, no reason to suppose that the stresses produced in it by external forces are, also, simple. On the contrary, to determine actual stresses in every part of a plate-girder is one of the most complicated problems that can come in the way of bridge engineers.

The abundance of plate-girder drawings in almost every engineering office, no matter whether their designs are correct or not, has usually been a source to many draughtsmen to "design" a new girder, and indeed even in regular bridge works in the rush of work, as is usual in those places, is there hardly any opportunity for draughtsmen to examine

whether each part is rightly proportioned or not, unless they are thoroughly posted in the ground principles upon which rest every part of the design of a structure, and, which latter being not always the case, as a consequence plate-girders are often designed and constructed in a most careless manner, no particular attention being paid to the proportion and arrangement of parts, the spacing of rivets, etc., every one of which forms the most important factor in the strength of a girder; merely showing that the fact that a structure is standing is not the indication of the correctness of its design.

It is the aim of the writer, in the little volume now given to the public, to present, in as simple a manner as possible, a somewhat rational mode of designing girders of this class with special reference to American practice. And in the absence of any particular treatise on the subject within the reach of everyone as yet, it is hoped that it may be of some help to beginners in bridge designing.

I. H.

前書き(和訳)

ほとんどすべての工作所で製図されているプレートガーダーの大多数は、その設計が正しいか否かが問題ではなく、多くの設計者が“設計”という名のもとに行った前例に新しい桁が適合しているか、あるいは、仕事を急いで行うよう通常の取り扱いをすることが常であり、設計者がひとつひとつの部材が正しい寸法で配置されているかどうかをチェックする機会はほとんどないと言える。ただし、構造設計のすべてに関わる根本原則に則して設計がされていなかったり、すべてではないが前述のような状況で設計・建設されたプレートガーダーは、不注意な方法や部材配置や寸法に注意が行き届いていないが(例えばリベット間隔)、これらがどのように設計されているかはプレートガーダーの強度に関わる最も重要なファクターであり、構造物が存在しているからその設計の妥当性が示されている訳ではない。

第1章 Web - Stress

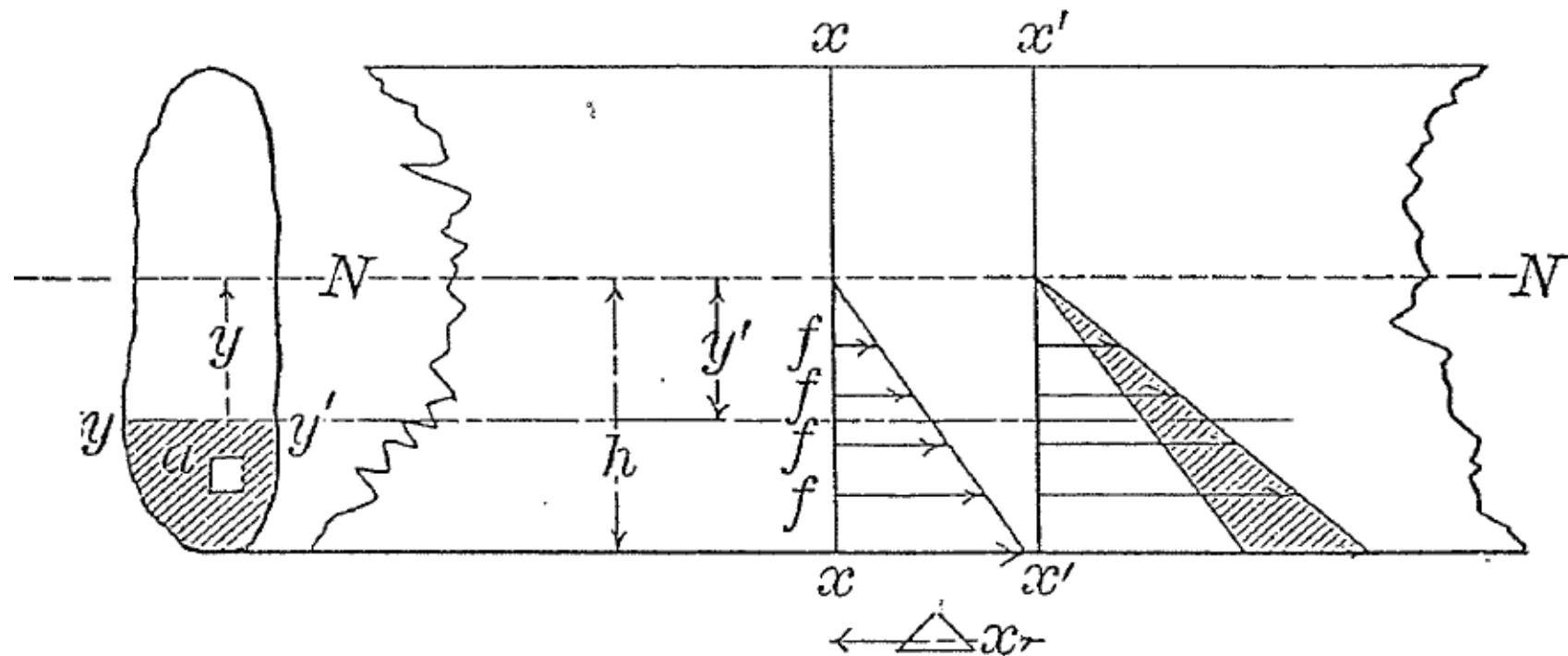
WEB-STRESS.

While in trusses without superfluous members, or those supposed to be so, to determine the stresses acting in their members is quite a simple matter, we are in much ignorance as to the nature and amount of stresses in certain parts of plate-girders, which are usually considered to be the simplest forms of girders, although they have been the subject of elaborate mathematical investigations, especially by Prof. Airy and Mon. Bresse.

In trusses like ordinary lattice girders, any one can see at once that the bending moment produces two parallel stresses resisted by two chords, and that the shear produces in the web-members stresses whose directions correspond to those of the resisting members themselves, in order to form proper reactions at both ends of the girder. The amounts of all

梁応力の一般化

Fig. 1.



ウェブのせん断応力

Fig. 2

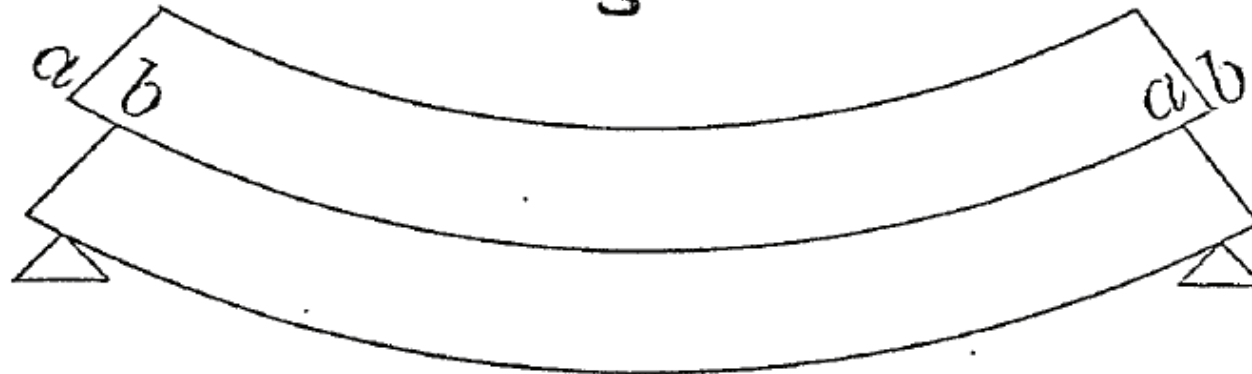
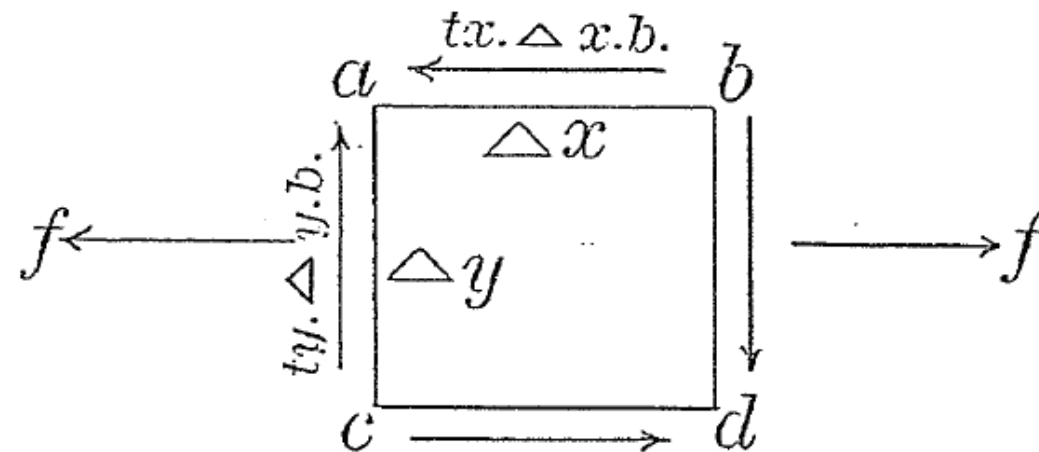


Fig. 3



ウェブの主応力、せん断応力、補剛

Fig. 4

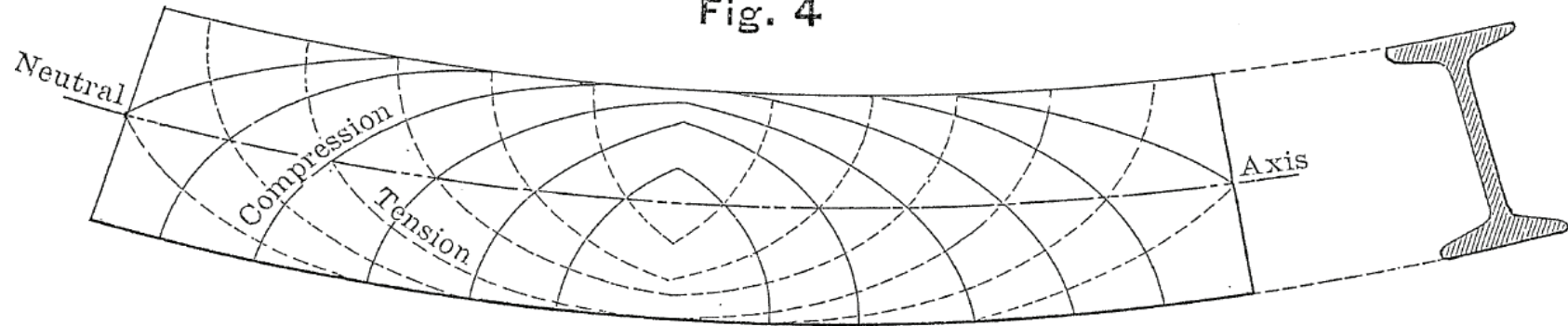


Fig. 5

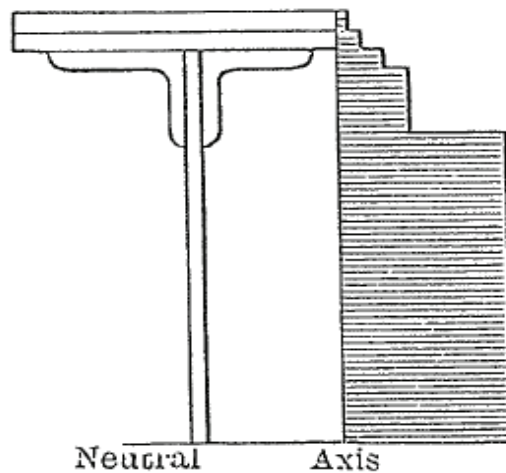
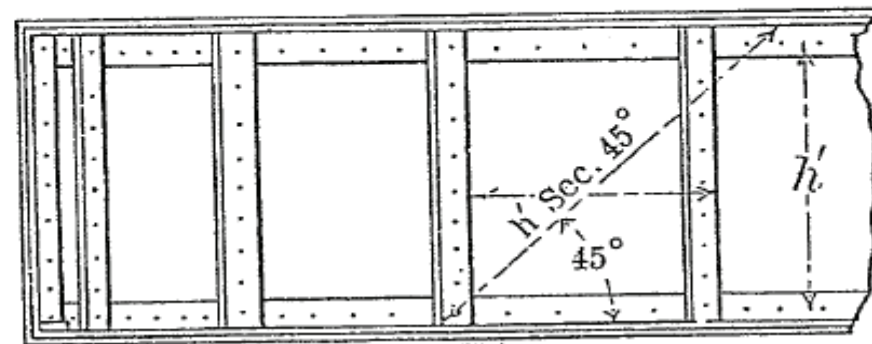


Fig. 6



フランジの構造法

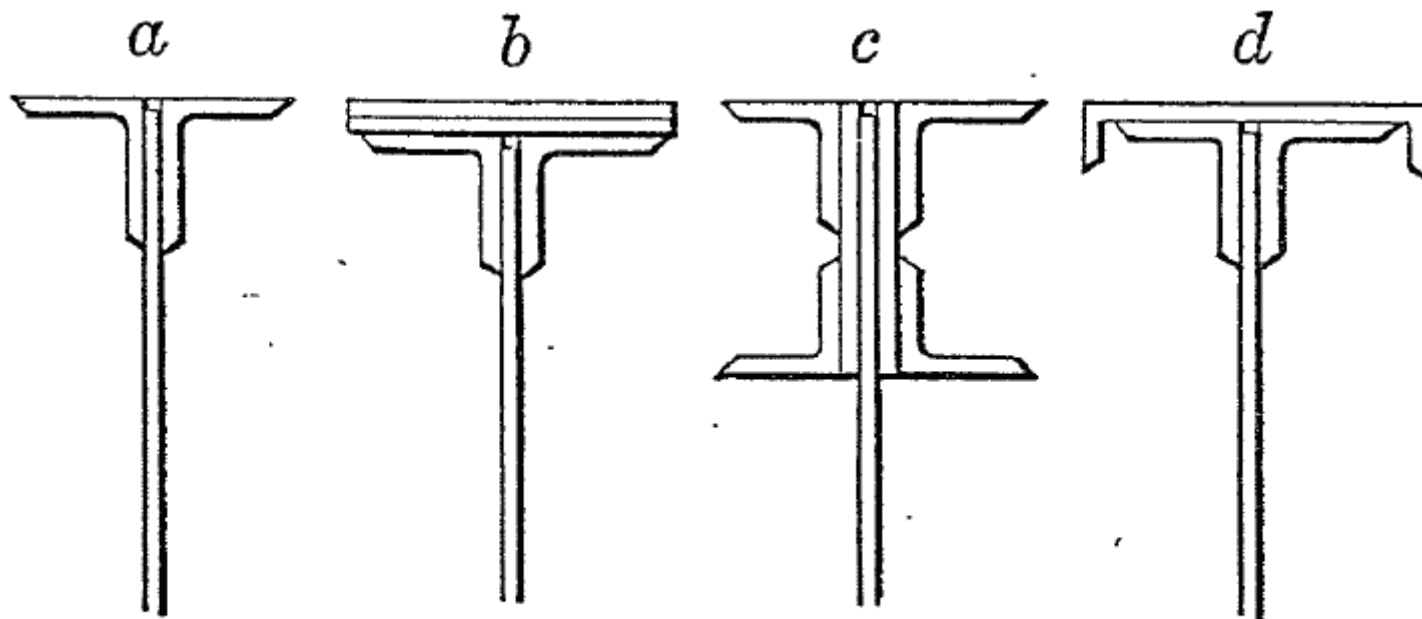
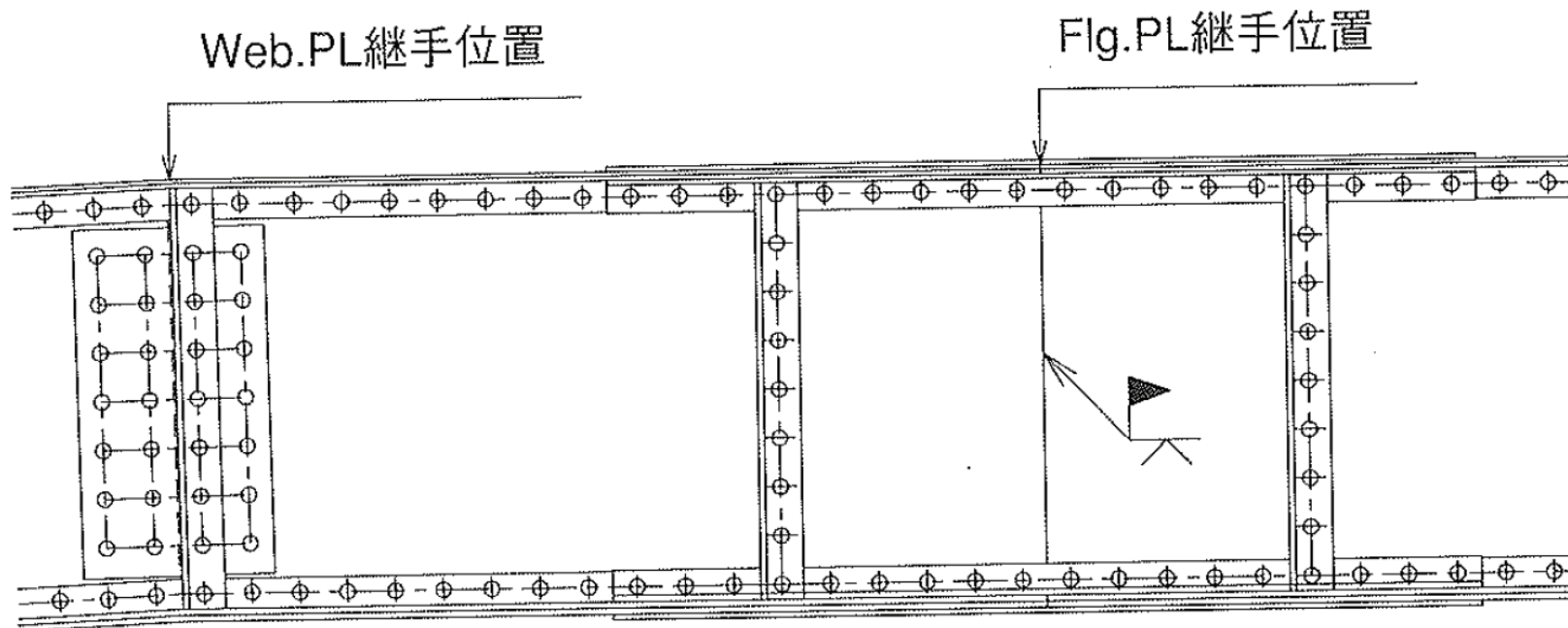


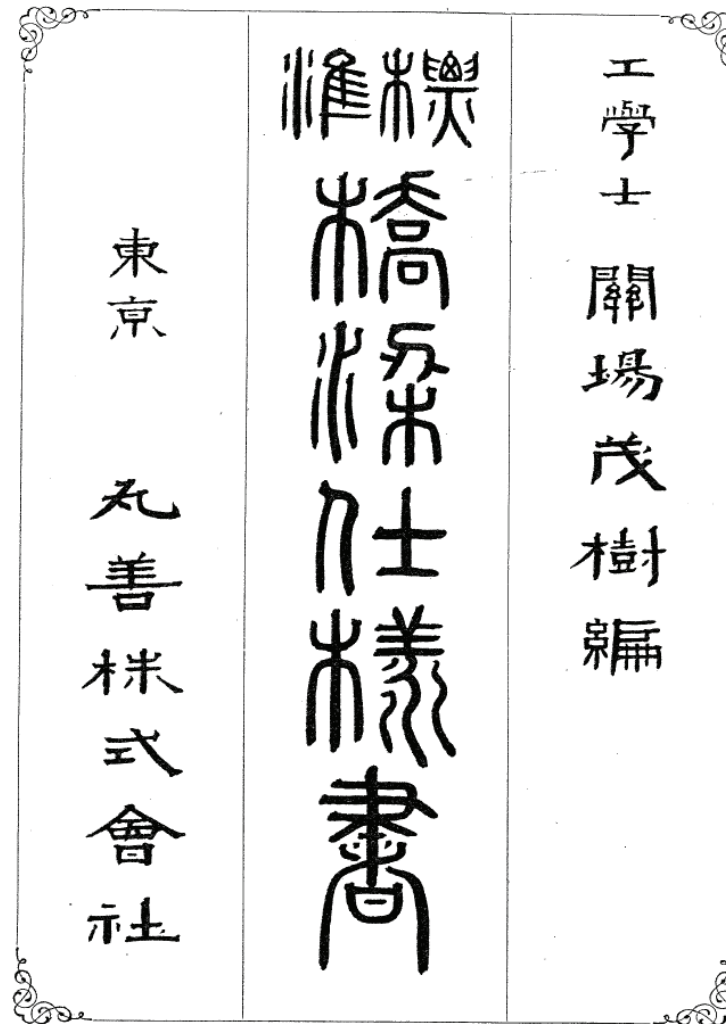
FIG. 17.

リベット現場継手位置



ウェブとフランジの現場継手位置(長池見附橋)

標準橋梁仕様書 表紙

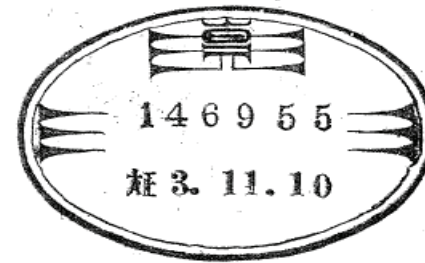


標準橋梁仕様書 目次

第1章	鉄道橋
第2章	公道橋並びに電気鉄道橋
第3章	材料
第4章	作工製作
第5章	監査及び塗工
第6章	既設橋梁の検査
付録	1. 製作所における鋼の検査
	2. 製作工場における鋼の検査
	3. 鋳鉄の検査
	4. 鋳鋼の検査
	5. 全体構造設計に関する一般方則
	6. 架設組み立てから設計上の留意点

標準橋梁仕様書 緒言

緒言



一、總テ技術ハ之レヲ施スニ法ヲ以テセバ其完全ヲ期スル
必ズシモ難シトセザル處橋梁技術ノ如キ其設計製作及
ビ其材料ニ極メテ綿密周到ナル注意ヲ要スルモノニ在
テハ特ニ其仕様書ノ完全ナルモノヲ必要トスベシ現今
我が國ニ於ケル橋梁技術界ノ趨勢ヲ見ルニ橋梁ノ設計
材料及ビ製作ノ仕様書ハ各々技術家ノ意見ニ從ヒ或ハ
「クーパー」氏仕様書ニ或ハ「ワデル」氏仕様書ニ或ハ甲ニ乙
ニ或ハ其拔萃ニヨリ繁ニ過ギ簡ニ失スルノ弊尠シトセ
ズ殊ニ使用鋼材ノ強度及ビ其試験方法等ニ關シテハ總
テ其統一ヲ缺キ一定セル邦文ノ仕様書ナキハ實ニ斯界

標準橋梁仕様書緒言(続き)

ノ一大憾事ナリトス不敏予ハ横河橋梁製作所ニ在ツテ
作業創始以來鋼橋梁ノ設計並ニ製作ニ従事スルコト茲
二年アリ今ヤ益々其統一的仕様書ノ必要ヲ認ムルニ至
リ自ラ淺學菲才ヲ揣ラズ標準橋梁仕様書ト題シ敢テ之
レヲ斯界ニ提供セシ所以ナリトス

一、凡ソ橋梁ノ設計材料及ビ製作ガ如何ニ優秀完全ナリト
モ架設後適當ノ方法ヲ以テ之レガ検査ヲナシ補強修理
ノ道ヲ講セザレバ運輸交通ノ安全ヲ保持スルコト能ハ
ザルノミカ往々ニシテ橋梁ノ年齢ヲ短縮セシムル如キ
コトアレバ設計製作仕様書ハ之レガ監査修理等ニ關ス
ル仕様書ト相俟テ始メテ橋梁ノ完全ヲ期スベキモノト
云フベシ然レドモ我國現今ノ既設橋梁ニ關スル監査方

法ノ甚ダ不完全ナルノミナラズ其實行絶々稀ニシテ此
種仕様書ノ公刊ハ一日モ忽諸ニ附スベカラザルヲ信ジ
本書編纂ニ際シ既設橋梁検査或ハ修理改造等ニ關スル
概畧仕様書ヲ附加シテ其缺陷ヲ補ヒ且又橋梁ニ關スル
材料其他製作ニ關スル検査方法ノ一般事項ヲ蒐集シテ
之レヲ附録中ニ收メ以テ其概畧ヲ修得セシムルニ便ナ
ラシメタリ

一、本書ヲ編スルニ際シ主トシテ米國鐵道協會橋梁仕様書
並ニ亞米利加橋梁會社仕様書等ヲ參照シ又「クーパー」氏
及ビ「ケツチャム」氏仕様書ニ負フ所多シ茲ニ記シテ聊カ

感謝ノ意ヲ表ス

一、本書ノ引用譯語ハ凡テ英和工學字典ニ據リタレドモ猶

品質管理(付録)

鋼材検査

付録として

製鉄所における鋼の検査

鋼鑄塊 (steel ingot) 気泡孔など11項目

展成鋼 // 7項目

鋼の許験 抗張試験など9項目

製作工場における鋼の検査

鋼材の搬入から製作・塗装、製作搬出まで

13工程において32項目

その他 鑄鉄の検査 鋼鑄物（転炉鋼）の検査

既設橋の点検・補修

標準橋梁仕様書 P105転写

第六章 既設橋梁ノ検査

一、總テ一鐵道地方管理局或ハ出張所ノ管轄區内ニ架設シアル鐵道橋梁ハ該管理局ノ検査範圍ニ屬シ其橋梁課ハ保線課ト互ニ相聯結シテ之レガ検査ヲナスベク管理局長ハ夫々所管分局ノ橋梁課技師並ニ保線課技師或ハ各出張所長ニ其検査ヲ命シ各々詳細ナル報告書ヲ提出セシメ其謄本ヲ鐵道本部技術部長ニ提出スベシ

各府縣廳管轄區域内ニアル公道橋モ亦各府縣廳土木課此レガ検査ヲ司トリ私設電氣鐵道橋ハ其検査ヲ所屬電氣鐵道會社ニ命シ其報告書ヲ提出セシムベシ

二、架設橋梁ノ検査ハ毎年度一回ノ小検査五年目ノ大検査並ニ耐荷試験ノ三種ニ區分ス

三、架設橋梁ノ検査ハ各橋梁ニ對シ第二號表ニ示ス如ク検査事項ノ詳細ヲ記入シ臺帳ニ附屬綴合スベシ

第六章 既設橋梁ノ検査

一〇五

既設橋の点検・補修(続き)

標準橋梁仕様書 P 106,7転写

毎年施行スベキ小検査

一、毎年ノ小検査ハ毎年四月ヨリ七月ノ間ニ之レヲ施行シ其結果如何ニヨ
リ翌年検査期ニ至ル任意ノ時期ニ於テ之レガ修繕或ハ改良工事ヲ施スモ
ノトス

二、毎年ノ小検査ニ於テ検査スベキ條頃ハ

甲 橋牀

(イ) 鐵道橋ニ在テハ

軌條軌距、枕木、軌條挾接、軌條ト枕木トノ取付金物、枕木ノ縦桁或ハ鋸
桁トノ取付ケ、二軌條ノ接合間隔並ニ高低、曲線ニ於ケル外軌條ノ高度
並ニ餘裕軌條ト枕木トノ支承面、枕木ト鋼桁トノ支承面、護輪軌條並ニ
護輪木材等

(ロ) 公道橋ニ在テハ

市街鐵道ノ軌條軌距、軌條挾接、二軌條ノ接合間隔並ニ高低、軌條ト枕
木トノ取付ケ、枕木ト縦桁或ハ鋸桁トノ取付ケ、軌條ト枕木トノ支承面
枕木ト鋼桁トノ支承面、敷石、混凝土床、床板及ビ排水裝置、欄杆、燈柱等
構或ハ桁

まとめ

- ① 戦前の橋梁建設技術の継承がほとんどされていない
- ② 戦前の橋梁を現在の技術視点から視てしまう

御静聴ありがとうございました

