

鐵道橋示方書ニ就テ

工學士久保田敬一

第一章 緒論

鐵道橋ノ起源ハ之レヲ正確ニ知ルコト難シト雖モ 1802年 Richard Trevethick ノ製作セシ機關車カ軌條上ヲ走行スル機關車ノ祖先ニシテ 1825年英國ニ布設セラレタル Stockton and Darlington Railwayカ實際公衆運輸ノ用ニ供セラレシ鐵道ノ嚆矢ナリト云ヘハ最初ノ鐵道橋ノ架設セラレシモ亦此時期ニアルヤ疑ヲ容レスサレハ今日ニ於テハ鐵道橋モ約百年ノ歴史ヲ有スルモノニシテ其間ノ變遷ヲ尋ヌレハ其進歩發達ノ跡驚クヘキモノアルハ今茲ニ更メテ云フ迄モナカルヘシ其用材ニ於テモ初期ノ鐵道橋ハ勿論多ク木造ニシテ後ニハ重ニ鑄鐵ヲ用フルニ至リ 1870年頃ニ於テハ鑄鐵ト鍊鐵トノ合成橋盛ニ用ヒラレシモ 1875年頃ヨリハ鍊鐵主トシテ用ヒラレ 1890年以後ニ至リテハ鍊鐵ニ代フルニ中軟鋼ヲ以テシ今日ニ於テハ殆ト如何ナル橋梁モ皆中軟鋼ヲ以テ作ラル、ノ有様ナレトモ尙長徑間ノ橋梁ニ對シテハ高度炭素鋼 (High carbon steel) 及白銅鋼 (Nickel steel) ヲ使用スルノ傾向漸ク盛ニシテ近キ將來ニ於テ又モヤ橋梁用材ニ一大革命アルヘキハ之レヲ豫想スルニ難カラス

用材ノ變遷ト相伴ヒテ其設計方法モ漸次進歩シ粗ヨリ細ニ入り嚴密正確ノ度ヲ加ヘタルコト著

シキモノアリ即チ初期時代ニ於テハ主トシテ木材ヲ用ヒシ爲メ其價格ノ低廉ナルト橋桁全長ニ亘リテ齊一ノ大サトセサレハ外見惡シキトノ理由ニヨリテ嚴密ナル計算ヲ用ヒテ設計スルヲ要セサリシヲ以テ多クハ經驗又ハ實驗上ヨリ任意ニ其寸法ヲ定メタルモノ、如シ橋梁設計ノ重要ナルコト漸ク認メラレ之レニ多大ノ注意ヲ拂フニ至リシハ 1850 年前後ノ事ニシテ當時歐洲及米國ニ於テ鐵道ノ發達著シク從テ幾多ノ鐵道橋架設セラレ殊ニ此頃ヨリ鐵ヲ橋梁ニ利用スルコト漸次増加セシ爲メ正確ナル計算ヲ行ヒテ幾分ニテモ不必要ナル材料ヲ節約スルノ必要生シタル結果ニ外ナラス然レトモ橋梁ノ理論的研究ハ當時未タ頗ル幼稚ニシテ 1847 年 Squire Whipple カ米國 Utica ニ於テ刊行セル *Work on Bridge Building* ニ構桁ノ各部材ニ生スル應力ヲ記載セルハ米國ニ於ケル此種ノ研究ノ先鞭ナリト云フ其前後ニ於テ各種鐵道橋ノ架設セラレシモノ頗ル多ク徑間五百呎ニ達スル如キ長大ノモノサへ越カラス從テ其設計及製作ニ對スル示方書モ漸ク精細ニシテ其體ヲ具フルモノトナレリ

1876 年 Cincinnati Southern Railroad カ Ohio River ニ徑間 519 呎ノ長橋梁ヲ架スルニ當リ Bouscaren ノ作成セル示方書ノ如キハ活荷重トシテ設計ニ使用スヘキ機關車形式ヲ指定シ又抗壓材ノ實形試驗ヲナスヘキ規定ヲ設ケタル等ノ點ニ於テ從前ノ示方書ニ一頭地ヲ抜キ今日用ヒラル、示方書ノ魁ヲナスモノトシテ重要ナルモノ、一タルヲ失ハス然レトモ材料設計製作ニ對シ全般ニ亘リテ規定ヲ示セル示方書ハ 1877 年ニ至リ始メテ出現セルモノト云フヘク其主ナルモノヲ舉クレハ次ノ如シ

1. Specifications for Wrought Iron Bridges of the Lake Shore and

Michigan Southern Railways, by Charles Hilton, July 1877.

2. Specifications for Kilbourn and the Rockton Bridges, by D. J. Whitmore, July and Oct. 1877.

3. The Erie Specifications, by Theodore Cooper, 1878.

就中 Cooper ノ Erie Specifications ハ實ニ今日米國ニ於テ一般ニ用ヒラル、鐵道橋示方書ノ基礎ヲナスモノニシテ示方書ノ歴史ニ一新時期ヲ劃シタルモノナリ

Cooper ノ Erie Specifications 以後今日ニ至ル迄米國ニ於テ制定發行セル鐵道橋ニ對スル示方書ノ數ハ百ヲ以テ數フヘク汗牛充棟モ只ナラス然レトモ其規定スル處タルヤ區々ニシテ何等統一ヲ見ス更ニ之レヲ英佛獨等諸國ノ規定ニ比スルニ其差異更ニ甚タシキヲ見ル橋梁ノ如キ理論的計算ヲ比較的正確ニ應用シ得ヘキ構造物ニ於テ殊ニ其理論的研究カ著シク進歩シタル今日ニ於テ其示方書ニ斯ク不統一アルハ誠ニ怪ムニ足ルヘキコトナリト云フヘシ米國ニ於テモ斯ノ如キ見解ノ下ニ橋梁設計ノ統一ヲ企テタルモノ時ニ之レアリ 1891 年工學博士 J. A. L. Waddell ハ American Society of Civil Engineers ニ書ヲ寄セラシ "Some Disputed Points in Railway Bridge Designing" ト題スル論文ヲ提出シ次ノ諸項ニ就テ自説ヲ述ヘ且ツ之レニ對シ全米國橋梁大家ノ意見ヲ求メタリ而シテ其諸項トナ

- 一 活荷重 (Live loads)
- 二 風壓 (Wind pressure)
- 三 橋梁ノ形式及鈞合 (Styles and proportions of bridges)
- 四 許容應力強度 (Intensity of working stresses)
- 五 合成應力 (Combined stresses)
- 六 鉸桁設計法 (Plate girder proportioning)
- 七 構造細目 (General details of construction)

ニシテ孰レモ當時各示方書ニ於テ區々ノ規定アリシモノニシテ諸家ノ說最モ相違セシモノニ屬

シ茲ニ大ニ議論ヲ闘ハセテ諸説ノ一致點ヲ求メ以テ米國ニ於ケル橋梁設計示方書ノ統一ヲ圖ラントセリ之ニ對シテ討議ヲ寄セシモノ實ニ四十二人ニ及ヒ其中ニハ Lindenthal, Burr, Bruck, Fhacker, Wolff 等ノ實地家 Johnson, Merriman, Du Bois, Cain, Skinner 等ノ理論家ヲ含ミ殆ト全米國ノ橋梁大家ヲ網羅シ各人皆遺憾ナキ討論ヲ盡シタリ此討論ハ實ニ American Society of Civil Engineers ニ於テモ稀ニ見ル大討論ニシテ諸家ノ說ヲ集ムル點ニ於テハ遺憾ナキニ庶幾カリシト雖モ然モ示方書統一ノ企圖ハ畫餅タリシト云フヲ憚ラス偶々以テ當時ノ知識程度ニ於テ示方書ノ統一殆ト不可能ナリシヲ證セシニ過キス Waddell 博士カ該論文ニ於テ最モ力ヲ用ヒテ其主張スル處ヲ説キシモノハ實ニ Live load ノ項ニシテ從來 Cooper 其他ノ示方書ニ於テ用ヒラレタル集荷重ノ機關車形式ヲ設計ノ計算ニ用フルヲ廢シ新ニ標準形式ヲ定メ之レニ對スル當等布荷重 (Equivalent uniform load) ヲ用ヒ以テ計算ノ勞ヲ省カントスルニアリ而シテ此論文ニ對スル討議ニ於テ贊成者多數アリシヲ以テ 1892 及 1893 年ニ Waddell 博士ハ更ニ全米國 Canada 及 Mexico ノ諸鐵道技師長ニ書ヲ送リテ其贊否ヲ投票センコトヲ求メシニ其 80% ハ集荷重ノ機關車形式ヲ廢スルコトニ贊成セシヲ以テ Waddell ノ當等布荷重ヲ用フルノ說ハ茲ニ行ハレ從來ノ集荷重ヲ用ヒテ設計スル習慣ニ一大革命ヲ與ヘントスルカ如キ狀況ヲ呈セリ然レトモ其後今日ニ至ル迄年ヲ閱スルコト二十餘年其間新ニ橋梁示方書ノ制定セラレシモノ百ヲ以テ數フルモ殆ト皆活荷重トシテハ Cooper 氏所定ノ機關車形式ヲ用フヘキコトヲ指定シ現ニ米國ニ於テ一般ノ標準ト認メラル、 American Railway Engineering Association ノ示方書ニ於テモ Cooper's E series ヲ用フヘキコトヲ指定シ又其計算ニ於テモ當等布荷重ヲ用フルモノ殆ト絶無ナリ其理由ハ多々アルヘシト雖モ蓋シ集荷重ヲ用ヒテ計算スルノ煩勞多キハ誰人モ知ル所ナレハ之レヲ廢センコトヲ提議スルモノアレハ之レニ贊成スルモノ多數アルハ怪ムニ足ラサル所ナルモ扱テ之レニ代ハルヘキ當等布荷重ニシテ實用ニ足ルヘキ

モノ未タ案出セラレサルニ依ルノミ Waddell 博士ノ提案ハ其外觀頗ル美事ナルモ精細ニ之レヲ檢スルトキハ種々ノ缺點アリ(其詳細ハ之レヲ Live load ノ項ニ於テ論スヘシ)其他多數ノ提案アリト雖モ其簡單ナルモノハ正確ヲ缺キ其稍正確ニ近キモノハ計算ノ煩集荷重ニ劣ラサルモノハ、此一事ニ由リテ觀ルモ最良至善ナルモノヲ得ントスル企圖ノ如何ニ困難ナルカヲ知ルニ足ル況ヤ Waddell 博士カ提案セシ其他ノ諸項ノ如キ或ハ複雑或ハ不定ナル點多キモノニ至ラハ疑問ハ依然トシテ疑問ニ止マリ今日ニ至ル迄全然解決セラレタルモノ殆トナシ

當時ヲ距ルコト二十有餘年ノ今日ニ於テハ百般ノ學理長足ノ進歩ヲナシ橋梁ノ計算ニ關スル理論モ亦漸次發達シテ煩ヲタニ厭ハサレハ如何ナル種類ノ橋桁ニ於ケル應力モ之レヲ極メテ合理的ニ算出シ得サルモノ殆ト之レナシト云フモ誣言ニ非サルニ至レリ而シテ學理ノ進歩ニ伴ヒテ材料試驗モ其強力ニ於テ又其方法ニ於テ漸ク強大精密ノ度ヲ加ヘ既ニ今日迄實形大ノ橋梁部材ヲ試驗シ精密ニ其應力ヲ研究シタルモノ尠カラス故ニ理論上ヨリ云ヘハ一定ノ荷重ニ對シテ必要ニシテ充分ナル強度ヲ有シ而モ最モ廉價ナル橋桁ヲ設計スルコト不可能ニ非サルカ如シ然レトモ臆テ考フルニ吾人カ今日普通用ヒ得ヘキ程度ノ計算方法ニ於テハ實際ヲ距ルコト遙ニ遠キ假定ヲナスモノ多シ例ヘハ橋桁部材ニ於ケル應力ヲ計算スルニ當リテハ部材ハ各格點ニ於テ自由ニ廻轉シ得ルモノト假定ス之レ鉋連結ノ橋桁ニ在リテモ鉋ノ摩擦ヲ無視セルモノニシテ實際ニ起リ得ヘキモノニアラス更ニ綴釘連結 (Rivet connection) ノ構桁ノ如キモノニアリテハ此假定ヲ距ルコト甚ダシキモノアルハ論ヲ跋タサル處トス綴釘ノ計算ノ如キモ亦然リ普通綴釘ハ指定ノ徑ヲ有スル鉋トシテ其剪力及支壓力ノ値ヲ計算スレトモ實際ニ於テ綴釘カ材片ヲ連結スル狀態ハ鉋ト全然異レル作用ヲナスモノニシテ鉋結ノ際ノ壓力及其冷却ヨリ生スル收縮ノ爲メニ材片ヲ壓シ爲メニ生スル摩擦ニテ應力ノ大部分ヲ支持スルモノナルコトハ實驗ニヨリテ明ニ證

明セラレタル所ナリ又牀桁ヲ柱ニ銜結シタル構ニ於テ其抗壓支柱ニ於ケル應力ヲ考フルニ之レ亦吾人カ普通假定スル如キ軸壓力ヲ受クルモノニアラス牀桁ノ撓度ヨリ生スル彎曲率ノ爲メニ柱ニ彎曲ヲ生シ柱ノ外側ニ於ケル應力ハ應力ナルモ其内側ニ於テハ却テ應力ヲ生スル場合揚カラス故ニ普通ノ假定ヲ用ヒ軸壓力ノミヲ受クル部材トシテ其斷面ヲ定ムルトキハ外側ニ於ケル纖維ハ殆ト彈性限度ニ近キ應力ヲ受クヘキ理ナリ然ラハ何故ニ尙實際ニ近キ假定ヲ設ケテ此等諸應力ヲ精密ニ算出セサルカ之レ大ニ研究ヲ要スル處ナリトス

先ツ第一ニ計算ニ於テハ複雑ハ過誤ノ原因ヲナスコト多キヲ以テ可成の複雑ヲ避クルヲ要ス此點ニ於テモ餘リ細微ナル假定ヲナスハ實用上不適當ナルヘシ況ヤ橋梁設計ノ如キ場合ニ於テハ其根本ニ於テ既ニ不確定ノモノ多クシテ精密ナル計算モ或程度以上其効果ナキニ於テヲヤ例ヘハ機關車ノ集荷重ハ之レヲ正確ニ計算シ得ヘシ其軌條ノ剛性ノ爲メニ枕木ニ分布セララル、状態モ枕木ヲ一定ノ強度ヲ有スルモノト假定スレハ算出シ得サルニ非サルモ總テノ枕木カ果シテ一定ノ強度ヲ有スルヤ否ヤ何人カヨク之レヲ確言シ得ンヤ更ニ活荷重ノ擊衝ノ爲メニ生スル應力ノ増加ニ至リテハ之レヲ近似的ニサヘ定ムルコト不可能ナルヘシ況ヤ此等應力計算ノ結果斷面ヲ定ムルニ用フヘキ材料ノ許容應力タルヤ單ニ材料ノ平均強度ニ若干ノ安全率ヲ乘シタルモノニ過キス其極メテ正確ナル數ニ非サルコトハ茲ニ更メテ言フヲ埃タサル所ナリトス此ノ如キ不確ナル要素ヲ含メルモノニ對應スヘキ應力ノ計算ノミヲ嚴密ニナスハ勞シテ效ナキニ近ク所謂圓ノ直徑ヲ步測シテ其面積ヲ精算セントスルカ如キモノト云ハサルヘカラス果シテ然ラハ如何ニセハ所要ノ強度ヲ得且一方ニ於テハ無用ノ精細ニ陥ラサルヲ得ヘキカ是レ即チ優秀ナル示方書ノ規定ヲ要スル所以ナリトス

今各國ニ於ケル種々ノ橋梁示方書ヲ比較スルニ其規定スル處ニ非常ナル差違アリト雖モ此等示

方書ニ準據シテ設計製作セラレタル橋桁ニ於テハ示方書ニ表ハル、如キ大ナル差違アルヲ見ス
 之レ蓋シ其相異ル點ニ於テ必ス相殺スルモノアリ即チ擊衝支柱公式等ニ於テ緩ナルモノハ許容
 應力モ從テ小ナル等ノコトアルニヨル今試ニ各種示方書中特ニ異ル規定ヲ有スルモノヲ撰ビ之
 レニヨリテ鐵道院基準設計ノ橋桁ニ於ケル應力ヲ算出スレハ次表ニ示ス如シ

American Railway Engineering Association. (米國鐵道工學協會)

Span	L.L.M. #	Impact M. #	D.L.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All S. / Act. S.
5	30,875	30,220	1,211	62,306	16,000	14,500	1-10
10	59,813	57,805	4,090	121,508	16,000	16,074	1-00
15	121,688	116,541	9,818	248,047	16,000	13,750	1-16
20	199,920	186,325	19,106	405,351	16,000	16,500	.97
40	596,686	527,480	91,840	1,216,006	16,000	16,500	.97
70	1,513,935	1,217,507	312,980	3,104,402	16,000	15,100	1-06
<hr/>							
100	110,200	92,100	37,300	229,600	16,000	14,700	1-09
150	236,500	156,300	107,700	500,500	16,000	16,000	1-00
200	268,100	159,200	143,900	571,200	16,000	15,500	1-03
<hr/>							
Theodore Cooper (K - B - F)							
Span	L.L.M. #	Impact M.	D.L.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All S. / Act. S.
5	30,375	—	606	31,481	10,000	7,340	1-36
10	59,813	—	2,045	61,858	10,000	8,170	1-22
15	121,688	—	4,909	131,506	10,000	7,260	1-38
20	199,920	—	9,553	209,473	10,000	9,400	1-06

Span	I.L.M. #	Impact M.	D.L.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All S. / Act. S.
40	596,686	—	45,920	642,606	10,000	10,200	.98
70	1,513,935	—	156,480	1,670,415	10,000	9,150	1.03
	I.L.S.	Impact S.	D.L.S.	Total Stress			
100	110,200 #	—	18,650 #	138,850 #	10,000	8,250	1.21
150	286,500	—	53,850	290,350	10,000	9,280	1.08
200	268,100	—	71,950	340,050	10,000	9,280	1.08

J. A. L. Waddell (わ っ て る 氏)

Span	I.L.M. #	Impact M.	D.L.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All S. / Act. S.
5	30,575	21,390	1,211	56,476	14,000	13,160	1.06
10	59,813	46,750	4,090	110,653	14,000	14,650	.96
15	121,688	94,150	9,818	225,656	14,000	12,400	1.13
20	199,920	153,300	19,106	372,326	14,000	14,480	.97
40	596,686	440,000	91,840	1,128,526	14,000	15,400	.91
70	1,513,935	1,057,000	312,960	2,883,895	14,000	14,000	1.00
	I.L.S.	Impact S.	D.L.S.	Total Stress			
100	110,200 #	73,000 #	37,300 #	220,500 #	16,000	14,150	1.13
150	236,500	144,500	107,700	488,700	16,000	15,600	1.03
200	268,100	146,600	143,900	558,600	16,000	15,200	1.05

Gustav Lindenthal (ぶ ん て ん た ん 氏)

Span	I.L.M. #	Impact M.	D.L.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All S. / Act. S.
5	30,875	59,500	1,211	91,586	20,000	21,350	.94

Span	Live Load	Dead Load	Impact	Stress due to			Brake	Total Stress	Allowed Stress	Actual Stress	Actual Stress	All S. / Act. S.
				Lateral Force	Wind Pr.							
10	59,813	112,000	4,090	4,090	72,500	22,000	20,000	23,200	20,000	19,700	1.01	
15	121,688	226,000	9,818	9,818	664,026	20,000	20,000	22,800	20,000	24,200	.88	
20	199,920	365,000	19,106	19,106	1,721,526	20,000	20,000	24,200	20,000	19,700	1.01	
40	596,686	1,033,000	91,840	91,840	4,316,895	20,000	20,000	19,700	20,000	21,100	.95	
70	1,513,935	2,430,000	312,960	312,960								

British Standard (英國標準)

Span	L.L.M.	Impact M.	D.L.M.	Total Moment	Allowed Stress	Actual Stress	All S. / Act. S.
5	30,875	—	1,311	32,086	10,080	7,480	1.35
10	59,813	—	4,090	63,903	10,080	8,450	1.18
15	121,688	—	9,818	131,506	10,080	7,250	1.38
20	199,920	—	19,106	219,026	10,080	8,520	1.18
40	596,686	—	91,840	688,526	11,760	9,400	1.25
70	1,513,935	—	312,960	1,826,895	12,320	8,900	1.39

Span	I.L.S.	Impact S.	D.L.S.	Total Stress	Allowed Stress	Actual Stress	All S. / Act. S.
100	110,200	—	37,300	147,500	12,320	9,400	1.31
150	236,500	—	107,700	344,200	12,320	11,000	1.12
200	268,100	—	143,900	412,000	12,320	11,200	1.15

1197

1198

Preussischen Staatseisenbahnen (普魯西國有鐵道)

Span	L.I.M. #	Impact M.	D.I.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All. S. / Act. S.
5	30,875	—	1,211	32,086	11,400	7,480	1.52
10	59,813	—	4,090	63,903	11,400	8,450	1.35
15	121,688	—	9,818	131,506	11,400	7,250	1.57
20	199,920	—	19,106	219,026	11,400	8,540	1.34
40	596,686	—	91,840	688,526	11,550	9,700	1.19
70	1,513,935	—	312,960	1,826,895	12,100	8,400	1.41

Span	L.I.S. #	Impact S.	D.I.S. #	Total Stress #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All. S. / Act. S.
100	110,200	—	37,300	147,500	12,470	9,400	1.33
150	236,500	—	107,700	344,200	12,900	11,000	1.17
210	268,100	—	143,900	412,000	13,170	11,200	1.18

College of Engineering, Tokyo Imperial University (東京帝國大學工科大学)

Span	L.I.M. #	Impact M.	D.I.M. #	Total Moment #	Allowed Stress #/sq"	Actual Stress #/sq"	All. S. / Act. S.
5	30,875	30,875	1,211	62,961	17,000	14,700	1.16
10	59,813	59,634	4,090	123,537	17,000	16,350	1.04
15	121,688	120,836	9,818	252,342	17,000	13,900	1.22
20	199,920	197,921	19,106	416,947	17,000	16,200	1.05
40	596,686	574,012	91,840	1,262,538	17,000	17,200	.99
70	1,513,935	1,354,972	312,960	3,241,867	17,000	15,750	1.08
100	110,200	90,400	37,300	237,900	17,000	15,200	1.12

150	236,500	158,500	107,700	502,700	17,000	16,100	1-06
200	268,100	142,100	143,900	584,100	17,000	15,000	1-13

Ratio of allowed stress to actual stress for.

	5' span	10' span	15' span	20' span	40' span	70' span	100' span	150' span	200' span
American Railway Engineering Association	1-10	1-00	1-16	97	97	1-06	1-09	1-00	1-03
Theodore Cooper	1-36	1-22	1-38	1-06	98	1-09	1-21	1-08	1-08
J. A. L. Waddell	1-06	96	1-13	97	91	1-00	1-13	1-03	1-05
Gustav Lindenthal	94	86	1-01	83	83	1-01	82	78	95
British Standard	1-35	1-18	1-38	1-18	1-25	1-39	1-31	1-12	1-15
Preussischen Staatseisenbahnen	1-52	1-35	1-57	1-34	1-19	1-44	1-33	1-17	1-18
Tokyo Imperial University	1-16	1-04	1-22	1-05	99	1-08	1-12	1-06	1-13

是レニ由リテ之レヲ觀レハ各示方書ニ於ケル規定ハ異ルモ其結果トシテ設計セラレタル橋桁ハ一般ニ大體ニ於テ相似タルモノトナルヲ見ル即チ或ル荷重ニ對シテハ誰人モ見テ以テ適當ナリトスル大サノ橋桁アルヘキヲ想像スルニ難カラス而シテ斯ノ如キ橋桁カ果シテ理論上精細ニ計算シテ得タル必要ニシテ充分ナル且最經濟的ナルモノト一致スルヤ否ヤハ尙一層ノ研究ヲ要スヘシト雖モ各示方書ノ局部的ニ異ル點ヲ無關係ニ綜合シテ徒ニ過大過小ノ橋桁ヲ設計スルノ不可ナルヲ知ルニ足ル

現今米國ニ於テ極メテ一般ニ用ヒラルノ American Railway Engineering Association 制定ノ General Specifications for Steel Railway Bridges ハ米國著名ノ橋梁大家ヨリ成ル委員會ニ於テ撰定セシモノニ係リ橋梁示方書中最良ノモノ、一トシテ世間ニ認メラル、モノニシテ1910年ニ一度改訂セシモノニ係ルモ其後諸工學協會ニ於テ研究ノ結果今ヤ其主要ナル諸點ニ於テ根本的改訂ヲ加ヘントスルノ

氣運ニ達セルモノ、如シ佛國ニ於テモ一昨年一月橋梁示方書ヲ改訂シ活荷重其他ニ重要ナル變更ヲ發表セリ

本邦ニ於テハ鐵道橋ノ歴史短クシテ漸ク四十餘年ヲ算スルニ過キス況ヤ今日迄架設セラレシ鐵道橋中其徑間稍大ナルモノハ指ヲ屈スルニ足ラス其最長ノモノト雖モ徑間 300 呎ヲ出テサル有様ナルヲ以テ吾人カ現在及過去ノ經驗ニヨリテ得タル知識ハ甚タ貧弱ナルヲ免レス殊ニ試驗機ニシテ相當ノ容力ヲ有スルモノ之レヲ國內ニ求ムルコト難キヲ以テ材料試驗ノ便ヲ缺キ從テ吾人カ今日迄用ヒ來リシ橋梁示方書ハ範ヲ諸外國ニ仰キ或ハ其粹ヲ拔キ或ハ其實地試驗ノ結果ニ學ヒテ強度ヲ定メタルニ過キサルヲ以テ或ル點ニ於テハ嚴ニ失シ他ノ點ニ於テハ緩ニ過キ所謂均一強度 (Uniform strength) ノ橋桁ヲ得ルノ方針ニ於テ缺如スル處甚カラサルモノ、如シ

本邦ニ於ケル鐵道橋示方書トシテハ其數甚タ少ク鐵道院所定示方書ヲ除ケハ廣井博士ノ東京帝國大學ニ於テ撰定セラレタル Specifications for Railway Bridges 及關場工學士著橋梁標準仕樣書ノ二ヲ見ルノミ而シテ鐵道院所定ノ鋼鐵道橋設計示方書ハ範ヲ前記 American Railway Engineering Association ノ示方書ニ採リシモノニシテ其 1910 年改訂以前ノモノニ據リ其材料ニ關スル示方書ニ於テハ主要ナル點ニ於テ Cooper 等ノ示方書ヲ加味セシ處アリ而シテ其後米國ニ於ケル示方書ノ改訂及一般研究實驗ノ結果等ニ徵シテ之レヲ考フルトキハ改正ヲ要スル點甚カラサルヘシト信ス是レ著者カ菲才ヲ顧ミスシテ現行規定ニ關スル疑點ヲ舉ケ諸先輩ノ指導ヲ乞ハントスル所以ナリ

次ニ順序トシテ先ツ現行鐵道院橋梁示方書ヲ掲ケ續テ橋梁設計ニ最モ重大ナル影響ヲ及ホス諸點ニ就テ順次詳說セントス

第二章 鐵道院現行示方書

鋼鐵道橋設計示方書

明治四十五年二月公布

第一章 總則

第一條 本示方書ハ鐵道橋ノ設計ニ使用スルモノトス

第二條 上構用材料ハ綴釘及特ニ明文アルモノヲ除クノ外總テ建築用鋼トス

第三條 橋梁上ニ於テ列車ノ通過ニ要スル空間ハ建設規定ニヨルヘシ

第四條 構及桁ノ心々幅ハ支間ノ二十分ノ一ヨリ大ニシテ且ツ指定橫荷重ノ作用ニ依リ橋桁ノ轉覆セサル程度以上タルヘシ

第五條 構ノ高サハ支間ノ十分ノ一以上桁ノ高サハ支間ノ十二分ノ一以上タルヲ可トス

第二章 荷重

第六條 上構及軌道ノ重量ヲ死荷重トシ鋼ハ一立方呎ニ付キ四百八十九封度六、木材ハ一立方呎

ニ付キ五十封度道床ハ一立方呎ニ付キ百十封度ノ重量ヲ有スルモノトシ之ヲ算出スヘシ但シ

一軌道ノ最小重量ハ長サ一呎ニ付キ第七條規定ノ甲種荷重ニ對シテハ四百封度乙種荷重ニ對シテハ三百封度トス

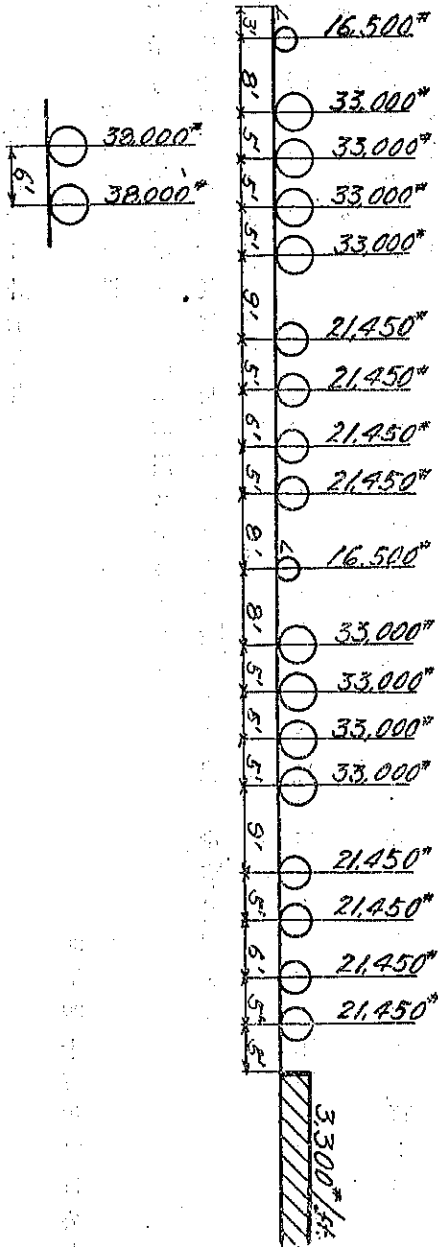
第七條 動荷重ハ甲乙ノ二種トシ一軌道ニ對シ次圖ノ如ク假定シ(イ)(ロ)ノ中孰レカ部材ニ大ナル應力ヲ生スヘキモノヲ用フヘシ

重荷種乙

重荷種甲

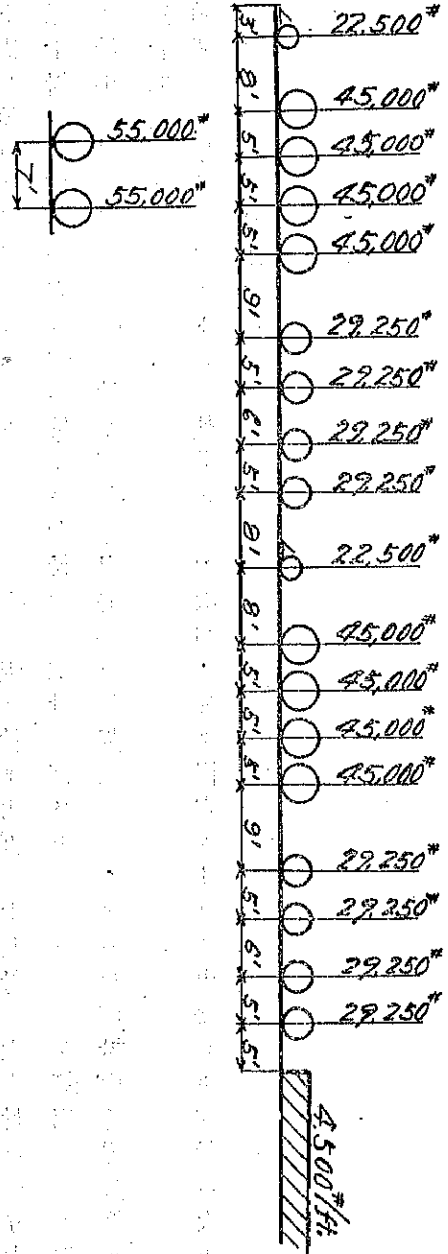
(口)

(1)



(口)

(1)



第八條 第七條ニ規定スル動荷重ヨリ生スル應力ニ限リ次ノ式ニヨリテ算出シタル擊衝應力ヲ加算スヘシ

$$I = S \frac{300}{L + 300}$$

上式ニ於テ

I 擊衝應力

S 最大荷重應力

L 支間(呎)

但シ腰吊材、牀桁ニアリテハ格間ノ二倍トス、複線ノ場合ニアリテハ總テ此等ヲ二倍スヘシ

縱橫荷重、風壓及離心力等ニヨリテ生スル應力ニハ擊衝應力ヲ加算スヘカラス

第九條 複線鐵道橋ニ於テハ動荷重ハ總テ同方向ニ進行スルモノト假定スヘシ

第十條 橋桁ニ於ケル橫荷重ハ軌道ヲ支持セサル弦材ニ於テハ其量長サ一呎ニ付キ二百封度軌

道ヲ支持スル弦材ニ於テハ長サ一呎ニ付キ二百封度ニ第七條(イ)ニ規定スル等布荷重ノ十分ノ

一ヲ加ヘタルモノトス而シテ此等ノ橫荷重ハ總テ動荷重トシ部材ニ生スル應力ヲ計算スヘシ

第十一條 高架橋ノ構脚ハ次ノ二ツノ場合ニ對シ安全ナル様各部材ヲ設計スヘシ

(一) 列車ノ通過セザル場合

此場合ニ高架橋ニ於ケル風壓ハ其垂直投射面一平方呎ニ付キ七十五封度トス

(二) 列車ノ通過スル場合

此場合ニ高架橋ニ於ケル風壓ハ其垂直投射面一平方呎ニ付キ四十五封度列車ニ於ケル風壓

ハ其長サ一呎ニ付キ四百封度トシ第七條規定ノ甲種荷重ニアリテハ軌條面上七呎乙種荷重ニアリテハ六呎ノ高サニ作用スルモノトス又此場合ニ於ケル動荷重ハ第七條ニ規定スルモノ、外甲種荷重ニ對シテハ長サ一呎ニ付キ一千三百五十封度乙種荷重ニ對シテハ九百九十封度ノ空車荷重通過スルモノトス

第十二條 構脚及之ニ類似ノ構造物ニ於ケル縱荷重ハ第七條ニ規定スル動荷重ノ百分ノ二十トシ軌條面上ニ作用スルモノトス

第十三條 橋梁上ニ於テ軌道カ曲線ナル場合ニ生スル離心力ハ次ノ式ニヨリテ算出シ甲種荷重ニアリテハ軌條面上六呎乙種荷重ニアリテハ五呎ノ高サニ作用スルモノトスヘシ

$$C = \frac{w \cdot V^2}{32.2 R}$$

上式ニ於テ

C 離心力(一呎ニ付キ封度)

w 第七條ニ規定スル動荷重ニ對スル當等布荷重(一呎ニ付キ封度)

V 列車ノ速度(一秒ニ付キ呎)

R 曲線ノ半徑(呎)

第十四條 溫度ノ變化ハ攝氏八十度鋼ノ膨脹係數ハ攝氏一度ニ付キ百萬分ノ十二鋼ノ彈性係數ハ一平方吋ニ付キ三千萬封度トス

第三章 許容應力及部材ノ設計

第十五條 各部材ニ生スル應力ハ次ニ規定スル許容應力ヲ超過スヘカラス
軸應張力 純斷面一平方吋ニ付キ 16,000 封度

軸應壓力 總斷面一平方吋ニ付キ 16,000—70 封度

上式ニ於テ

1 部材ノ長サ(吋)

使用斷面ノ最小環動半徑(吋)

彎曲應力

桁ノ抗張線維 純斷面一平方吋ニ付キ 16,000 封度

桁ノ抗壓線維 總斷面一平方吋ニ付キ 16,000—200 封度

上式ニ於テ

1 突縁固定點間ノ距離(吋)

2 突縁ノ幅(吋)

錐ノ線維 一平方吋ニ付キ 24,000 封度

應剪力

工場綴釘 一平方吋ニ付キ 12,000 封度

現場綴釘及削成締釘 一平方吋ニ付キ 10,000 封度

鐵 一平方吋ニ付キ 14,000 封度

支壓力

工場綴釘及錐 一平方吋ニ付キ 24,000 封度

現場綴釘及削成締釘 一平方吋ニ付キ 20,000 封度

石工及混凝土 一平方吋ニ付キ 500 封度

轆子

上式ニ於テ

d 轆子ノ直徑(吋)

長サ一吋ニ付キ $1.200 \sqrt{T}$ 封度

第十六條 抗壓材ノ長サハ其斷面ノ最小環動半徑ノ百倍以下タルヲ要ス但シ對風綫構ニ於ケル

モノハ此限度ヲ百二十倍トナスコトヲ得

第十七條 一部材ニ於テ死動兩荷重ヨリ生スル應力ノ性質相反スルトキハ死荷重應力ノ百分ノ

七十ヲ有效トシテ其合成應力ヲ算出スヘシ

第十八條 應張力及應壓力カ交番スル部材ニアリテハ各應力ニ對シ所要斷面積ヲ算出シ其大ナル方ヲ使用スヘシ但シ此場合ニ於テ交番應力カ列車ノ通過ニ際シ連續シテ生スルトキハ各合

成應力ニ其小ナル應力ノ百分ノ五十ヲ加ヘ以テ所要斷面積ヲ算出スルモノトス

第十九條 軸應力並ニ彎曲應力ヲ受クル部材ノ合成維應力ハ許容軸應力ヲ超過スヘカラス

第二十條 部材ニシテ死動荷重離心力等ヨリ生スル應力ト共ニ縱橫荷重風壓溫度ノ變化等ヨリ

生スル應力ヲ受クル場合ニハ該部材ニ對スル許容應力ハ第十五條規定ノモノニ其百分ノ二十

五ヲ増加スルコトヲ得但シ使用部材ノ斷面ハ死動荷重及離心力ノミニ對シ第十五條ノ規定ニ

ヨリテ算出シタルモノヨリ小ナルヲ得ス

第二十一條 抗張材ノ純斷面積ヲ算出スルニ當リ減除スヘキ綴釘孔ノ直徑ハ使用綴釘ノ公稱幹

徑ニ八分ノ一ヲ加ヘタルモノトス

第二十二條 綴釘ノ強サハ其公稱幹徑ニヨリ算出スヘシ

第二十三條 綴釘抗張材ノ純斷面積ハ其斷面積ヨリ綴釘孔ヲ扣除シタルモノトス但シ<字形綴

綴ノ場合ニ於テハ<字形綴釘線ト直綴釘線トニ於ケル純斷面積ヲ比較シ前者後者ヲ超過スル

コト後者ノ百分ノ三十以下ナルトキハ抗張材ノ純斷面積ハ其總斷面積ヨリ<字形綴釘線ニ於ケル總テノ綴釘孔ヲ控除シテ之ヲ算出スヘシ

第二十四條 鉚孔ヲ有スル釘綴抗張材ノ鉚孔ヲ通シテノ純斷面積ハ該部材ノ純斷面積ニ比シテ百分ノ二十五以上大ナルヲ要ス而シテ鉚孔ト部材ノ端トノ間ニ於テ軸ノ方向ニ計リタル純斷面積ハ該部材ノ純斷面積ヨリ小ナルヲ得ス

第二十五條 眼鉸ノ頭部ハ其幹部ヨリモ大ナル強度ヲ有スル様設計スヘシ

第二十六條 桁及其他類似ノ構造物ハ其桁ノ有效斷面ノ中立線ノ周リノ物量力率ニ依リテ設計スヘシ

第二十七條 桁ノ抗壓突縁ノ總斷面積ハ抗張突縁ノ總斷面積ヨリ小ナラサルヲ可トス

第二十八條 鋸桁ノ腹添接ハ應剪力ト彎曲應力トノ合成力ニ依リテ設計スヘシ

第二十九條 鋸桁及之ニ類似ノ構造物ニ於テ突縁ト腹鋸トヲ緊結スル綴釘ニ生スル應力ハ次ノ式ニ依リテ算出スヘシ

$$f = \frac{P \cdot S \cdot Q}{A \cdot I}$$

上式ニ於テ

f 綴釘ニ於ケル支壓力或ハ應剪力(一平方吋ニ付キ封度)

P 綴釘ノ離間(吋)

I 桁ノ有效斷面ノ中立線ノ周リノ物量力率(吋)

Q 中立線ノ周リノ一突縁ノ斷面能率(吋)

S 剪力(封度)

1 壓力ノ場合 1171

單剪斷ノ場合 1172

複剪斷ノ場合 1173

d 綴釘ノ幹徑(吋)

t 腹板ノ厚サ(吋)

第四章 設計細目

總則

第三十條 構造ノ各部ハ檢査掃除及塗工ニ便ナル様設計スヘシ

第三十一條 水溜ヲ生スル部分ハ排水孔ヲ穿ツカ若クハ耐水材料ヲ充填スヘシ

第三十二條 部材ハ其斷面ノ重心ヲシテ成ルヘク中心ト一致セシムル様組合セ且ツ部材ノ中立

線ハ格點ニ於テ相會セシムルヲ可トス

第三十三條 所要以上ノ斷面積ヲ有スル部材ト雖モ其連結ハ成ルヘク該部材ノ全強ニヨリ設計

スヘシ但シ如何ナル場合ト雖モ角釘ハ三個以上平釘ハ二個以上ノ綴釘ヲ以テ連結スヘシ

列車ノ通過ニ際シ交番應力ヲ生スル部材ノ連結ハ各應力ノ和ニヨリテ設計スヘシ

第三十四條 材料ノ厚サハ八分ノ三吋以上トス但シ填隙材ハ此限ニアラス

第三十五條 綴釘ノ最小離間ハ其幹徑ノ三倍トス但シ此離間ヲ八分ノ七吋綴釘ニ對シテハ三吋

四分ノ三吋綴釘ニ對シテハ二吋二分ノ一以上トスルヲ可トス

組合セ部材ニ於ケル綴釘ノ最大離間ハ應力ノ方向ニ計リ八分ノ七吋綴釘ニ對シテハ六吋四分

ノ三吋綴釘ニ對シテハ五吋トス

角釘ノ綴釘線複列ナルトキ之ヲ<字形ニ釘綴スル場合ニハ各列ニ於ケル綴釘ノ最大離間ハ上記限度ノ二倍トス

相接スル二枚以上ノ板ヲ緊結スル綴釘ノ離間ハ十二吋以下タルヘシ

二角釘ヨリ成ル釘綴抗張材ニアリテハ綴釘離間ヲ十二吋トナスコトヲ得

第三十六條 綴釘ノ中心ヨリ削成セラレタル縁ニ至ル距離ハ其幹徑ノ一倍半以上トシ剪斷セラ

レタル縁ニ至ル距離ハ八分ノ七吋綴釘ニ對シテ二吋二分ノ一以上四分ノ三吋綴釘ニ對シテ一

吋四分ノ一以上トスルヲ可トス輾成セラレタル縁ニアリテハ此距離ヲ八分ノ七吋綴釘ニ對シ

一吋四分ノ一四分ノ三吋綴釘ニ對シ一吋八分ノ一トナスコトヲ得

綴釘ノ中心ヨリ縁ニ至ル最大距離ハ釘綴セラレヘキ板ノ中最モ薄キ板ノ厚サノ八倍トス但シ

六吋ヲ超ユルヘカラス

第三十七條 角釘ニ用フル綴釘ノ幹徑ハ釘綴セラレヘキ脚ノ四分ノ一ヲ超過スヘカラス但シ重

要ナラサル部分ニ於テハ三吋角釘ニ八分ノ七吋綴釘二吋二分ノ一角釘ニ四分ノ三吋綴釘ヲ用

フルコトヲ得

第三十八條 應力ヲ傳フル綴釘ニシテ其働長幹徑ノ四倍ヲ超ユルトキハ超過十六分ノ一吋毎ニ

綴釘ノ所要數ヲ百分ノ一宛増加スヘシ

第三十九條 組合セ抗壓材ノ端ニ於ケル綴釘ノ離間ハ該部材ノ最大幅ノ一倍半ノ間ニ綴釘ノ幹

徑ノ四倍ヲ超過スヘカラス

第四十條 抗壓材ニ於テハ突縁及腹板ノ斷面積ヲ成ルヘク大ニスヘシ而シテ腹板ノ厚サハ腹板

ト突縁トヲ緊結スル綴釘線間ノ距離ノ三十分ノ一蓋板ノ厚サハ蓋板ト突縁トヲ緊結スル綴釘

線間ノ距離ノ四十分ノ一ヨリ大トナスヘシ

1210

第四十一條 蓋板ヲ有セサル桁並ニ組合セ部材ニ於ケル突縁角釘ノ厚サハ外方ニ突出スル脚ノ幅ノ十二分ノ一ヨリ大ナルヲ要ス

第四十二條 抗壓材ニハ綾釘若シクハ隔板ヲ使用シ且ツ端及中間ニ綴板ヲ配置シ其強度ノ減少ヲ防止スヘシ主要部材ノ端綴板ノ長サハ綴板ト突縁トヲ緊結スル綴釘線間ノ距離ヨリ大ニシテ中間ノモノハ同距離ノ二分ノ一ヨリ大ナルヲ要ス而シテ其サハ同距離ノ五十分ノ一ヨリ大ナルヲサルヘカラス

第四十三條 綾釘ノ最小幅ハ八分ノ七吋綴釘ニ對シ二吋二分ノ一、四分ノ三吋綴釘ニ對シ二吋四分ノ一、八分ノ五吋綴釘ニ對シ二吋トス綾釘ノ厚サハ單綾綴ニアリテハ釘ノ兩端ニ於ケル綴釘ノ中心間距離ノ四十分ノ一複綾綴ニアリテハ同距離ノ六十分ノ一ヨリ小ナルヲ得ス

綾釘ノ代リニ之ト等シキ強サヲ有スル角釘ヲ使用スルコトヲ得

第四十四條 綾綴工ヲ施ス突縁ノ幅二吋二分ノ一未滿ノ場合ニハ八分ノ五吋綴釘一個、二吋二分ノ一以上三吋二分ノ一未滿ノ場合ニハ四分ノ三吋綴釘一個、三吋二分ノ一以上五吋未滿ノ場合ニハ八分ノ七吋綴釘一個、五吋以上ノ場合ニハ八分ノ七吋綴釘二個ヲ用ヒテ綾釘ヲ釘綴スルヲ可トス

第四十五條 綾釘カ部材ノ軸トナス角ハ四十五度ヨリナルヲ要ス部材ノ兩突縁ニ於ケル綴釘線間ノ距離十五吋以上ニシテ綾釘ヲ兩端ニ於テ各一個ノ綴釘ニテ釘結スル場合ニハ複綾綴トナシ交點ヲ釘綴スヘシ

第四十六條 組合セ抗張材ノ設計細目ハ組合セ抗壓材ニ準スヘシ

第四十七條 總テ部材ノ綴釘接合ハ張力ヲ受クル場合ト壓力ヲ受クル場合トヲ問ハス部材ノ全強ニヨリテ之レヲ添接スヘシ但シ抗壓材ノ衝頭接合ニ限リ該部材ノ位置ヲ固持スルニ足ル添

接ヲナスコトヲ得

第四十八條 鉋孔ハ必要ニ應シ鉋飯ニテ補強スヘシ而シテ鉋飯ノ中少クトモ一枚ハ突縁ニ達スル幅ヲ有シ突縁ト同側ニ配置スヘシ而シテ各鉋飯ハ充分ニ部材ニ釘綴シ以テ鉋ヨリ受クル壓力ヲ部材ノ全斷面ニ傳達スルヲ要ス

第四十九條 抗壓材ニ於テハ成ルヘク又端ヲ用ヒサルヲ可トス若シ止ムヲ得スシテ之レヲ用フル場合ニハ鉋飯ヲ使用シ鉋孔ヲ通シテノ斷面積ヲ該部材ノ斷面積ノ二倍以上トナスヘシ

第五十條 鉋ハ其旋削部ニ於テ部材ニ對シ充分ノ支面ヲ有シ且ツ其兩端ニ於テろゝます螺旋止若シクハ座鐵ヲ有スル普通螺旋止ヲ備フヘシ

第五十一條 鉋ニテ部材ヲ連結スル場合ニハ其連結部ニ於テ部材移動セサルノ裝置ヲ施スヘシ
第五十二條 部材ヲ締釦ニテ連結スル場合ニハ締釦ノ旋削部ノ長サハ部材ノ厚サニ等シク座鐵ノ厚サハ少クトモ四分ノ一時ニシテ締釦頭及螺旋止ハ六角形タルヘシ但シ特別ノ許可ヲ經ルニアラサレハ綴釘ノ代リニ締釦ヲ使用スルコトヲ得ス

第五十三條 添接飯ヲ間接ニ使用スル場合ニハ所要綴釘數ヲ鋼飯一枚ヲ距ツル毎ニ三分ノ一宛増加スヘシ

第五十四條 填隙材ヲ使用シテ部材ヲ間接ニ連結スル場合ニハ所要綴釘數ヲ二分ノ一増加シ其増加シタル綴釘ハ成ルヘク填隙材ト部材トノ釘結ニ用フヘシ

第五十五條 凡テ橋桁ハ其長サ十呎ニ付八分ノ一時伸縮シ得ル裝置ヲナシ且ツ必ス或ル一端ニ於テ固定スルヲ要ス

第五十六條 徑間八十呎以上ノ橋桁ハ其一端ニ於テ轆子若クハ搖子ヲ備ヘ八十呎ヨリ小ナルモノハ一端ニ於テ摺動シ得ルノ裝置ヲナスヘシ

1212

第五十七條 幌子ノ直徑ハ四吋ヨリ小ナルヲ得ス幌子窩ハ掃除ニ便ナル様設計スヘシ

第五十八條 受沓ハ全支面ニ荷重ヲ等布スル様設計スヘシ

第五十九條 牀板ハ鑄鐵若クハ鋼ニテ作り荷重ヲ全支面ニ等布シ且移動セサル様設計スヘシ

第六十條 高架橋ノ構脚及之ニ類似ノ構造物ハ鎮釘ヲ以テ上揚力ノ一倍半以上ノ重量ヲ有スル

石工ニ礎着スヘシ

牀 構

第六十一條 牀板ハ橋桁ニ成ルヘク直角ニ配置シ且ツ直接ニ之ヲ釘綴スヘシ

第六十二條 縱桁ハ成ルヘク厚サ十六分ノ七吋ヨリ大ナル角釘ヲ以テ牀板ノ腹板ニ釘綴スヘシ

第六十三條 橋端ニ於テ縱桁ヲ直接石工上ニ置クトキハ縱桁ノ端ニ近ク對傾綾構ヲ設ケ且ツ橋

桁或ハ受沓ト連結スルヲ可トス

綾 構

第六十四條 縱横及對傾綾構ノ部材ハ剛性ヲ有スルモノタルヘシ

第六十五條 下路構ニ於テ橋門構ハ端柱及上弦材ニ堅固ニ釘綴スルヲ要ス

第六十六條 上路橋ニ於テハ兩端ニ荷重ヲ支點ニ傳達スルニ足ル對傾綾構ヲ設クヘシ

第六十七條 垂直材ヲ有スル構ニハ各格點ニ於テ對傾綾構ヲ設クヘシ

第六十八條 橫綾構ニハ脚ノ幅三吋厚サ八分ノ三吋ヨリ小ナル角釘ヲ使用スヘカラス

第六十九條 高架橋ノ構脚ヲ連結スル最低支材ハ動受沓ヲ摺動スルニ足ル強サヲ有スヘシ

板 桁

第七十條 板桁ニハ反リヲ附セサルコトヲ得

第七十一條 上突縁ノ縁板ノ中一枚ハ桁ノ全長ニ亘ルヲ要ス

第七十二條 補剛材ニハ角釘ヲ使用シ支點荷重ノ集中作用點及次ノ式ニヨリテ求メタル點ニ於テ桁腹ノ兩側ニ釘綴スヘシ但シ補剛材ノ距離ハ一般ニ桁ノ高サヨリ小ニスルヲ可トス

$$d = \frac{t}{40} \left(14,000 - \frac{8.0Q}{t \cdot I} \right)$$

上式ニ於テ

d 補剛材ノ距離(吋)

t 腹板ノ厚サ(吋)

S 最大剪力(封度)

Q 中立線以上ニアル断面ノ中立線ノ周リノ断面能率(吋)

I 中立線ノ周リノ有效断面ノ物量力率(吋)

支點及荷重ノ集中作用點ニ於ケル補剛材ハ第十五條ニ規定スル許容軸應壓力ニヨリテ設計スヘシ但シ該式ニ於ケル *h* 桁ノ高サノ二分ノ一トス而シテ此等ノ補剛材ハ腹板トノ間ニ填隙材ヲ挿入シテ之ヲ釘綴スヘシ其外方ニ突出スル脚ハ少クトモ縁角釘ノ端ニ達スル長サヲ有スルヲ可トス中間補剛材ハ腹板ニ直接若シクハ填隙材ヲ使用シテ釘綴スヘシ其外方ニ突出スル脚ハ桁ノ高サノ三分ノ一ニ二吋ヲ加ヘタルモノヨリ大ナルヲ要ス

第七十三條 下路板桁ニ於テ牀桁ヲ有スル場合ニハ其兩端ト上突縁トヲ隅控ヲ以テ緊結シ牀桁ヲ有セサル場合ニハ十二呎以下ノ間隔ニ隅控ヲ設クヘシ

構

第七十四條 構ノ上弦材ハ其格間若シクハ水平投射ノ長サ十呎ニ付キ八分ノ一時ノ割合ニテ其長サヲ増加シ以テ構ニ反リヲ附スヘシ

第七十五條 腰吊材及之ニ類似ノ部材並ニ鉚結構ニ於ケル兩端ニ格間ノ下弦材等ハ剛性ヲ有スルモノタルヘシ

第七十六條 一部材ヲ構成スル幾多ノ眼鉦ハ其表面ヲシテ互ニ接觸セシムヘカラス總テ眼鉦ハ構ノ軸ニ平行ニ配置シ止ムヲ得サル時ハ十六呎ニ付キ一吋以下ノ傾斜ヲ附スヘシ

第七十七條 矮構ハ釘綴構造タルヲ要ス上弦材ハ函形トシ腹材及下弦材ハ剛性ヲ有スルモノタルヘシ

鋼橋梁材料及製作示方書

(本示方書ハ英文ナレトモ便宜ノ爲メ譯載ス)

明治四十五年五月

第一章 總 則

第一條 本示方書ニ據リ製作スル鋼橋桁ハ附屬圖面ニ相違セサルモノナルヲ要ス

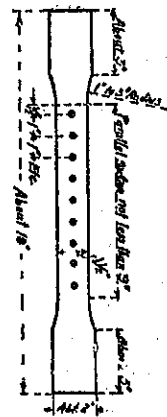
第二條 總テ寸法、斷面積、連結ノ詳細部及形狀ハ圖面ニ據ルヘク監督官ヨリ文書ニヨリテ變更ヲ命セラル、ニアラサレハ之レヲ變更スヘカラス

第三條 請負者ハ組立合符ノ圖面ヲ蠟布ニ淨寫シテ差出スヘシ

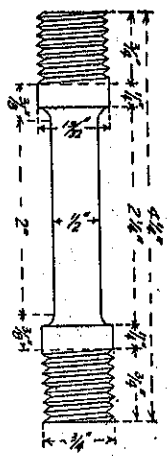
第二章 材 料

第四條 鋼ハしめんす、まるちん式又ハ開爐式ニヨリ製造シタルモノタルヲ要ス

第五條 鋸鋼、型鋼及棒鋼ノ抗強及彎曲試驗材ハ製品ヨリ切り取ルヲ要ス而シテ試驗材ハ兩面ハ輾壓面ノ儘トシ兩側ハ第一圖ニ示ス如キ形狀ニ削リ又ハ兩側面ヲ平行トスヘシ但シ少クモ九吋ノ長サヲ直徑四分ノ三吋ノ圓嚙形ニ削リ兩端ヲ大ニシ置クモ差支ナシ



第一圖



第二圖

第六條 綴釘用鋼ハ製品ノ儘試験ス

第七條 鉋及輓子ノ試験材ハ其中心カ製品ノ表面ヨリ一時ノ距離ニナル様ニ輓壓製品又ハ鍛鍊製品ヨリ切り取ルヘシ

其抗壓試験ニ對スル試験材ハ第二圖ニ示ス形ニ削成シ彎曲試験ニ對スル試験材ハ断面ニ於テ幅一時厚サ二分ノ一時トス

第八條 鑄鋼ニアリテハ試験片ハ各融熔量毎ニ一個以上トシ鑄鋼ノ一部ニ付着セシメテ鑄造セル材片又ハ押シ湯ノ大サ試験片ヲ取ルニ充分ナルトキハ之レヨリ熱セスシテ切り取ルヘシ但シ此材片又ハ押シ湯ハ切り離ス以前ニ鑄物ト共ニ燒戻スヘシ試験片ノ形狀ハ鉋及輓子ニ對スルモノト同様トス

第九條 燒戻シ其他ノ處理ヲナサスシテ用フヘキ材料ハ製品ノ儘ニテ試験スヘシ燒戻シ其他ノ處理ヲナシテ後用フヘキ材料ニ對スル試験片ハ其受クヘキ處理ヲナシタル上ニテ試験スヘシ

第十條 抗張及彎曲試験ハ一融熔量ヨリ輓壓シタルモノニ對シ必ス一回以上之レヲ行フ一融熔量ヨリ輓壓シタル鋼ニシテ其厚サニ於テ八分ノ三吋以上ノ差アルトキハ最モ厚キモノ及ヒ最モ薄キモノニ付試験ヲ行フ

第十一條 試験材ノ折面ハ同一色ニシテ緻密ナル絹狀ヲ呈セサルヘカラス

鑄鋼ハ緻密ナル絹狀折面又ハ緻密ナル粒狀折面ヲ呈スルヲ要ス

第十二條 鋼ハ前記試験材ニテ試験セルトキ其極強一平方吋ニ付六萬乃至七萬封度ニシテ彈性限度ハ極強ノ二分ノ一以上長サ八吋ニ於ケル最小伸長率二十ば一せんとナルヲ要ス

鉚及帳子ニ用フル鋼ハ長サ二吋ニ於ケル最小伸長率二十二ば一せんとトス

第十三條 紹釘用鋼ハ極強一平方吋ニ付五萬乃至六萬封度彈性限度ハ極強ノ二分ノ一以上長サ八吋ニ於ケル最小伸長率二十六ば一せんとナルヲ要ス

第十四條 鑄鋼ハ前記試験材ニテ試験セルトキ其極強一平方吋ニ付六萬五千封度以上彈性限度ハ極強ノ二分ノ一以上長サ二吋ニ於ケル最小伸長率十五ば一せんとナルヲ要ス

第十五條 十六分ノ五吋ヨリ薄キ材料及四分ノ三吋ヨリ厚キ材料ニ於テハ其最小伸長率ヲ下記ノ通り減スルモノトス

(イ) 十六分ノ五吋ヨリ薄キモノニアリテハ厚サ十六分ノ一時薄クナル毎ニ規定最小伸長率ヲ二五ば一せんと減ス

(ロ) 四分ノ三吋ヨリ厚キモノニアリテハ厚サ八分ノ一時厚クナル毎ニ規定最小伸長率ヲ一ば一せんと減ス

第十六條 試験材カ供試長ノ中間三等分部以外ニテ切レタルトキ其伸長率規定ニ合格セサルトキハ再試験ヲ行フコトヲ得

第十七條 彎曲試験ニハ壓窄又ハ打撃ヲ用フ一時ヨリ薄キ鍛鋼型鋼及棒鋼ハ熱セスシテ其材料ノ厚サニ等シキ直徑ヲ有スル鉚ノ周圍ニ百八十度彎曲セシメテ罅裂ヲ生セサルヲ要ス

第十八條 全形ノ儘ナル眼釘及其他ノ材料ニシテ厚サ一時以上ノモノハ製品ノ儘ニテ試験シタルトキ熱セスシテ其材料ノ厚サノ二倍ノ直徑ヲ有スル鉚ノ周圍ニ百八十度彎曲セシメテ罅裂

ヲ生セサルヲ要ス

第十九條 角釘ハ熱セサル状態ニ於テ鑄ヲ以テ打チシトキ皸裂ヲ生セスシテ厚サ四分ノ三吋以下ノモノハ全開シ厚サ二分ノ一以下ノモノハ全閉シ得ルヲ要ス但シ此試験ハ監督官ニ於テ其必要ヲ認メタルトキニ限リ之レヲ施行ス

第二十條 綴釘用鋼ハ切り目ヲ入レテ其釘ト同直徑ヲ有スル釘ノ周圍ニ彎曲シタルトキ徐々ニ折レ其折面ハ緻密ナル絹狀ヲ均等ニ顯スヘキモノトス

第二十一條 鑄鋼ハ試験材ノ厚サノ三倍ニ等シキ内側半徑ヲ有スル曲線ニ沿ヒ九十度彎曲セシメテ皸裂ヲ生セサルヲ要ス

第二十二條 製品ハ有害ナル間層瑕瑾皸裂側面ノ缺陷其他ノ缺點ナク平滑ニシテ均等ニ手際ヨク仕上クルヲ要ス

第二十三條 總テ製品ハ其融溶番號及製造者ノ氏名ヲ刻印又ハ輾壓ニヨリ其面ニ表ハスヘシ

第二十四條 鋼ノ各材片ノ斷面ニ於テ指定ノ寸法ヨリ二五ばトセント以上ノ差違アルトキハ廢却セラルヘキモノトス

第二十五條 鋲鋼ハ其厚サ指定寸法ヨリ〇〇一吋以上薄カラサルトキハ之レヲ採用スヘシ

第三章 特種材料

第二十六條 特ニ鑄鋼又ハ冷剛鋼トスヘキコトヲ指定セサルトキ總テ鑄物ハ靱性アル鼠色ノ鐵ニシテ冷却間層有害ナル氣泡ナク形狀及厚サ正シクシテ手際ヨク仕上ケタルモノタルヘシ此レニ對スル試験材ハ同爐ヨリ取りシ湯ヲ用ヒテ砂型ニテ鑄造セシ斷面一吋平方ノ角棒ヲ用ヒ之レヲ支點間距離ヲ十二吋ニテ試験セルトキ中央ニ於テ二千四百封度ノ荷重ヲ支持シ得ルヲ要ス鑄物ハ鑄ヲ以テ打チタル場合ニ角ニ剝片ヲ生セスシテ凹痕ヲ印スルモノタルヲ要ス

第二十七條 鍊鐵ハ二重帳壓製ニシテ韌性アリ折面纖維狀ヲナシ性質均等ニシテ帳壓ノトキ充分ニ鍛接セラレ表面ニ欠點ナキモノタルヲ要ス第一圖ニ示ス形狀ノ試験片又ハ之レト同シ長サヲ有スル全形ノモノニテ試験シタルトキ抗張極強一平方吋ニ付五萬封度以上長サ八吋ニ於ケル最小伸長率十八ばいせんとニシテ折面全部纖維狀ヲ呈スルヲ要ス試験材ヲ熱セスシテ纖維ノ方向ニ於テ其厚サノ二倍以下ノ直徑ノ鉚ノ周圍ニ百三十五度彎曲セルトキ罅裂ヲ生セサルモノタルヘシ切レ目ヲ付ケテ彎曲セルトキ其斷面ノ九十ばいせんと以上纖維狀ヲ呈スルヲ要ス

第四章 製作

第二十八條 製作及仕上ケハ孰レノ點ニ於テモ極メテ優秀ナルヲ要ス

第二十九條 材料ハ製作ニ着手スル前工場ニ於テ之レヲ害セサル方法ニテ充分齊正スヘシ

第三十條 剪斷ハ正確ニ且手際ヨクナシ製品ノ見エ掛リハ端整ニ仕上クヘシ

第三十一條 圖面ニ示セル綴釘ノ寸法ハ加熱セサル前ノ綴釘ノ寸法ヲ示スモノトス

第三十二條 全部ニ亘リテ鑿擴ヲ要セサル製作品ニ於テハ剪孔器ノ直徑ハ綴釘ノ直徑ヨリ十六分ノ一吋以上大ナルヘカラス又腰臺ノ徑ハ剪孔器ノ徑ヨリモ八分ノ一吋以上大ナルヘカラス

牀飯及之レニ類似ノモノヲ除キ八分ノ五吋以上ノ厚サノ材料ハ先ツ假リニ剪孔シテ之レヲ鑿擴スルカ若シクハ全ク剪孔セスシテ初メヨリ鑿擴スヘシ

第三十三條 總テ剪孔ハ正確ニナスヘク不揃ナル孔ヲ鐵栓ヲ用ヒテ擴孔スヘカラス擴孔セサルハ綴釘ヲ挿入シ得サル場合ニハ之レヲ鑿擴スヘシ綴釘孔不揃ナルトキハ製作品ヲ廢却スルコ

トアルヘシ

第三十四條 鑿擴ヲ要スル製作品ニ於テハ剪孔器ノ徑ハ綴釘ノ徑ヨリ十六分ノ三吋以上小ナラ

サルヘカラス而シテ綴釘孔ヲ綴釘ノ徑ヨリ十六分ノ一吋以上大ナラサル徑ニ鑿擴スルヲ要ス
鑿擴ニハ螺錐ヲ用フヘシ

第三十五條 全部ニ亘リ鑿擴ヲ要スル製作品ニ於テハ一部材ヲ構成スル各材片ヲ組立テ之レヲ
締釘ニテ緊結シタル後鑿擴スヘシ積出シ又ハ取扱ノ便宜上此等ノ材片ヲ取離ス必要アルトキ
ハ鑿擴シタル各材片ニ符合ヲ付シ再ヒ同位置ニ組立テ得ル様ニスヘシ鑿擴シタル材片ハ相互
交換ヲ許サ、ルモノトス

第三十六條 牀板及ヒ之レニ類似ノモノヲ除キ八分ノ五吋以上ノ厚サノ材料ニ於テ剪斷シタル
側又ハ端ハ八分ノ一吋以上削成スヘシ

第三十七條 鑿擴ノ際生スル穿孔層ハ必ス之レヲ除去スヘシ

第三十八條 部材ヲ釘綴スルトキハ豫メ各材片ヲ緊結シ締釘ヲ以テ固ク引キ締メ置クヘシ而シ
テ其接觸面ニハ塗料ヲ施スヲ要ス

第三十九條 綾釘ハ特ニ指定セラレサルトキハ其端ヲ手際ヨク圓形ニスヘシ

第四十條 補剛材ハ桁ノ突縁間ニ手際ヨク適合スルヲ要ス支點上ニ於ケル補剛材ノ端ハ之レヲ
削成シ以テ突縁ト密着セシムルヲ要ス

第四十一條 腹接板及補剛材下ノ填隙材ハ突縁ヨリ八分ノ一吋以上ノ間隙ヲ有セサル様作ルヘ
シ

第四十二條 蓋板ヲ有セサル桁ノ腹板ハ特ニ指定セラレサルトキハ突縁角釘ノ背面ト同高ニス
ルカ又ハ角釘ノ背面ヨリ八分ノ一吋以内高クスヘシ腹板ヲ添接スルトキハ其端ノ間ニ四分ノ
一吋以内ノ隙アルモ蓋支ナシ

第四十三條 牀桁及縦桁ノ連結用角釘ハ其背面一平面ヲナシ其位置及桁ノ長サ正確ナルヲ要ス

此等ノ連結用角釘ノ背面ヲ削成スルヲ要スルトキ又ハ釘綴シタル後削成スルノ止ムナキニ至リシトキ其厚サニ於テ十六分ノ一吋以上削リ取りシトキハ之レヲ廢却スヘシ

第四十四條 綴釘ハ止ムヲ得サル場合ノ外壓力器ヲ用ヒテ釘綴スヘシ而シテ手打チヨリハ壓窄空氣鉋ヲ用フルヲ可トス

第四十五條 綴釘ハ外觀醜カラス其頭ヲ指定ノ寸法ニ充分ニ且等大ニ仕上クルヲ要ス綴釘頭ハ其釘ノ中心上ニアリテ結合スヘキ材片ヲ緊結スルヲ要ス二度締メ又ハこゝきんぐヲ許サス締マラサルモノ燒キ過キタルモノ其他缺點アル綴釘ハ之レヲ切り取り新ラシキ綴釘ヲ打チ直スヘシ綴釘ヲ切り取ルニ際シテハ附近ニ損傷ヲ與ヘサル様充分注意スヘク必要ノ場合ニハ鑿ヲ用ヒテ之レヲ除去スヘシ

第四十六條 綴釘ノ代リニ締釘ヲ用ヒテ剪力ニ堪ヘシムル場合ニハ孔ヲ平行ニ鑿孔シ締釘ハ打チ込マサレハ挿入シ得サル程度ノ大サニ削成スヘシなとノ下ニハ厚サ四分ノ一吋以上ノ座鐵ヲ用フヘシ

第四十七條 一部材ヲ構成スル材片ハ皆眞直ニシテ互ニ密着シ出來上レル部材ニ轉扭彎曲又ハ間隙ナキ様仕上クヘシ

第四十八條 腹頭接合ノ場所ハ正確ニ眞直ニ仕上ケ互ニ密着セシムヘシ特ニ見得掛リノ處ハ注意スルヲ要ス抗壓部材ノ接合面ニシテ之レニヨリテ應力ヲ傳フル處ニ於テハ橋桁ヲ全部釘綴シ各部材ヲ正シキ位置ニ置キシトキ其全面均等ニ密接スル様充分ニ仕上クルヲ要ス

第四十九條 牀桁及縱桁ノ連結ニ對スル綴釘孔ハ第三十四條ノ通り先ツ假ニ剪孔シテ後充分ナル厚サヲ有スル型鋲ニヨリ鑿擴スヘシ必要ノ場合ニハ對風構及對傾構ノ外總テノ現場綴釘ノ部ヲ工場ニテ組立テ不揃ナル孔ハ之レヲ鑿擴スヘシ而シテ斯ク鑿擴セルトキハ此等ノ材片ニ

ハ之レヲ取り放ス前ニ合符ヲ付スヘシ

第五十條 眼鉦ハ眞直ニシテ寸法正確轉扭ナク頸部及頭部ニ褶ナク且其他ノ缺點ナキモノタルヲ要ス頭部ハ之レヲ壓縮輓壓又ハ鍛造スヘク決シテ鍛接スヘカラス頭部ノ形狀ハ監督官ノ許可ヲ受ケタル眼鉦製作工場ノ型ニヨルヘシ但シ製作者ハ抗張試驗ニ於テ眼鉦ハ軀體ニ於テ切斷スヘキコト折面ノ絹狀ヲナスヘキコト折斷箇所ヲ含メル十呎ノ長サニ於テ其伸長率十五バ

ーせんと以上ナルヘキコトヲ保證スルヲ要ス
頸部及頭部ノ厚サハ指定ノ寸法ヨリ十六分ノ一吋以上差違アルヘカラス

第五十一條 各眼鉦ハ鉋孔ヲ穿ツ前ニ適當ニ燒戻シ且注意シテ眞直ニスルヲ要ス鉋孔ハ眼鉦ノ中心線上ニアリ且頭部ノ中心ニアルヲ要ス同長ヲ有スル眼鉦ヲ重ネ合セシトキ其兩端ノ鉋孔ニ同時ニ鉋孔ヨリ徑ニ於テ三十二分ノ一吋小ナル鉋孔ヲ無理ナシニ通シ得ル程度ニ鉋孔ヲ穿ツヲ要ス

第五十二條 鉋孔ハ圖面ノ寸法ニ從ヒ正確ニ之レヲ穿テ平滑且眞直ナルヲ要シ特ニ指定セラレサルトキハ部材ノ軸ニ直角ニシテ且互ニ平行ナルヘシ而シテ鉋孔ヲ穿ツハ必ス部材ノ釘綴ヲ終リシ後ニスヘシ

第五十三條 鉋孔ノ中心間距離ハ三十二分ノ一吋以上誤差アルヘカラス其直徑ハ鉋ノ直徑ヨリ五吋以下ノ鉋ニ於テハ五十分ノ一吋五吋以上ノ鉋ニ於テハ三十二分ノ一吋以上大ナルヘカラス

第五十四條 鉋及輓子ハ圖面寸法ニ從ヒ正確ニ削成シ眞直平滑ニシテ無瑕ナルヲ要ス

第五十五條 螺絲ハなつとニ密着スルモノトシ鐵道院定規ニ依ルモノトス但シ一吋八分ノ三以上ノ直徑ノモノニ對シテハ一吋ニ付キ六螺絲トス

第五十六條 重要ナラサル部分ニアルモノヲ除キ其一部ニ加熱シタル鋼ハ之ヲ適當ニ燒キ戻スヲ要ス

第五十七條 鑄鋼ハ總テ之ヲ燒戻スヘシ

第五十八條 特ニ許可ヲ受クルニ非サレハ鋼ハ鍛接スヘカラス

第五十九條 橋桁ノ伸縮ニ備フヘキ牀飯ハ之ヲ平滑ニ削ルヘシ桁枕ニ鑄物ヲ用フルトキハ上下兩面ヲ削ルヘシ但シ削リ目ハ伸縮ノ方向ニ一致スルヲ要ス

第五章 塗 工

第六十條 工場ヨリ積出ス前製作品全部ニ亘リ浮錆皮錆等ヲ充分ニ落シ上等油塗料ニ回塗トスヘシ但シ下塗ハ光明丹ヲ用ヒ上塗ハ酸化鐵塗料ヲ使用スヘキモノトス

第六十一條 釘綴シアル部分ニアリテハ相接スヘキ面ハ釘綴スルニ先チ塗料ヲ施スヘシ

第六十二條 塗料ハ表面全ク乾燥シタル後ニアラサレハ之ヲ施スヘカラス又覆ヲナスニ非サレハ濕氣アルトキ又ハ氷結時ニ塗料ヲ施スヘカラス

第六十三條 機械仕上ケヲナシタル表面ハ白べんき及脂肪ヲ塗抹シタル後ニアラサレハ積ミ出シ又ハ戶外ニ取り出スヘカラス

第六章 檢 査

第六十四條 請負者ハ材料及製作品ノ檢査ニ關シテハ充分便宜ヲ計ルヘシ鋼ノ性質ヲ定ムルニ要スル各種ノ鋼ノ試験材ヲ製作シ之レヲ無償ヲ以テ提供スヘシ

第六十五條 請負者ハ材料ヲ製造スル工場ニ於テ上記試験材ヲ試験スルニ足ルヘキ試験機ヲ無償ヲ以テ使用セシムヘシ

第六十六條 監督官ニシテ必要ト認メタルトキハ製作品ノ一部ヲ全形ノ儘試験スルコトアルヘ

シ此場合ニ之ヲ破壊シ了リタルトキ其結果良好ナルトキニ限り其部ニ對スル價格ヨリ層鋼ノ價格ヲ減シタルモノヲ支拂フヘシ然レトモ不合格ニ終リタルトキハ廢却品ト見做シテ代價ヲ支拂ハサルモノトス

第七章 組立用品

第六十七條 總テ鉋ニハ各橋桁ノ各種鉋毎ニ導子及打込ミなツと二組宛ヲ附スヘシ

第六十八條 現場用綴釘及締釘ハ綴釘ニアリテハ所要數ノ二割五分増締釘なツと座鐵ニ於テハ

五分割増シノ員數ヲ各種類毎ニ提供スヘシ

第八章 積出シ

第六十九條 積出シ毎ニ完全ナル送り狀ヲ提出スヘシ

第七十條 桁ノ組立ニ便ニスル爲メ各部材ニ其位置ヲ示スニ足ルヘキ合符ヲ文字及數字ニテ付

スヘシ此合符ハ塗料ニテ書クモ又刻印トスルモ可ナリ又各部材ニ H.P.J. ナル符合ヲ付スヘシ

第七十一條 締釘なツと鎖錠釘ヲ含ム綴釘其他小ナル材料ハ之ヲ帶鐵締メノ丈夫ナル箱ニ入レテ送り出スヘシ各箱上ニハ適當ナル文字又ハ數字ヲ用ヒ内容ヲ明記スヘシ

第九章 橋名飯

第七十二條 別圖ニ示ス如キ橋名飯ヲ各橋桁毎ニ堅固ニ取り附クヘシ(別圖略ス)

第三章 精密 (Precision) ノ限度

橋梁示方書ヲ制定スルニ當リ第一ノ先決問題ハ精密ノ限度ヲ確定スルニアリトス材料ノ強度及計算ノ方法ニ關シ如何ニ精密ナル規定ヲ設クルモ全般ヲ通シテノ精密ノ限度以外ノモノハ無用ノ勞ト云ハサルヘカラス殊ニ材料ニ於テハ其公差及強度ニ必要以上嚴密ナル規定ヲ設クルトキハ從テ其價格ヲ高ムルノ結果トナルヘク斯クシテ無用ノ失費ニ陥ルヲ免レサルモノトス

1224

精密ノ度ヲ限度スルモノハ種々アルモ其重ナルモノヲ舉クレハ次ノ如シ

一 假定ト實際ノモノト差アルコト

橋梁ノ應力ヲ計算スルニ用フル集荷重 (Concentrated Load system) ハ橋梁上ニ來ルヘキ最大荷重ヲ代表スヘキモノナレトモ實際橋梁上ニ來ル機關車ニシテ之レト全ク同様ノ應力ヲ生スルモノハナカルヘシ殊ニ各機關車ニ特有ナル彎曲率曲線 (Moment curve) 等ニ於ケル不規則ナル點ニ於テハ其差異著シキモノアルヘシ又其荷重ノ分布ノ狀態モ枕木ノ強度位置等ニヨリ假定ト多少ノ差アルヲ免レス故ニ假定ノ機關車形式ヲ用ヒテ極メテ精密ナル計算ヲナスハ實際ニ用フル機關車ヨリ生スル應力ヲ定メントスル目的ニ對シテハ全ク無意味ナリ

其他應力ノ計算ニ於テ吾人カ假定スル處ノモノハ殆ト全部實際ノ狀態ト異ルコト緒論ニ其數例ヲ述ヘシカ如シ殊ニ綴釘ノ強度ニ至リテハ時トシテ二倍ニ達スル差異アルヘシ此點ヨリ考フルモ橋梁ノ應力計算ニ當リテ極メテ精細ナル數字ヲ用フルノ妥當ニ非サルヲ知ルナリ

二 精密ナル計算不可能ナルモノ甚カラス

其極端ノ例トシテハ擊衝ナリ種々ノ擊衝公式ハ實驗ニヨリテ得タル擊衝ノ價値ヲ包含スル様定メタルモノニシテ何等嚴密ナル計算ニ依リテ得タルモノニアラス而シテ其實際ニ生スル擊衝タルヤ軌道ノ狀態ニヨリテ非常ナル差異ヲ生ス故ニ擊衝係數ノ如キヲ精算スルハ全ク無意味ナリトス

副應力 (Secondary stress) ノ計算モ今日ニ於テハ學理大ニ進歩シ煩勞ヲ厭ハサレハ或程度迄精密ナル應力ヲ算出スルニ至リシモ普通ノ計算ニ於テハ其複雜ナルヲ以テ廣ク用ヒラレス一般ニ副應力ニ對シテ一定ノ割増シヲナスノ習慣アリ而シテ此場合ニ於テハ連結部 (Joint) ノ構造等ニ何等ノ區別ヲナサルヲ以テ其實際トノ差異ハ如何程ナルヤ知ルヘカラス

三 材料ノ強度及寸法精確ナラス

材料ノ強度及寸法ノ公差ハ示方書ノ規定ニヨリ之レヲ制限シ得ヘキモ公差小ナル程其價格高キヲ免レヌ故ニ米國等ニ於テハ一般ニ材料ノ強度ニ於テ一平方吋ニ付五千封度其寸法ニ於テ指定斷面積ト百分ノ二半迄ノ差ヲ許容ス故ニ使用材料ニ於ケル精確ノ限度ハ $2\frac{1}{2}\%$ 乃至 3% ナリト云フヲ得ヘシ然レトモ之レハ完全ナル材料ノ極強度 (Ultimate strength) ニ就テ云ヒシ處ニシテ材料ヲ製造中ノ瑕疵アリ又製造後錆蝕ノ爲メニ其強度ヲ減セラル、事等ヲ考フレハ上記以上ノ差アル程ノト考ヘサルヲ得ス其強度ニ於テモ稍長大ナル抗壓材ハ試験片ト著シク異レル極強度ヲ有シ其度各構造ヲ異ニスル柱ニ於テ相同シカラス此等ニ對シテ一樣ナル許容應力ヲ用ヒテ設計スルニ於テハ其精確ノ限度モ知ルヘキノミ

本邦ニ於テ製造スル橋桁ニ對シテハ特ニ材料ノ點ニ注意スルヲ要ス之レ本邦ニ於テハ鋼ハ重ニ八幡製鐵所ヨリ供給セラル而シテ製鐵所ニ於ケル公差ハ米國等ノ規定ニ比シ著シク大ナレハナリ今回製鐵會議ニ於テ決定セラレタルモノモ概シテ製鐵所現行規定ニ據リシモノ、如ク其公差橋梁等ニ對シテハ過大ナルノ感ナキ能ハス而シテ公差ヲ小ニシテ材料ノ節約ヲナスト之レヲ緩ニシテ材料ノ價格ヲ廉ナラシムルト孰レ因果シテ有利ナルカハ大ニ研究ヲ要スル所ナリ

四 製作ニ誤差アルヲ

製作ニ於テモ職工ノ熟練ト器械ノ精巧トハ昔日ノ比ニアラサルヲ以テ正確ノ度モ從テ増加シタリト雖モ尙或程度ノ誤差アルヲ免レヌ例ヘハ鉸孔ノ如キモ無孔鑿穿 (Solid drilling) ニヨリシモノ、外ハ極メテ正確ナリト云フヲ得ス而シテ綴釘ト孔ノ側壁トノ間ニ二千分ノ一吋以上ノ間隙アルトキハ應力ハ傳ヘラレサルヲ以テ抗壓材ノ總斷面積 (Gross section) ヲ用ヒテ計算セル應力ハ鉸孔ヲ引キ去ラサル丈ケノ誤差ヲ生ス支柱端ノ支壓面等ニ於テモ然リ削成 (Planing) ニ際シ極メテ小ナ

ル不完全ノ部アルトキハ其支壓應力ニ大ナル變化ヲ生スヘシ又構ノ上弦ニ於ケル衝頭接合ニ於テモ上記綴釘ノ場合ノ如ク極小ナル間隙アルトキハ應力ヲ傳ヘサルニ至ルヘキモノニシテ實際ハ普通示方書ニ於テ規定セラル、如キ衝頭接合ナルモノハ製作シ難キモノトス

五 安全率 (Factor of safety)

上記ノ諸誤差以外ニ著シク精密ノ限度ニ影響スルモノハ普通橋梁設計ニ於テ用ヒラル、安全率ナリトス充分ナル假定ヲ用ヒ精細ナル計算ヲナシテ應力カ之レ以上超過スル虞ナキ限度ヲ算出シ得ルモノナラハ安全率ヲ用フルノ要ナカルヘシ故ニ安全率ナルモノハ吾人カ容易ニ計算シ得ル應力以外ニ不明ナルカ又非常ニ複雑ナル計算ヲ要スルモノ全部ヲ包含スルモノニシテ古人カFactor of Ignoranceト名ツケタルハ洵ニ其當ヲ得タルモノト云フヘシ而シテ學理ノ研究進歩スルニ從ヒ此安全率モ漸次減小シ且其精密ノ度増加スヘキハ明ナル理ナレトモ安全率ナルモノ、多少ニテモ存スル限リハ全然精確ナル數ニアラサルヤ勿論ナリトス

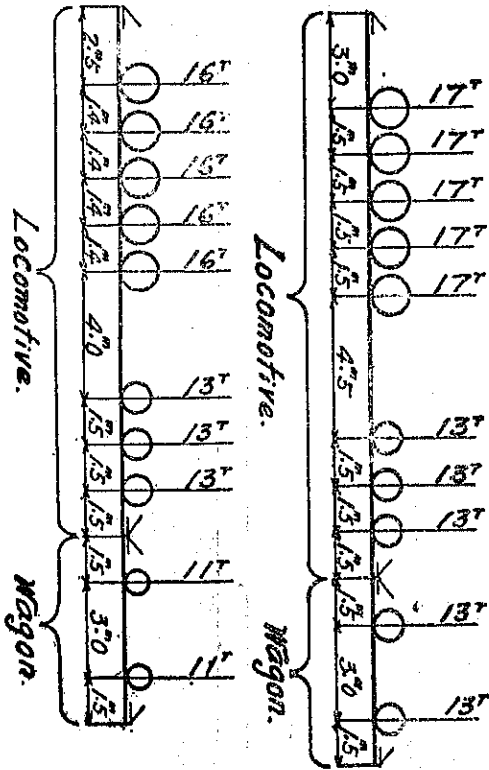
以上列記シタルハ其主要ナルモノナレトモ此他ニモ精密ノ度ニ影響スルモノ多カルヘシ之レヲ要スルニ橋梁計算ニ於ケル精密ノ限度ハ漠トシテ知ルヘカラス故ニ極メテ正確ナル計算ノ無用ナルハ之レヲ知ルニ難カラス其如何ナル程度ニナスヲ適當トスルカニ就テハ種々ノ說アルヘキモ先ツ材料ノ強度及寸法ヨリ見ルモ3%以上ノ精確ハ無用ノ勞ナルヲ見ルヘシ由是觀之應力計算ニ於テ往々用ヒラル、上位ヨリ三桁ノ數字 (Three significant figures) ヲ採用スルノ方法ハ其ノ精密ノ度ニ於テ充分ナルモノト云フヘシ

第四章 活荷重 (Live load)

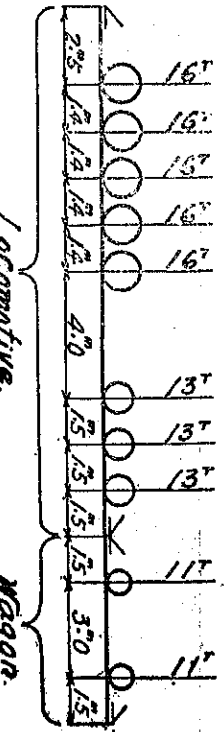
橋梁上ニ於ケル機關車及列車ノ輪重カ作用スル状態ハ軌條ノ剛性及枕木ノ彈性ノ爲メ多少分布セラルト雖モ應力ノ計算ニ當リテハ之レヲ集荷重ト假定シテ大差ナク又差アルモ安全側ナリ

1889年 Theodore Cooper カ American Society of Civil Engineers ニ提出セシ “American Railroad Bridges” ニ記ス處ニヨレハ米國ニ於テモ初期ニ於テハ鐵道橋ヲ設計スルニ每呎一噸(最初ハ2,000 封度後ニハ2,240 封度)ヲ用ヒ 1860 年以後ニ至ル迄モ之レヲ普通ノ習慣トセリ 1870 年以後ニ至リテハ主構ニ用フル等布荷重ヨリモ牀構ニ用フル等布荷重ヲ大ニ取ル様ニ成リ 1876 年 Bouscaren ノ作リシ Ohio River Bridge ノ示方書ニ於テ初メテ機關車形式ヲ活荷重トシテ用フヘキコトヲ指定セリト云フ 1891 年 Waddell カ Am. Soc. C.E. ニ提出セシ論文ニハ Compromised standard system ヲ用フルノ利アルヲ極力主張セシモ終ニ一般ニ行ハル、ニ及ハヌ今日ニ於テハ殆ト皆 Cooper's series ヲ Live load トシテ用フ歐洲諸國ニ於テモ示方書ニ指定スル荷重ハ皆 Cooper's series ニ略似タル集荷重形式ニシテ其一般ヲ示セハ次圖ノ如シ

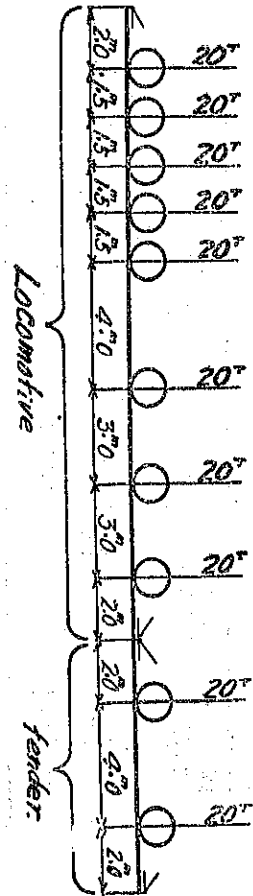
1) Preussischen Staatsbahnen



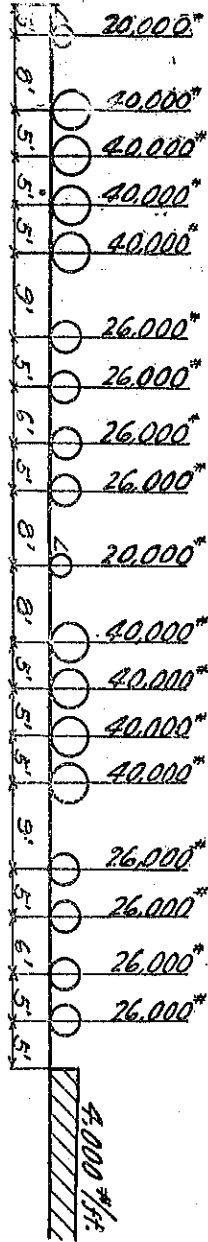
2) Austria



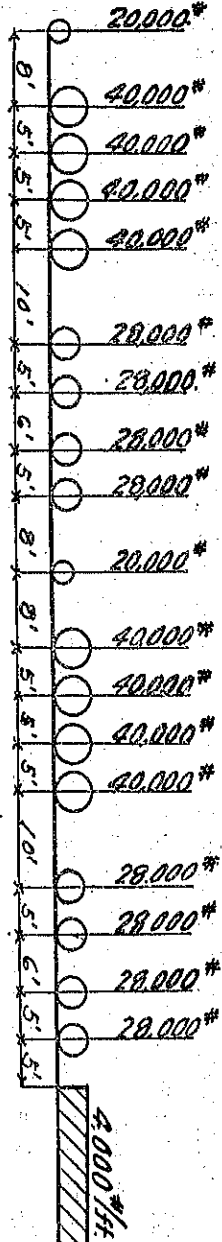
3) France



4) Theodore Cooper (E 40)



5) Dr. J. A. L. Waddell (Class 40)



1891年 Waddell 博士カ前記論文ヲ提出セシ頃ニハ荷重形式一定セス各鐵道會社ニ於テ各別ノ荷重ヲ用ヒ爲メニ橋梁設計及製作者ニ於テハ其計算ノ煩ニ堪ヘサリシ爲メ所謂 Compromised stan-

yard system ヲ案出シタルモノナレトモ今日ニ於テハ殆ト一般ニ Cooper's series 用ヒラルヲ以テ米國ニ於ケル荷重形式ハ先ツ統一セラレタルモノト考ヘテ差支ナシ Waddell 博士モ最近ノ著書 "Bridge Engineering" ニ於テハ Cooper's series ニ極似セル荷重ヲ用ヒタリ而シテ Cooper's series 中如何ナル重量ノモノヲ用フヘキカ又果シテ Cooper's series カ最モ適當ナルヤ否ヤノ論ニ至テハ異議甚タ多ク殊ニ今日ノ如ク Mallet 型ノ機關車多ク用ヒラレ又將來ニ於テハ炭水車 (Tender) ニ働輪 (Driving wheel) ヲ附スルノ傾向アルニ於テハ其輪荷重配列ハ早晚一大變革ヲ要スヘキヤ豫想スルニ難カラス又之レヲ本邦鐵道ニ應用スルニ於テハ機關車ト列車トノ重量ノ關係モ大ニ問題ナルヘキモ茲ニハ敢テ之レヲ詳論セス

集荷重形式ハ斯ク廣ク行ハルレトモ之レニ對スル反對論モ亦尠カラス其理由ハ第一ニ此等假定ノ荷重形式カ實際ノ車輪配列ノ狀態ヲ代表セサルコト第二ニ集荷重形式ヲ用フルトキハ計算ニ非常ニ手數ヲ要スルコト之レナリ

第一ノ難點タル指定セラレタル機關車形式カ實際ノ機關車及列車ノ輪重ノ作用ヲ代表セサルコトハ誰人モ否定シ得サル所ナリ機關車ノ橋梁ニ對スル影響ハ其全重量ノミニヨルモノニアラス機關車重量ノ輪上ニ分布スル狀態及ヒ輪軸ノ距離ニヨリテ甚タシク異リ重量小ナル機關車ニシテ其輪軸距小ナル爲メ重量大ナル機關車ヨリモ却テ大ナル應力ヲ橋梁ニ起スモノ少カラス又或ル一定ノ輪荷重ヲ用ヒテ彎力率又ハ剪力圖表ヲ畫クトキハ或ル徑間ニ對シテハ甚タシク不規則ナル曲線トナルコトアリ之レ該車輪形式ニ對シテ特殊ノ曲線ニシテ他ノ異レル輪軸距ヲ有スル車輪形式ニ在テハ之レト異ル特殊ノ曲線ヲ有スルヤ明カナリ第一圖ノ彎曲率曲線 (Bending moment curve) ニ於ケル凹所ハ Cooper's series ニ特殊ナルモノニシテ輪軸距ヲ變スレハ其形狀及大小ヲ變スヘキハ想像スルニ難カラス故ニ例ヘハ飯桁ニ於テ此凹所ヲ有スル曲線ニ適合スル樣蓋飯ノ長サ

ヲ定ムルトキハ之レヨリ小ナル機關車ニシテ他ノ形狀ノ彎曲率曲線ヲ有スルモノニ對シ強度不足ノモノトナルノ虞アリ此缺點ハ集荷重ヲ用フルカ爲メニ生スルモノニシテ等布荷重ヲ用フレハ此憂ナシ然レトモ適當ナル等布荷重ニシテ實際ノ機關車輪重ヲ代表スヘキモノヲ見出スハ至難ノ業ニシテ從來種々ノ考案アレトモ其利點ト共ニ缺點ヲ伴フヲ免レス

Waddell博士ノ當荷重ハ甚タ簡單ニシテ計算ノ勞ヲ省クニハ大ニ利アルヘシ然レトモ一定ノ徑間ニ於ケル各點ニ對シ一定ノ當等布荷重ヲ用フルヲ以テ甚タ精確ナリト云フヲ得ス例ヘハ鉸桁ニ對シテハ其最大彎曲率ニ對スル當荷重ヲ全徑間ニ亘リテ用フル故ニ中間諸點ニ於テハ過小ナル彎曲率ヲ得此缺點ハ博士ノ新著 "Bridge Engineering" ニ示サレタル方法ニヨリ Cover plate ノ長サヲ幾分長ク撰定スレハ補ヒ得ヘシト雖モ之レ甚タ合理的ナラス殊ニ構桁ニ於テハ四分點 (Quarter points) ニ於ケル彎曲率ニ對スル當等布荷重ヲ用フルヲ以テ中央ニ近キ諸點ニ於テハ過大ノ應力ヲ得爲メニ不要ノ材料ヲ用フルノ虞ナシトセス元來集荷重ト等布荷重トハ其彎曲率曲線ノ性質著シク異ナリ Cooper's E40 ニ對スル當等布荷重ヲ圖示スレハ第二圖ノ如キ甚タ不規則ナル曲線トナル之レヲ簡單ナル等布荷重ニ對スル彎曲率曲線ヲ以テ代用セントスレハ甚タシキ無理ヲ生スヘキハ明ナル所ナリトス

Cooper's series ニ對スル精確ナル當等布荷重圖表第二圖ヲ作リテ應力ヲ計算スルノ便ニセント提議セルモノモ之レアリ之レ甚タ合理的ナレトモ其當等布荷重ヲ作ルノ手數ハ多大ニシテ集荷重トシテ計算スルノ勞ニ劣ラス

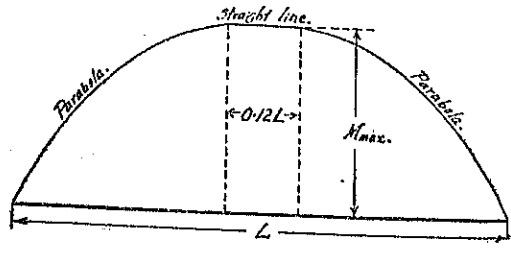
獨逸ノ仕方書ニ於テハ一定ノ徑間ノ最大彎曲率及剪力ヲ計算スルニハ集荷重形式ヲ用ヒ一徑間中ノ各點ニ於ケル彎曲率ニ對シテハ等布荷重ヨリ生スヘキ拋物線ヲ用フ而シテ各種徑間ニ於ケル最大彎曲率及最大剪力ニ對シテハ主要ノ數ヲ表ニテ示シ其中間數ヲ Interpolation ニテ算ス即チ

次表ノ如シ

L	m.	M. max. ml.	$\frac{\Delta M. max.}{\Delta L}$		L	m.	M. max. ml.	$\frac{\Delta M. max.}{\Delta L}$		L	m.	M. max. ml.	$\frac{\Delta M. max.}{\Delta L}$	
			t.	t.				t.	t.					
1.0	15	5.00	5.00	26.1	60	2.900	81.5							
1.2	16	6.00	5.00	27.8	62	3.063	84.5							
1.4	17	7.00	5.00	29.2	64	3.232	85.0							
1.6	18	8.00	5.00	32.8	66	3.402	86.5							
1.8	19	9.00	5.00	34.2	68	3.575	88.0							
2.0	22	10.00	5.00	37.5	70	3.751	88.0							
2.2	22	11.00	5.00	40.8	72	3.927	88.0							
2.4	24	12.00	5.00	40.8	74	4.109	91.0							
2.6	26	13.16	5.80	40.8	76	4.295	93.0							
2.8	28	15.01	9.25	48.1	78	4.484	94.5							
3.0	30	16.88	9.30	52.1	80	4.674	95.0							
3.2	32	18.76	9.40	53.5	82	4.868	97.0							
3.5	34	21.61	9.50	55.4	84	5.063	97.5							
4.0	36	28.50	13.8	57.5	86	5.263	100							
4.5	38	35.63	14.2	60.5	88	5.464	101							
5.0	40	42.75	14.2	65.0	90	5.669	103							
6	42	57.00	14.3	68.0	92	5.876	104							
7	44	73.45	16.4	68.5	94	6.089	107							
8	46	93.50	20.1	71.5	96	6.303	107							
9	48	114.7	21.2	72.0	98	6.520	109							
			21.2	73.5	93		110							

1231

1232



$$M_{max} = aL + bL - c$$

L	M _{max.} mt.	$\frac{\Delta M_{max.}}{\Delta L}$ t.	L	M _{max.} mt.	$\frac{\Delta M_{max.}}{\Delta L}$ t.	L	M _{max.} mt.	$\frac{\Delta M_{max.}}{\Delta L}$ t.
15	243.9	22.9	60	2,900	81.5	150	13,510	155
14	221.0	21.3	58	2,737	80.0	140	11,965	144
13	199.7	21.3	56	2,577	77.0	130	10,520	134
12	178.4	21.3	54	2,423	75.0	120	9,176	126
11	157.1	21.3	52	2,273	75.0	110	7,918	118
10	135.9	21.3	50	2,123	75.0	100	6,740	118

而シテ一徑間中ニ於ケル彎曲率ノ變化ハ中央ニ0.12Lナル長サノ直線ヲ有スル Parabola トシテ計算ス即チ上圖ノ如シ

剪力ニ對シテハ集荷重形ノ輪重ノ位置ノ關係上如何ナル點ニ於テモ第一輪カ其點上ニ在ル時最大トナルヲ以テ其計算甚タ簡單ナリ

此方法ハ頗ル簡單ニシテ且集荷重ニテ計算セシモノト近似セル結果ヲ得ルヲ以テ試ミニ Cooper's E40 ニ對シ同様ノ方法ヲ試ミ且最大彎曲率ノ曲線ヲモ公式ヲ以テ表ハサント試ミタルニ次ノ如キ結果ヲ得タリ

M_{max}ヲ E40 ニ對スル絶對最大彎曲率(單位千呎封度)ノ徑間(呎)トスレハ
M_{max}ハ次ノ三式ヲ以テ表ハシ得

- 1) 徑間 30 呎以下
 $M_{max} = aL - b$
- 2) 徑間 30 呎以上 220 呎以下

3) 徑間 220 呎以上

$$M_{max} = \left(\frac{l}{2} - \frac{1,900}{l} \right)^2 + 3,800$$

上式ニ於テ a b c ノ値ハ

徑間(呎)	a	b	c
0—11	4.75	0	—
11—19	12.4	8.25	—
19—30	16.3	15.6	—
30—60	0.252	6.96	26
60—105	0.247	8.57	104
105—150	0.22	22.2	1,218
150—220	0.18	33.26	1,977

此曲線ハ E 60 ノ曲線ニ極メテ近似セルモノナルヲ以テ之レヲ計算ニ用フレハ時トシテ便ナルコトアルヘシ

長大ナル徑間ニ於テハ集荷重ノ影響モ等布荷重ト相似タレトモ短小ナル徑間ニ於テハ集荷重ノ特色著シク表ハレ一定ノ式ヲ以テ代表セシムルコト頗ル困難ナルヲ感シタリ此等ノ徑間ニ於ケル差異ヲ顧慮セサレハ最大彎曲率ニ對スル曲線ハ尙簡單ニシ得ヘキモ短徑間ニ於テ大ナル誤差アルモノハ實用上不可ナルハ論ナカルヘシ

一徑間内ニ於ケル彎曲率ノ變化ハ橋桁ノ重量ニ影響スルコト最大彎曲率ノ如ク大ナラス故ニ適當ノ拋物線ヲ以テ之レヲ表ハスハ大ナル利アルヘシ要スルニ前記獨逸式ノ表ハシ方ハ頗ル簡單

ナレトモ之レト同時ニ其正確ノ度著シク低ク、且單桁以外ノ特種ノ橋桁ノ計算ニ利用シ能ハサルノ不利アリ

集荷重形式ハ上記ノ如キ缺點アリト雖モ適當ナル方法ヲ用フレハ計算ニ手數ヲ要スルコトハ之レヲ除去スルヲ得ヘク今日ノ程度ニ於テハ依然トシテ橋梁示方書ニ於ケル荷重トシテ最良ノモノナルカ如シ目下鐵道院設計課ニ於テ計算ニ用フルハ次ノ如キ方法ニシテ頗ル簡單ニ彎曲率ヲ算出シ得

集荷重ノ計算ニ於テ最モ手數ヲ要スルハ最大彎曲率又ハ剪力ヲ生スヘキ輪重ノ位置ヲ見出ストニアリ其條件ハ普通ノ力學ノ法則ニヨリ極メテ簡單ナル式ニテ表ハシ得レトモ徑間稍大ナル桁ニアリテハ此條件ヲ満足スヘキ車輪ノ位置多數アル故一々之レヲ計算シテ其最モ大ナルモノヲ定メサルヘカラス熟練セルモノハ略孰レカ大ナルカヲ豫想シ得ト雖モ尙一點ニ付二三ノ試算ヲ行フヲ免レス第三圖ハ此煩ヲ避ケンカ爲メニ作製セシ圖表(Chart)ニシテ最下部横線上ニ徑間(尺)ヲ取リ其該當スル徑間ノ縱線上ニ橋端ヨリ求ムル點迄ノ距離ヲ取レハ一目シテ最大彎曲率ノ時ニ其點ニ來ルヘキ車輪ヲ知ルヲ得而シテ此圖表ハ單桁ニ適スル様作リシモノナルモ單桁ト類似ナル影響線(Influence Lines)ヲ有スル彎曲率剪力又ハ應力ノ計算ニ廣ク應用シ得ヘシ即チ牀桁ニ於テ縱桁ヨリ來ル反力ハ其影響線ノ形狀兩側ノ縱桁ノ全長ヲ徑間トセル桁ノ其點ニ於ケル彎曲率ノ影響線ト類似ナル故此圖表ヲ利用シテ最大反力ノ時ノ車輪ノ位置ヲ決定シ得構桁ノ格點ニ於ケル彎曲率及剪力モ亦同理ニヨリテ此圖表ヨリ最大彎曲率ノ條件ヲ知り得ヘシ

此 Chart ヲ作ルハ餘程面倒ナレトモ當等布荷重ノ圖表ヲ作ルニ比スレハ稍容易ナリ故ニ當等布荷重ノ圖表ヲ用ヒテ不精確ナル應力ヲ得ンヨリハ寧ロ此方法ヲ用ヒテ精密ナルモノヲ算出スルヲ得策トスヘシ

最大彎曲率又ハ剪力ヲ生スヘキ車輪荷重ノ位置ヲ知レハ彎曲率又ハ剪力ヲ計算スルハ簡單ナリ殊ニ第四圖ニ示ス如キ圖表ヲ用フレハ等布荷重ノ計算ト何等差ナキ迄簡便ニ之レヲ計算シ得第 四圖ノ彎曲率圖表ハ在來アリシモノニ改良ヲ加ヘシモノニシテ各車輪荷重下ノ縱線中ノ太キ線ノ處ヨリ出發スレハ左右軌レノ方向ニモ一見シテ彎曲率ヲ見出し得

第五章 擊衝 (Impact)

鐵道橋上ニ於ケル列車荷重ハ擊衝ノ爲メニ靜力學的荷重 (Statically applied load) ヨリモ著シク大ナル應力ヲ橋桁ニ生スルコトハ既知ノ事實ニシテ此影響ニ對應センカ爲メニ二種ノ方法用ヒラレ其一ハ許容應力ヲ小ニスルコトニシテ其二ハ擊衝係數ヲ乘シテ生セル應力ヲ増大セシムルコト之レナリ

英國及獨逸ニ於テハ古來ノ習慣ニ從ヒ第一ノ方法ヲ用フ而シテ擊衝ハ徑間ニヨリテ其影響ヲ異ニスルモノナレハ從テ各徑間ニ對シテ異レル許容應力ヲ與ヘサルヘカラス其例ヲ舉クレハ英國ノ示方書ニ於テハ

For main girders, cross girders and rail bearers of plate construction.

Under 20 ft. span	$4\frac{1}{2}$ tons per sq. in.
20 ft.—25 ft.	$4\frac{3}{4}$
25 ft.—30 ft.	5
30 ft.—50 ft.	$5\frac{1}{4}$
50 ft.—80 ft.	$5\frac{1}{2}$

1236

For truss and lattice girders

80 ft.—160 ft. span

Bottom chords

$5\frac{1}{2}$ tons per sq. in.

Diagonal

$4\frac{1}{2}$ to $5\frac{1}{2}$

160 ft.—200 ft. ”

Bottom chords

$5\frac{3}{4}$

Diagonal

$4\frac{1}{2}$ to $5\frac{3}{4}$

200 ft.—400 ft. ”

Bottom chords

6 to 7

Diagonals

$4\frac{1}{2}$ to 7

All spans

For wind-bracing

$8\frac{1}{2}$

For floor suspenders

$2\frac{1}{2}$

獨逸ノ示方書ニ於テハ

徑 間 (m.)

20

40

80

120

160

200

風壓應力ヲ考ヘサルトキ	850	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250
風壓應力ヲ加算シタルトキ	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250			

徑 間 (m.)	0-10	10-20	20-40	40-80	80-120	120 以上
許容應力 (lb./sq. in.)	750+5 <i>L</i>	760+4 <i>L</i>	800+2 <i>L</i>	840+ <i>L</i>	840+ <i>L</i>	840+ <i>L</i>

但シ 1,000 lb./sq. in. ヲ以テ最大トス

米國ニ於テ擊衝係數ヲ用ヒサルハ Cooper's specification ヲ最モ主ナルモノトス即チ死荷重ニ對スル許容應力ハ 20,000 封度ニシテ活荷重ニ對スル許容應力ハ 10,000 封度ヲ用フ換言スレバ總テノ徑間ニ對シ 100%ノ擊衝ヲ認メタルナリ此方法ノ合理的ナラサルハ論ヲ竣タス
現時一般ニ用ヒラル、擊衝係數ナルモノハ 1887 年 C. C. Schneider カ Pencyrd Iron Company ノ示方書ニ於テ

$$I = S \left(0.10 + \frac{220}{L + 240} \right)$$

ナル公式ヲ用ヒテ活荷重應力ニ擊衝ヨリ生スル影響ヲ加算シタルヲ以テ最初トス而シテ現今廣ク用ヒラル、

$$I = S \frac{300}{L + 300}$$

ナル公式ハ 1894 年 Fred. Thompson カ Southern Railway Company ノ示方書ニ用ヒタルヲ最初トス其後 1895 年 C. C. Schneider モ此公式ヲ採用シ之ハ American Bridge Company ノ示方書ニ掲ケタルヲ以テ今日ニ於テハ一般ニ American Bridge Company ノ擊衝公式トシテ知ラル Schneider ノ最初ノ公式ハ單ニ理論上ノ Shock ノ影響ヲ表ハセル所謂 Melan's formula ナル

$$S = 0.14 + \frac{L}{L + 33} \cdot 26$$

ヨリ變形セシモノニシテ第二ノ公式ハ其曲線第一ノ公式ニ甚タ近似シ且計算ニ簡便ナリシノ故ニ第一ノ公式ニ代用セラレタルニ過キヌ故ニ此等ノ公式ハ純理論ニ基ク Shockノ影響ノミヲ表ハスモノニシテ當時撃衝ニ關シ何等實驗ノ基ク可キモノナカリシヲ以テ Schneider 氏自身モ其正確ナル係數ニ關シテハ後日ノ實驗ニ竣テ之レヲ訂正セサルヘカラサル旨ヲ記載セリ斯ノ如キ起源ヲ有スル撃衝公式カ今日ニ於テモ尙少シノ變改ヲモ加ヘスシテ廣ク用ヒラルハ寧ロ不可思議ト云ハサルヘカラス

撃衝ノ實驗ニ於テハ 1907 年 American Railway Engineering Association カ選任シタル特別委員カ行ヘルモノヲ以テ最モ重要ナルモノトス該委員會ハ 100 呎以下ノ鈹桁 21 連 100 呎乃至 250 呎ノ構桁ト連ニ就テ實驗ヲ行ヒ次ノ如キ結果ヲ 1911 年ニ發表セリ

一 軌道ノ状態可ナルモノニ在リテハ撃衝ノ主因ハ機關車ノ Unbalanced drivers ニアリ實驗ニ供セル橋梁上ニ於テ見タル如キ軌道ノ凹凸ハ 80 乃至 75 呎以上ノ徑間ノ鈹桁突縁及主構部材ニ於ケル撃衝ニ何等ノ影響ヲ與ヘス

二 機關車働輪ノ廻轉ノ周期カ其通過スル橋桁ノ振動ノ周期ト一致スレハ振動ハ累加シ長徑間ニ於テハ之レカ撃衝ノ主因トナル此時ノ速度ヲ Critical speed ト稱シ其以上ノ速度モ又其以下ノ速度モ Critical speed ノトキヨリ大ナル振動ヲ生セス

三 徑間大トナルニ從ヒ Critical speed ハ小トナル故ニ長徑間ニ於ケル最大撃衝ハ短徑間ニ於ケルヨリ小ナル速度ノトキ起ルヘシ

四 短徑間ニテハ Critical speed 非常ニ大ニシテ普通ノ列車ノ速度ニテハ Critical speed ニ達セサル故

- Counter Balanceノ影響トシテハ撃衝係數ハ定數トナルヘキ理ナレトモ短徑間ニ在リテハ軌道及車輪ノ不完全ナルコトノ影響ノ爲メ撃衝大トナルコト多シ
- 五 伸度計 (Extensometer)ニテ計リシ各部材ニ於ケル撃衝ハ撓度計 (Deflectometer)ニテ計リシ橋桁全體ニ對スル撃衝ヨリ稍大ナリ而シテ兩者トモ其變化スル狀態ハ大體ニ於テ同シ法則ニ從フ
- 六 腹材(腰吊材ヲ除ク)ニ於ケル最大撃衝ハ弦材ニ於ケル最大撃衝ト同シ荷重ノトキ起ル而シテ兩者トモ其百分率ハ殆ト異ラス
- 七 縦桁ニ於ケル撃衝ハ同シ徑間ノ飯桁ニ於ケル撃衝ニ等シク牀桁及腰吊材ニ於ケル撃衝ハ二格間ニ等シキ長サノ飯桁ニ於ケル撃衝ニ等シ
- 八 此實驗ニヨリテ得タル最大撃衝百分率ハ次ノ公式ニテ計算スレハ大差ナシ

$$I = \frac{100}{1 + \frac{F}{20,000}}$$

上式ニ於テ I ハ撃衝百分率 l ハ徑間(呎)

- 九 設計ノ異ル爲メ撃衝ニ及ホス影響ハ橋牀 (Bridge floor)ニ於テ最モ顯著ナリトス縦桁ノ間隔大ニシテ長キ枕木ヲ用ヒタル如キ彈性ニ富ム床 (Elastic floor) 又ハ道床ヲ有スル床 (Ballasted floor) ハ剛性大ナル床 (Rigid floor) ヨリハ滑カナル曲線ヲ生ス即チ此結果ヨリ見レハ床ノ構造彈性的ナルトキハ Open joint, Rough wheel, 等ニ原因スル撃衝ヲ緩和スルノ効アルヲ知ル此緩和ノ影響ハ縦桁牀桁腰吊材及短徑間ノ桁ニ於テ特ニ明ナルヲ見タリ
- 十 主構部材ニ於ケル撃衝ニ對スル設計ノ影響ハ明確ナル結論ヲ得ルニ至ラス上記ノ撃衝百分率ハ部材ニ於ケル軸應力ノ變化ニ就テ云ヘルモノニシテ部材自身ノ振動ハ之レヲ考ヘス

1240

十一 軌道ヲ完全ナルモノト考ヘ且働輪カ平均セルモノト假定シテ荷重ノ急速ナル作用ノ爲メニ生スル撃衝ヲ檢スルニ之レハ理論上ヨリスルモ實驗上ヨリ云フモ重要視スヘキモノニ非サルカ如シ

十二 Balanced compound engine 又ハ電氣機關車ノ爲メニ生スル撃衝ハ頗ル小ニシテ生スル振動モ累加ノ傾ナシ

十三 Rough wheel 及 Flat wheelノ影響ハ牀桁ニ於テ明ニ表ハルハモ構部材ニハ表ハレス然レトモ時トシテ速力及重量大ナル貨車ノ爲メニ大ナル撃衝ヲ生スルヲ見ルコトアリ
此實地研究ノ結果推薦セラレタル

$$I = \frac{100}{1 + \frac{1}{20,000}}$$

ナル Rankine-Gordon 公式ハ其後 Prof. F. E. Tunnearre ニヨリ

$$I = \frac{100}{1 + \frac{1}{30,000}}$$

ニ改メラシ American Railway Association ニテ昨年三月ノ總會ニ於テ採用スル處トナレリ此公式ヲ從來ノ $I = \frac{300}{L+300}$ ナル公式ト比較スルトキハ短徑間 (Short span) ニ對シテ撃衝増大シ長徑間 (Long span) ニ對シテ撃衝減少スルヲ見ル然ルニ撃衝全應力ニ對スル影響ハ短徑間ニ於テ大ニシテ長徑間ニ於テハ小ナリ故ニ此新公式ヲ用フル結果トシテハ一般ニ橋桁ノ重量増大スルノ傾トナルヘシ而シテ $I = \frac{300}{L+300}$ ナル公式ハ上記ノ如ク何等實驗的根據ナクシテ定メラレタルモノナレハ比較ノ

基準トナスヘキニ非サル如キモ從來此公式ヲ用ヒテ設計セラレシ橋桁カ他ノ示方書ニヨリテ設計セラレタル橋桁ト殆ト同様ノ重量ヲ有シタル點ヨリ見レハ單ニ擊衝公式ノミヲ改正シテ之レニヨリテ橋桁ノ重量ニ大ナル變改ヲ來サシムルハ果シテ妥當ナリヤ否ヤ疑ナキ能ハス然レトモ單ニ擊衝公式トシテハ今日マテ用ヒラレタル公式中ノ最良ノモノタルハ疑ヲ容レサル處ナリトス

1912年 Henry B. Seaman カ American Society of Civil Engineers ニ提出セル “Specifications for the Design of Bridges and Subways” ニ於テ提案セル擊衝公式ハ

$$S = 125 - \frac{1}{8} \sqrt{2,000 L - L^2}$$

(但シLカ1,000呎以上ノトキハS=0トス)

ニシテ同氏ハ之レヲ “Statistical equivalent” ト稱シ他ノ擊衝トハ別意義ヲ有スル如ク取扱ヘリト雖モ從來ノ擊衝ナルモノモ畢竟スルニ Statistical equivalent ニ外ナラサレハ其間何等ノ差異アルヲ見ス其他擊衝ニ關シ提案セラレタル公式ハ甚々多シ今其主ナルモノヲ舉クレハ次ノ如シ

1) Cleveland, Cincinnati, Chicago and St. Louis Railway, 1901.

$$I = \frac{10}{L+10}$$

2) Dr. J. A. L. Waddell, 1916.

$$I = \frac{165}{7L+150}$$

3) American Railway Engineering Association, 1910.

1242

4) Wabash Railroad Company, 1905.

$$I = \frac{300}{1+300}$$

$$I = \frac{L}{L+D}$$

5) Melan.

$$I = 0.14 + \frac{26}{1+33}$$

6) Henry B. Seaman

$$I = 125 - \frac{1}{8} \sqrt{2,000L - L^2}$$

7) American Railway Engineering Association, 1911.

$$I = \frac{1}{1 + \frac{1}{20,000} L^2}$$

8) Do. 1916.

$$I = \frac{1}{1 + \frac{1}{30,000} L^2}$$

9) Tokio Imperial University, 1916.

$$I = \frac{1}{1 + \frac{1}{45,000} L^2}$$

10) Lindenthal, 1912.

$$I = \frac{L}{D+L} \times \frac{1,200+a}{600+4a}$$

上式ニ於テ

I = Impact coefficient

l = Span length 又ハ Loaded length in ft.

n = No. of tracks

L = Max. live load stress

D = Dead load stress

a = Length of train behind locomotive tender for position of max. stress in ft.

而シテ此等諸公式ノ關係ヲ圖示スレハ第五圖ニ示スカ如シ

第六章 應力ノ計算

橋桁ニ生スル應力ハ便宜上之レヲ二種ニ分ツヲ得ヘシ即チ Primary stress 及 Secondary stress 之レナリ構及桁ノ各連結點ニ全然剛性ナキモノト假定シテ算出セシ應力ヲ Primary stress トシ連結點ノ剛性ノ爲メニ生スル應力ヲ Secondary stress ト稱ス此二者ハ常ニ同時ニ生スルモノニシテ孰レヲ主孰レヲ從トモ云フヘキニ非ス只前者ハ計算ニ便ニシテ古來此應力ノミヲ計算シ後者ヲ Factor of ignorance 中ニ包含セシメテ顧ミサリシヨリ生セル區分ナリトス

Primary stress ニ關シテハ其計算法今日ニ於テハ明確ニシテ一點ノ疑義ヲ容ルヘキ餘地ナク Statically indeterminate structures ニ於ケル應力ト雖モ其算出ニ種々ノ方法ヲ用フレトモ結果ハ一ナルモノヲ得ルニ至レリ Primary stress ノ計算ハ橋梁設計ニ於テ最モ簡明ナルモノナルニ係ハラズ最モ主重

1244

ナル計算ト認メラル、モノニシテ此應力ヲ精確ニ計算シ得ルカ爲メニ橋梁ノ計算ハ最モ精密ナルモノト誤認セラル、事多シ
Secondary stress ハ獨逸ニ於テハ數十年前ヨリ研究セラレ其計算法發表セラレタルモノ尠カラサルモ米國ニ於テ之レヲ實用ニ供シ得ヘキ程度ニ應用スルニ至リシハ極メテ近年ノ事ニ屬ス1914年 American Railway Engineering Association ノ特別委員會ノ報告ニ於テハ *Secondary stress* ヲ下ノ五種ニ分テリ

- 一 連結點ノ剛性及偏心 (Eccentricity) 及部材ノ自重ノ爲メニ生スル主構ノ面ニ於ケル彎曲應力
- 二 牀桁ノ撓度及柱ニ於ケル *Primary stress* ノ爲メニ生スル *Transverse frame* ノ部材ニ於ケル彎曲應力
- 三 弦材ノ *Longitudinal deformation* ノ爲メニ水平面ニ生スル應力特ニ牀桁及其連結部ニ生スル應力
- 四 部材ノ各部分ニ於ケル軸應力ノ相違
- 五 各部材自身ノ振動ノ爲メニ生スル應力

而シテ此等ノ應力中一部分ハ或程度迄精細ニ計算シ得ヘク又一部分ハ設計ニ注意スレハ其一定ノ程度ヲ超ユルヲ防キ得 (Johnson, Bryan, Turneaure: *Modern Framed Structures, Part II* 參照)

故ニ應力ノ計算ハ今日ノ程度ニ於テ最モ進歩セルモノニシテ稍煩雜ナル計算ヲ行ヘハ或程度迄ハ一定ノ荷重ノ爲メニ橋桁ニ生スル *Possible max. stress* ヲ計算シ得ヘキモノト著者ハ信スルモノナリ

從來ノ橋桁設計ニ於テハ外力トシテハ機關車荷重ヲ主トシテ之レニ擊衝ノ影響ハ加算スルモ將來ノ機關車荷重ノ増加ハ之レヲ許容應力中ノ安全率ニ包含セシメ又應力計算ニ於テハ *Primary stress* 風壓應力遠心力制動力 (*Brake force*) 等ハ之レヲ計算スルモ *Secondary stress* ハ之レヲ許容應力中ノ安全率ニ包含セシム著者カ茲ニ提議セントスル所ハ許容應力ハ材料ニ固有ノモノナレハ之レ

ヲ一定ノモノトナシ總テノ變數 (Varying quantities) ハ擧ケテ之レヲ應力ノ計算中ニ包含セシメントスルニアリ換言スレハ應力ノ計算ニ於テ橋桁ニ生スヘキ Possible maximum stress ヲ計上シ此應力ヲ用ヒテ材料カ彈性限以上ニ應力ヲ生セシメラレサル様ノ Proportioning ヲナサントスルニアリ此方法カ安全ノ度ニ於テ缺點ナキハ勿論ニシテ又從來ノ方法ニ比シ不定ノ度ヲ減少シ橋桁ノ設計ヲ經濟的ニナスニ便勘カラサルハ疑ヲ容レサル所ナリ

橋桁上ニ來ルヘキ活荷重ノ中正確ニ規定シ得ヘキハ代表的機關車形式ニシテ不確定ナルモノハ代表的機關車形式ヨリ生スル彎曲率又ハ剪力曲線ノ Irregularities ヲ包括スヘキ量及將來ニ於ケル橋上荷重ノ増加量トス前者ハ其影響極メテ小ナレトモ後者ハ時トシテ頗ル大ナルコトアリ而シテ此等ハ充分大ナル活荷重ヲ假定スルカ又ハ活荷重ニ安全率ヲ乘シテ最大限ヲ限定シ得ヘシ Cases ノ計算ニ於テハ正確ニ計算シ得ヘキモノト然ラサルモノトヲ分ツトキハ

一 前者ニ屬スルモノ

- (a) 格點ニ剛性ナキモノトシテ計算シタル Primary stress
- (b) 風壓應力
- (c) 遠心力ヨリ生スル應力
- (d) 制動力ヨリ生スル應力
- (e) 溫度應力
- (f) Secondary stress ノ主ナルモノ
- (g) Counterbalanced wheel ノ爲メニ生スル擊衝
- (h) 撓度ノ爲メニ生スル活荷重ノ増加

二 後者ニ屬スルモノハ

- (a) 製作ノ不完全ヨリ生スル應力ノ變化
- (b) Rough wheel 軌道ノ凸凹ノ爲メニ生スル撃衝
- (c) Elastic floor ノ撃衝ニ及ボス影響
- (d) 列車ノ振動ヨリ生スル應力
- (e) Secondary stress ノ一部分

但シ理論上精密ナル計算ヲナシ得ル應力ト雖モ (e) 以下ハ其算式複雑ニシテ計算ニ手數ヲ要シ場合ニヨリテハ其影響小ニシテ計算ノ勞ニ報ヒサルコト多シ故ニ此等ノ應力ト理論上計算シ難キ應力トヲ合シテ安全率ニテ包括セシムルヲ要スルコトアリ此際用フヘキ安全率ハ固ヨリ橋桁ノ種類構造活荷重ノ種類速度等ニヨリテ異ルヲ以テ如何ナル場合ニ於テモ同一ノ安全率ヲ用フルハ當ヲ得タリト云フヘカラス各場合ニ當リテ適當ノ安全率ヲ選定スルハ蓋シ設計者ノ重大ナル責任ナルヘシ

第七章 許容應力 (Allowable stresses)

Henry B. Seaman カ “Specifications for Bridges and Subways” ニ關スル論文ニ於テ

“In order to produce a uniform specification, such element as were constant in nature should remain constant in the specification, while those which varied under differing conditions, should be made to vary, with those conditions, in the specifications.”

ト云ヘルハ實ニ名論ト云フヘシ而シテ橋桁ニ於テハ用材ノ強度 (Strength) ハ一定ニシテ活荷重ノ爲メニ生スル應力ハ變化スルモノナリ故ニ示方書ニ於ケル大方針トシテハ材料ノ強度ヲ先ツ定メ應力ヲ變化セシメテ此限度ニ近ツカシメ且之レヲ超過セシメサラシムルヲ要ス
現今ノ示方書ヲ見ルニ總テノ示方書ヲ通シテ此方針ニ據ラサルハ著者ノ其理ヲ解スルニ苦ム所

ナリ

從來ノ示方書ニ於テハ許容應力ヲ擊衝 Secondary stress 將來ニ於ケル活荷重ノ増加等ト關連セシメテ強テ之レヲ複雑ナラシメタルノ感アリ即チ應力ニ對シテハ計算ノ不充分ナルヲ補フ爲メニ或ル係數ヲ乘シ更ニ許容應力ニ對シテ他ノ安全率ヲ乘スルハ畢竟二重ノ Factor of ignorance ノ爲メニ精密ノ度ヲ減シ且複雑ヲ増スモノニシテ其可ナル所以ヲ見サルナリ

鋼ハ極強 (Ultimate strength) 以下ノ應力ニテハ破壊セラレスト雖モ應力カ彈性限ヲ超ユレハ永久的變形 (Permanent set) ヲ生シ爲メニ橋桁ノ形狀原形ト異ナルニ至リ從テ計算ト差違アル應力ヲ生スル虞アルヲ以テ彈性限以上ニ Stress セサルヲ原則トス故ニ彈性限則チ許容強度 (Allowable strength) ナルハ何等疑ヲ容ルハノ餘地ナキモノトス然ルニ從來ノ示方書ニ於テハ擊衝 Secondary stress 等ノ考慮ヲ加ヘテ許容應力ヲ彈性限ヨリ著シク低下セシメタルハ蓋シ許容應力ナル名ノ下ニ他ノ意味ヲ包含セシメタルモノナルヘシト雖モ純粹ノ意義ニ於ケル許容應力ヲ用ヒ Factor of ignorance ハ總テ之レヲ計算セル應力ニ乘スルコトハセハ却テ許容應力一定ニシテ正確ニ限定スルヲ得ルハ明ナル事實ナリ

然レトモ彈性限モ亦各材料ノ各形狀ヲ通シテ一定不變ナルモノニアラス次ノ諸項ノ如キハ充分研究スルノ價値アルヘシ

(一) 計算ニ用フル材料ノ寸法ハ公稱寸法 (Nominal dimensions) ナルヲ以テ試験片ノ試験ノ結果ヨリ計算シテ定メタル彈性限ハ過大ナリ實際ノモノニ適應セシメン爲メニハ其形狀寸法ヲ精査シ且製作ノ際ノ瑕疵ヲモ調査シテ其實際有效ナル斷面ヲ定メ而シテ之レニ材料ノ Unit elastic limit ヲ乘シタルモノヲ以テ其部材ノ許容應力トセサルヘカラス然レトモ之レ實際ニハ云フヘクシテ行フヘカラサルモノナルハ論ナシ故ニ試験片ノ彈性限ノ最低値ヨリ材料公差ノ最大限ノ百分率ヲ減シ

1248

タルモノヲ以テ許容應力トセハ大差ナキニ近カルヘシ但シ特ニ多數ノ橋桁ヲ一定ノ材料ヨリ製作スルトキ又ハ特ニ大ナル橋桁ヲ設計スルニ當リテハ特ニ其材料ノ最小許容應力ヲ測定スルハ甚タ有利ナルコト多カルヘシ

(二) 機關車輪重ノ橋桁ニ作用スル有様ハ擊衝 Rough wheel 及軌道ノ凹凸ノ爲メニ Repeatedly applied load トナル而シテ Wöhler, Bauschinger 等ノ實驗ニモ、Load ヲ連續シテ作用セシムレハ極強ハ著シク低下セラル即チ張力又ハ壓力ノミナルトキハ殆ト彈性限ニ近キ應力ニテ破壊セラレ張力ト壓力ト交互スルトキハ彈性限ノ三分ノ二ノ應力ニテ破壊セラル然レトモ前記ノ實驗ハ反覆ノ度數幾億回ニ及フモノニシテ元ヨリ橋桁ニ於ケル場合ト其狀態ヲ異ニシ且材料ノ極強ニ關スル研究ハ稍精密ナレトモ其彈性限ニ如何ナル影響ヲ及ホスカハ明確ナラス今日ニ於テハ橋桁上ノ荷重ノ Repeated application ハ極強及彈性限ニ殆ト影響ヲ及ホサルモノト斷定セラレ居ル故之レハ無視シテ差支ナカラシモノ將來列車ノ速度漸次増加スルニ於テハ其彈性限ニ對スル影響ハ特ニ重要ナルモノトシテ研究スルヲ要スヘシ

(三) 材料ノ強度ニ最モ甚タシキ影響ヲ與フルモノハ抗壓材ニ於ケル長柱ノ影響ナリトス

長柱ノ公式ハ最初 Euler ノ誘出セシモノニシテ

$$p = \frac{n\pi^2 E}{\left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

ナル形ヲ有シ獨逸ニ於テハ今日モ尙此公式ヲ橋桁設計ニ用フルモ Euler's formula ニ於ケル p ハ理想的眞直柱ニ於テ彎曲ノミノ爲メニ柱ヲ破壊ニ達セシムヘキ力ニシテ軸應力トノ合成作用ヲ考ヘニ入レサル故固ヨリ實際ニ用フルニハ不適當ナリ柱ノ強度ニ關スル實驗ハ今日迄其數甚タ多

ケレトモ其多クハ小形ノ模型ニ就テ行ヒシモノニシテ一昨年米國 Bureau of Standardsニ於テ五千噸ノ力量アル試驗機ヲ用ヒテ實形柱(Full size column)ヲ試驗シタルヲ以テ最モ完全ニシテ信賴スヘキモノトス此試驗ノ結果ハ既ニ數次ニ亘リテ發表セラレタルトモ其結論トシテ如何ナル公式ヲ用フヘキカハ未タ決定セラレス只其結果ヨリ見テ從來用ヒラレタル直線公式






$$p = S - k \sqrt{l}$$

ノ常數ヲ改メタルモノトナルヘキハ疑ヲ容レス然レトモ該試驗ニ於テハ極強ハ極メテ精確ニ記錄セラレタルモ彈性限ノ研究ニ關シテハ缺如スル所多シ而シテ特ニ抗壓支柱ニ於テハ極強ト彈性限トノ關係ハ抗張材ニ於ケルト著シク異ルヲ以テ極強ニ直チニ張力ニ於ケルト同様ノ係數ヲ乘シテ以テ壓力ニ對スル許容應力トナスハ彈性限ヲ基礎トシテ均一強度トナサントスルニハ全然不適當ナリト云ハサルヲ得ス現行示方書ニ於テハ短抗壓支柱ニ對スル極強ヲ張力ト同一ノモノトシテ支柱公式ヲ定メアリ之レ試驗片ノ實驗ニ誤ラレタル結果ニシテ現行示方書ニヨリテ設計セラレタル橋桁ハ壓力ニ對スル強度著シク張力ニ對スルヨリ劣レルハ否定スヘカラサル事實ナリ

而シテ著者カ其淺薄ナル經驗ニヨリテモ尙疑ヒラ禁スル能ハサルハ抗壓材ヲ其總斷面積ニヨリテ設計スルノ慣習ナリトス著者カ鐵道院所要鋼橋桁ノ製作監督ニ當リ特ニ留意シテ實見シタル所ニヨレハ普通ノ程度ニ於テ製作セル橋桁部材ニ於テハ綴釘ハ其孔ヲ充實セス常ニ幾分ノ間隙ヲ存スルヲ見タリ而シテ現時行ハルハ理論ニヨレハ綴孔ノ直徑ハ綴釘ノ直徑ヨリモ $\frac{1}{16}$ 吋大ナルモ綴結ノ際ノ壓力ニテ Directセラレ綴孔ヲ充實ス而シテ其冷却ノ際ノ收縮ハ單ニ綴孔ノ内側ニ對スル壓力ヲ輕減スル程度ニシテ綴孔ヲ充實スルコトハ依然タリト云フニアリ然レトモ鋼ノ膨脹係數ヨリ計算スレハ溫度ノ降下 800°C ニ對シ $\frac{7}{8}$ 吋綴釘ハ約 $\frac{1}{1,000}$ 吋收縮スヘシ而シテ之レ

1250

ニ相當スヘキ Lateral deformation ヲ生セン爲メニハ一平方吋ニ付約十萬封度ノ軸壓力ヲ加フルヲ要スルモ現時用ヒラルノ Riveting machine ニハ此程度ノ力量ヲ有スルモノナシ況ヤ Pneumatic Hammer 又ハ手打ヲ用フル場合ニ於テハ綴釘ノ收縮ニ對應スルノ力ナキハ知ルヘキノミ然モ上記ハ製作完全ナル場合ニ就テ述ヘタル所ニシテ普通如何ナル優秀ナル製作品ニ於テモ見ラル、如キ綴孔ニ多少ノ不正アルニ於テハ綴釘カ綴孔ヲ充實セサルハ寧ロ當然ノミ而シテ綴孔間ノ Clear distance ヲ 2 吋トスレハ應力カ 16,000 #/sq. in. ニ達スルモ此 1,000 吋ノ間隙ハ密着セサルヘシ今 Bureau of Steam-cards ノ試験ノ結果ヲ見ルニ極強ニ於テ Solid section ト Built-up section トノ間ニ甚タシキ差異アルヲ見ル依テ試ニ各試験材ニ對シ綴孔ヲ除去シタル純斷面積ニ就テ其強度ヲ比較スルニ次表ノ如キ結果トナル

Type	Section	Gross section			Net section		
		$\frac{l}{r} = 50$	$\frac{l}{r} = 85$	$\frac{l}{r} = 120$	$\frac{l}{r} = 50$	$\frac{l}{r} = 85$	$\frac{l}{r} = 120$
1		32,700	31,200	28,300	39,000	37,300	33,800
5		38,000	34,300	32,000	38,000	34,300	32,000
6		31,600	29,100	27,200	40,900	37,700	35,200
7		33,400	31,600	28,100	38,700	36,600	32,500
1A		29,200	28,100	25,400	35,100	33,300	30,600

5A		35,400	32,300	30,000	35,400	32,300	30,000
6A		32,100	26,800	24,800	39,500	33,000	30,500
Half open section							
4		36,900	34,000	31,900	50,600	46,600	43,700
8		35,700	32,800	29,700	41,100	37,800	34,200
4A		29,100	26,600	23,900	36,600	33,500	30,100
8A		32,900	29,400	27,300	38,900	34,200	31,800
Closed section							
2		33,900	32,600	29,300	45,000	43,300	38,900
3		34,100	32,400	30,600	46,000	43,700	41,300
10		35,800	32,100	28,400	56,600	50,700	44,800
2A		32,300	30,600	28,100	40,600	38,500	35,400
3A		29,500	28,000	26,900	36,900	35,000	33,600
10A		31,800	28,300	26,300	50,800	45,300	42,000

1252

抗壓支柱カ果シテ總斷面積ニテ應力ニ抵抗スルカ又ハ純斷面積ノ作用ヲナスカハ實驗ノ結果ニ
 差ツノ外ナシ而シテ抗壓支柱ノ實驗ハ特ニ強力ナル試驗機ヲ要スルヲ以テ本邦ニ於テ吾人ノ用
 ヒ得ラル、五十噸内外ノ器械ノ力ノ及ハサル所ナレハ之レヲ他日ニ期スルノ外ナカルヘシ
 American Railway Associationノ Specificationニ採用セル支柱公式

$$p = 16,000 - 70 \frac{l}{r}$$

(但シ $p \geq 14,000$ ヲ以テ最大限トナス)

ハ 1886年 Thomas H. Johnson カ案出セル直線公式ニ安全率ヲ乘シタルモノニシテ Johnson's formula
 ハ $p = 52,500, \frac{l}{r} = 0$ ナル點ヨリ Euler's curveニ引ケル切線ニシテ

$$p = 52,500 - 220 \frac{l}{r}$$

ナル價ヲ有ス此公式ハ甚タ簡單ナレトモ實驗ト符合セス一般ニ其價值過大ナリ
 Prof. J. B. Johnsonノ案出セル拋物線公式ハ前記直線ノ代リニ $p = 36,000, \frac{l}{r} = 0$ ナル點ヨリ拋物線ヲ
 畫キ Euler's curveノ一點ニ於テ切線ナラシメシモノニシテ實驗ノ結果ニ極メテヨク一致ス

$$p = 36,000 - 0.7 \left(\frac{l}{r} \right)^2$$

支柱公式ノ彈性限ヲ表ハスヘキ公式ハ今後充テナル實驗ノ結果ヲ待ツニ非サレハ確定シ得ヘキ
 モノニ非サレトモ抗壓支柱ニ於テハ彈性限ト極強ト極メテ接近セル事實ヨリ推シテ前記拋物線
 公式ヲ應用シテ試ニ彈性限ヲ表スヘキ公式ヲ推定スレハ次ノ如クナルヘシ

$$p = 25,000 - 0.5 \left(\frac{l}{r} \right)^2$$

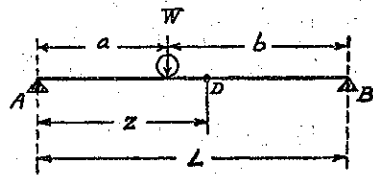
上記ノ外製作ノ際ノ誤差等モ大ニ材料ノ強度ニ影響スルモノナレトモ其大部分ハ其爲メニ生スル應力ノ變化トシテ應力ニ乗スヘキ安全率ニ包含セシメ得ヘキモノニ屬ス全然材料ノ強度ニ影響スヘキモノハ設計ノ注意ニヨリテ之レヲ除去シ得ヘシ例ハ抗壓材ニ於テ總斷面積ヲ用フルハ綴釘カ不完全ニシテ鉋孔ヲ充實セサルトキハ應力ニ影響スヘキモノ之レヲ純斷面積ニテ計算スルニ於テハ此影響ハ殆トナカルヘシ又抗壓材ニ於ケル衝頭接合ノ如キハ如何ニ製作ヲ完全ニスルモ最大應力ノトキ完全ニ密着スル様製作シ得ヘキモノニアラス故ニ斯ノ如キハ設計ニ於テ注意シ全強度ノ綴釘連結トスルヲ可トスヘシ

第八章 設計及製作

以上述フル所ニ於テ橋桁設計ニ影響スヘキ主要ナルモノヲ盡シタルモ尙少シク其細目ニ亙テ論スル所アラントス

(一) 枕木 米國ニ於ケル普通ノ示方書ノ規定ニヨレハ枕木間ノ距離6呎以下ナルトキ最大輪荷重カ三本ノ枕木ニ等布セラルハモノト假定シ擊衝100%ヲ加ヘテ其緣維應力 $3,000 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in.}}$ 以下ナルヲ要ス輪荷重ノ枕木上ニ分布スル有様ハ Zimmermann ノ研究セルモノヲ以テ最モ合理的ノモノトス而シテ上記ノ場合ニ Zimmermann ノ公式ヲ用ヒテ計算スレハ輪荷重ノ直下ニ當ル枕木ハ其全重ノ二分ノ一ヲ負擔ス又枕木ノ強度ニ於テモ本邦産ノモノハ頗ル弱力ニシテ鐵道院研究所ニ於テ試驗ヲ行ヒシ結果ニヨレハ犬釘ノ孔ナキ新枕木ニ於テモ平均強度 $3,500 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in.}}$ ニ過キス故ニ本邦産枕木ヲ用フル場合ニ於テハ一軸重ヲ二本ノ枕木ニ等布スルモノトシテ擊衝ヲ100%取リシ場合ニ許容應力ヲ $1,500 \frac{\text{lb}}{\text{sq. in.}}$ 位トスルヲ適當ト思考ス

(二) 橋桁ノ撓度 ニ關シテハ何等ノ規定ナキモノ多シ單ニ規定ノ許容應力ヲ用ヒテ設計スルトキハ Shallow girder 等ニ於テハ其撓度頗ル大トナルヲトアリ撓度大トナルトキハ橋桁カ計算上異ナル



形状ヲ呈スルニ至ルヘク又遠心力ノ爲メ短徑間ニ於テハ活荷重ヲ増加スルノ影響大ニシテ又外觀上ヨリ云フモ可ナラス故ニ橋桁ノ撓度ハ徑間ノ約千分ノ一程度ニ限度シ特ニ Shallow ナル桁等ニ於テハ下記ノ式ヲ用ヒテ實際ノ應力ノ限度ヲ降下セシムルノ要アリ

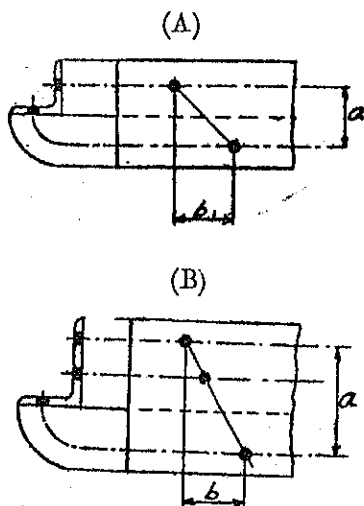
δ = Deflection at any point D at a distance z from end.

$$\delta = \frac{12^3}{EI} \left\{ \frac{Wab(b+2a)}{6(a+b)} (L-z) - \frac{Wa}{6(a+b)} (L-z)^3 \right\}$$

(三) 風壓 英國ニ於テハ Tay Bridge カ暴風ノ爲メ破壊セラレテヨリ以來橋桁設計ニ

於テ風壓ヲ大ニ取ルノ傾アリ今日用ヒラル、示方書ニ於テモ一平方呎ニ約56封度ノ風壓ヲ假定ス此假定ハ固ヨリ過大ナリ實際ニ於テ30封度以上ノ風壓アルトキハ橋上ヲ列車ノ通過スルコト困難ナレハ30#(p)ヲ以テ假定風壓トナスハ其當ヲ得タルカ如シ風下側ノ構又ハ桁ニ於ケル風壓モ種々ノ規定アルモ風壓ノ約二分ノ一ト見レハ大差ナキニ近カルヘシ現今行ハル、橋桁ニ於ケル風壓ヲ徑間一呎ニ付キ定數トナスハ甚タ簡便ナレトモ合理的ナラス短キ鉸桁等ニ於テハ此規定ニヨリテ設計スルモ何等差支ナケレトモ長徑間ノ構又ハ特ニ風壓ニ對シ特種ノ設計ヲナスモノニアリテハ暴露面ヲ計算シテ風荷重ヲ決定スルヲ可トスヘシ

(四) 牽引力荷重 ニ就テモ種々ノ異說擲カラス現今一般ノ習慣ニ從ヘハ橋桁上ニ來ルヘキ最大荷重ノ80%ヲ以テ最大牽引力荷重ト假定スレトモ最近ノ研究ノ結果ニヨレハ牽引力荷重ハ徑間長大トナルニ從テ減少スルノ傾アルカ如シ Waddell 博士カ "Bridge Engineering" ニ記セル下記公式ノ如キヲ用フレハ長徑間ニ對シ合理的ニシテ且經濟的ナル設計ヲナシ得ヘシ



上式ニ於テ

T 牽引力ノ全荷重ニ對スル百分率

L 載荷セラレタル長(呎)

$$T = \frac{4,000}{140 + L}, \text{ with } T_{max} = 20, T_{min} = 10.$$

(五) 綴釘連結ノ部材 ニ於ケル純斷面積ノ算出法ハ從來區々ニシテ一定セス而モ之レハ橋桁ノ重量ニ大ナル影響ヲ及ホスモノナレハ大ニ研究スルノ價値アルモノトス綴釘連結抗張材ニ於テ< 字形綴釘 (Zigzag riveting) アル場合ニハ其純斷面積ヲ計算スルニ其斷面ヨリ一定ノ距離以內ニアル 綴孔ハ之レヲ引キ去リ其以外ノ綴釘ハ之レヲ引キ去ラサルヲ從來ノ習慣トセリ即チ Waddell ハ De Pontibus ニ於テ其斷面積ヨリ $\frac{1}{2}$ 吋以內ノ綴孔ヲ悉ク引キ去ルヘシト規定シ Cooper ハ< 字形 線 (Zigzag line) ニ沿ヘル純斷面積カ直角ニ取レル純斷面積ヨリ 30% 以上大ナラサルトキハ其< 字形 線 上ノ綴孔ヲ悉ク引キ去ルヘシト規定セリ最近刊行ノ Carnegie Steel Co. ノ Pocket companion ニハ次 ノ如キ規定アリ

d ヲ綴孔ノ直徑トスレハ

$$b \geq \sqrt{2ad + d^2}$$

ナルトキ引キ去ルヘキ綴孔數ハ (A) ノ場合ニハ一個 (B) ノ場合ニハ二個

$$b < \sqrt{2ad + d^2}$$

ナルトキハ引キ去ルヘキ綴孔ノ數ハ (A) ノ場合ニハ二個 (B) ノ場合ニハ三個トス 然レトモ上記ノ如ク一定ノ距離ヲ境界トシテ斷面積ニ急激

1256

ノ變化ヲ生セシムルハ頗ル合理的ナラス近來理論及實驗上ヨリ決定モタレタル次ノ公式ヲ用テ
 ルトキハ如上ノ缺點ヲ免ル、ヲ得ヘシ

$$n = 1 + a_1 + a_2 + a_3$$

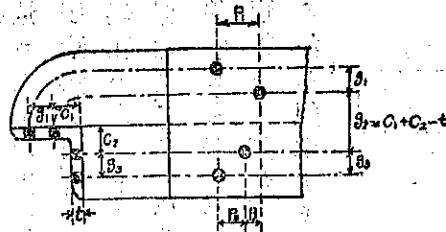
$$a = \frac{g}{d} - \frac{2(g^2 + p^2 - d\sqrt{g^2 + p^2})}{d(g + \sqrt{g^2 + 4p^2})}$$

where n = No. of rivets to be deducted

g = Gauge

p = Pitch or stagger

d = Diam. of rivet hole



＜字形鉄結ヲ有スル部材ノ強度ニ就テハ鐵道院設計課ニ於テモ小形ノ模型
 ヲ用ヒテ目下試驗中ニシテ未タ結論ニ達スルニ至ラサルモ其破壞線ノ理論
 的公式ニ一致スルコト *Uasymmetrical riveting* ノ場合ニハ彎曲ノ爲メニ材料ノ
 強度ヲ著シク削減スルコト等ノ事實ヲ略知シ得タリ其詳細ノ結果ニ至リテ
 ハ他日之レヲ報告スルノ期アルヘシト信ス

(六) 飯桁ノ計算 ニハ歐洲大陸ニテハ物量力率ニテ計算スル方法ヲ用ヒ米國
 ニテハ重ニ簡便法トシテ彎曲率ヲ突縁ノミニテ取り又ハ突縁ト腹飯ノ一部
 分ニテ取ルモノト假定シテ計算スルコト多シ後者ハ頗ル計算ニ便ナレトモ

Shallow girders 等ニ於テハ理論上正確ナル物量力率ノ方法ノ代用トシテハ不適當ナル程ノ誤差ヲ
 生ス但シ撓度ヲ限定シテ一定ノ度ヲ超ヘサル様設計スレハ此誤差ノ如キハ問題トナラス現ニ鐵
 道院ニ於テハ物量力率ヲ用ヒテ計算ヲナシ居レトモ多少熟練スレハ差シテ困難ヲ感スル程面倒

ナルモノニ非ス其正確ナル一事ヲ此方法ノ利點ト見ルヲ得ヘシ
 飯桁ニ關スル規定ニシテ撞着スルモノ往々アリ即チ多クノ示方書ニ於テハ飯桁ノ第一ノ蓋飯ハ
 之レヲ全長ニ延長スヘキヲ規定シ構ノ縱桁ニ對シテハ成ルヘク蓋飯ヲ用ヒサルヘキヲ望メリ
 飯桁ニ蓋飯ヲ用フルノ利點ハ(1)枕木ノ撓度ノ爲メニ荷重カ兩側ノ突緣山形鋼ニ等分セラレサル
 傾アルヲ調整スルコト(2)雨滴汚水等ノ突緣山形鋼ト腹飯ノ間ニ浸入スルヲ防止スルコト等ニシ
 テ蓋飯ヲ用ヒサルノ利益ハ枕木ニ鉋頭ヲ入ル、切り込ミヲ作ラサルモ可ナルヲ主トス其利害ハ
 場合ニヨリ輕重ヲ異ニスヘキモ大ナル突緣山形鋼ヲ用ヒテ強テ蓋飯ヲ用ヒサラント務ムルハ著
 者ノ贊成セサル所ナリ殊ニ本邦製造ノ角鉋ニアリテハ其隅角直角ヲナスモノ殆ト稀ナルヲ以テ
 直接荷重ヲ受クル突緣ニアリテハ成ルヘク蓋飯ヲ使用スルヲ可トスヘシ但シ最初ノ蓋飯ヲ全長
 ニ延長スルノ可否ニ就テハ“Modern Framed Structures”ニハ其無用ナルヘキヲ論シタルカ著者モ亦
 其必要ヲ感セス殊ニShallow girder等ニ於テ橋端ノ綴釘強ノ不足ノ爲メニ厚キ腹飯ヲ用ヒサ
 ルヲ得サル如キ場合ニハ蓋飯ヲ短縮スレハ從テ橋端ニ於ケル綴釘間隔モ困難ナラサルヲ得ルコ
 ト多シ

(七)綴釘ノ徑ハ獨逸ニ於テハ連結スヘキ部材ノ厚サ種類等ニヨリ數種ヲ用フルコトアルモ米國
 ニ於テハ主トシテ3/4吋又ハ7/8吋綴釘ヲ全部ニ通シテ用テ製作上ヨリ云ヘハ米國流ハ甚ダ便
 利ナレトモ其強度ノ點ヨリ云ヘハ多クノ場合ニ過大過小アルヲ免レス故ニ桁又ハ構ノ材料中綴
 釘ニテ連結スヘキ部分ニ厚薄ノ差甚ダシキモノアル場合ニ限リ二種又ハ三種ノ鉋徑ヲ用ヒテ各
 其適スル所ニ用フルヲ可トスヘシ

獨逸製ノ構ニ於テハ現場綴釘ヲ用ヒス締鉋ヲ以テ綴釘ノ代用トセルモノ尠カラス米國ニ於テハ
 締鉋ハ殆ト絶對ニ用ヒス悉ク現場綴釘ヲ用フ締鉋ハ綴釘ニ比シ不安心ノ點多キヲ以テ構等ニ於

1258

テ現場綴釘ノ代用トシテ悉ク締釦ヲ用フルハ不利ナルヘキモ小ナル桁等ニ於テ現場綴釘ノ數極メテ小數ニシテ態々 Rivet or Gang ヲ現場ニ送ルノ勞ニ報ヒサルトキ及設計上ノ必要ヨリシテ締釦ヲ用フルハ甚タ簡單ナル構造トナシ得ル如キ場合ニハ締釦ヲ用フルヲ可トスヘシ

(八) 抗壓材ノ綾綴 (Lacing) ハ Quebec Bridge ノ主弦材カ壓力ノ爲メニ Buckle シテヨリ以來大ニ研究セラレ從來ハ殆ト裝飾物ノ如ク見做サレ目分量ニテ設計セラレシモノモ今日ニ於テハ主要ナル作用ヲナスモノトシテ計算セラルノニ至レリ其計算方法ハ種々アレトモ下記大河戸工學士ノ誘導セル公式ヲ以テ最モ合理的トナスヘシ

Elastic curve for a column under axial load

$$y = f \sin \left(\sqrt{\frac{P}{EI}} x \right)$$

$$y = 0, \text{ when } x = l$$

$$\therefore \sqrt{\frac{P}{EI}} = \frac{\pi}{l}$$

Moment at any point

$$M = P f \sin \left(\sqrt{\frac{P}{EI}} x \right) = P f \sin \left(\frac{\pi}{l} x \right) \therefore M_{max} = P f$$

Shear at any point

$$S = \frac{dM}{dx} = \frac{\pi}{l} P f \cos \left(\frac{\pi}{l} x \right) \therefore S_{max} = \frac{\pi}{l} P f = \frac{\pi}{l} M_{max}$$

然ルニ

$$\frac{M_{max} y}{I} = (\sigma - p)$$

$$\therefore S_{max} = \frac{\pi I}{l y} (\sigma - p)$$

而シテ上式ニ於ケル $(\sigma - p)$ ハ 16,000—70 $\frac{l}{r}$ ナル式ニ於ケル 70 $\frac{l}{r}$ ニ相當スルモノナリ

(九) 構ニ於ケル反リハ普通ノ高サヲ有スル構ニ於テハ上弦材ヲ10呎ニ付18吋ノ割合ニテ計算ノ寸法ヨリ長ク製作シ以テ反リヲ附スルヲ習慣トセルモ高サ低キ構ニ於テハ勿論此方法ハ應用スヘキニ非ス又此方法ヲ用フルトキハ腹材ニ甚タ不合理ナル長サヲ與フルノ結果トナルヲ免レシテ從テ此レカ爲メニ大ナルSecondary stressヲ生スル虞アリ合理的ニ云ヘハ各部材ニ對シ其最大應力ニ對スル量ノ伸張短縮ヲ與ヘ以テ反リヲ附スルヲ可トスレトモ如何セン銕連結ノ構ニ於テハ此方法モ不可能ナル場合多シ例ヘハ腰吊材ノ如キハ端柱ト第一ノ筋違ト下弦材ノ長サニ限定セラレテ自由ニ其長サヲ變スルヲ得テ時トシテハ抗張材ヲ伸張シ抗壓材ヲ短縮スル等ノ不合理ノ事ヲモ生スヘシ反リヲ適當ニスルコトニ關シテハ未タ充分ノ研究ナキカ如キモ其結果タルヤ格點ノ剛性ニ起因スルSecondary stressヨリモ大ナルモノアルヘシ

(十) 鋼ノ化學的性分ハ多クノ示方書ニ於テ規定セララルヲ常トスレトモ鐵道院現行示方書ニハ之レヲ規定セス然レトモ磷及硫黃ノ含有量ハ鋼ノ性質ニ重大ナル影響ヲ及ホスモノナレハ之レヲ規定スル必要充分ナルヘシ但シ化學分析ハ極メテ精微ナルヲ要セサル故米國ノ示方書ノ如ク或ルモノニ對シテハ0.5%他ノモノニ對シテハ0.6%等ノ精密ニ入ルノ要ナシ寧ロ英國ノ示方書ノ如ク磷及硫黃ノ含有量ヲ共ニ0.6%以下ト規定スルヲ可トセン

(十一) 現場綴釘ノ數ハ鐵道院示方書ニテハ所要數ノ5%増シトシ米國示方書ニテハ各Sizeニ對シ15%+10ノ増加ヲ要求ス之レハ米國示方書ノ數ヲ以テ最モ妥當トス而シテ橋梁製作所ニテ橋桁ニ添付スル現場綴釘(Brid Head)ハ一定ノ規定ナキ時ハ其長サ區々ニシテ過不足ヲ生スルコト尠カラス嘗テ鐵道院ニ於テ各橋梁製作所ニ依囑シ精細ナル調査ヲ行ヒシ結果ヲ參考ノ爲メニ掲クレハ別表ノ如シ

(十二) 橋名飯ハ架橋後其歴史ヲ知ルニ據ルヘキ唯一ノ材料ナレハ之レヲ輕視スヘキニ非ス現行鐵

1260

道院規定ニヨレハ橋名鈹ニ記載スヘキ事項次ノ如シ

- 1 製作年月
- 2 製作所名
- 3 設計ニ用ヒシ荷重
- 4 使用材料

橋名鈹ニ考案ヲ施シテ尙詳細ナル事項例ヘハ使用セシ示方書契約番號等ヲ簡明ニ記入シ得ル様ノモノトセハ一層ノ便益アルヘシ

第九章 結 論

- (一) 要スルニ橋梁示方書トシテ理想的ノモノヲ選定セントセハ次ノ諸件ヲ満足セシムルヲ要スヘシ
- (二) 最も合理的ニシテ最も實際ニ近ク且最も簡單ナル計算方法ヲ指定スルコト
- (三) 設計ニ用フル計算ニ於ケル假定カ實際ト異ル爲メ生スル強度ノ過不足ヲ調整スヘキ方法ヲ示スコト
- (四) 一定ノ精密ノ限度ヲ指定シ此範圍内ニ於テ橋桁ノ各部分ヲ均一強度ナラシムルコト
- (五) 常識又ハ經驗ニヨリテ決定スヘキ部分ノ仕様ヲ明示スルコト
- (六) 而シテ此方針ニ從テ以上數章ニ亙リテ論述セン所ヲ綜合スレハ次ノ如シ
- (七) 橋桁設計ニ於ケル精密ノ限度ハ $\frac{1}{100}$ ヨリ大ナルコトナシ故ニ此程度以上ニ精細ナル計算ヲ要セス
- (八) 集輪荷重 (Concentrated wheel load) ハ理想的ノモノニ非サレトモ橋桁用活荷重トシテハ今日ニ於テ之レニ優レルモノナク且其計算モ適當ノ方法ヲ用フレハ簡單ニナシ得
- (九) 計算ニ於ケル假定ト實際ト相違スル點ハ安全率ヲ用ヒテ包括スルノ外ナシ然レトモ今日行

(四)

ハル、如キ實際ノ應力ニモ亦許容應力ニモ安全率ヲ乘スルノ方法ハ不可ナリ材料ニ固有ナル許容應力ヲ指定シ實際ノ應力ヲシテ之レヲ超過セサラシムルヲ可トス

(五)

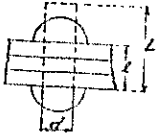
應力ハ之レヲ精算シ得ヘキモノハ成ルヘク計算シテ實際生スヘキ應力ヲ見出スニ努メ精算シ得サルモノト雖モ各其場合ニ應シテ之レヲ包括スヘキ安全率ヲ乘シ以テ成ルヘキ的實際ニ近キ Possible max. stress ヲ見出スヘシ

活荷重ヲ適當ニ選定シ將來機關車ノ發達ヲモ見込メハ計算シテ得タル Possible max. stress ト材料ノ彈性限ヲ極メテ接近セシメ得ヘシ(完)

LENGTH OF FIELD RIVETS

Formula for full head rivets: $L = 1.70 d + 1.12 l$

Where L = Length of Rivet under head
 d = Nominal diameter of Rivet
 l = Net Grip



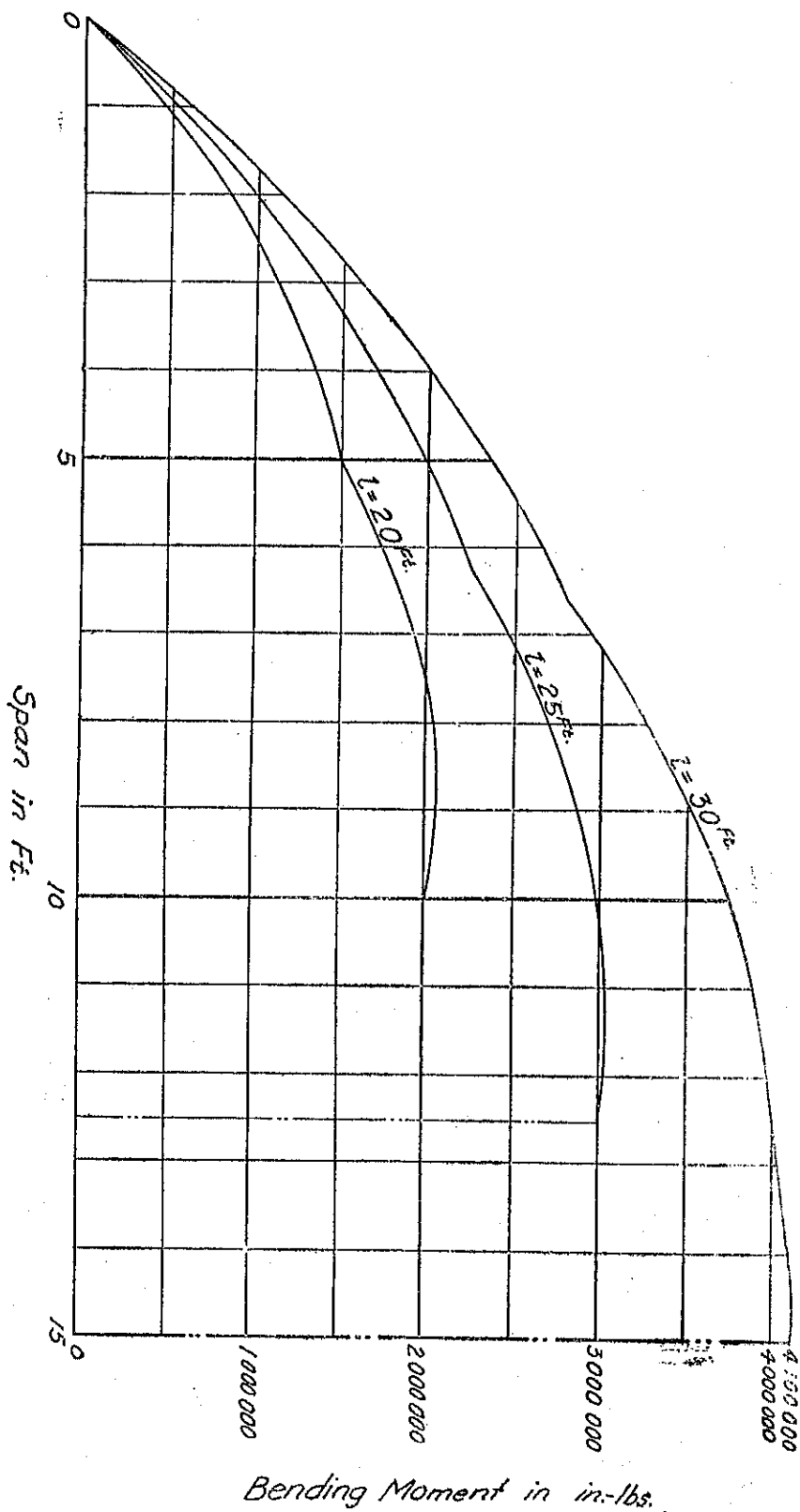
U. H. LENGTH OF FULL HEAD RIVETS

$\frac{7}{8}$ " dia.				$\frac{3}{4}$ " dia.			
Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length
$\frac{1}{8}$ "	$2\frac{1}{8}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	$4\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{8}$ "	$1\frac{3}{8}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	$3\frac{7}{8}$ "
$\frac{9}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{7}{8}$	$4\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$
$\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{8}$	$2\frac{7}{16}$	$4\frac{1}{16}$	$\frac{5}{8}$	2	$2\frac{7}{16}$	4
$\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{16}$
$\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{9}{16}$	$4\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{8}$	$2\frac{9}{16}$	$4\frac{1}{8}$
$\frac{13}{16}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$	$4\frac{7}{16}$	$\frac{13}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{5}{8}$	$4\frac{1}{16}$
$\frac{7}{8}$	$2\frac{7}{8}$	$2\frac{11}{16}$	$4\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{11}{16}$	$4\frac{1}{2}$
1	$2\frac{9}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{8}$
$1\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{7}{8}$	$4\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$2\frac{7}{16}$	$2\frac{7}{8}$	$4\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{11}{16}$	$4\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{9}{16}$	$2\frac{11}{16}$	$4\frac{9}{16}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{2}$	3	$4\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{8}$	$2\frac{5}{8}$	3	$4\frac{5}{8}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{16}$	$4\frac{11}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{16}$	$4\frac{1}{2}$
$1\frac{5}{8}$	$2\frac{11}{8}$	$3\frac{1}{8}$	5	$1\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$4\frac{3}{4}$
$1\frac{3}{4}$	3	$3\frac{3}{16}$	$5\frac{1}{16}$	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{16}$	$4\frac{7}{8}$
$1\frac{7}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{3}{8}$	$1\frac{7}{8}$	$2\frac{7}{8}$	$3\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{8}$	$3\frac{5}{16}$	$5\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{5}{16}$	5
$1\frac{9}{8}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{8}$	$5\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{8}$	3	$3\frac{3}{8}$	$5\frac{1}{8}$
$1\frac{5}{4}$	$3\frac{5}{8}$	$3\frac{7}{16}$	$5\frac{5}{16}$	$1\frac{5}{4}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{7}{16}$	$5\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{4}$
$1\frac{7}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{5}{8}$	$5\frac{9}{8}$	$1\frac{7}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{5}{8}$	$5\frac{7}{8}$
$1\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$
$1\frac{5}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4}$	$1\frac{5}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{3}{4}$	$5\frac{3}{4}$
$1\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$5\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{1}{8}$	$5\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$5\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$5\frac{1}{16}$
2	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	2	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$
$2\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{7}{8}$	$5\frac{1}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$3\frac{9}{16}$	$3\frac{7}{8}$	$5\frac{1}{8}$
$2\frac{1}{8}$	$3\frac{3}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{8}$	$3\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{8}$
$2\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	4	$5\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	4	$5\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{2}$	4			$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$		

Formula for countersunk rivets: For $\frac{7}{8}$ " rivets, $L = l + \frac{15}{16}$ "

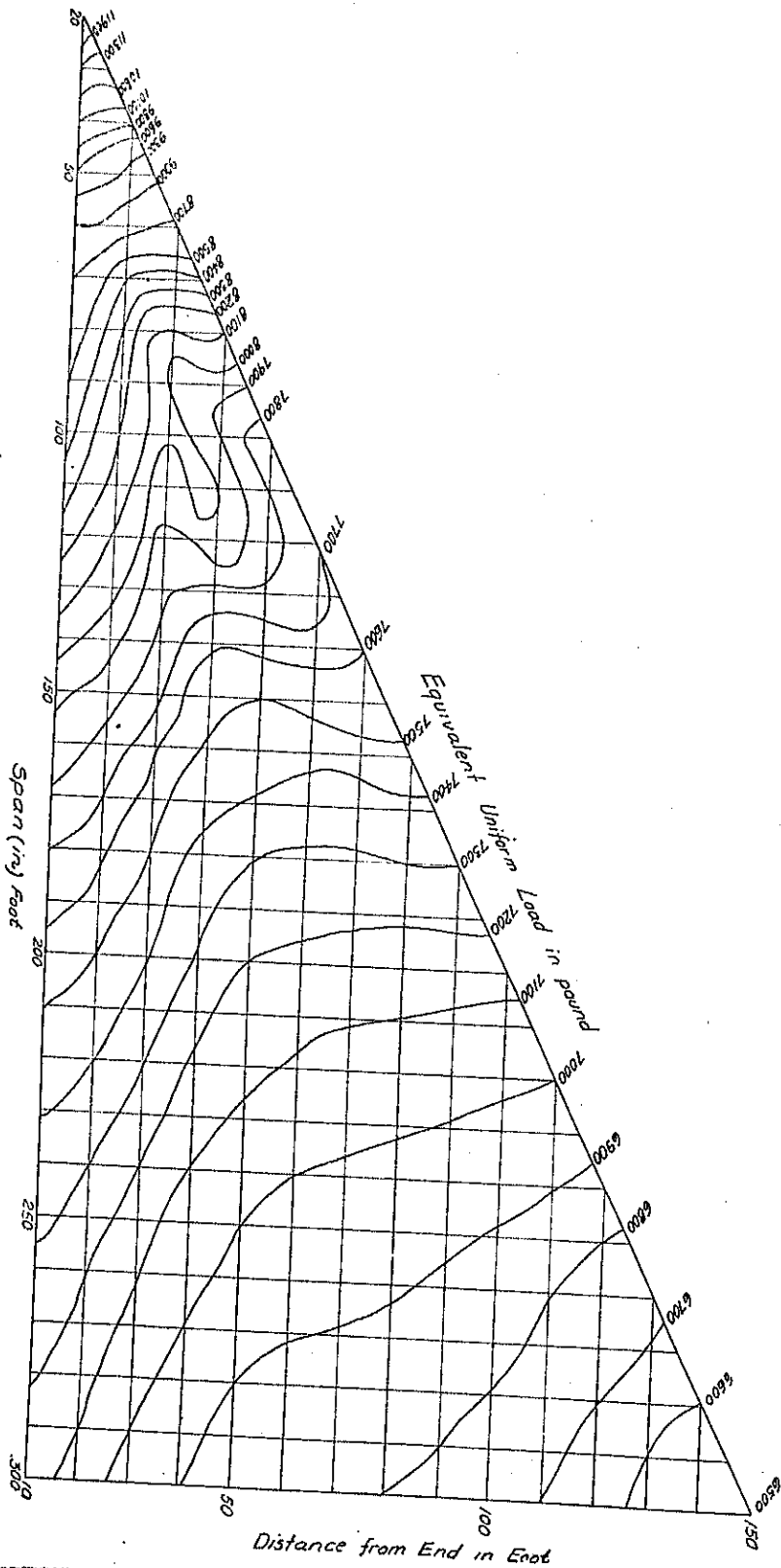
For $\frac{3}{4}$ " rivets, $L = l + \frac{5}{8}$ "

Bending Moment Curve for Cooper's E 40



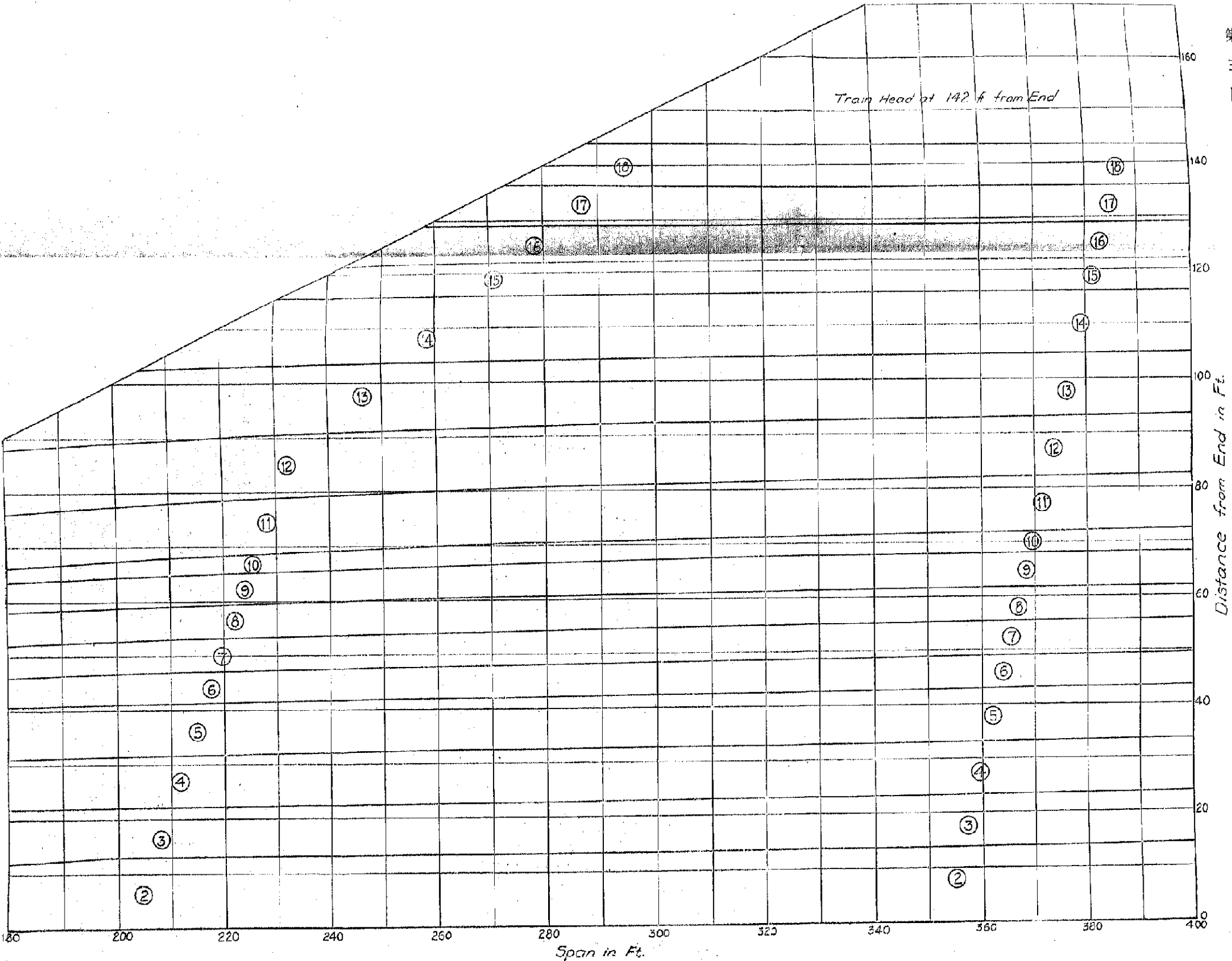
第 二 圖

Equivalent Uniform Load for Cooper's E 60



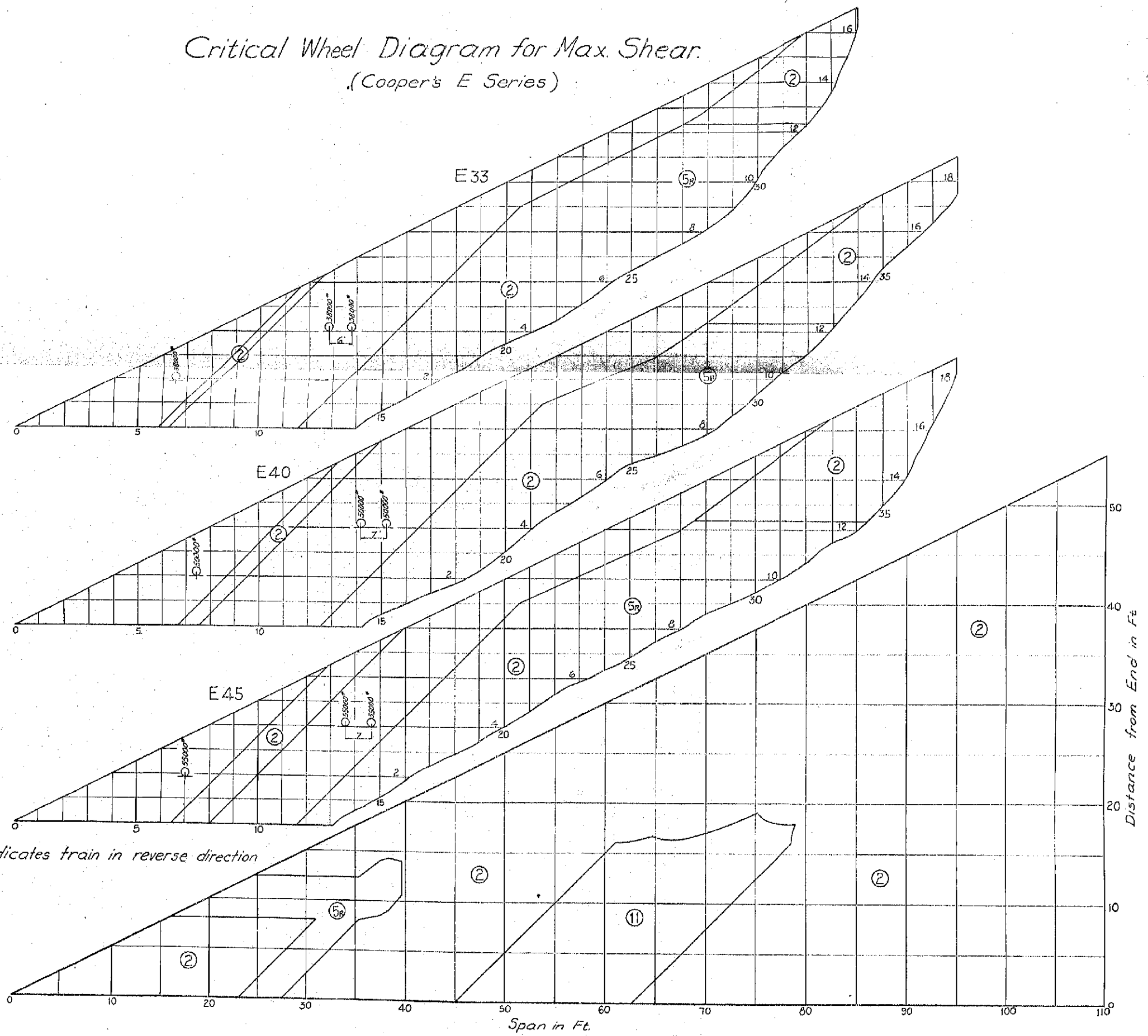
Critical Wheel Diagram for Max. Moments.
(Cooper's E Series)

第三圖



Critical Wheel Diagram for Max. Shear.

(Cooper's E Series)



⑤R indicates train in reverse direction

第 四 圖

TH	Scale 1"=16'																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
4	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
7	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
11	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
12	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
13	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
14	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
15	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
16	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
17	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
18	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
TH	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180

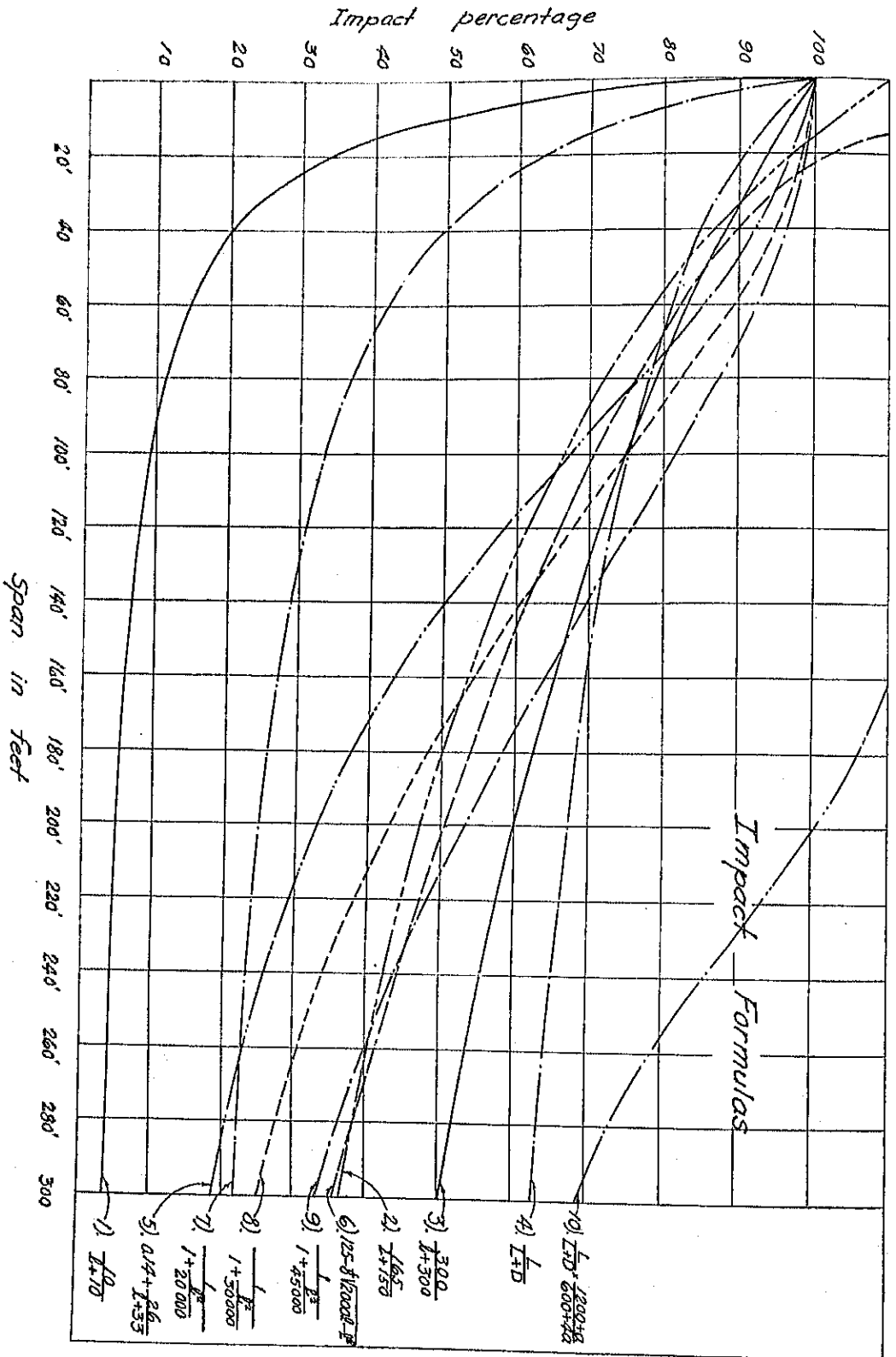
Moments : for one rail in 1000 Ft.-lbs. taken at vertical bearing line
 Loads : for one rail, left corner, sum of loads in 1000 lbs.
 Distances : right corner, sum of distances in ft.

MOMENT TABLE
 COOPER'S E-40 LOADING

Apr 1915

土庫會經理/經理五張四

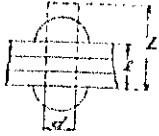
第五圖



LENGTH OF FIELD RIVETS

Formula for full head rivets: $L=1.70 d+1.12 l$

Where L =Length of Rivet under head
 d =Nominal diameter of Rivet
 l =Net Grip



U. II. LENGTH OF FULL HEAD RIVETS

$\frac{7}{8}$ " dia.				$\frac{3}{4}$ " dia.			
Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length	Grip	U.H. Length
$\frac{1}{8}$ "	$2\frac{1}{16}$ "	$2\frac{5}{16}$ "	$4\frac{1}{16}$ "	$\frac{3}{8}$ "	$1\frac{1}{8}$ "	$2\frac{5}{16}$ "	$3\frac{7}{8}$ "
$\frac{1}{16}$ "	$2\frac{1}{8}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$4\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{4}$ "	$1\frac{3}{8}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{8}$ "
$\frac{3}{16}$ "	$2\frac{3}{16}$ "	$2\frac{7}{16}$ "	$4\frac{3}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	2 "	$2\frac{7}{16}$ "	4 "
$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{5}{16}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{16}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{1}{16}$ "
$\frac{5}{8}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	$2\frac{1}{8}$ "	$4\frac{3}{8}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$2\frac{1}{4}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$4\frac{1}{4}$ "
$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	$4\frac{7}{8}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	$4\frac{3}{8}$ "
$\frac{3}{4}$ "	$2\frac{7}{8}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{1}{2}$ "	$\frac{5}{8}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{5}{8}$ "
$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{4}$ "	$4\frac{9}{16}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$2\frac{5}{16}$ "	$2\frac{3}{4}$ "	$4\frac{3}{4}$ "
1 "	$2\frac{5}{8}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{5}{8}$ "	1 "	$2\frac{3}{8}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{7}{8}$ "
$1\frac{1}{16}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$4\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{16}$ "	$2\frac{7}{16}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$4\frac{1}{2}$ "
$1\frac{1}{8}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$2\frac{1}{8}$ "	$4\frac{3}{4}$ "	$1\frac{1}{8}$ "	$2\frac{9}{16}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$4\frac{9}{16}$ "
$1\frac{3}{16}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	3 "	$4\frac{7}{8}$ "	$1\frac{3}{16}$ "	$2\frac{5}{8}$ "	3 "	$4\frac{5}{8}$ "
$1\frac{1}{4}$ "	$2\frac{3}{4}$ "	$3\frac{1}{16}$ "	$4\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{4}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{16}$ "	$4\frac{1}{2}$ "
$1\frac{5}{16}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{8}$ "	5 "	$1\frac{5}{16}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{8}$ "	$4\frac{3}{8}$ "
$1\frac{3}{8}$ "	3 "	$3\frac{1}{8}$ "	$5\frac{1}{16}$ "	$1\frac{3}{8}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$3\frac{3}{16}$ "	$4\frac{7}{8}$ "
$1\frac{7}{16}$ "	$3\frac{1}{8}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$5\frac{1}{8}$ "	$1\frac{7}{16}$ "	$2\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$4\frac{1}{2}$ "
$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{8}$ "	$3\frac{5}{16}$ "	$5\frac{3}{16}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{2}$ "	$3\frac{5}{16}$ "	5 "
$1\frac{9}{16}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$3\frac{3}{8}$ "	$5\frac{1}{2}$ "	$1\frac{9}{16}$ "	3 "	$3\frac{3}{8}$ "	$5\frac{1}{16}$ "
$1\frac{5}{8}$ "	$3\frac{5}{16}$ "	$3\frac{7}{16}$ "	$5\frac{5}{16}$ "	$1\frac{5}{8}$ "	$3\frac{1}{8}$ "	$3\frac{7}{16}$ "	$5\frac{1}{8}$ "
$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{7}{16}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{16}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{3}{16}$ "
$1\frac{3}{4}$ "	$3\frac{7}{16}$ "	$3\frac{9}{16}$ "	$5\frac{1}{2}$ "	$1\frac{3}{4}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$3\frac{9}{16}$ "	$5\frac{1}{4}$ "
$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$3\frac{5}{8}$ "	$5\frac{9}{16}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{5}{16}$ "	$3\frac{5}{8}$ "	$5\frac{5}{16}$ "
$1\frac{7}{8}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$5\frac{1}{2}$ "	$1\frac{7}{8}$ "	$3\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$5\frac{3}{8}$ "
$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	$3\frac{3}{4}$ "	$5\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	$3\frac{7}{16}$ "	$3\frac{3}{4}$ "	$5\frac{1}{2}$ "
2 "	$3\frac{3}{4}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{3}{4}$ "	2 "	$3\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{3}{4}$ "
$2\frac{1}{16}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$3\frac{7}{8}$ "	$5\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{16}$ "	$3\frac{1}{16}$ "	$3\frac{7}{8}$ "	$5\frac{1}{2}$ "
$2\frac{1}{8}$ "	$3\frac{7}{8}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{3}{8}$ "	$2\frac{1}{8}$ "	$3\frac{3}{8}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$5\frac{1}{8}$ "
$2\frac{1}{16}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	4 "	$5\frac{1}{2}$ "	$2\frac{1}{16}$ "	$3\frac{1}{4}$ "	4 "	$5\frac{1}{4}$ "
$2\frac{1}{4}$ "	4 "			$2\frac{1}{4}$ "	$3\frac{1}{8}$ "		

日本鋼管株式会社第三部第五號附表

Formula for countersunk rivets: For $\frac{7}{8}$ " rivets, $L=l+\frac{15}{16}$ "

For $\frac{3}{4}$ " rivets, $L=l+\frac{5}{8}$ "