

論 說 報 告

第 21 卷 第 2 號 昭和 10 年 2 月

電 弧 溶 接 鐵 道 橋—瑞 穂 橋

准 員 工 學 士 天 埜 良 吉*

The First Welded Railway Bridge in Japan

By Ryokiti Amano, C. E., Assoc. Member.

内 容 梗 概

本文は横濱港外國貿易施設用埋立地と同市神奈川區千若町との間の水路に架設せられた本邦最初の溶接鐵道橋瑞穂橋の工事報告であつて、設計、製作、各種試験、架設等の概要を記述したものである。

目 次

	頁
第 1 章 緒 言	1
第 2 章 概 要	2
第 3 章 設 計	4
第 1 節 設計仕様書	4
第 2 節 設計に關する 2, 3 の事項	6
第 3 節 設計々算の 1, 2 の例	7
第 4 章 製 作	12
第 1 節 製作仕様書	12
第 2 節 製作に關する 2, 3 の事項	18
第 3 節 溶接の検査	20
第 5 章 溶接工手試験成績	20
第 6 章 電極棒試験成績	21
第 7 章 沓試験成績	23
第 8 章 架 設	23
第 9 章 結 言	24

第 1 章 緒 言

横濱港北水堤の内側に新に埋立てられたる外國貿易施設用地(瑞穂町)と、神奈川千若町との間に介在する水路幅 76 m を跨ぎ、兩者を連絡する臨港鐵道を通ずる爲、内務省が港灣施設の 1 部として計畫に遵ひ複線鐵道橋梁を築設した。

本橋の側には、先年既に公道橋瑞穂橋(幅員 24 m ゲルバー式上路鈹桁)が同じく内務省に於て架設され、其の實際鐵道橋の下構も併せて築造されたから今回は上構の架設のみである。

本橋架設地點は市街の中樞地であり、將來益々小型船舶輻輳の箇所を以て、構造に於て耐震的なるは勿論、堅牢且つ耐久的にして、將來外國貿易の發展に伴ふ重量機關車の運轉に耐へて完全に使命を果し得るのみな

* 内務技師 内務省横濱土木出張所勤務

らず、其の形状亦忽にし得ざるが故に型式選定に當つては可及的四面の環境との調和を損せざる様努めた。

本橋に 2 つの特色がある。1 は銲工法の代りに電弧銲接工法を採用した點であり、他は架設に際し、一切足場を用ひず、港灣工事用の浮起重機其の他に依り極めて簡易に處理した點にある。

鋼構造物の結合に關し、銲工法に代り、材料の節約と強度の大との兩目的を同時に満足し得る電弧銲接工法が最近頗る擡頭し、漸く研究時代を離れ、今や廣く實用時代に入らんとする情勢にある折柄、本橋は位置として後日の検査に至便なる箇所に在る關係上、普通の鉸銲橋とするよりも、試験的橋梁として、電弧銲接工法を採用せば寧ろ斯界に貢獻する事大なるものあらんとする理由から、本橋は率先して此の新方法に依つた。従つて主鉸桁、床組、上下對風構、制動構、沓等總て銲接工法を用ひたが、只中央徑間の主構に就ては、衝撃の大なる場合の構に銲接を採用する事は未だ研究中であり、今日之に迄適用するは、あまりに一足飛び過ぎる感があつたから、先づ之だけは差控へて在來の銲工法に依る事にした。

次に本橋架設地點の水路は、曳船、舢舨其の他小蒸氣船等の來往頗る頻繁にして、若し水中より梁設用足場を組むときは、長時間之等の航行を阻止し、不便言語に絶するものあるを慮り、港灣工事用起重機其の他の利用に依り、一旦現場附近の埋立地上に組立られたる橋體を一擧に正規の位置に吊り込み、敏捷且つ簡単に架設工事を遂行した。

本橋は昨年 10 月全工を竣へ、既に鐵道省に於て線路を布設し、今は全く列車の通行を俟ちつゝある。

以下本橋に關し主として銲接に關係ある事項につきのみ少しく述べることにする。

第 2 章 概 要

- (1) 位 置 横濱市神奈川區千若町と、同町地先外國貿易施設用埋立地（瑞穂町）との間に介在する水路に跨る。
- (2) 線 路 東海道線鶴見・横濱港間線の千若信號所より分岐せる國有鐵道臨港線にして、外國貿易地帯と連絡し、將來復線となる筈。設計活荷重は KS 15 である。
- (3) 桁下空間 桁の下端は内務省横濱土木出張所工事用基準面上 7 m、即ち平均滿潮面上 5 m にして、東京灣中等潮位上 5.674 m に當る。
- (4) 橋 型 左右吊鉸桁付突桁式構橋
- (5) 橋 長 總長 77.2 m にして、構桁部は中央徑間 36 m の外に左右各々 3.6 m 宛跳出し左右の鉸桁部は各 17 m である。
- (6) 幅 員 8.95 m にして、國有鐵道線路 2 線を通じ得。
- (7) 徑間數及徑間長 3 徑間にして、中央徑間 36 m、左右兩徑間各 20 m なり。
- (8) 橋桁重量 總重量 262.507 ton、内譯 構桁部 177.772 ton、鉸桁部 84.735 ton。
- (9) 沓重量 總重量 10.125 ton、内譯 構桁部用 5.977 ton、鉸桁部用 4.148 ton。
- (10) 使用銲數 總銲數 62 240 本、内譯 工場銲 49 752 本、中間組立場(物揚場)に於ける現場銲 10 330 本、架設後に於ける現場銲 2 108 本。但し銲徑はすべて 22 mm とす。
- (11) 銲接延長 總延長 6 457.53 m、内譯 構桁部 2 999.50 m、鉸桁部 3 245.19 m、沓 272.84 m、更に之等を細別すれば次の如くである。

第 1 表 構 桁 部

	銲 接 延 長 (m)		
	9 mm	12 mm	16 mm
脚 長 又 は 喉 厚	9 mm	12 mm	16 mm
隅 肉 銲 接 (工場)	2125.78	156.74	12.00
隅 肉 輕 銲 接 (〃)	36.94		
V 接 ぎ (〃)	9.56		
單 斜 接 ぎ (〃)	23.20	1.54	
隅 肉 銲 接 (現場)	518.38	33.12	1.12
隅 肉 輕 銲 接 (〃)	18.24		
單 斜 接 ぎ (〃)		1.36	
複 斜 接 ぎ (〃)			1.52
合 計	2732.10	192.76	14.64

第 2 表 鈑 桁 部

	銲 接 延 長 (m)				
	9 mm	12 mm	16 mm	19 mm	22 mm
脚 長 又 は 喉 厚	9 mm	12 mm	16 mm	19 mm	22 mm
隅 肉 銲 接 (工場)	2309.24	212.86	3.48	68.21	
隅 肉 輕 銲 接 (〃)	45.74				
V 接 ぎ (〃)	4.40				
X 接 ぎ (〃)				2.96	3.20
單 斜 接 ぎ (〃)	32.00	14.40			
隅 肉 銲 接 (現場)	473.74	47.16	11.04		
隅 肉 輕 銲 接 (〃)	14.60				
單 斜 接 ぎ (〃)		0.84	1.32		
合 計	2879.72	275.26	15.84	71.17	3.20

第 3 表 沓

	銲 接 延 長 (m)									
	6 mm	9 mm	12 mm	16 mm	19 mm	22 mm	25 mm	23 mm	32 mm	
脚 長 又 は 喉 厚	6 mm	9 mm	12 mm	16 mm	19 mm	22 mm	25 mm	23 mm	32 mm	
複 斜 接 ぎ						23.76	1.20	57.12	4.00	
單 斜 接 ぎ				2.88	8.40					
隅 肉 銲 接	16.12	96.12	55.24		8.00					
孔 銲 接 (徑 30 mm)					16 個					
合 計	16.12	96.12	55.24	2.88	16.40	23.76	1.20	57.12	4.00	

(12) 塗裝面積 總面積 4020 m², 内譯 構桁部 2560 m², 鈑桁部 1460 m², 尙塗裝は工場に於て光明丹を 1 回塗り, 架設後光明丹 1 回, 上塗 2 回の合計 4 回塗とす。

(13) 架設地點の地質 大正 11 年 7 月施行せるボーリングの結果に依れば, 土 0 m 以下 -3 m 内外迄は砂質, 以下 -7 m 迄は粘土質にして, 之より下は土丹層となり, 良質地盤と謂ひ得。

(14) 下部構造 橋臺及橋脚は昭和 3 年に竣功せる公道橋瑞穂橋工事の際, 既に併せて築造せられ今回は僅かに上部の補整をなしたるに止まる, 而して之等の構造は堅盤に達する數多の杭を打ち, 之にコンクリートの無底面を被覆し中詰コンクリートを施して橋脚を形成せしめ, 或は基礎杭上に橋臺を築造する等極めて堅牢なるものである。

(15) 工費 総工費 78 000.00 圓

内 譯	下構補修	4 900.00 圓,	橋桁製作	58 700.00 圓
	杓製作	4 000.00 〃,	架設後の鈹銻溶接	1 800.00 〃
	架設後の塗裝	1 798.00 〃,	組立及架設	6 802.00 〃

(16) 製作及塗裝請負者

橋桁製作： 株式會社横河橋梁製作所

杓製作： 株式會社淺野造船所

架設後の鈹銻及溶接： 株式會社横河橋梁製作所

塗 裝： 彌 富 商 會

(17) 設計及架設者 内務省横濱土木出張所

(18) 竣工年月日 昭和 9 年 4 月製作請負の契約をなしてより 7 箇月を経て同年 10 月架設を了り竣功す。

第 3 章 設 計

第 1 節 設計仕様書

本橋は元來鐵道橋にして、將來其の運用維持は鐵道省に委託される筈のものであるが故に、鈹銻部其他溶接に關係すべき點はすべて、鐵道省鐵道橋設計示方書（昭和 3 年 3 月 10 日鐵道省達第 158 號）に依つた、而して活荷重は鐵道當局とも打合せの上、KS 15 を採つた。以下設計仕様書中溶接に關する主なる條項のみを抜萃すれば次の如し。

(1) 溶接継手に働く彎曲率 (M)、剪力 (Q)、直應力 (S) は次式に依つて決定する。

$$M = M_{\max} + \frac{1}{2}(M_{\max} - M_{\min}), \quad Q = Q_{\max} + \frac{1}{2}(Q_{\max} - Q_{\min})$$

$$S = S_{\max} + \frac{1}{2}(S_{\max} - S_{\min})$$

但し、 M_{\max} 、 M_{\min} 等はすべて夫々正負の符號を有するものとす

(2) 應力を傳達すべき溶接形式は次の 2 種とす。

1. 衝合溶接,
2. 隅肉溶接

但し、母材を重ね、其の 1 方に孔或は切込を穿ち其の中を溶接したる所謂孔或は切込溶接等はすべて隅肉溶接中に包含さるものとす。

(3) 各種溶接形式に作用せしめ得べき應力は次の如くす。

1. 衝合溶接： 壓應力、縦剪應力、特別な場合に張應力
2. 隅肉溶接： 縦剪應力、横剪應力

(4) 溶接部に於ける單位應力の算定は次の如くす。

(A) 壓力、張力、或は剪力等の單一外力を受くる場合、 $\sigma_1 = \frac{P}{\sum(al)}$

(B) 彎曲力を受くる場合、 $\sigma_2 = \frac{M}{z}$

(C) 彎曲力と剪力とを受くる場合（但し溶接面は桁方向に垂直の場合）、 $\sigma_3 = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$

但し	P ： 單一外力,	M ： 彎曲力
	z ： 喉斷面に就ての斷面係數,	a ： 喉厚
	l ： 溶接長,	σ_1 ： 單位應力
	σ_2 ： 縁維應力	σ_3 ： 合成縁維應力

(5) 銲接に對する許容應力

	工場銲接	現場銲接
壓應力	1 000 kg/cm ²	800 kg/cm ²
張應力	900 kg/cm ²	750 kg/cm ²
彎曲應力	抗壓線維 1 000 kg/cm ²	800 kg/cm ²
	抗張線維 900 kg/cm ²	750 kg/cm ²
剪應力	700 kg/cm ²	600 kg/cm ²

- (6) 隅肉銲接の脚長は成る可く母材中の最小厚より小たらしむべく、如何なる場合と雖、最小厚の 1.5 倍を超過せざるを要す。
- (7) 隅肉銲接片の長さは脚長の 4 倍以上となすべし。
- (8) 特殊隅肉銲接たる孔銲接又は切込銲接に於て、孔径又は切込の幅は喉厚の 3 倍又は鉄厚の 1.5 倍以上となすべし。
- (9) 不連続銲接及孔銲接に於ける隣接銲接片の最大間隔は結合材片中最小厚の 12 倍とし、單に材片を集成する目的の銲接に對しては同じく最小厚の 15 倍とす。
- (10) 鉸桁突縁の蓋鉄に於ける銲接線距離は鉄厚の 25 倍以下とす。
- (11) 集成抗壓材の端に於ては其の最大幅の少くとも 1.5 倍の間を連続銲接となすべし。
- (12) 主要部材の接合は成るべく其の全強を傳達する様設計するを可とす。
- (13) 桁及集成部材に於ける突縁及之に類似の鉄の厚は其の突出長の 1/15 以上たるを要す。
- (14) 桁及之に類似の集成部材の腹鉄厚は高さの 1/180 以上とす。
- (15) 鉸桁腹鉄の補助材には鉄を使用し、其の幅は突縁鉄突出長の 4/5 より大となすべし。
- (16) 桁端負彎曲率に抵抗し得る様銲接をなす場合は連続桁理論に依りて設計をなすを得。
- (17) 部材の結合は成るべく偏心を避くる様努むべし。
- (18) 集成断面の銲接は成るべく對稱的となすべし。
- (19) 1 箇所によく多くの銲接を集中せざる様部材の配置をなすべし。
- (20) 成るべく上向銲接を避くる様工夫すべし。
- (21) 施工及検査に便なる様設計すべし。

設計仕様書を決定するに就ては、銲接研究會案、ドイツ DIN 4100、アメリカの D. Fish 氏案、其の他を参照した。

(1) の銲接繼手に働く力の決定法には主としてドイツ等にて行はれる方法を採つて最大値のみならず、最小値をも計算し之を組合はすこととした。之は衝撃を受くること大なる鐵道橋に對し十分に安全を期する爲である。

(3) の各種銲接に作用せしめ得べき應力中 2. の隅肉銲接に關しては前面隅肉銲接と側面隅肉銲接とは實際に於ては非常に趣を異にし、前者に於ては應力の分布比較的均等なるに反し、後者に於ては相當の不均一性を示し破壊は一端より發生するを普通とする。而して前面隅肉の強度計算には喉断面に於て起る張應力として取扱ふ方却て實驗値に合致するとも言はれるが、設計の簡單化の意味から隅肉銲接は全部剪應力の作用するものとして扱ふこととした。尙實際の設計に當つては止むを得ざる場合の外、前面、側面、兩隅肉銲接の混用を避けた。これは施工の順序其の他の不注意から意外の内應力を與へる危険あるを慮れて、成るべく側面隅肉銲接により、前面は單に輕隅肉銲接に依る方針をとつた。

(4) の銲接部に於ける單位應力の算定法中 (C) の σ_3 は成るべく許容剪應力以下たらしめることにした。

(5) の許容應力の決定に就てはドイツの仕様書には工場と現場とを區別して居らず、實際上銲工法に於けるもの

に比し銲接に於ては工場と現場との強度に殆んど差異なきものと思はるゝも現場に於ては銲接姿勢其他に多少の不利の生ずべきを慮り工場に於けるものより幾分割引せる銲接研究會の案を採用した。

第 2 節 設計に關する 2, 3 の事項

1. 銲接の寸法は隅肉銲接に於て脚長 9 mm を最も多く採用し主として不連続銲接とした事

銲接形式として成るべく隅肉銲接を採用せる點は該銲接形式は施工容易にして銲接の結果に比較的確實性の存する事に據つたのであるが、隅肉銲接の脚長に就ては、6 mm 或はそれ以下のものとして連続銲接を採用すべきか、9 mm の如き比較的大なるものとして不連続銲接にすべきか、に就き相當考慮を拂つたが當所の直營工事に於て數年來、鐵筋、平鋼その他形鋼の銲接に於て隅肉脚長 9 mm を 1 回盛にて得ること經驗上さほど困難にもあらず、又隅肉 9 mm とし不連続銲接を原則とし、應力の多寡に依り銲接片の長さを加減せる點は、之は連続銲接に比し、銲接前に豫め銲接箇所 に 記號を附する等の不便あれども、各銲接片に對し銲接工手の注意を集中せしめ易く、従つて銲接の結果良好となる傾向あるが故に多少の不便は償つて餘りありと信じた爲である。

2. 桁断面に於て上突縁と下突縁との断面を異ならしめたる事

鉸鉸桁の場合は抗壓突縁と抗張突縁とは同一断面形を採るを普通とする。之は抗壓突縁に於て彎折を考慮して支點距離に應じ許容應力を遞減する點と抗張突縁に於て断面より鉸孔を控除する點とが大體平衡する爲ならんも、銲接桁に於ては鉸孔を控除する必要なき故主桁及横桁の断面決定に當り、許容應力の小なる抗壓突縁の断面を大ならしめて兩突縁の利用程度の平衡をはかつた。

3. 鋸を多く用ひたること

突縁及補剛材には鉸鉸桁に於ては形鋼を使用するを普通とするが、銲接桁に於ては鋸を集成して容易に所要断面を形成し得るを以て必ずしも形鋼たる必要なき故すべて比較的安價なる鋸を用ひた。

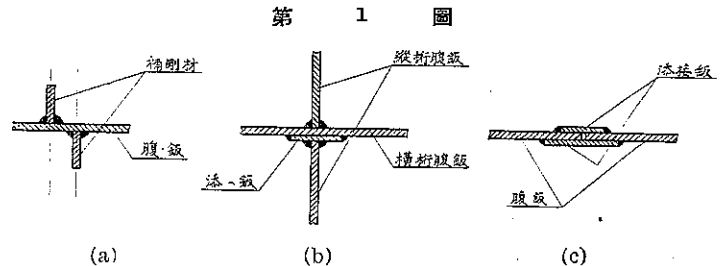
4. 工場銲接を多くせる事

上向銲接は銲接工法中、至難のものにしてなるべく之を避けんが爲、工場銲接を多くし、起重機を用ひて自由に桁を反轉し、容易なる姿勢に於て銲接せしめ、尙運搬能力の許す範圍に於て材料を成るべく大きく完成し、現場銲接の減少につとめた。

5. 銲接の 1 箇所によく集中するを避けし事

1 箇所によく多くの銲接を集中するときは、銲接時の高熱を母材の同一箇所 に於て再三受くる事となり、材質を損する虞あるを以てなるべく之を避けんが爲、補剛材に於て腹鋸兩側に於ける位置を互に喰ひ違はしめ(第 1 圖 (a))、又縦桁を横桁に取付くるに際し、一方は横桁腹鋸に直接縦桁を當て、他方は鋸を一枚添へて、縦桁を直接に當てしめず(第 1 圖 (b))、更に又上部對風構の腹鋸繼手に用ひたる添接鋸の寸法を腹鋸の兩側に於て異ならしめたる(第 1 圖 (c))の類である。而して之が爲には對稱性は多少犠牲にした。

尙千鳥隅肉銲接を多く採用せるも此の點を考慮せる結果である。



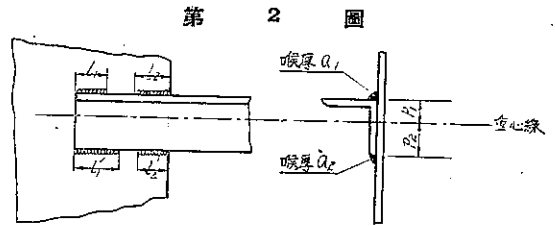
6. 重要な部分に於ては部材を衝き合せ之に施したる銲接のみにて張力及彎曲力に耐へしむる構造を避けし事

之は鐵道橋なるが故に衝撃の影響大なるを懼れ、假令計算上は部材を衝き合せ之に隅肉或は衝合銲接を施して足

の場合と雖も、更に安全なる方法を講じた。例へば、縦桁と横桁との連結に於て縦桁の抗張側の突縁には横桁の腹板を貫通する板を添へて彎曲力を之に依つてとらしめ、又横桁と主縦桁との連結に際しては主縦桁の補剛材と横桁腹板とを重ねて表裏兩側にて隅肉銲接を施したるのみならず、横桁の下突縁は主縦桁の突縁に確實に隅肉銲接に依りて縫ひ付けた、更に又主縦桁を形成するに付、腹板の連結は補剛材を兼ねたる板を挿みて互に衝き合せ隅肉銲接を施したるに過ぎざるも、之に相當する上下突縁板の連結には別に添接板を當て確實に銲接結合せるの類である。

7. 銲接重心線と部材断面の重心線との一致をはかりし事

例へば、1 格間の縦桁相互を連結せる小横構の如く、山形鋼を他の部材に連結する場合は隅肉銲接は部材断面の重心線よりの距離に反比例する様に銲接量を決定した。即ち第 2 圖に於て、 $\sum a_1 l / \sum a_2 l' = p_2 / p_1$ 、たらしめた類である、尙此の場合鑄工法に於て構の骨組線を畫くに銲線を以てするに對し、銲接に於ては重心線を其の儘利用せしは勿論である。



8. 沓を銲接に依り製作せし事

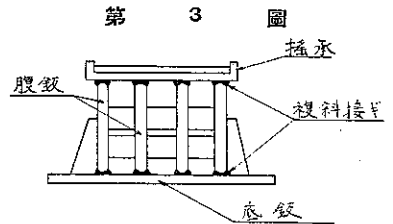
沓に就ては、最初の設計は鑄鋼を以てし、請負金額の見積りを取つたところ、軍需景氣の影響か、非常に高價なりし爲、之亦普通の軟鋼板を集成銲接して作つた。銲接に依れば鑄型を要せざるが故に値段の點に於て優るのみならず、工期を短縮し得る利點がある。

9. 沓の形式に搖承式を選びし事

銲接に依る沓の形式に就ては、ピン式と搖承式との兩者に對し夫々設計したところ、重量の點に於ては大同小異なるも、銲接施工の難易の點に於て、後者の方遙かに優るを以て之を採つた。

10. 沓腹板の銲接に複斜接ぎを用ひし事

沓腹板を搖承或は底板に連結するに際しては、すべて複斜接ぎとなし、搖承或は底板と腹板との間に必ず銲着金屬を介在せしめ、母材の直接々觸を避けた。之は一面に於て搖承或は底板と腹板とを、正確に直角となる様銲接仕上ぐるには隅肉銲接に比し稍、損色あれども、銲接内の應力分布の一樣なる點に於て極めて優秀なるを以て敢て之に依つた。



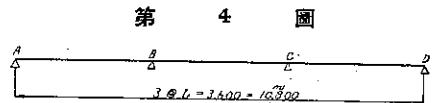
(第 3 圖參照)

第 3 節 設計々算の 1, 2 の例

銲接の設計々算を全般に互つて、之を一々掲ぐるは極めて煩雜となるを以て、此處には 1, 2 の例を擧ぐるに止むる。

1. 縦 桁

横桁の位置に於て、單に支へられたる 3 徑間の連續桁として計算する。(第 4 圖參照)



(1) 彎曲力 (B 點に絶對最大彎曲力を生ず)

B 點の活荷重に依る (-) 最大彎曲力	- 7.549 t.m
" 衝擊に依る (-) " "	- 6.160 "
" 死荷重に依る最大彎曲力	- 0.557 "
B 點の合成最大 (-) 彎曲力	-14.266 " ... M ₁

B 點の活荷重に依る (+) 最大彎曲力	+1.141 t.m
” 衝擊に依る (+) ”	+0.932 ”
” 死荷重に依る最大彎曲力×0.7	-0.390 ”
B 點の合成最大 (+) 彎曲力	+1.683 ” …… M_2

B 點の銲接繼手設計用彎曲力 $= M = M_1 + 1/2(M_1 - M_2) = -22.241$ t.m

(2) 剪 力 各點の最大剪力を表示すれば第 4 表の如し。

第 4 表

	活荷重に依る剪力	衝擊に依る剪力	死荷重に依る剪力	Q_1 又は Q_2	Q_1 又は Q_2
	-12290 + 0890	-10050 + 0726	-0620 (-0435)	-22960 + 1181	-35031
○	-8990 + 1179	-7350 + 0963	-0363 (-0254)	-16703 + 1888	-25999
○	-5939 + 3740	-4850 + 3055	-0105 (-0074)	-10894 + 6721	-19702
○	-3650 + 5633	-2985 + 4600	+0151 (+0106)	-6529 + 10384	+18841
○	-1299 + 8760	-1225 + 2160	+0407 (+0285)	-2439 + 16327	+25710
○	-0173 + 1363	-0142 + 9300	+0665 (+0466)	+0151 + 21328	+31917
○	0000 + 14710	0000 + 12020	+0666 (+0923)	+0666 + 26730	+37772
○	-13493 + 1560	-11010 + 1275	-0791 (-0540)	-25274 + 2295	-39059
○	-10660 + 1560	-8710 + 1275	-0515 (-0361)	-19885 + 2474	-31065
○	-7649 + 2521	-6250 + 2060	-0300 (-0210)	-16899 + 4371	-27534
○	-4865 + 4865	-3980 + 3980	0.000	-8845 + 8845	-17690

表中、上より 1 行目の Q は各點の銲接繼手設計用剪力にして、第 2 行目に Q_1 又は Q_2 とあるは絶対値の大なる方を Q_1 とし、小なる方を Q_2 とする。又第 3 行目の死荷重に依る剪力中括弧内のものは、死荷重剪力の 7 割を示し、死活兩荷重應力の符號相反する時に用ふ。

(3) 斷面形の決定 第 5 圖の如き斷面を選定すれば、

2-蓋板	220 × 12	22 × 1.2 × 2 = 52.8 cm ²
1-腹板	600 × 9	60 × 0.9 = 54.0 ”

斷面積 = 106.0 cm²

1m 當り重量 = 84 kg

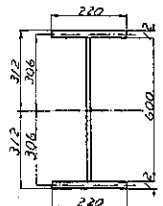
中立線の周りの斷面 2 次率 $J = 65\ 600$ cm⁴

突縁々維應力 σ_c 或は $\sigma_t = \frac{M_1}{J} \times 31.2 = \pm 678$ kg/cm²

許容縁維壓應力 $= \sigma_{ca} = |-905$ kg/cm² $> |-678$ kg/cm²

” 張應力 $= \sigma_{ta} = |+1\ 260$ kg/cm² $> |+678$ kg/cm²

第 5 圖



(4) 補剛材間隔

t = 腹板厚 = 0.9 cm

Q = 最大剪力 = 25 274 kg

Z = 中立線以上にある斷面の中立線の周りの斷面 1 次率 = 1 213 cm³

J = 中立線の周の斷面 2 次率 = 65 600 cm⁴

之等を次式に代入すれば

$$d = \text{補剛材間隔最大限 (cm)} = 0.35 t \left(950 - \frac{Z}{tJ} \right) = 135 \text{ cm}$$

$$d = 1.200 \text{ m}$$

とし、尙其の中間の抗壓側突縁に、小補剛材を附し蓋板の上下の方向に對する彎折に備ふ。尙補剛材上下兩端の突縁及腹板に接する隅角は豫め之を落して、突縁と腹板とを連結する溶接を妨げざる様にした（縦桁のみならず、いづれの補剛材に對しても同様なり）。

(5) 突縁と腹板との連結 上下突縁と腹板との連結を第 6 圖の如く定む。

$$\sigma = \frac{p \sqrt{\left(\frac{QZ}{J} \right)^2 + w^2}}{Tl} \dots \dots \dots (1)$$

σ : 溶接の單位剪應力 (kg/cm²)

p : 隣接溶接片の心距 (cm), 圖に決定せる通り

Q : 最大剪力 (kg), (2) に於て求めたるもの

Z : 突縁斷面の桁の中立線に關する斷面 1 次率 = 808 cm³

T : 喉厚の總和 = 2a (a = 喉厚) = 1.272 cm

l : 溶接片の長さ (cm), 圖に決定せる通り

J : 桁の中立線の周りの斷面 2 次率 = 65 600 cm⁴

w : 直接車輪荷重の桁長 1.000 m に等布せるものと假定したときの單位荷重

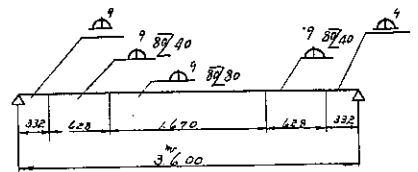
$$w_1 = \frac{9170 \text{ kg}}{100} \times (1.0 + 0.817) = 167 \text{ kg/cm} \quad (\text{衝擊をも含む}) \text{ 最大}$$

$$w_2 = 0.00 \text{ kg/cm} \quad \text{最小}$$

$$w = w_1 + \frac{1}{2}(w_1 - w_2) = 251 \text{ kg/cm}$$

尙各點に最大剪力の生ずる場合の其の點上の車輪荷重は必ずしも S 荷重とは限らざるも、今は便宜上之を採る。

第 6 圖



第 5 表

點名	p (cm)	Q (kg)	Z (cm ³)	T (cm)	l (cm)	J (cm ⁴)	w (kg)	σ (kg/cm ²)
A	1	35 031	808	1.272	1	65 600	251	392
1	12	25 999	"	"	8	"	"	479
2	16	19 702	"	"	8	"	"	549
3	16	18 841	"	"	8	"	"	537
4	16	25 710	"	"	8	"	"	635
5	12	31 917	"	"	8	"	"	550
B ₋₀	1	39 772	"	"	1	"	"	433
B ₊₀	1	39 059	"	"	1	"	"	426
6	12	31 065	"	"	8	"	"	550
7	16	27 534	"	"	8	"	"	663
8	16	17 690	"	"	8	"	"	523

第 5 表に於て見る如く、(1) 式によりて計算されたる各點の腹板と突縁との連結隅肉溶接に作用する應力 σ は、いづれも許容應力 700 kg/cm² より小にして安全である。

尙 (1) 式を變形し、 p_{max} を求むれば

$$p_{max} = \frac{\sigma_a T l}{\sqrt{\left(\frac{QZ}{J}\right)^2 + w^2}} \dots\dots\dots (2)$$

但し p_{max} : 隣接溶接片許容最大心距

σ_a : 溶接の許容単位剪應力 = 700 kg/cm²

其他 T, l, Q, Z, J, w 等は前述と同様

第 6 表

點名	σ_a (kg/cm ²)	Q (kg)	Z (cm)	T (cm)	l (cm)	J (cm ⁴)	w (kg)	p_{max} (cm)	實際の p (cm)
A	700	35 031	808	1.272	1	65 000	251	1.82	1
1	"	25 999	"	"	8	"	"	17.50	12
2	"	19 702	"	"	8	"	"	20.41	16
3	"	18 841	"	"	8	"	"	20.80	16
4	"	25 710	"	"	8	"	"	17.65	16
5	"	31 917	"	"	8	"	"	15.30	12
B-0	"	39 772	"	"	1	"	"	1.61	1
B+0	"	39 059	"	"	1	"	"	1.64	1
6	"	31 065	"	"	8	"	"	15.60	12
7	"	27 534	"	"	8	"	"	16.90	16
8	"	17 690	"	"	8	"	"	21.40	16

いづれも實際の心距 p は許容心距 p_{max} より小にして相當の餘裕あるを示す。

(6) 縦桁と横桁との連結 縦桁を横桁に連結する爲には縦桁の端に於ける抗張突縁即ち上突縁に沿つて、横桁腹板を貫通せる鉋を當て、横桁の前後にある兩縦桁を第 7 圖 ④ 溶接に依り連結し、此の貫通鉋に依て、縦桁の端彎曲力に耐へしめ、剪力は縦桁の横桁腹板に衝き合つた部分に施せる隅肉溶接(第 7 圖 ③)に依りとするものとする。

a) 彎曲力に對する貫通鉋

M : 端彎曲力 = 2 224 700 kg-cm

l : 臂 = 63.2 cm

P : 貫通鉋に作用する張力 kg

とすれば

$$P = \frac{M}{l} = 35 200 \text{ kg}$$

σ_{0a} : 鋼材の許容張力 = 1 200 kg/cm² とすれば a : 貫通鉋の所要斷面積 = $\frac{P}{\sigma_{0a}} = 29.3 \text{ cm}^2$

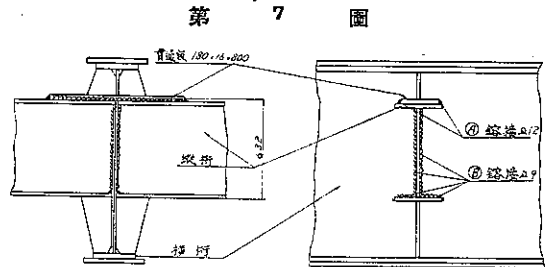
又 b : 貫通鉋の幅 = 18 cm t : 貫通鉋の厚 (cm) とすれば $t = \frac{a}{b} = 1.6 \text{ cm}$ となる

貫通鉋の兩側に施せる脚長 12 mm の隅肉溶接を以て連結することとせば

$$l = \text{貫通鉋の所要長} = \frac{P}{2a' \times \sigma_a} = 35 \text{ cm}$$

但し a' : 喉厚 = 0.85 cm

σ_a : 溶接の許容剪應力 = 600 kg/cm²



貫通鋼 16×180×800 を用ひ其の兩側に脚長 12 mm の隅肉溶接を施せば $l=40$ cm あるを以て充分である。

b) 剪力に對する溶接

最大剪力 $Q=39\,772$ kg

剪力をとるべき溶接延長 $=2 \times 60$ cm $+(22$ cm -2.7 cm $)=139.3$ cm

溶接に作用する單位應力 (σ) は

$$\sigma = \frac{Q}{0.636 \times 139.3} = \frac{39.772}{0.636 \times 139.3} = 450 \text{ kg/cm}^2 < 600 \text{ kg/cm}^2 = \text{許容剪應力}$$

但し隅肉脚長 $=9$ mm とす。

2. 横桁及主桁

腹鋼と突縁との連結, 突縁相互の連結等は縦桁に就て行つた方法と, 大同小異である。但し上下兩突縁の斷面積を異らしめた爲, 斷面 2 次率, 斷面 1 次率等の計算は多少面倒となるは止むを得ない。

主鋼桁に於ける腹鋼の接合 (第 8 圖参照) 一例として ㊦ 點 (第 17 圖及附圖第 2 参照) のものを掲ぐ。

彎曲率

㊦ 點に於ける最大彎曲力 $=M_{I \max} = 262.20$ t.m

㊦ 點に於ける最小彎曲力 $=M_{I \min} = 34.48$ t.m

㊦ 點に於ける溶接計算用最大彎曲力 $=M_I = M_{I \max} + \frac{1}{2}(M_{I \max} - M_{I \min}) = 37\,606\,000$ kg-cm

剪力

㊦ 點に於ける最大剪力 $=S_{I \max} = 91.21$ t

㊦ 點に於ける最小剪力 $=S_{I \min} = 7.80$ t

㊦ 點に於ける溶接計算用最大剪力 $=S_I = S_{I \max} + \frac{1}{2}(S_{I \max} - S_{I \min}) = 132\,920$ kg

斷面 2 次率

㊦ 點に於ける中立線の周の桁全體の斷面 2 次率 $=J_I = 3\,508\,900$ cm⁴

㊦ 點に於ける中立線の周の腹鋼の斷面 2 次率 $=J_w = 1\,481\,000$ cm⁴

M_I のうち腹鋼の受持つべき彎曲力 $=M_w = M_I \times \frac{J_w}{J_I} = 15\,520\,000$ kg-cm

隅肉溶接脚長 19 mm とすれば, 喉厚は 1.343 cm となり

溶接喉斷面の盡く圓形の桁中立線の周の斷面 2 次率 $=J_F = 2\,825\,700$ cm⁴

溶接喉斷面總和 $=\Delta F = 627$ cm²

溶接の抗張線維應力 $=\sigma_s = \frac{M_w}{J_F} \times 120.7 = 664$ kg/cm²

溶接の抗壓線維應力 $=\sigma_c = \frac{M_w}{J_F} \times 112.1 = 616$ kg/cm²

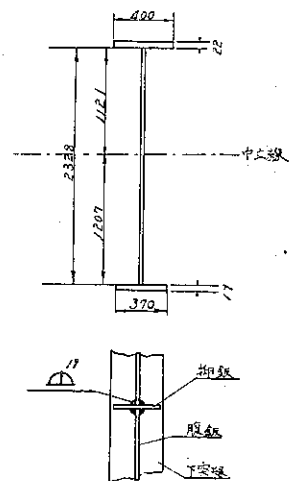
溶接の抗剪應力 $=\sigma_q = \frac{S_I}{\Delta F} = 213$ kg/cm²

溶接の合成應力 $\left\{ \begin{array}{l} \text{抗張線維に於ける合成應力} = \sigma_s' = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_q^2} = 697 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{抗壓線維に於ける合成應力} = \sigma_c' = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_q^2} = 652 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$

となり何れも許容抗剪應力 $=700$ kg/cm² より小である。

突縁鋼の添接 (第 9 圖参照) 一例として, ㊦ 點に關するものを掲ぐ (表 17 圖及附圖第 2 参照) ㊦ 點にて添接さるべき突縁鋼の斷面積 $=\Delta = 2.3$ cm $\times 40.0$ cm $=88.0$ cm², 之に對し 3 枚の添接鋼 95 $\times 82$ $\times 900$ を用ふれば, 其の斷面積の和は 3×3.2 cm $\times 9.5$ cm $=91.2$ cm² となりて充分なり。

第 8 圖



彎曲率：㊸ 點に於ける最大彎曲率 $= M_{S1max} = 387.08 \text{ t.m}$

㊸ 點に於ける最小彎曲率 $= M_{S1min} = 49.32 \text{ t.m}$

断面 2 次率：㊸ 點に於ける中立線の周の桁の断面 2 次率 $= J_{S1}$
 $= 4088900 \text{ cm}^4$

添接さるべき突縁板に作用する最大及最小線維應力

$$\sigma_1 = \text{最大線維應力} = M_{S1max} / J_{S1} \times 96.1 \text{ cm} = 910 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \text{最小線維應力} = M_{S1min} / J_{S1} \times 96.1 \text{ cm} = 119 \text{ kg/cm}^2$$

添接さるべき突縁板に作用する最大壓力 $= P_1 = \sigma_1 \times A = 80000 \text{ kg}$

添接さるべき突縁板に作用する最小壓力 $= P_2 = \sigma_2 \times A = 10200 \text{ kg}$

添接さるべき突縁板に作用する銲接計算用最大壓力 $= P = P_1 + \frac{1}{2}(P_1 - P_2)$

$= 114.9 \text{ t}$, 脚長 9 mm の連続隅肉銲接を行へば, 必要なる銲接長 l は

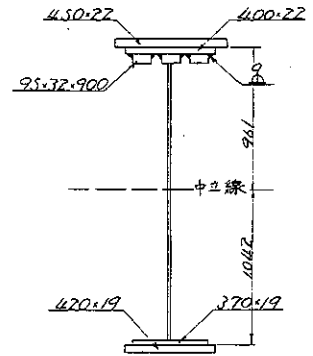
$$l = \frac{P}{6 \times a \times \sigma} = 43 \text{ cm}$$

但し a : 脚長 9 mm の隅肉銲接の喉厚 $= 0.636 \text{ cm}$

σ : 銲接の許容抗剪強度 $= 700 \text{ kg/cm}^2$

而して實際には 45 cm あるを以て充分なり。

第 9 圖



第 4 章 製 作

第 1 節 製作仕様書

本橋の橋桁製作仕様書は次に掲ぐる如くであるが, 製作に従事する銲接工手の技術試験及使用電極棒の規格は特に極めて嚴重とした。之は銲接の強度を左右する種々なる原因中, 此の 2 者の影響するところは最も大なるものがあり, 而も現在のところ出来上つた銲接工手の良否を検査する適當な方法が無い以上, 之も亦止むを得ない事であつた。

本仕様書には銲接のみならず, 鉸釘其の他一般に關する事項あれども, 参考の爲全部掲載することとする。尙此の他に杳製作仕様書, 架設後の鉸釘及銲接仕様書あれども, 大同小異なるが故に省略する。

橋桁製作仕様書

第 1 章 通 説

- 第 1 條 本橋梁は横濱市神奈川區千若町より埋立地に至る海面上に架設するものにして, 複線鐵道橋梁とし, 其の設計基準たる活荷重は KS15 とす。
- 第 2 條 橋桁は本仕様書及圖面に基き請負人之を製作すべく, 工作は最も正確にして總ての點に於て優秀なること, 尙大正 14 年 3 月 17 日鐵道大臣達第 168 號鋼鐵道橋製作示方書に牴觸せざることを要す。
- 第 3 條 本仕様書及圖面に明記せざる事項並に不明瞭の點は總て監督官の指示を受くべし。假令明記なき事項と雖も目的上當然必要なる材料或は工作は請負人の負擔に於て之を行ふものとす。
- 第 4 條 監督官に於て必要と認むる場合は, 些少の変更を命ずることあるべし。
- 第 5 條 請負人は材料及製作品の検査に關して充分の便宜を計るべく, 監督官は製作に關係ある總ての工場に時の如何を問はず自由に出入し得べきものとす。
- 第 6 條 監督官の必要と認めたる時は, 指定の材料より試験片を採り或は又製品の一部を採り各種試験をなさしむることあるべし, 右試験は勿論其の他の試験に關しても之に要する費用は一切請負人の負擔とす。

- 第 7 條 監督官は材料規格或は製作仕様と反するものあるを發見したるとき、其の材料及製品が如何なる状態に在るに拘らず廢却し得るものとす。右處置に従ひ請負人は出來得る限り迅速に之が改作を行ふを要す。
- 第 8 條 請負人は材料の註文及其の到着、或は製作品の發送に當りては速かに其の期日、種類、數量及重量を明記せる通知書を監督官に提出すべし。
- 第 9 條 請負人は各種工作の期日を定め豫め之を監督官に通達すべし。
- 第 10 條 請負人は製品の完成と同時に合符圖を作製し監督官に提出すべし。
- 第 11 條 請負人は監督官の指示に従ひ表札 2 個を製作し之を取付くべし。
- 第 12 條 請負人は本工事完成後工作原圖一式を提出すべし。
- 第 13 條 納入完了期日は契約後 135 日とす。

第 2 章 材料及作工

- 第 14 條 鋼材は日本標準規格第 20 號第 1 種に合格するものたるべし。
- 第 15 條 電極棒は特に規定せる場合の外總て軟鋼線とし第 8 章電極棒規格に合格するものたるべし。
- 第 16 條 總て材料は加工に先ち、寸法の適否、瑕疵其の他缺點の有無を精細に點檢し、輕易なる屈曲其の他不正なる部分は材料を損せざる方法に依り矯正すべし。但し甚だしき捻れ又は曲りある材料の整正使用は之を禁止す。
- 第 17 條 加熱せる材料は輕易なるものを除くの外、總て適當に焼鈍すべし。
- 第 18 條 材料の剪斷は正確にして、外部に露出する部分は不體裁ならざる様特に手際よく行ふべし。厚さ 15 mm 以上の材料剪斷面は總て 3 mm 以上削成すべし。
- 第 19 條 次の箇所は不體裁ならざる様削成すべし。隅鋸、弦材及各種桁類の突縁鋸、添接鋸等外部に露出せる鋸の各縁邊及山形鋼の尖端其の他監督官の必要と認むる箇所。
- 第 20 條 杭壓材及特に指定したる抗張材の銲頭接合面は部材組立後仕上すべし。
- 第 21 條 腹鋸補剛材は、上下突縁間に全く適合する様丁寧に製作すべし。特に支點其の他直接集中荷重を受くる補剛材は、突縁の裡に正しく密着せしむるを要す。
- 第 22 條 床桁兩端に於ける接續用山形鋼の背面は、正確に一平面にして互に平行し且つ所定の間隔を有する様製作すべし。全背面の削成をなすべきものは、接續用山形鋼を銲結したる後に行ひ、厚さ 15 mm を超過すべからず。
- 第 23 條 綫釘の兩端は手際よく丸形になすべし。
- 第 24 條 ビン孔は部材を銲結したる後、正確に穿つべし。孔内面の仕上は特に入念になし、孔の内面平滑にして且眞直なるを要し、部材の軸に直角にして、互に平行たるべし。
- 第 25 條 相接するピン孔間の距離は正確にして、指定の寸法と 0.8 mm 以上の差異あるべからず。又ピン孔の直径は 0.8 mm 以上ピン径より大なるを得ず。
- 第 26 條 ボルトのネヂ山は日本標準規格第 68 號にナットは同 70 號により製作すべし。
- 第 27 條 鋼材は許可なくして鍛接又は銲接すべからず。
- 第 28 條 銲接後銷落し不可能なる箇所は勿論、比較的困難なる箇所に於ても組合せ前充分銷落しをなすを要す。

第 3 章 銲 工

- 第 29 條 銲の太さは加熱前に於て 22 mm とす。
- 第 30 條 工場銲用の銲孔工作は左の方法の何れかに據るべし。
- (A) 各片を豫め銲徑より 3.2 mm 以下に豫備ボンチし、材片組合せ後銲徑より 1.6 mm 大なる徑までリーマによりて割り擴ぐ。
- (B) 材片を組合せたる後ドリルを以て銲徑より 1.6 mm 大なる徑まで穿孔す。
何れの場合にありても仕上穿孔は、豫め假ボルトを以て充分部材を締付けたる上に於てなすを要す。
- 第 31 條 現場銲用の銲孔は現場組立と同様に完全に假組立をなしたる上第 30 條に示す仕上げ穿孔をなすべし。
- 第 32 條 床桁の兩端接續用銲孔の穿孔は、特に注意をなし適當なる厚きを有する鐵製型鋸を用ひ、第 30 條に依る

- べし。
- 第 33 條 削り擴げ又はドリルに依りて仕上げられたる銲孔は正確なるを要し、圓筒形にして其の方向部材表面に垂直たるべし。組合せたる孔に些少の狂ひを生じたるときはリーマーを用ひて整正する事を得るもドリフトを用ひて擴大すべからず。
- 第 34 條 銲孔の周邊に生じたる捲れは削り取るべし。重要なる部分に於ける組合せ材の外面に當る銲孔の周邊は約 1.5 mm 見當に其の角を削り取るべし。
- 第 35 條 銲頭は日本標準規格第 39 號に従ひ製作し銲幹の長さは組合せ材の厚さ及銲徑に應じ過不足なきものたるべし。
- 第 36 條 銲銲を爲すに當りては豫め假ボルトを以て弛みなく材片を堅く締めつけ、變形を生ぜざる様注意すべし。
- 第 37 條 銲銲には壓力機を用ふべし。但し已むを得ざる箇所には壓搾空氣槌を用ふる事を得。而して後段の場合には出来る限り壓搾空氣當盤を使用すべし。
- 第 38 條 銲打は充分銲孔を填充し、組合せ材を堅固に緊結すべし、銲頭は銲幹と同心圓中に在りて規定の形狀をなし、部材の表面に完全に接着するを要す。
- 第 39 條 銲機には成るべく瓦斯又は油を燃焼し、適當なる程度に調節し得る装置を施したる爐を使用すべし、加熱は均一に淡紅色(攝氏 800 度)の程度とす。
- 第 40 條 銲は銲めたる後一々之を點檢し其の弛めるもの、燒過のもの、其の他缺點あるものは切り取りたる上打直しを爲すを要す。又填隙或は冷却後の銲め直しを爲すを許さず。不良銲の切取には錐を用ひて採み抜くが如き方法により部材の材質を損ぜざる様注意すべし。

第 4 章 銲 接 工

- 第 41 條 銲接の寸法は設計圖に示されたるものに正確に合致することを要す。
- 第 42 條 直接銲接に従事する銲接工手は海軍省 1, 2 級銲接工手或は鐵道省工務局長の認定せる銲接工手中より第 7 章に規定せる試験をなし之に合格せるものに限る。而して銲接作業中は當所交附の證明書(當人寫眞入)を携帯し監督官の要求に應じ之を提示するを要す。
前項試験に合格せざる者は希望により隨時再試験を行ふ事あるべし。
- 第 43 條 監督官は隨時銲接工手の技倆試験を行ふことを得。
- 第 44 條 銲接機は直流銲接機を使用すべし。又銲接機及其他の用具は豫め監督官の検査を受くべし。
- 第 45 條 製作品は検査前に塗料を施すべからず。但し亞麻仁油は此限りにあらず。
- 第 46 條 多層銲接は各層毎に検査を受くべし。下層の検査を受けざりし場合監督官は上層の削り取りを命ずる事あるべし。
- 第 47 條 監督官は必要に應じ既成銲接を切斷せしめ其の斷面の検査を行ふことあるべし。
- 第 48 條 表面不整、銲接物飛散、酸化物の包含著しきもの、銲込み悪しきもの其の他指定寸法に合致せざるもの等總て不合格なる銲接は之を除去し再銲接をなすを要す。
- 第 49 條 銲合銲接の形式は特に指定せざる限り次に定むる所に依る。
母材の厚 3 mm 以上 12 mm 迄の場合、V 接ぎ又は單斜接ぎ。
同 12 mm 以上の場合、X 接ぎ又は複斜接ぎ。
但し兩結合材片銲接面の交角は、V 接ぎ又は X 接ぎに於ては 60 度乃至 90 度とし、單斜接ぎ又は複斜接ぎに於ては 45 度乃至 60 度とす。又兩結合材片の間隙は使用電極棒の直徑に應じ 2 mm 乃至 5 mm とす。
- 第 50 條 隅肉銲接の兩脚は特に指定せる場合を除き相等しきものとす。
- 第 51 條 特に指定せる場合を除き傳達すべき銲着金屬部の表面は多少凸圓形をなすものとす。
- 第 52 條 隅銲を銲接により取付けたる箇所、銲銲突縁銲の銲合接合箇所等に於ては、豫め補強盛を削除し完全なる平面たらしむべし。
- 第 53 條 母材の銲接面は、銲接に先ち錆、塗料、銲滓及塵埃等を入念に清掃すべし。但し亞麻仁油の薄層は此の限

りにあらず。

- 第 54 條 電極棒の太き並に移動速度、電流及電壓は母材の寸法配列等を考慮して、充分なる銲込を得ると同時に母材が過熱せられざる様適當に定むべし。
- 第 55 條 電弧は充分なる銲込を得らるゝ範圍に於て成るべく短きを可とし、如何なる場合と雖も電極棒端に生ずる銲融鋼滴より長くなすべからず。
- 第 56 條 多層銲接の場合、各層の銲接は其の下層の銲着金屬表面より銲滓、酸化物を清掃したる後に行ふべし。
- 第 57 條 銲接内部には銲滓、酸化物等を残留し、又は氣孔を生ぜざる様注意すべし。
- 第 58 條 各部材銲接中如何なる場合にも、上向銲接をなすべからず。
- 第 59 條 銲接順序は成るべく被結合材の熱變形を最少ならしむる様定むべし。
- 第 60 條 被結合材が熱變形を起したる場合は、適當なる方法により之を矯正すべし。但し必要と認めたる場合は該銲接部を除去し再銲接を命ずることあるべし。
- 第 61 條 被結合材は銲接操作中、互に移動せざる様適當なる方法により充分なる假締めをなすべし。假締めボルトの孔は指定箇所限り且つ銲接結合後必ず之を銲填すべし。
- 第 62 條 假付け銲接は被結合材片に成るべく初應力が發生せざる状態にて行ふべし。
- 第 63 條 銲接工事設備は總て工事従業員に危険なきことを要す。
- 第 64 條 銲接作業中は成るべく風、雨、雪等に對する適當なる防護設備並に遮光設備をなすべし。
- 第 65 條 銲接は塗工に先だち銲滓、酸化物等を清掃すべし。

第 5 章 仕上及運搬

- 第 66 條 製作完成の上は丁寧に銲落しを爲し煮麻仁油を塗布して検査を受くべし。但し銲落しを爲したる後直に銲を生ずる虞なき場合は之を省略することを得。
- 第 67 條 製作品は其の荷造り發送前工場内に於て一應全部の假組立を爲し監督官の検査を受けたる上各部に名稱符號を刻し更に明瞭なる塗料にて記入すべし。
- 第 68 條 第 66 條の検査に合格したる後は製品に光明丹 1kg、煮亞麻仁油 0.4 リットルの割合より成るペンキを以て 1 回塗抹すべし。但し其の材料、材種につきましては豫め見本を以て監督官の承認を受くべし。
- 第 69 條 銲結せらる鋼材の接觸面は、銲鉋に先だち前條規定のペンキを以て完全に塗抹すべし。
- 第 70 條 ペンキは鋼材の表面完全に乾燥せるときの外之を塗布することを得ず。尙塗料を施すに當り、一般必要なる注意は嚴守することを要し、殊に氣温華氏 40 度以下の時、濕氣甚だしき時、其の他監督官の不適當と認めたる天候の場合は塗工をなすべからず。
- 第 71 條 ナット、ボルト、鉋其の他小形のものは各種毎に別包となし、帶鐵締めの堅固なる箱に入れ其の寸法數量等を箱の表面に明記すべし。
- 第 72 條 各材片及箱物には其の重量を明記すべし。
- 第 73 條 運搬中に損傷の虞ある箇所は、部材發送前特に注意して荷造りを爲すべし。運搬中に生じたる破損部材の處置に就きては監督官の指示に従ふべし、損傷甚だしきものは改作を命ずることあるべし。

第 6 章 納入及現地組立

- 第 74 條 受渡しは架橋現地横の埋立地に於て左記の状態の下に行ふ。
- (A) 橋桁部は臺上に直立の姿勢に組立をなしたるものに對して總ての銲鉋を完了したる状態とす。但し上部對風構、下部對風構、制動構並に床桁と主桁との銲結及指定せる銲結は行ふを要せず。
- (B) 鉋桁部は臺上に床桁、對風構、制動構等一切を主桁に取付け完全に成形せる状態とす。
- 第 75 條 運搬艇より陸揚及組立に關する作業は當所に於て施行し、銲鉋及銲接に關する作業は一切請負人の負擔とす。
- 第 76 條 陸揚後現地組立に際し銲鉋及銲接を行ふに必要な送電設備は、無償にて當所のものを使用せしむ。但し之に要する電力其他の費用は一切請負人に於て負擔すべきものとす。

第 7 章 銲接工事試験

第 77 條 溶接工事試験を分ちて操作試験と強度試験の 2 種とす。

第 78 條 溶接工事試験に供する試験體は、2 重添板前面隅肉溶接接手にして基板及添板は何れも日本標準規格第 20 號により規定せられたる構造用壓延鋼材にして、夫々同一鋼板より截取せるものを使用す。基板には厚さ 19 mm、長さ壓延方向に 200 mm、幅 250 mm の矩形板 2 枚、添板には厚さ 9 mm、長さ壓延方向に 80 mm、幅 250 mm の矩形板 2 枚を用意し、第 10 圖指示の位置に正確に組合せ水平に据え付けたる後 (イ) 及 (ロ) の箇所を假付けし (イ) より (ロ) の方向に 9 mm×9 mm の隅肉溶接を下向平付けの位置にて施すべし。但し補強盛約 1.5 mm を附加すべし。

第 79 條 操作試験は當該工事に使用する電極棒及溶接機と同一種類の電極棒及溶接機を使用し、第 78 條に規定せる溶接工事試験用試験體の製作について之を行ふ。溶接工手にして操作試験に合格するためには監督官の監督の下に少くとも次の各項に適合することを要す。

第 1 項：支給せられたる電極棒の有効體積 100 cm³ 以内にて溶接を完了すること。

第 2 項：溶接時間は通計 60 分以内なること。

第 3 項：溶接は平均電流 170 アムペア、平均電壓 22 ボルト内外とす。

但し平均電流及電壓の大きさは電極棒及溶接機の特性に從ひ、監督官の同意ある場合は之を變更することを得。

第 4 項：電弧は先づ第 10 圖 (イ) の箇所より發生せしめ、(ロ) に向つて溶接を進め、(ロ) の箇所にて之を消弧すること。但し (イ) と (ロ) との間に於て電弧を中斷する必要あるときは、(イ) より 50 mm 又は 50 mm の倍數の長さの箇所にて之を行ふべし。

第 5 項：溶接を終りたる後の溶接部の形狀は規則的なること。

第 80 條 強度試験は第 79 條の操作試験に合格して製作されたる第 78 條規定の溶接工事試験用試験體につきて行ふ。先づ試験體を第 10 圖指示の標線に從ひ幅約 50 mm の 5 個の試験片に截斷す。然る後各試験片を第 11 圖に從ひ其の兩側約 7.5 mm を削除して幅 35 mm に仕上げ且つ溶接部は其の補強盛を削除して、9 mm×9 mm の 2 等邊直角三角形隅肉溶接に削成したる後、W-W 的方向に抗張試験を行ふ。

溶接工手にして強度試験に合格するためには上記の試験片 5 個につき次の各項に適合することを要す。

第 1 項：各試験片の破壊荷重は何れも 15 ton 以上たること。

第 2 項：5 個の試験片の平均破壊強度は喉斷面につき、35 kg/mm² 以上たること。但し破壊強度は次式により算出するものとす。

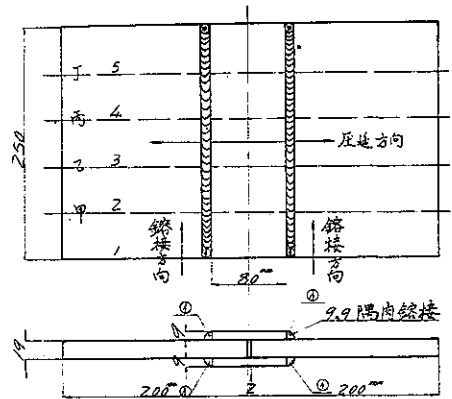
$$\text{破壊強度} = P/2 \left(a \times b \times \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \text{kg/mm}^2$$

式中 P: 最大全荷重 (kg)

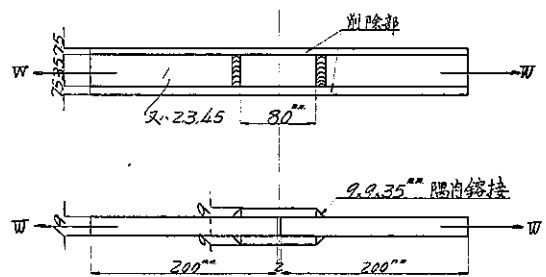
a: 溶接隅肉の實測平均脚長にして 8.5 mm 以上たことを要す。

b: 隅肉の長にして 34.5 mm 乃至 35.5 mm たことを要す。

第 10 圖 溶接工事試験用試験體



第 11 圖 溶接工事試験用試験體



第 3 項： 5 個の試験片の平均破壊強度と最低破壊強度との差は平均破壊強度の 10% 以下たること。

第 81 條 銲接工事試験用試験體製作に使用せる鋼板につきては、3 個以上の試験片を作り、日本標準規格による抗張試験を行ふべし。

但し本試験は監督官の同意により省略することを得。

第 82 條 銲接工事は電極棒又は銲接機の特性的異なる毎に之を行ふ。

第 83 條 監督官は必要に應じ本章に規定せるもの以外の試験を附加施行することを得。

第 8 章 電極棒規格

第 84 條

第 1 項： 裸電極棒或は被覆電極棒鋼心の化學成分は次記の如くなるべく、分析表を提出すべし。

炭 素： 0.10—0.18 硫 黄： 0.04 以下
 錳 僉： 0.4—0.6 矽 素： 0.05 以下
 燐 ： 0.04 以下

第 2 項： 被覆材は電極棒鋼心と正確に同心に塗布せられ貯藏、運搬等の取扱いにより、變質或は剝脱せず、且つ有毒瓦斯の發生又は銲接部分に悪しき影響を與へざるものたるべし。

第 3 項： 電極棒は下向、横、豎銲接用孰れも夫々當該銲接姿勢に於て容易に良質の銲接を得らるゝものたるべし。

第 4 項： 電極棒によりて銲着せられたる銲着鋼は、次記 (A) に規定せる試験片による抗張試験に於て其の破壊強度 39 kg/mm² 以上、伸長度は標點距離 50 mm に於て 16% 以上たるを要し、又 (B) に規定せる銲接繼手常溫屈曲試験に於て標點間の伸長度 20% 以上たるを要す。但し試験片の銲接は、電極棒製造所側の銲接工事によりて行ふものとす。

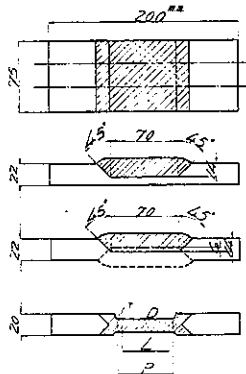
(A) 抗張試験片 (第 12 圖參照)

日本標準規格第 20 號に規定せられたる壓延鋼板より長さ約 200 mm、幅約 75 mm、厚さ約 23 mm の矩形板を造り、其一面を第 12 圖に従ひ 14 mm の深さに削成機により削り去り、次に檢定せんとする電極棒を用ひて其の部分數層の下向銲接により、長手方向のビードにて一層毎に鎚打にて表面を清掃しつゝ充填す。次で其の裏面を前記の如く 14 mm の深さに削り、該電極棒により前同様に充填す。然る後此の供試材を長手方向に同大の 3 本の棒に切斷し、各を第 12 圖指示の如く兩端部直徑 20 mm、中央部直徑 14 mm、平行部の長さ 60 mm の丸棒に削成す。

(B) 屈曲試験片 (第 13 圖參照)

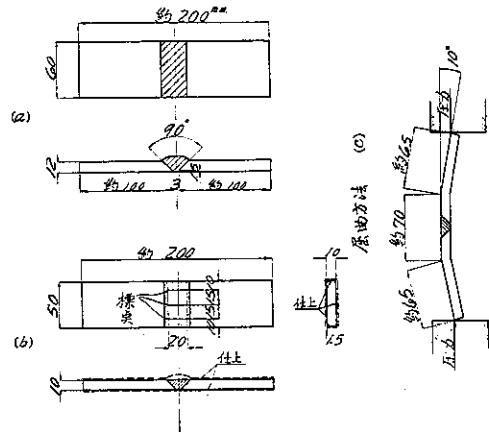
日本標準規格第 20 號により規定せられたる壓延鋼板より、長さ約 100 mm、幅約 60 mm 厚さ約 12

第 12 圖 銲着鋼抗張試験片



標點距離 $L = 50$
 平行部幅 $P = 60$
 直 徑 $D = 14$
 円錐角 $r = 5$

第 13 圖 銲着鋼屈曲試験片及屈曲方法



mm の矩形鉄 2 枚を造り兩片の短邊を第 13 圖 (a) に指示せる如く下向 3 層の V 接ぎにて銲接す。但し V 形の角度は 90 度、材片間隙は 3 mm、使用電極棒の直徑は 4 mm 又は 5 mm とす。斯くして得たる試験片を第 13 圖 (b) の如く 200×50×10 mm に削成し、其の銲接部に圖示の標點を刻記す。次で其の兩端部を適當なる方法により第 13 圖 (c) の如く屈曲す。

屈曲試験は此の試験片の兩端より徐々に壓力を如へ銲接部の外側表面に龜裂の發生と同時に加壓を止む伸張の計測は外側表面に沿ひ豫め刻記せられたる標點間に就て行ふ。但し龜裂の幅は除くものとす。

(C) 上記の試験と共に該試験に使用したる試験片母材と同一の鋼鉄につき日本標準規格により抗張試験を行ふべし。

第 5 項：第 4 項に規定せる銲着鋼試験は、電極棒 500 kg 或は其端數毎に 1 回行ふものとす。

第 6 項：電極棒として用ひらるゝ軟鋼線の直徑は特に規定せる場合を除き 6 mm, 5 mm, 4 mm, 3.5 mm, 2.5 mm, 2 mm の 6 種とし其の公差は 3% 以下とす。

但し 6.35 mm, 4.76 mm, 3.97 mm, 3.17 mm, 2.38 mm, 1.59 mm のものを以て代用し得。

銲接工の技術試験及電極棒の試験方法に就ては、各國各獨自の方法を講じて居り、我國に於ても、目下のところ殆んど一定せるものゝない状態である。技術試験に於ては、上向、下向、豎、横等各姿勢に就て行ひ、或は衝合、隅内等の銲接の種類に關してなす等種々あるが、本仕様書に於ては専ら、銲接研究會案に據ることとした。之は本橋製作中は上向の如き至難なる姿勢をとる必要なく、大部分最も平易なる下向或は横の姿勢を以てなす得るが故に、姿勢の變化による技術の優劣は仕様書中に加味せざる事とした、併し大體に於て下向平付の姿勢にて優秀なる銲接工手は其の他の姿勢に於ても概して優良な成績を示す様である。

次に試験に用ふる銲接の種類は専ら隅内銲接に依り、衝合銲接に依らざることとした。之は實際に施工すべき銲接の大部分が隅内銲接よりなるが爲である。但し隅内銲接も實は側面隅内に依りたき希望なりしも、かくするときは、試験片の作成に於て相當面倒となる虞れあるが爲、止むを得ず前面隅内に依つた。

尙、電極棒試験の銲着鋼抗張試験片の作製には、極めて多量の電極棒と、長い時間とを要した。此の點に關しては最近内務省土木試験所報告第 28 號に於て、青木楠勇技師が既に小型試験片に依る銲着鋼引張試験に關する研究を發表せられてゐるが、兎に角將來此の試験片については今少しく簡便なる代案を要するものと考へらる。

第 2 節 製作に關する 2, 3 の事項

銲接の施工に關して最も慮るゝところは、部材に生ずる歪と、銲接の繼手内に残る内部應力とであらう。之等に對しては設計上 1 箇所にも多くの銲接の集中することを避け、例へば桁の補剛材に於て、腹鉄の左右兩側のものを同位置に取付けず多少喰ひ違はしめて設け、又縦桁を横桁に結合する場合、片方を直接横桁に當て、他方は別の鉄を添へて間接に横桁に當てる等の方法を探つた事は既に第 3 章第 2 節にも述べたが、其の他に尙施工の順序も亦頗る大なる關係を持つが故に、之は直接實際に銲接に當つてゐる人々の經驗を尊重し、其の意見に基き第 14 圖～第 18 圖の如くした。而して大體の方針は常に歪をして片方に逃れしめ、歪を束縛せざるを旨とした。

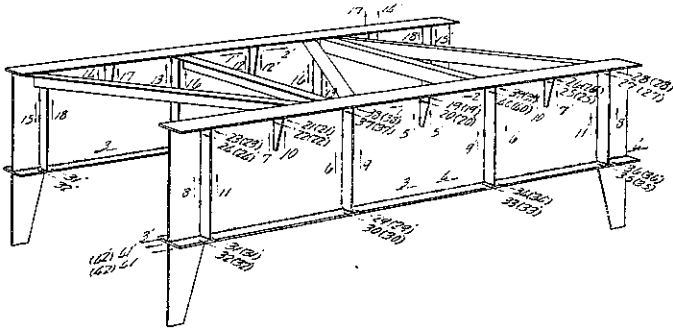
縦桁は第 14 圖の如き順序に矢の方向に工場内にて材片を集成し銲接を行ひ、現場に於て第 15 圖の如く横桁に結合する。

横桁は第 16 圖の如くし、又主鉄桁は第 17 圖に於て見る如く ㉔、㉕、㉖ を各個別に製作し、工場内にて之等を更に集成銲接する。而して何れの材片も其の銲接は中央より左右に向つて進行する。

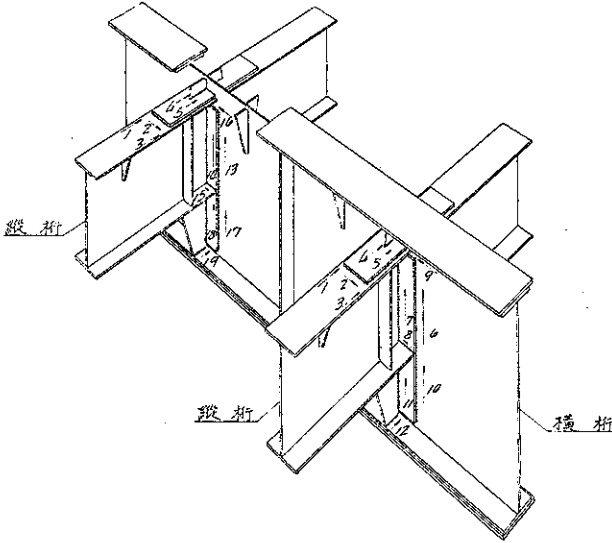
沓の銲接順序の一例を示せば第 18 圖の如くである（構桁部可動沓）。

銲接の熱に依る部材の收縮は銲接寸法と母材の寸法との比其他母材の形状等種々なる條件に依りて異り、なかなか一定し難きものではあるが、縦桁、横桁、主鉄桁等の製作に於ける大體の見當は桁長 1 m に對し約 1 mm で

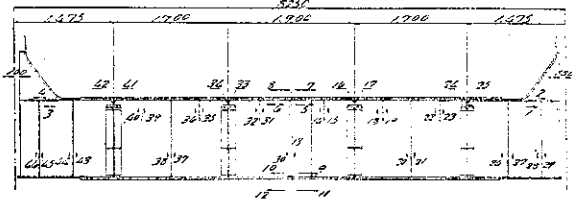
第 14 圖 縱桁の銲接順序



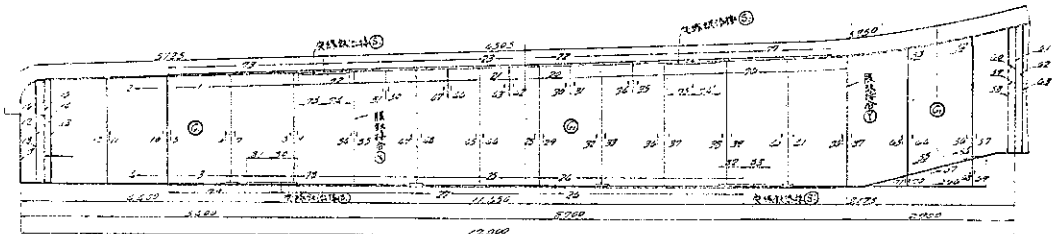
第 15 圖 縱桁と横桁との結合順序



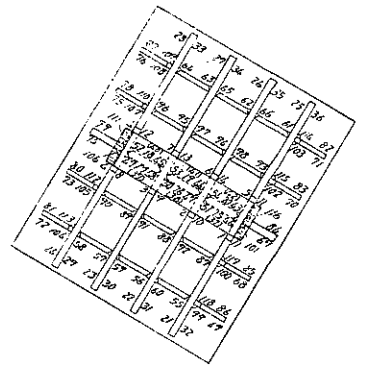
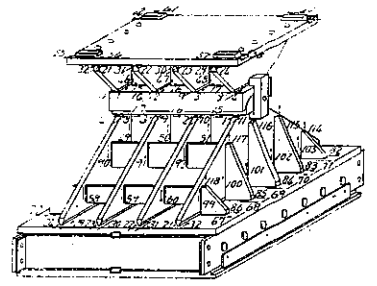
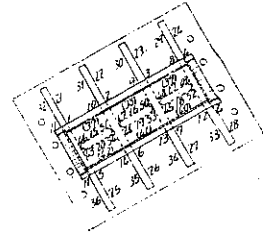
第 16 圖 横桁の銲接順序



第 17 圖 主縦桁の銲接順序



第 18 圖 省銲接順序の一例



あつた。

橋桁製作用の銲接機は、芝浦製作所製 SWD-23 型直流銲接機にして 7.5 KW, 300 A, 60~375 サイクルの直流發電機と、15 馬力, 200 V, 50 サイクル, 1500 R.P.M. の電動機とを直結せるものにして、單式銲接機と稱し、1 臺の銲接機に對し、1 人の銲接工手の作業するものであつた。

又沓製作用の銲接機は、同じく直流銲接機なるも、複式にして 5 人の銲接工手の同時に作業し得るものであつた。而して發電機はアレン・アンド・サン社製の 75 KW, 80 V のもので、之と明電舎製の 85 馬力, 50 サイクルの電動機とをベルト連結せるものであつた。

使用電極棒数は橋桁製作の工場銲接に於て 72 932 本を要し、作業延時間は 5 822 5 時間であつた。

又中間組立場たる物揚場に於ける板桁部 2 連の組立の銲接に 7 848 本、其の作業延時間 452 時間を要した。

更に架設後の構桁部横桁、縦桁、上下對風構取付等の銲接に 12 870 本、其の作業延時間 567 時間であつた。

尙沓製作には 8 974 本、其の作業延時間 774 時間を要した。

但し橋桁製作用電極棒は G.E. の F 型(直徑 3/16", 長 14") にして沓製作用のものはアークスのノルメンド型(直徑 4 mm, 長 460 mm) であつた。

第 3 節 銲接の検査

出來上れる銲接の強度如何を直接知る事は目下のところ到底不可能なるが故に、之は電極棒試験と、銲接工手試験の成績に大部分の信頼を置く事とし、出來上れる銲接の検査としては、只外觀上の出來、不出來及び銲接寸法を嚴重に點檢し、盛の不足、或は延長の不充分のものに對しては更に増補を命ずるの程度に止めた。而して寸法検査には第 19 圖の如き厚 3 mm の鋼板型を當てた。

第 5 章 銲接工手試験成績

第 4 章第 1 節橋桁製作仕様書中の“第 7 章銲接工手試験”に基き昭和 9 年 6 月 2 日及同年 7 月 12 日の 2 回に亙り、前回は 9 人、後回は 10 人、合計 19 人の橋桁製作從事銲接工手の試験を施行せる結果、前回試験に於て只 1 人不合格者を出したるのみにて他は悉く合格した。然るに後次受験者の大部分は仕様書第 43 條の規定に適合せざる者なりしを以て、止むを得ず製作の従事を一時保留した。

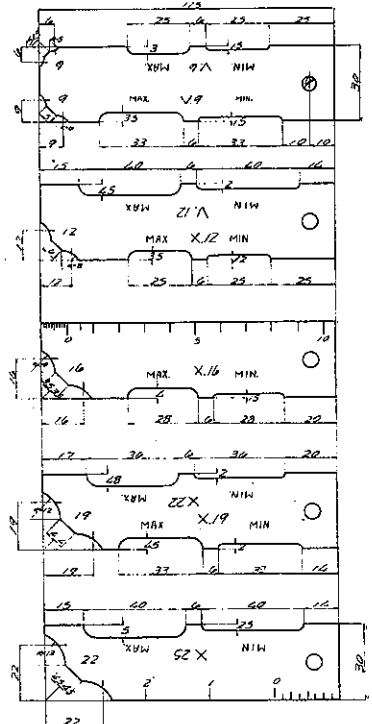
尙沓製作従事の銲接工手は同年 7 月 2 日 3 名の受験者に就き試験施行の結果悉く合格した。

1. 銲接工手操作試験

第 7 表 昭和 9 年 6 月 2 日施行の分 (橋桁製作從事銲接工手)

工手番號	A	B	C	D	E	F	G	H	J
操作時間(分)	38	32	40	51	37	50	40	44	41
棒使用量(cm ³)	88	73	78	101	101	101	101	88	95
平均電壓(V)	20	20	21.5	18.5	21.5	22.5	22.5	23.5	20
平均電流(A)	197	190	195	188	194	190	184	200	195

第 19 圖 銲接寸法検査用鋼板



第 8 表 昭和 9 年 7 月 12 日施行の分 (橋桁製作從事銲接工事)

工 手 番 號	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
操作時間(分)	32	33	30	35	32	35	34	34	35	38
棒使用量(cm ³)	82	76	76	79	76	76	81	73	81	77
平均電壓(V)	18.5	20	20	20	20.5	20	20	19.7	20	20.5
平均電流(A)	198	180	190	176	163	180	165	200	200	205

第 9 表 昭和 9 年 7 月 2 日施行の分 (沓製作從事銲接工事)

工 手 番 號	X	Y	Z
操作時間(分)	48	42	60
棒使用量(cm ³)	110	87	115
平均電壓(V)	25	25	25
平均電流(A)	132	132	125

第 7 表~第 9 表中, 平均電壓及平均電流は 5 分間毎のメーターの讀みを平均せるものにして, 操作中, 各電壓計及電流計を巡視したところ, 殆んど甚しき針の昇降を見ず, 常に大體同一目盛を指し, 銲接工手の何れも相當熟練工手なるを察知し得た。

2. 銲接工手強度試験

操作試験に於て作成せられたる試験片を仕様書に規定せる如く, 各 5 個の強度試験用試験片に作り, 之等に就て抗張試験を施行せる結果は第 10 表の如くである。但し, 之等試験の結果を一々掲ぐるは煩雜冗長となるを以て此處には單に各銲接工手の作れる 5 個の試験片の平均破壊強度のみを記載するに止める。

第 10 表

工 手 番 號	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
5 個試験片の平均破壊強度(kg/mm ²)	48.2	46.2	47.5	41.4	51.1	48.5	48.1	43.8	53.5	44.7	50.9
工 手 番 號	M	N	O	P	Q	R	S	T	X	Y	Z
5 個試験片の平均破壊強度(kg/mm ²)	43.8	47.7	44.5	46.4	48.4	50.9	43.9	52.6	52.6	43.8	48.1

尙試験にはリールの 100 ton 試験機を用ひた。

第 6 章 電極棒試験成績

第 4 章第 1 節橋桁製作仕様書中の第 8 章電極棒規格に基き, 鋼心の分析試験, 銲着金屬の抗張試験及屈曲試験を施行したる結果は次の如くである。

尙橋桁製作の電極棒はアメリカ・G・E 會社製裸電極棒(桃色の藥液塗抹) F 型にして寸法は直徑 3/16 吋, 長 14 吋, 1 本の重量 50 gr である。沓製作のものにはベルギー, アーコス會社製被覆電極棒 ノーメンド型にして寸法は直徑 4 mm, 長 460 mm であつた。

1. 鋼心分析表

(1) 橋桁製作電極棒 (府立東京商工獎勵館に於て)

炭素 0.18, 硫黄 0.016, 滿佞 0.47, 硅素 0.04, 磷 0.013

(2) 沓製作電極棒 (淺野造船所分析室に於て)

炭素 0.08, 硫黄 0.025, 滿佞 0.47, 硅素 /, 磷 0.018

2. 抗張試驗成績

第 11 表 橋桁製作用電極棒

試驗片 番 號	直徑 (mm)	斷面積 (mm ²)	標點距離 (mm)	降伏點 (kg)	抗張力 (kg)	抗張強度 (kg/mm ²)	伸長 (mm)	伸 率 (%)	破斷箇所
A ₁	14.00	153.9	50	3 900	6 630	43.09	12.7	25.4	中央
A ₂	14.00	153.9	"	3 850	6 640	43.13	12.3	24.6	"
A ₃	14.00	153.9	"	3 850	6 640	43.13	12.9	25.8	1/4
B ₁	13.95	152.7	"	3 870	6 630	43.40	12.3	24.6	中央
B ₂	13.95	152.7	"	3 860	6 640	43.48	14.0	28.0	"
B ₃	13.95	152.7	"	3 850	6 630	43.40	15.2	30.4	"
C ₁	13.90	151.7	"	3 840	6 620	43.68	15.0	30.0	"
C ₂	14.00	153.9	"	3 850	6 630	43.09	10.7	21.4	1/6
C ₃	13.90	151.7	"	3 850	6 630	43.70	13.2	26.4	中央
D ₁	14.00	153.9	"	3 840	6 625	43.05	13.2	26.4	"
D ₂	14.00	153.9	"	3 855	6 635	43.10	12.5	25.0	"
D ₃	14.00	153.9	"	3 870	6 640	43.13	12.5	25.0	1/4
E ₁	14.00	153.9	"	3 860	6 630	43.09	12.8	25.6	中央
E ₂	14.00	153.9	"	3 860	6 630	43.09	14.7	29.4	1/4
E ₃	14.00	153.9	"	3 860	6 580	42.75	12.7	25.4	1/5
F ₁	14.00	153.9	"	3 860	6 630	43.09	11.5	23.0	1/4
F ₂	14.00	153.9	"	3 860	6 590	42.80	12.3	24.6	"
F ₃	14.05	155.0	"	3 850	6 630	42.75	13.4	26.8	"

第 12 表 沓製作用電極棒

試驗片 番 號	直徑 (mm)	斷面積 (mm ²)	標點距離 (mm)	抗張力 (kg)	抗張強度 (kg/mm ²)	伸 長 (mm)	伸 率 (%)	破斷箇所
G ₁	14.05	155.0	50	6 520	42.1	9.5	19.0	中央
G ₂	14.04	154.7	"	6 330	40.9	9.3	18.6	"
G ₃	14.09	156.0	"	6 370	40.8	9.5	19.0	"

3. 屈曲試驗成績

第 13 表 橋桁製作用電極棒

試驗片番號	標點番號	標點距離(mm)	伸 長(mm)	伸 率 (%)
A'	1-1	20.0	5.0	25.0
	2-2	"	4.5	22.5
	3-3	"	5.0	25.0
B'	1-1	"	6.0	30.0
	2-2	"	5.5	27.5
	3-3	"	6.0	30.0
C'	1-1	"	5.5	27.5
	2-2	"	5.2	26.0
	3-3	"	5.4	27.0
D'	1-1	"	5.0	25.0
	2-2	"	4.0	20.0
	3-3	"	4.7	23.5

E'	{	1—1	20.0	5.0	25.0
		2—2	"	4.7	23.5
		3—3	"	5.2	26.0
F'	{	1—1	"	5.0	25.0
		2—2	"	4.6	23.0
		3—3	"	5.0	25.0

第 14 表 沓製作用電極棒

試験片番號	標點番號	標點距離(mm)	伸 長 (mm)	伸 率 (%)	
G'	{	1—1	20.0	6.5	32.5
		2—2	"	4.5	22.5
		3—3	"	5.0	25.0

因に抗張及屈曲試験にはリールの 100 ton 試験機を用ひた。

第 7 章 沓 試 験 成 績

銲接に依る橋桁用沓の製作は、未だ他に其の例を見ず、全く最初の試みなるを以て、内務省土木試験所に依頼し、實際の製品に就て耐壓試験を施行した。

試験機は 1000 ton 耐壓試験機を用ひ、應力の測定はヒューゲンベルゲル・テンソメーターに依り、之を特殊金物及マグネットを以て試験さるべき沓に取り付け、テンソメーターの読み即ち變形率より應力度を算定した。

應力の測定點としては 185 箇所を選定し、先づ各測定點にて測定しつゝ、20 ton 毎に 500 ton 迄載荷する操作を 3 回反覆試験した。

次で、前記試験の結果、最大應力の起る箇所と推定される、8 箇の點を選び、設計荷重 (318 ton) の 2 倍に相當する 640 ton 迄 3 回反覆載荷して、應力の測定を行つた。其の結果設計荷重の 2 倍の載荷に對し、測定點の最大應力は何れも降伏點以下の値 (2350~1750 kg/cm²) を示し、此の銲接沓は設計荷重に對し他の橋梁部分と大體近似の安全率を有することを確め得た。

尙此沓の試験に關しては近く内務省土木試験所報告に青木楠男技師より發表せられる管 故詳細は之を参照され度い。

第 8 章 架 設

架設方法は一般普通の方法とは稍趣を異にし、先づ架設地點に近隣せる中間組立場たる斜面物揚場に簡單なる臺を組み、此の上に鉸桁部は主桁、横桁、縦桁、對風構等の取付銲接を全く完了して一體となし、構桁部も主構の片側宛を組立て、僅かに横桁の取付鉸、其の他上下兩對風構の取付等のみを残して全部鉸接を完了し、然る後港灣工事用浮起重機の利用に依つて之等を架設地點に吊り込み、全然水中より足場を組むこと無くして、架橋工事を竣へた。架設の順序を略述すれば次の如くである。

1. 中間組立場たる物揚場に於ける鉸桁部 (2 連) の組立及銲接
2. 中間組立場たる物揚場に於ける構桁部主構 (3 個) の組立及鉸接
3. 第 1 主構の吊込み
4. 第 2 主構の吊込み
5. 構桁部の横桁、縦桁、上下對風構及制動構の假取付

6. 第 2 主構の位置直し

7. 鈹桁部 2 連の吊込み

主構の吊込みに就ては、主構 1 個の重量約 60 ton あり。之を能力 50 ton の浮起重機に依り、先づ中間組立場たる物揚場より吊り上げ、之を待機中の臺船上に一旦受けて、半ば起重機にて吊りつゝ海面上を移動して架設地點に至る。此處に於て更に能力 20 ton の浮起重機 2 臺を動員して各々主構の兩端に在るピンを利用して掛けたるワイヤー・ロープに依つて吊らしめ、合計 3 臺の浮起重機を用ひて次第に構を上昇せしめ、豫め設置せられたる橋脚上の沓に安置する。然る後本橋に並列して既に架設せられてある公道橋より丸木及ワイヤー・ロープに依り支へ及引張りを取つて浮起重機を放した。

主構 1 個を單に持ち上げる爲には 50 ton 起重機船 1 隻のみにて辛ふじて事足りるのであるが、荷重過大の爲、起重機臺船の吃水極めて深くなり、最大限度迄巻き揚ぐるも、主構の下端をして定位置に達せしむるを得ず、之が爲、他の 2 臺の起重機にも荷重を分擔せしめ、吃水を減じ得て目的を達した。

第 2 主構の吊込も全く第 1 主構の場合と同様であるが、只其の位置を正規の位置より約 20 cm だけ外方に先づ置いた。即ち第 1、第 2 主構の間隔（橋幅）を僅かに擴めて置いた。之は本橋が半ボニー式であり、横の振れに對して相當大なる抵抗を有せしむる爲には、横桁と主構との取付點の剛性を特に必要とする關係上、垂直部材の腹板を態々内側に突出せしめ、之に横桁を銲結するの設計をなし所謂抗張銲を成る可く避けた爲、横桁吊込に際して此の突出が支障となるの虞れがあり、兼ねて縦桁其他上下對風構等の吊込をも一層容易ならしめんが爲でもあつた。而して第 2 主構は既に置かれたる第 1 主構より丸木及ワイヤー・ロープを渡して之を支へた。

次に構桁部の横桁、縦桁等は浮起重機に依り簡単に逐次吊込み、第 1 主構とは確實に連結し、更に 2、3 の補助ワイヤーに依り之等重量の大部分を第 1 主構にかけしめ、第 2 主構との連結は首長のボルトに依つて軽く支へる程度に止めた。

次いでケーブル及カグラサンにより第 2 主構を内方へ 20 cm 寄せ、正規の位置に置いた。尤も此の操作を容易ならしめんが爲に豫め沓と構との間にグリースを塗抹せる鋼板を挿入し置きたるを以て之は移動完了後橋脚の位置に於て、100 ton 及 70 ton の水壓ヂャッキを用ひ、片方宛僅かに構を押上げて抜き去つた。

かくて中央徑間構桁部の架設後、物揚場に於て既に全く完成せる鈹桁部を 1 連宛（重量各約 45 ton）50 ton 浮起重機に依り吊り上げ、構の場合と同様に一旦臺上に受けて架設地點に至り、再び巻き揚げて一端は豫め設置せられたる橋臺上の沓に安置し、他端は既に架設されたる構桁部に嵌め込み、ピンを打ち込んで架設を了つた。但し此の場合は大なる捲揚を要せざる爲、1 臺の浮起重機にて終始した。

第 9 章 結 言

本橋々桁製作或は沓製作等に於て、實際費したる電極棒數量及銲接延時間より、設計の銲接體積と實際使用電極棒體積との比例及銲接工程の大體を算出した。

第 15 表 電極棒及作業工程見積參考表

工 種	使用電極棒數(本)	使用電極棒體積 (cm ³)	9 mm 脚長隅肉銲接に換算せる銲接延長 (m)	餘盛を見込まざる計算上の銲接體積 (cm ³)	作業延時間 (時間)	使用電極棒體積計算上電極棒體積	9 mm 脚長隅肉銲接 1 時間平均延長 (m)
橋桁工場銲接	72 932	460 000	5 670.54	230 000	5 822.5	2.00	0.97
橋桁現場銲接	15 026	95 000	1 216.88	49 200	1 019.0	1.93	1.19
沓工場銲接	8 974	51 900	665.58	27 000	774.0	1.92	0.86

第 15 表に於けるが如く、實際に使用せる電極棒の體積は、銲接純體積（餘盛を見込まざる計算上便宜上のもの）の約 2 倍内外を要することとなる。

之は實際の銲接には必ず餘盛の行はるゝに對し、計算上は便宜之を加算せざりし事に依る點もあれども、尙其の他に電極棒は或程度迄短小となれば、操作困難となるが故に多くの場合之を棄却する事實あり、（場合に依りては消耗せる短小電極棒に新電極棒を繼ぎ足して使用する事もあり）尙此他種々の損失に依るものとする。

更に實際の銲接延長を脚長 9 mm の隅肉銲接の延長に換算した。其の換算方法は銲接斷面積の比に依つた便宜上のものである。而して 9 mm の隅肉銲接を基本に選びたるは、全銲接中最も多數を占むるものなるが故に他ならぬ。之に就て平均 1 時間の銲接能力を算出せるところ第 15 表の如く、概略 1 m 内外の結果を得た。勿論之は大體の目安に過ぎず、銲接箇所の難易、銲接寸法の大小等に依り相當の差異の生ずべきは當然である。表に於て橋桁の銲接に就て、工場銲接の能力 0.97 m/時間 なるに對し、現場銲接のそれは却て 1.19 m/時間を示すは、現場に於ては銲接作業取掛り前に、全く整然と銲接目的物の組合せを終り、且工場に於けるが如く之を反轉する事もなく又移動する必要もなく、只管銲接作業に従事するを得たが爲である。

銲接、鉸鉸兩工法に依る桁重量の比較

銲接工法に依る場合と鉸工法に依る場合との兩者に就き、重量を比較せんが爲、鉸桁部に就き銲接工法に於て採つた型と同一型につき、別に鉸工法にて設計々算し、次の如き比較表を得た。

第 16 表 銲接、鉸鉸兩工法に依る重量比較（鉸桁部）

項 目	銲 接 橋		鉸 鉸 橋		2 連分につき 鉸鉸橋/銲接橋
	1 連分(kg)	2 連分(kg)	1 連分(kg)	2 連分(kg)	
主 桁	19 109.930	38 219.860	23 119.876	46 239.752	1.21
横 桁	12 196.660	24 393.320	15 026.555	30 053.110	1.23
縱 桁	8 195.880	16 491.760	6 469.635	12 939.270	0.79
對 風 構	2 116.385	4 232.770	2 112.903	4 225.806	1.00
制 動 構	692.325	1 384.650	849.337	1 698.674	1.23
ボルト及鉸頭	6.250	12.500	1 110.000	2 220.000	177.80
計	42 367.430	84 734.860	46 888.306	97 376.612	1.15

第 16 表に於て見る如く、鉸桁部 2 連分に就きて考ふる時、鉸鉸橋重量は銲接橋重量の 1.15 倍に當る。尙此の表に於て縱桁に關しては鉸鉸橋の方却て輕きは、銲接橋に於ては鉸を集成して斷面を形成し、且つ設計の單一化をはかる爲、構桁部に對するもの（構桁部支間は 3.800 m、鉸桁部支間は 3.250 m）と同一斷面形を鉸桁部にも採用したるに反し、鉸鉸橋設計に當りては形鋼の I 型を使用せる爲、補剛材不用となり、且つ斷面として構桁、鉸桁兩部に對し、夫々最小限のものを選定せる結果に依る。

銲接橋を作るに當つて、最も痛切に感じた點は、銲接が未だ比較的衝擊に對し脆き事、銲接操作が全く原始的方法に依り行はる事、出來上り銲接の検査方法無き事等の諸點であつた。

銲着金屬に比較的韌性乏しく、衝擊に對して脆きが爲に、設計に於ても極めて慎重なる態度と、餘分の手數とを必要として居るが、近き將來には電極棒の改善と銲接技術の進歩と相俟て此の缺陷を補ふを得て、更に簡單なる設計を以て事足りるに至ると信ずる。

現在の銲接は文字の毛筆書きにも比すべく、銲接工手の微妙なる感覺に訴へて行はれる仕事なるが故に銲接工手

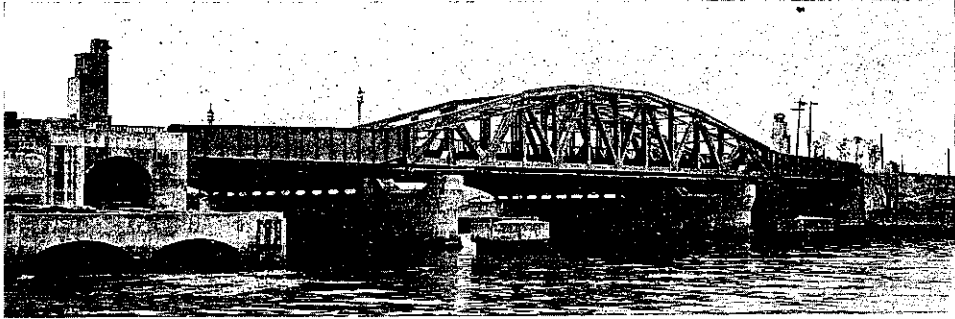
の技倆の程度は出來上りの銲接の強度に及ぼす影響極めて甚大である。銲工法に於ても其發達過程を辿れば、最初に於ては手打銲時代を経て漸次機械銲の時代に進歩せるが故に、銲接に於ても早晚確實なる機械銲接の時代の至るものと信ずる。尤も現在既に水道鋼管等の特殊構造物の銲接には機械的銲接の行はるゝものあれども、僅かに一部に過ぎず、未だ一般に適用し得るに至つて居らぬ。

銲接構造物は銲構造物に比し尠からず其の重量を輕減し得るにも拘らず、工費の比較的嵩むは銲工手に比し銲接工手の賃金著しく高き現狀に依るものと考へらる。之は軍需景氣に依る銲接工手の拂底に當り、俄かに熟練工を養成し得ざる事情あり、又銲接工手の作業能率たるや相當低きものなるに依る。此の點より見るも、能率の大にして而も確實なるべき機械銲接の 1 日も早く實現せんことを希望するものである。

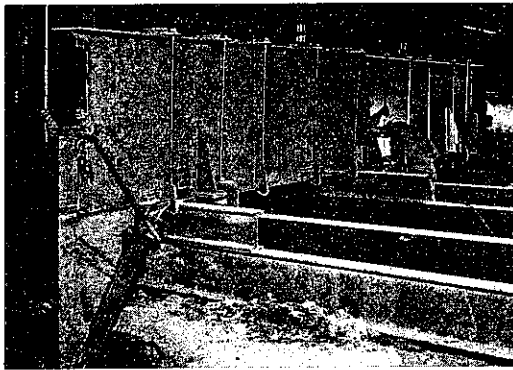
更に出來上りの銲接を檢査すべき方法なき事は現在銲接構造物を作製するに當つて最も不便を感じる點である。之が爲に電極棒の試験、銲接工手試験等に非常なる費用と時間との犠牲を拂ひ、而も製品に對し未だ十分なる信頼を置き得ない現狀である。X 線、或は磁氣等を利用せる檢査方法あるも未だ實用の域に達せざるは誠に遺憾の至りである。

本橋の設計、架設は主として、當所鮫島、黒田兩技師指導の下に行つたのであるが、設計に就ては内務省土木試験所の青木楠男技師に非常なる御援助御指導を賜り、又鐵道省の中原壽一郎、稻葉權兵衛兩技師からも種々有益なる御忠言を賜つた、茲に厚く謝意を表する次第である。又直接設計製圖に對しては松尾、三木、大本、鈴木の諸君、架設に關しては田中、高田、西野、高野の諸君を煩はすこと甚大なるものがあつた。併せて茲に勞を謝する。

寫眞第 1 竣功せる瑞穂橋側面



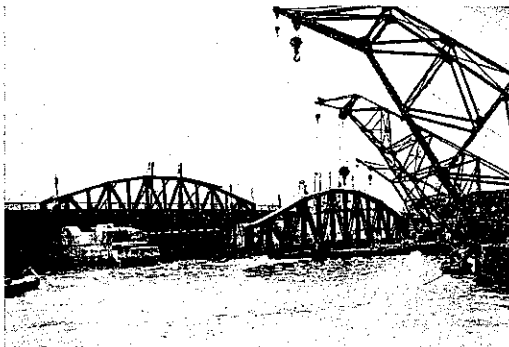
寫眞第 2 工場に於ける横桁溶接作業



寫眞第 3 工場に於ける主桁溶接作業

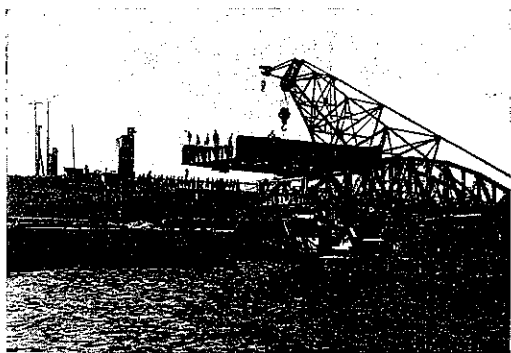


寫眞第 4 瑞穂橋架設状況 (其の 1)



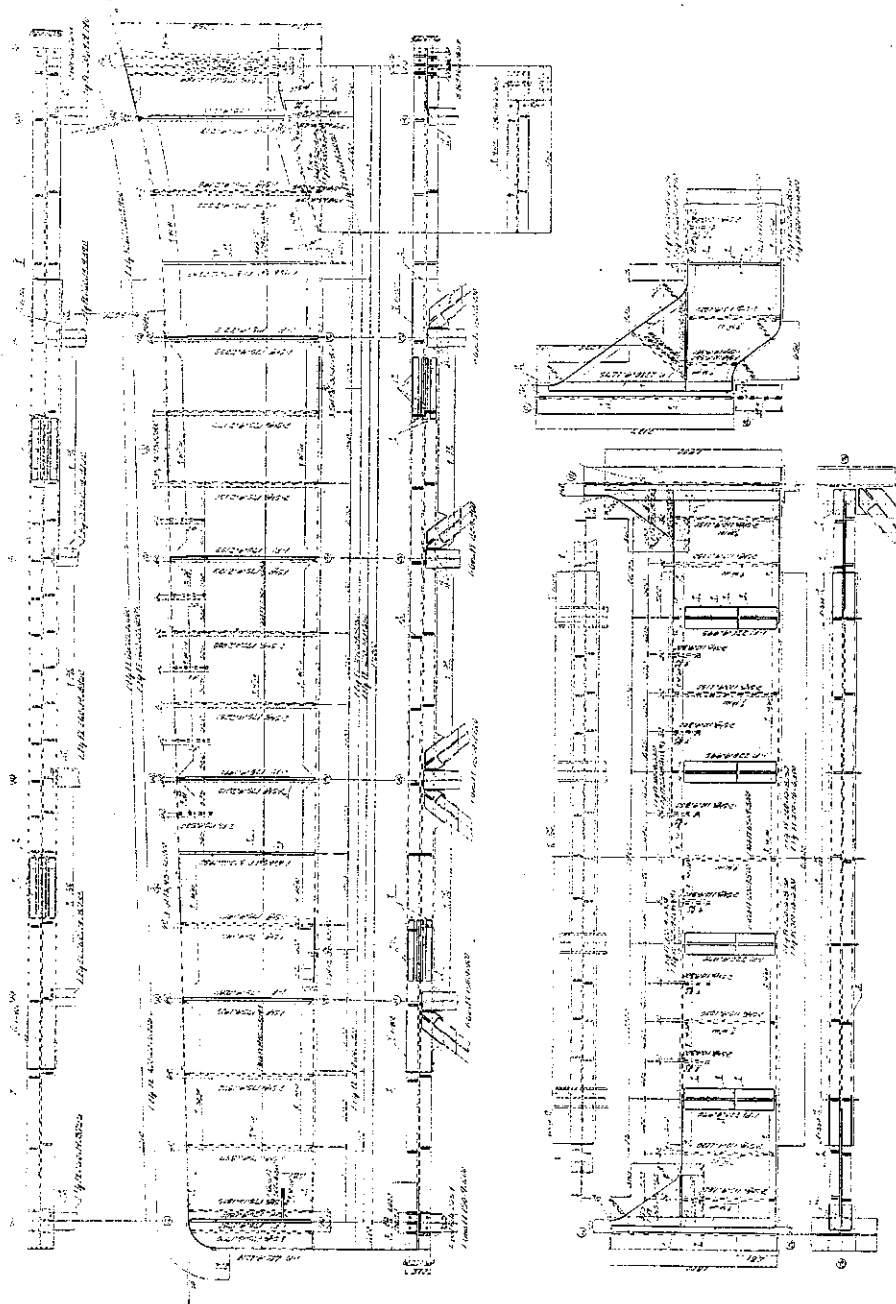
第 2 主桁を浮船に載せ、半は浮起重機にて吊りつゝ架設地盤に近づき之より起重機 3 臺を以て吊上げんとす

寫眞第 5 瑞穂橋架設状況 (其の 2)

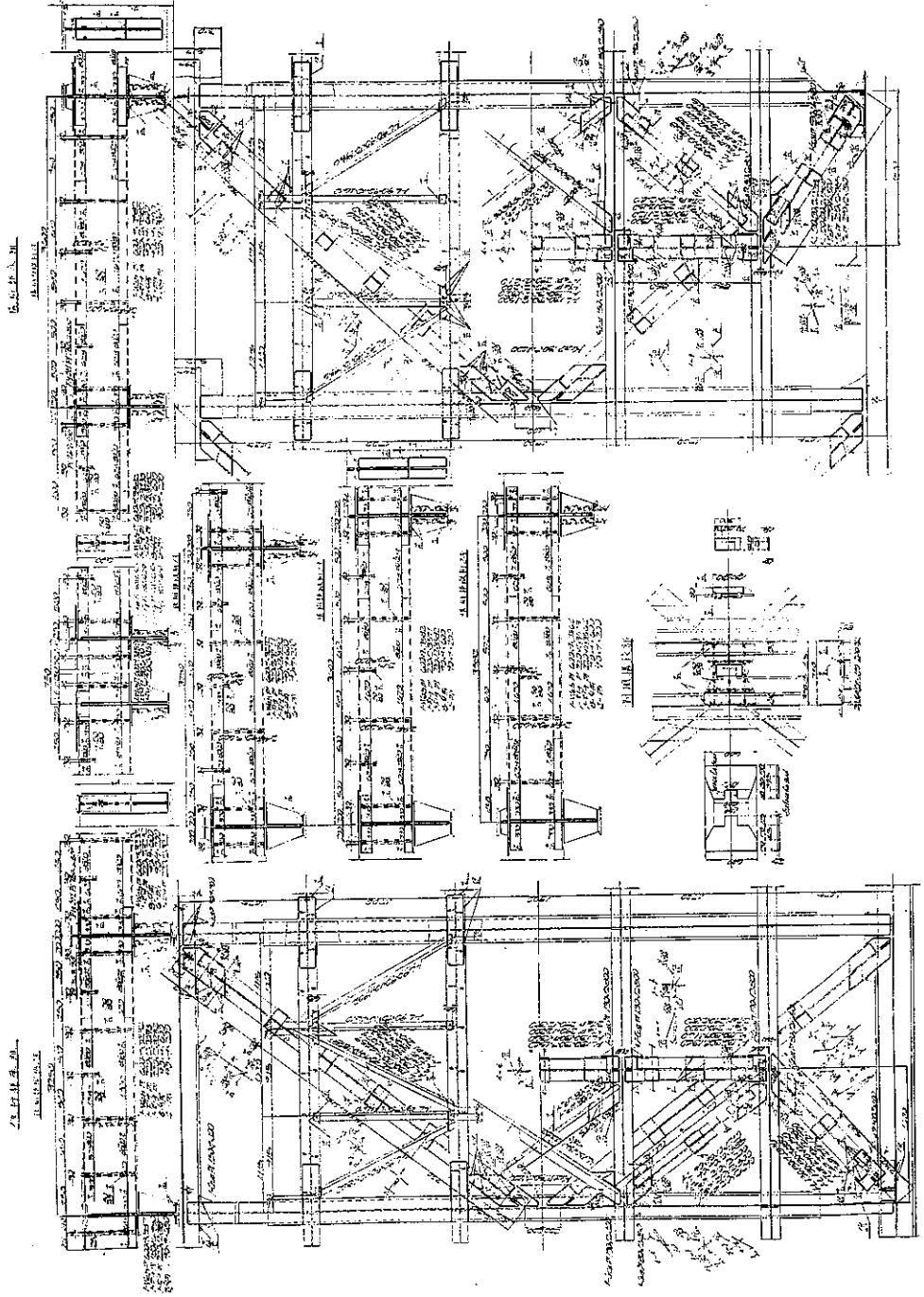


鋼桁を架設地盤に將に吊り下ろさんとす

附圖第2 鐵桁設計圖



附圖第3 縱桁其他設計圖



附圖第 4 上部對風構, 樑門, 床桁設計圖

