

# 角形鋼製橋脚現場溶接の設計・施工

大阪第1建設部 設計課 井 阪 清  
同 部 同 課 古 田 重 之  
同 部 同 課 中 村 一 平

## まえがき

従来、鋼製橋脚および鋼床版の現場継手には、高力ボルト接合を採用するのが一般的であった。しかし、近年における溶接施工法の進歩および信頼性の向上により、美観、経済性（鋼重の軽減・維持補修の軽減など）に優れた現場溶接接合が採用されはじめてきた。

このたび、大阪府道高速大阪湾岸線大浜工区鋼製橋脚工事の脚柱継手において、現場溶接接合を採用した。現場溶接継手の実績として、鋼床版デッキプレートについては、従来から実施例が、かなり多いが、鋼製橋脚、特に長方形断面を有する脚柱での実績は少なく、この種の施工技術に関するデータも整っていないのが現状である。したがって、大浜工区の鋼製橋脚における現場溶接継手に対して、設計および施工上の問題点の文献による事前調査・検討を行った。また、道路橋示方書等の許容値と現場での実態調査との比較、現場溶接施工時の歩掛調査および現場溶接採用に対する阻害要因の1つである残留応力の測定を行った。

本論文は、それらの結果をまとめたものである。

## 1. 鋼製橋脚現場溶接施工実態調査

### 1-1 概 要

大阪府道高速大阪湾岸線大浜工区（堺市大浜西町）においては、大阪府道臨海線の高架化に伴い、高速道路は、上下車線が分離するような構造である。また、高架下の路面を利用するために橋脚の

構造は、逆L型橋脚（長方形断面）を採用した。（図-1、2）

これらの継手は、美観的配慮、鋼重・維持補修の軽減などのために、鋼製橋脚柱部において、従来の高力ボルト継手をやめ、現場溶接継手を採用した。

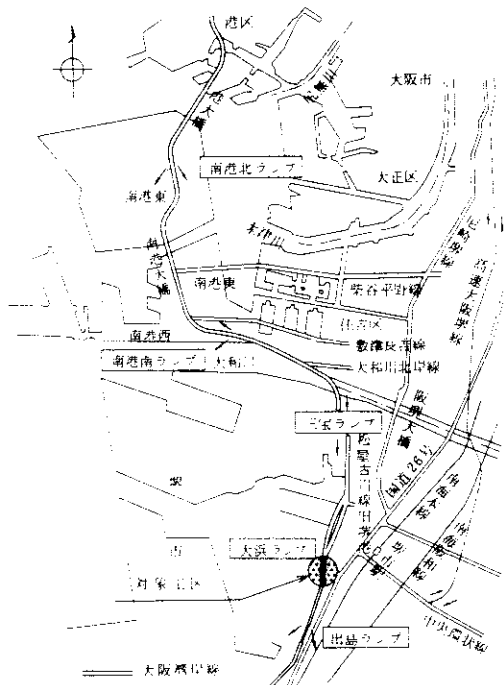


図-1 位 置 図

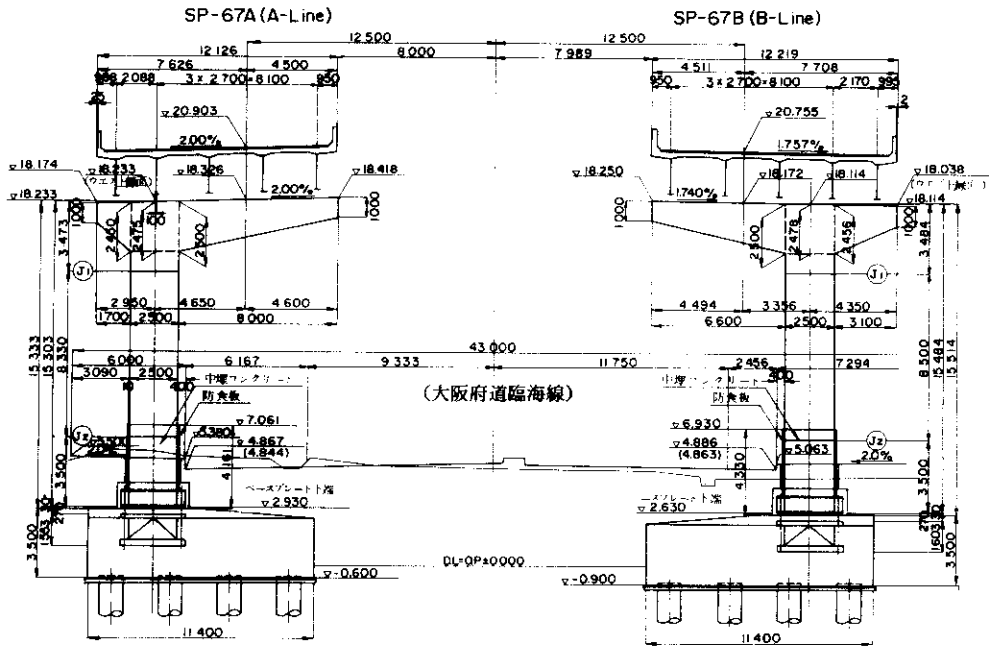


図-2 標準横断面図

そこで当工区の20基について溶接継手部の継手強度の低下の要因となる組立精度(目違い量、ルートギャップ)、溶接変形量の測定および溶接部の非破壊検査を実施し、今後の現場溶接継手の基礎資料を得た。

## 1-2 施工方法

### (1) 継手部の構造

対象となった橋脚の断面寸法は、2.5m~3.0m(橋軸直角方向)×2.5m~3.5m(橋軸方向)の長方形断面である。

現場溶接継手部での板厚は、12mm~44mmであり、材質は、SS41、SM50、SM58材である。

### (2) 溶接施工

溶接方法は、手溶接を主体としたが、SP-69Bの橋脚のみ炭酸ガス横向片面自動溶接(以下「自動溶接」いう。)を採用した。

表-1に、溶接姿勢、使用溶接材料、開先形状等を示す。

手溶接の場合、開先形状は、溶着量比率を考慮しBack Side(内面)2/3、Final Side(外

面)1/3とした。外面では、ガウジングを行った後に、溶接を行なうので、入熱量が、内面・外面共にほぼ均等になる。

現場溶接時における橋脚の組立状態は、梁部の張出し長さが大きく梁部に継手を設けた橋脚では、溶接時に偏心モーメントを作用させないよう、梁部を取り付けずに溶接を行ない、梁部は、その後高力ボルトで組立てる。また、梁部に継手のない橋脚は、支保工を用いて、偏心モーメントが作用しない状態で、溶接を行なった。

図-3に、溶接施工の流れ図を示す。

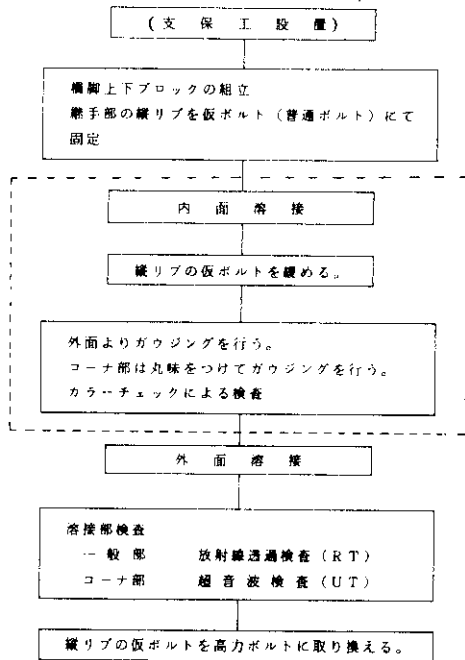
橋脚の組立ては、縦リブの高力ボルト孔(φ24.5mm)に仮ボルトをそう入し、縦リブの添接板を用いて橋脚位置決めを行った。また、溶接時の収縮が自由に行えるよう、仮ボルトはM20の普通ボルトを使用した。

角柱橋脚の溶接では、コーナ部の溶接が困難であるが、施工に先立ち部分供試体により、溶接性の確認を行った。その結果、図-4に示すようなコーナ部開先を採用した。

溶接順序(手溶接の場合)を図-5に示す。

表-1 現場溶接施工諸元

諸元	対象橋脚 SP60A ~ SP69A SP60B ~ SP68B	SP69B	
溶接方法	手溶接	CO <sub>2</sub> 自動溶接	
溶接姿勢	横 向	横 向	
溶接装置	---	PICOMAX-2	
溶接材料	LBM52, LBM62, (4 $\phi$ , 5 $\phi$ )	MG-50 (1.2 $\phi$ )	
溶接条件	電流 (A)	150 ~ 230	210 ~ 270
	電圧 (V)	25 ~ 28	23 ~ 27
	速度 (cm/min)	10 ~ 20	20 ~ 50
	入量 (J)	11,300 ~ 38,600	7,500 ~ 18,500
	予熱 (℃)	80	100
開先形状 (mm)			
備 考		初層のみワイピング	



注) [ ] は、自動溶接時には不要

図-3 溶接施工流れ図

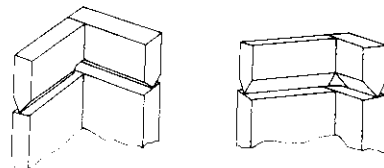


図-4 コーナ部開先形状  
(手溶接の場合)

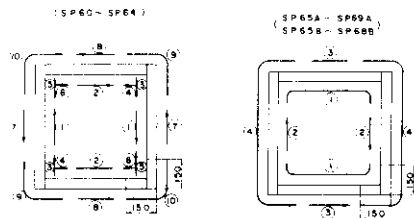


図-5 溶接順序  
(手溶接の場合)

### 1-3 測定要領

組立精度（目違い量、ルートギャップ）、溶接変形量の測定および溶接部の非破壊検査は、次の要領で実施した。

#### (1) 目違い量およびルートギャップ

目違い量（以下「 $\delta_1$ 」という）の測定は図-6に示すように、フランジまたは、ウェブにストレッチをあて、その間隙部の値を隙間ゲージで測定した。また、ルートギャップ（以下「 $\rho$ 」という）も隙間ゲージを使用し測定した。なお、両項目の測定位置は、ウェブ及びフランジの中央点及び1/4点である。

#### (2) 溶接横収縮量

溶接による横収縮量（以下「S」という）の測定は、図-8に示すように、あらかじめ、溶接前に開先を、はさんだ標点間距離100mm及び200mmの位置にマーキングを行い、溶接後、脚柱外面

をノギスで測定した。

#### (3) 面外変形量

面外変形量の水平方向値（以下「 $\delta_H$ 」という）および鉛直方向値（以下「 $\delta_V$ 」という）の測定は、直尺と水系を用いて測定した。この場合、組立てた状態での変位量を零点と設定した。測定要領は、図-9のとおりである。

#### (4) 非破壊検査

放射線透過検査（以下「RT」という）の抜取率は、最初に手溶接を実施する橋脚および自動溶接を実施する橋脚については、抜取率100%（全継手延長）、その後の継手については、抜取率20%または10%とした。

またRTが不可能な継手コーナー部（四隅）は、約200mmの範囲で、超音波探傷検査（以下「UT」という）を全継手について実施した。

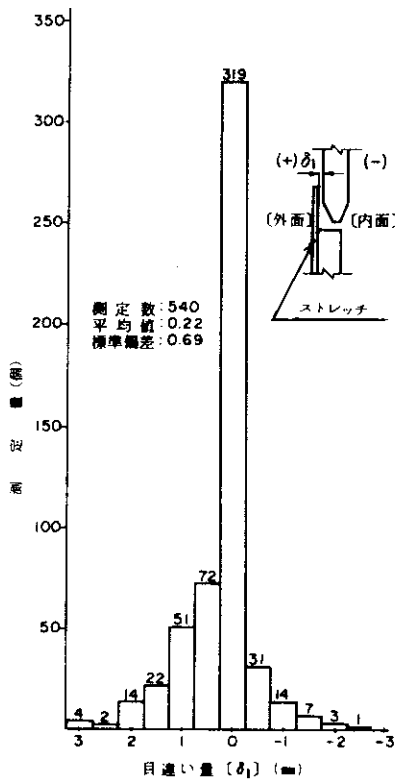


図-6 目違い量

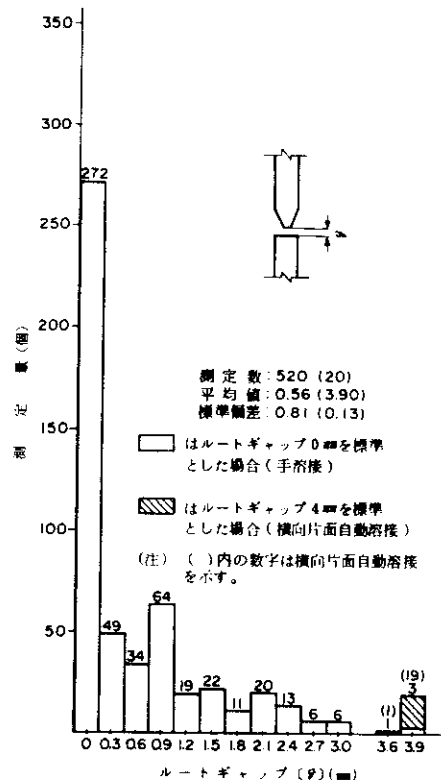


図-7 ルートギャップ量

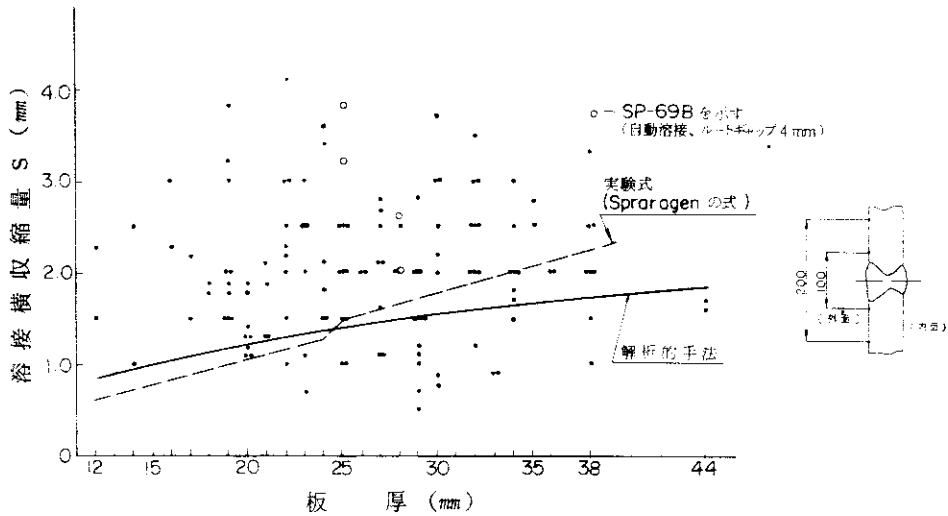


図-8 板厚と溶接横収縮量

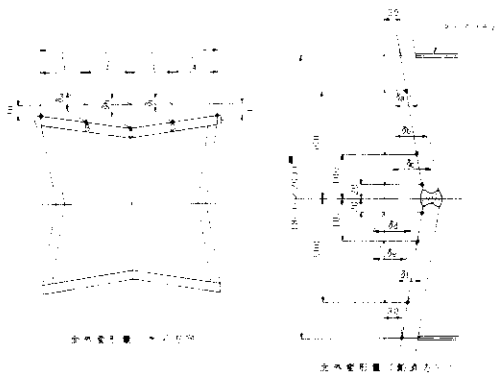


図-9 面外変形量測定位置

#### 1-4 調査結果

調査対象橋脚 20 基における溶接継手数は、33 箇所である。

以上の測定箇所について、組立精度（目違い量、ルートギャップ）、溶接による横収縮量、面外変形量の調査と非破壊検査を行った結果は、次のとおりである。

##### (1) 目違い量 ( $\delta_1$ )

$\delta_1$  の測定結果を、図-6 にヒストグラムで示す。図-6 に示すとおり、 $\delta_1 \leq 1\text{mm}$  のものが全体の約 90% を占めている。また、 $\delta_1$  は道路橋示方書で規定している板厚方向の許容値（薄い方の板厚の 10% 以

下）に対して全般的に満足した結果を得たが、板厚 12 mm ~ 16 mm の薄い板において、許容値をわずかに超えたものがある。

##### (2) ルートギャップ ( $g$ )

$g$  の測定結果を、図-7 にヒストグラムで示す。調査対象橋脚 20 基のうち、手溶接を行う 19 基が現場組立精度を考慮して、 $g = 0$  の状態で工場製作を行った。残りの 1 基については、自動溶接を行うため、 $g$  を 4 mm に設定している。

現場組立後の  $g$  は、図-7 で明らかなように、 $g = 0$  の場合は、全体の約 50%、また  $g \leq 1\text{mm}$  では、全体の約 80% を示しており、現場架設での組立精度の高さが確認できた。

高精度が得られた要因としては、

- ① 工場製作時に、脚柱端面を切削加工したこと。
- ② 現場における施工管理体制が十分であったこと。

が挙げられる。

また、SP-69B 橋脚（自動溶接）の  $g$  に対しても、図-7 で明らかなように、ばらつきは、ほとんど見られなかった。

##### (3) 溶接による横収縮量 ( $S$ )

溶接による  $S$  の測定結果を、図-8 に示す。

$S$  は 1.5 mm から 3.0 mm の範囲のものが、全体の約

70%であり、板厚にあまり関係がないようである。また、溶接方法の違いによる影響については、自動溶接のデータが不足しているため論じることが出来ない。

図中には、Sの推定式 (Spraragen の式<sup>4)</sup>、解析的方法<sup>5)</sup>)により算出された推定値も図示されているが、実際のSの値は大きくばらついている。

この原因は、橋脚内面での収縮量の計測が出来なかったため、角変形等の影響を除外し得なかったことにあると思われる。しかし、継手部の設計

および施工上、Sを推定する必要がある場合、板厚が12mmから40mm位までは $S \approx 2$ mmと考えると十分であると思われる。

また、測定した横収縮量の最大値 $S_{max} = 3.8$ mmを考慮して、縦リブの継手間隙は、5mm程度必要と思われる。

(4) 面外変形量 (水平方向) ( $\delta_H$ )

図-10、11に示す $\delta_H$ の測定結果は、次のとおりである。

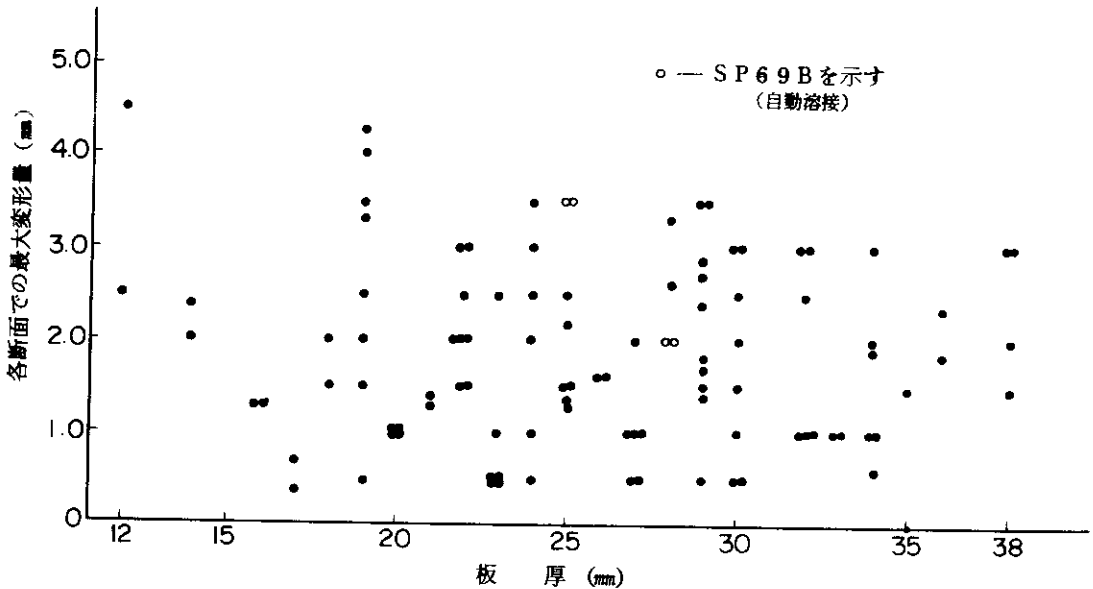


図-10 板厚と面外変形量 (水平方向) の関係

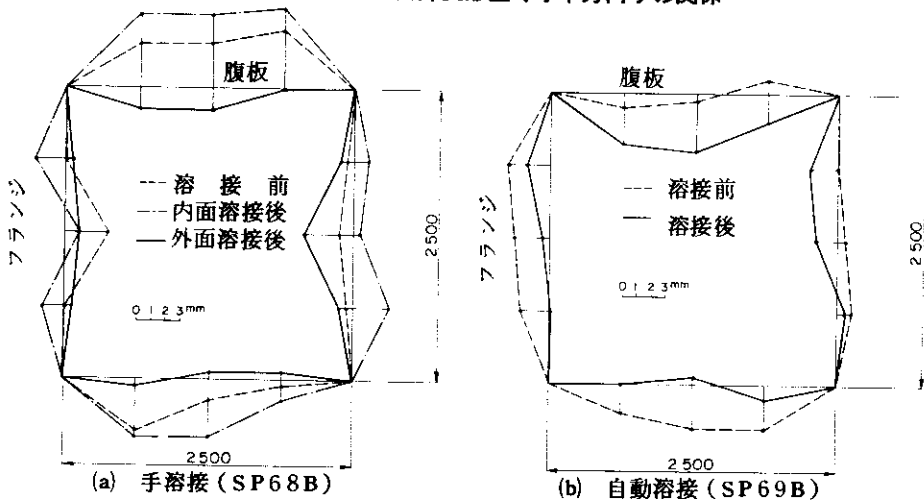


図-11 各溶接施工段階での面外変形量 (水平方向)

① 図-11に示す水平方向の面外変形量の板厚と各断面での最大変形量の関係は、板厚に関係なくばらついている。しかし、変形量のうち、全体の約80%は、 $\delta H = 1 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲内にあり、最大値においても、 $\delta H_{\text{max}} = 4.5 \text{ mm}$ である。この最大値は、道路橋示方書に規定されている板の平面度の許容値 ( $W/150$  ここに、 $W$ は腹板またはリップの間隔) の  $2500/150 = 16.7 \text{ mm}$ に対して十分に余裕をもっている。

また、同程度の板厚について、自動溶接の方がやや大きな変形量となっているが、これは、時間当りの入熱量の違いからのためと思われる。

② 溶接施工段階での変形は、図-11に示すとおり、内面から溶接すると外側へ、外面から溶接すると内側へ変形する。これは、当初から推測していたとおり、開先形状による内側と外側の溶接量の違いによるものと思われる。

(5) 面外変形量(鉛直方向) ( $\delta v$ )

図-12、13に示す  $\delta v$ の測定結果は、次のとお

りである。

① 図-12に示すように、 $\delta v$ は  $\delta H$ と同様に、板厚の変化による、変形量の増減は認められない。

しかし全体の約90%は、 $\delta v = 1 \sim 3 \text{ mm}$ の範囲内であり、板厚12mmを除いて変形量の最大値は  $\delta v_{\text{max}} = 3.5 \text{ mm}$ である。

② 溶接による、変形量への影響は、図-13に示すとおり、溶接線より50cm離れると見られない。

③  $\delta v$ の製作許容値は、道路橋示方書には明記されていないが、DAS<sub>t</sub>-指針012(板の座屈安定性の照査)において、 $L/400$ (ここに、 $L$ はダイヤフラム間隔)と規定している。

したがって、DAS<sub>t</sub>-指針012を適用すると許容値は、 $1800/400 = 4.5 \text{ mm}$ となり、測定変形量は、これを満足している。

④ 自動溶接における変形量は、手溶接の場合と比較して、ほとんど差異が認められなかった。これは、溶接時に変形防止用具を使用したためと思われる。

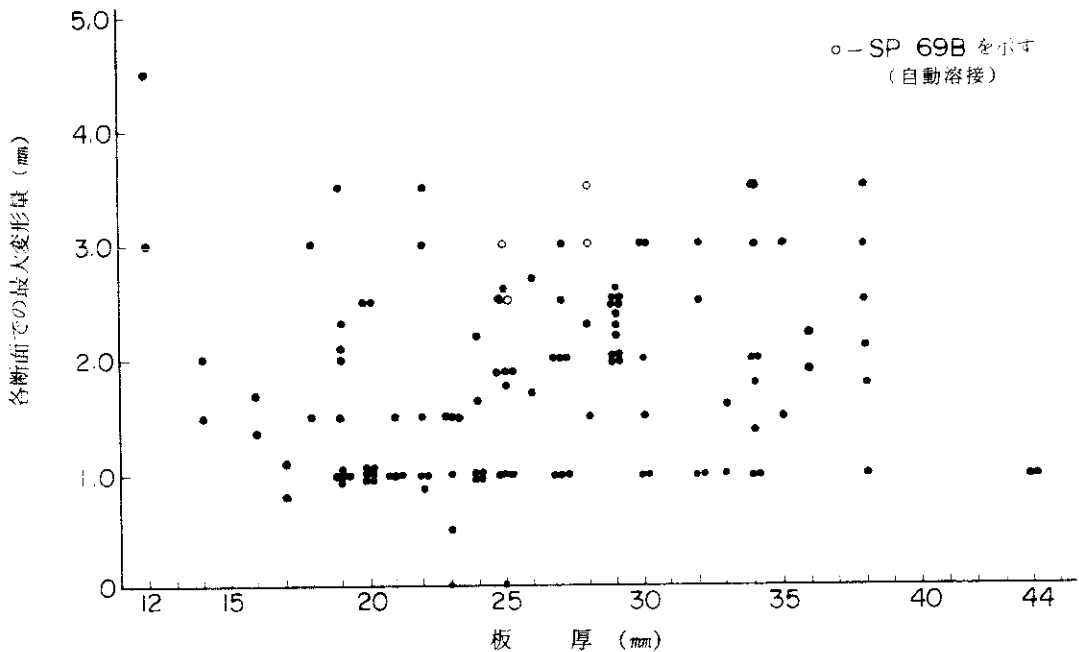


図-12 板厚と面外変形量(鉛直方向)の関係

表-2 非破壊検査結果

区分	放射線透過検査(RT)						超音波探傷検査(UT)	
	実施枚数	1 級		2 級		1 級	2 級	
		(%)	欠陥	1 級	2 級			1 級
手溶接	200枚	85	66	14	24	125	3	
全線検査	(100%)	(47.5)	(33.0)	(7.0)	(12.0)	(97.7)	(2.3)	
手溶接	176枚	93	43	15	22	—	—	
抜取検査	(100%)	(52.9)	(24.4)	(8.5)	(12.5)	(1.7)	—	
自動溶接	40枚	25	6	4	4	1	4	
全線検査	(100%)	(62.5)	(15.0)	(10.0)	(10.0)	(100)	—	
合計	416枚	213	115	50	50	129	3	
	(100%)	(51.2)	(27.7)	(12.0)	(1.2)	(98)	(2)	

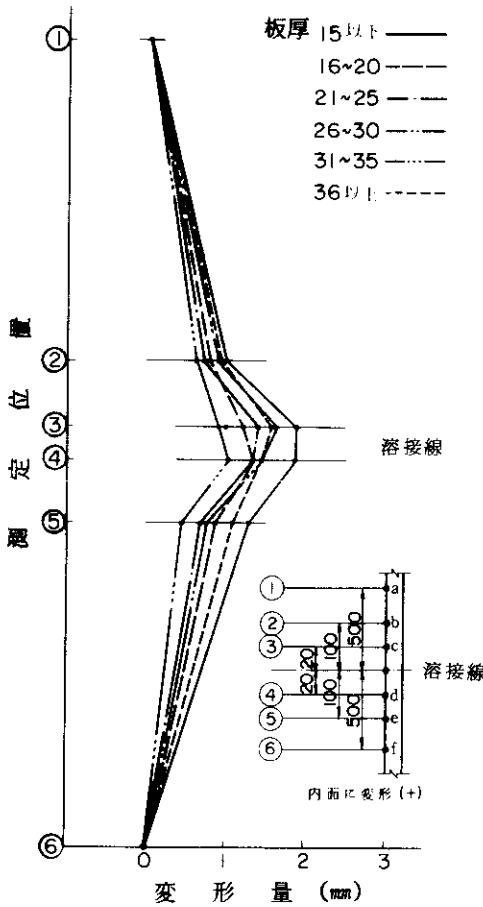


図-13 各板厚別の面外変形量 (鉛直方向平均値)

(6) 非破壊検査

表-2 に示す非破壊検査結果は、次のとおりである。

① 手溶接の場合、RTでは、全線検査の等級分布(1級合格率:87.5%)が、抜取検査の等級分布(1級合格率:85.8%)とほとんど変わらない。したがって、抜取検査(抜取率:2.0%または、10%)を採用しても問題がないと考えられる。

② RTでの全線検査の結果、手溶接および自動溶接ともに、1級合格率87.5%と高く、溶接施工の安定性を示している。

③ 継手コーナー部において、UTを適用した結果、1級合格率97.7%と高い値が得られた。

2. 現場溶接作業工程および歩掛り調査

2-1 概要

鋼製橋脚現場溶接(手溶接)の歩掛り調査の対象としてSP-65B(断面:2.5m×2.5m、板厚:27mm、33mm、溶接長:10m、6mm換算長:260.5m、継手箇所:1箇所)を代表例に、溶接作業工程、労務工数、機械器具損料等を調査した。

2-2 現場溶接施工順序および工程

現場溶接施工は、図-3に示す作業順序に従って作業を実施した。1橋脚1継手当りの作業工程は表-3に示す。

表-3 現場溶接作業日程

作業項目	5日	10日	15日	20日	25日	30日
ベンド基礎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
ベンド設備					<input type="checkbox"/>	
足場組立	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
風防設備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
溶接準備			<input type="checkbox"/>			
梁架設				<input type="checkbox"/>		
開先調整			<input type="checkbox"/>			
内面溶接				<input type="checkbox"/>		
裏はつり					<input type="checkbox"/>	
クラインダー仕上げ						<input type="checkbox"/>
浸透探傷検査						<input type="checkbox"/>
外面溶接					<input type="checkbox"/>	
放射線透過検査						<input type="checkbox"/>
粗目探傷検査						<input type="checkbox"/>
磨きビード余盛						<input type="checkbox"/>
仕上げ						<input type="checkbox"/>
磨粉探傷検査						<input type="checkbox"/>

2-3 現場溶接作業

図-3に示す施工流れ図のように、足場組立→溶接→非破壊検査→足場解体の順序で作業を行い、各工程ごとに必要な溶接工および橋梁特殊工等の作業人員とその作業時間について調査を行った。1橋脚1継手当りの結果を、表-4に示す。



表-4 1 継手当りの作業人員

名 称	単 位	数 量
世 話 役	人	1
溶 接 工	"	2.9
橋 梁 特 殊 工	"	3.4
電 気 工	"	4
放射線透過検査	枚	4
浸透探傷検査	人	1
超音波探傷検査	"	2
磁粉探傷検査	"	2

註 1 日の労働時間を7Hとする。

### 3. 残留応力測定

#### 3-1 概 要

溶接接合をした場合、溶接継手部近傍には、溶接による収縮などの溶接変形が拘束されて、残留応力（溶接残留応力+拘束応力）が、縦リブ継手部には拘束応力が生じる。

したがって、鋼製橋脚の現場溶接に伴い発生する残留応力を定量的に把握するため、溶接施工法の異なる手溶接と自動溶接について非破壊測定法により残留応力の測定を行なった。さらに、自動溶接施工試験に使用したパイロットメンバーを利用して、破壊測定法の切削法により応力測定を行った。これは、対象橋脚（SP-67B、69B）での残留応力測定が、煩雑な作業環境下での応力や測定であるため測定誤差が考えられ、残留応力を正確に把握するために試みたものである。

これら一連の残留応力および拘束応力の測定は、橋脚の継手部を溶接することにより発生する溶接残留応力に拘束応力が加った残留応力の分布を明確にし、鋼製橋脚のより合理的な施工法の確立の基礎資料を得るために実施したものである。

#### 3-2 溶接施工

残留応力の測定対象継手には、溶接施工法の異なる、手溶接（SP-67B）と自動溶接（SP-69B）の2種類を対象とした。

また、パイロットメンバー（断面諸元は、SP-69Bと同じで、溶接線を中心に高さ2mの部分供試体）の施工では、橋脚SP-69Bと同様な自動溶接施工法とした。

#### 3-3 測定要領

##### (1) 実橋脚（SP-67B、69B）

溶接による残留応力の測定はコンタクトストレインゲージを主体として、各溶接工程終了毎に行なった。橋脚SP-67Bの、残留応力の測定位置を図-14、15に示す。残留応力は、溶接線近傍で、ひずみが急激に変化することを考慮して、図-15に示すように、溶接線より上下に約50mmの範囲に、φ1.6mmの鋼球（コンタクトボール）を打ち込み、ひずみ量を測定した。

また、すでに完了した溶接線上において、他の辺が溶接されることによって、発生する拘束応力を把握するため、溶接を完了したビード表面に、単軸ひずみゲージを貼付し、各ステップ溶接終了時でのひずみ量を測定した。

現場溶接継手付近の縦リブに生じる拘束応力の測定のため、縦リブ用スプラインプレートの中心位置に、単軸ひずみゲージを貼付して、ひずみ量を測定した。

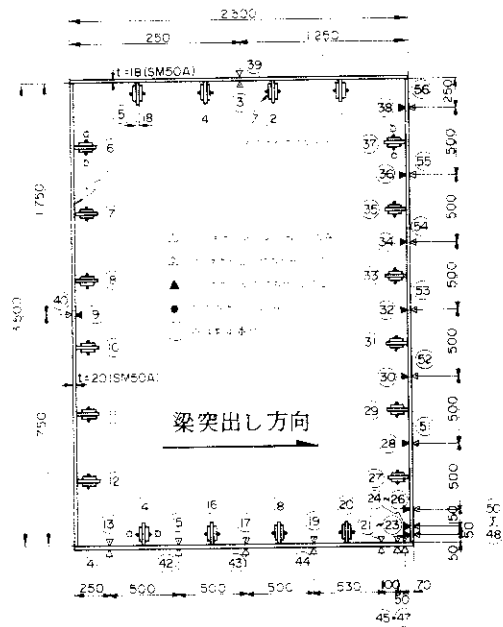


図-14 ゲージ取付位置

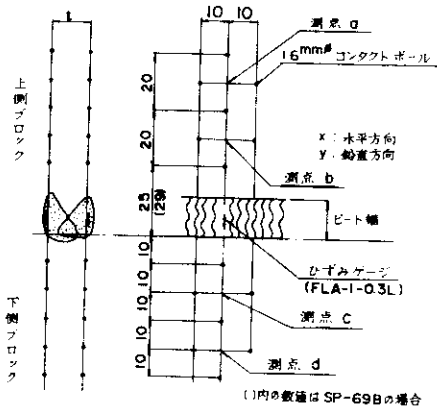


図-15 コンタクトボール

(2) パイロットメンバー

パイロットメンバーにより、全溶接工程終了後の残留応力を破壊測定法により測定した。ひずみ量の測定位置は、実橋脚と同様である。

縦リブの拘束応力は、縦リブを高力ボルトにより、所定の軸力(2.26t)で締付けた後、溶接を行ない、ひずみ量を測定した。

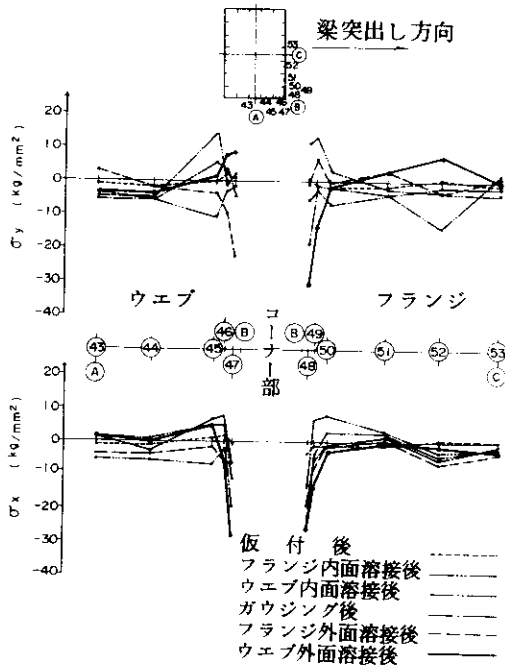


図-16 手溶接 (SP-67B) における工程別平均残留応力度

3-4 測定結果および考察

(1) 測定結果

残留応力度は、溶接前を零として、各溶接工程終了時に生じている応力度を平均応力度でまとめる。ここで、例えば図-16の測定箇所④のデータでは、図-14、15に示す測定箇所④、⑦、⑩、⑬の各測定点 a、b、c、d での値を集約し、平均した値を平均応力度とする。また、 $\delta_x$  は、溶接線方向の、 $\delta_y$  は、溶接線直角方向の残留応力度を示す。

① 実橋脚 (SP-67B、69B)

手溶接 (SP-67B) の結果を図-16に、自動溶接 (SP-69B) の結果を図-17に示す。

② パイロットメンバー

全溶接工程終了後の残留応力度の最大値を、表-5に示す。

同一測定点におけるコンタクトストレインゲージ (標点間距離 20mm) とひずみゲージによる測定値の差は、大部分が 500  $\mu$  以下である。

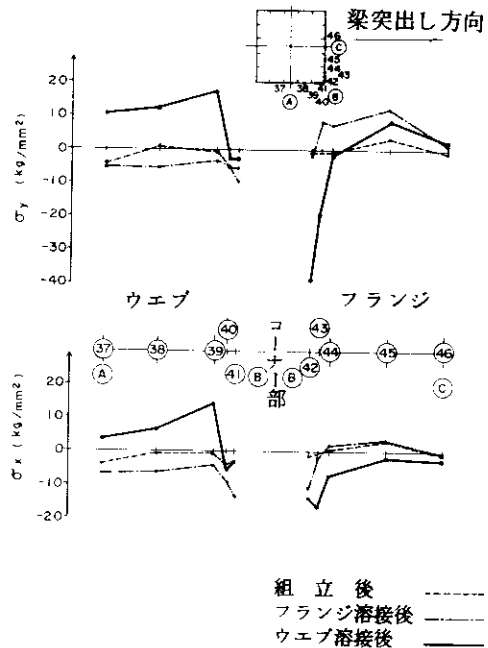


図-17 自動溶接 (SP-69B) における工程別平均残留応力度

(2) 考察

残留応力度を測定した結果、次の事項が明らかになった。

① 手溶接の場合の仮付溶接後および自動溶接における組立後に発生する残留応力度は、溶接線方向において、引張および圧縮領域に $\sigma_{xmax} \pm 4 \text{ kg/mm}^2$ 、溶接線直角方向の圧縮領域に $\sigma_y = -1 \sim -6 \text{ kg/mm}^2$ 、引張領域に $\sigma_y = 1 \sim 3 \text{ kg/mm}^2$ の値を示している。これらの応力の発生には、架設時の断面合せ、目違いの調整、縦リブの仮付け、エレクトロニブピースの取付溶接等が大きく原因していると考えられるが、測定誤差もいくらか含まれている。

② 全溶接終了時には、表-5に示すような最大残留応力が発生した。

以上の測定結果より、手溶接と自動溶接の施工およびビード上ひずみゲージの設置位置上における平均残留応力は、自動溶接が引張領域で若干大きい値を示している。

また、コーナー部の残留応力では、局部的に高い値（圧縮領域で $\sigma_y = -3.9 \text{ kg/mm}^2$ 、引張領域で $\sigma_y = 1.7 \text{ kg/mm}^2$ ）を示しているが、断面中央を含んだ大半の部分は、低い値（圧縮領域で $\sigma_y = -4 \text{ kg/mm}^2$ 、引張領域で $1 \sim 1.3 \text{ kg/mm}^2$ ）を示しており、局部的に高い領域の全周にわたる割合は、極めて僅かであり、柱全体の断面剛性を著しく低下させるものではない。

また、パイロットメンバーの破壊法による平均残留応力は、表-5で分るように、現場の自動溶接での測定値より、若干小さい値を示している。しかし、溶接ビード表面の残留応力は溶接線直角方向（ $\sigma_y$ ）では、低い値を示し、溶接線方向（ $\sigma_x$ ）の引張領域では降伏点に達した値（ $\sigma_x = 4.4 \text{ kg/mm}^2$ ）を示しているが、溶接線方向の残留応力（ $\sigma_x$ ）は、供用時に作用する応力とは、異質の応力であるため、橋脚作用応力の挙動に悪影響をおよぼさないと考えられる。

③ 表-6に示すように、縦リブの拘束応力は、全溶接を終了した状態で最大値は $\sigma_y = -4 \text{ kg/mm}^2$ であるが、道路橋示方書において、圧縮補剛板の縦リブに生ずる圧縮残留応力は、 $0.4 \sigma_y = -1.2.8$

$\text{kg/mm}^2$ （ここで、 $\sigma_y$ ：鋼材の降伏点）と想定しており、圧縮耐力に及ぼす影響は少ないと考えられる。

表-5 全溶接終了後の残留応力（最大値）  
（単位 $\text{kg/mm}^2$ ）

測定項目		応力度		引張領域	圧縮領域
溶接箇所	断面中央	手溶接	1	-8	
		自動溶接	6	-2	
		パイロットメンバー	9(4.4)	0	
方向	仮付部	手溶接	5	-2.8	
		自動溶接	1.4	-1.7	
		パイロットメンバー	6(3.7)	-9	
溶接面	断面中央	手溶接	8	-4	
		自動溶接	1.3	0	
		パイロットメンバー	3(0)	0(-8)	
角方向	仮付部	手溶接	9	-3.1	
		自動溶接	1.7	-3.9	
		パイロットメンバー	1.1(1.5)	-1.8(-1.7)	

注：① 手溶接、自動溶接は、破壊測定法による。またパイロットメンバーは破壊測定法の切削法による。  
② ( ) 内応力は破壊測定法での溶接ビード表面の応力度を示す。

表-6 溶接による縦リブ（添接板）の平均拘束応力度  
（単位 $\text{kg/mm}^2$ ）

項目	現場手溶接		現場自動溶接		備考
	断面中央	断面中央	断面中央	断面中央	
現場手溶接 (SP-67B)	-3.7	-2.5	-2.7	-3.6	縦リブは仮付部で結合
現場自動溶接 (SP-69B)	-1.4	-2.4	-3.1	-3.5	同上
パイロットメンバー	-5.9	-1.7	-1.7	-5.0	縦リブは高力ボルトで結合(所定耐力導入)

④ 自動溶接時の継手部の縦リブを高力ボルトで締付けた場合（パイロットメンバーの場合）、拘束応力は $\sigma_y = -1.4 \text{ kg/mm}^2$ に近い値を示した。（表-6参照）したがって、現場溶接施工時には、縦リブ継手部に高力ボルトによる本締付を行ってはいならない。

⑤ De Garmo らが実施した両端フリー単純板での突合せ溶接時の残留応力測定結果<sup>5)</sup>によると、溶接線方向の引張領域で $\sigma_x = 3.0 \sim 4.0 \text{ kg/mm}^2$ 、溶接線直角方向の圧縮領域で $\sigma_y = -3.0 \text{ kg/mm}^2$ 、引張領域で $\sigma_y = 1.0 \text{ kg/mm}^2$ であったと報告されている。本橋脚では、これらに比べて高い値を

示している。これは拘束応力が負荷されたものと考えられる。

また、実橋の実測例として、箱桁橋の突合せ溶接における測定結果をみると、京浜運河橋の実橋実験<sup>6)</sup>では、 $\sigma_x = \pm 40 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\sigma_y = \pm 60 \text{ kg/mm}^2$ に近い値を示したと報告されている。したがって、これらの数値と比べても、本橋脚の測定値は、それほど大きくないと考えられる。

#### 4. まとめ

長方形断面鋼製橋脚の現場溶接は阪神公団では余り行われていないということで慎重に施工を行った。その結果は以上に述べたように比較的満足できるものであった。

以下に、今後の課題、展望等について述べる。

① 美観重視や省資源の立場からも現場溶接を進めるべきである。特に、橋脚の鋼重は試算によると、現場溶接時は、高力ボルト接合時に比べ、7%程度低減出来た。これは、溶接板、高力ボルトおよび孔引きによる母材増厚等によるものである。

② 本工区の設計は、現場溶接ということで道路橋示方書に準拠し許容応力度を90%に低減し設計を行なったが、今後は十分な施工管理を行い許容応力度100%を目標にすべきである。

また、今回は、柱部のみに限定したが今後は、梁部も現場溶接の方向へ進むべきである。

③ 設計当初より現場溶接への配慮をしておくこと。具体的には、現場溶接継手箇所の選定にあたっては

- イ) 経済的な位置とする。
- ロ) 部材輸送上の問題を配慮する。
- ハ) 脚内部でも、溶接作業員が作業を行うので、ダイヤフラム位置等から決定する。

以上の事柄を考慮に入れて、決定する必要がある。

④ ルートギャップや添接板での縦リブのすき間を決定するため事前に種々の推定式により溶接収縮量を求めたが実際の値と整合させることが出来なかった。

しかし、縦リブのすき間を5mmとしておけば溶

接収縮により上下の縦リブが収縮によって接触することはない。

また、面外変形量の値より判断して、開先形状は適切であった。

⑤ 溶接により残留応力が発生するが、柱全体の耐荷力を低下させたり、継手の疲労強度を低下させるほどのものではない。

⑥ 縦リブを普通ボルトにより仮締め付けを行ない、橋脚の組立てを行った。

溶接により、縦リブ、ボルトおよび母材に拘束応力が生ずるので、縦リブ高力ボルトの本締付けは溶接後に行う必要があることがわかった。

⑦ 今後は、溶接の安定性、品質の向上および作業性等の理由より、炭酸ガスアーク溶接による自動溶接法で施工すべきである。

#### 参考文献

- 1) 小村、大野、佐藤：1-336 角形鋼橋脚の現場溶接継手について、土木学会年次学術講演会概要集、第32回(昭52)
- 2) 海老根、伏見、小森：1-148 角形単柱鋼橋脚の溶接継手について、土木学会年次学術講演会概要集、第34回(昭54)
- 3) 田中、結城、夏目：1-114 自動裏波溶接を用いた鋼ラーメン橋脚の現場溶接、土木学会年次学術講演会概要集、第36回(昭56)
- 4) 木原、増淵：溶接叢書第2巻「溶接変形と残留応力」、産報(1969)
- 5) 佐藤、上田、藤本：溶接変形・残留応力、現代溶接技術大系3、産報(昭55)
- 6) 阿保、古宮：京浜運河橋の施工(下)、橋梁と基礎(昭83年1月)