

ビル鉄骨の製作に採用された エレクトロスラグ溶接

松尾橋梁KK* 桜井 怜, 高原 璋 平

1. ま え が き

オリンピック終了後の不況は、鉄骨業界においても、受註量の減少—価格の低落となって表れ、各社共業績の低下に苦しんだ。だが一方、昭和三十八年に建築物の高さ制限が撤廃されて以来、超高層建築の出現の気配は、ますます濃厚となり、使用板厚も次第に大きくなる傾向を示して来た。それに対応して、各社共、生産の能率化と品質の向上をめざし、溶接の自動化の推進はもちろん、炭酸ガス溶接の適用をはじめ、新しい生産技術の応用に幾多の努力をかさねて来た。当社においてもその一貫として、新しく開発された立向き自動溶接法に着目し、応用研究を実施して来たが一応の成果を得たので、その間の経過をここに取まとめて報告することとしたい。

2. ビル鉄骨の溶接自動化の現況

最近のビル鉄骨はほとんどすべてが溶接構造であるが、構成部材の内容は、設計者の考へ方や、建物の機能、形態に応じて相当な差異があり、溶接の自動化率も一概に予測出来ない状態である。最近当社で行った工事より代表的なものをピックアップして、所要工数、溶接の自動化率等を示せば、表1の如くである。柱、梁の構造形式はI型、田基を主体とし、その接合方式は大別して、柱貫通型と梁貫通型の二つに分けられるが、いずれの形式でも、その屯当りの換算溶接長（脚長6mm隅内溶接に換算）は90m~120m、所要溶接工数も2.6~3人と、組立工とならんで全工数（ただし直接工数）の3割程度を占め、この部門の能率化は重要な意味をもつものと考え

表 1 最近のビル鉄骨の施工例

工 事		A	B	C	D	E	F	G
構 造 形 式		梁貫通 一部 リベット 構造併用	柱貫通 全溶接	柱貫通 全溶接 超高層	梁貫通 全溶接 Tバー 使用	梁貫通 一部 リベット 構造併用	梁貫通 全溶接 一部梁リ ベット 超高層	柱貫通 全溶接 一部梁リ ベット
工 種 別 百 分 率		%	%	%	%	%	%	%
工 種 別 百 分 率	現 図 一 野 線	20.89	12.50	7.83	8.54	24.58	13.30	15.05
	内 作	8.14	11.96	12.52	15.16	12.91	11.32	12.85
	穿 孔	8.52	5.79	8.24	7.06	6.04	8.91	5.06
	組 立	34.83	28.11	32.81	32.43	28.95	28.37	30.44
	鉸 鋌	3.63	—	—	—	1.39	1.68	1.51
	溶 接	24.00	39.47	35.54	35.38	26.13	33.66	30.09
	そ の 他	—	2.17	3.06	1.43	—	2.76	5.00
* 溶 接 長 (1 屯 当 り)	全 溶 接 長	76m	96 ^m	87 ^m	123 ^m	74 ^m	95.5 ^m	118 ^m
	自 動 溶 接	54%	5.2%	32.0%	48.0%	5.1%	41.5%	43.0%
	V 型 溶 接	?	11.9%	8.9%	15.9%	?	13.4%	12.3%

* 溶接長はすべて 連続片側隅肉脚長⁶ 換算長

* 大正区鶴町3丁目、大阪工場工作部

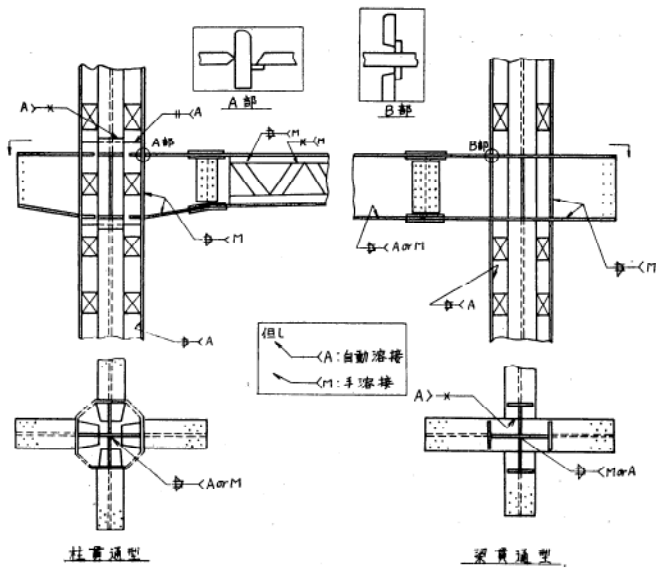


図1 柱梁の代表的接合方式

られる。柱貫通型と梁貫通型の代表的な形状と、それぞれの開先形状、溶接方法等を図示すれば図1の如くであるが、いずれの形式においてもそれぞれの溶接の占める比率の概略は下記の如くである。

- ・突合せ溶接（ユニオンメルト） 5～6%
- ・隅肉またはK型溶接（ユニオンメルト） 30～35%
- ・レ型溶接（柱、梁の接合部） 10%
- ・その他手溶接または半自動溶接 50～55%

今溶接長 90m/ton, 自動化率を35%と想定し, 自動化によって節減せられた工数を, 図2に掲げた。ここ数ヶ月間の手溶接とユニオンメルトの1人工当りの出来高米にもとずいて, 推定すれば, 溶接工数の15%, 全工数で4～5%と見込まれる。

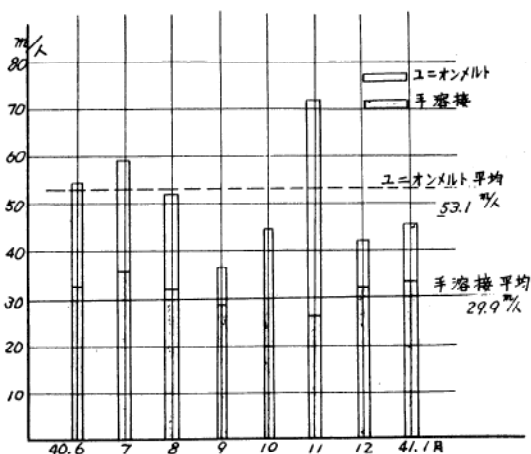


図2 各月別溶接出来高（連続片側隅肉、脚長6mm換算長）

前述の如く自動化率を一応35%と想定したが、この比率は突合せ溶接の全部と、柱主体、梁等I型部材の隅肉溶接の大部分を含んだものであり、これ以外の溶接は、

裏鍍付もしくは裏ハツリ式のレ型開先部と、リップ、スチフナーの溶接等ほとんど自動化し得ない複雑な箇所との溶接である。特に上記レ型溶接は、柱と梁仕口の接合部に当り、構造上最も重要な部分に当りながら、溶接姿勢も立向きとなることが多く、また施工後の検査もほとんど不可能であるため、能率的にも品質的にも問題を残す箇所である。ここにエレクトロスラグ溶接が適用出来れば、全自動化率も45%程度まで上昇しコストの低減と品質の向上に貢献するものと考えられる。

3. 消耗式エレクトロスラグ溶接

厚板の高効率溶接法としては、従来からエレクトロスラグ溶接が用いられていたが、この方法は水冷銅当金とワイヤー送給装置の両方を溶接の進行に沿って、立向きに上進せしめる必要上装置が大がかりになり、鉄骨のように溶接長が短い割に複雑な形状の箇所の溶接には不適當であった。こんどSES法と言う名称の下に、八幡接棒KKで開発した消耗式エレクトロスラグ溶接法は、原理は従来のエレクトロスラグ法と同様であるが、固着した消耗ノズルを通じてワイヤーを送給し、同時にその消耗ノズルをフラックスで被覆することにより母材との絶縁を行う結果、装置全体が非常に簡略化され、なおかつフラックスの一定供給が行える等、数々の利点を有している。

SES溶接の機構及び装置の概略を図3に示す。また施工中の写真を§5中に掲げた。

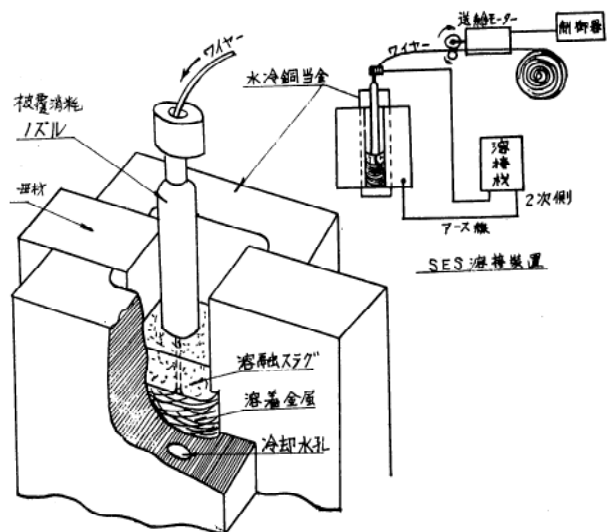


図3 SES溶接の機構

このエレクトロスラグ法のもつ利点は

- (1) 開先加工が不要でかつその開先精度も大して必要としない。
- (2) 溶着速度が大きい。

(3) 立向姿勢で出来る。

(4) 錆, 湿気等に鈍感で, 溶着金属の品質確保が容易である。

これらの利点を鉄骨製作の面に活用するため, 先に述べた柱, 梁接合部のレ型開先部にSES溶接を適用することとし, 東大伸研究室のご指導の下に, 施工条件及び継手性能の調査を実施した。なお装置としては交流溶接機と電圧制御方式のワイヤー送給装置を使用した。

4. SES 溶接の施工条件試験

SES法を柱, 梁の接合部のレ型溶接に採用するとすれば, 基本的開先形状としては図4(b)の如く片面銅当金,

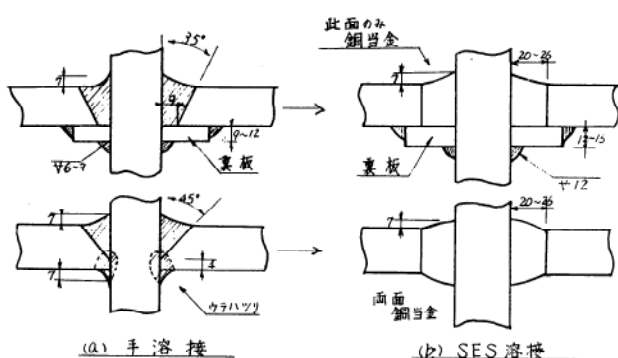


図4 柱・梁の接合部の開先形状

片面裏鍍式と両面銅当金式の二種が考えられるが, 組立作業の難易, 寸法精度の確保の面より, 片面銅当金, 片

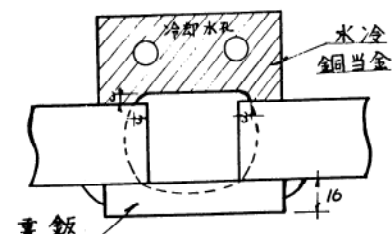


図5 SES突合溶接開先

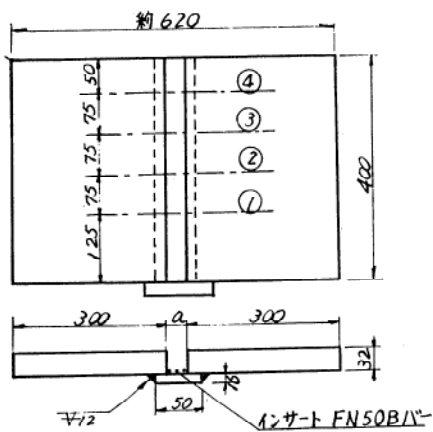


図6 試験片形状

面裏鍍式を取ることにしたが, このような十字形状では採取し得る試験片に制約があるので, 図5の如き単純突合せ溶接式のものによって基礎的な実験を実施することとした。

この実験の着手前に, 消耗ノズルの固定治具, 銅当金の形状, 冷却水等実用化に附随する二三の問題が派生したが, いずれも試作品を適宜改良することによって解決することが出来た。

SES溶接部の継手性能を決定する, 物理的, 冶金的因子は

1. 単位時間, 単位長さ当りの熱入力
2. 溶着金属の化学成分 (添加合金元素量)

の二点に要約される。熱入力は溶接電流, 電圧, ルートギャップによって変化し, 更にそれらの変化は母材の稀積量を変化させることによって溶着金属の化学成分に影響を及ぼす。また使用芯線の成分及び後述するインサート (FN50 B-バー) の挿入は直接的に化学成分に作用する。この二つの因子は相互に干渉しあい複雑な経過をたどって溶着金属の結晶粒度, 接合強度, 熱影響部の巾を決定するものと思われる。そこで先ず

1. 溶接電流を変化せしめた場合
2. 電圧を変化せしめた場合
3. インサート挿入量を変化せしめた場合
4. ルートギャップを変化せしめた場合

の4系列の実験を行い, それぞれの場合の母材の稀積度, 化学成分, 衝撃値等について調査した。実験の概略及び試験結果は次の如くである。

4-1 実験の概略

実験はSM50材一板32mmを用いて種々の条件の下に溶接を行い, マクロエッチ試験を主体に溶着速度, 母材の稀積率, 化学成分の変化, 衝撃試験等を実施した。試験片の形状, 使用材料の機械的性質及び化学成分は下記の如くである。

試験片採取要領

- ①~④マクロエッチ (横断面)
- ②……顕微鏡写真
- ②……分析試験
- ③……マクロエッチ (縦断面) 及び衝撃試験

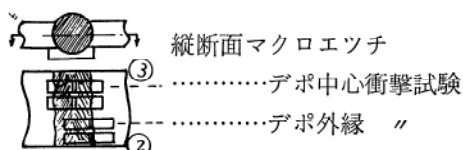


表 2 使用鋼材の性質

使用箇所	厚規格	メーカー チャージ No	機 械 的 性 質				化 学 成 分 %				
			降伏点	抗張力	伸 び	0°C Vノッチ 衝 撃 値	C	Si	Mn	P	S
母 材	32mm SM50B	八 幡 K93222	kg/cm ² 35	kg/cm ² 53	% 28	kg-m/cm ² 7.3	0.16 (0.18)	0.38 (0.54)	1.33 (1.36)	0.020	0.020
裏 飯	16mm SM50A	八 幡 K93993	35	52	28	—	0.15 (0.17)	0.41 (0.33)	1.43 (1.20)	0.021	0.020

() 内はチェック分析値

表 3 溶 接 材 料

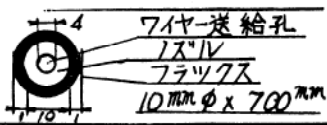
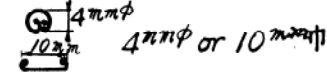
名 称	メーカー	形 状 ・ 寸 法	化 学 成 分 %					
			C	Si	Mn	Mo	P	S
ワイヤー Y-CM	八 幡 溶 接 棒	2.4mmφ	0.08	0.04	1.67	0.48	0.012	0.016
消耗ノズル SES 15 B	"		0.13	0.01	0.45	—	0.016	0.015
インサート FN 50 B	富 士 溶 接 棒			不	明			

表 4 溶 接 条 件

試 験 マ ー ク	電 流 A	電 圧 V	インサート 本 数	ル ー ト 間 隔 mm	溶着速度 mm/分	添 加 金 属 量 g/cm			添 加 フ ラ ッ ク ス 量 gr/cm
						芯 線	ノズル	FNバー	
A - 1	350	35	3	21.0	16.35	43.2	6.5	2.2	2.9
A - 2	375	35	3	21.8	18.60	47.5	6.0	2.1	2.7
A - 3	425	35	3	21.7	22.30	50.5	6.2	2.1	2.7

表 5 母 材 稀 積 率

試 験 マ ー ク	溶 着 金 属 断 面 積	溶 融 母 材 断 面 積	稀 積 率	入 熱 量 λ *	備 考
A 1	cm ² 12.69	cm ² 5.46	% 43.2	450×10 ³ g	4ヶ平均
A 2	14.05	6.52	46.4	423 "	"
A 3	13.32	5.81	43.6	400 "	"

* 入熱量 = $\frac{60 \cdot V \cdot I}{v}$ 但し V : 電圧 volt
I : 電流 AmP
v : 溶着速度 cm/分

表 6 溶着金属の化学成分 (%)

試験マーク	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni
A - 1	0.15	0.26	1.46	0.20	0.04	Tr
A - 2	0.15	0.28	1.32	0.21	—	—
A - 3	0.14	0.29	1.30	0.22	—	—

表 7 溶着金属の衝撃値 (kg-m/cm² at 0°C)

試験マーク	溶着金属中心			溶着金属外縁		
	1	2	平均	1	2	平均
A - 1	5.3	4.6	5.0	4.9	5.6	5.3
A - 2	5.3	5.6	5.5	7.4	8.1	7.8
A - 3	4.9	5.3	5.1	5.3	5.3	5.3

インサート FN50B は溶融金属の温度をコントロールすると共に合金元素を添加して溶着金属の強度を増加する目的で開先中に押入しておくもので添加合金の主成分は Mn 及び Mo と想像される。

4-2 電流値の影響

溶接電流を350A~425Aの3段階に変えて溶接した場合の溶着速度、母材稀釈率、その他溶着金属の化学成分の変化を表4~7、図7各び写真1~2に示す

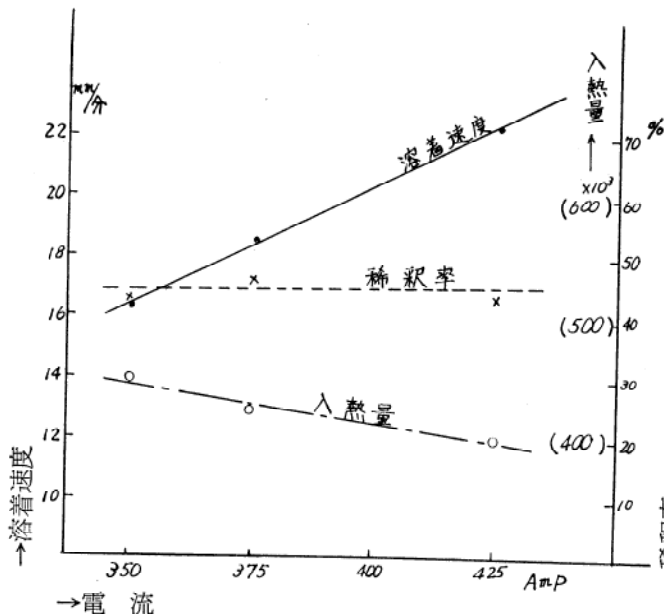


図7 電流値の影響

4-3 電圧の影響

同様に電圧を35V~45Vに変化せしめた場合の結果を表8~11、図8及び写真3~8に示す。

4-4 インサート量の影響

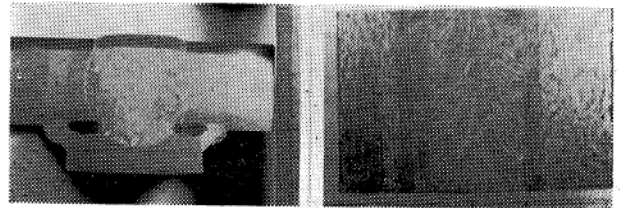


写真1 電流350A
電圧 35V
インサート3本
ルート間隔 21.0mm

写真2 電流425A
電圧35V
インサート3本
ルート間隔 21.7mm

挿入するインサートを0~5本に変化せしめた場合の結果を同じく表12~15、図9及び写真9~10に示す。

4-5 ルートギャップの影響

ルートギャップを20~25mmに変化せしめた場合の結果を表16~19及び図10に示す

4-6 考 察

以上の試験結果を要約すれば

1. 電流の増加に従って溶着速度は増加する。従って更に大電流を使用すれば単位長さ当りの入熱量は減少し母材の稀釈率が減少する傾向が表われるものと想像せられるので、或程度電流が増加するに従って電圧をあげる必要がある。
2. 電圧の増加が最も母材の稀釈率に影響するが溶着速度にはほとんど影響しない。
3. インサート量の増加は溶融池の温度を低下せしめる。今回の場合量的に少なかったため化学成分に影響を与へるに至らなかったが、適当な量を挿入すれば湯の温度制御、化学成分の添加に有効であると思われる。ただし挿入量に応じて電圧をやゝ高める必要がある。
4. ルートギャップは製作誤差及び板厚の変化に対応するものと考えられる。ギャップが大きくなれば母材の稀釈率を減少せしめるのでそれに応じて電圧を高める必要がある。
5. ビードの断面形状より見て、母材の稀釈率を40~50%程度に保つのが適当と思われる。
6. 溶着金属の化学成分は母材に対応して、使用芯線の種類、インサート量、母材稀釈率を適当に取ること

表 8 溶 接 条 件

試験マーク	電 流 A	電 庄 V	インサート 本 数	ル ー ト 間隔 mm	溶着速度 mm/分	添加金属量 gr/cm			添加 フラックス量 gr/cm
						芯 線	ノズル	FNバー	
V - 1	350	35	3	21.0	16.35	43.2	6.5	2.2	2.9
V - 2	350	40	3	21.8	15.0	56.0	6.35	2.13	2.8
V - 3	350	45	3	21.8	15.0	44.0	6.6	2.13	2.8

表 9 母 材 稀 積 率

試験マーク	溶 着 金 属 積 断 面 積 cm ²	溶 融 母 材 積 断 面 積 cm ²	稀 積 率 %	入 熱 量	備 考
V - 1	12.69	5.46	43.2	450×10 ³ g	4ヶ平均
V - 2	16.59	8.50	52.9	560×10 ³	"
V - 3	18.81	11.28	59.8	630×10 ³	"

表 10 溶着金属の化学成分 (%)

試験マーク	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni
V - 1	0.15	0.26	1.46	0.20	0.84	Tr
V - 2	0.17	0.31	1.38	0.16	—	—
V - 3	0.16	0.32	1.40	0.15	—	—

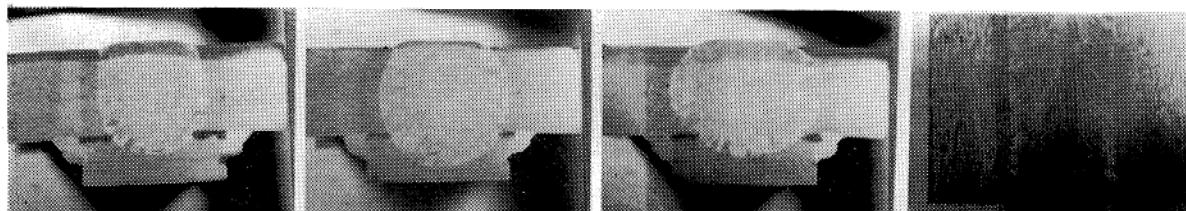


写真 3
電流 350A
電庄 35V
インサート 3本
ルート間隔 21.0 mm

写真 4
電流 350A
電庄 46V
インサート 3本
ルート間隔 21.8 mm

写真 5
電流 350A
電庄 45V
インサート 3本
ルート間隔 21.8 mm

写真 6
電流 350A
電庄 35V
インサート 3本
ルート間隔 21.0 mm

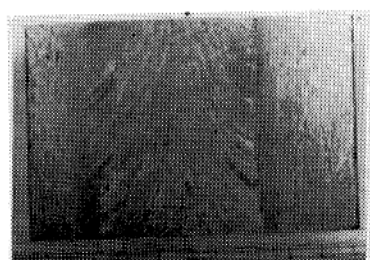


写真 7
電流 350A
電庄 45V
インサート 3本
ルート間隔 21.8 mm



母 材 熱影響部(1) ボンド 溶着金属外縁 溶着金属中心×120

写真 8 試験マークV-3の顕微鏡写真

表11 溶着金属の衝撃値 (kg-m/cm² at 0°C)

試験マーク	溶着金属中心			溶着金属外縁		
	1	2	平均	1	2	平均
V - 1	5.3	4.6	5.0	4.3	5.6	5.3
V - 2	5.3	3.9	4.6	9.1	8.4	8.8
V - 3	5.3	4.6	5.0	3.9	6.7	5.3

より容易にコントロール出来る。

7. 溶着金属の衝撃値も導入されるMn, Si, 及びMo量をコントロールすることにより充分よい値を得ることが出来る。またフェライト粒の成長もさして大きくならない。

8. 母材の熱影響部には相当程度フェライト層の発達が見られるが SM 50 鋼のように、母材に含まれる Si Mn の量が或程度多く、また製鋼圧延途上で細粒化処理がなされている場合には、それほど問題とはならないの

表 12 溶 接 条 件

試験マーク	電 流 A	電 圧 V	インサート 本 数	ル ー ト 間隔 mm	溶着速度 mm/分	添加金属量 gr/cm			添加フラックス量 gr/cm
						芯 線	ノズル	FNバー	
F - 1	350	35	0	21.5	16.90	44.9	6.0	0	2.7
F - 2	350	35	3	21.0	16.35	43.2	6.5	2.2	2.9
F - 3	350	35	5	22.0	16.70	44.2	6.3	3.4	2.8

表 13 母 材 稀 釈 率

試験マーク	溶着金属積 断面面積 cm ²	溶融母材積 断面面積 cm ²	稀 釈 率 %	入 熱 量 g	備 考
F - 1	14.14	6.74	47.5	435×10 ²	4ヶ平均
F - 2	12.69	5.46	43.2	450	"
F - 3	10.33	2.74	26.5	440	" (溶込不良)

表 14 溶着金属の化学成分 (%)

試験マーク	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni
F - 1	0.15	0.30	1.38	0.17	0.04	Tr
F - 2	0.15	0.26	1.46	0.20	0.04	Tr
F - 3	0.14	0.21	1.49	0.31	0.05	Tr

表15 溶着金属の衝撃値 (kg-m/cm² at 0°C)

試験マーク	溶着金属中心			溶着金属外縁		
	1	2	平均	1	2	平均
F - 1	4.9	5.3	5.1	6.3	6.7	6.5
F - 2	5.3	4.6	5.0	4.9	5.6	5.3
F - 3	4.6	3.9	4.3	6.7	4.9	5.8

ではないかと想像せられる。特にSES溶接は厚板を対称としているので母材には適当な粒度調整がなされていることが多いものと思われる。

上記のビード断面形状、母材稀釈率はいずれも溶接中に裏板の赤熱状況や溶融池を観察することにより推定は容易であり、電流電圧等の溶接条件の選定も比較的簡単でかつその巾も広い。従って施工に当っては母材の化学成分を考慮に入れて、芯線の種類とインサートの量を定め、かつ、アークスタート側のエンドタブを多少大き

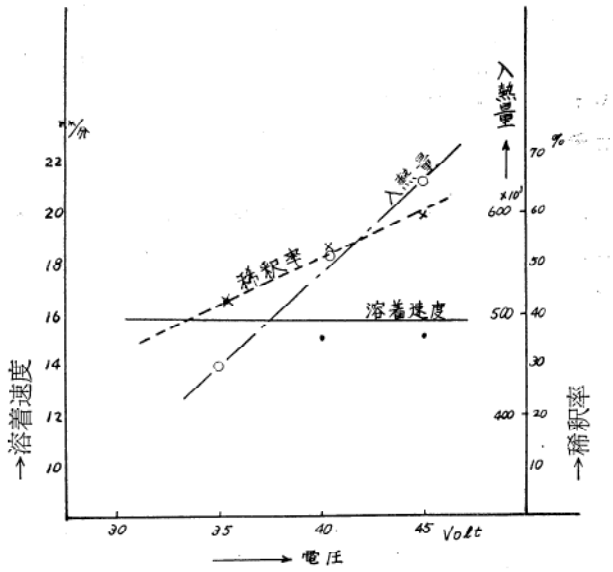


図8 電圧の影響

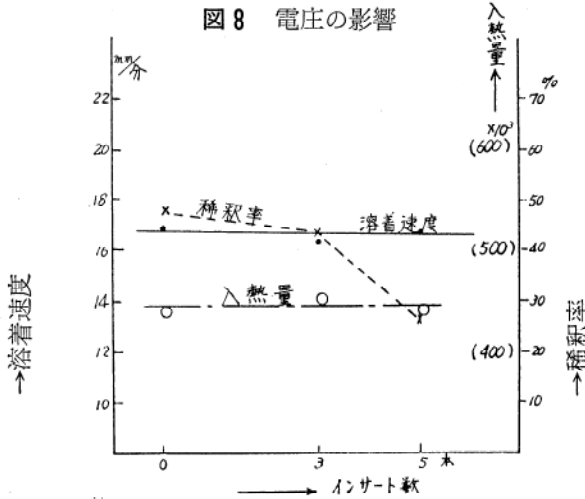


図9 インサート数の影響

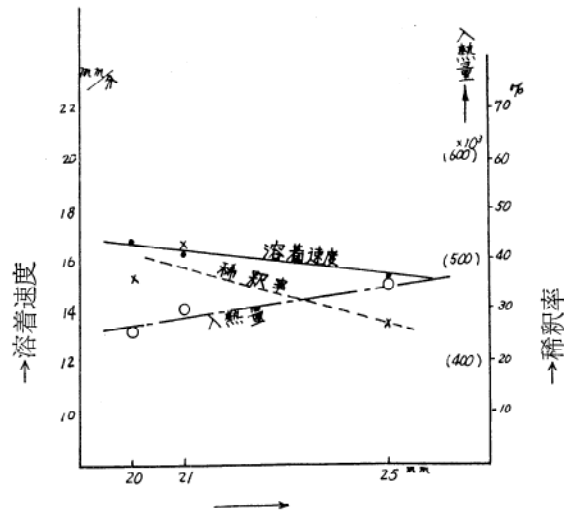


図10 ルートギャップの影響



写真9
電流 350A
電圧 35V
インサート 0本
ルート間隔 21.5 mm

写真10
電流 350A
電圧 35V
インサート 5本
ルート間隔 22.0 mm

表 16 溶接条件

試験マーク	電流 A	電圧 V	インサート 本数	ルート 間隔 mm	溶着速度 mm/分	添加金属量 gr/cm			添加フラックス 量 gr/cm
						芯線	ノズル	FNバー	
R-1	350	35	3	20.1	16.90	41.0	6.7	2.1	2.7
R-2	350	35	3	21.0	16.35	43.2	6.5	2.2	2.9
R-3	350	35	3	25.3	15.40	53.3	6.1	2.1	2.7

表 17 母材稀釈率 (%)

試験マーク	溶着金属 断面積	溶融母材 断面積	稀釈率	入熱量	備考
R-1	10.97cm ²	4.01cm ²	36.5%	435×10 ³ g	(4ヶ平均)
R-2	12.69	5.46	43.2	450×10 ³	"
R-3	11.90	3.31	27.8	477×10 ³	"

表18 溶着金属の化学分成分 (%)

試験マーク	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni
R-1	0.15	0.26	1.24	0.22	—	—
R-2	0.15	0.26	1.46	0.21	0.04	Tr
R-3	0.15	0.24	1.35	0.25	—	—

表19 溶着金属の衝撃値 (kg-m/cm² at 0°C)

試験マーク	溶着金属中心			溶着金属外縁		
	1	2	平均	1	2	平均
R-1	6.3	5.6	6.0	8.1	8.8	8.5
R-2	5.3	4.6	5.0	4.9	5.6	5.3
R-3	6.0	7.4	6.7	7.7	6.3	7.0

くしてておいて適性条件を設定する時間を与えれば、さして熟練を要せずして良好な溶接をなし得るものと考えられる。

5. SES 溶接の施工例

前述の実験の結果、SES溶接の品質的なものについては、最も心配せられた衝撃値についても或程度の確信を得たので、装置の整備、作業者の教育等十分な準備を行った後、昭和40年11月、折から名古屋駅前に建設中の近鉄ターミナルビル鉄骨の一部にそれを使用することにした。

当ビルは近鉄名古屋駅からの乗降客を誘導する大きな地下のコンコースとその上に建設せられる地上10階（延坪6085坪）の建物で、地下のコンコース部分は長さ32m、高さ11.280mの巨大な二脚ラーメン4連より形成せられ、そのラーメンによって2階以上のビル全躯体を支える非常にユニークな形式の構造物である。ラーメン梁及び脚の概略は図11の如くである。

SES溶接を使用する箇所は図11中に示す如くラーメン柱のトップ板と柱フラジジの接合部（板厚65mm、長700mm）16ヶ所と地さ上階柱のラーメン梁天端への接合部（板厚36mm、長さ350mm）16ヶ所、及び地上階柱の梁仕口接合部の一部（板厚36mm、長さ350mm）32

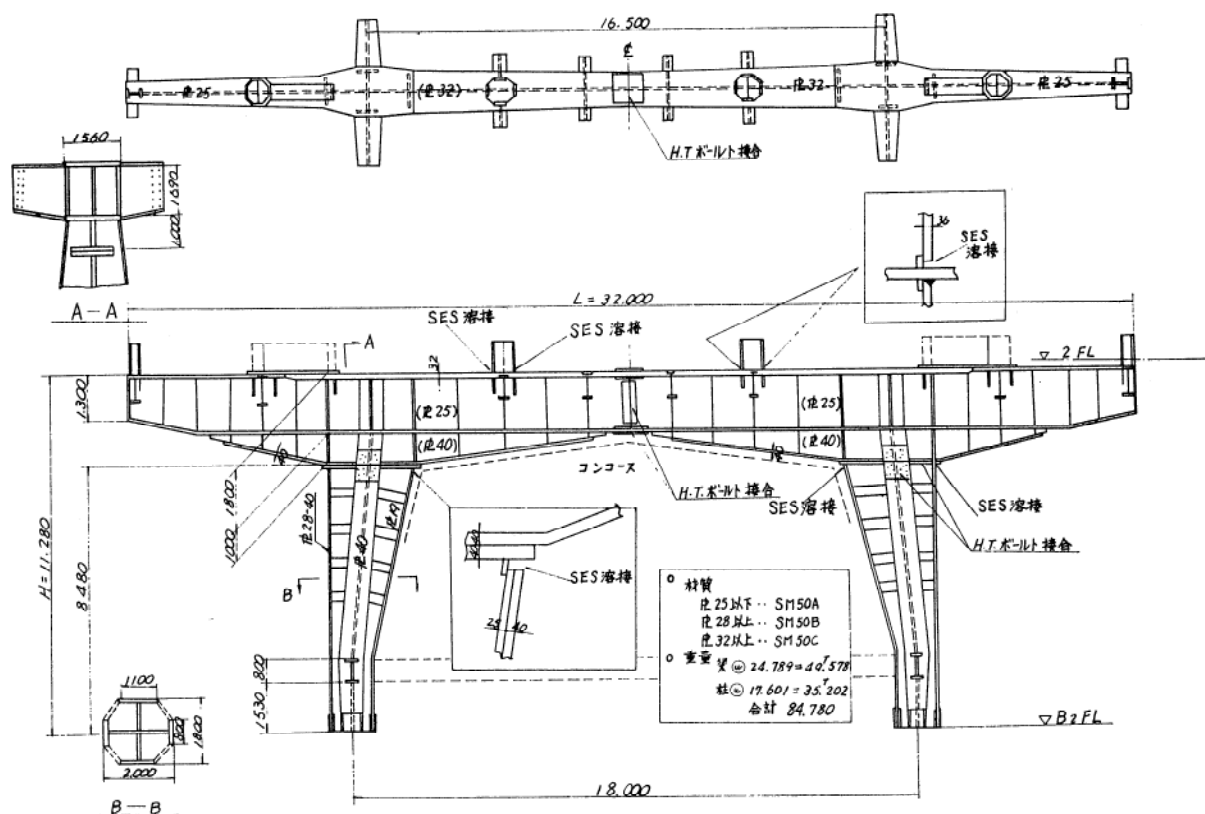


図 11 ラーメン梁および柱の概略

ヶ所、計64ヶ所を予定した。実施に先だち東大仲研究室のご指示により継手性能確認試験を実施すると共に、施工中は全ヶ所の端面をマクロエッチして溶融状態の確認

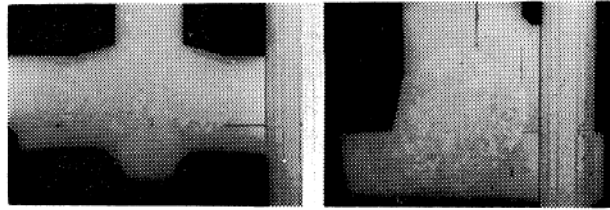
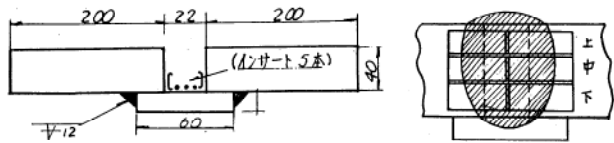


写真11 試験片マーク7 写真13 試験片マーク1 (鉄40+鉄25)

↑ 溶接 方向	No. 16			丸棒引張	500
	No. 15			表曲げ	
	*2 No.12~14			衝撃	
	No. 11			裏曲げ	
	No. 10			戻曲げ	
	No. 9			切欠引張	
	No. 8			表曲げ	
	* No.5~7			衝撃	
	No. 4			裏曲げ	
	No. 3			側曲げ	
	No. 2			切欠引張	
	No. 1			マクロエッチ	

・溶接条件

電流 400A

電圧 38V

消耗 ノズル SES15 B 10mmφ

インサート 5本

芯線 YC-M2.4mmφ

所要時間 40分

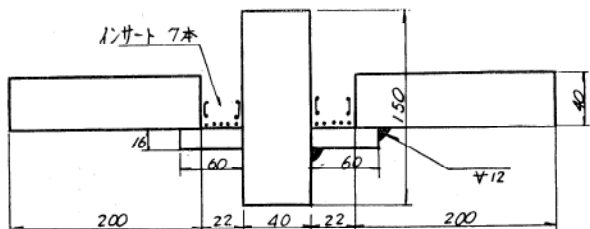
・*1 No.5~7

溶着金属部上・中・下 3本

・*2 No.12~14

熱影響部上・中・下 3本

図 12 鉄40mm突合溶接試験片形状



を行った。またランダムに 10ヶ所程度エンドタブを 150mm 延長してその部分より衝撃試験片を採取して継手性能の検査を行った。

継手性能確認試験及び施工要領の概略は次の如である。

5-1 継手性能確認試験

継手性能確認試験としては工専用鋼材と同一材料を用

↑ 溶接 方向	No. 7			マクロエッチ	400
	No. 6			曲げ	
	No. 5			引張	
	No. 4			マクロエッチ	
	No. 3			曲げ	
	No. 2			引張	
	No. 1			マクロエッチ	

・溶接条件

電流 400A

電圧 38V

消耗ノズル SES 15 B10mmφ

インサート 7本

芯線 YC-M 2.4mmφ

所要時間 各35分、計70分

図 13 鉄40mm 十字継手試験片形状

表 20 鋳40mm 突合溶接継手試験結果

マ ー ク	試 験 項 目	試 験 結 果	備 考				
S — 1	マクロエッチ	欠 陥 な し					
S — 8	表 曲 げ	良 好 欠陥なし	裏側を切削し、厚さ 9mmに仕上				
S — 15		良 好 欠陥なし					
S — 4	裏 曲 げ	良好 微少 キレツ 1ヶ	表側を切削し、厚さ 9mmに仕上				
S — 11		良好 微少 キレツ 3ヶ					
S — 3	側 曲 げ	良好 微少 キレツ 3ヶ	9に切削、ビードそのまま、				
S — 10		良好 微少 キレツ 2ヶ					
S — 2	切 欠 引 張	抗張力 80.4kg/cm ² 破面良好	ノッチ底断面 DiN 8560 <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="3" style="font-size: 2em;">}</td> <td>巾 15mm</td> </tr> <tr> <td>厚さ 40mm</td> </tr> <tr> <td>R=15</td> </tr> </table>	}	巾 15mm	厚さ 40mm	R=15
}		巾 15mm					
	厚さ 40mm						
	R=15						
S — 9	抗張力 78.7kg/cm ² 破面良好						
S — 16	丸 棒 引 張	降伏点 50.5kg/cm ² 抗張力61.9kg/cm ² 伸び 23.2% 溶着部破断	12.5 mmφ に切削、G. L. 50mm				
S5 — 7	溶着金属衝撃	9.8, 8.4, 9.1 平均 9.1kg-m/cm ²	2mm V ノッチ 0°C 0°Cにて試験				
S12 — 14	熱影響部衝撃	12.3, 13.4, 9.5 平均11.7kg-m/cm ²	全 上				

表21 鋳40mm 十字継手試験結果

マーク	試験の種類	外観、及び試験結果
1	マクロエッチ	欠 陥 な し
4		”
7		”
3	曲 げ	欠 陥 な し
6		”
2	引 張	抗張力 74.2kg/mm ² 母材破断
5		” 72.8 ” ”

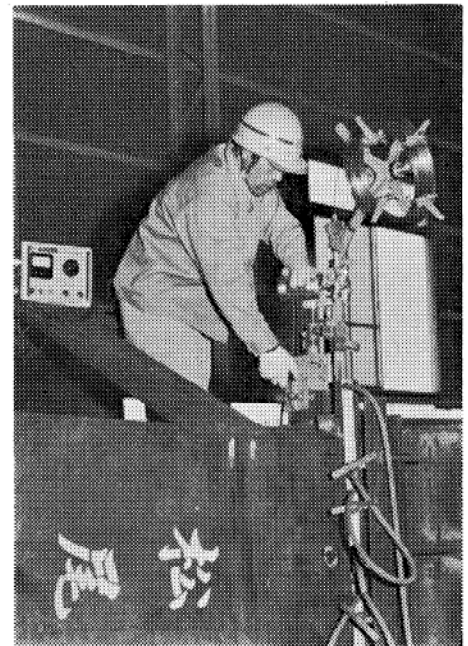


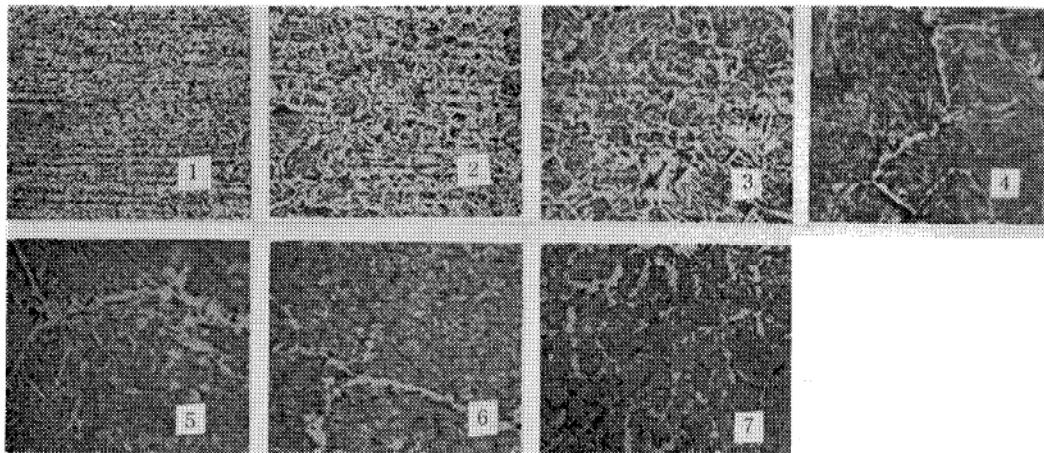
写真14 大柱のSES溶接

い、鋳40mm 突合溶接を主体に鋳40mm の十字継手及び鋳40mm と鋳25mm を重ね合わせて厚さを65mm としたT 継手の試験を実施した。試験の概略及び結果は図12～15

及び表20～21, 写真11～13の如くでいずれも良好な性能を示した。

・鋳40mm 突合溶接

図12及び表20



1. 母材 2. 熱影響部(細粒) 3. 熱影響部(細粒) 4. 熱影響部(粗粒)
5. ボンド 6. 溶着金属外縁(粗粒) 7. 溶着金属中心(細粒) ×90

写真 12 試験片マーク7の顕微鏡写真

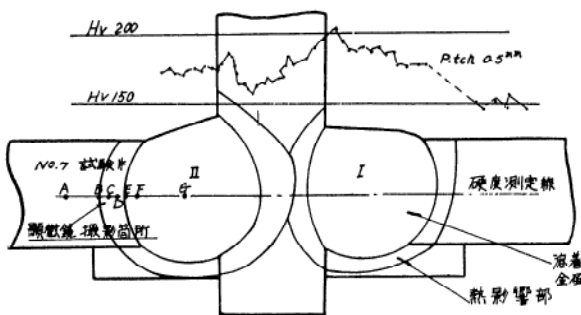


図14 硬度分布図および顕微鏡写真撮影箇所

・HP40mm 十字継手

図13及び表21

試験片7のマクロエッチ、硬度分布及び顕微鏡写真は図14及び写真11～12の如くである。

・HP65mm T継手

図15及び写真13

5-2 溶接の施工

SES溶接は装置1台について作業員2人を配置し全箇所溶接を実施した。施工順序の概略は

1. 開先の両端に70mmづゝの同形のエンドタブを取付ける
 2. SES装置をセットする
 3. 消耗ノズルをセットする
 4. スチールウール及び少量のフラックスを開先底部に投入する
 5. 銅当金(長さ300mm)を固定一通水する
 6. アークスタート、電流電圧調整
- かくしてエレクトロスラグ溶接に移行後は溶接終了まで
1. 消耗ノズルの位置の調整
 2. 裏鋳の赤熱状況監視
 3. 銅当金の密着の度合を補正
 4. 順次銅当金を追加、固着
 5. 溶接終了、電源切断

その作業は非常に簡単で、アークスタート後は作業員はほとんど1人でことたりる場合が多かった。しかしこのたびの施工計画は前述の如く64ヶ所と少くまた柱梁の加工工程上SES溶接の連続施工が出来なかった。結局64ヶ所の施工に延50日を要し1人当の溶接長は28.6mm(連続片側隅肉脚長6換算溶接長)に止まった。しかし各個所毎の施工内容の検討を行えば平均して表22の如く

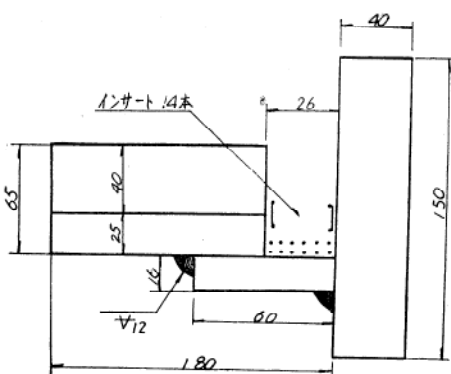


図15 鋳65mm T継手試験形状

- ・溶接条件 電流 420A
電圧 40V
消耗ノズル SES 15 B 12mmφ
インサート 14
芯線 YC-M 2.4mmφ
所要時間 25分
- ・溶接長 250mmとし 下端より 75, 130, 180mmの線をマクロエッチ

表22 SES溶接所要時間

箇所 項目	厚さ65mm 長さ700mm	厚さ36mm 長さ350mm	備考
エンドタブ取付	* 18分	8分	* 形状不規則な為特に所要時間大
装置段取	18分	15分	
溶接時間	70分	22分	
エンドタブ除去	8分	7分	
合計	114分	52分	

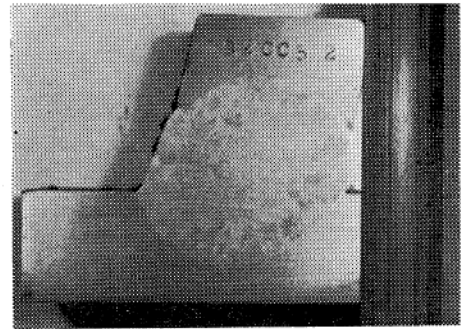


写真15 エンドタブのマクロエッチ (鉄65mm)

表 23 エンドタブより採取した試片の衝撃値 (kg-m/cm² at 0°C)

柱マ-ク	熱影響部	溶着金属中心	溶着金属外縁	備考
ラーメン柱 C-5	7.7	—	—	3本平均
” C-5	—	4.3	6.4	”
” D-2	10.8	4.3	—	”
” D-2	—	—	7.6	”
地上階柱 1C-C3	5.5	5.5	14.2	各1本の値
” 1C-D3	4.5	4.8	8.3	”
” 1C-D3	4.2	4.8	5.7	”
” 1C-D4	4.5	6.7	10.0	”

であった。

前記と同一の継手と手溶接で施工した場合、鉄65mm鉄65mmについては14.7時間、36mmについては2.8時間程度要すると推定されるから矢張りSES溶接を段取りよく使用出来るような作業管理を行えば相当の能率向上になるものと思われる。結局このたびの工事においては一二ヶ所施工する毎にSES装置の運搬—移動—格納、水ホースの段取り、片付け、柱の入れ換え等を繰返しその都度それにSES溶接作業者を流用したため、溶接以外の作業に多大の時間を要したものである。ラーメン柱のSES溶接施工状況は写真14の如くである。

SES溶接の品質は溶接完了後直ちにエンドタブを除去して端面をマクロエッチし溶融状態を確認したが、(写真15)一部のエンドタブより採取した衝撃試験の結果も表23の如くで充分良好な性能を示した。

6. む す び

このたびの経験にもとづいてSES溶接法の適用を考えれば、作業員3名を1組としSES装置2ないし3台を相互にラップしながら溶接を行えば、普通の鉄骨の梁

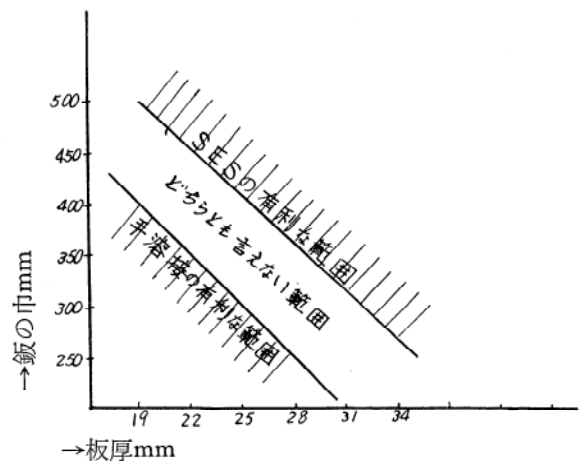


図16 SES溶接の施工範囲

仕口ならば、少くとも1日に12箇所、1人当り4ヶ所は充分こなし得ると想像される。従ってSES法を適用した方が有利になると思われる鉄厚範囲を1ヶ所当りの溶着量より推定すれば図16の如くである。

能率面以外にも

1. さして熟練を要しない (以下29Pに続く)

(15Pより続く)

2. 可視アークでないため作業環境がよい
3. 作業者の疲労度が低い

等数々の利点を有しているため、段取作業の改善を工夫すればなお一層の能率向上と適用範囲の拡大が遂行できるものと考えられ、溶接の自動化率の向上、製作費の節

減に大いに役立つものと期待せられる。

おわりに当りSES溶接法の近鉄ターミナルビル鉄骨工事への採用を心よくご承諾下さった近畿日本鉄道株式会社、坂倉建築研究所、東京建築研究所の方々、ならびに終始懇切なるご指導をたまわった東大仲研究室の有安先生に深湛なる謝意を表す次第である。