

論文・報告

エレクトロガスアーク溶接継手の変形挙動

Deformation of Welding Joints in Electro Gas Arc Welding

合 津 尚*
Takashi GOTSU

高 田 和 守**
Kazumori TAKADA

早 川 清***
Kiyoshi HA YAKA WA

湯 田 誠***
Makoto YUDA

For increasing the productivity in the manufacture of bridges, the methods of execution high efficiency have become to be adopted.

Electro-gas arc welding process is one of them, and this time as for its applicability to the butt joints of plate girder flanges, the experiment paying attention to the welding deformation was carried out for examination. As the results, it was confirmed that the sufficient accuracy was obtained in the shape control after the welding, by making the excess length for the lateral contraction including in-plane deflection, and the efficiency and practicality of this welding method were confirmed. Moreover, it was able to be suggested also that this welding method is sufficiently applicable to various welding joints.

Keywords : bridge fabrication, deformation by welding, electrogas arc welding

1. まえがき

橋梁製作の生産性向上のために、高能率生産システムを検討することは、製作部門の大きな課題である。特に溶接作業の場合、部材の形状にかかわらず溶接のひずみ防止やガウジング等のために反転作業を伴うケースが多い。

この点は、生産システム上の問題点となりやすく、これを解消する施工法の導入を考える必要がある。

ここでは、新たな施工法の一つとして立て向き自動溶接法であるエレクトロガス溶接法(以降エレガス法と称す)を取り上げ、本方法を生産システム内に取り入れ、最も合理的とされる適用手法を検討していくなかで、これまで問題とされてきた溶接後の変形等について把握することにした。

2. エレガス法を採用するうえでの問題点

上記問題点を以下に示す。

(1) 適用検討の対象部位

- ① プレートガーダーのフランジとフランジとの突き合わせ
- ② プレートガーダーのウェブとウェブとの突き合わせ

③ ボックスガーダーもしくは脚のフランジとフランジとの突き合わせ

④ ボックスガーダーもしくは脚のウェブとウェブとの突き合わせ

(2) エレガス法の適用板厚範囲

本溶接法の推奨板厚範囲は12~36mmである。

(3) 溶接継手の拘束状態と溶接変形

拘束の大きいヤード溶接などとは異なり、面外変形の少ない条件を対象とする。

(4) 高能率生産システムへの適用部位

生産工程内の合理化のために、治具等へのセットは不可欠だが、広幅部材(プレートガーダーのウェブ等)は、立て向きにするとハンドリング上、溶接継手精度が得られにくいため、従来の下向き溶接(サブマージアーク溶接等)を採用するほうがよい。

したがってプレートガーダーフランジ材への適用を考えることとした。

3. 実部材における形状調査

前項に述べたように、実部材としてはプレートガーダーのフランジ材の突き合わせが最も適したものといえる。この手法をもって、よりよい稼働を実現させるためには、事前に実部材の形状を調査し把握しておく必要が

*川田工業(株)生産事業部四国工場工場長 **川田工業(株)生産事業部四国工場次長 ***川田工業(株)技術本部溶接研究室

ある。

これまで当社が実際に扱った物件を対象にし、フランジの板厚分布、板幅分布および長さ分布の調査結果を図-1～3に示す。これによると板厚は11～38mmと広い範囲で存在するが、中でも19～32mmがそのほとんどを占めており、これは、エレガス法の適用板厚範囲と適合する。また、フランジ幅は300～600mmが、フランジ長さは1000～6000mmがそのほとんどを占めており、形状的には溶接長に対し溶接線直角方向の部材長が非常に大きいものとなることがわかった。

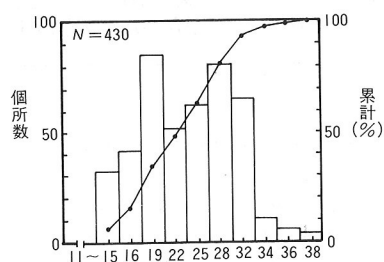


図-1 フランジの板厚分布

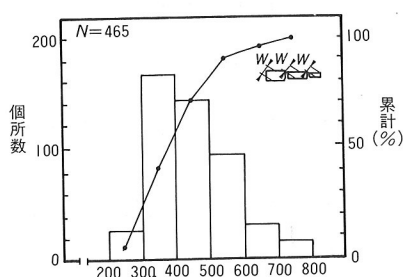


図-2 フランジの板幅分布

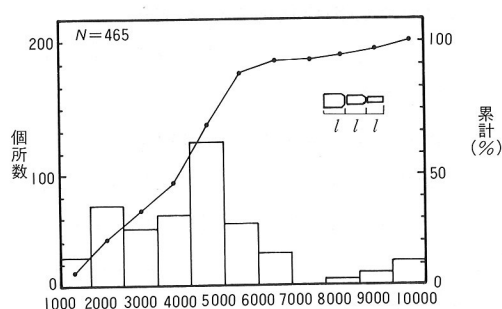


図-3 フランジの長さ分布

4. 拘束の少ない継手の溶接後の変形挙動

エレガス溶接法は、立て向きの自動溶接法であり、溶接中に溶接ワイヤのエクステンション(突き出し長)を無接触にて検出し、常にこれが設定値を保ち、一定となるように台車走行速度を溶融地面上の昇りに追従させるものである。この溶接法を採用することにより、1層でのど厚が板厚を満たすことから、この熱源形態は図-4に示すように、線熱源を溶接方向に連続させたものとなる。2枚の板を溶接するにあたり、被溶接物には一般的に溶接

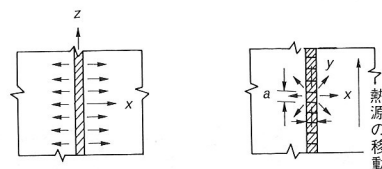


図-4 エレコガス溶接の熱源形態¹⁾

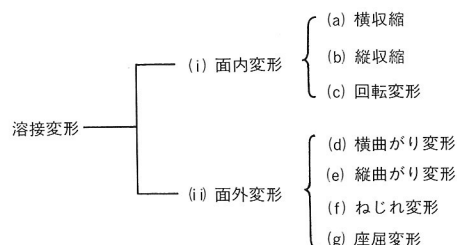


図-5 変形の種類²⁾

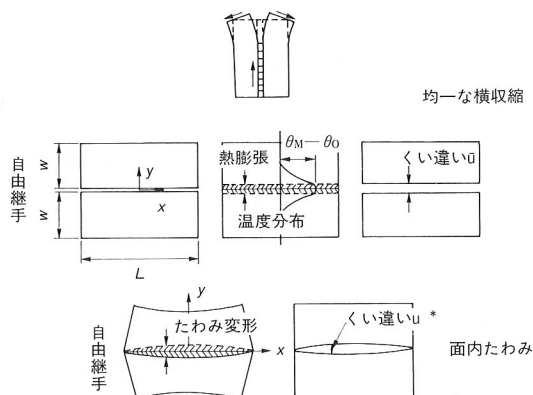


図-6 面内変形の具体例³⁾⁴⁾⁵⁾

変形が生ずる²⁾。図-5に変形の種類を挙げる。

エレガス法の特徴として、のど厚を一度に満足させることから、板厚方向の温度差がなくなり、このために面外変形はかなり少ないと考えられる。これに対し、溶接中に生じる面内変形では、熱源の移動とともに生じる熱源前方のグループ間隙の移動(回転変形^{3),5)}や、すでに凝固が始まっている部分には、2枚の板が一体となることによって塑性変形として吸収される溶接線に直角方向の横収縮(均一な板幅方向の膨張量+溶着金属の収縮量)および板幅方向の不均一温度分布による面内たわみが生じると予測される⁴⁾(図-6)。

5. エレガス法を用いた場合の変形の予測

前項では、2枚の板を溶接する際の溶接中に生じる過渡的変形(回転変形)、溶接後に残留する変形(横収縮面内たわみ)について説明した。工程内の合理化を図り、より高能率な施工法としてエレガス法を採用することにしたが、常にワイヤエクステンションを設定値に保つように溶接速度を自己コントロールする本法では、上記変形に

より開先断面積がアーク点で随時変化するため、常に入熱量が変動することになる。この特有な現象が生じるために、溶接中の過渡現象を細かく述べていくことは非常に難しく、過去の論文等では、熱源の前方に拘束を有しない場合として熱源直下のグループ間隙の変位量およびその微小範囲($U_H/\Delta L$)を回転変形の代表値としている^{3),5)}(図-7, 8に示す)。

これによると入熱一定($Q/V \cdot H = \text{CONST}$)の範囲で、溶接線直角方向の部材長が大きいほど溶接中の回転変形は小さくなるといわれている。プレートガーダーのフランジの突き合わせを考えるうえで、溶接中、後の形状管理は、この過渡変形が小さければ面内たわみを含んだ横収縮を余長として考えていけばよいこととなり、また過渡変形が大きければ、これを防止するための拘束力の導入⁶⁾を考えればよいであろうと思われる。

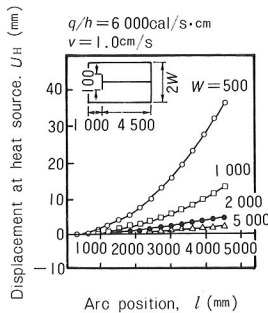


図-7 板幅(W)と熱源直下変位量の関係(佐藤ら)³⁾

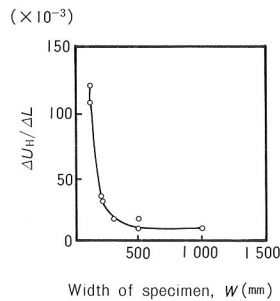


図-8 板幅(W)と熱源直下変位量の関係(佐藤ら)⁶⁾

6. 実験の目的

プレートガーダーのフランジの突き合わせ継手にエレガス法を採用し、これを有効に利用するために拘束のないうでの面内変形について調査を行い、実施工へ向けての認識を深めるものとする。

なお、本報では上記目的に対し、実験1～3を設定し検討を進めた。実験1では、フランジ材を想定し板厚25mm、溶接長600mmとし、入熱あるいは板幅を変化させたもの、実験2では、溶接長を1000mm、2000mmと長尺にしたもの、実験3では、板厚を変化させたもの、それぞれについて面内変形を調査した。

7. 実験1

表-1に本実験の試験体の化学成分および機械的性質を示す。また、表-2に試験体形状、溶接条件を示す。

表-2に示すように、実験1では、形状を一定にし開先断面積を変化させることにより入熱を変化させたもの(No. 251～254)、板厚、開先断面積を一定にし板幅を変化させたもの(No. 255～258)の合計8体について検討した。溶接中および溶接後冷却中の面内変形は、図-9に示

すように2枚の板の標点間150mm(4ヵ所)に変位計をセットし、ひずみ測定機により

- ① 第1ステージ……………10秒間隔で60回測定
- ② 第2ステージ……………2分間隔で10回測定
- ③ 第3ステージ……………5分間隔で10回測定
- ④ 第4ステージ……………10分間隔で5回測定

の4ステージ(合計130分間)において連続計測を行った。なお本実験において溶接装置はSEGARC-2(㈱神戸製鋼)を心線としてDWS-43G(㈱神戸製鋼)を使用し、100%CO₂のシールドガスを用いた。使用した治具を図-10, 11に示す。

また、ここでは変位のデータに加えて、入熱に対する各位置での熱履歴が試験体形状別に異なるであろうことを予測し、幅方向の不均一温度分布による面内たわみについて考察を加えるため、温度測定を行った。温度測定については、継手中央部に測点を設け、板厚中央部に熱伝対を埋め込む形とし、板幅に合わせて測点数を増やすものとした。

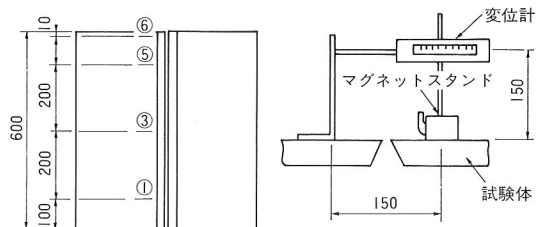
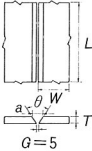
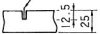
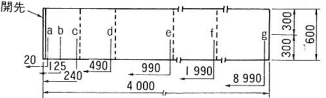


図-9 変位計取り付け位置

表-1 試験体の化学成分および機械的性質

板厚	規格	C	Si	Mn	P	S	降伏点 Y.P (kg/mm ²)	引張強度 T.S (kg/mm ²)	伸び EL (%)
		× 100	× 100	× 100	× 1000	× 1000			
19	JIS G 3106 SM50 A	14	42	150	18	3	37	53	29
25		14	44	149	18	4	36	53	32
32		14	43	148	16	2	34	53	31

表-2 実験1 施工条件

試 験 体	板厚 (mm)	No.	θ ($^{\circ}$)	a (mm)	L (mm)	W (mm)	断面積 (mm ²)	入熱量 (kJ/cm)	L/W
 $G=5$	25	251	30	18.4	600	250	327.6	65.0	2.40
		252	35	20.8	"	"	360.7	71.0	"
		253	40	23.2	"	"	394.8	78.0	"
		254	50	28.3	"	"	466.2	114.0	"
		255	30	18.4	"	600	327.6	95.0	1.00
		256	"	"	"	1 000	"	102.0	0.60
		257	"	"	"	2 000	"	111.0	0.30
		258	"	"	"	4 000	"	118.7	0.30
温度測定位置(T P 251～258) ※測定位置はaからg									
T P 251～254… a, b, c T P 255 …… a, c, d T P 256 …… a, c, d, e T P 257 …… a, c, d, e, f, g T P 258 …… a, c, d, e, f, g									
熱伝対は板厚中央にセットする。									
									
									

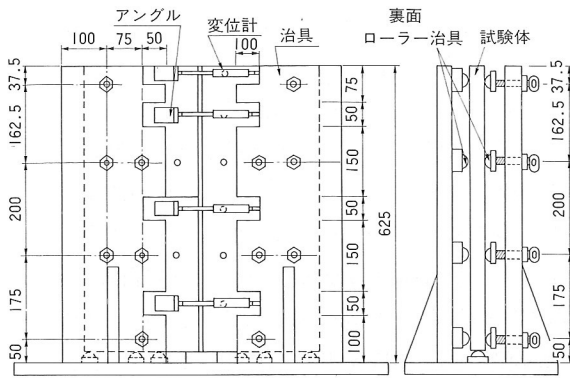


図-10 小型モデル用実験治具(No.251~254)

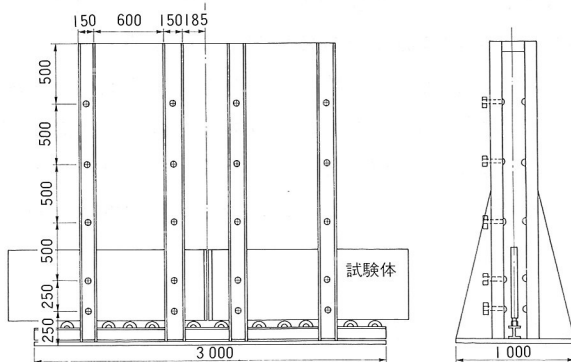


図-11 大型モデル用実験治具(No.255~258)

(1) 変位計による面内変形の調査

エレガス法による溶接中、溶接後の面内変形について変位計による調査を行った。前項に示した4点の変位過程についてデータ例を図-12に示す(TP251の例)。この変位過程を見ると、4点ともに溶接開始より100mmくらいま

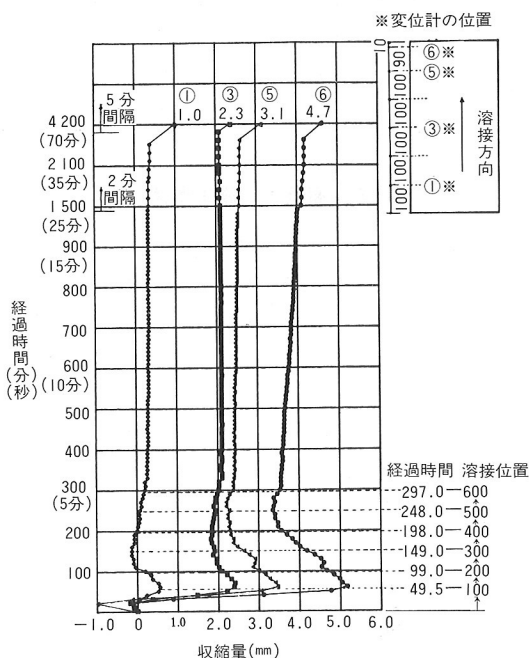


図-12 変位計による計測例(TP251)

では全体的に大きく閉じる方向の変位(+)を示し、その割合は、終端部⑥の変位が最大を示している。100mmを超えると開く方向の変位(-)を示し、その後は再び閉じる方向の変位が現れている。これにより、溶接終了時までルートをギャップが変化していることがわかる。

また、①と⑥の変位に差が生じていることから、溶接終了後には閉じる方向の回転変形が残留していることが確認できる。またTP255以降については、やや異なった変位過程を示したものの、最終的には同様に回転変形は残留し、その値は低下傾向を示すことが確認できた。

(2) 変位結果から考えられる各面内変形要素

4章で述べたように、溶接中・後の面内変形が各試験体における変位データから予測できると考えられる。8体の変位データから面内変形の各要素として

① 横収縮(板幅方向の均一な熱膨張量+溶着金属の収縮量)

② 最終的に残留する閉じる方向の回転変形量

③ 板幅方向の不均一温度分布による面内たわみ

以上3点について調査した。変位データからの採取要領については以下に示すとおりとする。

a) 横収縮

横収縮は図-13に示すように、全体の完全冷却時における移動量をとらえ、変位計①と⑥の最終変位量 C' 、 C より $(C+C')/2$ としたもので検討した。

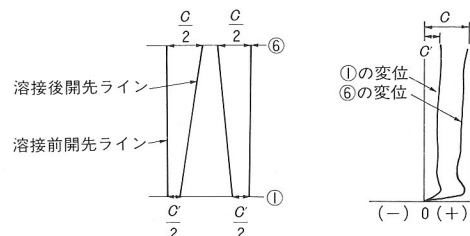


図-13 横収縮量の検討

b) 溶接後残留した回転変形量

閉じる方向の回転変形量は、図-14に示すように横収縮と同様、変位計①と⑥の最終変位量 C' 、 C より溶接後の回転角度を意味するうえで、 $(C-C')/2L$ ($L: 500\text{mm}$)としたもので検討した。

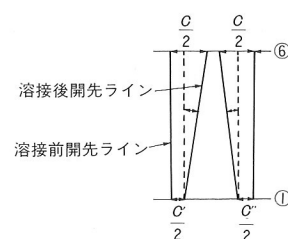


図-14 回転変形量の検討

c) 板幅方向の不均一温度分布による面内たわみ

面内たわみについては、図-6に示したように2枚の板の塑性変形として表現され、特に継手中央部に大きく生じるものと考えられるため、図-15のように変位計③の溶接終了時から完全冷却時における変位量の差として与えられる。ただし一般的なたわみの式より

$$\delta = PL^3/EI$$

$$\sigma = M_Y/I = P/A \quad \text{より}$$

$$\delta = P^2 L^2 / E \cdot T \cdot W$$

(L :溶接長, T :板厚, W :板幅, E :弾性係数)となり、形状的效果を考察するため、上述した変位量差を L^2/W で除したものの $\{(C-A)/\frac{L^2}{W}\}$ を無次元量として検討した。

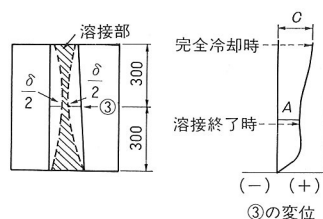


図-15 面内たわみの検討

(3) 横収縮(その1)

各変位データから得られた横収縮量について入熱のパラメータ $Q/H \cdot L \cdot W$ (今回溶接法特有の現象により、単位体積当たりの入熱量を採用した) で整理してみると、図-16に示すような関係が得られる。これによると、No. 251~254 ($L/W=2.4$) の範囲では入熱の変化に対し若

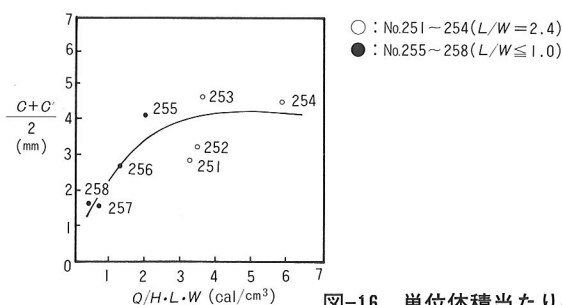


図-16 単位体積当たりの入熱量と横収縮の関係(その1)

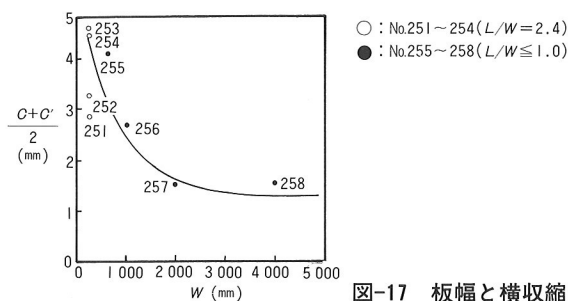


図-17 板幅と横収縮の関係

干のばらつきがあるが、ほぼ横ばいの傾向が見られ、No. 255以降 ($L/W \leq 1.0$) の範囲では入熱が 2 cal/cm^3 以下になると、急激に減少する傾向がみられる。また、試験体の板幅分布で整理すると、図-17に示すような傾向となり、板幅が大きくなるほど横収縮量は小さくなることが確認できた。

(4) 回転変形(その1)

変位データの結果から、熱源の移動する前方は、常に開いたり閉じたりする回転変形が現われ、試験体のほとんどが完全冷却時に閉じる方向の回転変形が残留している。変位データから得られた回転変形量を入熱のパラメータ $Q/H \cdot L \cdot W$ で整理すると、図-18に示すような関係が得られる。横収縮と同様No. 251~254の範囲では入熱の変化にかかわらず一定値を示し、No. 255以降になると急激に低下している。また板幅分布による傾向を図-19に示す。これらを考え合わせると、板幅が2000mm以上の範囲では、ほとんど回転変形は生じなくなることがわかった。

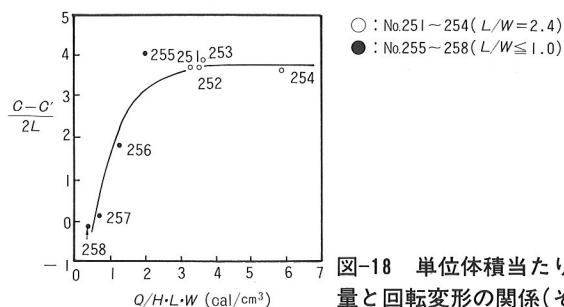


図-18 単位体積当たりの入熱量と回転変形の関係(その1)

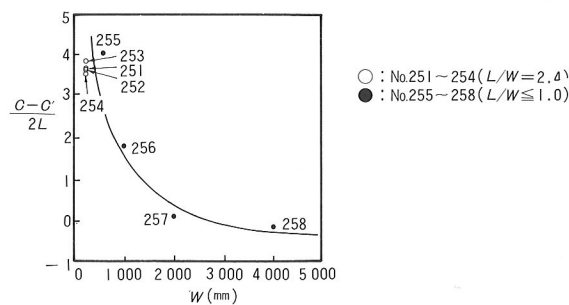


図-19 板幅と回転変形の関係

(5) 面内たわみ(その1)

溶接後、塑性変形量として継手中央部に生じる面内たわみは、平均温度上昇 T_{av} 値によって一連の式にて示されていることにより、今回得られたデータを T_{av} 値で整理すると図-20に示すようになる。また、横収縮、回転変形と同様に板幅との関係を図-21に示す。グラフより、No. 251~254では、 T_{av} 値にかかわらず一定値(ほとんど微量な値)を示すが、No. 255以降、板幅が大きくなるにつれて、板幅方向の不均一温度分布により急激にたわみ量の増大する傾向がうかがえる。

※面内たわみ量は、右式に示すように
Tavを含む式にて表現されている

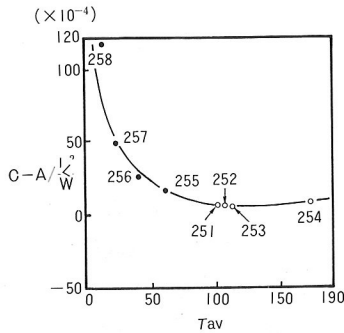


$$\text{曲率} \frac{1}{\rho} = \eta \cdot \frac{6 \alpha T_{av}}{W}$$

$$u^* = \frac{L^2}{4\rho}$$

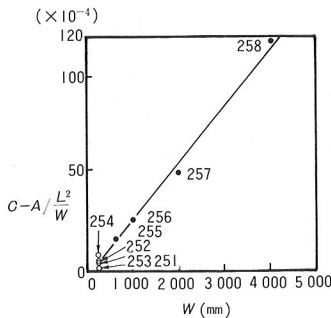
※Tav: 溶接入熱Qによる板の平均温度上昇

$$T_{av} = \beta \alpha v - \beta \alpha - \frac{Q}{2CPhW}$$



○: No.251~254 (L/W=2.4)
●: No.255~258 (L/W≤1.0)

図-20 平均温度上昇(Tav)と面内たわみの関係(その1)



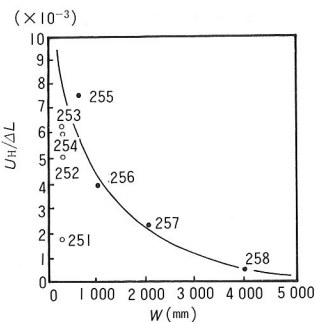
○: No.251~254 (L/W=2.4)
●: No.255~258 (L/W≤1.0)

図-21 板幅と面内たわみの関係

(6) 熱源直下変位量による考察

過去の文献、論文等で溶接中に生じる回転変形を論じるため、熱源直下変位量をその代表値としてきたことは5章でも述べた。ここでは同様に実験1の試験体について変位測定位置③~⑤の区間(≒200mm)において熱源直下変位量を調査した。その結果を図-22に示す。

これによると、今回のエレガス法でも板幅方向(W)の長さが増加するほど変位量が小さくなるという過去と同様なデータが得られる。このことから、図-19の結果とを考え合わせると、板幅の大きなものほど溶接中の回転変形が小さくなるため、その結果、溶接後に残留する回転変形量も小さくなることが確認できる(※No. 251のデータは測定誤差であると思われる)。



○: No.251~254 (L/W=2.4)
●: No.255~258 (L/W≤1.0)

図-22 板幅と熱源直下変位量の関係

(7) 温度測定による面内たわみの評価

幅方向の不均一温度分布による面内たわみについて、溶接終了後の温度履歴による考察を行うため、以下に示

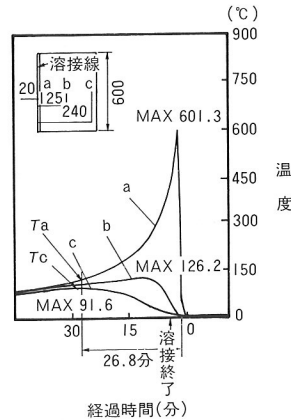
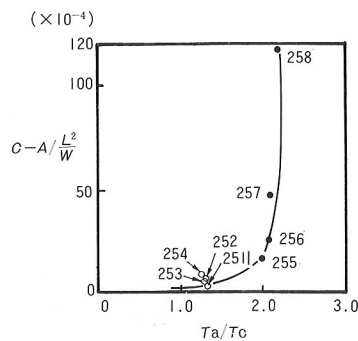


図-23 各測定点別の温度履歴

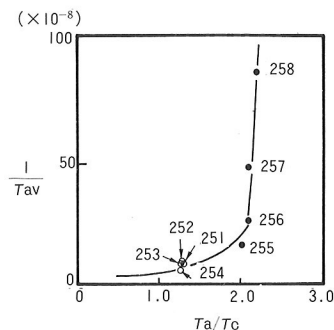
す検討を加えた。図-23に示すようにTP251の温度測定点(c点)が最高値を示すのに達した時間を開先近傍の測定点(a点)の最高値を示す位置から差し引くと、約26.8分程度となる。各試験体についてa点最高測定部から26.8分を経過したときのa点とc点の測定温度を採用し、 T_a/T_c の値を幅方向の不均一温度度合として面内たわみを検討した。

T_a/T_c と面内たわみについて検討した結果を図-24に示す。これによると $T_a/T_c \geq 2.0$ (TP255以降)になると、急激に面内たわみ量が大きくなるのがわかる。また平均温度上昇値 T_{av} と T_a/T_c の関係を図-25に示す。図-24と図-25は同様の傾向にあり、これらを考え合わせると、実験1の範囲において、 $T_a/T_c \geq 2.0$ では、熱的に幅方向の不均一が大きく、それによる面内たわみが大きくなったものと思われる。ただし、エレガス法での入熱範囲では、今回の面内たわみ量として最大1.06mm程度であるため、継手精度上問題にはならないものと考えられる。



○: No.251~254 (L/W=2.4)
●: No.255~258 (L/W≤1.0)

図-24 面内たわみ量と熱的不均一温度度合の関係



○: No.251~254 (L/W=2.4)
●: No.255~258 (L/W≤1.0)

図-25 平均温度上昇と熱的不均一温度度合の関係

(8) 画内変形挙動の検討結果

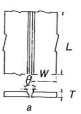
板厚と溶接長を一定にした(一部開先断面積を変化させた)今回の試験体では、エレガス法を適用し、面内変形について検討した結果、以下のことがわかった。

- ① 横収縮量および残留する回転変形量は、試験体形状と入熱量によってその傾向が異なり、いずれも単位体積当たりの入熱量が大きい範囲では一定値を示すが、小さい範囲では急激に減少し、特に回転変形は板幅方向の大きくなる範囲($W \geq 2000\text{mm}$)において、溶接中、後に限らずほぼ微量となる。
- ② 幅方向の不均一温度分布による面内たわみについては、今回の不均一温度度合のパラメータ(T_a/T_c)によって整理され、 $T_a/T_c \geq 2.0$ の範囲では急激に生じるが、最大で1.06mm程度あったため製作精度上、問題にはならない。

8. 実験2

実験1では、板厚と溶接長を一定にした板幅を変化させた場合について、面内変形を検討した。板幅の大きさが同時に面内変形の各要素に大きく影響し、形状によっては、回転変形を考慮しない範囲が存在することがわかった。実験2では、プレートガーダーフランジ材の形状に属さない形状範囲の影響として、広幅モデル(1000×4000, 2000×2000)の試験体における面内変形を検討した。表-3にその試験内容を、図-26に変位計取り付け位置をそれぞれ示す。試験材、治具等については、実験1と同じものを使用した。

表-3 実験2 施工条件

試験体	板厚 (mm)	No.	θ (°)	a (mm)	L (mm)	W (mm)	断面積 (mm ²)	入熱量 (kJ/cm)	L/W
	25	25A	30	18.4	2000	2000	227	102.60	1.00
		25B	30	18.4	1000	4000	227	127.02	0.25

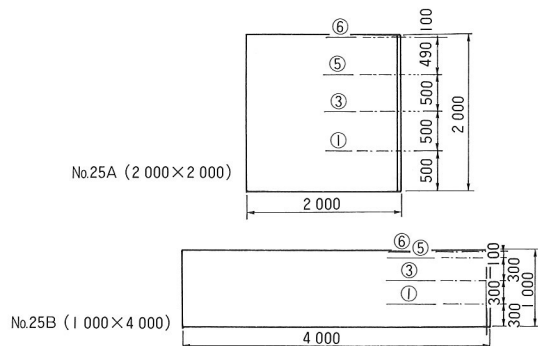


図-26 変位計取り付け位置(実験2)

(1) 横収縮(その2)

実験1のデータに、実験2のデータを加えたものを、図-27に示す。これによると、広幅モデルでは実験1のNo. 258のように板幅が大きいものと同傾向の値となり、このことから横収縮は、エレガス法に対し、単位体積当たりの入熱量が小さくなる(今回は $\leq 1.0\text{cal/cm}^3$)ほど小さくなることがわかった。実験1, 2より形状に対する依存性について L/W で整理すると、図-28に示すようになる。図-2, 3との結果から、そのほとんどが $L/W \leq 0.3$ であることを考えても実部材の横収縮は3mm以下と推定される。

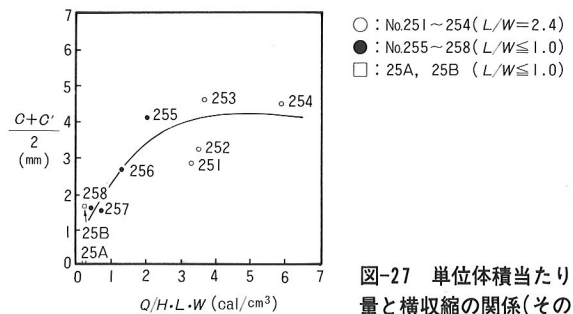
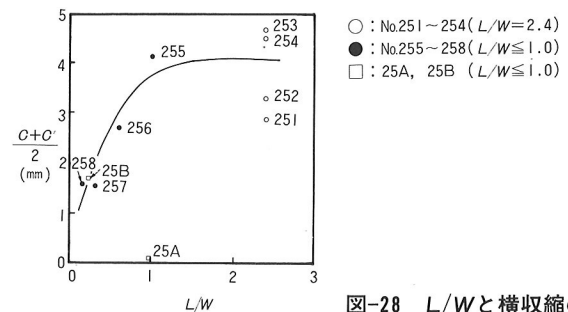


図-27 単位体積当たりの入熱量と横収縮の関係(その2)

図-28 L/W と横収縮の関係

(2) 回転変形(その2)

実験2のデータを加えたものを図-29, 30に示す。広幅モデルについては、単位体積当たりの入熱量が小さい範囲であるため、予想どおり回転変形も小さい値を示した。このことから、広幅な形状を有しエレガス溶接条件に対し、単位体積当たりの入熱量が $\leq 1.0\text{cal/cm}^3$ であれば、回転変形量はほとんど生じないものと考えられる。

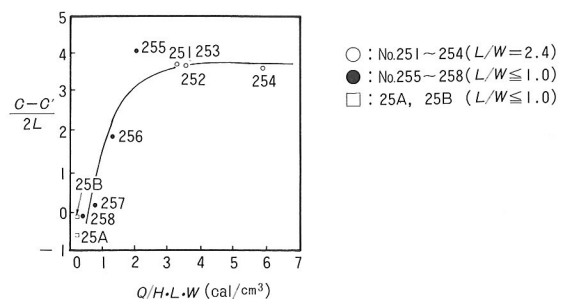


図-29 単位体積当たりの入熱量と回転変形の関係(その2)

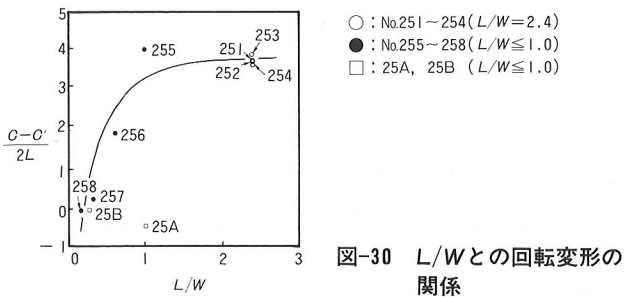


図-30 L/Wとの回転変形の関係

(3) 面内たわみ(その2)

前節と同様、実験2のデータを加えたものを、図-31, 32に示す。広幅モデルでは、単位体積当たりの入熱量が小さい範囲にあること、また平均温度上昇値も50以下となることから、実験1で述べた幅方向の不均一温度度合も大きくなることが考えられる。このことから、25A, 25Bともに面内たわみ量は大きく現れると予測されたが、実験1の一連上にほぼプロットされた25Bに対し25Aは低い値を示した。この点については、これまでのものと試験体形状が長さ、幅とも大きく異なったこと、それに付随して溶接長が極端に変化したことなどから考えても、面内たわみに関しては別の取り扱いをする必要がある。

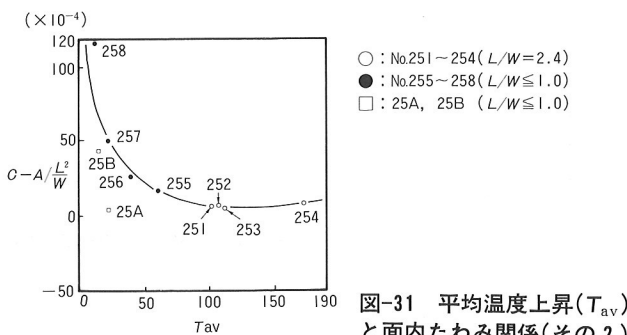
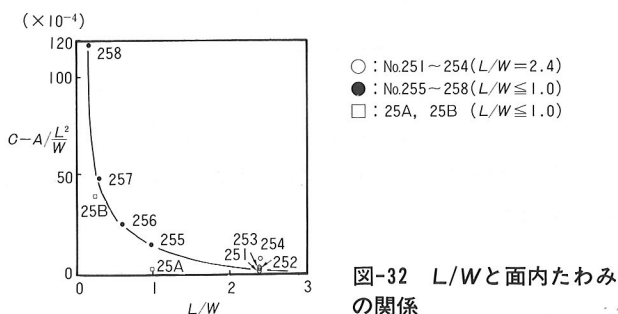
図-31 平均温度上昇(T_{av})と面内たわみ関係(その2)

図-32 L/Wと面内たわみの関係

9. 実験3

実験1, 2では、板厚と溶接長を一定にし板幅を変化させたもの、また同厚で広幅なモデル等について面内変形の調査を行った。エレガス溶接条件に対し、面内変形の各要素は、部材形状が大きく影響し、単位体積当たりの入熱量や幅方向の不均一温度分布に対する一連性があることを確認することができた。

実験3では、本検討案の目的であるプレートガーダーフランジ材の板厚範囲について、さらに19 mm~32 mmを取り上げ、試験形状は250 mm×600 mm(実験1の小型モデルと同一)のものに統一し、入熱の変化に対する面内変形の挙動を調査した。表-4にその試験内容を示す。試験材、溶材、治具等はこれまでのものと同様である。

(1) 横収縮(その3)

これまでのデータに実験3のデータを加えたものを、図-33に示す。今回の小型モデル(No. 191~323)の試験体では実験1のデータとはほぼ同程度であり、横収縮量としては3~5 mmの範囲のものが得られた。単位体積当たり入熱量の変化に対し、小型モデルとしての一連性が得られないのは、板厚ごとに溶接部の溶け込み状態が異なることもあり、薄いものは溶け込みが大きいといった溶接特有の現象が影響しているものと思われる。

前章までの実験1, 2の結果から、実部材の形状分布を考え、入熱量を想定することにより、横収縮は予測できるが、板厚の違いにおける横収縮量については、広幅な試験体を含んだトータル的な検討が必要であろう。

(2) 回転変形(その3)

前節と同様、実験3のデータを加えたものを図-34に示す。入熱の変化に対しほぼ一定値を示した実験1(No.

表-4 実験3 施工条件

試験体	板厚 (mm)	No.	θ (°)	a (mm)	L (mm)	W (mm)	断面積 (mm ²)	入熱量 (kJ/cm)	L/W
19		191	30	15.2	600	250	220	49.20	2.40
		192	40	18.8	"	"	260	61.23	"
		193	50	22.7	"	"	302	75.54	"
		321	24	18.6	"	"	411	81.12	"
32		322	30	22.1	"	"	473	102.00	"
		323	34	24.6	"	"	516	115.06	"

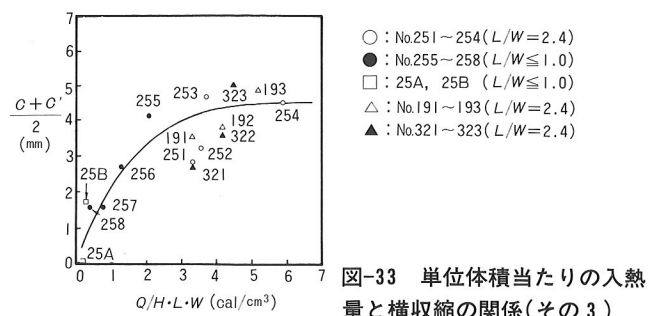


図-33 単位体積当たりの入熱量と横収縮の関係(その3)

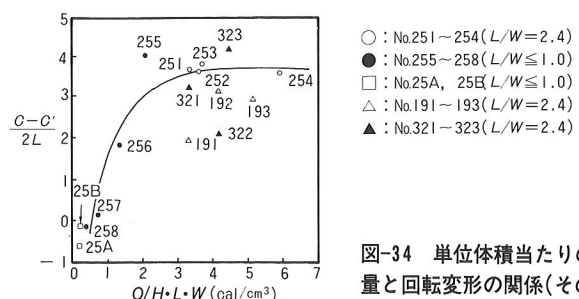


図-34 単位体積当たりの入熱量と回転変形の関係(その3)

251~254)のデータに対し、今回のデータは、同程度の値を含むややバラツキをもった結果となった。この原因としては、前節でも述べたように溶け込み状態に関する溶接特有の現象によるものと思われる。これまでの結果より、フランジ材の形状範囲では回転変形はほとんど微量の範囲であると判断できる。

(3) 面内たわみ(その3)

前節と同様、実験3のデータを加えたものを図-35に示す。さらに加えたデータは、そのほとんどが実験1の傾向上にほぼプロットされ、小型モデルの範囲では板厚および入熱の変化にかかわらず、ほとんど微量な値であることが確認できた。実験データから、今回の試験体は試験体形状とエレガス入熱範囲によって、

- ① 熱的に幅方向不均一温度度合が小さいグループ
………面内たわみ小
- ② 熱的に幅方向不均一温度度合が大きいグループ
………面内たわみ大

の二つに分けられるようである。実施工を考える場合、上記のどのグループに属するかを判断することで、面内たわみ量を推定できるものと思われる。

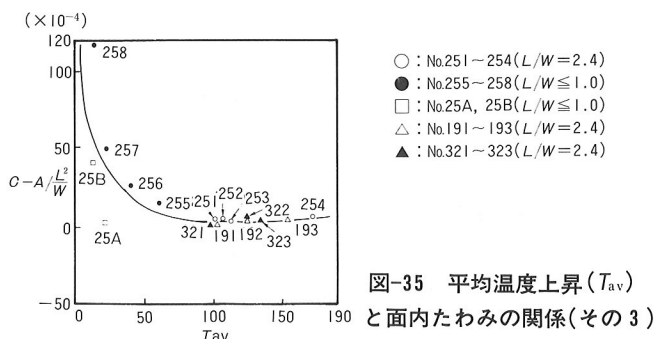


図-35 平均温度上昇(T_{av})と面内たわみの関係(その3)

10. 実験結果のまとめ

プレートガーダーのフランジ材の突き合わせ溶接を採用し、特に拘束のない自由収縮について面内変形を検討した結果、以下のことが確認できた。

- ① 溶接後の面内変形については、試験体にセットした変位計による情報から
 - i) 横収縮
 - ii) 回転変形
 - iii) 面内たわみ
 の3点につき、単位体積当たりの入熱量や不均一温度分布による検討を進めた結果、それぞれに独自の傾向をもつことがわかった。
- ② 横収縮は単位体積当たり入熱量が小さい範囲ほど小さな値を示し、その値は $2.0\text{cal}/\text{cm}^3$ 以下で 3.0mm 以下となることがわかった。
- ③ 回転変形では、残留する回転変形、および溶接中における熱源直下変位を検討したが、単位体積当たりの入熱量が小さい範囲ほど、溶接中、後の変位が

小さくなり、その量は入熱量が $1.0\text{cal}/\text{cm}^3$ 以下でほとんど生じなくなる。

- ④ 面内たわみは、幅方向の不均一温度度合 T_a/T_c の値によって傾向が変わり、単位体積当たりの入熱量の範囲によって
 - i) 入熱量が小($<2.0\text{cal}/\text{cm}^3$)…… T_a/T_c 大(>2.0)
 - ii) 入熱量が大($\geq 2.0\text{cal}/\text{cm}^3$)…… T_a/T_c 小(≤ 2.0)
 の二つに分けられる。特にi)の範囲では面内たわみが大きいことがわかった。ただし、その最大値は今回 1.06mm 程度であったため部材精度上問題はない。
- ⑤ プレートガーダーのフランジ材の形状より、溶接長に対して溶接線直角方向の部材長が大きい傾向にあること、また溶接後に生じる面内変形についての結果から横収縮量の余長を検討することによって部材管理が可能であると考えられる。またその値は、今回の実験から 3.0mm 以下と推測される。
- ⑥ 面内変形の各要素について今回の小型モデルの範囲($Q/H \cdot L \cdot W \geq 2.0\text{cal}/\text{cm}^3$)では、横収縮、回転変形について検討を行ったが、新しい論を起こすことはできなかった。これについては、今後の課題とする。

11. あとがき

エレクトロガス溶接を板継溶接に用いた生産システムへの導入のために、拘束の少ない自由収縮について溶接後の面内変形を検討した。適用部材としてプレートガーダーのフランジ材を目的としたが、実部材においても精度のよい形状管理が可能であると考えられる。

最後に本研究を行うにあたって、終始細部にわたりご懇篤な指導をいただきました大阪大学溶接工学研究所の堀川浩甫教授、また同研究室の鈴木博之教官、中辻義弘技官に本誌面をかりて厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤・向井・豊田：溶接工学，pp. 33，1979年5月。
- 2) 増淵：溶接による残留応力および変形に関する研究，運輸技研報告，第8巻，12号，pp. 204，1959年。
- 3) 佐藤・寺崎・野原：熱源前方に拘束を有しない突合せ溶接における回転変形におよぼす溶接諸条件の影響，溶接学会全国大会講演概要集23，No. 222，1978年。
- 4) 佐藤・寺崎：構造用材料の溶接残留応力分布におよぼす溶接諸条件の影響，溶接学会誌，第45巻，2号，1976年2月。
- 5) 佐藤・寺崎・野原：平板の突合せ溶接進行中におけるグループ間隙の変化について，溶接学会誌，第49巻，10号，1980年10月。
- 6) 前田・矢田ほか：エレクトロガス溶接中の熱変形挙動と防止対策，IHI技報13巻6号，1973年11月。