

軟鋼のV型開先突合せ溶接における角変形の発生過程

その他（別言語等）のタイトル	Angular Distortion Process in the V -Type Groove Welding of Mild Steel
著者	藤原 幹男, 坂本 義継, 田中 雄一, 井川 克也
雑誌名	室蘭工業大学研究報告. 理工編
巻	8
号	2
ページ	443-449
発行年	1974-10-15
URL	http://hdl.handle.net/10258/3602

軟鋼のV型開先突合せ溶接における 角変形の発生過程*

藤原幹男・坂本義継
田中雄一・井川克也

Angular Distortion Process in the V-Type Groove Welding of Mild Steel

Mikio Fujiwara, Yoshitsugu Sakamoto, Yuichi Tanaka
and Katsuya Ikawa

Abstract

Angular distortion is a common defect in the butt welding and it must be avoided by constraining of the work piece or settling with proper opposite angle of one. To consider these counter-measures, the distortion process ought to be clarified.

In this investigation, distorted angle with no constraining and distortion stress with complete constraining were measured in process of V-Type groove welding under various welding conditions. It is possible to draw some conclusions and make practical recommendations from the data and observations in this experiment as follows;

(1) Angular distortion is largest at the welding of first layer and the major part of distortion occurs in the early stage of welding pass.

(2) The distortion in later stage of the first pass and after second one are constrained by the preceded weld metal and under-layered weldment, therefore the amount of distortion is about a half of the first layer welding.

(3) Under constant heat input, the welding with high electric current and large velocity is accompanied by smaller angular distortion.

(4) Bending moment induced by complete constraining of the work piece is very small at the first layer welding, and large after second one. Also, the bending moment increases with the amount of weld metal.

Therefore, to avoid this distortion, it is most effective that the constraining might be applied on the first layer welding accompanied by the largest distortion and the least bending moment.

I. 緒 言

溶接によって発生する収縮や変形は構造物に悪影響を与えるばかりでなく、その矯正には多くの時間と労力が必要であるため、その発生を最小限に抑えることが重要である。

溶収縮や変形については今日まで多数の研究報告がなされており、突合せ溶接における

* 1973年11月15日 日本金属学会・日本鉄鋼協会北海道支部合同大会に発表

収縮の発生機構や横曲り変形については佐藤氏らの理論的、実験的な研究¹⁾、あるいは立川氏らの研究²⁾によって解明されている。

本研究では軟鋼板の突合せ溶接における角変形について、溶接条件の変化、すなわち入熱の影響、熱源の高さの影響、あるいは多層盛を施したときの溶着金属下部の低温領域による拘束の影響を調べるため、溶接進行にともなう角変形量を測定し、さらに角変形を拘束したときの応力発生状況を測定し、角変形の発生過程を検討した。

II. 実験方法

1. 供試材および溶接条件

供試材は板厚 12 mm の一般構造用圧延鋼材 (SS 41) であり、その化学成分を表-1 に示す。

表-1 供試材化学成分 (%)

C	Si	Mn	P	S
0.21	0.54	0.54	0.005	0.015

試験片は図-1 に示す形状寸法であり、開先形状は 60° の V 型、開先高さは 2 mm、開先間隔はとっていない。溶接棒は棒径 4 mm の低水素系被覆アーク溶接棒 (JIS・D 4316) を使用し、溶接棒角度は 90° で下向溶接を行った。溶接はアークの発生を容易にするため、始端部開先内に供試材の切粉をのせて行った。溶接電流、溶接速度は各々の実験において変化させた。

2. 実験装置・測定方法

溶接機は定格一次電圧 200 V、定格二次電流 250 A の交流アーク溶接機であり、使用電流範囲は 45~265 A である。溶接装置は手製の半自動溶接装置を使用した。この溶接装置は試験片を種々の速度で移動させることができ、一定速度の溶接が行える。

図-2 に測定装置の概要を示す。角変形量測定は試験片の一方 (S₂) を拘束金具で溶接台に固定しもう一方 (S₁) は無拘束にし、角変形量を試験片 (S₁) の裏側に取り付けられた差動トランス変位計によって測定した。次に応力測定は試験片全体を溶接台に固定した。

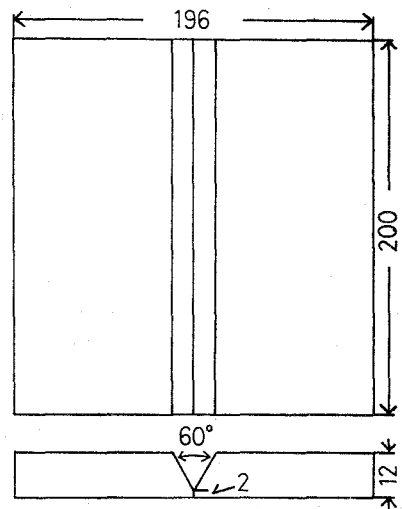
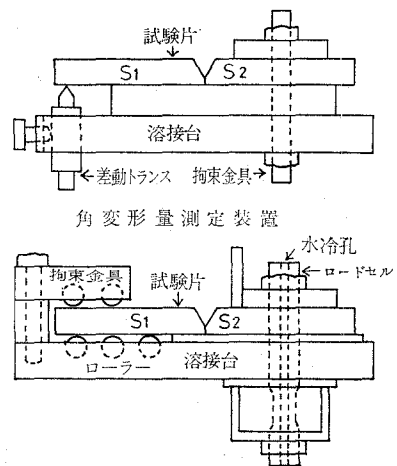


図-1 試験片形状および寸法 (mm)



応力測定装置

図-2 実験装置

すなわち試験片 (S_1) はローラーを取り付けた拘束金具で固定し、もう一方の試験片 (S_2) をロードセルと金具によって固定した。ローラーは横収縮による溶接線に直角方向の力がロードセルへ影響しないようにするために取り付けてある。

ロードセルは Ni-Cr 鋼 (SNC 3) を材料として、冷却水を流すために中空に作製した。ひずみ計は4枚の作用ゲージ (縦方向) と4枚の補償ゲージ (横方向) を貼り付け、熱および曲げの影響を無くするようにした。

3. 組織観察

試験片は角変形量測定試験片より採取し、マクロ組織観察を行った。試験片はバフ研磨後、10% 硫酸溶液により数分腐食後、塩化第二鉄溶液 (塩化第二鉄 40 g, 塩化第二銅 3 g, 硫酸 40 cc, 水 500 cc) によって腐食し、この際、試験片表面に生じた銅の被膜を希硝酸に数秒浸して除去し、マクロ組織観察に供した。

III. 実験結果および考察

1. 角変形量の測定

図-3 に溶接電流を一定にし、溶接速度を変化させたときの1層目における角変形量の測定結果を示す。溶接ビードが1/4程度までに変形は急速に起こり、その後、ほぼ飽和して一定となっている。変形速度、変形量は溶接速度の遅いほうが大きく、溶接終了後は溶着金属の冷却とともに変形量は増加している。溶接初期において変形が飽和するのはつぎのように考えられる。溶接における加熱冷却速度は非常に大きいので、熱源の移動により始端部から凝固冷却が始まるが、熱源が試験片の1/4程度に達するまでに、始端部からの凝固収縮および冷却による熱収縮によって1層目における角変形はほぼ無拘束で生じる。その後は始端部溶着金属が終端部へ向う溶着金属による変形を次々と拘束してしまうためと思われる。また溶接速度の遅いものほど溶着金属量が多いため、ビード表面と裏面の横収縮量の差が大きく、角変形量が大きくなっており、溶接速度の速いほうが凝固冷却も速く変形の開始が早くなっている。

次に2層盛を行い、1層目の溶着金属による拘束の影響、2層目の溶接条件の変化による入熱、熱源の位置、溶け込み深さなどの影響を調べるために、2層目における角変形量を測定した。図-4 は1層目を一定溶接条件で溶接し、2層目の溶接条件

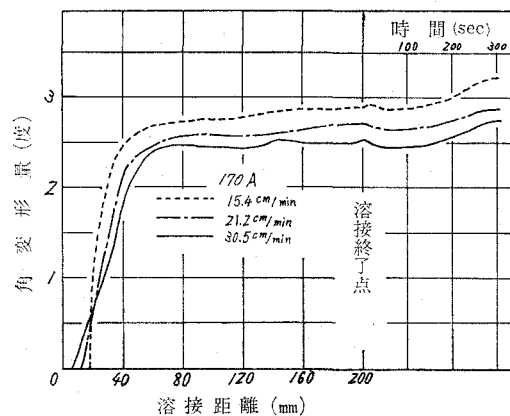


図-3 第1層目の角変形量

を変化させた場合の測定結果である。

角変形は溶接の全区間にわたってしだいに増加しており、変形量は拘束が有るため1層目の半分程度になっている。溶接初期では溶接速度が遅いほど立上りは急になっているが最終的には溶接速度の速いほど変形量は大きくなっており、1層目の半分程度になっている。これは溶接速度が遅いと溶着金属量も多く、ビード表面と裏面の横収縮量の差が大きくなり角変形量が大きくなると思われ、このことは溶接中期までその傾向がある。しかしながら、溶接の進行とともに始端部からの凝固冷却によって溶着金属量の多いほど拘束力も大きくなり変形が抑制されるものと思われ、2層目の溶着金属量の相違による拘束力の影響のために溶接速度の速いほど角変形量は大きくなっている。図-5は図-4と同様に1層目を一定溶接条件で溶接し、2層目の溶接条件を入熱一定の条件下で変化させた場合の測定結果である。

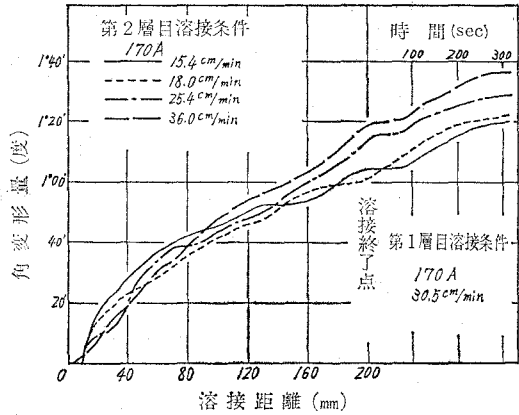


図-4 第2層目の角変形量

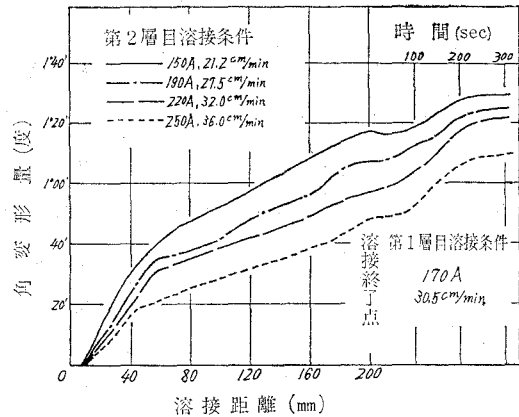


図-5 第2層目の角変形量

この場合も溶接前半では比較の変形速度が速いが角変形は溶接の全区間にわたってしだいに増加している。角変形量も図-4と同様に拘束が有るために1層目の半分程度である。このときの入熱はほぼ一定であり、溶着金属量はほぼ一定と見なされるが、溶接速度を増して高電流になると溶け込み深さが増し、ビード表面と裏面の温度差が小さく横収縮量の差も小さくなるため角変形量が小さくなったものと思われる。写真-1にこのときの溶接部のマクロ組織を示す。溶着金属の高さはほぼ一定になっているが高電流になるほど溶け込み深さが増しているのがわかる。

次に1層目の溶接条件を変化させ、2層目に一定条件で溶接したときの測定結果を図-6に示す。この場合も同様に溶接の進行とともに角変形量はしだいに増加し、1層目の溶着金属量が多くなると2層目の位置が高くなりビード表面と裏面の温度差が大きくなり、横収縮量の差も大きくなるために1層目の溶着金属量が多い(溶接速度が遅い)ほど角変形量が大きくなっている。

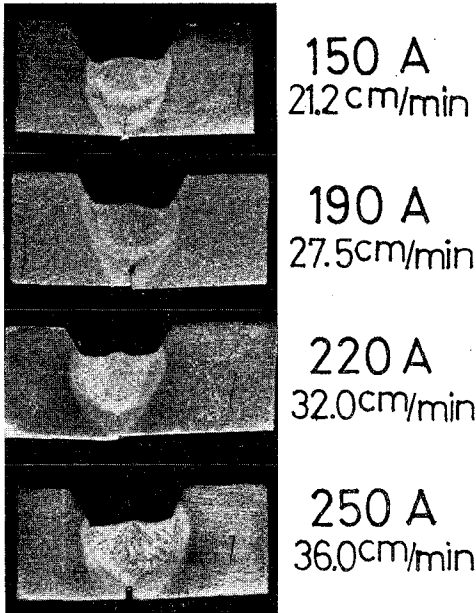


写真-1 溶接部のマクロ組織 (溶け込み深さの相違)

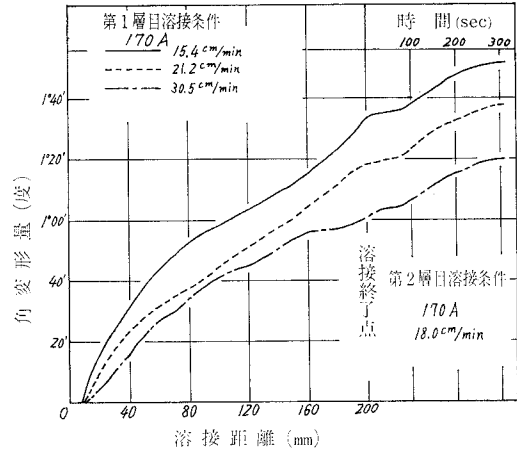


図-6 第2層目の角変形量

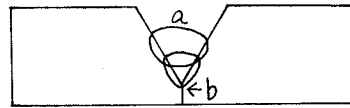


図-7 ビード表裏両面の温度差による横収縮量の相違について

図-7の a, b における温度を T_a, T_b とし、 $T_a > T_b$ なるとき t 秒後に a, b ともに T_t となったとすると、 $T_a - T_t > T_b - T_t$ が成り立ち、 a の部分の横収縮量が大きく、その差が角変形の駆動力となり、 $(T_a - T_t) - (T_b - T_t)$ の値が大きくなるほど角変形量は増大する。このように角変形はビード表裏両面の温度差、溶着金属および溶かされた母材の凝固収縮、およびその後の冷却による熱収縮によって発生し、また先行する溶着金属量による拘束力の相違も角変形の大小に影響すると思われる。

図-8は溶接電流 170 A、溶接速度 25.4 cm/min の一定溶接条件で5層盛溶接を行ったときの各層における角変形量の測定結果である。図-3~図-6に示したように、1層目は溶接初期において変形はほぼ飽和し、2層目以降も前述と同様の経過をたどり角変形は増加している。4層目、5層目では表裏両面の温度差が大きくなるにもかかわらず角変形量はわずかではあるが減少している。これは溶着金属量が増加した

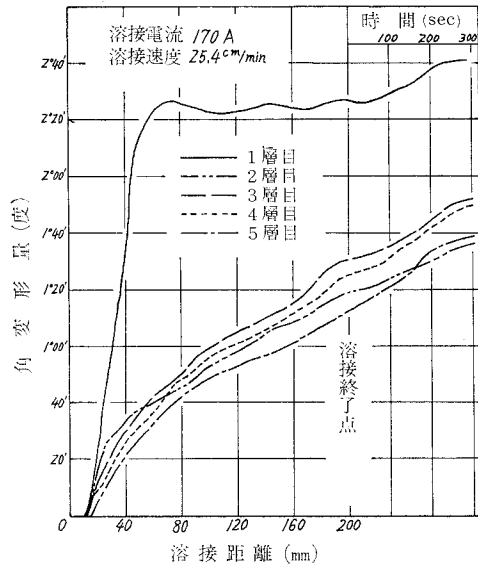


図-8 5層盛のときの各層の角変形量

ため、逆に拘束力が大きくなり角変形量が減少したと思われる。

2. 応力の測定

次に角変形を拘束したときの応力の測定結果を述べる。測定した応力は曲げモーメントに換算して図示した。図-9は1層目に一定条件で溶接し、2層目において溶接条件を変化させた場合の2層目の測定結果である。溶接開始後しだいに増加していき、溶着金属量の多いものほど曲げモーメントは大きく、これはビード断面積の増加によるものと思われる。溶接終了時、あるいはその直後に最大値を示し、その後は減少している。これは溶接終了後、試験片全体に熱が伝導されるために熱塑性ひずみを生じ、応力を緩和するためと思われる。図-10は溶接電流170 A、溶接速度25.4 cm/minの一定溶接条件で行った4層盛における各々の曲げモーメントの測定結果を示したものである。1層目ではきわめて小さく2層目以降は図-9と同様の傾向で増加し、溶接終了後は減少している。3層目、4層目の溶接初期に曲げモーメントが負になる期間が認められるが、2層目、3層目において残留した応力が次層の加熱により緩和されるためと思われる。

前項で1層目における角変形量が最も大きい結果を得たが、応力の測定においては1層目で最も小さい結果になっている。これは角変形が比較的高温域で発生するものと思われ、応力の測定におけるように試験片全体を拘束した場合、溶着金属がまだかなりの高温にあるために塑性変形を受けやすい状態にあり、その結果、曲げモーメントが小さくなるものと考えられる。

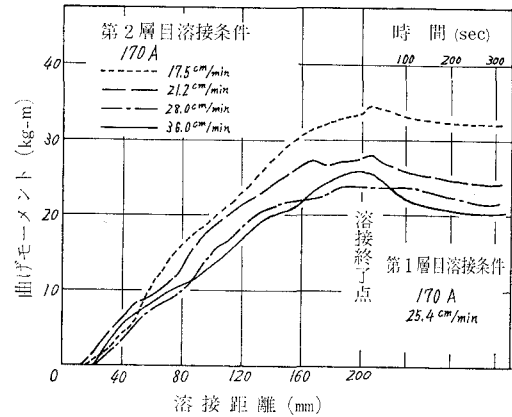


図-9 第2層目曲げモーメント

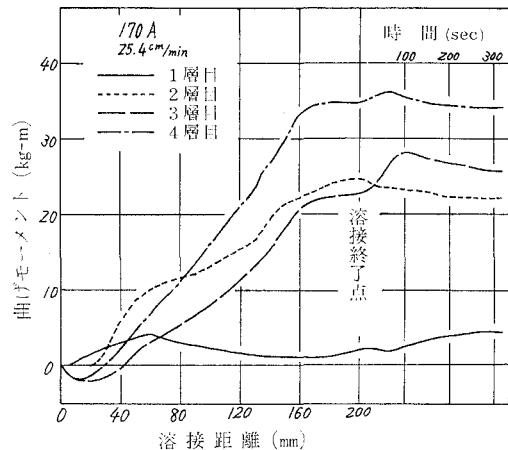


図-10 4層盛のときの各層の曲げモーメント

IV. 結 論

V型開先の突合せ溶接における角変形量の測定および角変形を拘束したときの応力を測定し、その発生過程を検討し、次の結論を得た。

- (1) 角変形は1層目において最も大きく、溶接初期に発生する。

(2) 1層目の溶接後期, 2層目以降の角変形は先行した溶着金属あるいは前層の拘束を受け, 2層目以降の角変形量は1層目の約半分程度である。

(3) 入熱が一定であっても高電流, 高速溶接のほうが角変形量は小さい。

(4) 曲げモーメントは1層目では非常に小さく, 2層目以降は大きい。2層目の曲げモーメントは溶着金属量の多いほど大きく, 層数を増すにつれ曲げモーメントは大きくなる。

したがって, 角変形を抑制するためには1層目の角変形が最も大きいこと, また1層目の曲げモーメントが非常に小さいことから, 1層目において角変形を拘束することが最も有効であると考えられる。

(昭和49年5月20日受理)

文 献

- 1) 佐藤・松井・小林: 溶接学会誌, **35**, 4 (1966).
- 2) 立川・徳永: 溶接学会誌, **39**, 2 (1970).
- 3) 三ヶ島・大和田野・迎: 溶接学会誌, **31**, 11 (1962).
- 4) 三ヶ島・迎: 溶接学会誌, **31**, 12 (1962).