

第I部門 溶接諸条件がすみ肉溶接で生じる面外変形・残留応力に及ぼす影響

大阪大学 正員
大阪大学 学生員

金 裕哲、堀川浩甫
○張 景皓

1. はじめに

橋梁・船舶などでは、すみ肉溶接が多数行われ、これにより溶接変形・残留応力が生じる。中でも、面外変形（縦曲り変形、角変形）・残留応力は各種因子（部材の寸法、溶接速度、溶接順序、入熱量など）の影響を大きく受けると共に、鋼構造物の製作時、製作後に種々の悪影響を及ぼすことが知られている。ここでは、3次元熱弾塑性解析結果を基本として、溶接順序、入熱量の違いがすみ肉溶接で生じる面外変形・残留応力に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析モデルと溶接条件

解析モデル、座標系および寸法をFig. 1に示す。材料は軟鋼を想定している。熱弾塑性解析では、材料の物理定数、機械的諸性質の温度依存性を考慮している¹⁾。溶接速度は $v=6$ (mm/s)である。

3. 解析結果

3.1 温度分布

有限要素法による3次元非定常熱伝導解析を行い、温度履歴を求めた。その結果の一例をFig. 2に示す。結果によれば、端部を除いては等温度線が溶接線とほぼ平行している。

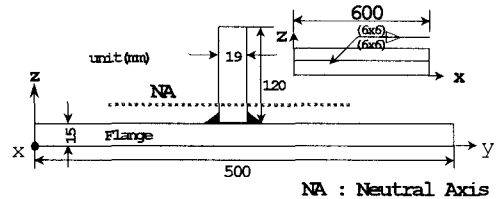


Fig.1 Model of fillet welding.

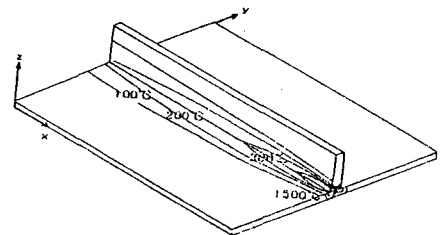


Fig.2 Temperature distribution.

3.2 溶接順序の影響

Fig. 3に示す4つのタイプを設定し、溶接順序が面外変形・残留応力に及ぼす影響を明らかにする。なお、入熱量 $Q=1200$ (J/mm)は一定であり、図中の①、②は溶接順序を表す。

3.2.1 面外変形

(a) 縦曲り変形 (z方向の収縮変位)

縦曲り変形をFig. 4(a)に示す。

いずれのタイプも熱源が中立軸の下にあるため、縦曲り変形は凸に生じている。変形の大きさは、タイプI<タイプIV<タイプII<タイプIIIとなっており、一筆書きのように、連続して溶接した場合が、縦曲り変形は最も小さくなることがわかった。これは、溶接順序の違いが、結果的に、収縮時期の差となって表れたためと考えられる。

(b) 角変形

角変形をFig. 4(b)に示す。

角変形の形状は全て同じである。角変形は一筆書きのように連続して溶接を行った場合（タイプI）が最も小さい。しかし、左右で角変形の大きさが異なる。これに対し、左右同時に溶接を行うタイプIVの角変形が最も大きい。当然であるが、この場合は左右で角変形は同じとなる。

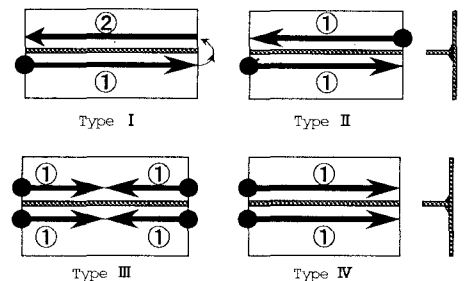
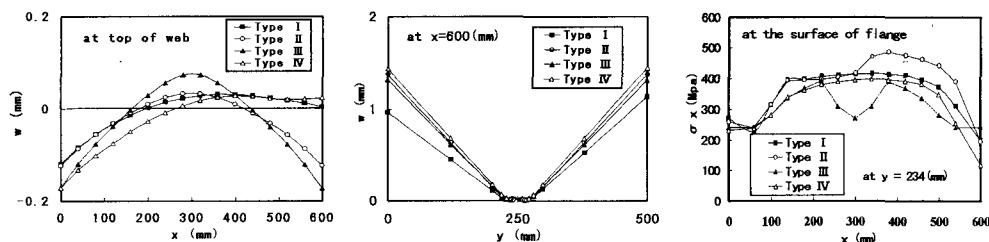
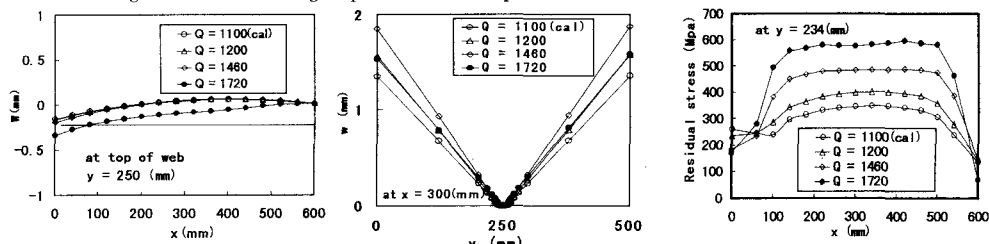


Fig.3 Welding Sequence.



(a) Longitudinal out-of-plane deformation. (b) Angular distortion. (c) Residual stress.
Fig.4 Effect of welding sequence on out-of-plane deformation and residual stress.



(a) Longitudinal out-of-plane deformation. (b) Angular distortion. (c) Residual stress.
Fig.5 Effect of heat input on out-of-plane deformation and residual stress.

3.2.2 残留応力

溶接線に沿う残留応力 σ_x をFig. 4(c)に示す。生じる残留応力は溶接順序の影響を大きく受け、絶対値は、タイプIVが最も小さい。熱は熱源前方には拡散しないことから中央部で溶接が終わるタイプIVでは、見掛け上、中央部の入熱量が小さくなるためと考えられる。また、残留応力は既溶接の影響を大きく受けることをタイプIIは示唆している。

3.3 入熱量の影響

ここでは、Fig. 3に示すType IVのモデルに対し、入熱量 $Q=1100, 1200, 1460, 1720$ (J/mm)と変化させて解析を行い、入熱量の違いが面外変形・残留応力に及ぼす影響を明らかにする。

3.3.1 面外変形

(a) 縦曲り変形 (z 方向の収縮変位)

縦曲り変形をFig. 5(a)に示す。入熱量の大きさに関係なく、縦曲り変形の生じる方向は凸となっている。また、入熱量が大きくなると、縦曲り変形は大きくなる傾向にある。ただし、最適入熱に対し、熱効率程度の違いであれば、縦曲り変形は変化しないと考えてよさそうである。

(b) 角変形

角変形をFig. 5(b)に示す。角変形の生じる方向は入熱量に関係なく一定となる。大きさは、入熱量がある量を超えると小さくなる事がわかった。

3.3.2 残留応力

溶接線に沿う残留応力 σ_x をFig. 5(c)に示す。残留応力は入熱量が大きくなると大きくなる。

4. まとめ

- (1) 面外変形 (縦曲り変形、角変形) は、溶接順序、入熱量の影響を大きく受ける。
- (2) 面外変形は、一筆書きのように、連続して溶接を行った場合が最も小さい。ただし、角変形は左右でその大きさが異なる。
- (3) 入熱量がある量を超えると角変形は小さくなる。
- (4) 残留応力は、溶接順序、入熱量の影響を大きく受ける。中でも、残留応力の分布は溶接順序の影響を大きく受け、大きさは入熱量の増加と共に、大きくなる。

参考文献

- 1) 金、張、梶本、堀川：土木学会関西支部年次学術講演概要集、(1997)、1-58.