

溶接継手の残留応力および固有変形に及ぼす試験片寸法の影響

大阪大学 ○村川 英一、袁 華
大阪大学大学院 Blandon Juan、Gadallah Ramy

Influence of Specimen Size on Welding Residual Stress and Inherent Deformation

by MURAKAWA Hidekazu, YUAN Hua, BLANDON Juan and GADALLAH Ramy

キーワード：試験片寸法、平均温度上昇、相変態、残留応力、固有変形、有限要素法
Keywords: specimen size, average temperature, phase transformation, residual stress, inherent deformation, FEM

1. 緒言

高張力鋼の導入については各種構造物の軽量化に効果が期待されているが、静的強度と比較して溶接継手の疲労強度に関しては大幅な効果が認められないという問題がある。溶接継手の疲労強度が母材部と比較して低い原因は応力集中と溶接残留応力であり、残留応力を改善する手段として低変態温度溶接材料の適用が提案され、その効果が実験により確認されている。一方、疲労試験では試験機の能力の制約から小型試験体が用いられる場合が多い。小型試験体の場合、力学的な拘束および溶接時の熱履歴が実構造継手と異なると考えられるので、これらの溶接残留応力および変形に及ぼす影響を明らかにするために熱弾塑性有限要素法(JWRIAN)を用いた計算を実施した。Fig.1 は両端が拘束された棒の一部に熱履歴が与えられるという単純なモデルを用いて残留応力に及ぼす拘束の影響を示したものであり、拘束が大きい(L2/L1 が小さい)時に、通常溶接材料では大きな引張残留応力引張残留応力が、LTT 溶接材料では圧縮の残留応力が発生し、その絶対値は拘束の低下に伴い減少する。

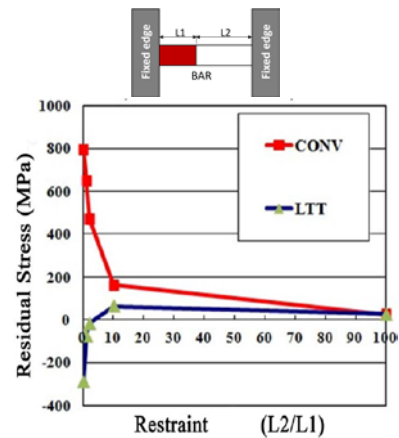


Fig. 1 Influence of restraint on welding residual stress.

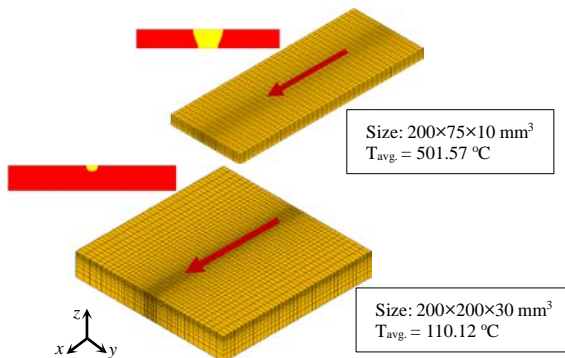


Fig. 2 FE models for computation.

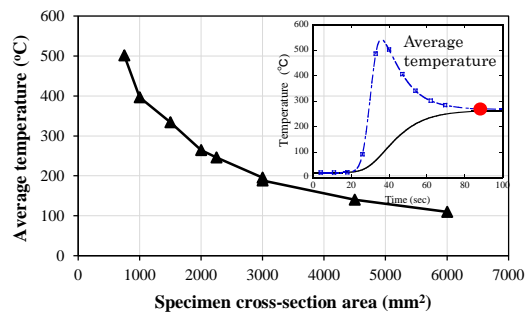


Fig. 3 Relation between specimen size and average temperature.

2. 計算モデル

溶接残留応力および変形に対する試験片寸法の影響を明らかにするため、Fig. 2 にその一部が示されているように、長さは 200 mm で一定とし、幅が 75、100、150、200 mm、板厚が 10、20、30 mm と異なるモデルを対象に計算を行った。溶接入熱は 2167 J/mm、溶接速度は 3 mm/s とし各モデルの断面積と平均温度上昇の関係を示したものが Fig. 3 である。また、溶接材料としては冷却時のマルテンサイト変態開始温度 M_s と終了温度 M_f の平均値である M_c が、650、400、300、200、100°C の 5 種類を想定した。Fig. 4 はこれらの材料が拘束の無い状態で熱履歴を受ける場合の伸びと温度の関係を示したものである。

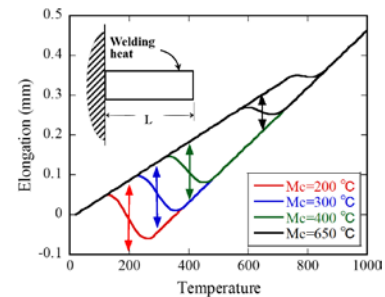


Fig. 4 Materials used for computation.

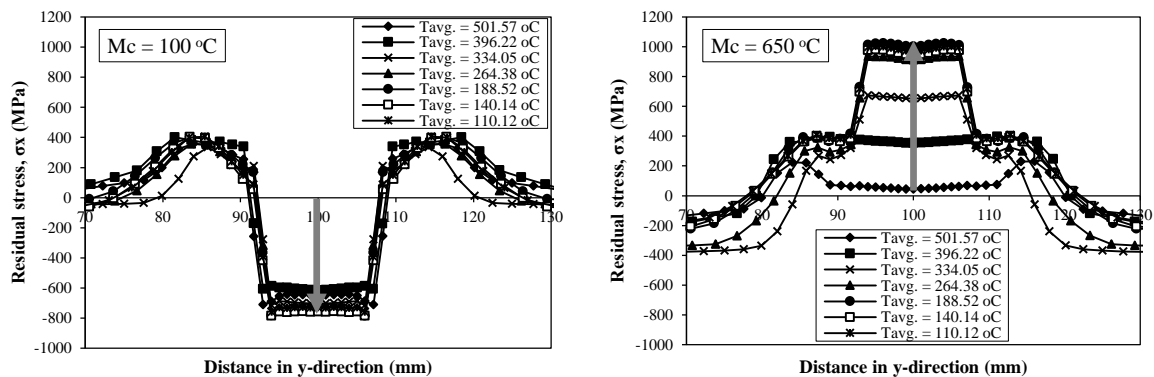


Fig. 5 Distributions of longitudinal residual stress.

3. 計算結果および考察

Fig. 5 は、変態温度が最も低い $M_c=100^\circ\text{C}$ および変態温度が最も高い $M_c=650^\circ\text{C}$ の場合を例にモデル中央の溶接側表面の溶接線方向残留応力成分の板幅方向分布を示したものである。これらの図には平均温度上昇をパラメータに拘束の強さが残留応力に及ぼす影響も同時に示している。まず、 $M_c=100^\circ\text{C}$ のケースに注目すると、拘束の強さにほとんど関係なく 600~700 MPa の圧縮の残留応力が発生する。一方、 $M_c=650^\circ\text{C}$ の場合は拘束の強さすなわち平均温度上昇によって残留応力は大きく変化し、平均温度上昇が 100~200°C と低く拘束が強い場合には残留応力は引張であるが、平均温度上昇が 500°C と非常に高い場合には引張の残留応力の値は小さな値となる。このような高い平均温度上昇は自動車の足回り部品でビード寸法に対して板厚が相対的に小さい部位では起こり得ると考えられる。

4. まとめ

全ての計算結果をまとめた図が Fig.6 であり、一般に平均温度上昇が高くなると溶接残留応力は低くなる。その一つの原因は力学的拘束の影響 (図中の A) であり、もう一つの原因が相変態 (図中の B) であり、平均温度上昇が高い場合には変態温度が比較的高い材料でも LTT のように振舞い圧縮の残留応力を発生させる。

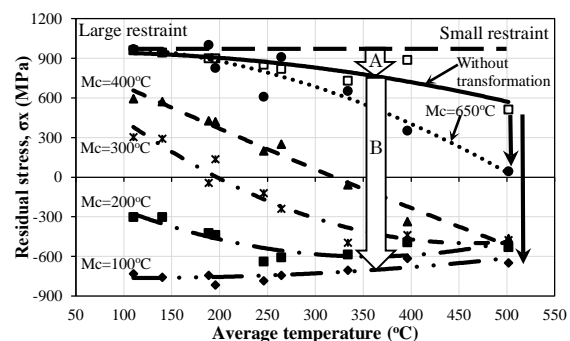


Fig. 6 Influence of transformation temperature and average temperature on residual stress.