

溶接時・補修時の力学特性数値シミュレーション

Numerical simulation of mechanical properties at welding and repairing

大阪大学大学院工学研究科	奥出 浩正	Hiromasa OKUDE
大阪大学大学院工学研究科	三上 欣希	Yoshiki MIKAMI
大阪大学大学院工学研究科	望月 正人	Masahito MOCHIZUKI
大阪大学大学院工学研究科	豊田 政男	Masao TOYODA

Member
Member

This study shows the effect of the low transformation temperature welding material on residual stress distribution and welding deformation. The expansion due to the transformation from austenite to martensite induces the compressive residual stress around welds. While, in the welding structures, it is important to control the welding deformation and residual stress so that they may cause the strength decrease. By using the low temperature transformation welding wire, it may be possible to decrease the welding deformation and residual stress for the cubical expansion. The result of simulation shows that by using the low temperature transformation welding wire, the welding deformation and residual stress could be decreased.

Keywords: Low temperature transformation welding wire, Fatigue Strength, Residual stress, Welding deformation

1. 緒言

溶接構造物には、溶接の冷却過程での溶接金属の熱収縮により、降伏強度程度の引張残留応力が存在し、この影響によって溶接部の疲労強度は母材に比べて著しく低下する。保全の観点から、溶接部の疲労強度向上を図るために疲労き裂の発生部位に圧縮残留応力を導入することが有効である。これまで、圧縮残留応力を導入する方法として、ピーニング、点状加熱、線状加熱、熱処理などの方法が開発されている。しかし、どの方法も溶接終了後に新たな処理工程を行う必要があった。^[1]

そこで、圧縮残留応力の導入の仕方として、相変態開始温度の低い溶接材料を用いることにより、疲労強度を向上させる試みがなされている。これは、鋼がオーステナイトからマルテンサイトに相変態するときの体積膨張を利用し、溶接終了時に圧縮残留応力を導入するものである。

すなわち、従来の溶接材料は相変態開始温度(Ms 点)が 500°C 程度であり、相変態終了後の冷却過程で温度低下に伴う収縮ひずみが生じ、使用温度である室温ま

での材料の収縮が周辺の拘束により妨げられることによって、引張残留応力が誘起される。

これに対し、低変態温度溶接材料は Ms 点が 250°C 程度であり、溶接金属が膨張した状態で溶接が完了するため、圧縮の残留応力を導入することができるものである。これは、製作時のみならず、補修時にも有効であると考えられる。

また、溶接加工時には溶接部は局部的な加熱・冷却を受けるため、局部的な熱膨張・熱収縮を受け、溶接変形が生じる。溶接構造物において溶接変形は初期不整による強度低下を引き起こすため、構造物保全の観点からも溶接変形をあらかじめ予測し、制御・低減することは重要な課題となっている。

低変態温度溶接材料では相変態するときの体積膨張を利用すると、溶接部に圧縮残留応力を導入すると同時に、溶接変形を低減することも可能となると考えられる。

のことから、本研究では、T型の隅肉溶接継手を想定し、溶接材料に従来材と低変態温度溶接材料を用いた場合の解析を行い、残留応力分布を検討すると共に、溶接変形の低減効果についての検討を行った。

2. 低変態温度溶接材料を用いた検討

2.1 解析条件

本研究では Fig. 1 のような板骨構造に多く見られる

連絡先: 望月正人、〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1、大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻、電話: 06-6879-7560、
e-mail: mmochi@mapse.eng.osaka-u.ac.jp

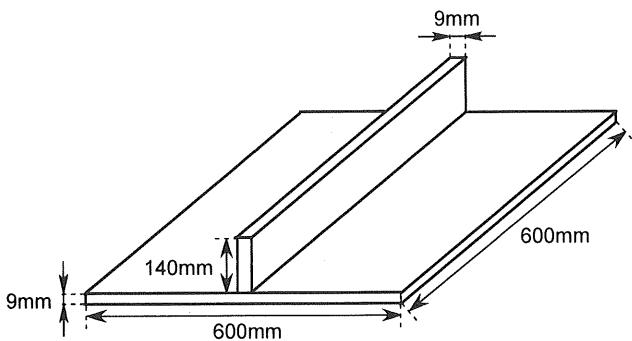


Fig.1 Configurations of welded joint

— Conventional welding wire
- - - Low temperature transformation welding wire

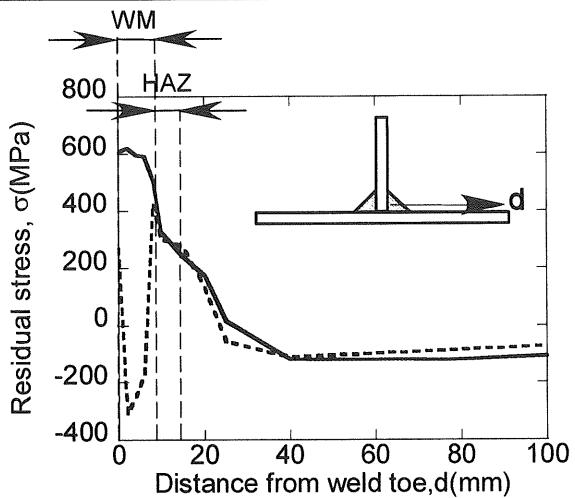


Fig.2 Residual stress distribution

● Conventional welding wire
▲ Low temperature transformation welding wire

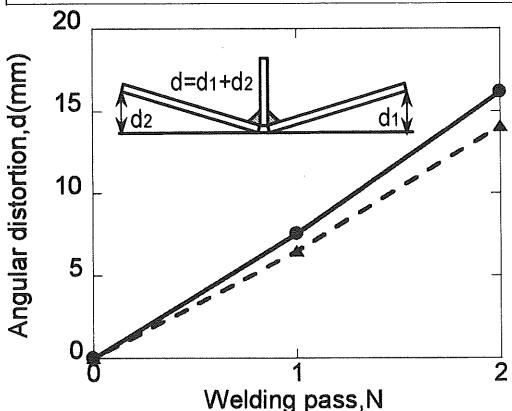


Fig.3 Angular distortion at center of weld line

T型隅肉溶接継手に対して、溶接時・補修時を想定し、両側に溶接を行う場合を想定して熱弾塑性解析を行った。溶接は片側ずつ行うものとし、溶接は同一方向に

行い、片側の溶接終了後、反対側の溶接を行うものとした。溶接金属部分には従来の溶接材料と低変態温度溶接材料を想定した物性値を与えたもので計算を行った。

2.2 残留応力分布について

Fig. 2 に従来溶接材料と低変態温度溶接材料の試験体中央部での止端部の溶接線方向の残留応力分布の様子を示す。低変態温度溶接材料では、溶接部に圧縮残留応力が導入されていることがわかる。このことから、低変態温度溶接材料を用いた疲労強度向上は、隅肉溶接においても有効であると考えられる。

2.3 溶接変形について

Fig. 3 に従来溶接材料と低変態温度溶接材料の試験体中央部での縦曲がりの変形量を示す。この図の縦軸は左右の変形量を足し合わせたものである。低変態温度溶接材料を用いた場合では従来の溶接材料を用いた場合に比べて、約 10%程度溶接変形を低減できていることがわかる。この効果は他の施工条件を工夫することにより、さらに大きくすることができると考えられる。

この結果から、低変態温度材料を用いて溶接を行うことにより、溶接変形を低減できることがわかった。

3. 結言

低変態温度溶接材料を隅肉溶接に適用した場合、相変態による膨張により、溶接部の残留応力のみならず、溶接変形を低減でき、保全の観点からも有効であることがわかった。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「構造・材料先進材料デザイン拠点の形成(研究代表者:馬越佑吉大阪大学教授)」事業推進費補助金、ならびに科学研究費補助金・基盤研究(B):課題番号 17360418 の補助を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] 太田昭彦、前田芳夫、T.N.NGUYEN、鈴木直之、“低変態温度溶接材料を用いた箱型断面溶接部材の疲労強度向上”、溶接学会論文集、第 18 卷 第 4 号、2000、pp.628-633.