名古屋大学	学生会員	○早田	直広
名古屋大学	フェロー	舘石	和雄
名古屋大学	正会員	判治	岡川

1. はじめに

近年,通常の溶接材料よりも低温で相変態が生じる低温変態溶接材料(以下,LTTと呼ぶ)を用いて溶接部に圧 縮残留応力を導入し疲労強度を向上させる技術が開発された.LTTを鋼橋へ適用する場合,止端き裂の発生を抑え るためにLTTを付加溶接させる方法と,ルートき裂の発生を抑えるために本溶接にLTTを用いる方法が考えられる. 後者においては,溶接割れ防止等の観点から,初層にLTTを,それ以降の溶接に普通溶材を用いるのが現実的であ る.そこで,本研究では面外ガセット溶接継手の回し溶接部に対してこのような適用方法を用いた場合に,止端部 およびルート部に生じる残留応力を熱弾塑性解析によって調べた.

2. 解析方法

片面のみにガセットが溶接された面外ガセット溶接継手の 1/2 モデルを対象に 熱弾塑性解析を行った. 解析モデルは回し溶接部の止端部に LTT または普通溶材 が付加溶接されたもの(図-1)と,回し溶接部を LTT と普通溶材の 2 層溶接とし たもの(図-2)の 2 種類である. LTT の相変態開始温度(以下, Ms 点と呼ぶ) は 350℃,250℃,200℃の 3 種類とした. ヤング率,降伏強度および線膨張係数 には文献^{1),2)}を参考に温度依存性を設定した(図-3,4). LTT の相変態による体 積の膨張は線膨張係数の温度依存性を設定することによって再現される. また, その他の材料特性として,ポアソン比を 0.3,密度を 7.85 g/cm³,熱伝導率を 25.1 W/mm℃,比熱を 800 J/kg℃,表面の熱伝達係数を 0.021 mW/mm²℃とした.

溶接部の要素が熱源の移動に伴い段階的に出現する方法で溶接を再現した後, 全体の温度が常温程度になるまで放熱させたときに生じる応力を求めた.出現す る溶接部の要素の温度は溶融温度 1500℃まで上昇する. 溶接速度は図-1 に示す モデルで 6.3mm/s,図-2 に示すモデルで 5.0mm/s とした.





キーワード 低温変態溶接材料,残留応力,熱弾塑性解析,溶接止端部,溶接ルート部 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL: 052-789-4620

3. 止端部に生じる残留応力

図-1 に示すモデルに対して得られた,主板表面における試験体中心線上の長 手方向応力分布を図-5 に示す. 横軸は止端部からの距離である. 普通溶材の場 合は止端部に引張残留応力が生じているが,LTT の場合は止端部の非常に狭い 範囲内で圧縮残留応力が生じた. また, Ms 点の違いは残留応力に影響を与え なかった.

本モデルでは熱源の移動を考慮した解析に加えて,熱源の移動を考慮せず溶 接部の要素に同時に熱を与える解析も行った.それら2つの解析結果を図-6に 示す.縦軸は溶接線上に沿った溶接線直角方向の応力を示しており,横軸は止 端部中央を原点とした溶接線周りの距離である.熱源の移動を考慮しない場合, 左右対称な応力分布となるが,熱源の移動を考慮した場合,残留応力の値が位

置によって大きく異なることがわかった.

4. ルート部に生じる残留応力

図-2 に示すモデルについて、1 層目および2 層目 溶接後の冷却過程におけるルート部の温度と最大 主応力の関係を図-7 に示す.着目した要素は、試験 体中心線上の、ルート部先端、主板側の要素である. 1 層目溶接時にはLTT によっても引張の残留応力が 生じていることがわかる.一方、1 層目にLTT を用 いた場合、2 層目溶接時において Ms 点以下で応力 が低下し始め、最終的に引張残留応力が大きく低減 できている.これは2 層目の溶接熱によって1 層目 のLTT が再変態したためである.

さらに 2 層目の熱量がルート部の残留応力 に与える影響を調べた結果を図-8 に示す. 熱量 は 5000W~11000W まで設定した. 図より, 熱 量が大きいほど LTT による応力の低減効果が 大きくなることがわかった. また, 2 層目溶接 時のルート部の最高到達温度は, 熱量が 5000W の場合に 627℃, 6000W の場合に 722℃であっ たことから, 2 層目の溶接によって 1 層目の溶 接材料の剛性が消失するまで溶接部の温度が

上昇したとき,LTTによる応力の低減が表われることがわかった.

5. まとめ

LTT を用いた溶接継手に生じる残留応力を熱弾塑性解析によって調べた結 果,止端部およびルート部に生じる残留応力を低減できることがわかった. 本研究は新日鐵住金,日鐵住金溶接工業,名古屋大学,大阪大学,横河ブリ ッジホールディングス,川田工業,東京鉄骨橋梁の共同研究の一部として実 施したものである.

参考文献 1)上田ら:有限要素法による熱弾塑性挙動の解析,溶接学会誌, 0 500 1 温度[℃] 第 42 巻,第 6 号, pp.61-71, 1973. 2)冨永ら:低温変態溶材の変態温度,鋼 図-8 入熱量の影響 材強度,および作用外力が残留応力に及ぼす影響,土木学会論文集 A, Vol.66, No.4, pp.653-662, 2010.



図-5 長手方向応力分布



図-7 ルート部における温度と最大主応力の関係

600

[aduly 200] (关注応力[MPa]

200

鳧

5000W

6000W

7000W

8000W 9000W

10000W 11000W

1000

