鋼材厚の違いが加熱・冷却過程の変形挙動に与える影響

長崎大学大学院 学生会員 〇森﨑雅俊 長崎大学 正会員 出水享 長崎市役所 非会員 藤野義裕 長崎大学 正会員 松田浩 佐賀大学 正会員 伊東幸広

1 序論

溶接とは材料を局部的に加熱及び溶融することにより,二 つの材料を接合する手法である.そのため,不均一な熱膨張・ 収縮により必然的に溶接変形が生じる.溶接中および冷却過 程における鋼部材のひずみをリアルタイムに測定することは, 溶接物の品質管理,残留応力や欠陥発生などに関する情報取 得の上で重要である.筆者らは,光学的全視野変形・ひずみ 計測法の一つであるデジタル画像相関法(以後,DICMと略記) と赤外線サーモグラフィ(以後,サーモと略記)を用いた鋼 部材の溶接中および冷却過程の温度・変形・ひずみ挙動の測 定に関する研究を行ってきた.さらに,三次元弾塑性FE解析 を行い計測精度の妥当性を確認してきた.しかしこれらの研 究は,1種類の厚さの鋼部材に着目して行っており,厚さが異 なる鋼部材に関しての検証は、行っていない.

そこで本研究では、厚さの異なる3種類の鋼部材の溶接 中および冷却過程の温度、変形、ひずみ挙動を把握するた め、DICM およびサーモによる計測を行い、それらの結果 の比較・考察を行った.

2 試験概要

試験体概要を図1に示す.試験では、長さ300mm,幅150mm, 厚さ9mm,12mm,16mmのSM400Aを用いた.溶接により発 生するひずみの基本的性質を調べるために、開先等を一切設 けない一枚の試験体とした.そして、溶接作業をスムーズに 行うために、試験体の溶接開始位置と終了位置に試験体と同 じ材質の50mm×50mmのSM材を取り付けた.また、DICM計測 のため計測面に白と黒の耐熱スプレーを用いてランダムパタ ーン(写真1)を塗布し、輝度値に変化を持たせた.

その試験体を立てて、下端を1点固定し、試験体中央部を薄板・軽量鉄骨溶接棒を用いてアーク手溶接を横方向に行った. 溶接は、1パスのみとし、溶接長さは試験体の幅150mmとした. 溶接条件として、電流値115A、電圧値30V、溶接速度4.2mm/s とした.溶接中およびその冷却過程において溶接面の裏側を2 台のCCDカメラにより465mmの距離から撮影を行った.1ピ クセル当りの画像の大きさは、約0.08mm で、ひずみは約10 mm 間のひずみ値が出力できるように設定した.計測状況を 写真2に示す.さらに、ひずみ値と温度の関係を調べるために、 サーモを用いて溶接中およびその冷却過程における溶接面裏 側の鋼表面の温度分布も計測した.それぞれ1秒間隔で撮影を 行い、サーモで鋼表面の温度分布がほぼ落ち着いた約1200秒 で計測を終了した.また、DICMの面外方向の変位計測精度の 確認を行うため、溶接終了後に接触式変位計による計測もあ わせて行った.

150

(a) 全体 (b) 計測位置 写真1 ランダムパターン



写真2 計測状況

キーワード:デジタル画像相関法,赤外線サーモグラフィ,溶接,温度,変形,ひずみ 住所:長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院生産科学研究科環境システム工学専攻 電話, FAX:095-819-2590

3 試験結果

・温度について

厚さ12mmの試験体のC点における各試験体の温度履歴 経時変化を図3に溶接開始から28秒後と1200秒後の温度 分布を図4にそれぞれ示す.図3より、C点の温度は時間 の経過に伴い上昇し、約28秒に最高温度に達している.図 4(a)から、C点を中心とした温度の広がりが確認できる. 特に、既溶接部の上下方向の温度の広がりが大きいことが 確認できる.最高温度は、厚さ9mmの試験体で約450°C、 厚さ12mmの試験体で約330°C、厚さ16mmの試験体で約 220°Cであった.また、28秒から約400秒まで温度が急激に 低下し、400秒以降は温度が緩やかに低下しているのが確認 できる.1200秒後はどの試験体も約40°Cに低下しているこ とが確認できる.図4(b)からもそのことが確認でき、計測面 の全域の温度が一定になっていることが確認できる.

・変位について

A-C-A'間のz方向変位の推移と溶接開始から100秒までのA 点のz方向変位履歴を図5に示す.図5(a)には、変位計で計測 した値もあわせて示す.図5(a)よりC点を中心として試験体が 変形していることが確認でき,その変形量は試験体の厚さが 薄くなるにつれて大きくなることが確認できる.また、DICM の変位値は、変位計と一致していることから、DICMは、高精 度に変位計測が可能なことが分かる.図5(b)より、A点のz方 向変位は、溶接開始直後から50秒まで線形的に変形し、それ 以降は、定常状態であることが確認できる.溶接開始から1200 秒後のDICMの計測値は、厚さ9mmの試験体で約-1.55mm、厚 さ12mmの試験体で約-1mm、厚さ16mmの試験体で約-0.6mm であった.また、図5(b)より変形が,50秒で定常状態であるこ とから、溶接開始から50秒までは、温度および材料塑性による ひずみ変化、50秒以降は、温度によるひずみ変化が生じてい ることが分かる.

・y 方向ひずみについて

C点のyひずみの経時変化とy方向ひずみ分布図を図6と図7 にそれぞれ示す.図6より、C点のyひずみは時間の経過に伴い 徐々に上昇し、溶接棒がC点付近に達した約28秒に最大の引張

(膨張) ひずみとなる. その最大ひずみは, 厚さ9mmで約5300µ, 厚さ12mmで約5000µ, 厚さ16mmで約3500µだった. 最大ひず みが発生した後, 9mmの試験体のひずみは急激に低下し, 12mmと16mmの試験体のひずみは緩やかに低下した. 1200秒 後のひずみの値は, 9mmの試験体で約350µ, 12mmの試験体で 約1700µ, 16mmの試験体で約1500µであった.

4 考察

- 溶接中の過熱及び冷却過程におけるDICMとサーモにより温度とひずみの推移を可視化・計測することができた.
- ・ 試験体が厚いほど,最大温度が高く,温度も低下しにくいことが確認された.
- ・ 試験体が厚いほど、z方向変位が小さくなることが確認された.
- ・ 試験体が厚いほど、yひずみの最大値と最小値の差が小さくなることが確認された.



図7 板厚12mmの試験体のy方向ひずみ分布図

-782-