

溶接部における残留応力の測定

利用者 坂根 仁¹、新本真太²

所属 ¹住重試験検査株式会社、²住友重機械工業株式会社

1. はじめに

溶接や加工等によって発生する残留応力は、時として疲労寿命や材料強度といった機械的特性に悪影響を及ぼす。例えば、国内の原子力施設の多くが30年を超える運転を続けており、経年変化事象である応力腐食割れ（SCC）による機器・配管材料の事故やトラブルが報告されている。このSCCの原因として、材料表面に発生する引っ張り応力だけでなく、材料内部に生じる残留応力が影響することがわかっており、構造物の信頼性を評価する上で表面から内部までの残留応力を知ることが重要となっている。

住重試験検査株式会社では、実橋や圧力容器等の調査診断サービスを行っており、その一つとしてひずみゲージ等を用いたオンサイトでの応力測定を行っている。これらが対象としている評価領域に加えて、中性子による残留応力測定技術を取り入れることで、非破壊で、詳細な検査を行うことが可能になり、耐久性の評価能力が向上できると期待する。

本利用課題では、40mm厚の鋼材を溶接した試料を用いて、中性子回折による残留応力測定を実際に体験し、新たな検査事業への展開を行うための検討材料を得ることを目的とする。今回は鋼材の溶接部位周辺の残留応力を測定した。

2. 実験方法

実験は中性子応力測定装置RESA- を用いて行った。実験体系と試験体の外観を図1に示す。試料サイズは約100×100×40mmである。異なる溶接方法を用いた2種類の試験体（typeA,typeB）を準備した。試験体と測定位置の関係を図2に示す。溶接方向に対して垂直な面を測定領域とし、溶接方向に対して直交方向T、法線方向N、平行方向Lに対する回折測定を行った。

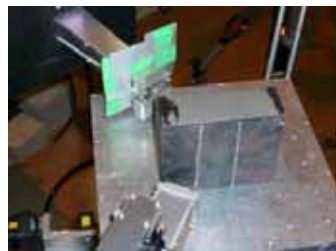


図1 実験体系図と試験体

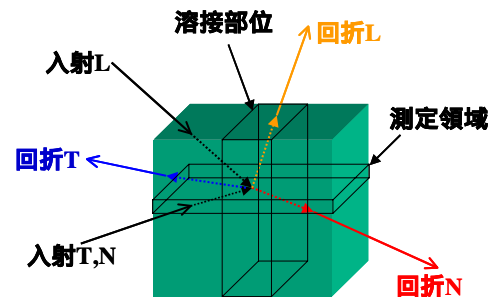


図2 試験体における測定位置と方向の概略図

測定条件を表1に示す。平行方向Lに関しては、測定領域の曖昧さを抑えるため入射側のスリットを1/3に変更した。法線方向Nに関しては試験体と測定系との兼ね合いから、異なる回折角度で行った。入射中性子の波長は標準試料Niを測定する事で、2.204 Åである事を確認した。

表1 測定条件

	直交方向T	法線方向N	平行方向L
入射側スリット (mm)	5 × 15	5 × 15	5 × 5
回折側スリット (mm)	5 × 15	5 × 15	5 × 15
回折角2 (度)	65.8	140.5	65.8

3. 実験結果

二つの試験体ともに直交方向Tと法線方向Nに関しては測定可能であったが、平行方向Lに関するデータは統計量が悪く、データのばらつきが大きかった為、回折ピークの導出は行えなかった。

各試験体に関する直交方向のひずみの結果を図3、4に示す。基準面間隔d0は同様の材質を測定した結果から決定した格子定数a=2.8686 Åを用いて導出した。

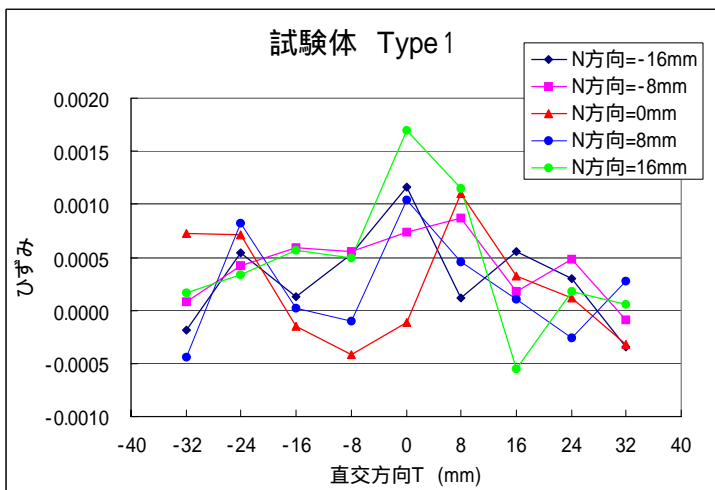


図3 試験体Type 1のひずみ分布

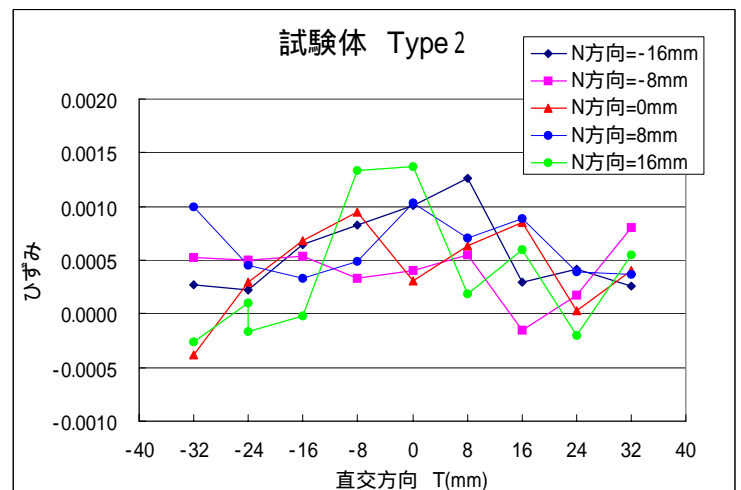


図4 試験体Type 2のひずみ分布

4. まとめ

また今回はデータを得ることはできなかったが、中性子量を増やせば40mm厚の鋼材でも測定できる事を確認した。来年度はRESA よりも測定効率が良いRESAを用いた測定を予定している。

溶接部における残留応力の測定

利用者 上野 斌、中谷光良、山崎洋輔
 所属 日立造船株式会社

1. はじめに

厚板機械構造用鋼においては、残留応力除去に関する焼鈍効果を定量的に評価された例はない。機械構造用鋼（SCM440材）はC量が0.4%程度と高く、直接部材を溶接することができない。このため、まず軟鋼材を肉盛溶接し、肉盛部に部材を溶接している。しかしながら肉盛溶接による残留応力を十分除去できていないと低温割れの恐れがある。残留応力除去には焼鈍が用いられている。その効果を確認するため、焼鈍の有無の材料に対して、中性子により肉盛溶接材の残留応力分布を測定した。

2. 実験方法

極厚板（SCM440、板厚215mm幅530mm長さ800mm）に、幅80mm高さ20mmとなる5層50パスの肉盛溶接を施工した。溶接方法は炭酸ガスアーク溶接で溶接材料は軟鋼用のものを用いた。次に、熱が部材に入らないように水冷しながら機械的に長さ50mmに2体切断した。2体の内、1体は550 × 10hrの熱処理（焼鈍）を施した。2体の試験体を図1に示す。

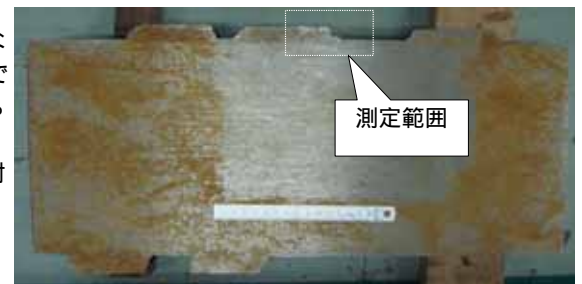
さらに、本試験体をRESA2で設置できるサイズに水冷しながら機械切断し、表面下5mmの溶接横割れの原因となる溶接線方向のひずみを算出した。

RESA2での測定状況を図2に示す。

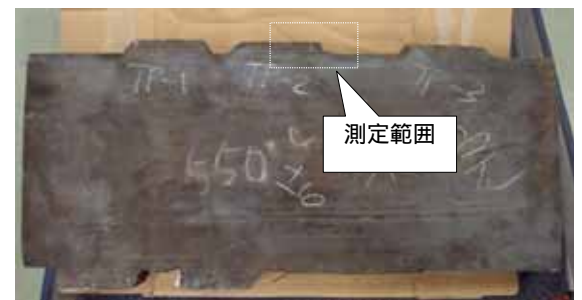
3. 実験結果

残留ひずみ測定結果を図3に示す。溶接のままでは、溶接止端部に応力集中があり、表面下5mm程度まで残留応力が高くなっていることが分かる。また、550 × 10hrの熱処理（焼鈍）により、大幅に応力が低減していることが分かる。

図4は、表面下4mmの位置における溶接線方向の残留ひずみの測定結果である。今回の焼鈍により残留ひずみが1/4程度まで低減できていることが分かる。



(a) 溶接のまま



(b) 熱処理

図1 肉盛溶接試験体

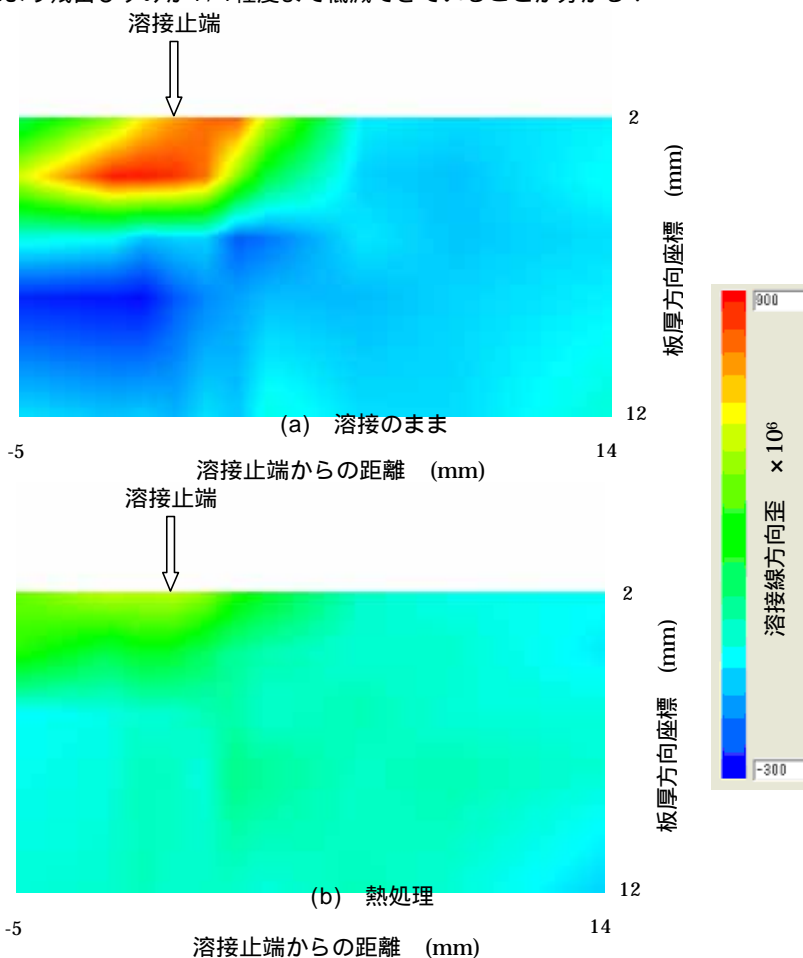


図3 残留ひずみ測定結果

4. まとめ

焼鈍による残留応力の低減効果を定量化することができた。今後は、熱弾塑性FEM解析を実施するとともに残留応力測定データを拡充して、焼鈍条件と残留応力低減の効果を明らかにする。

本技術開発により、製品の信頼性をより向上できるだけでなく、生産のコストダウンにも繋がる。



図2 RESA2での測定状況

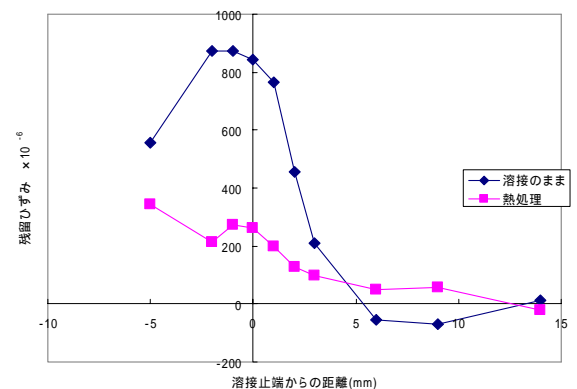


図4 表面下4mmの残留ひずみ分布