

## 溶接部残留応力測定技術の標準化

Standardization of residual stress measurement method of weld section

栗村 隆之<sup>1)</sup>      大城戸 忍<sup>2)</sup>      鈴木 裕士<sup>3)</sup>  
Takayuki KURIMURA      Shinobu OHKIDO      Hiroshi SUZUKI

<sup>1)</sup>三菱重工株式会社      <sup>2)</sup>株式会社日立製作所      <sup>3)</sup>原子力機構

(要約) 溶接部における残留応力測定技術の標準化を最終目的として、中性子線回折による、SM570、SUS304 それぞれ共材突合せ継ぎ手試験片の溶接残留応力分布評価を実施し、内部における残留応力分布を把握することが出来た。

### キーワード：

中性子線回折   残留応力測定   溶接部

### 1. 本研究の背景および目的

発電機器、橋梁、船舶など大型構造物や車両の製造においては、部品・素材の接合は不可欠な工程であり、その中でも溶接は必要不可欠な接合方法となっている。一方で、溶接時の熱履歴に起因し、溶接部近傍には残留応力が発生するが、その残留応力が疲労強度の低減、応力腐食割れ（SCC）の発生・進展を引起すことが知られている。破壊・変形の両者ともに残留応力が重要な要因の一つであると考えられており、破壊・変形現象の解明や対策効果の理論的検討に関して溶接部およびその周辺の残留応力測定の要望は高く、非破壊的な残留応力測定技術の開発が強く望まれている。非破壊的に残留応力を測定する技術として、X線回折法、中性子回折法、超音波法、磁歪法等が開発されているが、測定方法、装置の利便性や適用実績を考慮するとX線回折法が最も有効な手段と考えられる。しかし、溶接部や溶接部近傍の残留応力測定にX線回折法を適用した場合、対外的に測定結果の信頼性に疑問が持たれており、溶接部の残留応力測定に対する精度向上・信頼性向上が望まれている。そこで、日本材料学会のX線材料強度部門委員会では、その要望に応えるべく溶接部残留応力測定小委員会を設立し、溶接部におけるX線応力測定技術のガイドライン作成のための活動を開始した。その第一段階として、SUS304鋼およびSM570鋼のラウンドロビン溶接継手試験片を作成し、平成17年6月から平成18年3月にかけて計17機関によるX線応力測定を実施した。これら結果をまとめるにあたり、得られた測定結果の妥当性の評価、さらには残留応力発生メカニズムの解明が不可欠であり、そのためにも、数値解析法や破壊法、放射光X線回折法や中性子回折法などの他の測定技術による応力測定結果との比較、さらにはそれら結果を総合的に評価することによる残留応力発生メカニズムの解明が、溶接部残留応力測定技術の標準化のための重要な要素となりうる。

そこで本研究では、中性子回折法によるSUS304鋼およびSM570鋼のラウンドロビン試験片の内部残留応力分布の測定を目的とする。最終的には、得られた結果と他の測定技術による結果を総合的に評価することで残留応力分布の真値を追及し、溶接部X線応力測定技術の標準化に資する。

## 2. 測定方法

本研究では、SUS304 鋼および SM570 鋼のラウンドロビン試験片の内部残留応力分布を測定する。具体的な実施方法を下記に述べる。

### 2.1 溶接試験体

溶接継手は SM570（圧延方向 100mm×圧延直交方向 345mm×厚さ 10mm）および SUS304（圧延方向 100mm×圧延直交方向 250mm×厚さ 15mm）平板にエンドミルにて幅 6mm、深さ 7mm の U 溝加工を施し、半自動 TIG 溶接で多層盛することにより作製した。溶加材には YGT60 および Y308 ワイヤをそれぞれ使用した。グラインダやワイヤブラシ等によるビードの仕上げ加工は行わず、各継手から 100mm×100mm の試験片を採取し、残留応力測定に供した。

### 2.2 SUS304 鋼溶接継手の応力測定

溶接線方向（Longitudinal）および溶接線直交方向（Transverse）に 220 回折、試料面法線方向（Normal）に 111 回折の格子ひずみを測定した。測定位置は、溶接中心から 0mm、±2.5mm、±5mm、±10mm、±15mm、±20mm、±30mm の 13 点とし、測定深さは試料表面から 2mm および 4mm とした。測定体積は、溶接線直交方向および法線方向では 3mm×3mm×15mm とし、溶接線方向は 3mm×3mm×3mm とした。回折弾性定数は Kroner モデルにより計算し、 $E_{220}=211\text{GPa}$ 、 $E_{111}=242\text{GPa}$ 、 $\nu_{220}=0.27$ 、 $\nu_{111}=0.23$  とした。なお、無ひずみ状態の格子定数は、同じ条件で製作した溶接継手から切り出した小片試料の格子定数を測定することで決定した。

### 2.3 SM570 鋼溶接継手の応力測定

溶接線方向および溶接線直交方向に 211 回折、試料面法線方向に 110 回折の格子ひずみを測定した。回折弾性定数は Kroner モデルにより計算し、 $E_{110}=E_{211}=224\text{GPa}$ 、 $\nu_{110}=\nu_{211}=0.28$  とした。測定位置は、SUS304 鋼と同じく 13 点とし、測定深さも試料表面から 2mm および 4mm とした。測定体積も SUS304 鋼の場合と同一とした。無ひずみ状態の格子定数の測定に関しても SUS304 鋼の場合と同じ方法で決定した。

## 3. 研究成果

SUS304 鋼および SM570 鋼溶接継手の溶接線方向の残留応力測定結果を図 1 および図 2 に示す。エラーバーは 30MPa から 100MPa であり、比較的精度良く測定できている。SUS304 鋼および SM570 鋼の溶接残留応力は比較的似た傾向を示した。溶接部近傍では、溶接線方向および溶接線直交方向の引張残留応力が大きくなる傾向が見られた。また、試料面法線方向の残留応力は、ばらつきが大きいものの、ほぼゼロで一定の応力分布を示した。これらの応力分布は突合せ溶接試験体における典型的な応力分布と考えられる。一方、溶接中心から±10mm の範囲内において、深さ方向に残留応力分布が見られた。特に、溶接線方向および溶接線直交方向の残留応力に明確な分布が見られたが、溶接部から±10mm 以上離れると、2mm と 4mm 深さの応力分布にほとんど差は見られなかった。

#### 4. 結論

中性子回折法により SUS304 鋼および SM570 鋼溶接継手の残留応力分布を測定した。その結果、SUS304 鋼および SM570 鋼溶接試験体の残留応力分布の傾向が比較的似ていること、溶接線近傍において面内方向および深さ方向に残留応力分布が存在することを確認した。今後は、有限要素解析による応力解析結果との比較や、X 線回折法により得られた応力分布との比較から、本測定結果の妥当性を評価するとともに、その結果をもとに本溶接試験体の残留応力発生メカニズムを検討する予定である。

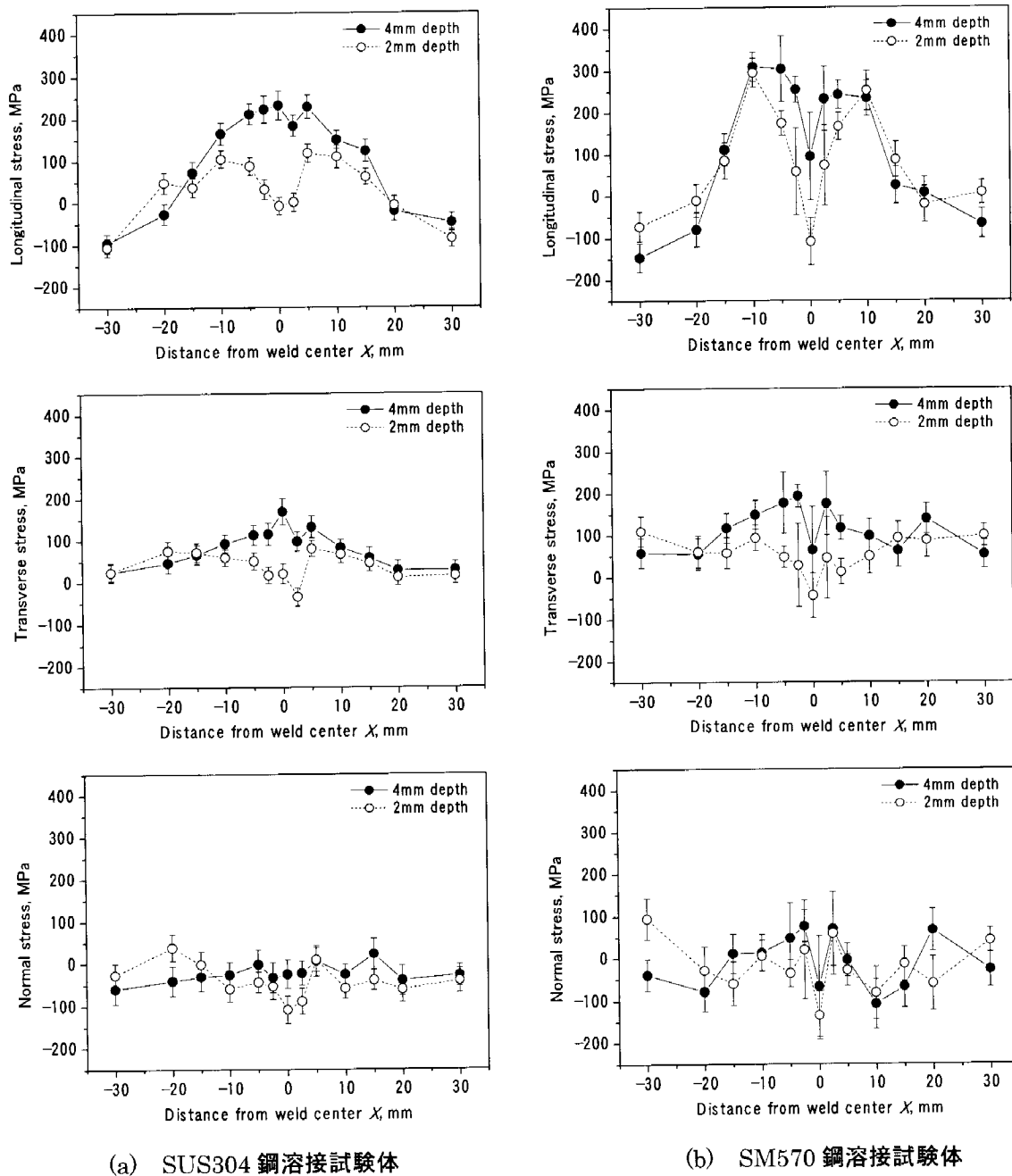


図1 中性子回折法により測定した溶接試験体の残留応力分布

5. 引用(参照)文献等

- 1) 鈴木裕士, T.M. Holden, 盛合 敦, 皆川宣明, 森井幸生, 材料, 材料, 54, 685-691 (2005).
- 2) H. Suzuki and T. Holden, J. Strain Analysis for Engineering Design, In·press.
- 3) 栗村隆之, 佐野雄二, 大城戸忍, 第 41 回 X 線材料強度に関するシンポジウム講演論文集, 181-186 (2006).