

配管周溶接継手の残留応力測定

利用者 高橋 茂、大厩 徹

所属 株式会社 原子力安全システム研究所

1. はじめに

原子力機器・配管の高サイクル疲労やSCC等において残留応力は重要な影響因子の一つであり、損傷評価や余寿命診断には残留応力を把握し適切に考慮する必要がある。

しかし、現状では残留応力の解析的予測や測定技術は十分とは言えず、精度や信頼性について一層の向上が求められている。

本課題は、代表的な残留応力発生部位である配管周溶接継手及び強加工曲がり配管を対象に、解析精度の検証・改良や従来測定法（X線回折法、ひずみゲージ法など）の測定精度の検証等に供することを目的に、板厚内部も含めた詳細な残留応力分布の測定データを取得する。平成19年度（上期）は配管周溶接継手を測定した。強加工曲がり配管については平成19年度（下期）に測定の計画である。

2. 実験方法

(1) 原子力プラントの配管周溶接継手を模擬したモックアップを製作し、長手方向及び板厚方向の溶接残留応力分布を測定した。残留応力の評価に必要な無ひずみの格子面間隔 d_0 は、供試体と同一条件で製作した溶接継手の母材、HAZ部から d_0 クーポンを切り出して測定した。

(2) 供試体を図1に示す。供試体は、全長400のSUS316配管周溶接継手（中央が溶接部）を製作し両端を各々150切断した長さ100の配管である。

測定箇所を図2に示す。供試体の周方向溶接始終端の断面について、長手方向8箇所×板厚方向4箇所で3成分（周方向、半径方向、軸方向）を測定した。

測定状況を図3に示す。

3. 実験結果

測定結果の代表例として、周方向および軸方向応力の長手方向分布を図4に示す。

測定結果は、溶接部から長手方向に沿っての残留応力の減少傾向や、軸方向残留応力の板厚に対する曲げ状態など、配管周溶接継手に見られる特徴的な分布傾向であった。

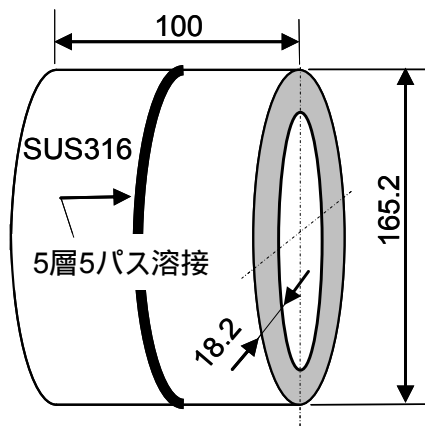


図1 供試体の形状寸法

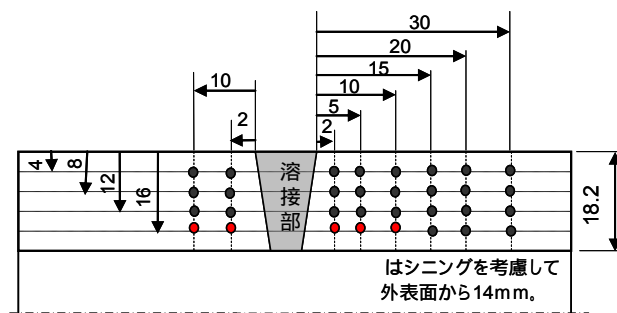


図2 残留応力の測定箇所

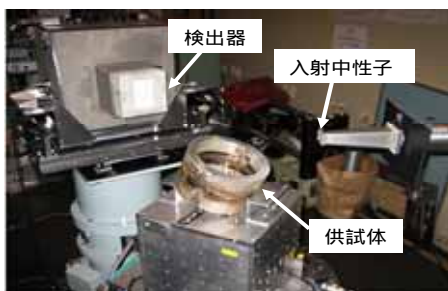
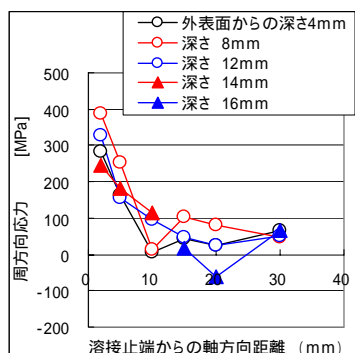
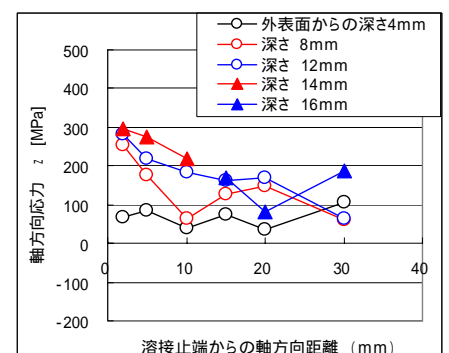


図3 RESA装置による残留応力測定の様相



(a) 周方向応力



(b) 軸方向応力 Z

図4 残留応力測定結果 周方向及び軸方向残留応力の長手方向分布

4. まとめ

配管周溶接継手について、従来の非破壊法では測定できなかった板厚内部も含めた多数の箇所の残留応力を測定した。測定データは、溶接残留応力の解析予測法の精度検証、従来測定法の精度やバラツキ範囲の検討等に活用する。

強加工曲がり配管の残留応力測定

利用者 高橋 茂、大厩 徹
 所属 株式会社 原子力安全システム研究所

1. はじめに

原子力機器・配管の高サイクル疲労やSCC等において残留応力は重要な影響因子の一つであり、損傷評価や余寿命診断には残留応力を把握し適切に考慮する必要がある。

しかし、現状では残留応力の解析的予測や測定技術は十分とは言えず、精度や信頼性について一層の向上が求められている。本課題は、代表的な高残留応力部位である配管周溶接継手及び強加工曲がり配管を対象に、解析精度の検証や従来測定法（X線回折法、ひずみゲージ法など）の測定精度の検証等に供することを目的に、板厚内部の残留応力分布を測定する。平成19年度（上期）は配管周溶接継手を測定し、H19年度（下期）は強加工曲がり配管を測定した。

2. 実験方法

(1) 強加工曲がり配管のモックアップを製作し、曲がり角度45°の断面の背側および腹側について残留応力を測定した。測定回折面は311とした。残留応力評価に必要な無ひずみ状態の格子面間隔 d_0 は、素材配管から d_0 クーポンを切り出して測定した。

(2) 供試体を図1に示す。供試体はSUS316TPを引曲げ加工（3DR）した、90°曲げ角度の配管である。残留応力の測定箇所を図2に示す。曲がり45°断面の背側および腹側の板厚内部について半径方向、周方向及び軸方向の3成分の応力を測定した。それぞれの板厚部について、内外表面から1.5mm深さの位置2点、内部等分割の位置3点の合計5点を測定した。測定状況を図3に示す。

3. 実験結果

測定結果の残留応力分布を図4に示す。背側では全体的に板厚の外表面側が引張り、内表面側が圧縮の曲げ応力状態であり、腹側では周方向応力は外表面側の方が内表面側よりも大きな圧縮応力、軸方向応力は板厚方向にほぼ一様な分布であった。これらは解析的に予測される残留応力分布と定性的な傾向は類似であった。

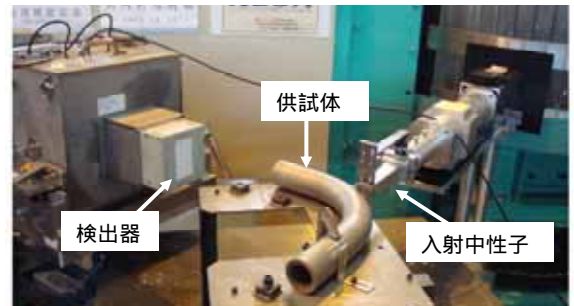
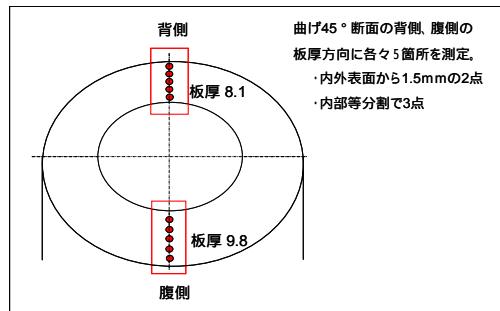
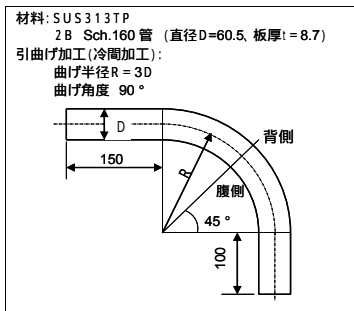
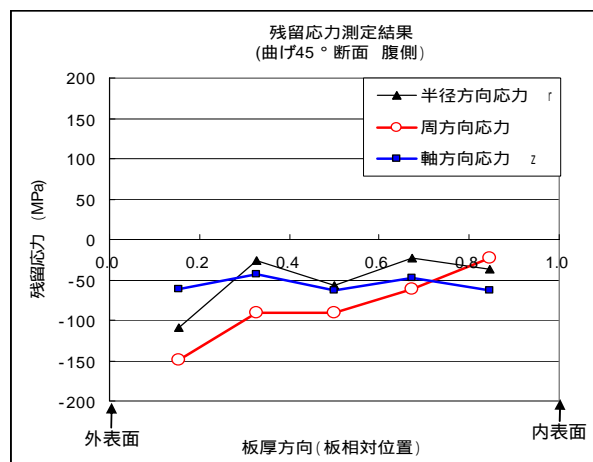
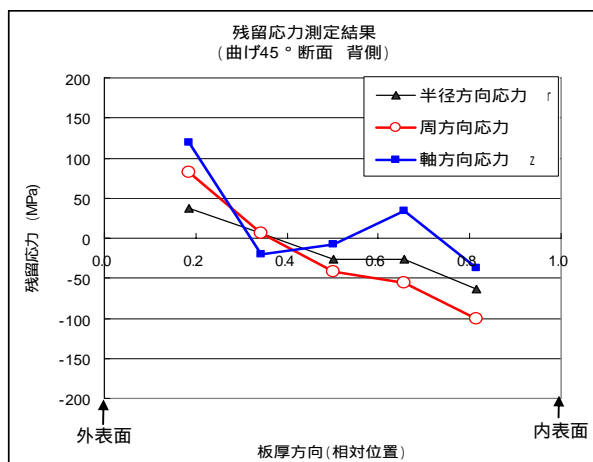


図1 供試体の形状寸法

図2 残留応力の測定箇所

図3 RESA装置による残留応力測定の様相



(a) 背側の板厚内残留応力分布

(b) 腹側の板厚内残留応力分布

図4 強加工曲がり配管の残留応力測定結果

4. まとめ

強加工曲がり配管について、従来の非破壊法では測定できなかった板厚内部の残留応力分布を測定した。測定データは残留応力の解析予測法の精度検証、従来測定法の精度やバラツキ範囲の検討等に活用する。

配管溶接継手・強加工曲がり配管の残留応力

評価に係るdゼロ値の詳細測定

利用者 前川 晃、高橋 茂、野田 満靖
 所属 株式会社 原子力安全システム研究所

1. はじめに

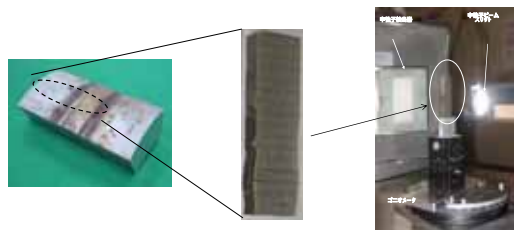
原子力機器・配管の高サイクル疲労やSCC等において残留応力は重要な影響因子の一つであり、損傷評価や余寿命診断には残留応力を把握し適切に考慮する必要がある。しかし、現状では残留応力の解析および測定技術は十分とは言えず、精度や信頼性について一層の向上が求められている。本課題は、平成19年度に残留応力測定に供した配管周溶接継手及び強加工曲がり配管の無ひずみ状態の d_0 値を詳細に測定し、平成19年度の測定データを再評価して測定精度を高める。このため、本課題で使用する d_0 値測定用試料は平成19年度の測定に供したものと異なる作製方法を採用する。

2. 実験方法

- (1) 平成19年度に使用した供試体から、測定部に該当する $6 \times 18 \times 48$ (mm³)の範囲全体を $3 \times 3 \times 3$ (mm³)で裁断した192ピースにより d_0 クーポンを製作する。111回折面と311回折面を用いて各部位の d_0 分布を把握し、応力換算前の残留ひずみ測定値を再評価する。
- (2) 強加工曲がり配管(配管の背側及び腹側)から直接採取した d_0 クーポンを測定し、回折面毎に格子定数を比較する。さらに、311回折面の d_0 を用いて測定値を再評価する。

3. 実験結果

- (1) 作製した d_0 クーポン及び実験装置を図1に示す。 d_0 値に軸方向及び板厚方向(径方向)の分布は見られず、平均値は平成19年度の測定値とほとんど同じであった。したがって、 d_0 クーポンは十分な精度で測定されていることを確認した。 d_0 の平均値を用いて再評価した周方向、径方向及び軸方向の残留ひずみを図2に示す。図2に示す解析値はFEMコードABAQUSを用いて計算した。径方向及び軸方向の測定値と解析値は一致するが、周方向について差が見られた。周方向の測定精度に影響を与えている要因の存在が示唆された。
- (2) 曲がり配管から採取した塑性加工を受けた d_0 クーポン及び直管から採取した塑性加工を受けていない d_0 クーポンより求めた各回折面の格子定数を図3に示す。塑性加工により311回折面以外の回折面の値が大きく変動することが確認できた。311面の d_0 値は平成19年度の値とほとんど変わらなかった。311回折面の d_0 値を用いて測定値を再評価した結果を図4に示す。解析的に予測される残留応力分布と定性的な傾向は類似であった。



(a)配管溶接継手供試体の一部 (b) d_0 クーポン (c)実験装置

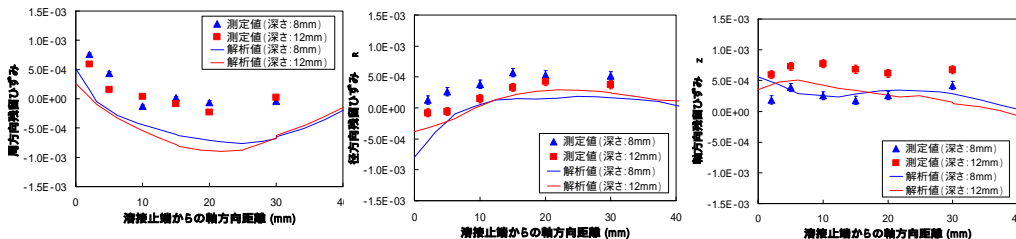
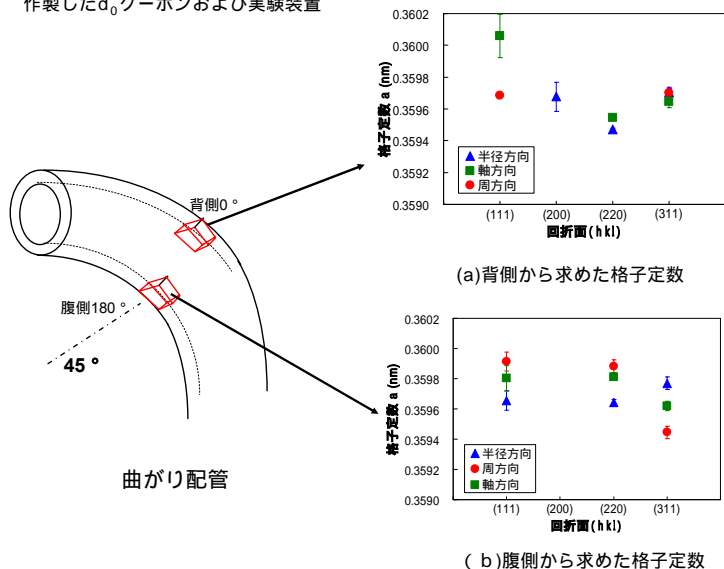


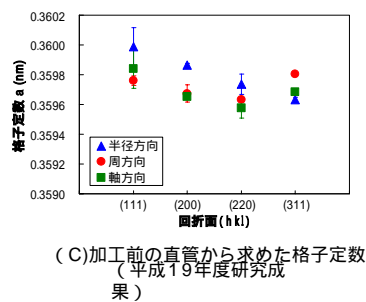
図2 残留ひずみの測定値と解析値との比較

図1 作製した d_0 クーポンおよび実験装置



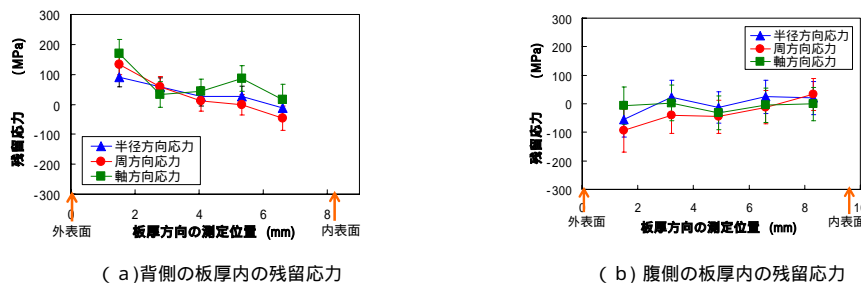
(a)背側から求めた格子定数

(b)腹側から求めた格子定数



(C)加工前の直管から求めた格子定数 (平成19年度研究成果)

図3 回折面毎の格子定数の比較



(a)背側の板厚内の残留応力

(b)腹側の板厚内の残留応力

図4 板厚内残留応力分布