

穿孔法による構造部材の内部残留応力測定技術

1. はじめに

残留応力は、溶接、材料の熱処理、鍛造などにより発生する。残留応力の存在により、部材の変形、応力腐食割れ、疲労およびクリープ損傷などの原因となることがある。そのため、残留応力の評価は重要であり、種々の方法で測定されている。現在、世界的に使用されている残留応力測定法を図1に示す。測定方法は、非破壊法、準非破壊法および完全破壊法に大別できる。これらの中で準非破壊法に属する穿孔法 (Center hole Drilling) については、ASTM E837-08 規格で詳細に規定¹⁾されている。

2. 穿孔法の概要

穿孔法は図2に示すように測定対象物の表面に小さな穴 (ϕ 2 mm 程度) を穿孔 (深さ 1.0 mm 程度) し、その際に解放されるひずみを穴の周りに配置したロゼットひずみゲージを用いて測定し、ひずみゲージ円領域内にもともと存在していた残留応力を二次元弾性論により求めるものである。2001年の ASTM E837-01 では測定対象物の深さ方向に均一な応力分布の場合のみ規定されていたが、2008年の改定で深さ方向に不均一な応力分布 (深さ 1.0 mm まで) の場合についても規定が追加された。これにより、穿孔法の適用範囲が格段に広がっている。

3. 穿孔装置

深さ方向に不均一な残留応力分布を測定するためには、0.05 mm ステップで精密に穿孔できる装置が必要である。(株) IHI 検査計測が保有する装置は Incremental Center hole Drilling (ICHD) 装置と呼ばれ、 ϕ 1.6 mm の穿孔ドリルが約 400 000 rpm の高速エアタービンで駆動される (図3, 4)。ステッピングモータ制御により、任意に設定した条件 (穿孔ステップ数と深さ増分) で $1\mu\text{m}$ の深さ分解能で自動的に穿孔する。穿孔にともない解放されるひずみは穿孔ステップごとにデジタル静ひずみ計により自動的に測定し、試験後に ASTM E837-08 対応の

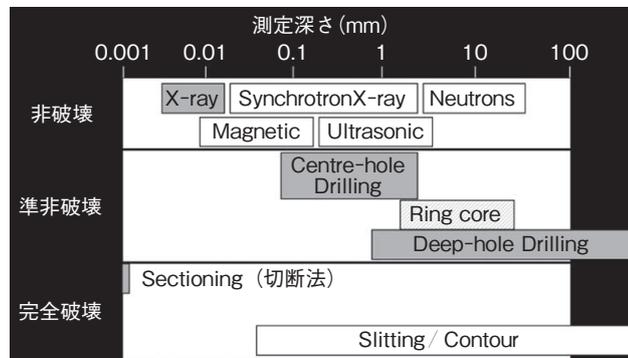


図1 残留応力測定法

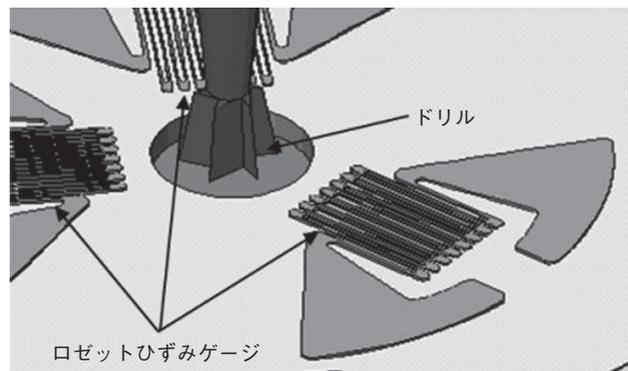


図2 穿孔法のイメージ図

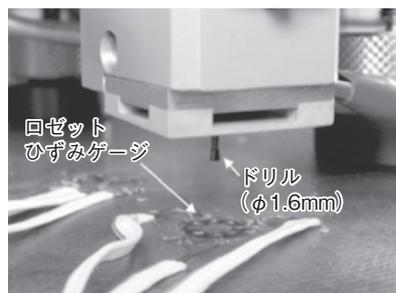


図3 穿孔装置のヘッド部



図4 穿孔システム全体

専用のソフトウェアを用いて残留応力を解析する。

4. おわりに

本穿孔装置により、溶接、ショットピーニング、熱処理などにより発生する深さ方向の残留応力分布測定だけでなく、現地出張測定 (タンク、橋、配管など) も可能である。

(原稿受付 2013年9月18日)

[三上隆男 (株) IHI 検査計測]

●文献

- (1) Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gauge Method, (2008), ASTM E 837-08.