

配管内壁検査技術の開発

Development of the tube inner wall inspection technology

(公財)若狭湾エネルギー研究センター
(国研)日本原子力研究開発機構

伊東 富由美 Fuyumi ITO No-Member
西村 昭彦 Akihiko NISHIMURA Member

Abstract

In Japan there are a lot of aging plants which have wearing parts and wall thinning pipes and require major maintenance and repairs. The efficient method is required to repair all of them in various spaces. A new type of three-dimensional measurement systems based on Conoscopic Holography is steadily gaining ground against older techniques. We measured the shape of the piping inner wall by using the Conoscopic Holography Scope. The laser welding position of the piping inner wall could be confirmed by using the mirror of tip of the scope system.

Keywords: Micro capsule, Magnetic Particle testing, Observation technique, Optical fiber, Distance measuring device, Inner wall of pipe

1. 緒言

現在、解体中のふげんや原電1号機はもとより、既に4基の廃炉が決定しており、高経年化した原発の再稼働にかかるコストを考えると、今後多くの軽水炉が廃炉措置の対象となる。再稼働が認可される場合でも高経年化した原子炉に対して、検査基準は一層厳しくなる。流れ加速腐食の生じやすい配管の狭隘部分や熱膨張による応力を受ける長尺配管の溶接部などは、さらに入念な検査が必要となる。

そこで我々は、直管部においては渦電流探傷試験(ECT)による検査、肉盛溶接部においては磁粉探傷試験(MT)による検査で、各検査方法の欠点を補完した検査技術の高度化を目指す。これまでに、伝熱管内壁の減肉をレーザ肉盛溶接する補修装置の開発に成功した^[1]。本装置はコノスコピック法を原理としており、肉盛の凹凸をマイクロメートルの精度で計測できる。また、伝熱管内壁の溶接部に発生する割れを検出するために蛍光磁粉マイクロカプセルの開発を進めてきた^[2]。蛍光磁粉マイクロカプセルとは磁粉と蛍光色素をポリスチレンマイクロカプセルに内包したものである。MTの磁粉分散液の代わりに蛍光磁粉マイクロカプセルを用いることで、MT後の欠陥内部に付着する磁粉の除去を容易にする。

本報告では、肉盛の凹凸をマイクロメートルの

精度で計測するシステムの原理および方法について述べる。

2. 非接触による配管内壁検査装置

配管内壁では主に光ファイバや ECT を用いた観察が行われている。これは欠陥の発見に有用であるが、沈着したスケールの厚み、配管の減肉量の把握には適していない。近年、工業製品の精密検査および品質管理などの分野で高精度3次元形状計測技術の需要が高まっている。そこで、本実験ではこの3次元計測技術を配管内壁の検査技術に適用することにした。

2.1 コノプローブを用いた計測方法

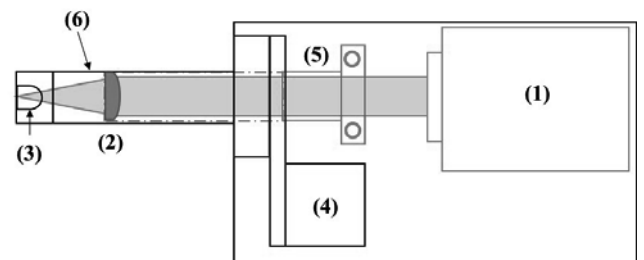


Fig. 1 Schematic diagram of the inspection system of piping inner wall (1: ConoProbe (Mark10.0, Optimet), 2: Plane-convex lens, 3: mirror, 4: Stepping motor, 5: lens-barrel of the Plane-convex lens, 6: lens-barrel of the mirror)

図1に配管内壁検査装置の概要図を示す。コノプローブ(1)^[3]から出射したレーザー光は、平凸レンズ(2)、

折り返しミラー (3)を経て、配管内壁に照射され、照射されたレーザー光は対象物壁面で散乱する。散乱したレーザー光の戻り光は折り返しミラー (3)、平凸レンズ (2)を経て、コノプローブ内の CCD カメラに結像し、距離計測が行われる。平凸レンズ (2)が配置されている鏡筒 (5)と折り返しミラー (3)が配置されている鏡筒 (6)は別々である。ステッピングモータにより鏡筒(6)を回転させ、折り返しミラー (2)の位置が変更できる。これにより、配管内壁の距離計測が可能となる。

2.2 結果

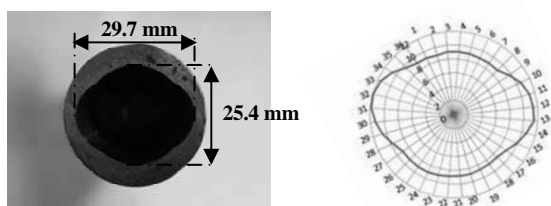


Fig. 2 Photograph of inspection pipe and the measuring result

図 2 に示す配管を用いて配管内壁の形状測定をおこなった。鏡筒(6)の折り返しミラー(3)はステッピングモータにより 10° 毎に回転させた。その結果、実測値が 29.7 mm および 25.4 mm の内壁を内壁検査装置で計測した場合、それぞれ 23.5 mm および 18 mm であり、計測結果は実測値より低い値を示した。鏡筒(5)に配置されている平凸レンズの直径は 12.5 mm であるため、対象表面からの戻り光は少なくなったと考えられる。また折り返しミラー(1)の角度は 155° のため、戻り光が少なくなり、結果として計測に誤差が生じた。

2.3 応用例

数多い応用例の中で 2 例について以下に考察する。1) 配管内壁の減肉量の定量的把握

緒言で述べたように、これまで、蛍光磁性を含有したマイクロカプセルが磁性体表面の傷からの漏洩磁束に集まることを利用して、配管突合せ溶接部分などに生じる厚み方向に深い割れを検知する技術を開発している。従ってこの蛍光磁粉探傷法は、2.2 で示したような浅く緩やかな減肉状の欠陥には適さない。オリフィス下流に生成する渦などにより減肉が広範囲に加速され、減肉した表面には特徴的なうろこ状の紋様が現れる。ここで開発したプローブは、このような流れ加速腐食による減肉量の定量的把握には最適なツールといえる。

2) レーザ肉盛り補修溶接量の確認

配管内壁が平滑な状態にあり、そこに微小な突起物が存在するような場合、その形状を測定する必要がある場合にも本プローブは有用である。レーザー加熱部分にワイヤー或いは粉体等を供給することで、表面に耐食性を持たせる技術開発が進んでいる。ここでは、専用レーザー肉盛りヘッドを用いて、φ4mm の溶接ワイヤーを長軸方向に 3 列のレーザー肉盛り溶接されている配管内壁の計測を行った。配管の端面から 5.5mm、6.5mm、11.5mm、16.5mm の 4 か所を計測した。

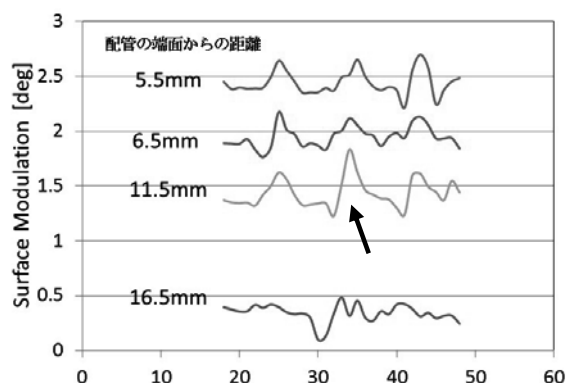


Fig. 3 Photograph of inspection pipe and the measuring result

図 3 より、配管の端面から 11.5mm の位置までのピーク高さはほぼ同じであり、配管に肉盛り溶接ができたことを確認した。また、すべてφ4mm の溶接ワイヤーを使用したにも関わらず、矢印で示すピークは、他のピークに比べて高い結果であった。これは矢印部分のみ肉盛り溶接が多くなったためと考えられる。

3 結言

これまでに開発した配管内部のファイバースコープ観察とレーザー加工の技術に加えて、コノプローブにより内壁形状を定量的に計測することが可能となった。今後は、2次元の高速スキャン機能の付加を行うことで、より高度な検査補修システムの確立を目指す。

参考文献

- [1] 寺田ら、保全学、13(4)、87-94、2015。
- [2] 伊東ら、EJAM、Vol.4、57-63、2012。
- [3] オプティメット HP
(<http://www.optimet.com/jp/index.php>)