

# 配管減肉検査における非接触超音波センサの 実機適用に向けた検討

Investigation into applicability of a non-contact ultrasonic sensor to pipe-wall  
thinning inspection of power plants

日立製作所	田村 明紀	Akinori TAMURA	
日立製作所	遠藤 正男	Masao ENDO	
日立製作所	河野 尚幸	Naoyuki KONO	Member
日立 GE	大城戸 忍	Shinobu OKIDO	
Inductosense	Chenghuan Zhong		
Inductosense	Maria Kogia		
University of Bristol	Anthony J. Croxford		
University of Bristol	Paul D. Wilcox		

A pipe-wall thinning measurement is required to ensure integrity of a piping system in a power plant. Aiming to reduce the inspection time of the pipe-wall thinning measurement, we have been developing an innovative measurement technology which enables the pipe-wall thinning inspection without removing the insulation, based on the non-contact ultrasonic sensor proposed by University of Bristol. To apply this technology to the actual plant inspection, the sensor durability needs to be confirmed. In this study, we experimentally investigated the temperature durability and radiation tolerance of the sensor. Applicability of the sensor to the small diameter pipe/elbow was also confirmed in the experiments.

**Keywords:** Pipe-wall thinning inspection, ultrasonic measurement, non-contact measurement, pipe insulation

## 1. 緒言

原子力・火力プラント等の配管系において温度・流速などの熱流動条件および溶存酸素量などの化学的条件により、配管内面でエロージョン・コロージョンによる減肉が発生することがある。これらに対しプラント配管系の健全性を担保するため、定期的な配管減肉検査が実施されている。配管減肉検査は検査物量が多いため、検査期間短縮の観点から短時間で減肉検査できる検査技術が求められている。また、原子力プラントであれば、短時間での減肉検査は検査員の被ばく低減にも繋がる。

以上の背景の下、日立では英国ブリストル大学・インダクトセンス社と共同で非接触超音波センサの開発に取り組んでいる。後述のように、本センサは配管表面に設置されるセンサ部とパルサ・レシーバに接続される検査ロッド部がケーブルレスの構成となっており、保温材を通した計測が可能であるため、配管減肉検査において時間を要している保温材の着脱が不要となり、検査時間

の大幅な短縮が見込める。前報[1]では、本センサの配管減肉検査への適用性検討として計測精度、保温材の透過性等について評価し配管減肉検査へ適用できる見通しを得た。本報では実機適用に向けて重要となるセンサの耐久性および小口径管への適用性について検討した結果について報告する。

## 2. センサ概要・試験目的

非接触超音波センサの原理を Fig.1 に示す。本センサは圧電素子とトランスデューサーコイルを含むセンサ部、パルサ・レシーバに接続された送受信コイルを含む検査ロッドで構成される。パルサから電気信号が送信されると、磁場を通して検査ロッドからトランスデューサーコイルへ非接触で情報が伝達され、電磁誘導による起電力で圧電素子が駆動する。

センサ部は保温材下の配管表面に常時設置されるため、プラント運転中は高温に晒され、原子力プラントであれば放射線の影響も受けることになる。本センサの圧電素子およびトランスデューサーコイルは耐熱性・耐放性に優れた接着剤により配管表面に接着されるが、その耐久

性を確認する必要がある。そこで本試験では、実機で想定される条件におけるセンサの耐熱性、耐放性について検討する。また、配管減肉検査において検査物量が多いのは特に 100~200A の比較的小口径の配管・エルボである。そこで本試験ではこれらの検査対象へのセンサの適用性についても確認する。

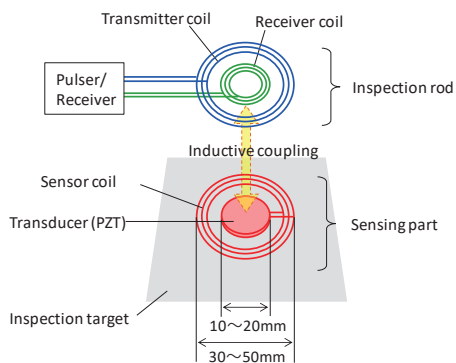


Fig.1 Concept of the non-contact ultrasonic sensor.

### 3. 試験結果

#### 3.1 耐熱性の確認

配管減肉形態の一種である FAC（流れ加速型腐食）を計測対象と想定し、200℃でのセンサ耐熱性について調べる。温度変化に伴う、圧電素子と配管の熱膨張差がセンサ接着部に与える影響が大きいため、常温→200℃→常温を1サイクルとする温度サイクル試験を実施した。炭素鋼試験片にセンサを接着し、常温時に波形データを取得した。試験結果を Fig.2 に示す。縦軸は計測波形のピーク値を示している。本結果から、40 サイクルの温度サイクル試験でも信号の劣化は見られず、本センサが十分な耐熱性を有していることが確認できた。

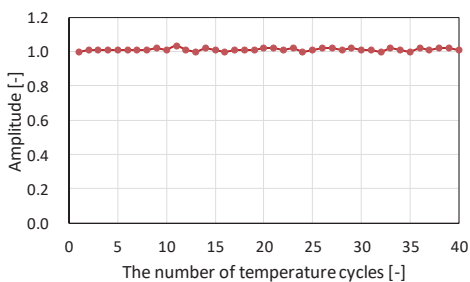


Fig.2 Signal amplitude variation in temperature cycle test.

#### 3.2 耐放性の確認

原子力プラントでは、配管表面に取り付けられたセンサが放射線に晒されるため、本試験ではセンサの耐放性について調べる。炭素鋼の試験片にセンサを接着し、ガ

ンマ線照射装置にてガンマ線を照射して放射線がセンサ計測値に及ぼす影響について調べた。Fig.3 は各種算線量到達時において波形データを取得し、そのピーク値をプロットしたものである。本結果より、十分大きな線量値である 4MGy を照射しても信号の劣化は見られず、本センサが十分な耐放性を有していることが確認できた。

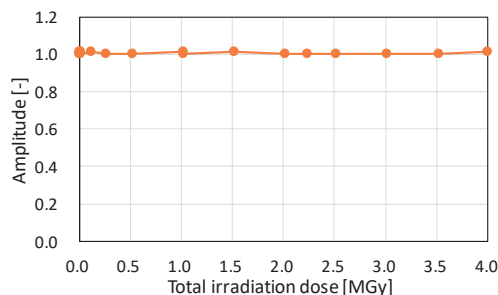


Fig.3 Signal amplitude variation in irradiation test.

#### 3.3 小口径管への適用性

前述のように、配管減肉検査において 100~200A 配管・エルボの検査物量が多い。本センサのこれらの小口径管への適用性を高めるため、配管およびエルボ曲面に沿った曲率を有する圧電素子を用いて 100A 配管・エルボの肉厚計測を実施した。Fig.4 が 100A エルボでの取得波形であり、本波形から計測した厚みがノギス計測値と±0.1mm で一致することを確認した配管計測でも同様の結果が得られた。本試験結果から曲率を有する素子により配管・エルボの減肉計測が可能であることが確認できた。

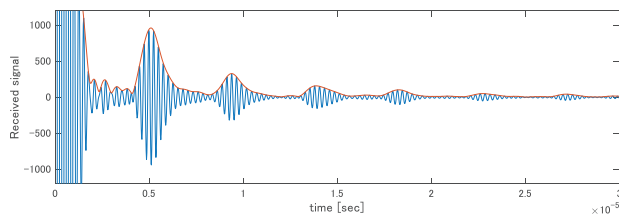


Fig.4 Received signal in the 100A elbow measurement.

### 4. 結言

配管減肉検査の検査時間短縮を目指して開発中の非接触超音波センサについて、実機適用に向けて重要となるセンサ耐久性および小口径管への適用性を試験で確認し、良好な結果が得られた。今後、更なる検討を進める予定である。

#### 参考文献

[1] 田村ら、配管減肉検査における非接触超音波センサの適用性に関する基礎的検討、保全学会第 14 回学術講演会、E-2-1-5、ひめぎんホール、2017/8