

配管減肉計測向け非接触超音波センサの実機模擬配管における適用性確認

Applicability confirmation of the non-contact ultrasonic sensor by the pipe simulating actual plant conditions

| | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|------------|
| 日立製作所 | 田村 明紀 | Akinori TAMURA | Member |
| 日立製作所 | 遠藤 正男 | Masao ENDO | Non-member |
| 日立 GE | 沖田 俊介 | Shunsuke OKITA | Non-member |
| 日立 GE | 大城戸 忍 | Shinobu OKIDO | Non-member |
| Inductosense | Chenguhuan ZHONG | | Non-member |
| University of Bristol | Anthony J. CROXFORD | | Non-member |
| University of Bristol | Paul D. WILCOX | | Non-member |

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. To confirm applicability of this sensor to the pipe-wall thinning inspection in actual plants, we performed the thickness measurement tests by using the pipe which simulates the actual plant pipe including the insulation. From the experiment results, we confirmed that the bottom echo can be properly obtained through the insulation and the non-contact ultrasonic sensor can be applied to the actual plant inspection.

Keywords: Pipe-wall thinning, Ultrasonic testing, Wireless sensor, Non-contact measurement

1. 緒言

原子力や火力プラントにおいて、配管内部を流れる流体の熱流動条件（流速、温度など）および化学的条件（pH、溶存酸素濃度など）が特定条件を満たすとき、エロージョンやコロージョンによる配管減肉が生じることが知られている。原子力プラントでは定期的に超音波肉厚計測による減肉検査を行い、配管健全性を担保しているが、検査物量が大きく、コスト低減、検査員の被ばく量低減の点から検査工数の削減が求められている。

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。本センサは配管表面に設置するセンサ部と検査員が走査する検査ロッド部がケーブルレスの構成となっており、保温材上から超音波による肉厚計測が可能である。これにより、検査工数を要する保温材着脱やそれに必要な足場組立てなどを軽減することが出来る。

これまでの研究[1]において、実機適用に必要なセンサ校正法の構築や基礎形状での精度検証を行ってきた。本研究では実機を模擬した配管の肉厚計測により、非接触超音波センサの実機適用性を確認した。

2. センサ概要・試験体系

非接触超音波センサの構成図を Fig.1 に示す。本センサは圧電素子と素子コイルを含むセンサ部、パルサ・レーザ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、コイル間の電磁誘導現象によりセンサ部へ非接触で電力が供給され、圧電素子から配管内へ超音波が発信される。底面で反射した超音波は圧電素子で電気信号に変換され、素子コイルおよび受信コイルを介してレーザで受信される。以降は従来の超音波肉厚計測と同様に、送受信の時間差および音速から肉厚を求めることができる。

実機で減肉が見られる配管は材質が炭素鋼、口径は 200A 程度、温度が 200°C 程度のものが多い。そこで本研究では、200A の炭素鋼配管に実機と同様の保温材を配置した実機模擬配管を製作し、開発した非接触超音波

連絡先: 田村明紀、
〒319-1292 茨城県日立市大みか町 7-1-1 K2 棟、
日立製作所・研究開発グループ、
E-mail: akinori.tamura.mt@hitachi.com

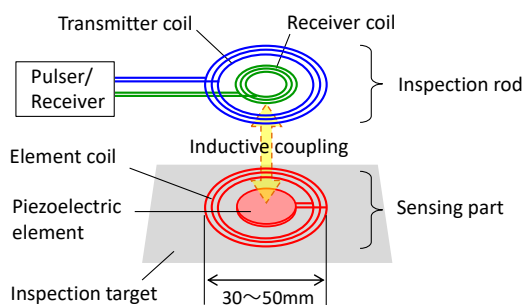


Fig.1 Concept of the non-contact ultrasonic sensor

センサによる肉厚計測を試みた。実機の減肉検査では、格子状計測点での肉厚計測が要求されるため、配管表面にピッチ 50mm で格子状にセンサを配置した (Fig.2)。保温材の材質はケイ酸カルシウム、ロックウール、パイロジェルの 3 種類とし、厚みは 200°C配管で用いられる 50mm (断熱性が高いパイロジェルは 25mm) とした。

実機配管では防錆塗装が施されているため、センサ接着時に塗装を除去することを想定しているが、塗装上から肉厚計測できるとセンサ設置時の工数削減につながる。そこで、Fig.2 に示す炭素鋼配管 (塗装無し) に加え、実機と同様な防錆塗装を施した配管を準備し、塗装上からの肉厚計測を試みた。

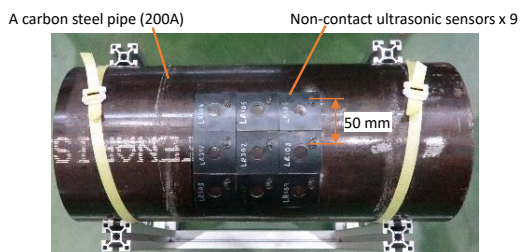


Fig.2 A carbon steel pipe with the non-contact ultrasonic sensors deployed with a 50 mm pitch

3. 試験結果

各保温材の上から肉厚計測した際の受信波形を Fig.3 に示す。なお、実機保温材の外側には金属製外装材が取り付けられているが、金属部でコイル間の電磁誘導が遮断されるため、本試験では保温材メーカーが推奨する非金属性外装材を用いた。いずれの保温材においても肉厚計測に必要な底面エコーが十分な SN 比で計測できることが分かった。また、底面エコーの到達時間から評価した配管肉厚は、ノギスによる実測値と $\pm 0.1\text{mm}$ 以内の差で一致し、JIS 規格の要求精度を満たすことを確認した。

続いて配管の塗装上からの肉厚計測した際の受信波形

を Fig.4 に示す。本試験では SN 比を確保するため、検査ロッドと配管表面の距離を 20mm として計測した。塗装と金属面での反射と思われる反射波が $0.2\ \mu\text{s}$ 付近に表れているが、肉厚計測に必要な底面エコーが捉えられており、塗装上からの肉厚計測が可能な見込みを得た。

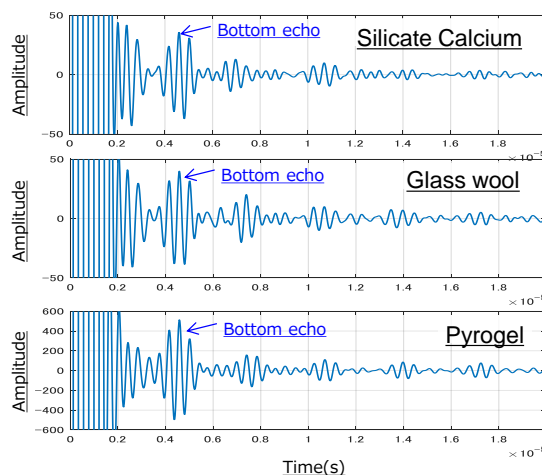


Fig.3 Received signals in thickness-measurement of the pipes with three kinds of insulation materials

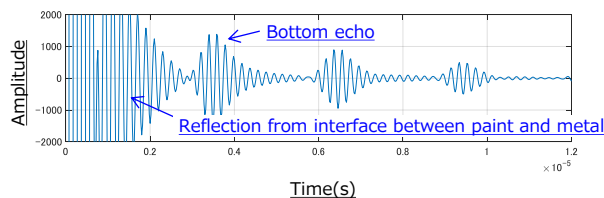


Fig.4 Received signal in thickness-measurement of the painted pipe

4. 結 言

実機を模擬した配管での肉厚計測により非接触超音波センサの実機適用性を確認し、金属製外装材を非金属性外装材に交換することで保温材上から肉厚計測が可能であることを確認した。また、保温材厚みが 20mm 以下であれば配管塗装の除去不要で肉厚計測が可能である見込みを得た。今後、適用可能な保温材厚みの拡張などについて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実機適用に向けた課題と対策", 保全学会 第 16 回学術講演会, D-2-2-1, リンクステーションホール 青森 (2019/7)