

電磁超音波を用いた減肉モニタリングシステムの 福島第一原子力発電所4号機使用済燃料プール冷却配管への適用

Application of monitoring system using electromagnetic acoustic transducers for wall thickness measurement to Fukushima Daiichi nuclear power plant Unit 4 spent fuel pool cooling piping

東北大学 流体科学研究所 原子炉廃止措置基盤 研究センター（兼）	高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	Member
東北大学 流体科学研究所 原子炉廃止措置基盤 研究センター（兼）	内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	Member
東北大学 流体科学研究所	浦山 良一	Ryoichi URAYAMA	Member
東京電力ホールディングス(株)	鈴木 聡則	Akinori SUZUKI	Member

Abstract

In the decommissioning measures of Fukushima Daiichi Nuclear Power plant (1F), it is important to ensure the thermal stability of the reactor and the whole system by the cooling system in order to prevent criticality of fuel and fuel debris. However, wall thinning is concerned due to the corrosion in the piping of the cooling system. In order to maintain the safety of the system, it is necessary to manage the piping thinning. In this study, the EMAT thickness monitoring system, which can measure thickness change automatically by remote control, is applied to the spent fuel pool circulation cooling system piping of 1F Unit 4. Four EMAT probes are arranged with different circumferential locations of the downstream pipe of the orifice, other four probes are on the upstream, and another one is installed on the standard specimen. As a result, it was shown that EMAT system can monitor piping wall thickness change.

Keywords: EMAT, pipe wall thinning, monitoring system, radiation area, nuclear reactor cooling

1. 緒言

福島第一原子力発電所（1F）の廃止措置において、燃料および燃料デブリの再臨界を防止し放射能の外部放出を抑制するため、冷却システムにより原子炉および全システムの熱的安定を確保することが重要である。

冷却システムの配管では流れによる腐食減肉の加速が可能性として懸念されるため、システムの安全性を維持するには、配管減肉の管理が必要となる。現在、超音波厚さ計（UT）による配管肉厚測定を実施しているが、測定員の被ばくが増大する要因となっている。腐食減肉を合理的に管理する方法として、システム全体の腐食減肉状態を予測評価するため腐食減肉が予想される代表点での減肉モニタリングがある。

我々は減肉モニタリングの技術として電磁超音波探触

子（EMAT, electromagnetic acoustic transducer）による配管減肉評価を提案している。EMAT を用いた電磁超音波共鳴法と N 周期加算法による信号処理を組み合わせた肉厚測定法による減肉モニタリングは、配管減肉の初期段階では高精度の肉厚評価が可能であることを示した[1]。

本研究では、廃止措置段階の原子炉建屋内の配管減肉モニタリングに EMAT システムを導入するために、比較的放射線量の少ない 1F の 4 号機使用済燃料プール循環冷却装置一次系配管においてモニタリング性能を評価する。EMAT による配管肉厚測定に遠隔操作機能を付加し、配管の減肉傾向を放射線の影響のない遠方より連続モニタリングすることが可能なシステムを構築する。

2. EMAT 減肉モニタリングシステムの概要

EMAT 減肉モニタリングシステムは、アルミケースでシールドした EMAT プローブ、プリアンプを内蔵し最大 10ch のプローブ切替機、バースト波を発信するパルサーレーザ（RPR-400, RITEC 社製）、受信信号を FFT 解

高木 敏行 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1
東北大学流体科学研究所未だエネルギー研究センター
システムエネルギー保全研究分野
E-mail : takagi@ifs.tohoku.ac.jp

析する FFT 計測用 A/D 変換ユニット (IDMS ユニット, インサイト社製), システムを制御する制御用 PC および遠隔操作するモニタ用 PC から構成される. パルサーレーシーバー, FFT 計測用 A/D 変換ユニット, プローブ切替機, 標準試験配管および制御用 PC はプローブから約 2m 離れた防湿庫に収納する.

LAN ケーブルで繋がれた発電所内の管理建屋に設置したモニタ用 PC により, 測定現場の制御用 PC を遠隔操作する. プログラムによりプローブ切替機で自動的に送受信プローブを切替え, パルサーレーシーバーからバースト波を発信し, FFT 計測用 A/D 変換ユニットで受信信号に含まれる FFT スペクトル強度を求める.

Fig.1 に示すように, EMAT プローブは黒い樹脂バンドで固定されている. 測定箇所は発電用原子力設備規格 JSME S NH1-2006 により減肉が予想されるオリフィス下流側配管 (No.1~4 プローブ) と, その比較としてオリフィス上流側配管 (No.5~8 プローブ) とし, 配管周方向にそれぞれ 4 本の EMAT プローブを設置する. また, 標準試験片として新品の配管の肉厚 (No.9 プローブ) を測定してシステムの異常を感知することとする.

肉厚測定は一日一回としプログラムで指定した時間に自動で実施され, 測定データから N 周期加算法[1]により肉厚を求める.

3. 減肉モニタリング測定経過

Fig.2 にオリフィス下流側配管の 2017 年 2 月 14 日~4 月 4 日までの No.1~4 プローブの減肉モニタリングの経過を示す. 測定期間中の減肉による肉厚の変化は認められない. モニタリング開始後の 2 月 22 日~27 日にオリフィス配管内の掃除及び弁点検のため水抜き作業を実施している. この作業実施期間中に No.2 と No.3 プローブの受信信号にノイズ信号が発生して測定肉厚が変化したため, プローブの取付け直しを実施した. その後, 測定期間中に測定値に変化が見られていない.

オリフィス下流側の腐食減肉が予想される No.1~4 の肉厚測定値は, それぞれ 6.37mm, 6.10mm, 6.65mm, 6.63mm であり測定配管の公称肉厚 7.1mm に対して薄く評価されている. また, オリフィス上流側の No.5~8 の肉厚測定値は, それぞれ 6.42mm, 6.39mm, 6.72mm, 6.47mm であり, 期間中の肉厚変化はなかった.

オリフィス下流側では上流側と比較して, 底面の形状変化の指標になる正規化 SNC ピーク値[1]が低く, 内面に減肉による凹凸若しくは傾斜があると推測される.

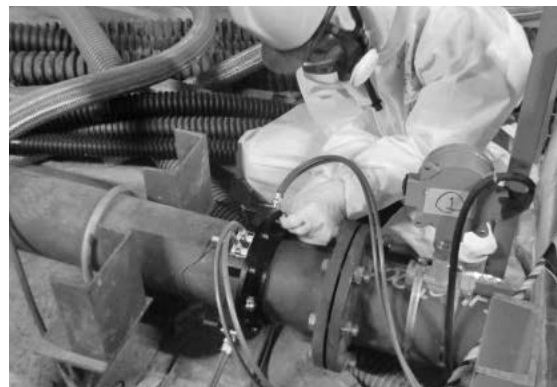


Fig.1 Installation of probes

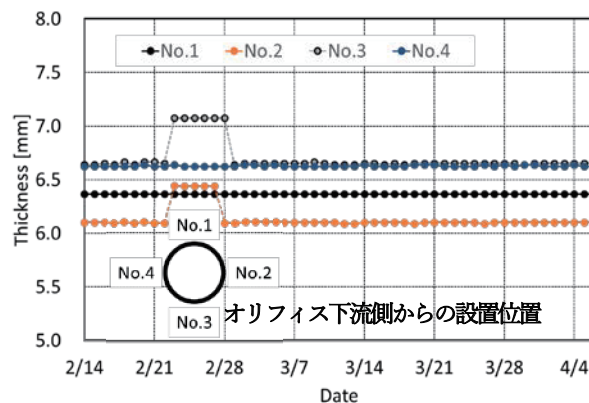


Fig.2 Results of wall thickness evaluation of piping at downstream of orifice

4. まとめ

EMAT 減肉モニタリングシステムを 1F の 4 号機使用済燃料プール循環冷却装置配管に適用してモニタリング性能を評価した. 長期のモニタリングを実施し, システムの測定精度やシステムの長期計測安定性などを評価する.

謝辞

本研究の一部は, 「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「廃止措置のための格納容器・建屋等信頼性維持と廃棄物処理・処分に関する基盤研究および中核人材育成プログラム」の成果である. 本研究の一部は, 独立行政法人日本学術振興会の研究拠点形成事業(A.先端拠点形成型)「省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点」の助成を得た. また, プローブ設置にあたりウツエバルブサービス株式会社にご尽力を頂きました. ここに感謝の意を表す.

参考文献

- [1] T. Takagi, R. Urayama, T. Uchimoto, T. Ohira and T. Kikuchi, "Pipewall thinning inspection using EMAT", Nuclear Engineering International, August 2013, pp.18-21.