配管減肉試験での肉厚連続モニタリング手法の性能確認*

黒崎 裕一^{*1}, 高木 愛夫^{*1}Verification of Online Monitoring Method on FAC Test
for Carbon Steel PipingYuichi KUROSAKI^{*2} and Yoshio TAKAGI^{*2} Tokyo Electric Power Company,
4-1 Egasaki-cho, Tsurumi-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 230-8510 Japan

Recently, wall-thinning problems of piping in power plants induced by high temperature water or a two-phase (high temperature water and steam) flow attract attentions. Since the wall thinning mechanism was not fully understood, a new test facility was constructed to evaluate a long-term wall thinning of piping under two-phase flow conditions. Using this facility, the wall-thinning tests of carbon steel pipes was carried out. The changes in wall thickness during the test period were real-time monitored using an ultrasonic sensor for high temperature applications. During the two months of the test period, the monitored pipe thickness kept decreasing steadily. The difference between the monitoring result and the actual thickness measured after testing was confirmed to be small. It is concluded, therefore, that this monitoring system is effective for wall thinning monitoring of high temperature piping.

Key Words: Gas-Liquid Two-Phase Flow, Monitoring, Ultrasonic Inspection, FAC, Pipe Wall Thinning

1. 緒 言

近年、発電プラントでは、高温水及び気液二相流による配管の減肉問題が注目されている。減肉速度に及ぼす各種影響については、報告がなされているが⁽¹⁾、減肉の発生メカニズムについては、必ずしも明らかになっていない。そこで、発電所で発生する減肉のメカニズムを把握する目的で、長期間の連続試験が可能な試験装置(熱水ベース二相流試験装置)を設置し、炭素鋼配管の減肉試験を開始するとともに、減肉が想定される箇所に、試験期間中の高温状態でも肉厚を連続で定点観測が可能な高温用超音波センサを設置し、試験期間中の肉厚変化の確認を行った。また、試験後に肉厚を実測し、モニタリング結果との比較を行った。本報では、その結果を報告する。

2. 試験装置及び試験方法

2-1 熱水ベース二相流試験装置 試験装置は、原子力発電プラントの水質条件を模擬可能な純水系試験装置、火力発電プラントの水質条件を模擬可能な薬液注入系試験装置の2系統から構成される。両試験装

置とも熱水のみ单相流状態に加え、熱水・蒸気混合の二相流状態(最大ボイド率50%)での配管減肉試験が可能である。試験装置は、各々の系統でテストセクションを持ち、独立した試験条件の設定が可能である。図1に試験装置の写真を示す。

Fig.1 Two-phase flow corrosion test facility

2-2 肉厚連続モニタリング装置 本装置は、試験中の肉厚変化を長期間にわたり、多チャンネルで連続測定が可能なシステムである。システムは、センサ制御・測定値記録用の制御システムと、肉厚測定用のセンサからなる。なお、各測定位置に熱電対を取り付け温度を測定し、音速補正を実施している。肉厚測定

* 原稿受付 2008年9月19日。

^{*1} 正員、東京電力(株) (〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町4-1)。

E-mail: kurosaki.yuuichi@tepco.co.jp

用センサは、超音波圧電素子に音響ガイドバーを取り付けた導波方式を採用した。肉厚測定用センサの取り付け状況を図2に示す。なお、本装置の最高使用温度は300℃である。

Fig.2 Online Monitoring Sensor

2-3 減肉試験 本試験に供した純水系、薬液注入系それぞれのテストセクション形状を図3に示す。純水系では、形状因子の影響を確認する目的で、3つのエルボを直列に配置し、エルボ下流直管部の減肉を確認した。薬液注入系試験装置では流速因子の影響を確認する目的で、テストセクションを3つに分岐させ、3種類の流速条件でオリフィス下流での炭素鋼配管の減肉を確認した。試験条件を表1に示す。

Fig.3 Layout of Test section

Table 1 Condition of Experiment

	High Purity Water Loop	pH Controlled Water Loop
Temperature	165℃	150℃
Flow velocity	4m/s	4.5, 3.0, 0.7m/s
Pipe size	50A Sch80	OD ; 19mm t ; 2.9mm
Sensor position	90° ES 90° EL 180° ES	Straight Pipe behind orifice
Material	STPT370	STB410
Water Condition	DO<1ppb	DO<1ppb pH9.3

3. 測定結果及び考察

肉厚測定用センサは、流動解析結果を参考に各試験部位に対して、周方向に3〜4箇所設置した。

純水系において試験期間中に測定された配管肉厚の時間変化を図4に示す。括弧内の数値は、設置角度を示す。本モニタリングシステムで測定された配管肉厚は試験期間中概ね一様に低下していた。減肉量は、純水系 90° ES 下流では50日間で約150μmであり、減肉速度は約1.1mm/年であった。薬液注入系流速4.5m/s配管では、51日間で約220μmであり、減肉速度は、約1.6mm/年であった。

試験後、試験部を半割りにし、デジタル顕微鏡による配管肉厚測定を行った。デジタル顕微鏡による配管肉厚測定結果を図4に中抜き(○, △, ◇)で示す。モニタリング結果とデジタル顕微鏡での測定結果に若干差はあるが、その差は小さく、本モニタリング装置で精度よく配管肉厚がモニタリングできることが確認された。

Fig.4 High Purity Water Loop

4. まとめ

熱水ベース二相流試験装置に、配管肉厚変化をオンラインで連続測定可能な高温用超音波センサを設置し、約50日間の減肉モニタリングを実施した。その結果、本モニタリングシステムでわずかな減肉量を精度よく検出でき、試験後の肉厚測定から評価した結果とモニタリング結果もほぼ一致している事を確認した。

文 献

- (1) Fumio, U., The wall thinning of carbon steel piping by high temperature water; A mechanism and countermeasures (in Japanese), 38th Technical seminar, Japan Society of Corrosion Engineering, 2005.10.5, pp.20-41
- (2) Nakamura, A., Progresses in the technical innovation in the Tokyo Electric Power (in Japanese), Electrical Review, 2008.1, pp.51-85