

小口径配管溶接部に対する Sonic-IR 法の適用性評価

Feasibility Study of the Sonic-IR Technique for the Inspection of Small Bore Piping Weld

㈱原子力エンジニアリング	勝又 陵介	Ryosuke KATSUMATA	
㈱原子力エンジニアリング	松本 善博	Yoshihiro MATSUMOTO	Member
㈱原子力エンジニアリング	原田 豊	Yutaka HARADA	Member
大阪大学工学部	阪上 隆英	Takahide SAKAGAMI	Member
大阪大学工学部	久保 司郎	Shiro KUBO	Member

Sonic-IR which is based on the thermographic detection of the temperature rise due to frictional heating at the crack faces under ultrasonic excitation, has an advantage in the detection of closed cracks. Additionally, there is possibility to apply this technique to the inspection of complex geometry components because it is nearly non-contact technique. In this study, feasibility of the Sonic-IR technique for the detection of weld cracking is experimentally investigated by using small bore piping specimens.

Keywords: Nondestructive Evaluation, Infrared Imaging, Thermography, Active Heating, Sonic-IR

1. 緒言

アクティブ赤外線サーモグラフィ法の1つに、試験対象物を超音波で加振させた場合の発熱検知に基づく手法があり、Sonic-IR などと呼ばれている[1]-[4]。手法の提案は1970年代まで遡るが、近年の赤外線サーモグラフィの高精度化により、微小な温度上昇が検知できるようになり、最近再び注目を集めている。Sonic-IR 法の特長の1つとして、閉じたき裂を高感度に検出できる可能性があることが挙げられる。これまでの研究では、閉じたき裂を形成するため、他の非破壊検査では検出困難な場合が生じる、応力腐食割れ (SCC) に対する適用性の基礎検討を行い、ハンディタイプの非冷却型赤外線サーモグラフィを用いて、平板試験片に付与した SCC が検出可能であることを確認している[5-6]。Sonic-IR 法は、検査部位に対して超音波を入射するわずかな接触面積しか必要としないことから、超音波検査 (UT) や渦電流検査 (ECT) で用いられるセンサの近接が困難な複雑部位に対する適用も可能である。そこで、本研究では UT や ECT の適用が困難な小口径配管溶接部に対する Sonic-IR 法の適用性について評価した。

2. Sonic-IR 法

Sonic-IR 法の原理を図1に示す。超音波加振器で発生した超音波は、試験体に接触させたホーンを介して試験体に入射され、試験体内を伝播する。き裂面では、面同士を振動させるため、き裂面が接触していれば、その部分で摩擦熱が発生する。赤外線サーモグラフィにより試験体表面温度を測定することで、摩擦熱の発生を検知できるため、き裂の検出が可能である。き裂が表面に到達していれば、摩擦熱の発生による顕著な温度変化を検知できるため、高感度に検出することができる。また、摩擦熱の発生が表面下に内在している場合にも、熱伝導により表面に温度変化が現れれば、き裂の検出はある程度可能であると考えられる。赤外線サーモグラフィカメラは検査対象物に非接触で温度変化を測定できるため、超音波を入射するホーン先端のわずかな接触面積のみで検査が可能である。

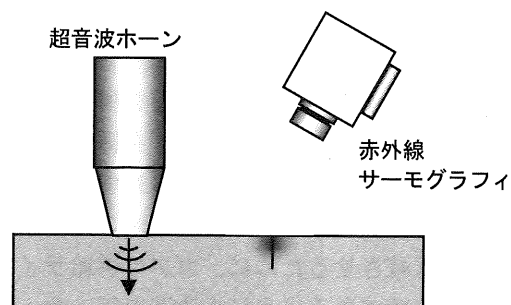


図1 Sonic-IR 法の原理

連絡先:勝又陵介、〒550-0001 大阪市西区土佐堀 1-3-7
肥後橋シミズビル 12F、㈱原子力エンジニアリング、
電話: 06-6446-9363、e-mail:rkatumata@neltd.co.jp

3. 実験装置

本実験では、現場で作業者がハンドヘルドで試験することを想定し、超音波発振器として、比較的 low 出力のハンディタイプ（超音波工業 USWP-200Z28S-U、周波数 28kHz、出力 200W）を選定した。また、ハンドヘルドによる加振時の接触性を考慮し、先端形状を R30mm の球面形状とした超音波ホーンを製作した。

赤外線サーモグラフィとしては、検出波長帯 8~14 μ m の 2 次元アレイセンサを搭載したハンディタイプの非冷却型赤外線サーモグラフィ（NEC/Avio 赤外線テクノロジー TH9260）を用いた。試験状況を図 2 に示す。

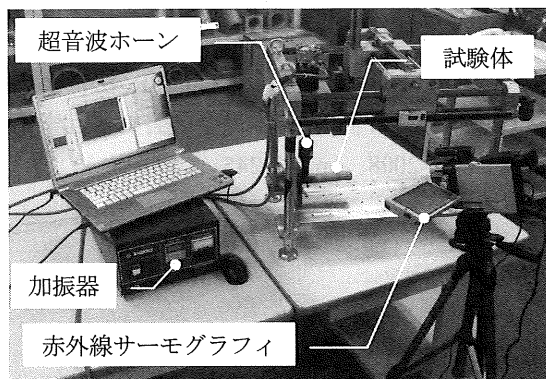


図 2 Sonic-IR 法の試験状況

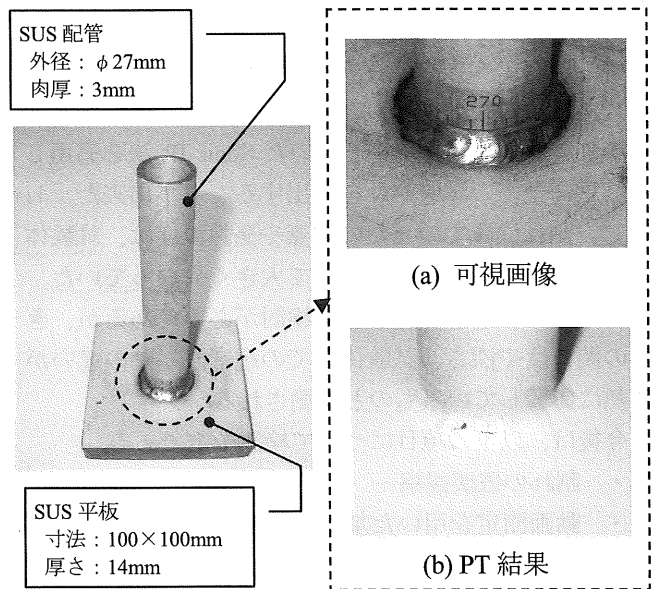
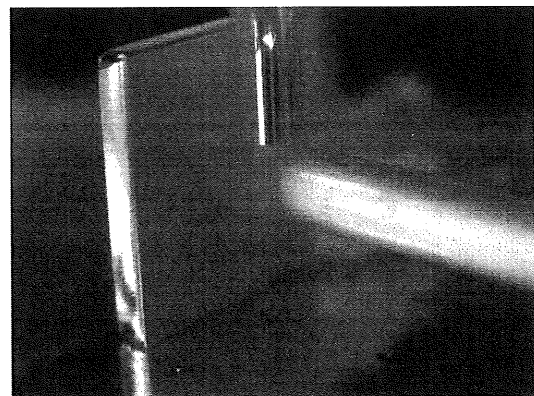


図 3 試験体例

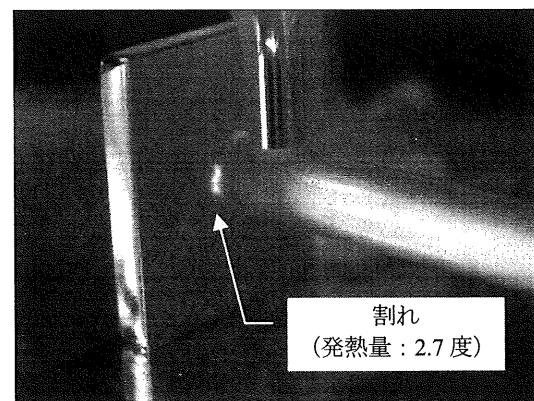
4. 測定試験結果

本研究では UT や ECT の適用が困難な小口径配管溶接部の割れを測定対象とした。試験体例を図 3 に示す。SUS 製の平板と $\phi 27$ mm（肉厚 3mm）の配管を溶接割れが入るよう意図的に溶接したものであり、全 6 体の試験体に対して、それぞれ 2 箇所の溶接割れを付与している。

試験体に対する Sonic-IR 法の適用結果例を図 4 に示す。ホーンの押し付け位置にもよるが、超音波加振時に溶接部における割れ位置での発熱が確認出来る。試験体 6 体（割れ 12 個）に対して測定を行った結果、全ての割れを検出することが出来た。比較のため、配管外面から UT（横波 45 度）による測定も行ったが、配管の曲率によるカップリング不足や超音波の複雑な反射・散乱などにより、割れを検出するのは困難であった。



(a) 加振前



(b) 加振時

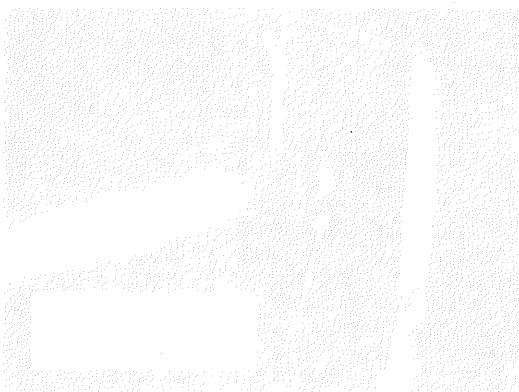
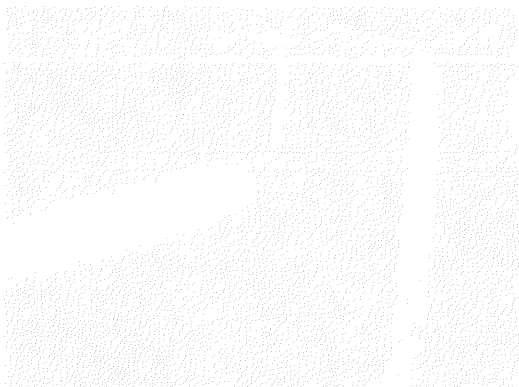
図 4 熱画像例

5. まとめ

UT や ECT などの既存の非破壊検査手法の適用が困難である小口径配管溶接部に対して、ハンディタイプの赤外線サーモグラフィを用いた Sonic-IR 法を適用した結果、全ての溶接割れを検出することが出来た。しかし、割れ位置での発熱の有無や発熱温度は、試験体の固定状況や加振位置によって大きく異なっていた。この原因については、詳細な検討が必要であるが、き裂の閉口度や深さ、試験体内での超音波挙動の違いが発熱に影響しているものと推測される。

今後は、以下の項目について検討予定である。

- ・ 割れの破壊観察
- ・ 動画測定を用いた加振条件（ホーンの押付け位置、加振時間など）の影響評価
- ・ 加振装置（周波数、出力）の最適化
- ・ シミュレーションによる超音波挙動の解析



6. 参考文献

- [1] L.D. Favro et.al., “Sonic IR Imaging of Cracks and Delaminations”, Analytical Sciences, Vol.17, April 2001, pp.s451-s453.
- [2] M.W. Burke and W.O. Miller, “Status of VibroIR at Lawrence Livermore National Laboratory”, Proc. of SPIE, Vol.5405, 2004, pp.313-321.
- [3] D. Mayton and F. Spencer, “A Design of Experiments Approach to Characterizing the Effects of Sonic IR Variables”, Proc. of SPIE, Vol.5405, 2004, pp.322-331.
- [4] S.M. Shepard, T. Ahmed and J.R. Lhota, “Experimental Considerations in Vibrothermography”, Proc. of SPIE, Vol.5405, 2004, pp.332-335.
- [5] 松本善博、阪上隆英他、“Sonic-IR 法による応力腐食割れ検出技術”、日本保全学会第 4 回学術講演会要旨集、2007、pp.305-306
- [6] 勝又陵介、松本善博他、“Sonic-IR 法による平板 SCC の検出性評価”、日本保全学会第 5 回学術講演会要旨集、2008、pp.243-245