

## 駅天井裏配管における漏水箇所特定方法の検証 その2：接触機器による検証

正会員 ○山口大裕\* 同 青山浩之\*  
同 頭川美穂\*\* 同 池田佳樹\*\*\*

駅 天井裏配管 漏水  
超音波探傷 熱伝導率 静電容量

### 1.はじめに

前報では、非接触機器であるサーモグラフィカメラなどの赤外線技術を用いた駅天井裏配管における漏水箇所特定方法について報告した。本報では、超音波探傷などその他の手法を用いた配管の漏水箇所特定方法について報告する。

### 2.検知手法の検討

本研究における検知対象は、保温材が施工された配管の漏水である。検知対象の配管と保温材の例を図1に示す。図1に示すように、外装材によるラッキング処理により目視にて漏水を確認することは困難である。



図1 検査対象の配管(左)、保温材(右)の写真

そこで漏水によって保温材が濡れること、つまり滯水の有無を数値の差で表す手法を検討した。検証項目を表1に示す。

表1 検証項目

検証項目	仮説
超音波探傷	滯水により、超音波の伝搬距離が伸びる
熱伝導率	滯水により、保温材の熱伝導率が変化する
静電容量	滯水により、静電容量が変化する

#### 2-1.超音波探傷

超音波探傷は配管の厚み計測や欠陥検出に使用される。

超音波は、異なる媒質間の界面で反射と透過を示す。異なる媒質間の超音波反射率  $r$  は、媒質1の音響インピーダンスを  $Z_1$ 、媒質2の音響インピーダンスを  $Z_2$  とすると(1)式で表される。ここで媒質1を外装材、媒質2を空気もしくは水と設定する。

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

外装材越しに超音波を発振すると、超音波は外装材中を伝搬後、外装材と保温材の界面に到達する。仮に界面に

空気層が存在する場合、空気は音響インピーダンスが極めて低いため、超音波は空気層で反射され、保温材中に伝搬しないと予想される。一方、界面に水が存在する場合、水は空気よりも音響インピーダンスが高いため、超音波の反射率が低下し、保温材内部に伝搬すると予想される。すなわち、滯水有無によって超音波の伝搬距離が変わり、測定値(本研究では厚み情報)が変化すると予想される。従って測定値の変化から、保温材中の滯水有無を検知可能と考える。

#### 2-2.熱伝導率

熱伝導率は、熱伝導のしやすさを表す指標である。

水と保温材(グラスウール)の熱伝導率はそれぞれ  $0.6089\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ( $27^\circ\text{C}$ )<sup>1</sup>、 $0.065$  以下  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ( $23^\circ\text{C}$ )<sup>2</sup> であり、水は保温材よりも熱伝導率が高い。仮に、保温材中に滯水がある場合、熱を伝導する媒質がグラスウールから水に置き換わることで、保温材の熱伝導率が増加すると予想される。従って、保温材の熱伝導率の変化により、保温材中の滯水有無を検知可能と考える。

#### 2-3.静電容量

静電容量は、電荷がどの程度蓄えられているかを表す指標であり、電極から発生する電界内に物質が存在すると電極の静電容量は変化する。

空気と水の比誘電率はそれぞれ  $1.00(-)^3$ 、 $81.1(-)^3$  である。仮に、保温材中の滯水により電界内の媒質が空気から水に置き換わると、誘電率の変化に伴い静電容量が変化すると予想される。従って静電容量変化から、保温材中の滯水有無を検知可能と考える。

### 3.仮説検証

実地検証前に、各検証項目についての仮説が正しいかをラボスケールにて検証した。

#### 3-1.超音波探傷

超音波探傷は、JR 東日本で使用されている超音波探傷装置である「オリンパス製 超音波厚さ計 45MG」を使用した。

滯水有の状況を再現するため、水が入ったバケツの中に保温材を静置し、外装材表面に接触子を接触させ測定した。浸水箇所とそうでない箇所を測定し、測定値が変

化するかを検証した。測定結果を表2に示す。表2に示すように、滞水有は滞水無よりも測定値が大きくなった。これは滞水により超音波が保温材内部まで伝搬したためと予想される。この結果より、超音波探傷による滞水有無の検知が可能と判断する。

表2 超音波探傷の測定結果

	滞水有	滞水無
測定値 (mm)	10.51	1.312

### 3-2.熱伝導率

熱伝導率の測定は、「英弘精機製 非定常法熱伝導テストクイックラムダ HC-10」を使用した。

筒状の保温材を四角状に切断した試料(L 50 mm × W 50 mm × T 40 mm)を使用した。接触子を外装材表面に接触させ、保温材の内側から 5mm 間隔で濡らし、滞水により保温材の熱伝導率が変化するか検証した。測定結果を図3に示す。図3に示すように、外装材直下に滞水がある場合、熱伝導率が増加した。この結果より、漏水が外装材まで到達している場合、滞水有無の検知が可能と判断する。

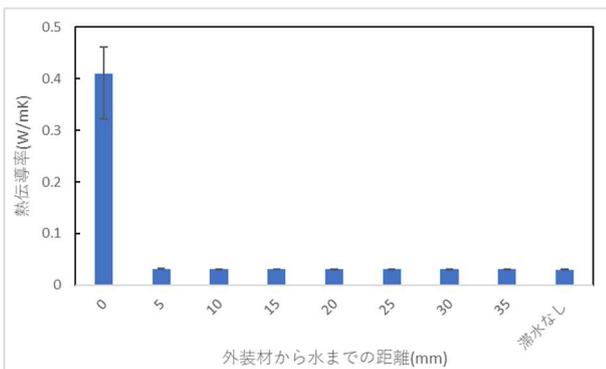


図3 熱伝導率の測定結果

### 3-3.静電容量

静電容量の測定は、「M5Stack 製 M5Stack Core2」のタッチセンサーを使用した。試料は、四角状の保温材(L 50

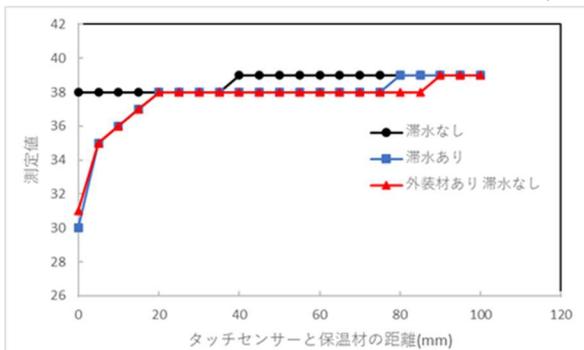


図4 静電容量の測定結果

mm × W 50 mm × T 5 mm)を使用した。水で濡らした保温材をタッチセンサーに徐々に近づけ、どの位置で静電

容量が変化するかを検証した。測定結果を図4に示す。

図4に示すように、滞水有無にて比較すると、タッチセンサーとの距離が近づくにつれ、測定値に変化が確認された。一方、「滞水あり」と「外装材あり 滞水なし」は同様の結果を示した。この結果より、本研究の範囲では静電容量変化による滞水の検知は困難であると判断する。

## 4. 実地検証

仮説検証の結果を踏まえ、実際の駅にて検証を行った。対象は、S 駅において既に漏水による滞水の有無が確認されている配管とした。各検証の結果を表3に示す。超音波探傷の結果は複数回測定した平均値、熱伝導率の結果は滞水有無それぞれ1回ずつの測定結果を示す。また、検査の様子を図5に示す。

表3 検証結果

検証項目	滞水有	滞水無
超音波 (mm)	10.21	1.76
熱伝導率 (W/(m·K))	0.6897	0.0889



図5 検査の様子(左:超音波探傷、右:熱伝導率)

表3より、仮説検証結果と同様に実際の配管においても測定値の差が確認された。以上より、上記2手法は実際の配管においても滞水有無の検出が可能であると判断する。

## 5. まとめ

本研究では、駅天井裏配管の漏水箇所特定のため、滞水を検知する手法を検討した。その結果、接触機器で測定可能な超音波探傷と熱伝導率によって、保温材中の滞水有無の検知可能性が示唆された。ただし両手法ともに、漏水が外装材まで到達している状態でなければ検知できないことが課題である。一方、静電容量による滞水検知は困難であった。今後は、本検討事項が本報とは異なる保温材に適用可能か、滞水有無による数値の変化率の再現性確認、非接触化による測定が可能かについて検討予定である。

### 【参考文献】

- 1) Bird, R. B. et al. : Transport Phenomena Second Edition, John Wiley & Sons, 2006
- 2) A 9521 : 建築用断熱材, 2017
- 3) 岩本光正ほか: 「知識の森」9 群(電子材料・デバイス) 1編 誘電体と磁性体, 電子情報通信学会, 2009

\* 環境リサーチ

\*\* JR 東日本ビルテック

\*\*\* 東日本旅客鉄道

\* Kankyo Research Institute Inc.

\*\* JR East Facility Management CO.

\*\*\* East Japan Railway Company