58 構造物壁面より漏洩する流体の噴出箇所の検出に関する研究

○ 中村 弘史*、稲垣 照美*、岡本 芳三*、佐藤 好昭**、山根 修**

THE DETECTION OF A LEAK ON A SURFACE OF THE STRUCTURE

Hiroshi NAKAMURA*, Terumi INAGAKI*, Yoshizo OKAMOTO*,
Yoshiaki SATO**, Osamu YAMANE**

In the constructional and mechanical fields, the detection of a leak on a surface is important to maintain and manage various structures, which are a bank, a dam, a tunnel and so on. When fluid is leaking out a surface of the structure, its temperature is not generally consistent with the environmental temperature. Furthermore, expansion of high-pressure gas jetted from a nozzle lessens its temperature and cools a surface around a nozzle. With the aid of the thermograph based on infrared rays, we can detect the leak where the temperature difference between the solid surface and the leaking fluid is remarkable. In this paper, the availability of the infrared radiometer is experimentally investigated to establish the effective detection method of a leak.

Key Words: Thermal Visualization, Infrared radiometer, Leak, Detection Method

1 緒論

建設分野における堤防、ダム、トンネルおよび水路等の水利構造物からの湧水および漏水箇所や、機械分野における配管、容器、断熱層等の機器構造物からの水、空気、ガス等の漏洩箇所を検出し、その漏洩量を求めることが構造物の維持・管理上重要になる。一般に流体が容器や流路等の壁面やその継ぎ目を通して外側に湧出および漏洩をする場合、漏洩流体の温度は外気温とは一致していない。また、気体が高圧で噴出する場合には、気体の膨張によりその温度は低下し、噴出壁孔の温度を低下させる。したがって、漏出箇所周辺の赤外線画像の、壁面との温度差の大きい箇所を漏出箇所として検出することが可能となる。本研究は、上記箇所の検出に赤外線画像温度計⁽¹⁾⁻⁽³⁾を適用することで、その有効性を検証することにした。

2 実験装置と可視化法

実験装置の構成をFig.1 (a)(b)に示す。試験体は、縦・横・厚さが300×180×50mmのモルタル製基板で、コンクリートと砂の混合比は7:3である。試験体内部に内径0.5mmの漏洩用パイプを埋め込み、そこから流体を漏洩させる。漏洩水は、試験体上方に設置した水槽から自由落下させ、バルブにより漏出量を調節した。ここでは垂直面と水平面について、それぞれ温度と流量の組合わせを変えた実験をいくつか行い、漏洩水検知に関する基

* 茨城大学工学部 (日立市中成沢町4-12-1)

** 日東化学工業

礎的な考察を加えた。なお、水平面の実験には、試験体上に水が溜まるよう試験体の周囲に高さ 5mm のフェンスを設置し、そこへ湧水と異なる温度の冷水もしくは温水を表面が波立たないように注ぎ込んだ。垂直・水平面のいずれの場合も表面温度を一定にした後、湧水の経時変化を赤外線映像装置で可視化し、その映像をコンピュータに記録した。漏洩水の温度およびその周囲の温度は、放射温度画像をもとに測定した。水は赤外線を表面で吸収するために黒体と考えてよく、水の放射温度はほぼ実際の温度と考えて差し支えない。またコンクリート面の放射率は黒体に近い値をもつため、同様にその放射温度も実際の温度と考えてよい。

3 結果および考察

3.1 垂直面における漏洩実験

Fig. 2 は、垂直面上の湧水の放射温度画像を示したものである。漏洩孔は、試験体下端から 240mm の位置に設定した。大気および壁面の温度は、それぞれ 289.7K および 290.4K である。また漏洩流量は 18.8 cm³/min、温度は 285.9K であり、漏洩水温は壁温より 4.5K 低い。漏洩水は垂直に下降し、流れに沿ってその巾を広げながら落下して行く。

Fig. 3 に、Fig. 2 の等温線の分布を示す。また、Fig. 4 は、大気および壁面の温度が 303.1K、漏洩水温度が 293.1K における、漏洩水量が 10, 20, 30 cm³/min の場合について、縦軸に無次元放射温度 $\frac{T(x) - T_0}{T_w - T_0}$ を取り、横軸に漏洩孔からの距離 x を取ってまとめたものである。漏洩水は、壁面からの熱伝導により熱を得るため、その温度は下流に向かうほど上昇し、壁面の温度に近づいていくことが分かる。漏洩流量を変化させた場合にも同様な傾向が現れるが、漏出流量が少ないほど漏洩水温は壁面温度に早く近づく傾向にある。

3.2 水平面における漏洩

Fig. 5 は、試験体を水平におき、水を張った状態で、漏洩孔より水を吐き出し、一連の湧水の広がり模様を可視化したものである。大気温度は 285.0K、水面温度は 291.1K、漏洩水量は 33.6 cm³/min および漏洩水温は 283.1K である。湧水は、周囲の温度より 8.0K 低い。漏洩孔は水面下にあるため直接観察できないが、赤外線温度計を利用することにより、周囲との温度差よりその位置を明確に検知することができる。湧き出した冷水は約 5 秒後に低温点として現われ、その後 2 方向に分岐して広がっていく。この現象は流量が多いほど顕著に現われるが、分岐する方向は一定しない。これは試験体の形状によるものではなく水の表面張力、あるいは水面のわずかな擾乱によるものと考えられる。Fig. 6 に、Fig. 5 の等温線の温度分布を示しておいた。

4 結論

本研究は、漏洩箇所検出に赤外線画像温度計を適用することで、その有効性を検証したものである。その結果、堤防の湧き水およびコンクリート地下壁の漏水におけるように、湧き出し孔の場所が特定できないような場合、赤外線による漏出水温度の空間分布を調べることで、湧出箇所を特定することが可能であることが分った。また、一連の実験結果は、赤外線が有効な漏れ検出手法であることを示唆している。

Fig.1(a) Experimental apparatus for the vertical surface

Fig.1(b) Experimental apparatus for the horizontal surface

Fig.2 Thermograph on the vertical surface

Fig.3 Contour line for constant temperature (vertical surface)

Fig.4 Non-dimensional radiation temperature along the vertical surface

Fig.5 Thermograph on the horizontal surface

after 5 second

after 45 second

after 342 second

Fig.6 Contour line for constant temperature (horizontal surface)

参考文献

- 1) 岡本他：「赤外線による射度係数の測定とその応用」、日本機械学会論文集、B編、57、534、(3,1992)
- 2) 岡本他：「赤外線による材料放射特性について」、日本機械学会論文集、B編、57、544、(12,1991)
- 3) 岡本他：「赤外線サーモグラフィー法によるモルタル試料表面の放射温度画像」、日本コンクリート協会、サーモグラフィー法に関するコンファレンス論文集、409、4-1992

記号表

T_t :漏洩水温度 [K]、 T_w :壁面温度 [K]、 T_x :漏洩孔からの距離 x mmにおける漏洩水温度 [K]
 X :漏洩孔からの垂直方向の距離 [mm]、