

建物内の給水システムにおける異常検知方式の検討

武蔵工業大学	学生会員	○大谷 謙太
武蔵工業大学大学院	学生会員	蘇武 政文
武蔵工業大学	正会員	長岡 裕

1.はじめに

受水槽を用いた建物の給水システムにおいて、水質悪化や経年劣化などに起因する水質異常に加え、漏水、逆流や水量異常が問題となっている。しかし、これらの異常を検知するシステムの開発は、いまだ十分ではない。また、給水装置の事故件数割合の中で漏水事故が大半を占めている。そこで本研究では流量計、圧力計を用いた漏水検出システムを構築し漏水検知の新たなアルゴリズムの可能性を広げていくことが目的である。

2.実験装置と実験方法

2-1 実験装置

実験装置は、Fig.1 に示す。受水槽式の本学 10 号館の 1 階の蛇口付近に流量計、圧力計を設置し、連続的に出力をパソコンに保存できる装置を構築した。

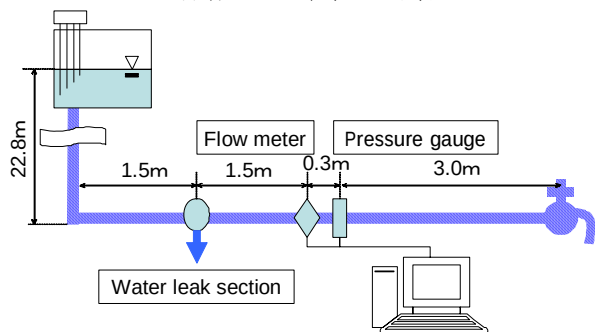


Fig.1 Experimental setup for the detecting water leak

2-2 実験方法

測定された流量と圧力から損失水頭と損失水頭係数を求めた。その損失水頭係数は以下のように定義する。

ベルヌーイの式 (1) を用い、検出器の位置を基準高さとし、高架水槽での水位を全水頭として、全損失水頭を求めた。ダルシー・ワイズバッハの式 (2) を (3) に変換し、管の長さや管内の断面積が変化しない限り固有の値である係数部分と変数部分に分けて示す。つまり、式 (4) の損失水頭係数は流量が変化しても一定の値を示す可能性が考えられた。その損失水頭係数を求め、漏水の検知を行っている。

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z + h_f = E (= \text{const}) \dots (1)$$

$$h_f = f \frac{l}{d} \frac{v_1^2}{2g} + k_e \frac{v_2^2}{2g} \dots (2)$$

$$h_f = \left(f \frac{l}{d} \frac{1}{2gA_1^2} + k_e \frac{1}{2gA_2^2} \right) Q^2 \dots (3)$$

$$h_f = \lambda Q^2 \dots (4)$$

(h_f : 全損失水頭 f : 摩擦損失係数 k_e : 入口損失係数 l : パイプの長さ d : パイプの直径 v_n : 流速 g : 重力加速度 A_n : 断面積 Q : 流量 λ : 損失水頭係数)

実験は漏水の無い管、漏水の有る管における損失水頭を求めるために、管に圧力計および流量計を設置し、流量が蛇口全開時 (約 $0.9 \text{ m}^3/\text{h}$) から $0.1 \text{ m}^3/\text{h}$ の間の区分された流量において各データを出力した。漏水は管にドリルで直径 1.0 mm 、 1.5 mm の穴を管内の流れに対し垂直に開け再現した。また、管にネジをねじ込み、管とネジの間の微小な隙間で微量な漏水を再現した (Fig.2)。漏水の発生場所は、圧力計と流量計が設置してある場所を中心に、上流側 1.5 m の位置とした。なお本実験では、管径 13 mm の塩化ビニールの管を用いた。

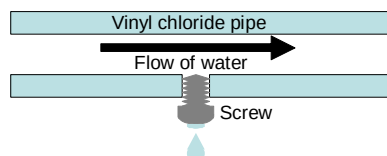


Fig.2 Reproduction a very small amount of leak of water

3.実験結果と考察

3-1 流量と漏水量の関係

Fig.3 に漏水の規模における流量に対する漏水量の割合の関係を示す。流量が小さくなるにつれ漏水の割合が大きくなる。また、漏水の規模が大きくなるにつれ変化の度合いが大きくなるのがわかる。

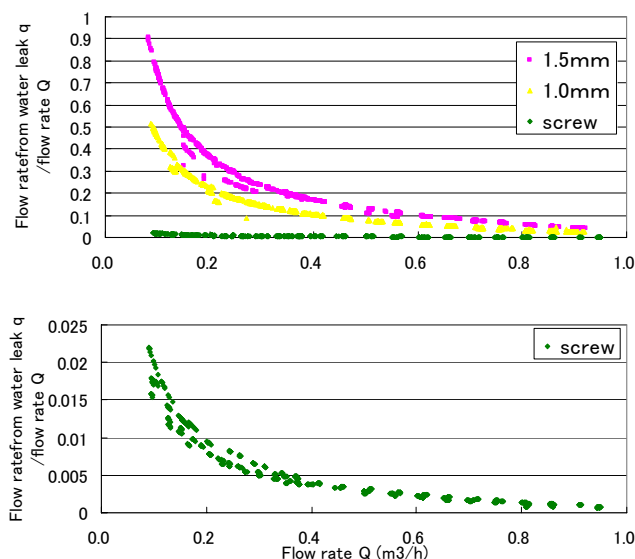


Fig.3 Relation flow rate and quantity of leak of water

キーワード 漏水 損失水頭係数 確率密度

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-3703-3111(内線 3257)

3-2 流量と損失水頭係数の関係

Fig.3 に損失水頭係数 λ と流量の関係を示す。流量が大きい場合、 λ への影響は小さいが、流量が小さくなるにつれ漏水の規模が大きければ λ の数値は大きくなった。また、流量が $0.4\text{m}^3/\text{h}$ より小さくなると λ の値は急激に大きくなった。

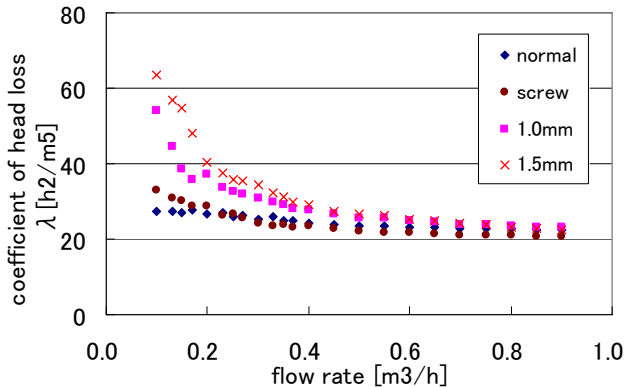


Fig.3 Relation between flow rate and total loss of head coefficient(Average)

3-2 λ分布の標準偏差

流量と標準偏差の関係を示したのが Fig.4 である。各流量において、サンプル数を約 60 個取った。区分した各流量におけるサンプルのバラつきをみる為に標準偏差を求めた。流量が小さいとき λ の標準偏差が大きくなる傾向がみられた。

区分した各流量で、 λ の分布状態を求め正規分布を求めた。Fig.5 と Fig.6 に、流量が $0.1\text{m}^3/\text{h}$ と $0.8\text{m}^3/\text{h}$ における損失水頭係数 λ を正規分布で表す。流量が $0.1\text{m}^3/\text{h}$ において漏水の有る管では損失水頭係数 λ の分散が大きく、Fig.3 で示したように漏水規模が大きくなるにつれ、 λ は大きな値を示す。また、流量が $0.8\text{m}^3/\text{h}$ の場合においては分散が小さく漏水の規模の違いによる標準偏差の差は少ない。

Fig. 5 より漏水の有無の違いで標準偏差に大きな違いが見られる。ネジを用いた漏水は、漏水量が流量の 1 % 程度の微量の漏水であるが、漏水の無い状態と比較して明らかに分布の幅が広い。これより、漏水の規模に関わらず漏水の有無を検知することが出来た。

漏水箇所での形状損失が λ 分布のバラつきの原因と想定した。しかし、形状損失による標準偏差への影響は漏水の影響と比較すると微小なものだった。測定中に上流側で分岐された蛇口の使用による圧力水頭への影響も考えられた。しかし、 λ 分布のバラつきの原因は解明できなかった。

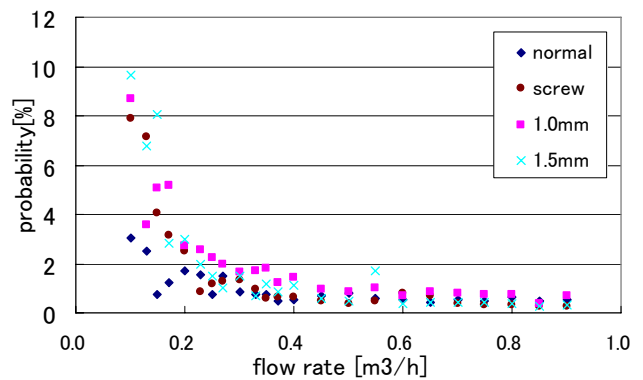


Fig.4 Standard deviation of distribution

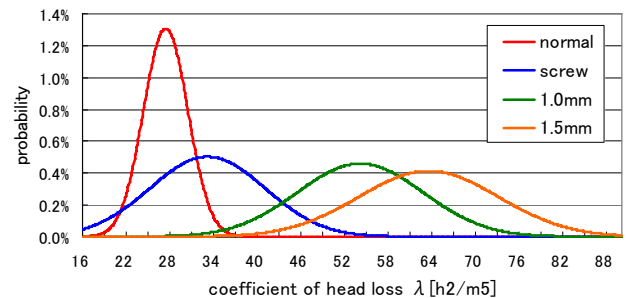


Fig.5 Normal distribution in flow rate $0.10(\text{m}^3/\text{h})$

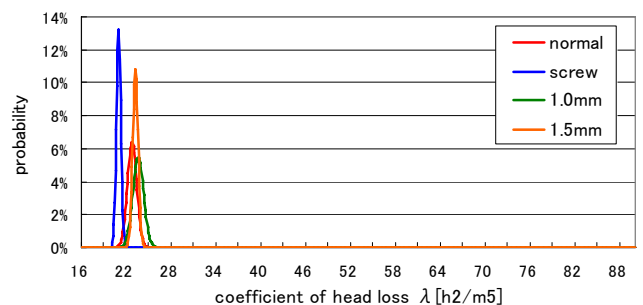


Fig.6 Normal distribution in flow rate $0.80(\text{m}^3/\text{h})$

4.まとめ

ダルシー・ワイズバッハの式の固有の値を示している係数部分を損失水頭係数 λ と定義し、 λ と漏水の関係を漏水の有無によってどのように変化するかを調べた。流量に対する漏水の割合が多い範囲では、漏水規模による損失水頭係数 λ の値の変化は大きかった。また、損失水頭係数 λ の標準偏差においても、流量に対する漏水の割合が多い範囲で漏水の有無による標準偏差に差が見られた。これより漏水の規模に関わらず漏水の有無を検知できる。

5.参考文献

- 1) 財団法人給水工事技術振興財団：給水装置における事故例等の実態調査結果，平成 15 年 8 月
- 2) 給水工事技術振興財団：厚生労働省科学研究費補助金（がん予防等健康科学総合研究事業）家庭内での水有効利用と環境負荷低減に資する給水システム構築に関する研究，平成 15 年度 総括・分担研究報告書