

給水装置における異常現象検出システムの開発

武蔵工業大学 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

近年、高層建物の貯水槽における水質悪化、給水栓からの逆流、水道管の経年劣化等による水質及び水量の異常が報告されており、健康的また経済的リスクの増大が問題となっている。そこで、これらの異常を検知するシステムの開発が求められている。本研究は各戸の水道メーター付近に設置した流量計、圧力計、EC（電気伝導度）センサーによって、これらの異常を速やかに検出し、ユーザーに警報を発するシステムの構築を目的とする。各センサーを組み合わせた異常検出システムを試作し、蛇口の使用に伴う各センサーからの出力の変化パターンを解析するとともに、本システムを用いた水質異常の検出の可能性について報告する。

2. 実験装置と測定方法

図1に実験装置の概要を示す。装置は本学の5階建ての建物（受水槽水道）の中2階に設置されており、蛇口付近において、蛇口の利用に伴う流量、圧力及び電気伝導度の変動を同時に測定するシステムとなっている。流量計は電磁流量計を、圧力計はデジタル圧力計を、ECセンサーは交流発振器を用いた水質の変動に応答する感度を備えた自作のものを使用した。データは10Hz程度でA/D変換し、長時間連続的にパソコンに取り入れるものとする。この検出器からのデータによる配管における水理学的な異常の検出と、電気伝導度のデータによる水質異常の検出が可能となる。

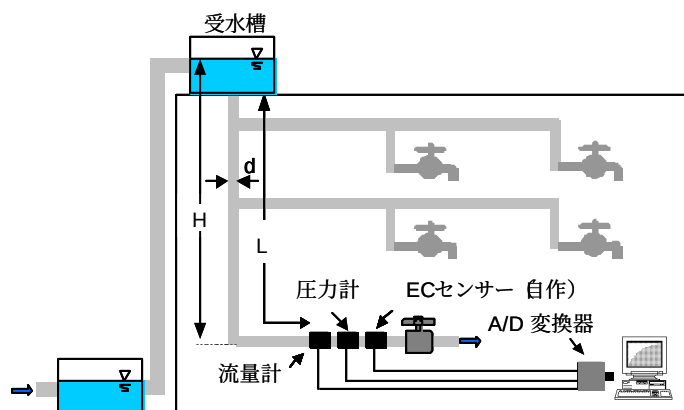


図1 受水槽水道における検出器の設置

3. 損失水頭係数λの算出による異常検出の検討

ダルシー・ワイズバッハ式（式1）は管内摩擦による損失や形状損失による損失水頭を求めるのに使われている。式1は式2が示すように、変数部分の流量の項と管固有の値である摩擦損失係数 f 、形状損失係数 k 、管長 l 、管径 d 等の項に分けることが出来る。その管固有の値を損失水頭係数 λ とすると、理論上、流量が変化しても損失水頭係数は一定値を示すことになる。そこで、蛇口の開閉によって流量を変化させ、損失水頭係数が一定値を示すかどうかを実験した。蛇口を開ける直前の圧力水頭を全水頭とし、それから蛇口を開けたときの速度水頭と圧力水頭の差を損失水頭とした。損失水頭係数の算出では、水を流し続けた状態（定常状態）での流量と蛇口開閉時の流量の2パターンを用いた。蛇口開閉時の流量データ（通常状態）は1日の経時変化の測定で得られたものである。

$$h_f = f \frac{l}{d} \frac{v_1^2}{2g} + k_e \frac{v_2^2}{2g} + k_o \frac{v_3^2}{2g} \quad (1)$$

$$= \left(f \frac{l}{d} \frac{1}{2gA_1^2} + k_e \frac{1}{2gA_2^2} + k_o \frac{1}{2gA_3^2} \right) Q^2 \quad (2)$$

$$h_f = \lambda Q^2 \quad (3)$$

図2にレイノルズ数と損失水頭係数の関係を示す。レイノルズ数を用いることで一般性を持たした。定常状態での損失水頭係数はレイノルズ数が7000以上になると概ね一定値を示すことが分かる。

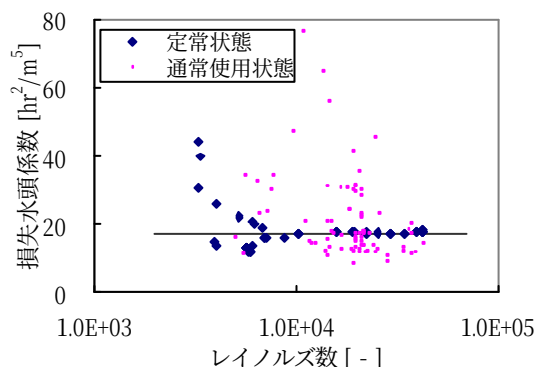


図2 流量と損失水頭係数λの関係

キーワード 給水システム, 異常検出, 流量, 圧力, 電気伝導度

連絡先 〒158-8577 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学都市基盤工学科水圏環境工学研究室 Tel.03-3703-3111(内線 3257)

しかし、通常状態の損失水頭係数は一定値を示さなかった。通常状態での損失水頭係数が一定値を示せば、異常がない状態とある状態での損失水頭係数を比較することで、異常検出の可能性が示されたが、一定値を示さなかったこの結果からはこのことがいえなかった。

損失水頭係数が一定値を示さなかった原因として、管内の流れの状態が大きく影響していると考えられた。定常状態でかつレイノルズ数が7000以上の場合、流量が安定しているため損失水頭係数が一定値で算出された。しかし、通常状態では蛇口の開放時間が短く管内の流れの非定常性が原因となって、損失水頭係数が一定値を示さなかったのではないかと考えられた。

4. 圧力水頭・速度水頭・ECの経時変化

平成15年12月19日（金）、21（日）の圧力水頭、速度水頭、ECの1日の経時変化及び損失水頭係数の変化を図3、図4にそれぞれ示した。測定結果より、速度水頭は蛇口を全開にした状態（流量は約 $0.9\text{m}^3/\text{hr}$ ）で 0.6m 程度を示すが、圧力水頭の変化に比較すると無視できるほど小さくなるのが分かった。

また、損失水頭係数は一定値を示さなかった。

圧力水頭の変動は、図5の概念図に示すように2パターンの組合せになっていることが分かった。1つの変動は蛇口の使用に起因するもので、圧力水頭が急激に低下し、その後直ちに元に戻るパターンである。これは、管内の摩擦損失による損失水頭の上昇に伴う圧力水頭の低下によるものである。

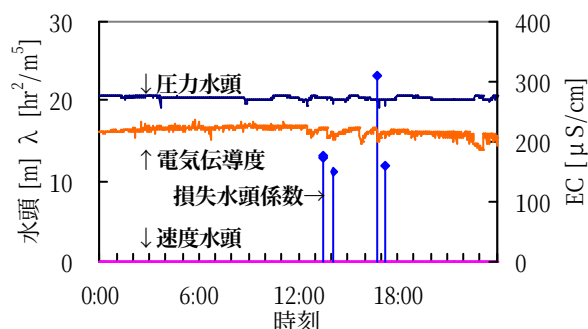


図3 各水頭・ECの12月19日（金）における変化

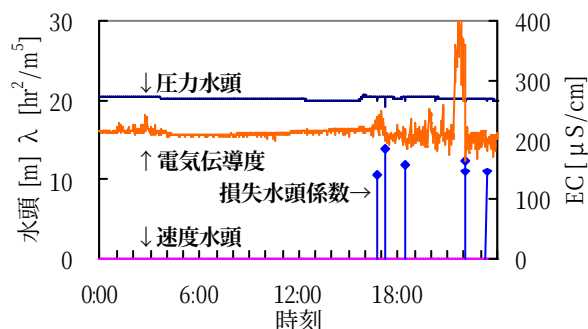


図4 各水頭・ECの12月21日（日）における変化

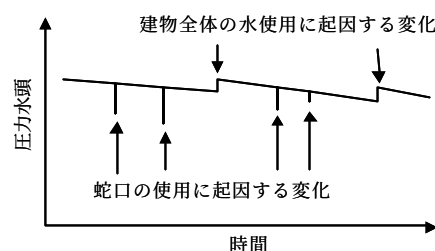


図5 圧力水頭の変動の概念図

もう1つは、建物全体の水使用に起因するものであり、圧力水頭が徐々に低下し、その後急上昇する現象が数度繰り返していることが分かる。また、この変動の頻度は、水の使用が控えらる休日に比べ水の使用が増える平日に生じる回数が多いことも分かる。

受水槽水道では建物内で水の使用があると、受水槽内の水面が低下していき、ある一定の水面に達したときに地階の水槽より受水槽に水が供給される仕組みとなっており、水面がある程度の幅を上下していることが圧力水頭の変動の原因として考えられた。

また、この仕組みを利用して圧力水頭の変動幅に受水槽の断面積を乗じることで、圧力水頭が低下時間内の建物全体での水の使用量を把握する可能性が示された。

図3、図4のECの変化をみると、蛇口をひねったときに見られる小刻みの変動と図4の18:00以降に見られる大きな変動の2種類に分けられる。前者は、管内に流速が生じているときだけに低下し、流れがなくなると元に戻ることから、水の流れによる電磁誘導が原因でECセンサーからの出力が変動したのと考えられた。大きな変動は、瞬間的に通常時の2倍程度の値を示しており、管内の流れにも連動していなかったことから、水質に何らかの異常が生じたのではないかと推定されたが、その原因は不明である。

5. まとめ

蛇口付近において流量計、圧力計、電気伝導度センサーを組み合わせた装置を試作し、受水槽水道において出力の変動パターンを調べた。圧力水頭の変動を検出することにより、建物全体の水の使用量を推定できる可能性が示唆された。また、ECの大幅な増加（通常時の2倍程度）が検出され、ECの監視により、何らかの水質異常を検出できる可能性が示唆された。損失水頭係数を利用することで水理学的異常の検出の可能性について検討を行ったが、通常の水道利用では検出が困難であると判断された。今後の検討課題である。

6. 謝辞

研究の遂行にあたっては、平成14年及び平成15年度の厚生労働科学研究費の助成を受けた。