

建物内の給水システムの異常検出方法の開発

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○蘇武 政文
 武蔵工業大学大学院 学生会員 石原 健太
 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では、管理が不十分な水槽内での水質悪化や管の経年劣化などに起因する水質異常に加え、漏水や逆流などの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、まだ十分ではない。本研究では集合住宅の各戸の水道メーター付近に、流量計、圧力計、ORP（酸化還元電位）計、EC（電気伝導度）計を設置し、これらのセンサーによって受水槽以降の給水システムの異常を速やかに検出し、水道利用者に警報を発するシステムの構築を目的とする。本論では、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や水量異常の検出の可能性について報告する。

2. 実験装置と実験方法

図1に示すように、本学5階建て建物（受水槽式）の1階と2階の蛇口付近に流量計、圧力計、ORP計、EC計を設置し、蛇口の使用に伴う流量、圧力、ORP、ECの変化が同時に測定できるシステムを構築した。各検出器からのデータは、1～10Hz程度でAD変換され、連続的にパソコンに取り入れられるものとした。

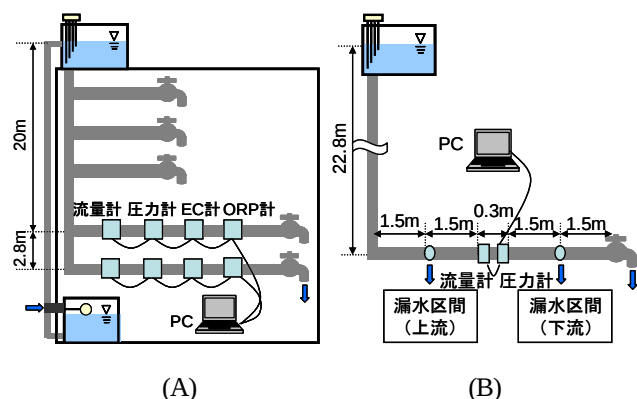


図1 実験装置 (A):建物における実験装置の位置、

(B):漏水を起こしたときの実験装置

実験は、以下の2テーマについて実施した。

i) 平日と休日における各センサーからの出力の1日の経時変化の測定。

ii) 圧力計および流量計からの出力から、漏水を検出する可能性の検討。

ii) はセンサーの上流側及び下流側の位置において、穴（直径：2.0, 1.0mm）を開けることによって意図的に漏水を発生させ、水を流し続けた状態における流量計および圧力計からの出力を用いて、受水槽から蛇口までの管路における摩擦等のエネルギー損失に関わる、損失水頭係数 λ を計算した。なお、損失水頭係数 λ は、ダルシーワイズバッハ式を変形した式(1)により定義され、管長、管径、摩擦損失係数などの管固有の値の関数であり、損失水頭係数 λ は一定値を示すと考えられた。

$$h_l = \lambda Q^2 \quad (1)$$

(但し λ : 損失水頭係数, h_l : 損失水頭, Q : 流量)

3. 実験結果

図2、図3に休日と平日の各水頭、EC、ORPの1日の経時変化を示した。ECは平日、休日ともに大きな変化がなくほぼ一定値で推移している。一方、ORPは蛇口を使用していない間に値が低下する傾向を示した。これは、管内で水が滞り、残留塩素濃度が低下することにより生じたものと考えられる。平日のORPで急上昇しているところが2ヶ所あるが、これは蛇口を開けたとき（0.1m³/hで5秒程度）に残留塩素濃度が高い水が流入したことによるものである。

1階と2階の圧力水頭はともに、徐々に低下していった後、急に元にもどる現象を見せている。これは建物内での水の利用により、高架水槽内の水位が低下し、ある水面に達したときに水が補給されて、水槽内水位が変動することによるものである。また、1階と2階の圧力水頭の差は圧力計の設置高さの差（2.8m）に一致した。一方、速度水頭の変化は、圧力水頭の変化にくらべ著しく小さく、蛇口全開時（流量：0.9m³/h）においても0.4m程度しか示さなかった。これは、受水槽から蛇口までの管路における摩擦損失が、大きく影響していることが原因として考えられた。

キーワード 給水システム、水質、漏水、電気伝導度、酸化還元電位、摩擦損失

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)

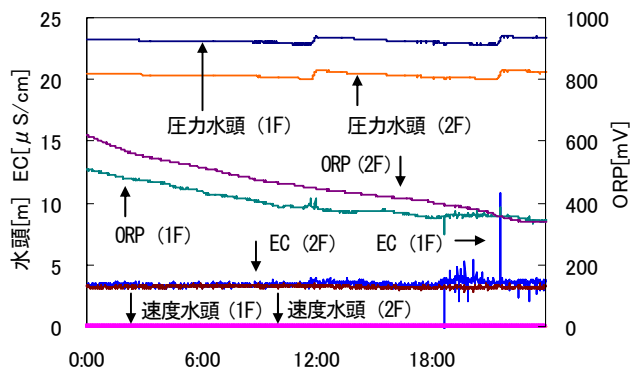


図2 休日における速度・圧力水頭, EC, ORP の経時変化

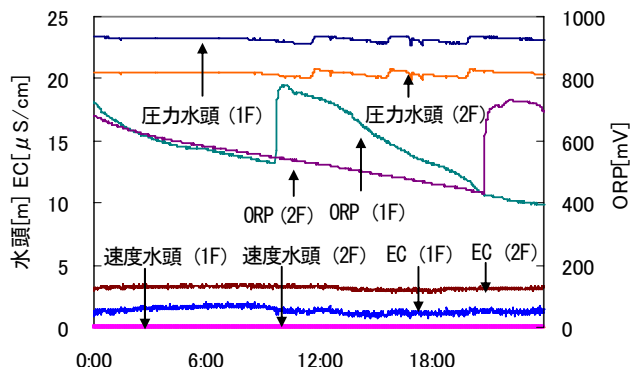


図3 休日における速度・圧力水頭, EC, ORP の経時変化

図4に、漏水実験における蛇口からの流量と漏水量の関係を示した。また、図5に上流側に漏水を発生させたときの損失水頭係数 λ と流量の関係を、図6に下流側に漏水を発生させたときの損失水頭係数 λ と流量の関係を示した。漏水の無い状態での損失水頭係数は、 $0.3\text{m}^3/\text{h}$ 以上になると一定値を示すことがわかる。また、上流側に2.0mmと1.0mmの穴を設けた管の損失水頭係数は、漏水のない状態と比べて大きな値をとり、下流側に漏水がある場合は、漏水の無い状態での損失水頭係数 λ とほぼ等しくなっていることがわかる。

そして、図7に上流側に漏水を発生させたときに測定された流量と漏水量の和から求めた流量と損失水頭係数 λ の関係を示した。上流側での漏水条件の値は、漏水の無い条件の値にほぼ一致しており、漏水に伴う損失水頭係数 λ の変化は、測定区間での流量と蛇口における流量の差に起因していることがわかる。下流側に漏水がある場合は、測定された流量に漏水量を含んでいるため、流量の低下を検出することができず、また漏水による圧力の低下も小さいため、損失水頭係数 λ は、漏水のない条件の値にほぼ一致したのではないかと考えられた。つまり、下流側での漏水の検出は難しいと言える。

以上より、蛇口において、流量と圧力を監視することで、流量計と圧力計より上流側の漏水検出が可能であることが示唆された。

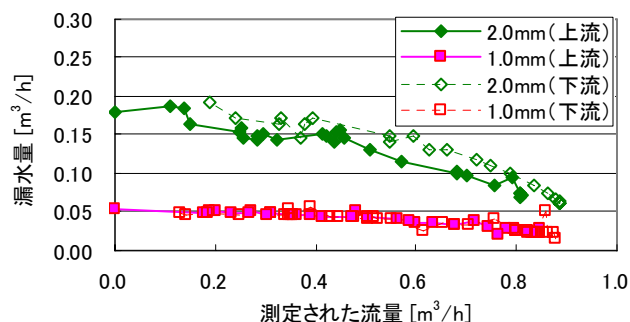
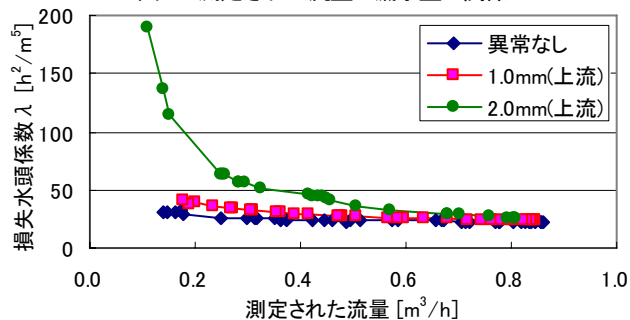
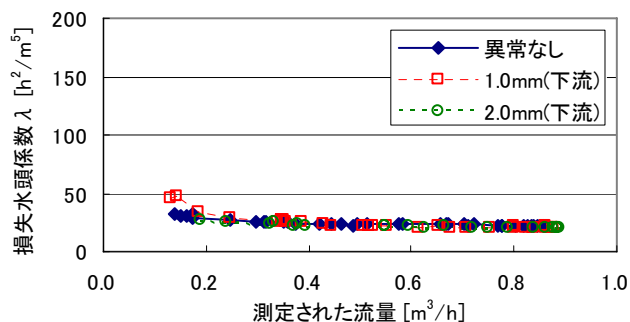
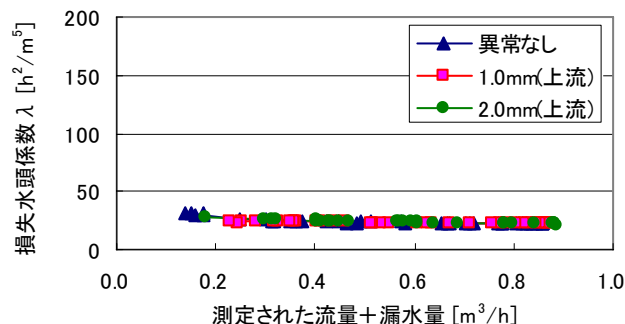


図4 測定された流量と漏水量の関係

図5 流量と損失水頭係数 λ の関係（上流に穴がある場合）図6 流量と損失水頭係数 λ の関係（下流に穴がある場合）図7 漏水量を加えた流量と損失水頭係数 λ の関係

4. まとめ

受水槽式の建物において、流量計、圧力計、EC計、ORP計を組み合わせた装置を1階と2階に設置し、出力の変動パターンを調べた。ECは大幅な変化をしないが、ORPは少量の水の流れによる水質変化に敏感に反応した。

また、管内の損失水頭係数を監視することにより、流量計と圧力計より上流側の漏水を検出する可能性が示唆された。

謝辞：研究の遂行にあたっては、平成16年度の厚生労働科学研究費の助成を受けた。