

## サイフォン型漏刻システムに関する水理実験と簡易水理モデル解析の比較

京都大学 フェロー会員 細田 尚  
 建設技術研究所 非会員 宗 暘  
 京都大学 正会員 ○小森 直人

## 1. はじめに

漏刻システムは流水型とサイフォン型に大別される．本研究では，図-1 に示したようなサイフォン型漏刻システムを対象として，単純な水理実験を行うとともに，簡易水理モデルを用いた解析結果と比較することにより水理モデルの再現性について検討した．

## 2. 水理実験の概要

今回水理実験で使用したサイフォン型漏刻は，図-1 に示したように，サイフォンを持つ水槽と，最下段で水を受ける受水槽から成り立っている．使用した水槽は，内径 0.0626(m)，体積 1 (l)の円筒形メスシリンダーであり，管路は内径 2(mm)，長さ 0.995(m)の金属製円管である．最上段の水槽水位が下降し定められた水位に達した時，水位が初期水位に戻るよう一定体積の水を間欠的に供給した．水槽水位の時間変化を録画して実験後に読み取った．初期水位 $H_{10}$ を 0.527(m)， $H_{20}$ を 0.265(m)， $\Delta Z_1$ を 0.206(m)の場合の水位時間変化を図-2 に示す．図-2 の縦軸は受水槽底面からの水位である．

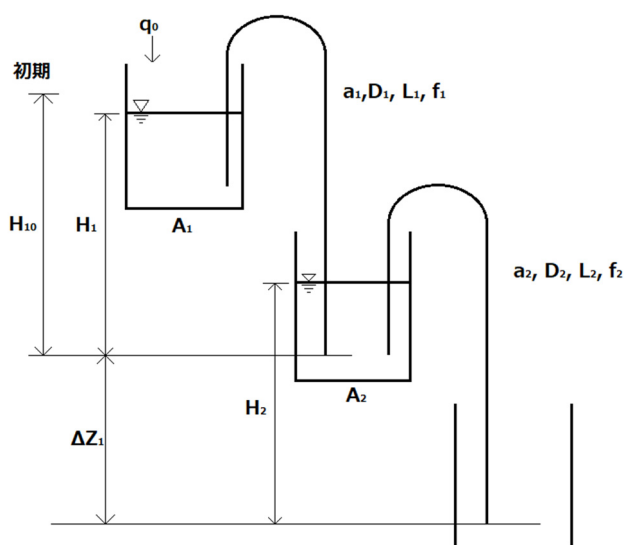


図-1 サイフォン型漏刻の概念図

## 3. サイフォン型漏刻の簡易水理モデル

簡易水理モデルの基礎式として，一次元の連続式と運動方程式の慣性項を考慮したエネルギーの関係式を用いる．図-1 に示した二つの水槽を有するサイフォン型漏刻に対する基礎式は以下ようになる<sup>1)</sup>．

連続式

$$(一槽目) \quad A_1 \frac{dH_1}{dt} = -a_1 v_1 + q_0 \quad (1)$$

$$(二槽目) \quad A_2 \frac{dH_2}{dt} = a_1 v_1 - a_2 v_2 \quad (2)$$

エネルギーの関係式

$$(一槽目) \quad H_1 - (H_2 - \Delta Z_1) = \frac{L_1}{g} \frac{dv_1}{dt} + f \frac{L_1}{D_1} \frac{v_1^2}{2g} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} \quad (3)$$

$$(二槽目) \quad H_2 = \frac{L_2}{g} \frac{dv_2}{dt} + f \frac{L_2}{D_2} \frac{v_2^2}{2g} + \alpha \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

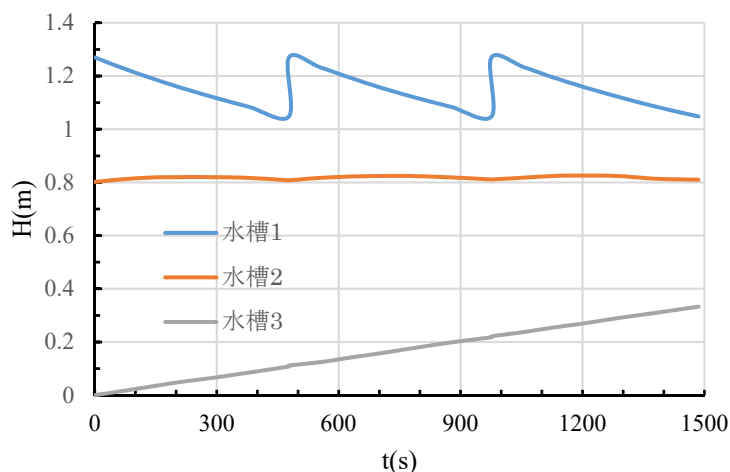


図-2 受水槽底面からの水位の時間変化

キーワード 漏刻，管路非定常流，常微分方程式

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3 号棟

Tel. 075-383-3266 E-mail: hosoda.takashi.4w@kyoto-u.ac.jp

京都大学工学研究科都市社会工学専攻

ここに、 $H_1, A_1$ は第一水槽の水面から管口までの距離と水槽断面積、 $v_1$ は管路内の流れの平均流速、 $a_1, L_1$ および $D_1$ はそれぞれサイフォン管路の断面積、長さおよび内径である。下添え字2は第二水槽の諸量を示す。エネルギー係数 $\alpha$ は乱流状態を仮定して1とした。また、形状損失は無視している。

Reynolds 数が平均的に1500程度だったので、摩擦損失係数を $f=0.03$ として数値計算を行った。基礎式の時間積分には単純な前進差分を適用している。ただし、流速ゼロから始まる計算開始の後1ステップ目の水位の計算には式(5)、(6)に式(7)、(8)を代入して得られる関係式を用いた。

$$\text{(一槽目)} \quad H_{10} - (H_{20} - \Delta Z_1) = \frac{L_1}{g} \frac{dv_1}{dt} = -\frac{L_1}{g} \frac{A_1}{a_1} \frac{d^2 H_1}{dt^2} \quad (5)$$

$$\text{(二槽目)} \quad H_{20} = \frac{L_2}{g} \frac{dv_2}{dt} \quad (6)$$

$$\text{(一槽目)} \quad H_1 = H_{10} + \alpha_{12} t^2 \quad (7)$$

$$\text{(二槽目)} \quad H_2 = H_{20} + \alpha_{22} t^2 \quad (8)$$

図-3に水槽水位の時間変化に関する計算結果と実験結果の比較を三周期分示した。両者はよく一致している。また、本実験条件の場合、第二水槽において第一水槽で発生する間欠的な水面振動が十分に減衰しており、受水槽の水位は時間に比例して増加していることが分かる。

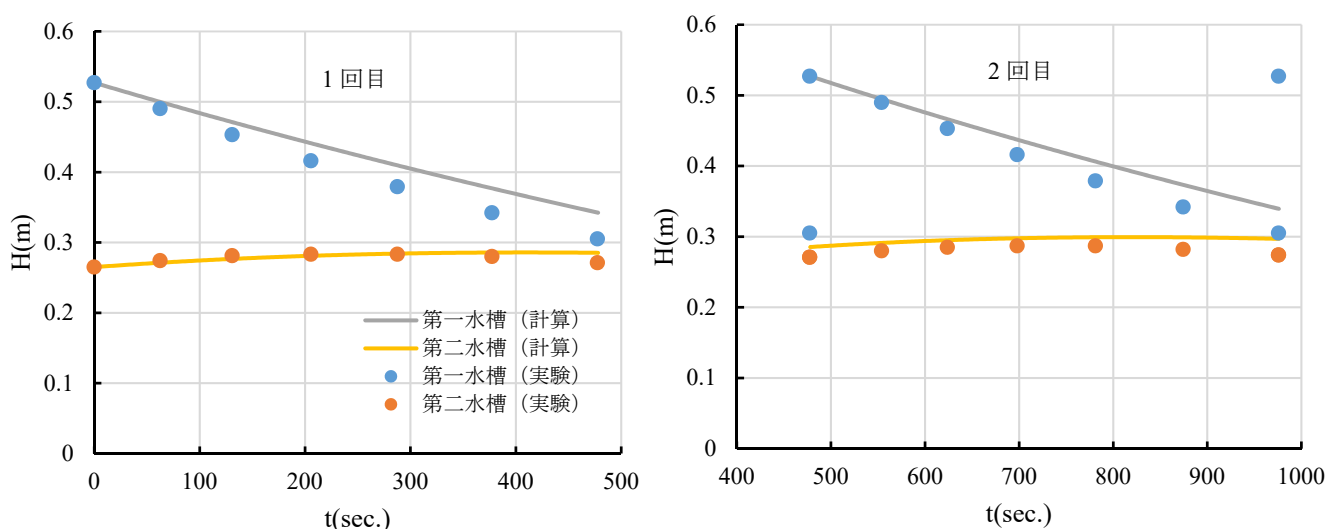


図-3 水位の時間変化に関する実験と数値計算の比較

#### 4. おわりに

本研究ではサイフォン型漏刻に関する水理実験の概要とその結果を示すと同時に、実験条件に合わせて行われた簡易水理モデルを用いた数値計算結果との比較を示した。

今後、水理解析モデルの理論解析を行うことで基礎式の解析解あるいは近似解を導き、広範な水理条件下での水槽水位の時間変化とその振幅の下段への減衰過程など、サイフォン型漏刻の基本特性と水理条件の関係を明らかにしたいと考えている。

[参考文献] 1) 岩佐義朗, 水理学, 朝倉書店, 1967.

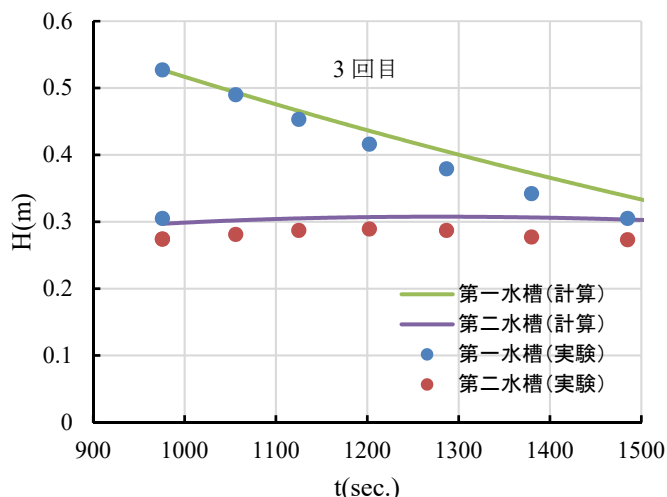


図-3 の続き