

II-130 真空式下水道システムの実験的研究(3) — 流入水量、気液比と管内流速について —

東京理科大学 柏谷 衛 (正) ○大峯 秀一 (学)
日立プラント建設(株) 白井 正明 (正) 佐藤 昌之 (正)

1.はじめに 筆者らはすでに実験的研究(1)として気液比と圧力損失との関係¹⁾、および実験的研究(2)として流入水量と気液比をパラメータとした管内流速²⁾について報告した。このシステムの特徴はリフトと呼ばれるのこぎり刃状の上り段差がある間隔で設置することにより、真空弁の開放の際に管内に空気を引き込み間欠的な気液混相流をつくりだし、汚水を効率よく搬送するものである。本報告では、管内を流下する気体および液体の速度を実測した結果を用いて、それぞれの流速の特徴を考察したものである。

2.実験装置・実験方法および実験条件 実験装置のプロフィールと測定項目をそれぞれ図1、表1に示す。真空弁付き汚水ますは1基とし、途中流入による影響をなくした。この真空弁の吸入ではタイマー設定の時間内でまず汚水を吸入し、次いで空気を吸入する方法をとっている。

実験では清水を用い、この清水の一定量を連続的に真空弁付き汚水ますへ送水することにより行った。管内の気体流速は圧力伝送器の圧力差の測定により行なった。測定は区間2および区間3で流入水量が小さい時間帯に行った。各送水量ごとにシステムの運転が定常的になった時（気液比がほぼ一定）に5枚の布切れを真空弁付き汚水ますへ

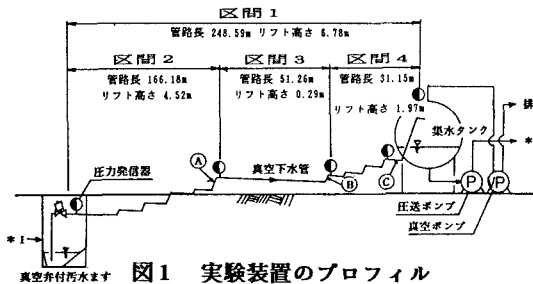


表1 測定項目

測定項目
真空弁ON-OFF
真空弁吐出側圧力
真空管路内圧力
集水タンク内圧力
集水タンク内水位
真空ポンプ揚水量
真空ポンプON-OFF
圧送ポンプON-OFF

同時に投入した。そして、圧送ポンプの運転を停止した状態で図1のA、B、C地点を通過するまでの時間をそれぞれ実測した。管内流速はシステム内の水の流れが間欠的で実測結果のばらつきが大きいので、実測結果の中間値を用いて計算した。本実験では、真空弁の開放時間を約5.5、7.0、8.0秒、一定に保たれた集水タンク内の圧力（以下、設定圧力といい、設定した圧力の $\pm 0.1\text{mAq}$ の範囲でON-OFF制御した）を $-6.0 \sim -8.0\text{mAq}$ （ $-441 \sim -589\text{mmHg}$ ）、流入水量を $20 \sim 240\text{ l/分}$ の範囲で変化させた。

3.管内を通過する空気の流速 本システムは間欠的な気液混相流となるので、水の流れと同様に空気の流れも重要な要素であり、圧力の伝播速度を空気の流速と考えた。測定を行うことのできた区間2での空気流速は $7 \sim 38\text{ m/秒}$ 、区間3での空気流速は $8 \sim 27\text{ m/秒}$ であった。このように真空弁の開放の際に空気が引き込まれるので瞬間的にはかなり大きな流速であった。管内の空気の流れは静止している時と移動している時とに分かれる。流入水量が 20 l/分 において、設定圧力が -7.0mAq では全時間の約 $1/4$ 、 -6.5mAq では約 $1/3$ で空気の移動が認められた。

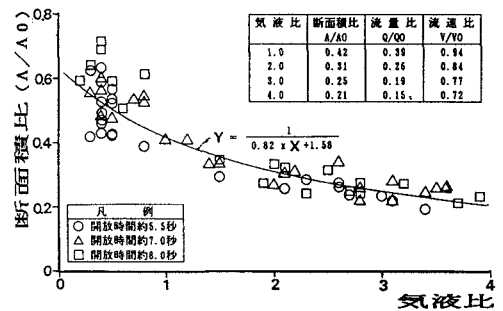


図2 気液比と断面積比との関係

表2 区間1を基準としたときの
それぞれの区間での流速比

気液比	区間1	区間2	区間3	区間4
0 ~ 1	1.00	1.07	0.79	1.14
1 ~ 2	1.00	1.01	0.91	1.40
2 ~ 3	1.00	1.05	0.82	1.15
3 ~ 4	1.00	1.13	0.75	1.29

4. 管内を通過する水の流速 水理特性曲線では任意の水深における流量、流速を基準水深における値との比で表した曲線であるので、任意の断面積と基準断面積における比（以下、 A/A_0 という）に変形できる。図2より気液比と A/A_0 の間には高い相関があり、真空弁の開放時間の影響は認められなかった。このことから、図2の回帰式を用いて流速を計算した。図2にはそれぞれの断面積比に対する流量比および流速比を表として示した。ただし、気液比が大きくなると真空ポンプの運転頻度が高くなり効率的とは言えないので、気液比が4より大きいものは削除した。

表2に区間1を基準としたときの各々の区間での流速の比を示す。流速は区間2では1～13%大きく、区間3では9～25%小さく、区間4では14～40%大きくなった。各区間のリフトの数を100m当りの個数に換算すると、区間1では6.8個、区間2では7.2個、区間3では2.0個、区間4では12.8個である。すなわち100m当りのリフトの個数が多いほど管内流速は大きくなっている。その理由として、気液混相流が形成されるリフト部で流速が発生することになるので、リフトの数が多いほど平均流速は大きくなったと考えられる。

図3に流入水量と管内流速との関係を示す。図中の直線は気液比が0, 1, 2, 3, 4のそれぞれの計算値である。実験結果を気液比0～1, 1～2, 2～3, 3～4に分類して区間別にプロットした。図3より全ての区間に共通していることは、同一流入水量では気液比が大きいくほど管内流速が大きくなり、また同一気液比では流入水量が多いほど管内流速が大きくなる傾向がある。実測値/計算値は区間1で0～7%大きく、区間2で6～15%大きく、区間3で12～24%小さく、区間4で13～32%大きくなった。

実測値が計算値よりも大きくなる区間と小さくなる区間があるのは、リフトの数が影響していると考えられる。区間1と区間2とは実測値と計算値とが比較的合致していた。すなわち、100m当りのリフトの数が7個の時比較的良好に合い、それよりリフトの数が少ないと小さくなり、リフトの数が多くいと大きくなると考えられる。

5. まとめ

1. 空気の流速は区間2では7～38m/秒、区間3では8～27m/秒であった。
2. 流速はリフトの所で生じ、100m当りのリフトの数が多くいほど流速は大きくなった。
3. 100m当りのリフトの数が7個の時実測値と計算値がよく合い、それよりリフトの数が少ないと小さく、多いと大きくなると考えられる。

<参考文献>1), 2) : 真空式下水道システムの実験的研究(1), (2) : 第28回下水道研究発表会講演集, (1991)

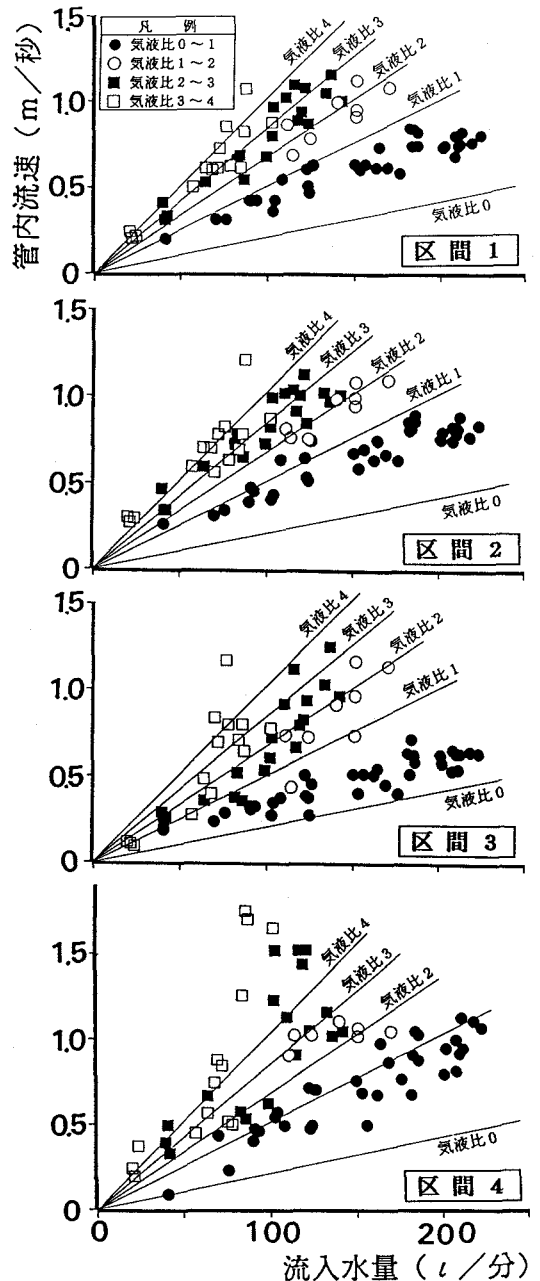


図3 流入水量と管内流速との関係