

N-12 真空式下水道システムにおける真空弁の吸引方式の検討(2)

—気液同時吸引型真空弁での汚水と空気の吸い込み—

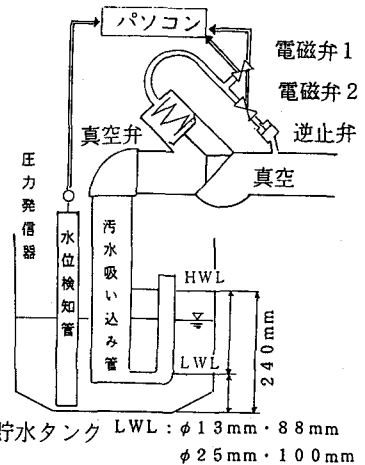
東京理科大学 柏谷 衛 内木 雅丈 ○保科 昭久
日立プラント建設(株) 国井 光男 佐藤 昌之

1. はじめに

真空式下水道システムにおける真空弁の吸引方式の検討(1)では、真空弁を「気液分離吸引式」で操作した場合について述べた。本文では真空弁を「気液同時吸引式」で操作した場合について述べる。気液同時吸引式では吸気管付吸込管が必要である。本実験では内径13mm(断面積132.7mm²)、25mm(断面積490.9mm²)の吸気管をそれぞれ取り付けた吸込管を用意し、真空弁の開閉とその開放時間をパソコンとそれに接続した2個の電磁弁で制御した。なお実験装置、設定条件などは、「真空式下水道システムにおける吸引方式の検討(1)」と同様である。

2. 気液同時吸引型真空弁での水と空気の吸い込みパターン

気液同時吸引型真空弁ユニットの断面を図1に示す。吸気管の内径13mm、25mm(以下単にφ13、φ25という)の2種類について、電磁弁と真空弁の開閉、真空弁吐出側圧力(以下単に吐出側圧力という)の真空弁開放時の経時変化を図2に模式的に示す。図1



貯水タンク LWL: φ13mm・88mm

φ25mm・100mm

図1 気液同時吸引型真空弁ユニット

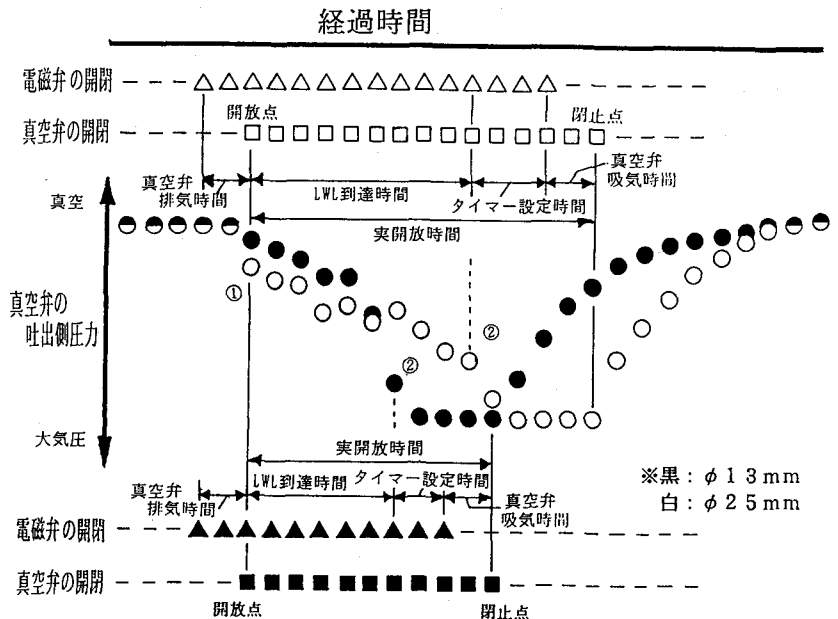


図2 気液同時吸引型真空弁（吸気管内径13mm、25mm）での電磁弁、真空弁及び真空弁吐出側圧力の経時変化

空気を取り込み始めるた

め吐出側圧力は大気圧に近づく。この結果、 $\phi 13$ の吐出側圧力が $\phi 25$ の吐出側圧力を上回るためこの両線は交差する。タイマーの設定時間が終了すると電磁弁1が開放、電磁弁2が閉止し、その約1.5秒後に真空弁が完全に閉止し吐出側圧力は低下していく。この点が閉止点である。開放点から閉止点までの時間が実開放時間である。実開放時間は $\phi 13$ よりも $\phi 25$ の方が長い。

3. 真空弁吐出側圧力と汚水吸込み時間

図3に流入水量 40 l/分で気液同時吸引型真空弁（吸気管 $\phi 13$ および $\phi 25$ 付）と気液分離吸引型真空弁を使用した場合の吐出側圧力と汚水吸込み時間の関係を示す。汚水吸込み時間は、汚水が HWL から LWL に到達するまでの時間としている。気液同時吸引型、気液分離吸引型にかかわらず吐出側圧力が上昇（大気圧に近づく）すると汚水吸込み時間は長くなる。同じ吐出側圧力で汚水吸込み時間は、気液分離吸引型、気液同時吸引型 $\phi 13$ 、同 $\phi 25$ の順で短縮した。吸気管を設置すると LWL に達するまでに汚水と空気を同時に吸入するので吸気管の内径が大きいほど吸入する空気量が増加する。そのため単位時間当たりに吸込む水の量が減少し汚水吸込み時間が増加する。例えば吐出側圧力 -4.0 ~ -5.0 mAq での気液同時吸引型 $\phi 25$ 、 $\phi 13$ および気液分離吸引型それぞれの汚水吸込み時間は約4秒、約3秒および約2.5秒となった。図2に示した開放点①から始まる吐出側圧力の上昇が $\phi 13$ より $\phi 25$ が大きいのは吸気管より吸入される空気量が多いためである。気液同時吸引型 $\phi 25$ 、 $\phi 13$ 、気液分離吸引型ともに吐出側圧力が約 -3.0 mAq に近づくと汚水吸込み時間は急に上昇した。流入水量 40 l/分では、気液同時吸引型、気液分離吸引型ともに吐出側圧力が -2.5 mAq まで上昇すると汚水吸込み時間が非常に長くなり汚水搬送が難しくなる。流入水量 80、120 l/分についても類似の傾向が認められている。

4. タイマー設定時間と実開放時間

流入水量 40 l/分についてのタイマー設定時間と実開放時間の関係を設定圧力 -6.5、-7.0 mAq について図4、図5にそれぞれ示す。図4から、 $\phi 25$ は流入水量のいずれの場合にでも、タイマー設定時間が0、1、2秒の順で実開放時間が短縮している。しかし $\phi 25$ ではタイマー設定時間が0秒で気液比は2.0以上であった。これに対し $\phi 13$ では、流入水量 40 l/分については、タイマー設定時間0秒のときに実開放時間が最も長く、その気液比は1.3であった。タイマー設定時間1秒になると実開放時間は同0秒時の約2/3となり、

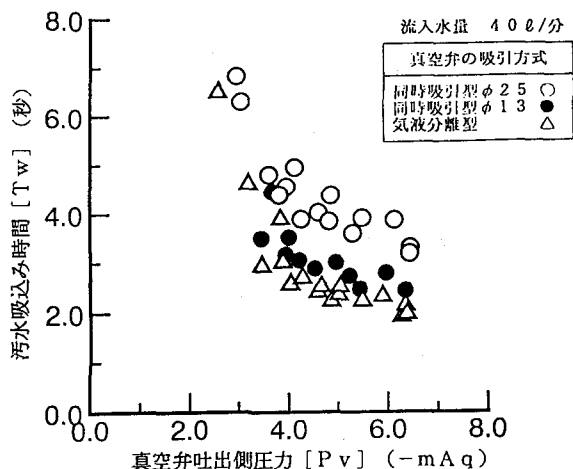


図3 真空弁吐出側圧力と汚水吸込み時間の関係

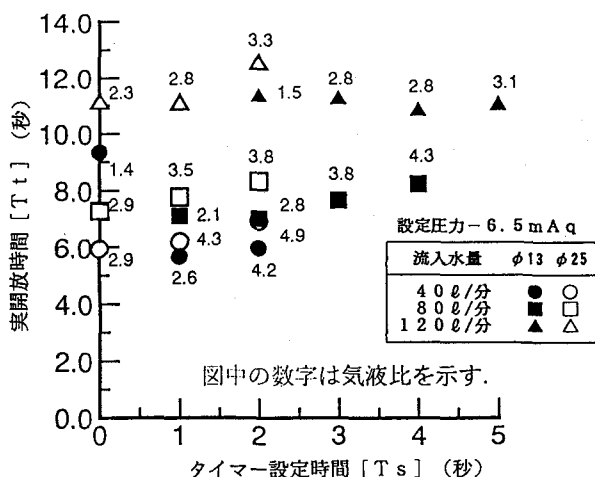


図4 タイマー設定時間と実開放時間の関係

気液比も 2.6 となった。タイマー設定時間 2 秒では同 1 秒よりも実開放時間がやや増加し気液比も 4.2 となった。流入水量 80 ℓ/分でのタイマー設定時間 0 秒、流入水量 120 ℓ/分での、タイマー設定時間 0 秒および 1 秒における汚水搬送は不可能であった。図 5 のように、設定圧力 -7.0mAq とすると吐出側圧力は同 -6.5mAq よりも低くなった。図 4 と比較して φ25、φ13 とともに実開放時間は短縮することができた。φ13 で流入水量 40 ℓ/分、タイマー設定時間 0 秒の場合には実開放時間は約 5 秒短縮できた。φ13 で流入水量 80、120 ℓ/分の場合にもタイマー設定時間 0 秒で気液比 2.0 以下ながら汚水搬送が可能であった。φ25 ではいずれの流入水量でも気液比は設定圧力 -6.5mAq の時とほとんど変わらなかった（気液比 2.3～4.8）。設定圧力が -8.0mAq では、より安定した汚水搬送を行えた。

5. 気液比と平均搬送流速

図 6 に気液比と平均搬送流速の関係を設定圧力 -7.0mAq について示す。同設定圧力では平均搬送流速は 0.25～0.95 m/秒であった。φ13、φ25 とともに、流入水量が大きいほど平均搬送流速も大きい。同一の設定圧力および同一の流入水量では φ25 が φ13 に比べて気液比が高くなり、平均搬送流速もやや大きくなった。φ25 と φ13 を合わせて流入水量ごとに回帰した結果、相関係数は流入水量が 40 ℓ/分で 0.937、80 ℓ/分で 0.966、120 ℓ/分で 0.863 であった。気液比が同じならば流入水量ごとに平均搬送流速はほぼ等しい。つまり吸気管の内径に関係無く、平均搬送流速は流入水量ごとに気液比に比例していた。以上のことは汚水を搬送可能な設定圧力であれば同様な傾向が得られた。

6. まとめ

- ・真空弁の開放時における実開放時間は、気液同時吸引型が気液分離吸引型真空弁よりも 0.5～2.0 秒長くなった。また気液同時吸引型の場合、吸気管の内径が大きいほど長くなる。
- ・気液分離吸引型真空弁で搬送できなかった設定圧力 -6.0mAq、流入水量 120 ℓ/分のケースでも、気液同時吸引型真空弁（φ25）では、十分な気液比で汚水が搬送できた。
- ・気液同時吸引型真空弁で、吸気管の内径、設定圧力および流入水量などの条件に応じたタイマー設定時間を定めることによって安定した汚水搬送が行えることを確認した。
- ・吸気管 φ13、φ25 で気液比が同じならば平均搬送流速はほとんど等しくなった。

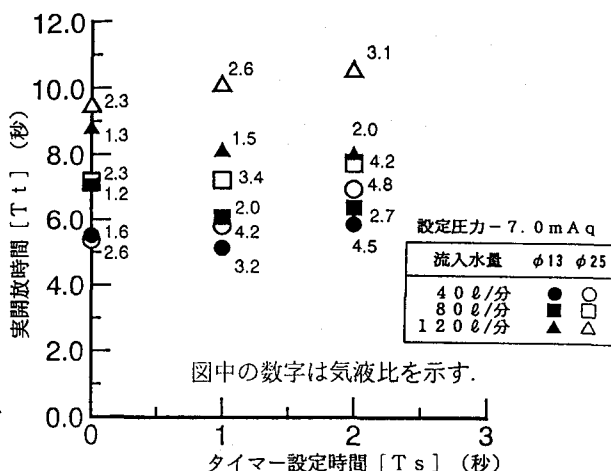


図5 タイマー設定時間と実開放時間の関係

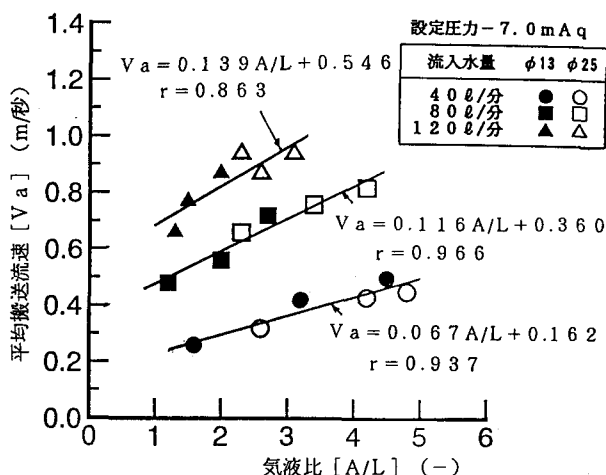


図6 気液比と平均搬送流速の関係