

II-381

真空式下水道システムの適用について

関東学院大学 学生員 ○古郡 庸由
同 正 員 内藤 幸穂

1、はじめに

日本の下水道の普及率は大都市で 8割を越えているにも拘わらず、全国平均は 4割弱である。つまり、一般に地方都市、農山村部等の地域では下水道の普及率は低いと言える。このことから、今後の下水道整備は地方都市、農山村部において進むものと思われる。

現在、日本における下水道は、もともと大都市に於いて発達したものであるから、条件の異なる地方部への導入には問題がある。一般に地方部では、人口密度が低く処理人口も少ない。このような地域では、下水道の建設費のうち、7割を占めるといわれる管渠の付設費や、処理場の建設費及び維持管理費が割高になる傾向がある。したがって、こうした地域で下水道整備を行うには、効率の良いシステムを新たに検討する必要がある。この代替案として我々は、工事の多寡からみた真空式下水道システムの導入の可能性を考えてみる。

2、真空式下水道システムの概要と特徴

真空式下水道システムとは、真空ポンプによって下水本管の真空度を $-6\text{m} \sim -7\text{m}$ に保持し、下水本管中の真空圧と外部の高い大気圧との圧力差によって下水を輸送するシステムである。

このシステムでは、図1で示すように家庭からの汚水は、初めは自然流下で真空弁付汚水ますに集められる。ある一定量の汚水が真空弁付汚水ます(図3参照)に溜まると真空弁が解放され、真空下水管と大気圧との圧力差により、溜まっていた汚水は真空下水管に吸い込まれる。真空弁は汚水を吸い込み終わっても一定時間、開き続け、ある量の空気を吸い込んだ後閉じる。真空下水管に吸い込まれた汚水は、後方の膨張する空気に押されて、混相流となり真空ポンプのある集水基地へ運ばれる。真空ポンプは真空下水管中の真空度がある一定値まで低下すると作動を開始し、真空度が回復すると運転を停止する。集水基地に、ある一定量の汚水が溜まると、汚水ポンプなどの搬送用装置によって処理施設へ送られる。真空下水管には口径 75mm~250mm位までの塩化ビニール管、又はポリエチレン管の小口径の管が用いられ、下り勾配の所では地形と平行に、平坦及び、上り勾配の所ではリフトと呼ばれる上り段差を持ち、鋸の刃状に敷設される。

真空式の特徴は次の通りである。

①小口径の管を用い、埋設深さを浅くでき、ある程度の上り勾配でも適用可能である。又、建設工事が容易であり、建設期間も短く、建設費が削減される。②汚水量が少ないため、下水処理施設はコンパクトになり、処理場の建設費、維持管理費が削減される。③真空弁の開閉に電力を必要としないので、真空ポンプ場のみに電力を供給すればよい。④真空下水管中は、一定の真空度に保たれているため、下水管からの汚水漏れがない。

以上の点が、真空式の優位性のある特徴であるが、さらに真空搬送の際に発生する乱流による固形物の破碎や、ある程度の好気性搬送等が期待できるとと思われる。

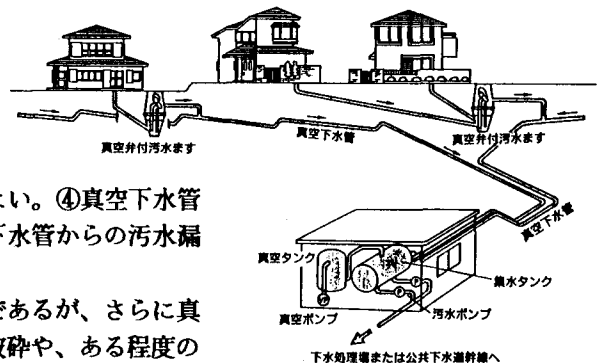


図1 真空式下水搬送収集システム

3、シュミレーションモデルを用いた比較

一般的に小規模下水道では、従来の自然流下式下水道よりも真空式下水道の方が経済的に有利となることが容易に想像できる。そこで今回は、排水面積 5.372haで人口が密集したモデルケースを想定し（平面図は図 2参照）真空式下水道にとって不利な場合を考えてみた。

モデルケースの管路の総延長は自然流下式下水道で 1286m、真空式下水道では 1364mである。地盤の勾配は、上りと下りを各々 30% 勾配とし、それに平坦を加えて 3通りとした。比較する内容については付設工事等の積算は不確定な要素が多すぎるので、一般的に最も費用のかかるといわれる管の埋設に注目し、掘削量を算出してみた。その結果が表 1である。真空式下水道では自然流下式下水道と比べ、上り下り、平坦でも掘削量はほぼ変わらない。この結果、真空式下水道は自然流下式下水道より上り勾配で 4.52 倍、平坦で 3.42 倍、下り勾配でも 1.17 倍有利となっている。平坦な地形では、掘削量の差が上り勾配の地形よりも少ないが、リフトが少なく真空ポンプ場も 2箇所ですでに十分搬送できる。したがって、集水基地や維持管理費等を考慮しても、ある程度費用効果があると考えられる。

次に上り勾配の地形では、自然流下式の掘削量が増加するので、平坦地よりも掘削量について、真空式下水道の自然流下式下水道に対する優位性が高くなる。しかし、1つの集水基地で負担可能な損失水頭は-6.0m 程度であり、汚水ますの弁開閉に-1.5 m程度必要なので、総損失水頭は-4.5 m程度に押さえる必要があるが、上り勾配ではリフト数が多くなり、損失水頭がその分増加する。したがって、集水基地の数を平坦地のモデルと同じにすると総損失水頭が -4.5mより高くなってしまふ。このため、集水基地を増設しなければならなくなり、平坦の場合よりも、管の埋設以外の設備費や維持費が割高になるため、それほど真空式下水道の優位性は高くないと考えられる。

下り勾配の地形では、真空式下水道よりも自然流下式下水道が適した地形である。ここに、真空式下水道を導入しても、逆に維持管理費を考慮すると、不利なように思われる。

従って、都市部に於いて真空式下水道システムの導入を考える場合は、前述の利点を考慮し、比較的平坦な地形に適用すべきである。

4、まとめ

真空式下水道システムでは、汚水量が多い人口が密集した地域では、摩擦損失水頭が高くなり最長延長が長く採れず、経済的であるとはいいいにくい。今回のケースでも、自然流下式と比べ掘削量で有利となったが、維持管理費等を考慮すると必ずしも経済的に有利であるとはいいいがたい。

しかし、汚水量の少ない小規模下水道においては、その特徴から、高い費用効果が期待できる。又、真空式下水道システムは、工期が短い上、軟弱地盤、地下水位の高い地区、地下埋設物の多い地区、狭い掘削しか出来ない地区等では、特に有利である。したがって、人口密集地に於いても、部分的に導入することにより、より経済的で合理的な下水道の整備が可能であると考えられる。

但し、今回は触れなかったが真空式下水道システムを導入するには、混相流の特性や使用する機器（非常時の設備等）、設計の概念といった点で問題が幾つかあり、これらの原因究明や対処にさらなる研究が必要である。

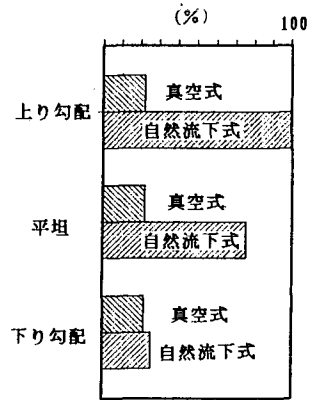


表1 掘削量 比較

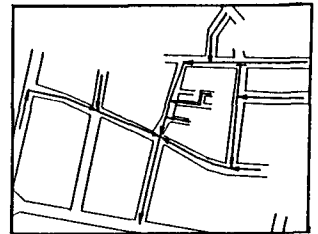


図2 モデル地区 平面図

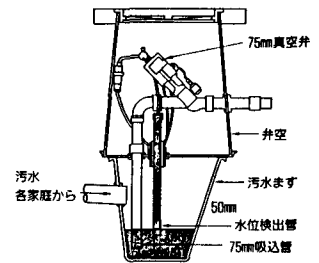


図3 真空弁付汚水ます