

真空式下水道技術マニュアル作成 に関する研究

1. 研究の目的

我国の下水道普及率は平成5年度末には49%を越え、今後の下水道整備の方向は、大都市から中都市さらには人口密度の比較的低い、また財政的規模の小さい市町村に移ってきた。

このような状況の中で、真空式下水道システムは従来型の自然流下式下水道に代わる新下水輸送システムと注目されているが、このシステムには三つの方式があり、真空式下水道システムを採用しようとする自治体にとっては、許可申請以前に方式を決定することには、大きな問題があった。

本研究は、このような問題を解決するため、各システムの計画設計上の主たる相違点のできる限りの統一化を図り、このシステムの技術マニュアルを作成することによって認可設計、さらに進んで実施基本設計まで自治体や設計コンサルタント等が、方式にとらわれずに独自で真空式下水道施設の設計を行えることを目的とする。

2. 研究体制

本研究は、本機構と下記の9企業との共同研究により実施した。

株式会社荏原製作所	株式会社クボタ
日立プラント建設株式会社	日立金属株式会社
株式会社INAX	石川島播磨重工業株式会社
株式会社西島製作所	積水化学工業株式会社

株式会社イセキ開発工機

3. 共同研究成果の概要

真空式下水道システムは、管路内に発生させた真空度と大気圧との差圧により汚水を空気と混合して搬送収集するシステムであり、図-1に示すように、

- ① 汚水と一定の割合の空気を吸引する真空弁ユニット
- ② 汚水と空気が混合された状態で搬送される真空下水管
- ③ 真空を発生させ、汚水の搬送媒体である空気を汚水発生源から吸引し、排出（圧送等）する中継ポンプ場

の3つの要素からなる。

3.1 真空式下水道の特徴

真空式下水道システムは、自然流下式下水道システムに対して次のような特徴がある。

真空式下水道システムの計画にあたっては、これらの特徴に十分留意する必要がある。

- ① 下水管の埋設深が浅く、土工費が削減できる。
- ② 下水管の管径が小さく、材料費及び布設費が削減できる。
- ③ 幅の狭い路地等での施工が容易である。
- ④ 工期の短縮が図れる。
- ⑤ 汚水の収集に必要な電力は中継ポンプ場だけに供給すればよく、停電対策も容易である。
- ⑥ 下水管内は真空になっているので、万一破損

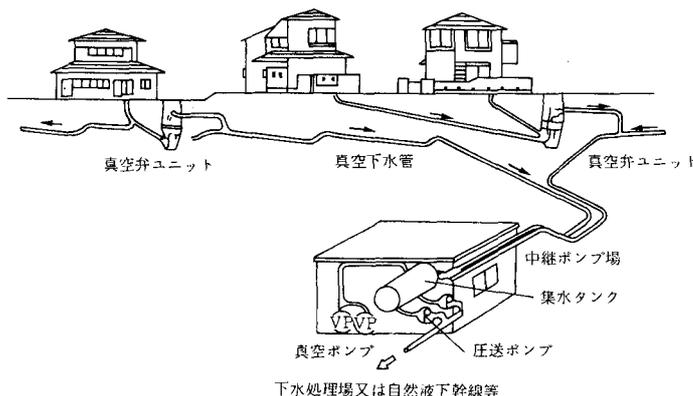


図-1 真空式下水道の構成

した場合でも汚水が外部に漏れにくい。

- ⑦ 下水管破損等異常発生箇所の発見が比較的容易である。
- ⑧ 汚水の搬送に使用できる圧力に限度がある。
- ⑨ 真空弁ユニット，中継ポンプ場などの維持管理が必要である。

表-1 計画設計上の相違点

項目	計画設計上の相違点
真空弁	吸引方式 呼び径
真空下水管	縦断形状 水理計算 管径
中継ポンプ場	システムの気液比 真空ポンプ設備の容量計算 真空ポンプの運転真空度 真空圧力発生装置 真空発生装置の容量計算 真空発生装置の運転圧力 圧送ポンプ設備 集水タンク

3.2 適用条件

真空式下水道がその特徴を十分発揮できる地域は、次のような地域である。

- ① 地形的・地理的条件，地盤，土質特性のため下水道整備が遅れているところ。
- ② 急激な人口増加により，設計流量以上の水量が発生し，管きょが流量不足になったところ。
- ③ 地下埋設物が輻輳しており，自然流下管の布設ができて建設費が多額となるところ。
- ④ リゾート地のような季節的人口変動の激しいところ。
- ⑤ 景観，自然保護のために掘削深を大きくとれないところ。
- ⑥ 初期投資を抑え，段階的な建設計画を立てるところ。
- ⑦ 下水道の早期供用開始を望むところ。
- ⑧ 人口密度の低いところ。
- ⑨ 合流式下水道を分流式にする必要のあるところ。

3.3 計画設計上のシステムの統一について

3方式の主たる計画設計上の相違点は，表-1に示すとおりである。

(1) 真空弁の吸引方式

空気の吸引方式は，同時吸引方式，分離吸引方式及び両者の併用方式がある。

吸引方式を図-2に示す。

(2) 真空弁の呼び径

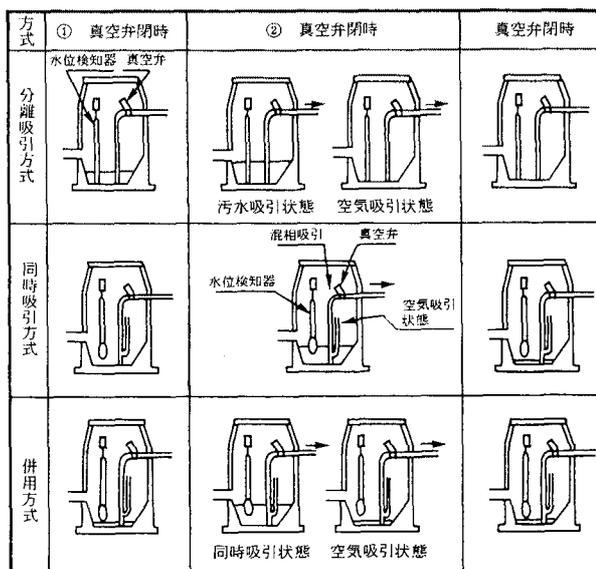


図-2 汚水吸引方式

一般に呼び径75mmの真空弁を用いる。

(3) 真空下水管の縦断形状

- ① 平たんまたは上りこう配の地形では0.2%以上の下りこう配で管きよを布設し、埋設深さが深くなったらリフトを設けて浅くする。
- ② 下りこう配の地形においては、0.2%を下まわらないこう配で、地面と平行に管きよを布設する。
- ③ 軟弱地盤地帯や小規模施設等では、特殊なこう配とすることがある。

(4) 真空下水管の水力計算

- ① 動的状態での摩擦損失
ヘーゼンウィリアム式に二相流係数をかけることにより求める。
- ② 動的状態でのリフト損失
リフト損失=低減率×リフト高さ(低減率=0.5)
- ③ 静的な状態でのリフト損失
リフト損失限度=リフト高さ-真空下水管内径
- ④ 最大摩擦損失
摩擦損失の最大値は管きよ延長100mあたり0.25mAqを限度とする。
- ⑤ 最小流速
管内に十分な気液混合流速が得られるように最低流速を定める。

(5) 真空下水管の管径

- ① 真空下水管の管径は、流量に応じて50mm以上250mm以下とする。
- ② 管径の選定は、最大摩擦損失、最小摩擦損失を考慮して決定する。

(6) システムの気液比

システムを設計するときの気液比(大気圧換算)は、3:1とする。

(7) 真空ポンプ設備の容量計算

特別な場合を除いて真空ポンプは、集水タンク内圧力-7~-6mAqで自動運転される。この場合真空ポンプ容量は以下の式で求めることができる。

$$Q_{vp} = 9.3Q_{MAX} / 60$$

ここで

Q_{vp} : 真空ポンプ吸込み容量 (m³/分)

Q_{MAX} : 時間最大汚水量 (m³/時)

(8) 真空ポンプの運転真空度

真空ポンプの運転真空度は、-7~-6mAqの範囲で運転するものとする。

(9) エジェクター式真空発生装置

エジェクターと汚水循環ポンプの組み合わせ方

式とし、集水タンク内圧力-6~-5mAqで自動運転される。この場合、真空発生装置容量は以下の式で求めることができる。

$$Q_{ve} = 4.6Q_{MAX} / 60$$

ここで

Q_{ve} : エジェクターポンプ吸込み容量 (m³/分)

Q_{MAX} : 時間最大汚水量 (m³/時)

(10) エジェクター式真空発生装置の圧力

エジェクター式真空発生装置の運転圧力は-6~-5mAqを標準とし、真空発生装置の機種選定では-6mAq、中継ポンプ場の吸引能力としては-5mAqを用いる。

(11) 圧送ポンプ設備

圧送ポンプは十分な吸い込み性能をもつものでなければならない。

圧送ポンプの吸い込み性能NPSH_{Req}(必要吸い込みヘッド)よりも、次式で計算されるNPSH_{Ava}(有効吸い込みヘッド)が常に上回っていなければならない。

$$NPSH_{Req} \leq NPSH_{Ava}$$

$$NPSH_{Ava} = P_c + H_s - h_{SD} - p_v$$

ここで

H_s : 最低吸い込み実揚程 (m)

h_{SD} : 吸い込み管損失 (m)

p_v : 水の飽和蒸気 (m)

(12) 集水タンク

① 集水タンクは縦型または横型円筒形とする。

② 材質等の仕様は次のとおりとする。

材 質 : SS400

設 計 圧 力 : -8mAq

耐圧試験圧力 : 1.5kgf/cm²

腐 食 代 : 3mm 屋内設置の場合

4mm 屋外または地下埋設の場合

塗 装 : 内面 タールエポキシ樹脂塗料3回塗り

外面 設置環境に応じて決定する。

4. マニュアルの内容

上述したような研究成果を基に真空式下水道システム技術マニュアルを作成した。構成及び内容は次のとおりである。

4.1 マニュアルの構成

マニュアルは、真空式下水道技術マニュアルと資料編（別冊）に分けられる。

4.2 マニュアルの内容

マニュアルの具体的記載内容を目次で示せば、次のとおりである。

〔第1章 真空式下水道システムの概要〕

「第1節 構成と特徴」

「第2節 用語の定義」

〔第2章 真空式下水道システムの基本計画〕

「第1節 システム計画の基本方針」

「第2節 計画策定のための調査」

「第3節 汚水の収集」

〔第3章 汚水吸引施設〕

「第1節 汚水の吸引方式」

「第2節 真空弁」

「第3節 真空弁ユニット」

〔第4章 管路施設〕

「第1節 計画汚水量」

「第2節 真空下水管の設計」

「第3節 管きょの種類と管径」

「第4節 管きょの埋設深さと布設」

「第5節 管きょの接合と基礎工」

「第6節 水路等の横断と埋設」

「第7節 関連施設」

〔第5章 中継ポンプ場施設〕

「第1節 計画汚水量とシステムの気液比」

「第2節 中継ポンプ場の設備と構造」

「第3節 真空ポンプ設備」

「第4節 エジェクター式真空発生装置」

「第5節 圧送ポンプ設備」

「第6節 汚水の圧送システム」

「第7節 集水タンク設備」

「第8節 電気設備」

「第9節 関連設備」

〔第6章 真空式下水道システムの施工〕

「第1節 総論」

「第2節 各施設の施工」

「第3節 試運転・調整工事」

〔第7章 維持管理〕

「第1節 維持管理体制」

「第2節 各施設の維持管理」

「第3節 緊急時の対策」

5. 今後の課題

真空式下水道システムは、今後、中小市町村において採用が増えてくると考えられる。

中小市町村では、財政的規模が小さく建設費、維持管理費等が安価な下水輸送システムが求められている。

このため、今後は、このシステムのイニシャルコスト、ランニングコスト、ライフサイクルコスト分析を行う必要があると考えられる。

●この研究に関する問い合わせは

研究第二部長

藤田 昌一

研究第二部主任研究員

山下 順市

研究第一部研究員

須賀 研二