

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第3025号

土木研究所資料

真空式下水道システム技術指針(案)

平成3年8月

建設省土木研究所
下水道部下水道研究室

「Copyright © (1991) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

真空式下水道システム技術指針(案)

下水道部下水道研究室

要旨

本技術指針(案)は従来の研究の成果をふまえ、新しい下水収集システムとして期待される真空式下水道システムの技術的な考え方を取りまとめたものであり、今後日本における同方式の適用に際し、技術的な参考とするものである。

キーワード：真空式下水道システム，技術指針，小規模下水道

ま え が き

我国の総人口に対する下水道普及率は平成元年度末で42%となっている。これを都市規模別にみると人口規模が100万人以上の都市は89%であるのに対し、人口規模が5万人以下の都市はわずか8%という状況である。そこで、今後はこれら地方中小都市や農山漁村においてより一層下水道の整備を促進する必要があるがこのような地域においては大都市に比べ人口密度が低いために下水を収集する費用が高くなる傾向があり、下水収集システムの費用を軽減することが特に望まれている。これについては従来の自然流下方式の下水道布設工法においても多くの工夫がこらされてきている。例えば最小管径を100mmとしたことなどがその例であるが、これに加え、圧力式下水道システム、真空式下水道システム等の自然流下方式以外の下水の輸送システムについても目が向けられてきた。

そこで、これら新しい下水収集方式の日本への適用を検討するため、昭和63年9月「新下水輸送システム技術検討会」が設置され、土木研究所がその事務局を努めることとなった。この検討会は、新しい管渠システムである圧力式下水道システム、真空式下水道システム等を我が国の下水道に適用するに際して、主として技術面より検討を行なうこととし、当面、圧力式下水道システム、真空式下水道システムを取り上げ、これらに関し、基礎的なデータ、設計数値等の収集、整理、情報交換、検討等を行なって、両システムの我が国の下水道への適用に関する技術的検討を行なうことを目的としている。このうち、圧力式下水道システムについてはその成果が「圧力式下水道システム技術指針（案）」（平成2年3月、土木研究所資料第2846号）として取りまとめられたところである。

本技術指針（案）についても、新下水輸送システム技術検討会の数度の検討を経て作成されたものであり、今後真空式下水道システムの適用を考え、設計する上で貴重な資料となるものと考えている。しかしながら、「本書の構成と使用上の注意」にも記すように具体的な設計手法はその大部分を「参考」として記載した。これについては、

- ① 諸外国においては、技術的、構造的に異なる複数の真空式下水道システムが存在し、それぞれに実績を有していること。
- ② 新下水輸送システム技術検討会における検討のベースとなった技術は、これらの技術のうち土木研究所が民間企業との共同研究をおこなった2つのシステム（これらのシステムの概要については「本書の構成と使用上の注意」及び参考資料を参照されたい）であるが、この他にも実用化されたシステムが存在し、このような技術が今後日本でも使用されないとは限らないこと。
- ③ 真空式下水道システムで利用される技術は、そのシステム毎に設計手法が異なる部分が多い上、それぞれの経験による部分もかなり存在し、理論的な解明が未だ充分であるとは言えず、設計手法の細部を現時点で標準化することは無理があること。
- ④ 真空式下水道システムは、今後、わが国でも適用事例や調査研究が増加するにともない、さらに技術的な発展が期待される分野であるため、現時点において細部の設計諸元を定めない方が、

より適切な技術的發展が期待できると考えられること。

等の事由を考慮したものである。真空式下水道システムの設計、管理、機器の開発等を担当される各位にあっては、本技術指針（案）を参考としつつも、より合理的な、また、より簡略な設計手法の開発等に努めていただくよう希望するものである。

最後に、本技術指針（案）の作成に御助力いただいた新下水輸送システム技術検討会の各メンバーの方々に深く感謝の意を表する次第である。

平成3年8月

建設省土木研究所下水道部長

安中 徳二

本書の構成と使用上の注意

本書は第1編～第6編よりなる本文及び参考より構成されている。

「まえがき」にも述べられているように、真空式下水道システムの構成、設計手法には現在複数の考え方があるため、「本文」には、基礎的でかつ共通となる基本事項を中心に取り出し記述を行った。このため、「本文」のみでは、真空式下水道システムの具体的な設計手法は明らかにされていない。そこで「参考」を付し、具体的な設計手法を示すこととした。

「参考」には、2つの真空式下水道システムの設計手法が示されている。この2つのシステムは土木研究所と民間企業との共同研究（昭和63年度～平成2年度）において検討されたものである。共同研究では実際に真空式下水道システムのモデルプラントが建設され、このモデルプラントにより運転状況の観察や各種実験が実施された。建設されたモデルプラントの設計諸元等は表に示す通りとなっている。

本書の使用者は「本文」で真空式下水道システムの設計手法の基本的事項等を把握した上で、設計の詳細については「参考」によられたい。このため、「参考」には具体的な設計例を付した。また、「本文」は、本書の「参考」に示したシステム以外の真空式下水道システムを検討する上でも十分参考となるものと考えている。

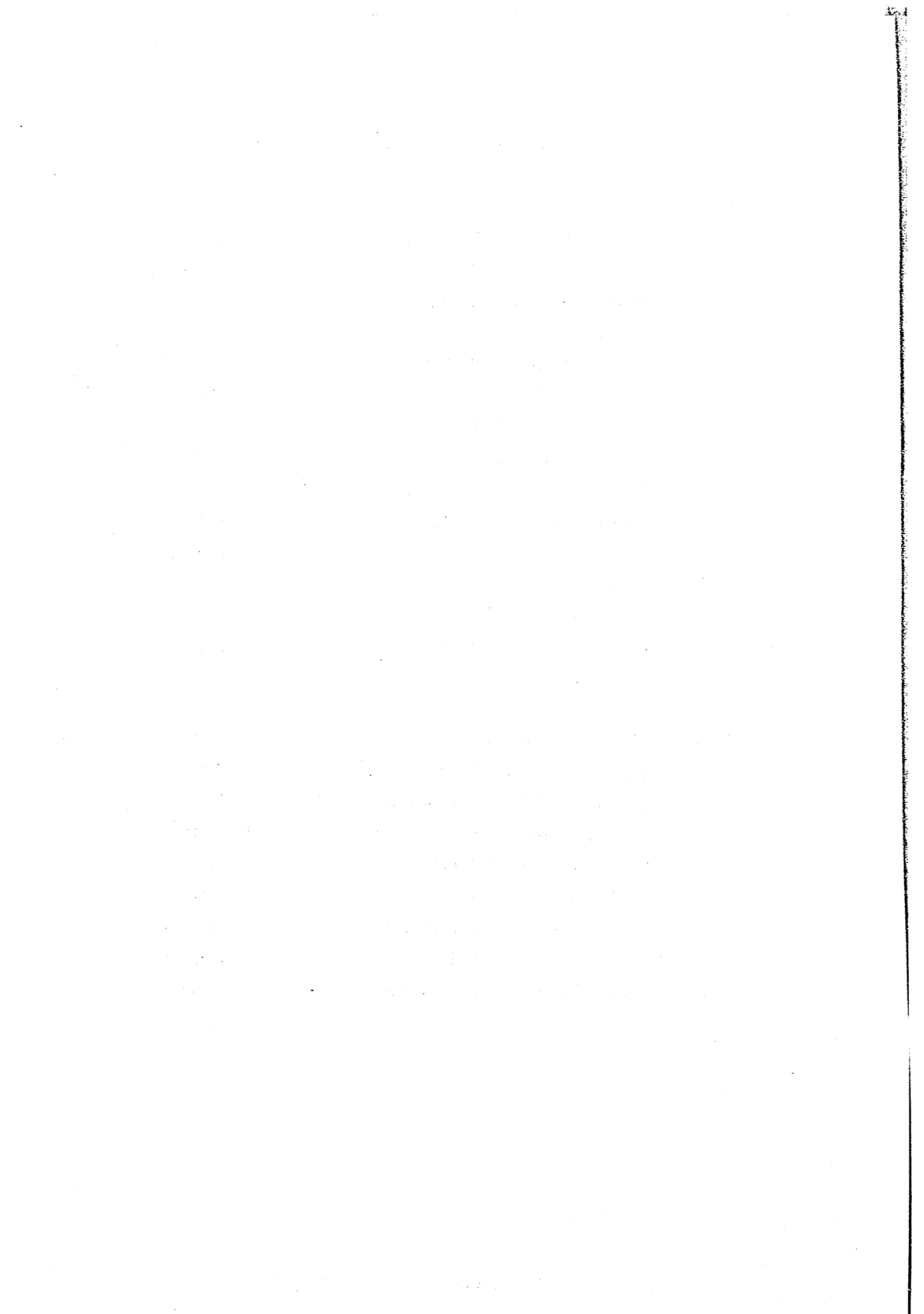
なお、新下水輸送システム技術検討会の検討は主として「本文」の内容についてであり、「参考」については前述の共同研究をベースに作成されたものである。なお、この共同研究については、研究の内容、実験結果等を記載した共同研究報告書が取りまとめられることとなっているので、あわせて参考にされたい。

表 土木研究所と民間企業との共同研究において建設されたモデルプラントの設計諸元等

項 目	システムA (参考1に技術内容を示す)	システムB (参考2に技術内容を示す)
中継ポンプ場		
1) 真空発生装置	真空ポンプ	汚水循環ポンプ・エジェクタ
2) 運転真空度	6～7 m A q	5～6 m A q
真空弁ユニット		
1) 吸入形式	汚水を吸引後空気を吸引	汚水と空気を同時に吸引
2) 真空弁の口径	75mm	50mm
3) 正常な真空弁の作動に必要な真空度	2.5 m A q	2.5 m A q
4) 気液比(大気圧下)	1 : 3	1 : 1.5
真空下水管	最小口径75mm	最小口径50mm
1) 配管口径	2 / 1000	3 / 1000
2) 真空本管の勾配	静止時	静止時
3) 真空度損失の計算	(リフト高さ－管口径)の合計 時間最大流量時 (リフト高さ－管口径)の合計 ×0.7+摩擦損失	(リフト高さ－管口径)の合計 時間最大流量時 (リフト高さ－管口径)の合計 に気液比に応じた係数を乗じる

新下水輸送システム技術検討会会員名簿（平成3年4月現在）

座長	建設省土木研究所下水道部長	安中徳二
	東京理科大学理工学部土木工学科教授	柏谷 衛
	日本大学生産工学部土木工学科教授	永田伸之
	建設省都市局下水道部公共下水道課補佐	松井正樹
	住宅都市整備公団都市開発事業部都市施設課係長	奥田仁郎
	住宅都市整備公団住宅都市試験所第一試験室主任研究員	梶谷 衛
	日本下水道事業団計画部設計課長	鈴木 宏
	日本下水道事業団技術開発課長	渡部春樹
	茨城県土木部下水道課係長	上遠野和夫
	東京都下水道局計画部総合計画課主査	三上 豊
	東京都下水道局計画部技術開発課主査	石黒泰丸
	横浜市下水道局建設部設備課補佐	新井 徹
	横浜市下水道局建設部中部設計課係長	石北正道
	浜松市下水道部建設課係長	永井 洋
事務局	建設省土木研究所下水道部下水道研究室長	宮原 茂
	建設省土木研究所下水道部下水道研究室主任研究員	塩路勝久
旧会員	建設省土木研究所下水道部長	松井大悟
	建設省都市局下水道部公共下水道課補佐	小林一朗
	住宅都市整備公団都市開発事業部都市施設課係長	朴谷孝久
	住宅都市整備公団住宅都市試験所第一試験室主任研究員	天木真一
	日本下水道事業団計画部設計課長	大迫健一
	茨城県土木部下水道課係長	中島 昇
	東京都下水道局計画部総合計画課主査	鳥海 弘
	東京都下水道局計画部技術開発課主査	西野 喬
	建設省土木研究所下水道部下水道研究室長	竹石和夫



目 次

第1編 基本計画

第1節 総 論

真空式下水道システムの概要	1
---------------------	---

第2節 計画の基本的事項

§ 1. 真空式下水道システムの計画	3
§ 2. 計画諸元の考え方	9
§ 3. 中継ポンプ場の設置についての基本的な考え方	12
§ 4. 真空弁ユニットの設置についての基本的な考え方	13
§ 5. 真空下水管の路線、埋設深さ等に関する基本的な考え方	14
§ 6. その他の基本的事項	15

第2編 中継ポンプ場の設計

第1節 総 論	16
---------------	----

第2節 中継ポンプ場の設計

§ 7. 中継ポンプ場の設計	18
§ 8. 中継ポンプ場の運転制御	23

第3編 真空弁ユニットの設計

第1節 総 論	25
---------------	----

第2節 真空弁ユニットの設置

§ 9. 貯水タンクの容量及び水位の設定	28
§ 10. 材料	32
§ 11. 流入管	32
§ 12. 通気管、フリーザー管	33

第4編 真空下水管の設計

第1節 総 論	34
---------------	----

第2節 真空下水管の設計

§ 13. 真空下水管の設計	35
§ 14. 管材の選定	37
§ 15. 明示シート	38

第5編 試験

第1節 真空試験等

§ 16. 真空試験 39

§ 17. 圧送管の試験 46

第2節 総合試運転

§ 18. 総合試運転 47

第6編 維持管理

第1節 維持管理

§ 19. 中継ポンプ場の維持管理 48

§ 20. 真空弁ユニットの維持管理 48

§ 21. 管路施設の維持管理 49

第2節 記録

§ 22. 維持管理及び事後処理記録 52

参考 1. システムA技術指針 53

参考 2. システムB技術指針 107

第1編 基本計画

第1節 総論

1. 真空式下水道システムの概要

真空式下水道システムは、管路内に真空を発生させ汚水を空気と混合して真空の力により搬送収集する技術であり、

- ① 真空を発生させ、汚水の輸送媒体である空気を汚水発生源から吸引し、排出する中継ポンプ場（真空発生装置等を含む）
- ② 空気と汚水が混合された状態で搬送される真空下水管
- ③ 汚水及び一定の割合の空気を吸入する真空弁ユニット

の三つの部分で構成されている。

家庭から排出される汚水は、自然流下により流入管を経て真空弁ユニットに流入する。真空弁ユニットの貯水タンク内の水位が上昇し規定された水位になると、水位検知器が作動して真空弁が開き、汚水と空気が真空下水管内に吸入される。管内の汚水は、流れが止まっているときにはリフト底部に溜まって静止しているが、真空弁が開くと膨張する空気に押され、気液混相流となってリフトを乗り越え中継ポンプ場まで運ばれる。中継ポンプ場に集水された汚水は、自然流下幹線または下水処理場まで送られる。

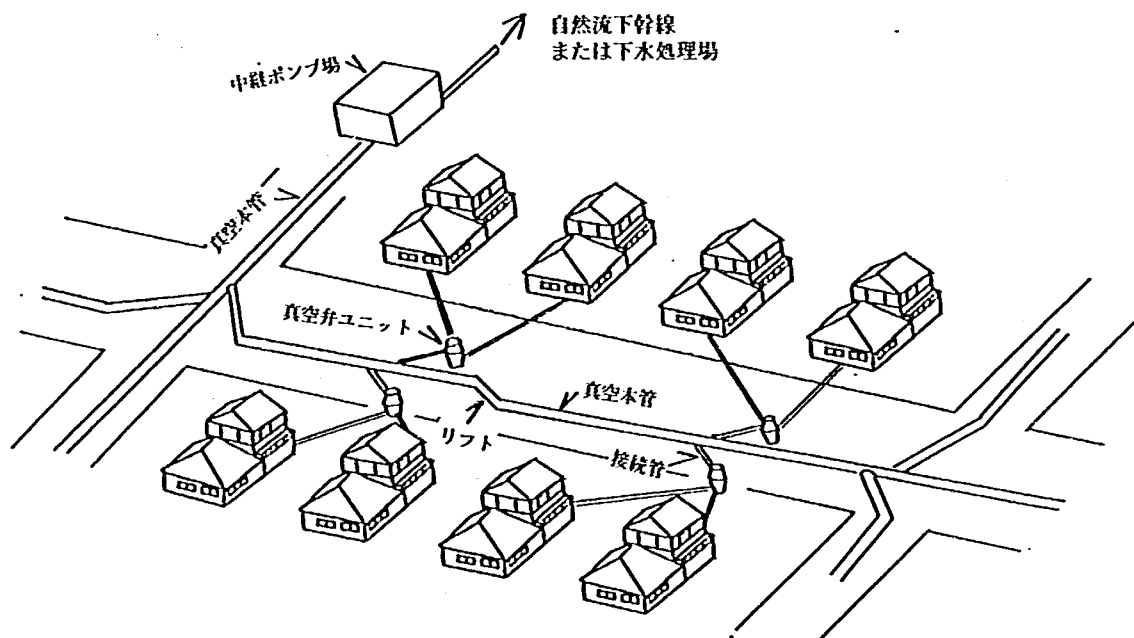


図1-1-1 真空式下水道システム

真空式下水道システムは真空による強制搬送であることから、自然流下式下水道のように下流に向かって連続する下降勾配を必要としないため、土被りが大きくなりず配管敷設費を大幅に削減できる。また、自然流下式と比較して口径の小さい管渠が選択でき、特に我国独特の細い路地等での施工も容易である。

また、電力を中継ポンプ場だけに供給すればよいことや、真空下水管の内部は真空になっているので、万一配管が破損した場合でも、軽微な場合であれば汚水が外部に漏れにくいという点なども真空式下水道システムの特徴である。

真空式下水道システムは、真空の発生方法、真空弁ユニットでの吸気方法等に種々の方法がある。例えば、真空の発生方法では、真空ポンプを用いる方法と汚水循環ポンプ及びエジェクタを用いる方法があり、真空弁ユニットでは、汚水と空気を同時に吸入する方法と、汚水を吸入した後空気を吸入する方法がある。

このように、真空式下水道システムにおいてはシステムの個々の部分において数種の方式・考え方があり、従って、総体のシステムとしても様々な形態及び設計手法が考えられるが、本技術指針（案）は建設省土木研究所が昭和63年度～平成2年度に実施した民間企業との共同研究において検討された2つのシステム（システムA、システムBとする。「本書の構成の使用上の注意」参照）を検討のベースとしている。

なお、管路の名称として真空弁ユニットより第1分岐点までを「接続管」、その先を「真空本管」とし、真空本管と接続管を合わせて真空下水管と総称する。

第2節 計画の基本的事項

§1. 真空式下水道システムの計画

- (1) 基本計画の策定に当たっては、対象とする地域の規模、形態、人口密度、地形、地盤条件、気象等を十分勘案して計画するものとし、必要に応じ他の代替手法（自然流下式、圧力式下水道システム等）と比較検討する。
- (2) 比較検討については、他の代替手法との比較検討のみならず、真空式下水道システム自体についても、必要に応じ、数種の代替案を設定して比較検討する。

〔解説〕

(1)について

真空式下水道システムの適用範囲は農山漁村のような集落ばかりでなく、都市部やその周辺の住宅地にも見いだすことができる。例えば、次のような状況下にある地区では、真空式下水道システムの適用について検討をすべきであるとし、メリットを生かせる可能性は大きい。

1. 地形的・地理的条件、地盤、土質特性のため下水道整備の遅れているところ
2. 急激な人口増加により、設計流量以上の水量が発生し、管渠が能力不足となったところ
3. 地下埋設物が輻輳しており、自然流下管の布設が難しいか、布設できても建設費が多額となるところ
4. リゾートのような季節的人口変動の激しいところ
5. 景観、自然保護のために大口径管を埋設できないところ
6. 初期投資を押さえ、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化する必要のあるところ

また、真空式下水道システムは、町全体をカバーするものから、自然流下式下水道の補助的なシステムとしても適用可能であり、他集水システムとの組み合わせによる柔軟な下水道計画を策定することができる。

このような真空式下水道システムのメリットを十分生かすためにも、地勢、人口、人口密度、地形などの条件について、定性的、定量的な検討を十分行うとともに、必要に応じ他の代替手法とも比較検討を行うものとする。

(2)について

ある地区において真空式下水道システムを設計する場合でも、中継ポンプ場の位置や真空弁ユニットの配置、真空下水管のルート等により、さまざまな形態の真空式下水道システムが考えられる。計画に際しては、これらのうち、システムの条件を満足するものを数種選び、概略

の設計を行った上で、経済性等を勘案して最適案を決定するものとする。

[参 考] 中継ポンプ場集水範囲選定図

真空式下水道システムでは、汚水の搬送に使用できる真空度には限りがある。すなわち、中継ポンプ場においては集水タンクあるいはマニホールド（第2編第1節総論参照）において一定の運転真空圧が設定され、また真空弁においても正常な作動を保証するため一定の真空圧が必要である。従って、これらの真空度の差が真空下水管において許容される真空度損失の限度となる。すなわち真空下水管路が長くなると管内における真空度の損失が大きくなりその合計がこの限度を越えると末端真空弁に作動に十分な真空度が供給されなくなる恐れがある。従って、1つのポンプ場で汚水を集水できる区域の範囲がある程度限られることになる。これについては、最終的には実際に設計を行って判断することとなるが、上記の範囲は大まかには予定される中継ポンプ場の位置と管渠の最遠点との距離（予想される管渠ルートに沿った距離）、中継ポンプ場と管渠最遠点のG L差、途中の地形の状況によりある程度予想することができる。

以下では、中継ポンプ場の位置と管渠の最遠点との距離（予想される管渠ルートに沿った距離）をX (m)、中継ポンプ場と管渠最遠点のG L差をY (m)とし、途中の地形の状況により3つのケース(ケース1～3)を設定して、システムA、システムB毎に集水可能範囲を示した。ただし、真空下水管内の真空度の損失は、水路の横断がある場合や長い下り勾配が続く場合などにより相当量異なってくるので、以下の範囲図はあくまでも大まかな目安を知るものとして使用しなければならない。

各ケースの地形状況の設定は以下の通りである。地形状況の例を図1-2-1～1-2-3に、集水範囲図を図1-2-4～1-2-9に示す。

ケース1 最遠点と中継ポンプ場間に下り勾配のない場合

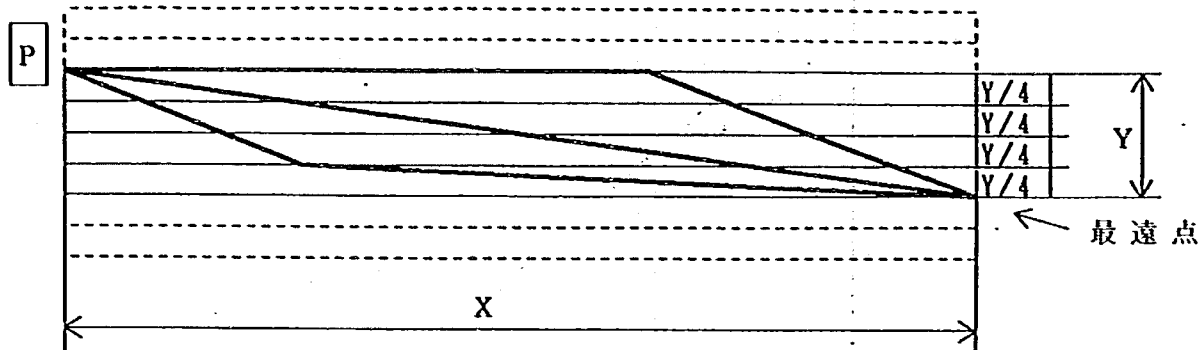
ケース2 最遠点と中継ポンプ場間にY/4程度の下り部分がある場合

(上り勾配部の高低差の合計が中継ポンプ場と最遠点との高低差の1.25倍となる場合)

ケース3 最遠点と中継ポンプ場間に2/4Y程度の下り部分がある場合

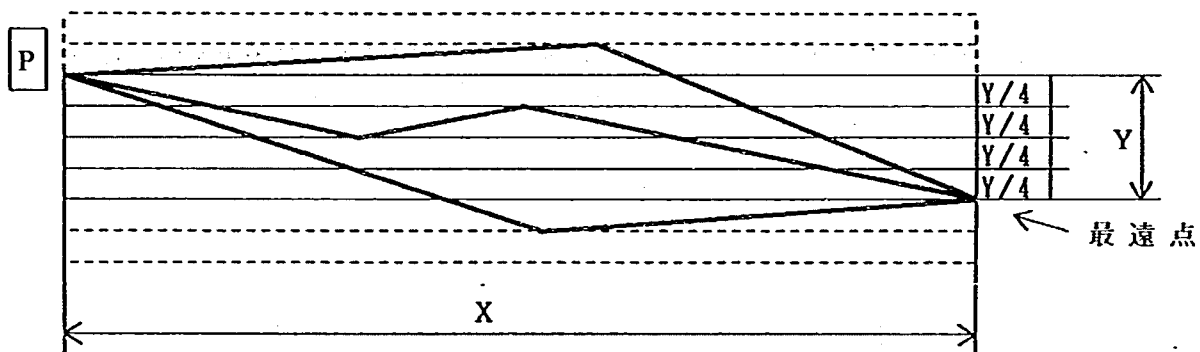
(上り勾配部の高低差の合計が中継ポンプ場と最遠点との高低差の1.5倍となる場合)

中継ポンプ場



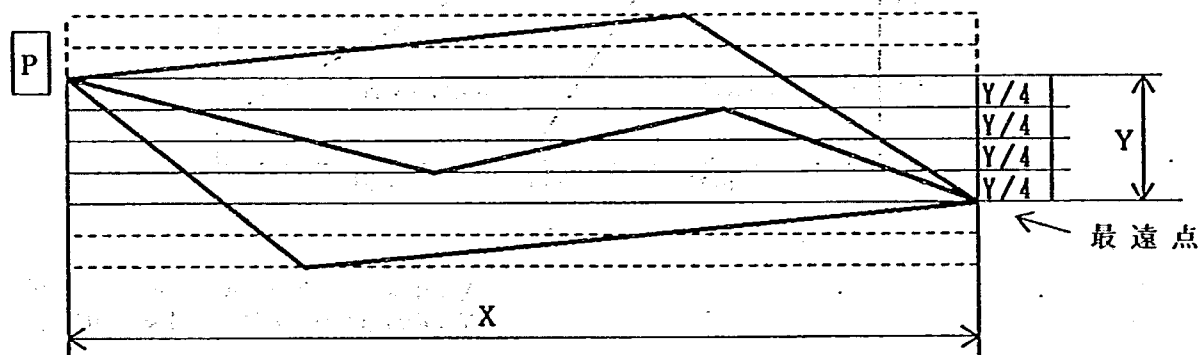
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-1 CASE 1の地形勾配の例
(黒太線が地表面を表す)



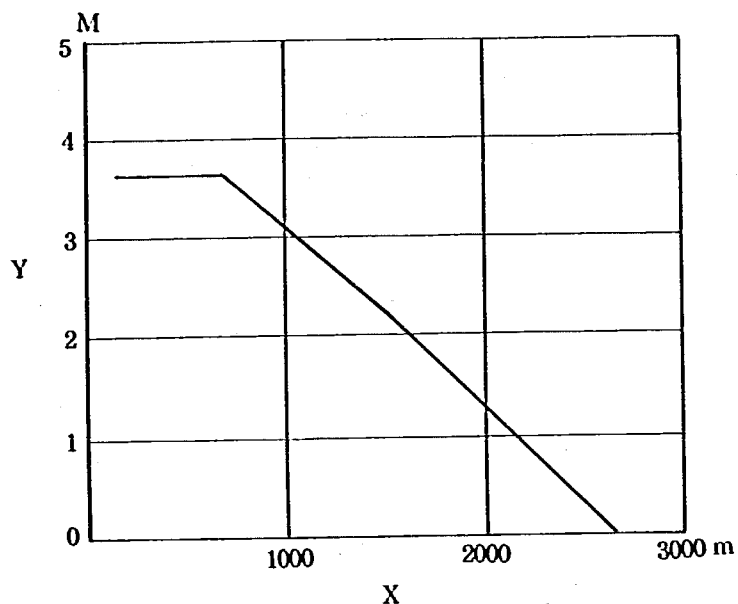
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-2 CASE 2の地形勾配の例
(黒太線が地表面を表す)



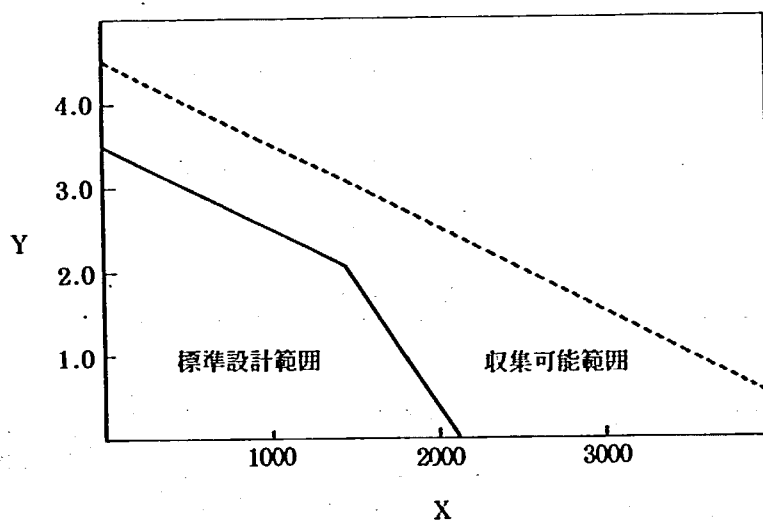
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-3 CASE 3の地形勾配の例
(黒太線が地表面を表す)



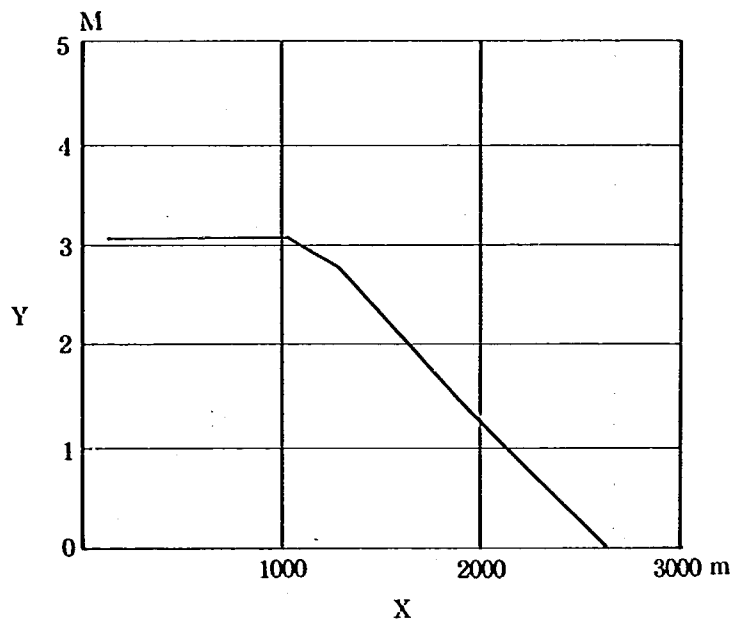
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-4 参考1に示すシステムAの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース1)



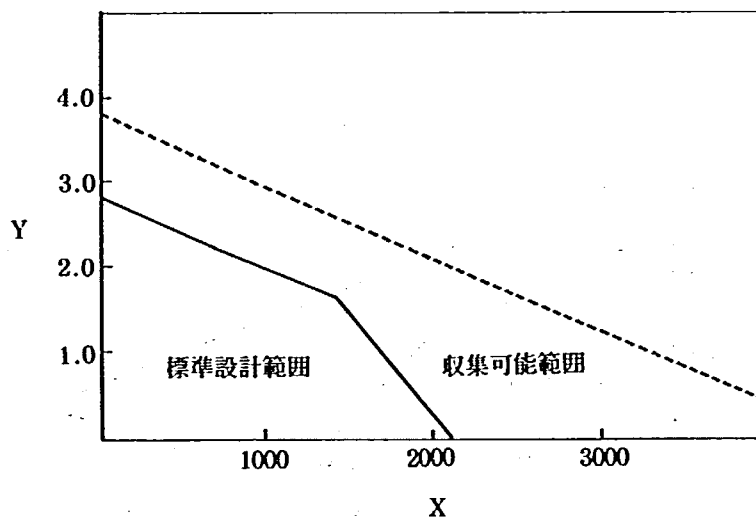
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-5 参考2に示すシステムBの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース1)



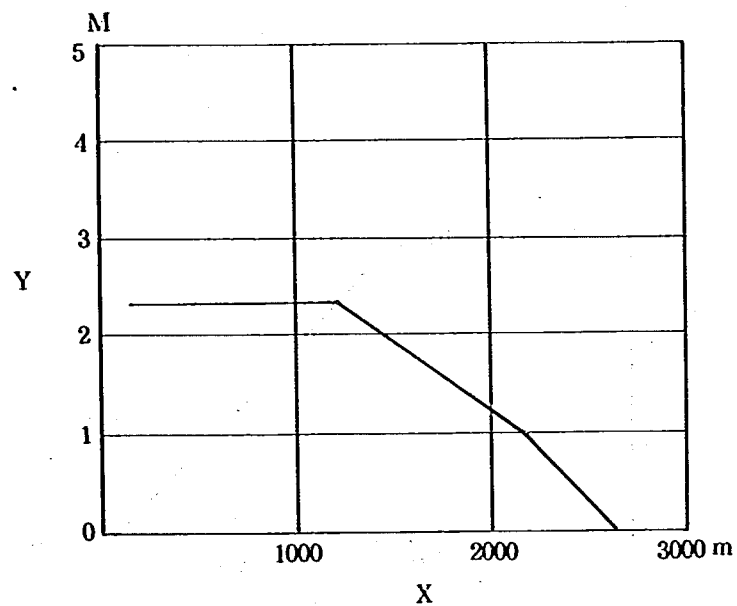
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-6 参考1に示すシステムAの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース2)



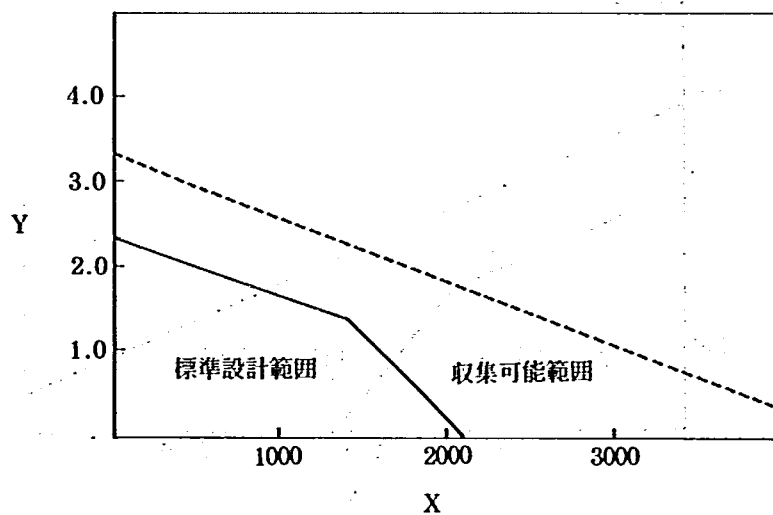
X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-7 参考2に示すシステムBの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース2)



X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-8 参考1に示すシステムAの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース3)



X : 中継ポンプ場と管渠の最遠点との距離
Y : 中継ポンプ場と管渠の最遠点のGL差

参考 図1-2-9 参考2に示すシステムBの中継ポンプ場集水範囲選定図
(ケース3)

§2. 計画諸元の考え方

- (1) 計画水量の算定の基礎となる計画目標年次は「小規模下水道計画・設計指針（案）」（社団法人日本下水道協会，昭和59年10月）によるものとする。
- (2) 計画水量のうち，一般家庭の汚水量は定住人口に一人当たりの排水量原単位を乗じたものとする。また，原則として地下水，雨水の流入は考慮しない。
商業（観光を含む），工業，農畜産業の排水については，現状の実態を調査した上で決定する。
- (3) 人口増加等により汚水量が増加した場合には，最も不利な真空弁ユニットにおいて通常の吸入が行われる範囲でユニットの増設により対処するものとし，通常の吸入が行われなくなった場合には2条目の真空本管の建設等により対処する。

〔解 説〕

(1)について

計画目標年次は「小規模下水道計画・設計指針（案）」（社団法人日本下水道協会，昭和59年10月）によるものとする（本§2参考参照）。

さて，真空式下水道システムの特徴の一つが増設が容易であるということである。ある程度の人口の増加には真空弁ユニットの接続数を増すことで対処出来るが，極端に接続数が増え，管路における真空度損失が増加するため真空弁ユニットで正常な吸入が行われなくなる場合には，2条目の真空下水管を増設し，また場合によっては真空発生装置の能力も増強しなければならない（(3)参照）。しかしながら，真空下水管の建設費は，掘削深，掘削幅とも自然流下式に比べ小さく，また工期の短いため増設が容易である。さらには，2条管とすることにより，より安全性の高いシステムとなる。

また，真空式下水道システムでは，真空下水管内の流れは間欠的で，瞬間的には流速が2～3 m/sに達しているものと考えられる。従って，汚水量が計画水量を多少下回っても通常の場合掃流流速は確保できる。また万一，流入汚水量が計画水量を極端に下回る場合でも，気液比を大きくすれば流速を上げることができるので過小流量に対する対策は容易である。

これらのことから，真空式下水道システムの計画水量についても「小規模下水道計画・設計指針（案）」同様基本的には現状によって定めることとするものである。

〔参 考〕

「小規模下水道計画・設計指針（案）」（財）日本下水道協会 昭和59年10月）

§7. 計画目標年次

小規模下水道計画に用いる設計諸元は、基本的には現状によって定めるが、確実な変化が見込まれる場合には、これを考慮する。

〔解 説〕

対象地域は、一般に市街化区域外であり、人口の急速な増加が予想されないため、計画目標年次を長期に置いて将来の発展を予測する計画手法では、施設が過大となったり、先行的な投資が大きく不経済となることが考えられる。

計画目標年次は、基本的には現時点とし、人口、負荷量等の計画諸元を定める。ただし、確定した開発計画等の変更要因がある場合には、おおむね5年程度の範囲でこれを見込むこととする。

施設の建設と供用の開始とは、計画策定後、速やかに行うのが事業の運営の上から望ましい。

(2)について

家庭排水の排水量原単位は上水道の使用水量を参考とし、地域特性を十分に考慮して過大なものとならないよう決定する。家庭排水は水洗排水とその他の雑排水とを加えたものと考えることができる。後者については処理区域の実態から1人1日当たりの排水量原単位を推定する。「小規模下水道計画・設計指針（案）」（社団法人 日本下水道協会，昭和59年10月）によると，参考として，1人1日当たりの雑排水の量は表1-2-1のとおりである。また，水洗排水については1人1日15~40ℓといわれており，昼間人口が少ない場合や節水型便器が普及するような場合は過大な見積とならないよう留意する。また，原則として地下水，雨水の流入は考慮しない。ただし，宅地内のますや真空弁ユニットの蓋等より雨水が浸入する恐れがあるので，これらの構造，施工には十分注意を払うこととし，必要に応じて，防水性の高いますや防水型のマンホールカバーを使用することとする。また，真空弁ユニットまでの自然流下部分が長い場合には雨水の流入についても考慮するものとする。

商業（観光を含む），工業，農畜産業の排水については，現状を十分調査して決定する。

(3)について

人口増加等により真空弁ユニットの接続数が増加し，真空下水管内の流量が増加すれば同時に真空度損失も増加して，最上流部の真空弁等もっとも不利な状態の真空弁に，正常な作動するのに必要な真空度が到達しなくなる。このときには，弁の開く速度が遅くなったり汚水を吸入する速度が遅くなったりするが，それが短時間であれば真空弁ユニット内の容量で対処することができる。

しかしながら，真空度がさらに低下すると汚水の吸入速度がさらに遅くなり，ついには真空弁ユニットより汚水があふれることになる。2条目の真空下水管はこのような状態とならないように増設されなければならないが，その時期を判断する一つの目安としては，最も不利な真空弁ユニット内部を時間最大流量時に目視して，汚水の吸入速度が著しく低下していたり，真空下水管の末端に圧力計を取り付け真空圧の測定を行い，時間最大流量時の末端における真空圧が弁の作動に必要な真空圧より大幅に低下するようであれば増設時期であると判断することができる。

表1-2-1 雑排水量の比較

項 目	水 量 (ℓ / 人 ・ 日)	備 考
吉 田 ら	140 ~ 150	秋田県大潟村等(1976)
山 根 ら	182	住宅団地(1980)
堂 々 ら	258	住宅団地 (大阪・神奈川)(1970)
兼 子 ら	113	名古屋市とその近郊(1977)
畑 中 ら	203	調査地不明(1979)
大 森	154	千葉市郊外(1979)
土木研究所	198	茨城県大穂町(1982)

§3. 中継ポンプ場の設置についての基本的な考え方

中継ポンプ場は計画区域内の

① なるべく低い所

② 真空下水管の最長管路長を短くできる所

に設置するのが望ましい。

[解 説]

真空式下水道システムでは、汚水の搬送に使用できる真空度には限りがあるため（§1 参考参照）中継ポンプ場はなるべく低いところに設置することが望ましい。

また、管路が長くなると、ノコギリの歯状に布設される真空下水管における真空度損失（リフト損失もしくは、時間最大流量時の損失）が大きくなるため、なるべく最長管路長を短くする位置に中継ポンプ場を設置することが望ましい。

なお最長管路長とは、図1-2-1に示す中継ポンプ場と点A間の様に、最も管路長が長くなる管路の長さをいう。

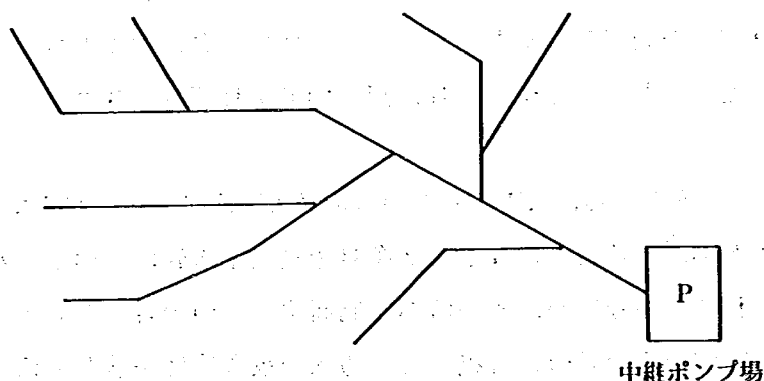


図1-2-1 最長管路長

§4. 真空弁ユニットの設置についての基本的な考え方

真空弁ユニットは、真空弁の能力及び経済性を考慮し、1ユニット当たりの収集戸数を決定する。

〔解 説〕

真空弁ユニットの価格、設置費用はシステム全体の工事費の中で大きな割合を占めている。このためこの真空弁ユニットの数を減らし、工事費のみならず維持管理費（修理、部品交換費）を小さくすることが経済性を高めることになる。しかし、1ユニット当たりの接続戸数を多くしすぎると流入管の延長や深さを大きくし、工事費の増大を招き逆に経済性は低下する。また、個々の真空弁には最大吸入汚水量の制限があり能力的な限界があるが、通常の作動真空圧では真空弁が連続して開き続けた場合には数百ℓ／分の吸い込み能力を有する。従って、一戸建て住宅を対象とする場合には1ユニット当たりの収集戸数は主として経済性により決定されるものと考えられる。ただし、アパート、外食産業等で極端に水量の多い場合には真空弁の能力で収集戸数が決まることもあると考えられる。

1ユニット当たりの収集戸数については、真空弁の能力、及び地形、立地条件、地盤の状況等を考慮し最適な接続戸数を選定するものとする。

§5. 真空下水管の路線、埋設深さ等に関する基本的考え方

- (1) 真空下水管は樹枝状配管とする。
- (2) 真空下水管は可能な限り浅く埋設する。
- (3) 真空下水管の路線及び埋設位置は、経済性を考慮して選定する。
- (4) 真空下水管は系統をいくつかに分割し、それぞれ直接真空発生装置（集水タンクあるいはマンホールド）に接続することが望ましい。

〔解説〕

(1)について

真空下水管は、中継ポンプ場に向かって緩い下り勾配の部分と急な上りのリフト部分とを交互に繰り返してノコギリの歯状に布設される。（第4編第1節総論参照）。これは、一方向の流れにのみ合理的であることから、真空下水管はすべて中継ポンプ場にのみ向かう樹枝状配管とする。

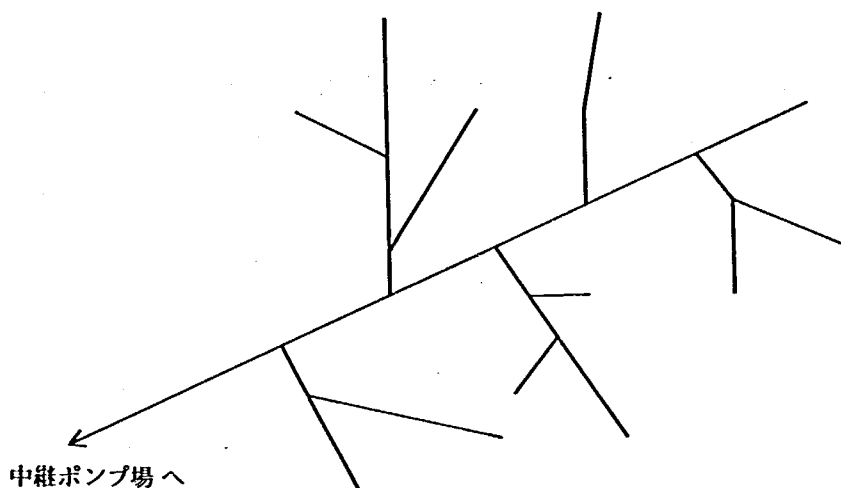


図1-2-2 樹枝状配管

(2)について

真空式下水道システムを採用する最も大きい効果は、自然流下式と異なり勾配にとらわれず地形条件に応じて管路を浅く埋設できるところにあり、これによって自然流下方式で建設費の大きな部分を占める土工・土留費用の削減を図ることが可能になる。

従って、このような特徴を最大限に生かすため、埋設深さの設定に当っては可能な限り浅く埋設するよう考慮する。

(3)について

前述のように、真空式下水道システムを採用する最も大きい効果は管路を浅く埋設できるこ

とである。真空本管の路線及び布設位置の選定に当たっては、このことも十分考慮するものとする。すなわち、たとえば一般的な場合には中継ポンプ場までの最短距離の路線が最も経済的となるものと思われるが、この路線が国道などで土被りを深くとらなければならない場合には、他の最短距離ではない路線を選定して土被りを浅くとる方が総合的に経済的となることも考えられる。ただし、真空式下水道システムでは汚水の搬送に使用できる真空度が限られているため、真空下水管の管路長には十分注意をしなければならない（§ 1 参考参照）。また、車道下に埋設する場合は土被りを深くとることを求められたり管種が限定されたりして建設費が割高となることもあるので十分注意する。このように、真空下水管の路線及び布設位置の選定にあたっては、真空式下水道システムの特徴を十分考慮し、最も経済的となるよう配慮するものとする。

(4)について

真空下水管の系統を分け、それぞれの系統毎に仕切弁を設ければ、万一、真空下水管の破損等の事故が起きた場合に、故障系統の特定が早くでき、また故障した系統のみを遮断することができる（図 1 - 2 - 3 及び § 21 参考参照）。

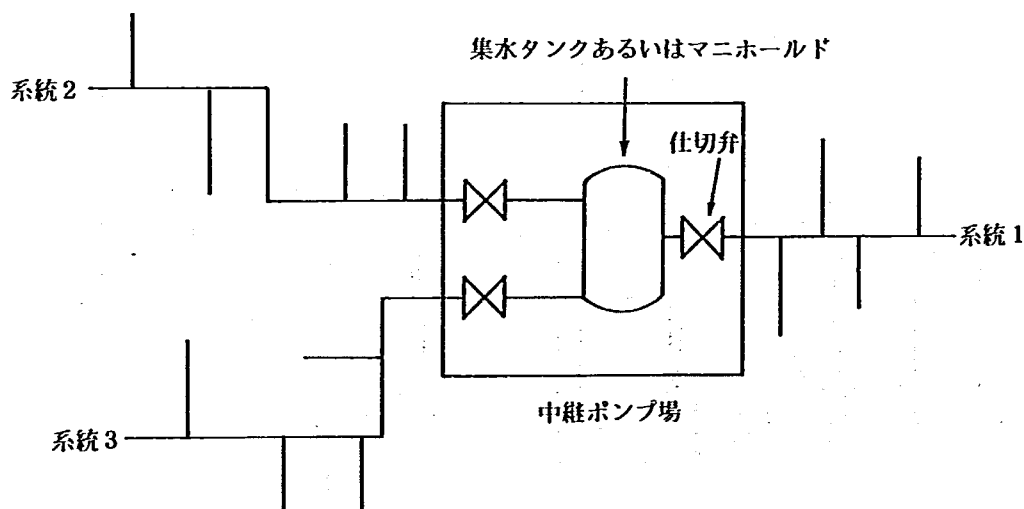


図 1 - 2 - 3 真空下水管の系統の分割の例

§ 6. その他の基本的事項

本指針に示す以外の基本計画に関する事項については、「小規模下水道計画・設計指針（案）」（㈱日本下水道協会，昭和59年10月）を参照するものとする。

第2編 中継ポンプ場の設計

第1節 総論

真空式下水道システムの中継ポンプ場は汚水を収集する原動力となる真空を発生させ、また収集した汚水を一時貯留し、処理場または既設の下水管まで排出する設備のことで、真空を発生する真空発生装置、収集した汚水を一時貯留する集水タンク、汚水を排出する圧送ポンプ、これらの機器を制御する制御盤等により構成される。

真空発生装置には、真空ポンプを用いる方式と汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる方式とがある。この二つの方式では集水タンクの圧力状態も異なり、真空ポンプ方式では集水タンク内部は真空であるのに対し、汚水循環ポンプ・エジェクタ方式では集水タンクは大気圧解放されている。このため汚水循環ポンプ・エジェクタ方式では地形の条件が自然流下式に適していれば圧送ポンプを用いずに自然流下で排出することも可能である。

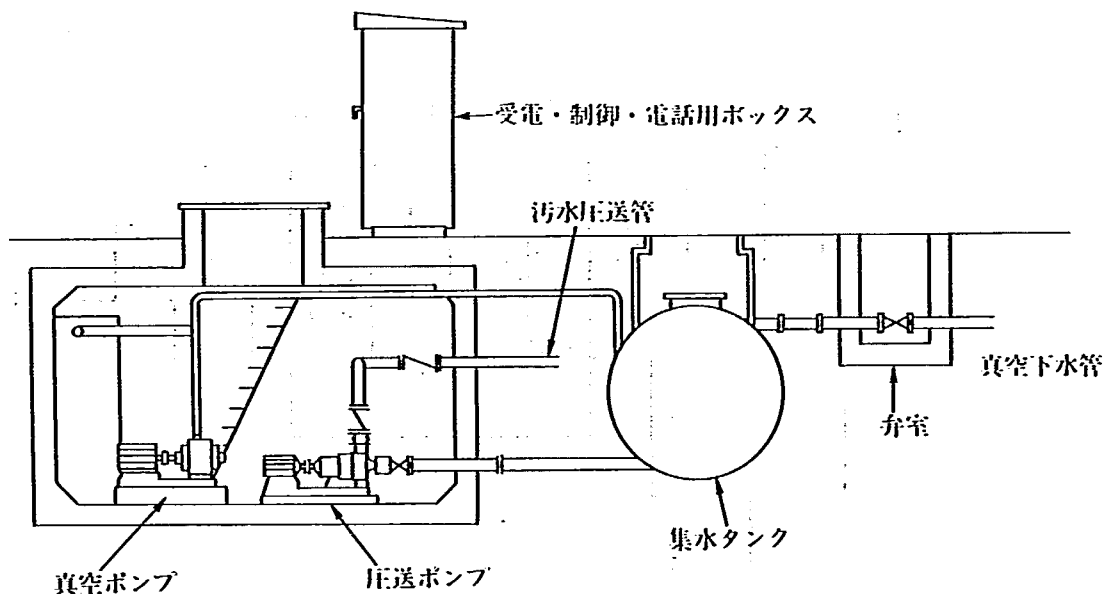


図2-1-1 真空発生装置として真空ポンプを用いる方式の中継ポンプ場の例

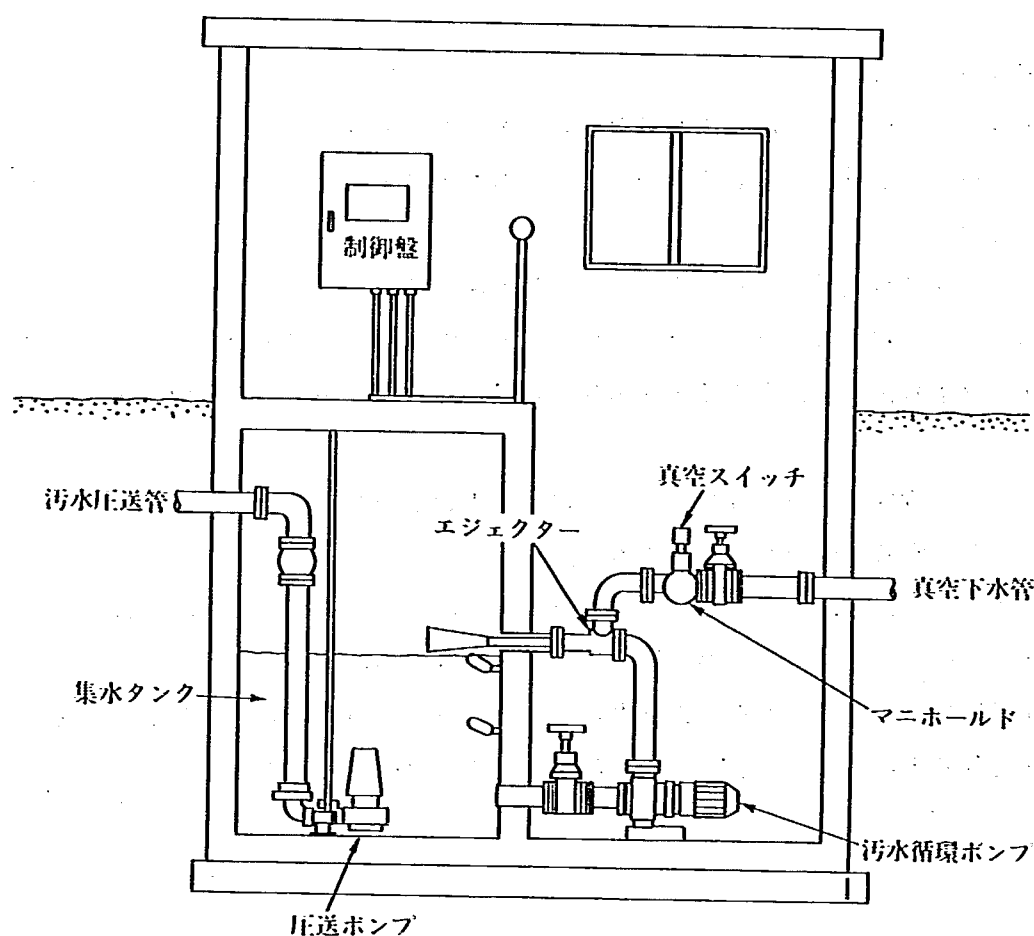


図 2-1-2 真空発生装置として汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる方式の中継ポンプ場

第2節 中継ポンプ場の設計

§7. 中継ポンプ場の設計

- (1) 中継ポンプ場は時間最大汚水量を計画下水道量として設計する。
- (2) 時間最大汚水量は、§2で求めた平均汚水量より1時間当たりの最大汚水量を算定してこれを用いる。
- (3) ポンプ等は時間最大汚水量または時間最大流入空気量（もしくはその合計）に見合う能力のものを選定する。また、真空発生装置として真空ポンプを用いる方式においては、集水タンクより汚水を排出する圧送ポンプは吸い込み性能が十分なものを選定する必要がある。
- (4) ポンプ等設備には最大容量のものに対して1台予備を設ける。ただし、ポンプの運転は原則として常時自動交互運転とする。
- (5) 集水タンクまたはマニホールドの設置レベルについても十分な検討を行うものとする。
- (6) 必要に応じて中継ポンプ場の排気口に脱臭装置を設ける。
- (7) 非常用自家発電設備は真空式下水道システムや集水範囲の大きさを十分考慮してその必要性を判断するものとするが、できる限り設置しないものとする。

〔解 説〕

(1)について

中継ポンプ場は真空弁ユニットから流入した汚水を遅滞なく吸入、集水しなければならない。このことより、中継ポンプ場は時間最大汚水量を計画下水道量として設計するものとする。

(2)について

1時間当たりの最大汚水量は、その地区及び家庭の水使用状況に大きく影響されると思われるため、実測により決定することが望ましいが、最大値の把握が難しいこと、多くのデータを必要とすることから、一般家庭については§2で求めた平均汚水量より計算により求めてよいものとする。平均汚水量よりピーク水量を求める比率（ピーク比）を推定する手法としては、海外においては人口の変数としていくつかの式が提示されており、それらはGiffitの式、Harmanの式として知られている。これらの式は主として人口が100人以上の場合に用いられることが多いと考えられるが、ここでは、便宜的に人口が少ない場合（1～100人）についても適用できるものと考え、我国においては、人口（対象家庭数）の少ない場合にはGiffitの式が当てはまり、人口（対象家庭数）が多くなるにつれてHarmanの式が当てはまるようになるものと考えられる（本§参考及び「圧力式下水道システム技術指針（案） 土木研究所資料 平成2年3月 建設省土木研究所下水道部下水道研究室」参照）。

(3)について

真空発生装置には前述のように真空ポンプを用いる方式のものと汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる方式のものがある。真空ポンプを用いる方式の場合、空気は真空ポンプで排出し汚水は圧送ポンプで排出する。汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる方式の場合は、空気と汚水を汚水循環ポンプ・エジェクタにより集水タンクに導き、そのうち汚水のみを圧送ポンプにより排出する（自然流下で排出することもある）。従って、容量計算または台数計算の対象は次の通りである。

① 真空ポンプを用いる方式

真空ポンプ……………時間最大流入空気量

圧送ポンプ……………時間最大汚水量

② 汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる方式

汚水循環ポンプ・エジェクタ……………時間最大流入空気量＋時間最大汚水量

圧送ポンプ……………時間最大汚水量

時間最大空気量は、時間最大汚水量に気液比を乗じて求める。

真空発生装置として真空ポンプを用いる方式においては、集水タンク内が負圧であり従ってこの集水タンク内より汚水を排出する圧送ポンプは吸い込み性能が十分なものを選定する必要がある。

(4)について

ポンプの故障等に対処するため、真空ポンプ、汚水循環ポンプ・エジェクタ、圧送ポンプには予備を1台設けるものとする。ただしポンプの運転は起動頻度の低減と稼働時間の均等化を図るため原則として常用、予備の別なく自動交互運転方式を採用する。また、1台のポンプが故障した場合に他のポンプに自動的に切り替わる故障時自動飛越運転が可能な設備とする。

(5)について

真空式下水道システムにおいて許容される真空下水管における真空度損失には限度があるため、集水タンクまたはマニホールドを地下に設置した方が揚程的に真空度損失を減らすことができ有利となる。また、環境対策上の観点等より中継ポンプ場を地下式とせざるを得ない場合もある。しかしながら、地下に設置することは中継ポンプ場の建設という面から経済的には不利となる。

集水タンクまたはマニホールドの設置レベルについては対象とする区域の大きさや地形の状況（真空下水管における真空度損失に影響する）、中継ポンプ場周辺の環境条件、経済性等を十分考慮して決定するものとする。

(6)について

真空式下水道システムでは汚水は減圧下ではあるが空気と激しくミキシングされて搬送されるため腐敗することは少ないものと考えられる。従って、真空発生装置からの排気臭はそれほど強いものではない（本§7 参考参照）。しかし、中継ポンプ場に接近して家屋が密集しているなど、中継ポンプ場の立地条件によっては、脱臭装置を設けることが望ましい。

(7)について

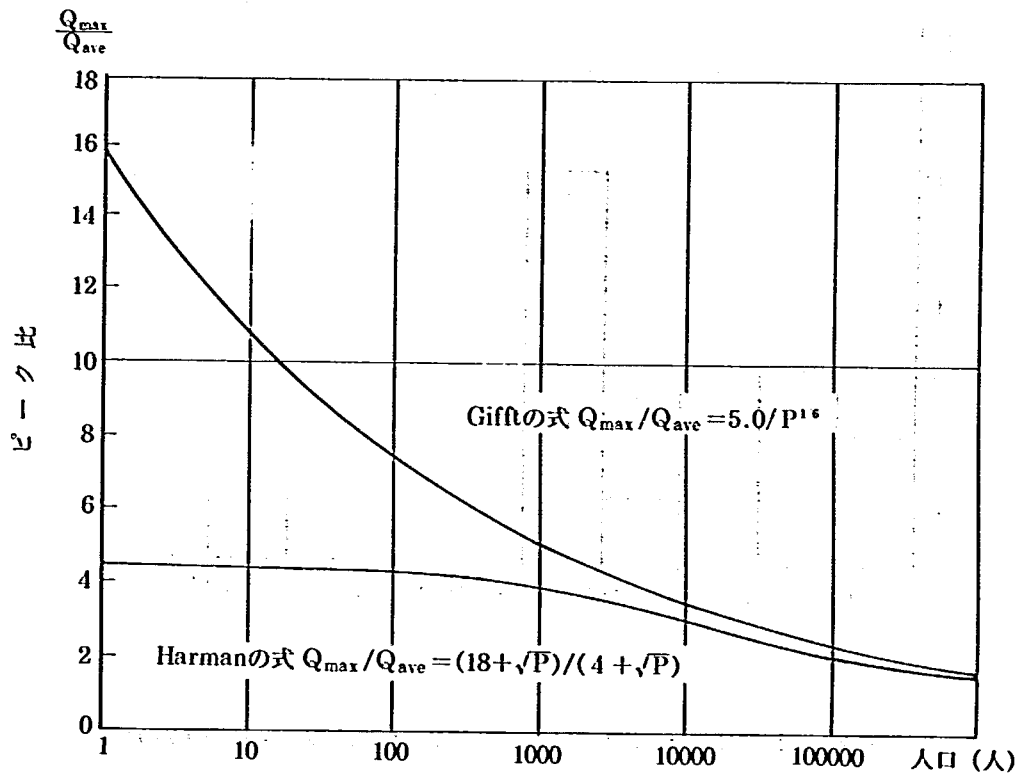
非常用自家発電設備の必要性を検討するにあたっては、中継ポンプ場の規模と集水範囲の大きさ、過去の停電実績、真空弁ユニットにおける貯留容量等を勘案するものとする。なお、真空式下水道システムにおいては停電となって真空ポンプまたはエジェクタが停止しても、システム内の真空度が保持されている間は真空弁ユニットに汚水が流入しても真空弁が作動し、汚水を吸入する事ができるが汚水の吸入が続いてシステム内の真空度が低下すると真空弁が作動しなくなる（§2 参照）。非常用自家発電設備の必要性を検討するにあたってはこのようなシステム内の真空バッファの効果も考慮するものとする。

我国では計画停電時間は3時間以内、事故停電は2時間以内で回復しており（ただしいずれも東電）、停電時間は比較的短い。また、中継ポンプ場の対象とする地域は一般に小規模で、中継ポンプ場のみが停電する可能性は少なく、従って停電時間内の水量は通常よりも少なくなると考えられるので、停電時には真空弁ユニット内の容量およびシステム内の真空バッファで対応する事もできると考えられる。さらには、真空式下水道システムを採用する最も大きなメリットはその経済性にあることも勘案し、非常用自家発電設備はできる限り設置しないものとする。

[参 考]

(2)について

Gifftの式及びHarmanの式は参考図2-2-1に示す通りである。



注) 図中の式におけるPは $P = \frac{\text{人口}}{1000}$

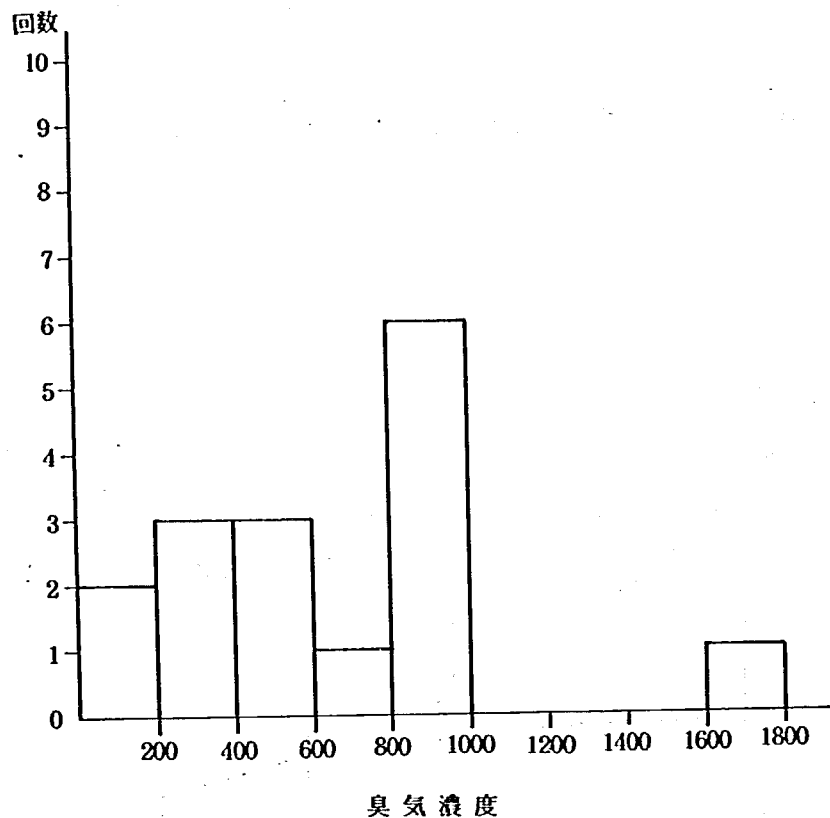
参考 図2-2-1 ピーク比算定式の比較

(6)について

海外の事例においては、特に脱臭装置を設置していない中継ポンプ場も多く、また設置していても土壌脱臭等簡易な脱臭を行っている。

参考図2-2-2は国内の真空式下水道システムのモデルプラント（真空発生装置として真空ポンプを用いている）の真空ポンプ排気口（または脱臭装置を設置している時はその入り口）における臭気濃度の測定値の分布である。

測定値は1つのモデルプラントにおいて測定したものであり、かつモデルプラントの真空下水管長も比較的短いが、真空式下水道システムにおいては汚水は比較的好気性を保って収集されることから、この図は中継ポンプ場からの排気のある程度の参考となるものと思われる。なお、参考までに参考表2-2-1に東京都における臭気濃度規制（抜粋）を示す。



参考図 2-2-2 真空ポンプの排気の臭気濃度の測定値の分布

参考表 2-2-1 東京都における悪臭に係る規制基準 (抜粋)

規制地域の区分 \ 規制基準値	排 出 口	
工業専用地域 工業地域	臭気濃度	1000
準工業地域, 商業地域 近隣商業地域	臭気濃度	500
上記以外の地域	臭気濃度	300

<備考> 基準の判定に当たっては, 排出口濃度は一作業期間の平均とする。

§ 8. 中継ポンプ場の運転制御

- (1) 中継ポンプ場は無人運転を原則とする。
- (2) 運転中に発生した異常を通報する故障遠方通報装置を設ける。
- (3) 集水タンクまたはマニホールドの真空度の変化を記録する圧力記録計を設置することが望ましい。

〔解 説〕

(1)について

通常の自然流下式下水道の小規模中継ポンプ場同様、真空式下水道システムの中継ポンプ場も無人運転を原則とする。

(2)について

中継ポンプ場は(1)に示すように通常無人で運転されるため、故障が発生した場合、それを感知して異常を通知する故障遠方通報装置を設置するものとする。中継ポンプ場において予想される異常とその原因は表 2-2-1 の通りである。これより、少なくとも以下の事項について故障遠方通報を行うものとする。

- ① 集水タンクまたはマニホールドの真空度低下
- ② 真空発生装置、圧送ポンプの過負荷
- ③ 集水タンク水位異常高

また、停電時にも故障遠方通報を行うものとする。

表 2 - 2 - 1 予想される中継ポンプ場での異常とその原因

予想される異常の原因	予想される中継ポンプ場での異常
真空弁が開いた状態のままになる，または真空下水管が大きく破損し，空気が連続して大量に流入する	真空度が低下する 真空発生装置（真空ポンプ，循環ポンプ）が連続運転となる
真空発生装置（真空ポンプ，循環ポンプ）が稼働しない	真空度が低下する
真空発生装置（真空ポンプ，循環ポンプ）が停止しない	真空発生装置（真空ポンプ，循環ポンプ）が連続運転となる。また，真空発生装置として真空ポンプを用いる方式では圧送ポンプがキャビテーションをおこす
圧送管が閉塞する	圧送ポンプが作動しケーシング内水温が上昇する 集水タンクの水位が異常に高くなる
圧送ポンプが稼働しない	集水タンクの水位が異常に高くなる
圧送ポンプが停止しない	圧送ポンプが空気を吸い込み異常振動を起こす 集水タンクの水位が異常に低くなる

(3)について

集水タンクまたはマニホールドの真空度の変化を記録することにより，システムの運転状況を長期にわたり把握することができる他，夜間の汚水の流入がないと考えられる時間帯における真空度の変化を長期にわたり観察することにより，突発的な異常ではないが，長期にわたり真空漏れの量が徐々に増大していく様な場合等に早めの対策をとることができる。

第3編 真空弁ユニットの設計

第1節 総論

真空弁ユニットは、各家庭、施設から自然流下で集められた汚水を真空下水管内に吸入する設備であり、流入した汚水を一時貯留する貯水タンク、真空下水管内の真空を遮断し、あるいは貯水タンクへ伝えて汚水の吸い込みを制御する真空弁、貯水タンク内の汚水の水位を検知する水位検出管、真空弁の作動を制御するコントローラ等により構成される。

真空弁には汚水を吸入した後に空気を吸入する形式と、汚水と空気を同時に吸入する形式とがある。

前者の場合は汚水の吸込速度が非常に早くスプーンなどの比較的重いものも吸引できるが、大量に汚水が流入し続けた場合は、空気の吸い込み量が少なくなり、気液比が低下する場合がある。後者の場合は、吸い込み速度が前者に比べて約1/3であり、スプーン等、比較的比重の重いものは吸引しないが、大量の汚水が連続して流入した場合も一定の気液比を保つことができる。

なお、真空発生装置として汚水循環ポンプ・エジェクタを用いる場合はエジェクタのノズル径と同一か若しくは小さい口径の真空弁を用いる必要がある。

2つの汚水吸込方式の真空弁ユニットの作動方法の模式図は図3-1-1、図3-1-2の通りである。

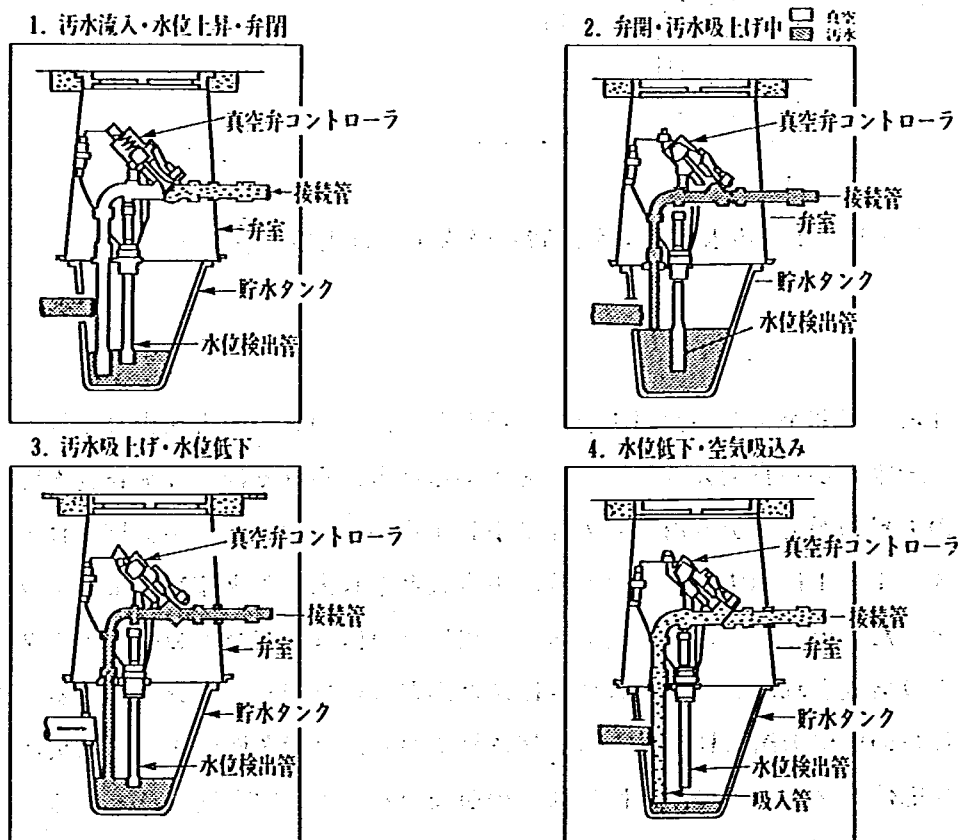


図3-1-1 汚水を吸入した後に空気を吸収する方式の真空弁ユニットの作動方式

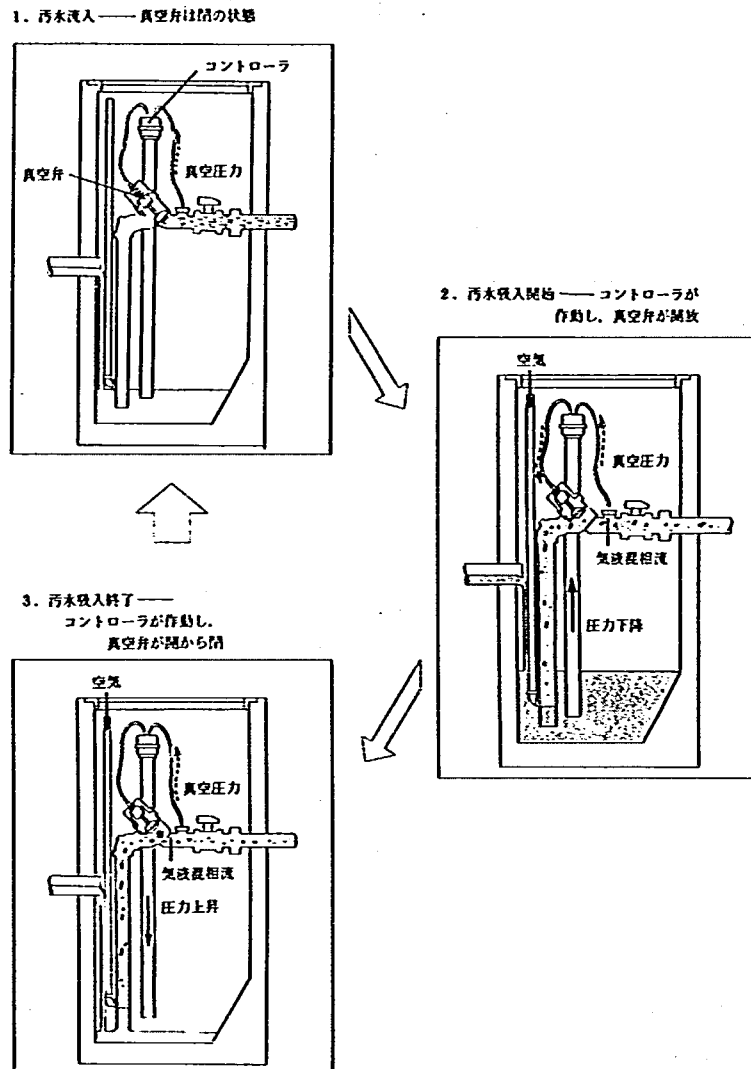


図3-1-2 汚水と空気を同時に吸入する方式の真空弁ユニットの作動方式

[参 考]

土木研究所と民間企業との共同研究の一環として、この2つの方式の真空弁ユニットの対応性テスト（一般家庭から真空弁ユニットに流入すると考えられる様々な夾雑物を貯水タンク内に投入し、その夾雑物がシステム内でどの様に挙動するかを確認する）が実施されており、その結果は参考表3-1-1に示すとおりであり、両方式とも吸入した夾雑物によりトラブルが発生することはなかった。但し、この対応性テストに用いた設備は真空発生装置、集水タンク、真空弁ユニット等より構成され、真空下水管延長はほとんどないモデルプラントである。また、同時に合わせてこれらの機器の耐久性テストも実施されており、（耐久性テストの結果については§20参考参照）対応性テストはこの耐久性テストの前後合わせて2回実施されている。なお、この実験の詳細については真空式下水道システムに関する共同報告書（平成3年度中取りまとめ予定）に記載予定であるので参考にされたい。

参考表 3-1-1 真空弁ユニットの対応性テスト結果
(参考1に示すシステムA)

夾 雑 物	耐 久 テ ス ト 前	耐 久 テ ス ト 後
布切れ	1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
ビニール袋	1回の真空弁の作動で吸入	数回の真空弁の作動で吸入
ビールの王冠	数回の真空弁の作動で吸入	数回の真空弁の作動で吸入
コーヒー用の スプーン	吸い込み管より遠いところに沈んだものについては吸入されなかったが、吸い込み管の近くまで移動させたところ1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
割り箸(約20cm)	数回の真空弁の作動で吸入	数回の真空弁の作動で吸入
男性用ゴム製 避妊具	1回の真空弁の作動で吸入	数回の真空弁の作動で吸入
女性用 衛生用品	1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
老人用紙 おむつ(大)	1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入

(注) 真空弁に吸入された異物はすべて最終的に集水タンクまで搬送された。

(参考2に示すシステムB)

夾 雑 物	耐 久 テ ス ト 前	耐 久 テ ス ト 後
布切れ	1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
ビニール袋	1回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
ビールの王冠	数回の真空弁の作動で吸入	数回の真空弁の作動で吸入
コーヒー用の スプーン	沈降して吸入されない	沈降して吸入されない
割り箸(約20cm)	浮上して吸入されない	浮上して吸入されない
男性用ゴム製 避妊具	数回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
女性用 衛生用品	数回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入
老人用紙 おむつ(大)	数回の真空弁の作動で吸入	1回の真空弁の作動で吸入

(注) 真空弁に吸入された異物はすべてエジェクタ部も通過し、集水タンクまで搬送された。

第2節 真空弁ユニットの設置

§9. 貯水タンクの容量及び水位の設定

- (1) 貯水タンク内の水位の設定は、LWL（真空弁閉）、HWL（真空弁開）を標準とする。
- (2) 常時の運転はHWLとLWLの間で行うこととし、その容量（「常時運転容量」という）は、一般に40ℓ～100ℓ程度とする。
- (3) HWL以上（「非常時容量という」）は、想定される停電時間中に各々の真空弁ユニットに接続されている各家庭より発生する水量を貯水できる容量とする。ただし、中継ポンプ場に自家発電設備を設置する場合にはこの限りではない。
- (4) 必要に応じて水位の異常、真空弁の故障等を知らせる故障警報装置の設置を検討する。
- (5) 真空弁ユニットの設置、維持管理に当たってはできる限り住民の協力を得るように努力し、経済的、合理的な設計容量とする。

[解 説]

(1)について

貯水タンク内の水位の設定は、図3-2-1を標準とする。すなわち、LWL（真空弁が閉となる水位）、及びHWL（真空弁が開となり、汚水の吸引が始まる水位）の2点の水位の設定を標準とする。

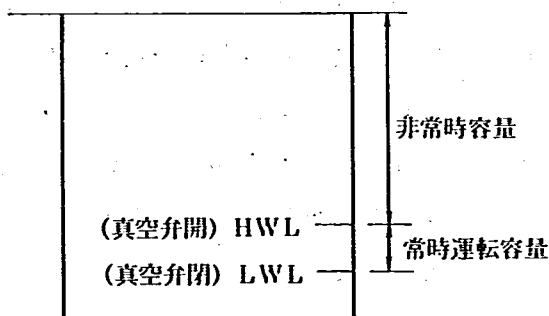


図3-2-1 貯水タンクの水位と容量
(異常水位警報装置を設置しないとき)

(2)について

常時運転容量を小さくすると真空弁の開閉の回数が増加し、消耗品の部品交換の時期が短くなるものと考えられる。また、常時運転容量があまり大きいと非常時容量が十分取れなかったり、貯水タンク容量が大きくなって不経済となるほか、一度にあまり多量の汚水を吸入するとその付近の真空下水管の真空度が一時的に非常に低下することもあると考えられる。常時運転容量は、

以上のような状況及び、海外の実績等をふまえ、一般的には40ℓ～100ℓ程度とするものとする。

(3)について

異常水位警報装置（本§(4)参照）を設置しない場合には、真空弁自体の故障等で真空弁ユニットより汚水を排水できないときには汚水が地表に溢れるまで故障を感知することができない。従って、非常時容量としても、停電時のみを考慮すればよいこととなる。すなわち、この場合は、想定される停電時間中に各々の真空弁ユニットに接続されている各家庭より発生する水量を貯水できる容量とする。我国では、計画停電は3時間以内、事故停電は2時間以内で回復（ただしいずれも東京電力の場合）している。また、停電時間中は、洗濯、風呂の排水など大量の水を使用する家事は一般におこなわれないうとしてよいと考えられる。なお、中継ポンプ場に非常用自家発電設備を設置する場合にはこの非常時容量は考慮しなくてもよい。さらには、中継ポンプ場に可搬式の発電機を接続できる構造とした場合には、上記の“停電時間”とは、停電が発生してから可搬式の発電機を接続して再び中継ポンプ場の運転を再開できるまでの時間を言うこととなる。

なお、真空弁の形式によっては、弁のコントローラー部分が水没しないようにしなければならないものもあるが、その場合には上記の非常時容量はHWLよりコントローラー部分までの容量となる。このようなときには、ブリーザー管を設置するか（§12参照）、図3-2-2に示すようにコントローラー部分のみをできる限りマンホール蓋に近づけ、非常時容量を無駄なく取れるようにすることが重要である。

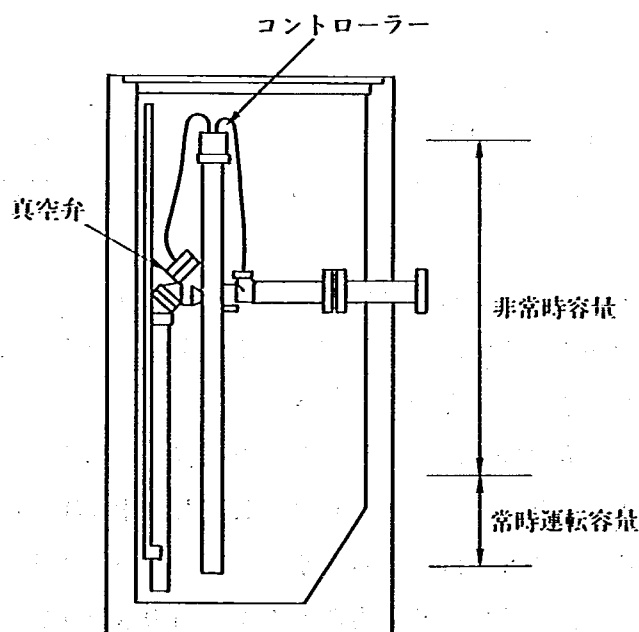


図3-2-2 非常時容量を考慮したコントローラーの配置

(4)について

真空式下水道システムの大きな特徴の一つは、末端の真空弁が真空圧のみによって作動し、従って個々の真空弁ユニットに電力を供給しなくて済むという点である。従って、海外においても故障警報装置を設置している事例は少なく、特に問題となっていないことから、我が国においても特に故障警報装置を設置する必要はないものと考えられる。しかしながら、何らかの理由で真空弁ユニットにおいて汚水の吸引が行われない場合には故障警報装置がないと汚水が貯水タンクより溢れてはじめて故障が発見されることとなるので、下水道管理者の判断により真空弁ユニットの故障警報装置を設置してもよいものとするが、この場合でも故障警報装置はできる限り簡単なものとし、せいぜい現場警報にとどめるものとする。

さて、真空弁ユニットにおける異常とその原因として、主として以下のような場合が考えられる。

① 停電により、中継ポンプ場のポンプが停止した場合

中継ポンプ場のポンプが停止した場合でも、真空下水管（及び、真空ポンプ方式の中継ポンプ場の集水タンク）内の真空圧が保持されている間は真空弁は作動し、汚水は真空下水管内に吸引される。しかしながら汚水（及びそれに伴う空気）の吸引量が増加すると真空下水管内の真空圧が低下し、やがて真空弁が作動しなくなる。

② 真空下水管が途中で破損した場合または真空弁が開いたままになった場合

いずれも当該部分から空気が真空下水管内へ吸引されることとなるが、吸引量が少なければシステム全体に与える影響は少なく、真空弁による汚水の吸引は正常に行われる。ただし、中継ポンプ場のポンプの起動頻度が多くなり、長期間にわたると電気代がかさむ結果となる。破損の程度が大きく、空気の吸引量が大きい場合には当該箇所を含むある程度の区間で真空弁が正常に作動しなくなる。

③ 真空弁が閉じたままとなった場合

汚水は真空下水管内に吸引されず、やがて貯水タンクより汚水が溢れることとなる。

上記の内容を踏まえ、真空弁ユニットにおける故障警報装置には次のようなものが考えられる。

① 貯水タンクの水位が上昇した場合の警報（異常水位警報）

貯水タンク内の汚水の水位が一定レベル以上に上昇した場合警報を出すもの。

② 真空弁が開いたままとなった場合の警報

一定時間以上真空弁の開の状態が続いた場合に警報を出すもの。

さて、①の異常水位警報を設定する場合にはHWL（本§(1)参照）の上にさらに警報水位を設定することとなる。この2点間の容量が小さいと、ピーク汚水の流入量が真空弁の吸込速度より大きい場合には、故障時でなくても貯水タンク内の水位が警報水位をこえることが懸念される。

しかしながら、真空弁による排出量は、真空弁の形式によっても異なるが、吸い込み速度の

遅い同時吸入方式の場合でも通常 100 l/分 以上の排水能力を持ち、一方、想定されるピーク汚水としては、通常の家計においては浴槽排水が一般的であり、1家庭1回当たりの浴槽内の残り湯排水量は「小規模下水道に適した施設の開発に関する調査」（日本下水道事業団、昭和59年度）によれば総排水量は約 170 l 、排水時間約3分間である（図3-2-3）ことから、一般には警報水位は使用する水位計が誤作動しない範囲でできる限りHWLに近づけるものとする。

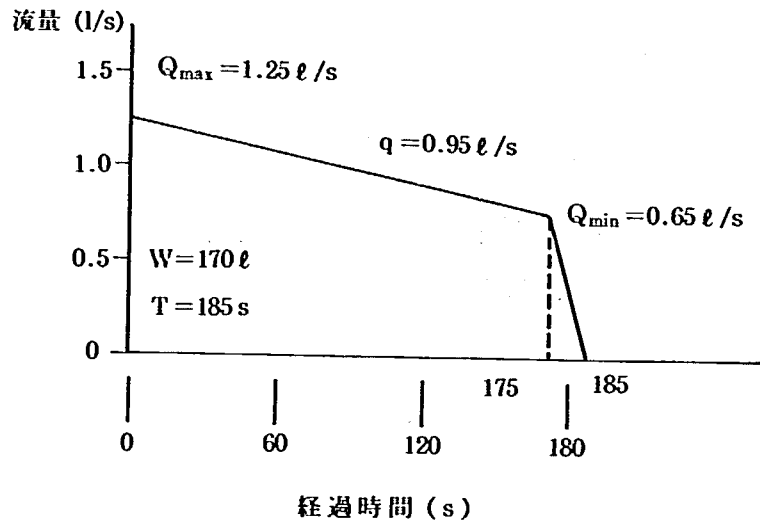


図3-2-3 浴槽排水パターン

また、異常水位警報を設置する場合には、貯水タンクの警報水位より上部の容量は、停電時間及び真空弁等の故障による修理（交換）に要する時間のうち、予想される流入量が大いの方をもとに決定するものとする。すなわち、停電時に予想される流入量から、HWLと警報水位の間の容量を減じた量を水量①とし、警報が発生し、担当部署に通報があってから該当真空弁が予備品と交換されるまでの時間（故障対応時間）に発生すると考えられる水量を水量②として、水量①もしくは水量②の多い方をもってこの容量とする。

(5)について

真空弁ユニットは、住民の協力を仰ぐことにより、より経済的なものとすることができる。(3)にも述べたように、停電時間中は極力水使用を控えてもらうことで非常時容量を小さなものとすることができる。また、異常水位警報装置を設置する場合には、警報が出された場合に担当部署まで通報をお願いすることとなるし、機器の交換がなされるまで大量の水使用を控えてもらうことにより、やはり非常時容量を小さなものとすることができる。さらには、例えば図3-2-4に示すように真空弁ユニット内に非常用の弁を備え付けた場合、異常水位警報が出たときにはこの非常用の弁を住民の手で操作して汚水を吸引してもらうことにより、非常時容量をさらに小さなものとすることも考えられる。このように、真空弁ユニットの容量設計、維持

管理等の内容は住民の協力の有無により大きく異なってくるので、真空弁ユニットの設置、維持管理に当たってはできる限り住民の協力を得るよう努力し、経済的、合理的な設計容量とするものとする。

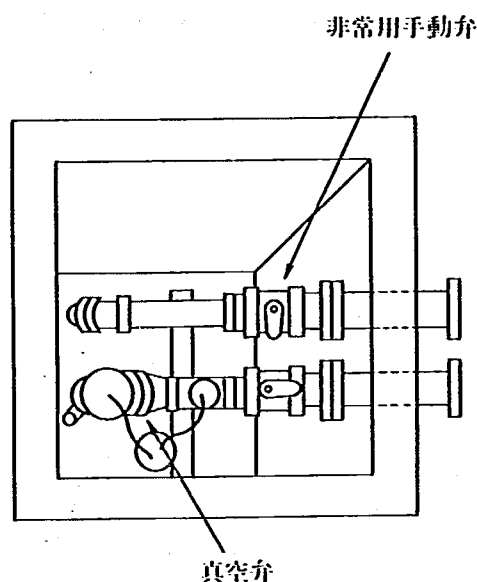


図 3 - 2 - 4 非常用弁の付いた真空弁ユニットの例

§ 10. 材料

真空弁ユニットの貯水タンクは鉄筋コンクリート製、または、プラスチック製を標準とする。

〔解 説〕

貯水層は、汚水による腐食等に対して安全で、上載荷重、土圧等の外圧に耐えられる強度を有するものでなければならない。材料は主としてコンクリートとプラスチックであり、強度面でも信頼性があるが、他にメリットを持ちこれらのかわるものがあれば適宜使用するものとする。

§ 11. 流入管

流入管底は、HWL（§ 9 参照）より上にあるようにする。

〔解 説〕

流入管底がHWLより下にあると、汚水が流入管内に逆流し沈殿や付着を起こし流入管の流下能力が低下することが考えられるので、これを避けるようにする。

§ 12. 通気管，フリーザー管

通気管，フリーザー管の設置にあたってはその構造及び設置位置を十分に検討する。

〔解 説〕

真空式下水道システムは真空弁ユニットから汚水と空気を吸入する。従って真空弁ユニットに空気を導入する必要があるが、このために真空弁ユニットまたは接続管に設けられる管を通気管という。通気管がない場合には建物内の排水設備から空気を吸引することとなり、場合によってはトラップの水封が破壊されることも考えられるので通気管は必ず設置するようにする。ただし、建物の排水設備に通気口がすでに設置してあり、これより通気が可能と判断される場合にはこの限りではない。

真空弁のコントローラーには冠水時でも作動できるように外部からパイプで空気を供給するタイプのものもある。この場合には冠水時に水没しない高さに空気導入用の管を立てる。これをフリーザー管という。

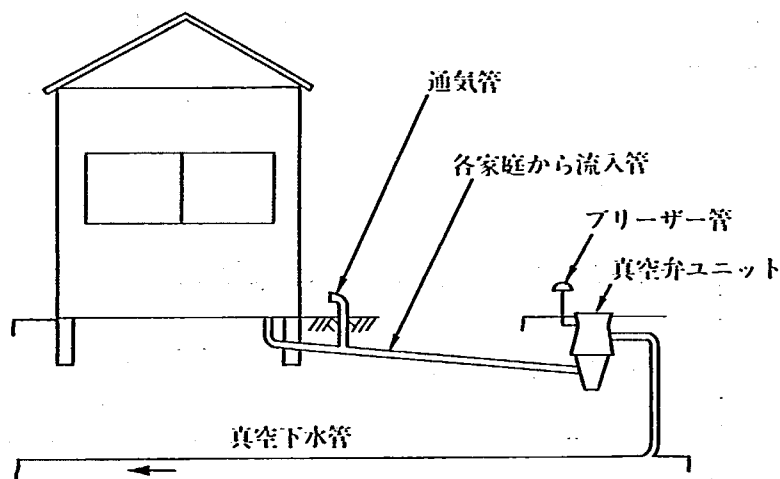


図 3 - 2 - 6 通気管とフリーザー管の設置例

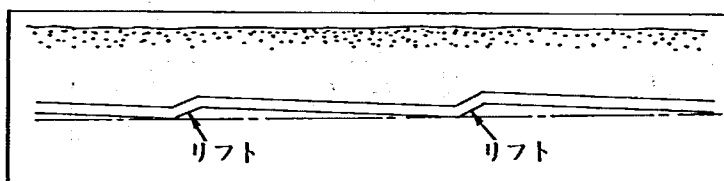
通気管，フリーザー管は地上にでるので交通，通行に支障のないよう配慮が必要になる。また，真空弁の故障の原因になる子供のいたずらや汚水量の増加を招く雨水の浸入を防止しなければならないので，その設置位置及び構造を十分検討することとする。

第4編 真空下水管の設計

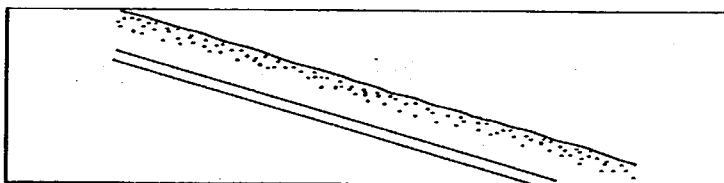
第1節 総論

真空下水管は、真空弁ユニットから吸入した汚水及び空気の中継ポンプ場まで送る、内部が真空圧に保たれた管路である。真空弁ユニットから吸入された空気は真空圧下で急激に膨張するが、この膨張する力が汚水の中継ポンプ場まで搬送する原動力になる。真空弁ユニットから吸入されたばかりの汚水はいわゆる「水栓」を形成し、膨張する空気がこの「水栓」を押して汚水の中継ポンプ場の方向に搬送する。しかしながら空気が汚水を突き抜けてこの「水栓」はすぐに消滅し、汚水は駆動力を失い、停止することとなる（またはその地点の管の勾配により、どちらかの方向に自然流下に近い流れで流れる）。そこで、次に流入してくる空気の膨張力によりこの汚水を効率的に搬送するには、再び「水栓」を形成させなければならない。このため、真空下水管にはところどころに低部が設けられ、再び「水栓」を形成しやすくしている。この低部のすぐ下流は急激に立ち上がる配管形状となっており、リフトと呼ばれている（ただし、下り勾配が長く続く場合にはこのリフトは必要ない）。このリフトはまた、真空下水管の土被りが深くなるのを避け、平坦な地形やある程度の上り勾配でも地形に沿って真空下水管を埋設できるという重要な役割もはたしている。真空下水管の標準的な配管形状は図4-1-1に示す通りである。

1. 平坦な地形での縦断面



2. 下り勾配地形での縦断面



3. 上り勾配地形での縦断面

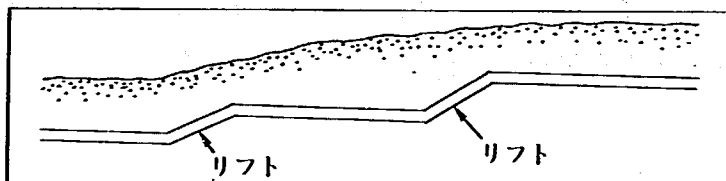


図4-1-1 真空下水管の標準的な配管形状

第2節 真空下水管の設計

§13. 真空下水管の設計

- (1) 真空下水管は時間最大汚水量を計画下水量として設計する。
- (2) 時間最大汚水量は、§2で求めた平均汚水量より1時間当たりの最大汚水量を算定してこれを用いる。この際、ピーク比(§7参照)は、全管路区間にわたって一定とし、中継ポンプ場を設計する際に用いた値を用いるものとする。
- (3) 区間弁は真空本管の主要合流部に配置するとともに、その他の真空本管の管路区間では適度な間隔で配置する。

[解 説]

(1)について

真空下水管内の流れは間欠的であり、瞬間流速は速いが平均流速は遅く、管渠の下り勾配部においては自然流下式下水管内の流れに近いと考えられる。また、真空弁ユニットから流入した汚水を遅滞なく吸入、集水しなければならない。これらのことより、真空下水管は時間最大汚水量を計画下水量として設計するものとする。

(2)について

時間最大汚水量の求め方は§7を参照されたい。

さて、§7に示すような考え方で、例えば、図4-2-1に示す真空式下水道システムを設計する場合、図中のA点の真空下水管(16軒の家庭を対象としている)を設計する場合のピーク比と中継ポンプ場(45軒の家庭を対象としている)を設計する場合のピーク比は、厳密に言えばそれぞれの対象家庭(すなわち対象人口)のピーク比を適用して設計しなければならないこととなる。しかしながら、

- ① 計算が複雑となる。
- ② 末端管渠の口径は夾雑物を流下させ得る口径として別途決定される。
- ③ 接続家庭数が多くなれば、接続家庭数の変化に対するピーク比の変化は小さくなる。

等の理由により、実際の設計に当たっては、システム全体が対象とする家庭数に対応するピーク比(すなわち、中継ポンプ場を設計する際に用いるピーク比)により全管路(末端管路を除く)を設計してもよいものとする。すなわち、図4-2-1のA点の真空下水管の設計時間最大流量を Q_h (m^3/hr) とすると、1家庭当たりの平均世帯人数が4人であるとして、

$$Q_h = (Q_a / 24) \times r \times 64$$

Q_h : 設計時間最大流量 (m^3/hr)

Q_a : 一人当たり日平均汚水量 ($\text{m}^3/\text{日}/\text{人}$)

r : システム全体が対象とする家庭数に対応するピーク比（すなわち、中継ポンプ場を設計する際に用いるピーク比）

64 : 16 （接続家庭数） $\times 4$ （人／家庭）

となる。

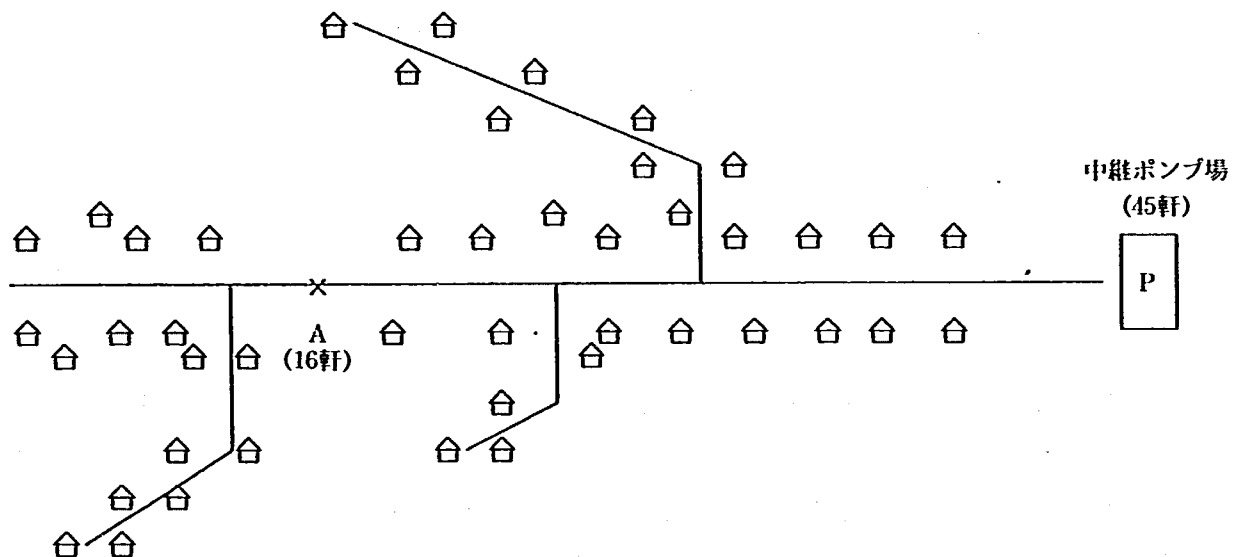
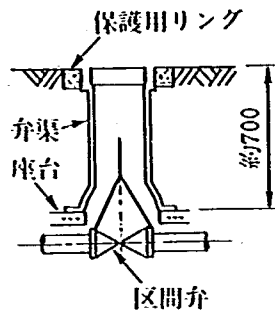


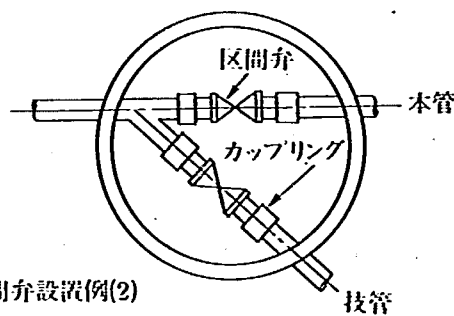
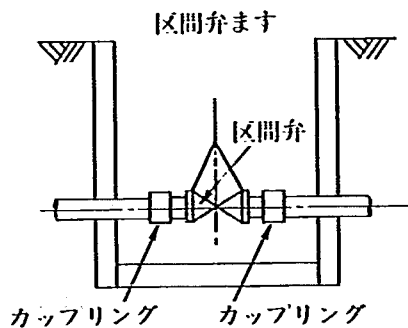
図 4 - 2 - 1 真空下水道システムの 1 例

(3)について

区間弁は、万一の真空下水管破損時に真空漏れ箇所を突き止めたり、真空弁の増設時などに真空下水管の一部を仕切るためのものであり、真空本管の主要合流部に配置するとともに、その他の真空本管の管路区間では真空漏れ箇所の発見方法（§ 21 参照）を考慮して適度な間隔で配置するものとする。



区間弁の設置例(1)



区間弁設置例(2)

図4-2-2 区間弁の設置例

§14. 管材の選定

管材は、原則として硬質塩化ビニール管(VP管)、ポリエチレン管を使用するものとする。

〔解説〕

真空下水管には、原則として硬質塩化ビニール管(VP管)、ポリエチレン管を使用するものとする。これらの管の特徴は以下の通りであるが、選定にあたっては、敷設場所の状況、内圧、外圧、継手方法、工事費等を考慮し、それぞれの特徴を生かすよう選択しなければならない。

1) 硬質塩化ビニール管(VP管)

小規模下水道のような小口径の管としては、耐食、耐アルカリ性に優れており、施工性も容易であり、しかも、安価である等の特徴がある。継手部の柔軟性を確保するためにはゴム輪継手のものが適している。また、近年では真空下水管用のゴム輪継手の研究・開発も実施されている。

2) ポリエチレン管

現在、国内ではガス用、水道用、一般用の3種類があり、一般用は圧力のあまりかからない所で、排水用、スラリーの輸送（硫酸バンドなど）などに用いられている。

継手は、ガス用では融着が主に用いられ、水道用、一般用ではメカニカル継手が用いられている。

ポリエチレン管の利点として、撓み性に富み軽量であることなどがあげられる。

（参 考）

ポリエチレン管の継手について欧米ではエレクトリックフュージョンと呼ばれる接合法が使われている。この方法は、継手用カップリングの内側にニクロム線が埋め込まれており、電気により発熱し、ポリエチレン管と継手を融着させるもので、作業性もよく、数分間～十数分間で完了し、気密性に対する信頼性が高い。

§ 15. 明示シート

管の誤認を避けるため、埋設管は、他埋設管と識別できるように着色するかマークをする等を行う。

また、再掘削時等に、管の埋没位置が明確になるように明示シートを埋設するものとする。

〔解 説〕

明示シートとは、再掘削の場合に管に損傷を与えないように、ビニール製のシートを埋戻し時に埋設しておき、再掘削時等に、その位置が判断されるようにするものである。

第5編 試 験

第1節 真空試験等

§ 16. 真空試験

(1) 真空下水管の敷設後は、真空試験を行うものとする。また、真空発生装置として真空ポンプを用いる方式にあっては、集水タンクについても真空試験を行うものとする。

(2) (1)の真空試験は、§ 18に示す総合試運転の前に原則として次の2段階にわたり実施するものとする。

① 真空下水管の全区間（または当該期建設分全管路）および真空発生装置、集水タンク等の設置完了後、各真空弁ユニットに真空弁を取り付ける前に真空圧となる部分を対象とした真空試験を実施する（真空となる部分をいくつかの区間に区切ってそれぞれ真空試験を行うことが望ましいが、少なくとも、真空圧となる全部分を対象とした一括的な真空試験は必ず実施するものとする）。

② 各真空弁を取り付け後、真空下水管、真空発生装置等を含め、真空圧となる全部分を対象に総合的な真空試験を実施する。

ただし、工期等から判断して真空下水管の敷設と真空弁の取り付けを平行して実施せざるを得ないとき等、やむを得ないときには②の総合的な真空試験のみでもよいものとする。

また、共用開始当初に全ての真空弁を取り付けるのではなく、共用開始後、各家庭の水洗便所への改造等に合わせ順次真空弁（または真空弁ユニット、接続管等）を増設していく場合には必然的に共用開始前の真空試験は①のみとなる。共用開始後順次真空弁等を増設する場合については、増設時の十分な施工管理を前提として当該増設部分の真空試験は実施しなくても良いものとする。

なお、真空下水管については、施工現場の状況、地盤条件、使用する継手の信頼性等を考慮した上で上記試験に加えて、施工途中で部分毎に真空試験を実施することが望ましい。

(3) (2)①②の真空試験の方法及び手順は以下を標準とする。

① 真空発生装置を稼働させ、集水タンク、またはマニホールドにおける真空度を設定運転真空度の上限値（運転真空度が $-7\text{ mAq} \sim -6\text{ mAq}$ の場合は -7 mAq ）程度に保つ。

② 真空度を安定させるため、数分間放置し、必要であれば再度真空発生装置を稼働させる。

③ 真空度が安定した後、その時の真空度を試験開始真空度として記録しそのままの状態ですら1時間放置する。なお、試験開始真空度は①の設定運転真空度の上限値を下回らない

ものとする。

④ 1時間経過後、その時の真空度を試験終了真空度として記録する。

⑤ 併せて、試験開始時と試験終了時の大気圧及び中継ポンプ場内の気温（相当区間にわたり露出配管がある場合には外気温）を測定する。

- (4) (2)①に示す一括的な真空試験については、大気圧を基準とした試験開始真空度と試験終了真空度との差の、試験開始真空度に対する割合（以下、真空度低下率という）をもって結果の判定の基準とする。また(2)②に示す総合的な真空試験については、(2)①の試験結果の真空度低下率に真空弁ユニットよりの許容空気漏れ量を加味して計算した1時間後の真空度より、試験終了真空度が高いことを結果の判定の基準とする。但し、必要に応じ、(3)⑤で測定した大気圧及び気温の変化量により試験開始真空度と試験終了真空度との差を補正するものとする。

[解 説]

(1); (2), (3)について

真空下水管等が十分に製作、施工されているかどうかを判断し、また、システムとして適切に機能するかどうかを判断するため、真空圧となる部分に対しては真空試験を実施するものとする。真空試験の目的は、真空圧によって真空下水管等が破壊されないこと（耐圧性）及び、漏れが許容量以下であること（気密性）の確認である。

さて、真空式下水道システムにおいては、真空弁は工場製作であるが、真空下水管は現場施工である。また、真空発生装置は部品は各工場で作られるが、組立は現場で行われる。工場製作のものについては、ある水準以上の施工管理が行われるものと期待されるが、現場施工のものについては施工現場の状態により、施工管理が左右され、その完成度も大きく左右されるものと考えられる。従って、真空試験についても、現場で施工、組立を行った部分（真空下水管、真空発生装置）を対象に真空試験を行う必要がある。そこで、(2)①に示すように真空弁を取り付ける前にこれらの部分を対象とした真空試験を実施することとするものである。また、これに加えて、最終的には各真空弁を取り付けた後、真空下水管、真空発生装置等を含め、真空圧となる全部分を対象に総合的な真空試験を実施し、システム全体としての機能を確認するものとする。

ただし、工期等から判断して真空下水管の敷設と真空弁の取り付けを平行して実施せざるを得ないとき等、やむを得ないときには(2)②の総合的な真空試験のみでもよいものとする。しかしながらこの場合、解説(4)に示すようにその判断基準として各真空弁ユニットにおいて許容漏れ量の上限值を見込んでおり、真空弁ユニット数が多い場合にはこの合計量が相当なものとなって判断基準値自体が緩やかなものとなる恐れがあり、真空下水管の施工が十分に行われたかどうか判断し難い場合も考えられるので注意を要する。

また、共用開始当初に全ての真空弁を取り付けるのではなく、共用開始後、各家庭の水洗便所への改造等に合わせ順次真空弁（または真空弁ユニット、接続管等）を増設していく場合には必然的に共用開始前の真空試験は(2)①のみとなる。この場合、当該増設部分毎に真空試験を行うことは真空試験の回数が増加する等手間がかかり実面的でないので増設時の十分な施工管理を前提として当該増設部分の真空試験は実施しなくても良いものとする。

総合的な真空試験の結果が不十分である場合には、§21参考に示す方法等により不良箇所を特定し再度十分な施工を行ったり、場合によっては部品の交換等を行わなければならないが、これには時間と手間がかかることとなる。また場合によっては不良箇所自体の特定が難しいこともある。そこで、特に真空下水管については、施工途中で部分毎に真空試験を実施することが望ましい。部分毎の真空試験を実施することにより、不良箇所の特定が速やかに行えるものと考えられる。しかしながら部分毎に真空試験を行うことは、真空下水管の施工の進捗を遅らせることもあり、部分毎の真空試験を実施するかどうかについては、システムの大きさ、施工現場の状況等を総合的に判断して決定するものとする。

(4)について

(2)①に示す真空試験については、大気圧を基準とした試験開始真空度と試験終了真空度との差の、試験開始真空度に対する割合（真空度低下率）をもって結果の判定の基準とする（本§参考参照）。

真空度低下率の算出式及び結果の判定式は以下の通りである（但し、大気圧及び気温に大きな変化が無い場合）。

（算定式）

$$R = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

R : 真空度低下率 (%)

P₁ : 大気圧を基準とした試験開始真空度 (-m A q)

P₂ : 大気圧を基準とした試験終了真空度 (-m A q)

（計算例）

P₁ = -7.0 m A q, P₂ = -6.8 m A q であったとすれば、

$$R = \frac{-7.0 - (-6.8)}{-7.0} \times 100 = 2.9 (\%)$$

(2)②に示す総合的な真空試験については、(2)①の試験結果の真空度低下率より計算した空気漏れ量に真空弁ユニットよりの許容空気漏れ量を加え、その合計量が1時間当たりの空気漏れ量であると仮定して計算した1時間後の真空度より、試験終了真空度が高いことを結果の判定の基準とする。すなわち、真空弁には製造時にある程度の漏れ量が許容されているものもある

がこの許容漏れ量は上限であり、すべての真空弁で漏れが発生しているわけではない。しかしながら真空弁ユニットには真空弁の他に仕切り弁も設置され、これらより空気漏れの生じる場合もある。従って、ここでは、便宜的に1つの真空弁からの許容漏れ量の上限値を各真空弁ユニットからの漏れ量としてすべての真空弁ユニットからの漏れ量を計算し、これに(2)①の試験結果の真空度低下率より計算した空気漏れ量を加えて1時間後の空気漏れ量の合計値を算出し、これより1時間後の真空度を算出して試験終了真空度がこの算出した真空度より高いことを結果の判定の基準とするものである。1つの真空弁ユニットからの許容漏れ量は本§参考を参照されたい。

(算定式)

(2)①の試験による空気漏れ量(大気圧)は、

$$v_1 = \frac{R V (-P_1)}{1033}$$

v_1 : (2)①の試験による空気漏れ量(大気圧) (m^3/hr)

R : (2)①の試験による真空度低下率(%)

P_1 : (2)①の試験時の大気圧を基準とした試験開始真空度 ($-\text{mAq}$)

V : 試験対象となる真空部分の容積(一定値) (m^3)

真空弁ユニットからの空気漏れ量(大気圧)は

$$v_2 = v_u \times N$$

v_2 : (2)①の試験による空気漏れ量(大気圧) (m^3/hr)

v_u : 1つの真空弁ユニットからの許容空気漏れ量 (m^3/hr)

N : 真空弁の個数

合計空気漏れ量(大気圧)は

$$v = v_1 + v_2$$

v : 合計空気漏れ量 (m^3/hr)

計算される1時間後の真空度は

$$P_c = P_3 + \frac{v}{V} \times 10.33$$

P_c : 計算される1時間後の真空度 ($-\text{mAq}$)

P_3 : (2)②の試験時の大気圧を基準とした試験開始真空度 ($-\text{mAq}$)

v : 合計空気漏れ量 (m^3/hr)

V : 試験対象となる真空部分の容積(一定値) (m^3)

(判定式)

$$|P_c| \leq |P_4|$$

P_c : 計算される1時間後の真空度 ($-\text{mAq}$)

P_4 : (2)②の試験時の大気圧を基準とした試験終了真空度 ($-m A q$)

(計算例)

$P_1 = -7.0 m A q$, $R = 2.9\%$, $V = 30.0 m^3$, $N = 50$, $P_3 = -7.0 m A q$

$v_u = 1.5 \times 10^{-2} m^3/hr$ であったとすれば,

$$v_1 = \frac{2.9 \times 30 \times (-(-7.0))}{1033} = 0.59 m^3/hr$$

$$v_2 = 1.5 \times 10^{-2} \times 50 = 0.75 m^3/hr$$

$$v = v_1 + v_2 = 1.34 m^3/hr$$

$$P_c = -7.0 + \frac{1.34}{30} \times 10.33 = -6.54 m A q$$

したがって, p_4 が $-6.54 m A q$ より低下していなければよいこととなる。

[参 考]

参考表 5-1-1 は, 現在までに日本国内において建設された真空式下水道システムのいくつかの例における真空試験の結果である。ただしこれらの大部分は小規模のモデルプラントであり(事例番号12番以外は全て小規模なモデルプラント), 真空弁ユニットの設置数も少なく, かつ施工に際しては十分な管理が行われているという点は考慮する必要がある。真空弁ユニットの設置数が少ないということは, (2)①の一括的な真空試験の参考になるものと考えられる。

プラントの機能保持という観点からは, 参考表 5-1-1 の各試験結果に示されている程度の真空度低下率であれば, 漏れがある特定の1カ所より生じていない限り, 各真空弁よりの汚水の吸入は問題なく行われるものと考えられる。実際, 事例中には真空度低下率が大きいものもあるが, それにもかかわらず現在も特に問題なく稼働している。

また別の観点からすれば, 真空度低下率が大きいと真空発生装置の起動回数が増え, 維持管理費(電力料)が増加する事も考えられる。維持管理費の増加がどの程度であるかはシステムの大きさ等により左右されるので一概に言えないが, 参考表 5-1-2 にモデルケースについて試算値を示した。

以上のような事項を総合的に判断すれば, (2)①の真空試験の結果の判定の基準としては真空度低下率がおおむね3%以内~5%以内程度が適当であるものと考えられる。十分な施工管理がなされれば, この基準は十分に達成可能な値であると考えられる。

次に, 1つの真空弁ユニットからの空気漏れ量であるが, 現在真空弁を製造している企業のうちで社内基準を設けているものは1社あり, その基準は, 試験圧力 $-1.0 \sim -1.7 m A q$ の時 $0.0025 m A p/sec$ 以下の空気漏れ量(ただし真空弁部分の容量は $1.7 l$)となっている。これを便宜的に1つの真空弁ユニットの許容空気漏れ量と見て1時間当たりにはとおおむね $1.5 \times 10^{-2} m^3/hr$ (大気圧)となる。

なお, 言うまでもなく, これら基準は真空式下水道システムを設計, 施工する各民間企業が, より効率的なシステムを保証するため社内基準として独自にこの基準よりも厳しい基準を設定し,

参考表 5-1-1 真空試験結果一覧表

事例番号	試験方法	実施年月	試験結果	真空度低下率(%) 1時間当り	試験対象真空下水管延長 : 真空弁ユニット個数	備 考
1	全配管及びポンプ場を対象とし、47分30秒間観測	昭和63年 9月	開始: -8.03mAq 終了: -7.67mAq 漏れ: 0.45mAq/1時間	5.7	250:3	管材は塩ビ管、差込み継手、管材は当初で状況がよくわからなかったということもあり、一部にVU管を使用する等、信頼性の余り高いものを用いている。しかしながら施工については十分注意したとことである。なお、集水タンク内の水位計にエアバジ式の水位計を用いており、試験中も通気中であつたこととであり、この影響もかなりあるものと思われる。
2	耐久性テスト実施中、約2週間に1回真空弁ユニットへの汚水の流入を止め、真空弁、真空発生装置を待機状態にして1時間(1回目と最後は24時間)後の真空度の変化を観測した。	平成元年 3月~8月	各回の1時間当りの真空度低下率(%)は、1.5、0.6、1.4、1.4、0.8、1.6、0.6、1.2、0.8、0.4、1.6、0.8、0.8	平均 1.0	0:2	真空弁ユニットと真空発生装置のみであり、真空下水管の延長はほとんどない。
3	同上	同上	各回の1時間当りの真空度低下率(%)は、1.7、0.0、1.8、1.3、1.3、0.4、0.4、1.3、1.3、1.1、0	平均 0.9	0:2	同上
4	真空弁ユニット増設完了後集水タンクに接続された真空ゲージにて2時間43分観測	平成元年 6月	開始: -7.0mAq 終了: -6.2mAq 漏れ: 0.3mAq/1時間	4.3	250:6	事例番号1の施設の真空弁ユニット増設時の真空試験
5	第1期全管路敷設終了後、エジェクターを起動し、試験を行った。	平成元年 7月	開始: -6.12mAq 終了: -6.12mAq 漏れ: 0mAq/1時間	0	450:3	管材は塩ビ管、継手は差込み継手であり、施工は通常の施工が行われたこととである。
6	管路、真空弁と真空発生装置に分けて試験実施。管路末端にリークチェック試験装置を接続して1時間後の真空度を記録	平成2年 2月	(管路) 開始: -7.23mAq 終了: -7.20mAq 漏れ: 0.03mAq/1時間	(管路) 0.4 (タンク) 0.9	286:3	管材は塩ビ管、継手はゴム輪と接着が半々程度。
7	運転真空度に設定後、2時間放置して真空度の低下を観測した。	平成2年 4月	開始: -7.07mAq 終了: -6.96mAq 漏れ: 0.055mAq/1時間	0.8	500:3	管材は塩ビ(VP)、継手は直管部はゴム輪、リフト部は接着、配管延長のうち地下埋設部約200m、地上部約300m、施工については、配管の接合に十分注意して実施したとこと。また、管路を区間に分けて合計11回の真空試験を実施している(試験区間には重なりがある)この結果は平均1.2%(4.8-0.5、ほとんどが1.0%以下)であった、4.8%の区間については再度施工、試験し、0.5%となった。漏れ箇所は接着継手であるが、原因としては、雨中の施工であった事か、接着剤が十分乾燥する前に次の施工を行ったためのどちらかが考えられるとこと。
8	エジェクターを起動して新設管路、真空弁を所定の真空度とした後、既設管路との仕切り弁を閉め新設管路のみにつき真空試験を行った。	平成2年 5月	開始: -6.12mAq 終了: -5.92mAq 漏れ: 0.2mAq/1時間	3.3	430:3	事例番号5の施設の増設完了後の試験、試験区間は増設管路、真空弁のみ、管材は塩ビ管、継手は差込み継手(接着、一部ゴム輪)である。施工は通常の施工が行われたとことである。漏れは真空弁ユニットの真空弁の取り付け箇所が生じているらしいとことであるが、試験結果が基準の範囲内であったため、特に補修等はしていないとこと。

参考表5-1-1 真空試験結果一覧表

事例番号	試験方法	実施年月	試験結果	真空度低下率(%) 1時間当り	試験対象真空下水管延長 : 真空弁ユニット個数	備 考
9	エジェクターを起動して新設管路、真空弁を所定の真空度とした後、既設管路との仕切り弁を閉め新設管路のみにつき真空試験を行った。	平成2年 8月	開始: -6.0mAq 終了: -5.9mAq 漏れ: 0.1mAq/1時間	1.7	370:3	事例番号5, 8の施設増設完了後の試験。試験区間は増設管路、真空弁のみ、管材は塩ビ管、継手は差込み継手であるが、一部ポリエチレン管、エレクトリックフュージョンが用いられている。施工は通常の施工が行われたとのことである。
10	管路を5区間に区切り、それぞれで真空試験を実施。これに中継ポンプ場へのみの試験合わせ、6試験を実施した。	平成3年 3月	— — —	平均 1.8 (0— 4.3	1350(合計) : 12(合計)	事例番号5, 8, 9と同じ施設、管材は塩ビ管、継手は差込み継手(接着及びゴム輪)であるが一部ポリエチレン管及びエレクトリックフュージョン継手を使用されている。ただしこの試験は、漏れ量の大きい真空弁の真空専圧管の継手箇所(日常点検等により判定していた)の修繕後に実施された。
11	全配管及びポンプ場を対象とし、30分間観測	平成3年 3月	開始: -6.06mAq 終了: -5.75mAq 漏れ: 0.6mAq/1時間	10	250:6	事例番号1, 4と同じ施設、試験は、エアバージ式水位計空気管、真空ポンプ吸引弁、圧送ポンプ吸引弁、吐出弁を全閉とし、また、試験前に真空下水管内に残っている水が極力少なくなるよう末端の真空弁から大量の空気を吸わせてブローした後試験を実施。
12	真空弁取り付け後、全配管、真空発生装置を対象に1時間観測。	平成3年 3月	開始: -6.85mAq 終了: -6.40mAq 漏れ: 0.45mAq/1時間	6.6	1688:48	管材はポリエチレン、継手はエレクトリックフュージョンを使用、事例番号1～11と異なり、本施設の施設であり、真空弁ユニットの数も多い。なお、本施設は4系統の真空下水管があり、系統毎の真空試験も実施している。その結果の真空度低下率は各々6.4%, 2.9%, 2.1%, 2.1%であった。
13	管路を2区間に区切りそれぞれで真空試験を実施。試験時間は1時間。	平成3年 3月	— — —	0.9% 0.4%	554(合計) : 11(合計)	管材は塩ビ管。継手はゴム輪継手。分岐用区間弁が計9個。

それを真空試験結果の判断の基準として使用すること，あるいは真空式下水道システムを発注する地方公共団体が独自にこの基準よりも厳しい基準を設定し，それを真空試験結果の判断の基準として使用することを妨げるものではない。

参考表 5-1-2 真空度低下率による維持管理費（電力料；基本料金含む）の増加率の計算例

真空度低下率 (%)	年間電力料増加率 (%)
3	1.7
4	2.3
5	2.8
6	3.4
7	4.0

試算条件：参考 1 に示すシステム A を例にとり，以下の条件に従った。

対象人口 : 800 人

日平均汚水量 : $200\text{m}^3/\text{日}$

時間最大汚水量 : $1,038\text{m}^3/\text{日}$ (Giffit の式より)

真空ポンプ : $7.29\text{m}^3/\text{分} \times 15\text{kw}$

圧送ポンプ : $0.8\text{m}^3/\text{分} \times 3.7\text{kw}$ (圧送距離 50m, 実揚程 1m, その他損失 1m)

システムエアボリューム : 5.1m^3 (真空下水管の真空容量 + 集水タンクの真空容量)

§ 17. 圧送管の試験

圧送管の布設後は，水密性，安全性を確認するため，水圧試験を行うものとする。

[解 説]

水圧試験の手順については，原則として「水道施設設計指針・解説」（日本水道協会 1990 年）に従うものとする。また，水圧試験の結果の判断基準についても原則として，水道管の場合に従うものとするが，独自で決める場合でも，水道管の場合よりもゆるいものにならないようにするものとする。

第2節 総合試運転

§ 18. 総合試運転

施工完了後は目視等により中継ポンプ場や真空弁ユニットの各部に緩みや地下水の浸入等がないかを確認の上、中継ポンプ場の運転を開始し汚水を受け入れる前に総合試運転を行うものとする。

[解 説]

総合試運転は、真空発生装置などを起動させて中継ポンプ場を運転状態にした上で清水を各真空弁ユニットに順次注入して実施することが望ましい。総合試運転において確認すべき主要な項目は次の通りである。

(中継ポンプ場)

- ① 真空発生装置が、設定された真空圧で起動－停止を繰り返し、真空度が速やかに回復するかどうか。
- ② 圧送ポンプが、設定された水位で起動－停止を繰り返し、規定の吐出量が確保されているかどうか。
- ③ 各真空弁ユニットより注入した清水が中継ポンプ場まで収集されるかどうか。
- ④ 真空発生装置等の手動運転が問題なく行えるかどうか。
- ⑤ 故意に異常な状態を生じさせ、設定した異常警報が発令されるかどうか。
- ⑥ その他水漏れ、空気漏れ、ポンプの異音等のチェック

(真空弁ユニット)

- ① 注入した清水が問題なく吸入されるかどうか。
- ② 各真空弁ユニットにおける気液比の設定が近いものになっているかどうか（必要に応じて）。

なお、各真空弁ユニットにおいて清水の確保が困難な場合は適宜工夫して上記項目の確認を行うものとする。

第6編 維 持 管 理

第1節 維持管理

§ 19. 中継ポンプ場の維持管理

通常は無人で運転することとするが、週1回程度日常点検を実施し、異常の早期発見につとめるものとする。

また、定期的に機械、電気関係の専門家による点検を実施するものとする。

〔解 説〕

通常の機械設備の点検と何等変わる所はないが、以下の点に特に留意する。

- ① 1週間分の真空度の変化を読みとり、異常がないかチェックすること。
- ② 集水タンクの水位検知電極等をチェックして、必要ならば洗浄すること。

§ 20. 真空弁ユニットの維持管理

真空弁ユニットが正常に作動するように、必要に応じ機器の点検、貯水タンク内の清掃を行う。

〔解 説〕

真空弁ユニットの維持管理項目の主なものは以下の通りである。

① 真空弁の運転状態の把握

真空弁の作動を目視し、水面の低下速度、及び、振動、異常音等から運転状況を把握する。

② 外観の点検

貯水タンク内の状態を目視し、異常の有無を点検する。

③ ゆるみ、漏れ等のチェック

真空弁取付部等にゆるみがないか点検するとともに、ホース類からの漏れについてもチェックする。

④ 消耗部品の交換

既定の年数または作動回数を経過した真空弁は消耗部品の交換を行う。

⑤ 清掃

清掃の内容は次の通りである。

ア. バキュームカーによるユニット内汚物の吸水、吸泥

イ. 高圧水洗浄車によるユニット内汚物の高圧水洗浄

ウ. バキュームカーまたは、ポンプによる洗浄水の除去

[参 考]

土木研究所と民間企業との共同研究の一環として、参考に示す2つの方式の真空弁ユニット（各2つ）及び真空発生装置からなる小規模なモデルプラントにより、これらの耐久性テストが実施されている。耐久性テストの概要は以下の通りである。

- ② 2軒の家庭より排出される汚水（1 m³/家庭・日とする）を1つの真空弁ユニット当り11年分排除することとし、これを約半年で行った。
- ② テスト実施中、真空弁1つあたり概ね1年分の水量経過毎に汚水の供給を止め、真空弁を待機状態にした上で真空発生装置を停止させ、放置してシステム内の圧力変化を記録した（真空保持テスト）。
- ③ テスト実施中の運転状況を監視すると共に、テスト終了後、真空弁を分解して摩耗部分の摩耗度等を計測した。

耐久性テストの合計水量、真空弁の開閉回数等は参考表6-1-1に示す通りである。耐久性テスト期間中は両プラントとも特に重大なトラブルもなく運転は順調であった。また、真空保持テストの結果は§16参考表5-1-1（事例番号2，3）に示している。摩耗度合の計測結果等、その他詳細については真空式下水道システムに関する共同研究報告書（平成3年度中取りまとめ予定）に記載予定であるので参考にされたい。

参考表6-1-1 耐久テスト運転状況

	合計水量 (m ³)	真空弁開閉回数(回)			排 風 量 (N-m ³)	開閉1回当 り水量 (l)	気液比
		No.1	No.2	合計			
参考1に示す システムA	19808	269373	236763	506136	72200	39.1	3.6
参考2に示す システムB	17068	156321	101459	257780	16210	66.2	0.9

§ 21. 管路施設の維持管理

- (1) 管路の維持管理においては管路の破損、弁類の誤操作、真空漏れ（真空下水管）、漏水（圧送管）などがないかチェックし、管路の送水能力を確保するものとする。
- (2) 長期間管路を使用しない場合には、真空下水管の場合には管路を清掃した後大量の空気でブローして、また、圧送管の場合には清掃した後清水と置換して密封しておくものとする。

[解 説]

(1)について

真空下水管の真空漏れが起こった場合は、真空発生装置の運転時間が従来より長くなったり、深夜汚水の流入がないと思われる時間帯において集水タンクまたはマニホールドの真空度の低下割合が大きくなる等、中継ポンプ場内の真空記録計から間接的に知ることができる。

真空下水管の破損部位の特定は、区間弁の開閉で破損区間を特定し、その後、テストボール、または漏洩探知機で、破損場所を特定する（本§参考参照）。

(2)について

長期間、真空下水管を使用しない場合には、真空下水管内に貯まった汚水が腐敗し、悪臭や硫化水素が発生することが考えられる。これを避けるよう、各真空弁ユニットより清水を流入させて真空下水管内を清掃した後、最も中継ポンプ場より遠い真空弁から強制的に吸気させ、区間弁を仕切りながら順次中継ポンプ場に向かって大量の空気でブローしていくものとする。

また、圧送管の場合には高圧水洗浄等により洗浄した後、清水を充填しておくものとする。

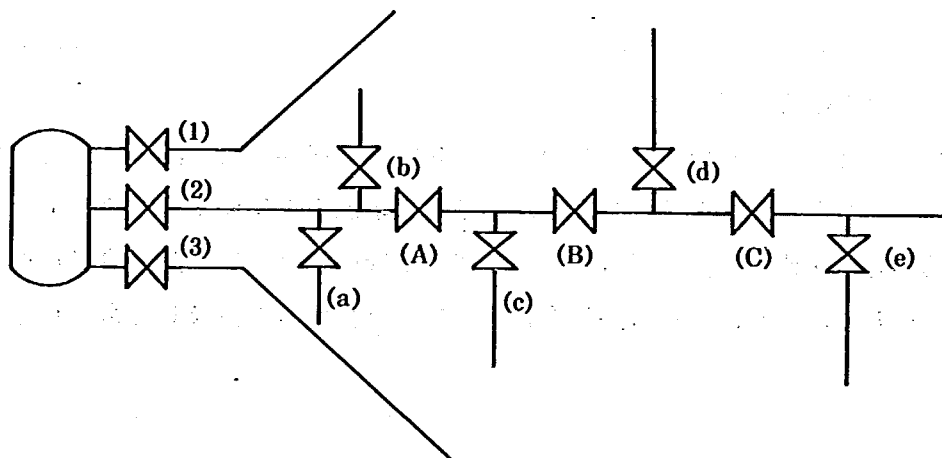
[参 考]

管路破損区間の特定手順の一例を以下に示す。

(手順)

1. 夜間の真空弁の作動がないときに、真空発生装置に接続される各系統の元弁(1), (2), (3)を順次1個だけ開いて、圧力上昇の程度を調べて、どの系統に真空漏れがあるかを突き止める。

例えば、弁(2)だけを開いているときに、圧力上昇の程度が大きかったとすれば、(2)の系統に真空漏れがあることがわかる。



参考図 6 - 1 - 1 真空下水管の破損部位の特定方法

2. 次に、弁(2)を開いて、管路のほぼ中間部にある弁(B)を閉じて同様のチェックをして、漏れが弁(B)より末端側か中継ポンプ場側かを調べる。

例えば、弁(B)を閉じたら、圧力上昇の程度が小さくなったとすれば、弁(B)より末端側に漏れがあることがわかる。

3. 次に、弁(B)を開いて弁(C)を閉じ同様のチェックをする。

例えば、この場合に圧力上昇の程度が大きくなったとすれば、弁(B)と弁(C)の間に真空漏れがあったことがわかる。

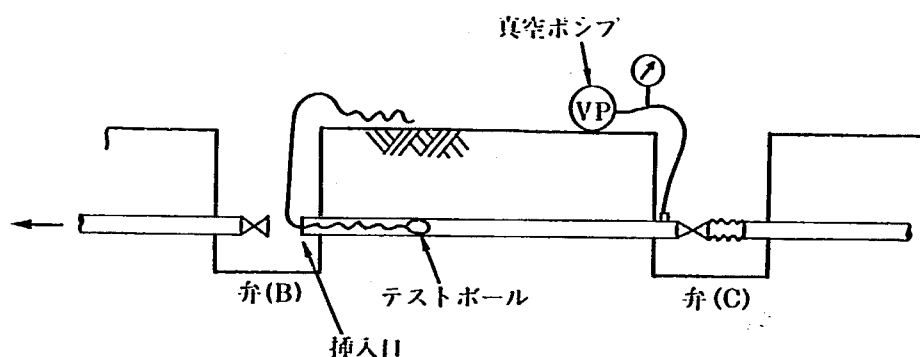
4. 弁(B)と弁(C)の間の枝管の弁(d)についても同様の調査をする。

弁(d)を閉じても、中継ポンプ場の圧力上昇の程度が小さいままであれば、本管の弁(B)と弁(C)の間に真空漏れがあることがわかり破損区間の特定ができる。

5. 真空破損区間が特定されたら、真空破損箇所を特定する。このときの方法には、テストボールを用いる方式と漏洩探知機を用いる方式がある。

1) テストボール方式

テストボールを破損区間の片側の弁から挿入し、反対側に可搬式の小さな真空ポンプを接続し、管内を負圧状態にする。テストボールの位置をいろいろ変えて圧力上昇の程度を観察し、真空漏れ箇所を突き止める。



参考図 6-1-2 テストボールによる破損部位の特定方法

2) 漏洩探知機

区間弁に漏洩探知装置のピックアップ部を取り付け、音波を測定し、波形を照合して、漏洩箇所を突き止める。

第2節 記 録

§ 22. 維持管理及び事後処理記録

中継ポンプ場、真空弁ユニットについて、維持管理内容及び故障時の処理状況（事後処理）の記録を残すものとする。

〔解 説〕

維持管理及び事後処理記録は、システムの運転状態や能力を把握するうえで、また機器の交換時期を判断したり、後の維持管理体制づくりに重要なデータとなるので、できる限り記録をつけるものとする。

参考1

システム A 技術指針

目 次

第1編 中継ポンプ場の設計	59
第1節 総 論	59
§ 1. 基本的な考え方	59
§ 2. 機器の配置	61
第2節 容量計算	61
§ 3. 真空ポンプ	61
§ 4. 圧送ポンプ	62
§ 5. 集水ポンプ	63
第3節 運転制御	64
§ 6. 運転方式	64
第4節 機器仕様	64
§ 7. 真空ポンプ	64
§ 8. 圧送ポンプ	65
§ 9. 集水ポンプ	67
§ 10. その他付属機器	67
§ 11. 塗 装	68
§ 12. 試験, 検査	68
第2編 真空弁／汚水ますの設計	69
第1節 真 空 弁	69
§ 13. 真空弁及び真空弁ユニット	69
§ 14. 故障警報装置	70
第2節 弁ます／汚水ます	71
§ 15. 施設や家庭から流入管	71
§ 16. 弁ます, 汚水ますの構造	73
§ 17. 弁ます, 汚水ますの径, 深さ	74
第3編 真空下水管の設計	76
第1節 総 論	76

§ 18. 基本的な考え方	76
第2節 配管設計	77
§ 19. 配管口径	77
§ 20. 管 材 料	78
§ 21. 真空下水管の布設方法	79
§ 22. 損失水頭の計算	83
§ 23. 摩擦損失	85
§ 24. リフト損失	86
第3節 付帯施設	86
§ 25. 区 間 弁	86
§ 26. 末端吸気弁	88
§ 27. そ の 他	88
第4編 圧送管路の設計	89
第1節 総 論	89
§ 28. 管路設計の基本的な考え方	89
第5編 施工管理／試験・調整	90
第1節 施工管理	90
§ 29. 真空下水管	90
§ 30. 真空弁ユニット	90
第2節 試験・調整	91
§ 31. 真空下水管	91
§ 32. 圧 送 管	92
§ 33. 真 空 弁	92
§ 34. 中継ポンプ場	93
第6編 保守点検	94
第1節 総 論	94
§ 35. 維持管理	94
§ 36. 事後処理	94

第2節 維持管理	94
§ 37. 配管施設の維持管理	94
§ 38. 真空弁／汚水ます	95
§ 39. 維持管理記録	95
第3節 事後処理（応急処理）	95
§ 40. 真空弁／汚水ます	95
§ 41. 中継ポンプ場	96
§ 42. 記 録	96
設 計 例	97

第1編 中継ポンプ場の設計

第1節 総 論

§1. 基本的な考え方

- (1) 中継ポンプ場は時間最大汚水量を計画下水量として計画する。
- (2) 通常非常用発電機は設けない。ただし、頻繁な長時間の停電が予想される所はこの限りでない。

[解 説]

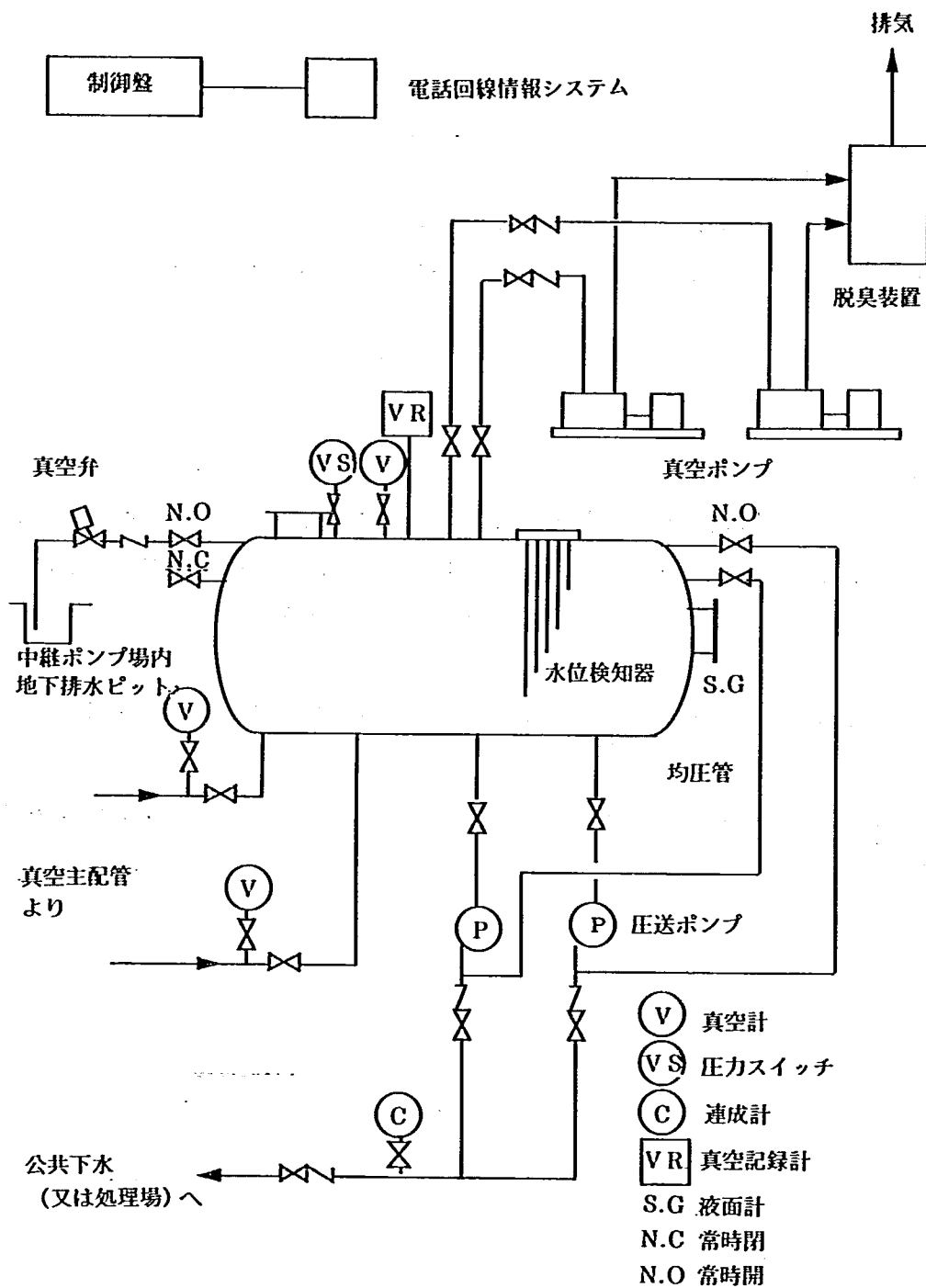
(1)について

中継ポンプ場は区域内の真空弁から吸入された汚水を集め、それを処理場や自然流下幹線に圧送する設備で、集水タンク、真空ポンプ、圧送ポンプ、および制御盤等から構成される。時間最大汚水量の決定については本文第2編第2節 § 7 (1)(2)を参照。

(2)について

短時間の停電ならば、真空下水管、集水タンク、さらには汚水ますの貯留量で対応することができる。

具体的な許容停電時間については、ケースバイケースで検討する。本文第2編第2節 § 7 (7)を参照。



§ 2. 機器の配置

民家側敷地境界線で騒音規制値を満足する遮音性能を持つものとする。必要に応じて真空ポンプの排気口に脱臭装置を設ける。

[解 説]

中継ポンプ場は通常地下1階、地上1階の造りで、集水タンクと圧送ポンプを地下に設置し、真空ポンプと操作盤を地上に設置する。真空下水管の上り勾配部を極力少なくするため、集水タンクは通常地下に設置される。ただし、摩擦損失に十分な余裕がある時には地上又は半地下に設置することもできる。

また、真空ポンプも必ずしも地上に設置する必要はなく、公園の地下を中継ポンプ場にする場合等には集水タンクと同じレベルに据付けても良い。

中継ポンプ場は昼夜を問わず運転されるため、騒音対策には十分配慮しなければならない。

脱臭については本編第2編第2節 § 7(6)を参照。

第2節 容量計画

§ 3. 真空ポンプ

真空ポンプは2台設置し、1台予備とし交互運転する。真空ポンプ容量を Q_{vp} ($m^3/分$) とすると、

$$Q_{vp} = 9.3 \times Q_{max} / 60$$

で計算される。

Q_{max} : 時間最大汚水量 ($m^3/時$)

[解 説]

通常は1台予備とし、同時に2台運転しない様なインターロックを設けて契約電力量を小さくする。ただし、汚水量の季節変動が大きい場合等には万一の場合の過大空気量に備えて、2台運転を可能にしておく。

Q_{vp} は真空ポンプ吸込み圧力での容量である。つまり、真空ポンプは、集水タンク圧力が -7 mAq の時に、時間最大汚水量 Q_{max} ($m^3/時$) の9.3倍の排気量を持つものとする。この9.3は、まず気液比(吸水汚水量 Q_{max} に対する大気圧換算の吸入空気量の比)を3とし、これが -7 mAq の圧力のもとで膨脹するので

$$3 \times 10.33 / (10.33 - 7) = 9.3$$

として求めたものである。

集水タンク圧力は、 $-6 \sim -7\text{ mAq}$ の範囲に自動的に保持されるが真空式下水道システムは

－6 mAqでも機能するよう計画されるので、このようにして選定した真空ポンプは約30%
 $(\frac{10.33-6}{10.33-7}=1.3)$ の余裕を持つことになる。

また、時間最大汚水量にあきらかに余裕が含まれていたり、2台の真空ポンプのうち1台を完全な予備機とせず、万一の過大水量の時には2台同時運転することができる場合には、集水タンク圧力が－6.5mAqの時の吸排気が吊り合う容量として

$$Q_{vp}=8.8 \times Q_{max}/60$$

としてもよい。この時の余裕は13%である。

§4. 圧送ポンプ

圧送ポンプは2台設置し、1台予備とし交互運転する。圧送ポンプ容量を Q_{dp} (m³/分) とすると

$$Q_{dp}=Q_{max}/60$$

で計算される。

圧送ポンプの全揚程 P_{dp} (m) は

$$P_{dp}=H_a - P_r + H_f$$

で計算される。

ここで P_r : 集水タンク内圧力 (m) = -7 mAq

H_a : 実揚程 (m)

H_f : 摩擦損失 (m)

[解 説]

ポンプ全揚程は次のような最も厳しい条件で決められるため通常の運転では十分な余裕を持っている。

- ・ 集水タンク内の圧力は－6～7 mAqに制御されるが、－7 mAqの条件で計画されていること。
- ・ 集水タンク内の液位は変化するが、最も低いレベルの場合で計画されていること。

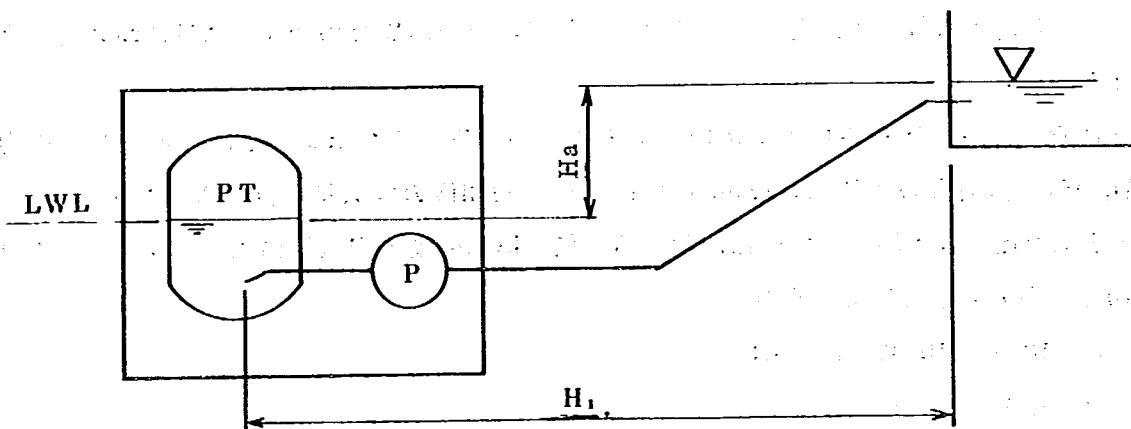


図1-1 圧送ポンプの設計

§5. 集水タンク

集水タンク容量 V_{ct} (m³) は真空ポンプ及び圧送ポンプそれぞれ2台が交互運転している場合に1台当たりの起動頻度が許容回数以下となるように決める。

[解 説]

真空ポンプは、計算によれば大気圧換算で比較した時流入空気量が真空ポンプ排気量の約60%のとき最も起動頻度が大きくなる。また、起動頻度は集水タンクと真空下水管の全体積に占める空気部分の体積（システムエアボリューム： V_s (m³))にも影響される。気液比が3で真空ポンプ1台当たりの頻度が15分に1回のときの真空ポンプ容量 Q_{vp} (m³/分) とシステムエアボリューム V_s (m³) の関係を下図に示す。

表1-1 真空ポンプ1台当たりの起動頻度が15分に1回の場合の真空ポンプ容量とシステムエアボリュームとの関係

Q_{vp} (m ³ /分)	V_s (m ³)
0.54	3.8
1.23	9.2
2.43	17
3.42	24
5.04	34
7.29	51
11.52	71
14.4	84
17.55	113

選定した真空ポンプ容量に対し、システムエアボリュームが上表に満たない場合は、管路の管径を大きくしたり、集水タンクを大きくして、システムエアボリュームを増やす必要がある。一般にシステムエアボリュームは集水タンクと真空下水管の全体積の2/3と考える。圧送ポンプは、流入汚水量が圧送ポンプ排出量の1/2の時に最も始動頻度が大きくなる。集水タンクの運転容量（圧送ポンプは集水タンク内の水位が上がると始動し水位下がると停止するが、この1回の運転で排出される集水タンク内の体積）を V_o (m³) とすると、圧送ポンプ1台当たりの起動頻度を15分とする運転容量は

$$V_o = 1.875 \times Q_{dp}$$

で計算される。 V_o は一般に V_{ct} の1/3～2/5とされるから V_o を3倍又は2.5倍した容量が集水タンク容量 V_{ct} となる。

$$V_{ct} = (3 \sim 2.5) V_o$$

第3節 運転制御

§6. 運転方式

- (1) 集水タンク内は真空ポンプによって、常に $-6 \sim -7$ mAqの圧力を保つよう自動制御を行う。
- (2) 集水タンク内に約 $1/3 \sim 2/5$ の汚水が貯ると、圧送ポンプで自動的に処理場等に排出するよう制御する。

[解 説]

(1)について

真空ポンプは、集水タンクの圧力による自動運転と個々の真空ポンプ毎に設けた操作スイッチによる手動運転ができるものとする。

自動運転の場合、真空ポンプは集水タンク設定最低真空度で起動し、最高真空度で停止する。

2台の真空ポンプは起動頻度を軽減するため交互運転し、故障時には自動的に、予備機に切り替わるものとする。

圧送ポンプの容量が相対的に大きくて、運転時間が短く、その間真空ポンプが停止しても問題無い場合には、受電契約容量を減らすために、圧送ポンプが運転中は、真空ポンプが停止するようなインターロックを設けることができる。

(2)について

圧送ポンプは、集水タンクの水位による自動運転と、個々の圧送ポンプ毎に設けた操作スイッチによる手動運転ができるものとする。

自動運転の場合、圧送ポンプは集水タンク水位上昇で起動し水位低下で停止する。水位が異常上昇すると警報を発し、その時真空ポンプが運転していれば停止させ、真空ポンプに汚水が引込まれるのを防ぐ。

2台の圧送ポンプは起動頻度を軽減するため交互に運転する。

故障時には自動的に、予備機に切り替わるものとする。

((1)(2)本文 § 8 参照)

第4節 機器仕様

§7. 真空ポンプ

水封式又はベーン式が一般的であり、各々の形式の得失を考慮して選定する。

[解 説]

水封式の場合、封水量を減らす必要がある時には、封水を冷却して循環使用する。この場合、封水の温度上昇を考慮して真空ポンプ性能の温度逓減を見込むこと。

ベーン式の場合、吸入空気には多量の水滴が混入するので、それが油に混入しない対策が必要である。

§ 8. 圧送ポンプ

- (1) 圧送ポンプは負圧の集水タンク内から汚水を吸い出すため、十分な吸込性能を持つものでなければならない。
- (2) 圧送ポンプは集水タンク内に水中ポンプ設置とするか、もしくは、集水タンクの外に陸上ポンプ設置とする。
- (3) 圧送ポンプの口径は異物通過粒径が約65mm以上となるよう選定する。
- (4) 圧送ポンプが、集水タンクの外に設置される場合には、常に満水状態になるように、ポンプ吐出口と集水タンク上部を連絡する管（均圧管）を設ける。

[解 説]

(1)について

ポンプが必要とする有効吸込水頭（NPSH Req.）は、次の方法で計算されるポンプが利用しうる有効吸込水頭（NPSH Av.）より小さくなければならない。

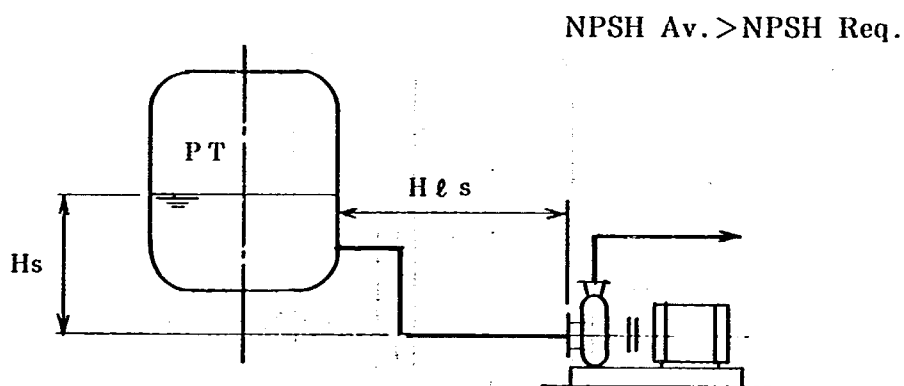


図1-2 圧送ポンプの吸込条件

P_T : 集水タンク内圧力 (m) = -7 mAq

H_s : 吸込実揚程 (m)

H_{ls} : ポンプ吸込管の損失 (m)

P_v : 飽和蒸気圧 (m) = 0.3 mAq

V_s : ポンプ吸込口での流速 (m/s) ≈ 2 m/s

$$NPSH_{Av.} = 10.33 + P_r + H_s - H_{ls} - P_v + \frac{V_s^2}{2g}$$

(2)について

圧送ポンプの設置例を図1-3に示す。

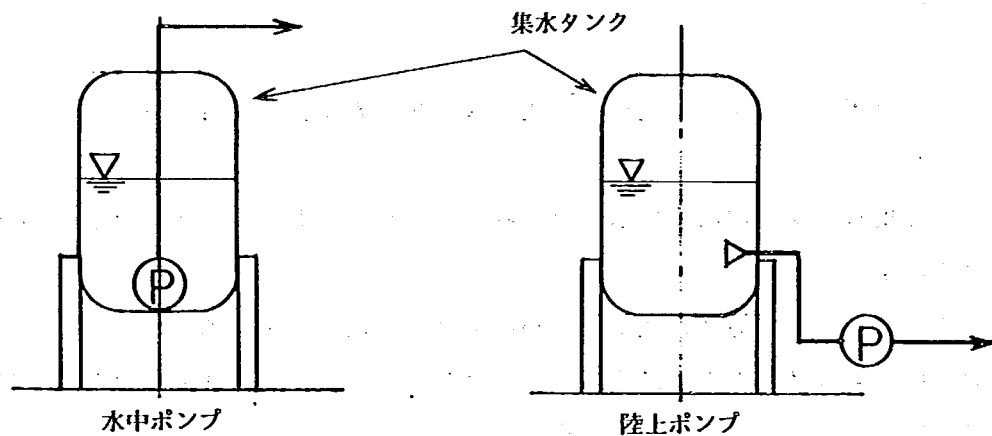


図1-3 圧送ポンプ設置例

(4)について

図1-4に均圧管の概念を示す。

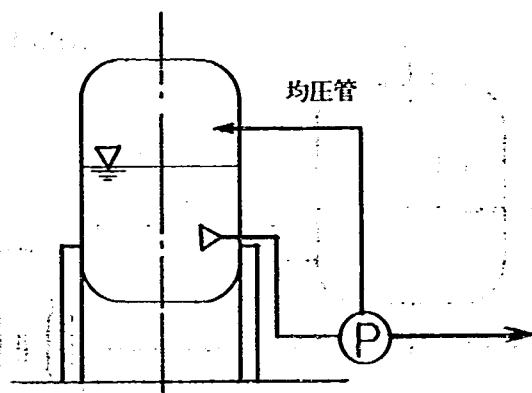


図1-4 均 圧 管

§ 9. 集水タンク

基 礎：1

形 式：円筒型 縦置き型／横置き型

材 質：S S 41（内面の腐食代を約 3 mm とること），ステンレス又は F R P

附属品：φ 600 マンホール，覗き窓，連通管式液位計，
フラッシングノズル，電極式液位計，ドレン，
接続用座（真空汚水管用，圧送ポンプ用，圧力検出管用，
真空ポンプ用，予備用）

〔解 説〕

覗き窓を外部から洗浄できるようにフラッシングノズルを設けておくのが望ましい。

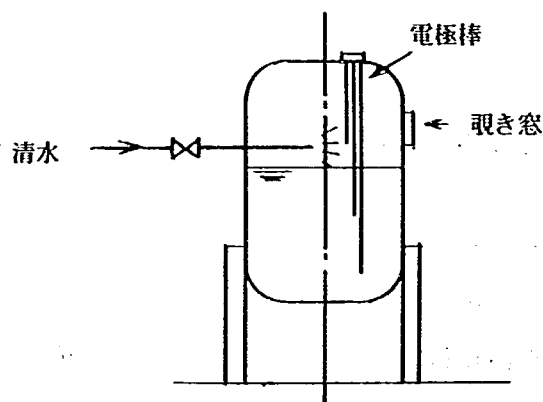


図 1-5 集水タンクのフラッシングノズル

連通管式液位計は管内を清掃できる構造とする。

§ 10. その他附属機器

弁 類	汚水用	鋳鉄ソフトシール型スルース弁 鋳鉄エキセントリックプラグ弁 鋳鉄ボールチェッキ弁 ステンレスボール弁
	空気用	ステンレスボール弁 ステンレススイングチェッキ弁
配 管	清水用	青銅弁類
	汚水用	ダクタイル鋳鉄管またはライニング鋼管または厚肉鋼管
	空気用	塩化ビニル管（V P 管）またはライニング管または 亜鉛メッキ管
	清水用	塩化ビニル管（V P 管）またはライニング鋼管または 亜鉛メッキ管

[解 説]

汚水や真空ポンプ吸排気に使用する弁類は、流体の腐食性を十分考慮した材質のものとする。

一般に弁類の軸シールは、負圧に対して考慮されていないことがあるので使用にあたっては注意する。

汚水用の弁類に対しては、全開時でも口径の大きさの通過粒径を確保できないことがあるので注意を要する。

§ 11. 塗 装

原則として以下の仕様による（材質：S S 41の場合）。ただし汎用機器及び材料などで、メーカーの社内規格などでライン生産されているものは、この限りではない。

汚水に接する部分

素地調整 1 種ケレン

ジンクリッチプライマー

タールエポキシ樹脂塗料 3 回

合計膜厚 約220 μ

気中部

素地調整 1 種ケレン

JIS K5633 2 種エッチングプライマー

JIS K5623 1 種亜酸化鉛

膜 厚 約 35 μ

JIS K5623 2 種亜酸化鉛

膜 厚 約 35 μ

フェノール樹脂塗料 2 回

合計膜厚 約 50 μ

[解 説]

下水道事業団の仕様に準じる。

§ 12. 試験, 検査

集水タンク

: 材料ミルシート

耐圧テスト（水压1.2kg/cm² 15分保持） 寸法検査

真空ポンプ, 圧送ポンプ

: 性能試験 耐圧テスト

中継ポンプ場内主要弁類

: 耐圧テスト 弁漏テスト

操作盤, 制御盤

: 絶縁試験 耐圧試験

中継ポンプ場総合機能試験

第2編 真空弁／汚水ますの設計

第1節 真空弁及び真空弁ユニット

§ 13. 真空弁

形式：真空下水管内の真空圧を動力として、弁ますの水位によって自動的に作動するピストン弁

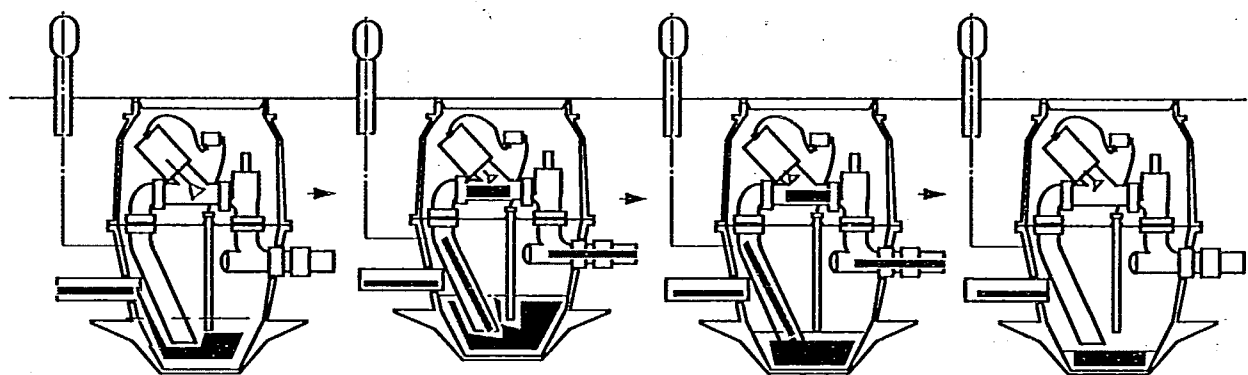
口径：75mm

〔解 説〕

図2-1に真空弁の作動説明図を示す。

- 1) 汚水が流入し、ますの汚水水位が上昇する。真空弁は、全閉である。
- 2) 水位が上昇すると、水位検出管内の空気が圧縮され、コントローラーが作動し、真空圧によって弁が開き、汚水を吸い込む。
- 3) 汚水は吸い込まれ続け、水位が低下する。
- 4) さらに水位が低下し、吸込管から空気を吸い込み、一定時間後に弁が全閉となる。

真空弁は毎回40ℓの汚水を吸引する。1分間当りの作動回数を3回、つまり120ℓ／分を真空弁1個当りの時間最大汚水量の限度として計画する。



1) 汚水流入、水位上昇 2) 弁開、汚水吸上げ中 3) 汚水吸上げ、水位低下 4) 水位低下、空気吸込み

図2-1 真空弁の作動説明

真空弁の作動に必要なコントローラー用のφ25フリーザー管については、弁ますからじゃまにならない場所に、冠水時に水没しない高さまでたちあげることが必要である。フリーザー管は中で結露下水滴が溜らないように弁ますに向かって勾配を設ける必要がある。又、管の解放口は、雨が浸入しないように下向きにするとともに、小さな目の金網等を取り付けて、異物が浸入出来

ない構造とする。フリーザー管の地上露出部は銅製とし容易に壊れないものとする。

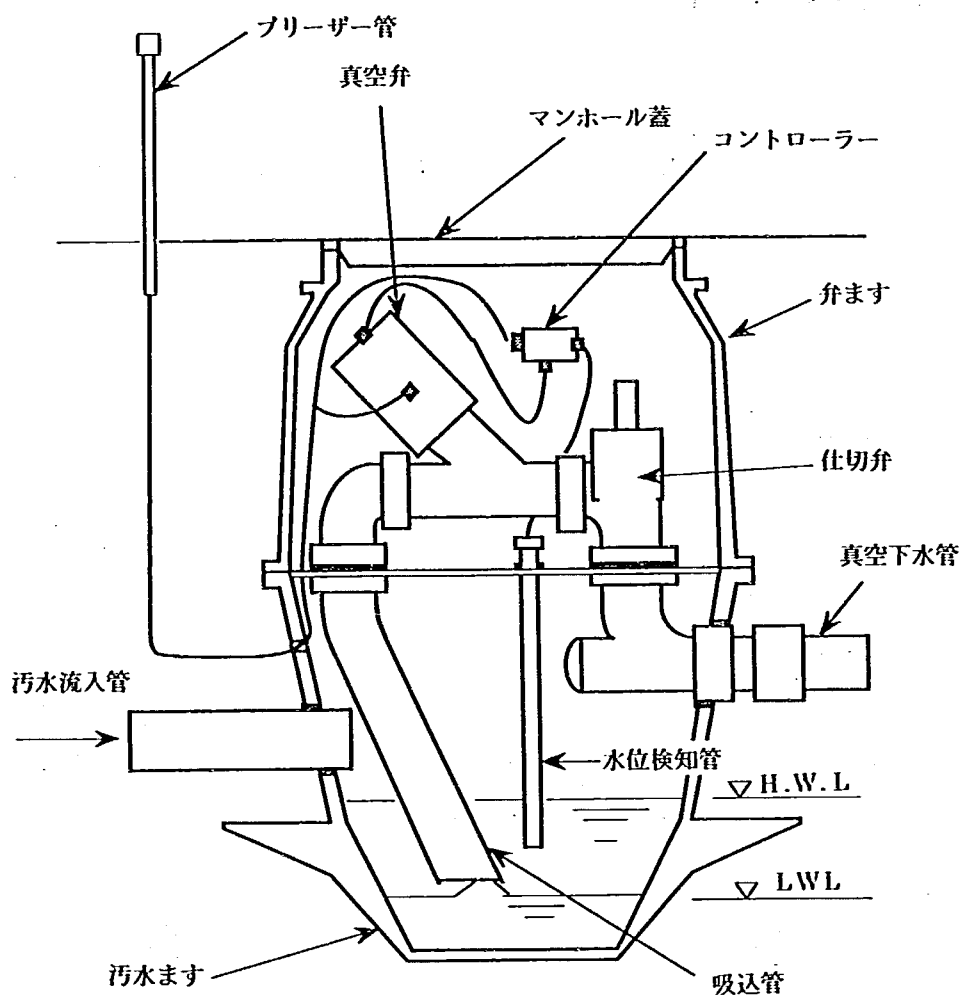


図 2 - 2 真空弁ユニット構造図

§ 14. 故障警報装置

真空弁には、真空弁の故障を知らせ、またメンテナンスや積算吸入水量の目安となる故障警報装置を設けてもよい。

〔解 説〕

故障警報装置の具体的な役割については以下のような事項が考えられる。

- a. 真空式下水道システムにおいて、閉そく等により真空弁が開状態のまま放置された場合、その間真空下水管へ大量の大気が入る事により下水管内の真空度が落ち、システムの機能を低下させる結果となる。従ってこのような場合に該当する真空弁をすみやかに特定し原因を取り除くため一定時間弁の開状態が連続した場合に警報を出す。

- b. 真空弁の故障等により、汚水が汚水ますに貯留しても真空弁が開かない場合、汚水が汚水ますからあふれる事を防ぐ為、汚水ますの水位が上昇した場合に警報を出す。
- c. 下水道料金算定及び真空弁のメンテナンス時期の指標とするため、真空弁の動作回数を積算、表示する。

本文第2編第2節§8, 9を参照。

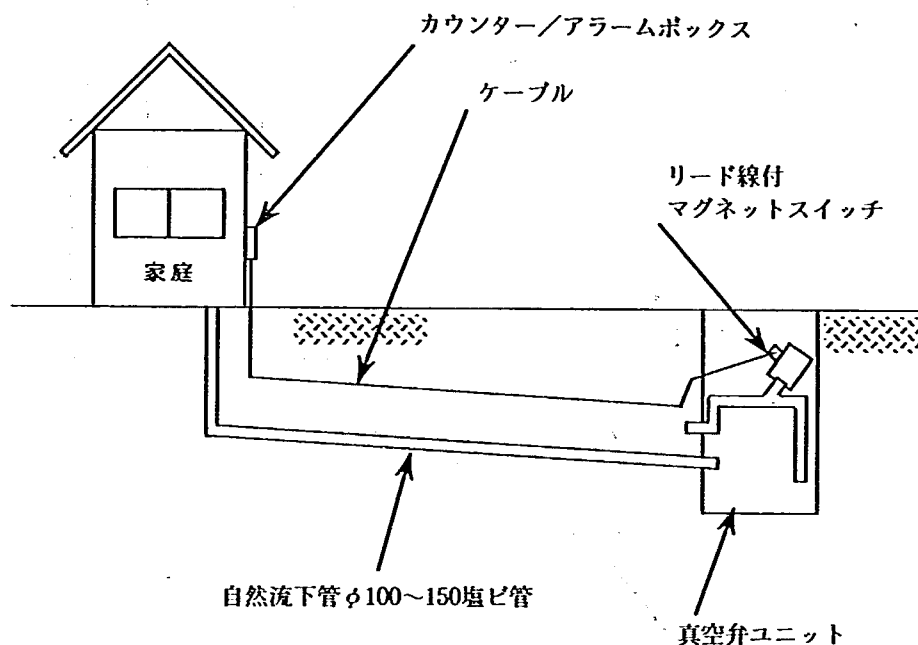


図2-3 故障警報装置

第2節 弁ます／汚水ます

§15. 施設や家庭からの流入管

- (1) 流入管又は汚水ますに口径約100mmの通気管を設ける。
- (2) 汚水ますにおける流入管底は一般には地表から1700mm未満とする。

〔解説〕

(1)について

通気管は冠水時に水没しない高さに解放口を設け、真空弁が作動したときに、負圧が各家庭の台所やトイレに影響することを防ぐ。管の解放口は、雨が浸入しないように下向きにするとともに、金網等を取り付けて、大きな異物が浸入出来ない構造とする。

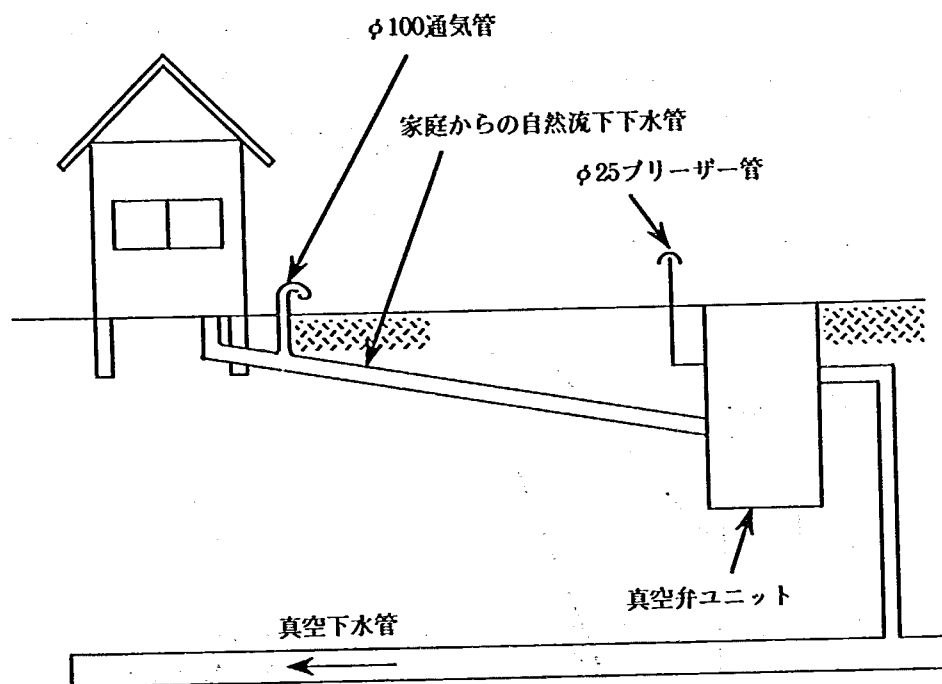


図 2 - 4 通気管の設置

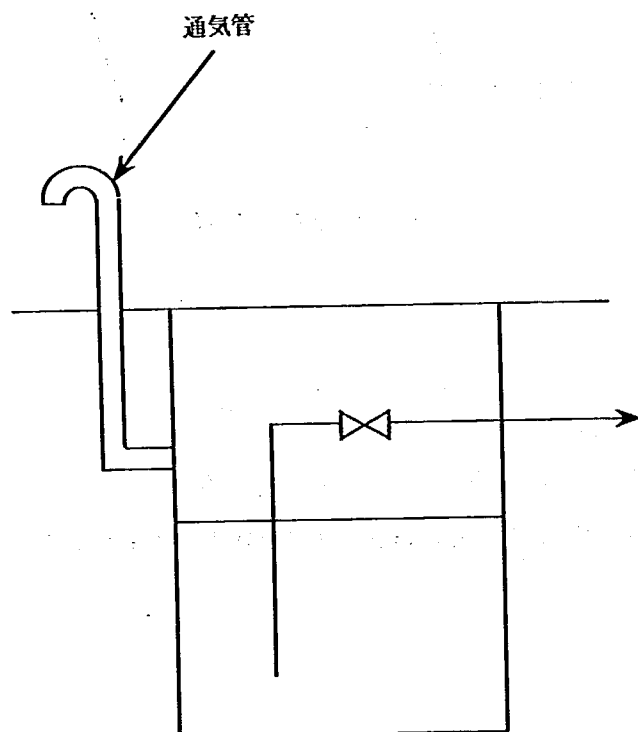


図 2 - 5 通気管の設置例

(2)について

各家庭からの流入管が深くなって真空弁の吸込管の吸入口から真空弁までの高さが1500mmを超える場合には、真空下水管の損失に余裕をもたせる等の対応を要する。

§ 16. 弁ます、汚水ますの構造

弁ます／汚水ますの構造には、

- (1) 弁ますと汚水ますと弁ますを上にして上下に重ねたもの。(例1)
- (2) 独立した弁ますと汚水ますを横に並べて設置したもの。(例2)
- (3) 弁ますを設けず汚水ますの上の部分に真空弁を取り付けたもの。(例3)

がある。それぞれの得失を考慮して選定する。

[解 説]

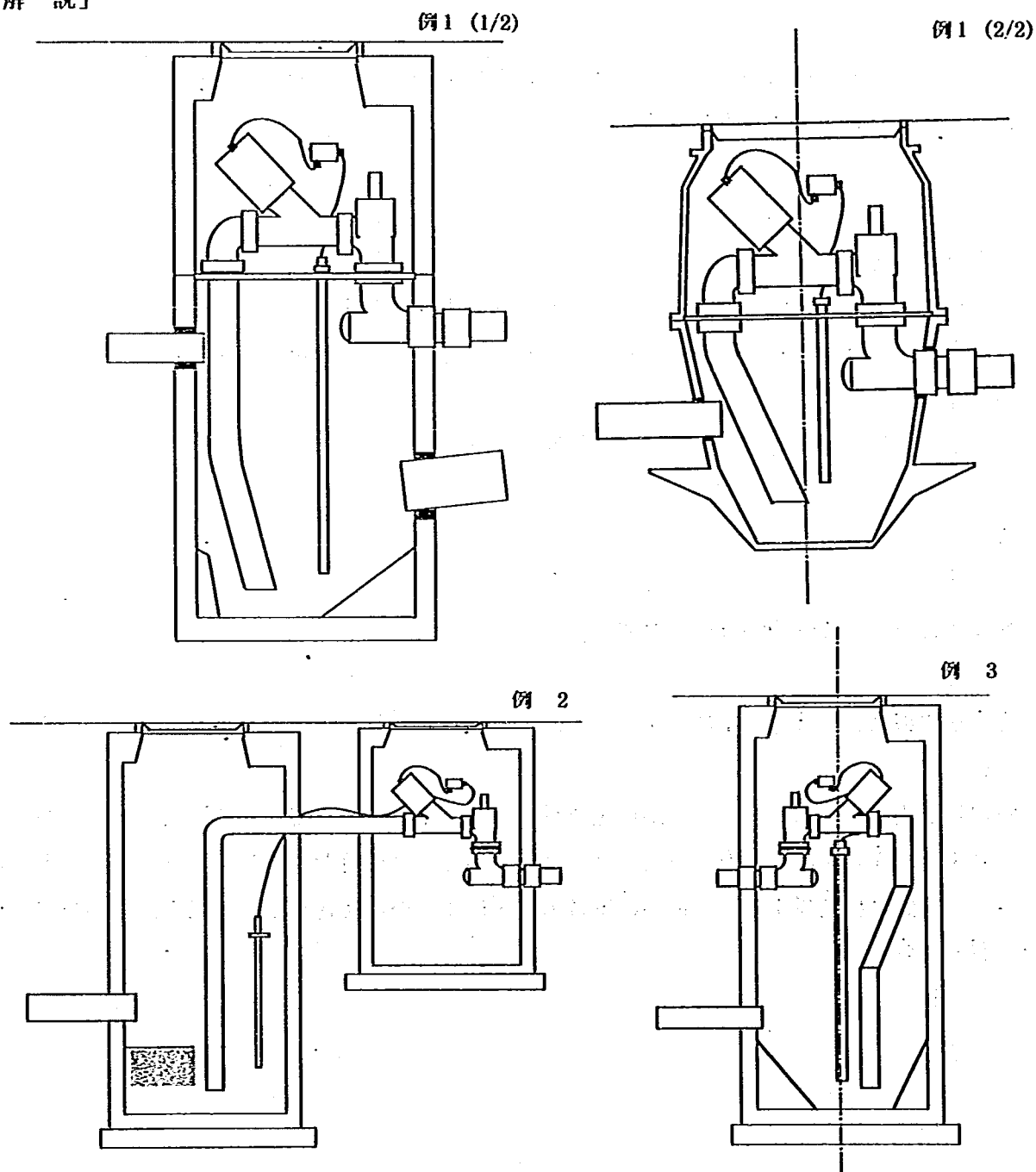


図2-6 真空弁ユニット構造図

例1, 例2, 例3の3種類の構造の選定例を以下に示す。

クリーンなメンテナンス	例1, 2
狭い設置スペース	例1, 3
汚水ますの清掃が容易	例2
大きな貯留量	例2, 3
低価格	例1, 3
異物の不法投入防止	例1

材料は、設置場所の条件に合わせて、十分な強度を持つプラスチック、またはコンクリートとする。

ますの蓋は、強度はもちろんのこと容易に開かないものとする。安全とともに、心得のない人々たちによるゴミなどの不法投棄に対応する。

§ 17. 弁ます, 汚水ますの径及び深さ

- (1) 原則として弁ますは人が入って維持管理できる大きさとする。
- (2) 汚水ますの深さは施設や家庭からの流入管の管底が、真空弁が作動する汚水レベルより高くなるような深さとする。
- (3) 汚水の貯留量は、通常 $0.2\text{m}^3 \sim 1.0\text{m}^3$ 程度とする。

[解 説]

(1)について

弁ますの口径は600～900mmが一般的である。

(2)について

汚水ますの深さは図2-7に示すように流入管の管底がHWLより高くなるようにする。

(3)について

貯留量が大きければ、システムが停電や故障等で停止した場合でも、それだけ長い時間、外部に影響を及ぼさずに済むが、建設コストは高くつく。この時間は1個の弁ますに接続される戸数や、時間帯に関係する。1 m^3 の貯留量のますに1戸が接続されている場合、この時間は約24時間である。

本文 § 9 を参照。

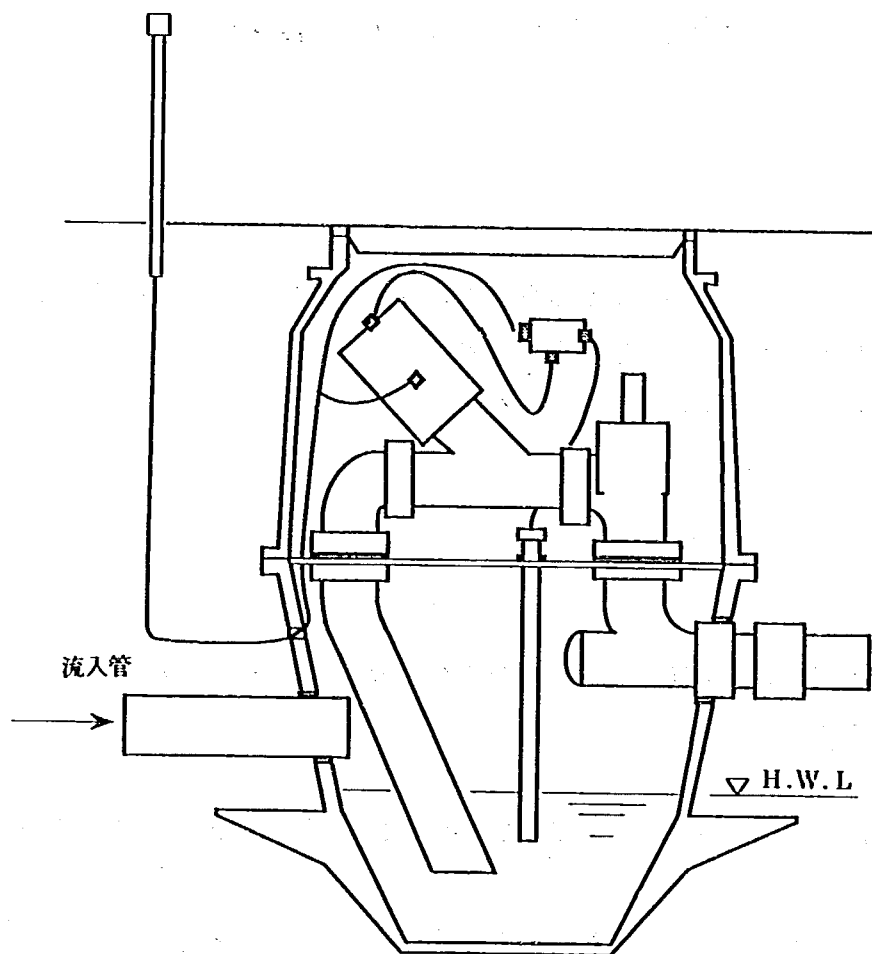


図 2 - 7 汚水ますの深さ

第3編 真空下水管の設計

第1節 総論

§ 18. 基本的な考え方

- (1) 集水タンク内の負圧が極力減少する事なく管路の末端まで届くように配管設計を行う。
- (2) 真空下水管におけるリフトは極力少なくする。
- (3) 真空下水管は、できるだけ浅く埋設する。
- (4) 不等沈下について配慮する。

[解 説]

(1)について

真空弁は、取り付け部の真空下水管内の負圧を動力として開くため、末端まで必要な負圧を届かせる事が重要である。

(2)について

集水タンク内の負圧は $-6 \sim -7$ mAqであり、これが汚水の搬送に使える圧力のすべてである。

リフト部はエアロックして、負圧を減殺する恐れがあるので必要以上に設けるべきではない。

(3)について

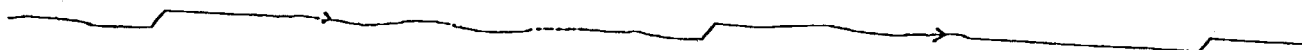
真空式は安い建設費を大きな特徴としているため、管路を必要以上に深く埋設する事のないよう設計段階で十分留意する。

本文 § 5 を参照。

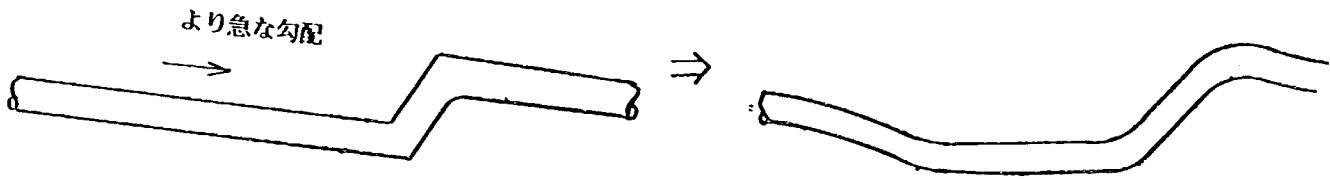
(4)について

真空式汚水収集システムは自然流下式に比べて地盤沈下には強いシステムであると言える。ただ無制限な地盤沈下に対応できる訳では無く、次のような制限が考えられる。

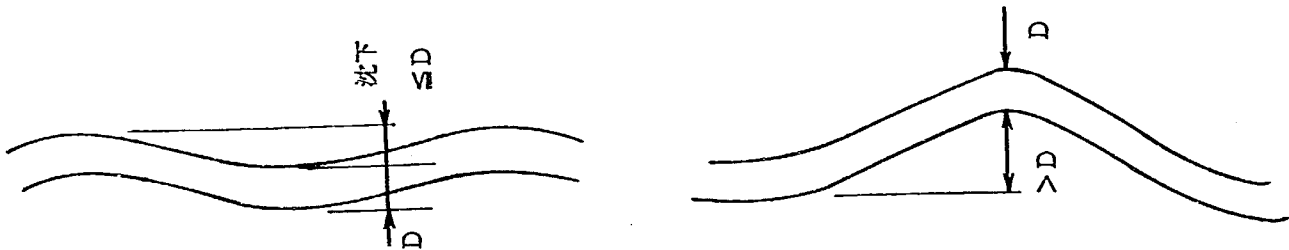
1. 基本的な、鋸状の管路縦断形状がくずれないこと。



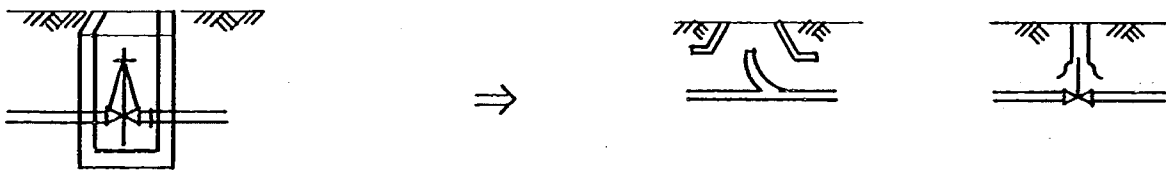
沈下量が予め予想できれば下図のように、管路勾配を一般的な0.2パーセントより多く取って沈下しても形状が保たれる様にすればよい。



2. 沈下が管の直径以下ならば特に管路の損失水頭を問題にする必要はないが、管の直径以上の沈下が予想される場合には、設計時、予めその分の損失を見込んでおく必要がある。



3. パイプ材料としては十分可とう性がある地盤沈下に追従するものでなければならない。ポリエチレン管は、伸びの限度が数百パーセントにも達し、適した材料である。
4. 区間弁およびそのますの構造は、従来のコンクリートますでなく下図のような斜壁や弁きょうを用いたものが不等沈下を起こさないで望ましい。



5. 同様な理由で、真空弁ユニットも、可能な限り、軽量のプラスチックますにするのがのぞましい。

第2節 配管設計

§ 19. 配管口径

口径は流量に応じて100mm以上250mm以下とする。但し、真空弁の取付管は75mmを使用してよい。

[解 説]

真空下水管の口径は、75mmの真空弁を通過した固形物を含む汚水が閉塞する事なく流れるために少なくとも75mm以上とし、また良好な混相流が形成されるように250mm以下とする。

口径75mmの取り付け管長が20mを超える場合には超える部分の口径は100mmとする。また口径

100mmの最大管路長は800m以下とする。

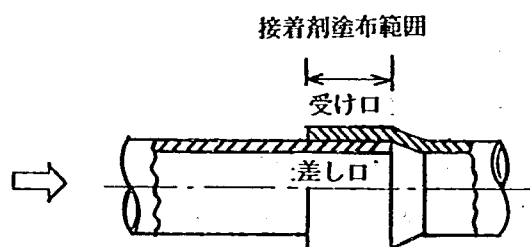
§ 20. 管材料

真空下水管は、硬質塩化ビニル管（VP管）またはポリエチレン管（MDPE管）を使用する。硬質塩化ビニル管のジョイント部には、接着継手またはゴム輪継手を使用し、ポリエチレン管のジョイントにはエレクトロフュージョン継手または融着継手を用いる。

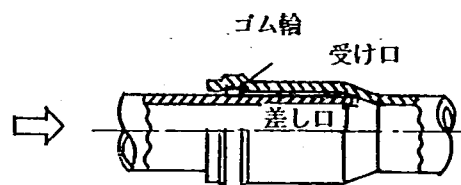
【解 説】

硬質塩化ビニル管

① 接着継手

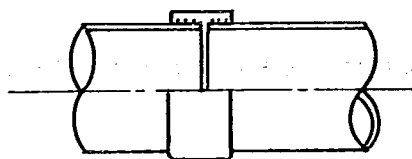


② ゴム輪継手



ポリエチレン管

① エレクトロフュージョン継手



② 融着継手

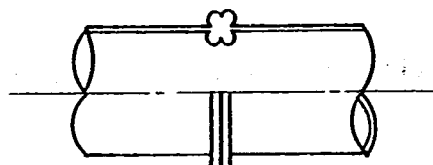


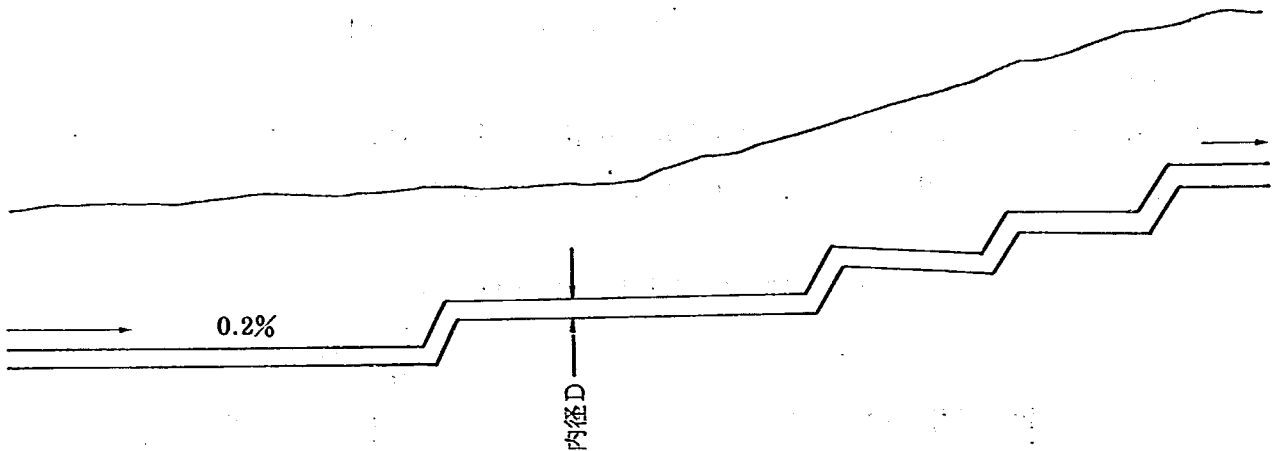
図 3 - 1 管路の接合方法

§ 21. 真空下水管の布設方法

真空下水管は下り勾配の所では地形に平行して布設し、平坦な地形や上り勾配の所では地形に沿ってのこぎり刃状に布設する。

1. 勾配

- a. 水平または上向き搬送の場合0.2%の下り勾配で布設し、埋設深さが深くなったらリフトで浅くする方式でのこぎりの刃状に布設する。



ただし、0.2%の勾配で布設したとき、口径75mmおよび100mmの場合に隣り合うリフト間の管の落差が $0.8 \times D$ 以下となる場合には落差 $0.8 \times D$ に相当する勾配とする。また口径150mm以上の場合では、隣り合うリフト間の落差が $0.4 \times D$ 以下となる場合には $0.4 \times D$ に相当する勾配とする。

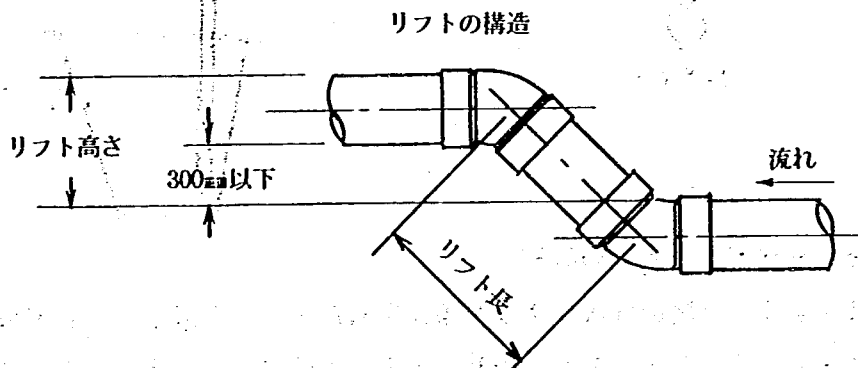
b. 下向き搬送の場合

0.2%を下まわらない勾配で、水の滞留する部分が無いように布設する。

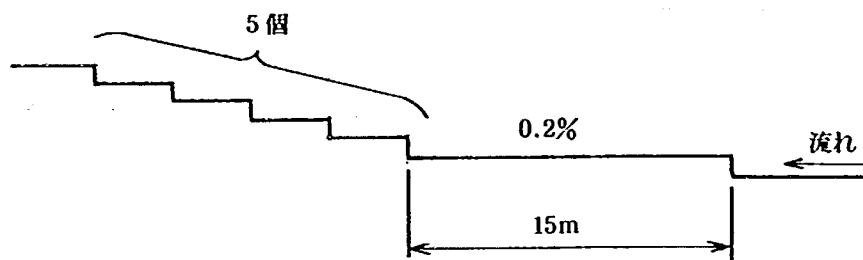
2. リフト

リフトの立上がり勾配は 45° または 22.5° とする。リフトの高さは一般に管口径に300mmを加えた高さ以下とする。

ただし、真空弁から真空下水までの取付管（口径75mm）に使用するリフト高さは1ヶ所当たり1.5m以下とする。

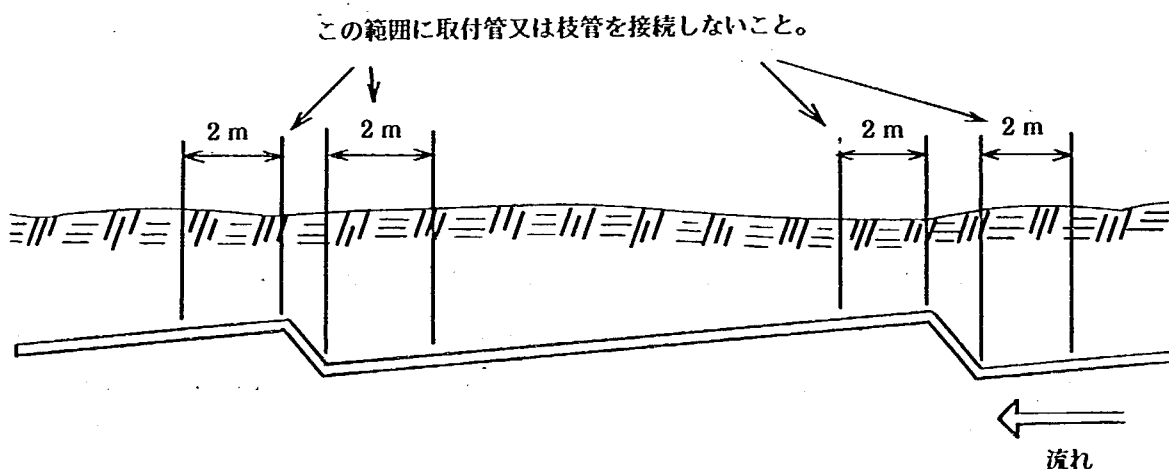


また隣り合うリフトの間隔はリフト長の8倍以上とする。連続するリフトのはじまり部分は15m以上の0.2%勾配の配管を設け連続するリフトの個数は、最大5個までとする。

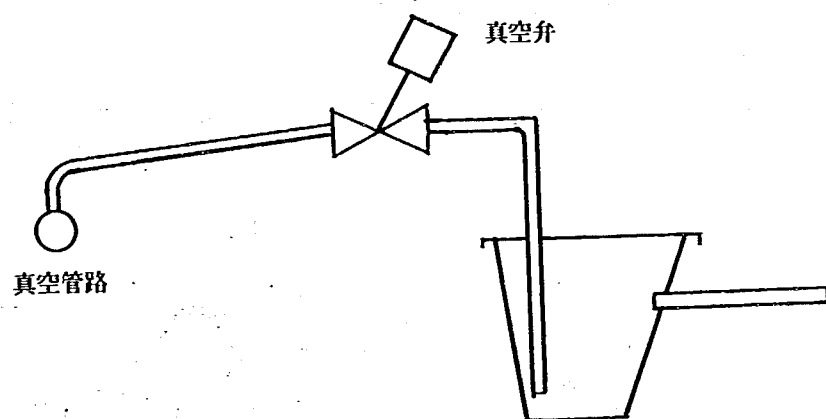


3. 合流部

- 1) 原則として合流部はY字接合とするが、枝管と本管の口径比が2以上の場合にはT字接合として良い。リフトの前後2mの部分への接続は避ける。



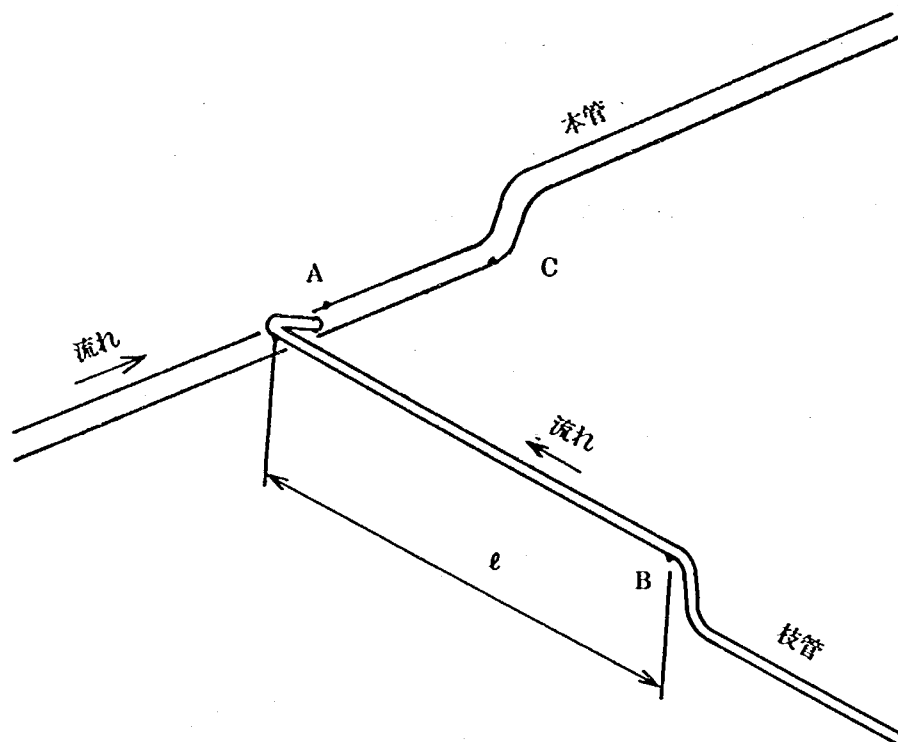
- 2) 真空弁取付管は真空弁に汚水が逆流しないよう、斜め上から真空污水管に接続する。



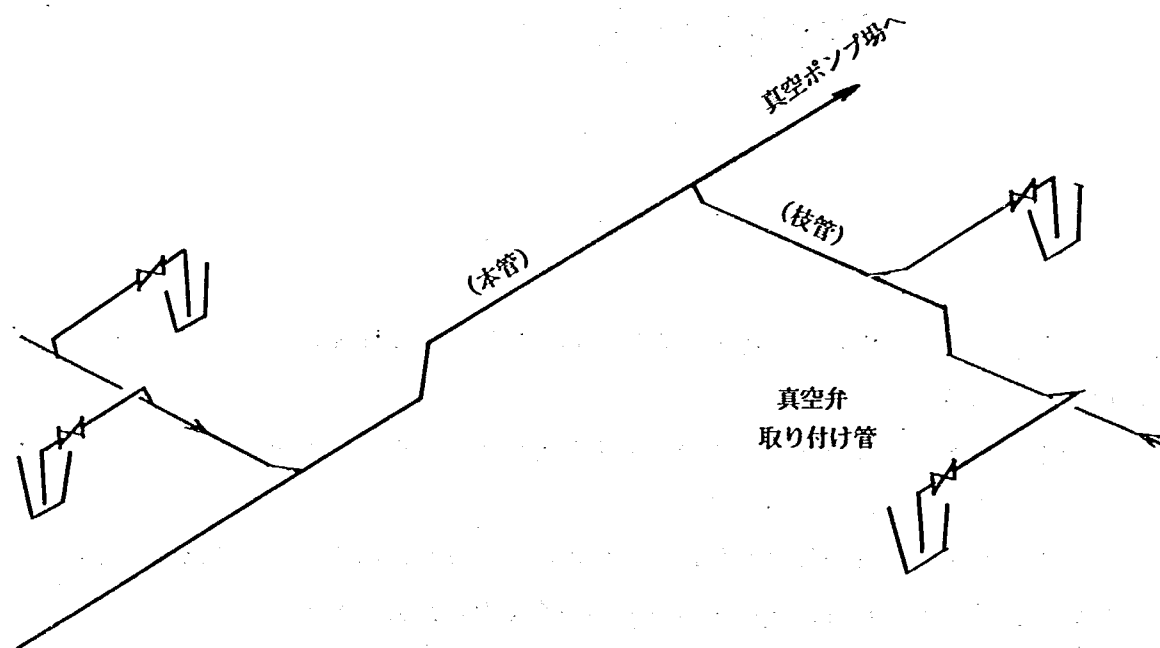
- 3) 枝管の真空下水本管への接続

取付管を除く合流部は次のような条件を満たすよう布設する。合流部の本管の管頂をA、枝管の合流部から第1番目のリフト上部の管底をB、本管の合流部から下流側第1

番目のリフト下部をCとする。



- a. B点はA点より高くかつC点より300mm以上高いレベルとする。
- b. A点とB点の高差が200mm以下の場合はA点とB点の距離は少なくとも6 mとする。



〔解説〕

0.2%の勾配は汚水を前へ前へと送っていくために設けられたものである。

リフトは0.2%勾配のままで布設すると埋設深さが次第に深くなって経済性を損なうため、埋設深さを浅くする手段として設けられる。同時にこれは上り勾配の地盤にも適用される。

一個のリフトの高さの制限は、リフト部でエアロックが生じる事を極力少なくし、常時空気で吹き払われて負圧が減殺される事無く遠方まで伝わる事を目ざしたものである。

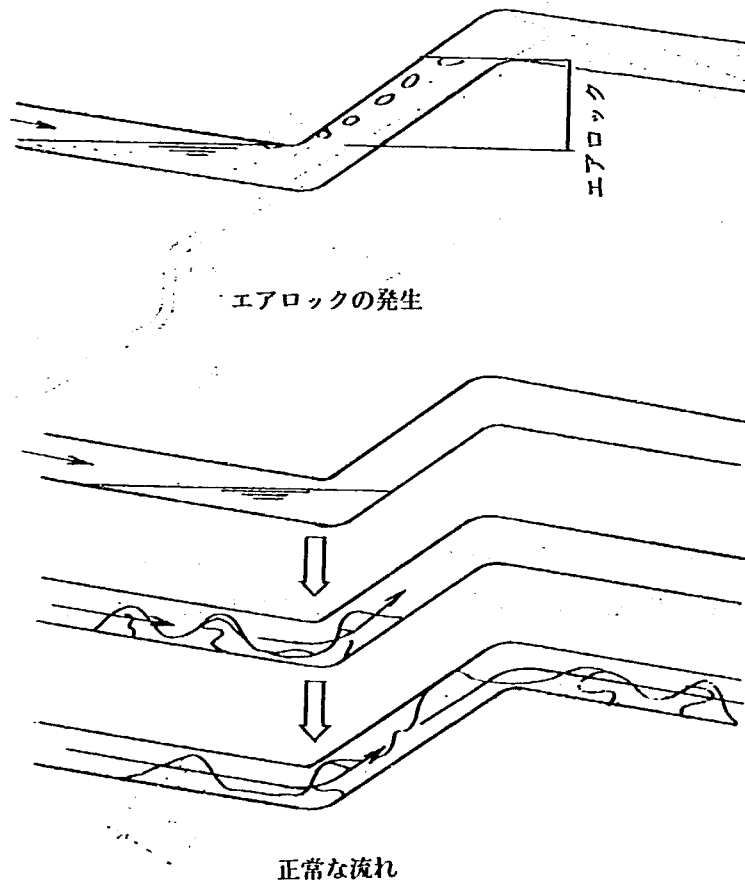


図3-2 流れのパターン

合流部に関する種々の規定は、汚水が本管から枝管に、又は枝管から取付管に逆流する事を防ぐためのものである。

リフトの下流2 mに枝管を接続するのを禁止しているのは合流した汚水の一部がリフトを逆に下ってしまうのを避けるためである。

リフトの上流2 mに枝管の接続を禁止しているのは、リフトのすぐ手前は汚水が貯りやすく、ここに枝管を接続すると枝管に逆流する可能性が高くなるためである。

一般にリフト手前の液面は空気に押されるため、図3-3におけるa点より高くない。

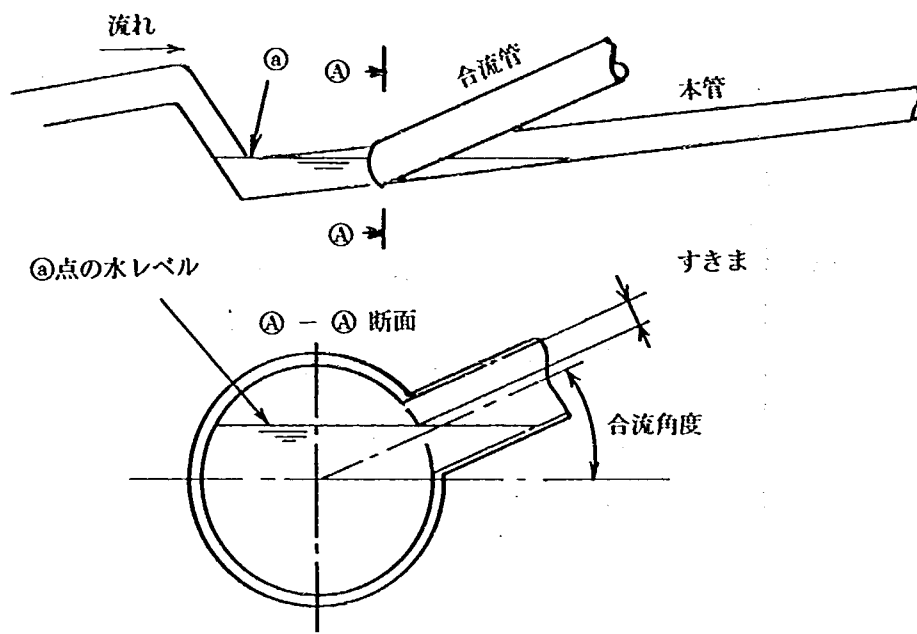


図3-3 枝管の接続方法

そのため、合流部において、枝管の開口の一部がa点に接する液面より高くなるようにして、本管と枝管が空気で連絡するようにしておけば本管から枝管への逆流は小さい。

§ 22. 損失水頭の計算

真空弁を作動させ、汚水ますに溜った汚水を吸い上げるのに必要な真空度を、中継ポンプ場から管路末端まで届かせるためには、管路で発生する真空度低下を一定値以下にしなければならない。

この真空度低下を損失水頭と呼ぶ事にすると損失水頭は

1. 摩擦損失
2. リフト損失
3. 合流、拡大、曲がり等による損失

から成るが、実用上は1と2を検討すれば良く、3は無視される。

真空式下水道システムでは、集水タンク圧力が $-6 \sim -7$ mAqで制御されている場合、最遠方の真空弁の出口から集水タンクまでの損失水頭が

リフト損失 $< 3.5\text{m}$

(リフト損失 $\times 0.7$) + 摩擦損失 $< 3.5\text{m}$

になるよう管路を設計しなければならない。

[解 説]

真空式下水道システムにおける必要水頭は下図に示す概念で考える事ができる。

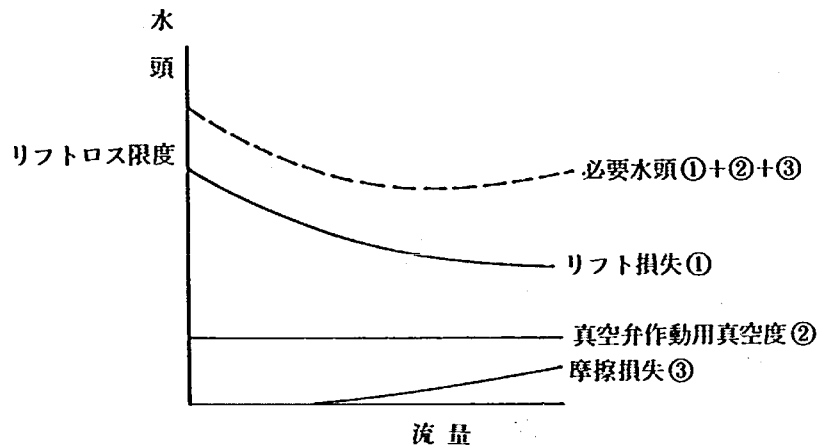


図 3-4 真空式下水道システムにおける必要水頭

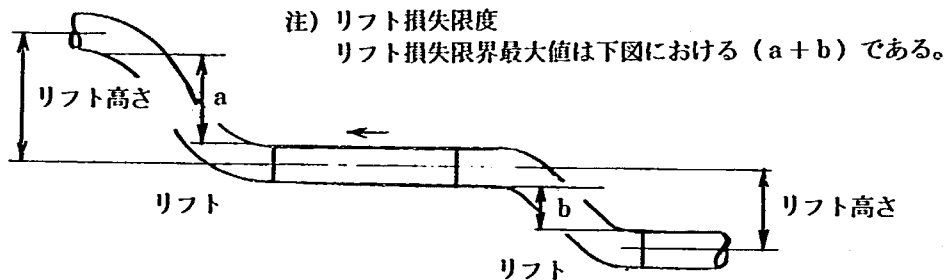


図 3-5 リフト損失の説明図

流量が少ない時にはリフト損失が大きくなり、多くなると摩擦損失が大きくなる。

真空弁作動用真空度として各真空弁の所で -2.5mAq を必要と考える。

時間最大汚水量の時、リフト損失は、リフト損失限度の0.7倍になると考える。

以上の事から、

流量0のときはすべてリフト損失で許容損失は

$$\text{リフト損失} < 6\text{ m} - 2.5\text{ m} = 3.5\text{ m}$$

時間最大汚水量のとき

$$(\text{リフト損失} \times 0.7) + \text{摩擦損失} < 6\text{ m} - 2.5\text{ m} = 3.5\text{ m}$$

すなわち

$$(\text{リフト損失} \times 0.7) + \text{摩擦損失} < 3.5\text{ m}$$

§ 23. 摩擦損失

実際には汚水は空気と混相流となって流れる。このうちの汚水だけが満管で流れると仮定して、ヘーゼンウィリアムズ公式で計算した損失を2.75倍した値を実用上の摩擦損失とする。

$$H_f = 1.63 \times 10^3 \times D^{-4.87} \times Q_{\max}^{1.85} \times L$$

ここで

H_f = 摩擦損失 (m)

$Q_{\max}$ = 時間最大汚水量 (ℓ / 分)

D = 管路内径 (mm)

L = 管路長さ (m)

最大摩擦損失は、管長100m当り0.25mとする。各管径毎の推奨最大流量はおおよ次の通りとする。

φ 75mm管	最大流量	75 ℓ / 分
φ 100mm管	〃	130 ℓ / 分
φ 125mm管	〃	250 ℓ / 分
φ 150mm管	〃	400 ℓ / 分
φ 200mm管	〃	800 ℓ / 分
φ 250mm管	〃	1400 ℓ / 分

[解 説]

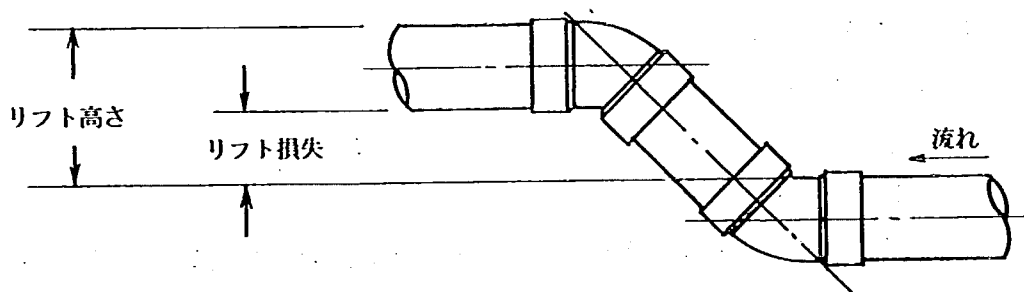
上記 H_f の式は定常流れの気液二相流の損失の一般的な表現方法で二相流係数 ϕ^2 を $\phi^2 = 2.75$ としたものである。つまり汚水だけが満管で流れると仮定して、ヘーゼンウィリアムズ公式 ($C = 150$) で計算した損失を2.75倍して求めている。真空下水管内の流れは間欠的で、気液比も場所によって、時間によって大きくばらつくので、このような表現が適切かどうかは議論のある所であるが、この計算式で設計された多くのシステムは、順調に稼働しているので、実用上問題無いと考えられる。

最大摩擦損失の制限は、真空下水管内に流入した汚水と大気が短時間のうちに下水管内で拡散し、所定の真空度に復帰する事を目的として設けたものである。

§ 24. リフト損失

のこぎりの刃状に布設された管路のリフト部（立ち上り部）で失われる静圧をリフト損失とする。

個々のリフト損失は下図に示すようにリフト高さから管内径を引いたものとする。



〔解 説〕

例えば

口径150mm, リフト高さ30cmの場合 $300 - 150 = 150\text{mm}$

口径100mm, リフト高さ30cmの場合 $300 - 100 = 200\text{mm}$

第3節 付帯施設

§ 25. 区間弁

真空下水管にはメンテナンスのための区間弁を設けるのが望ましい。区間弁は次のような所に設ける。

1. 本管では約400m間隔
2. 主な分岐部

区間弁は管路と同サイズとし異物の閉塞がないものを選定する。

〔解 説〕

区間弁は万一の管路破損時に真空漏れ箇所をつきとめたり、真空弁の増設時等に、管路の一部を仕切ったりするために設置する。

区間弁はティーハンドルで路上から操作できる構造とし、必要な弁渠、蓋を付属する。

また、可能であれば区間弁は、ますを設けてその中に設置し、人が近づけるようにし、万一の管路の破損部の探索時には、そこからテストボールを送り込めるようにしておいても良い。

この場合、区間弁は、テストボールが届く間隔を考慮して400m毎に設ける。区間弁の前後には取りはずしのできる短管を設け、そこからテストボールを挿入する。この短管には真空下水

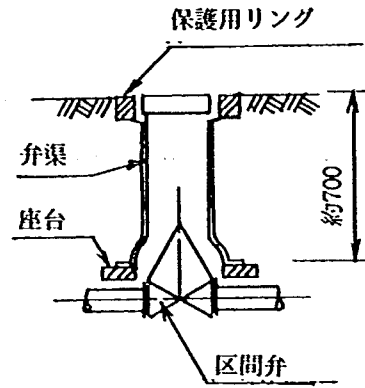


図 3 - 6 区間弁の設置例(1)

管の真空テストを行う時に可搬式の真空ポンプを接続する座を設けておく。また、図に示すように独立したテストボール挿入口を設ける方法もある。

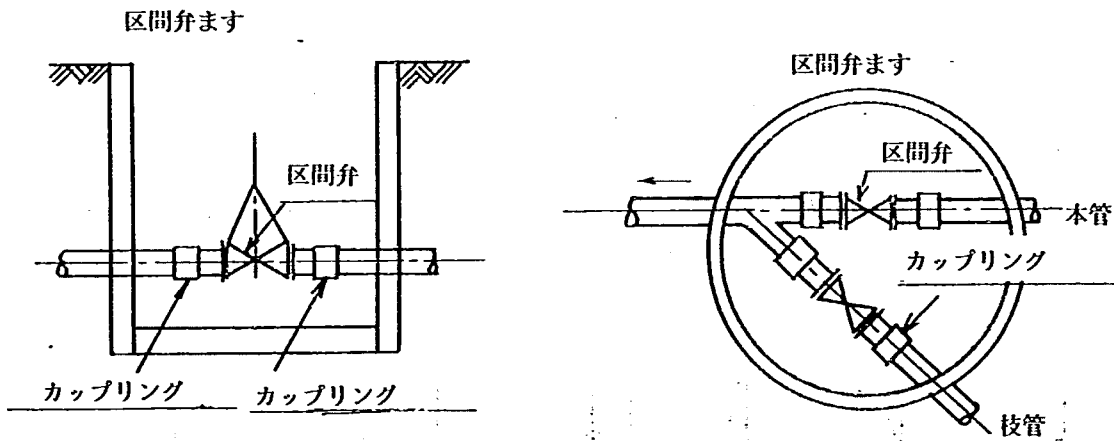


図 3 - 7 区間弁設置例(1)

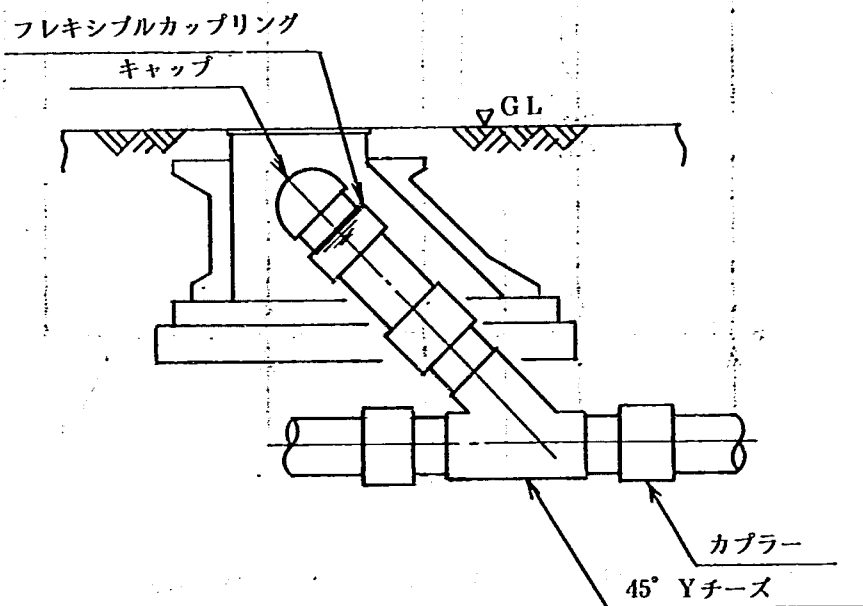


図 3 - 8 テストボール挿入口

§ 26. 末端吸気弁

真空下水管内に万一エアロックが起こった場合にそれを解除することを目的として、真空下水管の最上流で、あらかじめセットした時刻に一定時間空気を吸入する電動弁を設けてもよい。

§ 27. その他

- (1) 掃除口は設けない。
- (2) 近くに別の真空下水管がある場合には、バイパス管を設けておくると便利である。

〔解 説〕

(1)について

真空下水管内には沈殿、堆積が生じないため、掃除口を設ける必要はない。

(2)について

下図のような系統ではバイパスを設けておけば万一A部の管路が破損してもB部の汚水はバイパスを通して管Cを流すことができる。

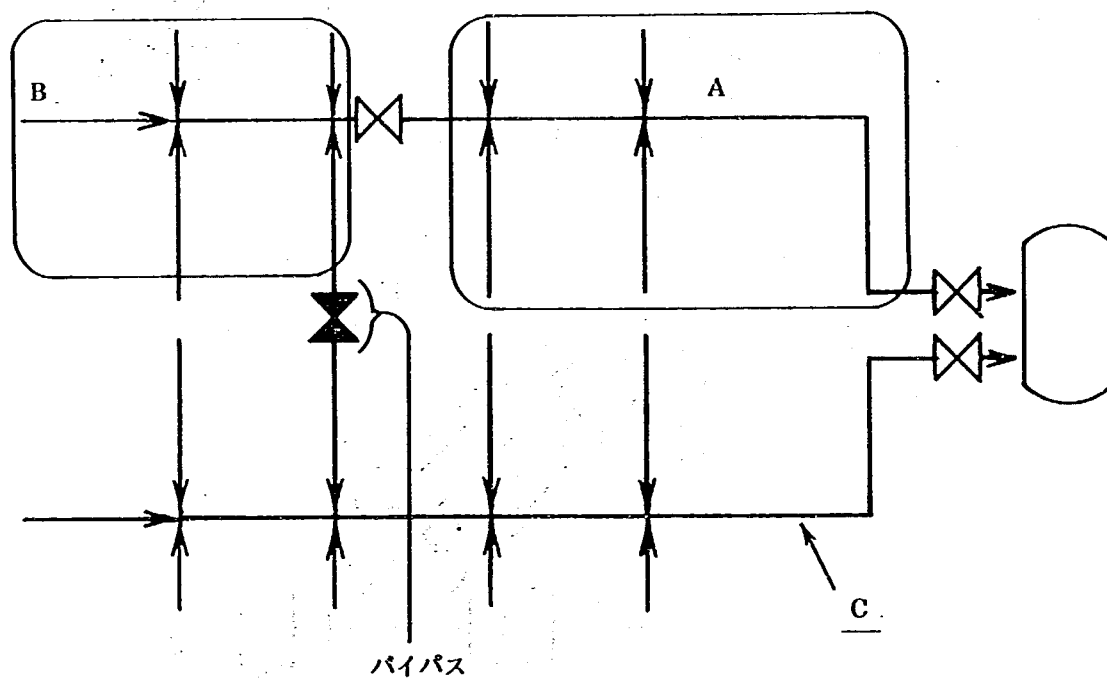


図 3 - 8 真空下水管のバイパス設置例

第4編 圧送管路の設計

第1節 管路の設計

§ 28. 管路設計の基本的な考え方

- (1) 最小流速は0.6m/sとする。
- (2) 一般的な下水圧送管路の設計方法に準拠する。

〔解 説〕

(1)について

中継ポンプ場内の圧送ポンプの出口から送水先までが圧送管路となる。圧送ポンプは間欠運転で、運転時は大水量を送水するので通常の設計で最小流速が問題になることはない。

(2)について

圧力式下水道設計指針（案）建設省土木研究所発行等に準拠して設計する。ただし真空式下水道では圧送ポンプ出口には通常ボールチェッキ弁を設け、ポンプ停止時にはこのボールチェッキ弁のみが集水タンク側の真空と圧送管側の正圧を仕切っているのでボールチェッキ弁からの漏れを極力少なくするために、吐出管をボールチェッキ弁より高くして、ボールチェッキ弁が常に水に浸っているようにするのが望ましい。

第5編 施工管理／試験・調整

第1節 施工管理

§ 29. 真空下水管

- (1) 管路の縦断形状は設計図通りに施工する。
- (2) 気密性を保つため、管の接続部は十分に注意して施工する。

〔解 説〕

(1)について

真空下水管は第3編の設計指針に基づいて設計されてなければならない。施工途上で思いがけない埋設物が出てきた場合等、安易な判断で設計変更してはならない。常にリフト損失等、全体の計画に照らしあわせて総合的に責任のある者が判断しなければならない。

管路はどの部分でも設計レベルに対して $\pm 25\text{mm}$ の範囲に施工するのが望ましい。

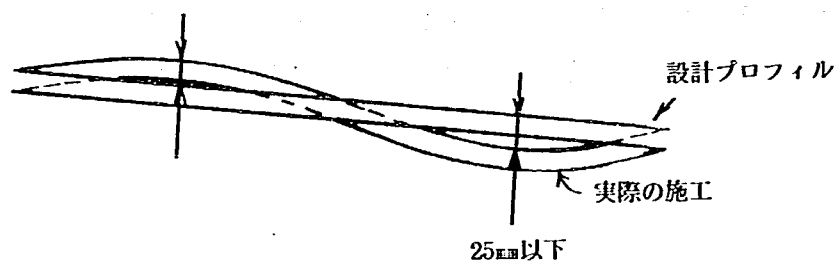


図5-1 真空下水管の施工精度

(2)について

真空下水管に漏れがあると、真空ポンプや圧送ポンプの動力費の増大を招くのみならず、場合によってはシステム自体の容量不足を招く事になる。特に、多数の継手の施工不良が漏れ及び浸入水の原因になる事が多いため、各箇所ごとに施工記録をとるなど、十分な管理を要す。

§ 30. 真空弁ユニット

- (1) 汚水ますの側壁の継ぎ目から地下水の浸入がないよう施工する。
- (2) ますの蓋からの雨水の浸入を極力少なくするよう施工する。
- (3) フリーザー管、通気管が正しく取り付けられるように施工する。

〔解 説〕

(1)について

特に組み立て式マンホールを使用する場合、継ぎ目のシールを完全にするようにする。同時に施設や家庭からの汚水の流入管と汚水ますの接続部のシールも完全にしよう考慮する。

また、流入自体も雨水や地下水が侵入しない構造とする。

(2)について

雨水や地下水の浸入は、中継ポンプ場の容量不足や電力費の増大を招くので、真空弁は汚水ますや汚水ますの鉄蓋が道路のくぼみに位置して、上に雨水を集めてしまうことのないよう、道路の仕上げ面のレベルと蓋のレベルには十分に気を付ける。

(3)について

フリーザー管の傾斜、吸入口のフィルター、通気管の開口部の金網の取り付けについてはこれを正しく施工し、又、フリーザー管、通気管が冠水レベルより上に十分な強度をもって取り付けられるよう注意しなければならない。

第2節 試験・調整

§ 31. 真空下水管

- (1) 管路を布設後、真空試験を行う。
- (2) 区間弁は設置後、真空漏れ試験を行う。

〔解 説〕

(1)について

管路の真空試験は、施工途中で部分毎に実施しても良いし、すべて施工が終わってから一括して行ってもよい。

本文 § 16を参照。

－7 mAqに保持した真空の1時間当たりの低下率が2 %以内であることを判定の目安とする。

(2)について

区間弁で仕切られた部分を真空にして漏れを試験する。－7 mAqに保持した真空の1時間当たりの低下率が5 %以内であることを判定の目安とする。

管路に漏れが発見された場合には、テストボール等を利用してその場所を突き止め、施工をやり直し、再度試験を行う。

§ 32. 圧送管

- (1) 管路の布設後は、水密性、安全性を確認するため、原則として水圧試験を行うものとする。
- (2) 水圧試験の結果に応じて、適切な処置を講じるものとする。

[解 説]

(1)について

水圧試験の手順については原則として「水道施設設計指針・解説」（日本水道協会，1990）に従うものとする。また、水圧試験の結果の判断基準についても原則として、「水道施設設計指針・解説」に従うものとするが、独自で決める場合でも、同基準よりゆるくならないようにしなければならない。

既に供用開始している枝線圧送管に新たに接続管を増設するような場合にも接続部も含め、水圧試験を実施することが望ましいが、

- ① 既に供用開始している圧送管を長時間止めることは難しい。
- ② 増設の回数が多い場合には水圧試験を何回も行う必要が出てくる。

等の理由により、増設の毎に水圧試験を行うことは實際上困難である。このため、接続部の施工には十分な注意が重要である。

(2)について

漏水箇所に対しては適切な止水措置を行うこと。

§ 33. 真空弁

- (1) 汚水を受け入れる前に、コントローラーにダミーの水位信号圧力を与えて、作動状況を確認する。
- (2) 汚水を受け入れてからコントローラーが所定の気液比になるよう調整されていることを確認する。
- (3) 真空弁及び付属品の取り付けにゆるみ等がないか点検する。

[解 説]

(2)について

一般的には気液比は汚水 1，空気 3（大気圧換算）の体積比としている。これは、通常、ストップウォッチで、汚水を吸う時間と空気を吸う時間を計って、その比がおおむね 1 : 1 の場合に対応する。

また、一般的には中継ポンプ場から見て遠方の真空弁では空気の量を多くし、近くの弁では

少なくするのが効果的である。

§ 34. 中継ポンプ場

下水を受け入れる前に、必要ならば清水を供給して総合試運転を行うものとする。

〔解 説〕

総合試運転は真空ポンプ、圧送ポンプの自動手動運転が良好に行えるかどうか、故障警報計装等が正しく作動するかどうかを確認するために行うが、試運転が満足に行えない場合の現象・原因には次のような事項が考えられる。

(1) 集水タンク液位上昇

原因：圧送ポンプ故障，停電

(2) 真空弁開放・真空ポンプ連続運転

原因：異物閉塞

(3) 真空弁が開かない

原因：真空圧低下，真空弁故障

→（真空ポンプ故障，管の破損）

総合試運転に先だち中継ポンプ場，真空下水管，真空弁も含めた総合的な真空試験を行う。本文 § 16を参照。

運転開始後，各家庭からの流入管内に残っている工事中のコンクリート片や小砂利等が真空弁に詰まることがあるので注意を要する。

第6編 保 守 点 検

第1節 総 論

§ 35. 維持管理

真空式下水道システムの機能を永年に渡って発揮させる為には、適切な維持管理が行われる必要がある。

一般的には、処理施設の維持管理と一括して行うのが合理的、経済的であるがシステムの規模に応じた体制を敷くべきである。

§ 36. 事後処理

停電、故障等の緊急時に対応できるよう、連絡先及び連絡方法を明確にし、緊急時の体制を整備しておく。

〔解 説〕

中継ポンプ場は、通常は無人で運転される。管路や真空弁に異常が発生し、真空度が低下する等の非常時には中継ポンプ場に設置されている警報装置からテレメータ又は電話回線を使って保守点検業者、事業主体等に連絡し、機能の回復に対応できる体制の整備が重要である。

第2節 維持管理

§ 37. 配管施設の維持管理

- (1) 管路の維持管理においては、管路の破損、弁類の誤操作、真空下水管においては真空漏れ、圧送管においては漏水等が無い点検し、管路の送水能力を確保するものとする。
- (2) 長期間管を使用しない場合には、真空下水管の場合には管路を大量の空気に残存汚水を十分吹き払い、また圧送管の場合には清水と置換して密封しておくものとする。

〔解 説〕

(1)について

真空下水管の真空漏れは、中継ポンプ場内の真空記録計から、真空ポンプの運転時間が従来より長くなる事から、間接的に知る事ができる。

(2)について

長期間管路を使用しない場合には、真空下水管においては、真空弁から意図的に吸気させ、

区間弁を仕切りながら順次中継ポンプ場に向かって残存汚水を吹き払っていくものとする。

§ 38. 真空弁／汚水ます

真空弁が正常に作動するように、弁の点検、汚水ます内の点検を定期的に行うものとする。

〔解 説〕

約2年に1回程度、真空弁は取り付けたままで真空弁の作動、コントローラーの機能、取り付けのゆるみ、ホース類からの漏れを点検する。

約6年に1回又は50万回作動を経過した弁は、取り外して消耗部品を交換する。

また、2年に1回程度、汚水ます内に大きな異物が残っていないか点検し、あれば取り除く。

定期点検の間隔は、時々水没する弁等に対しては、2年より短い間隔とするのが望ましい。

§ 39. 維持管理記録

必ず維持管理記録を残す。

〔解 説〕

維持管理記録には少なくとも次の項目を記録する。

1. 日時
2. 機器名、機器番号
3. 点検結果
4. 点検者氏名

第3節 事後処理（応急処理）

§ 40. 真空弁ユニット

真空弁の故障が発見されたら、故障した弁をそっくり新しい弁と取り替えることとし故障した弁は修理し予備として保管する。

〔解 説〕

真空弁は小さく軽いため、作業員1人で簡単に取り替える事ができる。

§ 41. 中継ポンプ場

原則として、すべての機器は予備機を備えているので、予備機に切り替えて故障機を修理する。

[解 説]

一般には、真空ポンプや圧送ポンプは故障すると自動的に予備機に切り替わり警報を発する。ただし、計装品は故障した場合、手動で予備に切り替える必要がある。

自動回路が故障した場合には、手動運転でシステムの機能を維持しながら復旧しなければならない。

§ 42. 記 録

事後処理の記録は、少なくとも次の各項について行わなければならない。

1) 管 路

①日時 ②場所 ③事故内容、規模 ④作業内容 ⑤終了時刻、作業時間

2) 真空弁

①番号 ②日時 ③事故内容 ④作業時間

3) 中継ポンプ場

①日時 ②故障内容 ③作業時間

[解 説]

事後処理の記録は、後の維持管理体制づくりの重要なデータとなるので、必ず記録をつけなければならない。

設 計 例

1. 基本諸元

日平均汚水量 $250 \ell / \text{日} \cdot \text{人}$

時間係数 4.02

一家庭当りの人数 $4 \text{ 人} / \text{戸}$

一家族当りの時間最大汚水量

$$250 \ell / \text{日} \cdot \text{人} \times 4.02 \times 4 \text{ 人} / \text{戸} = 4.02 \text{ m}^3 / \text{日} \\ = 0.168 \text{ m}^3 / \text{時}$$

全体での時間最大汚水量

$$0.168 \text{ m}^3 / \text{時} \times 100 \text{ 戸} = 16.8 \text{ m}^3 / \text{時}$$

2. 真空下水管のルート本数の設定

真空弁ユニットの配置

極力各下水管の長さが等しくなるように、また各下水管の水量がほぼ同じになるように（図-1）のように真空下水管のルート本数を決める。真空弁ユニットは約4戸に1個以下になるように配置する。

3. 真空下水管の口径の設計

設定した真空下水管ルートに従って、流量表を作成する。（表-1）参照。

流量は各下水管に接続される真空弁ユニットさらにはその真空弁ユニットに接続される戸数から割り出している。

管口径は管長100m当りの損失が0.25m以下になるように定める。管No⑤と⑦のみ口径100mmではこの基準を超えるため口径を150mmとしている。

対象とする区域は平坦地であるので、設定した口径をもとに、最も水量が多く、長いルート⑩→⑪→⑫→⑬→⑭について損失計算を行なった。

リフトは縦断図（図-2）に示す。

まさつ損失は下記の計算式で求める。

$$H f = 1.63 \times 10^3 \times D^{-4.97} \times Q_{\max}^{1.85} \times L$$

$H f$ = まさつ損失 (m)

$Q_{\max}$ = 時間最大汚水量 ($\ell / \text{分}$)

D = 管内径 (ℓ)

L = 管路長さ (m)

計算結果を表-2に示す。この結果

$$\text{リフト損失} = 0.75\text{m} < 3.5\text{m}$$

$$\text{まさつ損失} = 0.195\text{m}$$

$$(\text{まさつ損失}) + 0.7 \times (\text{リフト損失}) = 0.72 < 3.5\text{m}$$

となり基準を満足する。

従って、設定した管径は十分に妥当である。

流量、長さを勘案すれば、他のルートでの損失も問題にならない位小さいので、当初設定した他の管の径は真空下水管の最小径100mmとしているが、これで十分である。

$$V_{ct} = 3 \times \frac{7.5 \times Q_{in} \times (Q_{ap} - Q_{in})}{Q_{dp}}$$

$$\text{ここで } Q_{in} = Q_{max} / 60$$

$$= 16.8 / 60$$

$$= 0.28 \text{ (m}^3/\text{m)}$$

従って

$$V_{ct} = 3 \times \frac{7.5 \times 0.28 \times (1.0 - 0.28)}{1.0}$$

$$= 4.536\text{m}^3 \rightarrow 5.0 \text{ (m}^3\text{)}$$

6. 真空ポンプ容量 Q_{vp} (m³/分) の設定

真空ポンプ容量は次の式で求める事ができる。

$$Q_{vp} = 9.3 \times Q_{max} / 60$$

$$= 9.3 \times 16.8 / 60$$

実際の機種設定して

$$= 2.60 \text{ (m}^3/\text{分)} \rightarrow 3.42 \text{ (m}^3/\text{分)}$$

真空ポンプは予備機を置くものとし2台設定する。常時は、この2台で交互運転させるものとしその時の1台当りの起動頻度が15分に1回以下となっているか以下検討する。

システムエアボリューム V_s (m³) を求める。

真空下水管容量は

$$\phi 100 \rightarrow 4410\text{m} \rightarrow 34.6\text{m}^3$$

$$\phi 150 \rightarrow 88\text{m} \rightarrow 1.5\text{m}^3$$

$$\text{計 } 39.6\text{m}^3$$

集水タンク容量は5.0m³なので

$$V_s = \frac{2}{3} \times (39.6 + 5.0)$$

$$= 29.7 \text{ (m}^3\text{)}$$

真空ポンプ容量が $3.42\text{m}^3/\text{m}$ の場合には、システムエアボリューム 24m^3 あれば真空ポンプの起動頻度は15分に1回となる。今回 29.7m^3 なので15分に1回以下となり条件を満足する。

- 人 家
- 真空弁
- ① 管番号
- △ 弁番号
- 流れ方向

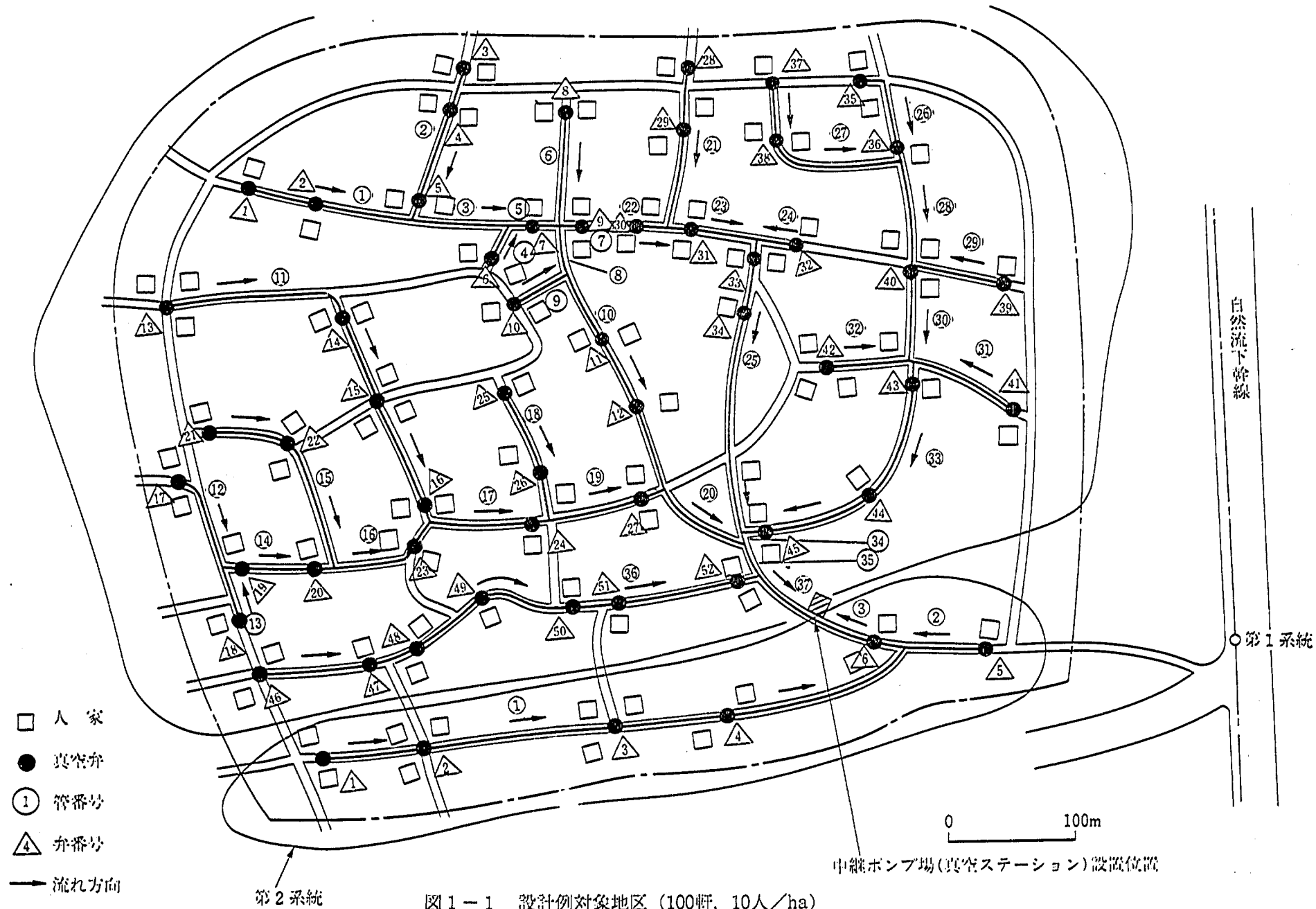
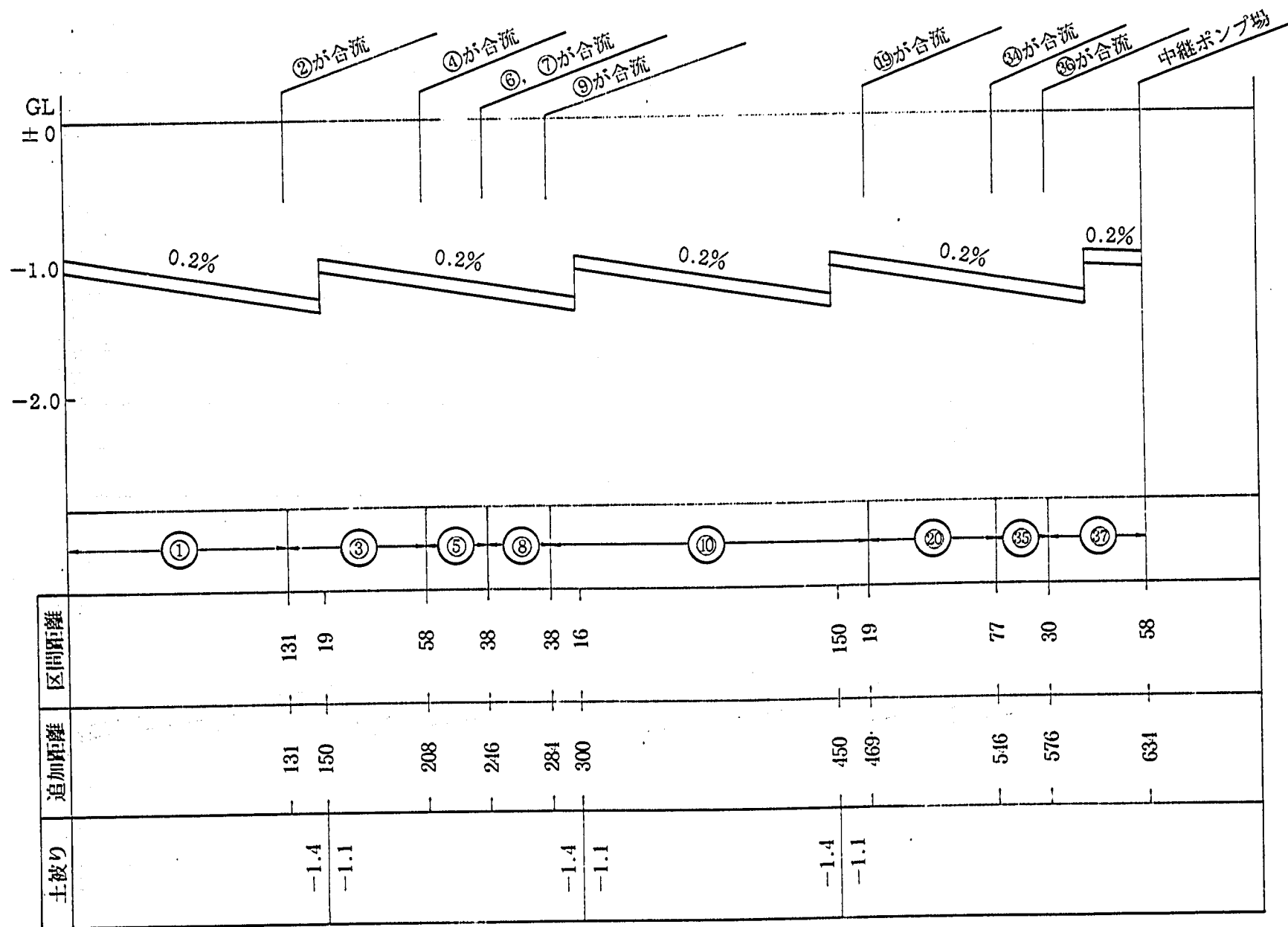
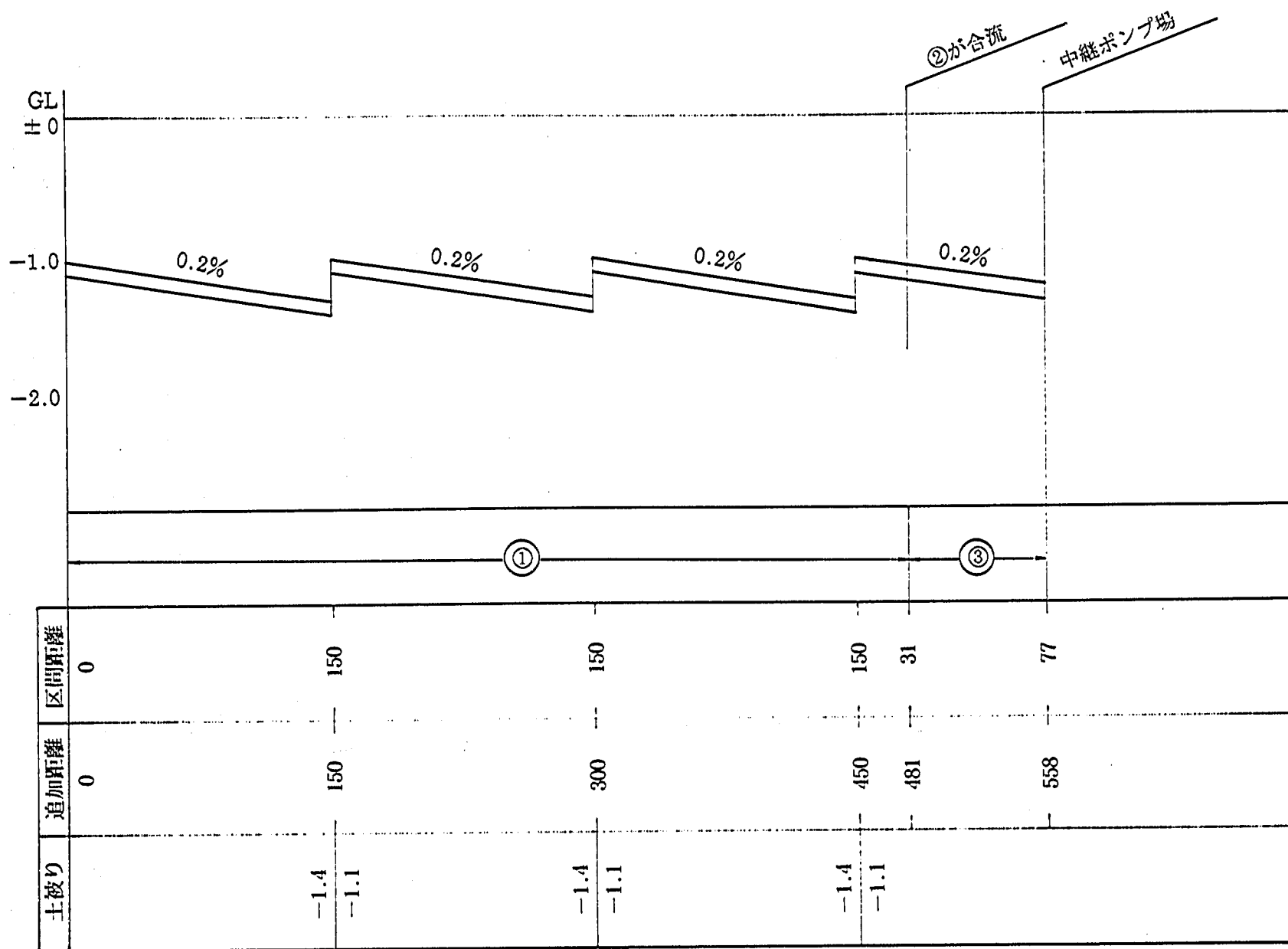


図 1 - 1 設計例対象地区 (100軒, 10人/ha)



第 1 系統縦断面図



第 2 系統縦断面図

管 区 番 号	下 流 区 画 番 号	型 式 弁 ユ ニ ッ ト				管 路 延 長		計 画 汚 水 量			計 画 汚 水 管 道							備 考	
		弁 番 号	別 家 数 (戸)	日平均 水 量 (t/d)	時間最 大水量 (t/d)	各 線 (m)	最 長 (m)	汚水量 (t/d)	点検入 汚水量 (t/d)	総水量 (t/d)	管 径 (mm)	既 設 損 失		リフト損失		取組最大汚水量			
												100m 当り(m)	各 線 (m)	各 線 (m)	累 計 (m)	各 線 (m)	累 計 (m)		
1	3	1.2	2	2.0	8.04	131	131	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
2		3-5	6	6.0	24.12	131	131	1.008		1.008	100	0	0	0		0			
3	5		0	0	0	77	208	0		1.344	100	0.01	0.01	0.20	0.20	0.21	0.21	リフト取-1ヶ	
4		6	2	2.0	8.04	38	38	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
5	8	7	1	1.0	4.02	38	246	0.168		1.848	100	0.02	0.01	0		0.01	0.22		
6		8	2	2.0	8.04	92	92	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
7	8	9	2	2.0	8.04	19	19	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
8			0	0	0	38	284	0		2.520	100	0.03	0.01	0		0.01	0.23		
9	10	10	2	2.0	8.04	48	48	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
10	20	11.12	3	3.0	12.06	185	469	0.504		3.360	100	0.05	0.09	0.40	0.60	0.49	0.72	リフト取-2ヶ	
11	17	13-16	10	10.0	40.2	327	327	1.680		1.680	100	0	0	0		0			
12		17	2	2.0	8.04	21	21	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
13	14	18	1	1.0	4.02	42	42	0.168		0.168	100	0	0	0		0			
14		19.20	2	2.0	8.04	55	106	0.336		0.840	100	0	0	0		0			
15	16	21.22	3	3.0	12.06	173	173	0.504		0.504	100	0	0	0		0			
16	17	23	2	2.0	8.04	96	269	0.336		1.680	100	0	0	0		0			
17	19	24	1	1.0	4.02	96	365	0.168		3.528	100	0	0	0		0			
18	19	25.20	3	3.0	12.06	104	104	0.504		0.504	100	0	0	0		0			
19	20	27	2	2.0	8.04	96	461	0.336		4.368	100	0	0	0		0			
20	35		0	0	0	77	546	0		7.728	100	0.23	0.18	0		0.18	0.90		
21	23	28.29	3	3.0	12.06	131	131	0.504		0.504	100	0	0	0		0			
22	23	30	2	2.0	8.04	27	27	0.336		0.336	100	0	0	0		0			
23	25	31	2	2.0	8.04	69	200	0.336		1.176	100	0	0	0		0			
24	25	32	1	1.0	4.02	42	42	0.168		0.168	100	0	0	0		0			
25	34	33.34	4	4.0	16.08	231	431	0.672		2.016	100	0	0	0		0			
26		35.36	3	3.0	12.06	78	78	0.504		0.504	100	0	0	0		0			
27	28	37.38	3	3.0	12.06	162	162	0.504		0.504	100	0	0	0		0			
28			0	0	0	81	243	0		1.008	100	0	0	0		0			
29	30	39	1	1.0	4.02	77	77	0.168		0.168	100	0	0	0		0			
30		40	3	3.0	12.06	77	320	0.504		1.680	100	0	0	0		0			
31	33	41	1	1.0	4.02	100	100	0.168		0.168	100	0	0	0		0			

参考2

システム B 技術指針

は じ め に

ヨーロッパを中心に発達した真空式下水道システムの技術には、下記の様な種類がある。

- ① 真空ポンプ方式の中継ポンプ場と同時吸引方式の真空弁ユニット
- ② 真空ポンプ方式の中継ポンプ場と気液分離吸引方式の真空弁ユニット
- ③ エジェクタ方式の中継ポンプ場と同時吸引方式の真空弁ユニット
- ④ エジェクタ方式の中継ポンプ場と気液分離吸引方式の真空弁ユニット

この参考資料では、上述の代表例である③のシステムについて行われた、検証試験に基づき技術の指針に関して記述する。

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

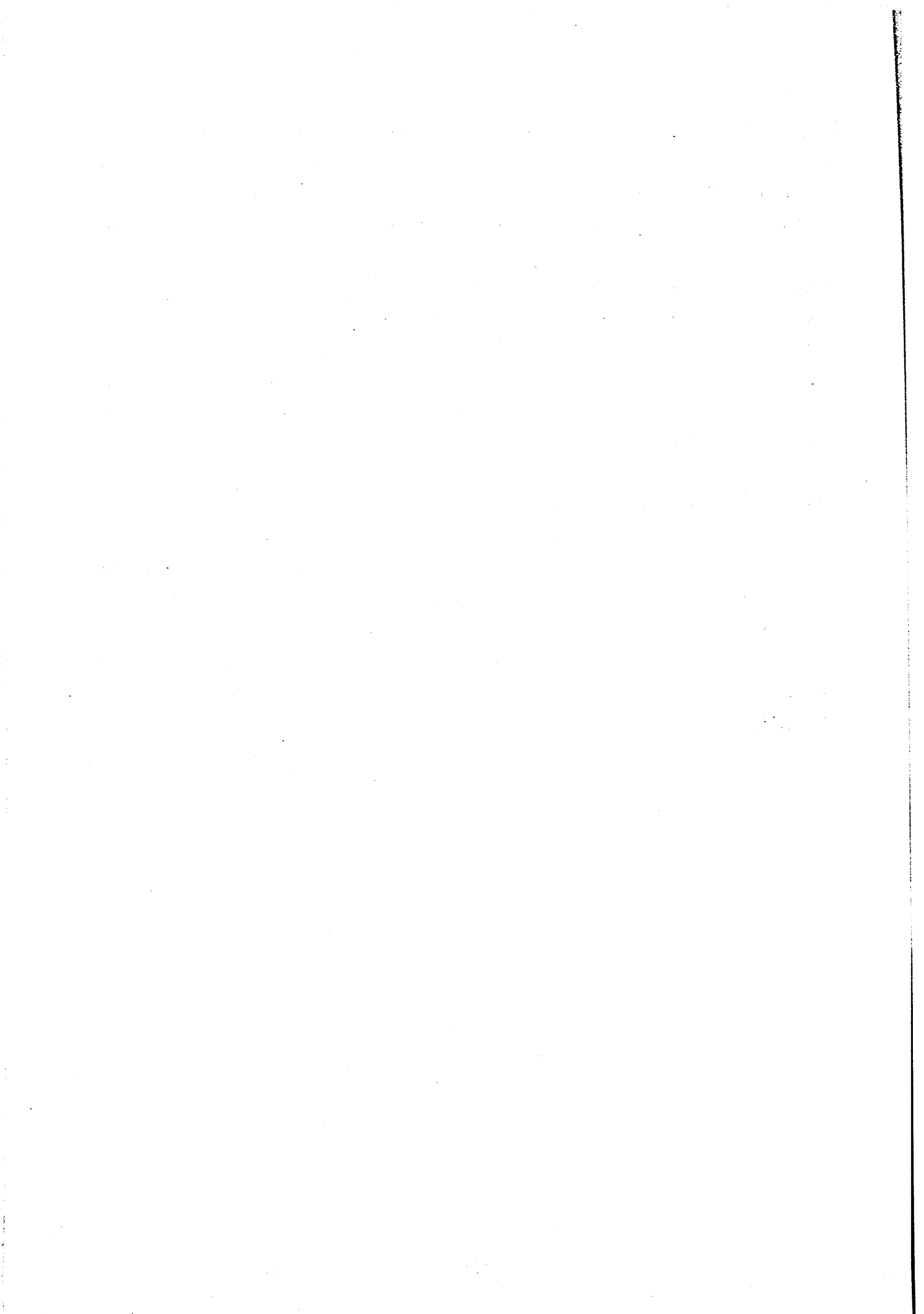
1941

目 次

第1編 基本計画	115
第1節 総 論	115
第2節 計画の基本的事項	115
§1. 真空式下水道システムの設計手順	115
第2編 中継ポンプ場の設計	117
第1節 総 論	117
§2. 基本的な考え方	117
§3. 機器の構成及び配置	117
§4. 周辺への影響対策	124
第2節 容量計算	125
§5. 中継ポンプ場	125
第3節 運転制御	127
§6. 運転方式	127
§7. 故障警報	128
§8. 遠方通報装置	128
§9. 運転時間計及び圧力記録計	129
第4節 機器仕様	129
§10. エジェクタ	129
§11. 汚水循環ポンプ	129
§12. 圧送ポンプ	130
§13. 集水タンク	130
§14. その他付属機器	131
§15. 塗 装	131
第3編 真空弁ユニットの設計	132
第1節 総 論	132
§16. 基本的な考え	132
§17. 構 成	133
§18. 故障警報装置	138

§ 19. 弁ます, 貯水タンクの配置	138
第2節 容量計算	139
§ 20. 真空弁ユニット	139
第4編 真空下水管の設計	144
第1節 総論	144
§ 21. 基本的な考え方	144
第2節 真空下水管の基本仕様	144
§ 22. 管 材	144
§ 23. 縦断面	145
第3節 真空下水管の配管設計	147
§ 24. 真空下水管の設計流量	147
§ 25. 総水頭の算出	147
§ 26. 管径の決定	151
§ 27. 区間弁	151
第5編 圧送管路の設計	152
第1節 管路の設計	152
§ 28. 管路設計の考え方	152
第6編 施工管理/試験・調整	153
第1節 施工管理	153
§ 29. 中継ポンプ場	153
§ 30. 真空弁ユニット	153
§ 31. 真空下水管	153
§ 32. 圧送管	154
第2節 試験・調整	154
§ 33. 中継ポンプ場	154
§ 34. 真空弁ユニット	155
§ 35. 真空下水管	155
§ 36. 圧送管	155

第7編 維持管理	157
第1節 総論	157
§ 37. 維持管理の基本的な考え方	157
§ 38. 非常時の対応	157
第2節 保守点検と清掃	157
§ 39. 中継ポンプ場	157
§ 40. 真空弁ユニット	159
§ 41. 真空下水管	159
§ 42. 圧送管	159
§ 43. 維持管理記録	160
第3節 非常時の対応	161
§ 44. 中継ポンプ場	161
§ 45. 真空弁ユニット	161
§ 46. 真空下水管	161
§ 47. 圧送管路	161
§ 48. 記 録	162
基本的な設計例	163



第1編 基本計画

第1節 総論

総論は本文参照のこと

第2節 基本計画

基本計画は本文参照のこと

§1. 設計手順

真空式下水道システム設計は区域の状況をふまえ系統だてて行う

〔解説〕

次ページに設計手順を示す。

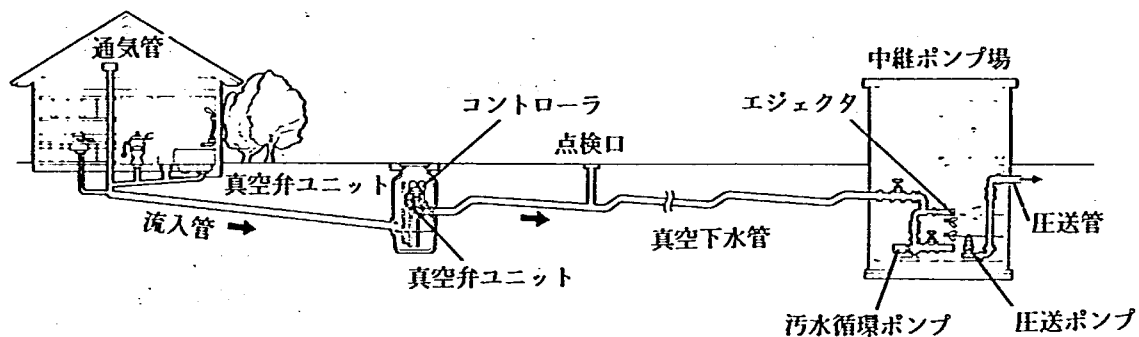


図1-1 真空下水道システムのフロー

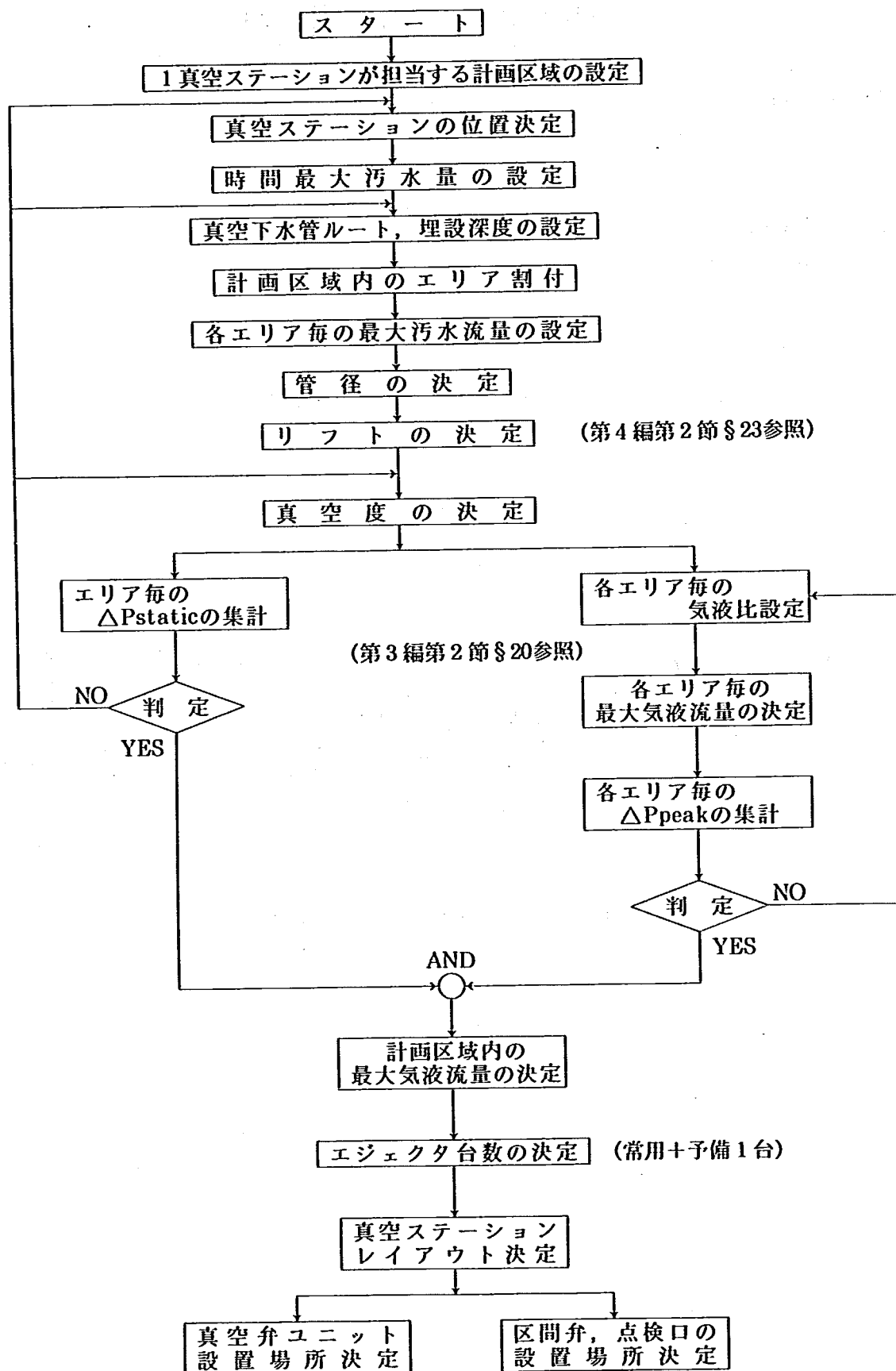


図1-2 真空式下水道システムの設計手順

第2編 中継ポンプ場の設計

第1節 総論

§2. 基本的な考え方

- (1) 中継ポンプ場は区域内の真空弁から吸収された汚水を集め、それを処理場や自然流下幹線に移送する設備で、集水タンク、エジェクタ、汚水循環ポンプ、圧送ポンプ、および制御盤等から構成される。
- (2) 中継ポンプ場は時間最大汚水量を設計水量として計画する。
時間最大汚水量は、本文 § 2 で求めた平均汚水量より1時間当りの最大汚水量を算出してこれを用いる。
- (3) 非常用自家発電設備は真空式下水道システムや集水範囲の大きさを十分考慮してその必要性を判断するものとするが、できる限り設置しないものとする。

[解説]

(3)について

短時間の停電で真空圧が残っている場合には、真空管路、集水タンク、さらには汚水ますの貯留量で対応する事ができる。

本文 § 7(7)参照

§3. 機器の構成および配置

- (1) エジェクタ式の中継ポンプ場のタイプは、次の3種類に分類でき、この中で計画に最も適したものを選択する。
 - ① 地下に集水タンクと、ポンプ室を配置したもの。 タイプ1
 - ② 地下に集水タンクを配置し、水中ポンプを用いたもの。 タイプ2
 - ③ 汚水タンクとポンプを共通架台に接地したもの。 タイプ3
- (2) 中継ポンプ場は、次の主要機器で構成される。
 - ① 真空発生装置：エジェクタと汚水循環ポンプ
 - ② 排出装置：圧送ポンプもしくは排出弁
 - ③ 真空スイッチおよび真空計
 - ④ レベルスイッチ

[解 説]

(1)について

中継ポンプ場のタイプは、真空式下水道システムの規模、中継ポンプ場の設置位置等を考慮し、決定する。

タイプ1

タイプ1の中継ポンプ場は、FRP、PC、RC等の材質で作られた集水タンク、ポンプ室等の構造物より構成される。

必要に応じて地上部分に管理スペースを確保するための建屋を建設する。

管理スペースには、真空弁ユニットの真空弁、コントローラの予備品や維持管理手引書、設計図等を保管し、維持管理業務が円滑に行なえるようにする。

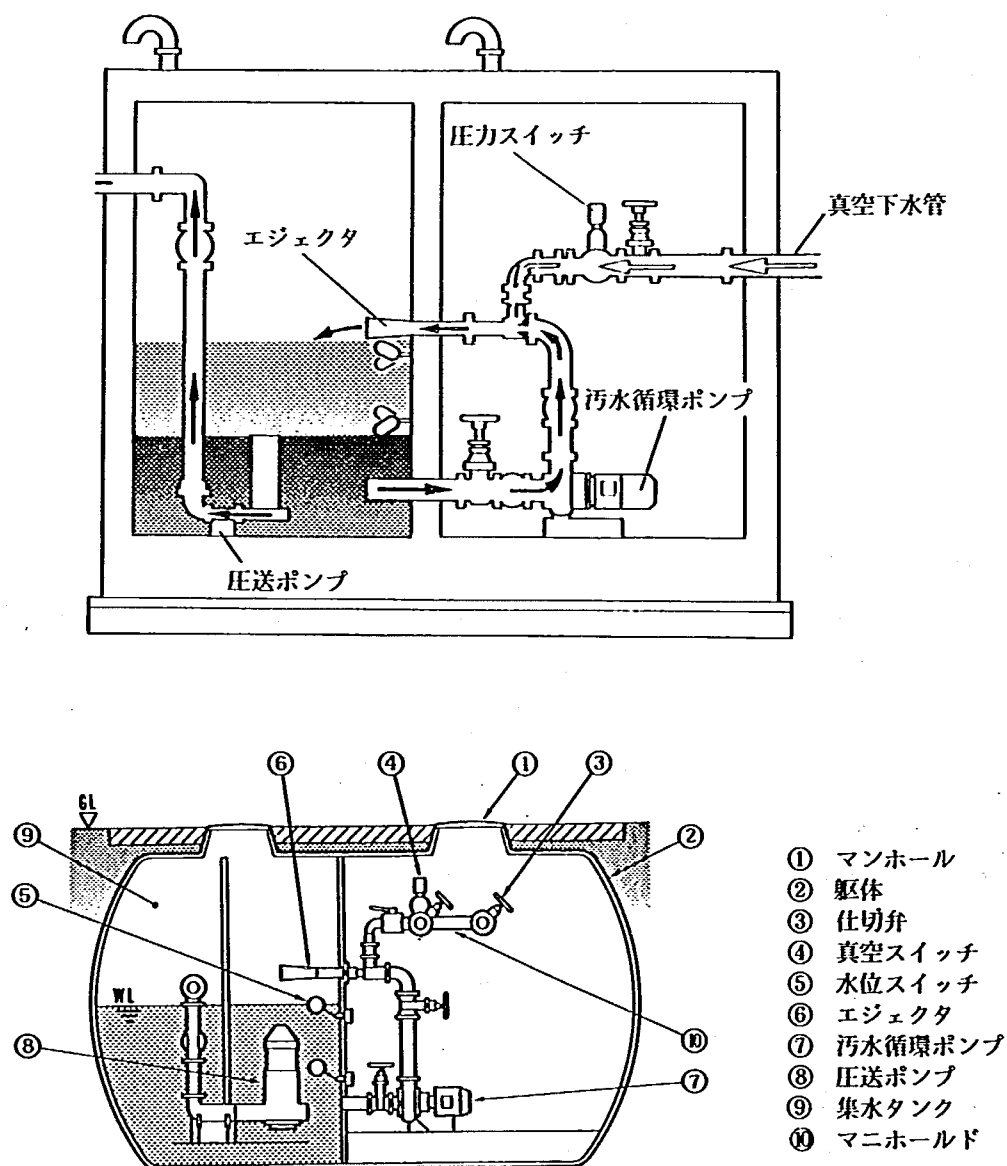


図2-1 中継ポンプ場 タイプ1

タイプ2

タイプ2の中継ポンプ場は、FRP、PC、RC等の材質で作られた集水タンクのみで構成される。汚水循環ポンプであることから、維持管理を十分考慮し、必要に応じて、水中ポンプの引き上げ装置等を配置することも検討する。

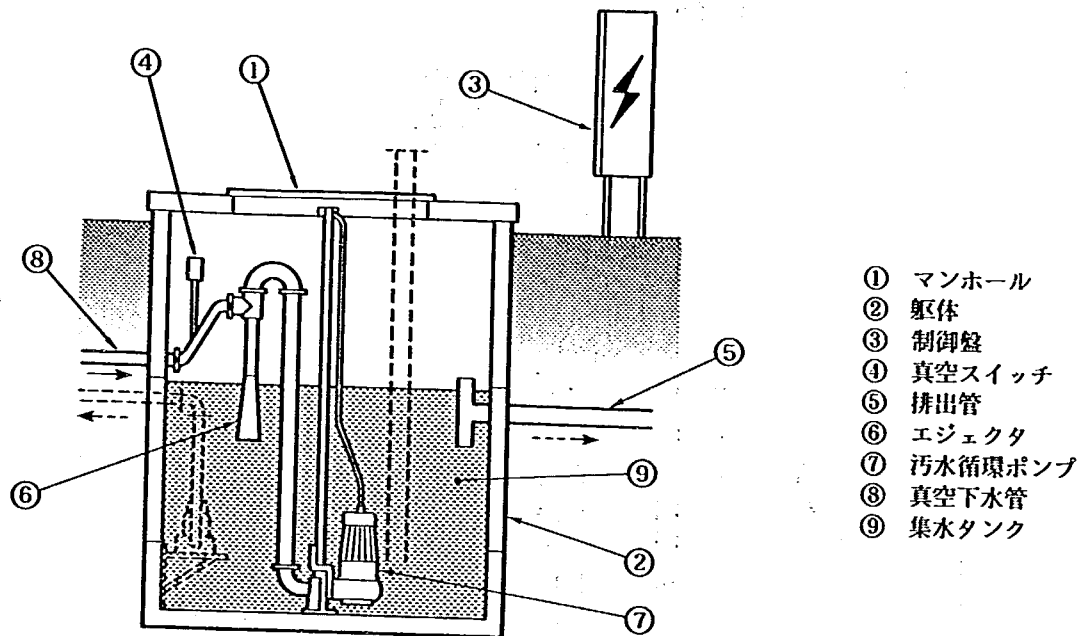


図2-2 中継ポンプ場 タイプ2

タイプ3

タイプ3の中継ポンプ場は、FRP、鋼板製の集水タンクと汚水循環ポンプを、共通架台上に設置したユニットで、中継ポンプ場を地上レベルに設置する場合等に選択するとよい。

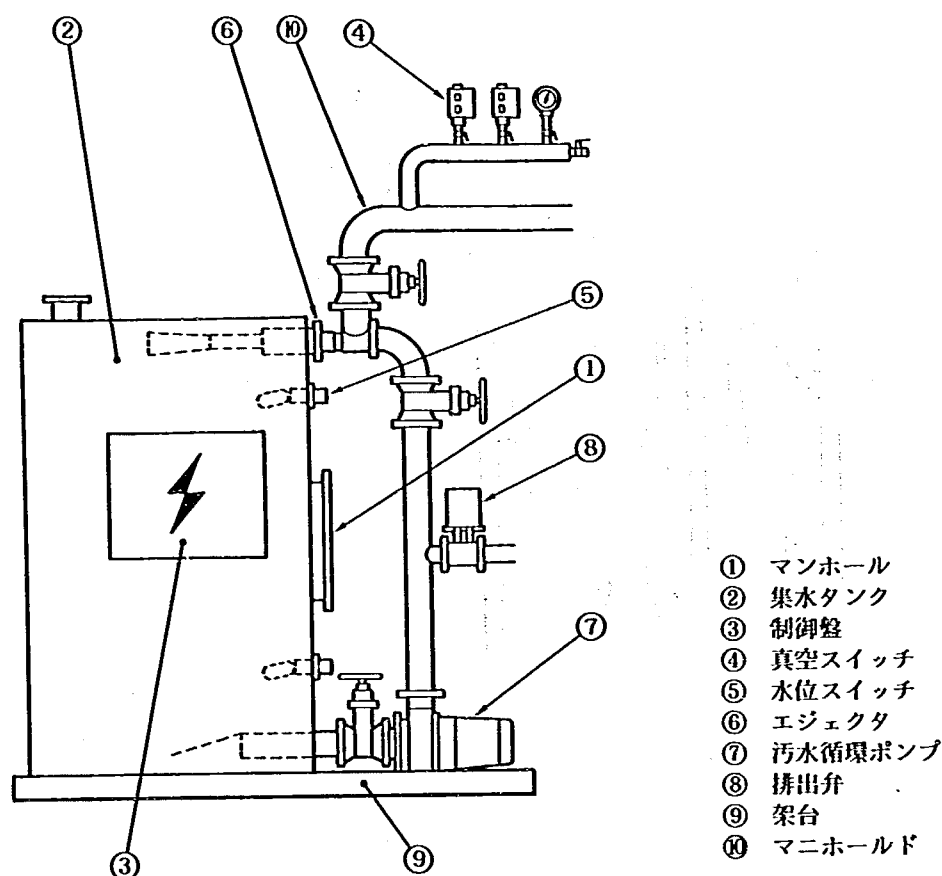


図 2-3 中継ポンプ場 タイプ 3

(2)について

① 真空発生装置（エジェクタ，汚水循環ポンプ）

エジェクタは、ステンレス製のジェットチューブ①と逆止弁②及びPVC製のノズル③から構成される。

エジェクタは、汚水循環ポンプ（渦巻きポンプ）を動力源としており、真空管路内部に真空圧力（負圧）を発生させる。汚水が集水タンクからエジェクタのノズルを通じて揚水され、その結果、空気と汚水がマニホールド⑤より吸引され、汚水のジェット水流と混合され、集水タンクに放出される。

設定負圧に達すると、真空スイッチに検知され、汚水循環ポンプを停止させる。

ポンプが停止すると、逆止弁②のゴムフラップ④が、真空圧力により固定位置に吸着され、これにより、真空圧力が保持される。

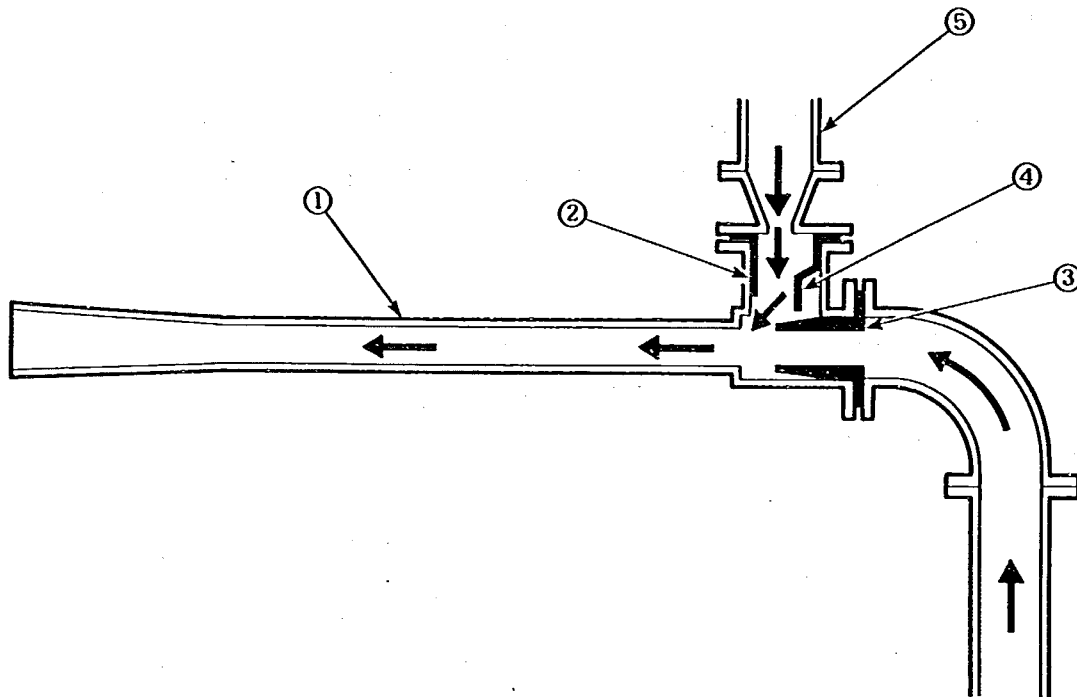


図 2 - 4 エジェクタの構造

汚水循環ポンプは、システムの入り口である真空弁の通過径（50φ）より大きな異物を吸引可能なポンプを選定する。

ポンプの操作は、マニホールドに取り付けた真空スイッチにより真空管路内の真空度を感知し制御する。

ポンプのインペラーは、オープンタイプの単一水路式のほかに、ボルテックスタイプを用いてもよい。

② 排出装置

エジェクタ方式は、集水タンクが大気解放されているため汚水の排出方法が自由に選べる。中継ポンプ場の規模と排出先の状況に基き、次の中から方式を選択する。

a. 自然流下方式

中継ポンプ場、タイプ2の例で示したように、排出先が中継ポンプ場のレベルより低い場合には、オーバーフロー管を設けて、自然流下により排出させるものである。

b. 圧送ポンプ方式

タイプ1の例で示したように汚水循環ポンプとは別途の圧送ポンプにより、集水タンクより排出先へ圧送する。

ポンプ形式は、陸上ポンプでも水中ポンプでも良い。

ただし、汚水循環ポンプの項で示したように、インペラの通過径には、留意しなくてはならない。

c. 排出弁方式

タイプ3で示すように小規模な中継ポンプ場の場合に、圧送ポンプを設けずに汚水循環ポンプで代用できる場合がある。エジェクタへ供給する配管中に排出弁を設け、集水タンクの水位により開閉し、汚水循環ポンプによって汚水を圧送するものである。排出弁の形式は手動操作も可能な電動弁とする。

③ 真空スイッチ

システム内の真空圧力は、真空圧力スイッチにより制御する。

各々の真空スイッチが、ポンプ及びエジェクタを制御する。

真空スイッチと真空計は、スイッチや真空計内に不純物が混入するのを防止するため、特殊形状のマニホールド上に設置する。

このスイッチは、システム内の（真空管路内）真空圧力が、設定値以下に減少したときに、ポンプが始動する様に設定する。システム内の真空圧力がさらに、減少することを考慮し、バックアップ用のポンプを始動させる等の、機能を持たせるため、通常真空スイッチは、複数個設置する。これにより、真空発生装置は、真空管路内の真空度の程度により順次起動し、順次停止する。

④ レベルスイッチ

レベルスイッチは、汚水循環ポンプの空転防止、及び排出装置の制御のために用いる。

レベルスイッチの設定水位は、

- a. 空転防止スイッチでは、汚水循環ポンプ及び圧送ポンプのケーシングの上端までの水位が確保できるように設定する。
- b. 排出の終了点の制御用のレベルスイッチは、汚水循環ポンプ等が疑似キャビテーションを起こさない水位に設定する。
- c. 排出装置の排出の開始のレベルスイッチは、排出先の状況と圧送ポンプ等の排出装置の容量及び汚水槽の非常用ボリューム等を考慮し決定する。
- d. 圧送ポンプの異常などによる集水タンクの異常高水位を検知するレベルスイッチを設ける。

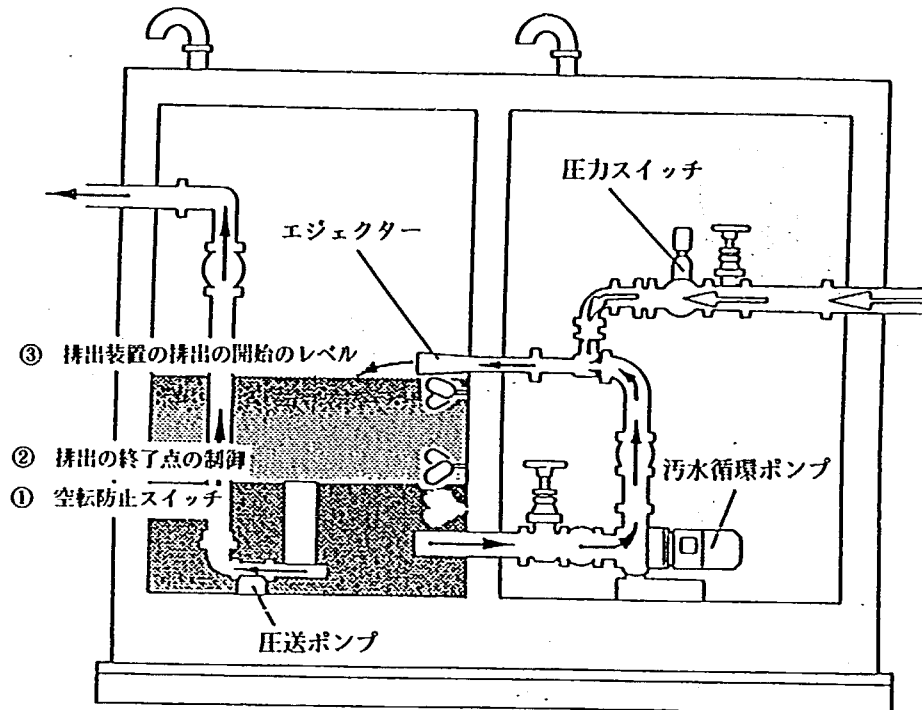


図 2 - 5 レベルスイッチの設定水位

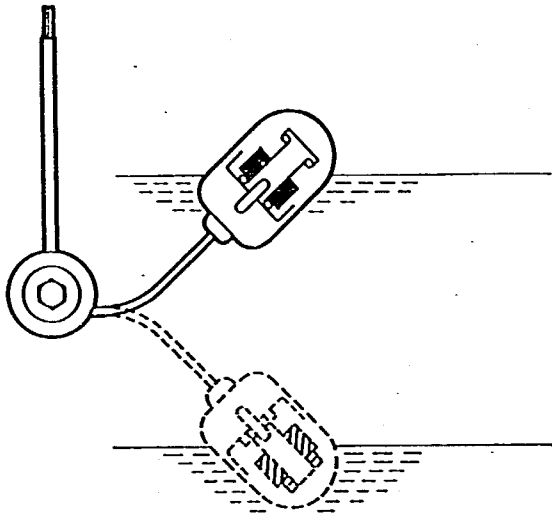
[レベルスイッチの型式]

レベルスイッチの型式は、

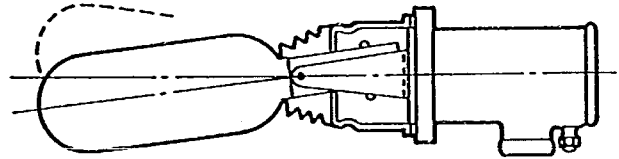
- ① 転倒式、投入型レベルスイッチ
- ② 壁面取付、フロート式レベルスイッチ
- ③ エアーパージ式差圧型レベルスイッチ
- ④ ダイアフラム式差圧型レベルスイッチ

等の中から選択し、特に汚物等の付着に対しても、誤作動の少ないものを選択するようにする。

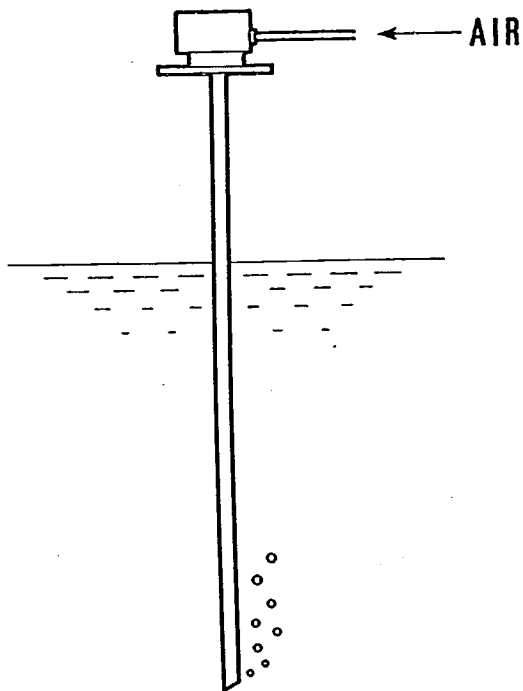
①の例



②の例



③の例



④の例

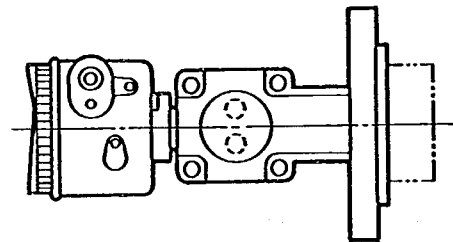


図 2 - 6 レベルスイッチの例

§ 4. 周辺への影響対策

中継ポンプ場は、民家側敷地境界線で騒音規制値を満足する遮音性能を持つものとする。
必要に応じて脱臭装置を設ける。

〔解 説〕

真空管路の上り勾配部を極力少なくするため、集水タンクは極力地下に設置するとよい。ただ

し、リフト損失に十分な余裕がある時には地上又は半地下に設置する事もできる。

中継ポンプ場は昼夜を問わず運転されるため、騒音対策には十分配慮しなければならない。

汚水は減圧下ではあるが、空気とミキシングされて流送される。また、集水タンクにてエジェクタによりさらに激しく曝気されるため腐敗する事は無い。よって中継ポンプ場の排気臭はそれ程強いものではない。しかし、中継ポンプ場の立地条件によっては脱臭装置（本文§7(7)参照）を設ける事が望ましい。

第2節 容量計算

§5. 中継ポンプ場

計画諸元に基づく中継ポンプ場の設計手法は以下の通りとする。

1. 中継ポンプ場の個数

- ・計画区域内を一定の基準に基づき分割し、中継ポンプ場の位置及び個数を決定する。

2. 設計汚水量

- ・各中継ポンプ場の担当地域毎の時間最大汚水量に基づき、中継ポンプ場の設計汚水量を決定する。

3. 総気液量

- ・流入最大汚水量に対し、気液比を乗じ、総気液量を決定する。

4. 真空発生装置の選定

- ・総流入量に見合うエジェクタの仕様を選定する。

5. 排出方法の選定

- ・排出先の状況に基づき、選定する。
- ・排出量は、設計汚水量とする。

6. 集水タンク要領の決定

- ・流入最大汚水量、排出方法および機器配置を考慮し、その要領及び形状を決定する。

〔解 説〕

1. について

中継ポンプ場の個数は、真空式下水道システムの最大収集距離及び最大揚程及び計画汚水量を考慮し、収集地域をいくつかの区画に分割し、最適な個数を決定する。

中継ポンプ場の収集範囲の大まかな目安としては、

最大収集距離 3,500m

最大揚程 3.5m（真空度を上げれば、4.0mまで可能）

程度を考えるとよい。

また、中継ポンプ場の設置予定地の状況等を考慮し、中継ポンプ場の規模が決定されること

から、必要な個数も限定される。

およその目安として、300~1,500人相当に1箇所程度の設置密度となる。

2. について

時間最大汚水量は、本文 § 7(2)に基づき、各中継ポンプ場毎に算出し、その真空ポンプ場の設計汚水量とする。

3. について

真空式下水道システムは、汚水と空気を混合して搬送する技術である。中継ポンプ場への総気液量は、計画汚水量に気液比に基づく係数を乗じ、次式を用いて算出する。

Q : 設計汚水量 [m³/時]

Y_m : 気液比 (空気量 : 汚水量, 真空管内圧力基準) [-]

Q_{TOT} : 総気液量 [m³/時]

$$Q_{TOT} = Q \times (1 + Y_m)$$

4. について

3. で求めた総気液量をエジェクタ1基あたりの吸入量で割り、エジェクタの台数を求める。さらに予備機として1台を見込む。

N : エジェクタ台数 [基]

Q_{TOT} : 総気液量 [m³/時]

Q_{CAP} : 設定真空度におけるエジェクタ吸入量 [m³/時]

$$N = \frac{Q_{TOT}}{Q_{CAP}} + 1$$

(参 考)

汚水循環ポンプとノズル径50φのエジェクタの組み合わせの性能曲線を次図に示す。

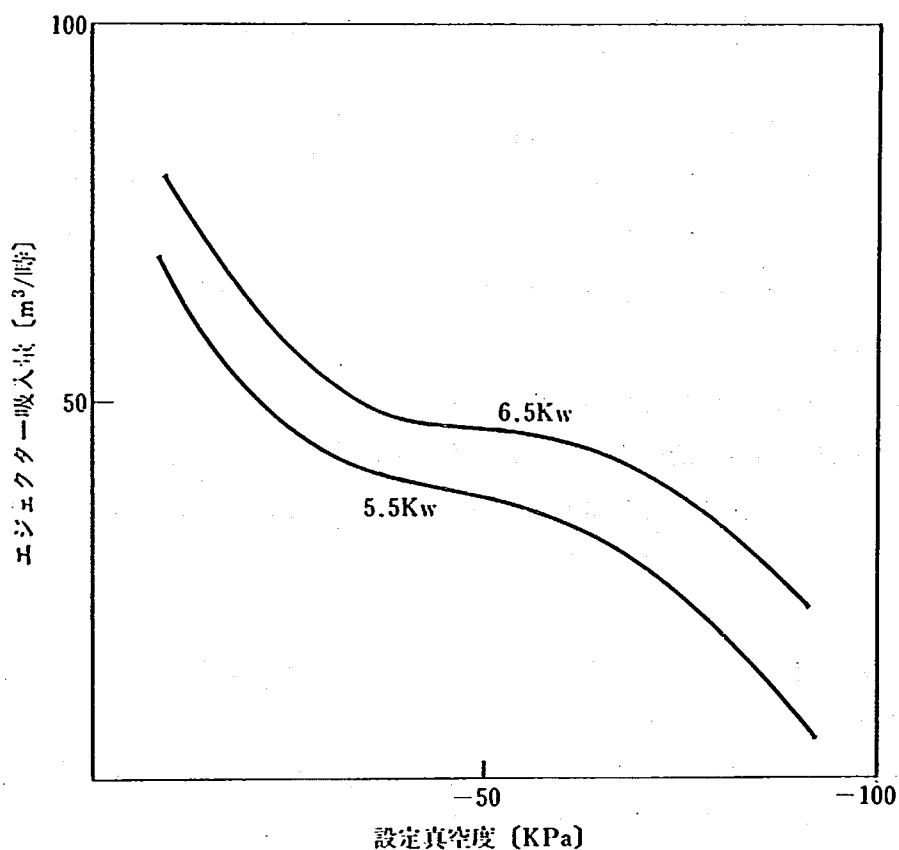


図 2 - 7 設定真空度とエジェクタ吸入量の関係

第 3 節 運転制御

§ 6. 運転方式

- (1) 中継ポンプ場は，無人運転を原則とする。
- (2) 真空管路内はマニホールドに取付けた真空スイッチにより，通常 $-40 \sim -60$ kPaの圧力に保つよう自動制御を行うものとする。
- (3) 集水タンク内に設定水位以上の汚水が貯ると，圧送ポンプまたはオーバーフロー管により自動的に処理場等に排出するよう制御する。

[解 説]

(1)について

通常の自然流下式の小規模中継ポンプ場と同様，真空式下水道システムの中継ポンプ場も無人運転を原則とする。

(2)について

汚水循環ポンプは，マニホールド内の圧力による自動運転と制御盤に設けた個々の操作スイッ

チによる手動運転ができるものとする。

自動運転の場合、汚水循環ポンプはマニホールド内の圧力が設定した最低真空度で起動し、最高真空度で停止する。

この設定圧力は、真空管路の設計より得られる目標真空度を中心に幅を持たせた設定値とする。設定値は標準的には、 -50kPa 程度である。しかし、管路設計から得られる数値に合わせ $-40\sim-60\text{kPa}$ まで加減することができる。さらに高い真空度が必要な場合、 -70kPa まで上げることができる。汚水循環ポンプ（予備機も含む）は起動頻度を軽減するため、自動的に順次交替で運転する。

故障時には自動的に、切り替わるものとする。

圧送ポンプの容量が相対的に大きくて、運転時間が短く、その間汚水循環ポンプが停止しても問題無い場合には、受電契約容量を減らすために、圧送ポンプが運転中は、真空ポンプが、停止するようなインターロックを設けることができる。

(3) 圧送ポンプ

圧送ポンプは、集水タンクの水位による自動運転と、制御盤に設けた個々の操作スイッチによる手動運転ができるものとする。

自動運転の場合、圧送ポンプは集水タンク設定高水位で起動し設定低水位で停止する。水位が異常上昇すると警報を発し、その時汚水循環ポンプが運転していれば停止させる。

2台の圧送ポンプは起動頻度を軽減するため、自動的に交互に運転する。

故障時には自動的に、予備機に切り替わるものとする。

§ 7. 故障警報

故障表示項目はつぎのとおりとする。

- (1) 各汚水循環ポンプ過負荷、電気事故などの異常
- (2) 各圧送ポンプ過負荷、電気事故などの異常
- (3) 集水タンク水位異常高
- (4) マニホールド真空圧低下
- (5) 停電、故障時自動飛び越し運転

§ 8. 遠方通報装置

故障が発生した場合中継ポンプ場内の電話を通して、あらかじめ指定した番号に内容を通報する装置を設ける。

§ 9. 運転時間計および圧力記録計

個々の汚水循環ポンプの運転時間を計量する運転時間もしくは数日分のマニホールド真空圧の変化を記録する圧力記録計を設置する。

〔解 説〕

運転時間計の運転時間の片寄りなどの異常もしくは、マニホールドの圧力変化の記録からエジェクタの運転状態、真空漏れ等の異常を知る事ができ、メンテナンスに役立てる事ができるので、設置した場合便利である。

第4節 機器仕様

§ 10. エジェクタ

- (1) 台 数 ; 容量計算で算定された台数とする。
- (2) 型 式 ; 水エジェクタとする。
- (3) 材 質 ; ステンレス、プラスチックなど耐食性を考慮した材質で構成されるものとする。
- (4) 構 造 ; 効率よく真空を発生、保持し、異物などによる閉そくを予防し、万一閉そくした場合にも容易に除去できる構造とする。

〔解 説〕

エジェクタ内部の点検や、閉そく物除去のために、エジェクタ本体に点検口を持つ構造が望ましい。また、中継ポンプ場内ポンプ室側からエジェクタの取りはずしができるステーションの構造がメンテナンス上、便利である。

§ 11. 汚水循環ポンプ

- (1) 台 数 ; エジェクタと同数とする。
- (2) 形 式 ; 汚水汚物用渦巻ポンプとする。
- (3) 材 質 ; 耐食性を充分考慮したものとする。
- (4) 構 造 ; 頻繁な起動停止に耐えられる構造のものとする。

〔解 説〕

- (1) エジェクタ1台に対して、ポンプ1台とする。
- (2) 真空弁にて吸引した異物より大きい通過径の得られるポンプとする。

オープンインペラタイプやボルテックスタイプが望ましい。

- (3) 接液部やシール部分などの材質には、耐食性を考慮しなくてはならない。

外部注水タイプのシールは、別途清水が必要となるので、計画には清水供給設備など留意が必要である。

- (4) 発停の激しいこのポンプは、構造的に堅牢である必要がある。特に電動機との結合部分に注意が必要である。この点、電動機軸端がポンプ軸となったモータポンプタイプが優れている。

§ 12. 圧送ポンプ

- (1) 台数 2 台（内 1 台予備）

- (2) 圧送ポンプは集水タンク内に水中ポンプ設置とするか、もしくは、集水タンクの外に陸上ポンプ設置とする。

- (3) 形式、材質については「汚水循環ポンプ」と同様とする。

- (4) 構造については、一般の汚物防水ポンプと同様とする。

§ 13. 集水タンク

基 数 ; 1

形 式 ; 角型もしくは円筒縦置型または円筒横置型

材 質 ; 鉄筋コンクリートもしくは

SS41（内面の腐食代を 3 mm とすること）、ステンレスまたは FRP

付属品 ; マシンハッチもしくは点検用マンホール、レベル計、必要な場合にはドレン抜き接続用座（エジェクタ用、汚水循環ポンプ用、圧送ポンプ用、レベル計用、ベント用、予備用）

〔解 説〕

鉄筋コンクリート製の集水タンクの場合（タイプ 1，2）は、中継ポンプ場の建屋そのものと供用できる。

集水タンクベントからの排出空気は、屋外へ配管を導き、必要に応じ脱臭装置を通した後に大気放出する。

脱臭装置は、補給水や薬品消費、維持管理を考慮し、簡易なものとするのが望ましい。

将来、設備を増設する必要がある場合には、接続用座などは増設分を見込んで設けることが望ましい。

§ 14. その他付属機器

弁 類	汚水用	铸铁ソフトシール型スルース弁
		铸铁エキセントリックプラグ弁
		铸铁スウィングチェッキ弁（要部ステンレス）
		铸铁ボールチェッキ弁
		ステンレスボール弁
	空気用	ステンレスボール弁
		ステンレススイングチェッキ弁
配 管	清水用	青铜弁類
	汚水用	ダクタイル铸铁管またはステンレス管または厚肉鋼管
		空気用 塩化ビニル管（V P 管）またはステンレス管または亜鉛メッキ管
		清水用 塩化ビニル管（V P 管）またはライニング鋼管または亜鉛メッキ管

〔解 説〕

汚水や真空ポンプ吸排気に使用する弁類は、流体の腐食性を十分考慮した材質のものとする。

汚水用の弁類に対しては、全開時でも口径の大きさの通過粒径を確保できないことがあるので注意を要する。

§ 15. 塗 装

原則として以下の仕様による（材質：S S 4 1 の場合）。ただし汎用機器及び材料などで、メーカーの社内規格などでライン生産されているものは、この限りではない。

汚水に接する部分

素地調整	1 種ケレン		
ジンクリッチプライマー			
タールエポキシ樹脂塗料	3 回	合計膜厚	約220 μ

気 中 部

素地調整	1 種ケレン		
JIS K 5623	2 種エッチングプライマー		
JIS K 5623	1 種亜酸化鉛	膜 厚 約	35 μ
JIS K 5623	2 種亜酸化鉛	膜 厚 約	35 μ
フェノール樹脂塗料	2 回	合計膜厚	約 50 μ

第3編 真空弁ユニットの設計

第1節 総論

§ 16. 基本的な考え

真空弁ユニットは、汚水発生源である重力式屋内配管と真空下水管を結ぶ連結装置であり、基本的に貯水タンク、真空弁、コントローラ、付属配管で構成される。

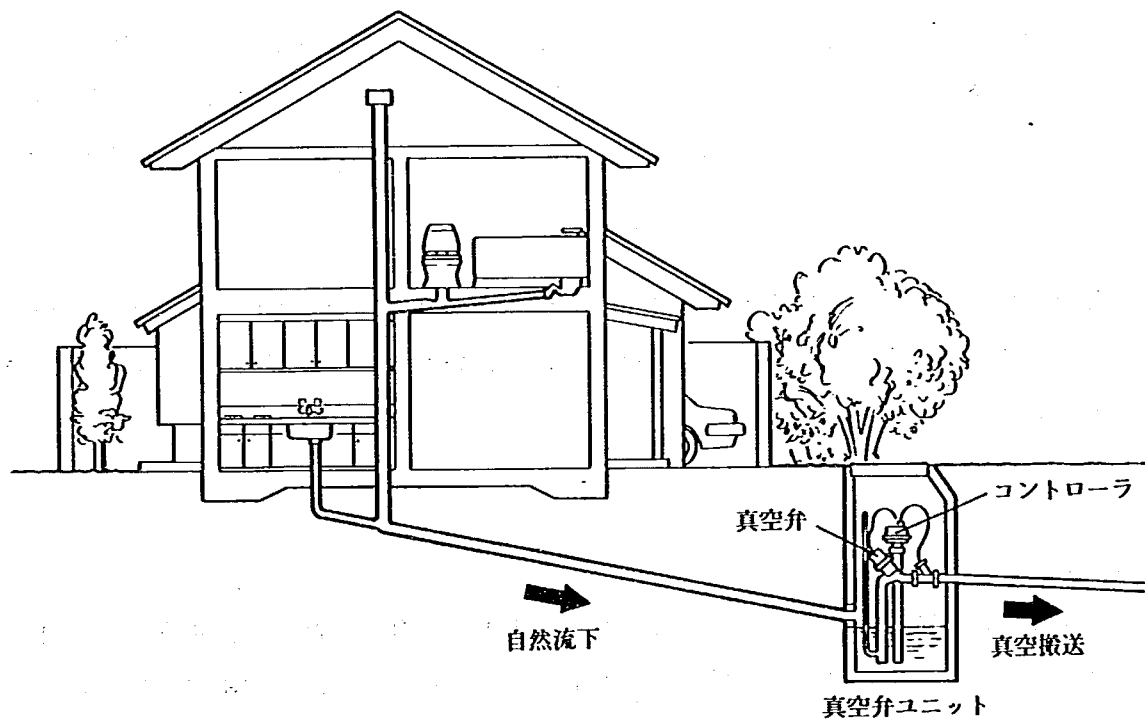


図3-1 真空弁ユニットの配置

§ 17. 構 成

(1) 真空弁ユニットのタイプは次のように分類できるので、状況にあったものを選択する。

① 設置場所による分類

- ・公道車道下
- ・公道歩道下
- ・共有地
- ・私有地

② 規模による分類

- ・戸別用
- ・集合住宅及び数戸用
- ・大規模集合住宅及びビル用

(2) 真空弁ユニットは、次の部品により構成される。

- | | |
|---------|------------|
| ① 貯水タンク | ⑥ 水位検出管 |
| ② 弁ます | ⑦ コントローラ |
| ③ 真空弁 | ⑧ パイロットノズル |
| ④ 吸引管 | ⑨ 流入管 |
| ⑤ 吸気管 | ⑩ 接続管 |

[解 説]

(1)について

真空弁ユニットのタイプは、その設置場所収集人員数を考慮し、材質、容量、制御方式など最適なものを設定する。

① 貯水タンク

貯水タンクは、流入した汚水を一時貯留するますで、FRP、PC等で作られている。一般にFRP製は、宅内貯水タンクなどの荷重条件の緩やかなものに適する。

ますが、浮上、沈下しないよう浮上防止フランジ等を設置する。

貯水タンク底部、汚水のだまり易い部分は嫌気性状態による腐食に留意すること。

② 弁ます

一般的に真空弁は、貯水タンク内に設置するが、場合によっては真空弁、コントローラ等を貯水タンクと分離した弁ます内に設置することも可能である。

③ 真空弁

真空下水管内の真空圧を動力源として、作動する弁であり、通常ゴム製シール部分を持つ傾斜ピストンバルブをよく用いる。

[ピストンバルブの例]

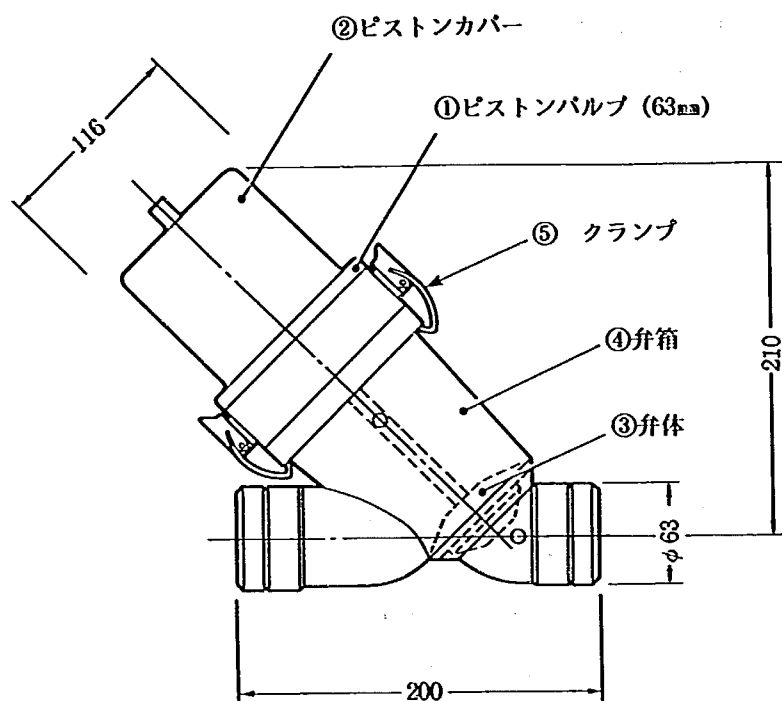


図 3 - 2 ピストンバルブの例

④⑤ 吸込管及び吸気管

吸込管、及び吸気管は、通常塩化ビニール管で作られる。場合によっては、耐食性の鋼管を用いてもよい。

吸込管は、貯水タンクの底部から管内径と同一の距離の点を最下点とする。

吸気管は、吸込管から液が吸入されているときに同時に貯水タンク内の空気をエジェクタ効果により吸入し、真空下水管内の空液比を絶えず一定にする機能をもっている。

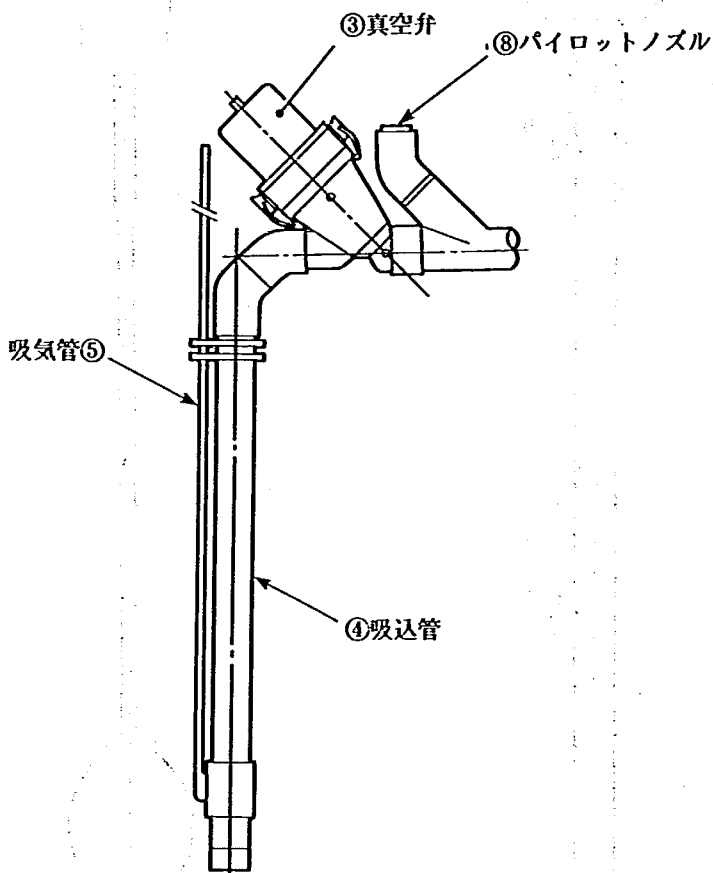


図 3 - 3 吸込管及び吸気管

⑥⑦ コントローラ、水位検出管

真空弁ユニットの貯水タンクの汚水の量を検知し、真空下水管内の真空をパイロットノズルより導き真空弁に供給するスイッチ機構をコントローラと呼び、真空弁とパイロットノズルとはゴムチューブにて接続する。

コントローラには、ゴム等のダイアフラムで水位の上昇を空気圧の変化として感知するダイアフラム式で真空弁の開時間をエアータイマで制御するもの。貯水タンク内に設置した樹脂製のフロートの上下により、機械的に水位の上昇を感知し、真空弁の開時間を機械的に制御するボールフロート式のものの2種がある。

水位検出管は、ダイヤフラム式のコントローラの場合に用い、通常口径50mmの塩化ビニールパイプを用いる。このコントローラの場合には、冠水による水の浸入に留意する必要がある。

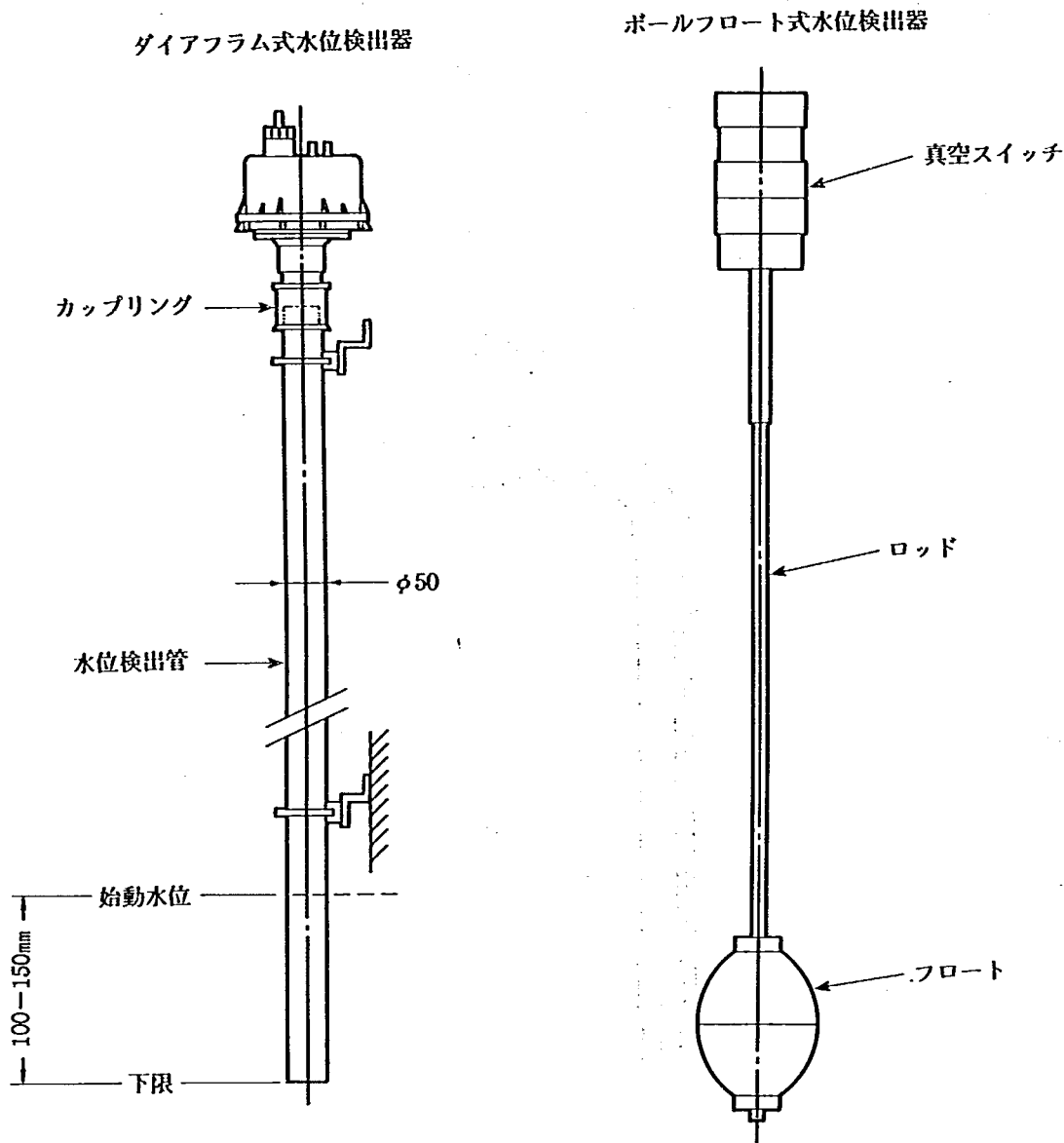
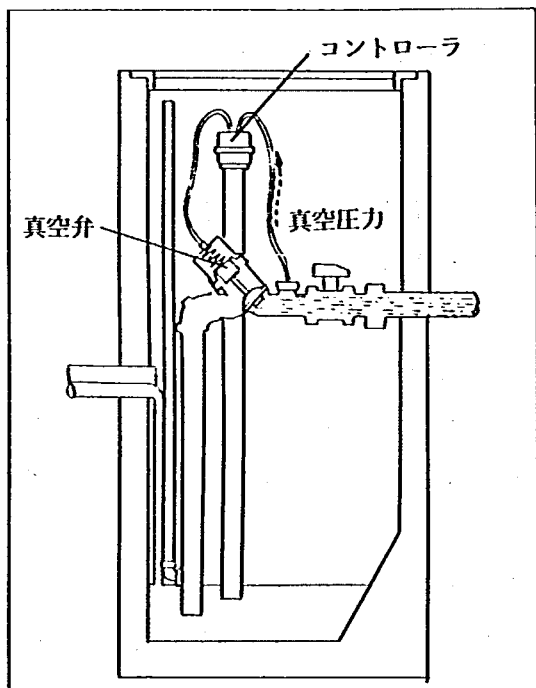


図3-4 各種コントローラ

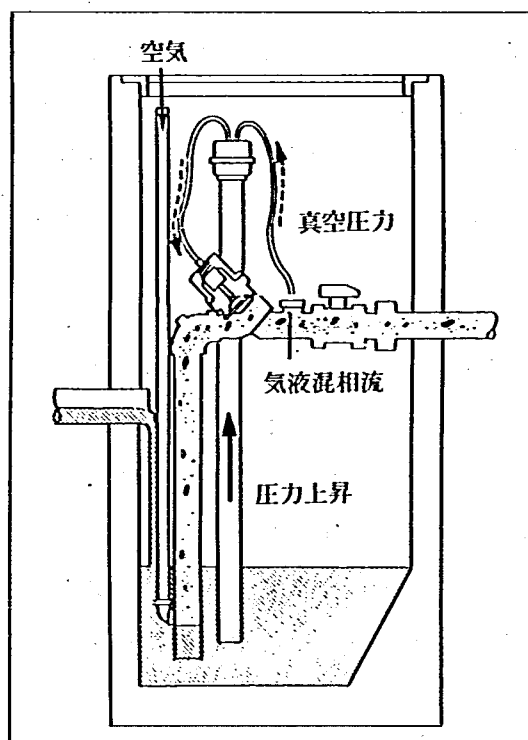
次項に真空弁の作動説明図を示す。(ダイヤフラム式コントローラの場合)

- 1) 汚水が流入し、貯水タンクの汚水水位が上昇する。真空弁は、全閉である。
- 2) 水位が上昇すると、水位検出管内の空気が圧縮される。コントローラが作動し、真空力によって弁が開き、汚水を吸い込む。
- 3) 汚水は吸い込まれ続け、水位が低下する。同時に吸気量より空気が吸入され、気液混合で真空弁を通過し、真空下水管へ導かれる。
- 4) 一定時間後に弁が全閉となる。

1. 汚水流入 —— 真空弁は閉の状態



2. 汚水吸入開始 —— コントローラが作動し、真空弁が開放



3. 汚水吸入終了 —— コントローラが作動し、真空弁が開から閉

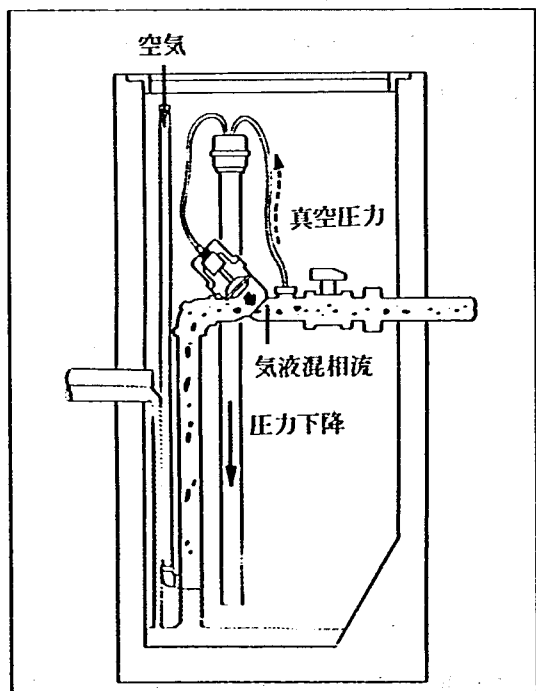


図 3 - 5 真空弁の作動説明

§ 18. 故障警報装置

必要に応じて、真空弁の故障を知らせる故障警報装置の設置を検討する。

〔解 説〕

真空式下水道システムにおいて、閉そく等により真空弁が開状態のまま放置された場合、その間真空下水管へ大量の大気が入る事により下水管内の真空度が落ち、システムの機能を低下させる結果となる。従ってこのような場合に該当する真空弁をすみやかに特定し原因を取り除くため一定時間弁の開状態が連続したら警報を出すことができる装置がある。

この装置は真空弁の故障等により、汚水が貯水タンクに貯留しても真空弁が開かずに汚水が貯水タンクからあふれる事を防ぐ為、貯水タンクの水位が異常上昇したら真空弁ユニットの側で音と警報灯により異常を知らせることもできる。

しかし、これらの異常はヨーロッパの実績も頻繁に起こるものでなく、仮に起きたとしても使用者の協力にて解決できる場合が多い、地域の事情を考慮し下水道管理者の判断で設置を検討するものとする。（本文 § 9 解説(4)(5)参照）

§ 19. 弁ます、貯水タンクの配置

弁ます／貯水タンクの配置には、

- (1) 弁ますを設けず貯水タンクの上の部分に真空弁を取り付けるもの。（例 1）
- (2) 独立した弁ますと貯水タンクを横に並べて別々に接地したもの。（例 2）
- (3) 弁ますと貯水タンクを上下に区切ったもの。（例 3）

がある。それぞれの特徴を考慮して選定する。

〔解 説〕

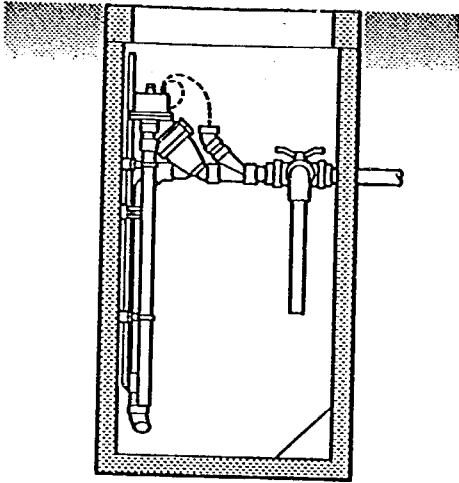
これら 3 種類の構造の選定例を以下に示す。

清潔な維持管理	例 2, 3
狭い設置スペース	例 1
貯水タンクの清掃が容易	例 2
大きな貯水量	例 2, 3
低 価 格	例 1
異物の不法投入防止	例 3

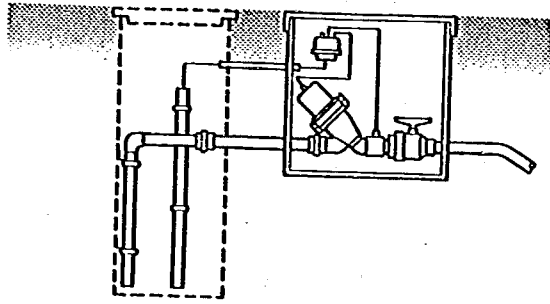
材料は、接地場所の条件に合わせて、十分な強度を持つ F R P、またはコンクリートとする。

ますの蓋は、強度はもちろんのこと容易に開かないものとする。

例 1



例 2



例 3

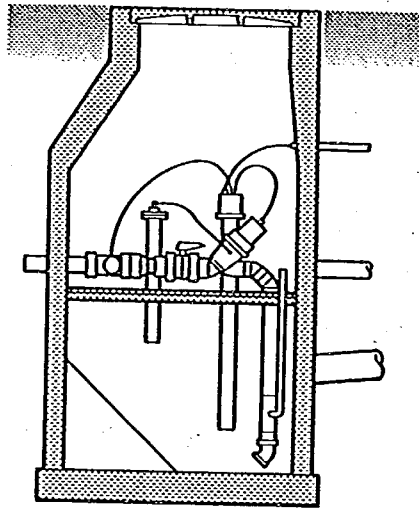


図 3-6 弁ます，汚水ますの配置

第2節 容量計算

§ 20. 真空弁ユニット

計画諸元に基づく真空弁ユニットの設計手法は以下の通りである。

1. 流入汚水量

- ・流入汚水量は，真空弁ユニットへの接続戸数，及び接続家屋の用途により，適正な値を決定する。

2. 貯水タンクの容量

- ・貯水タンクの容量は，次の容量を考慮し決定するものとする。

① 常時運転容量

常時運転容量は，真空弁ユニットの接続先の真空主管路の管径により決定される。
通常40ℓを最小値とする。

② 予備容量

予備容量は、想定されるピーク汚水量が流入したとき、真空弁の排出量との差分量を貯水することができる容量とし、非常用警報を設置する場合は予備容量水位より上に警報水位を設定する。

③ 非常容量

停電時間分の流入汚水量に見合う量とする。

非常用発電機を備えた場合は、この容量は考えにいない。

3. 流入管底

流入管底は、予備容量の水位より上にあるようにする。

4. 真空弁の設置高さ

真空弁の設置高さは、真空弁の維持管理に支障のないよう、非常水位より上に設定することが望ましい。

5. 通気管

真空式下水道システムは、真空弁ユニットから汚水と共に空気を吸入する。真空弁ユニット内に通気を取る必要がある。接続管で通気が取れない場合、もしくは、非常用水位の設定の必要がある場合は、真空弁ユニットから直接通気管を立て、通気する。

6. 真空弁の個数

中継ユニットには、通常1個の真空弁を設置するが、多数の家屋を接続する場合や、営業用のビルなど大水量の流入のある場合には、点検時のバックアップ等を考慮し複数の真空弁を設置してもよい。

また、2個目の真空弁として、手動のボールバルブ等の設置も有効である。

7. 気液比の設定

真空弁ユニットの設置位置、中継ポンプ場の能力等を考慮し、気液比を設定する。

通常は、1.5(大気圧基準)とするが、これより変更する場合も1～2.5程度の範囲とする。

8. コントローラの形式選定

コントローラは、小型のものでは、ダイヤフラム式、大型のものでは、ボールフロート式を選定する。場合によっては、転倒式のフロートスイッチ等と、電磁弁の組合せによる電気式のものも可能である。

[解 説]

1. について

流入汚水量は、本文第1編第2節§2に準じて求める。

特に、真空弁ユニットは、接続個数(収集対象人員)及び建築物の用途が多岐にわたるため、慎重に検討する必要がある。

2. について

- ① 常時運転容量は、真空弁の一回当たりの吸入量であるが、吸入速度が非常に速いため、その最大値は、接続先の真空弁主管のバッファボリュームに影響を与えないように考慮する必要がある。

また、過度の頻繁な開閉動作は、真空弁の寿命に影響することから、最小容量は、40ℓ程度にとどめる。

- ② 予備容量は、接続先から一時に排出される最大汚水流量と、真空弁の排出量の差分が貯水できる容量とする。

一般家庭の場合、浴槽の排水が最大と考えられ、これは、流量57ℓ／分、総量170ℓ／回であるとされている。真空弁は、通常最低でも100ℓ／分の排出能力をもつことから、4軒の家屋が接続された場合を例にとると、予備容量は、次のようになる。

$$Q_{\text{RES}} = (170 \times 4 - 100 \times 170 / 57) = 380 \text{ ℓ}$$

- ③ 非常容量は、停電時間及び管路の点検、真空弁の点検等により予測される排出不能時間のうち、最も長時間が予想されるものについて、その時間に流入する汚水を貯留できる容量とする。

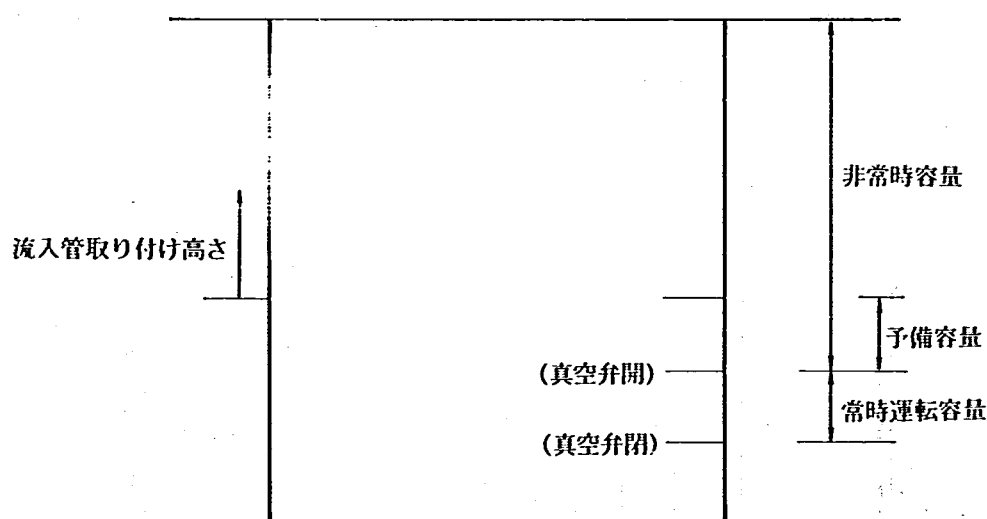


図3-7 各容量の関係

3. について

流入管底が、予備水量より下にあると、ピーク時に汚水が流入管内に逆流し、沈殿や付着をおこし、流入管の流下能力が低下するので、これを避けるようにすべきである。

流入管の管径及び勾配は、次の各項により決定するものとする。

- (1) 管径は原則として内径100mmとする。

(2) 勾配は、流入する排水設備からの最大汚水量を十分流下できるように定める。最小勾配は、3%とする。

4. について

流出管と、真空弁は、通常同一レベルにあることから、流出管及び真空弁が水没するような事故が万一起こった場合、真空弁の維持管理に支障を来たす場合があるので、弁ますを分けて設ける場合以外は、なるべく非常水位より上に位置設定を行うようにする。ただし、真空弁そのものは水没しても機能上は問題ない。しかし、ダイヤフラム式コントローラの場合には、一部空気を取り入れる過程があるため、非常水位や異常水位がコントローラ以上になる場合のみ、フリーザ管をたてる必要がある。

5. について

集合住宅や商業ビルの屋内排水管では、通気設備を取るのが普通であるが、真空弁ユニットに一番近い汚水管、雑排水管の流下部分に通気管を増設することが望ましい。

また、一般の家庭においては、真空弁が作動した時に、負圧が各家庭の台所やトイレに影響しないように真空弁ユニットから単独で通気管を立てることを検討することが望ましい。

管の解放口は、雨が浸入しないようにするとともに、異物が入らない考慮も必要である。

フリーザ管は、邪魔にならない場所で、冠水時に水没しない高さまでたてる。フリーザ管の地上露出部は、鋼管製など容易に壊れないものとする。取付け場所はいたずらや事故が容易に起こらない場所を選ぶ。

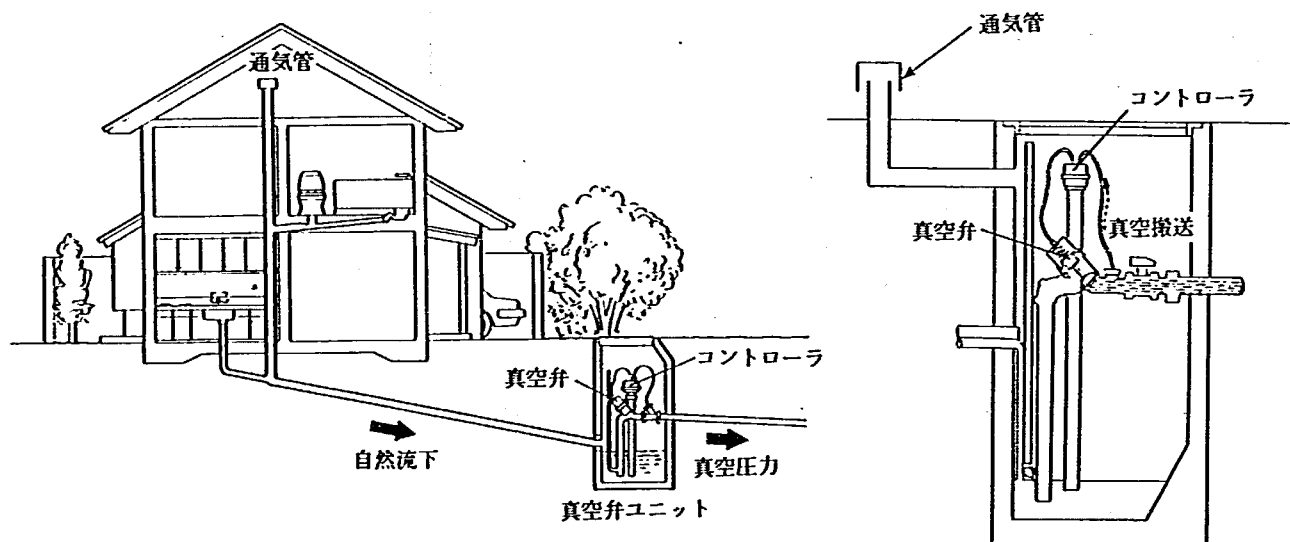


図3-8 通気管の配慮

6. について

真空弁の真空吸引能力は、100～400 ℓ / 分であり、接続先の主管路の負圧によってその吸引速度は、左右される。

また、リフト間及びその真空主管路に接続される真空弁ユニットの個数によって、時間あたりの作動回数の限度があるので、中継ポンプ場の能力、主管路の総延長と管径の計画と合わせて、一定の区域に真空弁が集中しない様に配慮する必要がある。

7. について

気液比は、ピークフロー時の真空損失に大きく影響を与え、これにより、最大搬送距離が左右される。

8. について

ダイヤフラム式のコントローラは、開始信号は、水位で検知するが、停止信号は、エアータイマーで制御するのが一般的である。このため断面積の大きい（回分量の多い）タイプの真空弁ユニットにおいては、汚水の流入速度及び真空弁の吸入速度によって停止水位にバラツキが生じやすく、気液比の変動も激しい。

従って、大型の中継ユニットにおいては、ボールフロート式のコントローラを選択が望ましい。

また、ビル等の計画では、後述の警報装置も含め、電気式のものも検討するとよい。

第4編 真空下水管の設計

第1節 総論

§ 21. 基本的な考え方

- (1) 真空下水管内の負圧が極力減少する事なく真空下水管の末端まで届くよう配管設計を行う。
- (2) 真空下水管は、できるだけ浅く埋設する。ただし、寒冷地における埋設深は必要に応じて凍結深以上とする。
- (3) 地震時にも真空下水管の損傷が最小限となる様に材料、継手類を選定する。

[解 説]

(1)について

真空弁は、取り付け部の真空下水管内の負圧を動力として開くため、末端まで必要な負圧を届かせる事が重要である。

(2)について

真空式下水道システムは安い建設費を大きな特徴としているため、真空下水管は最小土被りを考慮して必要以上に深く埋設する事のないよう設計段階で十分留意する。

また、寒冷地にあっては凍結深以上に埋設する。

第2節 真空下水管の基本仕様

§ 22. 管 材

管 材 : PVCもしくは、PEを原則として用いる。

継 手 : 緩やかな曲がりのものを用いる。

接 合 : 接合は接着剤接合、ゴム輪接合、エレクトロフュージョン等の接合とする。

[解 説]

継 手

真空下水管で用いるすべての継手は、緩やかな曲がりのものを用い下図のように施工する。

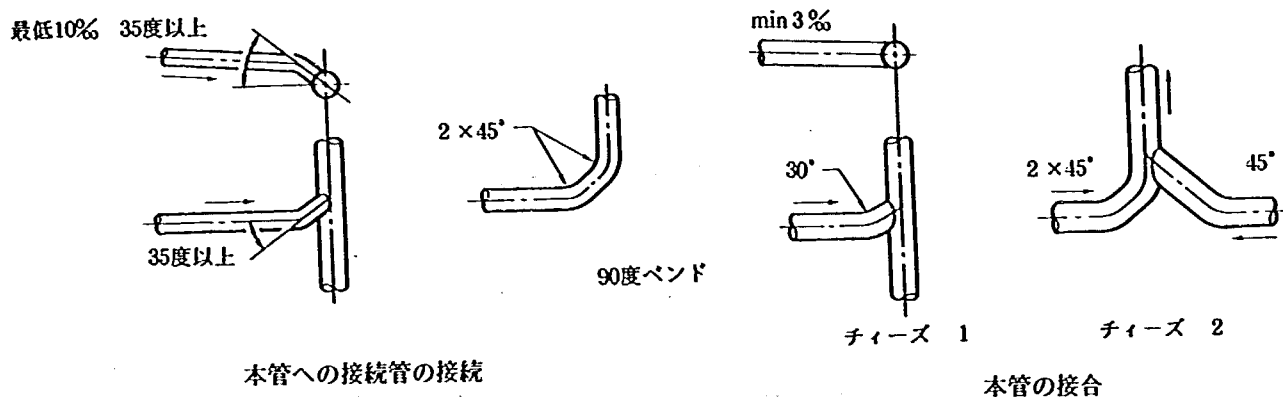


図4-1 真空下水管の継手

§ 23. 縦断面

真空式下水道システムの特徴を十分考慮のうえ、決定するものとする。

〔解説〕

ア. 真空本管

真空式下水道システムの中で汚水を輸送させる機能を発揮するためには真空下水管は、特殊な縦断面構造で布設する必要がある。

3%を越える勾配で下降している地形の場合は、真空下水管は地表から一定深度に布設することができる。

地形が平らな場合もしくは下降勾配が3%未満の場合は、真空下水管は、3%の下降配管部分の組合せで布設するようにする。

1個の下降配管部分は、配管の内径 (di) の約500倍の長さとする。

下降部分間の高度差は、長さ5m未満の「リフト」と呼ぶ小さな登り部分を作りうめ合わせる。

例を上げると、内径100mmのパイプの場合は、下降配管部分は、50m、リフト部での登りは、15cmとなる。

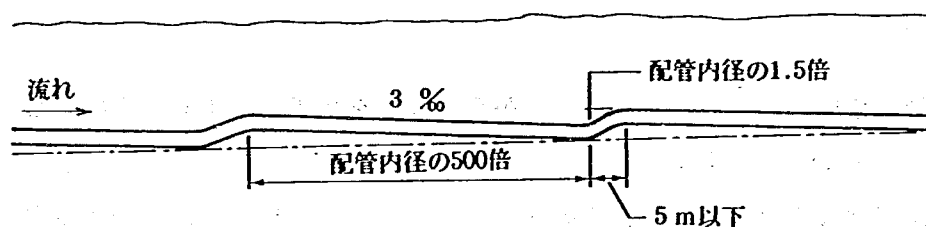


図4-2 平坦地での真空下水管

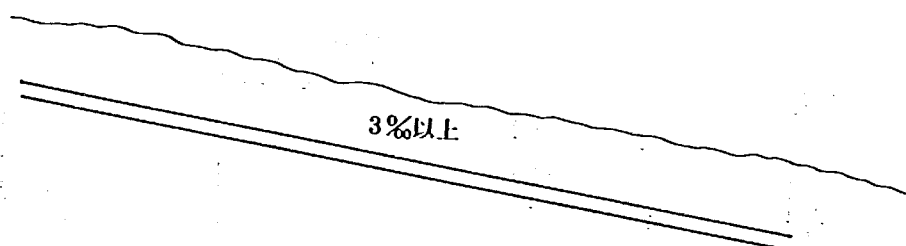


図4-3 下り坂での真空下水管

登り勾配の配管の場合にも同様の考え方で施工する。つまり真空配管は3%の勾配を持つ下降配管部分に分割し、それぞれの下降部分の間に付加揚程の付いたリフトを設置し必要な登りを確保するものとする。

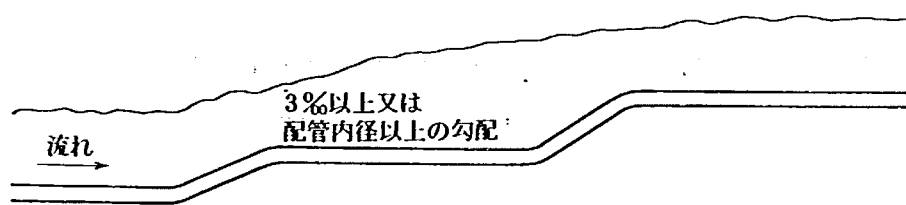


図4-4 上り坂での真空下水管

リフトでの付加揚程はパイプの太さによって以下のように制限される。

配管径 (mm)	リフトでの許容揚程 (mm)
50	1,000
75	800
100	600
125	500
150	450
200	300
250	300

イ. 接続管

真空下水管の接続管は、真空弁ユニットからの吸入を効果的にするために、常に空か、空に近い状態にしておく必要がある。

真空本管が接続管より深い位置に布設されている場合は、接続管は気相部分を確保するため10%の下り勾配で主管に接続する。実際の接続は、真空本管の上部から流れの向きに沿って行なう。

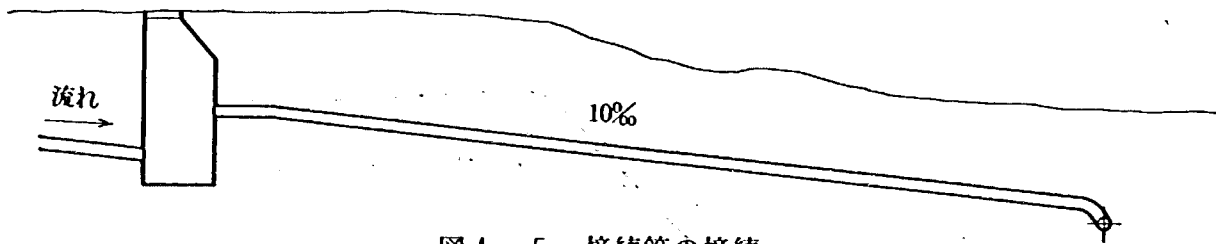


図4-5 接続管の接続

仮に真空本管の方が高い場合は、上向きの曲がり、すなわちリフトを用いて必要な揚程を稼ぐようにする。接続部分は、前述と同様とする。

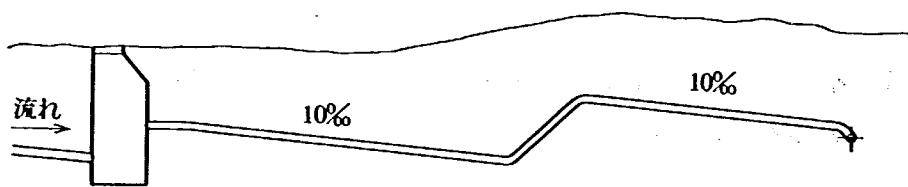


図4-6 接続管の接続

接続管は、真空本管のリフト部の上流10m下流5mには接続しないようにする。

第3節 真空下水管の配管設計

§24. 真空下水管の設計流量

各接続管及び区間毎の時間最大汚水量を用いる。

特に指定しない限り本文第1編第2節§3で示した計画時間最大水量を用いる。

これに計画処理対象人口を乗じて設計対象汚水量とする。

§25. 総水頭の算出

総水頭は、低流量時の静力学的な真空損失 $\Sigma \Delta P_{\text{STATIC}}$ と、最大流量時の動的な状態での真空損失 $\Sigma \Delta P_{\text{PEAK}}$ として個々に算出し、搬送可能な真空度が真空下水管の末端で確保できる真空損失とする。

〔解 説〕

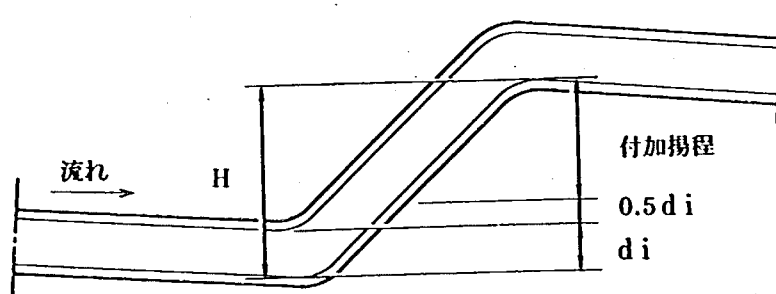


図4-7 リフト

真空下水管の総水頭の算定では、低流量時に於けるリフトでの真空損失と、大流量時に於けるリフトでの損失水頭を分けて考えており、それぞれ ΔP_{STATIC} 、 ΔP_{PEAK} と呼び次のように考えている。

低流量時では、真空損失は純粋に静力学的であり、水の充滿した配管断面の上昇量で算出される。これは、それぞれの部分でのリフトからパイプの内径を差し引いた量であり、次式で与えられる。

$$\Delta P_{\text{STATIC}} = \Sigma (H - di)$$

次に、最大流量時であるが、最大流量時は、多くのリフトで水が揚水されている。

しかし、すべてのリフト部分が同時に働いているわけではない。

この間欠的なリフトの状態を総合的に表現する係数を β と呼び、 β は真空下水管内圧力基準の気液比 $(A/W)_{\text{sp}}$ の関数として図4-8により与えられる。

真空損失は、総積算揚程 $\times \beta$ で算出される。

$$\Delta P_{\text{PEAK}} = \beta \cdot \Sigma H$$

設計においては、 ΔP_{STATIC} と ΔP_{PEAK} との両面から、真空損失を考えておき、それぞれが搬送に利用できる真空圧（＝平均発生真空圧－真空弁作動真空圧）であることを確認する。

ここで真空弁作動圧は -25kPa とする。これは、吸引された汚水が十分な速度で真空弁を通過するために経験的に得ている必要真空度である。

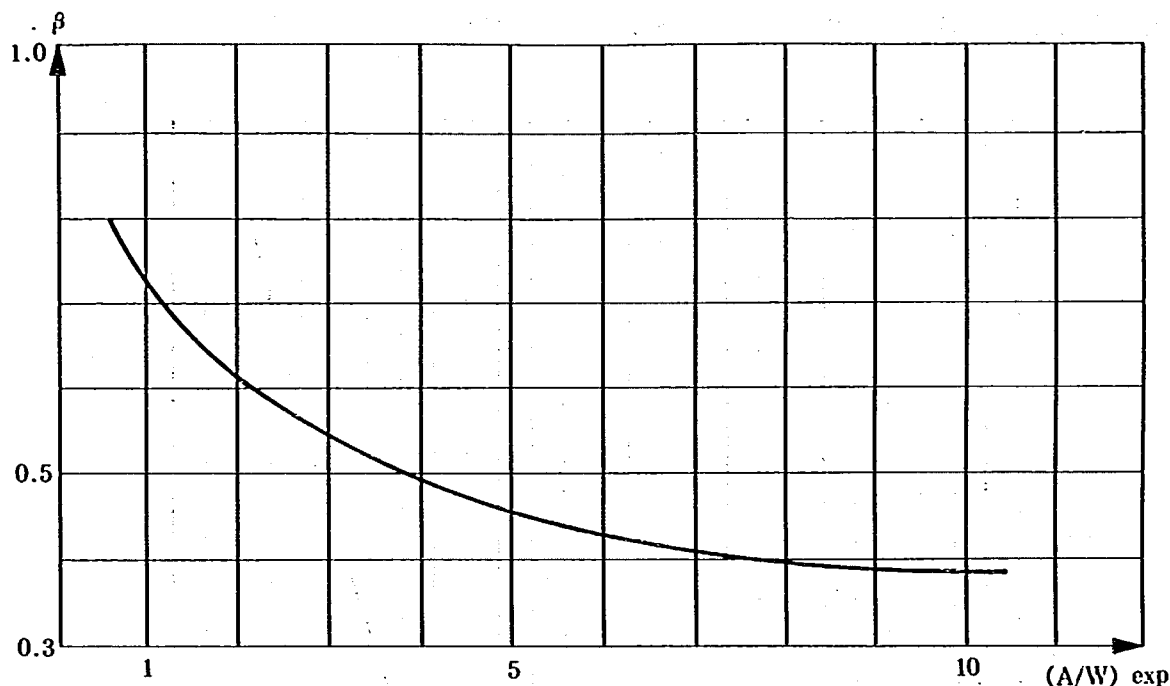


図4-8 真空下水管内の気液比 $(A/W)_{exp}$ と β の関係

現在では、主管での最大流量に関して気液混相流の摩擦損失を考えることは不要であり、3%の管勾配で、気液比1~2.5の場合、下図に示す流量に設定すれば管との摩擦損失を考慮しないでよいことが判明している。

すなわち、主管での最大水量は、その長さには、左右されない。管勾配を変化させた場合は、最大流量は管勾配の比の1/2乗に比例して変化する。

すなわち、

$$FLOW_{NEW\ SLOPE} = FLOW_{3\%} \times (NEW\ SLOPE/3\%)^{0.5}$$

ヨーロッパでは、1970~1985年の15年間、リリエンダールの設計思想に基づき、二相混相流のための7要素を乗じる摩擦表を用いる古い設計手法で摩擦損失を計算していた。

しかし、1982年~1983年にかけて、ストックホルムで大規模な真空下水管の試験を行ないその検証を行った。試験は、口径75mm~150mmの透明管を用いておこなわれた。

試験においては、

波 流

ミスト流

自然流下

気液混相流

が観察されたが、気液混相流が観察されたのは、口径75mmの配管の場合で真空弁ユニットからの配管が主管の口径100mmに合流する時点までであった。この地点で、気液混相流は、消失し、波流となった。

よって現在では、この設計思想ではなく、前述のものを取るようになった。

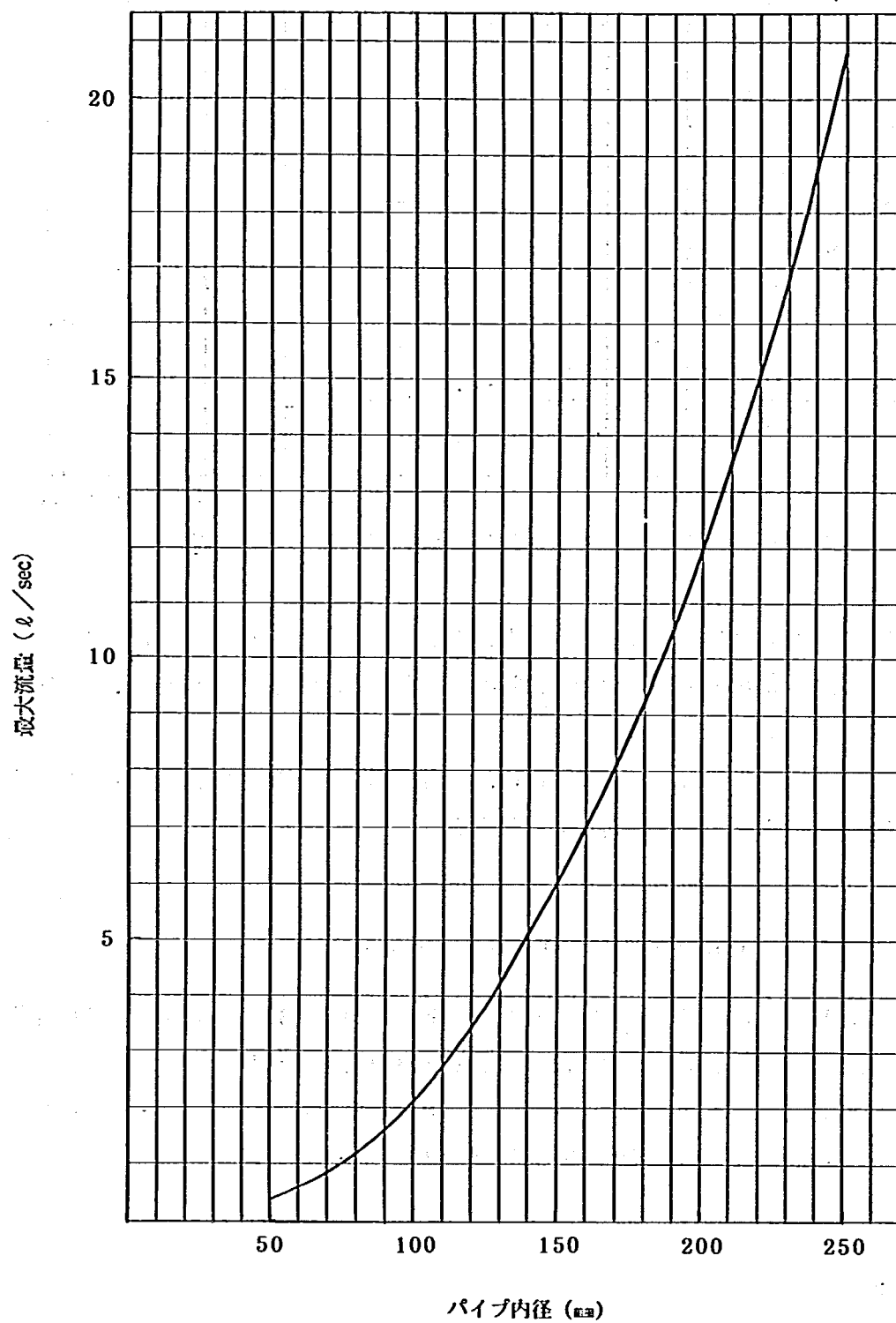


図4-9 真空下水管の最大流量 (ℓ/秒) と管内径 (mm) の関係

§ 26. 管径の決定

- ・ 時間最大汚水量及び真空下水管布設長を考慮し、各枝管及び各区分毎に決定する。

§ 27. 区分弁

区分弁は真空本管の主要合流部分に配置するとともに、その他の真空本管の管路区分では、適度な間隔で配置する。

第5編 圧送管路の設計

第1節 管路の設計

§ 28. 管路設計の考え方

- (1) 最小流速は0.6m/sとする。
- (2) 一般的な圧送管路の設計方法に準拠する。

[解 説]

中継ポンプ場内の圧送ポンプの出口から送水先までが圧送管路となる。圧送ポンプは間欠運転で、運転時は大水量を送水するので通常の設計で最小流速が問題になる事はない。

第6編 施工管理／試験・調整

第1節 施工管理

§ 29. 中継ポンプ場

汚水循環ポンプ、圧送ポンプは工場で完全に芯出しされたものでも据付けに際して床版に無理な力をかけるとたわむ場合もあるので十分注意しなければならない。モルタル等硬化後に再度芯に狂いを生じていないか確認の必要がある。

電気設備は電気事業法及び関係法令に基づいて設置されなければならない。

§ 30. 真空弁ユニット

- (1) 貯水タンクの側壁の継ぎ目から地下水の浸入がないよう施工する。
- (2) ますの蓋からの雨水の浸入を極力少なくするよう施工する。
- (3) 通気管を設ける場合には正しく取り付けられるように施工する。

〔解 説〕

- (1) 特に組み立て式真空弁ユニットを使用する場合、継ぎ目のシールを完全にするようにする。同時に施設や家庭からの汚水の流入管と貯水タンクの接続部のシールも完全にしよう考慮する。

また、流入管自体も雨水や地下水が浸入しない構造とする。

- (2) 雨水や地下水の浸入は、中継ポンプ場の容量不足や電力費の増大を招くので、真空弁は貯水タンクや貯水タンクの鉄蓋が道路のくぼみに位置して、上に雨水を集めてしまう事のないよう、道路の仕上げ面のレベルと蓋のレベルには十分に気を付ける。
- (3) 通気管やブリーザ管が冠水レベルより上に十分な強度をもって取り付けられるよう注意しなければならない。

§ 31. 真空下水管

- (1) 管路の縦断形状は設計図通りに施工する。
- (2) 気密性を保つため、管の接続部は十分に注意して施工する。

〔解 説〕

真空下水管は第4編の設計指針に基づいて設計されてなければならない。施工途上で思いがけ

ない埋設物が出てきた場合等、安易な判断で設計変更してはならない。常にリフト損失等、全体の計画に照らしあわせて総合的に責任のある者が判断しなければならない。

管路はどの部分でも設計レベルに対して $\pm 20\text{mm}$ の範囲に施工するのが望ましい。

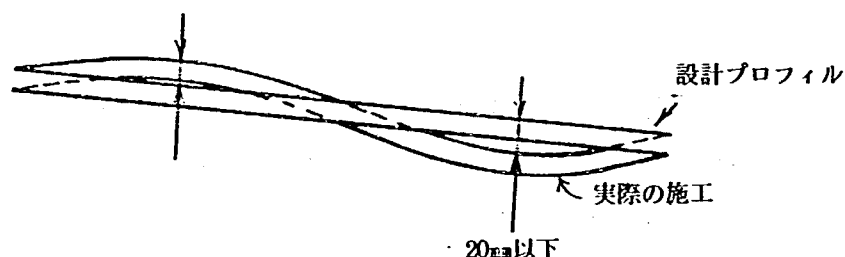


図 6 - 1 真空下水管の施工精度

真空下水管に漏れがあると、汚水循環ポンプや圧送ポンプの動力費の増大を招くのみならず、場合によってはシステム自体の容量不足を招く事になる。特に、多数の継手の施工不良が漏れ及び浸入水の原因になる事が多いため、各箇所ごとに施工記録をとるなど、十分な管理を要す。

§ 32. 圧送管

圧送管は、内圧、外圧を考慮し、接合部からの漏水がない様、十分注意して施工する。
管体沈下、変形、移動等が生じないように十分注意する。

第 2 節 試験・調整

§ 33. 中継ポンプ場

下記試験、検査を行う。

集水タンク	：	寸法検査、水張り試験
圧送ポンプ	：	性能試験、耐圧試験
汚水循環ポンプ	：	性能試験、耐圧試験
エジェクタ	：	真空度試験
主要弁類	：	耐圧試験、弁漏れ試験
操作盤、制御盤	：	絶縁試験
中継ポンプ場総合機能試験		

〔解 説〕

汚水を受け入れる前に、清水を供給して総合試運転を行う。汚水循環ポンプ、圧送ポンプの自

動、手動運転、故障、警報、計装品の作動等をチェックする。

- ・施工時の異物の混入、施工時の破損等がないかを目視にて点検する。
- ・集水タンクに水をはり、汚水循環ポンプの作動を確認する。
- ・マニホールドバルブをしめ、エジェクタからの噴出流の状況を観察し、汚水循環ポンプの吐出圧、マニホールドの真空圧を確認する。
- ・汚水循環ポンプを停止し、中継ポンプ場内の配管の気密度を確認する。
- ・圧送ポンプ設置の場合は、通常のポンプ点検要領に基づき試験を行う。

§ 34. 真空弁ユニット

- (1) 汚水を受け入れる前に、コントローラーにダミーの水位信号圧力を与えて、作動状況を確認する。
- (2) 真空弁及び付属品の取り付けにゆるみ等がないか点検する。
- (3) 接続ゴムチューブが、間違いなく確実に接続されていることを確認する。

[解 説]

真空弁ユニットは、施工直後には水没している可能性があるので、水抜きをし、各部品の清掃を行い、作動を確認してからユニット全体の試験を行う。

気液比は、設定比となるように吸気管を取付けてあるので、現地での調整は不要である。

§ 35. 真空下水管

真空下水管を布設後、埋戻し前に真空試験を行うことを原則とする。

[解 説]

真空試験は本文第5編第1節に従って行う。

総合的な目安としては、 -60kPa に保持した真空度の1時間当りの低下が 2kPa 以内であることを判定の目安とする。

§ 36. 圧送管

管路の布設後は、水密性、安全性を確認するため、原則として水圧試験を行うものとする。

[解 説]

水圧試験の手順については、原則として「水道施設設計指針・解説」（日本下水道協会 1990）

に従うものとする。また、水圧試験の結果の判断基準についても原則として、「水道施設設計指針・解説」に従うものとするが、独自で決める場合でも、同基準よりゆるくならないようにしなければならない。

既に供用開始している枝線圧送管に新たに接続管を増設するような場合にも接続部も含め、水圧試験を実施することが望ましいが、

① 既に供用開始している圧送管を長時間止めることは難しい。

② 増設の回数が多い場合には水圧試験を何回も行う必要が出てくる。

等の理由により、増設の毎に水圧試験を行うことは實際上困難である。このため、接続部の施工には十分な注意が重要である。

第7編 維持管理

第1節 総論

§ 37. 維持管理の基本的な考え方

真空式下水道システムの機能を永年に亘って発揮させる為には、適切な維持管理が行われる必要がある。

一般的には、処理施設の維持管理と一括して行うのが合理的、経済的であるがシステムの規模に応じた体制を敷くべきである。基本的な考えは、「小規模下水道設計指針（案）」に従うものとする。

§ 38. 非常時の対応

停電、故障等の緊急時に対応できるよう、連絡先及び連絡方法等を明確にし、緊急時の体制を整備しておく。

〔解 説〕

中継ポンプ場は、通常は無人で運転される。真空下水管や真空弁に異常が発生し、真空度が低下する等の非常時には中継ポンプ場に設置されている警報装置からテレメータ又は電話回線を使って保守点検業者、事業主体等に連絡し、機能の回復に対応できる体制の整備が重要である。

第2節 保守点検と清掃

§ 39. 中継ポンプ場

中継ポンプ場は、通常週に1度及び半年に1度、専門技術者が巡回し、点検するものとする。

点検項目と頻度を参考に下表に示す。

頻 度	点 検 項 目
・ 毎 週	・ エジェクタ及び圧送ポンプの作動時間
・ 半 年 毎	・ ポンプの本体温度点検 ・ ポンプシャフトの点検 ・ 圧力検出管の清掃のために圧力スイッチ取付管の末端バルブを3～4秒間開放する。 ・ ほかに、ポンプ施設に関する一般事項

【参 考】

点検内容

1) エジェクタ

唯一の可動部品は、逆止弁に付いているゴム・フラップ①である。(図7-1)

逆止弁に於ける漏気は、シーリング部②表面に付着したスラッジや固形不純物、又はゴム・フラップ①の破損が原因で発生する。

- ・スラッジや固形不純物により漏気している場合は、点検口⑤より、細い棒状のものを使用し、シーリング部②を清掃すること。(図7-2)

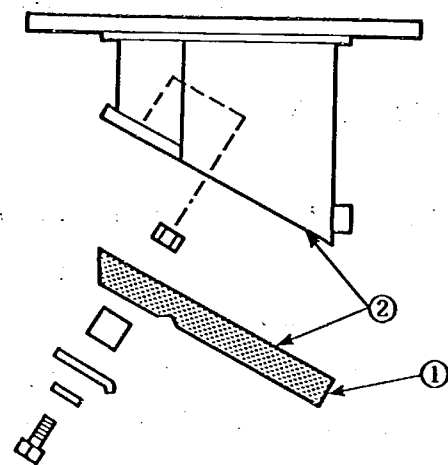


図7-1

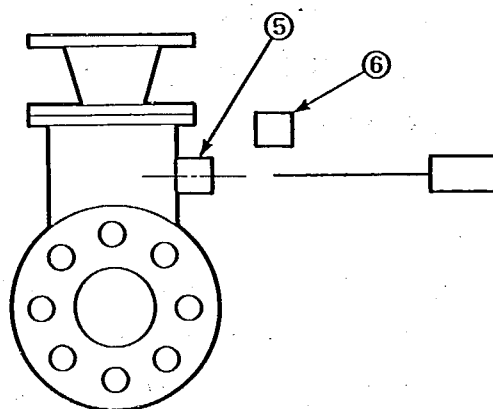


図7-2

2) 圧力スイッチ

圧力スイッチ及び真空計の、配管閉塞による機能低下の防止策としては、2週間に1度は弁④を開放し、配管内部を清掃すること。(図7-3)

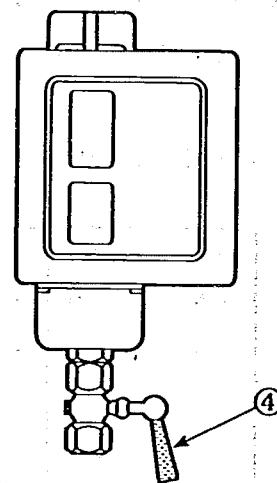


図7-3

§ 40. 真空弁ユニット

1. 真空弁ユニットはコントローラと真空弁等の構成機器が、給油や駆動部分の点検を必要としないため、ほとんど維持管理は不要である。
2. ぼろ切れ、タオル、コーヒーフィルター、衛生用品等の異物の投入は避けるよう、使用者に注意をすることが望ましい。
3. 新しい家屋を接続する場合は、接続した時と接続後数週間後に真空弁ユニットの汚水ますの底に溜った粗大ゴミを清掃するようにする。
4. 真空弁ユニットの使用を中止した場合や、長期間使用しない場合は、ます内の汚水を出来るだけ空にして、清掃するようにする。
5. 使用を中止していた真空弁ユニットを再度使用する場合は、清水を吸入させ、吸入が正常に作動することを確認するものとする。
6. 通常は、1年に1度真空弁ユニットを点検し、特に、異物及び脂肪やグリス類の堆積がないかを確認する。（本文第6編第1節 § 20参照）

§ 41. 真空下水管

- (1) 真空下水管の維持管理においては、管の破損、弁類の誤操作、真空下水管での真空もれ、圧送管においては漏水等が無い点検し、真空下水管の送水能力を確保するものとする。
- (2) 長期間管を使用しない場合には、真空下水管の場合には管路を大量の空気ですべてブロウして、また圧送管の場合には清水と置換して密封しておくものとする。

〔解 説〕

- (1) 真空下水管の真空漏れは、中継ポンプ場内の真空記録計や運転時間計から、汚水循環ポンプの運転時間が従来より長くなる事から、間接的に知る事ができる。
- (2) 長期間真空下水管を使用しない場合には、真空下水管においては、真空弁から意図的に吸気させ、区間弁を仕切りながら順次真空ポンプ場に向かってブロウしていくものとする。

§ 42. 圧 送 管

圧送管内は、定期的に清掃する場合がある。しかし、常時圧送されているので自然流下管路に比較して回数は少なくても良い。

§ 43. 維持管理記録 : 維持管理項目は記録を取り保管するものとする。

週 報 の 例

担当者 :

日 時	年 月 日	時 分	気 温		天 候	
-----	-------	-----	-----	--	-----	--

1. 中継ポンプ場

(A) 計器の指示記録

	1 号 機	2 号 機	3 号 機	4 号 機
イ) 汚水循環ポンプ稼動時間	hr	hr	hr	hr
ロ) 汚水循環ポンプ電流値	A	A	A	A
ハ) 汚水循環ポンプ吐出圧	/cm ²	/cm ²	/cm ²	/cm ²
ニ) 汚水循環ポンプ起動圧力	K P a			
ホ) 汚水循環ポンプ停止圧力	K P a			
	1 号 機		2 号 機	
ヘ) ポ ン プ 稼 動 時 間	hr		hr	
ト) ポ ン プ 電 流 値	A		A	
チ) 床排水ポンプ作動異常	☐ 無 ☐ 有 (			

(B) 警報等の記録

イ) 中継ポンプ場高水位	☐ 有 ☐ 無	ニ) 循環ポンプ異常	☐ 有 ☐ 無
ロ) 中継ポンプ場濁水	☐ 有 ☐ 無	ホ) ポンプ過負荷	☐ 有 ☐ 無
ハ) 真空度記録の異常	☐ 有 ☐ 無		

2. 記 事

第3節 非常時の対応

§ 44. 中継ポンプ場

- ・ 警報伝送装置や巡回点検および定期点検により発見された異常や故障は、予備機に切替え、システムの運転を確保した後に、根本的原因を究明し速やかに修復を行う。

[解 説]

- ・ 汚水循環ポンプや圧送ポンプの修理は、それぞれの機器の取扱説明書によるものとする。
- ・ 真空下水管およびマニホールドの真空度の低下や汚水循環ポンプの運転時間の異常な増大は、エジェクタの逆止弁の戻りが妨げられているための場合がある。その場合は、エジェクタの側面の点検口（ネジ込キャップ）を開放し、異物を除去する。

§ 45. 真空弁ユニット

- ・ 真空弁が、万一故障した場合は、予備の真空弁と取り替え、修理を行う。

§ 46. 真空下水管

- (1) 工事等により真空下水管が破損した場合は、パッチを当て補修する。
- (2) 万一ひび割れが生じた場合は、汚水循環ポンプの稼働時間の増大により発見する事ができ、下流側から順次系統毎の機密試験を行いひび割れ区間を特定する。
- (3) 真空下水管に真空漏れがある事が判明した場合には、一般的に、汚水流入量の少ない時間帯に漏れ箇所を突き止め、修理しなければならない。

[解 説]

真空下水管破損部位の特定方法については、本文第6編第1節 § 21を参照のこと。

§ 47. 圧送管路

圧送管路に漏れがある事が判明した場合には、敏速に漏れ箇所を突き止め修復しなければならない。

§48. 記 録

(1) 事後処理の記録は、少なくとも次の各項について行わなければならない。

1) 管 路

①日時 ②場所 ③事故内容、規模 ④作業内容 ⑤終了時刻、作業時間

2) 真空弁

①番号 ②日時 ③事故内容 ④作業時間

3) 中継ポンプ場

①日時 ②故障内容 ③作業時間

[解 説]

(1) 事後処理の記録は、後の維持管理体制づくりの重要なデータとなるので、必ず記録をつけないといけない。

基本的な設計例

1. 真空弁ユニットの配置

図1において指示される●印に、真空弁ユニットを配置する。

また、各戸より各真空弁ユニットへは→印にて接続を示す。

対 象 戸 数 : 100戸

設置真空弁ユニット : 52基 (平均1.9戸/基)

2. 真空下水管のルート、本数

同様に図1において、真空下水管のルートを示す。

幹 線 系 統	接続ユニット数(基)	接 続 戸 数(戸)	対 象 人 員(人)
L 100	22	42	168
L 200	16	33	132
L 300	9	14	56
L 400	4	8	32
(L 000	1	3	12)
	52	100	400

注) L000系統はL100, L200, L300系統が合流したものである。

3. 真空下水管の口径

表1～3において、各枝管ごとに接続ユニット数、配管口径、間延長を示す。

なお、L000系統は最大流量が150 Aの規定量を若干超え、また80mと短距離であるため、200 Aとしリフトは設けず、重力勾配 (0.3%) のみとした。

4. 中継ポンプ場の設計

本設計例の収集エリアは小さく、また高低差の無い平坦地であるため、最も危険サイドの中継ポンプ場から最遠点での検討を行い、全エリアはそれに従うものとして、以下にその結果を示す。

1) 時間最大汚水量の決定

(1) 条 件

対 象 人 員 : 400人

排水量原単位 : 250 ℓ / 人・日 (日平均)

ピーク比 : 5.8(本文 § 7 図2-2-1 の Giffit式より)

(2) $400人 \times 250 \ell / 人 \cdot 日 \times 5.8 \times 1/24h / 日 \times 1/1000 = 24.2 m^3 / h$

2) 真空度の決定 (§ 6)

最大管延長は L100 系統の 775m である。

低気流比, 低真空度での搬送が可能である。

よって, 中継ポンプ場の設定真空度を -50kPa とする。

3) ΔP_{static} の集計 (§ 25)

高低差が無い場合, リフトは 500di 毎の標準リフトのみで,

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{static}} &= \Sigma (H - di) = 775\text{m} \times 0.5\text{di}/500\text{di} \\ &= 0.775\text{m} \rightarrow 7.6\text{kPa}\end{aligned}$$

真空弁作動には, -25kPa が必要なので,

$$-50\text{kPa} + 7.6\text{kPa} = -42.4\text{kPa} < -25\text{kPa} \rightarrow \text{OK}$$

4) 気液比の決定

気液比を下限の 1.0 とする。

5) ΔP_{peak} の集計 (§ 25)

同様に標準リフトのみであるので,

$$\begin{aligned}\Sigma H &= 775\text{m} \times 1.5\text{di}/500\text{di} \\ &= 2.325\text{m} \rightarrow 22.8\text{kPa}\end{aligned}$$

管内平均圧力 $((50+75)/2 = 62.5\text{kPa})$ における管内圧力基準気液比は, 大気圧 (100 kPa) 基準の気液比を 1.0 とすると, $1.0 \times \frac{100\text{kPa}}{62.5\text{kPa}} = 1.6$ となる。

その時の β 値を求めると, 0.65 となる (§ 25 図 4-8 参照)。

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{peak}} &= \beta \times \Sigma H = 0.65 \times 22.8\text{kPa} = 14.8\text{kPa} \\ -50\text{kPa} + 14.8\text{kPa} &= -35.2\text{kPa} < -25\text{kPa} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

6) 中継ポンプ場における最大気液量

$$24.2\text{m}^3/\text{h} \times (1 + 1.0 / (50/100)) = 72.6\text{m}^3/\text{h}$$

7) エジェクタポンプ台数の決定 (§ 5)

-50kPa 時のエジェクタ能力は, $38\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{台}$

$$(72.6\text{m}^3/\text{h}) / (38\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{台}) = 1.91\text{台} \rightarrow 2\text{台}$$

予備 1 台を加えて, 3 台設置

8) 圧送ポンプの容量・台数

(容 量)

時間最大汚水量は、 $24.2\text{m}^3/\text{h}$

これに、10%余裕を見込んで

$$24.2\text{m}^3/\text{h} \times 1.1 \times 1/60 \rightarrow 450\text{ l}/\text{min}$$

(全揚程)

実揚程は、GL-3.0mの集水タンク底よりGL-1.0mの幹線へ揚水するものとして、
2.0m (ha)

送水管の損失水頭の算出において、管延長360m、配管VP100とし、

ヘーゼン・ウィリアムズ式にて求めると、(hf)

$$V = 0.95\text{m}/\text{s}$$

$$V = 0.84935 \times C \times R^{0.63} \times I^{0.54}$$

$$0.95 = 0.84935 \times 100 \times (0.1/4)^{0.63} \times I^{0.54}$$

$$I = 0.018$$

$$hf = I \times L = 0.018 \times 360 = 6.5\text{m}$$

他の(逆止弁の水頭など)水頭を1.0m (ho)

$$H = 2.0 + 6.5 + 1.0 = 9.5 \rightarrow 10\text{m}$$

(台 数)

予備1台を含めて、2台設置

($\phi 65 \times 2.2\text{kW} \times$ ノンクログタイプ水中ポンプ)

pf : Gift式より求めたピーク比

表-2 真空下水管集計表(その2)

[illegible]

表-3 真空下水管集計表(その3)

No.	f r o m	t o	接続ユニット	同個数	接続戸数	対象人員	(ℓ/sec)		(m)		備 考
							pf	Qmax	口 径	管延長	
L301	③⑨	L300	③⑨ ④⑩	2	3	12	5.8	0.20	75	170	
L302	④①	L300	④① ④②	2	3	12	5.8	0.20	75	70	
L303	④③	50/75A	④③	1	1	4	5.8	0.07	50	50	布設限度
L304	L303 -50/75A	L300	-	-	-	-	-	0.07	75	30	
L305	④⑤	50/75A	④⑤	1	1	4	5.8	0.07	50	50	布設限度
L306	L305 -50/75A	L300	-	-	-	-	-	0.07	75	50	
L300	L301 /304	L000	(~) ④④ ④⑥ ④⑦	3	(8)÷6	(56)	5.8	0.94	100	420	
最遠点	L301 → L300 → L000 = 670m		小 計	9	14	56					
No.	f r o m	t o	接続ユニット	同個数	接続戸数	対象人員	pf	Qmax	口 径	管延長	備 考
L401	④⑨	50/75A	④⑨ ⑤⑩	2	5	20	5.8	0.34	50	50	布設限度
L402	L401 -75/100A	L400	-	-	-	-	-	0.34	75	180	
L403	⑤①	50/75A	⑤①	1	1	4	5.8	0.07	50	50	布設限度
L404	L403 -50/75A	L400	-	-	-	-	-	0.07	75	25	
L400	L402 /403	ステーション	(~) ⑤②	1	(6)÷2	(32)	5.8	0.54	75	80	
最遠点	L401 → L402 → L400 = 310m		小 計	4	8	32					
No.	f r o m	t o	接続ユニット	同個数	接続戸数	対象人員	pf	Qmax	口 径	管延長	備 考
L000	L200-2 /L300	ステーション	(~) ④⑧	1	(97) ÷3	(400)	5.8	6.71	200	80	リフトなし
			小 計	1	100	400					
			合 計	52	100	400					

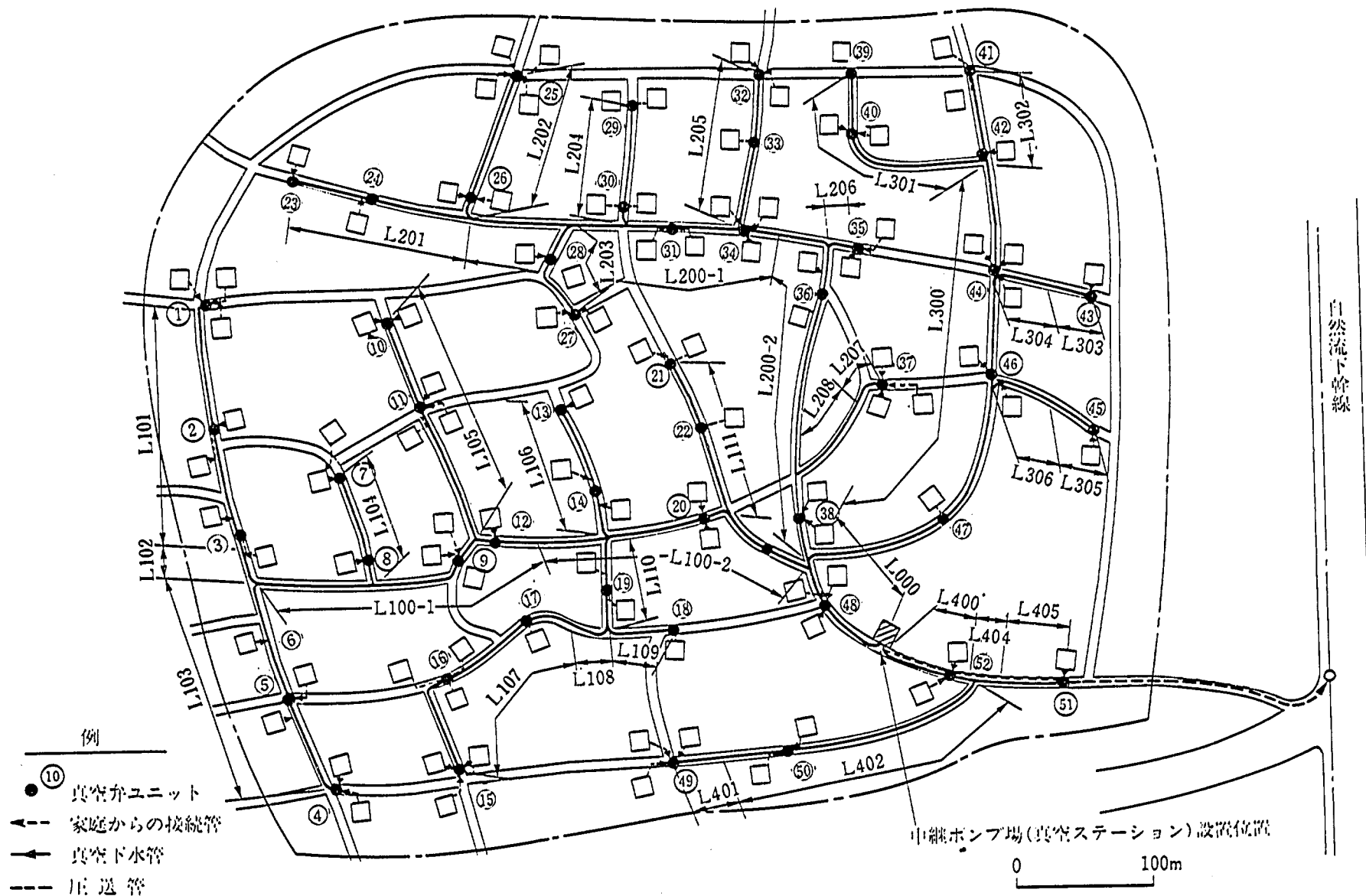


図1-1 設計例対象地区(100軒, 10人/ha)

真空式下水道システム技術
指針（案）

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3025号
平成3年8月(1991)
下水道部下水道研究室

要 旨

本技術指針（案）は従来の研究の成果をふまえ、新しい下水収集システムとして期待される真空式下水道システムの技術的な考え方を取りまとめたものであり、今後日本における同方式の適用に際し、技術的な参考とするものである。

キーワード：真空式下水道システム、技術指針、小規模下水道



郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部下水道研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



○

土木研究所資料第3025号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3025号

○

真空式下水道システム技術指針(案)