

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3308号

土木研究所資料

下水道幹線圧送検討資料集

平成6年9月

建設省土木研究所
下水道研究室

Copyright ©1994 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, 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。

下水道幹線圧送検討資料集

下水道部 下水道研究室 田 中 修 司
塩 路 勝 久^{*1}
金 子 賢 司^{*2}

*1 現 建設省都市局下水道企画課

*2 平成5年度部外研究員

要 旨

下水道計画の中で幹線圧送は、自然流下方式の補助手段として考えられてきたが、今後の下水道整備が期待される地域では幹線圧送が有利なケースが多くなると考えられる。このため本報告書では幹線圧送をめぐって、検討方法、下水幹線圧送をめぐる最近の技術の現状、維持管理の実態等について調査を行いこれを資料集としてまとめた。

キーワード：下水の圧送，多重圧送，硫化水素，空気弁，ピグ

ま え が き

我が国の下水道整備は着実に進展しており、人口普及率は50%近くになった。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平成4年度末で93%であるのに対して、人口が5万人未満の市町村ではわずかに11%となっている。今後は地方中小都市や農山漁村において一層の下水道の整備を促進する必要がある。

人口5万人未満の市町村では人口密度が低く大都市に比較して下水を収集する費用が高くなる傾向がある。このため下水輸送システムに関する費用を軽減できるような技術が必要となってきた。真空式下水道や圧力式下水道はこのような要請に応えることができる技術として下水道研究室でも様々な検討を加えてきた。

真空式下水道や圧力式下水道は主として面整備に相当する部分に適用できる技術である。一方処理場まで下水を輸送する方法としては主として自然流下による幹線が建設されている。小規模の下水道では距離の離れた複数の集落を集めたり、集落から離れた位置にある処理場まで輸送することが多くなる。このようなケースにおいては下水を圧送輸送した方が経済的な場合も多いと考えられる。また既に下水道事業がかなり進展している都市においても処理区域の変更や処理水の再利用などにもない圧送方式が採用されている事例がみられる。

従来、下水道計画の中で圧送方式は、自然流下方式の補助方法として考えられ積極的に採用されることはあまりなかった。しかしながらポンプの信頼性の向上や下水圧送をめぐるいくつかの技術開発にともない、幹線の圧送方式の採用についてより積極的に検討を行なう必要性が感じられるようになってきた。しかしながら下水の圧送輸送に関して計画から設計にわたる包括的な技術資料がなく、下水圧送方式の検討の阻害要因になっていたと考えられる。

そこでこの報告書では幹線圧送をめぐる、検討要領方法、最近の幹線圧送をめぐる技術の現状、維持管理等の実態調査結果および圧送設計指針（案）を取りまとめた。下水圧送方式の検討を行なうに際して参考資料として利用いただければ幸いです。

目 次

第1章 幹線圧送の検討要領	1
1.1 概 要	
1.1.1 幹線圧送とは	1
1.1.2 幹線圧送の基本的な特徴	1
1.1.3 機器構成	2
1.1.4 幹線圧送の適用地域及び適用事例	3
1.1.5 幹線圧送と自然流下との比較	13
1.1.6 幹線圧送の問題点	14
1.2 幹線圧送の計画	
1.2.1 検討手順	17
1.2.2 圧送方式での整備を検討する必要があるか？	18
1.2.3 代替案の作成	27
1.2.4 代替案の比較	29
1.2.5 維持管理手法	34
第2章 幹線圧送のための技術	36
2.1 多重圧送システム	36
2.2 硫化水素の生成抑制対策	40
2.2.1 空気注入システム	41
2.2.2 塩化第二鉄注入システム	43
2.2.3 下水道圧送管路クリーニングシステム	46
2.3 小型マンホールポンプ設備	52
2.4 下水用空気弁	53
2.5 不断水分岐工法	54
第3章 圧送に関する実態調査	55
第4章 圧送施設設計指針（案）	68
4.1 ポンプ場施設設計	68
4.2 圧送管路設計	69
4.3 計画設計例	96

第1章 幹線圧送の検討要領

1.1 概要

1.1.1 幹線圧送とは

幹線圧送とは、分流式污水管・雨水管、合流管、処理水送水管等の下水道管路施設の幹線管きょにおいて、ポンプ設備により下水を圧力送水する方式である。

圧送方式による幹線管路は、図1-1に示すように分散した集落を統合して1つの処理区とする場合や河川横断のある処理区等、従来の自然流下方式による整備手法では施工上の問題点があったり、建設費が増加する場合に適用される。

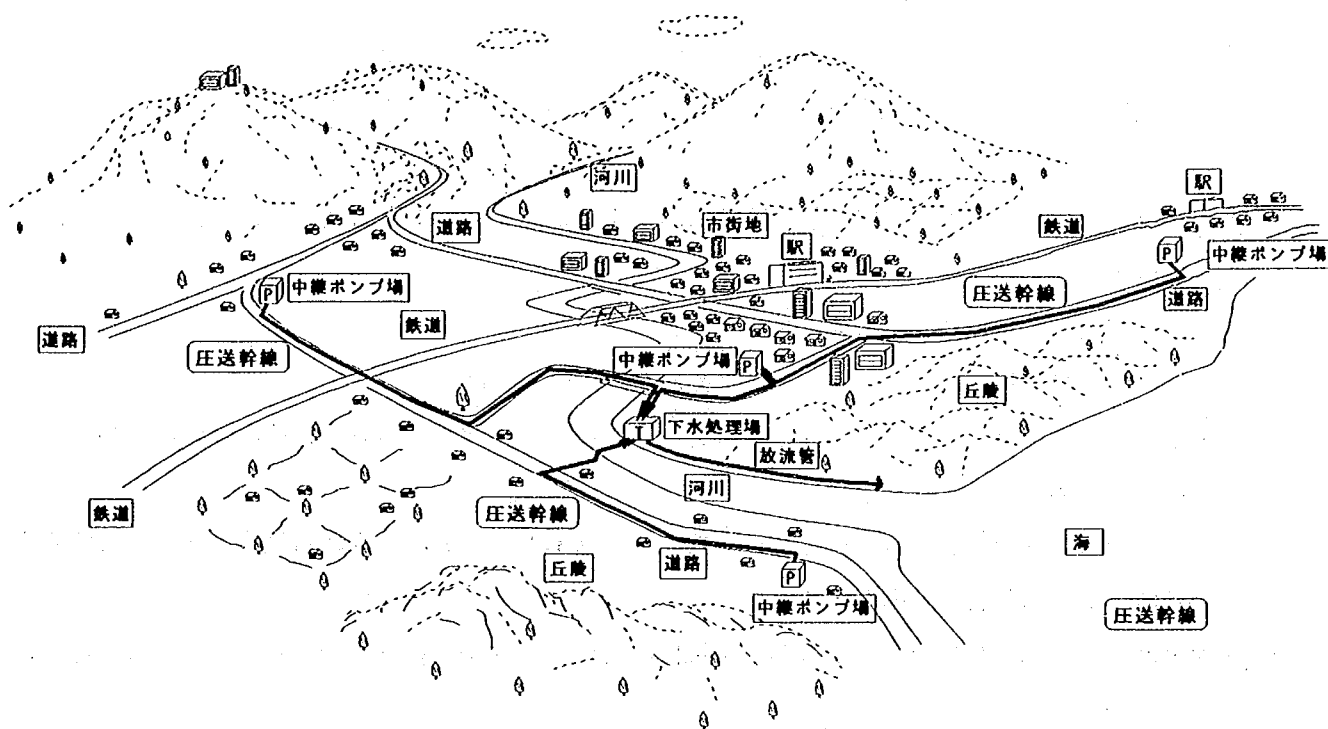


図1-1 分散した集落を統合して1つの処理区とした場合の幹線圧送

新しい下水道管路輸送システムとして採用事例が増えつつある「圧力式下水道システム」や「真空式下水道システム」は、主に家庭等からの污水を集水し幹線まで輸送する部分に適用される。これに対して、幹線圧送は、幹線における下水輸送方式であり、両者はその対象領域が異なる。

1.1.2 幹線圧送の基本的な特徴

幹線圧送は、ポンプ設備により下水を圧力輸送するため、管路勾配を埋設地盤勾配に合致させる等の自由な配管レイアウトが可能である。また、管口径を自然流下方式に比較して小さくすることができる。このため、建設費の削減が期待できるが、他方、ポンプ運転に伴う維持管理費が必要となる。

幹線圧送の特徴を長所と短所に分けて整理すると、以下のようになる。

《長 所》

- a. 管路勾配を埋設地盤に合わせられるため管の埋設深さを浅くでき、施工が容易で管路建設の工期短縮が可能。
- b. 管口径が小さいため建設費を低減することができ、また、施工も容易になる。
- c. 配管が輻輳するところでも敷設が可能。
- d. 2条管を採用する等、送水能力の段階的な拡張が容易であるため、段階施工による初期投資の軽減と早期供用開始が可能。

《短 所》

- a. ポンプ設備の運転・機能維持のための費用・人員が必要である。
- b. 圧送により硫化水素生成が促進されるため、圧送下流側の腐食対策を考慮する必要がある。
- c. 事故、故障発生時の対応に不安がある。

地方公共団体を対象にした実態調査での幹線圧送に対する考え方は以下のようにになっている。

圧送方式に対する地方公共団体担当者の考え方は、その都市の下水道整備の状況により種々である。以下に、その代表的なものを列記する。

- ①下水道管路は自然流下を原則とし、圧送はあくまで補助システムと考え、やむを得ない場合にのみ採用する。
 - ・圧送は運転、機能維持に永久に金がかかる。
 - ・長い目で見て将来につけを残さないためにも圧送は極力回避。
 - ・下水道管路にとって重要なのは、維持管理性、施工性、建設費用等の経済性の順。安易に経済比較で決めるべきではない。
- ②合流、雨水は安全性、維持管理性から自然流下を基本とし、分流汚水は自然流下と圧送の組み合わせによる効率整備を基本とする。
- ③大規模システムは自然流下とするが、小規模なもの（低地から幹線までの短距離送水等）は圧送でも良い。
- ④圧送は早期供用開始の有効な手段であり、整備効率を考慮した場合、圧送が有利である。
 - ・圧送は経済的な手段であり、早期供用による住民サービスが大事である。
 - ・本設供用までの暫定仮設管路として圧送は便利である。

上記のように、圧送方式の施工性の良さ、効率性、経済性は評価できるが、反面、信頼性、維持管理性については不安を抱いていることがわかる。現実には、その施設の規模、施設整備の緊急性、経済性等を総合的に判断して、適宜圧送方式を用いていると思われる。

1.1.3 機器構成

幹線圧送による管路施設は、主に下記の設備・機器により構成される。ただし、一部の設備・機器は省略されることがある。

(1)圧送管路 ・直管、異形管

- ・バルブ（仕切弁、逆止め弁など）
- ・空気弁
- ・排泥設備
- ・維持管理設備（マンホール等）

(2)ポンプ場施設

- ・ポンプ場建屋
- ・ゲート、沈砂池、揚砂設備
- ・除塵設備、ポンプ井
- ・ポンプ設備、電動機
- ・電気設備（内燃機関による自家発電設備を含む）
- ・脱臭換気設備
- ・ウォーターハンマー防止対策設備（フライホイール、サージタンク、逆止め弁、圧力調整弁等）
- ・計装設備（流量計、圧力計、等）
- ・給水設備

なお、上記ポンプ場施設のうち、沈砂池や除塵設備の一部を省いた簡易形式のポンプ場や、さらに最小限のポンプ設備を道路下のマンホールに納めたマンホール形式のポンプ場が設置される傾向にあるが、その選択については、設備の機能保持や維持管理を考慮した検討が必要であると考えられる。

沈砂池を省いた簡易形式ポンプ場の設備配置例を図1-2に示す。

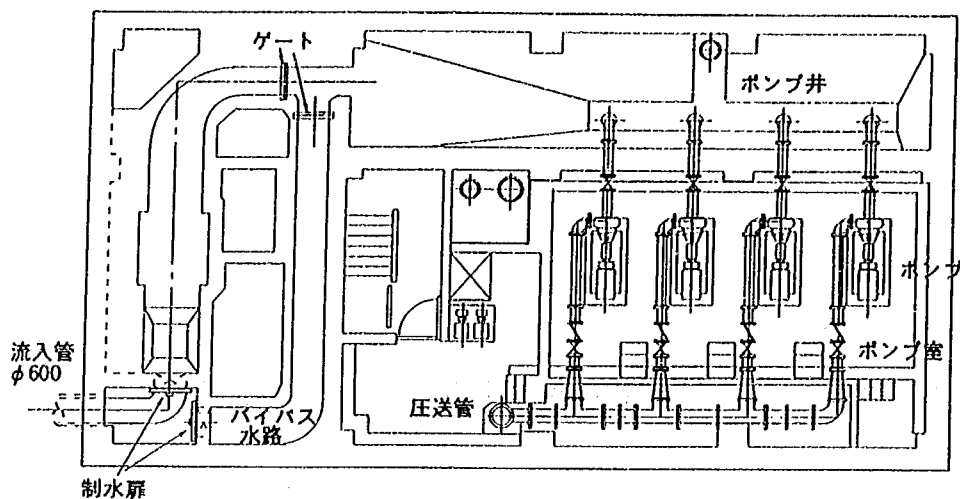
1.1.4 幹線圧送の適用地域及び適用事例

幹線圧送は、その特性からさまざまな下水道管路に適用可能であり、本項ではその適用地域及び適用事例を示す。

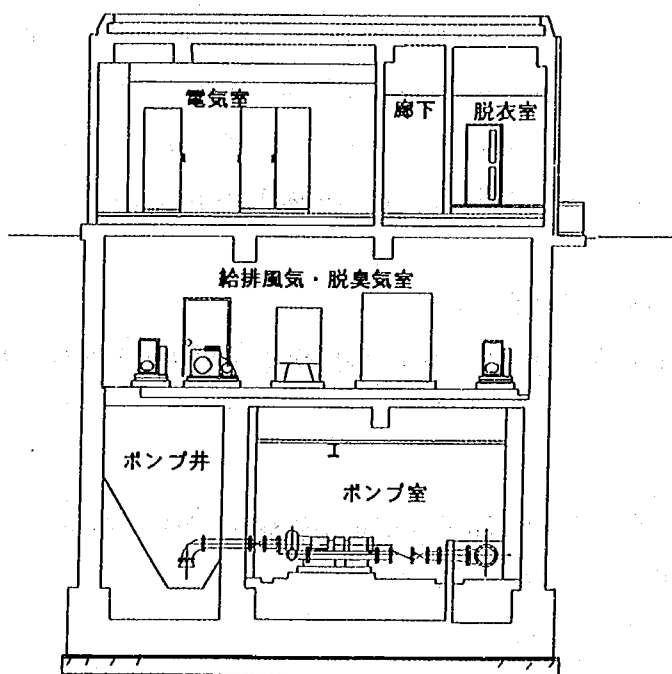
(1)適用地域

幹線圧送が行われる地域としては以下のようなものが挙げられる。

- ①丘陵地等の起伏の大きい処理区の幹線
- ②河川横断のある処理区の幹線
- ③平坦で広い処理区の幹線
- ④地下埋設物が輻輳する道路の多い処理区の幹線
- ⑤住居が散在し、途中流入がなく、送水が長距離となる幹線
- ⑥合流式の遮集幹線や雨水滞水池からの送水幹線
- ⑦長距離の処理水放流管
- ⑧処理場の統廃合に伴う連絡幹線



地下2階平面図



断面図

図1-2 簡易形式ポンプ場設備配置例
(静岡県浜松市 御前谷ポンプ場)

現状では、圧送方式による管路輸送システムは、大規模なものから小規模なものまで種々供用されている。

圧送に関する実態調査結果では、調査対象となった15地方公共団体の平均圧送施設数は、35カ所／都市、平均圧送管路延長は320m／管路であった。

実態調査のうち、幹線圧送を採用した理由は以下のようにになっている。

《幹線圧送の採用理由》

圧送採用の理由は、①技術面、②施工性、③経済性、④その他 に分類される。

①技術的な理由による場合（自然流下方式では計画が難しい。）

- ・河川横断、埋立地への海洋横断がある。
- ・伏越しは維持管理困難なため採用できない。
- ・管路が深いと維持管理が難しい。
- ・処理区の起伏が大きい。
- ・幹線の方が処理区より高い位置にある。
- ・用地取得の問題から、幹線より処理場が高い位置にある。
- ・処理区の切替えや合流区域の分流化のために、高い位置にある既存施設に接続する必要がある。
- ・処理水利用のための送水幹線がある。

②施工面の理由による場合

- ・処理区域が平坦で広いため、自然流下では埋設深さが大きくなり施工が難かしくなる。
- ・道路幅員が小さいため、施工による交通障害を極力小さくする。
- ・施工による周辺の土地・家屋に対する影響を最小限にする。
- ・緊急な整備のため、施工工期を短くする。
- ・軟弱地盤のため、掘削をできるだけ少なくする。
- ・地下水位が高いため、埋設深さを浅くする。

③経済的な理由による場合

- ・起伏の大きい処理区のため、費用比較をすると圧送の方が有利となる。
- ・平坦で広い処理区のため、自然流下方式でも揚水ポンプ場が必要であり、圧送とした方が経済的となる。
- ・地下水位が高い、または軟弱地盤の場合、自然流下では建設費が著しく高くなる。
- ・長距離にわたり流入がないため、圧送とした方が経済的である。
- ・処理区域が散在しており、自然流下方式では建設費が高くなる。
- ・圧送の方が初期投資効率が良い。
- ・雨水ポンプ場との併設により、汚水圧送施設の建設費低減が可能である。

④その他の理由による場合

- ・緊急な整備には圧送が適している。
- ・暫定仮設の管きょとして圧送は簡便である。

(2)適用事例

幹線圧送の適用事例を、その適用理由とともに以下に5例紹介する。

表1-1 幹線圧送適用事例

番号	ポンプ場名称	適用理由	備考
①	豊橋市八町中継ポンプ場	処理区の切替	合流
②	福知山市上六人部ポンプ場	散在集落、河川横断	分流式污水
③	網走市北浜地区	起伏の大きい地形	分流式污水
④	いわき市いわきNTポンプ場	起伏の大きい地形	分流式污水
⑤	熊本市坪井第2ポンプ場	平坦で広い地形	分流式污水

①愛知県豊橋市／野田処理区の一部切替え実施事例

(a)採用理由

豊橋市野田処理場は、増大する汚水量のため計画流量以上の污水が流入しており、さらに、この処理場に流入してくる遮集幹線が能力不足気味となっていた。このため、当処理場の上流部分の吾妻・東田地区(合流224ha)及び多米地区(分流246ha)を隣接の中島処理区に切替えた。切替えは、吾妻・東田地区の下流に八町中継ポンプ場を設け、毎分最大48.6m³の污水を2.5km圧送し、中島処理区の系統へ切替えるものである。

(b)圧送施設諸元

ポンプ場形式	簡易形式ポンプ場
計画時間最大汚水量	48.6 m ³ /分(雨天時3Q)
ポンプ形式・能力	スクルー渦巻ポンプ φ300X12.16m ³ /minX25mX4台
圧送管	管径φ700 X 2,560m 鋳鉄管

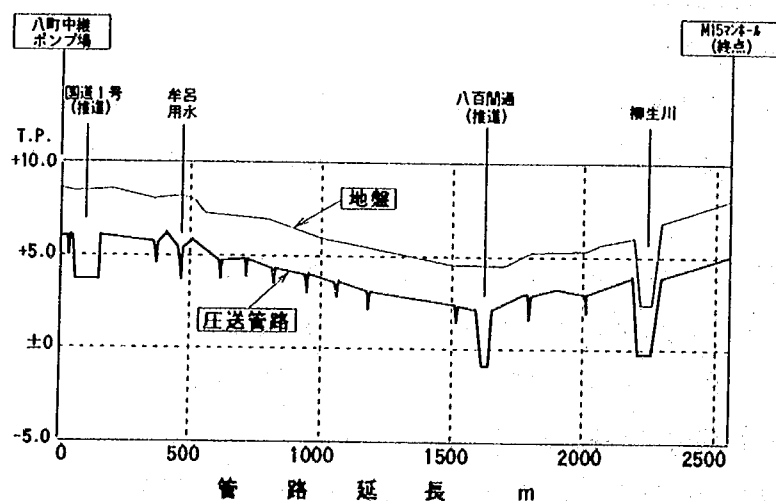
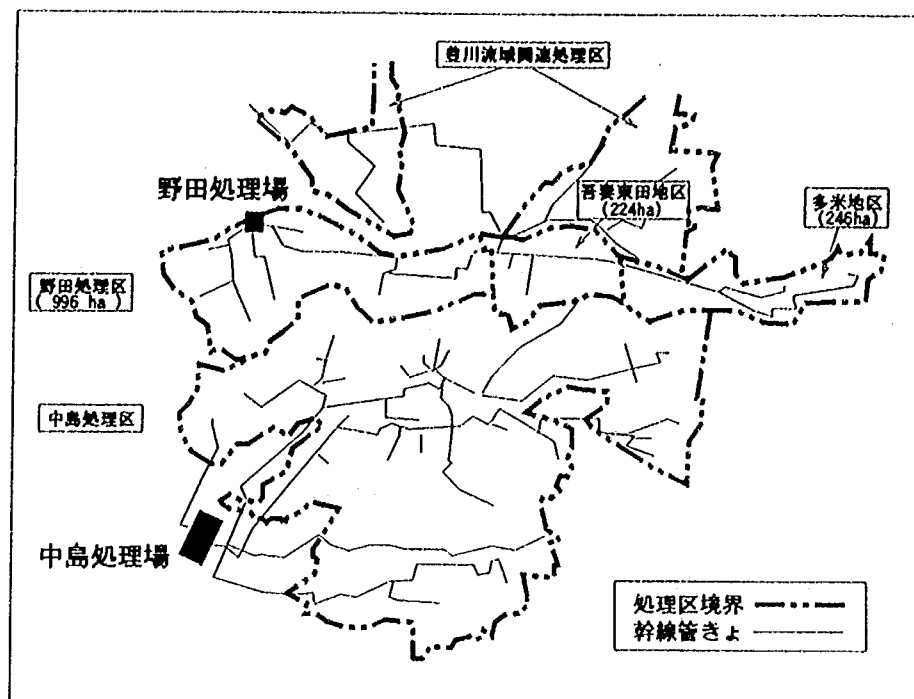


図1-3 豊橋市圧送幹線縦断図

圧送施設設置前



圧送施設設置後

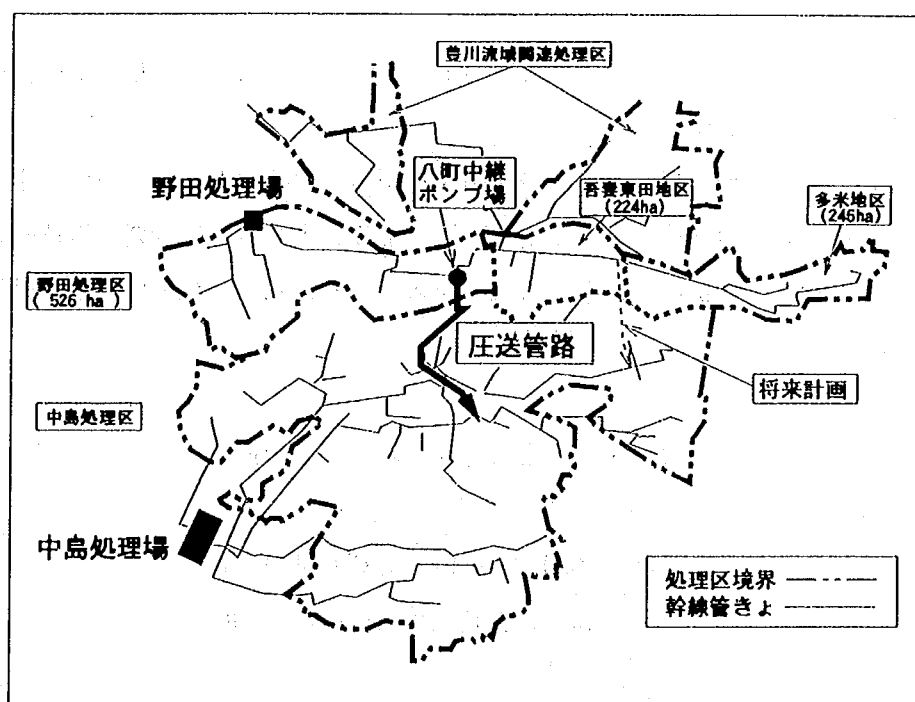


図1-4 送水系統切替え図

②京都府福知山市／上六人部地区多重圧送計画事例

(a)採用理由

京都府福知山市の上六人部地区は河東地区の東南端に位置し、一級河川土師川の両岸に発達した平地上にある水田地帯で、南北を山地にはさまれている。集落は分散し、それぞれでまとまりを形成している。また、地区の中央を国道9号が通っており、一級河川土師川を代表とする多くの小河川が流れている。

このような地区特性から圧送方式の導入が検討され、さらに、通常の圧送と新しいシステムである多重圧送との特性、経済性比較を実施した結果、表1-2及び図1-5に示す多重圧送による管きょ整備を計画している。

表1-2 整備計画の概要

計画処理区域面積	33.2 ha
計画人口	1,470 人
マンホールポンプ場数	19 カ所
管路延長	圧送4,930m、自然流下2,790m

多重圧送方式とは1本の圧送幹線に複数のポンプ場から下水を圧入し、圧送幹線において途中流入・合流を可能にする圧送方式である。

本事例においては、地形起伏と多数の河川横断があるため、19カ所のマンホールポンプ場による多重圧送の方が、自然流下管を多用した管きょ整備よりも、建設費+維持管理費（30年分）の比較において約1割経済的であり、また、システムの信頼性、施工性、事業効果に優れているとしている。

(b)圧送施設諸元

ポンプ場形式 マンホール形式ポンプ場（19カ所）

ポンプ形式・能力 水中スクリーポンプ
 $\phi 65 \sim 80 \times 0.2 \sim 0.9 \text{ m}^3/\text{分} \times \text{Max} 30 \text{ m} \times 2 \text{ 台}$

圧送管 管径 $\phi 75 \sim 150$ 鋳鉄管 総延長 4,930m

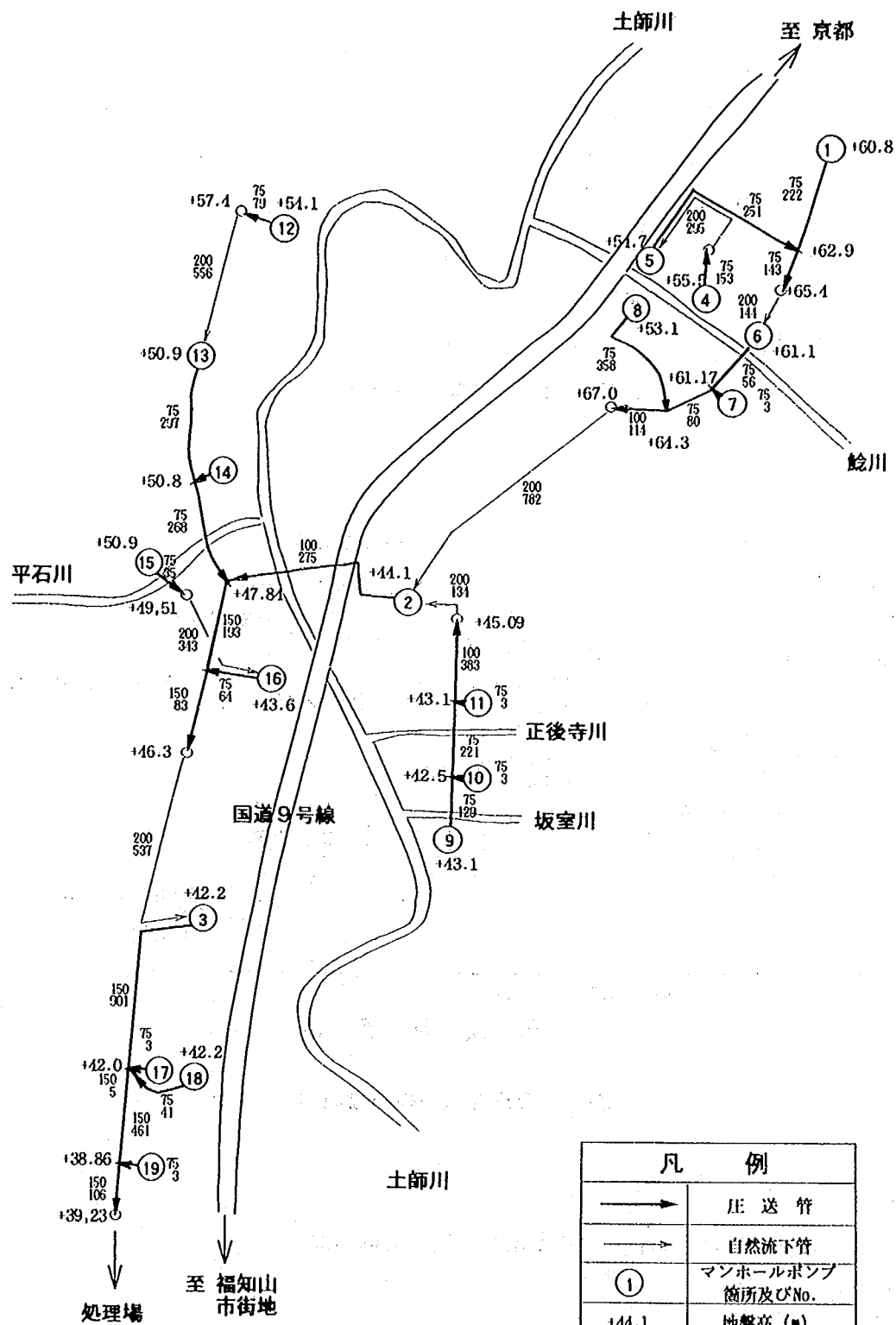


図1-5 上六人部地区多重圧送システム概念図

③北海道網走市／北浜地区整備の計画事例

(a)採用理由

網走市北浜地区は、オホーツク海に面した海岸段丘にあり、管きょルートの中に約7mの地形高低差がある。このため、下水道整備の計画策定に当たって、自然流下案、ポンプ揚水案、ポンプ圧送案の3案の比較検討を実施し、経済性等からポンプ圧送案を採用している。なお、各案の縦断形状を図1-6に示す。

(b)圧送施設諸元

ポンプ場形式	マンホール形式ポンプ場
計画時間最大汚水量	0.18 m ³ /分
圧送管	管径φ150 X 1,900m 鋳鉄管

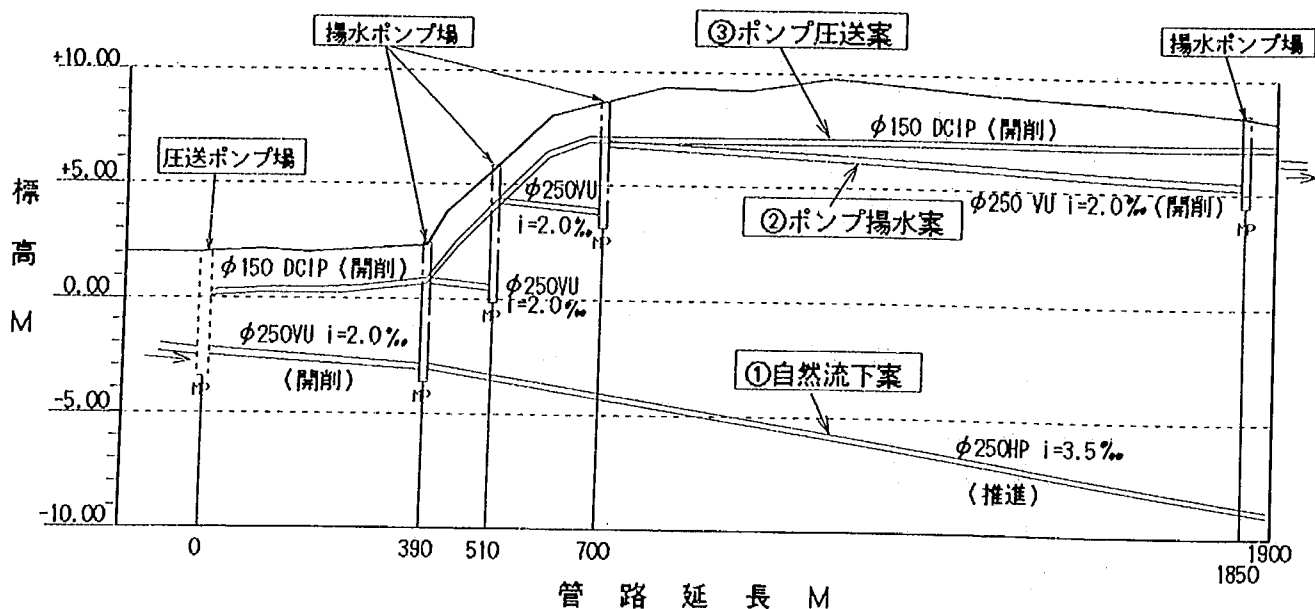


図1-6 管路計画の検討縦断図

④福島県いわき市／いわきニュータウンポンプ場の計画事例

(a)採用理由

いわきニュータウンは、丘陵地に造成された約530haの新市街地である。污水排除計画の検討において、自然流下方式及び自然流下と圧送の併用方式について、施工性、維持管理性及び経済性の比較を実施し、簡易形式ポンプ場を2カ所計画した。

(b)圧送施設諸元

表1-3、図1-7に圧送施設の計画諸元と中継ポンプ場計画位置図を示す。

表1-3 圧送施設の計画諸元

	第1中継ポンプ場	第2中継ポンプ場
ポンプ場形式	簡易形式ポンプ場	簡易形式ポンプ場
排水面積	18.10ha	14.85ha
計画時間最大汚水量	2.14m ³ /分	0.57m ³ /分
ポンプ形式	汚水用水中ポンプ	汚水用水中ポンプ
ポンプ能力・台数	φ150X2.3m ³ /分 X2台	φ100X0.6m ³ /分 X2台
圧送管	管径φ200X330m 鋳鉄管	管径φ100X260m 鋳鉄管
備考	既設	

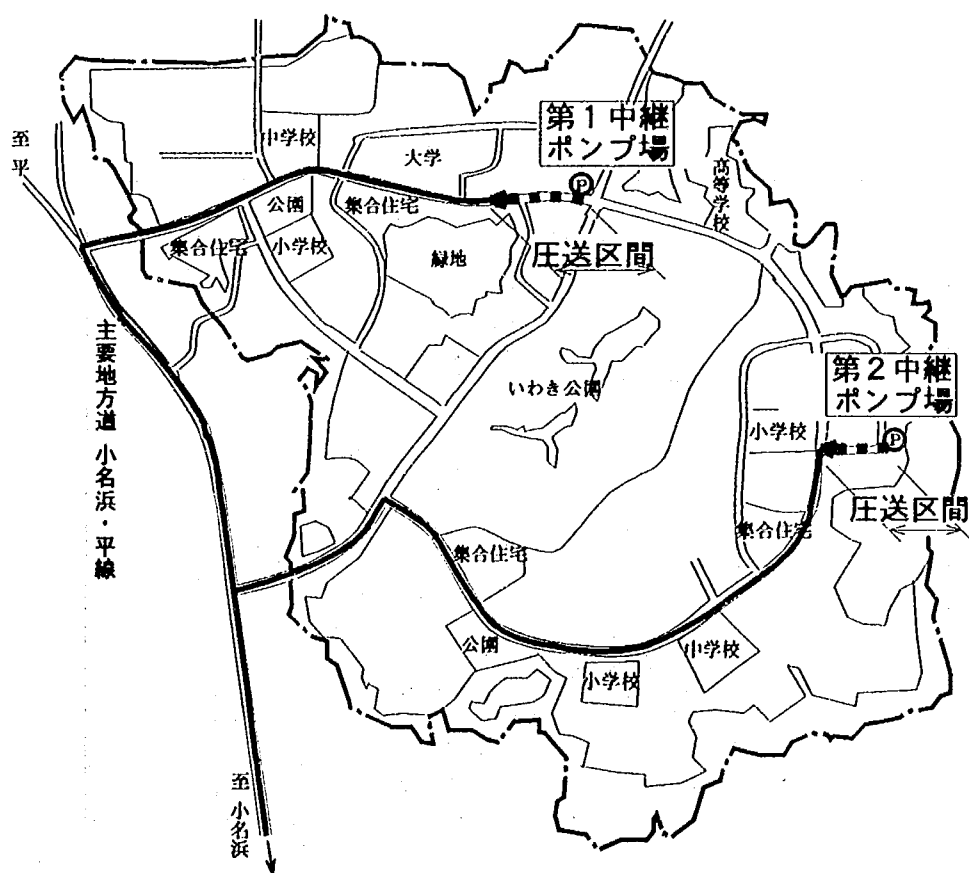


図1-7 中継ポンプ場計画位置図

⑤熊本県熊本市／坪井第2ポンプ場の実施事例

(a)採用理由

平坦で広い処理区が多い熊本市において、坪井第2ポンプ場は清水地区の約92haの排水面積を受け持つポンプ場である。平坦な地形で自然流下とした場合には、管路の埋設深さが深くなり管路建設費が増大する。これを圧送の採用により解決しようとしている。

熊本市においては、過去の幹線の建設実績から、自然流下の管路の埋設深さが7～8mになると圧送と同等の経済性となるとしており、本件においても、幹線建設の効率化を図るべく圧送としている。

ポンプ場用地については、市立竜南中学校の敷地の一部を市教育委員会の同意を得て占用することとなった。

(b)圧送施設諸元

ポンプ場形式	簡易形式ポンプ場
計画時間最大汚水量	4.74 m ³ /分
ポンプ能力	φ200X4.74m ³ /分X12mX2台
圧送管	管径φ350 X 540m 鋳鉄管

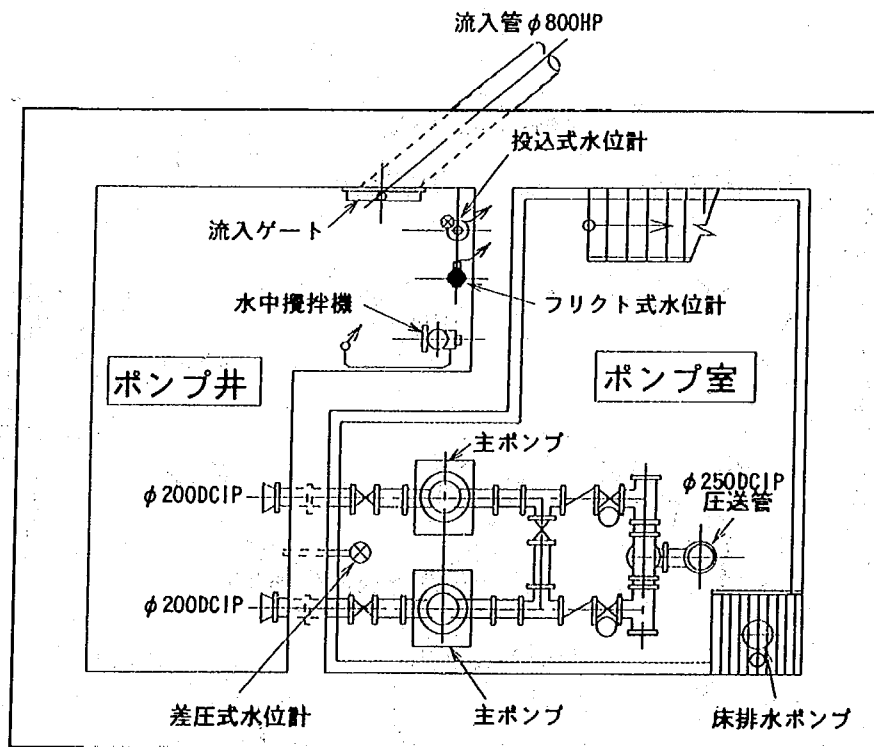


図1-8 簡易形式ポンプ場計画平面図

1.1.5 幹線圧送と自然流下との比較

(1)特性比較

下水輸送方式として、自然流下方式と幹線圧送方式の一般的特性比較表を、表1-4に示す。

表1-4 自然流下と幹線圧送の一般的特性比較表

項 目	自 然 流 下	幹 線 圧 送
概 要	・管路勾配を利用して下水を輸送する方式である。 ・管路は下り勾配で敷設する必要がある。 ・埋設深さは一般的に深くなる。 ・流入、合流に特別な検討は必要ない。 ・長距離の送水幹線では、管の口径が大きく、埋設深さが深くなる。 ・ランニングコストは不要。	・ポンプ設備により下水を輸送する方式である。 ・管路は地表勾配に合わせて敷設できる。 ・埋設深さは一般的に浅くできる。 ・流入、合流は圧力的な整合が必要であるため検討を要す。 ・流入、合流のない送水管路とした場合は、管径を小さく埋設深さを浅くできる。 ・ポンプ設備設置に伴うランニングコストが必要。
計 画	・地形条件による制約が多く、管路ルート決定には十分な事前調査が必要となる。 ・管の埋設深さが深くなる。 ・流入合流が自由にできる。 ・管路の屈曲部、合流部等にマンホールが必要である。 ・管は外圧強度により種類を決定。	・地形条件による制約が少なく、管路ルートはある程度自由に決定できる。 ・管の埋設深さは浅くできる。 ・流入合流には圧力上の検討が必要となる。 ・管路の屈曲部、合流部等にマンホールは不要である。 ・管に内圧がかかるため管体強度、継手水密性の大きい管材が必要となる。
施 工	・管口径が大きく埋設深さが深いため土木工事は大規模となる。 ・建設工期が長くなる。 ・管路勾配が輸送能力に大きく影響するため施工管理が重要となる。 ・点検用マンホールが多数必要となる。 ・既設管の横断は基本的には不可能であり、相手の管を切り回す必要がある。	・管口径が小さく埋設深さが浅いため土木工事は小規模となる。 ・建設工期は短い。 ・管路勾配は、輸送能力に影響しない。 ・ポンプ設備が必要となる。 ・既設管の横断は伏越し、上越しとも可能である。

(2) 経済性比較

幹線圧送及び自然流下による下水道幹線建設の経済性の優劣は、それぞれの計画における計画条件が種々異なるためそれぞれの条件で費用比較を実施する必要がある。この場合、「自然流下管きょの費用（場合によっては、揚水ポンプ場の費用との合計）」と「圧送管路及び圧送ポンプ場の費用の合計」を比較検討することにより、幹線建設の経済性比較を行う必要がある。

特に、自然流下の場合であっても最終的には揚水ポンプ場で汚水を揚水する必要がある場合には、費用比較の範囲にこの揚水ポンプ場も含め、自然流下の場合と圧送の場合とで流末の管の標高が同じとなるように比較するべきである。

比較対象の費用としては、自然流下と圧送では各施設の耐用年数が異なり、また維持管理費も異なるため、これらを考慮した年価^{*)}を用いることが望ましい。

^{*)} 下水道施設の年価とは、施設の建設費をその耐用年数で除した金額に、その施設の年間維持管理費を加算したものである。

1.1.6 幹線圧送の問題点

現状において認識されている幹線圧送の問題点を以下に述べる。

(1) ポンプ運転の信頼性

ポンプ運転に対して、“圧送はポンプ故障があるから怖い”といった漠然とした不安が存在するのは確かである。

しかしながら、現状において全国に1300箇所を越える中継ポンプ場が存在し、運転上の諸問題は、ポンプの機械電気設備の耐久性向上、計画時におけるバックアップシステムの導入や維持管理上の改善工夫により、かなりの部分が対応可能となっている。また、実態調査によれば、ポンプ場1カ所当りの平均障害発生頻度は1.1回/年であった。

(2) 維持管理性

圧送は、ポンプ設備を必要とするため、機械電気設備の運転と機能維持が必須である。このため、維持管理に費用と手間がかかり、そのための職員確保や外部委託費用の増大は避けられないこととなる。

これらについては、ポンプ設備を含めた管路施設の点検、劣化診断、補修方法等の合理的手法の開発が幹線圧送の維持管理性向上に不可欠なものとして鋭意研究開発されている。一例としては、N T T回線を用いた異常通報装置、スカム対策機能のあるマンホールポンプユニット、閉塞の少ない空気弁、2条管路、管内清掃用ピグ設備、等である。

(3) 硫化水素生成

嫌気性腐敗気での硫酸塩還元細菌による硫化水素の生成が、下水道施設の劣化原因として問題視されるようになったが、幹線圧送による下水送水は、圧送自体の管路施設には影響がないものの、吐出部より下流の管路及び処理施設に悪影響を与えるとして議論されている。

この問題に関しては、硫化水素による劣化を防止するため、

①硫化水素の発生を抑制する方法

下水の滞留防止、下水の嫌気化防止、硫化水素の発生抑制、硫化水素発生の場合となる堆積物の清掃撤去方法等。

②発生した硫化水素による腐食を防止する方法

防食塗覆装、耐食性管材の採用

等の研究、実用化調査が実施されている。本書の第2章において、そのいくつかを紹介する。

圧送管路施設に生じる障害に関する実態調査結果を以下に示す。

①ポンプ場発生障害（複数回答）

ポンプ故障等の障害は全ての都市で発生している。特に、ポンプ設備の故障は15都市中14都市で報告されており、小型で点検頻度の少ないマンホール形式のポンプ場では異物によるポンプ詰まりが多く発生している。

逆に、沈砂池、ポンプ井といったポンプ場コンクリート構造物の腐食発生は少なく、あまり問題となっていないようである。

障害発生の多い順に並べると、異物詰まり（8都市）、土砂堆積（8都市）、水位計等電気設備故障（5都市）、スカム蓄積（4都市）、悪臭（3都市）となっており、その他に、脱臭ファン騒音、異常通報装置・テレメーター装置・除塵機・スカム破砕機の故障、コンクリート腐食、雨水混入、等が報告されている。

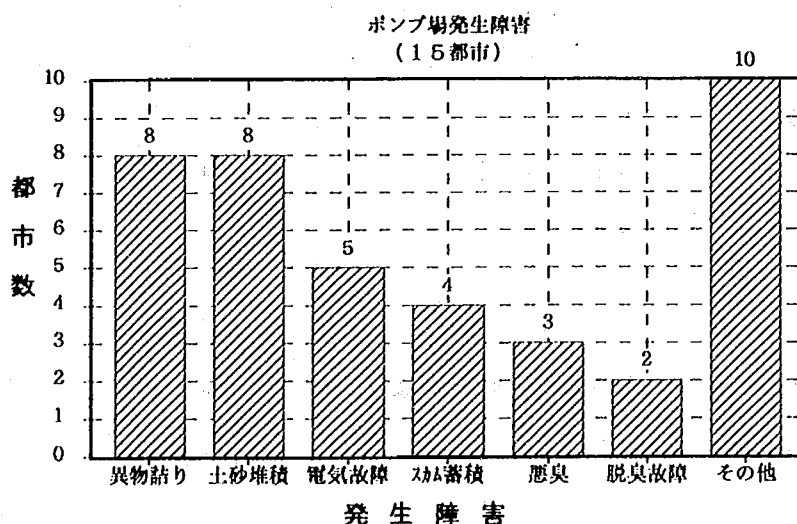


図1-9 ポンプ場年間障害発生頻度

②ポンプ場障害発生頻度（15都市データ）

ポンプ場1カ所当たりの年間障害発生頻度は、0～4回程度であり、平均は1.1回/年となっている。

③ポンプ場発生障害対応策（複数回答）

ポンプ故障 ： 部品交換、修理、異常通報装置の設置

異物つまり ; 使用方法のPR、無閉塞型ポンプに交換

電気設備故障 ; 機器取替、メーカー修理、機種変更

軸受焼付 ; 軸受交換

土砂堆積 ; 土砂浚渫

悪臭 ; ポンプ井清掃、脱臭装置設置

コンクリート腐食 ; ポンプ井清掃

その他 スカム蓄積 ; 除去、破砕機、水中攪はん機の設置

脱臭ファン故障 ; サイレンサ設置、修理

異常通報装置故障 ; 修理、機器取替

テレメータ故障 ; 機器取替

除塵機故障 ; 修理

スカム破砕機故障 ; 修理

外構柵腐食 ; 補修

塩水腐食 ; 補修

雨水混入 ; 対策検討中

④圧送管路発生障害(複数回答)

過去に圧送管路に発生した障害は、漏水(4都市)、空気弁詰まりによる水漏れ(2都市)、悪臭(1都市)であった。

平成4年度に実際に発生した障害として、既設老朽管路漏水(1件)及び空気弁部水漏れ(1件)が報告されているのみであり、圧送管路にはほとんど問題が生じていないことがわかる。

⑤圧送管路障害発生頻度(15都市データ)

圧送管路の年間障害発生頻度は、ほぼ0回/年となっている。

⑥管路発生障害対応策(複数回答)

漏水 ; 開削補修

空気弁 ; 分解清掃

悪臭 ; タイマー運転による滞留時間の低減及びマンホール

ふたの孔埋め(ゴム栓)

1.2 圧送方式の計画

本節では、分流式污水管きょ幹線で圧送方式を検討する場合の検討手順を述べる。

1.2.1 検討手順

図1-10に検討手順のフローチャートを示す。

まず、分流式污水管きょの整備対象地区に対して、自然流下方式による整備を検討し、大まかな整備計画を立てる。この作業を通して対象地区の物理的条件（地形や地盤等）及び社会的条件（集落形態、施工上の制約、整備時期等）を十分把握し、圧送方式による代替案を検討すべきかどうかを判断する（1.2.2項）。代替案検討が必要と判断された場合は、代替案として圧送方式による整備計画を作成し（1.2.3項）、自然流下方式を含めて代替案同士の比較を行い（1.2.4項）、最終的な計画案の決定を行う。

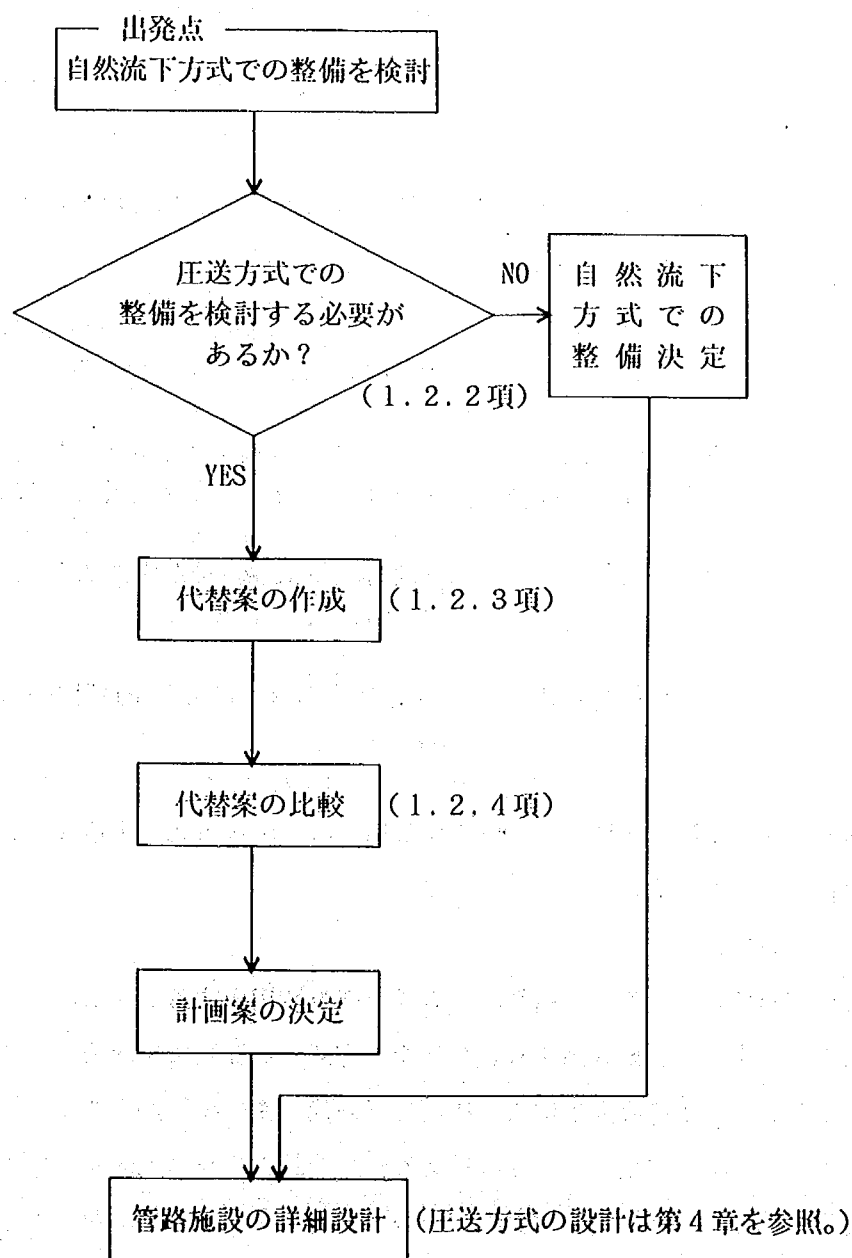


図1-10 圧送方式による代替案検討の流れ

1.2.2 圧送方式での整備を検討する必要があるか？

自然流下方式の管路施設計画に対して、圧送方式の代替案を検討すべきかどうかの判断項目は、整備区域の特性による判断項目と経済的な判断項目が考えられる。圧送方式での整備を検討する必要があるかどうかについては、この両者を勘案することが望ましい。

(1) 整備区域の特性による判断項目

圧送方式の代替案を検討する必要があると思われる整備区域の特性は、表1-5に示すものである。

表1-5 圧送方式での代替案検討が必要と思われる整備対象区域の特性

	整備区域の特性	代替案検討が必要な理由
①	処理区の起伏が大きい	自然流下では技術的に困難または著しく建設費が増加する場合がある。
②	長距離の河川横断	長距離の伏越は維持管理が困難な場合が多く、自然流下では異常に深くなる場合がある。
③	下流側施設が既設	自然流下では既設の施設に接続できない場合がある。
④	処理区域が平坦で広い	自然流下でも揚水ポンプ場が必要となり、圧送の方が経済的な場合がある。
⑤	道路幅員が狭い、 道路交通量が多い	自然流下では施工が困難または施工による周辺影響、交通障害が大きくなる場合が多い。
⑥	地盤が軟弱	自然流下では施工が困難または建設費が著しく増大する場合が多い。
⑦	早期整備が必要	圧送による整備の方が早期整備が可能な場合が多い。

整備対象区域が上記の区域特性に該当する場合は、圧送方式による代替案検討を行うことを前提として、以後の検討を行う。

(2) 経済的な判断項目

経済的な判断項目としては、自然流下方式の概算費用とする。すなわち、すでに検討済みの自然流下方式による大まかな整備計画より、自然流下方式の概算費用を求め、これをもとに自然流下方式の年価を算定し、この年価の大小により圧送方式の代替案の検討が必要かどうかを判断する。

自然流下による幹線建設と圧送方式による幹線建設とを経済比較するに当たって、まず経済性を簡便に検討して、さらに詳細な検討が必要か否かの判断をしておくのがここでの目的である。

【参考-A】～【参考-G】に具体的な検討方法や資料を示す。

【参考-A】 費用比較の実施手順

自然流下方式の概算年価は、【参考-B】に示す比較検討対象範囲の概算の建設費と年間の維持管理費を算出した上で、【参考-C】に示す方法により、【参考-E】に示す費用関数を用いて算出する。自然流下方式による幹線建設費が別途算定されている場合には、その費用を用いて年価を算出する。求めた自然流下方式の概算年価が、【参考-D】の表に示す値を上回る場合には圧送方式の代替案の検討を実施することが望ましい。

なお、【参考-E】【参考-G】に、【参考-D】の表を算出した根拠となる考え方、費用関数及び積算結果を示す。

また、【参考-F】に建設費、維持管理費、建設費+維持管理費（30年間）の表を示すので、何らかの理由により年価による比較を行わない場合の参考とされたい。

【参考-B】 費用比較の検討対象範囲

整備費用の比較においては検討対象範囲がどの施設までであるのかを明確にする必要がある。例えば、図1-11に示すような管路施設の比較検討を実施しようとする場合、

①圧送方式 ; 圧送ポンプ場及び圧送管路

②自然流下方式 ; 自然流下管路及び揚水ポンプ場

を比較検討の対象とすべきである。

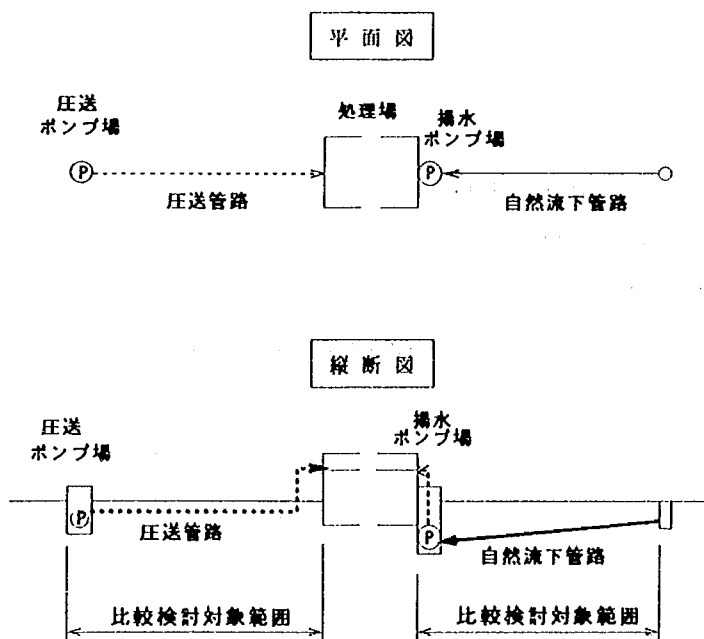


図1-11 比較検討対象範囲

【参考-C】 年価の算出

管路施設の年価は、以下の式により求める。

$$\text{管路施設年価} = \frac{\text{管路施設建設費}}{\text{耐用年数}} + \text{年間維持管理費}$$

管路施設建設費は管きょ建設費及び揚水ポンプ場等のポンプ場建設費の合計である。耐用年数は、管きょ及びポンプ場の土木建築設備は50年、ポンプ場の機械電気設備は20年とする。

ポンプ場の土木建築設備建設費と機械電気設備建設費の割合を1:1と仮定すると、ポンプ場の全体耐用年数は、

$$\frac{1}{X} = \frac{0.5}{50} + \frac{0.5}{20}$$

より、 $X = 28.7$ 年となる。

また、年間維持管理費は、管きょ及びポンプ場の運転・点検・補修費の合計となる。

したがって、

$$M = \frac{C_{\text{pipe}}}{50} + \frac{C_{\text{pump}}}{28.7} + m$$

ここに、

M ; 管路施設の年価

C_{pipe} ; 管きょ建設費

C_{pump} ; ポンプ場建設費

m ; 管きょ及びポンプ場の年間維持管理費

【参考-D】 圧送方式による管路施設年価の算出例

表1-6 「圧送方式による管路施設年価」

条件：普通地盤、平坦地、土被り1.2m、铸铁管、舗装道路、木矢板土留

圧送方式による管路施設年価 単位：百万円										
Q m ³ /分	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
D mm	200	300	350	400	450	450	500	500	600	600
管	100	1.2	9.9	12.8	15.4	17.8	20.1	22.2	24.4	26.2
	200	1.5	10.1	13.2	15.8	18.1	20.6	22.7	24.9	26.7
	300	1.7	10.4	13.4	16.0	18.6	21.1	23.1	25.5	27.2
	400	1.8	10.6	13.7	16.4	18.9	21.6	23.7	26.1	27.6
	500	2.1	10.8	14.0	16.7	19.3	22.0	24.1	26.7	28.1
	600	2.3	11.1	14.4	17.1	19.7	22.5	24.6	27.3	28.6
	700	2.6	11.4	14.6	17.4	20.0	23.0	25.1	27.9	29.2
	800	2.8	11.6	14.9	17.8	20.4	23.4	25.6	28.5	29.7
	900	3.0	11.9	15.2	18.1	20.7	24.0	26.0	29.2	30.2
	1000	3.2	12.1	15.6	18.5	21.2	24.5	26.6	29.7	30.6
路	1100	3.4	12.3	15.9	18.8	21.5	24.9	27.0	30.3	31.1
	1200	3.7	12.6	16.1	19.2	21.9	25.4	27.5	30.9	31.6
	1300	3.9	12.8	16.4	19.5	22.3	25.9	28.0	31.5	32.1
	1400	4.1	13.1	16.8	19.9	22.6	26.3	28.5	32.1	32.6
	1500	4.4	13.4	17.1	20.2	23.0	26.8	29.0	32.7	33.0
	1600	4.5	13.5	17.3	20.6	23.3	27.4	29.5	33.3	33.5
	1700	4.7	13.8	17.6	20.9	23.8	27.8	29.9	33.9	34.0
	1800	5.0	14.1	18.0	21.3	24.2	28.3	30.5	34.5	34.5
	1900	5.2	14.3	18.3	21.6	24.5	28.8	30.9	35.1	35.1
	2000	5.5	14.6	18.6	22.0	24.9	29.2	31.3	35.6	35.6

- 注) 1. 4m³/分以上のポンプ場建設費は、【参考-E】、【参考-F】による。
 2. 2m³/分のポンプ場はマンホール形式とし、建設費は積算による。(【参考-F】、【参考-G】参照)
 3. ポンプ場維持管理費は、【参考-E】、【参考-F】による。
 4. 圧送管路敷設費は、積算による。(【参考-F】、【参考-G】参照)
 5. 表中のQ；計画流量(m³/分)、D；管径(mm)を示す。
 6. ポンプ場建設費のうち、土木建築費と機械電気設備費の比率は1：1とする。
 7. 耐用年数は、ポンプ場土木建築及び管路は50年、ポンプ場機械電気設備は20年とする。

【参考-B】 費用概算の考え方

管路施設の整備費用に関しては、過去の実績から管きょ建設費、ポンプ場建設費及びポンプ場維持管理費の費用関数を作成しておく、より簡便な費用概算が可能である。

管きょ建設費、ポンプ場建設費及びポンプ場維持管理費の費用関数の例として、「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」（日本下水道協会）の費用関数を平成4年度単価に補正したものの一部を表1-7、表1-8に示す。

表1-7 管きょ建設費の費用関数例
(平成4年度単価)

適 用 工 法		費 用 関 数	管径の 適用範囲
開削工法	土被り6m以上	$Y = 8.06 \times 10^{-6} X^2 + 4.81 \times 10^{-3} X + 26.20$	$\phi 800 \sim \phi 3000$
推進工法		$Y = 0.034 X$	$\phi 600 \sim \phi 2500$
シールド工法		$Y = 9.48 \times 10^{-6} X^2 + 6.72 \times 10^{-3} X + 72.25$	$\phi 1350 \sim \phi 5000$

ただし、X : 管径(mm)

Y : m当たり建設費(万円/m)

表1-8 ポンプ場建設費の費用関数例
(平成4年度単価)

区 分	費用関数
建設費 (百万円)	$C = 107.49 Q^{0.598}$

ただし、Q : 全体計画流量(m³/分)

また、ポンプ場の年間維持管理費(M)は、第3章に示す圧送施設の調査結果より、

$$M = 0.05 \cdot Q \cdot H \quad (\text{百万円})$$

ただし、Q : ポンプの全体計画流量(m³/分)

H : ポンプの全揚程(m)

【参考-F】 圧送方式による管路施設の費用

表1-9 「圧送方式による管路施設建設費」

条件：普通地盤、平坦地、土被り1.2m、铸铁管、舗装道路、木矢板土留

圧送方式による管路施設建設費											単位：百万円
Q m ³ /分		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
D mm		200	300	350	400	450	450	500	500	600	600
管 路 延 長 m	100	21	254	323	383	437	486	533	576	620	659
	200	28	262	332	393	447	496	544	587	634	673
	300	35	271	341	402	458	507	556	599	648	687
	400	42	279	350	412	469	518	568	611	662	701
	500	49	287	359	422	480	528	580	622	676	716
	600	55	295	367	432	490	539	591	634	691	730
	700	62	303	376	442	501	550	603	646	705	744
	800	69	312	385	451	512	561	615	658	719	758
	900	76	320	394	461	522	571	626	669	733	772
	1000	83	328	403	471	533	582	638	681	747	786
	1100	90	336	412	481	544	593	650	693	761	800
	1200	97	344	421	491	554	603	661	704	775	814
	1300	104	353	430	500	565	614	673	716	789	828
	1400	111	361	439	510	576	625	685	728	803	842
	1500	118	369	448	520	586	636	696	740	818	856
	1600	124	377	456	530	597	646	708	751	832	871
1700	131	385	465	540	608	657	720	763	846	885	
1800	138	394	474	549	619	668	732	775	860	899	
1900	145	402	483	559	629	678	743	786	874	913	
2000	152	410	492	569	640	689	755	798	888	927	

- 注) 1. 4m³/分以上のポンプ場建設費は、【参考-B】による。
 2. 2m³/分のポンプ場はマンホール形式とし、建設費は積算による。(【参考-G】参照)
 3. 圧送管路敷設費は、積算による。(【参考-G】参照)
 4. 表中のQ；計画流量(m³/分)、D；管径(mm)を示す。

表1-10 「圧送方式による管路施設年間維持管理費」

条件：普通地盤、平坦地、土被り1.2m、鋳鉄管、舗装道路、木矢板土留

圧送方式による管路施設維持管理費 単位：百万円/年											
Q m³/分		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
D mm		200	300	350	400	450	450	500	500	600	600
管	100	0.6	1.1	1.6	2.1	2.7	3.3	3.7	4.4	4.7	5.3
	200	0.7	1.2	1.8	2.3	2.8	3.5	4.0	4.7	4.9	5.6
	300	0.8	1.3	1.9	2.4	3.0	3.8	4.2	5.1	5.1	5.8
	400	0.8	1.3	2.0	2.6	3.1	4.1	4.5	5.4	5.3	6.1
	500	0.9	1.4	2.1	2.7	3.3	4.3	4.7	5.8	5.5	6.4
	600	1.0	1.5	2.3	2.9	3.5	4.6	5.0	6.2	5.7	6.7
	700	1.1	1.6	2.4	3.0	3.6	4.9	5.2	6.5	6.0	7.0
	800	1.2	1.7	2.5	3.2	3.8	5.1	5.5	6.9	6.2	7.3
	900	1.3	1.8	2.6	3.3	3.9	5.4	5.7	7.3	6.4	7.5
	1000	1.3	1.8	2.8	3.5	4.1	5.7	6.0	7.6	6.6	7.8
路	1100	1.4	1.9	2.9	3.6	4.2	5.9	6.2	8.0	6.8	8.1
	1200	1.5	2.0	3.0	3.8	4.4	6.2	6.5	8.3	7.0	8.4
	1300	1.6	2.1	3.1	3.9	4.6	6.5	6.7	8.7	7.2	8.7
	1400	1.7	2.2	3.3	4.1	4.7	6.7	7.0	9.1	7.4	8.9
	1500	1.8	2.3	3.4	4.2	4.9	7.0	7.2	9.4	7.6	9.2
	1600	1.8	2.3	3.5	4.4	5.0	7.3	7.5	9.8	7.8	9.5
	1700	1.9	2.4	3.6	4.5	5.2	7.5	7.7	10.2	8.0	9.8
	1800	2.0	2.5	3.8	4.7	5.4	7.8	8.0	10.5	8.2	10.1
	1900	2.1	2.6	3.9	4.8	5.5	8.1	8.2	10.9	8.5	10.3
	2000	2.2	2.7	4.0	5.0	5.7	8.3	8.4	11.2	8.7	10.6

- 注) 1. ポンプ場維持管理費は、【参考-E】による。
 2. 管路維持管理費は、考慮していない。
 3. 表中のQ；計画流量(m³/分)、D；管径(mm)を示す。

表1-11 「圧送方式による管路施設建設費+維持管理費（30年間）」

条件：普通地盤、平坦地、土被り 1.2 m、鑄鉄管、舗装道路、木矢板土留

Q m ³ /分		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
D mm		200	300	350	400	450	450	500	500	600	600
管	100	39	287	371	446	518	585	644	708	761	818
	200	49	298	386	462	531	601	664	728	781	841
	300	59	310	398	474	548	621	682	752	801	861
	400	66	318	410	490	562	641	703	773	821	884
	500	76	329	422	503	578	658	720	796	842	908
	600	85	340	436	519	595	677	741	820	862	931
路	700	95	351	448	532	609	697	759	841	885	954
	800	105	363	460	547	626	714	780	865	905	977
	900	115	374	472	560	639	733	797	888	925	997
	1000	122	382	487	576	656	753	818	909	945	1020
	1100	132	393	499	589	670	770	836	933	965	1043
	1200	142	404	511	605	686	789	856	953	985	1066
延	1300	152	416	523	617	703	809	874	977	1005	1089
	1400	162	427	538	633	717	826	895	1001	1025	1109
	1500	172	438	550	646	734	846	912	1022	1046	1133
	1600	178	446	561	662	747	865	933	1045	1066	1156
	1700	188	457	573	675	764	882	951	1069	1086	1179
	1800	198	469	588	690	781	902	972	1090	1106	1202
m	1900	208	480	600	703	794	921	989	1113	1129	1222
	2000	218	491	612	719	811	938	1007	1134	1149	1245

注) 1. $4\text{m}^3/\text{分}$ 以上のポンプ場建設費は、【参考-E】による。

2. $2\text{m}^3/\text{分}$ のポンプ場はマンホール形式とし、建設費は積算による。(【参考-6】参照)

3. ポンプ場維持管理費は、【参考-E】による。

4. 圧送管路敷設費は、積算による。（【参考-G】参照）

5. 表中の Q ; 計画流量($\text{m}^3/\text{分}$)、D ; 管径(mm)を示す。

【参考-G】 圧送ポンプ場、圧送管路の建設単価

①圧送ポンプ場建設費

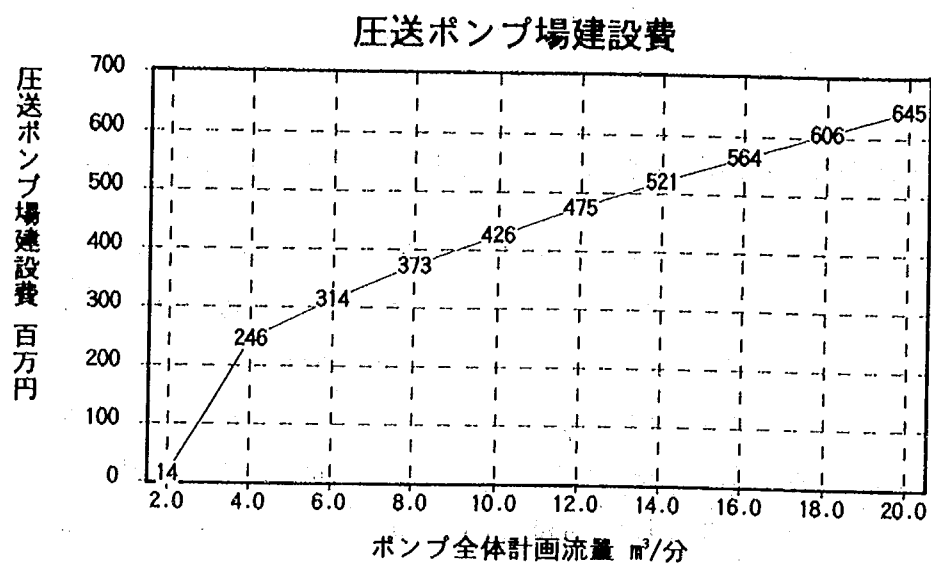


図1-12 圧送ポンプ場建設費

②圧送管路敷設単価

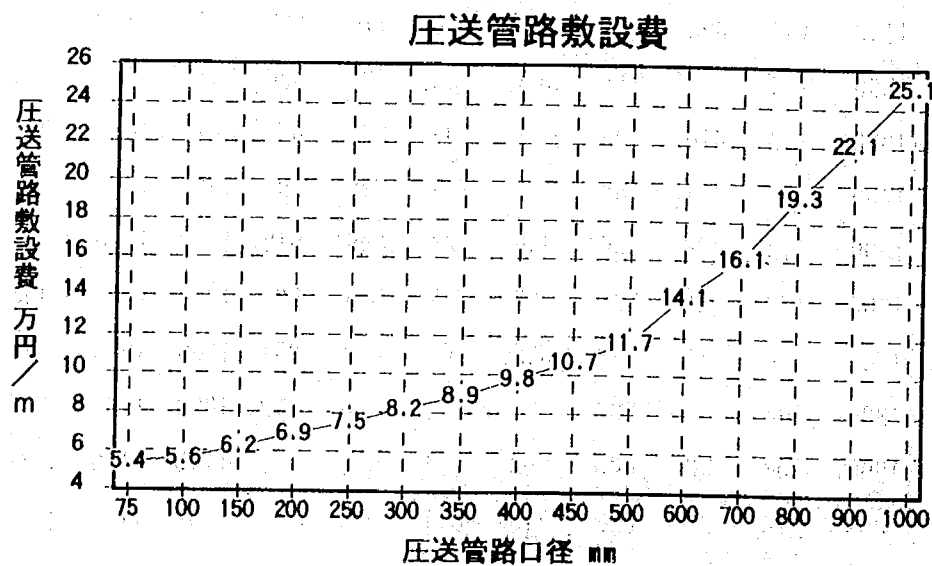


図1-13 圧送管路敷設単価

1.2.3 代替案の作成

圧送方式での代替案検討が必要であると判断された場合は、自然流下方式の管路施設計画案をもとに圧送方式による管路施設代替案を作成する。

(1) 代替案の作成手順

圧送方式による代替案の作成手順を図1-14に示す。

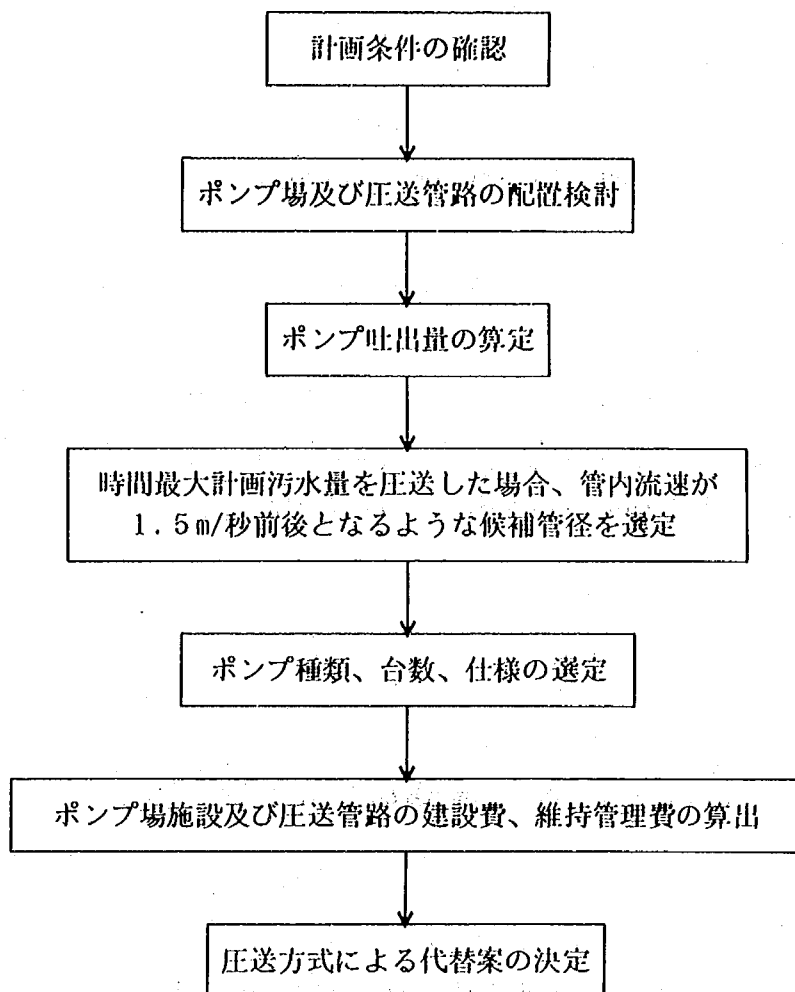


図1-14 圧送方式による代替案作成手順

(2) 代替案作成上の留意事項

① ポンプ場施設

ポンプ場施設の位置、能力、設備内容等の決定に際しては、経済性を重視するとともに、段階施工による初期投資軽減を図ることが望ましい。

また、ポンプ場形式は、処理区域面積や計画水量等の規模に応じて、標準形式、簡易形式、マンホール形式の何れかを選定するものとする。マンホール形式のポンプ場は、計画時間最大汚水量が $3\text{m}^3/\text{分}$ 以下で採用され、それより大きくなると簡易形式、標準形式が用いられる。（第4章を参照）

最近では、用地取得の困難さと小規模な下水道システムの増加及びポンプの信頼性向上等に伴い安価なマンホール形式ポンプ場の採用が増えている。

②管路施設

圧送方式を採用する最も大きい効果は、勾配にとらわれず地形の起伏に応じて管路を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木費用の削減を図ることが可能となる。

したがって、圧送管路はできるだけ浅く埋設し、また、路線及び敷設位置は、ポンプ場施設の計画を含め経済的なものとすることが重要である。

さらに、供用開始後の人口増加が確実と思われる場合や建設が2期以上に分かれて段階施工される場合等は、2条配管とすることでより初期投資効率のいい施設建設が可能であると考えられる。配管の2条化により、事業効果を早期に発揮させ、また、供用開始直後の小流量対策、事故等の不測の事態への対応、維持管理性の向上等が可能となる。

実態調査においても、重要幹線を2条配管としている都市が2割程度あり、管路の複線化は今後の圧送管路計画において一般的なものとなると思われる。図1-15に2条配管のバイパス部の配管例を、図1-16に幹線の段階的整備の概念図を示す。なお、段階施工により最終計画で2条配管となる場合、初期の段階では単独配管となるのが普通であるが、通水したまま図1-15に示す連絡管を設置する方法も「不断水分岐工法」として実用化している。(第2章参照)

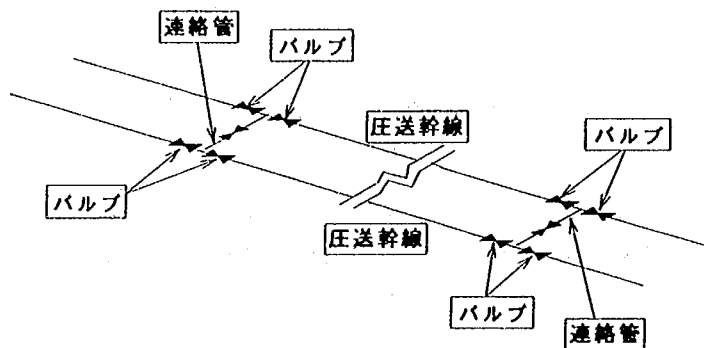


図1-15 2条並列配管のバイパス部配管例

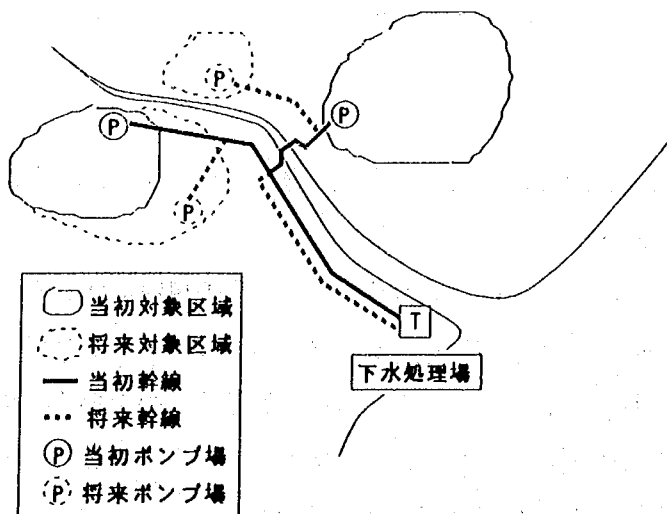


図1-16 幹線の段階的整備概念図

(3) 検討内容

- ①計画条件の確認：整備対象となる区域の地形条件（地表勾配、起伏、道路、河川、水路、鉄道等）、集落形態（人口規模、家屋密度等）、道路状況等の特性を再整理し、計画条件の確認を行う。
- ②ポンプ場及び圧送管路の配置案の検討：対象区域の位置図、地形図等からポンプ場及び圧送管路の配置案を複数選定し、各案の長所、短所を比較検討する。検討には圧送管路部分だけでなく、ポンプ場までの自然流下管路も含んだ検討とする必要がある。
- ③ポンプ吐出量の算定：ポンプ場及び圧送管路の配置案に従って、ポンプ吐出量（計画時間最大汚水量）を算定する。
- ④候補管径の選定：ポンプ吐出量に対して、流速が1.5 m/秒前後となるような管口径を複数選定する。また、各口径での管路の摩擦損失水頭を計算する。
- ⑤ポンプ機種、台数、仕様の選定：④の各案でのポンプ吐出量、ポンプ全揚程から、ポンプの機種、台数、仕様を決定する。また、必要なポンプ場設備を選定する。
- ⑥建設費、維持管理費の算出：各検討案でのポンプ場施設、圧送管路の建設費、維持管理費を概略積算し、各案の比較表をまとめる。
- ⑦代替案の決定：以上の検討から、圧送方式による管路施設計画の代替案を決定する。代替案は、ポンプ場数1カ所案や2カ所案等、複数の案となると思われる。

1.2.4 代替案の比較

(1) 代替案の比較手順

管路施設計画における代替案の比較は、図1-17に示す手順により行う。

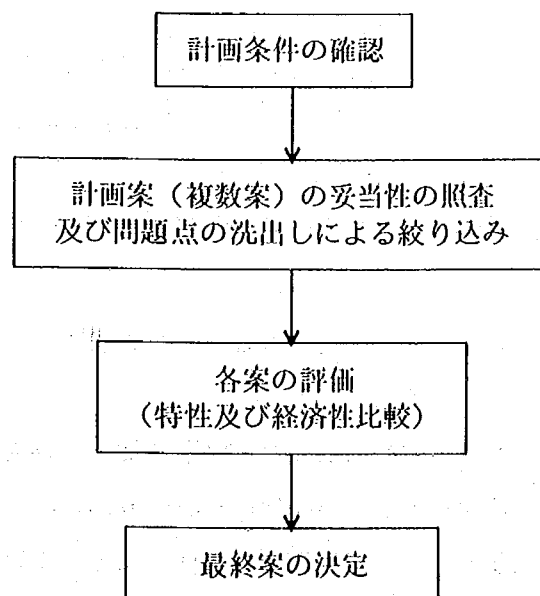


図1-17 代替案の比較手順

(2) 代替案の評価項目

図1-17に示すの手順のうち、「各案の評価」での特性及び経済性比較結果の評価項目は以下のものとなる。

①特性比較

- ・安全性、信頼性の比較
- ・維持管理性の比較
- ・施工性（施工の難易度、施工による周辺影響）の比較
- ・整備効率、建設工期の比較

②経済性比較

- ・年価による比較

（場合によっては、建設費、維持管理費、建設費＋維持管理費等による比較）

(3) 代替案の評価手法

代替案評価において最も重要なことは、評価対象の管路施設整備に要求される項目が何であるかを的確に把握することである。例えば、早期供用が強く要求されている場合には建設工期や整備効率が最も重要な評価項目となるであろうし、また、道路が狭い等の施工上の制限がある場合は施工性が最も重要な評価項目となると考えられる。

また、代替案の経済性評価においては、より詳細な費用積算を行い、ポンプ場及び管路の建設費及びその維持管理費を算出して、年価による費用比較を実施する必要がある。維持管理費として見込む費用としては、ポンプ場の運転費（人件費、電力料金、水道料金等）やポンプ場・管路の点検補修費等である。

なお、年価による比較は施設の耐用年数を考慮できるため最も合理的であり、費用比較として年価を用いることが望ましい。

しかしながら、事業主体の価値判断は実に様々である。例えば、年価は高いが維持管理費が安い案に価値を置く事業主体もあれば、逆に、年価は高くても建設費が廉価で早期整備が可能な案に価値を置く事業主体もある。

したがって、費用比較の場合には、年価に加え、必要に応じて建設費、維持管理費等も表示し総合的に判断する。

年価の算定には利子率を考慮して行う必要があるが、現実問題として利子率をどのような値を用いて試算するか議論となるところである。

複数の代替案を比較検討する際、主観に依存する要素を加えて評価するケースが多い。このようなケースでは、判断を合理化する手法として Analytic Hierarchy Process法（AHP法）等が提案されている。AHP法は複数の判断基準を一对比較し、全体として合理的な重みづけができるよう開発された手法である。

参考資料「AHP事例集」 刀根薫他 日科技連出版社

「ゲーム感覚意志決定法」 刀根薫 日科技連出版社

(4) 代替案の比較例

圧送方式による管路施設計画の代替案比較例として、前出の計画事例の中から2例を紹介する。

①いわき市／いわきニュータウンポンプ場の比較事例

丘陵地での污水管きょ計画において、自然流下方式及び圧送方式2案での合計3案の代替案比較（特性比較及び経済性比較）を実施している。

表1-12 代替案比較結果

項 目	自然流下の場合	中継ポンプ場を設置した場合	
		1カ所案	2カ所案
施 工 性	×	△	○
工 事 費	×	×	○
維持管理費	×	×	○
総 合	×	△	○

表1-13 圧送案同士の経済比較結果 （単位 千円）

	1カ所案	2カ所案	
		第1中継ポンプ場	第2中継ポンプ場
土木建築工事	21,000	21,000	6,600
機械設備工事	12,600	9,900	3,200
電気設備工事	28,000	26,200	23,500
小 計	61,600	57,100	33,300
管きょ工事（増加）	439,310	---	---
合 計	500,910	90,400	
維持管理費（年）	3,100	2,140	850
		2,990	

以上の検討より、ニュータウン区域内の污水排水計画において、2カ所の中継ポンプ場を設置する案を採用することとしている。

②網走市／北浜地区下水道整備計画

海岸段丘に位置する処理区整備において、(a)自然流下案 (b)ポンプ揚水案 (c)ポンプ圧送案の3案の代替案比較検討を実施している。

《建設費比較》

(a)自然流下案

φ250VU 開削(鋼矢板) H= 5m	390m×	170千円/m =	66,300千円
φ250HP 推進(小口径) H=16m	1510m×	350千円/m =	528,500千円
計			594,800千円

(b)ポンプ揚水案

φ250VU 開削(鋼矢板) H= 5m	390m×	170千円/m =	66,300千円
φ250VU 開削(建込簡易)H= 4m	1510m×	110千円/m =	166,100千円
マンホールポンプ所(揚水)	4カ所×	7,000千円/所=	28,000千円
計			260,400千円

(c)ポンプ圧送案

φ150DIP開削(木矢板) H=2.5m	1900m×	35千円/m =	66,500千円
マンホールポンプ所(圧送)	1カ所×	10,000千円/所=	10,000千円
計			76,500千円

《維持管理費比較》

維持管理費は30年間を対象として計上する。

(a)自然流下案

維持管理費はなし。

(b)ポンプ揚水案

電気料金

契約電力 1.5KW×1,170円/KW×12月×4カ所	=	84,260円/年
使用電力 1.5KW×12時間×14.52円/KW×365日×4カ所	=	381,568円/年
(84,260+381,568) × 30年	=	13,970,000円
機械電気設備更新費用 6,000,000円×4カ所	=	24,000,000円
(耐用年数を15年とする。)	計	37,970,000円/30年

(c)ポンプ圧送案

契約電力 7.5KW×1,170円/KW×12月×1カ所	=	105,300円/年
使用電力 7.5KW×12時間×14.52円/KW×365日×1カ所	=	476,982円/年
(105,300+476,982) × 30年	=	17,470,000円
機械電気設備更新費用 8,000,000円×1カ所	=	8,000,000円
(耐用年数を15年とする。)	計	25,470,000円/30年

表1-14 経済性比較結果 (単位：千円)

比較案	建設費	維持管理費	計
(a) 自然流下案	594,800	0	594,800
(b) ポンプ揚水案	260,400	37,970	298,370
(c) ポンプ圧送案	76,500	25,470	101,970

以上の検討より、経済性に優れる(c)ポンプ圧送案を採用している。

参考として、代替案比較検討の実施や比較項目に関する実態調査結果を以下に示す。

①管路施設計画時の代替案比較検討の実施(15都市データ)

表1-15 代替案比較検討実施の有無

項目	都市数	比率%
行っている	6	40
行う場合と行わない場合がある	4	27
行っていない	5	33

②費用比較を行わない理由(複数回答)

- ・技術的に代替案が成立しない。(地形高低差が大きい、長スパンの河川横断がある、下流施設が既設である、等)
- ・明らかに圧送が有利である。
- ・道路幅員が狭く、施工による周辺影響を極力小さくしたい。
- ・地元からの要請強く、早期水洗化が必要である。
- ・暫定仮設管きょとして、圧送を採用する。
- ・雨水ポンプ場に併設する。

③費用比較を行う場合の比較項目(10都市データ)

表1-16 費用比較項目

項目	都市数	比率%
建設費のみ	1	10
建設費+維持管理費(電気代のみ)	4	40
建設費+維持管理費(電気代、清掃・補修費)	5	50
建設費+維持管理費+その他の費用・効果	0	0
その他	0	0

④費用比較結果の重視度（10都市データ）

表1-17 費用比較結果重視度

項 目	都市数	比率%
結果のみで判断	1	10
結果は重視するが、他も勘案	6	60
結果は参考程度	3	30
その他	0	0

⑤金額として算定できない費用や効果（複数回答）

- ・施工の難易度 ・施工による周辺影響、交通障害 ・早期供用要請 ・不公平感
- ・他の地下埋設物 ・分流汚水の伏越しを作らない ・早期整備
- ・ポンプ信頼性 ・故障対策、非常時対応体制 ・維持管理性 ・将来の接続可能性
- ・下水腐敗 ・ポンプ場用地 ・ウォーターハンマー対策

また、圧送管路施設の維持管理費に関する実態調査結果を以下に示す。

①ポンプ場維持管理費（15都市データ）

ポンプ場維持管理費の合計は、379カ所の圧送ポンプ場で23.5億円、1カ所当たり620万円となった。

ポンプ場の種類別では、維持管理方法やポンプ場規模によるが、標準形式の合流ポンプ場でおよそ3000万円/年、マンホール形式の分流汚水ポンプ場でおよそ100万円/年、簡易形式ポンプ場ではその中間程度の維持管理費が必要となっている。

費目別では、運転費（68%）、補修費（22%）、点検費（9%）、その他（1%）の割合となった。

また、各都市の主要圧送ポンプ場におけるポンプ能力（流量、揚程）と年間維持管理費の調査から、分流式汚水の圧送では、単位計画流量(m^3/min)・単位ポンプ揚程(m)当たり平均約5万円の年間維持管理費となることがわかった。

②圧送管路維持管理費（15都市データ）

圧送管路の維持管理費は、大半の都市で0となった。

維持管理費として計上された費目は、定期点検がほとんど実施されていないことから、突発的な漏水等に対する補修費が9割以上となった。

1.2.5 維持管理手法

管路施設の維持管理は、ポンプ場設備が主体であり、運転管理と定期点検による機能維持・保守が重要である。

運転管理、定期点検とも、ポンプ設備の規模、制御方式等に応じた維持管理体制の確立が第一であり、過去の事故履歴等から十分な対応がとれる体制作りは肝要である。

運転、管理、点検等の方法は、詳細事項を網羅したマニュアル等の形で明確化、ルール化し、運用する必要がある。

参考として、圧送施設の点検に関する実態調査結果を以下に示す。

①ポンプ場点検頻度（15都市データ）

標準・簡易形式ポンプ場の点検頻度はほぼ毎日（1回／日）、マンホール形式ポンプ場では3回／月程度となっている。

②ポンプ場点検方法、項目（複数回答）

点検方法

ポンプ場の規模に応じて、毎日～年1回といった定期的な点検を地方公共団体職員または維持管理会社等への委託にて実施している。また、毎日または毎週等の日常点検とは別に、月例点検、3カ月点検、6カ月点検、年次点検等の精密点検を実施している。

点検項目

日常点検は、主に、目視による異常確認、計器の確認、清掃及び油脂類の供給等である。日常点検項目として、

- ・ 目視による異常確認；水位、騒音・振動、臭気、発熱、スカム発生状況等
- ・ 計器の確認；圧力、流量、運転時間・回数、電流、回転数、使用電力量、水道使用量等
- ・ 清掃及び油脂類補給；水位計水洗、ポンプ井水洗、場内清掃・除草、場内設備の油脂類供給等

精密点検は、主に、自家発電設備の保守運転、電気設備の点検・清掃、機械設備の騒音・振動・温度測定、機器の絶縁抵抗測定、消防設備点検、沈砂池・ポンプ井の内部点検、地下燃料タンク点検、接地抵抗測定、水質測定、異常通報装置点検等を実施している。

③圧送管路点検頻度（15都市データ）

圧送管路の定期点検は、大半の都市では実施されていない。点検頻度は、定期点検無し：12都市、2回／年：1都市、4回／年：1都市、6回／年：1都市となっている。

④圧送管路点検方法及び項目（複数回答）

圧送管路の点検方法及び点検項目は、下記程度である。

- ・ 目視確認：路線地上の漏水等の異常確認、吐出部マンホールでの吐出状況確認、ポンプ場内配管の異常確認
- ・ ポンプ吐出量記録の確認

第2章 幹線圧送のための技術

幹線圧送による下水輸送システムは、全国の地方公共団体において広く採用されているが、いくつかの問題点も存在している。

これらの問題点に対して、圧送管路施設の運用、維持管理のための新しい技術開発が様々な方法で進められており、特に、圧送幹線への途中流入を可能にする「多重圧送システム」、管きょ施設の腐食劣化対策である「硫化水素の生成抑制」及び小規模下水道のための「小規模な圧送方式」の研究開発が行われている。

以下にその概要を紹介する。

2.1 多重圧送システム

多重圧送システムとは、1つの圧送管に複数のポンプ場から下水を圧入するシステムであり、圧送幹線途中での流入・合流が自由であるため、管路建設費の廉価な圧送管路の適用距離を拡大でき、経済的な下水幹線を構築できる。

従来圧送方式と多重圧送方式の特性の違いを表2-1に示す。

多重圧送システムの設計では、圧送幹線途中の注入点（図2-1の①点）における幹線側及び枝線側の圧力（動水圧）を同等とする必要があり、幹線側及び枝線側のポンプは両者が同時に運転しても計画流量を送れるような揚程を持ったポンプを選定する。

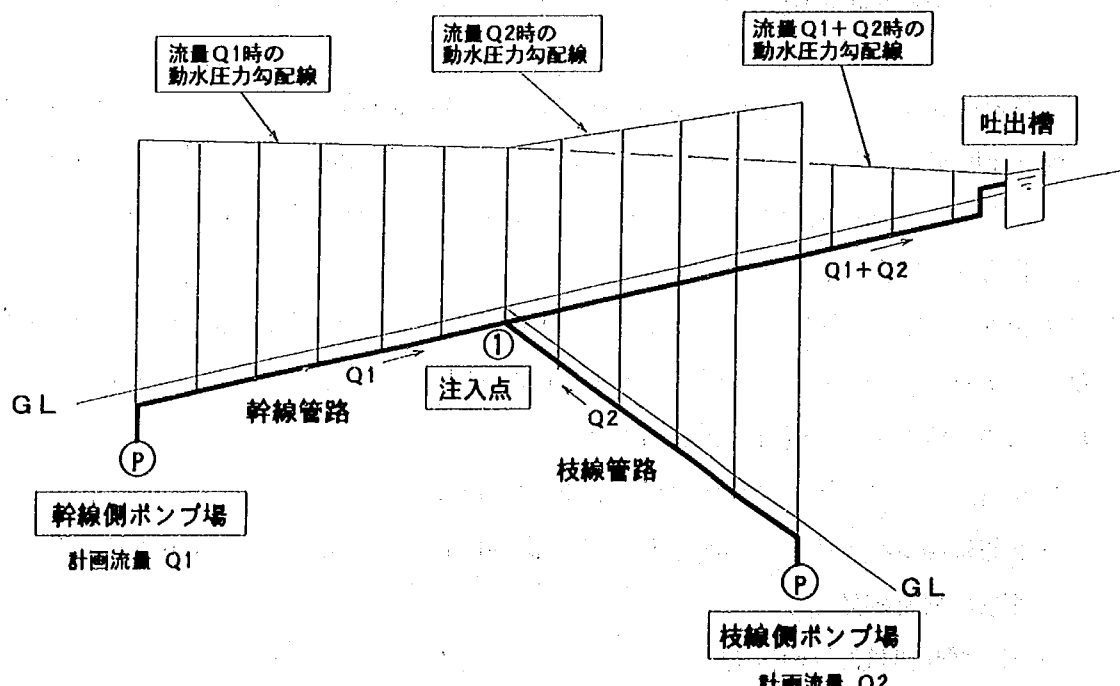
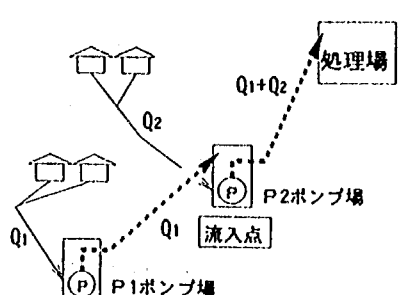
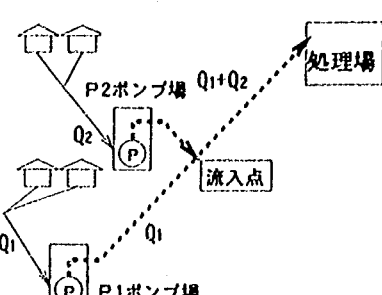


図2-1 多重圧送の概念図

表2-1 従来圧送方式と多重圧送方式の違い

	従来圧送方式	多重圧送方式
1. 概要	 圧送幹線の途中でも、流入があれば一旦マンホールに吐出し、流入下水を取り込んだ上で、再度ポンプにより圧送する。それぞれのポンプは、流入水量を加算した吐出能力のものを採用する。	 圧送幹線途中に流入がある場合、流入点に流量分の吐出能力を持ったポンプを設置し、圧送幹線に圧入する方式である。流入水量に対応した吐出能力のポンプとなるが、ポンプ揚程は大きくなる。
2. 特徴		
①ポンプ場の規模	大（揚水量大） P2ポンプ場計画流量 $Q_1 + Q_2$	小（揚水量小） P2ポンプ場計画流量 Q_2
②揚程	相対的に小さい	相対的に大きい
③運転制御	各ポンプ場単独の運転となるため、水位、吐出量等によるポンプの運転制御が容易である。	他ポンプ場のポンプ運転状況に影響されるため、ポンプ場数が多くなると制御は困難である。
④信頼性	1カ所のポンプ場の故障により、システム全体の送水が不可能となり、機能停止を余儀なくされる。	1カ所のポンプ場の故障は、システム全体には影響しないため、全体の機能停止は回避される。
⑤事業効果	幹線及びポンプ場が全て整備されないと供用開始は不可能であり、段階的な整備には対応できない。	幹線は整備する必要があるが、ポンプ場は事業着手の時期に合わせて整備可能であり、先行投資を軽減できる。
⑥維持管理	ほぼ同等程度と考えられる。	
⑦施工性	ほぼ同等程度と考えられる。	
⑧経済性	対象地域の物理的、社会的条件によるが、一般論としてはほぼ同等程度と考えられる。	
3. まとめ	両者の大きな違いは、事業効果における段階的な供用、整備が可能かどうかであると考えられる。ただし、多重圧送方式の検討においては、ポンプの運転制御を含めた十分な考慮が必要である。	

このシステムは、富山県、東京都、秋田県、山梨県、愛媛県、佐賀県等で供用・計画されており、今後の下水幹線の経済的な建設に有用であると考えられる。

一例として、富山県滑川市の供用中の多重圧送システムを紹介する。

滑川市では、効率的な下水道整備のために、多重圧送方式による下水輸送システムを採用している。滑川市においては、処理場に接続される最下流の送水幹線が長距離であり、かつ、途中流入が1カ所であるといった条件から、建設費用の面で有利な多重圧送システムを採用している。この例は、多重圧送としては途中流入が1カ所という単純なものであり、考え方等が理解しやすいと思われる。

このシステムは、平成3年3月に供用を開始し、現在までのところ特筆すべき問題は発生していない。

(1) 下水道計画の概要

滑川市は、公共下水道計画を3期に分け、現在第1期の施設が稼働中である。

表2-2 滑川市の下水道計画概要

区 分		全体計画	第1期計画 (H. 2. 3. 22)
計画処理区域面積		617 ha	130 ha
計画処理人口		29,300 人	6,600 人
計画処理水量	日 平 均	18,600 m ³ /日	2,300 m ³ /日
	日 最 大	24,300 m ³ /日	3,000 m ³ /日
	時間最大	39,400 m ³ /日	4,800 m ³ /日
排 除 方 式		分 流 式	
処理方法	汚 水	オキシデーションディッチ法	
	汚 泥	濃縮→脱水→ 緑農地還元	濃縮→脱水→埋立
計 画 流 入 水 質		BOD=170mg/l SS=160mg/l COD=85mg/l	
計 画 放 流 水 質		BOD= 17mg/l SS= 24mg/l COD=20mg/l	
放 流 先		富 山 湾	

(2) 管路施設の概要

①圧送管 口径φ450×延長2,550m×1条（全体計画では2条）ダクタイル鋳鉄管

②システム概要

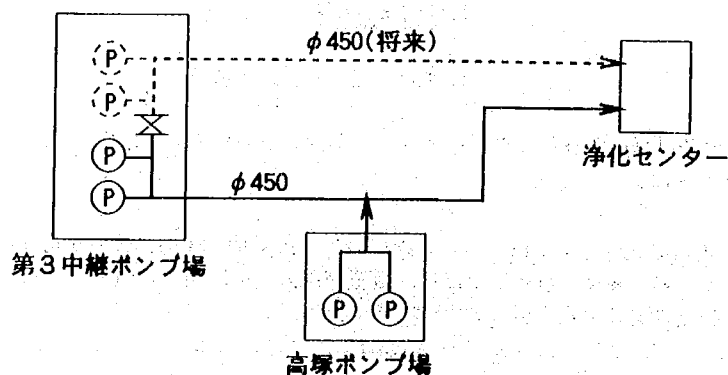


図2-2 多重圧送のフローシート

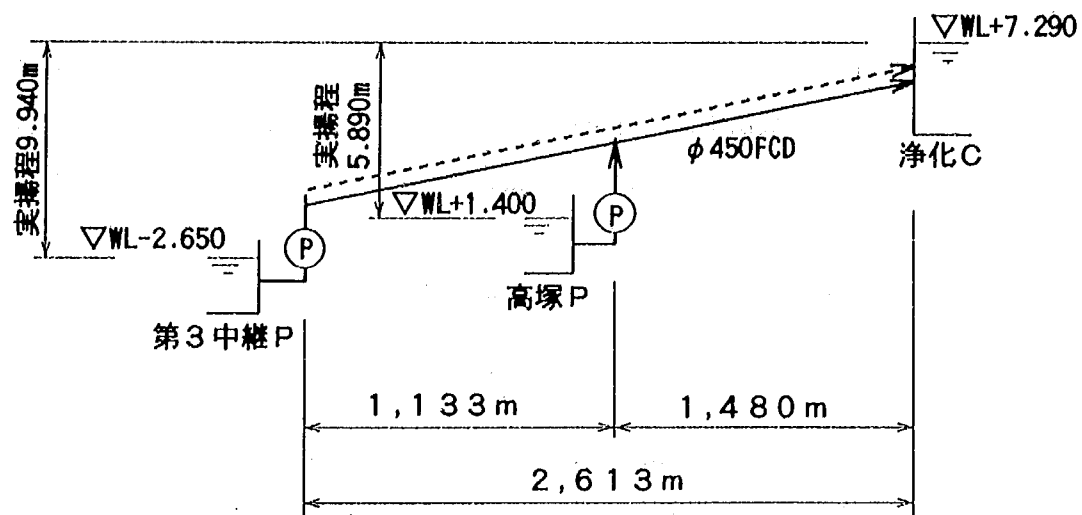


図2-3 揚程概要図

③施設位置図

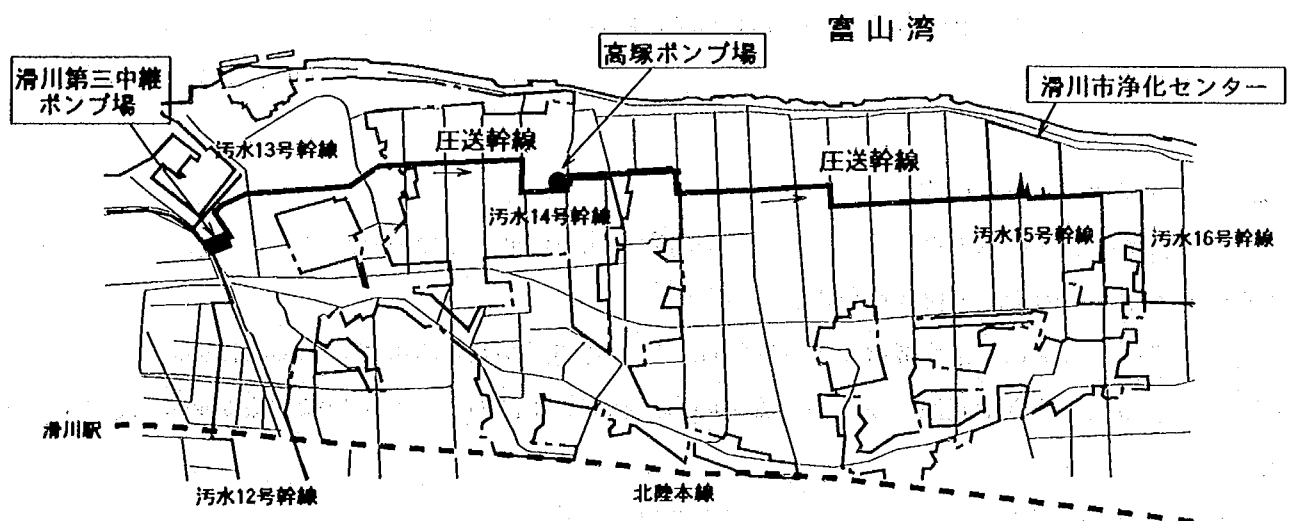


図2-4 圧送施設位置図

(3)運転状況

①第3中継ポンプ場

1日当り送水量 : 837 m³/日
 1回当り送水量 : 45 m³/回
 1日当り運転時間 : 4.65時間

②高塚ポンプ場

1日当り送水量 : 101 m³/日
 1回当り送水量 : 16 m³/回
 1日当り運転時間 : 1.58時間

③送水管のフラッシング

ポンプ井を満水にして送水ポンプのフル運転によるフラッシングを2ヶ月に1回の周期で実施している。フラッシングの使用水量は1320m³、管内流速は1m/sとし、実施効果は排出水のSS及びCOD測定により確認している。(SS:通常142mg/l→フラッシング時547mg/l, COD:通常86mg/l→フラッシング時165mg/l)

④流入水量が計画をかなり下回っており、ポンプは間欠運転の間隔が大きい。

参考文献

「多重圧送システムを解説する」 亀田 (月刊下水道Vol. 13 No. 9)

「秋田湾雄物川流域下水道横手処理区の多重圧送システム」 沼田 (月刊下水道Vol. 13 No. 9)

「東京都臨海副都心 未来都市下水道モデル事業の多重圧送システム」 横山

(月刊下水道Vol. 13 No. 9)

「滑川市における多重圧送システム」 酒井 (月刊下水道Vol. 13 No. 9)

「富山市における小規模な多重圧送システム」 辻 (月刊下水道Vol. 13 No. 9)

「尾道市における汚水の多重圧送にダクタイル鉄管を使用した事例について」 迫田

(II. 4 ダクタイル鉄管)

2.2 硫化水素の生成抑制対策

下水道管路における硫化水素発生は、臭気や腐食劣化を促進する要因となり、その発生抑制および腐食劣化対策が種々の手法で研究開発されつつある。

管路施設による硫化水素生成は、嫌気性条件下に長時間置かれた汚水において特に顕著であり、ビルピット排水の流入地点や長距離圧送の下流側の自然流下管路においては十分な対策が必要であると言われている。

硫化水素対策の基本としては、下記のものが挙げられる。

- ①下水の嫌気化を防止する。
- ②硫酸塩還元菌の活動を抑制する。
- ③堆積物を排除して、硫酸塩還元菌の生息場所を少なくする。
- ④発生した硫化水素を排除して、硫化水素による実害を無くする。
- ⑤防食性材料を使用して、腐食劣化を受ける面にコーティングやライニングを行う。

具体的には、図2-5に示すような各種の対策手法がある。

これらの対策のうち、圧送管路側の対策としては、

- ①ポンプ場内に空気注入設備を設置する。
- ②ポンプ場ポンプ井に塩化第二鉄等の薬品注入設備を設置する。
- ③ポンプ場に管路清掃用のピグ洗管設備を設置する。

等による硫化物の生成を抑制する手法が考えられ、いくつかの実験的研究が実施されている。

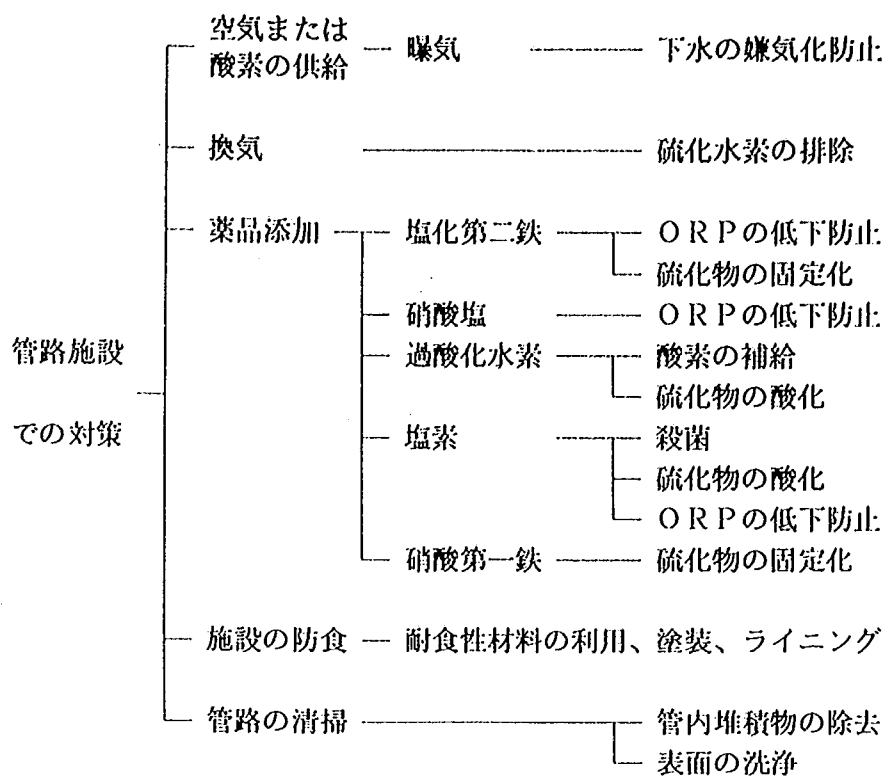


図2-5 管路施設による硫化物の制御

2.2.1 空気注入システムの実施例

神戸市では、六甲山背後の内陸部に立地する住宅・産業団地の下水送水幹線に圧送方式を採用し、管きょ施設の腐食劣化原因となる硫化水素生成の抑制のために空気注入システムを採用している。

圧送管路施設は平成2年より供用しているが、現在までの間、種々の調査を実施し、空気注入による硫化水素生成抑制効果を確認している。

①システムの概要

管路施設の概要図及びポンプ場での汚水と空気のフローを図2-6、図2-7に示す。

なお、圧送管路は維持管理を考慮し2条管となっており、 $\phi 350$ ダクタイル鋳鉄管で、延長3433mである。管路は空気注入に伴うエアポケットの発生を避けるため、全線上り勾配となっている。これは、エアポケットの発生に伴う管路閉塞を防止し、また、下り勾配での空気と汚水の混合流体の圧力損失増大による送水量低下を防ぐためのものである。

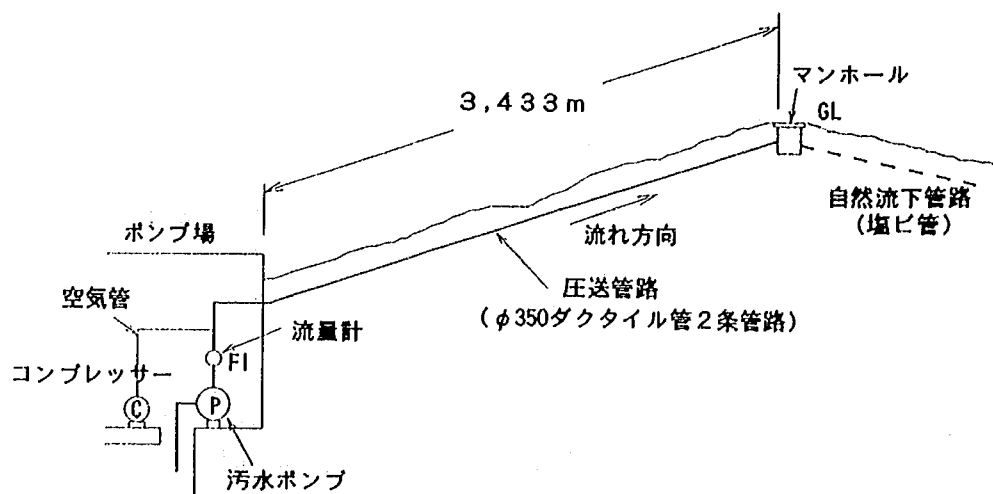


図2-6 圧送幹線概要図

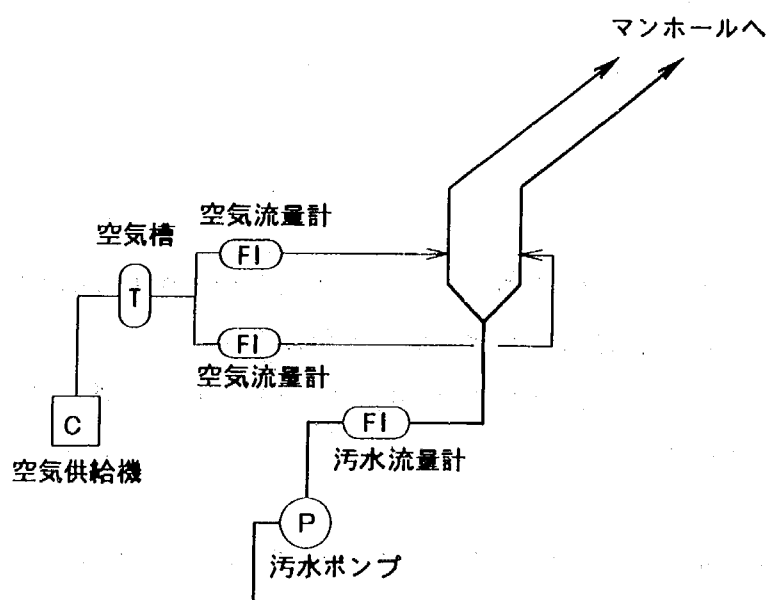


図2-7 ポンプ場での汚水と空気のフロー

②硫化水素生成の抑制効果

空気注入による硫化水素生成の抑制効果の例として、圧送管路終点のマンホール内硫化水素濃度の測定を実施している（図2-8参照）。

空気注入を実施した場合3ppm以下であった硫化水素濃度は、空気注入を停止した場合に100ppm以上の濃度となっている。

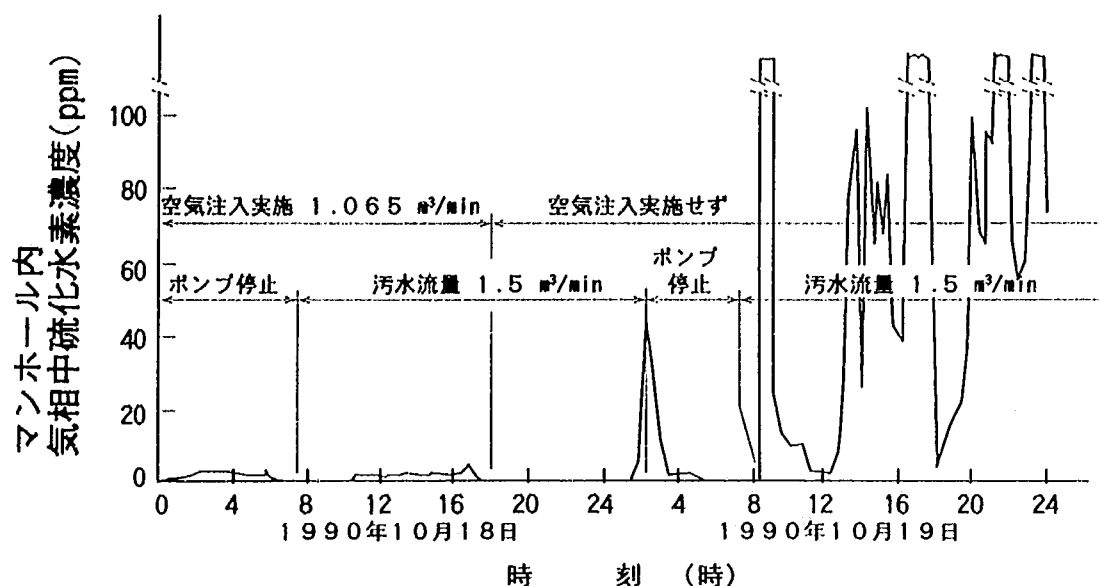


図2-8 圧送管路終点のマンホール内硫化水素濃度の例
(「圧送管渠への空気注入による硫化水素対策」竹中より引用)

③硫化水素生成有無の判断指標

下水中の溶存酸素量及び下水の酸化還元電位が硫化水素発生量を大きく左右する指標となっており、硫化水素生成抑制には、圧送管路終点で溶存酸素量が 1mg/l 以上、酸化還元電位が -100mV 以上とする必要があることを確認している。

本報告により、空気注入システムの有用性は確認されたわけであるが、今後は種々の勾配・形状の管路への適用性の確認が必要となると考えられる。

(参考文献)

圧力管渠への空気注入による硫化水素対策 竹中

第3回 MWRDGC/JSWA 技術交流ワークショップ講演集 p.83-101

下水管路施設の耐久性の向上と再生・更新に関する調査-平成3年度調査-

建設省都市局下水道部 日本下水道事業団

EPA Design Manual:Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants, EPA/625/1-85/018, October 1985

2.2.2 塩化第二鉄注入システムの実施例

硫化水素生成抑制の他のアプローチとして、日本下水道事業団では千葉県で塩化第二鉄注入システムによる抑制方法の開発調査を行い、良好な結果を得ている。

①システムの概要

このシステムは千葉県印旛沼流域下水道で採用されており、圧送管の口径は $\phi 900$ 、延長3260m、使用管材は強化プラスチック複合管（FRPM管）、鋳鉄管及び鋼管の3種類である。また、汚水ポンプの能力は、 $32\text{m}^3/\text{分}$ である。

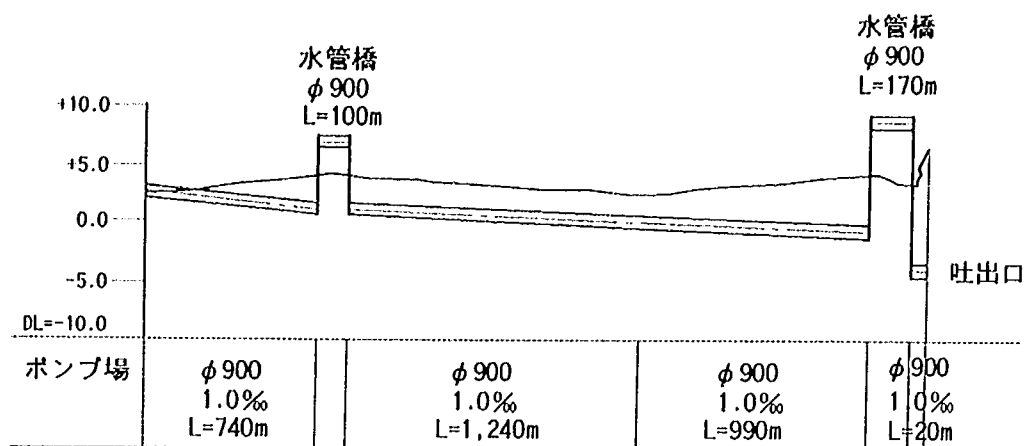


図2-9 圧送管路縦断面図

注入設備はポンプ場敷地内に設置され、塩化第二鉄薬液をポンプ井に注入している。注入量は、小型コンピュータを用いて水温、水量により自動制御されている。

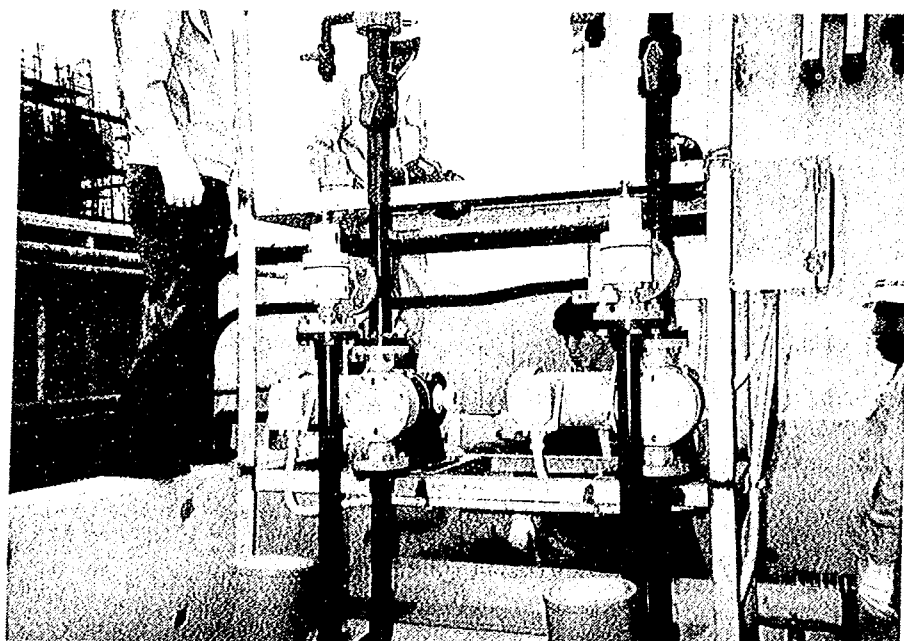


図2-10 注入ポンプ設備



図2-11 自動制御ユニット

②硫化水素発生抑制効果

塩化第二鉄注入による硫化水素生成の抑制効果は顕著に見られ、塩化第二鉄を80mg/L注入すると硫化水素発生をほぼゼロに抑えることが可能であると報告されている。ただし、この注入量は、化学量論的な理論値の16倍に相当するものである。

(参考文献)

圧送管への薬品注入による硫化物の制御 木下

第3回 MWRDGC/JSWA 技術交流ワークショップ講演集 p. 75-82

下水管路施設の耐久性の向上と再生・更新に関する調査-平成3年度調査-

建設省都市局下水道部 日本下水道事業団

EPA Design Manual:Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants, EPA/625/1-85/018, October 1985

2.3 下水道圧送管路クリーニングシステム

下水道圧送管路研究会では、下水圧送管路の通水障害となる管内堆積物や空気の除去のために「下水道圧送管路クリーニングシステム（PSPCシステム）」を提唱しており、その運転等に関する実態調査を実施している。

①システムの概要

下水道圧送管路クリーニングシステムは、pigと呼ばれる発泡樹脂製の砲弾型清掃器具を、ポンプ場のポンプ圧力を利用して管内走行させることにより、管内の堆積物、スライム、ガス、空気を排出させる洗管システムである。

清掃器具であるpigという名称の由来は、その形状が“豚(pig)”に似ているためとも言われている。米国で開発され、上水道分野の赤水（濁水）対策に用いられていたが、下水圧送の増加に伴い下水道分野での適用事例が増えつつある。

本システムの構成機器は、ポンプ場内に設置するpig発射装置、管路途中に設置するpig通過確認装置等からなり、発射装置の弁操作だけで洗管作業ができるため、圧送管路の簡便な維持管理を実現するものである。

〈特徴〉

- ・ pigの発射は、発射装置の弁操作により素早く行えるため、通水したままでクリーニングできる。
- ・ pigは水流とともに管内を走行するため、長距離管路を1度でクリーニング可能である。
- ・ クリーニングにより空気、ガス、堆積物を排出するため、空気弁や排泥施設の設置数を減少できる。
- ・ pigの発射及び走行には下水圧送ポンプを利用するため、別途動力源を用意する必要がない。
- ・ ポンプ運転と弁操作が主な作業であり、システム操作に特に難しい技術を必要としない。

なお、適用口径は $\phi 150 \sim \phi 600$ のダクタイル鋳鉄管である。

図2-12～図2-14にシステム概要図と機器の図・写真の例を示す。

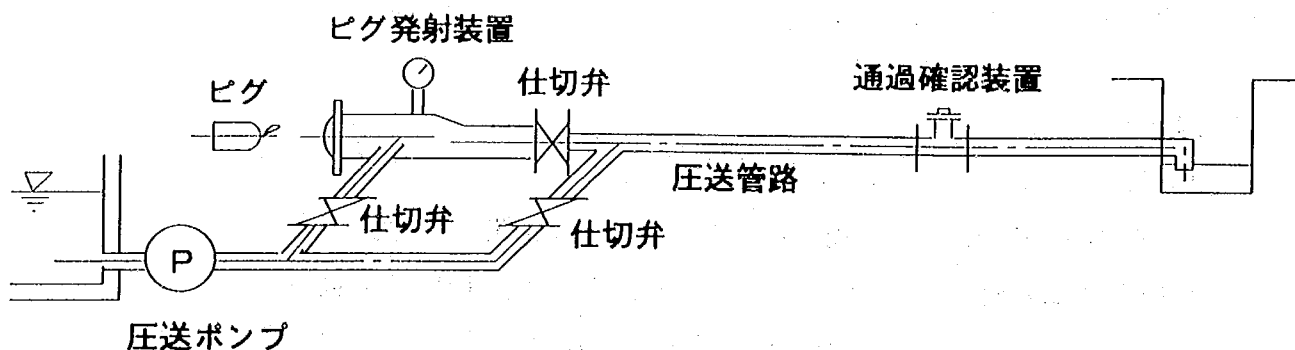
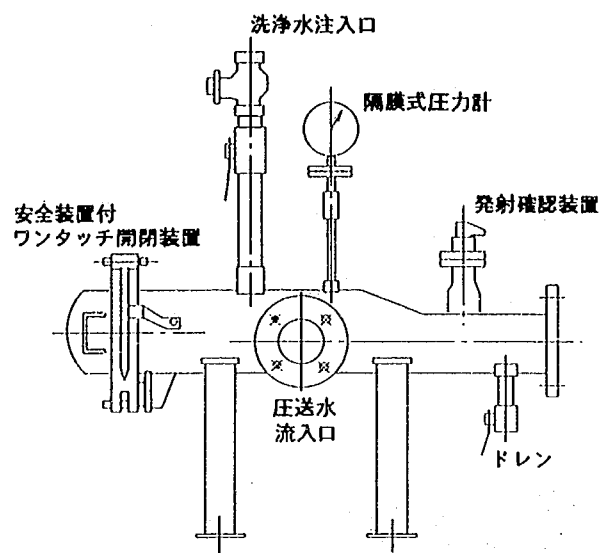
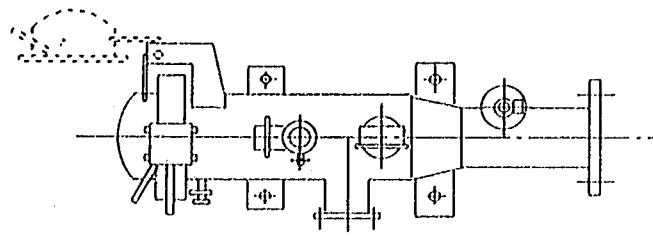
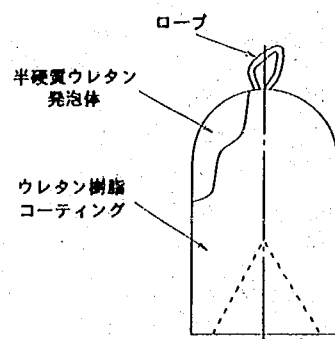


図2-12 下水道圧送管路クリーニングシステム概要図

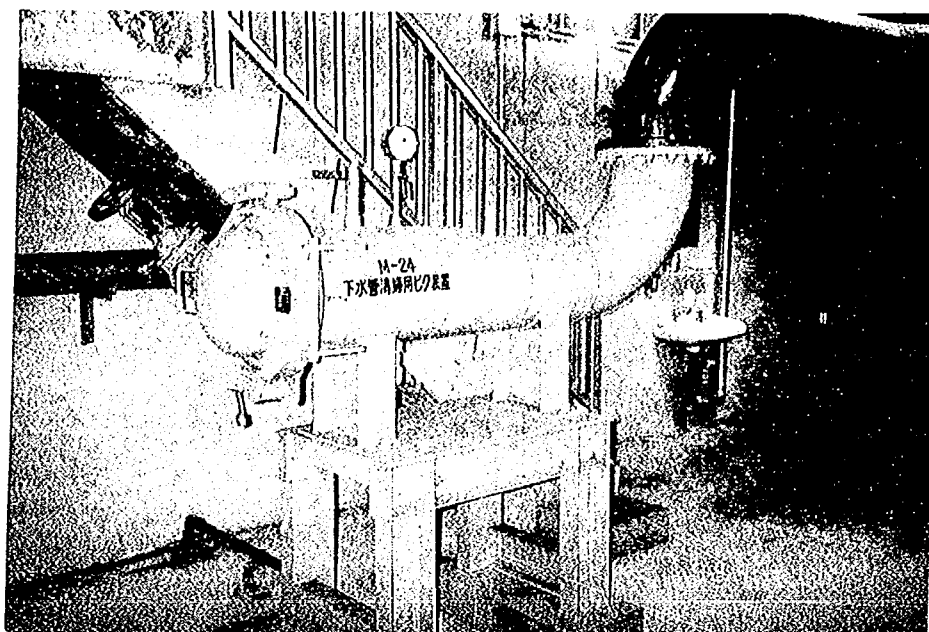


ビッグ発射装置



ビッグ

図2-13 下水道圧送管路クリーニングシステム機器図



ピグ発射装置
設置状況
(ポンプ場内)



管路クリーニング
後のピグ2種類
右：黄色、左：白色
が真黒になっている

図2-14 下水道圧送管路クリーニングシステム設置例
($\phi 300$ 圧送管路用)

②システムの設置実績

表2-3 システム設置実績

No	事業主体	場 所	管径×延長	管材質	設置年
1~8	豊田市下水道局	豊田自動車工場内	φ100~200 ×2km×8条	鋼管	'84. 10
9	大阪府南部流域 下水道事務所	大井処理場~ 今池処理場	φ350× 4km	ダクタ イル管	'84. 11
10	同 上	同 上	φ800× 4km	ダクタ イル管	'91. 5
11	香川県瀬戸大橋架橋 記念博覧会協会	香川県坂出市に移管	φ200× 2.5km	塩ビ管	'87. 6
12	同 上	同 上	φ150× 2.5km	塩ビ管	'87. 6
13	日本下水道事業団	高石送泥ポンプ場 ~ 汐見送泥ポンプ場	φ350× 4km	ダクタ イル管	'90. 3
14	同 上	汐見送泥ポンプ場 ~ 大阪南広域処理場	φ350× 2.1km	ダクタ イル管	'90. 3
15	同 上	磯の上送泥ポンプ場 ~ 大阪南広域処理場	φ200× 2.7km	ダクタ イル管	'90. 3
16	同 上	泉北送泥ポンプ場 ~ 高石送泥ポンプ場	φ200× 8km	ダクタ イル管	'90. 3
17	(株)中京テレビ リゾート企画	長野県白馬村	φ100× 2.5km	ダクタ イル管	'90. 10
18	同 上	同 上	φ100× 0.3km	ダクタ イル管	'90. 10
19	石川県河北郡 高松町下水道課	石川県河北郡高松町	φ350× 1.4km	ダクタ イル管	'90. 10
20	石川県河北郡 津幡町下水道課	石川県河北郡津幡町	φ350× 0.5km	ダクタ イル管	'91. 3
21	日本下水道事業団	滋賀県滋賀町琵琶湖 流域木戸ポンプ場	φ300× 1.7km	ダクタ イル管	'93. 1
22	石川県小松市 下水道課	石川県小松市御幸 汚水中継ポンプ場	φ350× 4km	ダクタ イル管	'93. 2
23	日本下水道事業団	石津送泥ポンプ場 ~ 高石送泥ポンプ場	φ300× 5.8km	ダクタ イル管	'93. 3
24	同 上	兵庫東下水汚泥 エースセンター	φ250× 0.1km	ダクタ イル管	'93. 1
25	関西国際空港(株)	関西新空港	φ300× 1.2km	ダクタ イル管	'93. 7
26	同 上	同 上	φ600× 1.6km	ダクタ イル管	'93. 7
27	日本下水道事業団	三宝送泥ポンプ場 ~ 石津送泥ポンプ場	φ200× 6.5km	ダクタ イル管	'93. 12

③ピグ洗管システムの稼働状況、課題に対するヒヤリング調査

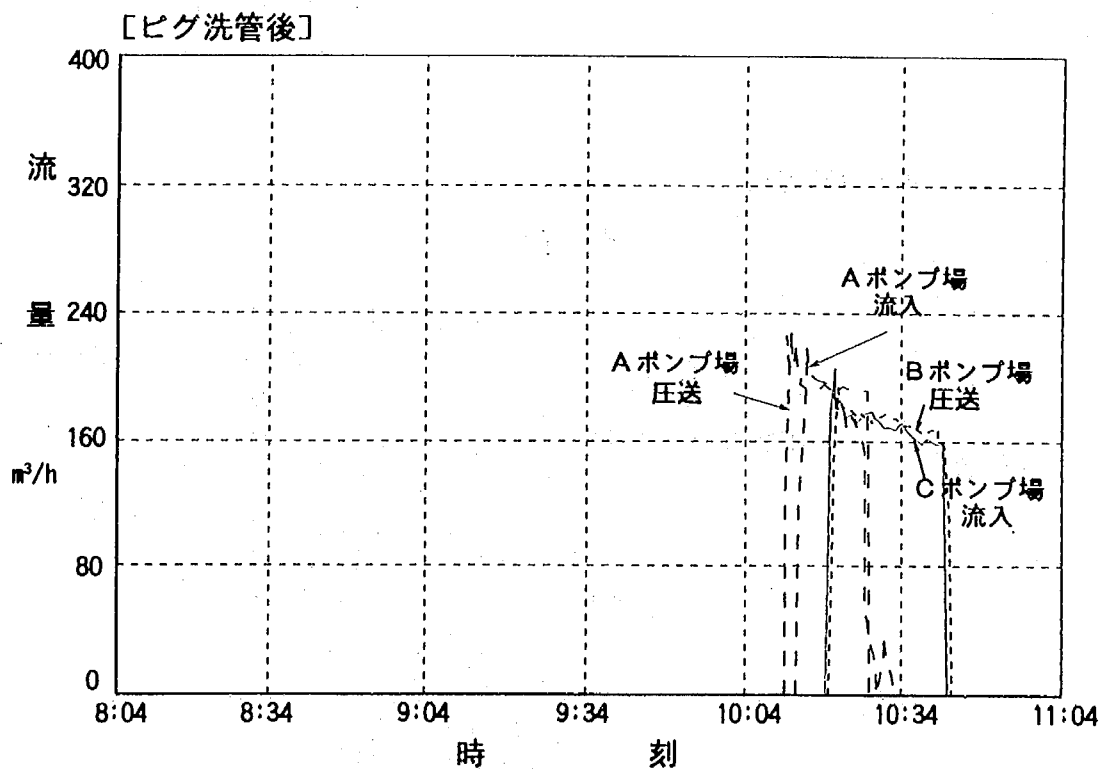
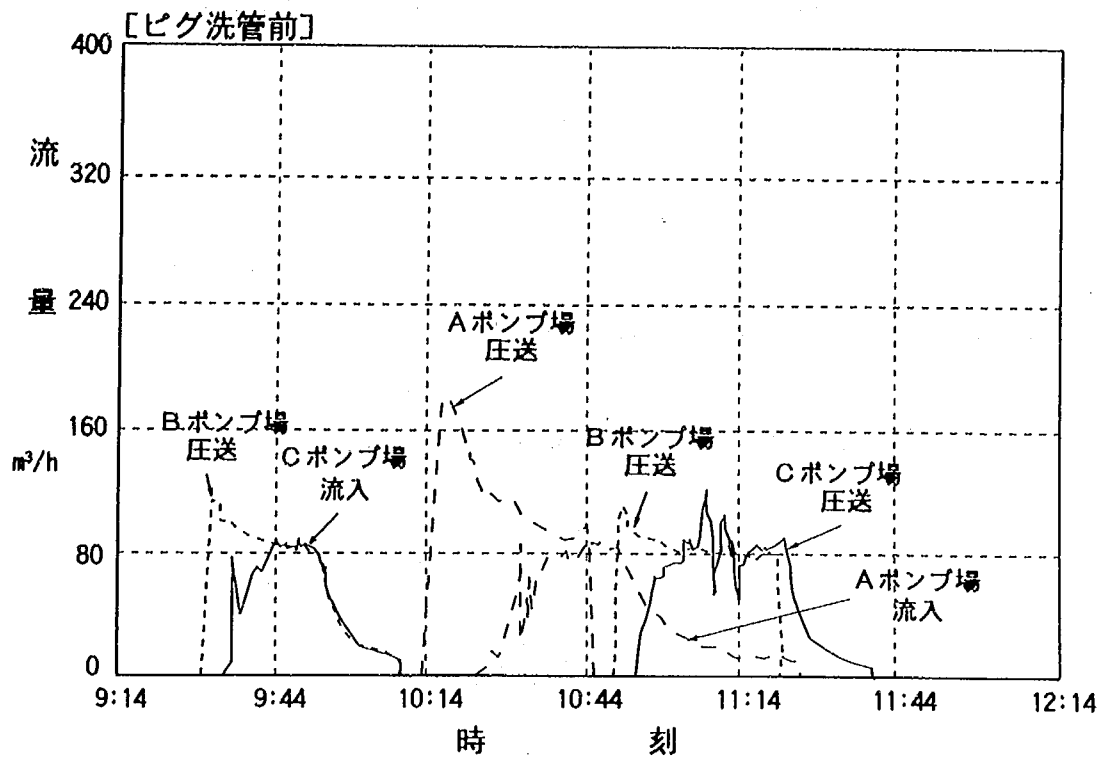
汚水及び汚泥の圧送を実施している4カ所の事業体（設置実績表のNo. 11～16, 19, 20, 23, 27）に対し、ピグ洗管システムの稼働状況・課題に関するヒヤリング調査を実施している。

調査結果の概要は下記であった。

- a. ピグ洗管は、ほぼ2回／年の頻度で実施している。
- b. ピグ洗管作業は、ポンプの定期点検と同時に業者委託にて実施しており、洗管作業での障害や問題はほとんどなかった。また、状況に応じてピグ通過確認装置の設置やピグ回収装置の工夫改良が行われていた。
- c. 洗管効果については、洗管前後のポンプ流量の比較により通水能力の回復を確認している事業体もあったが（図2-15参照）、大半の事業体では、洗管によりヘドロ状の堆積物が排出されたことを確認しているのみであった。
- d. ピグ洗管システムの課題として、以下の項目がある。
 - ・ 洗管実施時期の判断方法
 - ・ 洗管実施効果の評価方法
 - ・ 洗管実施による管路への影響
 - ・ ピグの耐久性

参考文献 「下水道圧送管路クリーニングシステム《PSPCシステム》」

下水道圧送管路研究会



*各ポンプの流量から通水能力の回復が分かり、また、ポンプ起動・停止時の流量の応答性から管路内の空気溜まりが排除されたことが推測される。

図2-15 ピグ洗管前後のポンプ流量測定データ

(日本下水道事業団／大阪南エースプランのデータを引用)

2.3 小型マンホールポンプ設備

全国の地方公共団体では、道路より低い宅地からの下水排除や小規模な河川横断等のために、小型マンホールポンプ設備の開発とその設計施工要領の作成を行っている。

その中には、貯留能力や臭気対策に対する新しい工夫が取り入れられており、その一部を紹介する。

神戸市／小型マンホールポンプ場

- ・緊急時の貯留量を確保するために、ポンプ設備用のマンホールの横に小型の接続槽を設けている。
- ・臭気対策として、滞留時間を短縮し下水の腐敗を防ぐためポンプ運転をポンプ井水量とは別制御でタイマー運転とし、また、マンホールに臭気拡散のための通気管を設置している。
- ・小型マンホールポンプ場の計画対象は、100戸以下としている。

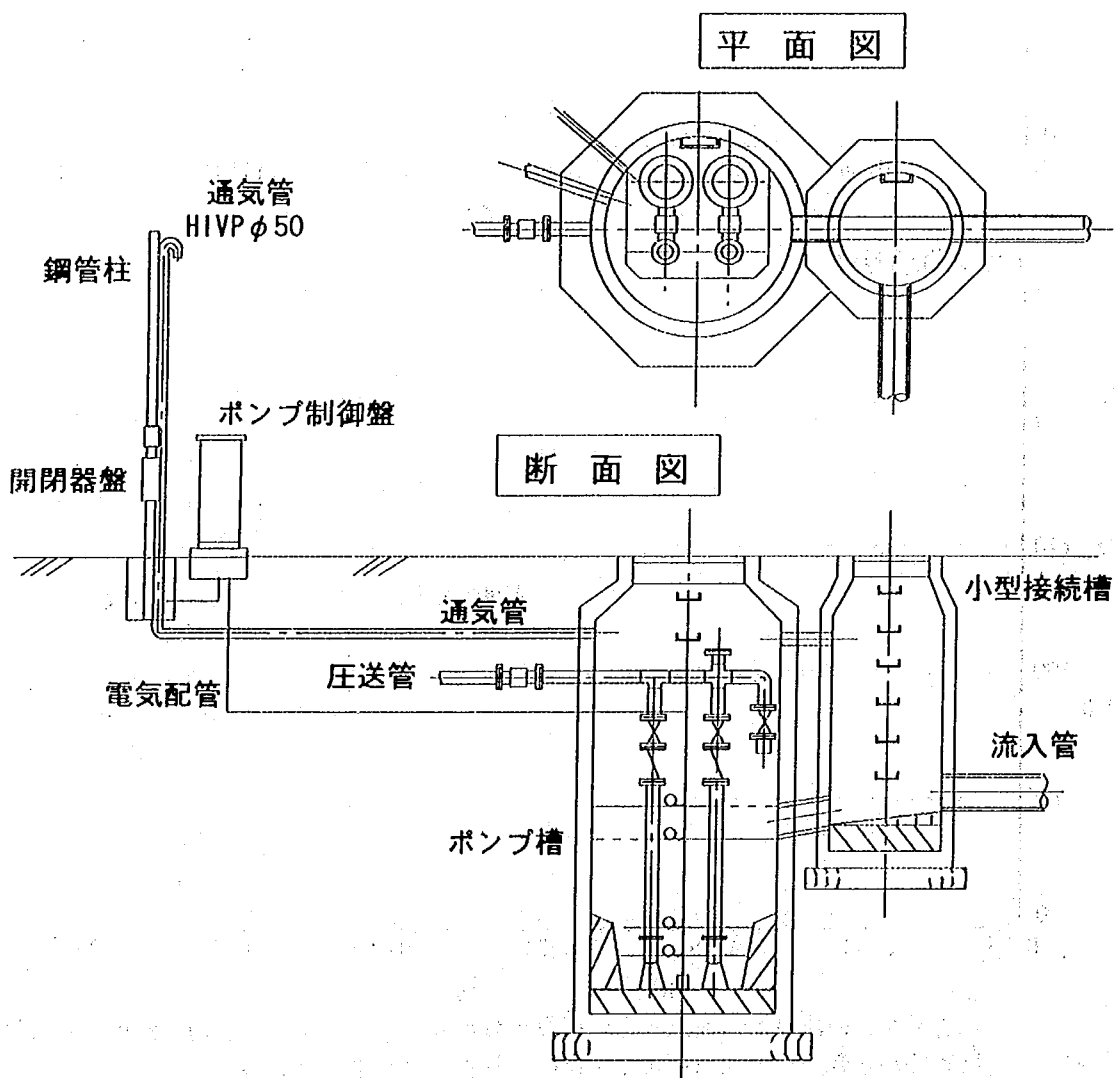


図2-16 小型マンホールポンプ場設備図

参考文献 「マンホール形式ポンプ設備 設計基準」神戸市下水道局

2.4 下水用空気弁

圧送管路では、管内の空気溜まりが通水障害となるため、空気の溜まりやすい管路凸部に空気弁を設置するのが一般的である。しかしながら、汚水や汚泥を輸送する下水管路では空気弁の閉塞が起こりやすく、従来の清水用の空気弁に代わって下水道専用の空気弁が開発されている。

この下水用空気弁は、空気弁内のフロートに改良を加え、また、内面腐食が起こりにくい塗覆装を施してあるため、空気弁の閉塞・漏水に対する性能向上が図られている。

水道用空気弁と下水用空気弁の構造図の例を図2-17に示す。水道用空気弁との主な相違点は、

①弁箱、弁体の構造

下水用空気弁は、弁箱を大きくし、また、フロートと弁体の距離を離して弁箱内に空気溜まりを作ることにより、下水中の固形物が弁体や弁箱内に付着して空気弁を閉塞・漏水させることを防止している。

②防食対策

下水用空気弁は、弁箱をエポキシ粉体塗装を施したダクタイル鋳鉄製、弁体をステンレス鋼製とし、防食性能を高めている。

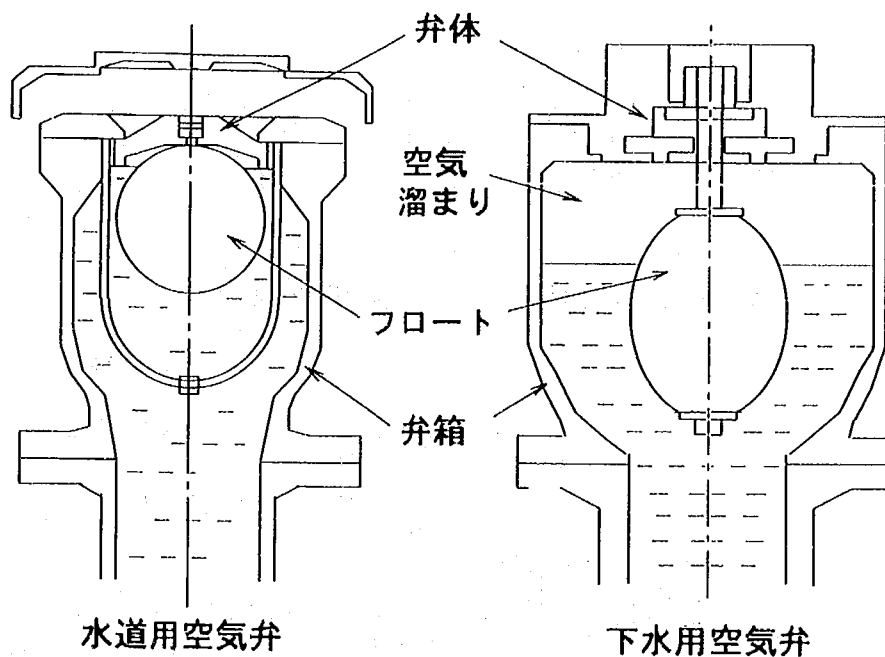


図2-17 空気弁構造比較図

参考文献：「下水道圧送管路用手動式バルブ技術資料」 下水道圧送管路研究会

2.5 不断水分岐工法

圧送管路において、供用開始後に通水状態のまま分岐設置やバルブ設置を可能にする工法が不断水分岐工法である。この工法は、上水道の給水管分岐時に本管を断水することなく施工するために開発されたものであるが、下水圧送管においても空気弁の追加設置、バイパス管路のための分岐設置やバルブの追加設置に採用されている。

圧送ポンプ運転時にも若干の管内水の排出のみで分岐・バルブの設置が可能であり、今後の圧送管路の多条化や切回し配管に威力を発揮するものと考えられる。

不断水分岐工法の施工手順の概要を以下に示す。

- ①既設圧送管の分岐取付部分の掘削後、割T字管と呼ばれる既設管に設置可能な分割型のT字管を取り付け、さらに仕切弁を取り付ける。
- ②不断水穿孔機と呼ばれる特殊なコアカッター状の穿孔機を仕切弁に取り付ける。
- ③仕切弁を全開にし、穿孔機を始動し、既設圧送管を穿孔する。この時、切削される既設管の管片は水圧で穿孔機側に押され、切屑とともに穿孔機内に取り込まれる。
- ④穿孔が完了したら仕切弁を全閉し、穿孔機を撤去する。

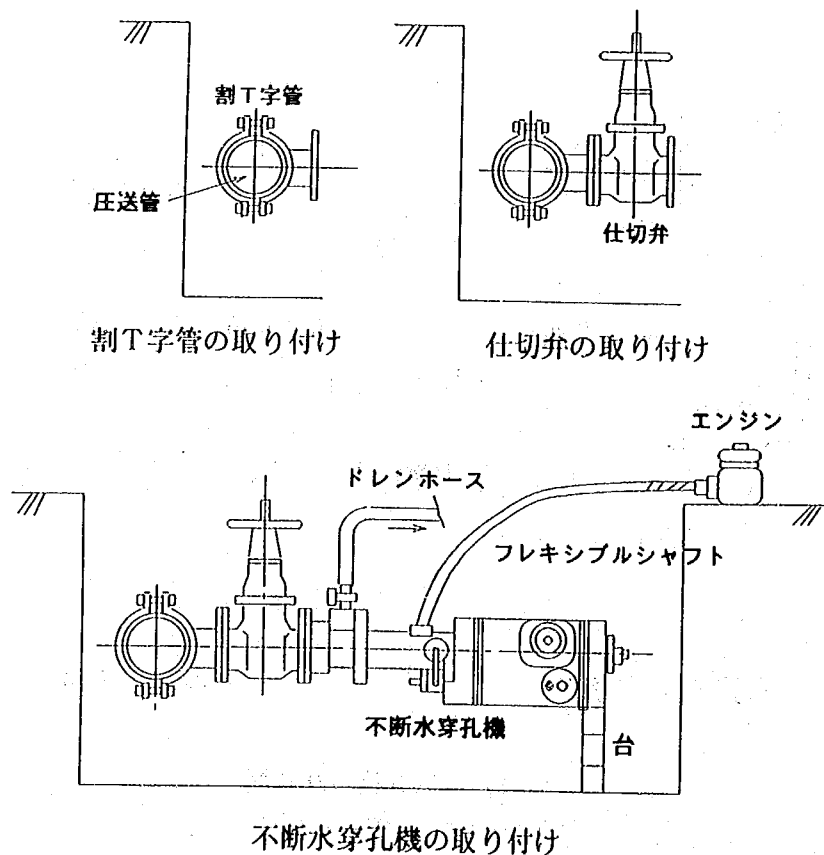


図2-18 不断水分岐工法概要図

本工法は上水において多数の実績を有しており、 $\phi 2000$ 以下の口径の鋳鉄管、鋼管等に適応可能である。

参考文献：「管工事便覧」 コスモ工機株式会社

第3章 圧送に関する実態調査

各地方公共団体における圧送方式の実態を把握するために実施した「下水圧送に関する実態調査」の結果を以下に紹介する。

3.1 調査方法

調査方法は、アンケート調査及びそれを補足する形での面談調査とした。調査対象は、平成元年度に当研究室で実施した「下水道圧送管に関する実態調査」において、主に圧送管路数の多かった15地方公共団体のポンプ場施設及び圧送管路を対象とした。

調査は、主に地方公共団体の「下水圧送に対する考え方」及び「圧送施設の維持管理」の実態を明らかにするべく実施した。

3.2 調査結果

以下に、各項目ごとの集計結果を示す。

3.2.1 圧送に関する考え方及び圧送採用理由

(1-1) 圧送採用理由（複数回答）

圧送採用の理由は、①技術面、②施工性、③経済性、④その他 に分類される。

①技術的な理由による場合（自然流下方式では計画が難しい。）

- ・河川横断、海洋横断がある。
- ・伏越しは維持管理不可のため採用できない。
- ・管路が深いと維持管理ができない。
- ・処理区の起伏が大きい。
- ・幹線の方が処理区より高い位置にある。
- ・用地取得の問題から、幹線より処理場が高い位置にある。
- ・処理区の切替えや合流区域の分流化のために、高い位置にある既存施設に接続する必要がある。
- ・処理水利用のための送水幹線がある。

②施工面の理由による場合

- ・処理区域が平坦で広いため、自然流下では埋設深さが大きくなり施工が難かしくなる。
- ・道路幅員が小さいため、施工による交通障害を極力小さくする。
- ・施工による周辺の土地・家屋に対する影響を最小限にする。
- ・緊急な整備のため、施工工期を短くする。
- ・軟弱地盤のため、掘削をできるだけ少なくする。
- ・地下水位が高いため、埋設深さを浅くする。

③経済的な理由による場合

- ・起伏の大きい処理区のため、費用比較において圧送の方が有利となる。
- ・平坦で広い処理区のため、自然流下方式でも揚水ポンプ場が必要であり、圧送とした方が経済的となる。
- ・地下水位が高い、または軟弱地盤の場合、自然流下では建設費が著しく高くなる。
- ・長距離にわたり流入がないため、圧送とした方が経済的である。
- ・処理区域が散在しており、自然流下方式では建設費が高くなる。
- ・圧送の方が初期投資効率が良い。
- ・雨水ポンプ場との併設により、污水圧送施設の建設費低減が可能である。

④その他の理由による場合

- ・緊急な整備には圧送が適している。
- ・暫定仮設の管きょとして圧送は簡便である。

(1-2) 計画時の代替案比較検討（15都市データ）

表3-1 代替案比較検討の実施有無

項 目	都市数	比率%
行っている	6	40
行う場合と行わない場合がある	4	27
行っていない	5	33

代替案比較検討

(15データ)

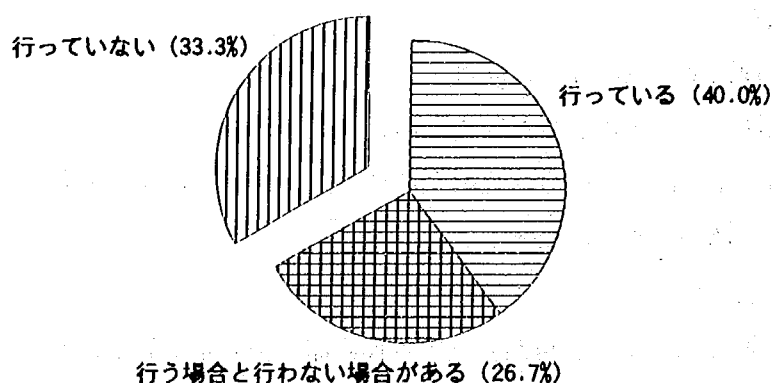


図3-1 代替案比較検討の実施

(1-3) 費用比較を行わない理由（複数回答）

- ・技術的に代替案が成立しない。（地形高低差が大きい、長スパンの河川横断がある、下流施設が既設である、等）

- ・明らかに圧送が有利である。
- ・道路幅員が狭く、施工による周辺影響を極力小さくしたい。
- ・地元からの要請強く、早期水洗化が必要である。
- ・暫定仮設管きょとして、圧送を採用する。
- ・雨水ポンプ場に併設する。

(1-4) 費用比較を行う場合の比較項目（10都市データ）

表3-2 費用比較項目

項 目	都市数	比率%
建設費のみ	1	10
建設費+維持管理費（電気代のみ）	4	40
建設費+維持管理費（電気代、清掃・補修費）	5	50
建設費+維持管理費+その他の費用・効果	0	0
その他	0	0

費用比較項目
（10データ）

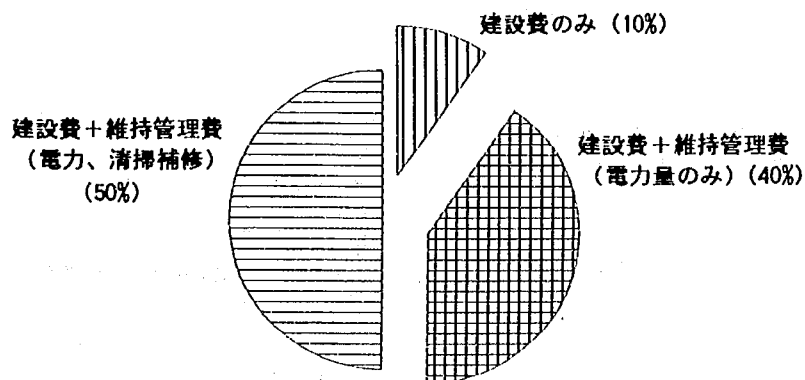


図3-2 代替案費用比較における比較検討項目

(1-5) 費用比較結果の重視度（10都市データ）

表3-3 結果重視度

項 目	都市数	比率%
結果のみで判断	1	10
結果は重視するが、他も勘案	6	60
結果は参考程度	3	30
その他	0	0

費用比較結果重視度
(10データ)

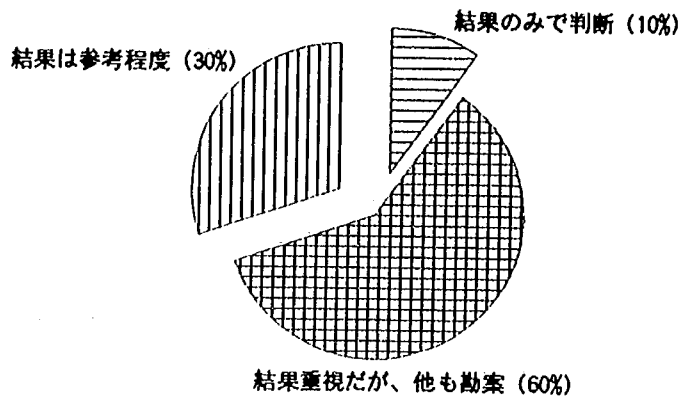


図3-3 費用比較検討結果の重視度

(1-6) 金額として算定できない費用や効果(複数回答)

- ・施工の難易度
- ・施工による周辺影響、交通障害
- ・早期供用要請
- ・不公平感
- ・他の地下埋設物
- ・分流汚水の伏越しを作らない
- ・早期整備
- ・ポンプ信頼性
- ・故障対策、非常時対応体制
- ・維持管理性
- ・将来の接続可能性
- ・下水腐敗
- ・ポンプ場用地
- ・ウォーターハンマー対策

(1-7) 圧送に関する考え方(15都市データ)

表3-4 圧送に対する考え方

項 目	都市数	比率%
下水管路はあくまで自然流下を原則としやむをえない場合のみ圧送とする。	8	53
自然流下を原則とするが、経済性、速効性等有利であれば圧送を採用する。	4	27
原則自然流下だが小規模、暫定仮設的なものは早期供用のため圧送とする。	2	13
合流及び分流雨水は自然流下を原則、分流汚水は「自然流下+圧送」による経済効果と普及率向上を図る。	1	7

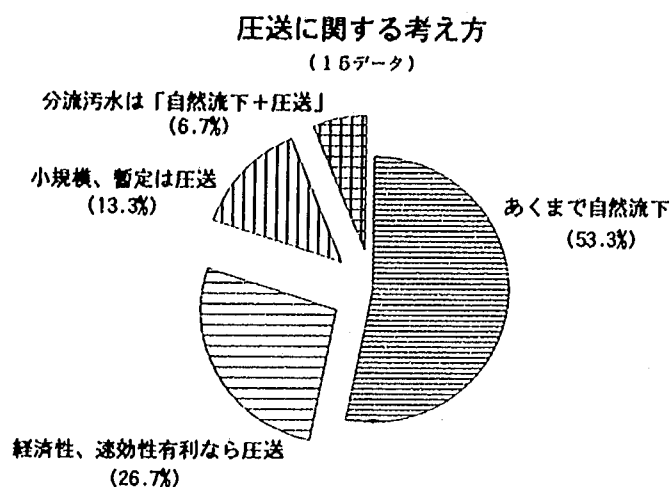


図3-4 圧送に関する考え方

3. 2. 2 圧送施設の維持管理

(2-1) 圧送ポンプ場数 (15都市データ)

15都市全体の圧送ポンプ場の設置箇所数は522カ所（標準・簡易形式ポンプ場は147カ所、マンホール形式ポンプ場は375カ所）となった。

1都市当たりの平均設置箇所数は35カ所（標準・簡易形式ポンプ場は10カ所／都市、マンホール形式ポンプ場は25カ所／都市）となった。

今後の中小市町村の整備促進によりさらに設置箇所数が急増することが予想される。

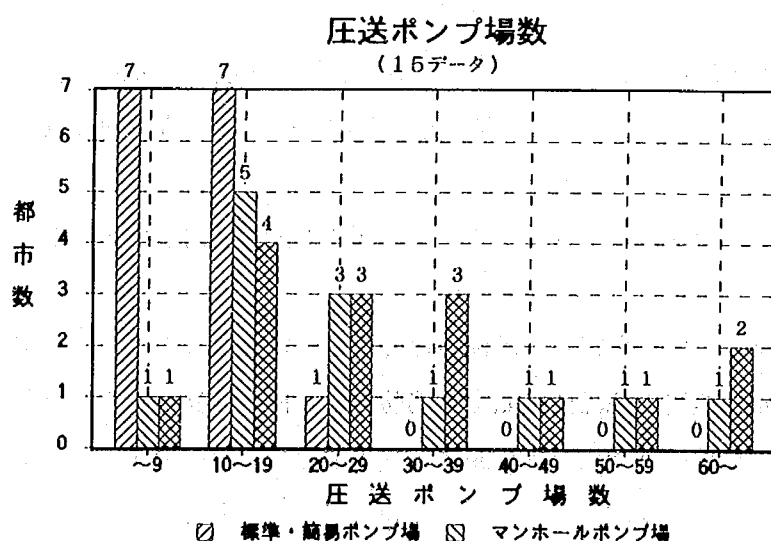


図3-5 圧送ポンプ場数

(2-2) ポンプ場点検頻度 (15都市データ)

標準・簡易形式ポンプ場の点検頻度は、その規模によるがほぼ毎日（1回／日）、マンホール

形式ポンプ場では3回/月程度となっている。

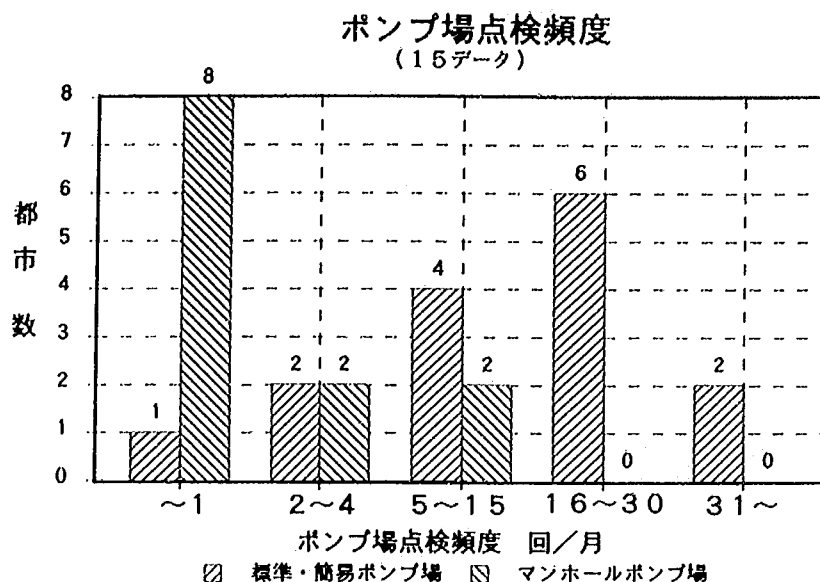


図3-6 ポンプ場点検頻度

(2-3) ポンプ場点検方法、項目（複数回答）

①点検方法

ポンプ場の規模に応じて、毎日～年1回といった定期的な点検を地方公共団体職員または維持管理会社等への委託にて実施している。また、毎日または毎週等の日常点検とは別に、月例点検、3カ月点検、6カ月点検、年次点検等の精密点検を実施している。

②点検項目

日常点検は、主に、目視による異常確認、計器の確認、清掃及び油脂類の供給等である。日常点検項目として、

目視による異常確認；水位、騒音・振動、臭気、発熱、スカム等

計器の確認；圧力、流量、運転時間・回数、電流、回転数、使用電力量、水道使用量等

清掃及び油脂類補給；水位計水洗、ポンプ井水洗、場内清掃・除草、場内設備の油脂類供給等

精密点検は、主に、自家発電設備の保守運転、電気設備の点検・清掃、機械設備の騒音・振動・温度測定、機器の絶縁抵抗測定、消防設備点検、沈砂池・ポンプ井の内部点検、地下燃料タンク点検、接地抵抗測定、水質測定、異常通報装置点検等を実施している。

(2-4) ポンプ場発生障害（複数回答）

ポンプ故障等の障害は全ての都市で発生している。特に、ポンプ設備の故障は15都市中14都市で報告されており、小型で点検頻度の少ないマンホール形式のポンプ場では異物によるポンプ詰まりが多く発生している。

逆に、沈砂池、ポンプ井といったポンプ場コンクリート構造物の腐食発生は少なく、あまり問題となっていないようである。

障害発生の多い順に並べると、異物詰まり（8都市）、土砂堆積（8都市）、水位計等電気設備故障（5都市）、スカム蓄積（4都市）、悪臭（3都市）となっており、その他に、脱臭ファン騒音、異常通報装置・テレメーター装置・除塵機・スカム破砕機の故障、コンクリート腐食、雨水混入、等が報告されている。

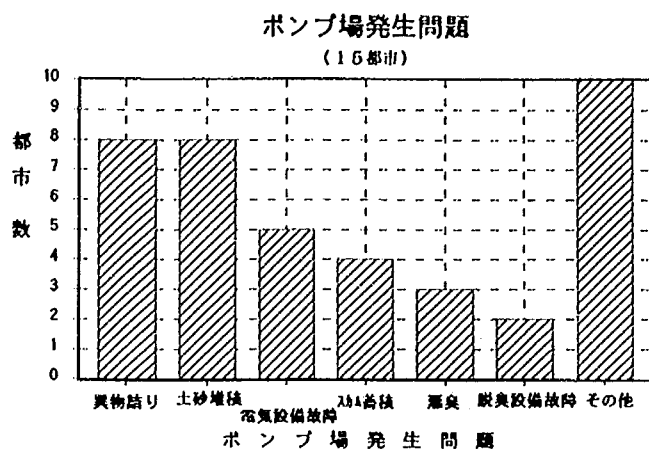


図3-7 ポンプ場発生障害

(2-5) ポンプ場障害発生頻度（15都市データ）

ポンプ場1カ所当たりの年間障害発生頻度は、0～4回程度であり、平均は、1.1回/年となっている。

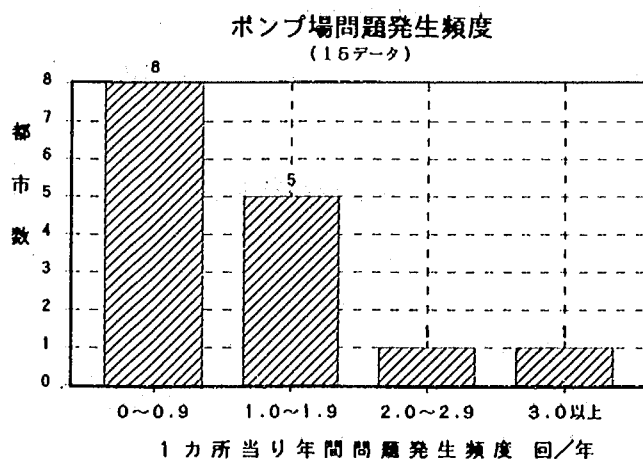


図3-8 ポンプ場1箇所当たり障害発生頻度

(2-6) ポンプ場発生障害対応策（複数回答）

ポンプ故障 ：部品交換、修理、異常通報装置の設置
 異物つまり ；使用方法のPR、無閉塞型ポンプに交換

電気設備故障；機器取替、メーカー修理、機種変更
 軸受焼付　　；軸受交換
 土砂堆積　　；土砂浚渫
 悪臭　　；ポンプ井清掃、脱臭装置設置
 コンクリート腐食：ポンプ井清掃
 その他：
 スカム蓄積　　；除去、破砕機、水中攪はん機の設置
 脱臭ファン故障　；サイレンサ設置、修理
 異常通報装置故障；修理、機器取替
 テレメータ故障　；機器取替
 除塵機故障　　；修理
 スカム破砕機故障；修理
 外構柵腐食　　；補修
 塩水腐食　　；補修
 雨水混入　　；対策検討中

(2-7) 圧送管路数、管路延長（15都市データ）

圧送管路の本数は、ごく小規模なものを除いて442管路、総延長はおよそ143kmとなり、1管路当たりの平均管路長は320mとなる。

(2-8) 圧送管路点検頻度（15都市データ）

圧送管路の定期点検は、大半の都市では実施されていない。
 点検頻度は、定期点検無し：12都市、2回／年：1都市、4回／年：1都市、6回／年：1都市となっている。

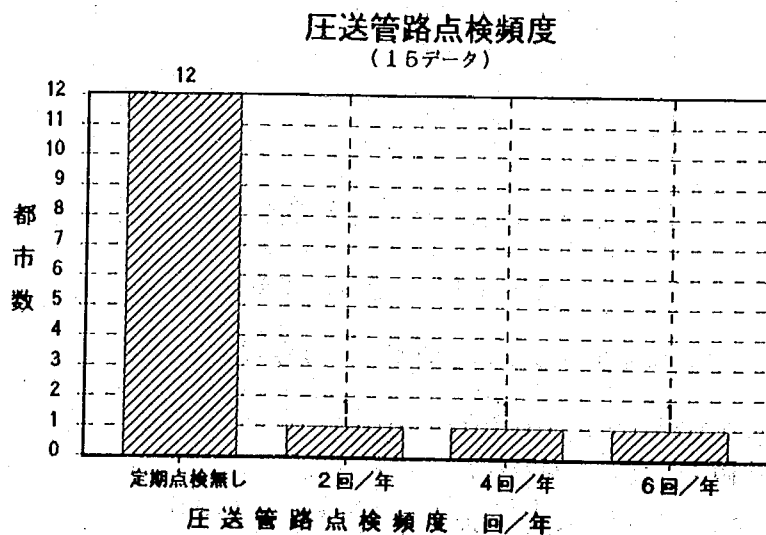


図3-9 圧送管路点検頻度

(2-9) 圧送管路点検方法及び項目（複数回答）

圧送管路の点検方法及び点検項目は、下記程度である。

①目視確認：路線地上の漏水等の異常確認、吐出部マンホールでの吐出状況確認、ポンプ場内配管の異常確認

②ポンプ吐出量記録の確認

(2-10) 圧送管路発生障害（複数回答）

過去に圧送管路に発生した障害は、漏水（4都市）、空気弁詰まりによる水漏れ（2都市）、悪臭（1都市）であった。

平成4年度に実際に発生した障害として、既設老朽管路漏水（1件）及び空気弁部水漏れ（1件）が報告されているのみであり、圧送管路にはほとんど障害が生じていないことがわかる。

(2-11) 圧送管路障害発生頻度（15都市データ）

圧送管路の年間障害発生頻度は、ほぼ0回／年となっている。

(2-12) 管路発生障害対応策（複数回答）

漏水；開削補修

空気弁；分解清掃

悪臭；タイマー運転による滞留時間の低減及びマンホールふたの孔埋め（ゴム栓）

(2-13) ポンプ場維持管理費（15都市データ）

ポンプ場維持管理費の合計は、379カ所の圧送ポンプ場で23.5億円、1カ所当たり620万円となった。

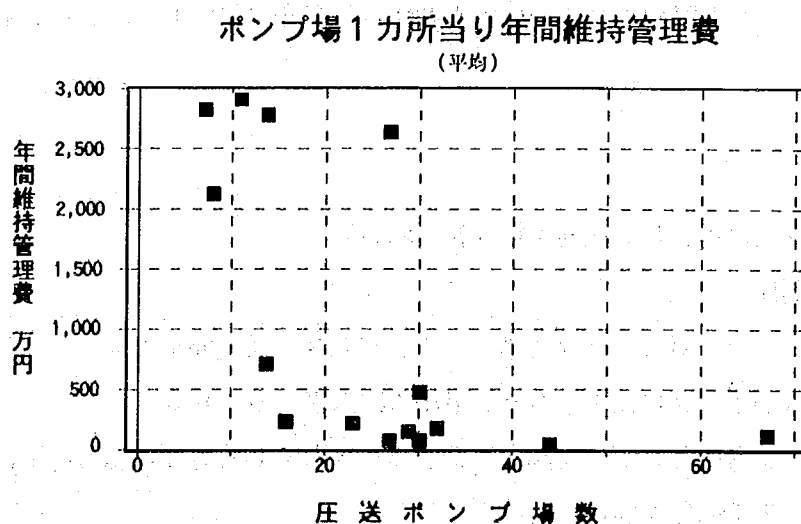


図3-10 ポンプ場年間維持管理費

ポンプ場の種類別では、維持管理方法やポンプ場規模によるが、標準形式の合流ポンプ場でおよそ3000万円／年、マンホール形式の分流污水ポンプ場でおよそ100万円／年、簡易形式ポンプ場ではその中間程度の維持管理費が必要となっている。

費目別では、運転費（68％）、補修費（22％）、点検費（9％）、その他（1％）の割合となった。

また、各都市の主要圧送ポンプ場におけるポンプ能力（流量、揚程）と年間維持管理費の調査から、分流式污水の圧送では、単位計画流量(m^3/min)・単位ポンプ揚程(m)当たり平均約5万円の年間維持管理費となることがわかった。

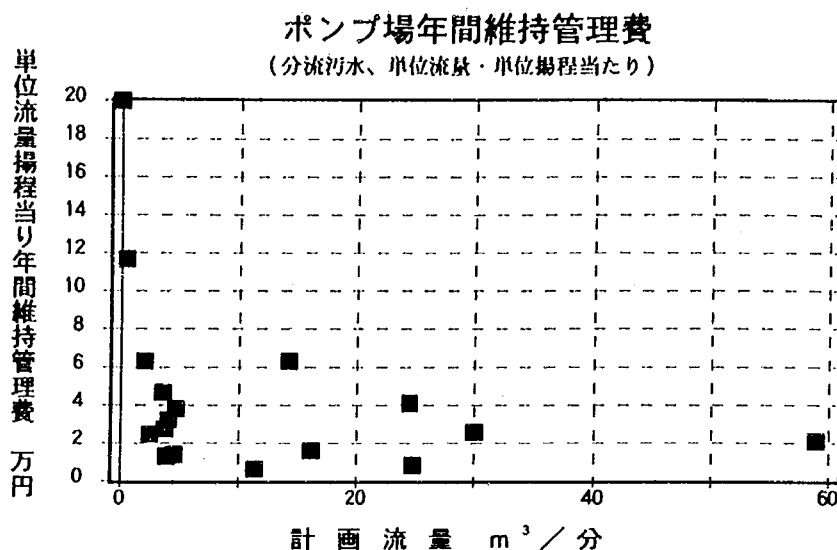


図3-11 流量(m^3/min)・揚程(m)当り年間維持管理費（分流式污水）

(2-14) 圧送管路維持管理費（15都市データ）

圧送管路の維持管理費は、大半の都市で0となった。維持管理費として計上された費目は、定期点検がほとんど実施されていないことから、突発的な漏水等に対する補修費が9割以上となった。

3.2.3 その他

(3-1) 圧送施設の安全対策、耐久性向上策（複数回答）

① ポンプ場施設関係

- ・ウォーターハンマー対策にフライホイール、空気弁、逆止弁を設置
- ・閉塞防止に最小ポンプ口径を $\phi 80$ 、最小管路口径を $\phi 100$
- ・ポンプ異常時を考慮し、ポンプ場上流側管径を大きくし管内貯留能力を上げる。
- ・異常警報にN T T回線を利用
- ・非常用自家発電設備を設置

- ・ポンプピット内配管はＳＵＳ管を使用
- ・サージタンクをポンプ場建屋と一体化

②圧送管路関係

- ・耐久性を考慮してダクティル管を採用
- ・ダクティル管及び小口径は耐衝撃性塩ビ管を採用
- ・不等沈下対策として伸縮可撓管、メカニカル形ダクティル管及びゴム輪形塩ビ管を採用、離脱防止形ダクティル管を採用
- ・重要な合流式の水管橋２カ所を２条管
- ・重要管路を２条管路化
- ・閉塞防止に最小管径をφ６５とする
- ・離脱防止金具を使用
- ・異形管部をコンクリート防護
- ・起伏の少ない管路形状
- ・水管橋部に空気抜き及びウォーターハンマー対策用の鋼管（φ４００～φ５００）を空気抜き管として設置
- ・空管防止に吐出部の配管形状を工夫
- ・水砕スラグ基礎を採用
- ・維持管理容易な歩道下に埋設
- ・管内清掃用ピグ設備を設置
- ・管路敷設位置明示テープ
- ・施工確認に水圧試験、気密試験を実施
- ・管路が長い場合空気弁を設置
- ・外面腐食防止用にダクティル管外面にポリエチレンスリーブを採用

③その他

- ・偏心構造弁を採用
- ・腐食対策に空気注入を実施
- ・緊急用のオーバーフローバイパスを設置

(3-2) 圧送施設的能力低下、劣化の判断基準（複数回答）

①ポンプ場施設関係

- ・ポンプ、ポンプ井等の腐食劣化状況を定期点検時に目視調査
- ・ポンプの運転時間、電流変化により判断
- ・ポンプ実負荷運転での水位変化により判断
- ・ポンプ吐出量のチャート記録により判断
- ・巡回点検による電流、振動、騒音を確認し判断

- ・インペラの摩耗を計測し判断
- ・吐出圧力、吐出流量より判断

②圧送管路関係

(具体的な判断基準に関する回答はなかった。)

(3-3) 今後の圧送施設計画設計施工上の意見(複数回答)

①ポンプ場施設関係

- ・水中ポンプを着脱式にする
- ・スカムからみつきのない無閉塞型ポンプの選定が必要
- ・N T T回線による異常通報装置が必要
- ・マンホールポンプ規格の統一が必要
- ・マンホールポンプ場の設計、維持管理の基準、指針が必要
- ・小形制御盤の開発
- ・高揚程水中汚泥ポンプの開発
- ・超小規模マンホールポンプユニット製品の開発が必要
- ・ポンプ井コンクリートの防食塗覆装が必要
- ・ポンプ井スカム対策が必要
- ・スカム対策は水中攪はん機が必要
- ・ポンプ井でのスカム浮上、滞留のない構造・設備の開発が必要
- ・ポンプ詰まり対策が必要
- ・ポンプ場臭気対策、し渣対策が必要
- ・ポンプ場用地は管理車両が進入できる広さが必要
- ・管路漏水確認のために流量計が必要
- ・電気設備の結露対策が必要
- ・逆止弁のし渣詰まりの対策が必要
- ・機器洗浄用の水道栓が必要

②圧送管路関係

- ・圧送最小管径は閉塞防止で $\phi 80$ とする
- ・分流汚水の初期小流量対策として2条管化が必要
- ・汚水、汚泥用空気弁の開発
- ・空気弁の信頼性向上が必要
- ・圧送管内での腐食物質抑制が必要
- ・圧送管吐出部の腐食、臭気対策が必要
- ・管路位置表示テープが必要

③その他

- ・沈砂、スクリーンかすを圧送できる設備の開発が必要
- ・緊急時対応の体制作りが必要
- ・親子マンホールによる維持管理、貯留能力の向上が必要
- ・緊急時バイパスの設置が必要
- ・雨水混入対策が必要
- ・圧送吐出部に圧縮空気による浮上を防止するマンホールふたが必要

第4章 圧送施設設計指針（案）

4.1 ポンプ場施設設計

4.1.1 ポンプ場施設の分類

§1. ポンプ場施設の分類

ポンプ場をその形式から分類すると、下記の3種類に分類される。

- (1)マンホール形式ポンプ場
- (2)簡易形式ポンプ場
- (3)標準形式ポンプ場

マンホール形式ポンプ場とその他のポンプ場では設計の考え方が異なるので、ポンプ場形式の選定においては十分な検討を行う必要がある。

【解 説】

ポンプ場施設の選定及びその機器構成については、表4-1を目安として定める。ただし、マンホール形式ポンプ場は、スクリーン、沈砂池、建築建屋が省略された最も簡素なポンプ施設であり、マンホール内の定期点検等による適正な維持管理が必要である。

また、計画時間最大下水量が $3\text{m}^3/\text{分}$ 未満であっても、立地条件、施設の重要度等により簡易形式及び標準形式ポンプ場の採用を検討する。

表4-1 ポンプ場形式の選定表

ポンプ場形式	マンホール形式ポンプ場	簡易形式ポンプ場	標準形式ポンプ場
規模 ¹⁾ (計画時間最大下水量)	$3\text{m}^3/\text{分}$ 以下	$3\sim 10\text{m}^3/\text{分}$	$3\text{m}^3/\text{分}$ 以上
構造形式	プレキャスト組立マンホール	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造
流入ゲート	無	手動または電動	電動
除砂設備	無	砂溜り	自重式沈砂池
除塵設備	無	手掻スクリーンまたは自動除塵機	自動除塵機
ポンプ設備	水中ポンプ	水中ポンプまたは槽外ポンプ	水中ポンプまたは槽外ポンプ
電気設備	◎低圧受電 ◎自家発電機は無し ◎パトリットまたは非常通報装置	◎低圧受電または高圧受電 ◎必要に応じ自家発電機を設置 ◎非常通報装置またはリモート装置	◎低圧受電または高圧受電 ◎自家発電機を設置 ◎非常通報装置またはリモート装置
換気脱臭設備	無	必要に応じ検討	必要に応じ検討

注 ① マンホール形式ポンプ場の対象規模は、「マンホール形式ポンプ場・設計指針（案）」による。
また、簡易形式ポンプ場の対象規模については過去の計画実績等から判断したものである。

4.1.2 マンホール形式ポンプ場の設計

§ 2. マンホール形式ポンプ場の設計

マンホール形式ポンプ場の設計は、「マンホール形式ポンプ場・設計指針（案）」（建設省
都市局下水道部 日本下水道事業団）による。

4.1.3 簡易形式ポンプ場及び標準形式ポンプ場の設計

§ 3. 簡易形式ポンプ場及び標準形式ポンプ場の設計

簡易形式ポンプ場及び標準形式ポンプ場の設計は、「設計基準（案）機械設計編」及び「設計
基準（案）電気設計編」（いずれも日本下水道事業団）による。

4.2 圧送管路設計

4.2.1 水理設計

§ 4. 管径の決定

圧送管路の管径の決定は、以下の手順で行う。

- (1) 計画時間最大汚水量に対応する流速が、1.5m/秒前後となる管径を複数選定する。
- (2) 初期流量時の流速検討を行い、配管の複数化(多条化)の検討を行う。
- (3) 各管径による管路損失等より、ポンプ全揚程を算出する。
- (4) 各案のポンプ場施設の仕様を決定する。
- (5) 各案のポンプ場施設及び圧送管路の建設費を算出する。
- (6) 各案のポンプ場施設及び圧送管路の維持費を算出する。
- (7) ポンプ場施設及び圧送管路の建設費及び維持管理費の合計の経済性を比較検討し、最適な管径を決定する。

§ 5. 設計流速

管内流速の範囲は、0.6m/秒～3.0m/秒とする。ただし、計画時の検討に当たっては、1.5m/秒前後とする。

【解説】

流速が小さい場合は下水中の固形物の堆積が生じ、流速が大きい場合は圧力損失が大となりポンプの運転維持費が増大することとなる。

そのため、計画時間最大汚水量に対する設計流速は、1.5m/秒前後に設定する。

§ 6. 管路の摩擦損失水頭

(1) 摩擦損失水頭はヘーゼン・ウィリアムス式により求める。

(2) その他の損失として、曲り損失、流入流出損失、ポンプ廻りの損失等を考慮する。

【解説】

(1) 圧送管路の摩擦損失水頭は、ヘーゼン・ウィリアムス式により求める。

$$h = 10.666 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L$$

ここに、 h : 管路の摩擦損失水頭 (m)

C : 流速係数

D : 管の内径 (m)

Q : 計画流量 (m³/秒)

L : 管路長 (m)

ヘーゼン・ウィリアムス式における流速係数(C 値)は、管内面の粗度や管路の屈曲・分岐等の数及び通水年数により異なる。通常、設計値としては、摩擦損失以外の諸損失を包含する場合は $C = 110$ 、諸損失を別途考慮する場合は $C = 130$ を用いる。

§ 7. 水撃圧の検討

(1) 水撃圧は計算によって求めることができるが、計算によらない場合は経験則から導かれた数値を適用してもよい。

(2) 圧送管路では、停電や事故などによりポンプが急停止した場合を考慮し、水撃圧の防止対策が必要である。

【解説】

圧送管路では、バルブの急開閉あるいはポンプの急激な始動・停止を行うと、水の運動量が短時間に変化し、管路内に異常に大きな圧力波が発生することがある。この圧力波による発生圧力を水撃圧と言う。水撃圧は、管路の安全性を検討する上で重要な要素であり、圧送管路の構造設計においては、静水圧同様、水撃圧を考慮した設計としなければならない。

(1) 水撃圧の予測手法は、大別すると計算等による方法と経験則による方法とがある。計算等による方法には理論解法、図式解法及び数値解法があるが、これらは解析が複雑で種々の制約条件があり、高圧管路等で特に詳細検討が必要な場合に用いられる。

通常の下水圧送の場合は比較的低压管路が多く、設計に用いる水撃圧としては経験則から導かれた次の数値を参考に検討する。

- ・ 静水圧が $0.44\text{MPa}(4.5\text{kgf/cm}^2)$ 未満は静水圧の100%。
- ・ 静水圧が $0.44\text{MPa}(4.5\text{kgf/cm}^2)$ 以上は、 $0.44\text{MPa}(4.5\text{kgf/cm}^2)$ または静水圧の60%のいずれか大きい方。

(2) 水撃圧の防止対策には負圧の発生防止及び圧力上昇防止がある。負圧の発生防止には、フライホイールによってポンプ回転の急停止を避ける方法や、管路の一部に吸気弁やサージタンクを設置する方法等がある。また、圧力上昇防止には、逆止め弁、バイパス弁付き自動緩閉装置、安全弁の設置等がある。

4.2.2 配管設計

§ 8. 管材の選定

圧送管路には内圧、外圧が常に作用しているため、鋳鉄管等の堅固で耐久性を有する管材とする必要がある。

§ 9. 管厚設計

管材の選定後、設計条件に対し十分な強度・水密性・耐久性等を有するような管厚設計を行なう。

【解説】

圧送管として最も一般的なダクタイル鋳鉄管の管厚設計例を以下に示す。(JSWAS G-1「下水道用ダクタイル鋳鉄管」参考資料より抜粋)

(1) 管厚計算式

管厚計算は静水圧、水撃圧、土かぶりによる土圧、活荷重による土圧を同時考慮した次式による。この式より、管頂及び管底の両者について計算し、大きい方を用いる。

$$t = \left\{ \frac{K_1 \cdot P + K_2 \cdot P' + \sqrt{(K_1 \cdot P + K_2 \cdot P')^2 + K_3 \cdot (K_4 \cdot W_f + K_5 \cdot W_t) \cdot S}}{2 \cdot S} \cdot D + 2 \right\} \times 1.1$$

また、{ }内が10mm未満の時は、

$$t = \left\{ \frac{K_1 \cdot P + K_2 \cdot P' + \sqrt{(K_1 \cdot P + K_2 \cdot P')^2 + K_3 \cdot (K_4 \cdot W_f + K_5 \cdot W_t) \cdot S}}{2 \cdot S} \cdot D + 2 \right\} + 1$$

t : 計算管厚 (mm)

P : 最高使用圧力(静水圧) (kgf/cm²)

P' : 水撃圧 (kgf/cm²)

Wf : 土かぶりによる土圧 (kgf/cm²)

Wt : 活荷重による土圧 (kgf/cm²)

K1 = 1.25、K2 = 1.0、K3 = 8.4

K4, K5: 係数(図4-1に示す外圧分布の場合に表4-2に示す数値となる)

S : 管材料の引張強さ (kgf/cm²)

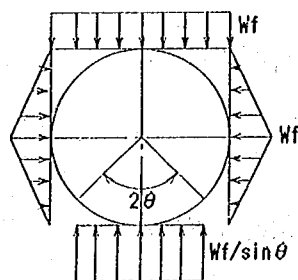
D : 管の呼び径 (mm)

2 : 腐食に対する余裕 (mm)

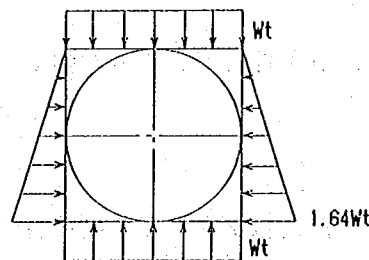
1.1 または 1mm: 鋳造上の余裕

表4-2 管底支持角と係数 K₄, K₅ の関係

管底支持角		0°	40°	60°	90°	120°	180°
K ₄	管頂	0.145	0.140	0.132	0.120	0.108	0.096
	管底	0.433	0.281	0.223	0.160	0.122	0.096
K ₅	管頂	0.076					
	管底	0.011					



土圧荷重分布



活荷重分布

図4-1 外圧の分布

(2) たわみ計算式

①土かぶりによる垂直たわみ

$$\delta v = K \frac{Wf \cdot R^4}{E I}$$

δv : 土かぶりによる垂直たわみ (cm)

Wf : 土かぶりによる土圧 (kgf/cm²)

R : 管半径 (cm)

E : ダクタイル鋳鉄の弾性係数 (1.6×10^6 kgf/cm²)

I : 慣性モーメント = $t_1^3/12$ (cm⁴/cm)

t_1 は規格管厚(T)から鋳造上の余裕を差し引いた管厚。

K : 管底支持角により定まる係数(表4-3参照)

表4-3 管底支持角と係数 K との関係

管底支持角	0°	40°	60°	90°	120°	180°
K	0.122	0.111	0.100	0.084	0.070	0.058

②活荷重による垂直たわみ

$$\delta v' = 0.03 \frac{Wt \cdot R^4}{E I}$$

$\delta v'$: 活荷重による垂直たわみ (cm)

Wt : 活荷重による土圧 (kgf/cm²)

③合計たわみ

$$\delta = \delta v + \delta v'$$

設計たわみ率(合計たわみ/呼び径)は、施工のバラツキ等を考慮して、一般に3%程度に制限している。

§ 10. 管路の防護

圧送管路においては、内圧により曲管部、分岐管部、管端部等に不平均力が働くため、管の離脱防止のため、適切な管路防護が必要となる。

【解説】

管路の屈曲部、分岐部、末端の栓、制水弁などには、水圧によって管を動かそうとする力(不平均力という)が働く。このような箇所には、コンクリートによる防護工を施したり、離脱防止継手などを用いて管の抜け出しを防止する。

(1) 不平均力のかかる場所と大きさ

①流れの向きが変わる場合

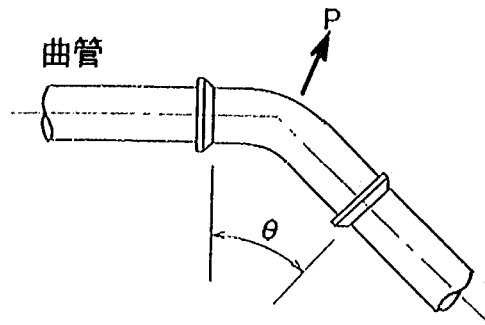


図4-2 曲管部の不平均力

②分岐がある場合

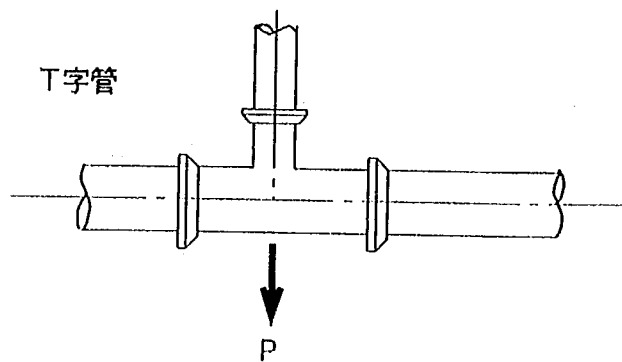


図4-3 T字管部の不平均力

③管径が変わる場合

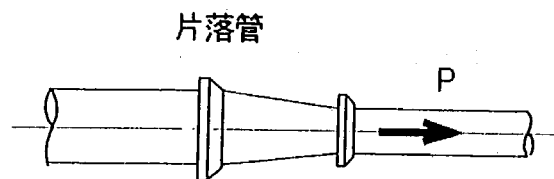


図4-4 片落管部の不平均力

④管路の行き止まりの場合

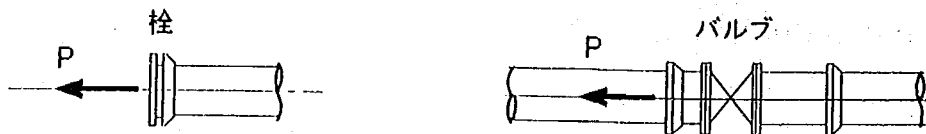


図4-5 管路の行き止まり部の不平均力

(2) 異形管防護方法

防護の方法としては、コンクリートブロックを設ける方法、離脱防止継手を用いる方法及び離脱防止金具を用いる方法がある。

ここでは、最も一般的なコンクリートブロックによる防護工の計算方法について、水平曲管の場合を例示する。

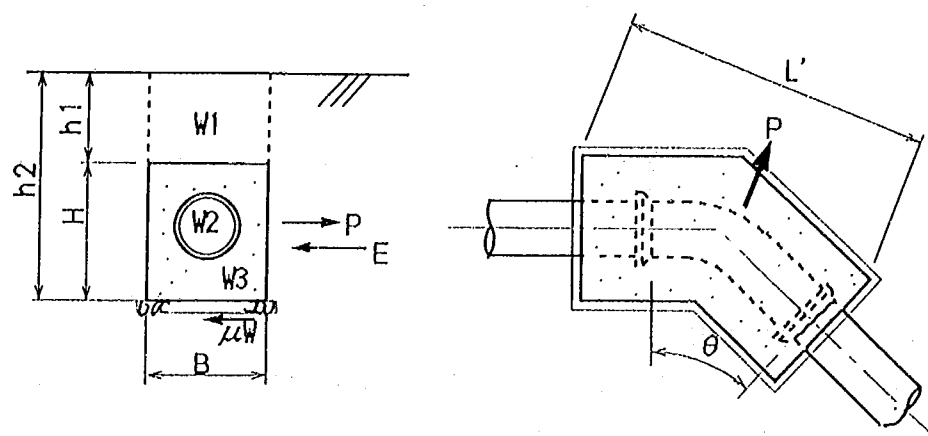


図4-6 水平曲管部のコンクリートブロック形状図

次の条件を満足するように計算する。

$$P \leq (\mu W + E) / S_f$$

P : 曲管部の不平均力 (kgf) $= 2 p A \sin (\theta / 2)$

p : 設計水圧 (kgf/cm²)

A : 管断面積 (cm²)

θ : 曲管の角度 (度)

μW : コンクリート底面と土との摩擦抵抗力 (kgf) $= \mu (W_1 + W_2 + W_3)$

μ : コンクリートと土の摩擦抵抗係数

W : コンクリートと底面にかかる総重量 (kgf)

W_1 : 土被りによる荷重 (kgf)

W_2 : 管及び水の重量 (kgf)

W_3 : コンクリートの重量 (kgf)

E : コンクリート背面の受働土圧抵抗力 (kgf) $= (1/2) C_e \cdot \gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2)$

C_e : 受働土圧係数 $= \tan^2 (45^\circ + \phi / 2)$

γ : 土の単位体積重量 (kgf/cm³)

h_1 : 土被り (cm)

h_2 : コンクリート底面高 (cm)

L' : コンクリート背面の投影長 (cm)

ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

S_f : 安全率

§ 11. 管路の地震対策

管路の設計に当たっては、十分な地震対策を検討するものとする。

【解説】

(1) 「下水道施設地震対策指針と解説」に記載されている耐震設計関係の項として、次のようなものがある。

§ 1 下水道施設の地震対策

下水道施設の計画、設計、施工及び維持管理にあたっては、地域や地質の実情に応じ、地震に対し、必要な対策を講ずる。

§ 3 耐震対策のための考慮

下水道施設の設計及び施工にあたっては、次の各項を十分に考慮して耐震対策を講じなければならない。

- (1) 地域特性を考慮して、建設箇所の地質、地盤等を調査する。
- (2) 耐震計算は、この指針に示す方法によって行い、安全性を十分に照査する。
- (3) 地震時に挙動の著しく異なる箇所には、変位を吸収するなどの対策を講ずる。
- (4) 機械類の固定は、地震時に移動等を生じない堅固な構造とする。
- (5) 下水道施設の構成材料は、耐震性の高い材料を使用し、特に水密性を要求される構造物は、材料の選定や施工に十分に注意しなければならない。
- (6) 地震時に地盤が流動化する可能性のある場合、重要な施設については、流動化対策を講ずることが望ましい。

§ 13 基本方針

下水道施設の耐震設計にあたっては、地域特性、地盤特性及び施設の特性や規模並びに類似施設の被害経験を考慮する。ポンプ場及び処理場の重要な施設は、この指針に示す耐震計算法を用いて安全性を照査する。

§ 14 耐震計算法

下水道施設の耐震設計において用いる耐震計算法は、原則として震度法とする。

§ 21 管きよ

管きよの築造にあたっては、管きよの種類及び継ぎ手の構造による地震時の挙動特性を考慮し、基礎地盤の安定化、変位を吸収する措置等の対策を講ずる。

表1-6 施設別の地震対策

施設			対 策	計 画		設 計			管 理
				計画の配置 (複数化、 連絡化)	二次的 被害対策	耐震計算	免震構造	構造規定	
管 路	重要幹線	軟 弱 地 盤	○	—	—	○	○	全 施 設 対 象	
		良 好 地 盤	○	—	—	△	○		
		そ の 他	—	—	—	△	○		
ボ ン ブ 場		○	○	○	○	○			
処 理 場	排 水		○	○	○	○	○		
	簡 易 処 理, 消 毒		○	○	○	○	○		
	2 次 処 理		○	△	○	○	○		
	汚 泥 処 理		○	—	○	○	○		

注：○印；対象施設

△印；対策が容易で必要な場合

免 震 構 造；地震時応力の緩和及び吸収を図る構造

構 造 規 定；構造上又は機能上の経験的な規定

§ 26 污水圧送管及び送泥管

污水圧送管及び送泥管は、次の各項を考慮する。

- (1) 管路は複数とし、それぞれ別路線に布設して、連絡管きょを設置することが望ましい。
- (2) 橋りょう(梁)添架部等の必要箇所には、可とう性伸縮継ぎ手を設ける。

下水道施設の耐震設計は、原則としてこの指針によって行うことになるが、§14の解説中に「応答変位法は地中に埋設された管路など・・・」とあることから、応答変位法を採り入れている「新耐震設計法(案)」(建設省)などを参考にして行うこともできる。

このほか耐震設計の基準には下記のものがある。

- ①新耐震設計法(案)……………昭和52年3月、建設省
- ②地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)・・昭和52年3月、(財)国土開発技術研究センター
- ③土地改良事業計画設計基準……………昭和52年10月、農林省(当時)
- ④水道施設耐震工法指針・解説……………昭和54年10月、日本水道協会

(2) 管路の耐震設計の手順

管路の耐震設計は、図4-7に示す手順により行う。

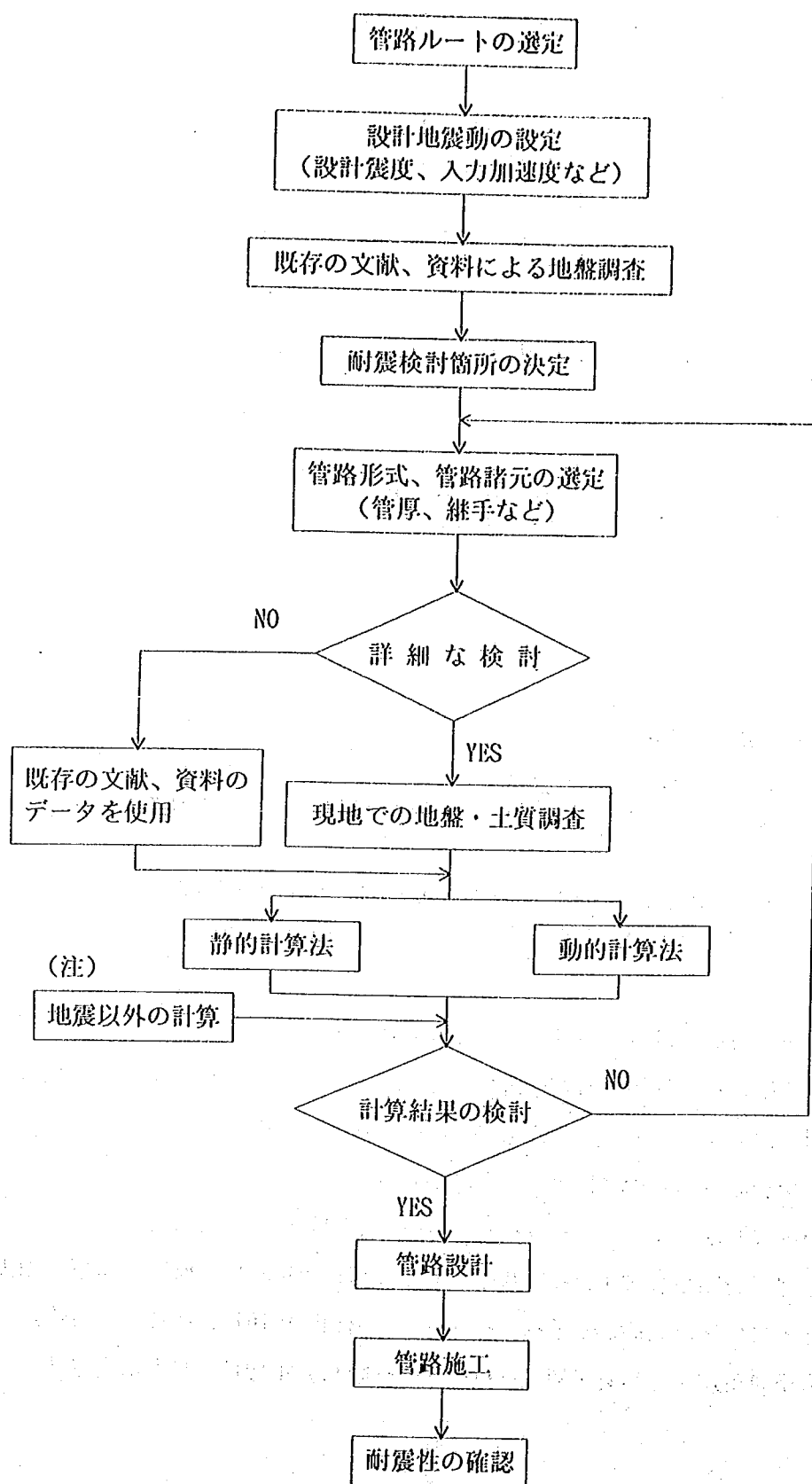


図4-7 管路の耐震設計手順

(注)地震以外の計算：

継手の余裕として次のものを追加する。

- ①軟弱地盤における沈下に対するもの。
- ②曲げ配管に対するもの。
- ③温度応力に対するもの。
- ④水圧による不平均力に対するもの。

§ 1 2. 管路の防食対策

- (1)下水の性状に応じた管の内面防食仕様を考慮するものとする。
- (2)腐食性土壌に管を埋設する場合には、管外面の防食対策を講じることとする。
- (3)特殊な環境下に管を敷設する場合には、その環境に応じて管の外面防食仕様を考慮するものとする。

【解説】

- (1) 下水の種類別のダクタイル鋳鉄管の内面防食仕様を表4-4に示す。

表4-4 下水種類別のダクタイル鋳鉄管内面防食仕様

下水種類	エポキシ樹脂 粉体塗装	モルタル ライニング	液状エポキシ 樹脂塗装
汚 水	◎	◎	○
特殊汚水	◎	△	○
雨 水	◎	◎	◎
処理水	◎	◎	◎

◎印：最適、○印：適、△印：注意を要する

(注)特殊汚水とは酸性が強い場合をいう。

ダクタイル鋳鉄管の継手に用いられるゴム輪の材質選定基準を表4-5に示す。

表4-5 ゴム輪材質の選定基準

種類	条 件	ゴム輪材質
汚水	通 常 の 汚 水 (強酸性や温度が高い場合も含む)	S B R
	溶剤、鉱物油等が混入する場合	N B R、C R
雨水	— — —	S B R
処理水	— — —	S B R

(2) ダクタイル鋳鉄管の場合、一般的な埋設条件では特に管外面の防食対策は必要ないが、腐食性土壌ではポリエチレンスリーブを施工する。

腐食性土壌の例を以下に示す。

- ①酸性の工場廃液や汚れた河川水等が地下に浸透する場所。
- ②海浜地帯や埋立地域等、地下水に多量の塩分を含む場所。
- ③硫黄分を含む石炭ガラ等で盛土や埋立てされた場所。
- ④泥炭地帯。
- ⑤腐植土。
- ⑥廃棄物による埋立地域や湖沼の埋立地。

現地調査を行えば、より正確に土壌の腐食性を判定することができる。表4-6に示す5項目を現地で観察、測定し、その合計点が10点以上になれば腐食性土壌と判定する。

表4-6 土壌の測定項目と点数

項目	測定結果	点数	項目	測定結果	点数
土壌の 比抵抗 $\Omega\text{-cm}$	700以下	10	Redox	100以上	0
	700～1000	8	電位	50～100	3.5
	1000～1200	5	mV	0～50	4
	1200～1500	2		マイナス	5
	1500～2000	1	水分	排水悪い 常に湿潤	2
	2000以上	0		排水かなり良好	
pH値	2以下	5		一般に湿っている	1
	2～4	3		排水良好	
	4～6.5	0		一般に乾燥している	0
	6.5～7.5	0 ⁽¹⁾	硫化物	あり	3.5
	7.5～8.5	0		微量	2
	8.5以上	3		なし	0

注 ⁽¹⁾ 硫化物が存在し、かつ、低Redox電位を示す場合は、3点を加算する。

(3) 露出配管、水中配管、湿度の高い場所での配管など特殊な条件の場合は、表4-7に示す外面特殊塗装の中から選定する。

表4-7 外面特殊塗装

用 途	工 場 塗 装	現地塗装（参考）
一般露出配管用	鉛系さび止め塗料 （塗膜厚65 μ m） （2回塗り）	合成樹脂調合ペイン ト、フタル酸樹脂塗 料など
耐候性が要求さ れる場合	亜鉛溶射またはジッ リッパ [®] イント （塗膜厚20 μ m） + エポキシ樹脂塗料 （塗膜厚50 μ m） + エポキシM.I.O塗料 （塗膜厚50 μ m）	塩化ゴム系塗料
特に耐候性が要 求され、定期的 に補修が困難な 場所		ポリウレタン 樹脂塗料
水中配管及び湿 度の高い腐食性 環境の場所		エポキシ樹脂塗料 またはタールエポキ シ樹脂塗料

4.2.3 付帯設備

§ 13. バルブの設置

圧送管路には必要に応じて遮断用、管路切換用、ドレン用、吸排気用等のバルブを設置する。

(1) 遮断用及び管路切換用のバルブは、原則として外ネジ式ソフトシール仕切弁を使用する。

(2) ドレン用のバルブは、原則として偏心構造弁を使用する。

(3) 吸排気用のバルブは、原則として下水用空気弁を使用する。

【解説】

(1) 圧送管路ではピグによる洗管を考慮して、バルブ全開時に100%の通過断面が得られる仕切弁形式のバルブを使用する。

仕切弁には、ソフトシール形と金属弁座形があるが、弁箱底部に異物が堆積しないソフトシール仕切弁を使用することが望ましい。また、ネジ部に異物が付着しない外ネジ式を使用する。

なお、埋設深さの関係から、ソフトシール仕切弁が設置困難な場合は偏心構造弁の使用を検討する。

(2) ドレン用のバルブは、操作力、全開全閉回転数等の操作性を考慮し、偏心構造弁を使用することが望ましい。

(3) 圧送管路の凸部等の空気の溜まりやすい箇所には、下水用空気弁を設置する。また、勾配のない管路でも1km当たり2～3カ所設置するのが望ましい。

下水用空気弁はフロート等への異物の付着が進行するため、空気弁の下部に補修弁を設置し、点検・清掃等の維持管理のための作業スペースを確保する必要がある。図4-8に据付参考図を示す。

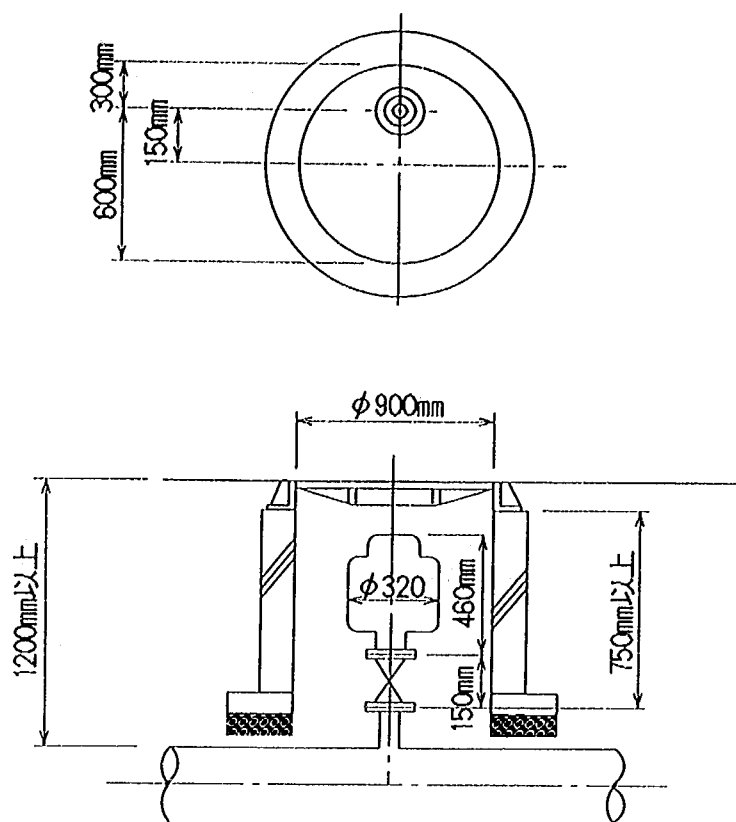


図4-8 下水用空気弁据付参考図

各バルブの用途、機能、諸元に関する資料を以降に掲載する。

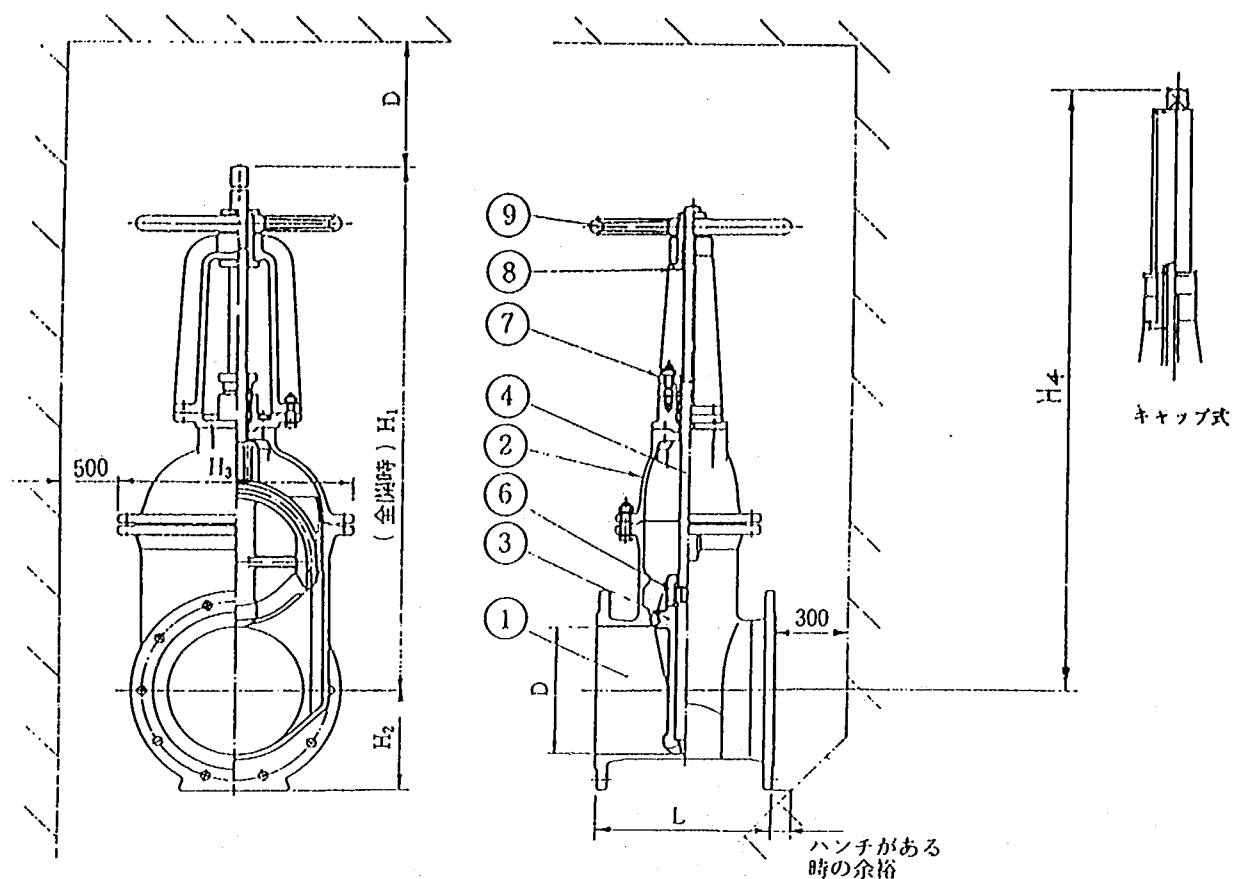
表4-8 バルブの選定表

	外ネジ式 ワットソール 仕切弁	外ネジ式 金属弁座 仕切弁	下 水 用 空 気 弁 (補修弁付)	偏 心 構 造 弁
遮断用	◎	○	—	—
管路切替用	◎	○	—	—
吸排気用	—	—	◎	—
ドレン用	○	—	—	◎

表4-9 バルブの機能一覧表

機 種	ソフトシール仕切弁	金属弁座仕切弁	下水用空気弁	偏心構造弁
項 目				
形 式	外ネジ式	外ネジ式	補修弁付	---
呼 び 径 (mm)	50~500	600~1000	75	75~500
使用圧力 MPa(kgf/cm ²)	0.74 (7.5)	0.44 (4.5)	0.74 (7.5)	0.44 (4.5)
最高許容圧力 MPa(kgf/cm ²)	1.27 (13)	0.98 (10)	1.72 (17.5)	---
適 用 規 格	J W W A B 120 (但しφ50~φ350)	J I S B 2062準拠	---	---
フランジ寸法	J I S G 5527 (ダクタイル鋳鉄異形管) R F 形 7.5K (水道フランジ) に接続可能			
止水方向の制限	な し	な し	---	あ り
特 長	1. 全開時の圧力損失が小さい。 2. 堅牢で耐久性がある。 3. シートのため止水性能がよい、操作が軽快である。 4. 弁箱底部がストレートで凹溝がないので異物堆積がない。 5. 部品交換が容易である。 6. 内外面エポキシ樹脂粉体塗装、弁体はゴムライニング。	1. 全開時の圧力損失が小さい。 2. 堅牢で耐久性がある。 3. 弁座の耐久性が優れている。 4. 内面に、エポキシ樹脂粉体塗装を施すことができる。	1. 汚水、汚泥の吹き出しを防止する構造になっている。 2. ミミ、土砂、泥が詰りにくい構造になっている。 3. 内外面塗装。エポキシ樹脂粉体塗装。 4. 補修弁の運転を止めず、シスを閉じれば、メンテナンスの維持管理ができる。	1. 仕切弁に比べ、高さ寸法も小さく、操作トルクも小さい。 2. 流路がストレートのため、ストレーターの取り付けが容易。 3. 汚泥がストレーン管内に溜まらない。
問 題 点	1. 全開、全閉使用が原則でない。中間の使用には、適さない。 2. 弁箱底部には砂などの異物が堆積しやすい。	1. 全開、全閉使用が原則でない。中間の使用には、適さない。	1. 屋内の使用では臭気対策が必要である。	
使用上の留意点 (含、保守等)	1. できる限り据付姿勢は立形とする。 2. 粉体塗装に傷を付けないように据付時の取り扱いに注意が必要である。	1. できる限り据付姿勢は立形とする。	1. 空気弁室が必要である。運転に必要である。運転中に汚泥が詰まる場合は、点検を要する。エア抜きは必要である。 2. 補修弁が停止する場合は、エア抜きは必要である。 3. 起動、停止の要する場合は、エア抜きは必要である。 4. 使用時、停止時、エア抜きは必要である。	1. 据付時止水方向に制限があるので、注意が必要である。

①ソフトシール仕切弁（JWWA B120）の構造・形状及び寸法（例）



材 質

番号	部品名称	材 料
1	弁 箱	FCD450 (粉体塗装)
2	ふ た	FCD450 (粉体塗装)
3	弁 体	FCD450 全面ゴム (EPDM) ライニング
4	弁 棒	SUS403
6	こ ま	SUS403, SCS または C3771
7	パッキン抑え	FCD450
8	ス リ ー プ	BC6
9	ハ ン ド ル	FC200

寸 法 (mm, 参考, 最大)

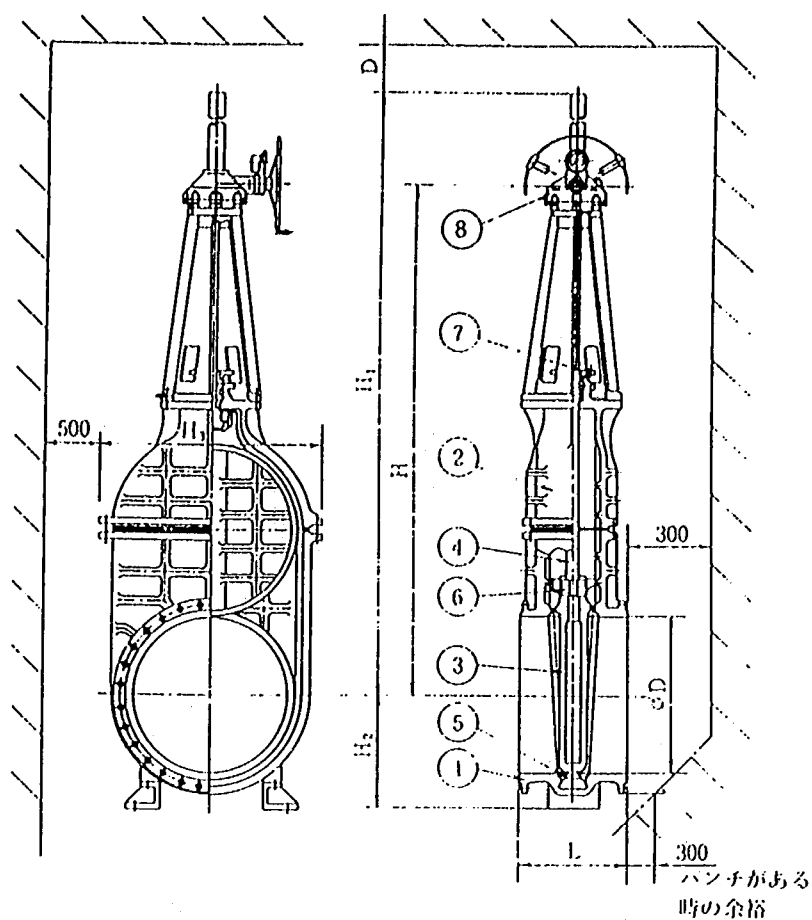
呼び径 D	面間 L	H1 (約)	H2	H3	H4
50	180	400	78	170	585
75	240	530	106	220	680
100	260	610	119	260	765
125	260	710	132	280	870
150	280	830	145	330	1000
200	300	1030	171	420	1205
250	380	1230	205	480	1415
300	400	1430	232	580	1615
350	430	1790	265	650	
400	470	1990	291	730	
450	500	2210	326	800	
500	530	2400	353	880	

フランジ寸法はJIS G 5527, RF, 7.6Kに接続可能

設置場所により、
ハンドル式、キャップ式を
選定のこと

図4-9 ソフトシール仕切弁形状図

(2)外ネジ仕切弁（金属弁座形）の構造・形状及び寸法（例）



材 質

部品名称	材質
弁 箱	FC, FCD
ふ た	FC, FCD
弁 体	FC, FCD
弁 棒	SUS
弁 座	SUS
こ ま	SUS, BC
パッキン押え	FC

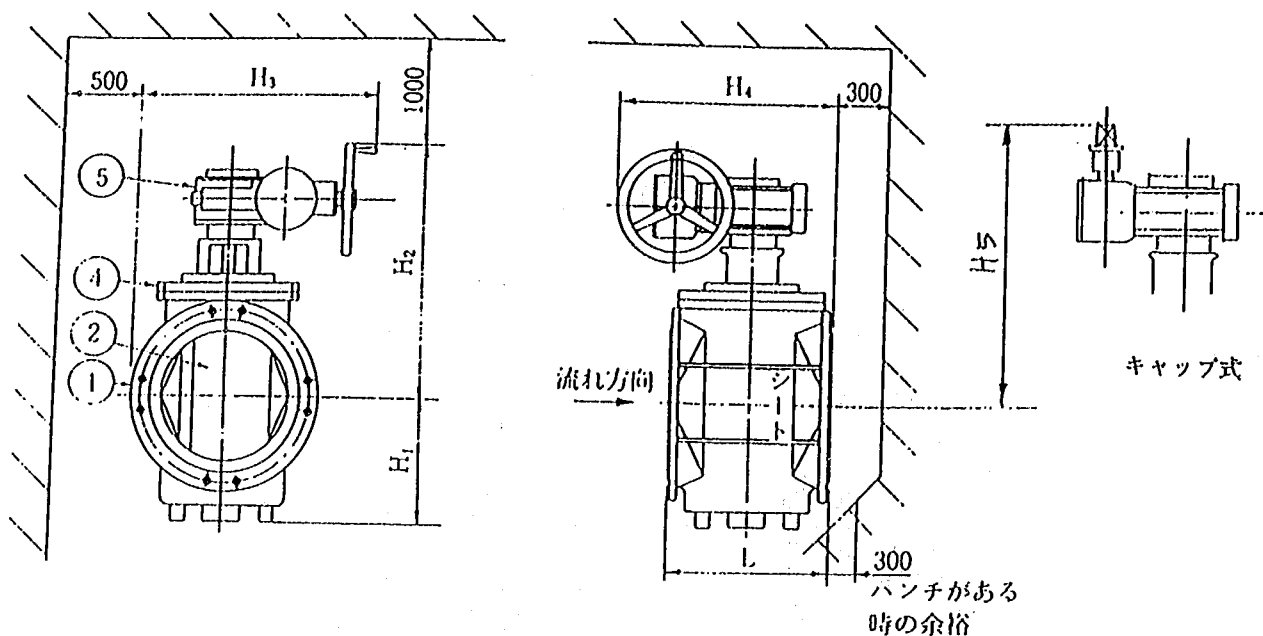
寸 法 (mm, 参考, 最大)

呼び径	面間	H 1	H 2	H 3	H 4
D	L	(約)			
600	560	2980	480	940	2190
700	610	3450	540	1080	2570
800	690	3730	600	1200	2740
900	740	4260	690	1340	3180
1000	770	4530	730	1460	3380

フランジ寸法は JIS G 5527, RF,
7.5 K に接続可能

図4-10 外ネジ仕切弁（金属弁座型）形状図

③偏心構造弁の形状及び寸法（例）



材 質

番号	部品名称	材 料
1	弁 箱	FC, FCD
2	弁 体	FCD, SCS
3	弁 座	合成ゴム
4	ふ た	FC, FCD
5	操 作 機	—

寸 法 (mm, 参考, 最大)

呼び径 D	面間 L	H1 (約)	H2	H3	H4	H5
75	240	150	480	360	305	665
100	250	160	480	370	310	665
125	260	180	515	385	320	700
150	280	210	530	400	330	700
200	300	240	590	450	410	735
250	380	270	650	520	450	790
300	450	320	800	540	580	840
350	470	350	820	610	600	865
400	500	390	890	740	670	935
450	560	430	990	880	800	1000
500	620	470	1010	900	900	1050

フランジ寸法はJIS G 5527, RF, 7.5Kに接続可能

設置場所により、
ハンドル式、キャップ式を
選定のこと

図4-11 偏心構造弁形状図

§ 1 4. 排出設備

ポンプ運転により管路の凹部には土砂等の固形物が溜まるため排出設備を設ける。

【解説】

ポンプによる送水運転中に、圧送管路の凹部には下水中の土砂や固形物が溜まりやすいので、このような場所には下図に示すような排出設備を設置する。

排出管の呼び径は、排出時の作業性から150mm以上、ドレン弁は偏心構造弁が望ましい。

排出設備の設置場所の選定に当たっては、周囲の状況、排水の処分方法等も検討し、人孔等は極力歩道側に設置するものとする。

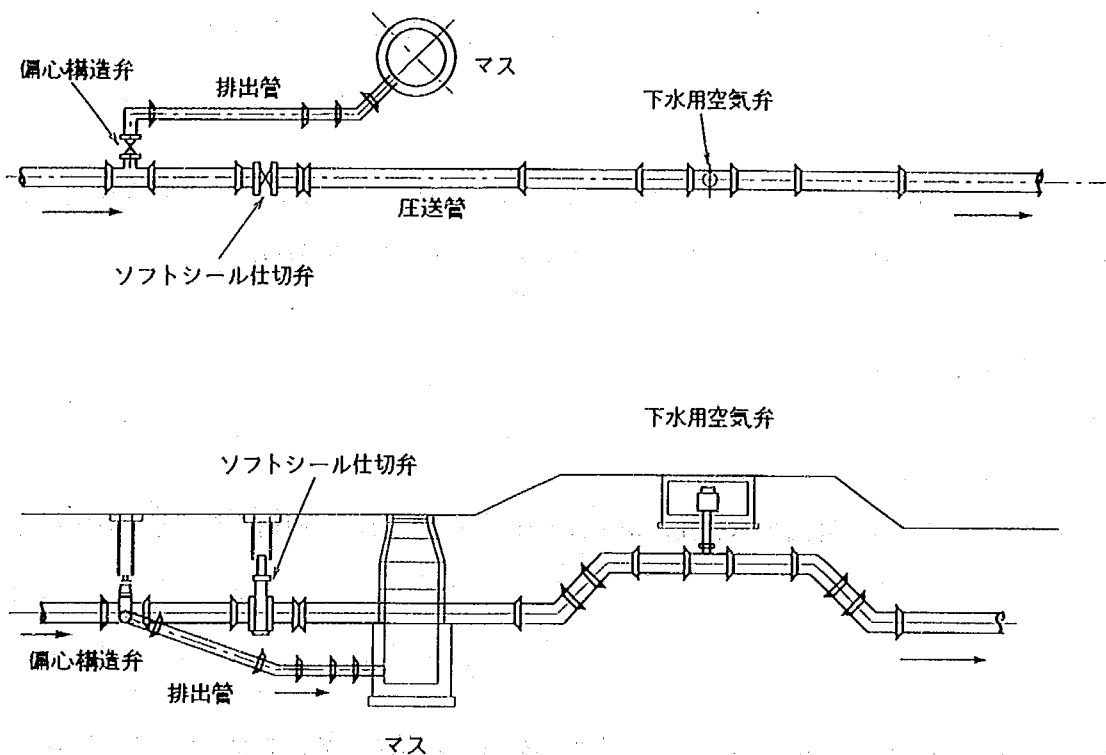


図4-12 排出設備の例

§ 1 5. 連絡管路の設置

多条管路の場合は、将来的な維持管理を考慮して連絡管路を設置する。また、1条管路の場合でも、将来多条管路とする場合には、連絡管路用の接続口を設けておくが良い。

【解説】

多条管路において、各管路の連絡管を設けておけば、事故等による送水停止の危険性を分散回避することができる。

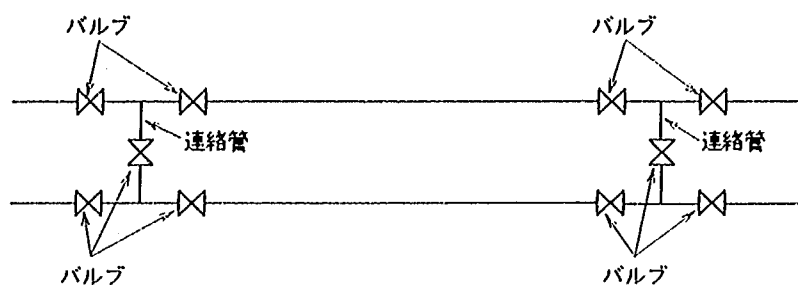


図4-13 連絡管路の設置例

§ 1 6. 明示シートの設置

管の誤認を避けるため、埋設管の上部に明示シートを埋設することが望ましい。

【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ル製のシートを埋戻し時に管の上部に埋設しておき、再掘削時にその位置が明確になるようにするものである。

4. 2. 4 管路の試験、調整

§ 1 7. 管路の水圧試験

管路の敷設完了後、管路の水密性、安全性を確認するために、原則として水圧試験を行うものとする。

【解説】

管路の水圧試験は、圧送管路の水密性、安全性等の機能確認のために管路の敷設完了後に実施する。水圧試験実施での注意事項は下記のものである。

- ①管路の充水は、原則として管路の低い方から、管内空気の排出状況を確認しながら、ゆっくりと行うことが望ましい。
- ②管路の水圧試験は、管内の残留空気を少なくするために、充水後少なくとも一昼夜程度経過してから行うものとする。
- ③試験水圧は設計水圧とし、加圧後24時間の管路異常の確認及び圧力計測を行う。
- ④漏水以外の種々の要因により、測定圧力は初期圧力から降下することがあるが、ある程度の圧力を保持してほぼ平衡状態となった場合は合格とする。
- ⑤なお、24時間圧力を一定に保ち、その間の補給水量を測定する方法もあるが、この場合は補給水量が時間経過とともに減少し、零値近くで安定した場合は漏水なしと判定する。

§ 1 8. バルブの試験・調整

管路の水圧試験に際しては、バルブの工場試験並びに開度などを考慮する。

【解説】

①バルブの工場試験

- 1) 耐圧試験 ; 弁を開いた状態で水圧を加え、各部に異常のないことを試験する。
- 2) 弁座の漏れ試験 ; 弁を閉じた状態で、片側に使用圧力程度の水圧を加え、弁座に漏れがないことを試験する。

②管路の水圧試験

管路の水圧試験を行う場合は、原則としてバルブを開いた状態で行う。バルブ間で水圧試験を実施する場合は、バルブの使用圧力を越えない試験圧力とする。

③バルブの使用条件

管路の水圧試験後は、通水に備えてバルブの開閉状況及び流れ方向を確認しておく必要がある。バルブは、原則として全開または全閉で使用する。中間開度での長期間の使用は、潰食(キャビテーション・エロージョン)の発生等の故障原因となるので、極力避けるよう考慮する。

4. 2. 5 管路の維持管理

§ 1 9. 管路の維持管理

- (1) 圧送管路は送水能力の低下を生じないように、定期的に堆積物の状態や臭気の発生状況等を確認する。また、必要に応じて管路の清掃を実施する。
- (2) 長期間管路を使用しない場合は、管路の清掃を実施した上で清水を管路内に充填し、バルブを閉じておく。
- (3) 維持管理を行いやすくするためには、多条管路が望ましい。

【解説】

- (1) 管路の維持管理を効率的に行うためには、管路はもとより、水理、水質及び埋設条件等の情報管理を常時行うとともに、定期的な管路診断を行うと良い。

管路の維持管理上の諸対策として次のようなものが挙げられる。

1) 供用初期の小流量対策

汚水圧送管路では、計画時間最大汚水量をもとにして、管内流速が1.5m/秒程度になるように口径を選定するのが望ましい。

しかし、供用直後では計画下水量が流れず実流速が極めて小さくなるため、管路計画において以下の対策を考慮する。

①圧送管路を2条配管とし、初期は片側のみの運転として、管内流速を確保する。

②圧送管路中に空気を注入して気液混合流を作り、流速を速くする。

参考として、圧送管路への空気注入設備の例を図4-14に示す。

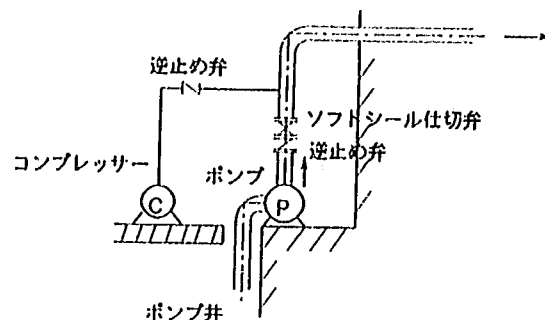


図4-14 空気注入設備例

2)管内堆積物の排出

汚水を長距離圧送する場合、管路の凹部に固形物が堆積して通水断面が減少し、通水能力が低下することがある。また、堆積物中で硫化水素等の有害物質が発生する可能性がある。そのため、適切な方法で管内堆積物を排出する。

堆積物の排出方法としては、以下の方法がある。

①一時的に高流速で圧送運転を行い、管内堆積物を排出する(フラッシング)方法

堆積物排出のための必要流速(限界流速)は、次式で計算されると報告されている。

(下水道協会誌Vol. 25 No. 293)

$$V = V_1 - V_2$$

$$= \sqrt{\frac{8\beta}{f} g(S-1)d \cdot \cos \theta} - \sqrt{\frac{4g}{3C} (S-1)d \cdot \sin \theta}$$

V_1 : スラッジが沈殿した後、再び流出される限界掃流速 m/s

V_2 : スラッジの沈降速度 m/s

β : 常数 ≈ 0.06

g : 重力加速度 $= 9.8 \text{ m/s}^2$

S : 土粒子の比重 $= 2.65$

d : 土粒子の粒径 m

f : 摩擦係数 ≈ 0.03

θ : 管の上昇角度

C : 土粒子の抵抗係数 $= 2.15$ 、 $d \geq 0.001 \text{ m}$

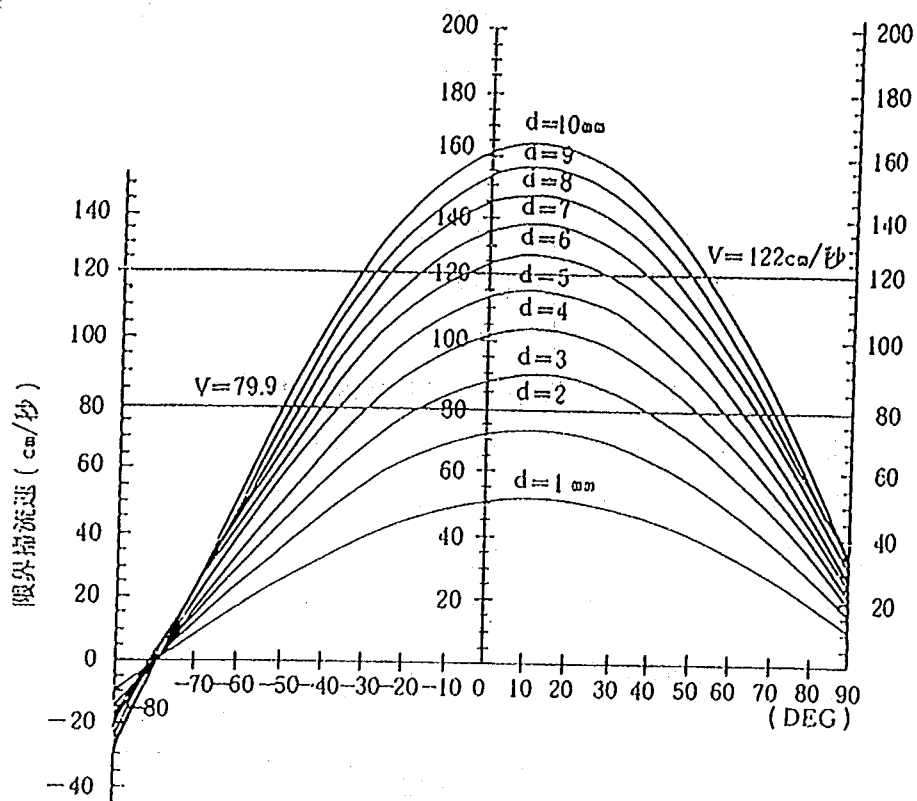


図4-15 砂の限界掃流速と圧送角度

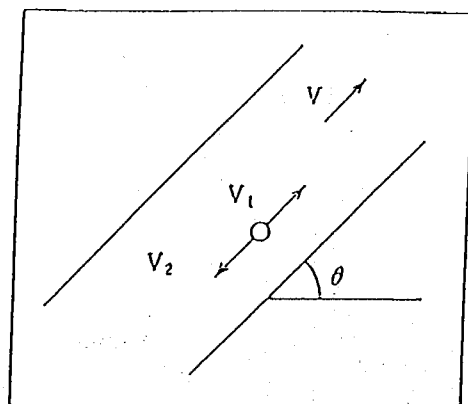


図4-16 圧送管内限界掃流速

②管路の凹部に排出設備を設置して、管内堆積物を排出する方法

「§14. 排出設備」を参照。

③ピグ洗管により、管内堆積物を排出する方法

ピグ洗管による堆積物排出方法は、管路内に内径より若干大きい発泡ウレタン製のピグを

挿入し、ピグに水压を加えて管路内を走行させることにより、堆積物を排出する方法である。

この方法では、ピグ発射装置とピグ回収装置が必要であるが、同一口径の長距離管路を一度に洗管することができる。

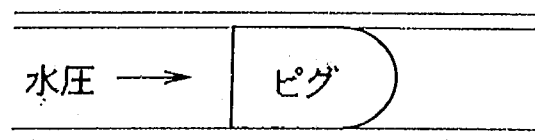


図4-17 ピグ洗管による堆積物排出

ピグによる洗管を採用する場合の留意事項としては、

- ・ピグ走行に必要な能力を持ったポンプを設置する。
- ・発射装置操作のためのスペースを確保する。
- ・管路の要所に通過確認装置を設置するのが望ましい。

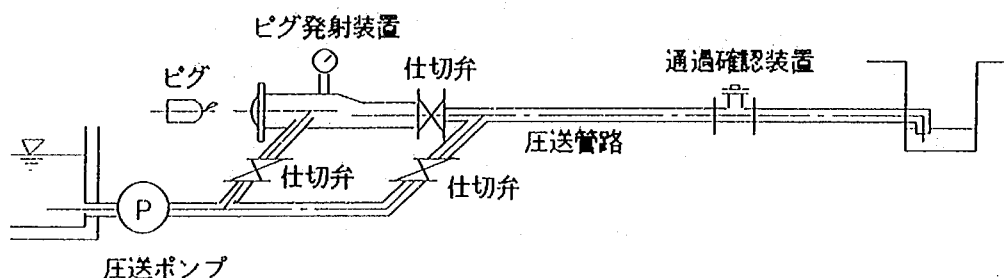


図4-18 ピグ洗管システム概略図

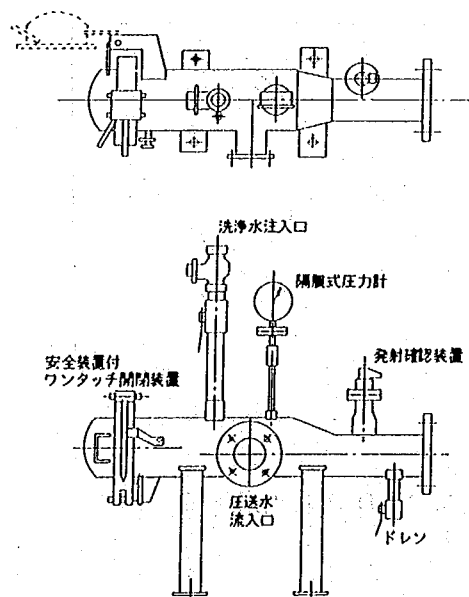


図4-19 ピグ発射装置図

- ・管路途中にはピグが通過できないような計器(流量計等)やバルブ(バタフライ弁等)は設置しない。また、供用前にピグが全管路内を通過可能なことを確認することが望ましい。

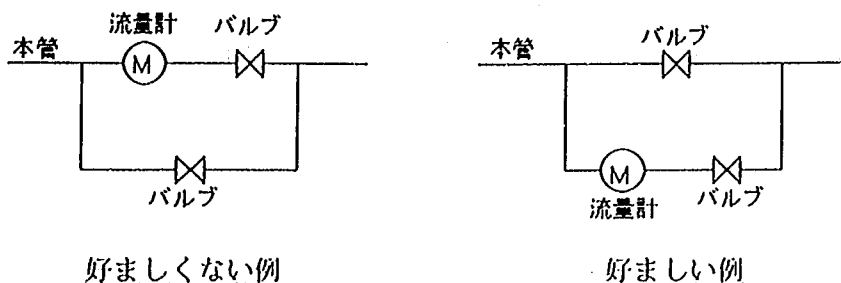


図4-20 ピグ用配管例

- ・使用するピグは、通過性がよく管内面に損傷を与えにくい発泡ウレタン製クリスクロスタイプが適している。
- ・排出距離は、最大5000m程度の例がある。また、一定の期間を定めて洗管を実施し、管内を常に良好な状態に維持することが望ましい。

3) 臭気対策

下水中には、乳酸、プロピオン酸、酢酸等の有機酸や硫酸塩が含まれており、これらのものを長時間圧送すると、条件により嫌気性環境となり、メタン菌や硫酸塩還元菌等の作用により、メタン、硫化水素ガス、メチルメルカプタン、硫化メチル等のガスが発生する場合があります。この発生ガスの中で、硫酸塩還元菌による硫化水素ガスが悪臭原因として代表的なものである。これは、圧送管路から排出されたところで腐卵臭を放ち、高濃度では人の生命にも影響するガスである。

一般的に、硫化水素は汚水中の有機質が多い場合や滞留時間が長い場合、温度が高い場合に発生しやすく、圧送管路では堆積物の多い凹部で発生しやすいとされている。

圧送管路の硫化水素発生防止のため、次のような設計・維持管理上の対策が考えられている。

- ① 堆積物の溜まりにくい管路の縦断形状とする。また、溜まりやすいと思われる場所には、予め排出設備を設置する。
- ② ピグ等で洗管できる管路にする。
- ③ フラッシングによる堆積物排出を検討する。
- ④ 管路内が嫌気性環境となるのを防止するため、圧送管路内に空気注入を行う。
- ⑤ 空気弁からの臭気対策が必要な場合は、ダクトや脱臭装置を設置する。

§ 2 0. 緊急連絡体制

停電、故障等の非常時に対応できるように、連絡先、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】

中小規模の下水道施設においては、ポンプ設備の規模が小さく、設置箇所数も多いことから、通常は無人で運転される。

したがって、非常時には、各設備に設置されているテレメータまたは電話回線を使って保守点検業者または事業体等に連絡し、速やかに機能の回復ができるような体制の整備が必要である。

§ 2 1. 事故時の対応

万一、管路に事故が発生した場合には、以下の対応により早急に管路の機能回復に努めなければならない。

- ①バイパス管路がある場合には、送水系統の切り替えを行う。
- ②単一管路の場合には、できる限り低圧、小流量で運転し、流量の少ない時間帯に対策を実施する。

【解説】

管路設備の非常時の対応は、管路が埋設されているため困難が伴う場合が多い。したがって、事故を未然に防止するための日常の維持管理が重要である。

万一の管路事故発生において最も有効な手段は、バイパス管路を予め設置しておくことである。多条管路の場合、要所に連絡管を設けておけば、相互に他方をバイパス管路として使用でき、管路の部分的な送水切換えが可能となり、事故の影響を最小限とすることができる。

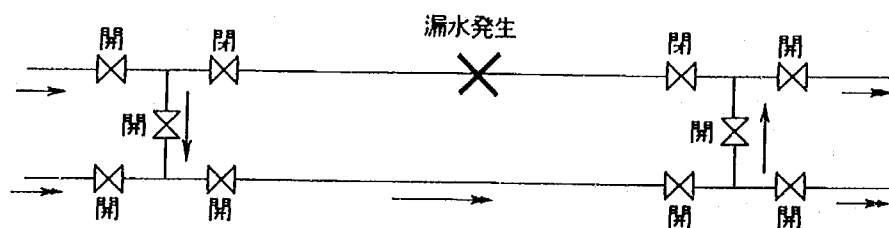


図4-21 バイパス管路への切換えの例

§ 2 2. 記録

- (1)システムの維持管理のために必ず維持管理記録を残す。
- (2)事故処理の記録は、以後の維持管理体制作りには不可欠であるため、必ず記録を取らなければならない。

【解説】

(1) 維持管理記録には、少なくとも次の項目を記録する。その他、必要と思われる項目は適宜考慮する。

①日時

②機器名、機器番号

③点検結果

④点検者名

(2) 事故処理の記録は、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

日時、場所、事故内容、事故の規模、作業内容、終了時刻、作業時間

②バルブ

番号、日時、事故内容、作業時間

4.3 計画設計例

(1)設計条件

①計画汚水量(時間最大) $Q = 15552 \text{ m}^3/\text{日} = 10.8 \text{ m}^3/\text{分} = 0.18 \text{ m}^3/\text{秒}$

②流入管仕様

管 径 $\phi 600$
勾 配 2 ‰
管 底 高 $+9.000 \text{ m}$

③計画地盤高 $+13.000 \text{ m}$

④圧送距離 1500 m

⑤圧送末端レベル $+23.000 \text{ m}$

(2)検 討

①沈砂池関係

1)流入水位

流入比 : $Q/Q_F = 0.18 / 0.2746 = 0.655$

(Q_F は、マニング式の粗度係数を0.013として求めた。)

水深比 : 水理特性曲線 円形管より 59%となる。

流入水深 = 管径 $\times$ 水深比 = $600 \times 0.59 = 354 \text{ mm}$

流入水位 = 管底高 + 流入水深 = $+9.000 + 0.354 = +9.354 \text{ m}$

2)沈砂池

粒子径0.2mm以上を50%除去するものとする。

比 重 : 2.65

沈降速度 : 0.021 m/秒

平均流速 : 0.3 m/秒

必要水面積

$$\frac{\text{時間最大汚水量}}{\text{沈降速度}} = \frac{0.18}{0.021} = 8.6 \text{ m}^2$$

必要断面積

$$\frac{\text{時間最大汚水量}}{\text{平均流速}} = \frac{0.18}{0.3} = 0.6 \text{ m}^2$$

沈砂池2池とし有効水深を0.4mとする。

池 巾

$$\frac{\text{必要断面積}}{\text{有効水深} \times \text{池数}} = \frac{0.6}{0.4 \times 2} = 0.75 \rightarrow 0.75 \text{ mとする。}$$

池 長

$$\frac{\text{必要水面積}}{\text{池巾} \times \text{池数}} = \frac{8.6}{0.75 \times 2} = 5.73 \rightarrow 6 \text{ m とする。}$$

池寸法

$$\text{池巾 } 0.75\text{m} \times \text{池長 } 6\text{m} \times \text{水深 } 0.4\text{m} \times 2\text{池}$$

②ポンプ仕様の検討

1)設置台数

ポンプ口径は、維持管理上同一口径が望ましいが、初期流入量、水量変化を考え、下記の2種類にて計画する。

$$Q_{P1} = 1/4Q = 1/4 \times 10.8 = 2.7 \text{ m}^3/\text{分} : 2\text{台}$$

$$Q_{P2} = 1/2Q = 1/2 \times 10.8 = 5.4 \text{ m}^3/\text{分} : 2\text{台(内1台予備)}$$

2)適用口径

ポンプの口径は下式により求める。

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q_P}{V}}$$

ここに、D : ポンプ口径(mm)

Q_P : ポンプ吐出量(m³/分)

V : 流速(1.5~3.0m/秒)

$$D_1 = 146 \sqrt{\frac{2.7}{(1.5 \sim 3.0)}} = 196 \sim 139 \rightarrow \phi 150 \text{ mm とする。}$$

$$D_2 = 146 \sqrt{\frac{5.4}{(1.5 \sim 3.0)}} = 277 \sim 196 \rightarrow \phi 200 \text{ mm とする。}$$

3)計画実揚程(Ha)

$$\begin{aligned} H_a &= (\text{圧送末端レベル}) - (\text{流入水位}) + (\text{スクリーン等による諸損失}) \\ &= (+23.000) - (+9.354) + 0.2 = 13.846 \text{ m} \end{aligned}$$

4)損失計算

a)圧送管損失(h_{L1})

$$\begin{aligned} h_{L1} &= \frac{10.666 \times Q^{1.85} \times L}{C^{1.85} \times D^{4.867}} \\ &= \frac{10.666 \times 0.18^{1.85} \times 1500}{110^{1.85} \times 0.4^{4.867}} \end{aligned}$$

$$= 9.7 \text{ m}$$

ここに、 h_{L1} : 圧送管損失(m)

Q : 圧送流量($\text{m}^3/\text{秒}$)

L : 圧送距離(m)

C : 流速係数

D : 圧送管径(m)

$V = 1.0 \sim 2.0 \text{ m/秒}$ とすると

$D = 0.48 \sim 0.34 \rightarrow 0.4 \text{ m}$ とする。

b) ポンプ廻り損失(h_{L2})

$h_{L2} = 2 \text{ m}$ と仮定する。

5) ポンプ全揚程(H)

$$H = H_a + h_{L1} + h_{L2} = 13.846 + 9.7 + 2$$

$= 25.546 \rightarrow 26 \text{ m}$ とする。

6) 電動機出力

$$L = \frac{0.163 \times Q_P \times H \times \gamma}{\eta} \times (1 + \alpha)$$

ここに、 L : 電動機出力(KW)

Q_P : ポンプ吐出量($\text{m}^3/\text{分}$)

H : " 全揚程(m)

η : " 効 率

α : 余裕率

γ : 比 重

$$L_1 = \frac{0.163 \times 2.7 \times 26 \times 1.0}{0.58} \times (1 + 0.15)$$

$= 22.7 \rightarrow 30 \text{ KW}$ とする。

$$L_2 = \frac{0.163 \times 5.4 \times 26 \times 1.0}{0.6} \times (1 + 0.15)$$

$= 43.9 \rightarrow 45 \text{ KW}$ とする。

7)ポンプ形式

圧送距離が長く、ウォーターハンマーによる負圧発生が予測されるので負圧対策を考え横軸槽外無閉塞形とする。

8)ポンプ仕様のまとめ

P₁ポンプ：φ150横軸槽外無閉塞形

$$2.7\text{m}^3/\text{分} \times 26\text{m} \times 1450\text{rpm} \times 30\text{KW} \times 2\text{台}$$

P₂ポンプ：φ200横軸槽外無閉塞形

$$5.4\text{m}^3/\text{分} \times 26\text{m} \times 1450\text{rpm} \times 45\text{KW} \times 2\text{台(内1台予備)}$$

③発電機容量

1)発電機出力

発電設備の発電機容量は次の算式により算出した容量のうちで最も大きい容量以上とする。

a)全負荷定常運転に必要とする容量 P_{G1}

$$P_{G1} = \frac{\Sigma P_o}{\eta_L \times \phi_L} \times \alpha = \frac{150}{0.85 \times 0.8} \times 0.8 = 177 \text{ KVA}$$

ここで、 ΣP_o ：自家発対象負荷出力の総和 KW（予備機は除く）

η_L ：負荷の総合効率 0.85

ϕ_L ：負荷の総合力率 0.8

α ：需要率 0.8

単相負荷は $\sqrt{3}$ 倍して、3相負荷に換算する。

b)許容電圧降下から必要とする容量 P_{G2}

$$P_{G2} = P_m \times \beta \times C \times X_d' \times \frac{1 - \Delta E}{\Delta E} \text{ KVA}$$
$$= 45 \times 7.2 \times 2/3 \times 0.3 \times \frac{1 - 0.25}{0.25} = 195 \text{ KVA}$$

ここで、 P_m ：最大容量の電動機出力 KW

β ：最大容量の1KW当りの始動 KVA

C ：始動方式による係数

（人-△始動とする）

X_d' : 発電機定数	0.3
ΔE : 許容電圧低下率	0.25

c) 最大容量の電動機を最後に始動するために必要とする容量 P_{G3}

$$P_{G3} = \frac{\frac{\Sigma P_o \times \alpha}{\eta_L} - \frac{P_m}{\eta_m} + P_m \times \beta \times C \times \phi_s}{\gamma \times \phi_G} \quad \text{KVA}$$

$$= \frac{\frac{150 \times 0.8}{0.85} - \frac{45}{0.85} + 45 \times 7.2 \times 2/3 \times 0.4}{1.5 \times 0.8}$$

$$= 146 \text{ KVA}$$

ここで、 ΣP_o : 自家発対象負荷出力の総和 KW

η_L : 負荷の総合効率 0.85

α : 需要率 0.8

P_m : 最大容量の電動機出力 KW

η_m : 最大容量の電動機効率 0.85

β : 最大容量の1KW当りの始動 KVA

C : 始動方式による係数

ϕ_s : 最大容量の始動力率 巻線形 0.8、かご形 0.4

γ : 発電機の瞬時過負荷耐量 1.5

ϕ_G : 発電機力率 0.8

2) 原動機出力

発電設備の原動機容量は、次の算式により算出した容量のうちで、最も大きい容量以上とする。

a) 全負荷定常運転に必要とする容量 P_{E1}

$$P_{E1} = \frac{P_G \times \phi_G}{\eta_G} \times 1.36$$

$$= \frac{200 \times 0.8}{0.889} \times 1.36 = 245 \text{ PS}$$

ここで、 P_G : 発電機出力 KVA (発電機出力計算において確定した値)

ϕ_G : 発電機力率 0.8

η_G : 発電機効率

b) 最大容量の電動機を最後に始動するために必要とする容量 P_{E2}

・ 瞬時過負荷耐量より求まる容量

$$P_{E2-1} = \frac{P_{G3} \times \phi_G \times \gamma_G}{\eta_G \times \gamma_E} \times 1.36$$

$$= \frac{146 \times 0.8 \times 1.5}{0.889 \times 1.1} \times 1.36 = 244 \text{ PS}$$

ここで、 γ_E : 原動機の瞬時過負荷耐量 = 1.1 (ディーゼル機関、ガスタービン共)

・ 許容負荷投入率より求まる容量

$$P_{E2-2} = \frac{P_m \times \beta \times C \times \phi_G}{\eta_G \times k} \times 1.36$$

$$= \frac{45 \times 7.2 \times 2/3 \times 0.4}{0.889 \times 0.39} \times 1.36 = 339 \text{ PS}$$

ここで、 k : 許容負荷投入率 70% 投入可能な原動機として線図より $k = 0.39$

η_m : 最大容量の電動機効率 0.85

β : 最大容量の1KW当りの始動 KVA

C : 始動方式による係数

ϕ_s : 最大容量の始動力率 巻線形 0.8、かご形 0.4

γ : 原動機の瞬時過負荷耐量

無過給の場合 1.1

過給機付の場合 1.0

ϕ_G : 発電機力率 0.8

c) 定常時の原動機出力 P_{E3}

$$P_{E3} = \frac{P_G \times \phi_G}{\eta_G} \times 1.36$$

$$= \frac{200 \times 0.8}{0.889} \times 1.36 = 245 \text{ PS}$$

ここで、 P_G : 発電機出力 KVA

ϕ_G : 発電機力率 0.8

η_G : 発電機効率

3) まとめ

以上より200KVA～340PS の自家発電装置が必要となる。

④ウォーターハンマーの検討

図式解法によるウォーターハンマーの検討結果を圧力勾配線図にして図4-22、図4-23に示す。

表4-10 ウォーターハンマー検討結果

図NO	検 討 条 件	結 果	可否
4-22	無対策	◎最大圧：約25m ◎最低圧：-10mを越える ※負圧が-10mを越え、蒸気圧以下となり水柱分離(空洞現象)を生じ、再結合時に衝撃圧によって管路を破損する可能性がある。 負圧対策が必要となる。	否
4-23	フライホイールを付加 P_1ポンプ： $GD^2 = 10\text{kg}\cdot\text{m}^2$ P_2ポンプ： $GD^2 = 15\text{kg}\cdot\text{m}^2$	◎最大圧：約25m ◎最低圧：-5.5m ※管路全域に渡って負圧が発生しているが、その値は最大で-5.5mなので問題はないと考える。	可

したがって、ポンプにフライホイールを付加することで負圧対策を実施するものとする。

図4-22 ウォーターハンマー圧力勾配線図（対策無しの場合）

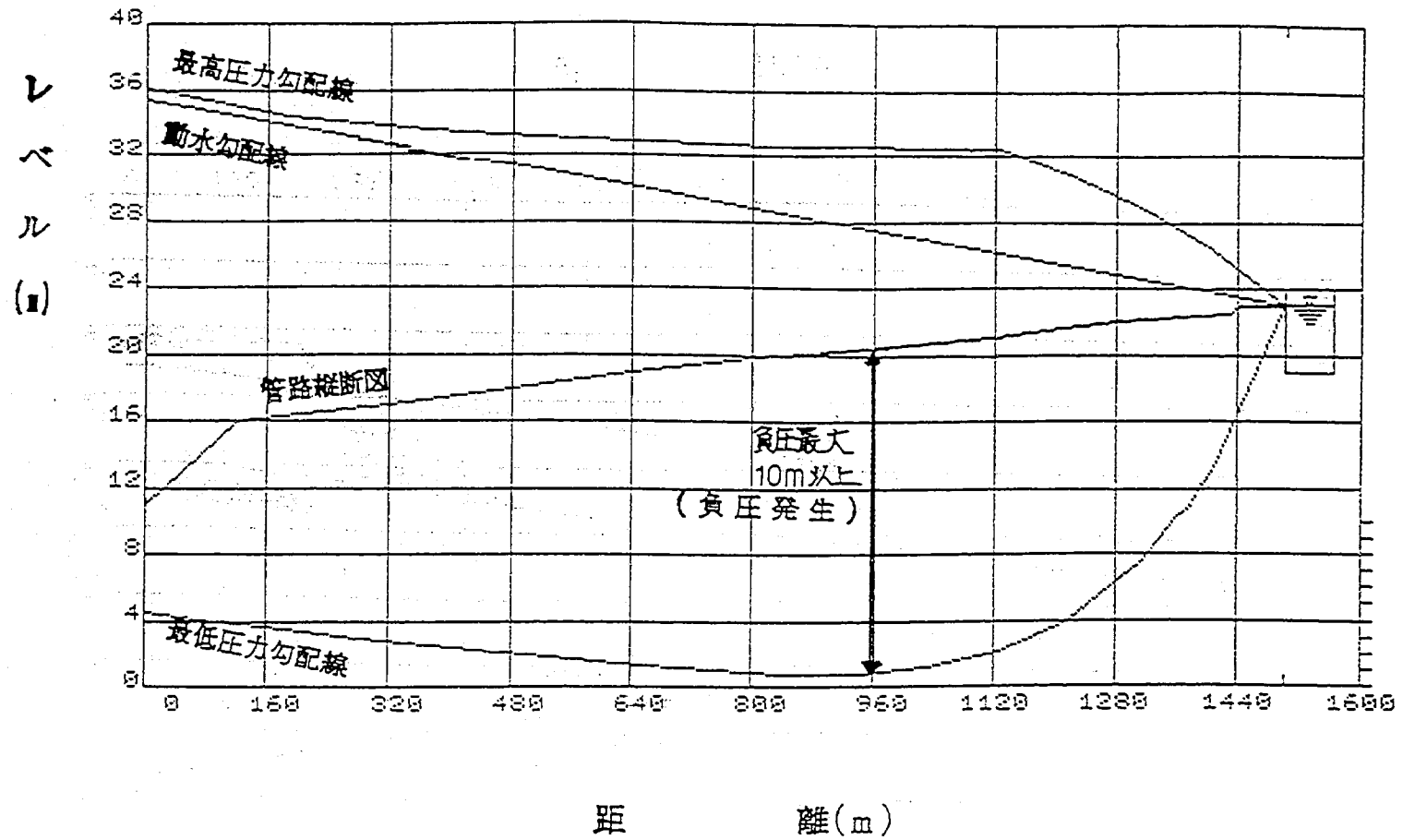
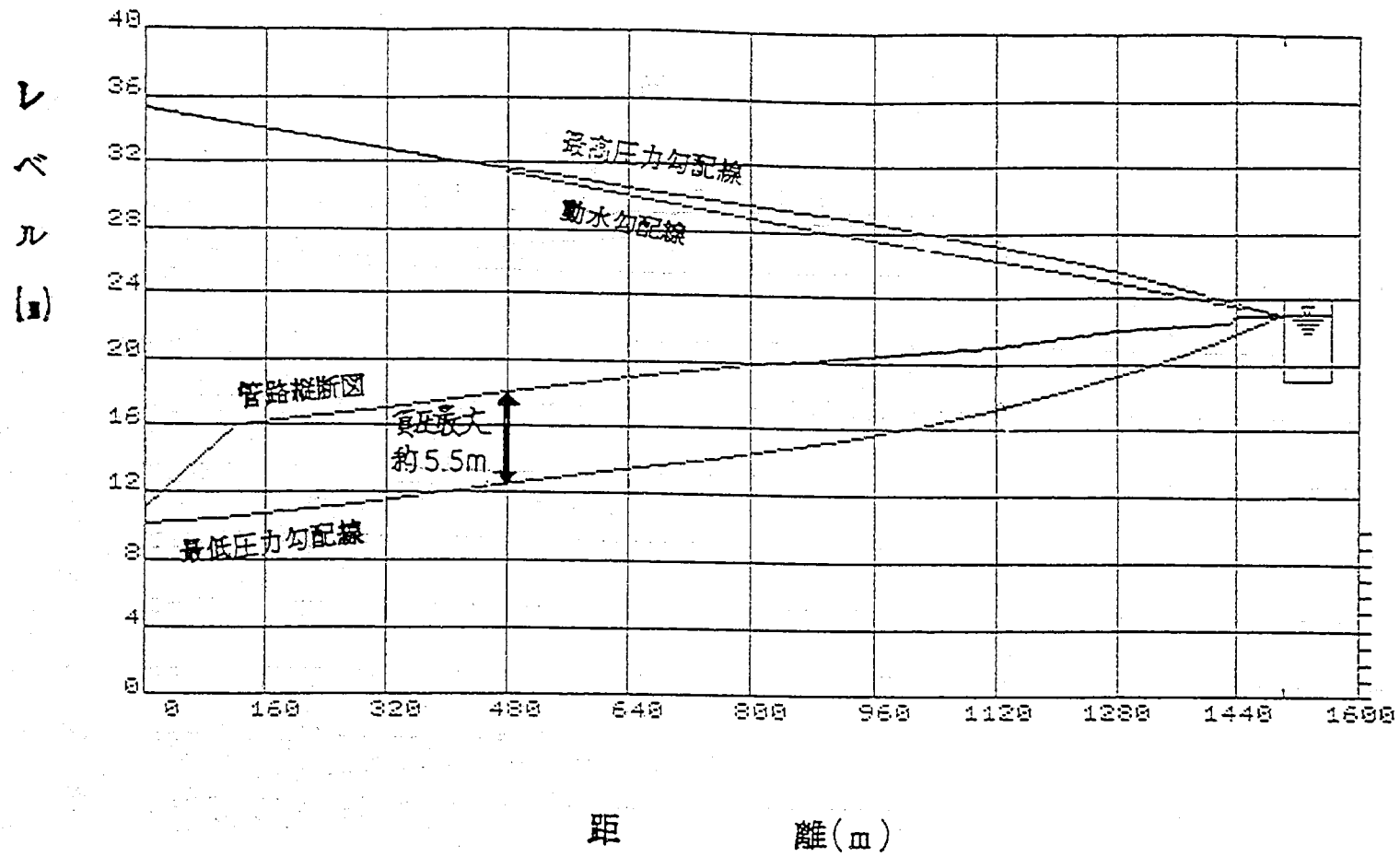


図4-23 ウォーターハンマー圧力勾配線図（フライホイールを取り付けた場合）



⑤管路設計

1)管厚設計

ダクトイル鋳鉄管の管厚設計は、JSWAS G-1 「下水道用ダクトイル鋳鉄管」の参考資料に示された式により行う。

$$t = \left\{ \frac{K_1 \cdot P + K_2 \cdot P' + \sqrt{(K_1 \cdot P + K_2 \cdot P')^2 + K_3 \cdot (K_4 \cdot W_f + K_5 \cdot W_t)} \cdot S}{2 \cdot S} D + 2 \right\} + 1$$

ここに、 t : 計算管厚 (mm)

P : 最高使用圧力(静水圧) = 3.0 kgf/cm²

P' : 水撃圧 = 3.0 kgf/cm²

K_f : 土被りによる土圧分布により定まる係数

管底支持角60°で管底部 $K_f=0.223$

W_f : 土被りによる土圧 kgf/cm²

垂直公式により、

$W_f = \gamma \cdot H = 0.0018 \times 150 = 0.270$ kgf/cm²

γ : 埋戻土の単位体積重量 = 0.0018 kgf/cm³

H : 土被り = 150 cm

K_t : 活荷重による土圧分布により定まる係数

管底支持角60°で管底部 $K_f=0.011$

W_t : 活荷重による土圧 kgf/cm²

20トントラック2台同時考慮として、ブーシネク式より、

$W_t = \alpha \cdot P \cdot (1+i) = 0.0000312 \times 8000 \times (1+0.5)$

= 0.374 kgf/cm²

α : 鉛直荷重係数 = 0.0000312 /cm²

P : トラック1後輪荷重 = 8000 kgf

i : 衝撃係数 = 0.5

S : 管材の引張強さ = 4280 kgf/cm²

D : 呼び径 = 400 mm

$$t = \left\{ \frac{1.25 \times 3 + 1.0 \times 3 + \sqrt{(1.25 \times 3 + 1.0 \times 3)^2 + 8.4 \times (0.223 \times 0.27 + 0.011 \times 0.374) \times 4280}}{2 \times 4280} \times 400 + 2 \right\} + 1$$

= 5.6 mm

したがって、K形3種ダクトイル鋳鉄管(規格管厚7.0mm)を採用する。

2) 異形管部の防護設計

管路の異形管部（曲管、T字管等）には水圧による不平均力（抜出力）が働くため、コンクリートによる防護を行う必要がある。

異形管部の防護設計は、JSWAS G-1「下水道用ダクトイル鋳鉄管」の参考資料に示された式により行う。

曲管（水平）の防護設計は下式を満足するように計算する。

$$P < (\mu W + E) / S_f$$

ここに、 P : 曲管部の不平均力 $= 2pA\sin(\theta/2)$

p : 設計水圧 $= 6.0 \text{ kgf/cm}^2$

A : 管断面積 $= \pi D_2^2/4 = 1423 \text{ cm}^2$

D_2 : 管外径 $= 42.56 \text{ cm}$

θ : 曲管の角度 $= 90^\circ, 45^\circ$

μ : コンクリートと土の摩擦抵抗係数 $= 0.5$

W : コンクリートの底面にかかる総重量 kgf

$$= W_1 + W_2 + W_3$$

W_1 : コンクリート上の土重 kgf

W_2 : 管及び水の重量 kgf

W_3 : コンクリートの重量 kgf

E : コンクリート背面の受働土圧抵抗力 kgf

$$= (1/2)C_e \gamma (h_2^2 - h_1^2) L'$$

C_e : 受働土圧係数 $= \tan^2\{45^\circ + (\phi/2)\}$

ϕ : 土の内部摩擦角 $^\circ$

γ : 土の単位体積重量 kgf/cm^3

h_1 : コンクリート上面までの土被り cm

h_2 : コンクリート底面までの土被り cm

L' : コンクリート背面の投影長 cm

S_f : 安全率 $= 1.5$

90°曲管及び45°曲管の計算結果を図4-24及び表4-11に示す。

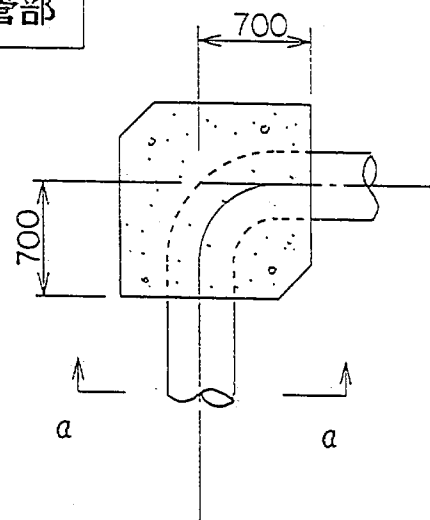
表4-11 コンクリート防護計算結果

	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 45^\circ$
不平均力 P kgf	1 2 0 7 0	6 5 3 0
ブロック幅 cm	1 0 0	8 0
ブロック高 cm	1 0 0	8 0
ブロック長 cm	7 0	5 0
総重量 W kgf	6 0 9 0	3 2 3 0
土重 W1 kgf	3 0 5 0	1 8 9 0
管水重 W2 kgf	2 8 0	2 0 0
コンクリート重 W3kgf	2 7 6 0	1 1 4 0
受働抵抗 E kgf	1 5 5 1 0	9 1 0 0
$(\mu W + E)/Sf$	1 2 3 7 0	7 1 4 0

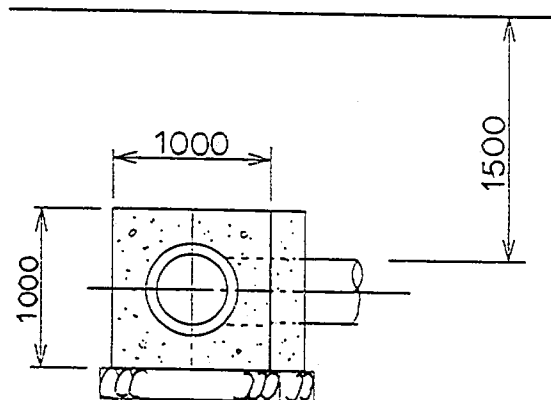
以上の設計計算に基づく設計図を図4-25～図4-28に示す。

図4-24 コンクリート防護工形状図

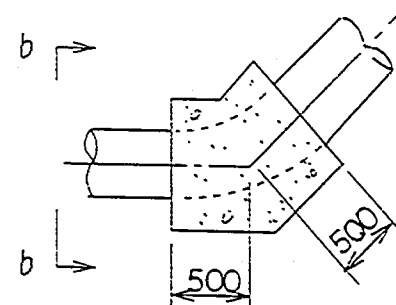
90° 曲管部



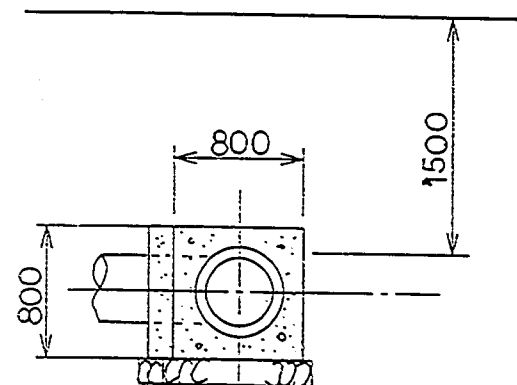
a-a 矢視



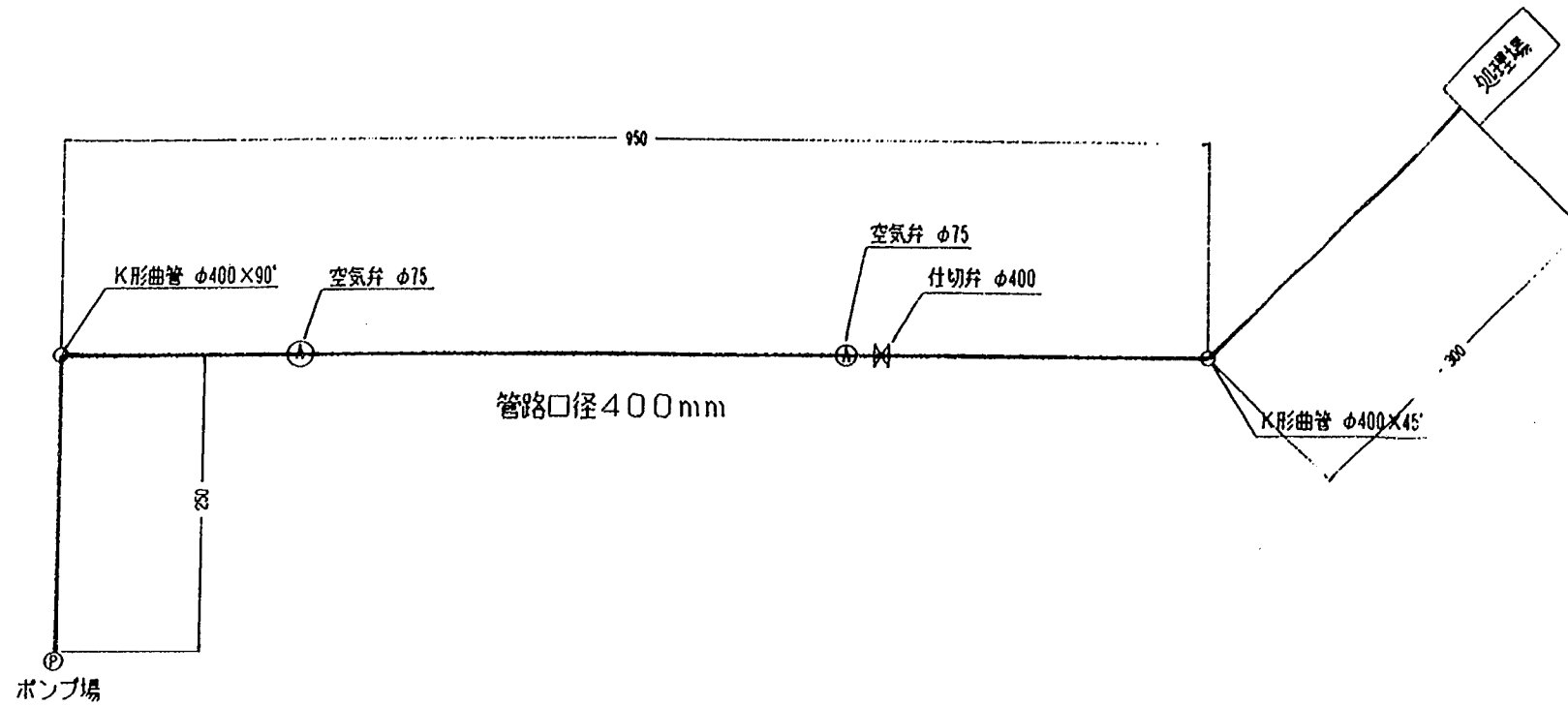
45° 曲管部



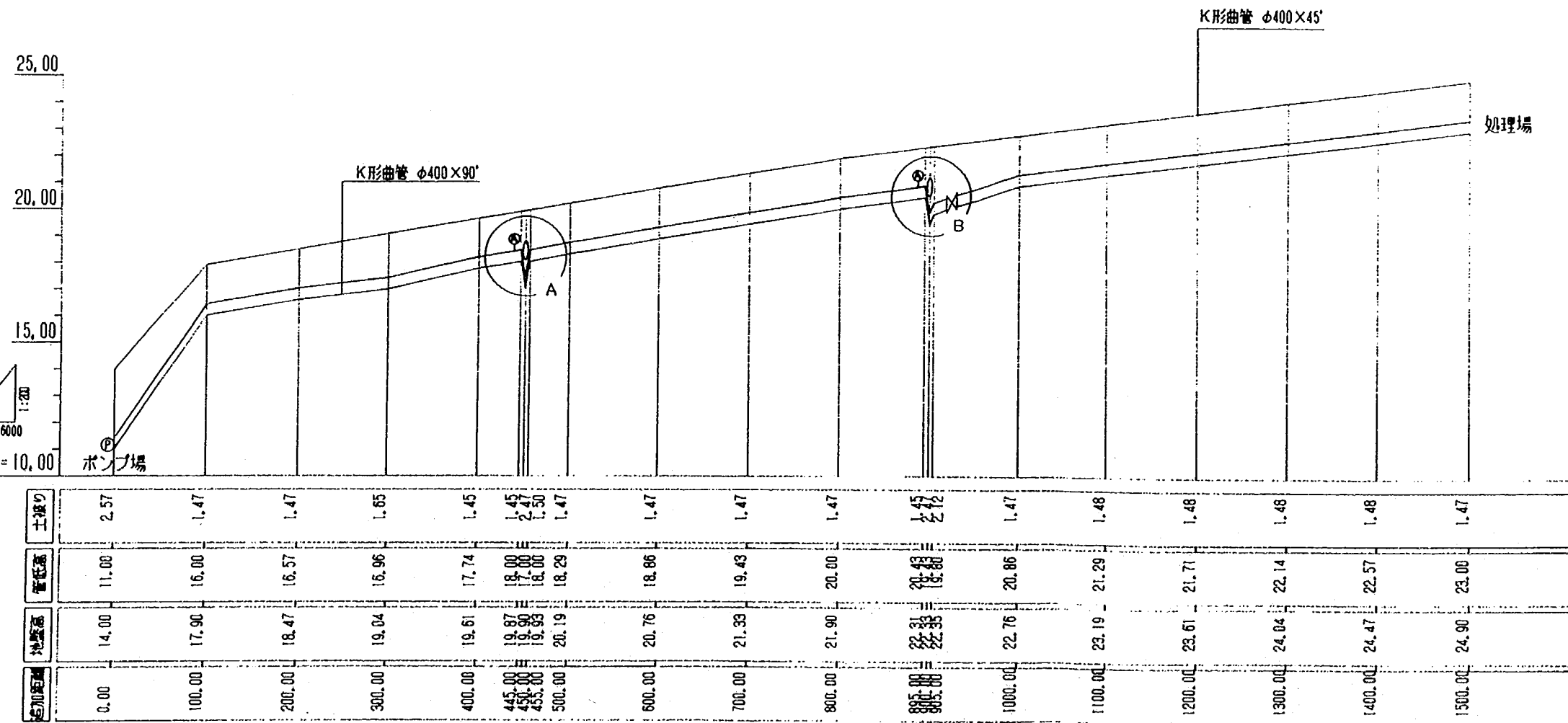
b-b 矢視



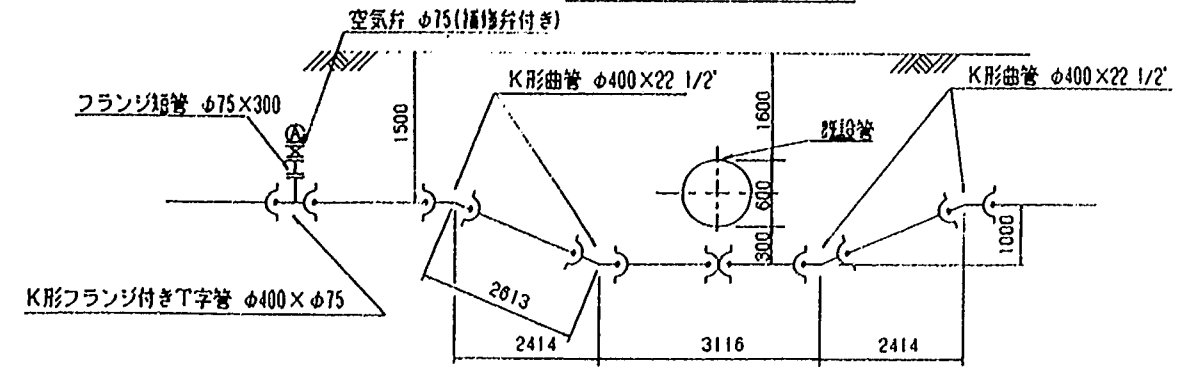
平面図



縦断面図



A部詳細図



B部詳細図

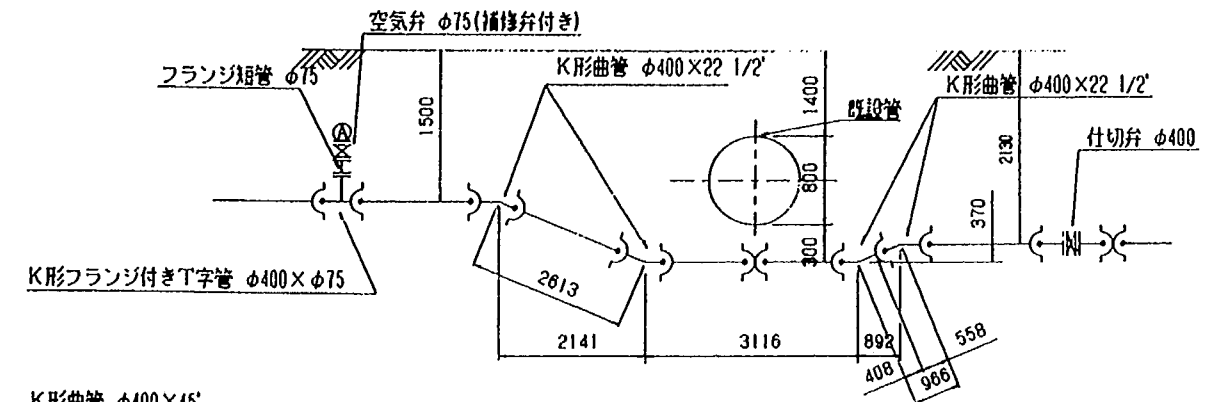


図4-26 圧送管路計画図

仕切弁室

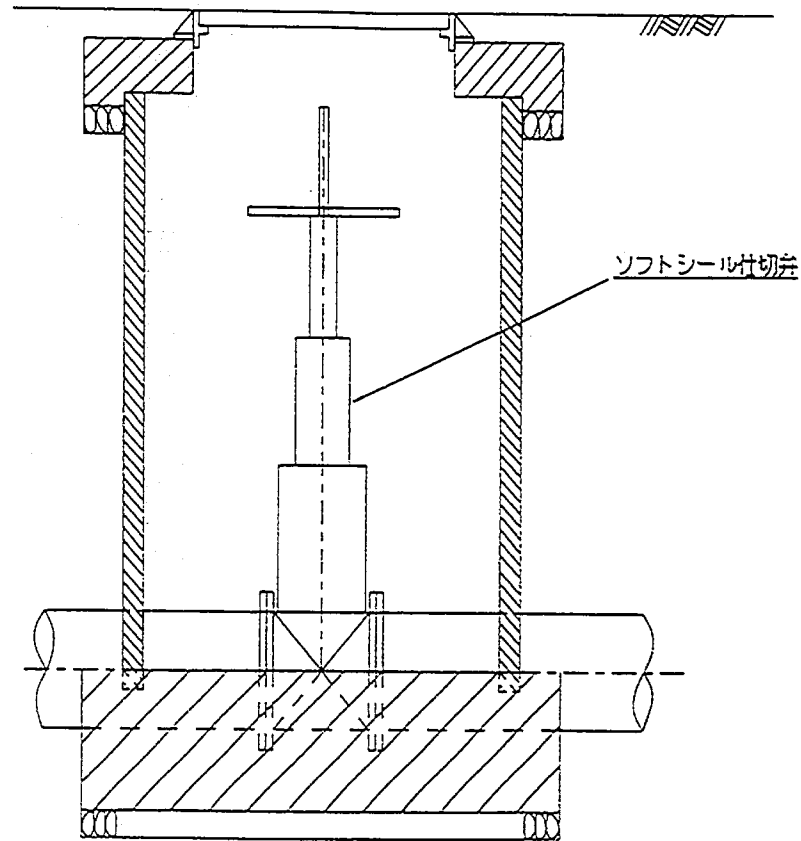


図4-27 仕切弁室計画図

空気弁室

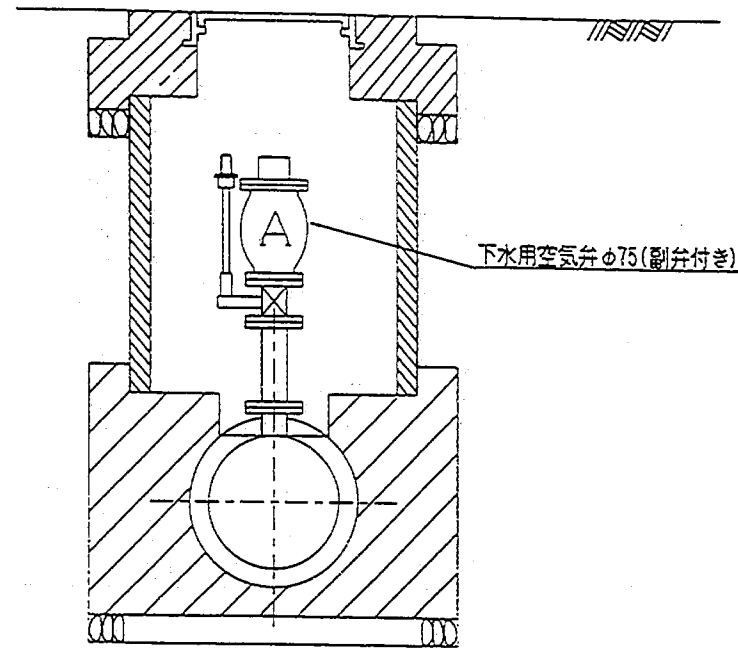


図4-28 空気弁室計画図

要 旨

田中修司, 塩路勝久, 金子賢司

下水道計画の中で幹線圧送は, 自然流下方式の補助手段として考えられてきたが, 今後の下水道整備が期待される地域では幹線圧送が有利なケースが多くなると考えられる。このため本報告書では幹線圧送をめぐって, 検討方法, 下水幹線圧送をめぐり最近の技術の現状, 維持管理の実態等について調査を行いこれを資料集としてまとめた。

キーワード: 下水の圧送, 多重圧送, 硫化水素, 空気弁, ピグ



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい。

305-□□

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
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3308 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印