

4. 真空式管路システム

4.1 概要

真空式管路システムは、緩やかな下り勾配部分とリフトの繰り返しによって管路の縦断が形成されているため、平坦地や上り勾配地形でも地形の起伏に沿った形で、掘削深を深くせずに管路が布設できることから、土工費、仮設費などを削減できる低コスト化技術である。

【解説】

真空式管路システムは、緩やかな下り勾配部分とリフトの繰り返しによって管路の縦断が形成されている。そのため、平坦地や上り勾配地形でも地形の起伏に沿った形で、掘削深を深くせずに管路が布設できるなどの特徴を有している。

真空式管路システムを構成する主な施設には、真空弁ユニット、真空管路、真空ステーション等がある。施設の全体構成の構成図を図2-4-1、配管例を図2-4-2に示す。

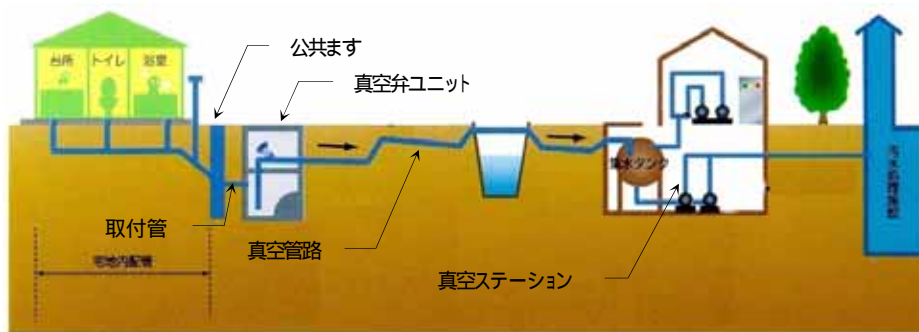


図2-4-1 真空式管路システムの構成概要

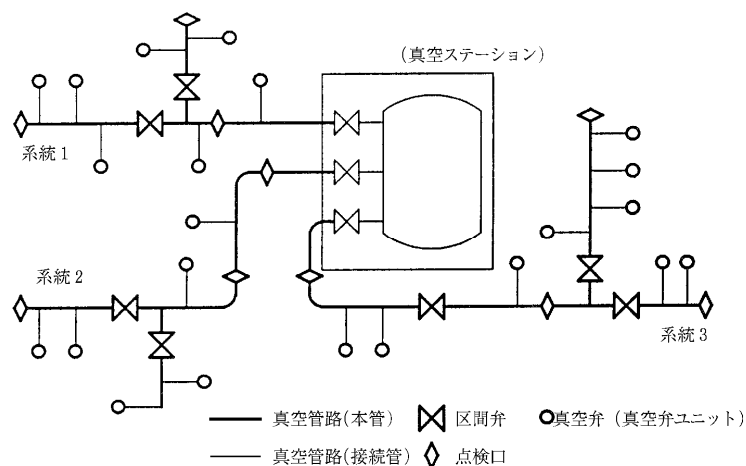


図2-4-2 真空式管路システムの配管（例）

(1) 真空弁ユニット

真空弁ユニットは、各家屋や施設等からの汚水を集めて、一定量溜まるごとに真空管路へ自動的に排出する装置である。

真空弁ユニットは、樹脂製またはコンクリート製の本体内に1個または2個の真空弁およびコントローラ、吸込管等を組み込んだもので、道路下あるいは宅地等に設置する。

図2-4-3に真空弁ユニットの構造(例)、図2-4-4に真空弁ユニットの配置(例)を示した。

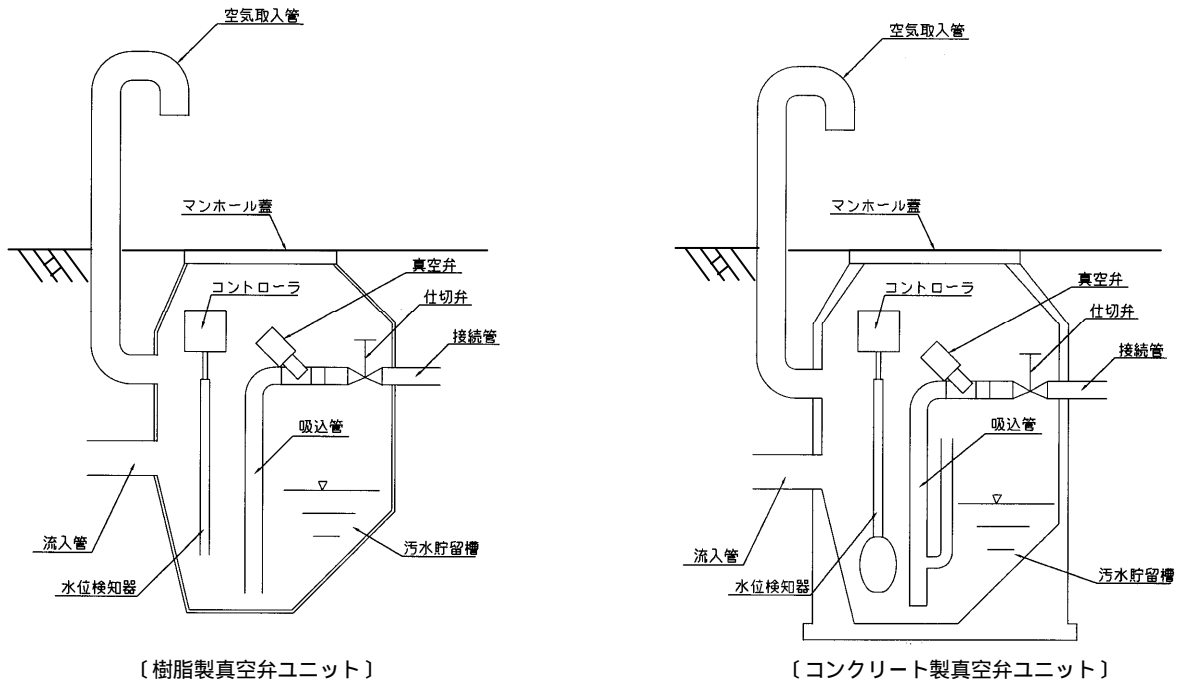


図2-4-3 真空弁ユニットの構造(例)

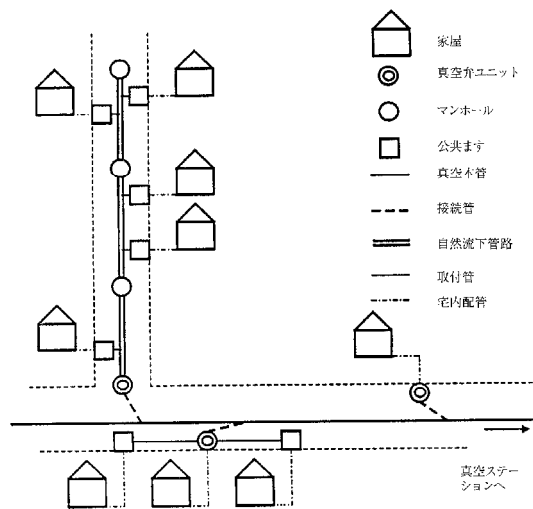


図2-4-4 真空弁ユニットの配置(例)

(2) 真空管路

真空管路は真空弁に吸引された汚水を真空弁ユニットから真空ステーションまで流送する管路である。

真空管路は緩やかな下り勾配部分とリフトと称する立ち上がり部分を繰り返す形で布設される。各真空弁ユニットとは接続管でつながり、管路の途中には適宜維持管理用の区間弁および点検口が設けられる。

また、真空管路は異常発生時にその影響が管路全体に及ぶのを防いだり、異常発生箇所の発見を容易にするなどの目的から必要に応じて系統に分割される場合が多い。真空管路の構成(例)を図2-4-5に示す。

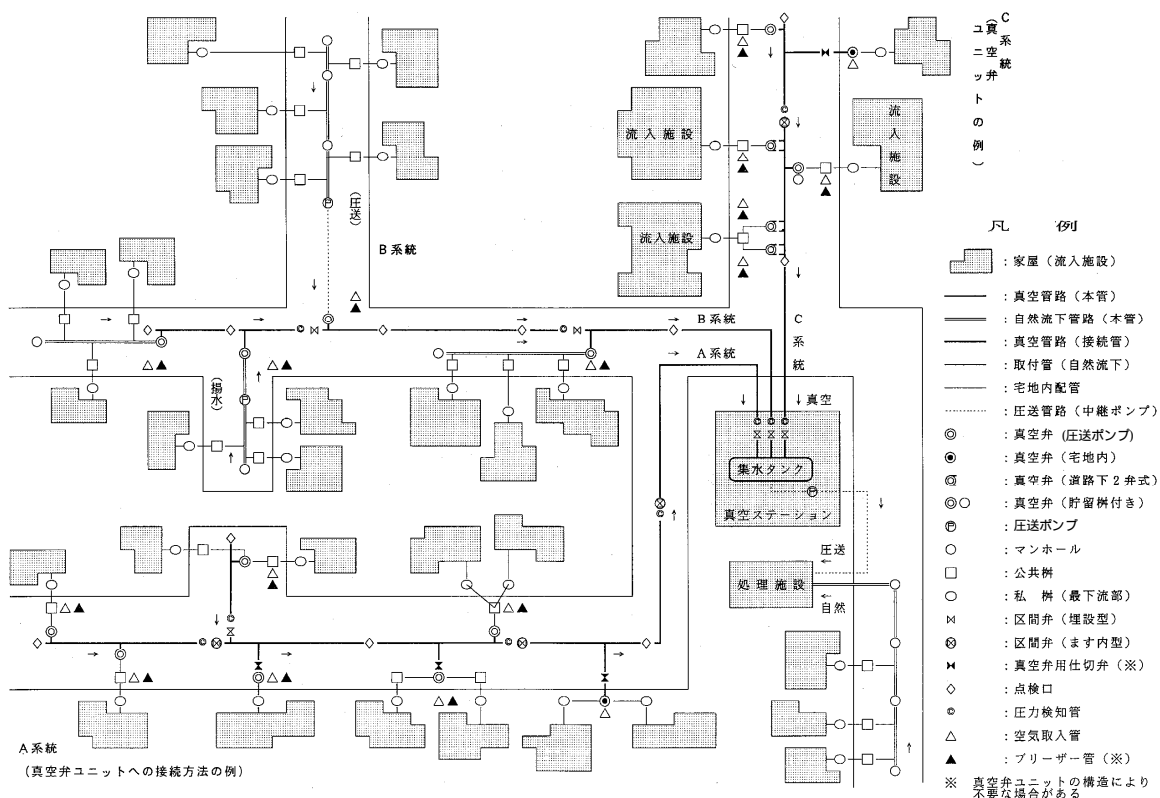


図2-4-5 真空管路の構成(例)

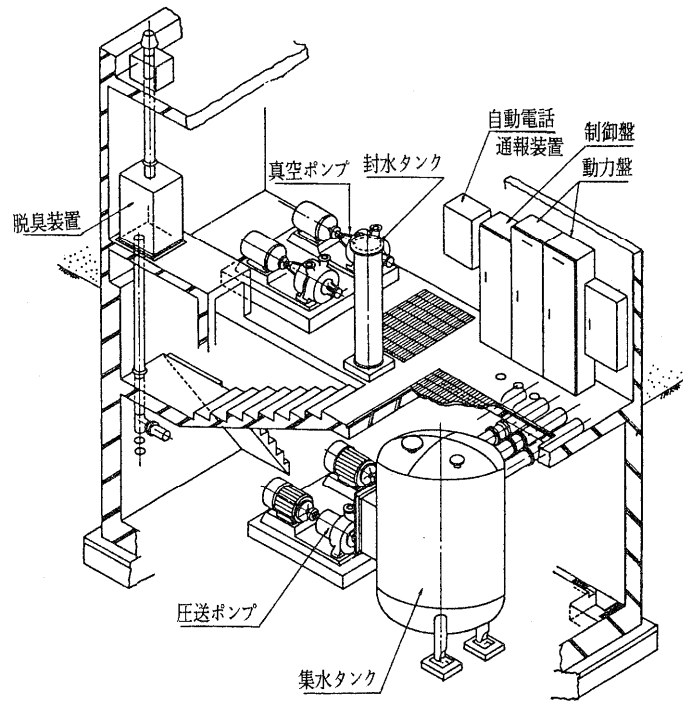
(3) 真空ステーション

真空ステーションは、真空を発生させることによって多数の真空弁ユニットからの汚水をステーション内の集水タンクに集め、圧送ポンプで汚水処理施設に送る施設である。

真空の発生手段には真空ポンプを用いる方式と、小規模な施設で真空ポンプの代わりにエジェクタで真空を発生させる方式がある。また、真空ステーションの構造には、建屋を設ける汚水処理施設併設建屋構造と独立建屋構造、および建屋を設けない埋設構造とがある。

真空ステーションの構成(例)を図2-4-6、図2-4-7、道路埋設形真空ステーションの特徴を表2-4-1に示す。

(集水タンク建屋内設置)



(集水タンク建屋外埋設)

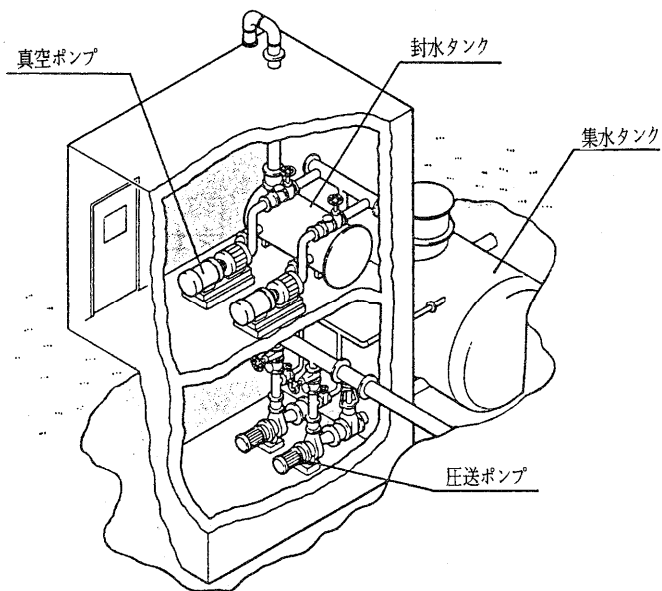
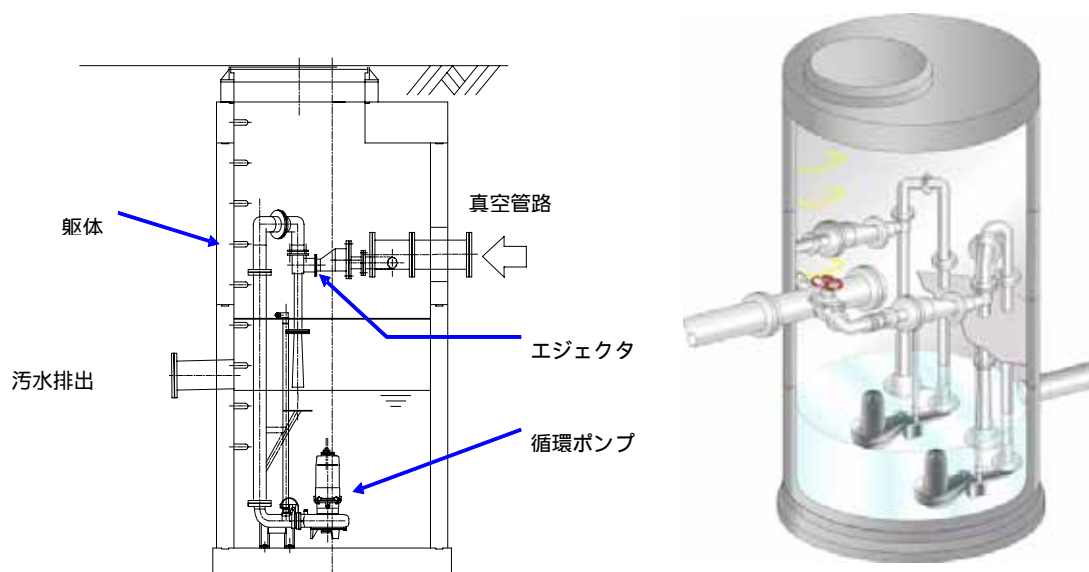


図2-4-6 真空ステーションの構成 (建屋構造)(例)

(エジェクタ式道路下埋設形真空ステーション)



(真空ポンプ式道路下埋設形真空ステーション)

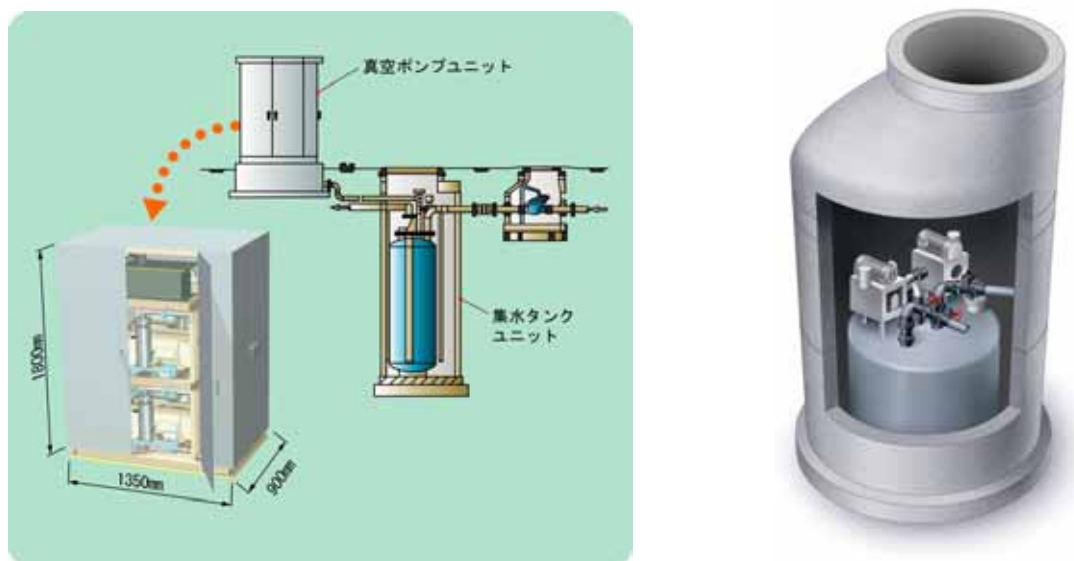


図2-4-7 真空ステーションの構成 (埋設構造)(例)

表 2-4-1 道路下埋設形真空ステーションの特徴

項目	エジェクタ式	真空ポンプ式
1 真空発生装置	エジェクタ 汚水循環ポンプで集水タンク内の汚水を吸引、エジェクタのノズルを通過させ、ノズルを通過する際のエジェクタ効果により真空圧を発生させる。	真空ポンプ 真空ポンプにより密閉したタンク内の空気を吸引することで真空圧を発生させる。
2 ポンプ出力	5.5～11kW(汚水循環ポンプ)	1.5～11kW(真空ポンプ)
3 ポンプ設置台数	2台以上	
4 運転真空度	許容圧力損失や汚水量に応じて運転真空度を制御	
5 ポンプ設置場所	マンホール内またはボックスカルバート内	制御盤内(地上部)またはマンホール内(地下部)
6 集水タンク	開放型	密閉型
7 集水タンク設置場所	組立マンホール内(地下部)	
8 圧送方法	自然流下により集水ピット内の汚水を排出。圧送を要する場合は圧送ポンプを別途設置もしくは汚水循環ポンプ吐出部に切り換え弁を設ける。	真空ポンプを逆回転させることで得られる正圧を利用して、集水タンク内の汚水を圧送。 全揚程約が大きな場合には別途圧送ポンプが必要。
9 マンホール寸法(地下部)	3号～4号マンホール	2号～4号マンホール

(4) 真空式の障害物横断システム

真空式の適用範囲拡大(障害物横断)システムは、真空式で損失の低減が必要な場合に適用する。主に、従来の真空式管路施設に一部の設備を追加する構成である。

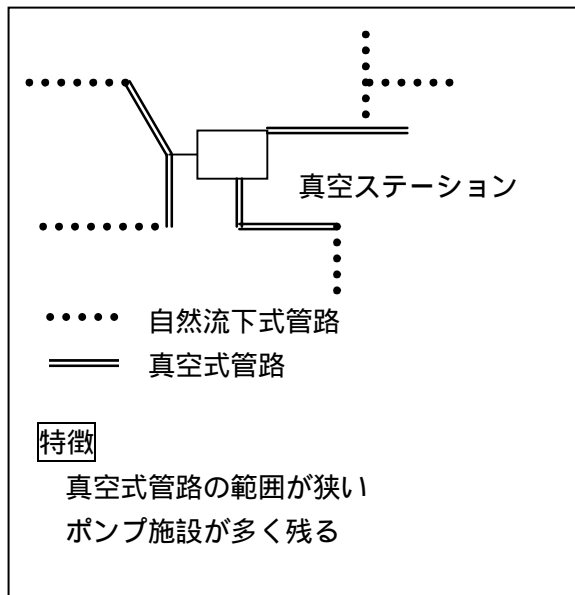
従来は、障害物や河川などを横断配管や上り勾配配管を行うと損失が増大し、真空式で収集できる範囲が狭くなるという状況が発生し、自然流下式から真空式に代替できる範囲が狭くなり、ポンプ施設を多く減らすことができない。その結果、真空式は高価な管路施設となってしまう自然流下式となっている場合が多い。

そこで、本技術は、管路に設備を追加することで損失を大幅に減らすことが可能である。

従来の真空式と障害物横断システムの特徴を図 2-4-8 に示す。

本技術の具体的内容として、均圧管付き伏せ越し、タンク形リフト損失防止装置、自動吸気装置がある。

<従来の真空式管路>



<障害物横断システム>

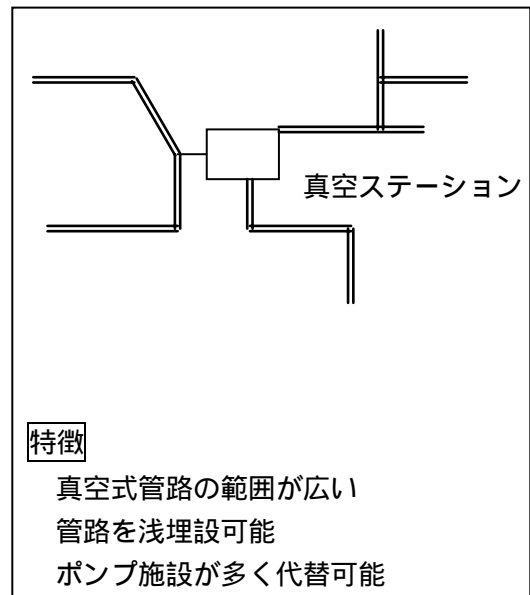


図 2-4-8 従来の真空式と障害物横断システムの特徴

均圧管付き伏せ越し

図 2-4-9 に示すように、上部に均圧管を設けることで損失の軽減を行う技術である。

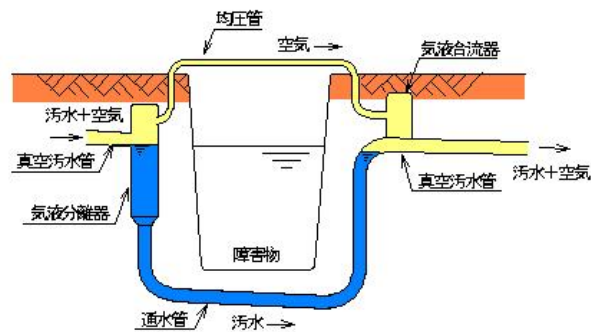


図 2-4-9 均圧管付き伏せ越し（例）

タンク形リフト損失防止装置

図 2-4-10 に示すように、障害物を横断する管路を 2 本に分け、主に片方の管路で真空を伝え損失を軽減する技術である。

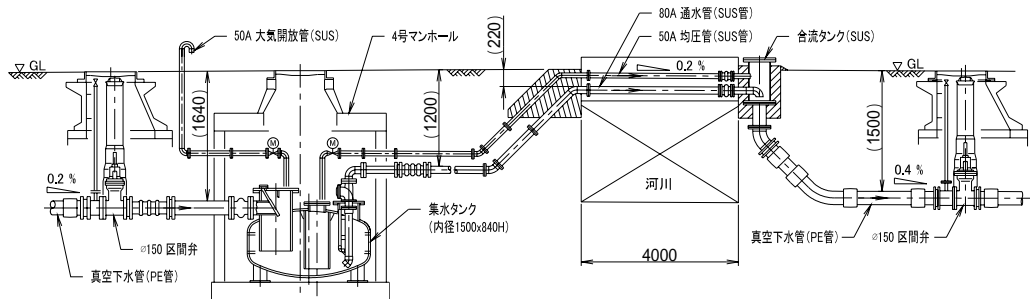


図 2-4-10 タンク形リフト損失防止装置 (例)

自動吸気装置

図 2-4-11 に示すように、低真空となると自動で弁が開き、空気を取り入れることで、損失を軽減する技術である。

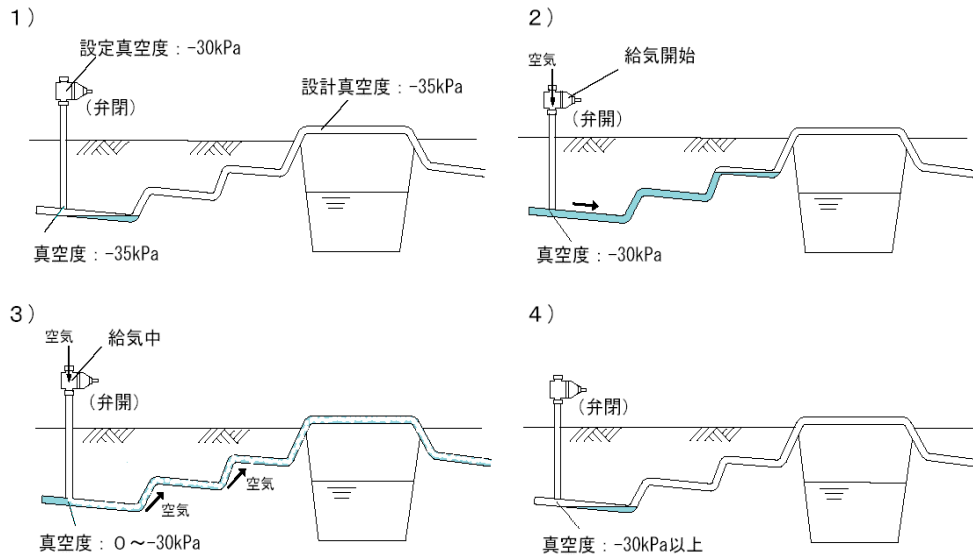
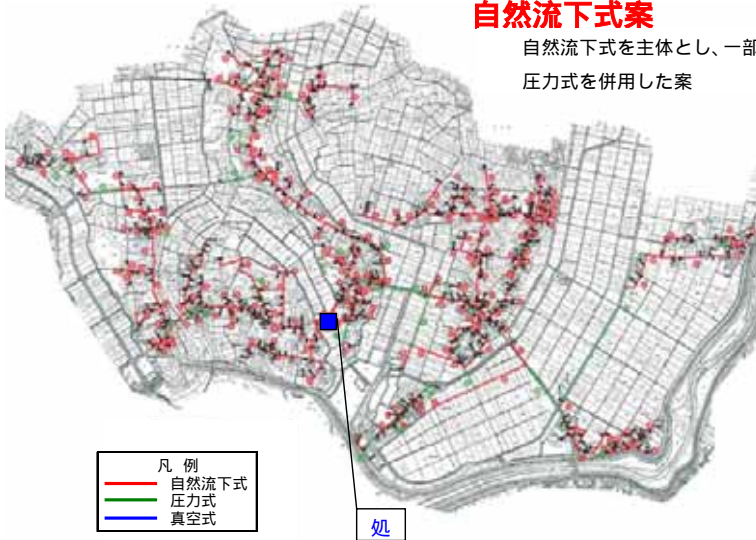


図 2-4-11 自動吸気装置作動 (例)

検 討 事 例

自然流下式案

自然流下式を主体とし、一部
圧力式を併用した案



1) 地区概要 (栃木県F町)

- ・計画人口 2,480 人
- ・計画戸数 542 戸

2) 地形状況

- ・遊水地に隣接した平坦地
- ・遊水地に向かって 1/400 の勾配で傾斜
- ・軟弱地盤で地下水位が高い

3) 比較検討結果

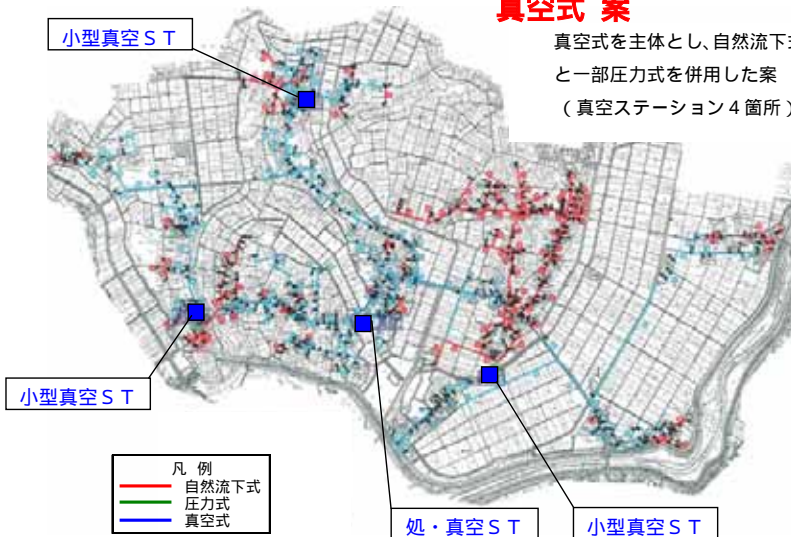
下表のとおり

比較検討表

項 目	自然流下式案	真空式案
平均掘削深 (m)	1.72	1.35
管路総延長 (m)	29,013	28,682
自然流下式 (m)	24,754	10,695
真空式 (m)	-	17,865
圧力式 (m)	4,259	122
真空弁数 (箇所)	-	269
真空ステーション (箇所)	-	4
ポンプ施設 (箇所)	32	1
管路施設費 (百万円)	1,373.6	1,355.3
総合耐用年数 (年)	39.5	41.8
建設費年経費 (千円/年)	34,800 (107)	32,400 (100)
維持管理費 (千円/年)	14,700 (150)	9,800 (100)
トータルコスト (千円/年)	49,500 (117)	42,200 (100)

真空式案

真空式を主体とし、自然流下式
と一部圧力式を併用した案
(真空ステーション4箇所)



4.2 適用条件

主な適用条件は以下のとおり。

- ・ 軟弱地盤や地下水位が高い地域で、掘削深が深いと土留や水替などに要する仮設費が嵩んだり施工性が悪くなる地域
- ・ 自然流下式では掘削深が深くなり、中継ポンプ施設が数多く必要となるような平坦で広がりのある地域
- ・ 管を埋設しようとする道路幅が狭く、深い掘削が困難であり、さらには沿道家屋への影響も考えられる地域
- ・ 岩盤や転石が多く深い埋設が困難な地域。自然流下式の管路全域で適用可能
- ・ 適用条件の詳細は『農業集落排水施設設計指針』参照

【解説】

真空式管路施設の検討に当たっては、本施設の特徴や対象地域の地形・地質条件等の地域特性を十分把握し、適用の可能性の判断を適切に行う必要がある。

(1) 真空式管路システムの特徴

真空式管路システムは、緩やかな下り勾配部分とリフトの繰り返しによって管路の縦断が形成されている。そのため、平坦地や上り勾配地形でも地形の起伏に沿った形で、掘削深を深くせずに管路が布設できるなど、次のような特徴を有している。

連続の下り勾配を必要とせず管を比較的浅く埋設できるので、地域によっては建設費の軽減と工期の短縮が図れる。

上り勾配やリフトを使って地下埋設物を避けた布設もできるので、路線計画が比較的しやすい。

宅地内配管等の自然流下部分以外は、密閉管路のため不明水が入りにくい。

間欠的に比較的早い流速で掃流されるので、一般に管路清掃は不要である。

管路系統内の真空と大気圧との差圧によって汚水を流送するので、真空ステーションからの集水可能範囲に制限がある。

集水可能範囲は、河川、水路および地下埋設物、横断構造物等の箇所数、規模によっても大きく影響される。

真空弁ユニットはマンホールや公共ますに比べ价格的に割高なため、設置数が多くなると建設費および維持管理費を引き上げる要因となる。

真空ステーションの動力費や真空ステーションおよび真空弁ユニットの保守点検費用が必要となる。

真空ステーション等の巡回管理や定期点検、緊急時の対応など維持管理体制の整備が重要であるとともに、維持管理に対する知見の集積を図っておく必要がある。

(2) 検討対象として想定される地域

上記のような特徴を勘案すると、真空式管路施設の検討対象地域としては、次のような地域が考えられる。

軟弱地盤や地下水位が高い地域で、掘削深が深いと土留や水替などに要する仮設費が高んだり施工性が悪くなる地域。

自然流下式では掘削深が深くなり、中継ポンプ施設が数多く必要となるような平坦で広がりのある地域。

管を埋設しようとする道路幅が狭く、深い掘削が困難であり、さらには沿道家屋への影響も考えられる地域。

岩盤や転石が多く深い埋設が困難な地域。

4.3 調査及び実施設計における留意点

調査及び実施設計における主な留意点は以下のとおり。

(1) 真空弁ユニットの設置数

ユニットの設置数は、できるだけ少なくするよう配慮する。

(2) 真空管路

管路は、浅埋設化により土工事、仮設費等を軽減できるよう配慮する。

(3) 真空ステーション

真空ステーションは、適切な立地と路線計画により、できるだけ污水収集範囲を大きくするとともに、ステーションの設置数を増やさないよう配慮する。

【解説】

真空式管路システムの調査設計における主な留意点は、以下のとおりである。

(1) 真空弁ユニットの設置数

農業集落排水事業における管路施設では、自然流下式の場合、必要に応じて中継ポンプ施設の設置を検討し、あるいは他の流送方式として、真空式および圧力式を検討し、各々の経済性（建設費および維持管理費を含む）、施工性、維持管理性等について総合的に比較検討を行う。

したがって、隣接する家屋はできるだけ1基の真空弁ユニットに接続すること、地形等を考慮して一部の区間は自然流下式を併用しその下流部の真空弁ユニットに污水を集水すること、真空弁ユニットと公共ますの配置を工夫することなどにより、真空弁ユニットへの接続戸数を増やしていく必要がある。また、対象地域のうち傾斜地形の区域は、その区域を自然流下式とすることを検討することも重要である。

しかし、接続戸数を増やすために自然流下管路の掘削深が大きくなったり、二重配管が長くなると、全体としての経済性をかえって損なう場合があるので留意する必要がある。

また、一基の真空弁ユニットに接続する住宅等に高低差がある場合には、污水の宅地内配管への逆流に注意する。

(2) 真空管路

真空式の特徴の一つは管路の浅埋設化により、土工事費および仮設工事を軽減することにある。したがって、自然流下管路と同様に地域の実情を踏まえ、農道等最小埋設深を浅くすることが可能な路線選定を行うよう配慮する。

土留工や水替工等の仮設工の規模等は、地質条件によって大きく影響されるので、計画段階で十分に地質・地下水位等の状況を把握しておく必要がある。

(3) 真空ステーション

真空ステーションは、次のような事項を総合的に勘案して計画する。

真空ステーションは管路の圧力損失を小さくするため、対象地域の中心に近い低地に配置することにより、ステーションからの管路延長をできるだけ短くすることを検討すること。また、真空ステーションの数は経済性に与える影響が大きいため、極力増やさないように計画すること。

維持管理上等の見地からすると、汚水処理施設と一体的に立地すること。

管理用道路および電気、水道等が容易に確保できること。

地質条件が良好であること。

4.4 積算における留意点

積算における主な留意点は以下のとおり。

- ・ 真空管路の布設歩掛は『農業集落排水施設標準積算指針』参照
- ・ 真空式管路関連製品（真空管路、真空弁ユニット、真空ステーション等）の価格は見積

【解説】

真空式管路システムに関する積算は、『農業集落排水施設標準積算指針』を参照するものとする。

参考文献：『農業集落排水施設標準積算指針 平成 20 年度改訂版』参考資料 - .

真空式歩掛 頁 284-313

4.5 施工における留意点

施工における主な留意点は以下のとおり。

- ・ 真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。
- ・ 施工管理方法は『農業集落排水施設施工管理指標』参照。

【解説】

真空式管路施設の施工については、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

参考文献：『農業集落排水施設設計指針 平成 19 年度改訂版』第 9 章 9.8 施工

頁 217-227

4.6 維持管理における留意点

維持管理は、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

【解説】

真空式管路施設の維持管理については、真空式管路システムメーカーの専門技術者の指導のもと実施するものとする。

参考文献：『農業集落排水施設設計指針 平成 19 年度改訂版』第 9 章 9.9 維持管理
頁 228-238

4.7 Q & A

[Q1] 維持管理費が高いため、機器類の少ない自然流下方式を採用すべきではないか。

[A1] 流送方式の比較検討を行い、建設費及び維持管理費等を総合比較して流送方式の選定を実施する必要がある。

自然流下式、真空式及び圧力式の建設費、維持管理費等の費用構成を表 2-4-2 に、流送方式選定の検討手順を図 2-4-12 に示す。

表 2-4-2 事業費構成の比較

費 目		自然流下式	真空式	圧力式
建設費等	管路布設費	管理設深が過大になると中継ポンプ施設を検討する	管理設深を極力浅くして工事費を抑える	管理設深を極力浅くして工事費を抑える
	仮設費	地質、地下水位、管理設深などによっては、鋼矢板打込、ウェルポイントなどの仮設が必要になる	管理設深を極力浅くして仮設費を抑える	管理設深を極力浅くして仮設費を抑える
	付帯設備費	・中継ポンプ施設 自然の地形を利用し、極力敷力を少なくする ・マンホール ・その他、橋梁添架など	・真空ステーション ・真空弁ユニット 配置を工夫して合理的な設置数とする ・区間弁 ・その他、橋梁添架など	・圧力ポンプ施設 配置を工夫して合理的な設置数とする ・区間弁 ・その他
	用地費	通常はなし	真空ステーション用地	通常はなし
	補償費	地下埋設物を回避できなければ補償工事費が多額になる場合がある	地下埋設物の回避が比較的容易である	水道管、ガス管等地下埋設物の回避が最も容易である
維持管理費	電力費	中継ポンプ施設用電力	真空ステーション用電力	圧力ポンプ施設用電力
	水道料	なし	真空ステーション用（機器の型式によっては不要）	なし
	保守点検費	中継ポンプ施設	・真空ステーション ・真空弁ユニット	圧力ポンプ施設
	機器補修費	中継ポンプ施設	・真空ステーション ・真空弁ユニット	圧力ポンプ施設
	清掃費	・中継ポンプ施設 ・管路	・真空弁ユニット （一般に管路清掃は不要）	・圧力ポンプ施設 （一般に管路清掃は不要）

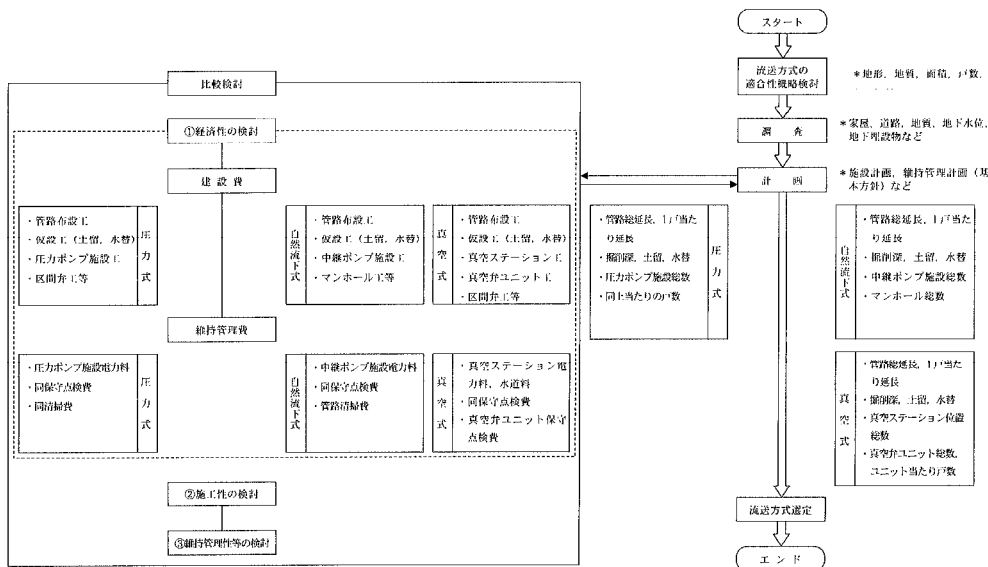


図 2-4-12 流送方式の選定手順概念図

[Q2] 従来の自然流下式管路の設計手法に、新たに真空式管路システムを導入する際の課題や検討内容等について教えてほしい。

[A2] 従来の自然流下式管路の設計手法に、新たに真空式管路システムを導入するには、実績のある土地連、システムメーカー等よりアドバイスを受けるなどして、従来の設計・積算手法を一部見直す必要があると考えられる。

主な検討事項は、以下のとおり。

- ・ 現場作業の見直し
- ・ 平面縦断図の作成方法の見直し
- ・ 数量計算プログラムの見直し
- ・ 施工単価表の作成

参照文献：『農業集落排水施設設計指針』第9章 真空式管路施設 頁127-238

[Q3] 警報頻度が高い。

[A3] 機能強化により、最新の真空弁に交換することによる警報頻度の削減及び警報発生時に迅速な対応が可能できるよう、地区状況にあった警報システム導入を検討する。

- ・ 真空弁の改善による故障頻度の削減事例
- ・ 主な警報システム例

真空弁ユニット数が多い場合、故障発生場所の探索も長くなり、迅速な対応の妨げとなることがあるため通報装置の設置を検討する。(目安として、真空弁ユニット数50箇所程度で、1～2時間程度の探索時間を要す。)

警報システムには、各種があるが、いずれも真空ユニットの異常を検知し、管理者に通報することにより、迅速な対応を可能とする。また、真空弁の動作回数や開時間などが管理できるものでは、維持管理工数の削減が図れる。

次に主な警報システム通報方式を示す。

(1) 現場通報式

真空弁ユニット近傍に設置し、異常時にランプ表示などで異常を知らせる。

(2) 専用線式

真空ステーションと真空弁ユニット間を専用線で結び、真空弁ユニットの状況を管理する。

(3) 無線式

管理部署と真空弁ユニットを無線で結び、真空弁ユニットの状況を管理する。

参照文献：『農業集落排水施設設計指針』第9章 真空式管路施設

9.5.3.1 真空弁ユニットの構造 頁145-146

9.7.5 警報装置 頁216

9.9 維持管理 頁228-238

[Q4] 近傍に真空メーカーがなく、維持管理及び非常時の対応に懸念がある。

[A4] 導入したメーカーから十分指導を受けた技術者が維持管理を担当するような維持管理体制を構築する。(地域の実情に応じた維持管理体制の構築を図る。)

図 2-4-13 に真空式管路システムの維持管理体制例を示す。

停電等の非常時の対応として、発電機の設置を検討する。

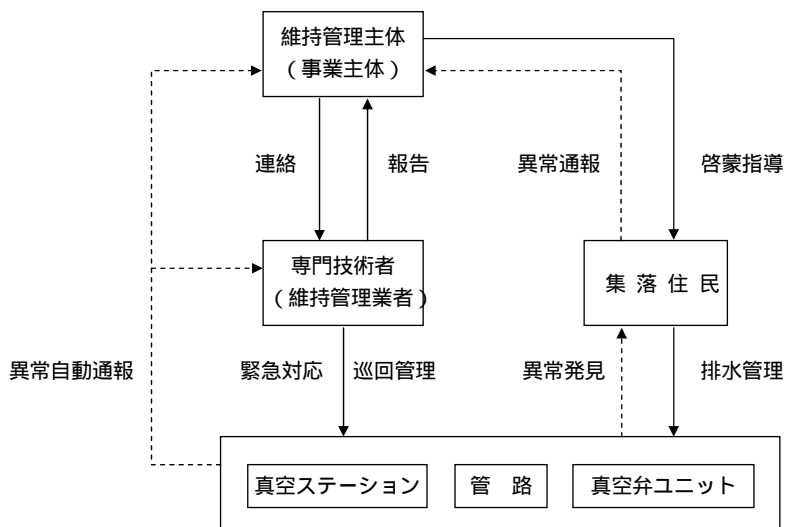


図 2-4-13 維持管理体制例