

下水道の圧送管路計画の手引き

下水道圧送管路研究会

目 次

1. はじめに	1
2. 圧送管路の計画	2
2.1 圧送方式とは	2
2.2 圧送方式の基本的な特長と利点	2
2.3 圧送方式と自然流下方式の比較	3
2.4 圧送方式適用の整備区域	4
2.5 圧送システムの構成	7
2.5.1 システムの種類	7
2.5.2 システムの構成要素	9
2.6 多条配管	10
2.7 下水道圧送計画の留意点	11
3. 下水道圧送管路の設計と施工	12
3.1 ポンプ場施設の設計	12
3.2 圧送管路設計	12
3.2.1 水理設計	12
3.2.2 配管設計	13
3.2.3 異形管防護工の設計	14
3.3 耐震設計	15
3.3.1 日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説」による耐震設計	15
3.3.2 管路の耐震設計の手順	17
3.3.3 地質・地形上から耐震性を高める必要がある場所	18
3.4 管きよの種類、強度、特長	20
3.5 管路の防食対策	27
3.5.1 ダクタイル管の防食	27
3.5.2 鋼管の防食	28
3.6 付帯設備	29
3.7 堆積物排出	29
3.8 臭気対策	29
4. 管路の水圧試験	30
5. ケーススタディ	31
5.1 ケーススタディの手順	31
5.2 経済比較事例	32
5.2.1 計算条件	32
5.2.2 検討結果	33
5.2.3 評価	33

1. はじめに

我が国の下水道整備は、欧米諸国に比較してかなり遅れが目立ち、その整備促進は国民の強い要望となっており、国土庁の社会整備に対する国民の意識調査でも、緊急かつ長期的にも早期に充実すべき重要な社会基盤施設として最上位に位置づけされている。

このような状況を踏まえ、国では新たな第8次下水道整備七箇年計画が平成8年度から始まっている。計画では処理人口普及率66%が目標になっており、中小都市における下水道整備をいかに効率よく進めていくかが、これからの大きな課題となっている。

下水道は従来自然流下方式を原則として進められてきたが、近年整備が進むにつれ、自然流下方式だけでなく、家庭污水の各戸収集を目的とした圧力式下水道、真空式下水道などの新しい下水収集システムや、幹線等における中継ポンプを用いた圧送方式輸送システムを採用されるケースが増えてきた。また、汚泥の集約処理のための送泥管路や処理水の送水管路の建設も進められている。

本書は、圧送方式管路に関して圧送方式の適用範囲、システムの構成、接合形式、付帯設備、施工上の注意点など、設計・施工に関する基礎的、基本的事項について記述したものである。

なお、実際の設計にあたっては当研究会の技術資料「圧送方式による下水道施設 設計および維持管理マニュアル」、「下水道圧送管路の付帯設備技術資料」、「下水道圧送管路の水圧試験要領書（ダクタイル管路偏）」および「自然流下方式と圧送方式の経済比較 経済比較方法とその比較事例」などを参考にいただければ幸である。

本書が、みなさんの相談相手として活用いただければ幸甚である。

2. 圧送管路の計画

2.1 圧送方式とは

圧送方式とは、分流式污水管、雨水管、合流管、処理水送水管など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。

圧送方式による管路施設は、図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など、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ものである。また現在、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」が、主に家庭などからの汚水を集水し幹線まで輸送する部分に適用されるのに対し、圧送方式は、主として幹線における下水輸送方式であり、若干の重複はあるとしても両者はその対称領域において異なるシステムである。

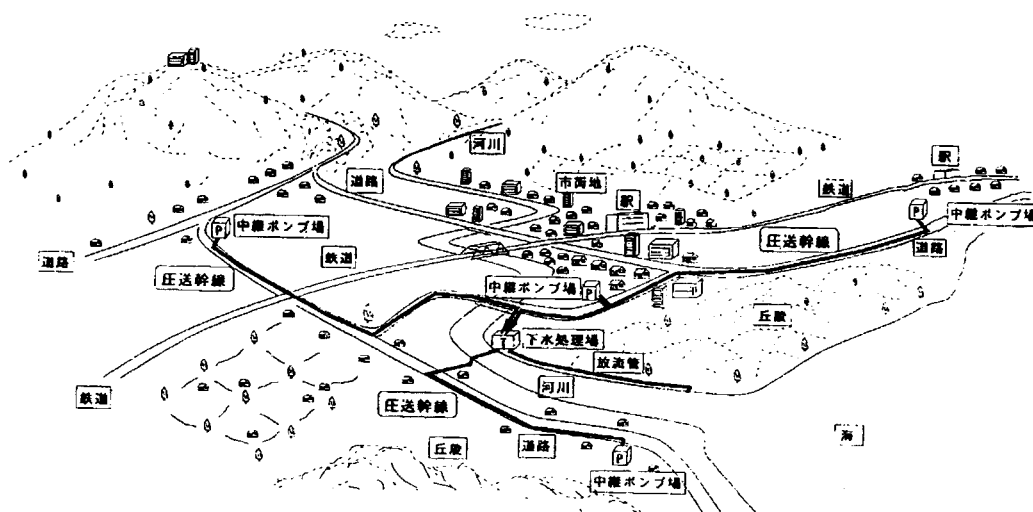


図1 圧送方式の概要

2.2 圧送方式の基本的な特長と利点

圧送方式の基本的な特長は、次の通りである。

- (1) 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などの自由な配管レイアウトが可能である。
- (2) 管口径を小さくすることができる。

以上に述べた基本的な特長により、圧送方式には以下のような利点がある。

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 配管が輻輳するところでの布設が可能。
- ④ 2条管を採用するなど、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。
- ⑤ 管路の耐震性を向上でき、地震に強い下水道施設とすることができる。

2.3 圧送方式と自然流下方式の比較

表1 圧送方式と自然流下方式の一般的特性比較

項目	圧送方式	自然流下方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・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布設できる。 ・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る。 ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・管路勾配を利用して下水を輸送する方式である。 ・管路は下り勾配で布設する必要がある。 ・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。
計画	<ul style="list-style-type: none"> ・地形的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、合流部などにマンホールは不要である。 ・管に圧力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。 ・ポンプ設備が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地形的条件による制約が多く管路ルートの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、合流部などにマンホールが必要である。 ・管には圧力がかからないため管体強度、継手水密性はあまり要求されない。
施工	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・管路の途中に空気弁や排泥弁などの設備が必要である。 ・既設管の横断は伏せ越し、上越しとも自由に行える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・管口径が小さく埋設深さが深い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であり、相手の管を切り回す必要がある。

2.4 圧送方式適用の整備区域

(1) 処理区の起伏が大きい

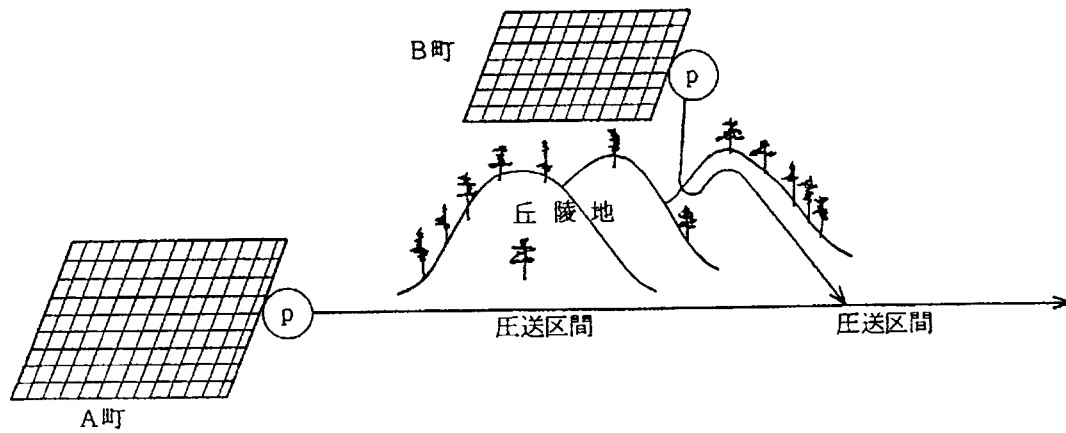


図2 丘陵地の多重圧送例

(2) 河川横断・・・伏越し、上越しなどで横断

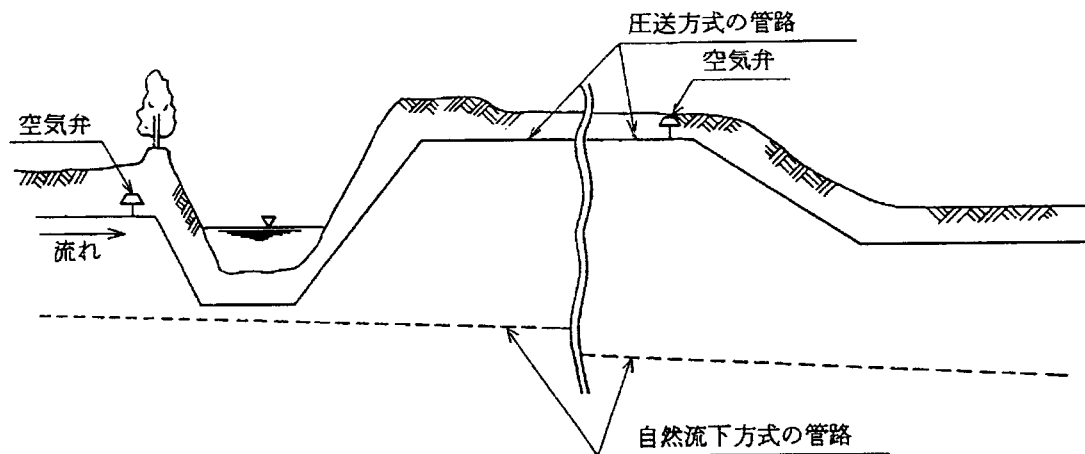


図3 河川横断部

(3) 流送距離が長いポンプ場と処理場の連絡管路

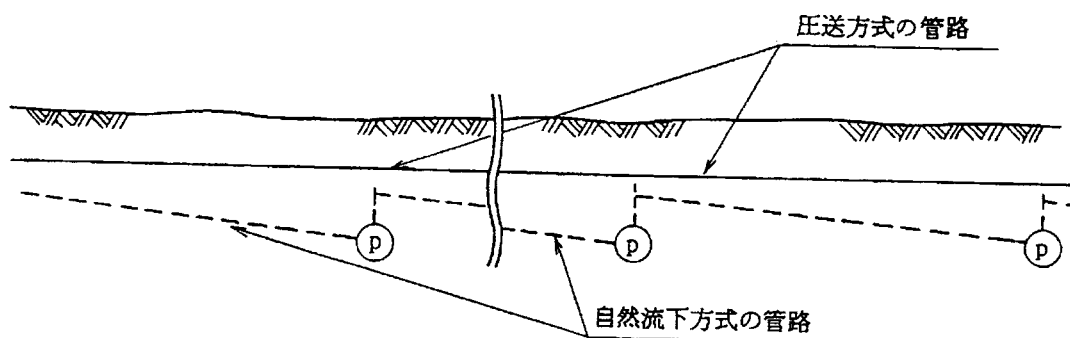


図4 流送距離が長くなる場合

(4) 人口低密度地域 処理場を1ヶ所に集中

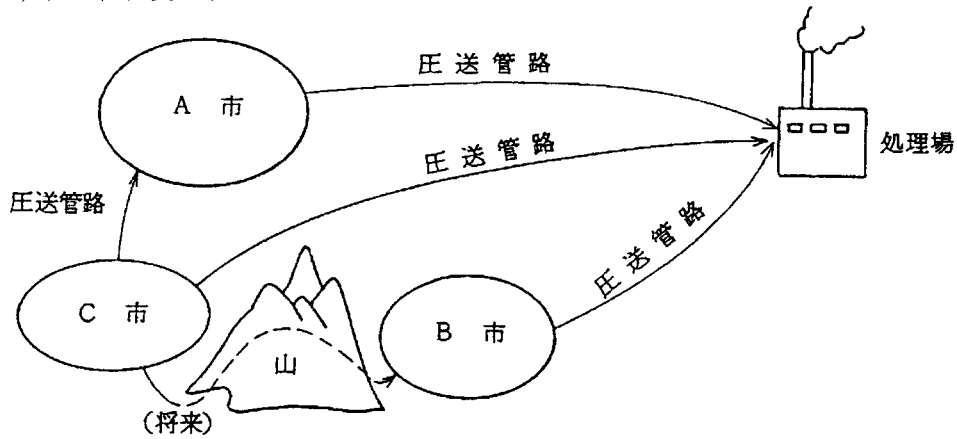


図5 汚水の集中処理

(5) 流送先、または途中が高くなっている場合

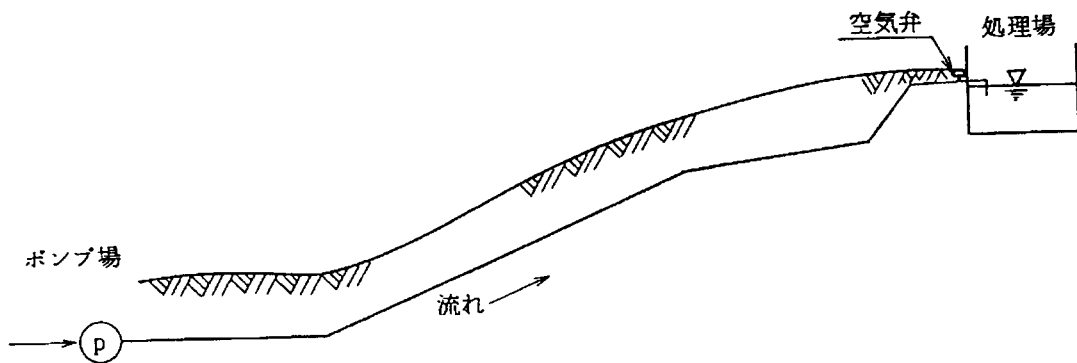


図6 処理場が高所にある場合

(6) エースプラン

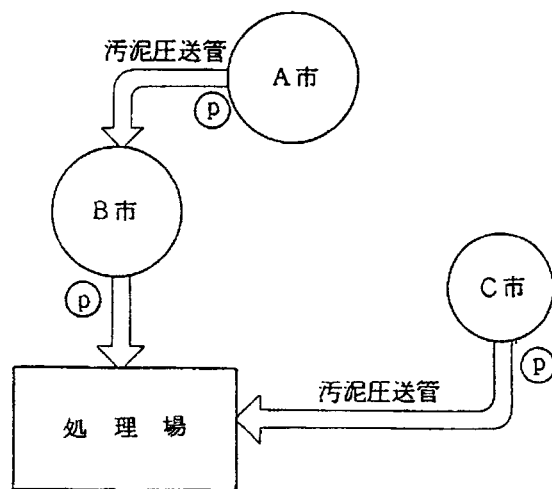


図7 エースプランの例

(7) フレックスプラン

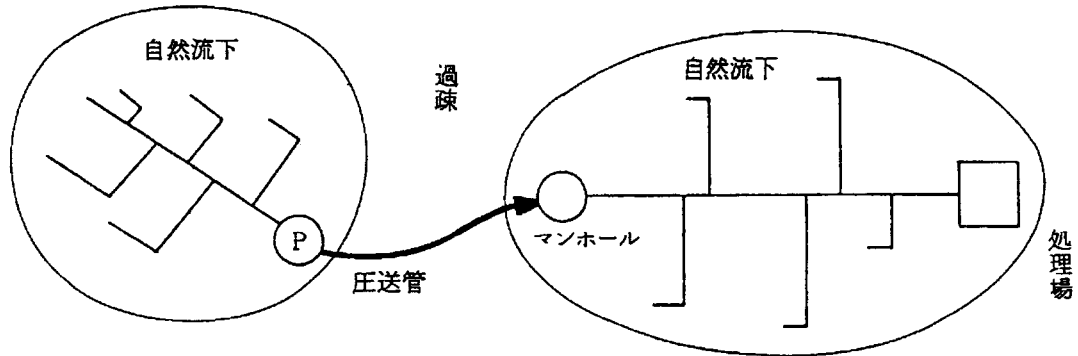


図8 フレックスプラン

(8) 雨水管、放流管の場合

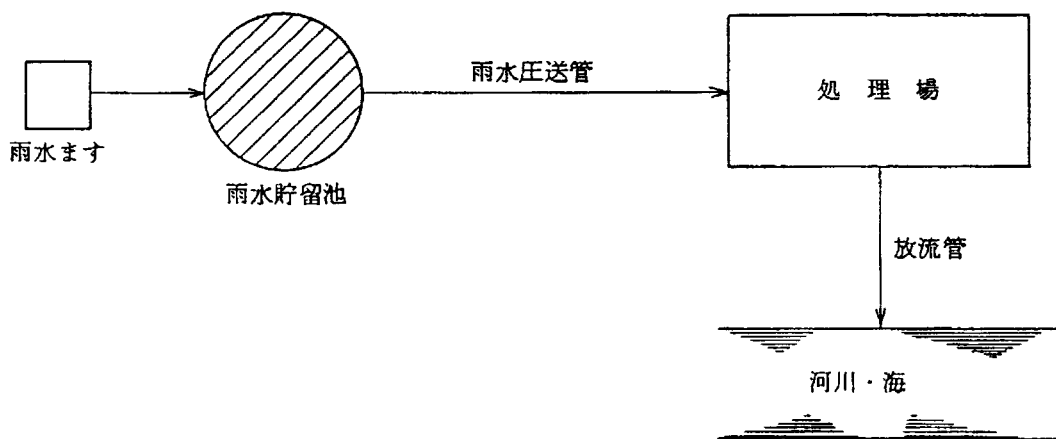


図9 雨水管、放流管

- (9) 道路幅員が狭い、道路交通量が多い区域
- (10) 軟弱な地盤区域
- (11) 早期整備が必要な区域

2.5 圧送システムの構成

2.5.1 システムの種類

(1) 単一圧送方式

ポンプ場から処理場まで単一路線（多条管路も含む）で圧送する方式。処理場間の送水（送泥）に多くみられる。

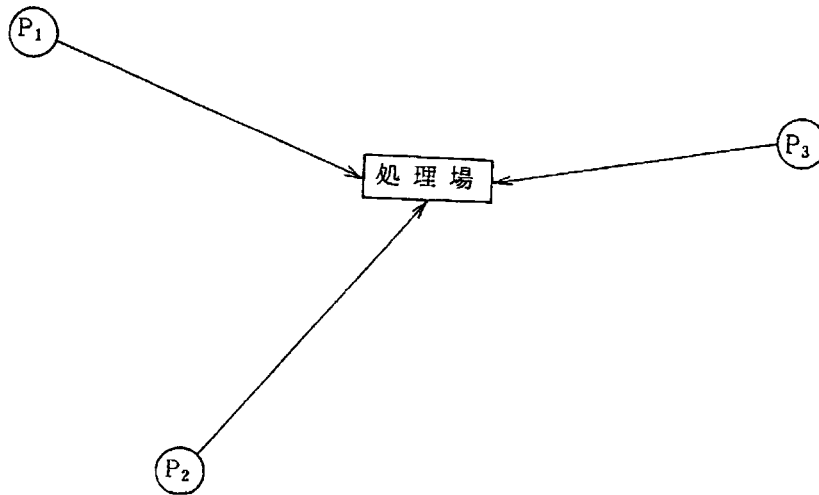


図10 単一圧送方式

(2) 多重圧送方式

圧送本管の途中に流入圧送管を取り込む方式。

小規模圧力式下水道との併用あるいは物理的・経済的に単一圧送方式がとりにくい場合などに採用される。

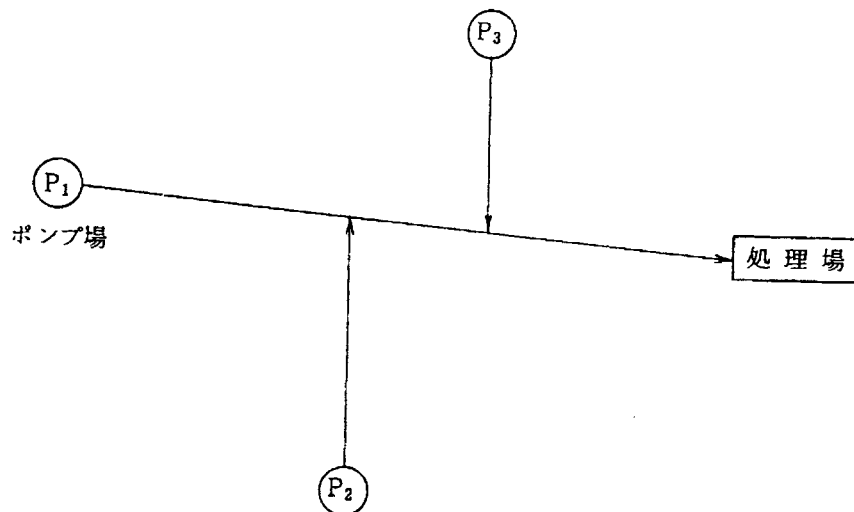


図11 多重圧送方式

(3) 圧送と自然流下の併用方式

管路の前半が圧送方式で後半が自然流下で送水する方式。
地形的に全線自然流下方式がとりにくい場合。

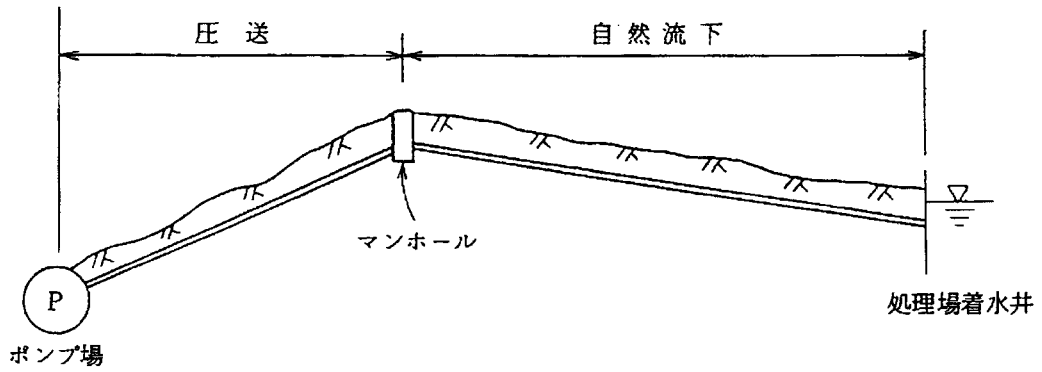


図12 併用方式

(4) 多段圧送方式

圧送管路の途中に複数のポンプ場を設けて送水する方式。
揚程が大きく単独のポンプで揚水が困難な場合などに用いられる。

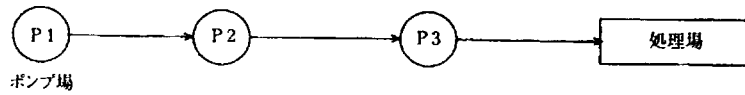


図13 多段圧送方式

2.5.2 システムの構成要素

(1) 管路

管路は一般に次に示すもので構成され、下水の種類（汚水、雨水、汚泥）や計画下水量により、その種類、形状、寸法、数量などを適切に選択する必要がある。

- ① 直管
- ② 異形管
- ③ バルブ（仕切弁、チャッキ弁など）
- ④ 空気弁
- ⑤ 排泥設備
- ⑥ 維持管理設備（マンホール、ピグ投入口など）

(2) ポンプ場

ポンプ場に於いても、その設備の内容は下水の種類などによって変わるが、一般に次の様な設備を含む。

- ① 沈砂池
- ② ポンプ設備（ポンプますを含む）
- ③ 電動機
- ④ 電気設備（内燃機関による自家発電設備を含む）
- ⑤ ウォーターハンマ防止対策（フライホイール、サージタンク、逆止弁、圧力調整弁など）
- ⑥ 空気注入設備（コンプレッサーを含む）
- ⑦ 計装設備（流量計、圧力計、濁度計、濃度計など）
- ⑧ 給水設備

2.6 多条配管

下水道計画の目標年次を概ね20年後とし基本的長期的な整備計画が立案されるのが普通である。しかしながら、最近の急激な都市化現象などにより、長期的な予測は困難な場合がある。また、供用開始直後から20年後の必要能力に整合した施設を設置することは不経済でもある。この様なことから、処理能力や流下能力を必要能力の増加に合わせて段階的に増強することが、事業効果を早期に発揮させるとして推奨されている。

この様なことから、圧送管路では供用開始直後では流量の確保が困難で、その対策として管路を複数化して、片側運転、並列運転などその運転形態を切り替えることにより、流速の確保を図ることができる。

さらに、下水道施設は一度供用するとその停止は困難である。圧送管路の場合、管路を複数並列化することで、不測の事態への対応や定期的な維持管理が容易にできるようになる。

これらのため、管路の途中に連絡管を設置して、不測の事態に対する安全性を高め、維持管理の容易な管路を構成するのが望ましい。

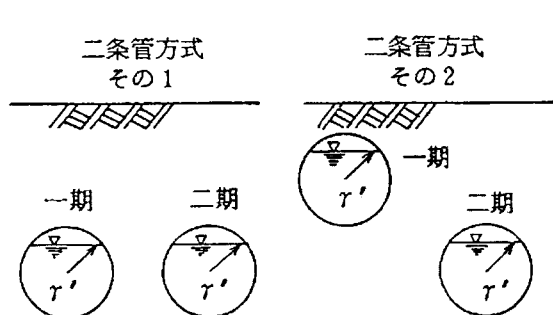


図14 多条配管

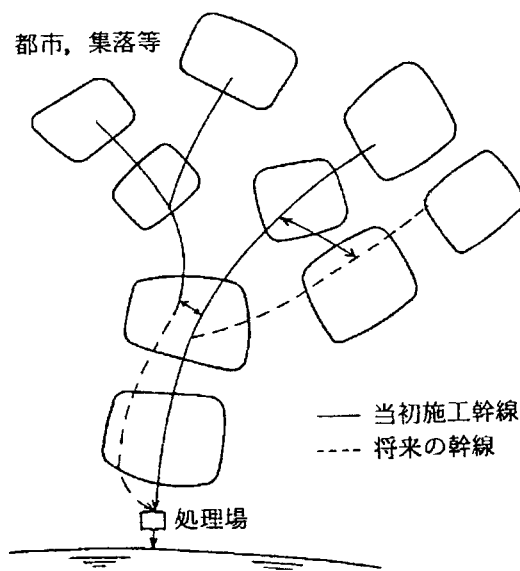


図15 複数による幹線の段階施工

2.7 下水道圧送計画の留意点

下水圧送管路は、汚水や汚泥に圧力を加えて管路内を移動させることで、目的の場所まで輸送する手段である。このシステムは従来の水道水、農業用水、工業用水などの単に水を輸送する手段とは異なり、以下のような特長が考えられるので、これらの特長を十分に考えて計画しなければならない。

- ① 下水圧送システムは従来の単なる水の圧送システムと異なり、下水には多くの溶解物質や非溶解物質が含まれており、これらの物質を効率良く目的の場所まで輸送することがこのシステムの目的である。また、溶解物質の中には管の内面に対して腐食性を示す場合や、非溶解物質のため管の内面が磨耗する場合など下水独特の影響があるので良く検討しなければならない。
- ② 下水中の非溶解物質は、流れの状態により管路内で沈殿したり固形物どうしが集合して大きくなったり、堆積物を形成し、管路内の特定の位置に沈殿して、輸送能力を低下させる場合がある。
- ③ 下水中には多量の有機物が含まれており、長時間の圧送を行うと、有機物の質的变化が起こり、有毒ガスや臭気の発生する場合がある。
- ④ 下水中に非溶解物質が含まれると、一般にその粘性が大きくなるので、清水の場合より流下抵抗が大きくなる場合がある。特に、汚泥の場合その固形分含有率の増加に従いこの影響が大きくなる。

標準的な流速は1.0～2.0 m/sが望ましく、汚泥の場合の濃度と臨界流速の関係を図1.6に、流速係数 C_{H1} を表2に示す。

なお、簡便的に送泥管の摩擦損失水頭を、固形物濃度が2%程度までは清水の1.3～1.5倍程度として求めることもある。

場内は、異形管を使用する箇所が多くなるので、屈曲部の損失などを十分に考慮する。

(「下水道施設設計指針と解説」より)

表2 Hazen-Williams公式 C_{H1} 値

管 種	管路における C_{H1} 値	備 考
モルタルライニング鉄管	110	屈曲損失等を別途に計算するとき、直線部の C_{H1} 値を130にすることができる。
塗 覆 装 鋼 管	110	
強化プラスチック複合管	110	
硬質塩化ビニル管	110	

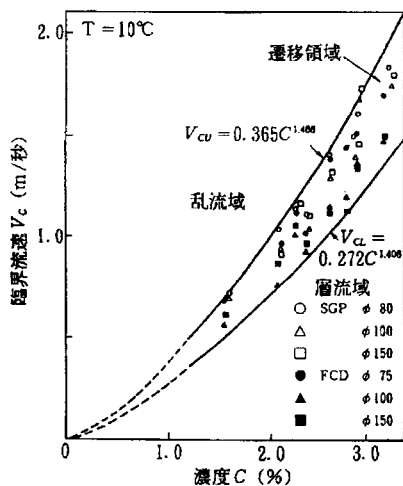


図1.6 汚泥濃度と臨界流速との関係

- ⑤ 下水管路は重要な施設で、しかも一度供用開始するとその後の中断は非常に困難である。将来、管路の補修改善などを考慮してこれら重要な施設の場合には複数化を図り安全性の向上を検討する。

3. 下水道圧送管路の設計と施工

3.1 ポンプ場施設の設計

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。

3.2 圧送管路設計

下水圧送管路を設計する場合、圧送する下水の特異性、運転条件などを考慮し、安全で維持管理の容易な管路を構成する必要がある。

下水を圧送する場合を考えると、汚水や汚泥および放流水の圧送が挙げられるが、いずれの場合も短距離では1系統ですませることが多い。しかし、各施設を下水道の普及に合わせて段階的に建設する場合、維持管理上、圧送管路を2系統に分割して設置したほうが都合がよいこともある。また、圧送距離が長くなる場合は、管路の途中において不測の事態が起きる可能性があるため、2系統として、必要に応じて連絡管を設けて、管路の安全性を高め、維持管理に優れた管路を構成した方がよい。

3.2.1 水理設計

(1) 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などにより、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および圧送管路の建設費を算出する。
- ⑥ 各案のポンプ場施設および圧送管路の維持費を算出する。
- ⑦ ポンプ場施設およ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。

(2) 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。

(3) 管路の摩擦損失水頭

- ① 摩擦損失水頭はヘーゼン・ウィリアムス公式により求める。
- ② その他の損失として、曲り損失、流入流出損失、ポンプ廻りの損失などを考慮する。

(4) 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。

3.2.2 配管設計

(1) 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、ダクタイル管などの堅固で耐久性を有する管材とする必要がある。

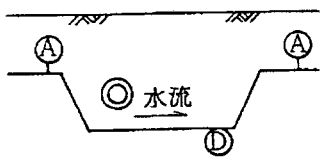
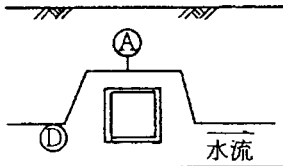
(2) 管厚設計

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

(3) 伏越し・上越し

下水道圧送管路では、できるかぎり管路の凸凹は設計時から作らないように配慮する必要がある(固形物の沈殿、管路の開そく防止など)。どうしても管路に凸凹ができる場合には、表3のような対応が必要となる。

表3 付帯設備の設置例

項目	タイプ	伏越し	上越し
配管パターン			
空気弁(下水道用)の設置		管路の凸部に設置する。 (図のAの位置)	
排泥設備の設置		管路の凹部に設置する。 (図のDの位置)	
使用曲管について		90° 曲管よりも45° 以下の曲管を使用する方が望ましい	
既設物、障害物との間隔		30cm以上離して施工すること。	

3.2.3 異形管防護工の設計（ダクタイル管の場合）

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、防護工を施したり、離脱防止継手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

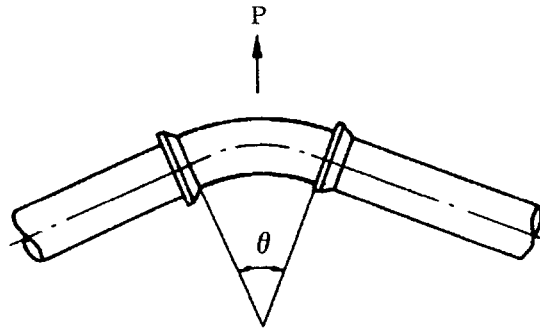


図17 曲管

$$P = 2p \cdot A \sin \frac{\theta}{2}$$

A : 管断面積²
p : 水圧

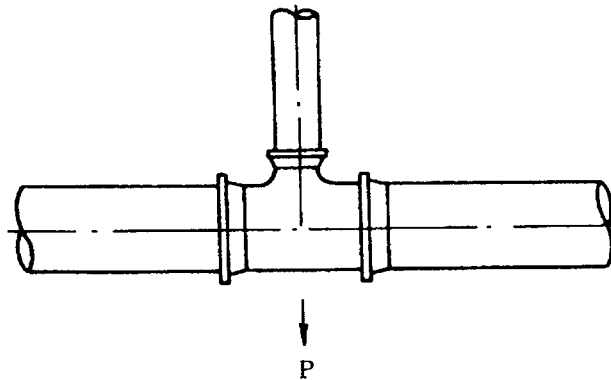


図18 T字管および排水T字管

$$P = p \cdot a$$

a : 管断面積 (枝管)

② 管径が変わる場合

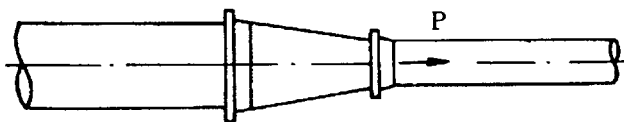


図19 片落管

$$P = p (A - a)$$

A - a : 管断面積の差

③ 管路の行き止まりの場合



図20 栓および制水弁

$$P = p \cdot A$$

(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および離脱防止金具を用いる方法がある。

3.3 耐震設計

下水道施設の地震対策は、日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説（1997年版）」にもとづいて行う。

3.3.1 日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説」による耐震設計

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

(1) 下水道施設の地震対策について

§ 1 総 説

下水道の目的は、都市の健全な発達と公衆衛生の向上に寄与し、公共用水域の水質保全に資すること、及び雨水を排除し、都市の安全を確保することである。大規模な地震時にもこの目的を達成・維持するために、必要な地震対策を実施する。

本指針は、下水道の地震対策の内、下水道施設の耐震対策に適用する。

(2) 耐震対策の基本的な考え方

§ 3 耐震対策の基本的な考え方

下水道の耐震対策は、まず個々の施設において構造面での耐震化を図ることを基本とする。さらに、構造物が万が一被害を受けた場合にも機能を確保できるよう、システム的な対応により耐震性の向上を図る。

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ならびに類似施設の被害事例を考慮し、この指針に示す耐震計算法を用いて安全性を確保する。また、その設計対象地震動としてレベル1及びレベル2の二段階の地震動を考慮し、各段階に応じた耐震性能を確保する。

(3) 地域特性、地形、地盤などの調査

§ 6 調査方針

下水道施設の耐震対策を講ずる場合、施設の計画及び設計・施工に当たっては、対象区域の地域特性、地形、地盤、土質などについて十分な調査を行う。

また、施設を緩い飽和砂質地盤等に設置する場合には、地震時における液状化の可能性を考慮して調査する。

(4) 管路施設

§ 12 耐震設計の基本的な考え方

管路施設は、「重要な幹線等」と「その他の管路」に区分し、原則として次に示す耐震設計を行う。

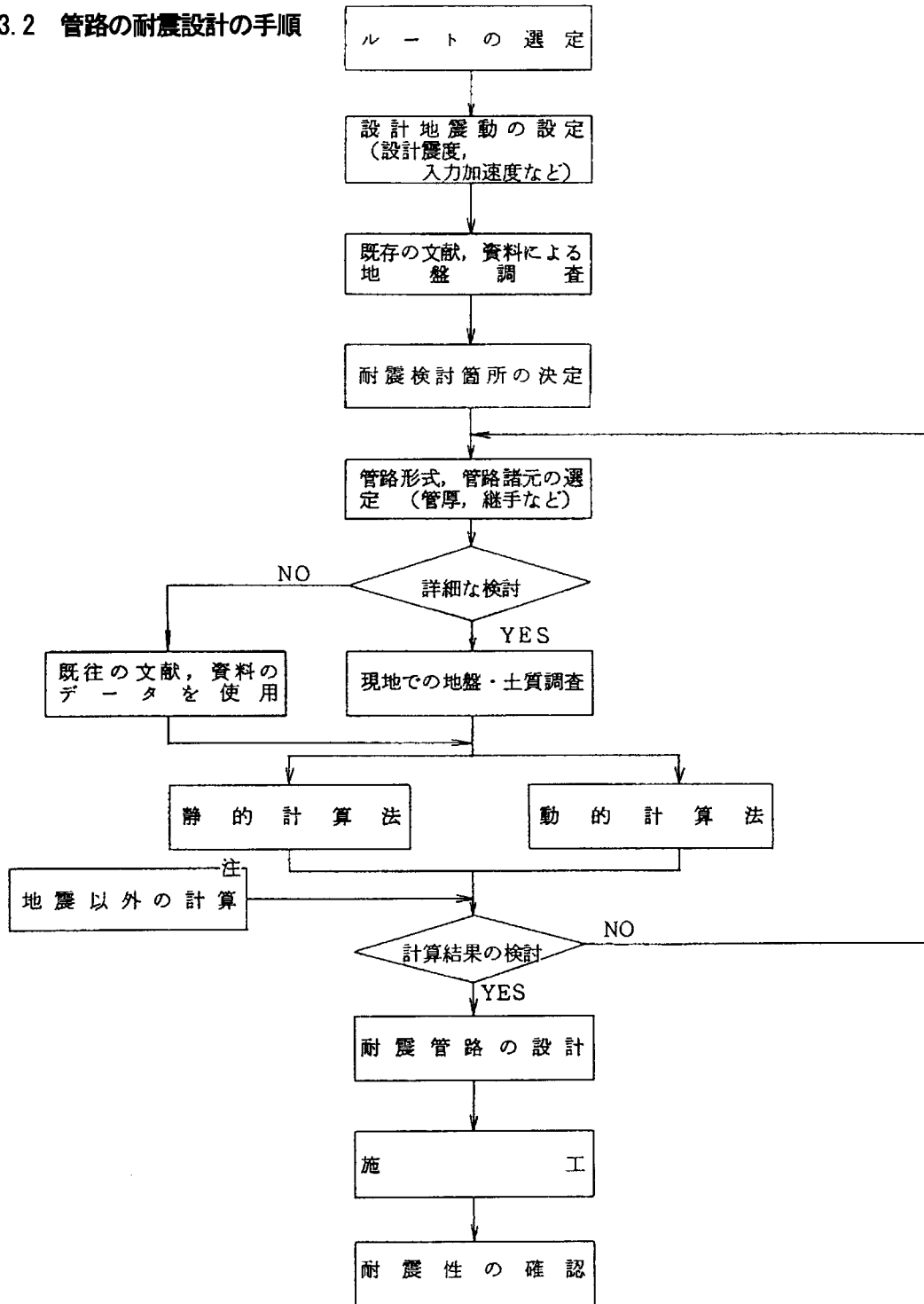
- (1) 「重要な幹線等」は、既設、新設ともにレベル1地震動に対して設計流下能力を確保するとともに、レベル2地震動に対して流下機能を確保する。
- (2) 「その他の管路」は、新設を対象にレベル1地震動に対して設計流下能力を確保する。

§ 24 汚水圧送管及び送泥管

汚水圧送管及び送泥管は、次の各項を考慮した耐震設計を行う。

- (1) 管路は複数とし、それぞれ別路線に布設して、連絡管路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、可とう性伸縮継手を設ける。
- (3) 管継手部の耐震設計は、「水道施設耐震工法指針・解説」を準用する。

3.3.2 管路の耐震設計の手順



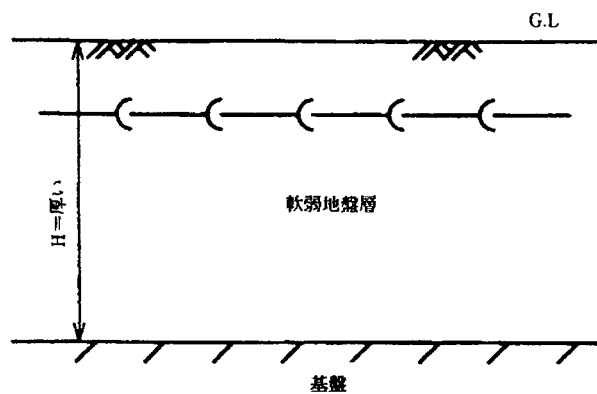
注 地震以外の計算：継手の余裕として次のものを追加する。

- 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。

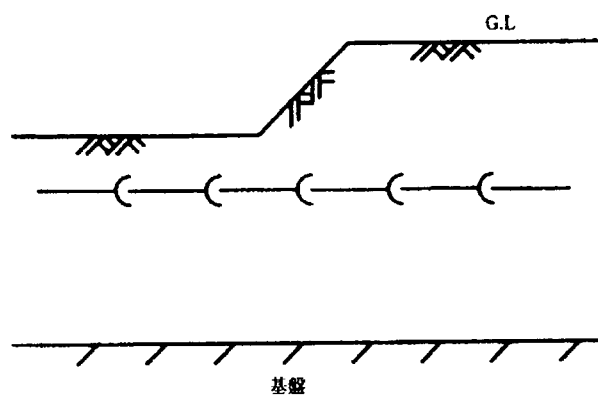
図21 管路の耐震設計の手順

3.3.3 地質・地形上から耐震性を高める必要がある場所

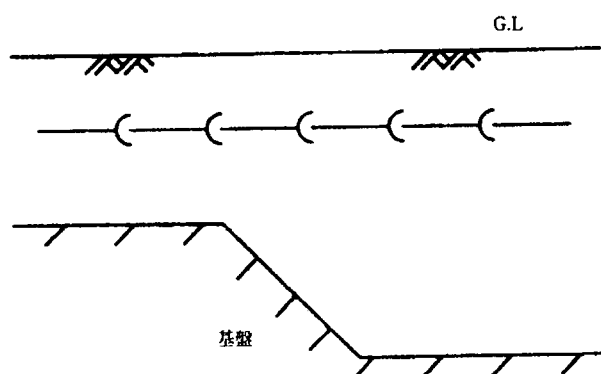
① 軟弱で表層地盤の厚い地帯



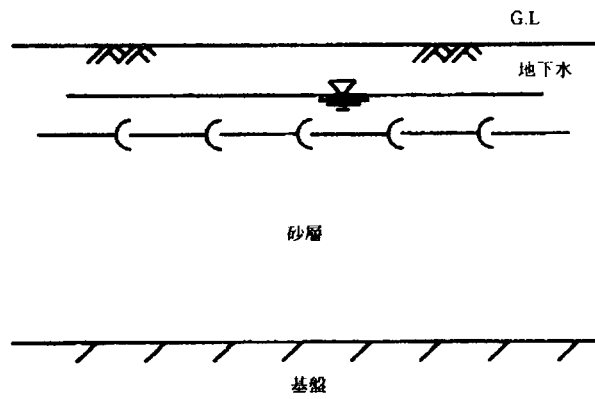
② 盛土または埋立地帯



③ 地層、地質、地形が急激に変化する地帯



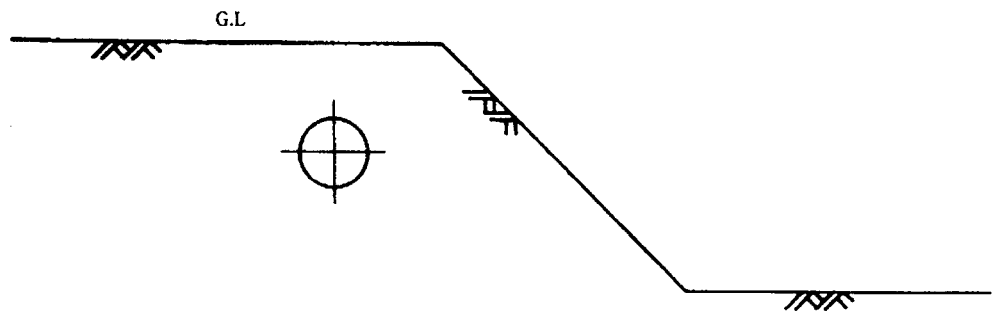
④ 液状化（流動化）の予想される地帯



⑤ 異形管部

曲管、T字管、立ち上がり、伏せ越し部など。

⑥ 斜面などで地滑り、沈下が予想される地帯



⑦ 構造物との取り合い部

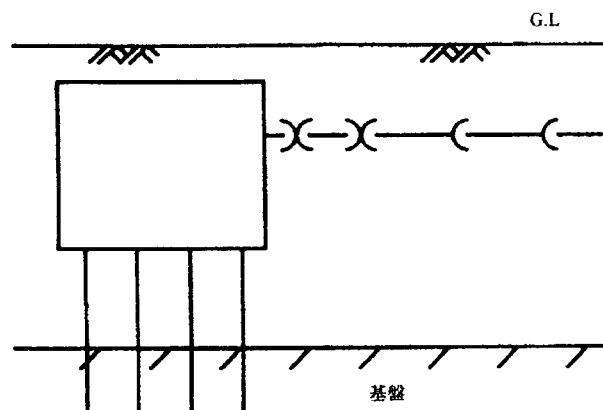


図22 地質・地形上から耐震性を高める必要がある場所

3.4 管きよの種類、強度、特長

下水圧送に用いる地下埋設管には、内圧、外圧が常に作用しているため、圧送用管材はそれらの力に対して十分な強度を持たなくてはならない。また、管の継手は、水密性および施工性の優れたものでなければならない。特に、地下埋設管路の場合は埋戻しの土圧、載荷重、不同沈下などによる外力に対しても安全なものでなければならない。

(1) 管材の強度

表4 各種管きよの物理的、機械的性質

機能的性質	ダクティル管	鋼管	FRPM管	硬質塩化ビニル管
引張強さ (N/mm ²)	420以上	400以上	—	53以上 (20°C)
曲げ強さ (N/mm ²)	600以上	400以上	170~320 (周方向) 15~60 (軸方向)	78~98
伸び (%)	10以上	18以上	—	50~150
弾性係数 (N/mm ²)	1.5~1.7×10 ⁵	2.1×10 ⁵	1.5~2.25×10 ⁴	2.7~3×10 ³
硬さ	ブリネル 230以下	ブリネル 140以下	バコール 50~60	ロックウェルR 115
ポアソン比	0.28~0.29	0.3	0.3	0.37
比重	7.15	7.85	2.0	1.43
線膨張係数 1/°C	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵	6~8×10 ⁻⁵

(2) 各種管きよの特長および継手

代表的な管きよとその継手について次に述べる。

① ダクティル管 (JSWAS G-1・G-2, JIS G 5526・5527)

耐圧性および耐食性に優れているので、主として圧力管として使用されている。

管種は直管と異形管があり、接合形式にはK形、U形、T形、KF形、UF形、NS形、SⅡ形、S形、US形およびフランジ形がある。

直管は、呼び径75~2,600mm、有効長4,000~6,000mmが規定されており、また、管厚によって1種~5種管およびPF種管がある。

管材は引張り強さ420N/mm²、ブリネル硬さ230HB以下および伸び率10%以上と規定されており、強度が高く、じん性に富み衝撃に強く可とう性である。通常、直管の内面にはエポキシ樹脂粉体塗装、またはモルタルライニングを施してある。

表5 ダクタイル管の接合形式…………… JSWAS G-1 規格品

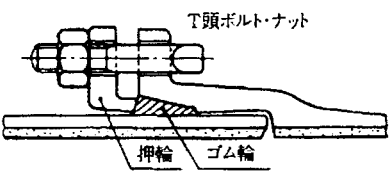
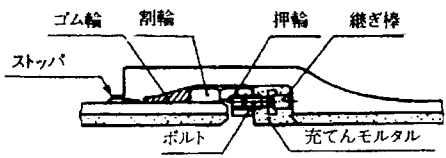



接合形式	呼び径(mm)	管種	特長	設計・施工の参考	
K形	75~2600	D1~D5	<p>ゴム輪は、角ゴムと丸ゴムを一体化したもので、丸ゴム部を強く圧縮させるので、圧縮量が大きく、継手の水密性を高めたメカニカルタイプで、伸縮性および可とう性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・一般用 ・温度変化吸収のための伸縮継手は不要。 ・抜き力の働く箇所には適切な防護が必要。 	
					
U形	700~2600	D1~D5	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、継手の水密性はK形と同じである。 伸縮性および可とう性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ずい道内、シールド内および掘削幅が狭い所に適する。 ・シールド内配管の場合、その内径は管呼び径+600mm以上が必要。 ・温度変化吸収のための伸縮継手は不要。 ・抜き力の働く箇所には適切な防護が必要。 	
					
T形	75~2000	D1~D5	<p>受口の内面にゴム輪を装着し、テーパ状の挿し口を挿入するのみで接合できるプッシュオンタイプである。 作業が迅速であり、継手の水密性が高く、かつ、伸縮性および可とう性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・一般用（直線部の多い管路に適する） ・呼び径300mm以上の異形管については、K形異形管を用いる。 ・切管をした場合、挿し口端に所定の面取りが必要。 ・温度変化吸収のための伸縮継手は不要。 ・抜き力の働く箇所には適切な防護が必要。 	
					<p>呼び径 75~250mm</p> 
					<p>呼び径 300~600mm</p> 
					<p>呼び径 700~2000mm</p> 

表5 ダクタイト管の接合形式（続き）

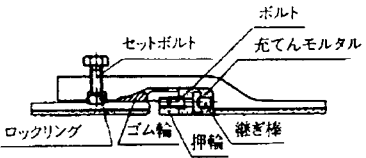
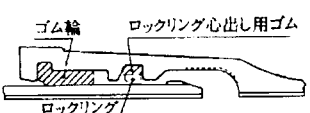
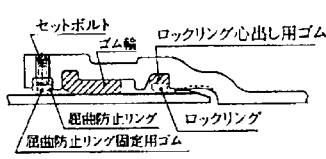
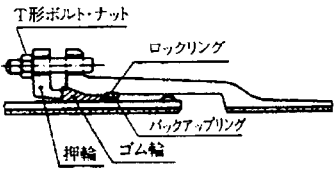
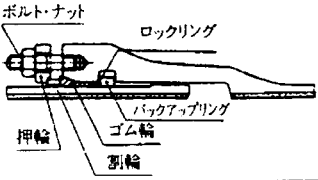
接合形式	呼び径(mm)	管種	特長	設計・施工の参考
KF形	300~900	DPF	<p>離脱防止機構を持つメカニカルタイプで、K形またはU形の受口部および挿し口部にロックリングのかけ合い溝を設けたものである。</p> <p>継手の水密機構は、K形またはU形と同じである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・離脱防止用(曲管部、T字管部、片落管部、伏せ越し部など) ・アンカーブロックを省略あるいは軽減できる。 ・継手を陸継ぎし、掘削溝内に布設する方法がとれる。 ・現地で切管した場合、挿し口溝加工が必要。 ・使用本数は、使用条件に合わせて設計される。
UF形	700~2600	DPF		
				
NS形	75~250	D1・D3	<p>大きな伸縮性および可とう性を持つプッシュインタイプで、最終的には受口と挿し口がかけ合って離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密機構は、T形と同じである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐地盤変動用(耐震用・軟弱地盤用など) ・現地で切管する場合は、挿し口部に溝加工を行い、切管用挿し口リングを用いて突部を形成する。
<p>直管</p>  <p>異形管</p> 				
SⅡ形	75~450	D1~D3	<p>大きな伸縮性および可とう性を持つメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかけ合って離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密機構は、K形と同じである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐地盤変動用(耐震用・軟弱地盤用など) ・SⅡ形および呼び径1600mm以下のS形を現地で切管する場合は、挿し口部に溝加工を行い、切管用挿し口リングを用いて突部を形成する。 ・呼び径1650mm以上のS形管の現地切管は、通常、行わない。
				
S形	500~2600	D1~D3		
				

表5 ダクタイト管の接合形式 (続き)

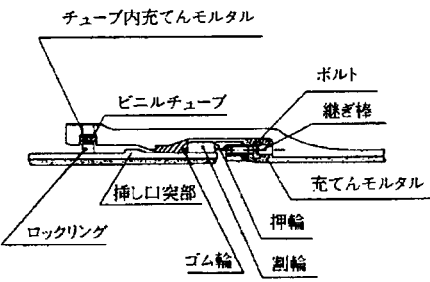
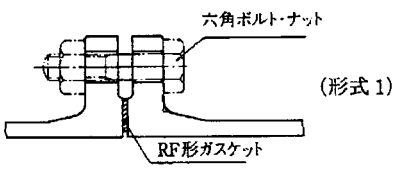
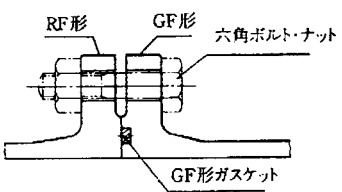
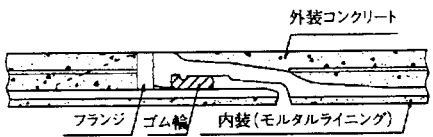
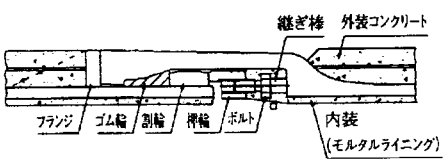
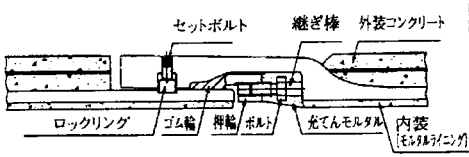
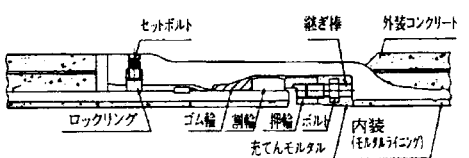
接合形式	呼び径(mm)	管種	特長	設計・施工の参考
US形	700~2600	D1~D4	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密機構はK形と同じである。</p> <p>伸縮性および可とう性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 耐地盤変動用(耐震用、軟弱地盤用など) 現地での切管は原則的に行わない。 ずい道内、シールド内および掘削幅が狭い所に適する。 シールド内配管の場合、その内径は、管呼び径+600mm以上が必要。
フランジ形	75~2600	DF	<p>両方のフランジの合わせ面にガスケットをはさんで、ボルトで締め付ける。</p> <p>剛性の大きい継手であるから、伸縮性および可とう性はない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> バルブなどの取付用 RF形-RF形またはRF形-GF形の組合せで使用する。
<p>チューブ内充てんモルタル</p> 				
<p>RF形-RF形の組合わせ</p>  <p>RF形-GF形の組合わせ</p> 				

表6 推進工法用ダクタイトルの接合形式

JSWAS G-2, 圧送用

接合形式	呼び径(mm)	管種	特長	設計・施工の参考
T形	250~700	I類D1~D5	<p>受口の内面にゴム輪を装着し、挿し口の挿入によりゴム輪が圧縮されて水密性を保つ。 挿し口の外面には推力伝達用のフランジが取り付けられている。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般用 ・フランジには、ローリング防止を目的とした植込みボルトタイプとボルトレスタイプがある。
U形	800~2600	I類D1~D5	<p>管の内面からゴム輪を装着し、ボルトでゴム輪を締め付けて水密性を保つ。 挿し口外面のフランジを介して推力を伝達する。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般用 ・中押し工法による長距離推進が可能 (呼び径1000mm以上) ・フランジには、ローリング防止を目的とした植込みボルトタイプとボルトレスタイプがある。
UF形	800~2600	I類DPF	<p>U形の受口内面と挿し口外面に溝を設け、ロックリングを入れて固定し、離脱防止を図った継手である。したがって、伸縮性および可とう性はない。 推力は、ロックリングを介して伝達される。水密機構は、U形と同じである。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・離脱防止用 ・異形管の前後に用い、コンクリート防護を省略または軽減できる。 ・使用本数は、使用条件に合わせて設計される。
US形	800~2600	I類D1~D4	<p>ロックリングと挿し口突部の間に隙間があるため、その間で受口・挿し口の抜け出しが可能である。 最終的にロックリングと挿し口突部のかけ合わせにより、継手の離脱を防止する。 継手の水密機構は、U形と同じである。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐地盤変動用(耐震用、軟弱地盤用など) ・フランジには、ローリング防止を目的とした植込みボルトタイプとボルトレスタイプがある。

② 鋼 管

一般に圧力管として使用されており、その規格には、JIS G3442, 3443 および 3451 並びに B2301, 2302 のほか、JWWA K116, 117 および 132 がある。

継手は、溶接とメカニカルとの2種類となっているが、溶接による接合が一般的である。

内径 2,000 mm 以上および任意の異形管についても、JIS などに準拠して容易に製造することができる。

鋼管は、水密性が高く、強度、じん性、伸びなどに優れた特性をもつ可とう性管である。

内外面の防食は、内面をタールエポキシまたはモルタルで、外面をアスファルト、ビニロクロスなどで塗覆している。

③ 強化プラスチック複合管 (JSWAS K-2, JIS A5350)

ガラス繊維、不飽和ポリエステル樹脂、骨材を主原料として、内外面をガラス繊維強化層とし、中間層を樹脂モルタルにした複合管であり、外圧管と内圧管との2種類があるが、下水道では主として外圧管が使用されている。

管種は直管とマンホール短管に区分され、さらに外圧強さにより1種管と2種管に区分されている。また、形状によりB形、C形、およびD形に区分されている(図23参照)。

呼び径は200~3,000、直管の有効長はB形およびC形については4,000 mm、D形について4,000 および6,000 mmが規定されている。

強化プラスチック複合管は、高強度で耐食性および施工性に優れているが、可とう性管であるため、設計に用いる許容たわみ率は、砂基礎の場合は4%、碎石基礎の場合は5%としている。

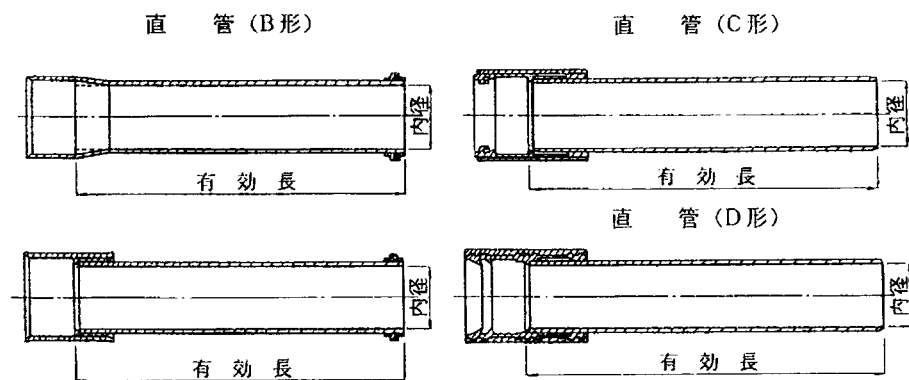


図23 下水道用強化プラスチック複合管

④ 硬質塩化ビニル管 (JIS K 6741)

塩化ビニル重合体を主原料に押出し、射出等の方法によって成形されるものである。

下水道分野では、主として無圧管が使用されており、「下水道用硬質塩化ビニル管 (JSWAS K-1)」規格は無圧管を対象としている。

圧力管としてはJIS K 6741に規定されているVPを使用する (圧力輸送用ゴム輪形：呼び径 50~300、圧力輸送用接着形：呼び径 75~300)。

管種は直管と異形管に区分され、さらに直管はプレーンエンド、片受けおよび両受けに区分される。(図2.4参照)。

塩化ビニル管は、軽量で施工性に優れているが、可とう性管であるため管厚の中心径の5%を許容たわみ率としている。

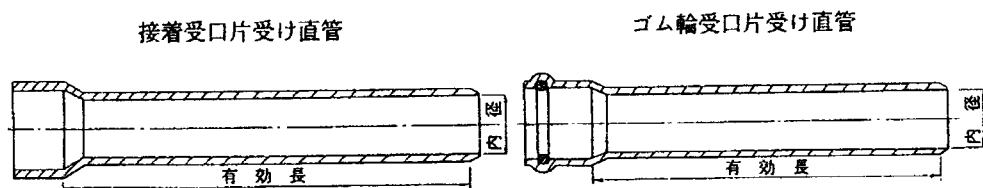


図2.4 硬質塩化ビニル管

3.5 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。

3.5.1 ダクタイル管の防食

(1) ダクタイル管の内面防食

管路は、下水道施設の中のいろいろな場所で使われる。そのため管路内の流体の腐食性もさまざまで、条件によっては大変激しい腐食環境となり、流体の種類・内容によって適応する内面防食仕様も違ってくる。

一般には、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を施してある。

(2) ダクタイル管の外面防食

① 埋設管の外面塗装

一般に、ダクタイル管の外面にはJIS K 5664（タールエポキシ樹脂塗料）に規定する3種同等以上の性能を有するエポキシ樹脂、アクリル樹脂などの合成樹脂塗料を塗装する。

② 特殊な外面塗装

露出配管や水中配管、湿度の高いところの配管などに使用される場合は、各事業者での使用実績などを考慮して規定されたJSWAS G-1 付属書による塗装を施す。

③ 腐食性土壌に埋設する場合の防食法

ダクタイル管の場合、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。

- ・酸性の工場廃液や汚れた河川水などが浸透する場所。
- ・海浜地帯や埋立地域など、地下水に多量の塩分を含む場所。
- ・硫黄分を含む石炭ガラなどで盛土や埋立てされた場所。
- ・泥炭地帯。
- ・腐植土。
- ・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7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7 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 (Ω -cm)	<700	10	酸化還元電位 (Redox電位) (mV)	100<	0
	700~1000	8		50~100	3.5
	1000~1200	5		0~50	4
	1200~1500	2		マイナス	5
	1500~2000	1	水分	排水が悪い 常に浸潤	2
	2000<	0		排水がかなり良好 一般に湿っている	1
pH値	0~2	5	水分	排水が良好 一般に乾燥している	0
	2~4	3		硫化物	あり
	4~6.5	0	微量		2
	6.5~7.5	0	なし		0
	7.5~8.5	0			
	8.5<	3			

- 備考 1. 表に示す測定項目および点数は、ANSI/AWWA C 105/A21.5-88 (アメリカ国家規格) による。
2. pH値が6.5~7.5の場合で硫化物が存在し、かつ、酸化還元電位が低い場合は3点を加算する。
3. 海成粘土、泥炭性青粘土などの場合には、必ずしも腐食性を示さないこともある。

3.5.2 鋼管の防食

鋼管内外面の防食は内面をタールエポキシ又はモルタル、外面をアスファルト、ビニルクロスなどで塗覆装する。

3.6 付帯設備

圧送管路には必要に応じて遮断用、管路切替用、ドレン用、吸排気用などのバルブを設置する。

- ① 遮断用および管路切替用のバルブは、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。

3.7 堆積物の排出

汚水や汚泥を長距離圧送する場合、管路の凹部に土砂、汚泥などが沈殿して管路を閉塞し、通水能力が小さくなることがある。

これら堆積物から硫化水素などの有害ガスが発生する。そのため、適切な方法で定期的に堆積物を管路外に排出しなければならない。

堆積物排出のためには、一般に、

- ① 一時的に高流速で圧送運転を行い管内の堆積物を排出する。
- ② 管路の凹部に排出設備を設置して堆積物を排出する。
- ③ ポリピグ法により堆積物を排出する。

などの対策がある。

3.8 臭気対策

下水中には乳酸、プロピオン酸、酢酸など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になり、メタン菌や硫酸塩還元菌などの作用により、メタン、硫化水素ガス、メチルメルカプタン、硫化メチルなどのガスが発生する場合がある。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、圧送部分から解放されたところで腐卵臭を放ち、高密度では人の健康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、温度が高い場合発生しやすく、圧送管路では堆積物のたまり易い凹部で発生し易いと言われている。

圧送管路の硫化水素発生防止のため、次の様な対策が設計上および維持管理上で考えられている。

- ① 管路中に堆積物が滞留しにくい構造にする。しかし、堆積物のたまりやすい部分では、定期的に堆積物を排出できるように排出設備を設置しておく。
- ② 管路内が嫌気性環境となるのを防止するために、空気などを混入する。
- ③ ポリピグなどで、洗管できる管路構造にしておく。
- ④ 処理場の近くで処理水が豊富にある場合は、下水の圧送後に管路中に処理水を大量または高流速で注入し堆積物を流してしまう。
- ⑤ 空気弁からの臭気にたいしては、それを放出するためのダクトや脱臭装置を設置しておく。

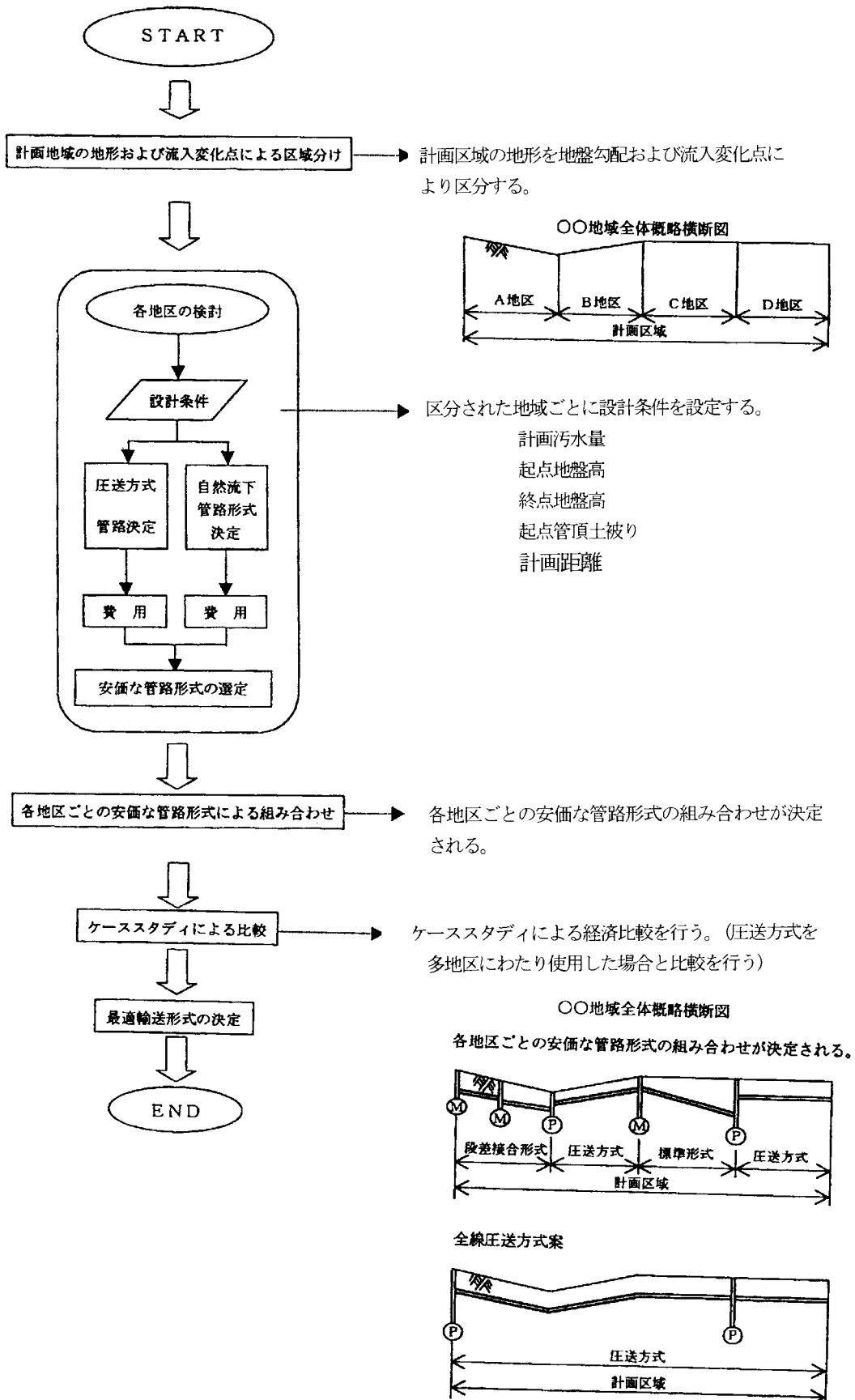
4. 管路の水圧試験

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。

- 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。また、充水中は管路の異常の有無を点検して事故の防止に努める。
- ③ 試験は、試験水圧まで加圧した後、一定時間保持し、その間の管路の異常の有無および圧力の変化を調べる。なお、試験水圧、保持時間および許容圧力低下量については使用水圧、管路延長、管種、付帯設備および施工条件などを考慮して適切な数値を設定する。

5. ケーススタディ

5.1 ケーススタディの手順



5.2 経済比較事例

5.2.1 計算条件

下記に示す計画区域を地形勾配および流入変化点により、A～E地区に区分し検討を行う。

	40.000								
	20.000								
	0.000								
	-20.000								
	-40.000								
		A地区	B地区	C地区		D地区		E地区	
計画汚水量		Q=1.0m ³ /min				Q=1.8m ³ /min			
自然流下管		鉄筋コンクリート管φ200				鉄筋コンクリート管φ250			
圧送管		ダクタイル鋳鉄管φ150				ダクタイル鋳鉄管φ200			
地盤高	600	800	800		200		200	300	
単距離	0	500	200		400		1000	100	
追加距離	0	500	700		1100		2100	2200	

図25 計画区域

- ・自然流下方式におけるA地区の起点管頂土被り：1.20m
- ・圧送方式における各地区の管頂土被り：1.20m

積算に用いた標準単価および労務単価：

- ・「下水道工事積算標準単価 平成11年度版」東京単価
- ・平成11年度公共工事設計労務単価 東京単価
- ・「建設物価 平成11年6月」東京単価

管きょ建設費：管布設費＋マンホール設置費（またはポンプ場建設費）

維持管理費：業務委託費＋年間電気料金＋ポンプ取替費……30年間のポンプ場維持管理費

- ・業務委託費：下水道施設維持管理積算要領－終末処理場、ポンプ場編－1993
(社) 日本下水道協会
- ・ポンプの耐用年数：20年

5.2.2 検討結果

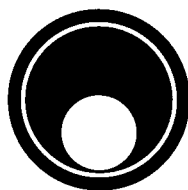
経済比較の結果を表8に示す。

表8 検討結果

	ケースⅠ		ケースⅡ		ケースⅢ	
	自然流下方式&圧送方式		自然流下方式		圧送方式	
	形式	費用(円)	形式	費用(円)	形式	費用(円)
A地区	圧送方式	101,526,074	揚水ポンプ形式	118,373,661	圧送方式	219,494,343
B地区	標準形式	17,168,787	標準形式	44,509,934		
C地区	段差接合形式	75,474,971	段差接合形式	102,132,171		
D地区	圧送方式	146,179,943	揚水ポンプ形式	376,426,437		
E地区	標準形式	8,724,044	揚水ポンプ形式	89,010,675		
合計		349,073,819		730,452,878		219,494,343
比較		48%		100%		30%
備考	各地区において、安価な輸送形式を選択した場合		全て自然流下方式とした場合		全て圧送方式とした場合	

5.2.3 評価

このケーススタディでは施工上、維持管理上の制約条件などが明確でないため、費用面のみで評価すると、5地区全てを自然流下方式または自然流下方式と圧送方式の組み合わせで設計するよりも全てを圧送方式とするのが適した方法といえる。



下水道圧送管路研究会

事務局：〒103-8310 東京都中央区日本橋室町3-1-3
(株)クボタ東京本社内)

TEL.03-3245-3096

FAX.03-3245-3186

<http://www.assouken.gr.jp/>

1994. 9.
2001. 11.

2003. 12. 500