

第2章 設 計 編

第2章 設計編

2-1 流量・流域計算

2-1-1 事業計画の確認

設計着手に先立ち、事業計画項目のチェックを行い諸条件を確認する。

【解説】

設計は、事業計画を基本に進めるため、関係する計画図書の収集、整理をして、調査、設計のスケジュールを作成しなければならない。

計画図と設計の範囲を確認し、事業計画の区画割平面図、流量表、縦断図等を収集し、計画諸元を確認する。

2-1-2 交付対象区域の算出

公共下水道に係わる交付対象事業の対象区域を算出する。

【解説】

事業計画汚水量により算出される交付対象下水排除日量から、交付対象路線を式2-1-1により算出する。

交付対象路線とは、次に挙げる管路をいう。

- ① 交付対象排除日量 $3\text{m}^3/\text{日}$ 以上の汚水が流入する管路
- ② 交付対象排除面積以上を流下させる管路

交付対象排除面積 $A\text{ha} = Q \div (24\text{hr} \times 60\text{min} \times 60\text{sec} \times q) \cdots \cdots \text{式2-1-1}$

ここに、 Q ：交付対象下水排除日量 ($\text{m}^3/\text{日}$)

q ：1haあたり汚水量 ($\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{ha}$)

2-1-3 計画下水量

- (1) 計画雨水量は、事業計画図書による。
 (2) 計画汚水量は、事業計画図書による。

【解説】

(1) について

事業計画流出量は、合理式により算出した。

$$Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A \cdots \cdots \text{式2-1-2}$$

- Q: 流出量 (m³/sec)
 C: 流出係数 (事業計画項目から)
 I: 降雨強度 (東京都5年確立)

$$I = \frac{5,000}{t + 40} \quad (50^{\text{mm/hr}}) \quad t: \text{流達時間 (分)}$$

$$\frac{\text{管渠の延長}}{\text{管内満管流速} \times 60} + 7 \text{分}$$

A: 排水面積 (ha)

表2-1-1 流下時間の考え方

項目	流下時間算定に用いる流速	備考
幹線管きよ	円形管: 満管水深時流速 矩形管: 9割水深時流速	一般に用いられている設計方法のため
枝線管きよ	仮定流速1.5m/s	流下時間の算定を簡素化するために、枝線管きよについては仮定流速を用いる

(2) について

2-1-2 交付対象区域の算出を参照のこと。

2-2 管きょ設計

2-2-1 流量公式

- (1) マニング公式により流量を算出する。
(2) 流量計算は、管の呼び径を基に行う。

【解説】

(1) について

マニング公式

$$Q = WA \cdot V \cdots \cdots \text{式2-2-1}$$

Q: 流量(m³/sec)

WA: 流水面積(m²)

V: 流速(m/sec)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdots \cdots \text{式2-2-2}$$

I: 勾配(‰)

R: 動水半径(m)

$$R = \frac{WA}{WP}$$

WP: 流水辺長(m)

粗度係数は、下水道指針に準じて以下のとおりとする。

表2-2-1 粗度係数

項目	粗度係数	備考
・ 鉄筋コンクリート管 (工場製品, 現場打ち) ・ 陶管	0.013	
・ 硬質塩化ビニル管 ・ 強化プラスチック管 ・ 更生管	0.010	

(2) について

硬質塩化ビニル管では、実内径ではなく呼び径で流量計算を行う。

2-2-2 管径・勾配・流速

- (1) 最小管径は、汚水 $\phi 200\text{mm}$ 、雨水 $\phi 250\text{mm}$ とする。
- (2) 汚水最小管径 ($\phi 200\text{mm}$)における最小勾配は、3.5‰とする。なお、起点部は5‰以上とする。
- (3) 管きよの勾配は、1‰きざみとする。
- (4) 汚水管は、流速 $0.6\text{m/sec}\sim 3.0\text{m/sec}$ 、雨水管は、流速 $0.8\text{m/sec}\sim 3.0\text{m/sec}$ とする。

【解説】

(1)について

管きよの内径は、計画下水量に応じて排除すべき下水を支障なく流下させることができるように設定する。

排水面積が小さいと、計画下水量も少なく、必要な管きよの内径も非常に小さいもので十分である。しかし、あまり小さいと管きよ内の清掃や点検及び供用後の新たな取付管の設置等維持管理に支障をきたすので、計算上 200mm 又は 250mm 以下で十分であっても、 200mm 又は 250mm の管径のものを使用することを標準とする。

圧送式の最小管径については、 30mm を下回らない大きさとする。また、ポンプ口径、流速、摩擦損失、汚水の種類等を総合的に判断して決定する。

最小管径は、下水道施設計画設計指針に準じて以下のとおりとする。

表2-2-2 最小管径

種 別	最小管径
汚水管	$\phi 200\text{mm}$
雨水管	$\phi 250\text{mm}$

(4)について

流速は、事業計画図書によることとし、汚水管は、満管流速 $0.6\text{m/sec}\sim 3.0\text{m/sec}$ 、雨水管は、満管流速 $0.8\text{m/sec}\sim 3.0\text{m/sec}$ とする。管きよの勾配は、この流速の範囲内で1‰きざみで設定する。

ただし、階段のような地表勾配の大きな場所では、上流側管きよの埋設深が深くなるとともに、多数の段差マンホールが必要となり不経済である。このような場所に限っては、経済性を重視し、実流速が 3.0m/sec を越えない範囲で地表勾配に合わせた縦断計画を行うことができるものとする。

2-2-3 管きよ断面の決定

- (1) 汚水：管径700mm未満は、計画汚水量の2倍の排水可能な断面とする。
 管径700mm以上、1650mm未満は、計画汚水量の1.5倍の排水可能な断面とする。
 管径1650mm以上は、計画汚水量の1.25倍の排水可能な断面とする。
- (2) 雨水：計画雨水量の1.2倍の排水可能な断面とする。

【解説】

計画下水量と実流量との間には、実例からみるとかなりの差異が生じる場合がある。この原因は、

- ① 計画下水量の算定にあたっては処理区等で平均的に定めているため、地域ごとの特性が反映されにくい。
- ② 計画下水量には、人口、水量原単位、土地利用等多くの不確定要素がある。
- ③ 地下水位の高い区域では地下水の混入、排水設備の誤接合や管きよの老朽化等に伴う浸入水の混入等さまざまな要素が考えられる。

(1) 汚水管きよ

計画下水量と実流量との差が、下水の流下を阻害するおそれがあるため、汚水管きよは計画下水量に対して施設に表2-2-3の余裕を見込む。ただし、地域特性や地域条件が類似している下水道での実績値等に基づいて適正に定める場合、又は下水量の増加が将来にわたって見込まれない場合にあつては、この限りでない。

表2-2-3 汚水管きよの余裕

管きよ内径	管きよの余裕率
700mm未満	計画下水量の100%
700mm以上1,650未満	計画下水量の50%以上100%以下
1,650mm以上3,000以下	計画下水量の25%以上50%以下

(2) 雨水管きよ

余裕の考え方については、一般的に20%程度を見込むことが多いため、本指針においても、20%の余裕を見込むものとする。

断面形状別の有効水深を以下に示す。

断面形状	有効水深	備考
円形管	満流	
く形きよ	9割水深	
馬てい形きよ	8割水深	

2-2-4 管きよの土被り

管きよの土被りは、道路管理者の最小土被りと汚水柵の深さに必要な最小土被り（1.2m程度）の両方を確保する。

【解説】

汚水柵の柵深が、1.0m以上であるため、取付管の勾配（20‰）を考慮すると最小土被りは、1.2m程度必要となる。

市道、都道、国道では、その都度道路管理者と協議の上土被りを決定する。参考として表2-2-4に国道、都道における最小土被りの指導値を示す。

また、浅層化の土被り指導値を表2-2-5に示す。

表2-2-4 土被り指導値

種別		最小土被り(m)
国道 八王子国道出張所 保土ヶ谷国道出張所	車道	1.5(本線 ^{注)} は3.0)
	巻き込み部	1.5(本線 ^{注)} は3.0)
	歩道	1.2(本線 ^{注)} は1.5)
都道	車道	1.5
	巻き込み部	1.2
	歩道	1.2
市道	車道	1.2
	巻き込み部	1.2
	歩道	1.0

注)本線とは、下水道法施工令第3条第1項に規定される、20ha以上の排水面積を受け持つ「主要な管きよ」をいう。（事業計画区画割施設平面図に示されている幹線）

交通量の多い道路では、道路管理者と協議の上、適切な防護を行う。

土被りが深く取付管の接続が困難な場合は、サービス管を布設する。

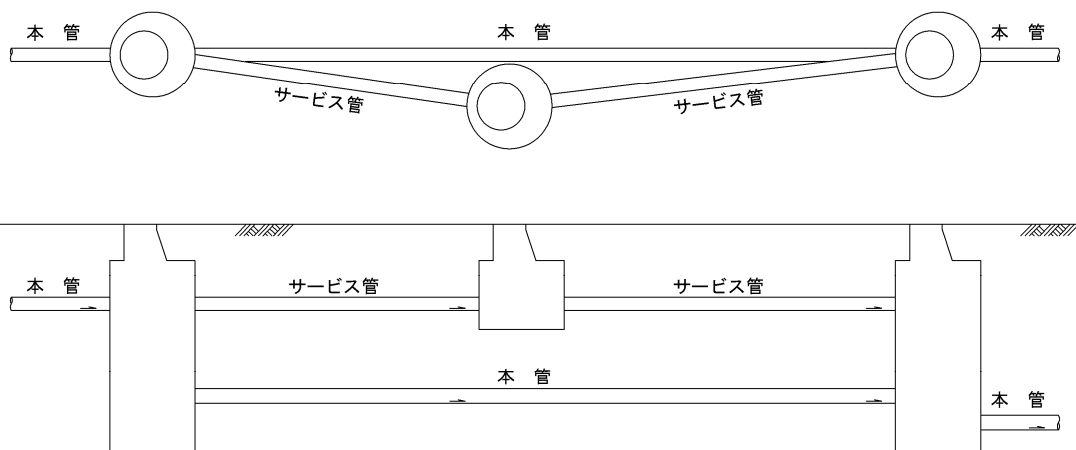


図-2-2-1 サービス管概念図

地下埋設物と管きよの横断離隔は、原則として0.3m以上とする。

下水道事業における浅層化対象となるものは、口径300mm以下のダクタイル鋳鉄管(JIS G 5526)、ヒューム管(JIS A 5303)、強化プラスチック複合管(JIS A 5350)、硬質塩化ビニル管(JIS K 6741)となっている。

表2-2-5 浅層化の土被り指導値

管理者 区分	道路 区分	最小土被り		備考
		本線以外	本線	
市道	車道	1.2m以上	1.2m以上	都市計画道路及びバス路線
		0.7m以上	1.0m以上	一般
	歩道	0.7m以上	1.0m以上	
都道	車道	0.6m以上	対象管種 には該当 なし	舗装の厚さ+0.3m (0.6mに満たない場合は、0.6mとする)
	歩道	0.6m以上	対象管種 には該当 なし	
国道	車道	0.6m以上	1.0m以上	舗装の厚さ+0.3m (0.6mに満たない場合は、0.6mとする)
	歩道	0.6m以上	1.0m以上	

注)本線とは、下水道法施工令第3条第1項に規定される、20ha以上の排水面積を受け持つ「主要な管きよ」をいう。(事業認可区画割施設平面図に示されている幹線)

2-2-5 管きよの接合

- (1) 中間マンホールおよび同一管径の管の会合点での段差は3cm以上を確保する。
- (2) 管径の異なる会合点では、管頂接合とする。
- (3) 推進工法の立坑部の段差は、次の数値を最小とする。

両発進立坑	3cm
片発進立坑	5cm
両到達立坑	10cm
- (4) 地表勾配が急な場合には、地表勾配に応じて段差接合を原則とする。
- (5) 管きよが合流する場合は、流水について十分検討しマンホールの形状及び設置箇所、マンホールのインバートなどで対処する。
- (6) マンホールと本管接続部には、可とう継手を使用する。但し、小型マンホールの場合を除く。

【解説】

(1)について

中間マンホールとは、管の中心交角が 60° 以下のものをいい、交角が 60° を超えるものは会合マンホールとしてあつかう。(図2-2-2参照)

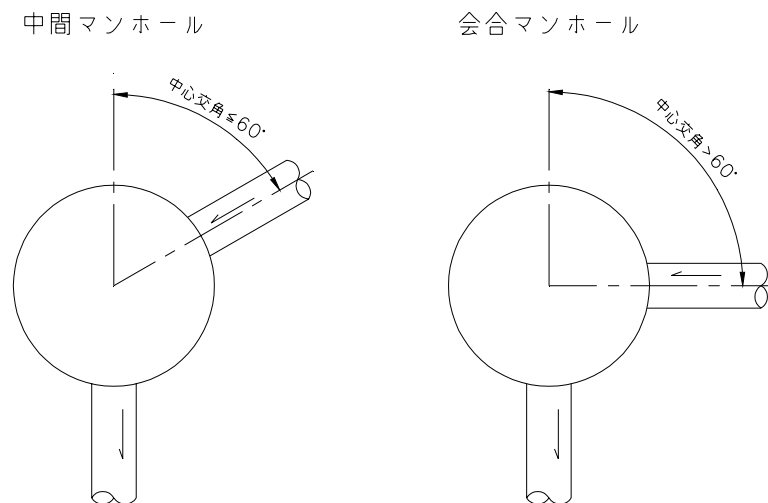


図2-2-2

なお、小口径マンホールの場合は、この限りではない。

(4)について

地表勾配が急な場合には、管きよ内の流速の調整と下流側の最小土被りとを確保するため、また、上流側の掘削深さを減ずるため、地表勾配に応じて段差接合とする。

また、階段のような地表勾配の大きな場所で、最大勾配48‰を超えるような場合には、マンホール内で汚水及び汚物の飛散を防ぐために管底接合とする。ただし、塩ビ製小型マンホールにおいてはこの限りでない。

(5)について

対向する管きよが曲折する場合及び管きよが鋭角で曲折する場合の接合も同様の考慮が必要であり、理想的には2段階で曲折することが望ましい。ただし、道路状況等により上記によりがたい場合には、マンホールの形状及び設置個所、マンホール内のインバートなどで対処することも検討しなければならない(図2-2-3参照)。

対向する管きよが合流して曲折する場合

管きよが鋭角で曲折する場合

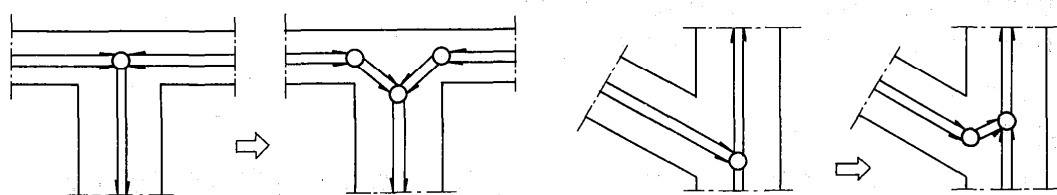


図2-2-3 管きよが曲折する場合

(6)について

可とう性継手は、下記に示す性能を有する製品とする。

- ・ 屈曲角度1°
- ・ 管軸方向の変位 塩ビ管 60mm、鉄筋コンクリート管 40mm
- ・ 外水圧0.1MPa(1kgf/cm²)に耐える止水性を有すること。

2-2-6 管種の選定

開削工法における管きよの管種選定は以下による。

- (1)鉄筋コンクリート管
- (2)硬質塩化ビニル管
- (3)強化プラスチック複合管
- (4)その他の管種

【解説】

管きよは、用途に応じて内圧及び外圧に対して、十分耐える構造及び材質のものを使用する。

また、土質等による構造物、マンホールなど付近の不同沈下、又は地震対策を考慮して、可とう性継手の使用も考える必要がある。

選定にあたっては、流量、水質、布設場所の状況、外圧、内圧、継手の方法、管の性質、強度、形状、工事費、将来の維持管理等を十分に考慮し、それぞれの特徴を活かして合理的に選択する。

(2)硬質塩化ビニル管 (JISK6741, JSWAS K-1)

呼び径200mm～300mmは、原則として硬質塩化ビニル管を使用する。呼び径350mm以上は、鉄筋コンクリート管の採用を検討し、呼び径350mm～500mmは、下記に該当する場合には硬質塩化ビニル管を採用することができる。

- ①本管の勾配を小さくすることにより下流管きよに接合が可能となる場合。
- ②狭小道路及び埋設物が輻較している場合。
- ③経済性を考慮して有利になる場合。

(3)強化プラスチック複合管 (JSWAS K-2)

下記に該当する場合で、呼び径600mm～800mmまでは、強化プラスチック複合管を使用する。

- ①本管の勾配を小さくすることにより下流管きよに接合が可能となる場合。
- ②狭小道路及び埋設物が輻較ふくかくしている場合。
- ③経済性を考慮して有利になる場合。

2-2-7 基礎の選定

- (1) 鉄筋コンクリート管、陶管等の剛性管きよには、条件に応じて砂、碎石、梯子胴木、コンクリート等の基礎を設ける。
- (2) 硬質塩化ビニル管、強化プラスチック複合管等の可とう性管きよは、原則として自由支承の砂または碎石基礎とし、必要に応じてベットシート、布基礎を設ける。

【解説】

(1) について

剛性管きよに作用する土圧は、下水道協会改定土圧式で算出する。管種・基礎は、「管種基礎判定図：積算基準（管路・開削編） 東京都多摩地区下水道事業積算施工適正化委員会」に準拠して選定する。

(2) について

可とう性管きよに作用する土圧は、直土圧とする。管種・基礎は、「管種基礎判定図：積算基準（管路・開削編） 東京都多摩地区下水道事業積算施工適正化委員会」に準拠して選定する。

可とう性管きよの基礎は、原則として自由支承の砂または碎石基礎とする。基床厚は100mm～300mmとするのが望ましく、特に地下水位が高い場合、基礎地盤が軟弱である場合などは基床厚を厚くしなければならない。

地盤の条件によっては、管体側部の土の受働抵抗力を確保するため、ソイルセメント工法、ベットシート工法等を採用する場合がある。

また、基礎地盤が極めて軟弱で支持力が劣る場合には、布基礎と砂基礎とを併用し、管路に不等沈下が生じないように考慮する。この場合、布基礎と管体との間には十分に砂を敷きならし、突き固める必要がある。

管の種類と基礎及び適用地盤の目安を表2-2-6に示す。

表2-2-6 管の種類と基礎

管 種		地 盤		
		硬質土及び普通土	軟 弱 土	極軟弱土
可 とう 性 管	硬質塩化ビニル管	砂 基 礎	砂 基 礎 ベットシート基礎 ソイルセメント基礎	ベットシート基礎 ソイルセメント基礎 布 基 礎
	強化プラスチック複合管	砂 基 礎 碎石基礎		
	ダクタイル鋳鉄管 鋼 管	砂 基 礎	砂 基 礎	砂 基 礎 布 基 礎

表2-2-7 地盤の区分例

地 盤	代 表 的 な 土 質
硬 質 土	硬質粘土、礫混り土及び礫混り砂
普 通 土	砂、ローム及び砂質粘土
軟 弱 土	シルト及び有機質土
極 軟 弱 土	非常に緩いシルト及び有機質土

基礎と適用地盤の間には、定量的な決定根拠は特になく、経験に基づいて判断しているのが一般的である。

可とう性管きよは、鉛直土圧（土被り、活荷重）により管体が水平方向に変形することで、管体側面に管体の変形を抑える水平反力（受働土圧）が作用することを前提にしている。

したがって、基礎地盤が極めて軟弱で管体側面の受働土圧が期待できないと判断される場合には、管きよのたわみ、曲げモーメントが大きくなることから、ソイルセメント、ベッドシート基礎を採用し、管体側面の受働土圧を確保しなければならない。

また、基礎地盤の支持力が小さい地盤では、局所的な管路の沈下が懸念されることから、管きよ底面の地盤反力を低減し、かつ、分散させるために砂基礎の下に布基礎を併用し、管路の不等沈下を防ぐ必要がある。

以上のことは、定性的な判断基準であるため、過去の実績及び周辺の構造物の基礎形式をも参考に、その都度適切な基礎を選定しなければならない。

可とう性管きよの強度計算は、「下水道用硬質塩化ビニル管 (JSWAS K-1)」：(社)日本下水道協会及び「下水道用硬質塩化ビニル管 (技術資料)」：塩化ビニル管・継手協会の計算手法に従って計算する。活荷重は、T-25後輪荷重を原則とするが、重車両の通行が確実にないと判断される道路については、別途考慮する。

2-2-8 管きよ布設工法の選定

管きよ布設工法において、掘削深3.8m未満は、原則として開削工法とする。

【解説】

建設工事公衆災害防止対策要綱土木工事編第4-1「掘削深4.0mを超える場合は、親杭横矢板、鋼矢板等を用いた確実な土留工を施さなければならない。」から、軽量鋼矢板の適用を超える深さ（掘削深3.8m+0.2m根入れ長）では、推進工法の適用を検討する。

また、他企業の地下埋設物、周辺家屋への影響、交通事情、経済性の条件から推進工法が有利と判断される場合は、この限りでない。

2-3 マンホール設計

2-3-1 マンホールの配置

- (1) マンホールは、維持管理のうえで必要な箇所、管きよの起点及び方向又はこう配が著しく変化する箇所、管きよ径等の変化する箇所、段差の生ずる箇所、管きよの会合する箇所、将来流入が計画されている箇所に必要に応じて設ける。
- (2) 管きよの直線部のマンホール最大間隔は、管きよ径によって表2-3-1を標準とする。

表2-3-1 マンホールの管きよ径別最大間隔

管きよ径(mm)	600以下	1,000以下	1,500以下	1,650以上
最大間隔(m)	75	100	150	200

【解説】

(1) について

推進工法、シールド工法においては、立坑用地の確保難や交通規制による苦情等の問題及びコスト縮減といった観点から、掘進機及び特殊管・特殊セグメントなどの技術開発が行われ、掘進の長距離化や急曲線施工が可能となり管きよにおけるマンホールの省略化が行われている。

2-3-2 マンホールの種類と適用

- (1) 開削工法で布設されるスパンには、組立マンホール及び小型マンホールを原則とする。
- (2) 推進工法で布設されるスパンでは、現場状況を勘案して組立マンホールか現場打ちマンホールかを決定する。

【解説】

(1)について

1-1)組立マンホールの種類と用途

表2-3-2 組立マンホールの種類と用途

種類	用途	摘要
特1号 (90×60)	円形マンホールの設置が困難な起点人孔	
円形1号 (90)	管の起点並びに内径400mmまでの会合点 内径600mm以下の管の中間点	原則としてマンホール深3.0m未満
円形2号 (120)	内径500mm以下の管の会合点 内径900mm以下の管の中間点	
円形3号 (150)	内径700mm以下の管の会合点 内径1,100mm以下の管の中間点	

1-2)組立マンホールのブロック組合せ方法について

- ① 調整リングは、必ず1個以上使用する。ただし、高さ50mmは使用しない。
- ② マンホールを構成するブロックの数及び継ぎ目の数を減らすために壁高の大きい躯体ブロックを使用する。
- ③ 斜壁高の確保が困難な場合は、床版斜壁を採用し高さ300mmの斜壁は原則として使用しない。(マンホールの内空確保のため)
- ④ ブロック類の組合せは、流入管外径とブロックの継目との離隔を10cm以上確保できるよう選定する。

1-3) 小型マンホールは下水道用硬質塩化ビニル製小型マンホールを標準として採用する。使用箇所は、原則として管きよの起点、中間点に設置するものとする。

1-4) 下水道用硬質塩化ビニル製小型マンホールの種類と用途

表2-3-3 下水道用硬質塩化ビニル製小型マンホールの種類と用途

略号	形状寸法	用途
K T	内径 30cm 円形	内径 250mm 以下の硬質塩化ビニル管の起点
(角度) L (方向)	内径 30cm 円形	内径 250mm 以下の硬質塩化ビニル管の 15° ~ 90° の屈曲点
(角度) Y (方向)	内径 30cm 円形	内径 200mm 以下の硬質塩化ビニル管の 45° , 90° の会合点
S T	内径 30cm 円形	内径 250mm 以下の硬質塩化ビニル管の中間点
D R	内径 30cm 円形	内径 250mm 以下の硬質塩化ビニル管の落差点

1-5) 小型マンホールは原則として連続使用を行わない。小型マンホールを設置した前後のマンホールは特1号マンホール(90×60)、円形1号マンホール(90)以上のマンホールを設置することを原則とする。

1-6) 小型マンホールと前後のマンホール間隔は75m以内とする。

1-7) 小型マンホールの深さは3.5m以下を原則とする。

1-8) 国道、都道、バス通り、都市計画道路の車道には塩ビ製小型マンホールではなく、小型レジンマンホールを使用する。

1-9) 小型マンホールは、原則として会合点と落差点では使用しない。

1-10) 2号マンホール（内径120cm）以上の使用区分は、次のとおりとする。

表2-3-4 A型、B型マンホール

区 分	種 別
A 型	形状が異なる2個の斜壁を使用し、マンホール内径を上部で絞ったマンホール
B 型	マンホール深が浅いため、管理スペースをできるだけ確保するため、斜壁を上部に1個使用したマンホール

A型マンホール

B型マンホール

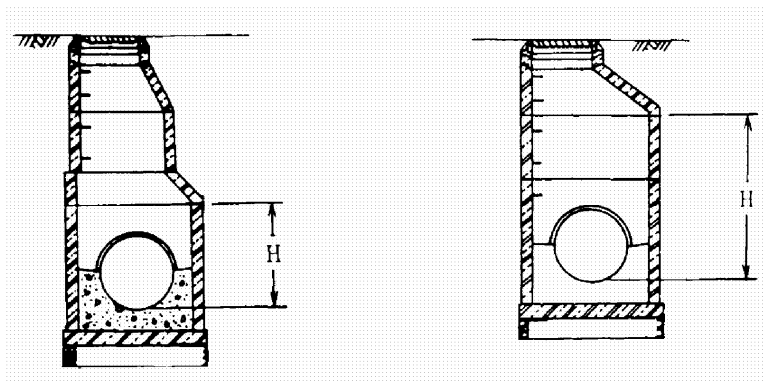


図2-3-1 A型、B型マンホール参考図

1-11) 管理スペース等による選定区分

- ① 2号マンホール以上の組立マンホールは、A型を標準とする。
- ② 組立A型マンホールを使用する場合は、マンホール底面から下段斜壁下端までの最小制限高(図2-3-1のH参照)を1.70m以上とする。ただし、B型マンホールの場合は、状況に応じてHを小さくすることができる。
- ③ 最小土被り管(計画管を含む)の管頂から管取付壁頂部までの高さは10cm以上(図2-3-2参照)を原則とする。

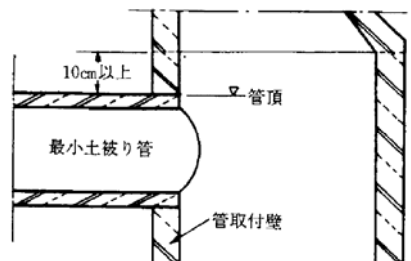


図2-3-2

(2) 現場打ちマンホールの種類と用途

表2-3-5 現場打ちマンホールの種類と用途

種 類	用 途	摘 要
特 1 号 (90×60)	管きよの起点及び1号円形マンホールが設置不可能な場合	
円形 1 号 (90)	管きよの起点及び内径600mm以下の管きよの中間点	原則としてマンホール深3.0m未満
円形 2 号 (120)	内径900mm以下の管きよの中間点	
円形 3 号 (150)	内径1200mm以下の管きよの中間点	
円形 4 号 (180)	内径1500mm以下の管きよの中間点	
円形 5 号 (200)	内径1650mm以下の管きよの中間点	
円形 6 号 (220)	内径1800mm以下の管きよの中間点	

(3) 現場打ち2号マンホール（内径120cm）以上の使用区分は、次のとおりとする。

表2-3-6 丙型、丁型マンホール

区 分	種 別
丙 型	管の土被りが浅く、マンホール深が十分とれないため、マンホール床版塊の上に直接、調整ブロックとマンホール蓋・枠（口環を含む。）を設置したマンホール
丁 型	マンホール床版塊の上に煙突状にマンホール側塊を積み上げたマンホール

丙型マンホール

丁型マンホール

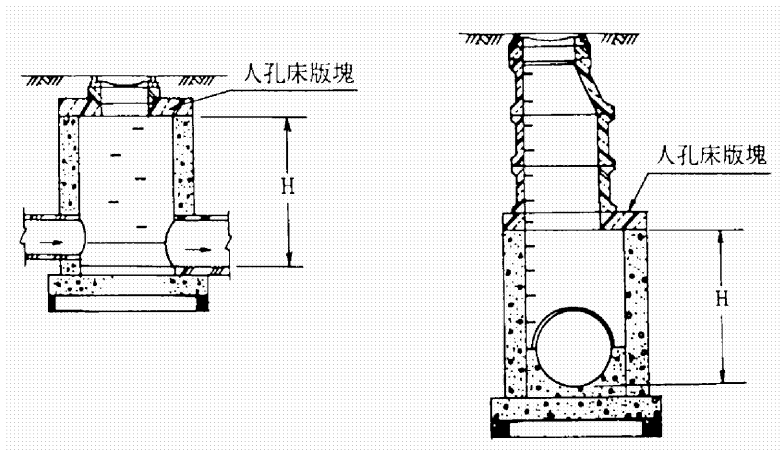


図2-3-3 丙型、丁型マンホール参考図

(4) 現場打ちマンホールの管理スペース等による下部壁高について

床版塊を使用するマンホール(内径120cm以上)の立上り壁の最小制限高(図2-3-1の(H)参照)は、次の①～⑤による。ただし、丙型マンホールの場合は、現況に応じて(H)を小さくすることができる。

- ① 円形マンホール(内径120cm及び内径150cm)の場合H=1.70m以上
- ② 円形マンホール(内径180cm以上)の場合H=2.00m以上
- ③ 内径120cm以上のマンホール壁高は、上記①、②のほかに最小土被り管(計画管を含む。)の管頂から立上り壁頂部までの高さは30cm以上(図2-3-4参照)を原則とする。
- ④ 側塊の合計個数は、6個までとする。
- ⑤ 近接する他企業地下埋設物(将来計画を含む。)の占用スペースを考慮する。

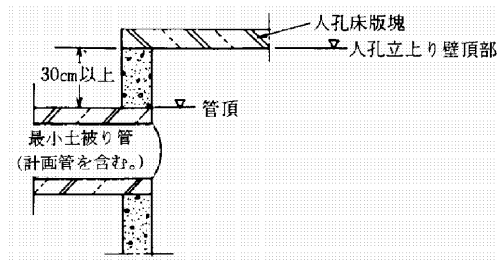


図2-3-4

(5) 会合マンホールの選定基準

組立マンホールは、壁体に穿孔されたマンホール相互の外縁距離が10cm以上になるようなマンホール形状を選定する。(図2-3-5、表2-3-7参照)

表2-3-7 組立マンホール現場打ちマンホールの種類と用途

管 径	600mm以下	700mm～ 1200mm	1350mm～ 1500mm
穿孔余裕	30mm	35mm	40mm

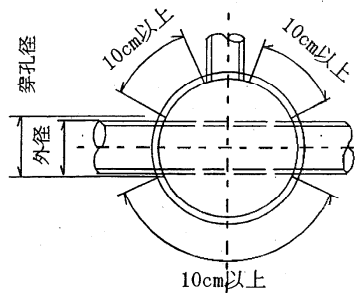


図2-3-5 組立マンホール

2-3-3 マンホール鉄蓋の種類と適用

- (1) マンホール鉄蓋は、マンホールの種類、マンホールの深さ、設置場所及び汚水・雨水の別ごとにその種類を決定する。
- (2) 現場打マンホールにおいては、マンホール鉄蓋から斜壁又は床版塊までボルトで緊結する。

【解説】

(1) について

現場打及び組立マンホールのマンホール鉄蓋は、雨水の場合では降雨時の増水による蓋の跳ね上がりによる歩行者及び交通車両のマンホールへの転落防止のために、マンホール深さに関わらず全箇所、汚水の場合では、作業時の転落防止のため深さ2m以上のマンホールに転落防止梯子付の鉄蓋を使用する。

1-1) マンホール鉄蓋の摘要

表2-3-8 マンホール鉄蓋の適用

マンホールの種類	マンホールの深さ	国道、都道および道路幅員5.5m以上の市道		道路幅員5.5m未満の市道および歩道（車両乗入れ部含む）	
		φ600 ロック付	T-25 ロック付 転落防止 梯子付	φ600 ロック付	T-14 ロック付 転落防止 梯子付
現場打・組立 マンホール	H < 2m	○		○	
	H ≥ 2m		○		○
小型マンホール	全箇所	防護蓋 T-25		防護蓋 T-14 (但し歩道はT-8)	

鉄蓋は、町田市型マンホール蓋及び受枠として認定を受けたものとする。

2-3-4 副管・飛散防止

- (1) 段差70cm以上の場合は、副管を設置する。副管は、内副管を優先とする。
- (2) 段差40cm以上70cm未満の場合は、飛散防止（簡易副管）を設置する。

【解説】

(1) について

副管は、「下水道施設計画・設計指針と解説」によれば、上下流の管底差が60cm以上の場合に設置するとある。

これに対して、町田市下水道標準構造図集に示している副管は、材料の構造上から、設置するためには上下流の段差が70cm程度必要であるため、副管を設置する段差は70cm以上とする。

通常、段差は人孔中心部（縦断図上の段差）で考えるが、上流勾配が非常に大きい時には、人孔接続部で段差を考える必要がある。

副管は内副管を優先とするが、特1号マンホールについては維持管理上のスペースを考慮し内副管ではなく外副管とする。1号マンホールの場合は、足掛金物との位置関係により内副管は1箇所までとし、それ以上の副管は外副管とする。2号マンホール以上については、内副管は2箇所までとし、それ以上は外副管を原則とする。

副管径は、表2-3-9による。

表2-3-9 副管径

本管径 (mm)	副管径 (mm)
	分流式下水道
φ 200	φ 150
φ 250～φ 400	φ 200
φ 450	φ 250
φ 500 以上	別途考慮

雨水管渠のマンホールには、原則として副管を使用しない。

2-3-5 深いマンホール

- (1)マンホール深が5.0mを越える組立マンホールは、深型ブロックを使用する。
(2)深い現場打ちマンホールは、構造計算を行い、必要な鉄筋を配筋する。

【解説】

(1) について

「下水道用鉄筋コンクリート製組立マンホール JSWAS A-11 平成17年4月1日 制定 (社)日本下水道協会」によれば、組立マンホールは埋設深さ及び水密性によりⅠ種及びⅡ種に区分されている。一般的な使用条件における摘要深さが、Ⅰ種5m、Ⅱ種10mとなっていることから、マンホール深が5.0m以上に付いては深型ブロック(Ⅱ種)を使用するものとした。

(2) について

「東京都下水道標準設計 平成22年4月 東京都下水道局編」によれば、表2-3-10に示すマンホール適用深を越える現場打ちマンホールについては、構造計算を行い配筋を再検討することとある。

表2-3-10 現場打ちマンホールの適用範囲

マンホール種別	適用マンホール深
特1号(90×60)	～2.00m以下
円形1号(90)	～3.00m以下
円形2号(120)	～6.00m以下
円形3号(150)	～6.00m以下
円形4号(180)	～7.00m以下
円形5号(200)	～7.00m以下
円形6号(220)	～7.00m以下

なお、構造計算は、「特殊人孔構造計算の手引き 平成16年6月 東京都下水道局編」に準拠して行う。

2-3-6 中間スラブ

- (1)マンホール深が、6.70m以上かつ下部壁高5.00m以上になる場合は、中間スラブを設置する。
なお、雨水のマンホールで上段からの流入がある場合は、中間スラブを設置しない。
- (2)現場打ちマンホールの中間スラブは、原則FRP製を設置する。

【解説】

(1)について

図2-3-6に示すように、上部ブロック高(H1)は、他企業の埋設物の占用スペースを考慮して頂版から1.5m（頂版厚0.2m）以上とする。

中間スラブの上部高(H2)は、維持管理上の作業スペースを考慮して2.0m以上、下部高(H3)は、インバートの高さを考慮して3.0m以上必要なため、中間スラブを設置するマンホールの深さは $1.50+0.20+2.00+3.00=6.70\text{m}$ となる。

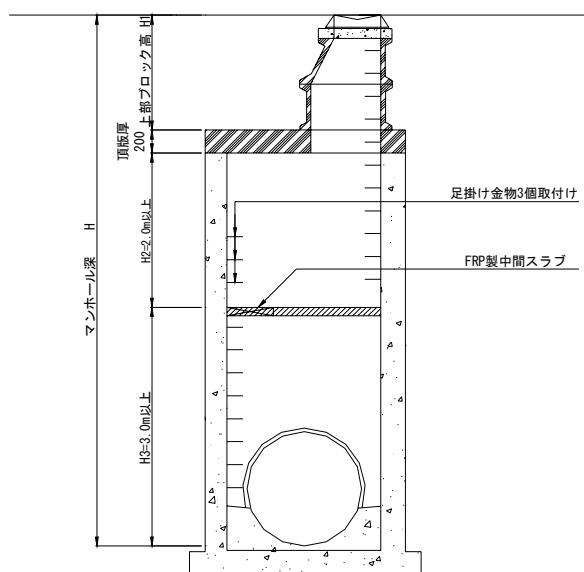


図2-3-6

雨水マンホールには副管を設置しない。このため、中間スラブ上部に流入管がある雨水マンホールについては、落ち葉、ゴミ等の堆積による中間スラブの目詰まりが原因で発生する雨水の水圧に対して、FRP製中間スラブの耐力確保が困難であるため、中間スラブは設置しない。

中間スラブは、現場打ちマンホールと組立マンホールで以下のように使い分ける。

現場打ちマンホール：現場打ちタイプ

組立マンホール：後付けタイプ

(2)について

中間スラブの開口部は、蓋と交互になる位置に設置する。同様に、中間スラブが2段以上になる場合は、中間スラブの開口部を交互に設置する。

2-3-7 足掛け金物・インバート

(1)足掛け金物は、特に支障のない場合は管に直角の位置とし、下流に向けて左側を基本とする。

なお、落差が1.6m以上ある箇所は、点検用足掛け金物を設置する。

(2)マンホール底部には、土手部の勾配を10分の1とし、インバートを設置する

【解説】

(1) について

足掛け金物は、以下の仕様による。

組立マンホール : W=400mm

現場打ちマンホール : W=150mmの千鳥配置

組立マンホール、現場打ちマンホール共に、副管点検用足掛け金物は、W=150mmとする。

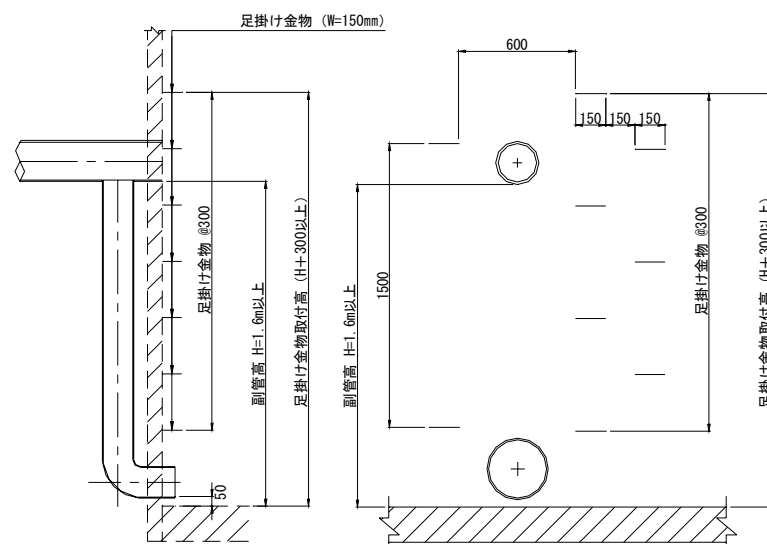


図2-3-7 外副管足掛け金物配置図

(2) について

人孔の底部には、下水の円滑な流下を図るため、管きよの接合、会合の状況に適応したインバートを設ける。

1) インバートの高さは、下流管径の1/2とし最高50cmまでとする。

2) 縦断勾配及びインバート幅は、原則として下流管に合わせる。

3) 呼び径1000mm以上の管のインバートには階段を設置する。

起点部のインバートは、マンホール途中で止めず、端まで施工する。なお、インバートの流入角は流水を妨げない角度とする。

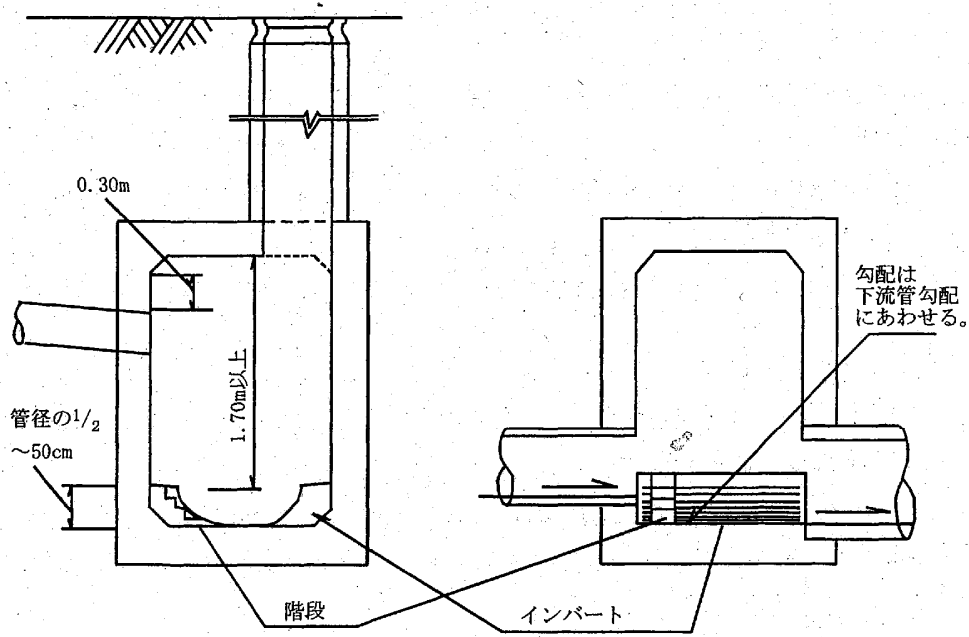


図2-3-8 インバートの構造図

2-4 柵及び取付管

2-4-1 汚水柵の種類

汚水柵は、塩ビ製小口径汚水柵(内径20cm)を標準とする。

【解説】

汚水柵は、塩ビ製小口径汚水柵(内径20cm)で柵深1.0mを標準とし、最大柵深2.5mまでとする。なお、柵深が2.5mを越える場合は、小型マンホール等を設置する。

塩ビ製小口径汚水柵の蓋は、T-2を標準とし、設置場所により表2-4-1のとおりとする。

表2-4-1 小口径柵の蓋及び防護蓋の適用

種類		適用	備考
蓋	T-2	宅地内	※1) 参照
防護蓋	T-8	歩道及び宅地内等	総重量8トンを超える大型車両が通行しない場所
	T-14	大型車の交通の少ない場所	総重量14トンを超える大型車両が通行しない場所
	T-25	道路一般	総重量14トンを超える大型車両が通行する場所

※1) 硬質塩化ビニル製蓋の使用場所は、宅地内に限るものとする。ただし、車両が通行する場所及び不特定多数の車両が進入する場所には、防護蓋を用いる。

2-4-2 汚水樹の設置位置

汚水樹は、原則として民地内で、官民境界より柵中心までが1.0m以内となる位置に設置する。

【解説】

汚水樹及び取付管は、町田市で維持管理する都合上、柵位置が確認し易い場所及び取付管距離を短縮する必要があるので1.0mとした。

柵の設置位置が道路面より高い場合のその段差の限度は、1.0m以内とする。1.0m以上の場合は、極力階段の入口部や駐車場、あるいは法面の下の道路面とほぼ同一の高さの位置に設置することを原則とする。

なお、道路幅員が4.0m未満の道路に汚水管を布設し、汚水樹を設置する場合は、セットバックを考慮し道路中心から3.0mの場所に設置する。

ただし、低宅地における汚水樹の設置位置については、以下のとおりとする。

図2-4-1に示すような、既存家屋が存在し、官民境界から1.00mの位置で柵深2.5m以下の柵の設置が不可能な場合は、標準柵が設置可能な位置に設置する。（取付管を延長する）

ただし、取付管の延長が長くなる場合は、維持管理担当者と取付管の管径等について協議をする。

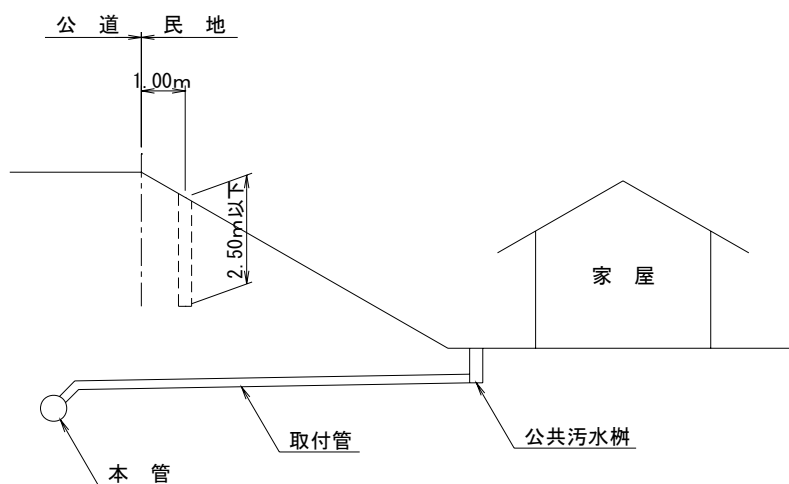


図2-4-1 低宅地における汚水樹の設置位置（既存家屋が存在する場合）

また、図2-4-2に示すような空き地、畑等現在家屋が建っていない場合は官民境界から1.00mの位置に設置するものとする。ただし、柵深が2.5mを超えた場合、柵の構造は小型マンホール等を標準とする。なお、1号組立マンホールを設置する場合、転落防止用梯子を設置することとする。

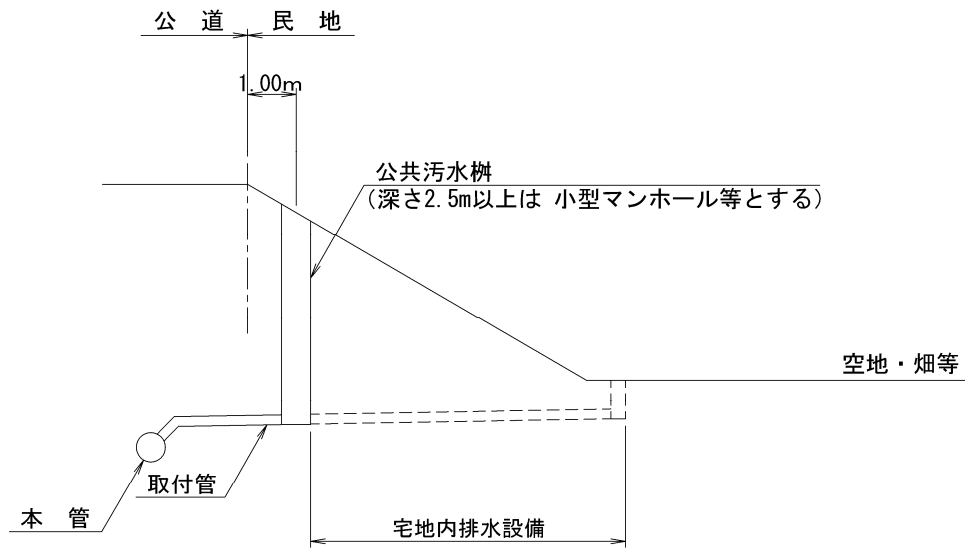


図2-4-2 低宅地における汚水樹の設置位置（空き地、畑等であり既存家屋が存在しない場合）

2-4-3 汚水枡の設置数

汚水枡は、1宅地に1箇所設置するのを原則とする。

【解説】

汚水枡の設置個数は、土地及び家屋の所有者を調査し、汚水枡設置基準により次のとおりとする。

- ① 汚水枡は原則として、持家の場合は1軒に1箇所設置することとし、貸家(アパート)等については5軒までは1箇所とし、6軒以上については2箇所まで設置できるものとする。
- ② 持家と貸家と一緒にいる場合は、各々の条件を合わせて考慮すること。
- ③ 空地(宅地・農地)の場合、300㎡までは1箇所、300㎡を超えた場合は2箇所まで設置することができる。
- ④ 空地(宅地・農地)で複数の筆を連続して所有している場合は、全体の面積を対象とする。

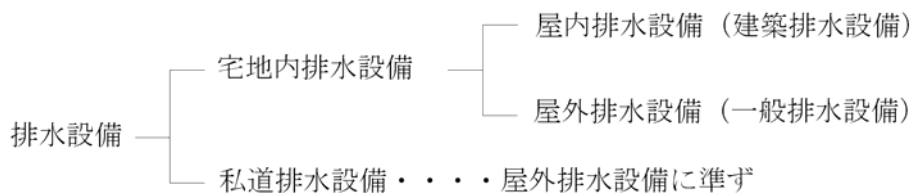
2-4-4 汚水樹深さの検討

汚水樹の深さは、宅地内の排水設備の検討結果により決定する。

【解説】

排水設備は、設置される場所によって、屋内排水設備と屋外排水設備に分類され、さらに私道内に設置される私道排水設備も含めて三つに分類することができる。

排水設備の分類



公共汚水樹の深さは、宅地内の排水設備を検討した上で決定する。宅地内の排水設備は、町田市排水設備要領に準拠して一般的には次のような条件で検討を行う。

① 管径

維持管理上呼び径100mmを必要最小限の管径とする。

② 勾配

勾配は、呼び径100mmの場合2%(20‰)を標準とする。

表2-4-2 汚水排水管の呼び径及び勾配

排水人口（単位人）	排水管の呼び径（mm）	勾配（%）
150 未満	100 以上	2.0 以上
150 以上 300 未満	125 "	1.7 "
300 以上 500 未満	150 "	1.5 "
500 以上	200 "	1.2 "

③ 土被り

排水管の起点最小土被りは、20cmを標準とする

④ 排水管用柵の位置

柵は流入管を取りまとめて円滑に下流に誘導する役目と掃除等の保守点検を目的とした構造物で、次の場所に設置する。

- ・ 排水管の起点、屈曲点、合流点
- ・ 排水管の内径、形状、管種、勾配の変わる点
- ・ 排水管の長さが、その内径又は内のり幅の120倍を超えない範囲内において、管きよの清掃上適当な箇所

表2-4-3 柵の管径別最大設置間隔

管 径 (mm)	100	125	150	200
最大間隔 (m)	12	15	18	24

⑤ 地盤高の落差

公共污水柵設置位置の地盤高と宅地内排水設備の柵設置位置の地盤高の差を考慮する。

⑥ 宅内排水設備の延長

現況が空地、畑、駐車場等の場合は、図2-4-3のように土地の最も奥からの延長とする。

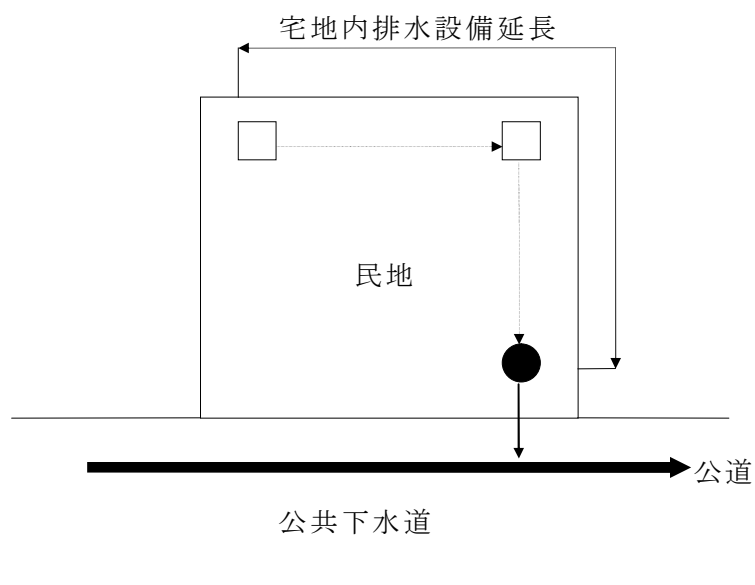


図2-4-3

⑦ 汚水枡深さの決定

汚水枡の深さは、式2-4-1により算定する。

$$\begin{aligned} \text{汚水枡の深さ (H)} &= \text{宅地内排水設備延長} \times \text{勾配 (2\%)} + \text{下流管径 (0.15m)} \\ &+ \text{最小土被り (0.20m)} + \text{枡設置個数} \times \text{ステップ (0.02m)} + \text{フリーインバート (0.06m)} \\ &+ \text{地盤高落差} \dots \dots \dots \text{式2-4-1} \end{aligned}$$

以上により算定された汚水枡深さは、最大2.50mとする。

広い敷地及び低宅地等の場合は、汚水枡の深さが深くなる場合があり本管の土被りに大きな影響を与えるため、協議すること。

このような場合は、対象としている土地周辺の公共用地（赤道や水路敷き等）の調査を公図及び現地にて行い、縦断線形的に有利な排水可能経路がないか確認する。

2-4-5 取付管

- (1) 公共枿の取付管は塩ビ管を使用し、管径は汚水雨水とも150mmを標準とする。
- (2) 取付管の本管への接続は、マンホールの外壁から1m以上離れた位置に取り付けるとともに、取付支管同士の離隔は70cm以上確保する。
- (3) 取付支管は、90°支管を標準とする。
- (4) 取付管勾配は20%を標準とする。

【解説】

(1) について

取付管の管径は汚水の場合は、排水人口が500人以上の共同住宅及びその汚水量と同量以上が排水される施設は、200mmとする。また、雨水については、集水面積が600㎡以上の区域に設置する取付管の管径は200mmとする。ただし、集水面積が1,500㎡以上の区域に設置する場合は別途、流量計算に基づき取付管管径を決定する。

(2) について

マンホール内の堆積、臭気、出水等を防ぐために、外副管付マンホールにおいては副管部（立管）から1m以上離隔を取って配置する。

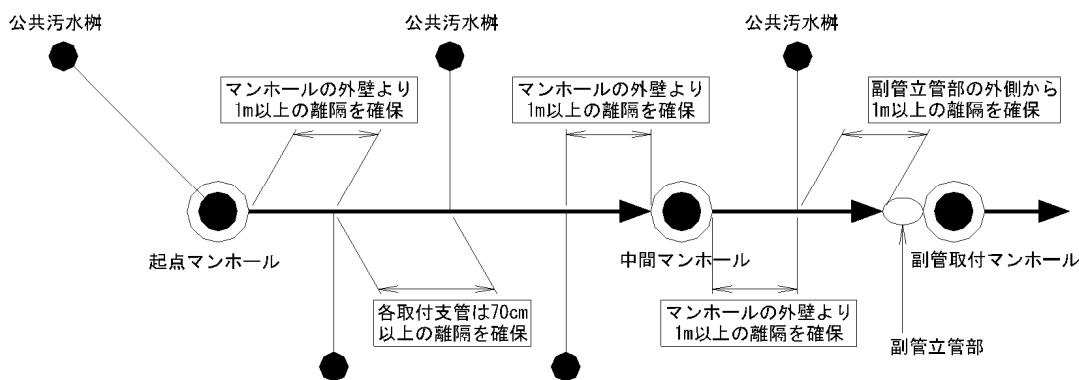


図2-4-4 取付管の離隔（本管がVU管であり取付管径がφ150mmの場合）

(3) について

污水管で起点マンホールに取付管の接続がない場合、 90° 支管では上流への逆流が大きく、汚物の堆積が生じるため、起点マンホールの下流側1箇所目の取付支管は 60° 支管を使用する。

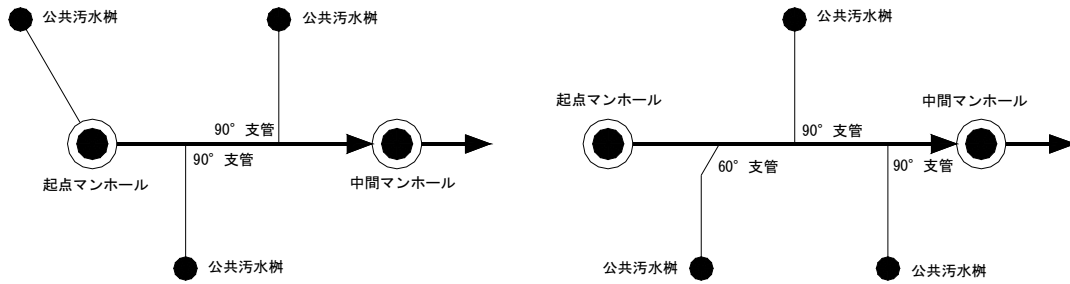


図2-4-5 取付管支管形状

2-4-6 私道部の取扱い

私道内に公共下水道を設置する場合は、町田市公共下水道の私道に対する設置要綱(1978年6月1日施行)を満たさなければならない。

【解説】

私道内に公共下水道を設置する場合は、町田市公共下水道の私道に対する設置要綱の規定による。

公共下水道を設置する対象となる私道は、次に掲げる条件を備えている私道のうち、市長が公益上必要と認めるものとする。

- (1) 幅員が原則として4m以上であること。
- (2) 起点又は、終点が公道に接続していること。
- (3) 道路延長は、おおむね10m以上であること。

私道の種類としては、次のようなものがある。

- ・ 建築基準法(昭和25年法律第201号)第42条1項2号
- ・ 建築基準法(昭和25年法律第201号)第42条1項3号
- ・ 建築基準法(昭和25年法律第201号)第42条1項5号(位置指定道路)

2-5 道路復旧

2-5-1 埋戻し材料

管きょ布設後の埋戻しは、構造物を保護し、舗装路盤を維持するため、掘削前と、同等以上の地耐力をもつ地盤に復元することが必要である。

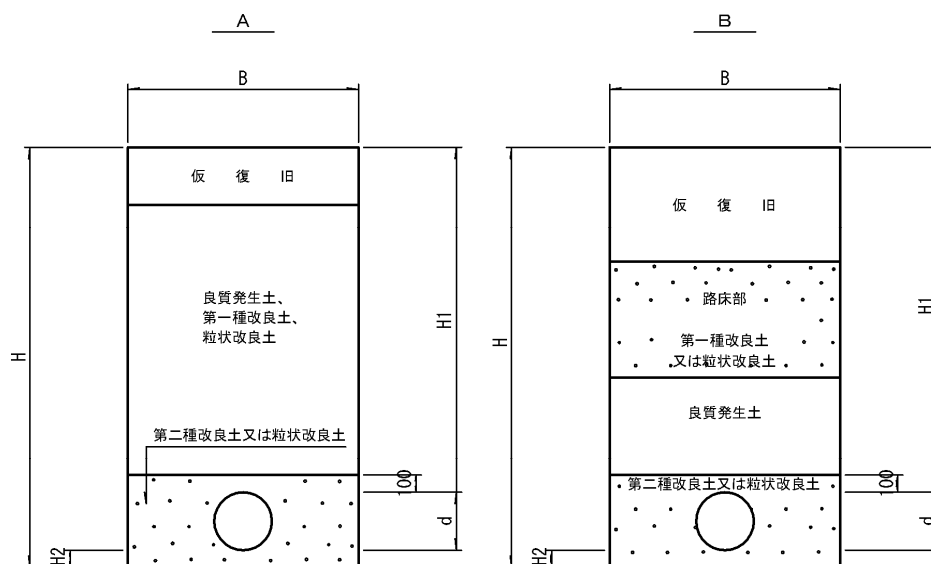
埋戻し材は、地質や交通状態などの条件に対応して適切な材料を使用しなければならない。

【解説】

埋戻し材料及び使用区分は、道路管理者と協議の上決定する。

埋戻し材の使用区分は、図2-5-1を標準とする。

なお、管頂10cmまでの埋戻し材料は、再生砂の使用も可能とする。また普通地盤の場合は発生土、軟弱地盤の場合は改良土の使用など、市担当者との協議を行うこと。



記号	名称
B	掘削幅
H	掘削深
H1	土被り
H2	底部基礎厚
d	管外径

図2-5-1 埋戻し方法

2-5-2 舗装復旧

舗装は、道路の環境保全、交通の円滑性と安全性の確保に最も重要な構造物である。下水道管きよの布設は、道路を縦断的、横断的に、かつ、帯状に掘削する。取り壊した道路舗装は、当然もとどおりの舗装に修復するために、既設舗装と同一の舗装で現況に復旧しなければならない。

【解説】

舗装復旧の方法は、表1-5-1の各道路管理者との協議により決定する。

原則として現況復旧とし、路盤先行とする。

路盤先行とは、掘削幅内の路盤を即時復旧することをいう。

市道の施工については、「道路掘削復旧工事施行基準（2010年4月1日 施行 町田市建設部）」によること。

新設または改修後の道路については、一定の期間内は原則として掘削許可が得られないので注意すること。

2-6 推進工

2-6-1 推進工法の適用

推進工法は、推進管に先導体を取り付け、ジャッキ推力等によって管を地中に圧入して管きょを築造する工法で、次のような箇所に適用する。

- ① 交通量の多い道路または地下埋設物が輻輳した道路で、地上からの掘削が困難な箇所
- ② 軌道または河川等を横断する地上からの掘削が困難な箇所
- ③ 管きょの埋設位置が深いため、地上からの掘削により管きょを築造すると不経済となる箇所
- ④ 開削工法による振動で周辺家屋への影響のおそれがある箇所

【解説】

推進工法を採用する場合の条件は以下による。

- 1) 開削工法が適さない場合(交通量の多い道路、道路占用条件、周辺環境条件等)
- 2) 管きょの埋設位置が深く、経済的に有利となる場合
- 3) 鉄道、河川、構造物下の横断施工の場合

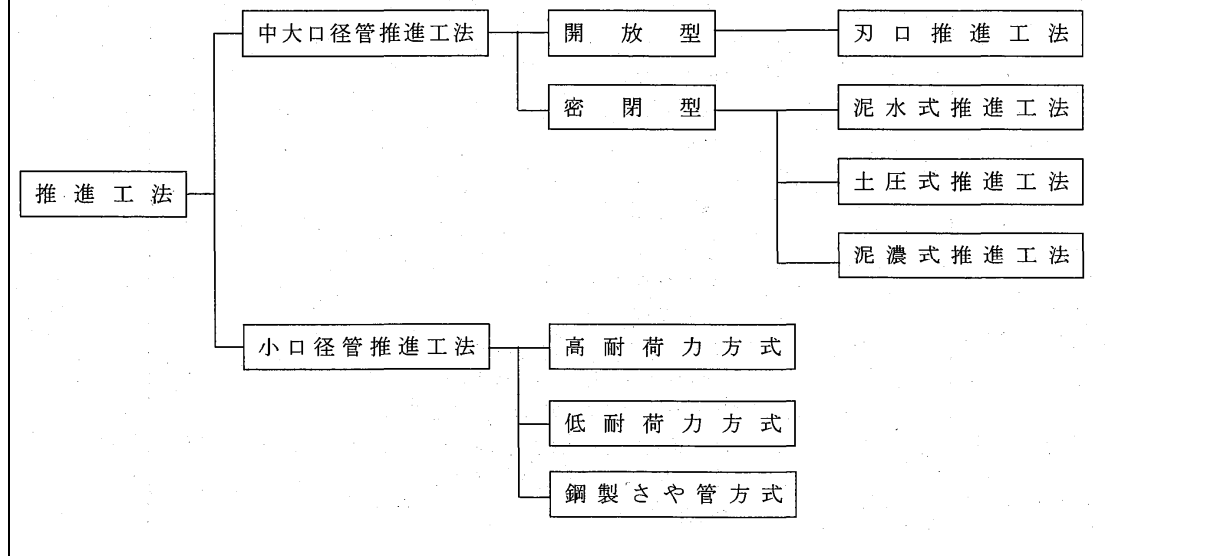
しかし、採用するうえでは次のようなことを留意しなければならない。

- ① 地下水の多い場所や土質条件によっては、補助工法の検討が必要である。
- ② 軟弱な地盤で施工する場合には、推進管の沈下に対する検討が必要である。
- ③ 地質条件、施工方法によっては、地表面の沈下に対する検討が必要である。
- ④ 施工精度を維持するには、作業員の熟練と綿密な施工管理が必要である。
- ⑤ 推進中、障害物に遭遇した場合の処置についての検討が必要である。
- ⑥ 発進立坑は、当初の立坑構築から、推進工、マンホール築造、埋戻し工、土留めの撤去まで、長期にわたり立坑周辺に与える影響が大きいことから、立坑位置の選定については、特段の配慮が必要である。

2-6-2 推進工法の種類

推進工法は、使用する推進管の呼び径によって、中大口径管推進工法、小口径管推進工法に分類する。

また、刃口、掘進機又は先導体の機構・方式、使用する推進管種等により細分類される。



【解説】

推進工法は、切羽の安定方法、掘削方法、推力の伝達方法、土砂の搬出方法等により工法の種類は多様であるが、使用する推進管の呼び径により分類される。

呼び径800～3,000までを「中大口径管推進工法」、呼び径150～700までを「小口径管推進工法」とする。

呼び径の範囲については、昭和50年4月7付け、労働省基発第204号「下水道整備工事、電気通信施設建設工事等における労働災害の防止について」の通達により、管内有人作業は口径800mm以上を原則とすること、更に管内無人作業を前提にした「下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管（JSWAS A-6-2000）」の制定により呼び径の範囲が規格されたことに基づくものである。

2-6-3 調査

調査の目的は、路線、立坑位置、管きよの深さ、施工方法、補助工法等を決定するための資料を得ること、並びに、工事を安全で経済的に実施することである。

【解説】

調査は、立地条件調査、支障物件調査、地形及び土質調査、環境保全のための調査等に大別できるが、調査結果は、推進工法採用の可否、推進工のルート選定及び線形、環境保全対策等の検討、工事の規模や内容の決定、推進工完成後は維持管理のための資料ともなるので、このことを十分に考慮して調査を行わなければならない。

各調査の項目及び内容については「下水道推進工法の指針と解説」：（社）日本下水道協会を参照すること。

2-6-4 小口径管推進工法の種類

小口径管推進工法は、推進方式により次の3つの方式に区分され、さらに掘削及び排土方式、推進工程により大別される。

- (1) 高耐荷力方式(高耐荷力管きょ)
- (2) 低耐荷力方式(低耐荷力管きょ)
- (3) 鋼製さや管方式(鋼製管)

【解説】

小口径管推進工法は、使用する推進管の種類及び呼び径、掘削方式、排土方式、方向調整の方法等により様々な工法がある。

小口径管推進工法は、図2-6-1のように推進方式により次の3つの方式に区分され、さらに掘削及び排土方式、推進工程により大別される。

(1) 高耐荷力方式

高耐荷力方式は、高耐荷力管きょ(鉄筋コンクリート管、ダクタイル鋳鉄管、レジンコンクリート管等)を用い、推進方向の推進抵抗力に抗して、管に直接推進力を負荷して推進する施工方式である。

(2) 低耐荷力方式

低耐荷力方式は、低耐荷力管きょ(硬質塩化ビニル管等)を用い、先導体の推進に必要な推進力の先端抵抗を推進力伝達ロッドに負荷させ、管には、土との管周面抵抗力(以下、「周面抵抗力」という)のみを負担させながら推進する施工方式である。

(3) 鋼製さや管方式

鋼製さや管方式は、鋼製管に直接推進力を伝達して推進し、これをさや管として鋼製管内に硬質塩化ビニル管等の本管を布設する方式である。

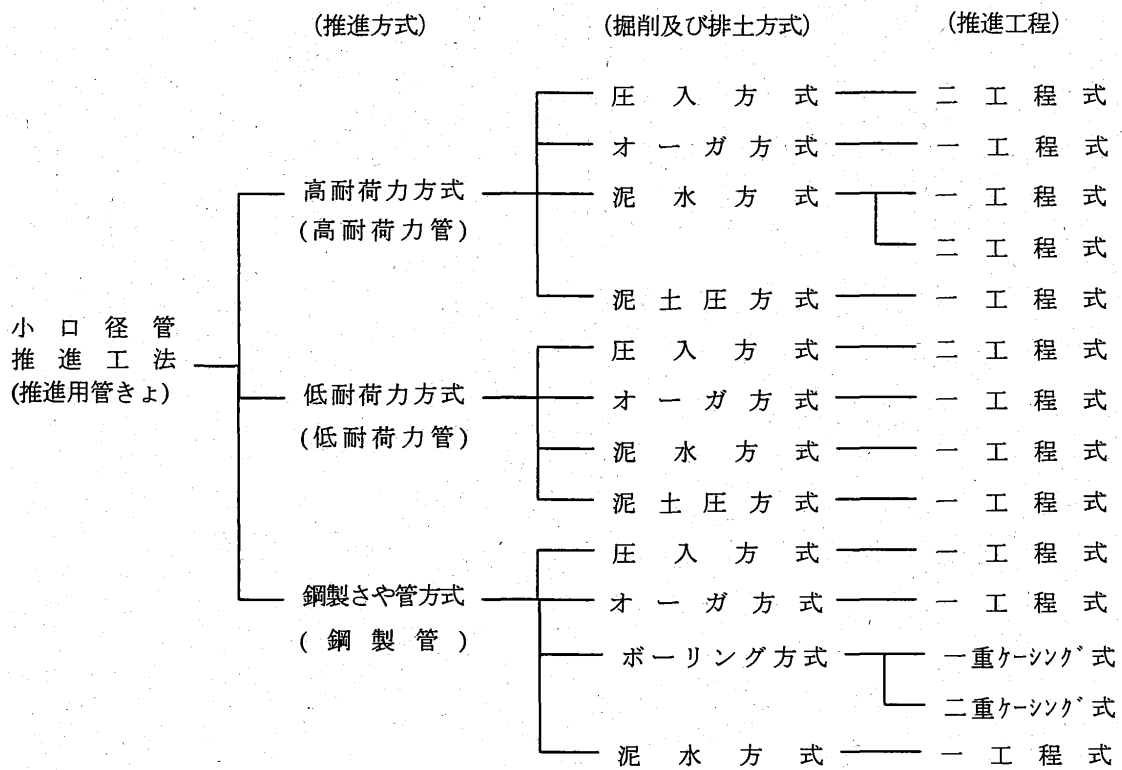


図2-6-1 小口径管推進工法の大別方式

なお、小口径管推進工法は、管きよの利用方法により下水道本管用推進工法(以下、「小口径管推進工法」という)と取付管推進工法に区分される。

2-6-5 中大口径管推進工法の種類

中大口径管推進工法は、切羽の安定方法等により開放型と密閉型の2つの方式に区分され、さらに密閉型については掘削及び排土方式等により、泥水式、土圧式、泥濃式の3つの工法に大別される。

【解説】

中大口径管推進工法は、呼び径800～3000を対象とした工法であり、その種類は、一切羽の安定方法、掘削方法、土砂の搬出方法等により多様であるが、概ね図2-6-2のとおり分類される。

また、推進力の伝達方法によって元押工法と中押工法に分けることができる。

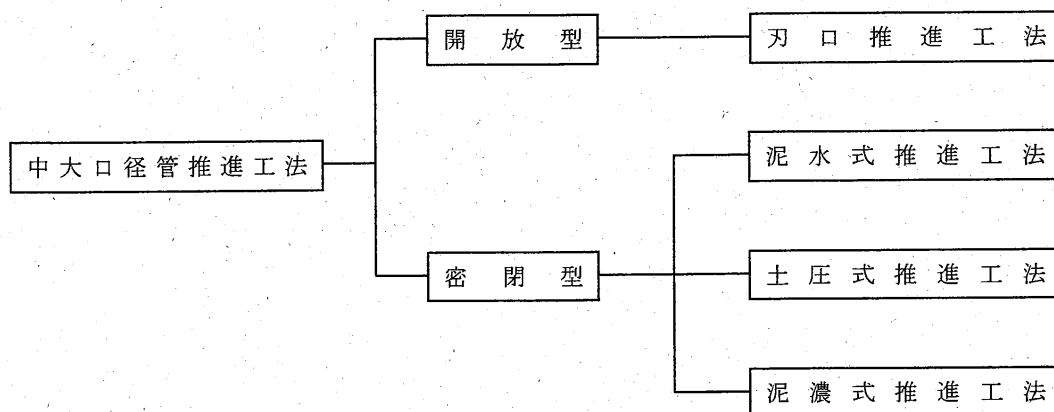


図2-6-2 中大口径管推進工法の分類

(1) 開放型推進工法（以下「刃口推進工法」という）

刃口推進工法は、管の先端に刃口を装着し、発進立坑内の管体の後部に設置した元押ジャッキの推進力により管を地山に圧入し、刃口部の土砂を掘削しながら布設する工法である。比較的簡易な設備からなり、主として短距離の施工に適している。

（図2-6-3参照）

また、切羽が開放されているので、推進途中で障害物に遭遇することが予想される場合等に用いられる。

刃口推進工法は、切羽と作業空間が隔壁で仕切られておらず、切羽が開放されている状態で地山を掘削するので、切羽地山の安定が特に重要である。土質や地下水位等から切羽の安定性を把握するとともに、十分な切羽崩壊防護策を施すことに留意しなければならない。

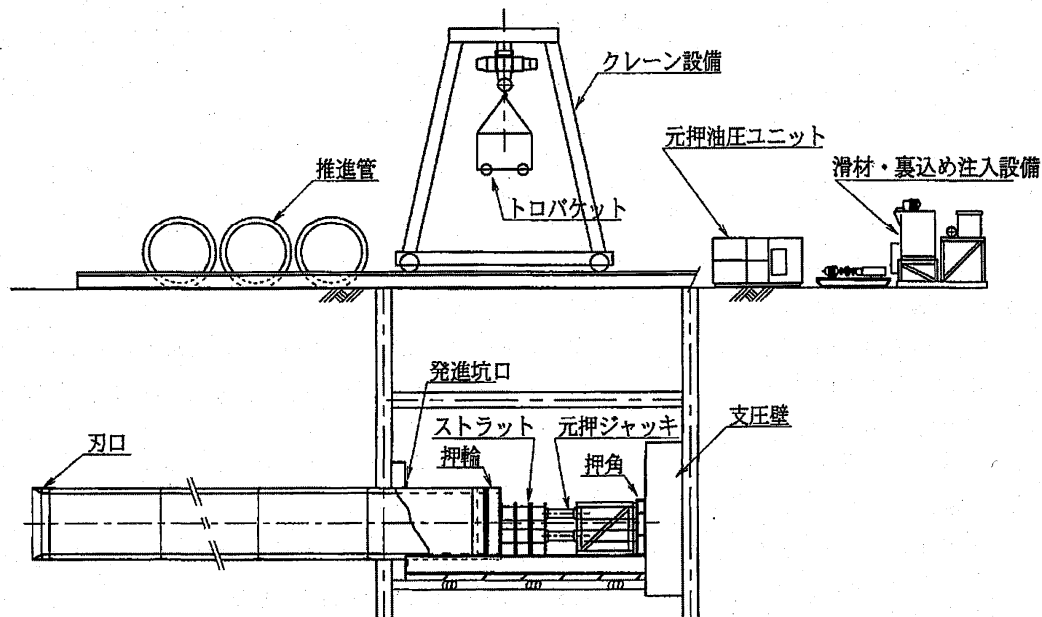


図2-6-3刃口推進工法概要図

(2) 密閉型推進工法

密閉型推進工法は、切羽と作業空間が掘進機の隔壁で仕切られており、掘進機のカッタヘッドで掘削する工法である。密閉型推進工法は泥水式、土圧式、泥濃式があり、土質条件や施工条件に適したものを選定する。

密閉型推進工法は、切羽掘削と切羽安定のため各種の機能を持った掘進機を用いるので操向性に富み、適用土質の範囲も広く、主として長距離推進に適している。

密閉型推進工法は、掘進機に推進管を後続させ、発進立坑内の元押推進装置並びに中押推進装置により管を推進しながら布設する工法で、その掘進の機構方式により、泥水式、土圧式、泥濃式に大別され、刃口推進工法に比較して推進設備の規模が大きい。

密閉型推進工法の推進延長は、施工方法、施工条件、管の耐荷力、推進力等種々の条件により異なる。特に、密閉型推進工法は経済性から長距離推進に主として用いられるので、管の耐荷力と推進力及び反力等の関係を十分検討し、かつ、操向性、作業性、推進管内からの土砂搬出等の施工性を考慮して、工法の選定とともに推進延長を決定する。

2-1) 泥水式推進工法の概要

泥水式推進工法は、掘進機前面のカッタヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に泥水を圧送し切羽の安定を図りながら、カッタヘッドを回転させ掘削、推進を行う。

掘削した土砂は泥水と攪拌混合して、坑外へ流体輸送される。搬出された排泥水は、坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離され、泥水は比重及び粘性等を調整して再び切羽に送られる。

泥水式推進工法は、粘性土、砂質土、砂礫土等の幅広い土質に適用できる。特に地下水位の高い軟弱地盤及び透水性の高い地盤等に適用される。

この工法は、地山を掘削する掘進機、掘削土と泥水を攪拌する攪拌機、泥水循環輸送のための送排泥設備、切羽安定のための泥水圧制御機器、排泥水を分離する泥水処理設備、切羽に所定性状の泥水を補給するための機器等から構成される。図2-6-4に泥水式推進工法の概要図を示す。

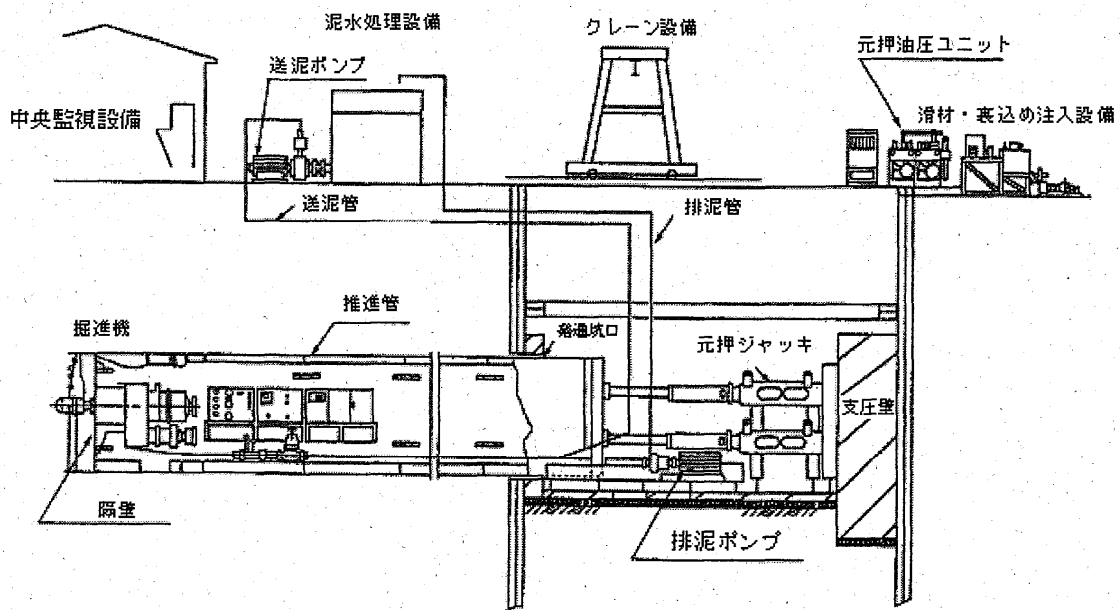


図2-6-4泥水式推進工法概要図

2-2) 土圧式推進工法の概要

土圧式推進工法は、掘進機前面のカッタヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に掘削土砂又は添加材が混合された土砂(以下、「泥土」という)を充填させることにより、切羽の土圧及び地下水圧に見合う圧力を保持し、カッタヘッドで掘削した土砂をスクリュコンベヤで排土量を調整しながら掘削、推進する。

土圧式推進工法は、粘性土から砂質土、砂礫土等広い範囲の土質条件に対し、カッタヘッドの構造、スクリュコンベヤの構造、添加材等を適合させることにより対応できる。

土圧式推進工法は、掘削土砂の状態により、添加材を使用しない土圧推進工法と添加材を使用する泥土圧推進工法に分類される。土圧推進工法は、泥土が加圧状態のままチャンバ内で変形・移動しなければならないため、適用土質は粘土・シルト含有率が30%以上の軟弱な粘性土に限られる。

なお、最近では予期せぬ土質の変化及び発進・到達の地盤改良等を考慮し、土圧式掘進機は添加材の注入機構を備えた泥土圧タイプを使用することが多い。図2-6-5に泥土圧推進工法の概要図を示す。

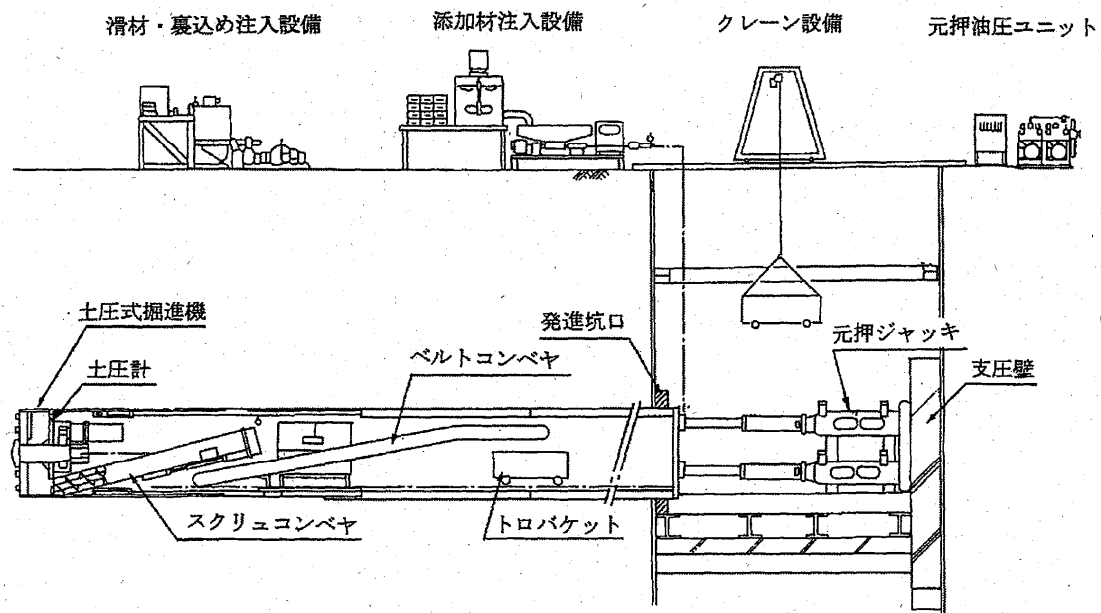


図2-6-5泥土圧推進工法概要図

2-3) 泥濃式推進工法の概要

泥濃式推進工法は、掘進機前面のカッタヘッド後方に隔壁を設け、切羽と隔壁間のチャンバ内に高濃度泥水を充満させることにより、切羽の土圧及び地下水圧に見合う泥土の圧力を保持し、切羽の安定を図りながら掘削、推進する。

掘削した土砂は、掘進機内の排土バルブの開閉操作により、切羽圧力を安定させながら間欠的に排土する。坑内に排土された掘削土砂は、吸引搬送が基本であり、吸引不可能なものはトロバケットにより搬出する。

泥濃式推進工法は、粘性土、砂質土、砂礫土等の幅広い土質に適用できる。

この工法には、地山を掘削する機構、高濃度泥水を注入する機構、掘削土砂搬出の排土バルブ及び吸引搬送等の設備がある。坑外に搬出された掘削土砂は、排土貯留槽を経てバキューム車等により直接運搬処分する方法と、固化処理後ダンプトラックにより運搬処分する方法がある。図2-6-6に泥濃式推進工法の概要図を示す。

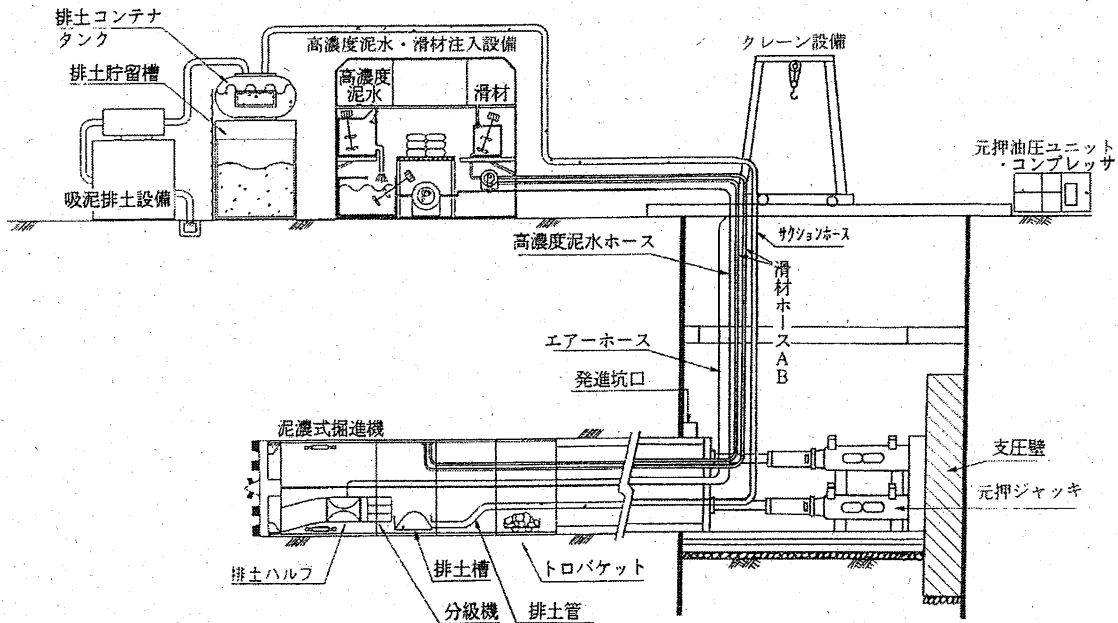


図2-6-6泥濃式推進工法概要図

2-6-6 推進工法の選定

推進工法の選定にあたっては、大別された推進方式(以下、「大別方式」という)ごとに、路線の状況、施工区間の延長、土質条件、線形、その他周囲の施工環境、工期等、諸条件に対する適用範囲が異なるので留意する。また、必要な補助工法、地下埋設物等の移設等も考慮した安全で確実な施工が可能で、経済的な工法を選定しなければならない。

【解説】

施工方法を選定するにあたっての要素としては、次のものがあげられる。

- ① 布設する管の呼び径
- ② 1 スパンの推進延長
- ③ 土質と地下水
- ④ 線形
- ⑤ 立坑土砂搬出及び管の搬入等に対する用地形態
- ⑥ 立坑位置の交通状況及び周辺環境
- ⑦ 埋設物その他架空線等の位置

このうちで、特に土質と地下水の関係は施工の難易を大きく左右するので補助工法との関係も考慮し決定する必要がある。

推進延長は、施工方法、管の耐荷力、反力設備等種々の条件を考慮し検討する。

また、推進機構・方式により推進延長に差異があるので検討のうえ、推進工法の選定を行う必要がある。また、推進力は、推進延長に対し十分な余裕を見込むことが望ましい。推進工法の選定フローを図2-6-7に示す。

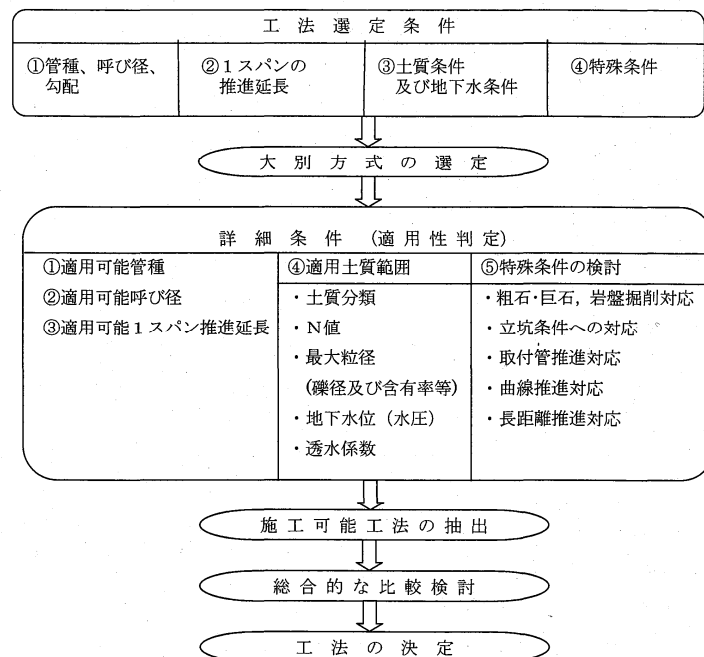


図2-6-7 工法選定フロー

2-6-7 管に作用する荷重等

推進工法に使用する管に作用する荷重には、外圧荷重と内圧荷重がある。

1. 外圧荷重

(1) 常時作用する荷重

- 1) 管自重
- 2) 管に作用する等分布荷重
 - ① 活荷重
 - ② 土圧
 - ③ 地盤反力
 - ④ 地下水圧

(2) 施工時に作用する荷重

- 1) 先端抵抗力
- 2) 周面抵抗力
- 3) 推進力
- 4) 曲線部の側方地盤反力
- 5) 仮設備の荷重

(3) その他の影響

2. 内圧荷重

【解説】

推進管に作用する外圧荷重としては、常時作用する荷重と施工時に作用する荷重に大別される。これらの外圧荷重に対して、推進管が十分安全であることの確認が必要である。

雨水貯留等、内圧強さが要求される内圧管は、内圧強度試験によりその製品が規定されているが、剛性管である鉄筋コンクリート管では、埋設状態で内圧と外圧が同時に作用する場合、内圧と外圧の両方をそれぞれ考慮する必要がある。

さらに、管種の選定においては、管材の継手性能も勘案して決定する。

なお、内圧強度試験及び内圧管の管種選定方法については、「下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管JSWAS A-8-2009 ((社)日本下水道協会)」を参考とする。

また、管に作用する荷重の詳細は、「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版 ((社)日本下水道協会)」を参照すること。

2-6-8 推進力の計算

推進力は、刃口、掘進機又は先導体先端部の地山への貫入あるいは掘削による抵抗力と外周面が地山と接触する際の摩擦力や付着力、管の自重による管と土との摩擦の和に見合う力で、推進諸抵抗力の総和とする。

【解説】

通常、推進抵抗力は、次の要素からなる。

- ①推進に伴う先端抵抗力
- ②管の外周及び掘進機又は先導体外周と土との摩擦抵抗力又はせん断抵抗力
- ③管の自重による管と土との摩擦抵抗力
- ④管と土との付着力

また、推進工法に適用する推進抵抗力には、以下の計算式がある。()内は略称を示す。

- ①下水道協会式(協会式):刃口推進工法に適用する。
- ②泥水・土圧式算定式(泥水土圧式):中大口径管の泥水式・土圧式推進工法に適用する。
- ③泥濃式算定式(泥濃式):中大口径管の泥濃式推進工法に適用する。
- ④高耐荷力泥水・泥土圧方式算定式(高耐荷力式):高耐荷力方式小口径管の密閉型推進工法に適用する。
- ⑤低耐荷力方式算定式(低耐荷力式):低耐荷力方式小口径管推進工法に適用する。

通常、推進抵抗は、次の要素からなる。

- ①推進に伴う先端抵抗
- ②管の外周及び掘進機外周と土との摩擦抵抗または、せん断抵抗
- ③管の自重による管と土との摩擦抵抗
- ④管と土との付着力

計算式の詳細は、「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版 (社)日本下水道協会」を参照すること。

2-6-9 管きよの強度計算

(1) 直方向の管の耐荷力（許容応力）は、次式のとおりである。

$$q_r = \frac{1}{0.275 \times r^2} \times M_r \geq 1.2 \cdot q \cdots \cdots \text{式 2-6-1}$$

ここに、

q_r : 鉛直方向の管の耐荷力 (kN/m²)

M_r : 外圧強さにより求まる管の抵抗モーメント (kN・m)

r : 管厚中心半径 (m)

q : 管にかかる等分布荷重 (kN/m²)

(2) 推進方向の管の耐荷力（許容耐荷力）は、次式のとおりである。

$$F_a = 1000 \cdot \sigma_{ma} \cdot A_e \leq F \cdots \cdots \text{式2-6-2}$$

ここに、

F_a : 管の許容耐荷力(kN)

σ_{ma} : コンクリートの許容平均圧縮応力度(N/mm²)

A_e : 管の有効断面積(m²)

F : 推進力

(3) 低耐荷力管きよの鉛直方向の管強度計算は、推進管に作用する鉛直等分布荷重によって管体に発生する最大曲げ応力、たわみ率、そのいずれもが許容値を満足することを確認する手法により行う。

$$\sigma = \frac{M}{Z} \leq \sigma_a \cdots \cdots \text{式2-6-3}$$

$$V = \frac{\delta}{2 \cdot r} \times 100 \leq V_a \cdots \cdots \text{式2-6-4}$$

ここに、

σ : 管に発生する曲げ応力度(kN/m²)

M : 鉛直等分布荷重により直管に発生する曲げモーメント(kN・m)

Z : 管長の単位長あたりの断面係数(m³/m) = $\frac{t^2}{6}$

σ_a : 許容曲げ応力度(kN/m²)

V : たわみ率(%)

δ : 鉛直等分布荷重によるたわみ量(m)

r : 管厚中心半径(m)

V_a : 許容たわみ率(%)

(4) 低耐荷力管きよの推進方向の耐荷力は、次式のとおりである。

$$F_a = \sigma_b \cdot A_e \cdots \cdots \text{式2-6-5}$$

ここに、

F_a : 直管の許容推進耐荷力(kN)

σ_b : 直管の許容圧縮強さ(圧縮強さは、64.7N/mm²であるが形状因子及び施工上の安全を考慮し、32.35N/mm²とする)

A_e : 直管の有効断面積(m²)

【解説】

管きよの各強度計算の詳細は、「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版 (社)日本下水道協会」を参照すること。

2-7 立坑

2-7-1 立坑の種類

立坑は、使用目的によって発進立坑及び到達立坑に分類される。

【解説】

(1) 発進立坑について

- 1) 構築位置は、交通事情、埋設物、施工環境条件等を考慮して選定し、立坑設備、坑外設備、材料置場等の用地も併せて確保しなければならない。
- 2) 立坑の形状は一般に長方形、円形又は長円形であり、管据付け作業が安全かつ容易に行える広さが必要であること。
- 3) 立坑の構造は、土圧、水圧および推進力の反力受けとして十分耐えられるものであること。
- 4) 立坑に設置する設備は管据付け設備、推進設備、掘削土砂搬出設備、資機材搬出入設備、作業員の昇降設備、給電、排水および安全設備などである。
- 5) 推進力の反力受けとして立坑内部に支圧壁又は反力アンカを設ける。

発進立坑は、管の推進作業をするための場所であると同時に土砂の搬出、材料および諸機械器具の搬出入、作業員の出入等にも使用される。また、発進立坑は到達立坑として使用することもあり、一般的にマンホールの築造に利用される。

立坑の位置は、掘削土砂や材料の搬出入等の作業、施工しやすさなどを考慮して推進路線上を基本とする。しかし、交通事情、埋設物、施工環境条件等によってそれが困難な場合は、隣接用地を利用した変形立坑や横引式立坑等を計画することも必要となる。

また、路上あるいは隣接した用地に土砂搬出設備、資機材搬出入設備、受変電設備、資機材の置き場等が容易に設けられることが重要である。さらに、計画路線を数スパンに区分して推進する場合には、1箇所から両発進するなどの工夫をし、立坑位置を選定する。

(2) 到達立坑について

到達立坑は、推進の到達位置に設けられるが、複数区間の推進をする場合には到達後、発進立坑となる場合がある。

構築位置の条件、立坑の構造、設備等については、発進立坑と同様の考え方とる必要がある。

到達立坑は、掘進機又は先導体の到達、回収および発進立坑との兼用として用い、推進工事完了後には、マンホールの築造に利用される。

2-7-2 立坑の形状寸法

立坑の形状寸法は、立坑の種類、推進工法の種類、マンホールの形状寸法、土留め工法、現場条件等によって異なるので、それぞれの必要寸法を検討して決定しなければならない。

【解説】

立坑の形状は、諸設備の設置、施工条件、坑口切断等を考慮すると長方形がよいが円形や小判形のものも使われている。

立坑の形状寸法は、発進立坑と到達立坑で異なり、推進設備等の据付け及び推進作業が容易に行えると同時に、立坑内にマンホールを築造できる広さを考慮して決定する。

一般に発進立坑の寸法は、掘進機、推進管・推進設備等の大きさにより長さが決まり、管の両側に作業員の出入り及び作業可能な幅を確保する。また、深さについては、一般に管の底面をもとに、発進架台高さ及び基礎厚さ又はマンホール底板厚さから決定するが、小口径管推進工法においては、推進装置据付芯高等によることが多い。

一方、到達立坑の寸法は、掘進機、先導体、誘導管の到達、回収が可能なものとする。また、発進立坑として兼用する場合には、発進立坑及び到達立坑として必要な寸法とする。

また、一般に発進立坑、到達立坑にはマンホールを築造するため、それに必要な大きさについても考慮する必要がある。

推進工法の種類による立坑の形状寸法についての考え方を以下に示す。

(1) 中大口径管推進工法の立坑寸法の考え方

1-1) 発進立坑

発進立坑の大きさは、泥水式推進工法等の密閉型の推進工法の場合は、掘進機を据付け発進するために必要な最小スペースにより定まる。刃口式推進工法では、一般に推進管の方が刃口よりも長いので、推進管を据付け推進するために必要な最小スペースにより立坑の大きさが定まる。

a. 立坑長さ(L1)

発進立坑の長さは、支圧壁厚さ、押角厚さ、元押しジャッキ長さ、押輪厚さ、余裕長さ、掘進機長、鏡切断作業スペース、発進坑口厚さで構成される。

b. 立坑幅(B)

発進立坑の幅は、掘進機外径とその両側の作業スペース、支保鋼材幅で構成される。作業スペースは、掘進機の両側に作業員が入って安全に作業できる幅であり、0.6m以上としている。

c. 立坑深さ

発進立坑深さは、推進管の管底面高さを基準に、推進台の高さ又はマンホールの底盤厚さなどを考慮して決定する。

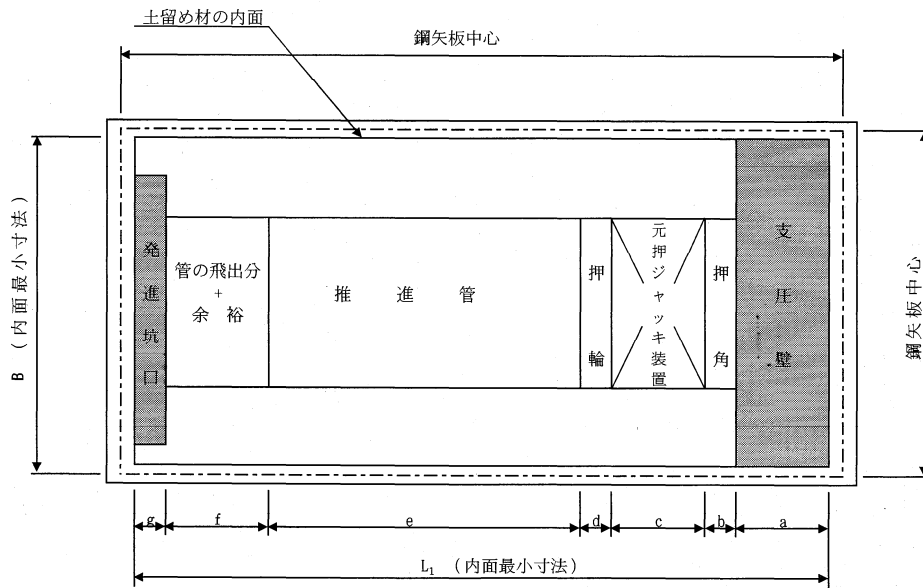


図2-7-1 刃口式推進工法発進立坑一般図

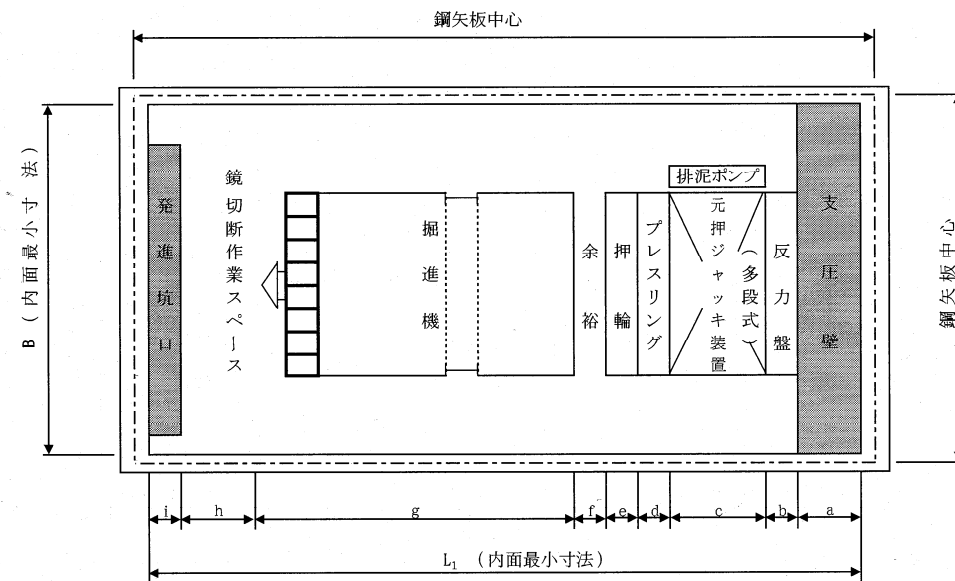


図2-7-2 泥水式推進工法発進立坑一般図

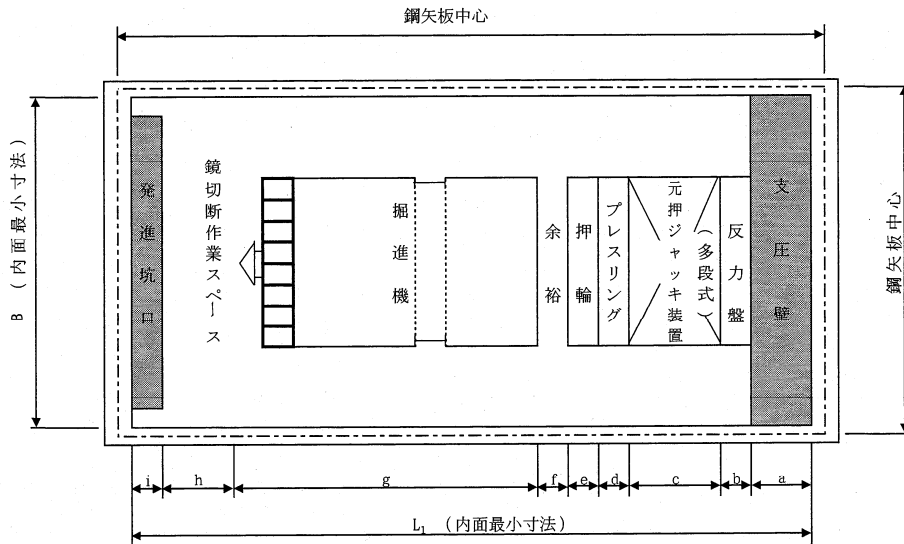


図2-7-3 土圧式・泥濃式推進工法発進立坑一般図

1-2) 到達立坑

到達立坑は、刃口又は掘進機の回収に必要な最小スペースにより大きさが定まる。

a. 立坑長さ(L2)

到達立坑の長さは、掘進機長、作業スペース、支保鋼材幅で構成される。

b. 立坑幅(B)

到達立坑の幅は、掘進機外径とその両側の作業スペース、支保鋼材幅により構成される。作業スペースは発進立坑同様に0.6m以上としている。

c. 立坑深さ

到達立坑深さは、掘進機引上げ用受け台の高さ、回収作業深さ等を考慮して決める。

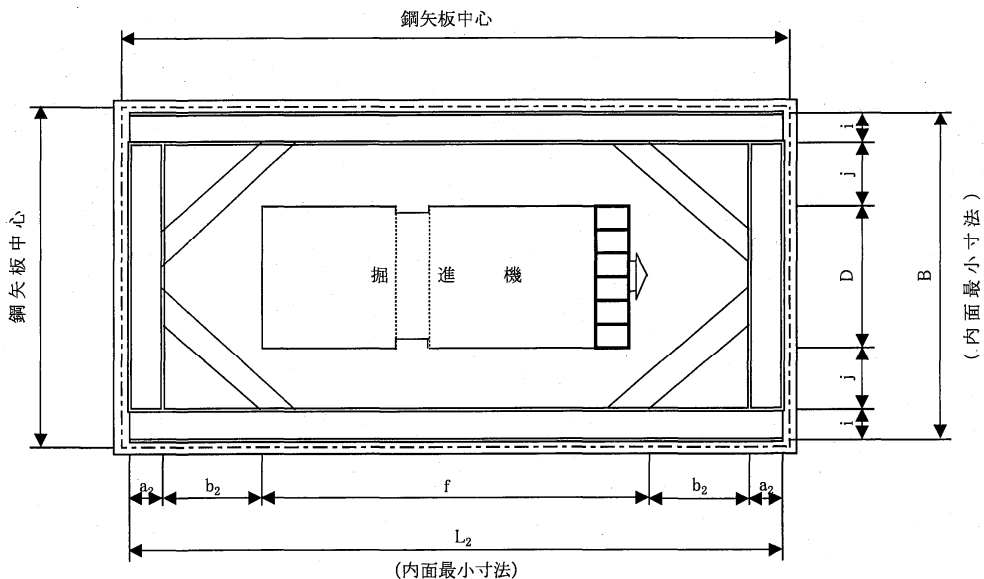


図2-7-4 泥水式・土圧式・泥濃式推進工法到達立坑一般図

(2) 小口径管推進工法の立坑寸法の考え方

2-1) 発進立坑

a. 立坑の長さ(L)

一般には、管接続作業長さ(a)、推進装置長さ(ℓ)、測量作業長さ(b)、反力板厚さ(c)で構成される。

また、地下水位以下の施工においては、これらに止水器長さ(d)が加えられる。

・管接続作業長さ(a)

推進管又は誘導管を接続する場合、管内に設置されるオーガ、送排泥管、油圧ホース類を接続する。この接続作業のための長さである。

また、鏡切り作業においても必要な長さである。

・推進装置長さ(l)

推進装置長さは、各方式機種によって異なる。

・測量作業長さ(b)

推進精度を監視するため、トランシット等を設置して測量作業を行うために必要な長さである。

・反力板厚さ(c)

反力板は鉄板、H形鋼、コンクリートのいずれか又はこれらの組み合わせによって構成され、その厚さは推進力によって異なる。

・止水器長さ(d)

地下水位以下での施工において、土砂や地下水の流入等を防止するために止水器を設置する。

b. 立坑の幅(W)

立坑の幅は、推進装置幅(w')とその両側の安全作業幅(e)によって構成される。更に昇降設備の設置のための余裕が必要である。

・推進装置幅(w')

推進装置長さと同様、推進方式および機種によって異なる。

・安全作業幅(e)

推進装置の両側に作業員が入って作業できる幅であり、0.6m程度が望ましい。

ライナープレートの場合は、推進装置の外側から縦梁の内側までの幅を示す。

ただし、腹起し、縦梁の内側寸法と推進装置幅との関係に注意が必要である。

c. 立坑の基盤深さ(H)

立坑基盤までの深さは、計画管芯深さ(f)と推進装置据付芯高(h)によって構成される。

また、最下段の切梁下端は、推進装置の移動に支障ない高さを確保する。

・計画管芯深さ(f)

地表面から布設される推進管中心までの深さである。

- ・推進装置据付芯高(h)

推進管芯心から推進基盤までの深さであり、推進装置を据付ける上での必要高さを確保する。推進装置を計画位置、勾配に正確に設置するために高さ調整ができるように、推進装置の芯高よりも0.1～0.2m程度の余裕をとることが必要である。

2-2) 2)到達立坑

a. 立坑の長さ(L')

一般には、回収される先導体、誘導管長さ(l')、回収作業長さ(a')で構成される。また、地下水位以下の施工においては、止水器長さ(d')が加えられる。

- ・先導体、誘導管長さ(l')

一工程式においては先導体長、二工程式においては先導体と誘導管のどちらか長い方の長さとする。

- ・回収作業長さ(a')

先導体又は誘導管を後続管より切り離して回収するために必要な長さである。

- ・止水器長さ(d')

発進側と同様である。

b. 立坑の幅(W)

先導体、誘導管の外径は、一般に推進管外径とほぼ等しい。したがって、立坑の幅は、推進管外径とその両側の安全作業幅(e)で構成される。安全作業幅(e)は、発進側と同様に0.6m程度が望ましい。

c. 立坑の基盤深さ(H')

立坑基盤までの深さは、計画管芯深さ(f')と回収作業深さ(h')で構成される。

- ・回収作業深さ(h')

先導体、誘導管の回収に支障のない深さが必要である。

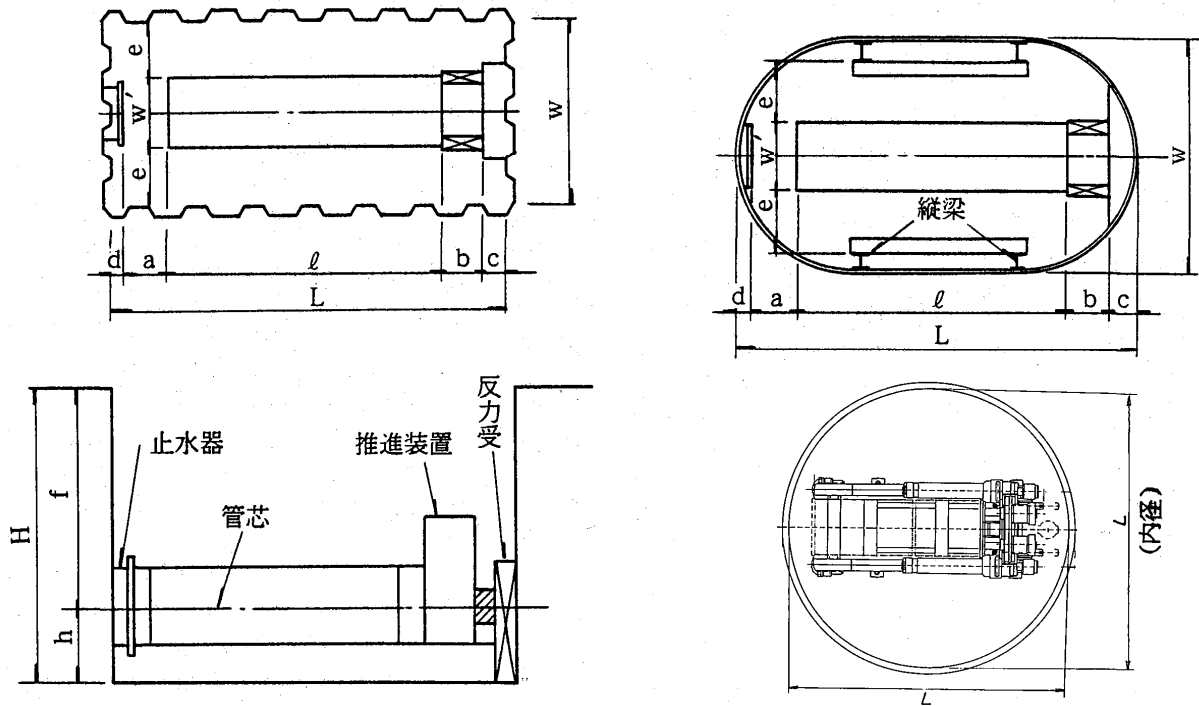


図2-7-5 発進立坑一般図

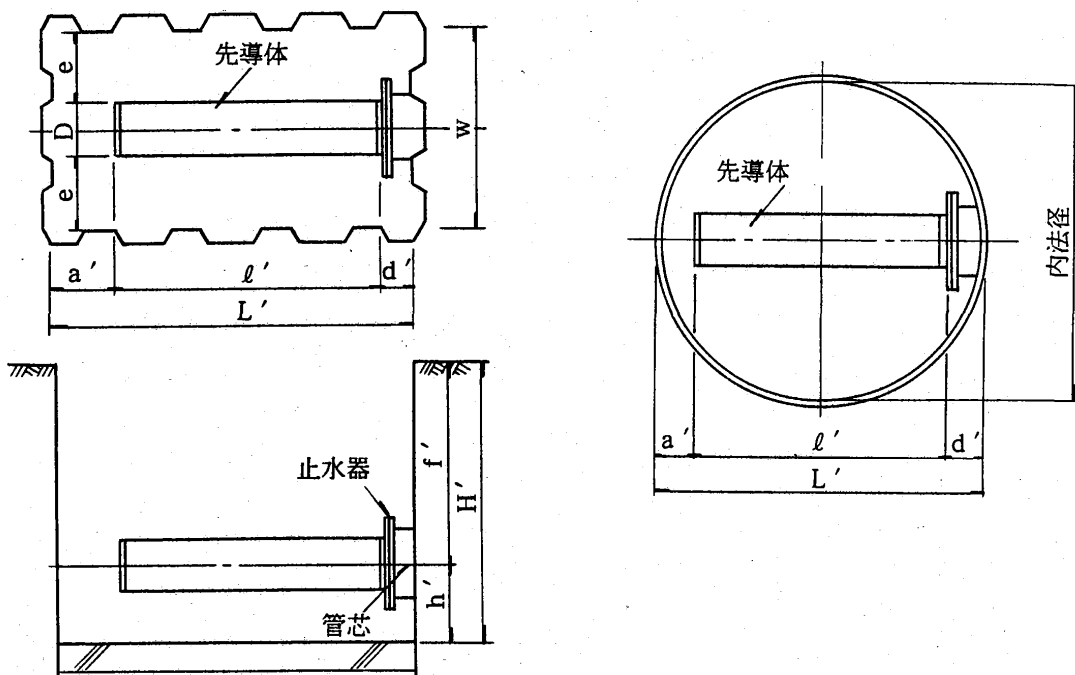


図2-7-6 到達立坑一般図

立坑の形状寸法の決定に際しては、「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版 (社)日本下水道協会」を参照すること。

(3)マンホール築造を考慮した施工余裕幅

立坑には、マンホールを築造するので、マンホールの大きさに築造時の施工余裕を含めた立坑寸法としなければならない。

マンホール築造時の施工余裕には、組立マンホール、現場打ちマンホールを築造するのに必要な余裕幅（ブロックの組立、型枠設置撤去、コンクリート打設等）と埋戻し作業に必要な余裕幅（転圧幅）がある。

したがって、立坑寸法は、上記２種類の施工余裕幅から求められる必要立坑寸法と推進作業を行うのに必要な立坑寸法を満足しなければならない。

2-7-3 立坑基礎

立坑設備の設置基盤を確保し、坑内作業の円滑化を図るため、立坑底部に基礎を築造し整正する。

【解説】

立坑底部の基礎は、推進設備の重量に耐えられるものとし、推進工事終了後はマンホールの基礎として使用される。

基礎厚は、

コンクリート基礎 : 0.15m

砕石基礎 : 0.20m

を標準とする。ただし、立坑底部が礫層、玉石層、硬質粘性土層である場合、あるいは噴射攪拌工法により底盤改良されている場合は砕石基礎を省いてもよい。

ライナープレート立坑は他の土留め工法と違って根入れを持たないので、最深部には補強リングを設置するか、もしくは底版コンクリートを打設するなどして、何らかの固定を行わなければならない。固定を行わないと土圧によりライナープレートが立坑内に反り返る危険があり、そのような事故も多く報告されている。このため、最下段は補強リング又は底版コンクリートにより固定することを原則とする。

2-7-4 支圧壁

推進力の反力を受けるために立坑内に反力設備を設ける。

- (1) 中大口径管推進工法における反力設備には支圧壁がある。支圧壁は、元押ジャッキの配置が必要な大きさと推進反力に対して十分耐えうる構造でなければならない。
- (2) 小口径管推進工法における反力設備には支圧壁又は反力板がある。反力設備は、推進反力に対して十分耐えるものでなければならない。

【解説】

(1) について

管を推進するときに、立坑の壁を利用して推進力の反力を受けるため支圧壁を設けるが、支圧壁は推進中の蛇行を少なくするため、その壁面は管軸に直角で、かつ、凹凸がなく、できるだけ平面を保つように設ける。

壁体は、一般的にはコンクリート又はプレキャスト製品を使用するが、その受け持つ推進反力がごく小さい場合には、角材、鋼材等を使用することもある。

支圧壁形状、背面地山の耐力の検討手順等の詳細は「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版（社）日本下水道協会」を参照すること。

(2) について

支圧壁又は反力板は、一般にコンクリート又は鋼製のものを使用する。小口径管推進工法では、推進力が比較的小さいので、鋼製の反力板を用いる場合が多い。

また、主として小型立坑から発進できる工法では、推進装置と支圧壁又は反力板が一体となった機種も使用されている。図2-7-7に反力板一体型推進装置の例を示す。

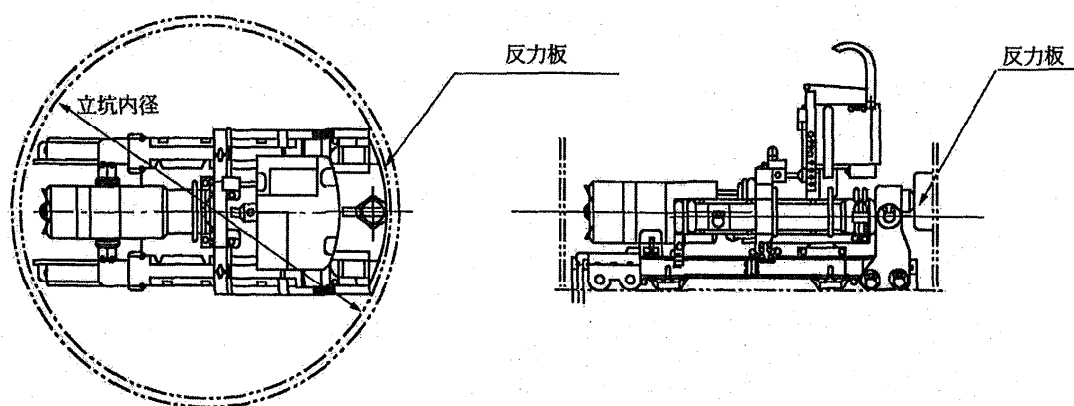


図2-7-7 反力板一体型推進装置の例

2-7-5 空伏せ工

空伏せは推進管と同一管種とし、設計にあたっては土圧に対して十分な強度を有するものとしなければならない。また、必要に応じて適切な耐震対策を講じる。

基礎工、埋戻し工及び土留め引抜き工にあたっては、管きよに不測の荷重が作用しないように注意しなければならない。

【解説】

空伏せの管種は、管との継手工を考慮し、推進管と一致させる。

空伏せの設計では、開削工法と同様に、管種（剛性管及び可とう性管）、土留め工法の種類、掘削幅、基礎地盤等を考慮し、荷重及び基礎形式を適切に選定する。

鉛直土圧の算定式には次のようなものがあるので、施工条件や構造条件、基礎の支持条件等を総合的に判断し適切な算定式を選定する。

- ・日本下水道協会式
- ・直土圧公式
- ・マーストン公式（溝型）
- ・マーストン公式（突出型）
- ・ヤンセン公式

また、管きよとマンホール等の構造物との接続部は、地震時に各々が異なった挙動を示すため応力が集中し、耐震上の弱点となりやすい。

このような場合には、接続部に可とう性を持たせるために次に示すような措置が必要となるので、管きよの深さ及び地盤条件、構造条件等を十分考慮し適切な耐震対策を講じる。

- ①可とう性伸縮継手の採用
- ②半切管による可とう性の保持

基礎工の不備による不等沈下、埋戻しの不均一に伴う偏土圧の発生、土留め引抜き時の地盤変状等は、管きよに過大な応力を発生させる可能性があることから、各々の施工においては十分な注意が必要である。

なお、空伏せ工の設計例等は「下水道推進工法の指針と解説 2010年度版（社）日本下水道協会」を参照すること。

2-8 山留工

2-8-1 適用範囲

管きょ布設工事及び推進立坑築造工事を開削工法で施工する、掘削深1.5m以上から10m程度までの小・中規模の山留工の設計に適用する。

【解説】

中小管きょの布設工事を町田市内の供用道路で開削工法、推進工法で施工する場合を想定したものである。

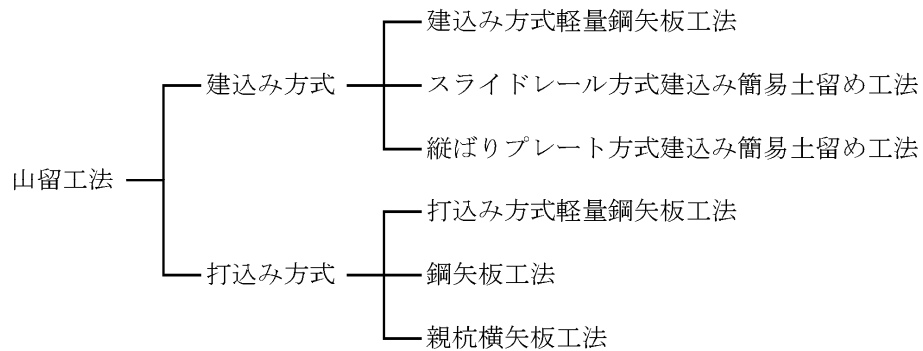
山留工が必要になる掘削深は、「建設工事公衆災害防止対策要綱－土木編－第6章－第41」により1.5m以上とする。

掘削深の適用上限を10m程度としたのは、「道路土工－仮設構造物工指針」：(社)日本道路協会(平成11年3月)では、硬質粘性土地盤や砂質土地盤で掘削深10m、沖積層の軟弱地盤で8m程度までを小・中規模土留めとして、慣用法による設計の適用範囲としていることによる。

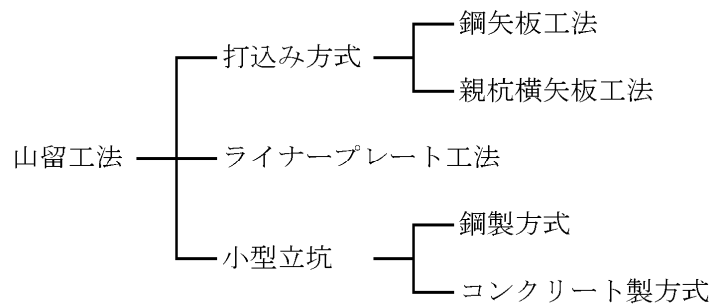
大口径管きょ(シールド工法等)の布設に伴う大規模な山留工については、「下水道仮設設計マニュアル 平成14年10月 東京都下水道局」に準拠する。

2-8-2 山留工法の種類

開削工法による管きょ布設工事の山留工法の種類を以下に示す。



また、推進立坑の山留工法は、以下のとおりとする。

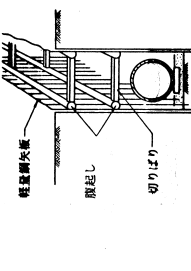
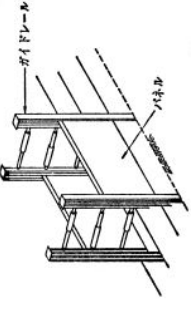
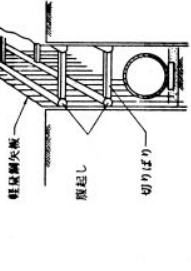
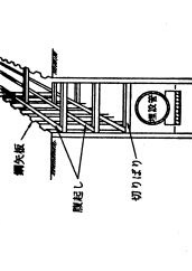
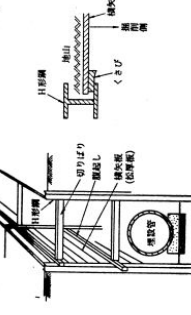


【解説】

上記の工法の他に10m以上の大規模掘削を対象とする工法として、柱列式地下壁工法、地下連続壁工法等があるが、中・小口径管きょの布設工事においてはほとんど使用されないため、本節では対象外とした。

以下、各工法の概要及び適性を表2-8-1～表2-8-3に示す。

表 2-8-1 管布設工事の山留工法 (1/2)

工 法	工法概要		適用深度	地 盤 条 件				
	模 式 図	構造及び施工順序		軟弱土	普通土	硬質土	地下水	寸 評
軽量鋼矢板建込み工法		地山を掘削しながら軽量鋼矢板 (I型、II型) を地山に建込み支保工で一体化し、土砂の崩壊を防ぐ土留め壁	3. 8 m以下	△	◎	○	×	<ul style="list-style-type: none"> ・地山の自立する地盤が適している。 ・地下水があっても、洪積粘性土及びローム層は可能である。
建込み簡易土留工法		バックホウで先行掘削し、ガイドレールを掘削に合わせて押し込み沈下させ、かつ、一対のパネルをガイドレールにはめ込み、ガイドレールに設置されているロッドとともに函形を形成する土留め壁	6. 0 m以下	△	◎	○	×	同上
軽量鋼矢板打込み工法		軽量鋼矢板 (II型、III型) を連続して地中に打ち込んでから掘削する土留め壁	4. 0 m未満	◎	◎	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水があっても砂及び沖積粘性土では問題ない。 ・硬質地盤での施工は困難である。
鋼 矢 板 工 法		U形、Z形、直線形、H形等の断面の鋼矢板を、継手部をかみ合わせながら、連続して地中に打ち込んだ土留め壁	4. 0 m以上 1.5 m程度まで	◎	◎	△	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・硬質地盤 (N値≧50) での施工はウオータージェット併用により可能である。 ・極軟弱地盤で深い場合は検討を要する。
親 杭 矢 板 工 法		I型鋼、H型鋼などの親杭を、1～2 m間隔で地中に打ち込み、または穿孔して建て込み、掘削に伴って、親杭間に木材の横矢板を挿入していく土留め壁	同 上	△	◎	○	×	<ul style="list-style-type: none"> ・軟弱な地盤、流動性の砂地盤では困難である。 ・地下水がある場合は、補助工法が必要である。

◎：有利 ○：普通 △：不利 ×：要検討

表2-8-2 管布設工事の山留工法(2/2)

工 法	施工条件			環境条件		補助工法	工 期	工 事 費 (補助工法は除く。)	得 失
	架空線	埋設物	地上占用	振動騒音	地盤沈下				
軽量鋼矢板建込み工法	◎	◎	◎	○	○	水位が高い場合 必要となる。	最も 短い	掘削深が浅ければ最も安い。	<ul style="list-style-type: none"> 重量が軽く施工が容易であるが水密性がなく良好な地盤に適している。 根入れが20cm以上必要で、矢板長さが4m以下50cm単位に限定される。 掘削と建込みが連続作業工程であるため施工能率がよい。 使用機械がバックホウ、トラックレーンであるので施工が簡単である。 各部分が分解できるので資材の運搬が容易である。 地下埋設物の多い箇所では施工が困難で、根入れがないのでヒーピングの防止ができない。
建込み簡易土留工法	○	△	○	○	○	同 上	短 い	上の工法と比較し割高である。	<ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板に比べ軽量なので取扱いが容易である。 小規模工事における軟弱地盤に適している。 鋼矢板に比べ水密性が得られにくく、また、剛性が低いことから、たわみ量が大きく変形しやすく、打込み・引抜き時の損傷が多い。 根入れを深くし、鋼矢板の欠点であるヒーピング、ボイリングを防止することができ、水密性に富むので地下水位の低下を防止できる。 耐久性があり、修理も比較的容易で、また市場性が高い。 矢板の引抜き時に、地盤沈下を起こしやすく、硬い礫層等の箇所や地下埋設物が幅員している箇所では施工が困難である。 杭打込み本数が少ないので施工が速く、騒音、振動が少なく、地下埋設物が幅員していても施工が可能である。 土留の鋼材が少ないので経済的である。 硬い礫層等でも施工が可能である。 水密性を欠くため、軟弱な地盤、流動性の地盤には不適當である。 掘削坑内に滞水したとき、横矢板背面の土砂にゆるみを生ずる。
軽量鋼矢板打込み工法	△	○	○	△	△	な し	短 い	打込み工法の中では最も安い。	<ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板に比べ軽量なので取扱いが容易である。 小規模工事における軟弱地盤に適している。 鋼矢板に比べ水密性が得られにくく、また、剛性が低いことから、たわみ量が大きく変形しやすく、打込み・引抜き時の損傷が多い。 根入れを深くし、鋼矢板の欠点であるヒーピング、ボイリングを防止することができ、水密性に富むので地下水位の低下を防止できる。 耐久性があり、修理も比較的容易で、また市場性が高い。 矢板の引抜き時に、地盤沈下を起こしやすく、硬い礫層等の箇所や地下埋設物が幅員している箇所では施工が困難である。 杭打込み本数が少ないので施工が速く、騒音、振動が少なく、地下埋設物が幅員していても施工が可能である。 土留の鋼材が少ないので経済的である。 硬い礫層等でも施工が可能である。 水密性を欠くため、軟弱な地盤、流動性の地盤には不適當である。 掘削坑内に滞水したとき、横矢板背面の土砂にゆるみを生ずる。
鋼 矢 板 工 法	×	△	△	×	△	な し	長 い	高 い	<ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板に比べ軽量なので取扱いが容易である。 小規模工事における軟弱地盤に適している。 鋼矢板に比べ水密性が得られにくく、また、剛性が低いことから、たわみ量が大きく変形しやすく、打込み・引抜き時の損傷が多い。 根入れを深くし、鋼矢板の欠点であるヒーピング、ボイリングを防止することができ、水密性に富むので地下水位の低下を防止できる。 耐久性があり、修理も比較的容易で、また市場性が高い。 矢板の引抜き時に、地盤沈下を起こしやすく、硬い礫層等の箇所や地下埋設物が幅員している箇所では施工が困難である。 杭打込み本数が少ないので施工が速く、騒音、振動が少なく、地下埋設物が幅員していても施工が可能である。 土留の鋼材が少ないので経済的である。 硬い礫層等でも施工が可能である。 水密性を欠くため、軟弱な地盤、流動性の地盤には不適當である。 掘削坑内に滞水したとき、横矢板背面の土砂にゆるみを生ずる。
親 杭 横 矢 板 工 法	×	○	△	×	△	水位が高い場合 必要となる。	長 い	高 い	<ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板に比べ軽量なので取扱いが容易である。 小規模工事における軟弱地盤に適している。 鋼矢板に比べ水密性が得られにくく、また、剛性が低いことから、たわみ量が大きく変形しやすく、打込み・引抜き時の損傷が多い。 根入れを深くし、鋼矢板の欠点であるヒーピング、ボイリングを防止することができ、水密性に富むので地下水位の低下を防止できる。 耐久性があり、修理も比較的容易で、また市場性が高い。 矢板の引抜き時に、地盤沈下を起こしやすく、硬い礫層等の箇所や地下埋設物が幅員している箇所では施工が困難である。 杭打込み本数が少ないので施工が速く、騒音、振動が少なく、地下埋設物が幅員していても施工が可能である。 土留の鋼材が少ないので経済的である。 硬い礫層等でも施工が可能である。 水密性を欠くため、軟弱な地盤、流動性の地盤には不適當である。 掘削坑内に滞水したとき、横矢板背面の土砂にゆるみを生ずる。

◎：有利 ○：普通 △：不利 ×：要検討

表2-8-3 推進立坑の山留工法

工法 比較項目	鋼矢板工法		鋼管矢板工法		ライナープレート工法		ケーソン工法 (ニエーヴァカーソン)		地下連続壁工法		連続柱列杭工法		鋼矢板工法		親杭横矢板工法		鋼管矢板工法		鋼製方式		コンクリート製方式			
	止水性	精度	深度	騒音	振動	地盤沈下	工期	費用	剛性	信頼性	実績	安全性	止水性	精度	深度	騒音	振動	地盤沈下	工期	費用	剛性	信頼性	実績	安全性
模 式 図																								
施 工 性	劣る	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
公 害 性	杭精度による	杭精度による	15m程度	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い	打込式は低い 削孔式は高い	打込式は高い 削孔式は低い
経 済 性	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安	早く、安
そ の 他	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り	単掘り
総 評	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多	止水性に優れ、多
適 応 性	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法	鋼管矢板工法

2-8-3 開削山留工法の選定

- (1) 開削山留工法は、施工の安全性、信頼性、施工条件に対する適応性、経済性等を考慮して選定する。
- (2) 重要な仮設工事においては、鋼矢板、親杭横矢板等を用いた確実な山留工を選定する。

【解説】

(1) について

開削山留工法の選定手順としては、施工現場を十分調査し、施工条件を整理した後、当該条件下での施工可能な工法を選定し、各比較項目について検討して工法を決定する。検討項目は次のとおりである。

① 施工性

施工精度と施工深度はどの程度であるか、また、地下水がある場合には、止水性を考慮する。

② 周辺環境への影響

周辺環境に及ぼす騒音、振動はどの程度であるか、また、周辺の地盤沈下による有害な影響があるか。

③ 安全性

山留工の構造的な安全性並びに山留工の施工から撤去までの周辺家屋、構造物及び地下埋設物の安全性が確保されるか。

④ 経済性

山留工の材料費と施工費はどの程度であるか、また、工期の長短も経済性の要因となる。

開削山留工法の選定は、次の手順で行う。

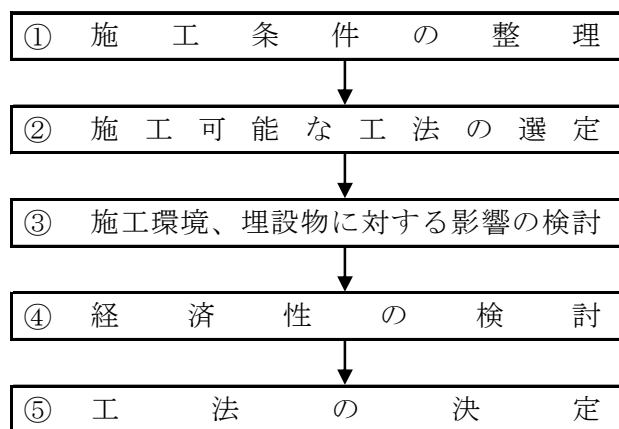


図2-8-1 開削山留工法選定フロー

- ① 掘削深、地盤条件、地下水の状況、地下埋設物の状況、施工環境等の施工条件を整理する。
- ② 掘削深、地盤条件、地下水の有無により補助工法を併用しない場合での施工可能な工法を選定する。
- ③ 選定された工法について、騒音、振動、周辺の地盤沈下、壁体の曲げ剛性等の施工環境に対する影響及び地下埋設物に対する影響の検討を行う。
- ④ 選定された工法について経済性の検討を行う。
- ⑤ 地盤条件、施工環境、経済性等を総合的に判断して工法を決定する。最適な工法を決定できない場合は、補助工法の採用を考慮して再度検討する。

(2) について

「重要な仮設工事」とは、「建設工事公衆災害防止対策要綱－土木編－第6章－第41」により、掘削深が4.0mを超える場合、周辺地域への影響が大きいことが予想される仮設工事を指す。

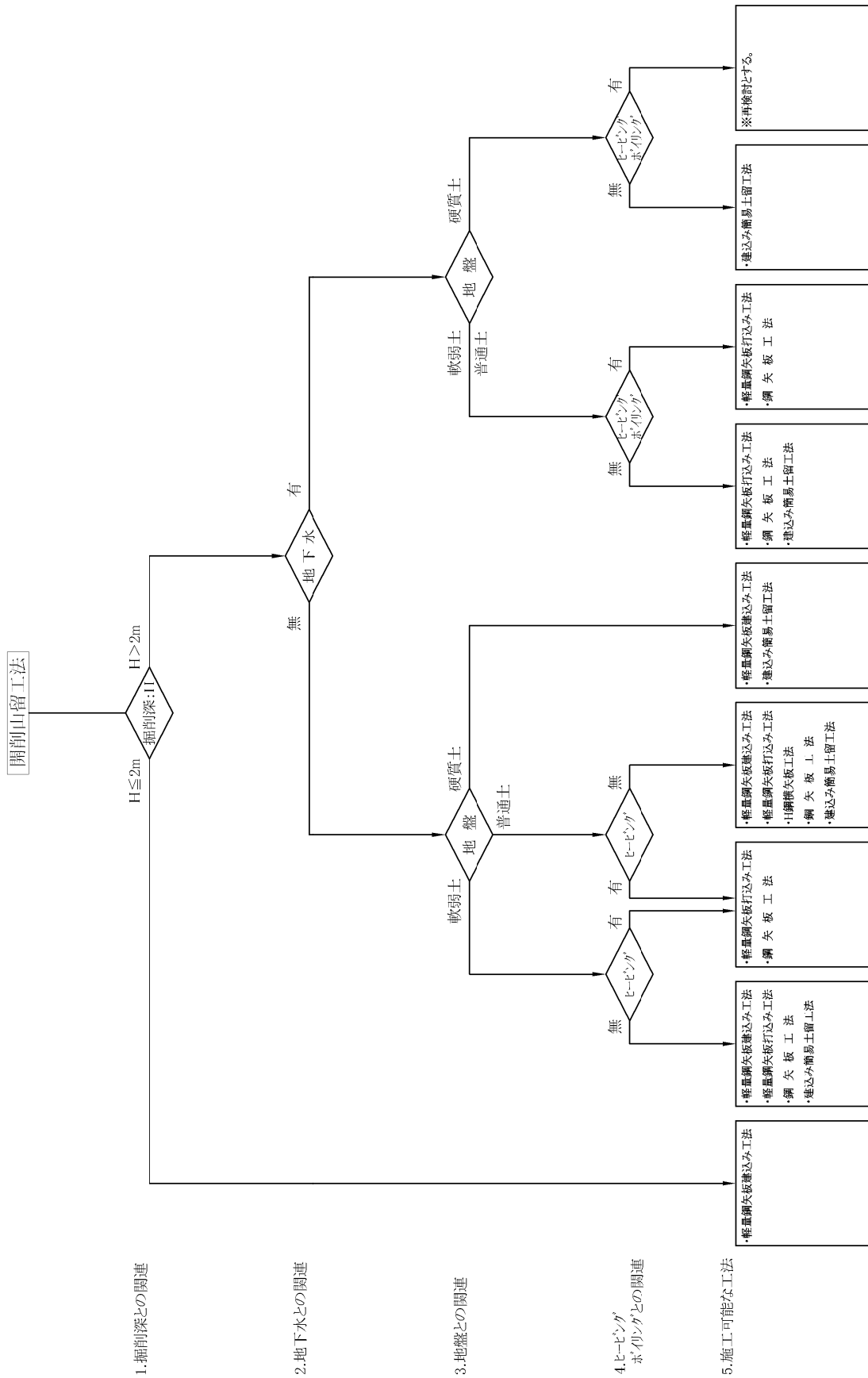


図2-8-2 施工可能な工法選定フロー（掘削深1.5m～3.8m）

2-8-4 推進立坑山留工法の選定

推進立坑山留工法は、施工の安全性、信頼性、施工条件に対する適応性、経済性等を総合的に判断して選定するが、一般に開削山留工に比べ施工規模が大きくなるので特に安全性、施工性の確保に留意する。

【解説】

推進立坑は、開削工法に比べて掘削深が深くなり、市街地での施工が多いことから安全性、施工性に優れた工法を選定し、騒音、振動、周辺地盤の変位及び道路交通への影響、経済性等を総合的に判断して決定する。

推進立坑の山留工法の選定は、次の手順で行う。

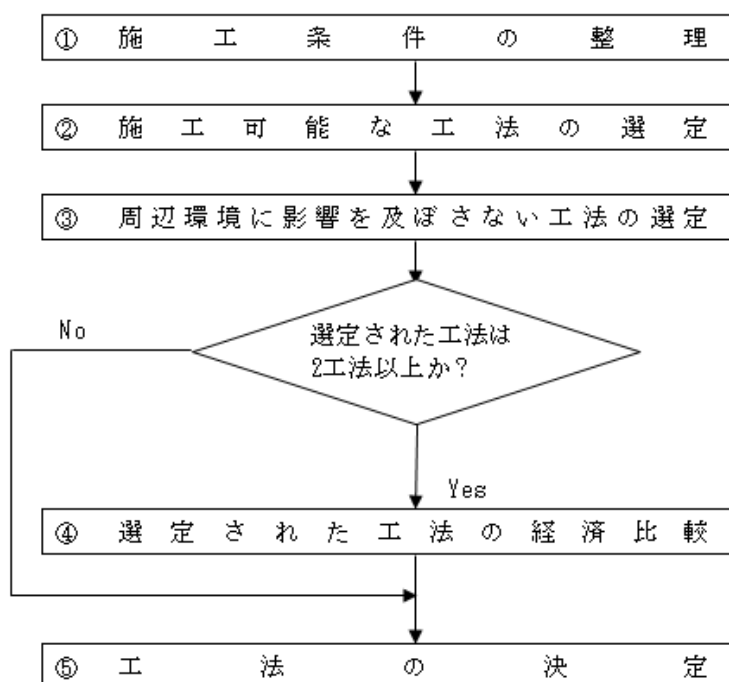
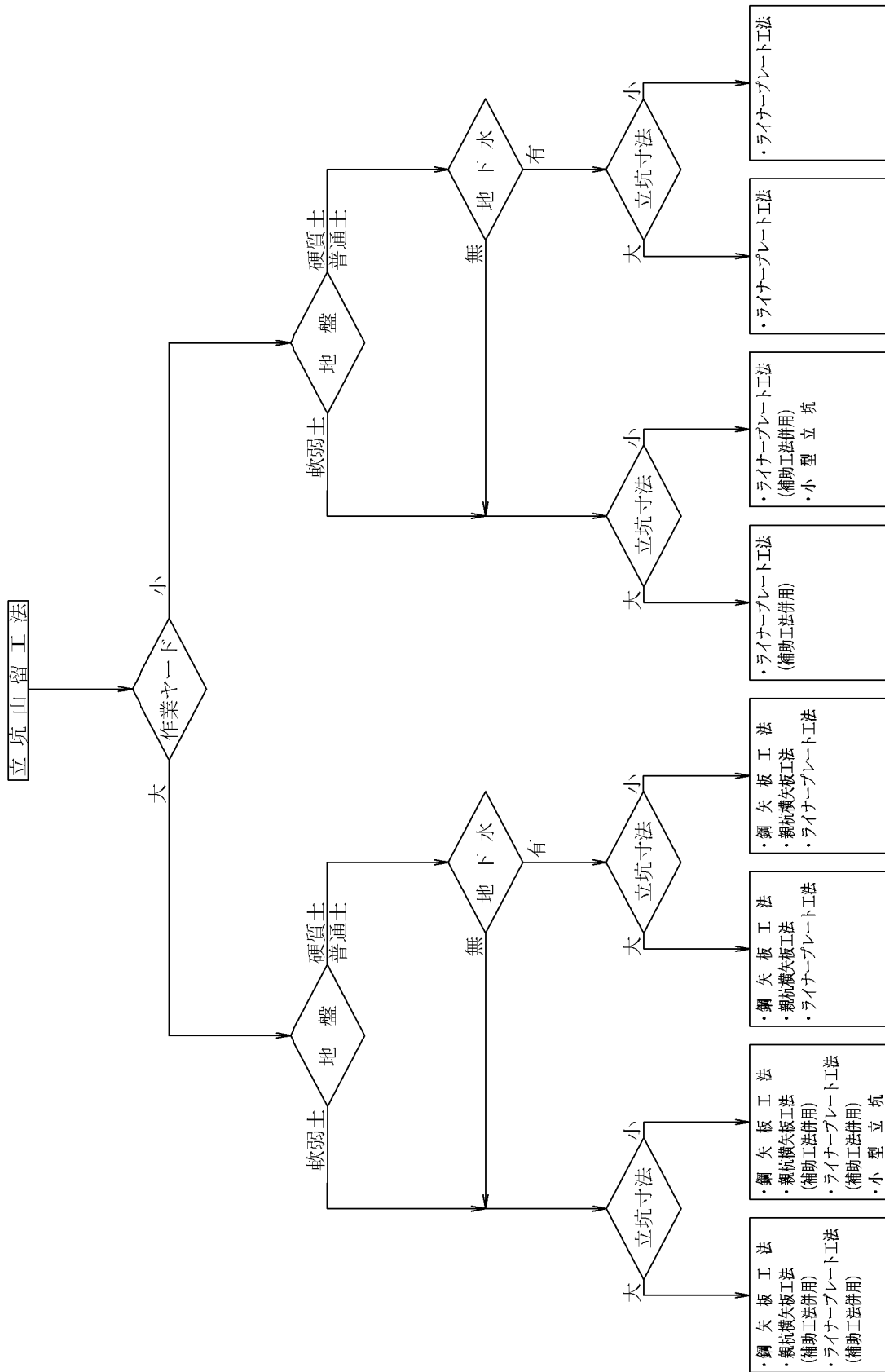


図2-8-3 推進立坑山留工法選定フローチャート

- ① 現場調査資料から、立坑の施工条件を整理する。
- ② 施工深度、施工ヤード、施工機械及び資材の搬入等により施工不可能な工法は除外する。止水性により不適当な工法も除外するが、補助工法により施工可能な場合は対象工法とする。
- ③ ②で選定した工法の中で、騒音、振動、地盤沈下等による周辺環境への悪影響が大きい工法は検討対象から除外する。
- ④ ③で選定した工法について経済比較を行う。
- ⑤ 周辺環境、経済性を総合的に判断して決定する。



1. 施工条件との関連

2. 地盤との関連

3. 地下水位との関連

4. 立坑寸法との関連

5. 施工可能な工法

図2-8-4 施工可能な工法選定フロー（立坑山留工法）

2-8-5 山留工の設計

- (1) 重要な仮設工事の山留工は、仮設計算を行い設計する。
- (2) 重要な仮設工事の山留工は、建設工事公衆災害防止対策要綱－土木編に準拠して設計を行う。
- (3) 山留工の設計は、慣用計算法により行う。
- (4) ライナープレート工法の山留工を採用する場合は、計算によって地山の自立を確認する。

【解説】

(1) について

建設工事公衆災害防止対策要綱－土木編－第6章－第42，第43により、工事区域の土質調査資料に基づいて設計計算を行う。

(2) について

重要な仮設工事の山留工の設計は、建設工事公衆災害防止対策要綱－土木編に準拠し、最小部材等は以下の条項に従う。

第46（親杭、鋼矢板等の根入れ）

第48（親杭横矢板）

第49（鋼矢板の寸法）

第50（腹起こし）

第51（切りばり）

(3) について

多くの指針、基準では、本指針で対象としている中・小規模の山留工は、慣用計算法で設計を行ってよいと定めていることから、山留工の設計は、慣用計算法により行うものとした。

慣用計算法は、各自治体、企業、学会で定められているが、そのうち一般的なもの、表2-8-4に示すとおりである。

表2-8-4

指 針・基 準	学会・企業名	制定（改定）年月
道路土工－仮設構造物工指針	日本道路協会	平成11年3月
トンネル標準示方書（開削工法編）	土 木 学 会	2006年
下水道管路施設設計の手引き	日本下水道協会	平成3年11月

このうち、「トンネル標準示方書（開削工法編）」は、比較的大規模な山留工を対象としており、本指針で対象としている中・小規模の山留工には必ずしも適しない。また、「下水道管路施設設計の手引き」は、「道路土工－仮設構造物工指針」をベースにしていることから、「道路土工－仮設構造物工指針」に準拠して仮設計算を行うものとする。

(4) について

ライナープレート工法のように、一時的に地山を開放する山留工を採用する場合は、掘削時の地山の安定を確認するため、ランキン・レザールの主働土圧式により地山の自立高さを計算する。

2-8-6 路面覆工の設計

- (1) 路面覆工は、「道路土工－仮設構造物指針」：日本道路協会（平成11年3月）及び「建設工事公衆災害防止対策要綱－土木工事編」：建設省（平成5年1月）に準拠し、十分な強度、剛性、安定性、耐久性を有するとともに通行の安全及び騒音に配慮して設計を行う。
- (2) 路面覆工の部材は、計算により決定することを原則とする。
- (3) 路面覆工の設計に当たっては、当該設置場所の管理者が必要と認める設計荷重及び主要材料の許容応力度等を用いなければならない。

【解説】

(1)について

路面覆工の設計は、山留工の設計との整合を図ることを考慮して、「道路土工－仮設構造物指針」：日本道路協会（平成11年3月）及び「建設工事公衆災害防止対策要綱－土木工事編」：建設省（平成5年1月）に準拠する。

(3)について

路面覆工は、仮設物ではあるが、工事場所の立地条件、規模等によっては、相当長期にわたり使用する場合もあり、さらに他の仮設物と異なり、その利用者が主として一般の通行者であり、その影響が大きいことなどから、これらに十分留意して設計荷重等の各種の数値を決定すべきである。

したがって、路面覆工の設計に当たっては、その当該管理者（例えば、道路上の覆工の場合は道路管理者）が必要と認める設計荷重又は施工時に作用する建設車両等の荷重のうちいずれか大きい値を用いるものとする。

2-9 補助工法

2-9-1 補助工法の目的

工事の施工は、土質条件や施工環境によって難易が大きく左右される。特に、地山が不安定で切羽の崩壊、地表面の陥没あるいは地盤沈下の恐れのある場合、又は近接する構造物、埋設物等の防護をする場合等には地盤改良を施し、地山の安定及び補強を図らなければならない。

【解説】

推進工法において立坑部では、土留め不連続部、支圧壁背面部、土留め平面部、底盤部等、また、推進部では、発進と到達部、構造物近接部、埋設物近接部、鉄道・河川横断部等での止水及び地盤強化を図る目的で補助工法を行う。

補助工法の採用にあたっては、土質、地下水、施工環境等の事前調査を行い各補助工法の特徴、過去の実績、経済性等、総合的な検討に基づき決定しなければならない。

補助工法には、次のような工法がある。

1) 地盤改良工法

①薬液注入工法

②攪拌混合工法

2) 地下水位低下工法

3) その他の工法

2-9-2 補助工法の選定

補助工法の選定にあたっては、使用目的、地盤条件、環境条件等を考慮したうえで、安全性、信頼性、経済性および工程等を検討し、適切な工法を採用しなければならない。

【解説】

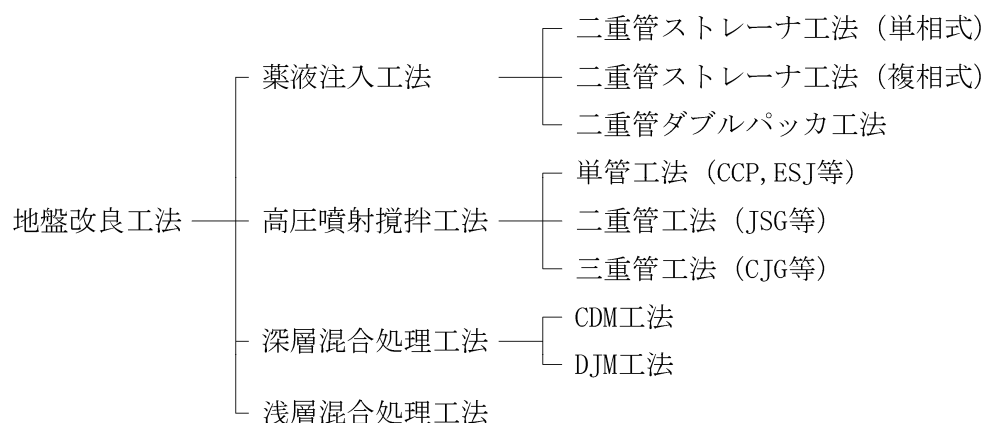
補助工法の選定にあたっては、掘削に伴う地盤、地下水および近接構造物等の挙動を事前に検討しておく必要がある。表2-9-1補助工法の使用目的と適用工法の例を示す。

表 2-9-1 補助工法の使用目的と適用工法の例

補助工法の使用目的	適用できる補助工法	補助工法による効果	対象地盤
ヒービング防止	生石灰杭工法 深層混合処理工法	地盤強度増加	粘性土
ポイリング防止	薬液注人工法 深層混合処理工法	透水係数の改善	砂質土
	地下水位低下工法	作用水圧の低減	砂質土
盤ぶくれ防止	薬液注人工法 深層混合処理工法	不透水層の造成 土留め壁との付着力増加	粘性土, 砂質土
	地下水位低下工法	作用水圧の低減	砂質土
	生石灰杭工法 深層混合処理工法	受働土圧の増加 地盤反力係数の増加	粘性土, 砂質土
土留め壁の応力および変形の低減	生石灰杭工法 深層混合処理工法	受働土圧の増加 地盤反力係数の増加	粘性土, 砂質土
土留め壁欠損部防護	薬液注人工法 深層混合処理工法 凍結工法	代替壁の造成 擬似壁体の造成	粘性土, 砂質土
止水, 遮水	薬液注人工法 深層混合処理工法 凍結工法	不透水層の造成	砂質土
既設構造物の変状等防護	深層混合処理工法 鋼矢板工法	緩衝壁の造成 遮断壁の構築	粘性土, 砂質土
掘削時のワーカビリティおよび トラフィカビリティの向上	生石灰杭工法 深層混合処理工法	地盤強度増加 掘削土の含水比の低下	粘性土
	生石灰杭工法	含水比の低下	

2-9-3 地盤改良工法の分類

地盤改良工法は、一般的に次のように分類され、地質や目的に応じて適切な工法を選定して採用されている。



【解説】

地盤改良は、主に推進工法用立坑の掘削構築を行う場合や推進部の発進と到達部、構造物近接部、埋設物近接部、鉄道・河川横断部等の止水及び地盤強化を目的に行われる。このため、地盤改良工も小規模なものが多く、一般的には薬液注入工が多用される。

2-9-4 薬液注入工法の設計

薬液注入工法は、図2-9-1のフローチャートに従い設計を行う。

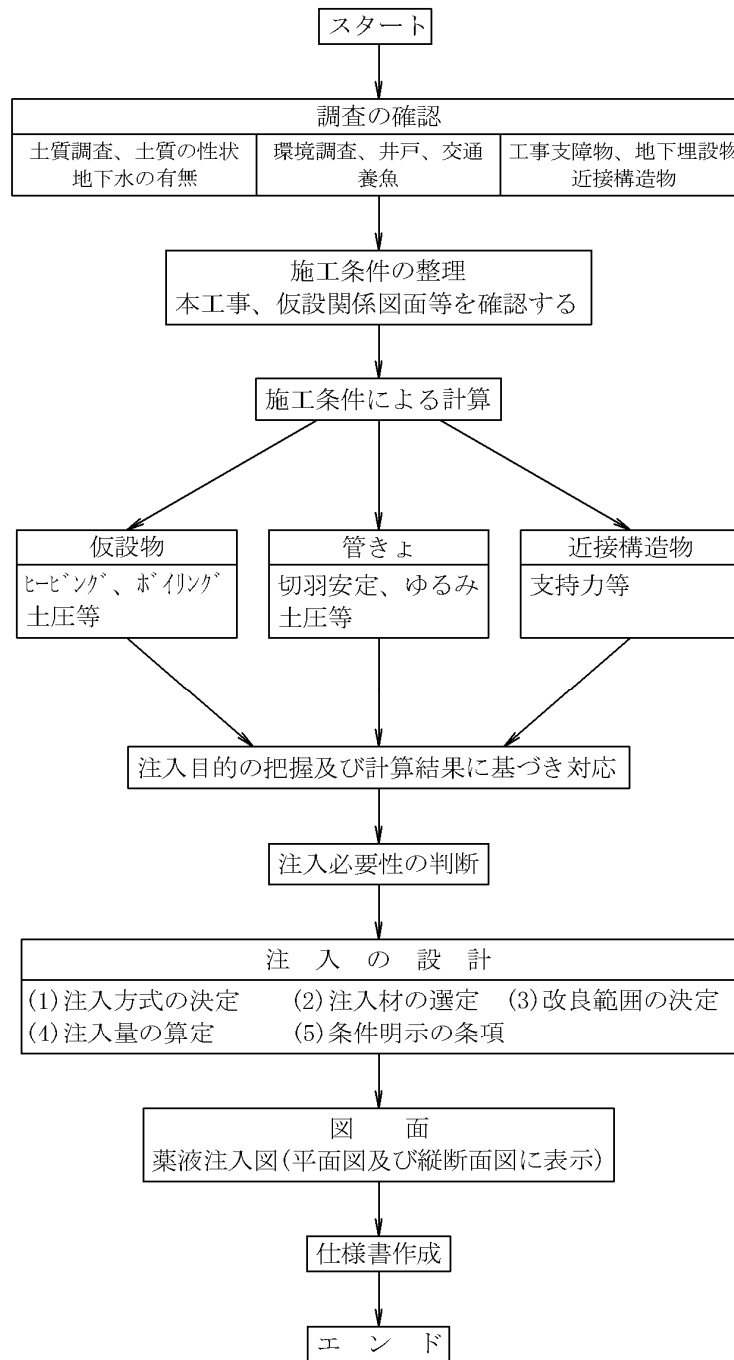


図2-9-1 作業手順フロー

「薬液注入工法設計・施工の手引き（平成17年3月）東京都都市計画局東京多摩地区下水道事業積算施工適正化委員会」より抜粋

【解説】

薬液注入工法の設計は、対象となる地盤の土質調査結果に基づいて行う。対象地盤の土質及び改良目的により必要となる土質調査項目は表2-9-2のとおりである。

表2-9-2 注入工事前土質調査項目一覧

		砂質土		粘性土
調査の項目	主な注入目的	透水(気)性の減少	地盤の強化	地盤の強化
	工事の目的	漏気の防止 土の透水性の減少 ボイリングの防止	シールドトンネル切羽の安定 建造物沈下の防止 地盤支持力の増強 土圧の軽減、切羽の安定 土砂トンネル切羽の安定	ヒービングの防止 建造物沈下の防止 地盤支持力の増強 土圧の軽減、シールドトンネル 及び土砂トンネル切羽の安定
記号				
原位置試験及び物理的性質	N 値	○	○	○
	透水係数	○	○	○
	地質柱状図	○	○	○
	単位体積重量(kN/m ³)	γ	○	○
	土粒子の比重	Gs	○	○
	間隙比	e	○	○
	飽和度	Sr	○	○
	粒径加積曲線		○	○
	自然含水比(%)	Wn	○	○
コンシステンシー	液性限界(%)	Wl		○
	塑性限界(%)	Wp		○
せん断特性	一軸圧縮強度(kN/m ²)	qu		○
	鋭敏比	St		○
	三軸圧縮強度(kN/m ²)	Cu		○
	粘着力(kN/m ²)	C		○
	内部摩擦角	φ	○	○
圧密特性	圧縮降伏応力(kN/m ²)	Pc		○
	圧縮指数	Cc		○
	圧縮係数(cm ² /d)	Cv		○

(注)1. 特殊土(例えば泥炭、埴土)、特殊地域(工場街、温泉、海岸付近)については、pH試験をする必要がある。

2. 貝がらの含有量の多い土層については、その含有率を調査すること。

2-9-5 薬液注入工法の選定

薬液注入工法は、注入目的、土質条件、環境条件等から、施工条件に適する工法を選定する必要がある。

【解説】

薬液注入工法の選定フローは、多摩地区における基準の統一化と設計者が容易に判断できるようにとの目的から、選定手順を整理し図2-9-2に示す。

本工法採用に当っては、建設省通達「薬液注入工による建設工事の施工に関する暫定指針」建設省技発第160号、昭和49年7月10日)に基づくとともに、土質、地下埋設物、地下水位等を十分考慮し、他の工法との適否を比較検討のうえ適用する。

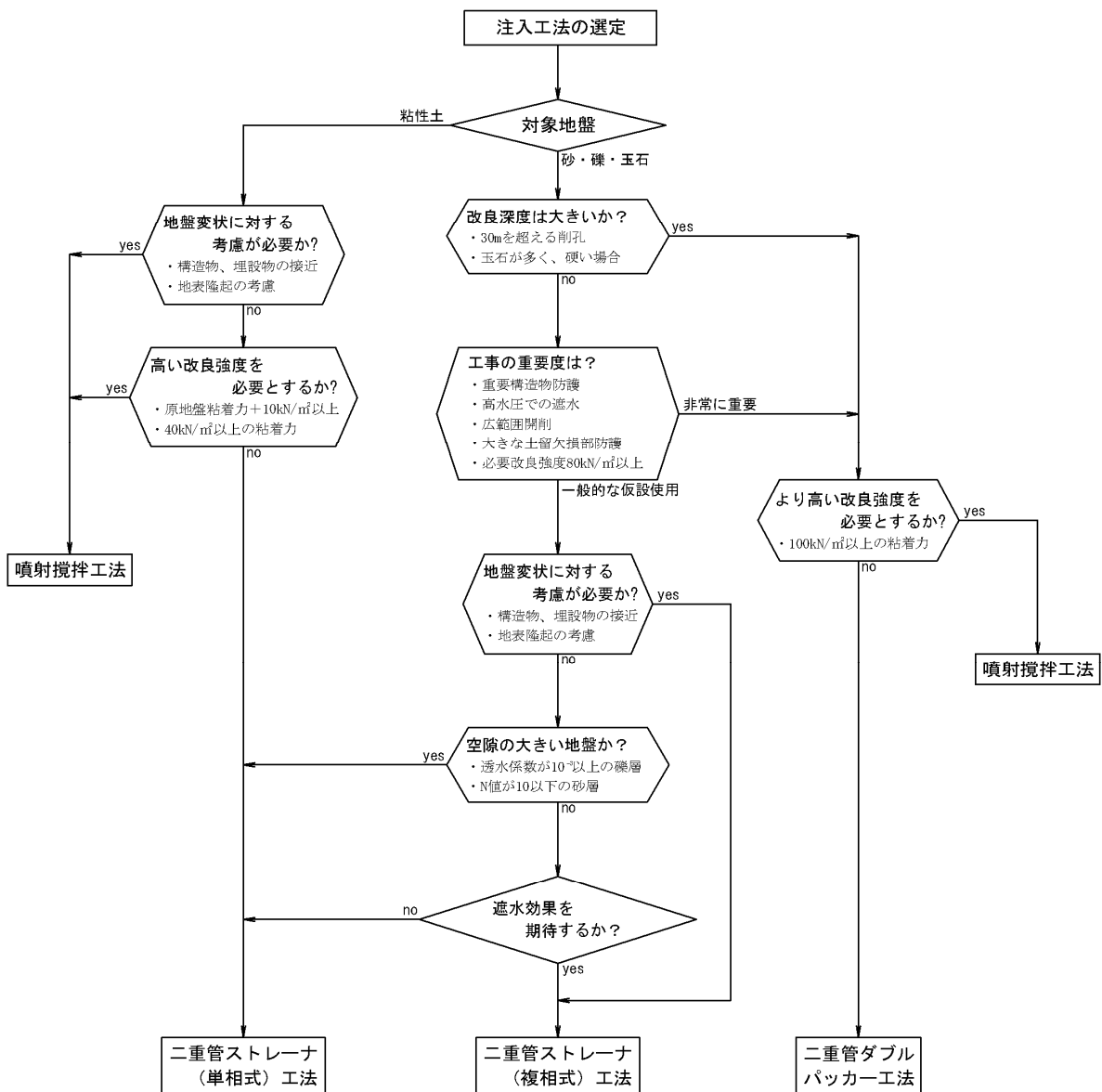


図2-9-2 薬液注入工選定フロー

「薬液注入工法設計・施工の手引き（平成17年3月）東京都都市計画局東京多摩地区下水道事業積算施工適正化委員会」より抜粋

二重管ストレーナ（単相式）工法について

二重管の先端部に特殊装置をセットしたロッドで削孔し、その管を用いて主として瞬結型薬液を注入する。ゲル化時間が短いため、逸走や地下水による希釈が少ないが、均質性に乏しく、地盤変状の可能性が高いため、近年ではほとんど使われていない。

二重管ストレーナ工法（単相式）

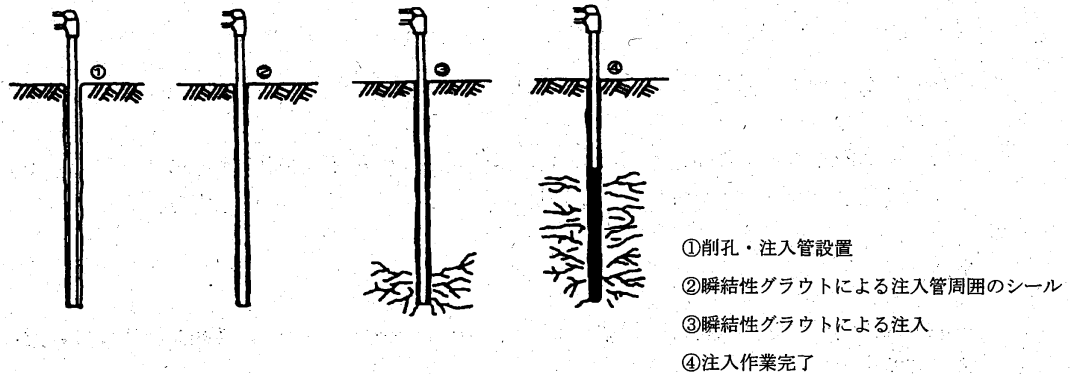


図2-9-3 二重管ストレーナー（単相式）工法の概要

二重管ストレーナ（複相式）工法について

先端部に特殊装置をセットした多重管ロッドで削孔し、その管を用いて瞬結型と緩結型薬液の併用注入を行う。全体的に信頼性が高く、地盤変状や周辺構造物、埋設物等への影響が比較的少ないため、近年行われている薬液注入は、ほとんどこの工法で施工されている。

二重管ストレーナ工法（複相式）

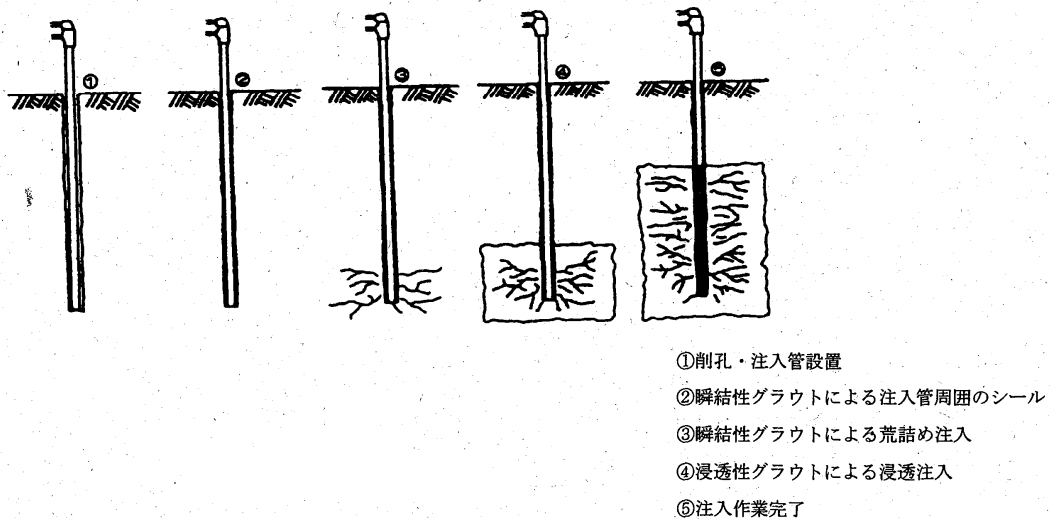


図2-9-4 二重管ストレーナー（複相式）工法の概要

2-9-6 改良範囲の決定

- (1) 薬液注入工の改良範囲は、土質条件、施工条件、周辺環境条件等を総合的に判断して決定するが、基本的には計算により求める。ただし、改良範囲は、最低1.5mとし、10cm単位の値とする。
- (2) 薬液注入後の土質定数は以下のとおりとする。

イ. 粘着力 (C)

地盤強化を目的とした地盤改良後の粘着力Cは、図2-9-5より算出する。

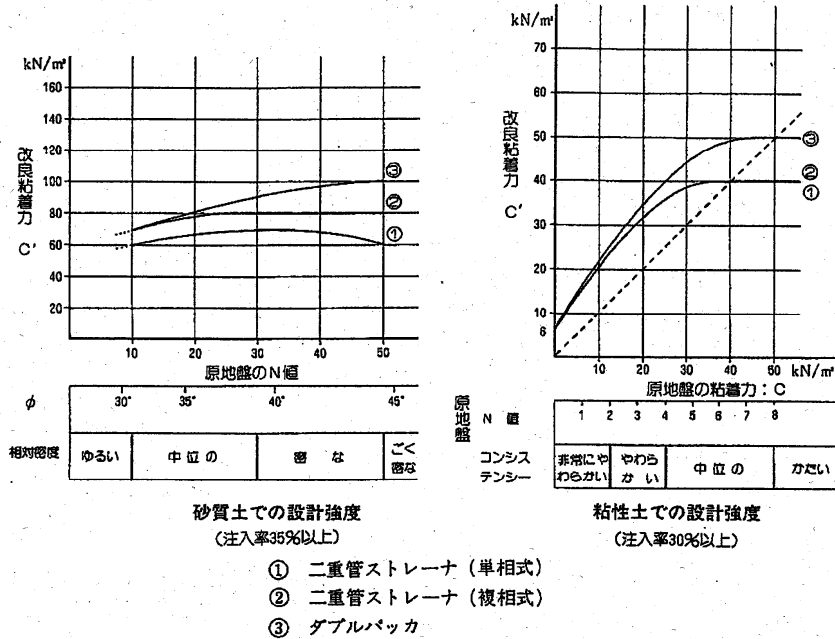


図2-9-5 薬液注入後の地盤の設計強度

ロ. 透水係数 (K)

砂質系地盤に止水を目的とした地盤改良後の透水係数Kは、 $K=1.0 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 以下とし、図2-9-6を参考とする。

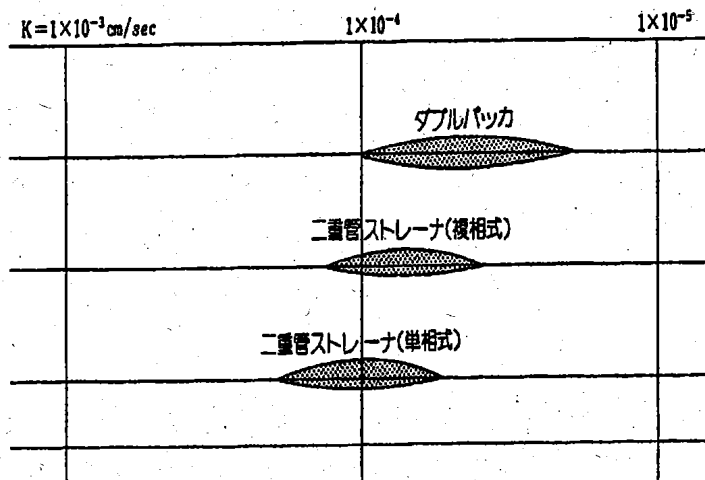


図2-9-6 工法と改良効果 (透水係数) の関係

【解説】

(1) について

改良範囲は、対象地盤の土質調査結果を参考に計算により決定する。薬液注入工の主な対象工種の改良範囲及び概略形状を表2-9-2、表2-9-3に示す。

表2-9-3 改良範囲の概略形状（立坑及び開削土留め工）

工 程	略 図		形 状 寸 法	検 討 方 法		摘 要
	平 面 図	断 面 図		底 部	側 部	
1. 鋼矢板工			t : 底部改良厚(計算)	a : ○ 粘性土:ヒービング ○ 砂質土:掃圧力		
2. H鋼横矢板工			B : 側部改良厚(計算、ただし最小改良厚さ1.5m) h : 改良部根入れ(≧1.5m) l ₂ : 地下水位以下または1.5m	ボーリングの起こる恐れがある場合は、ライナープレートと同様の検討を行う	B : 最小改良厚さ、1.5m	
3. ライナープレート工			B : 側部改良厚(計算、ただし最小改良厚さ1.5m) t : 底部改良厚(計算) l ₂ : 地下水位以下または1.5m	t : 掃圧力	B : 最小改良厚さ、1.5m	
4. 開削山留工			B : 側部改良厚(計算、ただし最小改良厚さ1.5m) h : 改良部根入れ(≧1.5m) l ₂ : 地下水位以下または1.5m	ボーリングの起こる恐れがある場合は、ライナープレートと同様の検討を行う	B : 最小改良厚さ、1.5m	
5. 山留欠損部			B : 側部改良厚(計算、ただし最小改良厚さ1.5m) h : 改良部根入れ(≧1.5m) b : ≧1.5m l ₂ : 地下水位以下または1.5m	土留め欠損部	B : 最小改良厚さ、1.5m	

表2-9-4 改良範囲の概略形状（管路部）

種別	略 図		形 状 寸 法	検 討 方 法			摘 要
	平 面 図	断 面 図		上 部	側 部	推 進 方 向	
1. 発進部、到達部			D : 管外径 b : 管の厚み $H_2 + b (H_2 = H_1)$: 下部改良厚(最小1.5m) B ₁ : 側部改良厚(計算) L : 掘進方向改良厚(計算)	H ₁ : $\geq 1.5m$ 塑性領域を求める計算式	B ₁ : テルツァギーのゆるみ土圧式	L : 村山理論による切羽安定計算	
2. 一般部(地下水なし)			D : 管外径 H ₁ : 上部改良厚(計算) b : 管の厚み B ₁ : 側部改良厚(計算) L : 対象範囲	同 上	同 上	同 上	
3. 一般部(地下水あり)			D : 管外径 H ₁ : 上部改良厚(計算) b : 管の厚み $H_2 + b (H_2 = H_1)$: 下部改良厚(最小1.5m) B ₁ : 側部改良厚(計算) L : 掘進方向改良厚(計算)	同 上	同 上	同 上	
4. 近接構造物防護	 <p>(大口径シールドの場合)</p>		D : 管外径 a : 改良厚	—	—	—	

注) 土被りが極めて大きい場合は別途考慮する。

2-9-7 注入量の決定

薬液注入工の注入量は、原則として土質試験により求められた間隙率を用いて算出する。

【解説】

薬液注入工の注入率は、土質試験により求められた間隙率から算出することを原則とするが、N値を元に表2-9-5から算出してもよい。

表2-9-5 二重管ストレーナー工法（複相式）工法注入率

二重管ストレーナー工法注入率表（複相方式）

土質	N値		間隙率 ρ (%)	水ガラス系	
				注入充填率 α (%)	注入率 (%)
粘性土	ゆるい～中位	0～4	70	40	28.0
	中位～硬い	4～8	60	40	24.0
砂質土	ゆるい～中位	0～30	45	90	40.5
	中位～締った	30以上	35	90	31.5
砂レキ土	ゆるい～中位	0～50	40	90	36.0
	中位～締った	50以上	35	90	31.5

【解説】

- (1) 上表のN値は参考値であるので、注入率の決定に当っては、原則として間隙率から求める。
- (2) 上表の間隙率（ ρ ）は標準値であるので、土質調査の結果別途定めることができる。なお、その場合の充填率は比例配分とする。
- (3) 腐植土、埋土については別途考慮する。
- (4) 瞬結性、浸透性の薬液の注入比率は次表を標準とする。
なお、土質条件に合わせて別途考慮することができる。

瞬結材と緩結材との注入比率は、表2-9-6を参考に定めてよい。

表2-9-6 二重管ストレーナー工法（複相式）工法注入比率表

二重管ストレーナー工法注入比率表（複相方式）

土質	瞬結材：緩結材	適用
粘性土	1：0 1：1	目的（止水・地盤強化）により選定する。
砂質土	1：1～2 1：2～3 1：3～4	ゆるい N値 0～10 中位 N値 10～30 締った N値 30～
レキ質土	1：0.5 1：1～2	細粒分が少ない場合 細粒分が多い場合または止水を目的とする場合

備考 上記の注入比率は標準比率とするが、土質条件等でこれにより難しい場合は、別途考慮する。

2-9-8 プラント設備の計画

注入プラントは、注入箇所現場状況や注入日数を勘案して、固定プラントと移動プラントを選択する。

【解説】

注入プラントには、固定プラントと移動プラントがある。プラントの設置場所が確保できなかつたり、注入工事期間中に定置しておくことが不可能な場合、および注入日数が比較的短い場合(15日程度まで)には、移動プラント(車上プラント)を計画する。

1) 固定プラント

注入時に使用する機械は、注入剤を製造するための装置を除けば、削孔時に使用する装置とほとんど同じである。

標準的な注入設備：2～4セット

プラント用地：50～100㎡

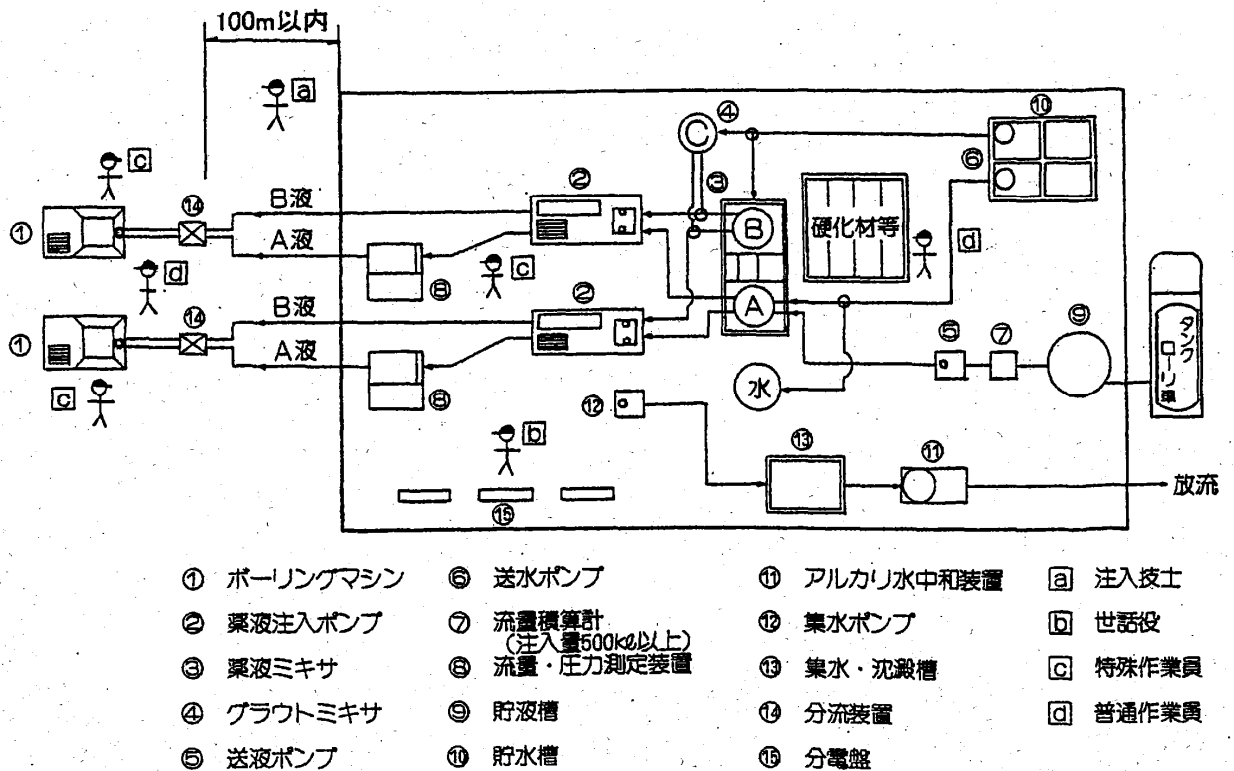
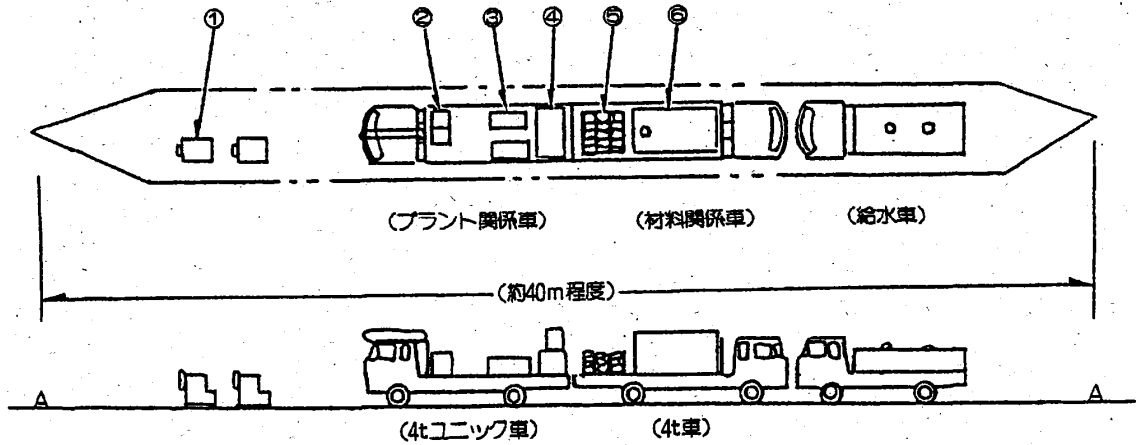


図2-9-7 二重管ストレーナー工法(複相式)工法プラント配置図(固定2セット)

2) 移動プラント

移動プラントは、トラックの荷台を利用した車上プラントが一般的である。車上プラントの仕様は、施工条件により異なるが一般の施工条件とした場合の概略の配置を示す。



- | | | |
|-------------|-----------|----------|
| ① ボーリングマシン | ③ 薬液注入ポンプ | ⑤ 硬化材・助剤 |
| ② 流量・圧力測定装置 | ④ 薬液ミキサ | ⑥ 貯液槽 |

- 注) ○ 施工位置に配電設備がない場合には、発電機が必要となる。
 ○ 施工位置に給水設備がある場合には、給水車が不要となる。

図2-9-8 二重管ストレーナー工法（複相式）工法プラント配置図（移動）

2-9-9 現場注入試験及び効果確認

薬液注入工事の施工に当たっては、あらかじめ注入計画地盤又はこれと同等の地盤において設計どおりの薬液の注入が行われるか否かについて調査を行う。

【解説】

薬液注入工事の施工にあたっては、あらかじめ注入計画地盤又はこれと同等の地盤において、薬液の注入範囲、注入量等が設計どおり注入されることを確認するため、現場注入試験を行う。大規模な注入工事(注入薬液の量500kl以上)の場合、附近に飲用水源がある場合、地盤の土質が複雑な場合、又は透水係数が大きく地下水が豊富な場合には必ず実施しなければならない。又、全注入量が20kl以下の場合、監督員と協議の上、省略してよい。

現場注入試験では、注入箇所土質試験、水質試験を実施したうえ、注入圧、注入量、注入速度等の試験を行うものとする。また、本工事の最初の部分を充分注意して注入試験に用いてもよい。

効果の確認方法としては、表2-9-7に示すものがあるが、どの確認方法によっても必ずしも万全ではないので、数種類の方法を組み合わせ実施するとともに、各試験方法とも複数の場合で行うことが望ましい。

表2-9-7 一般的な効果の確認方法

区分	項目	方法	適用範囲	頻度
目視による方法	掘削による確認	掘り出した試験体によって確認する。	掘削可能な立坑内等。	○
	色素判別法	あらかじめ注入材に色素を混入又は試験薬を散布する。	同上	△
透水性の確認	現場透水試験	現場透水試験により透水係数を求める。	止水を目的とする。	◎
強度の確認	標準貫入試験	N値を測定して強度を確認する。	強度の増加と傾向を把握する。	◎
	室内強度試験	サンプリングを行って一軸、三軸試験を行い強度を確認する。	強度の変化や粘着力の数値を求める。	○

◎十分な確認可能(実績多し) ○ケースによっては確認可能 ▲技術の進歩によりケースによっては確認可能 △実績あり

2-9-10 水質監視

薬液の注入による地下水及び公共用水域等の水質の汚濁を防止するため、薬液注入箇所周辺の地下水及び公共用水域の水質汚濁の状況を監視しなければならない。

【解説】

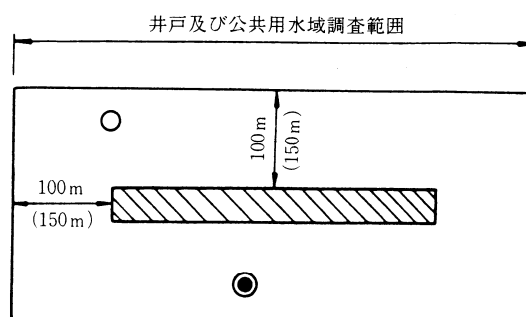
(1) 井戸及び公共用水域調査

地下水及び公共用水域等の水質を監視し、汚濁を防止するため、次の調査を行う。

- ① 井戸の分布（位置）、深さ、構造、使用目的及び使用状況
- ② 河川、湖沼、海域等の公共用水域及び飲用のための貯水池並びに養魚施設（以下「公共用水域」という。）の位置、深さ、形状、構造、利用目的及び利用状況
- ③ 調査範囲

関東ローム層相当の地質 周囲100m以内

砂礫層相当の地質 周囲150m以内






-  : 改良範囲
-  : 井戸（未使用）
-  : 井戸（使用中）……飲料水試験を行う。

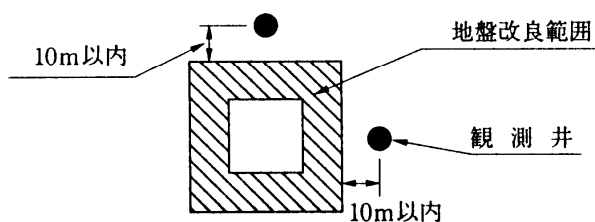
図2-9-9 井戸及び公共用水域調査範囲

(2) 地下水調査

薬液注入箇所及びその周辺の地域の地形及び地盤の状況、地下水の流向等に応じ、監視の目的を達成するため必要な箇所について選定する。この場合において、注入箇所から10m以内に少なくとも数箇所の観測井を設けて採水する。観測井の設置深さは、改良深さ+1.0mとする。状況に応じて既存の井戸を利用しても差し支えない。

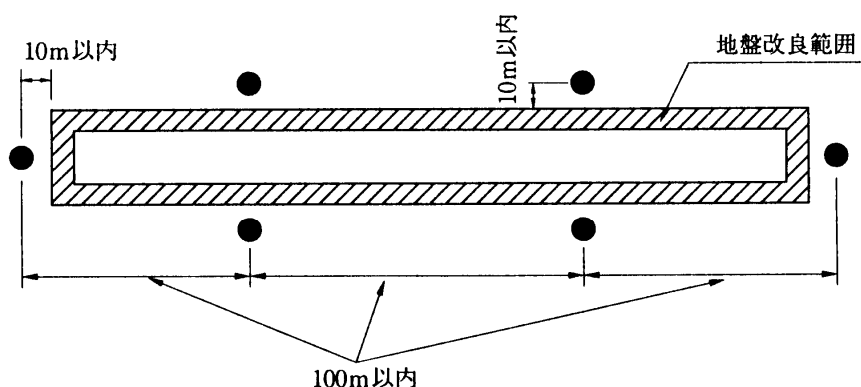
公共用水域については、当該水域の状況に応じ監視の目的を達成するため、必要な箇所に採水地点を設けて行う。

1. 立坑等の場合（注入延長が50m程度）



注：地下水の流水の方向を考慮して位置を決定する。

2. 注入延長が長い場合



- (1) 本図の観測井の設置数は、有機物を含まない注入剤を使用した場合であり、有機物を含む注入剤を使用した場合は、10m以内に2箇所（片側分）設置するものとする。
- (2) 改良範囲の延長が長い場合は、100m間隔に1箇所を標準とするが100m以内であっても地層が大きく変化する場合は、この限りでない。

図2-9-10 観測井の設置箇所

(3)水質監視

水質監視の結果、水質の測定値が水質基準に適合していない場合または従来の測定値から適合しないと予測される場合には、直ちに工事を中止し、必要な処置をとらなければならない。この場合の必要な処置とは、個別の事例により定めるべきであるが、例えば水質基準に適合しない井戸については、適切でない用途に使用しないようにその使用者に要請し、必要に応じ代替処置を講じ、また注入工法を再検討し、必要に応じて土質調査を追加して実施し、それらに基づいて工法の改善を図るなどの措置をとることである。

3-1)水質検査

観測井から地下水を採取し表2-9-8,表2-9-9に基づき検査する。

表2-9-8 検査項目及び検査基準

薬液の種類		検査項目	検査基準	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの	水素イオン濃度(PH)	水質基準に関する省令(昭和53年厚生省令第56号以下この表において「厚生省令」という)または日本工業規格K0102に定める方法	PH値8.6以下(工事直前の測定値が8.6を超えるときは、当該測定値以下)であること。
	{溶液形(A)} {懸濁液形}			
	有機物を含むもの {溶液形(B)}	水素イオン濃度(PH)	同上	同上
		過マンガン酸カリウム消費量	厚生省令に定める方法	10ppm以下(工事直前の測定値が10ppmを超えるときは、当該測定値以下)であること。

表2-9-9 採取回数及び検査回数

	注入工事前	注入工事中	注入工事完了後2週間	注入工事完了後6ヶ月間
専門機関委託	1回	10日に1回	2週間後に1回	30日に1回
現場試験	日を変えて2回	毎日1回以上	毎日1回以上	15日に1回

3-2) 排水検査

公共用水域に放流する場合は、放流期間中（注入開始から水替日数まで）排水箇所ごとに表2-9-10, 表2-9-11に基づき検査する。

表2-9-10 検査項目及び検査基準

薬液の種類		検査項目	検査基準	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの {溶液形(A) 懸濁液形}	水素イオン濃度(PH)	日本工業規格K0102に定める方法	排水基準を定める総理府（現内閣府）令(昭和46年総理府（現内閣府）令第35号)に定める一般基準に適合すること。
		水素イオン濃度(PH)	同上	同上
	有機物を含むもの {溶液形(B)}	生物化学的酸素要求量または化学的酸素要求量	日本工業規格K0102に定める方法	排水基準を定める総理府令に定める一般基準に適合すること。

表2-9-11 採取回数及び検査回数

	注 入 工 事 中	注入工事完了後6ヵ月間
専門機関委託	15日に1回	30日に1回
現場試験	毎日1回	15日に1回

3-3) 飲料水試験

井戸分布調査区域内に既設の井戸があり飲用に利用している場合は、表2-9-12, 表2-9-13に基づき検査する。

表2-9-12 飲料水試験に定められた試験項目(抜粋)

指 標	試験方法	水質基準	備 考
大 腸 菌	水質基準に関する省令（昭和53年厚生省令第56号）に定める方法	検出されないこと。	水道法第4条第1項第1号に掲げる要件
亜硝酸性窒素		10mg/l以下であること。	
硝酸性窒素		200mg/l以下であること。	
塩素イオン		10mg/l以下であること。	
有機物等(過マンガン酸消費量)		5度以下であること。	水道法第4条第1項第6号に掲げる要件
色 度		2度以下であること。	
濁 度			

注)水質基準は、「水道施設基準」：(社)日本水道協会1990年度版から抜粋

表2-9-13 採取回数及び検査回数

	注入工事前	注入工事完了後2週間以内	注入工事完了後30日経過後
専門機関委託	1回	1回	1回

2-10 マンホールポンプ施設

2-10-1 適用範囲

- (1) マンホールポンプの適用範囲は、下記のとおりとする。
- (2) ポンプの口径は、設置個所の条件により最も効率のよい口径を選定すること。
- (3) マンホールの種類は、3号以上を原則とする。
- (4) 計画時間最大汚水量は $3\text{m}^3/\text{min}$ 程度以下を原則とする。
- (5) ポンプの最大容量は、1台当たり22kW以下とする。

【解説】

(2)について

マンホールポンプについては、マンホールポンプへの流入量（流入件数）、全揚程等を考慮し最も効率のよい口径を採用すること、ポンプ形式については異物通過径率が大きく詰まりにくい水中汚水汚物ポンプとし、マンホールポンプにて使用されることを考慮された形式とする。

(3)について

組立マンホールの形状については、維持管理上3号マンホール以上を原則とする。

維持管理上とは、槽内清掃の効率化、また、停電等で揚水が不能となった場合においてもある程度の時間、貯留可能な容積を確保するためである。

(4)について

マンホールポンプ施設は、小規模下水を対象にした施設で、その適用規模はマンホール有効貯留容量、受電容量、維持管理等を考慮し決定する。

本設計指針ではこれまでの使用実績等を踏まえ、最大適用規模を原則として計画時間最大汚水量で $3\text{m}^3/\text{min}$ 程度以下とする

(5)について

並列運転でも低圧受電の範囲になるようにポンプ最大容量は、1台当たり22kWとする。

2-10-2 施設の計画

マンホールポンプの計画は、次の各項を考慮して定める。

- (1) マンホールポンプ施設の計画に当たっては、長期的な視野に立ち、計画の合理性及び経済性について十分検討するものとする。
- (2) マンホールポンプ施設は、設備の簡素化を図るとともに、維持管理に配慮した計画とする。
- (3) マンホールポンプ施設には、揚水ポンプ場と圧送ポンプ場がある。

【解説】

(1)について

マンホールポンプ施設は、効率的な下水道整備を図るため積極的に活用するもので、汚水収集システム全体の合理性、経済性について十分勘案し、効果的に計画することが必要である。

マンホールポンプ施設の計画に当たっては、汚水の逆流や溢水による事故が発生しないよう、安定した汚水収集システムを構築するために上流及び下流の排水システム全体の把握が必要である。

また、ウォーターハンマ対策が必要となる場合には、ポンプにフライホイールを付加する方法、あるいは圧送距離を短くしてウォーターハンマが発生しないよう計画するのが望ましい。

(2)について

マンホールポンプ施設は、設備の省略や簡素化によって維持管理の負担を軽減することを基本方針としている。したがって、設備は、機能的に最小限のものに留めた施設とする必要がある。

また、マンホールポンプ施設は、組立マンホール自体が沈砂池、ポンプ井、スカムピットのそれぞれの機能を果たすものである。

このため、マンホール内部の清掃は、必要に応じて行うことを前提とし、これを考慮した形状及び配置とする。特に公道下に設ける場合は、清掃を考慮してマンホールポンプは道路の歩道側に設置することが望ましい。

(3)について

①揚水ポンプ場

比較的平坦な地形に管路を布設する場合、管路が長くなると所定の勾配によって埋設深さが著しく深くなり、非常に不経済となる。したがって、適当な位置で揚水して管路を浅くする必要がある。このような場合を揚水ポンプ場という。

揚水ポンプ場の配置及び位置の選定に当たっては、その系統の建設費及び維持管理費を十分に比較検討する必要がある。

揚水ポンプ場の大きな特徴は、送水管路が極めて短く、全揚程は比較的小さく、その大半は実揚程によって占められている。(図2-10-1参照)

一般的に流量よりポンプ吐出水量が大きくなるので、揚水ポンプ場の下流の管路にはポンプ吐出水量の汚水が流下する。したがって下流の管路の設計は、ポンプ吐出水量を考慮する必要がある。

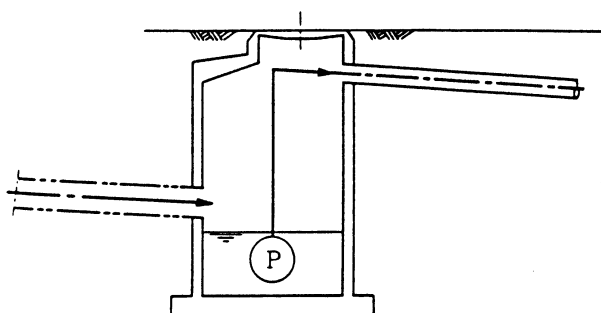


図2-10-1 揚水ポンプ場の例

② 圧送ポンプ場

比較的起伏の大きい地形を対象として管路を布設する場合、低地から高地へ汚水を圧送する必要が生じたり、また、自然流下では管路延長が長くなり、至近距離をポンプ圧送した方が効率的である場合などがある。

このために汚水を必要な位置まで圧送する場合を圧送ポンプ場という。

全揚程は、実揚程に送水管路の損失水頭が加算されるので比較的大きな値となる。（図2-10-2, 図2-10-3参照）

圧送ポンプ場の場合も揚水ポンプ場と同様に、自然流下の管路設計にはポンプの吐出水量を考慮する必要がある。

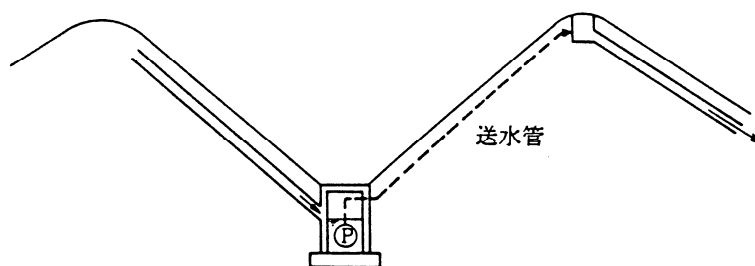


図2-10-2 圧送ポンプ場の例

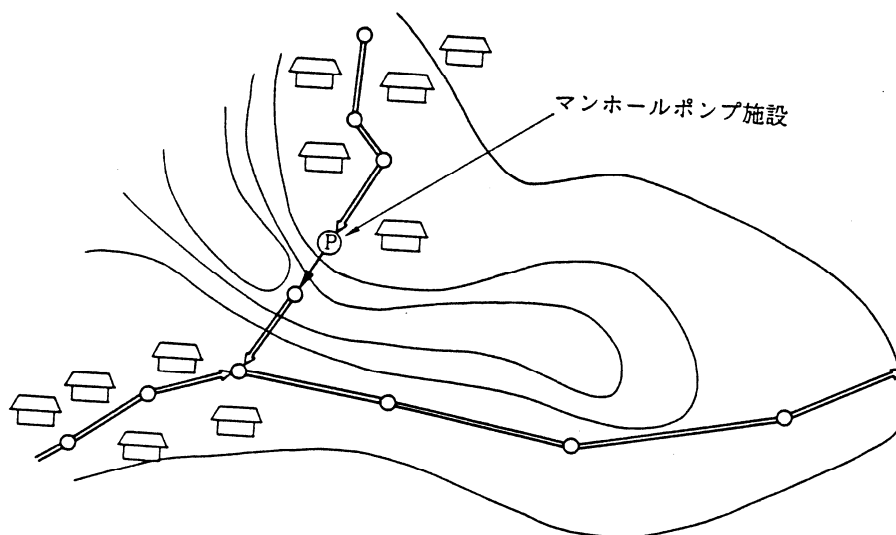


図2-10-3 地形の例

2-10-3 施設の構造

マンホールポンプ施設の構造は、次の各項を考慮して定める。

- (1) マンホールポンプ施設は、ポンプ設備と電気設備及び組立マンホールから構成される。
- (2) 組立マンホールポンプの形状は、円形とし、ポンプの口径とマンホールサイズ及びマンホール蓋の大きさを規定する。
- (3) 組立マンホールは、上載荷重及び土圧、水圧に対して安全であり水密性を有するものとする。
- (4) ゲート、スクリーン設備及び沈砂池は、設置しない。

【解説】

(1) について

マンホールポンプ施設は、ポンプ設備、電気設備及び組立マンホールとから構成される。

また、ポンプ設備は着脱式水中汚水ポンプなどから成る。(図2-10-5, 図2-10-6参照)

(2) について

マンホールポンプ施設の構造、形状は、計画汚水量、組立マンホールの容量、深さ、ポンプの口径及び配置の方法を考慮して決定する。

ポンプの吐出水量は、1台運転にて計画汚水量を揚水することを原則として決定する。

(3) について

組立マンホールの構造は、設置する条件に応じた十分な強度・水密性を有するものとする。

また、マンホール内のスカム発生防止のため、マンホール底部に予旋回槽・釜場等を設ける構造とする。

(4) について

ゲート設備は、下記理由により設置しない。

- ① マンホール内には、水中ポンプ駆動用電動機(乾式水中型誘導電動機)の他に電気設備が無く、ポンプ槽が冠水した場合でも機器などへの支障がない。
- ② 水中ポンプ形式は、着脱式を原則とするため、流入汚水を止水せずにポンプの補修・点検等が行える。
- ③ 流入汚水を止水する必要が生じた場合でも止水栓などでの対応が可能である。

スクリーン設備は、下記理由により設置しないが、大型きょう雑物等を除去するため図2-10-4に示すように、簡易かごを設置する。

- ① 閉塞しにくいタイプのポンプを採用している。
- ② 設置スペースがない。

また、沈砂池は設けず、マンホール内に堆積した土砂及びスカムについては、高圧洗浄・バキュームにより定期的に清掃及び除去を行うこととする。

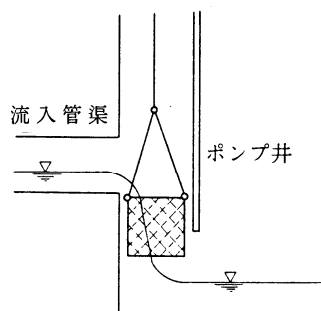


図2-10-4 簡易かごの設置例

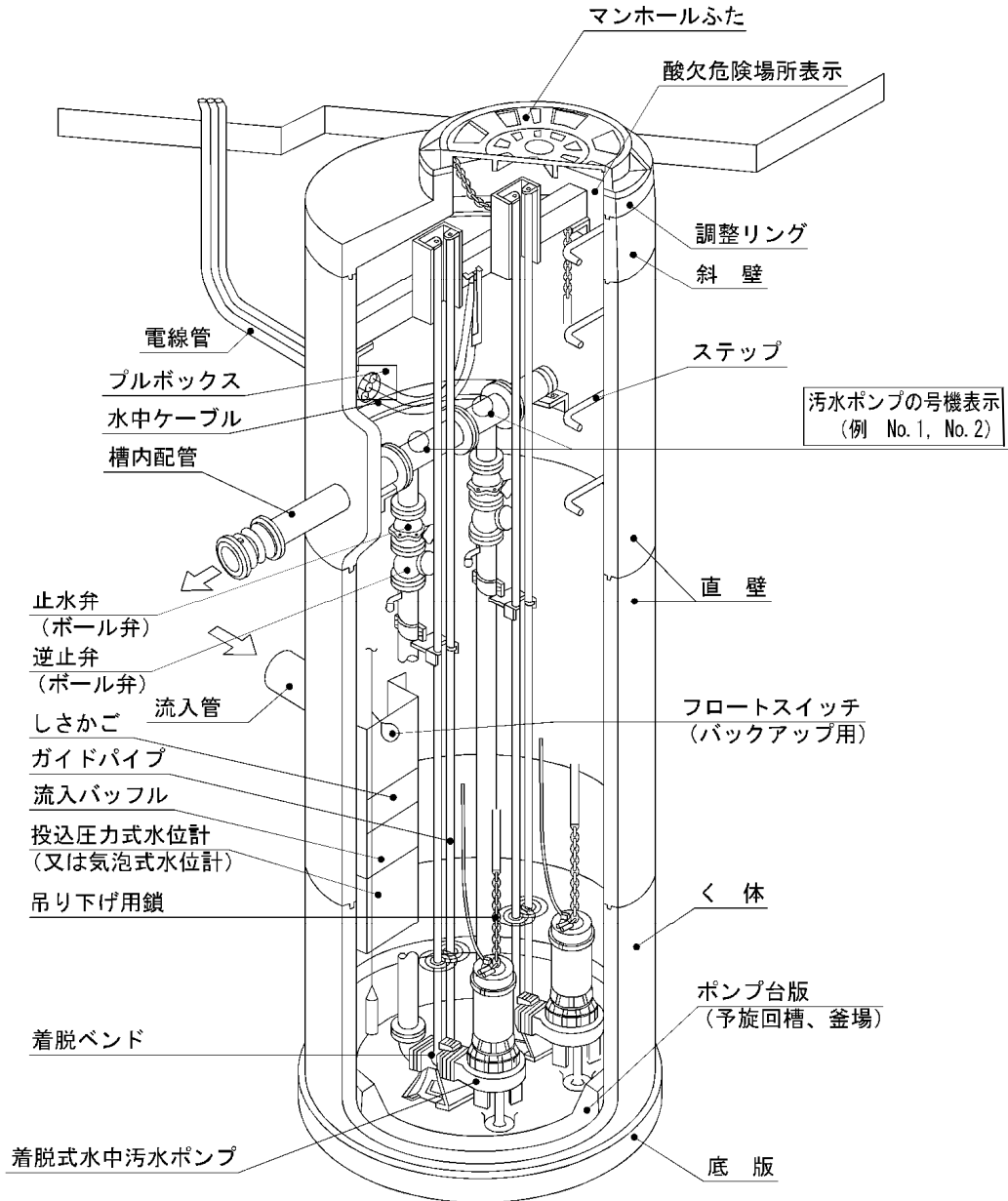


図2-10-5 マンホールポンプ施設の構成例

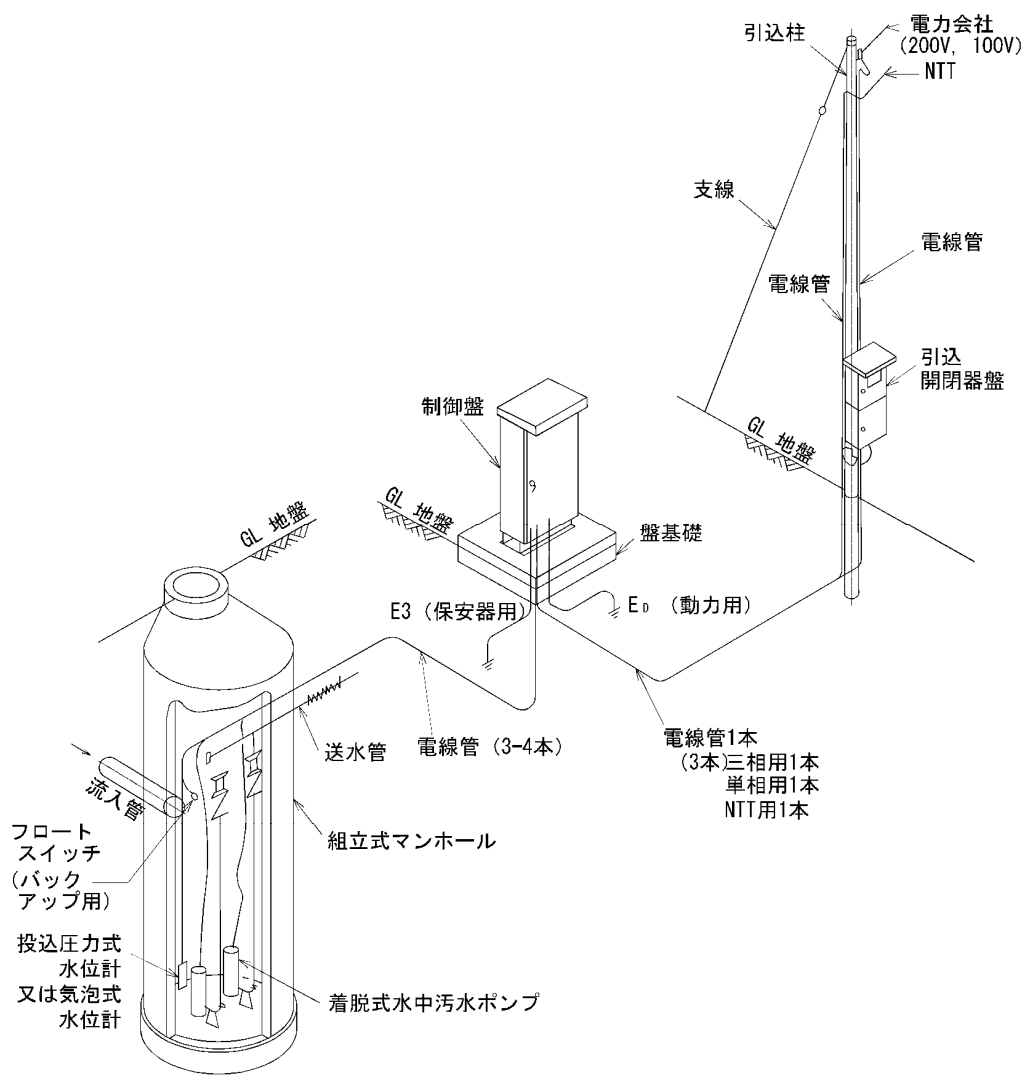


図2-10-6 ポンプ設備及び組立マンホールの構成例

2-10-4 施設の設計手順

マンホールポンプ施設の設計手順は、次の項目について行う。

- (1) ポンプ設備
- (2) 電気設備
- (3) 組立マンホール

【解説】

(1) ポンプ設備の設計手順は、図2-10-7に示すとおりである。

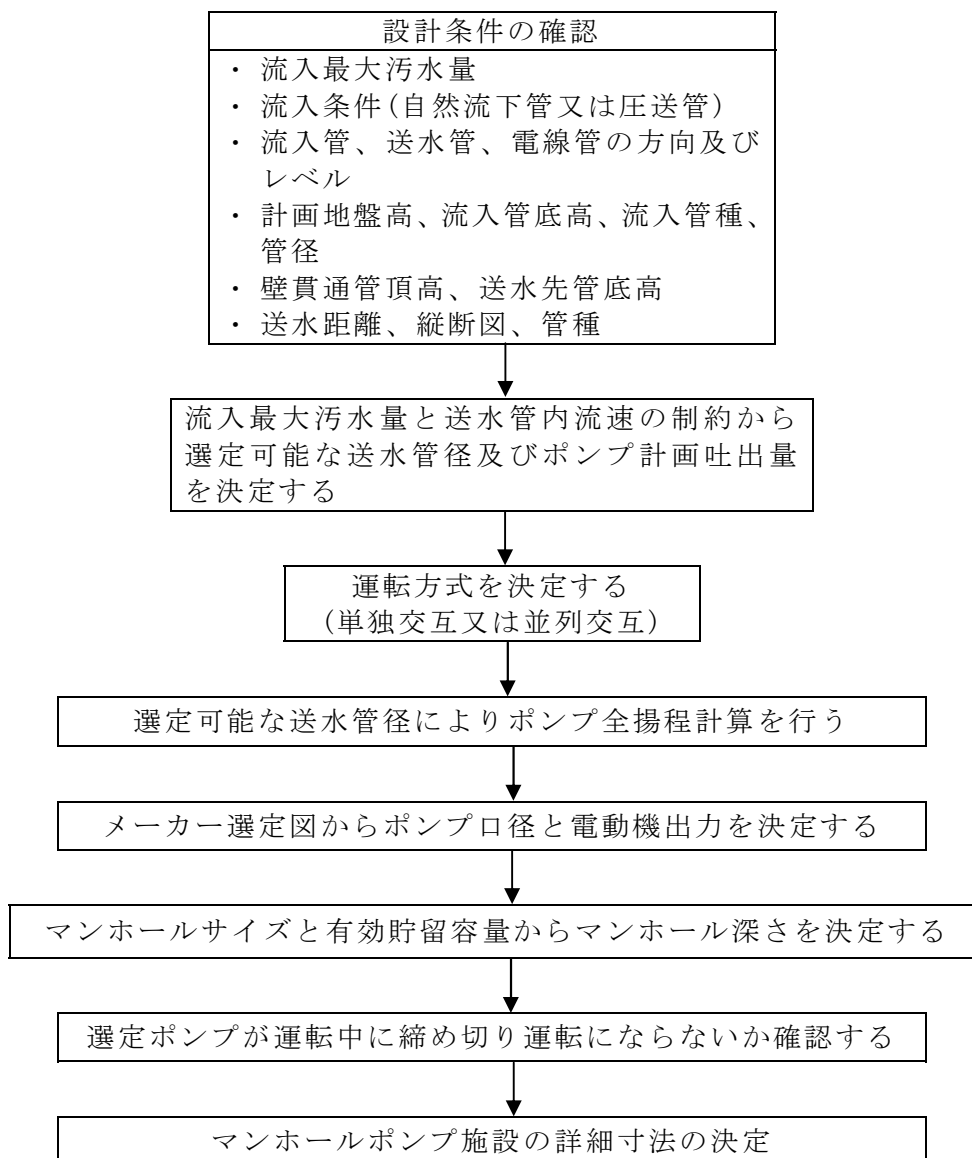


図2-10-7 ポンプ設備の設計手順

(2) 電気設備の設計手順は、図2-10-8に示すとおりである。

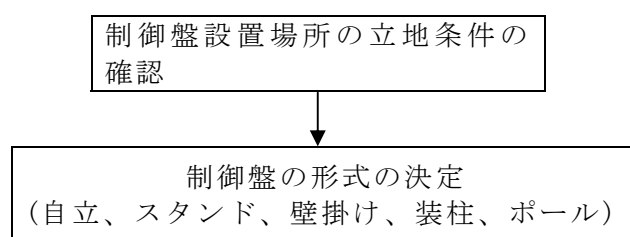


図2-10-8 電気設備の設計手順

(3) 組立マンホールの設計手順は、図2-10-9に示すとおりである。

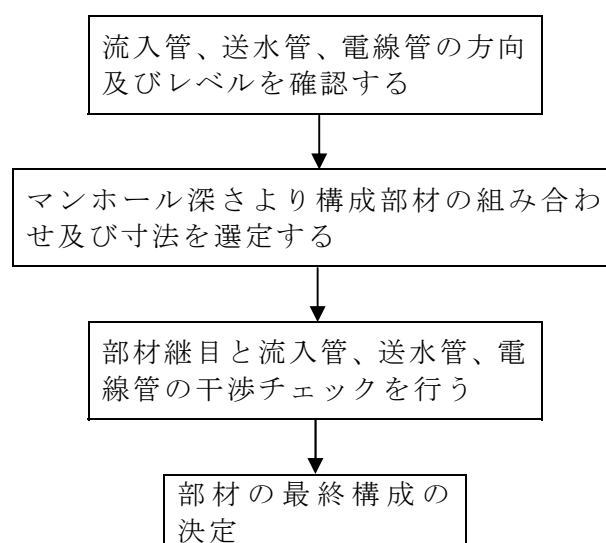


図2-10-9 組立マンホールの設計手順

2-10-5 ポンプ設備の設計

ポンプ設備の設計に当たっては、次の点に留意する。

- (1) 1台当たりのポンプ容量は、原則として、計画汚水量とする。ただし、計画汚水量の少ない場合は、最小口径ポンプの能力を考慮しポンプ容量を決定する。
- (2) ポンプ口径については、適正な能力計算により決定する。
- (3) ポンプは、原則として着脱式水中ポンプを使用する。
- (4) ポンプは、マンホールポンプに使用されることを前提としたものを、原則として使用する。
- (5) ポンプ台数は予備を含め2台とし、同一口径ポンプの組合せとする。
- (6) ポンプの運転制御方式は、水位による自動運転とし並列交互運転とする。

【解説】

(1) について

マンホールポンプ施設は、自然流下・圧送併用方式下水輸送システムにおける汚水中継ポンプ施設である。ポンプ吐出量が、マンホール内への汚水流入量より小さいと、マンホール内水位が上昇し、マンホール蓋から汚水が溢れる等のトラブルが発生する。

このようなトラブルを発生させないようポンプ吐出計画量は、マンホールへの最大汚水量以上とする。マンホールへの流入汚水は、おおむね下記の2とおりに分けられる。

① 流入管が自然流下管路の場合

計画吐出量は、流入管路内を自然流下してきた汚水のマンホール流入直前における汚水量以上とする。一般には、計画最大汚水量とする。

② 流入管が圧送管路の場合

流入上流側の圧送ポンプ(マンホールポンプ施設)が存在する場合で、計画吐出量は圧送ポンプの送水量以上とし、上流側を十分検討の上定める。

(2) について

マンホールポンプにはスクリーンが無く、種々のきょう雑物を汚水とともにポンプにより送水する。ポンプ形式により異物の通過粒径は異なり、ポンプ口径が大きいほど通過粒径が大きくなるが、しさがごの設置により大型の異物は取り除かれるためポンプ口径は流入量及び、実揚程により適正に決定すること。

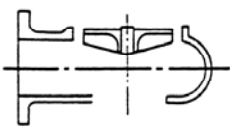
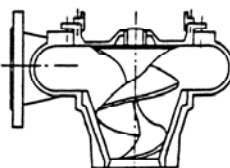
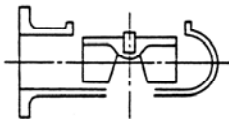
(3)について

マンホールポンプは、家庭から排出される生活污水等を圧送するもので、日常点検・定期点検を実施することによりその機能を維持しなければならない。したがってポンプは地上に引き上げられる着脱式構造とする。

ポンプには、ボルテックスタイプ、吸込みスクリー付きタイプ、ノンクログタイプがありそれぞれの特徴を表2-10-1に示す。

町田市では、ポンプは、閉塞しない型式とし、異物通過径率の大きいものとする。

表2-10-1 水中汚水・汚物ポンプのタイプ別特徴

タイプ 項目	ボルテックスタイプ	吸込みスクリー付タイプ	ノンクログタイプ
構造概要			
利点	浄化槽の原水用、汚泥移送用に設計されたポンプであり、摩耗物及び繊維質のきょう雑物を含む汚物に適している。 (ノンクログタイプよりさらに大きな通路面積を確保している。)	一枚羽根を有する汚物用ポンプであり、通路面積が広いにもかかわらず比較的高効率である。 高揚程用に適する。	汚物用に設計されたポンプであり、通路面積を確保し、詰まりにくい構造に設計されている。
欠点	ノンクログタイプよりさらにポンプ効率が犠牲になっている。 (通路面積を最重視しているため。)	過少流量域で使用した場合、振動及び騒音が増加する。	通路面積を確保したため、ポンプ効率がいくぶん低い。
維持管理性	ノンクログに比較し、詰まりや絡みが少ない。	閉そく性能は、ノンクログとボルテックスのほぼ中間に位置する。	小口径ポンプの羽根車には繊維質のきょう雑物が絡み、その除去作業が生じる。

(4) について

マンホール内は、生污水等の流入により常に機器が腐食され易い環境下にある。この環境下において機器の性能を長期間維持するためには、主要部品は耐食性に優れた材質を使用しなければならない。

よって、マンホールポンプに使用されることを考慮されたポンプを使用すること。ポンプの主要部材の材質は、次の条件を満たしているものとする。

ケーシング	FC200同等以上
羽根車	SCS13
主軸	13Crステンレス鋼

(5) について

マンホールポンプは常時無人自動運転を行っており、故障が発生しても予備1台のポンプのみ污水送水機能を代用する。そのためポンプは2台設置するが、1台のポンプで計画吐出量を送水出来るようにする。

(6) について

ポンプは、マンホール内污水が計画水位に達すると自動運転にて始動、停止する。ポンプの運転条件を同一のものとするため、交互に運転する方式とする。

ポンプ計画吐出量より大きな污水流入がある場合には、マンホール内水位を下げる目的で、2台目のポンプを始動(並列)させること。2台目のポンプの始動水位は、異常高水位警報に達する前にマンホール内水位を下げる方が望ましいため、マンホール深さが若干深くなっても異常高水位警報水位と区別すること。

なお、ポンプ計画吐出量をポンプ1台分で賅っているため、並列運転時の水量は、ポンプ2台分の水量は確保できないので注意する。並列運転を実施すると契約電力が大きくなるので留意する。

2-10-6 電気設備の設計

電気設備の設計に当たっては、次の点に留意する。

- (1) 電気設備はマンホールの直近にポンプ制御盤を設置し、受電、制御を行う。制御盤は、原則として低圧（200V）受電、屋外型とし、自立、壁掛け、柱上など交通の支障とならないよう設置位置、形式を考慮する。
- (2) 異常時には、中央監視装置に通報するものとする。
- (3) また、停電に備え可搬式発電機等を用意するとともに、管理体制の確立が必要である。

【解説】

(1)について

受電電圧は、交流3相200Vとする。制御電源も原則として受電電圧と同じく200Vとする。マンホールポンプ施設は、契約電力が50kW未満で計画されるので、低圧電力の契約で電力会社から受電する。遠方通報装置も200Vのラインから供給する。

盤内照明、ラインファン、スペースヒーター等についても200Vのものを使用する。

制御盤の設置位置は、交通障害にならないよう考慮する。盤形式は、屋外型とし、自立型、スタンド型、壁掛型、装柱型及びポール型などの中から設置条件に適したものを選択する。（図2-10-10参照）

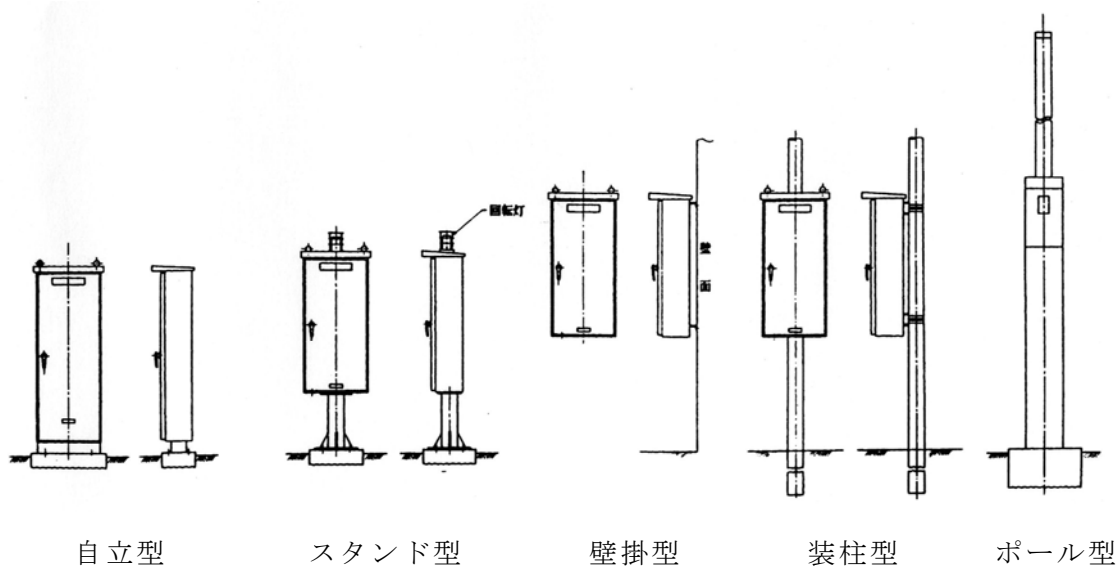


図 2-10-10 制御盤の種類

(2)について

汚水の流入は絶え間なく続くために、故障対応には緊急を要する場合が多い。また、無人で自動運転されるため制御盤に故障を表示し、遠方通報装置で故障の発生を通報するだけでは管理者に的確に伝わりにくい。このような理由で、故障時対応として中央監視装置を設けること。多数あるマンホールポンプを一元管理するため中央監視装置での監視を行い、故障発生の際には中央監視装置にて故障原因を追及し、現場で速やかに復旧させなければならない。(図2-10-11参照)

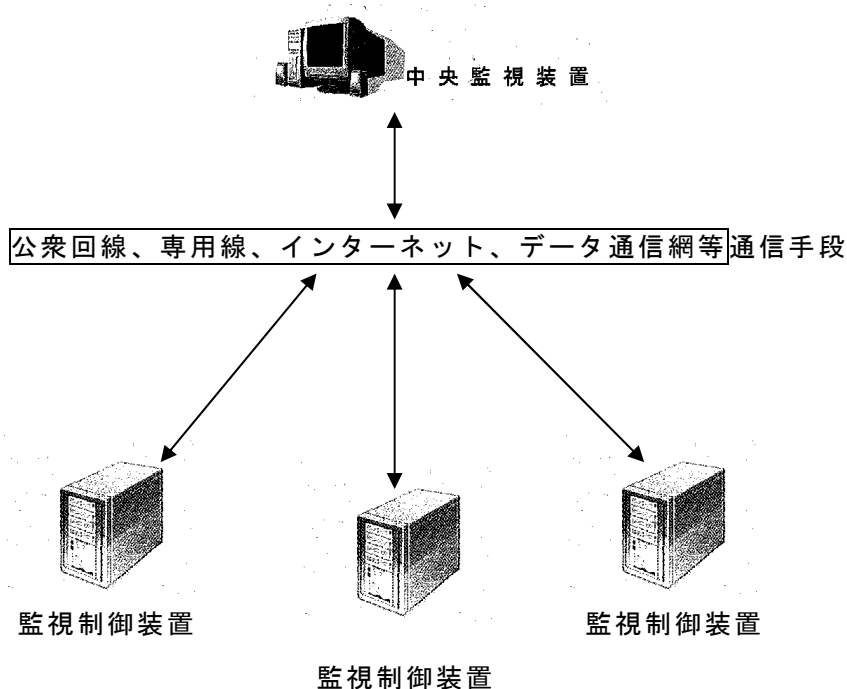


図2-10-11

停電時の対策については、地域の電力供給事情、過去の停電実績、ポンプ場の規模、流入管内及びマンホール内での汚水貯留能力等を勘案し、自家発電設備の必要性を検討する。

自家発電設備は、可搬式とし制御盤に接続端子を設ける。

2-10-7 マンホールポンプ施設の仕様

町田市下水道部のマンホールポンプ施設は、標準仕様書及び特記仕様書等を遵守しなければならない。

【解説】

マンホールポンプ施設の主な標準仕様を下記に示す。

(1) ポンプ設備について

- ① ポンプは異物通過径率が大きく、詰まりにくい水中汚水汚物ポンプとし、吸い込みノズル付を標準とする。マンホール底部には予旋回槽、釜揚等を設ける。口径、出力については流入量、揚程及び経済性などを十分検討の上、適正な能力のポンプを使用する。
- ② 逆止弁は汚水、汚物用とし、ボールタイプを標準とする。スプリング等を使用しているタイプは除外する。
- ③ 汚水ポンプの号機標示をマンホール内の見やすい位置に表示する。
- ④ マンホール内の見やすい位置に酸素欠乏等危険場所であることを表示する。
- ⑤ ポンプ交換時を考慮してポンプ及び水位計等の配線は、マンホール内にプルボックスを設けプルボックス内を素通しとする。
- ⑥ 流入口直下（流入バツフル）に異物除去用の簡易かごを設置する（格子網状、目幅4cm～5cm角程度）。
- ⑦ 圧送管径は原則として、ポンプ口径以上とする。

(2) 制御盤について

- ① 制御盤の扉は、ストッパー付とし、鍵はタキゲン200番とする。
- ② 制御盤の前面に、連絡先表示プレートをつける。（図2-10-12参照）

管	理	者
町	田	市
下	水	道
部		
連	絡	先
0	4	2
7	2	0
-	1	8
4	4	

図2-10-12

- ③ 制御盤内にポンプの銘板を付ける。
- ④ 制御盤の受電設備は、図2-10-13を標準とする。
- ⑤ 制御盤内の熱及び結露対策のため換気ファン、スペースヒーターを設置すること。
- ⑥ 設置する場所、規模等によっては停電時に備えて発電機を付属品とすること。

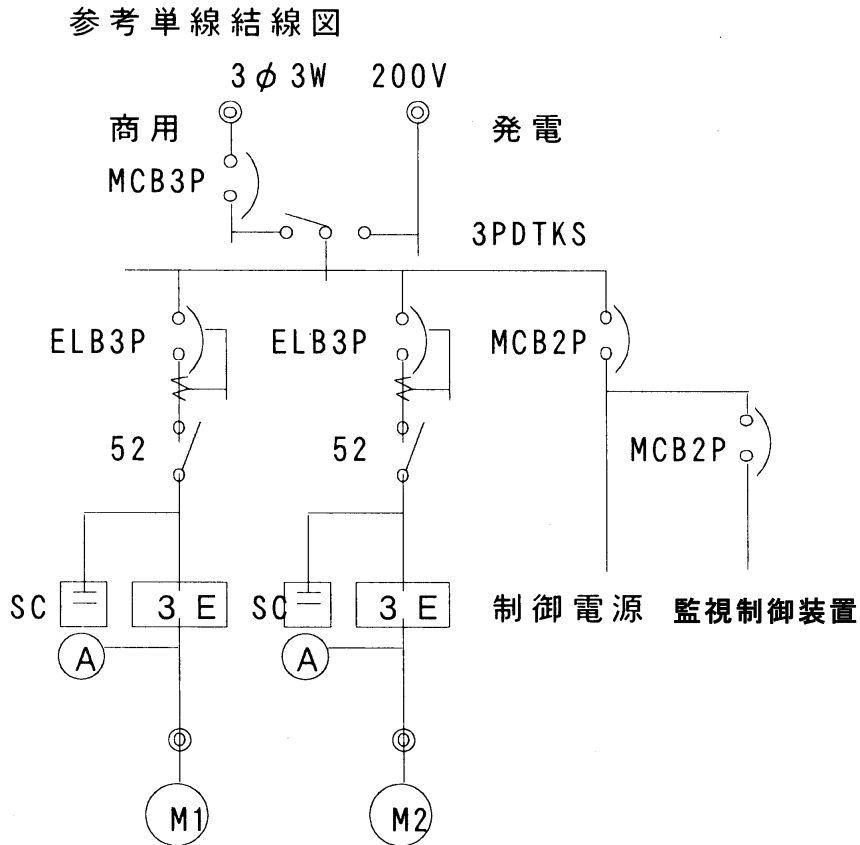


図2-10-13 単線結線図

(3) 結線図について

- ・ 100Vの必要な機器（盤内照明等）については、電力会社の約款の定めに従うものとする。
- ・ スペースヒーターおよび、ラインファンは200Vのものを使用する。

(4) ポンプ運転制御等について

- ① ポンプの運転方法は交互に運転し、水位上昇時は2台同時に運転する並列交互運転とする。故障発生時にはバックアップを行うものとし、5水位にて運転制御するものとする。

（下から、減水〔強制停止〕、停止、1台運転、2台並列運転、2台強制運転とする。）

- ② 水位検知は投げ込み式水位計+バックアップ用フロートを原則とする。
- ③ 2台強制運転水位は他の信号の入力に関わらずバックアップフロートによる単独動作とし、異常高水位の通報を行うものとする。

(5) 監視制御装置等について

- ① 監視制御装置は中央監視機能に対応したマンホールポンプ専用品を使用し、中央監視システムによる監視を行う。
- ② 中央監視システムの仕様については、別に配布する特記仕様書により設計、作成すること。特記仕様書はマンホールポンプを設置することが確定した時点で配布する。また設計案ができた際には必ず承認を受けてからシステムを作成すること。
- ③ 中央監視・操作項目、機能は原則以下のとおりとするが、実際のシステム構築に当たっては別紙特記仕様書を遵守する。

故障項目

ポンプ過負荷
ポンプ漏電
ポンプ欠相
ポンプ過熱
ポンプ浸水
ポンプ吐出量低下
異常高水位
2台目運転水位
動力電源異常
監視装置電源異常（自己診断・蓄電池異常）
水位計故障（動作異常・本体故障）

現地状態項目

ポンプ運転
停止水位
1台目運転水位
2台目運転水位
バックアップ水位
積算ポンプ運転時間
積算ポンプ運転回数
水位
電流
積算汚水流入量

操作項目

ポンプ遠隔操作
警報回路制御（リセット）

中央監視機能

故障受信表示機能：故障発生時刻、場所、内容、復帰時間

状態表示機能：水位、機器の運転状態、故障の発生状態などを表示

遠隔操作機能：ポンプの運転／停止

グラフ表示機能：各アナログデータの1日及び2日単位でのグラフ表示。

長期データ保存機能：各種運転状態、故障などを保存する。

(日報・月報・年報、状態履歴、故障履歴、各アナログデータ)

流入量演算機能：単位時間あたりの下水流入量の演算及び保存

リモートメンテナンス：自動通報装置各種設定データの読み込み、書き込み

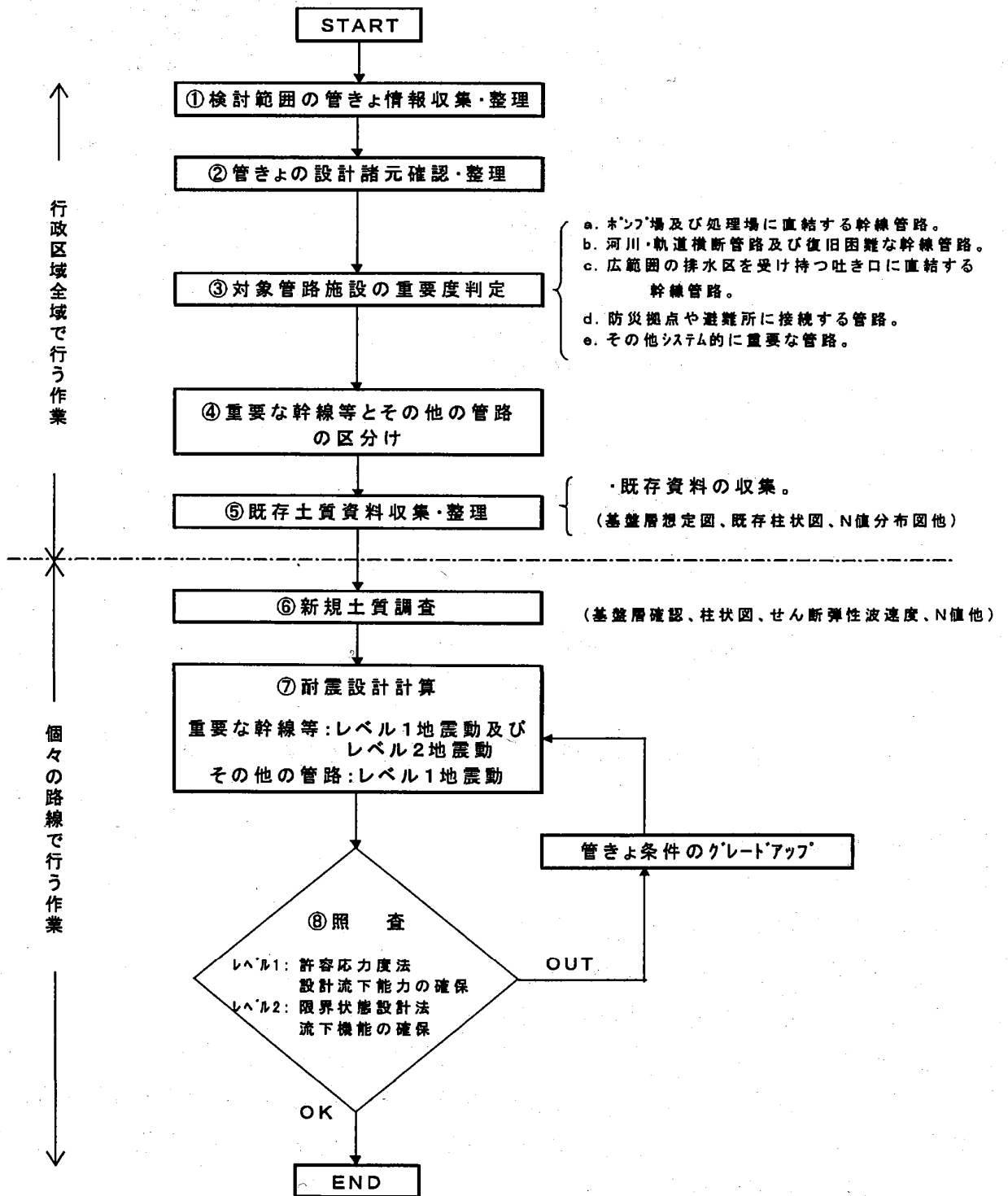
- ④監視制御装置、ポンプコントローラー等の機器について、その機器の操作についてはすべて直営でできるようにすること、その機器の機能拡張、操作、メンテナンスのために用意されているものはすべて付属品とすること。また、ポンプコントローラー、監視制御装置については、マンホールポンプ専用のものを使用する。

(6)その他

- ① マンホールポンプの設置位置については点検、清掃を考慮し、道路の歩道側に設置する。交通量の多い場合は交差点や、見通しの悪いカーブなどはさげ、制御盤はできるだけマンホールの近くに設置する。
- ② マンホールの種類は3号（内径1500mm）以上を原則とする。
- ③ マンホール、制御盤間の地中電線管は、F E P管を使用し、収容する電線は断面積比20%以下とする。
- ④ 完成図書は制御盤内に1部、町田市下水道部水再生センター（成瀬クリーンセンター）に2部提出する。図書の内容は、マンホールポンプの完成図の他にも設置個所地図、設計計算書、系統図、平面図・縦断面図を加えること。
- ⑤ 維持管理を容易にすることを考慮し設計及び、機器の選定をすること。
- ⑥ マンホールポンプの維持管理上必要と思われるものについては、打ち合わせの上付属品とすること。
- ⑦ マンホールポンプ設置の際は、町田市下水道部水再生センター（成瀬クリーンセンター）のマンホールポンプ維持管理担当者と計画段階より随時打ち合わせを行い、詳細について決定していくこと。なお打ち合わせ時には設置個所地図、設計計算書、流入系統図、柵設置図、平面図、縦断面図の他使用予定機器の資料を用意すること。
- ⑧ 以上を標準仕様とするが効率のよい設備とするため、よりよい方式がある場合は、町田市下水道部水再生センター（成瀬クリーンセンター）のマンホールポンプ維持管理担当者と十分に打ち合わせを行い、決定するものとする。

2-11 耐震設計

2-11-1 耐震設計フロー



「下水道施設耐震計算例 管渠施設編 2001年版 日本下水道協会」P-11より抜粋

2-11-2 耐震化を行う管きよの範囲

下水道管路をその重要度に応じて、「重要な幹線等」と「その他の管路」に区分するものとする。また、処理場・ポンプ場については全てを重要な施設とする。

【解説】

(1) 設計対象地震動について

レベル1地震動は、既往の耐震設計に用いている地震動で、施設の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動とする。

レベル1地震動は、既往の耐震設計に用いている地震動として、管路と類似の地中線状構造物の設計指針である「共同溝設計指針」に記載されているものを用いる。同指針は、大正12年(1923年)の関東大震災時の東京における想定震度から設計地震外力を設定したものである。

レベル2地震動は、兵庫県南部地震で観測された地震動より求められた地震動で、供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動とする。

レベル2地震動は、平成7年(1995年)の兵庫県南部地震時に当該地域で観測された強震記録から求めたもので、確率的には500～1000年に1度程度発生する地震を想定したものである。

「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」では、レベル2に相当する地震動について、関東大震災のように大きな振幅が長時間繰り返して作用する馳震動をプレート境界型地震動(タイプ1)、兵庫県南部地震のように継続時間は短いが極めて大きな強度を有する内陸直下型地震動(タイプH)の2つのタイプに区分して表しているが、下水道施設では両タイプを包括して「レベル2」として扱う。

設計地震動は、気象庁震度階級との厳密な関連はとられていないが、レベル1はおおよそ震度階級5(弱)以上、レベル2はおおよそ震度階級7相当である。

(2) 重要な幹線等について

管路施設は、重要な幹線から末端の枝線まで重要度、設置条件等が多様であり、また、面的に膨大な延長を有することから、すべての管路施設の耐震性を同一レベルで確保することは費用対効果の観点から現実的でない。このため、耐震設計は「重要な幹線等」と「その他の管路」に区分し、設計地震動に応じてそれぞれに要求される耐震性能を考慮して耐震設計を行う。

「重要な幹線等」とは、次に掲げるものをいう。

- a. 原則として流域幹線の管路
- b. ポンプ場・処理場に直結する幹線管路
- c. 河川・軌道等を横断する管路で地震被害によって二次災害を誘発するおそれのあるもの及び復旧が極めて困難と予想される幹線管路等

- d. 被災時に重要な交通機能への障害を及ぼすおそれのある緊急輸送路等に埋設されている管路
- e. 相当広範囲の排水区を受け持つ吐き口に直結する幹線管路
- f. 防災拠点や避難所、又は地域防災対策上必要と定めた施設等からの排水を受けける管路
- g. その他、下水を流下収集させる機能面から見てシステムとして重要な管路

なお、処理場・ポンプ場は下水道施設の根幹的施設であるから、全てを重要な施設として耐震設計を行う。

また、「重要な幹線等」であっても以下に示す適用条件に当てはまる箇所においては耐震設計を省略できる。

(5) 試算を踏まえた耐震計算の省略化

この試算結果から、以下の適用条件に当てはまる箇所において一般的な管材を用いる場合には、常時の設計を満足していれば、以下の a.～d. までの耐震計算を行わなくても耐震性能を満足していると判断できる。

1) 耐震計算が不要となる検討項目（レベル1・レベル2 共）

表 3.1.3、表 3.1.4 に示す耐震計算マトリックス表において、以下の項目は許容値以下であるため、耐震計算の省略が可能である。

- a マンホールと管きよの接続部
 - ・ 屈曲角（地震動による）
 - ・ 拔出し量（地震動による）
- b 管きよと管きよの継手部
 - ・ 屈曲角（地震動による）
 - ・ 拔出し量（地震動による）
- c 鉛直断面の強度
 - ・ 鉄筋コンクリート管では耐荷力
- d 管軸方向の強度
 - ・ 硬質塩化ビニル管では応力度

2) 適用条件

耐震計算省略の適用条件は次のとおりである。条件に当てはまらない場合は、「第3章 第2節 差し込み継手管きよの耐震設計」に従い、必ず耐震計算にて耐震性能を確認する。

- ① 管径φ700mm以下の差し込み継手管きよであること。
- ② 管きよの埋設線形がほぼ直線であること。急曲線は含めない。
- ③ 表層地盤が均一で、せん断弾性波速度が深さ方向にほぼ一様であること。すなわち、傾斜地（傾斜地盤）や推進工法における地盤の硬軟急変化部等、特殊な地盤条件は含めない。

2006年版耐震対策指針より抜粋

町田市指定啓開道路網図

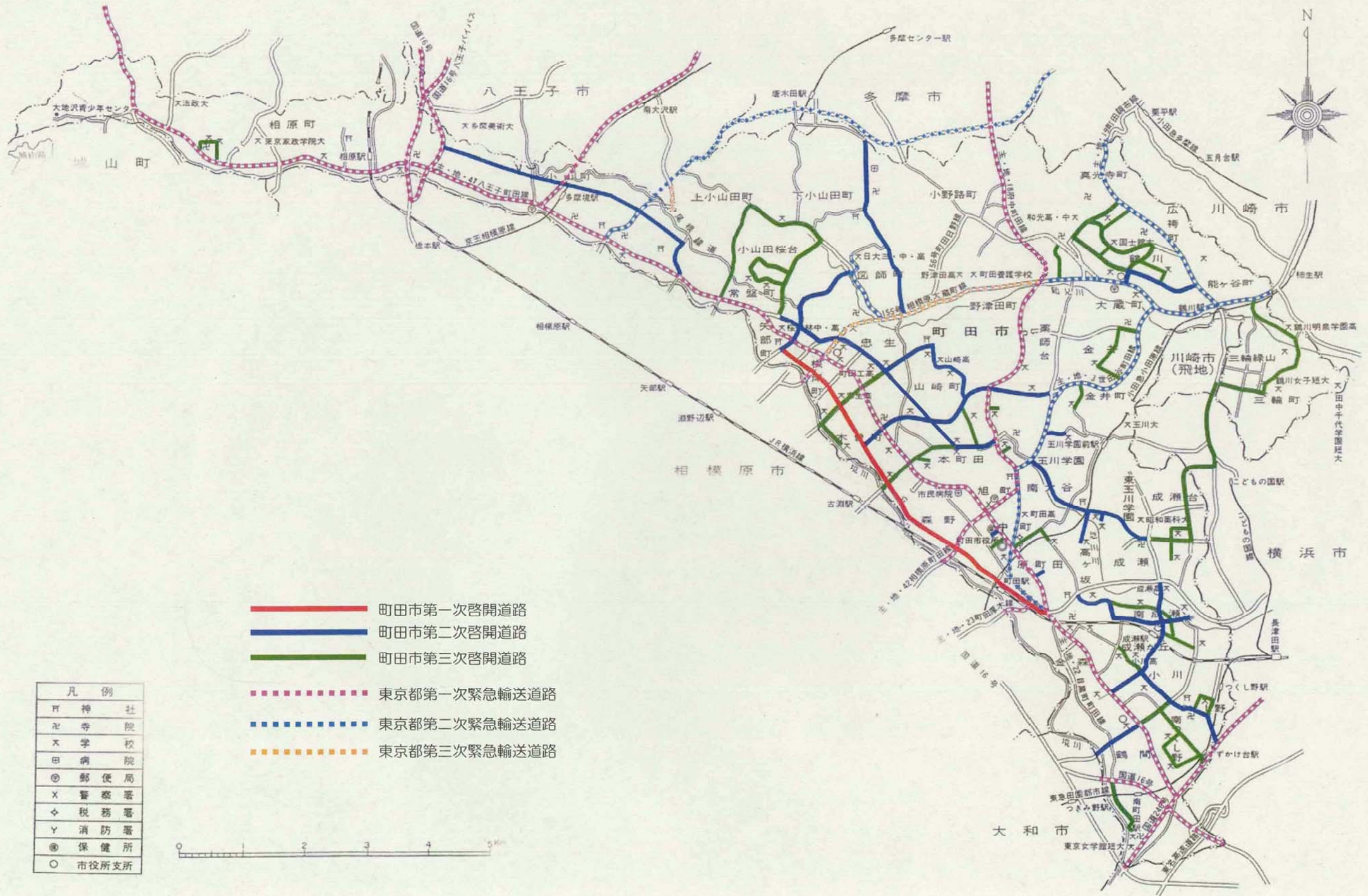


図2-11-1 町田市の緊急輸送路

2-11-3 各地震動レベルに求められる耐震性能

管路施設は、レベル1・レベル2の各地震動レベル、利用用途などに応じて、次の耐震性能を確保する。

(1) レベル1地震動

1) 適用施設

新設・既設の「重要な幹線等」ならびに「その他の管路」に適用する。

2) 耐震性能

「重要な幹線等」「その他の管路」共に、「設計流下能力を確保」する。

(2) レベル2地震動

1) 適用施設

新設・既設の「重要な幹線等」に適用する。

2) 耐震性能

「流下機能を確保」する。

【解説】

上記枠内に記した適用施設、新設・既設の区分に応じて定める耐震性能を表2-11-1に示す。

(1) レベル1地震動に求められる耐震性能

1) 分流汚水の場合

分流汚水では、「重要な幹線等」、「その他の管路」共に「設計流下能力」の確保に努める。

「重要な幹線等」では、新設・既設共に対象とするが、「その他の管路」については、「下水道施設の耐震対策指針と解説」：（社）日本下水道協会に記されたとおり「新設管路」を対象とする。

2) 分流雨水の場合

分流雨水は、降雨時にのみ機能が発揮される。

レベル1地震動は、供用期間内に1～2回程度発生する地震動であるが、その地震動と降雨時期が重なる確率は低いと考えられる。

そのため、町田市の財政事情等を考慮し、雨水の「重要な幹線等」ならびに「その他の管路」は、「流下機能の確保」程度に留める。この前提条件として、町田市では、緊急時に該当スパンに対する迅速な安全パトロール・点検が行えるように非常時の体制を整える。

分流雨水の「重要な幹線等」は、新設・既設共に適用する。「その他の管路」は「新設管路」を対象とする。

表2-11-1 管路施設の耐震設計の考え方

対象管路施設		設計対象地震動と要求される耐震性能			
		レベル1		レベル2	
		汚水・合流	雨水	汚水・合流	雨水
既 設	重要な幹線等	○ 設計流下能力 の確保	○ 設計流下能力 の確保	○ 流下機能 の確保	○ 流下機能 の確保
	その他の管路	○ 設計流下能力 の確保	○ 設計流下能力 の確保	— 対象外	— 対象外
新 設	重要な幹線等	○ 設計流下能力 の確保	○ 設計流下能力 の確保	○ 流下機能 の確保	○ 流下機能 の確保
	その他の管路	○ 設計流下能力 の確保	○ 設計流下能力 の確保	— 対象外	— 対象外

(2) レベル2地震動に求められる耐震性能

1) 分流汚水の場合

分流汚水は、新設・既設共に「重要な幹線等」を対象に「流下機能の確保」とする。

2) 分流雨水の場合

分流雨水の場合も新設・既設共に「重要な幹線等」を対象に「流下機能の確保」とする。しかし、レベル2地震動は1000年に1回程度しか起こらないことから、降雨時期と重なる確率はレベル1に比べて極めて低い。そのため、町田市の財政事情等を考えると、実際に「流下機能を確保する」ことは難しいと考えられる。

むしろ分流雨水の場合は、レベル2地震動でどの程度の流下機能の損傷が生じるかを設計段階（新設管路）あるいは耐震診断（既設管路）で整理し、非常時の体制を整えることを考え、「早期の流下機能の復旧」で対応する。

(3) 「重要な幹線等」のレベル1検討の必要性

「重要な幹線等」の該当施設は、レベル2地震動における耐震性能のみを照査すればよいと思いがちであるが、これは誤りである。レベル1地震動に対しても、所定の耐震性能を満たさなければならない。

この理由は次のように、レベル1・レベル2は単に地震動レベルの大きさが異なるだけでなく、安全性照査に対する理論・考え方が根本的に異なるからである。

- ① 地震動レベルにより、照査の考え方が異なる。レベル1は許容応力度法、レベル2は終局限界状態設計法で、両者の理論が異なる。
- ② 「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」：（社）日本下水道協会では、管の拔出し量・屈曲角について、レベル1では施工時の設置誤差や経年変化を考慮し、管材許容値を低減して考えている。それに対し、レベル2では管材の最大限度でよいこととしている。すなわち、両者の許容値に対する考え方が異なる。

2-11-4 基本条件と検討項目

(1) 基本条件

耐震設計は、「2006年版下水道施設の耐震対策指針と解説：日本下水道協会」に準拠して「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」を参考にして行う。

(2) 検討項目

各管路施設（管渠・マンホール）は、管路施設の重要度区分に応じ、必要な項目を検討する。

- 1) 「重要な幹線等」は、表2-11-3の各項目とする。
- 2) 「その他の管路」は、表2-11-4の各項目とする。

【解説】

(1) 耐震設計の基本条件

表2-11-2は、「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」：（社）日本下水道協会の計算過程、ならびに、「下水道施設の耐震対策指針と解説」：（社）日本下水道協会とは異なる改善事項を総括したものである。ここで、上記枠内で「準用する」と記したのは、「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」の上位に位置付けられる耐震指針「下水道施設の耐震対策指針と解説」との内容に差が生じているからである。

耐震設計の手法については、兵庫県南部地震（1995年）を契機とする新たな研究課題も多く、「下水道施設の耐震対策指針と解説」の発行時点の情報だけでは必ずしも十分ではない。そのため4年後に発行された「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」は、「下水道施設の耐震対策指針と解説」の補完的位置付けというものの、「下水道施設の耐震対策指針と解説」以降の研究動向を踏まえて計算手法等に改善を加えた点も多い。したがって、本設計指針では表2-11-2を準用する。

(2) 抜き出し・屈曲角の許容値

管材の抜き出し・屈曲角について、耐震計算例集「下水道施設耐震計算例管渠施設編」では、レベル2では限界状態設計法での終局限界の思想に合わせ、管材ごとに保証する許容最大値としている。それに対して、レベル1では施工時の設置誤差や経年変化を考慮し許容最大値の1/2としているが、この数値は厳密な規定値としては定められていない。このため、町田市では、次の値を許容値とする。

- ① レベル1地震動については、レベル2地震動の管材の保証する許容最大値の1/2とする。
- ② レベル2地震動については、管材の保証する許容最大値とする。

(3) 耐震設計の検討項目

「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」には、各管種・マンホール種別ごとに検討項目が記載されている。しかし、掲載を省略した管種があることや「重要な幹線等」・「その他の管路」で検討項目に違いがある。そのため、重要度区分ごとに検討項目を再整理し、表2-11-3、表2-11-4に示した。表内には、急曲線部の検討、レベル2でのみ検討する項目、計算手法が確立されていない項目等を追記した。

なお、実際の耐震設計は、前述の「下水道施設の耐震対策指針と解説」、「下水道施設耐震計算例 管渠施設編」に準拠して実施する。

表2-11-2 耐震計算の基本条件

比較項目別の考え方		耐震計算の基本条件
1) 鉛直断面計算方式の考え方		強ブラ管、ダクタイル鉄管（自然流下）は近似法を、ダクタイル鉄管（圧送）は水道耐震指針を使用する。塩ビ管は鉛直断面の照査をしない。他の管種はフルム計算による。
2) 常時土圧の考え方	砂質土	開削工では土水分離の全土圧。推進・シールドなど土被りが大きい場合は緩み土圧を考慮する。
	粘性土	開削工では土水一体の全土圧。推進・シールドなど土被りが大きい場合は粘着力を考慮した全土圧とする。ごく軟弱な粘性土及びシルト層の粘着力は考慮できない。
3) 液状化時土圧の考え方	砂質土	アーチング効果の有無については不明であり、浮力による影響が大きいという説もある。そのため常時土圧の考え方に準拠する。
	粘性土	常時土圧の考え方に準拠する。
4) 躯体慣性力の考え方		管路施設については慣性力を考慮する必要はないが、他指針等との整合性から矩形きよについてのみ考慮する。
5) 設計地震外力の考え方 $Q_h = U_h(z) \times K_h$		鉛直断面では水平方向 $U_h(z)$ のみ考慮する。矩形きよおよびシールドでは管軸方向の計算が必要であり、鉛直方向 $U_v(z) = 1/2 \times U_h(z)$ を考慮する。
6) 組み合わせ荷重		矩形きよ以外は（常時土圧）+（地震時応答変位圧）とする。矩形きよはそれに躯体慣性力をプラスする。
7) 水平方向地盤反力係数 k_h の計算に用いる B_h と割増し係数 α について $B_h = \sqrt{A_h}$ $A_v(\text{面積}) = D(\text{管厚中心半径}) \times B(\text{幅})$		幅 B の考え方により地盤反力係数 k_h が異なる。 $B = 1.0m, 2.43m, D(\text{管径}), 10m$ 等、 B 値が小さいほど k_h 値は大きい。フルム管及び矩形きよの既製品は製品長（ $2.43m \times 2m$ 等）、矩形きよの現場打ち及びシールド管きよは $10m$ とする。 マンホールの場合、 A_h の取り方は人孔形状で異なる。 ・矩形人孔； $A_h = (\text{人孔側壁長} H) \times (\text{人孔幅} D)$ ・円形人孔； $A_h = (\text{人孔側壁長} H) \times (0.80 \times \text{人孔幅} D)$ 割増し係数 α は瞬間的には2以上となる場合も予想されるが、すぐに1程度に低下すると考えられている。応答変位法においては、 $\alpha = 1.0$ とする。
8) 鉛直方向地盤反力係数 k_v の計算に用いる B_v と割増し係数 α について $B_v = \sqrt{A_v}$		マンホールの計算に適用する。 A_v と B_v の取り方は、人孔形状で異なる。 ・矩形人孔； $A_v = \text{底面積}$ ・円形人孔； $B_v = \text{直径} D$ 割増し係数 α はレベル1・2共に $\alpha = 1.0$ とする。
9) 回転バネ k_θ		$k_\theta = k_v \times I$ ここに、 k_v ；鉛直方向地盤反力係数、 I ；断面二次モーメント
10) せん断バネ k_s		$k_\theta = \lambda \times k_v$ 、 $K_s = k_s \times A_v$ ここに、 $\lambda = 0.3$ 、 k_v ；鉛直方向地盤反力係数、 A_v ；上欄8)を参照
11) バネの設定方法		矩形きよ以外の管種については地震時増分の両側対称荷に対して法線方向のバネに加えて接線方向の周面バネを全周に設定する。矩形きよについては底板および側壁に設定する。応答変位法では地盤の変位が先にあって、埋設管はその変位に追随するという考えから、引張りバネとなっても解除しない。
12) 構造計算用水平震度		躯体慣性力を考慮する矩形きよのみ、「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 §34 設計地震動」に基づき、深さ方向に減衰する水平震度を使用する。
13) 管の有効長 L （抜出し量算出時）		基本的に管材の製品長とする（例えばフルム管 $2.43m$ 、塩ビ管・強ブラ管 $4m$ 、ダクタイル管 $6m$ 、陶管 $2m$ 等）。シールド管きよはセグメント幅（ $1.0, 1.2m$ 等）とする。
14) 周面せん断力（周面摩擦力） τ		矩形きよについてのみ鉛直断面に対し周面せん断力 τ （次式による）を考慮する。 $\tau = GD / (\pi \cdot H) \times SV \cdot Ts \cdot \sin(\pi \cdot Z / 2H)$ 最大値として、 $\tau_{max} = c + \sigma' \tan \phi$ を上限とする。他の管種は考慮しない。
15) 骨組構造計算		任意形骨組構造解析（フレーム計算）ソフトにて計算する。節点数は、差し込み継手管きよでは24分割以上、シールド管きよでは36節点以上とする。
16) 抜出し、屈曲角の許容値	レベル1	各管種の保証する許容最大値に対し、「80%」とする。
	レベル2	各管種の保証する許容最大値に対し、「50%(1/2)」とする。
17) レベル2における安全係数（ C_s は考慮せず）	材料係数	$\gamma_c = 1.0$ （コンクリート）、 $\gamma_s = 1.0$ （鉄筋）
	部材係数	$\gamma_b = 1.0$ （曲げ軸力・コンクリートせん断・鉄筋せん断共通）
	荷重係数	$\gamma_f = 1.0$ （自重・土圧・水圧・載荷荷重・内圧・慣性力共通）
	構造解析係数	$\gamma_a = 1.0$
	構造物係数	$\gamma_i = 1.0$
18) マンホールの構造区分		現場打ちマンホールの計算手法を、剛体評価（ $\beta < 2$ ）による計算手法から弾性体方式へ変更する。また組立マンホールの計算手法も、一体構造としての計算から継手の可とう性を考慮した計算に変更する。

表2-11-3 耐震計算マトリックス表(1) (「重要な幹線等」の場合)

管路施設	a. マンホールと管きよの接続部 (地震動による)		b. 管きよと管きよの継手部 (地震動による)		c. 鉛直断面の強度		d. 管軸方向の強度		e. 傾斜地(傾斜地盤)(永久ひずみによる)		f. 地盤の収縮急変化、急曲線等		g. 液状化の判定 (F _L 値)		h. 液状化地盤の場合 (F _L 値≦1.0)	
	屈曲角	拔出し量	屈曲角	拔出し量	面荷力	応力度	管体ひずみ	応力度	拔出し量	拔出し量	抽出量	屈曲角	抽出量	(永久ひずみによる)	抽出量	抽出し量
① 遠心力鉄筋コンクリート管(開削用)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
② 遠心力鉄筋コンクリート管(推進用)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
③ 陶管(開削用)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
④ 硬質塩化ビニル管(ゴム輪接合管路)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
⑤ 強化プラスチック複合管	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
⑥ ダクタイル鉄管(JSWAS G-1・G-2のⅡ類(自然流下用))	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	-	-	-	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)	L12(+)
⑦ 現場打ちボックスカルバート	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑧ 二次製品ボックスカルバート	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑨ 開きよ	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑩ 鋼製セグメント	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑪ コンクリート系セグメント	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑫ 硬質塩化ビニル管(接着接合管路)	L12	L12	-	-	L12	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑬ ダクタイル鉄管(JSWAS G-1・G-2のⅠ類(圧送用))	-	-	L12	L12	-	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12
⑭ 鋼管	-	-	L12	L12	-	-	-	-	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12	L12

管路施設	i. 鉛直断面		j. 水平断面		k. 液状化の判定 (F _L 値)	
	開口量	応力度	開口量	応力度	抽出量	抽出し量
⑮ 現場打ち式(円形マンホール)	-	L12	L12	L12	L12	L12
⑯ 現場打ち式(矩形マンホール)	-	L12	L12	L12	L12	L12
⑰ 組立式(二次製品)	L12	L12	L12	L12	L12	L12

【凡例および注視点】

L12：レベル1・レベル2共に検討する項目

L2：レベル2を検討する項目

-：耐震検討を必要としない項目

※：検討方法が確立されていないため、必要に応じて動的解析法など他の方法を用いる。

+：条件により耐震計算を簡略化できるもの。(「本章(参考3.1) 小口径管の耐震計算の簡略化について」を参照)

*：地盤の硬軟急変化部等、計算不要の場合もあるので本文解説を参照する。

「2006年版下水道施設の耐震対策指針と解説：日本下水道協会」より抜粋

表2-11-4 耐震計算マトリックス表(2) (「その他の管路」の場合)

検討項目 管路施設	a. マンホールと管きよの接続部 (地震動による)		b. 管きよと管きよの継手部 (地震動による)		c. 鉛直断面の強度		d. 管軸方向の強度		e. 傾斜地 (傾斜増盛) (永久ひずみによる)	f. 地盤の 硬軟急変 化・急曲線 等	g. 液状化 の判定 (FL値)	h. 液状化地盤の場合 (FL値≦1.0)	
	屈曲角	拔出し量	屈曲角	拔出し量	耐力	応力	管体ひずみ	耐力				拔出し量	屈曲角
差し込み継手 管きよ	① 遠心力鉄筋コンクリート管(開削用)	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	② 遠心力鉄筋コンクリート管(推進用)	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	③ 陶管(開削用)	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	④ 硬質塩化ビニル管(ゴム輪接合管路)	L1(+)	L1(+)	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑤ 強化プラスチック複合管	L1(+)	L1(+)	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑥ ダクタイル鋳鉄管(JSWAS G-1・G-2 のII類(自然流下用))	L1(+)	L1(+)	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
矩形 管きよ	⑦ 現場打ちボックスカルバート	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑧ 二次製品ボックスカルバート	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑨ 開きよ	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
シールド 管きよ	⑩ 鋼製セグメント	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑪ コンクリート系セグメント	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
一体 構造 管きよ	⑫ 硬質塩化ビニル管(接着接合管路)	L1	L1	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑬ ダクタイル鋳鉄管(JSWAS G-1・G-2 のI類(圧送用))	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑭ 鋼管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-
	⑮ 鋼管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L1	-	-

【凡例および注意点】

L1: レベル1を検討する項目

-: 耐震検討を必要としない項目

+ : 条件により耐震計算を簡略化できるもの。(「本章(参考3.1) 小口径管の耐震計算の省略化について」を参照) P.148

検討項目 管路施設	i. 鉛直断面		j. 水平断面		k. 液状化 の判定 (FL値)	
	開口量	応力	耐力	耐力	耐力	耐力
⑮ 現場打ち式(円形マンホール)	-	L1	L1	L1	L1	L1
⑯ 現場打ち式(矩形マンホール)	-	L1	L1	L1	L1	L1
⑰ 組立式(二次製品)	L1	L1	L1	L1	L1	L1

「2006年版下水道施設の耐震対策指針と解説：日本下水道協会」より抜粋

2-11-5 耐震基盤面の定義

耐震基盤面とは、その面より上方の管路施設には地震力を作用させるが、その面より下方の管路施設には地震力を作用させないという耐震設計上仮定する基盤面である。

【解説】

「耐震基盤面」とは、対象とする構造物に一樣共通に震動を伝える十分堅固な地盤の表面をいう。

耐震設計では、地震波が耐震基盤面から上方に向って伝達するものとして設計を行なう。そのため、耐震設計上の基盤面位置では、地震振幅はないものとして取扱うが、非常に強硬な岩盤でない限り実際には微小な揺れは起こる。しかし、微小な揺れの程度であれば、構造物は常時の設計条件でも大丈夫であることを踏まえ、耐震基盤面としての強度の目安を上記1)と2)に示す値に設定した。上記耐震基盤面の定義は、基本的に「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」(平成24年3月(社)日本道路協会)に準拠している。

基本的には、以下の値を示す地層の上面を耐震基盤面と設定する。

1) せん断弾性波速度が得られていない場合は、以下の条件で定める。

- ①. 砂質土層:N値 ≥ 50 以上の地層の上面(N値 ≥ 50 が5回以上連続すること)
- ②. 粘性土層:N値 ≥ 25 以上の地層の上面(N値 ≥ 25 が5回以上連続すること)
- ③. 土丹・岩盤の地層の上面

2) PS検層等によりせん断弾性波速度(V_s)が得られている場合は、 $V_s=300\text{m/s}$ 程度が現れる地層。ただし、その層以深で $V_s=300\text{m/s}$ 以下の層が現れないこと。

尚、ボーリング調査結果のN値から耐震基盤面を設定する際には、所定のN値が連続する層の上面を耐震基盤面に設定しなければならないが、連続する回数については「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」にも明確な記述は見あたらない。このため、町田市の指針では東京都下水道局の規定^{注)}に準拠するものとした。

また、耐震基盤面に布設される管きょは、上記の理由で地震による影響が小さいと考えられることから、耐震設計を行わなくてよい。

注)「下水道施設耐震構造指針(管路施設編)平成14年4月：東京都下水道サービス株式会社」P190(表・3.4.1)