（Ａ）構造設計指針（管路編）

令和７年３月

目　　次

Ⅰ．管路設計
1．管の選定 ……(A)-1
1.1．管の規格……(A)-1
1.2．管種の選定……(A)-1
2．管の設計 ……(A)-1
2.1．ダクタイル鉄管の管厚計算 ……(A)-1
2.2．水道配水用ポリエチレン管の管厚計算……(A)-1
2.3．鋼管の管厚計算……(A)-1
2.4．異形管防護……(A)-1
2.5．鋼管の異形管防護……(A)-1
2.6．非開削工法の管厚計算……(A)-1
2.7．ダクタイル鉄管継手の許容曲げ角度 ……(A)-2
2.8．可とう管 ……(A)-2

Ⅱ．開削工法
1．開削の標準断面 ……(A)-6
2．土留め工の設計……(A)-6
2.1．土留め資材……(A)-6
2.2．仮設計算……(A)-6

Ⅲ．推進工法
1．調査 ……(A)-7
2．工法の選定 ……(A)-7
2.1．総則……(A)-7
2.2．調査及び各種工法の特色と適用範囲 ……(A)-7
2.3．工法選定での主な比較検討事項……(A)-7
2.4．曲線……(A)-8
3．立坑 ……(A)-8
3.1．立坑の種類と大きさ……(A)-8
3.2．立坑の処置……(A)-9
4．推進力、支圧壁 ……(A)-9
4.1.推進力 ……(A)-9
4.2.支圧壁 ……(A)-9
5．配管 ……(A)-9
5.1．ダクタイル鉄管 ……(A)-9
5.2．水道配水用ポリエチレン管……(A)-9
5.3．鋼管……(A)-9

Ⅳ．シールド工法
1．調査 ……(A)-10
2．シールドの工法選定、設計・製作の基本 ……(A)-10
3．覆工 ……(A)-10

3.1. 一次覆工……(A)-10
3.2. 二次覆工(配管)……(A)-10
4. 立坑……(A)-10

Ⅴ. 水管橋
1. 適用範囲……(A)-12
2. 構造形式および形式の選定……(A)-12
3. 設計の基本……(A)-12
3.1. 設計の基本方針……(A)-12
3.2. その他の基本事項……(A)-12
4. 荷重……(A)-13
5. 構造用鋼の物理定数……(A)-13
6. 限界状態……(A)-13
7. 設計……(A)-13
8. 接合部……(A)-13
9. 支承部(上下部接続部)……(A)-13
10. 落橋防止システム……(A)-14
11. その他の付属設備……(A)-14
12. 添架水管橋……(A)-14

Ⅵ. 弁・流量計
1. 弁の種類と設置目的・場所……(A)-17
2. 弁の基準……(A)-18
2.1. 制水弁……(A)-18
2.2. 制御弁……(A)-18
2.3. 管路保護弁(空気弁・補修弁)……(A)-18
2.4. 排水弁……(A)-19
2.5. 逆流防止弁……(A)-19
2.6. 放流弁……(A)-19
2.7. 薬品注入用弁……(A)-19
2.8. 弁の選定……(A)-19
2.9. 弁の駆動方式……(A)-19
3. 人孔……(A)-19
4. 流量計……(A)-20
4.1. 種類と用途……(A)-20
4.2. 電磁流量計……(A)-20
4.3. 超音波流量計……(A)-20

Ⅶ. 弁室、流量計室、計装室
1. 弁室、流量計室の種類……(A)-21
2. 弁室……(A)-22
2.1. 空気弁室……(A)-22
2.2. 制水弁室……(A)-23
2.3. 集合弁室……(A)-24

3. 流量計室 ……(A)-25
4. 人孔室 ……(A)-27
5. 計装室 ……(A)-27

Ⅷ. 電気防食
1. 一般 ……(A)-30
2. 防食設計電位 ……(A)-30
3. 塗膜抵抗値、防食電流密度 ……(A)-30
4. 流電陽極 ……(A)-30
5. 外部電源 ……(A)-30

Ⅸ. 仮設構造物
1. 一般事項 ……(A)-31
1.1. 適用範囲 ……(A)-31
1.2. 仮設工の種類と定義 ……(A)-31
1.3. 基本方針 ……(A)-31
2. 設計一般 ……(A)-31
2.1. 土質定数 ……(A)-31
2.2. 荷重 ……(A)-31
2.3. 設計計算に用いる物理定数 ……(A)-31
2.4. 許容応力度 ……(A)-32
2.5. 全体安定性の検討 ……(A)-32
2.6. 周辺構造物への影響に関する検討 ……(A)-32
2.7. 土留工を必要とする掘削 ……(A)-32
3. 各種仮設構造物の設計 ……(A)-32
3.1. 軽量鋼矢板、アルミ矢板建込み工の設計 ……(A)-32
3.2. 建込み簡易土留め ……(A)-33
3.3. 慣用法による土留め壁の設計 ……(A)-33
3.4. 自立式土留めの設計 ……(A)-35
3.5. 立坑(ライナープレート)の設計 ……(A)-35
3.6. 立坑(鋼製ケーシング)の設計 ……(A)-35
3.7. 路面覆工・仮桟橋の設計 ……(A)-36
3.8. グラウンドアンカーの設計 ……(A)-36
4. 仮設迂回路 ……(A)-37
4.1. 一般事項 ……(A)-37
4.2. 調査事項 ……(A)-37
4.3. 幅員 ……(A)-38
4.4. 舗装構成 ……(A)-38
4.5. 迂回長 ……(A)-38
5. 地下埋設物防護 ……(A)-38

Ⅹ. 補助工法
1. 補助工法の目的と選定 ……(A)-39
1.1. 補助工法の目的 ……(A)-39

1.2. 補助工法の選定……(A)-39
2. 薬液注入工法 ……(A)-39
2.1. 設計に用いる基本項目 ……(A)-39
2.2. 改良断面の算定……(A)-39
3. 高圧噴射撹拌工法(二重管・三重 ……(A)-40
3.1. 工法選択の基準…… ……(A)-40
3.2. 土質条件と有効径……(A)-40
3.3. 設計に用いる諸数値……(A)-42
3.4. 目的別基本配置……(A)-42
3.5. 最小改良値……(A)-44
3.6. 高圧噴射撹拌工法を併用する横矢板の設計 ……(A)-45
3.7. 安全率……(A)-46
3.8. 改良断面……(A)-46

I. 管路設計

1. 管の選定

1.1. 管の規格

ダクタイル鉄管	：	JWWA G113・G114・G120・G121
鋼管	：	JWWA G117・G118
水道配水用ポリエチレン管	：	JWWA K144・K145

1.2. 管種の選定

「設計計画要領(管路編) Ⅰ.管路計画 3.管種の選定」に準拠する。
推進工法は、さや管方式を標準とする。

2. 管の設計

2.1. ダクタイル鉄管の管厚計算

ダクタイル鉄管の管厚計算は、「JWWA G113・G114・G120・G121」及び「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter5 5-2 管厚計算(464 頁～489 頁)」に準拠する。

2.2. 水道配水用ポリエチレン管の管厚計算

水道配水用ポリエチレン管の管厚計算は、「JWWA K144・K145」及び「水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル 3.3.4 管厚設計(38 頁)」に準拠する。

2.3. 鋼管の管厚計算

鋼管の管厚計算は、「JWWA G117・G118」及び「WSP 030-99」に準拠する。

2.4. 異形管防護

1) 異形管防護の基本

- ダクタイル鉄管の異形管防護は、離脱防止継手、防護コンクリート及び離脱防止金具を使用する。
- 溶接継手の鋼管は、伸縮継手が一体化長さの範囲内にある場合、コンクリートブロック等による防護が必要となる。
- 防護工設計にあたり、水圧は水撃圧を含む。
- 水道配水用ポリエチレン管は、融着接合により接合部が一体化するため原則不要となる。なお、15cm以上の不等沈下が予想される場合は、可とう管類の使用を検討する。

2) ダクタイル鉄管の異形管防護および一体化長さ

ダクタイル鉄管の異形管防護は、「水道施設設計指針(2012) 〔参考 7.7〕防護コンクリートの設計方法(508 頁～513 頁)、〔参考 7.8〕ダクタイル鋳鉄管離脱防止継手の一体化長さの計算方法(513 頁～515 頁)、〔参考 7.9〕一体化長さ早見表(516 頁)、〔参考 7.10〕離脱防止金具による異形管部の防護方法(516 頁～518 頁)」及び「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter5 5-4 異形管防護(504 頁～530 頁)」に準拠する。

2.5. 鋼管の異形管防護

鋼管の異形管防護は、「水道施設設計指針(2012) 〔参考 7.11〕鋼管路の曲管部の検討方法(518 頁～519 頁)」に準拠する。

2.6. 非開削工法の管厚計算

推進工法、シールド工法の場合の管厚は、さや管、セグメントを仮設構造物として取り扱い計算する。計算は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-3 トンネル内配管工法 6-3-5 管の安全性検討(充填方式) 2 トンネルを仮設構造物として取り扱う場合(717 頁～722 頁)」および「WSP 080-2015 2.3 荷重、2.4 許容変形率・許容応力度・座屈に対す

る安全率(16 頁～27 頁)」に準拠する。

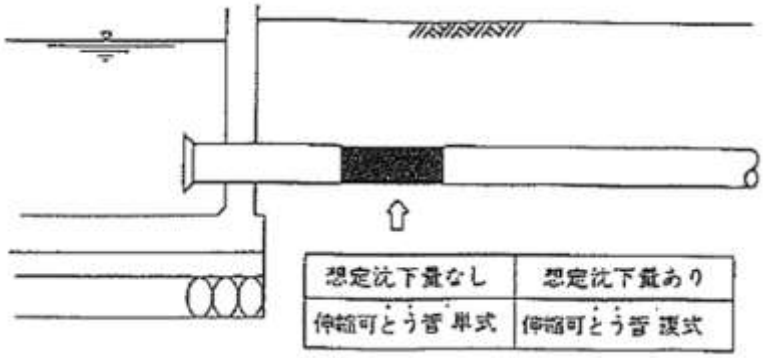
2.7. ダクタイル鉄管継手の許容曲げ角度

ダクタイル鉄管継手の許容曲げ角度は、「便覧 8.継手の許容曲げ角度(656 頁～657 頁)」を参照する。

2.8. 可とう管(広域水道センターに適用)

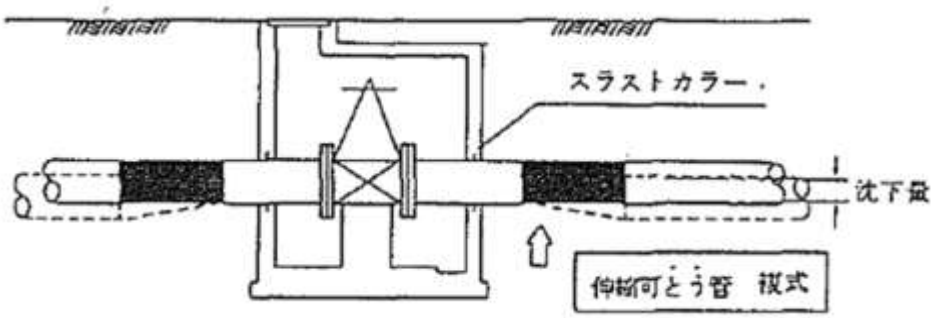
１）伸縮可とう管あるいは継輪（２個）の設置個所

●管路の終始点となるコンクリート構造物部分



あるいは継輪2個
（GX形、NS形、S形ダクタイル鉄管を使用する場合）

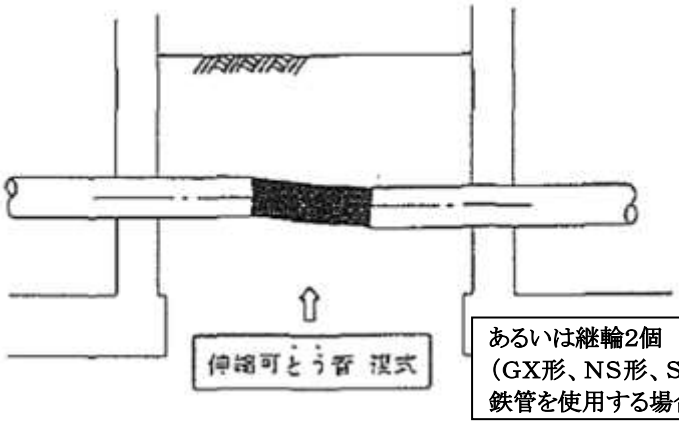
●弁室等管路付帯構造物部分



あるいは継輪2個
（GX形、NS形、S形ダクタイル鉄管を使用する場合）

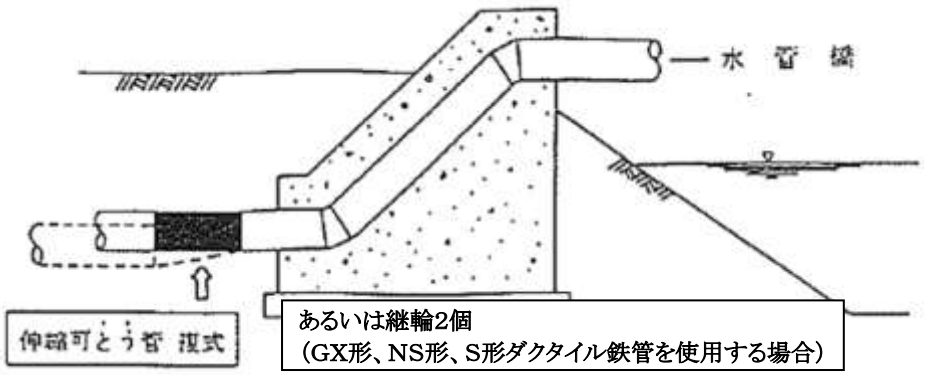
※弁室は現場打ものを対象とし、二次製品弁室（空気弁室等）は対象外とする。

●構造物と構造物間の部分

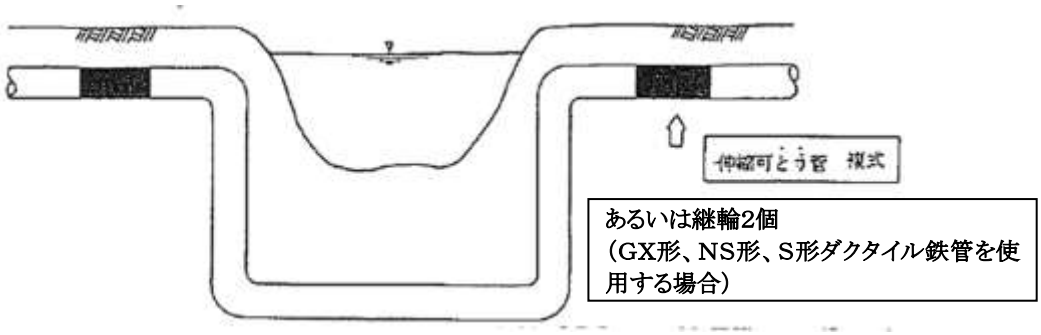


あるいは継輪2個
（GX形、NS形、S形ダクタイル鉄管を使用する場合）

●水管橋部分

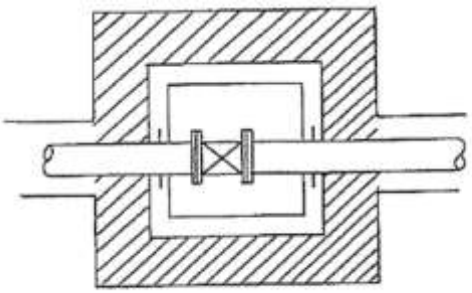


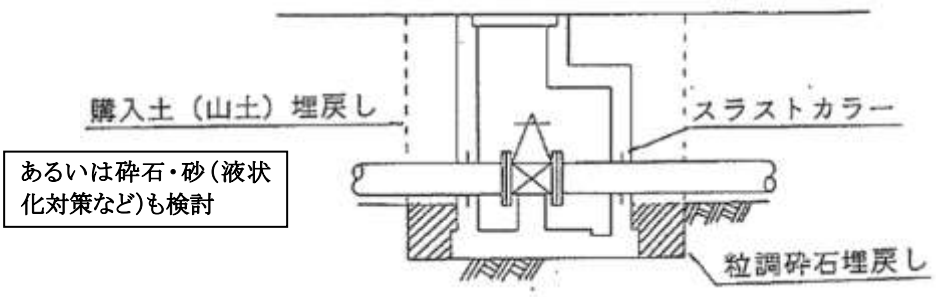
●推進工立ち上がり部分



２）構造

●想定沈下量は 300 ㎜とする。
（継輪により吸収可能な地盤変位量の算出方法については、後述参照）
●構造物貫通部は鋼管にスラストカラーを取り付け、管と構造物の一体化を図ること。
●伸縮可とう管には、すべてタイロッドを付けること。（不平均力考慮のこと。）
●構造物周りの埋め戻しは、下記を標準とする。
●電気防食用のボンド設置のこと。（鋼管路）
●溶接部の内面塗装が不可能な場合は、伸縮管端部を SUS 管とする。（鋼管路）





３）継輪によって吸収可能な地盤変位量
（JDPA T57「ＧＸ形ダクタイル鉄管管路の設計」、JDPA T35「ＮＳ形・Ｓ形ダクタイル鉄管管路の設計」を参照）

ＧＸ形直管およびＮＳ形・Ｓ形直管の継手性能については、それぞれ以下のとおりである。

継輪によって設計時に吸収可能な地盤変位量の算出には、配管施工時の許容曲げ角度を用いる。

一方、継輪によって地震時・地盤沈下時に吸収可能な地盤変位量の算出には、最大屈曲角を用いる。

表4　ＧＸ形直管の継手性能

呼び径	真直配管時最大伸縮量[1] (mm)	設計照査用最大伸縮量[2] (mm)	離脱防止力 (kN)	地震時や地盤沈下時の最大屈曲角	配管施工時の許容曲げ角度[3]
75	±45	±42	225	8°	4°
100	±45	±41	300	8°	4°
150	±60	±54	450	8°	4°
200	±60	±52	600	8°	4°
250	±60	±50	750	8°	4°
300	±72	±60	900	8°	4°
400	±75	±60	1200	8°	4°

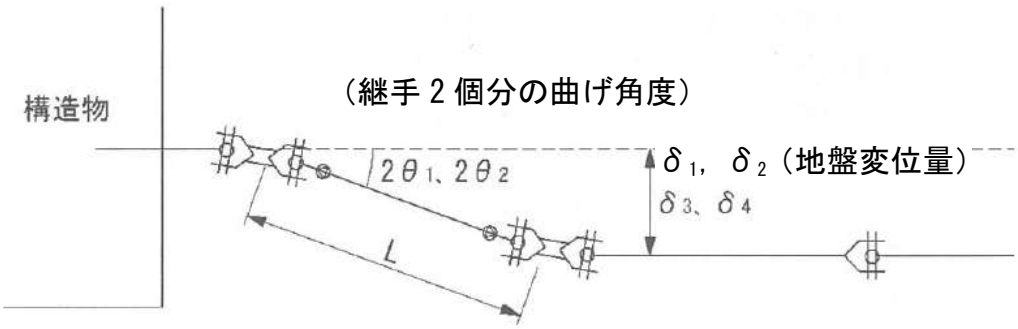
（JDPA T57「GX 形ダクタイル鉄管管路の設計」p.4 より引用）

表３　ＮＳ形直管の継手性能

呼び径	真直配管時最大伸縮量[1] (mm)	設計照査用最大伸縮量[2] (mm)	離脱防止力 (kN)	地震時や地盤沈下時の最大屈曲角	配管施工時の許容曲げ角度
75	±45.5	±42	225	8°	4°
100	±45.5	±41	300	8°	4°
150	±60	±54	450	8°	4°
200	±60	±52	600	8°	4°
250	±60	±50	750	8°	4°
300	±69	±60	900	6°	3°
350	±70	±60	1050	6°	3°
400	±71	±60	1200	6°	3°
450	±73	±60	1350	6°	3°
500	±75	±60	1500	7°	3°20′
600	±75	±60	1800	7°	2°50′
700	±75	±60	2100	7°	2°30′
800	±75	±60	2400	7°	2°10′
900	±75	±60	2700	7°	2°00′
1000	±80	±60	3000	7°	1°50′

（JDPA T35「NS 形・S 形ダクタイル鉄管管路の設計」p.4 より引用）

継手の曲げ角度 θ と、継輪を接続する管の管長Ｌより、継輪によって設計時及び地震時・地盤沈下時に吸収できる地盤変位量は、それぞれ以下のとおり算出される。



【設計時】

継輪によって吸収可能な地盤変位量　$\delta_1 = L \tan 2\theta_1$

（δ_1：継輪 2 個によって吸収可能な地盤変位量（設計時）
Ｌ：管の有効長
θ_1：配管施工時の許容曲げ角度）

【地震時・地盤沈下時】

継輪によって吸収可能な地盤変位量　$\delta_2 = L \tan 2\theta_2$

（δ_2：継輪 2 個によって吸収可能な地盤変位量（地震時あるいは地盤沈下時）
Ｌ：管の有効長
θ_2：地震時や地盤沈下時の最大屈曲角）

前述の２．より、地盤の想定沈下量は 300㎜ であることから、継輪を用いる場合、地震時・地盤沈下時における吸収可能な地盤変位量が 300㎜ 以上となるよう、管長Ｌを設定するとよい。

（計算例）ＧＸ管（呼び径 300㎜）を用いる場合

地震時・地盤沈下時の最大屈曲角は 8° であることから、継輪によって吸収可能な地盤変位量 δ_2 は、

$$\delta_2 = L \times \tan 16^\circ$$

$\delta_2 \geqq 300$㎜ であるため、必要な管長Ｌは、

$$L \times \tan 16^\circ \geqq 300 \quad \Rightarrow \quad \underline{L \geqq 1,046.2\text{㎜}}$$

水平および鉛直変位の計算

可とう管の諸元を決定するには地震時の変位を考慮する必要がある。変位の算定は、応答変異法を用いて行う。（「水道施設耐震工法指針・解説（2022）　Ⅰ本編　4章構造物別の耐震計算と性能照査　4.1 埋設管路の耐震計算と性能照査　4.1.3 埋設管路の耐震計算（67 頁～68 頁）」参照）

具体的な算定方法については、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter5　5-3 耐震計算　5-3-2 耐震設計の留意点と耐震計算（496 頁～503 頁）」に準拠する。

沈下対策

ダクタイル鉄管の沈下対策は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter5　5-6 軟弱地盤対策　5-6-3 沈下対策（561 頁～565 頁）」を参照する。

Ⅱ. 開削工法

1. 開削の標準断面

開削工法で布設する場合の掘削標準断面は、「水道事業実務必携　第2部水道施設整備費に係る歩掛表　第一編請負工事標準歩掛　第2章開削工歩掛　第1節標準掘削断面(38 頁～44 頁)」に準拠する。

2. 土留め工の設計

2.1. 土留め資材

1) 土留め材の種類

開削工法における主な土留めは以下の通りである。

- 軽量鋼矢板　建込み
- 軽量鋼矢板　打込み
- アルミ矢板
- 建込み簡易土留
- 普通鋼矢板
- 親杭横矢板

2) 支保材の種類

開削工法における主な土留め支保材は以下の通りである。

- 鋼製
- 軽量金属

2.2. 仮設計算

仮設計算は、「Ⅸ.仮設構造物」による。

また、「建設工事公衆災害防止対策要綱土木工事編(国土交通省)」を遵守する。

Ⅲ. 推進工法

1. 調査

調査については、「Ⅳシールド工法　1.調査」に準拠する。

2. 工法の選定

2.1. 総則

1) 水道事業における推進方式

水道事業では、仮管とし推進用ヒューム管や鋼管を推進し、仮管の中に水道管を挿入するさや管方式と推進工法用の水道用鋼管やダクタイル鉄管を直接地中に推進するじか押し方式とがある。

さや管方式を標準とする。

2) 推進工法の分類

推進工法は、下記に分類される。

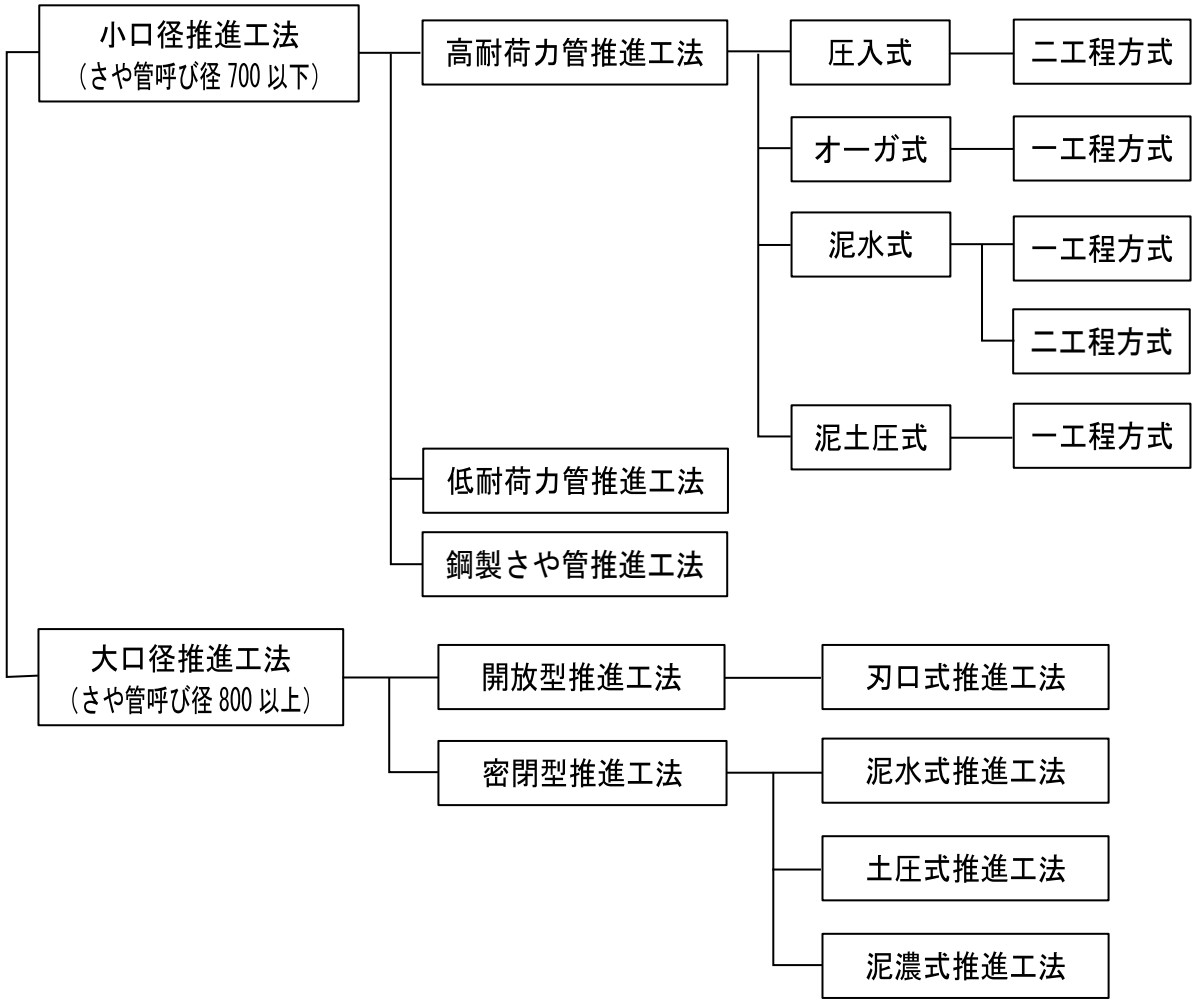


図　推進工法の分類

2.2. 調査及び各種工法の特色と適用範囲

各種工法の特色と適用範囲については、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6　6-4 推進工法　6-4-3 推進工事（740 頁～745 頁）」を参照する。

2.3. 工法選定での主な比較検討事項

工法選定にあたっては次の事項について検討する。

- 施工延長と１スパンの推進延長
- 土質状態と地下水位(補助工法の必要性)
- 立坑位置周辺の環境(工事基地用地等)
- 経済性
- その他

2.4. 曲線

1) 小口径推進

原則として直線施工で計画する。

2) 大口径推進

曲線半径は、開口長さがさや管(推進管)の許容開口長さを超えない範囲とする。
開口長さと曲線半径の関係式を下記に示す。

$$S_1 = \frac{L \times D}{R_0 - D/2}$$

S_1 ：外側の開口長さ　（m）
L ：さや管（推進管）の有効長　（m/本）
D ：さや管（推進管）の外径　（m）
R_0 ：曲線半径　（m）
許容開口長さは＝(40～60)㎜－5㎜（クッション材）

3. 立坑

3.1. 立坑の種類と大きさ

立坑は、自立式土留め、ライナープレート、鋼製ケーシング等から選定すること。
設計については、Ⅳ仮設構造物も参照すること。

1) 発進立坑

発進立坑の設置位置、形状、構造及び設備は以下を基本とする。

- 設置位置は、交通事情、施工環境条件等を考慮して選定し、立坑設備、坑外設備、材料置場等の用地を確保する。
- 立坑の形状は長方形を基本とし、管据え付け等に十分な大きさであること。
- 立坑の構造は、土圧、水圧、上載荷重及び推進力の受けとして十分耐えられること。
- 立坑に設置する設備は、管据え付け設備、掘削土砂搬出設備、諸材料及び機械搬出入設備、作業員の昇降設備、給電、排水及び安全保安設備等とする。
- 立坑部に弁室を設けるときは、その大きさも考慮して立坑寸法を決定すること。
- 推進力の受けである支圧壁は、立坑内部に設ける。

2) 到達立坑

掘進機の到達、回収あるいは次の発進立坑として利用するなど、目的に応じて計画する。

3) 立坑の位置

- 掘削土砂や材料の運搬、搬出入等の工事作業内容、立坑の施工しやすさなどを考慮して推進ルートに選定し、路上あるいは隣接した用地に土砂搬出設備、材料搬出入設備、受変電設備、材料置き場等を設置することを基本とする。
- 交通事情、埋設物、施工環境等により開口部等が推進ルート上に設置できない場合は、隣接地等を利用した変形立坑、横穴立坑等も検討する。

4) 立坑の大きさ

- 推進管の外径、長さ、推進の施工基面によって定まり、横方向は管の両側に作業員が入り作業できるスペース、推進方向は支圧壁厚、管長及び機器設置長と余裕、深さは管の底面より定規厚及び基礎厚をとる。
- 各工法の標準的な立坑寸法は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-4 推進工法 6-4-7 曲線推進 6 発進・到達立坑(757 頁～758 頁)」を参照する。

3.2. 立坑の処置

立坑の処置は以下を基本とする。

- 立坑土留鋼矢板の場合は引き抜きを基本とする。
- 管と鋼矢板との交叉部は一定の間隔を確保して切断する。
  送水本管近傍の鋼矢板を引き抜く場合は、管下部の鋼矢板が共上がりにより管に損傷を与えること危険があるため、鋼矢板は管外径から余裕をもって切断除去する。
- 鋼矢板を埋殺しとする場合には適正な処置を施す。
  立坑に隣接して地上構造物や地下埋設物等がある場合で、鋼矢板を引き抜くことでこれらに損傷を与えると推測される時には埋殺しを選択する。

4. 推進力、支圧壁

4.1. 推進力

計算は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-4 推進工法 6-4-5 推進力の計算式(747 頁～754 頁)」を参照する。

4.2. 支圧壁

計算は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-4 推進工法 6-4-8 支圧壁(758 頁～760 頁)」を参照する。

5. 配管

5.1. ダクタイル鉄管

さや管内のダクタイル鉄管の配管は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-4 推進工法 6-2-6 押込工法(682 頁～694 頁)、6-2-7 持込工法(694 頁～699 頁)」に準拠する。

5.2. 水道配水用ポリエチレン管

さや管内の水道配水用ポリエチレン管の配管は、「配水用ポリエチレンパイプシステム協会規格書(PTC)、水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアルならびに各推進工法等の資料」を参照する。

5.3. 鋼管

さや管内の鋼管の配管は、「WSP 080-2015 第1章総則、第2章計画・設計 2.1 計画(1頁～13 頁)」に準拠する。

Ⅳ. シールド工法

1. 調査

調査は、大別すると以下の4項目である。調査内容、方法は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016) 第 1 編総則 第2章調査(8 頁～13 頁)」に準拠する。

- 立地条件調査
- 支障物件等調査
- 地形及び地盤調査

「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016) 解説表 1.2.1 シールド工法における地形および地盤調査(11 頁)」に記載の詳細調査は、必要な場合に実施する。

- 環境保全のための調査

2. シールドの工法選定、設計・製作の基本

シールドは、円形断面で密閉型シールドを基本とする。

密閉型シールドの工法選定、設計・製作の基本は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016) 第3編シールド(143 頁～193 頁)」に準拠する。

なお、推進・シールド併用工法についても、採用できる場合は実績等も踏まえ検討を行うこと。

3. 覆工

3.1. 一次覆工

一次覆工は、鋼製セグメントで行うことを基本とする。

1) 設計基準

シールドのトンネル断面等は、「水道事業実務必携 第2部水道施設整備費に係る歩掛表 第一編請負工事標準歩掛 第4章シールド工歩掛 第1節一般事項 4-1-3 設計基準(112 頁～113 頁)」に準拠する。

2) 縦断勾配

縦断勾配は片勾配を基本とする。

3) セグメント

セグメントの設計・製作の基本は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016) 第2編覆工 第3章材料、第4章許容応力度、第5章セグメントの形状寸法、第6章セグメントの構造計算、第7章セグメントの設計細目、セグメントの製作(69 頁～128 頁)」に準拠する。

4) 裏込め注入

裏込め注入は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016) 第4編施工 第3章施工 3.7 裏込め注入工(211 頁～212 頁)」に準拠する。

3.2. 二次覆工(配管)

二次覆工は、充填方式を基本とし、一次覆工の鋼製セグメントを仮設構造物として取り扱う。充填材は 28 日圧縮強度 1.5N/mm^{2}以上のエアーモルタルとする。

ただし、河川横断部、鉄道横断部は、一次覆工の鋼製セグメントの扱いについて当該管理者と協議の上決定する。

二次覆工の配管は、「ダクタイル鉄管ガイドブック Chapter6 6-3 トンネル内配管工法(708 頁～735 頁)」に準拠する。

4. 立坑

立坑の内空寸法は、「トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説(2016)　第4編施工　第3章施工　3.1　立坑(199　頁)」を参照し、シールドの大きさ、投入、組立て、発進到達方法および立坑内の仮設備等を考慮する。発進、到達立坑の概要、立坑の位置および立坑の処置については、「Ⅲ推進工法　3立坑」を参照する。

V. 水管橋

1. 適用範囲

本章では、パイプビーム水管橋、補剛水管橋及び添架水管橋について適用する。下部工は含まない。

2. 構造形式および形式の選定

水管橋の構造形式および形式の選定は水道設計指針によるものとする。

鋼管の構造形式および形式の選定は、「WSP 007-2023 第1章総論 1.4 水管橋の構造形式(5 頁～15 頁)」を参照する。また、パイプビーム形式の場合は、ダクタイル鋳鉄管も検討を行うこととし、「ダクタイル管による水管橋の設計と施工(JDPA T 41)」を参照する。なお、水道配水用ポリエチレン管も専門工法等により選択できる場合は比較し使用しても構わないものとする。

3. 設計の基本

3.1. 設計の基本方針

鋼管における水管橋設計の基本方針は、下記の通りとする。(「WSP 007-2023 第1章総論 1.5 設計の基本 1.5.1 設計の基本方針(16 頁)」参照)

なお、ダクタイル鋳鉄管および水道配水用ポリエチレン管の場合は協会資料および工法資料等を参照とする。

- 小口径(φ700mm 以下)の水管橋本体の部材は、ステンレス鋼を基本とする。
  耐孔食性及び耐隙間 腐食性等を求める場合は SUS316 を検討すること。
  ただし、維持管理等においてステンレス鋼以外で問題ない場合は、他の仕様として構わないものとする。
- 水管橋の設計供用期間は、適切な維持管理を前提に 100 年を標準とする。
- 水管橋の上部構造、上下部接続部および鋼部材の設計にあたっては、水管橋の耐荷性能、耐久性能、その他使用目的との適合性の観点から水管橋の性能を適切に設定し、これらを満足させなければならない。
- 水管橋の上部構造および上下部接続部は、水管橋の耐荷性能を満足するために必要な耐荷性能を有するほか、水管橋の性能を満足するために必要なその他の事項を満足しなければならない。
- 水管橋の上部構造および上下部接続部の耐荷性能を鋼部材等の耐荷性能で代表させる場合の鋼部材等は、水管橋の耐荷性能を満足するために必要な耐荷性能を有するほか、水管橋の性能を満足するために必要なその他の事項を満足しなければならない。
- 鋼部材等は、水管橋の耐久性能を満足するため、経年的な劣化を考慮し、所要の水管橋の耐荷性能が設計供用期間末まで確保されていることが所要の信頼性で実現できるよう考慮する。

3.2. その他の基本事項

下記事項については、「WSP 007-2023 第1章総論 1.5 設計の基本(16 頁～31 頁)」に準拠する。

- 耐荷性能に関する基本事項
- 作用の組合せおよび荷重係数
- 限界状態
- 耐荷性能の照査

- 耐久性能に関する鋼部材の設計
- 構造解析
- たわみの照査
- 伸縮可撓管の設計伸縮量
- 防せい防食

4. 荷重

荷重については、「WSP 007-2023 第2章作用および上部構造反力(32 頁～42 頁)」に準拠する。

5. 構造用鋼の物理定数

構造用鋼の物理定数は、「WSP 007-2023 第3章材料 3.3 設計計画に用いる鋼材の所定数(46 頁)」および「WSP 007-2023 参-1ステンレス鋼の限界状態 1.ステンレス鋼の特性値(140 頁)」を参照する。

6. 限界状態

許容応力度は、「WSP 007-2023 第5章鋼部材の限界状態(59 頁～86 頁)」および「WSP 007-2023 参-1ステンレス鋼の限界状態 2.ステンレス鋼管部材および 3.ステンレス鋼部材(140 頁～161 頁)」に準拠する。

7. 設計

設計は、「WSP 007-2023 第4章耐荷性能に関する鋼部材の設計(47 頁～58 頁)」に準拠する。

8. 接合部

鋼部材の連結は、溶接接合を基本とし、必要に応じボルト接合を用いる。

下記事項については、「WSP 007-2023 第7章接合部(98 頁～122 頁)」に準拠する。

- 接合部に用いる鋼材の特性値
- 溶接継手
- 溶接継手の限界状態
- 高力ボルト継手
- アンカーボルトの限界状態
- ピンの限界状態
- 仕上ボルトの限界状態

9. 支承部(上下部接続部)

水管橋の支承部の形式は、リングサポート形式またはサドルサポート形式を基本とする。

支承部の設計は、「WSP 064-2023 第7章支承部(上下部接続部)(31 頁～38 頁)」に準拠する。

下記事項については、「WSP 007-2023 第8章支承部(上下部接続部)(123 頁～128 頁)」に準拠する。

- 支承の基本事項
- 支承の種類と選定
- 支承部の限界状態
- 抵抗の特性値
- 支承部の耐荷性能の照査

- 構造細目

10. 落橋防止システム

落橋防止システムの設計は、「WSP 064-2023 第8章落橋防止システム(39 頁～47 頁)」に準拠する。

11. その他の付属設備

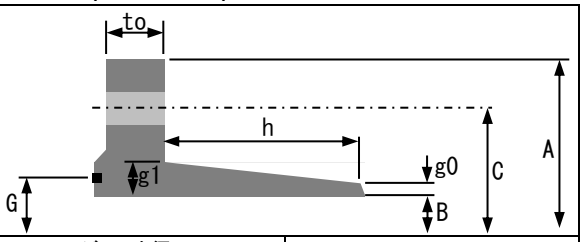
その他の付属設備については、「WSP 007-2023 第10章その他の付属設備(130 頁～132 頁)」に準拠する。

12. 添架水管橋

添架水管橋については、「WSP 007-2023 第11章添架水管橋(133 頁～138 頁)」に準拠する。

参 考

管フランジ計算基準（F29 相当　φ1000～φ1500）

JIS B 2205 管フランジの計算基準				
1.設計基準				
設計圧力（P）	25kgf/㎠			
ボルト材質	SUS304			
フランジ材質	SS400			
ボルト許容応力				
（常温） σ_a	5.25kgf/mm²			
（使用温度） σ_b	5.25kgf/mm²			
フランジ許容応力 σ_f	14.0kgf/mm²	フランジの外径 A	mm	
ガスケット係数 m	0.5	フランジの内径 B	mm	
ガスケットの最小設計締付荷重 γ	0kgf	ボルト穴の中心直径 C	mm	
使用状態におけるガスケット座の有効幅 b_0	8mm	ガスケットの幅 N	mm	
ボルト呼び径 M	M	ガスケット座の外径	mm	
ボルト谷径 d_b	mm	ガスケットの内径	mm	
ボルト本数 n	本	フランジの厚さ t_0	mm	
ボルトの総有効断面積 $A_b=n\cdot\pi/4\cdot d_b^2$	mm²	ハブの長さ h ハブの厚さ g1 ハブの厚さ g0	mm mm mm	
ガスケット締め付け時におけるガスケット座有効幅 $b=2.52\sqrt{b_0}$	mm	ガスケット反力円の直径G	mm	
2.荷重計算				
内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重		$H=\pi/400\cdot G^2\cdot P$	kgf	
気密を十分に保つためのガスケット圧縮力		$Hp=2\pi b/100\cdot G\cdot m\cdot P$	kgf	
使用状態でのボルト荷重		$W_0=Wm1=H+Hp$	kgf	
ガスケット締め付け時必要最小ボルト荷重		$Wm2=H_\gamma=\pi\cdot b\cdot G\cdot\gamma$	kgf	
使用状態でのボルトの所要総有効断面積		$Am1=Wm1/\sigma b$	mm²	
ガスケット締め付け時のボルトの所要総有効断面積		$Am2=Wm2/\sigma a$	mm²	
必要なボルト総断面積（Am1、Am2 の大きい方）		$Am=\max(Am1, Am2)$	mm²	
ガスケット締め付け時のボルト荷重		$Wg=(Am+Ab)/2\cdot\sigma b$	kgf	
フランジ荷重（使用状態）				
内圧力によってフランジの内径面に加わる全荷重		$HD=\pi/400\cdot B^2\cdot P$	kgf	
ボルト荷重とフランジに加わる内圧による全荷重との差		$HG=W_0-H$	kgf	
フランジに加わる全荷重とフランジ内径面に加わる荷重との差		$HT=H-HD$	kgf	
フランジ荷重（ガスケット締め付け時）		$Hg=Wg$	kgf	
3.モーメント計算				
モーメントアーム（使用状態）				
ボルト中心からＨＤ作用点までの距離		$hD=R+0.5\cdot g1$	mm	
ボルト中心からHG 作用点までの距離		$hG=(C-G)/2$	mm	
ボルト中心からHT 作用点までの距離		$hT=(R+g1+hG)/2$	mm	
モーメントアーム（ガスケット締め付け時）		$R=(C-G)/2-g1$		
		$hg=hG$	mm	
フランジモーメント（使用状態）				
内圧力によってフランジの内径面に加わる荷重のモーメント		$MD=HD\cdot hD$	Kgf·mm	
ガスケット荷重によるモーメント		$MG=HG\cdot hG$	Kgf·mm	
荷重とフランジ内径に加わる差のモーメント		$MT=HT\cdot hT$	Kgf·mm	
使用状態でフランジに作用する全モーメント		$Mo=MD+MG+MT$	Kgf·mm	
フランジモーメント（ガスケット締め付け時）		$Mg=Hg\cdot hg$	Kgf·mm	
K=A/B		V	T	
$ho=\sqrt{(B\cdot g0)}$		F	Z	
h/ho		f	Y	
g1/g0			U	
$d=U/V\cdot ho\cdot g0^2$		$\alpha=t\cdot e+1$	$\delta=t^3/d$	
$e=F/ho$		$\beta=4/3\cdot t\cdot e+1$	$L=\gamma+\delta$	
		$\gamma=\alpha/T$		
4.計算結果				
ハブの軸方向応力度 σH		$F\cdot M/(L\cdot g1^2\cdot B)$=〇〇kg/mm² ＜1.5σf		ＯＫ
フランジの半径方向応力度 σR		$\beta\cdot M/(L\cdot t^2\cdot B)$=〇〇kg/mm² ＜σf		ＯＫ
フランジの円周方向応力度 σT		$Y\cdot M/(t^2\cdot B)-Z\cdot\sigma R$=〇〇kg/mm² ＜σf		ＯＫ
$0.5\times(\sigma H+\sigma R)$		〇〇kg/mm² ＜σf		ＯＫ
$0.5\times(\sigma H+\sigma T)$		〇〇kg/mm² ＜σf		ＯＫ
最大ボルト間隔				ＯＫ
（計算値）		$2\cdot db+(6\cdot t/(m+0.5))$	××mm	
（実寸法）		$\pi\cdot C/n$	〇〇mm	

参 考

	φ1, 000	φ1,100	φ1,200	φ1,350	φ1,500
ボルト呼び径 M	M52	M56	M56	M60	M64
ボルト谷径 d_b	46.587mm	50.046mm	50.046mm	54.046mm	57.505mm
ボルト本数 n	28 本	32 本	32 本	36 本	40 本
フランジの外径 A	1,360.0mm	1,470.0mm	1,575.0mm	1,740.0mm	1,910.0mm
フランジの内径 B	998.0mm	1,097.6mm	1,197.2mm	1,347.6mm	1,496.0mm
ボルト穴の中心直径 C	1,250.0mm	1,360.0mm	1,460.0mm	1,630.0mm	1,790.0mm
ガスケットの幅 N	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm
ガスケット座の外径	1,064mm	1,166mm	1,268mm	1,422mm	1,576mm
ガスケットの内径	1,032mm	1,134mm	1,236mm	1,390mm	1,544mm
フランジの厚さ t_o	75mm	79mm	83mm	91mm	98mm
ハブの長さ h	260mm	266mm	282mm	304mm	327mm
ハブの厚さ g1	60mm	63mm	66mm	72mm	78mm
ハブの厚さ g0	9mm	10mm	11mm	12mm	14mm
ガスケット反力円の直径 G	1,048mm	1,150mm	1,252mm	1,406mm	1,560mm
V	0.009	0.0010	0.011	0.012	0.014
F	0.427	0.444	0.454	0.458	0.475
f	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
T	1.770	1.781	1.791	1.801	1.807
Z	3.334	3.520	3.737	3.998	4.174
Y	6.433	6.801	7.229	7.741	8.086
U	7.069	7.474	7.944	8.506	8.886

Ⅵ. 弁・流量計

1. 弁の種類と設置目的・場所

弁の種類と設置目的・場所は下記を標準とする。

弁の種類と設置目的・場所

種類		設置目的	設置場所
遮断弁（制水弁）	仕切弁	管路は、工事、事故、漏水補修、洗浄排水および維持管理等により断水する場合がある。断水の影響を最小限に抑制できるよう、遮断弁（制水弁）を管路の適切な位置に設ける。	● 分岐部の本管前後と分岐管 ● 接続予定の管端部 ● 河川、軌道横断部の前後
	バタフライ弁		
制御弁		調整池・ポンプ井等の水位制御、市町村の受水地・調整池等の流量制御を行う場合に設ける。	● 市町村の受水地 ● ポンプ場、調整池等
減圧弁		減圧の必要がある箇所に設ける。	● 管路および受水地等
管路保護弁（空気弁、補修弁）		管内に空気だまりが生じると、空気の圧縮膨張により空気が水に混じり、白濁やポンプ停止の原因となるので、管内空気を排除するために設ける。また、水撃時の負圧発生防止にも役立つ。	● 管路の凸部 ● 制水弁と制水弁との間の最高位 ● 勾配のない管路については下流側制水弁の手前
排水弁		管布設後の管内に残る堆砂等異物の排出、維持管理時の管内清掃、滞留水解消のために設ける。	● 適切な排水先（河川、水路等）がある位置 ● 伏越などの凹部の下流側
逆流防止弁		ポンプ停止時の逆流を防止するために設ける。	● ポンプの吐出側
放流弁		圧力管路から自由水面へ放流する際に設ける。	● 沈砂池 ● 着水井等
薬品注入用弁		浄水施設の薬品注入に用いる。	● 活性炭注入設備 ● 薬品注入設備 ● 滅菌設備
人孔蓋（φ800 以上の管）		施工時においては内面溶接、内面継手、内面塗装等の作業用出入口として、維持管理時には点検孔として使用するために設ける。	● 200～300m間隔に設置 ● 上部に空気弁を設置

2. 弁の基準(送水管に適用)

2.1. 制水弁

1) 制水弁の使用区分

制水弁は、φ150mm 以下は仕切弁(JIS B2062、JWWA B120)の立形、φ400mm 以上はバタフライ弁(JWWA B121、B138)を基本とする。なお、標準型・副弁内蔵型ともに、口径、圧力により流水(止水)方向が限定されている製品があるため、設計上留意すること。また、設置予定箇所の流水方向が片方向の場合、流水方向を図示すること。

2) 副弁等

弁開閉時の水圧差、キャビテーション防止のため、φ400mm 以上の制水弁には副弁を設ける。最大静水圧が 0.98Mpa 以下で主弁口径φ300～1000mm の場合は、充水機能付きバタフライ弁とし、副弁を設置しないことを基本とする。(「設計計画要領(管路編) Ⅱ.管路付属設備 (**送水管用**) 1. 制水弁 1. 2. 使用区分」参照)

2.2. 制御弁

制御弁は下記にしたがって選定する。

1) 制御流量

制御流量は、「設計計画要領(管路編) Ⅱ.管路付属設備 (**送水管用**) 1. **制水弁 2. 流量制御用弁 2. 2. 使用基準**」による。

2) 制御用弁に係る一次・二次圧力

制御流量を基に水理計算を行い、「設計計画要領(管路編) Ⅱ.管路付属設備 (**送水管用**) 1. **制水弁 2. 流量制御用弁 2. 2. 使用基準**」を満足する口径を選定する。

3) 制御用弁の口径

制御用弁の口径の決定は、「水道用バルブハンドブック(2015) 2. バルブの基本事項 2.1 バルブの水理特性 2.1.1 バルブの損失係数、2.1.2 バルブの容量係数および 2.1.3 バルブの流量特性(13 頁～18 頁)」に準拠する。

制御用弁と流量計の口径は同じとする。

4) キャビテーションと水撃

バルブのキャビテーションと水撃の検討は、「水道用バルブハンドブック(2015) 2. バルブの基本事項 2.1 バルブの水理特性 2.1.4 バルブのキャビテーションおよび 2.1.5 バルブ操作と水撃作用(18 頁～26 頁)」に準拠する。

5) 制御用バルブの選定

制御用バルブの選定は、「水道用バルブハンドブック(2015) 4. バルブの選定 4.3 制御用バルブの選定(70 頁～78 頁)」を参照する。

6) 制御用バルブの接合方式および接続配管

制御用バルブの接続方式は、「水道用バルブハンドブック(2015) 2. バルブの基本事項 2.3 バルブの接合形式(29 頁～35 頁)」を参照する。

バルブ2次側の配管は、耐キャビテーションを考慮して 2 D (D:管径)区間を SUS304 とする。

7) 形式と用途

制御用バルブの形式と用途は、「水道用バルブハンドブック(2015) 3. バルブの形式と用途 3.1 制御用バルブ(37 頁～44 頁)」を参照する。

2.3. 管路保護弁(空気弁・補修弁)

1) 空気弁の設置

本管口径がφ800mm 以上の場合は人孔を設け、人孔蓋に空気弁を設置する。空気弁には、ドレーンコック及び強制排気用(フロート弁体押え)ハンドルまたは玉押器を設ける。ハンドルは右回しで強制排気できる構造とする。

2) 空気弁の口径

空気弁の口径は、「設計計画要領(管路編) Ⅱ.管路付属設備 3.空気弁 3.2.使用区分」に準拠する。

3) 補修弁

空気弁の修理点検、取替え等を考慮し、空気弁直下に補修弁を設ける。

2.4. 排水弁

1) 口径の選定

排水弁の口径は、本管の流速が 1.0m/秒以上確保できることを基本とする。標準口径は、「設計計画要領(管路編) Ⅱ.管路付属設備 4.排水弁 4.3.口径」に準拠する。

排水量の計算は、「水道施設設計指針(2012) 表-7.6.4 排水管排水量の概算表および表下の計算式(526 頁)」を参照する。

2) 排水先

排水先は最寄りの河川、水路とする。排水口は、河川等の H.W.L.よりも上に設け、フランジ蓋で閉塞し、異物の進入を防止する。

フランジ蓋は設計水圧に耐えられる構造とする。制水弁の上流および下流から排水できる構造とする。(「**図２ 集合弁室**」参照)

2.5. 逆流防止弁

逆流防止弁の選定は、下表を基本とする。

逆流防止弁の選定基準

種 類	適用基準
スイング逆止弁	低揚程で逆流開始時間が遅い場合
急閉式逆止弁 ばね急閉式スイング逆止弁	ポンプ停止から逆流開始までの時間が短い(0.25～0.55 秒)の場合
主弁緩閉式スイング逆止弁	実揚程が低い場合
バイパス緩閉式スイング逆止弁	実揚程が高い場合

逆流防止弁の形式は、「水道用バルブハンドブック(2015) 3. バルブの形式と用途 3.4 逆流防止バルブ(52 頁～56 頁)」を参照する。

2.6. 放流弁

放流弁の形式は、「水道用バルブハンドブック(2015) 3. バルブの形式と用途 3.3 放流用バルブ(50 頁～52 頁)」を参照する。

2.7. 薬品注入用弁

薬品注入用弁の形式は、「水道用バルブハンドブック(2015) 3. バルブの形式と用途 3.8 薬品注入用等バルブ(64 頁～66 頁)」を参照する。

2.8. 弁の選定

弁の選定は、「水道用バルブハンドブック(2015) 4. バルブの選定(69 頁～88 頁)」に準拠する。

2.9. 弁の駆動方式

弁の駆動方式は、「水道用バルブハンドブック(2015) 5. バルブの駆動装置と制御方式 5.1 駆動方式(89 頁～97 頁)」を参照する。

3. 人孔

本管口径がφ800mm 以上の場合は、施工・維持管理上の要所に人孔を設ける。「水道施設設計指針(2012)　7.6.8 人孔(527 頁)」に準拠する。

4. 流量計

4.1. 種類と用途

管路に設置する流量計は、電磁流量計と超音波流量計とし、用途により使い分ける。

電磁流量計…… 流量の計測が必要な箇所(取水施設、浄水場出口、受水地等)
および流量制御を行う箇所(受水地、薬品注入箇所等)

超音波流量計…… 流量表示、記録のみの箇所

4.2. 電磁流量計

電磁流量計については、下記に記載の事項以外は「水道施設設計指針(2012) 8.11.4 流量計測　1)電磁流量計(642 頁)」に準拠する。

1) フルスケールの設定

- フルスケールは、計画水量の1.5 倍程度できりのよい数とする。ポンプによる直接送水の場合は、1.2 倍程度とする。
- 初年度水量が計画水量に比べて極端に少ない(20%以下)場合は、2 重レンジ等の検討を行う。

2) 受け台

受け台を設置する場合は、流量計の取り外しが出来る構造とする。

3) ルーズ短管

- ルーズ短管の管長は 2D(Dは口径)以上とする。
- ルーズ短管は、流量計と流量調整弁との間に設置する。設置後は、通しボルトで流量計と固定する。面間が狭い場合は、フランジアダプタ等も検討する。
- 材質は、SUS304 とする。
- 継手フランジの耐圧、形状については、本管設計水圧と整合すること。
- 付属品は、流量計と本管両継ぎ手部のポルト、ナット及びパッキン類とする。ボルトナットは SUS304 と SUS403 の組み合わせとする。

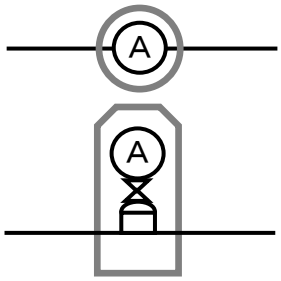
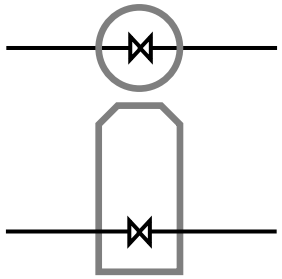
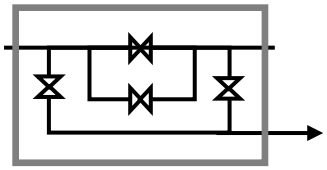
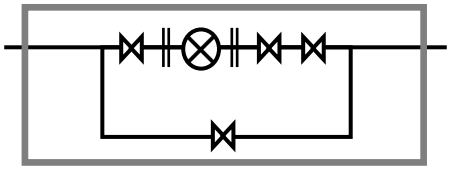
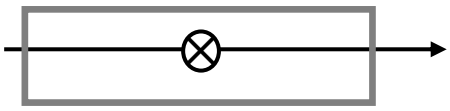
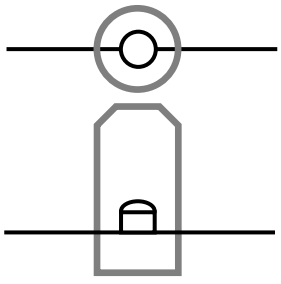
4.3. 超音波流量計

超音波流量計については、「水道施設設計指針(2012)　8.11.4 流量計測　2)超音波流量計(642 頁～644 頁)」に準拠する。

VII. 弁室、流量計室、計装室

1. 弁室、流量計室の種類

弁室・流量計室の種類

名称	収納機器等	概略図
空気弁室	空気弁 補修弁 人孔蓋	
制水弁室	制水弁	
集合弁室	制水主弁 制水副弁 排水弁	
流量計室	電磁流量計 流量調整弁 制水弁	
	超音波流量計	
人孔室	人孔蓋	

2. 弁室

2.1. 空気弁室

1) 構造

空気弁室は次に適合するものとする。

① 内圧、外圧に耐えること。(活荷重は T-25)

- 上載荷重に十分耐えること。
- 地下水が高い場合は、浮力防止を考慮する。
- 防水型で水を貯めれること。

② 工事、維持管理が容易なこと。

- 鉄蓋の大きさφ900×φ600mm の親子蓋を標準とする。
  交通量や道路によってはφ900mm やφ600mm の蓋も検討する。
- 弁室内径は、人孔蓋が有る場合はφ1500mm、無い場合はφ1200mm とする。

2) 空気弁室廻り配管

本管口径が大きくなると吸排気量も多くなり、適正な吸排気量は確保できなくなる恐れがある。吸気時には、管内の負圧分を供給できずに本管破壊の原因ともなり、排気時には蓋の飛散原因ともなりかねない。吸排気量の多い空気弁室には、通気管(SUS 304 φ40mm 程度)を設けることが望ましい。

2.2. 制水弁室

1) 構造

制水弁室は次に適合するものとする。

① 内圧、外圧に耐えること。

- 弁閉時に弁室下流側を管底まで掘削した場合でも、水圧により下流側に移動しないこと。
- 上載荷重に十分耐えること。(活荷重は T-25)
- 弁閉時には、管の抜出し防止用のスラストカラーが水圧を弁室壁面に分散するのでこれに耐える強度を確保する。
- 地下水が高い場合は、浮上防止も考慮する。
- 弁本体は水圧に対抗できるよう十分に固定する。

② 工事、維持管理が容易なこと。

- 鉄蓋の大きさは φ600mm を標準とする。但し空気弁が含まれる場合の φ 900mm または φ900mm×φ600mm の親子蓋とする。なお、大きさに関わらず転落防止付きとする。
- 天井には、作業用フックを設ける。
- 工事および維持点検が容易な大きさとする。

  横断方向　管・弁外径から壁までの離隔 600mm 以上
  維持点検に必要な寸法を 600mm とし、両側に点検スペースを設けるものとするが広く取れない場合は、片側のみでも可とする。

  縦断方向　継手部から壁までの離隔 500mm 以上
  管の接続作業が可能な寸法とする。

  高さ方向　管底から床までの離隔は基本 500mm 以上
  管、弁の据付、点検用スペースとして確保する。

- 制水弁室はドライ管理が出来るよう、床に勾配(1/100 程度)をつけて側溝にて結露水等を集水桝に集水する。排水は、可搬式ポンプで点検時に行う。集水桝の大きさは、□300mm 度、深さ 200mm 度とする。

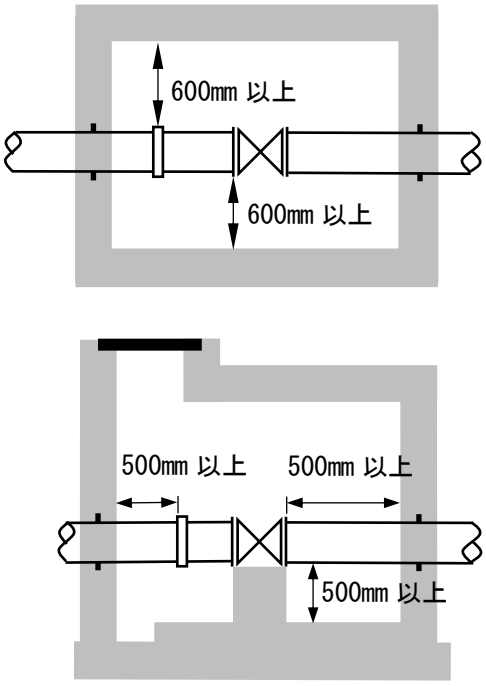


図１３　制水弁室の寸法

2) 制水弁室廻り配管

① 制水弁室内配管

制水弁室内配管は両端が弁室構造物で固定されているため、弁の据付、取外しを目的に、弁下流側に、継輪、伸縮管等の伸縮性を有する継手を設ける。

② 管の抜出し防止

管の抜出しは、スラストカラーにより弁室壁面に固定し防止する。壁厚計算は下記の要領とする。

- コンクリート壁の支圧検討

$$\sigma = \frac{F}{A_1} < \sigma_{ca} \quad A_1 : \pi (D + 2t + h) \cdot h$$

● コンクリート壁のせん断検討

$$\tau = \frac{F}{A_2} < \tau_a \quad A_2 : \pi (D + 2t + 2h) \cdot \ell$$

ここに　　σ ：支圧応力
τ ：せん断応力
F ：作用荷重（水圧）
A_1 ：作用荷重分布面積
A_2 ：作用荷重分布面積

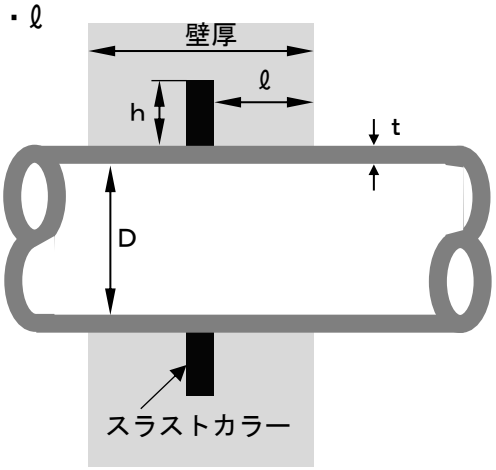


図１４　スラストカラー

3)　キー孔

弁を地上から操作できるよう、弁室にはキー孔を設ける。弁のキャップに補助バルブキーをつぎ足し、天井には触れ止め金具を設ける。土中の補助バルブキーはφ185mm の塩化ビニル管で保護し、φ320mm の鉄蓋を路面に設ける。

4)　構造解析

制水弁室の構造解析は、「コンクリート標準示方書(2017)［設計編:付属資料］ 5 編 構造解析事例　3章ボックスカルバート(620 頁～634 頁)」を参考とする。

2.3. 集合弁室

1)　構造

制水弁室に準じる。

2)　集合弁室廻り配管

①　集合弁室内配管

制水弁室に準じる。

②　管の抜出し防止

制水弁室に準じる。

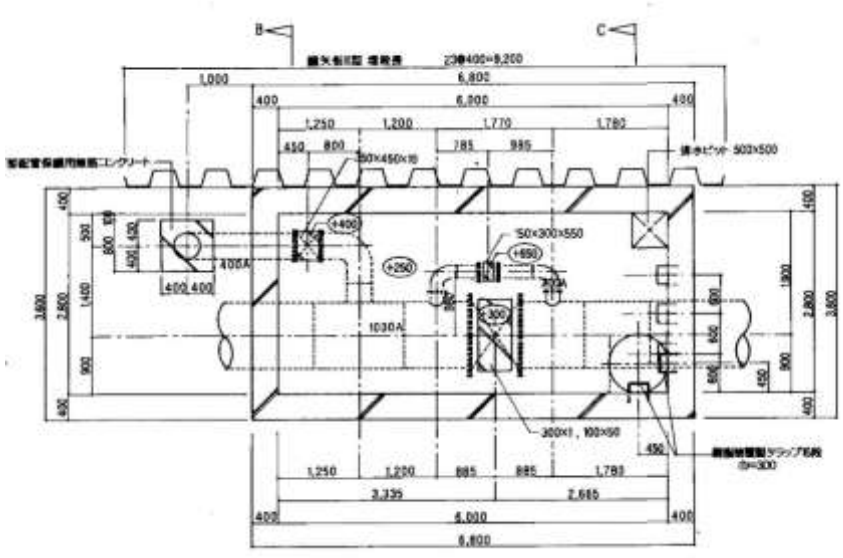


図２　集合弁室（完成図書例）

3) キー孔

制水弁室に準じる。

4) 構造解析

制水弁室に準じる。

3. 流量計室

超音波流量計室は、制水弁室と同様とする。以下に電磁流量計室について示す。

1) 構造

① 本体

流量計室は、図3を標準とする。流量調整弁と天井の離隔は、 500mm 以上とする。

② 人孔

- 人孔の設置を基本とする。
- 人孔は計装室上屋に設ける。
- 人孔蓋は、サイズφ600mm、転落防止付きを標準とする。
- 資材搬入搬出用人孔は、内部設備のサイズにより大きさを検討すること。

③ 排水

流量計室には排水設備を設け、可能な限り自然排水とし、不可能な場合は排水ポンプを設置する。

排水ビット

ポンプ排水

- ポンプを設置する部分のビットの大きさは、 600mm□程度とし、深さは 200mm 以上とする。
- 床勾配は、 1/100 程度とし、受台コンクリート等によって床が遮断される場合は、塩ビ管等を設置する。
- ポンプは、水中汚泥ポンプとし、電極による ON-OFF 自動運転とする。
- 排水管は、VLP とし口径φ50mm とする。
- ポンプと排水管の接続はフレキシブルホースで行い、ポンプ近くの排水管に手動弁及び逆止弁を設ける。

自然排水

- 取水桝は 300mm□程度とし、深さは 200mm 度とする。
- 床勾配は、ポンプ排水と同じ。
- 排水ピットには電極式水位計(上限警報用)を設ける。

④ 換 気

- 流量計室は、結露防止のための換気(強制)設備を設けることを基本とする。
- 排気管径はφ100mm 以上、ラインファンを標準とする。
- 換気方法は第 3 種換気とし、換気量は 1 回/時、1 日に 1 回運転する。 (図3参照)

⑤ 照明、コンセント設備

- 流量計室内の照明器具は、LED40形(防湿、防雨形)程度とし、防護網付きとする。取付については、維持管理作業等に支障のない場所を選定する。
- 流量計室の照明スイッチは、計装室上屋に設ける。流量計室内に設置しなければならないときは、防水形とする。
- 流量計室に設置するコンセントは、全て防水形とする。

2) 流量計室回り配管

① 基本事項

- 流量調整弁下流 2D 以上を SUS 管(SUS304)とする。
- 配管施工時に流量計を設置しない場合は、後日の流量計設置に支障のないようダミー管を設置すること。

② 管

- 流量計室の壁の中心にスラストカラーを設けること。
- 鋼管は、躯体の鉄筋、受台の鉄筋等と絶縁状態(接触しない)とする。電防末端部には絶縁フランジを設け、電流流失を防止する。

③ 採水管

配管

- 材質は SUS304 とする。
- 管径はφ25mm とし、サンプリングボックス内はφ13mm とする。

ボックス

- 材質は SUS304(外面バフ仕上げ)とする。
- 寸法は、高 800mm×横 300mm×奥行 300mm とし、ボックス内の排水を考慮すること。
- 広域水道センター管理のボックスには、SOL製 オールステンレス パーフェクトロックを付ける。

バルブ

- 本管からの取り出し管にはフランジ付バルブを設ける。

④ 採水管及び圧力測定用取り出し部

- 取り出し管は本管の横方向とし、φ50mm で本管と同時成形の異形管とする。ネジ切りは行わない。
- 圧力伝送器を設置しない受水地についても、横方向にφ50mm の管を同様に出し、バルブ止めとする。
- サンプリング管と圧力測定用管との取り出しは、別々に行うこと。

⑤ 空気弁

流量計上流部の片落管に空気だまりが生じるおそれがあるため空気弁を設置する。

3) 弁

「VI弁・流量計 2. 弁の基準2. 2. 制御弁」を参照する。

4) 計装

① 電磁流量計

「VI弁・流量計 4. 流量計4. 2. 電磁流量計」を参照する。

② 圧力計

- 設置場所

  圧力計の設置は、圧力測定を要する受水地を基本とする。
- フルスケール

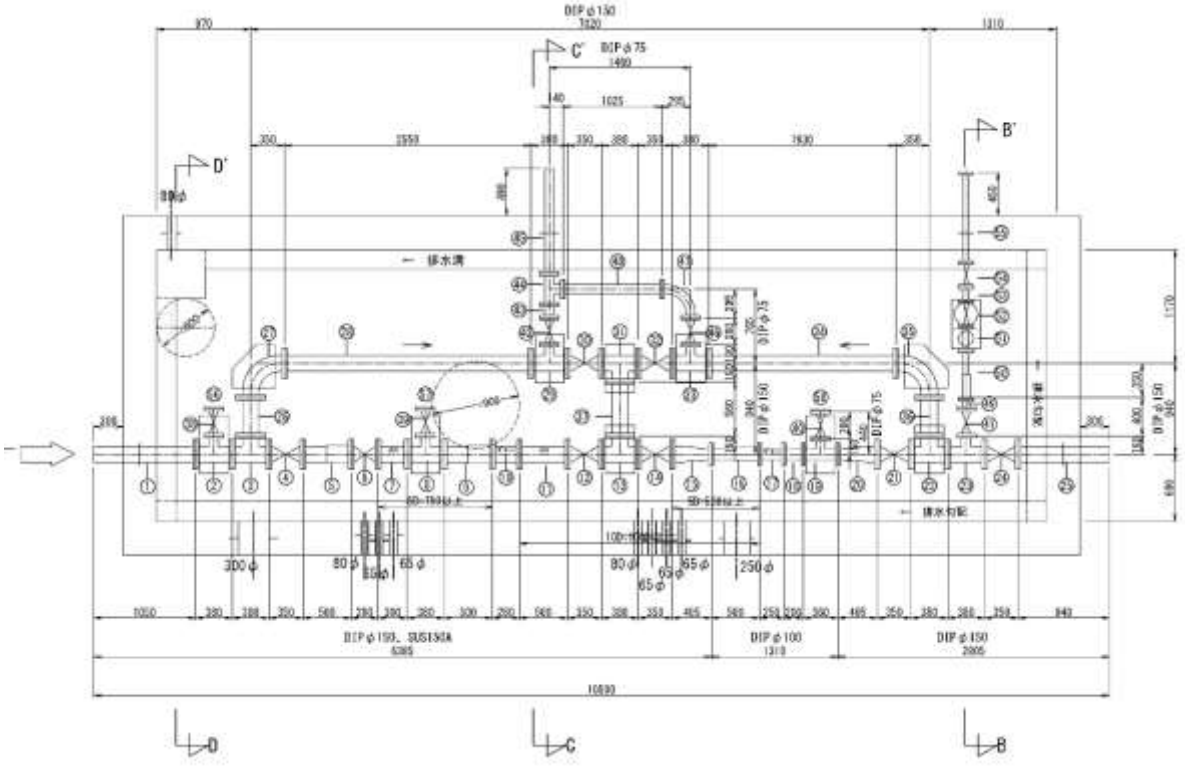
  フルスケールの設定は、静水頭の 2 倍程度できりのよい数とする。
- 配管
  - 管径はφ13mm とし、材質は SUS304 とする。ドレン管を必ず設けること。
  - 継手フランジ等の耐圧、形状については、本管設計水圧と整合すること。
- 取り出し管

  取り出し管は流量制御弁の 1 次側とし、本管横方向にサンプリング管と同様の方法で管工事にて施工する。

● エア抜き管
エア抜き管は上向きに設置する。

③ 圧力測定用座

圧力測定のために流量計1次側で圧力測定用座を横方向に取出す。



4. 人孔室

人孔室は、空気弁室に準拠する。

5. 計装室

1) 土木(建築)

建屋面積は、10 ㎡程度とする。

① 換気設備

ガラリを換気扇の対角位置付近に取り付け、内面防虫網張りとする。また、換気扇と連動させる。材質はアルミ製とする。

② 塗装

上屋内面(床)には、緑色のペイント(油脂)で防塵塗装を施す。
外装は吹き付け塗装とする。

③ ドア

ドアは、アルミ又はステンレススチール製両開きの親子ドアとし、外部から流量メーターを確認できるよう透明ガラス(W=500、H=800、t =6. 5)付とする。

④ ノブ

ノブは本締付モノロック(美和ロック製)とし、型式は「HMU- 1」とする。鍵番号は「鍵番号及び鍵納品本数は監督員との協議とする」とする。

2) 計装

① 照明、コンセント設備

照明器具は LED40W 形 2 灯を盤の前後を照らすように設置する。コンセントは、換気扇用 1 口、その他 2 口とする。

② 換気設備

換気扇は、30W 程度の 300mm 風圧式(サーモスタット付き)とし、必ずウェザーカバー(防虫網付き)を取り付ける。枠はアルミ、フードはステンレス製とする。

③ 受電設備

- 引込柱
  - 市町村の受電とは区別して、企業団単独受電を基本とする。
  - コンクリート柱(10m-19cm-350kg)を標準とするが、施工場所により、材質、サイズ等検討する。
- 電力量計(WHM)収納盤他
  - 収納盤の材質は SUS 製とする。
  - 地中埋設管は、波付硬質ポリエチレン管を使用し、予備管を 1 本入れる。

④ 伝送方式

テレメータテレコントロール(TM/TC)設備の伝送方式については、自然流下はIP回線、ポンプ圧送は有線を基本とする。

⑤ ケーブルピット

幅 300mm、高さ 300m のケーブルピットを設ける。ピット蓋はチェッカープレート(t=45mm、SUS 製)、受けアングルは L-50X50X 4 とする。

⑥ その他

ドアには、ドアスイッチを設置すること。接地端子盤を計装室内に設置すること。

3) その他

市町村に信号を貸与するときは、市町村が信号の借用願いを提出していることを確認のうえ、市町村に対し、信号ケーブル・プルボックス等の施工を指示する。

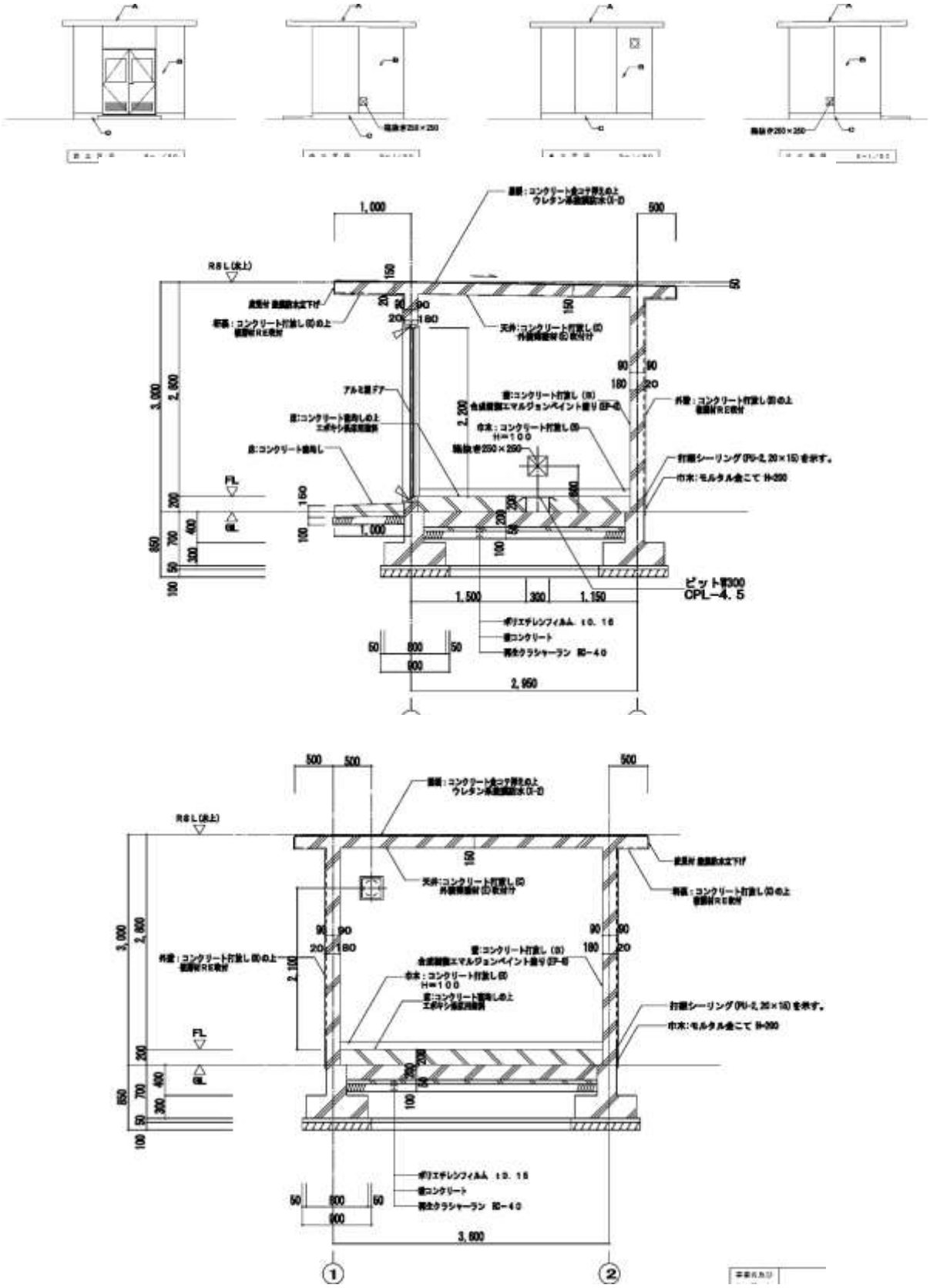


図４　計装室標準図（完成図書例）

Ⅷ. 電気防食

1. 一般

電気防食は、「設計計画要領(管路編) Ⅴ.電気防食 4.電気防食の方針」に準拠して設計する。

2. 防食設計電位

防食設計は、-1,000mV とする。

3. 塗膜抵抗値、防食電流密度

塗膜抵抗値、防食電流密度は、「WSP050-2017 第二章新設鋼管路の電気防食 4電気防食設計 4.2 塗膜抵抗値、防食電流密度(8 頁)」を参照する。

4. 流電陽極

流電陽極の設計は、「WSP050-2017 第二章新設鋼管路の電気防食 4電気防食設計 4.3 流電陽極方式(8 頁～11頁)」に準拠する。

5. 外部電源

外部電源の設計は、「WSP050-2017 第二章新設鋼管路の電気防食 4電気防食設計 4.4 外部電源方式(11 頁～14 頁)」に準拠する。

IX. 仮設構造物

1. 一般事項

1.1. 適用範囲

本指針では、掘削深さが 10m 以下の中小規模土留め・締切りを対象とした一般的な計算方法について記載している。掘削深 10m 以上となるような場合は、弾塑性法により土留壁の変位量、断面力を算定することとする。

1.2. 仮設工の種類と定義

仮設構造物とは、路面荷重や土圧・水圧等に抵抗させるために一時的に使用される構造物をいい、土留工、締切り工、路面覆工が該当する。

1) **土留め**

陸上部において、止水を目的としないで掘削に伴う地山の崩壊を防止する構造をいい、親ぐい式仮設構造物がこれにあたる。

2) **締切り**

水中部および地下水の存在する陸上部において、止水と土留めを目的とする構造をいい、鋼矢板式仮設構造物がこれにあたる。

3) **小規模土留め・締切り**

掘削深さ 3m 未満の土留め・締切り。

4) **中規模土留め・締切り**

掘削深さ 3～10m の土留め・締切り。

5) **自立式土留め・締切り**

掘削に伴って背面側から作用する土圧、水圧に対して掘削面側の地盤と土留め壁の曲げ剛性で抵抗する土留め・締切り。

6) **切ばり式土留め・締切り**

掘削に伴って背面側から作用する土圧、水圧に対して掘削面側の地盤や土留め壁の曲げ剛性に加え、切ばり・腹起し等の支保工で抵抗する土留め・締切り。

7) **グラウンドアンカー工法**

土留め・締切りにおいて土圧、水圧に対し切ばり腹起しで抵抗するのではなく、土中にアンカーを打ち込み、このアンカーの引張り力で抵抗する工法。

1.3. 基本方針

① 仮設構造物の計算については、「道路土工 仮設構造物指針」(平成 11 年 3 月(社)日本道路協会))に準拠する。

② 特別な仮設構造物が必要な場合は、文献および類似の施工実績を調査の上、現地条件に合致した設計を行う。

③ 仮設構造物は存置期間が短いため、仮設期間中の地震の影響は考慮しないことを基本とする。

2. 設計一般

2.1. 土質定数

土質定数は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-2土質定数(28 頁～31 頁)」に準拠する。

2.2. 荷重

荷重は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-3荷重(31 頁～44 頁)」に準拠する。

2.3. 設計計算に用いる物理定数

設計計算に用いる物理定数は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-5設計計算

に用いる物理定数(45 頁～46 頁)」に準拠する。

2.4. 許容応力度

許容応力度は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-6許容応力度(46 頁～54 頁)」に準拠する。

2.5. 全体安定性の検討

全体安定性の検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-7全体安定性の検討(54 頁～57 頁)」に準拠する。

2.6. 周辺構造物への影響に関する検討

周辺構造物への影響に関する検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-8周辺構造物への影響に関する検討(57 頁～63 頁)」に準拠する。

2.7. 土留工を必要とする掘削

「建設工事公衆災害防止対策要綱土木工事編」に準拠する。

※ この要綱は、土木工事の施工に当たって、当該工事の関係者以外の第三者(以下「公衆」という。)の生命、身体及び財産に関する危害並びに迷惑(以下「公衆災害」という。)を防止するために必要な計画、設計及び施工の基準を示し、もって土木工事の安全な施工の確保に寄与することを目的とする。

3. 各種仮設構造物の設計

3.1. 軽量鋼矢板、アルミ矢板建込み工の設計

1) 工法の概要

軽量鋼矢板、アルミ矢板建込み工法は、掘削深が 3.8m 以下の比較的小規模な管路工事に使用する。

施工は、布掘り後、腹起し材を入れて軽量鋼矢板、アルミ矢板を建て込み、掘削をしながら腹起し材を下げ、切梁をかける。

長所としては、鋼矢板に比べて軽量なので取扱いが容易である。短所としては、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である。

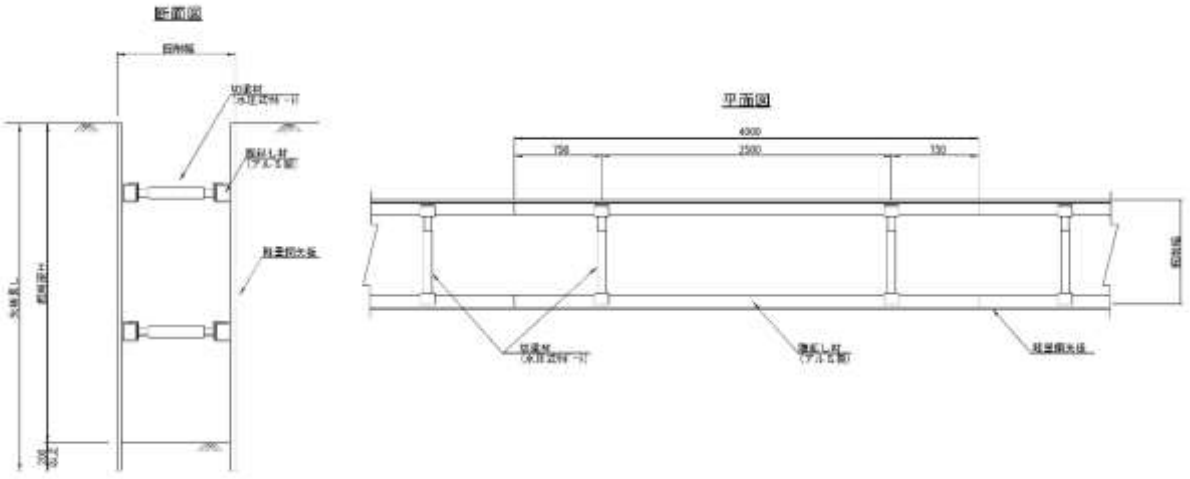


図５　簡易鋼矢板標準図

- **軽量鋼矢板、アルミ矢板**

  軽量鋼矢板の型式としては、Ⅱ型(標準有効幅 250mm)を基本とする。
  矢板長は L =2.0m、2.5m、3.0m、3.5m、4.0mとする。
  アルミ矢板の標準有効幅、矢板長は軽量鋼矢板に準拠する。
- **支保工**

  掘削深 2.0m以下は1段、3.5m以下は2段、3.8m以下は3段を基本とする。

2) 適用範囲

- **根入れ長**

  同工法による根入れ長について 200mm 以上を基本とする。
- **適用区分**

  簡易鋼矢板適用の判定基準は、下記の5項目とする。
  - 掘削深
  - 土質
  - 地下水位
  - 地下埋設物の状況
  - 矢板外側から構造物までの離れ
  - 矢板外側から家屋までの離れ

3.2. 建込み簡易土留め

1) 適用範囲

建込み簡易土留めの適用範囲は、下表のとおりとする。

表 1　建込み簡易土留めの適用範囲

項　　目	適用範囲
掘削深さ	4m以下
掘削幅	3m以下
架空線など	上空 6m以上のクリアランス
地盤条件	N値 4 以上

注　表の適用範囲を超える条件下での適用が要求される場合には、補助工法の併用などを検討する。

2) 地盤条件

本工法は、良質な地盤を対象とした工法であり、適用できる地盤条件は以下のとおりとする。

- N 値が 4 以上の地盤
- 砂質土にあっては、ボイリングの恐れのない地盤
- 粘性土にあっては、ヒーピングの恐れのない地盤

3.3. 慣用法による土留め壁の設計

1) 根入れ長

根入れ長の計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-4慣用法による土留め壁の設計 (1)根入れ長の決定(87 頁～90 頁)」に準拠する。

2) 断面力算定

断面力算定は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-4慣用法による土留め壁の設計 (2)壁体の断面力算定(90 頁～92 頁)」および、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-6土留め壁の部材設計(109 頁～114 頁)」に準拠する。

3) 鋼矢板変位の検討

鋼矢板変位の検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計

2-9-4慣用法による土留め壁の設計 (3)鋼矢板の剛性の検討(92 頁～94 頁)」に準拠する。

〔参考〕

○ 弾塑性法による土留壁の計算

弾塑性法による土留め壁の計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-5 弾塑性法による土留め壁の設計(94 頁～109 頁)」に準拠する。

○ 土留め壁の周辺への影響

土留め壁の周辺への影響は、「トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説 第3編 仮設構造物の設計 第7章周辺への影響 7.2 土留め工周辺地盤および周辺構造物への影響に関する検討(207 頁～209 頁)」および「資料編 3-7周辺地盤の沈下予測手法に関する資料」を参照する。

○ 許容変位量について

許容変位量は、「設計計画要領(管路編) 5.管の布設深度の (参考) 近接工事による各管理者の許容量(A-5 頁)」を参照する。

4) ボイリングの検討

ボイリングの検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-3 掘削底面の安定 (1)ボイリングおよびパイピングの検討(78 頁～82 頁)」に準拠する。

5) ヒービングの検討

ヒービングの検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-3 掘削底面の安定 (2)ヒービングに対する検討(83 頁～85 頁)」に準拠する。

6) 盤ぶくれに対する検討

盤ぶくれに対するの検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-9土留め壁の設計 2-9-3 掘削底面の安定 (3)盤ぶくれに対する検討(85 頁～87 頁)」に準拠する。

7) 腹起しの計算

腹起しの計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-2支保工の設計に用いる荷重(116 頁～117 頁)および2-10-3腹起しの設計(118 頁～121 頁)」に準拠する。

8) 切ばりの計算

切ばりの計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-2支保工の設計に用いる荷重(116 頁～117 頁)および2-10-4切ばりの設計(121 頁～123 頁)」に準拠する。

9) 火打ちの計算

火打ちの計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-2支保工の設計に用いる荷重(116 頁～117 頁)および2-10-5火打ちの設計(124 頁～125 頁)」に準拠する。

10) 中間杭の計算

中間杭の計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-2支保工の設計に用いる荷重(116 頁～117 頁)および2-10-6中間杭の設計(125 頁～126 頁)」に準拠する。

11) 鋼矢板欠損部における横矢板の支持について

地下埋設物等による鋼矢板欠損部の土留め及び止水については、補助工法(「Ｘ補

助工法」参照）により対応することを基本とする。補助工法を採用した場合、横矢板を挿入しても横矢板には土圧がかからない為、横矢板の支持は鋼矢板としてもさしつかえない。

補助工法なしで横矢板により土留めを行なう場合は、“親杭横矢板工法”と捉え、横矢板の支持はＨ鋼とする。

3.4. 自立式土留めの設計

1) 設計の基本

設計の基本は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-12自立式土留めの設計 2-12-1 設計の基本（150 頁～151 頁）」に準拠する。

2) 荷重

荷重は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-12自立式土留めの設計 2-12-2荷重（151 頁～152 頁）」に準拠する。

3) 根入れ部の安定計算

根入れ部の安定計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-12自立式土留めの設計 2-12-3設計 (1)根入れ長の計算（153 頁～154 頁）」に準拠する。

4) 断面および変位の計算

断面および変位の計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-12自立式土留めの設計 2-12-3設計 (2)断面の計算（154 頁）、(3)変位の計算（154 頁～155 頁）および(4)土留め板の設計（155 頁）」に準拠する。

3.5. 立坑（ライナープレート）の設計

ライナープレートの設計は、コルゲート・ライナー技術協会の「ライナープレート設計・施工マニュアル」を参照する。

3.6. 立坑（鋼製ケーシング）の設計

鋼製ケーシング立坑は、下記の式を参考に側圧に対する座屈を検討することで安定度を確認する。

[参考式]

鋼製ケーシング立坑は水密性が大きいので、側圧は土圧と水圧を合わせて考慮する。

$$P = K_0 \{\Sigma (\gamma \cdot h) + q\} + \gamma w (Hd - Hw)$$

ここに

- P ： 側圧(kN/㎡)
- K_0： 静止土圧系数
- γ ： 土の単位体積重量(kN/㎥)
- h ： 各層厚(m)
- q ： 上載荷重(kN/㎡)
- γw： 水の単位体積重量 (kN/㎥)
- Hd： 地表面から座屈を考慮する点までの高さ＝掘削深(m)
- Hw： 地表面から地下水位までの深さ(m)

中空のケーシングチューブ壁面が垂直で一様な側圧を受けた場合の座屈応力Pk は、Mises によれば、$L < 4.9\gamma\sqrt{r/t}$ になる時（鋼製ケーシング立坑はこの条件を満たす）近似式として次式で表せる。

$$Pk = 0.807 \frac{E \cdot t^2}{Hd \cdot r} \times \left(\left(\frac{1}{1-\nu^2} \right)^2 \times \frac{t^2}{r^2} \right)^{1/4}$$

ここに

- Pk： 座屈圧力(kN/㎡)

Ｅ ： 鋼材の弾性係数 2.0×10^{8} (kN/㎡)
ν ： 鋼材のポアソン比 0.3
ｔ ： ケーシングチューブの板厚(m)
ｒ ： ケーシングチューブの半径(m)
Hd： 外圧を受ける部分の長さ＝掘削深(m)

この座屈圧力Pkより側圧Pが小さければ鋼製ケーシング゛は座屈しない。

水中コンクリートの必要厚さは揚圧力と抵抗力の釣り合い、および曲げ引張り応力度により決定する。以上により決定した立坑形状について、浮力に対する安全性も確認する。

3.7. 路面覆工・仮桟橋の設計

1) 活荷重の載荷方法

活荷重の載荷方法は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-4活荷重の載荷方法(138 頁～140 頁)」に準拠する。

2) 覆工受け桁の計算

覆工受け桁の計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-5覆工受げたの設計(140 頁～142 頁)」に準拠する。

3) けた受けの計算

けた受けの計算は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-6けた受けの設計(143 頁～144 頁)」に準拠する。

4) 最大勾配

最大勾配は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-2基本計画 (1)最大勾配(135 頁～136 頁)」に準拠する。

5) けた下空間

けた下空間は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-2基本計画 (2)けた下空間(136 頁)」に準拠する。

6) 仮桟橋の幅員とけたおよびくいの間隔

① 幅員およびけたの間隔

幅員およびけたの間隔は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-2基本計画 (3)仮桟橋の幅員(136 頁)および(5)覆工受げたの支間(136 頁)」に準拠する。

② くいの間隔

杭の間隔は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-11路面覆工・桟橋の設計 2-11-2基本計画 (4)覆工受けげたおよび杭の間隔(136 頁)」に準拠する。

3.8. グラウンドアンカーの設計

1) 概説

① 適用範囲

本項は、標準的な土留め・締切りに用いる摩擦形加圧注入式グラウンドアンカーの設計に適用する。

② グラウンドアンカー各部の名称

グラウンドアンカー各部の名称は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 図2-10-13土留めアンカー各部の名称(127 頁)」を参照する。

2) 設計計画

① 基本方針

基本方針は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (2)設計計画 1)基本方針(126頁)」に準拠する。

② 設計手順

基本方針は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 図2-10-14土留めアンカーの設計手順(128頁)」に準拠する。

3) 設計法

① アンカー式土留めに作用する側圧の算定

アンカー式土留めに作用する側圧の算定は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-2支保工の設計に用いる荷重(116 頁～117 頁)」に準拠する。

② アンカーの配置計画

アンカーの配置計画は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (4)アンカーの配置(127 頁～129 頁)」に準拠する。

③ アンカー力の算定

アンカー力の算定は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (5)設計アンカー力の算定(130 頁)」に準拠する。

④ アンカー体の設計

アンカー体の設計は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (6)アンカー体の設計(130 頁～132 頁)」に準拠する。

⑤ アンカー長の決定

アンカー長の決定は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (7)アンカー長の決定(132 頁～133 頁)」に準拠する。

⑥ 安定の検討

安定の検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (8)土留め安定性の検討(133 頁～134 頁)」に準拠する。

⑦ 初期緊張力の決定

初期緊張力の導入は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (9)初期緊張力の決定(134 頁)」に準拠する。

⑧ 土留め鉛直支持力の検討

土留め鉛直支持力の検討は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (10)土留め壁の鉛直支持力の検討(135 頁)」に準拠する。

⑨ アンカー頭部の設計

アンカー頭部の設計は、「道路土工 仮設構造物指針 2.設計 2-10支保工の設計 2-10-7土留めアンカーの設計 (11)アンカー頭部の設計(135 頁)」に準拠する。

4. 仮設迂回路

4.1. 一般事項

立坑築造等のスペースを確保するため、交通を迂回させる場合に仮設迂回路を設置する。本章では仮設迂回路の平面形状等の基本を定めているが、詳細は、警察、道路管理者と十分に協議を行い決定する。

4.2. 調査事項

1) 現場条件の調査(交差点附近、一般部、道路排水等)
2) 交通量の把握、大型車の割合
3) 工事中の道路からの見通し

4.3. 幅員

仮設迂回路の幅員は、原則として現道幅員とする。

4.4. 舗装構成

仮設迂回路の舗装構成は、下表を参考に交通量等に応じて設定する。

表２　舗装構成

車　　道	歩　　道
表層　密粒アスコン　　5 cm	表層　密粒アスコン　　5 cm
基層　粗粒アスコン　　5 cm	路盤　クラッシャー　10 cm
路盤　粒調砕石　　20 cm	

4.5. 迂回長

道路が直線部である時は、図6のとおり迂回長 60m 程度を基本とする。

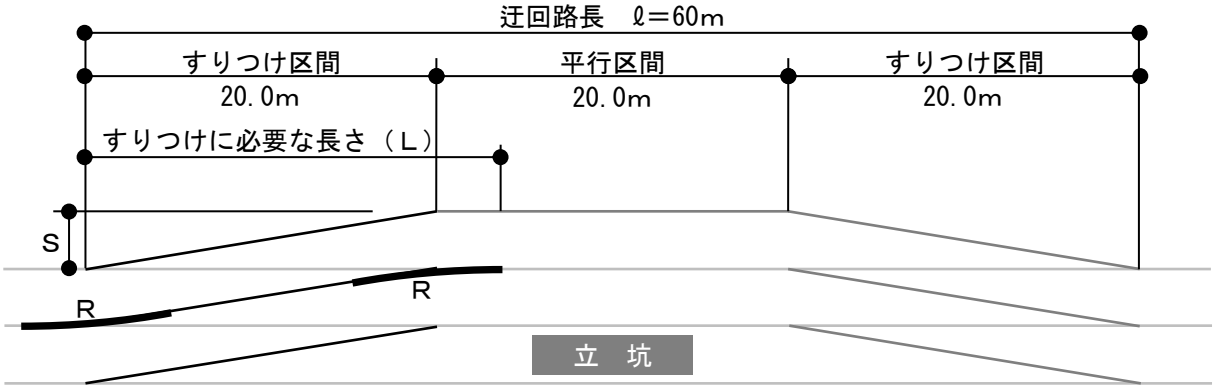


図６　標準仮設迂回路

シフト量（Ｓ）：現道と仮設迂回路中心線の移動量
すりつけに必要な長さＬは
$L=\sqrt{(4R-S)S}$
R=30m　S=5m　とすると　$L=\sqrt{(4R-S)S}$ ≒24m
迂回路長　ℓは
ℓ＞2L＋立坑付近の必要幅
（仮定）　2×24+12＝60m　程度となる。

5. 地下埋設物防護

地下埋設物の防護は、「トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説　第4編施工　第12 章埋設物の保安措置(258 頁～263 頁)」を参照する。

防護の方法は、地下埋設物の管理者と協議のうえ決定する。

X. 補助工法

1. 補助工法の目的と選定

1.1. 補助工法の目的

補助工法の主な目的は、以下の通りである。

1) シールド、推進工法の防護

- 立坑廻りの防護
- 初期掘進区間の地盤強化
- 到達区間の地盤強化
- 曲線部の地盤強化
- 地下埋設物、建築構造物への影響防止

2) 仮設構造物の強化

- 底盤改良(ボイリング防止、ヒービング防止、土留壁根入長低減)
- 土留欠損部の補強
- 止水

1.2. 補助工法の選定

採用する補助工法は、薬液注入工法と高圧噴射攪拌工法を基本とし、選定に当たっては、各工法の特性を把握した上で、工事目的、対象土質の特性、周辺環境条件、補助工法に要求される効果を満足できる工法のうち、経済性、安全性を考慮して決定する。

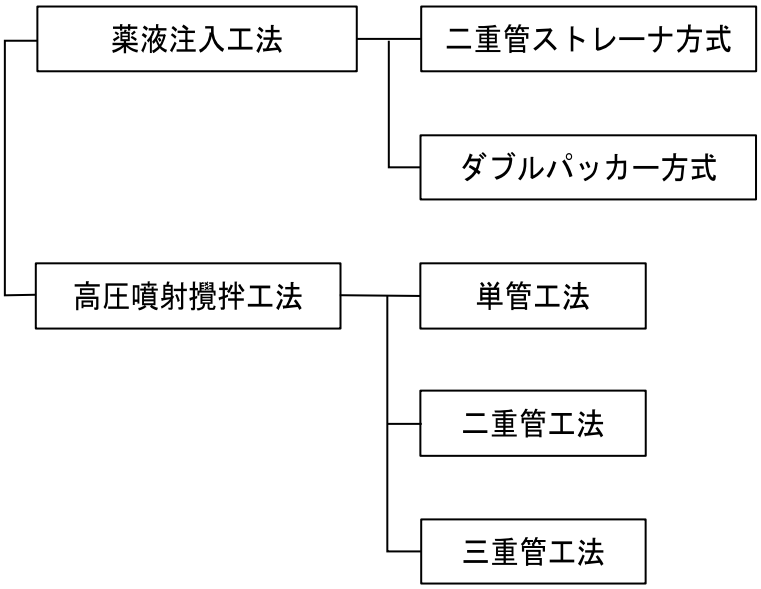


図 7　採用補助工法の種類

2. 薬液注入工法

2.1. 設計に用いる基本項目

設計の基本項目を下記に示す。基本項目の決定は、「新訂正しい薬液注入工法(㈳日本グラウト協会編)　2.設計　2.2 設計に用いる基本項目について(9 頁～22 頁)」を参照する。

2.2. 改良断面の算定

改良断面の算定は、「新訂正しい薬液注入工法(㈳日本グラウト協会編)　2.設計　2.3 設計・計算例(22 頁～100 頁)」を参照する。

3. 高圧噴射撹拌工法(二重管・三重管工法)

3.1. 工法選択の基準

工法の選択基準としては、次のようなものが挙げられ、下図を基本とする。

- 土質(粘性土、砂質土、砂礫土、腐植土)
- N値など主に土の固さに関する条件
- 施工条件…施工深度など
- 有効径・・・引上げ速度、圧力など
- 改良目的…止水性、強度増加など
- 工事の規模、工期
- 経済性

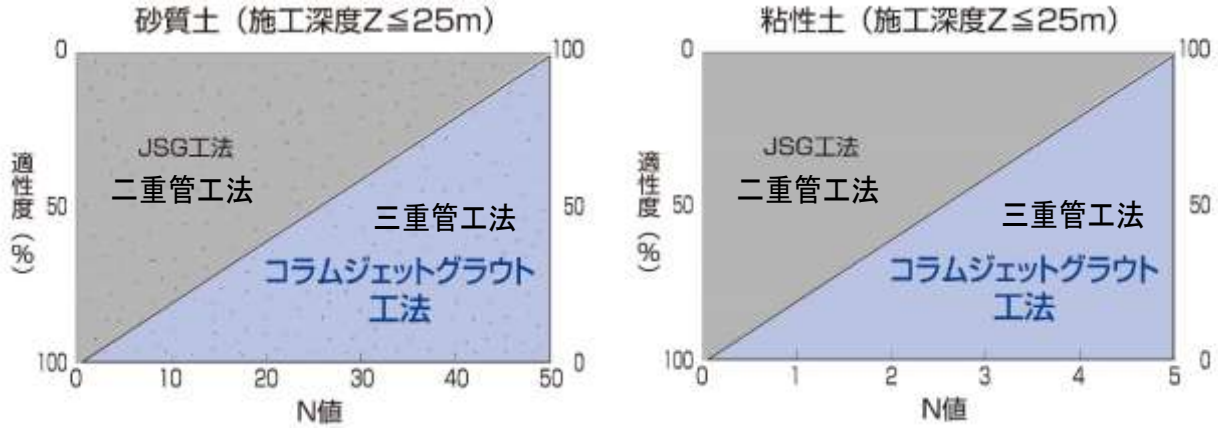


図８　対象地盤のＮ値と適正度

3.2. 土質条件と有効径

有効径は、造成対象の土層および施工条件により決定される。

- 土質条件:土質、N値、透水係数、粒度組成、粘着力等
- 施工条件:施工深度、施工目的、設計強度。地下水位等

以上の条件によって、標準的な有効径を表3-1、表3-2に沿って決める。互層の場合は、対象各層の標準有効径の最小のものを採用する。

表３－１　二重管工法　標準設計数値

ジェットグラウト協会より

土質・N値 / 項　目	砂　質　土						砂礫土
	N≦10	10<N≦20	20<N≦30	30<N≦35	35<N≦40	40<N≦50	※
標準有効径（m） 0m≦深度（Z）≦25m	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	－
引き上げ速度（分/m）	40	35	30	26	21	17	－
硬化材単位吐出量（㎥/分）	0.06						
砂礫土については、十分検討し決定すること							

土質・N値 / 項　目	粘　性　土					腐葉土
	N<1	1≦N＜2	2≦N＜3	3≦N＜4	4≦N＜5	※
標準有効径（m） 0m≦深度（Z）≦25m	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	－
引き上げ速度（分/m）	30	27	23	20	16	－
硬化材単位吐出量（㎥/分）	0.06					
腐葉土については、十分検討し決定すること						

(注 1)粘着力が 5 tf/㎡程度以上の場合、所定の有効径が確保できないこともあるので注意すること。

(注 2)二重管工法で、最大 N 値を基に決定した標準有効径よりも小さな有効径を造成したいときには、表10-3により検討することができる。

表３－２　三重管工法　標準設計数値

ジェットグラウト協会より

N値	砂礫土	※1					
	砂質土	N≦30	30<N≦50	50<N≦100	100<N≦150	150<N≦175	175<N≦200
	粘性土		N≦3	3<N≦5	5<N≦7		7<N≦9
有効径（m）深度（Z）で区分（※２）	0m＜Z≦30m	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
	30m＜Z≦40m	この場合の有効径は、Z≦30mの有効径より 0.2m減じた径で杭の配列を考えること					
		1.8	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
引き上げ速度（分/m）		16	20	20	25	25	25
硬化材単位吐出量（㎥/分）		0.18	0.18	0.18	0.14	0.14	0.14

※1　砂礫で N 値＜50 の場合は、砂質土有効径の 10%減を基本とする。また、N 値＞50 は、十分検討し決定すること。
砂礫については、原則として試験施工により決定するものとする。

※2　施工深度 Z＞40mの場合は、十分検討し決定すること。

（注）粘着力が 5 tf/㎡程度以上の場合、所定の有効径が確保できない事もあるので注意すること。

① 互層の場合の有効径のとりかた

- 対象土層内が互層の場合、図9のとおり対象各層の標準有効径の最小のものを採用すること。層厚が1m未満の層は、近接する層を考慮し1m以上の層になるようにグループ化する。

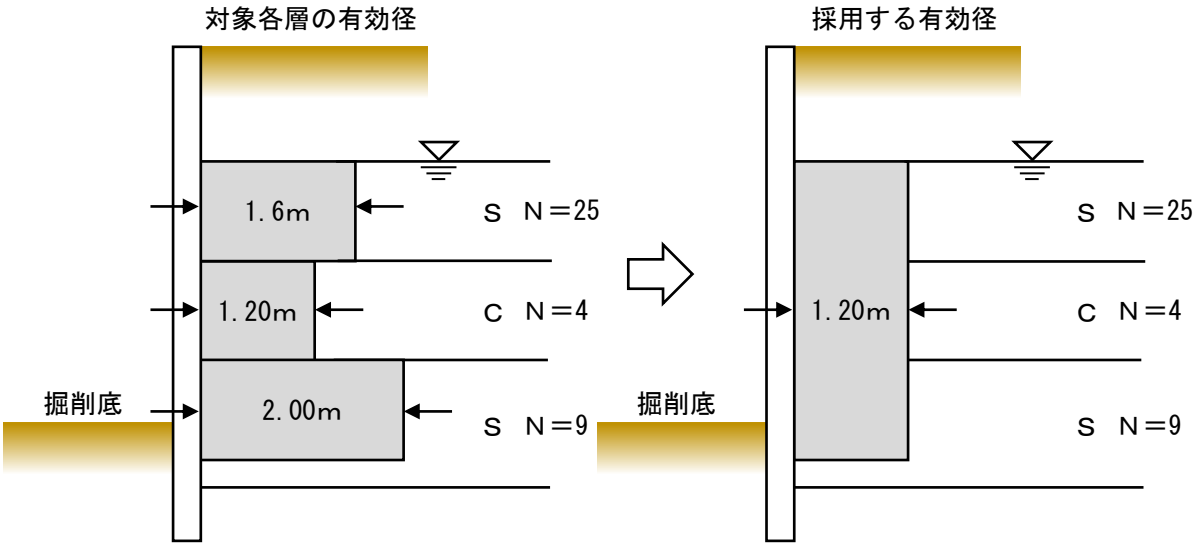


図９　互層の場合の有効径

- 止水目的の場合は、粘性土層に関係無く砂質土層のみの最小有効径とする。

3.3. 設計に用いる諸数値

改良体の設計基準強度を表3-3に示す。

表３－３　改良体の設計基準強度

ジェットグラウト協会より

硬化材	土質	一軸圧縮強度 (kgf/cm²)	粘着力 C (kgf/cm²)	付着力 f (kgf/cm²)	曲げ引張強度 (kgf/cm²)	弾性係数 E_{50} (kgf/cm²)	水平方向地盤反力係数 (kgf/cm²)	透水係数 (cm/sec)
ＪG-１号	砂質土	30	5	$\frac{1}{3}$C	$\frac{2}{3}$C	3000	30	1×10^{-7}
	粘性土	10	3			1000	10	
ＪG-２号	砂質土	20	4			2000	20	
ＪG-３号	粘性土	10	2			1000	10	
ＪG-４号	腐植土	3	1			300	3	

(注 1)改良体の単位体積重量および内部摩擦角は、現地盤と同等とする。

(注 2)砂礫は、砂質土に準ずるものとする。

(注 3)硬化材は、原則として JG-1 号を採用する。

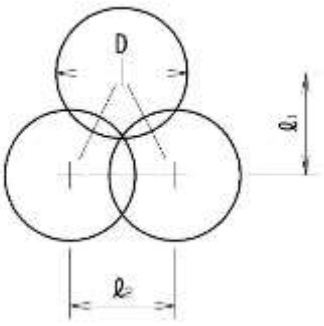
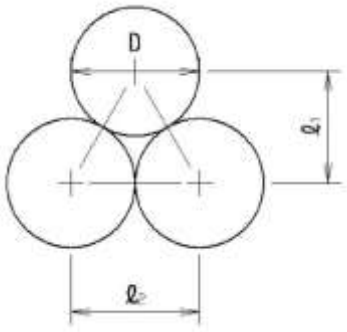
3.4. 目的別基本配置

①　地盤強化、止水等による基本配置

改良体の配置は表３－４を基本とするが、地盤、改良目的等に合わせた配置にすることもできる。

表３－４　改良体の基本配置

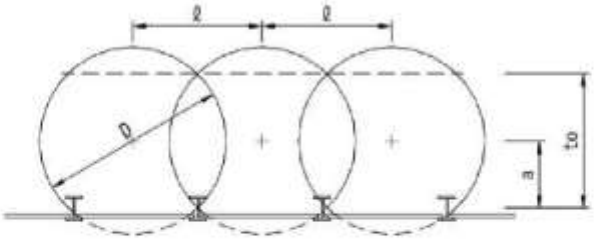
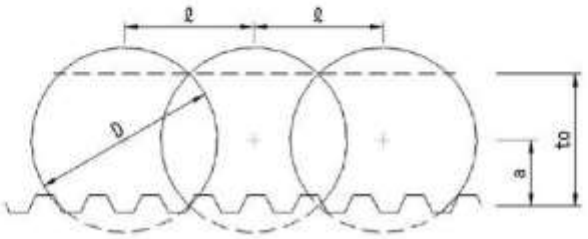
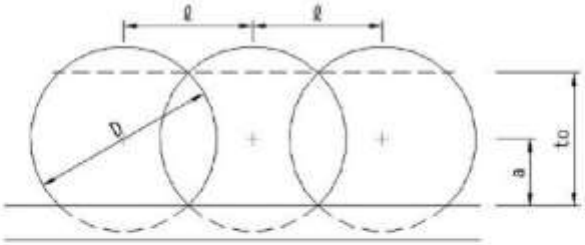
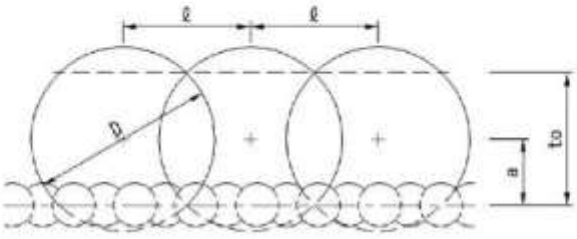
ジェットグラウト協会より

改良目的	タイプA	タイプB
適用条件	地盤補強に加えて、止水性が要求される場合	止水性の必要がなく、地盤補強が要求される場合 ただし、揚圧力による底盤改良のように下方からの外力を受ける場合（曲げ応力に抵抗させる場合も含む）はＡタイプとする。
基本配置		
基本間隔	ラップ配置を原則とする $\ell_1=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot D$ $\ell_2=\frac{3}{4}\cdot D$	接点配置を原則とする $\ell_1=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot D$ $\ell_2=D$
適用例	止水、盤ぶくれ、ボイリング	ヒービング、地中梁

② 発進到達部の基本配置

シールド・推進工事などの発進・到達の鏡部は、表３－５の配置を基本とする。

表３－５　発進・到達部の改良体の基本配置

土留壁の種類	基　本　配　置　図
H鋼横矢板	 to＝2a $a=\sqrt{\frac{D^2-\ell^2}{4}}$ ℓ≦D-0.2
鋼　矢　板	 $a=\sqrt{\frac{D^2-\ell^2}{4}}$ ℓ≦D-0.2
地中連続壁	 $a=\sqrt{\frac{D^2-\ell^2}{4}}$ ℓ≦D-0.2
連続柱列壁	 $a=\sqrt{\frac{D^2-\ell^2}{4}}$ ℓ≦D-0.2

③ 土留欠損部の基本配置

土留壁との密着により背面地盤の湧水を防止するためのものであり、その配置については、現場状況を十分考慮して決定すること。土留壁との最小ラップ長は、1.0m以上（L≧1.0m（鋼矢板２枚以上））を基本とする。（図10参照）

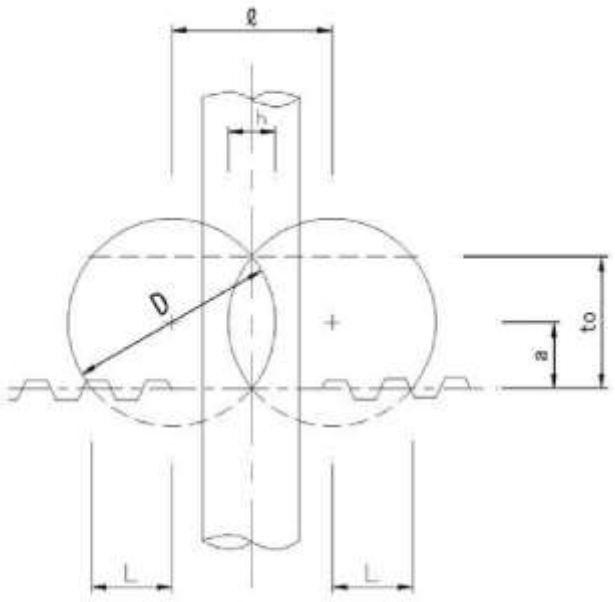


図10 土留欠損部の改良体の基本配置

3.5. 最小改良値

① 発進部

改良特性（固結体の改良強度、改良効果）と施工実績を考慮して、表3-6のとおり最小改良値を標準とする。推進工法により指定がある場合はその限りではない。

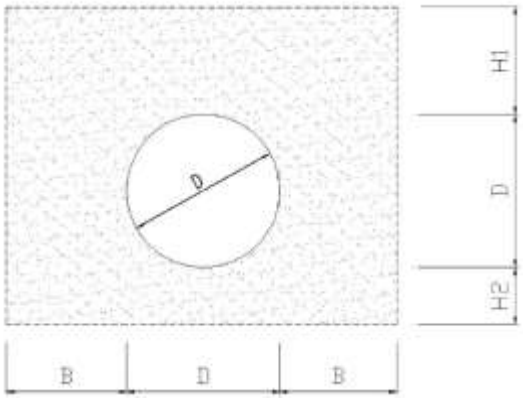


表３－６ 発進部最小改良値（m）

ジェットグラウト協会より

記号	D＜1.0	1.0≦D＜3.0	3.0≦D＜5.0	5.0≦D＜8.0
B	1.0	1.0	1.5	2.0
H１	1.0	1.5	2.0	2.5
H２	1.0	1.0	1.0	1.5

D：土留開放径

② 到達部

「表3-6 発進部最小改良値」を、到達部の改良値とする。

ただし、大深度の場合や通常の到達ができない場合には、別途検討のうえ改良断面を決定すること。

③ 立坑部

壁体改良の場合、有効壁体厚さは 1.0m以上を基本とする。
底盤改良および先行地中梁は、1.5m 以上を基本とする。

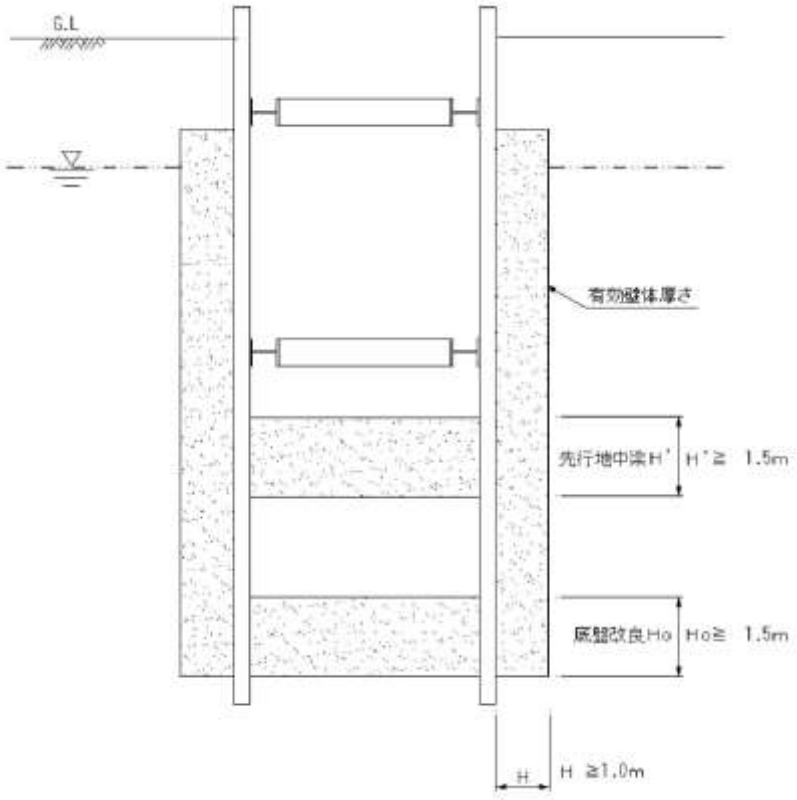


図１１　立坑部改良工

④ 止水目的の改良部

- 掘削底以深の改良長(h)は、1.0m 以上とする。ただし、掘削底下部の土層が N＞4 の粘性土の場合は、h＝0.5mとする。
- 造成天端は、現状の地下水位面とする。ただし、地下水位面以深に地下埋設物がある場合は、原則として地下埋設物の下端面とする。

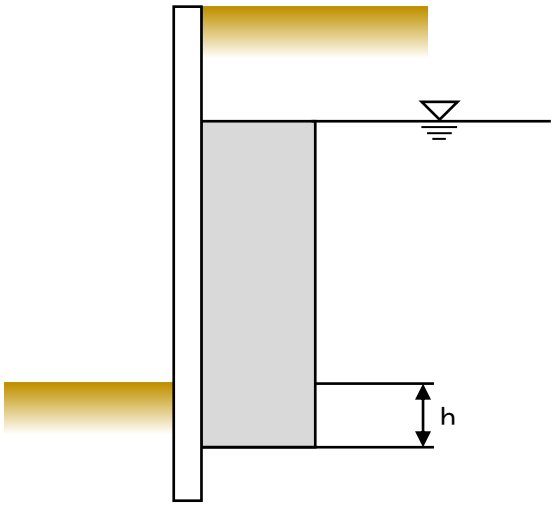


図１２　止水目的の最小改良圧

3.6. 高圧噴射撹拌工法を併用する横矢板の設計

① Case1（掘削期間が１年以上の場合）

改良固結体は、横矢板を設置するまで、側圧（土圧＋水圧）に抵抗できるものとする。
横矢板は、横矢板のみで側圧（土圧＋水圧）に抵抗できるものとする。

② Case2（掘削期間が１年未満の場合）

改良固結体は、側圧(土圧＋水圧)に抵抗できるものとし、補強材として横矢板(板厚 3 cm)を設置する。

ただし、次の場合は、原則としてCase1と同様とする。

- 立坑部
- 開削工事で地盤条件が非常に悪い場合
- 重要構造物、重要地下埋設物が近接している場合

3.7. 安全率

安全率については、施工性と施工目的を考慮して表3-7の数値とする。

表３－７　安全率

施工対象	施工目的	安全率
立坑等の底盤改良部	ヒービングの防止	1.5
	ボイリング等の防止	1.5
	土留根入れの抑制	1.5
シールドおよび推進の発進・到達部	シールド切羽等および反力壁の防護	1.5
土留欠損部	横矢板等他の防護工と併用する場合	1.0

3.8. 改良断面

1) 鏡切り部の考え方(高圧噴射撹拌工法の場合)

① 砂質土の場合

高圧噴射撹拌工法は高強度で均質なので、固結体を周辺自由支持の円板と考え、曲げ応力度から必要厚さを算定する。

固結体を周辺自由支持の円板と考え、曲げ応力度から必要厚さを算出する。

n-n断面上の曲げ応力度は

$$\sigma_{max} = \pm \beta \frac{W \cdot r^2}{t^2} \qquad \beta = \pm \frac{3}{8} \cdot \frac{3m+1}{m}$$

ここに、

m：ポアソン数（高圧噴射撹拌工法による固結体の場合 3.3）

t ：必要厚さ

w：外力（土圧＋水圧、原則としてランキンレザールの公式より求める）

r ：土留壁開放半径(D/2)

β ：1.2

となるから式は次のようになる。

$$t = Fs\sqrt{1.2Wr^2/\sigma t}$$

σt:固結体の曲げ引張強度(tf/㎡)

止水性から1m 程度確保した値と、算出結果と比較して大きい値を改良値とする。

② 粘性土の場合

土留開放径(D)を半径とする円弧すべりを想定し、固結体の粘着力ですべりモーメントに抵抗させるものとする。

モーメントの釣合いから改良必要厚さを計算する。

$$MD_1 = \gamma \times H \times D \times \frac{D}{}$$

$$\overline{\qquad\qquad 2}$$

$$MD_2 = \frac{\gamma \times D^3}{3}$$

$$Mr = \frac{C \times \pi \times D^2}{2}$$

$$\triangle Mr = \triangle C \times \theta \times D^2$$

$$FsMd - Mr = \triangle Mr$$

Ｍｄ：起動モーメント
Ｍｒ：改良前の抵抗モーメント
△Ｍｒ：改良後の増加抵抗モーメント
とすれば

$$\theta = \frac{FsMd - Mr}{\triangle CD^2}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{t}{D}\right) \text{ より } \quad t = D\sin\theta$$

△Ｃ：改良後の増加粘着力
ｔ：必要厚さ
γ：土の単位体稜重量
※大口径シールドの場合、別途考慮する必要がある。

2) 底盤改良（立坑、開削等）の考え方

底盤改良は砂質土層の場合は被圧水対策、粘性土層の場合はヒービング、受働主働土圧対策として行う。

① 砂質土層の場合

高圧噴射撹拌工法で底盤改良を行って、不透水性の版を形成させると、その下端に揚圧力が作用するので、これを外力として必要改良厚さを設定する。

計算は高圧噴射撹拌工法による固結体をコンクリートのように一体化した高強度の盤と考え、次の三方法により行い、そのすべてを満足する値を設計必要厚さとする。

● 押し抜き抵抗からの必要厚さ

揚圧力(U)に対して、改良体の重量(W)と土留壁との付着力(F)で抵抗させる。

$$U = A\ (H + x) \times \gamma_w$$
$$W = A \cdot \gamma_t \cdot x$$
$$F = 2\ (\ell x + \ell y) \cdot x \cdot f$$

ここに

Ａ：立坑の内空面積（ℓｘ＋ℓｙ）
ｆ：改良体と土留壁との付着力（1/3Ｃ）

$$F_s = \frac{W + F}{U}$$

γ_t：底盤固結体の単位体積重量
ｘ：改良厚さ
Ｆｓ：安全率（1.50）

● センン断応力からの厚さ

➢ 改良体に作用する最大センン断力

$$S_{max}=\frac{w\ell}{2}$$

➢ センン断応力度

$$\tau_a \geqq \frac{S_{max}}{b\,x'}=\frac{S_{max}}{x'}$$

必要改良厚さは

$$x=\frac{F_s S_{max}}{\tau_a}$$

b ：単位長

$$\tau_a=\frac{1}{3}\,C$$

U ：揚圧力

γ_t ：底盤固結体の単位体積重量

x ：改良厚さ

F_s ：安全率(1.50)

x ´ ：改良必要厚さ

● 曲げ応力からの必要厚さ

➢ 曲げ応力度

$$\sigma_t=\frac{M_{max}}{Z}-\frac{N}{A}$$

➢ 最大曲げモーメント(単純支持の 2 方向スラブとして計算する)

$$M_{max}=\frac{w\ell^2}{8}$$

➢ 断面係数

$$Z=\frac{b\,x'^2}{6}=\frac{x'^2}{6}$$

➢ 軸力

$$N=\frac{y}{6}\,(\Sigma p_2+\Sigma p_1)$$

$$x=\frac{F_s\times(M_{max}/Z-N/A)}{8}$$

$$\sigma_t=\frac{2}{3}\,C$$

● 最小改良厚

最小改良厚さは、2.5mとする。

② 粘性土の場合

ヒービング防止と主働土圧、受働土圧の均合いの 2 ケースで必要改良厚さを計算する。

改良範囲の下部に盤プクレを生じるような被圧滞水層が存在する場合は、砂質土のケースと同様な検討を行うことが必要である。

● ヒービングからの必要厚さ

土層が一様な場合、次のようになる。

$$F_s = \frac{(\pi + 2\alpha)\ C}{\gamma \cdot H + q}$$

ここで上式より、ヒービングを生じさせない、平均必要粘着力を求めると、

$$C = \frac{F_s\ (\gamma \cdot H + q)}{\pi + 2\alpha}$$

となり、今、原地盤の粘着力をC_0、改良後の粘着力をC'とすると、改良必要厚さは次のように求められる。

$$\theta = \frac{(\pi / 2 + \alpha)\ (C - C_0)}{C' - C_0}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{B}{h} \qquad r = \frac{B}{\sin\alpha}$$

$$x = r\cos(\alpha - \theta) - h$$

- 土圧バランスからの必要厚さ

最下段切梁を支点とする主働土圧と受働土圧の均合いから必要改良厚さを求める。土圧計算はランキン・レザールの公式によりもとめる。

$$F_s = \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_a}$$

F_s：安全率(1.50)

仮設計算根入れ長および最小改良厚に注意すること。

3) 土留欠損部の改良断面

埋設物横断等による土留欠損部については、改良体の固結体をコンクリートなどと同じように考え、親杭横矢板工法の板厚計算の考え方に準じて厚さを計算する。

$$t = F_s\sqrt{3W\ell r^2 / 4\sigma t}$$

ここで

t：改良厚さ

w：外力（土圧、水圧）

ℓ：欠損幅

σ_t：固結体の曲げ引張強度

横矢板を入れる場合の安全率は　$F_s = 1.0$