

# 設 計 便 覧 (案)

## 第 5 編 機 械 編

近 畿 地 方 整 備 局

# 第 5 編 機 械 編 目 次

## 第 1 章 水 門 設 備

第1節 一 般 事 項	1- 1
1. 適用範囲 (標準)	1- 1
2. 用語の定義 (標準)	1- 2
3. 構造の原則 (標準)	1- 2
4. 計画手順 (標準)	1- 2
5. 土木構造への対応 (標準)	1- 4
第2節 設 計 一 般	1- 5
1. 水門扉の形式・名称 (標準)	1- 5
2. 開閉装置の形式と選定 (標準)	1- 7
3. 設計荷重 (標準)	1- 8
4. 開閉荷重 (標準)	1- 9
5. 開閉速度 (標準)	1- 9
6. 揚 程 (標準)	1- 10
7. 使用材料 (標準)	1- 10
8. 材料の許容応力 (標準)	1- 17
9. 許容応力の補正 (標準)	1- 17
10. 開閉装置の安全率 (標準)	1- 17
11. 摺動部・回転部許容面圧 (標準)	1- 17
12. たわみの許容値 (標準)	1- 18
13. 余裕厚 (標準)	1- 18
14. 最小板厚及び細長比 (標準)	1- 18
15. 摩擦係数 (標準)	1- 19
第3節 扉体・戸当りの設計	1- 20
1. 構造、機構の設計 (標準)	1- 20
1-1 扉 体	1- 20
1-2 支 承 部	1- 20
1-3 水 密 部	1- 21
1-4 戸当り及び固定部	1- 21
1-5 接合部の設計	1- 22
2. ローラゲート (標準)	1- 22
2-1 一 般	1- 22
2-2 扉 体	1- 22
2-3 ロ ー ラ	1- 22
2-4 戸 当 り	1- 23
3. シェル構造ローラゲート (標準)	1- 24
3-1 一 般	1- 24
3-2 扉 体 の 形 状	1- 24
3-3 扉 体 の 構 造	1- 24
4. 起伏ゲート (標準)	1- 25
4-1 一 般	1- 25

5. スライドゲート (標準)	1- 25
5-1 一般	1- 25
第4節 開閉装置の設計	1- 26
1. 一般 (標準)	1- 26
1-1 開閉装置	1- 26
1-2 開閉用動力設備	1- 26
1-3 開閉用予備動力設備	1- 27
1-4 安全装置	1- 28
1-5 非常用閉鎖装置	1- 28
1-6 開閉装置フレーム	1- 28
1-7 開度計	1- 29
1-8 休止装置	1- 29
2. 機械式開閉装置 (標準)	1- 29
2-1 機械効率及び摩擦係数	1- 29
2-2 電動機	1- 30
2-3 制動機構	1- 30
2-4 減速装置	1- 31
2-5 歯車	1- 31
2-6 軸受	1- 31
2-7 動力伝達軸及び軸継手	1- 32
2-8 ラック	1- 32
2-9 ワイヤロープ	1- 32
2-10 ドラム及びシーブ	1- 33
3. 油圧式開閉装置 (標準)	1- 33
3-1 構成要素	1- 33
3-2 制動	1- 33
3-3 油圧回路	1- 33
3-4 油圧ユニット	1- 34
3-5 油圧シリンダ	1- 34
3-6 油圧モータ	1- 35
第5節 操作制御設備	1- 36
1. 基本計画 (標準)	1- 36
1-1 計画	1- 36
1-2 設置場所	1- 36
1-3 雷対策	1- 36
1-4 耐震対策	1- 37
2. 設計一般 (標準)	1- 38
2-1 操作制御方式	1- 38
2-2 機器の配置	1- 38
2-3 計測及び関連機器	1- 38
3. 操作制御盤 (標準)	1- 39
3-1 操作制御盤の形式	1- 39
3-2 予備発電設備	1- 40

4. 遠隔化システムの導入（標準）	1- 40
4-1 遠隔化導入の目的	1- 40
4-2 遠隔化システムの基本計画	1- 41
第6節 附属設備（標準）	1- 42
6-1 管理橋・階段・手摺・防護柵	1- 42
6-2 開閉装置室	1- 42
6-3 スクリーン	1- 42
6-4 銘板	1- 43
6-5 その他	1- 43
第7節 修繕工事への対応（参考）	1- 44
7-1 ゲート設備修繕（更新）計画	1- 44
7-2 ゲート設備修繕（更新）計画検討フロー図	1- 45
第8節 設計資料	1- 46
8-1 運転支援装置	1- 46
8-2 ソーラシステム	1- 47

## 第 2 章 揚排水ポンプ設備

第1節 一般事項	2- 1
1. 適用範囲（標準）	2- 1
第2節 計画	2- 3
1. 計画手順（標準）	2- 3
第3節 ポンプ設備	2- 5
1. 主ポンプ	2- 5
2. 主原動機設備	2- 8
2-1 基本事項	2- 8
2-2 内燃機関の選定	2- 8
2-3 原動機の種類と比較	2- 8
第4節 ポンプ室	2- 11
1. ポンプ室の大きさ	2- 11
2. ポンプ運転時における床版荷重	2- 12
第5節 附属設備	2- 15
1. 除塵設備（標準）	2- 15
1-1 基本条件	2- 15
1-2 スクリーン	2- 17
1-3 除塵機	2- 18
1-4 搬送設備	2- 20
1-5 設計計算（参考）	2- 22
2. 天井クレーン（標準）	2- 65
3. 燃料貯油槽（標準）	2- 65
4. 手摺・階段・防護柵等（標準）	2- 70
第6節 監視操作制御設備（標準）	2- 71
1. 監視操作方式	2- 72
2. 主ポンプの運転操作方式	2- 73

3. 系統機器設備の運転操作方式	2- 74
4. 自家発電設備の運転操作方法	2- 74
5. 除塵設備の運転操作方式	2- 75
6. 監視操作制御設備の構成	2- 75
7. 遠隔化システムの導入計画	2- 79
8. 遠隔化システムの基本計画（標準）	2- 81
9. 遠隔化システムの設計計画	2- 85
10. 遠隔化システムの構成	2- 85
第7節 修繕工事への対応（参考）	2- 87
7-1 揚排水ポンプ設備修繕(更新)計画	2- 87

### 第 3 章 トンネル機械設備

第1節 総 則	3- 1
1. 適用範囲（標準）	3- 1
2. 計 画（標準）	3- 1
2-1 景観設計	3- 1
2-2 コスト・メンテナンス性	3- 1
2-3 換気計画	3- 1
3. 調 査（標準）	3- 2
3-1 交通量調査	3- 2
3-2 気象調査	3- 2
3-3 環境調査	3- 2
3-4 地形・地物・地質調査	3- 3
第2節 トンネル内設備および関連設備	3- 4
1. トンネル内設備（参考）	3- 4
1-1 換 気 設 備	3- 4
1-2 非 常 用 施 設	3- 4
1-3 トンネル照明設備	3- 4
1-4 C C T V 設 備	3- 4
1-5 無線通信補助設備	3- 5
2. 関連設備（標準）	3- 5
2-1 可変標示板設備	3- 5
2-2 道 路 通 信 設 備	3- 5
2-3 通 信 線 路 設 備	3- 5
2-4 受配電・自家用発電設備	3- 5
2-5 遠方監視制御設備	3- 5
2-6 気 象 観 測 設 備	3- 5
2-7 消 火 設 備	3- 5
第3節 換 気 方 式	3- 6
1. 換気施設の必要性の検討（標準）	3- 6
1-1 自然換気の限界	3- 6
2. 換気方式の選定（標準）	3- 8
2-1 機械換気方式の種類	3- 8

2-2	換気方式の適用範囲	3- 8
3.	換気計画上の注意事項（標準）	3- 9
3-1	火災時の運用（参考）	3- 9
3-2	渋滞時の運用	3- 9
3-3	段階建設	3- 9
3-4	維持管理	3- 9
3-5	取入空気の汚染状態	3- 10
3-6	都市トンネルにおける換気的设计濃度と換気量	3- 10
第4節	換 気 計 画	3- 11
1.	設計一般（標準）	3- 11
1-1	換気計画の概要	3- 11
1-2	設計条件	3- 11
2.	換気の対象物質および濃度（標準）	3- 11
3.	交通量（標準）	3- 13
3-1	計算のフロー	3- 13
3-2	設計交通量	3- 13
3-3	設計交通容量	3- 14
3-4	設計時間交通量	3- 17
3-5	交通量選定留意点	3- 18
4.	換気量の算定（標準）	3- 19
4-1	計算のフロー	3- 19
4-2	基準換気量	3- 19
4-3	所要換気量と補正係数	3- 21
5.	自然換気力および交通換気力（標準）	3- 24
5-1	自然換気力	3- 24
5-2	交通換気力	3- 25
5-3	交通換気図	3- 28
6.	その他の検討	3- 30
6-1	交通渋滞と自然換気	3- 30
第5節	換気方式の採用と計算	3- 31
1.	ジェットファン（ブースターファン）による換気（標準）	3- 31
1-1	ジェットファン換気方式の計算	3- 31
1-2	ジェットファンの取付間隔	3- 34
2.	立坑集中排気方式の計算（標準）	3- 35
2-1	立坑集中排気方式における空気流れの基礎	3- 35
2-2	立坑集中排気方式の計算	3- 37
2-3	立坑下の区間補正（参考）	3- 41
第6節	換 気 機	3- 44
1.	ジェットファン（ブースターファン）（標準）	3- 44
1-1	仕様一覧（参考）	3- 44
1-2	ジェットファンの構造図	3- 44
1-3	ジェットファンの取付方法	3- 45
2.	送・排風機（標準）	3- 45
2-1	送・排風機の型式	3- 45

2-2	送・排風機の台数	3- 46
2-3	軸流送風機の選定	3- 47
2-4	送風機の動力と電動機	3- 48
2-5	送風機の据付・配置	3- 50
2-6	風量制御の方法と段階	3- 51
2-7	送風機の発生騒音	3- 52
3.	電気集じん機および付属装置	3- 53
第7節	換気所	3- 55
1.	坑口換気所(標準)	3- 55
2.	地下換気所(標準)	3- 55
3.	換気所の付帯設備(標準)	3- 55
第8節	環境対策設備	3- 56
1.	騒音対策設備(標準)	3- 56
2.	排気ガス対策	3- 56
第9節	換気制御	3- 57
1.	制御方式(標準)	3- 57
1-1	自動制御	3- 57
1-2	手動制御	3- 58
1-3	換気自動制御方式	3- 59
1-4	V I 値	3- 59
1-5	C O 値	3- 60
1-6	風向風速値	3- 60
2.	制御装置(標準)	3- 60
2-1	制御装置の構成	3- 60
2-2	計測装置	3- 61
2-3	換気動力盤・補機盤	3- 63
2-4	現場操作盤(機側盤)	3- 63
2-5	換気計測制御盤	3- 63
2-6	監視操作制御設備	3- 65
2-7	遠隔化システムの計画(標準)	3- 65
3.	制御上の留意事項(標準)	3- 67
3-1	火災時の運転	3- 67
3-2	制御系の変更	3- 68
第10節	非常用施設	3- 69
1.	トンネル等級区分	3- 69
2.	等級区分別の施設設置計画	3- 71
3.	消火設備(標準)	3- 72
4.	水噴霧設備	3- 73
5.	消火システムについて(参考)	3- 76
5-1	非常用施設のフロー	3- 76
5-2	消火設備設計上の注意事項	3- 76
第11節	修繕工事への対応(参考)	3- 79
1 1-1	トンネル機械設備修繕(更新)計画	3- 79

## 第 4 章 消融雪設備

第1節 一 般	4- 1
1. 適用範囲 (標準)	4- 1
2. 用語の定義 (標準)	4- 2
第2節 計 画 ・ 調 査	4- 3
1. 計画の基本 (標準)	4- 3
2. 調 査 (標準)	4- 8
2-1 気象特性の調査	4- 8
2-2 消・融雪対象施設の特定	4- 8
2-3 路面管理レベルの設定	4- 8
2-4 対象施設の構造	4- 9
2-5 沿道(周辺)状況	4- 9
2-6 地下埋設物等	4- 9
2-7 交通量の把握	4- 10
2-8 機械除雪の実態(計画)	4- 10
2-9 気象特性	4- 10
2-10 エネルギー源	4- 11
2-11 車道の散水形態	4- 11
2-12 分離帯のない道路の散水形態	4- 12
2-13 分離帯のある道路の散水形態	4- 14
2-14 橋梁の散水形態	4- 15
2-15 路面勾配の変化と散水形態	4- 16
2-16 車道中央の区画線(センターライン)と散水施設の位置	4- 16
2-17 交差点の散水形態	4- 17
2-18 歩道の散水形態	4- 17
2-19 道路の附属施設の散水形態	4- 20
2-20 散水消雪施設における最大消雪幅員	4- 22
3. 基本条件の検討 (標準)	4- 23
3-1 使用水源の選定	4- 23
3-2 使用熱源の選定	4- 23
3-3 必要散水量の算定	4- 25
3-4 排 水 処 理	4- 28
第3節 設 計	4- 29
1. 設計一般 (標準)	4- 29
2. 取水施設 (標準)	4- 30
2-1 取水井戸の設計	4- 30
2-2 取水槽の設計	4- 35
2-3 取水堰の設計	4- 44
3. ポンプ設備 (標準)	4- 47
3-1 ポンプ形式及び容量	4- 47
3-2 ポ ン プ 台 数	4- 55

4. 散水施設（標準）	4- 55
4-1 送水管の設計	4- 55
4-2 散水管、散水ノズルの設計	4- 55
4-3 ノズル諸元の決定	4- 58
5. 排水施設（標準）	4- 64
6. 電源及び操作制御設備（標準）	4- 65
6-1 受電設備	4- 67
6-2 ポンプ起動方式	4- 67
6-3 制御方法の選定	4- 68
7. 節水型融雪施設（参考）	4- 74
7-1 計画一般	4- 74
7-2 節水の方法	4- 74
7-3 節水型融雪施設の実施例	4- 76
8. 無散水型融雪施設（参考）	4- 77
8-1 概要	4- 77
8-2 融雪の方法	4- 77
第4節 修繕工事への対応（参考）	4- 79
4-1 消雪設備修繕(更新)計画	4- 79

## 第 5 章 道路排水設備

第1節 一般事項	5- 1
1. 適用範囲（標準）	5- 1
第2節 計画	5- 2
1. 計画、設計（標準）	5- 2
1-1 機能・信頼性	5- 2
1-2 景観設計	5- 2
1-3 コスト・メンテナンス性	5- 2
1-4 計画フロー	5- 3
2. 排水量の決定（標準）	5- 5
第3節 設計	5- 5
1. ポンプ（標準）	5- 5
1-1 ポンプ形式	5- 5
1-2 ポンプ台数	5- 5
1-3 ポンプ口径	5- 5
1-4 ポンプ揚程	5- 6
1-5 ポンプ動力	5- 7
2. 沈砂池（標準）	5- 8
2-1 沈砂池	5- 8
2-2 除砂設備	5- 8
3. ポンプ槽（標準）	5- 9
3-1 ポンプ槽	5- 9
3-2 ポンプ槽の形状	5- 9
3-3 ポンプ槽の配置	5- 9

3-4	ポンプ槽容量ー最低連続運転時間	5- 12
3-5	コンパクト型無閉塞 道路排水システム採用時のポンプ槽検討例	5- 14
4.	配管設備 (標準)	5- 17
4-1	配        管	5- 17
4-2	配管材料及び継手	5- 17
4-3	弁	5- 18
5.	電源操作設備 (標準)	5- 19
5-1	電    源    設    備	5- 19
5-2	予    備    動    力    設    備	5- 19
5-3	監視操作制御設備	5- 22
6.	その他の設備 (標準)	5- 25
6-1	流        入        路	5- 25
6-2	ス    ク    リ    ー    ン	5- 25
6-3	排    水    路    ・    流    末	5- 26
6-4	排水設備建屋・防音	5- 27
6-5	ク    レ    ー    ン    設    備	5- 28
6-6	換    気    設    備	5- 30
6-7	照    明    設    備	5- 30
第4節	参考資料 (資料)	5- 31
1.	設備概要図 (参考図)	5- 31
1-1	大規模道路排水設備	5- 31
1-2	小規模道路排水設備	5- 34
2.	水中ポンプ設備一覧表	5- 36
第5節	修繕工事への対応 (参考)	5- 48
5-1	道路排水設備修繕(更新)計画	5- 48

## 第 6 章 ダム施工機械設備

第1節	総        則	6- 1
1.	適用範囲 (標準)	6- 1
2.	計        画 (標準)	6- 1
3.	調        査 (標準)	6- 7
3-1	環境保全調査	6- 7
3-2	気象調査	6- 7
3-3	地形、地質および骨材調査	6- 7
3-4	輸送路調査	6- 7
3-5	電力供給調査	6- 7
第2節	基    本    条    件	6- 8
1.	設備規模の検討 (標準)	6- 8
2.	コンクリート運搬・打込み設備計画 (標準)	6- 8
3.	骨材製造および貯蔵設備計画 (標準)	6- 9
4.	設備配置の基本 (標準)	6- 9
5.	そ    の    他 (参考)	6- 9
第3節	コンクリート運搬・打込み設備	6- 10

1. 機種の選定と組合せ（標準）	6- 10
2. コンクリート打設工法（参考）	6- 10
2-1 柱状ブロック工法	6- 11
2-2 柱状レヤー工法	6- 11
2-3 RCD工法	6- 11
2-4 拡張レヤー工法	6- 26
3. 所要能力（標準）	6- 34
3-1 所要能力の算定	6- 34
3-2 打込み能力の算定	6- 34
3-3 サイクルタイム（参考）	6- 35
3-4 作業効率の算定	6- 35
4. コンクリート運搬設備（標準）	6- 35
4-1 機種の選定	6- 35
4-2 配置上の留意事項	6- 36
4-3 コンクリート運搬打設設備設計上の留意事項	6- 38
5. 大滝ダムケーブルクレーン（20t 弧動型）固定塔に働く荷重（参考）	6- 41
6. 設備の設計	6- 41
第4節 コンクリート製造設備	6- 42
1. 計画一般（標準）	6- 42
2. 機種の選定（標準）	6- 44
2-1 混合形式	6- 44
2-2 生産能力	6- 44
2-3 貯蔵ビン（参考）	6- 48
2-4 計量器	6- 49
2-5 水分計	6- 49
2-6 積み込み部	6- 49
2-7 騒音対策	6- 50
2-8 監視装置	6- 50
第5節 セメント輸送および貯蔵設備	6- 51
1. 計画一般（標準）	6- 51
2. 機種の選定と組合せ（標準）	6- 51
3. 所要能力（標準）	6- 51
3-1 セメント輸送設備の所要能力	6- 51
3-2 セメントサイロ	6- 52
3-3 セメントサイロのエアレーション	6- 52
3-4 スクリューコンベヤ	6- 52
4. 設備の設計（標準）	6- 52
第6節 骨材製造設備	6- 53
1. 計画手順（標準）	6- 53
2. 機種の選定と組合せ（標準）	6- 54
2-1 骨材製造フローシート	6- 54
2-2 骨材粒径別製造フロー計算表	6- 55
2-3 骨材プラントの稼働率・ロス率・洗浄水量（参考）	6- 56
2-4 破碎粒度	6- 57

3. 所要能力	6- 60
3-1 所要能力	6- 60
4. 各機械設備能力	6- 60
4-1 骨材採取機械	6- 60
4-2 一次破碎設備	6- 61
4-3 骨材洗淨設備	6- 62
4-4 ふるい分け設備	6- 62
4-5 2次・3次破碎設備	6- 65
4-6 製砂設備	6- 66
第7節 骨材貯蔵設備	6- 68
1. 計画一般	6- 68
2. 貯蔵設備の容量	6- 68
2-1 原石ビン(参考)	6- 68
2-2 サージパイル(参考)	6- 68
2-3 砂原料ビン(参考)	6- 69
2-4 製品骨材ストックパイル(貯蔵ビン)(参考)	6- 69
2-5 骨材調整ビン(参考)	6- 69
3. 貯蔵設備の方式	6- 70
3-1 方式の種類(参考)	6- 70
3-2 骨材引出し設備(参考)	6- 71
4. 品質管理面から見た設計上の留意事項(参考)	6- 71
4-1 骨材貯蔵設備内の骨材温度対策(参考)	6- 71
4-2 骨材貯蔵設備内への雨水流水防止(参考)	6- 71
4-3 粗骨材の再破碎と粒度分離の防止(参考)	6- 71
5. 運転保守管理面から見た設計上の留意事項(参考)	6- 72
6. 貯蔵容量	6- 73
7. 配置	6- 73
8. サージパイルの有効容量	6- 73
9. スtockパイル	6- 75
第8節 骨材引出し設備	6- 75
1. 計画一般	6- 75
2. 機種を選定	6- 75
3. 設備の能力	6- 77
3-1 エプロンフィーダ	6- 77
4. 設備の設計	6- 77
第9節 骨材輸送設備	6- 78
1. 機種を選定と組合せ	6- 78
2. 輸送能力	6- 78
3. 設備の配置	6- 78
4. 設備能力	6- 79
4-1 ベルトコンベヤ	6- 79
5. 設備の設計	6- 80
第10節 濁水処理設備	6- 81
1. 計画一般	6- 81

2. 機種の選定と組合せ（濁水処理方式）	6- 81
2-1 濁水処理方式の種類と特性	6- 81
2-2 ダム建設工事現場における濁水処理設備	6- 81
2-3 中和処理	6- 82
2-4 S S 処理	6- 82
2-5 脱水機の選定	6- 83
3. 骨材プラント濁水処理設備	6- 84
3-1 計画条件	6- 84
3-2 処理フロー	6- 85
3-3 濁水の物質収支	6- 85
3-4 主要設備の能力	6- 87
3-5 設備の設計	6- 90
4. ダムサイト濁水処理設備	6- 90
4-1 計画条件	6- 90
4-2 処理フロー	6- 91
4-3 濁水の物質収支	6- 91
4-4 主要設備の能力	6- 92
4-5 設備の設計	6- 94
第11節 コンクリート冷却および加熱設備	6- 95
1. 計 画 一 般	6- 95
2. 冷却の方法と選定	6- 95
3. 加 熱 方 法	6- 96
4. 設 備 容 量	6- 96
5. パイプクーリング冷却設備の設計	6- 98
5-1 計画一般	6- 98
5-2 冷凍機容量	6- 98
5-3 冷 却 塔	6- 98
5-4 配 管	6- 99
6. プレクーリング冷却設備設計	6-100
6-1 冷却設備の選定	6-100
6-2 冷却設備の適応性	6-100
6-3 各種冷却設備の概要	6-100
第12節 給 気 設 備	6-103
1. 計 画 一 般	6-103
2. 機 種 の 選 定 等	6-103
2-1 空気圧縮機	6-103
2-2 給 気 量	6-103
3. 主要設備の設計	6-104
第13節 給 水 設 備	6-105
1. 計 画 一 般	6-105
2. 機 種 の 選 定	6-105
3. 主要設備の設計	6-106
第14節 電 力 設 備	6-106
1. 計 画 一 般	6-106

## 第 7 章 共同溝付帯設備

第1節 一 般 事 項 .....	7- 1
1. 適用範囲（標準） .....	7- 1
第2節 計 画 .....	7- 2
1. 計画の基本 .....	7- 2
2. 計画、設計フロー（標準） .....	7- 4
2-1 基本計画、設計フロー .....	7- 4
2-2 詳細設計フロー .....	7- 5
第3節 設 計 .....	7- 9
1. 排水設備（標準） .....	7- 9
1-1 ポンプ容量の決定 .....	7- 9
1-2 ポ ン プ 形 式 .....	7- 9
1-3 ポ ン プ 台 数 .....	7- 10
1-4 排 水 ピ ッ ト .....	7- 10
1-5 配 管 .....	7- 11
1-6 ポンプの運転操作方式 .....	7- 12
2. 換気設備（標準） .....	7- 12
2-1 換 気 方 式 .....	7- 12
2-2 換気方式の形態 .....	7- 13
2-3 換 気 風 量 .....	7- 13
2-4 換 気 風 圧 .....	7- 14
2-5 送風機の形式及び仕様 .....	7- 14
2-6 風 量 の 調 節 .....	7- 15
2-7 送風機の運転操作 .....	7- 15
2-8 換 気 室 .....	7- 15
2-9 吸 ・ 排 気 口 .....	7- 16
2-10 騒 音 対 策 .....	7- 16
3. 給水設備（参考） .....	7- 16
4. 操 作 盤（標準） .....	7- 17
5. 遠隔化システムの導入（標準） .....	7- 19
5-1 遠隔化導入の目的 .....	7- 19
5-2 遠隔化システムの基本計画 .....	7- 20
6. 遮水設備（参考） .....	7- 20
6-1 遮水設備寸法、形式の選定 .....	7- 20
6-2 開 閉 装 置 .....	7- 21
6-3 設計荷重、開閉荷重 .....	7- 21
6-4 使 用 材 料 .....	7- 21
6-5 構造、機構の設計 .....	7- 21
6-6 制水扉の操作等 .....	7- 22
6-7 遮水設備の配置（参考） .....	7- 23

第4節 修繕工事への対応（参考）	7- 24
4-1 共同溝付帯設備修繕(更新)計画	7- 24

## 第 8 章 植樹散水設備

第1節 一般事項	8- 1
1. 適用範囲（標準）	8- 1
第2節 計画	8- 2
1. 計画、設計フロー（標準）	8- 2
2. 計画の基本（標準）	8- 3
1-1 景観設計	8- 3
1-2 コスト・メンテナンス性	8- 3
1-3 設備計画	8- 3
第3節 植樹散水設備の検討（標準）	8- 4
1. 散水方法の選定	8- 4
2. 散水量の決定	8- 5
3. 散水強度の決定	8- 6
4. 間断日数の決定	8- 6
5. 設備能力の決定	8- 7
6. 使用水源の選定	8- 7
第4節 散水装置の設計（標準）	8- 8
1. 設計一般	8- 8
2. 散水方式の選定	8- 8
3. 散水器の選定	8- 9
4. 配管の設計	8- 11
5. 付属機器の設計	8- 11
第5節 取水装置の設計（標準）	8- 12
1. 設計一般	8- 12
2. 受水（集水）槽の設計	8- 12
3. 取水井戸の設計	8- 12
第6節 ポンプ設備（標準）	8- 13
1. ポンプ形式	8- 13
2. ポンプ諸元	8- 13
第7節 電源操作設備（標準）	8- 14
1. 操作制御設備及び電源設備	8- 14
2. 運転操作方式	8- 14
3. 操作盤及び電源盤	8- 15
4. 遠方監視装置（参考）	8- 15
第8節 土壌の保水対策（参考）	8- 16
1. 土壌の保水容量	8- 16
2. 土壌の保水性改善	8- 17
3. 散水間隔決定上の留意事項	8- 17

## 土木構造物設計にあたっての基本的な考え方について

### ■はじめに

- 厳しい財政事情が続く中、地域の実情に応じた適切な土木構造物とするなど公共工事のコスト縮減を進め、限られた予算で、効率的な執行により、着実に必要な社会資本整備を進めることが求められている。
- また、老朽化する社会資本が急増する中、国民の安全安心へのニーズや将来の維持管理・更新費が増大することへの対応が求められており、計画段階から維持管理の確実性及び容易さを考慮することが重要である。
- さらに、民間企業による品質の向上やコスト縮減に向けた技術革新（新技術）が進展しており、積極的な活用が必要である。
- 一方で、行き過ぎたコスト縮減は品質の低下（安全性）、サービス水準の低下、維持管理の確実性及び容易さでの問題を招くおそれがある。
- 上記については、すでに個々に実施して一定の成果を上げているものの、今後、さらなる財源の制約から、計画段階から建設費のみならず管理・災害まで考えた、生涯にわたるコスト縮減等の抜本的な取り組みが求められている。

以上の背景から、品質を確保しつつ、維持管理を踏まえたライフサイクルコストの縮減を積極的な姿勢で取り組むものとする。

### 1. 基本的な考え方

コストと品質の観点から、良質な社会資本を効率的に整備・維持することを目指しており、施策の実施にあたっては、社会資本が本来備えるべき供用性、利便性、安全性、耐久性、環境保全、省資源、美観等の所要の基本性能・品質の確保を図ることとする。

以下、基本的な考え方を示す。

- ① コスト縮減を考慮しつつ品質を確保した設計とする。
- ② サービス水準、維持管理の確実性及び容易さを考慮した設計とする。
- ③ 地域特性、現場状況を考慮した設計とする。
- ④ 新技術・新工法・新材料を活用するための検討を行うものとする。

## 設計便覧（案）利用上の留意事項について

### ■設計便覧（案）の取り扱い上の留意事項

設計便覧（案）の利用にあたっては、各章節において「標準」、「参考」、「資料」と区分して記載しているが、これは便覧（案）を活用するにあたって、その取り扱いを明確にするために下記主旨により各編・各節に付記している。

「標準」：地方整備局として優先して統一運用すべき事項である。従って、複数記述のあるものは、地域特性等を勘案して選定するものとし、特別の理由のない限り、この新設計便覧（案）によって運用していただきたい事項である。

「参考」：過去の実施事例、他の文献より記述しているものであるが、当該地域の施工条件、地域特性等を加味し、弾力的に運用していただきたい事項である。

「資料」：内容については、今後さらに検討を要するものであり、運用にあたっては、十分検討の上実施されたい事項である。

### ■道路橋示方書の改訂に関して

道路橋示方書・同解説（H24.4以降に改訂版発刊予定）の改訂内容は反映されていないため、内容が便覧と異なった場合は便覧の内容を読み替えること。

道路橋示方書の主な改訂内容については、巻末資料を参照のこと。

# 第 1 章 水門設備

# 第 1 章 水門設備

## 第 1 節 一般事項

### 1. 適用範囲(標準)

適用範囲は河川管理施設等構造令の適用を受ける水門扉とする。  
本便覧によることが適当でない場合には、本便覧に示される技術的水準を損なわない範囲において、本便覧によらないことができる。

#### [解 説]

- (1) 本便覧においては河川施設に用いられる水門扉を対象とする。
- (2) 水門扉の適用は原則として次のものとする。
  - (a) 堰・水門・樋門・伏せ越しの施設に設置されるものである。
  - (b) 鋼材等(ステンレス鋼を含む)を主要構成部材とするものである。
- (3) 本便覧の適用を受ける堰・水門・樋門及び伏せ越しに設けられるゲート設備の設計に際しては、以下の関連する諸法規及び基準の適用を十分考慮して行う必要がある。  
適用すべき諸法規、基準及び要領(案)

出典：[1]  
ダム・堰施設技術基準  
(案)  
(平成 23 年度版)  
(H23.7) P8

出典：[(2)]  
ダム・堰施設技術基準  
(案)  
(平成 23 年度版)  
(H23.7) P9

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
河川法および同施行規則	平成 23 年 5 月	国 土 交 通 省
河川管理施設等構造令および同施行規則	平成 12 年 6 月	国 土 交 通 省
河川砂防技術基準(案)	平成 9 年 10 月	日 本 河 川 協 会
ダム・堰施設技術基準(案)	平成 23 年 7 月	ダム・堰施設技術協会
水門・樋門ゲート設計要領(案)	平成 13 年 12 月	ダム・堰施設技術協会
ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)	平成 12 年 6 月	ダム・堰施設技術協会
ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)	平成 12 年 8 月	ダム・堰施設技術協会
鋼製起伏式ゲート設計要領(案)	平成 11 年 10 月	ダム・堰施設技術協会

## 2. 用語の定義(標準)

水門扉とは流水の止水または調節を行う機能を有し、堰、水門、樋門、伏せ越しに設置する設備で、鋼材等を主要構成部材とする扉体、戸当り、開閉装置等で構成された可動設備をいう。

### [解説]

- (1) 大形・中形・小形ゲートとは、扉体面積が次の場合をいう。
  - (a) 大形ゲート－50m<sup>2</sup>以上
  - (b) 中形ゲート－10m<sup>2</sup>以上 50m<sup>2</sup>未満
  - (c) 小形ゲート－10m<sup>2</sup>未満
- (2) 扉体面積は、純径間と有効高の積で計算する。

## 3. 構造の原則(標準)

水門扉は次の事項に適合するように設計しなければならない。

- (1) 確実に開閉できること。
- (2) 必要な水密性及び耐久性を有する構造とすること。
- (3) 予想される荷重に対して安全な構造とすること。
- (4) 操作及び保守管理が容易かつ安全に行えること。

### [解説]

- (1) 開閉装置は十分な容量を有する他、施設の設置状況、規模等により適切な常用及び予備の動力源の選択を行わなければならない。
- (2) 水門扉は使用目的に応じた水密性を確保し、環境条件(とくに水質)・使用頻度等に応じた腐食代、材質、防食方法を考慮し長期の使用に耐える構造でなければならない。
- (3) 水門扉は、予想される荷重に対して安全な構造とすること。
- (4) 水門扉は保守管理が可能な形状構造とし、必要に応じて点検設備を配置すること。

## 4. 計画手順(標準)

水門扉の計画、設計にあたっては水門扉設備全体として機能を満足するために適切な計画を行うこと。

### [解説]

計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

- (1) 全体計画
  - (a) 水門、樋門の計画・設計を行うに必要な条件の確認を行う。
  - (b) 下部工との接点となる門柱等の図面提示や工程把握が必要である。
  - (c) 周辺地域との調和・自然環境への配慮を検討した構造や塗装(防食)仕様とする。
  - (d) 箱抜寸法、操作・点検スペース等について考慮する。
  - (e) 堆砂が予想される場合は、戸当り構造・扉体構造に留意が必要である。
  - (f) 樋門の場合は「柔構造樋門」か否かのチェックを行う。該当する場合は、変位量と変位方向を確認し、必要があれば対応策を講じるものとする。
- (2) 景観設計

出典：[2]

ダム・堰施設技術基準  
(案)

(平成23年度版)

(H23.7) P10～12

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

(3) コスト・メンテナンス性

- (a) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト削減を考慮する。
- (b) 「河川用ゲート設備 点検・整備・更新検討マニュアル(案)」には設備のライフサイクルおよびメンテナンスに関するコストの算出の参考となる点検の考え方や機器・装置の標準的な取替・更新年数が記されているので参照のこと。
- (c) 「ゲート点検・整備要領(案)」に点検・整備方法が記されているので参照のこと。

(4) 操作の信頼性

ダム・堰・水門等の機能を確実に発揮させるため、そこに設置する取水・制水・放流設備は、操作について必要な信頼性を有するものとする。操作の信頼性については、「ダム・堰施設技術基準(案)」1-2-3 操作の信頼性(P15～16)に示すので参照のこと。

(5) 機能保全

ダム・堰・水門は長期にわたりその機能を発揮する必要があるため、そこに設置する取水・制水・放流設備は、その機能・性質および各構成部材・部品等の特性を考慮して構造設計、設備設計および防食設計を行うとともに、必要な保守管理・修理・更新等を行い機能保全に努める。操作の信頼性については、「ダム・堰施設技術基準(案)」1-2-4 機能保全(P16～17)、「河川用ゲート設備 点検・整備・更新検討マニュアル(案)」に示すので参照のこと。

(6) 危機管理

危機管理とは、操作の信頼性確保において通常想定していない事態の発生により生じる、洪水時等にゲート設備が正常に操作できなくなるような危機の発生に対応し、壊滅的な被害の発生を防止することをいう。ダム・堰・水門等に設置される取水・制水・放流設備は、危機管理についての必要な機能を考慮するものとする。危機管理については、「ダム・堰施設技術基準(案)」1-2-5 危機管理(P18)、設備計画マニュアル 5. 危機管理(P276～280)に示すので参照のこと。

(7) 津波対策

東日本大震災を踏まえた堰・水門等の設計今後の設計・構造の考え方について

- (a) 施設の諸元等を定める場合の津波の設計外力には、施設計画上の津波を用いる。今回の経験を踏まえて、施設計画上の津波に対して堰・水門等が保持すべき性能を規定し、施設設計の手法等を見直していく必要がある。
- (b) 自然災害は常に施設計画を上回る現象が生じる可能性があることを十分認識する必要がある。そのため、最大クラスの津波来襲時にあっても、堰についてはゲートを開閉し定められた状態にできるように、水門等については扉体を閉鎖できるように、危機管理上の対応が可能な構造とすることが求められる。
- (c) 施設計画上の津波に対しての設計・構造は、堤内地の被害を最小限に抑えることを目指して、操作と併せ、一体的に検討する必要がある。
- (d) 河川津波に対する操作を行う必要がある施設では操作員の安全確保や迅速・確実な操作のため、遠隔化、自動化、無動力化のための設備を可能な限り採用する必要がある。
- (e) 個々の施設の設計にあたっては、維持管理の容易さ、操作性、耐久性、修復性等も考慮することが重要である。
- (f) 河川津波が、ゲート操作前や操作中といった予期していない状況で来襲することも想定し、様々な状況で河川津波の外力を受けることを想定しておく必要がある。
- (g) 今回の地震・津波による堰・水門等の被害状況と機能喪失の分析を踏まえると、危機管理を考慮した設備の設計にあたっては、多重化(設備の二重化による機能確保)、

出典：[(b)]

「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」

(平成20年度版)

(H20.3) P2-21

多様化(別の設備を使用することで機能確保)、或いは独立化(まったく別の方法で機能確保)の観点が必要である。

- (h) 津波対策における今後の設計、構造、操作のあり方については、「東日本大震災を踏まえた堰・水門等の設計、操作のあり方について」平成23年9月 東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会に示すので参照のこと。

(8) 計画フロー

水門扉の計画、設計では基本事項を順次整理していくことが必要であり、通常は基本計画、基本設計、実施設計の各段階を踏んで行う。

「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-1 諸条件の設定(P17~22)の項において、ゲート設備全般の設計手順が記されているので参照のこと。

5. 土木構造への対応(標準)

河川等に設置される堰、水門、樋門および伏せ越しゲート等は、扉体からの水圧荷重を安全確実に戸当りを介して土木(コンクリート)構造物に伝達するものと、門柱上部操作台のゲート開閉装置用架台から土木構造物に伝達するものがあり、それぞれの機能が十分に発揮されるよう設計・施工が行われなければならない。

基本的には、

- (a) 戸当りおよび開閉装置用架台(埋設アンカー)は、将来にわたり補修のできないところなので、それぞれに対応した十分な耐久性が必要である。

- (b) 接合部において、力の伝達が初期の通り確実に、円滑に、そして安全に行えることなどが重要である。この他に、使用性、経済性などについても考慮されなければならない。

(1) ローラゲートなどの戸当り部

ダム用高圧ゲートなどの高圧放流設備類の埋設構造物は、コンクリートに対して強度、付着性、水密性および防錆などを期待しているので、ダム本体と同時施工(一次コンクリート)を原則とするが、河川部に設けられる堰・水門・樋門等低圧ゲートの戸当り部は、設計水圧が比較的小さいこと、施工時期の関係などから箱抜き工法(二次コンクリート)での施工が一般的である。

(2) 開閉装置用架台

開閉装置用架台および埋設アンカーに作用する開閉荷重は、開閉装置形式・方式により下向き力以外に上向き力が作用する場合もあり、機側操作室床版の設計荷重は下部の門柱および基礎工に影響することから、作用荷重の選定にあたってはあらゆる方向からの組合せ荷重を想定したうえで決定する。

また、操作室床版には、開閉装置のほか、予備動力設備・機側操作盤・各種計器盤・支援盤等が設置され、これらの操作・点検・整備時を考慮したスペースの確保が重要である。

## 第2節 設計一般

### 1. 水門扉の形式・名称（標準）

<p>河川に用いられる水門扉の一般名称は次による。</p> <p>(1) ローラ形式    ローラゲート                          シェル構造ローラゲート</p> <p>(2) スライド形式    スライドゲート                          角落し</p> <p>(3) ヒンジ形式    起伏ゲート                          フラップゲート                          マイタゲート</p>
--

堰・水門・開門・樋門・伏せ越しに適した形式は、次のとおりである。

表1-2-1 水門扉の種類と設置場所および使用目的

水門扉の種類	設置場所	取水堰・河口堰					水門 樋門 伏せ越し	開門	防潮	修理用
	使用目的	洪水吐 ゲート	土砂吐 ゲート	流量調 節ゲート	取水口 沈砂池 導水路 ゲート	魚道				
ローラゲート		○	○	○	○	○	○	○		
シェル構造ローラゲート		○	○	○		○	○	○		
スライドゲート			○		○		○			
起伏ゲート		○		○	○	○		○		
フラップゲート					○		△	○		
マイタゲート							○	○	○	
角落し									○	

#### 〔解説〕

- (1) 水門及び樋門および伏せ越しに用いられるゲートには、引上げ式のローラゲート、スライドゲートのほかフラップゲート、マイタゲート等がある。
- (2) 一般に水門、樋門および伏せ越しに設置するゲートは、ローラゲートを標準とし、開閉装置の締切り力を期待せずに自重により降下できることを原則とする。但し、特に小規模な場合は、スライドゲートを用いることができる。
- (3) スライドゲートは、小形ゲートでも開閉荷重が大きくなるため、締切り力を期待する必要があることや設備全体のコンパクト化に影響するので留意する必要がある。
- (4) 樋門ゲートの形式
  - ・門柱のないゲート形式を採用する際には、以下の事柄に留意して、樋門ゲート機能を確保できるように計画するものとする。
    - (a) 確実な開閉
    - (b) 必要な水密性
    - (c) 耐久性
    - (d) 維持管理性

参考：〔4〕  
河川構造物設計要領  
（中部地整）  
6-7-3 2) (3) ①  
P2-6-72

門柱を必要としないゲート形式（フラップゲート及びマイタゲート等）の採用は、設置場所等について十分吟味して、不完全閉塞を起こすおそれがないと認められるときに主ゲートとして採用できるものとする。

治水上重要な河川においては、最も確実な引き上げ式のローラーゲートの採用を原則とすべきであって、門柱を必要としないゲート形式の採用は、次に示す条件を満足する場合に限定すべきである。

（a）不完全閉塞を起こす可能性が非常に少なく、仮に、不完全閉塞が起こったとしても、治水上著しい支障を及ぼすおそれがないと認められ、かつ、引上げ式のローラーゲートとした場合に出水時の開閉操作にタイミングを失すおそれがあること、その他人為的操作が著しく困難又は不相当と認められること。

（b）樋門の構造が、川裏の予備ゲート又は角落とし等によって容易、かつ、確実に外水をしゃ断できる構造であること。

（5）無動力で開閉するフラップゲート及びマイタゲートの特徴

わずかなゴミ等の障害物がはさまること等によって不完全閉塞ないし開閉不能を起こしやすい。しかし、必ずしも人工的な操作を必要としない特長を有していることから以下の条件が満足する場合においてのみ採用をできるものとする。

（a） 出水時の開閉操作にタイミングを逸する恐れがある場合。

（b） 人為操作が著しく困難または不相当と認められる場合。

（c） 危機管理の観点から上記の特徴を生かせる条件と認められる場合。

フラップゲート及びマイタゲートの形式選定上の留意点は、以下の基準による。

「解説・河川管理施設等構造令」第50条ゲート等の構造(p247～251)

「水門・樋門ゲート設計要領(案)」1-6 水門・樋門等の機能と形式(p10～11)

「ダム・堰施設技術基準(案)」1-2-5 危機管理(p18)

（6）代表的な水門扉のゲート構造図を「ダム・堰施設技術基準(案)」1-0-2 対象(p283～305)に示す。

また、ゲート設備全般の設計手順を「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-1 諸条件の設定(P20～22)、ゲート形式の選定手順を「同要領(案)」2-2-1 ゲート形式の選定(P22～27)の項に示すので参照のこと。

## 2. 開閉装置の形式と選定（標準）

水門扉の開閉装置は当該水門の形式、大きさ、用途に応じ適当なものを選定しなければならない。

### 〔解説〕

- (1) 開閉装置形式の選定並びに選定手順は、「ダム・堰施設技術基準(案)」第5章開閉装置の設計(P151～163)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-2-2 開閉装置形式の選定(P27～33)の項に示すので参照のこと。
- (2) 開閉装置の選定にあたっては、水門扉の種類、大きさ、使用頻度、流量調節の有無、締切力必要の有無、開閉装置室のスペース、保守管理、コスト等を詳細に比較検討し、最適の形式を選定しなければならない。
- (3) 開閉装置は土木構造によって支持される。このため開閉装置の設計にあたっては、扉体との関係は勿論、土木構造を事前に検討し、開閉装置を設置する空間・面積・寸法・形状等の制約条件を整理することが重要である。
- (4) 動力伝達形式として機械式と油圧式に大別されるが、設置条件、ゲート規模、ゲート形式、保守管理、景観等を考慮して選定する。
- (5) 機械式開閉装置は一般に、小形ゲートや中形ゲートにはラック式の採用例が多く、中形以上のローラゲートではワイヤロープウインチ式の事例が多い。尚、押下げ力を必要とするローラゲートやスライドゲートにはワイヤロープウインチ式は採用されない。
- (6) 開閉装置の予備動力には、内燃機関は使用せず予備動力ユニットとする。
- (7) ラック式開閉装置を高揚程に採用する場合は、景観設計及び維持管理上の検討を行わなければならない。この場合、開閉荷重が小さくてもワイヤロープ式を採用することもある。
- (8) モータ容量が7.5kW以上のワイヤロープ式開閉装置は、オープンギヤ形を標準とする。ただし、メンテナンスの軽減等の必要上から、7.5kW以上の場合でもドラム一体形を用いる場合もある。
- (9) 油圧式開閉装置には油圧シリンダ式と油圧モータ式があり、油圧シリンダ式は一般に大きな開閉力や押下げ力を必要とする場合に採用される。油圧モータ式は、高トルク・低回転出力の特性を活かして、ドラムに油圧モータを直結させて駆動する等の機構のものでワイヤロープウインチ式に比べコンパクトである。
- (10) 油圧式は機械式に比べ、①設備がコンパクトである。②システム設計がフレキシブルである。③信頼性が高い等の利点があり、採用される例が増えている。
- (11) 堰は一般に揚程が高く、扉体の重量が大きいためワイヤロープウインチ式が採用される場合が多い。  
しかし、近年設備のコンパクト化や景観を優先する観点から、油圧シリンダ式や油圧モータワイヤロープ式が採用された例もある。
- (12) 油圧シリンダ式は動力変換部に電気系統を有しないため、起伏ゲートのように洪水時水没する可能性がある場所や、動力変換部がコンパクトであるため、ピット内等の狭い場所等に使用される。また、油圧発生部と動力変換部および油圧配管で構成され、動力は油圧力で伝達されるため、システム設計がフレキシブルである。機械設備をできる

だけ目立たなくしたい場合のように景観設計を必要とする場合に採用される。  
ただし、油圧シリンダ式の場合の揚程は、製作加工上の制約から 10m 以下を標準とする。

- (1 3) 油圧シリンダワイヤロープ式は油圧シリンダ式と同様に開閉装置を狭い場所に据え付ける場合には有利であるが、ワイヤロープの給油や点検が油圧シリンダ式に比べてより煩雑であるため、河川用には設置例が少ない。
- (1 4) 油圧モータワイヤロープ式は、開閉装置の設置面積が小さいことから、開閉装置室のスペースに制約のある場合や開閉装置を扉体または堰柱内に設置する場合に採用される。
- (1 5) 油圧モータラック式は、高トルク、低回転数の油圧モータにピニオンギヤを取り付け、ラック棒または扉体直付けのラックを駆動する方式で、開閉装置をよりコンパクトにする必要のある場合に有利であるがセクタゲート等に一部採用されているのが現状である。

### 3. 設計荷重（標準）

水門扉の設計荷重は、原則として考慮する荷重として、静水圧、自重、浮力、地震時動水圧、地震時慣性力し、必要に応じて考慮する荷重として、泥圧、波圧、風荷重、雪荷重、温度荷重、氷圧その他の荷重とする。

#### 〔解 説〕

- (1) ゲートに作用する荷重の組合せとして、「ダム・堰施設技術基準(案)」表 3.1.9-1 水門扉の設計荷重の組合せ(P87)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」表 2.4-2 ゲートの設計荷重の組合せ(P37)に示すので参照のこと。

#### 〔注〕

「ダム・堰施設技術基準(案)」表 3.1.9-1 より、常時全開の水門・樋門ゲートにあつては、  
(a) 雪荷重、上部残留水重、上・下向き力の $\Delta$ は特に必要でない場合は考慮しないものとする。

(b) 中間開度においては、流量制御を行う事例は少ないので必要でない場合は検討から除けるものとする。検討する必要がある場合は技術基準により検討するものとする。

(c) 風荷重の $\circ$ は軽構造戸当りの検討に必要であるが扉体の設計荷重としては考慮しないものとする。

- (2) 各設計荷重について考え方と計算式は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-1-4 設計荷重(P50～58)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-4 設計荷重(P36～44)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-4 設計荷重(P28～37)に詳述しているので参照のこと。

#### 4. 開閉荷重（標準）

水門扉の扉体の開閉荷重として考慮する荷重は、扉体の自重、支承・水密ゴムおよび堆泥による摩擦力、浮力、越流水による上・下向力、下端放流時の上・下向力、その他の荷重とする。

##### 〔解説〕

- (1) 水門扉の開閉荷重の組合せは、「ダム・堰施設技術基準(案)」表 5.0.8-1 開閉荷重の組合せ(P172～176)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」表 2.5-3 開閉荷重の組合せ(P46)に示すので参照のこと。

##### 〔注〕

「ダム・堰施設技術基準(案)」表 5.0.8-1 より、常時全開の水門・樋門ゲートにあっては、

(a) 越流水による上・下向き力、波による荷重の△および堆泥による摩擦力○は、特に必要でない場合は考慮しない。

(b) 浮力の考え方は、開時は扉体自重の空中重量、閉時は、水中重量とする。

(c) 下端放流時の上・下向力の考え方は、開時は下向力を見込むが閉時は見込まないものとする。

(d) 扉体上の雪荷重は、必要に応じて考慮する。

- (2) 水門扉の扉体の開閉荷重として考慮する各荷重について考え方と計算式は、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-4 開閉荷重(P164～167)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-4 開閉荷重(P44～53)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-2-1 開閉荷重[ワイヤロープウィンチ式](P16～22)、3-1-2-1 開閉荷重(P291～294)[スピンドル式]、4-1-2-1 開閉荷重[ラック式](P340)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-5-2 開閉荷重(P52～57)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-5 開閉荷重(P37～42)に詳述しているので参照のこと。

#### 5. 開閉速度（標準）

扉体の開閉速度は、水門扉の使用目的に適合したものとする。

##### 〔解説〕

- (1) ゲートの開閉速度は、全揚程を開閉するときの平均速度とし、ゲート設備の使用目的、所要時間等を考慮して適切な値とする必要がある。

- (2) ゲートの開閉速度について、一般的な目安は「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-2 開閉速度(P25～26)、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-3-2 開閉速度(P35)および「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-2-2 開閉速度(P22)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-5-3 開閉速度(P58～60)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-3-2 開閉時間(P28)、に記されているので参照のこと。

## 6. 揚 程（標準）

揚程は、水門扉の設置目的に応じて必要な能力が発揮できるよう決定し、全開時において流水の流下に対して安全なものとする。

### 〔解 説〕

- (1) ゲートの揚程は、設備の使用目的、設置場所を考慮し、扉体、戸当り等の点検・整備が容易なものとする。
- (2) 樋門の場合は、ゲートが樋門の有効断面に食い込まない揚程位置とすること、また点検整備に必要な作業性を考慮してさらに必要な揚程を確保できるものとする。  
尚、門柱の高さと堤防高(標高)との関係に不揃いが生じる場合は、管理橋施設に工夫が必要となる。
- (3) 揚程は原則として、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-3 揚程 (P26～28)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-3-3 揚程 (P35～36) 「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-2-3 揚程 (P22～24)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-5-4 揚程 (P60～63) に示す高さ以上とする。

## 7. 使用材料（標準）

使用材料は当該水門扉の形式、大きさ、用途、使用個所等に応じ適当なものを選定しなければならない。

- (1) 河川用ゲートの使用材料は表 1-2-7(a)を標準とする。

表 1-2-7(a) 使用材料[注] ●印はよく使用される材料

区分名称	用途	材 料 名	
扉 体	スキンプレート	SS400●SM400、SM490、SMA400、SMA490、SUS304、SUS304L、SUS316、SUS316L	
	主桁、端縦桁 縦桁、縦補助桁 横補助桁	●SS400●SM400、SM490、SMA400、SMA490、SUS304、SUS304L、SUS316、SUS316L	
	主および補助ローラ	SC450、●SC480、SF440、●SF590、S25C、S35C●S45C、●SCMn2B ●SCMn3B、●SCMnCr2B、●SCMnCr3B、SCS13、●SUS304、SCS3、SUS329J1 ●SSW-Q1S	
	主、補助ローラ軸 ロッカービーム軸	SF440、S25C、S35C、S45C、SCM、●SUS304、●SUS304N2、SUS403、SUS316	
	軸 受	HBsC、BC、ALBC、LBC、●無給油軸受	
戸 当 り および 固定部	戸 当 り 材 (埋設、取外し)	●SS400、●SM400、●SUS304、SUS304L、SUS316、SUS316L	
	ローラ踏面材	●SUS304、●SUS304N2、SUS316、SUS329J1、SUS329J4L、SUS410系	
	水 密 板	●SUS304、●SUS304L、SUS316、SUS316L	
開 閉 装 置	歯 類	ドラム、中間歯車 (大)	SC450、SC480、SF440、SCW42、S25C、S35C、S45C、●SCM、SCMn2B、SCMn3B、SCMnCr2B、SCMnCr3B
		ドラム、中間歯車 (ピニオン)	SC450、SC480、SF440、●SNC、●SCM
		か さ 歯 車	SC450、SC480、SF440、S25C、S35C、S45C、●SCM、SCMn2B、SCMn3B、SCMnCr2B、SCMnCr3B
		ラ ッ ク 歯 車	S25C、●S35C、S45C
		ウオーム歯車	●SF440、S25C、S35C、S45C、●SCM
	シ ー ブ	SC450、SC480、SCS13、●FC250、FCD	
	ド ラ ム	SS400、●SM400、●SM490、●SC450、SC480、S25C、S35C、S45C、SCW410	
	軸 類	トドラム・ピニオン	SF440、S25C、●S35C、●S45C、SNC、SCM
		中 間	●STK、SF440、SGD-D、S25C、●S35C、S45C、SNC、SCM
		シ ー ブ	SF440、S25C、●S35C、●S45C、SNC、SUS304、SUS403
	軸受類	ドラム・中間軸 等	BC、PBC、●LBC、無給油軸受
		水 没 部	無給油軸受
	ワイヤーロープ	JISG3525、●JIS6号、JIS12号(ファイア形)●JIS21号(ウオリントジール形)	
	ク ラ ッ チ	●SF440、S25C、S35C、S45C	
	ラ ッ ク	SF440、S25C、S35C、S45C、●SUS304、SUS403	
	シリンダチューブ	●SM400、SM490、SC450、SC480、●STPG370、SF45 ファイア及び圧力容器用炭素鋼及びモリブデン鋼鋼板、STS、●STKM	
	ピストンロッド	S25C、S35C、S45C、SUS304、●SUS304N2、SUS403	
	ピ ス ト ン	SS400、SC450、SC480、●SF440、S25C、S35C、S45C、FC、FCD	
	油 圧 配 管	STPG370、STS370、●SUS304TP	
	架 台	●SM400、SM490	
休 止 フ ッ ク	●SS400、●SM400、SM490、●SF440		

[注]

(a) 水門・樋門ゲートの扉体や戸当りに使用する溶接用鋼材は、原則として SM400 とする。型鋼を使用する部材等は SS400 とするが、溶接用鋼材として用いる場合は、溶接施工方法試験もしくは成分検査によって溶接性に問題ないことを確認する必要がある。なお、この場合の板厚は 22 mm を限度とする。

- (b) 主ローラと戸当りローラ踏面板の材料の組合せについて、主ローラの硬度は一般的に保守管理を考慮して戸当りレールのローラ踏面板の硬度よりも軟らかなものを採用することが一般的である。
- (2) 鋼板において、普通鋼 (SM400) と高張力鋼 (SM490) の使い分けについては、応力検討の段階で、たわみが支配条件となる場合は普通鋼、応力が支配条件となる場合は高張力鋼が有利である。
- (3) 耐候性鋼材 (SMA400、SMA490) については、水門扉の設置条件から腐食に対する効果の有無、経済性及び維持管理等の面を考慮して採用する。
- (4) 設置後、常時水中にあって保守管理が容易に行えない水門扉や感潮区間に設置される水門扉では、腐食に対する効果が得やすいステンレス鋼を使用する場合が多い。ただし、大形ゲートにあっては電気防食等の対策が取られる。
- (5) 一般にステンレス鋼の使い分けは、淡水域では SUS304、SUS304L を構造材として使用し、強度及び耐食性を重視する場合は SUS304N2、SUS329J1、SUS329J4L が使用される。また、酸性河川にあっては SUS316、海水域では SUS316L が使用される。  
L 材は、溶接などの熱影響により生ずる粒界腐食感受性を軽減する目的で C を低く 0.030% 以下にした鋼種であり溶接構造部材に使用される。  
〔ダム・堰施設技術基準(案)〕防食マニュアル 3. 耐食性鋼材 (P751～766) を参照
- (6) ステンレス鋼には、普通鋼などとの異種金属と組合せた場合に、相手金属を腐食させる「異種金属接触腐食」がある。この防止策として、溶接構造による金属間の絶縁が不可能な場合、電気防食材を設置する以外に、塗装した普通鋼が溶接接合される場合は、溶接線から 100mm 以上ステンレス鋼側に入った部分まで塗装する方法がとられている。  
〔ダム・堰施設技術基準(案)〕防食マニュアル 3. 耐食性鋼材 (P751～766) を参照
- (7) 河口堰等常時海水中で使用されるゲートの扉体材料として、耐海水性鋼板が数種市販されている。耐海水性鋼板は高耐食性鋼に属するものでなく、低コストで普通鋼の耐食性を向上させたものであり、実際の使用に当たっては、使用環境・施工性・コスト等を塗装や電気防食などの防食方法と比較しながら、その併用も充分考慮して採用する。
- (8) その他、使用材料の選定にあたっては、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-1-7 使用材料 (P67～70) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-6 使用材料 (P54～59) を参照のこと。開閉装置における使用材料の選定にあたっては、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-1 使用材料 (P25～26)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-1 使用材料 (P63～65) を参照のこと。
- (9) 中、小形水門に使用される材料の選定フローの例を図 1-2-7(a)～(c) に示す。

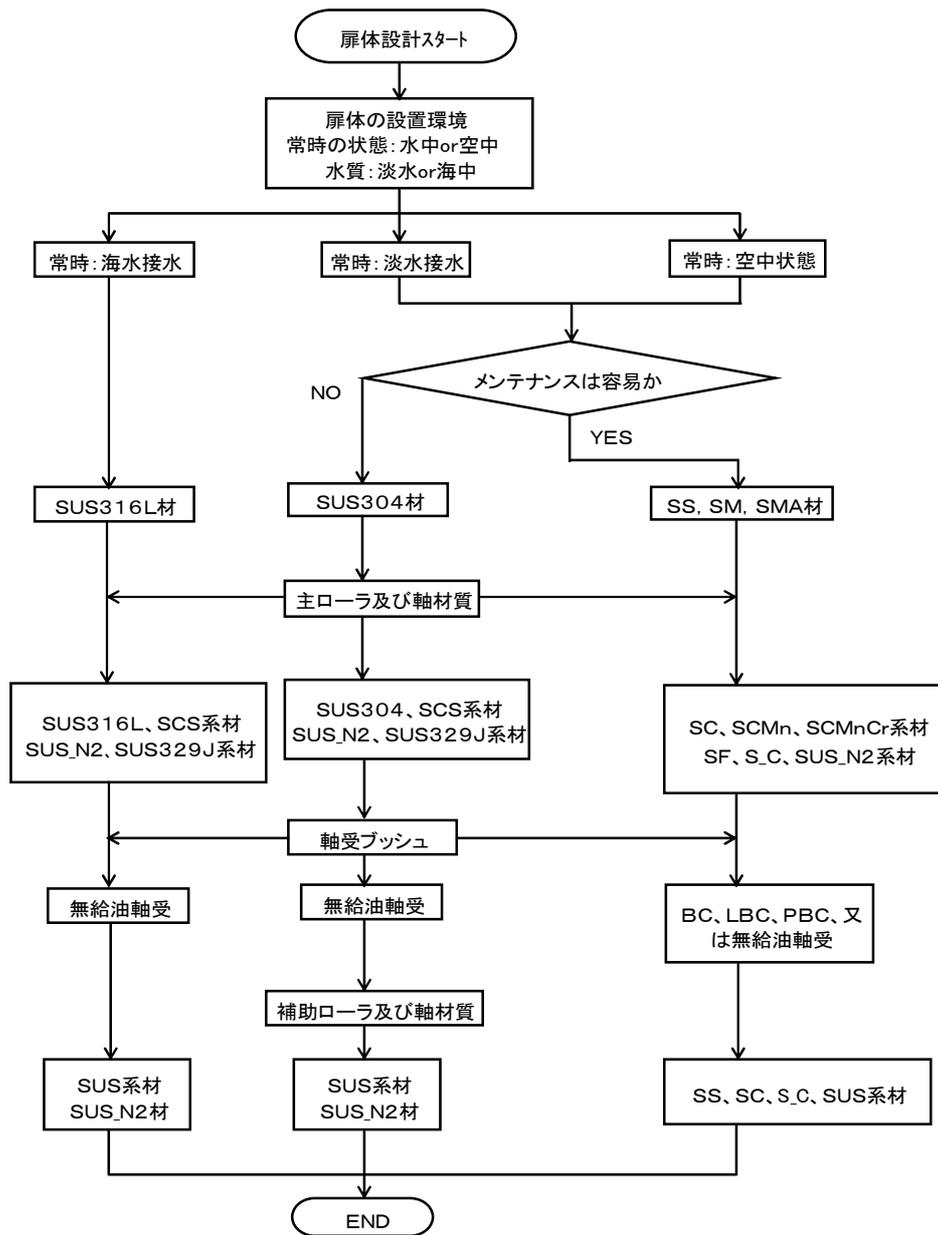


図 1 - 2 - 7 ( a ) 扉体使用材料選定フロー(参考)

注) 本図は標準的な選定フローを示すものであり、選定に際してはイニシャル・ランニングを含めたライフサイクルコストを検討し、最適な材質を選定する。

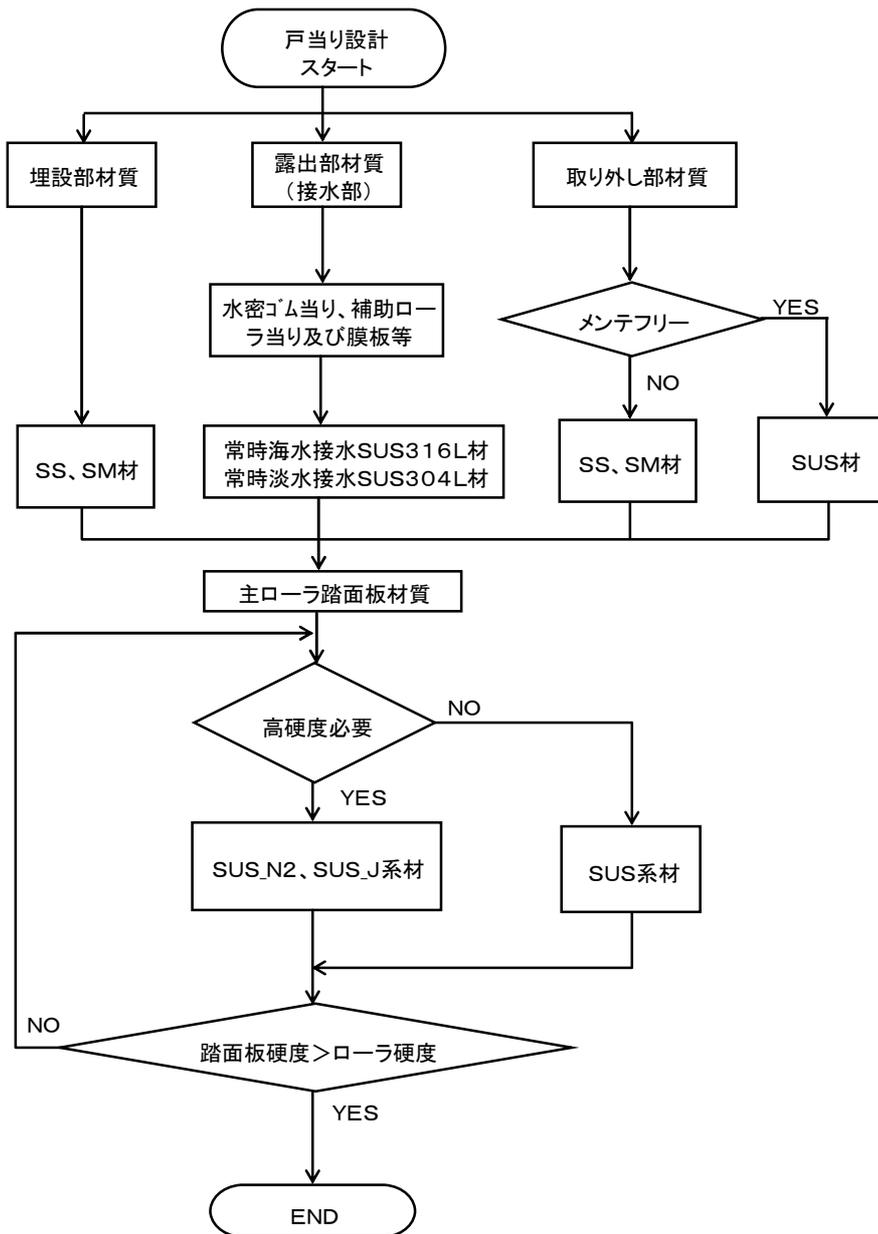
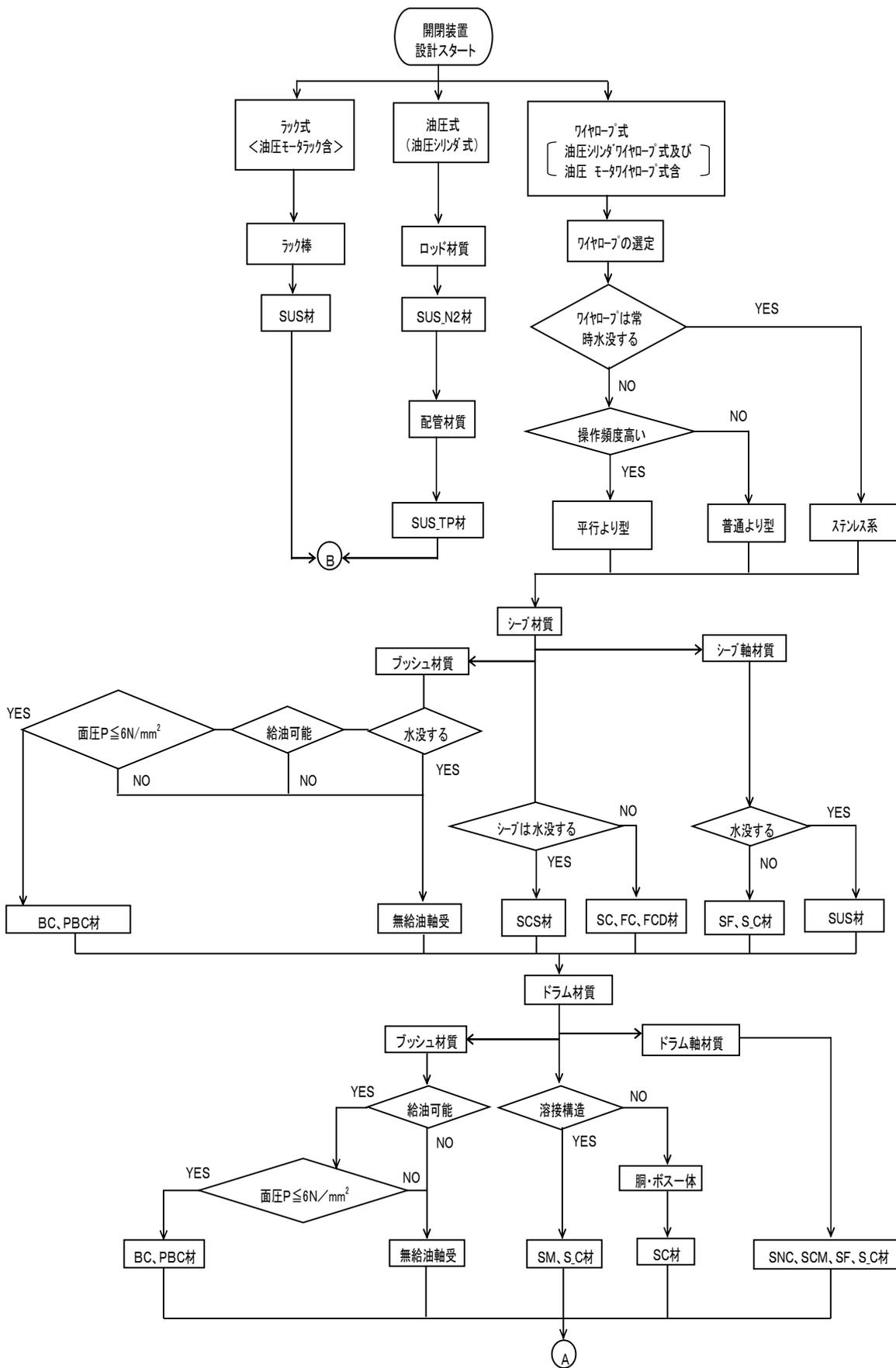


図 1-2-7 (b) 戸当り使用材料選定フロー(参考)

注)本図は標準的な選定フローを示すものであり、選定に際してはイニシャル・ランニングを含めたライフサイクルコストを検討し、最適な材質を選定する。



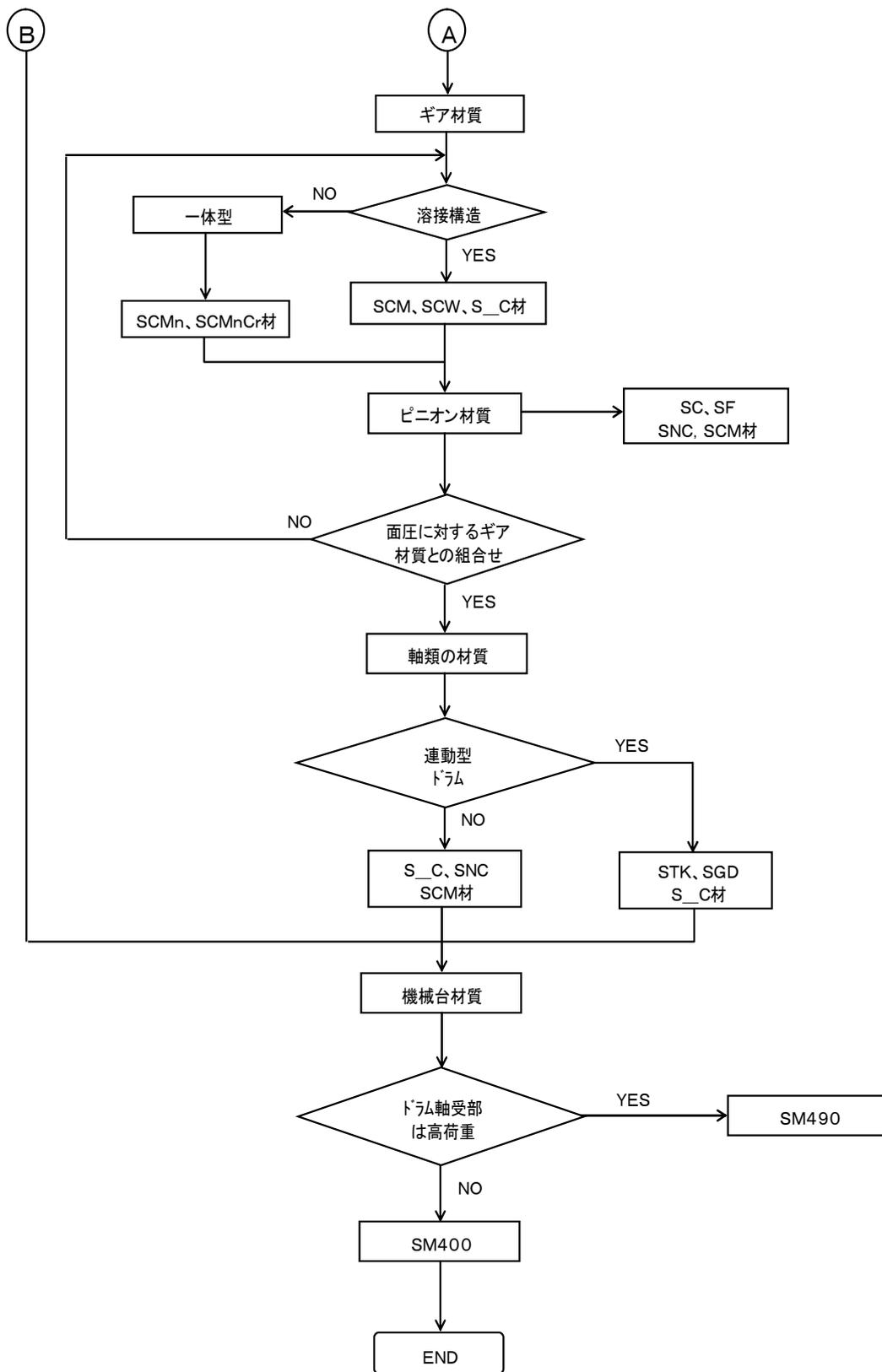


図 1-2-7(c) 開閉装置使用材料選定フロー(参考)

## 8. 材料の許容応力（標準）

材料の許容応力度は当該材料の材質、大きさ、使用条件等に応じ適当な値とする。

### 〔解説〕

扉体・戸当りに用いる材料の許容応力度並びにコンクリートの許容応力度は、「ダム・堰施設技術基準案」3-1-8 材料の許容応力度(P70～85)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)2-7-1 材料の許容応力度(P59～71)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-4 開閉装置架台の許容応力度(P29～37)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-4 材料の許容応力度(P67～74)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-7-1 材料の許容応力度(P47～58)に示すので参照のこと。

## 9. 許容応力の補正（標準）

材料の許容応力度は地震時、又は修理用ゲートについては補正することができる。

### 〔解説〕

水門扉の用途によって許容応力は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-1-10 許容応力度の補正(P90～93)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-7-2 許容応力度の補正(P72)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-7-2 許容応力度の補正(P59)に示す各係数を乗じた値とする。

## 10. 開閉装置の安全率（標準）

開閉装置の安全率は作用する応力の状態、材料の種類、加工精度、使用個所等を考慮して決定しなければならない。

### 〔解説〕

開閉装置に使用する材料の安全率は、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-7 開閉装置用材料の安全率(P170～1172) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-8 開閉装置用材料の安全率(P73～75)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-3 安全率(P27～29)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-3 安全率(P66～67)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-8 開閉装置用材料の安全率(P59～60)に示す値以上とする。

## 11. 摺動部・回転部許容面圧（標準）

摺動部、回転部の許容面圧は材質、使用条件等に応じて決定しなければならない。

### 〔解説〕

許容面圧は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-1-11 許容面圧(P93)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-9 許容面圧(P76)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-5 許容面圧(P38)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-5 許容面圧(P66～67)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-9 許容面圧(P60)に示す値を標準とする。

## 1 2. たわみの許容値（標準）

水門扉の各部のたわみはその果すべき機能に支障を来さないように定めなければならない。

### 〔解説〕

水圧およびこれと同方向の荷重に対する扉体のたわみの許容値は、径間に対して、また、開閉装置および点検台のはり材のたわみについても同様に支点間距離に対して、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-1 たわみ度の許容値(P95～96)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-10 たわみ度の許容値(P77～78)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-6 たわみ度(P39)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-7 たわみ度(P77～78)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-10 たわみ度(P61～62)に示す値以下としなければならない。

## 1 3. 余裕厚（標準）

水門扉各部分の腐食等に対する余裕厚は当該水門扉の使用条件、材質等に応じて決定する。

### 〔解説〕

- (1) 水門、樋門、伏越し等で常時接水していない水門扉は、1 接水面につき淡水の場合 0.5 mm また海水の場合 1.0 mm とする。
- (2) 堰等で常時接水している水門扉は、1 接水面につき淡水の場合 1.0 mm、また海水の場合 1.5 mm とする。
- (3) 余裕厚については、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-2 余裕厚(P96～98)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-11 余裕厚(P78～79)に詳述されているので参照のこと。
- (4) 都市河川等で腐食を促進する物質が含まれることがあるので十分調査し適切な余裕厚を検討する。
- (5) 起伏ゲート等において砂礫等による摩耗のおそれがある場合の余裕厚については別に検討を行い考慮するものとする。「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-11 余裕厚(P62)に詳述されているので参照のこと。
- (6) 防食塗膜の健全性の保持や補修の難易などから長期の防食機能の維持に支障をきたす場合は、電気防食を補助的に併用する。
  - ・異種金属の組合せを起因とする局部腐食が発生する恐れがある場合。
  - ・海水及び汽水環境のように、水質(土質)を起因とする全面腐食が大きい場合。
  - ・電気防食については、「ダム・堰施設技術基準(案)」防食マニュアル 4-1 電気防食(P767～781)、「機械工事塗装要領(案)」2-4 電気防食(P12)に詳述されているので参照のこと。

## 1 4. 最小板厚及び細長比（標準）

水門扉に使用する主要部材の板厚は最小板厚以上とし、又細長比は最大値以下とする。

### 〔解説〕

- (1) 扉体、戸当り、固定部に使用する主要部材の板厚は、余裕厚を含み原則として、扉体に対し鋼板及び型鋼で 8mm 以上、戸当り・固定部に対し鋼板では 8mm 以上、型鋼では 6mm 以上とする。

但し、これは河川管理施設として重要なゲートを対象にしたものであることから、その他のゲートについては、鋼板では 6mm 以上、型鋼では 5mm 以上とすることができる。

また、河川の樋門等に設置される小型ゲートに使用する主要部材の板厚はスキンプレートを除き、鋼板では 6mm 以上、型鋼では 5mm 以上とすることができる。

「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-3 最小板厚 (P98～99) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-12 最小板厚 (P79)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-12 最小板厚および細長比 (P62～63) に示す。

(2) 扉体に使用する部材は、細長比があまり大きいと、たとえ応力計算上余裕があっても扉体としての剛性に欠けるため、細長比を制限する必要から、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-4 細長比 (P95～100) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-13 細長比 (P80)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-12 最小板厚および細長比 (P62～63) で示す値以下とする。

## 1 5 . 摩擦係数 (標準)

摩擦係数は滑動の条件、滑動部の材質に応じて定める。

[解 説]

水門扉の抵抗等の計算に用いる標準的な摩擦係数は、「ダム・堰施設技術基準(案)」表 5.0.4-1 摩擦係数 (P166) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」表 2.5-4 摩擦係数 (P47)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-7 機械効率・摩擦係数 (P40～45)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-6-6 機械効率および摩擦係数 (P76～77)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-13 摩擦係数 (P63～64) で示す。

### 第3節 扉体・戸当りの設計

#### 1. 構造、機構の設計（標準）

##### 1-1 扉体

- (1) 使用目的に応じた水理的に良好な形状としなければならない。
- (2) 十分な強度と剛性を有し、安全な構造とする。
- (3) 十分な水密性と耐久性を有するものとする。
- (4) 維持管理を考慮した構造とし、必要に応じ保守点検用の装置を付設する。

#### 〔解説〕

- (1) 扉体は、水圧を直接受ける部分と水圧荷重を戸当りに伝える部分からなり、扉体構造は中・小形ゲートでは原則としてプレートガーダ構造とする。
- (2) 扉体の設計要領は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-1 扉体(P117～129)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-1 扉体(P87～111)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」3-1-1 扉体(P71～86)に詳述されているので参照のこと。
- (3) 扉体の設計手順を、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」図 3.1.1-6(P91)に示すので参照のこと。
- (4) 主桁等の配置・構造の考え方並びに設計手順は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-2 主桁等の配置・構造(P92～100)に詳述されているので参照のこと。
- (5) スキンプレートの設計要領は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-2 スキンプレート(P119～124)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-3 スキンプレート(P100～106)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」3-1-3 スキンプレート(P78～82)に詳述されているので参照のこと。
- (6) プレートガーダの設計は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-8 プレートガーダ(P112～116)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-4 プレートガーダ(P106～110)に詳述されているので参照のこと。
- (7) 圧縮部材等の設計は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-2-5 圧縮部材, 3-2-6 引張部材, 3-2-7 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材(P100～111)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-5 圧縮部材(P110～111)に詳述されているので参照のこと。

##### 1-2 支承部

- (1) 支承部は、扉体を円滑に操作でき、保守管理の容易なものとする。
- (2) 主支承部は、水門扉の形式、移動速度を考慮し、適切な構造としなければならない。
- (3) 補助支承部は、扉体を安定させ、損傷を防止する構造とする。

#### 〔解説〕

- (1) ローラゲートの主ローラは、扉体のたわみによる片当りを防止するため、すべり軸受の場合、原則としてローラに曲率を設ける。ただし、純径間 3.0m 以下の小形ゲートで、設計水深 10m 以下のものについては曲率を設けなくてよいものとする。
- (2) ゲート開閉時の噛み込みを配慮し、支承部にはクサビを使用しないものとする。

- (3) 支承部に関する事項並びに一般的な設計手順・考え方は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-3 支承部(P124～126)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-6 支承部(P112～113)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」3-1-1 扉体(P82)に示すので参照のこと。

### 1-3 水密部

- (1) 水密部の構造及び水密材料は、水門扉の使用目的に応じた適切な形状と耐久性を有したものでなければならない。
- (2) 水密部は、水圧や温度変化等による扉体のたわみ、伸縮等に対して水密が保持できるとともに流水及び流下物による損傷を受けにくい構造で、かつ、有害な振動やキャビテーションを起こさない構造とする。
- (3) 水密部は、交換及び調整を考慮して、容易に保守管理できる構造とする。

#### 〔解説〕

- (1) 河川用ゲートにおいては、ゴム水密とするのが望ましいが金属水密を採用する場合は、扉体のたわみ等の許容量を検討する必要がある。
- (2) 水密部に関する事項並びに一般的な設計手順・形式および構造特性は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-4 水密部(P126～129)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-7 水密部(P114～119)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」3-1-5 水密部(P83～86)に示すので参照のこと。

### 1-4 戸当り及び固定部

- (1) 戸当り及び固定部の形状は、各水門扉の形式に適合したものを選定するものとする。
- (2) 戸当り及び固定部の構造は、水密上必要な寸法及び精度を有し、かつ扉体支承部からの荷重を安全にコンクリート構造物に伝達することのできる寸法、強度及び剛性を有する構造とする。
- (3) 戸当り及び固定部は、据付時の施工性、扉体部分の保守管理を考慮した構造寸法とする。

#### 〔解説〕

- (1) 河川用ゲートの戸当りについては、扉体またはローラの保守管理を行う事が可能なように、戸溝内にタラップを設置したり、側部上段部には、取外し部を設ける。  
「ダム・堰施設技術基準(案)」P322 に示す図例及び「水門・樋門ゲート設計要領(案)」P147 の回転式戸当り構造例を参照のこと。
- (2) 取外し戸当り部には、扉体を昇降させずにローラの回転を確認できる装置を設ける。  
「水門・樋門ゲート設計要領(案)」P139 の主ローラ回転確認構造例を参照のこと。
- (3) 戸当りに関する事項並びに一般的な設計手順・考え方および計算式は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-5 戸当り及び固定部(P129～132)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-8 戸当り(P119～125)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」3-1-6 戸当り(P87～88)に示すので参照のこと。

## 1-5 接合部の設計

部材及ブロックの接合方法の選定はその荷重伝達や接合目的を考慮して決定する。

### 〔解説〕

- (1) 河川用ゲートにおいては基本的にはリベット構造は使用しないものとする。
- (2) ブロック分割については最大応力発生部、応力集中発生部を避けなければならない。
- (3) 原則として水門扉には、高力ボルトを使用しない。ただし、水密に関係のない場所、錆の発生を防止できる所などでは使用できる。
- (4) 応力を伝達する重要な箇所の溶接形状は、突合せ溶接及びすみ肉溶接とする。
- (5) 接合部の設計にあたっては、「ダム・堰施設技術基準(案)」マニュアル編の接合マニュアル(P699～737)に詳述されているので参照のこと。

## 2. ローラゲート(標準)

### 2-1 一般

中・小形の水門、樋門および伏せ越しゲートに採用例の多いプレートガーダ構造のローラゲートについて定める。

### 2-2 扉体

扉体は、その水門扉の使用目的・使用条件によって、適切な形状としなければならない。

### 〔解説〕

- (1) ローラゲートの扉体は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-1-1 適用範囲, 2-1-2 扉体の形状, 2-1-3 扉体の構造(P307～316)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-2-1 適用範囲、3-2-2 扉体(P127～130)の項で詳述されているので参照のこと。
- (2) プレートガーダ構造とシェル構造の適用径間や扉高の区分は、一義的には定まらず、個々の条件に基づき検討の上決定される。実績的にみた区分図を、「ダム・堰施設技術基準(案)」図 2.1.2-7(P313)に示すので参照のこと。
- (3) 主桁の桁高は材質、水理上の制限、許容たわみ度等により決定されるが、河川ゲートの場合、純径間の 1/8～1/12 程度が一般的である。

### 2-3 ローラ

ローラは考慮すべき荷重を安全に戸当りに伝達し扉体の作動を円滑にするものでなければならない。

### 〔解説〕

- (1) 主ローラは設計荷重をできるだけ均等に負担するように配置する。
- (2) 主ローラ個数は、片側 2 個が好ましく、止むを得ず片側 3 個以上設ける場合はロッカビーム方式とするか、あるいはローラ軸を偏心させる等の方法によりローラに偏荷重が作用しないような調整方法を講じることが望ましい。
- (3) ローラの軸受形式は、原則として保守管理が容易なすべり軸受とし、軸受のブッシュには無給油軸受を使用する。従って、主ローラ軸に耐食性に優れたステンレス鋼の使用や軸受両端部にダストシールを設ける場合は、グリースによる潤滑は必要としな

い。但し、防塵の二重化を目的とした場合は給油を行ってもよい。

「水門・樋門ゲート設計要領(案)」P140～142の解説文を参照

- (4) 主ローラの回転摩擦係数  $[(\mu_1 + \mu_2 \cdot r)] / R$  は支承部がすべり軸受の場合、0.05程度を目安とする。
- (5) 主ローラ軸受部は、必要に応じ、扉体の温度変化による伸縮に対応できる構造とする。
- (6) 主ローラの硬さは、戸当りの保守管理が困難なことを考慮してローラ踏面板の硬さより低く設計することが望ましいが、防食などの理由で材質を決定した結果、主ローラの硬さの方を高く設計する場合もある。
- ローラ及びローラ踏面に使用される鋼材の許容接触応力度は J I S Z 2243 規定するブリネル硬さ (HB) により求めるものとする。
- なお、主な使用鋼種とその組合せ一例を「ダム・堰施設技術基準(案)」3-1-8 材料の許容応力度 表 3.1.8-18「ローラ及びローラ踏面の使用鋼種と硬さの組合せ」(P83)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-7-1 材料の許容応力度 表 2.7.1-16「ローラ及びローラ踏面の使用鋼種と硬さの組合せ」(P69)に示す。
- (7) 扉体の両端部には扉体の横振れを防ぐためにサイドローラを片側2個以上設けるものとする。
- (8) サイドローラは、調整、将来の維持管理を考慮し、戸溝の外に配置するのを原則とする。
- (9) 主ローラおよびローラ軸の一般的な設計手順および留意事項は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-2-3 ローラおよびローラ軸(P130～139)に示すので参照のこと。

#### 2-4 戸当り

戸当りは水密に必要な寸法と精度を有し、ローラからの荷重を安全にコンクリート構造物に伝達できる寸法、強度及び剛性等を有する構造とする。

##### 〔解説〕

- (1) ローラレールの強度は、弾性床上の無限に長い梁に集中荷重が作用するものとして計算する。計算に用いるアンドレの式は、「ダム・堰施設技術基準(案)」P326～327に示す図例及び「水門・樋門ゲート設計要領(案)」P143～144に示すので参照のこと。
- (2) 戸当りの設計においては、土砂の流入、堆積を防止する形状、対策を検討する必要がある。堰・水門等にみられる。その対策例を、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-8 戸当り 8. (1)および(2)における「戸溝底部の形状」、戸溝保護板等(P124)に示すので参照のこと。
- (3) 中・小形ゲートおよび大形ゲートの戸当りの箱抜き寸法は、施工性を考慮して、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-8 戸当り 8. (3) 戸当りの箱抜き寸法(P125)に示す値を目安とするが、伸縮継手や凍結防止装置を設ける場合は、その施工性を考慮したスペースを確保する。

### 3. シェル構造ローラゲート（標準）

#### 3-1 一般

シェル構造の適用径間や扉高の区分は一義的に定まらないが、一般に10～20m程度以上で、径間(L)に対する扉高(H)の比(H/L)が1/5～1/6程度以下の場合には扉体をシェル構造ローラゲートとすることが多い。

「ダム・堰施設技術基準(案)」2-10 シェル構造ローラゲート(P431～441)の項を参照のこと。

#### 3-2 扉体の形状

扉体形状は、そのゲートの使用目的・使用条件によって適切な形状としなければならない。

##### 〔解説〕

(1) シェル構造ローラゲートの扉体の形状は、放流時に支障のない形状とする。

(2) 扉体上部は、越流する場合には、有害な負圧が生じない形状とするとともに扉体底部は、下端放流水と干渉しない形状とする。又、扉体には開閉時に作用する浮力や扉体内部の水重などの影響を小さくするため、底面板に水抜き穴を、越流部付近には給排気口を設ける。

(3) 上流面スキンプレート方式の扉体下端形状は、下端放流水脈が底面板と干渉しないよう、底面板をゲートリップ部から20°以上切り上げる必要がある。

(4) 扉体の平面形状は径間方向には同一断面とするのを原則とする。

#### 3-3 扉体の構造

扉体は使用時に加わる各種の力、及び変位に対し安全な構造でなければならない。

##### 〔解説〕

##### (1) 曲げ応力

扉体の強度は、スキンプレート、頂板、背面板、底面板及び水平桁で構成されたシェル断面と、それを補剛するダイヤフラムで荷重に抵抗するが、径間に対して扉高が大きい場合は、シェル断面の全てが有効に働かないことがあるので、有効幅によって断面を計算し、発生応力度やたわみ量を検討しなければならない。

##### (2) せん断応力

シェル構造の扉体に作用するせん断力は、曲げによるせん断力と、扉体断面のせん断中心と荷重中心の偏心によるねじりせん断力があり、両者を合成するのが望ましい。一般にねじりせん断力によるせん断応力度は、偏心量が小さいことと、ねじりせん断力に対抗するせん断面積が大きいことから、曲げによるせん断応力度と比べ、微少の値となる。

(3) ローラの摩耗による扉体の傾きが発生する事例がある。よって構造・材質については維持管理の容易性考慮するとともに注意を要する。

(4) 扉体の構造は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-10-3 扉体の構造(P437～441)に詳述されているので参照のこと。

### 4. 起伏ゲート（標準）

#### 4-1-1 一般

- (1) 一般に堰高及び堰長が設置個所の河積、河幅等に比して十分小さい場合及び河積に十分余裕がある場合については起伏ゲートの設置が引き上げ式ゲートに比して有利となる。また、洪水の到達時間等からみて、引き上げ式ゲートでは出水時の的確な開閉が期し得ない場合については、一般に起伏ゲートが用いられる。
- (2) 起伏ゲートの設計にあたっては、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」を参照のこと。

### 5. スライドゲート (標準)

#### 5-1-1 一般

##### (1) スライドゲート

- (a) スライドゲートの扉体は、一般にプレートガーダ構造でローラを有しないため構造が簡単であるが、扉体と戸当りとが直接接触して荷重を伝達するので、開閉荷重は大きくなる。このためスライドゲートは、径間および水位差が比較的小さい樋門、樋管、伏せ越し等のゲートに採用されている。
- (b) スライドゲートの考え方は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-13 スライドゲート (P466～475)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-3 スライドゲート (P148～152)に示す。
- (c) ローラゲートを採用するか、スライドゲートを採用するかの選定は、土木構造や経済性、操作性等を検討し決定する。
- (d) ゲートの大きさによる選定の目安として、実施例を純径間で見ると、2.0m以下でスライドゲートを採用。2.0m～2.5m付近でローラゲートとスライドゲートが混用。2.5m以上でローラゲートの採用例が多い。また、実施例を扉体面積で見ると、5㎡程度以上ではローラゲートが採用されることが多い。  
尚、純径間が2.0m以下であっても開閉操作荷重が過大となる場合はローラゲート形式の採用も視野に入れた検討が必要である。  
スライドゲートは、開閉動力が人力の場合で扉体面積が2㎡程度以下。電動機の場合でも扉体面積が5㎡程度以下が用いられている。  
「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2.2.1-1 ゲート形式の選定 (P23～25)を参照のこと。

##### (2) 修理用ゲート

- (a) 修理用ゲートは、常時使用の水門扉の上流側に設置するのが望ましい。ただし、下流側に水がない場合は、下流側に設置する。
- (b) 河口部付近に設置され、常時、水門扉の上、下流に水位の存在する場合は、水門扉の上、下流側両方に設置する必要がある。
- (c) 常時使用の水門扉が、中、大形ゲートの場合には、修理用ゲートの吊り込み条件から径間方向に複数分割する必要があるものもある。  
この場合の中間戸当り支持方式は管理橋支持形式あるいは支柱支持方式等がある。
- (d) 修理用ゲートの考え方は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-14 特殊修理用ゲート (P476～481)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-4 角落し (P152～156)に示す。

## 第4節 開閉装置の設計

### 1. 一般（標準）

#### 1-1 開閉装置

- (1) 開閉装置の形式選定にあたっては、水門扉の種類、用途及び周辺環境等を考慮して決定しなければならない。
- (2) 開閉装置は、扉体を長期間にわたり所定の速度で確実に開閉操作ができるものでなければならない。
- (3) 開閉装置は、維持管理を考慮した構造とする。

#### 〔解説〕

開閉装置の設計に関する事項並びに形式の選定手順・配置例等を、「ダム・堰施設技術基準(案)」第5章開閉装置の設計(P151～163)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-2-2 開閉装置形式の選定(P27～33)、開閉装置の基本構成並びに設計手順を、「同要領(案)」第4章開閉装置の設計 4-1-1～4-1-2(P157～167)に示す。

#### 1-2 開閉用動力設備

- (1) 扉体をいつでも確実に開閉できる動力設備を設けなければならない。
- (2) 扉体の開閉動力は、電動機を標準とする。
- (3) 扉体の開閉動力は、所要の容量を有し、水門設備の目的に適した定格とする。

#### 〔解説〕

- (1) 開閉用動力の容量は、電動機については計算開閉力の100%以上とする。
- (2) 油圧ポンプ駆動用動力の容量は、設定油圧ポンプの性能に対して十分なものとする。
- (3) 電動機は、定格トルクに対し、始動トルクについては200%以上、最大トルクについては250%以下のものを選定する。
- (4) 電動機の定格は、原則として連続定格とする。なお、自動操作等で電動機の始動・停止を頻繁に繰り返し運転する場合も支障のないものとする。
- (5) 開閉用動力設備は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-4 開閉用動力(P28～30)、5-0-10 機械式開閉装置構成要素(P178～181)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-1-3 開閉用動力(P167～169)、4-2-2 電動機(P183～185)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-1 開閉用動力(P95～99)、3-3-1 動力設備(P316～317)、4-3-1 動力設備(P356～357)「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-1 開閉用動力(P78～80)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-1-3 油圧発生用動力(P149～150)に詳述されているので参照のこと。

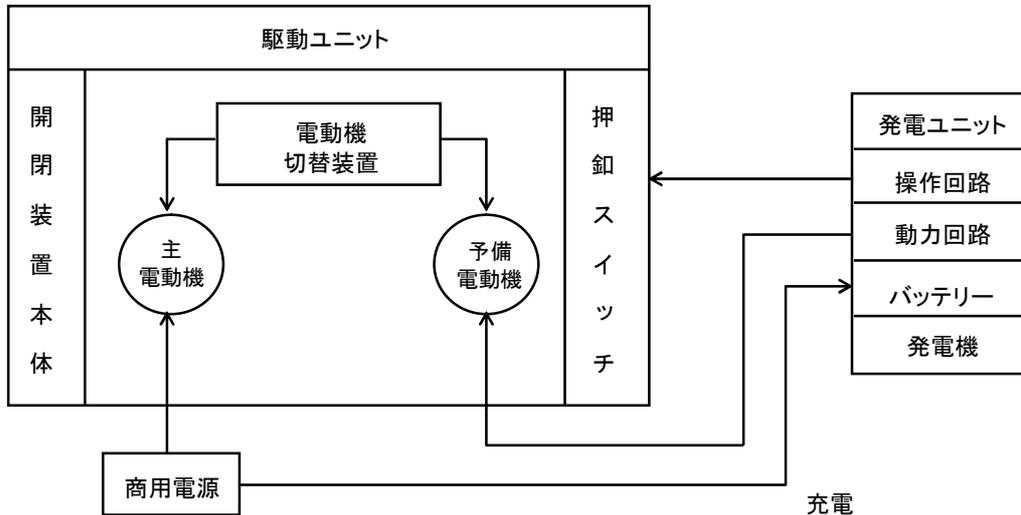
1-3 開閉用予備動力設備

- (1) 水門扉には、原則として開閉用予備動力設備を設けなければならない。
- (2) 開閉用予備動力設備は、常用の開閉用予備動力設備の故障、停電等の場合に迅速かつ確実に扉体を操作できるものでなければならない。
- (3) 開閉用予備動力設備の容量は、所要の容量を有し、水門設備の目的に適した構造とする。

〔解説〕

- (1) 開閉用予備動力には、電動機と人力があり、設備の規模、管理体制などによって選定される。
- (2) 開閉装置の予備動力には、内燃機関は採用しない。予備動力ユニットとする。
- (3) 予備動力ユニットは、常用の電源・動力と独立したもので、駆動ユニット(主電動機容量の1/2~1/3程度の予備電動機)と発電ユニットで構成する。

図 1-4-1 機器構成例



- (4) 開閉用予備動力設備は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-5 開閉用予備動力 (P30~33) および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-1-4 開閉用予備動力 (P169~170)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-1-2 開閉用動力 (P100~101)、3-3-1 動力設備 (P316~317)、4-3-1 動力設備 (P356~357)「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-1 開閉用動力 (P78~80)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-1-3 油圧発生用動力 (P149~150)に詳述されているので参照のこと。

#### 1-4 安全装置

水門扉には操作の安全性を保ち、管理を容易にするために必要とされる安全装置を備えなければならない。

##### [解説]

(1) 開閉装置には、設備の目的・用途に応じた安全(保護)装置を設ける物とする。扉体の安全(保護)に必要な装置を、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-8 水門扉の保護(P35～339)、5-0-9 開閉装置の安全対策(P176～181)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-1-5 開閉装置の保護装置、安全装置および付属装置(P171～174)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-13 保護および安全(P231～245)、3-6-7 保護および安全(P333～336)、3-3-5 保護および安全(P367～368)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-13 保護および安全(P357～375)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-1-5 保護装置・安全装置・付属装置(P151～155)に詳述されているので参照のこと。

(2) 非常用上限制限開閉装置は、上限位置を検出する方法とは別の方法を用い、作動の確実性を確保する。ラック式開閉装置の場合、通常非常上限はラック棒にドグをつけて外部リミットスイッチを直接たいて作動させる方式が一般的である。最近では、内蔵リミットで3点(全開・全閉・非常上限)とれる形式が採用されている。

#### 1-5 非常用閉鎖装置

扉体の急閉鎖を必要とする場合には、安全確実に作動する非常用閉鎖装置を設けなければならない。

##### [解説]

非常用閉鎖装置については、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-0-9 急降下閉鎖装置(P39～41)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-1-6 急降下閉鎖装置(P174～176)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-1-3 急降下閉鎖装置(P101～103)、4-3-2 急降下閉鎖装置(P357～358)に詳述されているので参照のこと。

#### 1-6 開閉装置フレーム

開閉装置のフレームは、予想される荷重に対して剛性に富み、開閉作動中に振動等をおこさない構造としなければならない。

##### [解説]

(1) 開閉装置フレームについては、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-13 開閉装置フレーム及び開閉装置架台(P187～190)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-11 開閉装置フレーム(P216～217)、4-3-13 開閉装置フレーム(P252～254)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-14 開閉装置フレーム(P246～254)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-8 油圧シリンダフレームおよび油圧モータフレーム(P263～283)に詳述されているので参照のこと。

(2) ラック式開閉装置の固定用アンカボルトには、押下げ力の反力が作用するので、コンクリート構造物と強固に固定する。固定方法の例は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」(P216)に図例があるので参照のこと。

#### 1-7 開度計

- (1) 水門扉には、機側に機械式開度計を設けなければならない。
- (2) 水門扉の監視および制御の使用条件により、機側および遠方で電氣的に開度を表示させるための電気式開度計を設けなければならない。開度計は必要に応じて二重化する。

##### [解説]

開度計は、「ダム・堰施設技術基準(案)」6-4 開度計(P689～695)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-5-1 開度計(P292)に詳述されているので参照のこと。

#### 1-8 休止装置

ゲートの点検・整備時に扉体を休止させるため、必要に応じ休止装置を設けるものとし、安全確実に着脱できる構造とする。

##### [解説]

休止装置の考え方は、点検・整備時(例えば、開閉装置の部品、ワイヤロープ及びシーブ等の取替え時)のみの使用に限定する。

- (1) 手動式または無動力式を原則とする。
- (2) 操作性を考慮して電動式とする場合は、手動でも操作できるようにする。  
休止装置については、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-17-4 休止装置(P500～501)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-1-7 扉体休止装置(P176～177)を参照のこと。

## 2. 機械式開閉装置(標準)

### 2-1 機械効率及び摩擦係数

開閉装置の各部の機械効率及び摩擦係数は使用環境をも考慮して決定するものとする。

##### [解説]

開閉装置の各部の機械効率および摩擦係数は、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-11 機械効率及び摩擦係数(P181～182)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-1 機械効率及び摩擦係数(P177～183)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-1-3-7 機械効率・摩擦係数(P40～45)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」2-13 摩擦係数(P63～64)に示す。

## 2-2 電動機

- (1) 電動機は、定格トルクに対し、始動トルクについては 200%以上、最大トルクについては 250%以下のものを選定しなければならない。
- (2) 電動機の定格は、原則として連続定格とする。電動機は、全揚程を運転するのに必要な時間以上での定格とし、かつ、1 回当りの運転継続時間以上の定格とする。また、自動操作等で電動機の始動・停止を頻繁に繰り返し運転する場合も支障のないものでなければならない。

### 〔解説〕

- (1) 電動機の考え方は、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-10 機械式開閉装置構成要素 (P178~181)および「水門・樋門設計要領(案)」4-2-2 電動機 (P183~185)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-2-5-8 電動機容量 (P92~93)に詳述されているので参照のこと。
- (2) 電動機の出力算定式は、「水門・樋門設計要領(案)」4-2-1 機械効率および摩擦係数 (P177~183)に記されているので参照のこと。
- (3) ワイヤロープウインチ式開閉装置に使用する電動機の容量は、IEC の第一系列および第二系列のいずれの電動機を採用してもよいものとする。
- ただし、大形水門用電動機は注文生産であることから第二系列の採用例が最近見受けられるが、中・小形の水門・樋門の場合の電動機は容量も小さくまた短期間での取替え時の汎用性を配慮して、第二系列の採用に際しては市場性を考慮する必要があるため、一般に IEC の第一系列を採用している。IEC 第一系列および第二系列は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」表 4.2.2-1 電動機標準容量 (P184)で示す。

## 2-3 制動機構

開閉装置には、制動機構を二系列以上設けねばならない。

### 〔解説〕

- (1) 開閉装置の形式による制動装置の選定は、次によるものとする。
- (a) ワイヤロープウインチ式の場合
- 一般にセルフロックが可能となっているウオーム減速機を使用する場合は、制動機付電動機を使用すればよい。セルフロックが不可能な減速機を使用する場合は、電動機内蔵制動機を使用し、かつセルフロックにかわる制動装置を備えなければならない。電動機に装着されている制動機以外の制動機は、原則として電動油圧押上ブレーキとする。
- (b) ラック式開閉装置の場合
- 開閉動力が電動機の場合は、セルフロック機能またはメカニカル制動機構と電動機内蔵制動機を備える。なお、無動力で水門扉を閉じる場合には、メカニカル制動機構および電動機内蔵制動機を解放することにより扉体の自重で降下させる。この自重降下時の速度調節は遠心ブレーキを使用する。
- (2) 制動機の容量は停止時の衝撃力が大きくならないよう、電動機の場合は定格トルクに対し 150%程度の制動トルクにすることが望ましい。
- (3) 制動機については、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-3 制動機 (P186~189)「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-2 制動機構 (P103~108)に詳述されているので参照のこと。

## 2-4 減速装置

減速装置の形式は、所定の減速比に適合し、十分な強度を有し保守管理の容易なものを選定し、採用する。原動機の定格トルク及び最大トルクの双方に対してそれぞれ強度を有するものとする。

### [解説]

減速装置については、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-4 減速機(P189～193)「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-3 減速機および切換装置(P108～118)の項を参照のこと。

## 2-5 歯車

歯車の強度は、曲げ強度及び面圧強度の両面から検討し決定しなければならない。

### [解説]

(1) 手動のみで操作する開閉装置の歯車の強さは曲げ応力により決定する。

(2) 歯車の強度計算は次の条件で行う。

(a) 電動機の場合

① 曲げについては電動機の定格トルクから算出した応力が当該使用材料の引張強さに対し第2節8の「開閉装置の安全率」に掲げる値以上の安全率を有し、かつ電動機の最大トルクから算出した応力が当該使用材料の降伏点の90%以下でなければならない。

② 電動機の最大トルクは定格トルクの250%とする。

③ 面圧については電動機の定格トルクに対し検討する。

(b) 手動

曲げ強度は人力100Nの操作力から算出した応力が当該使用材料の極限強さに対し第2節8項の「開閉装置の安全率」に掲げる値以上の安全率を有し、かつ手動の最大トルク(過負荷防止装置の設定トルク)から算出した応力が当該使用材料の降伏点の90%以下でなければならない。

(3) 歯車については、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-5 歯車(P193～196)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-4 歯車(P118～131)の項を参照のこと。

## 2-6 軸受

軸受は、支持荷重・軸回転速度等を考慮して、配置及び形式選定し、原動機定格トルク及び最大トルクによる軸受荷重方向に対し十分な強度と剛性を有していなければならない。

### [解説]

軸受については、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-6 軸受(P196～198)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-6 軸受(P149～153)の項を参照のこと。

## 2-7 動力伝達軸及び軸継手

動力伝達軸及びこれらの軸継手は、所定の伝達動力のほか、積雪荷重等の外力及び自重等に対応できる強度と剛性を有し、採用する原動機の定格トルク及び最大トルク双方に対してそれぞれ強度を有するものとする。

### 〔解説〕

動力伝達軸および軸継手については、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-7 動力伝達軸および軸継手 (P199～202)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-5 軸類および軸継手(P149～153)の項を参照のこと。

## 2-8 ラック

ラックは、所定の揚程を満足する長さを有するとともに、開閉荷重に対して十分な強度を有するものでなければならない。

### 〔解説〕

- (1) ラック式開閉装置の考え方は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-2-1 ゲート形式の選定の項(P24～25)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」4-2-5-1 ラック棒の設計(P350～354)で詳述されているので参照のこと。
- (2) ラック棒の強度計算式等は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-8 ラック(P202～208)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」4-2-5-1 ラック棒の設計(P350～354)に示すので参照のこと。
- (3) ラックの本数は、径間 2.5m 未満は 1 本、2.5m 以上は 2 本吊りとする。但し、径間 2.5m 未満であっても、径間と扉高の比が 1:2 以上の場合は開閉時の振れ防止を考慮し 2 本吊りとする。

尚、スライドゲートでラックを 1 本吊りとした場合、開閉能力の限界から、現状の開閉装置の汎用性を考慮し 70kN 程度以下を目安とする。

## 2-9 ワイヤロープ

ワイヤロープの規格は、ゲートの設置場所、目的に適合したものを選定しなければならない。

### 〔解説〕

- (1) ワイヤロープの考え方、強度計算等は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-9 ワイヤロープ(P209～213)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-2-5-3 ワイヤロープ(P72～82)で示すので参照のこと。
- (2) ワイヤロープ吊り本数の設計手順を、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-9 ワイヤロープの項の表 4.2.9-2(P212～213)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-2-5-2 ロープ吊り本数(P69～72)で示すので参照のこと。

## 2-10 ドラム及びシーブ

ドラム及びシーブの寸法は、ゲートの規模、配置等を考慮して決定せねばならない。

### 〔解説〕

ドラムおよびシーブの考え方、強度計算等は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」4-2-10 ドラムおよびシーブ(P213~215)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-2-5-4 ドラム・シーブ径(P82~88)、2-3-7 ドラム(P153~164)、2-3-8 シーブ(P164~168)で示す。

## 3. 油圧式開閉装置(標準)

### 3-1 構成要素

油圧式開閉装置は、油圧ユニット、油圧配管、油圧シリンダまたは油圧モータ、作動油等で構成する。

### 〔解説〕

油圧式開閉装置の設計における構成などは、「ダム・堰施設技術基準(案)」5-0-12 油圧式開閉装置構成要素(P183~187)および「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3 油圧式開閉装置の設計(P218~254)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」第4章油圧設備の設計(P145)で詳述されているので参照のこと。

尚、開閉装置形式によっては、ドラム・シーブ・ワイヤロープ等を使用するが、これらの構成要素に求められる機能は基本的には機械式開閉装置と同じであるため、本条では対象としない。

### 3-2 制 動

開閉装置には、扉体を所定の開度で確実に停止させるための制動機構を設ける。

### 〔解説〕

制動機構については、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-2 制動(P220~221)の項で詳述されているので参照のこと。

### 3-3 油圧回路

油圧回路は、安全性および信頼性が高く、ゲートに要求される機能に適合したものとす。

### 〔解説〕

- (1) 油圧回路の設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-3 油圧回路(P221~224)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-4 油圧回路(P83~84)、3-5 油圧回路(P190~238)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-1(P155~165)の項で詳述されているので参照のこと。
- (2) 緊急時の操作不能が設備周辺に甚大な影響を与えると判断されるゲート設備については、油圧回路を二重化する。  
油圧回路の二重化とは、電動機、油圧ポンプなどの油圧発生部、動力回路圧力制御弁、方向制御弁をいう。
- (3) 油圧力の設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-4 油圧力(P224~226)、

「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-5 油圧力(P84～87)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-2(P166～167)の項を参照のこと。

- (4) 損失圧力の設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-5 損失圧力(P227～232)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-6 損失圧力(P87～94)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-3 損失圧力(P168～171)の項を参照のこと。
- (5) 油圧ポンプの設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-6 油圧ポンプ(P232～234)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-7 油圧ポンプの基本選定(P94～95)、3-4-5 油圧ポンプ(P167～170)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-1-4 油圧ポンプ(P150～151)の項を参照のこと。
- (6) 電動機の考え方は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-7 電動機(P235～236)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」2-7-8 電動機(P95～96)の項を参照のこと。

### 3-4 油圧ユニット

開閉用動力の発生装置として、必要な発生圧力および容量を有し、点検・整備が容易なものとする。

#### 〔解説〕

- (1) 油圧ユニットの設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-8 油圧ユニット(P236～238)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-4 油圧ユニット(P150～189)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-4 油圧ユニット(P172～174)の項で詳述されているので参照のこと。
- (2) 油圧配管の設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-9 油圧配管(P239～242)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-6 油圧配管(P239～252)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-7 油圧配管(P178～182)の項を参照のこと。
- (3) 作動油の設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-10 作動油(P242～245)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-7 作動油(P253～262)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-8 作動油(P182～184)の項を参照のこと。

### 3-5 油圧シリンダ

油圧シリンダは必要な開閉力とストロークを有し、油漏れが少なく作動が確実で耐久性に優れたものとするとともに、点検・整備が容易な構造とする。

#### 〔解説〕

- (1) 油圧シリンダの設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-11 油圧シリンダ(P246～249)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-1 油圧シリンダ(P97～135)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」4-2-10 油圧シリンダ(P185～200)の項に詳述されているので参照のこと。
- (2) シリンダチューブの使用材質は、材質が均一で継目のない機械構造用炭素鋼鋼管(引抜き鋼管 STKM 材)を標準とする。また、ピストンロッドの材質はステンレス鋼とし、表面に硬質クロムメッキを施す例が多い。粉塵や土砂が付着するおそれのある場合は、母材として SUS304N2 を使用することが望ましい。

### 3-6 油圧モータ

油圧モータは必要なトルクを有し、油漏れが少なく作動が確実で耐久性に優れたものとするとともに、汎用性があり、点検・整備が容易な構造とする。

#### [解 説]

- (1) 油圧モータの設計要領は、「水門・樋門ゲート設計指針(案)」4-3-12 油圧モータ (P249～251)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-2 油圧モータ (P136～144)の項に詳述されているので参照のこと。
- (2) ゲート用開閉装置として採用する場合以下のメリットがある。
  - (a) 単体で高トルク、低速回転が可能であるため、減速機構が不要となる。
  - (b) 動力の発生源を別置きできるため、レイアウトに自由度がある。
  - (c) 油圧モータは油量を調整することにより容易に速度変換が可能となる。

## 第5節 操作制御設備

### 1. 基本計画（標準）

#### 1-1 計 画

操作制御設備の計画に当たっては当該水門の設置目的と管理体制を十分に把握し、適切な計画を行わなければならない。

#### 〔解 説〕

計画にあたって特に重要なこととして以下のことがあげられる。

- (1) 施設の規模や管理体制、操作規則等を事前に検討し、計画に反映させる。
- (2) 他の設備（受配電設備、情報処理装置等）との取り合いを十分考慮する。
- (3) 遠隔化システムの導入にあたっては、システムの規模や運用管理体制に応じて構築する。
- (4) 遠方監視制御盤等への信号の伝送を光ファイバーケーブルで行う場合は、接続機器等について「電気通信編」を参考に整合をはかること。
- (5) 操作及び保守管理しやすい設備になるよう留意する。
- (6) 操作制御設備の計画・設計にあたっては、「ダム・堰施設技術基準(案)」基準解説編 第6章電気・制御設備(P191～197)、マニュアル編 電気制御設備設計マニュアル(P627～695)並びに「水門・樋門ゲート設計要領(案)」第5章電気・制御設備の設計(P259～295)に詳述されているので参照のこと。

#### 1-2 設置場所

設備機器の設置場所の選定に当たっては環境条件、管理の利便を十分考慮しなければならない。

#### 〔解 説〕

- (1) 設置場所に関して特に考慮すべき点として以下のことがあげられる。
  - (a) 堤内側に電気設備を設置する場合、内水の氾濫により冠水しない高さに設置する。
  - (b) 保守管理しやすい位置に機器を設置する。
  - (c) 保守管理のための十分なスペースをとる。
- (2) 環境条件に対する対応として注意すべきものとして以下のことがあげられる。
  - (a) 寒冷地対策
  - (b) 湿度対策
  - (c) 高温・直射日光対策

特に PLC などの通信制御機器への影響が懸念される場合には遮へい板やクーラーなどの設置を検討する。

#### 1-3 雷 対 策

操作制御設備は直雷、誘導雷何れの雷害に対しても十分に保護されていなければならない。

#### 〔解 説〕

最近、制御設備に電子機器が使用されることが多くなってきており、設備の信頼性を維持するため雷対策が重要である。

雷対策として次のような方法がある。詳細については「雷害対策設計施工要領(案)・同解説」を参照のこと。

(1) 避雷器の適正配置

(2) 耐雷トランスの設置

耐雷トランスを設置する場合は、目視により故障が判断できるものが望ましい。

(3) 光ファイバーケーブルの利用

(4) シールド線の使用

(5) 適切な接地の施工

(6) 配線の分離施工

#### 1-4 耐震対策

操作制御設備は設備の地震後にもその設備の機能を維持できるような対策が施されたものでなければならない。

〔解説〕

耐震対策として種々の方法が考えられるが一般にとられているのは以下のものである。

(1) 機器設備の構造体への固定

(2) 支持ボルトの構造体への確実な埋込み

(3) 固有振動数の異なるものの接続方法

(4) 設備機器の鉛直方向の支持のみでなく、横振れ防止のための措置

(5) 盤内部品（特に重量が大きいもの）の構造フレームへの固定及び扉部の施錠等による固定

(6) 蓄電池設備の電槽の横への移動の規制および飛出し防止

(7) ケーブルラックの落下防止

(8) 照明設備の落下防止

なお、耐震設計の考え方、施工方法については、「新耐震設計法」（1980年7月建築基準法施工令の改正）「建築設備耐震設計・施工指針」（1982年日本建築センター）「自家発電設備耐震設計のガイドライン」（1981年社日本内燃発電設備協会）等が参考となる。

参 考

2. 阪神・淡路大震災以降、電気設備等に関連する耐震設計の基準類では地震時の水平入力加速度（地盤から建築物1階へ加わる水平方向の加速度）を0.3Gから0.4G（Gは重力加速度）に改正している。

なお、耐震設計の考え方、施工方法については、次の文献等が参考になる。

(1) 「新耐震設計法(1980年7月建築基準法施工令の改正)」

(2) 「建築設備耐震設計・施工指針(1997年(財)日本建築センター)」

(3) 「官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説(平成8年(財)建築保全センター)」

(4) 「電気通信設備工事共通仕様書(国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室)」

出典：〔参考〕

ダム・堰施設技術基準

(案) (基準解説編)

(平成23年度版)

(H23.7) P196

## 2. 設計一般（標準）

### 2-1 操作制御方式

操作制御方式は水門扉の規模、設置目的、管理体制等を検討の上決定しなければならない。

### 2-2 機器の配置

操作制御機器は操作の利便性は勿論将来の維持管理をも考慮して決定しなければならない。

#### 〔解説〕

機器の配置を計画するにあたっては次のことを考慮するものとする。

- (1) 設備機器の前後、左右のスペースおよび設備機器に至るまでの通路の確保
- (2) 点検整備作業に必要なスペースの確保
- (3) 配電路のための必要なスペースの確保
- (4) 操作場所と監視を必要とする設備との位置関係
- (5) 法的に定められている隔離の確保

### 2-3 計測及び関連機器

計測及び関連機器の設計は水門扉を安全確実に操作できるものでなければならない。

#### 〔解説〕

- (1) 計測及び関連機器としては、水位計、流量計、流向計、開度計等がある。
- (2) 設計に先立って計測装置の設置目的、重要度、設置条件、必要精度等を事前に調査検討しておく必要がある。
- (3) 河川管理上、重要な水位計については欠測等が生じないように考慮しなければならない。
- (4) 重要な計測装置の電源については、停電等による欠測をさけるため、無停電電源装置により給電する必要がある。
- (5) 水位計は一般に構造が簡単で堅牢なフロート式、圧力式水位計が多く用いられている。
- (6) 水位計の設置位置は流水の影響を受けない場所とする。
- (7) 寒冷地においては、凍結防止策をとる必要がある。
- (8) 計測設備に関しては、「ダム・堰施設技術基準(案)」6. 計測設備 (P678～695)に各形式比較を添えて記載されている。また、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-5. 計測設備 (P292)に詳述されているので参照のこと。

### 3. 操作制御盤（標準）

#### 3-1 操作制御盤の形式

操作制御盤の形式は、設置目的、用途に応じたものでなければならない。

〔解説〕

(1) 操作盤の形式は下記を標準とする。

機側操作盤	スタンド形又は閉鎖自立形
遠方監視操作盤	閉鎖自立形、コントロールデスク形又はベンチ形
補助継電器盤	閉鎖自立形
補機盤	閉鎖自立形

(2) 操作盤の盤面には、監視機器及び操作スイッチを設ける。

(3) 機側操作盤には配線用遮断器、電磁接触器及び必要な保護継電器類を設ける。

(4) 機側操作盤には原則としてスペースヒータを設けるとともに、電動機負荷に対して進相コンデンサを設ける。

(5) 機側操作盤の制御部は有接点リレーやプログラマブル・コントローラ（PLC）により構成する。

(6) 機側操作盤の仕様は屋外形仕様とし、設置場所、気象条件等に十分対応できるもので、その構造はスタンド形又は閉鎖自立形とする。なお、操作台上屋を設ける場合でも操作室は構造上開口部があり、風雨、塵埃等が侵入するため屋外形仕様とすることが望ましい。

(7) 遠方監視操作盤には対象となるゲート毎に操作開閉器及び非常停止開閉器を設けるものとする。また、誤操作防止のために、表示と操作スイッチの配置を適切に行うとともに、操作は二挙動以上となるようにする。

(8) 遠方監視操作盤は必要に応じて監視盤とに分割して設置する場合がある。

(9) 補助継電器盤等は設備の規模により決定する。

(10) 盤には非照光式名称名板を設けるとともに、必要に応じて電源表示灯を設ける。

(11) 屋外に設置する機側操作盤は施錠付とし、前面扉を閉めた状態で各種表示が確認できるものとする。

(12) 機側操作盤にはゲート等毎に状態表示器、故障表示器、操作開閉器、切替開閉器（遠方操作を行う場合のみ）、非常停止開閉器を設け、電流計は電動機毎（予備動力用電動機を除く）に設ける。なお操作は一挙動操作方式とする。

(13) 機側操作盤に設ける計器、表示器、開閉器等は、操作順序等を考慮して誤操作の生じにくいように整然と配慮する。

遠方監視操作盤には対象となるゲート等毎に、開度計、状態表示器、故障表示器を設け、それぞれ系統、操作順序等を配慮して誤操作の生じにくいよう整然と配置する。グラフィック表示を行う場合は特別な場合を除き、アクリル板製シンボル貼付方式を原則とする。

(14) 操作盤の状態表示は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-4-6 表示および警報 (P272～273)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-10-6 表示および警報 (P188～191)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-10-6 表示および警報 (P306～309)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」5-4-6 表示および警報 (P213)に詳述されているので参照のこと。(11)(10)

なお、照光表示部の明るさは操作盤の設置環境に対応した明瞭度の高いものでなければならない。

(15) 故障表示は次によるものとする。

(a)故障表示は必要に応じて重故障、軽故障に分類し、重故障は警報（ベル）と同時にランプ表示を行い非常停止させ、軽故障は警報ブザーと同時にランプ表示を行う。

なお、ベル、ブザーは、警報時間の設定を調節できるものとする。

(b)故障表示は特記仕様書に明示された場合を除き、遠方操作盤では、故障表示回路のリセットが不可能なものとする。ただし警報（ブザー等）のみは遠方でも停止可能とする。

(c)故障表示は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-4-6表示および警報(P272～273)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-10-6表示および警報(P188～191)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-10-6表示および警報(P306～309)、「鋼製起伏ゲート設計要領(案)」5-4-6表示および警報(P213)を参照のこと。

(16) 発電設備の故障表示項目は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-6 発電機盤(P653～654)を参照のこと。

### 3-2 予備発電設備

水門設備に設置する予備発電設備は、耐久性に優れ、商用電源停電時に必要な電力が確実に供給できるものとする。

#### 〔解説〕

(1) 発電設備は商用電源の確保が困難な場合の主電源又は予備電源として設けるもので、ゲートの運転不能を避ける（制御または、保安用電源の確保を含める）ことを目的とするので、その目的から耐久性と信頼性（①故障が少ないこと、②安定した運転が可能なこと等）が要求される。

(2) 発電設備の容量は設備の運転や維持管理等の各機器の運転の組合せ状態を想定して、負荷の種類、台数、特性等を検討のうえ決定する。

(3) 燃料貯油量は、常用電源の信頼度、設置場所、燃料補給の難易度を考慮し決定する必要があるが、管理施設の付属施設は原則として72時間連続運転可能な容量とする。ただし、小規模な樋門または小規模な施設においては、この限りではない。

(4) 予備発電設備の計画・容量の算出は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3. 予備発電設備(P635～655)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-3 予備発電設備(P265～267)に詳述されているので参照のこと。

## 4. 遠隔化システムの導入（標準）

### 4-1 遠隔化導入の目的

水門・樋門・樋管の遠隔化により、施設情報の集中化を図り、合理的な運用および維持管理を行うことを目的とする。

#### 〔解説〕

(1) 遠隔化することにより、洪水時初期対応の充実、異常時の後方支援、施設の計画運用、情報管理の効率化および運転操作の省力化を図ることを目的とする。

(2) 遠隔化にあたっては、信頼性・安全性が高く、運用・維持管理の容易なシステムとする。

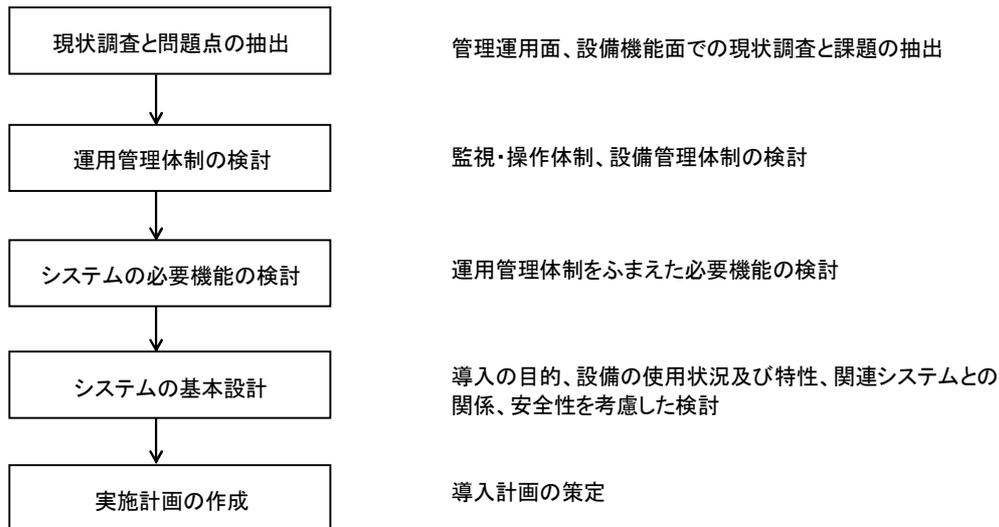
(3) 建設CALSを考慮したシステムとする。

## 4-2 遠隔化システムの基本計画

遠隔化システムの基本計画は、システムの規模や運用管理体制に応じて構築する。

### 〔解説〕

- (1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること。緊急時の対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- (2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



遠隔化システムの計画・設計にあたっては、樋門等の遠隔操作・監視システムのガイドライン(案)（平成15年11月17日付事務連絡河川局都市河川室長より河川部長あて）を参考に行うものとする。

## 第6節 附属設備（標準）

### 1. 管理橋・階段・手摺・防護柵

水門扉には操作、保守管理のため必要に応じ 管理橋・階段・手摺・防護柵等を設置する。

〔解説〕

(1) 管理橋・階段・手摺・防護柵等は、いずれも治水上悪影響を及ぼす構造のものであってはならない。

また、維持管理時の使用にあたって、安全に配慮した構造とする。

(2) 「ダム・堰施設技術基準(案)」および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」では操作橋と称しているが、本便覧では、人道橋を対象としているため、管理橋と称す。

(3) 管理橋・階段・手摺・防護柵等は、再塗装が困難とされる場所に設置される場合が多いことから、溶融亜鉛メッキを施すことを原則とする。但し、大気中の使用に限定する。

溶融亜鉛メッキは現場施工ができないため、現場接合は溶接をさけボルト接合とするなど施工上の留意点を配慮した設計計画が必要である。

「ダム・堰施設技術基準(案)」防食マニュアル 2-3 溶融亜鉛めっき (P749～750)、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」2-14-3 溶融亜鉛メッキ (P83)を参照のこと。

(4) 管理橋・階段・手摺・防護柵等に関する設計手順、要領等は、「ダム・堰施設技術基準(案)」第4章付属施設の設計 (P143～149) . 同 4-3 操作橋 (P574～580)、同 4-5 手摺、階段、防護柵 (P591～595)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」第6章付属設備の設計 (P297～319)を参照のこと。

### 2. 開閉装置室

(1) 開閉装置室の構造は、据付時および点検・整備時における各機器の搬入、搬出を考慮する。

(2) 開閉装置室の大きさは、開閉装置、開閉用動力設備、操作盤等の配置並びにこれらの操作・点検・整備・取替え作業等のスペースを考慮して決定する。

〔解説〕

開閉装置室に関する設計手順、要領等は、「ダム・堰施設技術基準(案)」第4章付属施設の設計 (P143～149) . 同 4-4 開閉装置室 (P580～590)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」6-3-3 開閉装置室 (P320～323)を参照のこと。

暴風雨時にはガラリ、サッシなどから雨が吹き込むことがあるため、雨水の浸入について考慮した配置、構造とする。

### 3. スクリーン

スクリーンおよびその支持構造物は、塵芥の量などを考慮して定められた荷重に耐え得る構造とする。

〔解説〕

スクリーンに関する設計手順、要領等は、「ダム・堰施設技術基準(案)」第4章付属施設の

設計(P143～149). 同 4-1 スクリーン(P561～568)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」  
6-3-4 スクリーン(P324～325)を参照のこと。

#### 4. 銘板

水門・樋門等ゲート設備には、その名称、純径間、扉高、門数、主要部の材質、開閉速度、扉体自重、製作年月、製作者名を記載した銘板を設けるものとする。

#### 〔解説〕

水門扉には、将来の補修、改造等に備えて扉体、開閉装置及び操作橋の適切な位置に、所定の事項を記載した銘板を設けるものとする。

銘板の材質は耐久性の高いものを使用する。

銘板の大きさは、幅 250～400 mm×長さ 400～600 mm程度の実績が多い。

#### 5. その他

河川用水門施設の操作及び維持管理上必要な附属設備の内、水門扉に附属する装置として次のようなものがある。

- (1) 凍結防止装置
- (2) 給油装置
- (3) 補修、点検装置
- (4) 排砂、排泥装置

#### 〔解説〕

(1) 凍結防止装置は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-17-2 凍結防止装置(P497～499)を参照のこと。

(2) 給油装置は、「ダム・堰施設技術基準(案)」3-3-6 潤滑(P132～135)および「水門・樋門ゲート設計要領(案)」3-1-9 潤滑(P126～127)、同 4-4 潤滑および給油(P254～258)を参照のこと。

(3) 補修・点検要領は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-17-3 点検・整備設備(P499～500)を参照のこと。

(4) 排砂・排泥装置は、「ダム・堰施設技術基準(案)」2-17-4 排砂・排泥装置(P501～502)を参照のこと。

## 第7節 修繕工事への対応（参考）

### 1. ゲート設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と、主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用すべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下（過去の故障・修繕履歴）、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保（施設の種別、規模、地域性）

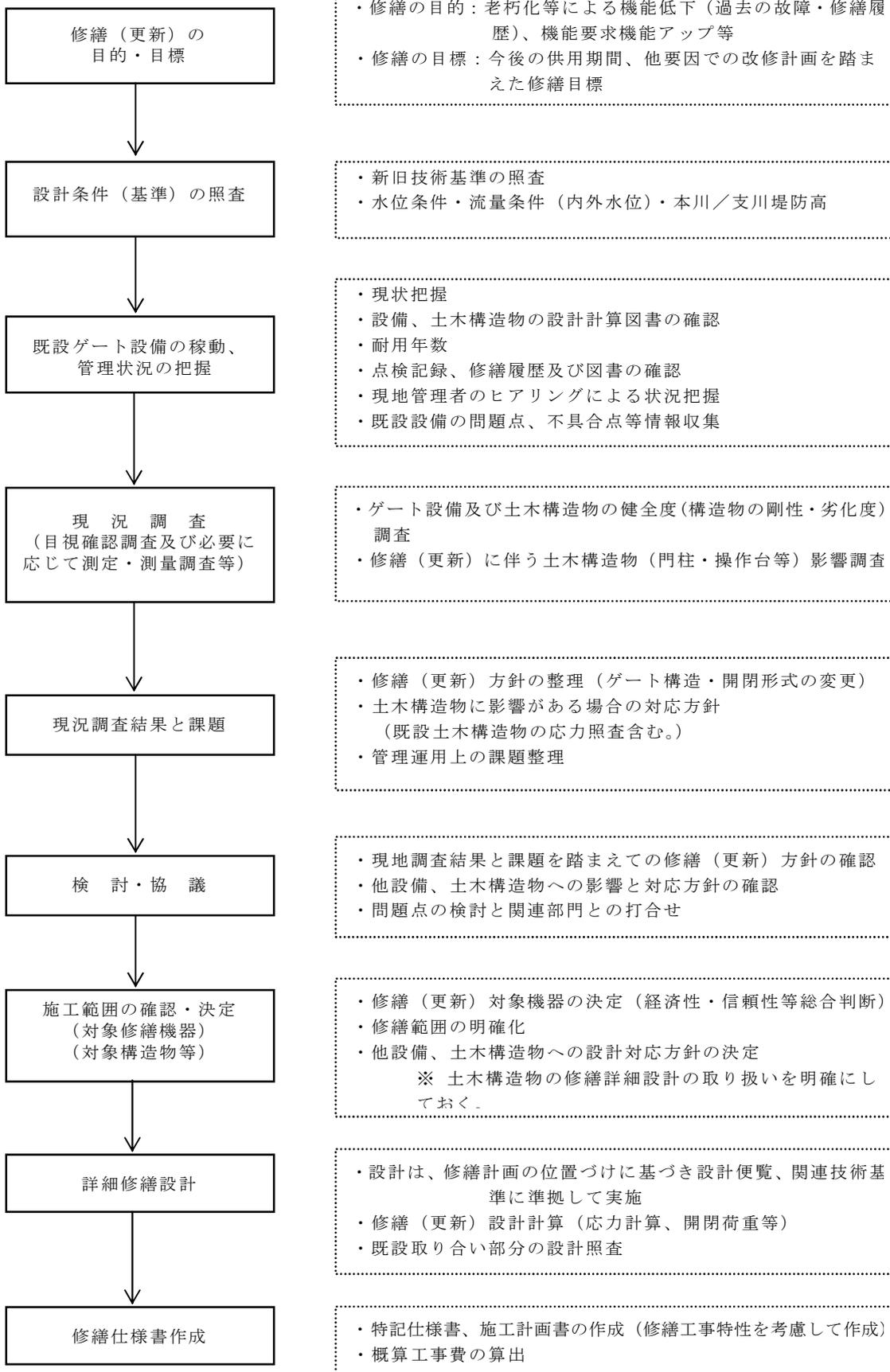
#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果（経済性）

（次頁に、ゲート設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す）

## 2. ゲート設備修繕(更新)計画検討フロー図

ゲート設備の修繕(更新)時の業務手順フロー例を示す。



## 第8節 設計資料

### 1. 運転支援装置

#### (1) タッチパネル式操作支援システムの水門設備への導入目的

樋門・樋管は本川側の水位が上昇し支川側の水位を上回った時点で、速やかに閉塞し堤内地を規則外水から守らなければならない。

これらの樋門・樋管は、現場操作員（委託人）が現地に赴き、手動もしくは動力により操作を行っているが、近年における地方の過疎化や就労者の高齢化に伴い、樋門・樋管の操作員も高齢化し、要員の確保についても困難な状況が発生している。タッチパネル操作支援システムは、このような熟練操作員の減少化と高齢化およびゲート設備の複雑化に対し画面を見ながら対話式の操作手順に従いゲートを操作すれば、間違いなく操作できるシステムである。

ゲート設備の操作に不慣れな操作員が習得しておくべき事項を盛り込んだガイダンス機能により確実、的確に行うことができる。

#### (2) タッチパネル式操作盤の機能

##### (1) 操作・モニタリング機能

- ・ 開閉装置の開閉操作
- ・ 開閉装置の運転支援
- ・ 水位のトレンドグラフ
- ・ 水位記録

##### (2) 故障診断機能

- ・ 故障状態の表示
- ・ 故障診断
- ・ 故障履歴

##### (3) ガイダンス・記録機能

- ・ タイトル表示
- ・ 開閉装置の操作手順
- ・ 故障復帰方法
- ・ 運転、故障記録
- ・ 点検記録

### (3) 予想される効果

- (1) 操作面がタッチパネルだけであり標準化と省スペース化が図れる。
- (2) ゲート、水位の状態をリアルタイムに監視できるため操作性が向上する。
- (3) 運転と故障の履歴を自動的に記録できるため省力化が図れる。
- (4) 操作がC R Tによる対話式であり簡単操作が図れる。
- (5) 故障時、予想される原因と復帰方法を表示するため、素早いトラブル対応ができる。
- (6) 点検記録により、点検の合理化が図れる。

運転支援装置は、「水門・樋門ゲート設計要領(案)」5-6 ゲート運転支援システム(P293～295)、「ゲート用開閉装置(機械式)設計要領(案)」2-3-11 ゲート運転支援システム(P222～224)、「ゲート用開閉装置(油圧式)設計要領(案)」3-11 ゲート運転支援システム(P346～349)に記載されているので参照のこと。

## 2. ソーラシステム

### (1) 一般

- 1) ソーラシステムは、ソーラバッテリー電源設備、開閉装置用モータおよび制御装置で構成されるものである。

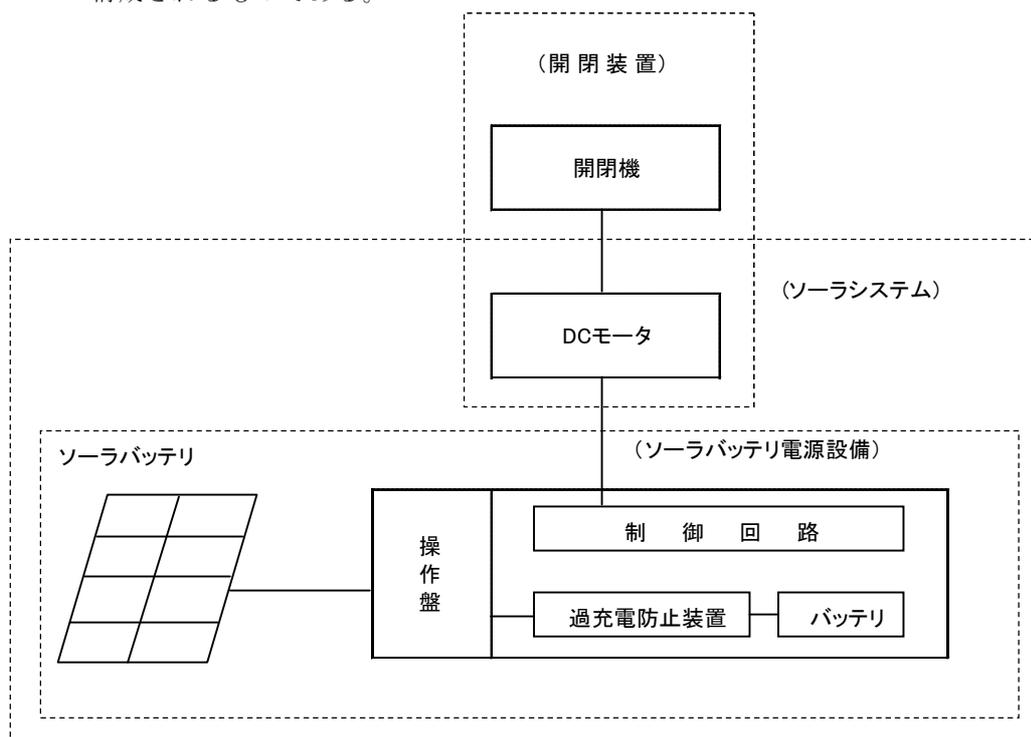


図 1 - 8 - 1 ソーラシステムの概念図

- 2) 樋門・樋管は洪水時等の危険な時あるいは強風雨等気象条件の悪い時に操作することが多いため、安全で容易に操作できることが重要である。

この観点から、水門扉の開閉用動力は原則として電動機とし、動力用電源は商用電源とする。

ただし、商用電源が得にくい等の条件のある場合には、樋門用開閉装置にソーラシステムを用いることによって操作性および操作の信頼性の向上を図ることができる。

## 第 2 章 揚排水ポンプ設備

## 第2章 揚排水ポンプ設備

### 第1節 一般事項

#### 1. 適用範囲（標準）

河川管理施設としての揚排水機場のうち、ポンプ口径が 350 mm から 2000 mm までと可搬式水中ポンプについて適用するものとする。

#### 〔解説〕

- (1) 揚排水ポンプ設備とその付属設備は「揚排水ポンプ設備技術基準（案）」「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」によるものとする。
- (2) 「揚排水ポンプ設備技術基準（案）」及び「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」には、次の施設構成であり本編では、附帯設備を主として記述する。

#### 施設構成

- 1) 主ポンプ設備
  - 2) 主ポンプ駆動設備
  - 3) 系統機器設備
  - 4) 監視操作制御設備
  - 5) 電源設備
  - 6) 除塵設備
  - 7) 付属設備
  - 8) 機場上屋・機場本体・吐出水槽
  - 9) 環境対策
  - 10) 安全対策
- (3) 救急排水ポンプ設備として台風や大雨等の非常時に、中小河川の氾濫による洪水を防ぐための可搬式水中ポンプ設備があるが、その設計施工については「救急排水ポンプ設備技術指針」によるものとする。

出典：[1]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P15.P16

(4) 関連諸法令及び基準等

ポンプ設備は、種々の設備技術を結集した総合設備であり、関連する諸法令や基準等に適合した設備としなければならない。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
河川管理施設等構造令	平成 23 年 12 月	(社)日本河川協会
建設省河川砂防技術基準(案)	平成 9 年 10 月	(社)日本河川協会
揚排水ポンプ設備技術基準(案)・同解説	平成 13 年 2 月	(社)河川ポンプ施設技術協会
揚排水ポンプ設備設計指針(案)・同解説	平成 13 年 2 月	〃
揚排水ポンプ設備 配管工事設計要領(案)	平成 2 年 10 月	(社)河川ポンプ施設協会
配線工事設計要領(案)	平成 2 年 10 月	〃
盤内機器選定要領(案)	平成 2 年 10 月	〃
救急排水ポンプ設備技術指針・解説	平成 6 年	(社)河川ポンプ施設協会
排水機場等遠隔操作監視設備技術 マニュアル(案)	平成 13 年 8 月	(社)河川ポンプ施設技術協会
揚排水機場設備点検・整備実務要領	平成 14 年	(社)河川ポンプ施設技術協会
河川ポンプ設備更新検討事例集	平成 8 年	(社)河川ポンプ施設技術協会
河川ポンプ設備更新検討マニュアル	平成 8 年 3 月	(財)国土開発技術 研究センター編集

出典：[4]

揚排水ポンプ設備設  
計指針(案)同解説  
(平成 13 年度版)  
(H13.2) P15. P16

## 第2節 計画

### 1. 計画手順(標準)

#### (ポンプ設備の設計)

ポンプ設備は、揚排水機場の目的に適合した性能、信頼性、耐久性、安全性、経済性、維持管理性等を備えるため、次の各号により設計を行うものとする。

1. 計画水位条件に対し、所要の揚排水量を確保する。
2. 主ポンプの台数分割は、揚排水量の変動への追従、危険分散等を検討し決定する。
3. 機場の規模、管理運用体制に対応する監視操作方式を選定する。
4. 安全で確実な運転ができ、かつ取扱い容易な構成とする。
5. 揚排水機場は予想される内水位に対して、安全なものとする。
6. 維持管理のための点検整備及び管理運転が容易なものとする。
7. ポンプ設備の設計に際しては、現在及び将来の技術動向を見極め、新技術、新素材等を必要に応じて採用できるものとする。新技術、新素材等の採用に当たっては、信頼性、耐久性等について検討する。

#### [解説]

#### (1) 揚排水機場の設計手順

本条では揚排水ポンプ設備の設計に当たって考慮すべき基本的な条件を示している。揚排水機場の機能は、機場本体、ポンプ設備、機場上屋等が一体となって発揮されるものである。したがって、揚排水ポンプの設計に当たってはその関連施設を含めた総合的な検討が必要であり、その設計手順は概ね次図に示すフローによる。

#### (2) 揚排水量、水位の確認

揚排水ポンプ設備は、運転途中に水位条件が変化するものがほとんどであるため、計画水位条件の設定に注意し、所定の揚排水量が確実に確保されるようにポンプ計画全揚程の決定を行うこと。また、本川・支川の河道改修計画、将来の地盤沈下や地域開発等により必要とされる吸込水位が低下する可能性のある場合、ポンプの運転可能最低水位については、長期的な水位変動条件をあらかじめ見込むか、あるいは将来の対応が可能な計画を行うよう配慮することが望ましい。

#### (3) 設置台数

揚排水ポンプの設置台数は、計画洪水時の出水変動や平常時の出水にも円滑な排水運転ができること、あるいは揚水量の変動への追従性を基本に、土木工事費、用地費等の経済性も配慮して決定するものとし、機場全体の計画揚排水量と危険分散を考慮し2台以上とする。ポンプの仕様、形式は、維持管理面等より見ると同一のものが好ましく、揚排水量の変動に追従した運転を行うためには、基本的には台数制御により対応するが、より効率的な運転を行うためには容量の異なるポンプの採用も検討する。

排水ポンプは、計画洪水時の出水変動に追従できるとともに、運転を必要とする平常時の出水にも円滑な排水運転ができるよう、1台当たりの排水量を定める。

また大きな湛水池を機場の前面に持たない場合は、導水路からの流入量に見合ったポンプ容量を考慮しなければならないため、流入量変動に配慮したポンプ台数分割を行うほか異口径ポンプ、羽根角度制御方式の採用あるいは回転速度制御方式の採用も検討する。なお排水ポンプ設備においては計画洪水時を前提にポンプの台数割りを設定しており、維持管理の充実による信頼性の確保を前提に、経済性の面も含めて予備機を設置しないことを標準とする。

#### (4) 維持管理

「河川ポンプ設備 点検・整備・更新検討マニュアル(案)」にライフサイクルコストの算出の参考となる点検の考え方や機器・装置の標準的な取替・更新年数が記されているので参照のこと。

出典：[1]

揚排水ポンプ設備設

計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P24.

出典：[4]

「河川ポンプ設備検・

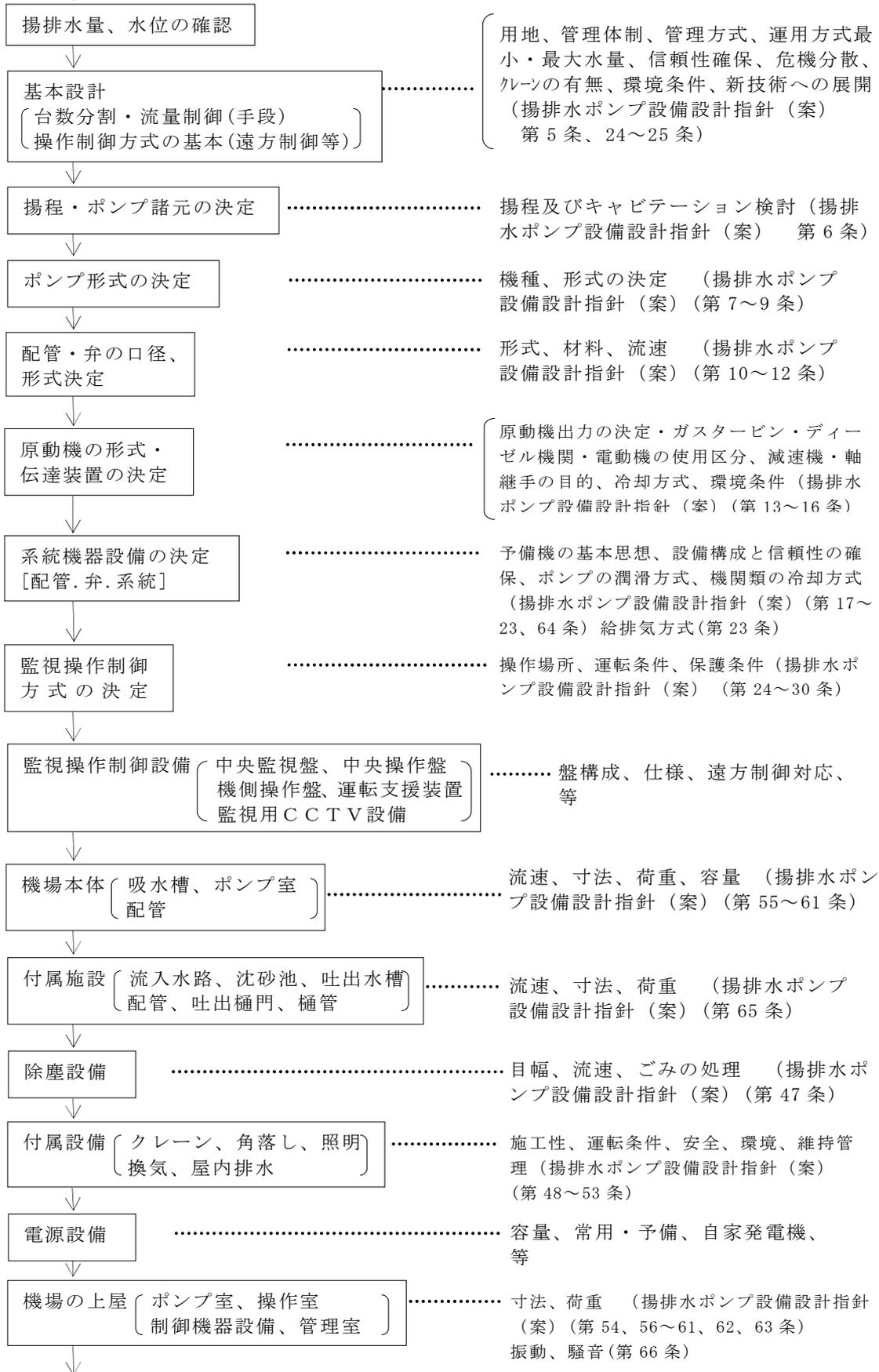
整備・更新検討マニ

ュアル(案)」

(平成20年度版)

(H20.3) P2-19

揚排水機場設計開始



出典：[1]  
 揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説  
 (平成13年度版)  
 (H13.2) P25

(注) 機場の構成や目的によっては、詳細設計手順や検討項目がこれと異なる場合もある。

ポンプ設備の設計手順

### 第3節 ポンプ設備

#### 1. 主ポンプ

(主ポンプの形式)

主ポンプの形式は、軸形式、機種形式、据付形式の組合せで表され、主ポンプの全揚程、吸込性能、始動性、信頼性及び保守性等を総合的に評価して決定する。

〔解説〕

##### 1-1 主ポンプ形式

主ポンプの形式は、軸形式、機種形式、据付形式の組合せから成り、この組合せの中から、用途(低揚程ポンプ、高揚程ポンプ)、規模、環境面、敷地スペース等の立地条件、全揚程、吸込性能、始動性、信頼性、維持管理性及び経済性等より総合的に評価して最適なものを選定する。

##### 1-2 軸形式

軸形式は主ポンプの軸方向を表したもので「立軸形」、「横軸形」、「斜軸形」等に分けられるが、一般に「立軸形」、「横軸形」が多い。

軸形式の一般的な比較を下表に示すが、据付面積、吸込性能、維持管理性、操作性、経済性等を考慮して決定する。

軸形式の比較

軸形式 項目	立 軸 形	横 軸 形
機場面積	横軸形より小さい	立軸形より大きい
満 水	羽根車が吸水位より下にあるので不要	一般に羽根車が吸水位より上にあるので必要
吸込性能	羽根車が吸水位より下にあるので、横軸形に比べて有利	羽根車が吸水位より上にあるので、立軸形に比べて不利
始 動 性	速い	遅い
内部点検	ポンプ全体を引き上げて分解点検する	上部ケーシングを取り外せば点検が可能である

##### 1-3 機種形式

(1) 一般的な主ポンプの軸形式と機種形式は、下表の組合せとなる。

軸形式と機種形式

軸 形 式	低揚程ポンプ	高揚程ポンプ
立 軸 ポ ン プ	軸流形、斜流形	斜流形、渦巻形
横 軸 ポ ン プ	軸流形、斜流形	渦巻形

出典：[1]

揚排水ポンプ設備設計

指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P45~P47

(2) その他のポンプ形式としては、コラム形水中モータポンプ(軸流形、斜流形)、渦巻形水中モータポンプ(渦巻形)、チューブラポンプ(軸流形、斜流形)がある。設備の規模、周辺環境に起因する特殊な設置条件の場合には、水中モータポンプ、又はチューブラポンプの適用も検討する。

#### 1-4 据付形式

軸形式と規模により主ポンプ据付状態を表わす据付形式が決まるが、主ポンプを支持する機橋本体の構造により、「一床式」と「二床式」がある。立軸ポンプと横軸ポンプの据付形式は次の下表 据付形式を標準とする。

なお、渦巻ポンプで立軸の場合には、電動機容量が大きいことが多く主ポンプの上に直接据付られず二床式としなければならないこともあるのでその都度検討する。

据付形式は、施工性、耐久性、経済性等を考慮して決定するものとし、一床式と二床式の据付形式比較(立軸ポンプの場合)を下表 据付形式の比較に示す。

据付形式

据付形式	一床式	二床式
立軸ポンプ	○	○
横軸ポンプ	○	—

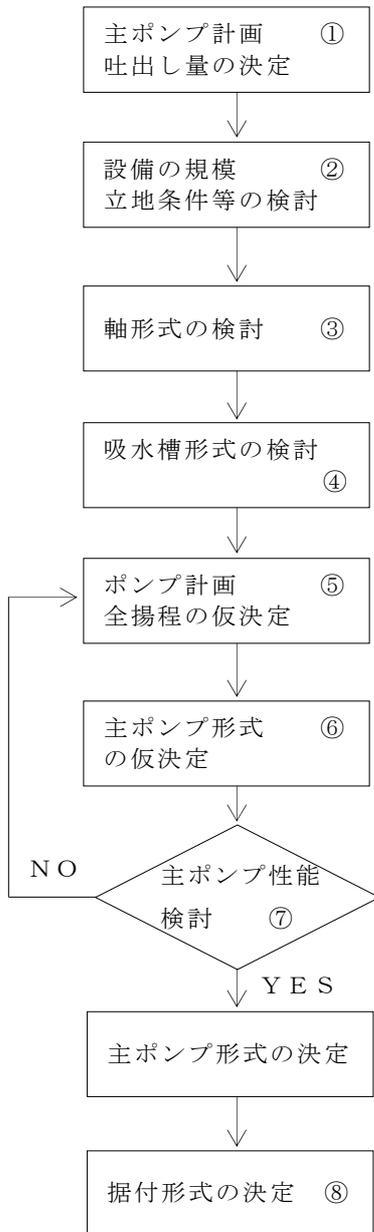
据付形式の比較(立軸ポンプの場合)

項目 \ 据付形式	一床式	二床式
施 設 条 件	・地盤(原動機設置床)と吸込水位の差が少ない場合に適する。	・地盤(原動機設置床)と吸込水位の差が大きい場合に適する。
土 木 構 造	・二床式に比べ構造は単純である。 ・大規模の場合、荷重が一ヶ所に集中するので、土木構造物が大がかりになることがある。	・一床式に比べ構造は複雑である。 ・大規模の場合、荷重が二ヶ所に分散できる。
維 持 管 理	・原動機が立軸駆動の場合、設置位置が床面より高くなるので、点検作業が煩雑になることがある。 ・駆動方式により、二床式と同等の合もある。	・床面からの駆動機の高さは一床式に比べて低くでき、点検作業が容易である。
そ の 他	・大規模の場合、原動機設置位置が高くなるので、振動に留意した設計が必要である。	・振動に対しては、一床式に比べて有利である。

出典：[1-4]  
揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説  
(平成13年度版)  
(H13.2) P46

## 1-5 主ポンプ形式の選定

主ポンプ形式を選定する一般的な手順を下図に示す。



主ポンプ形式の一般的な決定方法

- ① 主ポンプの計画吐出し量の決定は、揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説第6条による。
- ② ポンプ設備の規模や周辺環境に起因する特殊な設置条件がある場合には、水中モータポンプやチューブラポンプの適用も検討するが、採用にあたり、信頼性、維持管理性、設備全体の経済性等について十分な検討を行う必要がある。
- ③ 排水ポンプの場合は、運転の始動性及び操作性や保守管理の容易性を重視する必要があるため、始動時間の遅れが許容されない場合には、立軸形を優先して選定する。

また、敷地面積が狭く横軸形の据付配置に無理がある場合も同様である。

一方、寒冷地で吸水槽が凍結する恐れがある場合や水質が著しく悪い場合には、羽根車が水没しない横軸形の選定も必要となる。

揚水ポンプの場合は、吸込性能、経済性、維持管理性等により、軸形式を選定する。

- ④ 吸水槽形式には、オープン形とクローズ形があり、主ポンプに適した吸水槽形式を選定する。渦流防止板付オープン形吸水槽やセミクローズ形吸水槽等、高流速化技術の適用を図り、吸水槽形式の検討を行う。揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説(第55条参照)

⑤ 主ポンプの計画全揚程の仮決定は、ポンプ計画実揚程に、第8条に示す配管等の損失水頭を加えて行う。(以下決定したポンプ全揚程を主ポンプ仮全揚程と呼ぶ)

⑥ ⑤で求めた主ポンプ仮全揚程は前頁1-2 1-3に示す軸形式及び機種形式を満足しなければならない。また、立軸ポンプで仮全揚程が小さい場合、始動時のサイフォン形成可否を検討する。吸込側運転開始水位と水平配管上部との高さが仮全揚程の1.3倍以内であることが必要である。

出典：[1-5]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説  
(平成13年度版)  
(H13.2) P47

## 2. 主原動機設備

(排水ポンプ用主原動機)

排水ポンプ用主原動機は、外部動力に頼ることなく運転を継続できるものとし、低頻度運転にも適したものとする。

1. 排水ポンプ用主原動機の選定は、始動時及び運転時の機能、信頼性、維持管理性等を総合的に評価して行う。

〔解説〕

### 2-1 基本事項

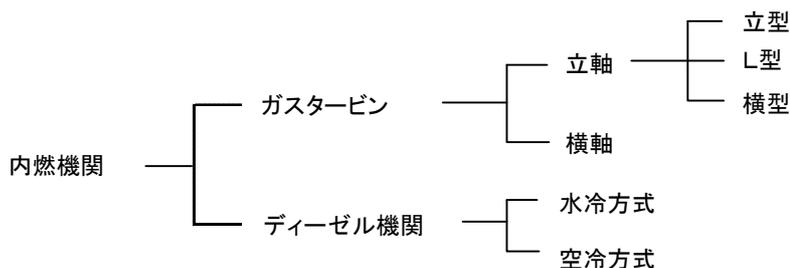
排水ポンプは、台風や集中豪雨等による洪水時に運転するもので緊急性が高く、停電等の外的要因でポンプが始動できなかつたり、運転中のポンプが停止することは回避しなければならない。

内燃機関は、外部からの電源供給に頼ることなく運転を継続できる機能を有すること、また、低頻度運転に対しても適合していること等より、排水ポンプ用主原動機は内燃機関とする。

なお、水中モータポンプとするような場合には、電源として自家発電設備を設置するのを原則とする。電動機に関しては第15条解説による。

### 2-2 内燃機関の選定

内燃機関には下図のようにガスタービンとディーゼル機関がある。



内燃機関の種類

### 2-3 原動機の種類と比較

内燃機関の選定は、機能、信頼性、維持管理性等の面より総合的に検討する。

ガスタービンとディーゼル機関の一般的特性の比較を次表に示す。

ガスタービンは、系統機器を含めた設備の簡素化をもたらす、システム全体の信頼性を向上させることができる。また、ガスタービンは、多くの出力範囲のものが開発されており、その普及と共に保守体制も整ってきた。このため、排水ポンプ用の内燃機関は、通常はガスタービンを標準とするが、設備規模、設置条件、機関出力、設置スペース、経済性や維持管理特性等の点でディーゼル機関の方が合理的となることもあるので、原動機の種類を選定にあたっては、十分な検討を行う。

なお、ディーゼル機関とするときは、空冷方式、ラジエータ水冷方式、管内クーラ方式等システムの簡素化を考慮する。

出典：[2]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P96～P98

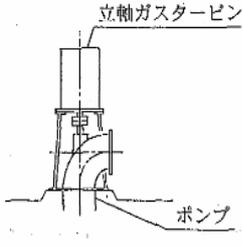
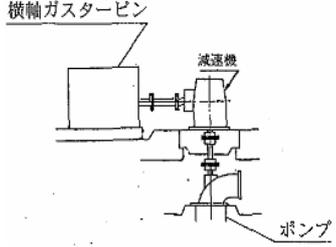
原動機の種類と比較(参考)

原動機の種類 項目	ガスタービン	ディーゼル機関
付帯設備	冷却水が不要となることより、系統機器が簡素化されるので信頼性が高い。 燃料貯油槽の容量がディーゼル機関に比べ大となる。(燃料消費率が悪い)	冷却、燃料、始動に関連した各種系統機器やセンサ類が必要である。 ガスタービンに比べ関連する系統機器、センサが多い。
始動性・操作性	ディーゼル機関に比べ始動性が良い。始動時の制御がやや複雑であることを除けばディーゼル機関に比べて操作は簡単である。また、軽負荷運転が可能である。	関連機器、センサが多く操作はやや複雑である。 ねじり振動の制約より回転数制御時には注意を要する。
建屋・基礎	機器荷重及び動荷重が小さい。 ディーゼル機関に比べ排気量、発生熱量が大となるので大きな排気消音器、ダクトのスペースと大型の換気設備を考慮する必要がある。	本体荷重及び動荷重が大きいのでそれに見合う強固な土木基礎が必要である。
振動・騒音	回転機械なので振動は小さい。また、本体発生音は大きいが高周波特性のためパッケージ化により比較的容易に対応できる。	往復動内燃機関のため振動や騒音が大きい。周囲の環境によっては建屋側での十分な考慮が必要となる。
排気ガス	ディーゼル機関に比べ、NOx やばい塵量の低減が図れる。また燃料に灯油を使用することにより、A重油を使用した時よりも更にSOxを低減させることができる。	排気温度はガスタービンより低い。 ガスタービンに比べNOx値が高い。
維持管理性	構造が簡単のため、部品点数も少なく点検箇所も少ないが主要部の分解整備時は工場へ持込む必要がある。 なお、通常の日点検、月点検では点検する箇所は少ない。	点検箇所はガスタービンより多いが点検整備はほとんど現地で可能である。 また、寒冷地では凍結防止等の対策が必要となる。

ガスタービンの形式は、出力軸方向により立軸ガスタービンと横軸ガスタービンとに分類される。

下表に立軸ガスタービンと横軸ガスタービンの比較を示す。

立軸ガスタービンと横軸ガスタービンの比較

形式	立軸ガスタービン	横軸ガスタービン
機器構成		
設置面積	極小	小
高さ	高い	低い
減速機	内蔵	別置
保守性	一床式の場合、パッケージ廻りに点検歩廊が必要。	床面からの保守が可能。

出典：[2-3]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P97

立軸ガスタービンは、横軸ガスタービンに比べ設備の設置面積を小さくすることができるが、ガスタービンパッケージ本体の比較だけでなく、給排気ダクトの配置や維持管理性等総合的に検討し形式を決定する。

また、立軸ガスタービンには、立型、L型、横型の3種類があり、パッケージ寸法やダクト位置等が異なるので、機場の状況や配置を勘案し選定する。

ガスタービンの分類

ガスタービンの形式	原動機としての出力軸方向	ガスタービンの種類	軸の構成と方向	
			ガス発生機	出力タービン
立軸ガスタービン	立方向	立型ガスタービン	立方向	立方向
		L型ガスタービン	横方向	立方向
		横型ガスタービン	横方向	横方向
横軸ガスタービン	横方向	横型ガスタービン	横方向	横方向

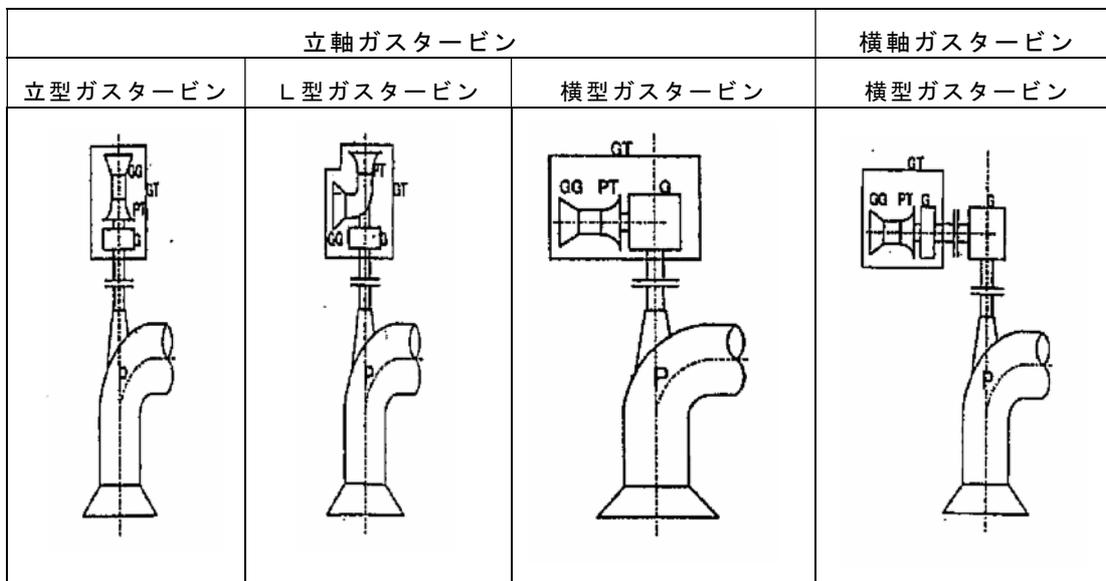
出典：[2-3]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P350

ガスタービンの概念図



※GT：ガスタービン(GG：ガス発生機、PT：出力タービン) G：歯車減速機 P：ポンプ  
(注)大出力ガスタービンに関しては減速機を内蔵しない場合もある。

立軸ガスタービン比較表

	立型ガスタービン	L型ガスタービン	横型ガスタービン
一般的適用出力	202kW~2059kW	220kW~735kW	200kW~1165kW
ガスタービン形式	二軸式ガスタービン	二軸式ガスタービン	一軸式ガスタービン
始動の対応	有負荷で直接始動	有負荷で直接始動	無負荷で始動し、クラッチ機構で接続
流量制御への対応	回転速度制御	回転速度制御	流体継手による回転速度制御
ポンプスラスト	ポンプ持ち	ポンプ持ち	ポンプ、駆動機、両方可

## 第4節 ポンプ室

### 1. ポンプ室の大きさ

(機场上屋・機場本体)

機场上屋及び機場本体は、設備の運転、維持管理に必要な空間を確保する。

1. ポンプ室、操作室、制御機器室等は設備の機能確保のために必要な施設であり、設備の操作性及び維持管理性等を考慮して、合理的な配置を定めるものとする。
2. 機场上屋及び機場本体には、機器の搬出入に必要な搬入口等を設けるものとする。

[解説]

#### 1) 機场上屋

機场上屋は、ポンプ設備の規模及び監視操作制御方式とポンプの形式、原動機の種類等により、合理的に計画する。ポンプ室、操作室、制御機器室等は、機場としての利便性や経済性を考慮して適正に配置し、設備の運転操作が確実にでき、維持管理が容易にできる構造、規模とする。

- (1) ポンプ室は風雨から機器を守るためやメンテナンスのために設けるもので、機器に冠水の恐れのない構造、配置とし、排水ポンプの場合、主原動機、燃料移送ポンプ、機側操作盤等、運転に必要な機器を設置する床面は既往最高内水位、内水側支川の計画堤防高さ、もしくは計画降雨時のポンプ無稼働湛水位のいずれか高い水位以上のレベルとする。それが不可能な場合には、機場及び機器への浸水がないよう、機场上屋、搬入口扉等を水密性の構造とする。

なお、天井クレーンを設けなくて、上屋の天井より機器を搬出入する場合は、天井の搬入口の防塵、防水構造化等を考慮する。

- (2) 操作室は設備・機器を管理しやすい所に設け、監視盤、操作盤等の配置は、人間工学に配慮し、監視、操作・点検がしやすい空間を確保すると同時に換気、防音、空調等を考慮したものとする。

監視盤、操作盤がポンプ場の操作室にある場合は、安全確認のため機械や設備の回りの状況が見やすいように、窓の位置や大きさ等を考慮する。

- (3) 制御機器室は、浸水の恐れがなく、乾燥した場所で腐食性又は可燃性ガスの発生、侵入の恐れのない位置に設ける。また、制御機器室及び発電機室は室温が上昇するので換気を十分に行うものとする。配電盤の周囲は、操作・点検及び補修のため十分な空間を確保する。

機场上屋及び機場本体構造は、ポンプ設備の規模及び監視操作制御方式とポンプの形式原動機の種類等により、合理的に計画することとし、詳細は「揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説(平成13年2月) P243～P269に記述されているので参照のこと。

出典：[1]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P243

## 2. ポンプ運転時における床版荷重

### (機器荷重)

ポンプ室に設置される重量物の荷重は、自重による静荷重及び運転による動荷重の大きさとその作用方向を考慮する。

#### 〔解説〕

##### 1) 荷重の算出式及び対象機器

(1) ポンプ運転時床等にかかる荷重は、次により算出するものとする。

$$\text{ポンプ荷重 (kN)} = (\text{ポンプ質量 (kg)} + \text{水質量 (kg)}) \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{ガスタービン荷重 (kN)} = \text{ガスタービン質量 (kg)} (\text{パッケージ、消音器含む}) \\ \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{ディーゼル機関荷重 (kN)} = \text{ディーゼル機関質量 (kg)} (\text{ベース含む}) \\ \times (9.8/1000) \times 1.3$$

$$\text{電動機荷重 (kN)} = \text{電動機質量 (kg)} \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{流体継手荷重 (kN)} = \text{流体継手質量 (kg)} \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{歯車減速機荷重 (kN)} = \text{歯車減速機質量 (kg)} \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{弁荷重 (kN)} = (\text{弁質量 (kg)} + \text{水質量 (kg)}) \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{配管荷重 (kN)} = (\text{配管質量 (kg)} + \text{水質量 (kg)}) \times (9.8/1000) \times 1.2$$

$$\text{自家発電機荷重 (kN)} = (\text{発電機質量 (kg)} + \text{内燃機関質量 (kg)}) \times (9.8/1000) \\ \times 1.2 \quad (\text{ガスタービンの場合})$$

$$\text{自家発電機荷重 (kN)} = (\text{発電機質量 (kg)} + \text{内燃機関質量 (kg)}) \times (9.8/1000) \\ \times 1.3 \quad (\text{ディーゼル機関の場合})$$

(2) ポンプ場に設置する重量物については、自重による静荷重及び運転による動荷重の大きさとその作用方向を検討し、明確にする。

対象機器としては、ポンプ室に設置される機器の他にフラップ弁、天井クレーン、ゲート、除塵設備等がある。

(3) 一床式立軸ポンプの場合、ポンプ運転中に生ずる軸スラスト(水力的スラスト)はポンプ据付基礎床面に作用することはない。

二床式立軸ポンプの場合、排水機場ではポンプの軸スラスト(回転体質量を含む)をポンプで支持するため、一床式ポンプと同様な条件となる。しかしながら、揚水機場では、立軸片吸込渦巻ポンプの場合、揚程が高くなると、ホンプスラストを電動機あるいは減速機持ちとすることがあるので注意を要する。

(4) ポンプと吐出し弁間に管内クーラを設ける場合には、管内クーラ質量を考慮して機器荷重を決定する。

ポンプ場に設置する重量物については、自重による静荷重及び運転による動荷重の大きさを求めるものとする。詳細は「揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説(平成13年2月) P269~P273に記述されているので参照のこと。

出典：[2]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P269

## 2) 機場の浸水防止・耐水化

主ポンプ駆動設備、監視操作制御設備、系統機器設備、電源設備等は、既往最高内水位、内水側支川の計画堤防高、もしくは計画降雨時のポンプ無稼働湛水位のいずれか高い水位以上に設置する。それが不可能な場合には、耐水形機器の採用又は機場及び機器への浸水がないよう、機场上屋、搬入口扉等を水密性の構造とする。設計に当たっては施工性、維持管理性等総合的に検討し、合理的な対策を講ずる。具体的な対応策は以下のとおりで、具体的な対策例を以下に示す。

### (1) 機器、配線の高設置化

水に浸ることで機能に支障が生じる下記の機器や部品等を想定される水位以上の高所に設置する。また電気の引き込み盤の設置位置も同様に、引き込盤が冠水した場合に電力供給が断たれ、設備の操作が不可能となるため想定水位以上の高所に設置する。

#### 機器、部品、配線の高所設置化

対応策	対象設備例
機器本体の高所設置化	主ポンプ駆動設備(原動機、減速機)、監視操作制御設備(操作盤、制御盤、CCTV、計装機器)、系統機器設備(燃料移送ポンプ、クーリングタワー、別置ラジエータ、オートストレーナ、空気圧縮機、潤滑油ポンプ)、電源設備(引込盤、受変電盤、自家発電装置)
機器駆動部の高所設置化	除塵設備(除塵機、コンベヤ、ホッパ)
貯油槽給油口等の高所設置化	燃料貯油槽の給油口、通気孔
配線の高所設置化	配線・ケーブル接続部、プルボックス

### (2) 水密構造化

高所設置が不可能な場合は、駆動機、電気品等を想定される水位以上の高さを持つ止水壁や囲いを設ける。止水壁や囲いに設ける開口部は高所設置又は水密化を行う。なお、特に壁や床の水位計、配管、排気管等の浸水の恐れのある部位の貫通孔等については、適切な間詰対策を施す。また、配線用の管や空気管等からの浸水の廻り込みについても十分チェックする。

#### 水密構造化

対応策	対策例
機場本体の水密構造化	壁の水密化、搬入口・出入口の止水扉化、ドレン孔等床面の開口の廃止、人孔の水密化
機場開口部、壁貫通孔の高所設置化	搬入口・出入口・窓・換気口・配管配線の壁貫通孔の高所設置
機場開口部、壁貫通孔の水密化	立軸ポンプベースの水密化、将来増設用主ポンプ開口部の水密蓋の設置、水位計用開口部の水密蓋の設置、機場を貫通する配管、排気管や電線管周りの壁貫通孔にモルタルを、また、電線管内部の配線周りに樹脂等を充填する止水措置
	排水管がサイホン現象により逆流させないように逆止め弁を挿入する等の措置を施す
機器の囲壁(囲堤)	屋外設置機器を止水壁で囲う

出典：[2]

揚排水ポンプ設備設

計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P32. P33

(3) 機器の水密化

水没しても機能に支障のない機器、又は形式とする。

機器の水密化

対応策	対策例
機器本体の耐水化	投込圧力式水位計、水中モータポンプ、燃料貯油槽の水密蓋
機器駆動部の耐水化	ゲートや弁の電動駆動部の耐水化
機器端子箱の耐水化	水密端子箱

浸水対策例の参考図(1)～(5)については「揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説(平成13年2月) P33～P35に記述されているので参照のこと。

出典：[(3)]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説

(平成13年度版)

(H13.2) P15. P16

## 第5節 付属設備

### 1. 除塵設備（標準）

#### 1-1 基本条件

##### 1) ごみの一般特性

一般に排水機場は、内水河川と本川との合流点に設置されることが多く、内水河川中のごみは、水の流れに乗って、次のようなルートで流下する。

- ① 平常時 …………… 自然流下水路を通り、内水河川から本川に流れる。
- ② 異常出水時 …… 自然流下水路をゲートで閉鎖し、排水ポンプを運転する。  
したがって、ごみは全量が排水機場に流入する。

ごみの諸特性は、機場設置場所により異なり、除塵設備の計画・設計には実態調査する事が望ましい。

ここでは、ごみの一般的な特性について述べる。

##### (1) ごみの性状

これまで排水機場に流入したごみには、次のような種類があり、どれを対象とするかによって、除塵設備の仕様は異なる。

中小型ごみ …… 樹脂、ゴム製品、草木、藻、ビニール類、空き缶、動物の死骸など。

大型ごみ …… 自転車、たたみ、冷蔵庫、木製ボート、流木、電柱など。

ごみの比重はゴミの構成により異なるが、実測調査した1例を下記に示す。

(参考) (昭和47年10月 農業土木学会誌 水利施設のゴミ公害、他)

構成 …………… 草類85%、生活ゴミ5%、建材その他10%

ごみ比重 …………… 湿潤重量250kg/m<sup>3</sup> (内草類236.3kg/m<sup>3</sup>)、乾燥重量80kg/m<sup>3</sup>

##### (2) 流出特性

内水河川では洪水初期(数時間)の水位上昇時に、晴天時に堰堤や堤防小段などの堤内地に堆積したごみが多量に流出する。

しかし、堤内地に堆積するごみの量は限られており、洪水中期および末期にはごみの流出量は減少するといわれている。

このようなごみの流出特性は時期により変動する。例えば、堤防で除草等が行われた場合、草木類のごみの量は増えることが考えられる。

これらごみの流出特性の定量的なデータは過去において見あたらない。

しかし、洪水初期における最大塵芥量については、次の実測式で表される。

(「指針(案)より」)

$$Vg = K \times Q$$

ここに、Vg : ごみの量 (m<sup>3</sup>/h)

K : 係数 (0.2~0.25)

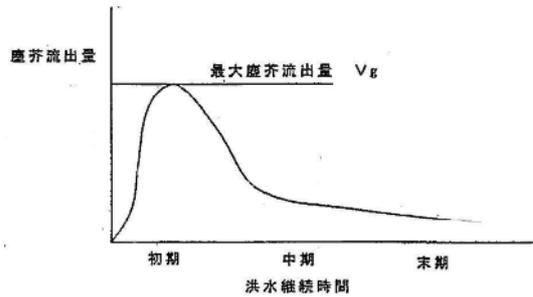
Q : 排水量 (m<sup>3</sup>/s)

(備考)

① 上式は、ごみの流出量の最大値であり、 $V_g$ に洪水継続時間を掛けて、1回の洪水におけるごみの総量とは言えない。

② 排水機場のごみの流入量、質に関するデータは少ないのが現状であり、洪水時データ収集は非常に困難である。

設備を合理的に設計するためには、ごみの量、質の収集が大切である。



③ 安全率を5~10倍見込んでいる資料もある。

- ・(社)水門鉄管協会「除塵設備設計指針」
- ・(社)農業土木事業協会「鋼構造物計画設計技術指針」(除塵設備編)

④ 実際の設計は、過大設備にならない様にごみの量を算定すること。

## 2) 設備全体構成

除塵設備は、標準的に以下の機器で構成される。

### (1) スクリーン

スクリーンは、人の保護、ポンプの保護のためにポンプ吸込側に設置する。

### (2) 除塵機

除塵機は、スクリーンで阻止されたごみを水路より掻上げるために設置する。通常、掻上げられたごみはそのまま搬送装置にのせられる。

### (3) 保守管理設備

水路の保守管理のため、水路を遮断して水替え作業を行うことが大切である。そこで、除塵機の上流側には角落しや可動流入堰等を設置する。

### (4) 搬送・貯留設備

- ・搬送装置は掻上げられたごみを貯留装置まで搬送するものである。
- ・貯留装置は、ごみを一時的に貯留するためのものである。

### (5) 電源・制御設備

除塵設備の各駆動部や付属設備には電動機が採用されている。このため電源設備を設け、被駆動機を運転する制御装置を必要とする。

### (6) 後処理

除塵設備によって水路より掻上げられたごみは、洪水終了後地方自治体のごみ処理施設等に搬送され、そこで焼却等処理されることになる。

(廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行の一部改正により環境省会で定める構造を有する焼却設備を用いて環境大臣が定める方法により焼却する事になったため小型の焼却設備では、人的経済的な問題からほぼ焼却は出来ない。)

## 1-2 スクリーン

排水ポンプの吸水槽入口には、除塵用スクリーンを設けるものとする。

### 〔解説〕

#### 1) 用途・目的

スクリーンの設置目的は、以下の2つである。

##### ① 人の保護

ポンプ運転中、誤って水路に転落した人がポンプ吸水槽内に吸込まれないようにする。

##### ② ポンプの保護

大型のごみがポンプに流入することにより、ポンプ羽根車等の損傷を防止する。

#### 2) 形式分類（および特徴）

スクリーンの形式にはスクリーンバーの設置方式により、固定設置形と可動形（トラベリングスクリーン等）があるが、固定設置形を標準とする。

固定設置形にはスクリーンバーの配列方向により、立型スクリーンと横型スクリーンがある。

立型スクリーンは草木等のように比較的水路幅方向に広がりをもって流れてくるごみの阻止に対して有効である。

一方、横型スクリーンは立型スクリーンとは異なり、比較的水路幅方向に広がりを持って流入するごみに対して流入阻止効果は少ないが（スクリーン間に取付けられる縦方向スペーサの間隔による）、人の保護に対しては有効である。

#### 3) 選定

##### ① 形式

ごみの回収効率の良い立型スクリーンが一般的である。

#### 4) 設計

##### ① スクリーンの損失

ポンプの全揚程を定める時には、スクリーンの損失は下表による。

1	定置式機械	0.10m
2	移動式機械	0.15m
3	手掻き	0.30m

「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」

##### ② 目幅

スクリーンの目幅は以下の通りとする。

a) 人の保護（小学生程度を想定）より、250 mm以下とする。

b) ポンプ保護より、ポンプの異物通過粒径の50%程度にする必要がある。

（一般に、ポンプ口径の1/10～1/20の範囲においては、ポンプの保護上問題ない。）

従って、処理コスト低減等を考慮して、スクリーン目標はポンプ運転に支障のない限り粗めとするが、ポンプ口径の1/10～1/20程度とし、一般にポンプ単機排水量10m<sup>3</sup>/s以下の場合、30～150 mmを採用する。

③ 板厚

スクリーンの板厚は強度計算で決まる。

SSの場合、腐食代（両面で2mm）を見込み9mm以上とする。

④ 傾斜角度

スクリーンバーの傾斜角度は75度前後が標準的であるが、必要なスペースがとれない場合、最大85度を限度とする。

⑤ 強度

スクリーンは浮遊物の衝突、水位差による水圧等に耐えられる構造とする。  
計画最高水位において、スクリーン前後に水位差1m程度生じても支障のない（最大たわみを1/800以下）ものとする。

5) 使用材料

スクリーンの使用材料は、下表を標準とする。

スクリーン使用材料

使用箇所		材料名	材料記号
スクリーン	スクリーン	ステンレス鋼	● SUS 304
		一般構造用圧延鋼材	SS400
	バー通しボルト	ステンレス鋼	● SUS 304
		一般構造用圧延鋼材	SS400
	スペーサ	ステンレス鋼	● SUS 304
		圧力配管用炭素鋼鋼管	STPG370
受桁 ボルトナット	受桁	ステンレス鋼	● SUS304
		一般構造用圧延鋼材	SS400

(注) 1) 干潮区間に設置するスクリーン及び淡水の場合でも水質の悪い場所に設置するスクリーンは、腐食に対する効果の得やすいステンレス鋼を採用する。

2) 維持管理費を考慮して材質の検討を行う。

3) ●印はよく使用される材料を示す。

1-3 除塵機

型式を選定するときには、機場の地域性、使用目的を充分把握するとともに、流入水路幅、深さ、ゴミの性状、大きさ、量、それにゴミの搬出方法を検討すること。

[解説]

スクリーンに流着するゴミ等の除塵対策を構ずることにより、ポンプ施設の閉塞や損傷、水位低下による空気の吸込を防止し所定の排水容量を確保するため、除塵機が用いられている。除塵機の容量は流下ゴミ量を十分掻上げ処理できるものとする必要があるが、掻取機構は、ゴミの種類や大きさに適したものとする。

1) 用途・目的

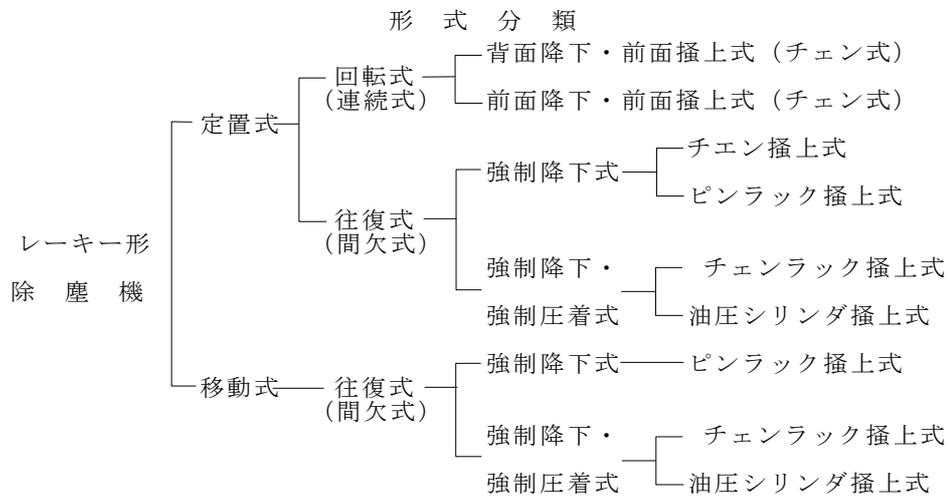
自動除塵機の設置目的は、スクリーン直前にゴミを滞留させないように、速やかにゴミを除去することである。

ゴミが滞留すると流水を妨げ、スクリーンを通過する流速および損失が増加する。その結果、スクリーン前後の水位差は大きくなり、やがて吸水槽内の水位は異常低下し、ポンプの運転に支障を来すことになる。

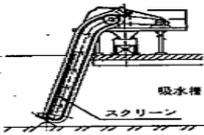
2) 除塵機の形式

除塵機の形式は定置式と走行式に大別され、さらに、掻上げ機構や構造等により細分化されているが、排水用には定置式(前面掻上背面降下型)を採用する機会が多い。定置式はレーキが前面で連続掻上げ可能な形式になっており、ゴミが連続、多量に流入する場合に適し、吸水槽の各スパンに設置する。

なお、口径の異なるポンプが併設される場合は、小さな口径のポンプの運転可能最低水位と水路床面との水深は一般的に浅くなり、機械除塵が困難となる恐れがあるため注意を要する。



定置式除塵機の特徴 (揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説 P208 より)

形式	定置式除塵機 (前面掻上背面降下型)
構造	
特徴	スクリーン両側面のサイドフレームの上部にスプロケット、下部にレーキ反転用ガイドレールを有し、その間にエンドレスチェーンを組み込み、これに一定間隔でレーキを取付けてスクリーン面のごみを連続的に除去する。レーキは水路底部で反転し、スクリーン前面のごみを掻上げながら上昇する。 ・連続運転用。 ・処理能力が大きい。 ・粗大ごみの掻上げが可能。 ・自動運転が容易。 ・水上部機械高さが低い。 ・シンプルで故障が少ない。 ・保守点検が容易。
ごみの大きさ	ドラム缶、流木等大型のごみに適す。
ごみの処理能力	連続掻上げなので処理能力は大きい。

出典：[2]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説  
(平成 13 年度版)  
(H13.2) P208

出典：[2]

揚排水ポンプ設備設計指針(案)同解説  
(平成 13 年度版)  
(H13.2) P208

掻上げ・降下方式による詳細比較

	(1)	(2)	(3)
形式	背面降下・前面掻き上げ式	前面降下・前面掻き上げ式	レーキスクリーン循環型
運転	連続	連続	連続
構造説明	レーキがスクリーンに対して前面(上流)で掻き上げを行い、背面(下流)で降下を行う。 一般に、揚排水機場に多く採用されている。	レーキがスクリーンに対して前面(上流)で掻き上げ及び降下動作を行う。スクリーンに挟まるごみを掻上げるため、背面降下・前面掻き上げ式とは、レーキの回転方向は異なる。	チェーンガイドに組込まれたエンドレスチェーンのピッチ毎に格子状のスクリーンとレーキ爪を設け、スクリーン全体を回転させてごみを掻き上げる。
長所	流入する塵芥(水面、水中、水路底)に対しての掻上げ対応能力が高く、設備稼働時の除塵機過負荷停止がほとんどなく信頼性が高い。 スクリーンの下流側でレーキが降下することから、降下中にごみを連行して、除塵機下部でごみを噛み込むような恐れがない。	除塵機の下流側にスクリーンを設置することにより塵芥の流出が無い。	エンドレスチェーンのピッチ毎にレーキを取り付けることにより多量の塵芥を連続して掻き上げられる。
短所	スクリーンに対してレーキの通過スペースが必要となり、多少の塵芥流出がある。	流入する塵芥(特に水路底で流れてくる塵芥)に対し除塵機のレーキ通過空間を妨げられ、除塵機の過負荷による停止が多くなる可能性がある。	レーキの構造から運搬する塵芥が大きくなり、機器の電力がアップする。又、構造的に複雑になり、塵芥の種類によりレーキ構造の検討が必要。

	(4)	(5)	(6)
形式	強制降下・強制圧着式	強制降下式	自重降下式
運転	間欠	間欠	間欠
構造説明	レーキがチェーンラックあるいは油圧シリンダを内蔵したビームの先端に取り付けられ、スクリーン面より前方に大きく離れた位置を開口状態で降下し、水路底部でスクリーン面にレーキを閉口状態で圧着してスクリーンに沿って上昇することでごみを掻き上げる。	チェーンあるいは、ピンラックによってスクリーン前面よりやや離れた位置で、ガイドレールに案内されて、アームの先端に取り付けられた、レーキが開口状態で降下し、水路底部で返転した後、閉口して、スクリーンに沿って上昇することでごみを掻き上げる。	レーキにガイドローラを取り付けて、これをワイヤロープにより吊下げて自重で降下させる。レーキは開口した状態でレーキローラがスクリーン面に沿って降下し、水路底部でレーキが閉口してスクリーン面に沿って上昇することでごみを掻き上げる。
長所	スクリーンの前面で除塵する事により、塵芥の流出が無い。 除塵機が水上部にありメンテナンスが容易。 水面、水中、水路底で流入する塵芥も油圧等により掻き上げる事ができる。	スクリーンの前面で除塵する事により、塵芥の流出が無い。 除塵機が水上部にありメンテナンスが容易。 水面、水中、水路底で流入する塵芥も油圧等により掻き上げる事ができる。	(4)、(5)に比べコストが安価メンテナンスが容易。
短所	掻き上げ能力が連続式に比べ少ない。 流入する塵芥の種類によって機械停止の可能性はある。 除塵機の設置空間が大きくなる。	掻き上げ能力が連続式に比べ少ない。流入する塵芥の種類によって機械停止の可能性はある。 保守点検コストが掛かる。 除塵機の設置空間が大きくなる。	水中、水路底で流入する塵芥掻き上げは難しい。

\* 揚排水ポンプ設備の機場では、背面降下・前面掻き上げ式の除塵機を標準的に採用する。

## (1) 除塵方法による分類

### ①機械式

機械式は、自動除塵機とよばれ主として電動機を動力として、水路からごみを掻上げるものである。その形式には除塵機の設置場所特有の条件に合うようにさまざまなものがある。

除塵機の形式は、概ね次のように分類することができる。

・設置方法 ・除塵機能 ・レーキの掻上げ ・降下方式 ・レーキの駆動方式

### ②手掻き式

手掻き式とは人が熊手によりごみを掻上げる方法である。排水機場では、洪水が1日～3日程度継続することが珍しくなく、洪水中（暴風雨中）ずっと人がごみの掻上げ作業を行うことは、現実的ではない。手掻き式を採用すれば、数人の専従員が必要となる。したがって、排水機場では、手掻き式は行わないものとし機械式を採用するのが一般的である。

## (2) 設置方法による分類

### ①定置式

機場の吸込水路の各スパン毎に設置されるものである。通常、ポンプ1台につき除塵機1台設置するが、口径が2000mmを越える大型ポンプの場合、土木強度的な問題から吸込水路がピアにより分割されることがあり、この場合、ポンプ1台につき除塵機2台を設置することになる。

### ②移動式

移動式は、ポンプ台数が多い場合に除塵機設置台数が少なくすむため、イニシャルコストが安価となる利点があるが、逆に故障時の波及効果が大きいことから、高い信頼性が必要となる排水機場には向かない。

排水機場への採用に当たっては、故障対応などの十分な検討が必要である。

## (3) 除塵機能による分類

### ①連続式

連続式とは、水路上部に駆動用のスプロケットホイール、水路底部にガイドまたは従動用スプロケットホイールを設け、この間に設置したガイドレールを案内としてチェーンをエンドレスに張掛けしたものを左右の水路側壁で一体とした形式の除塵機である。

### ②間欠式（往復式）

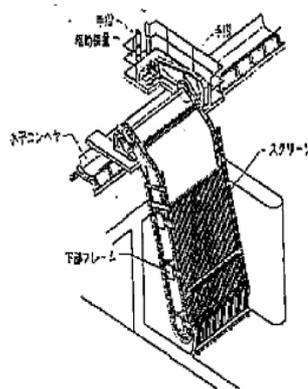
間欠式は、スクリーンの前面あるいは前方をレーキが降下し、スクリーン面に沿ってレーキが上昇することでごみの掻上げを行う除塵機である。

## 3) 掻上げ能力

除塵機の掻上げ能力はごみの量、質によって決めるが、一般にごみの一回当りの掻上げ量は200～300kg程度として設計される場合が多い。

## 4) 構造及び材質（右図参照）

- a) 除塵機レーキ幅は、レーキの強度や撓みの関係等から6m以下とし、流入するごみの量に応じたレーキを等間隔に配置しその掻上げ速度は3～5m/minで設計する場合が多い。



定置式除塵機の構造

- b) 除塵機はごみによる目詰まり等のため掻上げ動作に異常を生じることがあるので、レーキは正逆運転が可能な構造とする。
- c) 除塵機(後述の搬送、貯留設備も含め)の基礎ボルトは、機場の土木・建築の耐震レベルに応じた震度に対する荷重を考慮した強度を有するものとする。
- d) 除塵機の主要部材料は、下表に示すものが一般的であるが、流入水質(海水混入)や塩害等により鋼材の腐食が予想される場合には、鋼材の材質及び地上部への亜鉛メッキ処理等を含めた防食対策の検討が必要である。

除塵機の主要部材料(例：定置式除塵機の場合)

使用箇所	材料名	材料記号
サイドフレーム、 駆動台	一般構造用圧延鋼材、 ステンレス鋼	SS400、SUS304
レーキ、スクリーン、 前衛スクリーン	一般構造用圧延鋼材、 ステンレス鋼	SS400、SUS304
レーキチェーン	一般構造用圧延鋼材、 ステンレス鋼、 クロムモリブデン鋼	SUS304、SUS403、 SS490、SCM435
スプロケットホイール	球状黒鉛鋳鉄、 ステンレス鋼	FCD600、SCS13、SCS2
軸	ステンレス鋼、 機械構造用炭素鋼鋼材	SUS304、SUS403、S35C、 S45C
ガイドレール	ステンレス鋼	SUS304
エプロン	一般構造用圧延鋼材、 ステンレス鋼	SS400、SUS304

## 1-4 搬送設備

除塵機には、ゴミの搬送設備を設けることを標準とする。

### 〔解説〕

搬送先端の高さによって、水平、又は傾斜型コンベヤ等が選択される。機場に用いるコンベヤを計画するには次の各項について充分把握しておく必要がある。

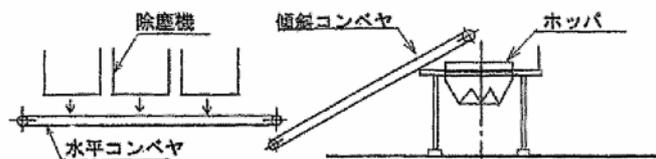
- ・ゴミの見掛比重、性状寸法、化学的成分、運搬量
- ・コンベヤ路線の立面図における水平、傾斜の組合せ
- ・積込個所位置、数
- ・荷卸し個所位置、数
- ・使用頻度
- ・関連装置との運転制御方式
- ・その他

### 1) 構成

搬送設備は、除塵機で掻上げたゴミを一時貯留場所まで搬送するために設置し、設備の構成は場内一時貯留方法との組み合わせにより概ね次のような方式がある。

#### (1) ホッパ式

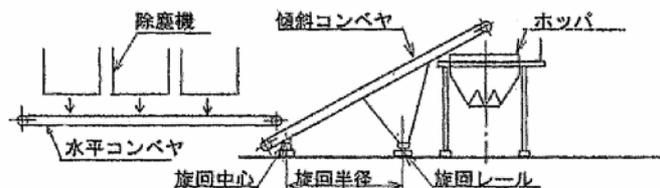
水平コンベヤと傾斜コンベヤによりホッパまで搬送し、一時貯留する方式である。野積みもなくして周囲環境に配慮し、場外搬出も作業員の確保は不要で1人で操作ができ、排水機場における標準的な方式となっている。



ホッパ式

#### (2) 旋回コンベヤ+ホッパ式

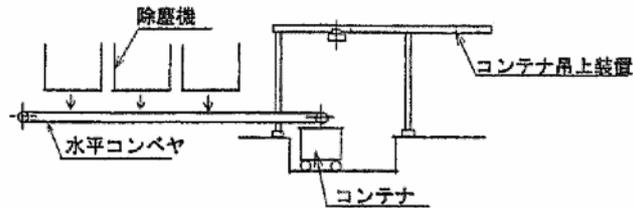
ホッパ方式での傾斜コンベヤを旋回コンベヤ（旋回機構付傾斜コンベヤ）とし、ゴミが多量に発生した場合、野積み貯留も併用できる方式である。ゴミ量の多い大規模な機場に一般的に採用される。



旋回コンベヤ+ホッパ式

(3) コンテナ式

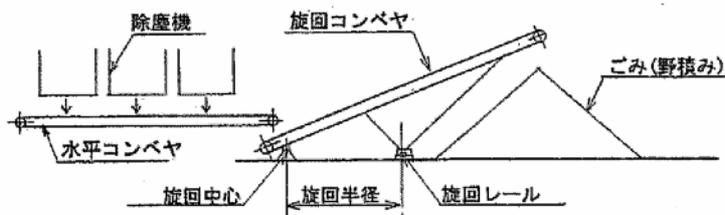
ごみを水平コンベヤでコンテナ（可搬式収納箱）まで搬送し、一時貯留する方式である。ごみ量は少ないがほぼ日常的に発生する場合や、下水路の機場のようなごみが不衛生な場合の小規模な機場に採用される。一般に搬出トラックへの積み込みにコンテナ吊り上げ装置を設ける。



コンテナ式

(4) 旋回コンベヤ+野積み式

水平コンベヤと旋回コンベヤ（旋回機構付傾斜コンベヤ）により搬送し野積みする方式である。次項(5)の方式で、ごみ量が多い大規模な機場に採用される。



旋回コンベヤ+野積み式

(5) 野積み式

除塵機で掻上げたごみを水平コンベヤと傾斜コンベヤにより、所定の野積み場所まで搬送する方式である。本方式はごみの量が比較的少なく、野積みにより飛散しても景観や周囲環境に問題がない設置条件で、搬出トラックへの積み込みに人手も確保できる機場に適用される。

ごく小規模な機場では、水平コンベヤとごみピットの場合もある。

## 2) 設計

### (1) 一般事項

コンベヤは除塵機で掻上げたごみを確実に搬送しなければならない。そのため次の検討を行う。

- ① 除塵機で掻上げる対象ごみの種類と寸法、見掛密度、運搬量等を把握する。
- ② 除塵機台数や乗り継ぎ箇所、一時貯留方法等の設置条件、運転条件（操作制御方式等）、および保守管理性の考慮。
- ③ 騒音、振動、景観等の周辺環境影響への考慮。  
特に下記の検討が基本となる。
  - ・必要搬送能力
  - ・単一最大ごみの種類と寸法
  - ・長尺ごみの設計最大長さ

### (2) 必要搬送能力

- ① 搬送能力は除塵機全台運転時の最大ごみ量（ $V_g$ ）を搬送するものとして設計する。（揚排指針案）

$$V_g = K \cdot Q$$

$V_g$  : ごみの量 ( $m^3/h$ )  
 $Q$  : 排水量 ( $m^3/s$ )  
 $K$  : 係数 (0.2~0.25)

- ② 必要搬送能力は、掻上げる除塵機との関係から次の条件も考慮する。

- ・除塵機全台の合計処理能力（ $V_z$ ）以上

$$V_z = q_o \cdot N$$

$V_z$  : 除塵機全台の合計処理能力 ( $m^3/h$ )  
 $q_o$  : 除塵機 1 台当り処理能力 ( $m^3/h \cdot 台$ )  
 $N$  : 除塵機台数

- ・除塵機全台の 1 個のレーキから同時に積載される場合のピーク積載量（ $V_p$ ）

$$V_p = \frac{60 \cdot R_v \cdot N}{L_w} \cdot V$$

$V_p$  : 除塵機全台レーキからの同時積載ピーク量 ( $m^3/h$ )  
 $R_v$  : レーキ 1 個当りの掻上量 ( $m^3/個$ )  
 $N$  : 除塵機台数  
 $L_w$  : 除塵機全台の合計水路巾（中間仕切壁含む）(m)  
 $v$  : ベルト速度 (m/min)

### (3) ごみの見掛密度

河川ごみの見掛密度は一般に 0.8~1.0 ( $t/m^3$ ) の範囲で設計される。搬送設備では除塵機の掻上げ途中での水切り効果を考慮し 0.8 とする。

### (4) ベルト巾の選定

#### ① 最小ベルト巾

ベルト巾はごみがこぼれないよう 0.5m 以上とする。（揚排指針案）

$$B \geq 0.5 \quad B : \text{ベルト巾 (m)}$$

#### ② 掻上げ単一物体からの必要ベルト巾

ベルト巾は必要搬送能力を満足するとともに、除塵機で掻上げる最大単一物体を搬送しなければならない。

レーキ奥行寸法から必要ベルト巾を選定する。下表に一般的な選定を示す。

一般的なレーキ奥行寸法とベルト巾の関係

レーキ奥行寸法 (m)	0.2	0.25	0.3
ベルト巾 (m)	$\geq 0.5$	$\geq 0.6$	$\geq 0.75$

(注) 1. スクリーン傾斜角は 75° とする。

2. スクリーン傾斜角がゆるい場合、本表より大きな物体が掻上げられるので、別途検討する。

#### ③ ベルト速度

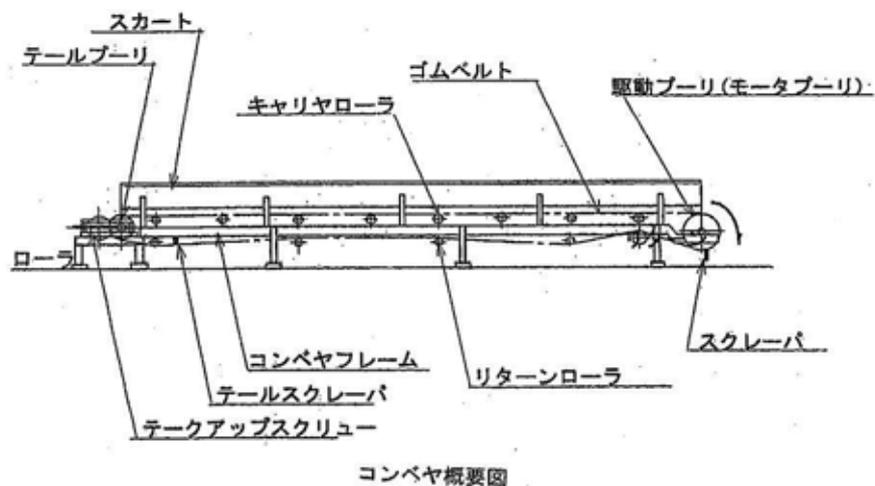
ベルト速度は 20~35 m/min 程度とする。（揚排指針案）

一般に駆動装置はモータプーリを使用し、ベルト速度はプーリメーカーの標準値を用いている。

### 3) 使用材料

ベルトコンベヤに使用する材料は、次表を標準とする。

使用箇所	材料名	記号
コンベヤフレーム スカート	一般構造用圧延鋼材	SS400
駆動プーリ	配管用炭素鋼鋼管 +外面ゴムラギング	SGP +合成ゴム
モータプーリ	外面ゴムラギング	合成ゴム
テールプーリ	配管用炭素鋼鋼管または 圧力配管用炭素鋼鋼管, 一般構造用炭素鋼鋼管	SGP STPG370 STK400
プーリ軸	機械構造用炭素鋼または 一般構造用炭素鋼	S35C SS400
ゴムベルト	耐油性ゴム	—
キャリアローラ リターンローラ	一般構造用圧延鋼材, 配管用炭素鋼鋼管	SS400 SGP
テークアップスクリュー	ステンレス鋼	SUS304
スクレーパ	ステンレス鋼 (主要部) +ゴム	SUS304 +合成ゴム



## 1-5 貯留設備

除塵機には、ゴミの貯留設備を設けることを標準とする。

〔解説〕

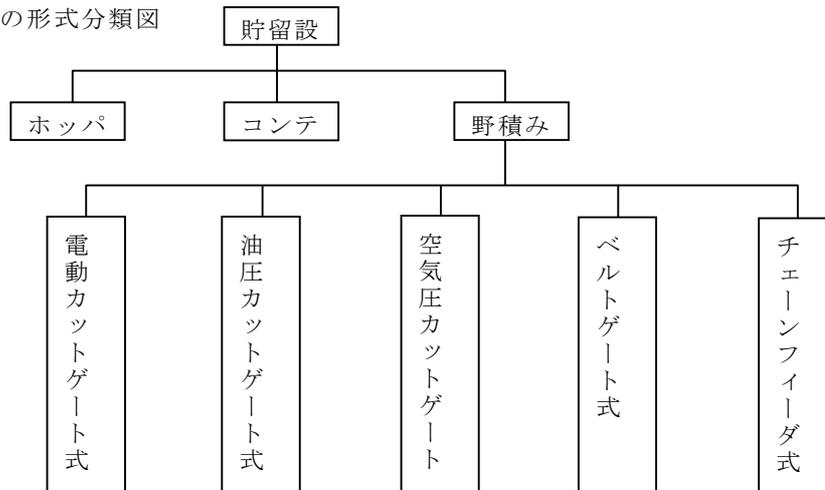
### 1) 用途・目的

貯留設備は、除塵機で掻上げたごみを場外搬出するまで一時貯留する設備である。

### 2) 形式分類

貯留設備の形式、場内野積みによるほか、コンテナ（ごみ収納箱）式とホッパ式がある。ホッパ式は排出装置の違いによって、電動カットゲート式、油圧カットゲート式、空気圧カットゲート式、ベルトゲート式、チェンフィーダ式がある。

貯留設備の形式分類図



### 3) 形式選定

#### (1) ホッパ式

本方式は、野積みによる景観および飛散が、周辺環境より適切でない設置条件の場合、または機場の運転頻度が比較的高く、搬出トラックへの積込みを容易にする必要がある場合、または手間のかかる搬出トラックへの積込みの人手が確保できない場合などに採用される。本方式は搬出トラックへの積込みに1人で操作ができ、場外搬出作業は最も容易で衛生的であり、排水機場の標準的な方式となっている。

#### ・ホッパ形式の選定

ホッパー形式の選定はごみの種類、大きさ、ごみの量等によって選定される。排水機場では、構造が簡単で信頼性が高く、比較的粗大なごみの貯留および排出ができ、保守管理も容易な電動カットゲート式が一般的に採用されている。

#### (2) コンテナ式

本方式はコンテナ容量が取扱い性から約1m<sup>3</sup>程度が一般的であり、極く小規模な機場でごみの搬出頻度が比較的多い場合に採用される。

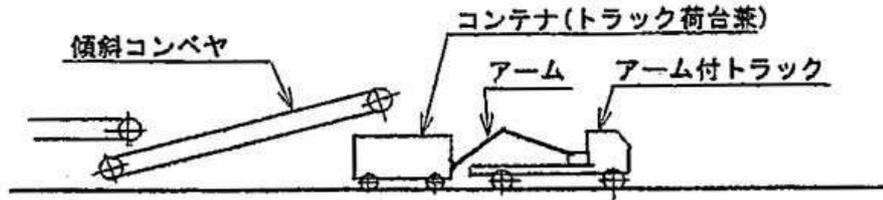
また、下水路の機場のようなごみが不衛生な場合でごみの量が少ない場合等に採用される。場外搬出のために簡易なコンテナ吊上設備を備える例が多い。

#### (3) 野積み式

本方式は場内に野積み場所が確保でき、野積みによる景観、および飛散が問題にならない周辺環境にあり、かつ、ごみ量が比較的少なく、運転頻度も少なく、手間のかかる場外搬出トラックへの積込みの人手も確保できる場合に適用される。

ゴミ条例には注意が必要である。飛散防止のため、貯留ピットを設ける例もある。

また、搬出トラックへの人手を省くため、下図のようなトラック荷台兼用とした可搬式コンテナを使用する例もある。本図の方式はトラックにフック付引込アームを装備した特装車両であり、コンテナ吊上装置も省略できる。



#### 4) 設計

##### (1) 一般事項

- ① 本項では、最も一般的に採用されるホッパ式を対象とする。
- ② ホッパはごみを場外搬出するまで一時貯留し、搬出トラックへの積み込みを容易にするものであり基本機能として①貯留機能と②排出積み込み機能がある。
- ③ 貯留設備の設計に当たっては、ごみの量と質および搬出・処分方法、搬出頻度、周囲の環境等を十分に把握し、適切な設計とする。

一般に次の検討が基本となる。

- ・ホッパ容量の選定
- ・搬出トラックの選定
- ・貯留物がブリッジ現象を生じない適切なホッパ形状
- ・搬出トラックに積載しやすいホッパとの位置関係

##### (2) ホッパ容量の選定

ホッパ容量の選定は、次の手順でごみの量 (V) を予測算定し、一般的なホッパ容量から選定する。

###### ① 計画時間最大ごみ量 (Vg)

計画時間最大ごみ量は、全台ポンプ容量から算出する。

ごみの量は、洪水時の最大ごみ量を推定する次式による。

$$Vg : K \cdot Q \quad Vg : \text{時間最大ごみ量 [m}^3/\text{h]}$$

$$Q : \text{全台ポンプ排水容量 [m}^3/\text{s]}$$

$$K : \text{係数 } 0.2 \sim 0.25$$

###### ② 洪水当たりの計画ごみ量 (V)

1 洪水当たりの計画全ごみ量の算定方法には次の2方法がある。

- ・時間最大ごみ量が継続する全台ポンプ換算運転時間による方法
- ・時間最大ごみ量が次第に低減する実状に近似させた実状近似法

ここでは従来から用いられている一般的な①の方法によるものとし、計画時間最大ごみ量が継続するポンプ全台換算の運転時間を予測し次式で算定する。

$$V = Vg \cdot T \quad V : 1 \text{ 洪水当たりの計画全ごみ量 [m}^3]$$

$$T : \text{時間最大ごみ量が継続するポンプ全台換算の運転時間 [h]}$$

###### ③ ポンプ全台換算の運転時間 (T) について

時間最大ごみ量が継続するポンプ全台換算の運転時間 (T) の計画値は、大きすぎると過大設備となって不経済となり、小さすぎると貯留容量が不足し問題となる。

全台換算運転時間 (T) は、流域の土地利用状況や河川の整備状況等の設置条件が類似した排水機場におけるごみの量、および質の実状調査等により、適切に設計する。

④ ホッパ容量 (V<sub>H</sub>) の選定

(a) 一般的なホッパ容量

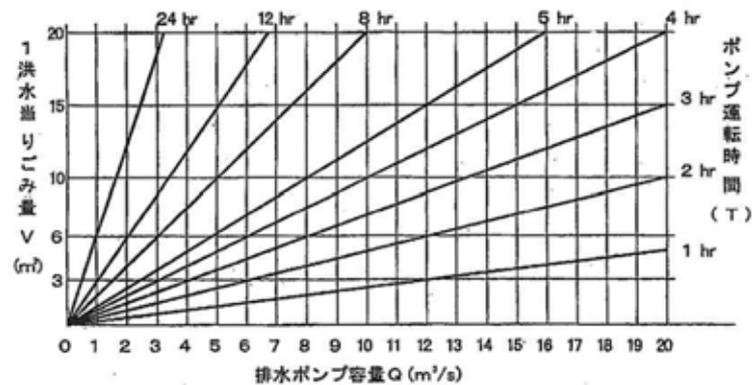
ホッパーの容量は3～15m<sup>3</sup>程度であり、一般的なホッパ容量は5～10m<sup>3</sup>程度である。

(b) ホッパ容量 (V<sub>H</sub>) の選定

ホッパ容量 (V<sub>H</sub>) は、設定した1洪水当たりの計画ごみ量 (V) から、一般的なホッパ容量を考慮して選定する。

1洪水当たりの計画ごみ量 (V) は、次図のように全台排水ポンプ容量 (Q) と全台ポンプ換算運転時間 (T) から求められる。

1洪水当たりの計画ごみ量 (V) が、一般的ホッパ容量を超える場合は、傾斜コンベヤを旋回式として、野積み貯留も併用できる「旋回コンベヤ+ホッパ式」が一般に採用される。



$$V = K \cdot Q \cdot T$$

V : ごみの量 (m<sup>3</sup>)

$$K = 0.25$$

Q : ポンプ総吐出量 (m<sup>3</sup>/s)

T : 運転時間 (Hr)

(3) 搬出用トラックの選定

ホッパ容量に対する搬出トラックの選定例 (参考) を下表に示す。

但し、搬出トラックは維持管理側から決まる例があり、実際の設計にあたっては、事前に維持管理側と調整する。

ホッパ容量と搬出トラックの容量 (参考)

ホッパ		搬出トラック 積載量 (t)
容量 (m <sup>3</sup> )	ごみの質量 (t)	
3	1.8	2
6	3.6	4
10	6.0	8
15	9.0	10

<選定条件>

- ① カットゲート式のため、ホッパ満杯時において貯留全量を1台の搬出トラックに、1回で積載できるものとする。
- ② 搬出トラックは、運転台高さまで荷台囲いを設けたダンプ形専用車とする。
- ③ 搬出時のごみの見掛密度は、動力計算と異なり、0.6 (t/m<sup>3</sup>) とする。

(4) ホッパの形状・構造

- ① ホッパの形状は、ホッパ内に貯留されたごみを円滑に排出するため、4側面中、2面絞りの角錐形とし、絞り側2面の傾斜角度は60°以上、反絞り側の2面は垂直壁が一般的である。
- ② ホッパ排出口の大きさは、設計最大単一ごみより大きく、また長尺ごみの排出が可能な設計とする。排出し易いよう傾斜コンベヤからの投入方向と2面

絞りの方向にも留意する。

トラック進入方向は、一般に巾を絞った方向にトラック荷台巾を合わせ、垂直壁の方向に荷台長さを合わせた方向として、積載を容易にする。

- ③ ホッパの下部高さは、搬出トラックの進入のため、高さ約 2.6m 以上の空間を確保する。

また、搬出トラックの進入側の横梁高さと架台脚の間隔は、トラックの最大高さと全巾を考慮して設計する。下表に参考例を示す。

実際の設計では、搬出トラックの寸法を事前に確認する。

ホッパ容量と搬出トラック、架台寸法の例(参考)

- ④ 貯留ごみから浸出する排水の受樋をカットゲートの下に設ける。受樋は搬出トラックの進入を考慮する。

ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	搬出トラック (Ton 車)	進入側の横梁高 (m)	架台脚の間隔 (m)	備考
6 以下	2 ~ 4	2.6 以上	2.7 以上	
7 以上	8 ~ 11	3.3 以上	3.0 以上	

## 5) 使用材料

ホッパに使用する材料は、次表を標準とする。

ホッパ使用材料

使 用 箇 所		材 料 名	材 料 記 号
ホ ッ パ	本体および 開閉扉など	一般構造用圧延鋼材	SS400
	開閉用ピン	ステンレス鋼	SUS304
架 台	支 柱 等	一般構造用圧延鋼材	SS400
	手 摺 等	配管用炭素鋼鋼管	SGP

## 1-6 安全装置(標準)

- 1) 除塵機及びベルトコンベヤは、誤操作による危険性を重視して機側での連動運転と単独運転を標準とする。
- 2) 除塵機は保守点検用として逆転運転できるようにし、操作は押釦を押している間だけ逆転するものとする。
- 3) 中央操作を行う場合は、非常停止のみ可能とするのが望ましいが、安全管理上除塵機の周囲状況が確認できる場合のみ始動操作を可能として良い。
- 4) ベルトコンベヤには、引き綱リミットスイッチを設け非常停止が可能なものとする。
- 5) 除塵機及びホッパの駆動機には、トルクリミッタを設け過トルク発生時は自動停止するものとする。

## 1-7 設計計算 (参考)

設計計算は、「揚排水ポンプ設備設計指針(案)」(以降「揚排水設計指針」という)を基準にする。

ここに、設計計算法の参考を以下に記述するが、この他に次の①と②の設計計算も最近使用されているので、参照されたい。

- ① 除塵設備設計指針 -付設計参考例- (社)水門鉄管協会(H11年)
- ② 鋼構造物計画設計技術指針(除塵設備編) - 農林水産省農村振興局/  
(社)農業土木事業協会(H11年)

### 1) 自動除塵機

#### (1) 基本条件

取水口水位	最高水位	5.000m(HWL+4.000m)
	最低水位	1.500m(LWL+0.500m)
水路床標高	EL	-1.000m
設備設置標高	EL	5.000m
ポンプ排水量		5 m <sup>3</sup> /sec×4台
ポンプ口径		1.500m
塵芥の大きさ	最大	φ300mm

本排水機場の計画排水量を 20 m<sup>3</sup>/sec とし、設置数を 4 台とする。

1 台あたり 20/4=5 m<sup>3</sup>/sec のポンプを必要とし、立軸軸流低揚程ポンプの性能曲線よりポンプ口径は 1.500m とする。

#### (2) 設計仕様の検討

##### ① 水路幅

水路幅(吸水槽幅と同幅)は通常ポンプ口径(D)に対し、3D以上に設定される。(土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」技術書 17.2.2)

本設備では、ポンプ口径 1.500m であり

$$3 \times 1.500 = 4.500\text{m}$$

よって水路幅は 4.500m とする。

##### ② スクリーン目幅及びスクリーン傾斜角

ポンプ口径 1.500m より、スクリーン目幅 60mm とする。(設計指針 2.6.1)

また、スクリーン傾斜角は同項より 70~80 度が一般的である。

ここでは中間をとって 75 度とする。

##### ③ 塵芥量

塵芥量は、一般に次の式にて算定される。(設計指針 2.1.2)

$$\begin{aligned} \text{塵芥量 } Q_v &= K \cdot Q \\ &= 0.3 \times 20 = 6.0 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

ここに、 $Q_v$ : 最大塵芥量(m<sup>3</sup>/hr)

$K$ : 係数(0.2~0.3)

$Q$ : 排水量(m<sup>3</sup>/sec)

除塵機に必要な処理能力は、上記の算定塵芥量に安全率を見込んで決定する。

ここでは安全率を 10 倍見込み

$$6.0 \times 1.0 = 60 \text{ m}^3/\text{hr}$$

を必要塵芥処理量とする。

##### ④ レーキ速度

レーキ速度は回動式の場合 3~8m/min(設計指針 2.1.4)とすることが多い

出典: [1-7]

除塵設備設計指針

-付設計参考例-

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103~P137

出典: [(2)]

除塵設備設計指針

-付設計参考例-

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103~P137

め、中間をとって 5m/min と仮定する。

⑤ レーキ個数

レーキ個数は、塵芥の排出は 1～3 分間に 1 回 (設計指針 3.1.2) とするのが一般的であることより、1 分間に 1 回の割合で排出するよう設定する。

レーキチェーン長を除塵機の構造より 18.288m とすると、レーキ速度 5m/min より

$$\frac{18.288}{5 \times 1.0} = 3.6$$

よって、レーキ個数は 4 個と仮定する。

また、レーキの取付間隔は

$$\frac{18.288}{4} = 4.572\text{m}$$

とする。

⑥ レーキ有効奥行

レーキ奥行は 200～350mm (設計指針 3.1.2) が一般的である。本例では、最大塵芥寸法を  $\phi 300\text{mm}$  としているので、この塵芥を掻揚げられることを想定して、レーキ有効奥行 300mm と仮定する。

⑦ 設計水位差

スクリーンに作用する設計水位差は、レーキ形で 1.000m (設計指針 2.1.3) とされている。

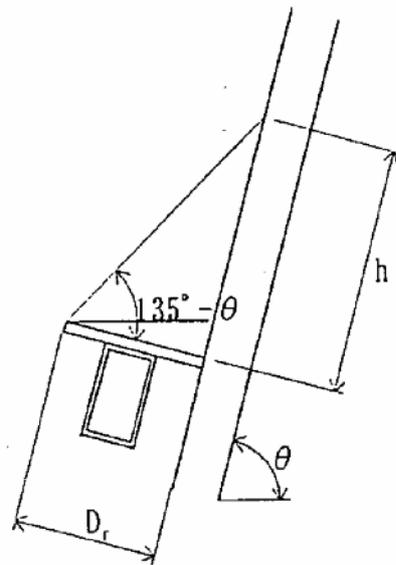
また、同項では、レーキ上の塵芥に作用する静水圧を計算する場合に用いる設計水位差は、運転条件からスクリーンの強度計算に用いる設計水位差より低減できるが、ここではスクリーンの水位差と同等として

$$\text{設計水位差 } 1,000\text{m}$$

とする。

⑧ 塵芥の処理量

以上の諸元を基に、塵芥処理能力を計算する。



レーキ上の塵芥の載荷高 (参考)

出典 : [(2)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103～P137

(イ) レーキ上の塵芥载荷高

$$h = D_r \cdot \tan(135^\circ - \theta)$$

$$= 0.300 \times \tan(135^\circ - 75^\circ) = 0.520\text{m}$$

ここに、 $h$  : 塵芥载荷高  $\text{m}$   
 $\theta$  : スクリーンの傾斜角度  $75^\circ$   
 $D_r$  : レーキ有効奥行  $0.300\text{m}$   
 $B_r$  : レーキ幅  $3.933\text{m}$

(ロ) レーキ上の塵芥载荷量

$$Q_c = \frac{1}{2} \cdot D_r \cdot h \cdot B_r$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.300 \times 0.520 \times 3.933 = 0.307 \text{ m}^3$$

ここに、 $Q_c$  : 塵芥载荷量  $\text{m}^3$

(ハ) 全除塵機による塵芥の時間当り処理量

$$Q_v = \frac{Q_c \cdot v_r \cdot 60}{P_r} \cdot N_j$$

$$= \frac{0.307 \times 5.000 \times 60}{4.572} \times 4$$

$$= 80.57 \text{ m}^3/\text{hr} > \text{必要処理量} = 60 \text{ m}^3/\text{hr}$$

ここに、 $Q_v$  : 全除塵機による塵芥の時間当り処理量  $\text{m}^3/\text{hr}$   
 $v_r$  : レーキの掻揚速度  $5.000\text{m}/\text{min}$   
 $N_j$  : 除塵機の設置数  $4$  基  
 $P_r$  : レーキの取付間隔  $4.572\text{m}$

よって、仮定した数値を採用すると除塵機の処理量は十分である。

以上をまとめると次項の仕様となる。

(3) 設計仕様

形式	背面降下前面搔上式除塵機
設置数	4基
水路幅	4.500m
水路高	6.000m
運転水位差	1.000m
レーキ速度	5.000m/min
レーキ奥行	0.300m
スクリーン目幅	0.060m
傾斜角度	75度
運転方式	ポンプ連動及び機側操作
電源	3相 200V 50Hz
主要材質	S S 400

(4) 駆動作用力の計算

搔揚荷重の計算は、以下のように行う。

① レーキの配置

[解説]

エンドレスチェーンに等間隔に配置した4個のレーキ位置の関係は、チェーンの回転に従いあらゆるケースが考えられるが、駆動軸に作用する荷重はレーキ位置の関係で変わるので、最大となるケースの算定については慎重に検討する。

また、レーキが最下部反転位置にあると、水流抵抗を受けるので、水流が速い場合、このケースも検討が必要となる。

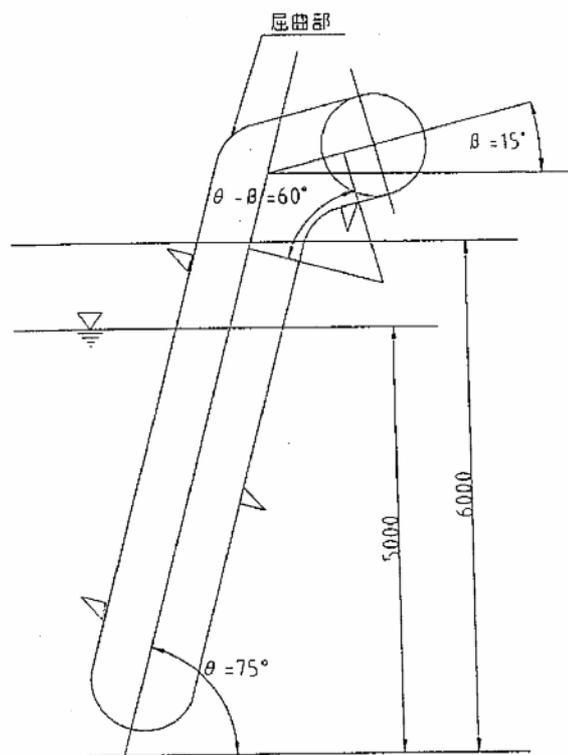
出典：[(4)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P103～P137



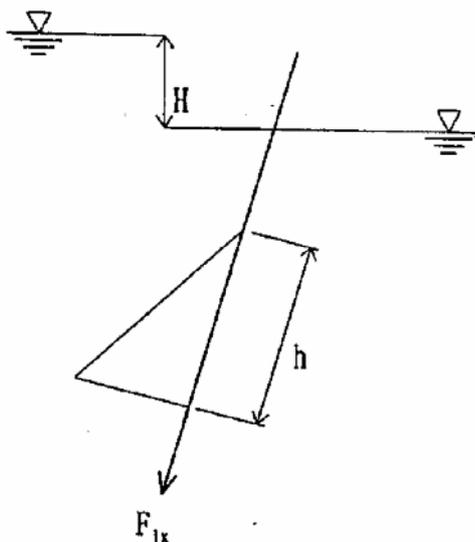
駆動作用力計算時のレーキ位置図(参考)

駆動作用力の計算に於いて本計算例では、作用荷重が最大となる上図の位置について計算する。

② 水中部での水位差による塵芥の摩擦抵抗力

$$\begin{aligned}
 P_s &= \rho \cdot g \cdot H \\
 &= 1000 \times 9.807 \times 1.000 = 9807 \text{ N/m}^2 \\
 &= 9.807 \text{ kN/m}^2 \{1.000 \text{ tf/m}^2\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{1x} &= P_s \cdot h \cdot B_r \cdot \mu_1 \\
 &= 9.807 \times 0.520 \times 3.933 \times 0.7 = 14.04 \text{ kN} \{1.432 \text{ tf}\}
 \end{aligned}$$



水中部塵芥の载荷図(参考)

ここに、  $F_{1x}$ : 水中部塵芥の摩擦抵抗力

$\rho$ : 水の単位体積重量	1000kg/m <sup>3</sup>
9 : 重力加速度	9.807m/s <sup>2</sup>
H : 運転水位差	1.000m
$B_r$ : レーキ幅	3.933m
h : 塵芥の受圧高さ(塵芥载荷高)	0.520m
$\mu_1$ : スクリーンと塵芥の摩擦係数	0.7
(設計指針 2.1.6)	
$P_s$ : 作用静水圧	kN/m <sup>2</sup>

〔解 説〕

上式は、水中の掻上側レーキが 1 個の場合を計算したが、水中の掻上側側にレーキが 2 個以上ある場合、設計指針 2.1.3 に従い 2 個目以降のレーキ塵芥高さは低減を行い、上記に加算する。

また、水中での塵芥の重量は比重量が水と同じとして無視する。

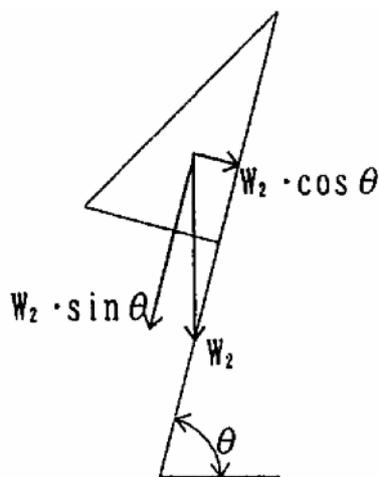
③ 空中部での塵芥の重量の作用力

$$F_{2x} = W_2 \cdot \cos \theta \cdot \mu_2$$

$$= 3.011 \times \cos 75^\circ \times 0.5 = 0.390 \text{ kN} \{0.040 \text{ tf}\}$$

$$F_{2y} = W_2 \cdot \sin \theta$$

$$= 3.011 \times \sin 75^\circ = 2.908 \text{ kN} \{0.297 \text{ tf}\}$$



空中部塵芥荷重作用図(参考)

ここに、 $F_{2x}$ ：塵芥の摩擦抵抗カ

$F_{2y}$ ：塵芥の重量による作用力

$W_2$ ：レーキ上の塵芥の重量

$Q_c$ ：レーキ載荷量 0.307 m<sup>3</sup>

$\rho_t$ ：塵芥の単位体積重量 1000kg/m<sup>3</sup>

(設計指針 2.1.3)

$\mu_2$ ：鋼板と塵芥の摩擦係数 0.5 (設計指針 2.1.6)

$\theta$ ：スクリーンの傾斜角度 75度

$$W_2 = \frac{Q_c \cdot \rho_t \cdot g}{1000} = \frac{0.307 \times 1000 \times 9.807}{1000}$$

$$= 3.011 \text{ kN} \{0.307 \text{ tf}\}$$

〔解説〕

空中部での塵芥をのせたレーキ位置が屈曲部より上にある場合、 $\theta$ はスクリーンの角度ではなく上部ガイドフレームの角度である。また、2個以上の場合、各々 $\theta$ が違う場合があるので注意を要する。レーキがスクリーン上にある場合 $\mu_2=0.7$ を採用する。

④ レーキの重量による作用力(屈曲部より下の場合)

$$F_{3x} = W_3 \cdot \cos \theta \cdot \mu_3$$

$$= 2.451 \times \cos 75^\circ \times 0.2 = 0.127 \text{ kN} \{0.013 \text{ tf}\}$$

$$F_{3y} = W_3 \cdot \sin \theta$$

$$= 2.451 \times \sin 75^\circ = 2.367 \text{ kN} \{0.241 \text{ tf}\}$$

ここに、 $F_{3x}$ ：レーキの重量による1個当たり転動摩擦抵抗カ

$F_{3y}$ ：レーキの重量による1個当たり作用力

$W_3$ ：レーキ1個当たりの重量 2.451kN{0.25tf}

$\mu_3$ ：レーキ用チェーンの転動摩擦係数 0.2

(設計指針 2.1.6)

⑤ レーキの重量による作用力(屈曲部より上の場合)

$$F_{4x} = W_3 \cdot \cos \beta \cdot \mu_3$$

$$= 2.451 \times \cos 15^\circ \times 0.2 = 0.473 \text{ kN} \{0.048 \text{ tf}\}$$

$$F_{4y} = W_3 \cdot \sin \beta$$

$$= 2.451 \times \sin 15^\circ = 0.634 \text{ kN} \{0.065 \text{ tf}\}$$

ここに、 $F_{4x}$ ： レーキの重量による 1 個当たり転動摩擦抵抗力

$F_{4y}$ ： レーキの重量による 1 個当たり作用力

$\beta$ ： 屈曲部より上部のガイドフレーム傾斜角度  $15^\circ$

⑥ レーキ用チェーンの重量による作用力

$$F_{5x} = \frac{1}{2} \cdot W_5 \cdot \cos \theta \cdot \mu_3$$

$$= \frac{1}{2} \times 7.944 \times \cos 75^\circ \times 0.2 = 0.206 \text{ kN} \{0.021 \text{ tf}\}$$

$$F_{5y} = \frac{1}{2} \cdot W_5 \cdot \sin \theta$$

$$= \frac{1}{2} \times 7.944 \times \sin 75^\circ = 3.837 \text{ kN} \{0.391 \text{ tf}\}$$

ここに、 $F_{5x}$ ： レーキ用チェーン片面の重量による転動摩擦抵抗力

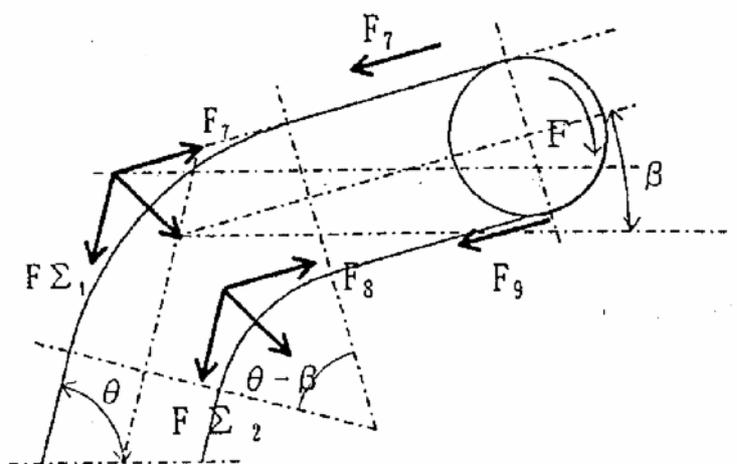
$F_{5y}$ ： レーキ用チェーン片面の重量による作用力

$W_5$ ： レーキ用チェーンの全重量  $7.944 \text{ kN} \{0.810 \text{ tf}\}$

〔解 説〕

レーキ用チェーンの長さは、前面側と後面側で多少違うが大差ないので 1/2 とする。  
 また、レーキ用チェーンの角度は、屈曲部より上と下で多少違うがスクリーンの傾斜角度とする。

⑦ ガイドレール屈曲部を考慮した掻揚側作用力



ガイドレール屈曲部作用力図(参考)

$$F_7 = \{F_{1x} + F_{2x} + F_{2y} + n \cdot (F_{3x} + F_{3y}) + F_{5x} + F_{5y}\} \cdot K$$

$$= \{14.04 + 0.390 + 2.908 + 2 \times (0.127 + 2.367) + 0.206 + 3.837\}$$

$$\times 1.222 = 32.223 \text{ kN} \{3.286 \text{ tf}\}$$

ここに、 $\beta$  : 屈曲部より上部のガイドフレーム傾斜角度  $15^\circ$   
 $n$  : 屈曲部以下の搔上側レーキの数 2

$F_7$  : 作用力(ガイドレール屈曲部作用力図参照)

$K$  : 屈曲係数(ガイドレールが屈曲することにより生ずる摩擦損失を屈曲部の前後の比で表したもの)

$$K = \frac{1 + \mu_3 \cdot \sin \frac{\theta - \beta}{2}}{1 - \mu_3 \cdot \sin \frac{\theta - \beta}{2}}$$

$$= \frac{1 + 0.2 \cdot \sin \frac{75^\circ - 15^\circ}{2}}{1 - 0.2 \cdot \sin \frac{75^\circ - 15^\circ}{2}} = 1.222$$

⑧ ガイドレールの屈曲部を考慮した降下側の作用力

$$F_8 = (F_{3y} - F_{3x} + F_{5y} - F_{35}) \cdot \frac{1}{K}$$

$$= (2.367 - 0.127 + 3.837 - 0.206) \times \frac{1}{1.222} \times 4.804 \text{ kN} \{0.490 \text{ tf}\}$$

$$F_9 = F_8 + (F_{4y} - F_{4x}) = 4.804 + (0.634 - 0.473) = 4.965 \text{ kN} \{0.506 \text{ tf}\}$$

ここに、 $F_8$  : 作用力(ガイドレール屈曲部作用力図参照)

$F_9$  : 作用力(ガイドレール屈曲部作用力図参照)

⑨ 駆動作用力(搔上荷重)

$$F = F_7 - F_9$$

$$= 32.223 - 4.965 = 27.258 \text{ kN}$$

$$\approx 27.26 \text{ kN} \{2.780 \text{ tf}\}$$

ここに、 $F$  : 駆動作用力

[解 説]

駆動作用力は、ここに示した荷重の他に、レーキに作用する水流による摩擦抵抗力や浮力等も考えられるが、一般的には考慮しない。

(5) 駆動装置の計算

[解 説]

駆動部は、電動機出力回転数を減速装置により減速し、レーキ及びレーキ用チェーンを所定の速度で回転するよう設計する。電動機は汎用性があり、経済的な三相誘導電動機を採用するのが一般的である。ここでは、4極の三相誘導電動機の動力をサイクロ減速機(二段型)及び1段の伝動用チェーンにて減速を行うものとして計算する。

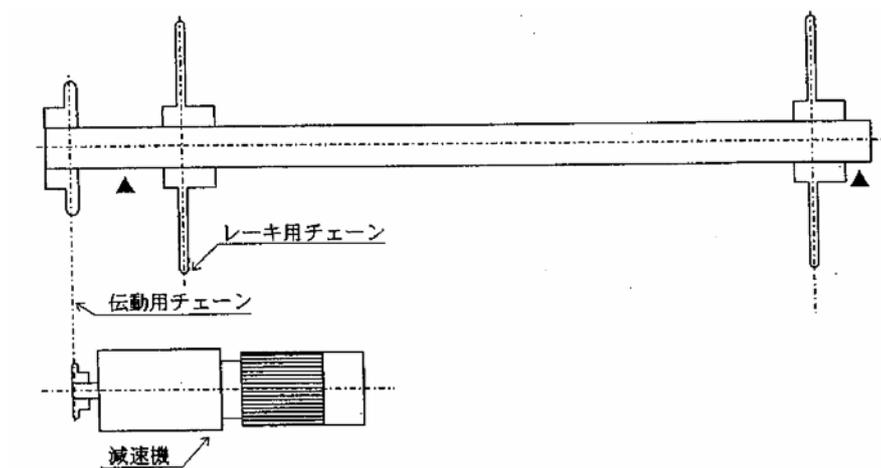
出典 : [(4)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P103~P13



駆動装置配置図(参考)

① 機械効率

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3$$

$$= 0.80 \times 0.95^2 \times 0.90 = 0.650$$

ここに、 $\eta$ ：機械総合効率

$\eta_1$ ：減速機(二段型サイクロ)効率 0.80

$\eta_2$ ：スプロケット(伝動用チェーン)効率 0.95

$\eta_3$ ：スプロケット(レーキ用チェーン)効率 0.90

(設計指針 2.4.3)

② 電動機所要出力

$$Q_s = \frac{F \cdot v_r}{60 \cdot \eta}$$

$$= \frac{27.26 \times 5.0}{60 \times 0.650} = 3.495 \text{ kW}$$

ここに、 $Q_s$ ：電動機所要出力 kW

$F$ ：掻上荷重 (1.1.5-9 参照) 27.26kN

$v_r$ ：掻上速度 5.000m/min

よって、出力 3.7kW の電動機を使用する。

③ 所要減速比

$$i = \frac{v_r}{N_m \cdot p_1 \cdot z}$$

$$= \frac{5.000}{1425 \times 0.1524 \times 13} = \frac{1}{564.6}$$

ここに、 $i$ ：所要減速比

$N_m$ ：電動機回転 1425rpm

$p_1$ ：レーキ用チェーンピッチ 0.1524

$z$ ：レーキ用チェーン sprocket 歯 13

〔解 説〕

電動機回転数は、定格負荷時のスリップを見込むものとする。

ここでは回転のスリップは5%として計算した。電動機の定格負荷時の回転数は、電動機製造者の特性により異なるので、固有の値を採用するのが望ましい。

出典：〔5〕  
除塵設備設計指針  
—付設計参考例—  
(平成22年度版)  
(H22.4) P103～P137

④ 実減速比

$$i_0 = i_1 \cdot i_2 \\ = \frac{1}{315.9} \times \frac{17}{30} = \frac{1}{557.5}$$

ここに、 $i_0$  : 総減速比

$$i_1 : \text{減速機減速比} \quad \frac{1}{315.9}$$

$$i_2 : \text{伝動用チェーン sprocket 歯数} \quad \frac{17}{30}$$

⑤ レーキ実搔上速度

$$v_0 = N_m \cdot p_1 \cdot z \cdot i_0 \\ = 1425 \times 0.1524 \times 13 \times \frac{1}{557.5} = 5.064 \text{m/min} > v_r = 5.000 \text{m/min}$$

ここに、 $v_0$  : レーキ実搔上速度 m/min

⑥ 実速度時電動機所要出力

$$Q_m = \frac{F \cdot v_0}{60 \cdot \eta} \\ = \frac{27.26 \times 5.064}{60 \times 0.650} = 3.540 \text{kW} < 3.7 \text{kW}$$

ここに、 $Q_m$  : 実速度時電動機所要出力 kW

⑦ 実速度時所要減速機出力軸トルク

$$T_m = \frac{9.549}{N_m} \cdot Q_m \cdot \frac{\eta_1}{i_1} \\ = \frac{9.549}{1425} \times 3.540 \times \frac{0.8}{1/315.9} = 5.995 \text{kN} \cdot \text{m} \{611.3 \text{kgf} \cdot \text{m}\}$$

ここに、 $T_m$  : 所要減速機出力軸トルク kN・m

⑧ トルクリミッタ設定トルク

⑦よりトルクリミッタ設定トルクを  $T_s = 6.2 \text{kN} \cdot \text{m} \{632 \text{kgf} \cdot \text{m}\}$  とする。

⑨ 伝動用チェーンに作用する荷重

$$f_1 = \frac{2 \cdot T_s \cdot \eta_2}{D_1}$$
$$= \frac{2 \times 6.2 \times 0.95}{0.242} = 48.68 \text{ kN} \{4964 \text{ kgf}\}$$

ここに、 $f_1$ ：伝動用チェーンに作用する荷重      kN  
 $D_1$ ：伝動用スプロケットピッチ円直径      0.242m  
(呼番号 140-2、歯数 17)

⑩ 伝動用チェーン安全率

$$s_1 = \frac{S_1}{f_1} > s_{1a}$$
$$s_1 = \frac{431}{48.68} = 8.854 > s_{1a} = 6.5$$

ここに、 $s_{1a}$ ：伝動用チェーン許容安全率      6.5  
(設計指針 2.2.5)  
 $S_1$ ：伝動用チェーン平均破断強度      431kN  
{44000kgf}      (呼番号 140-2)

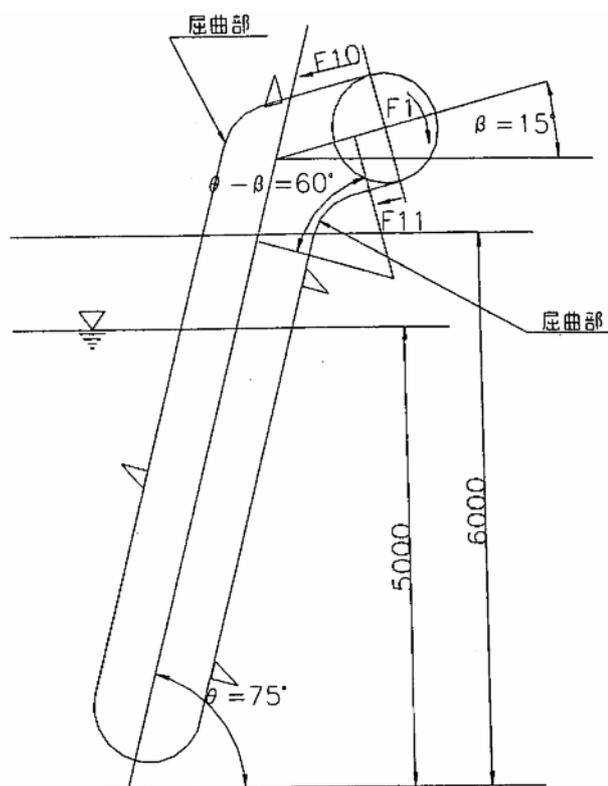
⑪ レーキ用チェーンに作用する荷重

[解 説]

レーキ用チェーンに作用する荷重は、設計指針 2.1.3 及び 2.2.5 により、また、嚙込み発生時設定トルクにより発生する荷重が作用した場合を想定して計算する。

嚙込みは、スクリーン部で発生するものとし、設定トルクにより発生する作用荷重が最大となる次図の位置(レーキが搔上側屈曲部より下に 1 個、上に 1 個あり、降下側は屈曲部より下に 2 個ある場合)について計算する。なお、安全を見込んでレーキ上には塵芥等の荷重はないものとする。

出典：[(5)]  
除塵設備設計指針  
—付設計参考例—  
(平成 22 年度版)  
(H22.4) P103～P137



レーキ用チェーン作用荷重が最大となるレーキ位置図(参考)

(イ) ガイドレール屈曲部を考慮した搔上側レーキ用チェーン張力

$$\begin{aligned}
 F_{10} &= (F_{3y} + F_{3x} + F_{5y} + F_{5x}) \cdot K + F_{4x} + F_{4y} \\
 &= (2.367 + 0.127 + 3.837 + 0.206) \times 1.222 + 0.473 + 0.634 \\
 &= 9.095 \text{ kN} \{0.927 \text{ tf}\}
 \end{aligned}$$

ここに、 $F_{10}$ ：搔上側レーキ用チェーン張力 kN

$F_{3y}$ ：レーキの重量による 1 個当たり作用力(屈曲部より下)  
 2.367 kN (1.1.5-4 参照)

$F_{3x}$ ：レーキの重量による 1 個当たり転動摩擦抵抗(屈曲部より下)  
 0.127 kN (1.1.5-4 参照)

$F_{4y}$ ：レーキの重量による 1 個当たり作用力(屈曲部より上)  
 0.634 kN (1.1.5-5 参照)

$F_{4x}$ ：レーキの重量による 1 個当たり転動摩擦抵抗(屈曲部より上)  
 0.473 kN (1.1.5-5 参照)

$F_{5y}$ ：レーキ用チェーン片面の重量による作用力  
 3.837 kN (1.1.5-6 参照)

$F_{5x}$ ：レーキ用チェーン片面の重量による転動摩擦抵抗  
 0.206 kN (1.1.5-6 参照)

$K$ ：屈曲係数(1.1.5-7 参照) 1.222

ロ) ガイドレール屈曲部を考慮した降下側レーキ用チェーン張力

$$F_{11} = \{n \cdot (F_{3y} - F_{3x}) + F_{5y} - F_{5x}\} \cdot \frac{1}{K}$$

$$= \{2 \times (2.367 - 0.127) + 3.837 - 0.206\} \times \frac{1}{1.222}$$

$$= 6.637 \text{ kN} \{0.677\text{tf}\}$$

ここに、 $F_{11}$  : 降下側レーキ用チェーン張力      kN  
 $n$  : 屈曲部以下の降下側レーキの数      2

ハ) 過負荷作用側のレーキ用チェーンに作用する荷重(設計指針 2.2.5)

$$f_2 = F_t + F_{11} - \frac{F_{10}}{2}$$

$$= 27.90 + 6.637 - \frac{9.095}{2} = 29.99 \text{ kN} \{3.058\text{tf}\}$$

ここに、 $f_2$  : レーキ用チェーンに作用する荷重      kN  
 $F_t$  : トルクリミッタ設定トルクによる発生力      kN  
 $i_2$  : 伝動用チェーン減速比       $\frac{17}{30}$   
 $\eta_2$  : 伝動用スプロケット効率      0.95  
 $\eta_3$  : レーキ用スプロケット効率      0.9  
 $D_2$  : レーキ用スプロケットピッチ円直径      0.637m

$$F_t = \frac{2 \cdot T_s \cdot \eta_2^2 \cdot \eta_3}{D_2 \cdot i_2}$$

$$= \frac{2 \times 6.2 \times 0.95^2 \times 0.9}{0.637 \times \frac{17}{30}} = 27.90 \text{ kN} \{2.845\text{tf}\}$$

ニ) レーキ用チェーン安全率

$$s_2 = \frac{S_2}{f_2} > s_{2a}$$

$$s_2 = \frac{255}{29.99} = 8.50 > s_{2a} = 6.5$$

ここに、 $s_{2a}$  : レーキ用チェーン許容安全率      6.5  
 (設計指針 2.2.5)

$S_2$  : レーキ用チェーン平均破断強度  
 255 kN      {26000kgf}

(注. チェーン強度は、チェーンメーカーの値を採用した)

出典 : [(5)]  
 除塵設備設計指針  
 一付設計参考例一  
 (平成 22 年度版)  
 (H22.4) P103~P137

(6) レーキ桁強度

[解説]

レーキ桁に作用する荷重は設計指針 2.1.3 に従い、

ケース 1 は、レーキ重量・塵芥とスクリーンの抵抗

ケース 2 は、嚙込時発生力

について検討する。

また、レーキ直角方向の強度は、レーキ反転時のレーキ重量による荷重にて検討する。レーキ桁は、乾湿交番部材であるので設計指針 2.3.1 により余裕厚を見込むものとする。

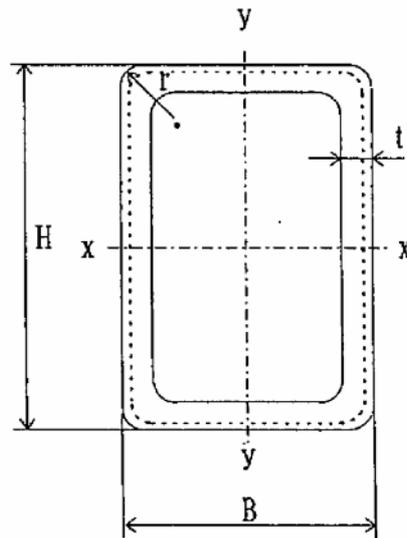
なお、断面性能の算出においてはコーナー部の計算を省略した。

① レーキ桁断面性能

レーキ桁  $\square$  200×100×9(余裕厚外側 1mm)

H : 20.0(19.8) cm

B : 10.0(9.8) cm



レーキ桁図(参考)

r : 2.7(2.6) cm

t : 0.9(0.8) cm

断面性能

x 軸まわりについて

$$I_x = 2350 - \frac{1}{12} \times (10 \times 20^3 - 9.8 \times 19.8^3) = 2023 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \frac{2 \times 2023}{19.8} = 204 \text{ cm}^3$$

y 軸まわりについて

$$I_y = 782 - \frac{1}{12} (20 \times 10^3 - 19.8 \times 9.8^3) = 668 \text{ cm}^4$$

$$Z_y = \frac{2 \times 668}{9.8} = 136 \text{ cm}^3$$

出典 : [(6)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103~P137

② ケース 1 のレーキ桁に作用する荷重の算出

〔解 説〕

ケース 1 (レーキ重量及び塵芥とスクリーンの摩擦抵抗作用時の荷重)は、レーキが水中にある場合について算出する。

$$F_{g1x} = W_3 \cdot \cos \theta$$

$$= 2.451 \times \cos 75^\circ = 0.634 \text{ kN} \{0.065\text{tf}\} \text{ (分布荷重)}$$

$$F_{g1y} = F_{1x} + F_{3y}$$

$$= 14.04 + 2.367 = 16.41 \text{ kN} \{1.673\text{tf}\} \text{ (分布荷重)}$$

ここに、 $F_{g1y}$  : ケース 1 に於けるスクリーン平行方向荷重 kN

$F_{g1x}$  : ケース 1 に於けるスクリーン直角方向荷重 kN

$F_{1x}$  : 水中部塵芥の摩擦抵抗力 14.04kN  
(1.1.5-2 参照)

$F_{3y}$  : レーキ重量による 1 個当たり作用力 2.367kN  
(1.1.5-4 参照)

$W_3$  : レーキ 1 個当たりの重量 2.451kN

$\theta$  : スクリーン傾斜角 75 度

③ ケース 2 のレーキ桁に作用する荷重の算出

〔解 説〕

ケース 2 の荷重は、嚙込時の設定トルクにより発生する作用荷重が最大となるレーキ用チェーン作用荷重が最大となるレーキ位置図に示す位置にて計算する。

安全を見込んでレーキ上には塵芥等の荷重はないものとする。

イ) レーキに作用する嚙込み時発生力

$$F_{g2} = \frac{F_k}{K}$$

$$= \frac{25.44}{1.222} = 20.82 \text{ kN} \{2.213\text{tf}\}$$

ここに、 $F_{g2}$  : レーキに作用する嚙込み時発生力 kN

$F_t$  : トルクリミッタ設定トルクによるレーキ用チェーンの発生張力

27.90kN (1.1.6-11 (3) 参照)

$F_{10}$  : ガイドレール屈曲部を考慮した搔上側レーキ用チェーン張力  
9.095kN (1.1.6-11 (1) 参照)

$F_{11}$  : ガイドレール屈曲部を考慮した降下側レーキ用チェーン張力  
6.637kN (1.1.6-11 (2) 参照)

$K$  : 屈曲係数 1.222

$F_k$  : ガイドレール屈曲部を考慮した嚙込み時発生力によるレーキ用チェーン張力 kN

$$F_k = F_t + F_{11} - F_{10}$$

$$= 27.90 + 6.637 - 9.095 = 25.44 \text{ kN} \{2.594\text{tf}\}$$

ロ) レーキの重量による作用力

$$F_{g2y} = F_{3y} = 2.367 \text{ kN} \{0.241\text{tf}\} \text{ (分布荷重)}$$

$$F_{g2x} = F_{g1x} = 0.634 \text{ kN} \{0.065\text{tf}\} \text{ (分布荷重)}$$

ここに、 $F_{g2y}$  : レーキの重量によるスクリーン平行方向作用力 kN

$F_{g2x}$  : レーキの重量によるスクリーン直角方向作用力 kN

出典 : [(6)]

除塵設備設計指針

一付設計参考例一

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103~P137

④ レーキ直角方向最大荷重

〔解説〕

レーキに直角に作用する最大荷重はレーキ反転時のレーキの重量による鉛直荷重である。

$$F_{g3} = W_3 = 2.451 \text{ kN} \{0.25 \text{ tf}\} \text{ (分布荷重)}$$

ここに、 $F_{g3}$ ：レーキ直角方向最大荷重 kN

⑤ 曲げモーメント

ここに、 $B_c$ ：レーキ用チェーン間隔 4.217m

$M_y$ ：レーキのスクリーン平行方向モーメント

$M_x$ ：レーキ直角方向モーメント

イ) ケース 1

$$\begin{aligned} M_{1y} &= \frac{F_{g1y} \cdot B_c}{8} \\ &= \frac{16.41 \times 4.217}{8} = 8.650 \text{ kN} \cdot \text{m} = 865000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{88200 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{1x} &= \frac{F_{g1x} \cdot B_c}{8} \\ &= \frac{0.634 \times 4.217}{8} = 0.334 \text{ kN} \cdot \text{m} = 33400 \text{ N} \cdot \text{cm} \{3406 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\} \end{aligned}$$

ロ) ケース 2

$$\begin{aligned} M_{2y} &= \frac{F_{g2} \cdot B_c}{4} + \frac{F_{g2y} \cdot B_c}{8} \\ &= \frac{20.82 \times 4.217}{4} + \frac{23.67 \times 4.217}{8} \\ &= 23.20 \text{ kN} \cdot \text{m} = 2320000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{236600 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{2x} &= M_{1x} \\ &= 0.334 \text{ kN} \cdot \text{m} = 33400 \text{ N} \cdot \text{cm} \{3406 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\} \end{aligned}$$

ハ) レーキ直角方向

$$\begin{aligned} M_{3x} &= \frac{F_{g3} \cdot B_c}{8} \\ &= \frac{2.451 \times 4.217}{8} = 1.292 \text{ kN} \cdot \text{m} = 129200 \text{ N} \cdot \text{cm} \{13170 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\} \end{aligned}$$

⑥ 曲げ応力度

イ) ケース 1

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{M_{1y}}{Z_x} + \frac{M_{1x}}{Z_y} \\ &= \frac{865000}{204} + \frac{33400}{136} = 4240 + 246 = 4486 \text{ N/cm}^2 \\ &= 44.86 \text{ N/mm}^2 \{457 \text{ kgf/cm}^2\} < 120 \text{ N/mm}^2 \{1200 \text{ kgf/cm}^2\} \end{aligned}$$

ここに、 $\sigma_1$ ：ケース 1 に於けるレーキ桁応力度

120 N/mm<sup>2</sup>：材料の許容応力度(設計指針 2.2.1)

ロ) ケース2

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{M_{2y}}{Z_x} + \frac{M_{2x}}{Z_y} \\ &= \frac{2320000}{204} + \frac{33400}{136} = 11370 + 246 = 11620 \text{ N/cm}^2 \\ &= 116.2 \text{ N/mm}^2 \{1185 \text{ kgf/cm}^2\} < 120 \text{ N/mm}^2 \{1200 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

ここに、 $\sigma_2$ ：ケース2に於けるレーキ桁応力度

ハ) レーキ直角方向

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= \frac{M_{3x}}{Z_y} \\ &= \frac{129200}{136} = 950 \text{ N/cm}^2 \\ &= 9.50 \text{ N/mm}^2 \{97 \text{ kgf/cm}^2\} < 120 \text{ N/mm}^2 \{1200 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

ここに、 $\sigma_3$ ：レーキ直角方向最大応力度

### ⑦ たわみ度

たわみ度は、ケース1についてのみ検討する。(設計指針2.2.6)

たわみ

$$\begin{aligned}\delta_{1y} &= \frac{5 \cdot (1000 \cdot F_{g1y}) \cdot B_c^3}{384 \cdot E \cdot I_x} \\ &= \frac{5 \times 1000 \times 16.41 \times 421.7^3}{384 \times 20.6 \times 10^6 \times 2023} = 0.384 \text{ cm}\end{aligned}$$

ここに、E：縦弾性係数  $20.6 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$   
 $\{2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2\}$

$\delta_{1y}$ ：レーキのスクリーン平行方向たわみ cm

$\lambda_{1y}$ ：レーキのスクリーン平行方向たわみ度 cm

$B_c$ ：レーキ用のチェーン間隔 421.7cm

たわみ度

$$\begin{aligned}\lambda_{1y} &= \frac{\delta_{1y}}{B_c} \\ &= \frac{0.384}{421.7} = \frac{1}{1098} < \frac{1}{800}\end{aligned}$$

レーキ直角方向については、レーキがたわんだ場合のエプロンとの隙間について、慎重に検討しなければならない。(設計指針2.6.3)

### (7) 駆動軸の強度

〔解説〕

駆動軸は、一般的に除塵機フレームの最上後端部に設置される。

この部分は常時空中にあるので余裕厚は考慮しなくても良い。

駆動軸強度計算に当たっては、レーキ及びレーキ用チェーンの自重による作用力が最大となった時、トルクリミッタの設定トルクが作用したケースを想定して計算を行う。(設計指針2.2.5)

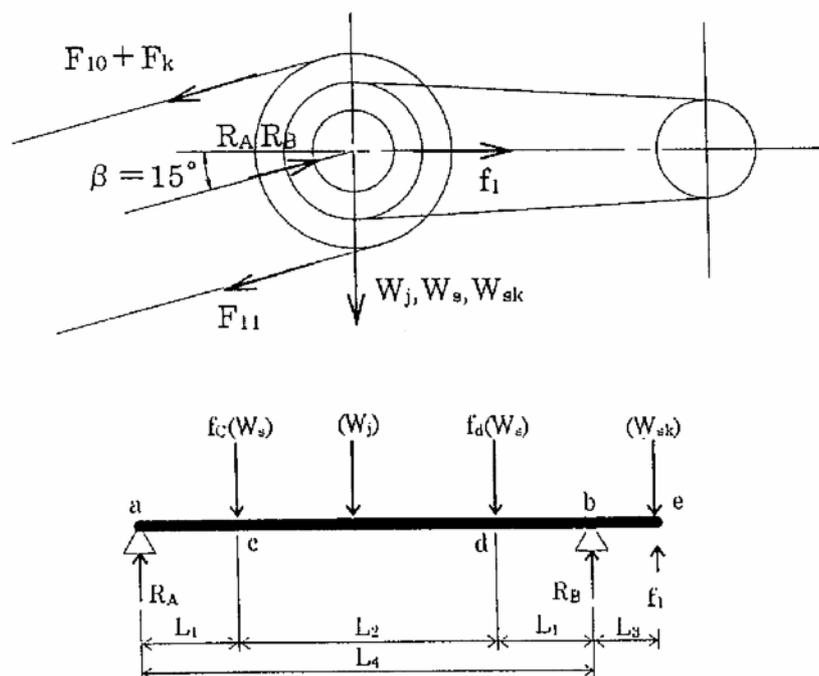
① 軸に作用する荷重

〔解説〕

レーキ用チェーンに作用する荷重は、噛込時発生力による荷重が両側レーキ用チェーンに均等にかかった場合と、各々片側にかかった場合とで異なるモーメントを生じるので、各々のケース(3 ケース)について照査する必要がある。

構成部材の重量は、主要なものを計算の対象とする。本例では、軸、レーキ用チェーン、スプロケットについて検討する。伝動用チェーンの重量は、特別な場合を除き省略するのが一般的である。

また、レーキ用チェーン作用荷重(下図の c 点、d 点)、軸受反力(a 点、b 点)、伝動用チェーン作用荷重(e 点)、軸及びチェーンスプロケットの重量( $W_j$ 、 $W_s$ 、 $W_{sk}$ )等は、作用方向が異なるので作用角についても注意しなければならない。



駆動軸に作用する荷重図(参考)

ここでは、上記 3 ケース中、曲げモーメントが最大となる「レーキ用チェーンに作用する荷重が片側 d 点に集中した場合」について駆動軸の計算を行う。

なお、軸の重量( $W_j$ )は、等分布荷重であるが簡略化のため、中央に作用する集中荷重として計算する。

$$f_c = \frac{F_{10} + F_{11}}{2}$$

$$= \frac{9.095 + 6.637}{2} = 7.866 \text{ kN} \{0.802 \text{ tf}\}$$

$$f_d = \frac{F_{10} + F_{11}}{2} + F_k$$

$$= \frac{9.095 + 6.637}{2} + 25.44 = 33.31 \text{ kN} \{3.397 \text{ tf}\}$$

ここに、 $f_1$  : トルクリミッタ設定トルクによる伝動用チェーン荷重

48.68kN (1.1.6-9 参照)

$f_c$ 、 $f_d$  : レーキ用チェーンプロケット作用荷重 kN

$R_A$ 、 $R_B$  : 軸受反力 kN

$W_j$  : 軸の自重 2.94kN {0.30tf}

$W_s$  : レーキ用チェーンプロケットの自重

0.78 kN/1ヶ {0.08tf/1ヶ}

$W_{sk}$  : 伝動用チェーンプロケットの自重

0.71 kN/1ヶ {0.07tf/1ヶ}

$L_1$  : 軸受とレーキ用チェーンプロケット間隔 0.135m

$L_2$  : レーキ用チェーンプロケット間隔 4.217m

$L_3$  : 軸受と伝動用チェーンプロケット間隔 0.1052m

$L_4$  : 軸受間隔 4.487m

$F_{10}$  : ガイドレール屈曲部を考慮した搔上側レーキ用チェーン張力

9.095 kN (1.1.6-11 参照)

$F_{11}$  : ガイドレール屈曲部を考慮した降下側レーキ用チェーン張力

6.637 kN (1.1.6-11 参照)

$F_k$  : ガイドレール屈曲部を考慮した嚙込時発生力による張力

25.44 kN (1.1.7-3 参照)

## ② 軸に作用する最大曲げモーメント

x 軸を電動機軸方向( $f_1$  荷重方向)とし、y 軸を鉛直方向とする。

イ) x 軸方向荷重及び曲げモーメント

支点反力

$$R_{AX} = \frac{f_d \cdot \cos \beta \cdot L_1 + f_c \cdot \cos \beta \cdot (L_1 + L_2) + f_1 \cdot L_3}{L_4}$$

$$= \frac{33.31 \times \cos 15^\circ \times 0.135 + 7.866 \times \cos 15^\circ \times (0.135 + 4.217) + 48.68 \times 0.1052}{4.487}$$

$$= 9.479 \text{ kN } \{0.967\text{tf}\}$$

$$R_{BX} = \frac{f_c \cdot \cos \beta \cdot L_1 + f_d \cdot \cos \beta \cdot (L_1 + L_2) - f_1 \cdot (L_4 + L_3)}{L_4}$$

$$= \frac{7.866 \times \cos 15^\circ \times 0.135 + 33.31 \times \cos 15^\circ \times (0.135 + 4.217) - 48.68 \times (4.487 + 0.1052)}{4.487}$$

$$= -18.39 \text{ kN } \{-1.875\text{tf}\}$$

曲げモーメント

b 点

$$M_{bx} = f_1 \cdot L_3$$

$$= 48.68 \times 0.1052 = 5.121 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.522\text{tf} \cdot \text{m}\}$$

c 点

$$M_{cx} = R_{AX} \cdot L_1$$

$$= 9.479 \times 0.135 = 1.280 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.131\text{tf} \cdot \text{m}\}$$

出典 : [(7)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P103~P137

d 点

$$\begin{aligned} M_{dx} &= R_{Ax} \cdot (L_1 + L_2) - f_c \cdot \cos \beta \cdot L_2 \\ &= 9.479 \times (0.135 + 4.217) - 7.866 \times \cos 15^\circ \times 4.217 \\ &= 9.212 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.939\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

ロ) y 軸方向荷重及び曲げモーメント

支点反力

$$\begin{aligned} R_{Ay} &= \frac{f_d \cdot \sin \beta \cdot L_1 + f_c \cdot \sin \beta \cdot (L_1 + L_2) - W_{sk} \cdot L_3 + \frac{W_i}{2} + W_s}{L_4} \\ &= \frac{33.31 \times \sin 15^\circ \times 0.135 + 7.866 \times \sin 15^\circ \times (0.135 + 4.217) - 0.710 \times 0.1052}{4.487} \\ &\quad + \frac{2.940}{2} + 0.780 = 4.467 \text{ kN} \{0.455\text{tf}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{By} &= \frac{f_c \cdot \sin \beta \cdot L_1 + f_d \cdot \sin \beta \cdot (L_1 + L_2) + W_{sk} \cdot (L_4 + L_3) + \frac{W_i}{2} + W_s}{L_4} \\ &= \frac{7.866 \times \sin 15^\circ \times 0.135 + 33.31 \times \sin 15^\circ \times (0.135 + 4.217) + 0.710 \times (4.487 + 0.1052)}{4.487} \\ &\quad + \frac{2.940}{2} + 0.780 = 11.40 \text{ kN} \{1.162\text{tf}\} \end{aligned}$$

曲げモーメント

b 点

$$\begin{aligned} M_{by} &= W_{sk} \cdot L_3 \\ &= 0.71 \times 0.1052 = 0.0747 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.0076\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

c 点

$$\begin{aligned} M_{cy} &= R_{Ay} \cdot L_1 \\ &= 4.467 \times 0.135 = 0.6030 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.0615\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

d 点

$$\begin{aligned} M_{dy} &= R_{By} \cdot L_1 - W_{sk} (L_1 + L_3) \\ &= 11.40 \times 0.135 - 0.71 \times (0.135 + 0.1052) \\ &= 1.368 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.1395\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

ハ) 合成曲げモーメント

b 点

$$\begin{aligned} M_b &= \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} \\ &= \sqrt{5.121^2 + 0.0747^2} = 5.122 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.5222\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

c 点

$$\begin{aligned} M_c &= \sqrt{M_{cx}^2 + M_{cy}^2} \\ &= \sqrt{1.280^2 + 0.6030^2} = 1.415 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.1443\text{tf} \cdot \text{m}\} \end{aligned}$$

d 点

$$M_d = \sqrt{M_{dx}^2 + M_{dy}^2} \\ = \sqrt{9.212^2 + 1.368^2} = 9.313 \text{ kN} \cdot \text{m} \{0.9496 \text{ tf} \cdot \text{m}\}$$

ニ) 軸トルク

$$T_o = T_s \times \eta_2^2 \times \frac{1}{i_2} \\ = 6.2 \times 0.95^2 \times \frac{30}{17} = 9.874 \text{ kN} \cdot \text{m} \{1.007 \text{ tf} \cdot \text{m}\}$$

ここに、 $T_o$ ：駆動軸トルク

$T_s$ ：トルクリミッタ設定トルク 6.2kN・m(1.1.6-8 参照)

$\eta_2$ ：伝動用チェン sprocket 効率 0.95

$i_2$ ：伝動用チェーン減速比  $\frac{17}{30}$

〔解説〕

軸トルクは、計算を簡略化して全軸同トルク( $T_o$ )とみなして計算する。

③ 相当曲げモーメント

(b 点)

$$M_{eb} = \frac{1}{2} \cdot (M_b + \sqrt{M_b^2 + T_o^2}) \\ = \frac{1}{2} \times (512200 + \sqrt{512200^2 + 987400^2}) \\ = 812300 \text{ N} \cdot \text{cm} \{82830 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

(c 点)

$$M_{ec} = \frac{1}{2} \cdot (M_c + \sqrt{M_c^2 + T_o^2}) \\ = \frac{1}{2} \times (141500 + \sqrt{141500^2 + 987400^2}) \\ = 569500 \text{ N} \cdot \text{cm} \{58070 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

(d 点)

$$M_{ed} = \frac{1}{2} \cdot (M_d + \sqrt{M_d^2 + T_o^2}) \\ = \frac{1}{2} \times (931300 + \sqrt{931300^2 + 987400^2}) \\ = 1145000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{116700 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

④ 相当ねじりモーメント

(b 点)

$$T_{eb} = \sqrt{M_b^2 + T_o^2} \\ = \sqrt{512200^2 + 987400^2} = 1112000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{113400 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

（c 点）

$$T_{ec} = \sqrt{M_c^2 + T_o^2} \\ = \sqrt{141500^2 + 987400^2} = 997500 \text{ N} \cdot \text{cm} \{101700 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

（d 点）

$$T_{ed} = \sqrt{M_d^2 + T_o^2} \\ = \sqrt{931300^2 + 987400^2} = 1357000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{138400 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

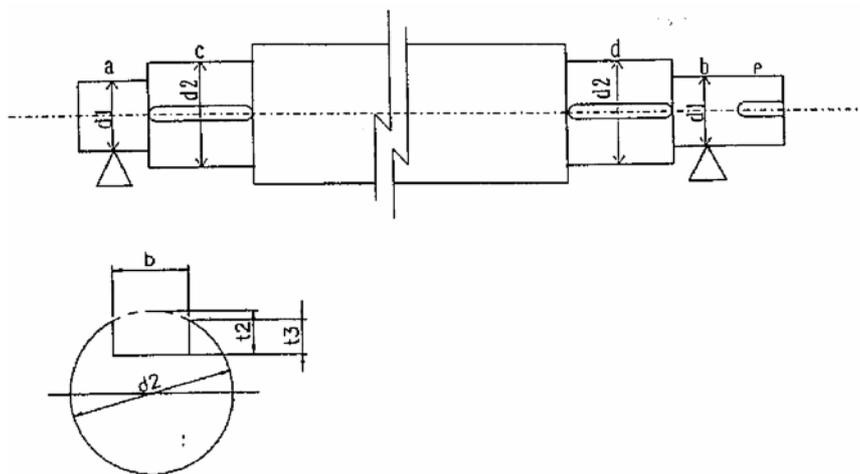
⑤ 駆動軸の断面性能

〔解 説〕

駆動軸強度の検討は b、c、d 点について行う。c、d 点はキー溝が切つてある。c 点と d 点は同径であり作用力は d 点の方が大きい。よって、b 点及び d 点の強度を検討する。

なお、e 点はキー溝を切つてあり b 点より強度が弱いので、強度検討が必要であるが、ここでは省略する。

中間は中空のトルクチューブを使用する場合について検討を行う。



c、d 軸断面 駆動軸図(参考)

d 点のキー溝による切欠係数

$$\gamma = 1 - \frac{0.2 \cdot b}{d_2} - \frac{1.1 \cdot t_2}{d_2} \\ = 1 - \frac{0.2 \times 3.20}{12.50} - \frac{1.1 \times 1.10}{12.50} = 0.852$$

（出典：機械工学便覧 B1-94）

b 点の断面係数

$$Z_1 = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32}$$

$$= \frac{\pi \times 11.50^3}{32} = 149.3 \text{ cm}^3$$

d 点の断面係数

$$Z_2 = \gamma \cdot \frac{\pi \cdot d_2^3}{32}$$

$$= 0.852 \times \frac{\pi \times 12.50^3}{32} = 163.4 \text{ cm}^3$$

b 点の極断面係数

$$Z_{p1} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16}$$

$$= \frac{\pi \times 11.50^3}{16} = 298.6 \text{ cm}^3$$

d 点の極断面係数

$$Z_{p2} = \gamma \cdot \frac{\pi \cdot d_2^3}{16}$$

$$= 0.852 \times \frac{\pi \times 12.50^3}{16} = 326.7 \text{ cm}^3$$

ここに、 $d_1$ ：b 点の軸径 11.50cm  
 $d_2$ ：d 点の軸径 12.50cm  
 $b$ ：キー溝の幅 3.20cm  
 $t_2$ ：キー溝の深さ 1.10cm

### ⑥ 駆動軸の許容応力度

許容曲げ応力度

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{st}}{S_o}$$

$$= \frac{440}{5} = 88 \text{ N/mm}^2 \{900 \text{ kgf/cm}^2\}$$

許容せん断応力度

$$\tau_a = \frac{\sigma_{st}}{S_\tau}$$

$$= \frac{440}{8.7} = 51 \text{ N/mm}^2 \{520 \text{ kgf/cm}^2\}$$

ここに、駆動軸の材質 S25C - N

$\sigma_{st}$ ：引張強度 440 N/mm<sup>2</sup> {4500 kgf/cm<sup>2</sup>}  
 $S_o$ ：引張・圧縮に対する安全率 5 (設計指針 2.2.5)  
 $S_\tau$ ：せん断に対する安全率 8.7 (設計指針 2.2.5)

⑦ 駆動軸の曲げ応力度

b 点

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{M_{eb}}{Z_1} \\ &= \frac{812300}{149.3} = 5441 \text{ N/cm}^2 \\ &= 55 \text{ N/mm}^2 \{561 \text{ kgf/cm}^2\} < \sigma_a = 88 \text{ N/mm}^2 \{900 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

d 点

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{M_{ed}}{Z_2} \\ &= \frac{1145000}{163.4} = 7008 \text{ N/cm}^2 \\ &= 71 \text{ N/mm}^2 \{715 \text{ kgf/cm}^2\} < \sigma_a = 88 \text{ N/mm}^2 \{900 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

⑧ 駆動軸のせん断応力度

b 点

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \frac{T_{eb}}{Z_{p1}} \\ &= \frac{1112000}{298.6} = 3724 \text{ N/cm}^2 \\ &= 38 \text{ N/mm}^2 \{387 \text{ kgf/cm}^2\} < \tau_a = 51 \text{ N/mm}^2 \{520 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

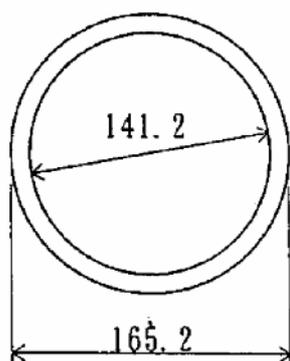
d 点

$$\begin{aligned}\tau_2 &= \frac{T_{ed}}{Z_{p2}} \\ &= \frac{1357000}{326.7} = 4154 \text{ N/cm}^2 \\ &= 42 \text{ N/mm}^2 \{428 \text{ kgf/cm}^2\} < \tau_a = 51 \text{ N/mm}^2 \{520 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

⑨ トルクチューブの断面性能

断面2次極モーメント

$$\begin{aligned}I_p &= \frac{\pi \cdot (D^4 - d'^4)}{32} \\ &= \frac{\pi \cdot (16.52^4 - 14.12^4)}{32} = 3410 \text{ cm}^4\end{aligned}$$



トルクチューブの断面形状(参考)

端部の極断面係数

$$Z_p = \frac{2 \cdot \pi (D^4 - d'^4)}{32 \cdot D}$$

$$= \frac{2 \times \pi \times (16.52^4 - 14.52^4)}{32 \times 16.52} = 356.9 \text{ cm}^3$$

ここに、トルクチューブの材質

S T K M 13 A

D	: 外径	16.52cm
d	: 内径	14.12cm
d'	: 端部機械加工代を含む内径	14.52cm
T <sub>o</sub>	: 駆動軸トルク	987400 N・cm
G	: 横弾性係数	79.4 × 10 <sup>5</sup> N/cm <sup>2</sup> {8.100 × 10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> }
T <sub>ed</sub>	: d 点の相当ねじりモーメント	1357000 N・cm

⑩ トルクチューブのねじれ角

$$\theta_t = \frac{T_o}{I_p \cdot G}$$

$$= \frac{987400}{3410 \times 79.4 \times 10^5} = 3.647 \times 10^{-5} \text{ rad/cm}$$

$$= 0.209^\circ / \text{m} < \theta_a = 0.250^\circ / \text{m}$$

ここに、 $\theta_a$  : 許容ねじれ角 0.250° /m

(出典：機械工学便覧 B1-95)

⑪ トルクチューブの許容せん断応力度

$$\tau_a = \frac{\sigma_{st}}{S_\tau}$$

$$= \frac{370}{8.7} = 43 \text{ N/mm}^2 \{438 \text{ kgf/cm}^2\}$$

ここに、 $S_\tau$  : 引張り強さ 370 N/mm<sup>2</sup> {3800 kgf/cm<sup>2</sup>}

$S_\tau$  : 安全率 8.7 (設計指針 2.2.5)

⑫ トルクチューブのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_{\tau} &= \frac{T_{ed}}{Z_p} \\ &= \frac{1357000}{356.9} = 3802 \text{ N/cm}^2 \\ &= 38 \text{ N/mm}^2 \{387 \text{ kgf/cm}^2\} < \tau_a = 42 \text{ N/mm}^2 \{438 \text{ kgf/cm}^2\} \end{aligned}$$

〔解説〕

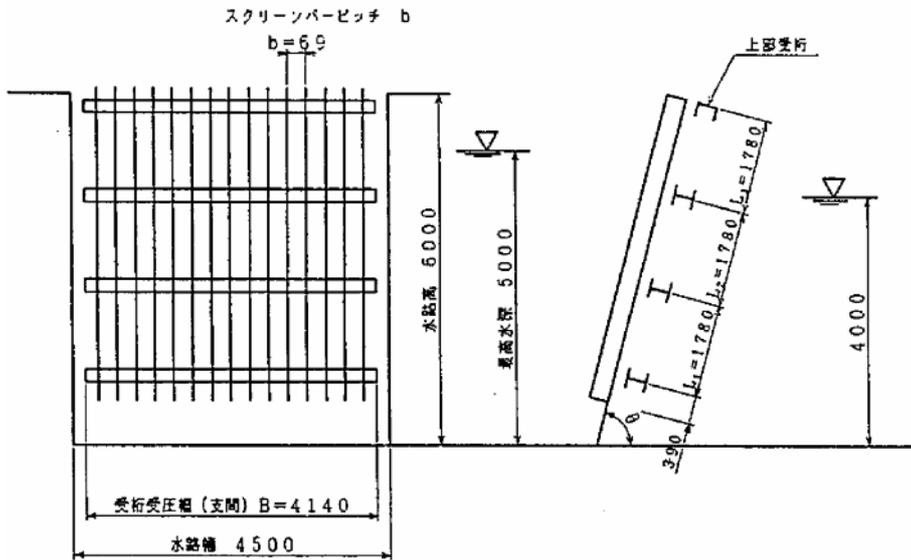
トルクチューブの強度は、この他に曲げ強度の照査も行なう必要があるが、ここでは省略する。

2) バースクリーン

(1) 設計仕様

水路の種類	排水路
設置数	4面
水路幅	4.500m
水路高	6.000m
傾斜角度	75度
スクリーン目幅	0.060m
最高水深	5.000m
設計水位差	1.000m

(2) スクリーン概略図



スクリーン概略図(参考)

出典：〔7〕  
除塵設備設計指針  
—付設計参考例—  
(平成22年度版)  
(H22.4) P103～P137

出典：〔2〕  
除塵設備設計指針  
—付設計参考例—  
(平成22年度版)  
(H22.4) P137～P144

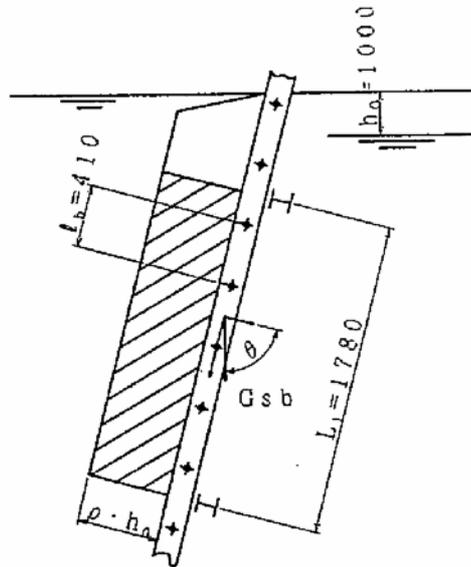
(3) スクリーンバーの強度

スクリーンバーに作用する荷重

[解説]

バーに作用する荷重は、水位差による水圧荷重とバー重量によるものを考慮する。なお、流速が遅いため、カルマン渦は考慮しないものとする。また、バーの支持は連続梁となっている場合が多いが、単純梁として計算を行う。

ここに、 $\rho$ : 水の単位体積質量	1000kg/m <sup>3</sup>
$h_o$ : スクリーン部の水位差	1.000m
$b$ : 受圧幅(スクリーンバーピッチ)	0.069m
$L_1$ : 受圧高(受桁ピッチ最大値)	1.780m
$\theta$ : スクリーンバーの傾斜角度	75度
$G_{sb}$ : スクリーンバーの自重(支持間内)	88N/本 {9kgf/本}
$l_b$ : スクリーンバーの横方向支持間隔	410mm
$g$ : 重力加速度	9.807m/sec <sup>2</sup>



バーに作用する荷重図(参考)

① スクリーンバーに作用する水平荷重  $R_{bx}$

$$\begin{aligned}
 R_{bx} &= \rho \cdot g \cdot h_o \cdot L_1 \cdot b + G_{sb} \cdot \cos \theta \\
 &= 1000 \times 9.807 \times 1.000 \times 1.780 \times 0.069 + 88 \times \cos 75^\circ \\
 &= 1227 \text{ N } \{125 \text{ kgf}\}
 \end{aligned}$$

② スクリーンバーに作用する垂直荷重  $R_{by}$

$$R_{by} = G_{sb} \cdot \sin \theta = 88 \times \sin 75^\circ = 85.0 \text{ N } \{9 \text{ kgf}\}$$

スクリーンバーの断面性能

バーは、F B 75×9(S S 400)を使用し、余裕厚は片面 1mm とする。

出典 : [2]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P137~P144

〔解説〕

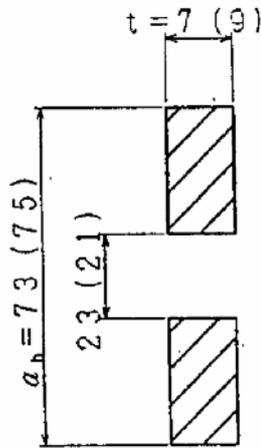
デスタンスピース取付位置は、バーの中央でない場合が多いが断面性能算出は、中央にあるものとして行う。

バーの幅  $a_b = 75 < 12 \cdot t = 108\text{mm}$  (設計指針 2.6.1)

断面二次モーメント  $I_{bx} = \frac{0.7}{12} \times (7.3^3 - 2.3^3) = 21.98\text{cm}^4$

断面係数  $Z_{bx} = \frac{2 \times 21.98}{7.3} = 6.022\text{cm}^3$

断面積  $A_b = 0.7(7.3 - 2.3) = 3.500\text{cm}^2$



バーの断面図(参考)

スクリーンバー強度

① 最大曲げモーメント  $M_{x\max}$

$$M_{x\max} = \frac{R_{bx} \cdot L_1}{8} = \frac{1227 \times 178.0}{8} = 27300 \text{ N} \cdot \text{cm} \{2784 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

② 最大応力度  $\sigma_{x\max}$

$$\begin{aligned} \sigma_{x\max} &= \frac{M_{x\max}}{Z_{bx}} + \frac{R_{by}}{A_b} = \frac{27300}{0.22} + \frac{85.0}{3.500} \\ &= 4558 \text{ N/cm}^2 = 45.6 \text{ N/mm}^2 \{465 \text{ kgf/cm}^2\} \\ &< 47.0 \text{ N/mm}^2 \{480 \text{ kgf/cm}^2\} \end{aligned}$$

出典：〔2〕

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P137～P144

③ 許容曲げ応力度(横方向座屈)  $\sigma_{ba}$

$$\sigma_{ba} = 0.6 \cdot \sigma_y \left\{ 1.23 - 0.0153 \frac{l_b}{t - \epsilon_o} \right\} \quad (\text{設計指針 2.2.1})$$

ここに、 $\sigma_y$  : S S 400 (t = 9) の降状点  $235 \text{ N/mm}^2 \{2400 \text{ kgf/cm}^2\}$

t : バーの板厚  $9 \text{ mm}$

$\epsilon_o$  : 余裕厚(両面で)  $2 \text{ mm}$  (設計指針 2.3.1)

$l_b$  : バーの横方向支持間隔  $410 \text{ mm}$

$$< 70 \cdot (t - \epsilon_o) = 490 \text{ mm} \quad (\text{設計指針 2.6.1})$$

$$= 0.6 \times 235 \times \left( 1.23 - 0.0153 \times \frac{410}{9 - 2} \right)$$

$$= 47.0 \text{ N/mm}^2 \{480 \text{ kgf/cm}^2\}$$

スクリーンバーのたわみ度

① たわみ量  $\delta_{sb}$

$$\delta_{sb} = \frac{5 \cdot R_{bx} \cdot L_1^3}{384 \cdot E \cdot I_{bx}} = \frac{5 \times 1227 \times 178.0^3}{384 \times 20.6 \times 10^6 \times 21.98} = 0.199 \text{ cm}$$

ここに、E : S S 400 の縦弾性係数  $20.6 \times 10^6 \text{ N/cm}^2 \{2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2\}$

② たわみ度

$$\frac{\delta_{sb}}{L_1} = \frac{0.199}{178.0} = \frac{1}{894} < \frac{1}{800} \quad (\text{設計指針 2.2.6})$$

(4) スクリーン受桁の強度

受桁に作用する荷重

[解説]

受桁に作用する水位差による水圧荷重、スクリーンバー及び受桁重量の垂直方向荷重は、上部受桁、エプロン等の部材で支持されているが、受桁に作用するものとして強度計算を行う。

なお、受桁に作用するねじりに対しては、強度計算を行わないものとする。また、受桁の支持は、単純支持として計算を行う。

① 受桁に作用する水平荷重  $P_{sx}$

$$P_{sx} = \frac{\rho \cdot g \cdot h_o \cdot (L_1 + L_2) \cdot B}{2} + G_s \cdot \cos \theta$$

ここに、 $G_s$  : スクリーンバー及び受桁の重量  $8493 \text{ N} \{866 \text{ kgf}\}$

H 250 × 250 × 9/14  $4140 \text{ mm}$   $\longrightarrow$   $2942 \text{ N} \{300 \text{ kgf}\}$

F B 75 × 9  $1780 \times 60$  本  $\longrightarrow$   $5551 \text{ N} \{566 \text{ kgf}\}$

B : 受桁の受圧幅(支間)  $4.140 \text{ m}$

$$= \frac{1000 \times 9.807 \times 1.000 \times (1.780 + 1.780) \times 4.140}{2} + 8493 \times \cos 75^\circ$$

$$= 74470 \text{ N} \{7594 \text{ kgf}\}$$

② 受桁に作用する垂直荷重  $P_{sy}$

$$P_{sy} = G_s \cdot \sin \theta = 8493 \times \sin 75^\circ = 8204 \text{ N} \{837 \text{ kgf}\}$$

受桁の断面性能

〔解説〕

断面性能算出において、スクリーンバーの取付用ボルト穴部は低減しないものとする。溝形鋼、I形鋼等における計算上のフランジの厚さは、張出しフランジ部の中央部の厚さとする。またH形鋼、I形鋼の余裕厚部の断面二次モーメントは、次の式により行う。

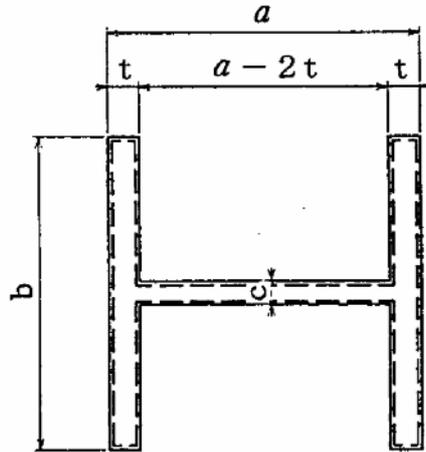
出典：〔2〕

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P137～P144



受桁断面図(参考)

ここに、 $\epsilon_0$ ：余裕厚(片面)

X方向(Y軸に対して)の断面二次モーメントの削除  $I_x$

$$I_x = \frac{1}{12} [ \{ b \cdot a^3 - (b - 2 \cdot \epsilon_0) \cdot (a - 2 \cdot \epsilon_0)^3 \} + (b - c) \cdot \{ (a - 2 \cdot t + 2 \cdot \epsilon_0)^3 - (a - 2 \cdot t)^3 \} ]$$

Y方向(X軸に対して)の断面二次モーメントの削除  $I_y$

$$I_y = \frac{\epsilon_0 \cdot b^2 \cdot (b + 3 \cdot t - 6 \cdot \epsilon_0)}{3}$$

受桁は、H250×250×9/14(S S 400)を使用し、余裕厚は、片面1mm(設計指針 2.3.1)とする。

$$\text{H250} \times \text{250} \times \text{9/14} \text{ の断面二次モーメント } \begin{cases} \text{X方向} & 10700 \text{ cm}^4 \\ \text{Y方向} & 3650 \text{ cm}^4 \end{cases}$$

① X方向(Y軸に対して)の断面二次モーメント  $I_{sx}$

$$I_{sx} = 10700 - \frac{1}{12} \{ 25 \times 25^3 - 24.8 \times 24.8^3 \} + (25.0 - 0.9) \times (22.4^3 - 22.2^3) = 9071 \text{ cm}^4$$

② Y方向(X軸に対して)の断面二次モーメント  $I_{sy}$

$$I_{sy} = 3650 - \frac{0.1 \times 25^2 \times (25 + 3 \times 1.4 - 6 \times 0.1)}{3} = 3054 \text{ cm}^4$$

③ 断面性能

受桁断面性能表(参考)

	断面二次モーメント $I_s(\text{cm}^4)$	断面係数 $Z_s(\text{cm}^3)$	ウェブ総断面積 $A_w(\text{cm}^2)$	圧縮フランジ総断面積 $A_c(\text{cm}^2)$
X方向 (水平方向)	9071	$\frac{2 \times 9071}{24.8} = 731.5$	$0.7 \times 22.4 = 15.68$	$1.2 \times 24.8 = 29.76$
Y方向 (垂直方向)	3054	$\frac{2 \times 3054}{24.8} = 246.3$	—	—

出典：[2]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P137~P144

受桁強度

① X方向(水平方向)の最大曲げモーメント  $M_{sxmax}$

$$M_{sxmax} = \frac{P_{sx} \cdot B}{8} = \frac{74470 \times 414.0}{8} = 3854000 \text{ N} \cdot \text{cm} \{393000 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

② Y方向(垂直方向)の最大曲げモーメント  $M_{symax}$

$$M_{symax} = \frac{P_{sy} \cdot B}{8} = \frac{8204 \times 414.0}{8} = 424600 \text{ N} \cdot \text{cm} \{43300 \text{ kgf} \cdot \text{cm}\}$$

③ 受桁同軸方向の最大曲げ応力度  $\sigma_{smax}$

$$\begin{aligned} \sigma_{smax} &= \frac{M_{sxmax}}{Z_{sx}} + \frac{M_{symax}}{Z_{sy}} = \frac{3854000}{731.5} + \frac{424600}{246.3} \\ &= 5269 + 1724 = 6993 \text{ N/cm}^2 \\ &= 70 \text{ N/mm}^2 \{714 \text{ kgf/cm}^2\} < \sigma_{as} = 93.1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

④ 受桁の最大せん断応力度  $\tau_{smax}$

[解説]

せん断応力度の計算は、X方向(水平方向)のみについて行い、最大の位置は、受桁支点部に発生する。

$$\begin{aligned} \tau_{smax} &= \frac{P_{sx}}{2 \cdot A_w} = \frac{74470}{2 \times 15.68} = 2375 \text{ N/cm}^2 = 23.8 \text{ N/mm}^2 \{242 \text{ kgf/cm}^2\} \\ &< 70 \text{ N/mm}^2 \{700 \text{ kgf/cm}^2\} \text{ (設計指針 2.2.1)} \end{aligned}$$

⑤ 受桁の許容曲げ応力度  $\sigma_{as}$

[解説]

受桁の許容曲げ応力度は、X方向(Y軸に対して)にて算出し、受桁の同軸方向の曲げ応力度と証査する。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{A_w}{A_c} = \frac{15.68}{29.76} = 0.53 < 2 \quad \text{より } K = 2 \quad \text{(設計指針 2.2.1)} \\ \frac{1}{b} = \frac{4140}{248} = 16.69 \quad \text{ここに、} \\ \frac{9}{K} = 4.5 < \frac{1}{b} \leq 30 \quad \begin{array}{l} 1 : \text{圧縮フランジ固定間距離} \\ l = B = 414.0 \text{ cm} \\ b : \text{厚縮フランジ幅 } 24.8 \text{ cm} \end{array} \end{array} \right.$$

故に、許容応力度は、次式により算出する

$$\begin{aligned}\sigma_{as} &= 120 - 1.1 \cdot \left( K \cdot \frac{1}{b} - 9 \right) = 120 - 1.1 \times \left( 2 \times \frac{4140}{248} - 9 \right) \\ &= 93.1 \text{ N/mm}^2 \{950 \text{ kgf/cm}^2\}\end{aligned}$$

受桁のたわみ度

① X方向(水平方向)の最大たわみ量  $\delta_{sx}$

$$\delta_{sx} = \frac{5 \cdot P_{sx} \cdot B^3}{384 \cdot E \cdot I_{sx}} = \frac{5 \times 74470 \times 414.0^3}{384 \times 20.6 \times 10^6 \times 9071} = 0.369 \text{ cm}$$

② X方向(水平方向)の最大たわみ度

$$\frac{\delta_{sx}}{B} = \frac{0.369}{414.0} = \frac{1}{1122} < \frac{1}{800} \quad (\text{設計指針 2.2.6})$$

③ Y方向(垂直方向)の最大たわみ量  $\delta_{sy}$

$$\delta_{sy} = \frac{5 \cdot P_{sy} \cdot B^3}{384 \cdot E \cdot I_{sy}} = \frac{5 \times 8204 \times 414.0^3}{384 \times 20.6 \times 10^6 \times 3054} = 0.120 \text{ cm}$$

④ Y方向(垂直方向)の最大たわみ度

$$\frac{\delta_{sy}}{B} = \frac{0.120}{414.0} = \frac{1}{3450} < \frac{1}{800}$$

出典：[2]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

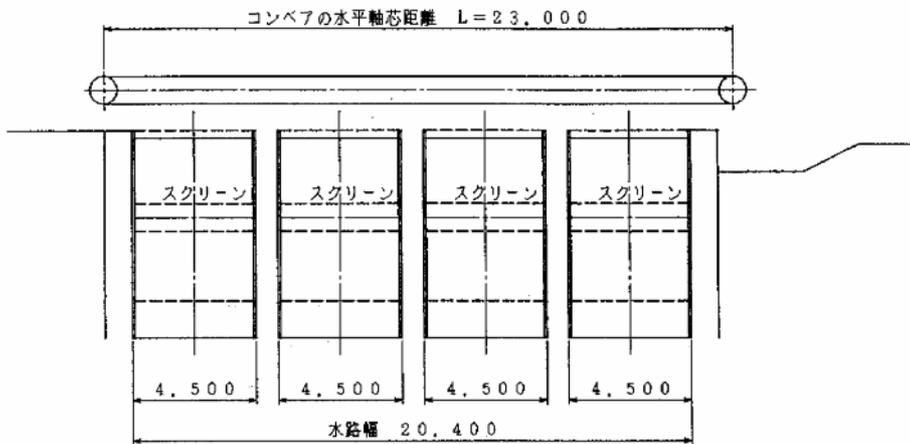
(H22.4) P137～P144

3) 水平ベルトコンベヤ

(1) 設計仕様

設置数	1基	
水平機長	23.000m	
コンベヤ速度	20.000m/min(仮定)(設計指針 3.6.2)	
除塵機仕様		
除塵機基数		$N_j = 4$ 基
水路幅		$B_s = 4.500$ m
レーキ1個当たり設計最大塵芥掻上体積		$V_r = 0.307$ m <sup>3</sup> /個
レーキ幅		$B_r = 3.933$ m
全除塵機による時間当たりの塵芥処理量		$Q_j = 80.57$ m <sup>3</sup> /hr
レーキの取付間隔		$P_r = 4.572$ m
レーキの掻上速度		$v_r = 5.000$ m/min

出典：[3]  
 除塵設備設計指針  
 ー付設計参考例ー  
 (平成22年度版)  
 (H22.4) P145～P150



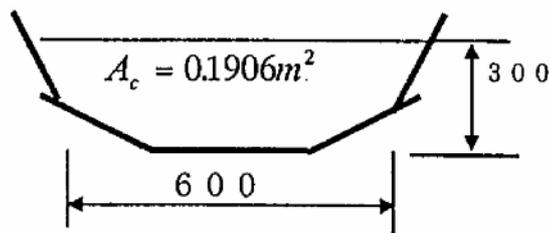
水平ベルトコンベヤの略図(参考)

(2) コンベヤベルト幅の決定

ベルト幅の必要断面積 A (設計指針 3.6.5)

$$A = \sqrt{N_j - 0.5} \cdot \frac{V_r}{B_r} = \sqrt{4 - 0.5} \times \frac{0.307}{3.933} = 0.146\text{m}^2 < A_c = 0.196\text{m}^2$$

$A_c$  : ベルト幅 750mm の有効載荷断面積 (0.196m<sup>2</sup>)



ベルトコンベヤの断面図(参考)

(3) 搬送容量の決定

[解説]

搬送容量を計算する場合は(設計指針 3.6.5)を参照し、コンベヤの速度は、モータ  
プーリ製造者の公称速度で行い、モータのスリップは考慮しない。

コンベヤの載荷断面積による場合の搬送容量  $Q_{c1}$

$$\begin{aligned}
Q_{c1} &= \rho_t \cdot g \cdot A_c \cdot v_c \\
&= 800 \times 9.807 \times 0.1906 \times 20.000 = 29910 \text{ N/min} = 498.5 \text{ N/sec} \\
&= 1794 \text{ kN/hr} \{183 \text{ tf/hr}\}
\end{aligned}$$

ここに、 $\rho_t$  : 塵芥の単位体積質量            800kg/m<sup>3</sup>(設計指針 2.1.3)  
 $v_c$  : コンベヤの速度(仮定)            20.000m/min  
 $g$  : 重力加速度                            9.807m/sec<sup>2</sup>

除塵機設置基数、レーキ載荷断面積、レーキ速度を考慮した場合の搬送容量  $Q_{c2}$

$$\begin{aligned}
n \cdot v_c \cdot t_r &= 1 \times 20.000 \times 0.9144 = 18.29 \text{ m} < L_b = 23.000 \text{ m} < (n+1) \cdot v_c \cdot t_r \\
&= (1+1) \times 20.000 \times 0.9144 = 36.58 \text{ m}
\end{aligned}$$

① コンベヤの速度、機長を考慮した場合の搬送容量  $Q_{c2A}$

$$\begin{aligned}
Q_{c2A} &= \frac{\rho_t \cdot g \cdot V_r N_i \cdot v_c}{L_b} \left( n + \frac{L_b - n \cdot v_c \cdot t_r}{N_j B_s} \right) \\
&= \frac{800 \times 9.807 \times 0.307 \times 4 \times 20.000}{23.000} \\
&\quad \times \left( 1 + \frac{23.000 - 1 \times 20.000 \times 0.9144}{4 \times 4.500} \right) \\
&= 10570 \text{ N/min} = 176.2 \text{ N/sec} \{64.67 \text{ tf/hr}\}
\end{aligned}$$

② 全除塵機の塵芥処理量より算出した場合の搬送容量  $Q_{c2B}$

$$\begin{aligned}
Q_{c2B} &= \frac{\rho_t \cdot g \cdot Q_i}{60} = \frac{800 \times 9.807 \times 80.57}{60} \\
&= 10540 \text{ N/min} = 175.7 \text{ N/sec} \{64.48 \text{ tf/hr}\}
\end{aligned}$$

ここに、 $L_b$  : コンベヤの機長            23.000m

$$t_r = \frac{P_r}{v_r} = \frac{4.572}{5.000} = 0.9144 \text{ min}$$

$P_r$  : レーキの取付間隔            4.572m

$v_r$  : レーキの掻上速度            5.000m/min

$B_s$  : 水路幅                            4.500m

$n$  :  $n \cdot v_c \cdot t_r \leq L_b < (n+1) \cdot v_c \cdot t_r$  を満足する正の整数 1

モータ容量算出に使用する搬送容量  $Q_c$  及び搬送速度  $v_c$  の決定

$$Q_{c1} = 498.5 \text{ N/sec} > Q_{c2A} = 176.2 \text{ N/sec} > Q_{c2B} = 175.7 \text{ N/sec}$$

故に、搬送容量  $Q_c = Q_{c2A} = 176.2 \text{ N/sec}$  (10.57kN/min) 及び速度  
 $v_c = 20.00 \text{ m/min}$  にてモータ容量を算出する。

出典 : [(3)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P145~P150

#### (4) 動力の計算

[解説]

設計指針 3.6.5 を参照し動力の算出計算式は、JIS B 8805(1976)による。

また、テークアップによる機長の変動は、無視して計算をする。

所要動力の算出  $P$

$$P = \frac{1}{6000} \cdot \{f \cdot (L_b + L_q) \cdot (g \cdot W_b \cdot v_c + Q_c) + W_r \cdot L_b \cdot v_c\}$$

ここに、 $f$ : ローラの転動摩擦係数	0.03(設計指針 2.1.6)
$L_q$ : 水平軸心距離修正値	49.000m
$W_b$ : 搬送物以外の運行部の重量	53kg/m(設計指針 3.6.5)
$W_r$ : スカートゴムの摩擦抵抗	50N/m(設計指針 3.6.5)

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{6000} \times \{0.03 \times (23.000 + 49.000) \\ &\quad \times (9.807 \times 53 \times 20.000 + 10570) + 50 \times 23.000 \times 20.000\} \\ &= 1.14\text{kW} \end{aligned}$$

電動機の決定

[解説]

モータプーリの機械効率は、プーリ製造者、形式及びモータ容量等により異なるので選定するに当たってはよく調査する必要がある。

モータの所要容量  $P_n$

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{1.14}{0.85} = 1.34\text{kW} < P_m = 1.5\text{kW}$$

ここに、 $\eta$ : モータプーリの機械効率	0.85
(サイクロ減速機内蔵	1/87) (設計指針 2.4.3)
$P_m$ : 使用モータ容量	1.5kW

#### (5) コンベヤベルトの計算

[解説]

ベルトの有効張力を算出する場合、モータの滑り率は、安全側に配慮する。また、滑り率は、モータプーリ製造者の資料の数値を用いるのが望ましい。

ベルトの有効張力  $F_p$

$$F_p = \frac{60000 \cdot p_m \cdot \eta}{v_c \cdot (1-k)} = \frac{60000 \times 1.5 \times 0.85}{20.000 \times (1-0.05)} = 4026\text{N} \{411\text{kgf}\}$$

ここに、 $k$  : モータの滑り率 0.05

駆動プーリの弛み側張力  $F_2$

$$F_2 = \frac{F_p}{e^{\mu \theta} - 1} = \frac{4026}{e^{0.35 \times 3.316} - 1} = 1837\text{N} \{187\text{kgf}\}$$

ここに、 $\mu$ : ゴムベルトとプーリの摩擦係数	0.35(設計指針 2.1.6)
$\theta$ : ベルトの巻付角	190° (3.316rad)

駆動プーリの張り側張力  $F_1$

$$F_1 = F_p + F_2 = 4026 + 1837 = 5863\text{N} \{598\text{kgf}\}$$

出典 : [(4)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P145~P150

ローラ支間のベルトたわみ規制による必要最小張力  $F_4$

〔解説〕

キャリアローラ、リターンローラの各支点間の中央でのベルトのたわみは、キャリア側では10mm、リターン側ではローラ取付間隔の1/50程度にするのが一般的である。なお、塵芥重量によるベルトに作用する単位長さ当たりの荷重は、平均数値を用いる。

① キャリア側  $F_{4k}$

$$F_{4k} = \frac{l_c}{8 \cdot \delta} \cdot \left( \frac{Q_c}{v_c} + g \cdot W_c \right) = \frac{80}{8} \times 0.800 \times \left( \frac{10570}{20.000} + 9.807 \times 9.3 \right) \\ = 4958 \text{ N} \{506 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $W_c$  : ゴムベルトの質量 9.3kg/m

$l_c$  : キャリアローラの取付間隔 0.800m

$\delta$  : キャリア側たわみ度  $\frac{10 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = \frac{1}{80}$

② リターン側  $F_{4R}$

$$F_{4R} = \frac{l_R \cdot g \cdot W_c}{8 \cdot \delta_R} = \frac{50}{8} \times 2.000 \times 9.807 \times 9.3 = 1140 \text{ N} \{116 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $l_R$  : リターンローラ取付間隔 2.000m

$\delta_R$  : リターン側たわみ度 1/50

故に、必要最小張力  $F_4 = F_{4k} = 4958 \text{ N}$

ベルトに作用する最大張力  $F_{\max}$

$$F_{\max} = F_p + F_4 = 4026 + 4958 = 8984 \text{ N} \{916 \text{ kgf}\} > F_1 = 5863 \text{ N}$$

使用ベルトの安全率  $s$

$$s = \frac{F_B \cdot B_b}{F_{\max}} = \frac{245 \times 750}{8984} = 20.5 > 10 \text{ (設計指針 2.2.5)}$$

ここに、  $F_B$  : 使用ベルトの単位幅当の強力 245 N/mm {250kgf/cm}

$B_b$  : 使用ベルト幅 750mm

出典 : [(5)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P145~P150

4) 傾斜ベルトコンベヤ

(1) 設計仕様

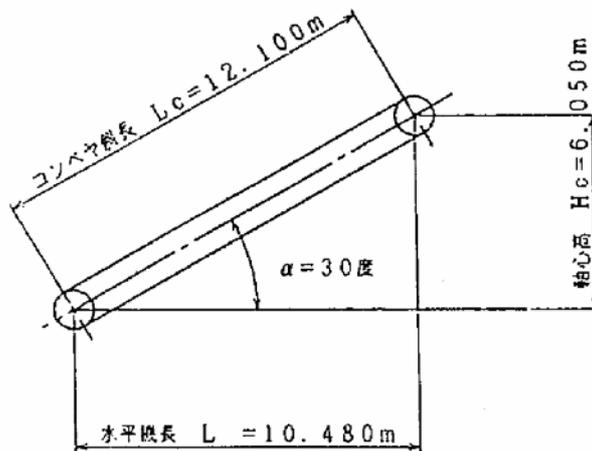
設 置 数	1 基
コンベヤ水平機長	$L_b = 10.480\text{m}$
コンベヤ斜長	$L_c = 12.100\text{m}$
コンベヤ軸心高	$H_c = 6.050\text{m}$
傾斜角度	$\alpha = 30\text{度}$
コンベヤ速度	$v_{ck} = 26.000\text{m/min}$ (設計指針 3.6.2)

1次側コンベヤの仕様

1次側のベルト幅の必要断面積	$A = 0.146\text{ m}^2$
塵芥処理量	$Q_c = 10570\text{ N/min}$ {64.67tf/hr}
コンベヤ速度	$v_c = 20.000\text{m/min}$

除塵機の仕様

除塵機基数	$N_j = 4\text{ 基}$
-------	--------------------



傾斜ベルトコンベヤの略図(参考)

レーキ 1 個当たり設計最大塵芥搔上体積	$V_r = 0.307\text{m}^3/\text{個}$
水路幅	$B_s = 4.500\text{m}$

(2) コンベヤベルト幅の決定

使用ベルトの必要載荷断面積 ( $A_{ck}$ ) の算出

[解説]

ベルト幅は、前段コンベヤ幅(750)以上のものを使用し、載荷断面積は、コンベヤ速度を考慮して決定する。

$$A_{ck} = \frac{A \cdot v_c}{v_{ck}} = \frac{0.146 \times 20.000}{26.000} = 0.1123\text{m}^2 < A_c = 0.123\text{m}^2$$

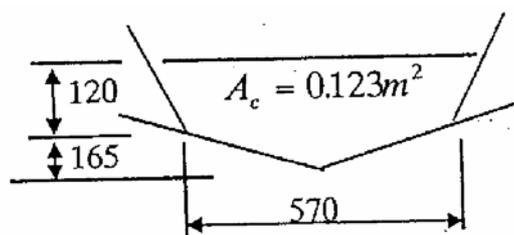
出典：[4]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P150~P155



傾斜ベルトコンベヤの断面図(参考)

(3) 搬送容量の決定

[解説]

搬送容量を計算する時、コンベヤの速度は、モータプーリ製造者の公称速度で行い、モータのスリップは考慮しない。

コンベヤの載荷断面積による場合の搬送容量  $Q_{ck1}$

$$\begin{aligned} Q_{ck1} &= \rho_t \cdot A_c \cdot v_{ck} \cos 3 \cdot (\alpha - 15^\circ) \\ &= 800 \times 9.807 \times 0.123 \times 26.000 \cos 3 \times (30^\circ - 15^\circ) = 17740 \text{ N/min} \\ &= 295.7 \text{ N/sec} \{108.5 \text{ tf/hr}\} \end{aligned}$$

ここに、 $\rho_t$ : 塵芥の単位体積質量 800kg/m<sup>3</sup>(設計指針 2.1.3)  
 $g$ : 重力加速度 9.807m/sec<sup>2</sup>  
 $v_{ck}$ : コンベヤの速度 26.000m/min

全除塵機のレーキ1個当り設計最大塵芥量が連続的にコンベヤに作用した場合の搬送容量  $Q_{ck2}$

[解説]

搬送容量の算出は、傾斜ベルトコンベヤの斜長( $L_c$ )、除塵機の基数( $N_j$ )、レーキの設計最大塵芥掻上体積( $V_r$ )、水路幅( $B_s$ )等を考慮して決定する。

$$B_s \cdot N_j > L_c \text{ の場合 } Q_{ck2} = \frac{\rho_t \cdot g \cdot V_r \cdot v_{ck}}{B_s}$$

$$B_s \cdot N_j \leq L_c \text{ の場合 } Q_{ck2} = \frac{\rho_t \cdot g \cdot V_r \cdot N_j \cdot v_{ck}}{L_c}$$

$$B_s \cdot N_j = 4.500 \times 4 = 18.000 \text{ m} > L_c = 12.100 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Q_{ck2} &= \frac{\rho_t \cdot g \cdot V_r \cdot v_{ck}}{B_s} = \frac{800 \times 9.807 \times 0.307 \times 26.000}{4.500} = 13920 \text{ N/min} \\ &= 232.0 \text{ N/sec} \{85.14 \text{ tf/hr}\} \end{aligned}$$

モータ容量算出に使用する搬送容量  $Q_{ck}$  及び、搬送速度  $v_{ck}$  の決定

$$Q_{ck1} = 17740 \text{ N/min} > Q_{ck2} = 13920 \text{ N/min} > Q_c = 10570 \text{ N/min}$$

故に、 $Q_{ck} = Q_{ck2} = 13920 \text{ N/min} \{85.14 \text{ tf/hr}\}$  及び速度  $v_{ck} = 26 \text{ m/min}$  によってモータ容量を算出する。

#### (4) 動力の計算

[解説]

「設計指針 3.6.5」を参照し、動力の算出計算式は、JIS B 8805(1976)による。また、テークアップによる機長の変動は、無視して計算する。

所要動力の算出  $P$

$$P = \frac{1}{60000} \cdot \{f \cdot (L_b + L_q) \cdot (g \cdot W_b \cdot v_{ck} + Q_{ck}) + Q_{ck} \cdot H_c + W_r \cdot L_c \cdot v_{ck}\}$$

ここに、	$f$ : ローラの転動摩擦係数	0.03	(設計指針 2.1.6)
	$L_b$ : コンベヤ水平軸心間距離	10.480m	
	$L_c$ : コンベヤの斜長	12.100m	
	$L_q$ : 水平軸心距離修正値	49.000m	
	$H_c$ : コンベヤ軸心高距離	6.050m	
	$W_b$ : 搬送物以外の運行部の重量	53kg/m	(設計指針 3.6.5)
	$W_r$ : スカートゴムの摩擦抵抗	50N/m	(設計指針 3.6.5)
	$v_{ck}$ : コンベヤの速度	26.000m/min	

$$P = \frac{1}{60000} \times \{0.03 \times (10.480 + 49.000) \times (9.807 \times 53 \times 26.000 + 13920) + 13920 \times 6.050 + 50 \times 12.100 \times 26.000\}$$
$$= 2.482 \text{ kW}$$

電動機の決定

[解説]

モータプーリの機械効率は、プーリ製造者、形式、モータ容量等により異なるので、選定に当たっては、調査する必要がある。

モータの所要容量  $P_n$

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{2.482}{0.85} = 2.92 \text{ kW} < P_m = 3.7 \text{ kW}$$

ここに、	$\eta$ : モータプーリの機械効率	0.85	(サイクロ減速機内蔵 1/87) (設計指針 2.4.3)
	$P_m$ : 使用モータ容量	3.7kW	

#### (5) コンベヤベルトの計算

[解説]

ベルトの有効張力を算出する場合、モータの滑り率は、安全側に配慮する。また、滑り率は、モータプーリ製造者の資料の数値を用いるのが望ましい。

ベルトの有効張力  $F_p$

$$F_p = \frac{60000 \cdot P_m \cdot \eta}{v_{ck} \cdot (1-k)} = \frac{60000 \times 3.7 \times 0.85}{26.000 \times (1-0.05)} = 7640 \text{ N} \{779 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $k$  : モータの滑り率 0.05

駆動プーリの弛み側張力  $F_2$

$$F_2 = \frac{F_p}{e^{\mu \theta} - 1} = \frac{7640}{e^{0.35 \times 3.316} - 1} = 3486 \text{ N} \{356 \text{ kgf}\}$$

ここに、	$\mu$ : ゴムベルトとプーリの摩擦係数	0.35	(設計指針 2.1.6)
	$\theta$ : ベルトの巻付角	190°	(3.316rad)

出典 : [(4)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P150~P155

駆動プーリの張り側張力  $F_1$

$$F_1 = F_p + F_2 = 7640 + 3486 = 11126 \text{ N} \{1135 \text{ kgf}\}$$

ベルトゴムの重量による傾斜張力  $F_3$

$$F_3 = W_c \cdot L_b \cdot g (\tan \alpha - f) = 10.6 \times 10.480 \times 9.807 \times (\tan 30^\circ - 0.03) \\ = 596 \text{ N} \{60.8 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $W_c$  : ゴムベルトの重量 10.6 kg/m  
 $\alpha$  : コンベヤの傾斜角度 30度

ローラ支間のベルトたわみ規制による必要最小張力  $F_4$

[解説]

キャリアローラ、リターンローラ支点間の中央部でのベルトのたわみは、キャリア側では10mm、リターン側ではローラ取付間隔の1/50程度にするのが一般的である。なお、塵芥荷重によるベルトに作用する単位長さ当たりの荷重は、平均数値を用いる。

① キャリア側  $F_{4k}$

$$F_{4k} = \frac{l_c}{8 \cdot \delta} \cdot \left( \frac{Q_{ck}}{v_{ck}} + g \cdot W_c \right) \cdot \cos \alpha \\ = \frac{80 \times 0.800}{8} \times \left( \frac{13290}{26.000} + 9.807 \times 10.6 \right) \times \cos 30^\circ \\ = 4262 \text{ N} \{435 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $l_c$  : キャリアローラの取付間隔 0.800m

$$\delta : \text{キャリア側たわみ度} \quad \frac{10 \text{ mm}}{800 \text{ mm}} = \frac{1}{80}$$

② リターン側  $F_{4R}$

$$F_{4R} = \frac{I_R}{8 \cdot \delta_R} \cdot g \cdot W_c \cdot \cos \alpha = \frac{50 \times 2.000}{8} \times 9.807 \times 10.6 \times \cos 30^\circ \\ = 1125 \text{ N} \{115 \text{ kgf}\}$$

ここに、  $I_R$  : リターンローラの取付間隔 2.000m

$\delta_R$  : リターン側たわみ度 1/50

故に、必要最小張力  $F_4 = F_{4k} = 4262 \text{ N}$  とする。

ベルトに作用する最大張力  $F_{\max}$

① モータ出力による場合  $F_{\max 1}$

$$F_{\max 1} = F_p + F_2 = 7640 + 3486 = 11126 \text{ N} \{1136 \text{ kgf}\}$$

② ベルトの撓み、傾斜張力を考慮した場合  $F_{\max 2}$

$$F_{\max 2} = F_p + F_3 + F_4 = 7640 + 596 + 4262 = 12498 \text{ N} \{1275 \text{ kgf}\}$$

故に最大張力  $F_{\max} = F_{\max 2} = 12498 \text{ N}$

ベルトの安全率  $s$

$$s = \frac{F_b \cdot B_b}{F_{\max}} = \frac{245 \times 750}{12498} = 14.7 > 10 \text{ (設計指針 2.2.5)}$$

ここに、  $F_b$  : 使用ベルトの単位幅当の強力 245 N/mm {250 kgf/m}

$B_b$  : 使用ベルト幅 750mm

出典 : [(5)]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成22年度版)

(H22.4) P150~P155

5) ホッパ

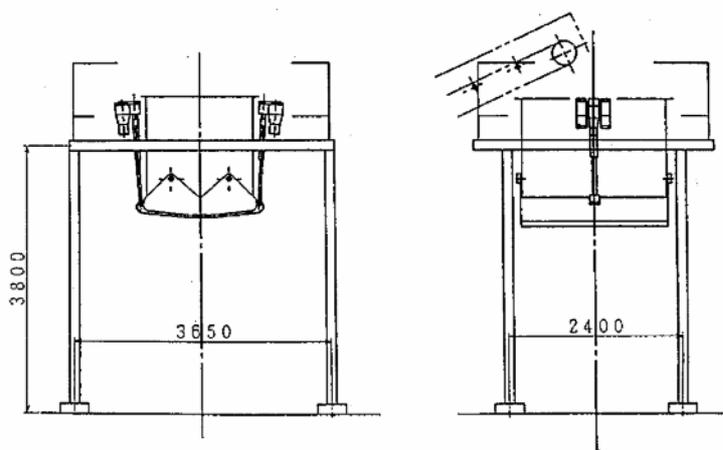
(1) 設計仕様

塵芥最大受荷量	6.000 m <sup>3</sup> /hr
ホッパ容量	5.000 m <sup>3</sup>
開閉方式	電動シリンダ方式
開口部寸法	1.600m×1.800m

[解説]

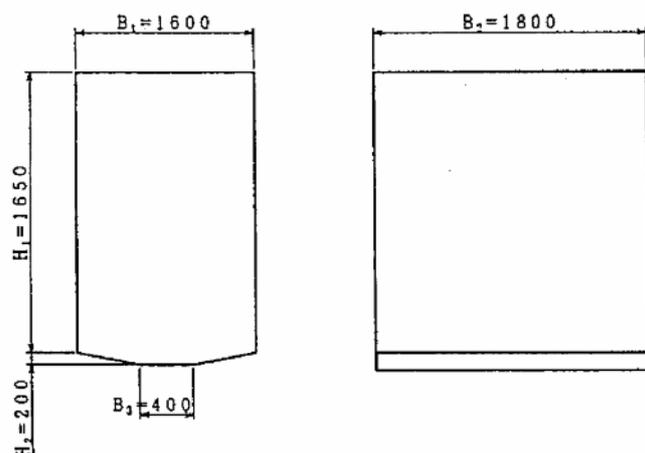
ホッパの形式、容量等の決定にあたっては(設計指針 3.7)の主旨を考慮して計画するのが望ましい。

(2) ホッパ概略図



ホッパ概略図(参考)

(3) ホッパ容量 (V<sub>1</sub>) の算出



ホッパの寸法図(参考)

出典：[5]

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

(平成 22 年度版)

(H22.4) P155~P159

$$V_1 = \left( \frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H_2 + H_1 \cdot B_1 \right) \cdot B_2$$

$$= \left( \frac{1.600 + 0.400}{2} \times 0.200 + 1.650 \times 1.600 \right) \times 1.800$$

$$= 5.11 \text{m}^3 > 5.00 \text{m}^3$$

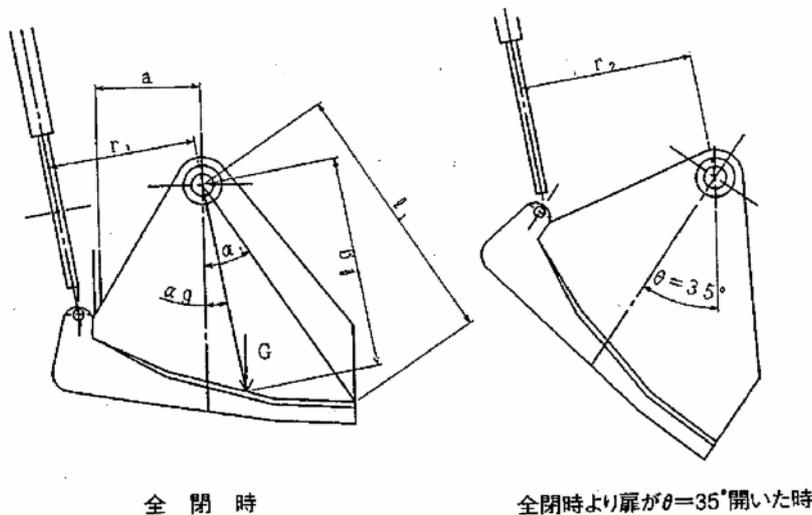
ここに、 $V_1$ ：ホップ容量  $\text{m}^3$   
 $B_1$ 、 $B_2$ ：ホップ上部寸法  $\text{m}$   
 $H_1$ 、 $H_2$ ：ホップの高さ寸法  $\text{m}$

（4）カットゲートの開閉力の計算

〔解説〕

開閉力の計算は、可動部が氷結していないものとして行うが、運転時氷結する恐れのある場合は、氷結に対して有効な対策を講ずる必要がある。また、ホップにフード等を設ける場合、フード内にも塵芥があるものとして開閉力を証査する。なお、開閉力の算出は、ホップゲートの吊心位置及びゲート開度により開閉力が異なるので、最大の数値を求める必要がある。

軸受ピン等の摩擦抵抗力は、値が小さいので無視し、閉扉操作時にはホップ内に塵芥は、無いものとして計算する。



ゲートと電動シリンダとの関連図(参考)

ゲート底板に使用する平均単位荷重  $P_i$

$$P_i = \rho_t \cdot g \cdot \left( H_1 + \frac{H_2}{2} \right) = 800 \times 9.807 \times \left( 1.650 + \frac{0.200}{2} \right)$$

$$= 13730 \text{N} \{1.400 \text{tf/m}^2\}$$

ここに、 $\rho_t$ ：塵芥の単位体積質量  $800 \text{kg/m}^3$  (設計指針 2.1.3)  
 $g$ ：重力加速度  $9.807 \text{m/sec}^2$

開閉力の計算

1) 閉扉力  $T_1$  (全閉時)

$$T_1 = \frac{G_t \cdot l_g \cdot \sin \alpha_g + P_i \cdot B_2 \cdot (l_1 \cdot \sin \alpha_1 + \alpha) \cdot (l_1 \cdot \sin \alpha_1 - \alpha) / 2 - \mu \cdot P_i \cdot B_2 \cdot (l_1 \cdot \sin \alpha_1 + \alpha) \cdot l_1 \cdot \cos \alpha_1}{r_1}$$

ここに、

$T_1$ : 閉扉時シリンダに作用する荷重	
$r_1$ : 開閉用ピンよりシリンダまで垂線距離	0.45m
$G_t$ : 扉重量	1764N {180kgf}
$l_g$ : 開閉用ピンから扉重心までの距離	0.580m
$\alpha_g$ : 開閉用ピンから扉重心の偏心角度	5度
$l_1$ : 開閉用ピンから扉先端までの距離	0.750m
$\alpha_1$ : 開閉用ピンから扉先端の偏心角度	42度
$\alpha$ : 開閉用ピンからホップ側板までの距離	0.300m
$\mu$ : 塵芥と扉底板の摩擦係数	0.5(設計指針 2.1.6)

閉扉力は、安全を見込み、上式3項は、零として計算する。

$$T_1 = \frac{1764 \times 0.580 \times \sin 5^\circ + 13730 \times 1.800 \times (0.750 \times \sin 42^\circ + 0.300) \times (0.750 \times \sin 42^\circ - 0.300)}{0.450}$$
$$= 4643 \text{ N } \{473 \text{ kgf}\}$$

## 2. 天井クレーン（標準）

形式の選定はポンプ口径、重量、吊上げ揚程、使用頻度等によって、その機場設備に適合したものでなければならない。

〔解説〕（参考）

### 1) 天井クレーンの規格等

- (1) 天井クレーンの選定は、「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」（214～232頁）に基づいて行うものとする。
- (2) クレーン（ガーダタイプ）の強度計算は、JIS B 8821 に準拠したものとする。
- (3) クレーンの構造については、クレーン等各構造規格に準拠したものとする。

### 2) 天井クレーンの省略の検討

- (1) 排水機場全体の総合的なコストの比較を行い、据付・メンテナンスにトラッククレーンを使用して、天井クレーンを省略する検討も行うものとする。

## 3. 燃料貯油槽（標準）

燃料貯油槽は、十分な強度を有するとともに腐食、漏油などに対しても安全な構造とする。

〔解説〕（参考）

屋外、室内、地下タンクについての基本的考え方は「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」に明記されているが、地下タンクの寸法、構造については下記、建設大臣官房営繕部監修「機械設備工事標準図」を参考にするものとする。

設置場所の条件によってタンク室を設ける場合と、そうでない場合があり、選定条件は地盤変動の恐れがあるとき、浸水しやすい地質あるいはタンク附近、又は上部に通行車輛その他による動荷重がかかるような場合には、タンク室を設けることが望ましい。

尚、燃料貯油槽の設置に関して、「危険物の規制に関する政令」などの関係法令及び該当する地方公共団体の条例等を遵守したものでなければならない。

燃料系統設備の構成等細部事項については「揚排水ポンプ設備設計指針（案）同解説（平成13年2月） P123～P132 に記述されているので参照の事。

出典：〔4〕

除塵設備設計指針

—付設計参考例—

（平成22年度版）

（H22.4）P155～P159

1) タンク室を設ける場合

(1) 据付図

(単位：mm)

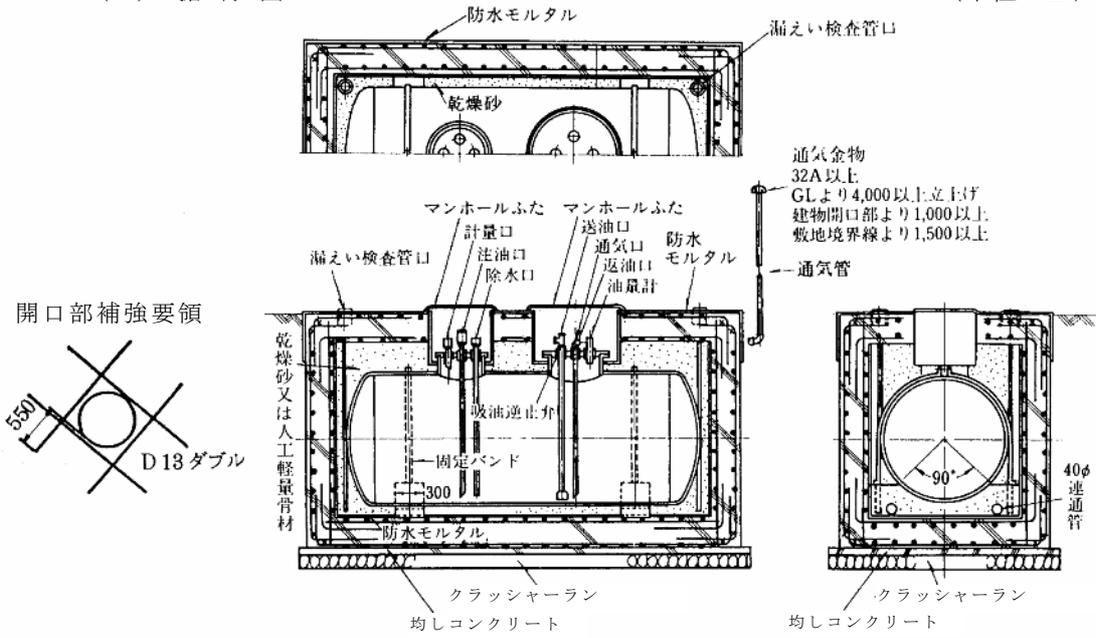


図 (a)

地番強度、地下水位、施工方法等を考慮し、配筋サイズ、配筋ピッチ、壁厚、スラブ厚等を計算決定する。

(2) 外郭及び構造施工要領

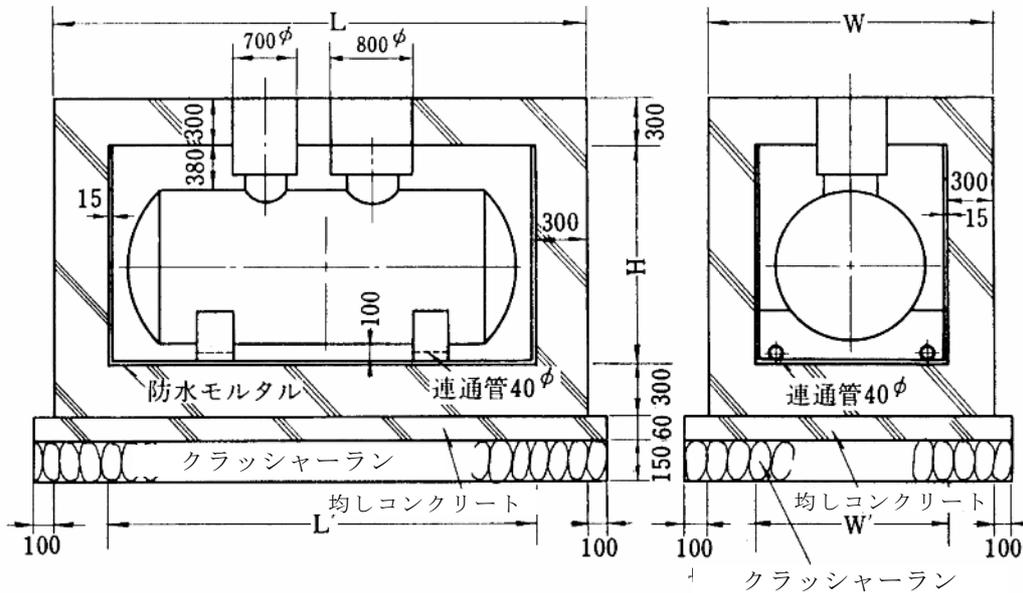


図 (b)

表 (b)

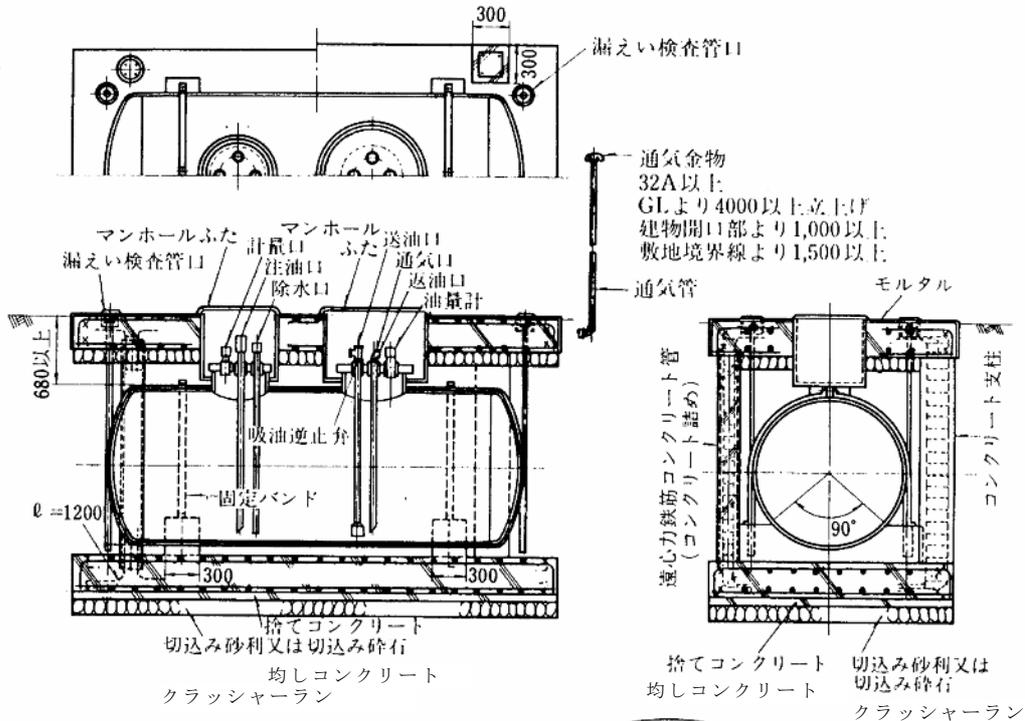
記 号	L	W	L'	W'	H
T <sub>o</sub> -0.95	3,800	2,000	3,200	1,400	1,250
T <sub>o</sub> -1.5	4,300	2,100	3,700	1,500	1,350
T <sub>o</sub> -1.9	4,350	2,200	3,750	1,600	1,450
T <sub>o</sub> -3	4,450	2,450	3,850	1,850	1,700
T <sub>o</sub> -4	4,800	2,550	4,200	1,950	1,800
T <sub>o</sub> -5	5,600	2,550	5,000	1,950	1,800
T <sub>o</sub> -6	5,850	2,650	5,250	2,050	1,900
T <sub>o</sub> -7	5,900	2,750	5,300	2,150	2,000
T <sub>o</sub> -8	6,500	2,750	5,900	2,150	2,000
T <sub>o</sub> -10	7,150	2,850	6,550	2,250	2,100
T <sub>o</sub> -12	6,800	3,050	6,200	2,450	2,300
T <sub>o</sub> -13	7,200	3,050	6,600	2,450	2,300
T <sub>o</sub> -15	8,000	3,050	7,400	2,450	2,300
T <sub>o</sub> -18	8,550	3,150	7,950	2,550	2,400
T <sub>o</sub> -20	9,250	3,150	8,650	2,550	2,400
T <sub>o</sub> -25	10,250	3,250	9,650	2,650	2,500
T <sub>o</sub> -30	10,300	3,450	9,700	2,850	2,700

2) タンク室を設けない場合

(1) 据付図

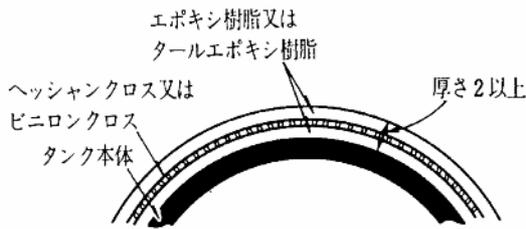
遠心力鉄筋コンクリート管 コンクリート支柱の場合  
支柱の場合

(単位：mm)



(a) アスファルト被覆の場合

(b) モルタル被覆の場合



(c) エポキシ樹脂被覆の場合

保護材の凡例

- タンク本体
- ▨ ピッチ及びアスファルトプライマー
- ▬ アスファルトルーフィング
- ▭ モルタル
- ◇◇◇◇ ワイヤラス

図(c)

注(イ) タンク全長が5m以上の場合は、基礎台を3箇所とする。

(ロ) 配筋要領及び開口部の補強は1-1(地下オイルタンク据付け図)の配筋表、  
開口部補強要領及び注(イ)による。

(2) 外郭及び構造施工要領

(単位：mm)

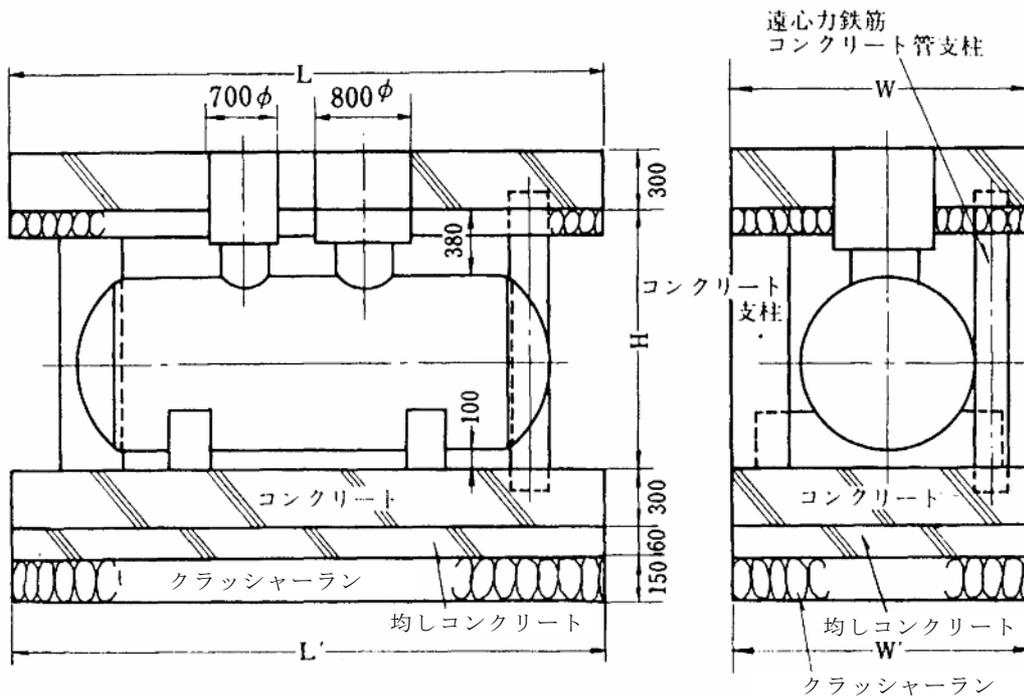
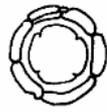


図 (d)

表 (c)

記号	L	L'	W	W'	H	支 柱	
						支柱断面	本数
T <sub>o</sub> -0.95	3,200	3,200	1,600	1,600	1,250	 遠心力鉄筋コンクリート 管内径 200φ 主筋D16 4本 フープD10-150G	4
T <sub>o</sub> -1.5	3,700	3,700	1,700	1,700	1,350		4
T <sub>o</sub> -1.9	3,750	3,750	1,800	1,800	1,450		4
T <sub>o</sub> -3	3,850	3,850	2,050	2,050	1,700		4
T <sub>o</sub> -4	4,200	4,200	2,150	2,150	1,800		4
T <sub>o</sub> -5	5,000	5,000	2,150	2,150	1,800		6
T <sub>o</sub> -6	5,250	5,250	2,250	2,250	1,900		6
T <sub>o</sub> -7	5,300	5,300	2,400	2,400	2,000	 鉄筋コンクリート支柱 300×300	6
T <sub>o</sub> -8	5,900	5,900	2,400	2,400	2,000		6
T <sub>o</sub> -10	6,550	6,550	2,500	2,500	2,100		6
T <sub>o</sub> -12	6,200	6,200	2,700	2,700	2,300		6
T <sub>o</sub> -13	6,600	6,600	2,700	2,700	2,300		6
T <sub>o</sub> -15	7,400	7,400	2,700	2,700	2,300		6
T <sub>o</sub> -18	7,950	7,950	2,800	2,800	2,400		6
T <sub>o</sub> -20	8,650	8,650	2,800	2,800	2,400		6
T <sub>o</sub> -25	9,650	9,650	2,900	2,900	2,500		6
T <sub>o</sub> -30	9,700	9,700	3,100	3,100	2,700		6

注(イ) 上記寸法は、タンク保護方法がアスファルト塗りの場合を示す。

(ロ) 遠心力鉄筋コンクリート管は「外圧管1種A形」とする。

#### 4. 手摺・階段・防護柵等（標準）

揚排水ポンプ設備の維持、管理を安全に行うために設置する手摺・階段・防護柵・梯子に適用する。

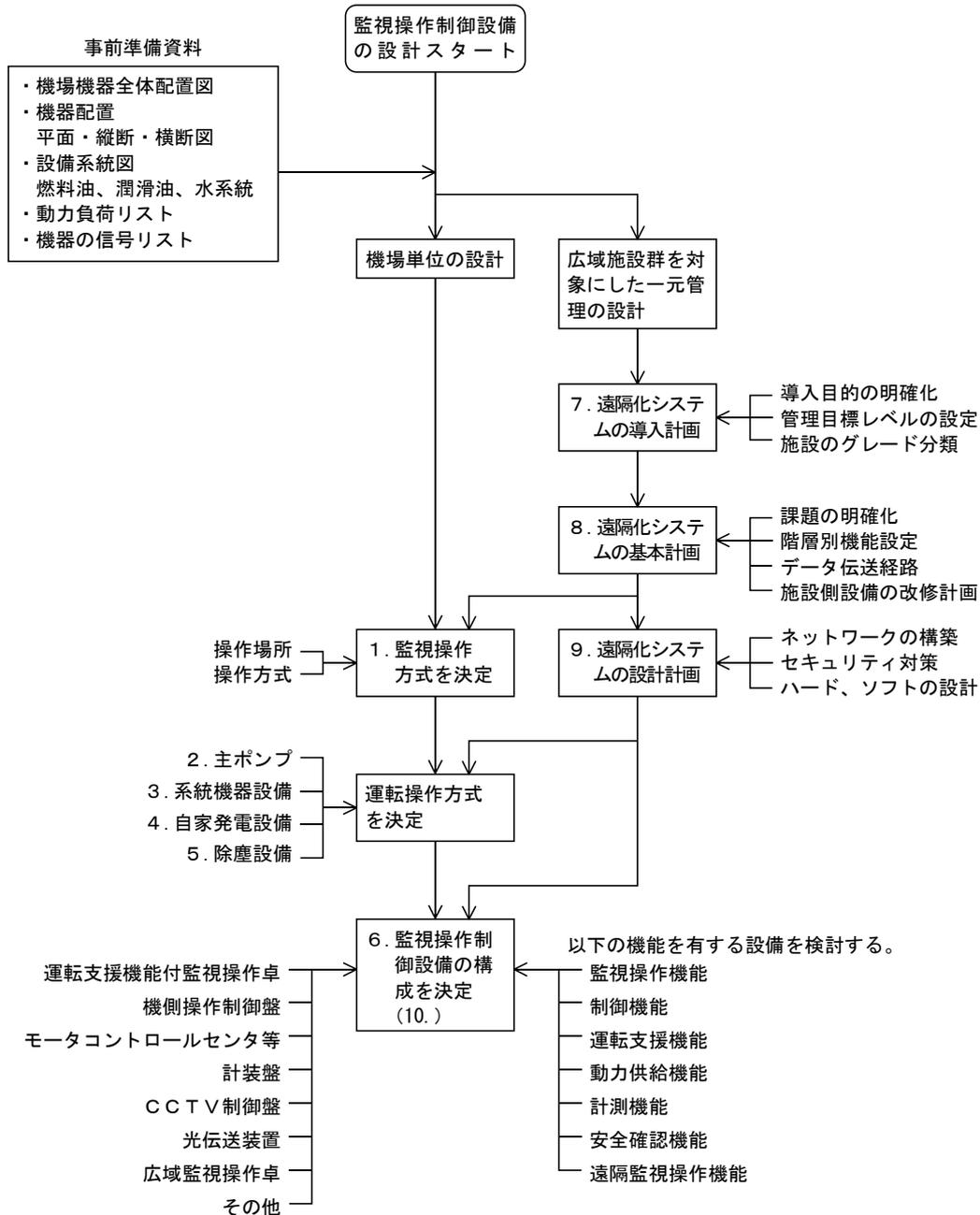
##### 〔解説〕

- 1) 揚排水ポンプ設備には、その機能を維持するに必要な操作、点検を安全に行うために、手摺・階段・防護柵・梯子を設置する。  
ここに、手摺とは操作橋、階段などのように歩行者が通る部分に設けるものをいう。防護柵とは操作台の周囲、擁壁などに設け、操作点検時の転落防止の目的で設けるものをいう。なお、フェンスなどについては、適用外とする。
- 2) 手摺・階段・防護柵等の形状および基本寸法は、第1章水門設備編を参照。

## 第6節 監視操作制御設備（標準）

揚排水機場の監視操作制御設備は、ポンプ設備の用途、規模、管理及び運用体制に対応し、信頼性及び安全性が高く、操作制御性に優れたものとする。

監視操作制御設備の計画・設計の基本的な手順及びその概要を下図に示す。なお、計画・設計の詳細については「揚排水ポンプ設備技術指針（案）同解説」（以降「揚排指針」と記す。）及び「排水機場等遠隔操作監視設備技術マニュアル（案）」（以降「遠隔マニュアル」と記す。）を参照のこと。



監視操作制御設備の基本的な計画・設計フロー

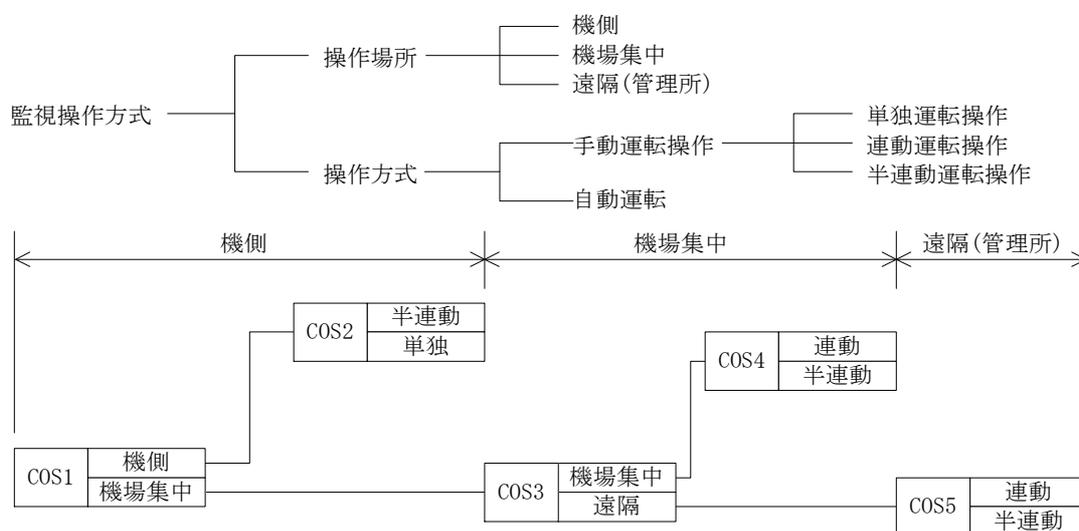
## 1. 監視操作方式

1. 揚排水機場におけるポンプ設備の監視操作は、各機器の運転状態を的確に把握して、所定の運転操作が行えるものとする。
2. ポンプ設備の操作場所、操作方式は機場規模、管理体制等を考慮して決する。
3. 監視操作は、遠隔→機場集中→機側の順とする。  
 なお、複数の場所から同時に操作は行えないものとする。  
 また、万一、不測の事故が機場集中あるいは遠隔側で発生した場合でも、機側で監視操作が行えるものとする。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 24 条」による。）

### 1) 監視操作の形態

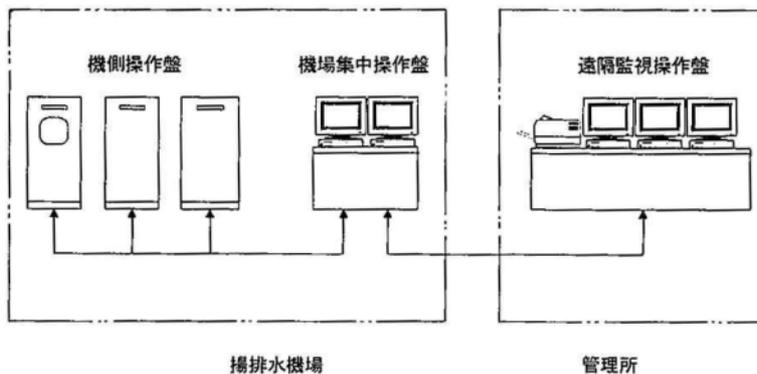
監視操作の形態を次のように区分する。



### 2) 操作場所

機器を運転、停止するための操作スイッチが取付けてある操作盤の設置位置(下図)によって、操作場所の呼び方として次の三種類に分類する。

- ① 操作盤が、揚排水機場の運転する機器の近くからの機側操作。
- ② 操作盤が、揚排水機場の機器から離れた場所からの機場集中操作。
- ③ 操作盤が、揚排水機場から離れた管理所からの遠隔操作。



操作盤の位置関係

## 2. 主ポンプの運転操作方式

1. 主ポンプ設備の運転操作方式は、「連動運転操作」「半連動運転操作」「単独運転操作」の各方式とし、用途、機器構成、操作場所等を考慮して決定する。
2. 揚水機場における主ポンプ設備の運転操作方式は、前項の運転操作方式に加えて、「自動運転」の採用も考慮する。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 25 条」による。）

### 1) 連動運転操作

「連動運転操作」は、一連の機器に対して共通となる一つの操作スイッチを手動で一回操作することで、あらかじめ定められた順序に従って、各関連機器（原動機、弁、その他関連系統機器設備）が逐次連動して始動・停止や開閉を行う方式である。

なお、「連動運転操作」の操作場所は、遠隔及び機場集中が一般的である。

### 2) 半連動運転操作

「半連動運転操作」は、吐出し弁の開閉操作や流体継手の充排油弁開閉のみを単独操作するもので、内外水位の状況等により、管理運転時及び排水運転時の排水量を制御する場合等に採用する。

なお、「半連動運転操作」の操作場所は、遠隔、機場集中及び機側のいずれでもよい。

### 3) 単独運転操作

「単独運転操作」は、主ポンプを含む機器類に関する各々独立した操作スイッチを手動で操作することによって始動・停止させるもので、一般に手動単独運転ともいう。

なお、「単独運転操作」の操作場所は、機場集中及び機側が一般的である。

### 4) 管理運転操作

排水ポンプ設備の機能を維持するために行う管理運転は、「連動運転操作」が一般的であるが、管理運転時に水位や流量の運転条件が満たされない場合は、「半連動運転操作」とする。

### 5) 自動運転

自動運転は、必要な機器を自動的に始動・停止するためオンオフ制御とも呼ばれ、計測機器で測定した計測値が、あらかじめ設定された上限あるいは下限値を超えた場合に、運転の対象となる機器の始動又は停止指令を自動的に出す運転方式である。

排水機場の場合は、主ポンプ始動時の安全確認体制が整っていなければ自動運転とすることが困難であるので、原則として系統機器設備でのみ自動運転を採用し、主ポンプの始動に限っては手動運転操作を原則とする。

揚水機場の場合は、一般的に高頻度、長時間連続運転になることが多く、省力化等を図るため自動運転の採用を検討する。

### 3. 系統機器設備の運転操作方式

系統機器の運転操作方式は、用途を考慮して「単独運転操作」「連動運転操作」又は「手動運転操作」「自動運転」のいずれかより決定する。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 26 条」による。）

#### 1) 系統機器設備の用途による区分

系統機器類は、主ポンプ（ポンプ、減速機、原動機）1 台ごとに設置された主ポンプ直属系統機器と主ポンプ全台数及び自家発電設備に共通する系統機器に区分される。共通する系統機器には、主ポンプ又は自家発電設備と連動運転されるもの（共通Ⅰ）と液面スイッチや圧力スイッチで状態検知をして自動運転されるもの（共通Ⅱ）がある。

各区分の系統機器としては次のものがある。

主ポンプ直属…初期潤滑油ポンプ、冷却水電動弁、潤滑水電動弁、吸気用電動弁等

共通Ⅰ……冷却水ポンプ、潤滑水ポンプ、真空ポンプ等

共通Ⅱ……取水ポンプ、給水ポンプ、燃料移送ポンプ、空気圧縮機、屋内排水ポンプ等

① 系統機器の共通Ⅰ及びⅡの「単独運転操作」は各系統機器機側操作盤における操作とし、主ポンプ直属系統機器の「単独運転操作」は主ポンプ機側操作盤における操作とする。

② 系統機器の共通Ⅱで同形機が常用・予備として2 台以上ある場合は、自動的に交互運転が行えるような回路を構成する。また、故障等で当該号機の運転が行えない場合は、飛び越し運転が行えるような回路を構成する。

### 4. 自家発電設備の運転操作方式

自家発電設備の運転操作方式は、「連動運転操作」又は「単独運転操作」とし、発電設備の構成、操作場所等を考慮して決定する。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 27 条」による。）

#### 1) 排水ポンプ設備における自家発電設備の運転操作方式

排水ポンプ設備に使用される自家発電設備では、設備を単純化するために発電機を始動する際は手動運転操作（連動運転操作）を原則とし、運転中の発電機が故障のため停止した場合には、予備の発電機も手動運転操作にて始動させる。また、遠隔操作での自家発電設備の運転操作方式は、「連動運転操作」が一般的である。

ただし、遠隔操作を行う場合、特に遠隔対象機場が複数ある場合等は、発電機が停止すると遠隔設備の電源がなくなるため、予備の発電機は遠隔からの安全確認ができる設備を設けた上で、自動始動の方法も検討する。

#### 2) 揚水ポンプ設備における自家発電設備の運転操作方式

揚水ポンプ設備で使用される自家発電設備は、保安設備や管理設備に使用されることが多いため、停電等の電圧低下時は自動的に運転する自動始動方式を採用する。もし、自動始動が出来ない場合は手動運転操作にて始動させる。

#### 3) 自家発電設備の系統機器の連動運転操作

自家発電設備の系統機器類の連動運転操作は、主ポンプに準ずるものとする。

## 5. 除塵設備の運転操作方式

除塵設備の運転操作方式は、「連動運転操作」又は「単独運転操作」とし、除塵設備の形式、構成及び操作場所等を考慮して決定する。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 28 条」による。）

### 1) 除塵機及びベルトコンベヤの運転操作方式

除塵機及びベルトコンベヤは、誤操作による危険性を重視して機側操作での単独運転操作と連動運転操作が一般的である。

### 2) 逆転運転

除塵機及びベルトコンベヤは保守・点検用として逆転運転ができるようにし、操作開閉器を操作している間だけ逆転を行うものとする。

### 3) 非常停止スイッチ

危険防止のため本体に非常停止用引綱スイッチ等を設けるものとする。

### 4) 貯留設備の運転操作方式

ホッパ等の貯留設備の開閉操作は、機側での単独操作のみとする。

### 5) 機場集中・遠隔操作の場合の留意点

機場集中・遠隔操作の場合は、屋外に設置される除塵設備周囲の安全を目視又は C C T V 装置等で確認して操作が行えるようにしなければならない。

## 6. 監視操作制御設備の構成

監視操作制御設備は、下記の機能をもつ設備により構成し、ポンプ設備の用途、規模、主原動機の種類、運転操作方式等を考慮して必要機能を決定する。

- 1 監視操作機能
- 2 制御機能
- 3 運転支援機能
- 4 動力供給機能
- 5 計測機能
- 6 安全確認機能
- 7 遠隔監視操作機能

〔解説〕（詳細は「揚排指針 31 条」による。）

### 1) 方針

監視操作制御設備の各機能の設定及び機能内容については、施設全体の役割と運用方法を十分熟知した上で計画・設計に当たらなければならない。

各機能をもつ設備は、必ずしも独立して設置する必要はなく、主ポンプの台数や吐出し量、系統機器の台数や種類、運転操作方式等により組み合わせを検討し、適宜、機能を分散させたり組み合わせることにより、設備の信頼性を確保しつつ、システムの簡素化・合理化となるように配慮する。たとえば、監視操作機能と運転支援機能を一体化した方が合理的な場合はそれを採用する。

## 2) 留意点

### (1) 雷対策

制御設備、特に電子機器は、雷によるサージ性異常電圧に弱いため、雷対策が必要である。雷害には、直接雷と誘導雷による場合があり、大半は誘導雷でサージ性異常電圧が電源や制御用の電線より侵入し、設備機器に被害を与えるため適切な雷対策が必要である。

### (2) 耐震設計

各盤は耐震設計に留意し、重心が低くなるよう収納器具の取付け位置を考慮するとともに、卓上に設置する機器に対しては、落下・転倒を防止するための配慮をする必要がある。

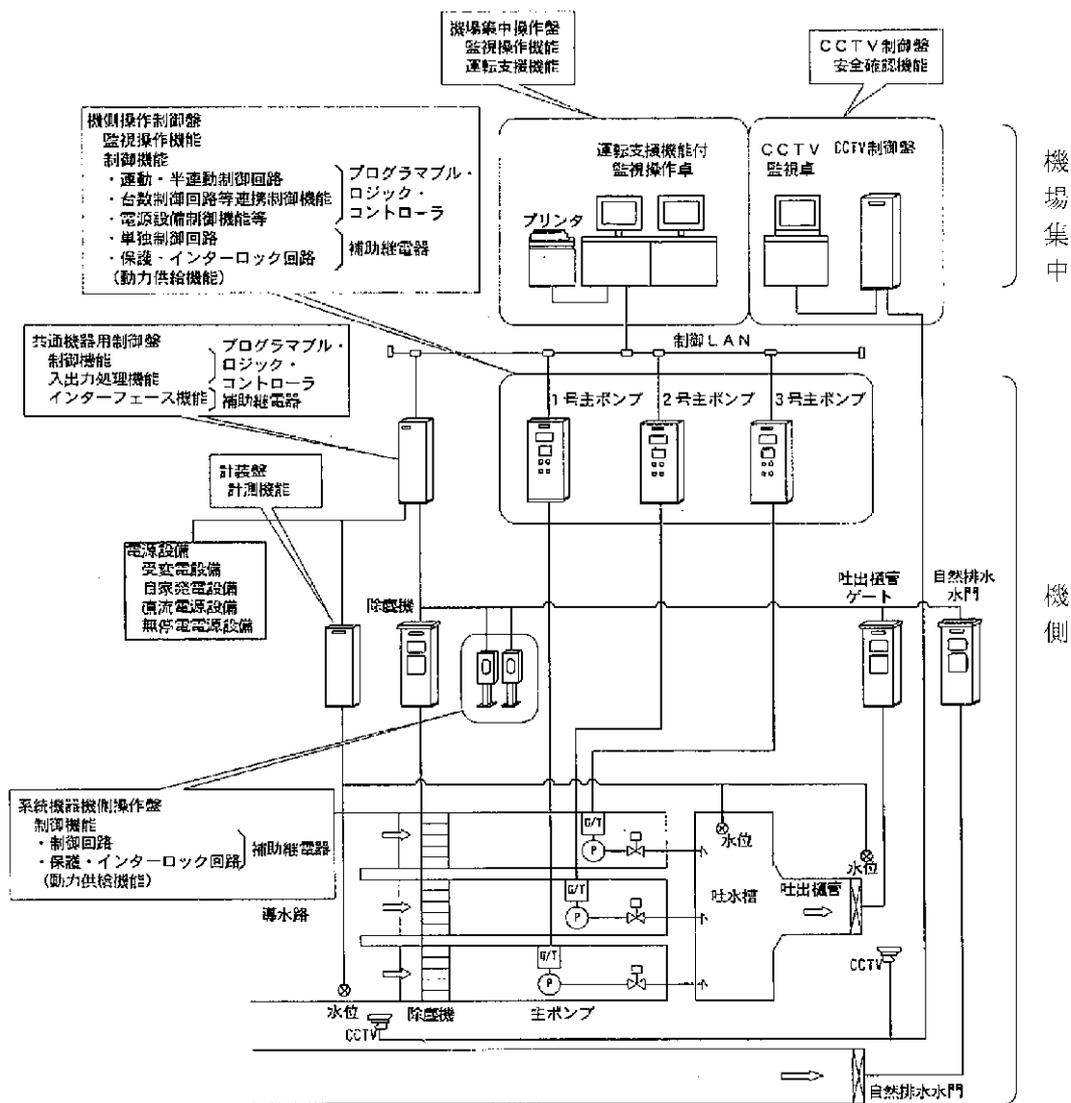
### (3) 耐水化対策

各盤及び電線管やケーブル接続箇所は耐水化に留意し、設置レベルを既往最高内水位、内水側支川の計画堤防高、もしくは計画降雨時のポンプ無稼働湛水位のいずれか高い水位以上に設置する。それが不可能な場合には、耐水形機器の採用又は機場及び機器への浸水がないように機場上屋、搬入口扉等を水密性の構造とする。

## 3) システム構成例

中規模排水機場の構成例を次図に示す。

- |       |                                |
|-------|--------------------------------|
| ・主ポンプ | 5 m <sup>3</sup> /s 立軸斜流ポンプ×3台 |
| ・駆動機  | 立形ガスタービン                       |
| ・操作場所 | 機場のみ                           |



中規模排水ポンプ設備における監視操作制御設備システム構成例

4) 監視操作機能

監視操作機能は、各操作場所、操作内容に合わせてポンプ設備の状態を確認・把握し、各機器を安全、確実かつ容易に操作できるものとする。

5) 制御機能

制御機能は、主に制御、保護・インターロック、表示等の機能を有し、操作指令を受けて各機器の単独・半連動・連動・自動等の運転制御を行うもので、機器構成と制御内容を考慮して、適切な機能とその分担を定めるものとする。

6) 運転支援機能

運転支援機能は、運転操作支援、故障対応支援、記録・情報管理等を行うことによって、確実な揚排水運転、異常時の速やかな対応、合理的な維持管理を可能とするためのものであり、必要機能は機場規模、管理体制等を考慮の上、決定する。

7) 動力供給機能

動力供給機能は、操作対象の電動機を安全、確実に運転するために動力電源の供給を行うもので、各系統機器に区分し、電動機毎に十分な容量の遮断機能及び必要な保護機能を有したものとする。

8) 計測機能

計測機能は、運転操作をする上で必要な情報（水位、流量、圧力等）を正確に把握することを目的とし、揚排水機場の設置条件及び環境条件に留意し、使用目的、測定条件、測定範囲、精度等を考慮して計測機器を選定する。

9) 安全確認機能

安全確認機能は、運転操作する際に画像監視や音声警報等により施設周辺及び機器まわりの安全性を確保するためのものであり、必要機能は管理体制、操作方式、立地条件等を考慮して決定する。

10) 遠隔監視操作機能

(1) 遠隔監視操作機能は、安全確実に対象施設の監視制御が行える必要な情報を的確に把握し、その情報に対応した遠隔（管理所等）からの操作が確実に行えるものとする。

(2) 遠隔監視操作機能は、対象施設の目的、用途、規模、施設数及び運用管理体制を考慮して必要な機能を選定する。

## 7. 遠隔化システムの導入計画

運転操作の効率化・省力化、揚排水機場の増加、水系別の広域管理及び揚排水機場の計画運用等の必要性から遠隔監視操作が求められる場合は、出水時の危機管理体制及び非出水時の維持管理体制を確保・強化するという観点に基づいて遠隔化システムの導入を計画する。

〔解説〕（詳細は「揚排指針 24 条」及び「遠隔マニュアル P 1－4、6」による。）

1) 遠隔化の導入に関する以下の計画を行う。

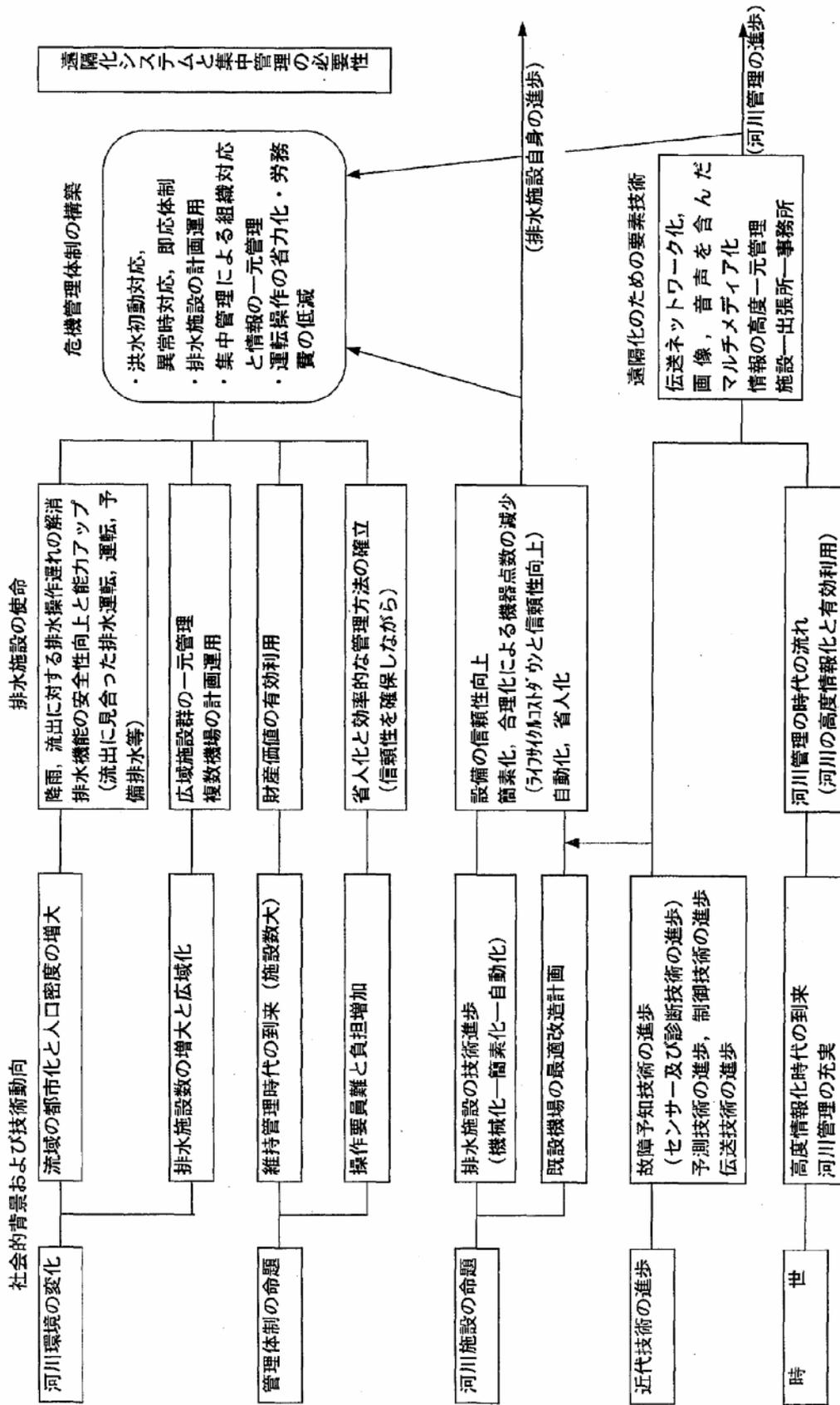
- (1) 導入目的の明確化：システム構築方針、構成、機能等の設定のベースとする。
- (2) 遠隔化目標レベルの設定：導入目的に対応した、運用管理体制と目標レベルを設定する。
- (3) 施設グレードの分類：排水機場、水門・樋門等の施設・設備をその機能等によりグレードに分類し、そのグレードに必要な運用管理と設備内用等を検討する。

2) 導入目的を分類すると、以下の通りである。

- (1) 洪水時初動対応の充実  
流域の都市化や流出の急峻化等による河川環境の変化に対応すべく、排水操作遅れの解消と、排水機能の即応性の向上を目的とするもの。
- (2) 異常時の後方支援  
施設故障時の緊急対応、故障診断、復帰支援等、排水機能の信頼性確保を目的とするもの。
- (3) 排水施設の計画運用  
複数排水機場の相互の運転計画や、機場間のバックアップ、及び洪水時の敏速な運転操作を支援することを目的とするもの。  
(広域河川情報システムを利用した流出量予測やポンプ運転計画立案を含む)
- (4) 集中管理による組織対応／情報の一元管理／管理業務の効率化  
洪水時の運用のみならず、日常の維持管理業務を含めた情報を一元管理し、かつ情報分析結果をフィードバックすることにより集積されたデータを有効活用し、管理レベルの向上及び効率化を図ることを目的とするもの。
- (5) 運転操作の省力化・労務費の低減  
操作要員の高齢化及び熟練操作員確保の困難さに対応し、業務の効率化・省力化、及び労務費の低減を行うことを目的とするもの。
- (6) 多頻度運転機場対応  
一度の出水に対し、運転・停止の要請頻度が多い、あるいは運転・停止時間間隔が長い機場に対応するもの。

3) 遠隔化システムは、導入を計画する目的によって、システムの基本的な考え方（情報の流れ）や具体的な構成（ハード面）・機能（ソフト面）が異なる。そのため、導入システムをより効果的なものとするためには、一律の機能を持ったシステムではなく、その施設固有の運用における課題解決を的確に行えるシステム構築を目指す必要がある。したがって、遠隔化システム導入にあたっては、各施設毎の遠隔化システムの必要条件と設備内容、レベル等の環境を十分調査・検討し、導入目的を決定しなければならない。

4) 排水機場の命題と導入目的の関係を次図に示す。



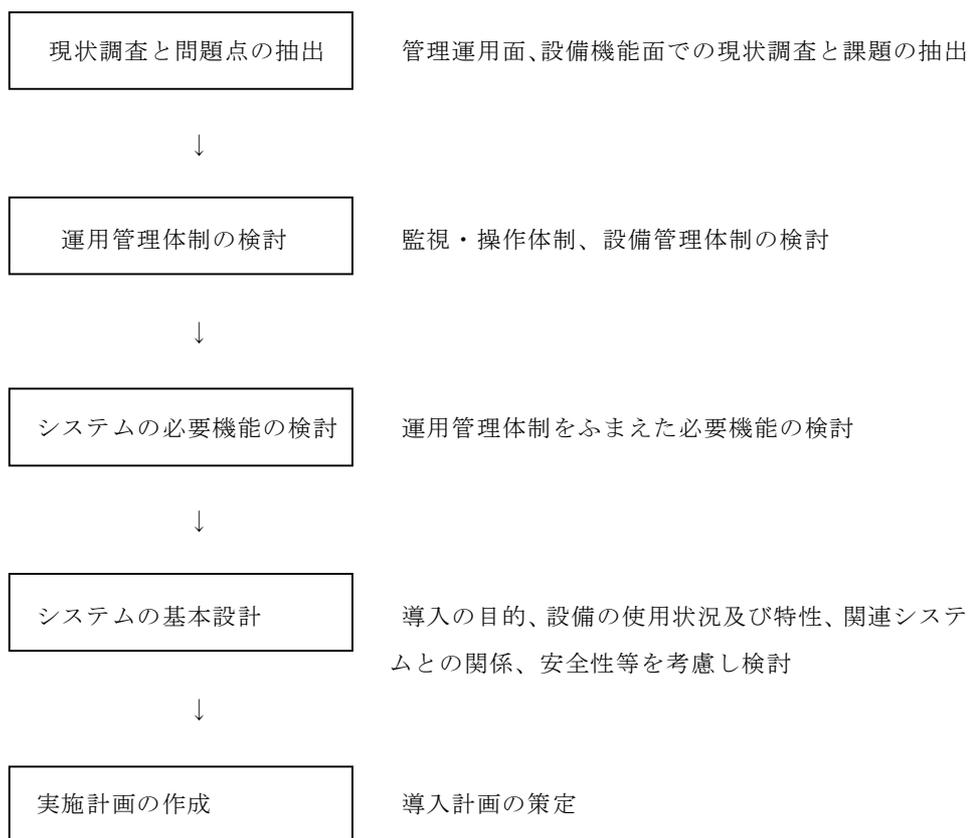
導入目的と排水機場の命題

## 8. 遠隔化システムの基本計画（標準）

遠隔化システムの基本計画を行う際には、現状調査を行い、必要機能の選定、システムの全体計画、施設側設備の改修計画等について検討するものとする。

〔解説〕（詳細は「遠隔マニュアルP1-6、2-1」による。）

- 1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること、緊急時対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- 2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



- 3) 現状調査を行った後、そこで得られた情報、課題に基づき、以下の設備機能、運用管理に関する内容について、基本計画を行う。

- (1) 現状調査：管理体制、施設（機械、操作制御設備等）内容、運転操作条件、運転記録、故障・点検整備記録、管理帳票類等について調査し、課題を明確にする。
- (2) 必要機能の設定：遠隔化の目標レベルに対する各階層毎、施設毎の必要機能を計画する。基本的な必要機能を次表 遠隔化システム必要機能(排水機場)及び(樋門、樋管)に示す。(詳細は「遠隔マニュアルP2-11」による。)
- (3) 遠隔化システムの全体計画  
運転操作方式、監視管理項目、システム構成等。
- (4) 遠隔化に伴う施設側設備の改修計画：機器の新設、増設、改造、整備等。
- (5) 段階実施計画：必要に応じて、段階実施計画の作成を行う。
- (6) 遠隔化の運用管理体制：体制を機能、施設グレード、階層機能分担の観点から検討する。

遠隔化システム必要機能（排水機場）（1 / 2）

区 分	内 容	機 能 概 要	
運 転 操 作 支 援 機 能	運転操作 ガイダンス	運転準備（施設側）	運転前の電源、燃料、空気系統等の確認 ガイダンス
		運転準備（管理所側）	CCTV画像による施設周辺の安全等の確認 ガイダンス
		始動条件確認	始動条件の確認及び、未成立時の対応を ガイダンス
		運転モードの選択	それぞれの操作モードの内容と切替手順を 説明
		始動停止タイミング	操作規則に基づく始動・停止タイミングを ガイダンス
		運転操作のシミュレーション	画面に操作盤等を表示し、操作手順を ガイダンス
		巡回点検（施設側）	運転中の電源、燃料、空気系統等の確認 ガイダンス
		巡回点検（管理所側）	運転中のCCTV画像による施設周辺の安全等 の確認ガイダンス
		運転後処理（施設側）	運転完了後の電源、燃料、空気系統等の確 認ガイダンス
		運転後処理（管理所側）	運転完了後のCCTV画像による施設の安全等 の確認ガイダンス
		音声告知	始動停止タイミングを音声告知でサポート する
	排水流況の演算	上下流側の広域河川情報等を基に始動・停 止のタイミングを演算	
	運 転 監 視	運転中機器表示	機器状態を系統グラフィック画面に表示
状態表示		機器状態をリスト表示	
計測量のバーグラフ表示		計測量をバーグラフで表示、上下限値の表示	
計測量のトレンド表示		計測量を線グラフで表示	
ポンプ排水量表示		Q-H曲線の表示及び排水量の演算	
操 作 機 能	機場操作	ポンプ設備	施設内からのポンプ設備の操作
		自家発設備	施設内からの自家発設備の操作
		除塵機設備	施設内からの除塵機設備の操作
		ゲート、水門設備	施設内からのゲート・水門設備の操作
	遠隔操作	ポンプ設備	遠隔管理所からのポンプ設備の操作
		自家発設備	遠隔管理所からの自家発設備の操作
		除塵機設備	遠隔管理所からの除塵機設備の操作
		ゲート、水門設備	遠隔管理所からのゲート・水門設備の操作

遠隔化システム必要機能（排水機場）（2 / 2）

区 分	内 容	機 能 概 要	
故 障 対 策	故障発生表示	警報音+メッセージ表示	故障発生時に警報音+速報の表示
		系統図フリッカ	監視画面上の故障機器シンボルをフリッカ表示
		音声告知	発生故障名称の読み上げ
	故障原因分析追求	想定故障原因の羅列	故障項目のオンライン信号で原因を羅列表示
		想定故障原因の選別表示	現行基準監視項目のオンライン入力で判定
		原因の絞り込みグレード1	上記機能+オフライン手動入力併用で判定
		原因の絞り込みグレード2	上記機能+オンライン監視機能アップ：センサ追加で判定
支 援 機 能	故障復帰及び緊急運転支援	故障復帰対策リスト表示	応急、恒久対策をリスト形式で表示
		故障復帰対策手順のフロー表示	応急、恒久対策をフロー形式で表示
		緊急運転の必要性判断の支援	危険水位までの余裕を演算
		緊急運転対策リスト表示	緊急処置をリスト形式で表示
		緊急運転対策手順のフロー表示	緊急処置をフロー形式で表示
		対策画像表示（静止画）	故障復旧対策、緊急運転対策を静止画+文字表示
		対策画像表示（動画）	故障復旧対策、緊急運転対策を動画表示（レーザディスク等）
記 録 管 理 機 能	記録	日報・月報の自動作成	日報・月報の自動作成
		運転・停止、故障一覧	リスト印字
		最大・最小・平均値等の演算	積算・累計等を含む
		データ保存	MO等への記録
広 域 管 理 機 能	広域監視	広域監視	地図上に施設状態及び水位等を表示
		トレンド表示	広域計測信号（水位、流量、雨量等）をグラフ表示
		広域運用計画（予想シミュレーション含）	水位、流量、雨量等より施設の連携運用をサポート
	広域管理帳票	日報月報自動作成	広域帳票作成
		運転記録データ管理	対象施設の運転情報をリスト印字

遠隔化システム必要機能（樋門、樋管）

区分	内容	機能概要	
運転操作支援機能	運転操作ガイダンス	開閉タイミング	操作規則に基づく開閉タイミングをガイダンス
		運転操作のシミュレーション	画面に操作盤等を表示し、操作手順をガイダンス
		音声告知	始動停止タイミングを音声告知でサポートする
	運転監視	運転中機器表示	機器状態を系統グラフィック画面に表示
状態表示		機器状態をリスト表示	
計測量のバーグラフ表示		計測量をバーグラフで表示、上下限值の表示	
計測量のトレンド表示		計測量を線グラフで表示	
操作機能	機場操作	樋門、樋管設備 施設内からのゲート・水門設備の操作	
	遠隔操作	樋門、樋管設備 遠隔管理所からのゲート・水門設備の操作	
故障対策支援機能	故障発生表示	警告音+メッセージ表示	故障発生時に警報音+速報の表示
		系統図フリッカ	監視画面上の故障機器シンボルをフリッカ表示
		音声告知	発生故障名称の読み上げ
	故障原因分析追求	想定故障原因の羅列	故障項目のオンライン信号で固定対策画面表示
		想定故障原因の選別表示	現行基準監視項目のオンライン入力で判定
	故障復帰及び緊急運転支援	故障復帰対策リスト表示	応急、恒久対策をリスト形式で表示
		故障復帰対策手順のフロー表示	応急、恒久対策をフロー形式で表示
		緊急運転対策リスト表示	緊急処置をリスト形式で表示
緊急運転対策手順のフロー表示		緊急処置をフロー形式で表示	
記録管理機能	記録	日報・月報の自動作成	日報・月報の自動作成
		運転・停止、故障一覧	リスト印字
		最大・最小・平均値等の演算	積算・累計等を含む
		データ保存	MO等への記録

## 9. 遠隔化システムの設計計画

遠隔化システムの設計計画を行う際には、基本計画を基に全体システムの構成、ネットワークの構築、施設側及び管理所側設備等の検討を行うものとする。  
検討を行うものとする。

〔解説〕（詳細は「遠隔マニュアルP 1-6、3-1」による。）

1) 基本計画において設定した内容に基づき、特に遠隔化システムについて、ハード、ソフトに関する以下の具体的な設計を行う。

(1) 全体システム構成：施設条件に応じた階層別管理形態とシステム構成の整理を行う。

(2) ネットワーク構築：光伝送システムを前提としたネットワーク機器のハード仕様、伝送方法等のソフト仕様を計画する。この場合、接続機器等については「電気・通信編」を参考に整合を計ること。

なお、光ケーブルの敷設計画の有無あるいは敷設の進捗状況等によっては、一般専用回線、公衆デジタル回線（ISDN回線）、専用デジタル回線等の通信公共回線も検討するものとする。

(3) 施設側設備（参考）：施設側へ導入する設備のハード仕様、ソフト機能を計画する。

(4) 管理所側設備：管理所側へ導入する設備のハード仕様、ソフト機能を計画する。

## 10. 遠隔化システムの構成

遠隔化システムの構築にあたっては、管理対象施設、遠隔管理所といった管理階層毎の施設規模や必要機能に応じて、最適なシステムを検討するとともに、他の河川管理システムとの合理的な連携が可能となるように検討する必要がある。

〔解説〕（詳細は「遠隔マニュアルP 3-1」による。）

1) 階層別管理の手法

遠隔化システムの検討にあたっては、各階層毎の管理内容やグレードと取り扱うデータの特徴を考慮して決定するが、データ種類や伝送方法等には以下のような方式が考えられる。

(1) 現在の施設や流域の状況を極力遅れなく監視するために、遠隔管理所にて必要な広域管理のための監視系データは常時伝送する。また、施設の故障信号等、遠隔からの制御信号等については、発生時に速やかに伝送する。（伝送プロトコルの統一）

(2) 帳票データやトレンドデータ等の蓄積データについては、遠隔管理所にてファイル化・蓄積し、遠隔管理所の要求に応じて伝送する方式がある。（伝送プロトコルの統一）

(3) 各管理階層毎で持っている特有機能については、他から閲覧させる方法を検討する。（WEB等）

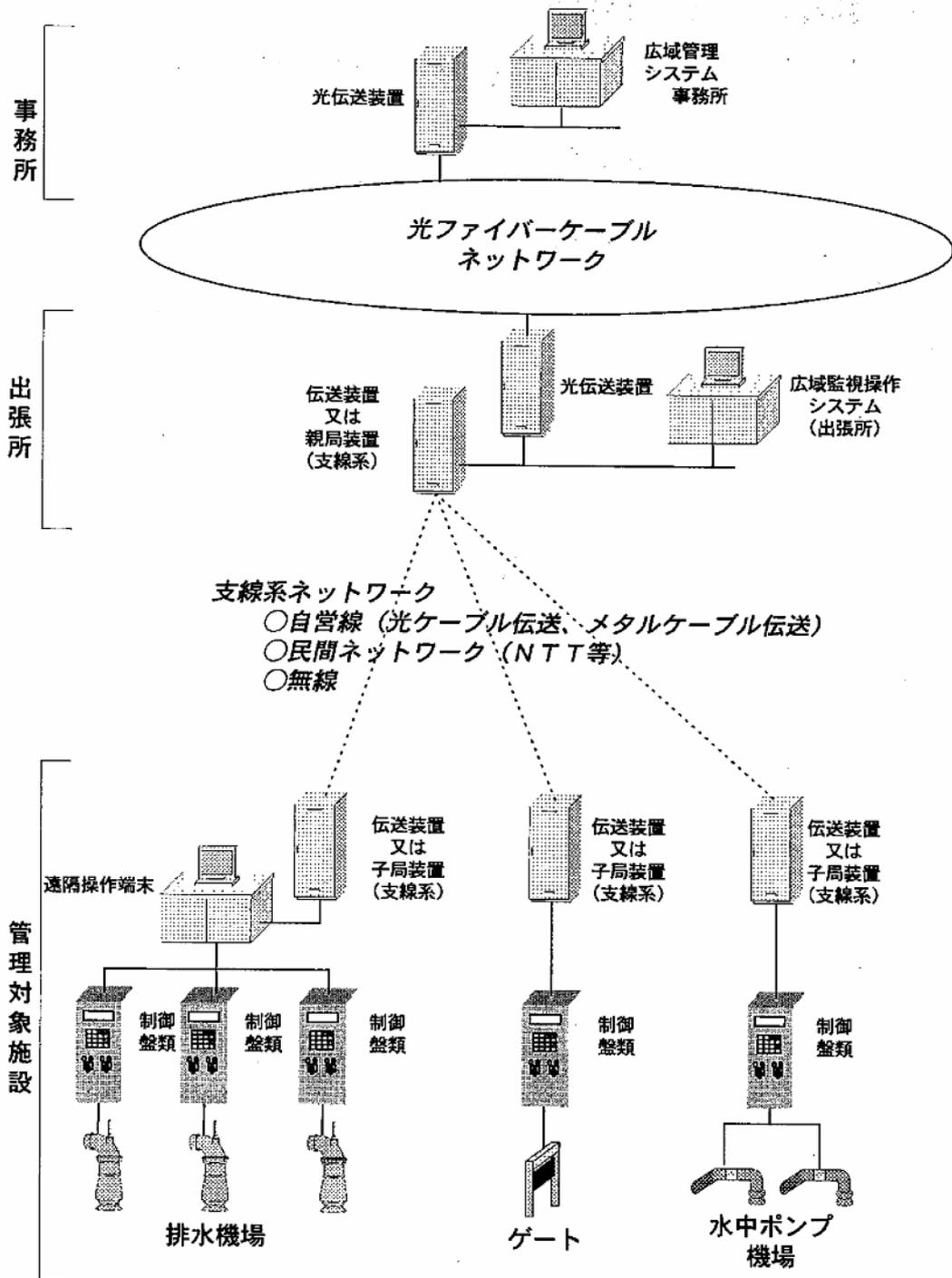
遠隔化システムを構築するにあたっては、管理対象施設の数や必要機能を考慮し、最適なシステムの選定を行う必要がある。また、河川情報システム、気象情報システム等、他の河川管理システムがある場合、それらシステムとも合理的な連携が可能となるようにシステムの選定を行う必要がある。

2) 階層構造について

河川ポンプ施設及び水門施設を遠隔化する上で構成される標準的なネットワークは、(本局→)事務所→(出張所)→管理対象施設(排水機場、水門等)というような階層構造となる。ネットワークの階層構成例を下図に示す。

3) 階層別必要機能

管理所側と管理対象施設における必要機能は表 遠隔化システム必要機能より必要なものを選択する。



## 第7節 修繕工事への対応（参考）

### 1. 揚排水ポンプ設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用すべきかが明確になる。また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### 1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下（過去の故障・修繕履歴）、要求機能アップ等

#### 2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### 3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### 4) 施設目的に適合した信頼性の確保（施設の種別、規模、地域性）

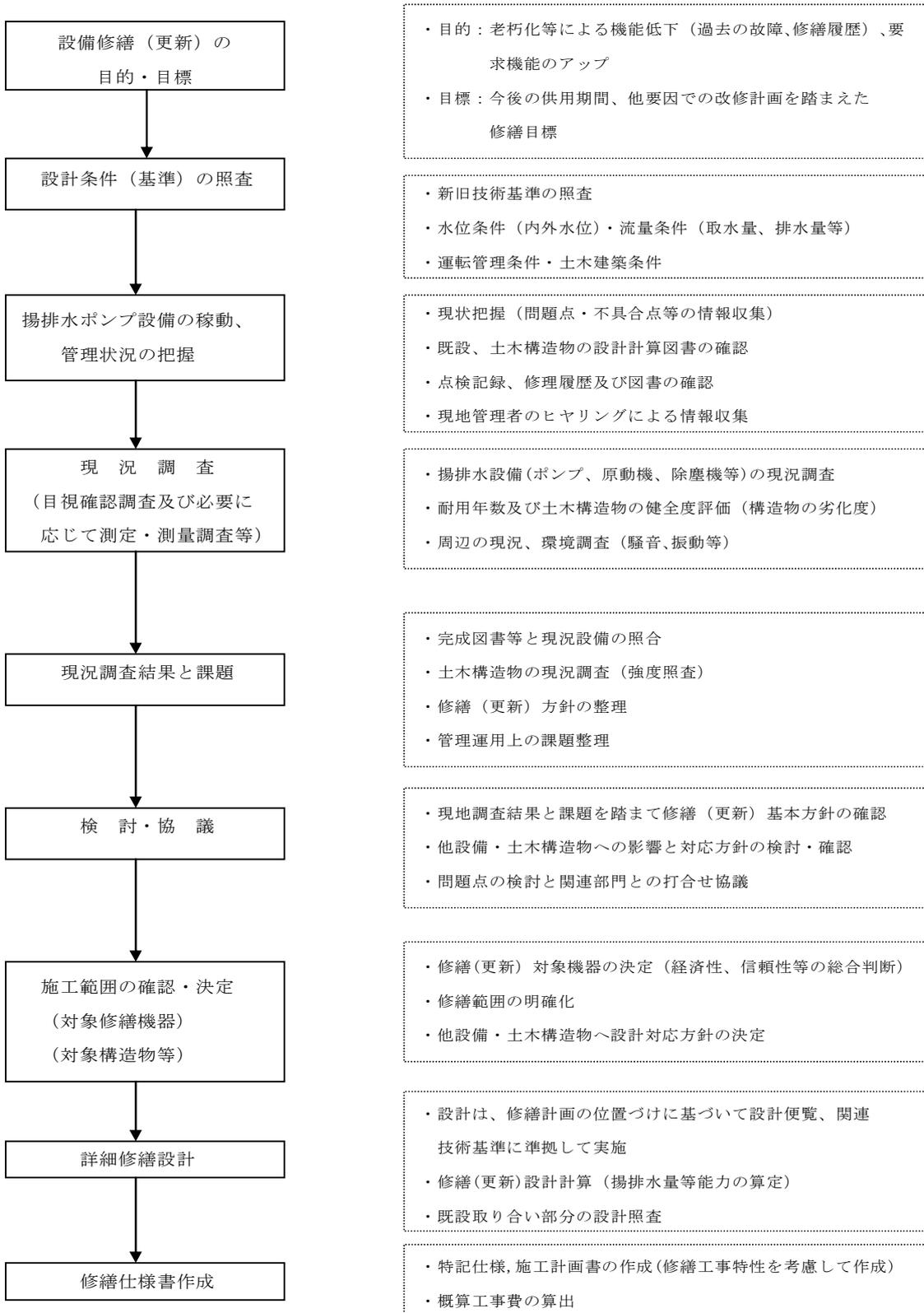
#### 5) 手戻りの無い修繕計画

#### 6) 費用対効果（経済性）

（次頁に、揚排水ポンプ設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す）

## 揚排水ポンプ設備修繕（更新）計画検討フロー図（参考）

揚排水ポンプ設備の修繕（更新）時の業務手順フロー例を示す。



## 第3章 トンネル機械設備

## 第3章 トンネル機械設備

### 第1節 総 則

#### 1. 適用範囲(標準)

換気設備および非常用施設に適用する。

[解 説]

関連諸法規等は以下のとおりである。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
道路トンネル技術基準(換気編)・同解説	平成 20 年 10 月	(社)日本道路協会
道路の交通容量	昭和 59 年 9 月	〃
道路構造令の解説と運用	昭和 58 年 2 月	〃
道路トンネル非常用施設設置基準・同解説	平成 13 年 10 月	〃
道路機械設備遠方操作監視技術 マニュアル(案)	平成 16 年 6 月	(社)日本建設機械化協会

#### 2. 計画(標準)

道路トンネルの換気計画は、トンネル建設の全体計画の一環として綿密に行わなければならない。

[解 説]

計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

##### 2-1 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

##### 2-2 コスト・メンテナンス性

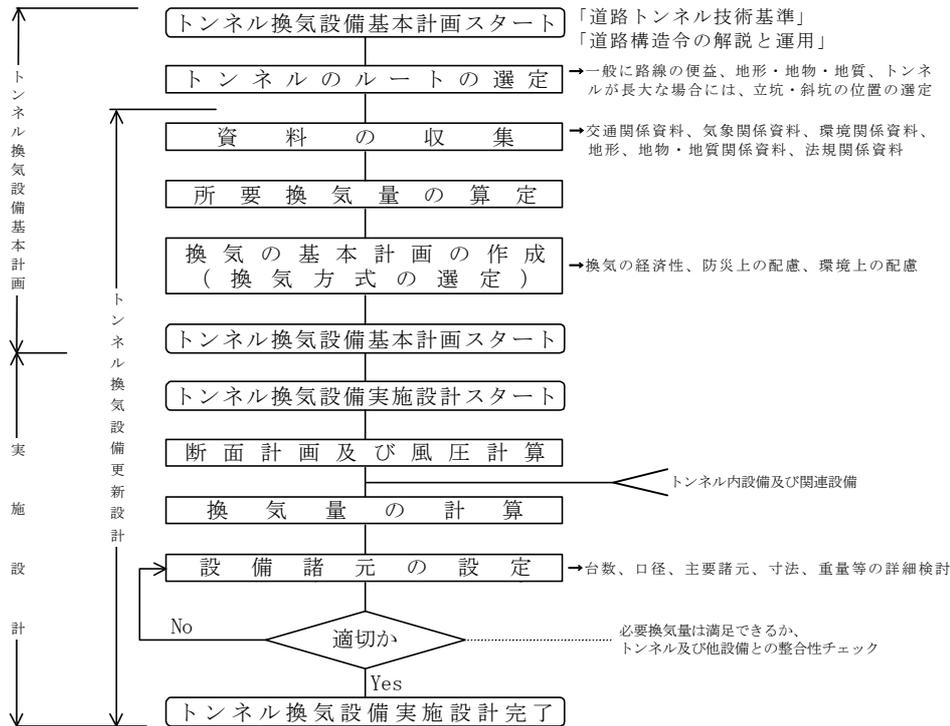
- (1) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮する。
- (2) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。
- (3) メンテナンス性の向上・維持管理費の縮減を考慮すること。

##### 2-3 換気計画

- (1) 換気計画は、交通方式、防災計画(非常用施設)との関連、周辺環境等に与える影響など、より広い立場からの検討が必要であり、トンネル全体として合理的なものでなければならない。
- (2) 交通の推移によって段階建設される場合は、対面交通から一方向交通への変更を考慮した最終段階での計画と整合されたものとする。この際、一方向交通トンネルの利点を十分に考慮するものとする。
- (3) 換気設備の更新にあたっては、更新時期以降の交通状況の変化を調査・予測し、換気計画を見直すものとする。

#### (4) 計画の手順

換気設備の計画、設計および施工は次の項目、順序によって行う。



### 3. 調査(標準)

換気施設の計画に当たっては、交通、気象、環境及び地形・地物・地質等について調査を行わなければならない。

#### [解説]

換気設備の計画では、次の項目を調査する。

#### 3-1 交通量調査

- (1) 換気計画は原則として設計交通容量とするが、供用開始時点から設計交通容量に至る交通量の推移を知る必要がある。このため計画時の基本となる交通量を調べなければならない。
- (2) 車種構成等の質の変化により換気量も変化する場合がありますので詳細に調べることが望ましい。

#### 3-2 気象調査

- (1) 調査として、自然換気力、坑口あるいは換気塔からの排気の拡散および取り入れ空気の状態に関するものがある。
- (2) このうち自然換気力は重要である。特に卓越風がみとめられない場合は、自然風として2.5 m/sを標準とする。

#### 3-3 環境調査

- (1) 排気ガス調査は、地域の排気ガス濃度の問題がある場合は、バックグラウンド濃度調査を行うものとする。
- (2) 騒音調査は、騒音規制の問題がある為、音源の量と暗騒音の調査を行うものとする。

#### 3-4 地形・地物・地質調査

地形・地質調査は、換気用立坑、斜坑の配置計画の基礎資料とする。坑口付近の環境調査では、地形の他構造物の影響も検討する場合がある。

## 第2節 トンネル内設備および関連設備

### 1. トンネル内設備(参考)

トンネル内には、次の諸設備が取付られている。

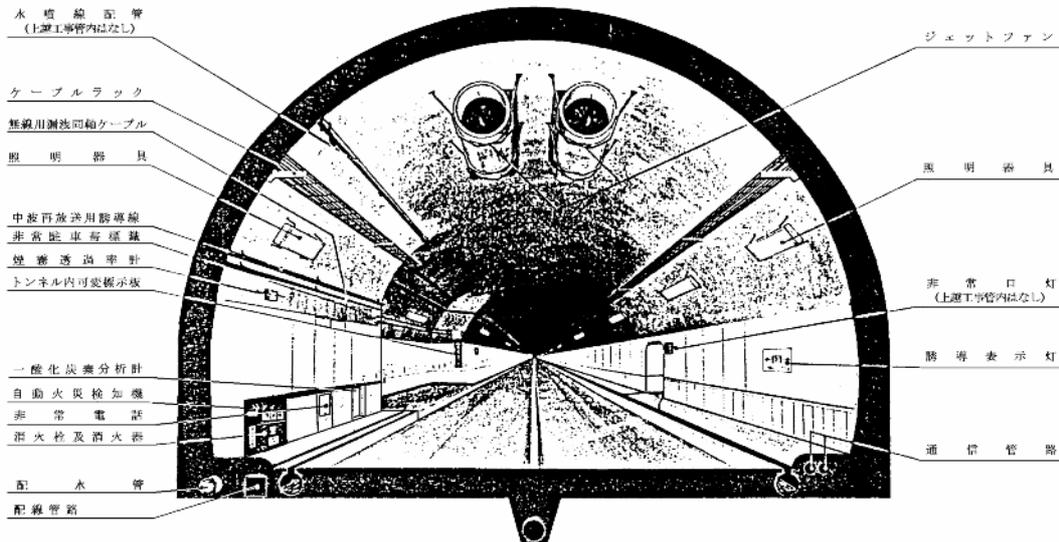


図3-2-1 ジェットファンによる換気の例

#### 1-1 換気設備

- (1) 換気設備には、ジェットファンや換気所に設置する軸流ファン、電気集じん設備などがある。
- (2) トンネルに設置された一酸化炭素濃度測定装置、煙霧透過率測定装置、風速計や交通量測定装置等により状況を検知し、運転・停止を行う。
- (3) 火災発生時には、設備能力の範囲内で排煙運転ができる機能を持つものとする。

#### 1-2 非常用施設

- (1) トンネルの等級区分によって設備内容が異なるので注意する必要がある。
- (2) 防災受信盤は、火災探知器および押ボタン式通報装置から信号を受け、火災発生をコントロール室に知らせるとともに換気設備・可変標識板・その他設備への信号の供給を行う。

#### 1-3 トンネル照明設備

一般的に基本照明、入口照明、接続道路照明にて構成されている。停電時は基本照明の一部に対して、無停電電源装置にて供給されている。なお、等級の高いトンネルにおいては、発電機より長時間電源供給が保障されている。

#### 1-4 CCTV設備

- (1) 火災・事故発生時に火災検知器等との連動により状況を把握する。
- (2) 交通流・気象状況を把握し迅速かつ的確に緊急措置がとれるようにする。
- (3) 常に状況を監視する。

1-5 無線通信補助設備

- (1) 維持管理車両とコントロール室との情報交換、災害・交通事故等緊急時の指示連絡がどこからでも安定して確保できるようにする。
- (2) トンネル等級により考慮する。

2. 関連設備(標準)

2-1 可変標示板設備

- (1) 的確な道路情報を随時ドライバーに提供し、火災・事故発生時には後続車や対向車に警報を発して、人や車を安全に避難誘導するものである。
- (2) この他、速度を規制する可変式速度規制標識がある。

2-2 道路通信設備

- (1) 道路の安全かつ円滑な交通量を確保するための電送交換手段として、増大する通信需要に対応することを目的とした通信システムである。
- (2) 光ファイバーによる大容量電送、インターフェイス機能および柔軟なシステム構成が利用されている。

2-3 通信線路設備

信号・情報の伝達のために光信号による光ファイバーケーブルや電気信号によるメタリックケーブルを使用している。

2-4 受配電・自家用発電設備

各設備に安定した電源を供給する設備で、容量は、設備全体の負荷容量に変動率を考慮して決定するものとする。

2-5 遠方監視制御設備

コントロール室の電力卓および交通卓等により監視・操作・測定を安全かつ円滑に集中管理するものである。

2-6 気象観測設備

全線の気象状況を一括把握すると共にCRT表示データ処理装置を設置して道路気象管理に役立てる。

2-7 消火設備

自動車火災を迅速有効に消火し、または火災の拡大を防ぐために設ける。

### 第3節 換気方式

#### 1. 換気施設の必要性の検討(標準)

換気施設の必要性は、トンネルの延長、勾配、交通条件、気象条件等を考慮して検討するものとする。

[解説]

##### 1-1 自然換気の限界

- (1) 自然換気の限界は、トンネル幾何条件、交通条件(交通方向、交通量、車種構成、走行速度)および気象条件によって異なる。
- (2) 特に気象条件は、トンネル個所毎に異なり、時間的、季節的にも変化が著しい。
- (3) 対面交通の場合
  - 1) 交通量は、上り下り別の交通量の変動により時々刻々変化するため、自然換気の効果を定量的に決めることは難しい。
  - 2) 主なトンネルの延長と交通量との関係と機械換気施設の有無の別を図3-3-1(a)に示す。
  - 3) 機械換気を行っているトンネルは次式で示される程度以上である。

$$L \cdot N = 1000 \quad \dots (3-1-1)$$

ここに、L：トンネル延長(km)  
N：時間交通量(台/h)

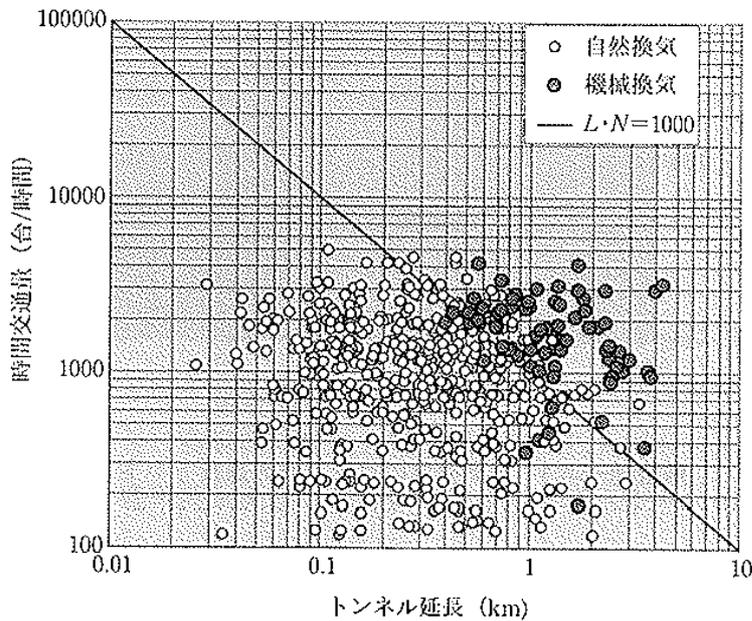


図3-3-1(a) 自然換気の目安(対面交通トンネル)

出典：[図3-3-1(a)]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P35

(4) 一方向交通の場合

- 1) 主なトンネルの延長と交通量との関係と機械換気施設の有無の別を図3-3-1(b)に示す。
- 2) 機械換気を行っているトンネルは次式で示される程度以上である。

$$L \cdot N = 3,000 \quad \dots\dots (3-1-2)$$

出典：[図3-3-1(b)]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成20年度版)  
 (H20.10) P35

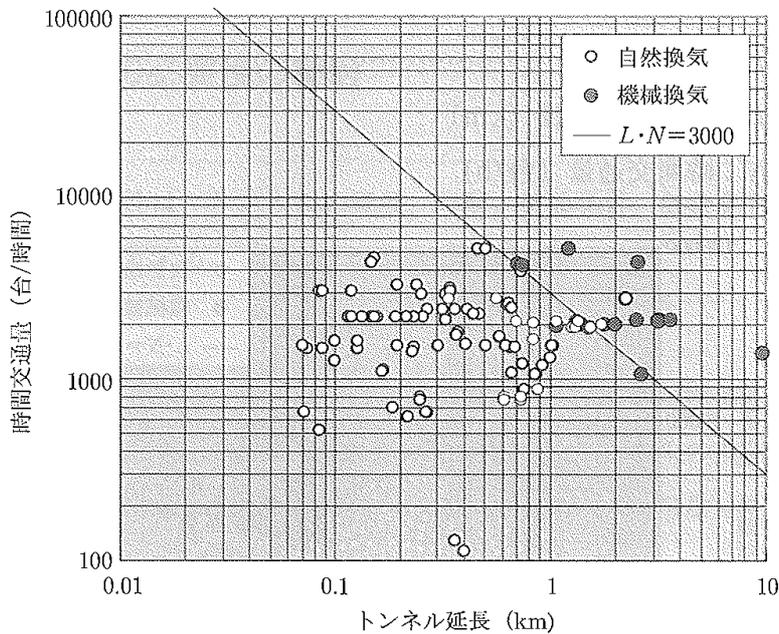


図3-3-1(b) 自然換気の目安(一方向交通トンネル)

(5) 勾配が急なトンネル、延長が長いトンネル、渋滞が生じやすいトンネルなど特殊な場合については、適用に当たって注意が必要である。

(6) 計算による検討

計算による確認方法として、計算条件を下記に示す。

1) 一方通行

一方通行のトンネルでは、車輛のピストン作用(交通換気力)により換気が行われる。車の走行によりトンネル内に持ち込まれる風量が所要換気量を上回る場合には、機械換気が不要となる。このときの自然風は、交通換気力に対して抵抗として働き、その大きさは2.5m/sとする。

2) 対面通行

対面通行での計算による確認方法として交通量比率5:5の状況において自然風2.5m/sある場合の持込風量と所要換気量を比較する。

## 2. 換気方式の選定(標準)

換気方式は、その特徴を十分生かし、トンネルの延長、地形・地物・地質、交通条件、気象条件、環境条件等に応じ、有効かつ経済的な方式を選定するものとする。

[解説]

### 2-1 機械換気方式の種類

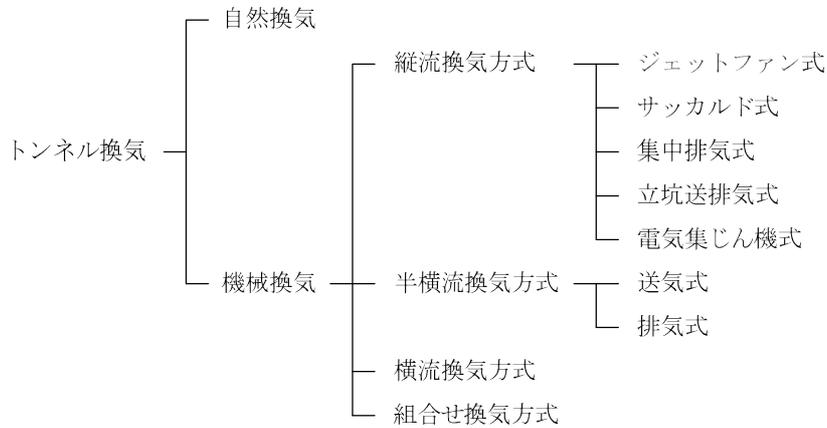


図 3-3-2 換気方式の種類

- (1) 換気方式は、交通方式により異なる。一方向交通トンネルでは自動車のピストン作用を換気力として利用する。
- (2) 最近では、トンネル全断面をダクトとして利用し、圧力損失を小さくする縦流換気方式が多く採用されている。
- (3) 特に、ジェットファンのみの換気や立坑集中排気の圧力を補う手段としてジェットファンを併用する組合せ式が多い。

### 2-2 換気方式の適用範囲

#### (1) トンネル内最大風速

換気方式の適用に当たっては、各方式について換気の質や設備工費等、種々の比較検討を行って、換気方式を決定するものとする。なお、縦流式および半横流式の場合、一方向交通トンネルの車道内最大風速は  $12\text{m}/\text{sec}$  以下、対面通行トンネルの車道最大風速は、 $8\text{m}/\text{s}$  以下とする。ただし歩行者がある場合は  $7\text{m}/\text{sec}$  以下が望ましい。

#### (2) 換気方式の特徴(参考)

換気方式の特徴については、道路トンネル技術基準(換気編)・同解説 平成 20 年改訂版 p. 39 以降に示す。

出典：[2-1]

道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成 20 年度版)  
(H20.10) P37

出典：[2-2]

道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成 20 年度版)  
(H20.10) P48

### 3. 換気計画上の注意事項(標準)

換気計画は、火災時の運用、渋滞時の運用、段階建設、維持管理および環境上のことを十分考慮しなければならない。

[解説]

#### 3-1 火災時の運用(参考)

(1) 火災発生時には人命の確保を主目的とする。

1) 防災受信盤からの火災信号で換気機を停止または火災モードとし、避難行動が容易になるよう煙を坑内上方にとどめ、横断面内での擾乱を防ぎ、縦断面への拡散を抑制する。

2) 避難完了後の消火活動のために、消防責任者の指示により排煙を目的とした運転を行う。

(2) 火災時の煙の動き及び拡散状態は、換気方式、送気方向、換気区分、交通形態、トンネル内自然風、車両換気風によって大きく異なる。したがって換気機の運転方法は、トンネルの諸条件をよく検討して決定しなければならない。

#### 3-2 渋滞時の運用

(1) 渋滞には、自然渋滞と事故渋滞とがある。自然渋滞の場合は煤煙よりCOが検討の対象となることが多い。

(2) 換気施設の設計・運用には、渋滞時に必要な換気量を検討しなければならない。  
(第4節 6. その他の検討の項参照のこと)

#### 3-3 段階建設

トンネルの換気の設計に際し、常に段階建設について考慮しなくてはならない。  
ここでいう段階建設とは、次の場合に大別できる。

(1) トンネル本体の増設(対面交通から一方向交通へ)に伴う換気上の段階建設。

(2) 交通量の伸びによる換気量増加のための換気上の段階建設。

(3) 両者併用の段階建設。

#### 3-4 維持管理

(1) トンネルの機械設備は、保守点検作業の簡易化、点検間隔の長期化などを目指し、維持管理費の縮減をはかる。

(2) 遠隔監視装置を拡充し、広域的なトンネル機械設備の監視体制を作ることで、保守工数を縮減し広くは道路網の計画的・経済的な保守管理に資するものとする。

(3) 大型送・排風機を用いる換気設備では、本体と駆動用主電動機をはじめとする各部の温度管理(各種軸受け温度、潤滑油温度)、振動値管理などをきめ細かく行うことで機器の状態を継続的に監視することで予防保全をはかる。

(4) ジェットファン設備は、設置される坑内環境によって故障箇所や寿命が大きく左右される。新設に当たっては、類似の坑内状況にある既設トンネルの保守来歴を勘案して対策を考慮する必要がある。

(5) ジェットファンは、点検作業に交通規制を必要とするため、出来るだけ遠隔監視の出来る工夫をして、点検時期を延長する考慮が必要である。

遠隔管理の方法には下記の方法が試行された例がある。

- 1) 軸受け振動センサーの取り付けによる振動監視・警報発信と記録装置の設置。  
振動センサーの経年データを分析することで回転体の予防保全を期待することができる。
- 2) 吊り金具荷重センサーの取り付けによる荷重不平衡の監視・警報発信と記録装置の設置。本設備は、ターンバックルの緩みと回転体の偏心感知を期待することができる。

### 3-5 取入空気の汚染状態

換気方式や換気量の決定にも影響するので、換気塔を設ける場合、バックグラウンド濃度調査を行う必要がある。また排気の吸込がないように注意すること。

### 3-6 都市トンネルにおける換気の設計濃度と換気量

坑口周辺の立地および環境条件により吐出される排気量、あるいは濃度が制限を受ける場合があるので注意する必要がある。

## 第4節 換気計画

### 1. 設計一般(標準)

換気施設の設計は、その各段階に応じ、必要かつ十分な精度で行われなければならない。

[解説]

#### 1-1 換気計画の概要

設計は、下記項目について検討が行われなければならない。

- ・換気量の設計
- ・自然換気の計算
- ・機械換気の設計
- ・換気方式による換気区分、換気ダクトおよび連絡ダクト等の換気系に関する設計
- ・換気機、関連電気設備および換気所等の設計
- ・換気運用、その他の検討および設計
- ・環境対策(坑口付近および換気口の騒音・煤煙等)の検討および設計

#### 1-2 設計条件

条件は下記項目について明示されていなければならない。

- (1) トンネルを含む路線決定と道路規格
- (2) 地形区分(山地、平地、市街地)
- (3) ンネル延長、断面積、代表寸法および縦断勾配
- (4) 標高
- (5) 計画交通量(台/日)
- (6) 設計車速(km/h)
- (7) 大型車混入率
- (8) ディーゼル車混入率
- (9) 許容濃度(煤煙、CO)
- (10) 一方向、対面の交通方向区分

### 2. 換気の対象物質および濃度(標準)

換気施設の設計の対象とする有害物質は、煤煙及び一酸化炭素とする。  
換気施設の設計に用いる煤煙及び一酸化炭素の設計濃度は、トンネル内の交通の安全性及び快適性並びに維持管理作業の安全性を確保するために必要な値とするものとする。

[解説]

当該道路の設計速度に応じ、次の表に示す値を標準とする。

設計速度	煤煙の設計濃度 (100m透過率)	一酸化炭素の設計濃度
80 km/h 以上	50 %	100 ppm
60 km/h 以下	40 %	

なお、交通が渋滞をする場合、完成時4車線を暫定供用で対面交通2車線の場合は煤煙の設計濃度を30%まで下げても止むを得ない。

出典：[2]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P19

また、渋滞時のCO設計濃度は、下記フローに従い決定する。

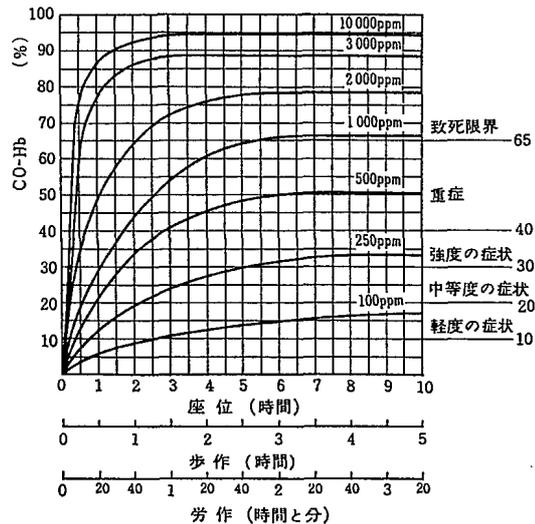
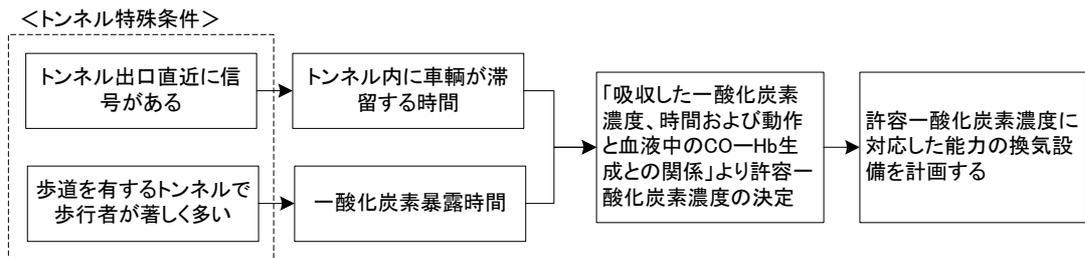


図 3-4-2 吸収したCO濃度、時間および動作と血液中のCO-Hb生成との関係

通行者のトンネル内滞在時間が長い場合(1時間程度)は、CO設計濃度を低く押さえる必要がある。また、維持修繕工事に長時間にわたり従事する作業員に対する労働衛生面に配慮する必要がある。

表 3-4-2(a) 換気量計算に用いる有害成分の排出量(平成25年以降対象)

有害成分	車種	排出量		備考
		平均値	標準偏差	
一酸化炭素 (CO)	小型車	0.005m <sup>3</sup> /(km・台)	考えない	渋滞時の排出量 0.005m <sup>3</sup> /(km・台)
	大型車			
煤 煙	小型車	0.3m <sup>2</sup> /(km・台)	0.3m <sup>2</sup> /(km・台)	
	大型車	1.5m <sup>2</sup> /(km・台)	0.5m <sup>2</sup> /(km・台)	

また、トンネル坑口付近は信号機などによりトンネル内に滞留する車両(アイドリング状態)の1台当たりのCO排出量は試験値を参考に従来からの大型車、小型車ともに0.001m<sup>3</sup>/(min・台)とする。

出典：[図 3-4-2 (a)]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P29

出典：[図 3-4-2 (a)]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P26

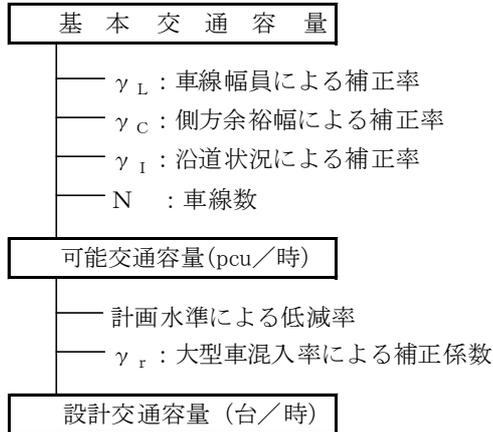
### 3. 交通量(標準)

換気施設の設計に用いる交通量は、当該トンネルの設計交通容量を用いることを原則とする。ただし、当該道路の設計時間交通量が設計交通容量を大幅に下まわる場合には、交通量として設計時間交通量を用いることができる。

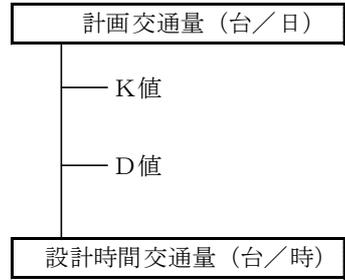
[解説]

#### 3-1 計算のフロー

##### (1) 設計交通容量



##### (2) 設計時間交通量



なお、設計時間交通量は、計画目標年(供用 20 年後)の推定交通量に、30 番目時間交通量の割合と上下車線の重方向の割合を掛けたものである。

#### 3-2 設計交通量

##### (1) 基本交通容量

- 多車線道路の基本交通容量…………… 1 車線当り 2200 PCU/h
- 2 方向 2 車線道路の基本交通容量…………… 往復合計で 2500 PCU/h

##### (2) 可能交通容量

$$C = C_B \times \gamma_L \times \gamma_C \times \gamma_I \quad \dots\dots (4-3-1)$$

- C : 道路可能交通容量(PCU/h)
- $C_B$  : 基本交通容量(PCU/h)
- $\gamma_L, \gamma_C, \gamma_I$  : 各種の補正率

##### 1) 車線幅員 ( $\gamma_L$ )

表 3-4-3(a) 車線幅員による補正率  $\gamma_L$

車線幅員 $W_L$ (m)	補正率 $\gamma_L$
3.25	1.00
3.00	0.94
2.75	0.88
2.50	0.82

出典 : [(a)]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P24

2) 側方余裕 ( $\gamma_c$ )

表 3-4-3 (b) 車線余裕幅による補正率  $\gamma_c$

側方余裕幅 $W_c$ (m)	補正率 $\gamma_c$	
	片側だけの不足	両側不足
0.75 以上	1.00	1.00
0.50	0.98	0.95
0.25	0.95	0.91
0.00	0.93	0.86

出典：[(b)]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P25

3) 沿道状況 ( $\gamma_l$ )

表 3-4-3 (c) 沿道状況による補正率  $\gamma_l$

(駐停車の影響を考慮する必要がない場合)

市街化の程度	補正率
市街化していない地域	0.95~1.00
幾分市街化している地域	0.90~0.95
市街化している地域	0.85~0.90

(駐停車の影響が考えられる場合)

市街化の程度	補正率
市街化していない地域	0.90~1.00
幾分市街化している地域	0.80~0.90
市街化している地域	0.70~0.80

出典：[(c)]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P27

3-3 設計交通容量

$$\text{設計交通量} = C \times (Q/C) \times \gamma_r \quad \dots\dots (4-3-2)$$

ここに、 $C$  : 道路可能交通容量 (PCU/h)  
 $Q/C$  : 低減率 (交通量と交通容量の比)  
 $\gamma_r$  : 大型車混入による補正率

(1) 低減率

表 3-4-3 (d) 計画水準による低減率

計画水準	低減率(交通量・交通容量比)		適用する道路
	地方部	都市部	
1	0.75	0.80	・高サービスの第1種の道路
2	0.85	0.90	・その他の道路
3	1.00	1.00	・原則として採用しない

出典：[(1)]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P84

表中の「高サービス」とは、HCM(1965年版)によるサービス水準区分のA~FのC段階までを言う。C段階とは、交通はまだ安定した流れの範囲にあるが、車線変更あるいは追い越しをする自由が制約される。

計画水準1：計画目標年次において、予想される年間最大ピーク時間交通量が可能交通容量を突破することはない。30分目時間交通量が流れる状態においてはある速度(速度の自由な選択はできない)での定常的走行が可能である。

計画水準 2 : 計画目標年次において、年間 10 時間程度は予想されるピーク時間交通量が可能交通容量を突破して大きな交通渋滞を発生することがある。30 番目時間交通量が流れる状態においては、一定速度の走行はむずかしくなり、速度の変動が現れる。

計画水準 3 : 計画目標年次において、年間 30 時間程度は予想されるピーク時間交通量が可能交通容量を突破して大きな交通渋滞を発生する。30 番目時間交通量が流れる状態においては走行速度は常に変動し停止に至ることもある。

(2) 大型車混入による補正係数

$$\gamma_r = \frac{100}{(100 - \gamma_L) + E_r \cdot \gamma_L} \quad \dots\dots (4 - 3 - 3)$$

ここに、 $\gamma_r$  : 大型車混入による補正率  
 $E_r$  : 大型車の乗用車換算係数  
 $\gamma_L$  : 大型車混入率(%)

出典 : [(2)]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P29

1) 大型車の乗用車換算係数

表 3-4-3(e) 大型車の乗用車換算係数 E<sub>r</sub>

勾配	勾配長 (km)	2車線道路(大型車混入率%)					多車線道路(大型車混入率%)				
		10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
3%以下	—	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7
4%	0.2	2.8	2.6	2.5	2.3	2.2	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2
	0.4	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2
	0.6	2.9	2.7	2.6	2.4	2.3	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3
	0.8	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3
	1.0	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3
	1.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4
	1.4	3.0	2.8	2.7	2.5	2.4	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4
1.6	3.0	2.9	2.8	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	
5%	0.2	3.2	3.0	2.8	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5
	0.4	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.9	2.7	2.7	2.7	2.6
	0.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.7	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7
	0.8	3.5	3.2	3.0	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7
	1.0	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8
	1.2	3.6	3.4	3.1	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8
	1.4	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8
1.6	3.7	3.4	3.2	3.1	2.9	3.2	3.0	3.0	2.9	2.9	
6%	0.2	3.4	3.2	3.0	2.8	2.7	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7
	0.4	3.5	3.3	3.1	3.0	2.9	3.1	2.9	2.9	2.8	2.8
	0.6	3.7	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9
	0.8	3.8	3.6	3.4	3.2	3.1	3.3	3.2	3.1	3.0	3.0
	1.0	3.9	3.6	3.4	3.3	3.1	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1
	1.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1
	1.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.3	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2
1.6	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.3	3.3	
7%	0.2	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8
	0.4	3.7	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2	3.1	3.0	3.0	2.9
	0.6	3.9	3.6	3.4	3.3	3.1	3.4	3.2	3.1	3.1	3.1
	0.8	4.0	3.8	3.5	3.4	3.2	3.5	3.3	3.3	3.2	3.2
	1.0	4.2	3.9	3.7	3.5	3.3	3.6	3.4	3.4	3.3	3.3
	1.2	4.3	4.0	3.8	3.6	3.5	3.7	3.5	3.5	3.4	3.4
	1.4	4.5	4.2	3.9	3.7	3.6	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5
1.6	4.6	4.3	4.0	3.8	3.7	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	

出典：[(a)]  
道路の交通容量  
(昭和59年度版)  
(59.9) P31

3-4 設計時間交通量

(1) 設計時間交通量は、計画交通量から、その路線の交通量の変動特性を考慮して求めるものとする。

(2) 設計時間交通量は、計画目標年における30番目時間交通量とすることを標準とする。

設計時間交通量は次の式による。

1) 2車線道路の場合

$$\text{設計時間交通量} = \text{計画交通量} \times \frac{K}{100} \quad (\text{両方向合計 台/h})$$

2) 多車線道路の場合

$$\text{設計時間交通量} = \text{計画交通量} \times \frac{K}{100} \times \frac{D}{100} \quad (\text{重方向合計 台/h})$$

ここに、K：計画交通量(年平均日交通量)に対する設計時間交通量(通常は30番目時間交通量)の割合で、通常百分率で表す。

D：往復合計の交通量(1時間単位)に対する重方向交通量の割合で、通常百分率で表す。

① K 値

次の値を使用する。

区分	K 値
山地部	14
平地部	12
都市部	9

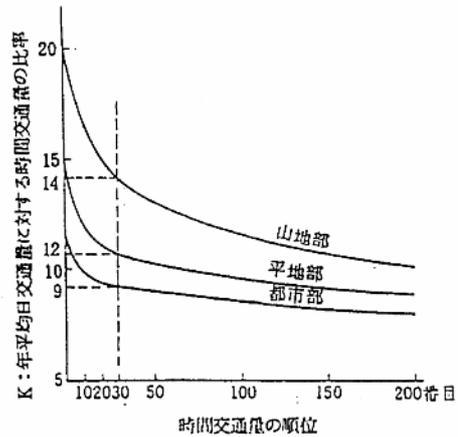


図 3-4-3

年平均日交通量と時間交通量との関係

② D 値

当該路線に於けるD値が不明な場合は、換気の設計にあたって次を標準とする。

区分	D 値
山地部	55
地方部	60

③ 大型車混入率

大型車混入率は、原則として計画交通量推計時に用いられた年平均大型車混入率を用いる。路線特有の事情が有る場合は、類似路線を設定し、その値を準用・予測するものとする。

出典：[3-4]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成 20 年度版)  
(H20.10) P16

出典：[①]  
道路の交通容量  
(昭和 59 年度版)  
(59.9) P80

### 3-5 交通量選定留意点

換気設備の設計交通量は、設計交通容量とすることを原則とする。設計時間交通量が大幅に下回る場合には、設計交通量として設計時間交通量とすることができる。

設計時間交通量が設計交通容量を上回る場合は、設計交通容量を選定する。その根拠は、道路トンネル技術基準(換気編)・同解説 p14「すなわち、換気量は設計交通容量を最終段階とする各種交通状態に対する換気量のうち最も大きなものを採用することになる。」である。

出典：[3-5]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P14

#### 4. 換気量の算定(標準)

##### 4-1 計算のフロー

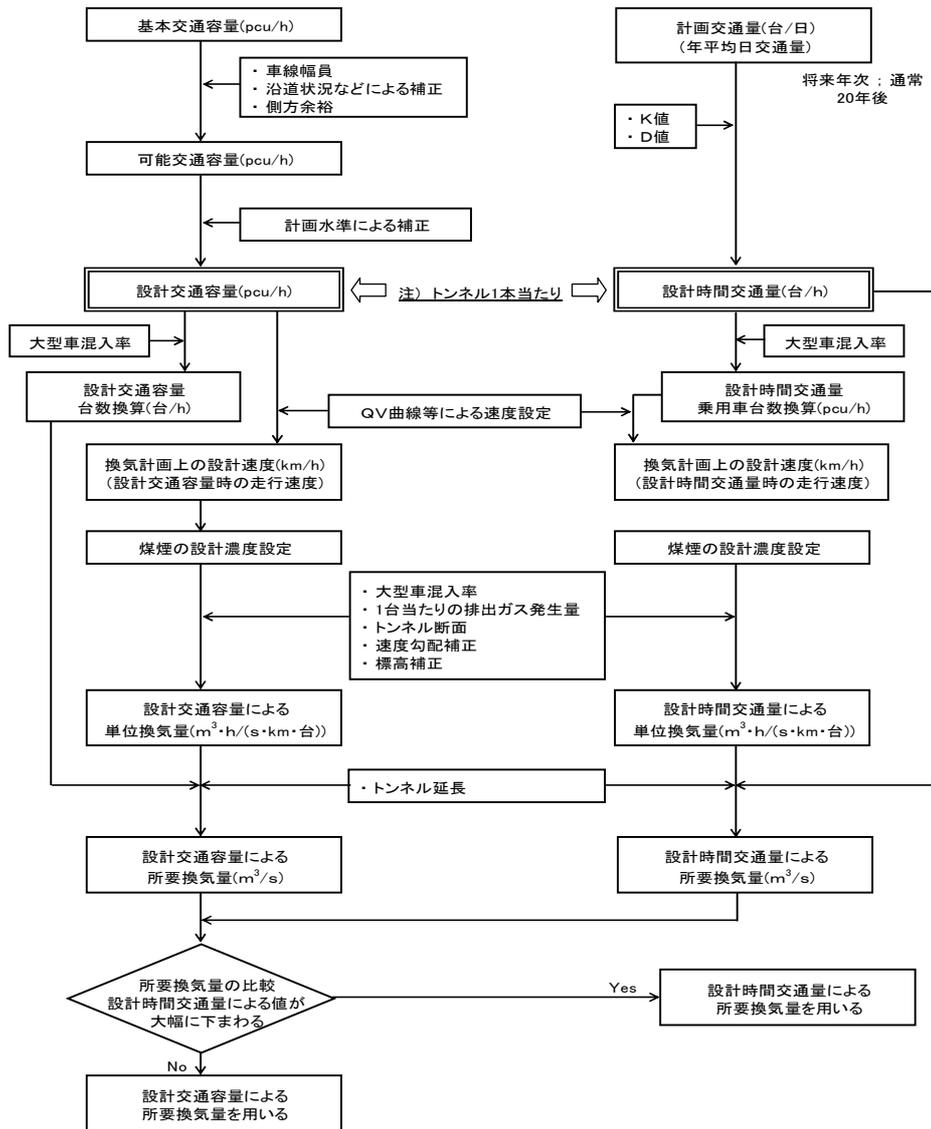


図 3-4-4 (a) 煤煙を例とした交通量から所要換気量を求める過程

##### 4-2 基準換気量

トンネルの換気は排気ガス中の煤煙および一酸化炭素を対象とし、各々の基準換気量は次式による。設計換気量は大きい方の値をとるものとする。

$$Q_0 = q_0 \cdot N \cdot L \frac{1}{1000} \quad \dots\dots (4-4-1)$$

- ここに  $Q_0$  : 基準換気量 ( $m^2/sec$ )  
 $q_0$  : 単位基準換気量  
 $N$  : 交通量 (台/時)  
 $L$  : トンネル延長 (m)

出典 : [4-1]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P15

出典 : [4-2]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P64

(1) 単位基準換気量

1) 煤煙排出量

煤煙の排出量の平均値、標準偏差および微粒子率は、実態調査および自動車排出ガス規制の動向をもとに表3-4-4(a)の値を用いることとした。

なお、平成24年以前にトンネルが供用するなど換気施設の不足が生じるおそれがある場合には、表3-4-4(b)に示す当該年の排出量が参考となる。

表3-4-4(a) 煤煙の1台当たりの排出量【平成25年以降対象】

平均値(m <sup>2</sup> /km)		標準偏差(m <sup>2</sup> /km)		微粒子率(%)	
小型車	大型車	小型車	大型車	小型車	大型車
0.3	1.5	0.3	0.5	55	50

表3-4-4(b) 煤煙の1台当たりの排出量【平成20~24年対象】

年	平均値(m <sup>2</sup> /km)		標準偏差(m <sup>2</sup> /km)		微粒子率(%)	
	小型車	大型車	小型車	大型車	小型車	大型車
平成20年	0.4	2.0	0.4	0.7	70	65
平成21年	0.4	1.8	0.4	0.6	65	60
平成22年	0.4	1.7	0.4	0.6	65	60
平成23年	0.4	1.6	0.4	0.6	60	55
平成24年	0.3	1.6	0.3	0.6	60	55

自動車群の大型車混入率を $\gamma_L$ とすると、自動車群に対する排出量の平均値 $\mu$ および標準偏差 $\sigma$ は次のとおり求められる。

$$\mu = \gamma_L \times \mu_1 + (1 - \gamma_L) \times \mu_2$$

$$\sigma^2 = \gamma_L \times \{ \sigma_1^2 + (\mu_1 - \mu)^2 \} + (1 - \gamma_L) \times \{ \sigma_2^2 + (\mu_2 - \mu)^2 \}$$

記号

補正後の大型車の平均排出ガス量	$\mu_1$ (m <sup>2</sup> /km)
” の小型車の ”	$\mu_2$ ( ” )
” の大型車の $\mu_1$ に対する標準偏差	$\sigma_1$ ( ” )
” の小型車の $\mu_2$ ”	$\sigma_2$ ( ” )
煤煙の排出量の平均値	$\mu$ ( ” )
” $\mu$ に対する標準偏差	$\sigma$ ( ” )

2) COに対する単位基準換気量

$$q_0 = \frac{\mu}{3600 \cdot K_{CO} \times 10^{-6}} \dots (4-4-2)$$

$$\text{ここに、} \mu = 5 \ell / \text{km} = 0.005 \text{ m}^3 / \text{km}$$

$$K_{CO} = 100 \text{ ppm}$$

$$0.005$$

$$\therefore q_0 = \frac{0.005}{3600 \times 100 \times 10^{-6}} = 0.01944 \approx 0.02$$

出典：[(1)]

道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説

(平成20年度版)

(H20.10) P58

出典：[b]

道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説

(平成20年度版)

(H20.10) P63

#### 4-3 所要換気量と補正係数

##### (1) 煤煙排出量の補正

煤煙の排出量の平均値  $\mu$  および標準偏差  $\sigma$  を求めるための補正は、表 3-4-4 (a) の排出量に走行速度による補正係数 ( $k_v$ )、縦断勾配による補正係数 ( $k_L$ ,  $k_S$ )、標高による補正係数 ( $k_h$ ) を用いて次式により行う。

$$\mu_1 = \{\mu_L \times R_L \times k_v \times k_L \times k_h\} + \mu_L \times (1 - R_L)$$

$$\sigma_1 = \{\sigma_L \times R_L \times k_v \times k_L \times k_h\} + \sigma_L \times (1 - R_L)$$

$$\mu_2 = \{\mu_S \times R_S \times k_v \times k_S \times k_h\} + \mu_S \times (1 - R_S)$$

$$\sigma_2 = \{\sigma_S \times R_S \times k_v \times k_S \times k_h\} + \sigma_S \times (1 - R_S)$$

##### 記号

大型車の平均排出ガス量	$\mu_L$ (m <sup>2</sup> /km)
小型車の "	$\mu_S$ ( " )
大型車の $\mu_L$ に対する標準偏差	$\sigma_L$ ( " )
小型車の $\mu_S$ "	$\sigma_S$ ( " )
大型車の煤煙排出量に占める微粒子の比率	$R_L$ ( " )
小型車の "	$R_S$ ( " )
速度補正係数	$k_v$ ( " )
大型車の速度勾配補正係数	$k_L$ ( " )
小型車の "	$k_S$ ( " )
標高補正係数	$k_h$ ( " )

##### 1) 縦断勾配および走行速度による煤煙排出量の補正

自動車排出ガスの煤煙濃度は従前から道路の縦断勾配や走行速度などによって変化することが実験によって確かめられている。縦断勾配および走行速度による補正係数は最近の台上試験の結果<sup>1)</sup>などから次に示す速度勾配補正係数が与えられている。

図 3-4-4 (b) および表 3-4-4 (c) は、表 3-4-4 (a) に示す平成 25 年以降の排出量に対する縦断勾配による補正係数である。このとき走行速度による補正係数は  $k_v = 1.0$  を用いる。また、表 3-4-4 (d) および図 3-4-4 (c)、表 3-4-4 (e) は、表 3-4-4 (b) に示す煤煙排出量が低減されるまでの期間(平成 20~24 年)に対する走行速度および縦断勾配による補正係数である。なお、4% を超える縦断勾配となる場合の速度勾配補正係数については、現時点では把握できていないため、個別に十分な検討を行ったうえで設定する必要がある。

出典：[4-3]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成 20 年度版)  
(H20.10) P59

出典：[4-3]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P61

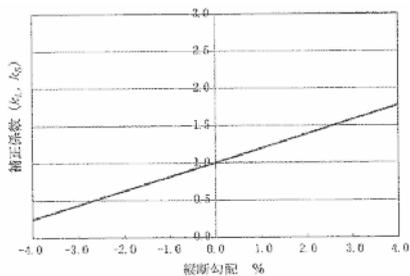


図 3-4-4 (b) 速度勾配補正係数(煤煙対象)( $k_L$ 、 $k_S$ )【平成 25 年以降対象】

表 3-4-4 (c) 速度勾配補正係数(煤煙対象)( $k_L$ 、 $k_S$ )【平成 25 年以降対象】

勾配	大型車・小型車		勾配	大型車・小型車	
	40~80km/h			40~80km/h	
0.0	1.00		0.0	1.00	
-0.5	0.91		0.5	1.10	
-1.0	0.81		1.0	1.19	
-1.5	0.72		1.5	1.29	
-2.0	0.62		2.0	1.38	
-2.5	0.53		2.5	1.48	
-3.0	0.44		3.0	1.58	
-3.5	0.34		3.5	1.67	
-4.0	0.26		4.0	1.77	

表 3-4-4 (d) 速度補正係数(煤煙対象)( $k_v$ )【平成 20~24 年対象】

車種 速度 勾配	小型車					大型車				
	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h
0.0	0.92	0.96	1.00	1.05	1.11	0.91	0.95	1.00	1.06	1.13

出典：[4-3]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P62

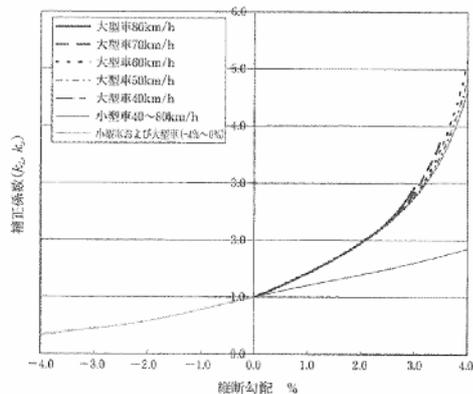


図 3-4-4 (c) 速度勾配補正係数(煤煙対象)( $k_L$ 、 $k_S$ )【平成 20~24 年対象】

表 3-4-4 (e) 速度勾配補正係数(煤煙対象)( $k_L$ ,  $k_S$ )【平成 20~24 年対象】

車種 勾配	小,大型車		車種 勾配	小型車		大型車				
	速度 40km/h ~ 80km/h	速度 40km/h ~ 80km/h		速度 40km/h ~ 80km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h	
0.0	1.00		0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
-0.1	0.98		0.1	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
-0.2	0.96		0.2	1.04	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
-0.3	0.93		0.3	1.06	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
-0.4	0.91		0.4	1.09	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
-0.5	0.89		0.5	1.11	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
-0.6	0.87		0.6	1.13	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
-0.7	0.84		0.7	1.15	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
-0.8	0.82		0.8	1.17	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
-0.9	0.80		0.9	1.19	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
-1.0	0.78		1.0	1.20	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
-1.1	0.75		1.1	1.22	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
-1.2	0.73		1.2	1.24	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
-1.3	0.71		1.3	1.26	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
-1.4	0.69		1.4	1.28	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
-1.5	0.67		1.5	1.30	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
-1.6	0.65		1.6	1.32	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
-1.7	0.63		1.7	1.34	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
-1.8	0.61		1.8	1.35	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
-1.9	0.59		1.9	1.37	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
-2.0	0.58		2.0	1.39	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
-2.1	0.56		2.1	1.41	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
-2.2	0.54		2.2	1.43	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
-2.3	0.53		2.3	1.45	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
-2.4	0.51		2.4	1.47	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
-2.5	0.50		2.5	1.49	2.29	2.29	2.29	2.30	2.32	2.32
-2.6	0.49		2.6	1.51	2.37	2.37	2.38	2.39	2.41	2.41
-2.7	0.47		2.7	1.53	2.46	2.46	2.47	2.49	2.52	2.52
-2.8	0.46		2.8	1.56	2.54	2.55	2.56	2.59	2.64	2.64
-2.9	0.45		2.9	1.58	2.64	2.65	2.67	2.71	2.78	2.78
-3.0	0.44		3.0	1.60	2.74	2.76	2.79	2.84	2.93	2.93
-3.1	0.43		3.1	1.63	2.85	2.88	2.92	2.98		
-3.2	0.42		3.2	1.65	2.97	3.01	3.06	3.14		
-3.3	0.41		3.3	1.67	3.11	3.15	3.22	3.33		
-3.4	0.40		3.4	1.70	3.26	3.31	3.40	3.53		
-3.5	0.39		3.5	1.72	3.42	3.50	3.60	3.77		
-3.6	0.38		3.6	1.75	3.61	3.70	3.84			
-3.7	0.37		3.7	1.78	3.82	3.93	4.10			
-3.8	0.35		3.8	1.80	4.05	4.19	4.40			
-3.9	0.34		3.9	1.83	4.32	4.49	4.75			
-4.0	0.32		4.0	1.85	4.63	4.83	5.14			

出典：[表 3-4-4 (e) :  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説

(平成 20 年度版)

(H20.10) P63

2) 標高による煤煙排出量の補正

トンネルの標高によっても自動車の排出ガス量は影響を受ける。煤煙に関する標高補正係数については、昭和 43 年に建設省土木研究所が実地走行実験を行った結果であり従来からこれを用いてきた。将来、高地におけるトンネル換気の運用例が増加し、資料の蓄積ができた段階で修正されることとなるが、当面は従来のもを踏襲して図 3-4-4 (d)によることとした。

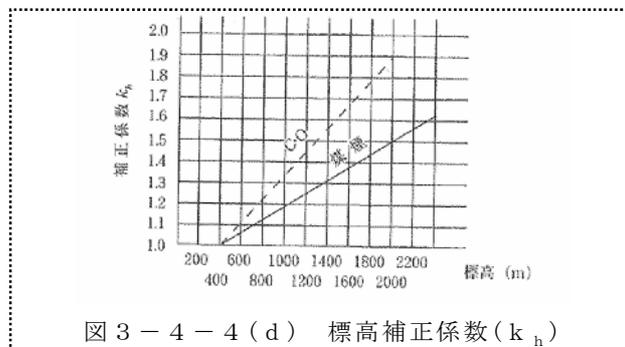


図 3-4-4 (d) 標高補正係数( $k_h$ )

5. 自然換気力および交通換気力(標準)

5-1 自然換気力

(1) トンネル内に自然風  $U_n$  が吹いている状態では、次式で定義される圧力差が、両坑口間に作用していることとなる。

$$\Delta P_{MTW} = \left[ 1 + \zeta_e + \lambda \times \frac{L}{D} \right]_r \times \frac{\rho}{2} \times U_n^2 \quad (\text{Pa}) \quad \dots\dots (4-5-1)$$

ここに、 $\Delta P_{MTW}$  : 坑口間自然換気力 (Pa)

$\zeta_e$  : トンネル 入口損失係数 (0.6)

$\lambda$  : トンネル壁面摩擦損失係数 (0.025)

$L$  : トンネル延長 (m)

$D$  : トンネル代表寸法 (m)

$$\text{(等価円直径)} \quad \left[ D = \frac{4 \times \text{トンネル断面積}}{\text{トンネル周長}} \right]$$

$U_n$  : 自然風によるトンネル内平均風速 (m/s)

特に資料がない場合は、2.5 (m/s) を標準とする。

$r$  : 交通空間を表す

$\rho$  : 空気の密度 (1.2 kg/m<sup>3</sup>)

この圧力差が生じる要因に、トンネル坑口間の気象的気圧勾配差、トンネル内外の温度差に基づく圧力差およびトンネルの外に吹く自然風がトンネル内に吹き込もうとする堰止め圧力差等がある。

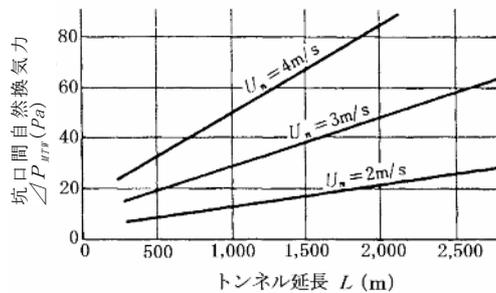


図 3-4-5(a) 抵抗となる自然換気力

5-2 交通換気力

(1) 一般にトンネル内を走行する自動車のピストン作用による交通換気力は、定常状態において次式により求めることができる。

$$\Delta P_t = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n_+ \cdot [V_{t(+)} - U_r]^2 - \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n_- \cdot [V_{t(-)} + U_r]^2 \quad \dots\dots (4-5-2)$$

ここに、 $\Delta P_t$  : 交通換気力

$\rho$  : トンネル内空気密度 (1.2 kg/m<sup>3</sup>)

$A_m$  : 自動車等価抵抗面積 (m<sup>2</sup>)

$$A_m = (1 - \gamma_L) \cdot (A_c \cdot \xi_c)_s + \gamma_L \cdot (A_c \cdot \xi_c)_L$$

ここに  $(A_c \cdot \xi_c)_s$  : 小型車の等価抵抗面積

$(A_c \cdot \xi_c)_L$  : 大型車の等価抵抗面積

最近の自動車の前面投影面積を車種ごとに整理すると表3-4-5(a)に示すとおりとなる。

表3-4-5(a) 自動車前面投影面積 (m<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>

大型車	小型車
6.88	2.45

自動車の抵抗係数は、自動車の形状や前面投影面積によって異なるもので、近年の環境への配慮、燃費向上などの社会的要請により変化してきていることから見直しを行うこととした。大型車の導風板の有無や荷台形状(ボックスの有無)に着目した模型実験を実施し、軽自動車および乗用車、大型車の車両形状別に抵抗係数を占積率(トンネル断面積に占める車の前面投影面積)で整理した。

表3-4-5(b)は、大型車の車両形状を導風板の有無、ボックスの有無として実施した一般国道における実態調査(平成17年度)に基づく構成比である。

表3-4-5(b) 大型車の車両形状構成比 (%)

車両形状	構成比
導風板有	20
ボックス無、導風板無	40
ボックス有、導風板無	40

模型実験と車両形状の実態調査の結果などから、大型車と小型車別に占積率と抵抗係数の関係を解析した結果は、図3-4-5(b)に示すとおりであり、大型車で占積率25%まで、小型車では占積率15%までは、次式のように一次式で表すこととした。なお、大型車の車両形状構成比が実態調査などにより表3-4-5(b)に示す値と大幅に異なる場合は、その構成比により別途検討した値を用いても良いものとする。

出典 : [(1)]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P81

$$\xi_{cL} = 0.0309x + 0.724 \dots \dots \dots (3.3.4)$$

$$\xi_{cs} = 0.0140x + 0.308 \dots \dots \dots (3.3.5)$$

ここで、 $\xi_{cL}$ ：大型車の自動車抵抗係数  
 $\xi_{cs}$ ：小型車の自動車抵抗係数  
 $x$ ：占積率(%)

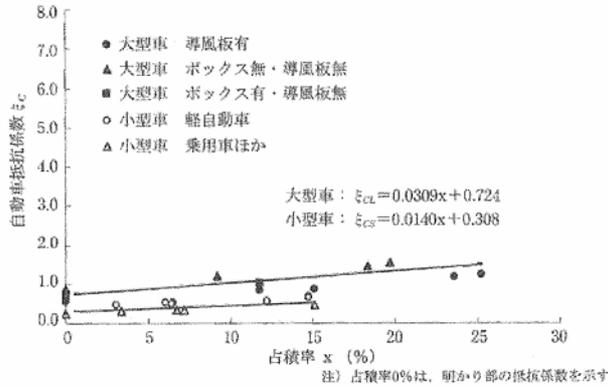


図 3-4-5 (b) 占積率と自動車抵抗係数の関係<sup>1)</sup>

この結果をもとにトンネル断面積毎の自動車等価抵抗面積を求めると、表 3-4-5 (c)、図 3-4-5 (c) に示ようになる。

表 3-4-5 (c) 自動車等価抵抗面積

トンネルの断面積 (m <sup>2</sup> )	45		50		55		60		70		80		100	
	大型	小型												
自動車の投影面積 A (m <sup>2</sup> )	6.88	2.45	6.88	2.45	6.88	2.45	6.88	2.45	6.88	2.45	6.88	2.45	6.88	2.45
占積率 x (%)	15.3	5.4	13.8	4.9	12.5	4.5	11.5	4.1	9.8	3.5	8.6	3.1	6.9	2.5
自動車の抵抗係数	1.20	0.38	1.15	0.38	1.11	0.37	1.08	0.37	1.03	0.36	0.99	0.35	0.94	0.34
自動車の等価抵抗面積 A <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> )	8.26	0.93	7.91	0.93	7.64	0.91	7.43	0.91	7.09	0.88	6.81	0.86	6.47	0.83

なお、式(3.3.3)に式(3.3.4)、式(3.3.5)、表 3-4-5 (a) の値を代入すると次式が得られる。

$$A_m = 0.78 + \frac{9.1}{A_r} + \left( 4.21 + \frac{137}{A_r} \right) \gamma_L \dots \dots \dots (3.3.6)$$

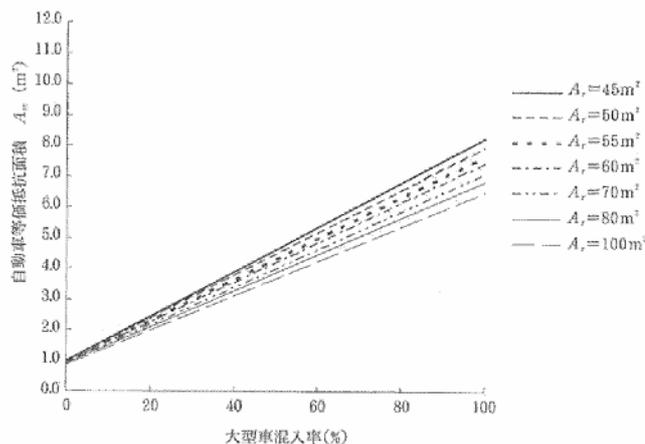


図 3-4-5 (c) 大型車混入率と自動車等価抵抗面積

出典：[1]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P82

出典：[4-5]  
 道路トンネル技術基準  
 (換気編)・同解説  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.10) P81~83

$A_r$  : 車道断面積 ( $m^2$ )  
 $n_+$  : 車道内の風向と同方向に向う自動車の台数  
 $n_-$  : 車道内の風向と逆方向に向う自動車の台数  
 $V_t(+)$  : 車道内の風向と同方向に向う自動車の速度 ( $m/sec$ )  
 $V_t(-)$  : 車道内の風向と逆方向に向う自動車の台数 ( $m/sec$ )  
 $U_r$  : 車道内風速 ( $m/sec$ )

(2) 対面交通のトンネルでは互いに打消し合って逆に抵抗となって作用することがある。

5-3 交通換気図

自然換気力と交通換気力によって生じるトンネル内の圧力上昇は両者の組合せにより次式のとおりとなる。

$$\left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_r^2 = \pm \Delta P_t \pm \Delta P_{MTW} \quad \dots\dots (4-5-3)$$

(1) 一方向交通トンネルの場合

前式における換気風 ( $U_r$ ) とピストン作用および自然風の作用する方向の組合せは、一方向交通トンネルを対象にして考慮すると分りやすい。

1) 自然風の方向および交通方向がトンネル内風向と同じ場合

( $U_r \geq 0, U_n \geq 0$ ; 図3-4-5(d)の(I)象限)

$$\left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_r^2 = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n \cdot [V_t - U_r]^2 + \left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_n^2 \quad (4-5-4)$$

(順風)                      (加圧力)                      (順圧)

2) 自然風の方向がトンネル内風向および交通の方向と逆の場合

( $U_r \geq 0, U_n \leq 0$ ; 図3-4-5(d)の(II)象限)

$$\left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_r^2 = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n \cdot [V_t + U_r]^2 - \left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_n^2 \quad (4-5-5)$$

(順風)                      (加圧力)                      (逆圧)

3) 交通方向がトンネル内風向および自然風の方向と逆の場合

( $U_r \leq 0, U_n \leq 0$ ; 図3-4-5(d)の(III)象限)

$$\left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_r^2 = -\frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n \cdot [V_t - U_r]^2 + \left[1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_n^2 \quad (4-5-6)$$

(順風)                      (加圧力)                      (逆圧)

上式を用いて計算した例を図3-4-5(d)に示す。

縦軸の  $U_r$  は、交通と自然風によって生じる換気風速、横軸の  $U_n$  は自然風領風速、陰線で示す  $Q/A_r$  曲線は、トンネル必要換気風速の軌跡で、左側の域では機械換気が必要であることを示す。

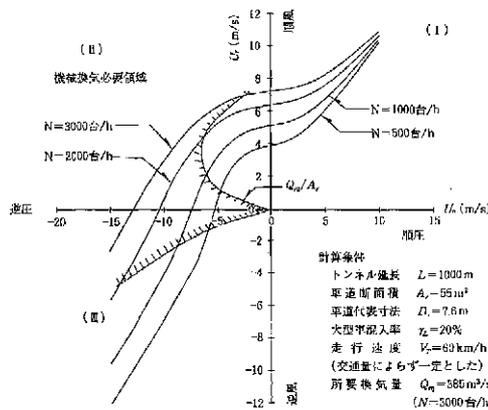


図3-4-5(d) 一方向交通トンネルの交通換気図の例(その1)





## 第5節 換気方式の採用と計算

換気方式には、縦流式、横流式、半横流式、組合せ換気方式等がある。最近では、建設費、維持費の関係から、縦流式換気方式が多く採用されている。また、長大トンネルにおいても電気集じん機の採用により縦流式の採用が可能になってきた。

従って、本項では縦流式換気方式の代表としてジェットファン(ブースターファン)による換気と、立坑集中排気方式を中心に行う。

その他の換気方式の計算については「道路トンネル技術基準(換気編)・同解説」を参照して計算することとする。

### 1. ジェットファン(ブースターファン)による換気(標準)

ジェットファン………正方向と逆方向の風量(=噴流速度)が同じであり、対面交通において重方向率が変わった場合や自然風の風向が変わった場合、火災排煙時に逆方向に同一性能で使いたい時に有利である。

ブースターファン………正方向のみがジェットファンと同一風量で逆方向は、正方向の約50%の風量しか得られない。

電動機の動力はジェットファンより小さい。

卓越風があるトンネルや、一方向のみが流れを主にしているトンネルでは有利である。

なお、一方向交通トンネルで換気/排煙のためブースターファンとジェットファンを併用することが多い。

以下ジェットファンをこの両者総称として以降述べる。

#### 1-1 ジェットファン換気方式の計算

ジェットファン方式の目的は、トンネル縦方向に作用する交通換気力および自然換気力を補足するようジェットファンの噴流効果による圧力上昇を発生させ、これにより所要の換気量を満足しようとする方式である。

すなわち、図3-5-1において、ジェットファンを矢印の方向に運転し、走行方向( $V_t$ )と自然換気力 $\Delta P_{MTW}$ が図のような関係にあるとき、車道内に換気風 $U_r$ が図示の方向に流れると、次式の関係が成立する。

通気抵抗( $\Delta P_r$ ) + 抵抗自然風( $\Delta P_{MTW}$ ) = 交通換気力( $\Delta P_t$ ) + ジェットファン昇圧力( $\Delta P_j$ )

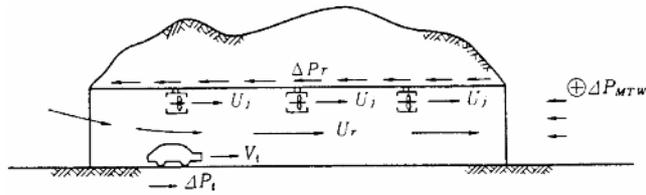


図 3-5-1 ジェットファン換気方式の圧力関係図

(1) ジェットファンの所要台数の算定式

ジェットファン 1 台当たりの昇圧力を  $\Delta P_j$  とすると、所要換気量を満足する  $U_r$  の値をもとに、次式によりジェットファン所要台数 ( $i$ ) を求めることができる。

$$i = \frac{\Delta P_r + \Delta P_{MTW} - \Delta P_t}{\Delta P_j} \quad \dots\dots (5-1-1)$$

ここに、

$$\Delta P_r = \left[ 1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_r^2$$

$$U_r = \frac{Q}{A_r} = \frac{\text{必要換気風量}}{\text{トンネル内空断面}}$$

$\zeta_e = 0.6$  (特に断りのない場合)

$\lambda = 0.025$  ( " )

$L$  = トンネル延長

$D$  = " 代表寸法

$\Delta P_{MTW}$  = 抵抗自然風 = 坑口間自然換気力

$$= \left[ 1 + \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_n^2$$

$U_n$  = 自然によるトンネル内平均風速

$\Delta P_t$  = 交通換気力

$$= \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n_+ \cdot [V_t - U_r]^2 - \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n_- \cdot [V_t + U_r]^2$$

$$\Delta P_j = \frac{1}{2} \rho U_j^2 \phi \cdot \frac{1 - \Psi}{(1 - \phi)^2} (2 - 3\phi + \Psi\phi)$$

$U_j$  = ジェットファンの噴流速度 (m/sec)

$A_j$  = ジェットファンの噴流面積 (m<sup>2</sup>)

$A_r$  = 車道断面積 (m<sup>2</sup>)

$U_r$  = 車道内風速 (m/sec)

$\phi = A_j / A_r$

$\Psi = U_r / U_j$

交通換気力の算定式は

1) 一方向交通トンネルの場合

$$\Delta P_t = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot n \cdot [V_t - U_r]^2 \quad \dots\dots (5-1-2)$$

2) 対面交通トンネルで上・下方向の交通状態が等しい場合

$$\Delta P_t = -2 \cdot \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot 2n_+ \cdot V_t U_r \quad \dots\dots (5-1-3)$$

式(5-1-1)は図3-5-1(a)に示すように $\Delta P_{MTW}$ が作用する場合の式であり、順風、逆圧(図3-4-5(d)に示す第2象限領域)のものである。

① 順風で $\Delta P_{MTW}$ の作用する方向が順圧(第1象限)の場合

$$i = \frac{\Delta P_r - \Delta P_{MTW} - \Delta P_t}{\Delta P_j} \quad \dots\dots (5-1-4)$$

② 逆風で $\Delta P_{MTW}$ の作用する方向が逆圧(第3象限)の場合

$$i = \frac{\Delta P_r - \Delta P_{MTW} + \Delta P_t}{\Delta P_j} \quad \dots\dots (5-1-5)$$

特に、換気風の方角と $\Delta P_{MTW}$ と $\Delta P_t$ の作用する方向には常に注意する必要がある。

(2) 計算に使用する条件(参考)

自然風および重方向交通量率については特に資料のない場合は以下を参考とする。

	自然風	重方向の交通量率
一方向交通	2.5 m/s で不利な方向	
対面交通	2.5 m/s で不利な方向	50 : 50

(3) ジェットファンの台数と口径は次の事項を検討し選定する。

- 1) トンネル内の建築限界外の空間に取付けることを原則とする
- 2) 縦方向の取付け間隔と設置台数
- 3) 交通量の変化と運転台数

表 3-5-1(a) ジェットファン昇圧計算に用いる数値

形 式	口 径	$A_j(m^2)$	$U_j(m/s)$
JF 600	630mm	0.27	30
JF 1000	1,030mm	0.83	30
JF 1250	1,250mm	1.227	30
JF 1500	1,530mm	1.83	30

注) ① ブースターファン(BF)は、BF 1250、BF 1500 の 2 種類があり

$A_j \cdot U_j$  は正方向のみ JF と同値とする。

② JF 400(口径 400~450 mm)の実績もあるが、これは JF 600 以上が建築限界等の関係で取付けられないため、採用にあたっては噴流速度に注意をする必要がある。

③ 低騒音型として消音筒を長くした JF 600 と JF 1000 がある。

④ JF600~1250 については、吹出速度( $U_j$ )を 35(m/s)とした機種が作られている。

### 1-2 ジェットファンの取付間隔

(1) 延長方向の取付間隔は、噴流エネルギーが換気風エネルギーに十分置換されるようなミキシング距離を確保する。

1) 取付場所は電圧降下を考慮すると電気室に近い順に設置するのが望ましい。

2) 火災の発生を考慮して、一部分散配置することも検討すること。

3) ミキシング距離を考慮したジェットファンの取付間隔については、既往の実績から、表 3-5-1(b)の値以上とすることを標準とする。

表 3-5-1(b) ジェットファンの取付間隔

形 式	坑口からの距離(m)	ジェットファンの相互間
JF 400	80 *	80 *
JF 600	80	80
JF 1000	140	140
JF 1250	160	160
JF 1500	180	180

注) ※ JF 400 は既設トンネルの設置実験であり、検討を行い上記値より小さい値を採用してもよい。

(2) 断面取付位置と昇圧効果の減少

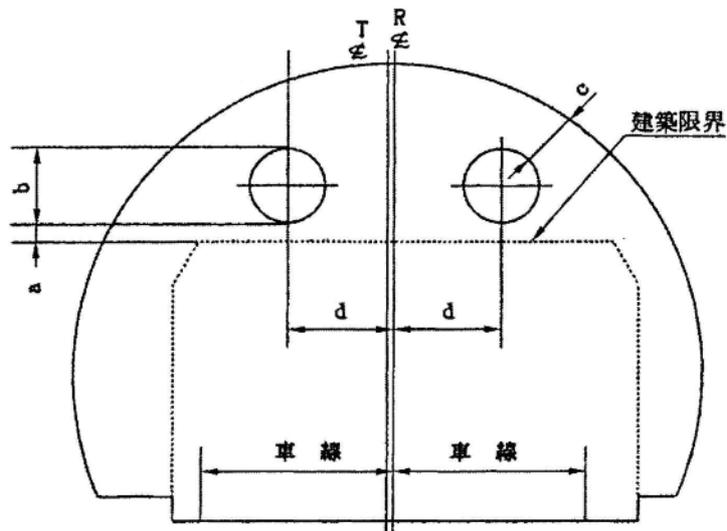
取付方式は天井からの吊下げ式が一般的であり、ジェットファン外径と天井壁面までの離間距離はほぼ 0.5D (Dはジェットファン口径)を標準としている。この程度離せば、噴流が壁面において摩擦抵抗を受けることによって昇圧効果が減少するなどの目立った影響はみられていない。

しかし、壁面との離間距離が極端に小さくなると、この影響を無視できないので、確認したうえで設置する必要がある。また、最近は経済性など考慮し、下記の設置例が多い。

(資料)

表 3-5-1(c) 取付寸法

形 式	a (mm)	b (mm)
JF 400	200	550
JF 600	200	800
JF 1000	200	1,200
JF 1250	200	1,450
JF 1500	200	1,750



a : 200 mmは最少寸法である。(オーバーレイ寸法は含まない)

b : 表 3-5-1(c)による。

c : ジェットファンとトンネル壁面との離隔距離はできるだけ離れた方が望ましい。

しかしながら、200mm程度とした例もある。

d : 保守管理時にリフト車等の車両が隣車線に入り、交通障害にならない様にする。

一般に車線幅の1/2以上必要である。

## 2. 立坑集中排気方式の計算(標準)

### 2-1 立坑集中排気方式における空気流れの基礎

(1) 立坑排気式換気方式は、立坑底を負圧にすることによって換気風を実現しようとする方式である。なお立坑の代わりに斜坑や横坑による場合も含まれる。

本換気方式は一般に対面交通トンネルに適用され、トンネルの中央付近に立坑等を設けることが普通である。この場合の換気系の流路形態は、両坑口から外気を吸込み、立坑底で合流するT字合流管である。(図 3-5-2(a))

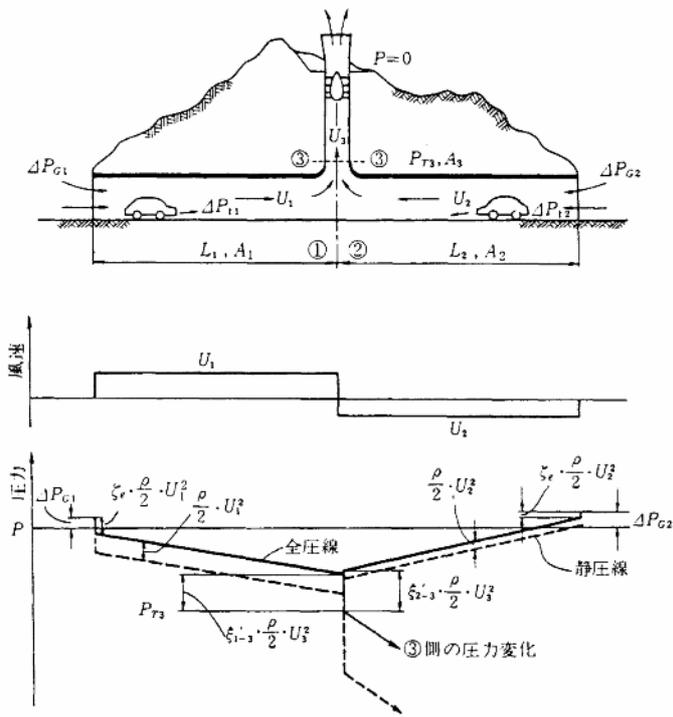


図 3-5-2 (a) 立坑排気換気方式の模式図(合流形)

(2) 一方向交通トンネルにおいて出口側の坑口からの吐出空気量を軽減する意図から使用される例などがある。この場合の換気系の流路形態は、T字合流流の場合と立坑を挟む片側（通常は出口側）のトンネルの空気の流れ逆方向となる（通り抜け）流れが生じる場合とがある。（図 3-5-2 (b)）

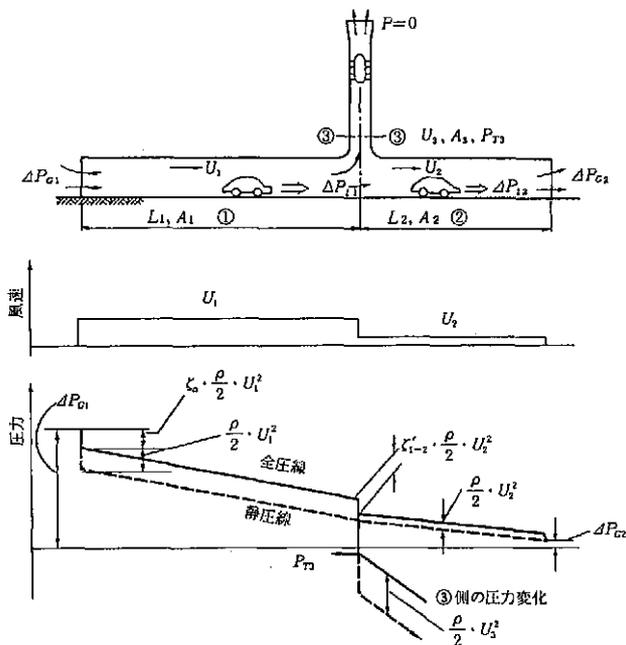


図 3-5-2 (b) 立坑排気換気方式の模式図(通り抜け形)

## 2-2 立坑集中排気方式の計算

### (1) 合流流れの場合

図3-5-2(a)において、 $\Delta P_G$  は、坑口と立坑口の間に存在する気象的圧力差を示す。立坑口を基準とすること、およびおおむね加圧力として作用する期間が長いと判断できるため、 $\Delta P_{MTW}$  と区別して定義した。

$\Delta P_G$  を加圧力とし、 $A_1 = A_2$  のとき、各Uが図3-5-2(a)の示す方向に流れると、立坑底の合流後の全圧 $P_{T3}$ は次式で表される。

$$P_{T3} = \Delta P_{G1} + \Delta P_{t1} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_1}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 - \xi'_{1-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_3^2 \quad \dots\dots (5-2-1)$$

$$P_{T3} = \Delta P_{G2} + \Delta P_{t2} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_2}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_2^2 - \xi'_{2-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_3^2 \quad \dots\dots (5-2-2)$$

$$A_3 \cdot U_3 = A_1 \cdot [U_1 + U_2] \quad \dots\dots (5-2-3)$$

ここに $\Delta P_{G1}$ ：第①区間のトンネルと立坑口間の気象的圧力差

$\Delta P_{G2}$ ：第J J区間のトンネルと立坑口間の気象的圧力差

(いずれも、自然風がトンネルに向かう方向のとき正の符号)

$P_{t1}$ 、 $P_{t2}$ ：交通換気力であり、次式で表される。

$n_+$  は第①→第②へ、

$n_-$  は第②→第①区間へ向かう車両台数とする。

$$\Delta P_{t1} = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \{ n_{+1} \cdot [v_t - U_1]^2 - n_{-1} \cdot [v_t + U_1]^2 \}$$

$$\Delta P_{t2} = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \{ n_{-2} \cdot [v_t - U_2]^2 - n_{+2} \cdot [v_t + U_2]^2 \}$$

上式中の $\xi'_{1-3}$  および $\xi'_{2-3}$  は下流(立坑)の風速を基準とした全圧損失係数である。

### (2) 通り抜け流れの場合

図3-5-2(b)に示す通り抜け流れの場合の立坑底における支流の分岐損失係数は、本流(第①区間)の風速を基準とした圧力損失係数で表し、本流の第②区間の圧力変化も次のように表すことが一般的である。

支流の分岐損失係数を $\zeta'_{1-3}$ 、本流の分岐損失係数を $\zeta'_{1-2}$ とそれぞれ全圧損失係数で表現し、その他は(1)項と同様に取扱うと、次式のとおり各部の圧力が得られる。

第①区間の終わりの全圧力(分岐直前の全圧力) $P_{T1}$ は

$$P_{T1} = \Delta P_{G1} + \Delta P_{t1} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_1}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 \quad \dots\dots (5-2-4)$$

第②区間の始まりの全圧力(分岐直後の全圧力)  $P_{T2}$  は

$$P_{T2} = P_{T1} - \xi'_{1-2} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 \quad \dots\dots (5-2-5)$$

第②区間の終わり(出口)の全圧力は

$$\triangle P_{G2} + \frac{\rho}{2} \cdot U_2^2 = P_{T2} - \left[ \lambda \cdot \frac{L_2}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_2^2 + \triangle P_{t2} \quad \dots\dots (5-2-6)$$

よって、立坑底の全圧力  $P_{T3}$  は

$$P_{T3} = P_{T1} - \xi'_{1-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 \quad \dots\dots (5-2-7)$$

(3) 合流および分岐損失係数

1) T字合流管の場合

T字合流管の場合、図3-5-2(c)のように、合流部分の乱れ等の局所的な現象に影響されない位置に①、②、③の検査断面を設けると次式の関係が成立する。

$$P_{T3} = P_{T1} - \xi'_{1-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_3^2 \quad \dots\dots (5-2-8)$$

$$P_{T3} = P_{T2} - \xi'_{2-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_3^2 \quad \dots\dots (5-2-9)$$

$\xi'_{1-3}$  および  $\xi'_{2-3}$  は、合流管の断面積比、流量比、合流角度および隅角部の形状によって影響を受ける値である。その一例を表3-5-2(a)および図3-5-2(e)に示す。

なお、 $U_1 = U_2$  の場合、表3-5-2(a)より  $\xi'_{1-3} - \xi'_{2-3} = 0$  であるから、式(5-2-1)および(5-2-2)は、

$$\left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_1}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 = \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_2}{D} \right]_r \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_2^2 - \triangle P_{G2} + \triangle P_{G1} - \triangle P_{t2} + \triangle P_{t1}$$

と表すことができる。

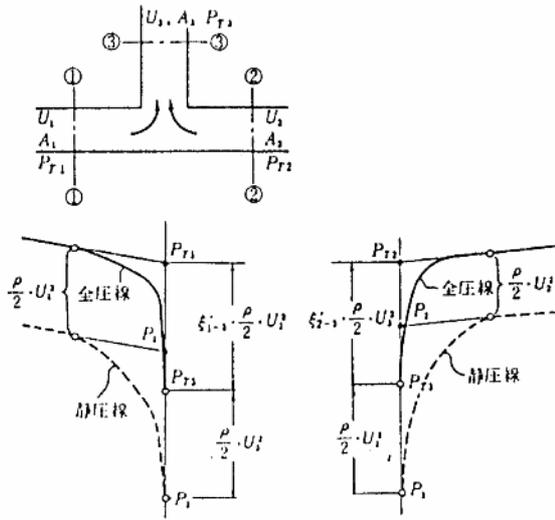


図 3-5-2 (c) T字合流管圧力線図(模式図)

$U_3 > U_1$  (支流が増速)

$A_1 = A_2$

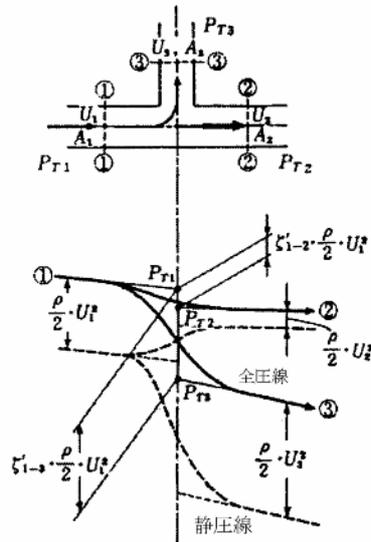


図 3-5-2 (d) T字合流管圧力線図(模式図)

表 3-5-2 T字合流管の損失係数

$Q_1/Q_2$	$Q_2/Q_3$	$\xi'_{1-3}$	$\xi'_{2-3}$	$\xi'_{1-3} - \xi'_{2-3}$
1.00	0.00	0.91	0.55	0.36
0.95	0.05	0.84	0.50	0.34
0.90	0.10	0.78	0.46	0.32
0.85	0.15	0.71	0.42	0.29
0.80	0.20	0.64	0.38	0.26
0.75	0.25	0.58	0.35	0.23
0.70	0.30	0.52	0.33	0.19
0.65	0.35	0.46	0.31	0.15
0.60	0.40	0.40	0.29	0.11
0.55	0.45	0.34	0.29	0.05
0.50	0.50	0.31	0.31	0.00

(注) 模型寸法  $A_1 = A_2 = A_3 = 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 、合流部隅切り寸法  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  両側

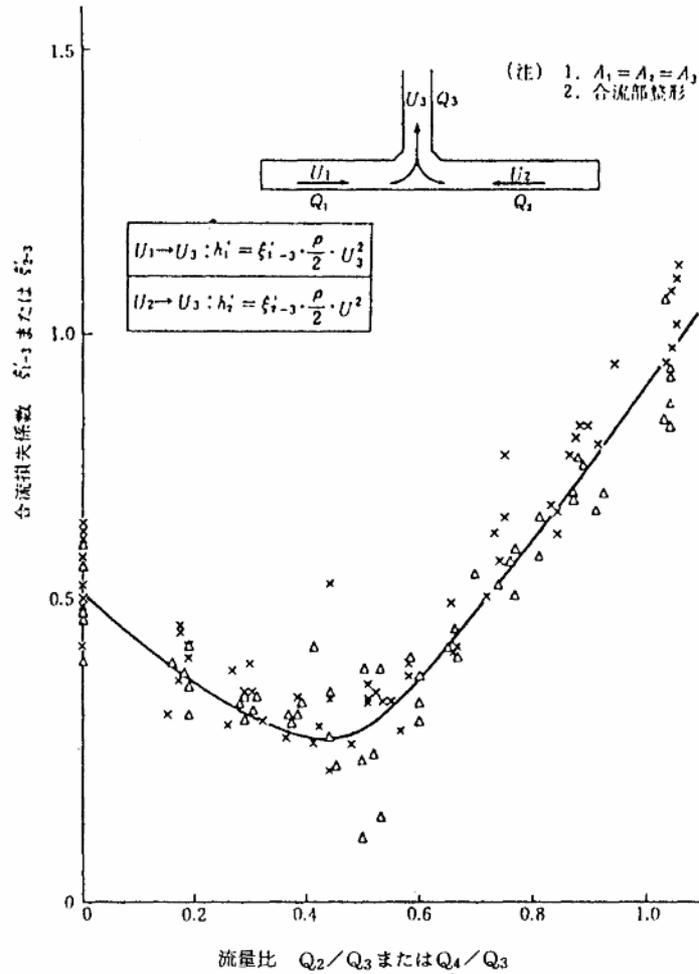


図 3-5-2 (e) 合流損失係数 (模式図)

2) 通り抜け流れの場合

図 3-5-2 (d) において同様に①、②、③の検査断面を設定すると、次式が成立する。

$$P_{T2} = P_{T1} - \zeta'_{1-2} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 \quad \dots (5-2-10)$$

$$P_{T3} = P_{T1} - \zeta'_{1-3} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_1^2 \quad \dots (5-2-11)$$

$\zeta'_{1-2}$ 、 $\zeta'_{1-3}$  は、分岐管の断面積比、流量比、分岐角度および隅角部の形状によって影響を受ける値であり、その一例を図 3-5-2 (f)、(g) に示す。

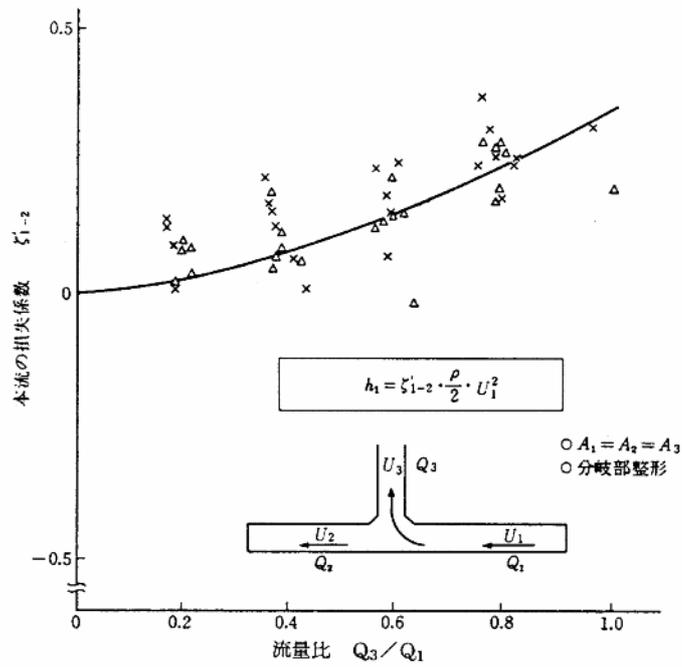


図 3-5-2 (f) 本流の分岐損失係数

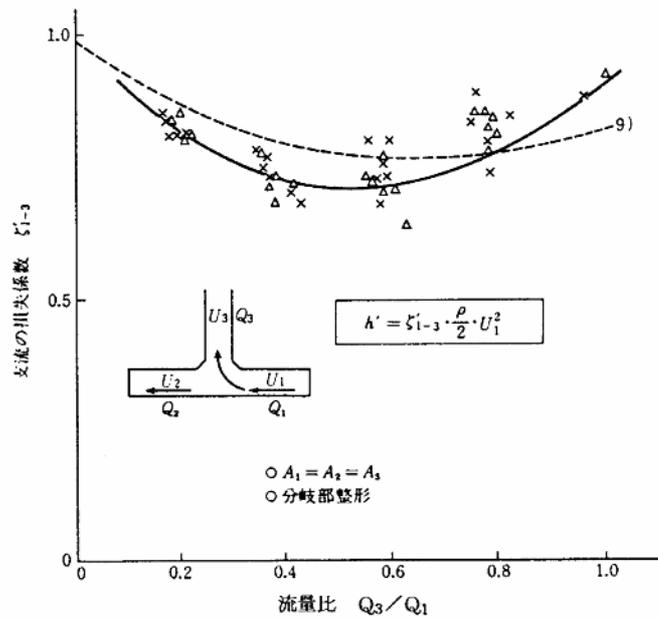


図 3-5-2 (g) 支流の分岐損失係数

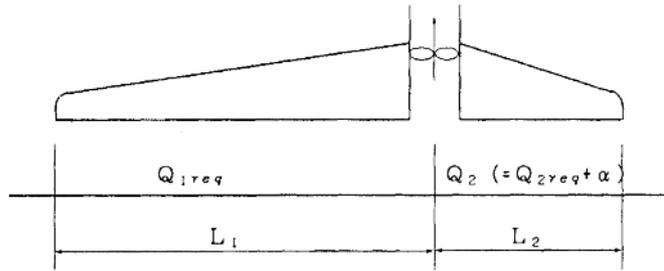
### 2-3 立坑下の区間補正(参考)

対面交通で、交通量が同一であっても「区間距離」「勾配」が違えば必要換気量が異なる。また、一方向交通では交通換気力の影響を受けるなど立坑下の左右の圧力状況は同一であることは少なく、バランスを補正する。

- (1) 換気風量の少ない側区間に必要以上の風量を流し、反対側区間と同じ圧力になるようにする。

$Q_{1req} > Q_{2req}$  の場合

$$Q_2 = Q_{2req} + \alpha$$



合流流れで自然風の影響および合流損失を無視すると

$$\Delta P_{R1} = \Delta P_{R2}$$

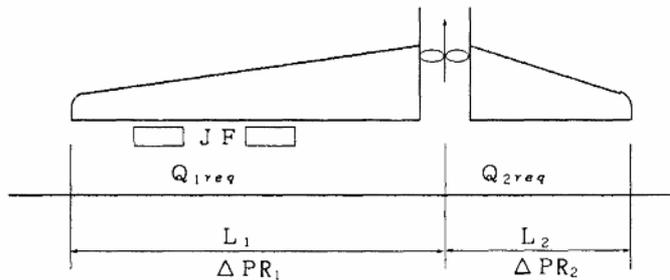
$$\Delta P_{t1} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_1}{D_r} \right] \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{1req}}{A_r} \right]^2$$

$$= \Delta P_{t2} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_2}{D_r} \right] \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{2req} + \alpha}{A_r} \right]^2 \quad \dots\dots (5-2-12)$$

になる様に  $\alpha$  を決める。

$Q_{1req} + Q_{2req}$  で排風機を運転すると、実際に流れる換気量は  $L_1$  側で  $Q_{1req}$  より少なく、 $L_2$  側は  $Q_{2req}$  以上で流れることにより、 $L_1$  側が量不足となる。

(2) 左右の圧力差をジェットファンの昇圧力で補正する。



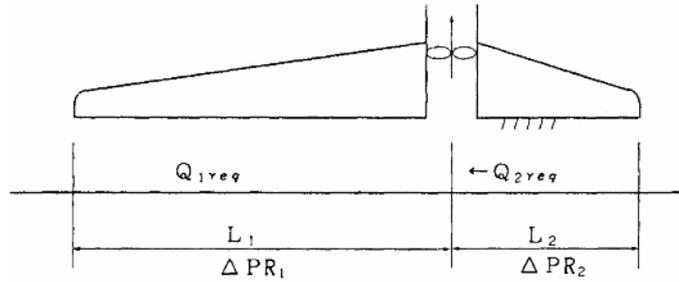
$$Q_{1req} > Q_{2req}$$

自然風のない場合、 $L_1$  側圧力  $\Delta P_{R1} > L_2$  側圧力  $\Delta P_{R2}$  となる。

この差圧  $\Delta P_{R1} - \Delta P_{R2}$  が  $\Delta P_J$  (ジェットファン昇圧力) に等しくなる様にジェットファン台数 ( $i$ ) を決める。

$$\Delta P_{R1} + \rho V_j^2 \cdot \frac{A_j}{A_r} \cdot \left[ 1 - \frac{Q_{1req}}{V_j \cdot A_r} \right] \cdot i = \Delta P_{R2} \quad \dots\dots (5-2-13)$$

(3) じゃま板によって片側に抵抗をつける。



(2)と同様に $\Delta P_{R1} > \Delta P_{R2}$ の場合は

$$\Delta P_{R1} = \Delta P_{R2} + \Delta P_a$$

ここに

$\Delta P_a$  = じゃま板の圧力損失

$$= \zeta_i \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{2req}}{A_r} \right]^2$$

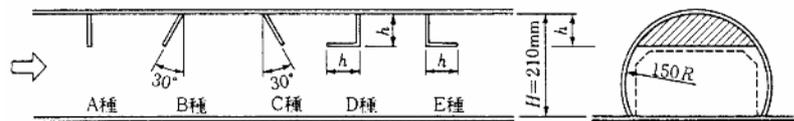
$$\Delta P_{R1} = \Delta P_{t2} - \left[ \zeta_e + \lambda \cdot \frac{L_2}{D_r} \right] \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{2req}}{A_r} \right]^2$$

$$- \zeta_i \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left[ \frac{Q_{2req}}{A_r} \right]^2 \cdot n$$

..... (5-2-14)

n = じゃま板の設置個所数

じゃま板には図3-5-2(h)に示す種類がある。一般にはA、B種が使用された実績がある。



じゃま板の種類 図3-5-2(h)

また、じゃま板の設置間隔および寸法による影響を、図3-5-2(i)および図3-5-2(j)に示す。

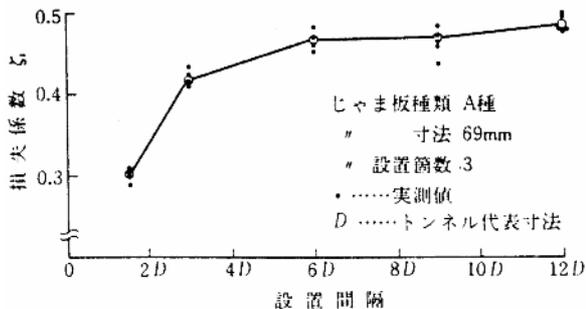


図3-5-2(i) 設置間隔の影響

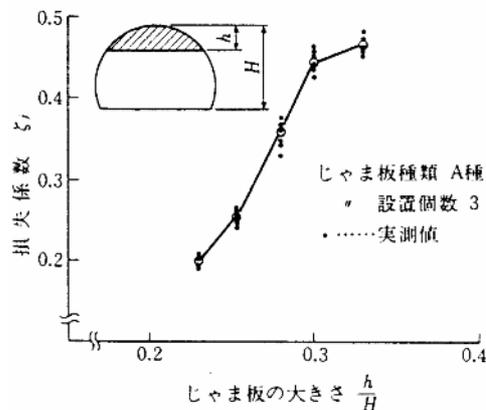


図3-5-2(j) じゃま板の寸法による影響

## 第6節 換気機

換気機は、使用上の条件に合致し、経済的かつ合理的となるよう計算しなければならない。

本節では、ジェットファン、送・排風機および電気集じん機と付属装置の3項目に大別する。

### 1. ジェットファン(ブースターファン)(標準)

ジェットファンは、正転・逆転とも同一噴流速度(吹出平均風速)であるが、ブースターファンは、正転の噴流速度を決めている。

#### 1-1 仕様一覧(参考)

種類	ジェットファン				ブースターファン		高風速ジェットファン			
	630型	1000型	1250型	1500型	1250型	1500型	630型	1000型	1250型	
口径(mm)	630	1030	1250	1530	1250	1530	630	1030	1250	
ファン	全長(mm)	3000				4250		3000	4250	4250
	外径(mm)	800	1200	1450	1750	1450	1750	800	1200	1450
	噴流風速 <sup>注1)</sup> (m/s)	30						35		
	風量 <sup>注2)</sup> (m³/s)	8/9.2	25	37	55	37	55	9.5/10.9	29	43
	効率(%以上)	60	65	75	70	75	70	65/70	75	75
	騒音 <sup>注3)</sup> (dB(A)以下)	80/90		95				90/95		95
	概算重量(kg)	500	1100	1650	2300	1600	2300	700	1300	2000
電動機	周波数(Hz)	50/60								
	電圧(V)	400/440								
	定格出力(kW)	11/11	25	30	50	30	50	12.5/15	33	50
	運転種別	定格連続								
	耐熱クラス(以上)	F種								

注1) 排出ノズル内側の20点動圧測定より算術平均で算出

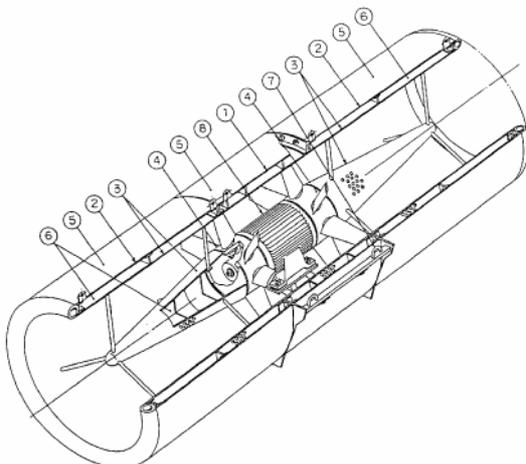
注2) 噴流風速と内径より算出

注3) 吸込み口手前1.5mで測定

#### 1-2 ジェットファンの構造図

新規製作機は下記を標準材質とする。

既設機は、状況に応じて適宜必要箇所の材質を変更する。



- ① 本体ケーシング……SUS304
- ② 消音筒……SUS304
- ③ パンチングメタル……SUS304
- ④ 羽根車……アルミニウム合金鋳物
- ⑤ カバー……SUS304
- ⑥ 吸音材……グラスウール
- ⑦ 本体吊り金具……SUS304
- ⑧ 電動機

図3-6-1 ジェットファン構造図の例

出典：[1-1]  
道路トンネル技術基準  
(換気編)・同解説  
(平成20年度版)  
(H20.10) P136

### 1-3 ジェットファンの取付方法

- (1) ファンの取付方法には、固定式および自由吊り下げ式がある。
- (2) 取付けにあたって、基礎ボルト（打込み方式を標準とする）を含め、ファン本体の保持強度は実荷重の15倍以上をとる。なお、基礎ボルトは取付前に、実荷重の15倍以上の載荷試験または引抜試験を行う（最大3 tonまで）必要がある。
- (3) コンクリート巻厚が250 mm以下になる場合は、取付金具（基礎ボルト）の支持方法について検討するものとする。
- (4) ジェットファンの配置については、維持管理性、火災時の排煙運用等を考慮し、配置場所及び配列を検討するものとする。

## 2. 送・排風機（標準）

### 2-1 送・排風機の型式

トンネル換気用として使用される送・排風機（以下送風機という）は、普通、大風量、低風圧のものであるので、これに適した軸流送風機を採用することを原則とする。

#### 〔解説〕

- (1) 軸流式は遠心式に比べて、形状が小型であり、管路の一部に容易に組入れることができ、効率も他のものに比べて優れている。しかし、高価で騒音が大きい。
- (2) 遠心式は圧力上昇を容易に行える形式のもので、風圧が高くなるほど、小型になってくる。目安として、必要送風機全圧が5000 Pa程度に達する場合は、軸流式と遠心式を比較検討する必要がある。
- (3) 火災時の排煙等に関しては、軸流式は正逆運転により排気が比較的容易であり、遠心式はダクトの切替えが必要な欠点がある。
- (4) 軸流送風機と遠心送風機の比較表については、道路トンネル技術基準（換気編）・同解説 p112 を参照すること。

1 換気系に対し、送・排風機は2～3台の並列運転を原則とする。

〔解説〕

- (1) 軸流送風機の並列運動では、サージング状態という不安定な運転状態が出現することがあるので、送風機の特性と作動点を充分検討する必要がある。送風機の台数と速度コントロールによる風量段階は、台数と速度の組合せにより数段階を設けるが、その台数は普通2～3台、速度は2～3種類程度である。その組合せの例をあげると、図3-6-2(a)は2台2速度の場合、図3-6-2(b)は3台2速度の場合、図3-6-2(c)は2台3速度の場合を示した。
- (2) 風量段階を決定するには日交通量の時間別の変化を調査し、各段階を決定する必要がある。
- (3) トンネル換気はその対象物(トンネル内有害物質の希釈)の即応性が緩慢なため、あまり細かい風量段階は無意味であり、制御性が悪くなる。
- (4) 制御段階(ノッチ)を選ぶ場合は、消費動力を十分に考慮すべきである。例えば、図3-6-2(a)の2台2速度の場合の送風量と消費動力との関係を表したものが表3-6-2(a)である。このような結果になった場合、高速1台のノッチは選択すべきでない。

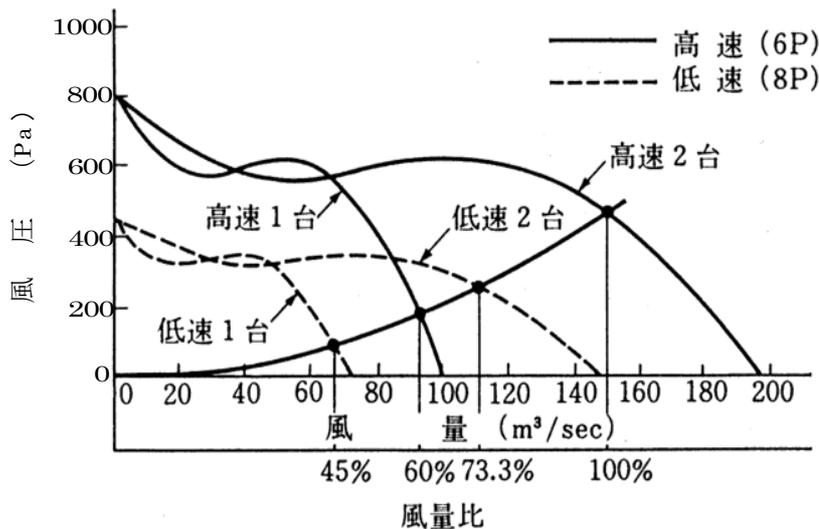


図3-6-2(a) 並列運転作動線図(2台2速度)

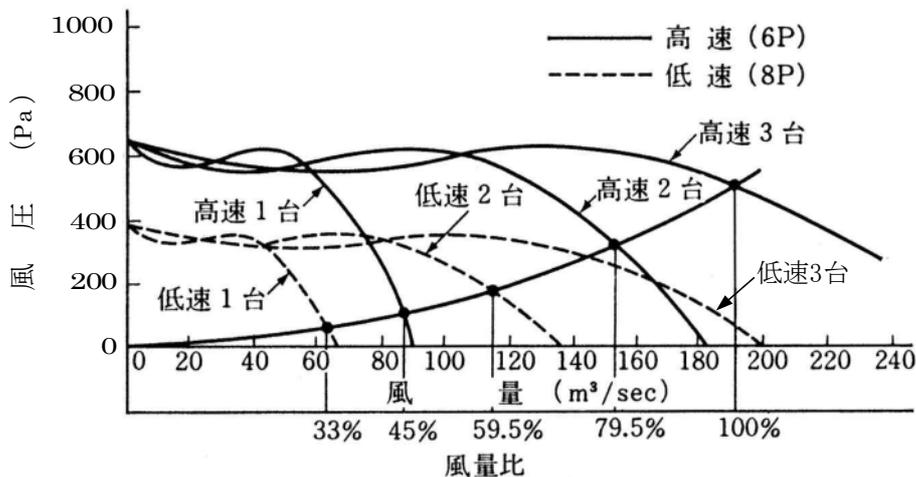


図3-6-2(b) 並列運転作動線図(3台2速度)

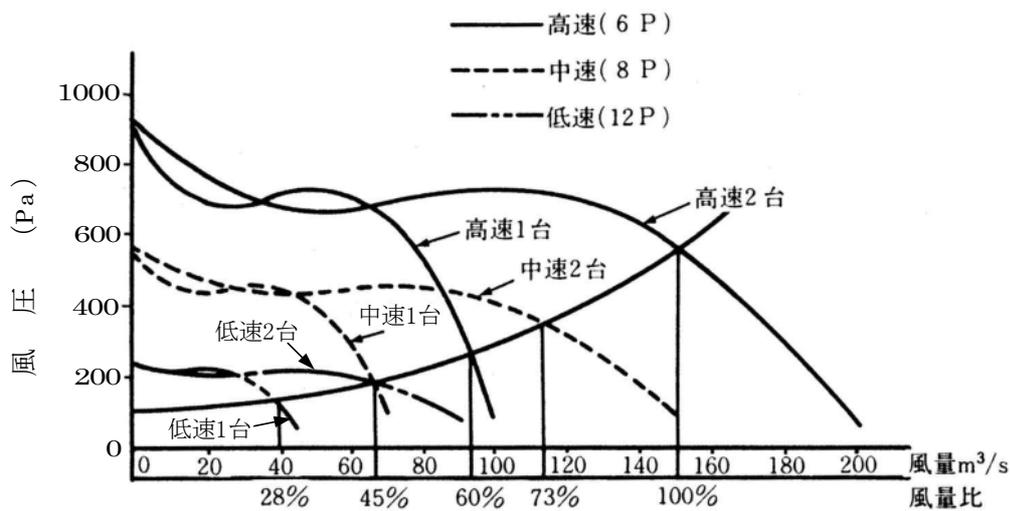


図 3-6-2 (c) 並列運転作動線図 (2 台 3 速度)

表 3-6-2 (a) 送風量と消費動力 (2 台 2 速度の場合)

高低速運転台数	回転数 (%)	送風量 (%)	軸動力 (%)
高速 2 台	100	100	100
低速 2 台	75	73.3	42
高速 1 台	100	60	43
低速 1 台	75	45	18

### 2-3 軸流送風機の選定

#### (1) 口径

軸流送風機の仕様は、使用条件によってそれぞれ異なるが、風量、風圧がわかれば図 3-6-2 (d) により口径、回転数、動力についての概略値を知ることができる。

(例)  $Q = 100 \text{ m}^3 / \text{s}$  の場合

{	換気機の口径	3150 mm $\phi$
	回転数	425 rpm
	電動機出力	100 kw

ただし、以下のことに注意を要する。

- 1) 本図の全風圧は羽根車 1 段当りの全風圧を示すもので、羽根車の段数の増加により圧力を段数倍とすることができる。
- 2) 段数は 3 段を限界とする。
- 3) 羽根先端速度 90~100 m/s 以下ではアルミニウム合金鋳物製の羽根で十分である。しかし、先端速度がこれ以上になると、材質や加工上の問題で送風機価格が高価となり、騒音も大きくなる。
- 4) 電動機出力はジェットファンは、正転・逆転とも同一噴流速度 (吹出平均風速) であるが、ブースターファンは、正転の設置される地域の気温・標高にも影響されるので次項により算出する方がよい。

5) 電動機直結の場合は、回転数が決まってしまうので口径に制約がある。

$$\text{羽根先端速度} = \text{羽根外径} \times \text{同期回転数}$$

ここに、

$$\text{同期回転数} = \frac{120 \times f}{P}$$

f : 電源周波数 50・60Hz

P : 電動機の極数

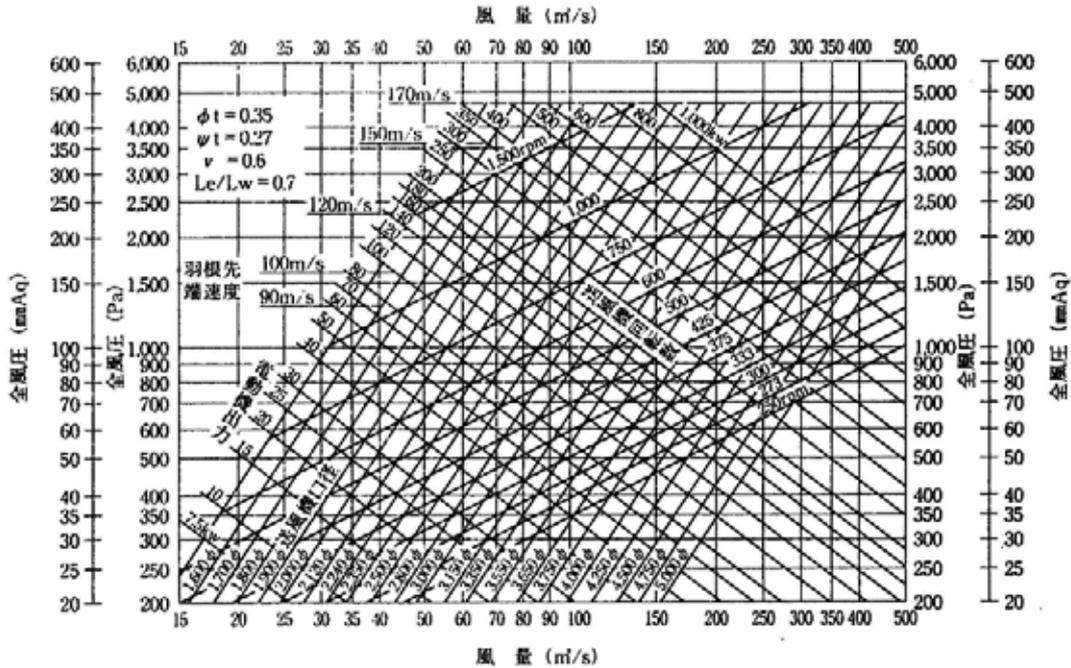


図 3-6-2 (d) 軸流送風機の諸元線図

## 2-4 送風機の動力と電動機

### (1) 送風機の動力と電動機

#### 1) 送風機の動力

$$A_{KW} = \frac{Q \cdot P_{TOT}}{1000} \quad \dots\dots (6-2-1)$$

$$S_{KW} = \frac{A_{KW}}{\eta} = \frac{Q \cdot P_{TOT}}{1000 \cdot \eta} \quad \dots\dots (6-2-2)$$

ここに、 $A_{KW}$  : 理論空気動力 (kW)

$S_{KW}$  : 送風機軸動力 (kW)

Q : 風 量 (m³/s)

$P_{TOT}$  : 全 風 圧 (Pa)

$\eta$  : 送風機効率 (一般に 80%)

2) 送風機の軸動力は温度および大気圧に対して次式により補正する。

$$S_{KW1} = S_{KW0} \cdot \frac{273+t_0}{273+t_1} \cdot \frac{P_1}{P_0} \quad \dots\dots (6-2-3)$$

ここに、 $S_{KW1}$  :  $t_1$ 、 $P_1$  に変化したときの軸動力

$S_{KW0}$  :  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ 、 $P_0 = 101.3\text{kPa}$  (760 mm Hg) のときの軸動力

$t_0$ 、 $t_1$  : 温度 ( $^\circ\text{C}$ )

$P_0$ 、 $P_1$  : 大気圧 (kPa)

なお、標高による大気圧の変化は対流圏 (標高 11 km 以下) では次式である。

$$\frac{P_1}{P_0} = (1 - 0.022557H)^{5.2561} \quad \dots\dots (6-2-4)$$

ここに、 $H$  : 送風機設置位置の標高 (km)

3) 電動機出力および入力

$$\text{電動機出力 } M_{KW} = S_{KW1} \cdot (1 + \alpha) \quad \dots\dots (6-2-5)$$

$$\text{電動機入力 } M_1 = M_{KW} / \eta_m \quad \dots\dots (6-2-6)$$

ここに、 $\alpha$  : 電動機余裕係数 (一般に 5~10%)

$\eta_m$  : 電動機効率 (一般に 90~95%)

2-5 送風機の据付・配置

送風機は構造上、立形と横形があり、横形および立形軸流送風機の代表的な構造図を図3-6-2(e)~(f)に示す。

軸流送風機の横型と縦型の比較については、道路トンネル技術基準(換気編)・同解説 p118 を参照のこと。

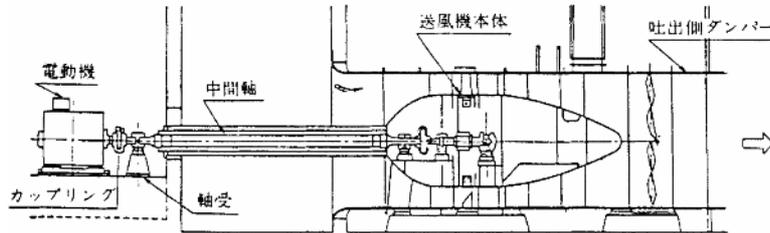


図3-6-2(e) 横形軸流送風機

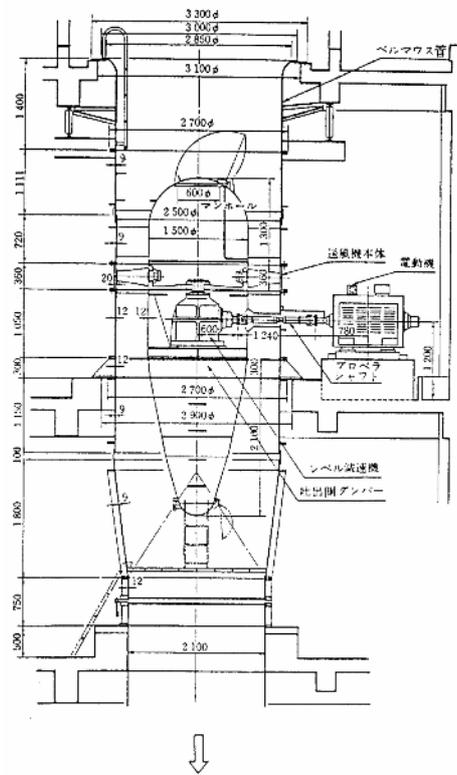


図3-6-2(f) 立形軸流送風機

2-6 風量制御の方法と段階

風量制御の方法には次の種類がある。

- ・回転数制御法
- ・動翼可変制御法
- ・台数制御法

表 3-6-2 (b) 風量制御方式の比較(参考)

		回転数制御法		動翼可変制御法	台数制御法
		極数変換	交流可変速		
効率(電動機効率を含む)		やや高い	高い	高い	やや低い
構造	送風機	簡単	簡単	複雑	簡単
	電動機	簡単	簡単	簡単	簡単
	制御器	簡単	複雑であるが静止機器	構成は簡単、シーケンス的にやや複雑	簡単
風量調整範囲の大きさ		中	大	大	小
設備建設費		中	高	高	安
ランニングコスト		中	安	安	高

一般には台数コントロールと、スピードコントロール、あるいは可変ピッチコントロールとの組合せが採用されている。

可変ピッチコントロールの一例を図 3-6-2 (g) に、可変ピッチ特性の一例を図 3-6-2 (h) に示す。

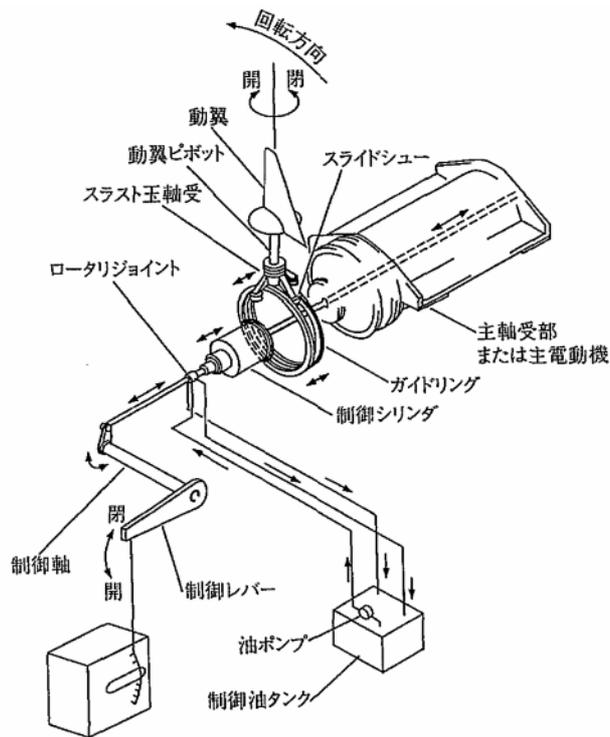


図 3-6-2 (g) 可変ピッチコントロールの一例

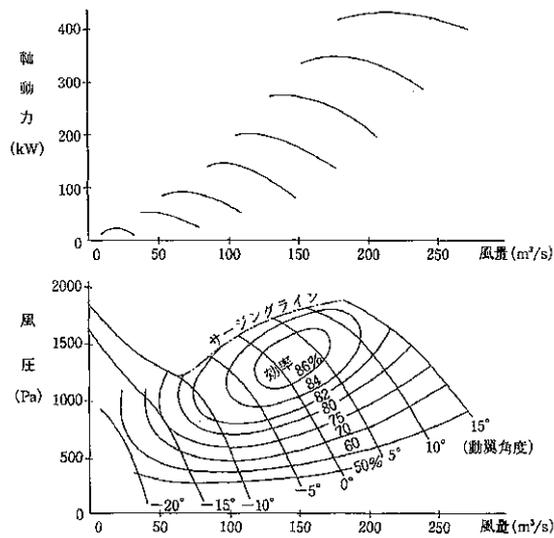


図 3 - 6 - 2 ( h ) 動翼可変制御法の特性例

## 2 - 7 送風機の発生騒音

### ( 1 ) 送風機の騒音

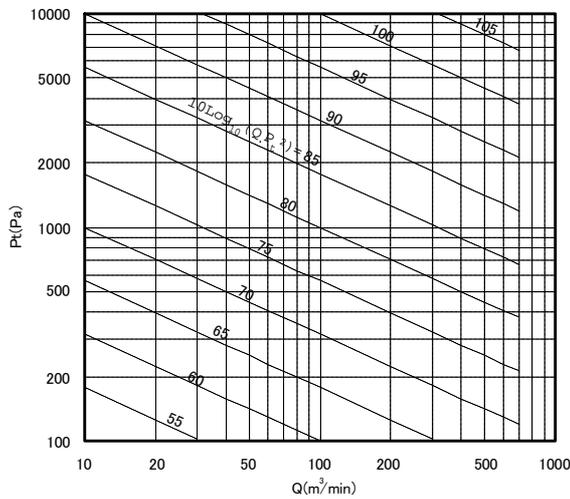
$$L_A = L_{SA} + 10 \log_{10} Q \cdot P^2 \quad \dots\dots ( 6 - 2 - 7 )$$

ここに、 $L_A$  : 騒音レベル dB(A)

$L_{SA}$  : 比騒音レベル dB(A)      ……軸流送風機では 10dB(A)程度

$Q$  : 風量  $m^3/min$

$P$  : 全風圧 Pa



機 種	比騒音レベル $L_{SA}$ [dB(A)]
ターボ送風機	- 6 ~ 6
翼形送風機	- 16 ~ -1
多翼送風機	- 7 ~ 3
軸流送風機	1 ~ 18

図 3 - 6 - 2 ( i ) 各種送風機の騒音

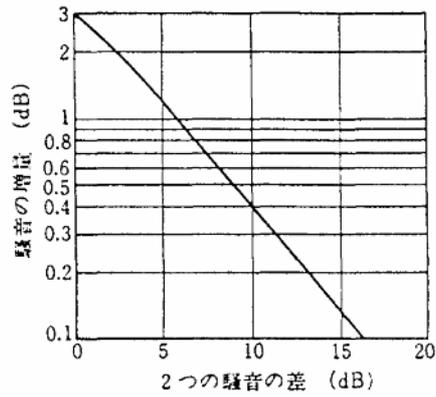


図 3 - 6 - 2 ( j ) 2 騒音の合成計算図

- (2) 基本周波数は次式で求められ、この基本周波数の 1、2、3 倍の周波数に顕著なピークが発生するのが普通である。

$$F = \frac{N}{60} \cdot Z \quad \dots\dots (6 - 2 - 8)$$

ここに、F：基本周波数(Hz)

N：送風機の回転数(rpm)

Z：羽根の枚数

騒音の測定位置については JIS B 8330 の送風機試験方法に、測定方法については JIS 8731 騒音レベル測定方法による。

### 3. 電気集じん機および付属装置

- (1) 電気集じん機はトンネル内の煤煙の一部を除去して煤煙濃度を改善するものである。しかし、CO 濃度の改善はできない。
  - (2) このため CO 濃度が限界に達する地点で空気の入替えを行わなければならない。
  - (3) 電気集じん機を縦流換気方式に適用することにより適用トンネル延長の拡大が可能になった。
- なお、計画、使用にあたっては十分検討を行う必要がある。

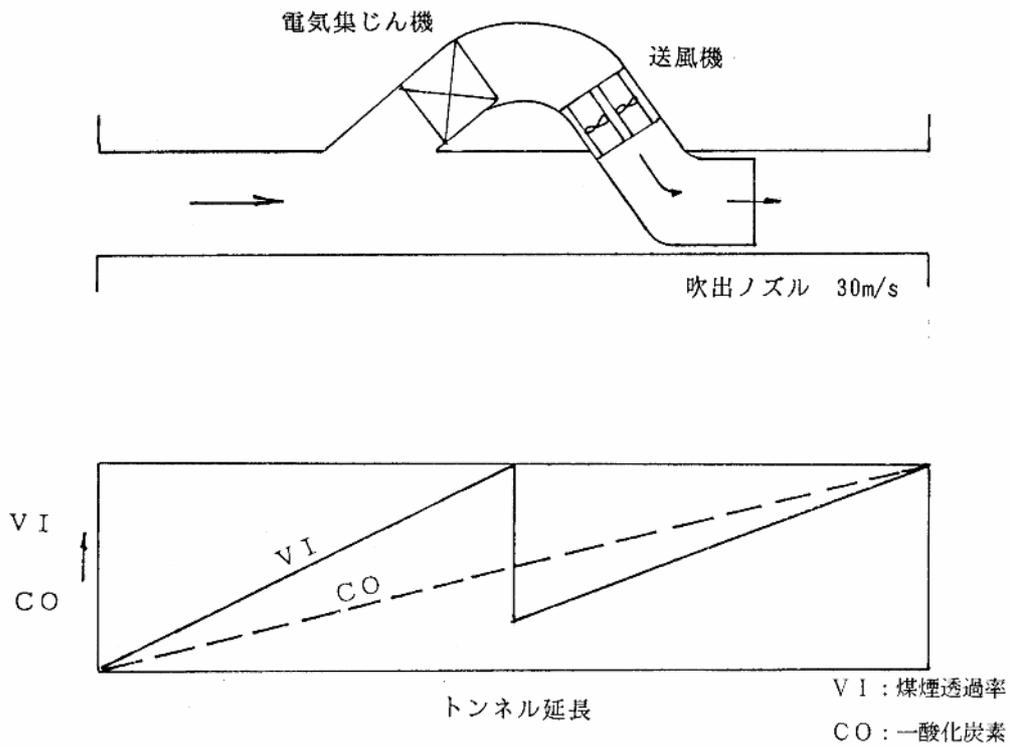


図 3-6-3(a) トンネル用電気集じん機の設置例

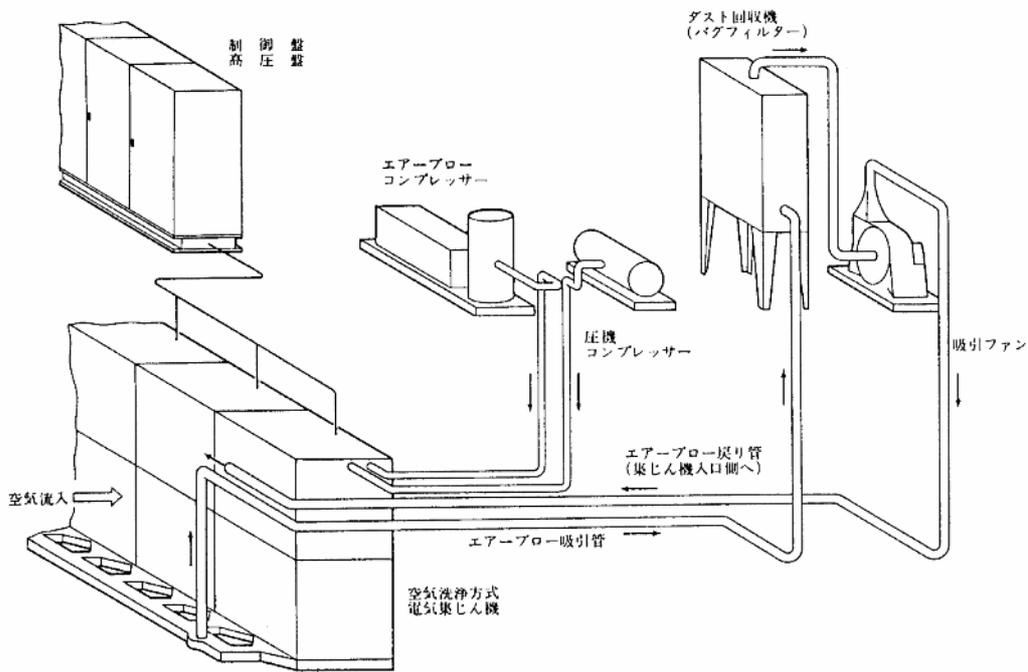


図 3-6-3(b) トンネル用電気集じん機の構成例(空気洗浄方式)

## 第7節 換気所

換気所は、機能的な構造とし、位置の選定及び外観は特に維持管理及び環境上の配慮をして設計するものとする。

### 〔解説〕

- (1) 換気機、電気設備、制御設備、補助機器、吸・排気口、連絡ダクトを備えた構造とする。
- (2) 吸気口の位置と構造は、排気口あるいはトンネル坑口から排出される汚染空気を吸い込まないようにする。
- (3) また、トンネル本体に近く、保守点検が容易にできる位置に設置することが望ましい。

### 1. 坑口換気所(標準)

- (1) 坑口換気所は横流式や半横流式換気に多く設けられている。
- (2) 設置する位置はトンネル坑口部と立坑等の坑口に設ける場合に大別され、さらにトンネル坑口部は路上と路側に設ける場合がある。
- (3) トンネル坑口の路上の場合はトンネルに進入する運転手に威圧感を与えないようにする。

### 2. 地下換気所(標準)

- (1) 地下換気所は坑口に換気所を設けることが困難な場合に立坑底とトンネルの間に設ける場合がある。
- (2) 地下換気所は坑口換気所に比べ一般に工事費が高くなる。
- (3) 特に換気所内の温度調節、防塵、防湿等に留意する必要がある。
- (4) 地下換気所は立坑集中排気方式や立坑送排気方式に多く設けられている。

### 3. 換気所の付帯設備(標準)

次の設備がある。

- (1) ダクト ……トンネルと換気所を結ぶ送排気ダクトである、ダクト内流速は、一般に20m/s以下としている。
- (2) ダンパ ……送・排風機の停止時の仕切用に設置される。
- (3) コーナーベーン ……ダクト内の曲り部に取付けられ損失軽減の為に設備される。
- (4) サイレンサ ……送・排風機の騒音を減音するものである。
- (5) 除じんフィルター ……トンネル内の排気ガスをそのまま外部に排出する場合に問題があるとき設備する。
- (6) 搬入・搬出装置 ……保守・維持管理の為に所内に設備する。
- (7) 空気調和機 ……電気室等の除湿のために設ける。

## 第8節 環境対策設備

### 1. 騒音対策設備(標準)

騒音の対策にあたっては、諸基準に合致するよう、経済性、安全性、効果、維持管理等を十分検討のうえ実施することが望ましい。

#### [解説]

換気機を音源とする換気所騒音は、換気所吸・排気口から伝搬するものと、換気所外壁を透過あるいは漏洩して外部へ漏れるものに大別できる。

### 2. 排気ガス対策

- (1) 都市トンネルなどでは、坑口又は排気口周辺の排気ガスによる影響を考慮しなければならない。
- (2) 排気ガスの拡散計算を行い、周辺地域への排気ガスの影響を予測する。
- (3) 当該周辺地域の有害ガス濃度(バックグラウンド濃度)を調査する。
- (4) 上記(2)および(3)項を勘案し、排気ガス対策の必要性の有無を検討する。

## 第9節 換気制御

換気機の運転・制御は、効果的かつ経済的に行わなければならない。

[解説]

換気制御は、トンネル内の視環境や空気の汚染状態を、目標水準の範囲内になるように、交通量、自然換気力、CO計、VI計等の信号に基づいて、最小限の所要動力で運転することが目的である。

### 1. 制御方式(標準)

制御方式は自動制御を原則とするが、機器の故障や試験・調整の場合に備えて、最小限の手動制御も可能な方式とする。

また、火災発生時等の異常事態への対応を考慮した運転制御も必要である。

#### 1-1 自動制御

自動制御は、制御装置により換気風量の調節を行うために、必要な一連の機器類を自動的に制御する方式である。一般に、煙霧透過率測定装置(VI計)、一酸化炭素濃度測定装置(CO計)、車種別交通量計数装置(TC計)、風向・風速測定装置(AV計)などからの信号により自動的に風量制御を行っている。

##### (1) フィードバック制御

トンネル内の汚染濃度(煙霧透過率、一酸化炭素濃度など)を一定範囲に保つよう計測結果をフィードバックし風量制御を行う方式で、多くのトンネルで採用されている。

この方法は換気プロセスの時定数が大きいために時間遅れが10~30分となる場合、交通条件、自然風等の影響に対して後追い制御する形となる。

既設トンネルでは、時期を見て制御設定値の見直しを行うことが必要である。交通状況の変化に合わせて、制御設定値(例えば効果待ち時間など)を変更することが運転時間の縮減をもたらし、経済性の向上に効果を上げる場合が多い。



図3-9-1(a) フィードバック制御フロー

##### (2) フィードフォワード制御

交通状況(交通量・車種など)あるいはトンネル内汚染濃度を予測的にとらえ風量制御を行う方式で、後追い制御時に生じるハンチング現象を避けることができます。しかし予測制御単独では交通条件の予測誤差、排出ガス量計算誤差、自然風、ピストン効果等による影響が濃度等のずれとなって現れる。

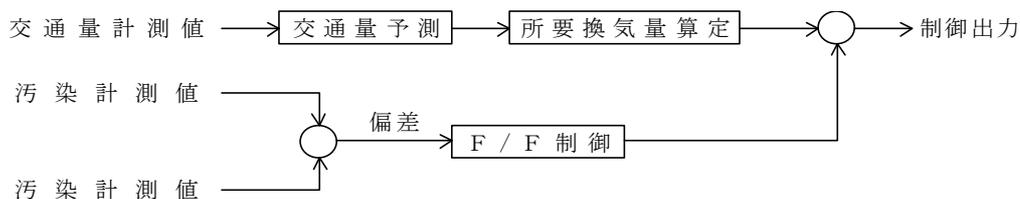


図3-9-1(b) フィードフォワード制御フロー

### (3) プログラム制御

時間帯毎に予め定められたプログラムによって運転風量を制御する方式で、交通流パターンの変動が小さくその影響の少ないトンネルに適用される。

### (4) エキスパートシステム

AI(人工知能)の一分野であるエキスパートシステムは、換気制御でも今後の適用拡大が期待されている。この方式は、制御の内容を数式ではなく「IF～THEN～」形式のルールで記述し、これを基にプロセスデータを判断または推論して制御を行うものである。操作員の運転ノウハウを反映した知識工学を応用した実時間プロセス制御システムであり、交通換気力、自然風、トンネル内の乱気流等正確に把めない不確定要素をも取込み、電力量が最小となる最適制御の実現が期待できる。

### (5) ファジー制御

ファジー(Fuzzy)理論を基にした制御で、換気機の操作量の決定には、予見ファジーすなわち、種々な操作案の仮定のもとに制御対象の将来状態を予測し、この中から最適な操作案を選択する方法である。

トンネル換気制御では上記のエキスパートシステムと同様の用途の他フィードバック制御のPIDパラメータの自動チューニングなどに適用することが考えられる。

### (6) 交通量予測簡易ファジー制御

上記制御の発展形として交通量計付きファジー制御(拡散予測制御方式)がある。坑口付近に置いた交通量計からの交通状況変動情報を入力し、近い将来の交通状況を予測し、換気量の予測計算と必要ジェットファンの運転台数の出力を行い、換気設備の効率的運転を行おうとする制御方法で、ファジー推論の手法が用いられる。前項のフィードフォワード制御にファジー推論を取り入れた制御と考えることも出来る。

交通量計からの交通データに基づき、坑内環境の悪化予測を行い事前にジェットファンを起動させることにより、フィードバック方式に見られる制御遅れの問題の解消および換気動力の低減が期待できる。

## 1-2 手動制御

手動制御は、人手によって機器類を運転し風量を制御する方式である。

### (1) 単独制御

各機器を個別に人手によって制御する。この場合でも換気の運転、停止に際しては、ダンパ、動翼、静翼等の付属機器は連動して所定の動作をするようインターロックをとる必要がある。この制御は、自動および連動制御系が故障その他により制御不可能になったときや、各機器を個別に試験するときに利用される。

### (2) 連動制御

あらかじめ定められた風量段階(ノッチ)のボタンを押すことにより、ワンタッチで所定の風量が得られるように関連機器を連動させる制御をいう。連動制御は、自動制御系が故障した場合や試験のとき利用される。

### 1-3 換気自動制御方式

実際の換気自動制御方式は、前述した制御方式のいずれかのみを採用するのではなく、組み合わせて構成することが多い。

単独トンネルでは、フィードバック制御とプログラム制御を組み合わせる場合が多く、その一例のジェットファンの縦流換気を下記に示す。

#### (1) 風量制御——プログラム制御

ジェットファンは回転数が一速で、風量制御は台数制御、即ち段階制御となる。但し、風向は正逆転により行う。

通常、ノッチ数は換気サービスの質と電力費との兼ね合いから、4～5段階を選定する。

#### (2) 換気制御(自動計測制御)——フィードバック制御

フィードバックの情報として、V I 値、CO 値および風向風速値等がある。

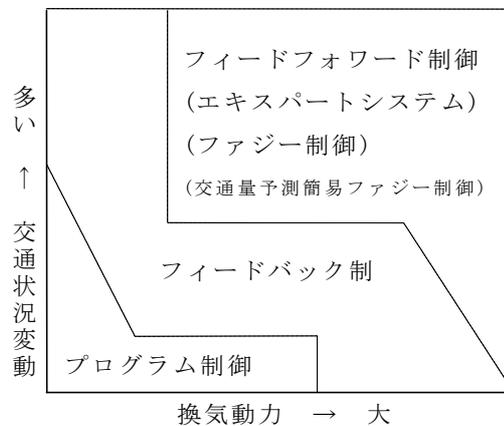


図 3-9-1(c) 制御方式選定のイメージ図

### 1-4 V I 値

通常の換気自動制御方式は、V I 値を用いる。

V I 制御には下記がある。

#### (1) レベル値制御

最もよく採用される方式で、V I 値とノッチレベルに応じて運転する。

V I 値とノッチ、運転台数の関係の一例を示す。

表 3-9-1

設定 V I 値	見え方の状況	ノッチ	運転台数
60%以上	きれいな状態	0	停止
60～40	煙が見えるようになる。	1	1
40～30	非常に不快な状態	2	2
30%以下	許容できない状態	3	3

#### (2) シーケンス制御

たまに採用される制御で、前もって設定された V I 値(複数)と比較しながら、ノッチ(1段～n段)の選定が行われ、そのノッチに応じて運転される。

#### (3) 比較制御

制御する周期ごとに、現在と前回の V I 値を比較して、ノッチの上げ下げを行う。

1-5 CO値

通常、100ppmになると、前記V I制御に割り込み、最高ノッチ運転される。

1-6 風向風速値

運転開始のノッチの吹き出し方向決定、換気サービスの質および電力費等を評価するためのデータとして使用する。

2. 制御装置(標準)

2-1 制御装置の構成

換気制御装置は設置場所および機能により図3-9-2(a)のような装置で構成される。

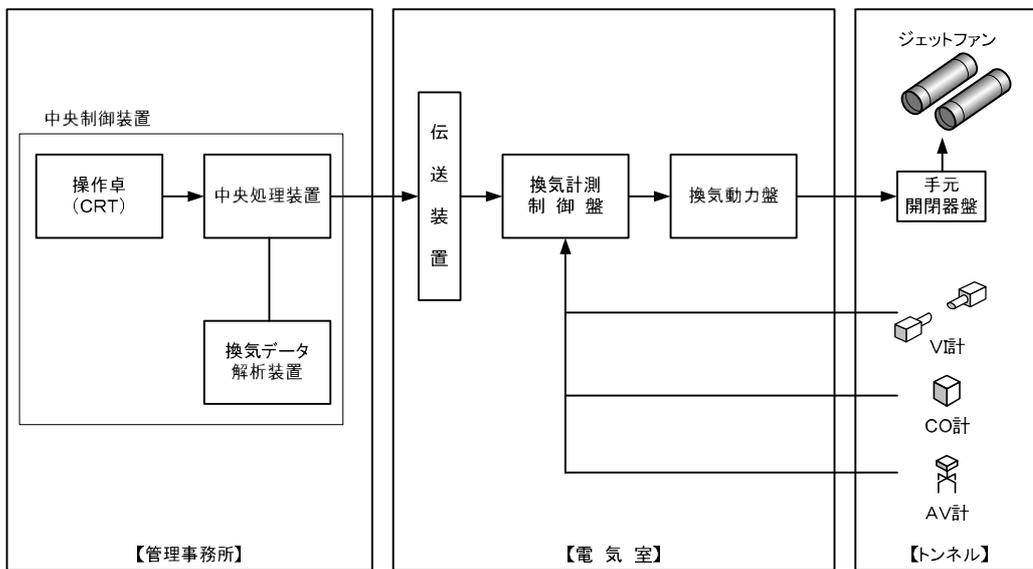


図3-9-2(a) 制御システム構成例(ジェットファン方式)

## 2-2 計測装置

トンネル内の換気状態を監視する計測装置には、次のものがある。

### (1) 煙霧透過率測定装置(VI計)

- 1) 投光部と受光部は一般に 100m 離して設置する。
- 2) 光学的な測定計器のため、汚れ等のため指示値に狂いが生じやすいので適宜校正する必要がある。
- 3) 光ファイバー経由の透過光を基準とした方法と、ある期間のVI値の最高値を基準とした方法がある。
- 4) 設置位置と台数は、換気方式と濃度分布を十分考慮して検討する。
- 5) トンネル出入口近傍では、100m程度以上内部に入った位置に受光部を設置する。

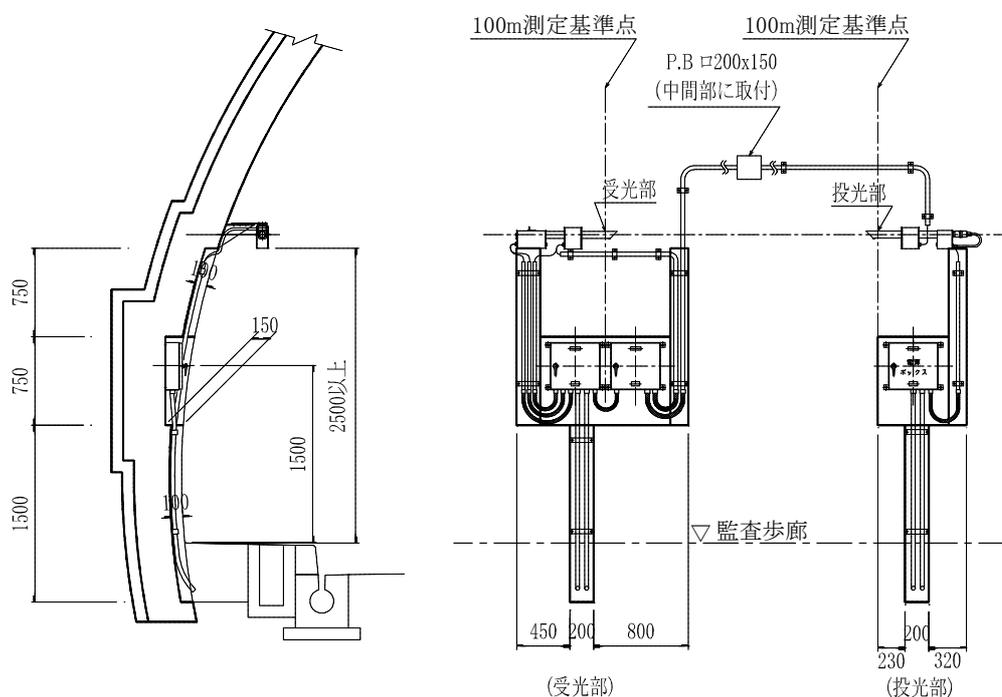


図 3-9-2 (b) VI 計設置例

### (2) 一酸化炭素濃度測定装置(CO計)

大気中のCO濃度を測定する方式は、「大気中的一酸化炭素自動計測器」(JIS B7951)に、赤外線吸収方式あるいは定電位電解方式と規定されている。両者のうち、トンネルのような定置式に適している「赤外線方式」を使用する。

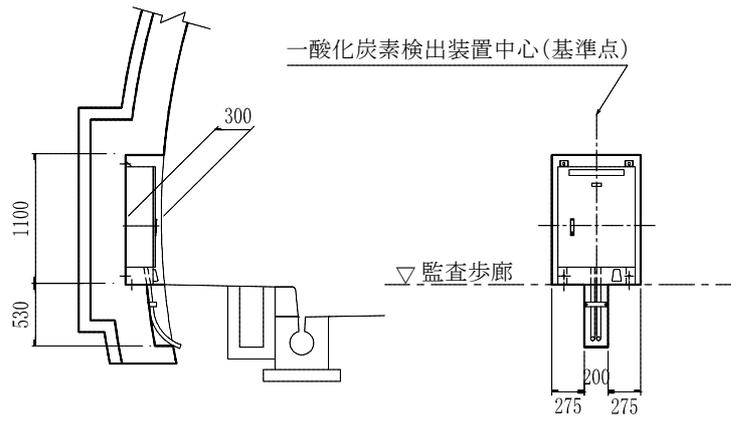


図 3-9-2(c) CO計設置例

(3) 交通量測定装置(TC計)

車両検知器には、検出方式によりループコイル式、超音波式などがあり、その設置例を示す。

・ループコイル配置図

・超音波式検知器  
取付図

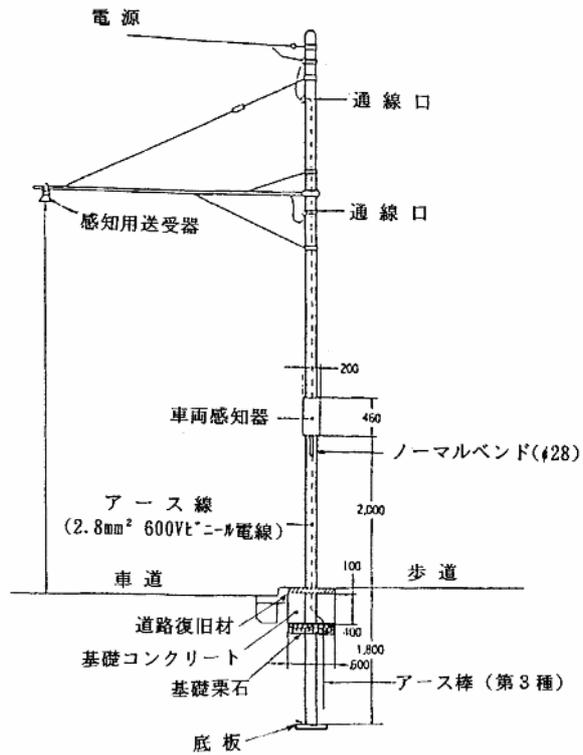
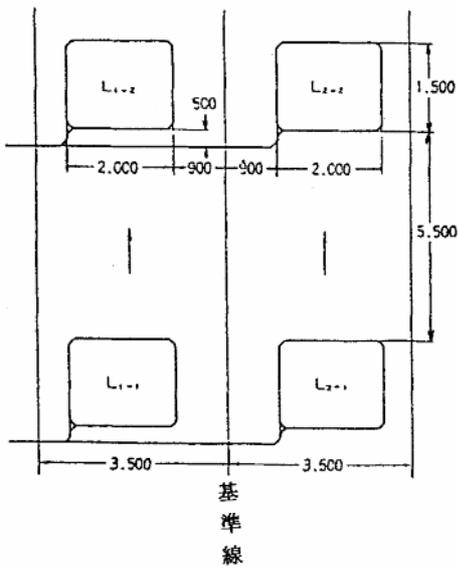


図 3-9-2(d) 車両検知器設置例

#### (4) 風向風速測定装置(AV計)

超音波式が一般的に使用されている。2組の超音波速受波器により2成分の風速を測定し、これを電子回路で演算してトンネル軸方向風速として指示器、記録器に伝達して、トンネル軸方向風速を指示記録する。

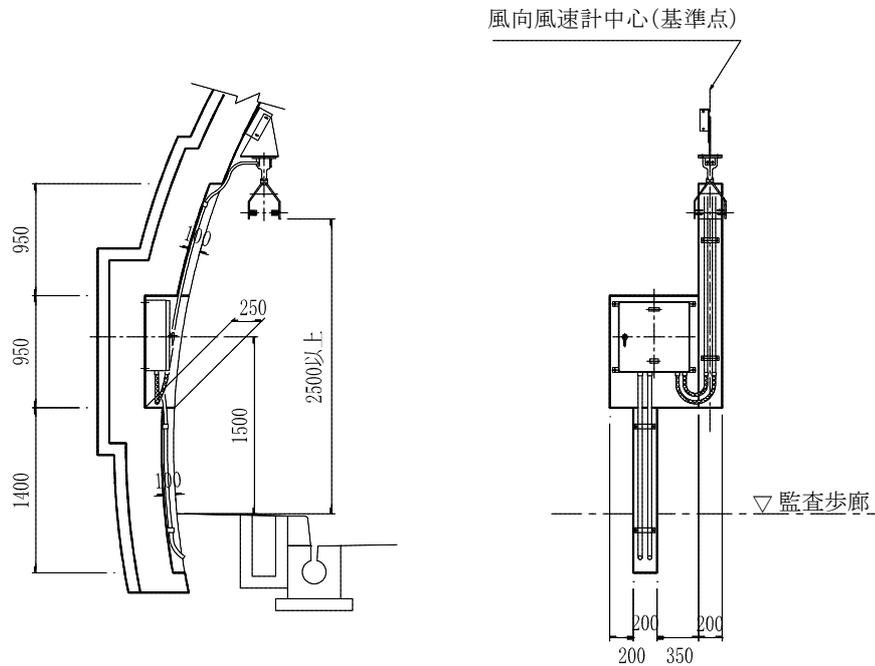


図3-9-2(e) 超音波式風速計の設置例

#### 2-3 換気動力盤・補機盤

換気動力盤は、電動機の起動・停止回路、速度変速回路を組み込んだもの。

補機盤は、補機の制御回路を組み込んだものであり、両者が一面構成のものもある。

#### 2-4 現場操作盤(機側盤)

換気機の近くに設置され、機械を単独運転・調整する場合の操作盤である。

#### 2-5 換気計測制御盤

VI計、CO計、AV計等の各計測装置の指示装置を収納する盤であり、自動制御装置は、トンネル換気状態計測装置からの信号をもとに自動的に換気量を決定し換気機に対して運転指令を出す自動制御リレー盤と、運転状態を監視し手動運転指令を出す監視制御から構成されている。

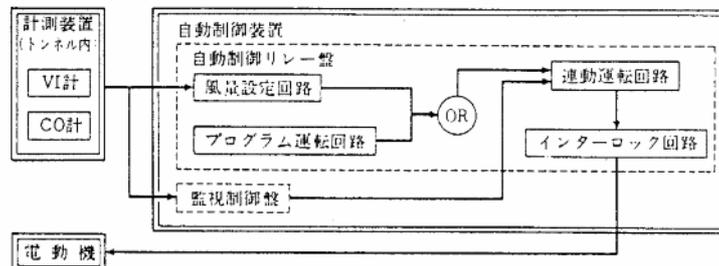
また、その構成ならびに機能はトンネルの規模により種々のものが採用されており、図3-9-2(g)に代表的な制御回路構成ブロックの例を示す。

例1 ……計測装置からの信号によるフィードバック制御または1日の運転パターンを設定するプログラム制御をするもの

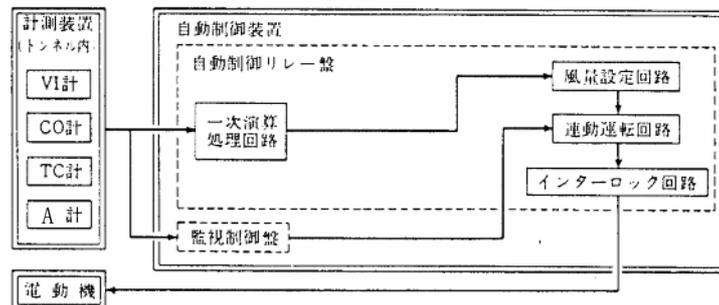
例2、3 ……フィードバック制御を行い、換気機の運転効果を上げるもの。また必要に応じて、1次演算処理回路、換気量決定回路を設ける等がある。

これらの主要装置には、比較的簡単な制御の場合でシーケンス制御装置(最近は、マイクロプロセッサが多用される傾向にある)、やや複雑な制御の場合は制御用計算機などが採用されている。

(例1)



(例2)



(例3)

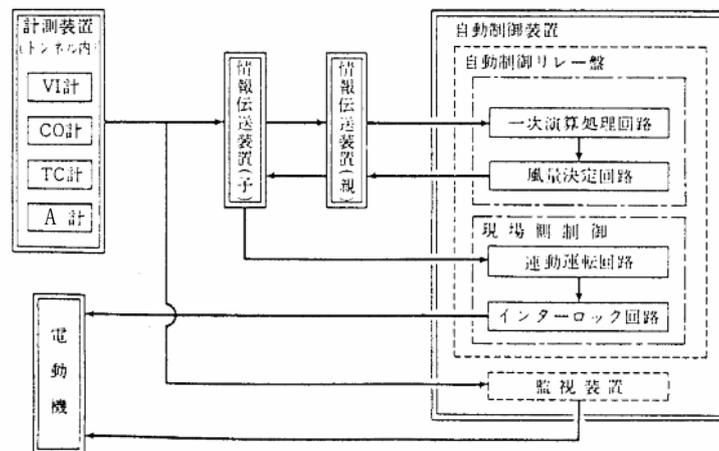


図3-9-2(f) 制御回路構成ブロックの例

2-6 監視操作制御設備

トンネル換気設備・消火設備の監視操作制御設備は、換気方式、規模、管理および運用体制に対応し、信頼性および安全性が高く、操作制御性に優れたものとする。

監視操作制御設備の計画・設計の基本的な手順およびその概要を図3-9-2(g)に示す。なお、計画・設計の詳細については、「道路機械設備 遠隔監視技術マニュアル(案)」参照のこと。

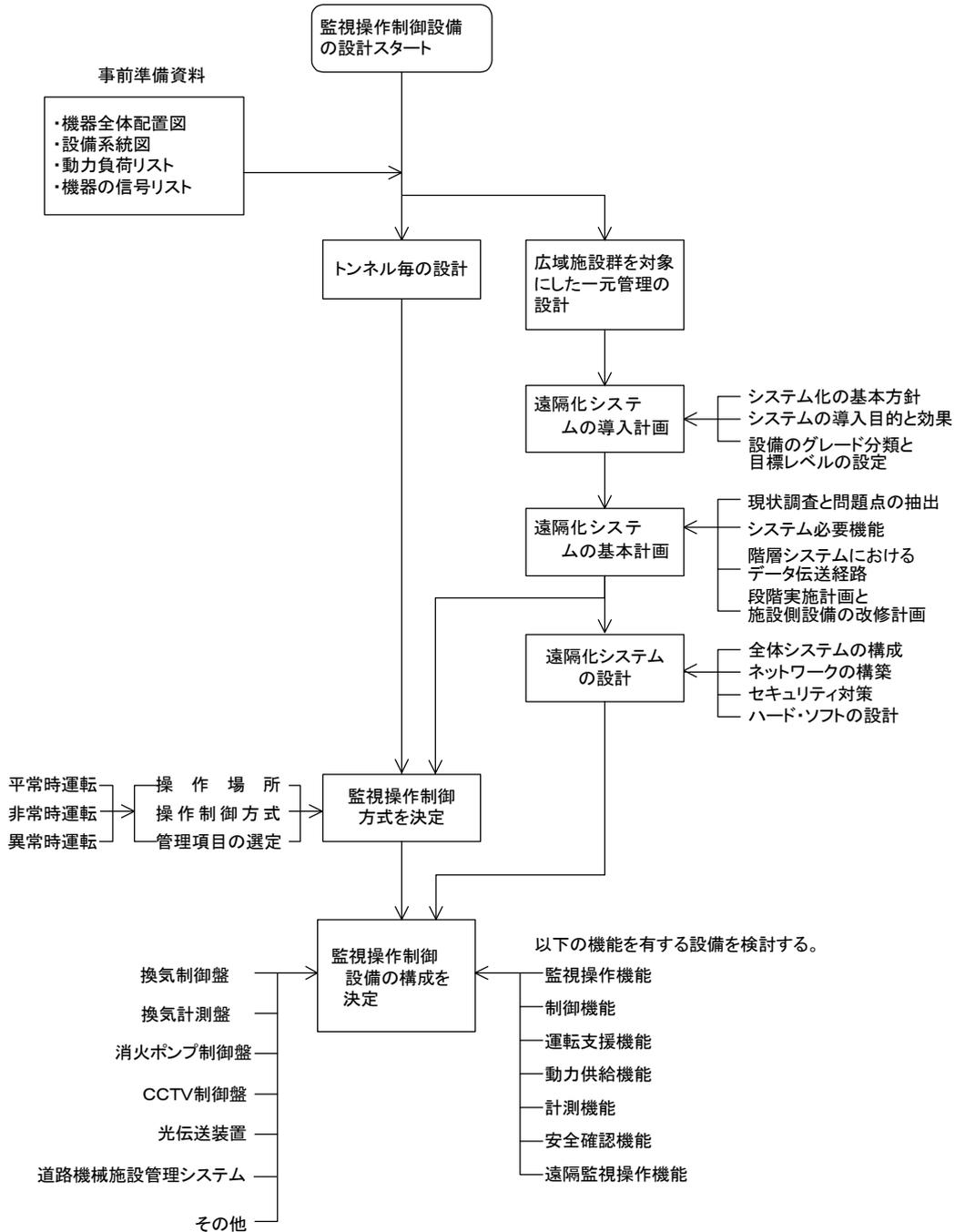
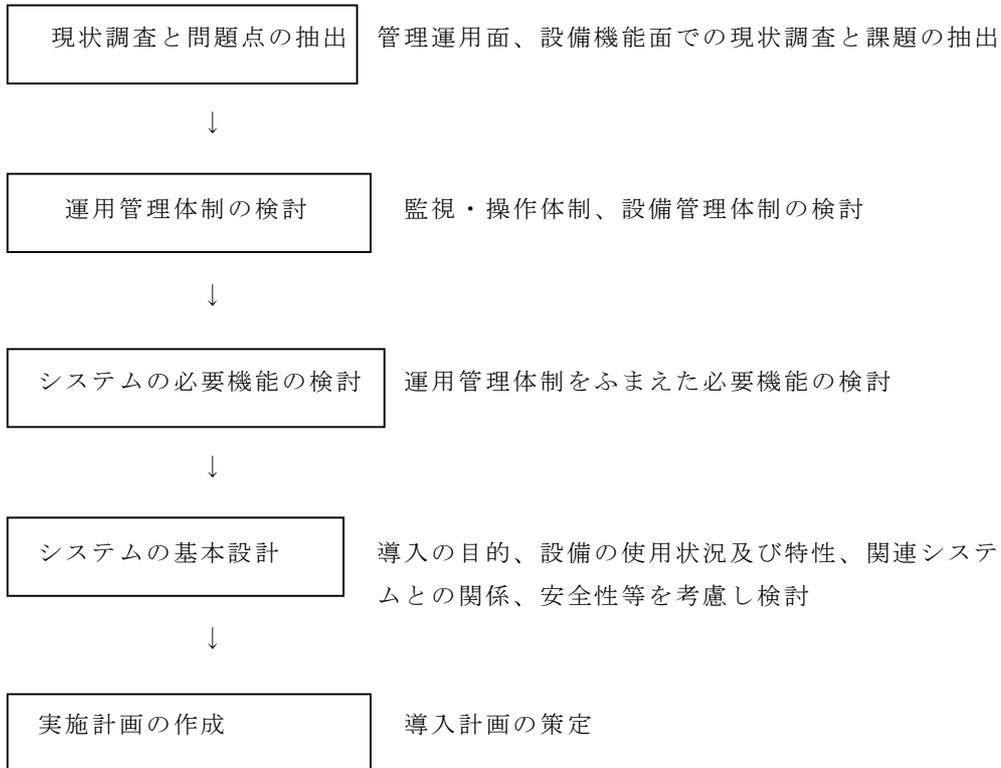


図3-9-2(g) 監視操作制御設備の基本的な計画・設計フロー

## 2-7 遠隔化システムの計画(標準)

1. 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること、緊急時対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
2. 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



### 3. 制御上の留意事項(標準)

#### 3-1 火災時の運転

一般に、火災時の換気運転モードとして、火災発生直後に火点付近の利用者が避難できるような視界を確保するため煙の拡散を極力防止することを目的とした換気運転モードと、避難後の本格的消火活動を行うのに便利なよう必要地点の作業環境を確保することを目的とした運転モード、いわゆる排煙運転モードを二つに大別できる。

これらの各運転モードの選定に当たっては、そのトンネルの固有条件を踏まえて、操作の確実な方法を十分検討するとともに、関係機関とも協議しておく必要がある。実施例を以下に示す。

(参 考)

- (1) 火災時パターン制御(ジェットファン補正立坑集中排気縦流換気方式での実施例)

火災発生時に煙の拡散を極力小さくし、避難しやすくすることを目的として、火災発生区域をブロック別けし、火災発生区域と換気機の運転をパターン化し排煙を行う。

- (2) 風速抑制(電気集じん機付立坑送排気縦流換気方式での実施例)

火災発生時に煙の拡散抑制を行い、避難環境を確保することを目的としてトンネル内の風速を抑制するよう換気機を運転する。

- (3) 内圧制御(双設トンネルでの実施例)

火災発生時の避難路として相互への連絡坑が設けられた双設トンネルで、どちらかのトンネルでの火災発生時に煙が避難路を通して相手側トンネルに移動しないようにすることを目的として相手側トンネルに内圧をかけるよう換気機を運転する。

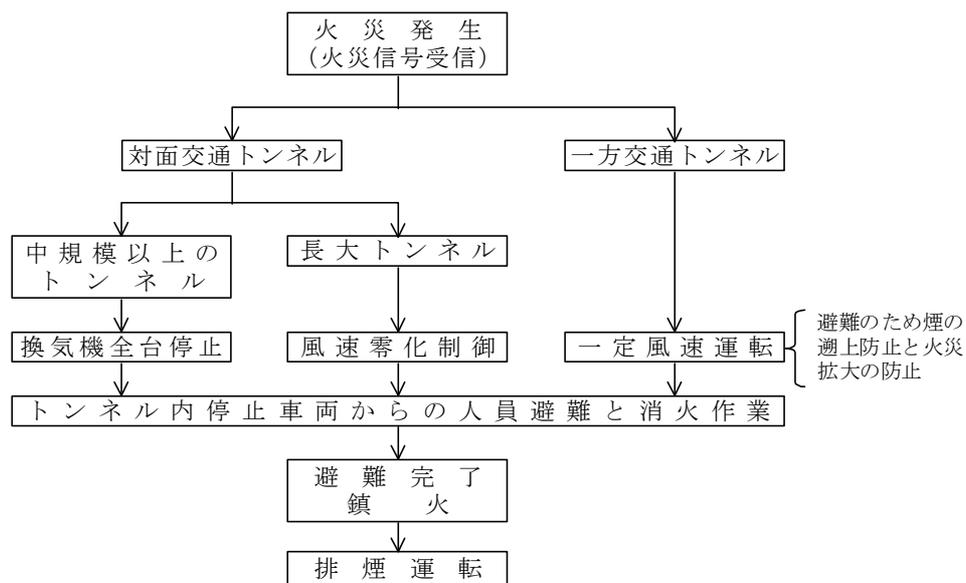


図 3-9-3 トンネル内火災発生時の運転の例(縦流式換気の場合)

### 3-2 制御系の変更

供用後の交通状況を把握したのちに、制御方法を確立するのが適当である場合が多い。このような場合に対処できるように、制御系の制御幅が広く、設定値の変更が容易な方式を採用することが望ましい。

## 第10節 非常用施設

### 1. トンネル等級区分

トンネルの非常用施設設置のための等級区分は、その延長および交通量に応じて図3-10-1に示すように区分する。

ただし、高速自動車国道等設計速度が高い道路のトンネルで延長が長いトンネルまたは平面線形、もしくは縦断線形の特屈曲している等見通しの悪いトンネルにあっては一階級上位の等級とすることが望ましい。

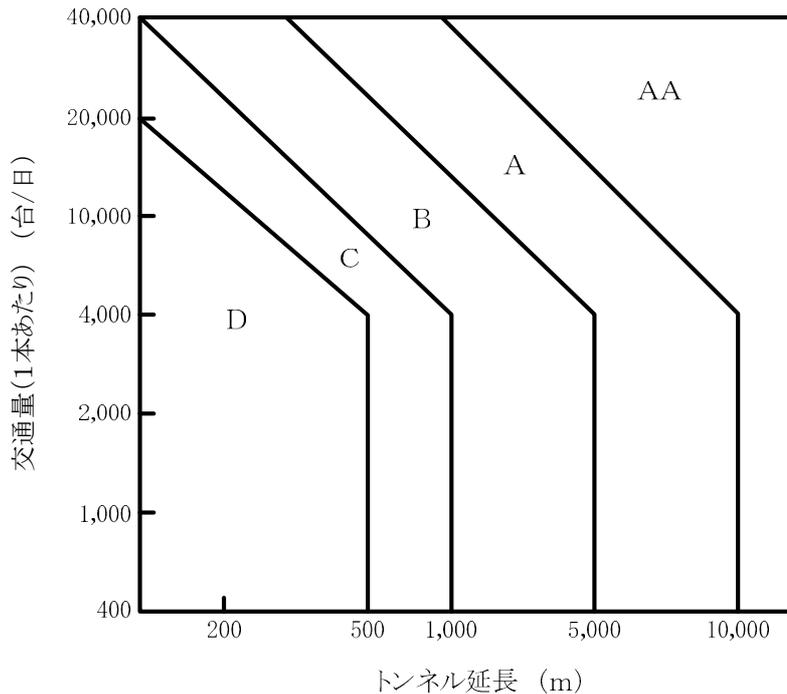


図3-10-1 トンネル等級区分

#### [解説]

##### (1) 交通量

トンネル等級区分の交通量は、トンネル1本当たりの日交通量である。一般に計画策定時から20年後の計画交通量とする。ただし、完成時にトンネル2本を計画している路線で暫定時に1本を対面通行で利用する場合や、供用時の交通量による設備と計画目標年次の設備規模の差が大きくなる場合は、計画目標年次を供用後10年後とし、効率的に設備を設置することができる。

##### (2) 一階級上位の等級とすることが望ましいトンネル

以下に示す条件に該当する場合は、トンネル延長と交通量からきまるトンネル等級より一階級上位にする。

###### 1) 設計速度の高い道路トンネル

下記4つの条件を同時に満たす場合は一階級上位にすることが望ましい。

- ・ 高速自動車道路・自動車専用道路などで設計速度が 80km/h 以上である。
- ・ トンネル延長が 3000m 以上である。
- ・ 交通方式が対面通行トンネルである。
- ・ トンネルの交通量が 4000 台/日以上である。

## 2. 等級区分別の施設設置計画

トンネルには、火災その他の非常の際の連絡や危険防止、事故の拡大防止のため、トンネル等級区分に応じて、表3-10-2(a)に示す施設を設置するものとする。

表3-10-2 トンネル等級別の非常用施設

非常用施設		トンネル等級				
		AA	A	B	C	D
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○	
	押ボタン式通報装置	○	○	○	○	
	火災検知器	○	△			
	非常警報装置	○	○	○	○	
消火設備	消火器	○	○	○		
	消火栓	○	○			
避難誘導設備	誘導表示板	○	○	○		
	排煙設備または避難通路	○	△			
その他の設備	給水栓	○	△			
	無線通信補助設備	○	△			
	ラジオ再放送設備または拡声放送設備	○	△			
	水噴霧設備	○	△			
	監視装置	○	△			

(注) 上表中「○印は原則として設置する」、「△印は必要に応じて設置する」ことを示す。

### [解説]

#### (1) 原則として設置する設備

表中の○印は、当該設備を設置することを原則とする。ただし、AA等級トンネル「排煙設備」設置の考え方は以下の通りである。

- 1) AA級のトンネルで延長3000m以上のトンネルには、排煙設備よりも避難通路を設置することが望ましい。
- 2) そのほかのトンネルについては、延長・交通量・換気設備の有無・換気方式・交通方式を考慮し決定する。

#### (2) 必要に応じて設置する設備

表中の△印は、以下に留意し当該設備を必要に応じ設置することをしめしている。

##### 1) 排煙設備

- ・縦流換気方式を採用する延長3000m以上の交通量の多い対面通行トンネルは、排煙設備よりも避難通路を設置することが望ましい。ただし、暫定的に対面通行で供用するトンネルにおいて、その期間が短い場合は、避難通路を省略することができる。
- ・そのほかのトンネルについては、延長・交通量・換気設備の有無・換気方式・交通方式を考慮し決定する。
- ・換気設備が設置されている場合には、換気設備の能力の範囲内で排煙に利用できるようにするとよい。

##### 2) 給水栓

- ・消火栓のあるトンネルに設置することが望ましい。
- ・その他、トンネル管理上必要と判断されるトンネルに設置することができる。

- (3) 自動車専用道路の設計にあたって当便覧に記載なき事項については、NEXCO「設計要領」を参考とし、その都度担当課と協議を行うものとする。

### 3. 消火設備(標準)

消火設備は、トンネルにおける自動車火災を迅速有効に消火し、または火災の拡大を防ぐために設けるものである。ここでは、消火器、消火栓設備、給水栓および水噴霧設備などがある。

〔解説〕

(1) 道路トンネルにおける非常用施設の基準については第3編 道路編および第4編 電気・通信編を参照のこと。また自動車専用道路の設計にあたって当便覧に記載なき事項については、NEXCO「設計要領」を参考とし、その都度担当課と協議を行うものとする。

表 3-10-3 機械設備としての非常用施設

設備名称	装置名称	備 考
通報・警報装置	押しボタン式通報装置	消火器または消火栓に併設される場合に限る。
消火設備	消火器	
	消火栓	配水設備、ポンプ設備、取水設備
避難誘導設備	排煙設備または避難通路	換気設備の能力範囲の排煙能力とする。
		避難通路の防煙扉
その他の設備	給水栓 (ポンプ起動スイッチ付設)	
	水噴霧設備	ダクト冷却設備を設置する場合がある。

(2) 消 火 器

- 1) 扱い方が簡単で、有害なガス等を発生しないものを選定するものとする。
- 2) 消火器箱は、厚さ 1.6mm 以上の鋼板製又はステンレス製とする。
- 3) 設置間隔は 50m を標準とする。
- 4) 2 本を 1 組として格納する。

(3) 消 火 栓

消火栓設備は、火災の初期消火および火災の拡大を防ぐために使用するもので、貯水槽、消火ポンプ、給水管、消火栓(開閉弁、ホース接続口)、ホースおよび筒先から構成される。

- 1) 扱い方が簡単な構造とする。
- 2) 消火栓箱は、厚さ 1.6mm 以上の鋼板製又はステンレス製とする。
- 3) 設置間隔は 50m を標準とする。
- 4) 口径は 40 mm、放水量は 130L/min、放水圧力は 0.294MPa(3.0 kg f/cm<sup>2</sup>) を標準とする。
- 5) 水源は消火栓 3 個同時に、40 分間放水できる容量を確保すること。

(4) 給 水 栓

給水栓設備は、消防隊による本格消火に資するための設備である。貯水槽、消火ポンプ給水管、消火栓(開閉弁、ホース接続口)から構成される。なお、給水栓を設置する場合は、必要に応じて消防ポンプ等からトンネル内給水栓への送水用として送水口を設けるものとする。

- 1) トンネル両坑口付近に設置することを標準とし、必要に応じてトンネル内非常駐車帯または避難連絡坑口付近その他に設置するものとする。

- 2) 口径は 65 mm、放水量は 400L/min、放水圧力は 2 個同時放水した場合で 0.294MPa (3.0 kg f/cm<sup>2</sup>) を標準とする。
- 3) 水源は 2 個同時放水した場合、40 分間放水できる容量を確保すること。
- 4) ポンプ起動スイッチを近傍に設置する。

トンネル内に設置するものには、単口形給水栓を消火栓箱内に併設する場合がある。

(5) 送水口

- 1) トンネル両坑口に設置するものとし、口径 65 mm、双口型を標準とする。

(6) 配水設備

消火ポンプ又は送水口からの消火用水を、消火栓及び給水栓に送水するための管路及び付帯設備で構成される。ピット内配管布設設計計画においては、電気配線管路などの他設備との協調に十分留意して進めなければならない。

4. 水噴霧設備

水噴霧設備はトンネルの天井または側壁上方から配水管を設備し、これに水噴霧ヘッドを取付けヘッドから微細な粒子状の水を放水して火災の火勢制圧、消火および延焼防止に用いるもので、水噴霧ヘッド、配水管、消火ポンプ、貯水槽および制御装置にて構成される。

- (1) 放水区間は 50m 以上とする。
- (2) 放水量は 60 / min・m<sup>2</sup> を標準とする。また、水源は 40 分間放水できる容量を確保すること。
- (3) 放水制御方式はトンネル延長、トンネル構造、換気方式等に留意して決定するものとする。
- (4) 水噴霧設備の運用については、放水時期、放水区画等についてあらかじめ決めておくものとする。また、消火栓機器の設置例を図 3-10-4 (a) に、消火栓設備系統の例を図 3-10-4 (b) に、水噴霧設備系統の一例を図 3-10-4 (c) に示す。

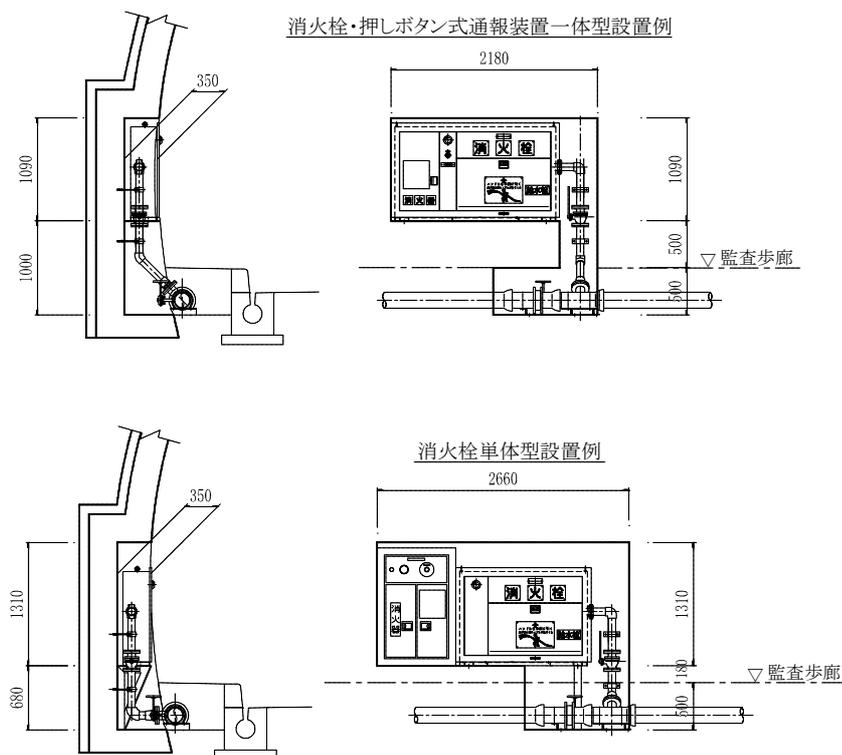


図 3-10-4 (a) 消火栓設置例

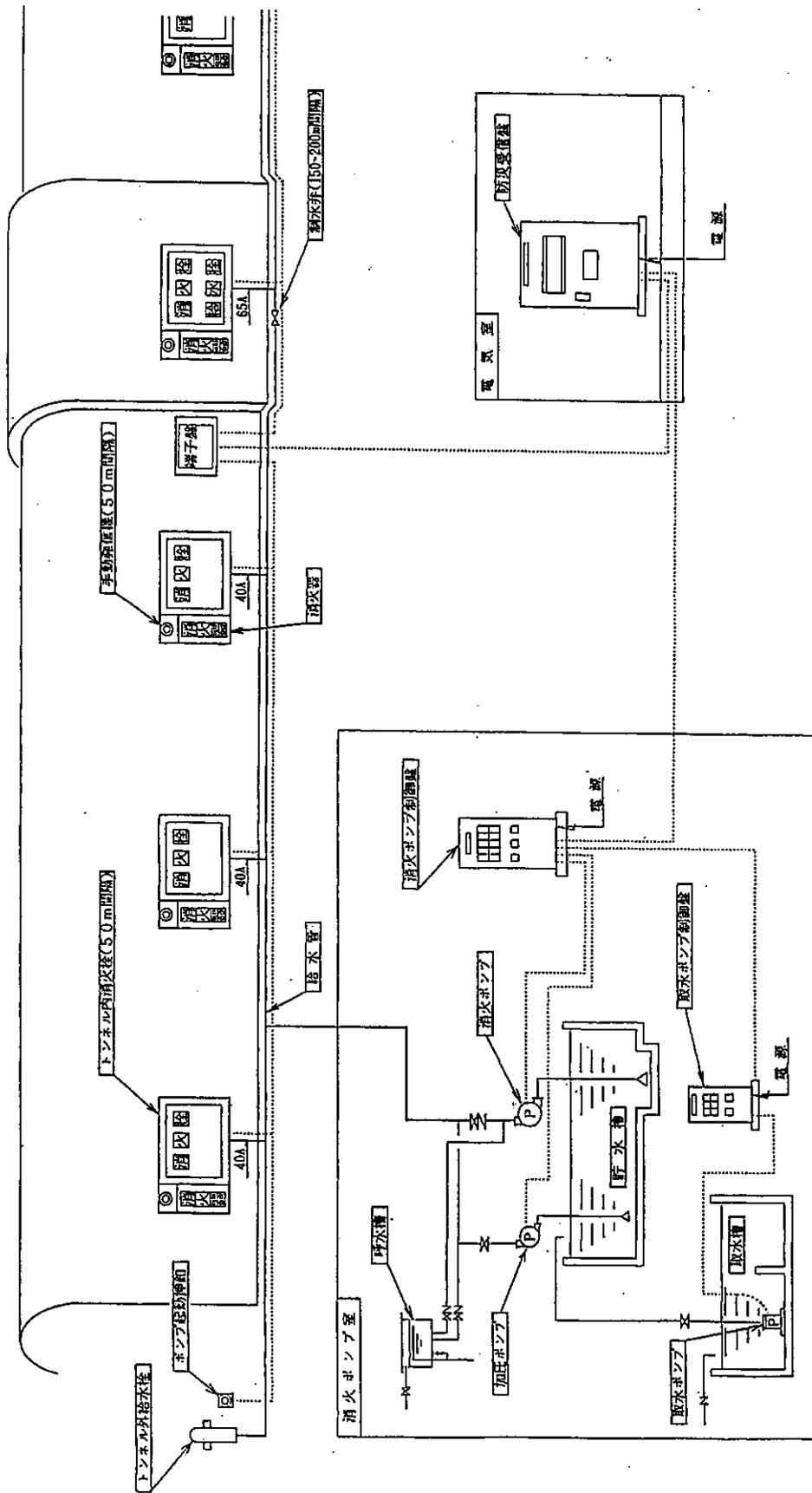


図 3 - 1 0 - 4 ( b ) 消火栓設備系統図



5. 消火システムについて(参考)

5-1 非常用施設のフロー

非常用施設の標準フローを図3-10-5に示す。

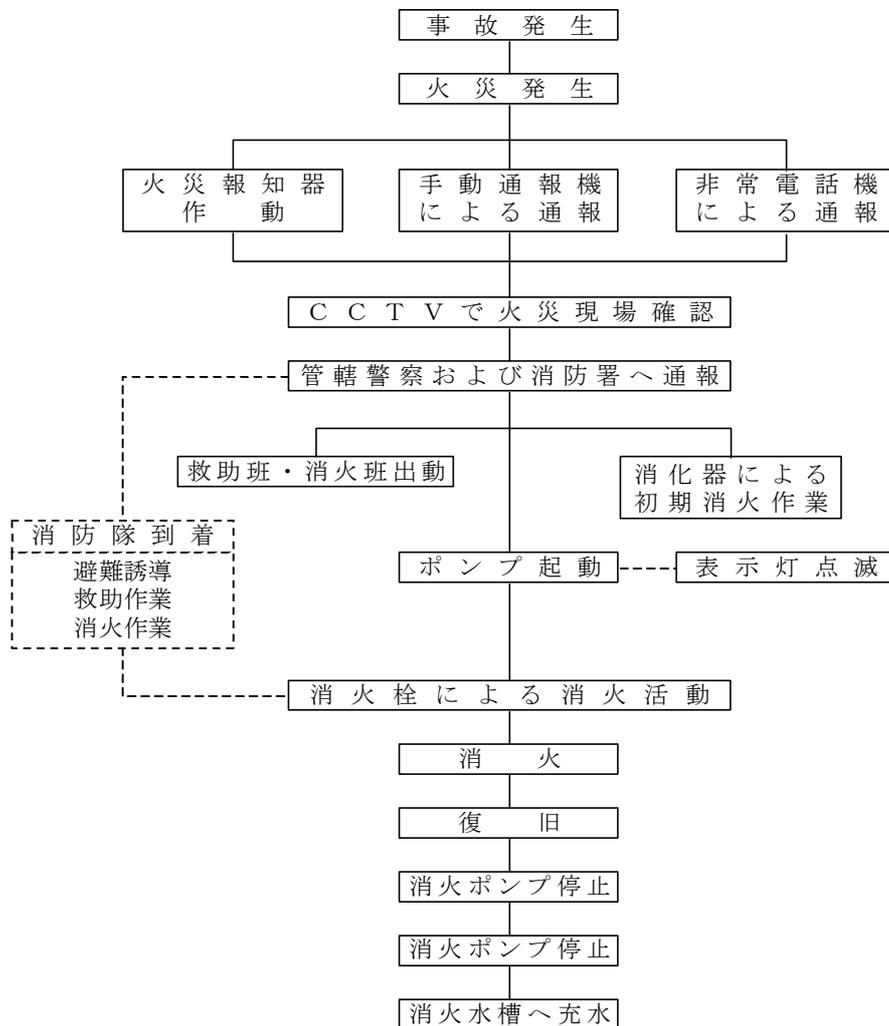


図3-10-5 非常用施設のフロー

5-2 消火設備設計上の注意事項

消火ポンプ室および主水槽についての一般的な事項は下記のとおりである。

- (1) ポンプ室は将来の維持管理を勘案し、原則として電気室に隣接するものとする。
- (2) ポンプ室と主水槽は原則として別構造とする。
- (3) ポンプ室の形状はポンプの設置、配線、維持管理および経済性等を考慮する。

ポンプの配置に当たっては、メンテナンススペースおよび分解点検の際の吊り上げフックの設置等を考慮する。なお、ポンプ室面積はポンプ室形状およびポンプの配置計画に基づき決定する。

- (4) 主水槽の容量は、消火栓、給水栓および水噴霧設備等用水を同時に放水可能なものとし、余裕は20%程度考える。なお、ダクト冷却設備を有する場合は、これを含めて考慮すること。
- 1) 消火栓 同時 3箇所分の水量
  - 2) 水噴霧 同時 2区画分の水量
  - 3) 給水栓 同時 2箇所分の水量
  - 4) 余裕 20%
  - 5) 上記合計の40分使用可能な容量
  - 6) 水槽のL.W.L.は消火ポンプの最上位とし、埋め込み方式とする。
- (5) 主水槽は地震、風および腐食等により漏水の起こりにくい、鉄筋コンクリート製が一般である。必要に応じて、点検口、梯子および水位表示器を設けるものとする。また、給水方式は主水槽の水位が低下すると、自動的に給水する方式とする。
- (6) 呼水槽は火災時における消火活動を迅速に行うために配水主管を常時満水にし、併せて自動弁動作圧の保持およびポンプの呼水用として設置するものである。
- 1) 呼水槽の単独設置の場合、貯水容量は1m<sup>3</sup>程度が望ましい。
  - 2) 凍結防止を考慮する必要がある。
  - 3) 水位決定は、自動弁装置の動作水圧保持のため20m以上とれる位置が望ましい。
  - 4) 呼水槽の設置に必要な条件を満たすことが困難な場合には、これに代えて加圧水装置を設ける。加圧水装置は、加圧ポンプと圧力タンクおよび圧力調整装置から構成される。加圧ポンプは呼水装置を必要としない位置に設置するか、水中ポンプを採用する。
- (7) 取水設備および水源
- 取水設備および水源についての一般的な事項は下記のとおりである。
- 1) 取水設備は、配水設備の主水槽へ供給するためのもので、配水管、取水槽および制御装置にて構成される。なお、水源は公共用上水道によることを標準とするが、上水道による水源使用が困難な場合は、トンネル湧水、河川水等によるものとする。
  - 2) 上水道以外を取水源とする場合は、用水の化学的性質および混入固形物の有無・混入量などの水質検査を実施する必要がある。
  - 3) 水質検査の結果、固形物・砂等の混入の恐れがある場合は、流入口に除塵スクリーンを設け、取水槽に隣接して沈砂槽を設置する等の対策を検討する。
  - 4) 用水の化学的性質が中性からはずれる場合は、ポンプおよび付属部品、配管・弁類の耐食性を検討・勘案して、用水の採用・不採用を決定する。
  - 5) 上水道の場合、将来の維持管理等を十分考慮するとともに、ポンプ運転時の騒音対策のため、水中タービンポンプを採用するなど必要である。
  - 6) 採水時のトラブル等を勘案し、主水槽へ揚水する2時間程度の量は取水槽に確保すること。
- (8) 凍結防止設備
- 凍結防止設備についての一般的な事項は下記のとおりである。
- 1) 凍結防止設備は、消火栓、給水栓、水噴霧、ダクト冷却等の消火水の凍結対策を行うもので、ヒータおよび制御装置等にて構成される。
  - 2) 設計に当たっては気象条件等を十分考慮すること。
  - 3) 凍結防止対策は、一般的にトンネル入口1,000m、出口500m程度としている。

- 4) 対象機器は、消火栓の2次配管、自動弁本体、配水管本管、ポンプおよび弁類である。
- 5) 制御はヒータのON-OFFを坑口気温センサ等によって行う。
- 6) 凍結防止対策は一般的には次の通りである。
  - ・ 管路を保温材で保温する。
  - ・ スペースヒーターにより管路付近の気温を高める。
  - ・ 管路をヒータにより直接加熱する。
  - ・ 管路内を常時流水させる。

## 第 1 1 節 修繕工事への対応(参考)

### 1 1 - 1 トンネル機械設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用するべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下(過去の故障・修繕履歴)、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保(施設の種別、規模、地域性)

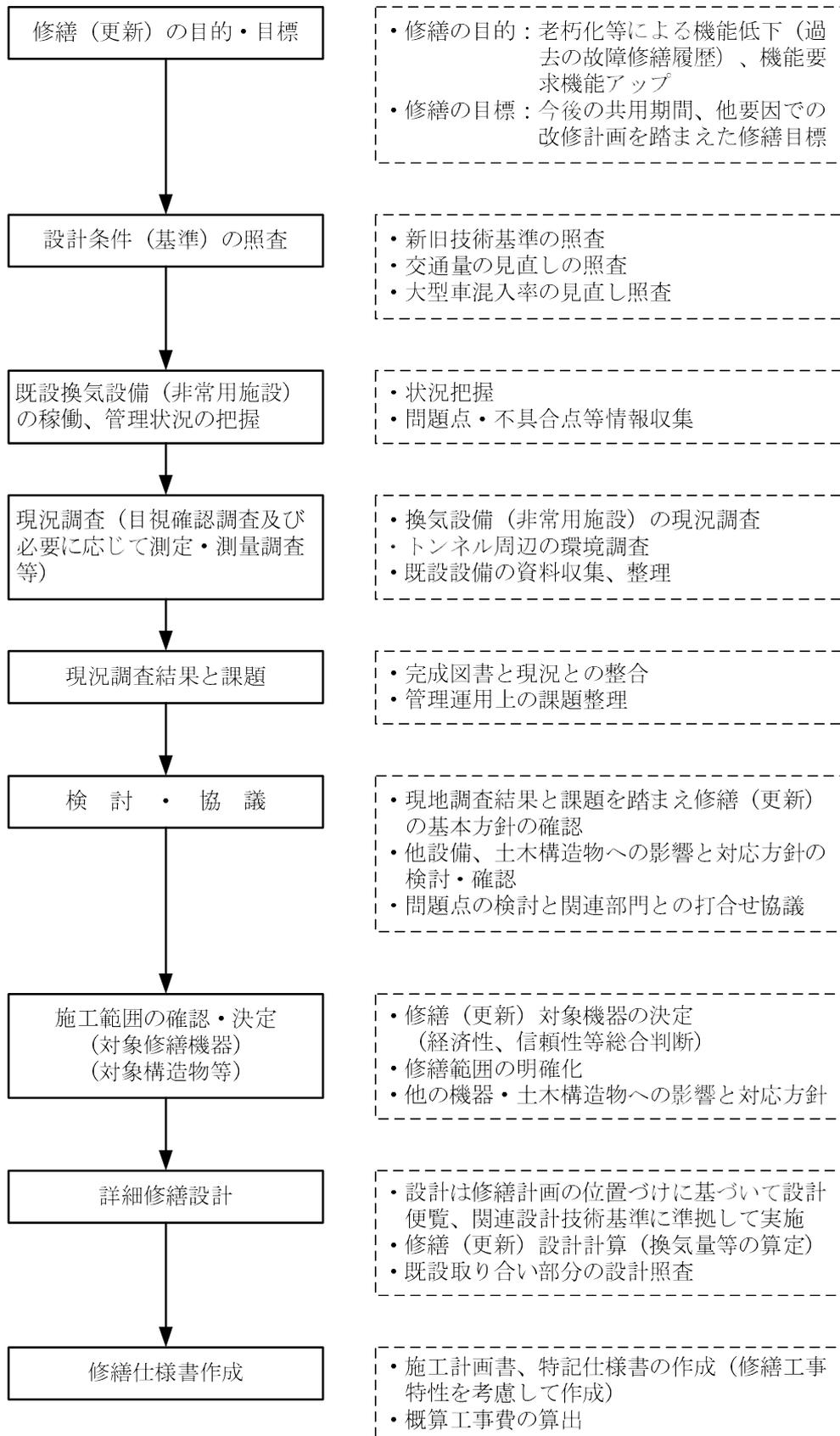
#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果(経済性)

(次頁に、トンネル機械設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す)

## トンネル機械設備修繕(更新)時計画検討フロー図(参考)

トンネル機械設備の修繕(更新)時の業務手順フロー例を示す。



## 第 4 章 消融雪設備

## 第4章 消融雪設備

### 第1節 一般

#### 1. 適用の範囲

本便覧は、積雪地域全般で適用できるが、各施設の特長を活かすため、概ね次の地域での適用を目安とする。

##### 1. 消雪施設(散水)

- ① 地下水、加温水利用の場合、一般には1月の平均気温が0℃以下にならない地域に適用できる。
- ② 河川水、湖沼水利用の場合は水温が低く凍結しやすいため、1月の日最低気温の平均が-1℃以下の地域で利用する場合は注意が必要である。
- ③ 海水利用の場合は施工実績(東北北部)から、1月の平均気温が-2℃程度の地域まで適用できる。
- ④ 凍結防止剤利用(表流水と混合して散水することが多い)の場合はかなり低温の地域まで適用できるが、実施例を参考にすることが必要である。

##### 2. 融雪施設(無散水)

- ① 温水や電熱利用の場合には、気象条件に係わらずどの地域でも適用できる。
- ② 自然エネルギーを直接利用する場合には、採熱量等に制約が多いので注意が必要である。

#### [解説]

##### (1) 消雪施設

路面に散水して直接に雪と水を接触させて消雪する方法であり、非常に合理的な除雪対策である。しかし、散水した水が凍結を起こすとスリップ事故等が発生しやすい危険な状態となることもある。

したがって、冬期に平均気温が氷点下になるような地域や、放射冷却現象により凍結が予想される地域では、他の同様な地域での施設事例を参考にするなど十分な検討が必要である。

##### (2) 融雪施設

舗装路面を暖めて融雪するものであり、消雪施設と比較して融雪効果が現れるまでの時間がやや遅い。しかし、路面に散水しないため、路面に発生する水が少なく、スリップ事故等の危険性は低い。また、化石エネルギーを熱源とする場合には、気象に係わらずどの地域でも適用できる。一方で、気温が低く、降雪が多いほど多くの熱量を必要とするために電力量あるいは石油等の化石燃料の使用量が大きくなる。

近年、環境への負荷を低減させるために、自然エネルギーを熱源とした融雪施設が開発されてきている。この施設費は割高であるが運転費の低減が図られている。しかし、採熱量には限界があるので適用条件等を勘案の上、設置計画を検討しなければならない。

##### (3) 道路付属施設等への適用

本要領は、道路の消・融雪を主体に記述しているが、道路付属施設(駐車場・除雪基地・チェーン着脱場等)へも適用できるよう配慮した。

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P5~P6

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
河川法及び関連法規	平成 23 年 5 月	国 土 交 通 省
道路構造令の解説と運用	平成 17 年 3 月	日 本 道 路 協 会
道路管理施設等設計指針(案)	平成 15 年 7 月	日本建設機械化協会
道路土工－排水工指針	昭和 62 年 6 月	日 本 道 路 協 会
設計便覧(案)第 3 章 道路編	平成 24 年 4 月	近畿地方整備局
新防雪工学ハンドブック	昭和 63 年 3 月	日本建設機械化協会
路面消・融雪施設等設計要領	平成 20 年 5 月	日本建設機械化協会
散水消雪施設設計施工マニュアル	平成 12 年 3 月	新潟県融雪技術協会
消・融雪施設の維持管理マニュアル	平成 8 年 3 月	新潟県融雪技術協会
散水融雪設備標準図集(案)	平成 3 年 3 月	近畿地方整備局
道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル	平成 15 年 6 月	日本建設機械化協会

2. 用語の定義(標準)

<p>本便覧における用語は次のとおり定義した。</p>		
1 消	雪	散水した水で、路面の積雪または圧雪を融解除去すること。
2 融	雪	熱源を利用して舗装を暖め、路面の積雪または圧雪を融解除去すること。
3 消	雪 施 設	消雪効果により路面の積雪または圧雪を融解除去する施設。
4 融	雪 施 設	融雪効果により路面の積雪または圧雪を融解除去する施設。
5 必 要 散 水 量		路面の消雪に必要な単位面積当りの散水量(L/min/m <sup>2</sup> )。
6 確 保 幅 員		道路幅員のうち、車両が円滑に走行できる幅員。
7 熱効率、融解係数		路面に供給された熱量のうち、融解以外に使われる熱量の損失の割合。
8 交 通 係 数		交通量から路面管理レベルを補正する係数。
9 必 要 熱 量		路面の融雪または凍結防止に必要な熱量(W/m <sup>2</sup> )。
10 化石エネルギー		化石燃料(石油ガス等)から得られるエネルギー。
11 ローカルエネルギー		対象地域特有の利用可能なエネルギー。
12 自然エネルギー		自然界(地上・地下)に存在するエネルギー。

## 第2節 計画・調査

### 1. 計画の基本(標準)

散水消雪施設は、必要散水量・道路の構造・散水形態・路面管理レベルの4要素の組合せにより計画する。必要散水量は、気象条件・道路条件等から単位面積当りの基本散水量を求め、これに消雪面積を乗じて得るものとし、計画する道路の構造を考慮した上で、散水方法を計画するものとする。

〔解説〕

散水消雪施設計画のための必要散水量・道路の構造・散水形態・路面管理レベルの4要素の組合せは、図4-2-1(a)のとおりである。

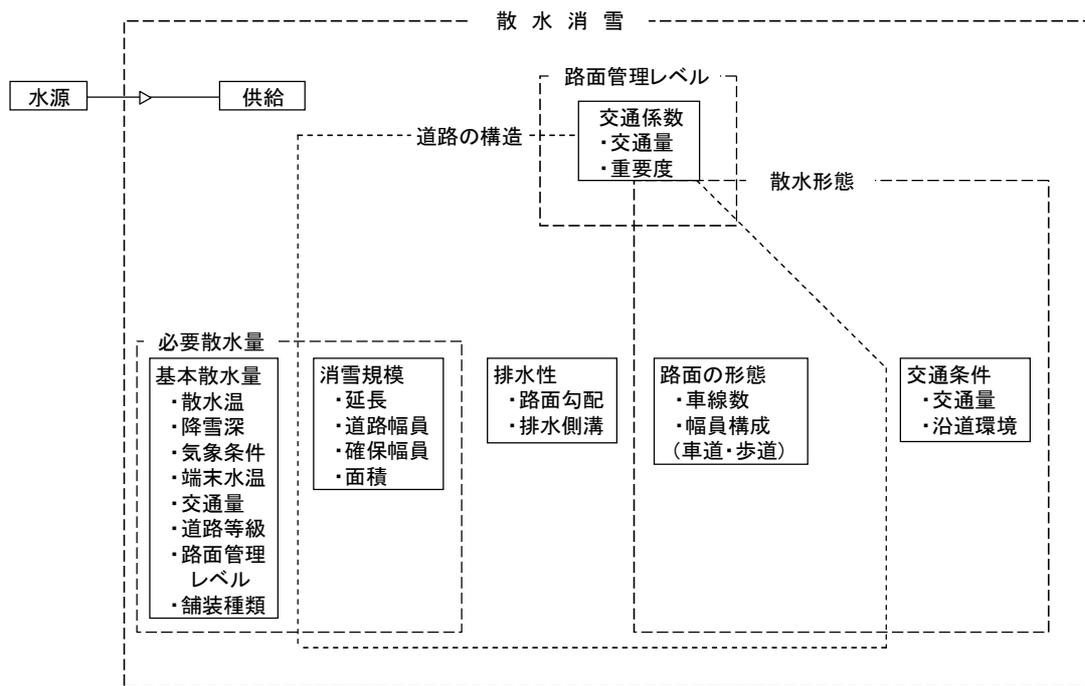


図4-2-1(a) 消雪施設計画要素の組み合わせ

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P13

消雪設備の計画、設計フロー

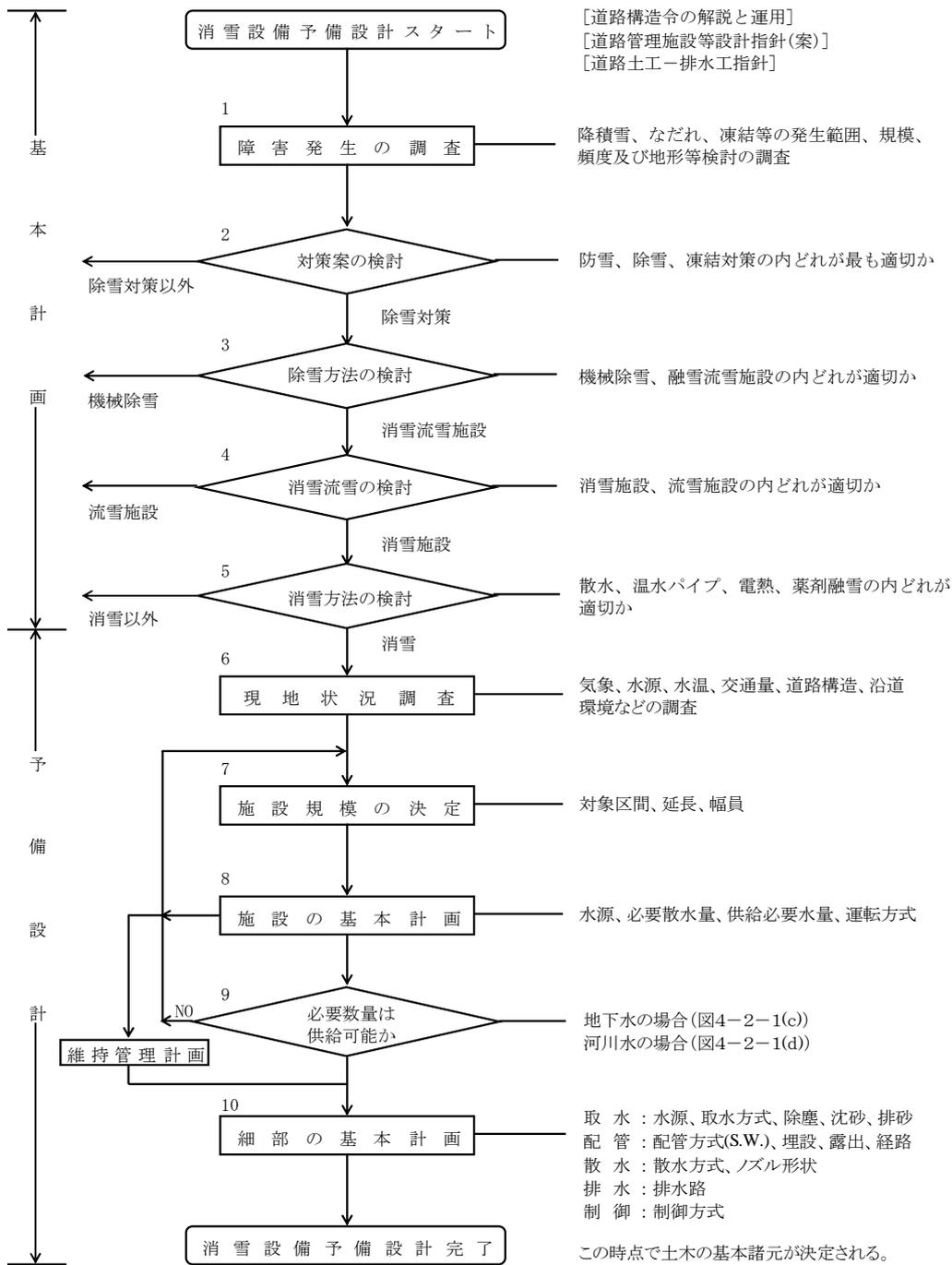


図 4 - 2 - 1 (b) 基本計画・予備設計

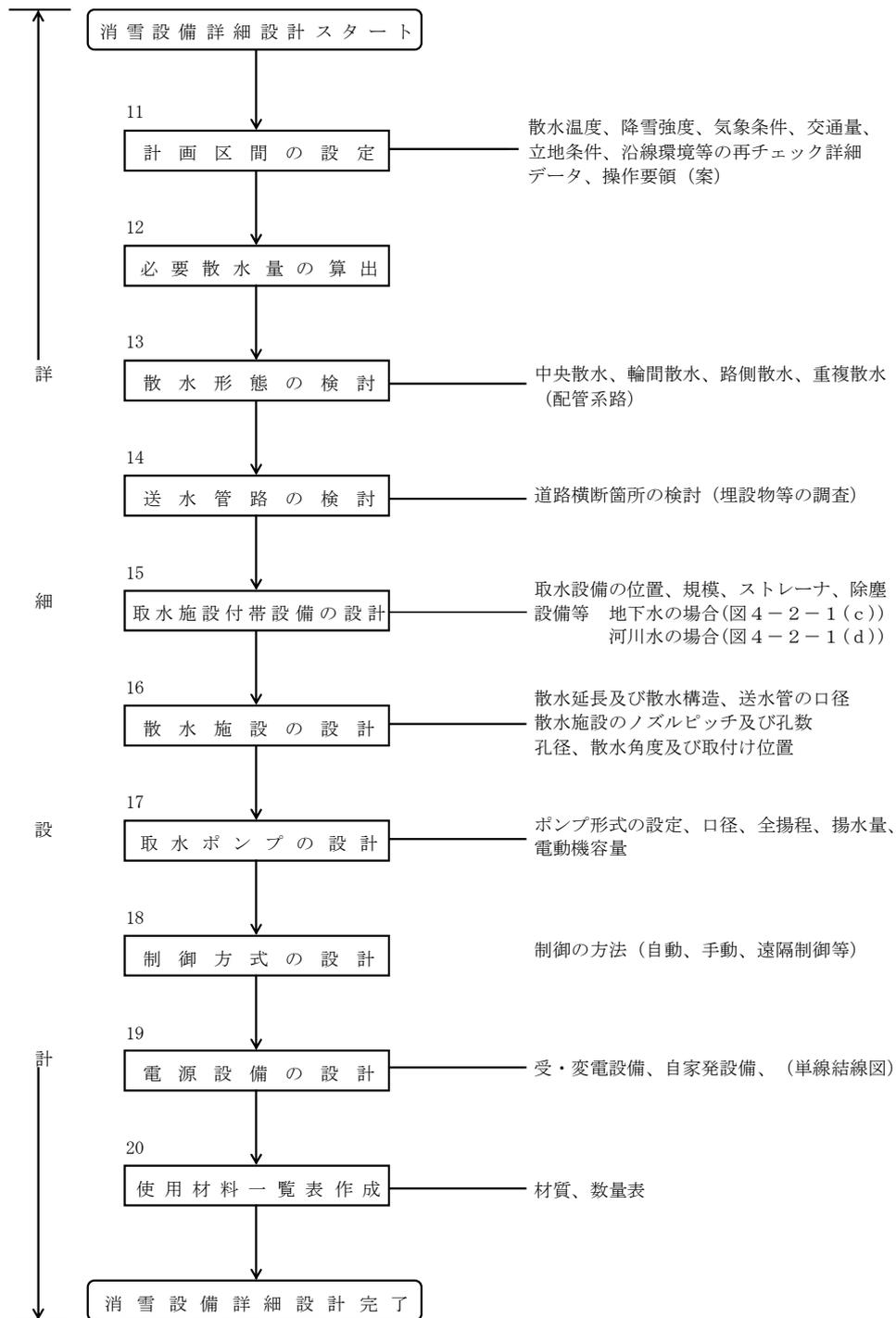
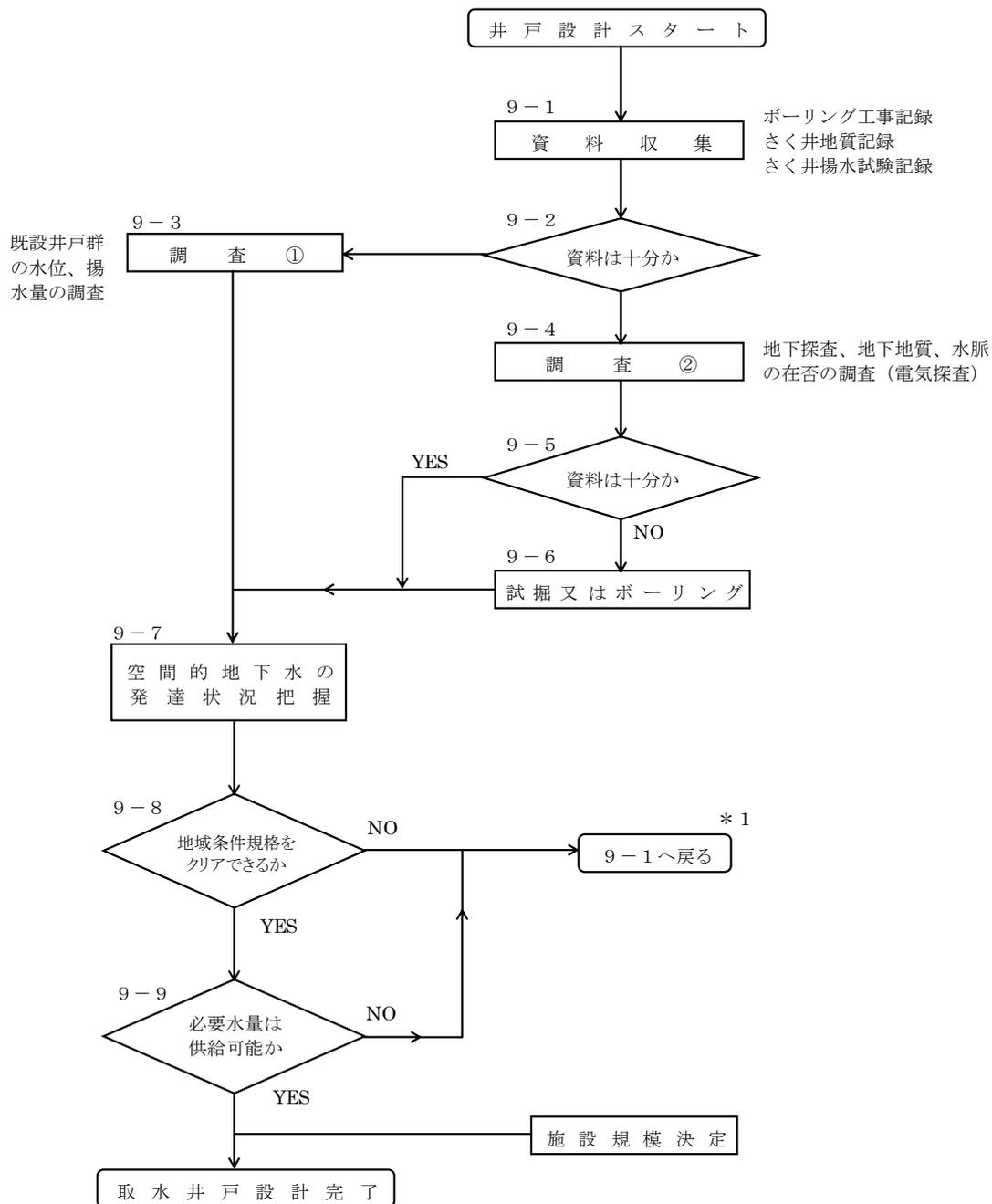


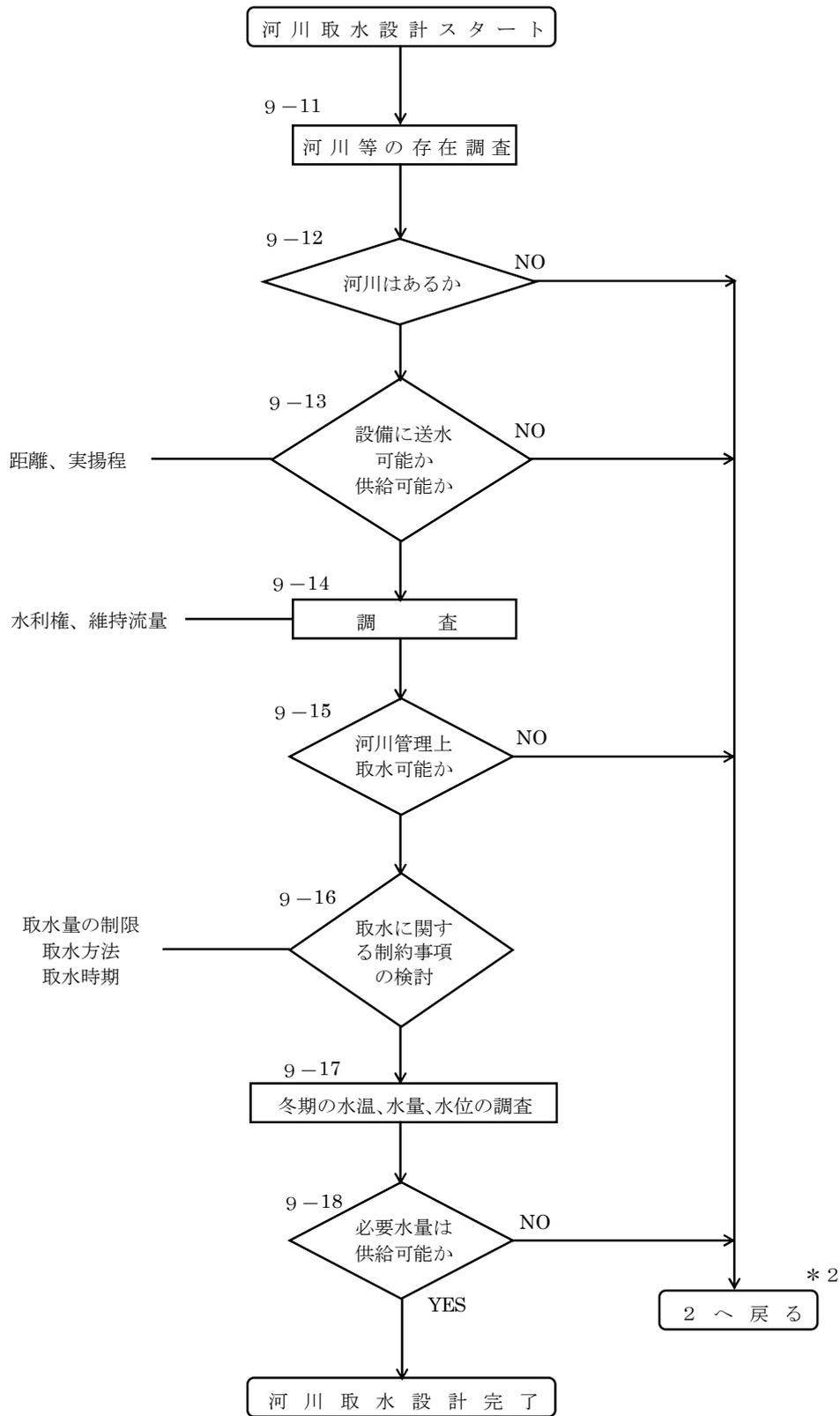
図4-2-1(c) 詳細設計



記事

- 1) \*1 再検討の結果、地域条件をクリアできない、または、必要水量の供給量が確保できない時は、河川水取水か機械除雪等を検討する。
- 2) 地域条件より必要に応じて、地下水の有効利用を図るため、散水量の調整、散水された水の回収・再利用等の節水対策の検討を行う。

図4-2-1(d) 井戸水使用の場合



記事

\*2 再検討の結果、必要水量の供給量が確保できない時は、井戸水取水か機械除雪等を検討する。

図4-2-1(e) 河川水使用の場合

## 2. 調査(標準)

### 2-1 気象特性の調査

調査は、消・融雪施設の設置計画・設計・維持管理のために必要な資料を得るために実施するもので、必要な調査項目は概ね次のとおりである。

1. 消・融雪対象施設の特定
2. 路面管理レベルの設定
3. 対象施設の構造
4. 沿道(周辺)状況
5. 地下埋設物等
6. 交通量の把握
7. 機械除雪の実態(計画)
8. 気象特性
9. エネルギー源

#### [解説]

消・融雪設計の設置計画を検討するには、消・融雪の対象とする施設の設置箇所の諸条件を調査したうえで除雪対策の実態などを把握し、消・融雪施設設置の可能性を見出し、路面管理レベルを設定して検討する必要がある。

調査項目は、大別して消・融雪しようとする施設(車道・歩道・チェーン着脱場等)の範囲、気温・降雪深などの気象特性、消・融雪に使用するエネルギー源など設置場所の目的に応じた調査をしなければならない。

### 2-2 消・融雪対象施設の特定

消・融雪施設を計画する場合、地域・道路構造、利用状況や周辺環境によって、必要とする路面管理レベルとその融雪エネルギーがかなり異なる。

#### [解説]

消・融雪施設の設置箇所によっては、必要とする路面管理レベルが異なるので、対象とする施設、目的等を明確にする必要がある。

対象施設には、車道・歩道・交差点・ランプ・橋梁・トンネル出入口・急坂路・急カーブ、チェーン着脱場・駐車場、横断歩道橋・横断地下道の階段部、サービスエリア・料金所等があり、それぞれの施設および環境の特徴を十分に調査し、目的を特定しなければならない。

### 2-3 路面管理レベルの設定

路面管理レベルは、交通量(道路種級)、利用者数、既存周辺施設の路面管理状況、消・融雪施設設置区間前後の道路状況、道路の使用形態、安全性、社会的環境等を勘案し適切に設定するものとする。

#### [解説]

#### (1) 一連道路の路面管理レベルの設定

一連の道路の路面管理レベルは、その道路を利用する交通に応じ、安全性・走行性等から一定のレベルとなっていることが望ましい。

消・融雪施設設置区間は一連で消・融雪施設が設置される箇所ばかりとは限らない。仮に一部区間だけ消・融雪施設が設置されている場合には、機械除雪の状況も踏まえながら走行車両に支障が出ないように路面管理レベルを工夫して設定することが望ましい。

出典:[2-1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P8~P9

## (2) 設置箇所の利用状況に応じた設定

路面管理レベルの高低は、施設設置費・維持管理費に大きく影響する。したがって、車道においては道路の使用形態や等級、その他歩道・チェーン着脱場等においては、利用状況や目的に応じて適切な路面管理レベルを選定し、施設の合理的な設計・運用を行うことが必要である。

## (3) 社会的環境を検討した路面管理レベルの設定

消・融雪は冬期の交通を確保する観点から重要な施設である。従って、降雪による通行止めが懸念される地域の重要路線については、交通量等にかかわらず高レベルの設定を行うことが重要である。

### 2-4 対象施設の構造

消・融雪の対象とする車道・歩道・チェーン着脱場等の構造(利用状態・延長・幅員・面積・勾配・舗装構造・排水の状況等)を調査しなければならない。

#### 〔解説〕

消・融雪施設の設置計画・設計に際し、対象とする施設の構造・形状、利用状況がわからないと消・融雪施設の設置位置や型式・種類が選定できず、必要なエネルギー計算等もできないため、構造や形状を明確にする必要がある。

### 2-5 沿道(周辺)状況

沿道状況や道路等の利用状況によって、消・融雪の方法、消・融雪に利用するエネルギー等が制限されることがあるので、沿道及び周辺の状況を調査するものとする。

#### 〔解説〕

消雪施設の水源として、河川水・海水等を利用する場合、凍結や水質汚染のおそれがある。また、多量の散水を行う場合などは、家屋の連坦状況、周辺井戸の有無、水路系統・用水の利用状況、排水路の状態等を調査し、排水に問題の生じないような計画とする必要がある。

融雪施設の熱源を温水ボイラあるいはヒートポンプ等とする場合には、運転音が発生するので設置場所に配慮する必要がある。

また、近隣に鉄道が走っている場合には電食対策として電流が流れている場合があり、資材の材質にも配慮しなければならない。

### 2-6 地下埋設物等

消・融雪施設を設置する車道・歩道・駐車場等には、水道、電気、ガスなどのライフラインや光通信ケーブル等が埋設されているため、必ず事前調査を行うものとする。

#### 〔解説〕

消・融雪施設の設置時に、路盤を掘削する場合、あらかじめ所有者や管理者から埋設物を調査し、位置や規模を確認しておかなければならない。確認方法としては、図面による確認や試掘による確認方法があるが、立会のもと試掘により確認することが望ましい。また、必要に応じて地下探査機による確認も行う必要がある。

出典:[2-4]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P9~P10

## 2-7 交通量の把握

車道の消・融雪施設を計画する場合、日交通量を調査し種級を確認するものとする。

### 〔解説〕

計画路線における路面管理レベルを選定するにあたり日交通量を把握することは重要である。

## 2-8 機械除雪の実態(計画)

消・融雪施設の設置計画にあたっては除雪の実態を把握し、地域の実状等に応じた計画とする必要がある。

### 〔解説〕

除雪対策は、一般的に機械除雪が最も経済的であるとされている。一方で沿道状況・除雪体制・凍結防止・利用者の安全確保・地域の要望等の面から消・融雪施設を設置する箇所も少なくない。

特に市街地の道路が狭く家屋等が連担している区間で、機械除雪が困難な箇所に地下水利用の消・融雪施設を設置することが通例であるが、交通渋滞やスリップ事故が多発する交差点や橋梁部及び坂道等あるいは、市街地や通学路の歩道等でも施設の設置が進められている。

## 2-9 気象特性

消・融雪施設を計画する箇所の気象特性の調査項目は、概ね次のとおりである。

1. 各月別の日最低気温の平均値(12月～3月)
2. 時間降雪深
3. 降雪日数
4. 各月別の平均風速

### 〔解説〕

各データは、消・融雪施設を計画するにあたって、非常に重要な指標となる。したがって、計画箇所において気象観測点がない場合でも、周辺の気象データから計画地点の気象条件を推定する必要がある。調査期間は、近年の気象変動を考慮すると少なくとも10年分程度を収集することが望ましい。

#### (1) 各月別の日最低気温の平均値(12月～3月)

消・融雪施設が採用可能か判断をするほか、最低気温の平均月の値を用いて必要熱量の算定に利用する。

#### (2) 時間降雪深

1時間当りの消・融雪に必要なエネルギーを計算する根拠となる。

#### (3) 降雪日数

施設の稼働時間(概算の運転費用が算出できる)及び設置効果などが判断できる。

#### (4) 平均風速

気温の低い地域においては、風速が必要熱量に大きく影響するため、場合によっては現地観測も行うなど工夫し、推定することが望ましい。

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P10～P11

消・融雪施設の計画にあたっては、計画箇所でのどのようなエネルギーが得られ、どの程度の効果が期待できるか調査するものとする。

〔解説〕

消・融雪には、地下水・河川水・加温水・地中熱・電気等種々のエネルギーが使用される。

消・融雪施設の計画に当たっては、使用するエネルギーを先に決めることが通例である。したがって、使用できるエネルギーの種類・効果は計画にあたっての重要なポイントとなるので十分な調査が必要である。

なお、消雪施設では地下水を利用することが多いが、各地で地下水の取水規制等が行われているので、規制の内容等を常に把握しておく必要がある。

また、使用する水の温度が散水量、沿道環境および路面管理レベルに大きく影響する。真冬の水温は一般に次のとおりである。

- ① 地下水 10～18℃ (各地の井戸の実測値から)

(参考) 主な井戸資料より  
 新潟県の地下水温 12～18℃  
 富山県の地下水温 13～16℃  
 石川県の地下水温 13～15℃

- ② 河川水 0.5～5℃ (北陸地方整備局調査データから)
- ③ 用水 0.5～3℃ (北陸地方整備局調査データから)
- ④ 海水 6～10℃ (理科年表から)

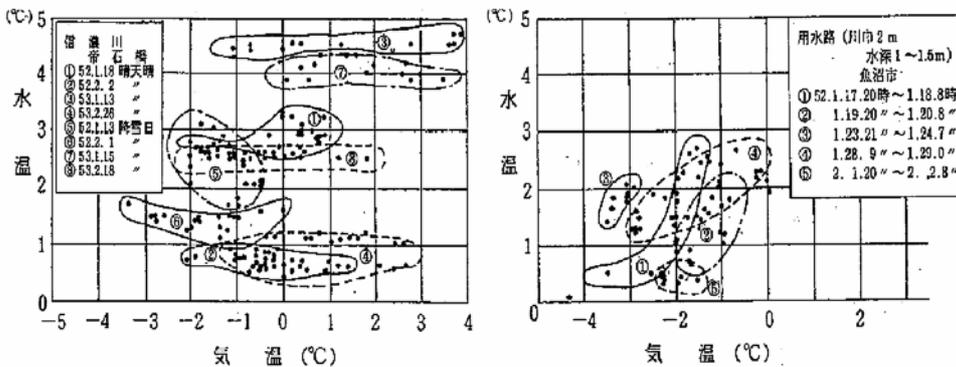


図 4-2-2 (a) 気温と河川気温・用水水溫の観測例 (北陸地方整備局)

河川水の利用

河川水を利用する場合は、河川法の認許可が必要であり、河川管理者に予め確認する必要がある。

2-11 車道の散水形態

車道の散水形態は、道路構造から決定するものとする。

〔解説〕

散水消雪施設の散水位置および散水形態は、次により区分する。

出典:[2-10]  
 路面消・融雪施設等  
 設計要領  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.5) P11~P12

出典:[2-11]  
 路面消・融雪施設等  
 設計要領  
 (平成 20 年度版)  
 (H20.5) P36

(1) 分離帯の有無に伴う散水形態

散水施設を設置する車道は、中央分離帯により分離された多車線道路から市街地の幅員の狭い道路まで多種多様な道路がある。そのため車道消雪が均一かつ効果的に行われるために車道部については分離帯の有無により散水形態を区別する。

(2) 橋梁形式の散水形態

橋梁および高架橋の道路構造の場合では、路面凍結の可能性や施工性、構造面から散水形態を決定する。

(3) 路面勾配の変化に伴う散水形態

直線部から曲線部に移行する道路では、路面の縦断勾配よりも横断勾配の変化が散水施設の計画に重要な要素となってくるため、横断勾配の変化に伴う散水形態を検討する。

(4) 道路中央に設置する場合の路面区画線との位置関係

設置位置を明確にする。

(5) 交差点の散水形態

交差点は、道路管理者が同一である場合は交通量の多い道路、道路管理者が異なる場合には上位道路の必要箇所に優先的に設置する。

2-1-2 分離帯のない道路の散水形態

分離帯のない道路の散水形態は、概ね次によるものとする。

1. 1車線道路の散水位置は、路面勾配に応じ車道部の中央または路側とする。
2. 2車線道路の散水位置は、直線部にあっては車道の中央とし、片勾配部にあっては路面勾配の高い側の路側等に設置することを標準とする。  
なお、幅員の狭い道路では、維持管理面や施工時の交通規制から輪間散水の検討も必要である。
3. 多車線道路の散水位置は、直線部にあっては車道の中央とし、片勾配部にあっては路面勾配の高い側の路側に設置することを標準とする。  
なお、片勾配区間で低温水による散水の場合や排水側溝までの距離が長い場合は、均一な散水を維持するために重複散水の検討が必要である。

〔解説〕

(1) 1車線道路

1車線道路で散水消雪の対象となるのは、主に家屋が連担する市街地の街路である。対象道路は、両側に排水側溝を有し路面も両勾配の場合がほとんどであるため、図4-2-2(b)のように車道部中央からの散水となるが、片勾配となっている区間では流水方向を考慮して図4-2-2(c)のように路側から散水を行うものとする。また、道路幅員が狭い道路で交通量が少ないと路面に均一に散水されず、融雪に利用されないまま排水側溝へ流れてしまうことがあるので、散水ノズルのピッチを狭くして数を増やすなどの工夫が必要である。

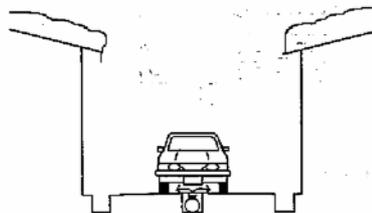


図4-2-2(b) 両勾配の道

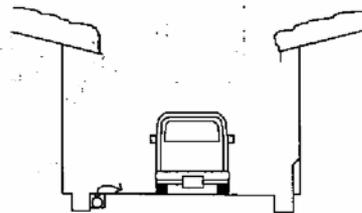


図4-2-2(c) 片勾配の道

出典：[2-12]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P36～P38

(2) 2車線道路

2車線道路の直線部は、両勾配であるため図4-2-2(d)のように車道中央からの散水を標準とし、散水が路面に均一に行き渡るように行う。図4-2-2(e)は片勾配区間の散水状態を示したものである。

なお、車道幅員が狭い道路では、散水ノズルが車両に踏まれることによる破損や施工時の交通規制等の問題もある。

したがって、車道幅員が狭い2車線道路では図4-2-2(f)のように片側車線の中央部に設置する輪間散水も検討する必要がある。輪間散水は、散水ノズルが踏まれる頻度が減り、施工時に片側車線が確保できるなどの利点が上げられる反面、散水施設が車両の輪間にあるために散水が均一になりにくいことや路面勾配の修正が必要である等の欠点もあるので計画にあたっては十分検討する必要がある。

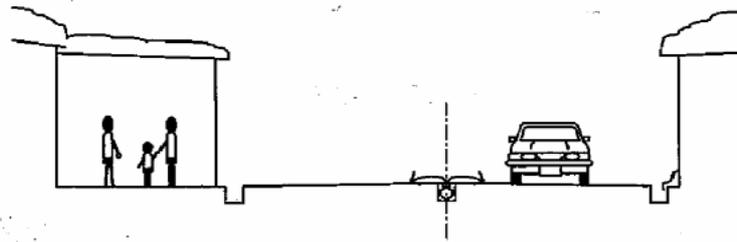


図4-2-2(d) 中央散水

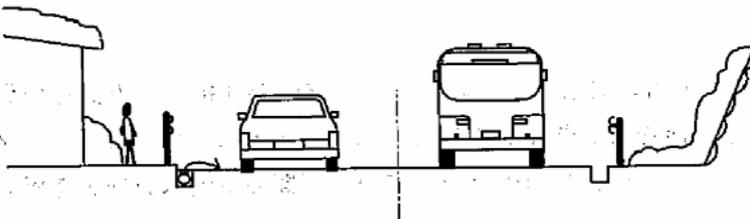


図4-2-2(e) 路側散水

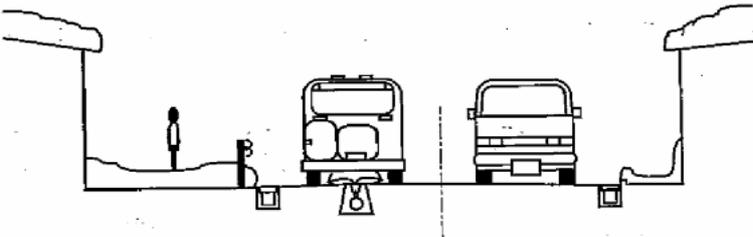


図4-2-2(f) 輪間散水

### (3) 多車線道路

多車線道路の直線部は2車線道路の場合と同様、図4-2-2(g)のように車道中央からの散水を標準とする。

片勾配区間で路側に設置した場合には、流下距離が長く水温の低下が大きくなり、また路面状態によって不均一な散水になり易いことから、図4-2-2(h)のように路側と道路中央から合せて散水を行う重複散水が有効である。

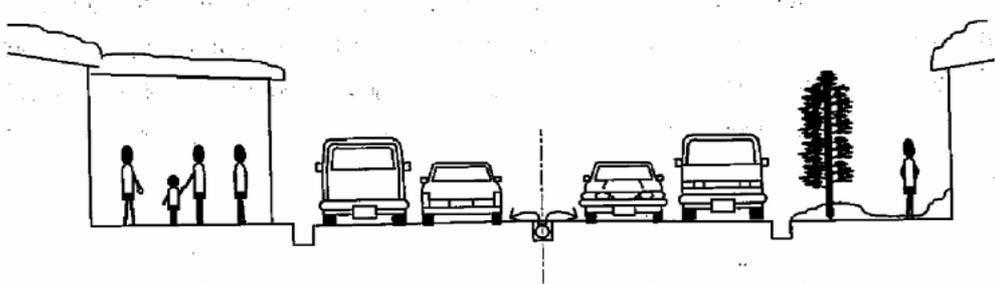


図4-2-2(g)中央散水

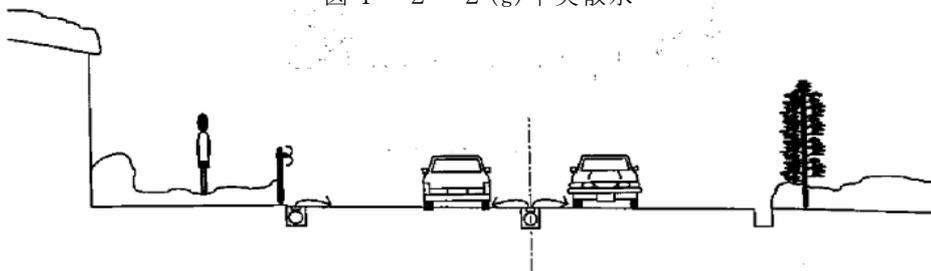


図4-2-2(h)重複散水

#### 2-1-3 分離帯のある道路の散水形態

分離帯のある道路の散水は、分離された車道それぞれで散水施設を設けるものとする。ただし、分離帯の構造によっては中央にまとめることができる。

##### 〔解説〕

分離帯は主として4車線以上の道路に設置されているが、2車線道路においても、交通の安全対策上分離帯に類する施設が設置されている区間もある。

分離帯のある道路では、分離帯により散水が妨げられることから、分離された各々の車線それぞれで散水施設を設置するものとする。

4車線以上の両勾配は図4-2-2(i)を、片勾配は図4-2-2(j)のような散水形態を標準とする。また、2車線道路で分離帯を利用する場合の散水形態は、図4-2-2(k)のようにする方法が一般的である。

出典:[2-13]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P39

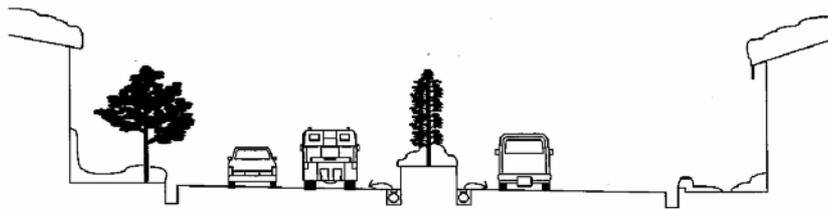


図 4-2-2 (i) 両勾配の道路

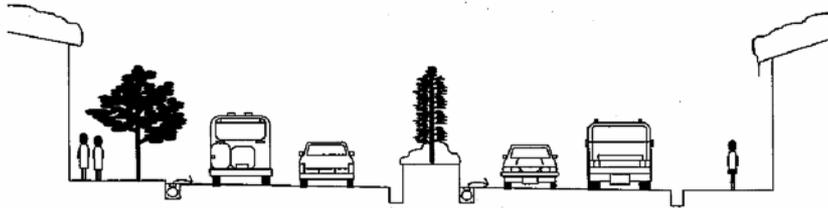


図 4-2-2 (j) 片勾配の道路



図 4-2-2 (k) 分離帯を利用した散水例

#### 2-14 橋梁の散水形態

橋梁や高架では、凍結を生じ易いことから路面勾配や散水の流下方向、さらに送水時の水温維持および排水性にも十分な検討が必要である。

なお、車道は舗装厚が薄く消雪施設が設置できないため、地覆および歩道端からの路側散水を原則とする。ただし、スラブ橋形式で橋面上に設置可能な場合は、中央散水としてもよい。

##### 〔解説〕

図 4-2-2 (1) は 2 車線道路の両勾配区間での実施例を示したものである。この場合は両路側から道路中央方向に向けての散水のため、横断勾配や散水距離などを考慮しておかないと均一な散水が期待できない。図 4-2-2 (m) は、2 車線道路の片勾配車線での実施例であり、横断勾配が十分でないとき湛水や凍結の恐れがあるため、排水方法を十分検討しなければならない。

なお、送水管および散水管とも運転停止直後に直ちに管内排水が行われるような措置を行うこととし、管内での凍結防止には十分注意する。



図 4-2-2 (1) 橋梁での路側散水例(両勾配)

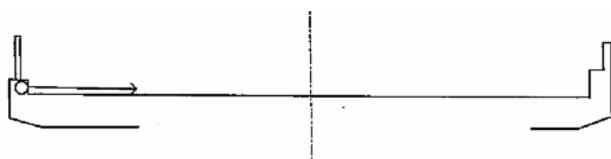


図 4-2-2 (m) 橋梁での路側散水例(片勾配)

出典：[2-14]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成 20 年度版)  
(H20.5) P40

2-15 路面勾配の変化と散水形態

路面勾配の変化による中央散水区間と路側散水区間との切り替えは、道路の横断勾配が水平となる地点で切り替えるものとする。ただし路面勾配などから散水が不均一となる恐れのある場合には重複散水の形態も検討する。

なお、重複して散水する区間の長さは片側幅員～全幅員程度とする。

〔解説〕

路面の横断勾配が変化する区間は、散水形態もこれに従って中央散水から路側散水へ変化させなければならない。一般に直線区間から曲線区間へのすりつけは図4-2-2(n) 図4-2-2(o)のような散水状態となるため、直線部の横断勾配が水平となるまで中央散水とし、その位置から路側散水とすることが望ましい。

図4-2-2(p)の場合には、散水位置の切り替え付近で幅員や路面勾配等の変化により散水が不均一になることがある。このような場合には切り替え付近のノズルピッチを狭めたり、図4-2-2(q)のように一部を重複散水の形態をとったりするなどの検討を行う必要がある。

なお、重複して散水する区間の長さは片側幅員～全幅員程度で十分であるが、全幅員が6m以上の箇所での重複散水は、区間長にこだわらず、必要な重複幅を決めても良い。

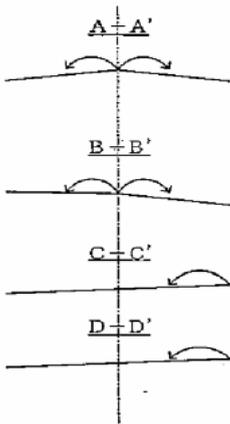


図4-2-2(n)  
路面勾配別の  
散水図

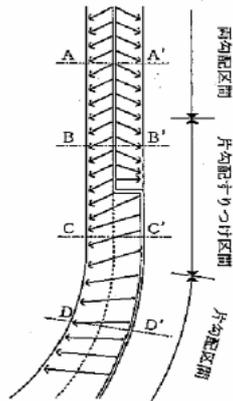


図4-2-2(o)  
路面勾配別の  
流水図

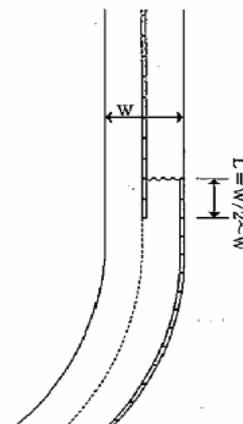


図4-2-2(p)  
重複散水  
の施工例

2-16 車道中央の区画線(センターライン)と散水施設の位置

散水消雪施設を道路の中央に設置する場合は、車道中央の区画線(センターライン)に沿って設置するものとする。

〔解説〕

2車線道路で中央散水方式とする場合には、車道中央の区画線(センターライン)と散水消雪施設との位置関係に注意する必要がある。散水消雪施設上に区画線を引いた場合、ペイントにより散水ノズル孔が詰まったり、区画線が断続的になったりして交通管理上や美観上も好ましくない。そのため道路中心を境に区画線と散水消雪施設を隣接して設置することが望ましい。

出典:[2-15]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P40~P41

出典:[2-16]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P41

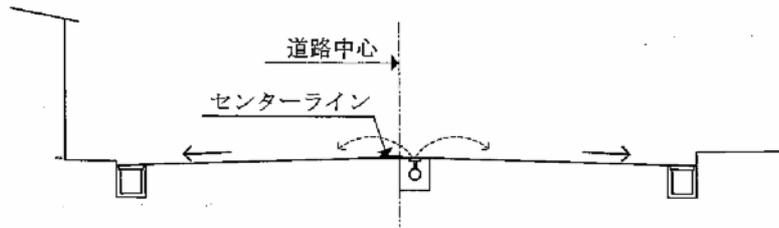


図4-2-2(q) 車道中央の区画線(センターライン)がある場合の散水管設置位置

2-17 交差点の散水形態

交差する各々の道路で散水消雪施設を計画する場合は、交差点内を主道路の散水施設で連続させ、従道路の散水施設は交差点内に設置しないものとする。

〔解説〕

交差点は、各々の道路を比較し交通量が多く、幅員の広い道路、または上位道路を主道路と考えれば良い(図4-2-2(r))。

多くの平面交差点では主道路の縦断、横断勾配で交差点が施工されているのに対し、従道路は交差点付近ですりつけ施工となっていることから、交差点内は主道路の散水施設を連続することとし従道路の散水末端は、概ね横断歩道の交差点内側とする。

なお、従道路の配管が主道路と同系統の場合でも交差点内は送水のみとし、散水は行わないものとする。

右折車線を設置する交差点では、ノズルの位置がタイヤのわだちと一致し、損傷が多くなるため、ノズル位置を車線境界上あるいは輪間に移動することも検討しなければならない。

また、横断歩道部の散水ノズルの選定には歩行者への配慮を検討する必要がある。

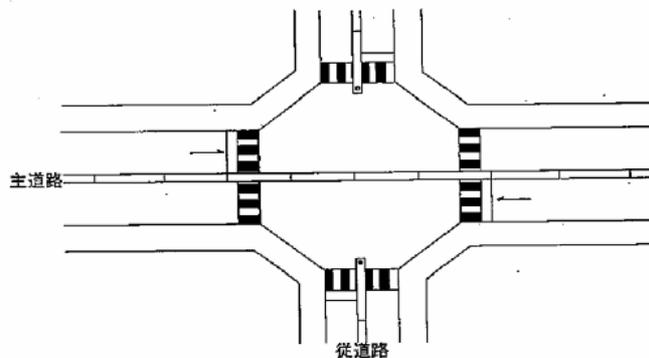


図4-2-2(r) 交差点内の配管図

2-18 歩道の散水形態

歩道の散水形態は、歩道構造と車道構造および除雪形態等を考慮して決定する。

1. 歩道の独立散水
2. 歩道と車道の兼用散水

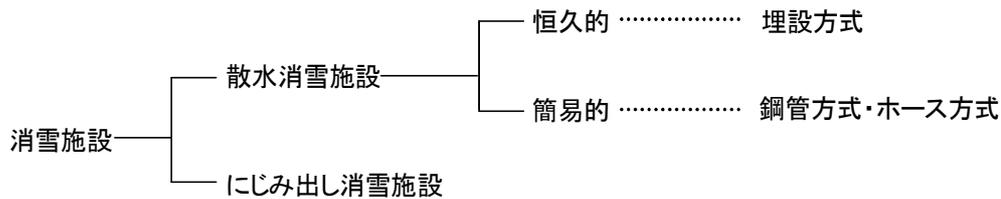
〔解説〕

歩道も車道と同様、路面の勾配や排水位置などから基本的な散水位置は決まるが、歩道の形態によって独立散水および車道との兼用散水に分けられる。なお、歩道の消雪水によって車道部の機械除雪による路肩堆雪も消雪される二次的効果が期待されるため、総合的な検討が必要である。

出典:[2-17]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P42

出典:[2-18]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P42~P45

歩道の散水施設の形態は、道路構造などから決まる他に、施設の管理や運営を地元協力とする場合(商店街等)や利用者が自ら設置する場合などがあり、その形態は多種多様にわたっている。歩道の消雪施設を分類すると下記のようになる。



① 恒久的方式

車道と同様の埋設方式による散水となる。散水高や散水量を自由に調整できる方式であるが、施設費がやや高価になる。

② 簡易的方式

直接路面に埋設したり路肩に置いたりした鋼管の穴から散水したり、ビニルホースを直接路面上に置き、ホースの穴から散水したりする簡易的な散水方式である。

施設費は安価で、移動や撤去が極めて容易であるが、散水量の調整ができず水量も不均一となり消雪が完全にできないため、どうしても散水量が多くなる。また、路面に鋼管やホースを置いた場合には歩行にも支障となる。

(1) 歩道の独立散水

1) マウントアップ構造

車道の勾配は歩道側へ、また歩道は車道側に低くなっているのが一般的である。そのため、歩道には、独自の施設を民地側に設置するものとする(図4-2-2(s))。

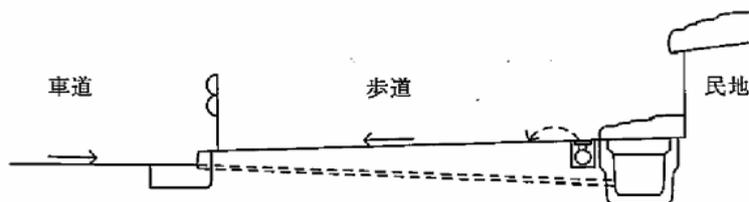


図4-2-2(s) マウントアップ構造

2) フラット構造

車道および歩道の勾配は民地側に低くなっているのが一般的である。車道部の消雪水による消雪では縁石ブロックが障害となるため、独自の散水施設を設置するものとし、位置は車道側縁石ブロック付近とする(図4-2-2(t))。

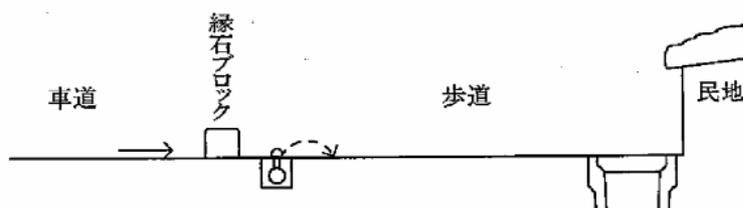


図4-2-2(t) フラット構造

## (2) 歩道と車道の兼用散水

市街地の幅員が狭い道路で車道と歩道の境界を、防護柵で分離している区間に多く採用される方式である。

両勾配の区間は、図4-2-2(u)のように車道の流水により歩道を消雪するものである。この方式は消雪水の節約となるが、防護柵が流水の障害となることから、特定の水みちができて消雪効果が大幅に低下する。そのため、選定にあたっては十分検討する必要がある。

片勾配の区間は、図4-2-2(v)のように車道と歩道の勾配変化点で散水すれば、車道と歩道で同時に効率的な消雪効果が得られるが、必要散水量やノズル数および歩道部の散水高などを十分検討する必要がある。また、図4-2-2(w)のように歩道が民地側に傾斜しているマウントアップの区間においても、同様なことが言える。

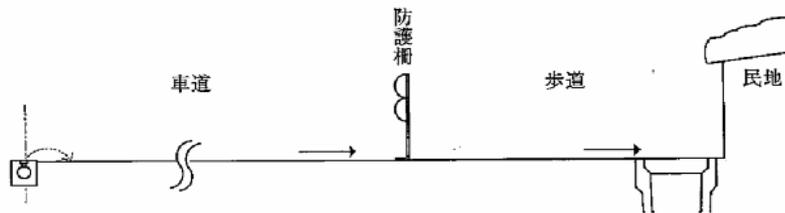


図4-2-2(u) フラット構造(中央散水)

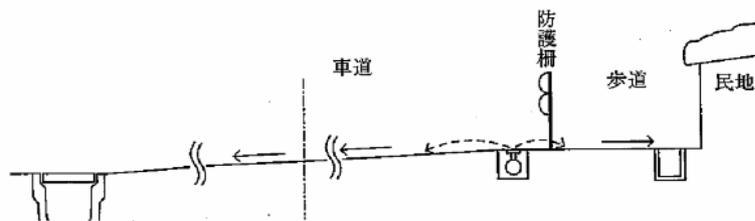


図4-2-2(v) フラット構造(路側散水)

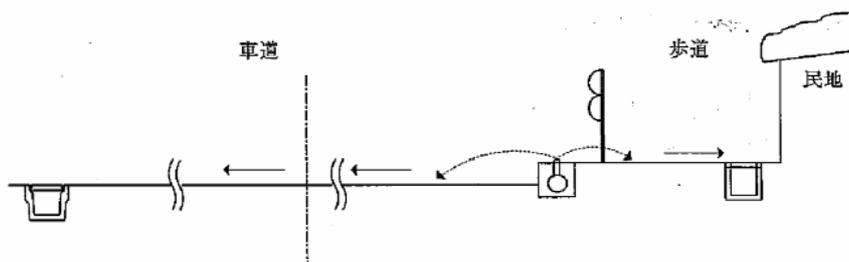


図4-2-2(w) フラット(路側散水)

## (3) その他

機械除雪によって路肩に堆雪された雪は、交通車両や歩行者にとって支障となる。そのため、歩道に設置する散水消雪施設の位置を少し変えて路肩に堆雪した雪を消雪しようとするものである。図4-2-2(x)は、路肩消雪の例として配管方法別の例を示したものである。

なお、この消雪方法は二次的効果に期待したもので積極的な消雪方法ではない。

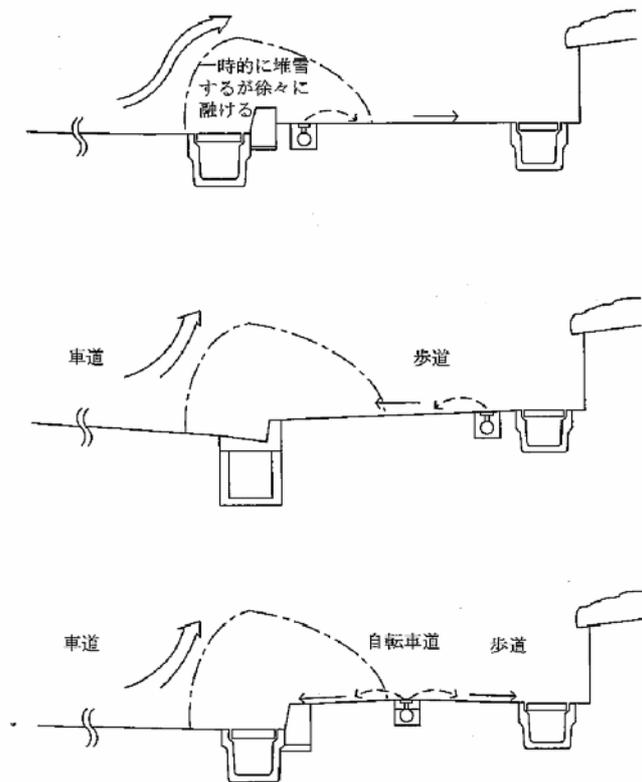


図 4-2-2 (x) 路肩消雪の例

#### 2-19 道路の附属施設の散水形態

道路の附属施設の消雪施設は、設置位置および形状などを考慮して計画する。

1. 本線車道に隣接し、直接利用される幅の狭い待避所・非常停車帯・チェーン着脱場および停留所(停車帯を含む)などの散水形態は、本線上の散水消雪施設と一連で計画することを原則とする。なお、チェーン着脱場などの大規模な施設は、別途施設を計画することが望ましい。
2. 本線車道に独立して設置される休憩施設(パーキングエリアまたはサービスエリア)では、施設・建物の位置や種類に応じ、独立した散水形態とする。

〔解説〕

##### (1) 待避所等

待避所などの散水形態は図 4-2-2 (y) 図 4-2-2 (z) のようにできるだけ本線の散水を導くようにするが、流下距離が長くなるとともに、路面勾配によっては散水が不均一となり易いことからノズルピッチを狭くしたり、本線と独立した配管を行ったりすることが必要である。

なお、チェーン着脱場やバス停留所などで独自の消雪施設が必要な場合には、乗降や作業する場所であることを考慮してノズル型式、散水高および排水性等を十分検討する必要がある。

出典：[2-19]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成 20 年度版)  
(H20.5) P46~P47

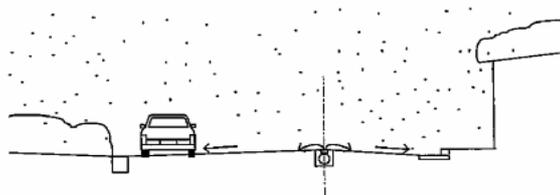


図 4-2-2 (y) 待避所の場合

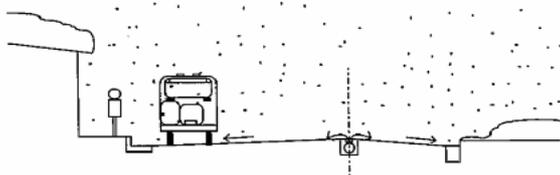


図 4-2-2 (z) バス停留所の場合

(2) 駐車場等

駐車場の消雪施設計画の留意点としては次のようなものがある。

- 1) 消雪施設では、均一な散水が不可欠であるが、駐車場は車両による水の攪拌が少ないため散水した水がそのまま均一に流れるように設計する必要がある。
- 2) 散水地点から流下距離が長すぎると、湛水や凍結の恐れがあるため、散水箇所や排水箇所を増すことを検討する必要がある。
- 3) 散水ノズル上に駐車車両のタイヤが来ることのないよう、散水位置と駐車ますの配置を考慮する必要がある。
- 4) 大規模な駐車場における重複散水は、流末で水深が増し歩行に困難を来たすことが多いため、3列以上の重複散水を行う場合には、排水施設の設置を検討する必要がある。
- 5) 大規模な駐車場では、散水消雪施設に適さない路面勾配となっている場合もあるため、路面勾配の修正も含めて総合的に計画を行う必要がある。

図 4-2-2 (z-1) は、駐車場の長辺に添って配管し散水する方法のものである。図 4-2-2 (z-2) は中央位置に配管して両方向に流下させる方法であるがいずれも路面勾配を考慮する必要がある。図 4-2-2 (z-3) は広い面積を有する駐車場の例である。この場合、一列のみの散水は末端での水温低下が大きく、流水も均一になりにくいことから数列に分けて散水する必要がある。一般に地下水による散水の場合、流量が  $0.3 \sim 0.4 \text{ L/min/m}^2$  で散水温  $10^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$  であれば、概ね 6m を限度として計画して問題はない。

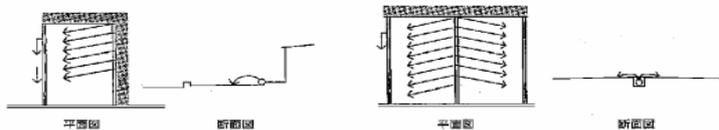


図 4-2-2 (z-1) 小規模な駐車場で片方向散水例

図 4-2-2 (z-2) 小規模な駐車場で両方向散水例

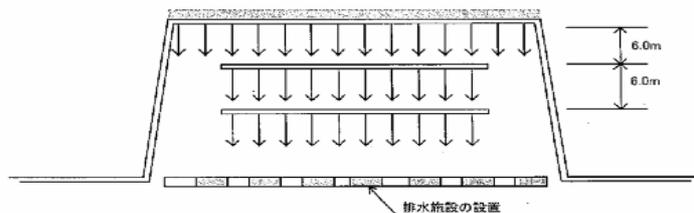


図 4-2-2 (z-3) 大規模な駐車場

2-20 散水消雪施設における最大消雪幅員

車道部や歩道部、駐車場等の散水形態は中央・路側・重複・輪間などあるが散水管の受け持つ最大消雪幅員として表4-2-2を目安にする。

出典：[2-20]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P48

表4-2-2 散水消雪における最大消雪幅員

散水箇所	散水形態	最大消雪幅員 $W_1$ (散水管の受け持つ幅)
車道(土工)	中央散水	$\leq 10\text{m}$
	路側散水	$\leq 8\text{m}$
	重複散水	8~10m
	輪間散水	$\leq 6\text{m}$
車道(橋梁)	路側散水	$\leq 6\text{m}$
歩道	路側散水	$\leq 6\text{m}$
駐車場	中央散水	$\leq 8\text{m}$
	路側散水	$\leq 6\text{m}$

### 3. 基本条件の検討(標準)

#### 3-1 使用水源の選定

使用水源の選定にあたっては、事前に現場条件について十分な調査を行い、必要散水量に対して余裕のある水量が安定して確保できるよう計画しなければならない。

##### [解説]

消雪設備に利用可能な水源としては地下水、河川水、その他が考えられるが、選定にあたっての留意事項は、それぞれ次のとおりである。

##### (1) 地下水の利用

地下水を利用する場合は、取水施設の設置及びその維持管理にかなりの経費を要するが、水量の確保の面では一般的に水道について安定度が高い。

しかし、地下水のくみ上げは地盤沈下や既設井戸の水枯、濁りなどの原因となることがあるので、地域の事情をよく認識のうえ計画する必要がある。

設計手順、計算例等の詳細は、路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P51～P63 に記述されているので参照の事。

##### (2) 河川水の利用

河川水を利用する場合は、河川法の認許可が必要であり、河川管理者に予め確認する必要がある。

設計手順、計算例等の詳細は路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P64～P70 に記述されているので参照の事。

次頁に、代表的な取水方式を示す。

#### 3-2 使用熱源の選定

使用熱源の選定にあたっては、事前に現場条件を十分調査し、必要熱量に対して得られる熱容量や経済性、環境負荷等を総合的に判断して計画しなければならない。

##### [解説]

利用可能な熱源としては、化石エネルギー、ローカルエネルギー、自然エネルギーが上げられるが、選定に当たっての経済性や環境条件を充分留意する必要がある。

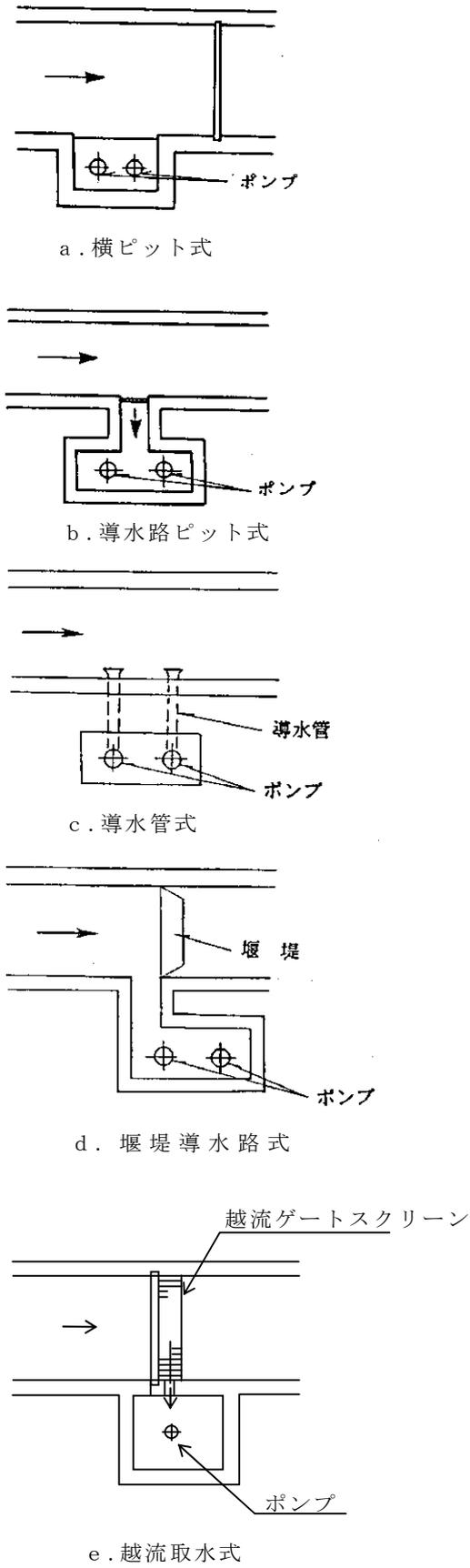


図 4-2-3 (a) 河川水の取水方式

### 3-3 必要散水量の算定

消雪設備の散水量は、水源、気象、交通、環境等各条件を調査し、決定するものとする。

〔解説〕

取水施設から供給された水を路面に効率よく散水させる必要がある。

そのための散水量は、気象条件、利用水の水温、交通条件道路状態等を考慮し施設全体の必要総散水量及び単位面積当たりの必要散水量は次式により算定する。

$$Q = q \cdot L \cdot W \cdot 10^{-3}$$

$$q = \frac{h_s \cdot \rho (334 + 2.1 \cdot |t_s| + 4.2 t_2)}{6 \cdot \alpha \cdot K \cdot 4.2 \cdot (t_1 - t_2 - t_r)}$$

- Q : 必要総散水量 (m<sup>3</sup>/min)
- L : 消雪延長 (m)
- W : 道路幅員 (m)
- q : 単位面積当たり必要散水量(L/min・m<sup>2</sup>)
- h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)
- ρ : 設計対象降雪密度(g/cm<sup>3</sup>)
- t<sub>s</sub> : 降雪の温度(°C)
- t<sub>1</sub> : 散水するときの温度(散水温°C)
- t<sub>2</sub> : 散水された水が側溝に落ちるときの水温(末端水温°C)
- K : 融解係数
- α : 車両通行による攪拌効果係数
- t<sub>r</sub> : 車両通行による水温低下(°C)

#### (1) 設計時間降雪深

設計時間降雪深は、地域性があるので特別な場合を除き、既往降雪データ等により、消雪水準を定め決定する。

##### 1) 設計時間降雪深 h<sub>s</sub>

設計時間降雪深は、概ねの値として次式により算出することができるが、地域性があるので計画地区での既往日降雪データ、消雪水準等により決定する。

$$h_s = 0.425 \cdot H_m^{0.7}$$

ここに、h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)

H<sub>m</sub> : 平均日降雪深(cm/d)

なお、設計時間降雪深の決定にあたっての手順を(2)に示す。

##### 2) 計画地区での既往日降雪データより、累計相対頻度 80%の日降雪深を抽出できる場合は次式より算出する。

$$h_s = 0.32 \cdot H_s^{0.7}$$

ここに、h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)

H<sub>s</sub> : 日降雪深(cm/d)

##### 3) 設計時間降雪深の算定手順

設計時間降雪深は、地域性があるので計画地区での日降雪データ及び消雪水準より決定する必要がある。図4-2-3(b)に設計時間降雪深の算定手順を示す。

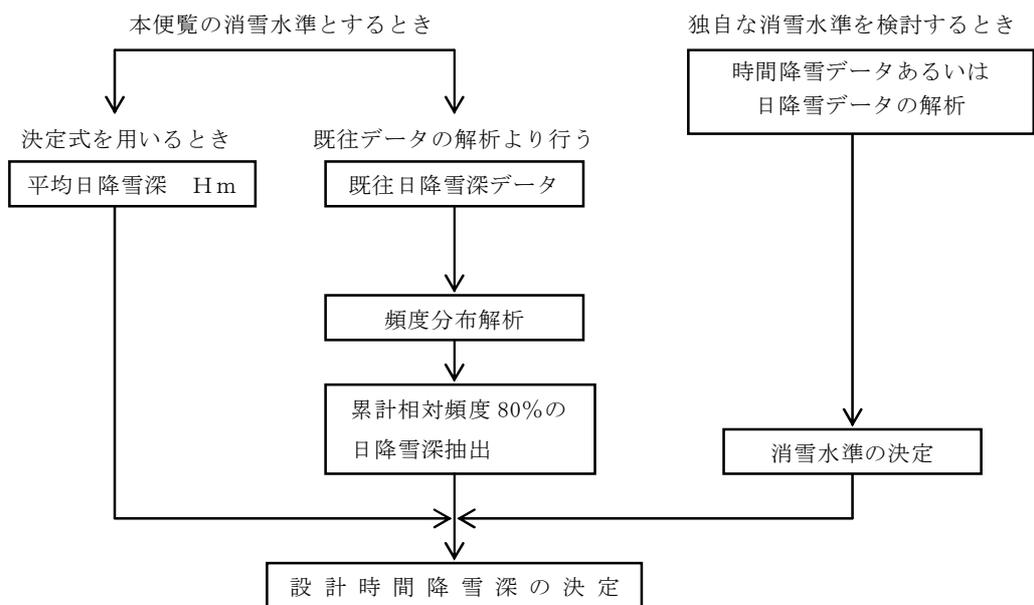


図 4-2-3 (b) 設計時間降雪深  $h_s$  の算定手順

(2) 降雪の密度

雪の密度は、「設計要領」の P.23 参照。

降雪の密度  $p_s$  ( $g/cm^3$ )

気温(°C)	時間降雪深 (cm)	
	0~2	2~4
0°C以上	0.10	0.09
0~-5°C	0.08	0.07
-5°C以下	0.07	0.06

なお、降雪時の気温と時間降雪深を整理したもので、降雪の密度の目安である。

(3) 降雪の温度

雪の温度は、外気の影響を受けて  $-6^{\circ}C$  ぐらいまで観測された例があるが、雪の比熱が融解潜熱に比べ極端に小さいので、観測結果による場合を除き、 $t_s = 0^{\circ}C$  程度としてよい。

(4) 散水温度

散水温度は普通、地下水の場合は取水温度より  $1^{\circ}C$  程度の温度低下を加味し設計する。しかし、井戸地点から末端までの距離が長い場合は別に考慮する。河川水の場合は取水温度が低いため取水温度のままとする。

(5) 散水された水が側溝に流れ落ちるときの水温

散水された水が側溝に流れ落ちるときの水温(末端水温)は、地下水の場合一般的には散水温度と  $10^{\circ}C$  程度の温度差で設計されれば、その目的を達成しているようであるが、外気温度、風速、散水量、散水温度などによって異なるので、設計にあたっては現地の諸条件を加味して行うべきである。

井戸水の場合は、側溝に流れ込むときの末端水温は  $0^{\circ}C$  が理想的であるが、余裕を見込んで  $2^{\circ}C$  程度の計画が望ましい。

また、河川水の場合散水温が低いので  $0^{\circ}C$  程度とする。

(6) 融解係数

融解係数は特別な場合を除き、気象及び水温条件を用いて適切な値を決定すべきであるが、的確な算定方法はまだ研究段階にある。水源における取水量に余裕があるときは概ねの値として表4-2-3(a)の値を用いることができる。

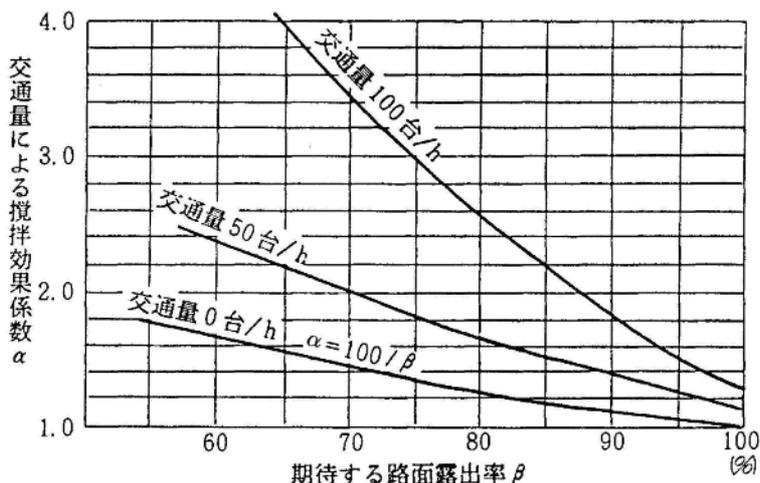
表4-2-3(a) 融解係数 K

地域 水源	海岸・平野部	山間部
地下水	0.7	0.8
河川水	1.6	1.8

(7) 車両通行による攪拌効果係数

車両通行による攪拌効果係数は、交通量及び期待する路面露出率 $\beta$ (%)によって図4-2-3(c)により求められる。なお、路面露出率 $\beta$ (%)は一般的に車道の場合70%以上とする事が望ましい。

「設計要領」のP.29参照。



注) 1. 交通量は時間当たり、往復合計

図4-2-3(c) 交通量による攪拌効果係数

(8) 車両通行による水温低下

車両通行による水温低下は、交通量及び散水量の条件に応じて決定しなければならないが、交通量が少ない場合には概ねの値として地下水の場合 0.5~1.0℃、河川水の場合 0℃とすることができる。なお参考として図 4-2-3 (d) に同条件下 (気象、散水量、散水温) における実験道路での末端水温  $t_2$ 、これに接近した車両通行道路での末端水温  $t_2'$  の差  $t_r = t_2 - t_2'$  を示す。

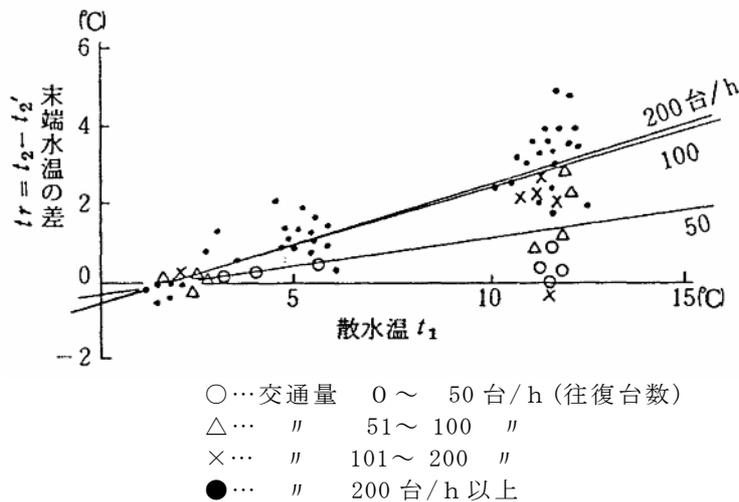


図 4-2-3 (d) 交通量による末端水温の低下

3-4 排水処理

(1) 排水計画

消雪を実施する道路の排水構造は、散水及び消雪水を滞ることなく流下させるものでなければならない。

[解説]

消融雪を実施する道路の構造は夏期の降雨を対象とした構造と大きく変わるものでないが、散水の場合は路面に均一に流下させて消雪の効果を高めるとともに、消雪水が路面に滞水し不完全消雪や凍結の障害を防止するものである。

(2) 排水量

計画排水流量の算定にあたっては、雨水と消雪水量等を考慮し算定するものとする。

[解説]

計画排水流量は、雨水流出量と降雪期間における消融雪水量のいずれか大きい方で決める。

ただし、消雪水量は次式によって算定してよい。

$$Q_s = 2 \times 10^{-5} \cdot q \cdot a$$

$Q_s$  : 消雪水量 ( $m^3 / s$ )

$q$  : 単位面積当り必要散水量 ( $L / m^2 \cdot min$ )

$a$  : 消雪対象面積 ( $m^2$ )

消雪水量の算定式は、消雪水量は散水量の 20% 増として考えた式であり、十分余裕をもっているが、一般には雨水流量の方が大きいので、留意して検討する必要がある。また、雨水流量の算出にあたっては「道路土工-排水工指針」によることを基本とする。

### 第 3 節 設 計

#### 1. 設計一般(標準)

消雪設備は、取水施設と散水施設に大別される。

取水施設は、設置地点の種々状況を勘案し関係法令を守って必要水量及び水圧の安定確保を行えるように、また散水施設は道路等の構造、交通状況、沿道状況に応じて路面上の消雪を効果的に行えるよう計画しなければならない。

#### 〔解 説〕

ここで扱う消雪設備とは、井戸または河川より取水し路面に散水するまでの施設をいう。

消雪設備を設計するに当たって最も重要なことは、消雪に必要な水の安定確保である。

その水源としては地下水と河川水とがあり、一般的には水温の高い地下水が有利であるが、安定水量や種々制約等を調査して選択しなければならない。

次に水源で得られた水温を大きく低下させず、かつ路面の消雪、排水を効果的に行うことである。そのためにはできるだけ満遍なく散水することが必要であり、散水ノズルを等ピッチで設け、各ノズルから等流量を噴射させる方式が有効である。これらの散水方式は種々考えられており、施設の規模、沿道条件及び道路の構造等に応じ適切に選択することが必要である。

なお、消雪設備の主要部分の名称は次図によるものとする。

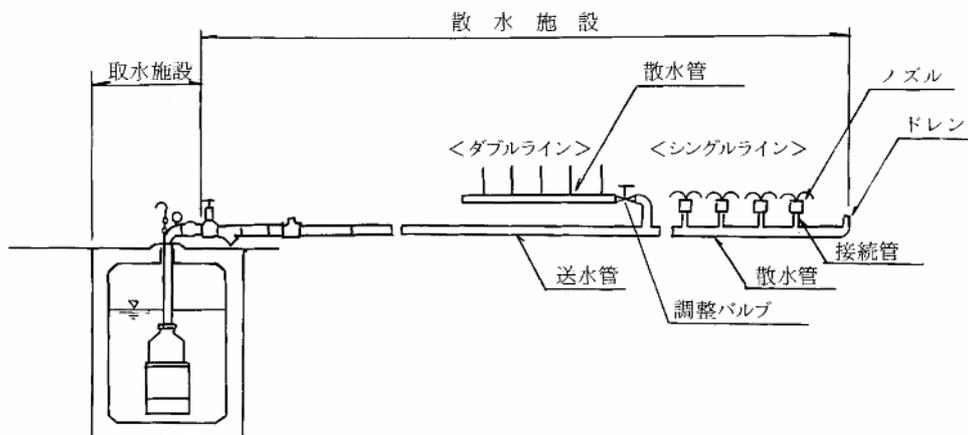


図 4 - 3 - 1 散水融雪設備の主要部分の名称

## 2. 取水施設(標準)

取水施設の構造は、使用水源により異なるが、所要の水量及び水圧が確保できるよう設計しなければならない。

〔解説〕

取水施設の構造は、使用水源により次のように分類できる。

### 地下水の場合

取水井戸 ——— 送水(揚水)ポンプ ——— 送水管

### 河川水使用の場合

河川取水の計画・設計にあたっては、河川の水質、環境、経済性を考慮するものとする。

#### (1) 横ピット取水

河川 ——— 受水槽 ——— 送水ポンプ ——— 送水管

#### (2) 導水路ピット取水

河川 ——— 導水路 ——— 受水槽 ——— 送水ポンプ ——— 送水管

### 2-1 取水井戸の設計

取水施設の構造は、使用水源により異なるが、所要の水量及び水圧が確保できるよう設計しなければならない。

〔解説〕

井戸の設計諸元は、地下水に関する諸データを収集し、帯水層の厚さや位置を推定し、概略の取水可能量を求める。消雪に必要な水量が得られない場合には、さく井場所を変えて再検討することになる。また、資料不足等で推定困難な時は、試掘あるいは電気探査等を実施して、帯水層の厚さ、深度等を調べ水源としての可能性を判定しなければならない。

これらの一連の手順を示したものが図4-3-2(a)である。

取水可能と判断された場合は、井戸の規模を決め、取水可能な帯水層を推定し、取水規則等も勘案の上、位置を決定する。さらにストレーナの位置、長さ、種類は土質柱状図、スライム、電気検層図、周辺井戸の状況等の資料をもとに決定する。

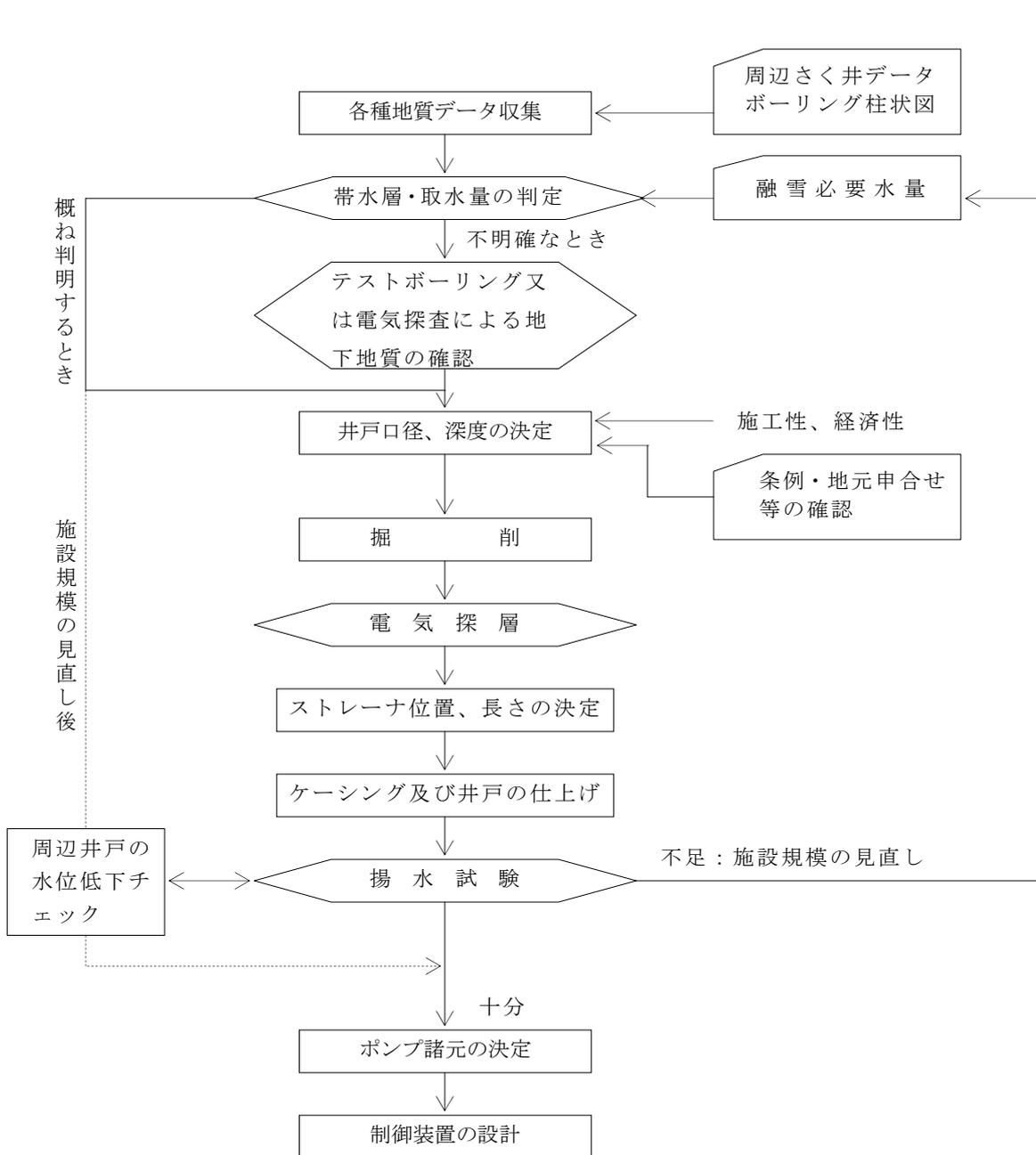


図 4-3-2 (a) 井戸構造の決定手順

(1) 井戸の種類

道路の散水用として一般に使用される井戸は図4-3-2(b)で示した。

(2) 井戸口径、深度

取水施設の計画地点における地層構造及び使用ポンプ種別、あるいは掘削工法から井戸口径及びストレーナでの吸込流速を仮定し、必要ストレーナ長さを算出する。井戸口径とストレーナ長さの関係は次式で表される。

$$B = \frac{Q}{\pi \cdot L \cdot v}$$

- 但し、B : 井戸口径(cm)  
Q : 供給水量(cm<sup>3</sup>/s)  
L : 井戸ストレーナ長さ(cm)  
v : 井戸ストレーナを通過する水の見掛け流速(cm/s)

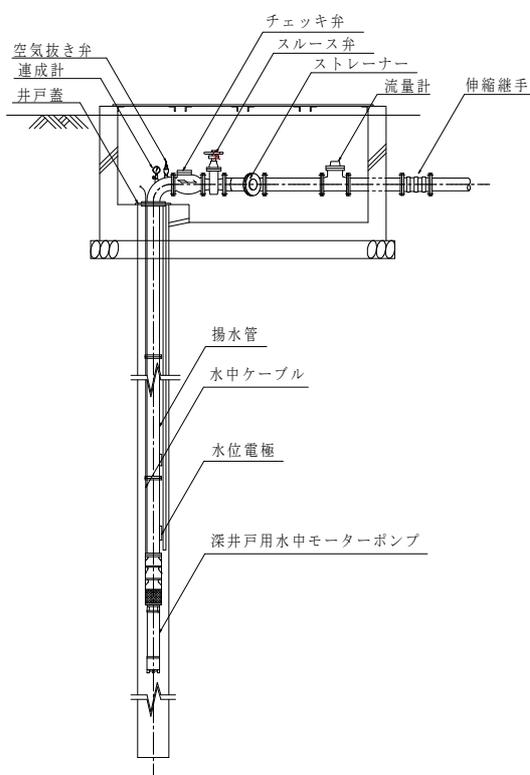


図4-3-2(b) 代表的な取水井戸

水の見掛け流速  $v$  はストレーナの目づまりを防止するため帯水層の砂粒径によって決定されるが、資料等から推定し、掘削中のサンプリングにより、決定することが望ましく、次の範囲を採用する。

- 1) 帯水層の砂の60%が1mm以上のときには  $v < 0.2 \text{ cm/s}$
- 2) 帯水層の砂の40%またはそれ以上が0.5mm以下のとき  $v < 0.1 \text{ cm/s}$
- 3) 帯水層の砂の40%またはそれ以上が0.25mm以下のとき  $v < 0.05 \text{ cm/s}$

尚、井戸口径  $B$  の決定にあたっては次の2点についても十分に留意しておかなければならない。

- ① 帯水層が岩盤または玉石混りで堅硬なときには、掘削工法上重力の大きいビットを使用しなければならない。そのために必然的に最少かつ経済的な井戸口径が選択される。
- ② 水中モータポンプ口径に対する井戸口径は表4-3-1を標準とする。最小井戸を用いるときは、ポンプ周辺の流速が大きくなり機器の摩耗を早めることにもなるので、前項のような条件のとき以外は標準井戸によることが望ましい。

表4-3-1 ポンプ仕様と井戸形状

ポンプ仕様			標準井戸形状	
吐出口径 (mm)	モータ出力 (kW)	ポンプ胴径 (mm)	ケーシング 呼び径(mm)	ビット径 (mm)
65	2.2~11	140 ~ 143	200	<u>350</u>
80	5.5~22	186 ~ 187	250	<u>400</u>
100	7.5~22	186 ~ 192	250	<u>400</u>
125	11.0~37	230 ~ 239	300	<u>450</u>
150	11.0~37	258 ~	300	<u>450</u>

一般に、ビット径に対して実際の掘削径は5cm程大きくなる。また、地下水位を観測するために側管を設けたり、帯水層中の砂分が微粒なため十分なる過が望めぬときは、さらにビット径を大きくすることがある。井戸の深度は最深のストレーナ位置までとなるが、ストレーナ下部に5~10m程度の砂溜り管を必要とすることから、これを加えたものを見込んでおく必要がある。

なお、ポンプをストレーナのスリット加工部におくと、砂の吸出しを受けるので同一の深さにならないようにストレーナの上部または中間部におくようにする。なお、ストレーナが1箇所ではポンプをその上部におけないときはストレーナ下部にポンプをおき、砂溜り部はポンプ下5~10m程度を確保する。

口径や深度は以上のように既往の資料あるいは地表探査等から概略決定して井戸の掘削に移ることになる。掘削後の孔内検層により、当初の深度では必要な取水量が得られない場合、さらに掘削して深度を増すことは可能であるが、口径を拡大することは施工上種々な問題があり、当初の決定を慎重に行うことが重要となってくる。

### (3) ストレーナ位置と構造

掘削後、地層の性質、帯水層位置の詳細を知るため、孔内の検層が行われる。このうち電気検層は水平探査を応用した最も一般的な物理探査の一つである。

電気検層の結果は図4-3-2(c)のように表され、帯水層の位置が相対的に確認される。淡水を含む良好な帯水層は高比抵抗を示し、自然電位は(+)側に移行する。塩水を含む帯水層の比抵抗は淡水の場合に比して低下するが、隣接する粘土層の比抵抗値よりは高く、かつ自然電位は(-)側に移行する。

以上のことから帯水層の評価、対比及び地下水水質の変化を把握することができ、図4-3-2(d)に示すようにストレーナ位置を決定することができる。

ストレーナの構造は各種のものが考案されており、図4-3-2(e)に示すものが一般に使用されている。ストレーナは地層構造、砂粒度等の条件によって開孔率(孔明率)\*及びスリット、スロットサイズを適宜選定することが必要である。表4-3-2は各ストレーナ型式の構造概要と標準的な開孔率、スリット、スロットサイズを示したものである。

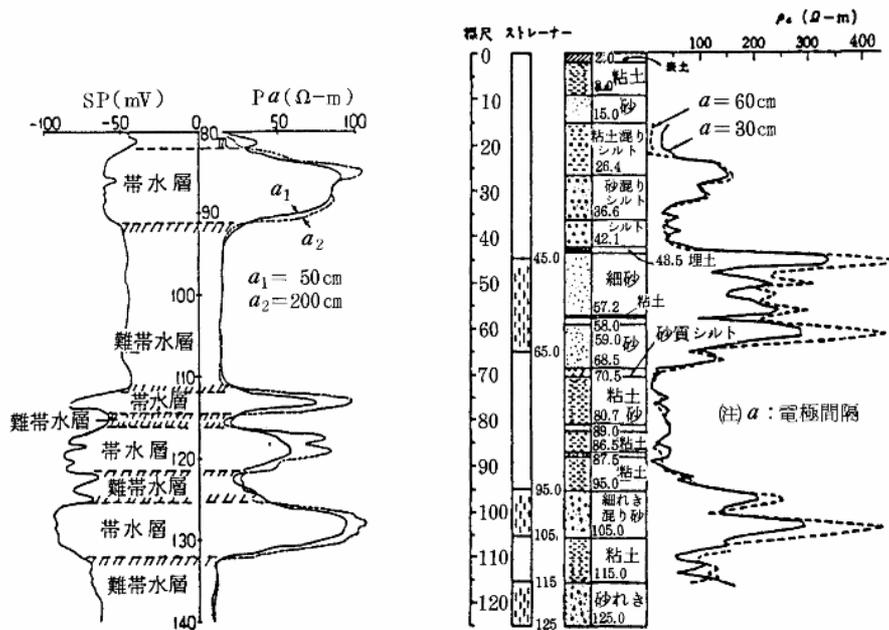


図 4-3-2 (c) 電気検層結果と帯水層の判定(例)      図 4-3-2 (d) さく井地質柱状図、電気検層結果とストレーナ I 図(例)

表 4-3-2 ストレーナの構造比較

型 式	構 造	開孔率*	スリットスロット サイズ
巻 線 型	ケーシングに丸孔をあけ、その周囲に枕線を置き梯型線を巻く。	14~30%	0.5~2 mm
クラベル型	クラベルを合成樹脂で被覆し、丸孔をあけたケーシングに固着。	15~20%	
水平連続V スリット型	ケーシングと同径の枕線にV型のステンレス鋼を巻きつけたもの。	20~40%	0.5~2 mm
FRP	原管に丸孔加工を施し、外側に樹脂製のリングを積み重ねた物、リングとリングの間に、一定の隙間が設けられている。(注)：FRPM(強化プラスチック複合管)は、中間部に樹脂モルタル層を配したもので、最近事例が多い。	19~20%	1~2mm

(地層によっては防砂網を巻く事がある。)

\*開孔率(又は孔明率)とは、ストレーナ部分のパイプ全表面積に対するスリット・スロット面積の比率をいう。

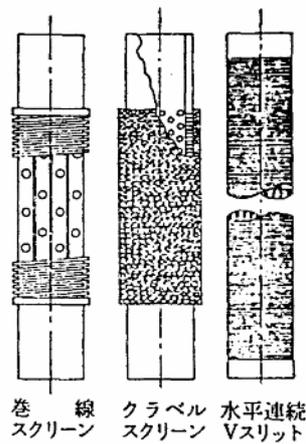


図 4-3-2(e) ストレーナの構造

## 2-2 取水槽の設計

取水槽は、流入量を考慮のうえ使用水量に対して十分な容量を確保できるとともに、塵芥、砂泥の処理や河川、道路等の構造物との関連について十分考慮した設計にしなければならない。

### 〔解説〕

(1) 水槽の容量は、使用水量と流入水量によって決まる。

すなわち、流入水量が使用水量を上回る場合は

- 1) 送水ポンプの寸法
- 2) ポンプ運転開始時の水位低下
- 3) 除塵及び落葉対策
- 4) 沈砂を考慮した容量でよいが、使用水量に対して流入水量が少ない場合は上記に加えて以下の事項を考慮して決定する必要がある。
- 5) 取水堰による河川水位の嵩上げ
- 6) 回収水の再利用
- 7) 1回当たりの運転時間及び運転間隔

(2) ポンプ槽の最小容量

流入側スクリーンの目詰まり等で流入量が減少した場合、ポンプ槽が小さいとポンプは起動・停止の頻度が多くなり故障の原因となる。

ポンプを保護するために、ポンプ槽の容量を最低連続運転時間より決定する。

流入量がポンプ吐出量の半分のときの運転周期が最短となり、始動・停止の頻度が最も高くなる。この場合でもポンプが支障なく運転できるような T (min) を与え、ポンプ槽の最小有効容量 V<sub>min</sub> を求めると、

$$V_{\min} = \frac{Q_p \times T}{4}$$

ここに、V<sub>min</sub> : ポンプ槽の最小有効容量 V (m<sup>3</sup>)

Q<sub>p</sub> : ポンプ吐出量 (m<sup>3</sup>/min)

T : ポンプの運転周期時間 (min)

となり、ポンプ槽の有効容量はV<sub>min</sub>以上になるように計画する必要がある。この場合ポンプの運転・停止の時間は共に同一となる。

$$t_1 = t_2 = \frac{T}{2} = \frac{2 \times V_{\min}}{Q_p}$$

ここで、T：運転周期は、ポンプ形式、ポンプ口径などによっても異なるが、標準5分とする例が多い。

(3) 河川水には塵芥が浮遊している。これが取水槽内に入ると、送水ポンプストレーナの目詰まりや散水孔の目詰まりを生じ、正常運転が困難となる場合がある。従って、これらを防ぐための対策が必要である。表4-3-2(c)に消雪設備用の除塵装置を概説した。これらのうちから、取水しようとする河川の規模、地形及び塵芥量等を考慮して選定する必要がある。

表4-3-2(c) 消雪設備用除塵装置

形 式	設置位置	動 力	スクリーン 形 状	用 途	図
バースクリーン	取水口	固 定	平 鋼	大中塵芥防止	f
ネットスクリーン	〃	〃	金 網	中小 〃	g
ロータリーレーキ式	取水口 導水路	電 動	平 鋼	大中塵芥防止	h
ロータリーネット式	取水口 導水路	〃	金 網	中小 〃	i
ロータリードラムスクリーン式	導水路	〃	〃	中小 〃	j
ディスクバースクリーン式	〃	〃	ディスク板	中小 〃	k
傾斜ウェッジワイヤー スクリーン式	〃	無動力	ウェッジ ワイヤー	中小 〃	l
越流ゲートスクリーン	河川内	無動力	ウェッジ ワイヤー	大中小 塵芥防止	m
掃流形防塵スクリーン (ディスクスクリーン)	取水口	電 動	ディスク板 (円盤)	大中小 塵芥防止	n
サイクロン式 スクリーン	ポンプ 吐出口	無動力	多孔板	大中小 塵芥防止	O
逆流オートスクリーン	ポンプ 吐出口	電 動	スリット (円盤)	中小塵芥防止	P

各除塵設備の特徴を以下に記す。

図4-3-2 (f)：バースクリーン

河川や溜池よりの取水口に設け、取水槽に大中の塵芥流入を防止する。枠と格子で構成され、予想塵芥の大きさに格子幅を決める。スクリーン通過後の水は送水には不向きなので再度別の細目スクリーンで除塵の必要がある。目詰まり時は人為的に塵芥除去する必要がある。

図4-3-2 (g)：ネットスクリーン

中・少容量の取水で河川の取水口並びに貯水槽の入口などに設ける。中小の除塵に適し、細目ネットによってはスクリーン通過後の水は直接送水される。目詰まり時は人為的に塵芥を除去する必要がある。

図4-3-2 (h)：ロータリーレーキ式除塵機

主に河川の取水口、導水路に設け、大中の浮遊塵芥を除塵するもので、格子に引掛かった塵芥をレーキ(くま手)で電動駆動のチェーンにより連続的に掻揚げ除塵する。格子の目幅は予想塵芥で決める。塵芥はベルトコンベヤで搬送する。通過水は再度細目除塵の必要がある。

図4-3-2 (i)：ロータリーネット式除塵機

主に河川の取水口、導水路に設け、中小の浮遊塵芥を除塵するものでレーキとネットに掛かった塵芥を電動駆動のチェーンにより連続的に掻揚げ、上部で噴射水により排塵樋に落とす。従って噴射水用の施設が別に必要になる。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (j)：ロータリードラムスクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造はドラム状の枠に金網のネットを巻いた筒内に原水を取り入れ、原水が外周に流れる際にネットに塵芥が掛かるのでその塵芥を噴射水で除去するものである。尚ドラムは電動により微速回転する。

付属設備そして噴射水施設が別に必要となる。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (k)：ディスクバースクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造はドラム状の枠に格子状のドラムスクリーンを細目に配し、外周より原水を取り入れ内筒に流入する際に外周に引き掛かった塵芥を電動でドラムを回転する時にスクリーパーで自動的に掻き取る。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (l)：傾斜ウェッジワイヤースクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造は取水ポンプ等で送水された原水を機器の高所から傾斜スクリーンの前面に流下させ、塵芥と水分を分離させる。水分は流出管から自然流下し、塵は順次ずり落ちるので人為で処理が必要である。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (m)：越流ゲートスクリーン

スクリーンが稼働堰と一体となったもので、必要な時だけ河川を堰止めて取水するものである。スクリーンは、傾斜ウェッジワイヤースクリーンで、落ち葉や雪塊等の浮遊する塵芥は、余剰流水と共に、スクリーン上を通過する構造である。

図4-3-2 (n)：掃流型防塵スクリーン(ディスクスクリーン)

河川の取水口に設け大中小の浮遊塵芥を河川側に掃流(押し出す)し、2次側はスクリーン通過塵程度の水を得るスクリーンである。構造は薄板の円盤を重ねたものを取水量に合わせて重設し、河川の流下方向に向けて同方向回転させることにより塵芥は下流に流れ去る。スクリーン目幅は、円盤の重ね間隙である。

図4-3-2 (o)：サイクロン式スクリーン

用途としては送水ポンプの吐出口か貯水槽の取り入れ部に設け、中小の塵芥は除去可能である。原理的には流入管と流出管の位置を変心させることにより、水の旋回流を発生させ、旋回流自身で塵芥を分離すると共に、こし網に付着した塵を剥離させる。ごみは時々人が抜いてやる必要があるが、タイマーによる自動引き抜きも可能である。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図 4-3-2 (p) : 逆流オートスクリーン

用途としては送水ポンプの吐出口に設け、中小の塵芥の除去に使用される。構造は濾過筒を数個配置し、逆流管の回転(電動)により正常流時に濾過筒に掛かった塵芥を逆洗流下させることにより連続運転される。塵芥は砂等の粒子まで除去可能である。

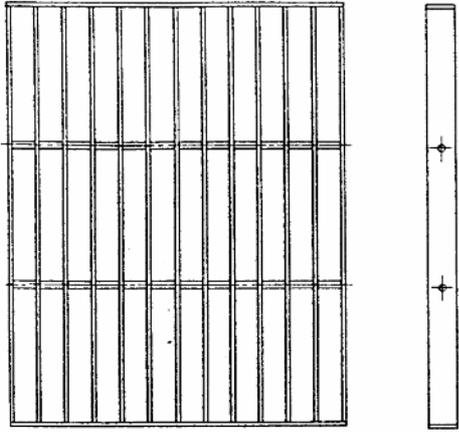


図 4-3-2 (f) パースクリーン

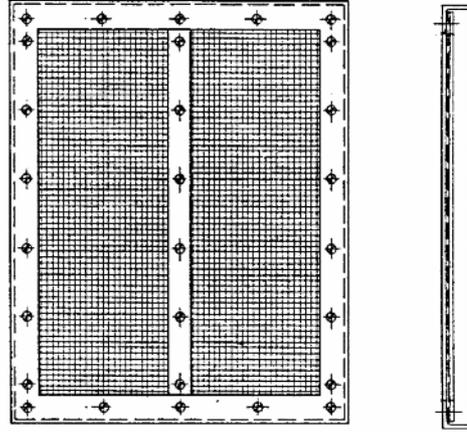


図 4-3-2 (g) ネットスクリーン

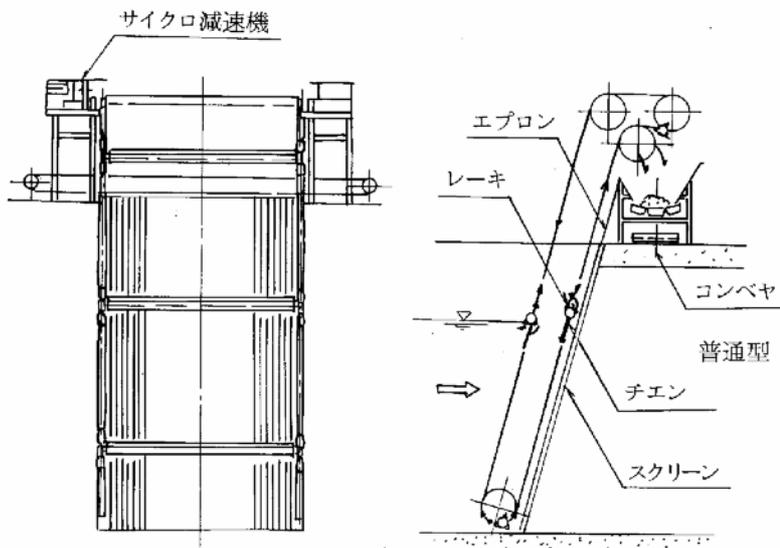


図 4-3-2 (h) ロータリーレーキ式除塵機

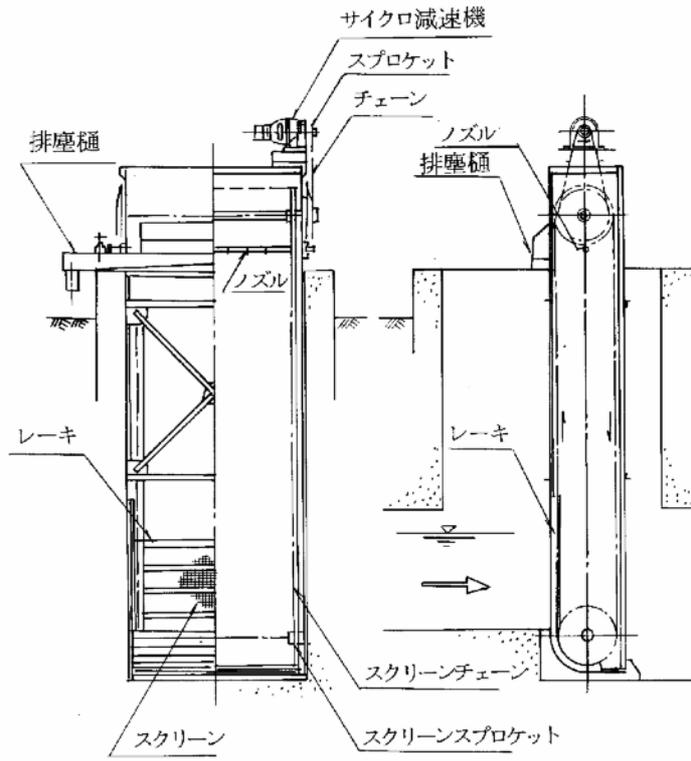


図 4-3-2(i) ロータリーネット式除塵機

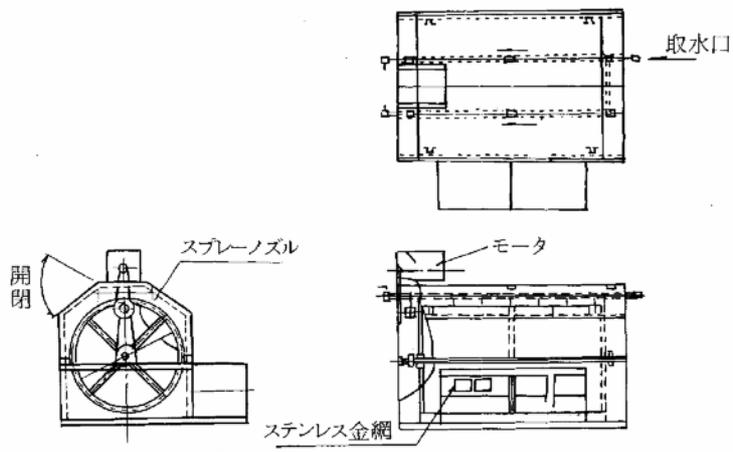


図 4-3-2(j) ロータリードラムスクリーン式除塵機

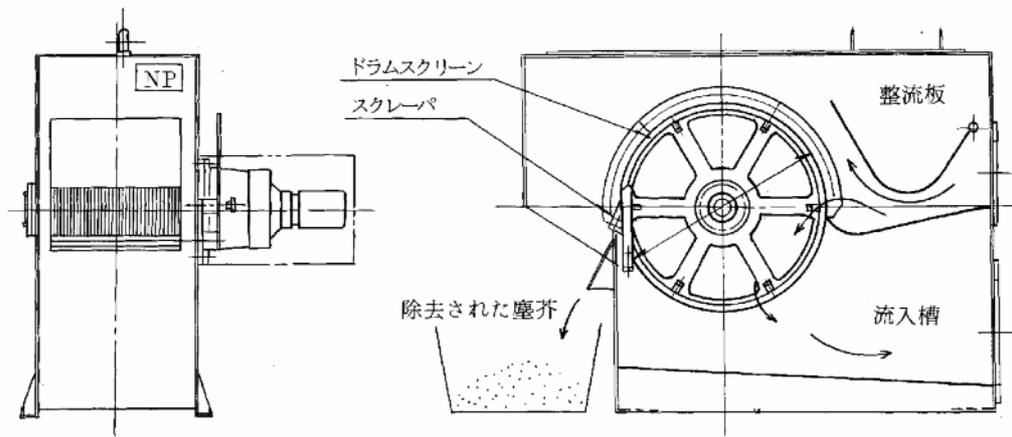


図 4-3-2(k) ディスクバースクリーン式除塵機

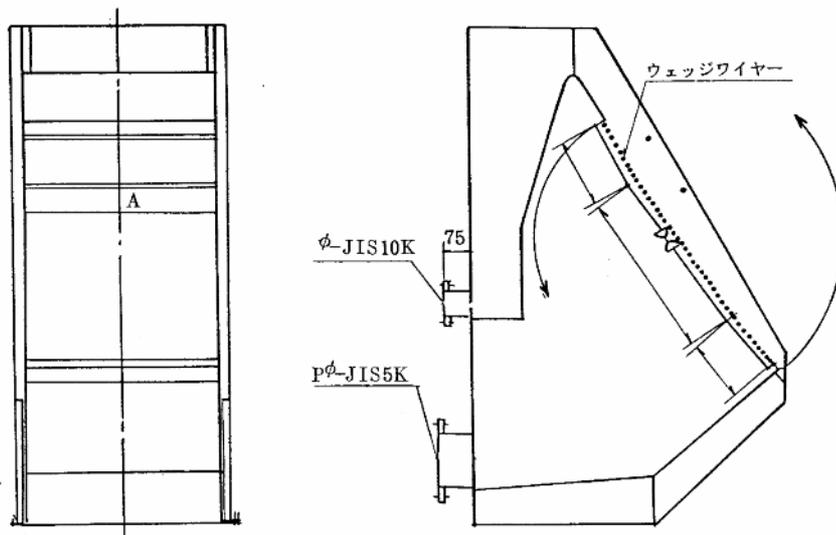


図 4-3-2(1) 傾斜ウェッジワイヤースクリーン式除塵機

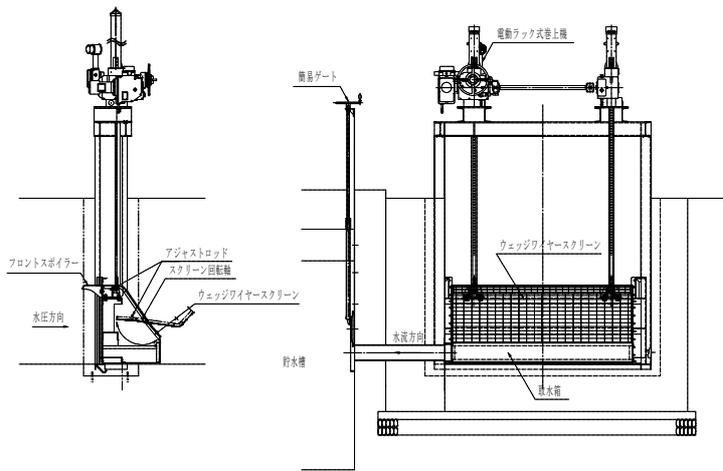


図 4-3-2 (m) 越流ゲートスクリーン

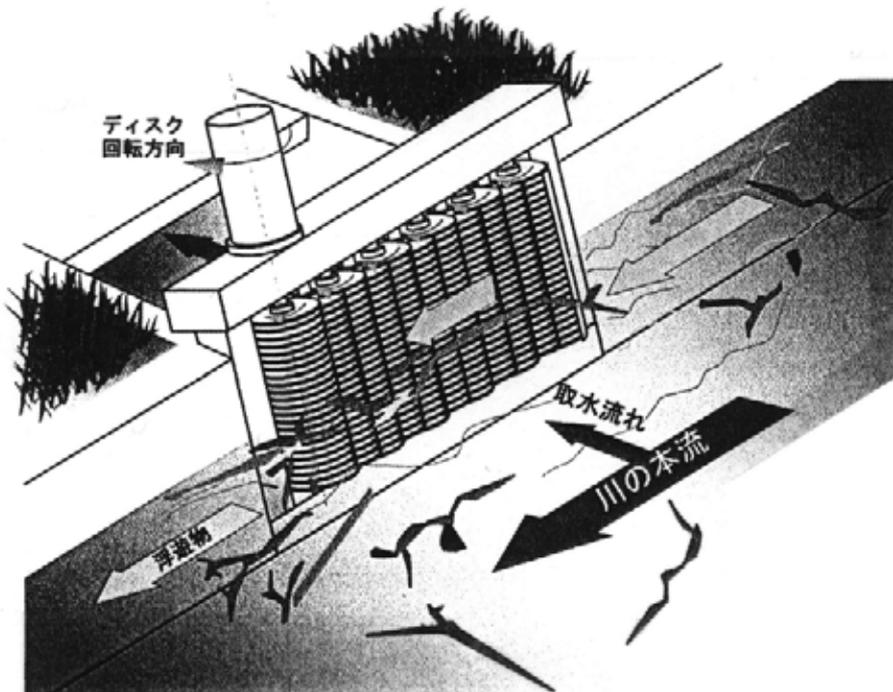


図 4-3-2 (n) 掃流形防塵スクリーン

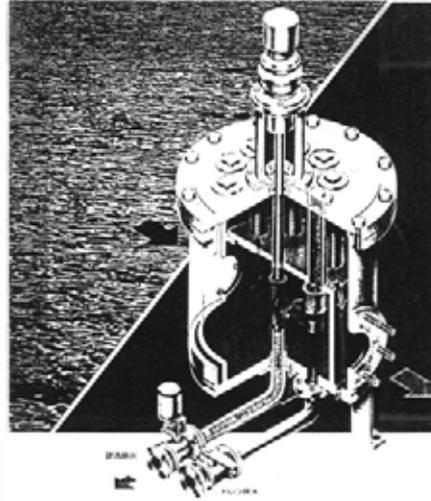
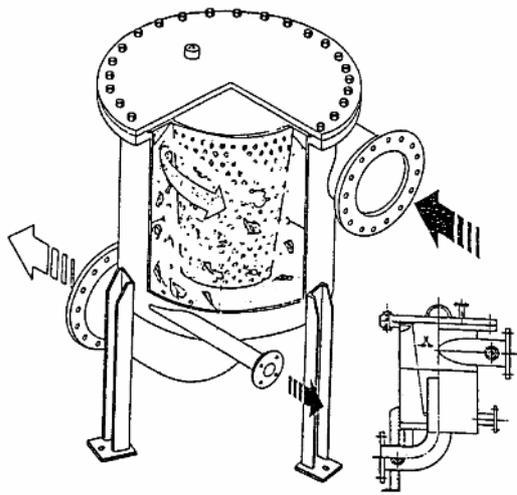


図 4-3-2 (o) サイクロン式スクリーン 図 4-3-2 (p) 逆流オートスクリーン

(4) 砂泥も送水ポンプ、送水管、散水孔にとって有害である。

送水ポンプが多くの砂泥を吸込むと、インペラーの摩擦による能力低下、送水管路内堆積による損失水頭の増加及び散水孔の目詰まりが生じ、運転に支障を来たすことになる。そのため、これを防ぐことが重要である。

一般に砂泥は川底付近を流下し流速が低下すると沈下するので、この性質を利用して下記のうち河川規模、取水方式を考慮のうえ適切な方法を採用する必要がある。

- 1) 取水口の水位を取水堰等により高くする。
- 2) 取水口の底上げをする。
- 3) 導水路途中で水深を深くした沈砂池を設ける。
- 4) 水槽に沈澱した砂泥を排出するためのゲートを設ける。

(5) 横ピット式取水による場合

図 4-3-2 (q) に示すように河川に面して取水槽を設け、取水口は水槽幅全部とし、ここに固定式スクリーンを取付けた構造で、水槽内に固定した水中ポンプの吸水による河川と水槽内水位の差により水槽内に導入する方法である。

水槽の設置にあたっては、水槽底部が堤防法勾配線(延長上の仮想線を含む)に接するものであってはならない。なお、河川水深が浅い場合や水位の変動が大きい場合は取水堰を設ける必要がある。

この方式の長所、短所は次のとおりである。

長 所

- 1) 河川の形状や流向に与える影響が少ない。
- 2) 取水スクリーン面積が広いので、塵芥が付着しにくい。
- 3) 水槽の敷地面積が狭くて済む。

短 所

- 1) 河川水深が浅い場合や水位変動が大きい場合は、取水堰を設ける必要がある。
- 2) 沈砂槽を設けることができないので、水槽内に砂泥が侵入しやすい。

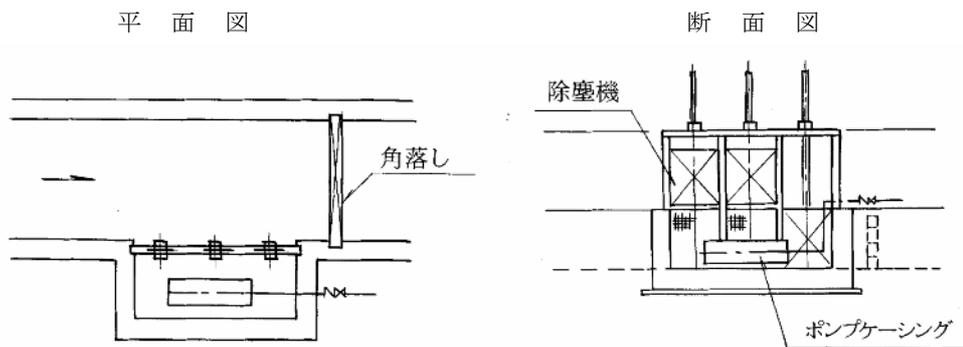


図 4-3-2 (q) 横ピット式取水施設例

(6) 導水路ピット式取水による場合

取水施設敷地面積に十分余裕が有る場合は、護岸部に呑口をもつ導水路を設置し、水槽へ一旦導水しポンプアップする方式がある。この方式は沈砂、除塵方法により水槽構造は種々考えられるが、その代表例を図 4-3-2 (r) に示す。

本図の場合は水槽は 2 室を持ち、上流室に導入してここで沈砂させ、給水ポンプにより除塵機(傾斜ウェッジワイヤースクリーン)に送水し、除塵された水を下流室に給水する。この水を下流室に設置された送水ポンプにより散水施設に送水される。

なお、上流室に入った浮遊塵は自然流下により排水口から排水路に排水される。また除塵機により除去された塵芥も排水路に落下するようになっている。水深が浅いか水位が変動する場合及び河床勾配が小さい場合は、取水堰を設ける必要が有る。

この方式の長所、短所は次の通りである。

長 所

- 1) 河川の形状や流向に与える影響が少ない。
- 2) 導水路や水槽の形態により、沈砂効果がある。
- 3) 種々の除塵装置が設置でき、除塵効果がある。
- 4) 取水施設の保守管理が容易である。

短 所

- 1) 広い敷地面積が必要である。
- 2) 制水ゲート、排水路等の付属設備が必要で、高価となる。

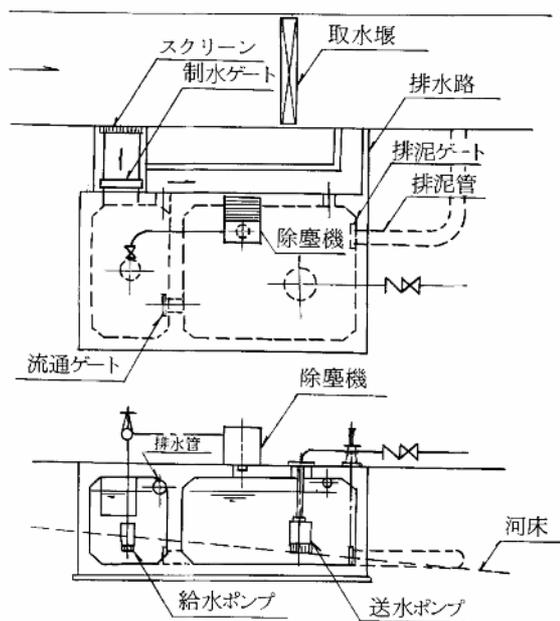


図 4-3-2 (r) 導水路ピット式取水例

(7) 河川水を取水する場合の取水槽

河川水を取水する場合の取水槽は、河川構造物としての扱いを受けることが多いため、「河川法」「河川法施行令」ならびに「河川管理施設等構造令」に準拠したものでなければならず、その技術的な事項については「建設省河川砂防技術基準(案)」にも定められており、関連する諸法令や基準を十分考慮した設備とすると共に法令に定めのあるものについてはそれを遵守しなければならない。

2-3 取水堰の設計

取水堰は、河川平水位時において取水が困難な場合に設置するものとし、その形式は、鋼製起伏ゲート、鋼製引上げゲート(角落し含)、ゴム引布製起伏堰などとする。

〔解説〕

- (1) 取水堰の形式および形状は、計画場所の河道状況、河川の諸元を十分に把握し、関連する諸法令や基準を十分考慮して決定する。
- (2) 鋼製ゲートの計画は「ダム・堰施設技術基準(案)」、ゴム堰は「ゴム引布製起伏堰技術基準(案)」に準拠して行う。

### 3. 取水堰の例

なお、図4-3-2(s)(I)、(II)に可動堰の代表例を示す。

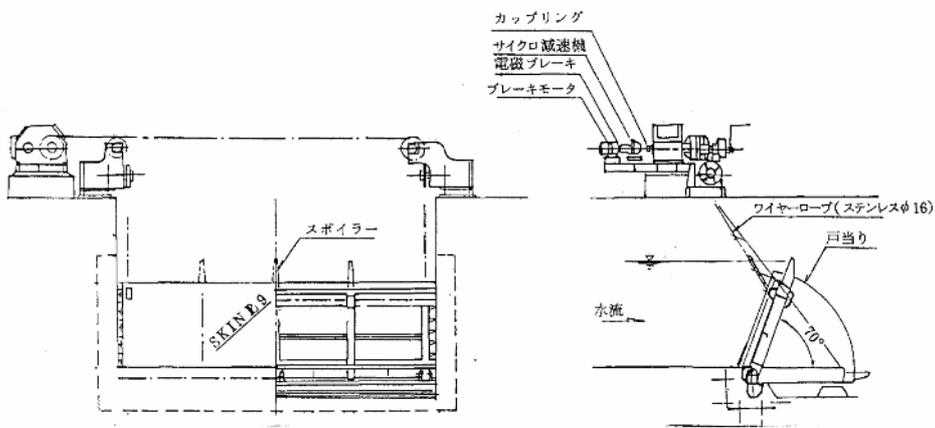


図4-3-2(s)(I) 鋼製起伏ゲート

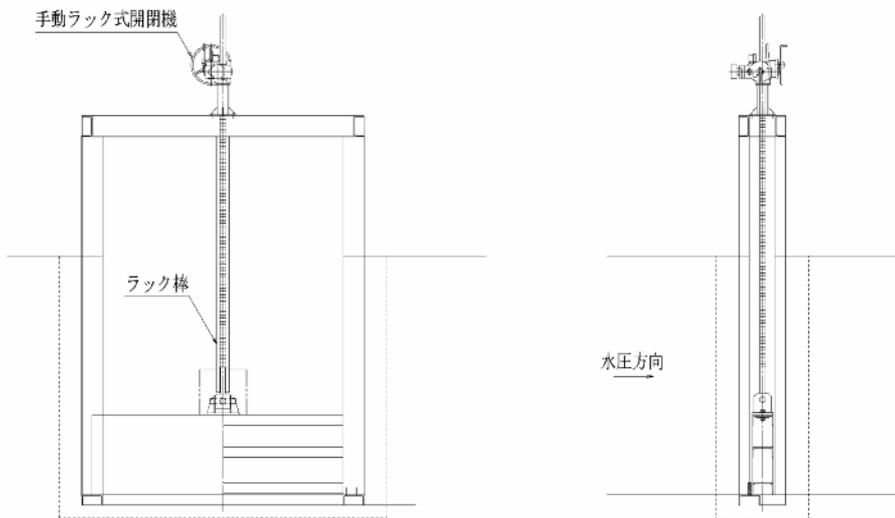


図4-3-2(s)(II) 鋼製引上げゲート

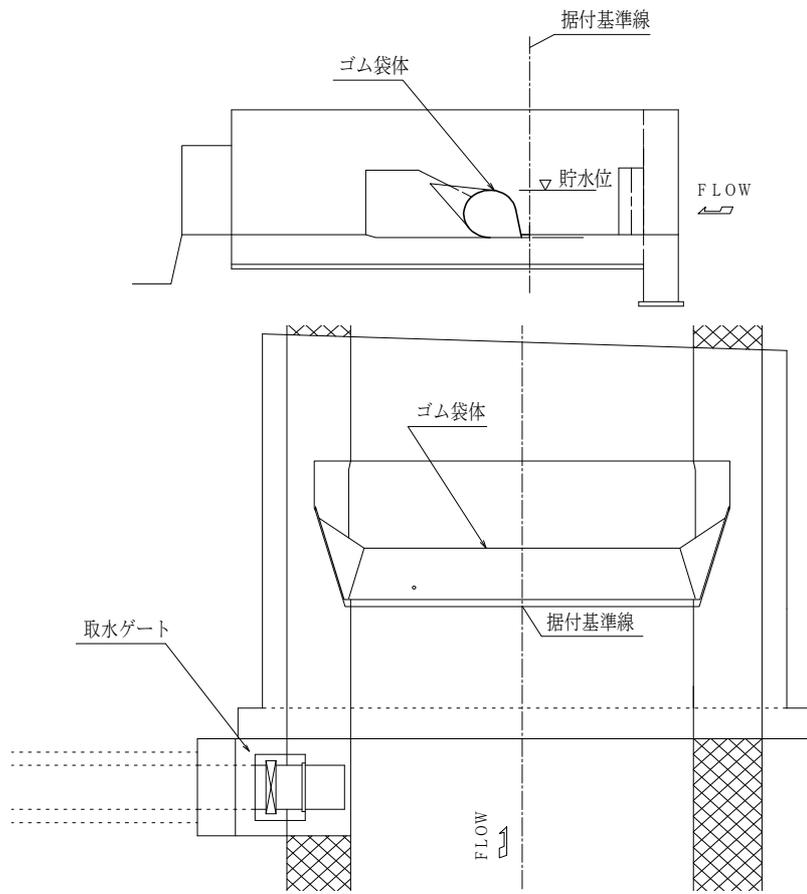


図 4 - 3 - 2 (s) (Ⅲ) ゴム引布製起伏堰

### 3. ポンプ設備(標準)

#### 3-1 ポンプ形式及び容量

消融雪用ポンプは電動機駆動とし、形式・容量は吐出量、揚程、吸込性能、運転条件、維持管理の容易性等を考慮して決定する。

また、仕切弁、圧力計等必要機器・計器のほか必要に応じ運転時間計または流量計を設ける。

[解説]

#### (1) ポンプ形式

消融雪に使用されるポンプは、図4-3-3(a)ポンプ形式別分類に示すごとくターボ式遠心ポンプがほとんどである。

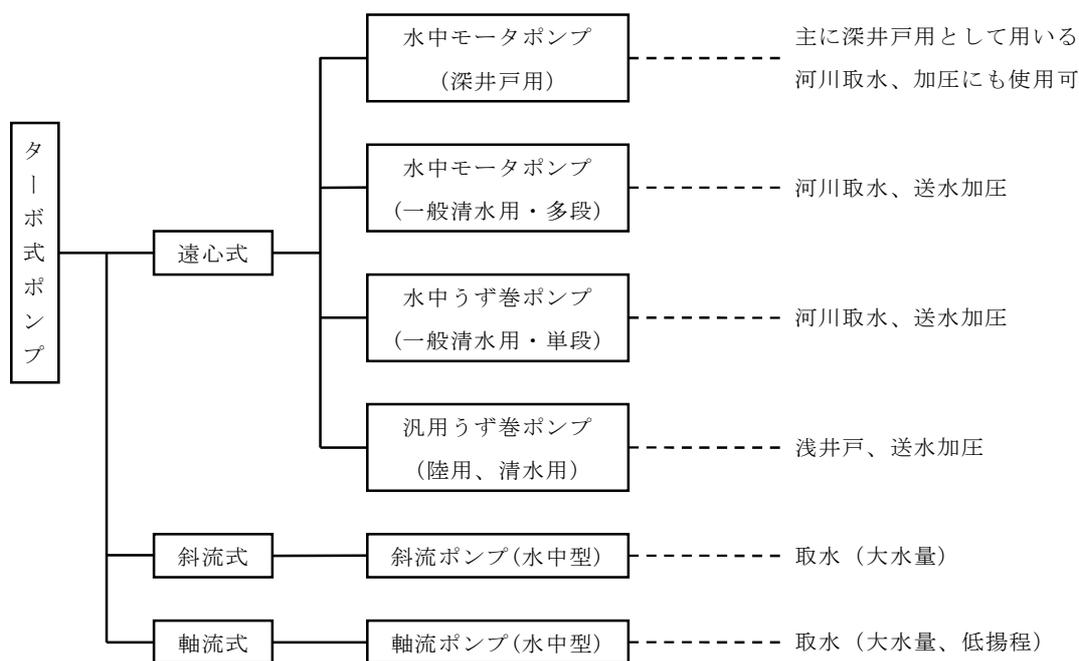


図4-3-3(a) ポンプ形式別分類

- 1) ポンプの形式は、送水量、水質、運転操作方法および維持管理等を勘案して選択するが、据付面積の制約、取扱いの容易さから水中モータポンプを標準とする。
- 2) 水中モータポンプには、深井戸用と一般清水用があり、それぞれ次のような特徴があるので現場条件を考慮のうえ選定する必要がある。

#### ① 深井戸用ポンプ

地下水を利用する深井戸用のポンプは、ポンプ本体を井戸ケーシング内に挿入する深井戸用水中モータポンプがほとんどである。このポンプは、ポンプモータ部が井戸内に入ってしまうので、地表部にはポンプ室を設ける必要がなく、据付ベッドと仕切弁や流量計を設けるための少スペースの操作室があればよく、騒音と振動もほとんど発生しない。また給水、給油の必要もないので保守が容易である。なお、深井戸用の特徴として断続運転となり易いので、井戸のストレーナ周辺ろ過帯が細粒分による目づまりを起こし、揚水性能を低下させることもあるので、若返り洗浄を必要に応じて行わなければならない。

②一般清水用ポンプ(うず巻及び水中多段)

一般清水用ポンプは、ポンプの最大径が大きいので深井戸用のように細い井戸内に挿入することができないので、水槽や流路中に据付けて河川水などの取水や送水ポンプに適しているといえる。

深井戸用と同様にポンプ・モータ部が水中に入るが、深井戸に比較して保守が容易である。ポンプストレーナの目づまり防止の対策として、ゴミなどが流入しないように考慮する必要がある。

③水中うず巻ポンプ

構造的には一般清水用ポンプと同じであるが、羽根車が単段構成で流路も広いので河川等の取水、水槽からの送水に適する。

④汎用うず巻ポンプ

ポンプは横軸の単段又は多段のうず巻型で横軸電動機とともに共通ベツト上に取付られ、軸継を介して直結駆動されるものである。設置は地上設置となることが多い。ポンプ起動に際しては水中ポンプと異なり、吸込側配管並びにポンプ内部を充水し満水状態にする必要があり、吸込実揚程が6mを越えると揚水不能となることがある。地上設置のため維持管理は水中ポンプより有利である。用途としては浅井戸揚水か加圧送水に用いられる。

⑤斜流ポンプ・軸流ポンプ

水中ポンプの大容量用で一般清水用ポンプとほぼ同様な使用方法であり、必要水量、揚程等により適した形式を選択すればよい。

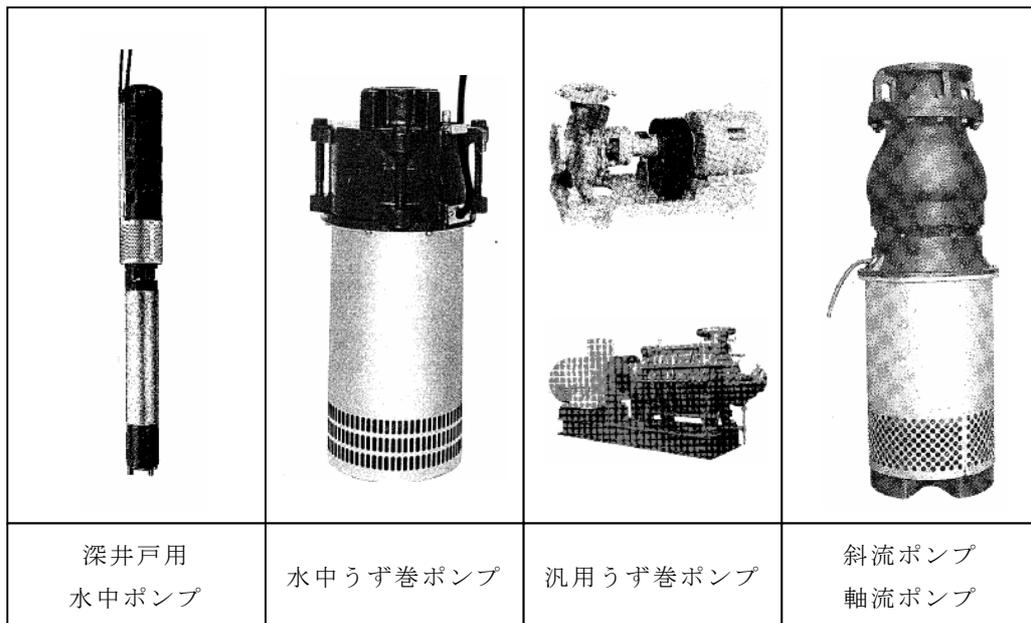


図4-3-3(b) ポンプ型式図

(2) ポンプ口径

ポンプには吸込口と吐出口とがあり、吸込口に流入する水の速度は通常 1.5～3.0m/s の範囲に定める。これは吸込流速を過大にすると吸込側の抵抗が増し、ポンプの汲上げ能力が悪くなるからであり、口径の小さいポンプでは小さな方の値を、また口径の大きなポンプは大きな値をとっている。深井戸用水中モーターポンプで取水部(ストレーナ)での流速を過大にすると砂の流入現象が生じ、その限界流速は地層によって異なってくる。詳しくは吸込時における層流と乱流の境界流速がこれに該当するが、一般には 1.5m/s～2.0m/s の値を用いる。

ポンプ口径は次式で求められる。

$$d = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

- d : ポンプ口径 (mm)  
 Q : 吐出量 (供給必要水量) (m<sup>3</sup>/min)  
 v : 吸込流速 (m/s)

なお、ポンプ口径は規格化されているから、算出されたポンプ口径 d に対して直近上位の規格口径を用いる。

(3) ポンプ容量

ポンプ容量を決定する重要な条件は取水量 (散水必要水量) と揚程であり、原動機出力は下記の式より求める。

原動機出力

$$P = \frac{0.163 \times \rho \cdot Q \cdot H}{1000 \times \eta_P} (1 + \alpha)$$

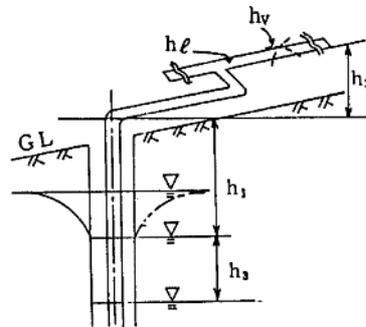
- ここに、P : ポンプ軸動力 (kW)  
 ρ : 水の単位体積当り質量 (kg/m<sup>3</sup>) = 1000 (kg/m<sup>3</sup>)  
 Q : 吐出量 (m<sup>3</sup>/min)  
 H : 全揚程 (m)  
 η<sub>P</sub> : ポンプ効率  
 α : 余裕率

1) 吐出量 Q は消雪に必要な取水量であるが、揚水試験によって取水量が当初のものより制限される場合は、取水可能な量でポンプ容量を決めることになる。

2) 全揚程 H は次式で求められる。

$$\text{全揚程 } H = (h_1 + h_2 + h_3) + h_L + h_v \text{ (m)}$$

- h<sub>1</sub> : 地面から運転水位までの高さ (地下揚程)  
 h<sub>2</sub> : 地上からの押し上げ高さ と 散水に必要な水頭高 (地上揚程)  
 h<sub>3</sub> : 渇水期における水位低下量 (推定)  
 h<sub>L</sub> : 管内の損失水頭  
 h<sub>v</sub> : 速度水頭  $\frac{v^2}{2g}$



(h<sub>1</sub> + h<sub>2</sub> + h<sub>3</sub>) は実際の高さであり、実揚程と呼ばれる。これに対して h<sub>L</sub> は配管内の各部における負荷を表すもので、損失水頭と呼ばれている。

損失水頭の詳細な求め方を以下に示す。

① 直管部分の摩擦損失水頭 h<sub>u</sub> (m)

- ・ 流量、管径が一定の場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

f : 摩擦損失係数  $(0.02 + 0.0005/D) \times 1.5$

v : 流速 (m/s)

L : 流速 v が一定である区間長さ (m)

d : 管内径 (m)

・管内の流量・流速が噴水によって漸次減少する場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{(v_s + v_f)^2}{8g}$$

$v_s$  : 区間の始まりの流速 (m/s)

$v_f$  : 区間の終わりの流速 (m/s)

・最終流速が 0 となる場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{6g}$$

② 屈曲、管径変化・弁類等による損失水頭は次式により  $f_b$  は表 4-3-3(a)～(b) 管継手類損失係数表を使用することができる。

$$h_b = f_b \frac{v^2}{2g} \cdot n$$

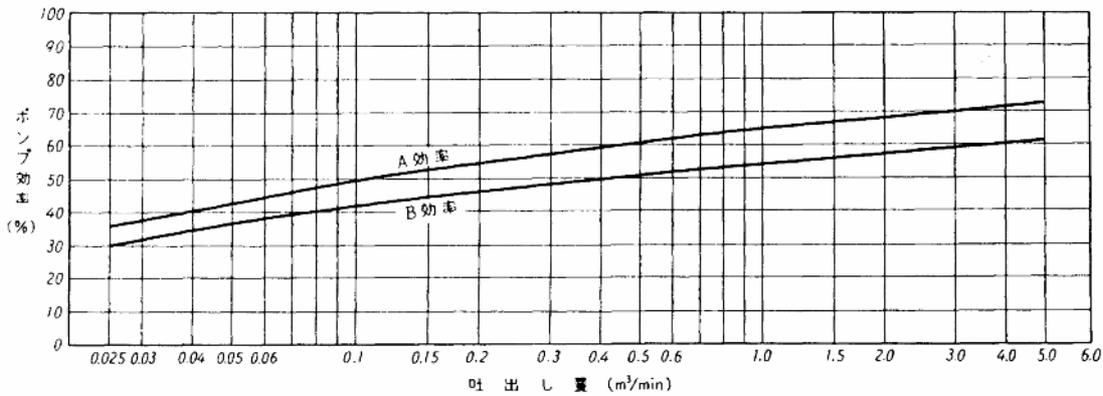
n : 屈曲等の箇所数

v : 管内の平均流速 (m/s)

#### (4) ポンプ効率

1) 図 4-3-3(c) に深井戸用水中モータポンプ効率を示す。

ここで、A 効率はポンプ最高効率を、B 効率は規定吐出量におけるポンプ効率を示すが、ポンプ軸動力の算出には、一般的には A 効率を用いる。



吐出し量 m³/min	0.025	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
A 効率 %	35	38	40	42	45	48	50	52	54	57	59	61	62	64	65	66	67	70	71	72
B 効率 %	30	32	34	36	38	41	42	44	46	48	50	52	53	54	55	56	57	59	60	61

A 効率：最高効率

B 効率：ポンプ仕様水量における効率

図 4-3-3(c) ポンプ効率 (JIS B 8324 深井戸用水中モータポンプ効率より)

2) 原動機の余裕率  $\alpha$  は、渇水期における水位低下量  $h_3$  が十分に推定できないときあるいは、地上揚程  $h_2$  や損失水頭が正確に把握されていないか、または、将来の増加が見込まれる時、および水位変動等によるポンプ運転範囲内で過負荷が生じないように考慮されるものである。

電動機では、概ね 0.1~0.15 の範囲を考える。

(5) ポンプ選定図表

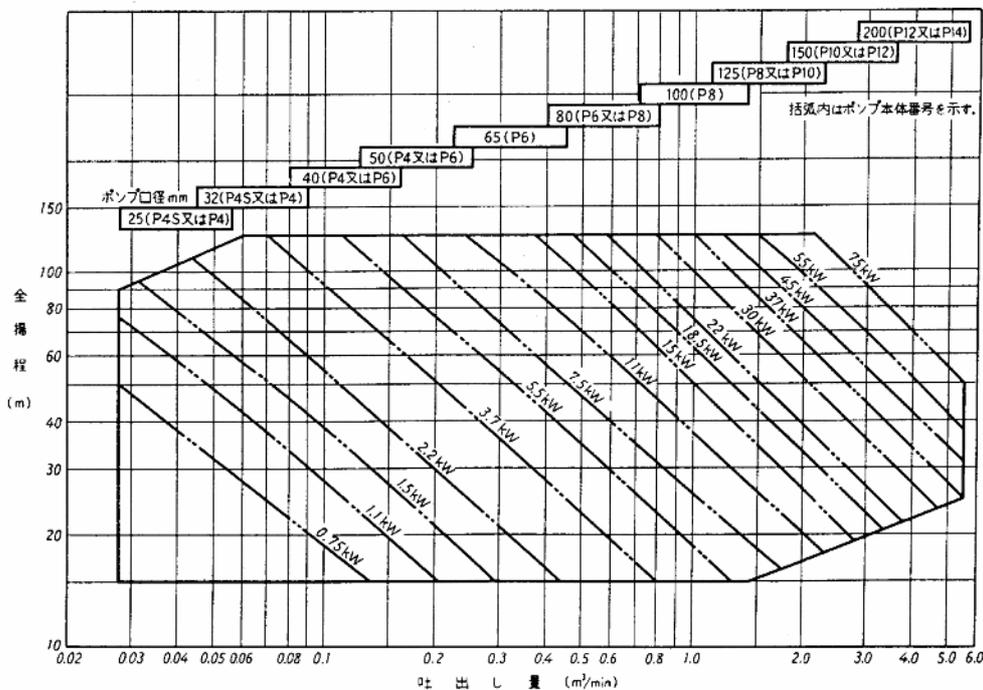
ポンプ吐出量と全揚程を決定すれば図 4-3-3 (d) によりポンプは選定される。図中の「ポンプの本体番号は適用する井戸径」を示すもので下表の通りである。

ポンプの本体番号

(単位：mm)

ポンプ本体番号	P4S(*)	P4	P6	P8	P10	P12	P14
適用する井戸径	100 以上	105.3 以上	155.2 以上	204.7 以上	254.2 以上	304.7 以上	339.8 以上

注(\*)呼び径 100 mm の硬質ビニル管を用いる井戸に適用する。



備考 二点鎖線で示す動力は、駆動電動機の定格出力の参考値である。

図 4-3-3 (d) 水中ポンプ性能図表 (60Hz)

(JIS B8324 深井戸用 水中モータポンプ 付図 7 より)

(6) ポンプ付属装置

ポンプの付属装置としてはスルース弁、チェッキ弁、自動空気抜弁、連成計などが取付けられるほか、地下水管理用として水位測定用側管や流量計が設けられる。

1) 時間計はポンプの運転時間を記録するもので、累計運転時間の把握や揚水量の概略的な推定に役立つ。

2) 地下水の汲み揚げ量を把握しておくため近年は流量計を設ける例が多い。

流量計を設置することにより地下水管理に役立つほか、散水量と消雪効果の比較などに利用できる。

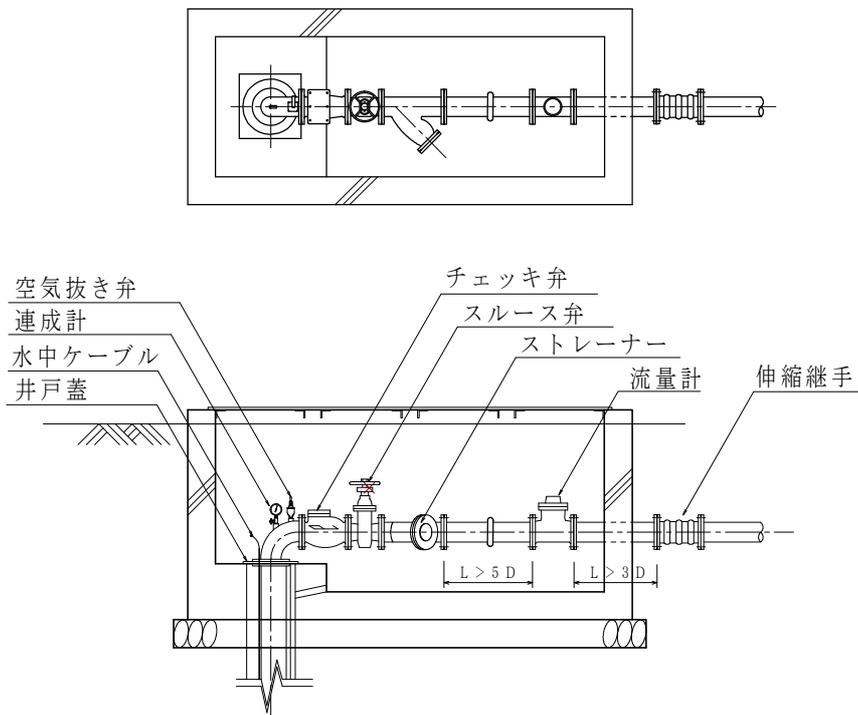


図 4-3-3(e) ポンプの付属装置

なお、流量計にはタービン形、ベーン形などの種類があり、またこれを発信器として遠隔表示することもある。

- 3) 吐出曲管は揚水管と地上の弁類、配管とを接続し、自動空気抜き弁、連成計等が取付けられる。
- 4) チェッキ弁は地上配管内の水の逆流を防止するもので、破損すると、ポンプ、モーターが逆転し故障の原因となる。
- 5) スルース弁は吐出量の調整用弁の役目をもつものである。
- 6) 自動空気抜き弁は、ポンプ始動時の揚水管内の空気の排出及び停止時の空気の吸込作用を行う装置である。
- 7) 連成計はポンプの地上吐出圧測定に使用するもので、ポンプの全揚程はこの値に運転水位とパイプ損失を加えた値となる。

資 料

管継手類損失係数 ( $f_b$ )

1. ねじ込み継手

表 4-3-3 (a)

呼び径 (A)	エルボ		径違いエルボ		径違いソケット		ブッシング		バンド	チーズ	
	90°	45°	縮小	拡大	縮小	拡大	拡大	縮小	90°		
40	0.644	0.174							0.139	0.9	1.5
50	0.701	0.207							0.140	0.9	1.38
50-40			0.641	0.654	0.007	0.107	0.161	0.140			
65	0.769	0.244							0.141	0.9	1.26
65-40			0.730	0.937	0.006	0.433	0.291	0.391			
65-50			0.782	0.803	0.006	0.133	0.167	0.149			
80	0.842	0.283							0.141	0.9	1.17
80-40							0.343	0.538			
80-50			0.821	0.971	0.006	0.357	0.261	0.326			
80-65			0.826	0.822	0.006	0.060	0.117	0.087			
100	0.848	0.298							0.141	0.9	1.06
100-50			0.762	1.191	0.005	0.715	0.349	0.557			
100-65			0.788	0.957	0.005	0.382	0.269	0.343			
100-80			0.822	0.852	0.006	0.164	0.177	0.168			
125	0.933	0.332							0.141	0.9	0.97
125-65											
125-80			0.852	1.069	0.005	0.445	0.288	0.385			
125-100			1.091	1.104	0.006	0.107	0.146	0.116			
150	0.919	0.391							0.141	0.9	0.90
150-80							0.340	0.530			
150-100			0.934	1.056	0.005	0.336	0.245	0.293			
150-125			0.959	0.957	0.006	0.063	0.116	0.086			

注 1) 径違いの場合は、細い呼び径の速度水頭を採用のこと。

2) 径違いの場合は、水流の方向に注意のこと。

管継手類損失係数 (f<sub>b</sub>)

2. 溶接継手、弁類

表 4-3-3 (b)

呼び径 (A)	90° エルボ		45° エルボ		レデューサー		チーズ		吐き出し 曲管	チェック 弁	ゲート 弁	Y 形 ストレーナ
	ロング	ショート	ロング	ショート	漸縮	漸拡						
40	0.185	0.353	0.130	0.250			0.200	0.87	0.142	2.0	0.400	5.3
50	0.177	0.319	0.125	0.227			0.180	0.81	0.149	2.0	0.330	6.0
50-40					0.015	0.040						
65	0.18	0.337	0.128	0.239			0.162	0.76	0.155	2.0	0.250	6.3
65-40					0.012	0.244						
65-50					0.014	0.046						
80	0.179	0.331	0.127	0.233			0.148	0.71	0.156	2.0	0.205	6.1
80-40					0.009	0.412						
80-50					0.010	0.218						
80-65					0.013	0.021						
100	0.176	0.316	0.124	0.223			0.131	0.67	0.172	2.0	0.158	7.2
100-50					0.008	0.520						
100-65					0.009	0.258						
100-80					0.011	0.073						
125	0.175	0.312	0.124	0.221			0.119	0.63	0.171	2.0	0.126	8.1
125-65					0.009	0.462						
125-80					0.010	0.286						
125-100					0.013	0.037						
150	0.173	0.305	0.122	0.216			0.110	0.60	0.168	2.0	0.105	8.6
150-80					0.009	0.482						
150-100					0.010	0.191						
150-125					0.012	0.022						
200	0.172	0.299	0.121	0.211			0.098	0.55	0.169	2.0	0.078	8.2
200-100					0.007	0.554						
200-125					0.008	0.308						
200-150					0.009	0.108						
250	0.171	0.295	0.121	0.208			0.090	0.52				8.1
250-125					0.007	0.570						
250-150					0.007	0.383						
250-200					0.009	0.057						

注 1) レデューサーの場合は、細い呼び径の速度水頭を採用のこと。

2) レデューサー、チーズの場合は、水流方向に注意のこと。

### 3-2 ポンプ台数

ポンプの設置台数は信頼性及び維持管理等を考慮のうえ決定することが望ましい。

〔解説〕

送水ポンプの仕様は、対象面積、降雪量及び揚程によって算定されるので、設備ごとに異なってくる。

送水ポンプに故障が生じると冬期間の修繕には相当長日数を要し、この間送水ポンプが1台の場合はその間稼動できなくなる。

この様に、ポンプ故障の危険分散を考慮して複数台数設置することが望ましい。複数台数とすれば設備費が高額となるので、事前の方法として別途予備ポンプを持ち故障時に対応する方法である。この場合各設備ごとに送水ポンプの仕様が異なっていると多くの予備ポンプが必要になる。

したがって、既設備の送水ポンプ仕様を調査して数種の基準ポンプを選定し、これを組合わせて選定し仕様を満足するようにすれば、予備ポンプ台数は少なくて済むことになる。

以上のことを経済性と比較検討して、送水ポンプ設置台数を決定することが望ましい。

## 4. 散水施設(標準)

### 4-1 送水管の設計

送水管は、配管場所、送水量、水圧、管内流速、耐久性等を考慮し、管径、管厚及び材質の決定を行うものとする。

〔解説〕

送水管は、取水施設より散水ノズルまで送水するための設備で、使用する散水ノズルの種類により水圧が異なるほか、配管場所により強度等も異なるので、使用条件に適した種類を選定して設計する必要がある。

(1) 管径は、管内の適正流速、散水量等から次式を参考に合理的に決めるものとする。

なお、管内流速は管径により異なるが1～2m/sを標準とする。

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

D : 管 径 (mm)

Q : 散水量 (m<sup>3</sup>/min)

V : 流 速 (m/sec)

(2) 送水管並びに散水管は配管用炭素鋼管を標準とする。

(3) 送水管並びに散水管は、ポンプ停止時に管内が完全に水抜きできるように勾配を決めるものとし、配管及び弁等が凍結により破損しないものとする。

### 4-2 散水管、散水ノズルの設計

散水構造は各種あるが、散水延長、散水場所、交通の種類及び水源の種類などに応じて適切に選択する必要がある。

〔解説〕

散水構造は大別すると表4-3-4(a)のようになる。

表 4-3-4(a) 散水構造と特徴

配管方法	散水ノズル	特 徴
シングルライン	ボックス形	送水管から接続管により直接分岐される。 各ノズルは各々に散水量調節ができる。
	六角筒型	
ダブルライン	管直穴型	送水管から各散水管に分岐され、さらに接続管により分岐される。
	ボックス型	
	六角筒型	ただし管直穴型は散水管に直接散水孔をあけたもの。各ノズルは散水管ごとに散水量を調節するので調節機能をもたない。
	ソリッド型	

(1) シングルライン用ノズル

1) ボックス型

ボックス型ノズルの構造は、送水管から接続管を通して設置するもので、ノズルボックス内には水圧調整、噴出孔、砂止め等から成っている。パイプ型に比べ高価であるがノズルボックスの交換がコンクリートを切らずに交換できる。噴出高、距離及び噴出量をノズル毎に調整できる。噴出高を調整して歩行者及び車輛の障害にならない利点もある。

2) 六角筒型

六角筒型ノズルの構造は送水管から接続管を通して設置するもので、六角筒とプラグ及び流量調整ボルトから成っており、散水孔が長さ方向に並ぶ横設置型と周方向に並ぶ縦型がある。この種のノズルは露出させて使用する。

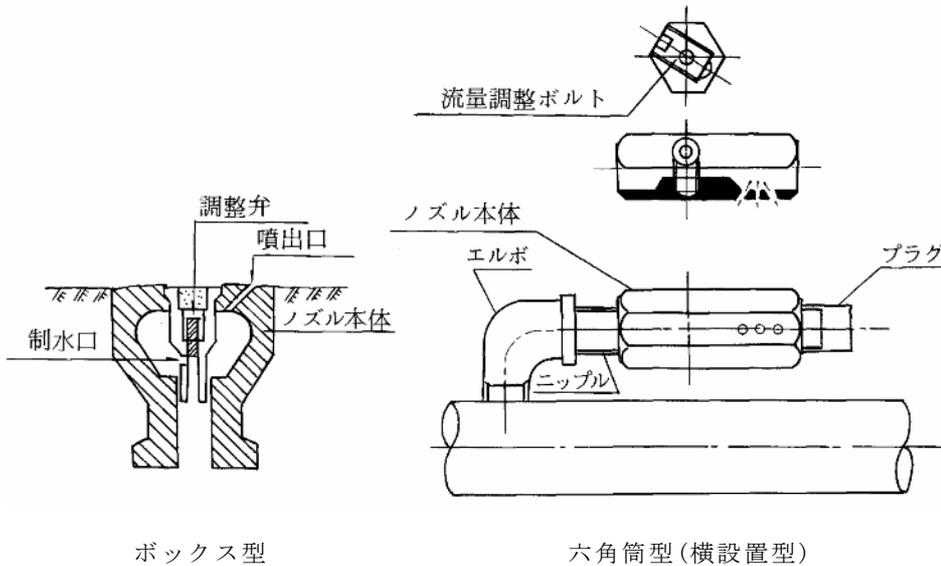
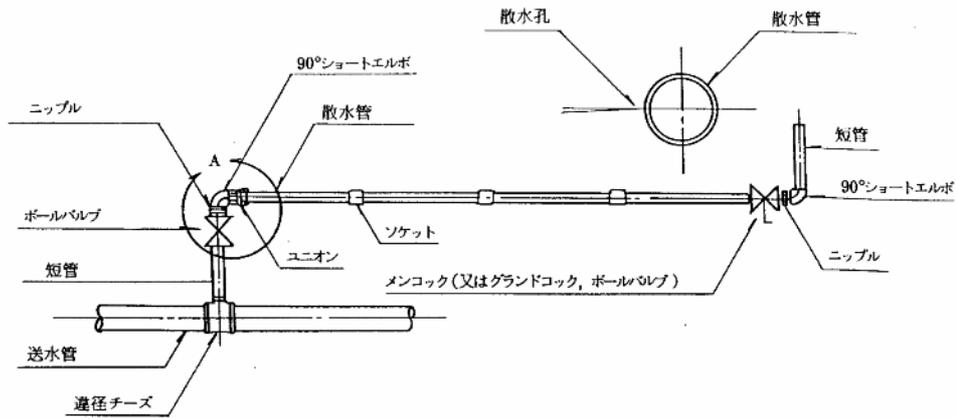


図 4-3-4(a) シングルライン用ノズル

(2) ダブルライン用

1) 管直穴型

この型式は送水管から分岐した散水管に長手方向に直接丸い穴を数多くあけた単純な構造で、散水管全体の水量調整は、散水管根元の元バルブによって行う。



管直穴型

図4-3-4(b) ダブルライン用

2) ボックス型・六角筒型

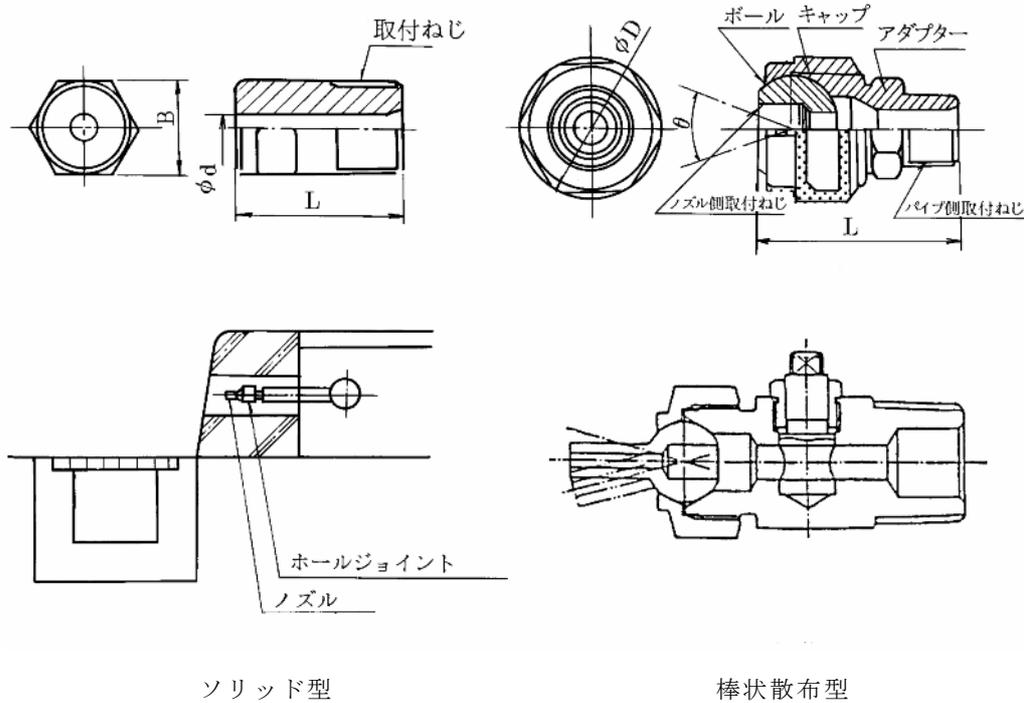
これらの形式のノズルは、シングルライン用と同じであるが、散水管から接続管を通し水量調整は散水管根元のバルブにより行うため、散水調整機能を必要としない。

3) ソリッド型

ソリッド型ノズルは、路側縁石より埋設した状態で使用するもので、ソリッド型ノズルとボールジョイントより構成され、散水管から接続管を通して設置される。噴射角はボールジョイントにより調整し、水量は散水管根元のバルブにより調整する。

4) 棒状散布型

棒状散布型ノズルは送水管に直接設置が可能で、流量調節及び散布角度を変えることが出来る。用途としては道路側面、歩行ブロック等に適している。



ソリッド型

棒状散布型

図4-3-4(c) ダブルライン用ノズル

#### 4-3 ノズル諸元の決定

ノズルピッチ、孔数、孔径及び噴出角度は、消雪効果、用途別条件を考慮して決めなければならない。

##### 〔解説〕

消雪効果から考えると、なるべくピッチを狭くして緻密な散水を行うべきであるが、口径を小さくすると目づまりが生じやすく維持管理が困難となるし、工費も嵩むことになる。

逆にピッチを広くしすぎると1孔当りの流量が極端に増え、歩行者の障害になるとともに、車両による攪拌作用を減少し、消雪が局部的になってしまうので、配置位置、用途、消雪効果等を考慮しノズル諸元を決定しなければならない。

(1) ノズル諸元の決定手順は図4-3-4(d)のとおりである。

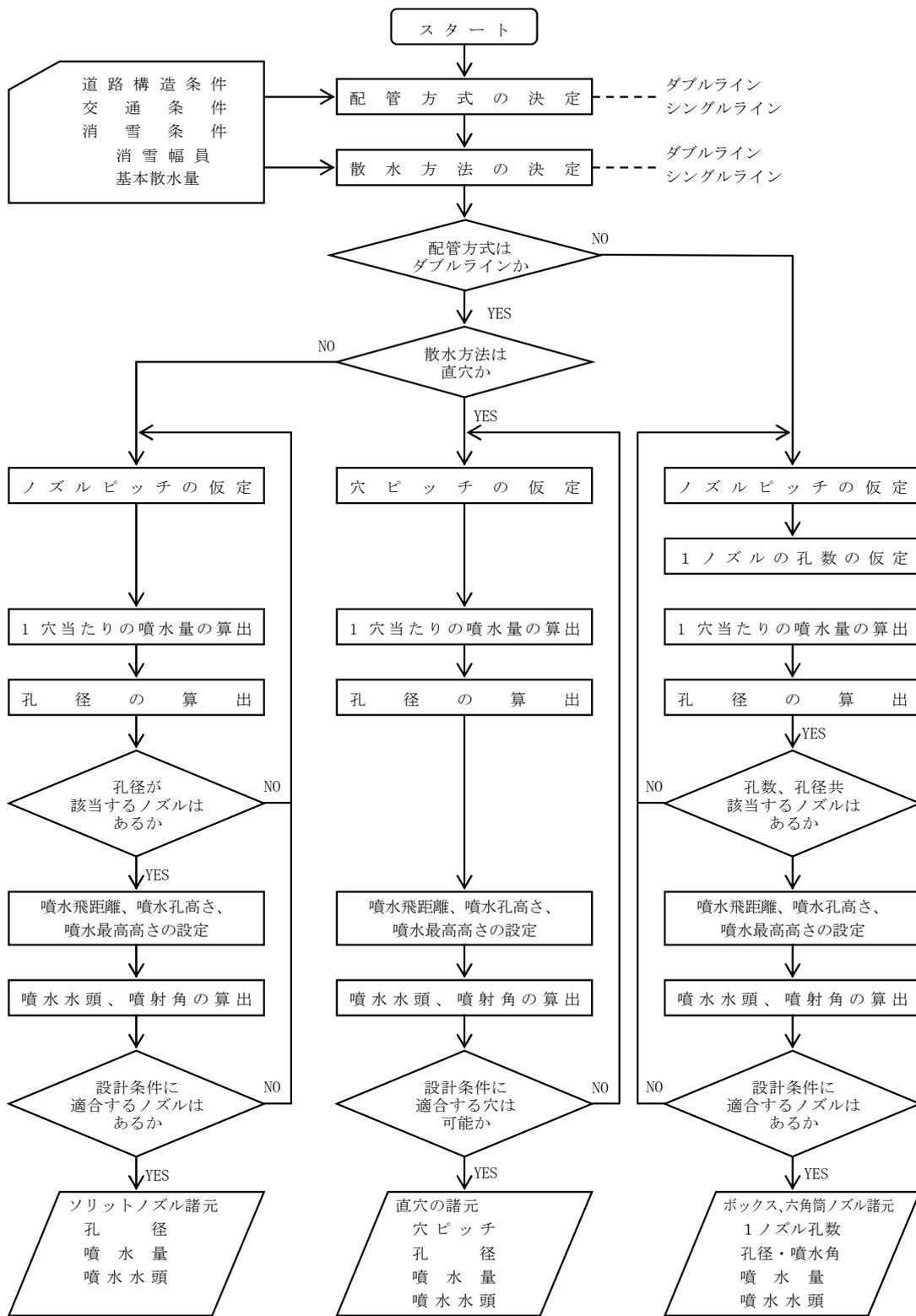


図 4-3-4 (d) ノズル諸元の決定手順(参考)

(2) ノズル諸元の決定

散水ノズルの諸元は、道路の構造、交通、降雪条件等より配管形式及び散水方法を決定し、これに適合するノズルを選択したのち、ノズルピッチ、孔数、噴射距離、噴水孔高さ、噴水最高高さを仮定して算定する。その結果がノズルデータと比較して適正であれば、正式に確定することになる。

1) 1孔当たり噴水量： $q_s$

1孔当たり噴水量 $q_s$  (L/min)は次式により求められる。

$$q_s = \frac{1}{n} \cdot P \cdot q \cdot W$$

$q$  : 単位面積当たり必要散水量 (L/m<sup>2</sup> min)

$W$  : 融雪幅員 (m)

$P$  : ノズルピッチ (m)

$n$  : 1ノズルの孔数 (個)

2) 孔 径： $d$

ノズルの噴水孔径 $d$  (cm)は次式により求められる。

$$d = \sqrt{(4a / \pi)}$$

$$a : \text{孔断面積} = \frac{q_s}{6 \cdot \sqrt{\{2g(H-h)\}}} \quad (\text{cm}^2)$$

$H$  : 噴水最高高さ (m)

$h$  : 噴水孔高さ (m)

$g$  : 重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

3) 直穴型、ソリッド型

① 噴水軌跡の方程式

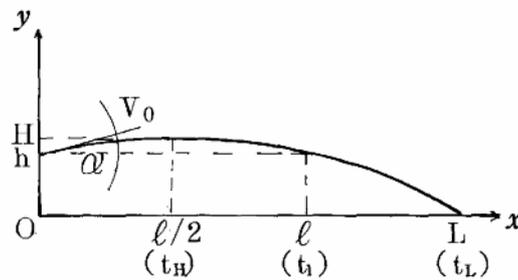
高さ $h$  (m)の場所から初速 $v_0$ 、角度 $\alpha$  (deg)で噴射された水の $t$ 秒後の位置( $x$ 、 $y$ )は、

$$x = v_x \cdot t \quad \dots\dots\dots ①$$

$$y = v_y \cdot t - \frac{1}{2}g \cdot t^2 + h \quad \dots\dots\dots ②$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad \dots\dots\dots ③$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha \quad \dots\dots\dots ④$$



② 方程式の解

方程式を解くに当たり先ず噴水距離 $L$  (m)を設定する。

②式において $y = h$ 、 $t = t_1$ と置く。

$$t_1 = \frac{2v_y}{g} \text{ よって } t_H = \frac{t_1}{2} = \frac{v_y}{g}$$

$t_H$  を②に代入する。

$$H = \frac{v_y^2}{2g} + h \quad \therefore v_y = \sqrt{\{2g(H-h)\}}$$

②において  $y = 0$ 、 $t = t_L$  と置く。

$$t_L = \frac{v_y + \sqrt{(v_y^2 + 2gh)}}{g}$$

$t_L$  を①に代入する。

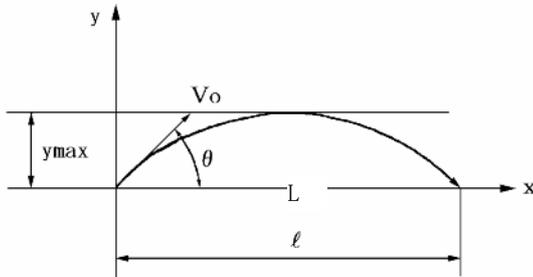
$$\therefore v_x = \frac{L}{t_L}$$

③、④より

$$\therefore \alpha = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x} \text{、 } v_0 = \frac{v_x}{\cos \alpha}$$

#### 4) ボックス型

##### ① 噴水軌跡の方程式



左図における放物線の方程式は

$$x = V_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y = V_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

ここに、

$V_0$  : 噴射初速度

$\theta$  : 噴射角

$L$  : 飛距離

$y_{\max}$  : 噴射高

##### ② 方程式の解

$$V_0 = \sqrt{-\frac{g \cdot l}{\sin 2\theta}}$$

$$y_{\max} = \frac{V_0}{2g} \sin^2 \theta$$

#### 5) 噴射水頭 p

噴射水頭  $p$  ( $m_{Aq}$ ) は、 $v_0 = \sqrt{(2gp)}$  の関係より

$$\therefore p = \frac{V_0^2}{2g}$$

#### 6) ノズル根元圧

ノズル根元圧は、コックの実験式より

$$p = \frac{2}{3} \cdot P_0 \quad (p_0/d > 50)$$

ここに、

$p$  : 噴水高さ(噴射水頭)(m)

$P_0$  : ノズル根元圧 (m)

$d$  : ノズル径 (cm)

7) ノズル諸元の決定

以上の結果がノズルデータと比較して適正であれば、下記の諸元が確定する。

ノズル形式

ノズルピッチ :  $P$  (m)

1ノズルの孔数 :  $n$  (個)

噴水孔径 :  $d$  (cm)

噴水距離 :  $L$  (m)

噴水孔高さ :  $h$  (m)

噴水最高高さ :  $H$  (m)

噴射角度 :  $\alpha$  (deg)

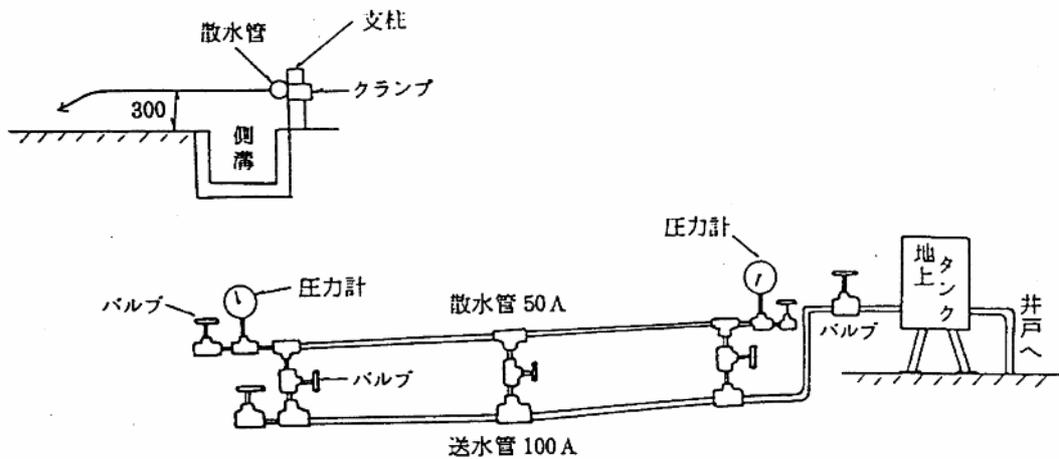
噴射水頭 :  $p$  ( $m_{Aq}$ )

ノズル根元圧 :  $P_0$  ( $m_{Aq}$ )

ノズル(直穴式)散水実験データを表 4-3-4 (b)に示す。

なお、散水距離及び散水量の実験データは、下記の要領により測定した結果である。

(実験装置の概略図)



散水実験データ表(資料・直穴式)

p : 散水圧力  $\text{kg/cm}^2$   
 q : 1個穴当たりの散水量  $\ell/\text{min}$   
 L : 飛散距離 m

表 4-3-4(b)

穴径 (mm)	q / L	散 水 圧 力						
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
1.2	q	0.37	0.45	0.62	0.71	0.77	0.83	1.00
	L	1.61	2.30	2.70	3.80	3.90	4.00	5.00
1.4	q	0.42	0.73	0.83	1.03	1.04	1.30	1.33
	L	2.42	2.70	3.30	4.70	5.50	5.90	6.50
1.5	q	0.53	0.79	0.97	1.14	1.20	1.32	1.42
	L	1.70	2.35	3.10	4.30	4.40	5.00	6.30
1.6	q	0.64	0.95	0.97	1.20	1.34	1.54	1.64
	L	1.85	2.55	3.00	4.10	4.80	5.30	6.60
1.8	q	0.96	1.18	1.19	1.20	1.46	1.79	2.05
	L	2.23	2.90	3.30	3.80	4.00	4.10	4.70
2.0	q	1.20	1.55	1.90	2.30	2.65	2.70	
	L	1.50	2.00	2.30	2.50	2.75	3.10	
2.5	q	1.50	2.00	2.40	3.20	3.30	3.50	
	L	2.05	2.40	3.00	3.20	3.40	3.70	
3.0	q	2.28	2.70	3.30	3.90	4.40	4.50	
	L	1.80	2.45	3.20	3.50	3.6	3.85	
3.2	q	2.60	2.80	3.40	3.80	4.80	5.40	
	L	1.90	2.50	3.05	3.30	3.60	3.80	
3.5	q	3.70	4.10	4.30	4.80	6.00	6.40	
	L	1.85	2.40	3.05	3.30	3.60	3.70	
4.0	q	4.20	4.80	5.30	5.80	7.20	8.60	
	L	1.65	2.05	2.40	2.50	2.80	2.90	
4.2	q	4.60	5.60	6.50	8.00			
	L	1.90	2.70	3.20	3.80			

## 5. 排水施設

排水施設は、消雪水及びシャーベット状の雪が路面から排水溝に容易に流下処理できるものであり、それらは路面の横断勾配、排水溝、集水柵、路面状況等を考慮した施設的设计を行うものとする。

〔解説〕

消雪水の排水施設等は、下記事項に留意して設計する。

消雪を実施する道路の横断勾配は表4-3-5の値を標準とする。

表4-3-5 対象道路の横断勾配

区 分 \ 対 象	車線部の横断勾配(単位：%)	
	片側1車線の場合	片側2車線以上の場合
車 道	1.5	2.0
*歩道及び駐車場等	1.5 ~ 2.5	

\*注 ブロック舗装には適用しない。

- (1) 道路の横断勾配は、消雪水が路面の凹部に溜ることなく流下させるためには大きな方がよいが、自動車走行上ならびに歩行上からは小さい方が好ましい。また、散水温を有効に利用し、消雪効果をあげるためには、ある程度流下速度を低下させる必要もある。
- (2) 道路の排水施設には、路面から流下してくる水を直接受ける排水溝、これを集水する柵、そして排水管等があり、それぞれの機能に応じて設計流量を流し得る十分な排水能力が必要である。  
 図4-3-5(a)は、排水溝の設置例を示したものである。排水性を向上させるため、全面に鋼製格子蓋を使用した例もあるので設計に際してよく検討してほしい。
- (3) 排水量(散水量、消雪量)を計算により求め、道路管理者へ連絡する。

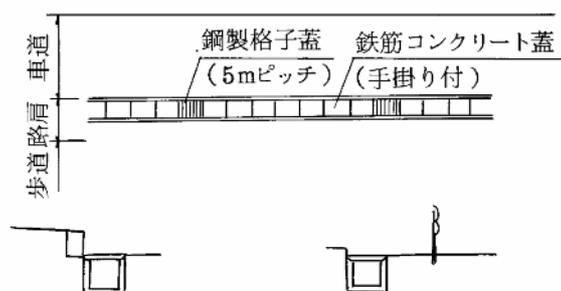


図4-3-5(a) 単路部の設置例(参考)

ただし、排水溝が歩道内に位置する場合は、歩行性を考慮する必要がある。

また、交差点部においては、排水面積が大きいことと通行車両が停止、発進の箇所でもあるため、特に排水機能を高めておく必要がある。

横断歩道箇所では円滑な歩行を確保する必要から鋼製格子蓋を設置してはならない。

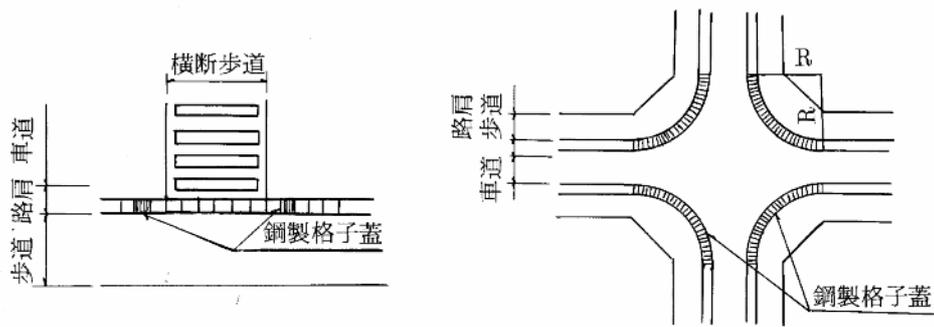


図4-3-5 (b) 横断歩道、交差点部の設置例(参考)

(4) 水源が河川水等のように低温のものを利用するときは、路側にシャーベット状の雪がかたまったりするので必要に応じて鋼製格子蓋を設置する。

#### 6. 電源及び操作制御設備(標準)

消雪設備の電源及び操作制御設備は、消雪方式、規模、管理および運用体制に対応し、信頼性および安全性が高く、操作制御性に優れたものとする。

電源及び操作制御設備の計画・設計の基本的な手順およびその概要を図4-3-6に示す。なお、計画・設計の詳細については、「道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)(H15年6月)」(以降、「遠隔マニュアル」と略す。)及び「参考図集(案)」を参照のこと。

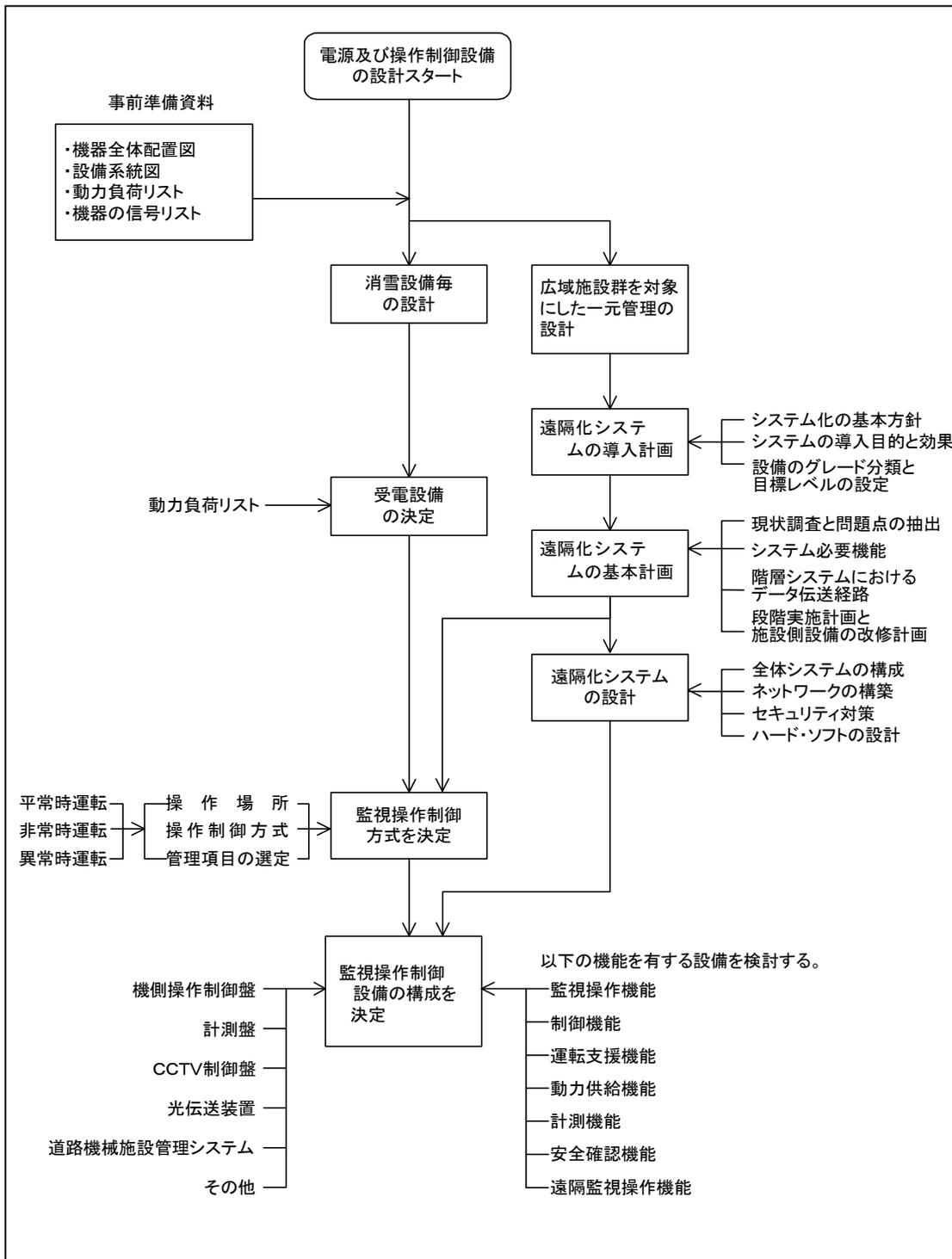


図 4 - 3 - 6 電源及び操作制御設備の基本的な計画・設計フロー

## 6-1 受電設備

受電設備は原則として、低圧受電方式とし、設備に対して次の保護装置を取り付けるものとする。

1. 漏電遮断器
2. 電動機の過負荷・欠相・逆相防止用保護リレー
3. ポンプの空運転防止のため低水位電極

### 〔解説〕

一般的な消雪用ポンプは、低圧電動機を使用している。電力会社の契約電力が50kW以上になると高圧受電設備が必要となり、設備費が高額となる上、自家用電気工作物としての保守管理責任が生じる。

従って、低圧受電設備となるように、融雪設備の規模の設定や、交互散水方式等、散水の方法についても考慮する必要がある。

また、ランニングコストの低減を図るため、消雪用電力を検討する必要がある。消雪用電力は1日合計2時間の遮断時間帯があるので注意を要す。詳細は電力会社の「融雪用電力(選択約款)」を参照のこと。

また、設備には避雷器及び接地工事を施工し、保安に万全を期すものとする。

(1) 漏電遮断器は、機器の漏電をすみやかに感知し、回路を遮断する機能を有しているものとする。

(2) ポンプに異物がかみ込んだり、土砂に侵されてモータの焼損やポンプの破損することのないよう運転中の過電流、欠相及び逆相から確実にモータを停止させるための保護リレー(3Eリレー)を設けるものとする。

(3) 地下水が異常低下したとき、又は受水槽の水位が異常低下したときは、空転を防止するため低水位電極を設けてポンプの保護を図る必要がある。

一般に用いられる低水位電極は棒状電極であるが、融雪設備の場合、誤動作等を避けるため、水槽等の場合はフロートスイッチ、深井戸の場合は投込み式電極が多く用いられている。

(4) 雷が多い地区では制御盤の電気部品が破壊されることが多い為電源避雷器を設け機器の保護を図る必要がある。

## 6-2 ポンプ起動方式

散水融雪設備に使用する水中ポンプの電動機の起動方式は、電動機容量及び使用条件等を考慮し性能及び維持管理に支障のない方式としなければならない。

### 〔解説〕

(1) ポンプ起動の選択にあたっては、主電磁開閉器の安定投入と補助リレーの誤動作防止の為、起動電流を小さくして電源電圧降下を少なくする必要がある。したがって、11kW以上のポンプ容量ではスターデルター起動方式を採用する。また、機器容量の大きい深井戸ポンプ等の、回転体直径が小さく回転慣性の小さいポンプでは、スターからデルターに切り替わる時に一瞬電気供給が停止するため回転が低下しデルター接続時に直入起動に近い電流が流れて大きな電圧降下が発生し主電磁開閉器等の安定投入が困難な場合がある。このような状況が予想される場合は低電流起動方式の採用を検討する必要がある。

## (2) ポンプ直結防水ケーブル

ポンプに直接接続してある防水ケーブルは、ポンプの運転電流を十分に考慮し深井戸ポンプ等で長い防水ケーブルを使用する場合は、起動時や運転時に防水ケーブルでの電圧降下が大きくなるように注意する。なお、将来の維持修繕を考慮して防水ケーブルの余裕長をとるのが望ましい。

防水ケーブルを電線管に直接入れる場合は電線の過熱を防止するため、電線管に通線する電線本数と電線に連続供給可能な電流の最大値を考慮して、防水ケーブルの導体断面積を検討する必要がある。

## 6-3 制御方法の選定

消雪設備を雪の降り始め降り終わりに応じて的確に作動させ、より効果的に運用するため、降雪検知器による自動制御装置を設けるものとする。

また、水源の保全を計る必要がある場合は、降雪量に見合った散水量を散布する散水量調整制御を考慮しなければならない。

なお、1群の施設を集中して管理する場合は、遠隔システムを考慮検討する必要がある。

### 〔解説〕

ポンプの運転は自動運転を原則とするが、手動運転操作も可能なものとする。

近年消雪による井戸水の汲み上げが増大したことで地域によっては地盤沈下が深刻な問題になってきた。

河川水消雪では年ごとに設備延長が増長し河川水量が相対的に不足してきた。このような地域では水源の保全を計るため、降雪量に見合った散水量を散布する散水量調整制御を検討する必要がある。なお、消雪設備が連続して集中している地域では、集中監視システムなども採用して施設の効率的な運転と経済的運用も図られてきているが、制御装置の採用に当たっては施設の規模、制約条件等を十分検討して選定すべきである。

### (1) 降雪検知器

降雪検知器には、気温と降水の2要素によって雪と雨を判別する方式や、光の遮断・ビーム光線による方法などがある。これらの各種降雪検知器の作動方式は次のようである。

#### 1) 2要素式降雪検知器

雪が降ってくると、加熱された受雪盤の上で雪が水となり、カーボン電極を短絡させ電極電流を増幅の後、信号を出して降雪の形で検知する。従って降雪の時ばかりでなく降雨の場合も検知してしまうから、この両者は気温によって判別する。一般に約3℃以下の降水は大部分が降雪であるが、地域によっても差があるのでこの判別温度は調節できるようになっている。また、雪、気温の検知の他に路面凍結防止として利用できるよう専用の気温検知器が備えられているものもある。

#### 2) 光の遮断方式

降雪をメッシュ状のヒーター面で受け、その雪が光の透過を妨げる事で降雪を検知し、かつ降雪の判断を補助する水分電極で雨または雪の水分を検知して、それらの要素が同時に存在した時降雪の信号を発する降雪検知器である。

### 3) ビーム光線方式

降雪が地上に到達する前の雪粒子を空中で捕らえる方式で、一定時間にビーム状の光線を雪粒子が一定の回数遮ることで降雪を検知する降雪検知器である。

### 4) 熱量計測方式

路面着雪凍結予知センサーで、降雪の雪粒子を一定時間単位で捕らえ、その個数を降雪強度として表し、一定面積の擬似路面に積もる雪の状態で路面着雪として判断する。擬似路面では電気熱量で理想融雪を行い、消費した熱量を $\text{m}^2$ 時間当たり換算して融雪熱量計測値とする。

また、凍結に対しては擬似路面を凍結させない温度に保つために要した電気熱量を $\text{m}^3$ 時間当たり換算して凍結防止熱量計測値とする。

制御は各々の計測熱量を基に、融雪と凍結防止に区別して熱量で制御を行う。

センサーの計測項目は、気温・雪粒子数・融雪熱量・凍結防止熱量で、融雪熱量から単位時間降雪量、凍結防止熱量から凍結氷厚の換算が可能で、これらの計測信号を道路気象情報としても活用可能である。

### 5) 路面積雪感知方式

降雪になる状況(気温が低い状況で上空から雨または雪が降っている)において、路面の光反射率が上昇した時、路面に積雪が発生したものとして判断する。

センサーは回転台で反射率を測定する場所を円弧状に移動して積雪の有無を路面積雪率で捕らえ、一定値に保つように融雪を制御する。

路面積雪率の設定値は通常 20~30%に設定する。この設定値を 100%から引いた値は路面露出率の設定となる。設備を制御するに当たり、地域的な制約条件のある地点では手動で運転しなければならない例もある。従って、自動運転に採用する降雪検知器は、地域特性を把握して制約条件に適した方式の降雪検知器を選定しなければならない。

## (2) 散水量調整制御

散水量調整制御は、降雪量の変化にて適切に追従して散水量を可変し調整を行う制御であり、専用の降雪検知器でないと対応できない制御である。

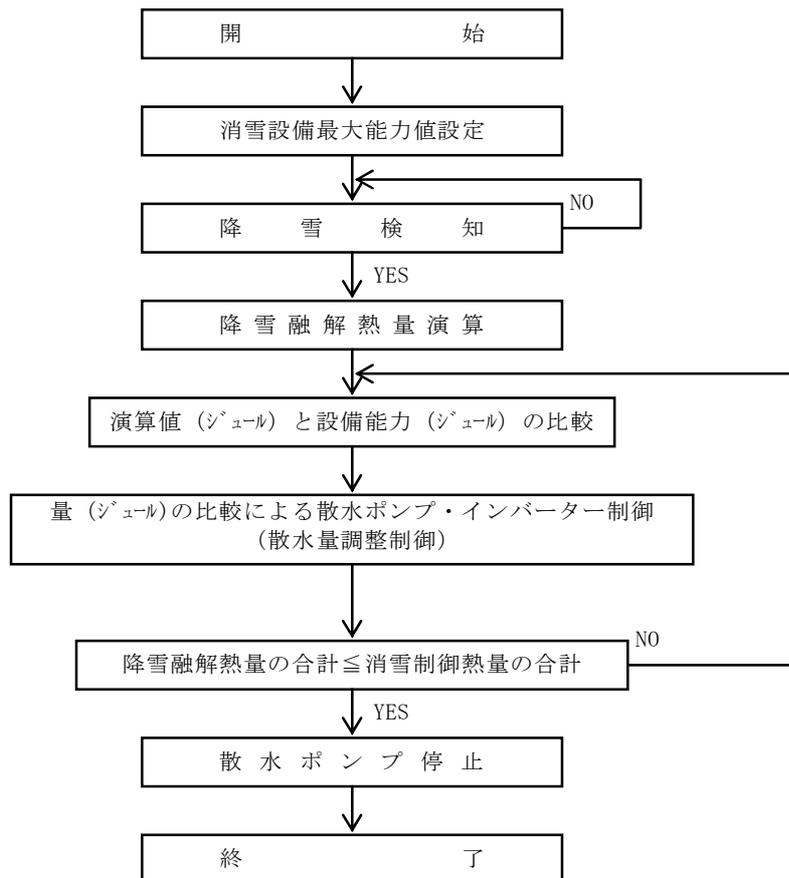
降雪量はその都度変化し、消雪設備の散水量を抑制できる時間が相当あり抑制した散水量で水源の保全に貢献する。

散水量調整技術は、降雪の融解熱量を計測した結果と融雪設備の融解能力を演算して散水量を決定する制御方式であり、理想的な融雪設備の自動制御である。

この散水量調整制御に用いる降雪融解熱量計測制御装置は、降雪状態の変化を降雪融解熱量信号で記録可能であり、制御装置本体には、融解に要した熱量を積算する機能を有し、年間に要した全降雪融解熱量も知ることができる。

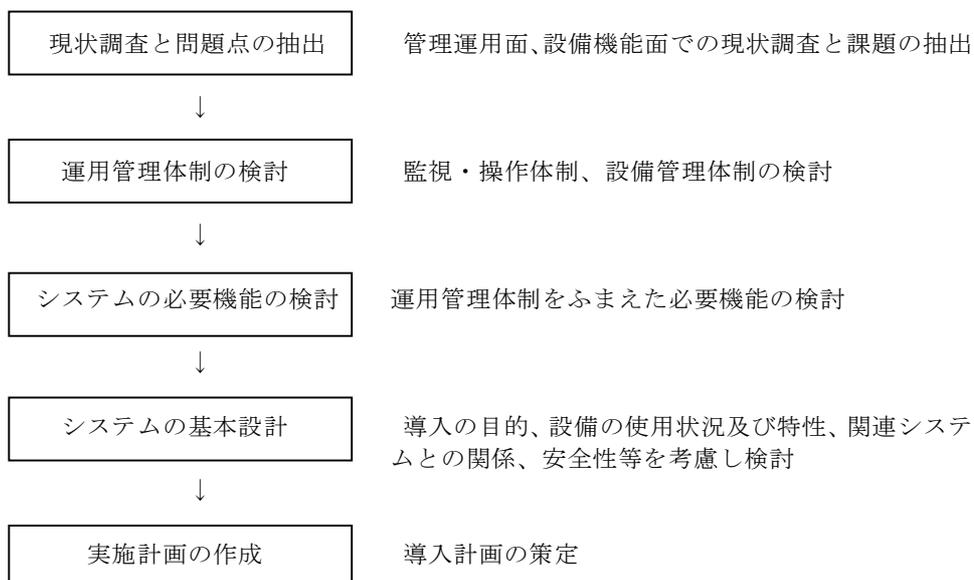
この制御方法を採用するにあたって、水源等の現場条件、コストについて検討する必要がある。また、散水量調整制御を採用する場合、路肩散水方式の融雪設備では必要に応じて散水飛距離一定ノズルの検討が必要である。

散水量調整システムフロー



(3) 遠隔化システム

- 1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること、緊急時対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- 2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



### 3) 導入目的の明確化

遠隔化の導入に際しては、導入目的を明確にし、システム構築のベースにする。導入目的としては次に示す項目が考えられるが、当該地域特性に合わせて明確にすること。

- ① 複数の施設管理の効率化を計る。
- ② 降雪開始に対する初期対応の迅速化及び降雪中の的確な状況把握を計る。
- ③ 合理的な散水運転により取水量を制限する。
- ④ 自動運転が異常の場合に遠隔から手動運転を行う等の施設異常時の迅速な緊急対応を計る。
- ⑤ 故障発生時の迅速な緊急復旧を計る。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 6、33)参照。

### 4) 基本計画

#### ① 現状調査による課題の明確化

既設散水設備も対象になる場合には、これらの管理体制、設備内容、運転記録、故障・点検整備記録、管理帳票類について現状調査を行い、課題を明確にする。

#### ② 遠隔化の目標レベルと階層別機能の設定

導入目的、現状調査を基に遠隔監視を行う、あるいは遠隔監視操作を行う等の遠隔化の目標レベルを設定し、散水設備側及び管理所等の各階層毎の必要機能を設定する。

機能としては、気象情報収集機能、安全確認機能、監視機能、操作機能、記録管理機能、故障対応支援機能等から選定する。

監視、計測、制御等の管理項目の例を表4-3-6(1/2)(2/2)に示す。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 10、39、41)参照。

#### ③ 設備の改修計画

遠隔化に伴う散水設備機器の新設、増設、改造、整備等を検討する。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 65)参照。

#### ④ 全体システム構成とネットワークの構築

散水設備及び管理所側設備条件に応じた階層管理形態を基にシステムの構成及びハード仕様、ソフト機能を選定する。

ネットワークの構築は、光伝送システムを前提として計画する。この場合接続機器等については、「電気・通信編」を参考に整合を計ること。

なお、光ケーブルの敷設計画の有無あるいは敷設の進捗状況等によっては一般専用回線、公衆デジタル回線(I S D N回線)、専用デジタル回線等の通信公共回線を検討するものとする。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 68、79)参照。

表 4 - 3 - 6 管理項目の例(1/2)

設備名称	機器名	計測項目	監視	計測	制御	安全監視	重要度	備考
消雪設備	計装機器関係	風向		○			○	
		風速		○			○	
		気温		○			○	
		路面温度		○			◎	
		降雨量		○			○	
		降雪量		○			○	
		散水温度		○			○	
		風速値警報	○				○	
		気温値警報	○				○	
		路面温度値警報	○				◎	
		降雨量値警報	○				○	
		降雪量値警報	○				○	
		散水温度値警報	○				○	
		風向計故障	○				○	
		風速計故障	○				○	
		気温計故障	○				○	
		路面温度計故障	○				◎	
		降雨量計故障	○				○	
		降雪量計故障	○				○	
		散水温度計故障	○				○	
消雪設備	水槽関係	流入水量		○			○	
		井戸水位		○			◎	
		流入水量値警報	○				○	
		井戸水位値警報	○				◎	
		水槽内状況					○	映像監視
消雪ポンプ関係		吐出流量		○			○	
		吐出圧力		○			○	
		モーター電流		○			○	
		吐出流量値警報	○				○	
		吐出圧力値警報	○				○	
		モーター電流値警報	○				○	
		運転	○				◎	
		始動中	○				○	
		各種故障	○				◎	原則として個別監視
		操作場所 機側/遠方	○				○	
		制御モード 自動/手動				○	○	
		操作指示 運転/停止				○	○	
		操作指示 非常停止				○	○	
		機械周辺状況					○	映像監視
		中央操作室状況					○	映像監視
路面状況(凍結・散水状況)					○	映像監視		

注記 重要度：◎は、重要度が高い項目を示す。

表 4-3-6 管理項目の例(2/2)

設備名称	機器名	計測項目	監視	計測	制御	安全監視	重要度	備考
消雪設備	弁関係	開度 全開 全閉 各種故障 操作指示 開/閉/停止	○ ○ ○	○			○ ◎ ◎ ◎ ○	原則として個別監視
	受変電・自家発電機器	主幹電圧 消雪時間 非常受電 直流電源電圧 自家発電電圧 自家発電電流 自家発電周波数 停電 各種故障 電気室周辺状況 タイマー 入 タイマー 切	○       ○ ○	○   ○ ○ ○			○ ◎  ○ ○ ○ ○ ○ ◎ ◎ ○ ○	消雪電力契約の停止時間を表示する 上記停電中の緊急時に強制受電する   原則として個別監視 映像監視 盤内の運転時間設定タイマーを遠隔 で入・切する
	その他	設備点検中 保温ヒータ自動 入/切 保温ヒータ 通電中	○  ○				○ ○ ○	

注記 重要度：◎は、重要度が高い項目を示す。

## 7. 節水型消雪施設(参考)

### 7-1 計画一般

地下水の有効利用(節水)を図るため、降雪量に応じた取水および散水量の調整、散水された消雪水の回収・再利用等節水対策の検討を行うものとする。

[解説]

#### (1) 散水と消雪の実態

第2節3-3で求めた必要散水量はあくまで設計対象降雪に対する適正な水量であり実際の散水消雪の対象とする降雪量は設計対象量より下回る場合が多く、かなりの散水時間において過剰な量を散水していることになる。

また、必要散水量は夜間の降雪の激しい時期での消雪条件を対象とした場合が多く、日中においては、気温、日射の影響、さらに通行車両も多く、消雪にとってプラスの要因が強く表れることが実験調査でも確認され節水の可能性が残されている。

#### (2) 地下水源の実態

地下水利用の消雪パイプは昭和30年後半から普及し、現在では消雪施設の中心的な存在となっている。しかし、地下水の大量汲み上げにより、地域によっては地下水の枯渇や、地盤沈下等の問題が生じている。

このため公害防止条令により地下水の取水を規制している地域があるので計画にあたっては十分留意するとともに、規制のない地域であっても、その主旨を十分考慮して地下水の有効利用に努めなければならない。

#### (3) 節水対策

効率的な散水と地下水の有効利用を図るため、節水対策は今日非常に重要な課題であり、十分な検討が必要である。

### 7-2 節水の方法

節水型消雪施設には、次のような施工例があるが計画に際しては、地域の地下事情に応じて各々を組み合わせる検討を行うものとする。

- (1) 散水量の調整
- (2) 取水量の調整
- (3) 回収水等との混合水を利用
- (4) 地下水熱を利用

[解説]

節水型消雪施設には各種あるが、次にその一例を記述する。

#### (1) 交互散水方式

散水系統を二分割し、それぞれの分岐点に電動バルブを設け、自動タイマーによって片方向ずつ散水を行うものである。一斉散水に比べ同一取水量で二倍の延長を散水することができる。

しかし、山間部等降雪強度が大きく、夜間交通量の少ない地域では消雪に支障が出るおそれがあるので採用にあたっては実績などを参考とした検討が必要である。

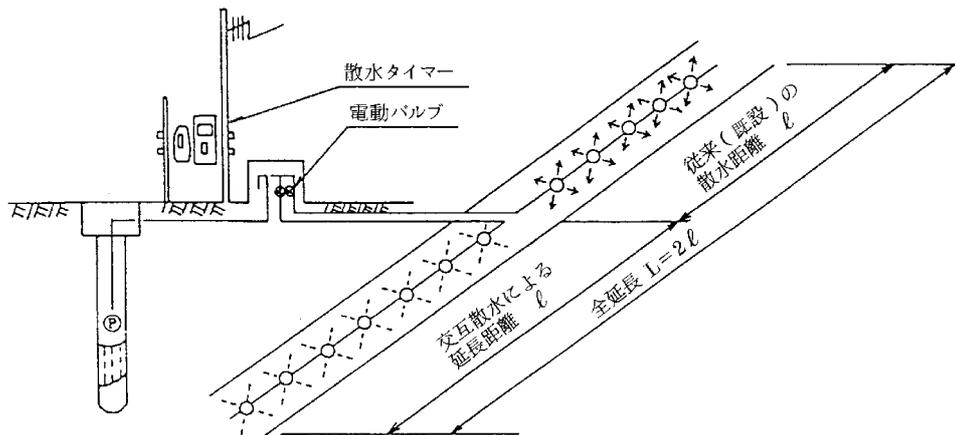


図 4-3-7 交互散水方式の概要

(2) 散水量調整方式

- 1) 気象検知器(降雪、気温等)と還元電動バルブを連動させ散水量を制御する方法  
この方法は、検知器で感知した降雪強度および気温がある条件内で自動的に還元電動バルブを作動させることにより取水量の一部を井戸に還元し、散水量を制御するものである。
- 2) 気象検知器周波数変換器などを連動させ降雪強度に応じ散水量を調節する方法  
この方法は降雪強度に応じ周波数制御によりポンプの回転数を変えて取水量を制御するものである。

(3) リサイクル方式

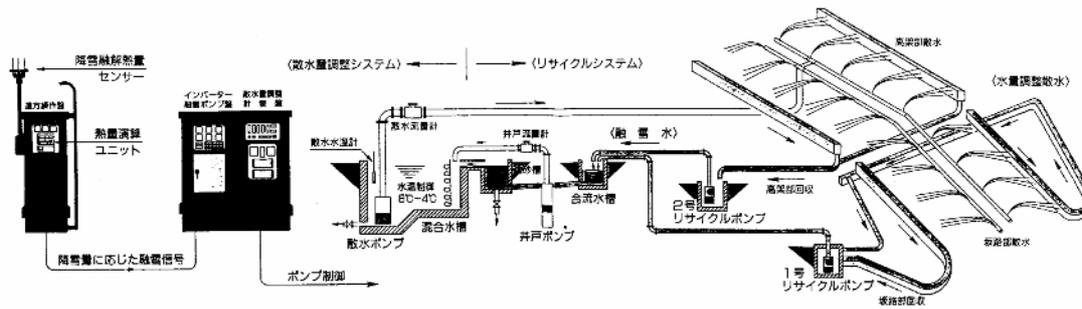
水源の水利用が十分できないところでは、散水した水を回収し井戸から取水した井戸水と混合させて昇温して再散水を行うものである。

(4) 熱交換散水方式

地下水の汲み上げの規制のあるところでは、直接井戸から取水した地下水を熱源として、熱交換器により河川水等地下水以外の散水用の水を温め、地下水は熱交換器通過後に還元弁を介して再び地下へ還元を行うものである。

この方式には、取水井と還元井を共用させた 1 本井戸方式と取水井と還元弁を分けた 2 本井戸方式がある。

### 7-3 節水型消雪施設の実施例



操作盤



混合水槽・合流水

下荒井高架橋消雪設備

#### 消雪水リサイクルシステム

散水した水を側溝を通して集水し、リサイクルポンプを介して合流水槽に回収し、合流水槽にて荒ゴミを取った後、沈砂槽にて除砂・除塵し混合水槽に返却する。

返ってきた消雪水は、雪により熱を奪われ、再度散水するには低温過ぎるため、目標水温(6℃)になるように地下水を補給し再び散水する。

「消雪水リサイクルシステム」は、このように散水を回収し再度利用することで、地下水の使用量を削減するシステムである。

#### 散水量調整システム

熱量センサーにより降雪の融解熱量を計測し、熱量演算ユニットに伝え、熱量演算ユニットは計測した融解熱量値と設備の融解能力値とを比較し、設備能力制御値を出力する。(比較の結果、融解熱量値が融解能力値に満たない場合は設備抑制運転の出力を、融解能力値を上回った場合は設備能力の100%の運転を出力し、不足する熱量は降雪終了後の延長運転として出力する。)設備能力制御値の指令を受けたインバーターは、降雪強度に見合った必要水量を無段階散水する。

「散水量調整システム」は、このように無駄をなくし降雪強度に即した完全融雪を行うシステムである。

下荒井高架橋散水融雪設備は、上記の「消雪水リサイクルシステム」と「散水量調整システム」の2つのシステムを併用することにより、従来設備と比較すると地下水の使用量は約1/3の水量で完全消雪を可能にしている。

## 8. 無散水型融雪施設(参考)

### 8-1 概要

無散水融雪は舗装路面等に放熱管、電熱線等を埋設し、放熱管は管内へ地下水や温水を循環させ電熱線は電気を通電することにより、熱エネルギーを得これにより融雪を行うものである。

[解説]

#### (1) 融雪設備の構成

システムとしての構成は熱源設備、融雪装置、舗装版、制御装置であり利用する熱源設備により舗装路面へ埋設する放熱材が決定される。

#### (2) 融雪設備の設置箇所

現在の近畿地方整備局での設置箇所の一例を記載する。

- ・トンネル坑口等の路面条件が急激に変化する場所
- ・駐車場、チェーン着脱場等
- ・消雪の流末処理部

### 8-2 融雪の方法

融雪設備には次のような実施例があるが計画に際しては、現場の状況、維持管理方法及びコスト面も含めて検討を行うものとする。

#### (1) 温水利用(ヒートポンプ等)

#### (2) 地下水熱利用

#### (3) 地中熱利用

#### (4) 電熱利用

[解説]

融雪施設の一例を記述する。

#### (1) 温水利用

燃料を使用するボイラー、ヒートポンプで加熱した温水(不凍液等)を、舗装に埋設されたパイプ(放熱管)に循環させ路面を融雪する方式である。

集熱・放熱方式としては、ボイラー温水を直接放熱管へ通す直接式と循環温水にヒートパイプの一端を浸して路面へ伝えるヒートパイプ式がある。

#### (2) 地下水熱利用

井戸から汲み上げた地下水等を熱源とし、地下水の持つ熱エネルギーを利用する方法である。集熱・放熱方式としては地下水を直接舗装に埋設された放熱管に通す方式と、地下水の熱を熱交換器、ヒートポンプ等を介して舗装に埋設されたパイプを循環する不凍液に伝える方式がある。

#### (3) 地中熱利用

地中熱を利用して融雪を行う方法で、火山帯など特に地熱の高い地域以外でも利用可能であるが、熱出力は高くないため、気象条件や施設規模の点で制限がある。集熱方式としては、深層地中熱を利用するもの、浅層地中熱を利用するものがある。

#### (4) 電熱利用

舗装に電気抵抗体(電熱ケーブル、面状発熱体等)を埋設し、これに通電し電気を熱に返還することで路面の温度を上昇させ、融雪する方式である。

この方式の特徴は設置における制限が少なく自由度が大きいこと、いかなる気象条件にも対応できること、付属設備がシンプルでコンパクトであるためスペース上の制約がないこと、この様に適用範囲という面では他の方式に比べて優れてはいるが、ランニングコストが高価なことから省エネを考慮した制御などが必要である。

(5) 無散水融雪施設の計画、施設設計(放熱方式・熱源設備)については、  
路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P157～P188 に記述されている  
ので参照の事。

## 第4節 修繕工事への対応(参考)

### 4-1 消雪設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用すべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下(過去の故障・修繕履歴)、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保(施設の種別、規模、地域性)

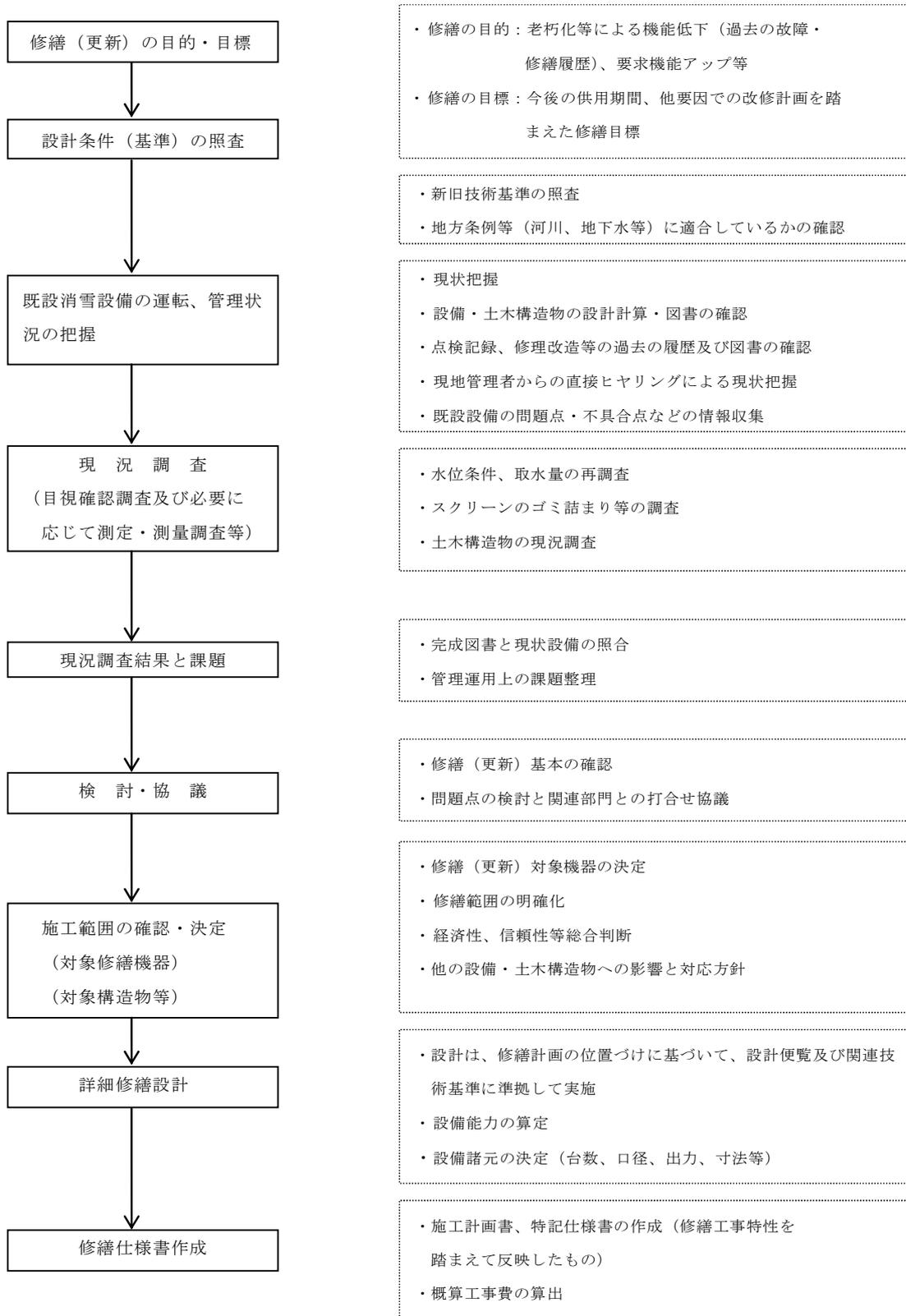
#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果(経済性)

(次頁に、消雪設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す)

## 消雪設備修繕(更新)時における計画検討フロー図(参考)

消雪設備の修繕(更新)時の業務手順フロー例を示す。



## 第 5 章 道路排水設備

## 第5章 道路排水設備

### 第1節 一般事項

#### 1. 適用範囲（標準）

この設計便覧は、近畿地方整備局において施工する道路管理施設としての道路排水設備のうち、ポンプ口径 500 mm以下の水中ポンプについて適用する。

〔解説〕

- 道路排水設備を設置する必要がある箇所は、次のとおりとする。
  - 地下横断施設（アンダーパス）
  - 地下道
  - その他、強制排水を必要とする箇所
- 水中ポンプ以外のポンプ設備については、「揚排水ポンプ設備技術基準（案）」を参照する。なお、第4節 参考資料 400mm, 500mm の水中ポンプ設備については、同解説より引用した。
- 関連諸法規等は以下のとおりである。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
道路構造令	平成 23 年 12 月	国土交通省
労働安全衛生規則	平成 24 年 1 月	厚生労働省
日本工業規格（JIS）	加除式	（社）日本工業規格
電気規格調査会標準規格（JEC）	加除式	（社）電気学会
日本電機工業会標準規格（JEM）	加除式	（社）日本電気工業界
電気設備に関する技術基準を定める省令	平成 23 年 3 月	経済産業省
内線規定	平成 17 年 9 月	日本電気協会
日本水道協会規格（JWWA）	加除式	（JWWA）
鋼構造設計基準	平成 17 年 9 月	日本建築学会
揚排水ポンプ設備技術基準（案）	平成 13 年 2 月	国土交通省
揚排水ポンプ設備設計指針（案）	平成 13 年 2 月	国土交通省
道路管理施設等設計指針（案）	平成 15 年 7 月	国土交通省
道路管理施設等設計要領（案）	平成 15 年 7 月	国土交通省
道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	平成 15 年 6 月	日本建設機械化協会
揚排水ポンプ設備技術基準（案） 同解説	平成 13 年 2 月	河川ポンプ施設技術協会
揚排水ポンプ設備設計指針（案） 同解説	平成 13 年 2 月	河川ポンプ施設技術協会
道路土工 排水工指針	昭和 62 年 6 月	日本道路協会
公害防止に関する法律及び条例	—	
その他、関係法令及び規則等	—	

## 第2節 計 画

### 1. 計画、設計（標準）

1. 計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

#### 1-1 機能・信頼性

- 1) 雨水及び湧水等を遅滞なく確実に排水し、道路の冠水を守ること。
- 2) 信頼性の高いシステム構築を図るよう予備機や自家発電設備等を考慮すること。
- 3) 排水ポンプやポンプ槽の選定は排水システムの検討をすること。

#### 1-2 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

#### 1-3 コスト・メンテナンス性

- 1) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮する。
- 2) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。
- 3) メンテナンス性の向上・維持管理費の縮減を考慮すること。

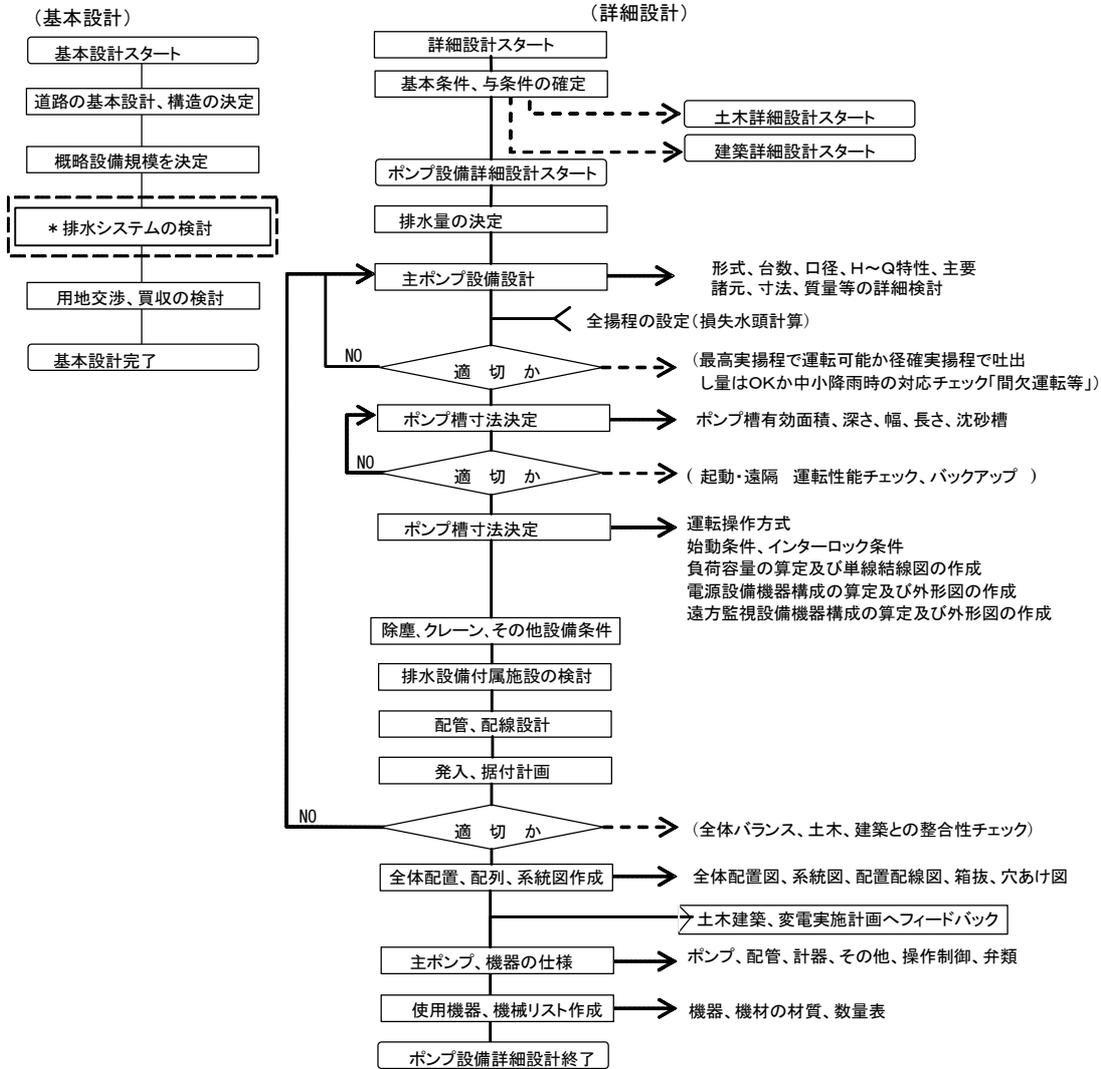
1-4 計画フロー

計画に当たっては、関連施設を含めた総合的な検討を行うものとする。

〔解説〕

計画・手順は概ね次のようなフローになる。

\*排水システムの検討は、次ページに別フローで示す。



排水システムの選定に当たっては、ごみの閉塞性の面から、ポンプ設備、配管設備、流入路、排水路等の一貫した検討を行うものとする。

〔解説〕

道路排水設備のポンプ選定にあたっては、下表を参考とする。

道路排水設備排水システム選定表

対象設備	アンダーパス排水設備	地下横断歩道排水設備 貯留池排水設備
0.6m <sup>3</sup> /min (φ100以下)	設置形式：着脱式 羽根車形式：ボルテックス	
	設置形式：着脱式 羽根車形式：ボルテックス	設置形式：着脱式 羽根車形式：ノックロック*
2.0m <sup>3</sup> /min (φ200以上)	設置形式：コラム式 羽根車形式：スクリー形式	設置形式：着脱式 羽根車形式：ノックロック

注1) 地下横断歩道設備、貯留池排水設備においても、ゴミ・土砂等の流入を考慮する必要がある場合は、コラム式スクリー形式を採用する。

注2) コラム式スクリー形式とは、「コンパクト型無閉塞 道路排水システム」の排水システムを指す。

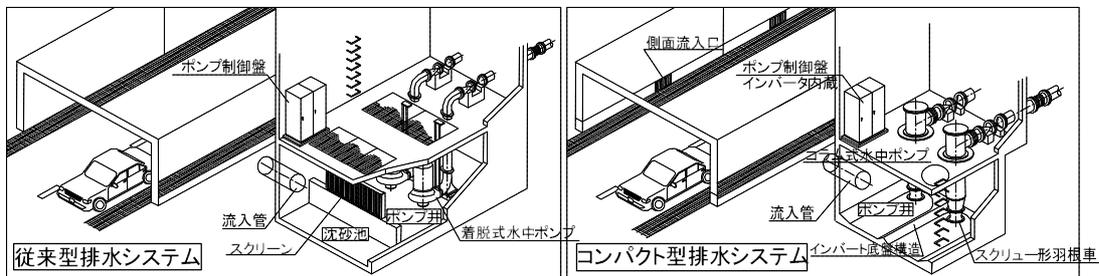
○コンパクト型無閉塞 道路排水システムは、下記の設備を有するシステムとする。

- ・側面流入口
- ・ポンプ無閉塞羽根車（最小固形物通過径 100mm 以上）
- ・コラム式水中ポンプ
- ・インバータ起動装置
- ・インバート底盤構造

○コンパクト型無閉塞 道路排水システムの導入目的は下記の4点である。

1. ゴミ通過性の向上
2. 排水能力の向上（主に更新工事を対象とする）
3. 設置スペースの縮小（主に新設工事を対象とする）
4. 維持管理の省力化

○従来型道路排水システムとコンパクト型無閉塞道路排水システムの概略図を下図に示す。



## 2. 排水量の決定（標準）

排水総量は、雨などによる降水量及び地下水などによる浸透水量と、流入形態を考慮して決定するものとする。

〔解説〕

1. 雨水流出量の算定は、「設計便覧（案）第3編道路編」第4章排水による。
2. 浸透水量は、地下横断施設の掘削時に湧水の量を測定して決めるが、測定不能の場合は、「道路管理施設等設計要領（案）」P.100による。

## 第3節 設 計

### 1. ポンプ（標準）

#### 1-1 ポンプ形式

排水ポンプの形式は、水中ポンプを標準とする。

〔解説〕

1. ポンプの口径、外形寸法、吐出量等は、後掲の水中ポンプ設備一覧表以下の資料による。
2. 従来型道路排水システムの設置形式は、着脱式を標準とする。
3. コンパクト型無閉塞道路排水システムの設置形式は、コラム式を標準とする。

#### 1-2 ポンプ台数

排水ポンプは、複数台設置とし、内予備機1台を置くことを原則とする。

〔解説〕

1. ポンプの設置台数は、予備機を含め、2台以上設置する。
2. ポンプの設置台数は、計画雨水量の時間的変動とポンプの性能、運転頻度、運転時間等により定め、できるだけ同一容量、同一性能のポンプで、台数を少なくする。  
しかし、流入量の変動により、分割台数を増やすか、または容量の異なる大小ポンプの運転組合せにより、経済的な運転効率を高める検討を行う。
3. 施設の重要性を考え、安全率を高めるために、計画流入量に対して分割台数を決定し、そのほかに同一容量の予備ポンプ1台を設けることを標準とする。

#### 1-3 ポンプ口径

ポンプ口径は、吐出量と管内流速を考慮して求める。

〔解説〕

1. ポンプ口径は、次の式により求める。

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

ここに、D：ポンプ吐出口径（mm）

Q：ポンプ吐出量（m<sup>3</sup>/min）

V：吐出口の流速（m/sec）

2. 流速は、一般的には、1.5～3.0m/secを標準とする。
3. ポンプ口径は、標準的なポンプ口径のなかから採用する。
4. 表5-3-1(a)に、標準的なポンプ口径と吐出量の関係を示す。

表 5-3-1(a) 水中ポンプの吐出量範囲

口 径	最小吐出し量 (m <sup>3</sup> /min)	最大吐出し量 (m <sup>3</sup> /min)	最小流速 (m/sec)	最大流速 (m/sec)
40	0.110	0.220	1.46	2.92
50	0.180	0.360	1.53	3.06
65	0.280	0.560	1.41	2.81
80	0.450	0.900	1.49	2.99
100	0.710	1.400	1.51	2.97
150	1.800	3.550	1.70	3.35
200	2.000	5.000	1.06	2.65
250	4.000	8.500	1.36	2.89
300	4.800	12.000	1.13	2.83
350	8.000	17.500	1.39	3.03
400	12.000	22.800	1.59	3.03
500	22.800	36.000	1.94	3.06

出展資料

口径：40～150……………JIS B 8325

口径：200, 250, 350……………設計便覧

口径：300～500……………揚排水ポンプ設備設計指針（案）同解説

5. 表 5-3-1(a)は、概略数値を示すもので基本設計時のポンプ口径仮決定等に使用するものとする。

実施設計に当たっては、ポンプ揚程を考慮してポンプ口径の再検討を行う。

#### 1-4 ポンプ揚程

ポンプの全揚程は、実揚程に損失水頭を加えて決定する。

〔解 説〕

1. 全揚程は、次の式により求める。

$$H = H_a + H_\ell$$

ここに、H : 全揚程 (m)

$H_a$  : 実揚程 (m)

$H_\ell$  : 全損失水頭 (m)

(管路、弁、放流などにおける諸損失水頭)

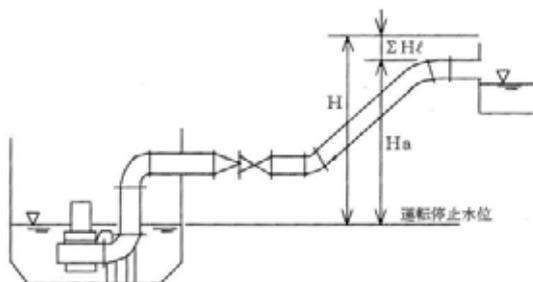


図 5-3-1(a) ポンプの全揚程

2. 全損失水頭の計算は、「道路管理施設等設計要領（案）」P.58～P.61による。

1-5 ポンプ動力

ポンプの軸動力は、吐出量、全揚程、ポンプ効率により求められ電動機出力はこれに余裕率を考慮して求める。

[解説]

1. ポンプ軸動力は、次式により求める。

$$P = \frac{0.163 \times \rho \cdot Q \cdot H}{1000 \times \eta_p}$$

ここに、P : ポンプ軸動力 (KW)

$\rho$  : 水の単位体積当り質量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) = 1000 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Q : 吐出量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

H : 全揚程 (m)

$\eta_p$  : ポンプ効率

2. (参考) ポンプ効率  $\eta_p$  の値は、ポンプの種類、形式、大きさなどによって異なる。

(1) 図5-3-1(b)に、汚水用水中ポンプの吐出量に対するポンプ効率を示す。

ここで、A効率はポンプの最高効率を、B効率は規定吐出量におけるポンプ効率を示すが、ポンプ軸動力の算出には、一般的にはA効率を用いる。

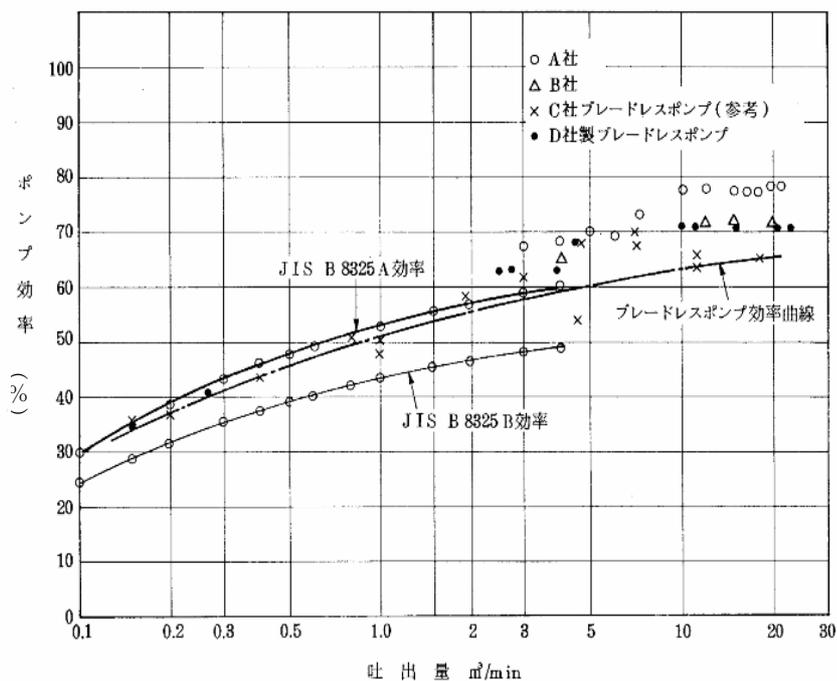


図5-3-1(b) 汚水ポンプ効率線図

(2) コラム式スクルー形ポンプ効率は下表による。

口径(mm)	200	250	300	350	400	500
効率 (%)	58	59	60	62	63	66

3. 電動機所要動力は、次式により求められる。

$$P_n = P (1 + \alpha)$$

ここに、 $P_n$  : 電動機容量 (KW)

$P$  : ポンプ軸動力 (KW)

$\alpha$  : 余裕係数

電動機	1.5KWまで	0.3
	1.5～5.0KW	0.2
	5.0～10.0KW	0.15
	10.0KW以上	0.1

4. 電動機所要動力を決定する場合、上記の式で算出した値と後掲の水中ポンプ性能表から選定したモータ出力を比較し小さいほうを用いる。

(小口径ポンプにおいて、上記の式では過大になることがある。)

## 2. 沈砂池(標準)

### 2-1 沈砂池

ポンプ槽への土砂などの流入を防ぐために、沈砂池を設けることを標準とする。  
ただし、コンパクト型無閉塞道路排水システムを採用の場合は、その限りではない。

[解説]

1. 沈砂池は排水路などへの土砂の堆積を防止するとともに、ポンプの摩耗や運転障害の軽減を図るために設けるものである。

2. 沈砂池の流速は、0.5m/sec以下とする。

流速を必要以上にゆるやかにすると、細かい有機物まで沈澱し、また、流速が大で底部流速が洗掘流速を超えると、いったん沈澱した砂粒子を再び浮揚することとなる。

土砂類をそのまま保有して流下していく限界流速は、表5-3-2(a)のとおりである。

(資料) 表5-3-2(a) 土砂類を流下して行く限界流速

比重	平均流速 (m/sec)	比重	平均流速 (m/sec)
1.26	0.38 ~ 0.45	2.12	0.60 ~ 0.68
1.33	0.45 ~ 0.52	2.18	0.68 ~ 0.75
2.00	0.52 ~ 0.60	2.66	0.75 ~ 0.82

(「下水道施設設計指針と解説」より)

3. 沈砂発生量は、流入雨水の状況で異なり都度算定する。

### 2-2 除砂設備

沈砂池内には、設備の規模に応じて、流入土砂などを除去するための除砂設備を設けることがある。

[解説]

1. 除砂設備としては、次のものがある。

(1) サンドポンプ設備

(2) 手動式かき上げ設備

(3) その他、清掃車などによる除砂

2. サンドポンプ設備を沈砂池内に設置して除砂する場合、サンドポンプの稼働時間は、排水ポンプ停止後の一定時間とするが、沈砂量が多いところでは排水ポンプ運転中も除砂するほうが望ましい。

### 3. ポンプ槽（標準）

#### 3-1 ポンプ槽

ポンプ槽は、水流の乱れが起きないように形状とし、流入口の位置、ポンプ容量、ポンプ配置などを考慮して決定する。

#### 〔解説〕

1. ポンプ槽とその流入口は、構造、形状、大きさおよびそれぞれの関係位置が適当でないとポンプ槽内で水流の乱れが生じて空気を吸込み、ポンプ運転状態が不安定となる。この状態で運転を継続すると揚水不能となることがある。

一方、ポンプ槽容量が十分でない場合、吸水位の変動が激しくポンプの始動停止の頻度が高くなり、雨天時にポンプの運転操作が困難になり、また、機器の損耗を早めるなどポンプの運転、保守上好ましくない。

このため、ポンプ槽の計画にあたっては、形状、ポンプ槽容量、ポンプの容量、台数、配置などを十分に考慮する必要がある。

2. コンパクト型無閉塞道路排水システムを採用する場合には、ポンプ槽底部はインバート構造とし、流入した砂がポンプ排水と同時に排出できるようにする。

#### 3-2 ポンプ槽の形状

ポンプ槽の形状は、つぎの事項を十分検討の上決定する。

(1) 流速の急激な変化が起こるような水路断面積の変化をさける。

(2) 流れ方向を急に変えるような形状をさける。

(3) 各ポンプ間には相互の渦が干渉しないように適当な阻流板、整流壁などを設けることがある。

#### 3-3 ポンプ槽の配置

ポンプの設置間隔は、吸込部分の水理条件により決定すべきであり、通常はポンプの間隔およびポンプ槽壁面との間隔は、ポンプの吸込口径を基準として定められている。しかし水中ポンプでは形式によりポンプ口径、吸込口、ポンプ外装径に大きな差があるため、それぞれの寸法について検討する必要がある。

小規模設備では、水中ポンプの配置寸法のほかに維持管理等で作業ができるスペースを考慮する。

(1) ポンプ槽と吸込口の配置の例（参考）

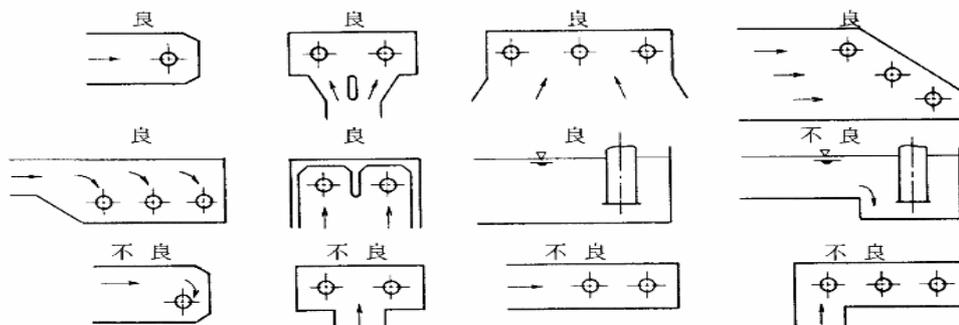
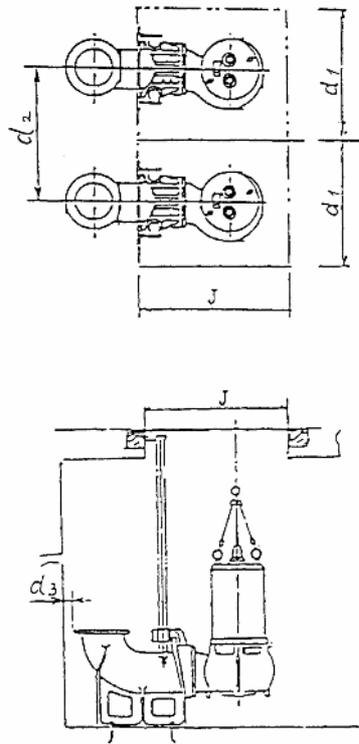


図 5-3-3 (a) ポンプ槽と吸込口の配置の例

(2) うず巻水中ポンプの場合

水中ポンプの配置寸法の最小値は、下記を標準とする。



- $d_1$  = ポンプとポンプ槽の間隔
- $d_2$  = ポンプとポンプの間隔
- $d_3$  = 配管とポンプ槽壁の間隔
- J = ポンプ引上げ穴長さ

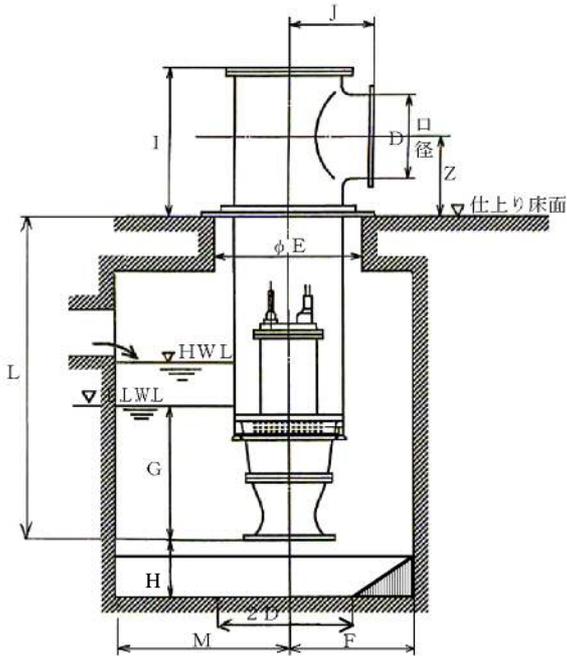
図 5-3-3 (b) 水中ポンプ配置図

表 5-3-3 (a) 水中ポンプ配置寸法表

ポンプ口径 (mm)	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	$d_3$ (mm)	J (mm)	備考
40	400	400	50	550	
50	400	400	50	550	
65	400	400	50	550	
80	600	600	80	700	
100	600	600	80	700	7.5kw以下
	700	700	80	800	11kw以上
150	850	850	100	1,200	
200	900	900	100	1,200	
250	1,000	1,000	100	1,400	
300	1,200	1,200	100	1,400	
400	1,400	1,400	100	1,700	
500	1,700	1,700	100	2,000	

(3) コラム式スクリー形ポンプの場合

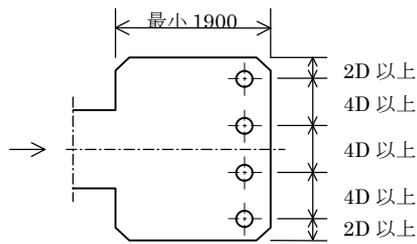
① コラム式スクリー形ポンプの主要寸法 (参考)



口径D	200	250	300	350	400	500
E	600	700	800	900	1000	1200
F	400	500	600	700	800	1000
G	300	375	450	525	600	750
H	200	250	300	350	400	500
I	600	700	800	900	1000	1200
J	500	550	600	650	700	800
Z	300	350	400	450	500	600
L min	1500	1500	1600	1700	1800	2000
M min	1600	1650	1650	1700	1700	1750

底面はポンプ位置直下の直径 2 D の範囲は平坦とし、その周辺は 30° の上り勾配をつける。

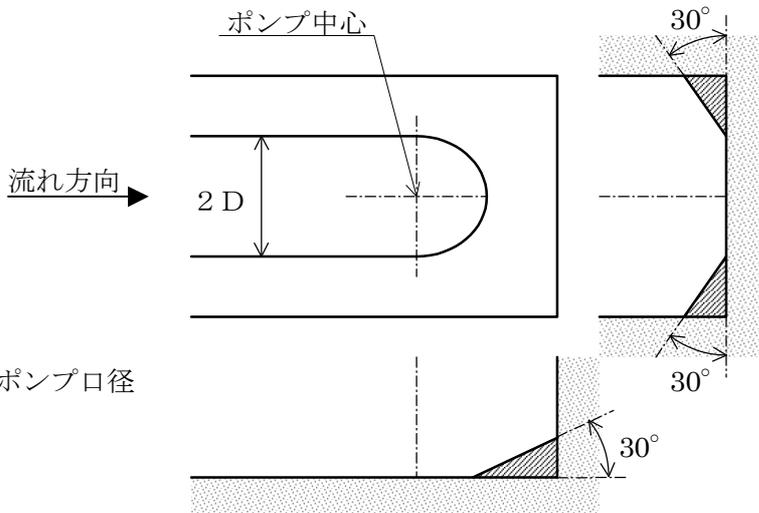
平面



本図は水理上の最小寸法を示すものであり、設計にあたってはメンテナンススペースを考慮して平面配置を決定するものとする。

② ポンプ槽底部のインバート構造 (参考)

ポンプ槽の底部に設けるインバート構造は下図の通りとする。



D : ポンプ口径

### 3-4 ポンプ槽容量-最低連続運転時間

ポンプ槽の有効容量は、計画排水量、ポンプ容量、台数、沈砂池との関係位置と経済性を考慮して定める。

[解説]

#### 1. 最低連続運転時間に対する有効容量

ポンプ槽の有効容量

$$V_a = A_1 \cdot h \quad (\text{m}^3)$$

$$V_a : \text{ポンプ槽の有効容量} \quad (\text{m}^3)$$

$$A_1 : \text{ポンプ槽の有効断面積} \quad (\text{m}^2)$$

$$h : \text{制御幅} \quad (\text{m})$$

$$Q_1 : \text{ポンプ槽への流入量} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$Q : \text{ポンプの吐出量} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$Q_1 / Q = \beta : \text{流入、流出の比}$$

とすると、ポンプの運転時間、休止時間はつぎの関係で求められる。

運転時間 ( $T_1$ )

$$T_1 = \frac{V_a}{Q-Q} = \frac{V_a}{Q} \times \left[ \frac{1}{1-\beta} \right] \quad (\text{min})$$

休止時間 ( $T_2$ )

$$T_2 = \frac{V_a}{Q_1} = \frac{V_a}{\beta \cdot Q} \quad (\text{min})$$

したがって、ポンプの運転周期（ポンプが始動停止後に、つぎの始動に入るまでの時間間隔） $T$ は、つぎの式で求められる。

$$T = T_1 + T_2 = \frac{V_a}{Q} \left[ \frac{1}{1-\beta} + \frac{1}{\beta} \right] \quad (\text{min})$$

$T$ が最小となる $\beta$ を求めると、 $\beta = 1/2 (Q = 0.5Q_1)$ となる。

したがって、流入量が吐出量の半分のときポンプの運転周期が最短となり、始動・停止の頻度が最も高くなる。

この場合でもポンプが支障なく運転できるような $T$  ( $T_{\min}$ )を与え、ポンプ槽の最小有効容量 $V_{\min}$ を求めると、

$$V_{\min} = \frac{Q \times T_{\min}}{4} \quad (\text{m}^3)$$

となり、ポンプ槽の有効容量は $V_{\min}$ 以上になるように計画する必要がある。

この場合、ポンプの運転・停止の時間は共に同一となる。

$$T_1 = T_2 = \frac{T_{\min}}{2} = \frac{2 \times V_{\min}}{Q}$$

ここで、 $T$ ：運転周期は、ポンプ形式、ポンプ口径などによっても異なるが、標準として $T = 10$ 分とする。なお、現地の状況でポンプ槽が大きくできない場合でも最短時間は $T = 5$ 分とする。

2. ポンプ槽余裕高さは、次の式を標準とする。

$$0.2 \leq h_1 \leq 0.1 h_2$$

ここに、 $h$  : ポンプ槽深さ (m)

$h_1$  : 余裕高さ (m)

$h_2$  : ポンプ運転開始水位 (m)

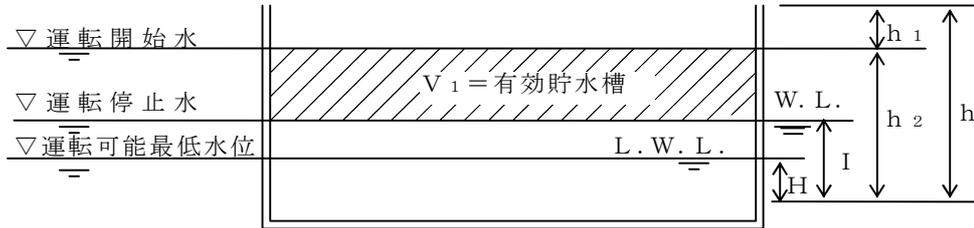


図 5-3-3 (c) ポンプ槽余裕高さ

ポンプ運転停止水位はポンプ側の条件により定める。

水中ポンプの場合、モータ冷却の関係でW.L.は水中モータ天端以上必要となる。

ここでの運転停止水位は、この連続して可能な連続運転可能最低水位 (W.L.) を指す。また、これ以上水位が低下すると空気を吸込み運転不可能な運転可能最低水位 (L.W.L.) がある。

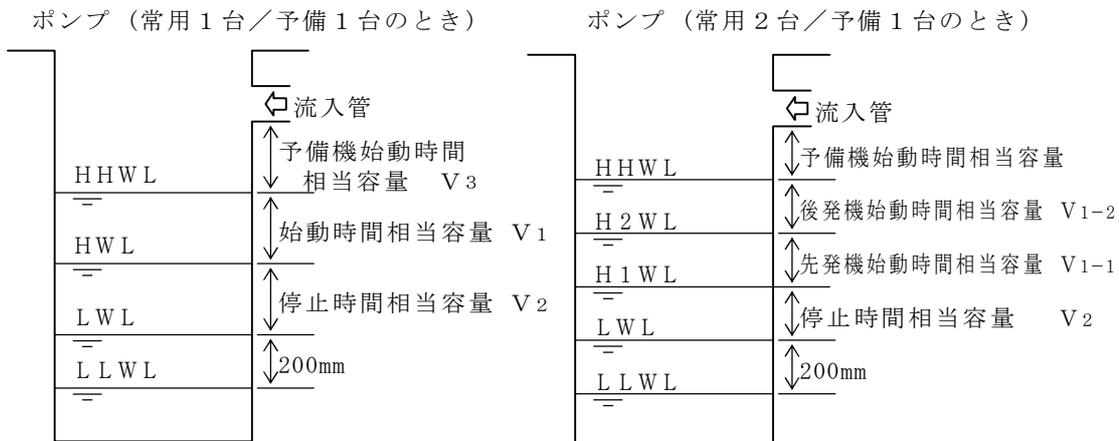
ポンプ槽・土木構造の深さを決める目安値を下表に示す。

連続運転可能最低水位 (W.L.) 及び運転可能最低水位 (L.W.L.) の目安値

口径	40	50	65	80	100	150	200	250
I 寸法	300	370	560	690	720	1000	1000	1200
H 寸法	140	170	250	310	350	460	600	650

### 3. コンパクト型無閉塞 道路排水システムの場合

コンパクト型無閉塞道路排水システムにおいては、ポンプの始動電流をインバータ制御することにより、モータの加熱を抑え、その始動頻度に制約が生じないようにできるため、ポンプ槽内の容量及び水位は、下図のように決定する。



- ・ポンプの始動時間は最長 10 秒とする。
- ・HHWLは流入管底より下方とする。
- ・LWLとLLWLの差を 200mm とする。

### 3-5 コンパクト型無閉塞 道路排水システム採用時のポンプ槽検討例

#### コンパクト型無閉塞道路排水システム採用時のポンプ槽検討例

「常用1台/予備1台の場合」

#### 1. 水設備基本事項

必要排水量を  $10\text{m}^3/\text{min}$  と仮定する。

ポンプ台数は常用1台、予備1台の計台とする。

ポンプ吐出量  $Q_p = 10\text{ m}^3/\text{min} / 1\text{台} = 10\text{ m}^3/\text{min}$

#### 2. ポンプ槽容量

##### (1) 検討基本条件

1) 最大雨水流入時においてもポンプ1台の単独運転とし、必ず1台のポンプが予備機となる。

2) 2台のポンプは自動交互運転とし、トリップしたポンプは自動停止させ、もう一方のポンプに飛び起こし運転させる。

3) ポンプ吐出量は、実揚程が変化しても一定として計算し、集水ピットへの流入量も一定とする。

##### (2) 始動時間相当容量 $V_1$

コラム式水中ポンプはインバータによるソフトスタートを行うため、起動水位を感知してから定格排水量の運転に入るまでに最長10秒を要する。ゆえに、正常にポンプが起動を開始した後も、一時的に水位が上昇するため、異常高位水と起動水位の間に始動時間相当容量  $V_1$  を確保する必要がある。

$$V_1 = Q \cdot T_1 / 60$$

ここで、

$V_1$  : 始動時間相当容量 ( $\text{m}^3$ )

$Q$  : 最大流入量 (= ポンプ吐出量) ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$T_1$  : 始動時間 (秒) インバータ始動の場合 最長10秒とする。

$$V_1 = 10 \times 10 / 60 = 1.67\text{m}^3$$

##### (3) 停止時間相当容量 $V_2$

起動時と同様、停止時にも最長10秒を要する。停止動作中に起動水位を感知する事がないように、停止時間相当容量  $V_2$  を確保する必要がある。

$$V_2 = Q \cdot T_2 / 60$$

ここで、

$V_2$  : 停止時間相当容量 ( $\text{m}^3$ )

$Q$  : 最大流入量 (= ポンプ吐出量) ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$T_2$  : 停止時間 (秒) インバータによる場合 最長10秒とする。

$$V_2 = 10 \times 10 / 60 = 1.67\text{m}^3$$

(4) 予備機始動時間相当容量  $V_3$

先発機に何らかの異常があり、異常高水位警報水位に達した場合、運転機の切り替えを行う。この場合においても、予備機が定格排水運転に入るまでに約 10 秒を要するため、予備機始動時間相当容量  $V_3$  を設けるものとする。

$$V_3 = Q \cdot T_1 / 60$$

ここで、

$V_3$  : 予備機始動時間相当容量 ( $m^3$ )

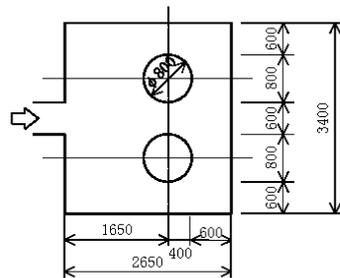
$Q$  : 最大流入量 (= ポンプ吐出量) ( $m^3/min$ )

$T_3$  : 始動時間 (秒) インバータによる場合  
最長 10 秒とする。

$$V_3 = 10 \times 10 / 60 = 1.67 m^3$$

3. ポンプ廻り主要寸法

ポンプ吐出量  $Q_p = 10 m^3/min$  より、ポンプ口径は 300mm とする。コラムポンプ廻りの主要寸法は「コラム式スクリー形ポンプの主要寸法」図を参考として決定し、本検討例における水槽の最小平面寸法は、ポンプ間のメンテナンススペース 600mm を確保して下図とする。



4. 水位の決定

(1) 始動時間相当水深  $h_1$

$$h_1 = V_1 / A$$

ここで、

$h_1$  : 始動時間相当水深 (m)

$v_1$  : 始動時間相当容量 ( $m^3$ )

$A$  : 水槽断面積

$$h_1 = 1.67 \div (3.4 \times 2.65) = 0.185$$

水位計の探知誤差を考慮して、

$$h_1 = 200mm \text{ とする。}$$

(2) 指定時間相当水深  $h_2$

$$h_2 = V_2 / A$$

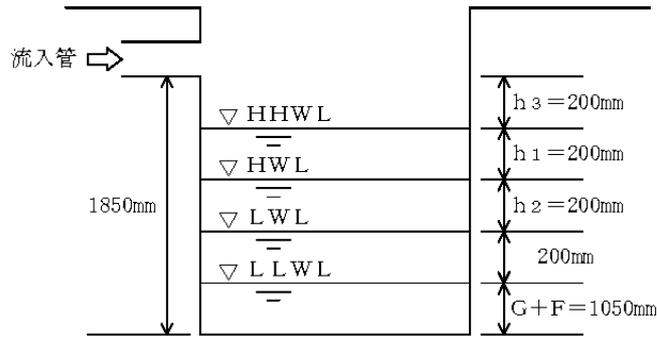
$$h_2 = 1.67 \div (3.4 \times 2.65) = 0.185 \rightarrow h_2 = 200mm \text{ とする。}$$

(3) 予備機始動時間相当水深  $h_3$

$$h_3 = V_3 / A$$

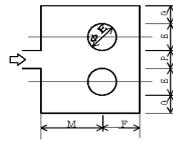
$$h_3 = 1.67 \div (3.4 \times 2.65) = 0.185 \rightarrow h_3 = 200mm \text{ とする。}$$

(4) ポンプ槽内水位

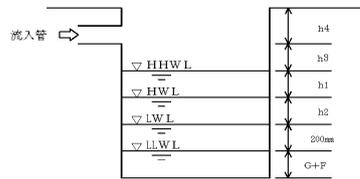


5. ポンプ井標準寸法 (参考)

「常用 1 台 / 予備 1 台の場合」



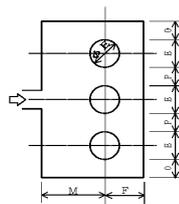
平面図



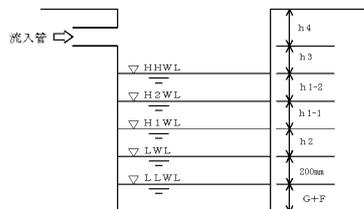
断面図

口径D	200	250	300	350	400	500
E	600	700	800	900	1000	1200
F	400	500	600	700	800	1000
M	1600	1650	1650	1700	1700	1750
O	600	600	600	600	600	600
P	600	600	600	600	600	800
h1	200	225	275	350	400	500
h2	200	225	275	350	400	500
h3	200	225	275	350	400	500
h4min	400	250	125	—	—	—
G+F	500	625	750	875	1000	1250

「常用 2 台 / 予備 1 台の場合」



平面図



断面図

口径D	200	250	300	350	400	500
E	600	700	800	900	1000	1200
F	400	500	600	700	800	1000
M	1600	1650	1650	1700	1700	1750
O	600	600	600	600	600	600
P	600	600	600	600	600	800
h1-1	200	300	400	500	575	700
h1-2	200	200	200	250	300	350
h2	200	300	400	575	575	700
h3	200	200	200	300	300	350
h4min	200	—	—	—	—	—
G+F	500	625	750	875	1000	1250

## 4. 配管設備（標準）

### 4-1 配管

配管は、管路損失が少なく、耐摩耗性、耐食性に優れ漏水がなく、振動や不等沈下に耐え得るものでなければならない。

また、管路内の曲がり部や異形部などに土砂やゴミなどが閉塞・堆積しにくいように考慮する。

#### 〔解説〕

1. 吐出管は、空気溜りなどによるサージングを生じるものであってはならない。
2. 吐出配管は、管内水の重量と水流の反動力を十分に支持できるように設置しなければならない。
3. 管厚は、土被り厚さ、トラックの交通荷重、内水圧などを検討して安全性を確認する必要がある。

### 4-2 配管材料及び継手

配管材料は、球状黒鉛鋳鉄品を標準とする。

配管の継手形式は、フランジ継手を標準とする。

#### 〔解説〕

1. 吐出管は、一旦埋設されると取替が非常に困難になるため、耐食性を考慮し、さらに、不等沈下や振動などの外力を考慮して、球状黒鉛鋳鉄管（一般にダクタイル鋳鉄異形管〔JIS G5527 フランジ形〕）を使用する。
2. 鋼管を使用する場合は、鋼製溶接式フランジ〔JIS B2210〕付きの水道用亜鉛メッキ鋼管〔JIS G3442〕とし、フランジにも溶融亜鉛メッキを施すものとする。  
なお、設置環境が湿度が高く、常時結露を生じる箇所では配管用ステンレス鋼管〔JIS G3459〕の採用を考慮する。  
小径管の継手では、ねじ込式継手の採用を考慮する。
3. 可撓伸縮継手は、温度変化、地震振動、不等沈下、据付誤差などを吸収し、配管に無理な負荷をかけないために設けるものであり、許容伸縮量や許容偏心量を決定したうえで選定する。

#### 4-3 弁

配管には、吐出弁および逆止弁を設けることを原則とする。

〔解説〕

1. 弁規格は、表5-3-4(a)のとおりとする。

表5-3-4(a) 弁規格

呼 称	寸法区分	規 格	
		名 称	番 号
仕 切 弁	呼び径50以下	青銅弁	JISB2011
		可鍛鉄10Kねじ込み仕切弁	JISB2051
	呼び径65以上	ねずみ鉄5Kフランジ形外ねじ仕切弁	JISB2031
		ねずみ鉄10Kフランジ形外ねじ仕切弁	JISB2031
		ねずみ鉄10Kフランジ形内ねじ仕切弁	JISB2031
逆 止 弁	呼び径50以下	青銅10Kねじ込みスイング逆止め弁	JISB2011
		可鍛鉄10Kスイング逆止め弁	JISB2051
	呼び径65以上	ねずみ鉄10Kフランジ形スイング逆止弁	JISB2031
制 水 弁	—	水道用仕切弁	JISB2062
バタフライ弁	呼び径200以上	水道用バタフライ弁	JISB2064
ボ ー ル 弁	—	鉄ボール弁	—

(注) 仕切弁及び逆止弁は、J I Sマーク表示品とする。ただし、ポンプに付属する逆止弁は除く。

2. 弁形式と特徴(参考)については、「道路管理施設等設計要領(案)」P.73~P.75によること。

3. 逆止弁で全揚程が10m以上である場合は、急閉式逆止め弁を使用すること。

## 5. 電源操作設備（標準）

### 5-1 電源設備

排水ポンプ設備の運転操作に必要な電力は、商用電源を標準とするが、必要に応じて停電時などの非常時に於いても運転操作が可能な設備とする。

#### 〔解説〕

1. 商用電源での契約電力には、低圧電力と高圧電力がある。一般に、低圧電力による受電が望ましいが、やむを得ず高圧電力とする場合は十分な保護を考慮しなければならない。
  - (1) 低圧電力……低圧で電気の供給を受けて動力を使用するもので、契約電力が原則として50キロワット（AC200V）未満であるもの。
  - (2) 高圧電力……高圧で電気の供給を受けて動力を使用するもので、契約電力が原則として50キロワット（AC6000V）以上であるもの。
  - (3) 契約電力の計算は、電気会社の電気供給規定によること。
2. コンパクト型無閉塞道路排水システムに用いるポンプの始動方式はインバータ方式とするため、電源設備において高調波抑制対策を必要とする場合がある。

### 5-2 予備動力設備

予備動力設備は、ディーゼルエンジン駆動陸用交流発電機（JEM1354）、防音型パッケージ式を標準とする。

#### 〔解説〕

1. ディーゼルエンジン駆動のほかに、ガスタービン駆動もある。
2. 予備動力設備の容量は、「揚排水ポンプ設備設計指針（案）」によること。  
なお、インバータ起動の場合には下記の算出方法を参考とする。

自家発電設備の容量計算（インバータ起動の場合）

自家発の定格容量は、通常（ $PG_2$ ）で決定され、台数が多くなると（ $PG_1$ ）で決定されることが多い。しかし、高調波に対する十分な抑制策が執られない場合には、（ $PG_4$ ）が支配的になる場合がある。

① 定常時負荷容量による出力（ $PG_1$ ）

$$PG_1 \geq \Sigma P_1$$

$$P_1 = \{1 / (\eta \times Pf)\} \times P_0 \times K$$

ただし  $PG_1$  : 発電機出力 (kVA)

$\Sigma P_1$  : 負荷入力の総和 (kVA)

同時運転される機器の組合せの最大を採る。

$P_1$  : 負荷入力 (kVA)

$\eta$  : 負荷効率

$Pf$  : 負荷力率（力率改善後の負荷力率は90%を目安とする）

$P_0$  : 負荷出力 (kW)

$K$  : 電動機の負荷率で（実軸動力）／（電動機定格出力） $\approx 0.9$  とする。

インバータ負荷は電動機とインバータの総合効率、総合力率で計算する。

② 過渡時最大電圧降下による出力 (PG<sub>2</sub>)

$$PG_2 = PS \times \{1 / (Vd) - 1\} \times Xd'$$

ただし PG<sub>2</sub> : 発電機出力 (kVA)

PS : 始動容量最大の電動機の始動容量 (kVA)

Vd : 許容電圧降下率

Xd' : 発電機の過渡リアクタンスと初期過渡リアクタンスの平均値

なお、水中ポンプ用水中モータの始動容量は下式により算出する。

$$PS = PO / (\eta \cdot Pf) \quad [VVVF \text{ 始動方式の場合}]$$

$$PS = \sqrt{3} \times V \times IS \times 10^{-3} \times C \quad [その他の始動方式の場合]$$

ただし PO : 負荷出力 (kW)

η : 電動機とインバータの総合効率

Pf : 電動機とインバータの総合力率

V : 定格電圧 (V)

IS : 始動電流 (A)

C : 始動方式による係数 (水中モータを使用する場合はコンドルファ始動 65%タップが一般的である)

表 4-19-1 各種始動方式による始動係数

始動方式	直入始動	Y-△始動		コンドルファ	限流リアクトル付コンドルファ
		オープン	クローズ	65%	コンドルファ 70%, リアクトル 50%
C の値	1	0.667	0.333	0.423	0.35

③ 過渡時最大短時間耐量による出力 (PG<sub>3</sub>)

$$PG_3 = \frac{\sqrt{(PB + Pms)^2 + (QB + Qms)^2}}{KG}$$

ただし PG<sub>3</sub> : 発電機出力 (kVA)

PB : ベース負荷の有効電力 (kW)

$$PB = \Sigma Pn - Pm$$

Σ Pn : 負荷入力 (kVA)

$$\Sigma Pn = \Sigma (P_1 \cdot Pfi)$$

Pm : 最大始動容量を持つ負荷の有効電力 (kW)

Pfi : 負荷 P<sub>1</sub> に対する負荷力率

QB : ベース負荷の無効電力 (kVar)

$$QB = \Sigma Qn - Qm$$

Σ Qm : 負荷の無効電力 (kVar) の総和

$$\Sigma QB = \Sigma (P_1 \times \sqrt{1 - Pfi^2})$$

Qm : 最大の始動容量をもつ負荷の入力容量 (kVA)

$$PB = (\Sigma Q_1 - Pim) \times PF$$

$$QB = (\Sigma Pi - Pim) \times \sqrt{1 - Pfi^2}$$

ここに

Pim : 最大の始動容量を持つ負荷の入力容量 (kVA)

PF : (Σ Pi - Pim) の総合力率 (低圧電力契約の場合 PF=0.9 とする)

$$Qms = PS \times \sqrt{1 - PfS}$$

KG : 発電機の過負荷耐力から短時間を考慮して 150%程度にとる。

④ 高調波負荷・単相負荷を含む場合の出力 (PG<sub>4</sub>)

$$P_{G_4} = \frac{\sqrt{(P_{1\phi})^2 + (P_{aH})^2}}{K_{G_4}}$$

ただし P<sub>1φ</sub> : 単相負荷の等価逆相容量 (kVA)

P<sub>aH</sub> : 高調波負荷容量 (kVA)

K<sub>G<sub>4</sub></sub> : 発電機の逆相電流耐量 (通常は 0.15 とする)

$$P_{1\phi} = \Delta P \sqrt{1 - 3u + 3u^2}$$

三相各線間に単相負荷 A, B, C があり、

A ≥ B ≥ C の場合

$$\Delta P = A + B - 2C$$

$$u = (A - C) / \Delta P$$

単相負荷は三相にそれぞれの合計負荷が等分になるように接続することが望ましいが、部分運転や計画上等分に接続することが不可能な場合は、予想される各相の合計負荷の差の最大値が発電機容量の 15% 以下にしなければならない。これを超える場合はスコットトランスを設ける。

$$P_{aH} = \sum (P_{ahi} \times h_i)$$

ただし P<sub>ahi</sub> : 高調波を発生する i 番目の負荷の入力容量 (kVA)

h<sub>i</sub> : 高調波を発生する i 番目の負荷の高調波発生率  
(通常は 0.35 とする)

3. 運転時間については、一般的に停電時間は短いと考えられるが、災害時での長時間停電も考慮し、最低 24 時間を基本にする。
4. 燃料タンクの容量算定にあたっては、現場条件あるいは消防法、各条例等を考慮すること。

(参 考)

表 5-3-5 (a) 消防法第 9 条の三 (危険物と指定数量の関係)

種 別	品 名	指定数量	引火点	例
第 4 類	第 1 石油類	200 ℓ	21℃ 未満	ガソリン
	第 2 石油類	1,000 ℓ	21℃ 以上 70℃ 未満	軽 油
	第 3 石油類	2,000 ℓ	70℃ 以上 200℃ 未満	重 油
	第 4 石油類	6,000 ℓ	200℃ 以上	シリンダ油

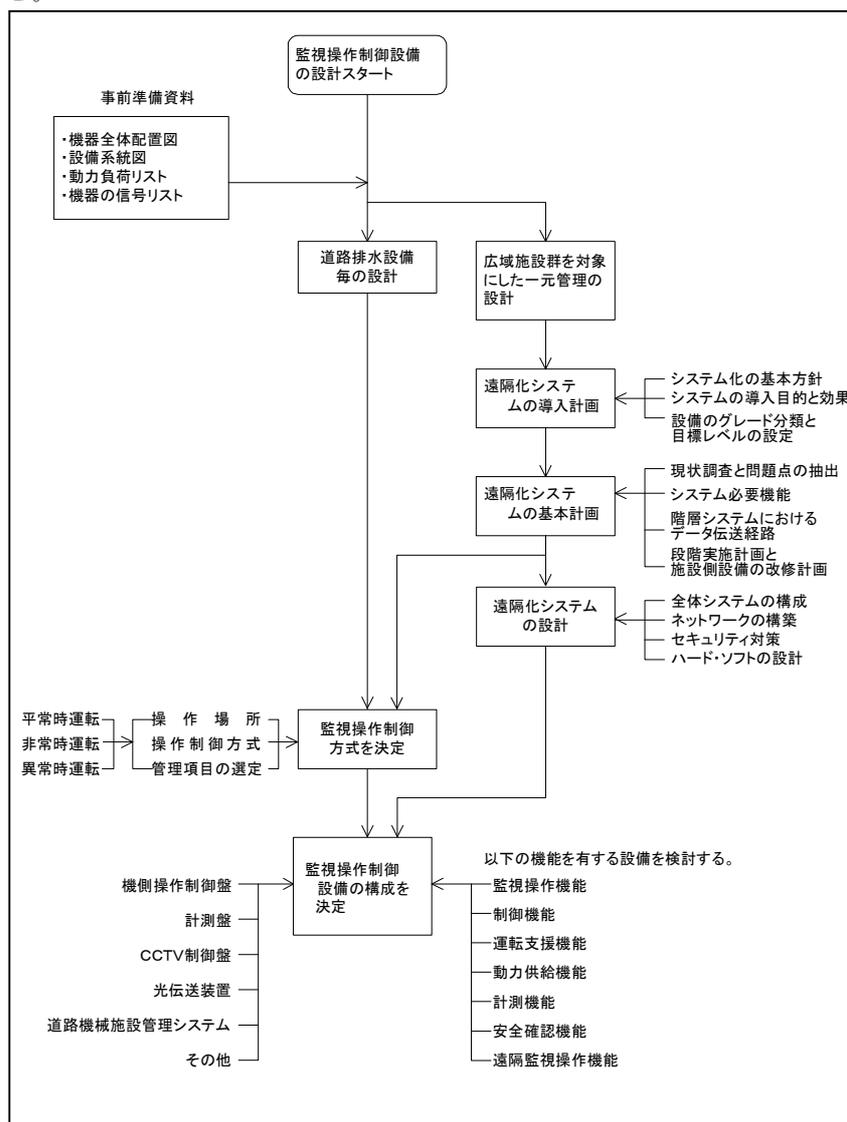
### 5-3 監視操作制御設備

道路排水設備の監視操作制御設備は、排水システムや設備規模などを検討のうえ決定するものとする。

〔解説〕

1. 道路排水設備の監視操作制御設備は、排水システム、規模、管理および運用体制に対応し、信頼性および安全性が高く、操作制御性に優れたものとする。

監視操作制御設備の計画・設計の基本的な手順およびその概要を下図に示す。なお、計画・設計の詳細については、「道路管理施設等設計要領(案)(H15年7月)」及び「道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)(H15年6月)」を参照のこと。

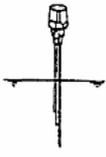
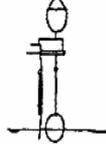
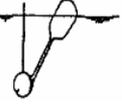
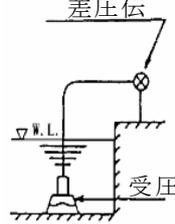


2. 遠方監視制御盤等への信号の伝送を光ファイバーケーブルで行う場合は、接続機器等について「電気通信編」を参考に整合をはかること。

3. ポンプの自動運転を行うには、ポンプ槽内の水位を検出する装置を設けるが、一般的な検出方法には、表5-3-5(b)に示すものがある。

(参 考)

表 5 - 3 - 5 (b) 水 位 計

種 類	動 作	特 徴	略 図
電 極 式	導電性液に電極を入れ、電極間の短絡により液面を検出する。	○計測不適。接点のみ取出し可能。 ○絶縁性液体には使用不可能。 ○可動部なし。 ○警報、ON-OFF運転に広く使用。	電極式 
フ ロ ー ト 式	浮力を利用してフロートの変位を機械的に取り出し、そのまま、または電気的により計測する。	○計測、接点の取出し可能。 ○液面の波立ちの影響大。 ○電気信号として遠方指示および水位制御に広く使用。	フロート式 
フ ロ ー ト ス イ ッ チ 式	フロート内にスイッチを組み込ませ、容器の姿勢により水位を検出する。	○接点のみ取り出し可能。 ○排水ポンプのON-OFF運転、水位警報に使用される。	フロートスイッチ式 
投 込 圧 力 式	水中に投入した受圧部が水位変化を水頭圧として受ける。 水圧の変化に伴い、水頭圧が変わることを利用し、差圧伝送器で測定し電気信号に変換する。	○構造が簡単。 ○取扱いが容易。 ○半導体式、水晶式(高精度)など種類が豊富。 ○受圧部が土砂に埋没されない所に設置する。	差圧伝 

4. 検出させる水位は、次のとおりとする。

異常低水位：ポンプの空転防止水位

異常高水位：ポンプ槽満水位

ポンプ運転水位：自動運転における起動水位

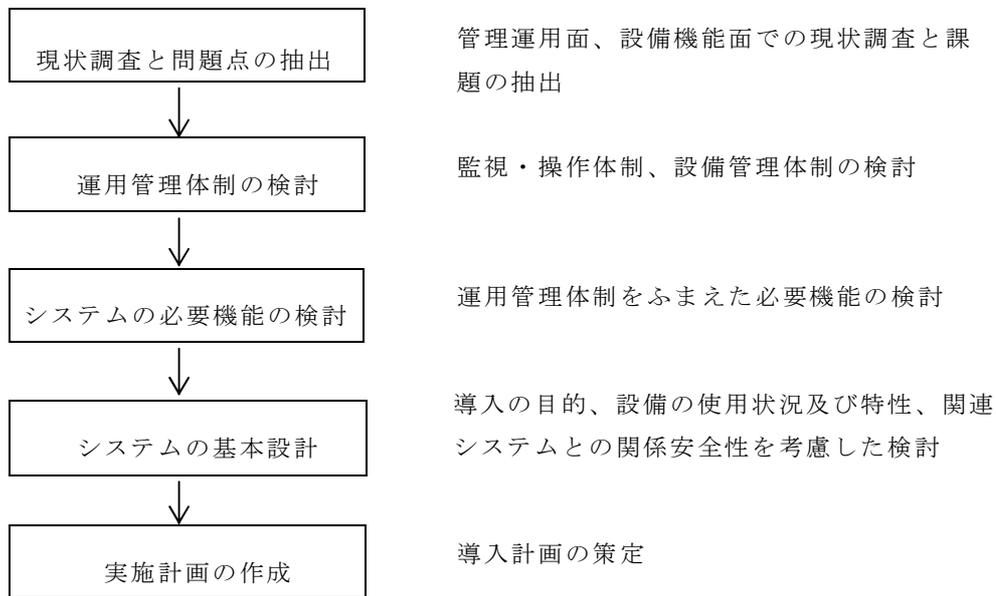
ポンプ停止水位：自動運転における停止水位

5. 一箇所に複数台のポンプを設置して自動運転を行う場合の運転順序は、各ポンプの寿命を均等化するため交互運転方式を用いる。

なお、故障したポンプがある場合は、飛び越し運転ができるものとする。

## 6. 遠隔化システムの基本計画

- (1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること。緊急時の対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- (2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



7. 操作盤及び遠隔操作設備の管理項目については、「道路管理施設等設計要領(案)」P80 及び「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル(案)」P50 によること。

## 6. その他の設備（標準）

### 6-1 流入路

流入路は、急激な方向変化や甚しい流速変化が生じない構造とする。

〔解説〕

1. 道路排水設備は、路側近くに設置されることが多く、流入路は比較的短くなるため、流入路内での損失水頭については特に考慮しないものとする。
2. 流入路は、その法線、勾配および断面が急激に変化しないように考慮する。
3. 流入路は、土砂などが堆積しにくいように形状や流速について考慮するものとする。

### 6-2 スクリーン

ポンプの吸込側には、除塵用スクリーンを設けるものとする。

〔解説〕

1. 除塵設備の一段目は、道路面の格子形側溝ますふた（グレーチング）によるものとし、路面においてゴミを捕捉できるようにする。  
二段目スクリーンはポンプ吸込側に設けるものとする。
2. 二段目スクリーンの形状は、平鋼または丸鋼を用いた固定式とする。
3. 二段目スクリーンの材質は、ステンレス鋼（SUS304）とする。
4. 二段目スクリーンの目幅は、ポンプ羽根の通過能力で決まり、ポンプ運転に支障のない限り大きいほうが望ましい。

二段目スクリーンの有効目幅は、次のとおりとする。

表 5-3-6 (a) スクリーン有効目幅

ポンプ口径	有効目幅
40 mm	25mm
50	25
80	35
100	35
150	40
200	40
250	40
300	50
400	50
500	50

粗目スクリーンを置く場合は、有効目幅 60～150 mm とする。

5. 二段目スクリーンの傾斜角度は、次のとおりとする。

手掻き式除塵方式 45～60°

機械除塵方式 75° 前後

小規模 90°

6. 二段目スクリーン直前の平均流速は、次のとおりが望ましい。

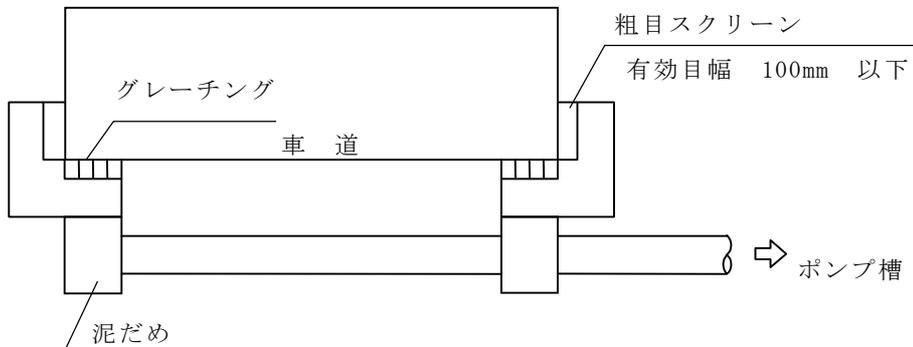
手掻き式除塵方式 0.3m/sec 以下

機械除塵方式 0.5m/sec 以下

7. 二段目スクリーンの損失水頭は、手掻き式で 0.3m、機械式で 0.1m 程度とする。

8. コンパクト型無閉塞道路排水システムを採用の場合は、二段目スクリーンを省略することができる。

9. コンパクト型無閉塞道路排水システムを採用の場合の流入部は、路面上のグレーチングの他に、道路側面に粗目スクリーンを設けることが望ましい。



6-3 排水路・流末

排水路を設ける場合の断面形状及び勾配は、水路内に沈澱物が堆積しないよう適正な流速が確保されるように定めるものとする。

また、水路の分合流点、屈曲部、マンホールなどにおけるエネルギー損失をできるだけ少なくするよう配慮しなければならない。

[解説]

1. 開水路あるいは管水路の平均流速は、マンニングの公式を使用する。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$H_1 = I \times L \quad (\text{m})$$

$$R = \frac{A}{\ell} \quad (\text{m})$$

V : 管内流速 (m/s)

n : 粗度係数

I : 動水勾配

R : 流体平均深さ (m)

H<sub>1</sub> : 排水路の損失水頭 (m)

L : 排水路の長さ (m)

ℓ : 濡れ縁長さ (m)

A : 排水路の断面積 (m<sup>2</sup>)

表 5-3-6 (b) 粗度係数

水路材	n の範囲	n の標準値
鋼	0.010~0.014	0.012
鉄	0.011~0.016	0.014
コンクリート	0.010~0.020	0.014
木材	0.012~0.018	0.015

(水理公式集)

[注] 粗度係数 n の値は一般に 0.02 以下とされ、通常 0.013 として多く計算される。

2. 土砂の流出が多い場合、あるいは施工後の清掃が困難な排水路において水路勾配がゆるくなる場合は、泥だめの数を増やすなどして土砂の流下を防ぐようにすること。

排水路満流時の流速は、0.1~3.0m/sec の範囲とすること。

3. 排水路の通水流量は、排水ポンプの最大揚水量と、排水路周辺からの流入水量の和とする。

4. 排水路の通水断面は、一般に土砂などの堆積による通水断面の縮小を考慮して、必要断面に対して 20% の余裕をみることを望ましい。

#### 6-4 排水設備建屋・防音

排水設備建屋を設ける場合は、ポンプの据付、運転、保守点検に必要な大きさを確保するものとする。

##### 〔解説〕

1. 小規模な道路排水設備は、操作盤などを屋外に設置することがある。
2. 建屋については、「揚排水ポンプ設備技術基準（案）」による。
3. 建屋の天井高さは、排水ポンプの据付、分解点検に必要な高さを確保しなければならない。

なお、クレーン設備を設ける場合は、吊上げ作業に支障のないよう十分余裕をとること。

4. 建屋の計画にあたっては、次の事項を考慮する。

- (1) 機械の搬入口及び階段
- (2) 換気設備の設置位置
- (3) ポンプ槽の点検掃除口
- (4) 点検のための通路
- (5) 配管、配線、換気ダクト用貫通孔

5. 防音については、次の事項を考慮する。

- (1) 予備動力については、低騒音型のパッケージ式予備動力装置とする。
- (2) ラジエータからの排風音については、サイレンサを設置する場合もある。
- (3) 防音対策、騒音計算については、「揚排水ポンプ設備技術基準（案）」による。
- (4) 騒音の規制値は、表5-3-6(c)のとおりである。

##### (資料)

騒音規制法では生活環境を保全すべき地域を、都道府県知事が指定し、この指定地域内の工場、事業場のうちで政令に定める特定施設を設置している工場、事業場（特定工場）で発生する騒音を規制している。

規制基準は環境庁長官の定めた下表の範囲内で当該市町村長の意見などを参考として定められるので、府県によって多少の差異がある。

表5-3-6(c) 特定工場などにおいて発生する騒音の規制基準 (単位 db(A))

区域の区分	時間の区分		
	昼 間	朝 ・ 夕	夜 間
第1種区域	45 以上	40 以上	40 以上
	50 以下	45 以下	45 以下
第2種区域	50 以上	45 以上	40 以上
	60 以下	50 以下	50 以下
第3種区域	60 以上	55 以上	50 以上
	65 以下	65 以下	55 以下
第4種区域	65 以上	60 以上	55 以上
	70 以下	70 以下	65 以下

備考：1) 第1種区域とは、良好な住宅の環境を保全するため、特に静穏の保持を必要とする区域である。

2) 第2種区域とは、住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域である。

3) 第3種区域とは、住居の用にあわせて商業、工業などの用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、騒音の発生を防止する必要がある区域である。

4) 第4種区域とは、主として工業などの用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい騒音の発生を防止する必要がある区域である。

#### 6-5 クレーン設備

排水設備の建屋には、排水ポンプの設置および維持点検、整備を考慮して必要に応じてクレーン設備を設けるものとする。

クレーン設備は、手動式ギヤード・トロリ付チェンブロックを標準とし、必要により電動ホイストとする。

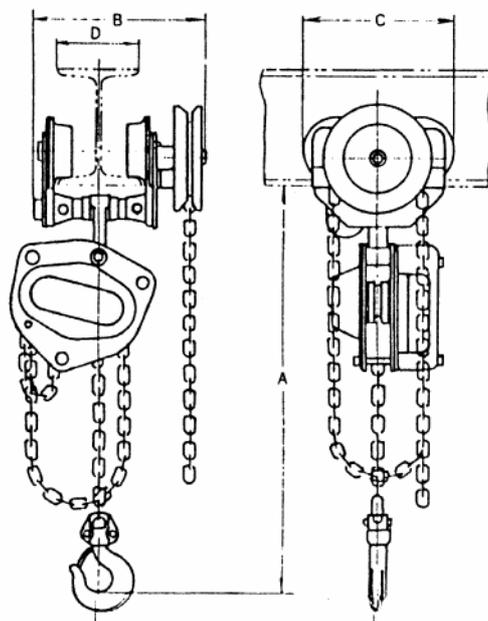
#### 〔解説〕

1. 手動式ギヤード・トロリ付チェンブロックの定格荷重、外形寸法等は、表5-3-6(d)のとおりである。

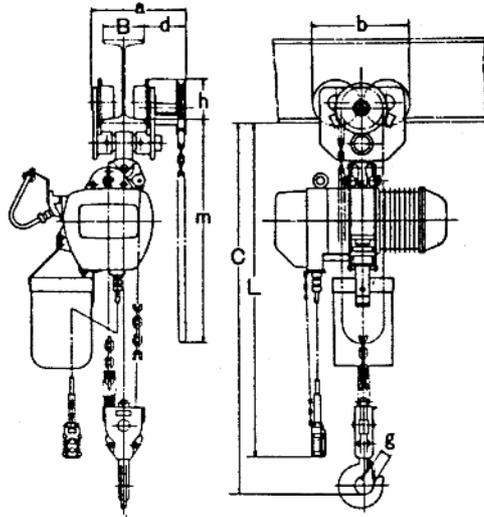
#### (資料)

表5-3-6(d) 手動式ギヤード・トロリ付チェンブロック諸元

容量 (トン)	標準揚程 (m)	自重 (kg)	A最小寸法 (mm)	最小回転半径 (mm)	B (mm)	C (mm)
1/2	2.5	25	330	1300	262	222
1	2.5	27	360	1300	290	222
1 1/2	2.5	39	420	1500	280	264
2	3.0	48	460	1500	333	264
3	3.0	66	520	1700	339	306
5	3.0	99	685	2300	410	347



2. 電動ホイストの定格荷重、外形寸法等は、次の表のとおりである。



(資料) 表 5-3-6 (e) 電動ホイスト諸元

容量 (トン)	標準 揚程 (m)	巻上 モータ 3相 200V 出力 (kW)	巻上 速度 60Hz (m/min)	最小 回転 半径 (mm)	適用 ビーム巾 (mm)	自重 (kg)	ビーム下面 よりフック 迄の最小寸 法：C	a (ビー ム巾最大 の場合)	b
0.25	4 ・ 6	0.45	9.6	1300	75, 100, 12	86	540	291	222
0.5		0.8	8.3	1300	75, 100, 12	90	580	343	222
1.0		1.5	8.3	1300	75, 100, 12	97	640	343	222
1.5		3.0	10.4	1500	100, 125, 1	178	745	344	264
2.0		3.0	7.9	1500	100, 125, 1	196	755	344	308
2.5		3.0	6.4	1700	100, 125, 1	195	820	412	308
2.8		3.0	5.4	1700	100, 125, 1	195	920	412	380
3.0		3.0	5.2	1700	100, 125, 1	213	935	412	390
5.0		3.0	3.2	2300	125, 150, 1	250	1040	561	390

3. ポンプ重量は、後掲の水中ポンプ設備一覧及び資料による。

4. クレーン揚程が大きい場合、ポンプを一度で吊り上げることは出来ないので、ポンプの吊上チェーンに吊り環を必要個数設けること。

5. 小規模設備の場合には、吊上用フックのみを設けること。

## 6-6 換気設備

排水設備の建屋には、換気設備を設けるものとする。

〔解説〕

1. 換気装置は、次の目的で設置するものとする。
  - ① 電動機、自家発電設備などからの放熱による室内温度上昇の防止。  
(室内温度は、40℃程度以下とすることが望ましい。)
  - ② 配電盤からの放熱による室内温度上昇の防止。
  - ③ 内燃機関の燃焼に必要な空気を取り入れ。
  - ④ 地下構造物など防湿用換気を必要とする場合。
  - ⑤ 建築基準法、労働基準法による換気量の確保。
2. 換気方式は、自然換気と強制換気に大別できる。
  - ① 小規模の機場で自家発電設備を設置しない場合は、自然換気を標準とする。ただし、防湿に留意すると共に、開口部を設ける場合は防塵に注意する必要がある。
  - ② 強制換気には、強制給排気方式(第1種換気方式)、強制給気方式(第2種換気方式)、および、強制排気方式(第3種換気方式)とがあり、一般には第3種換気方式を用いるが、換気量が不足する場合は、第1種換気方式を採用することもある。
3. 第3種換気方式の場合は、室内が負圧にならない大きさのガラリを設けて空気を取り入れを考える。  
外気取入口の風速は、2.5～6 m/sec(有効開口通過速度)とする。
4. 換気風量は、各機器より放散する熱の排出および燃料の燃焼に必要な空気量を供給できるものとする。
5. 各機器より放散する熱量、換気装置の容量は、「揚排水ポンプ設備技術基準(案)」によること。
6. 換気ファンの諸元については、同基準(案)の参考資料によること。

## 6-7 照明設備

排水設備の建屋には、運転及び保守管理に必要な照明設備を設けるものとする。  
また、必要に応じて停電時の保安灯を設けるものとする。

〔解説〕

1. 建屋内の照明には、効率のよい蛍光灯を用いる。
2. 建屋内の標準的な所要照度は、次の表のとおりとする。

表5-3-6(f) 建屋内所要照度

場 所	所要照度 lx	備 考
操 作 室 床 面	300	
電 気 室 床 面	150	
ポ ン プ 据 付 床 面	100	
除 塵 機 据 付 床 面	50	
吸 水 路 水 面	30	スクリーン付近

3. 照明設備の概略計算は、「揚排水ポンプ設備技術基準(案)」による。
4. 器具の取付間隔も、同基準(案)による。

第4節 参考資料 (資料)

1. 設備概要図 (参考図)

1-1 大規模道路排水設備

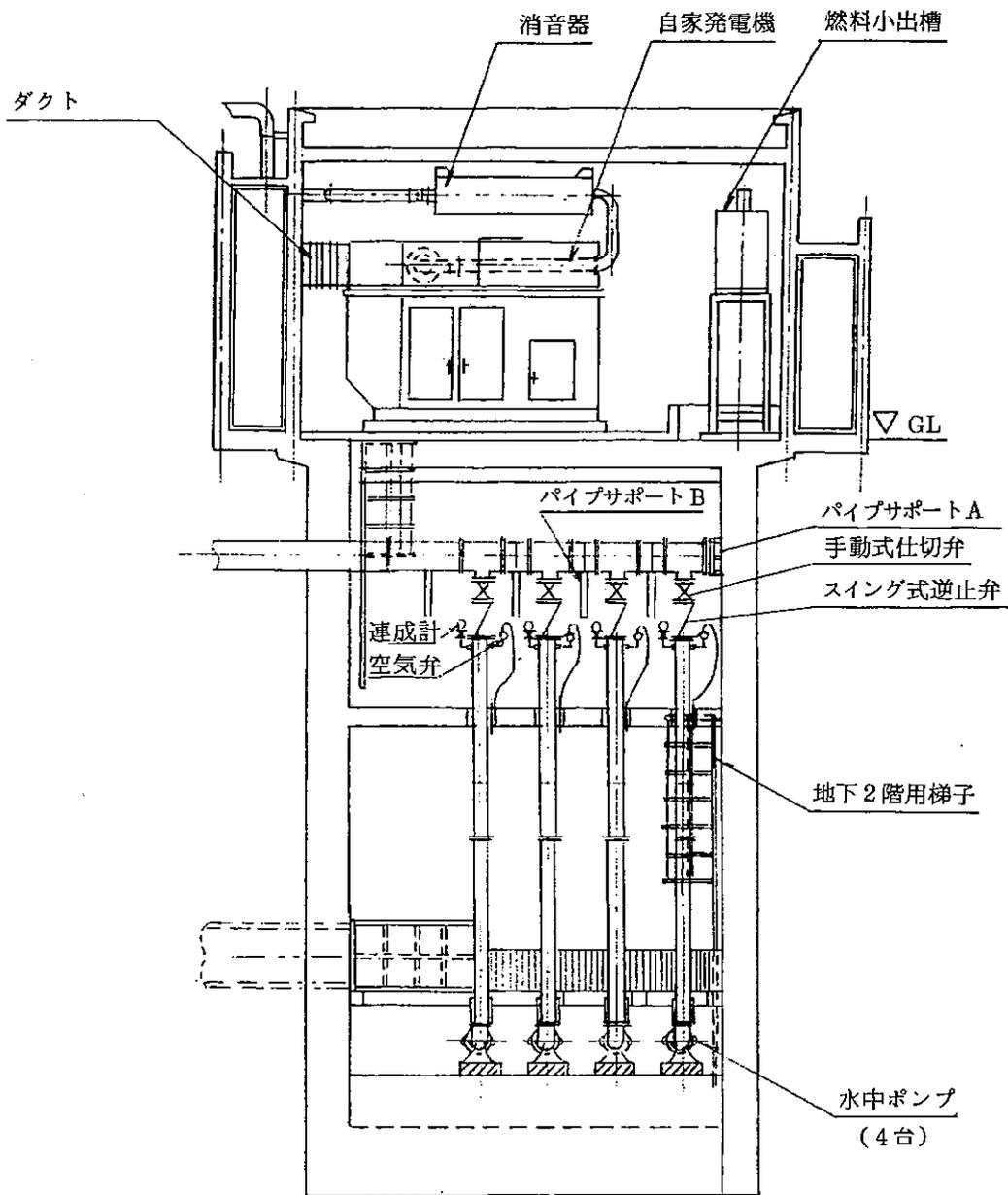
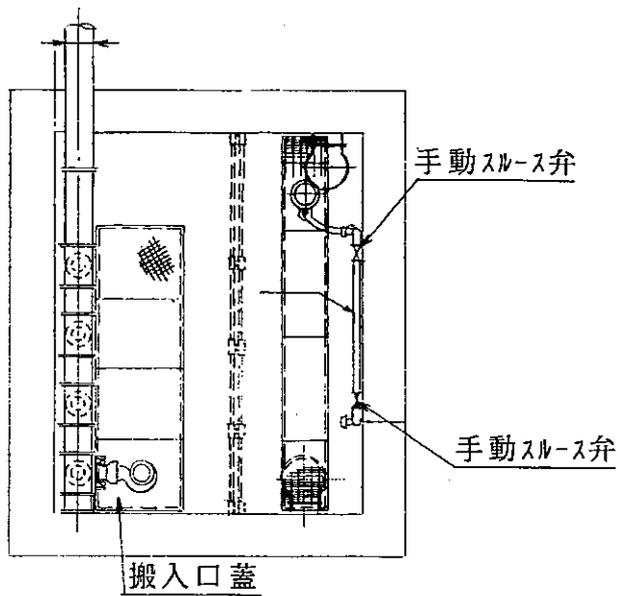
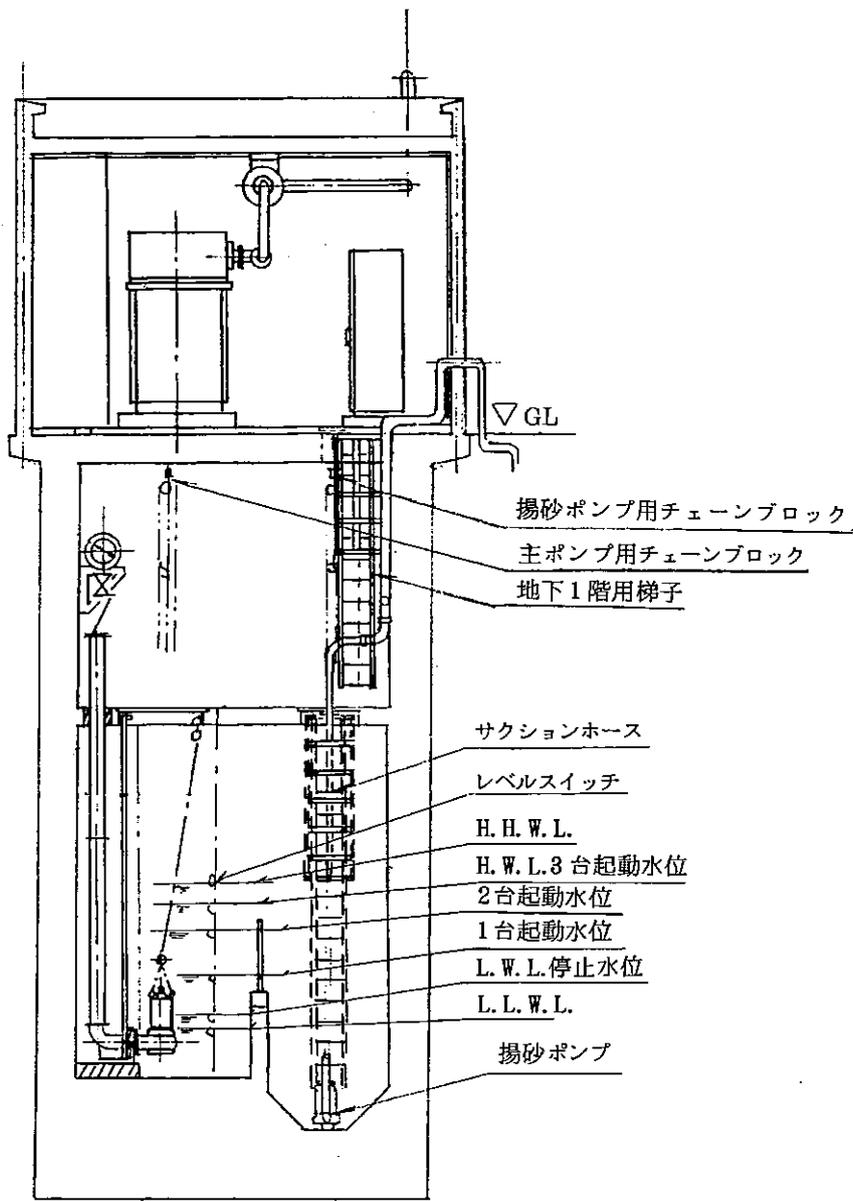
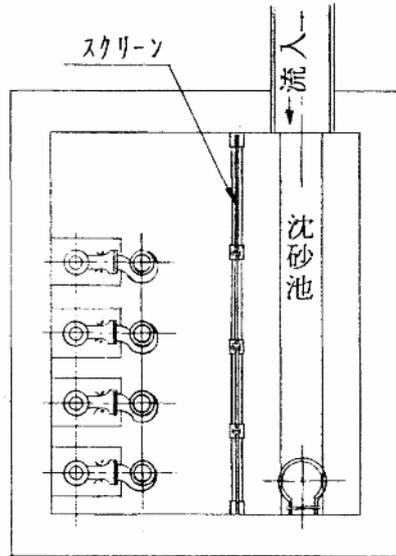


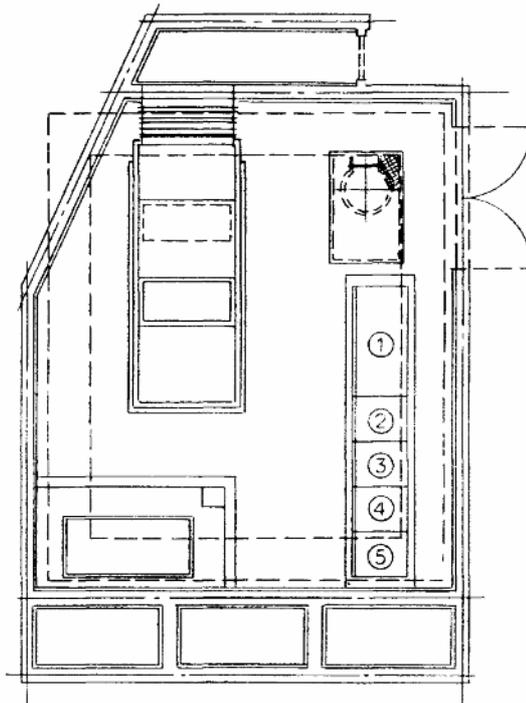
図5-4-1(a) 大規模道路排水設備



地下 2 階平面図



地上 1 階平面図



	盤 名 称
①	ポ ン プ 操 作 盤
②	電 源 切 換 盤
③	発 電 機 盤
④	始 動 用 直 流 電 源 盤
⑤	制 御 用 直 流 電 源 盤

平面図

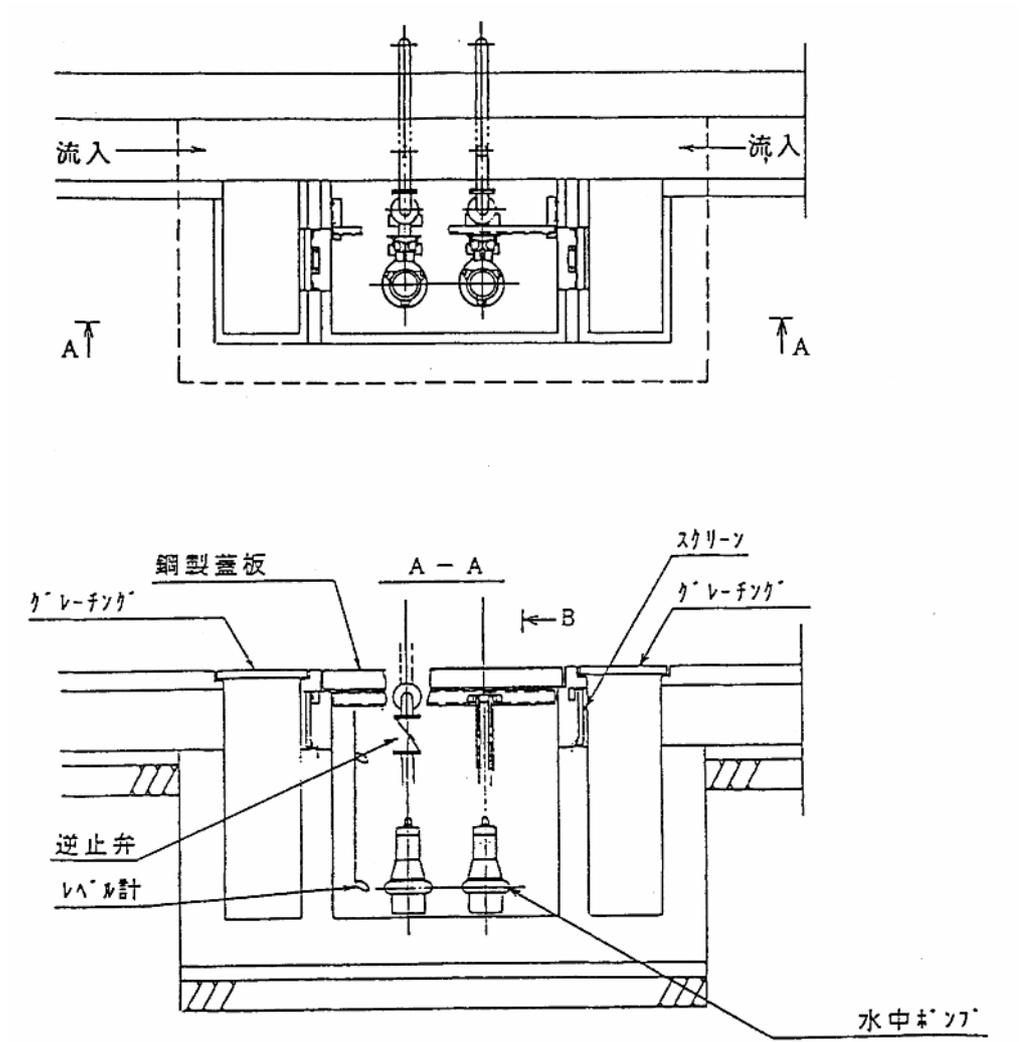
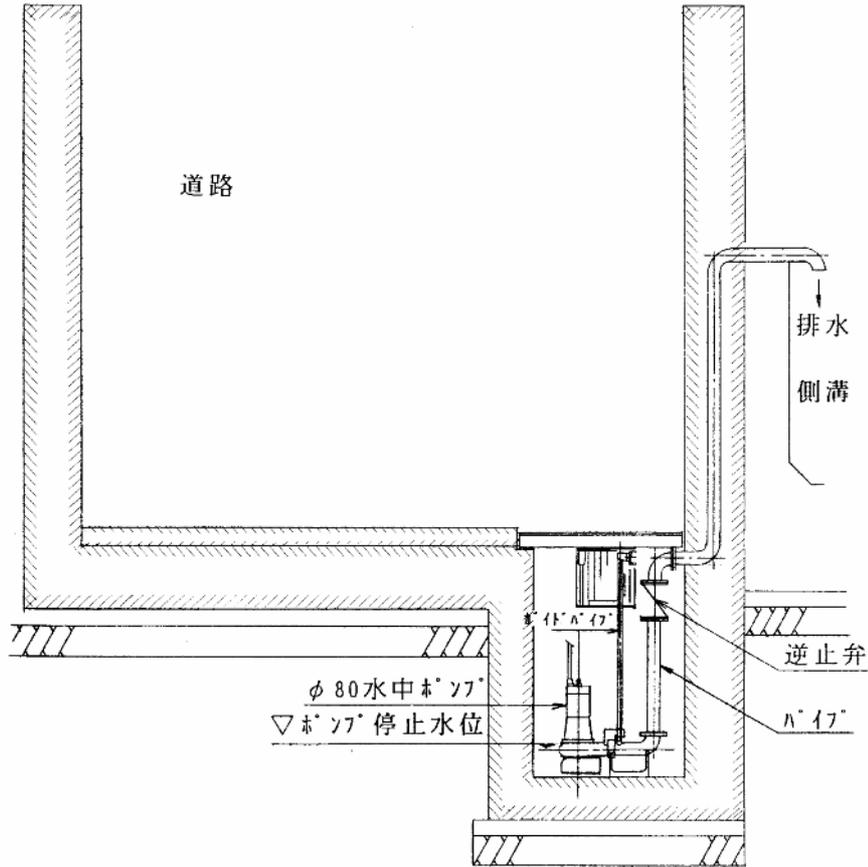
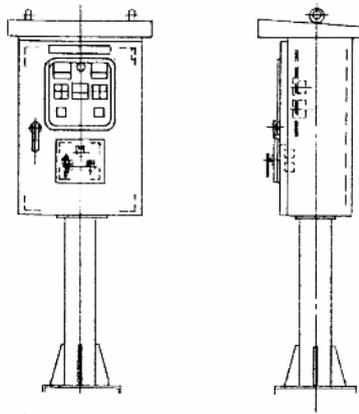


図 5 - 4 - 1 (b) 小規模道路排水設備



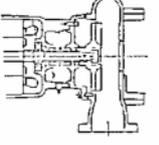
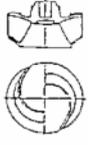
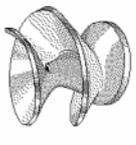
操作盤



## 2. 水中ポンプ設備一覧表

表 5-4-2 (a) 水中ポンプ設備一覧表

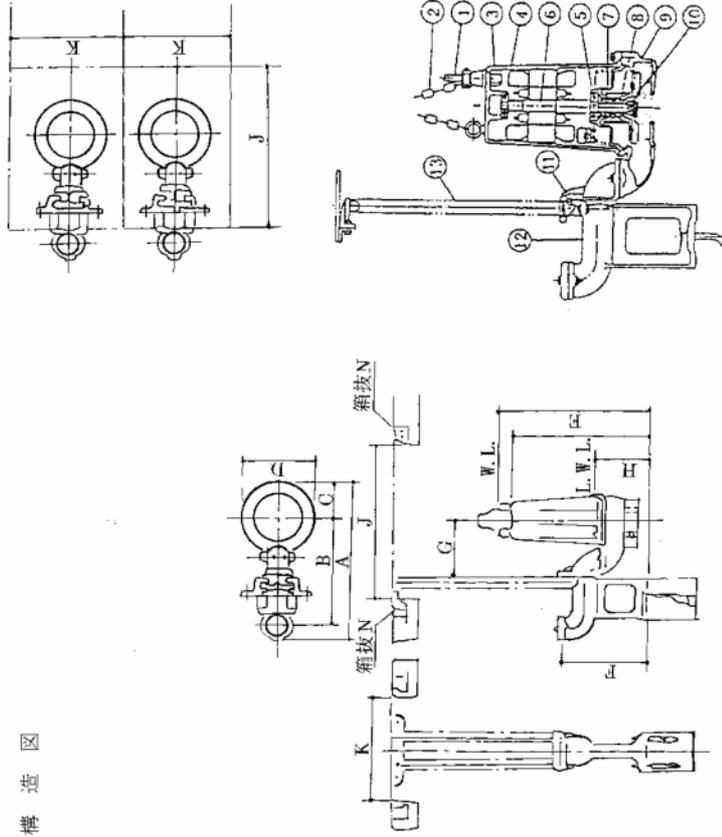
機 械 名	水中ポンプ		水中ポンプ	水中ポンプ
対 象 物	汚 水 汚 物		汚 水 汚 物	汚 水 汚 物
羽 根 車 形 状	ボルテックス形		ノンクロック	クローズ：斜流形
据 付 方 法	着 脱 式		着 脱 式	着 脱 式
形 式	外 装		外 装	外 装
ポンプ口径 (mm)	40 ~ 65	80, 100	100 ~ 350	400 ~ 500
ポンプ構造図記載頁	5-38 頁	5-39 頁	5-41 頁	5-43 頁
主要寸法表記載頁	5-40 頁		5-42 頁	5-44 頁
ポンプ性能表記載頁	5-45 頁		5-46 頁	5-47 頁

羽根車形状別の特徴				
形式	羽根車の種類	使用用途	特 徴	長
うず巻	 ボ ル テ ツ ク ス 形	○下水処理場の原水移送用 ○一般雑排水の排水用 ○固形物の移送用 ○各種産業の廃物排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポルテックス形は、羽根車がポンプケーシングと極端に離れた位置に取付けられており、揚液が直接羽根車の中をとおして加圧するのではなく、羽根車が回転してケーシング内の水をかきまわし、その遠心力によって揚水する。</li> <li>・ノンクロック形より、大きい固形物（吸込口径の70%程度）を揚水することができるので、汚物用として広く採用されている。</li> </ul>	
うず巻	 ノ ン ク ロ ツ ク 形	○湧水、雨水ピットなどの溜水の排水 ○下水処理場などの消泡用 ○工場、地下室などの汚水の排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノンクロック形は、揚液中の固形物が内部に詰まり難い通路形状をしており汚水の排水ポンプとして多く採用されている。</li> <li>・クローズ形とセミオープン形の羽根車があり、小口径ではセミオープン形、中・大口径ではクローズ形が多く採用されている。</li> <li>・ポルテックス形と比較して固形物の通過径は若干小さい。</li> <li>・ポルテックス形より、ポンプ効率が高いので同じ仕様でも電動機の出力が一級小さくなることもある。</li> </ul>	
うず巻	 ス ク リ ユ ー 形	○下水道中継設備用 ○下水処理場などの汚泥圧送用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜流形の最も一般的な形状である。</li> <li>・羽根は通常一枚で、通路面積が広いにもかかわらず、比較的高効率である。</li> <li>・閉塞性能は、ノンクロックとポルテックスのほぼ中間に位置する。</li> </ul>	

水 中 ポ ン プ 構 造 図

ポンプ形式： 着脱式：外装型 羽根形式： ボルテックス形（口径 40 ～ 65 mm）

構造 図



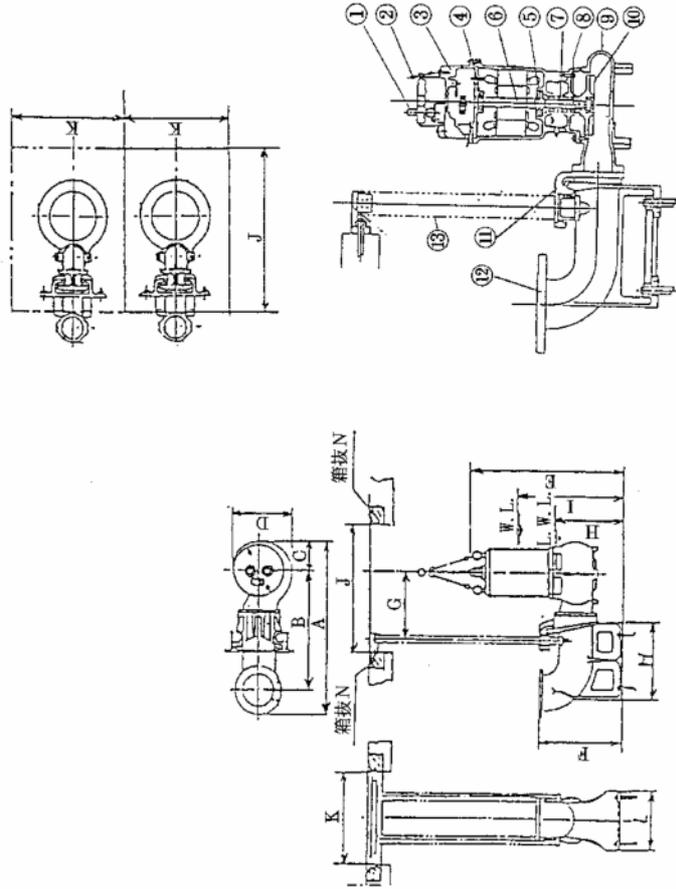
W. L. : 連続運転可能最低水位

L. W. L. : 運転可能最低水位

図番	品 名	材 質	備 考
1	キャブタイヤケーブル	VCT 2PNCT	
2	吊上げ金具	SS400	
3	カバー	FC200	
4	軸	受	
5	軸	受	
6	主 軸	SUS403 又は SUS420J1, J2	
7	シ ー ル		
8	シ ー ル		
9	ポンプケーシング	FC200	
10	羽 根	FC200 又は SGS13	
11	ガイ ド	FC200	
12	着脱ベ ン ド	FC200	
13	ガイドシ ャ フ ト	SGP	

ポンプ形式： 着脱式：外装型 羽根形式： ボルテックス形（口径 80 ～100 mm）

構造図



図番	品名	材質	備考
1	キャブタイヤケーブル	VCT 2PNCT	
2	吊上げ金具	SS400	
3	カバー	FC200	
4	軸		
5	軸		
6	主軸	SUS403 又は SUS420J1,J2	
7	シール		
8	シール		
9	ポンプケーシング	FC200	
10	羽根	FC200 又は SCS13	
11	ガイド	FC200	
12	着脱ベント	FC200	
13	ガイドシャフト	SGP	

W. L. : 連続運転可能最低水位

L. W. L. : 運転可能最低水位

水中ポンプ主要寸法

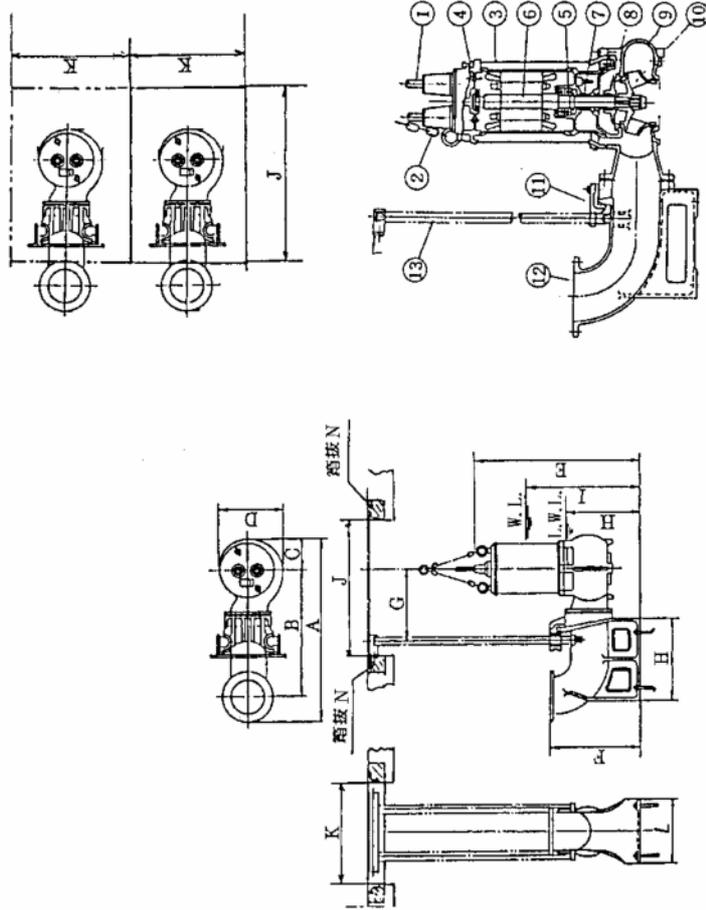
ポンプ形状： 着脱式：外装型 羽根形式：ボルテックス形

ポンプ口径 (mm)	モータ出力 (KW)	ポンプ主要寸法 (mm)							操作水位 (mm)							リフティング寸法 (mm)							箱 抜 N	ポンプ重量 (kg)				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T							
40	0.15	485	365	100	175	405	225	230	140	300	550	400	105	150	80													
	0.25	485	365	100	175	405	225	230	140	300	550	400	105	150	80													
50	0.25	510	390	100	175	435	225	255	165	300	550	400	105	150	80													
	0.4	510	390	100	175	455	225	255	165	320	550	400	105	150	80													
	0.75	530	405	100	175	460	225	270	165	370	550	400	105	150	80													
65	1.5	660	465	115	205	460	250	270	165	370	550	400	160	200	80													
	0.75	610	425	100	195	575	270	265	230	460	550	400	190	220	100													
	1.5	610	425	115	205	595	270	265	240	490	550	400	190	220	100													
	2.2	645	440	125	235	695	270	280	250	560	550	400	190	220	100													
	3.7	645	440	125	235	695	270	280	250	560	550	400	190	220	100													
80	1.5	645	440	115	235	645	270	265	240	490	700	600	210	260	100													
	2.2	760	505	165	330	755	290	300	240	590	700	600	220	260	100													
	3.7	760	505	165	330	790	290	300	240	640	700	600	220	260	100													
	5.5	885	605	185	370	875	340	330	305	690	700	600	250	290	100													
	7.5	885	605	185	370	940	350	385	305	690	700	600	250	360	100													
100	2.2	775	505	165	330	640	365	300	240	585	700	600	230	360	100													
	3.7	870	610	165	340	875	365	400	310	660	700	600	230	360	100													
	5.5	900	610	185	370	1,160	365	400	310	690	700	600	250	360	100													
	7.5	900	610	215	430	1,160	365	400	310	690	700	600	250	360	100													
	11	930	610	220	430	1,265	365	400	310	690	800	700	250	360	100													
	15	930	645	220	430	1,265	365	435	310	700	800	700	250	360	100													
	18.5	930	645	220	430	1,265	365	435	310	700	800	700	250	360	100													

水 中 ボ ン プ 構 造 図

ポンプ形式： 着脱式：外装型

羽根形式： クローズ、ノンロック形



図番	品 名	材 質	備 考
1	キャブタイヤケーブル	VCT 2PNCT	
2	吊上げ金具	SS400	
3	カバ	FC200	
4	軸		
5	軸		
6	主 軸	SUS403 又は SUS420J 1, J 2	
7	シ		
8	シ		
9	ポンプケーシング	FC200	
10	羽 根 車	FC200 又は SCS13	
11	ガ イ ト	FC200	
12	着 脱 ベ ン ト	FC200	
13	ガイドシヤフト	SGP	

W. L. : 連続運転可能最低水位

L. W. L. : 運転可能最低水位

水中ポンプ主要寸法

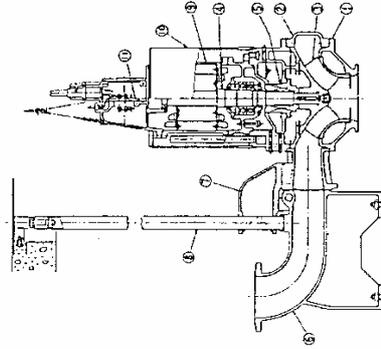
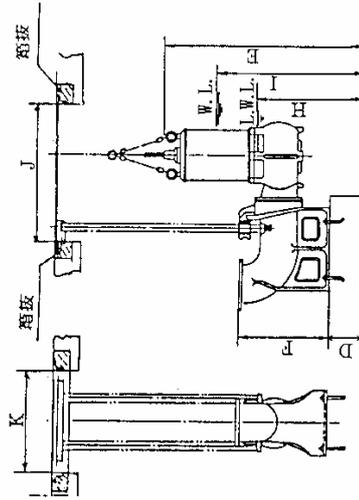
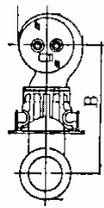
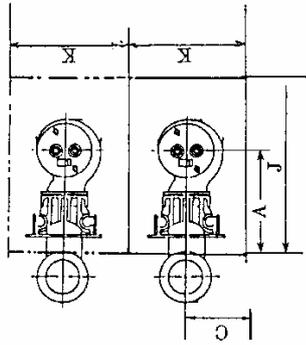
ポンプ形状： 着脱式：外装型 羽根形式： クローズ、ノングロッキング形

ポンプ口径 (mm)	モータ出力 (KW)	ポンプ主要寸法 (mm)							操作水位 (mm)			リフティング寸法 (mm)					箱 抜	ポンプ重量 (kg)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
100	5.5	905	605	195	400	790	340	330	350	700	800	700	250	290	100	160		
	7.5	905	605	195	400	810	340	330	350	720	800	700	250	290	100	245		
150	11.0	1,185	795	250	490	955	480	507	420	950	1,000	800	400	410	100	290		
	15.0	1,190	795	270	535	1,080	480	490	420	1,000	1,000	800	400	410	100	410		
	22.0	1,255	840	275	560	1,240	480	550	460	1,000	1,200	850	400	410	100	600		
200	11.0	1,265	870	230	490	1,010	550	540	460	1,000	1,000	800	400	450	100	340		
	15.0	1,300	870	260	525	1,115	550	540	400	1,000	1,100	900	400	450	100	400		
	22.0	1,450	940	275	560	1,370	550	610	600	1,000	1,200	900	400	450	100	745		
	37.0	1,450	940	295	625	1,370	550	610	600	1,000	1,200	900	400	560	100	745		
250	11.0	1,510	1,020	300	620	1,175	630	620	600	1,200	1,300	1,000	460	560	100	550		
	15.0	1,510	1,020	300	620	1,175	630	620	600	1,100	1,300	1,000	460	560	100	560		
	22.0	1,570	1,025	350	670	1,395	630	625	600	—	1,400	1,000	460	560	100	780		
	30.0	1,570	1,025	350	670	1,440	630	625	600	—	1,400	1,000	460	560	100	945		
	37.0	1,570	1,025	350	670	1,440	630	625	600	—	1,400	1,000	460	560	100	955		
300	45.0	1,605	1,080	350	670	1,440	630	675	600	—	1,400	1,000	460	560	100	1,160		
	55.0	1,740	1,200	350	730	1,595	630	795	650	—	1,400	1,000	460	560	100	1,210		
	15.0	1,665	1,125	320	650	1,285	810	675	600	—	1,300	1,000	600	630	100	790		
	22.0	1,700	1,140	350	715	1,475	810	685	700	—	1,400	1,100	600	630	100	990		
	30.0	1,725	1,140	365	755	1,475	810	685	700	—	1,400	1,100	600	630	100	1,165		
	37.0	1,725	1,140	365	755	1,475	810	685	700	—	1,400	1,100	600	630	100	1,165		
45.0	1,780	1,175	380	830	1,700	810	810	725	700	—	1,400	1,100	600	630	100	1,500		
	55.0	1,780	1,175	380	830	1,765	810	725	700	—	1,400	1,200	600	630	100	1,770		

水 中 ボ ン プ 構 造 図

ポンプ形式：着脱式：外装型

羽根形式：斜流形



図番	品名	材質	備考
1	ベルマウス	FC250	
2	ケーシング	FC250	
3	羽根車	SC450, SC480 SCS13	
4	主軸	SUS403, SUS420J2	
5	メカニカルシール		
6	着脱曲胴	FC250	
7	ガイド	FC0450	
8	ガイドパイプ	SGP	
9	水中モーター	FC250	
10	水冷ジャケット		
11	端子台	FC250	

W. L. : 連続運転可能最低水位

L. W. L. : 運転可能最低水位

水中ポンプ主要寸法

ポンプ形式： 着脱式：外装型 羽根形式：クローズ、斜流形

ポンプ口径 (mm)	モータ出力 (KW)	ポンプ主要寸法 (mm)						操作水位 (mm)			リフティング寸法 (mm)			ポンプ重量 (kg)
		A	B	C	D	E	F	H	I	J	K			
400		1,000	1,400	700	150	3,050以下	950	950以上	-	1,700	1,400			3,000
		1,200	1,700	850	200	3,350以下	1,200	1,250以上	-	2,000	1,700			
500														

水中ポンプ性能表

ポンプ形式： 着脱式：外装型

羽根形式：ホルテックス形(φ40〜φ100)

ポンプ口径(mm)	モーター出力(KW)	ポンプ全揚程(m) : ポンプ吐出量 m <sup>3</sup> /(min)															
		2m	3m	4m	5m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	22m	24m	26m	28m
40	0.15	0.10	0.06	0.04													
	0.25	0.16	0.11	0.10	0.08	0.06											
50	0.25	0.19	0.16	0.13	1.00	0.06											
	0.40		0.24	0.21	0.18	0.16	0.09										
	0.75					0.26	0.22	0.17	0.12	0.07							
65	1.50						0.34	0.30	0.26	0.20	0.16	0.10					
	0.75		0.42	0.38	0.35	0.32	0.27	0.15									
	1.5				0.55	0.53	0.47	0.40	0.27	0.14							
	2.2						0.67	0.56	0.44	0.30	0.13						
80	3.7										0.68	0.60	0.49	0.37	0.24		
	1.5		0.52	0.44	0.35	0.26											
	2.2		1.02	0.92	0.81	0.71	0.42										
	3.7				1.02	0.92	0.92	0.65	0.36								
	5.5						1.24	1.10	0.90	0.68	0.44						
100	7.5									1.25	0.90	0.50					
	2.2		1.05	0.94	0.84	0.72	0.42										
	3.7		1.20	1.12	1.04	0.90	0.66										
	5.5				1.40	1.40	1.24	1.10	0.90	0.55	0.44						
	7.5					1.52	1.52	1.32	1.15	0.95	0.72	0.45					
	11									1.55	1.35	1.00					
15	15											1.70	1.51	1.32			
	18.5												1.80	1.64	1.50		

水 中 ポ ン プ 性 能 表

ポンプ形式： 着脱式：外装型 羽根形状： クローズ：ノックロッキング形 (φ 100~φ300)

ポンプ口径 (mm)	モータ出力 (KW)	ポンプ全揚程 (m) :												吐 出 量 m <sup>3</sup> /(min)							
		4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m	26 m	28 m	30 m	32 m	34 m	36 m	38 m	40 m	
100	5.5			1.65	1.50	1.30	1.10	0.92	0.76	0.60											
	7.5				1.90	1.70	1.60	1.45	1.30	1.00	0.80	0.62									
150	11.0				3.50	3.10	2.70	2.30	2.00	1.50	1.00										
	15.0				4.30	4.00	3.60	3.30	2.90	2.50	2.10	1.70									
200	22.0							3.80	3.50	3.20	2.80	2.50	2.15	1.75							
	11.0			5.80	4.50	3.70	2.70	1.80													
250	15.0			6.70	5.60	5.00	4.50	3.40	2.90												
	22.0			7.00	6.70	6.00	5.00	4.50	3.50	2.80											
300	37.0						9.00	8.40	8.00	7.40	6.80	6.20	5.60	5.00	4.40	3.80	3.10				
	11.0			8.00	7.00	5.80	3.50														
300	15.0			8.60	6.20	4.80	3.30														
	22.0			9.50	7.80	6.80	5.50	4.10													
300	30.0				7.40	7.20	6.80	6.40	5.80	5.20	4.60	4.00	3.20								
	37.0					10.00	9.40	8.70	8.10	7.40	6.70	6.00	5.30	4.50	3.60						
300	45.0									7.20	6.80	6.40	6.00	5.60	5.20	4.60	4.00	3.20	2.40		
	55.0											9.00	8.40	7.60	7.00	6.30	5.40	4.80	4.10	3.60	
300	15.0			12.00	10.00	7.00	3.00														
	22.0			13.00	11.00	8.60	6.40	3.50													
300	30.0			14.50	13.00	11.00	8.30	6.00	3.50												
	37.0			17.00	15.50	14.00	12.50	11.00	8.50	6.00											
300	45.0				18.00	16.50	15.00	13.00	11.50	10.00	8.40	6.00									
	55.0				19.00	18.00	16.00	14.50	13.00	11.00	9.40	7.20									

水中ポンプ性能表

着脱式：外装型 羽根形式：斜流形（φ 400～φ 500）

ポンプ形式：

ポンプ口径 (mm)	モータ出力 (KW)	ポンプ全揚程 (m) : ポンプ吐出量 m <sup>3</sup> /(min)																	
		4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m											
400	22.0	19.00	16.00	12.00															
	30.0	26.00	21.50	17.00															
	37.0			21.00	19.00	16.00													
	45.0			26.00	22.00	19.00	17.00												
500	37.0	33.00	27.00	22.00															
	55.0			33.00	29.00	25.00	22.00												
	75.0					34.00	31.00												

## 第5節 修繕工事への対応（参考）

### 5-1 道路排水設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用するべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下（過去の故障・修繕履歴）、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保（施設の種別、規模、地域性）

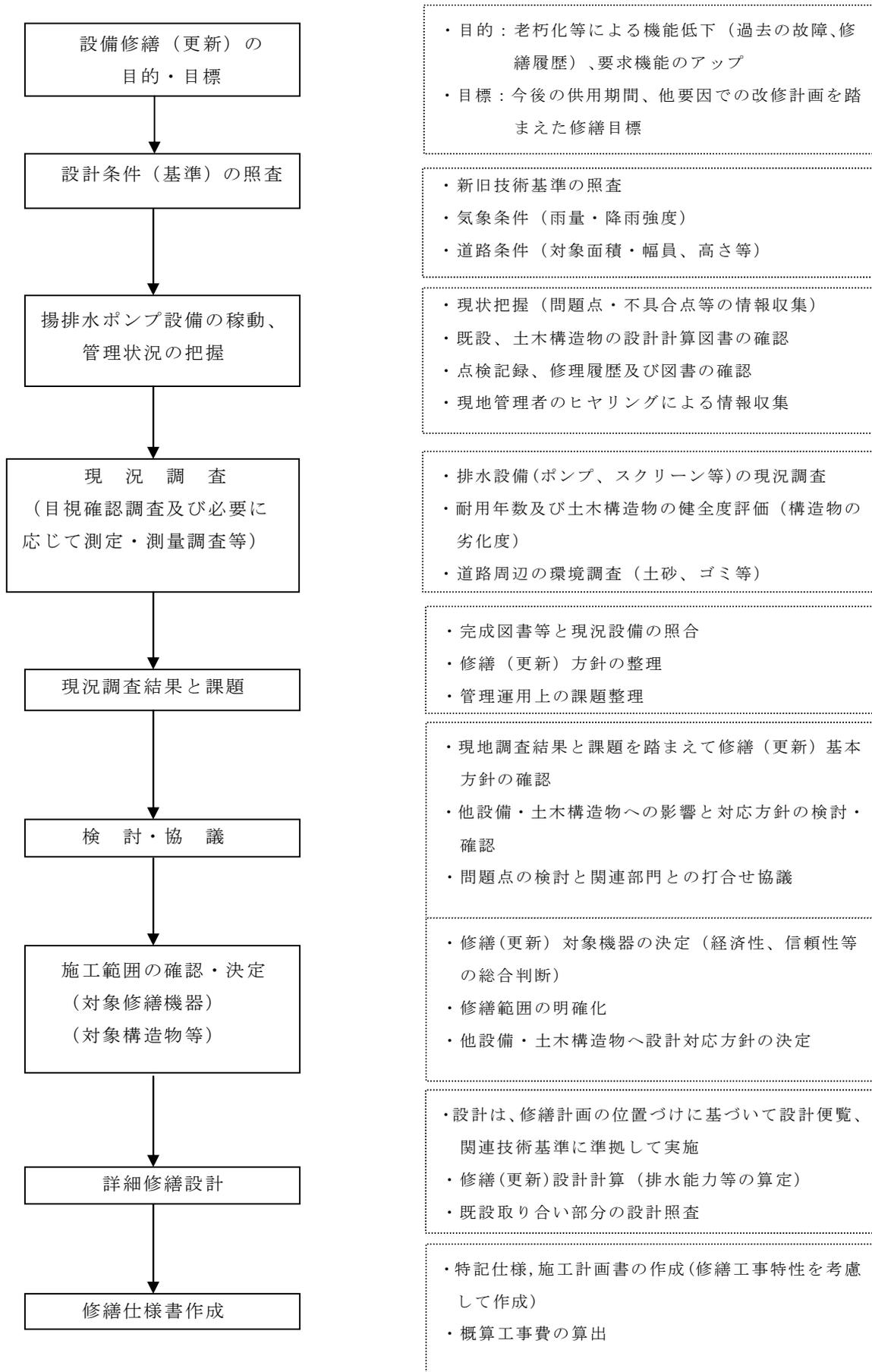
#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果（経済性）

（次頁に、道路排水設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す）

## 道路排水設備修繕（更新）計画検討フロー図（参考）

道路排水設備の修繕（更新）時の業務手順フロー例を示す。



## 第6章 ダム施工機械設備

## 第6章 ダム施工機械設備

### 第1節 総 則

#### 1. 適用範囲（標準）

コンクリートダムおよびフィルダムの施工機械設備に適用する。

〔解 説〕

##### 1. 対象設備

ここでいうダム施工機械設備（以下、「施工設備」という）は、骨材の生産からコンクリート打ち込みまでに必要な機械設備およびそれに付帯して必要となる設備を対象とする。

2. 関連諸法規等は、以下のとおりである。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発 刊 者
大気汚染防止法	平成 23 年 8 月	環境省
水質汚濁防止法	平成 23 年 6 月	環境省
騒音規制法	平成 23 年 8 月	環境省
振動規制法	平成 23 年 8 月	環境省
廃棄物処理および清掃に関する法律	平成 23 年 6 月	環境省
自然環境保全法	平成 23 年 8 月	環境省
環境影響評価法	平成 23 年 4 月	環境省
建築基準法	平成 23 年 12 月	国土交通省
河川管理施設等構造令	平成 23 年 12 月	国土交通省
電気設備に関する技術水準を定める省令	平成 23 年 3 月	経済産業省
労働安全衛生規則	平成 24 年 1 月	厚生労働省
クレーン等安全規則	平成 18 年 1 月	厚生労働省
クレーン等各構造規格	昭和 57 年	厚生労働省
建設省河川砂防技術基準（案）	平成 9 年 10 月	国土交通省
日本工業規格	加除式	経済産業省
電気規格調査会	加除式	J E C
日本電機工業会規格	加除式	J E M
日本溶接協会規格	加除式	W E S
コンクリート標準示方書	平成 23 年 3 月	土木学会
道路橋示方書	平成 24 年 2 月	日本道路協会
ダム施工機械設備設計指針（案）	平成 17 年 1 月	国土交通省

#### 2. 計 画（標準）

施工設備の計画は、ダムの設計についての基本方針、現場条件、社会的環境、周辺の自然環境の保全および工事規模、工法、工期、コスト縮減、施工性、安全性等を考慮して決定する。

〔解説〕

2-1 ダム建設工事は、ダムサイトの地形及び地質条件によりダムの形式及び打設工法が決定されこれに基づいて施工機械設備が計画されているので、計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

(1) 自然環境の保全

施工機械設備の中でもコンクリート運搬打設設備は、従来から使用されているケーブルクレーン、ジブクレーン、タワークレーンの他にインクライン、ダンプ直送、ベルトコンベヤ、ライジングタワー、テルファークレーン等が使用されております。今後の計画及び設計に際しては、大規模な地山掘削を行って、ダムサイト周辺の自然環境に大幅な改変を伴うような設備配置計画は極力避けるものとする。

(2) 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

(3) コスト・メンテナンス性

(a) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮する。

(b) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。

(c) メンテナンス性の向上・維持管理費の縮減を考慮すること。

(4) 環境・リサイクル

解体時の産業廃棄物の軽減と再生利用を考慮した設計を行っていくものとする。

(5) 転用品

官持ち設備の場合転用し易い設備を計画し、取り外しのし易い設備の設計を行っていくものとする。

2-2 設備計画

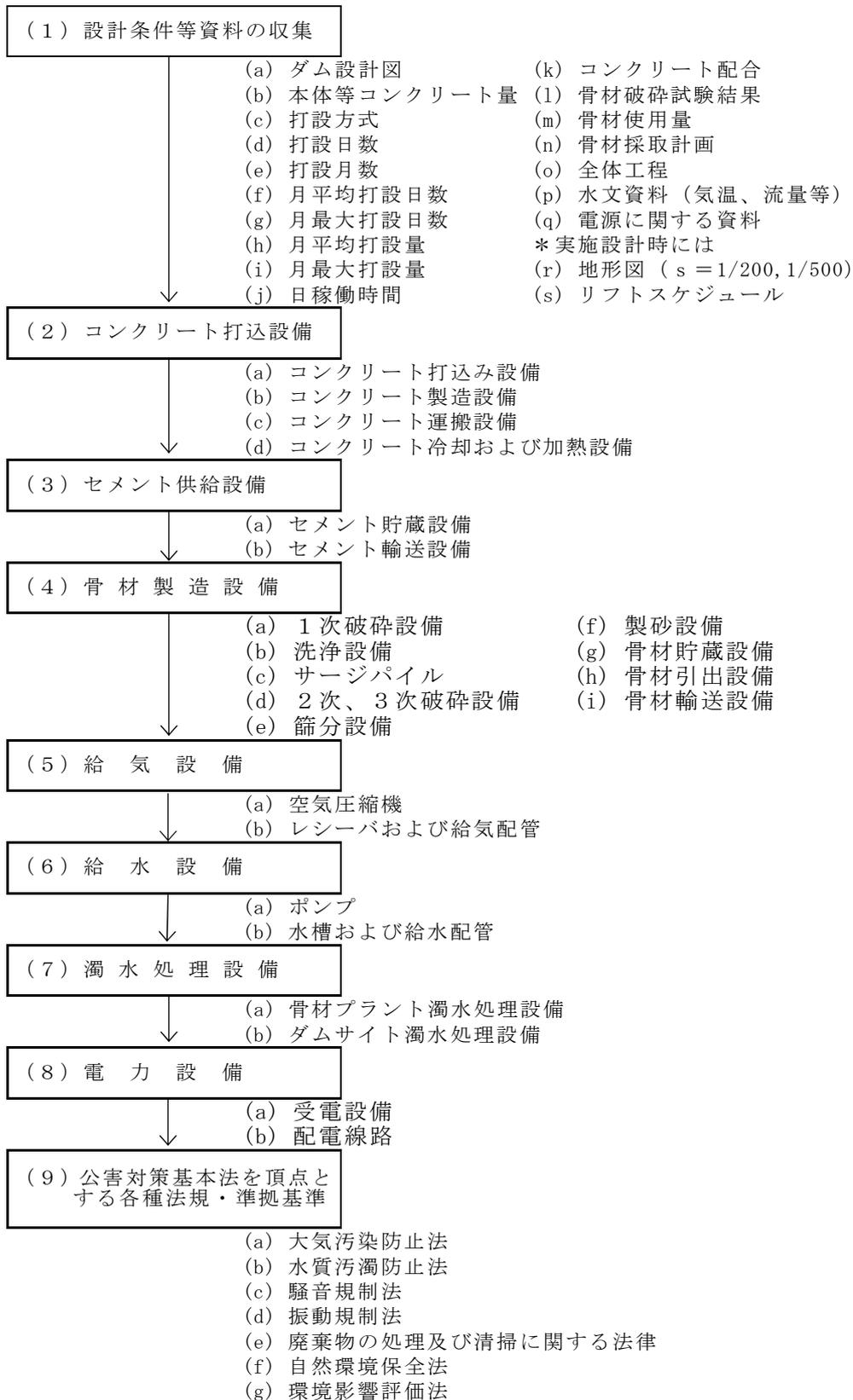
(1) 施工設備計画は、ダムの設計条件、全体工程に合った設備規模を十分検討し、工事が円滑に実施できるものでなければならない。

(2) ダム建設工事における施工設備費の占める割合は大きいので、無駄のない設備計画を立てる必要がある。

(3) ダム施工機械設備は、ダム建設工事終了後に撤去されるので、周辺の自然環境の保全及び森林の保護による温暖化防止に寄与するように配慮する必要がある。

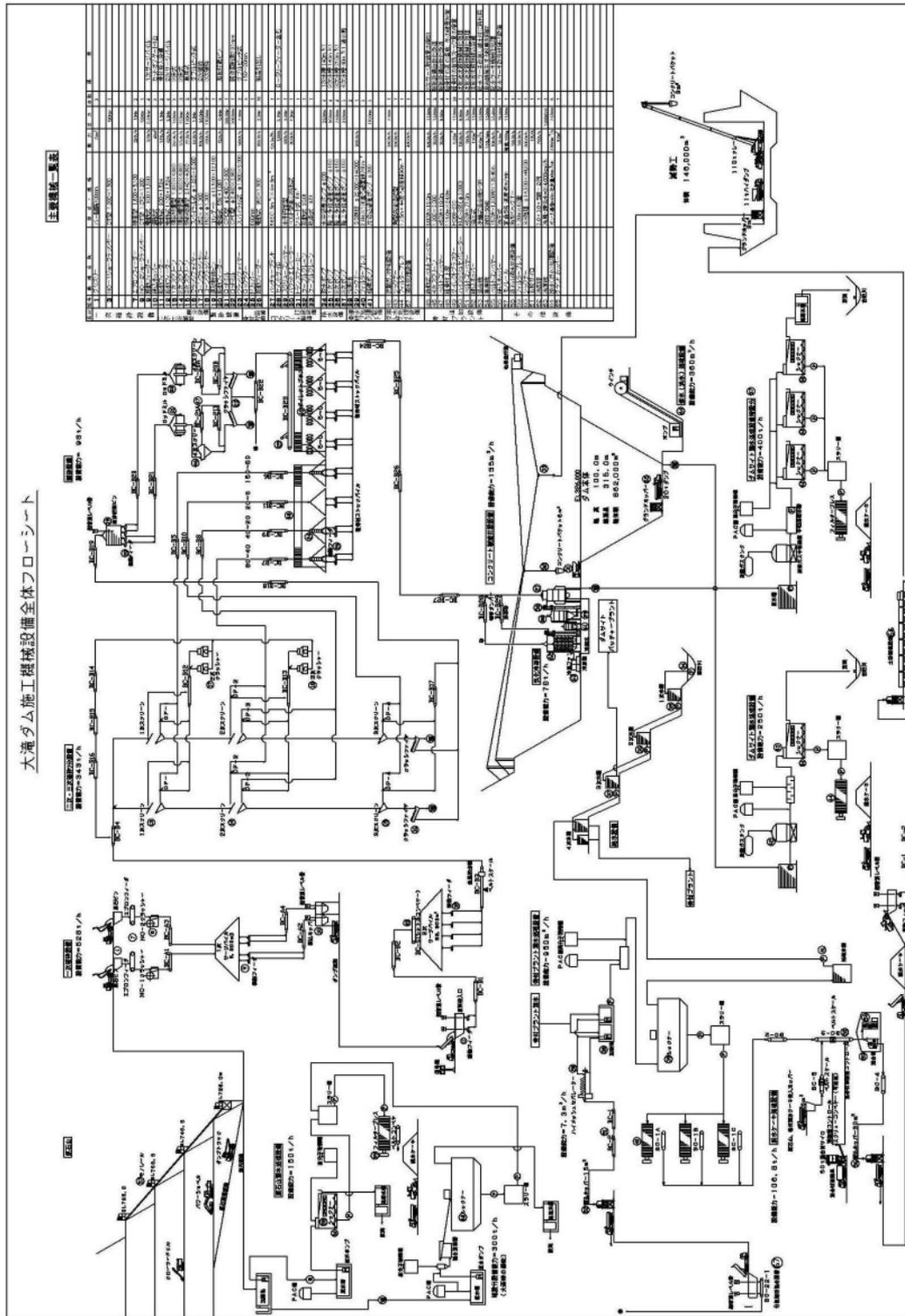
## 2-3 計画フロー

施工設備の計画および設計は次の項目、順序によって行う。



2-4 全体フローシート (参考)

大滝ダムにおける骨材採取から打設までの工程フローと各設備の機能を示す。



## 骨材製造設備

### 1次破碎設備

原石山で採取した原石をダンプで運搬する。1次破碎設備はグリズリバー、エプロンフィーダ、ジョークラッシャ、振動フィーダ、積込ホッパで構成されている。2次3次破碎篩分設備のサージパイルへは、積込ホッパよりダンプで運搬する。破碎に伴う泥水は濁水処理設備に送る。

### 2次3次破碎篩分設備

1次破碎設備より送られた岩石を、コンクリート練混ぜに必要な所定の大きさの骨材に生産するため、2次、3次コーンクラッシャ、振動スクリーン、クラッシュファイヤで構成され、タワー状に組み合わせて、スクリーンタワーと呼ばれている。

生産される骨材の種類は、150～80、80～40、40～20、20～5mmの4種類の粗骨材である。これらの粗骨材は所定の大きさ、量に分けて生産され、また、5mmより小さい骨材は、砂の生産用に原砂貯蔵ビンに送られる。クラッシュファイヤは洗浄された砂と泥水に分離する機械である。泥水は濁水処理設備に送られる。

### 製砂設備

原砂貯蔵ビンに蓄えられた20～5mmの小砂利と5mm以下の砂原料から細骨材と呼ばれる砂を生産する。製砂設備は、ロッドミルとクラッシュファイヤで構成され、ロッドミルには砂原料を投入しロッドと呼ばれる鉄の棒を入れたドラムを回転させて破碎して粒度を調整する構造となっている。

### 骨材貯蔵設備

2次3次破碎篩分設備、製砂設備により生産された製品はストックパイルと呼ばれる骨材貯蔵設備に貯蔵される。製品骨材は、ここから定量的に引き出されて、コンクリートの製造に使用される。粗骨材(20～5mm除く)には落下の際の再破碎を防止するため、ロックラダを設けている。

## コンクリート製造打設設備

### 製造設備

製造設備は、バッチャプラントと呼ばれるコンクリートを練混ぜる設備で棟内は数段のフロアに分かれ、上から貯蔵ビン、計量器、ミキサー室、ホッパー等の順に並び、最下部にはコンクリートを運搬するトランスファーカが乗り込めるようになっている。ミキサは容量1.5m<sup>3</sup>の傾胴型ミキサを4台使用している。セメントは容量1,000tのセメントサイロよりロータリフィーダ、スクリュコンベヤ、バケットエレベータでバッチャプラントに供給している。

### 打設設備

バッチャプラントで製造されたコンクリートをトランスファーカで運搬し、バンカー線上でコンクリートバケットに積替え、ケーブルクレーンで打設をする。20t吊と9.5t吊のケーブルクレーンが設置され、20t吊は6m<sup>3</sup>、9.5t吊は3m<sup>3</sup>バケットで打設する。これらのケーブルクレーンは打設以外に資材等の雑運搬、放流設備等の据付にも使用する。

### 濁水処理設備

骨材製造設備やダム本体打設現場で発生する泥水(濁水)を薬品等を使ってきれいな水に戻し、再利用するための設備である。PACや高分子凝集材、炭酸ガス等を添加して処理する。各フィルタプレスからの脱水ケーキに固化材を混合して盛土材に流用する。濁水処理設備は原石山、骨材プラント、ダムサイトの3ヶ所に設置されている。

### 給水設備

骨材製造及びコンクリート製造には大量の水を使用するので、河川よりポンプで取水し4次水槽まで送水し、各設備へ供給する。骨材プラント濁水処理設備で処理された水は、4次水槽まで送水し再利用している。

#### 気化冷却設備

セメントの水和反応による発熱による温度上昇を抑えるため、プレクーリングの1つとして、細骨材の気化冷却を行う。砂を上部から分散落下させ、下部から冷風を吹込み、砂の表面水を蒸発させて気化潜熱によって冷却する。バッチャプラントの横に配置し冷却された砂を供給する。

### 3. 調 査（標準）

施工設備の計画にあたっては、周辺の生活環境、気象、地形、地質、輸送路および電力供給源等について調査を行わなければならない。

#### 〔解 説〕

施工設備の計画では次の項目を調査する。

#### 3-1 環境保全調査

- (1) 工事の実施により周辺環境にどのような影響を及ぼすかについての調査および各種規制に関する調査をしなければならない。
- (2) 「公害対策基本法」等の関連法規に基づき一定の行為を行う場合は、許可申請もしくは協議の手続きが必要である。
- (3) 環境影響評価法(平成11年6月12日施行)に基づいて環境影響評価を実施する。特に工事中の騒音、振動、水質汚濁、生態系への影響等について事業者が実行可能な範囲でできる限り環境影響を回避・低減することを評価の視点とすることと、環境保全措置の一環としての事後調査が位置付けられている。

#### 3-2 気象調査

気象および水文資料はできるだけ長期間のものを集める。一般的には過去10年間を標準とする。

#### 3-3 地形、地質および骨材調査

- (1) 工事途中で施工設備計画を変更したり、地滑り、崩落等により移設するような事態が生じないよう考慮する。
- (2) 重要設備の基礎部分は、ボーリング等により表土の厚さ、基礎岩盤の状況等を把握して、その地耐力を調査する。
- (3) 骨材調査は、一般に数カ所のボーリング調査を行い、骨材の有効埋蔵量および適性を検討しておかなくてはならない。

#### 3-4 輸送路調査

- (1) 輸送路調査は、施工設備計画に必要不可欠のものである。
- (2) 輸送すべき資材の数量、大きさ、重量等を予め把握して工事工程に対して円滑な輸送が行えるよう現状の交通事情および輸送路の施設を調査する。

#### 3-5 電力供給調査

- (1) 一般には最寄りの電力会社と協議した上で電力供給を受ける。
- (2) 電力会社からの供給が難しい場合には、自家発電設備を考慮する必要がある。

## 第2節 基本条件

### 1. 設備規模の検討（標準）

施工設備の規模は、ダム等の施工計画を考慮して決定する。

〔解説〕

1-1 施工設備の規模は、コンクリート打込み量を基準として、打込み設備、骨材製造設備の順に決定する。

1-2 基本条件は、次の事項から決められる。

- (1) 不稼働日数
- (2) 打込み可能日数
- (3) コンクリート打込み量および骨材製造量
- (4) ブロック割り

柱状ブロック工法および柱状レヤ工法に対して、近年多く採用されているRCD工法、拡張レヤ工法は、日当たりのコンクリート打込み量が增大するので注意を要する。

(5) リフトスケジュール

1-3 各設備の概略規模は、表6-2-1により求めることができる。

表6-2-1 コンクリート打設量と施工設備

ダム規模	コンクリート打設規模						施工機械設備規模					
	打設月数	打設日月平均/月最大	時間当打設量	打設時間月平均/月最大	月平均打設量	月最大打設量	打設設備容量	バケット容量	2軸強制練りミキサ容量	セメント輸送設備	骨材製造設備	骨材濁水処理設備
10万m <sup>3</sup>	23	16/18	30m <sup>3</sup> /h	9h/13h	4,320m <sup>3</sup>	7,020m <sup>3</sup>	6.5t	2 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	20t/h	90t/h	160t/h
15万m <sup>3</sup>	23	16/18	45m <sup>3</sup> /h	9h/13h	6,480m <sup>3</sup>	10,530m <sup>3</sup>	9.5t	3 m <sup>3</sup>	1.5m <sup>3</sup>	30t/h	130t/h	230t/h
30万m <sup>3</sup>	30	16/18	70m <sup>3</sup> /h	9h/13h	10,080m <sup>3</sup>	16,380m <sup>3</sup>	13.5t	4.5m <sup>3</sup>	2.5m <sup>3</sup>	50t/h	200t/h	360t/h
50万m <sup>3</sup>	35	16/18	90m <sup>3</sup> /h	10h/14h	14,400m <sup>3</sup>	22,680m <sup>3</sup>	20 t	6 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>	60t/h	260t/h	470t/h
100万m <sup>3</sup>	39	16/18	160m <sup>3</sup> /h	10h/14h	25,600m <sup>3</sup>	40,320m <sup>3</sup>	20t×2	6m <sup>3</sup> ×2	3m <sup>3</sup> ×2	60t/h×2	500t/h	900t/h
200万m <sup>3</sup>	45	16/18	230m <sup>3</sup> /h	12h/17h	44,160m <sup>3</sup>	70,380m <sup>3</sup>	28t×2	9m <sup>3</sup> ×2	4.5m <sup>3</sup> ×2	90t/h×2	700t/h	1,300t/h

### 2. コンクリート運搬・打込み設備計画（標準）

コンクリート運搬・打込み設備計画は、コンクリート打込み計画を基に稼働条件を考慮して決定する。

〔解説〕

2-1 コンクリート運搬および打込み設備計画は、施工設備計画の基本であり、他の施工設備の計画もこれによるところが多い。

2-2 コンクリート打込み設備計画は、コンクリート打込み量と打設月数あるいはリフトスケジュールによる。打設設備規模を決める基本は、日当たり最大打込み量と時間当り打設量である。

### 3. 骨材製造および貯蔵設備計画（標準）

骨材製造および貯蔵設備計画は、コンクリート打込み計画を基に、前記の諸調査の結果および運転時間の平準化などを考慮して決めるものとする。

#### 〔解説〕

- 3-1 原石採取運搬及び1次破碎設備の不稼働日数は、ダム土工の対象として考え、本体掘削の不稼働日数と同一条件を考慮するのが一般的である。
- 3-2 骨材製造設備の能力は、月最大コンクリート打込み量に見合う骨材供給量を確保する必要があるが、骨材貯蔵設備容量との関連から、ある程度の運転時間の平準化が期待できるので、これらを勘案して必要以上に大きな設備能力とならないように決定する。  
なお、原石供給量には骨材製造過程で発生する損失量を考慮する。
- 3-3 コンクリート骨材は、自然の材料を使用して生産されるので材料の品質変化等による生産設備の改善に柔軟に対応できるように設計上の配慮をしておく必要がある。

### 4. 設備配置の基本（標準）

施工設備の配置は、立地条件および工事規模等を考慮し、設備の機能を能率的に発揮できるように計画する。

#### 〔解説〕

- 4-1 施工設備の配置計画は、地形、設備相互の連携および資材の輸送計画等を十分考慮に入れて行うとともに、立地条件としての用地、生活および自然環境等の社会的条件についても考慮する。
- 4-2 施工設備は、投資効果の観点から合理的で経済的な配置を検討する。
- 4-3 施工設備は、ダム完成後、転用、解体、撤去を必要とし、基礎構造物は殆ど無価値のものとなることを念頭に入れて計画する。  
跡地は、環境保全上整地して植生を行うことを考慮する。
- 4-4 施工設備の配置は、できるだけ現地地形を利用し、資材の輸送には可能な限り重力を利用した流れになるように計画する。  
また、できるだけ大量な地山掘削を伴うような計画は避ける。
- 4-5 施工設備の配置は、単独の機械を複数組み合わせることによって、プラントとしての効果を発揮する設備が多いので、機械と機械の接続部分、乗り継ぎ部等の方式・形状を十分に配慮して計画する。
- 4-6 施工設備は、各設備固有の機能を発揮するようになるほか、最終的にコンクリート打込みに至る各種施工設備を効果的かつ経済的に配置するよう計画する。
- 4-7 施工機械設備の計画のみでなく、各種放流設備の仮組ヤードおよび資材置場等を確保するよう配慮する。

### 5. その他（参考）

凍結が予想される場合は、電気機器のポイントおよび配管等に対し、凍結防止の対策として保温あるいは水抜き等を考慮する。

### 第3節 コンクリート運搬・打込み設備

#### 1. 機種を選定と組合せ（標準）

コンクリート運搬・打込み設備の機種選定と組合せは、ダムサイトの地形とコンクリート打込み量などを考慮し、最も効果的かつ経済的な方式を決定する。

〔解説〕

- 1-1 コンクリート運搬・打込み設備は、施工設備のうちで最もダムサイトの地形地質条件の影響を受けるので、機種選定および組合せには十分な比較検討が必要である。
- 1-2 RCD工法および拡張レヤ工法などの合理化施工におけるコンクリート運搬・打込み設備は、機種選定の自由度が高く、最も多様化している設備である。
- 1-3 機種によっては開発・研究段階にあるので、新しい情報等に留意する必要がある。

#### 2. コンクリート打設工法（参考）

近年、RCD工法及び拡張レヤ工法による面状施工が一般化しており、従来の柱状工法のように堤体全面をクレーンのカバーエリアとする必要性がなくなって、コンクリートの運搬・打ち込み設備が多様化しているので、現況について解説する。

- (1) コンクリートダムの打設工法は、ダムの形式・規模・堤体形状・堤内構造物及びダムサイト周辺の地形・地質条件を検討して最適な工法が選定されている。
- (2) ダム形式では、アーチダムの場合には柱状工法が採用されているが、重力式コンクリートダムでは堤体の規模・形状及びダムサイト周辺の地形・地質条件によりその施工性を検討してRCD工法あるいは拡張レヤ工法が選定されている。
- (3) 柱状工法の場合には、ケーブルクレーン（走行式あるいは軌索式）・ジブクレーン・タワークレーンが採用されてコンクリートバケットにより打設されている。
- (4) RCD工法の場合には、堤体コンクリート打設面が全面に亘って平坦であり、内部コンクリートは超固練りのRCDコンクリートで振動ローラでの転圧が完了した後にはタイヤ走行式の車両であれば打設面上を走行できるという施工上のメリットがある。

バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートが、固定式ケーブルクレーン・インクライン・ベルトコンベヤ・タワークレーン・テルファークレーン等により堤体内に設置したホッパに持ち込みさえすれば、後はダンプによる小運搬で施工が可能である。また、堤体形状とサイト周辺の地形条件から容易に堤体への進入路が取り付けられる場合にはダンプ直送によるコンクリート運搬が施工されている。但し、堤体内に大規模な放流設備及び放流管を設置する場合には、これらの鋼構造物の運搬据付けが可能なクレーン設備の設置が必要となるので、コンクリートの運搬設備の選定に当たってはこれらの堤内鋼構造物の運搬据付けにも十分な配慮をする必要がある。

(5) 走行式ケーブルクレーンを設置する場合には、ダムサイト両岸の地山を大量に掘削する必要があり周辺の自然環境を大幅に変更してしまうので、森林の保護と温暖化防止の観点からも極力避ける必要がある。



## 2-1 柱状ブロック工法

柱状ブロック工法は、従来から数多くのコンクリートダムで採用されてきた伝統的な工法であり、その概要は下表のとおりである。

キーワード	柱状ブロック工法の概要
粗骨材最大寸法	G max150mm, G1 (150-80)、G2 (80-40)、G3 (40-20)、G4 (20-5)
外部コンクリート	有スランブ (3±1cm) の富配合(単位セメント量 210kg/m <sup>3</sup> )
内部コンクリート	有スランブ (3±1cm) の富配合(単位セメント量 150kg/m <sup>3</sup> )
横継目	ダム軸直角方向に15m間隔でキー付の横継目型枠を設置
縦継目	縦継目型枠はジョイントグラウト配管を装備し打設ブロックを形成
バケット打設	ケーブルクレーンにより打設ブロックに上空からバケット打設
コンクリート締固め	バイバックあるいは人力による内部振動機でのコンクリート締固め
柱状打設	左右岸先行打設で工事中的出水に対して中央部ブロックを越流
パイプクーリング	堤体打継面に25φ電縫鋼管を配管しコンクリート打設直後から冷水を通水して初期のセメント凝固熱を解消する1次クーリングを施工 2次クーリングにより堤体を最終安定温度に冷却
ジョイントグラウト	2次クーリングにより堤体を最終安定温度 (常温) まで冷却して堤体ブロックを収縮させジョイント部の間隙にセメントミルクを注入し堤体を一体化
コンクリート運搬	両端走行型・弧動型・軌索式等のケーブルクレーンを使用

## 2-2 柱状レヤー工法

柱状レヤー工法は、中小規模のコンクリートダムで採用されてきた打設工法であり、柱状ブロック工法の縦継目の設置を省略することによりジョイントグラウトが不要で柱状ブロック工法に比較して省力化される。

## 2-3 RCD工法

### (1) 面状工法

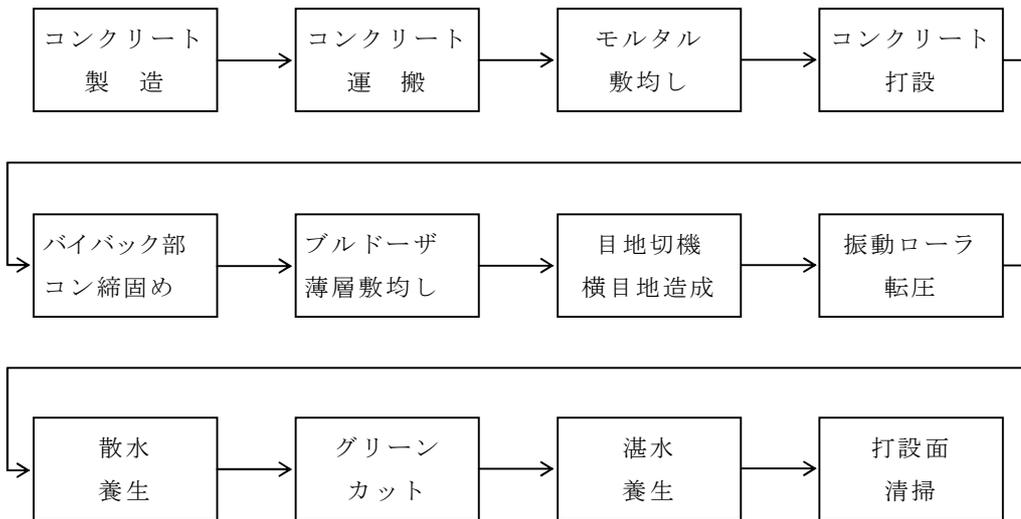
RCD工法は、従来の重力式コンクリートダムに必要とされる機能、安全性などを確保して、施工の合理化を図るため打設ブロックを面状に拡大したダム施工方法である。

(2) ノースランブコンクリート

外部コンクリートは従来通り有スランブの富配合コンクリートを内部振動機で締固めるが、内部コンクリートは、超硬練り（ノースランブ）のRCDコンクリートをダンプトラック等の汎用機械で運搬して、ブルドーザにより敷均し、振動ローラにより締固めるダム施工方法である。

(3) 合理化施工法

この工法は、工期の短縮、工事費の低減、作業の効率化、安全性の確保、環境保全等の利点を有するコンクリートダムの合理化施工法である。



(4) 従来の柱状ブロック打設工法とRCD工法との施工上の相違点

キーワード	施工上の相違点
全面レヤー打設	全面レヤーで打設面上をダンプ運搬でコンクリートを打ち込む
外部コンクリート	有スランプの富配合コンクリート（単位セメント量 $210\text{kg}/\text{m}^3$ ）
内部コンクリート	超硬練りのノースランプコンクリート
VC値	内部コンクリートのコンシステンシはVC値で計測
貧配合	内部コンクリートは単位セメント量が少ない（ $120\text{kg}/\text{m}^3$ ）
パイプクーリング 不能	打設面にブルドーザ等の汎用機械が走行するのでパイプクーリングによるコンクリート冷却は施工不能
プレクーリング	堤体規模が大きくなると骨材のプレクーリングが必要
ポストクーリング	冷水による打設面上の湛水冷却と養生
内部コンクリートの 運搬敷均し転圧	ダンプトラックによる打設面上のコンクリート運搬・ブルドーザによる薄層敷均しによる粗骨材の分離解消と予転圧・振動ローラによる転圧
リフト厚	締固め効果を考慮して75cm程度で施工
埋殺し型枠	上下流の外部コンクリートの収縮継目には鋼板製の埋殺し型枠を設置
打止め型枠	打設ヤードの末端には鋼製の打止め型枠を設置（転用して使用）
振動目地切り	内部コンクリートの横継目は、ブルドーザによる薄層敷均し後、振動目地切機で亜鉛鍍鉄板を挿入して造成
自走式グリーン カット機械	広い打設面積を迅速に処理する自走式グリーンカット機械を使用 発生ズリはバキュームカで回収
コンクリート運搬	バッチャープラントからコンクリート打設リフト面までの、上下方向のコンクリート運搬は、ダムサイトの地形地質特性を考慮のうえ、固定ケーブルクレーン、ダンプ直送、タワークレーン、インクライン、ベルトコンベヤ、テルファークレーン等を使用

(5) R C D工法の利点

キーワード	R C D 工 法 の 利 点
工期の短縮	汎用土工機械類を使用して稼働効率を高め大量施工により工期短縮
建設費の低減	打設設備を軽減し汎用機械を使用してコンクリート打込費を低減
	内部コンクリートの単位セメント量を低減してコストを縮減
	パイプクーリング及びジョイントグラウチングが不要
施工の安全性	広い作業面積での全面レヤー打設で隣接ブロックとの段差が少ないから良好な施工性と安全性を確保
環境の保全	走行式ケーブルクレーンの設置に伴う走行路築造のための大規模な地山掘削をなくしダムサイト周辺の環境を保全

(6) R C D工法の適応性

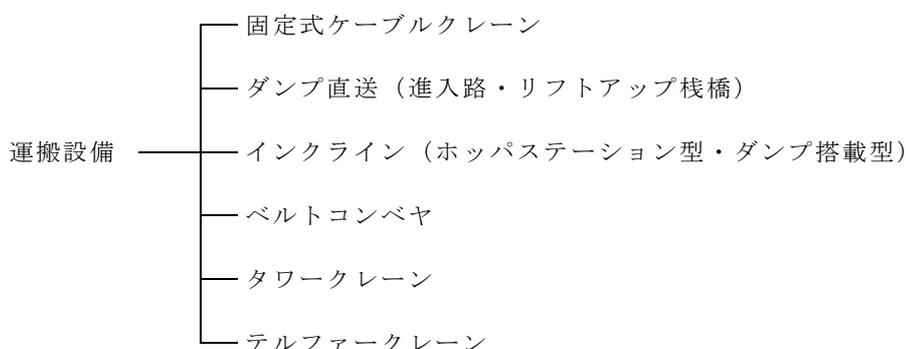
キーワード	R C D 工 法 の 適 応 性
ダムの地形条件	V字型の急峻な地形より施工面積が広くとれるU字谷の方が最適
小規模ダム	コンクリート量の少ないダムでは広い施工面積が確保出来ないためR C D工法の採用は困難（拡張レヤー工法の採用を検討）
堤内構造物	放流設備・監査路等の堤体埋設物が多いダムではダンプ運搬その他重機の移動が制約されR C D工法の施工が困難
コンクリート締固め	外部コンクリートには内部振動機・内部コンクリートにはブルドーザによる敷均し・目地切機による亜鉛鍍鉄板の挿入・振動ローラによる転圧等異種の段取り替えが必要

(7) RCD工法におけるコンクリート運搬設備

RCD工法におけるコンクリートの打込み作業はダンプトラック、ブルドーザ、バックホ、ホイールローダ、振動ローラ、章動ローラ、グリーンカット機、バキュームカなど汎用機械により行うので、主要な運搬設備としてはバッチャープラントから打設面までのコンクリート運搬設備となる。主運搬設備としては、次に列挙する設備が使用されているが、ダンプ直送、ダンプ搭載型インクライン以外の機種ではバンカー線から打設面上に設けられたホッパーまでコンクリートを運搬を行い、ホッパーからはコンクリートをダンプトラックに積み替えて打設面上の運搬が行われている。

主運搬設備の選定にあたっては、ダム規模・堤体形状・堤内構造物（放流管・監査廊）とダムサイトの地形地質条件に応じて最適な機種を配置する必要がある。

コンクリート運搬打設設備のカバーエリアから外れる場所に放流管及び監査廊等の堤内構造物が存在する打設面上では、重機類がこれらの堤内構造物を横断するための仮設橋が必要となるので仮設橋の構造及び配置位置が施工の支障とならないよう十分な検討を要する。



1) 固定式ケーブルクレーン

固定式ケーブルクレーンの設置には大規模な地山掘削を必要とせずダムサイト周辺の環境に対する影響を極力限定することが可能であり、その施工性も左右岸全線に亘ってコンクリート運搬が可能であり、また施工に必要な建設資材および汎用機械の堤体への搬出入（雑運搬）にも利便性が良好であることから最近になって見直されはじめている機種である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 ( $m^3$ )	ケーブルクレーン 規格×基数
島地川	89	240	317,000	13.5 t 固定式×1基
千屋	97.5	259	697,000	13.5 t 固定式×2基
滝沢	140	424	1,800,000	13.5 t 固定式×3基

2) ダンプ直送

- ① 堤体に進入道路を取付けることにより、バッチャープラントから打設面までダンプトラックを直接走行させる方式である。
- ② 急峻なダムサイトにおいては堤体への進入道路を多数築造することが困難であるため堤体と進入道路の間に±15%程度上下に可動する仮設栈橋を設置している。
- ③ ダンプトラックその他の機械が打設面へ直接出入りするので、堤体への乗込み部やバッチャープラントの近傍にはタイヤ洗浄設備を設置する必要がある。
- ④ 堤体上部の施工では堤体幅が狭くなり、ダンプトラックの方向変換ができなくなるので、三転ダンプ及びクローラダンプの使用並びに補助設備として、ケーブルクレーン・タワークレーン・ベルトコンベヤ等を使用するが多い。
- ⑤ ダンプトラックタイヤ洗浄設備（ダンプトラック直送方式）  
ダンプトラックが場外からコンクリート打設面に直接進入するため、タイヤに付着する泥分等の不純物を除去する装置である。
- ⑥ 堤体内構造物の横断設備  
堤内仮排水路、通廊、放流管等の堤体内に埋設される構造物は、ダンプ走行の障害となるので乗越栈橋や斜路を設置する必要がある。

ダンプ直送により施工されたダムは、下記のとおりである。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	コンクリート種別	搬入方法
大川	75	406.5	1,000,000	マット部コンクリート	搬入路を堤体に直付け
美利河	40	1,480	870,000		搬入路を堤体に直付け
宮床	48	256	329,000	マット部コンクリート	搬入路を堤体に直付け
札内川	114	300	770,000		搬入路を堤体に直付け
白水川	54.5	367	314,000		リフトアップ栈橋
朝日小川	84	260	361,000		搬入路を堤体に直付け
朝里	73.9	390	517,000		リフトアップ栈橋
布目	72	322	330,000		堤頂部13.5tタワー クレーン
竜門	99.5	620	1,074,000		リフトアップ栈橋
八田原	84.9	325	500,000		リフトアップ栈橋

### 3) インクライン

インクラインの構成及び構造並びに施工上の特長を下表に示す。

キーワード	インクラインの構成
道床コンクリートと軌条	堤体アバットメントに道床コンクリートと軌条を設置し、バケット台車あるいはダンプ搭載台車を昇降させてコンクリートを運搬
バケット台車方式	バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをバンカー線でトランスファーカからバケット台車に積込みインクライン上を降下してホッパーステーションでコンクリートを荷卸し打設面上はダンプ運搬堤内への雑運搬のためには別途補助運搬装置が必要
ダンプ搭載台車方式	バッチャープラントでダンプに積込まれたコンクリートをそのまま堤体上の打設ヤードまで運搬できるのでコンクリートの積み替えがなく、特に夏期のプレクーリングを実施する場合には最適な運搬方法また広い台車には堤体上で稼働する汎用機械も搭載できる雑運搬機能も有する
乗越し栈橋	打設面上に放流管や監査廊等の堤内構造物があるリフト面ではこれらの構造物を跨いでダンプその他の重機類が走行する乗越し栈橋が必要
インクライン敷設期間	堤体の基礎掘削が完了しないと道床コンクリートが施工出来ないのでコンクリートの打設開始が遅れる
サイクルタイム	インクラインは、台車をウインチで昇降させるのでケーブルクレーン運搬に比べ打設量の多い堤体下部ではサイクルタイムが長くなる
インクラインの規格	3 m <sup>3</sup> 、4.5 m <sup>3</sup> 、6 m <sup>3</sup> 、9 m <sup>3</sup> の機種が使用

#### インクラインによる施工事例

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	インクライン 型式・規格	雑運搬設備
玉川	100	441.5	1,150,000	バケット台車 9m <sup>3</sup> ×2基	20t固定ケーブル
真野	69	239	210,000	バケット台車 4.5m <sup>3</sup> ×1基	4.5t軌索ケーブル
小玉	102	280	570,000	バケット台車 6 m <sup>3</sup> ×1基	6.5t軌索ケーブル
道平川	70	300	350,000	バケット台車 6 m <sup>3</sup> ×1基	4.5t軌索ケーブル
神室	60.6	257	307,000	バケット台車 4.5m <sup>3</sup> ×1基	4.5t軌索ケーブル
境川	115	297.5	713,000	バケット台車 4.5m <sup>3</sup> ×2基	9.5t軌索ケーブル
宮が瀬	156	400	2,060,000	ダンプ搭載台車9m <sup>3</sup> ×2基	9.5t軌索ケーブル

#### 4) ベルトコンベヤ

RCD工法におけるベルトコンベヤによるコンクリート運搬方法には、リフトアップタワー方式・ジグザグコンベヤ方式・堤頂部コンベヤ方式等がある。

キーワード	ベルトコンベヤの特長
輸送能力	簡便な輸送装置で製作据付費に比し時間当り輸送能力が大きい
基礎価格	基礎価格は低廉で償却費用が少ない
環境の保全	設備据付けための基礎掘削量が小さく周辺環境を保全
輸送限界	運搬勾配に限界があるため地形条件による制約が大きい
設備の移設	打設面上昇に追従してコンベヤシステムの移設が必要
骨材分離とモルタル飛散	ベルトコンベヤより打設面にコンクリートが落下するときの骨材分離とモルタル飛散が生じやすい
運転技能	熟練運転士は不要

##### ① リフトアップタワー方式

キーワード	リフトアップタワー方式によるコンベヤ運搬の特長
コンベヤライン	堤体上流側に設置したバッチャープラントから地形に沿ってベルトコンベヤラインを設置
リフトアップタワー	堤体内に建て込んだリフトアップタワーで先端コンベヤを支持して、運搬されたコンクリートを堤体上のコンクリートホップに貯留
ダンプ運搬	打設面上のホップに貯留されたコンクリートをダンプ運搬
先端コンベヤのリフトアップ	堤体の立ち上がりに応じてリフトアップタワー頂部に装置された巻上げウインチにより先端コンベヤをリフトアップ
先端コンベヤの俯仰角度	先端コンベヤの俯仰角度は $\pm 18^\circ$ であり、1基のリフトアップタワーでのコンクリートの打込み可能高さは30m程度
コンベヤラインの増設あるいは移設	先端コンベヤの俯仰角度が $18^\circ$ に近づく前に堤体アバット寄りに順次リフトアップタワーを堤体内に立ち上げて地形に沿って配置されるコンベヤラインの増設あるいは移設が必要

##### ② ジグザグコンベヤ方式

キーワード	ジグザグコンベヤ方式によるコンベヤ運搬の特長
ジグザグコンベヤライン	ダム天端に設置したバッチャープラントからダム上流側の傾斜面に沿ってジグザグコンベヤラインを設置
インクラインと旋回起伏式コンベヤ	コンベヤラインとダムアバットメントの間の傾斜面にインクライン（道床コンクリートと軌条）を設置し走行型旋回起伏式コンベヤを配置
ダンプ運搬	打設面上のホップに貯留されたコンクリートをダンプ運搬
旋回起伏式コンベヤのリフトアップ	堤体の立ち上がりに応じてダム天端に設置した巻上げウインチにより旋回起伏式コンベヤをリフトアップ

③ 堤頂部コンベヤ方式

キーワード	堤頂部コンベヤ方式によるコンベヤ運搬の特長
ケーブルクレーンの設置が不可能	堤頂長の長いコンバインドダム（重力式コンクリートとフィルの複合ダム）でケーブルクレーンの設置が不可能
コンベヤ設置	ピヤ一部に脚柱を建てその上にトラスフレームを架設しコンベヤを設置
スクレーパ	コンベヤからのコンクリートの荷卸しはスクレーパにより掻き落とし
旋回コンベヤ	堤頂部打設面上でのコンクリートの分配はトラスフレーム下部に旋回コンベヤを配置して施工
コンクリート供給	ダンプ運搬されたコンクリートをホッパに受け入れコンベヤに供給
雑運搬	雑運搬機能を持たせるためトラスフレーム上部には積載量 1 t の運搬台車と 1 t 吊りの走行クレーンを配置

ベルトコンベヤによる施工事例

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	コンベヤ運搬方式 型式・規格	雑運搬設備
浦山	156	372	1,750,000	ベルトフィーダー 主 コンベヤ (900mm 平ベル ト)ーリフトアップタワ ー 打設面上ホッパ ーダンプ堤内運搬	9.5t 軌索ケーブル
月山	123	393	1,160,000	ジグザグコンベヤ (900mm 平ベルト)ーイ ンクライン上走行式旋 回スプレッダー打設面 上ホッパーダンプ堤内 運搬	20t 部分移動ケーブル
竜門	99.5	620	1,074,000	ダンプ直送運搬ー荷受 けホッパー堤頂部主コ ンベヤ (600mm 平ベル ト)ースクレーパー分配 コンベヤー堤頂打設	1t 運搬台車 1t 走行クレーン
滝里	50	455	455,000	ベルトフィーダーパイ プコンベヤー リフト アップタワナー打設面 上ホッパーダンプ堤内 運搬	9.5t タワークレーン

5) タワークレーン

タワークレーンは、堤体掘削面側近に 10m 立方程度のフーチングコンクリートを打設してその上に設置されるのでダムサイト周辺環境に与える影響は殆どなく、またコンクリートの運搬性能も雑運搬性も良好である。

ダム上流側もしくは下流側にトレスルガーダーのバンカー線を設置し天端より低い位置で堤体左右岸の地山を掘削して基礎コンクリートを岸着のうえタワークレーンを設置し、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをトランスファーカで運搬してクレーンケットに積込み堤体上のコンクリートホッパに投入する。

打設面上ではコンクリートホッパからダンプトラックに積替えて打設ヤードに運搬する。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	タワークレーン 規格・型式
蛇尾川	104	237	590,000	20t-75m固定式×2基
葛野川	105	263.5	622,000	20t-75m固定式×2基
上野	120	350	720,000	20t-75m固定式×2基

6) テルファークレーン

ダム直上流にH鋼製のリフティングタワーと堤体内にコンクリートケットを引き込む水平ビームを設置し、バンカー線上をトランスファーカで運搬されたコンクリートをケットに積替え、タワー頂部のウインチ装置により巻き上げて水平ビーム下に装着した横行トロリーを横行ロープで駆動して打設面に配置するコンクリートホッパまで運搬する設備である。打設面上のコンクリート運搬はダンプトラックで行われる。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	機種	規格・型式
長井	125.5	381	1,200,000	テルファークレーン	9m <sup>3</sup> 固定式×2基

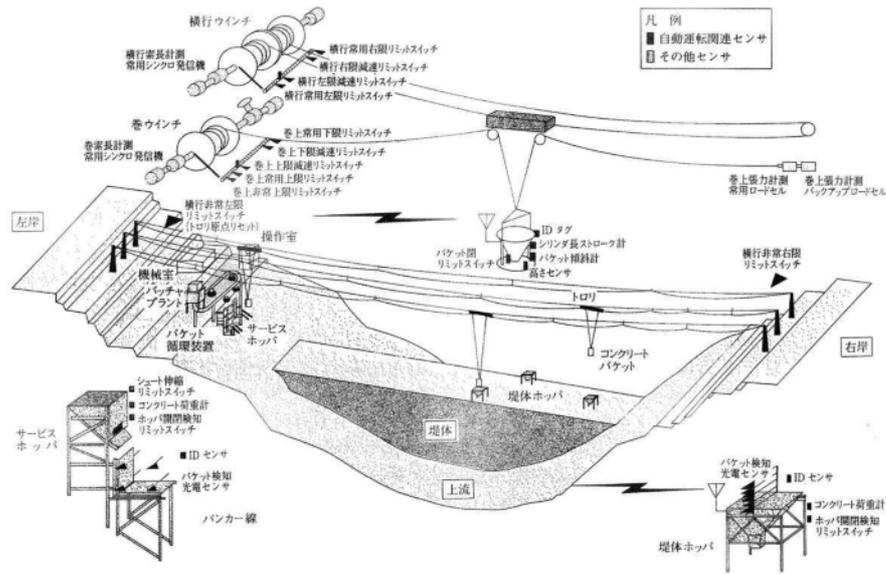


図 6 - 3 - 1 滝沢ダム 13.5t 固定式ケーブルクレーン 3 基による RCD コンクリート輸送設備

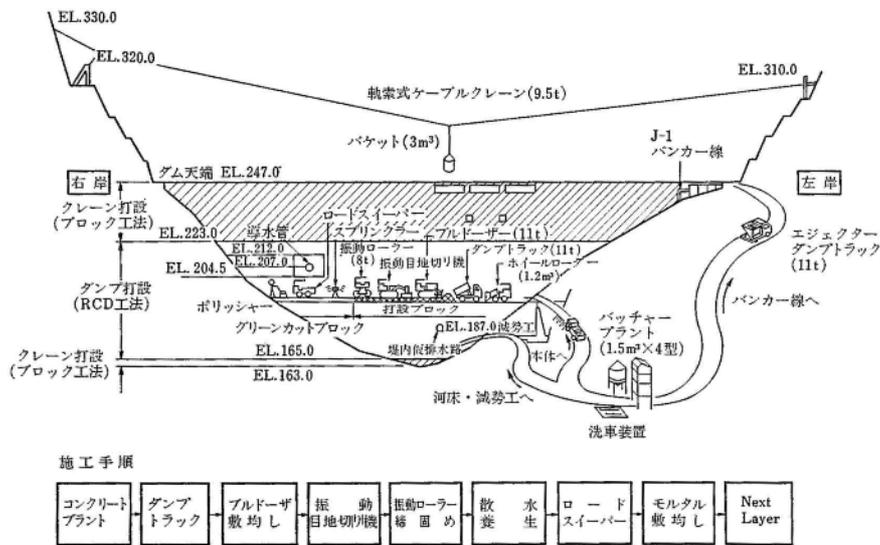


図 6 - 3 - 2 ダンプ直接進入路 (朝日小川ダム)

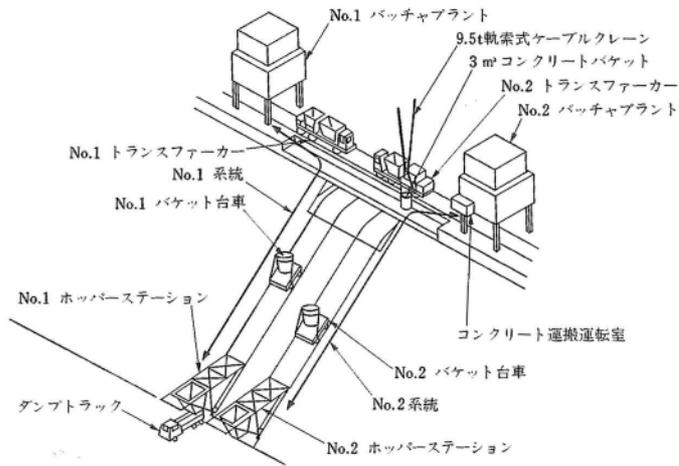


図 6-3-3 ホップステーション型インクライン運搬設備概要図 (境川ダム)

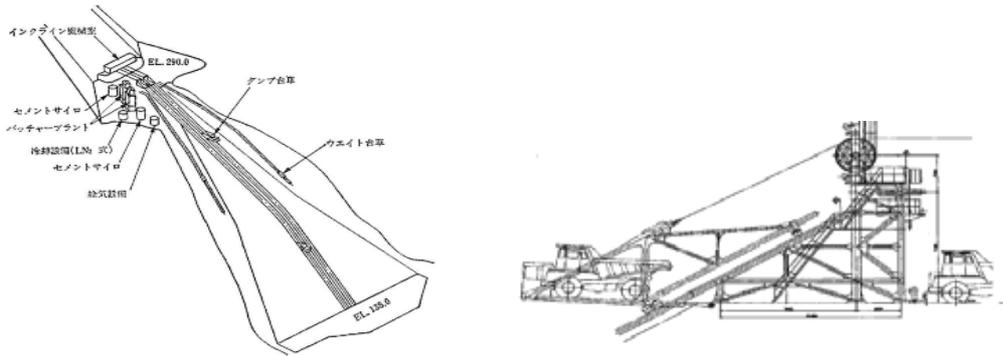


図 6-3-4 ダンプ搭載型インクライン鳥瞰図 (宮ヶ瀬ダム)

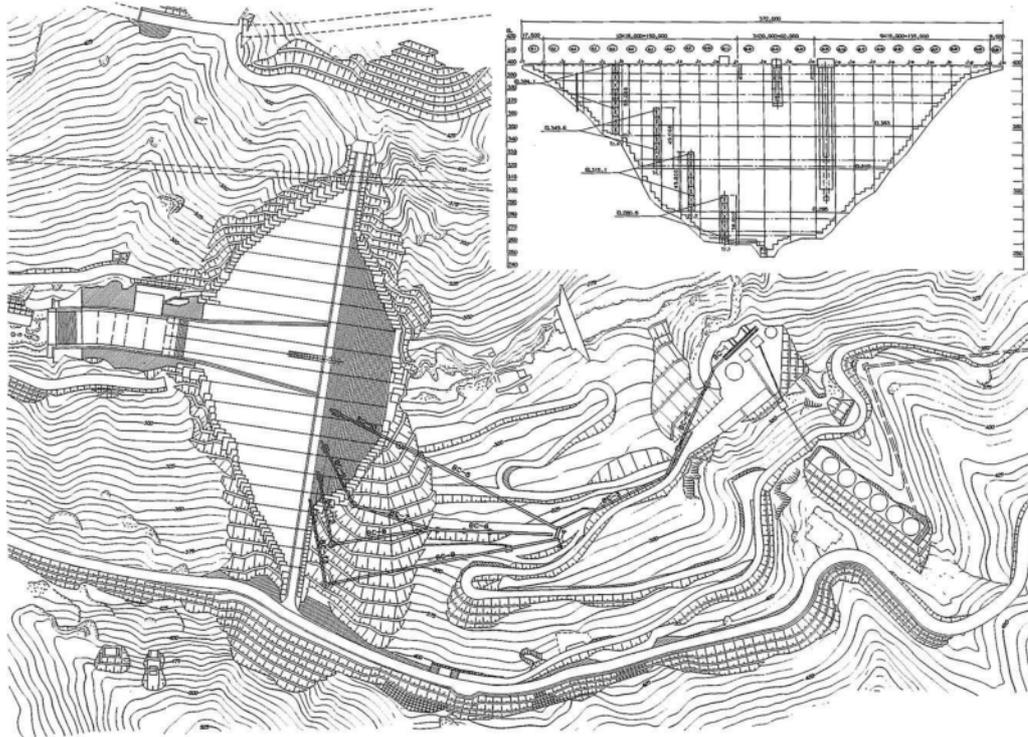


図 6-3-5 リフトアップタワー方式による BCP 工法（浦山ダム）

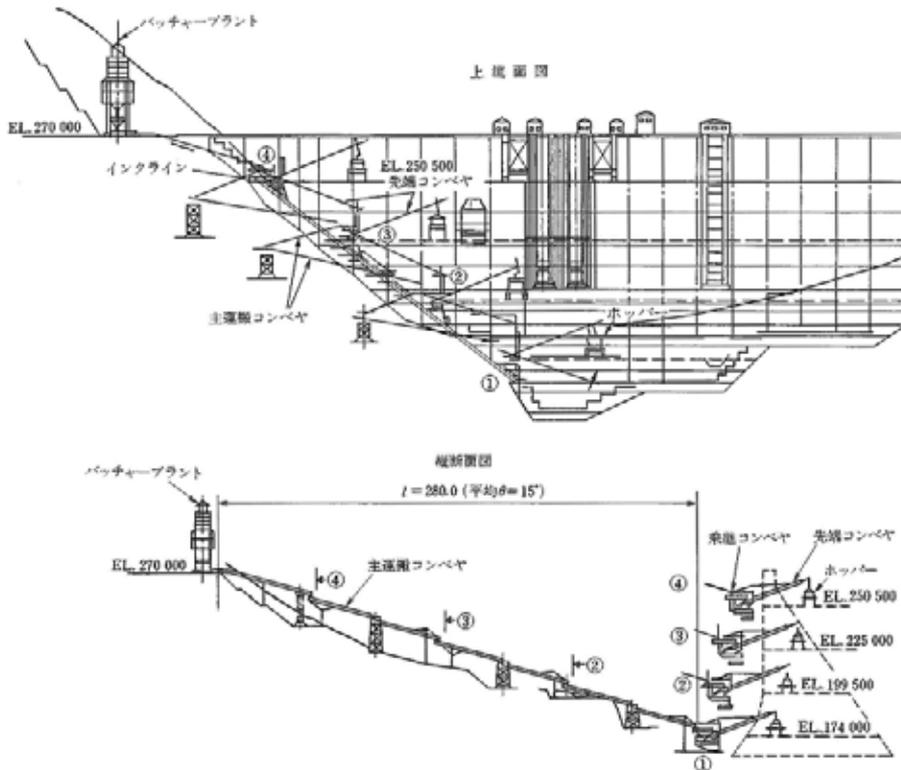


図 6-3-6 傾斜部にジグザグコンベヤを配置した BCP 工法による運搬システム図  
（月山ダム）

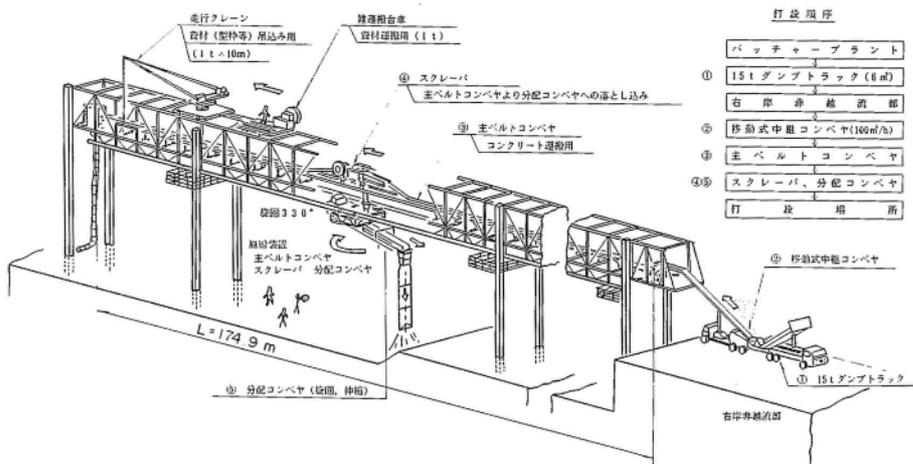


図 6-3-7 BCP 工法による堤頂部コンクリート打設要領図 (竜門ダム)

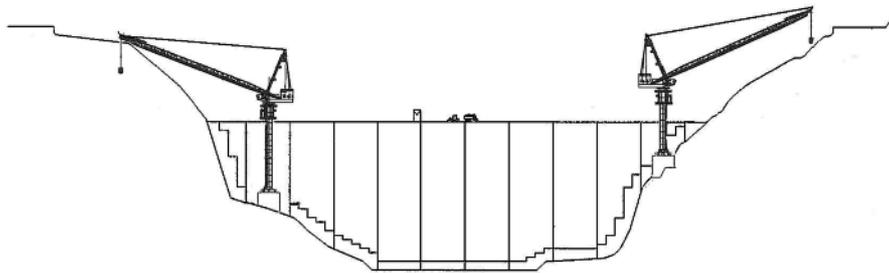


図 6-3-8 タワークレーン

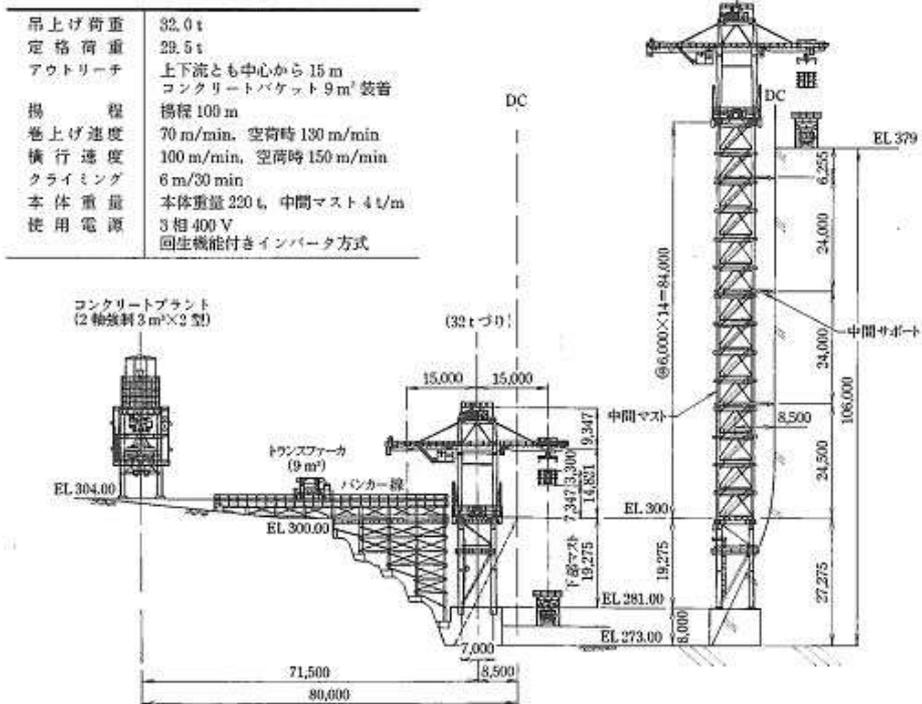


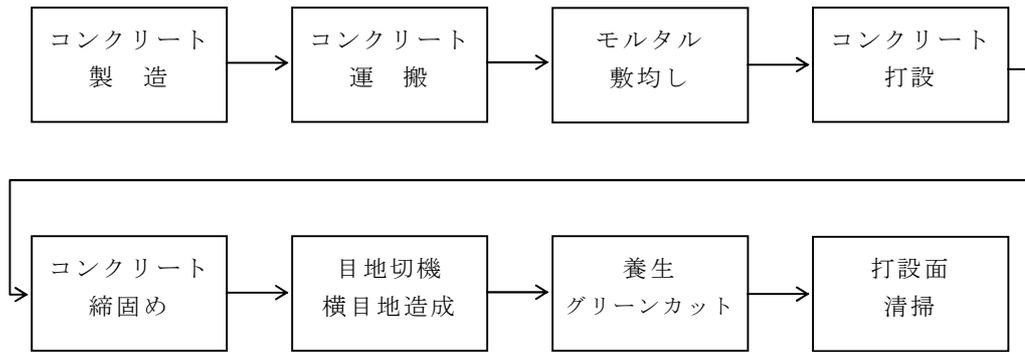
図 6-3-9 テルファークレーン設置図

#### 2-4 拡張レヤー工法

拡張レヤー工法は、打設ブロックを複数のレヤーブロックに拡張して広い打設ヤードで従来の富配合コンクリート（Gmax150 mm・スランプ 3±1cm）を一気に打設するので打設作業が能率的で安全性も向上し、内部振動機のみで締固めるコンクリート打設工法である。

RCD工法を採用しているダムにおいても堤頂部は富配合の有スランプコンクリートを使用しているため、その施工には拡張レヤー工法を採用している。

(1) 拡張レヤー工法による堤体施工の基本フローは下図のとおりである。

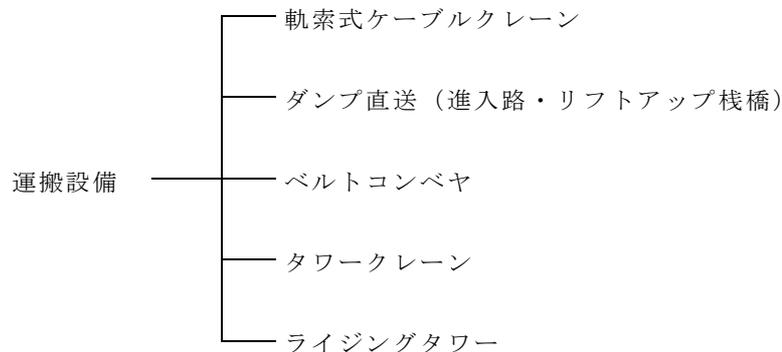


(2) 拡張レイヤー工法の特長

キーワード	拡張レイヤー工法の特長
打設リフト厚	0.75m (低標高部で打設面積の大きいブロック) 1.5m (高標高部で打設面積の小さいブロック)
打継面処理	打設リフト厚が低くなると打継面の処理面積が増大
施工性・安全性	打設面がほぼ全面的に水平で施工性と安全性が高い
コンクリート締固め	広い打設ヤードで有スランプの内外部コンクリートをバイバックの内部振動機のみで締固めるのでRCD工法に比較して簡潔な施工法
横継目の形成	有スランプコンクリートを内部振動機で締め固めた後、振動目地切機で亜鉛鍍鉄板を挿入して形成
コンクリート配合切替	構造物周辺・打止め型枠際に有スランプコンクリートを打設するのでRCD工法に比較してコンクリートの配合切替が少ない
堤体温度規制	パイプクーリングおよびジョイントグラウチングがなく堤体温度規制条件の緩やかな中小規模のダムには有利な工法
上下流面型枠	数ブロックを連続打設するので上下流面の型枠スライド時期が集中
洪水の越流	工事中に洪水が堤体を全面越流すると打設面上の打設機材や堤内構造物等が冠水する危険性が大きい
拡張可能なブロック数	ダムサイトがV字谷で堤頂長の短い地形に築堤されるダムでは拡張するブロック数が制限されるので施工上のメリットが少ない
打設面上の重機類	ダンプ・ホイールローダ・バイバック・目地切機・グリーンカット機バキュームカ・ホイールクレーン等でRCD工法に比べて少ない

(3) 拡張レヤー工法における運搬打設設備

拡張レヤー工法におけるコンクリート運搬打設設備は、ブロック工法及びRCD工法における運搬打設設備とほぼ同様の設備で施工が可能である。



1) 軌索式ケーブルクレーン

軌索式ケーブルクレーンの設置には走行式のような大規模な地山掘削を必要としないので周辺環境を大きく改変することもなく、その施工性もコンクリート運搬打設作業のほかに雑運搬で総称される資機材の堤体への搬出入作業も所定の位置に的確に対応できるので良好である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	機種	規格・型式
三春	65	174	174,000	ケーブルクレーン	13.5 t 軌索式
灰塚	50	196.6	180,000	ケーブルクレーン	13.5 t 軌索式

2) ダンプ直送 (進入路・リフトアップ栈橋)

堤高が低く堤頂長の長いダムでは堤体への進入路が容易に取り付けられるのでダンプ直送が最適の運搬方法として選定される。

堤頂部コンクリート打設にはクローラクレーンによるバケット打設が使用されている。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	機種	規格・型式
栗山	31.9	540	174,000	10 t ダンプ直送	

### 3) ベルトコンベヤ

#### ① ベルトコンベヤ部分搬送方式

ケーブルクレーンのカバーエリアから外れた減勢工コンクリート等の部分的なコンクリート打設に採用された搬送方式であり、堤体下流面のバケットカーブ付近にコンクリート積み替え用のホップを設置してバッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをケーブルクレーンから受け取りベルトフィーダ・連絡コンベヤ・主コンベヤへと運搬する。

主コンベヤからのコンクリートの横取りは、主コンベヤ上を走行するスクレーパーで行いホイール走行式中継コンベヤとクローラ走行式スプレッドコンベヤで減勢工水叩部コンクリートの打設を施工した。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	打設部位	ベルトコンベヤ 規格・型式
浅瀬石川	91	330	700,000	減勢工	平ベルト600mm
蓮	78	280	484,000	減勢工	平ベルト600mm

#### ② ベルトコンベヤ全面搬送方式

堤高に比較して堤頂長の長いダムでは、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをウエットホップ下に配置したベルトフィーダで連続的にコンベヤ設備へ供給し打設ヤードまで一貫して輸送する搬送システムである。

堤体内のコンベヤ配置は、ダム軸直下流のピヤー設置位置に主コンベヤの脚柱2本を建て込んでコンベヤトラスを挟み込んで支持し堤体の立ち上がりに応じてコンベヤトラスを上シフトアップする構造である。主コンベヤからのコンクリートの横取りは旋回式コンベヤ付自走型トリップにより行い、打設面上にはクローラ走行式中継コンベヤとクローラ走行式スプレッドコンベヤを配置して打設ヤードまで一貫してコンクリートを輸送した。

フィルダムの洪水吐きコンクリートをバッチャープラントから一連のコンベヤ搬送システムで施工が行われている。流入部コンクリートは、流入部水叩き部に固定式のセルフクライミング型全旋回式スプレッダーコンベヤを設置してコンクリートを打設した。シュート部及び減勢工コンクリートはシュート水叩きの傾斜部(−23°)の地山寄りに主コンベヤと中央部に軌条を敷設してその上に走行式旋回スプレッドを設置して施工した。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	打設部位	ベルトコンベヤ 規格・型式
高滝	24.5	379	80,000	堤体	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー連絡コンベヤー主コンベヤー 旋回コンベヤ付トリッパー自走 型旋回式中継コンベヤー自走型 旋回式スプレダーコンベヤ
小平	42.4	475	274,000	堤体	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー連絡コンベヤー主コンベヤー 旋回コンベヤ付トリッパー自走 型旋回式中継コンベヤー自走型 旋回式スプレダーコンベヤ
七ヶ宿	90	565	フィル堤体 5,201,000 洪水吐 160,000	洪水吐	平ベルト600mm、ベルトフィーダー ー主コンベヤー固定全旋回式ス プレダーー主コンベヤー走行 型旋回式スプレダー

#### 4) タワークレーン

タワークレーンは堤体下流側の堤体敷内もしくはその側近あるいは堤体の上流側に設置されるが、その設置位置の選定にはダムサイトの地形地質条件・施工設備の全体配置計画・コンクリート打設の施工性等をよく検討して決定することが肝要である。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	機種	規格・型式
苫田	74	225	270,000	タワークレーン	13.5 t 固定式×2基

#### 5) ライジングタワー

堤体上流側に2基のライジングタワーを設置し、バッチャープラントで練り混ぜられたコンクリートをH鋼製のステーキング上に配置したバンカー線にシュート排出型トランスファーカを走行させてライジングタワーのパケットに積み替える。

ライジングタワーは堤体に沿って鉛直に設置されたマスト・パケットを昇降させる巻上装置・パケットを横行させる横行装置・水平ジブ・マストと水平ジブを繋ぐガイドマスト・堤体の打設に応じて上昇する油圧昇降装置から構成されている。昨今、ダム建設による環境保全対策に十分な配慮が求められており、ケーブルクレーン等の設置に付随して発生するおおきな地山掘削を避けるためライジングタワーによるコンクリート運搬設備が設置された。

ダム名	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m <sup>3</sup> )	機種	規格・型式
鷹生	77	309	319,000	ライジングタワー	4.5m <sup>3</sup> 固定式×2基

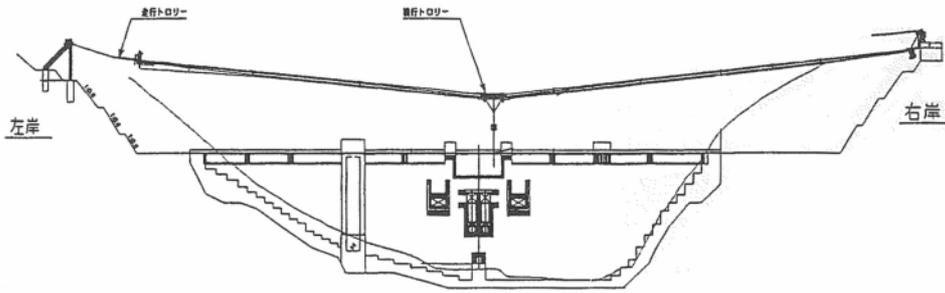


図 6 - 3 - 10 軌索式ケーブルクレーン配置図 (灰塚ダム)

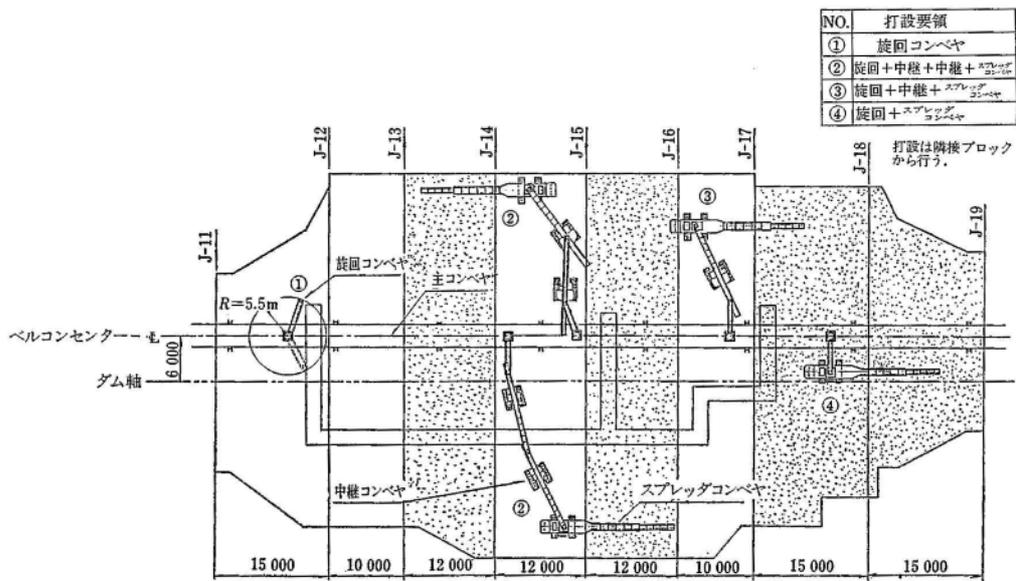


図 6 - 3 - 11 BCP 工法における打設平面図 (高滝ダム)

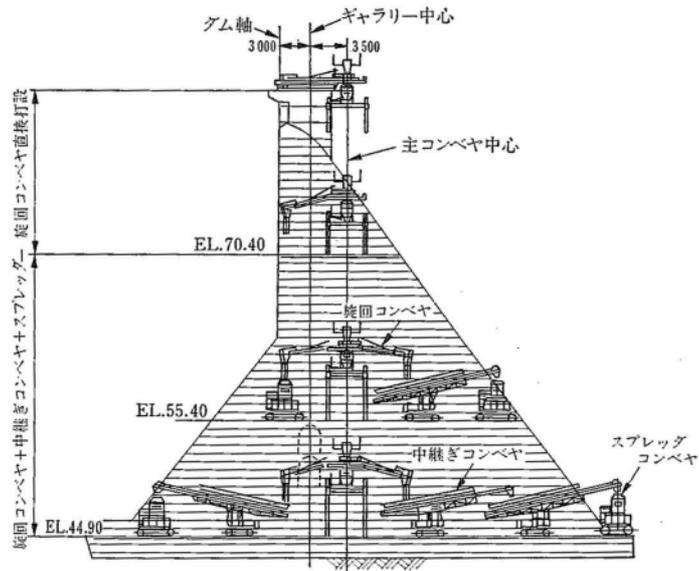


図 6 - 3 - 12 BCP 工法におけるコンベヤ配置図 (小平ダム)

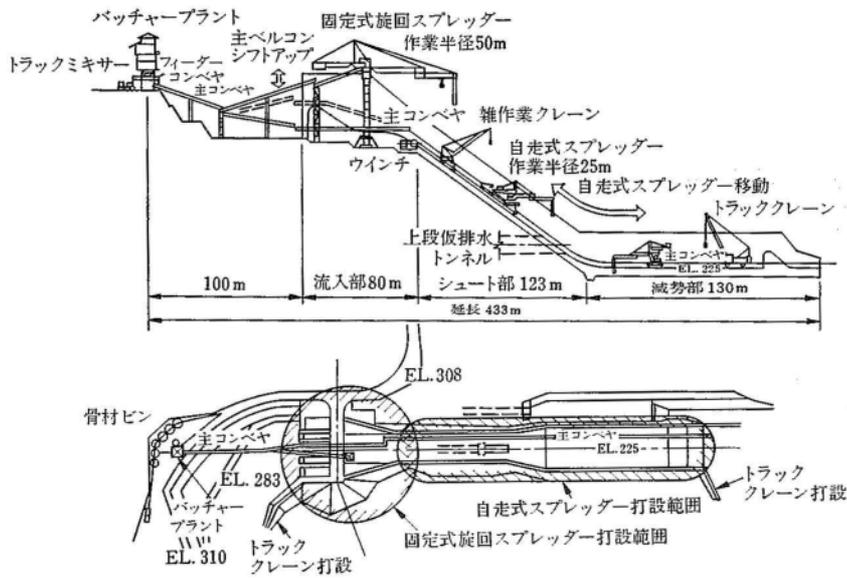


図 6 - 3 - 13 フィルダム洪水吐コンクリート打設 BCP 工法 (七ヶ宿ダム)

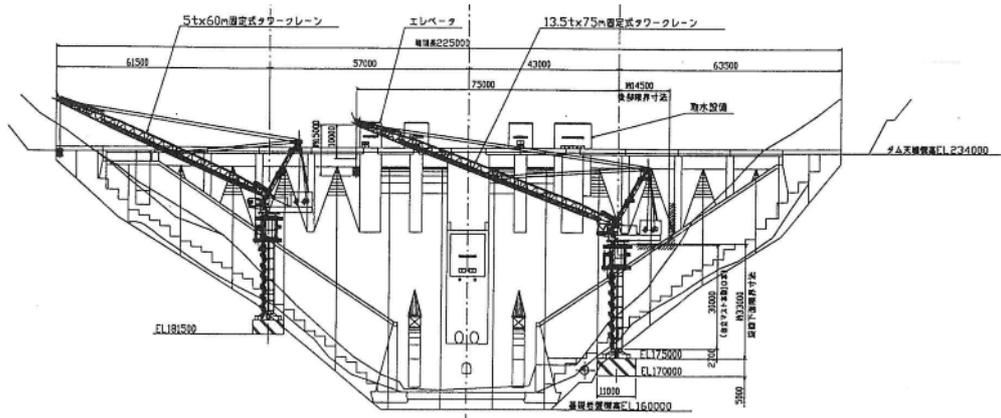


図 6 - 3 - 14 タワークレーン配置図 (苦田ダム)

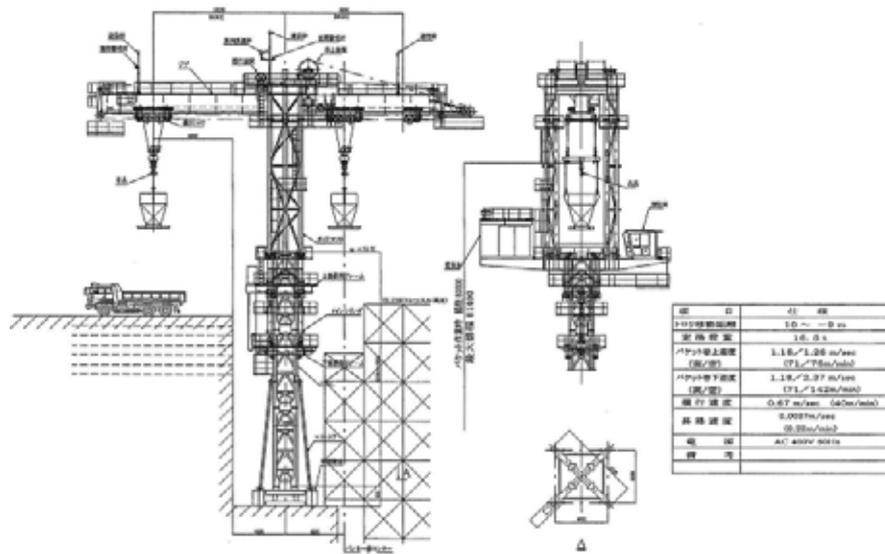


図 6 - 3 - 15 ライジングタワー 全体組立図

### 3. 所要能力（標準）

#### 3-1 所要能力の算定

$$A_c = \frac{V}{d \cdot h \cdot s \cdot y}$$

ここに、 $A_c$  : 所要能力 (m<sup>3</sup>/h)  
 $V$  : 月最大打込み量 (m<sup>3</sup>)  
 $d$  : 月最大打込み時の作業日数 (日)  
 $h$  : 1シフト当たり打込み時間 (h/sift)  
 $s$  : 1日当たりシフト数 (sift/日)  
 $y$  : 月最大打込み時の実打込み時間率

#### 3-2 打込み能力の算定

(1) パケット及びダンプを用いる打込み設備

$$A_v = \frac{B \cdot 60 \cdot E}{t}$$

ここに  $A_v$  : 打込み能力 (m<sup>3</sup>/h)  
 $B$  : パケットまたはダンプ容量 (m<sup>3</sup>)  
 $t$  : 平均サイクルタイム (min)  
 3~4min 程度  
 $E$  : 作業効率

表 6-3-1 定格荷重とパケット容量

定格荷重 (t)	パケットまたはダンプ容量 (m <sup>3</sup> )
4.5 t 級	1.5
6.0	2.0
9.0	3.0
13.5	4.5
20.0	6.0

表 6-3-2 作業効率 (E)

区 分	ケーブル クレーン	ジブ・タワー クレーン
一 般 部	0.82	0.78
岩 着 部	0.72	0.68
構造物周辺等	0.64	0.60

(2) 連続打込みする機種

$$A_v = Q \cdot \eta \cdot E$$

ここに、 $Q$  : 時間当たりの公称能力 (m<sup>3</sup>/h)  
 $\eta$  : 機械効率  
 $E$  : 作業効率 (近似する実績より)

### 3-3 サイクルタイム（参考）

クレーン等によるコンクリート打込みに要するサイクルタイムは、機種、ダム形状および地形などの現場条件により変わるので、サイクルタイムの算定にあたっては実体を良く把握して検討しなければならない。

平均サイクルタイム（Cm）は、クレーンの機種、ダムの形状、その他の現場条件等を考慮して算定する。なお、算定にあたっては、コンクリート運搬線からクレーンの打設範囲の堤体重心点までの巻上げ、巻下げ、横行、起伏、旋回等の作業を考慮して理論式により求める。

また、ホップ等を堤体上に設置してコンクリート打設を行う場合は、ホップ等の重心点を算定し、理論式により求める。

サイクルタイムの算定は、「ダム施工機械設備設計指針（案）」の27頁を参照のこと。

### 3-4 作業効率の算定

(1) コンクリート打設の平均作業効率は、次式により算定する。

$$E = \frac{E_1 \times V_1 + E_2 \times V_2 + E_3 \times V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$E_1 \sim E_3$  : 作業効率（「表6-3-2 作業効率」による）

$V_1$  : 一般部の堤体積 (m<sup>3</sup>)

$V_2$  : 着岩部の堤体積 (m<sup>3</sup>)

$V_3$  : 構造物周辺等の堤体積 (m<sup>3</sup>)

(注) 対象となるコンクリートの体積は、クレーンの打設範囲内の部分とする。

なお、一般部、着岩部、構造物周辺等の区分は以下の通りとする。

一般部 : 内部コンクリート、上流面および下流面の外部コンクリート

着岩部 : 着岩部付近でーフリフトで打設するブロックおよびアバット部の着岩ブロック等のコンクリート

構造物周辺等 : 放流管や監査廊その他構造物周辺のコンクリートおよびピア等の構造用コンクリート

(注) 導流壁のコンクリートの打設作業における作業効率は、導流壁の大きさ、形状に関わらず構造物周辺等を適用する。

(2) 標準バケット以外を使用する場合の作業効率

小ブロック等を標準バケット以外の小型バケットで打設する場合においても、コンクリート打設の作業効率は、標準とする。

## 4. コンクリート運搬設備（標準）

### 4-1 機種の選定

コンクリート運搬設備には、大別すると自走式、エンドレスウインチ式、ベルトコンベヤ式、循環型懸垂式がある。

自走式には、レール上を走行する車輪式と路面上を走行するタイヤ式がある。また、コンクリートをバケットに積載して台車により運搬のうえ、クレーンにバケットごと受渡しするバケット台車方式とホップにコンクリートを積載して運搬のうえ、クレーンのバケットに積み替えるトランスファーカ方式がある。循環型懸垂式は複数の固定式ケーブルクレーンにコンクリートを効率的に供給する方式である。

これらの選定の目安は、次の通りである。

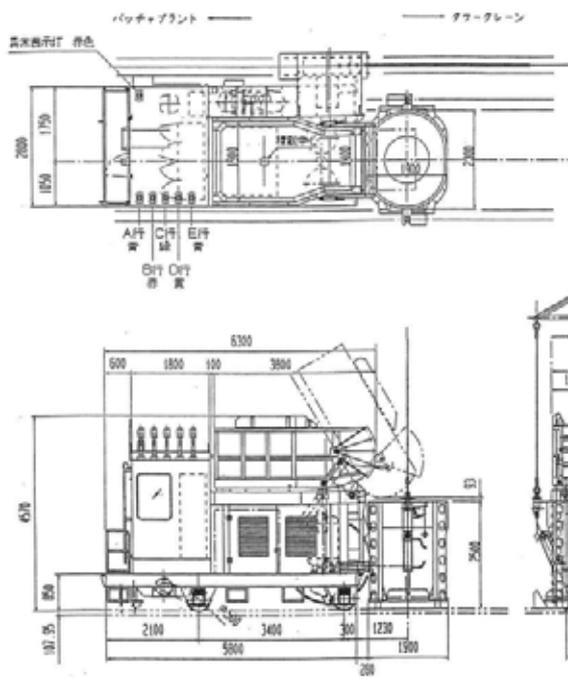
- (1) 施工の安全対策および省力化の面からレール上を自走するトランスファーカ方式が一般的に選定されている。
- (2) 走行動力方式には電動式とエンジン式がある。また、電動式にはケーブル巻き取り方式と集電方式があり、エンジン式には直接駆動方式と発動発電方式がある。一般的には、電動式ではケーブル巻き取り方式、エンジン式では直接駆動方式が多く用いられている。
- (3) コンクリート運搬線が直線で50m程度と短い場合には電動機駆動の自走式あるいはエンドレスウインチ式が用いられており、コンクリート運搬線が曲線の場合や直線でも100m以上となる場合にはエンジン駆動の自走式とするのが一般的である。
- (4) 自走式のうちタイヤ式は運搬距離の長い場合に使用されている。
- (5) 循環型懸垂式は複数のクレーンバケットが各々一定点のプラットフォームに着床してコンクリートを受け渡す場合に能率的な稼働が見込まれる。

表 6 - 3 - 9

運搬方式	駆動方式	運搬距離	線形	勾配	摘 要
トランスファーカ	ウインチ式	制限あり	直線	0° ~ 10°	傾斜走行可能
	自走式	制限なし	直線・曲線	2°	電動式・エンジン式
バケット台車	ウインチ式	制限あり	直線	0° ~ 10°	傾斜走行可能
	自走式	制限なし	直線・曲線	2°	電動式・エンジン式
懸垂型循環式	自走式	制限なし	直線・曲線	0°	電動式

#### 4 - 2 配置上の留意事項

- (1) コンクリート運搬線の線形は、レール方式の場合には曲線部を極力少なくする必要がある。車両が固定軸型の場合ではレールの曲率半径を200m以上、ボギー車両の場合には50m以上の曲率半径を必要とする。  
 なお、小さな曲率半径を採用する場合は車両の走行速度を下げる必要がある。
- (2) 電力ケーブルによりトランスファーカに給電する場合、パンカー線に沿って水中ガイドトラフを設けて電力ケーブルを浮遊させることにより、ケーブル被覆絶縁材の保護とスムーズなレールへの巻き取りを図る必要がある。
- (3) 運搬距離が長い場合や複数の車両を用いる場合には適切な場所に待避線を設ける。
- (4) 同一のコンクリートプラントから補助打ち込み設備にコンクリートを供給する場合には衝突防止および異種配合コンクリートの積込みミスを防止するための適切な信号等の安全施設を設ける。
- (5) コンクリート運搬線のうちバケット吊り込み場所などの転落の危険性のある箇所には保安施設等を設ける。



4.5m <sup>3</sup> トランスファーの主要諸元	
形式	インバ電動式
積載容量	4.5m <sup>3</sup>
積載密度	10.8トン(比重 2.4トン/m <sup>3</sup> )
走行速度	約 6Km/h (100m/min)
加速時間	加速 約 8 秒、減速 約 10 秒
走行距離	約 90m 連続
勾配	平線
レールゲージ	1405mm
レールサイズ	30kgレール
走行モータ	個別駆動方式 22Kw-4P, 1台
走行モータ制御	インバータ制御
加速ブレーキ	インバータ回生制御
停止ブレーキ	電磁ブレーキ
防突及び衝突ブレーキ	電磁ブレーキ及び物理的防突ブレーキ
押戻し方式	油圧シリンダによるインバ式
給電ユニット用モータ	個別駆動方式 7.5Kw-4P, 1台
バケット駆動方式	トランスファーから直接駆動
一次電圧	AC 440V, 60Hz
給電方式	電動ケーブル方式
走行方式	鉄軌道上の自動走行
質量	約 20 トン
数量	1 台

図 6-3-16 4.5m<sup>3</sup> トランスファーカ

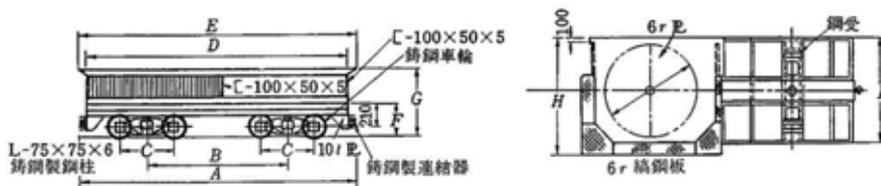


図 6-3-17 バケット台車

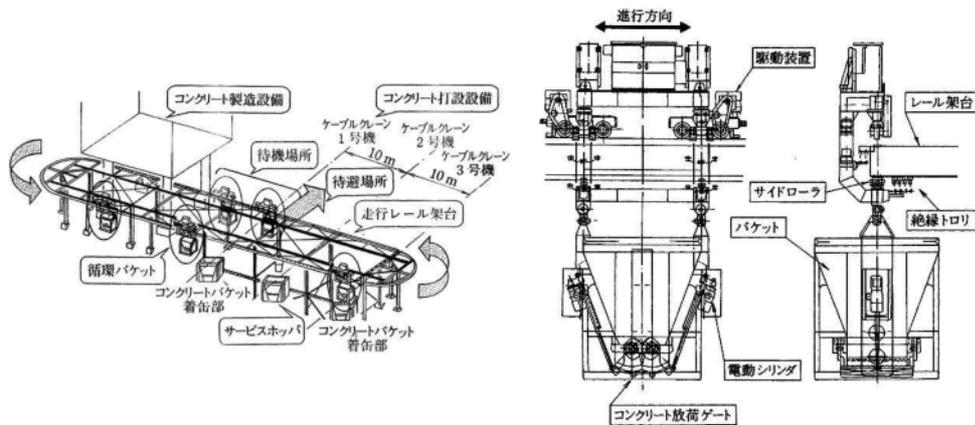


図 6-3-18 滝沢ダム 4.5m<sup>3</sup>懸垂型循環式コンクリート運搬設備

#### 4-3 コンクリート運搬打設設備設計上の留意事項

##### (1) 共通事項

- 1) 運搬設備は、所定の運転条件を満足する性能及び主要諸元並びに構造を有するものとする。
- 2) 運搬設備の定格荷重は、コンクリートバケット及びコンクリート並びに吊具の合計質量で、フックブロックに吊ることの出来る実際の荷重である。
- 3) 運搬設備の揚程は、バケット及び台車の巻下げ最低位置から巻上げ最高位置までの距離とし、構造及び保安上に必要な余裕を見込む。
- 4) クレーン類の場合、吊り荷の下端から堤頂部構造物の最上端まで 3m 以上の離隔距離を確保する。
- 5) 運搬設備の巻上げ、巻下げ、俯仰、横行、走行等の各速度は、所要能力と作業の安全性を確保することを考慮して決定する。
- 6) 運搬設備に使用するワイヤロープ張力は、運転作業中の吊り荷重の状態、サグ及び各ロープ速度等を考慮して適切に計算する。
- 7) 運搬設備に使用するワイヤロープは、設備の構造形式及び荷重条件並びに運転作業条件などを考慮して適切なロープ種別を選定し、安全率を考慮して必要なロープ径を決定する。
- 8) 運搬設備の各駆動装置は、所定の速度の確保及び速度変化並びに微調整にもスムーズに対応し、必要な安全装置が確実に作動する構造とする。
- 9) 運搬設備の走行装置は、荷重が各車輪に均等に分担され、所定の速度で確実な走行及び起動停止並びに微動走行が可能な構造とする。また、衝突防止装置、ストップパ、係留装置は、確実に作動する構造とする。
- 10) 運搬設備の各駆動装置の電動機出力は、軸動力に伝動機類の機械効率を加味して決定する。
- 11) 運搬設備の各駆動用電動機の種別の選定には、速度制御方式、速度トルク特性、熱容量、設置条件等を考慮する。
- 12) コンクリートバケットは、所定のコンクリート量に対して十分な容量を確保する。
- 13) バケットのゲート開閉操作は、無線による遠隔操作が一般化しており、ゲート開閉動力にはコンクリートバケット質量を利用した空気圧あるいは油圧蓄圧方式・エンジン付コンプレッサ方式・バッテリー充電方式・ソーラーシステム等が

利用されているので、現場での使用条件から最適な方式を選定する。

- 14) バンカー線にプラットフォームを設置してクレーンでバケットを吊ったままの状態に着床させ、サイドシュート型トランスファーカから放出して積み込むことによりサイクルタイムの短縮が図られる。
- 15) 運搬設備の運転室は、十分な視界と良好な操縦性が確保できる形状及び構造とする。また、運転室にはバケットの移動位置を常時確認できる表示装置と打設現場その他必要箇所との間で通話ができる通信装置を設ける。
- 16) 運搬設備の保護のために確実に作動する制御装置・非常停止装置・逸走防止装置・過負荷防止装置・近接スイッチ・各種インターロック等の安全装置を設ける。
- 17) 運搬設備の運転方式は、運転室からの遠方操作を標準とし、点検整備時には機械室において機側操作ができるものとする。ただし、機側操作に際しては遠方操作をインターロックする。
- 18) 運搬設備作業時の基礎荷重の算定は、各設備及び装置の質量・各ロープ張力・風荷重・雪荷重・地震荷重その他の外力を適切に組み合わせて行う。  
運搬設備休止時の基礎荷重の算定は、各設備及び装置の質量・各ロープ張力・暴風時風荷重・雪荷重・地震荷重その他の外力を適切に組み合わせて行う。
- 19) 堤体内に大規模なコンジットゲート・水位維持ゲート・選択取水ゲート・クレストゲート等を装備するダムにおいては、コンクリート運搬打設の他にこれらの放流設備の堤体内への搬入及び据付作業が必要となるので、運搬設備の機種選定に際しては、施工性、能率性、安全性等を考慮して決定する必要がある。  
また、これらの構造物の仮置き及び地組み並びに荷取りヤードも確保する。

## (2) ケーブルクレーン

- 1) ケーブルクレーンには、走行型・軌索型・固定型があり、従来の柱状工法で打設面を全面に亘ってカバーできる走行型・軌索型が多用されてきた。ところがRCD工法や拡張レヤー工法の普及に伴い、堤体打設面が全面に亘って平面施工となり、堤体上に設置したグラウンドホップにまで固定式ケーブルクレーンでコンクリートを搬入すれば後の打設面上の小運搬はダンプにより容易に搬送ができるようになったためコンクリート運搬設備が飛躍的に簡素化される結果となった。
- 2) 横行トロリーは、走行によって主索に局部的な曲げ応力発生しないよう荷重を均等に車輪へ分布するものとし、保守点検の容易な構造とする。
- 3) ロープハンガは、横行トロリーの走行に応じて所定の間隔を保持し、衝撃の少ない構造とする。
- 4) 機械塔、副塔、固定塔及び電覧塔は、ロープ張力、自重、その他の荷重に対して所定の強度と剛性を有し、保守点検が安全かつ、容易に行える構造とする。
- 5) 機械塔及び機械室には、巻上装置、横行装置、電力及び制御装置その他の機器類を合理的に配置する。
- 6) 機械塔及び副塔には、トロリーへの乗り移りプラットフォーム及び点検階段・踊り場を設ける。
- 7) 弧動型及び軌索式ケーブルクレーンの配置計画において、機械室が固定塔の真下に配置出来ない場合、固定塔から支持金物およびアイボルトで取り付けられた巻上索・横行索シーブに掛けられたワイヤロープが機械室に向かう転向シーブにより横方向に大きく引っ張られて、アイボルトに予想を超える繰り返しの曲げ応力を発生させる。

そこで、固定塔に支持される巻上・横行シーブからワイヤロープを固定塔の真

下に向かう垂直方向と次に機械室に向かう横方向の2方向に2段階で転向シーブを設けて、アイボルトに発生する曲げ応力を極力少なくするように配慮する必要がある。

### (3) 走行式ジブクレーン

- 1) 走行式ジブクレーンは、ダムサイトの地形条件により走行式ケーブルクレーンの設置が困難な場合に採用されている。
- 2) ジブクレーンは、その作業半径が35mと小さいため、本体掘削後の堤体内に大規模なトレスルガーダを設置してガーダ上にバンカー線を設けてジブクレーン及びトランスファーカを走行させる必要がある施工性と経済性で問題が多い。
- 3) トレスルの真下には直接バケットでコンクリートが打ち込めないので別途、ホイールローダ等の重機を使ってコンクリートの横持ちをする必要があるため施工性に問題がある。
- 4) 特に、大規模ダムでは河床部で上下流幅が大きいため1系列だけでは打設面をカバーできないので2系列の配置が必要となり、これに付随してコンクリート製造設備も2基必要となるなど経済性と施工性で問題が多い。

### (4) タワークレーン

- 1) タワークレーンは、ダムサイトの基岩上に大凡10m立方の基礎コンクリートを打込んでベース架台をアンカーボルトに定着させて長さ3mの円筒形マストを継ぎ足し、その上に昇降フレーム・旋回フレーム・機械室・ガイサポート・ジブ・運転室を組み立てる。一旦、組立が完了すればクレーン自身でマストを吊込みセルフライミングが可能である。しかしマスト高30m以内であれば自立して運転できるが、それ以上となるとクレーンが不安定となるため堤体内にアンカー金物を埋設してマストとの間を支持部材で緊定する必要がある。
- 2) タワークレーンは、本体および減勢工を含めてそのカバーエリアを可能な限り大きくしようとするため堤体内に設置する必要がある。この場合クレーンは堤体下流面に立ち上がってくるのでマスト高30m以内の自立型で堤頂部コンクリート打設を可能とするよう配置を計画する必要がある。
- 3) 堤体上流側にタワークレーンを設置する場合は、そのカバーエリアが限定されるので堤体規模によって本体は概略カバーできても減勢工はカバーエリアから外れるケースが多い。
- 4) タワークレーンの設置場所の選定は、骨材製造及びコンクリート製造設備の配置と密接な関連があり、骨材製造設備が上流側に存在する場合にはコンクリート製造設備及びタワークレーンも上流側に配置するケースが多い。
- 5) 台風その他の暴風時には、タワークレーンの安定を図るためジブを寝かせて旋回をフリーとする等の安全性確保の対応が必要である。

### (5) テルファークレーン及びライジングタワー

- 1) テルファークレーン及びライジングタワーは、面状打設工法に適用させるために開発された機種であり、堤体上流側から主としてコンクリートを堤内に持ち込む機能のみを有しており、堤内小運搬はダンプによることを前提としている。
- 2) 堤体が立ち上がってくると自立出来なくなるので堤体から支持部材により緊定する必要がある。

3) テルファークレーン及びライジングタワーの機能から穴あき坊主のダムには適しているが、大規模なコンジットゲート・水位維持ゲート・クレストゲート等を装備するゲートダムの施工にはタワークレーンを選定するほうが賢明である。

### 5. 大滝ダムケーブルクレーン（20t 弧動型）固定塔に働く荷重（参考）

各ロープにより固定塔に働く荷重は、最大索張力時に最大となる。

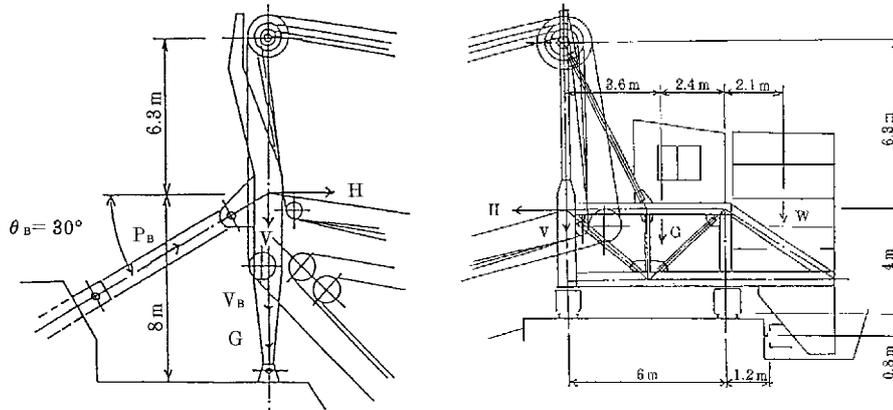


図 6 - 3 - 7

表 6 - 3 - 14 には 20t 弧動型ケーブルクレーンの固定塔に働く荷重の例を示す。

表 6 - 3 - 14

	h (m)	最大索張力時			最小索張力時		
		H (kN)	V (kN)	H · h (kN · m)	H (kN)	V (kN)	H · h (kN · m)
主 索	8.0	2,019	393	16,152	818	174	6,544
巻上げ索	5.0	117	19	585	—	—	—
上方横行索	15.3	41	11	627	36	10	551
上方キャリア索	14.8	31	8	459	27	8	400
下方横行索	5.7	41	11	234	33	7	188
下方キャリア索	6.9	31	8	214	25	5	173
巻上げ索 ~ ドラム	3.5	102	59	357	—	—	—
上方横行索 ~ ドラム	4.6	37	21	170	33	19	152
下方横行索 ~ ドラム	4.3	37	21	159	30	17	129
電 纜 索	8.0	96	29	768	96	29	768
合 計	—	2,552	580	19,725	1,098	269	8,905

### 6. 設備の設計

設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針（案）」の165頁を参照のこと。

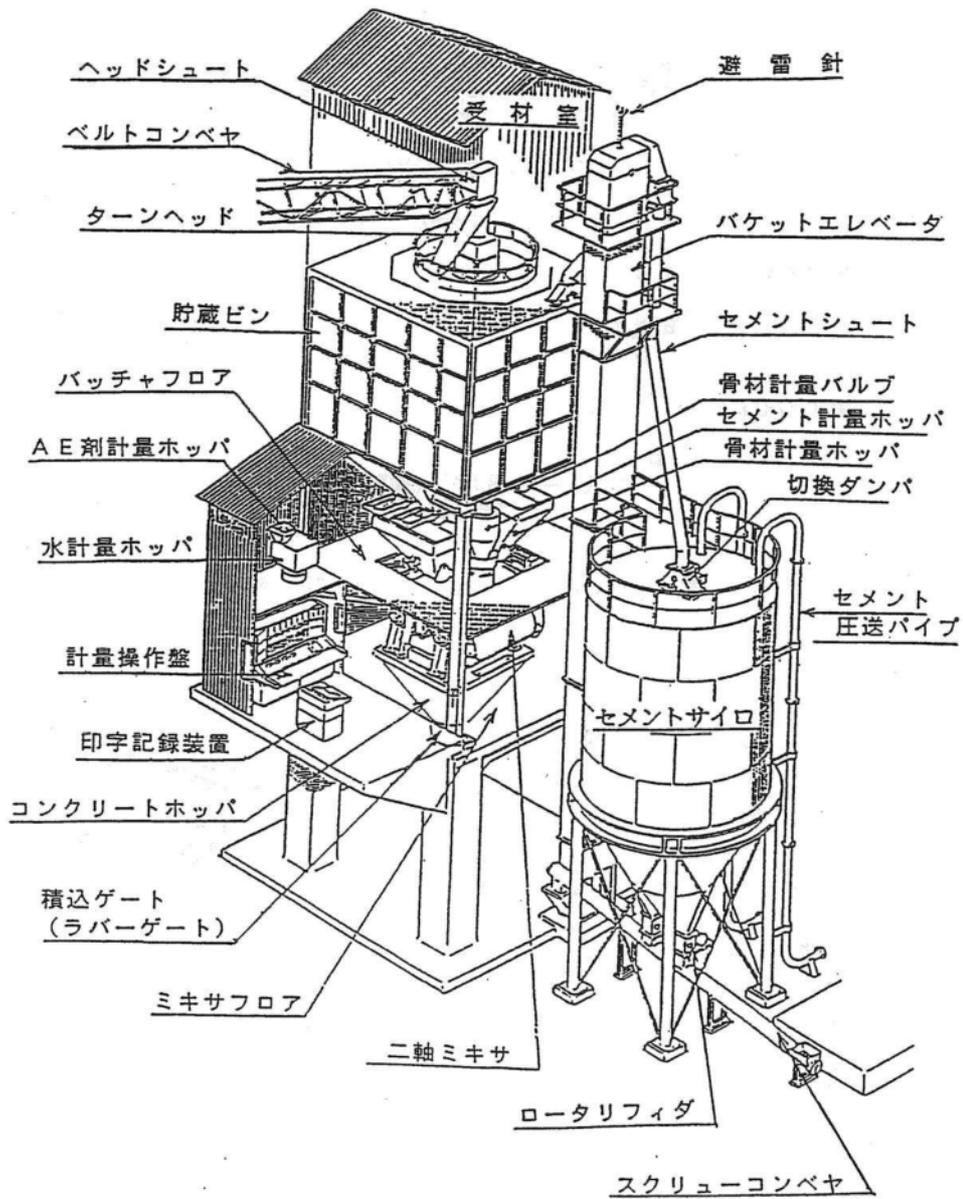
## 第4節 コンクリート製造設備

### 1. 計画一般（標準）

1. コンクリート製造設備は、ダムサイトの地形、地質等を勘案して、コンクリート打ち込み設備の近くに配置する。
2. コンクリート製造設備は、諸材料の計量及び練り混ぜを円滑に行い、所定の配合の均質なコンクリートを安定して製造できる設備とする。

#### 〔解説〕

- 1-1 コンクリート製造設備の容量はコンクリート打込設備との組合せにより決める。
- 1-2 コンクリート製造設備は次の機器類で構成される。
  - ・操作室
  - ・諸材料貯蔵ビン
  - ・計量装置
  - ・記録装置
  - ・ミキサ
  - ・コンクリートホッパ
  - ・試験用コンクリート採取装置等



石川島建機製HYD AM2500型 側面図

## 2. 機種を選定（標準）

### 2-1 混合形式

ダムコンクリートは、セメントの使用量を極力少なくし（水和熱の抑制）所要の強度を安定して確保することが求められる。

特にRCDコンクリートは超硬練りの貧配合コンクリートであるため、練り混ぜ性能の良いプラント設備が求められる。

以上のことからダムコンクリートに適した混合形式を選定する必要がある。

一般的に混合方式は次のとおりである。

(1) 一括練り（Single Mixing:SM）……従来工法である。

水の投入時間を2回に分けて投入することで品質の安定したコンクリートを製造するシステム（SEC工法：Sand Enveloped with Cement）もある。

(2) 分割練り（Double Mixing:DM）

上段のボルテックスミキサーによりモルタルを先練りし、次の下段の2軸強制練りミキサーで粗骨材と先練りしたモルタルに2次水を加えて練混ぜ良好な品質を生産しようとする工法である。

### 2-2 生産能力

コンクリート生産能力は工事工程（又は主運搬設備能力）から定まる最大時間当り打設量（ $m^3/h$ ）を安定的に生産できる能力を有すること。

(1) ミキサー形式

①重力式（傾胴形）②強制攪拌式（パン形式・ボルテックス型）③2軸強制式（パグミル型）の3機種がある。

従来、所要動力が小さく、保守管理の容易な重力式ミキサが使用されていたが、最近のRCD及び拡張レーヤ工法を採用しているダムにおいては、練り混ぜ時間が半分で均一な品質のコンクリートが得られる2軸強制練りミキサが多く使用されるようになっている。

①は従来より多く用いられた形式であり、③は硬練りコンクリートに適した形式である。

求められたコンクリートの品質、配合（最大骨材寸法）練混ぜ能力に合致した形式を選択する。

このうちダムコンクリート用としては傾胴式ミキサと2軸強制練りミキサが使用されているので両者の比較を下表に示す。

キーワード	重力式ミキサ（傾胴形）	2軸強制練りミキサ（パグミル型）
混練性能	混練時間が長い。 大砂利が分離し易い。	混練時間が短く製品の品質が安定している。 大砂利の分離が少ない。
粉塵発生	スuibelシュート使用の場合特に多くなる	各投入シュートが密閉構造となるので粉塵の飛散は殆ど無い。
対摩耗性	磨耗は少ない。	フレード・内張鋼板の磨耗が多い。
所要動力	小さい。 $10 \sim 13 \text{ kW} / \text{m}^3$	大きい。 $30 \sim 33 \text{ kW} / \text{m}^3$

(2) 所要能力 (標準)

コンクリート製造能力は次式により計算する。

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot N \cdot E}{C_m}$$

ここに、 $Q$  : コンクリート製造能力 (m<sup>3</sup>/h)

$q$  : ミキサ容量 (m<sup>3</sup>)

$N$  : ミキサ数

$E$  : 作業効率=0.9

$C_m$  : サイクルタイム (sec)

表 6-4-1 傾胴型ミキサのサイクルタイム (参考)

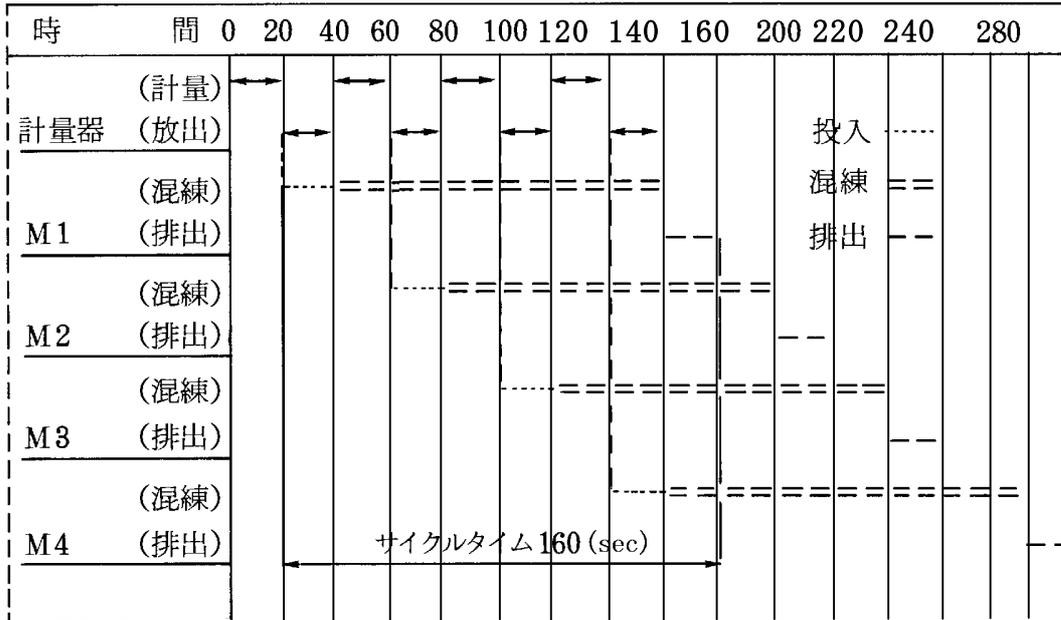
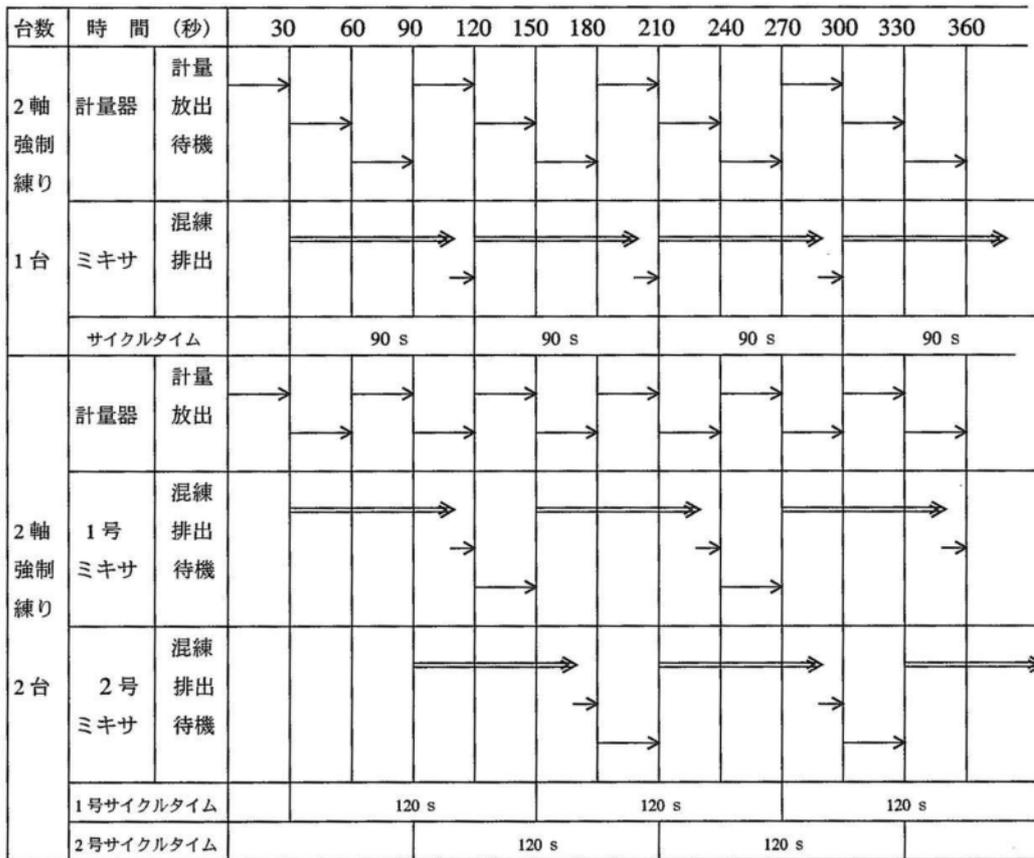


表 6-4-2 2軸強制練ミキサのサイクルタイム (参考)



- (3) ミキサ容量と時間当たりの標準能力 R C D 工法を採用する場合には少ないセメント量でも良好な練混ぜ性の得られる 2 軸強制練りミキサの使用が多くなっている。  
(竜門ダム、八田原ダム、宮ヶ瀬ダム、浦山ダム)

ミキサ型式	容量 (m <sup>3</sup> )	台数	連続的混練能力 (m <sup>3</sup> /h) (参考)
傾 胴 式	0.75	2	30
		3	45
		4	60
	1.0	2	40
		3	60
		4	80
	1.5	2	60
		3	90
		4	120
	3.0	2	120
		3	180
		4	240
2 軸強制式	1.0	1	40
		2	60
	1.5	1	60
		2	90
	2.0	1	80
		2	120
	2.5	1	100
		2	150
	3.0	1	120
		2	180
	4.5	1	180
		2	270

- (4) ミキサの電動機出力は表 6 - 4 - 3 を参考に設定する。

表 6 - 4 - 3 ミキサ電動機出力 (参考)

ミキサ容量機種	1m <sup>3</sup>	1.5m <sup>3</sup>	2m <sup>3</sup>	2.5m <sup>3</sup>	3m <sup>3</sup>	4.5m <sup>3</sup>
重力式	11	15	22	30	37	—
強制式 (2 軸)	22	35	45	55	75	110
強制式 (油圧可変)	37	45	55	75	90	—

2-3 貯蔵ビン（参考）

貯蔵ビンは、下記により構成されている。

キーワード	骨材ビンの構成と機能
骨材ビン容量	バッチャープラント運転中に骨材切れを起こさないように骨材ビン容量を決める必要があるが、一般的には2時間程度の滞留量を確保
ロックラダー	粗骨材ビンには分離や衝撃を緩和するためにロックラダーを取り付け
セメントビン	防水、防塵構造とし下部はセメントが円滑に流れる構造
カットオフゲート	骨材ビンの下部にはロードセルによる計量ビンが配置されるので貯蔵ビン出口にはカットオフゲートを取り付けてジョギングモーションにより骨材を切り出す

表 6-4-4 骨材ビン容量（参考）

ミキサ型式	ミキサ容量 (m <sup>3</sup> )	台数	骨材ビン容量 (m <sup>3</sup> )
傾 胴 式	0.75 (28s)	2	62m <sup>3</sup>
		3	93m <sup>3</sup>
		4	124m <sup>3</sup>
	1.0 (36s)	2	83m <sup>3</sup>
		3	124m <sup>3</sup>
		4	165m <sup>3</sup>
	1.5 (56s)	2	124m <sup>3</sup>
		3	186m <sup>3</sup>
		4	250m <sup>3</sup>
	3.0 (112s)	2	250m <sup>3</sup>
		3	370m <sup>3</sup>
		4	500m <sup>3</sup>
2 軸強制式	1.0m <sup>3</sup>	1	110m <sup>3</sup>
		2	165m <sup>3</sup>
	1.5m <sup>3</sup>	1	165m <sup>3</sup>
		2	250m <sup>3</sup>
	2.0m <sup>3</sup>	1	220m <sup>3</sup>
		2	330m <sup>3</sup>
	2.5m <sup>3</sup>	1	275m <sup>3</sup>
		2	413m <sup>3</sup>
	3.0m <sup>3</sup>	1	330m <sup>3</sup>
		2	500m <sup>3</sup>
	4.5m <sup>3</sup>	1	500m <sup>3</sup>
		2	740m <sup>3</sup>

2-4 計量器

- (1) 現在は殆どロードセル式計量器となっている。
- (2) セメント計量ホップの入り口、出口部はキャンバスで覆って密閉構造とする。

2-5 水分計

水分計には次の種類のものがあり、各形式の比較を表に示す。

- (1) RI式
- (2) 静電容量式
- (3) 重量式
- (4) 赤外線式
- (5) 電磁波式

表6-4-5 水分計の比較

項目	(1) RI水分計	(2) 静電容量 水分計	(3) 重量式水分計	(4) 赤外線方式 水分計	(5) 電磁波水分計
測定原理	RI線源より放射する中性子を湿潤砂に放射し熱中性子をカウントして水分量を計測する	電気抵抗に換算して水分量を算出する	「JIS細骨材の表面水率試験方法」の重量法に準じて水分量を計測する	光学的な一定波長のスペクトル吸収率で水分量を算出する	電磁波を照射し、水分に比例した電流を測定し、含水率に換算する
測定方法及び試料採取場所	貯蔵ビンホッパシュート部	砂貯蔵ビンにセンサを差し込み電氣的に換算し測定	砂貯蔵ビンより計量槽に流れ落ちる砂を直接採取	砂貯ビンへ搬送するコンベヤ上の砂に赤外線を照射し測定	砂貯蔵ビン最下部に設置されたセンサにより照射された電磁波を測定

2-6 積み込み部

キーワード	積み込み部 (ウエットホッパ)
廃棄コンクリート	通常の出荷積み込み以外に廃棄コンクリートの積み込みを考慮してダンプトラックへの積み込みもできるよう計画
サンプリング装置	コンクリート試験室での品質試験のサンプリング装置を組込んだ構造
積み込みゲート	積み込みゲートはモルタルや洗浄排水の漏れの少ない構造

## 2-7 騒音対策

キーワード	バッチャープラントの騒音対策
ゴムライナ	ミキサからウエットホッパへのコンクリート落下部にゴムライナを取付けて騒音対策
防音材	バッチャープラント建家の壁面に防音材を取り付け騒音対策

## 2-8 監視装置

バッチャープラント操作室にて各部の状況が監視できるようテレビモニタを設置する。

通常テレビカメラの設置位置は下記位置としている。

- (1) 受材部監視用
- (2) ミキサ監視用
- (3) ウエットホッパ内部監視用
- (4) 積込み部監視用

## 第5節 セメント輸送および貯蔵設備

### 1. 計画一般（標準）

1. セメント輸送および貯蔵設備は、セメントの品質を低下させることなく円滑に輸送および貯蔵できるものとする。
2. 設備は、コンクリート製造設備に隣接して設ける。

### 2. 機種を選定と組合せ（標準）

1. セメント貯蔵設備は、鋼製サイロを標準とする。
2. セメント輸送設備は、設計箇所の地形、輸送条件等に適合した機種を選定する。

#### 〔解説〕

2-1 セメントコンテナ車でダムサイトのセメントサイロまで運搬されるセメントは、コンテナ車に装備するブローでセメントサイロに圧送されている。セメントサイロからパッチャープラントへのセメント輸送には、スクリューコンベヤ・バケットエレベーター方式と空気輸送方式が最も多く用いられている。

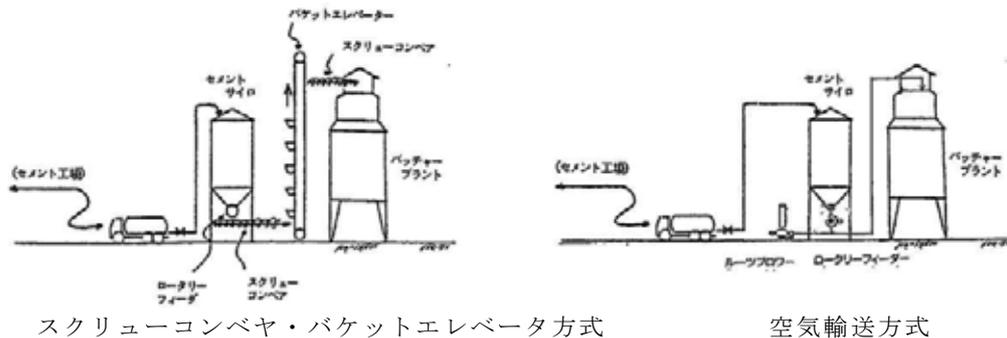


図6-5-2 セメント輸送系統図

### 3. 所要能力（標準）

3-1 セメント輸送設備の所要能力

$$Q = \frac{A_c \cdot C}{1000} (1 + \alpha)$$

ここに、 $Q$  : 所要能力 (t/h)

$A_c$  : 時間最大打込み量 (m<sup>3</sup>/h)

= (1日最大コンクリート打込量 ÷ 可動時間)

$C$  : 単位セメント量 (kg/m<sup>3</sup>) (コンクリート 1 m<sup>3</sup> 中のセメント量)

$\alpha$  : 余裕率 = 0.5

### 3-2 セメントサイロ

セメントサイロの容量は、一般に次式による。

$$C_s = \frac{V \cdot C \cdot D}{d} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \alpha$$

ここに、 $C_s$ : サイロの容量	(t)
$V$ : 月最大打込み量	( $m^3$ /月)
$C$ : 単位セメント量 ( $kg/m^3$ )	= 外部コンクリートの場合 210
$D$ : ストック日数 (日)	= 2~4 日を標準とする
$d$ : 月最大打込み月当たり作業日数	(日/月)
$\alpha$ : 余裕率	= 一般に 1.1

なお、容量は次の規格を標準とする。

200(t)    300    400    500    600    700    800    900    1000

1000t 以上必要な場合は、2 基以上の組合せとする。

### 3-3 セメントサイロのエアレーション

セメントサイロ内においてセメント粒子間の摩擦に起因するアーチアクションが発生し、セメントが出口に出てこない現象が起こるので、これを防止するため円錐部に圧縮空気配管を行なって槽内へのエアレーションを行うと共にアーチアクション防止のためにバイブレータを取り付ける。

### 3-4 スクリューコンベヤ

スクリューコンベヤは、トラフ中でスクリューを回転させセメントに軸方向の推力を与え輸送する装置で、構造部分は、トラフ、スクリュー、軸継手、中間軸受からなり、構造が簡単で、供給口および排出口を機長の任意の箇所に設定できる。ただし、スクリューの形状、ピッチはセメント輸送に合わせ決める必要があり、これらの設計および軸受材の選定・設計が適切でないと効率の低下、故障の原因となるので注意を要する。

## 4. 設備の設計 (標準)

セメント輸送および貯蔵設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針 (案)」の 201 項と参照のこと。

第6節 骨材製造設備

1. 計画手順（標準）

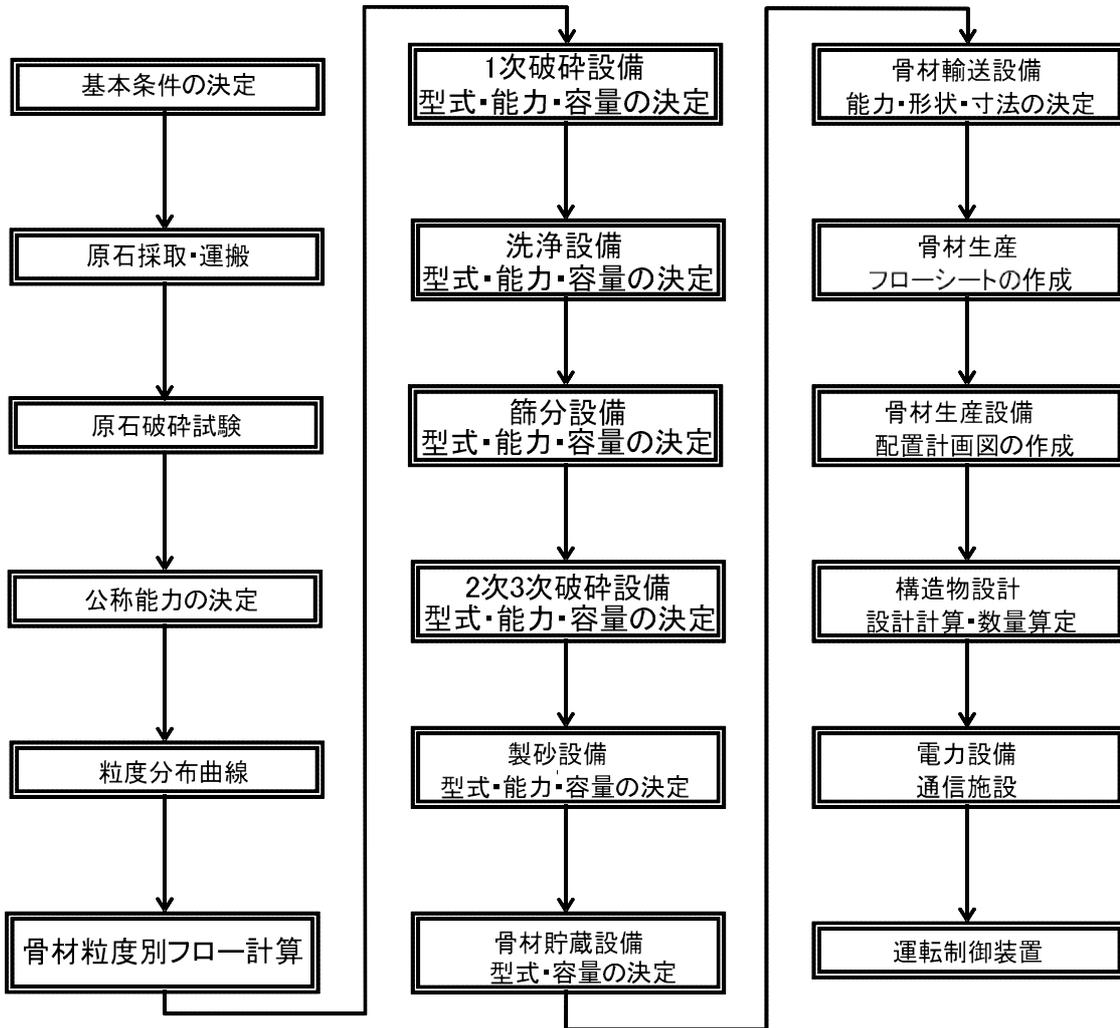


図 6-6-1 骨材製造設備の計画のフローチャート

## 2. 機種を選定と組合せ (標準)

### 2-1 骨材製造フローシート

骨材製造フローの例を図6-6-2に示す。

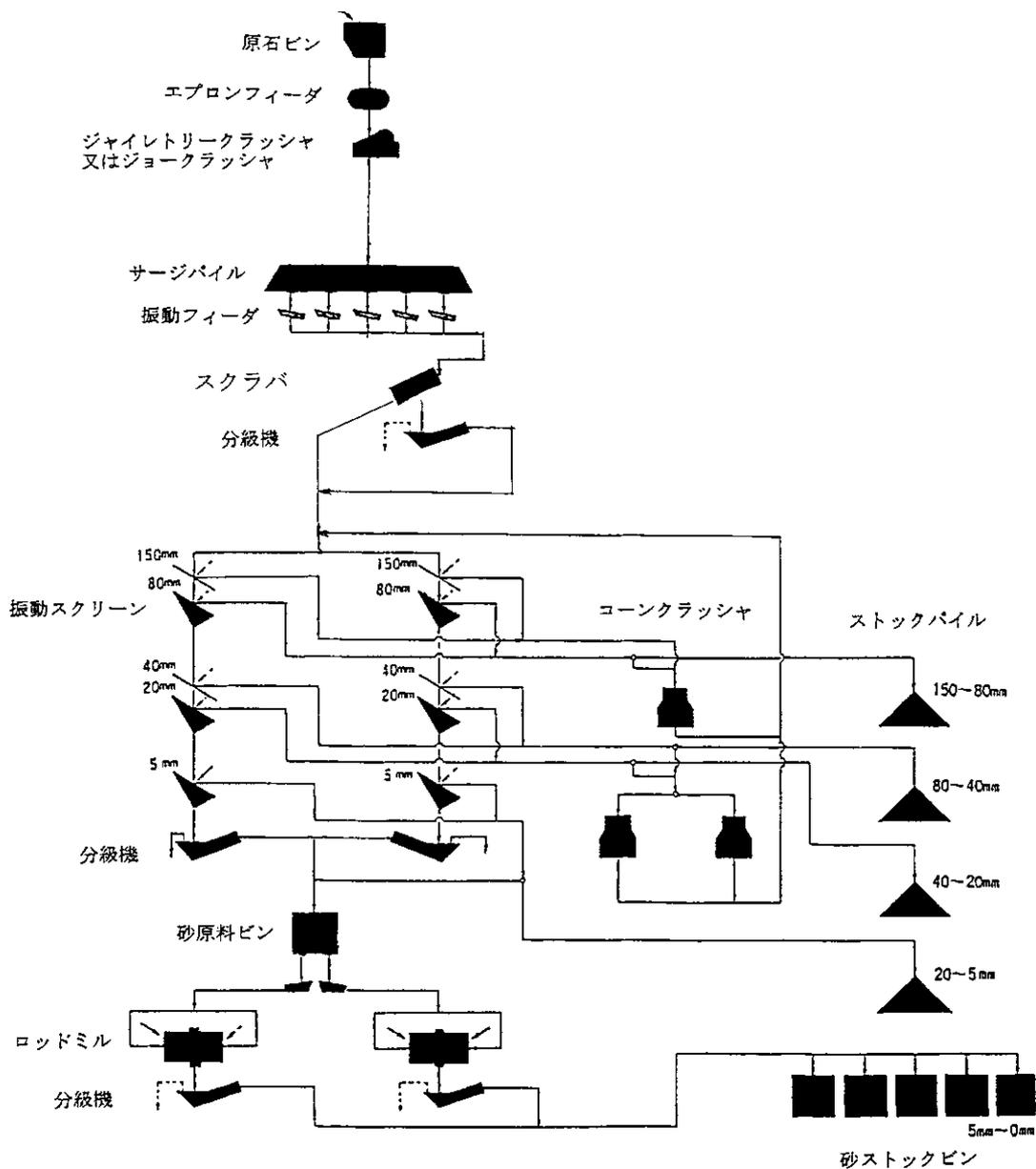


図6-6-2

2-2 骨材粒径別製造フロー計算表

骨材生産量粒径別フロー計算表

骨材粒径	単位	セット寸法	+150	150~80	80~40	40~20	20~5	5~0.74	ダスト量	合計
生産目標	(%)			(17.5)	(17.5)	(17.5)	(17.5)	(30)		(100)
生産量	t / h			87.5	87.5	87.5	87.5	150		500
原石粒度	(%)		(76)	(7)	(6)	(5)	(3)	(2)	(1)	(100)
原石供給量	t / h		425.6	39.2	33.6	28	16.8	11.2	5.6	560
1次破碎粒度	(%)	oss 115	(12)	(49)	(26)	(6)	(5)	(1.5)	(0.5)	(100)
1次破碎量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3	2.8	554.4
洗浄供給量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3		551.6
2次プラント供給量	t / h		66.5	271.7	144.1	33.3	27.7	8.3		551.6
玉石生産量	t / h			87.5						87.5
2次破碎供給量	t / h		66.5	184.2						250.7
2次破碎粒度	(%)	css 30			(23)	(56)	(17)	(2.5)	(1.5)	(100)
2次破碎量	t / h				57.7	140.4	42.6	6.3	3.7	250.7
小計	t / h				201.8	173.6	70.3	14.6	3.8	464.1
大砂利生産量	t / h				87.5					87.5
中砂利生産量	t / h					87.5				87.5
3次破碎供給量	t / h				114.3	86.1				200.4
3次破碎粒度	(%)	css 11				(15)	(70)	(13)	(2)	(100)
3次破碎量	t / h					30.1	140.4	26	4	200.5
3次循環破碎量	t / h					4.5	21.1	3.9	0.6	30.1
3次循環破碎量	t / h						3.3	1.2		4.5
小計	t / h						235.5	45.1	11.2	291.9
小砂利生産量	t / h						87.5			
砂原料供給量	t / h						147.6	45.7		193.3
砂生産量	t / h							150	43.3	193.3
砂生産率	(%)							(77.6)	(22.4)	(100)
骨材水洗損失量	t / h								54.4	54.4
濁水濃度	mg/l	(54.4/1000)*1,000,000=54,400 注：骨材洗浄水使用量は製品骨材トン当たり2m³とする。								
骨材損失量	t / h								60	60
骨材損失率	(%)								(10.7)	(10.7)
1次スクリーン供給量	t / h		66.5	271.7	201.8	208.3	235.1	45.7		1029.1
2次スクリーン供給量	t / h				201.8	208.3	235.1	45.7		690.9
3次スクリーン供給量	t / h						235.1	45.7		280.8

## 2-3 骨材プラントの稼働率・ロス率・洗浄水量（参考）

### (1) 稼働率（参考）

骨材製造設備の稼働率は、作業員がプラントにおいて骨材生産に従事する作業時間に対して実際に機械設備が骨材生産をしている実運転時間の比率であり下表に示す値が採用されている。

例えば1次破碎設備の稼働状況を見ると原石運搬に遅れがあつてジョークラッシャが空運転状態またはグリズリバーに大塊の原石が引っかかりブレーカで小割り作業が生じたり、あるいは振動グリズリー・ジョークラッシャ・ベルトコンベヤに故障が発生して運転が中断する。

キーワード	骨材製造設備の稼働率
1次破碎設備	65%
篩分・2次3次破碎設備	80%
製砂設備	73%

### (2) ロス率（参考）

原石中の泥分含有量によって大幅に異なるが、骨材製造設備での生産過程で発生するロス率は下表に示す値が用いられる。

実際には、破碎試験を実施してロス率を測定することが望ましい。

キーワード	骨材製造設備のロス率
1次破碎設備	1次破碎設備供給量の0.5%～1.0%
2次破碎設備	2次破碎設備供給量の0.7%～2.5%
3次破碎設備	3次破碎設備供給量の1.0%～2.8%
製砂設備	ロッドミル供給量の15～25%

### (3) 洗浄水量（参考）

キーワード	骨材洗浄水量
スクラバ洗浄水量	0.5m <sup>3</sup> /t/h
スクリーン水洗量	0.5～1.0m <sup>3</sup> /t/h
製砂水量	1.5m <sup>3</sup> /t/h（分級機内パルプ濃度40%）

## 2-4 破碎粒度

### (1) 原石の粒度

原石の採取粒度は、原石山の横坑試験の結果か、あるいは、図6-6-3 爆破原石粒度分布曲線を参考にして決める場合もある。なお、これとは別に一般にフロー計算では、採取原石の全量が1次破碎対象となると仮定した検討も行う必要がある。

河川堆積砂礫の場合は、採取ふるい分け試験値を直接用いる。この場合、試験ピット全体の平均粒度分布のほかに粗粒率が最大、最小である試験ピットの採取粒度を用いてフロー計算をする。

なお、原石採取の方法によっては、図に示す粒度分布と異なることがあるので、注意する必要がある。

### (2) 過不足量

採取原石の粒度値より製造目標値に対する粒度別の過不足量を算出し、過分を次の工程へ処理量として供給する。

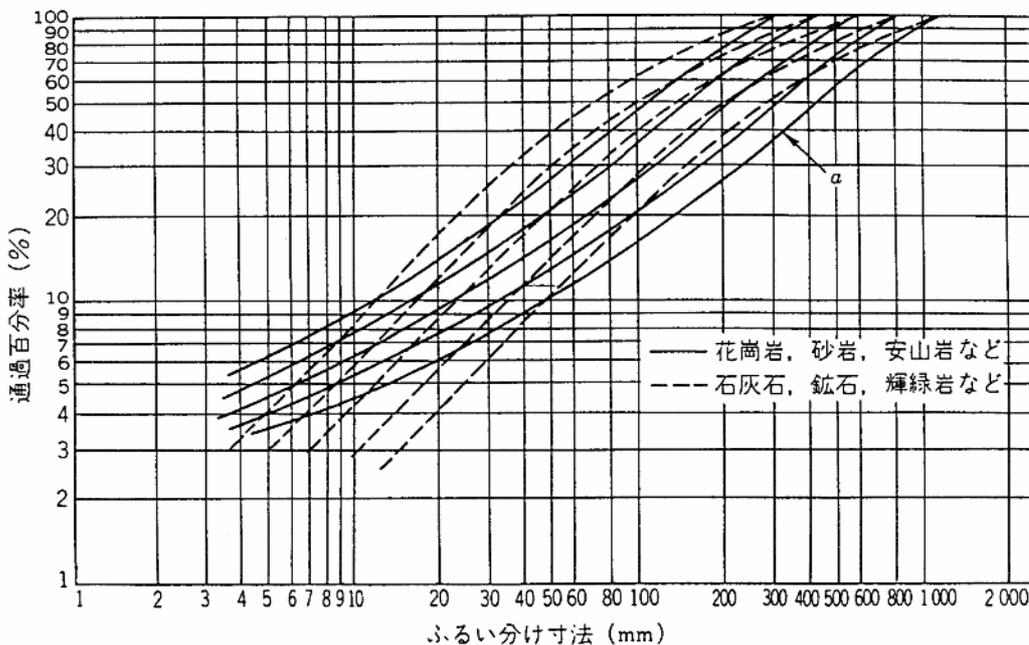


図6-6-3 爆破原石粒度分布曲線 (例)

#### 注1) 図6-6-3の利用法

本図は発破後の原石寸法を求めたものであり、例えば花崗岩で最大原石寸法が1200mmである場合には、通過百分率100%においてふるい分け寸法1200mmの曲線 $\alpha$ を求めれば、その対象原石がどのような傾向の粒度分布をもつか示すものである。

この収支計算は各設備で破碎した結果についてもそれぞれ行う。

### (3) 1次破碎粒度

1次破碎は、原石粒度のうち、配合粒度以上のオーバーサイズを破碎するのがねらいではあるが、破碎を1次クラッシャとその補助クラッシャの2機種の場合、また、供給時にグリズリフィーダによって一定のサイズ以下を通過させたり、全量を供給する場合がある。

この1次破碎粒度は、実際の破碎試験地を考慮(試験機と実用機の相違)し決定するか、または概算的に図6-6-4のジョークラッシャの破碎粒度分布曲線例などを用いる。

以下の各破碎粒度についても同様である。

1次破碎後の最大粒径は、200mm程度以下とするのが一般的である。

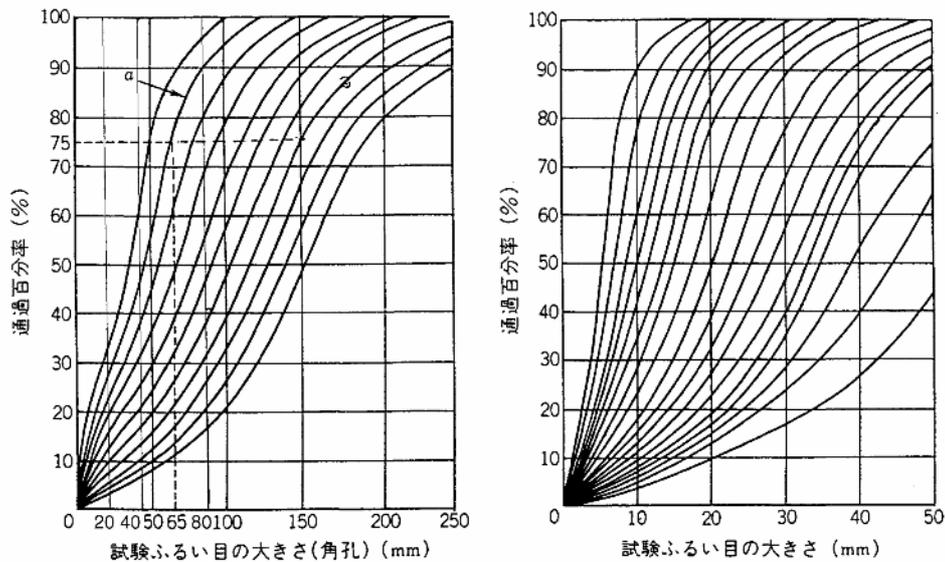


図 6-6-4 クラッシュヤの破碎（製品）粒度分布（例）

注 2) 図 6-6-4 の利用法

本図はを用いて破碎粒度分布を推定するには、①クラッシュヤの形式および破碎岩石の種類によるクラッシュヤの出口セットに等しい角孔ふるいの通過百分率を表 6-6-1 から求め、②計画した粒度と通過百分率の交点を通る破碎曲線を同図上に設定して粒度分布を求める方法である。例えば出口セット 65 mm のジョークラッシュヤで花崗岩を破碎する場合、表より通貨量 75% が得られ、図より破碎曲率 a を設定し、図上より破碎粒度を求める。

表 6-6-1 クラッシュヤ出口間隙に等しい角孔のふるい目を通過する量（例）

クラッシュヤの種類		測定する出口間隙	花崗岩 砂 岩	安山岩 輝緑岩	石灰石 ドロマイト
ダブルトッグルクラッシュヤ		開いたとき	75% 以下	80% 以下	85% 以下
シングルトッグルクラッシュヤ		〃	75 〃	80 〃	85 〃
ジャイレートリクラッシュヤ		開 き 側	75 〃	80 〃	85 〃
油 圧 式 コーン クラッシュヤ	コ ー ス 形	閉 じ 側	40	45	50
	セ ミ コ ー ス 形		44	49	54
	メ ジ ェ イ ト 形		48	53	58
	フ ァ イ ン 形		55	60	65
スプリング式コーンクラッシュヤ (エキストラコース形)		〃	45 〃	50 〃	60 〃

#### (4) 2次破碎粒度

2次破碎においては、1次破碎後の原骨材中に配合粒度以上の大径骨材を含む場合が多く、これと配合粒度の最大サイズ（例えば 150~80mm の玉石）のふるい分け量と目標製造量の差の過剰分を2次クラッシュヤに供給し破碎する。

(5) 3次破碎粒度

2次破碎の過不足量（例えば、80～40mmの大砂利）の過剰分を3次クラッシャに供給し破碎する。

しかし、この目標値を100%満足することは該当する機種の設定可能出口間隔（一般にCCS）の関係から大型機になると困難であり、上のサイズ（例えば40～20mm）が出る。この場合、循環方式を採用し3次クラッシャ処理量の修正（割増し）をする。

(6) 製砂処理量

3次破碎後、生産されてくる最小粗骨材（例えば20～5mmの小砂利）の余剰分と5mm以下の砂原料を水と一緒にロッドミルに供給して粉碎し製砂する。

(7) ふるい分け処理量

ふるい分け設備には、1次破碎後の粒度分布のものと2次、3次クラッシャで破碎された粒度分布のものがリターンされるので、これを合計したものが最上段ふるいの処理量となる。

(8) その他留意事項

① 1次破碎設備とふるい分けを含む2次破碎設備の稼働条件（例えば日当たり運転時間）が異なる場合の2次破碎設備投入量は、製造目標に対応するように換算する。

② フロー計算中のロス分の処理については次のような方法をとる。

(イ) ロス分は製砂ロスと洗浄ロスのみとした場合、サージパイルより引き出すときに、製砂ロス分を除く他のロス量を5mm以下の中で減じる。

(ロ) ロス分を次のように区分したそれぞれにロスの設定量を右の粒径の中で処理する。

・混入した粘土分	: 洗浄後	5mm以下
・クラッシャ発生微分	: 各クラッシャ	5mm以下
・ロッドミル粉碎	: 製砂	5mm以下
・ストックロス（デッドストック分等）	: 引出し時	各粒度一律

③ 骨材の流れ方式

骨材プラントのフロー方式には、流れ方式（Open Circuit）と循環方式（Closed Circuit）の2方式がある。

流れ方式は、階段破碎方式とも呼ばれ、各階段に対してクラッシャの破碎比を適当に保てば、ふるい処理量および破碎機負荷は循環量がない分だけ少なくてすむ。この方式は、理論的にはよいが、一般には投入原石の粒度分布をコントロールすることが出来ないため、これが可能な河床砂礫の場合以外は、ダム工事に用いられる例はほとんどない。

循環方式は、2次、3次破碎機等で、骨材を所定サイズ以下に一度で破碎するのでなく、ある程度の量のオーバーサイズが出る機種を選定したそのオーバーサイズを再び破碎機に戻す方式である。

戻されたオーバーサイズの骨材は、再度破碎してまたオーバーサイズの骨材が出る繰返しの収れん等比級数関係となるので、循環量は次式となる。

$$T = \frac{A}{1 - R}$$

ここに、T：全供給骨材量（t/h）

A : 最初の供給骨材量 (t/h)

R : 破砕機製品中のオーバサイズの割合

この方式は循環量が増加する分、設備の容量が増す短所があるが、原石を有効に所定粒度の製品に製造でき、プラント配置としては比較的コンパクトにまとめられるという長所もある。

- ④ 級機から越流した濁水を濁水処理設備まで導流する排水溝には微粒砂が多量に沈降するので、これを細骨材の一部として有効活用することにも配慮する。

### 3. 所要能力

#### 3-1 所要能力

$$R_p = \frac{G \cdot V}{d \cdot h}$$

$$A_p = \frac{R_p \cdot (1 + a)}{(1 - L) \cdot k}$$

ここに、 $R_p$  : 骨材製造所要能力 (t/h)

$A_p$  : 1次破砕設備投入量 (t/h)

G : コンクリート  $m^3$  当たり (t/ $m^3$ )

V : 月最大コンクリート打込み量 ( $m^3$ )

a : 原石供給の変動に対する余裕率……………0.15

d : コンクリート最大打込み月の骨材製造可能日数 (日)

h : 当該月の日当たり実運転時間 (h/日)

L : 骨材製造過程におけるロス率

ロス率の一例	洗 淨	2.7%
	破 砕	7.3
	製 砂	15.0
	全 体	13.8%

k : 1次破砕設備と2次破砕設備で、運転時間を変える計画とする場合の当該の比率

### 4. 各機械設備能力

#### 4-1 骨材採取機械

ダム用骨材は河川堆積砂礫を利用する場合と、原石山骨材を使用する場合とがあり、これらを採取し破砕、選別して生産する。

河川堆積砂礫と骨として用いる場合の採取は、ショベルやバックホウあるいはドラグラインとブルドーザなどの組合せで行われる。河川堆積砂礫は、洪水時等には採取できなくなることがあるので、必要貯蔵量を決定するにはこの点を考慮に入れる必要があり、さらに出水時における機械の待避場所も考えておかなければならない。

原石山の掘削は、ベンチカット工法、坑道発破工法、グローリホール工法等があるが、最近では、クローラドリルを用いて5~15m程度のベンチ高さを有するベンチカット工法が一般化しており、採取機械はショベルやバックホウとブルドーザの組合せで構成される。

#### 4-2 一次破碎設備

(1) 1次破碎機の機種としては、通常、ジョークラッシャが使用されているが、大容量のプラントではジャイレートリクラッシャが使用されることがある。

ジョークラッシャには、ダブルトッグル形とシングルトッグル形の2形式があり、その比較は「ダム施工機械設備設計指針案」を参照のこと。

(2) 1次クラッシャへの供給には、一般に特重形エプロンフィーダが使用されているが、最近ではトラフ前面に、グリズリを有する特重形振動フィーダ（グリズリフィーダ）を使用し、セット寸法以下の骨材をクラッシャに投入せず負荷を軽減させる方法が採用されている。

(3) 1次破碎設備の所要能力

$$Q_a = R_p \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 $Q_a$ ：所要設備能力 (t/h)

$R_p$ ：骨材製造所要能力 (t/h)

$E$ ：作業効率

[例]

設備名	作業効率
1次破碎設備	0.65
2次破碎設備	0.80
3次破碎設備	0.73

(参考) クラッシャの能力

1) 石灰石をベースとした堆算式の例を示す。

$$Q_a = Q_p \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{\gamma}{16}$$

ここに、 $Q_a$ ：所要設備能力 (t/h)

$Q_p$ ：骨材製造所要能力 (t/h)

$K_1$ ：岩石の破碎性による係数

$K_2$ ：岩石の含水分による係数

$K_3$ ：岩石の粒度状態による係数

$\gamma$ ：岩石のかさ比重 (t/m<sup>3</sup>)

2) カタログ値（所要能力）

表 6-6-2 (t/h)

供給口寸法 (幅×開き)	出口セット量			
	125mm	135mm	150mm	175mm
1200×1070	310	340	350	380
1500×1200	384	412	456	510

3) 上記値に対する修正係数

表 6-6-3 クラッシュの破碎能力算定に用いる修正係数

修正係数	碎石の条件による係数の値		
K <sub>1</sub>	破碎しやすい岩石 石灰石・ドロマイト等	中程度の岩石 安山岩・花崗岩等	破碎し難岩石 輝緑石・硬質砂岩等
	1.0	0.59~0.85	0.85~0.75
K <sub>2</sub>	乾燥したもの 1.0	若干湿っているもの 0.9~0.8	相当湿っているもの 0.7~0.6
	ただし出口間隙が大きく、岩石に粘着性のない場合は、水分の影響なし 1.0		
K <sub>3</sub>	出口間隙以下の細粒を 含む場合	出口間隙以下の細粒は 含まない場合	出口間隙に比べ大きな 粒子のみ
	1.2~1.1	1.0	0.8~0.6

4-3 骨材洗浄設備

- (1) 骨材洗浄設備は、岩石などに混入する粘土や有害物および骨材に付着している不良鉱物等を除去するために使用し、一般にドラムスクラバおよび湿式ふるいをを用いる。
- (2) 洗浄機使用の目安は以下のとおりである。
  - ・粘土分の付着が軽度の場合……………湿式ふるい
  - ・粘土、表土を多量に含む場合……………ドラムスクラバ
- (3) ドラムスクラバの大きさと所要水量の関係は設計指針（案）参照のこと。

表 6-6-4 ドラムスクラバの所要水量（参考）

機 械 寸 法 ドラム径×長さ (mm)	処 理 能 力 (t/h)					所 要 水 量 (m <sup>3</sup> /min)
	滞 留 時 間					
	40 s	50 s	1 min	2 min	3 min	
1200×2400	85	68	57	28		0.45~0.65
1200×3000	106	85	71	55		0.50~0.70
1500×3000	165	132	110	55	37	0.85~1.20
1500×3600	199	159	132	66	44	1.0~1.5
1800×3600		230	192	96	64	1.5~2.5
1800×4500		238	240	120	80	1.8~3.0
2100×4500		383	319	160	106	2.5~3.8
2100×5100		444	370	185	123	2.8~4.3
2400×4500			427	214	142	3.2~5.0
2400×5100			485	245	162	3.6~5.5

（注） 1） 処理能力は見掛け比重 1.6 のものをドラム内容積の 18%連続定量供給した場合を示し、ドラム内滞留時間に逆比例して増減する。

4-4 ふるい分け設備

- (1) ふるい分けの方式は湿式と乾式があるが、ダム用骨材は洗浄を必要とするので、湿式がほとんどである。
- (2) 機械としては振動ふるい（バイブレーションスクリーン）が用いられ、円振動傾斜形と直線振動水平形の 2 形式がある。
  - 1) 傾斜形（リップフロー形スクリーン）

① ふるい目と処理物の大きさ

用途に応じたふるい目との関係は表 6-6-5 を参照とする。

表 6-6-5 リプルフロー形スクリーンの用途とふるい目との関係 (参考)

用 途	区 分	最大ふるい目 (mm)	最小ふるい目 (mm)	処理物の最大寸法 (mm)
粗ふるい専用 (ケリースリハバー)	大 塊 用	260	25	1000
650~200 mm までを含むふるい分け	大 中 塊 用	200	25	650
200 mm 以下のふるい分け	中 塊 用	125	0.35	200
150 mm 以下のふるい分け	中 小 塊 用	75	0.35	150

② ふるい目と振幅および振動数

目安として表 6-6-6 に一例を示す。

表 6-6-6 リプルフロー形スクリーンのふるい目と振幅・振動数との関係 (目安)

ふるい目 (mm)	振 幅 (mm)	振動数 (cpm)
180 以上	12.5 以上	800~700
180~100	12.5~11	800~700
100~50	11 ~ 9.5	900~800
50~20	9.5~8	1000~900
20~3	8 ~ 6	1200~950
3 以下	6 ~ 3	1750~1400

2) 水平形 (ローヘッド形スクリーン)

① ふるい目と処理物の大きさ

用途に応じたふるい目との関係は表 6-6-7 を参照とする。

表 6-6-7 リプルフロー形スクリーン用途とふるい目との関係 (参考)

用 途	区 分	最大ふるい目 (mm)	最小ふるい目 (mm)	処理物の最大寸法 (mm)
150 mm 以下のふるい分け	中 小 塊 用	260	25	1000
粗粒・小塊のふるい分け	粗粒・小塊用	40	0.17 (80 メッシュ)	60

② ふるい目と振幅および振動数

目安として表 6-6-8 に一例を示す。

表 6-6-8 リプルフロー形スクリーンのふるい目と振幅・振動数との関係 (目安)

ふるい目 (mm)	振 幅 (mm)	振動数 (cpm)
50~40	12~11	900~1100
40~20	11~10	900~1150
20 以下	10~6	950~1150

3) 粗粒骨材ふるい用には傾斜形、細粒骨材ふるい用には水平形または傾斜かたが用いられる。

4) 必要なふるい面積は次式による。

$$A = \frac{Q}{q \cdot \rho \cdot K}$$

ここに、A : 必要なふるい面積 (m<sup>2</sup>)

Q : 処理量 (t/h)

ρ : 骨材の単位体積重量 (t/m<sup>3</sup>)

q : 基準処理能力 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・h 表6-6-9による。

K : k・l・m・n・o・p・r

表6-6-10による各係数を乗じて値

表6-6-9 スクリーンの基準処理能力 (q)

ふるい目の開き(mm)	2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	100	150
基礎処理能力 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h	7.0	1.15	20	26	29	33	35.5	38	41	42.5	45	56	67	90

表6-6-10 各係数の値

係数	係数に考慮された条件	ふるい分け条件と係数の値												
				0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
k	粗粒の影響	ふるい目開きより大きい粒子のフィード中の含有率(%)	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	
		kの値	0.9 1	0.9 4	0.9 7	1.0 0	1.0 3	1.0 9	1.1 8	1.3 2	1.5 5	2.0 0	3.3 6	
l	細粒の影響	ふるい目の開きの1/2より小さい粒子のフィード中の分有率(%)	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	
		lの値	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	
m	ふるい分け効率	ふるい分け効率(%)		40	50	60	70	80	90	92	94	96	98	
		mの値		2.3	2.1	1.9	1.6	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4	
n	粒子の形状	粒子の形状	さまざまな破砕物					円い形(玉石のような)						
		nの値	1.0					1.25						
o	水分の影響	水分	25mm以下のふるい					25mm以上のふるい						
			乾燥	湿り		廃棄物		水分の値により						
		oの値	1.0	0.75~ 0.85		0.2~0.6		0.9~1.0						
p	ふるい分け方法	湿式か乾式か	25mm以下のふるい					25mm以上のふるい						
			乾式		湿式(流水)			1.0						
		pの値	1.0		1.25~1.40									
r	ふるいデッキ	デッキは何段目か	1段目			2段目			3段目					
		rの値	1.0			0.9			0.8~0.75					

5) 分級設備能力

ふるい分け設備の分級機は、ふるい通過量が対象となる。

設備能力は次式による。

$$Q_o = Q \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 $Q_o$  : 必要設備能力 (t/h)

$Q$  : 時間当り作業量 (製品ダスト) (t/h)

$E$  : 作業効率=0.8とする。

以上の値より表6-6-11よりスパイラル分級機を選定する。

表6-6-11 スパイラル径・ピッチおよび回転数と掻上げ能力との関係

スパイラル径 (mm)	タンク長さ(mm)		毎分回転数 (rpm)	最大掻上げ能力* (t/h)	最多越流水量 (m <sup>3</sup> /min)		電動機出力 (kW)
	サブマージト形	ハイウェイ形			越流粒径 0.3(mm)	越流粒径 0.15(mm)	
300	3600	2500	14~35	0.17	0.25	0.15	0.75~1.5
450	4000	3100	10~24	0.59	0.60	0.40	1.5~2.2
600	5000	3600	10~17	1.41	0.95	0.60	2.2~3.7
750	5500	4100	8~13.5	2.76	1.60	1.00	2.2~3.7
900	6500	4500	8~11.5	4.77	2.40	1.40	3.7~5.5
1050	7500	5100	6~10	7.58	3.80	2.40	5.5~7.5
1200	8000	5500	6~8.5	11.30	5.00	3.00	5.5~7.5
1350	8500	6000	4~7.5	16.10	6.40	4.00	7.5~11
1500	9000	6350	4~7	20.00	8.30	5.00	7.5~11

(注) 1) 電動機出力は供給物の真比重が2.7スパイラルピッチがダブル、タンクの傾斜が16°42' (3/10)の場合を示す。

2) 最大掻上げ能力は単式ダブルピッチで供給物の真比重が2.7のときのスパイラル1rpm当たりの能力を示す。

シングルピッチの場合は本表の50%、トリプルの場合は150%、複式ダブルピッチの場合は本表の200%の能力となる。

4-5 2次・3次破碎設備

(1) 2次・3次破碎設備は、負荷の変動に対して所要の骨材粒度の調整ができる容量をもち、関連機器との取り合いも考慮し、機種等を決定する。

(2) 2次・3次破碎設備は一般に破碎室の出口セットが簡単に替えられ、破碎効率のよいコーンクラッシャが用いられる。

(3) 所要能力は次式による。

$$Q_o = Q \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 $Q_o$  : 必要設備能力 (t/h)

$Q$  : 時間当り作業量 (t/h)

各々のふるい分け設備で選別された骨材の余剰分

$E$  : 作業効率=0.8とする。

以上の能力より機種選定する。

表 6-6-12 に使用例を示す。

表 6-6-12 2次・3次破碎設備 (例)

	形 式	供給口寸法mm (開き×マントル径)	出口セット (css)mm	標準破碎 能力(t/h)	電動機 出力(kW)	台数
2次破碎設備	コ ー ス 形	250×1300	25	108	95	2
3次破碎設備	インタミディエト形	250×1300	11	72	110	2

#### 4-6 製砂設備

(1) 製砂設備は、安定した破碎・分裂ができるほか、粒度の調整および保守の容易な機種を選定することにより、ロッドミルを標準とする。

(2) 必要設備能力は次式による。

$$E_o = F_o \cdot \frac{1}{E}$$

ここに、 $E_o$  : 必要設備能力 (t/h)

$F_o$  : 2次プラントよりの原料供給量 (t/h)

$E$  : 作業効率=0.75とする。

(3) 製砂設備の選定

ロッドミルの破碎仕事量は Bond 式より求める。

$$W = 12.125 \cdot W_1 \left( \frac{1}{\sqrt{P'_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F'_{80}}} \right) \cdot K$$

ここに、 $W$  : 原料 1 t 当たりの所要動力 (kwh/t)

$P'_{80}$  : 製品の 80% がふるい下となるふるい目の大きさ ( $\mu$ )

$F'_{80}$  : 原料の 80% がふるい下となるふるい目の大きさ ( $\mu$ )

$K$  : 粉碎条件で湿式・乾式・ミル径などにより決まる

係数  $K = K_1 \cdot K_2$

$K_1$  : 湿式の場合 1.0

乾式の場合 1.3

$K_2$  : ミル内径  $D_1$  (mm) による補正

$$K_2 = \left( \frac{2.440}{D_1} \right)^{0.2}$$

$W_1$  :  $43.16 \cdot C / S_p$

① 破碎試験結果がある場合

$$W_1 = \frac{P/W'}{12.125 \left( \frac{1}{\sqrt{P'_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F'_{80}}} \right) \cdot K_1 \cdot K_2}$$

ここに、 $P$  : 破碎試験での所要動力 (kW)

$W'$  : 破碎試験結果における能力 (t/h)

② 破碎試験が行われていない場合

$$W_1 = 2.59 \cdot C / S_p$$

ここに、C : 衝撃破碎強度 (kg-m/cm)  
 $S_p$  : 原料の比重

表 6-6-13 原料の比重  $S_p$ ・衝撃破碎強度 C・仕事指数  $W_1$  の関係 (参考)

破碎岩種	比重 ( $S_p$ )	C (kg-m/cm)	$W_1$ (kw-h/t)
石灰岩	2.6	0.19~0.98	3.15~16.27
砂岩	2.6	0.28~0.76	4.65~12.62
花崗岩	2.6~2.7	0.61~1.74	9.75~27.81
頁岩	2.66	0.82	13.30

(4) 破碎所要動力および電動機出力

$$K_w = E_o \cdot W$$

$$M_{Kw} = K_w \cdot (1 + a)$$

ここに、 $K_w$  : 所要動力 (kW)  
 $E_o$  : 必要設備能力 (t/h)  
 $M_{Kw}$  : 電動機出力 (kW)  
 $a$  : 余裕率 = 25~30%

(5) 分級設備

- (1) ロッドミルから排水されたパルプ濃度を 25~40% 程度とする。
- (2) コンクリート用細骨材を製造する場合のクラッシュファイヤによる分級点は 0.074 mm (200 メッシュ) 程度が適当である。

(3) 所要能力

$$P_o = F_o \cdot (1 - a)$$

$$M_{Kw} = K_w \cdot (1 + a)$$

ここに、 $P_o$  : 必要設備能力 (かき揚げ能力) (t/h)  
 $F_o$  : ミル粉碎量 (2 次プラントよりの原料供給量) (t/h)  
 $a$  : 製砂ロス (15~25%)

(4) オーバーフロー水量

パルプ濃度  $a$  % とすると

$$a = \frac{G}{G + W} \times 100$$

ここに、 $W$  : オーバーフロー水量 (t/h)  
 $G$  : 固形物の重量 (t/h)

$$W = \left( \frac{100}{a} - 1 \right) \cdot G$$

(5) 機種選定

掻上げ能力とオーバーフロー水量より選定する。

## 第7節 骨材貯蔵設備

### 1. 計画一般

骨材貯蔵設備の計画にあたっては、地形地質条件等を考慮しながら必要貯蔵容量及び貯蔵設備形式の選定を行い、骨材生産作業の施工性の向上と品質管理及び保守整備の容易性に配慮するものとする。

### 2. 貯蔵設備の容量

骨材貯蔵設備の容量は、骨材の製造、骨材の運搬、コンクリート練り混ぜ、コンクリートの運搬打設の各施工段階において良好な作業能率を安定して確保できるように各現場条件を十分に把握して決定する。

#### 2-1 原石ビン（参考）

キーワード	原石ビンの構成及び機能
設置目的	原石山から採取した原石をダンプトラックで運搬して鉄筋コンクリート製の原石ビンに投入し1次破碎設備に安定して原石を供給する目的で設置
ビン容量	原石山と1次破碎設備間の距離、運搬するダンプトラックの規格、1次破碎設備の能力等によって決定されるが、一般的には通常使用するダンプトラック積載量3～5台分
グリズリ	原石ビン上には固定グリズリーバを設置して大塊の投入を防止
小割	グリズリーバに引っかかった原石はブレーカで小割

#### 2-2 サージパイル（参考）

キーワード	サージパイルの構成及び機能
設置目的	1次破碎設備のジョーあるいはジャイレトリークラッシャで破碎された原骨材を貯蔵して洗浄－篩分－2～3次破碎－製砂の一連の骨材生産設備に安定的に原料を供給する目的で設置
パイル容量	1次破碎設備は大塊の原石を処理するため摩耗および損傷が激しく保守整備の休止時間を要することを考慮してパイルの有効量を決定 通常、有効貯蔵量は2～5日間程度
貯蔵形式	通常、野積みのストックパイルを採用 小規模ダムや野積みのストックパイル敷地の確保ができない場合にコルゲート骨材ビンを使用

2-3 砂原料ビン（参考）

キーワード	砂原料ビンの構成及び機能
設置目的	洗浄-2~3次破碎-篩分設備からの砂原料供給量の変動を吸収しながら製砂設備に対して安定的に砂原料を供給する目的で設置
ビン容量	洗浄-2~3次破碎-篩分設備内の各機器の摩耗部品等の取替、補修、整備による休止時間を考慮してビンの有効量を決定 通常、砂原料ビンの有効貯蔵量は5~10時間分程度
貯蔵形式	一般的にコルゲート骨材ビンを使用

2-4 製品骨材ストックパイル（貯蔵ビン）（参考）

キーワード	製品骨材ストックパイル（ビン）の構成及び機能
設置目的	骨材製造設備の作業中断が発生してもコンクリートの打設作業を継続できるようにバッチャープラントに製品骨材を供給する目的で設置
ストック容量	骨材製造設備の主要部品の破損等の重大な故障が発生しても部品手配・輸送・故障修理に要する日数を考慮して有効ストック量を決定 通常、有効貯蔵量は細骨材及び粗骨材共3~5日分程度
貯蔵形式	一般的に野積みストックパイル及びコルゲート骨材ビンを採用

2-5 骨材調整ビン（参考）

キーワード	骨材調整ビンの構成及び機能
設置目的	骨材プラントからバッチャープラント間の距離が約1km以上ある場合にはバッチャープラントの近傍に骨材調整ビンを設置してバッチャープラントに製品骨材を安定供給する目的で設置
ストック容量	一般的にバッチャープラント内に装備している骨材貯蔵槽容量の3倍以上
貯蔵形式	一般的に鋼板製及びコルゲート骨材ビンを採用

### 3. 貯蔵設備の方式

#### 3-1 方式の種類（参考）

貯蔵形式は、野積方式、隔壁方式、ビンがあり各形式の得失と現場条件を踏まえて選択する。一般的な使用状況は下表のとおりである。

キーワード	サージパイル	砂原料ビン	製品ストックパイル	骨材調整ビン
野積方式	○		○	
隔壁方式	○		○	○
コルゲートビン方式	○	○	○	○
鋼製ビン方式				○

#### (1) 野積方式（参考）

キーワード	野積方式の特長
粗骨材	骨材表面水の少ない粗骨材の貯蔵の方法として数多く採用されている方式
細骨材	骨材表面水の多い細骨材でも数多く採用されているが水切りのため3山以上の設置が必要
広い設置面積	基礎工事に要する費用が少なく経済的であるがデッドストック量が多くなり広い設置面積が必要
大きな上屋	夏期日射による骨材温度上昇及び雨水を防止するため大きな上屋が必要

#### (2) 骨材ビン方式（参考）

キーワード	骨材ビン方式の特長
粗骨材 細骨材	狭隘な敷地に粗骨材・細骨材を貯蔵する方法として数多く採用されている方式
コンパクトな設置面積	狭い敷地面積に貯蔵設備をコンパクトに配置することができるが骨材の引出しにボックスカルバートが必要
設置費	コルゲートビン及びボックスカルバートが必要となるので費用を要する

#### (3) 隔壁方式（参考）

キーワード	隔壁方式の特長
粗骨材 細骨材	野積方式に比較してデッドストック量を削減できる
設置面積	設置面積は野積方式と骨材ビン方式の中間程度
設置費	鉄筋コンクリート製の隔壁及び上屋を必要とするので野積方式に比較して高価
骨材輸送	製品骨材の輸送にダンプトラックを使用する場合等に多く採用されている方式

### 3-2 骨材引出し設備（参考）

キーワード	骨材引出設備
引出暗渠	ベルトコンベヤにより骨材を引出す場合にはビンの下部に鋼製（コルゲート暗渠）またはコンクリート製ボックスカルバートを設置
所要スペース	暗渠内空断面は骨材の引出装置（振動フィダー・カットオフゲート）、排水施設、運転員の通路の設置に所要スペースを確保
引出口	暗渠内の引出口の大きさは1,000mm×800mm程度
補強材	引出口にはH鋼製のリング状の補強材を設置して引出装置の沈下を防ぐ

## 4. 品質管理面から見た設計上の留意事項（参考）

### 4-1 骨材貯蔵設備内の骨材温度対策（参考）

キーワード	骨材貯蔵設備内の骨材温度対策
温度規制	コンクリートの練上がり温度は25℃以内（ひび割れの発生の防止）とする規制があるので主材料である骨材温度を制御することが必要
上屋と散水	貯蔵中の骨材温度の上昇を防止する目的でストックパイル上屋あるいは散水装置の設置を計画
温度対策	① 貯蔵ビン外部に配管を設置し、河川水を散水する方法（玉川ダム） ② 貯蔵ビン外周に硬質ウレタンフォームを吹付ける方法（浦山ダム） ③ 貯蔵ビン外周に断熱シートを巻き付け養生する方法（月山ダム）

### 4-2 骨材貯蔵設備内への雨水流水防止（参考）

キーワード	骨材貯蔵設備内への雨水流入水防止対策
コンベヤカバー	貯蔵ビンあるいは調整ビンを低い位置に設置するとベルトコンベヤが下り勾配となり降雨時に貯蔵ビン内へ雨水が流入するのでコンベヤカバー等の設置
上屋の設置	ストックパイルおよび貯蔵ビン及び調整ビンに上屋を設置して雨水の流入防止
砂の水切り	細骨材の表面水量は非常に多くまた変動も大きいので貯蔵ビンの数は最低でも3個以上とし貯蔵後少なくとも24時間以上経過させて水切りを図る
良好な排水	ストックパイルおよび貯蔵ビンからの良好な排水構造の検討

### 4-3 粗骨材の再破碎と粒度分離の防止（参考）

キーワード	粗骨材の再破碎と粒度分離の防止対策
破碎と分離	製品骨材をベルトコンベヤで骨材貯蔵設備に供給する場合、骨材の落下高さが高くなるので粗骨材の再破碎と粒度分離が生じる
ロックラダー	製品骨材の再破碎及び粒度分離を防止するためストックパイルおよび貯蔵ビン（G1、G2、G3）にはロックラダーを設置

5. 運転保守管理面から見た設計上の留意事項（参考）

キーワード	運転保守管理面から見た設計上の留意事項
骨材 貯蔵設備	製品貯蔵設備及び骨材調整ビンの設置場所はバッチャープラントにできるだけ近い場所で平坦な敷地に設備することが望ましい
設置場所	ストックパイル及びサージパイルの設置場所に谷間の傾斜面を有効に利用すれば骨材のデッドストック及び設備面積も小さくできる
運転室の 位置	ダンプ輸送により骨材を受け入れる骨材貯蔵設備を計画する場合には、運転室からダンプトラックの荷卸状況を確認できる場所に設置することが望ましい
荷卸し ヤード	ダンプトラックの荷卸、方向変換、待機のスペースを十分確保するよう計画
防塵対策	(1)原石ビン上には建屋を設置してダンプトラック侵入側のみ開口とし、原石投入時には散水して粉塵飛散を防止 (2)サージパイル供給コンベヤから骨材が落下する時に粉塵が発生するので粉塵飛散防止のため散水装置を設置
散水用配管	骨材貯蔵設備においては防塵及び骨材温度低減対策として散水装置を設ける場合が多くなってきているので散水用の給水配管を設置
コンベヤ 支柱	トリップで荷卸しする大量の貯蔵量を有するサージパイルでは、ストックパイルを跨いで支柱を設置して骨材が支柱に接触しない方法を採用
支柱の補強	サージパイルの有効貯蔵内に埋まる支柱には骨材の側圧に対して十分な補強と摩耗対策が必要
暗渠出入口	野積みサージパイルのように引出暗渠が長い場合には、安全対策として両側に出入口を設ける
空洞	砂ビン内にアーチアクションによる大きな空洞が発生するとバッチャープラントへの砂供給が中断するのでパイブレータ及びダイレクトブラスターを設置
防音対策	骨材輸送設備の中で粗骨材が直接ホッパー等の鋼板に当たり大きな衝撃音の発生が予測される場合にはゴムライニングによる防音対策を施す
落石防護 対策	施工の安全性を確保するため地山からの落石防護柵及びベルトコンベヤからの落石を防止する防護網を必要に応じて設置

## 6. 貯蔵容量

貯蔵容量は、供給側の輸送条件の確実性、骨材製造設備の運転時間の平準化およびコンクリート製造設備能力の相対関係を考慮して決めるが、一般には次の数量を標準としている。

- (1) 原 石 ビ ン：ダンプトラック運搬の場合：1基当たり5～15台分
- (2) サ ー ジ パ イ ル：工事最盛期における日平均使用量の3～5日分
- (3) 製品ストックパイル：工事最盛期における日平均使用量の3～5日分
- (4) 骨材調整ビン
  - ① ベルトコンベヤで1km程度の場合：工事最盛期における日平均使用量の4～5時間分
  - ② ダンプトラックで30km程度の場合：工事最盛期における日平均使用量の2～3日分

なお、工事最盛期における日平均使用量は、

$$V_o = \frac{V \cdot G}{(1-a) \cdot \gamma}$$

ここに、V：コンクリート月最大時日平均打設量 (m<sup>3</sup>/day)

G：コンクリート1m<sup>3</sup>当たりの骨材量 (t/m<sup>3</sup>)

a：骨材製造ロス (例 13.8%)

γ：余裕率=25～30% (t/m<sup>3</sup>) (=例 1.6)

## 7. 配 置

貯蔵設備の投入口、引出し口には次のことを考慮する。

- (1) 粗骨材用ストックパイルおよび貯蔵槽にはロックラダを設ける。
- (2) 貯蔵設備の底部には、引出し条件を考慮して、カルバートを設ける。

## 8. サージパイルの有効容量

- (1) 円錐形サージパイルの場合

$$V = \frac{\pi D^3}{24} \cdot \frac{n^3 + \tan 40^\circ}{\left(n + \frac{\tan 45^\circ}{\tan 40^\circ}\right)^a} \cdot a$$

ここに、V：有効量 (m<sup>3</sup>)

D：底部の直径 (m)

n：引出し口数 (個)

γ：①部分のデッド量を表す係数で、nにより変化する。

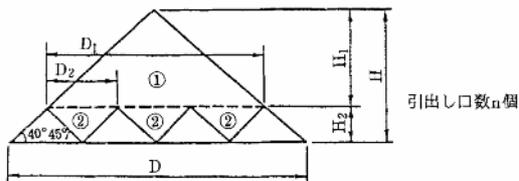


図 6-7-2 パイル寸法

表 6-7-2 a の値

n	a
1	1
2	0.830
3	0.739
4	0.679

また必要パイロ径Dは

$$D = C \cdot \sqrt[3]{V}$$

ここに、C：引出し口数の関係

表 6-7-3 Cの値

n	1	2	3	4
C	3.52	3.20	3.06	2.98

以上よりパイロ径、引出し口数および有効容量の関係を図 6-7-3 に示す。

地形条件によってサージパイロを山腹又は傾斜面に沿って設ける場合には、大塊骨材が分離し易いのでベルトコンベヤからの落とし方向を山側か傾斜面側に向けるように配慮する。

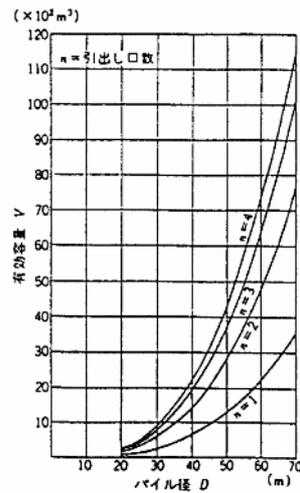


図 6-7-3 パイロ有効量算出図 (円錐形)

(2) 甲形サージパイロ容量

円錐形サージパイロと同様、有効容量とパイロ径の関係は図 6-7-4 に示す。

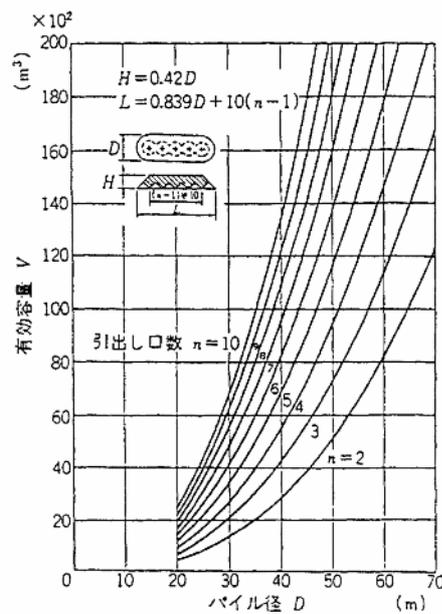


図 6-7-4

## 9. ストックパイル

- (1) ストックパイルの設計はサージパイルに準ずる。
- (2) 細骨材のストックパイルは、屋根付きとする。

## 第8節 骨材引出し設備

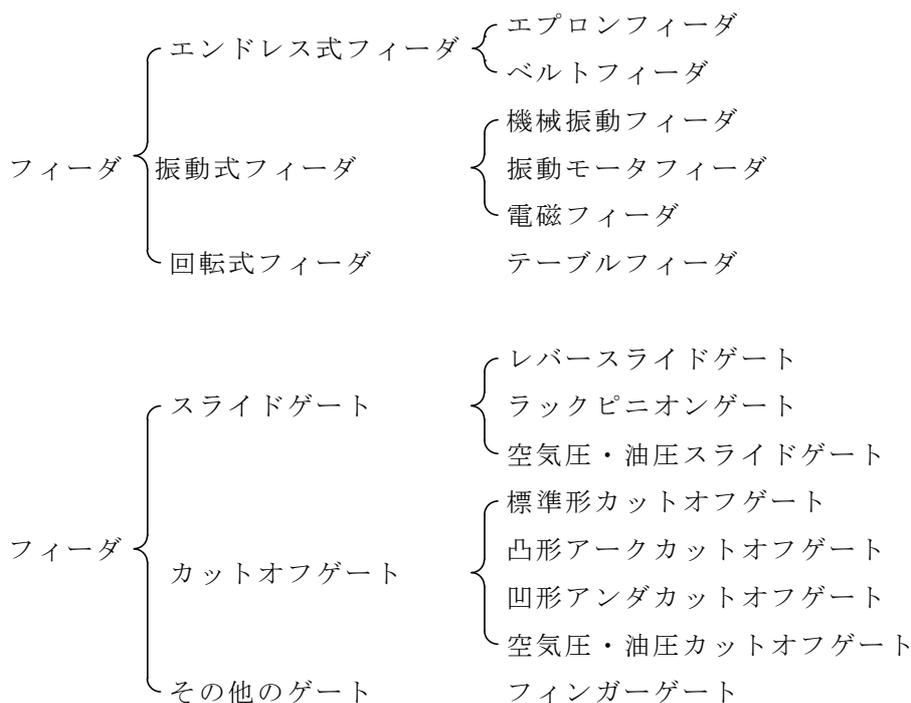
### 1. 計画一般

骨材引出し設備は、貯蔵設備の形式、骨材の種類および使用目的に応じて選定する。

〔解説〕

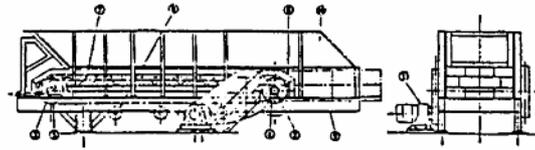
- 1-1 骨材引出し設備の形式はゲートとフィーダに大別され、その分類は表6-8-1のとおり。
- 1-2 ゲートは構造は簡単であるが、調整がむずかしいので、出口寸法を調整できる構造とする。
- 1-3 フィーダは骨材粒径に関係なく安定した引出しが可能である。

表6-8-1 ゲート、フィーダの分類

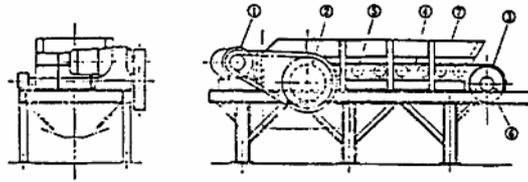


### 2. 機種を選定

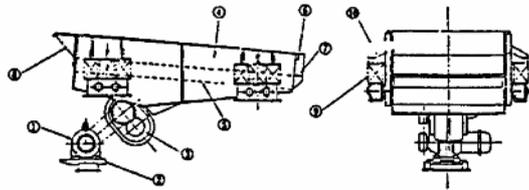
- (1) 原石ビンからの引出しに用いるフィーダは、投入時の衝撃に耐える強度を必要とし、かつ定量連続引出しをするので、特重形エプロンフィーダ、特重形振動フィーダが適している。
- (2) サージパイルからの引出しに用いるフィーダは2次、3次クラッシャ、ふるい分け、コンベヤなどの負荷状況に応じて供給量の調整が簡単にできる振動フィーダが適している。
- (3) 製品ストックパイルからの引出しでは、一般に、粗骨材は振動フィーダ、細骨材はカットオフゲートが用いられている。
- (4) 骨材調整ビンからの粗骨材の引出しには振動フィーダが、細骨材ではカットオフゲートが用いられている。



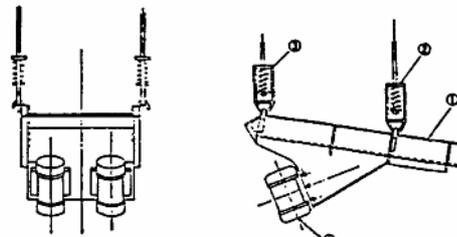
エプロンフィーダ



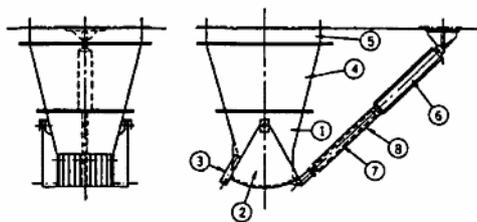
ベルトフィーダ



機械振動フィーダ



振動モータフィーダ



カットオフゲート

### 3. 設備の能力

#### 3-1 エプロンフィーダ

(1) フィーダの幅は 450～1500mm が一般的である。速度は 3～10m/min 程度で調整可能とする。

(2) エプロンフィーダの条件

① 原石最大塊寸法

原石ビン上部グレート目開寸法はグリズリ間隔以下とする。

グリズリ間隔 =  $0.7 \times$  ジョークラッシャ供給口開き寸法

② 機幅寸法

機幅寸法 > 岩石の最大辺長寸法 とする。

(3) エプロンフィーダの供給能力

$$Q = 60 \cdot \gamma \cdot A \cdot \mu \quad (\text{t/h})$$

ここに、A : 積載断面積 = 側板有  $B \cdot H$ 、側板なし  $0.75 B \cdot H$  (m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : 骨材等の見掛比重量 (t/m<sup>3</sup>)

$v$  : チェーン速度 (m/min)

B : スカートの間隔 (m)

H : 積載高さ (m)

### 4. 設備の設計

滑機引出し設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 242 項を参照のこと。

## 第9節 骨材輸送設備

### 1. 機種を選定と組合せ

骨材輸送設備は、総輸送量、時間当たり輸送量、輸送期間、輸送距離および地形などを考慮して輸送方式を決定する。

〔解説〕

- 1-1 輸送方法の選定は、①設備費と運転経費とからなる総経費、②設置の難易、③騒音、振動、塵埃等の社会的影響などを考慮する。一般には道路が確保される場合にはダンプトラック、地形上道路を造ることが容易でない場合には、ベルトコンベヤまたは架空索道となる。
- 1-2 総輸送量と期間は設備等に与える影響は大であるので十分な考慮検討する必要がある。
- 1-3 輸送方法は経路の勾配により制限される。

運搬方法	勾配				
	10°	20°	30°	40°	50°
ダンプトラック	-----				
ベルトコンベヤ	-----	-----			

図6-9-1 各種輸送方法の適応最大勾配

- 1-4 延長については図6-9-2に示すように、その長短により輸送方法を採用する。

	10	20	30	50	70	100m	500	1 km	10 km	50 km	100 km	
ダンプトラック							-----	-----	-----	-----	-----	-----
ベルトコンベヤ	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

図6-9-2 各種輸送方法の適応最大勾配

### 2. 輸送能力

骨材輸送設備の能力は、骨材製造設備の能力を基本として、次式により計算する。

$$Q_a = Q_B (1 + a_1)$$

ここに、 $Q_a$  : 引出し設備能力 (t/h)

$Q_B$  : 設備の所要能力 (t/h)

$a_1$  : フローの変動に対する余裕率

### 3. 設備の配置

骨材輸送設備の配置は、輸送量、骨材の大きさ、輸送距離、地形、地質および環境などを考慮して配置する。

〔解説〕

輸送設備の設置上の主要な留意点は次のとおりである。

3-1 ダンプトラック輸送は、道路の幅員、勾配、曲率半径等の道路条件が一般公道の規模を満たしていれば問題はないが、専用道路とする場合には勾配、曲率半径などは一般公道の基準をこえている場合が多い。

3-2 ベルトコンベヤの路線の設定は、次の事項を考慮する。

- (1) ベルトコンベヤの計画においては、路線の設定が最も大切である。路線は勾配の制限を考慮して、直線で結んで構成しなければならない。総延長の長いベルトコンベヤはできるかぎり基数を減らし、1基当たりの機長を長くすることがコンベヤシステムとしての制御が容易となり、積替え点での損傷を少なくし経済的である。
- (2) 地形図にレイアウトする場合は、次の点に考慮する。

① 特殊設計を除き勾配は表6-9-1による。

表6-9-1 ベルトコンベヤの最大勾配

上 コ ン ベ ヤ	切 込 み		下 コ ン ベ ヤ	切 込 み	
	サ イ ズ 別	18°		サ イ ズ 別	18°
	20～30%含水砂	10°			

- ② コンベヤの交点は、1.5m程度の落差とする。
  - ③ 交点位置は、支柱の高さが極力低くなる場所を選ぶ。
  - ④ 機長が30m程度以上の場合には、重錘式の緊張装置を設けるので、できればフレームと地表面の間にその余裕をとる。
- (3) フレームおよび支柱（基礎）の設計荷重のうち積雪荷重の影響が高いため、多雪地域では雪崩や雪だまりなどの生じる場所を避けて路線設計を行う。
- (4) 地上1m程度以下を走るベルトコンベヤは、ストリング形フレームを使用する。

3-3 設計上の留意事項（参考）

- (1) 骨材輸送用ベルトコンベヤが工事用道路等を横断する際や高所からのコンベヤからの落石の危険が予測される箇所には落石防護板等を装備する必要がある。
- (2) 2次3次破砕後の製品骨材輸送用コンベヤ乗継部のシュート内には製品の割れ防止とシュート内面保護のために骨材によるデッドストックを形成して骨材同志を接触させるようにして、直接シュート鋼板に骨材が衝突しないよう設計する必要がある。

## 4. 設備能力

4-1 ベルトコンベヤ

(1) 運搬能力

理論運搬能力は、通常 J I S B 8805 に記載されている次式を用いる。

$$Q = 60 \cdot A \cdot v$$

$$= 60 \cdot K (0.9B - 0.05)^2 \cdot v$$

ここに、Q : 理論運搬能力 (m<sup>3</sup>/h)

A : 運搬物の積載断面積 (m<sup>2</sup>)

v : ベルト速度 (m/min)

K : 定数 (表6-9-2より0.1245を採用)

B : ベルト幅 (m)

表 6-9-2 Kの値

積載物の側角	10°	20°	30°
Kの値	0.0963	0.1245	0.1538

注) 骨材輸送の場合、側角は一般に 20° を採用する。

また、実際の運搬能力は理論運搬量の 1.25~2.0 倍の大きさにする必要がある。

① ベルト幅

- ・ 輸送物粒径からは最大寸法の約 3 倍以上の幅が必要。
- ・ 標準は 450、750、900 とする。
- ・ 輸送物の粒径と最小ベルト幅の関係は表 6-9-3 に示す。

表 6-9-3 骨材粒径と最小ベルト幅 (mm)

骨材最大粒径 G <sub>max</sub>	65	80	100	130	165	200	265	330
最小ベルト幅 V <sub>min</sub>	400	450	500	600	750	900	1050	1200

② ベルト速度

- ・ 乗継ぎ部の衝撃、摩擦および下りコンベヤの制動等を考慮する。
- ・ 骨材輸送では一般に 100~50m/min 程度が望ましい。
- ・ 表 6-9-4 に最大ベルト速度を示す。

表 6-9-4 最大ベルト速度 (m/min)

ベルト幅 (mm)		400	450	500	600	750	900	1050	1200
最大ベルト速度	砂	105	120	120	135	150	165	180	180
	砂 石	105	120	120	135	150	160	165	165

③ ベルト傾斜角

ベルトコンベヤの許容最大傾斜角は表 6-9-5 による。

表 6-9-5 ベルトコンベヤの最大勾配

種 類	角度	種 類	角度	種 類	角度
砂	乾いたもの	砂 利	玉 砕	砕 石	玉 砕
	湿ったもの		塊 均一		塊 均一
	水分の多いもの		塊 不均一		塊 不均一
	15°		12°		13°
	20°		15°		16°
	13°		18°		20°

5. 設備の設計

骨材輸送設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 254 項を参照のこと。

## 第 10 節 濁水処理設備

### 1. 計画一般

濁水処理設備は、事前調査、施工実績等を考慮して計画する。

〔解説〕

1-1 ダム建設工事に伴って発生する濁水については、公害対策基本法を頂点とする各種法規基準（水質汚濁防止法）等がある。また、近畿各府県の条例にも対応する必要がある。

1-2 事前調査は、一般に次の項目について実施する。

- ① 工事の規模と工期
- ② 濁水の発生源
- ③ 濁水の水量水質
- ④ 放流水の排出基準および水量制限
- ⑤ 処理設備の運転条件
- ⑥ 敷地条件
- ⑦ 使用を制限される薬品
- ⑧ スラッジの処理処分方法
- ⑨ 凝集剤の予備試験など

### 2. 機種の選定と組合せ（濁水処理方式）

#### 2-1 濁水処理方式の種類と特性

濁水処理方式には「自然沈殿方式」、「凝集沈殿方式」、「機械処理沈殿方式」、「機械処理脱水方式」がある。その選定は、工事の規模、地形条件等から決定し、目安として表 6-10-1 がある。

表 6-10-1 濁水処理方式の選定目安

処理方式	施設の大きさと敷地条件
自然沈殿方式	濁水を沈殿池に導き自然沈降させる方式であるが、沈降速度が遅く規制値の確保も難しいため、ダム工事での施工例は殆どない。
凝集沈殿方式	凝集沈殿池として大きな容量の沈殿池を必要とするので、ダムサイト周辺に広いスペースを確保できる地形条件でなければ採用は難しい。
機械処理沈殿方式	凝集沈殿池を設置するほど大きな容量の沈殿池は確保できないが、凝集沈殿したスラッジを収容する容量の貯泥池であれば設置が可能な現場で採用されている。
機械処理脱水方式	凝集沈殿したスラッジを収容する貯泥池も確保できない現場では、凝集沈殿したスラッジをフィルタープレスに打込み、脱水ケーキとしてダンプトラックにより搬出する。

#### 2-2 ダム建設工事現場における濁水処理設備

次の 2 つに大別される。

- 骨材プラント濁水処理設備…………… S S（浮遊懸濁粒子）処理
- ダムサイト濁水処理設備…………… S S 処理および中和処理

### 2-3 中和処理

アルカリ性水の中和方式として炭酸ガス法と酸性液法があるが、近年は取り扱い上の安全性が高い炭酸ガス中和方式を採用する例が多い。

### 2-4 SS処理

(1) ダム工事においては、自然沈降およびシクナによる強制沈殿があるが、次の理由でシクナ形の採用が一般的である。

- ① 原水量の変動、濃度変化に対して、濃縮層自身により対応ができる。
- ② 目標の処理水を得ることができる。
- ③ 1台当たりの処理能力が大きいため、1系列で間にあう場合が多い。
- ④ 実績が多く、信頼度が高い。

(2) シクナの形式は図6-10-1に、その形式比較は表6-10-2に示す。

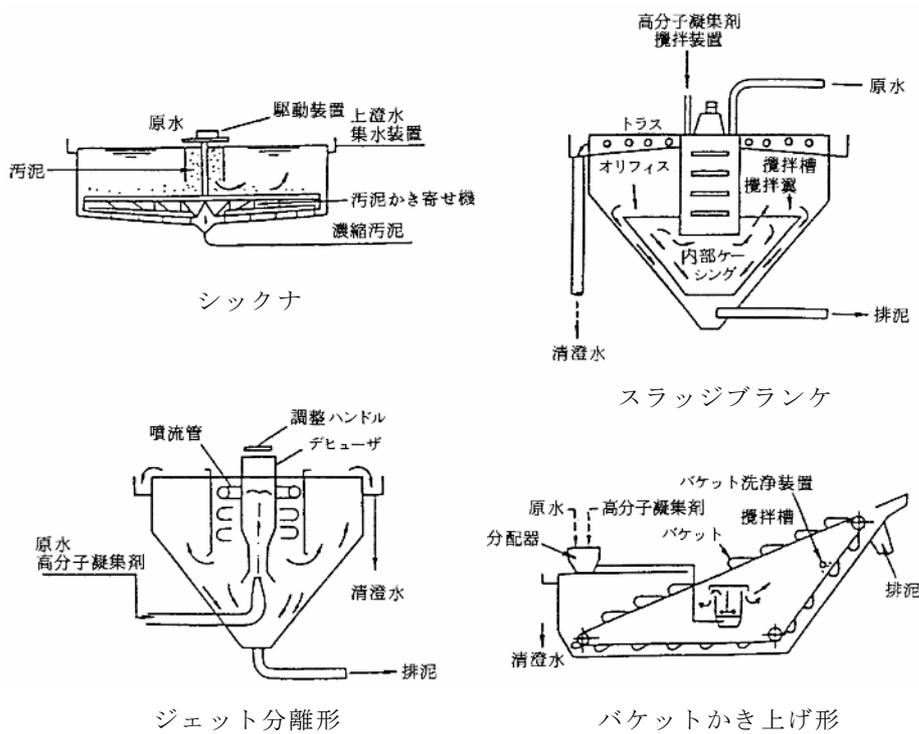


図6-10-1 シクナの形式の例

表 6-10-2 シックナの比較

項 目	シックナ形	ジェット分離形	バスケットかき上げ形
構 造	円形槽、給泥槽 集泥装置(レーキ)および昇降装置	円形槽下部コーン形 円筒、噴流管等で可動 部なし	角形槽 集泥装置 (バスケットコンベヤ)
処 理 能 力	大きい	中 位 300m <sup>3</sup> /h	小さい 100m <sup>3</sup> /h
処理済水のSS	低 い	中 位	同 左
原水の変動に対する適応性	良 い	悪い、調整槽が必要	同 左
スラッジ濃度	30%	30~35%	30~40%
凝集剤の使用量	中 位	少ない	多い
ダムでの実績	多 い	少ない	少ない
摘 要	適応性、信頼性は高い	泥分の固結のおそれがある	管理が比較的難しい

2-5 脱水機の選定

(1) 脱水機の形式比較は表 6-10-3 による。

表 6-10-3 各脱水機の比較

項 目	加圧脱水機	連続加圧脱水機	真空脱水機	遠心脱水機
脱 水 機 構	濾過室へ圧送して、濾布より分離する。	圧力ローラまたはドラムで絞りとる。	ドラム内部を減圧してドラム表面に吸着させるケーキはナイフ等で剥離する。	高速運転による遠心力を利用して分離する。
運 転 方 法	間 欠	連 続	連 続	連 続
ケーキ含水率	25~35%	40~50%	30~35%	35~40%
濾過面積当たりの処理能力	大	小	大	大
長 所	ケーキの含水率が小さい。 実績が多い。 スラッジの濃度変化に対処できる。	少量の処理では価格が安い場合がある。		比較的設置面積が小さい。
短 所	間欠運転のため調整槽が必要である。	凝集剤の使用量が多い。 含水率が高い。 造粒粗大化しないと濾布の両端からはみ出す。	取扱いが困難。粗粒子が多いと閉そくの危険がある。 微粒子が多いと脱水性が悪くなる。 処理能力が小さい。 凝集剤を添加して圧縮性を高める必要がある。	スクリーアの損耗が大きい。 コロイドの分離が困難、処理水濃度が高い。 処理能力が小さい。 実績が少ない。 真空、加圧より脱水性が劣る。

(2) 上記形式のうち、加圧脱水機（フィルタプレス）が多く採用されている。

- (3) 濾布は 20～100 枚程度が一般的である。  
 (4) 脱水ケーキの取出しはバッチ式である。

### 3. 骨材プラント濁水処理設備

#### 3-1 計画条件

- ① 骨材洗浄水量 (m<sup>3</sup>/h)
- ② 原石の種類および比重
- ③ 発生ダスト量 (t/h)
- ④ 原水水質 S S (mg/l)、pH 中性
- ⑤ 処理水水質 S S (mg/l)、pH 中性
- ⑥ プラント稼働時間 (h/日)
- ⑦ 処理方式
- ⑧ 処理水の利用

なお、各条件は以下のように決める。

#### (1) 発生ダスト量 (Q<sub>s</sub>)

- ① 第 6 節骨材製造の粒度分布計算による方法
- ②  $Q_s = A_p \cdot I$

ここに、A<sub>p</sub> : 原石投入量 (t/h)

I : 骨材製造過程におけるロス率 = 13.8% (例)

#### (2) 骨材洗浄水量 Q<sub>p</sub> を求める例を表 6-10-4 に示す。

表 6-10-4 骨材洗浄水量の例

項 目	使用水量 (m <sup>3</sup> /min)		備 考
	清 水	循環水	
① スクリーン	—	10.4	
② 2 次クラッシャ冷却水	0.02	—	補給水
③ 3 次	0.02	—	〃
④ スプリンクラー (6ヶ所)	—	0.15	
⑤ 骨材取出し部加湿機	—	0.055	
⑥ ロッドミル	5.0		
⑦ ロッドミル冷却水	0.05		
合 計	5.09 ≒ 5.1	10.605 ≒ 10.6	

$$(Q = 5.1 + 10.6 = 15.7 \text{ m}^3/\text{min} = 942 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 950 \text{ m}^3/\text{h})$$

#### (3) 原水 S S 濃度

$$S S = \frac{Q_s}{Q_s/\gamma + Q_p} \times 10^6$$

ここに、Q<sub>s</sub> : ダスト量 (t/h)

Q<sub>p</sub> : 洗浄水量 = 2 · A<sub>p</sub> (t/h)

A<sub>p</sub> : 原石投入量 (t/h)

γ : 原石の比重

3-2 処理フロー

必要な沈殿池が取れない場合を想定し、図6-10-2に機械処理脱水方式のフロー図を示す。

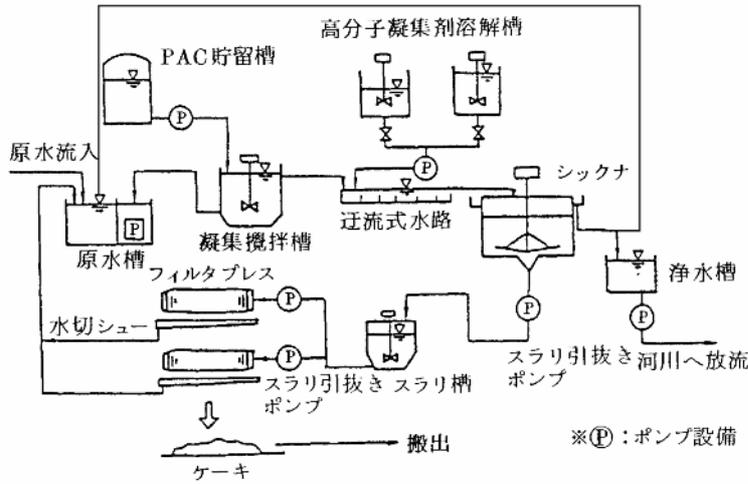


図6-10-2 処理フロー例

3-3 濁水の物質収支

処理される濁水が各機器で処理される過程でどのような量となるかは物質収支を計算し求める。処理方式により計算項目が異なるが、大半の計算項目が含まれる機械処理脱水方式の場合について示す。

(図6-10-3参照)

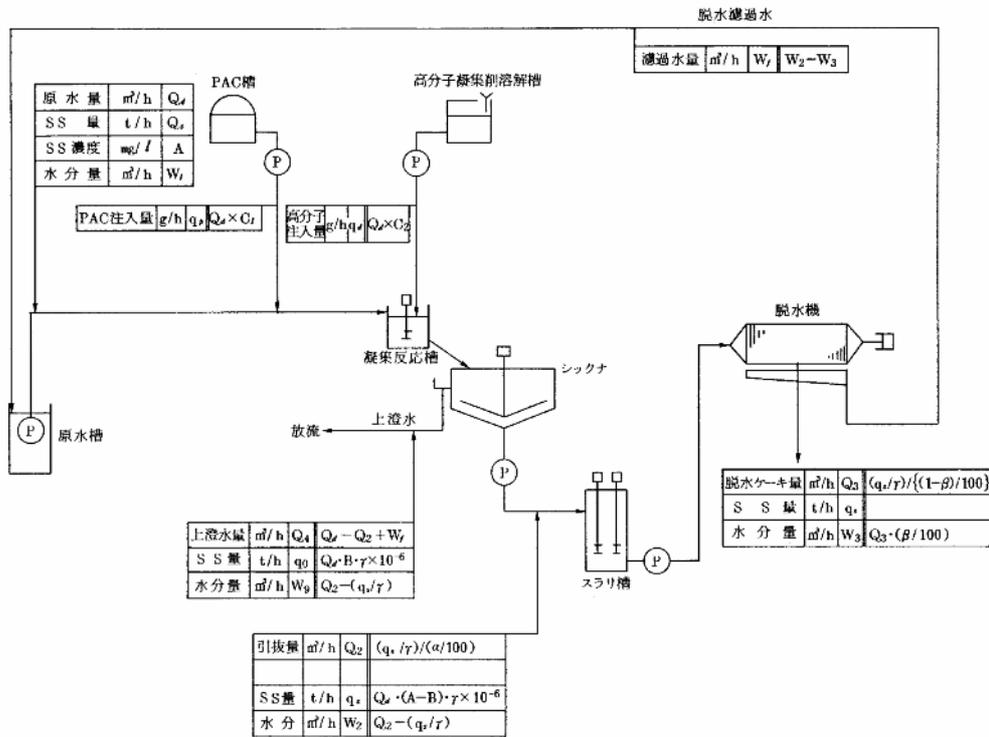


図6-10-3 物質収支計算模式図

(1) 前処理 (沈砂池)

(除去量)

土 砂 : 発生ダスト量 (t/h)  $\times a$

ここに、 $a$  : 除去率 = 0.15 (例)

前処理設備において、粗粒分 (粒径 0.074mm 以上) は、沈殿により土砂の 15% 除去するものとする。(一般には濁水処理試験で決める)

(処理後)

濁水 土砂 : 発生ダスト量 - 除去量 = 処理後ダスト量

水 : 原水量

---

計 処理後原水量 ( $m^3/h$ )

(2) 凝集沈殿処理

① 無機系凝集剤 (PAC)

注入量 = 処理後原水量  $\times C_1 \times \gamma_1$  ( $l/h$ )

ここに、 $C_1$  : PAC 最大注入量 =  $200mg/l \times 10^{-3}$

(PAC =  $Al_2O_3$  濃度 10% として)

$\gamma_1$  : 比重 = 1.2

② 高分子凝集剤 (ポリマー)

注入量 = 処理後原水量  $\times C_2 \times 10^{-3} \times \gamma_2$  ( $l/h$ )

ここに、 $C_2$  : 高分子注入量 = 3~5mg/l (濃度 0.1%)

= (3~5)  $\times 100/0.1$

$\gamma_2$  : 比重 = 1.0

③ 濃縮汚泥

(引抜量)

土 砂 : 処理後ダスト量

水 : 処理後ダスト量  $\times \frac{a_1}{1 - a_1}$

---

計 濃縮汚泥量 ( $m^3/h$ )

ここに、 $a_1$  : 引抜汚泥の含水率 = 70% (60~80%)

(上澄水量)

イ) シックナ流入水 = 処理後原水量 + 無機系凝集剤量 + 高分子凝集剤量 ( $m^3/h$ )

ロ) 上澄水量 = シックナ流入水量 + 濃縮汚泥量 ( $m^3/h$ )

④ 脱水処理

(処理ケーキ量)

土 砂 : 処理後ダスト量

水 : 処理後ダスト量  $\times \frac{a_2}{1 - a_2}$

---

計 脱水ケーキ量 ( $m^3/h$ )

ここに、 $a_2$  : 脱水ケーキ含水率 = 30% (30~35%)

⑤ 脱水濾液

処理濾液量 = 濃縮汚泥量 - 脱水ケーキ量

⑥ 循環水量

循環水量 = 上澄水量 + 処理濾液量 (m<sup>3</sup>/h)

3-4 主要設備の能力

(1) 前処理設備

自然沈殿槽と湿式サイクロンとが一般的である。ここでは沈砂槽案の設計を行う。

(1) 沈砂槽の表面積 (A) および有効水深 (h)

$$\textcircled{1} \quad A = \frac{Q_d}{V} \text{ m}^2$$

$$h = \frac{L \cdot V}{u} = \frac{Q_d}{u \cdot B} \quad (\geq 0.5 \text{ m})$$

ここに、Q : 原水量 = 骨材洗浄水量 + 発生ダスト量 (m<sup>3</sup>/h)

V : 粒子の沈降速度 (m/h)

粗粒分 (粒径 0.074mm) 4mm/s = 14.4m/h

L : 沈砂槽の長さ (m) (L/B = 2 ~ 4)

B : 沈砂槽の幅 (m)

u : 水平方向水深 (m/h) …一般に 5 cm/s = 180m/h 以下

(2) 土砂貯留必要高 h<sub>1</sub>

$$h_1 = \frac{Q_m}{A}$$

ここに、Q<sub>m</sub> : 沈砂槽の堆砂量

$$Q_{m1} = \left( \frac{\omega}{1-\omega} + \frac{1}{\gamma} \right) W_s \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ω : 含水率 = 40% (例)

γ : 沈砂固形物質比重 = 2.7 程度

W<sub>s</sub> : 沈砂固形物乾燥質量 (t/h)

(前処理による土砂除去量)

沈殿物の除去を a 日間に 1 回とすると

$$Q_m = Q_{m1} \times 1 \text{ 日のプラント稼働時間} \times a \quad (\text{m}^3)$$

(3) 沈砂槽必要高さは H、

$$H \geq h + h_1$$

(4) 沈砂槽の数

交互使用を考え、2 槽必要である。

(2) 原水槽

(1) 一般に、コンクリート製とする。

(2) 原水槽の有効容量 V は次式による。

$$V_A = \frac{Q_d \cdot t}{60} \quad (\text{m}^3)$$

ここに、Q<sub>d</sub> : 原水量 (m<sup>3</sup>/h)

t : 滞留時間 (min) = (通常 5 ~ 10min とする)

沈砂槽がある場合は 3 分程度でもよい。

(3) 凝集反応槽

- (1) 原水と薬剤の混合促進のため、攪拌機をつける。
- (2) 凝集反応槽の有効容量Vは次式による。

$$V_A = \frac{Q_d \cdot t_2 \cdot a}{60} \quad (\text{m}^3)$$

ここに、 $Q_d$  : 原水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )  
 $t_2$  : 凝集反応時間 (min) = (通常 2 ~ 5 min。最小 1 min とする)  
 $a$  : 余裕率 (1.1 ~ 1.2)

(4) PAC 貯留槽

- (1) PAC の貯留槽は、耐酸性の材料、ポリエチレン製またはFRP製を使用する。
- (2) PAC 貯留槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量} (\ell/\text{h}) \times \text{プラント稼働時間} (\text{h}/\text{日}) \times \text{貯留日数} (\text{日}) \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

- ① 必要注入量は通常 150mg/ℓ 程度である。
  - ② 貯留日数は一般に 7 日以上としている。
- (3) 有効容量によりタンク寸法を決める。

(5) 高分子凝集剤溶解槽

- (1) 溶解槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量} (\ell/\text{h}) \times \text{貯留時間} (\text{h}) \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

- ① 必要注入量は通常 3 mg/ℓ 程度である。
  - ② 貯留日数は通常 1 回に半日 ~ 1 日であるが、自動定量供給連続溶解方式を採用し、1 時間とした例もある。
- (2) 交互使用を考え、2 槽必要である。

(6) シックナ

- (1) 必要水面積A

$$A = \frac{Q}{V} (\text{m}^2)$$

ここに、 $Q$  : 前処理後の原水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )  
 $V$  : 水面積負荷 (または沈降速度) = 1 ~ 3 (m/h)  
処理後のSSの設計上限 75mg/ℓ  
" 75~40mg/ℓ  
" 40mg/ℓ 以下はVを小

- (2) シックナ径 D

$$D = \sqrt{4A/\pi} \quad (\text{m})$$

- (3) 有効水深 H

$$H = \frac{Q \cdot t}{A} \quad (\text{m})$$

ここに、 $t$  : 滞留時間 = 2.0h 程度 (1 ~ 3h)

(7) 処理水槽

(1) 処理水槽の容量Vは次式による。

$$V = \text{上澄水量} \times \frac{t}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、上澄水量：シクナの上澄量による。

$$t : \text{滞留時間} = 10 \sim 20 \text{min}$$

(8) 脱水機

(1) 発生ケーキ量 = 脱水ケーキ量 (m<sup>3</sup>/h) × 稼働時間 (h/日) (m<sup>3</sup>/h)

(2) 脱水機運転時間

1日のサイクル回数 = 設備1日の脱水I作業時間 ÷ 脱水サイクル時間より、運転時間を決定する。

脱水サイクルの一例

ケーキ厚 35 mm として、

スラリー打込時間 = 60 分

濾板開枠時間 = 30 分

(濾板数 × 15 秒)

その他ロス = 5 分

---

合計 95 分

(3) 1サイクル処理量 = 発生ケーキ量 ÷ 1日のサイクル数 (m<sup>3</sup>/サイクル)

(4) 必要濾室数 = 1サイクル処理量 ÷ 濾板寸法

濾板寸法例として 2000□ (1870□ × 35t = 0.1224m<sup>3</sup>/室)

(5) 脱水機台数 = 必要濾室数 ÷ 脱水機の濾室数 (100 程度)

なお、通常の場合、脱水機の予備は考えない。故障時等は正常機の運転時間延長またはスラリー槽、シクナでの貯留で対応する。

(9) スラリー槽

(1) スラリー発生量 (含水率 70% とする)

1日のスラリー発生量 = 濃縮汚泥量 × プラント稼働時間 (m<sup>3</sup>/日)

(2) 脱水機処理容量

脱水機の処理量 = 1日のスラリー発生量 ÷ 脱水機運転時間

となり、1日最大滞積量は

(濃縮汚泥量 - 脱水機処理量) × プラント可動時間

(3) 必要貯留量

必要貯留量は日最大滞積量に1時間分程度の濃縮汚泥量を考慮する。

(4) スラリー槽容量

スラリー槽は脱水機1台に対し1槽とすると、

スラリー槽容量 ≥ 必要貯留量 ÷ 台数

(10) ケーキヤード

発生ケーキ量は、脱水機の項を参照のこと。

滞留時間を1日程度とすると、

ケーキヤード必要容量 = 発生ケーキ量 × 滞留時間 (1日)

(11) 濾液受槽

(1) 日発生濾液量 = 処理濾液量 × プラント稼働時間

① 処理濾液量は、10-3-3 の2項⑤の処理濾液量である。

(2) 滞留時間は脱水1サイクル当りの20~30分程度とする。

(3) 槽の容量は次式による。

$$\text{日発生濾液量} \times \frac{1}{\text{1日サイクル数}} \times \frac{\text{滞留時間(分)}}{60} \quad (\text{m}^3)$$

3-5 設備の設計

濁水処理設備の設計は「ダム施工機械設備設計指針(案)」の294項を参考のこと。

4. ダムサイト濁水処理設備

4-1 計画条件

- ① 原水量 (m<sup>3</sup>/h)
- ② 原水水質 一般に S S 最大 5000mg/ℓ(設備規模決定における条件)  
平均 1000mg/ℓ(沈殿池容量の算出に用いる)  
p H 最大 12 (中和剤貯留設備の算定に用いる)  
平均 11 (中和剤使用量の算出に用いる)
- ③ 処理水水質 S S (mg/ℓ)、pH6.5~8.5
- ④ プラント稼働時間 (h/日)

(1) 濁水発生量は次式による。

$$Q_d = (Q_B + Q_C + Q_{CP}) \text{ または } + Q_r, \quad Q_d = Q_r$$

$$Q_B = 0.06 \cdot n \cdot H \cdot q_b$$

$$Q_C = 60 \cdot q_P \cdot H_P$$

$$Q_r = C \cdot A \cdot q_r / 1000$$

$$Q_{CP} = C_{CP} \cdot V_{CP} \cdot n_C$$

ここに、 $Q_B$  : ボーリンググラウチング排水(m<sup>3</sup>/日)

$n$  : グラウト機械の工程上の最大の台数(台/日)

$H$  : グラウト機械の1日当たり運転時間(h/日)

$q_b$  : グラウトポンプの吐出量(ℓ/min)

$Q_C$  : コンクリート養生水、および打設面処理等の排水(m<sup>3</sup>/日)

$q_P$  : 養生等に使用される時間当たり水量(m<sup>3</sup>/min)

(通常は 0.5~1.0m<sup>3</sup>/min)

$H_P$  : 1日当たり散水養生等の時間(h/日)

$Q_{CP}$  : コンクリートプラント洗浄水(m<sup>3</sup>/日)

$C_{CP}$  : コンクリートプラントのミキサへの洗浄水の使用率

$V_{CP}$  : コンクリートプラントのミキサ容量(m<sup>3</sup>)

$n_{CP}$  : コンクリートプラントのミキサ台数(台)

$n_C$  : 1日当たりのコンクリートプラント洗浄回数(回/日)

$Q_r$  : 掘削作業時の流出水(m<sup>3</sup>/日)

$C$  : 流出係数(掘削時の降雨による排水が地盤への浸透等により全量流出しないことを考慮した係数)

$A$  : 掘削時の工程上の最大の面積(m<sup>2</sup>)

$q_r$  : 掘削作業の行われる最大の日降雨量(mm/日)

#### 4-2 処理フロー

- (1) 必要な沈殿池が取れない場合を想定し、骨材プラント濁水処理設備と同様に図6-10-5のフロー例を示す。
- (2) ダムサイト濁水には多量のセメント粒子が混合されてアルカリ性となるので、中和処理が必要である。
- (3) 中和方式として炭酸ガス法と酸性液法が用いられてきたが、最近では殆ど炭酸ガス法が用いられている。
- (4) リターン管等を設け、基準値を超過した処理水は、再処理できるよう考慮する。

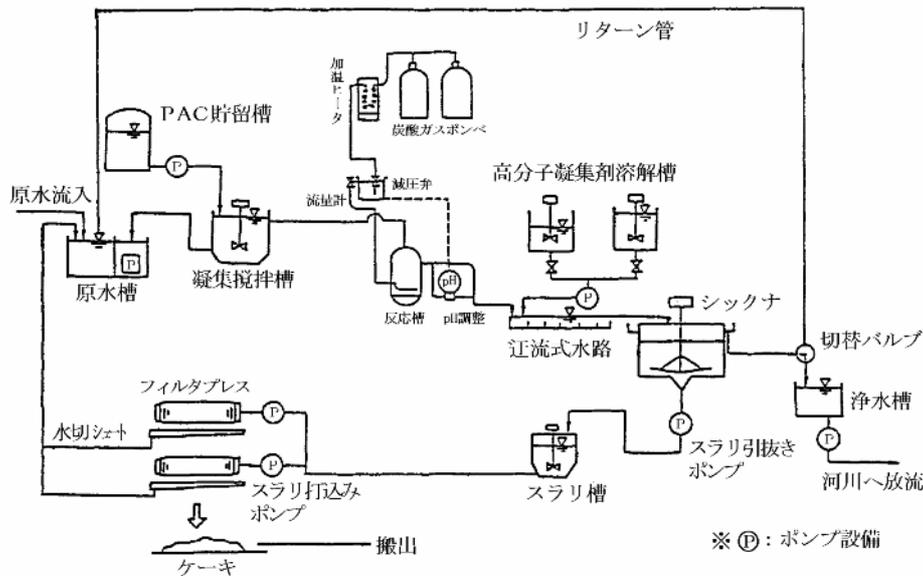


図6-10-5

#### 4-3 濁水の物質収支

##### (1) 原水

原水のSS濃度  $a$  ppmより

$$\text{土砂量 } W = \text{原水量}(Q_d) \times a \times 10^{-6} \quad (\text{t/h})$$

土砂の比重  $\gamma$  より

$$\text{土砂量 } V = W / \gamma \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\text{水量} = Q_d - V \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

##### (2) CO<sub>2</sub>

- ① 原水 pHを11とした場合の中和に使用し、濁水 1m<sup>3</sup> 当りに必要なCO<sub>2</sub>量 (反応理論値)

$$[\text{OH}^-] \text{ kmol/m}^3 \times 44 \text{ kg/kmol} = 10^{-3} \times 44 = 0.044 \text{ kg/m}^3$$

SS分や反応効率を考慮し、2倍を必要量とすれば、反応必要量は

$$Q = 2 \times 0.044 \times Q_d \quad (\text{kg/h})$$

ただし、最大 pH12 の場合は、 $10^{-2} \times 44 = 0.44 \text{ kg/m}^3$  となり、

反応必要量は  $Q = (1.5 \sim 2) \times 0.44 \times Q_d \quad (\text{kg/h})$  となる。

(3) 凝集沈殿処理

① 無機系凝集剤 (PAC)

$$\text{注入量} = \text{原水量} (Q_d) \times C_1 \times 10^{-3} / \gamma_1 \quad (\ell/h)$$

ここに、 $C_1 = \text{PAC 入量} (\text{mg/l})$  ( $\text{PAC} = \text{AL}_2\text{O}_3$  濃度 10% として)

$$\gamma_1 = \text{比重} = 1.2$$

② 高分子凝集剤

$$\text{注入量} = \text{原水量} \times C_2 \times 10^{-3} / \gamma_2$$

ここに、 $C_2 = \text{高分子注入量} = 3 \sim 5 \text{ mg/l}$  (濃度 0.1%)

$$= (3 \sim 5) \times 100 / 0.1$$

$$\gamma_2 = \text{比重} = 1.0$$

③ 濃縮汚泥

(引抜量)

土 砂 : 土砂量

$$\text{水} : \text{土砂量} \times a_1 / (1 - a_1)$$

---

$$\text{計 濃縮汚泥量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ここに、 $a_1$  : 引抜汚泥の含水率 = 70% (60~80%)

(上澄水)

$$\text{上澄水量} = \text{シクナ流入水量} - \text{排水量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

④ 脱水処理

(処理ケーキ量)

土 砂 : 処理後土砂量

$$\text{水} : \text{処理後土砂量} \times \frac{a_2}{1 - a_2}$$

---

$$\text{計 脱水ケーキ量} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

ここに、 $a_2$  : 脱水ケーキ含水率 = 30% (30~35%)

⑤ 脱水濾液

$$\text{処理濾液量} = \text{濃縮汚泥量} - \text{脱水ケーキ量}$$

4-4 主要設備の能力

(1) 中和原水槽

原水槽の有効容量  $V$  は次式による。

$$V = \frac{Q_d \cdot t}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、 $Q_d$  : 原水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$t$  : 滞留時間 (通常 5~10min とする)

(2) 中和反応装置

$$V = \frac{Q_d \cdot t_1 \cdot a}{60} (\text{m}^3)$$

ここに、 $t_1$  : 反応槽の滞留時間 (通常 1 分程度が多い)

$a$  : 余裕率 (1.2 程度)

(3) 気化装置

気化能力 : pH12 の最大の場合を考慮する。 ( $\text{kg/h}$ )

気化方式 : 電気温水加熱式

(4) 炭酸ガス容器

有効容量Vは次式による。(h/日)

$$V = \text{反応必要量 (kg/h)} \times \text{プラント稼働時間 (h/日)} \times \text{貯留日数}$$

ここに、貯留日数：4週間分程度を目安とし、タンクローリ容量に合わせ

$$(3、6、10、20\text{m}^3)$$

(5) 混合槽

原水との混合時間を混合槽の部分で30秒以上とすると、有効容量Vは次式による。

$$V \geq Q_d \times \frac{30}{3600} (\text{m}^3)$$

(6) 沈殿槽

造粒部での沈降速度を750mm/min(=45m/h)以下とすると、有効所要面積Aは次式による。

$$A \geq Q_d / 45 (\text{m}^2)$$

(7) PAC貯留槽

(a) PACの貯留槽は、耐酸性の材料、ポリエチレン製またはFRP製を使用する。

(b) PAC貯留槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量 (l/h)} \times \text{プラント稼働時間 (h/日)} \times \text{貯留日数 (日)} \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

① 貯留注入量は通常100mg/l程度である。

② 貯留日数は一般に20日以上としている。

(8) 高分子凝集剤溶解槽

(a) 溶解槽の有効容量Vは次式による。

$$V = \text{必要注入量 (l/h)} \times \text{貯留時間 (h)} \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

① 必要注入量は通常2mg/l程度である。

② 貯留時間は通常1回に半日～1日であるが、自動定量供給連続溶解方式を採用し、3時間以上を考える。

(b) 交互使用を考え、2槽必要である。

(c) 自動溶解機

溶解操作1回当たりの給粉時間を15分とし、必要量の2倍程度の能力を有するものとする。

所要高分子溶解能力は、

$$V (\text{kg}) \times \frac{60}{15} \times 2 = 8 \cdot V (\text{kg/h})$$

(d) ホッパー

ホッパー容量は、1基当り高分子最大注入量の1日分程度とする。

所要容量W(kg)は、

$$W = \text{土砂汚泥量 (kg/h)} \times \text{プラント稼働時間} \times 1 \text{日 (kg)}$$

高分子凝集剤粉末の見掛け比重を0.6(kg/l)とすると、容量Vは

$$V = W / 0.6 (\text{l})$$

(9) 処理水計量増

上澄水量の滞留時間を1分程度とする容量。

(10) 脱水機

(a) 発生ケーキ量=脱水ケーキ量 (m<sup>3</sup>/h) ×プラント稼働時間 (h/日)

(b) 脱水機運転時間

設備の1日最大作業時間(例10～12時間)と、脱水サイクル時間により、1日のサイクル回転を決め、運転時間を決定する。

(c) 1 サイクル処理量 = 発生ケーキ量 ÷ 1 日のサイクル数 ( $\text{m}^3/\text{サイクル}$ )

(d) 必要濾室数 = 1 サイクル処理量 ÷ 濾板寸法 × 余裕 (1.10)

(濾板寸法例  $1000\text{□} \times 30 = 0.03 \text{ m}^2/\text{室}$ )

(e) 以上より脱水機を選定する。

(11) スラリ槽

(a) 脱水機の停止時間以上の容量を考慮する。(一般に 1~2 時間)

(b) スラリ槽は脱水機 1 台に対し、1 槽とする。

(c) 必要貯留槽 (V) は次式による。

$$V = \text{濃縮汚泥量} \times (\text{プラント稼働時間} - \text{脱水機運転時間} + \text{余裕時間}) (\text{m}^3)$$

(12) ケーキヤード

(a) 発生ケーキ量は、10 項の脱水機の項を参照のこと。

(b) 貯留時間を 1 日程度とすると、

4-5 設備の設計

濁水処理設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針(案)」の 294 頁を参照のこと。

## 第 11 節 コンクリート冷却および加熱設備

### 1. 計画一般

- 1-1 ダムの設計・施工条件によってコンクリートの温度規制を行う必要がある。
- 1-2 コンクリート冷却には、パイプクーリングとプレクーリングとがある。
- 1-3 パイプクーリングは、堤体コンクリートをブロック工法で打設する場合のコンクリート冷却に採用されている。パイプクーリングには、施工時期により1次冷却と2次冷却があり、1次冷却は、コンクリート打ち込み直後の水和熱を取り去るため施工され、2次冷却は、堤体を最終安定温度にするためにコンクリート打設が相当進んだ後に施工されている。
- 1-4 RCD工法や拡張レヤー工法で施工されている現場では、コンクリート打設に重機類が使用されるためパイプクーリングが困難となりプレクーリングが施工されている。
- 1-5 パイプクーリング法のみでは十分な温度制御が困難な場合は、プレクーリング式の計画が必要となる。

### 2. 冷却の方法と選定

- 2-1 パイプクーリングの機械設備は図6-11-1に示すように、冷却塔、冷却機、送水ポンプおよび配管等からなる。

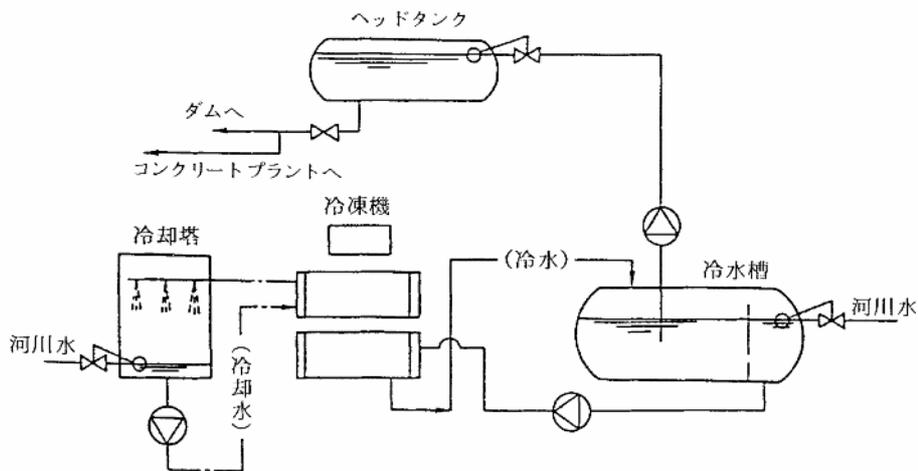
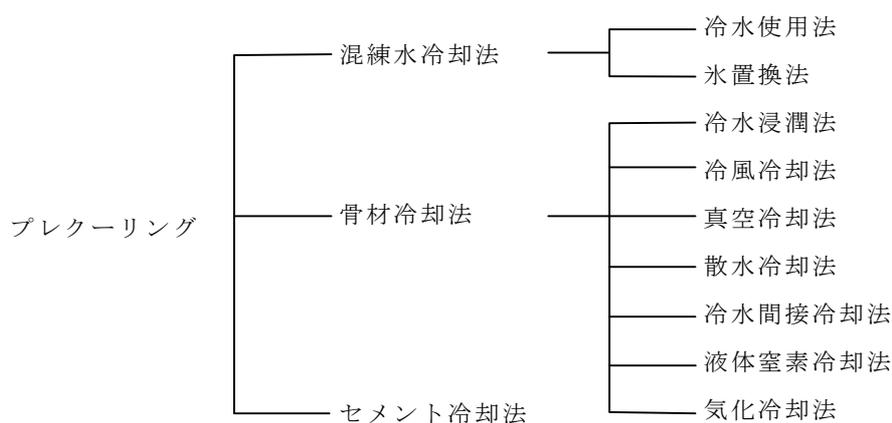


図 6-11-1 冷水製造設備系統図

- 2-2 プレクーリングの方法は表6-11-1に示すとおりである。なお、基本的には他の冷却方法と組み合わせる場合も、混練水冷却法の冷水使用法をまず第一に計画すべきである。

表 6-11-1 プレクーリングの分類



また、各方式の特徴は設計指針（案）参照のこと。

### 3. 加熱方法

- 3-1 加熱の方法としては、混練水加熱法と温風注入法が一般である。
- 3-2 混練水の加熱には水槽内に蒸気を吹き込むか、投込み電気ヒータあるいは温水ボイラを用いる等の方法がある。  
混合水の加熱温度は、これまでの実績から 60℃を計画値とする。
- 3-3 温風送入手法は温風を循環させずに、全量排気で計画する必要がある。

### 4. 設備容量

- 4-1 主要機器とコンクリート打込み量との関係を表 6-11-2 に目安として示す。

表 6-11-2 コンクリートまたは材料の冷却および加熱設備機器組合せ表 (参考)

機 器 用 途	機器名称	コンクリート打込み量 (m <sup>3</sup> /h)			摘 要
		60	120	240	
冷風玉砂利用	スクリュ式 冷凍機	55JRT×75kW ×1台	90JRT×110kW ×1台	90JRT×110kW ×2台	
〃 大 〃	〃	40×45×1	65×75×1	65×75×2	
〃 中小 〃	〃	75×90×1	125×132×1	125×132×2	
冷風玉砂利用	空 気 冷 却 機	150,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×2台	
〃 大 〃	〃	105,000×1	210,000×1	210,000×2	
〃 中小 〃	〃	205,000×1	410,000×1	410,000×2	
温風玉砂利用	空 気 加 熱 機	150,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×1台	300,000kcal/h ×2台	
〃 大 〃	〃	108,000×1	215,000×1	215,000×2	
〃 中小 〃	〃	145,000×1	290,000×1	290,000×2	
		m <sup>3</sup> /min mm Aq kW	m <sup>3</sup> /min mm Aq kW	m <sup>3</sup> /min mm Aq kW	
冷温風玉 砂利用	送 風 機	1000×250×100 ×1台	2000×250×175 ×1台	2000×250×175 ×2台	
〃 大 〃	〃	700×250×55×1	1350×250×125×1	1350×250×125×2	
〃 中小 〃	〃	900×350×90×1	1800×350×175×1	1800×350×175×2	
玉砂利用	クーリングタワー	80RT×1基	150RT×1基	150RT×2基	
大 〃	〃	100×1	200×1	200×2	
中小 〃	〃	80×1	150×1	150×2	
混練水、冷却用	スクリュ式 冷凍機	40JRT×45kW×1台	40JRT×45kW×1台	90JRT×90kW×1台	出口温度 5℃
混練水、温水用	蒸 気 ボ イ ラ	1500 kg/h×1台	3000 kg/h×1台	3000 kg/h×2台	温水 60℃
〃 〃	貯 油 タ ン ク	3kℓ×1基	5kℓ×1基	10kℓ×1基	
製 氷 用	製 氷 機	20t/d	40t/d	80t/d	フレーク アイス
〃	スクリュ式 冷凍機	50JRT×132kW ×1台	50JRT×132kW ×2台	50JRT×132kW ×4台	
〃	クーリングタワー	1000RT×1基	2000RT×1台	2000RT×2台	

※注 (1) コンクリート練上がり温度 J R T = 3320kcal/h R T = 3900kcal/h

R Tはクーリングタワーの冷却水入口温度 37℃、出口温度 32℃、入口 湿球温度 27℃、  
循環水量 13 ℓ/min として除去熱量 3900cal/h の能力を示す。

## 5. パイプクーリング冷却設備計画

### 5-1 計画一般

パイプクーリングは、堤体コンクリートの温度応力解析の結果から、河川水を用いたクーリングで十分対応できる場合には冷凍機を設置する必要はないが、対応できない場合には、冷凍機の設置を計画する必要がある。

### 5-2 冷凍機容量

- (1) 冷凍機にはターボ冷凍機、スクリュウ冷凍機および往復（レシプロ）冷凍機などがある。最近では、ユニット化されたスクリュウ冷凍機が多く採用されている。
- (2) 河川水を用いたクーリングをまず第一に考え、冷凍機を必要とする場合は、次式により冷凍機容量を決定する。

$$\textcircled{1} \quad R_e = \frac{(T_i - T_o) 60 \cdot W \cdot n}{3320}$$

ここに、 $R_e$  : 所要冷凍能力 (JRT) (各月ごと)

$T_i$  : 冷凍機入口の水温 (°C)

$T_o$  : 冷凍機出口の水温 (°C)

$W$  : クーリングコイル1本当たり通水量 (ℓ/min)

$n$  : クーリングコイル本数

注) 1 JRT = 3320 kcal/h

$$\textcircled{2} \quad P = \frac{R_e}{\eta}$$

ここに、 $\eta$  : ポンプ効率

### (3) フロー例

冷凍機まわりの系統図を図6-11-2に示す。

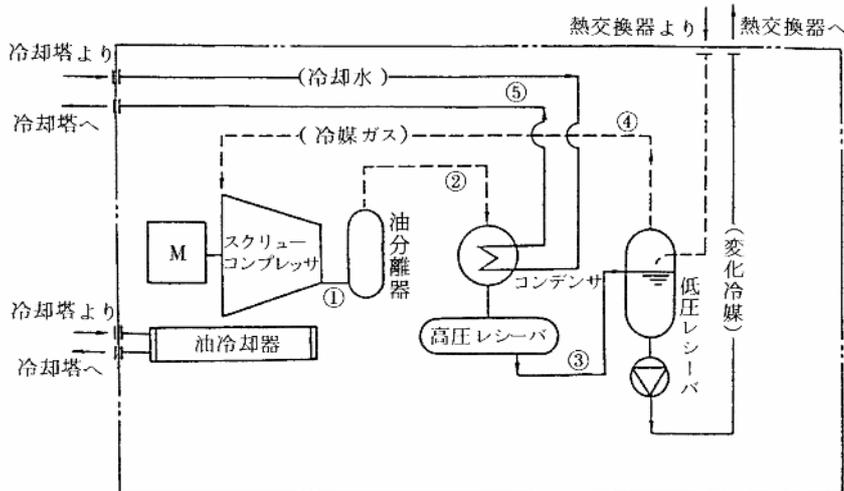
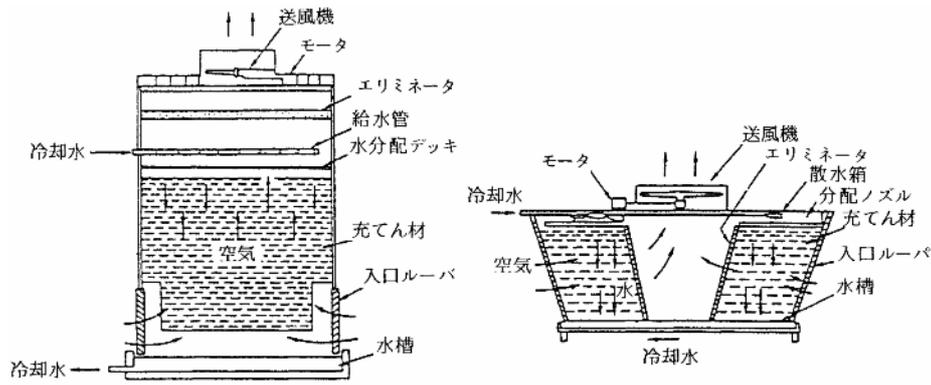


図6-11-2 冷凍機まわりの系統図

### 5-3 冷却塔

(1) 冷却塔の形式は2つに分けられる。

- ① 向流形……………送風方向と冷却水の流れる方向が平行
- ② 直交流形……………送風方向と冷却水の流れる方向が直行する



① 向流形

② 道向流形

図 6-11-3 冷却塔の例

(2) 機種選定は、冷凍機の仕様を示された冷却水の出入口温度、流量および外気湿球温度から決定する。冷却能力と形状の参考値を図 6-11-4 に示す。

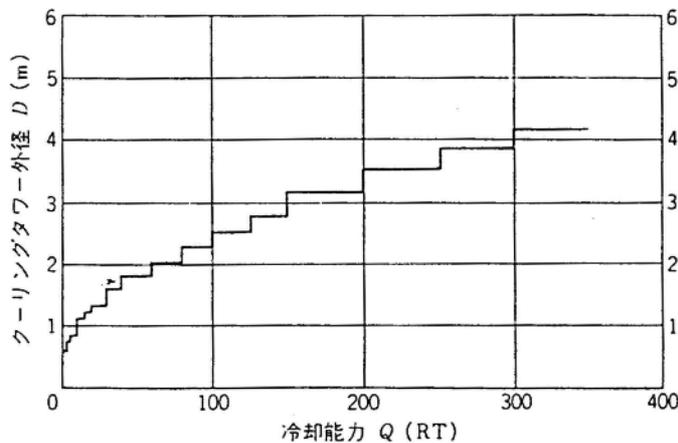


図 6-11-4 クーリングタワーの冷却能力と外径の関係

(3) 冷却塔の材質は、耐食性の強いFRPを用いる例が多い。

#### 5-4 配管

(1) パイプクーリング用の標準的配管仕様は次のとおりである。

- ① 冷却水の通水量 13~16 cm<sup>2</sup>/min・コイル
- ② クーリングパイプの径 25.4mm
- ③ クーリングパイプの長さ 250m (1コイル)
- ④ クーリングパイプ管内流速 0.5~0.6m/s

(2) 管路には、流量を遮断および流量制御の可能な弁類を設けておく必要がある。

## 6. プレクーリング冷却設備計画

### 6-1 冷却設備の選定

RCD及び拡張レイヤー工法により平面的に施工されるダムにおいては、コンクリート打設面上を重機械が走行するため、パイプクーリングが採用できないので、夏期のコンクリートの打ち込み温度規制値 25℃未滿をクリアするため、練り上がり温度を約 23℃程度になるようコンクリートのプレクーリングを実施する必要がある。

コンクリートのプレクーリング方式には、従来から広く実施されている冷凍機を利用した冷水および冷気による方式、アイスフレークをミキサに混入する方式、骨材を真空槽に投入する真空冷却方式、液体窒素をミキサに吹き込むLN<sub>2</sub>方式、LN<sub>2</sub>を砂に吹き込むサンドプレクール方式等があるが、当該ダムの規模、現場条件、気象条件とその施工性、経済性を比較検討のうえ、採用する冷却方式を選定する必要がある。

### 6-2 冷却設備の適応性

表 6-11-3

冷却対象	冷却方式						冷却方法	評価
	冷水	冷風	冷凍機	製氷機	真空冷却	液体窒素		
混練り水	○		○				冷凍機で混練り水を 4℃程度に冷却してミキサに投入し、コンクリートを冷却するが、混練り水量が少ないため、これ単独だけの冷却効果は余り期待できないので併用する場合が多い。	
粗骨材			○	○			粗骨材ビンに冷風を吹き込むので、冷却効率が悪く冷凍機容量および設備が大きい。	
				○	○		粗骨材を真空冷却槽に入れて、真空ポンプで中の空気を引き抜いて冷却させるが設備が大きい。	
細骨材				○	○		細骨材を真空冷却槽に入れて、真空ポンプで中の空気を引き抜いて冷却させる設備が大きい。	
						○	ボルテックスミキサに砂を入れて攪拌しながらLN <sub>2</sub> を吹き込み砂を凍結させる。	
コンクリート						○	LN <sub>2</sub> をコンクリートミキサに直接吹き込み、コンクリートを冷却するので、設備がコンパクト。	
				○			コンクリートミキサにフレークアイス投入して冷却するので冷却効果は良いが設備が大きい。	

### 6-3 各種冷却設備の概要

ダムコンクリートのプレクーリングは、冷水の使用から始まり、冷風、フレークアイス、真空冷却、液体窒素と進んで来ている。冷水、冷風、フレークアイスを使用してプレクーリングを実施する場合は、必ず冷凍機が必要となり夏期の7月初旬～9月中旬までの2.5ヶ月間しか使用されず、後は休止状態となるため不経済である。

在来の柱状工法では、年間を通じてパイプクーリングが施工されていたので、夏期のコンクリートの打ち込み温度をさげるため、冷風によるプレクーリングを実施しても冷凍機はパイプクーリングと併用して使用できたので経済性は良好であった。

#### ① 冷水

夏期コンクリートの混練り水に冷水を使用する方法は古くから行われているが、その冷却容量が限られているため、他の冷却方法と併用されるケースが多い。

#### ② 冷風

冷風によるプレクーリングは、冷凍機により作られた冷水を熱交換機に通し、送風機により空気を送って得られた冷風を断熱ダクトを通して粗骨材ビンに導き冷却するものであり、ビンを通過した冷気はそのまま大気中に排出されるが、設備費は大きい。

#### ③ フレークアイス

フレークアイスは、混練り水の代わりに製氷機で作られるフレークアスをミキサに投入して、氷の溶解熱（80kcal/kg）を利用してコンクリートを冷却するので効果は良好であるが、設備費が大きくなる。

#### ④ 真空冷却

真空冷却によるプレクーリングは、骨材をパッチャープラントに設置した真空冷却槽に投入し、密閉のうえ真空ポンプで減圧することにより、骨材表面水の蒸発による気化熱（582kcal/kg）を利用して骨材を冷却するものである。

真空冷却槽から蒸発した水蒸気は、冷凍機で作られた冷水を通水するコールドトラップで冷却されて水となり排出される。水蒸気を取り除かれた空気は、真空ポンプで引かれて大気中に排気される。

真空冷却は、冷風による冷却に比べて、内部まで均一に冷却されるのが特徴であり、送風機によるメカニカルヒートや送風ダクトによる熱の漏洩による損失がないので効果的であるが、真空冷却槽、真空ポンプ、コールドトラップなどの設備費が大きくなる。

#### ⑤ 液体窒素

液体窒素を使ったプレクーリングには、ボルテックスミキサに砂を入れて攪拌しながら $N_2$ を吹き込み、窒素の気化熱（50kcal/kg）を利用して砂を凍結させて、温度を下げるサンドプレクール方式と液体窒素を直接ミキサに噴入してコンクリートを冷却する液体窒素直噴方式があるが、冷風及び真空冷却に比べると設備費は極めて少ない。

#### ⑥ 気化冷却法によるプレクーリング

(1) 気化冷却法は、骨材表面に水を散布した後、低温低湿度の冷気を吹き付けて骨材表面に付着する水分の気化潜熱（580Kcal/kg）を利用して骨材温度を低下させる工法である。

粗骨材冷却については、従来から施工されている冷風冷却法と同じであるが冷却槽に骨材を投入する際、積極的に適量の水分を散布するところが相違点であり装置の構成は殆ど変わらない。

#### (2) 細骨材冷却

細骨材冷却については、冷却槽に砂を充満させて下から冷風を吹き込んでも砂粒子間の間隙が狭いため冷風の吹き抜けが阻害されて効率的な冷却効果が期待出来ないため冷却槽に特殊な砂の分散装置を内蔵させて上部より分散落下させた砂に対して下部より吹き込んだ冷気と効率良く接触させることにより砂の表面水を蒸発させて気化潜熱により砂の温度を低下させるものである。

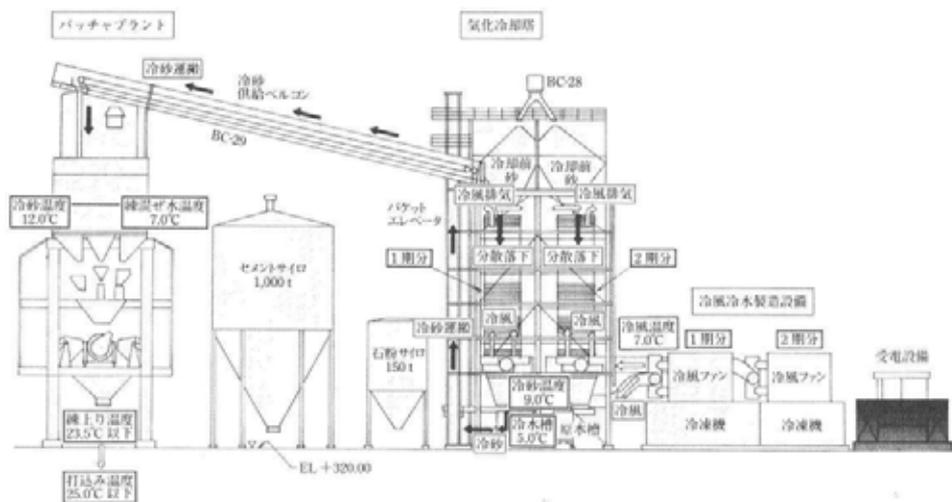


図 6-11-5 大滝ダム骨材冷却設備  
「建設の機械化」No.637号(2003年3月号)37項

表 6-11-4 熱量計算表

材 料 名	①	②	③	④	⑤	⑥
	配合量 kg/m <sup>3</sup>	比熱 kJ/kg·K	①×② 単位 熱容量 kJ/m <sup>3</sup> ·K	材料温度 K - 273.15	③×④ 総熱量 kJ/m <sup>3</sup>	⑤/③ コンク リート
大砂利 150-80						
中砂利 80-30						
小砂利 30-5						
砂 5-0.075						
表面水量 5%						
セメント						
フライアッシュ						
水						
メカニカルヒート						
液体窒素 L N <sub>2</sub>						
合 計						
練り上がり温度						

## 第 12 節 給気設備

### 1. 計画一般

- (1) ダムを建設するための施工機械の動力源として使用される。一般に、堤体基礎掘削時点から必要となる。
- (2) 設備の計画は、必要な空気量・圧力で供給できる規模とし、設備費・運転経費・年間稼働率なども総合的に検討して台数等を決定する。
- (3) 配管計画について
  - ① 配管材料は、口径が 100 mm 以上の場合には、軽量で施工性のよい巻鋼管を採用する。口径 100 mm 未満では、配管用炭素鋼鋼管（SGP）20A～65A の使用が多い。
  - ② 接合材料は、可撓継手を用いる例が多い。
  - ③ 給気配管には冬期の凍結を考慮し、水抜きを設ける。

### 2. 機種を選定等

#### 2-1 空気圧縮機

- (1) 分類は次のとおりである。



- ② 用途別による（定置式、可搬式）
- ③ 冷却方式による（水冷、空冷、油冷）
- ④ 圧縮段数による（1 段、2 段圧縮）

なお、各機種の特徴および仕様概要は、設計指針（案）を参照のこと。

- (2) 従来のダム工事の実績では定置式が多いが、近年では可搬式に移行する傾向にある。また、可搬式は機動性に富むため、最盛期に定置式の不足分を補う方法としても用いられる。

#### 2-2 給気量

- (1) 給気を動力源にする機械等には次のようなものがある。
  - ① せん孔機械
  - ② 骨材引出し用ゲート
  - ③ コンクリートプラント
  - ④ ウォータジェット

(2) 主要機械の所要空気量は、表 6-12-1 に参考として示す。

表 6-12-1 主要空気使用機械の空気使用量 (参考値)

機 械 名	規 格 等	空気消費量(m <sup>3</sup> /min)
クローラドリル	7.5PS×2～19PS×2	10～20
ドリフタ	31～266 kg	4～15
レックハンマ	重量 13～40 kg	2～ 3.5
ずり積込み機	バケット山積容量 0.15～0.66	5～20
コンクリート吹付け機	作業能力 4～9 m <sup>3</sup> /h	8～15
バイブレータ	φ 3～φ 5”	1.5～ 2.8
エアモータ	0.5～25PS	0.4～17.0

(3) 空気圧縮機の標準的な主要諸元は表 6-12-5 に示すとおりである。

表 6-12-5 空気圧縮機の主要諸元 (概略)

種 類	形 式	冷却方式	吐出圧力 (Pa)	吐出量、ピストン押除量 (m <sup>3</sup> /min)	出力	本体寸法(mm)			本体質量 (kg)
						全長	全幅	全高	
定置式 たて形	W 形	水	6.9×10 <sup>5</sup>	11.5	55kW	1700	1230	1380	1000
	半星形	水	6.9×10 <sup>5</sup>	15.0	75kW	1700	1200	1400	1200
	V 形	水	6.9×10 <sup>5</sup>	31.0	150kW	2200	1700	1600	4100
定置式 横 形	バランス形	水	6.9×10 <sup>5</sup>	34.5	150kW	2800	1000	2200	3400
	バランス形	水	6.9×10 <sup>5</sup>	70.0	300kW	2800	1400	2500	6800
定置式 回転形	ロータリ形	油	6.9×10 <sup>5</sup>	10.5	75kW	3600	2100	1600	2300
	スクリュ形	油	6.9×10 <sup>5</sup>	5.5	37kW	2400	1100	1800	950
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	15.0	110kW	3500	1700	1800	2900
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	27.5	150kW	3100	2000	2000	5000
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	40.0	220kW	3900	2200	2000	7000
可搬式	ロータリ形	油	6.9×10 <sup>5</sup>	10.5	110PS	4300	1700	2000	2800
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	17.0	170PS	5600	1900	2500	4500
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	21.0	250PS	4500	2000	2300	4400
	スクリュ形	油	6.9×10 <sup>5</sup>	5.0	40PS	2800	1250	1600	900
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	7.5	70PS	4200	1700	2000	1800
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	10.5	110PS	5300	1700	2200	3000
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	17.0	183PS	5900	1900	2500	4700
	〃	油	6.9×10 <sup>5</sup>	25.5	235PS	4500	2100	2700	5100

### 3. 主要設備の設計

給気設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針 (案)」の 319 項を参照のこと。

## 第 13 節 給水設備

### 1. 計画一般

(1) 設備容量は次式による。

$$\text{所要給水量} = \Sigma \left( \frac{\text{各設備ごとの必要水量 (m}^3/\text{min)}}{1 - \text{ロス率}} \right) \times (1 + \text{余裕率}) \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

(2) 主な水の使用場所および標準的な使用水量を表 6-13-1 および図 6-13-1 に示す。

表 6-13-1 標準的な使用水量

施工場所	使用場所	標準的な使用水量
ダム本体	コンクリート製造設備	コンクリート製造能力 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 当り $2 \text{ l}/\text{min}$
	冷却設備¥(冷凍プラント)	冷凍能力 1RT 当り $12 \sim 18 \text{ l}/\text{min}$
	パイプクーリング通水量	1 コイル当り $13 \sim 16 \text{ l}/\text{min}$
	コンクリート養生清掃水	養生水 : $0.5 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ レイタンス除去 : $60 \text{ l}$
	岩盤清掃	散水単位時間当り $0.8 \sim 2.0 \text{ m}^3/\text{min}$
	ボーリング	ボーリング 1 台当り $30 \sim 60 \text{ l}/\text{min}$
	グラウト	ポンプ 1 台当り 約 $70 \text{ l}/\text{min}$
	その他	レッグハンマ 1 台当り $1.5 \sim 2.0 \text{ l}/\text{min}$ 冷凍プラント補給水は冷却水量の 2% 程度
骨材製造設備	骨材製造設備全体	骨材製造能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り $30 \sim 40 \text{ l}/\text{min}$
	ふるい分け設備洗浄水	骨材処理能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り $8 \sim 17 \text{ l}/\text{min}$
	製砂設備	製砂処理能力 $1 \text{ t}/\text{h}$ 当り 約 $30 \text{ l}/\text{min}$
原石山	給気設備	コンプレッサ出力 $1 \text{ kW}$ 当り 約 $1 \sim 1.5 \text{ l}/\text{min}$

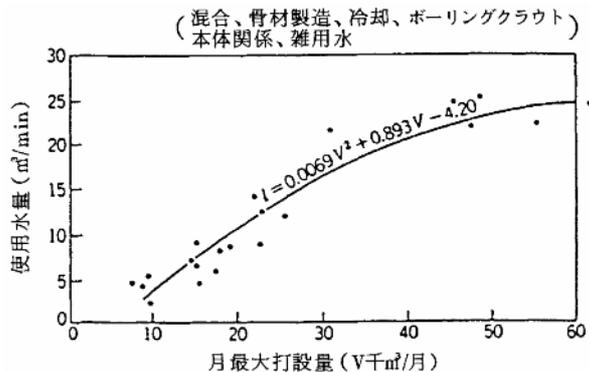


図 6-13-1 月最大打込み量 (V) と使用水量 (l) との関係

### 2. 機種を選定

(1) 給水設備のポンプ形式は、うず巻ポンプ、タービンポンプおよび水中ポンプが一般的である。

(2) うず巻ポンプの形式と選定は次のとおりである。

- (1) 片吸込ポンプ……口径 260mm 以下
- (2) 両吸込ポンプ……口径 180mm 以上
- (3) 水中ポンプは一般に揚程 30m 以下とする。

(3) 表 6-13-2 うず巻ポンプの吸込み口径と吐出し量の関係 (60Hz の場合)

a) 小型うず巻ポンプ (J I S B 8313 による)

吸込み口径	40	50	65	80	100	125	150
吐出し量 (m <sup>3</sup> /min)	0.22 以下	0.18~ 0.36	0.28~ 0.56	0.45~ 0.90	0.71~ 1.40	1.12~ 2.24	1.80~ 3.55

b) 両吸込みうず巻ポンプ (J I S B 8322 による)

吸込み口径(mm)	200	250	300	350
吐出し量 (m <sup>3</sup> /min)	2.8~ 2.6	4.5~ 9.0	7.1~ 14.0	9.0~ 18.0

c) 高揚程ポンプの標準口径と吐出し量

吸込み口径	65	80	100	125	150	200	250	300	350
吐出し量 (m <sup>3</sup> /min)	0.35 ~ 0.50	0.50 ~ 0.80	0.80 ~ 1.25	1.25 ~ 2.00	2.00 ~ 3.50	3.50 ~ 5.00	5~ 8	8~ 12	12~ 18

(4) 水 槽

- (1) 水槽の容量は送水量の 10~20min 程度とする。
- (2) ポンプ設備系列に 1 基設ける場合が多い。
- (3) 水槽の材料は、鋼板またはコルゲートパイプ製とする。なお、コルゲート水槽の標準的形狀寸法は、設計指針 (案) を参照のこと。

### 3. 主要設備の設計

給水設備の設計は、「ダム施工機械設備設計指針 (案)」の 325 項を参照のこと。

## 第 14 節 電力設備

### 1. 計画一般

1-1 施工設備に使用する電源は、電力会社から供給を受けるのが一般的である。

その場合は、受電容量の大小により低圧・高圧・特別高圧など、受電の方式が異なる。需給の詳細は電力会社が定めている電力供給規定によることになり、受電電圧・送電径路および工事負担金等について早い時期に電力会社と打合せておかなければならない。

1-2 次のような場合は、エンジン付発電機を使用する。

- (1) 短期間の場合
- (2) 電力会社からの供給が困難な場合
- (3) 期間電力の容量が不足する場合等

1-3 電力使用計画は工事進捗状況を勘案して、工事用機械使用計画に基づいて月別、使用目的別 (電力・溶接機・電灯) の使用電力 (負荷設備) の総容量を計算し計画書を作成する。

1-4 工事用電力は、仮排水路トンネルおよび仮設備工事着工前に、受電開始できることが望ましい。

## 第 15 節 塗 装

1. 塗装は「機械工事塗装要領（案）・同解説」による。
2. 工場塗装はエアレススプレー塗、現場塗装はハケ塗りを原則とする。
3. ダム施工機械設備の標準的な塗装仕様を表 6-15-1 に示す。

表6-15-1-1 ダム施工機械設備の塗装仕様(標準)

区分	工種	製作時		転用時		備考
		塗装	標準膜厚	転用時(A)	転用時(B)	
製缶物	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	1種				架台、シユート、ホッパ、コンベヤフレーム等で転用時には現地で塗装するもの
		エツチングプライマ	15μ			
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	30μ			
現場	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	2種			3種	
		鉛系、さび止め	35μ	鉛系、さび止め	35μ	
		長油性フタル酸樹脂	30μ	長油性フタル酸樹脂	30μ	
		長油性フタル酸樹脂	25μ	長油性フタル酸樹脂	25μ	
機械物	ケ素地調整 下塗り 中塗り 上塗り	1種				ジョークラッシュ等の機械単体品で転用時には工場塗装するもの
		エツチングプライマ	15μ			
		鉛系、さび止め	35μ	鉛系、さび止め	35μ	
		長油性フタル酸樹脂	30μ	長油性フタル酸樹脂	30μ	
ホッパ・上蓋	ケ素地調整 下塗り 上塗り	1種				製缶物で、骨材の流れなどで摩耗するもの
		鉛系、さび止め	15μ			
		ジンクリッチ	15μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			
接水部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	1種				製缶物で、タンク内面、シツクナ内面等
		鉛系、さび止め	15μ			
		ジンクリッチ	15μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			
配管部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	2種			3種	S G P等の黒管
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
		タールエポキシ樹脂	80μ	タールエポキシ樹脂	80μ	
露出部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	4種				
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	25μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			
埋設部	ケ素地調整 下塗り 上塗り	4種				
		鉛系、さび止め	35μ			
		長油性フタル酸樹脂	25μ			
		タールエポキシ樹脂	80μ			

転用時(A) …… 旧塗膜の劣化が著しく、2種ケレンが必要な場合

転用時(B) …… 旧塗膜の劣化がかなり進行しており、3種ケレンが必要な場合

使用参考例を下記に示す。

(1) コンクリート打設設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準 膜 厚 μ m / 回
固 定 塔 移 動 塔 テークアップ装置	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
走 行 装 置 走行軌条(エントハッファ) 運 転 室 架 台 機 械 室 配管・配線取付架台	3種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25

(2) コンクリート製造設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準膜厚 μ m / 回
本 体 建 屋 貯 蔵 槽 (外面) 計 量 槽 (外面) ホ ッ パ ( 外 面 ) シ ュ ー ト ( 外 面 ) 階 段 等 振動フィーダ、ミキサドラム	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
水貯蔵槽(内側) 水計量槽(内側)	1種ケレン	一次プライマ	エッチングプライマ	1	15
		下塗塗装	タールエポキシ樹脂塗料1種	1	80
		上塗塗装	タールエポキシ樹脂塗料1種	1	80
各種構造物内面	4種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
各種構造物外面	3種ケレン	下塗塗装	鉛系さび止め塗料2種	1	35
		中塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上塗塗装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25

## (3) 濁水処理設備（参考）

塗 装 箇 所	下地処理	工 程	工 場 塗 装		
			塗 装 名	回 数	標 準 膜 厚 μ m / 回
各 製 作 品	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	エ ッ チ ン グ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	鉛系さび止め塗料 2 種	1	35
		中 塗 塗 装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	30
		上 塗 塗 装	長油性フタル酸樹脂塗料	1	25
接 水 部	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	ジ ン ク リ ッ チ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
		上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
槽 接 地 部	1 ヶ レ 種 ン	一次プライマ	エ ッ チ ン グ プ ラ イ マ	1	15
		下 塗 塗 装	鉛系さび止め塗料 2 種	1	35
配 管（大気露出部）	4 ヶ レ 種 ン	上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	25
配 管（地中埋設部）	4 ヶ レ 種 ン	下 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80
		上 塗 塗 装	タールエポキシ樹脂塗料 1 種	1	80

## 第 7 章 共同溝付帯設備

## 第7章 共同溝付帯設備

### 第1節 一般事項

#### 1. 適用範囲（標準）

この設計便覧の適用範囲は、共同溝付帯設備のうち排水設備、換気設備、遮水設備とする。本設計便覧によることが適当でない場合は、便覧に示される技術的水準を損なわない範囲において、これによらないことができる。

#### 〔解説〕

1. 新技術は、設備の互換性が損なわれず、維持管理が適切に行える等に留意し、積極的に導入するものとする。
2. 付帯設備等の設計に当たっては、共同溝本体構造、収容物件の敷設計画及びそれらを取り巻く沿道環境、地形等の地域状況等を勘案して、設計するものとする。
3. 付帯設備等の設計は、将来の占用計画を把握し技術的及び経済的条件、耐久性、美観等の要素を考慮して操作及び保守が容易に、事故及び公害発生の恐れがないように設計する。
4. 関連法規等

#### 示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
共同溝設計指針	昭和61年3月	(社) 日本道路協会
道路管理施設等設計指針(案)	平成15年7月	(社) 日本建設機械化協会
道路管理施設等設計要領(案)	平成15年7月	(社) 日本建設機械化協会
JISハンドブック	加除式	(財) 日本規格協会
電気規格調査会標準規格 JEC	加除式	(社) 電気学会
日本電機工業会標準規格 JEM	加除式	(社) 日本電気工業界
内線規定	平成17年9月	(社) 日本電気協会
道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル(案)	平成15年6月	国土交通省
その他関係規格、規定		

5. 照明設備、連絡通信設備、非常用設備については、別途「設計便覧 第4編 電気通信編」によるものとする。

## 第2節 計 画

### 1. 計画の基本

共同溝付帯設備のうち機械設備は、次の各号の条件に基づいて計画するものとする。

1. 排水設備（標準）
  - 1) 共同溝本体よりの漏水及び立抗部分より浸入する雨水等を考慮した能力であること。
2. 換気設備（標準）
  - 1) 共同構内で発生する有毒ガスの排除及び湿潤を防止する能力があること。
  - 2) 電力ケーブルからの放熱等による温度上昇を防止する能力であること。
3. 給水設備（参考）
  - 1) 共同溝内の清掃、洗浄等の給水をするほか、植樹散水や防災上の消火等にも供する場合もある。
4. 電源設備及び操作盤設備（標準）
  - 1) 共同溝の電源設備は、排水ポンプ、換気ファン等に供給するものとする。
  - 2) 受電容量及び設備容量が適切であること。
  - 3) 各々の目的に合った自動運転及び手動運転が出来るものとし、必要な場所で「起動－停止」が行えるものとする。
5. 遮水設備（参考）
  - 1) 河川水が共同溝を介して堤内に流出する事を防止する能力があること。

#### 〔解 説〕

1. 計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。
  - 1-1 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。
  - 1-2 コスト・メンテナンス性
    - 1) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト削減を考慮する。
    - 2) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。
    - 3) メンテナンス性の向上・維持管理費の削減を考慮すること。
  - 1-3 排水設備
    - (1) 排水設備の計画にあたっては、共同溝本体構造、放流場所等の周辺地域状況等を勘案して計画するものとする。
    - (2) 排水配管の放流場所は、都市下水管又は道路の排水側溝とするが、その選択は地域の状況を考慮して十分検討する必要がある。
    - (3) 放流場所に都市下水管を選択した場合は、下水道管理者と事前に協議する必要がある。
  - 1-4 換気設備
    - (1) 換気設備の計画にあたっては、共同溝及び占用物件の規模、排気口における騒音や吹き出し風速の影響等の諸条件に応じ効率的で経済的な機器の仕様及び配置を検討しなければならない。また本体構造についても設備機能が十分発揮される構造にする必要がある。
    - (2) 共同溝は通常道路面下に設置されるため、換気には自動車排気ガスの影響を受けることから、吸・排気口の設置位置、構造等についてはこれらの影響が少なくなるような配慮が必要である。

(3) 二洞道又は三洞道の換気を1台の換気ファンで行う場合は、各洞道の静圧が同一になるよう静圧調整板を設ける等の考慮をして、静圧の小さい洞道だけを換気することのないようにする。

(4) 換気により共同溝内の収容物に結露することがあるので、換気時期、時間、頻度等換気運転管理に十分留意する必要がある。

#### 1-5 給水設備（参考）

(1) 給水設備は換気出入口から雨水と共に流入する土砂や強制換気により洞道内に引き込まれる粉塵等の清掃作業用に設けられるものである。

(2) 給水設備の水源には、上水道による給水を行うが、周辺地域の事情により給水が受けられない場合があるので十分検討する必要がある。

(3) 給水設備用の設置については、関連する設備への供用を考慮する。

(4) 共同溝の電力洞道内には、給水設備は設置しない。

(5) 電気室等の電氣的漏電の恐れのある箇所には、原則として給水設備は設置しない。

(6) 排水の利用方法として植樹散水に用いる場合がある。

#### 1-6 遮水設備（参考）

(1) 河川工作物設置許可基準（案）より「河川水がトンネルを介して堤内へ流入するおそれがあるものについては兩岸の堤内地側に制水ゲートを設置するものとする」と（第三十六条共通事項③項）に準拠して設置計画を行う。

(2) 水設備は遮水扉、固定金物、制水扉、開閉装置及び操作設備で構成される。

(3) 作用する加重に対して十分な強度、耐久性、水密性があり、確実に開閉できる構造とする。

(4) 開閉装置が没水する場合は防水構造とする。

(5) 河川水が共同溝を介して堤内に流出するのを防止するため、共同溝の堤内地側に設置する。

(6) 設置事例として、シールド両端部や立坑内がある。配置に当たっては河川水の流入位置、河川最高水位と坑口位置の関係、収容物の設置計画等を考慮して検討しなければならない。

#### 1-7 基本設計上の留意点

共同溝付帯設備の基本設計に当たっては、本便覧の各設備の関連条項、解説を参考にして計画する。

##### (1) 排水設備

排水量、ポンプ容量を検討し下記項目について計画する。

- ① 排水ピットの配置、寸法
- ② 排水場所
- ③ 排水配管設置スペース
- ④ 排水設備制御盤設置スペース

##### (2) 換気設備

換気風量、換気ファン容量、台数を検討し下記項目について計画する。

- ① 換気室寸法
- ② 換気口場所、換気口面積
- ③ 換気制御盤設置スペース

##### (3) 給水設備

給水設備を設置する場合は下記項目について計画する。

- ① 給水場所
- ② 給水方法

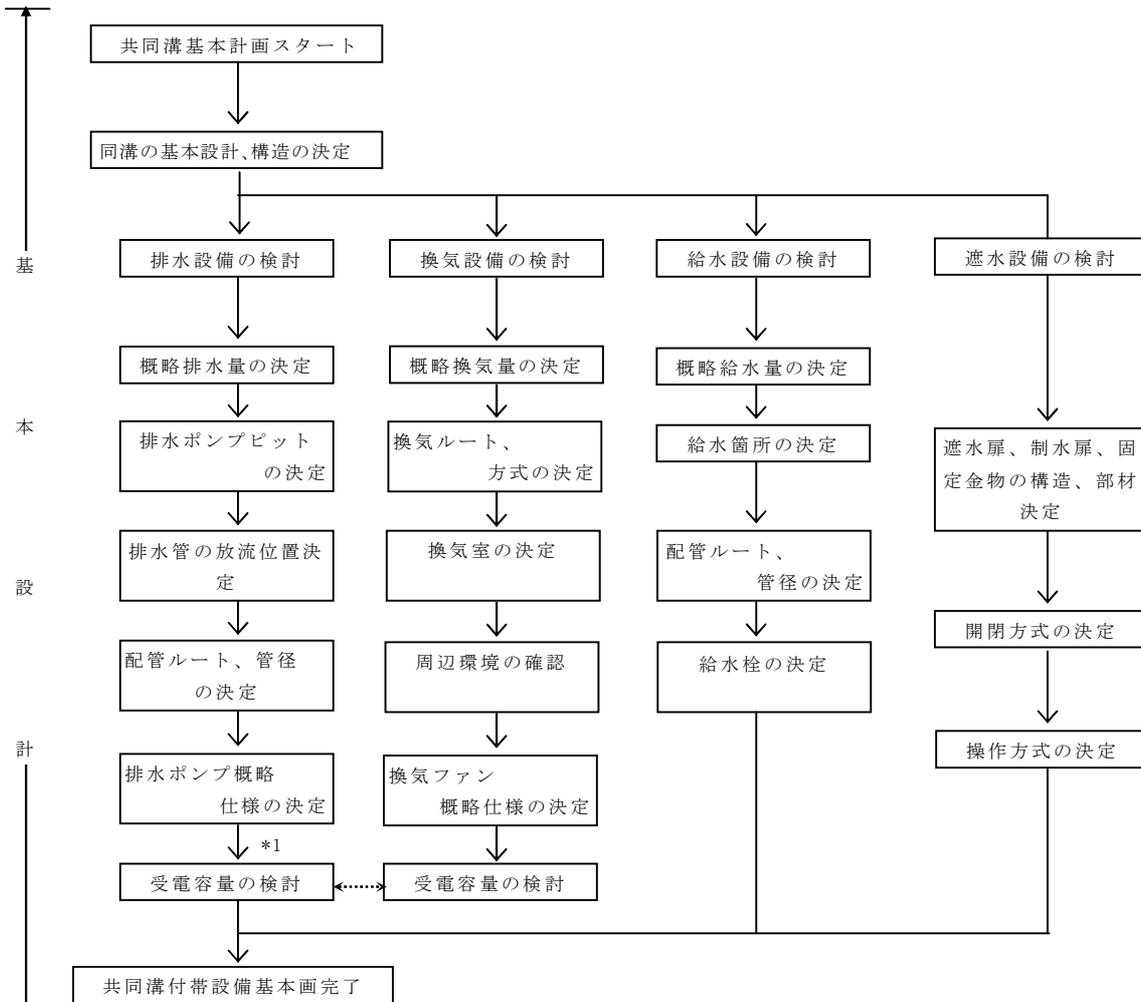
(4) 遮水設備

共同溝が河川底部を横断する場合に設置を要し下記項目について計画する。

- ①設置場所
- ②躯体への固定方法
- ③遮水設備制御盤設置スペース
- ④油圧ユニット設置スペース（開閉方式が油圧式の場合）

2. 計画、設計フロー（標準）

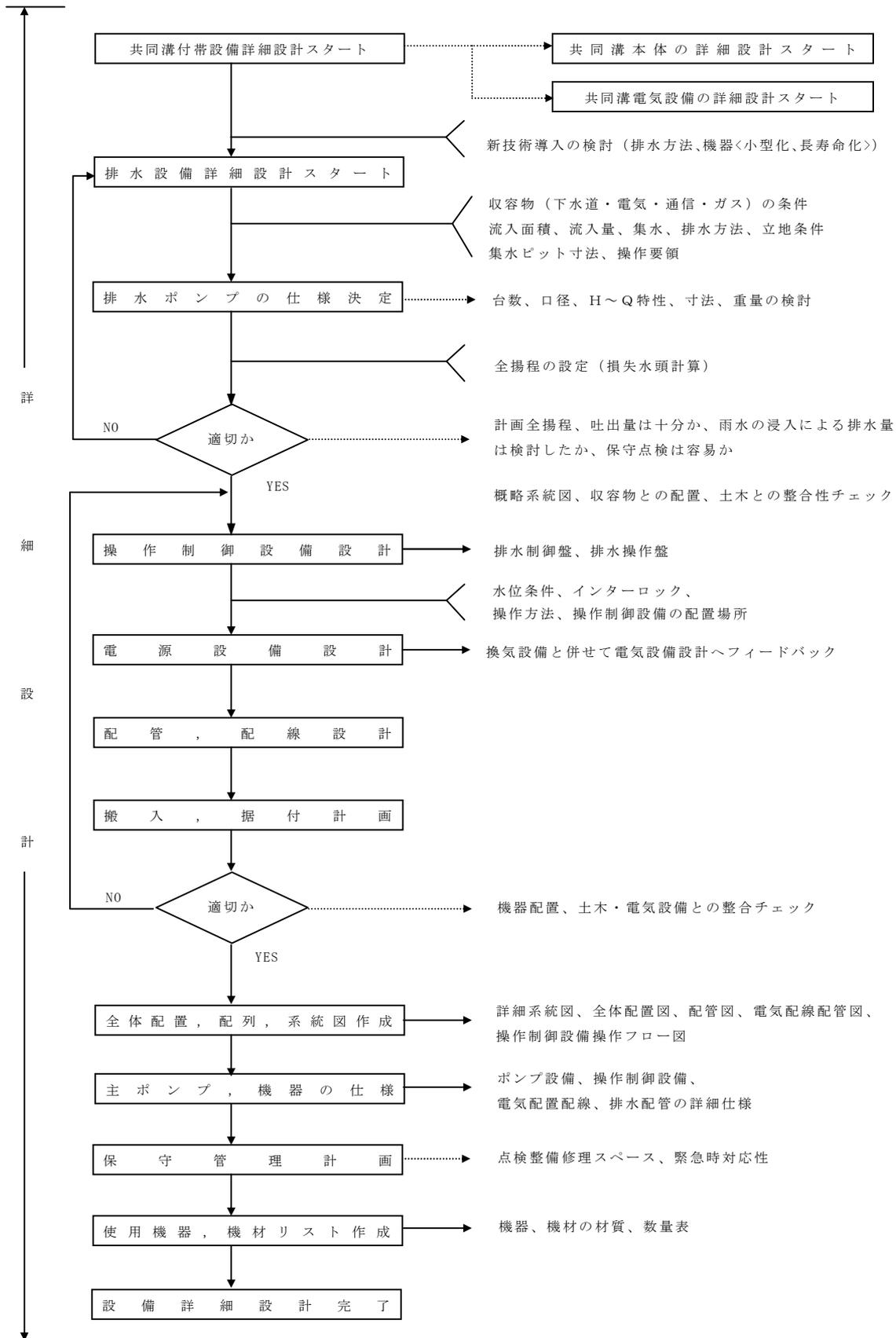
2-1 基本計画、設計フロー



記事) \*1 受電容量は、照明設備等を含む付帯設備全体を検討する必要がある。

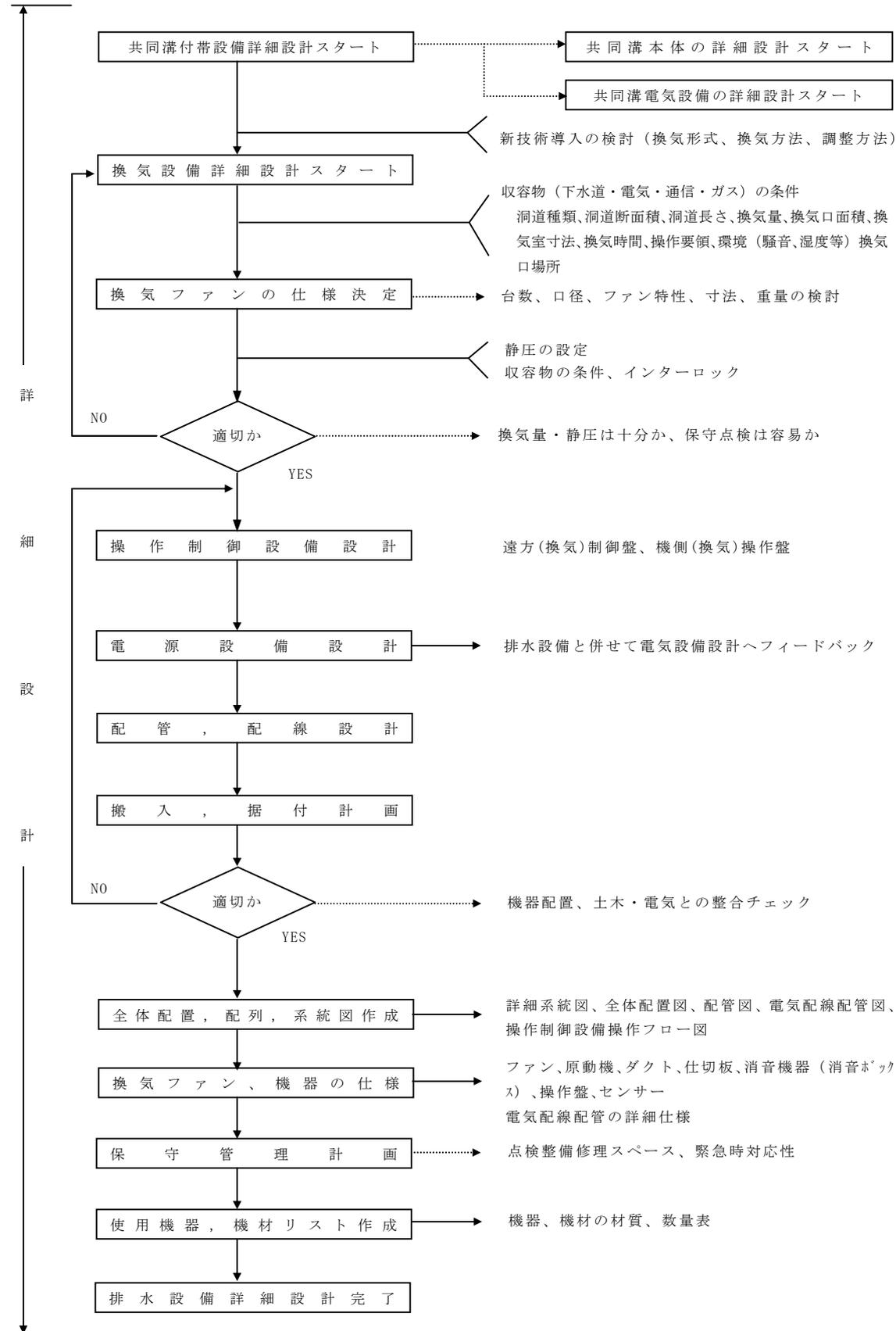
## 2-2 詳細設計フロー

### 1) 排水設備の詳細設計フロー



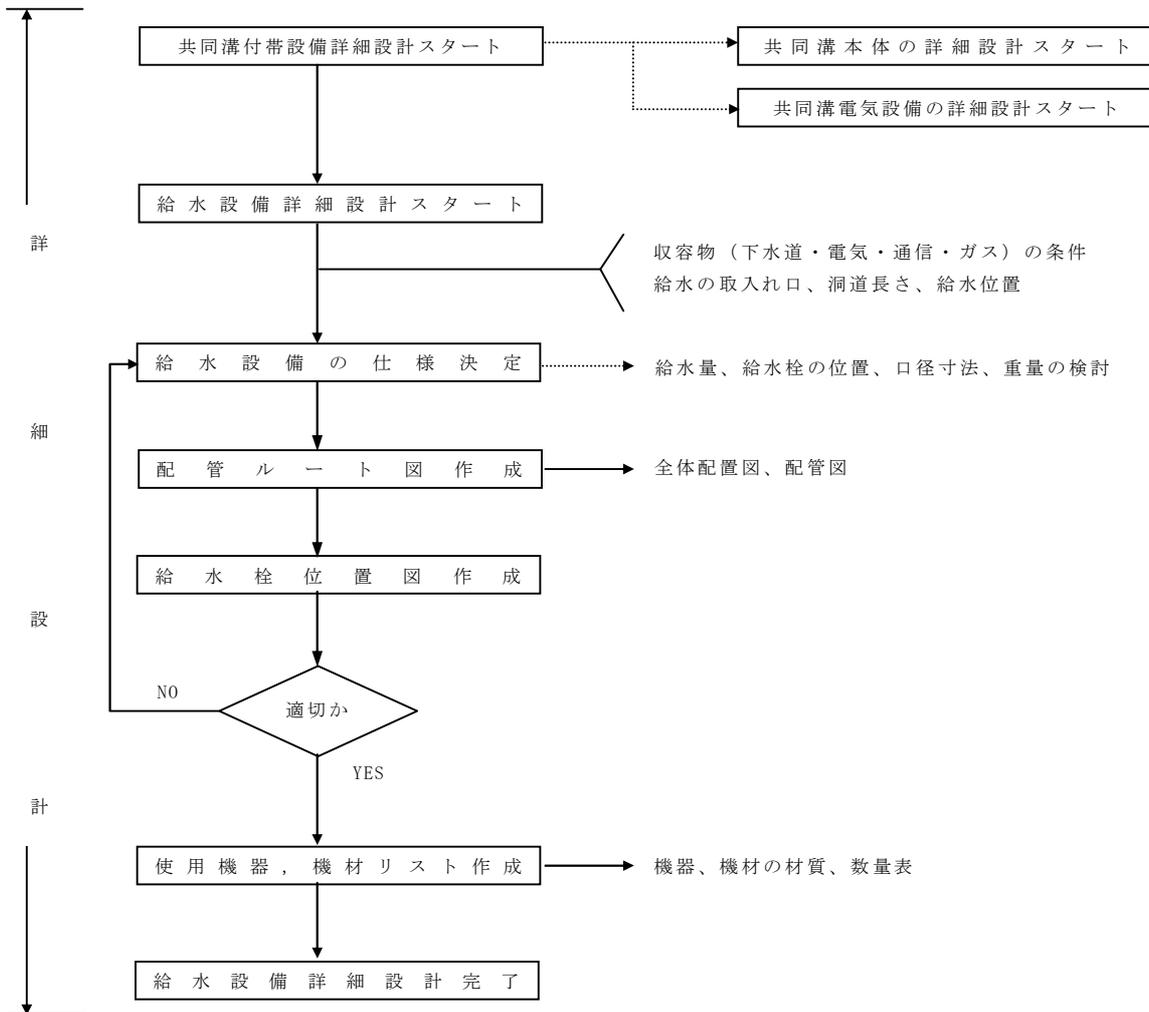
(修繕工事で設備、機器類の更新に当たり、収容物の条件、全体配置、配列、設置環境等を検討の結果、設計検討を要する場合は本フローに従い実施する。)

## 2) 換気設備の詳細設計フロー

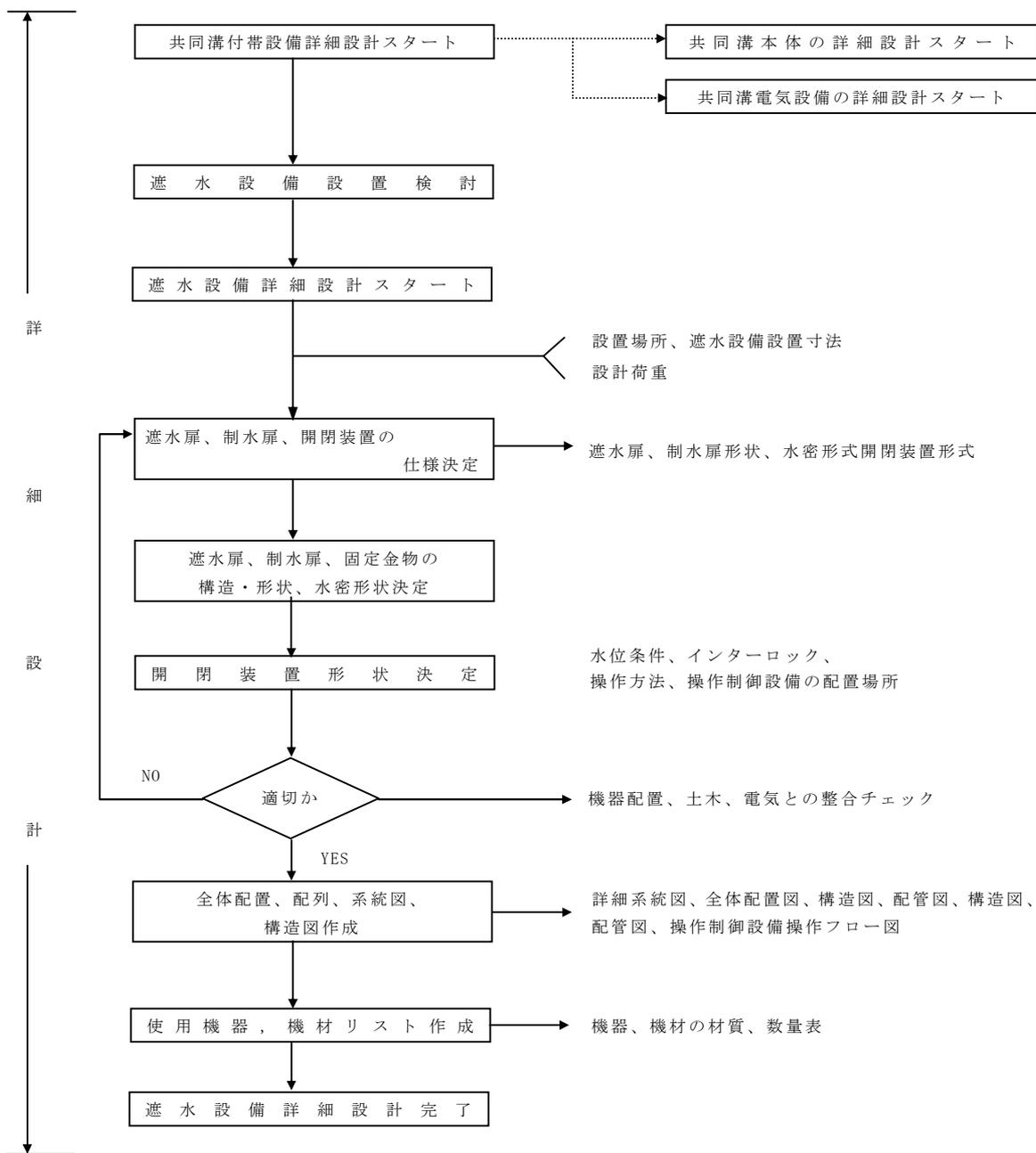


(修繕工事で設備、機器類の更新に当たり、収容物の条件、全体配置、配列、設置環境等を検討の結果、設計検討を要する場合は本フローに従い実施する。)

### 3) 給水設備の詳細設計フロー



4) 遮水設備の詳細フロー (参考)



## 第3節 設 計

### 1. 排水設備（標準）

#### 1-1 ポンプ容量の決定

ポンプの排水量は、漏水、浸水、その他の水量を考慮して決定するものとする。

#### 〔解 説〕

1. 排水量は、共同溝の構造及び排水ポンプの設置間隔、地下水位等によって異なるがコンクリート壁からの浸透水、施工継目からの漏水、マンホールや換気口の開口部からの雨水の浸水を考慮して決定するものとする。

2. その他の水量として換気口からの雨水、複数ピットを集水して排出する場合の集水元の水量を考慮する。

1) 漏水量の算定は次式によるものとする。

$$Q = A \times R \times L \times F_s$$

ここに、 A : 透水係数（通常 0.03 を使用）

Q : 排水量

R : 共同溝外周長（共同溝本体が周囲土壤に接する長さ）

L : 集水距離（排水対象の共同溝延長距離）

F<sub>s</sub> : 安全率は通常 2 とする。

2) 換気口からの雨水等の浸水や他の排水ピットの中継ピットになっている場合、は別途加算するものとする。

3) 透水係数 A は、道路管理施設等設計要領(案)第 8 条計画排水量(p100)によるものとするが、シールド工法に抛る場合などは別途考慮することができる。

3. ポンプの全揚程の計算は、道路管理施設等設計要領(案)第 10 条ポンプ揚程(p100)に基づいて算出するものとする。

4. ポンプの動力は、道路管理施設等設計要領(案)第 13 条電動機出力(p103)及びメーカカタログに基づいて算出するものとする。

#### 1-2 ポンプ形式

ポンプの形式は、着脱式水中汚水ポンプを標準とする。

#### 〔解 説〕

1. ポンプ形式は汚水用水中ポンプとし、設置形式は着脱式を原則として採用する。

2. 漏水に海水か腐食性の高い液が混入する恐れのある場合は、ポンプの材質を検討する必要がある。

3. ガス洞道内に設置されるポンプ等は、防爆構造とする。

4. 防爆構造はガス占用事業者との協議により防爆の種別を決定する。

5. 防爆機器類や防爆配線方式の選定は「内線規定」により検討する。

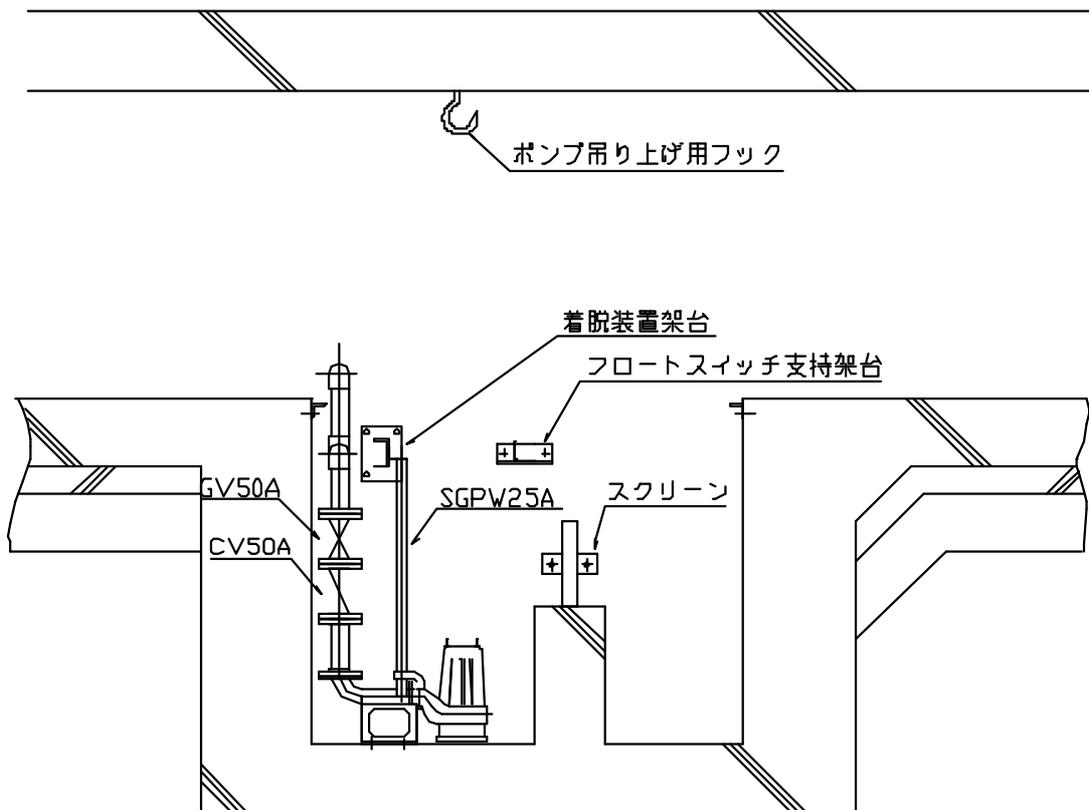


図 7-3-1 ポンプ(着脱式)設置例

6. 漏水に海水か腐食性の高い液が混入する恐れのある場合は、ポンプの材質を検討する必要がある。

### 1-3 ポンプ台数

配管材料は設置環境、経済性などを考慮して決定する。

#### 〔解説〕

1. 排水ポンプは予備機を含め2台を標準とする。
2. 大規模設備やポンプピットが深くできない等により、全容量の予備を持つことが不都合な場合は、全容量を複数台+予備1台のポンプ台数でまかなうものとする。

### 1-4 排水ピット

排水ピットは原則として共同溝内縦断線形の凹部に設けるものとし、排水量に見合った大きさとゴミや土砂等を沈澱分離ができ、かつ保守点検の容易な構造とする。

#### 〔解説〕

1. 排水ピットの設計は「道路管理施設等設計要領(案)第16条 (p105)」による。
2. 複数ピットを集水する場合は集水元の水量も考慮して計画する。
3. 排水ピットに設置される水中ポンプの付属品には水中ポンプ着脱装置、排水管、水位計、弁類とそれらの支持金物がある。ただし、大口径ポンプの場合には維持管理を考慮して吊上フック、吊上用チェーンまたはクレーンの設置も検討する。

## 1-5 配 管

配管材料は設置環境、経済性などを考慮して決定する。

配管は排水ピットから洞道外の排水溝までの最短距離を通るようにし、占有物件に支障のないようまた、維持管理が容易なように考慮しなければならない。

### 〔解 説〕

1. 配管摩擦損失係数は、本編第5章 道路排水設備によるものとし、設備費及び電力費等を考慮し管径を決めるが、管内平均流速の標準は1.5～3.0m/secとし極力ポンプロ径に合わせる。

2. 配管材料は、経済性、露出或いは埋設、湿度等の設置環境と保守性を考慮して、材質を決定するものとする。埋設部およびコンクリート埋込部等の取替が困難な場所については腐食に対して配慮した配管材料を用いる。

事例として水道用亜鉛めっき鋼管（SGPW）が使用され、埋設部や腐食に対し考慮する場合には配管用ステンレス鋼管（SUS304）が使用される場合がある。

名 称	規 格	備 考
水道用亜鉛めっき鋼管	JIS G 3442	
配管用炭素鋼管	JIS G3452	白管
配管用ステンレス鋼管	JIS G3459	
樹脂ライニング管	JIS	

3. 配管には適当な位置に支持台及び支持金具を設けるが、水平管の支持は満水した場合管のたわみを少なくするために適当な間隔で支持し、斜面に沿った配管では管軸方向の分力が生じるので単なる支持だけではなく管軸方向に対する滑り止めも考慮する必要がある。長い垂直管が振動や曲げを受けないよう中間の適当な位置に振れ止めが必要である。また、曲管部、弁の前後及び管端部に対しても配慮する必要がある。配管の支持間隔については、道路管理施設等設計要領(案)第15条配管(p104)を参照すること。

4. 配管支持を鋼製金具にする場合は溶融亜鉛メッキ又はステンレス鋼とする。

5. 管継手には、ねじ込み式、フランジ式、溶接式がある。ねじ込み式は、現地における施工性を考慮して、原則として50A以下に用いるものとし、65A以上の配管にたいしては、フランジ式を用いるものとする。

溶接式は、設置後分解不要な部分に採用するものとする。

6. 配管の要所には配管作業や分解作業を容易にするためユニオン継手またはフランジ継手を用いるのが望ましい。中大配管にはフランジ継手を用いる。

7. 可撓伸縮継手は、温度変化、地震振動、不等沈下、据付誤差等を吸収し、配管に無理な負荷をかけないために設けるものであり、土木設計における沈下量を参考にして許容伸縮量や許容偏心量を決定したうえで選定する。

## 1-6 ポンプの運転操作方式

ポンプの運転操作は、自動運転を行うと共に必要に応じて単独運転が行えるものとする

### 〔解説〕

1. ポンプの自動運転に使用する水位計にはフロートリードスイッチ式、電極式、フロート式等がある。  
これらの方式の中、フロート式の事例が多い。  
(水位計の特徴等の詳細は、本編第5章 道路排水設備を参照)
2. ガス洞道内に設置する機器や配線には、防爆構造を採用する。選定は「内線規定」により検討する。  
(1-2 ポンプ形式 解説4, 5を参照)
3. 手動運転は、ポンプ機側操作盤又はポンプ操作盤における「始動-停止」を行うものとし、操作場所は機側優先とする。
4. ポンプの自動運転に使用する水位計にはフロートリードスイッチ式、電極式、フロート式等がある。(水位計の特徴等の詳細は、本編第5章 道路排水設備を参照)
5. 検出させる水位は次のとおりとする。  
異常低水位 : ポンプの空転防止水位  
異常高水位 : ポンプ槽満水位  
ポンプ運転水位 : 自動運転における起動水位  
ポンプ停止水位 : 自動運転における停止水位

## 2. 換気設備 (標準)

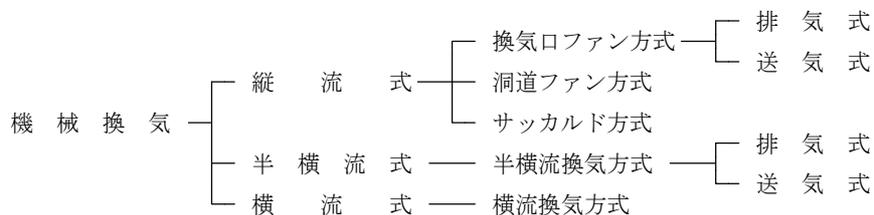
### 2-1 換気方式

換気方式はその特徴を十分生かし、洞道の形状、延長及び環境条件等に応じ最も有効かつ経済的な方式を選定するものとする。

### 〔解説〕

#### 1. 換気方式の種類

- 1) 換気方式の種類は、洞道における空気の流れから一般的に次のとおり大別できる。  
次の方式の中で縦流式換気口式排気式を標準とする。  
各換気方式の詳細については「道路管理施設等設計要領(案)第19条(P109)」参照



- 2) 換気は、ガス洞道から電気洞道へ流れないように機密性を持つ射体構造や換気方法を考慮する。
- 3) 共同溝における換気方式は共同溝に收容される共益物件との対応性、施工性、維持管理性を考慮して、縦流式換気口ファン方式排気式を標準とする。
- 4) 大深度形共同溝における換気設備では、比較的換気距離が長い場合が多いので、換気のむらが生じないように、空気の流れを良くし、抵抗損失を小さくする検討が必要である。

## 2-2 換気方式の形態

換気方式の形態は、その特徴を十分生かし、洞道の形状、延長及び環境条件等に応じ最も有効かつ経済的な方式を選定するものとするが、保守管理が容易で洞道断面に影響の少ない換気口ファン方式を標準とする。

〔解説〕

1. 「道路管理施設等設計要領（案）第19条換気方式（p109）」を参照のこと。

## 2-3 換気風量

換気風量は、洞道内部の環境、占用物件の保全、換気所要時間、洞道内の風速等を考慮して決定するものとする。

〔解説〕

### 1. 設計条件

- 1) 換気設備の換気風量は「道路管理施設等設計要領（案）第20条（p111）」を原則とするが、特殊な条件（シールド区間）では2)項の項目をも考慮するものとする。
- 2) シールド等河川底部や地下水位が高い地層に設置される洞道においては最も要求される項目（換気所要時間、洞道内風速、換気口出入口の風速、洞道内最高温度）に着目して設計する。

- (1) 換気所要時間 30分以内
- (2) 洞道内最高温度 40°C
- (3) 電力洞道の出入口温度差 8°C以内
- (4) 土壌基底温度

一般に25°Cで良いが、河川底部や地下水位が高く基底温度が低くなる場合は、別途考慮する。

### (5) ダクト風速

ダクト系統の風速は、道路管理施設等設計要領（案）ダクト系統の風速（p115）を参照すること。

### 2. 洞道内の風速

- (1) 洞道内風速（換気所要時間より算出する場合）

$$V = \frac{L}{T}$$

ここに V : 洞道内の風速 ( m/sec )

T : 換気所要時間 ( sec )

L : 換気の洞道長 ( m )

### (2) 電力用洞道内風速

ケーブルの発熱量 ( W / c m ) は電力事業者を確認し、有するデータを参考にする。

$$V = \frac{L}{q \cdot A \cdot R_e \cdot \log_e \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta t}{W \cdot R_e + T_o - T_f}} \right)}$$

$$R_e = \frac{g}{2\pi} \times \log_e \left\{ \frac{2\ell}{D} + \sqrt{\left[ \frac{2\ell}{D} \right]^2 - 1} \right\}$$

- ここに V : 洞道内の風速 (m/sec)
- q : 空気の定圧比熱 (W・sec/cm<sup>3</sup>°C) = 1.1×10<sup>-3</sup>
- A : 洞道の有効断面積 (cm<sup>2</sup>) = 実断面積×0.8
- R<sub>e</sub> : 土壌の熱抵抗 (°C cm/W)
- Δt : 出入口の空気温度差 (°C) = 8°C以内
- W : ケーブルの発熱量 (W/cm) 電力会社の算力による
- L : 換気洞道長 (m)
- T<sub>0</sub> : 土壌の基底温度 25°C
- T<sub>f</sub> : 吸気側入口温度 32°C
- g : 土壌の固有熱抵抗 (°C cm/W) 表7-3-1
- ℓ : 洞道の平均深さ (m)
- D : 洞道の等価円径 (m)

表7-3-1 土壌の固有熱抵抗

土 壌 の 種 類	土 壌 の 固 有 熱 抵 抗
湿 地 帯 (河川)	40°C cm/W
普 通 帯 (普通)	80 "
乾燥帯 (地下鉄等の構造上)	120 "

#### 2-4 換気風圧

洞道換気における所要全風圧は、吸気口から吸込んだ空気が洞道を経て排出される間の種々の圧力損失の総和であり、送風機全風圧は計算値に必要な余裕を見て決定するものとする。

〔解 説〕

1. 「道路管理施設等設計要領 (案) 第21条換気風圧 (p113)」を参照のこと。

#### 2-5 送風機の形式及び仕様

送風機の形式及び仕様の決定にあたっては、使用上の諸条件に合致した設計を行うものとする。

〔解 説〕

1. 送風機の形式

- (1) 送風機形式の決定に当たっては、風量、全風圧、形態、効率、騒音、経済性等を検討の上決定する。
- (2) 軸流送風機は遠心送風機に比較して設置場所が小さく取り扱いが容易であるが、大きな圧力は得られない。設置スペースを考慮し口径400mmを越える場合でも遠心式と軸流式の比較を行うものとする。

## 2. 送風機の選定

- (1) 送風機仕様の決定にあたっては、使用上の諸条件にあったものとする。
  - (2) 一般的には比速度 $N_s$ 、流量係数 $\phi$ 、圧力係数 $\psi$ がその送風機に適合したものを選定しなければならない。
  - (3) 送風機の形番の決定にあたっては、サージング運転にならないように選定する必要がある。
  - (4) 風機は、風量－風圧特性曲線の右上がり曲線部分で作動させるとサージング運転となり騒音及び振動が増大するため、送風機の寿命を短くするばかりでなく思わぬ事故の原因となる。
  - (5) ガス洞道用を使用する送風機の仕様については、駆動電動機は耐圧防爆形を使用し、駆動ベルトは静電防止形を使用するのを標準とする。機器や配線等防爆仕様はガス事業者との協議を行い「内線規定」により規模を決定する。
  - (6) 軸流送風機は口径が400mmを超えるものに適用するが、設置スペースを考慮し遠心送風機も比較検討する。
- (2-5 送風機の形式及び仕様 解説1. (2) 参照)

### 2-6 風量の調節

風量調節は、洞道内各所の換気の均衡を図るために行うものである。

#### [解説]

- (1) 「道路管理施設等設計指針(案)第23条 (p23)」を参照のこと

### 2-7 送風機の運転操作

送風機の運転は、自動運転のほか必要に応じて単独運転も行えるものとする。

#### [解説]

#### 1. 自動運転

送風機の自動運転は、タイマーによる定時刻運転、電力洞道内の温度による運転等が一般的に行われている。

#### 2. 単独運転

単独運転は入溝、送風機の保守点検整備、その他必要に応じて行うもので、遠方及び機側において運転操作が可能なものとする。

なお、保守点検整備時の安全を図るため、「遠方－機側」の切換は機側において行うことを原則とする。

#### 3. その他

送風機の運転操作に関する詳細事項は、「道路管理施設等設計要領(案)第24条送風機の運転操作(p118)」を参照すること。

### 2-8 換気室

換気室は換気に必要な送風機、操作盤、その他の補助機器等を整理良く収納し、また効率よい換気が行えるような、吸・排気口を備えた構造とする。換気室への出入口及び開口部は地表面より高くして、冠水しないように配慮する必要がある。また、内部は収納する機器等の保守点検が容易に行える構造とする。

〔解説〕

1. 気室は機器等の監視、補修、点検等が支障なく行われる広さとし、送風機の搬入、搬出が容易に行えるよう配置する必要がある。
2. 収容物件が異なる洞道の換気室において、洞道間の連絡用の扉は気密性も考慮する。
3. 換気室と換気口の間にある鋼製仕切板は維持管理を考慮して分割組立構造とし、その材質は外気や洞道内の湿度等環境条件に見合ったものとし、溶融亜鉛メッキまたはステンレス鋼とする。取付ボルトはステンレス鋼を標準とする。

2-9 吸・排気口

洞道内に新鮮な空気を取入れる吸気口（自然換気口）及び送風機によって空気を排出する排気口（強制換気口）は空気抵抗が少なくなるような構造とする。

〔解説〕

1. 自然・強制換気口は屈折、断面変化等が極力少ない形状とし、空気抵抗が少なくなるような構造とする。
2. 強制換気口には消音装置、スクリーン等が加わり、複雑な構造となる場合があるが、点検が容易な構造とするものとする。
3. 強制換気口は地上の風による風圧を受け難い構造とする必要がある。

2-10 騒音対策

吸排気口での送風機の運転騒音等が環境を害する恐れのある場合は、必要に応じて騒音対策を講じるものとする。吸排気口での送風機の運転騒音等が環境を害する恐れのある場合は、必要に応じて騒音対策を講じるものとする。

〔解説〕

強制換気のための排出口の設置場所は送風機による騒音等を考慮して選定することは勿論、環境保全を図るための十分な配慮が必要である。

その対策として次のものがあげられる。

- (1) 騒音値は原則として官民境界に予想される値であり、各都道府県が定めた規制値を下まわらなければならない。
- (2) 騒音対策計算例としては「道路管理施設等設計要領（案）参考資料1-13騒音対策計算例（p200）」を参照のこと。
- (3) 運転騒音の小さな送風機を選定する。
- (4) 排出口に消音器を設ける。

3. 給水設備（参考）

給水計画は次の条件に基づいて行うものとする。

1. 給水配管系統は給水地点で分岐給水するものとする。
2. 受水地点は原則として管理用出入口付近とする。
3. 給水栓は、排水ポンプ設置個所及びその中間位置の各洞道並びに自然換気口付近とする。

[解説]

1. 「道路管理施設設計要領（案）第28条給水設備（p120）」を参照のこと。
  2. 配管類の材質は「1. 排水設備 1-5 配管」及び管轄下の水道事業者の仕様も参考にして決定する。
  3. 給水設備は、清掃に必要な給水量や給水圧力等を十分満足するものとする。
  4. 給水管
    - (1) 給水管の管径は水栓の大きさと個数（或いは岐管の太さと数）から決定されるが3ヶ所或いは全給水栓の1/2が同時に開栓したものとし、これに相当する水量を供給できる給水管径とする。
    - (2) 給水管の最小口径は25Aとする。
    - (3) 量水器の口径は原則として配管管径とする。
    - (4) 凍結の恐れのある個所の給水管は、凍結を防止するための対策を講ずるものとする。
    - (5) 各洞道への給水分岐管は操作の容易な個所に仕切弁を設けるものとする。
    - (6) 給水配管に使用する弁は、管内静水圧が0.69MPa（7kgf/cm<sup>2</sup>）未満の時は5K弁を、0.69MPa（7kgf/cm<sup>2</sup>）以上の時は10K弁を用いその区分を明示するものとする。
- （バルブの規格は、青銅弁 J I S B 2011 による）

5. 給水管の材料

配管は、経済性と保守性を考慮し水道用亜鉛メッキ鋼管（SGPW）を標準とするが、埋設部及びコンクリート埋込み部等の取換が困難な箇所については腐食に対して配慮した配管材料（ステンレス鋼管等）を用いる必要がある。

- (1) 配管には適当な位置に支持台及び支持金具を設けるとともに、水平管の支持は満水した場合でも管のたわみを少なくするために適当な間隔で支持し、斜面に沿った配管では管軸方向の分力が生じるので単なる支持だけではなく管軸方向に対する滑り止めも考慮する必要がある。長い垂直管が振動や曲げを受けないよう中間の適当な位置に振れ止めが必要である。  
また、曲管部、弁の前後及び管端部に対しても配慮する必要がある。
- (2) 配管支持を鋼製金具にする場合は溶融亜鉛メッキしたものを使用する。
- (3) 管継手には、ねじ継手、溶接継手等があり、ねじ継手は鋼管配管では50A以下に使用される。これ以上の配管になると現場でのねじ切り作業が困難であるため管径が65A以上の配管はフランジ継手を標準とする。
- (4) 配管の要所には配管作業や分解作業を容易にするためユニオン継手またはフランジ継手を用いるのが望ましい。中大配管にはフランジ継手が用いられる。
- (5) 可撓伸縮継手は、温度変化、地震振動、不等沈下、据付誤差等を吸収し、配管に無理な負荷をかけないために設けるものであり、許容伸縮量や許容偏心量を決定したうえで選定する。

4. 操作盤（標準）

操作盤は、設備の規模、設置目的、用途に応じたものでなければならない。

[解説]

1. 操作盤は、排水ポンプ及び送風機運転制御が行えるものを標準とする。
2. 遮水設備を設置する場合は、制御盤及び油圧装置が必要となりスペースが占有されるので全体計画で設置検討を行う。

3. 操作盤形式は、その設置場所における環境条件（高湿度等）を考慮して決定するものであり屋外仕様を原則とする。
4. ガス洞道に設置する盤は排水操作盤、換気操作盤、プルボックス等最小限にとどめ防爆構造とする。仕様は各事業者との協議により[内線規定]により決定する。
5. 排水制御盤
  - (1) 設置場所  
排水制御盤の設置場所は、換気口又は各洞道の出入口付近に設置するものとし、照明設備等の受電盤の近くに設置する。
  - (2) 表示項目  
排水制御盤の表示項目は、異常低水位、異常高水位、ポンプ故障、ポンプ運転－停止、運転時間計、運転度数計、運転場所選択等各ポンプごとに表示し、引込盤には一括表示を行うものとする。  
また、操作盤には電流計、電圧計を各ポンプ毎に設ける。
6. 排水操作盤
  - (1) 設置場所  
機側排水操作盤の設置場所は、排水ピットの近くに設置する。
  - (2) 排水ポンプとポンプ操作盤が離れた位置に設置される場合は、ポンプの機側において「運転－停止」が出来るよう機側排水操作盤を設けるものとし、形式は壁掛形を標準とする。
  - (3) 機側排水操作盤には、操作スイッチ、操作場所切替スイッチ、運転停止及び異常表示ラン具備するものとする。  
また、ポンプ修理中等に間違えて遠方（ポンプ操作盤）よりポンプを運転することがないように、機側操作盤には配線用遮断器（ノントリップタイプ）を内蔵し、機側で手動にて配線の開閉することが出来るものとする。
  - (4) ガス洞道に設置する機側排水操作盤は防爆構造とする。
  - (5) 壁掛形操作盤の取付ブラケット及び取り付けボルトの材質はステンレス製（SUS304）を標準とする。
7. 換気制御盤
  - (1) 設置場所  
換気制御盤の設置場所は、強制換気口の受電盤の近くに設置する。
  - (2) 表示項目  
換気制御盤の表示項目は、洞道内異常高温度、送風機故障、送風機運転－停止、自動単独、運転時間計、運転度数計、遠方－機側等とする。また、操作盤には電流計、電圧計を各送風機毎に設ける。
8. 遠方換気操作盤
  - (1) 設置場所  
遠方換気操作盤の設置場所は、自然換気口入り口及び各洞道の出入りに設け、換気制御盤の設置場所まで行かなくても遠方換気操作盤において送風機の「運転－停止」が行えるものとし、形式は壁掛形を標準とする。
  - (2) 遠方換気操作盤には、操作スイッチ、運転停止及び故障表示ランプ（送風機毎）を具備するものとする。
  - (3) ガス洞道内に設置する遠方換気操作盤は防爆構造とする。
  - (4) 壁掛形操作盤の取付ブラケット及び取り付けボルトの材質はステンレス製（SUS304）を標準とする。

## 9. 換気操作盤

### (1) 設置場所

機側換気操作盤の設置場所は、送風機の近くに設置する。

(2) 送風機と遠方換気制御盤が離れた位置に設置される場合は、送風機修理中等に間違っって遠方（送風機操作盤）より送風機を運転することがないように、機側換気操作盤には配線用開閉器又は遮断器配線用遮断器（ノントリップタイプ）を納めたものとする。

(3) 機側換気操作盤は、手動にて配線の開閉することが出来るものとする。

(4) ガス洞道に設置する機側換気操作盤は防爆構造とする。

(5) 壁掛形操作盤の取付ブラケット及び取付けボルトの材質はステンレス製(SUS304)を標準とする。

## 10. 遠方監視操作設備

遠方監視制御操作設備が必要な場合は、第2章ポンプ設備を参考に検討を行うこと。

## 5. 遠隔化システムの導入（標準）

### 5-1 遠隔化導入の目的

共同溝付帯設備の遠隔化により、施設情報の集中化を図り、合理的な運用および維持管理を行うことを目的とする。

#### 〔解説〕

(1) 遠隔化することにより、施設の計画運用、情報管理の効率化および運転操作の省力化、異常時の後方支援を図ることを目的とする。

(2) 遠隔化にあたっては、信頼性・安全性が高く、運用・維持管理の容易なシステムとする。

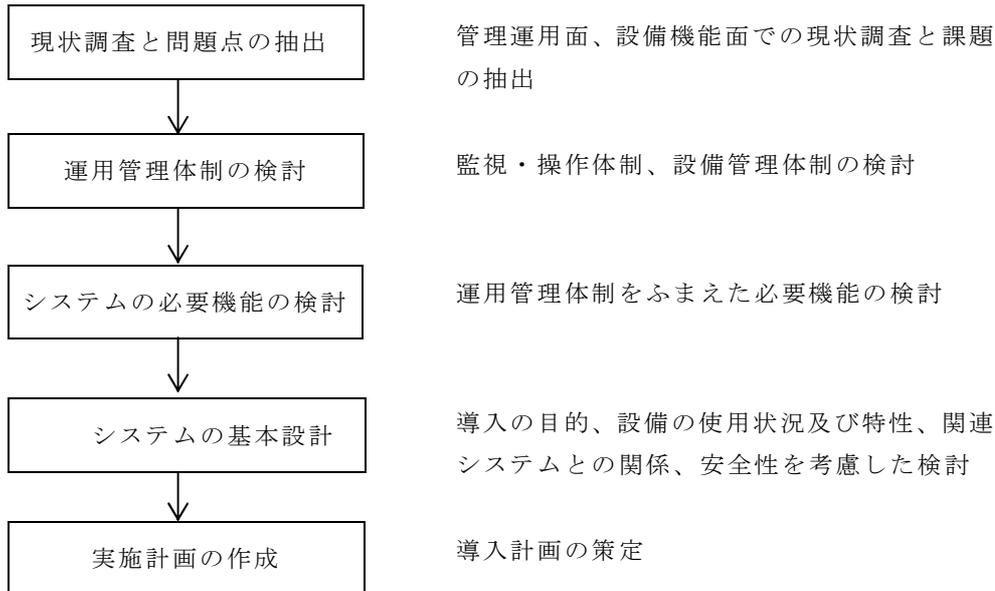
(3) 建設CALSを考慮したシステムとする。

## 5-2 遠隔化システムの基本計画

遠隔化システムの基本計画は、システムの規模や運用管理体制に応じて構築する。

### 〔解説〕

- (1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること。緊急時の対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- (2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



## 6. 遮水設備（参考）

### 6-1 遮水設備寸法、形式の選定

遮水設備寸法、形式は洞道或いは立坑開口部を確実に遮水できる様に決定する。

### 〔解説〕

1. 遮水扉寸法は洞道或いは立坑開口部寸法と固定金物との取り合いを考慮して決定する。
2. 遮水扉は固定金物に固定し水圧荷重を躯体に伝達すると共に水密性を確保する。遮水扉を収容物が貫通する場合、貫通部は水密性を確保できる構造とする。
3. 制水扉寸法は管理時の通路、非常時の作業性、遮水扉桁配置、収容物配置、洞道内許容風速等を総合的に考慮して決定する。又制水扉の数、位置は維持管理上の必要性から決定するが設置数は極力少なくなるように検討する。
4. 制水扉形式は共同溝本体構造、設計荷重、設置部の取付けスペース、収容物との取り合い、制水扉運用方法等を総合的に判断して決定する。
5. 制水扉水密部は設計水圧に対し十分な水密性を持つ構造とする。
6. 遮水扉間の通常時洞道内漏水の排水用配管、バルブが遮水扉を經由して設置される場合は、出水時に排水バルブは確実に全閉出来る構造とする。

## 6-2 開閉装置

開閉装置は制水扉を確実に開閉できるものとする。

### 〔解説〕

1. 制水扉の開閉方式（手動、無動力、電動）は制水扉の運用方法により決定する。
2. 無動力式或いは電動式開閉装置は開閉荷重、開閉装置の設置場所、運用方法等を考慮し構造、機構を決定する。
3. 電動式開閉装置が没水する場合は、油圧式等防水性のある機構、方式を検討する。

## 6-3 設計荷重、開閉荷重

遮水扉、制水扉の設計荷重は、自重、静水圧、浮力、開閉力を考慮する。  
開閉荷重は制水扉の自重、支承部の摩擦力を考慮して決定する。

### 〔解説〕

1. 制水扉の開閉方式（手動、無動力、電動）は制水扉の運用方法により決定する。
2. 無動力式或いは電動式開閉装置は開閉荷重、開閉装置の設置場所、運用方法等を考慮し構造、機構を決定する。
3. 電動式開閉装置が没水する場合は、油圧式等防水性のある機構、方式を検討する。

## 6-4 使用材料

使用材料は使用目的に適合したものとする。

### 〔解説〕

1. 遮水扉、制水扉、固定金物は洞道内の狭隘部に設置され維持管理が困難なため耐食性に優れたステンレス鋼を使用する。
2. 開閉装置の使用材料の選定に当たっては「ダム・堰施設技術基準（案）5-0-6 使用材料」に準拠する。

## 6-5 構造、機構の設計

遮水扉、制水扉、固定金物は設計荷重に対して十分な強度と剛性を有し安全な構造とする。又十分な水密性と耐久性を有する構造とする。

### 〔解説〕

1. 材料の許容応力度は「ダム・堰施設技術基準（案）3-1-8 材料の許容応力度」並びに「水門・樋門ゲート設計要領（案）2-7-1 材料の許容応力度」に準拠する。又許容応力度の補正係数は1.0とする。たわみは「ダム・堰施設技術基準（案）3-2-1 たわみ度の許容値 例示仕様」より径間の1/800以下とする。
2. 遮水扉、制水扉、固定金物の設計は「ダム・堰技術基準（案）第2節部材の設計、第3節扉体、戸当り・固定部の設計」並びに「水門・樋門ゲート（案）3-1 扉体・戸当りの設計 一般事項」に準拠する。
3. 開閉装置の設計は「ダム・堰技術基準（案）第5章開閉装置の設計」並びに「水門・樋門ゲート設計要領（案）4-2 機械式開閉装置の設計、4-3 油圧式開閉装置の設計」に準拠する。

## 6-6 制水扉の操作等

制水扉の操作が確実に行われるものとする。

### 〔解説〕

1. 制水扉は、出水時において流入する水を検知した後、確実に閉操作ができるものとする。
2. シールド等の洞道に入溝する際に、入溝の有無がわかえる表示を操作盤等へ設定するものとする。
3. 出水時でも入溝者がいる場合、入溝者自らが操作し脱出できる操作盤を制水扉近傍に設置するものとする。出水時には音や光で入溝者に確認できる装置を設置する。

6-7 遮水設備の配置 (参考)

遮水設備の配置事例を図7-3-2に示す。

共同溝遮水設備設置事例

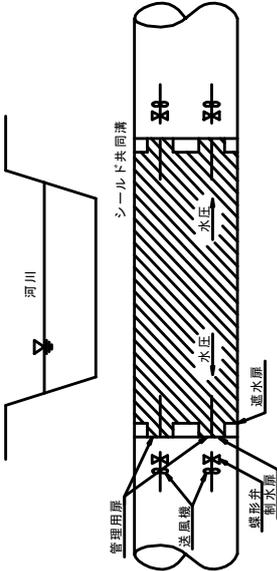
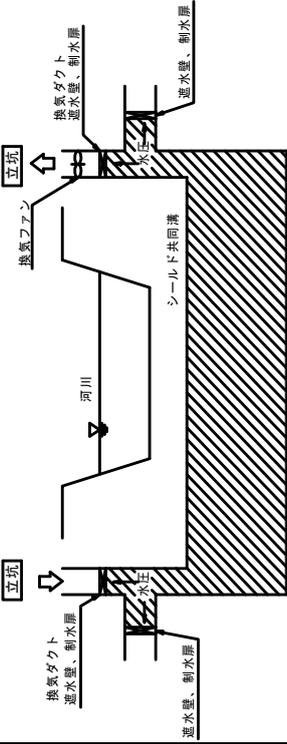
<p>設置事例</p>	<p>事例1：シールド内設置例 新淀川共同溝遮水扉（工事完了）</p>	<p>事例2：縦坑上部一般洞道内設置例 京都南第3共同溝附帯設備等設計業務（詳細設計中）</p>
<p>概要</p>	<p>シールド洞道内の堤内地側に遮水扉と制水扉を設置</p>	<p>シールド立坑上部及び一般洞道に遮水壁（土木構造物）と制水扉を設置</p>
<p>設備配置図</p>		

図7-3-2

## 第4節 修繕工事への対応（参考）

### 4-1 共同溝付帯設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用するべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下（過去の故障・修繕履歴）、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保（施設の種別、規模、地域性）

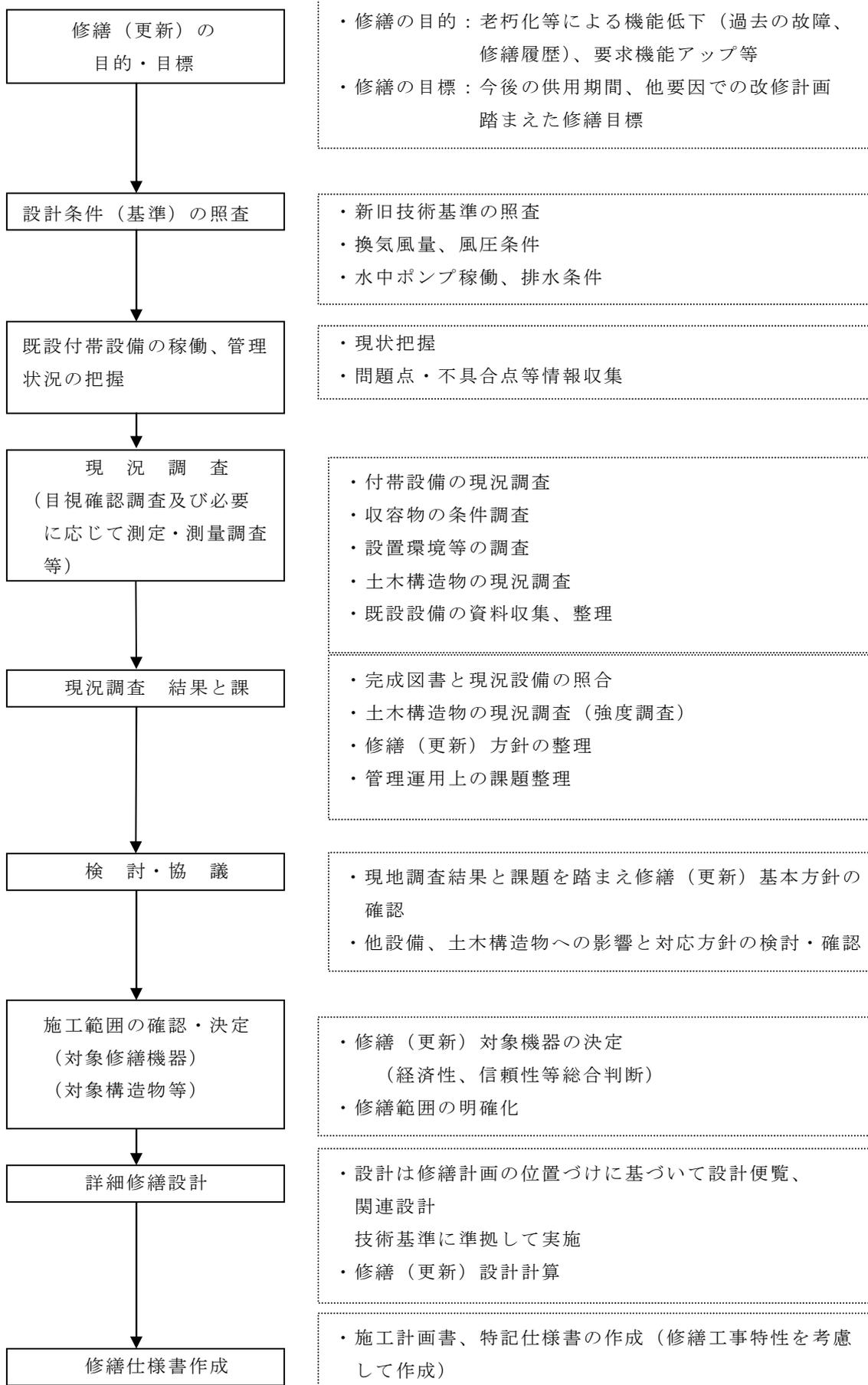
#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果（経済性）

（次頁に、共同溝付帯設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す）

## 共同溝付帯設備修繕（更新）時計画検討フロー図（参考）

共同溝付帯設備の修繕（更新）時の業務手順フロー例を示す。



## 第 8 章 植樹散水設備

## 第8章 植樹散水設備

### 第1節 一般事項

#### 1. 適用範囲（標準）

この設計便覧の適用範囲は、道路植樹散水設備のうち固定植樹散水設備に適用するものとする。

〔解 説〕

1. 本便覧では、植樹の維持管理に必要な灌水を合理的に行い、道路緑化の目的の維持・達成を図ることを目的として設計するものとする。
2. 関連諸法規等は以下のとおりである。

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
道路構造令の解説と運用	平成16年2月	国土交通省
道路管理施設等設計指針（案） 道路施設等設計要領（案）	平成15年7月	（社）日本建設機械化協会
労働安全衛生規則	平成24年1月	厚生労働省
日本工業規格（JIS）	加除式	（財）日本規格協会
電気規格調査会標準規格（JEC）	加除式	（社）電気学会
日本電機工業会規格（JEM）	加除式	（社）日本電気工業界
電気設備に関する技術基準を定める省令	平成23年3月	経済産業省
内線規定	平成17年9月	日本電気協会
日本水道協会規格	加除式	JWWA
日本水道鋼管協会規格	平成23年10月	WSP
河川法、条例その他関係法例及び規則等	平成23年12月	
道路構造令（国土交通省）	平成23年12月	

#### 3. 用語の定義

この便覧において掲げる用語は、次の各号に定めるとおりとする。

- (1) 植樹散水装置：道路緑化を目的とした植樹帯、環境施設帯及び街路樹の維持管理のための灌水を行う設備のうち、固定設備として設置したものをいう。
- (2) 散水強度：1時間当りの散水量（L/h）を散水面積（㎡）で除した値。  
単位はmm/h。
- (3) 間断日数：1回の散水翌日から次の散水開始日までの日数。  
（1回の灌水から次の灌水を行う間の日数）
- (4) 散水装置：植樹散水装置のうち、取水装置を除いた送水管以降の装置をいう。
- (5) 取水装置：植樹散水装置のうち、水源から送水ポンプまでの設備をいう。
- (6) 受水槽：取水装置のうち、公共用水道、取水用揚水ポンプ等から受水する目的で設けた貯水槽をいう。
- (7) 集水槽：取水装置のうち、路面排水、河川水等から受水する目的で設けた貯水槽をいう。
- (8) 送水ポンプ：散水装置への送水を目的としたポンプをいう。
- (9) 揚水ポンプ：水源から受水槽までの揚水を目的としたポンプをいう。

## 第2節 計 画

### 1. 計画、設計フロー（標準）



## 2. 計画の基本（標準）

植樹散水設備の計画にあたり、以下の条件に基づいて行うものとする。

- ① 散水量及び散水強度が適正であること。
- ② 交通、道路及び付帯構造物、沿道地域の居住環境に影響を及ぼさないこと。  
また、地域特性を調査・検討し、景観に充分考慮した設計をするものとする。
- ③ 使用水量が十分確保できること。
- ④ 耐久性及び経済性に優れていること。
- ⑤ 安全・確実な運転が行えるとともに、操作・取扱いが容易であること。  
また、新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮すること。
- ⑥ 維持管理のための点検整備が容易であること。

### 〔解説〕

1. 計画及び設計にあたっては、下記の事項を考慮し、各段階を進めていくものとする。

#### 1-1 景観設計

地域特性を調査・検討し、景観に十分配慮した設計を行っていくものとする。

#### 1-2 コスト・メンテナンス性

- 1) 新技術などの導入を検討し、総合的なコスト縮減を考慮する。
- 2) 各機器の設計においては、それぞれのライフサイクルを考慮すること。
- 3) メンテナンス性の向上・維持管理費の縮減を考慮すること。

#### 1-3 設備計画

植樹散水設備は、当初の目的を十分達成できるものであることはもちろんのこと、一般交通や沿道地域等に対する配慮について十分な検討が行われたものでなければならない。

そのためには、事前調査を行ない、対象地域の条件に合った計画を行う必要がある。

設備に影響を及ぼす主な要因としては、次のものが考えられる。

- (1) 樹木の種類と植栽密度
- (2) 散水を行う範囲
- (3) 土 質
- (4) 気 象
- (5) 道路及び植樹帯の構造
- (6) 沿道状況
- (7) 使用水源

### 第3節 植樹散水設備の検討（標準）

#### 1. 散水方法の選定

散水は、次のいずれかの方式を標準とし、植栽地の幅及び長さ・気象条件・道路及び周辺の居住環境を考慮して選定する。

1. 地上灌水：スプリンクラー、マイクロエミッター散水方式等
2. 地表灌水：スプリンクラー（ポップアップ式）、ドリップ方式、多孔管方式

#### 〔解説〕

道路に関連した植栽地は、インターチェンジ等の幅・長さがある程度備わったものと、道路両側・中央分離帯の植樹帯のように狭小な幅で長大な長さを備えるものがある。

1. スプリンクラー散水方式は、散水直径が大きく広い芝生などに適するが、狭小幅の植樹帯などでは車両・歩行者や沿道の居住環境に悪影響を及ぼす可能性がある。

マイクロエミッター散水方式は散水直径の小さい散水器を使用して低木の樹上あるいは高木の樹下に散水するもので、かなり広範囲の植栽地に適する。

最近ではスプレーポップアップ式が使用されている。

2. ドリップエミッター、ドリップチューブ方式は、高・低木の根元に点滴散水し灌水するもので、水滴が飛散しないため狭小幅の植樹帯に適する。
3. ドリップ方式は、地面下に給水し毛管作用により根群域を湿潤にし、灌水効果をあげる地下灌水暗渠方式にも用いられるものがある。

散水方式は、以上のような特性を有するので、当該植栽地の状況を考慮して選定を行うものとする。

下表に主な灌水方法の適用等を示すので参考とする。

灌水方法の代表的な適用（参考）

灌水方法	説明	代表的な適用
スプリンクラー	散水直径が大きく広い芝生などに適す。	芝生地
マイクロエミッター	散水直径の小さい散水器を使用し広範囲に適す。	低木の樹上 高木の樹下
ドリップエミッター	根元に点滴散水するもので水滴が飛散しないため狭小幅の所に適す。	高・低木の根元
ドリップチューブ	同上	高・低木の根元

主要灌水方法の得失（参考）

	地上灌水		地表 灌水
	手動	機械	
	手まき灌水 (ホース等)	スプリン クラー	
傾斜	適	適	適
風	不適	不適	〃
水量	小	中	中
均一性	〃	適	適
管理	大	小	小
大面積	不適	適	適
小面積	適	不適	〃
芝	〃	適	不適
低木	〃	〃	適
高中低木	中	中	中
高木	不適	〃	不適

2. 散水量の決定

散水量は、計画灌水量に散水に伴う各種の損失水量を適正に見込んで決定する。

〔解説〕

1. 計画灌水量（TRAM）は、理論的に算出されたもので、純灌水量とも呼ばれるが、実際の散水においては風向、地形、植生などによって空中・落下直後に蒸発したり、葉・枝などに付着してそのまま蒸発したりして有効土層に吸収されない水量損失が発生する。これを見込んだ量を散水量とする（散水量はまた、純灌水量に対する呼び方として粗灌水量ともいう）。

$$W_c = TRAM / \eta_i$$

ここに、 $W_c$  : 散水量（粗灌水量）mm

TRAM : 計画灌水量（純灌水量）mm

$\eta_i$  : かんがい効率

一般に、 $\eta_i$  はスプリンクラーで散水したとき 0.75～0.85 を示す。

散水量は散水場所、植物等によって異なるが、5mm/day とする例が多い。

【備考】TRAM の値は、次項の式で求める。

2. 全容易有効水分量（TRAM）は下式で算出する。

$$TRAM = (f_c - ML) \frac{D}{C_p}$$

ここに、 $f_c$  : 24 時間容水量（体積％）

ML : 生長障害水分点（体積％）

D : 制限土層の厚さ（mm）

$C_p$  : 制限土層の SMEP の値（％）

【備考】・ ML : 生長障害水分点（植物の正常な生育に支障の現れる土壌の水分量）

・ SMEP : 土壌水分消費型（soil moisture extraction pattern）

・ TRAM : 全容易有効水分量（total readily available moisture）

・ 1 回の計画灌水量は TRAM の値とする。

3. 散水量、散水強度、間断日数の決定方法の詳細は、道路管理施設等要領（案）参考資料 P221～による。

### 3. 散水強度の決定

散水強度は、植栽地の土質と傾斜度により定め、表流水となり表土を流出させてはならない。

〔解説〕

1. 土壌は、その特性から浸入速度が定まり、これを超過すると土壌中に水が浸透して行かず表流水となって地表を流れる。このため、土質別の許容散水強度があり、計画時はこれを超過しないようにする。  
但し、散水強度が小さすぎると散水時間が大となるので注意を要する。
2. 散水強度のおよその目安を求める参考値を下表に示す。  
この表は許容散水強度であるから、この値以下として計画されたい。

土 質	許容散水強度 (mm/h)
砂 質 土	18
壤 土	12
粘 質 土	5

平地の許容散水強度表（参考）

傾斜度 (%)	砂土	塩土	植土	クロボク
0～5	100	100	100	100
6～8	90	87	77	61
9～12	86	80	64	70
13～20	82	83	55	62
20以上	75	60	39	47

注：平地における許容散水強度を 100 とする。

傾斜による散水強度の補正值表（参考）

### 4. 間断日数の決定

間断日数は、土質と消費水分量から決定する。

〔解説〕

1. 間断日数は、1回の散水後、24時間容水量から生長阻害水分点までの土壌の水分量を日最大消費水量で除した値（少数以下切り捨て）として求められる。これを小さくすると、土壌水分が湿潤状態となり、いわゆる根腐れの原因となり、逆に大きくすると植栽のしおれなど悪影響を与える恐れがある（従来、「散水間隔」と称していたこともあるが、散水器具の間隔と紛らわしいので間断日数と称する）。したがって、適切な間断日数を選定すべきで、場合に応じ土壌水分計を設置して土壌の水分量を随時計測することが望ましい。
2. 間断日数の決定には、夏季に計画日消費水量が大きくなるこの夏季の値を用い、夏季以外の時期は間断日数を変更せず、散水時間によって調節する。夏季における TRAM・間断日数は、日消費水量  $e_n=5\text{mm}$  とすれば、
 

壤質砂土の場合	： TRAM=40 mm	間断日数 約 7 日
壤土・軽植土の場合	： TRAM=30 mm	間断日数 約 5 日

 程度となる。砂の含有量が多い場合は TRAM、間断日数を大、粘土の含有量が多い場合は TRAM を小、間断日数を小とした方が良い。

## 5. 設備能力の決定

植樹散水設備の能力は、散水量・散水強度・散水面積・間断日数から必要かつ十分な容量のものとする。

〔解説〕

1. 既に求めた $W_c$ ：散水量（mm）と、1個の散水器の支配面積（ $m^2$ ）から、1個の散水器の散水量（L/min）が求められる。これに、当該植樹帯に配置する散水器の個数を乗じて全体の必要水量（L/min）が得られる。設備能力は、この全体必要水量を基として計画を進める。
2. 計画設計例の詳細が道路管理等施設設計要領（案）参考資料 P231～にあるので参考とすること。

## 6. 使用水源の選定

使用水源の選定にあたっては、事前に現場条件等について十分な調査を行い、必要水量に対して余裕のある水量が安定して確保できるよう計画するものとする。

〔解説〕

散水設備に利用可能な水源としては、公共用水道、地下水、河川水、路面排水、その他が考えられる。

水源は、植栽帯が歩道横にあり、歩行者への水の飛散もあることから、水道水を使用している場合が多い。

選定にあたっては下記の留意事項について、十分な比較検討を行ったうえで選定するものとする。

### 1. 公共用水道水の利用

公共用水道には上水道と工業用水道があり、水の単価面では工業用水道が有利であるが、上水道に比べて供給区域が限定され、使用不可能な地域が多い。

水道は、水量の確保や維持管理上からも最も優れた水源であるが、特に上水道については地域の水事情より大きな影響を受けるので、条例や地元の申し合せ事項等を十分認識した上、計画する必要がある。

### 2. 地下水の利用

地下水を利用する場合は、揚水設備の設置及びその維持管理にかなりの経費を要するが、水量の確保の面では一般的に水道について安定度が高い。

しかし、地下水のくみ上げは地盤沈下や既設井戸の水枯れ、濁りなどの原因となることがあるので、公共用水道の場合と同様に地域の事情をよく認識のうえ計画する必要がある。

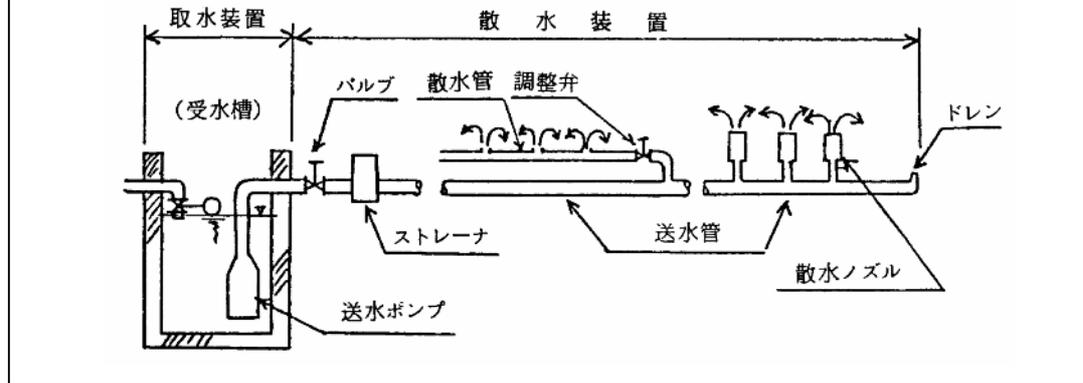
### 3. その他、河川水、路面排水、処理水があるが、植栽に影響しないよう水質調査を行う必要がある。

## 第4節 散水装置の設計（標準）

### 1. 設計一般

散水装置は、送水、散水部分及び調整装置等からなり、土質条件、植栽形式、植栽の規模、道路構造及び沿道状況等に応じて、植樹の灌水が効果的に行われるよう設計するものとする。

なお、散水装置として扱う範囲は次図のとおりとする。



#### 〔解説〕

ここで扱う散水装置とは、取水後地表面近くまで送水された水を樹木帯に散水するまでの施設をいう。

取水後は多くの場合バルブにより制水されており、このバルブ以降と考えてよい。

1. 散水装置を設計するうえで最も重要なことは、所定の範囲内に均等で効果的な散水ができ、かつ、一般交通及び沿道地域に対して適切な配慮が行われていることである。
2. 均等で効果的な散水を行うには、ノズルの選定及び取付間隔を適正に行うほか、各ノズルの噴水量が均一になるように配管方法を検討する必要がある、一般交通や沿道地域への配慮としては、風向き・風速に注意するとともに余剰水の排水等についても十分考慮しておくものとする。

また、地下灌水方式を採用する場合は、散水状況の確認や維持管理面に対する配慮も必要である。

3. 送水管は、散水装置のうち散水管が分岐する調整弁までの送水本管をいう。
4. 散水管は、送水管より分岐した調節弁以降の配管をいう。

### 2. 散水方式の選定

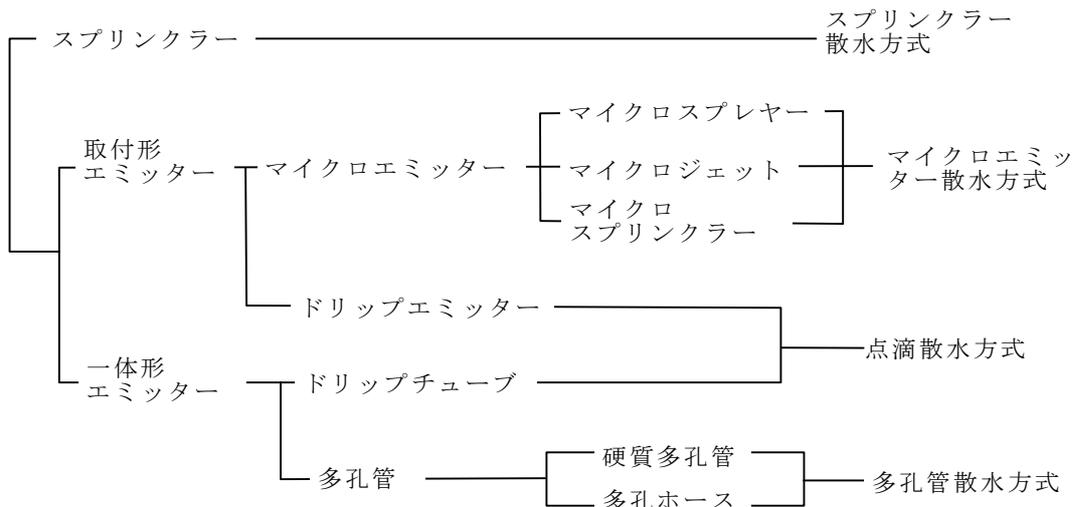
散水方式は、散水面積・植物の種類と高さ・気象条件・周囲の状況を考慮して選定する。

#### 〔解説〕

1. この指針で規定する散水設備は、高速道路下の緑地帯・中央分離帯に設けた植込あるいは緑地帯・街路樹・歩車道の境界あるいは官民境界に設けた緑地帯などの散水を対象としているので、おおむね散水範囲は幅が狭小、長さが長大である場合が多いので、通行車両や通行者などへの水の飛散を配慮する必要がある。また、冬季に散水を行う場合は飛散した水が路面凍結を起こさないようにも配慮する必要がある。

散水方式と散水器による分類を下図に示す。

散水方式・散水器の分類図



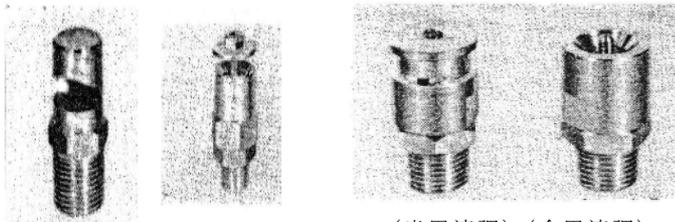
2. 散水器の構造・特徴は、道路管理施設等設計要領（案）P135～によること。

### 3. 散水器の選定

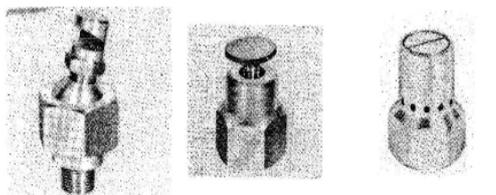
散水器は、選定した散水方法により適切な散水直径の器具を選定し、必要な散水面積を灌水するものとする。

#### 〔解説〕

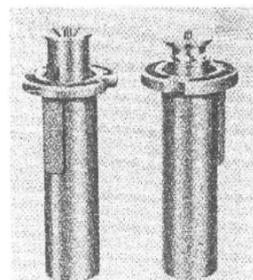
1. スプリンクラー、マイクロエミッター、ドリップエミッターは、口径・圧力によって散水直径と散水量が定まる。一般には、同一植栽地には同じ散水器を使用し、各種散水器を混在させず圧力は散水支管の調節弁によって均一に散水されるよう調節する。また、点滴散水の場合はホースが大量生産の市販品であるため、ホース長、圧力は規定値以内とし、ホースの本数により所定の散水面積を灌水するようにする。
2. 散水器の構造・特徴は、道路管理施設等設計要領（案）P135～及び参考資料 P242～によること。
3. スプリンクラーについてスプレーノズルの種類、散水方式、散水パターンを下図に示すので参考とする。



スプレーノズル (半 円)      スプレーノズル (全円、流調型)      (半円流調) (全円流調)      ホップアップスプレーノズル

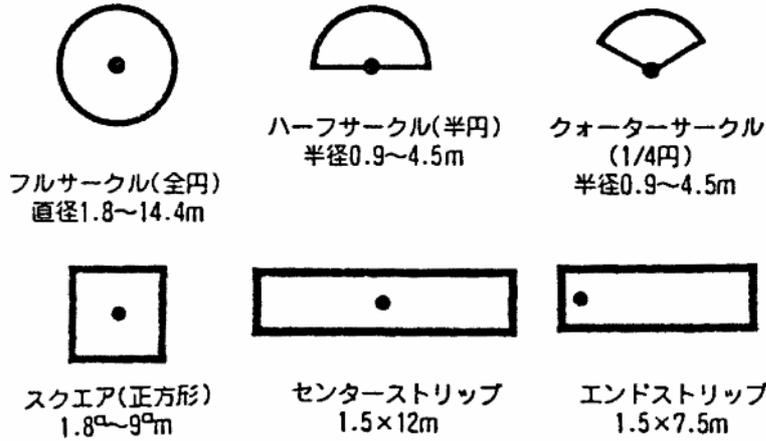


スプレーノズル [ 散布半径・噴射角調節型 ]      シュラップノズル (流量調節型)      ジェットイリゲータ



ホップアップスプレーノズル (地表埋設型)

スプレーノズルの種類(参考)



シュラブ型スプレーノズル散水方式 (参考)



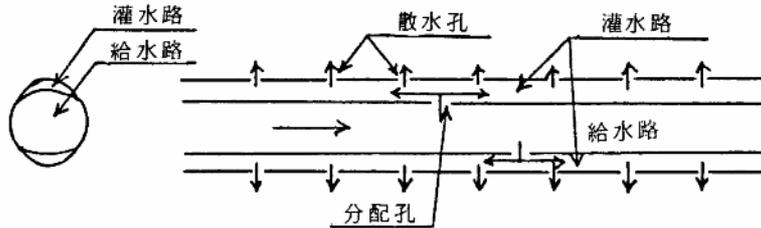
スプレーノズルの散水パターン図 (参考)

#### 4. 滴下形散水管 (トリクル法) について

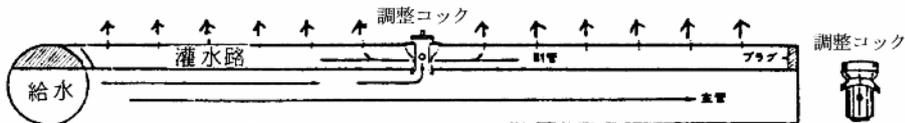
滴下散水法は、地表灌水及び地下灌水用として用いられるが、その方法には、散水管に孔をあけてただけの単純なものから、圧力・流量等の調整機能を含めた特殊タイプのものまである。

使用水压は一般に 50kPa (0.5 kg f/cm<sup>3</sup>) 以下のものが多く、硬質のものからフレキシブルなものまであり、高木の根回り等部分灌水にも適している。

(例 1)



(例 2)



滴下形散水管の方式例 (参考)

#### 4. 配管の設計

配管は、敷設方法・送水量・水圧・管内流速等の条件から耐久性及び経済性を考慮して管種を決定する。

##### 〔解説〕

1. 送水管は、地形と植栽地周囲の状況から敷設方法が定まるが、一般的には埋設配管となる。そのため、送水管外面の腐蝕に対しては十分な注意が必要である。また、中央分離帯などでは道路の横断を必要とするので、強度的な検討を行わなければならない。

2. ポンプ設備から各散水支管へ水を供給する配管を「送水管」、送水管から分岐して散水器に至る配管を「散水支管」という。

送水管、散水支管の設計施工に当たって考慮する事項として、

(1) ウォータハンマー、エアハンマーによる過渡的な圧力変動に十分注意し、必要箇所には空気弁、コンクリート配管支台等を備えるものとする。

送水管、散水支管の特殊性として、散水している時間より休止している時間が圧倒的に多いため、ポンプが始動するとき送水管中に空気溜まりが存在する可能性が極めて大きい。このため、ウォータハンマー、エアハンマーによる事故が発生しやすいので留意する必要がある。

(2) フィルターは、原則としてポンプ設備直後の送水管と、散水支管へ分岐する分岐点直後に設ける。

3. 管種は使用条件に適した材質とする。

送水管は一般に鋼管、散水支管は硬質塩化ビニル管が多く使用される。

公共用水道水の場合、硬質塩化ビニル管（VP、HIVP）が埋設部等に多く使用されている。

鋼管を使用する場合は、発錆による目詰まりを防止するため、水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管（JWWAK116）または水道用ポリエチレン粉体ライニング鋼管（JWWAK132）等の樹脂ライニング鋼管を使用することが望ましい。

#### 5. 付属機器の設計

付属機器の設計は、水質、散水器の型式、流量、水圧等の条件に基づき仕様を決定するものとする。

##### 〔解説〕

付属機器は、散水支管、元弁、フィルター、調節弁、散水器取付け支柱（ライザー）、土壌水分測定器等からなる。

このうち、元弁は散水時に解放、常時は閉鎖しておく弁で、自動散水の場合は電磁弁が使用される。

元弁、ストレーナ、調節弁は市販の量水器ボックスなどに収納し、地下式あるいは半地下式とすると操作及び管理上便利である。

## 第5節 取水装置の設計（標準）

### 1. 設計一般

取水装置の構造は、使用水源及び散水装置により異なるが、所要の水量及び水圧が確保できるよう設計するものとする。

#### 〔解説〕

取水装置の構造は、使用水量及び散水装置の必要水圧により、一般的には次のように分類できる。

#### 公共用水道使用の場合

通常の場合：水道管 → 調圧弁 → 送水管

加圧を要する場合等：水道管 → 受水槽 → 送水ポンプ → 送水管

#### 河川水使用の場合

直接取水する場合：（取水）→ 受水槽 → 送水ポンプ → 送水管

伏流水を取水する場合：伏流水井戸 → 揚水（送水）ポンプ → 送水管

#### 地下水使用の場合

地下水を取水する場合：取水井戸 → 揚水（送水）ポンプ → 送水管

したがって、これらの設計にあたっては、貯水能力と使用水量、必要水圧等を十分検討し、維持管理及び経済性を考慮のうえ行うことが必要である。

### 2. 受水（集水）槽の設計

受水（集水）槽は、流入量を考慮のうえ使用水量に対して十分な容量を確保できるとともに、塵芥等の処理や河川・道路等の構造物との関連について十分考慮した設計にするものとする。

#### 〔解説〕

受水（集水）槽の容量決定は、使用水量（ポンプ送水量）と流入水量によって決まる。水槽の容量は、本編第4章 消融雪設備によるものとする。

### 3. 取水井戸の設計

取水井戸の構造は、水源地点必要取水量、取水帯水層の深さ、地下地質等を十分勘案して決定するものとする

#### 〔解説〕

井戸の設計は散水規模に応じた必要水量が安定して得られることが必要である。井戸水源、地下地質等の調査が必要である。

取水井戸の設計は、本編第4章 消融雪設備によるものとする。

## 第6節 ポンプ設備（標準）

### 1. ポンプ形式

散水設備に用いる取水及び送水のポンプ形式は、水中モータポンプまたは送水に受水槽付ポンプユニット等を原則とする。

〔解説〕

1. 植樹散水設備に用いる取水及び送水ポンプの形式は、吐出量（散水量）、水質、運転操作方式及び維持管理の方法などを勘案して選択するが、景観への影響が少なく、据付面積の小規模、取扱の容易さから水中モータポンプを原則として使用する。
2. 取水には深井戸用水中モータポンプ及び取水、送水には設備排水用水中モータポンプなどを用いるが、それぞれの水源や現場条件、要求仕様への合致及び保守点検・整備の容易化を考慮の上、選択する必要がある。
3. 送水に受水槽付ポンプユニットの採用はユニットの地上設置となり、特に景観などへの直接影響がないかを考慮して選択する必要がある。
4. 散水の水源は、植樹環境、維持管理及び経済性などの比較検討の上、河川水、雨水貯留水や下水処理水及び工業用水、水道水、井戸水などから選択する必要がある。
5. ポンプ形式の詳細は、道路管理施設等設計要領（案）によること。

### 2. ポンプ諸元

ポンプの諸元は、次の各号の条件に基づいて計画するものとする。

1. ポンプの計画吐出量は、同時散水する散水器グループの最大散水量とする。
2. 計画全揚程は、実揚程と散水器などの必要圧力及び配管、弁などの損失水頭を加えて求めた値とする。
3. ポンプ台数は、原則として1台とする。

〔解説〕

1. ポンプの諸元は、ポンプ1台当たりの計画吐出量と計画全揚程から定まり、ポンプの形式及び口径などを選択する上での基本条件となる。
2. 植樹散水は間断日数を置いて実施されるため、同時散水する散水器グループの最大散水量をポンプの計画吐出量とする。
3. 計画全揚程は、取水槽や受水槽のポンプ停止水位（LWL）と送水先水位もしくは散水器までの実差（実揚程 m）に、散水器の散水圧及び送水管、弁などから派生する各損失水頭を加えて求まる合計の揚程とする。
4. ポンプ台数は、運転目的より災害時の運転がないことから原則として1台とする。  
（予備機は設けない）
5. ポンプ諸元の設計計算は、道路管理施設等設計要領（案）P152～によること。

## 第7節 電源操作設備（標準）

### 1. 操作制御設備及び電源設備

操作制御設備及び電源設備は、植樹散水設備の規模、維持管理体制及び経済性を考慮して設備全体の信頼性を向上させたシステムを構築するものとする。

1. 受電は低圧受電とし、設備に対しては必要なる保護装置を設けるものとする。
2. 各設備が安全、確実に運転操作を行え、取扱容易で耐久性、経済性に優れている。

#### 〔解説〕

受電設備の設計に当っては、受電容量及び設備容量が適切であり、さらに耐久性及び経済性に優れ、各設備を安全、確実に操作が行える信頼性の高いものとし、維持管理における点検整備も容易に行えるものとする。

1. 操作制御及び電源設備の機器選定、配置などは次の各項を考慮して定めるものとする。
  - (1) 安全性、信頼性、防湿性、耐久性及び経済性に優れかつ保守点検、管理の容易なものとする。
  - (2) 無人化とポンプの自動運転に適した機器とし、効率運用が可能なものとする。
  - (3) 操作制御及び電源盤は、水没しない場所と植樹環境を考慮した位置に設置するものとする。
  - (4) 操作制御及び電源盤内の機器は不燃性、難燃性とし、安全度の高いものとする。
  - (5) 水道などを水源とする場合で、電源をとりにくい場所でバルブ操作のみの場合は乾電池式またはソーラー電池式も用いられる。
2. 植樹散水設備の運転操作に必要な電力は、商用低圧電源を標準とするが、ポンプ運転を必要としない水道水などを水源とする場合で電源が取りにくい場所では乾電池式、ソーラー電池式方式もある。
3. 操作制御及び電源盤は、電源と操作の機能を共有する盤とし、盤面数は1面を原則とする。

盤の形態は、植樹環境を考慮した外観形状と塗装色の屋外自立形を原則とする。
4. 操作制御及び電源盤の盤面には操作スイッチ、盤内に電源及び制御機器などを収納したものとする。
5. 電源操作盤は、JIS、JEC、JEMなどの関係規格及び省令で定める技術基準を満足するものでなければならない。
  - (1) 操作制御及び電源盤の構造及び配線などは、JEM 1265などの該当する規格を適用する。
  - (2) 各種保護装置は保護協調及び絶縁協調を行い、機器の保護を行うものとする。
  - (3) ポンプ及び操作制御及び電源盤などは所定の接地を確実にを行い、絶縁抵抗、絶縁耐力を有するものとする。

### 2. 運転操作方式

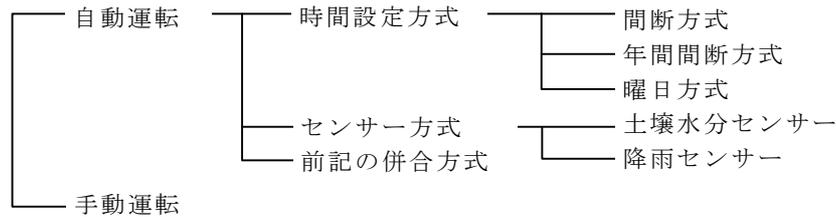
ポンプの運転操作は、自動運転を原則とし、関係する各設備の維持管理などの便を考慮し、手動運転も行えるものとする。

電源操作盤には、ポンプの運転と故障表示を行い、植樹景観を考慮した外観と位置に設置しなければならない。

#### 〔解説〕

運転操作は、散水の水源・環境、植樹の種類及び経済性、維持管理等を考慮して自動運転を行い、必要に応じて手動運転を行えるものとする。

1. ポンプの運転操作方式は一般的に次の方式が採用されている。



2. 自動運転にあってもポンプ設備及び操作制御設備及び電源設備などの維持管理を考慮し、手動運転が行えるように計画しなければならない。
3. ポンプ及び操作電源設備の各機器は、機械的異常と電氣的異常の検出が行える各種保護装置を設け、故障の拡大を防ぐ処置を講じることが必要である。

### 3. 操作盤及び電源盤

盤の外観は植樹環境の景観に即した形状と塗装色とし、違和感を与えないように考慮して決定する。

〔解説〕

1. 盤は鋼板製屋外形を標準とする。
2. 盤の塗装色は周辺の環境を考慮したものを検討するものとする。

### 4. 遠方監視装置（参考）

遠方監視装置は配電盤に組込むものとし、監視項目、伝送方式等を検討して決定する。

〔解説〕

1. 植樹散水設備は、広い範囲に分散して設置されることが多いため、維持管理の省力化のために必要に応じて遠方監視装置を検討するものとする。
2. 遠方監視制御盤等への信号の伝送を光ファイバーケーブルで行う場合は、接続機器等について「設計便覧 第4編 電気通信編」を参考に整合をはかること。

## 第8節 土壌の保水対策（参考）

### 1. 土壌の保水容量

水分の吸収はほとんど根から行われるので、土壌中の水量、水の状態が重要になってくる。

土壌水分を用水管理の面から分類すると、浸透水（余剰水）、有効水、無効水がある。浸透水（余剰水）は、降雨後、砂質土では数時間、粘質土では数日で地下に移動してしまう。この時に土壌中に残った水分が圃場含水量であり、圃場含水量の状態から土壌水分の減少が進むと植物がしおれ始める（初期萎凋点）。さらに減少が進むとしおれが回復しなくなる。この時が永久萎凋で、その水分を表すのが萎凋係数であり有効水と無効水の境界である。土壌水分の分類を図で示すと図8-8-1のようになり、植物が利用可能な水は有効の範囲内である。

なお、図中のPFとは、土壌水分の土壌粒子との結合力を表すもので結合力を水柱圧の対数を表したものである。

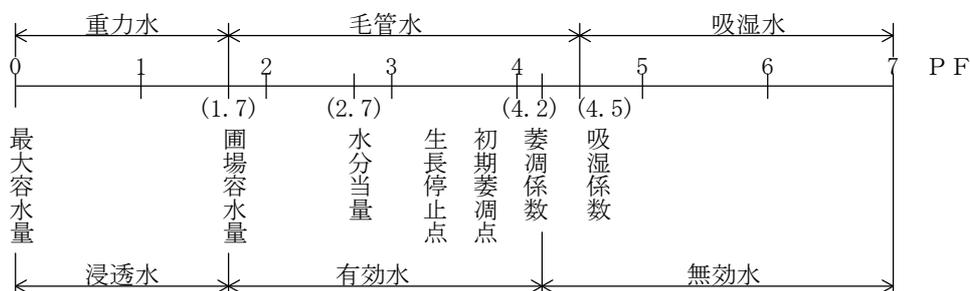


図8-8-1 土壌水分の種類とP F

したがって、灌水はこの有効水の範囲内で行うよう計画するものとする。

表8-8-1に参考として土質別、根帯深さ別の純用水量の概略値を示す。

表8-8-1 純用水量（有効水分量V）（土壌が必要とする純用水量）

土質	根帯深	圃場含水量	萎凋点保水量	利用可能水分（有効水分）	かんがい時利用可能水分保有率別施用純用水量(mm)	
	Cm	mm	パーセント mm	mm	67%	33%
砂質土	0.3	31.8	20% 6.4	25.4	8.4	17.0
	0.5	47.8	9.7	38.1	12.7	25.4
	0.6	63.5	12.7	50.8	16.8	33.8
	0.8	79.5	16.0	63.5	21.1	42.4
	0.9	95.3	19.1	76.2	33.5	50.8
	1.2	127.0	25.4	101.6	33.5	67.6
壤土	0.3	57.2	25% 14.2	42.6	14.5	28.7
	0.5	85.9	21.6	64.9	21.3	43.2
	0.6	114.3	28.4	85.3	28.2	57.4
	0.8	142.7	35.5	106.9	35.3	71.6
	0.9	171.5	42.9	128.5	42.4	85.9
	1.2	228.6	57.2	171.5	56.6	114.8
粘質土	0.3	93.2	35% 32.5	60.7	20.1	40.4
	0.5	139.7	48.8	90.9	30.0	60.5
	0.6	186.4	65.0	121.4	40.1	82.6
	0.8	232.9	81.3	151.6	50.0	100.8
	0.9	279.4	97.5	182.1	59.9	121.2
	1.2	372.9	130.0	242.8	80.0	161.8

（注）上表中のかんがい時利用可能水分保有率は、概ね浅根性で好湿性樹木の場合 67%、深根性で乾燥に強い樹木の場合 33%を採用するものとする。

## 2. 土壌の保水性改善

保水性を改善する目的で木炭粉を容積単位で5~10%混合する研究報告がある。今後、木炭粉の商品開発等、今後の課題である。炭は、微細な孔を多く持っており、保水性、吸着性を増すばかりでなく、養分の持続と微生物の活性化、土壌の通気、透水性を高める効果がある

尚、10%以上の混入は逆にアルカリ度が強くなり、枯れることがあるので混入量には注意を要す。

## 3. 散水間隔決定上の留意事項

最大散水間隔は前項により定まるが、その範囲内において実際の散水間隔をどのように決定するかは、根帯深、土質、散水方法等を考慮のうえ決定するものとする。

特に表面散水では、1回当りの散水量を少くして散水間隔を短くすると、所要の深度まで浸透できないこともある。

図8-8-2は、灌水量と灌水効果の及ぶ深さについて調査した一例である。

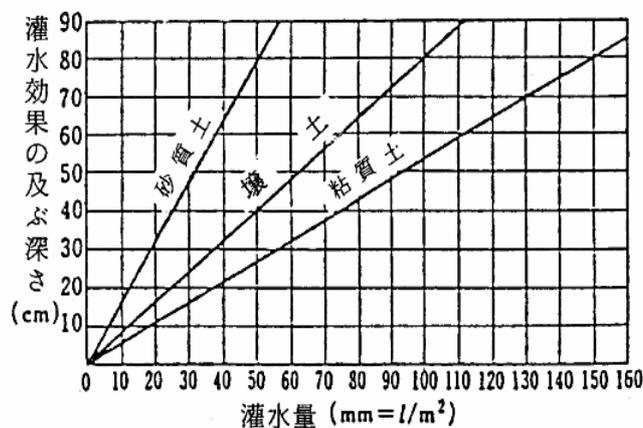


図8-8-2 灌水量と灌水効果の及ぶ深さ (参考)

また、樹木等の種類、散水可能な時間帯に注意して散水間隔を決定する必要がある。すなわち、夏季の日射の強い時間帯、冬季の凍結の恐れがある夕方から早朝の時間帯の散水は避ける等注意をする必要がある。