

揚排水ポンプ設備技術基準

平成26年3月

国土交通省

揚排水ポンプ設備技術基準

目 次

第1章 総則	1
第1節 目的	1
第2節 適用範囲	1
第3節 用語の定義	2
第2章 基本事項	6
第1節 基本条件	6
2.1.1 設備と施設の調和	6
2.1.2 ポンプ設備の基本条件	6
第2節 維持管理	7
2.2.1 維持管理の基本	7
2.2.2 点検・整備	8
2.2.3 修繕、更新、改造	8
第3節 危機管理	9
第4節 浸水対策	10
第5節 耐震対策	10
第6節 環境調和	11
第7節 安全管理	12
第8節 施工管理	13
第9節 新技術の導入	13
第3章 ポンプ設備の設計	14
第1節 設計の基本	14
第2節 ポンプ設備の基本性能	16
3.2.1 水位条件と必要揚程	16
3.2.2 設置台数の検討	16
3.2.3 監視操作制御方式	17
第3節 設備の信頼性、耐久性、経済性	19
3.3.1 設備の信頼性	19
3.3.2 設備の耐久性	22
3.3.3 設備の経済性	22
第4節 維持管理への対応	23
3.4.1 点検・整備作業への配慮	23
3.4.2 管理運転への対応	24
3.4.3 修繕、更新、改造等の設計	25
第5節 関連施設	27
3.5.1 関連施設とポンプ設備	27
3.5.2 機場本体	28
3.5.3 機场上屋	32
3.5.4 吐出水槽	34
第4章 主ポンプ設備	35
第1節 主ポンプ	35
4.1.1 主ポンプの基本設計	35
4.1.2 主ポンプ性能諸元	35

4.1.3	主ポンプ形式の決定	38
4.1.4	主ポンプの運転性能	41
4.1.5	主ポンプの構造及び材料	45
第2節	主配管	46
4.2.1	主配管の構造及び材料	46
4.2.2	主配管の口径	47
第3節	弁	48
4.3.1	弁の構造及び材料	48
4.3.2	弁の口径	49
第5章	主ポンプ駆動設備	51
第1節	主原動機	51
5.1.1	主原動機形式の決定	51
5.1.2	主原動機の出力	53
第2節	動力伝達装置	55
第6章	系統機器設備	57
第1節	系統機器の基本設計	57
第2節	燃料系統設備	58
第3節	冷却水系統設備	60
第4節	始動系統設備	61
第5節	満水系統設備	63
第6節	潤滑油系統設備	63
第7節	給排気系統設備	64
第7章	監視操作制御設備	65
第1節	揚排水機場の監視操作	65
7.1.1	一般事項	65
7.1.2	設備機器の運転操作方式	66
第2節	始動条件と保護装置	67
7.2.1	始動条件	67
7.2.2	保護装置	68
第3節	監視操作制御設備の設計	70
第8章	電源設備	73
第1節	揚排水機場の電源設備	73
第2節	受変電設備	74
第3節	自家発電設備	75
第4節	制御用電源設備	76
第9章	除塵設備	78
第1節	除塵設備の設置	78
第2節	除塵設備の設計	78
第10章	付属設備	81
第1節	付属設備	81

第1章 総則

第1節 目的

揚排水ポンプ設備技術基準（以下「本基準」という。）は、揚排水機場のポンプ設備の設計、施工、維持管理に必要な技術的事項を定めることにより、当該設備が備えるべき機能等の技術的水準を明確にすることを目的とする。

1. 基本事項

本基準は、「国土交通省河川砂防技術基準」に基づいて、揚排水機場のポンプ設備及び関連する揚排水機場の機場上屋、機場本体、付属施設の計画を行うに当たり、必要となる技術的事項として、設計、施工、維持管理について基本的な考え方を示したものである。

2. ポンプ設備機能等の技術的水準

揚排水機場のポンプ設備が備えるべき機能等の要素としては、揚排水能力のほか信頼性、経済性、操作性、維持管理の容易性、危機管理への対応、安全性、環境保全への適合性等がある。

本基準では、これらについて、現況施設の運用状況、技術導入の結果、諸課題への対応を踏まえて、今後求められる技術的水準に関する標準的な事項を示している。

第2節 適用範囲

本基準は、河川管理施設として設置される揚排水機場のポンプ設備（以下「ポンプ設備」という。）に適用する。

1. 基本事項

本基準は、揚排水機場のポンプ設備に関する技術的事項を定めたものであるが、ポンプ設備は関連施設と一体となって機能を発揮するものであり、揚排水ポンプ設備の機能等を確保するためには総合的な検討が必要となるため、関連施設についても必要な事項を示している。

2. 本基準の位置付け

本基準は、ポンプ設備技術の適用結果や、過去の実績に加え新技術、新素材の開発成果を踏まえ、現在の技術水準に照らして標準的な事項を定めたものである。したがって、より高度な技術水準を指向することや当該機場の特殊条件に適合させるために、本基準に定めた内容によらないことを妨げるものではない。

本基準における記述について、各事項における基本的な内容を枠書きとして示し、その内容を的確に理解するための補足的な説明を追記している。また、文末の表記について適用上の位置付けは表 1.1 のとおりである。

表 1.1 文末の字句と適用上の位置づけ

文末の字句	適用上の位置付け
…ある。 …いる。 …なる。	目的や概念、考え方を記述した事項。
…なければならない。 …ものとする。 …する。	技術的に明確であり、遵守すべき事項。

文末の字句	適用上の位置付け
…を標準とする。 …を基本とする。 …による。	周囲の条件等によって一律に規制することはできないが、特段の事情がない限り、記述に従い実施すべき事項。
…望ましい。 …努める。 必要に応じて…する。	周囲の条件等によって実施することがよい事項。
…ことができる。 …とよい。 この限りではない。	周囲の条件等によって特定の手法に限定すべきではない事項。 周囲の条件等によって限定的に実施できる技術等の例示。 具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。 適用範囲や実施効果について確定している段階でないが、周囲の条件等によっては導入することが可能な新技術等の例示。

3. 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。

第3節 用語の定義

本基準において、主な用語の定義は、次に定めるものとする。

(1) 揚排水機場

排水機能を持つ排水機場と揚水機能を持つ揚水機場の総称であり、ポンプ場と附属施設で構成する施設をいう。

(2) 排水機場

ポンプにより堤防を横断して内水又は河川水を排除するために設けられる施設をいう。

(3) 揚水機場

生活用水等の供給又は河川浄化等を目的として、ポンプによって河川水等を送水する施設をいう。

(4) ポンプ場

揚排水機場において、ポンプ設備、機場本体、機場上屋で構成される施設をいう。

(5) 附属施設

揚排水機場において、ポンプ場に直結して機能を発揮するための流入水路、吐出水槽、樋門、沈砂池、送水管等を総称していう。

(6) 関連施設

揚排水機場において、ポンプ場の機場上屋、機場本体及び附属施設を総称していう。

(7) ポンプ設備

ポンプ場に設置される監視操作制御設備、主ポンプ設備、主ポンプ駆動設備、系統機器設備、電源設備、除塵設備及び附属設備により構成される設備をいう。

(8) 主ポンプ

揚排水機場の揚排水機能を受け持つポンプであり、系統機器設備等に含まれるポンプと区別していう。

(9) 排水ポンプ

- 排水機場の排水機能をもつポンプをいう。
- (10) 揚水ポンプ
揚水機場の揚水機能をもつポンプをいう。
- (11) 陸上ポンプ
水中ポンプ以外のポンプをいう。
- (12) 水中ポンプ
ポンプ及びポンプ駆動部が没水する状態で使用するポンプをいう。
- (13) ポンプゲート
水中ポンプのうち、ゲート扉体に取り付けたポンプで排水する構造のポンプをいう。
- (14) 維持管理
ポンプ設備の所要の機能を適切に確保するための点検・整備、修繕、取替、更新及び運転操作をいう。
- (15) 危機管理
ポンプ設備の機能が発揮できないことによる被害発生を防止することをいう。
- (16) 管理運転
設備の作動確認、装置・機器内部の防錆やなじみの確保、運転操作の習熟等を目的に行う試運転をいう。

1. 揚排水機場の構成

本基準における揚排水機場を構成する施設と設備の関係を図 1.1 に、関連施設等の配置例を図 1.2 及び図 1.3 に示す。

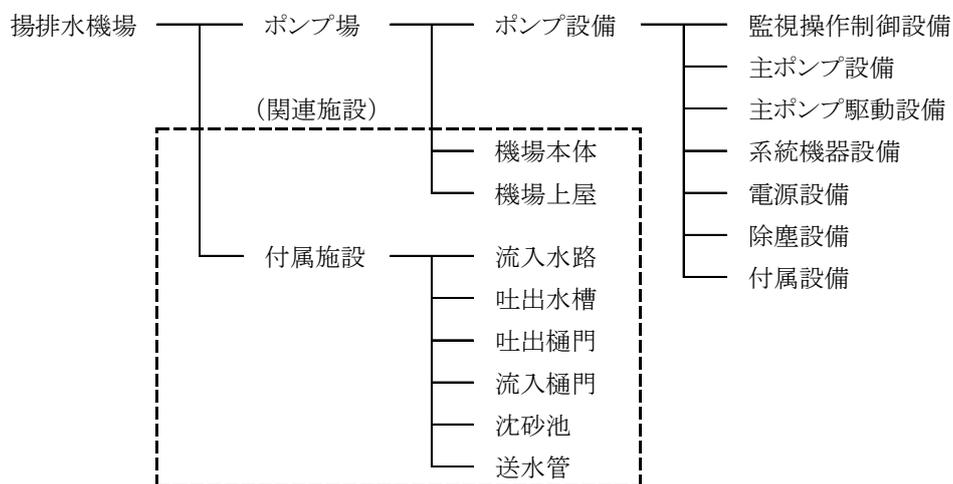


図 1.1 揚排水機場の構成

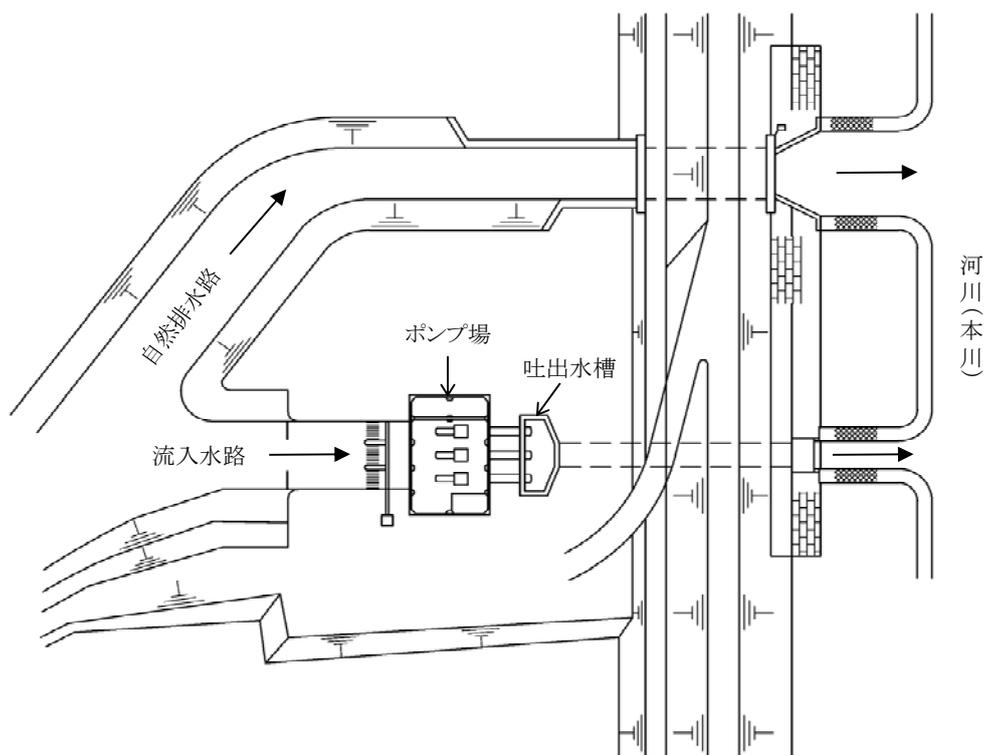


図 1.2 排水機場平面図(例)

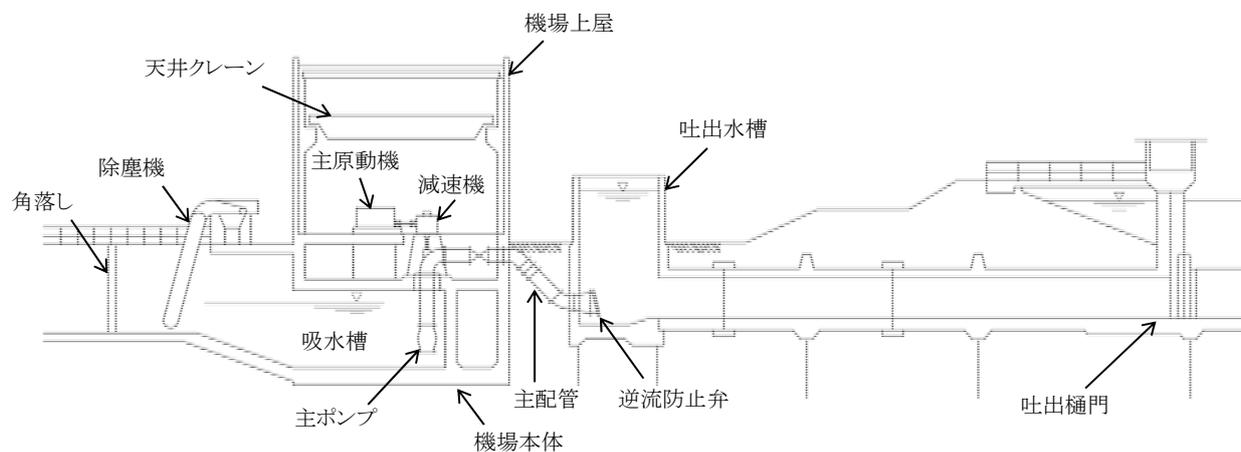


図 1.3 排水機場断面図(例)

2. ポンプ設備の構成

ポンプ設備について、陸上ポンプを主ポンプとした排水ポンプ設備の構成例を図1.4に示す。

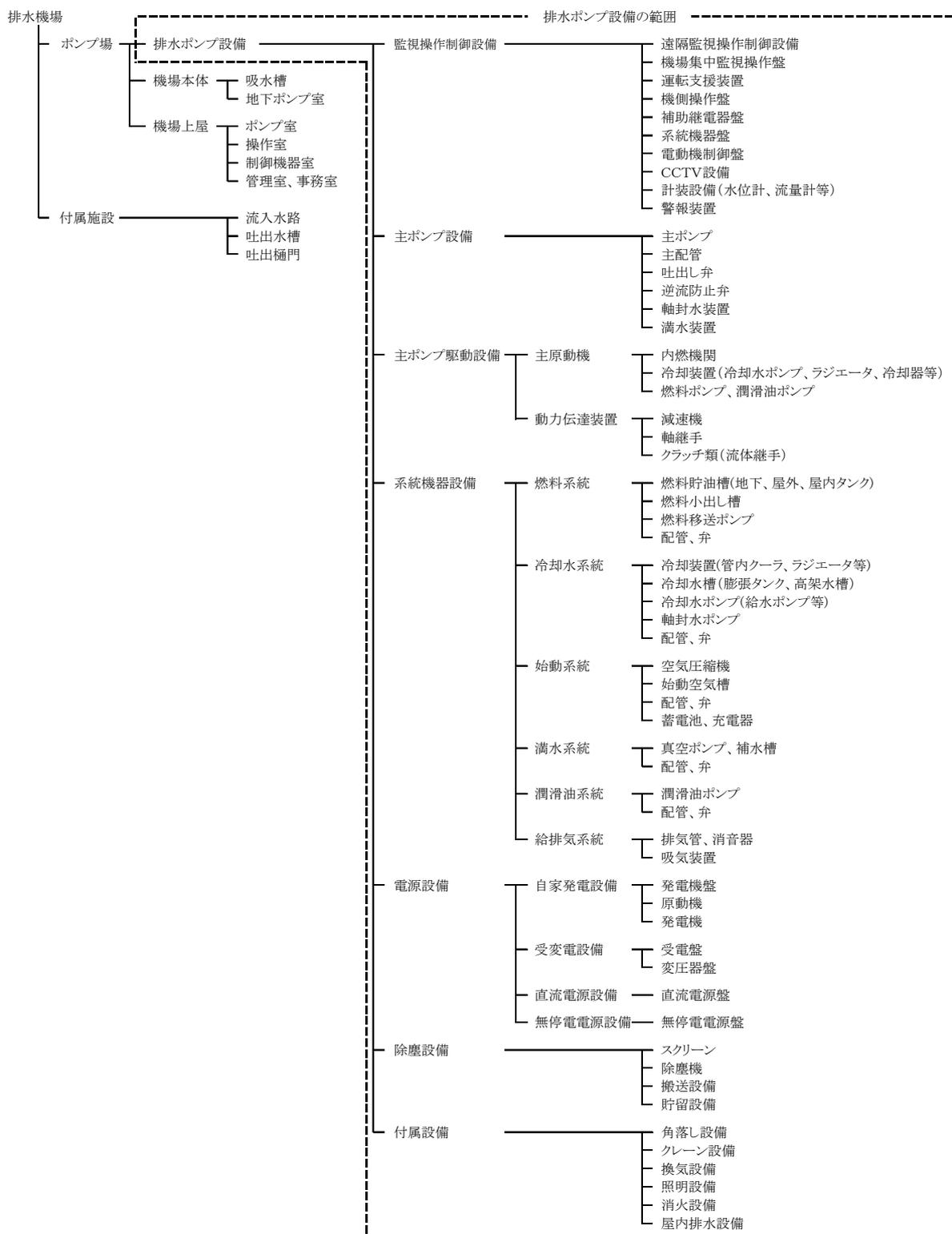


図 1.4 排水ポンプ設備の構成

第2章 基本事項

第1節 基本条件

2.1.1 設備と施設の調和

揚排水機場を構成するポンプ設備と機场上屋、機場本体、付属施設は、相互に調和して機能を発揮できるものとする。

揚排水機場は多くの設備、機器によって構成されるものであるため、これらは信頼性、耐久性等について相互に調和がとられたものとし、一部の設備、機器の不適合によって機場全体の機能が喪失あるいは阻害されることがないように設計しなければならない。

ポンプ設備は、機場本体、機场上屋、付属施設と一体となって所期の機能を発揮するとともに、揚排水機場として操作性に優れ、維持管理が容易でかつ経済的なものとする。

機場本体、機器基礎台等はポンプ設備の荷重に耐えるものとし、吸水槽及び吐出水槽は、ポンプ設備運転中に有害な水流の乱れや始動停止時に異常な水位変動等が生じないように、その形状を決定する。

機场上屋の構造、形状とポンプ設備の配列は、機器の寸法、維持管理スペース、クレーンの使用を検討して決定する。

2.1.2 ポンプ設備の基本条件

揚排水機場のポンプ設備は、機場の目的、特性、使用条件等に適合した機能、信頼性、耐久性及び経済性を備えたものとする。

1. 排水ポンプ設備の基本条件

- (1) 排水ポンプ設備は、洪水時における内水排除を目的とした非常用設備であるという観点から、確実な始動と排水運転が行われるものとする。
- (2) 排水ポンプ設備は、種々の内外水位の状態下で運転が行われる。このため、最低実揚程から最高実揚程の全運転範囲において、運転に支障のないポンプ特性を有したものとする。
- (3) 排水ポンプ設備は、停電等の外的要因に左右されずに排水運転を継続できる高い信頼性を有したものとする。

2. 揚水ポンプ設備の基本条件

- (1) 揚水ポンプ設備は、年間を通じ長時間運転を行う揚水を目的とした常用設備であるという観点から、耐久性、信頼性、経済性に優れたものとする。
- (2) 揚水ポンプ設備は、必要水量の変動に応じて円滑に追従する制御方式を採用する。
- (3) 揚水ポンプ設備は、常用設備であるため運転効率の高いものとし、運転動力の低減を図る。

第2節 維持管理

2.2.1 維持管理の基本

1. ポンプ設備は、常に正常な運転機能を長期にわたって保持するため、計画的に適切な維持管理を行う。
2. ポンプ設備の維持管理は、当該ポンプ設備の設置目的、機器等の特性、設置条件、稼働形態等を考慮して内容の最適化に努め、かつ効果的に予防保全と事後保全を使い分け、計画的に実施しなければならない。
3. 施設管理者は、適正な維持管理体制を確保しなければならない。
4. 維持管理に係る情報は、必要項目を整理、記録するとともに、当該内容の評価によって設備設計や維持管理に関する改善事項を抽出し、維持管理の計画、実施内容等に反映させる。

1. 計画的な維持管理

(1) 維持管理計画

ポンプ設備は、常に高い信頼性を保持する必要がある、定期的な点検・整備あるいは設備の状態に合わせた整備、修繕を適切に行う必要がある。具体的な維持管理の考え方、方法等については、設備ごとに維持管理計画としてまとめ、これに基づいた計画的な維持管理を行うものとする。

維持管理計画には、維持管理全般の基本方針と、長期にわたって年度別を実施すべきあるいは想定される点検・整備、修繕、更新等の内容を明記する。

維持管理計画は、「河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」(国土交通省)に基づきとりまとめる。

(2) 故障、機能低下等への対応

点検等により故障や機能低下等が発見された場合は、整備、修繕による速やかな機能回復、取替・更新、改造等を実施する。

点検結果だけでは設備の不具合の状況が判断できない場合や、設備の運用状況から対策が必要な場合は、専門技術者による設備診断を実施して評価、判断する。

設備診断は、「河川ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」(国土交通省)に基づき実施する。

2. 効果的・効率的な維持管理

効果的・効率的な維持管理として、全ての設備、機器等を画一的に維持管理するのではなく、当該ポンプ設備の設置目的(排水、揚水等)、社会への影響度、機器等の特性、設置条件、機能の適合性等を反映した最適な維持管理内容を適用することにより、設備の信頼性と経済性を確保する。

3. 維持管理体制

施設管理者は、操作、点検・整備等の円滑な実施体制を確保しなければならない。実施体制は、設備の特性を考慮した実作業への対応及び危機発生時の危機管理への対応を考慮したものとし、不具合を発見した場合に適切な対応ができるよう専門技術者による整備等の体制を確保する必要がある。

4. 維持管理に係る情報の蓄積と活用

施設管理者は、工事完成図書(修繕や整備工事を含む)、設備台帳、点検データ(状態監視保全に資する計測データを含む)、運転データ、整備工事等における計測データ、故障情報等を適

切に管理し、必要な情報をデータベースとして蓄積する。

維持管理に係る情報は、維持管理計画の見直しや維持管理実施内容の決定に活用する。

2.2.2 点検・整備

1. ポンプ設備の点検は、設置目的、構成機器及びその特性、設置条件、稼働形態等により適切に内容を定めて実施する。点検におけるデータ計測結果は、故障の把握と構成機器等の健全度評価に活用する。
2. 定常的な整備は点検に合わせて実施するとともに、主要機器の分解整備は、維持管理計画に基づき計画的に実施する。

1. 点検・整備の実施

ポンプ設備の点検・整備は、「揚排水機場点検・整備指針（案）」（国土交通省）に基づき実施する。

(1) 点検

排水ポンプ設備の定期点検（年点検・月点検）と臨時点検は、待機中に生じる故障あるいは故障を引き起こす亀裂、摩耗、腐食などの故障モードを発見し復旧することで、排水操作時に確実なポンプ運転を可能とし、運転時点検は、運転時の異常兆候を早期に発見する役割があり、各々の役割に適した点検内容とする。

揚水ポンプ設備は、常時運転しているため、定期点検は運転時点検による月点検及び運転時の点検だけでは実施できない没水部分の保全や、各種計測（絶縁抵抗値等）を含めた年点検を実施する。

(2) 整備

点検時に合わせて実施する清掃、調整、給油脂、修理、部品交換、補修塗装などの整備は、設備の故障率を低下させ、寿命を延伸させる重要な役割を果たす。しかし、主要機器の部品は不可視部分にあるものが多く（ポンプの羽根車、水中軸受、ケーシング内部の主軸、減速機内部の歯車や軸受、主原動機内部の機器等）、定期点検だけでは劣化を把握あるいは復旧できない場合があり、長期にわたる信頼性を確保できないため、分解整備を計画的に実施する必要がある。

2. 状態監視保全

機器の振動、温度、電流、絶縁抵抗などの計測値により、当該機器の健全度を把握する状態監視によって修繕や更新時期を決定する保全方式を「状態監視保全」といい、時間を定めて修繕や更新を行う「時間計画保全」に比べ、設備の延命化による経済性向上が期待できる。

不可視部分にある主要機器等の分解整備は経費が大きいいため、状態監視や専門技術者による健全度評価により実施時期の最適化を図ることが望ましい。

2.2.3 修繕、更新、改造

ポンプ設備の点検、診断の結果に基づき修繕、更新、改造が必要となった場合は、過去の運用結果及び今後の運用予測から必要な機能を整理して実施内容を決定する。

ポンプ設備の機能が低下し整備による機能保全が限界に達すると判断されるとき、あるいは機能の適合性（機能的・社会的耐用限界）に問題が生じている場合は、修繕、更新、改造等が必要

となる。

この場合、過去の施設運用の実績から、当初備えていた機能が不要になっている場合や、機能が不足している場合、あるいは今後の運用予測により必要となる機能がある場合において、設備の必要機能を見直して対策の実施内容を決定する必要がある。

第3節 危機管理

ポンプ設備の危機管理として、故障等により機能が発揮できないことによる被害発生の防止及び被害拡大の抑止のため、次の事項に基づいて危機管理対策を講ずる。

- (1) 設計面における危機管理として、危機発生時にも可能な限り機能が保持できる設備とする設計を行う。
- (2) 管理運用面における危機管理として、危機管理体制を明確化し、危機発生時の支援体制の確保、事前点検の実施と予備品の管理、ヒューマンエラー対策を行う。
- (3) 危機発生時には、被害発生の抑止のための機能復旧及び代替手段による機能補完を行う。

ポンプ設備の危機管理対策は、揚排水機場の設置目的（排水、揚水等）、社会への影響度等を鑑み、機場毎に検討する。

1. 設計面の危機管理対策

危機発生時にもできる限り機能を保持するため、故障しにくい設備、故障発見が容易な設備、復旧対応が容易な設備とするよう、設計段階において検討する。

設計面での危機管理対策の具体例を次に示す。なお、設備の信頼性を確保するための設計の基本事項は第3章第3節の3.3.1による。

(1) 故障の起こりにくい設備

主ポンプの台数分割や系統機器等における予備機の設置、機器構成の単純化、操作制御の簡素化を検討する。

(2) 故障を発見しやすい設備

故障表示がわかりやすく、点検が容易な構造、管理運転可能な設備を検討する。

(3) 復旧対応が容易な設備

分解、取替等の修繕作業の容易な構造、汎用部品、共通仕様機器の採用、代替手段の利用が容易な構造を検討する。

2. 管理運用面の危機管理対策

管理運用時の危機管理は、想定される危機に対して取るべき体制の明確化、応急復旧における技術者等の支援体制、事前点検や修理用の部品の確保のほかヒューマンエラーの防止対策がある。

対策の具体例を次に示す。

(1) 危機管理体制の明確化、緊急支援体制の確保

施設管理者は、点検・整備、操作、修繕に係る専門技術者とその役割分担を明確にし、必要な連絡及び危機発生時の機場操作支援等の体制を確保しておく。

(2) 管理運転点検と予備品の確保

管理運転点検等により故障及び故障の兆候を早期に発見し、必要な補修を実施する。また、故障が発生した場合の早期復旧を図るため、設備構成、過去の故障実績、調達に要する時間、保存性（品質保証期間の長短）等を勘案し、必要な工具等の準備及び計画的な予備品の管理に努める。

(3) ヒューマンエラー対策

ヒューマンエラーを回避するための対応として、操作員の訓練、作業環境の整備を行う。

3. 危機発生時の危機管理

危機発生時の初動対応、機能復旧等の応急復旧活動、代替手段による機能補完方法、操作員等の動員及び安全確保等についての危機管理行動計画の策定等、确实、迅速に対策活動ができるよう検討しておく。

(1) 応急復旧活動

初動対応として、故障状況や機能復旧の可能性を把握し、対応方法を決定する。

操作員による故障対応（機器の切替、部品交換等）や操作員では対応できない場合の専門業者への連絡、指示による修理を行う。

(2) 代替手段による機能補完

運転不能の原因機器、機能回復の緊急性、代替機器の有効性等により対策を決定する。

第4節 浸水対策

ポンプ設備を構成する機器のうち浸水により機能喪失のおそれのあるものについては、対象機器、機場本体、機場上屋等において浸水対策を講ずる。

1. 対策の検討

浸水対策には、次のとおり、機器の高所設置、構造物の水密化による浸水防止、水没しても機能を発揮する機器の選択等がある。

必要な耐水性能を確保するため、対象機器、構造物（機場本体、機場上屋）における対策を組み合わせて経済性、維持管理性、危機発生時の操作性等を総合的に検討し、合理的な対策を選択する。

なお、機器の機能のほか燃料供給や操作員の確保についても考慮し、設備設計に反映する。

設計面での浸水対策の検討項目を次に示す。

(1) 機器、配線の高所設置化

水に浸ることで機能に支障が生じる機器や部品等を、想定される水位以上の高所に設置する。

(2) 施設の水密構造化

高所設置が不可能な場合は、駆動機器、電気品等を想定される水位以上の高さをも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、壁や床の貫通孔等については適切な間詰対策を施す。また、電線管や空气管、排水管等からの浸水の廻り込みについても十分にチェックする。

(3) 防水型機器の採用

水没しても機能に支障のない防水型の機器等を選択する。機器本体のほか、取付計器やセンサについても防水対策を施す。

第5節 耐震対策

1. 揚排水機場のポンプ設備については、地震動による被害防止対策を講ずる。
2. 対策の対象とする地震動のレベルは、レベル1地震動及びレベル2地震動とする。

1. ポンプ設備の耐震設計

ポンプ設備の耐震設計は、万一の地震に対して致命的な損傷を防ぎ、仮に損傷により一時的な停止があっても復旧に時間を要しないものとする。耐震対策は、機器の保守・管理の容易さ、施工性等を考慮して行う。

設計面での耐震対策の検討項目を次に示す。

(1) 転倒、落下防止

機器に作用する地震力に対して十分な強度をもつ架台、基礎ボルトにより支持、固定する。

(2) 不同沈下等の変位対策

- 1) 独立した構造物、機器間に設ける配管等は、伸縮継手を設ける等により変位に対応できるようにする。

また、万一の損傷時においても復旧が容易となるように、屋外の小配管等は直埋設を避けてピット内配管とする。

- 2) 防振装置を介して設置する機器においては、地震時に水平あるいは鉛直方向へ振れ幅が過大とならないように耐震ストッパを設置する。

(3) 二次災害防止

- 1) 天井クレーン、旋回式傾斜コンベヤ等の移動する機器については、地震による逸走及び脱輪やそれに伴う落下のような重大事故に至らぬようにレールクランプを設けるなど、移動、落下しない構造とする。

- 2) 長距離の送水管に対しては、地震時の送水停止時のウォータハンマ等による管内水の噴出が生じないことを確認する。

- 3) 機场上屋等の関連施設が被災した場合に、落下物による設備の損傷等の二次災害のおそれがあるかどうか、事前に確認し必要な対策を行う。

2. 地震動レベル

ポンプ設備の耐震対策の対象とする地震動のレベルは、「河川構造物の耐震性能照査指針・解説－I. 共通編－」（国土交通省）の耐震性能照査に用いる地震動に準じて、レベル1地震動及びレベル2地震動とする。

ここで、レベル1地震動はポンプ設備の供用期間中に発生する確率が高い地震動、レベル2地震動は機場地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動である。

第6節 環境調和

揚排水機場のポンプ設備については、周辺環境との調和に配慮し、騒音、振動、排気等に関する環境対策を講ずる。

1. 周辺環境との調和

機場周辺地域の景観との調和については、除塵設備等屋外設置機器の色彩、樹木、塀等による遮蔽、排出塵芥の処理などについて配慮する。

ポンプ設備により発生する騒音、振動、排気等については、騒音規制法、振動規制法、大気汚染防止法等を遵守するとともに周辺環境を十分把握して、自然環境、地球環境の視点から必要な対策を講ずる。

2. 騒音・振動対策

騒音・振動の主な発生源は、主原動機や主ポンプ等であり、これらの機器の低騒音、低振動化に努めるとともに、機場の位置や設備機器の配置、さらに機場本体、機场上屋構造もあわせた総合的な騒音・振動対策を検討する。

3. 排出ガス対策

ポンプ設備のポンプ駆動用及び自家発電設備の内燃機関から発生する排出ガスに含まれる大気汚染物質の種類、量と周辺環境を十分把握し、排気装置や燃料の選択等、適切な方法で低減、拡散防止等の対策に努める。

第7節 安全管理

1. ポンプ設備の運転や維持管理において、操作員、点検員及び地域住民のために設備等の安全対策を講ずる。
2. ポンプ設備の工事又は点検・整備業務においては、作業の安全管理として危険防止の措置を講ずる。

1. 設備の安全対策

設備の運転や維持管理における安全確保のため、ポンプ設備の設計段階における配慮事項の例を次に示す。

(1) 操作員、点検員への配慮

1) 機械による事故防止

回転部や高温部の安全カバーや色彩による警告等により管理作業の安全を図る。

2) 電気による事故防止

監視操作制御設備、電源設備等の充電部分で、操作員、点検員が維持管理作業中に接触又は接近することにより感電の危険を生ずるおそれのあるものは、感電を防止するために、視覚による警告を含めた注意喚起や、接触を回避するための囲い又は絶縁覆いを設ける。

3) 墜落事故の防止

防護柵や点検台、開口部の蓋、安全帯を確実に取付けるための設備を設ける。

4) 作業環境

夜間作業を前提とした照明設備、段差や突起物の解消又は防護カバー、注意喚起の表示を設ける。

(2) 地域住民への配慮

1) 転落防止

機場周辺の水路等への転落防止のための防護柵を設ける。

2) 進入防止

関係者以外の者が誤って機場敷地内に侵入しないよう、必要に応じてフェンスを設けるとともに、立入禁止の表示を行う。

3) 監視設備等

運転時に機場内外の安全を確認するための安全管理施設（監視設備、警報装置）の設置を考慮する。

2. 設備工事、点検・整備の安全管理

ポンプ設備の工事等の実施に当たっては、労働災害と公衆災害について、「機械工事共通仕様

書」(国土交通省)、「機械設備点検・整備共通仕様書(案)」(国土交通省)に準拠して災害の防止を図る。

(1) 労働災害の防止

災害の主な要因としては、重量物の運搬、狭所作業、開口部付近の作業、高所作業や飛来落下、機械との接触、感電、有毒ガス又は酸欠等があり、それぞれの内容に応じた対策を講ずる。

また、作業時の騒音、振動の軽減等、作業環境改善に努める。

(2) 公衆災害の防止

災害の主な要因としては、工事現場への車両の出入り、周辺道路における大型機材の運搬(クレーンを含む)、作業時の騒音、振動等があり、それぞれの内容に応じた対策を講ずる。

第8節 施工管理

ポンプ設備の製作、据付に当たっては、出来形、品質等を確保するための施工管理を実施する。

1. 施工管理基準

ポンプ設備の施工に当たっては、品質及び性能を確保するため、別に定める「機械工事施工管理基準(案)」(国土交通省)をはじめ関連する諸規格に従い、各機器の工程、出来高、品質管理等の施工管理を行う。

2. 検査、試験

ポンプ設備は、長期間使用が前提であり、必要な時に確実に稼働する必要がある。

このため、材料、機器等の品質管理はもとより、施工時の各段階において品質等の検査を実施し、機能の確保、信頼性向上を図るものとする。

また、工場製作完了時には性能検査、据付完了時には総合検査を実施し、所期の機能を発揮することを確認する。

3. 試験データの記録、管理

ポンプ設備の製作、据付時の試験データは、将来の設備診断に有効なことから、維持管理において活用する初期データとして施設管理者が管理する。

第9節 新技術の導入

ポンプ設備の設計、施工、維持管理においては、新技術・新材料等を必要に応じて採用する。

技術は日々進歩するものであり、本基準に示されていない新しい技術や現場の経験等により優れた手法が開発されることが予想される。

また揚排水機場の計画自体も社会情勢や環境条件等種々の必要性から今後多様化していくことが考えられる。

したがって、本基準は新たに開発された素材、製品、ソフト技術や異分野の維持管理技術等に揚排水ポンプ設備の信頼性や経済性の向上に有効なものが認められた場合は、その導入を防げるものではない。

ただし、これらの採用に当たっては技術動向の調査、フィールドテスト等種々の観点からその効果の総合評価を十分行った上で導入を図る必要がある。

第3章 ポンプ設備の設計

第1節 設計の基本

ポンプ設備は、設備の基本条件を満足するよう、次の事項に基づいて設計する。

- (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、管理体制に対応する監視操作方式を選定する。
- (4) 信頼性、耐久性、経済性を備えたものとする。
- (5) 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。
- (6) 関連施設と調和したものとする。

1. 揚排水機場の設計手順

本節では、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、機场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関連施設を含めた総合的な検討が必要である。

ポンプ設備の設計手順の例を図3.1に示す。

2. 設備設計の基本事項

(1) 排水ポンプ設備設計の基本事項

排水ポンプ設備は、ポンプの運転頻度は低いが、一旦運転が必要となった際には確実に始動し、排水運転を行わなければならないので、高い信頼性と使い易さが要求されることから、次の基本事項に留意して設計する。

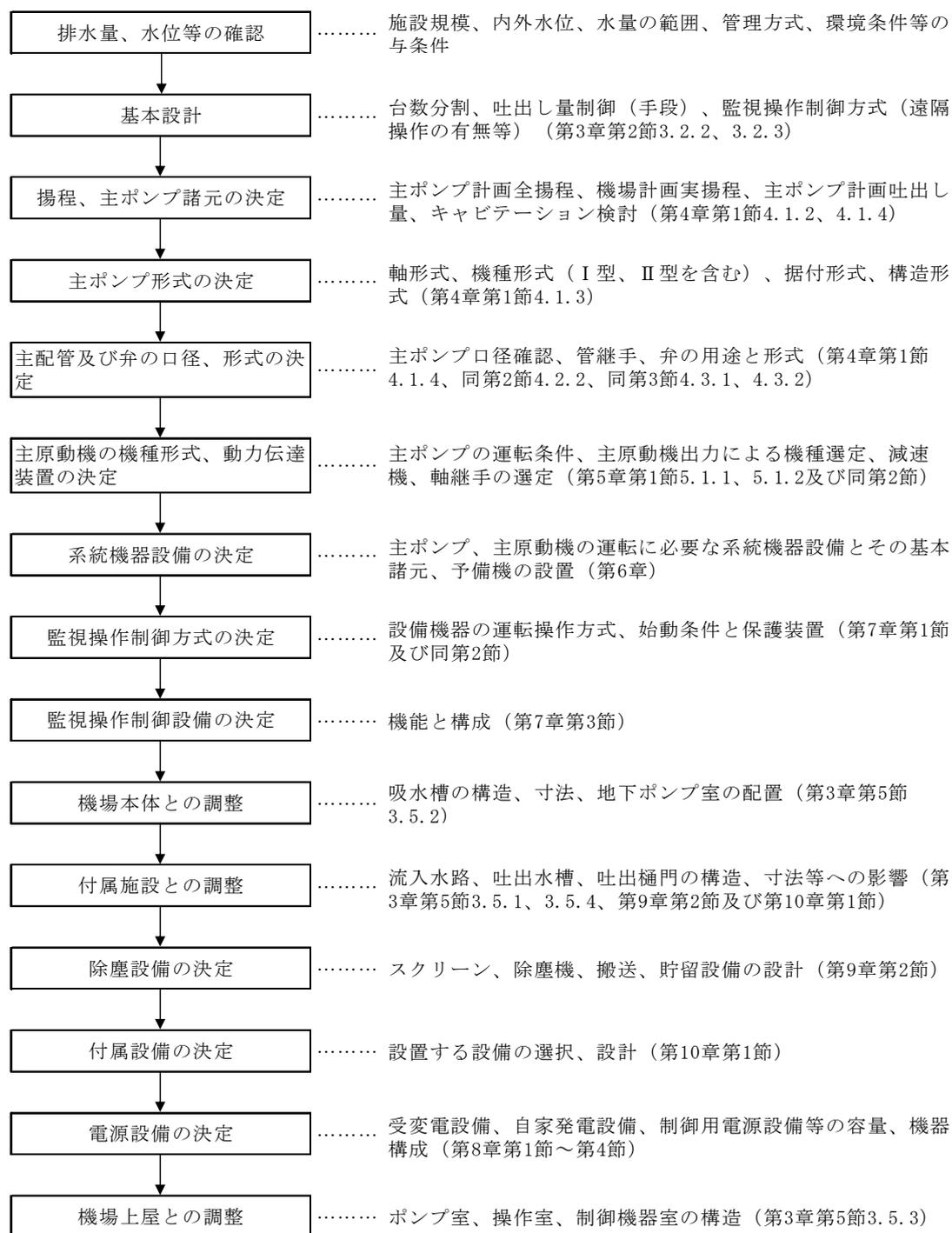
- 1) 運転開始時においては遅滞なく、確実な始動性が確保されること。
- 2) 低頻度運転に対応し、操作員等の習熟度に配慮した取扱いの容易な、操作性に優れた設備であるとともに、維持管理を確実にを行うために管理運転が可能な設備として信頼性を確保すること。
- 3) 内外水位の変動に対して確実に運転できるようにすること。設計実揚程の他に予想される最低実揚程を含めたキャビテーションの検討等を行うこと。
- 4) 非常用設備として、停電等の外的要因に影響されることなく機能を発揮できる機器構成とすること。
- 5) 出水時における流域からの粗大流下物流入の可能性に対して設備の機能を保護できるように、適切な除塵設備を設置すること。

(2) 揚水ポンプ設備設計の基本事項

揚水ポンプ設備には、取水用、導水用及び浄化施設用がある。これらのポンプ設備は、ほぼ年間を通じて運転され、揚水量は時間変動や季節変動への追従が必要なため、次の基本事項に留意して設計する。

- 1) 高頻度、長時間運転に対応した信頼性の高い機器構成であるとともに、長期連続運転に伴う振動、騒音、大気汚染等の周辺環境への影響要素も十分配慮すること。
- 2) 揚水量変動に対してスムーズに、かつ効率よく追従できること。
- 3) 長時間にわたる運転にも対応した、高い運転効率が確保できること。
- 4) 送水管路が長い場合や実揚程が高い場合及び送水管路の縦断形状によっては、ポンプの急停

止時等の過渡的状態において水撃現象を生じ、ポンプや管路に損傷を与える場合があるので、適切な軽減対策や防止対策を講じて設備の保護を図ること。



注1. 設計においては検討結果を関連機器や施設にフィードバックして、設備と関連施設の基本設計内容を決定する。

注2. 機場の構成や目的により、設計手順や検討項目が異なる場合がある。

図 3.1 ポンプ設備の設計手順

第2節 ポンプ設備の基本性能

3.2.1 水位条件と必要揚程

ポンプ設備は、揚排水機場の水位条件によりポンプの計画揚程を決定し、必要な揚排水量を確保できるものとする。

1. 揚排水機場の水位条件

揚排水機場の計画水位条件は、一般的に機場計画における吸込側及び吐出側の河川等の水位で示される。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計画水位が変わる可能性のある場合、長期的な水位変動をあらかじめ見込むか、あるいは施設、設備構造で将来の対応が可能な設計とする必要がある。

ポンプの計画揚程を決定するための水位は、ポンプの吸込水位及び吐出し水位であり、機場計画の河川等の水位に除塵設備のスクリーンや樋門等の損失水頭を加えたものとなる。

2. 必要揚程の決定

揚排水機場は河川の流水を扱うため、機場地点の吸込側水位、吐出し側水位の変化により、ポンプの必要揚程（ポンプ入口と出口の水位差）の変動がある。一方、揚排水機場に使用されるポンプはターボポンプであり、揚程により吐出し量が大きく変化する。したがって、ポンプの設計においては実運転と管理運転の水位条件において支障なく運転できるとともに、必要な揚排水量を確保するための最適なポンプの計画揚程を設定する必要がある。

(1) 排水機場

排水機場の施設規模（排水量）は計画対象の洪水において、運転開始から停止まで一定の計画排水量で排水した場合に内水が許容湛水位を超えない条件で設定される。

ポンプの計画揚程を機場の水位条件における最高揚程（最高外水位と最低内水位の差）とすれば、全運転範囲で計画吐出し量を確保できる。しかし、揚程が低い運転範囲では計画以上の吐出し量となり設備として不経済なため、計画内外水位に基づく内水排除チェック計算を行う等により必要排水量を確保できるポンプ揚程を設定し合理的な設備とする。

ポンプ計画揚程の設定方法は第4章第1節の4.1.2による。

(2) 揚水機場

揚水機場は、必要揚水量が大きく変動する場合が多く、ポンプ揚程は送水管の損失水頭の影響が大きいという特徴がある。

したがって、揚水機場のポンプの計画揚程はポンプ全台数運転により計画最大水量を送水する場合の水位条件に損失水頭を加えた揚程とする。

3.2.2 設置台数の検討

1. 揚排水ポンプの設置台数は、排水機場における洪水時の出水変動、揚水機場の必要揚水量の変動に対応するとともに、維持管理性、信頼性、関連施設、用地等を含めた経済性により決定する。

排水機場のポンプについては、危険分散のため2台以上とする。

2. 揚排水機場の必要揚水量の変動に対してポンプ運転台数で対応できない場合は、ポンプ単体の吐出し量制御を組み合わせ対応する。

1. ポンプ容量と経済性

ポンプ容量は、計画排水量とポンプ台数で決定する。同じポンプ形式であれば吐出し量を大きくして設置台数を減らした方が機場本体や上屋の建設費、設備の点検・整備費も含めコスト面では有利になる。

ただし、立軸ポンプは横軸ポンプに比べて製作コストが高くなるため、設置台数の経済性検討は同じ軸形式において検討する。また、ポンプと組み合わせる原動機等の機器についても市場性の高いものを採用することでコスト面、維持管理面で有利となる要因がある。

陸上ポンプの設置台数の目安を表 3.1 に示す。

表 3.1 ポンプ設置台数の目安(陸上ポンプ)

計画排水量	設置台数
30m ³ /s 以下	2～4 台
30m ³ /s 超～100m ³ /s	3～5 台
100m ³ /s 超～200m ³ /s	4～6 台
200m ³ /s 超～300m ³ /s	5～7 台
300m ³ /s 超	6～10 台

2. 予備機の有無

排水ポンプ設備においては、維持管理の充実による信頼性の確保を前提に、主ポンプには予備機を設置しないことを標準とする。

そのため、ポンプ設置台数が少ない場合は、ポンプ 1 台の故障による排水量の減少割合が大きくなるため、排水の信頼性確保の観点からは設置台数が多いほうが有利となる。

揚水ポンプ設備においても一般的には予備機は設けないが、長期間連続運転する機場等で故障や定期整備時の対応が必要な場合等は予備機の設置を検討する。

3. 揚排水量の変化への対応

ポンプの仕様、形式は、維持管理面から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、基本的には運転台数制御を検討して最小流量時の運転に対応できるよう 1 台当たりの吐出し量を決定する。流量変動が大きい場合はポンプ台数が多い方が対応しやすい。

なお、揚排水量の変動が大きく同一ポンプの台数割で対応できない場合は容量の異なるポンプを組み合わせる。

ポンプの運転台数制御による流量制御では不十分な場合は、機場毎に流量制御範囲や揚程範囲、操作性、経済性（設備費、維持管理費）等を考慮して、回転速度制御、羽根角度制御及び吐出し弁制御等の制御方式を決定する。

3.2.3 監視操作制御方式

揚排水機場におけるポンプ設備の監視操作制御方式は、機場の目的、規模、運用方法、設備の保全、運転等の維持管理体制により、監視操作の場所及び操作方式を決定する。

1. 揚排水機場の操作場所、操作方式の区分

揚排水機場の監視操作方式は、操作場所と操作方式により次のとおり区分する。

(1) 操作場所の区分

操作場所による区分は、操作盤の設置位置により次のとおりとする。

- ① 機側操作：操作対象機器の側（機器が見える位置）の機側操作盤からの操作
- ② 機場集中操作：揚排水機場の上屋内の集中操作室（機器から離れているが容易に機器に近づける場所）の機場集中監視操作設備からの操作
- ③ 遠隔操作：揚排水機場から離れた管理所等（事務所、出張所等）の監視操作設備からの操作

(2) 操作方式の区分

操作方式による区分は、手動運転操作と自動運転とし、制御の自動化レベルにより次のとおりとする。

- ① 単独運転操作：1回のスイッチ操作で、1台の機器を始動又は停止させる手動運転操作
- ② 連動運転操作：1回のスイッチ操作で、あらかじめ定められた順序にしたがって関連機器が逐次始動、停止する手動運転操作
- ③ 半連動運転操作：連動操作のうち、一部の機器のみを単独運転操作する手動運転操作
- ④ 自動運転：計測機器等の計測値により、スイッチ操作なしで機器の始動、運転調整、停止を行う操作

なお、操作設備によらず直接機器を運転する操作は「直接手動操作」として区別する。

上記の操作場所と操作方式を合わせた区分を、図3.2に示す。

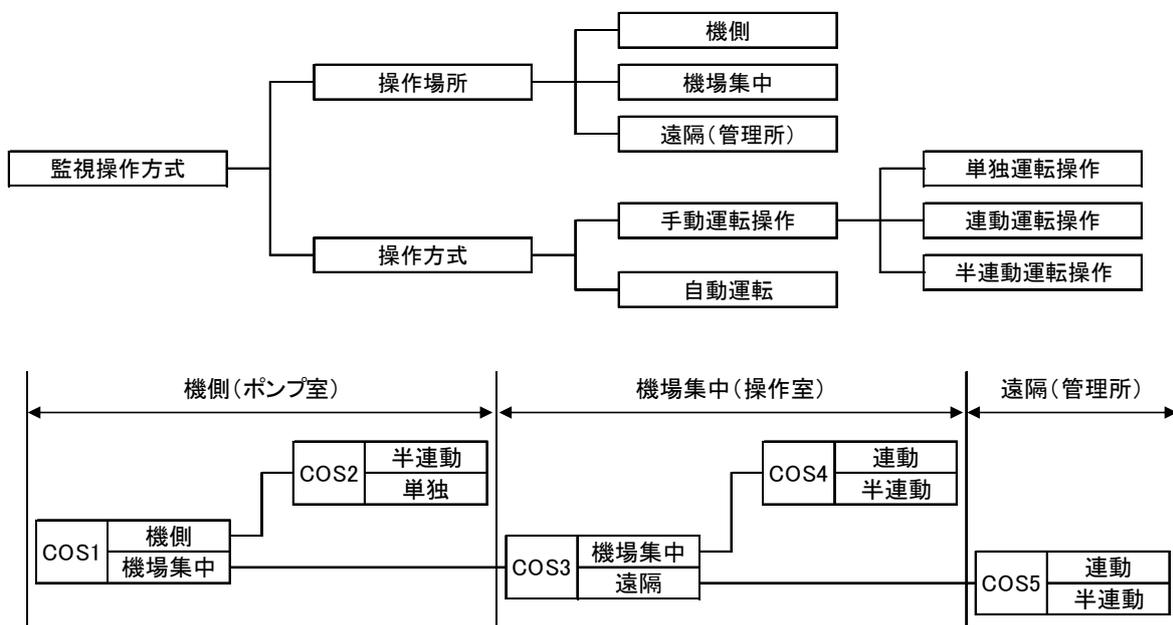


図 3.2 操作場所と操作方式の区分

2. 操作場所と安全対策

(1) 操作場所の選択

機場内における操作場所の選択は、通常の運転では機場集中操作（遠隔操作機場の場合は遠隔操作）とし、不具合発生時又は点検・整備時においては機側操作による。なお、機場規模により

運転操作に支障がない場合は機側操作のみとする。

遠隔操作は、運転操作の効率化、省力化や災害時に操作員の安全確保のため操作できない時のバックアップ等、必要な場合に導入されるのが一般的である。遠隔操作では、必要に応じて設備の故障時に運転継続のための予備機への切換操作を行えるものとする。また、巡回点検等の運転管理体制も必要である。

(2) 操作時の安全対策

操作員の安全確保のため、複数の操作場所からの同時操作はできない設備とし、操作場所の切換は、機場集中操作に対しては機側操作で行い、遠隔操作に対しては機場集中操作で行う。

遠隔操作を行う機場には、安全対策として監視装置、警報装置等、ポンプ設備周辺の安全を確認する機器を設置する。

第3節 設備の信頼性、耐久性、経済性

3.3.1 設備の信頼性

ポンプ設備は必要な時に確実に始動し、必要な時間、運転を持続する基本機能を保持するとともに、運転条件、運用体制等により必要となる信頼性を備えたものとする。

ポンプ設備の信頼性の確保、向上のため、次に示す基本事項に従って計画、設計を行うことを基本とする。

1. 信頼性の高い設備

(1) 故障しにくい機器の採用

設備の構成機器は、不作動や誤作動が生じにくいものを選択する。

排水ポンプ設備は、洪水時のみの運転で、稼働頻度が低く、非洪水期の休止があることから、待機中の発錆、シールの漏水、絶縁低下等が起きにくい機器を選択する。

揚水ポンプ設備においては、連続運転による摩耗劣化等が起きにくい機器を選択するほか、休止期間が長い設備では排水ポンプ設備と同等の対策を行う。

(2) 機器構成の簡素化

主ポンプ設備、主ポンプ駆動設備の無水化、節水化等、機器、設備の簡素化を図り、設備構成を単純化することで故障発生箇所を少なくする。

簡素化は、危機管理を含めた信頼性向上のために有効なものでなければならないことから、採用に当たっては操作性、安全性等、設備全体としての効果を見極める必要がある。

設計に当たっては、次の事項に留意する。

1) ポンプ軸封水、潤滑水系統の省略

立軸ポンプの水中軸受を無給水軸受とし、軸封装置のグランド部を無注水化する。

2) 冷却水系統の簡素化

空冷型の原動機、減速機の採用による冷却水系統の省略、あるいは、運転時の冷却水の補給を省略できる機付ラジエータ、別置ラジエータ、管内クーラや槽内クーラ等の採用を検討する。

(3) 危険分散、二重化

故障が発生しても設備全体機能の喪失に進展しない設計とする。台数分割による危険分散で部分的に機能を維持する方法、予備機の設置により代替機に切り替えて機能を維持する方法、あるいはこれらを組み合わせた方法によりリスク低減を図る。

設計に当たっては、次の事項に留意する。

1) 台数分割による危険分散

コスト面、機能面で予備機の設置が現実的でない機器において、全体機能を複数の機器で担う設計とする。分割数については信頼性以外の要素もあり、主ポンプの台数分割の具体的な設計上の留意点は第3章第2節の3.2.2による。

2) 予備機の設置

① 共通系統機器

複数の主ポンプ及び自家発電設備の運転に共通に使用される系統機器（共通系統機器）は、予備機を置くことによって故障発生時において機能を維持できるようにする。

予備機による故障対策は、機器の切換の確実性、切換時の機能への影響も考慮した設計が必要である。なお、信頼性の確保のためには、運転開始時において複数台の構成機器全てが正常に機能する状態であることが前提となるので、異常が発見された場合は速やかに修繕、取替などの対策を講ずる必要がある。

② 直属系統機器

主ポンプ1台毎に設置する系統機器（直属系統機器）は台数分割による危険分散で信頼性を確保するものとし、予備機は設けないことを標準とする。

排水機場の主ポンプ駆動用の原動機については、内燃機関の場合はポンプ1台毎に設置する。

系統機器（共通、直属）の具体的な設計上の留意点は、本項のほか第6章第1節による。

(4) 外的要因による支障の回避

停電、落雷、断水、浸水、地震、燃料供給等の外部からの影響要因に対して、機場単独で必要な運転ができるよう施設構造、設備構成を検討する。

設計に当たっては、次の事項に留意する。

1) 停電対策

排水機場の主ポンプは、商用電源の停電発生を考慮して、陸上ポンプの場合は内燃機関駆動を標準とする。主ポンプ運転時に必要な系統機器等の電力は自家発電設備で供給できるようにし、自家発電設備には故障対策として予備機を設けることを標準とする。

水中ポンプを用いた排水ポンプや電動機駆動の陸上ポンプの場合は、ポンプ駆動用電源と関連機器用の電力を自家発電設備で供給できるようにし、自家発電設備には予備機を設けることを標準とする。

なお、小規模な排水機場においてポンプ運転時の電力を商用電源からの供給としても信頼性、経済性に問題がない場合は、商用電源を主電源とし、予備電源の自家発電設備は発電機1台とする場合がある。

また、救急排水ポンプ設備の構成と同様に水中ポンプを多数設置する機場では、ポンプ2台毎に発電機1台を組み合わせることで発電機の台数分割による危険分散を図り、発電機の予備機を設けない場合がある。

揚水機場の主ポンプは、電動機駆動を標準とし、主ポンプ運転に必要な電源は商用電源により供給することを標準とする。

2) 落雷対策

落雷時のサージ等に強い操作系統を確保する。設計上の留意点は、本項のほか第7章第3節及び第8章第4節による。

3) 断水、燃料供給

冷却水を使用しないか、冷却水等を貯水して運転時に水道水や地下水の連続補給が不要な設備とする。

燃料は、必要な運転時間について危機管理面からも緊急時の供給体制を勘案した必要量を備蓄する。設計上の留意点は、本項のほか第6章第2節による。

4) 浸水対策の方法

ポンプ設備の浸水対策の対応策別の具体例を表3.2及び表3.3に示す。施設における対応は第3章第5節の3.5.1による。

表 3.2 機器、部品、配線の高所設置化(例)

対応策	対象機器の例
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、計装設備）、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（受変電設備、自家発電設備、制御用電源設備）
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

表 3.3 機器の防水化(例)

対応策	対象機器の例
機器本体の防水化	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
機器駆動部の防水化	ゲートや弁の電動駆動部の防水化
機器端子箱の防水化	水密端子箱

5) 耐震対策の方法

ポンプ設備の耐震対策について、機器据付方法と部材強度の留意事項を次に示す。

- ① ポンプ設備の機器は、床、壁あるいは天井スラブ等の構造体に固定する。
- ② 自家発電機等で建築物等に振動を伝えないよう防振対策を施す場合は、地震時に水平あるいは鉛直方向へ振れ幅が過大とならないように耐震ストッパを設置する。
- ③ 機器本体への耐震対策は、機器の保守・管理の容易さ、施工性等を考慮して行う。
- ④ 地震時に機器類及び基礎に作用する地震力を計算し、据付種類に対応した支持部材の形状と必要強度を求める。
- ⑤ 屋上に設置する機器の基礎は、スラブ一体基礎として計画する。

2. 故障の把握と復旧の容易性

設備には不測の故障が起こり得るため、故障発生時に設備機能への影響をできるだけ小さくするには、故障の兆候や発生を速やかに把握し、故障の拡大防止や修繕等の復旧対応を迅速に行える設備としておく必要がある。

(1) 故障の把握と保護

操作制御設備には、機器の故障等の拡大による機能障害を防ぐため、保護機能（重大な影響を

及ぼす故障発生時には関連機器の運転を停止する機能) を設ける。設備の運転時の故障等については、操作員が把握しやすいよう監視操作設備に状態を表示する。

また、故障等の拡大による致命的な機能障害を防ぐため、操作制御機器に保護機能(致命的損傷に至るおそれのある故障発生時には関連機器の運転を停止する機能) を設ける。

故障内容、表示項目及び保護機能についての設計上の留意点は、本項のほか第7章第2節による。

(2) 復旧の容易性

排水機場の場合は出水中あるいは次の出水までに復旧できるか、揚水機場の場合は必要な期間内に復旧できるかが設備の信頼性確保のための復旧時間の目安となる。

故障箇所により復旧の難易度は異なるが、機場における部品交換、調整等の復旧作業を前提として容易性を考慮した設計を行う。

設計に当たっては、次の事項に留意する。

- ① 特殊な修繕技術を要せず、操作員や各地域の点検・整備技術者で対応できること。
- ② 故障箇所が見つけやすいこと。
- ③ 交換部品が容易に入手できること。

3. 誤操作の防止

操作員が操作しやすく、人的ミスが生じないように、操作方式や監視操作制御設備の盤面を統一する。また、故障発生時の応急修理が容易な設備とする。

設計に当たっては、次の事項に留意する。

- ① 設備の目的、機能が同種の場合は、設備の機器構成及び操作方式を統一する。
- ② 監視操作設備の構成、盤面表示、操作機器について設備機器構成、運転方法に合わせ統一する。

3.3.2 設備の耐久性

揚排水ポンプ設備は、腐食、摩耗、疲労等による損傷防止を考慮した設計とし、長期間の使用に耐える耐久性を備えたものとする。

ポンプ設備は河川水を取り扱うため、腐食環境下にある機器が多く腐食対策が機器寿命を左右する。また、長時間運転する機器の摩耗対策や負荷変動の大きい機器の疲労損傷対策も必要となる。

耐久性を確保するため、機器の設置環境、使用条件に応じた材料や構造、機器の設置場所、保護等を考慮した設計とする。

3.3.3 設備の経済性

ポンプ設備の経済性は、初期費用としての設備費、使用年数、点検・整備、運転等の管理費を含めたライフサイクルコストで評価する。

1. 経済性の評価要素

ポンプ設備の経済性は、一般的に建設費と管理費で評価される。この場合、設備の使用年数により総費用が変化することから、単位年数当たりのコストで比較する必要があり、年間コストは

償却費と管理費の合計となる。

ここで、償却費は初期費用(建設費)を使用可能年数で除した値であり、管理費は年間の点検・整備費、運転経費(燃料費、電力費、光熱水料、操作費を加算)であり、これらの合計が年間のライフサイクルコストとなる。

2. 経済的な設備設計の留意点

ポンプ設備全体として、通常、ライフサイクルコストに最も影響するのは償却費であるので、設備設計においては初期費用と使用可能年数の両面で設計検討する。また、管理費については毎年実施する点検・整備の費用とインターバルをおいて行う分解整備費用を考慮した設計とする。

第4節 維持管理への対応

3.4.1 点検・整備作業への配慮

揚排水ポンプ設備は、維持管理時の点検・整備が容易に行えるよう、機器の構造、配置、維持管理用付属設備等について検討する。

ポンプ設備の点検・整備の容易化のため、次の各事項に留意して設計する。

(1) 機器構造

1) 点検・整備作業と機器構造

機器は、点検や日常整備を考慮して、点検窓、注油口や温度計、圧力計、液面計等を装備したものとする。

また、機器の部品の取り外し、取り付け、機器同士の接続や切離し、水中機器の引上げ等について、整備、計測が容易にできる構造とする。

2) 状態表示

運転時の機器状態を示す振動計、温度計、圧力計等は計測しやすい位置に取り付けるとともに、必要に応じて機場集中監視操作盤、機側操作盤にも表示する。

3) データ計測、記録

状態監視保全を適用する機器については、計測、記録が容易、確実に行えるようにする。

(2) 機器配置

1) 機器へのアクセスの確保

点検や日常整備のため各機器へのアクセスや足場、防護柵等を考慮して設備機器の配置を決定する。

2) 整備スペースの確保

維持管理においては新設時と異なり、緊急修理や分解整備の際の機器の分解に伴う仮置きスペースの確保が重要である。特に機場のコンパクト化を図る場合は緊急時の作業を想定し、関連施設の構造も含めて設計する。

(3) 維持管理用付属設備等

ポンプ設備の維持管理と機能保全を目的として、角落し設備、クレーン設備、換気設備、照明設備、消火設備、屋内排水設備等の付属設備を必要に応じ、適切に設置する。

1) 角落し設備

揚排水機場にはスクリーン、除塵機、主ポンプ等の点検・整備や吸水槽内の排砂作業等を容易に行うため、角落し設備を設置する。

2) クレーン設備

クレーンは設備の据付時だけではなく維持管理の際にも必要なため、関連施設の構造も含めて設計する。

あらかじめ緊急修理や分解整備の際の作業を想定して、調達方法、設置場所、機器へのアクセス、作業中の安全性及び操作性等からクレーンの形式について検討する必要がある。

3) 維持管理用電源

排水機場の場合は、信頼性確保の観点から外部電源が断たれても運転可能とするため自家発電設備で必要電力すべてを供給可能とするが、ポンプ運転時以外の日常の維持管理において必要な電源は商用電源として管理を容易にする。

3.4.2 管理運転への対応

1. 揚排水ポンプ設備は、定期点検時に管理運転による点検が行える設備とする。
2. 管理運転は通常の運転に近い負荷状態での排水運転が望ましいが、水位条件等により困難な場合は、各機器をできる限り排水運転に近い状態で運転できるように検討する。

排水機場の管理運転は、計画吐出し量に近い負荷状態でポンプ1台につき30分程度以上の排水運転が可能となるよう施設構造を含めた計画とする。なお、これによりがたい場合は、排水量を絞った小水量運転や排水を行わない機器単独運転の順に、各機場の設置条件に適した方式を選定して管理運転点検を実施できるようにする。

揚水機場や浄化機場等の常用系設備の管理運転点検は、実運転による点検を基本とする。

計画吐出し量に近い負荷運転が可能な全水量運転方式には、①本川利用循環方式、②自然流下ゲート利用循環方式、③バイパス水路循環方式、④戻り配管循環方式等があり、機場の立地条件により選択する。

各方式の施設の配置例を図3.3に示す。

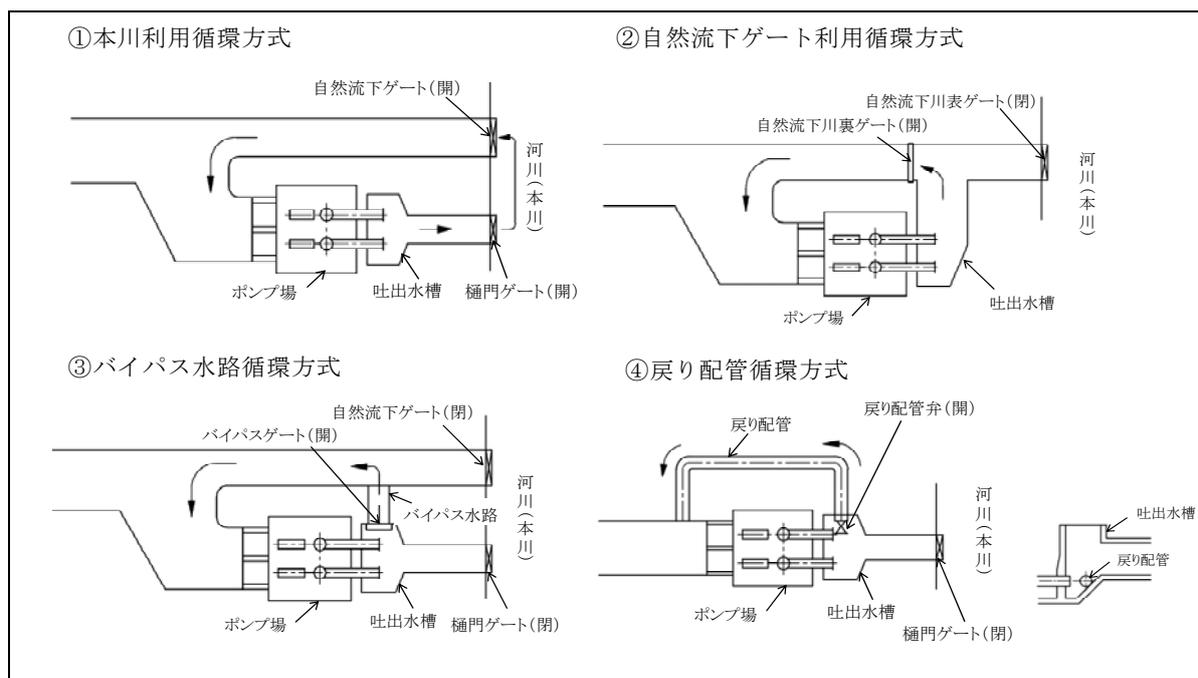


図 3.3 管理運転の施設配置例(全水量運転方式)

3.4.3 修繕、更新、改造等の設計

1. 揚排水ポンプ設備の更新等に当たっては、設備診断等を踏まえて決定された設備の必要機能に対し、ライフサイクルコスト低減を考慮した上で設備全体の更新、部分更新、改造、修繕などの実施内容を決定する。
2. 更新等の設計に当たっては、既存の施設、機器との整合を図り、施設全体としての機能を発揮できるようにする。

1. 必要機能の整理

修繕、更新、改造等の対象設備については、設備診断により機能の適合性を評価し、必要機能を整理する。

ここで、機能の適合性とは設備に求められる機能に対する充足度合であり、評価要素は基本性能、経済性、信頼性、操作性、維持管理性、環境適合、危機管理等に係るもので、その例を社会的耐用限界と機能的耐用限界に区分して表 3.4 及び表 3.5 に示す。

表 3.4 社会的耐用限界の評価項目別評価要素(例)

評価項目	評価要素	内容例
設備機能・目的	始動時間	洪水の流出が早くなり、運転開始までの時間の短縮が必要になっている。
	運転水位	運転開始水位を下げる必要がある。計画高水位の見直しにより外水位が高くなった。
設備規模	吐出し量の不足	計画条件変更により、揚排水能力を増強する必要が生じている。
個々の機能・性能 (安全性) (耐震性) (公害対策) (景観)	耐震性能	レベル2地震動に対する耐震補強が必要になっている。
	耐水対策	機場に浸水のおそれがあり、浸水対策が必要になっている。
	除塵性能	流入ゴミが多くなり、手掻き除塵では間に合わなくなっている。
	騒音、振動、排出ガス	機場周辺の市街化により環境保全対策が必要になっている。

表 3.5 機能的耐用限界の評価項目別評価要素(例)

評価項目	評価要素	内容例
設備・機器の技術の陳腐化	信頼性	河川のゴミが増えたため、河川水による冷却システムの故障が頻発している。
	操作性	ベテラン操作員の引退に伴い、旧式機場の複雑な運転操作ができる後継者がいない。
	遠隔監視・操作	常駐操作員が確保できなくなり、緊急時の操作が難しくなっている。
	管理運転可否	信頼性確保のための管理運転による事前の機能確認ができない構造となっている。

評価項目	評価要素	内容例
設備・機器の技術の陳腐化	維持管理性	老朽化により点検や部品交換頻度が高くなってきている。
予備品・交換部品の調達	予備品の調達時間	型番が古いため部品在庫が無く、緊急時の修繕が間に合わない状態になっている。
技術基準との整合	法令適合	法律、政・省令、条例など国、地方自治体の規定する内容に適合していない。
	技術基準類への適合	所管省庁等が定める基準、指針等に適合していない。

2. 実施内容の決定

機能を満足する設備とするために概略設計を行い、関連施設、設備機器の余寿命、取替サイクル、必要維持費等の状況も含めたライフサイクルコストの検討を踏まえて、全ての設備の更新、部分更新、改造、修繕などの実施内容を決定する。

更新については、検討時点での機場本体等の構造物の余寿命が設備寿命相当分残っている一方で設備機器の多くが劣化していたり、設備の部分的な対応では必要機能が確保できない場合には、構造物を継続使用する設備全ての更新となる。また、特定の機器のみが健全度や機能の適合性で問題がある場合は、部分更新を選択する。

改造については、主として機能の適合性評価から必要となる機能向上のための対応として選択する。

修繕については、機器の健全度が低下し修理が必要な場合を選択する。

3. 既存施設、機器との整合

揚排水機場において施設全体の長寿命化を図るため、更新、改造、修繕に当たっては既存の土木構造物や関連機器の継続使用を前提とした設計が必要となる。この場合、必要機能や設計条件が建設当時と異なってくることがあり、対象とする設備、機器に関連する土木構造物や関連機器を含めて整合を図り、施設全体が調和して機能を発揮できるようにする必要がある。

主な留意事項の例を次に示す。

(1) 土木構造物

既存の土木構造物について、形状寸法、機器荷重等の新たな設計条件に適合していることを確認する。

1) 機能向上対応

排水量増強のため、主ポンプの高流速化を図る場合は、ポンプへの空気吸込障害防止のため、吸水槽内に渦流防止板を設置する等、吸水槽の構造変更を行う。

耐水機能向上のための、機器の設置位置変更、構造物の開口部閉塞等の構造変更を行う。

管理運転のため、循環用バイパス水路の設置等の構造変更を行う。

2) 関連基準等の整合

新たな耐震設計に基づき、機器設置ベースを強化する等の構造変更を行う。

消防法等の法改正に適合させるため、防油堤、排水溝の設置、開口部の閉鎖等の構造変更を行う。

(2) 関連機器

1) 機器と機器の接続

長期間が経過し土木構造物に変位を生じている場合や設備機器の一部だけを交換する場合等において、軸芯のズレ等を修正するとともに、必要に応じてたわみ軸継手、遊動フランジ、伸縮継手等を用いて機器と機器の接続を行う。

2) 機器簡素化

関連機器を省略することによる影響を確認して、必要な対策を講ずる。例えばディーゼル機関の冷却方式を河川水による二次冷却方式からラジエータ冷却方式に改造して運転中の冷却水の補給をなくそうしても、ポンプが軸封水を必要とする場合は、ポンプも同時に水を必要としない構造に改良しなければならない。

3) 運用変更の影響

操作制御方式、運転条件、設計水位等を変更しようとする場合に、既存設備機器が対応可能かどうかを確認し、必要な場合は改造や部分更新を実施する。

第5節 関連施設

3.5.1 関連施設とポンプ設備

機場本体、機場上屋、付属施設等の関連施設は、ポンプ設備の機能発揮に必要となる施設の構造、配置、強度等を満足するよう設計する。

1. 関連施設の設計

機場本体、機場上屋、付属施設からなる関連施設は、それぞれ土木構造物等の設計基準に基づいて設計されるが、ポンプ設備の機能発揮のための条件を反映して、相互に調整を図って設計する必要がある。

2. 強度

各施設の強度は、設置するポンプ設備の荷重及び運転時の水流等による荷重にも耐えるものとする。

設備機器から関連施設に作用する荷重について、その大きさ、方向、発生時の状態に応じて次により算出し、関連施設の設計に反映する。

(1) 荷重の大きさ

ポンプ設備の荷重の大きさは、機器毎に自重や水圧等の静荷重及び運転振動やポンプ停止時の衝撃荷重等の動荷重を組み合わせるものとし、ポンプ及び配管については水の質量も考慮する。

(2) 荷重の方向

鉛直方向、水平方向（前後左右）で働く荷重が異なるため、各方向についての最大荷重を検討する。

(3) 発生時の状態

設備機器の運転状態（静止、稼働）、水位の状態、さらに地震発生の有無等、荷重の発生時の設備状態により、荷重を組み合わせる。

3. 浸水対策

浸水対策が設備の高所設置や耐水機器の選択のみでは困難な場合や、関連施設と合わせた対策が効果的な場合は、機場本体や機場上屋の水密化や止水壁の設置などの対策を検討する。

施設における対応策と対策の例を表3.6に示す。

表 3.6 施設の浸水対策(例)

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・排気口・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
機器の周壁（周堤）	屋外設置機器を囲う止水壁の設置

3.5.2 機場本体

機場本体の吸水槽、機器据付床版、地下ポンプ室等は、ポンプの容量、形式、原動機の種類等の条件により設計する。

1. 機場本体の設計

機場本体は、吸水槽とその上部に設ける機器を据え付ける床版で構成する。

ポンプ据付形式が二床式の場合は、ポンプ駆動用原動機、減速機等を設置する上部床版までを機場本体とし、上部床版と主ポンプ、主配管を設置する下部床版との空間が地下にある場合は、地下ポンプ室として機场上屋のポンプ室と区分する。

機場本体の設計は、吸込水槽を水理的に適切な寸法、形状とし、全体をポンプ等の機器配置、運転操作、点検・整備等を考慮した構造とするとともに、機场上屋、据付機器を含めた荷重について安全なものとする。

2. 吸水槽

吸水槽は、主ポンプの機能発揮に有害な水流の乱れや空気吸込渦等が発生しないように、管理運転を含めたすべての運転水位条件において運転可能とするよう形状、寸法を決定する。

(1) 吸水槽の構造形式

吸水槽は、その構造形式としてオープン形、セミクローズ形、クローズ形があり、ポンプ単体容量、吸込流速、ポンプ運転水位と揚程、流入河川の状況等を勘案して、最適な構造形式を選択する。

吸水槽の各形式の構造と吸込流速の目安を図 3.4 に示す。

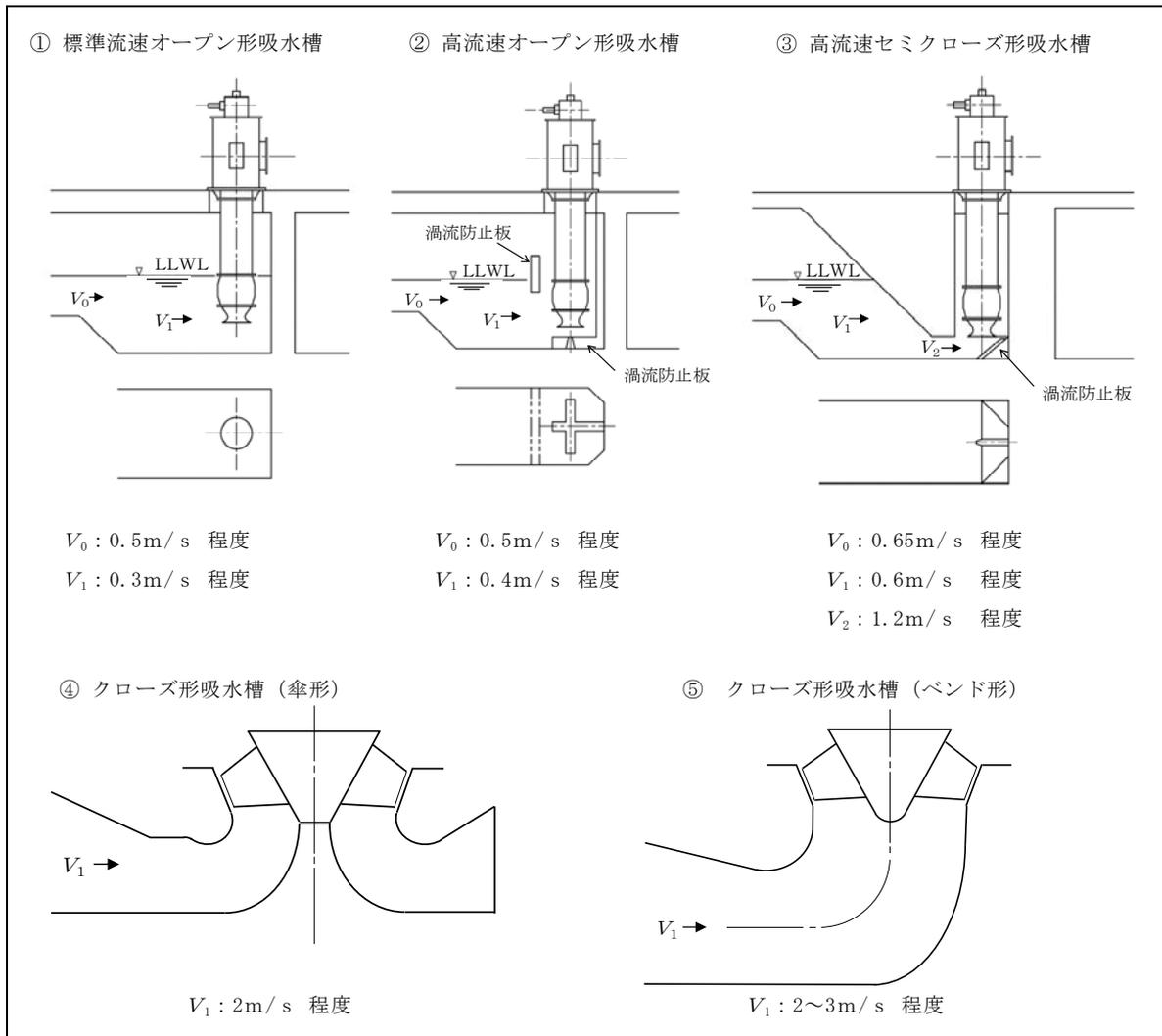


図 3.4 吸水槽の各形式の構造

(2) 吸水槽の形状、寸法

吸水槽の形状及び寸法の留意事項を次に示す。

1) 形状の留意事項

- 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避ける。
- ②流れ方向を急に变えるような形状を避ける。やむをえず流速や流れ方向が急激に変化するような場合はポンプ吸込口まで十分な直線距離を保つ。
- ③オープン形吸水路の場合、各主ポンプの間には相互の渦が干渉しないよう仕切壁を設ける。

2) 寸法決定についての留意事項

吸水槽の設計において、ポンプ運転に影響する空気吸込渦発生 of 支配的要因は、ポンプ吸込口と水面との距離（没水深さ）と槽内流速であり、没水深さが小さいほど、流速が大きいほど空気吸込渦は発生しやすい。

したがって、吸水槽の設計では、ポンプ運転範囲のうち運転水位が低く、吐出し量が多い条件で各部寸法を決定する。

吸水槽形式別の寸法参考例を表 3.7 に示す。

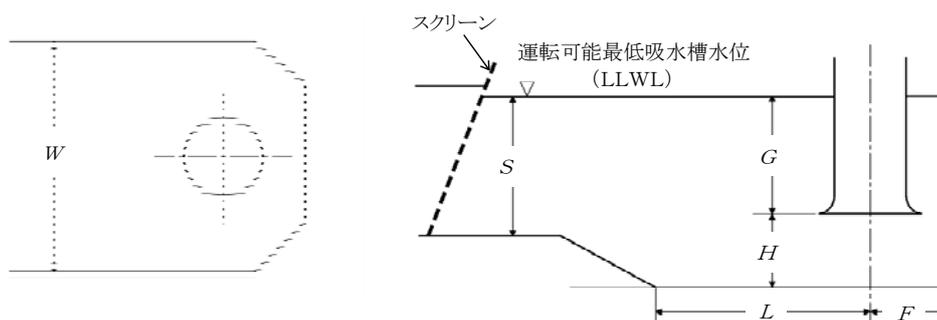
表 3.7 吸水槽形式別の寸法(参考例)

単位 mm

吸水槽形式 流量範囲 (m ³ /s)	オープン形						渦流防止板付オープン形						セミクローズ形					
	W	F	H	G	L	S	W	F	H	G	L	S	W	F	H	G	L	S
0.20以上～ 0.38以下	1,200	450	400	600 以上	1,200	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.38超～ 0.60以下	1,500	600	500	800 以上	1,500	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60超～ 0.83以下	1,800	700	600	900 以上	1,800	1,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.83超～ 1.17以下	2,100	800	700	1,100 以上	2,100	1,250	1,900	800	500	1,050 以上	2,100	1,250	—	—	—	—	—	—
1.17超～ 1.50以下	2,400	900	800	1,200 以上	2,400	1,400	2,100	900	600	1,200 以上	2,400	1,400	—	—	—	—	—	—
1.50超～ 1.92以下	2,700	1,000	900	1,400 以上	2,700	1,600	2,400	1,000	650	1,350 以上	2,700	1,600	—	—	—	—	—	—
1.92超～ 2.50以下	3,000	1,100	1,000	1,500 以上	3,000	1,800	2,700	1,100	750	1,500 以上	3,000	1,800	—	—	—	—	—	—
2.50超～ 3.33以下	3,600	1,300	1,200	1,800 以上	3,600	2,100	3,200	1,300	900	1,800 以上	3,600	2,100	—	—	—	—	—	—
3.33超～ 4.25以下	4,050	1,500	1,350	2,100 以上	4,050	2,400	3,600	1,500	1,000	2,000 以上	4,050	2,400	3,600	1,150	1,000	1,350 以上	6,100	2,000
4.25超～ 5.42以下	4,500	1,650	1,500	2,300 以上	4,500	2,700	4,000	1,650	1,100	2,250 以上	4,500	2,700	4,000	1,300	1,100	1,500 以上	6,800	2,250
5.42超～ 6.67以下	4,950	1,800	1,650	2,500 以上	4,950	2,900	4,400	1,800	1,250	2,450 以上	4,950	2,900	4,400	1,450	1,250	1,650 以上	7,400	2,450
6.67超～ 8.00以下	5,400	2,000	1,800	2,700 以上	5,400	3,200	4,800	2,000	1,400	2,700 以上	5,400	3,200	4,800	1,550	1,400	1,800 以上	8,100	2,700
8.00超～ 10.00以下	6,000	2,200	2,000	3,100 以上	6,000	3,500	5,400	2,200	1,500	3,000 以上	6,000	3,500	5,400	1,650	1,500	2,000 以上	9,000	3,000

表中の各寸法記号は次による。

- W : 吸水槽の幅
- F : 吸込ベル中心から吸水槽後壁までの距離
- H : 吸込ベル下面と吸水槽底面との間隔
- G : ポンプ運転可能最低水位から吸込ベル下面までの距離 (吸込ベル没水深さ)
- L : 吸水槽底面と吸水槽入口斜面の交点から吸込ベル中心までの距離 (斜面の角度が 30° 以下の場合)
- S : 吸水槽入口深さ (ポンプ運転可能最低水位の場合)



(3) 運転水位条件

吸水槽設計において、主ポンプの運転、停止に関する吸水槽水位は次のとおりである。

1) 運転開始吸水槽水位 (運転開始水位)

主ポンプを始動する内水位 (排水機場の場合は、内水排除計算に用いる主ポンプ始動水位) を吸水槽で見た水位で、運転前なのでスクリーン損失はなく河川水位と同じである。

2) 運転可能最低吸水槽水位 (非常停止水位)

有害な空気吸込み渦を発生しない条件で運転できる吸込水槽の最低水位であり、運転中なの

で内水位に対してスクリーン損失分だけ低い水位となる。

この水位は、将来の予想地盤沈下量、内水流出量が少ない場合の間欠運転の防止、主ポンプ始動時の吸水槽のサージ現象、管理運転方式等を考慮して決定するものとし、運転開始吸水槽水位より1m以上低い水位とすることが望ましい。

ポンプ運転中に何らかの異常により運転可能最低吸水槽水位になった場合は、ポンプ設備の保護装置を作動させて主ポンプを非常停止する。

3) 運転停止吸水槽水位

主ポンプを停止する内水位における吸水槽水位であり、運転可能最低吸水槽水位（非常停止水位）に対して0.3m程度高い水位とするのが一般的である。

これらの水位の関係を図3.5に示す。

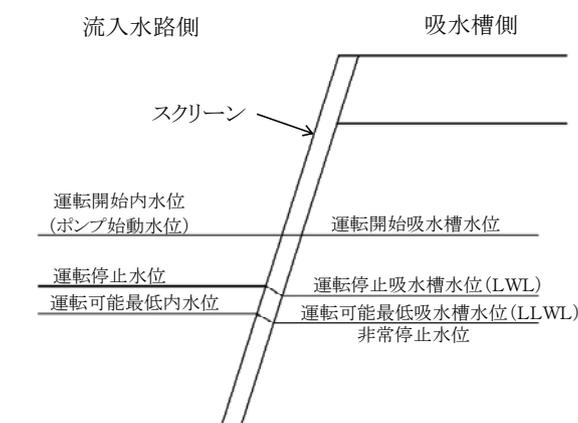


図 3.5 ポンプの運転水位(例)

3. 機器据付床版及び地下ポンプ室

(1) 機器据付床版の設計

機場本体の上部には、ポンプ設備機器を据え付ける機器据付床版を設ける。

排水機場における機器据付床版は、機場本体周囲の計画地盤高より低くならないようにすることを標準とする。

機器据付床版は、機器の運転時の荷重、地震等の外力を受けた場合の機器荷重に耐えるものとする。

機器据付床版には、二床式機場等で地下ポンプ室がある場合は、設置する機器の搬出入のための搬入口及び点検等のための出入口、階段等を設ける。

(2) 地下ポンプ室

地下ポンプ室は、床面及び壁面からの浸水がないよう、設置機器のベース、配管等の貫通部、点検孔等を水密構造とする。

地下ポンプ室は、換気、照明を確保するとともに、必要に応じて防火対策を施す。

(3) 消防法による設計要件

燃料や潤滑油等の消防法で規定する危険物を扱う機場においては、貯蔵、取扱の場所や量により貯蔵所や取扱所としての要件を満たす必要がある。この場合は、法の定めに準拠して床や上屋の材料、構造設計を行わなければならない。

3.5.3 機场上屋

機场上屋は、設備の保護、運転操作、点検・整備等のため、必要に応じてポンプ室、操作室、制御機器室、管理室等を合理的に配置する。

1. 機场上屋の設計

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、管理室のほか電気室、発電機室等を機能別に区分されたスペースを設ける場合もあるが、機場としての必要性や経済性を考慮して適切に配置し、設備の運転操作、点検・整備等が容易かつ確実にできる構造、規模とする。

なお、燃料や潤滑油等の消防法で規定する危険物を扱う機場においては、貯蔵、取扱の場所や量により貯蔵所や取扱所としての要件を満たす必要がある。この場合は、法に準拠して床や上屋の構造設計を行わなければならない。

2. ポンプ室

ポンプ室は、主ポンプ及びその関連機器を風雨、浸水等から保護するため、あるいは点検・整備や修繕を容易かつ確実にを行うために設けるものである。なお、主ポンプの構造によっては省略する場合もある。ポンプ設備に配慮したポンプ室の設計についての留意事項を次に示す。

(1) ポンプ室の寸法

ポンプ室の大きさは、ポンプ設備の配置及び機場本体の大きさを基本として、設備の運転、点検・整備、修繕等の運用を考慮して決めるが、特に機場のコンパクト化を図る場合には運用上必要なスペースが確保できることを確認する。

1) ポンプ室の長さ

ポンプ室空間の長さ（水流方向の長さ）は、主ポンプ、主ポンプ駆動用原動機、減速機、クラッチ、吐出し弁、管内クーラ等の設置機器の配置寸法に通路等の寸法等を考慮して決定する。

なお、二床式の機場においては床の支持梁や開口部寸法の影響も考慮する。

2) ポンプ室の幅

ポンプ室空間の幅（水流直角方向の長さ）は、吸込水槽の幅とポンプ台数、関連機器の配置、点検・整備及び機器搬入スペース等を考慮して決定する。

なお、主ポンプの口径や配置により吸込水槽の幅が小さい機場では、設備機器の配置に必要な空間が確保できることを確認する。

3) ポンプ室の高さ

ポンプ室の高さは、ポンプ室の仕上り床面から天井梁下までの高さとし、設置される機器の配置、点検・整備や修繕時の作業に必要な高さを考慮して決定する。

(2) ポンプ室床面レベル

ポンプ室の床は、機場本体の機器据付床版であり、その高さは周囲の地盤高以上とすることを標準とする。

周囲の地盤高が予想される浸水位より低い場合は、ポンプ室及びポンプ室に設置する設備機器の浸水対策を検討する。浸水対策の方法は第2章第4節、第3章第3節の3.3.1及び同3.5.1による。

3. 操作室

操作室は設備機器を管理しやすい位置に設け、監視操作制御機器の配置は、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。

(1) 操作室の位置

ポンプ設備の運転操作を行う場合に、できるだけポンプ室及び機場周囲の状況が確認しやすいよう、機场上屋内の配置位置を検討する。

(2) 監視操作制御機器の配置

監視操作制御盤等の機器は、操作や維持管理に必要な空間を考慮して配置し、そのスペースは次を考慮して決定する。

- ①機器の寸法
- ②点検・整備空間
- ③機器の搬出入
- ④換気・空調設備の設置

(3) 空調等

操作室は、監視操作制御盤等の電子機器を設置するため、使用環境を保持するための換気、空調が行えるものとする。

4. 制御機器室

制御機器室は、浸水のおそれがなく、乾燥した場所で腐食性又は可燃性ガスの発生、侵入のおそれのない位置に設ける。

また、電子機器を設置するため、使用環境を保持するための換気、空調が行えるものとする。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。

5. 電気室、発電機室

ポンプ運転に必要な受変電設備及び自家発電設備について、それぞれ専用室に設置する場合がある。

電気室及び発電機室は、機器からの放熱により室温が上昇するので、換気を十分に行えるものとする。また、機器の周囲には、操作、点検・整備等のため十分な空間を確保する。

6. 搬入口

機场上屋のポンプ室、操作室、管理室等には、設置する各機器の搬出入を行う搬入口を設けるものとする。

搬入口の設計に当たっては、次の事項に留意する。

(1) ポンプ室への搬出入

1) 車両による搬出入

- ① 車両の大きさに応じた、機場入口からポンプ室内までの動線の確保
- ② 車輛や機器の仮置きを考慮した耐荷重、空間の確保

2) 移動式クレーンによる搬出入

- ① 運搬車両とクレーンの設置位置
- ② 搬入口の開閉の容易性、雨漏れ防止

(2) 操作室への搬出入

- ① 盤等の搬出入に必要な開口部寸法の確保
- ② つりフックの設置、手摺の取り外し等の配慮（操作室が2階に設置される場合）

3.5.4 吐出水槽

吐出水槽は、ポンプ設備運転中の有害な水流の乱れや、始動、停止時に異常な水位変動等が生じないように、その形状を決定する。

1. 排水機場の吐出水槽

(1) 吐出水槽の形状

吐出水槽は、排水樋門を有する排水機場の調圧部の一つとして必要な場合に設けられるもので、水槽面積と同等の自由水面をもつ一般的な吐出水槽と水槽上部に調圧部を設けた自由水面面積の小さい構造のものがあり、後者を調圧水槽として区分することがある。

吐出水槽は、逆流防止弁からの流水を十分減速させた後、水流を排水樋門に導くものとし、部分的に水面上昇を起こしたり、吐出し管端の側壁の反射波により逆流防止弁があおられたりしない形状、寸法とする。

(2) 逆流防止弁と吐出水槽構造

横軸ポンプにおいては満水操作のため、管理運転を含めた運転開始水位において逆流防止弁全体が水没するよう吐出水槽の深さを決定する。

吐出水槽の構造は、逆流防止弁の故障時対応及び点検・整備等の維持管理に配慮したものとする。

開口部に落下防止のためグレーチング等による蓋を設ける場合は、取外し容易な構造とする。

2. 揚水機場の吐出水槽

吐出水槽を設ける場合は、現地の地形、地盤及び最大需要水量、需要水量の時間的変動等を考慮し、送水区域において必要とする水圧、水量が供給できる位置に設ける。

吐出水槽の水位制御等が要求される場合は、ポンプの特性、弁の特性、送水管の特性、電動機の許容始動頻度等関連機器の特性と運転制御方式等を考慮して容量を決定する。

第4章 主ポンプ設備

第1節 主ポンプ

4.1.1 主ポンプの基本設計

主ポンプは、設置条件に適した形式で始動性、信頼性、維持管理性に優れ、管理運転を含む運転条件に対応する運転性能を有するものとする。

1. 主ポンプの設置条件

主ポンプの設置条件としては、揚排水機場の構造（地上機場、地下機場）、ポンプの設置位置（屋内、屋外）、取り扱う水質等があり、ポンプの形式、構造、材料等の設計に反映する。

2. 主ポンプの形式

主ポンプの形式は、陸上ポンプでは軸形式（立軸、横軸）、機種形式（軸流形、斜流形、渦巻形）、据付形式（一床式、二床式）があり、水中ポンプでは軸形式、機種形式のほか構造形式として一般的な水中モータポンプのほかコラム形水中モータポンプ、ポンプゲート等がある。

3. 主ポンプの始動性

主ポンプの始動性は、ポンプの満水操作（呼び水）が必要かどうかだけでなく、運転電源確立、駆動用原動機の始動、送排水開始までの弁操作等、ポンプ設備全体としてのポンプ始動準備から排水（送水）開始までの関連機器操作を含めて評価する必要がある。

排水機場では、出水時に緊急に排水運転を行わなければならない場合があるので、操作体制を考慮したポンプ形式、設備構成を選択する。

揚水機場では、ポンプ始動に排水機場のような緊急性がない一方、送水管が長距離の場合は始動時の流量制御が必要となる特徴があるので、円滑な始動操作ができる設備構成とする。

4. 主ポンプの信頼性と維持管理性

ポンプ設備の信頼性については第3章第3節の3.3.1に、維持管理性については第3章第4節に示しているが、これらは相互に関連しており、保守性の優れたポンプは異常の発見の容易さにより信頼性確保に有利である。

維持管理性については、点検・整備の容易な構造とするほか、設置条件を反映した管理運転の方式に適合した主ポンプ形式とする必要がある。

5. 運転性能

主ポンプは、揚程、吐出し量を確保するとともに、管理運転を含む吸込水位、全揚程、吐出し量等の全ての運転条件においてキャビテーションが発生せず、安定した運転が行える性能を有するものとする。

4.1.2 主ポンプ性能諸元

1. 主ポンプ計画吐出し量は、機場計画揚排水量とポンプ設置台数、ポンプ容量の組合せにより決定する。
2. 主ポンプ計画全揚程は、水理条件により定まる機場の計画実揚程にスクリーン、主配管、弁、樋門等の損失水頭を加えて決定する。

1. 主ポンプ計画吐出し量の決定

主ポンプの1台当りの計画吐出し量は、機場計画揚排水量と第3章第2節の3.2.2による主ポンプ台数と容量の異なるポンプの組合せにより、それぞれの吐出し量とする。

なお、主ポンプの設計では、設計する際に基準となる吐出し量（設計吐出し量）と揚程（設計揚程）で定まる点を設計点（仕様点）とし、一般にこの点が最高効率点となることが多いが、主ポンプを設計するときにはポンプ効率が最高となる吐出し量を運転頻度の高い側にずらすことがあり、この場合、本項の計画吐出し量とポンプ設計吐出し量は一致しない。

2. 主ポンプ計画全揚程の決定

揚排水ポンプに使用されるターボポンプは、運転時の揚程が高くなると吐出し量は小さくなり、揚程が低くなると吐出し量が大きくなるという運転特性がある。

主ポンプの計画全揚程を機場の最高実揚程に合わせて設定すると、主ポンプの運転範囲が計画点より低揚程側となるため、常に計画吐出し量以上を吐き出す過大な設備となる。したがって、主ポンプの計画吐出し量に対する計画全揚程を適切な値に定めて、効率的な設備とする必要がある。

(1) 排水ポンプ

1) 主ポンプ計画全揚程と機場計画実揚程の関係

主ポンプの計画全揚程は、次式により機場計画実揚程に諸損失を加えて決定する。

$$H = H_f + h_i + h_d + h\ell_{s1} + h\ell_{s2} + h\ell_d + V_d^2/2g$$

ここに

H ：主ポンプの計画全揚程（m）

H_f ：機場の計画実揚程＝外水位（m）－内水位（m）

h_i ：機場の吸込側損失水頭＝流入水路及びスクリーン等損失水頭（m）

h_d ：機場の吐出し側損失水頭＝吐出樋門損失水頭（m）
（樋門からの吐出し水の速度損失水頭を含む）

$h\ell_{s1}$ ：主ポンプ吸込側配管損失水頭（m）立軸ポンプの場合0m

$h\ell_{s2}$ ：吸水槽損失水頭（m）（セミクローズ水槽損失等）

$h\ell_d$ ：主ポンプ吐出し側配管等損失水頭（m）
（弁の損失水頭を含む）

$V_d^2/2g$ ：残留速度水頭（吐出水槽への吐出し損失）

V_d ：吐出水槽への吐出し速度（m/s）

g ：重力加速度（m/s²）

主ポンプの計画全揚程と機場の計画実揚程及び諸損失の関係を図4.1に示す。

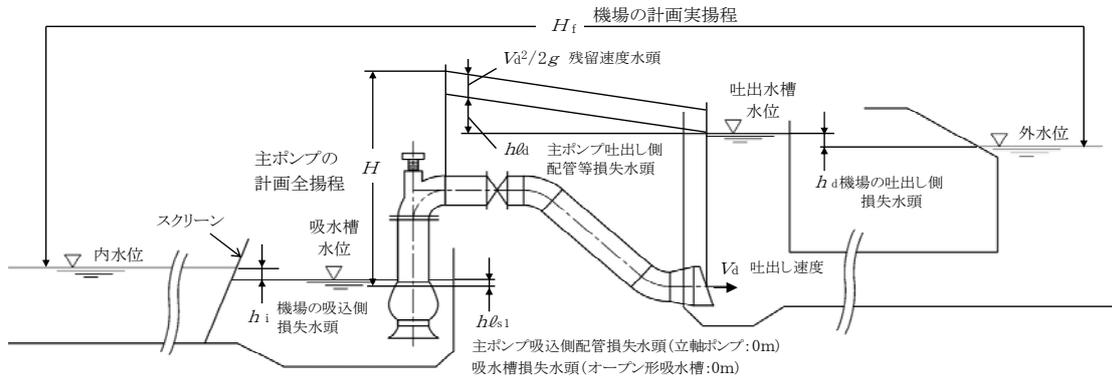


図4.1 揚程の範囲

2) 機場計画実揚程とポンプ計画全揚程

排水機場の機場計画実揚程は、一般に外水の計画最高水位と内水の許容湛水位の差の80%程度に仮決定し、機場の計画排水量を決定した水理データにより、内水排除チェック計算を行い、内水の湛水位と湛水時間が許容できない場合は機場計画実揚程を高くし、逆に余裕がありすぎる場合は低くして再検討のうえ決定する。

内水排除チェック計算の方法は、洪水時を想定して、内水の流入量と水位、外水位の変化、仕様を仮決定したポンプの性能曲線により排水した場合の各時刻における内水位を計算する。

3) 立軸ポンプのサイフォン形成からの全揚程

上記により求められる揚程のほか、立軸ポンプの主配管がサイフォンとなっている場合は、始動時にサイフォン形成できる揚程とする必要がある。

(2) 揚水ポンプ

1) 主ポンプ計画全揚程

主ポンプの計画全揚程は、次式により機場計画実揚程に諸損失を加えて決定する。

$$H = H_f + h_i + h\ell_s + h\ell_d + V_d^2/2g$$

ここに

H : 主ポンプの計画全揚程 (m)

H_f : 機場の計画実揚程 = 送水先水位 (m) - 取水水位 (m)

h_i : 機場の吸込側損失水頭 = 流入水路及びスクリーン等損失水頭 (m)

$h\ell_s$: 主ポンプ吸込側配管等損失水頭 (m) 立軸ポンプの場合 0m

$h\ell_d$: 主ポンプ吐出し側配管等損失水頭 (m)

(弁の損失水頭を含む)

$V_d^2/2g$: 残留速度水頭 (送水先の水槽等への流入速度)

V_d : 吐出水槽への吐出し速度 (m/s)

g : 重力加速度 (m/s²)

なお、機場実揚程にくらべて配管損失が大きい場合は、主ポンプの単独運転と複数運転において安定した運転ができることを確認する。

2) 機場計画実揚程

機場の実揚程は、送水先の水槽等の水位と取水水位の差であり、水源等の水位変化に対しても、水利計画上要求される揚水量を確保するとともに、長期送水運転を行う機場では電力料等の運転経費に影響する運転効率が最適となるよう決定する。

4.1.3 主ポンプ形式の決定

主ポンプの形式は、設置条件、ポンプ性能、維持管理性、経済性等を総合的に評価して決定する。

1. ポンプの設計条件と形式の決定要素

主ポンプ設計条件の諸要素に対する、各種形式の特性を次に示す。

(1) 軸形式

ポンプ主軸方向により、横軸形と立軸形がある。それぞれの一般的な特性比較を表 4.1 に示す。

表 4.1 軸形式の比較

項目		横軸形	立軸形
設置条件	機場敷地面積	立軸形より大	横軸形より小
	腐食性	羽根車、水中軸受が待機中は気中にあり有利	羽根車、水中軸受が常時水中にあり不利
ポンプ性能	吐出し量 (ポンプ口径)	小～中 (～2,000mm)	小～大 (～4,600mm)
	吸込性能	羽根車が吸水水位より上にあるので、立軸形に比べて不利	羽根車が吸水水位より下にあるので、横軸形に比べて有利
操作性	始動性	羽根車が吸水水位より上にあるので満水操作要	羽根車が吸水水位より下にあるので満水操作不要
維持管理性	整備性	上部ケーシングを取り外して内部点検・整備可能なので比較的容易	減速機取外し、揚水管と一体で引き上げる内部点検・整備となるので大がかりな作業
	耐久性	羽根車、軸受が非没水なので立軸形に優る	羽根車、軸受が常時没水なので横軸形に劣る
経済性	価格	立軸形より安価	横軸形より高価
	使用可能年数	立軸形に比べ長い	横軸形に比べ短い

(2) 機種形式

機種形式は必要な運転性能を確保できるよう、羽根車の形式として軸流形、斜流形、渦巻形のいずれかを選択する。機種形式についての一般的な特性比較を表 4.2 に示す。

表 4.2 機種形式の比較

項目		軸流形	斜流形	渦巻形
ポンプ性能	全揚程	低	低～中	中～高
	吸込性能	並	良	最良
維持管理性	管理運転	縮切運転不可	縮切運転可	
経済性	価格	斜流よりやや安価	軸流よりやや高価	斜流より高価

(3) 据付形式

立軸ポンプの場合、ポンプを支持する機場本体の構造により、「一床式」と「二床式」があり、施工性、耐久性、経済性等を考慮して決定する。

据付形式についての一般的な特性比較を表 4.3 に示す。

表 4.3 据付形式の比較

項目		一床式	二床式
設置条件	吸込水位と機器設置高との差	原動機設置高と吸込水位の差が小さい場合に適する	原動機設置高と吸込水位の差が大きい場合に適する
	機場本体構造	二床式に比べ構造は単純 機器荷重が一床に集中する	一床式に比べ構造は複雑 機器荷重を二床に分散できる
ポンプ性能	吐出し量 (ポンプ口径)	小～中 (～2,000mm)	小～大 (～4,600mm)
	振動対策	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	振動に対しては、一床式に比べて有利

(4) 構造形式

ポンプの構造を示す形式として、陸上ポンプと水中ポンプがあり、水中ポンプには渦巻形水中モータポンプ、コラム形水中モータポンプ（軸流形、斜流形）、ポンプゲート（軸流形、斜流形）がある。

構造形式についてのポンプの一般的な特性比較を表 4.4 に示す。

表 4.4 構造形式別特徴

項目		陸上ポンプ	水中ポンプ		
			渦巻形	コラム形	ポンプゲート
設置条件	ポンプ設置場所	上屋内設置又は原動機を保護	屋外可能、動力設備と分散設置可能		
	腐食性	横軸形は水中ポンプに比べ有利	陸上ポンプに比べ不利(原動機も含め常時水中にある)	待機中は気中にあり他の水中ポンプに比べて有利	
ポンプ性能	吐出し量 (ポンプ口径)	小～大 (～4,600mm)	小 (～900mm)		
	全揚程	低～高	中～高	低～中	低
操作性	始動性	横軸形は満水操作のため劣る	満水操作不要で陸上横軸形に比べ優る		
維持管理性	整備性	軸形式別の整備特性がある	水中モータの防水、絶縁保持が必要だが、ポンプ本体を引き上げて分解整備できる。		
	耐久性	原動機は陸上なので、水中ポンプに比べ優る	原動機も含め水没するので、陸上ポンプに比べ劣る		
経済性	使用可能年数	水中ポンプに比べ長い	陸上ポンプに比べ短い		
関連設備	発電設備	系統機器設備の動力なので小容量	排水機場の場合、主原動機等の動力源なので大容量		
	除塵設備		一般的な構造		除塵スクリーン引上げ構造が必要

2. 形式決定の留意事項

ポンプ設計条件とポンプ形式による特性の適合性評価の留意点は次のとおりである。

(1) 設置条件

1) 機場の敷地面積

機場の敷地が狭く（形状による制約を含む）機場本体をコンパクトにする場合は、立軸形とし、できる限り大口径ポンプを選定する。

2) 吸込水位と機器設置高との差

排水機場のように機器を吸込水位以上に設置する場合は吸い込む高さ（吸込揚程）が高くなるとキャビテーションが生じやすくなるので、吸込性能の検討を行う。

3) ポンプ設置位置（屋内、屋外）

ポンプ設置位置を屋外とする場合は、水中ポンプから選定する。

4) 水質（腐食性）

取り扱う水質が腐食に影響する場合は、平常時にポンプが気中にある横軸形を優先して選定する。

(2) ポンプ性能

1) 計画全揚程

ポンプ計画全揚程により、設計対象となるポンプの軸形式、機種形式の候補を選定する。

必要性能と運用条件を満足するポンプの仕様は、計画全揚程のほか吐出し量、吸込性能、始動性、管理運転方式等について具体的なデータをもとに検討を行って決定する。

ポンプの計画全揚程からポンプ形式の候補を選定する場合に参考となる組合せを表 4.5 に示す。

表 4.5 計画全揚程とポンプ形式適用範囲(参考)

揚程区分 軸形式 機種形式	低揚程ポンプ		高揚程ポンプ	
	立軸ポンプ	横軸ポンプ	立軸ポンプ	横軸ポンプ
斜 流	9m以下	7m以下	20m以下	—
軸 流	5m以下	3m以下	15m以上	15m以上

2) 計画吐出し量（ポンプ口径）

ポンプ1台当たりの計画吐出し量が多い場合は、ポンプが大口径となるため、ポンプ吸込性能により横軸形、立軸形を選定し、ポンプの床荷重により一床式、二床式を選定する。

特に、計画吐出し量 10m³/s を超える大容量ポンプでは、ポンプの輸送限界、経済性等から吸込みケーシング（吸込水路）と吐出しケーシング（吐出水路）を土木構造と一体化した形状（コンクリートケーシング）とすることを検討する。

3) 吸込性能

ポンプの運転範囲（揚程と吐出し量の組合せ）において吸込揚程が高い場合のほか、全揚程が低い運転点においてもキャビテーションが発生しやすくなるため、吸込性能の検討を行う。

4) 始動性

ポンプ始動準備作業として満水操作、潤滑水送水、弁の開操作等の要否とその時間により、横軸形、立軸形を選定する。

主ポンプの始動性は、ポンプ設備全体としてのポンプ始動準備から排水（送水）開始までの関連機器操作を含めた時間で評価する必要がある。

(3) 維持管理性

1) 整備性

陸上ポンプでは、横軸ポンプは立軸ポンプにくらべてポンプ内部の点検やオーバーホール時の分解が容易である。

水中ポンプは、軸受、電動機がポンプ内部に組み込んであるため、常時水中にある場合は水の侵入による故障の可能性があるが、ポンプ全体を引き上げて詳細に点検・整備を行うことによる対応が比較的容易である。

2) 耐久性

陸上ポンプの横軸ポンプは、平常時はポンプ本体が水中にないため腐食等による劣化も進行しにくい利点がある。

また、水中ポンプのうちポンプゲートは陸上の横軸ポンプと同様、平常時はポンプ本体が水中にないため劣化も進行しにくい利点がある。

3) 管理運転

管理運転において、水位条件や水量確保の制約から全水量運転ができない場合に、斜流形ポンプや渦巻形ポンプであれば締切運転や小水量運転ができる。

(4) 経済性

1) ポンプのコスト

ポンプ本体の製作、据付費や点検・整備費について、製作、据付費は陸上ポンプでは横軸形が立軸形より小さく、機種形式では軸流形、斜流形、渦巻形の順に大きくなる。水中ポンプは原動機内蔵であり設置形式も異なるため陸上ポンプや水中ポンプ同士との比較においては設備全体としての評価が必要である。

点検・整備費は、分解整備費用について陸上ポンプでは横軸形は立軸形より小さく、水中ポンプは分解しないでポンプ全体を引き上げて整備できるので陸上ポンプの立軸形より小さい。

2) ポンプの使用可能年数

ライフサイクルコスト評価に影響する使用可能年数について、陸上ポンプでは横軸形が立軸形にくらべて腐食等による劣化が進行しにくいので、使用可能年数が長い。水中ポンプは軸受、電動機がポンプ内部に組み込んであるため、陸上ポンプにくらべて使用年数は短くなる。

4.1.4 主ポンプの運転性能

1. 主ポンプは、管理運転を含む吸込水位、全揚程、吐出し量等の全ての運転条件において有害なキャビテーションが発生せず、安定した運転が行える性能を有するものとする。
2. 主ポンプは始動時及び管理運転時の運転条件に対し、安定した運転が行える性能を有するものとする。

1. キャビテーション発生とポンプの機種選定

主ポンプが運転中にキャビテーションが発生すると、性能低下、振動、騒音等を起こし、さらには揚排水が不能となるため、要求される吐出し量、全揚程を満足するだけでなく、管理運転も含めた内外水位条件のもとでの運転範囲内で有害なキャビテーションが発生しない吸込性能を確保する。

ポンプ設備におけるキャビテーションの発生の有無は、ポンプの比速度、設置標高、流速等に

より決まるポンプの吸込性能で評価する。

(1) ポンプ吸込性能の確認

ポンプに有害なキャビテーションを起こさないため、ポンプ運転範囲において次式が成り立つことを確認する。

$$h_{sv} \text{ (有効吸込ヘッド)} \geq H_{sv} \text{ 必要有効吸込ヘッド}$$

1) 有効吸込ヘッド (NPSHA)

h_{sv} (有効吸込ヘッド) は、羽根車入口 (横軸ポンプの場合は羽根車入口上端) における圧力から水の飽和蒸気圧を差し引いた水頭 (m) とする。

2) 必要有効吸込ヘッド (NPSHR)

H_{sv} (必要有効吸込ヘッド) は、主ポンプの運転点においてキャビテーションを生じないために必要とする有効吸込ヘッドとし、設計条件下で主ポンプの羽根車に起こる圧力低下の値とする。

(2) ポンプ比速度、口径の選択

1) ポンプの比速度 (n_s)

排水ポンプとして使用される全揚程 9m以下の低揚程ポンプの機種選定における吸込性能検討の設計上の比速度は表 4.6 による。

ここで、立軸ポンプの斜流形あるいは軸流形のポンプには従来のポンプより回転速度を高くして羽根車の外形寸法を小さくした高流速 (高 n_s) ポンプがあり、設計上、従来からのポンプを I 型、高流速ポンプを II 型と区分する。

表 4.6 低揚程ポンプの設計比速度 (参考値)

単位 $m, \text{min}^{-1}, \text{m}^3/\text{s}$

機種形式		比速度区分	設計比速度
横軸ポンプ	軸流形	—	1,500
	斜流形	—	900
立軸ポンプ	軸流形	II 型	2,000
		I 型	1,500
	斜流形	II 型	1,300
		I 型	900

立軸ポンプの比速度による機種選択は II 型を優先するが、II 型は I 型に比べて吸込性能、ポンプ効率、配管損失、原動機の必要出力、締切運転特性が劣るため、関連機器を含めると I 型を選択したほうがよい場合がある。

I 型と II 型の場合の損失水頭の参考値を表 4.7 に示す。

表 4.7 低揚程ポンプの仮全揚程決定のための損失水頭(参考値)

軸形式	吸水槽構造形式	計画実揚程に加算する仮損失水頭					
		I型ポンプの場合			II型ポンプの場合		
		吸水槽損失水頭又は吸込側配管損失水頭	吐出側配管損失水頭	損失水頭合計	吸水槽損失水頭	吐出側配管損失水頭	損失水頭合計
立軸	オープン	—	0.5m	0.5m	—	0.9m	0.9m
	セミクローズ	0.1m	0.5m	0.6m	0.1m	0.9m	1.0m
横軸	オープン	0.1m	0.5m	0.6m	—	—	—

2) ポンプ口径

ポンプ口径は、ポンプの性能設計により異なり、吐出し量と揚程が決まっても一律に定まるものではないが、吸込性能に影響する主配管（揚水管、吐出し管）のほか弁、機橋本体、機橋上屋の設計に影響するので、計画上はポンプの吐出し量、揚程、形式により決定する。ポンプ口径の参考値を表 4.8 に示す。

ここで、ポンプ口径とは、陸上ポンプにおいては、斜流ポンプあるいは軸流ポンプの場合は吐出し口の直径、渦巻ポンプの場合は吸込口の直径である。また、水中ポンプにおいては、吐出し口の直径で表している。

表 4.8 ポンプ口径(参考値)

単位 mm

容量区分		陸上ポンプ						水中ポンプ					
		低揚程ポンプ				高揚程ポンプ		水中モータポンプ	コラム形ポンプ				ポンプゲート
吐出し量 m ³ /s		軸流形 全揚程2m超 5m以下		斜流形 全揚程3.2m超 9m以下		斜流形 全揚程 9m超 20m以下	渦巻形 全揚程 15m超 80m以下	渦巻形 全揚程 3m超 9m以下	軸流形 全揚程3m超 5m以下		斜流形 全揚程3.6m超 9m以下		全揚程 1.5m超 5m以下
超	以下	I型	II型	I型	II型				I型	II型	I型	II型	
0.08	0.20	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	300
0.20	0.38	400	350	400	350	400	400	400	—	—	—	—	400
0.38	0.60	500	450	500	450	500	500	500	—	—	—	—	500
0.60	0.83	600	500	600	500	600	600	—	600	500	600	500	600
0.83	1.17	700	600	700	600	700	700	—	700	600	700	600	700
1.17	1.50	800	700	800	700	800	800	—	800	700	800	700	800
1.50	1.92	900	800	900	800	900	900	—	900	800	900	800	900
1.92	2.50	1,000	900	1,000	900	1000	1000	—	—	—	—	—	—
2.50	3.33	1,200	1,000	1,200	1,000	1200	1200	—	—	—	—	—	—
3.33	4.25	1,350	1,200	1,350	1,200	—	—	—	—	—	—	—	—
4.25	5.42	1,500	1,350	1,500	1,350	—	—	—	—	—	—	—	—
5.42	6.67	1,650	1,500	1,650	1,500	—	—	—	—	—	—	—	—
6.67	8.00	1,800	1,650	1,800	1,650	—	—	—	—	—	—	—	—
8.00	10.00	2,000	1,800	2,000	1,800	—	—	—	—	—	—	—	—

注: II型は高流速(高ns)ポンプであり、立軸ポンプに適用する。

(3) ポンプ効率

ポンプ機種形式の選定や原動機出力算出に用いるポンプ効率の参考値を表 4.9 及び表 4.10 に示す。

表 4.9 陸上ポンプのポンプ効率(参考値)

容量区分		陸上ポンプ									
		低揚程ポンプ								高揚程ポンプ	
吐出し量 m ³ /s		横軸形		立軸形						立軸形	横軸形
		軸流形	斜流形	軸流形			斜流形			斜流形	渦巻形
I型	II型			I型	II型						
	超	以下	全揚程 2.5m以下		全揚程 2.5m超	全揚程 3.2m以下	全揚程 3.2m超				
0.20	0.38	0.72	0.74	0.71	0.63	0.64	0.73	0.68	0.69	0.73	0.76
0.38	0.60	0.77	0.79	0.76	0.68	0.69	0.78	0.73	0.74	0.78	0.79
0.60	0.83	0.78	0.80	0.77	0.69	0.70	0.79	0.74	0.75	0.79	0.83
0.83	1.17	0.79	0.81	0.78	0.70	0.71	0.80	0.75	0.76	0.80	0.84
1.17	1.50	0.80	0.82	0.79	0.71	0.72	0.81	0.76	0.77	0.81	0.84
1.50	1.92	0.81	0.83	0.80	0.72	0.73	0.82	0.77	0.78	0.82	0.85
1.92	2.50	0.82	0.84	0.81	0.73	0.74	0.83	0.78	0.79	0.83	0.85
2.50	3.33	0.83	0.85	0.82	0.74	0.75	0.84	0.79	0.80	0.84	0.86
3.33	4.25	0.835	0.855	0.825	0.745	0.755	0.845	0.795	0.805	—	—
4.25	5.42	0.84	0.86	0.83	0.75	0.76	0.85	0.80	0.81	—	—
5.42	6.67	0.845	0.865	0.835	0.755	0.765	0.855	0.805	0.815	—	—
6.67	8.00	0.85	0.87	0.84	0.76	0.77	0.86	0.810	0.82	—	—
8.00	10.00	0.85	0.87	0.84	0.76	0.77	0.86	0.810	0.82	—	—

注1: 表中 I 型の効率は軸流ポンプで $n_s=1,500$ 、斜流ポンプで $n_s=900$ の場合である。

注2: 表中 II 型の効率は軸流ポンプで $n_s=2,000$ 、斜流ポンプで $n_s=1,300$ の場合である。

表 4.10 水中ポンプのポンプ効率(参考値)

容量区分		水中ポンプ					
吐出し量 m ³ /s		水中モータ ポンプ	コラム形ポンプ				ポンプ ゲート
超	以下	渦巻形	軸流形		斜流形		軸流形
			I型	II型	I型	II型	
0.08	0.20	0.70	—	—	—	—	0.63
0.20	0.38	0.73	—	—	—	—	0.64
0.38	0.60	0.74	—	—	—	—	0.65
0.60	0.83	—	0.74	0.65	0.76	0.70	0.66
0.83	1.17	—	0.75	0.66	0.77	0.71	0.67
1.17	1.50	—	0.76	0.67	0.78	0.72	0.68
1.50	1.92	—	0.77	0.68	0.79	0.73	0.69

注1: 表中 I 型の効率は軸流ポンプで $n_s=1,500$ 、斜流ポンプで $n_s=900$ の場合である。

注2: 表中 II 型の効率は軸流ポンプで $n_s=2,000$ 、斜流ポンプで $n_s=1,300$ の場合である。

2. 始動時及び管理運転時の運転条件からの機種選定

(1) 始動特性

1) ポンプ始動時の必要トルク

ポンプを原動機で直接駆動する場合は、ポンプ始動時にポンプ回転速度が規定値に達するまで、原動機により支障なく加速する必要がある。

駆動原動機の始動時トルクが、ポンプが必要とする始動時のトルクより大きい場合は問題がないが、不足する場合は必要トルクの小さいポンプ、吐出し弁と組み合わせた始動方法、始動時トルクの大きい原動機の採用等による対策を行うものとする。

2) 機種別の吐出し弁の必要性

渦巻ポンプは、吐出し弁を締め切ることにより低トルク始動が可能のため、吐出し弁を設置する。

斜流ポンプは、一般的には吐出し弁全閉、全開いずれでも始動トルクが変わらず、高比速度の機種では弁全閉始動ができない場合もあるため、始動性の観点からは吐出し弁の必要はない。

軸流ポンプは、吐出し弁全開状態でないと始動できないので、始動性の観点からは吐出し弁の必要はない。

(2) 管理運転時の締切運転の可否

排水機場では管理運転点検において実排水運転のための水量が確保できない場合がある。

この場合は、ポンプ駆動用内燃機関の無負荷運転を避けるため、ポンプの締切運転や小水量運転が必要であり、当該運転が可能な機種を選定する必要がある。

なお、Ⅰ型 (n_s 900) の斜流ポンプは締切運転可能であるが、Ⅱ型 (n_s 1,300) の斜流ポンプの場合は、ポンプやポンプ駆動用原動機が過負荷となるため締切運転不能な場合がある。

4.1.5 主ポンプの構造及び材料

1. 主ポンプの構造は、ポンプの機能を十分に発揮できるものとし、施工性及び維持管理性に優れたものとする。
2. 主ポンプ主要部分の材料は施工性、耐久性等に優れたものとする。

1. 主ポンプの構造

(1) ポンプ機能を発揮できる構造

ポンプは性能を十分に発揮できる形状とし、ポンプ本体は回転機械として必要な強度を有するとともに、十分な耐震強度を保持するためケーシング固定用の基礎ボルトの強度検討を行うものとする。

(2) 施工性、維持管理性に優れた構造

施工や維持管理に適した構造として、立軸ポンプの揚水管及び主軸は、クレーンによるつり上げ、つり降ろしができる長さとし、ポンプ本体はつり上げが容易な構造とする。

また、横軸ポンプは、上下二分割構造のケーシングとし、分解及びつり上げが容易な構造とする。

吐出し量 $10\text{m}^3/\text{s}$ を超えるポンプのケーシング構造については、部品の大きさ、施工性、耐久性、経済性、維持管理性等より、その機場に最適な構造及び形状にするものとする。

2. 主ポンプの材料

ポンプの材料は施工時、維持管理時の調達が容易で加工しやすく、必要な性能を発揮するための強度と設置環境や運転条件に適した耐久性を備えたものとする。

ポンプ主要部分の材料は、表 4.11 による材料の組合せを標準とするが、ポンプの性能、取扱水の水質、維持管理の状況により、他の材料も含めて各部材料を選択するものとする。

表 4.11 主ポンプの主要部材料(例)

凡例： ○選択範囲 - 該当部品なし

部品名称	材料名称	規格記号	適用					
			陸上			水中		
			横軸形	立軸形	渦巻形	渦巻形	コラム形	ポンプゲート(注2)
ケーシング	ねずみ铸铁品	JISG5501 FC	○	○	○	○	○	○
	球状黒鉛铸铁品	JISG5502 FCD			○			
羽根車	炭素鋼铸鋼品	JISG5101 SC	○	○	○	○	○	○
	ステンレス鋼铸鋼品	JISG5121 SCS	○	○	○	○	○	○
	青铜铸物	JISH5120 CAC			○	○		○
主軸	ステンレス鋼棒	JISG4303 SUS-B	○	○	○	○	○	○
	機械構造用炭素鋼鋼材	JISG4051 S××C	○		○			
水中軸受	セラミックス			○	—			
	樹脂			○	—			
	鉛青铜铸物	JISH5120 CAC	○		—			
	青铜铸物	JISH5120 CAC	○		—			
中間軸	ホワイトメタル	JISH5401 WJ	○		—			
	機械構造用炭素鋼鋼材	JISG4051 S××C	—	○	○			(注1)
スリーブ	一般構造用炭素鋼鋼管	JISG3444 STK	—	○	○			
	超硬合金			○	○			
	ステンレス鋼棒	JISG4303 SUS-B	○	○	○			
	ステンレス鋼铸鋼品	JISG5121 SCS	○	○	○			
	青铜铸物	JISH5120 CAC	○	○	○			

注1: 水中電動機仕様による。

注2: ポンプゲートの扉体等の材料は、「ダム堰施設技術基準(案)」(国土交通省)による。

第2節 主配管

4.2.1 主配管の構造及び材料

1. 主配管の構造は、流水を効率よく円滑に導けるものとし、次の事項に基づいて設計する。
 - (1) 空気溜まりによる支障や水漏れの生じない形状、構造とする。
 - (2) 自重、水圧、外部からの荷重に対し必要な強度を確保する。
 - (3) 管継手は、施工性及び維持管理等に適した構造とし、適切な位置に設ける。
 - (4) 機場本体と吐出水槽等不同沈下が起きやすい構造物にわたる配管は、これに適した構造とする。
 - (5) 揚水ポンプ設備において送水管路が長い場合、又は実揚程が大きい場合には、管路内に生じる水撃現象を解析し、必要に応じてその軽減策を講ずる。
2. 主配管の材料は、施工性、耐久性及び経済性等に優れたものとする。

1. 主配管の構造設計

(1) 配管の形状

吸込管はその管長が短く曲りの少ないことが望ましい。また、空気だまりや偏流が生じないようにする。吸込管の吸込部は、損失が小さくなるようベルマウス形状とする。

吐出し管は空気だまり等によるサージ現象が生じないようにする。吐出し管の吐出し部は速度損失の低減や流れの乱れを押さえるため拡大管を設ける。

管の継手や点検口は水密構造として、水漏れを生じないようにする。

土木構造物の貫通部には、止水のために管と一体のツバを設けるのが一般的である。

(2) 配管の強度

主配管は、管の自重や管内水の重量を支持する反力、管内の水圧（水撃圧や負圧を含む）、埋設部の土圧、埋設部上部を走行する車両荷重等の外部荷重に対し、地震時も含めて十分な強度を有するよう、規格管から適切な管厚を選定する。

(3) 管継手

主配管は、製造、運搬又は現地施工性等より適当な長さに分割されるのが一般的であり、その接続は管継手により行う。

主配管の継手にはフランジ継手、メカニカルジョイント、溶接継手があるが、水密性や気密性、現地における施工の容易さや確実性、維持管理時の脱着の必要性、管の離脱防止、管の材料、耐久性を検討の上選定する。

なお、フランジ継手は、たわみ性、伸縮性がないためフランジ部に無理な負荷がかからないよう設計、施工する。

遊動フランジは、主配管に接続するポンプ、弁類等の据付や維持管理において機器の着脱のために適切な位置に設ける。有効遊動量は機器の着脱に支障のない寸法とし、遊動部分は水圧による離脱現象を生じないものとする。

(4) 不同沈下等の対策

主配管を支持する構造物や埋設部分の不等沈下、地震による変位、配管の温度変化による伸縮の吸収や機械振動の伝達防止のため、配管系の適切な位置に、適切な構造の伸縮たわみ継手を設ける。

伸縮たわみ継手には、ゴム製ベローズ形、ゴム製ストレート形及びクローザ形があるが、偏心と伸縮を合成した許容沈下量、材質、構造、維持管理性を検討の上選定する。なお、地中に設置する場合は、主配管に準じて維持管理を考慮した防食対策を施す。

(5) 水撃現象の検討

水撃現象（ウォーターハンマ）は、揚水ポンプ設備において送水管が長い場合、実揚程が大きい場合、送水管路の正、逆勾配が連続するなど縦断形状が特殊な場合において、ポンプの始動停止や動力喪失時に発生してポンプや配管系に損傷を与える可能性がある。

このような場合には、事前に水撃現象を分析し、必要な軽減対策を行う。

2. 主配管の材料

主配管は一旦据付けられるとその取替えが難しく、また地下に埋設される部分も多く、保守管理が困難なため、施工性、耐久性、維持管理性及び経済性を考慮して材料を選定する。

主配管の材料は、ダクタイル鋳鉄管（JISG5526）、ダクタイル鋳鉄異形管（JISG5527）又は配管用炭素鋼管（JISG3452）、配管用アーク溶接炭素鋼鋼管（JISG3457）等が一般的である。

なお、鋼管を採用する場合は、腐食代を見込むとともに維持管理を考慮した防食対策を施すものとする。

4.2.2 主配管の口径

主配管の口径は、流速及び損失水頭を考慮して選定する。

1. 排水ポンプ設備の主配管

排水ポンプ設備の主配管の口径は、ポンプ口径と同一とし、吐出し端部は逆流防止弁口径に合

わせることを標準とする。

2. 揚水ポンプ設備の主配管

揚水ポンプ設備の送水管は、口径を小さくすると管内流速が高くなり損失水頭が増加するためポンプ揚程及び原動機出力が大きくなり、送水効率が低下する等、設備の経済性に影響する。

送水管の口径は、各々の機場の条件により建設費と運転・維持管理費を総合的に検討して設定する。

第3節 弁

4.3.1 弁の構造及び材料

1. 主配管には止水用、流量調整用、逆流防止用等の用途に適した構造の弁を必要に応じて設ける。
2. 弁の主要部分の材料は、施工性、耐久性及び経済性等に優れたものとする。

1. 弁の用途と構造形式

主配管用弁の用途別設置目的は次のとおりであり、ポンプ設備の設置条件、運用条件により必要性を検討の上、その用途に適した構造形式のものを選択する。

(1) 流量調整用（吐出し弁）

管理運転（締切運転、少水量運転）、低揚程時のキャビテーション防止、高揚程ポンプの始動時制御、揚排水量の制御（洪水時の少流入量対応、簡易な揚水量調節）が必要な場合に設ける。

排水機場の吐出し弁は、一般的にバタフライ弁を用いる。

(2) 逆流防止用（逆流防止弁）

ポンプの始動時、停止時に、吐出し側からの逆流を自動的に遮断する必要がある場合に設ける。

排水機場の逆流防止弁は、フラップ弁を用い、フラップ弁の故障対応として吐出し弁を設ける。

(3) 止水用（止水弁）

主に維持管理のための機能であり、ポンプ休止時のポンプ内排水（常時水面下にあるポンプ）、ポンプの修繕（ポンプを外す時の流入防止）あるいは管理運転（締切運転）等に必要な場合に設ける。

止水弁は、一般的に仕切弁又はバタフライ弁を用いる。

(4) 水撃防止用

揚水機場において、水撃発生を防止するため流水を調節する必要がある場合に設置する。

始動時の圧力上昇制御用にはコーン弁、停止時の逆流防止には逆止め弁又はコーン弁を用いる。弁の用途と適合する形式を表 4.12 に示す。

表 4.12 弁の用途と適合形式

用途目的	弁の形式					作動方法		
	バタフライ弁	フラップ弁	仕切弁	コーン弁	逆止め弁	自重	手動	電動 (油圧)
流量調整用 (吐出し弁)	○			○			○	○
逆流防止用 (逆流防止弁)	○	○			○	○ (フラップ弁)	○ (バタフライ弁)	
止水用 (止水弁)	○		○				○	○
水撃防止用				○	○	○ (逆止め弁)		○ (コーン弁)

注：各種弁には複数の用途に対応できるものがある。

2. 弁の材料

弁の主要部分の材料は、表 4.13 による材料の組合せを参考として、構造形式や取扱水の水質、施工性、耐久性等により他の材料も含めて選択する。

フラップ弁のように常時水中にあり、維持管理が容易でない弁については腐食に強い材料を選択する。

表 4.13 弁の主要部材料(例)

凡例： ○ 選択範囲 — 該当部品なし

部品名称	材料名称	規格記号	弁構造形式				
			バタフライ弁	フラップ弁	仕切弁	コーン弁	逆止め弁
弁箱	ねずみ铸铁品	JISG5501 FC	○	○	○	○	○
	球状黒鉛铸铁品	JISG5502 FCD	○		○		○
	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS		○		○	
	熱間圧延ステンレス鋼板	JISG4304 SUS-HP		○			
弁体	ねずみ铸铁品	JISG5501 FC	○		○	○	○
	球状黒鉛铸铁品	JISG5502 FCD	○		○		○
	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS		○		○	
	熱間圧延ステンレス鋼板	JISG4304 SUS-HP		○			
弁棒	ステンレス鋼棒	JISG4303 SUS-B	○	○	○		○
	クロムモリブデン鋼	JISG4053 SCM				○	
	ニッケルクロム鋼	JISG4053 SNC				○	
弁座	合成ゴム		○				
	青銅铸件	JISH5120 CAC			○		○
	ステンレス鋼				○		○
	モネルメタル					○	

4.3.2 弁の口径

弁の口径は、流速及び損失水頭を考慮して選定する。

1. 排水ポンプの弁口径

(1) 吐出し弁

吐出し弁に用いるバタフライ弁の口径は主配管口径と同一とする。

(2) 逆流防止弁

逆流防止に用いるフラップ弁は、速度水頭損失を少なくするため主ポンプ口径の流速より小さい流速とし、配管口径 2,000mm以下の排水ポンプ設備に設置するフラップ弁の口径の参考値を表 4.14 に示す。

表 4.14 フラップ弁の口径(参考値)

単位 mm

ポンプ口径	弁の口径	
	丸 形	角 形
300	450	—
350	500	—
400	600	—
450	700	—
500	700	—
600	800	—
700	900	—
800	1,000	—
900	1,200	—
1,000	1,350	—
1,200	1,500	—
1,350	1,650	—
1,500	1,800	—
1,650	2,000	—
1,800	—	1,800×2,600
2,000	—	2,000×2,900

2. 揚水ポンプの弁口径

(1) 止水弁

止水用に用いる仕切弁、バタフライ弁の口径は、設置位置によりポンプの吸込側主配管、吐出し側主配管と同一とする。

(2) 吐出し弁

流量調整や水撃防止に用いるコーン弁の口径は、主配管より小さいほうが経済的であるが、キャビテーションの発生や損失水頭から設計流速(ポンプ計画吐出し量における断面平均通過流速)が約 6m/s 以下となるよう選定する。

(3) 逆流防止弁

逆流防止や水撃防止に用いる逆止め弁の口径は、主配管より小さいほうが経済的であるが、キャビテーションの発生、損失水頭、逆流防止の衝撃から設計流速(ポンプ計画吐出し量における断面平均通過流速)が約 4m/s 以下となるよう選定する。

第5章 主ポンプ駆動設備

第1節 主原動機

5.1.1 主原動機形式の決定

1. 排水ポンプ用主原動機は、商用電源に頼ることなく運転できるものとし、主ポンプの特性に適合した始動性、運転性能、信頼性、耐久性、維持管理性を備えたものとする。
2. 揚水ポンプ用主原動機は、長時間連続運転に対する信頼性と経済性、主ポンプの特性に適合した運転性能、耐久性、維持管理性を備えたものとする。

1. 排水ポンプ用主原動機

(1) 災害時における信頼性

排水ポンプ設備は、台風や集中豪雨による出水時に排水を行うため、休止期間がある低頻度運転においても容易、確実に始動できるとともに、外部からの電力供給が断たれても運転できるようにする必要がある。

そのため、陸上ポンプでは内燃機関を選定し、水中ポンプはその構造から電動機を選定するが、必要な全ての電力を自家発電設備により確保することを標準とする。

(2) 内燃機関の選定

1) ディーゼル機関とガスタービン（機種選定）

主ポンプ駆動用内燃機関は、ディーゼル機関とガスタービンを対象として、機種毎の特性、必要出力、設置スペース等について、比較検討し機種の選定を行うものとする。

検討項目別の各機種の一般的な特徴について、参考例を表 5.1 に示す。

表 5.1 ディーゼル機関とガスタービンの特性比較(参考)

機種 (冷却方式)	ディーゼル機関			ガスタービン	
	水冷式 (管内クーラ方式) (別置ラジエータ方式)	水冷式 (機付ラジエータ方式)	空冷式	横軸ガスタービン (空冷)	立軸ガスタービン (空冷)
適用の多い機場 (機関出力)	中大規模機場用 (2,000kW以下)	小規模機場用 (400kW以下)	小規模機場用 (265kW以下)	中大規模機場用 (400~2,000kW)	中大規模機場用 (400~2,000kW)
経済性	建設費 (設備+土木建築)	空冷式よりやや大きい	最も小さい	機付ラジエータ方式より大きい	出力が大きくなるとディーゼル機関と同等
	維持費	ガスタービンに比べ小さい			ディーゼル機関に比べ大きい
	LCC	ガスタービンに比べ低い			ディーゼル機関に比べ高い
操作性	排水量の調節 (回転速度制御)	2段階程度	一定		連続可変(2軸式)
	低温時の始動	低温時着火不良の危険あり			通常の外気温度では影響なし
	再始動までの時間	短い			各部温度が安定するまで再始動できない(一部機種を除く)
維持管理	点検整備	地域業者対応	専門業者	専門業者	
	修繕	現場修理可能な範囲が広い			工場持込が必要な場合が多い
環境保全	騒音、振動 NOX	対策難しい			対策容易
	CO2	燃料消費がガスタービンの半分			燃料消費がディーゼルの2倍
危機対応	緊急修繕	製造メーカー以外の対応可能	製造メーカー以外の対応困難	製造メーカー以外の対応困難	
	部品供給	老朽機でなければ安定	海外部品がある	海外部品の機種がある	

2) ディーゼル機関選定時の留意事項

① 始動方式

始動方式は、中～大型機種では分配弁方式（圧縮空気を直接シリンダ内へ送り始動する方式）を、小型機種では分配弁方式、セルモータ方式又はエアモータ方式を採用する。

セルモータ方式やエアモータ方式は、比較的小出力の高速ディーゼル機関に用いる一般的な方式であるが、ポンプと直結始動では始動トルクが不足する場合がある。始動トルクが不足する場合にはクラッチと組み合わせて設計する。

② 冷却方式

空冷方式は、その市場性から比較的小型機種に適用が限られる。

水冷方式は、運転時に外部からの補給水を要しないシステムとすることを標準とし、冷却装置は、機付ラジエータ、別置ラジエータ、管内クーラ、槽内クーラを基本とする。

冷却方式の選定に当たっては、適用できる原動機出力のほか、設置条件、原動機以外の動力の要否を検討する。

③ 使用燃料

使用燃料は、ディーゼル機関用のA重油が一般的であるが、小規模機場では原動機特性や環境への配慮、低温時の始動性から軽油の使用も検討する。

④ 低温時始動対策

近年、非出水期においても排水運転が必要となる場合があり、ディーゼル機関を低温時に始動する場合は問題なく着火できるような対策が必要である。

燃料油種による対策は上記③によるが、大容量の機関でA重油とする場合は、ヒータにより予め暖機しておく等の対策を実施する。

なお、着火失敗により排気系統設備に充満した未燃焼ガスが、着火成功とともに引火し爆発を起こした事例もあり、事故を防ぐために十分な対策をとる必要がある。排気系統設備の対策は、第6章第7節による。

3) ガスタービン選定時の留意事項

① 立軸形と横軸形

ポンプ駆動用ガスタービンには、立軸ガスタービンと横軸ガスタービンがあり、設置面積のコンパクト化を図る場合は立軸形を採用する。

なお、横軸形には1軸形と2軸形があるが、1軸形はクラッチと組み合わせて使用する必要がある。

② 始動方式

始動方式は、セルモータ方式を標準とし、大出力の場合は油圧モータ方式と比較検討する。

③ 使用燃料

ガスタービンの燃料油種は、灯油、軽油、A重油が使用できるが、ポンプ増設において既設原動機の燃料と同じ油種を選択する場合を除き、環境対策を考慮して灯油を標準とする。

④ 停電時の運転継続

ガスタービンは、運転中に発電設備の切換等により動力電源が一時的に断となっても問題無く運転を継続できるものとする。

例として、換気ファンや燃料加圧ポンプについてはガスタービンの動力を利用した油圧駆動、小形発電機や無停電電源設備による電動機駆動、また換気についてはガスタービンのエジェク

タ効果利用による方法等から最適なものを選定する。

4) 内燃機関の付属機器

内燃機関に付属する機器（機付機器）は、冷却水ポンプ（冷却水循環用）、初期潤滑油ポンプ、燃料ポンプ等があり、原動機仕様に適合するものを装備する。

(3) 水中ポンプ用電動機を選定

排水ポンプに用いる水中ポンプの電動機は、水中乾式かご形三相誘導電動機（低圧）を標準とするが、ポンプの始動特性、電動機始動方式、電源設備容量、ケーブル径などを検討の上、機種選定を行うものとする。

2. 揚水ポンプ用主原動機

(1) 長時間連続運転に対する信頼性と経済性

揚水ポンプ設備は、都市用水を補給するための利水施設や河川の浄化用水を送水する施設に用いられ、一般的に長時間連続運転である一方、短時間の機能停止があっても重大な被害を及ぼす可能性は少ないという特性がある。

このような場合は、内燃機関の場合の燃料補給や維持管理、電動機の場合の基本電力料の負担や停電発生の可能性とその影響を考慮すると、電動機が優位であることから、ポンプ駆動用原動機は電動機を標準とし、その電力は商用電源により供給することを標準とする。

なお、運転時間が短い場合や、一時的に水量の大きい運転が必要な場合は、内燃機関による運転も組み合わせて検討する。

(2) 電動機を選定

1) 形式選定

陸上ポンプ駆動用の電動機は、三相誘導電動機を標準とし、始動トルク、始動電流、始動頻度による始動方式により、回転子構造を選定する。

2) 定格電圧、保護構造

電圧は受電設備、始動器等を検討して、一般的な製作範囲から選定し、保護、冷却構造は設置条件、稼働条件を検討して選定する。

3) 回転速度制御方式

ポンプの吐出し量制御において、回転速度制御を採用する場合には、その制御範囲等の条件に適合する電動機の回転速度制御方式を選定する。

5.1.2 主原動機の出力

主原動機の出力は、運転時の気象条件において、主ポンプの始動、加速を含む全領域における運転に十分なものとする。

1. ポンプ駆動用原動機の出力特性

ポンプを駆動する原動機は、次の出力特性を満足する出力、トルクを有するものとする。

(1) ポンプ運転点の変化に対応する出力

主原動機出力は、ポンプが一定回転速度で運転しているとき、揚程と吐出し量で決まる運転点に変化する範囲において、ポンプが必要とする軸動力を満足するものとする。

(2) 運転時の気象条件に対応する出力

内燃機関においては、標準状態に比べ気温が高い場合や大気圧が低い場合は出力低下が生じる

ため、実際の運転条件のもとでポンプが必要とする軸動力を満足するものとする。

(3) ポンプの始動、加速に必要な出力トルク

ポンプを始動するために必要な軸トルクと、規定速度まで加速するのに必要な軸トルクを満足するものとする。

2. 主原動機の定格出力

(1) 主原動機の定格出力の算出

主原動機の定格出力は、定格回転速度、ポンプ運転時の諸条件下における出力とし、ポンプ運転点の変化に対応した余裕を含めた出力として、次式により算出する。

$$P \geq P_p \cdot (1/\eta_c) \cdot (1 + \alpha)$$

ここに

P : 主原動機の定格出力 (kW)

P_p : ポンプ計画点のポンプ軸動力 (kW)

η_c : 減速機等の伝達効率 (直結駆動の場合は 1.00)

α : ポンプ運転点の変化に対する余裕率

1) ポンプ計画点のポンプ軸動力

ポンプ計画点のポンプ軸動力 (P_p) は、次式によりポンプ水動力をポンプ効率で除して算出する。

$$P_p = P_w / \eta_p$$

ここに

P_w : ポンプ水動力 (kW)

$$P_w = (\rho/1,000) \cdot g \cdot Q \cdot H$$

ρ : 水の密度 (1,000 kg/m³)

g : 重力加速度 (9.8m/s²)

Q : ポンプ計画吐出し量 (m³/s)

H : ポンプ計画全揚程 (m)

η_p : ポンプ計画点の効率

2) ポンプ運転点の変化に対する余裕率

ポンプ計画点以外での必要軸動力の増加に対応するための余裕率として、参考値を表 5.2 及び表 5.3 に示す。

表 5.2 低揚程ポンプの余裕率(参考値)

ポンプ形式	比速度 (n_s)	余裕率 (α)	
		A ^(注1)	B ^(注2)
斜流ポンプ	900	0.10	0.10
	1,300	0.15	0.20
軸流ポンプ	1,500	0.15	0.20
	2,000	0.20	0.25

注1：条件Aは、運転時の最大全揚程が計画全揚程の120%未満の場合に適用する。

注2：条件Bは、運転時の最大全揚程が計画全揚程の120%以上の場合に適用する。

表 5.3 高揚程ポンプの余裕率(参考値)

ポンプ形式	比速度 (n_s)	余裕率 (α)	
		A (注1)	B (注2)
渦巻ポンプ	250 以上	0.10	0.15
	250 未満	0.15	0.20
立軸斜流ポンプ	—	0.10	0.10

注1：条件Aは、運転時の最大吐出量が計画吐出量の120%未満の場合に適用する。

注2：条件Bは、運転時の最大吐出量が計画吐出量の120%以上130%未満の場合に適用する。

3) ポンプ運転時の気象条件等

内燃機関の出力は、次の条件下において確保するものとし、条件をはずれる場合は、出力補正して必要出力を設定する。

① ディーゼル機関

大気圧：920 hPa

相対湿度：85%

周囲温度：37℃

② ガスタービン

大気圧：920 hPa

周囲温度：37℃

(2) 原動機始動トルクの確認

上記(1)で算出した定格出力を満足する原動機について、その始動トルク特性から、ポンプ始動、加速時の必要トルクに対し十分なトルクを有することを確認する。

始動時のトルクが不足する場合は、遠心クラッチ、油圧クラッチ、流体継手等の設置もあわせて検討する。

第2節 動力伝達装置

動力伝達装置は、主原動機の動力を確実に主ポンプに伝達するものとし、減速機能、軸方向変換機能、クラッチ機能、たわみ及び振動吸収機能、逆転防止機能等の必要機能に対応した機器構成とする。

1. 減速機

主ポンプと主原動機の定格回転速度が異なる場合は、減速機を設ける。

ポンプ軸と主原動機軸の方向が異なる場合は、減速機において回転軸を変換する直交軸歯車減速機を選択する。

吐出し水の逆流等による主原動機、減速機又は主ポンプの逆転を防止する必要がある場合は、減速機に逆転防止装置を設ける。

(1) 歯車減速機の伝達容量

歯車減速機の必要伝達容量は、次式により算出する。

$$\text{伝達容量 (kW)} = (\text{荷重係数} / \text{寿命係数}) \cdot \text{主原動機定格出力 (kW)}$$

ここで、主原動機定格出力は、第5章第1節の5.1.2で算出した出力である。

(2) 歯車減速機の効率

原動機出力計算に用いる減速機効率 (η_c) の参考値を表5.4に示す。

表 5.4 歯車減速機の伝達効率(参考値)

歯車減速機の種類	75kW未満	75kW以上 220kW未満	220kW以上
直交軸歯車減速機 (1段)	0.95	0.96	0.97
直交軸歯車減速機 (2段)	0.93	0.94	0.95
平行軸歯車減速機 (1段)	0.95	0.96	0.97
平行軸歯車減速機 (2段)	0.93	0.94	0.95
遊星歯車減速機	0.95	0.96	0.975

注1：油圧クラッチを内蔵する場合は、0.98を乗じた値とする。

注2：流体継手を内蔵する場合は、0.96を乗じた値とする。

注3：機付ファン空冷方式の場合は、0.005を減じた値とする。

2. クラッチ

クラッチは、主原動機の始動トルクがポンプの必要始動トルクに対して不足する場合や、管理運転などで主原動機単独運転を必要とする場合に設置を検討する。

始動トルクの小さいセルモータやエアモータ始動のディーゼル機関あるいは1軸式ガスタービンを原動機とする場合は、クラッチが必要となる。

クラッチは、遠心クラッチ、油圧クラッチ、流体継手等について伝達動力、接続時間の設定可能範囲、設置スペース等を検討して単独設置又は減速機内蔵形を選択する。

3. 軸継手

機器の回転軸や動力伝達軸の接続のため、軸継手を設ける。

軸継手は、スラスト荷重の伝達や軸の位置の調整、固定用には固定軸継手、軸芯のずれや軸のたわみを吸収する場合は、たわみ軸継手や自在軸継手を、原動機軸系のねじり振動を吸収する場合は高弾性継手や流体継手を選定する。

第6章 系統機器設備

第1節 系統機器設備の基本設計

1. 系統機器設備は、主ポンプ設備及び自家発電設備の運転に必要な燃料供給、機器の冷却、潤滑、内燃機関の始動動力、吸排気等、主ポンプの運転のための補助機能を的確に発揮するため、適切な機器で構成するものとする。
2. 複数台の主ポンプ又は複数台の自家発電設備に共通に使用される系統機器には予備機を設ける。

1. 系統機器の構成

各系統機器は次の各設備により構成する。

- ① 燃料系統設備（燃料貯油槽、燃料小出槽、燃料移送ポンプ等）
- ② 冷却水系統設備（ラジエータ、管内クーラ、冷却水ポンプ等）
- ③ 始動系統設備（空気圧縮機、始動空気槽、蓄電池、充電器等）
- ④ 満水系統設備（真空ポンプ、補水槽等）
- ⑤ 潤滑油系統機器（潤滑油ポンプ、潤滑油冷却機等）
- ⑥ 給排気系統機器（排気管、消音器、給気装置等）

2. 予備機の設置

複数台の主ポンプ及び自家発電設備の運転に共通に使用される各系統機器（共通系統機器）については、危険分散のために予備機を設けることを標準とする。

なお、共通系統機器類であるが、信頼性、経済性から予備機を設けない場合や、機器1台毎に設置する系統機器（直属系統機器）で緊急時において容易に代替手段をとることが困難であること等により予備機を設ける場合がある。

主な系統機器について、予備機の設置の標準的な考え方を表6.1に示す。

表 6.1 系統機器の予備機設置の考え方

系統	主な構成機器	区分		設置の考え方		備考
		共通	直属	設置	なし	
燃料系統設備	燃料貯油槽	○			○	
	燃料小出槽	○			○	
	燃料移送ポンプ	○		○		
冷却水系統設備	ラジエータ		○		○	
	管内クーラ		○		○	
	冷却水ポンプ		○		○	機付の場合
	水槽	○			○	
始動系統設備	空気圧縮機	○		○		
	始動空気槽		○	○		
	蓄電池、充電器		○		○	
満水系統設備	真空ポンプ	○		○		
	補水槽	○			○	
潤滑油系統機器	潤滑油ポンプ		○		○	機付の場合
	潤滑油冷却器		○		○	機付の場合
給排気系統機器	排気管		○		○	集合排気管を含む
	消音器		○		○	
	給気装置		○		○	

3. 系統機器の動力

系統機器の駆動用の動力源としては電動機、内燃機関があるが、通常は主に電動機を用い、電源喪失時を想定した非常用として必要に応じて内燃機関等を使用するものとし、次に留意して設計する。

- (1) 排水機場の通常の系統機器用電源は、排水運転時の電源喪失時における運転継続の必要性和、運転時間が比較的短いことによる経済性を考慮し、自家発電設備によることを標準とする。
- (2) 揚水機場等の運転時間の長い設備においては、操作性と経済性から商用電源によることを標準とする。
- (3) 機場の休止あるいは待機中においても運転を必要とする系統機器及び保安用の系統機器は、商用電源、自家発電設備のいずれにおいても運転可能なものとする。

4. 小配管の計画、設計、施工

ポンプ設備において、系統機器等に用いる小配管は、次に留意して設計する。

- (1) 小配管の計画、設計に当たっては、主要機器及び建屋などとの整合性、運転操作性、保守管理の容易さ、安全性、耐震性、経済性及び施工性の観点から検討する。
- (2) 凍結のおそれがある箇所には保温被覆を行い、高温配管については断熱被覆等を検討する。
- (3) 燃料系統等、法令により材料や構造、施工方法が定められているものは法令に適合したものでなければならない。
- (4) 小配管は、設備の運用や維持管理において用途や内部流体の種別の把握が容易なように、系統別に色分けし、流体の移動方向を矢印で表示する。着色は各配管の全面又は確認のしやすい位置に帯状に行う。

第2節 燃料系統設備

1. 燃料系統設備は、内燃機関の運転に必要な燃料を確実に供給でき、安全な設備とする。
2. 燃料貯油槽の容量は、非常時における燃料の補給の確実性を考慮し、ポンプ設備が必要とする計画運転時間を満足する燃料油を供給できるものとする。

1. 燃料系統設備の構成

燃料系統設備は、次の各設備により構成する。

- ① 燃料貯油槽
- ② 燃料小出槽
- ③ 燃料移送ポンプ
- ④ 燃料配管

2. 燃料貯油槽

(1) 燃料貯油槽の容量

排水機場の燃料貯油槽の容量（タンク容量）は、燃料補給なしで計画排水運転時間の運転が可能な容量に対して運転上の余裕を考慮するものとし、次式により決定する。

$$Q_n = \sum q \cdot (1 + \alpha) = \sum \frac{B_E \cdot P_E \cdot t}{1,000 \cdot \rho_F} \cdot (1 + \alpha)$$

ここに

Q_n : 燃料貯油槽のタンク容量 (燃料の最大貯蔵量) (kL)

q : 機場内の各内燃機関に必要な燃料油の量 (kL)

α : 運用上の余裕率 ($\alpha = 0.2$)

ここで、運用上の余裕とは、燃料補給時の最少配送量、貯油槽内の汲出し不能な残量等の要因を考慮したものであり、消防法に規定する空間容積は含まない。

B_E : 機場内の各内燃機関の燃料消費率 (kg/kW・h)

P_E : 機場内の各内燃機関の定格出力 (kW)

t : 機場内の各内燃機関の運転時間 (h)

計画降水に対応した排水運転1回分の排水運転時間を基準とし、非常時における燃料の補給の確実性を考慮して定める時間

ρ_F : 燃料油の密度 (kg/L)

(2) 燃料貯油槽の内容積

燃料貯油槽の内容積には法令で定める空間容積を確保するものとし、次式により算出する。

$$Q_G = Q_n + Q_V$$

ここに

Q_G : タンク内容積

Q_n : タンク容量 (上記(1)により算出した燃料の最大貯蔵量)

Q_V : タンク空間容積 = $Q_G \times \beta$

β : 消防法の定めによる余裕 = 0.05~0.10

(3) 燃料貯油槽の形式、構造

燃料貯油槽の形式、構造は、法令上の区分による地下タンク貯蔵所又は屋外タンク貯蔵所に適合したものとする。

地下タンクの場合は、燃料の吸込高さの制約に留意する。

屋外タンクの場合は燃料油の戻りのため、燃料小出槽の設置高が高くなることや、防油堤内の雨水排水弁の確実な操作が必要となることに留意する。

(4) 給油口等

浸水対策として、給油口や通気管からの浸水防止及び給油方法を考慮した構造とする。

危機管理として、大規模災害発生時には通常の燃料供給システムが使用できないことも想定されるため、通常と異なるタンク車からも給油可能とするよう、給油金具の形式を検討しておく必要がある。

3. 燃料小出槽

(1) 燃料小出槽の設置高

燃料小出槽の設置高は送油、返油の条件を考慮して決定する。

1) 内燃機関への送油

各内燃機関への燃料小出槽からの燃料供給は自然落下方式とする。

ディーゼル機関においては、槽内油面高さを機関上部程度とすることが望ましく、ガスタービンにおいては、機関に固有の必要押込圧力が確保できない場合は燃料加圧ポンプを設置する。

2) 燃料貯油槽への返油

燃料貯油槽には燃料のオーバーフロー管及び戻り管を設け、自然落下により燃料貯油槽に返

油できる構造とする。屋外タンク（地上タンク）の場合は、燃料貯油槽の油面以上の高さ確保するため、燃料小出槽の設置高が高くなり、一床式の機場では点検しにくいことや燃料移送ポンプの送油圧力が高くなることに留意する。

(2) 油面検知等

燃料貯油槽には、燃料移送ポンプの自動運転用及び油面異常検知用に、油面高を電気信号で発信する装置及び油量を確認できる装置を設ける。

4. 燃料移送ポンプ及び燃料配管

(1) 燃料移送ポンプの容量

燃料移送ポンプの容量（送油量）は、主ポンプ全台数及び発電機用内燃機関（予備を含まない）の運転時の燃料消費量より大容量とするとともに、燃料小出槽を1時間以内で充油可能なものとする。

(2) 燃料移送ポンプの設置と運転方式

燃料移送ポンプの設置位置、設置高の決定に当たっては、燃料貯油槽からの吸上げ高、吸込配管損失を検討して吸込可能なものとするとともに必要揚程を決定する。

設置台数は、共通系統機器として2台とし、その運転は交互に始動停止するものとする。

燃料移送ポンプは電動機駆動とし、非常時用のウイングポンプを併設する。

燃料移送ポンプ運転用の電力は自家発電設備で供給するとともに、平常時の維持管理のため商用電源からも供給できるようにすることが望ましい。

(3) 燃料配管

屋外配管の直埋設配管は、ステンレス鋼管又は耐食性を有する材料（メッキ管を除く）を用いるものとする。

機場本体又は機場上屋に引き込む配管には、周囲の地盤沈下を吸収できるたわみ継手（フレキシブル継手）を設けるとともに、地下に設ける場合はその変位状態を目視できるようボックスやトラフに収納する。

第3節 冷却水系統設備

1. 冷却水系統設備は、機器の冷却方式により必要となる冷却水の供給及び冷却を確実にできるものとする。
2. 軸受の潤滑水や軸封水が必要な場合は、冷却水系統設備により供給する。

1. 主原動機の冷却方式

(1) 内燃機関の冷却

水冷式のディーゼル機関については、適用出力、必要な水量、水質及び水温、設置条件等により冷却方式を比較検討し、冷却水系統設備の設計を行う。

冷却方式の特徴と留意点（参考）を表6.2に示す。

表 6.2 ディーゼル機関冷却方式の特徴と留意点(参考)

項目	冷却方式(主冷却器)			
	機付ラジエータ	別置ラジエータ	管内クーラ、槽内クーラ	クーリングタワー
適用規模 (機関単機出力)	・小、中規模機場 (400kW以下)	・中、大規模機場 (2,000kW以下)	・中、大規模機場 (2,000kW以下)	・中、大規模機場 (2,000kW以下)
系統機器区分	・直属系統機器	・直属系統機器	・管内クーラは直属系統機器	・共通系統機器 (予備機設置)
冷却水量	・運転時補給不要	・運転時補給不要 (水温が高いため、調圧水 槽容量に蒸発量を見込む)	・運転時補給不要	・一次冷却水は運転時補給 不要 ・気化用冷却水(清水槽循 環水)は蒸散のため補給量 が多い
冷却水質	・機関一次冷却水と同じ	・機関一次冷却水と同じ	・機関一次冷却水と同じ	・機関一次冷却水と同じ ・気化用冷却水(清水槽循 環水)は水道水又は井戸水
冷却水ポンプ	・機付ポンプ	・機付ポンプ (揚程、送水量不足の場合 は電動ポンプ設置)	・機付ポンプ (揚程、送水量不足の場合 は電動ポンプ設置)	・一次冷却水は機付ポンプ (揚程、送水量不足の場合 は別途電動ポンプ設置) ・気化用冷却水(清水槽循 環水)は電動ポンプ
ファン動力	・機関本体取出し	・電動ファン	・不要	・電動ファン
二次冷却方式から の改造の留意点	・エンジン取替時に実施 ・ラジエータ分のスペース増 ・ラジエータコアの凍結破損 防止	・屋外の設置スペース ・ラジエータコアの凍結破損 防止	・主配管への設置スペース ・吐出し水槽、吸込水槽内 の設置スペース	・屋外の設置スペース

(2) 電動機等の冷却

水冷式電動機や始動抵抗器の冷却水については、内燃機関の冷却水系統設備に準じて設計する。

(3) 減速機等の冷却

施設規模が大きく、空冷以外の減速機や流体継手の油冷却用の冷却水については、内燃機関の冷却水系統に準じて設計する。

2. 潤滑水、軸封水の供給

立軸ポンプの水中軸受に潤滑水が必要な場合や横軸ポンプの軸封装置に軸封水を使用しなければならない場合は、冷却水系統設備に準じて設計する。

水質は水道水、井戸水又は同等の清水とし、送水用ポンプは水量、圧力を満足する電動ポンプとする。

第4節 始動系統設備

始動系統設備は、内燃機関を必要ときに確実に始動できるものとする。

1. ポンプ駆動用ディーゼル機関の始動系統設備の設計

ポンプ駆動用ディーゼル機関の始動方式は、空気式(分配弁方式、エアモータ方式)及び電気式(セルモータ方式)からポンプの始動特性とディーゼル機関の始動特性及び市場性により適切な方式を選定して、設備機器の設計を行う。

(1) 空気式(分配弁方式、エアモータ方式)の構成機器

1) 方式の採用

分配弁方式は、ポンプとディーゼル機関を直結駆動する設備でも始動可能であり、中～大出力の機関に採用する。

エアモータ方式は、ポンプを直結始動できないが、分配弁方式同様、空気槽に蓄えた空気圧により電源なしで始動できるため、小～中出力機関においてクラッチと組み合わせて採用する。

2) 構成機器

① 分配弁、エアモータ

ディーゼル機関に装備する。

② 空気槽

空気槽は直属系統機器であるが、機関1台について常用1本、予備用1本を設けることを標準とする。

空気槽の容量は連動操作で3回以上始動可能な容量とし、空気圧縮機は空気槽1本に対し、1時間以内に大気圧から規定圧力まで充気できる容量とする。

③ 空気圧縮機

空気圧縮機は共通系統機器として予備機を設ける。

空気圧縮機は電動機駆動として商用電源、自家発電設備双方から電力を供給できるようにし、空気槽の圧力低下を検知して自動充気するとともに、1台は電源喪失時の始動対策としてエンジン駆動が可能なものとするを標準とする。

(2) 電気式（セルモータ方式）の構成機器

1) 方式の採用

セルモータ方式は、ポンプを直結始動できないため、小～中出力機関においてクラッチと組み合わせて採用する。

2) 構成機器

① セルモータ

直流電動機とし、ディーゼル機関に装備する。

② 始動用直流電源装置

セルモータ駆動用の直流電源装置は、直属系統機器として機関1台毎に1台分設けることとし、予備は設けないことを標準とする。

蓄電池容量は、無負荷状態において、連動操作で連続3回以上始動可能な容量とする。

③ 蓄電池用充電器

充電器は蓄電池を常時浮動充電できる形式として満充電の状態を保つものとする。

2. ポンプ駆動用ガスタービンの始動系統設備の設計

(1) 始動方式

ポンプ駆動用ガスタービンの始動方式は、電気式（セルモータ方式）、油圧式（油圧モータ方式）、空気式（エアモータ方式）があるが、大出力の場合を除きセルモータ方式を採用する。

なお、1軸式ガスタービンはポンプを直結始動できないため、クラッチと組み合わせて採用する。

(2) ガスタービンの始動系統設備の構成機器

① セルモータ

直流電動機とし、ガスタービン機関に装備する。

② 始動用直流電源装置

セルモータ用の直流電源装置は、直属系統機器として機関1台毎に1台分設けることとし、予備は設けないことを標準とする。

蓄電池容量は無負荷状態において連動操作で連続3回以上始動可能な容量とする。

ガスタービンは自力着火に昇速するまで比較的長時間を要し、蓄電池容量はディーゼル機関に比べて大きいものを必要とするため、大容量とするとともに、非常時対応として他号機の始動系統設備と相互バックアップできるようにするのが望ましい。

③ 蓄電池用充電器

充電器は蓄電池を常時浮動充電できる形式として満充電の状態を保つものとする。

3. 自家発電設備の内燃機関の始動系統設備の設計

自家発電設備の内燃機関は、無負荷始動であるため、クラッチ付きの主ポンプ駆動用内燃機関に準じて始動方式を選定する。

なお、構成機器は直属系統機器として予備機は設けないことを基本とするが、空気槽については予備用1本を設ける。

第5節 満水系統設備

満水系統設備は、主ポンプを必要時間内で満水できるものとする。

1. 満水時間

吸上げ方式の主ポンプは、ポンプ始動前に満水操作（呼び水操作）が必要であり、排水機場の場合は運転が必要な場合に速やかに始動操作ができるよう、主ポンプ1台を5分以内で満水可能な設備とすることを標準とする。ただし、大口径ポンプや吸込、吐出し管が長く真空ポンプの電動機出力が大きくなる場合は、満水時間を10分程度まで許容して設計する。

2. 満水系統設備の構成機器

(1) 真空ポンプ

排水機場の真空ポンプは、共通系統機器として主ポンプ1台を満水するのに必要な容量のものを2台設ける。

寒冷地において、冬期の稼働を考慮する場合やポンプ設備全体の無水化を図る場合は、無水式の真空ポンプを検討する。

(2) 補水槽

真空ポンプに補給水が必要な場合、補水槽は共通系統機器であるが予備は設けない。

(3) 満水検知器

満水操作（呼び水操作）が必要な吸上げ方式の主ポンプに装備する。

ポンプ始動を速やかに行えるよう満水状態で待機する場合は、満水状態からの水面低下を検知し自動的に真空ポンプを運転する満水保持設備の設置を検討する。

第6節 潤滑油系統設備

潤滑油系統設備は、油ポンプによる潤滑が必要な機器について設置する。

1. 潤滑油系統設備を設置する機器

主原動機、歯車減速機、流体継手、横軸ポンプ等、外部油ポンプによる潤滑が必要な機器については潤滑油系統設備を設置する。

2. 潤滑油系統設備の構成機器

(1) 潤滑油ポンプ

潤滑油ポンプは機器本体に装備し、当該機器の運転時の回転動力により駆動する方式とするが、特に大形の機器では電動ポンプとする。

(2) 初期潤滑油ポンプ

始動時にあらかじめ潤滑を要する機器については、初期潤滑油ポンプを設ける。

初期潤滑油ポンプの駆動は当該機器の回転動力を使用できないので、電動ポンプ、手動ポンプ、空気圧ピストンポンプ等を選択する。

(3) 潤滑油濾過器及び潤滑油冷却器

これらの設備は機器本体に搭載又は別置きユニットとする。

第7節 給排気系統設備

給排気系統設備は、内燃機関の運転に必要な給気及び排気が行えるものとする。

1. 給排気系統設備の設置

給気系統設備は、内燃機関運転時の燃焼用空気や冷却用空気がポンプ室の換気設備では十分に供給できない場合に設ける。

排気系統設備は、内燃機関運転時の燃焼ガスの排出及び内燃機関を冷却した空気を排出するために設ける。

2. 給排気系統設備の構成機器

(1) 給気系統設備

ポンプ室の換気設備のほかに給気系統設備が必要となるのは、内燃機関の燃焼用空気や冷却用空気を供給するための専用ダクトを設けるガスタービン、機付ラジエータディーゼル機関、空冷ディーゼル機関等の場合であり、内燃機関の出力低下をもたらす吸気圧力低下を生じないよう、また、冷却用の空気量を確保できるよう、送風機、消音器、ダクト、ダンパ等について、必要な機能、容量を確保する。

(2) 排気系統設備

1) 排気管

ディーゼル機関やガスタービンの排気管について、排気経路の全抵抗（背圧）が原動機の正常な運転に差し支えないよう管径等を選択する。

排気経路は、温度変化が大きいため膨張、収縮に対応できるとともに、振動に対しても支障のない構造とする。

ディーゼル機関は、燃料によっては低温始動性が悪化するため、低温時に運転する設備では未燃焼ガスの排気管内での暴発（アフターファイヤー）による支障を生じないよう、排気系統を屈曲の少ない構造としたり、ガス抜き装置を設ける等の対策を行う。

2) 消音器

消音器は、環境対策として必要な性能を有するものとし、排気管に準じて設計する。

3) 排気ダクト

ガスタービン、機付ラジエータディーゼル機関、空冷ディーゼル機関の場合は、冷却用空気をポンプ室外に排出する専用の排気ダクトを設ける。

第7章 監視操作制御設備

第1節 揚排水機場の監視操作

7.1.1 一般事項

1. ポンプ設備は、水位や関連施設等の状況、ポンプ設備機器の状態を的確に把握して、所定の運転操作を確実に実行できるものとする。
2. ポンプ設備の監視操作制御設備は、設備の構成、機能及び監視操作方式に対応し、信頼性及び安全性が高く、操作制御性、経済性に優れたものとする。
3. 設備の形式が同種のものについては、同一の監視操作方式として統一を図る。

1. 監視操作制御設備の設計の留意事項

監視操作制御設備の設計に当たっては、選択された操作制御方式による操作を行うための操作盤等の機器を検討する。

検討要素別の主な留意事項を次に示す。

(1) 信頼性

排水機場のように必要な時に運転不能となることが重大な影響を及ぼす場合は、操作設備についても複数の操作手段を用意するなど信頼性確保に努める。

また、機器の故障を検知して早期に対応をとるための故障表示装置や故障の拡大による機能回復不能な重大故障を防ぐための保護装置を設ける。

操作制御設備の制御内容は簡素化を図り、制御設備の異常による故障の防止及び故障対応の容易化を図る。

(2) 安全性

機場集中操作と機側操作のように複数の場所から操作可能とする場合、操作員の安全確保のため同時に操作できないように切換開閉器を設ける。操作盤同士の切換の操作は、より機側に近い操作盤のみで可能なものとする。

設備の運転時において、機場周囲の第三者や操作員、点検員の安全を確保するための監視設備を検討する。監視設備としては機場内外の画像監視用CCTV装置、音声あるいは警告灯、警告音による警報、進入センサ等がある。

(3) 操作制御性

操作員の習熟、維持管理の容易性を考慮し、設備構造や運用方式が同種のものについて統一を図った監視操作制御設備とする。

操作員がポンプ設備の運転状態を把握して操作できるよう、運転条件を把握するために必要な水位等の計装データや設備の作動状況を監視できるものとする。

また、運転データ等の記録が確実、容易にできるよう、必要に応じて記録機能を備える。

(4) 経済性

操作制御設備の制御内容の簡素化、操作制御機器の共通化を図ることにより、設備費、点検・整備費、取替・更新費等について経済的な設備とする。

2. 監視操作方式の統一

運転操作員の熟練、維持管理の容易さ、信頼性向上のため、ポンプ設備の形式、規模が同等のものは、同一の監視操作方式とすることを標準とする。

(1) 排水ポンプ設備

排水ポンプ設備の場合は、運転の必要が生じた際には確実に始動して排水できるよう、操作方は始動時に多くの操作を必要としない連動運転操作を標準とし、操作設備の故障あるいは点検・整備のために機側での単独運転操作が可能なものとする。

連動運転操作における各機器の始動、停止順序はポンプ設備の機器構成により、統一した方式とする。

(2) 揚水ポンプ設備

揚水ポンプ設備において必要な吐出し量や吐出し圧力（水位）を長時間安定して供給しなければならぬ場合は自動運転を標準とし、点検・整備のために機側での単独運転操作も可能なものとする。

揚水ポンプの自動運転は、流量、水位、圧力等を制御目標としたフィードバック制御を基本とする。

7.1.2 設備機器の運転操作方式

ポンプ設備の設備機器の運転操作方式は、機器の構成、運転方法により操作場所、操作方式を選択して決定する。

1. 主ポンプ設備の運転操作方式

機場集中連動運転操作（操作室から関連機器を逐次始動停止する操作）及び機側単独運転操作（機器の側で当該機器を始動停止する操作）を基本とし、運転の条件に応じて次の操作方式との組合せを選定する。

- ① 遠隔連動運転操作：遠隔操作を行う揚排水機場のポンプ設備の操作
- ② 遠隔自動運転：遠隔操作で自動運転を行う揚水機場等のポンプ設備の操作
- ③ 機場集中半連動操作：操作室からの連動運転操作で、吐出し弁等の一部機器の単独運転操作を行うポンプ設備（管理運転、排水機場の小水量運転等）の操作
- ④ 機側連動運転操作：機場集中監視操作盤がなく機側操作盤で連動運転操作と単独運転操作を行うポンプ設備の操作
- ⑤ 機側半連動運転操作：機場集中監視操作盤がなく機側操作盤からの連動運転操作で、吐出し弁等の一部機器の単独運転操作を行うポンプ設備の操作

2. 系統機器の運転操作方式

系統機器の運転操作方式は、ポンプ設備運転時に必要な運転状態及び維持管理時の運転方法により、次の操作方式の組合せを選定する。

- ① 連動運転操作：主ポンプ、自家発電設備の運転に連動して運転する直属系統機器及び共通系統機器の操作
- ② 自動運転：液面や圧力検知により自動的に運転開始、停止を行う操作
- ③ 単独運転操作：維持管理時、連動運転や自動運転に支障が生じた場合の操作

なお、常用と予備機として複数設置されている機器については、自動的に交互運転が行えるような回路を構成し、故障等で該当号機の運転が行えない場合は、他号機に切り換わる回路を構成する。

3. 自家発電設備の運転操作方式

(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は、機場集中連動運転操作及び機側単独運転操作による手動運転操作を基本とし、遠隔操作を行う排水機場の場合は遠隔連動運転操作とする。

運転中の発電設備が故障のため停止した場合には、予備の発電設備を手動運転操作で始動する方式とする。

(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

揚水ポンプ設備の自家発電設備が、保安や維持管理のための商用電源のバックアップ用の場合は、自動運転（自動始動方式）とするとともに機側単独運転操作も可能な設備とする。

4. 除塵設備の運転操作方式

除塵設備の運転操作方式は、連動運転操作を基本とし、各機器の機側単独運転操作が可能なものとする。

除塵機及びベルトコンベヤは点検・整備時に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。

ベルトコンベヤには、操作員等が巻込まれる事故の防止対策として、非常停止用の引き綱スイッチを設ける。

除塵設備を機場集中連動運転操作や遠隔連動運転操作を行う機場では、屋外の除塵設備周囲の安全を目視又はCCTV装置等で確認して操作が行えるようにする。

第2節 始動条件と保護装置

7.2.1 始動条件

ポンプ設備の始動条件は、ポンプ始動時の運転による重大な損傷発生の防止に必要な不可欠な項目について、監視操作方式、機器構成により定める。

1. 始動条件の設定

始動条件は、ポンプの始動前に満たされるべき諸条件のうち、条件を満足しない状態で始動した場合に重要機器の破損等を生じるおそれのあるものとし、始動後の保護装置の作動により防止できる不具合や軽微な不具合については、始動条件から除外し、必要最小限のものを選択する。

始動条件を満足しない場合は、インターロックによりポンプ等の始動ができない設備とする。

2. 設備別、監視操作方式別の始動条件

始動条件となる項目は、設備の操作場所、操作方式等により、計装設備等からの電気信号で自動的に確認する場合と操作員が目視により確認する場合に区分して監視操作方式別に設定する。

陸上ポンプの主ポンプと自家発電設備の標準的な例を表7.1及び表7.2に示す。

表 7.1 主ポンプの始動条件(インターロック項目)(標準例)

インターロック項目 ○:する △:備考の条件の場合する ×:しない

始動条件項目	連動 運転操作	半連動 運転操作	単独 運転操作	備考
吸水槽水位規定以上	○	×	×	
膨張タンク・高架水槽水位規定以上	△	△	×	水冷機関の場合 ポンプ潤滑水等が必要な場合
空気槽圧力規定以上	△	△	×	空気始動機関の場合
燃料小出槽油面規定以上	△	△	×	内燃機関の場合
真空ポンプ用補水槽水位規定以上	△	△	×	真空ポンプで満水する場合
始動装置が始動位置にある	△	△	△	電動機駆動の場合
吐出し弁規定開度	△	△	△	軸流ポンプの場合
押込式ポンプ用吸込弁全開	△	△	△	横軸揚水ポンプの場合
他のポンプが始動中でない	○	△	×	真空ポンプで満水する場合 電動機駆動の場合(電源容量による)
重故障が発生していない	○	○	○	
軽故障が発生していない	○	○	×	
各切換開閉器が所定位置にある	○	○	×	
機関回転速度規定値以下	△	△	△	ガスタービンの場合
その他重要なもの	○	○	○	

表 7.2 自家発電設備の始動条件(インターロック項目)(標準例)

インターロック項目 ○:する △:備考の条件の場合する ×:しない

始動条件項目	連動運転操作	単独運転操作	備考
膨張タンク・高架水槽水位規定以上	△	×	水冷機関の場合
空気槽圧力規定以上	△	×	空気始動機関の場合
燃料小出槽油面規定以上	△	×	内燃機関の場合
遮断器が投入されていない	○	○	
重故障が発生していない	○	○	
軽故障が発生していない	○	×	
機関回転速度規定値以下	△	△	ガスタービンの場合
その他重要なもの	○	○	

7.2.2 保護装置

1. 揚排水ポンプ設備には、水位状況や主要機器に異常が生じた場合に機器の損傷を防止するための保護装置を設ける。
2. 保護装置の機能は、運転中の主要機器等の異常について、直ちに停止させないと回復不能に陥る場合を重故障として非常停止、警報及び重故障表示を行うものとし、運転を続行しながら対策が可能な場合を軽故障として、警報及び軽故障表示を行う。

1. 保護装置の機能

保護装置は、計装設備等からの電気信号で自動的に停止操作制御、警報、故障表示を行えるものとする。

警報奏鳴(音声発信)及び故障表示は、運転操作員が故障の発生とそのレベルを確実に把握で

きるよう、機場集中監視操作盤、機側操作制御盤等の監視操作制御設備に、重故障と軽故障に区分して行う。

2. 保護項目

ポンプ設備の故障等の保護項目と表示について、主ポンプと自家発電設備の標準的な例をそれぞれ表 7.3 及び表 7.4 に示す。

表 7.3 主ポンプの保護項目(標準例)

凡例：○ 保護する — 該当なし

保護項目	機場集中操作制御盤					機側操作制御盤	備考	
	陸上ポンプ				水中ポンプ	陸上/水中ポンプ		
	ディーゼル機関駆動		ガスタービン駆動	電動機駆動				
水冷	空冷							
重故障	運転水位	吸水槽水位異常低下	○	○	○	○	○	
	主ポンプ	スラスト軸受温度異常上昇	○	○	○	○	○	すべり軸受の場合
		潤滑水量不足	○	○	○	○	—	
		弁	逆止め弁無送水	—	—	—	○	—
	減速機	歯車減速機潤滑圧異常低下	○	○	○	○	—	
	主原動機	内燃機関過速度	○	○	○	—	—	
		潤滑油温度上昇	○	○	○	—	—	
		内燃機関潤滑油圧異常低下	○	○	○	—	—	
		内燃機関冷却水量不足	○	—	—	—	—	
		内燃機関冷却水温度異常上昇	○	—	—	—	—	
		燃料小出槽油面異常低下	○	○	○	—	—	該当項目につき一括又は個別表示
		ガス発生機軸過速度	—	—	○	—	—	
		出力軸低速度	—	—	○	—	—	
		内燃機関排気温度異常上昇	—	—	○	—	—	
		ガスタービン制御系異常	—	—	○	—	—	
		主電動機接地	—	—	—	○	—	
	電気系統	電動機浸水	—	—	—	—	○	
		電動機過熱	—	—	—	—	○	
		3E動作	—	—	—	—	○	
		漏電	—	—	—	—	○	
	その他重故障	○	○	○	○	○		
	その他重要なもの	○	○	○	○	○		
軽故障	始動渋滞		○	○	○	○	○	
	運転水位	吐出し水位異常高	○	○	○	○	○	
	弁	吐出し弁開閉過トルク	○	○	○	○	○	
	減速機	歯車減速機潤滑油温度上昇	○	○	○	○	—	
	主原動機	始動渋滞	○	○	○	○	○	
		内燃機関停止渋滞	○	○	○	—	—	
	系統機器	膨張タンク・高架水槽水位異常低下	○	—	—	—	—	該当項目につき一括又は個別表示
		空気槽圧力異常低下	○	○	—	—	—	
		燃料小出槽油面低下	○	○	○	—	—	送油断を含む
		補水槽水位異常低下	○	—	—	○	—	横軸ポンプの場合
		系統機器故障その他付帯機器故障	○	○	○	○	○	
	電気系統軽故障	○	○	○	○	○		
	その他必要なもの	○	○	○	○	○		

表 7.4 自家発電設備の保護項目(標準例)

凡例：○ 保護する — 該当なし

故障項目	機場集中操作制御盤					機側操作制御盤	備考	
	発電機	内燃機関						
		ディーゼル機関 駆動	ガスタービン 駆動		水冷			空冷
重故障	発電機	過電圧	○	—	—	—		
		過電流	○	—	—	—		
		低電圧	○	—	—	—		
		接地	○	—	—	—		
		軸受温度異常上昇	○	—	—	—	すべり軸受の場合	
	内燃機関	過速度	—	○	○	○	該当項目につき一 括又は個別表示	
		潤滑油温度上昇	—	○	○	○		
		潤滑油圧異常低下	—	○	○	○		
		冷却水量不足	—	○	—	—		
		冷却水温度異常上昇	—	○	—	—		
		燃料小出槽油面異常低下	—	○	○	○		自動空気抜き装備機種を除く
		出力軸低速度	—	—	—	○		
		排気温度異常上昇	—	—	—	○		
	その他重要なもの		○	○	○	○		
軽故障	全体	始動渋滞	○	○	○	○	該当項目につき一 括又は個別表示	
	内燃機関	始動渋滞	—	○	○	○		
		停止渋滞	—	○	○	○		
		膨張タンク・高架水槽水位異常低下	—	○	—	—		
		燃料小出槽油面低下	—	○	○	○		
		空気槽圧力異常低下	—	○	○	—		
	その他重要なもの		○	○	○	○		

第3節 監視操作制御設備の設計

1. 監視操作制御設備は、安全で確実かつ容易にポンプ設備の運転操作及び状態の監視を行えるよう、ポンプ設備の用途、規模、主原動機の種類、運転操作方式等により必要機能を決定し、機器を構成する。
2. 監視操作制御設備の構成機器は、操作の確実性、維持管理の容易性に配慮して、統一と簡素化を図った仕様、構造とする。
3. 監視操作制御設備は、雷のサージ性異常電圧による被害を防止するため、適切な雷対策を行う。
4. 機能別の機器の設計は、次により行う。
 - (1) 機場集中監視操作盤、機側操作盤は、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。
 - (2) 補助継電器盤は、主に制御、保護、インターロック、表示等の回路により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えるものとし、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。
 - (3) 系統機器盤、電動機制御盤は、操作対象の電動機を安全、確実に運転するための動力電源

の供給を行えるものとし、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。

- (4) 運転支援装置は、運転操作支援、故障対応支援、記録、情報管理等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行えるものとし、必要機能を機場規模、管理体制等を考慮して決定する。
- (5) 計装設備は、運転操作をする上で必要な情報（水位、流量、圧力等）を把握できるものとし、揚排水機場の設置条件、環境条件、使用目的、測定条件、測定範囲、精度等を考慮して計測機器等を選定する。
- (6) CCTV設備、警報装置は、運転操作する際に画像監視や音声警報等により安全確認を行えるものとし、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。
- (7) 遠隔監視操作制御設備は、遠隔操作に必要な情報を的確に把握し、機場から離れた管理所等からの監視や操作が確実に行えるものとする。

1. 監視操作制御設備の機能と構成

揚排水機場の監視操作制御設備の機能と対応する主な構成機器は、次のとおりとする。

- ① 監視操作機能：機場集中監視操作盤、機側操作盤
- ② 制御機能：補助継電器盤（リレー型、PLC型）
- ③ 運転支援機能：運転支援装置
- ④ 動力供給機能：系統機器盤、コントロールセンタ、電動機制御盤
- ⑤ 計測機能：計装設備（計装盤、水位計盤）
- ⑥ 安全確認機能：CCTV設備、警報装置、伝送装置
- ⑦ 遠隔監視操作機能：遠隔監視操作盤、広域監視操作システム、入出力処理装置、光伝送装置

2. 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あるいはアース線より侵入し、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。

3. 機器設計の留意点

各機器の設計に当たっての留意点を次に示す。

(1) 機場集中監視操作盤、機側操作盤

- ① 始動、停止、操作方法の切り替え等を行う操作機能は、誤動作を防止するために選択と実行を分けて操作する二挙動操作方法等の採用を検討する。
- ② 機場集中での監視操作が機能しない場合に、機側で単独運転が可能なものとする。
- ③ 主ポンプの機側での操作機能は、主ポンプ1台ごとに分散させる。
- ④ 系統機器の機側での操作機能は、系統別機器ごとに分散させる。
- ⑤ 故障表示のほか、設備機器の状態表示を行うものとし、その項目は機器構成、運転操作方式等を踏まえて選定する。
- ⑥ ポンプ設備の形式、規模により、統一性のある盤面機器構成、配置を検討する。

(2) 補助継電器盤（リレー型、PLC型）

設備構成や機器の特徴に応じた制御方式を選定し、ポンプの運転制御に必要な、シーケンス制御等の制御回路、保護回路、インターロック回路、表示回路を決定する。

機側単独制御機能及び保護回路は、バックアップを考慮してPLC等を経由せずにハードリレーによる制御回路を標準として他機器への波及を少なくし、復旧が比較的容易となるよう配慮する。

(3) 運転支援装置

運転支援装置は、運転操作支援機能、故障対応支援機能、記録及び情報管理機能について、機場規模、施設形態、運転体制等の管理形態、遠隔監視操作の有無、立地条件等を考慮の上、必要機能を決定する。

(4) 系統機器盤

動力電源の開閉機能について、機器の特性による始動トルクや始動電流と始動方式の関係を検討するとともに、過負荷等により異常電流が発生した場合、電動機破損や系統の一次側への波及を防止するために十分な容量をもった保護機能及び遮断容量を検討する。

(5) 計装設備（計装盤、水位計盤）

内外水位、吸水槽水位、吐出水槽水位、燃料貯油量等の運転条件に関するデータ、運転時間、揚排水量、使用電力量、燃料消費量等の運転データ、圧力、温度等の機器管理データ等について、必要なデータの種類、精度に応じて機器を選択する。

計装設備の設置位置は、施設の構造及び環境条件を考慮して、性能が十分発揮でき点検・整備が容易に行える場所とするとともに、必要に応じて雷対策を講ずる。

(6) CCTV設備、警報装置

機場周辺への人の立ち入りの有無確認、運転時の運転操作員を含む周囲への注意喚起等に必要な監視、警報のための機器を検討する。設計に当たっては、機場内外、除塵設備、ポンプ室内の機器等について、夜間運転も考慮して設置位置、照明等の検討を行う。

(7) 遠隔監視操作制御設備

洪水時初動対応の充実、異常時の後方支援、機場間のバックアップ、集中管理による業務の効率化、運転操作の省力化等、対象施設の運用管理体制から必要となる監視機能又は監視操作機能に対応した設備機器構成とする。

第8章 電源設備

第1節 揚排水機場の電源設備

1. 電源設備は、揚排水機場の用途、規模、立地条件等を考慮して、ポンプ設備の運転操作、維持管理に必要な電力を確実に供給できるものとする。
2. 排水ポンプ設備においては、出水時に商用電源が停電した場合にも排水機能を維持できるような運転時に必要な全ての電力を自家発電設備より供給できるものとし、常用機と予備機を設置することを標準とする。また、維持管理上必要な系統機器、照明、制御用の電力は、最小限の電力のみを商用電源により供給する。
3. 揚水ポンプ設備においては、主ポンプ運転用の電力及び維持管理用の電力は商用電源により供給することを標準とする。なお、予備電源の検討に当たっては、主ポンプ運転用の電力については揚水の中断による影響度を考慮し、維持管理用の電力については主ポンプ運転以外の停電時の影響度を考慮して決定する。

1. 電源設備の構成等

(1) 電源設備の構成

電源設備は、受変電設備、自家発電設備、制御用電源設備（直流電源設備、無停電電源設備）等で構成する。

(2) 電源設備の負荷

揚排水機場の負荷は、電動機、監視制御機器、照明機器、ヒータ等であり、用途、運転条件等に応じて各電源設備の負荷とする。

なお、主ポンプが電動機駆動の場合は、主電動機の始動方式やポンプ特性が電源設備容量に影響するため、設計に当たっては、これらを合わせて検討する。

また、機場の付属施設として水門、樋門のゲートがある場合は、必要電力について単独受電、機場一括受電、自家発電設備からの供給があり、予備動力（電源）も含めて検討する。

(3) 電力の種類

供給電力は、動力用は三相交流、照明用は単相交流とし、電圧はそれぞれの負荷容量により高圧（特別高圧）、低圧を選択する。

2. 排水ポンプ設備の電源設備

(1) 商用電源からの電力供給

排水ポンプ設備においては、商用電源は、日常の維持管理において必要な照明、空調、蓄電池充電、井戸、水道等の負荷に供給する容量とするなど、できるかぎり低圧受電の範囲となるよう負荷を組み合わせることを基本とする。

(2) 自家発電設備からの電力供給

自家発電設備からの電力供給は、主ポンプ運転時、維持管理時のいずれにおいても、商用電源に停電が発生しても支障のないものとし、自家発電設備には故障対策として予備機を設けることを標準とする。

なお、小規模な排水機場においてポンプ運転時の電力を商用電源とした場合は、停電時の予備電源として自家発電設備を1台設置する。また、救急排水ポンプ設備の構成と同様に水中ポンプを多数設置する機場では、ポンプ2台毎に発電機1台を組み合わせる発電機の台数分割による危

険分散を図り、自家発電設備の予備機を設置しない場合がある。

3. 揚水ポンプ設備の電源設備

(1) 商用電源からの電力供給

揚水ポンプ設備で運転時間等から主原動機を電動機とした機場では、動力用電源及び維持管理用電源は、いずれも商用電源とする。

受電電圧は、ポンプ設備の各電動機の出力を常用、予備に区分して整理、集計し、設備容量を算定の上決定する。

(2) 自家発電設備からの電力供給

維持管理用電源として、必要に応じ小容量の自家発電設備を設置し、商用電源が停電した場合に電力を供給する。

第2節 受変電設備

1. 受変電設備は負荷設備、稼働条件及び将来の増設負荷を勘案し、受電した電力を安全確実に二次側へ変圧、送電することができるものとする。
2. 低圧受電する場合は動力用と照明用をそれぞれ独立させ、負荷電流や短絡電流を安全に遮断でき、かつ二次側回路を開閉できるものとする。

1. 高圧受変電設備

高圧受変電設備は、高圧電源引込設備（引込柱、開閉器）、取引用計器、高圧引込盤、高圧受電盤、高圧変圧器等必要な機器で構成する。

高圧受変電設備の設計の留意点を次に示す。

- (1) 高圧受電設備の引込部には、保守点検用として、二次側回路を断路する装置を設ける。
- (2) 短絡電流等が電力会社の配電系統や他の需要家に影響を及ぼさないための受電点における電力保護及び負荷設備の保護のため、安全に遮断できる装置を設ける。
- (3) 高圧受電設備は、雷害に対して有効に保護できるものとする。雷害対策としては、一般的に避雷器が設けられる。
- (4) 高圧変電設備は、設置場所及び安全性を考慮して形式を選定し、設備負荷の特性及び稼働条件より容量を決定する。

2. 低圧受電設備

低圧受電設備においては、ポンプ設備の立上げに必要な系統機器の動力、維持管理上必要な負荷、照明等を商用電源より三相3線式200V及び単相3線式200/100Vを受電するために低圧受電盤を設ける。

低圧受電盤は保守及び点検が容易でかつ安全であり、万一事故が発生した場合に他に波及しにくい構造とする。また、充電部等の危険部分については、操作及び保守に対して安全な構造とする。

商用の低圧電源と自家発電機からの低圧電源の切換は、三極双投形電磁接触器を使用する。三極単投形電磁接触器を2個組み合わせる場合は、確実に相互インターロックを行うものとする。

第3節 自家発電設備

1. 自家発電設備は、主ポンプの運転及び維持管理上必要な容量の電力を安全確実に供給できるものとする。
2. 発電機の形式は、使用条件、設置条件等を考慮して決定する。
3. 原動機は内燃機関とし、その形式は発電機の容量、使用条件、設置条件及び主ポンプ用原動機との整合性を考慮して決定する。

1. 自家発電設備の用途別種類

自家発電設備には、排水機場において主ポンプ運転用の電力を供給する設備と施設の維持管理用として商用電源停電時に電力を供給する設備があり、排水機場の場合には始動条件を満足すれば兼用することができる。

(1) 主ポンプ運転用自家発電設備

主ポンプ運転用自家発電設備は、商用電源によらずにポンプ設備運転に必要な電力を供給するものである。

1) 発電設備の負荷

主ポンプ運転用自家発電設備の主な負荷は次のとおりであり、同時に運転する負荷を組み合わせることで発電設備の容量を算定する。

- ① 排水機場で主ポンプが電動機駆動の場合の主電動機、揚水機場で商用電源の停電時等に運転するポンプの電動機
- ② 排水機場で主ポンプ運転時に稼働する系統機器設備、揚水機場で商用電源の停電時等に運転する系統機器設備
- ③ 付属設備（除塵設備、換気設備、天井クレーン等）
- ④ 吐出樋門ゲート、自然流下水路のゲート
- ⑤ 維持管理用の照明、動力電源、操作電源等

2) 発電設備の運転条件

主ポンプ運転用自家発電設備は、主ポンプ運転準備段階から運転終了まで連続して運転できるものとする。

気象条件等は、主ポンプ駆動用原動機と同じであり、第5章第1節の5.1.2による。

(2) 維持管理用自家発電設備

維持管理用自家発電設備は、商用電源が停電した場合の予備電源として機場の管理用に必要な電力を供給するものである。

1) 発電設備の負荷

維持管理用自家発電設備の主な負荷は次のとおりであるが、それぞれの必要範囲を絞り込んで発電設備の容量を算定する。

- ① 保安照明、空調設備、換気設備
- ② 監視操作制御機器（必要範囲の制御用電源）

2) 発電設備の運転条件

機場の運用条件により、始動方式（手動始動、自動始動）、必要運転時間を設定する。

2. 自家発電設備の構成

自家発電設備は、発電機、原動機、自家発電機盤、系統機器及び付属装置等で構成する。

3. 自家発電設備の容量の決定

自家発電設備の容量は、同時に電力を供給する可能性のある負荷の容量、台数及び始動特性に基づき算出するものとし、発電機及び駆動用原動機の出力は次の条件を満足するものとする。

(1) 定常時負荷容量による出力

同時に運転される機器の組合せのうち、その合計容量が最大時でも電力供給可能な発電機、原動機の出力とする。

(2) 過渡時最大電圧降下による出力

始動容量の大きい負荷投入時に、始動電流により生じる瞬時電圧降下が規定値を超えない発電機出力とし、原動機は失速しない出力とする。

(3) 過渡時最大短時間耐量による出力

既に運転しているベース負荷に、次の負荷を投入した場合の始動容量に耐えられる発電機出力とし、原動機は短時間過負荷で耐えられる出力とする。

ここで、負荷の始動特性については、電動機の始動方式と電動機で駆動するポンプ等の始動時のトルク特性等により必要容量が異なるため、自家発電設備の設計において、水中ポンプなどの大容量負荷がある場合には、負荷の始動方式等を含めた検討を行う。

4. 発電機の選定

発電機は交流発電機とし、設置場所、運転条件、負荷等により、外被形式（保護方式）、冷却方式、絶縁種別及び励磁方式を決定する。

5. 原動機の選定

発電機の駆動原動機は、発電機の容量、使用条件、設置条件により機種等を選定する。

排水機場の自家発電設備の場合は、主ポンプ駆動用原動機との機種、燃料の種類、冷却方式、始動方式等の整合を図ることにより機器の共通化を考慮するとともに、出力の違いによる市場性も加味して、維持管理の容易な機種、形式等を選定する。

6. 発電機盤及び系統機器

(1) 発電機盤

発電機盤は、操作制御回路、主回路、始動回路、系統機器制御回路を内蔵したものとし、発電機1台について1面を設ける。

(2) 系統機器

燃料小出槽等の燃料系統設備、水冷機関の冷却水系統設備、始動系統設備（空気式、電気式）、消音器等の給排気系統設備については、第6章により設計する。

第4節 制御用電源設備

1. 制御用電源設備は、ポンプ設備の監視、操作制御用電源として設置するものとし、商用電源の供給停止又は自家発電設備の故障時においても、設備の操作制御機能を維持するための蓄電池容量を確保する。
2. 直流電源設備は、直流を使用する機器の監視、制御用電源として設置する。
3. 無停電電源設備は、交流を使用する電子制御機器の予備電源として設置する。

1. 制御電源と電源設備

(1) 制御電源の種類

制御電源としてはポンプ設備のシーケンス制御回路、故障保護回路、故障表示、状態表示灯等の制御電源及び動力電源を接続する電磁接触器の励磁等に要する操作電源がある。この制御電源を確保するために必要に応じた制御電源設備を設置する。

直流電源設備は、正常時は交流を整流して監視、操作制御用の直流を供給し、商用電源の供給停止又は自家発電設備の故障時においては、電源が遮断された場合でも状態保持しておく必要があるもの、自家発電設備の操作制御電源のように商用電源がなくとも始動する必要があるもの及び遮断器の投入電源として蓄電池から直流を供給する。直流の使用は必要最低限とし、蓄電池容量の低減を図る。

無停電電源設備（UPS）は、商用電源の供給停止又は自家発電設備の故障時の予備電源であるが、ポンプ設備では交流出力のものが用いられており、運転支援システムやPLC等の交流を電源とする電子制御機器の予備電源として、蓄電池からの直流を交流に変換して供給する。

(2) 制御電源の電圧

制御電源は、ポンプ設備の運転操作や機器を保護等の制御のため、制御内容、制御対象機器により種類と電圧を決定する。

1) 交流電源

交流電源の電圧は100Vとする。

2) 直流電源

制御用直流電源は始動時の電圧降下による制御系の誤作動を防止するため、原動機の始動用とは別に設けるものとし、電圧降下、耐ノイズ対策の観点から、電圧は100Vを標準とする。

ただし、小規模設備の場合には24Vの使用も検討する。

(3) 誘導雷保護

制御電源設備を誘導雷から保護するために避雷装置又は耐雷トランスを付加する。

2. 直流電源設備

(1) 直流電源設備の構成

直流電源設備は、商用及び自家発電設備からの交流電力を制御用に直流に変換して供給する設備として、直流電源盤内に変圧器、整流回路、平滑回路、位相制御装置、蓄電池及び負荷電圧補償装置を内蔵する。

直流電源設備は、無人状態でも安全に自動充電できるものとする。

(2) 蓄電池

蓄電池は、過放電、過充電に対する耐久性、保守性、据付面積及び設置場所を検討して種類と形式を決定する。

蓄電池の容量は、自家発電設備の始動時の制御及び停電時間中の状態保持等に要する電源としての必要容量を満足するものとする。

3. 無停電電源設備

無停電電源設備（UPS）は、直流電源装置（整流器、蓄電器）、インバータ及び切換回路で構成し、商用電源が停電した場合には蓄電池からの直流を交流に変換し、交流電源を安定供給できるものとする。

UPSの負荷として接続されるPLC、運転支援装置は共に瞬時停電によって動作しているプログラムが中断される可能性が大きいため、切替回路には、常時インバータ給電、同期切替方式を採用する。

第9章 除塵設備

第1節 除塵設備の設置

1. 揚排水機場の流入水路又は吸込水槽入口には、除塵設備を設置する。
2. 除塵設備は、流入するごみに対応できる機器構成とする。

1. 除塵設備の構成

除塵設備の構成機器は、スクリーン、除塵機、搬送設備（ベルトコンベヤ）、貯留設備（ホッパ等）とする。

2. 構成機器の機能と設置の組合せ

(1) 除塵設備の機能

除塵設備を構成する機器別の必要機能を次に示す。

1) スクリーン

流入するごみがポンプ等に詰まることによる支障を防止し、送水中のごみを少なくする。

また、安全確保のための防護柵として、流入部に人が転落した場合にポンプに吸い込まれることを防ぐ。

2) 除塵機

スクリーンで捕捉されたごみにより、流水が妨げられないようにする。

3) 搬送設備

除塵機で掻き上げたごみが、除塵機背面に蓄積することによる除塵機運転の支障を防ぐ。

4) 貯留設備

ごみの散乱防止と搬出の容易化のために、一時的に貯留する。

(2) 設置機器の組合せ

1) スクリーン

全ての揚排水機場に、スクリーンを設ける。

2) 除塵機

流入するごみの量、継続時間に対して、人力による掻き上げではポンプ運転に支障を生じる場合に設ける。

3) 搬送、貯留設備

除塵機背面のごみ貯留スペースやごみの処理方法により、必要に応じて搬送設備や貯留設備を設置する。

第2節 除塵設備の設計

揚排水機場の除塵設備は、ポンプ運転時のごみの処理体制、搬出方法等により、必要な機能を発揮できるように設計する。

1. 排水機場の除塵設備

(1) スクリーン

1) 通過平均流速

スクリーン通過流速は、定置式機械除塵方式の場合、スクリーン直下流部の水路断面におい

て、ポンプ運転可能最低水位及び計画吐出し量で 0.65m/s 以下とすることが望ましい。

2) スクリーン目幅

スクリーンの目幅は、ポンプの運転に支障のない限り荒目（ポンプ口径の 1/10～1/20 程度）とする。

また、吸水槽に人が落下した場合の安全性を考慮して、ポンプの大きさによらず目幅の最大を 150mm程度とし、一般には 30～150mmの範囲で決定する。

3) スクリーンの強度

スクリーンの強度は、計画最高水位においてスクリーン前後に 1mの水位差が生じても支障のないものとする。

4) スクリーンの傾斜角度

定置式機械除塵方式の場合 75° 前後、手掻き式の場合 45° ～60° とする。

5) スクリーンの材料

常時没水する部材の材料は、ステンレス鋼とする。

(2) 除塵機

1) 除塵機の形式

除塵機は、定置式（前面掻上背面降下型）を標準とし、ごみによる掻上げ動作の異常対策として、レーキを正逆運転可能な構造とする。

2) 掻上げ能力

除塵機の掻上げ能力は、レーキ寸法、ごみの量、質によって決める。

3) 除塵機の材料

除塵機の材料は、表 9.1 による材料の組合せを標準とし、常時没水する部材の材料は、ステンレス鋼とする。

表 9.1 除塵機の主要部材料

使用箇所	材料名	規格記号
サイドフレーム	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS
	ステンレス鋼	JISG4304 SUS
レーキ スクリーン 前衛スクリーン	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS
	ステンレス鋼	JISG4304 SUS
レーキチェーン	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS
	ステンレス鋼	JISG4304 SUS
	クロムモリブデン鋼	JISG4052 SCM
ガイドレール	ステンレス鋼	JISG4304 SUS
エプロン	一般構造用圧延鋼材	JISG3101 SS
	ステンレス鋼	JISG4304 SUS

(3) 搬送、貯留設備

搬送、貯留設備は、掻き上げるごみの量、形状を考慮して、寸法、能力を決定する。

2. 揚水機場の除塵設備

(1) スクリーン

1) 通過平均流速

スクリーン通過流速は、スクリーン直下流部の水路断面において、0.5m/s以下とすることが望ましい。

2) スクリーン目幅

スクリーンの目幅は排水に比べやや細目（ポンプ口径の1/20程度）とする。

目幅の最大値は排水機場と同じく、ポンプの大きさにかかわらず150mm程度とする。

3) スクリーンの強度、スクリーンの傾斜角度、スクリーンの材料

排水機場に準じて設計する。

(2) 除塵機

1) 除塵機の形式

揚水機場の場合には、手掻除塵方式が一般的であるが、ポンプ台数やごみ量の多い場合は、走行式機械除塵方式等の採用を検討する。

2) 掻上げ能力、除塵機の材料

排水機場に準じて設計する。

(3) 搬送、貯留設備

排水機場に準じて計画する。

第10章 付属設備

第1節 付属設備

1. ポンプ設備には、維持管理、機能保全、安全管理及び火災防止等のため、機場の規模、環境条件を考慮して、必要な付属設備を設ける。
2. 流入水路には、主ポンプ等の点検・整備、吸水槽内排砂作業時等に確実に止水できる角落し設備を設ける。
3. 設備機器の据付、点検・整備、修繕等のために、つり上げ荷重と作業条件等を考慮してクレーン設備を計画する。
4. 機器の運転時に放散する熱の排出、燃料の燃焼及び操作員等の健康衛生に必要な空気量を確保するために、換気設備を設ける。
5. ポンプの運転及び維持管理に必要な照度を確保するため、照明設備を設置する。
6. 火災防止のために、消防法に基づく適切な消火設備を設ける。
7. ポンプ室内の水等を自然排水できない場合の排水のために、屋内排水設備を設ける。

1. 角落し設備

揚排水機場の流入水路等のスクリーンの上流側には、スクリーン、除塵機、主ポンプ等の点検・整備や吸水槽内の排砂作業等を容易に行うため、確実に止水できる角落し設備を設置する。

複数台のポンプや除塵機が設置されている場合は、それぞれの流入水路のスパンごとに水抜きが可能なように、角落しの配置を計画する。

角落し本体は、鋼板製とし、水密方式、強度設計等は「ダム・堰施設技術基準（案）」（国土交通省）による。

2. クレーン設備

揚排水機場には、機器の据付、点検・整備や将来の修理のため、つり上げ荷重と作業条件等を考慮したクレーン設備を計画する。

クレーン設備の検討における留意点を次に示す。

(1) 天井クレーン及び移動式クレーン

天井クレーンは、初期費用が大きいのが、操作の容易さ、機械の調達、ランニングコストの面で利点があり、移動式クレーンは、機場のコンパクト化を図ることができる。

移動式クレーンでポンプの据付、点検・整備を行う場合は、ポンプ室天井の構造、機器の配置、ポンプ場周囲のクレーン設置及び作業スペースの確保、作業内容別の必要機種と搬入ルートも踏まえた調達性等の諸条件より、天井クレーンと比較検討する。

(2) 維持管理用クレーン

維持管理用クレーンは、日常の維持管理用あるいは移動式クレーンの補助用として設置する小形クレーンであり、設置の要否について検討する。

3. 換気設備

揚排水機場には、換気設備を設けるものとし、換気方式は主原動機の容量、種類等に応じて決定する。

換気量は、各機器より放散する熱の排出、燃料の燃焼及び操作員等の健康衛生に必要な空気量を確保する。

4. 照明設備

揚排水機場の運転及び維持管理に必要な照度を確保するため、場所毎の必要照度を検討し照明設備を設置する。

排水機場において、夜間のポンプ運転時に商用電源で点灯している照明の電源を自家発電設備に切替える場合は、再点灯が速やかに行える器具を採用する。

5. 消火設備

揚排水機場には、一般火災、油火災、電気火災等に対して、それぞれ消防法に基づく適切な消火設備を設置する。

6. 屋内排水設備

屋内排水設備は、ポンプ室内の水等を自然排水できない場合に設置する。

屋内排水ポンプの設置台数は2台とし、排水ピット内に設置したフロート式又は電極式等の水位検知器により交互に自動始動、停止する自動運転とし、流入水量の増加に応じて先発機と後発機の同時運転が可能なものとする。

屋内排水ポンプ用電源は商用電源を標準とし、自家発電設備からも供給できるようにする。