

**危機管理型水門
遠隔監視・操作システム導入ガイドライン(案)**

河川用水門・樋門・樋管ゲート編

令和5年3月

**革新的水門管理システム研究会/研究幹事会
一般社団法人 ダム・堰施設技術協会**

はじめに

水門、樋門、陸閘（以下、「水門等」）の基本的機能は、洪水時・津波時の本川からの逆流防止であり、必要な時に閉め、必要な時に開けることである。水門等は河川の他、沿岸部や漁港等様々な場所に建設され、その構造・形式や開閉機構も多様である。

近年、スーパー台風や津波などによる大規模災害の発生に伴い電力・通信インフラの機能喪失、交通途絶などが発生し、水門等の閉操作ができない危機的状況に陥るリスクが高まっている。水門等は、一ヶ所でも閉操作ができない状況が発生すれば、堤内地への浸水を招き被害が発生するため、危機的状況下においても「蟻の一穴」を防ぐために安全な遠隔地から最低限の閉操作が可能なが求められる。

しかしながら、現状ではこのような機能を備えていない水門等が多いため、新設水門等のみならず既存水門等において、如何に経済的合理性を確保しつつ危機管理型水門としての機能を付加していくかが重要である。

ダム・堰施設技術協会では、その技術開発を進めるため革新的水門管理システム研究会・同幹事会を設立し、引上げ式の水門等を対象に電源喪失、交通途絶等の危機的状況下における遠隔監視・操作システムの研究開発を行い、その成果を基に「危機管理型水門遠隔監視・操作システム導入ガイドライン(案)」(以下、「本ガイドライン」という)を取りまとめた。

本研究開発は、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム(第2期)」(平成30年度～令和4年度)に応募し、課題名「国家レジリエンス(防災・減災の強化)」の研究課題名「スーパー台風被害予測システムの開発」の中で、サブテーマ「危機管理型水門管理システムの開発」に7つの研究開発機関と共同して取り組んだ成果の一環である。

本ガイドラインの対象とする技術は、危機的状況下における水門等の自重閉鎖システムである。研究開発の中で他の研究開発機関と連携して水門等の一元監視システムの開発にも実証実験等の中で携わっているが、その成果内容については他の研究開発機関において取り纏められる資料を参考にされたい。

なお、本ガイドラインは、現状の技術的知見に基づいており、この分野の研究開発の進展やガイドラインに沿ったシステム導入実績等を踏まえて逐次改善されていくものである。

令和5年3月

革新的水門管理システム研究会/研究幹事会
(一般社団法人 ダム・堰施設技術協会)

革新的水門管理システム研究会・同幹事会名簿

(令和5年3月時点)

【革新的水門管理システム研究会】

福島 憲明 (株) IHI インフラシステム 鉄構技術室 水門設計部 部長
馬場 浩史 (株) IHI インフラシステム 鉄構技術室 水門設計部 主幹
外山 正幸 日立造船 (株) 水門設計部 設計第1グループ グループ長
筒井 義則 日立造船 (株) 水門設計部 電気設計グループ グループ長
恩幣 秀明 豊国工業 (株) 鉄構本部技術部 部長
林 淳一 豊国工業 (株) 鉄構本部技術部 電気設計グループ チームリーダー
上出 耕三 (株) 丸島アクアシステム 技術本部 部長
矢尾 貴志 (株) 丸島アクアシステム 鉄構第2技術部 鉄構電気技術グループ
部長代理 マネージャー
島田 啓史 日本無線 (株) ソリューション事業部 水インフラ技術部 部長
石川 紳二 日本工営 (株) エネルギー事業統括本部 ソリューション事業本部長
辻 聡太 日本工営 (株) コンサルティング事業統括本部 大阪支店 基盤技術部 次長

【革新的水門管理システム研究会幹事会】

森川 賢一 (株) IHI インフラ建設 鉄構事業部 制御設計部
エンジニアリンググループ 主幹
藤澤 洋輔 日立造船 (株) 水門設計部 機械設計グループ
稲摩 丈弘 豊国工業 (株) 鉄構本部 開発室 グループリーダー
関 慎吾 (株) 丸島アクアシステム 鉄鋼第2技術部 東京技術グループ 部長代理
高井 健介 日本無線 (株) ソリューション事業部 水インフラ技術部
堀越 敬司 日本無線 (株) ソリューション事業部 水インフラ技術部
仲佐 旺子 日本工営 (株) エネルギー事業統括本部 プラント事業部 機械技術部

【事務局】

加納 茂紀 (一社) ダム・堰施設技術協会 参与
荒井 猛 (一社) ダム・堰施設技術協会 技術部長

[中途交代 委員・事務局]

鈴川 渉 (株) IHI インフラ建設 鉄構事業部 制御設計部 東京設計グループ
河吉 利幸 豊国工業 (株) 鉄構本部 技術部 副部長
小笠原 隆司 豊国工業 (株) 鉄構本部 技術部 技術第1グループ チームリーダー
柏木 順 (一社) ダム・堰施設技術協会 審議役

目 次

はじめに

第 1 章	総 則	1
1-1	目的	1
1-2	適用範囲	3
1-3	用語の定義	5
第 2 章	危機管理型水門遠隔監視・操作システムの基本計画	7
2-1	対象施設	7
2-1-1	適用条件と設備レベルの整理	7
2-1-2	適用検討フロー（基本計画）	9
2-2	システムの必要機能と構成	11
2-2-1	全体システム構成と必要機能	11
2-2-2	設備レベル毎の必要機能とシステム構成	14
2-2-3	扉体・開閉装置の機能・構成	18
2-2-4	電気・制御設備の機能・構成	19
2-2-5	通信・遠隔監視・操作設備の機能・構成	23
2-3	システム化の実施手順	26
2-3-1	システム化の実施手順フロー	26
2-3-2	全閉確認センサの設置	28
2-3-3	開閉装置の改造	30
2-3-4	電気・制御設備の改造	31
2-3-5	通信・遠隔監視・操作設備の整備	32
第 3 章	危機管理型水門遠隔監視・操作システムの設計計画	34
3-1	適用すべきゲート設備の条件	34
3-2	全閉確認センサの設置	35
3-2-1	システム概要	35
3-2-2	改造・更新の方針と留意点	36
3-3	ラック式スライドおよびローラゲート	38
3-3-1	システム概要	38
3-3-2	改造の方針と留意点	38
3-4	ワイヤロープウインチ式ローラゲート 1M2D、1M1D、2M2D	42
3-4-1	システム概要	42
3-4-2	改造の方針と留意点	42
3-5	電気・制御設備	54
3-6	通信設備	64
3-6-1	通信設備の基本構成	64
3-6-2	設備改造（新設）における検討事項	67
3-7	遠隔監視操作設備	71
3-7-1	遠隔監視操作設備の基本構成	71
3-7-2	設備改造（新設）における検討事項	72
第 4 章	外部情報提供設備の設計計画	73
4-1	外部情報提供設備の機能	73
4-2	外部情報提供設備の構成	75

4-2-1	外部情報提供設備の基本構成.....	75
4-2-2	設備改造（新設）における検討事項.....	76
4-3	監視操作画面.....	77
4-3-1	監視画面.....	77
4-3-2	操作画面.....	78
4-4	セキュリティの確保・機能.....	80
4-4-1	ネットワークセキュリティの確保.....	80
4-4-2	認証機能.....	81

参考資料 1 ワイヤロープウインチ式開閉装置水門改造試設計

参考資料 2 ラック式開閉装置小型水門改造事例

(※ 参考資料については、(一社)ダム・堰施設技術協会まで照会してください。)

第1章 総 則

1-1 目的

危機管理型水門遠隔監視・操作システム導入ガイドライン（以下、「本ガイドライン」という。）は、河川や海岸域に設置する水門等設備において、遠隔監視（一元監視）ならびに洪水発生時等の危機管理操作を確実に実施できるようにすることを目的に、危機管理型水門遠隔監視・操作システム設置の実施方針を示したものである。

ここでいう遠隔監視（一元監視）とは、地域に設置されているゲートの開閉状態を、設備の管理者を問わず遠隔地から一元的に監視可能とするものであり、また危機管理操作とは、ゲート機側の商用電源が停電している場合においても、遠隔操作によりゲートを閉鎖する操作であり、危機管理型水門遠隔監視・操作システムとはそれらを可能とするシステムである。

【解説】

本ガイドラインは、洪水や津波発生時における操作員の安全確保や、近年のゲート設備における操作員不足等を考慮し、上記のとおり確実な操作の実現を目的としている。

本ガイドラインが対象としている危機ならびに危機管理操作とは以下のとおりである。

(1) 想定する危機

本ガイドラインが対象としている危機とは以下を想定している。

【危機の定義】

- スーパー台風^(※)に起因する長時間洪水による河川水位上昇
- スーパー台風に起因する高潮・高波による河川水位上昇（河川遡上）、津波
- 大規模停電による動力電源・制御電源の喪失
- 大規模停電や浸水による有線通信回線の途絶、交通途絶

なお、スーパー台風には起因しないものの、地震、津波についても危機として考慮する。

(※) [参考]

スーパー台風（Super Typhoon）とは、米国海軍の米軍合同台風警報センター（JTWC）が定める台風階級で最も強い区分である最大風速が毎秒 67 メートル（130 ノット）以上の台風をいい、気象庁が定める台風の強さ階級で最も強い最大風速が毎秒 54 メートル（105 ノット）以上の「猛烈な台風」がほぼこれに該当する。

(2) 想定する危機管理操作

本ガイドラインにおける危機管理操作とは、上記の危機発生時においても、確実にゲートを閉鎖し、堤内地を浸水被害から保護するためのゲート操作をいう。ゲート機側の商用電源が停電しても、有線通信回線が途絶しても、操作員が機側に臨場することができなくとも、ゲートを確実に閉鎖する操作である。よって、遠隔からの監視・操作がその前提となる。

ここでいう遠隔とは、ゲート機側もしくは隣接する管理所（遠方）以外の遠隔地のことをいい、施設管理者の中央制御所等のみならず、タブレット端末等を携帯する操作員が位置する任意の場所も含むものとする。

遠隔監視（一元監視）とは、対象ゲート設備について、設備の管理者を問わず遠隔地から当該設備の開度・稼働・故障等の状態情報を一元的に把握することであり、機側から発出される状態信号をモニターすることによる。また遠隔操作とは、遠隔地から当該設備を運転制御（開閉）することであり、遠隔地の操作設備より機側操作盤もしくは他装置を介して開閉装置に運転制御信号を送信することによる。

(3) 危機管理型水門遠隔監視・操作システム

危機管理型水門遠隔監視・操作システムとは、前述の遠隔地から当該ゲートを監視し、かつ危機管理操作の実現を可能とするシステムをいい、下図のような遠隔監視操作設備、外部情報提供設備、通信設備、機側操作設備、自重降下操作が可能な開閉装置等により構成される。

ここでいう遠隔監視操作設備には、施設管理者の中央制御所等における操作卓や操作パソコンのみならず、操作員が携帯するタブレット端末等も含むものとする。

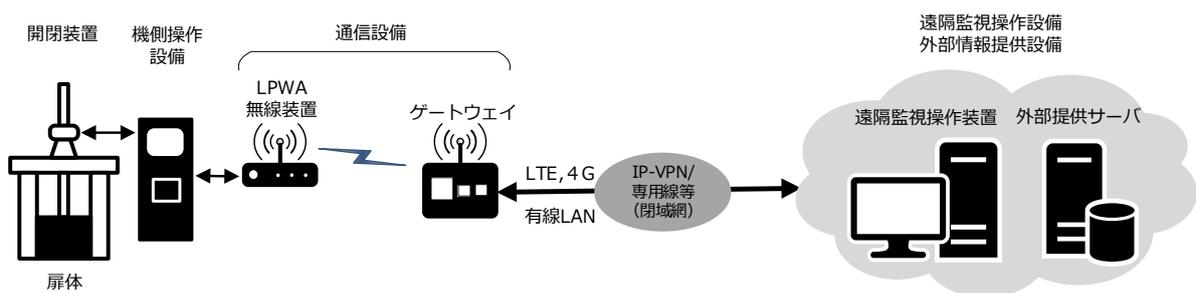


図 1-1.1 システム概要

1-2 適用範囲

本ガイドラインは、河川管理施設として既に建設・設置され稼働している河川用ゲート設備のうち、水門・樋門・樋管ゲートに適用する。基本的に既設ゲート設備の改造を前提にしているが、新設ゲート設計時に適用する場合も同様の考え方とする。

【解説】

本ガイドラインは、上記のとおり、既設の河川用ゲート設備のうち、洪水等の発生時に「閉めるべきゲート」である水門・樋門・樋管ゲートに適用する。もちろん新設されるゲートへの適用も必要であるが、全国の河川中下流域に 18,000 施設以上あると言われていいる既設水門・樋門・樋管ゲートにおける対策が急務である。

(1) 水門・樋門

水門、樋門の定義は 1-3 節に示す。なお、樋門と樋管は、大きさ（概ね 2m 以内が樋管）、構造（ヒューム管等を鉄筋コンクリートで巻立てたものが樋管）、形状（円形が樋管）等で区別されるが、本来、その機能・設置目的に差異は無い。日本国内のゲート設備の大部分はこの樋門・樋管である。

水門・樋門等の目的・用途と形式は、ダム・堰施設技術基準（案）によれば表 1-2.1 のとおり整理されている。

表 1-2.1 水門等の目的・用途と形式

設置目的		設備の形式（標準）	水門扉の用途	水門扉の形式（標準）	
水門等	水門	分流	制水	ローラ、起伏、ヒンジ式(バイザ、マイタ)、フローティング	
		逆流防止	舟通し用閘門	制水、舟通し	ローラ、ヒンジ式(マイタ、スイング、セクタ、バイザ)
	樋門	排水	排水	制水	ローラ、スライド、ヒンジ式(マイタ、上端ヒンジフラップ)
		逆流防止	取水	制水、取水	ローラ、スライド
		用水	舟通し用閘門	制水、舟通し	ローラ、ヒンジ式(マイタ、スイング、セクタ、バイザ)
	防潮水門	防潮	制水	制水	ローラ、シェル構造ローラ、起伏、ヒンジ式(マイタ、スイング、セクタ)
		津波防止	舟通し用閘門	制水、舟通し	ローラ、ヒンジ式(マイタ、スイング、セクタ、バイザ)
	遊水池、調整池	洪水調節用	制水、流量調節	ローラ、起伏、2段式ローラ	
修理用ゲート	修理用	ゲート補修時の水位維持	フローティング式、支柱支持式、橋梁支持式、角落し式、橋式		

水門・樋門は、定義のとおり堤防の一部を構成する構造物であり、本川と支川の合流点に設置されているケースが多い。この場合、常時は全開状態で流水（支川から本川への流下）を妨げず、本川洪水時には全閉として、支川への逆流と堤内地への浸水被害を防止する。基本的にその機能を発揮するために「閉めるべきゲート」が多い。

河川の中流域から下流域に広く設置されており、その規模も小形から大形まで様々であり、駆動方法も手動、電動、無動力（フラップゲート等）と多種多様である。リダンダンシー（冗長化）への配慮についても設備により状況は異なる。

基本的に常駐管理はしておらず、施設管理者が一定期間ごとに見回り点検を実施していることが多く、ゲート操作は外部（近隣住民等）に委託されていることが多い。

(2) 他のゲート設備

防潮水門は、河川の河口部付近に設置されており、満潮時、高潮時や津波発生時に全閉とし、河川への塩水遡上や堤内地への浸水被害を防止する。防潮水門も、本ガイドラインの対象設備とする。なお、上表には含まれていないが、横引きゲート（陸閘）も堤防の一部を構成する防潮水門の一つであり、常時は全開とし陸上交通を妨げず、高潮時や津波発生時には全閉とし、堤内地への浸水被害を防止する。全国の海岸・港湾に広く設置されている。

ダムならびに堰は、一般的に洪水時に「開けるべきゲート」であり操作形態が異なること、かつ専従の操作員が終日配置されていることが多く、設備に近接する管理所の操作室から遠方操作が可能であり、かつその設計時から重要設備としてリダンダンシー（冗長化）が考慮されているケースが多いこと等を考慮し、本ガイドラインの対象外とする。

(3) 適用技術基準等

本ガイドラインの適用を受けるゲート設備は、以下の関連技術基準、設計要領等に準拠していることを基本とする。

- 「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」平成 28 年 3 月、（一社）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、（一社）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、（一社）ダム・堰施設技術協会

1-3 用語の定義

本ガイドラインにおいて使用する主な用語の定義は以下による。

1. 施設 治水、利水の目的で建設されるダム、堰、水門、樋門等で、土木構造物、建築物、機械設備、電気設備等で構成される工作物全体をいう。
2. 設備 設備とは、施設の構成要素の1つであり、装置、機器の集合体であり、単独で施設の機能を発揮するものをいう。
3. 装置 装置とは、機器・部品の集合体であり、設備機能を発揮するために必要な構成要素をいう。
4. 機器 機器とは、装置を構成する構造部、支承部、水密部、動力部、制動部等、部品の集合体として特定の機能を有するものをいう。
5. 部品 部品とは、機器を構成する組立品で、水密ゴム、ボルト・ナット、軸受、ワイヤロープ等の機器の構成要素をいう。
6. 故障 故障とは、設備、装置、機器、部品が、劣化、損傷等により必要な機能を発揮できないことをいう。
7. 保全 保全とは、設備等が必要な機能を発揮できるようにするための、点検、整備、更新をいう。
8. 改造 改造とは、施設や設備の機能を変更もしくは追加するために、改めて施設や設備をつくりなおすことをいう。部分的な改造や全体的な改造があり、更新も改造に含むものとする。
9. 予防保全 予防保全とは、設備、装置、機器、部品が、必要な機能を発揮できる状態に維持するための保全をいう。
10. 事後保全 事後保全とは、故障した設備、装置、機器、部品の機能を復旧するための保全をいう。
11. 堰 堰とは、河川の流水を制御するために、河川を横断して設けられるダム以外の施設であって、堤防の機能を有しないものをいう。
12. 水門 水門とは、河川または水路を横断して設けられる制水施設であって、堤防の機能を有するものをいう。
13. 樋門 樋門（樋管を含む）とは、河川または水路を横断して設けられる制水施設であって、堤防の機能を有し、堤体内に暗渠を挿入して設けられるものをいう。
14. 施設管理者 施設の運転操作および保全に関する責任者をいう。
15. 運転操作員 設備の運転操作を行うことを管理者から認められた者をいう。
16. 専門技術者 設備の保全を行うにあたって、必要にして十分な知識および実施能力を有する技術者をいう。
17. 機側操作 機側操作とは、水門設備等の開閉装置室等（開閉装置が設置されているスペース）で、運転操作員が手動操作（押釦操作等）により実施する操作である。

18. 遠方操作	遠方操作とは、管理所から複数の施設を集中的に操作するもので、ダムや堰の管理所から当該ダム・堰の施設・設備を運転・操作するものである。操作の効率化や迅速化等への効果が大きい。
19. 遠隔操作	遠隔操作とは、機側操作、遠方操作以外の遠隔地から施設の操作を実施するもので、ダムの統管理事務所から複数のダム施設の操作を実施する場合や、河川事務所から複数の水門・樋門の操作を実施する場合等はもちろん、タブレット端末等を携帯する操作員が位置する任意の場所からの操作も含む
20. 小形、中形および大形水門扉	堰・水門等における水門扉で、扉体の面積が次の場合をいう。 <ul style="list-style-type: none"> ・小形は 10m²未満 ・中形は 10m²以上 50m²未満 ・大形は 50m²以上
21. 自重降下操作	引上げ式のゲート設備において、動力遮断時（停電時を含む）のゲート閉操作が必要な時に、扉体自身の重さによる降下によって閉鎖する操作をいう。自重降下装置は、自重で安全・確実に扉体を閉鎖させる装置であり、制動機を開放し自重降下を開始させるとともに、無制動にならないよう速度制御装置により降下時の速度を制御する。
22. 急降下閉鎖	急閉鎖または動力遮断時（停電時を含む）のゲート閉鎖が必要な時の閉操作をいう。津波来襲時等に通常よりも速い速度（短時間）で閉鎖したい場合の操作であり、一般的に自重降下操作が適用される。電源が確保されている場合の極数変換電動機による高速操作が含まれる場合もある。
23. 危機管理型水門	本ガイドラインに示した危機管理型水門遠隔監視・操作システムを有する水門・樋門をいう。
24. 危機管理盤	本ガイドラインに示した遠隔監視・操作を実現すべく、既設水門に追加設置する通信機器等を納めた制御盤をいう。

【解説】

用語の定義については、設備構成に関わる用語、信頼性に関わる用語、点検・整備・更新に関わる用語、管理に関わる用語等のうち、本文で説明なく使われている重要な用語について定義を示した。

なお、上記定義は以下を参考とした。

- JIS Z 8115「信頼性用語」
- 「河川用ゲート設備点検・整備標準要領（案）」平成 28 年 3 月、国土交通省
- 「ダム・堰設備技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）」平成 28 年 3 月、（一社）一般社団法人ダム・堰施設技術協会

ここに定めのない用語、本ガイドラインにて新たに提案した用語については、それぞれの項を参照のこと。

第2章 危機管理型水門遠隔監視・操作システムの基本計画

2-1 対象施設

2-1-1 適用条件と設備レベルの整理

本ガイドラインは、既設の河川用ゲートのうち、自重降下操作が可能な水門・樋門・樋管ゲートを基本的な対象とするが、設備の社会的な重要度や管理予算等を勘案し、以下の3段階の設備レベルを定める。レベル毎に、適切な危機管理型水門遠隔監視・操作システムの適用機能をそれぞれ定める。

設備レベル1： 設備の社会的な重要度が比較的低い場合

設備レベル2： 設備の社会的な重要度が高い場合

設備レベル3： 設備の社会的な重要度が非常に高い場合

ここでいう社会的な重要度とは、当該ゲート設備が故障等により、その機能を果たせなかった場合の地域社会に及ぼす影響の多寡により評価する。

【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムの適用を計画するにあたり、以下のとおり適用の条件と設備レベル分類を検討する。

(1) 適用の条件

本ガイドラインは、以下に示す日本国内の既設河川用ゲートの実態を考慮し、自重降下操作が可能な水門・樋門・樋管ゲートを基本的な対象としている。自重降下操作が可能であれば、商用電源停電時においてもゲートの閉鎖操作が可能であり、浸水被害の防止が可能となる。

【既設河川用ゲートの実態】

- 水門・樋門・樋管ゲートが、全国の河川用ゲートの90%以上を占める。
- 全国の河川用ゲートの約36%がローラゲート、約47%がスライドゲートであり、個々に検討の必要はあるものの、全体の80%以上の施設が、自重降下操作が実現可能と考えられる引上げ式ゲートである。
- 全国の河川用ゲートの約70%がラック式開閉装置を採用しており、ラック式開閉装置は扉体側の条件にもよるが基本的に遠心ブレーキによる自重降下が可能であり、危機管理型水門遠隔監視・操作システムを比較的容易に適用できる可能性が高い。
- ラック式開閉装置に次いで約10%がワイヤロープウインチ式開閉装置である。ワイヤロープウインチ式開閉装置の場合、自重による締切力は確保されていることから、自重降下時に降下速度を制御する機構を組込む必要がある。

(2) 設備レベル分類の考え方

危機管理型水門遠隔監視・操作システムの適用検討時に、対象ゲート設備の社会的
重要度（社会的な影響）や設備規模の違いによる取扱い方針、もしくは管理者が異なる
設備の取扱い方針等を容易に決定するため、設備レベル（レベル1～レベル3）と
いう概念を導入し、設備レベル毎に適切な危機管理型水門遠隔監視・操作システムの
適用機能をそれぞれ定めるものとした。

ここでいう社会的重要度とは、当該ゲート設備が故障等により、その機能を果たせ
なかった場合の地域社会に及ぼす影響の多寡により評価するものとし、具体的には、
ゲート閉鎖が実現しないことによる浸水被害の影響評価となり、ゲートの規模や堤内
地の状況（田畑、住宅密集地等）等を考慮し、国民の生命・財産への影響や、社会経
済活動への影響を評価する。

表 2-1.1 設備レベルの考え方

設備レベル	内容	対象設備例
レベル1 社会的重要度が 比較的低い	設備規模が小さく、設備が機能しなかった 場合でも、浸水想定エリアは広くなく、社 会経済活動への影響も大きくない。	小形樋門ゲート等
レベル2 社会的重要度が 高い	設備規模は大きくないものの、設備が機能 しなかった場合、社会経済活動や国民の生 命・財産に影響を及ぼす。	中形水門・樋門ゲ ート等
レベル3 社会的重要度が 非常に高い	設備規模が大きく、設備が機能しなかった 場合、社会経済活動はもちろん、国民の生 命・財産にも大きな影響を及ぼす。	大形水門ゲート等

設備レベル毎の対策内容については2-2-2項に後述するが、危機管理型水門遠隔監
視・操作システムにおける適用すべき機能として、レベル1はより簡易な対策を取れ
ばよい設備、逆にレベル3はより厳格な対策をとるべき設備と考えており、予算面の
制約も勘案しながら検討可能となるよう考慮した。

2-1-2 適用検討フロー（基本計画）

危機管理型水門遠隔監視・操作システムの適用にあたっては、以下のフローに従い、ゲート・開閉装置の形式や社会的な重要度に応じて 2-1-1 項に定めた設備レベルに区分し、設備レベルに応じた機能を備えるための設置方針を決定する。

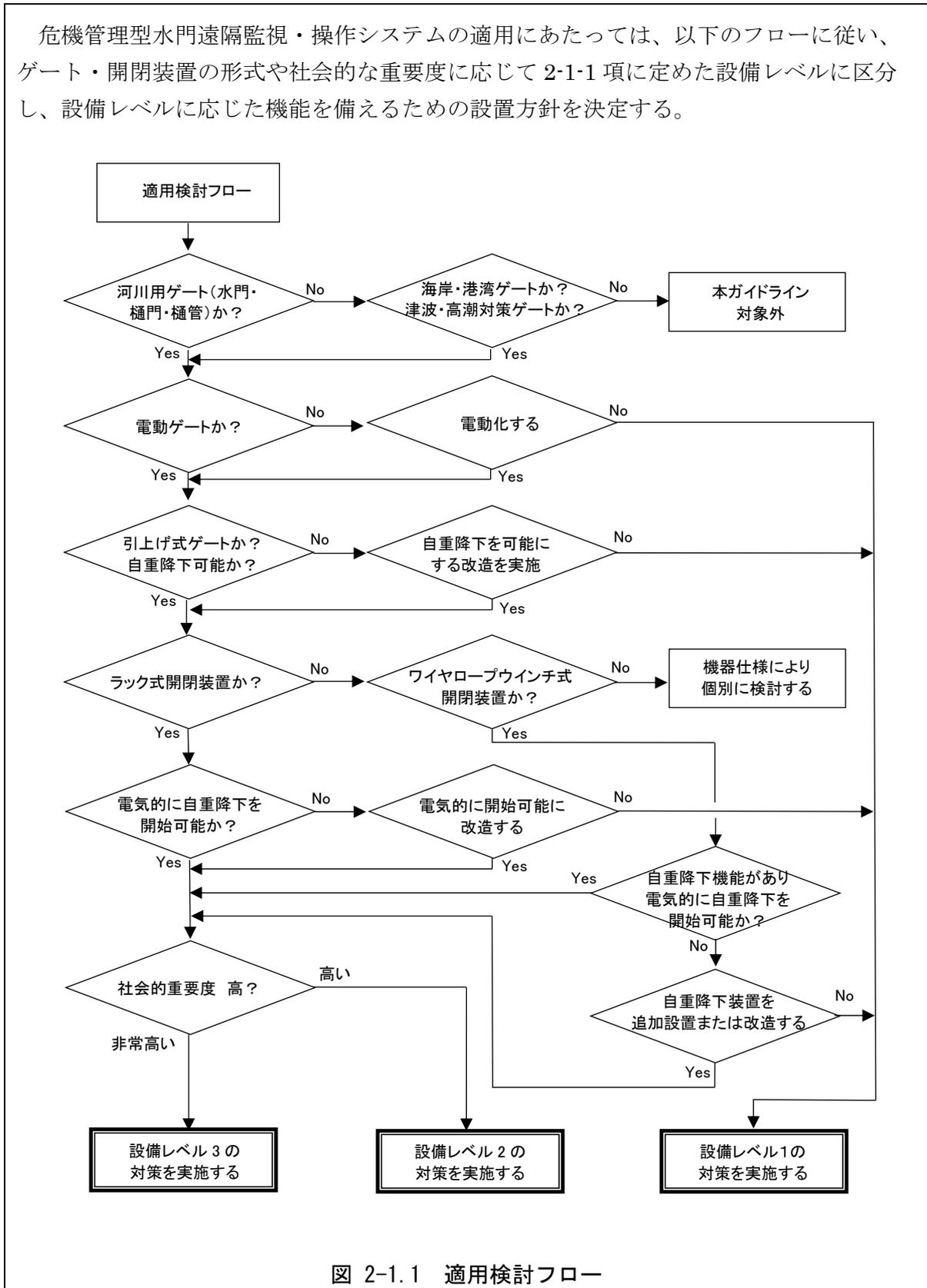


図 2-1.1 適用検討フロー

【解説】

図 2-1.1 の適用検討フローは、危機管理型水門遠隔監視・操作システムの適用範囲に示すゲート設備に対し、対象ゲート設備の社会的重要度（社会的影響）、設備規模の違い、設備管理者が異なるケースや予算面の制約も勘案して決定できるよう配慮した。

検討フローの基本的な考え方を以下に述べる。

(1) 適用検討フローの考え方

適用検討フローにおける検討の基本的な考え方・留意点を以下に述べる。

- 検討対象ゲートは、稼働時に「閉めるべき」河川用ゲート設備（水門・樋門・樋管）を基本とするが、同様に「閉めるべき」海岸・港湾ゲート設備、津波・高潮対策ゲート設備も検討対象に含む。
- 社会的に重要な（社会的影響の大きい）ゲート設備には、危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおいて手厚い対策を適用し、社会的影響の比較的少ないゲート設備には簡易的な（低価格な）対策を適用するようなフローとしている。
- 危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、遠隔操作が必要となることから電動ゲートが主たる対象とならざるを得ないが、手動ゲートにおける対策（設備レベル1）も考慮している。
- 電動化や自重降下可能とする設備の改造が、社会的な重要度を考慮し不要と考えられる場合や、もしくは予算的に改造が難しい場合等の対策（設備レベル1）も考慮している。

設備レベルが高くなるほど、電源喪失等の危機的状況においてもゲートを急降下閉鎖する必要性が高くなることから、ゲート設備の現状仕様を考慮しつつ、扉体自重により自重降下操作が可能となるようなフローとしており、さらにレベル3については、急降下閉鎖後の内水氾濫を防ぐ必要性も考慮し、商用電源停電時においても開操作を可能とするよう考えた。

(2) 設備レベル毎の必要対策

設備レベル毎の危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける必要な対策は、後述する 2-2-2 項以降を参照のこと。

2-2 システムの必要機能と構成

2-2-1 全体システム構成と必要機能

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、ゲート機側の商用電源が停電時においても、遠隔操作によりゲートを閉鎖することが可能なシステムであり、自重降下操作が可能な引上げ式ゲートを前提に、以下の装置・機器により構成される。

扉体	流水の動きを安全に制御する構造物（扉）であり、本システムの自重降下時においてはその重さが閉操作のエネルギーとなる。
全閉確認センサ	扉体が確実に全閉状態になったことを検知するセンサもしくはリミットスイッチ等の設置が必要である。
開閉装置	扉体を安全・確実に開閉するための装置であり、本システムにおいては、扉体の自重降下時に安全な降下速度を維持する速度制御装置（ブレーキ）の設置が必要である。
機側操作設備	遠隔からの操作信号を受信して開閉装置を制御し、扉体を確実に昇降させる設備であり、機側操作盤等が該当する。機側停電時においても稼働する必要があるため非常用の電源装置（無停電電源装置（UPS）、予備発電設備等）を備える必要がある。
通信設備	機側の状態監視信号を遠隔に送信し、かつ遠隔からの操作信号を機側に送信するための設備であり、必要情報の確実な伝送が必要である。
遠隔監視操作設備	遠隔から施設管理者が施設の状態を監視および操作するための設備であり、施設の監視・操作用のインターフェイスを有する。
外部情報提供設備	遠隔監視操作設備で収集した情報をインターネットを通じて施設管理等以外の関係機関や住民へ提供する設備である。

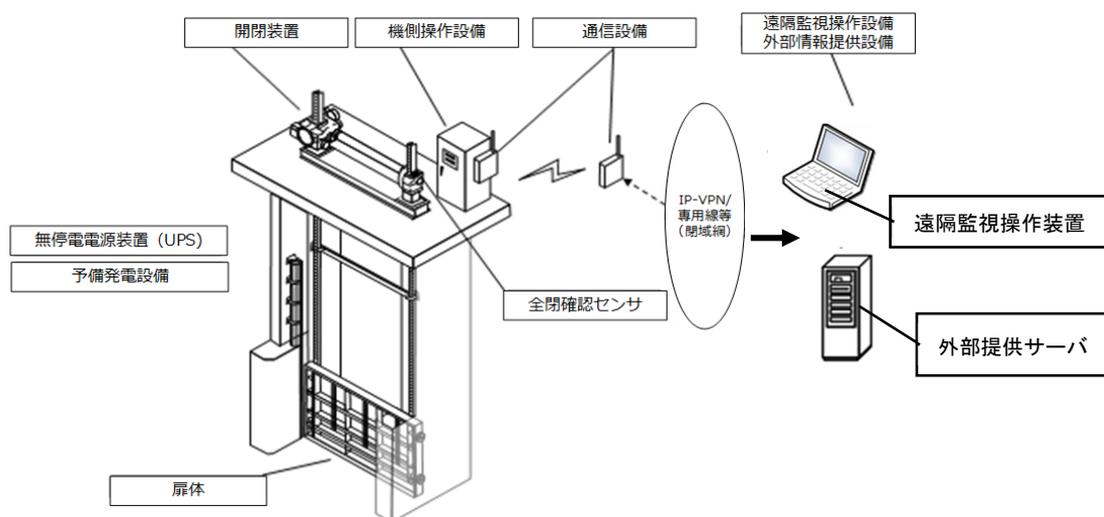


図 2-2.1 全体システム構成（イメージ）

【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムの概要は、以下のとおりである。

(1) 全体システム構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、図 2-2.1 に示すとおり、扉体、全閉確認センサ、開閉操作、機側操作設備、通信設備、遠隔監視操作設備、外部情報提供設備、予備発電設備、無停電電源装置（UPS）等により構成される。

危機管理型門遠隔監視・操作システムの主要機能は、遠隔監視、遠隔自重降下操作、遠隔操作の3つである。

1) 遠隔監視機能

遠隔監視機能は、ゲートの開度（全閉か否か）を遠隔から監視することを目的としている。扉体の全閉確認用のリミットスイッチまたはセンサを取り付け、ゲートの開度を遠隔から監視する。開閉状態の情報は、LoRaWAN を使用した LPWA 無線装置により遠隔地の子局に送信する。LPWA（Low Power, Wide Area）とは低消費電力で広域をカバーできる無線通信技術の一つで無線局免許不要でオープンな無線規格である。また、その際の電源を、予備発電設備、無停電電源装置（UPS）もしくは一次電池等を用いて確保する。

2) 遠隔自重降下機能

遠隔自重降下機能は、遠隔から自重降下操作をすることを目的としている。遠隔制御用の回路、無停電電源装置（UPS）等の予備電源を付加し、停電時においても遠隔からの自重降下を確実に可能とする。

3) 遠隔操作機能

遠隔操作機能は、遠隔から閉操作・開操作を行うことを目的としている。停電時にも電源を確保して遠隔から操作を行うため、予備発電設備等の設置が必要である。

これら遠隔監視、遠隔自重降下操作、遠隔操作を実施するシステムの親・子・孫局の関係は図 2-2.2 のような構成となり、孫局のゲートを、子局を介して無線通信と IP-VPN や専用線等の閉域網を利用した接続により親局から操作・監視する。

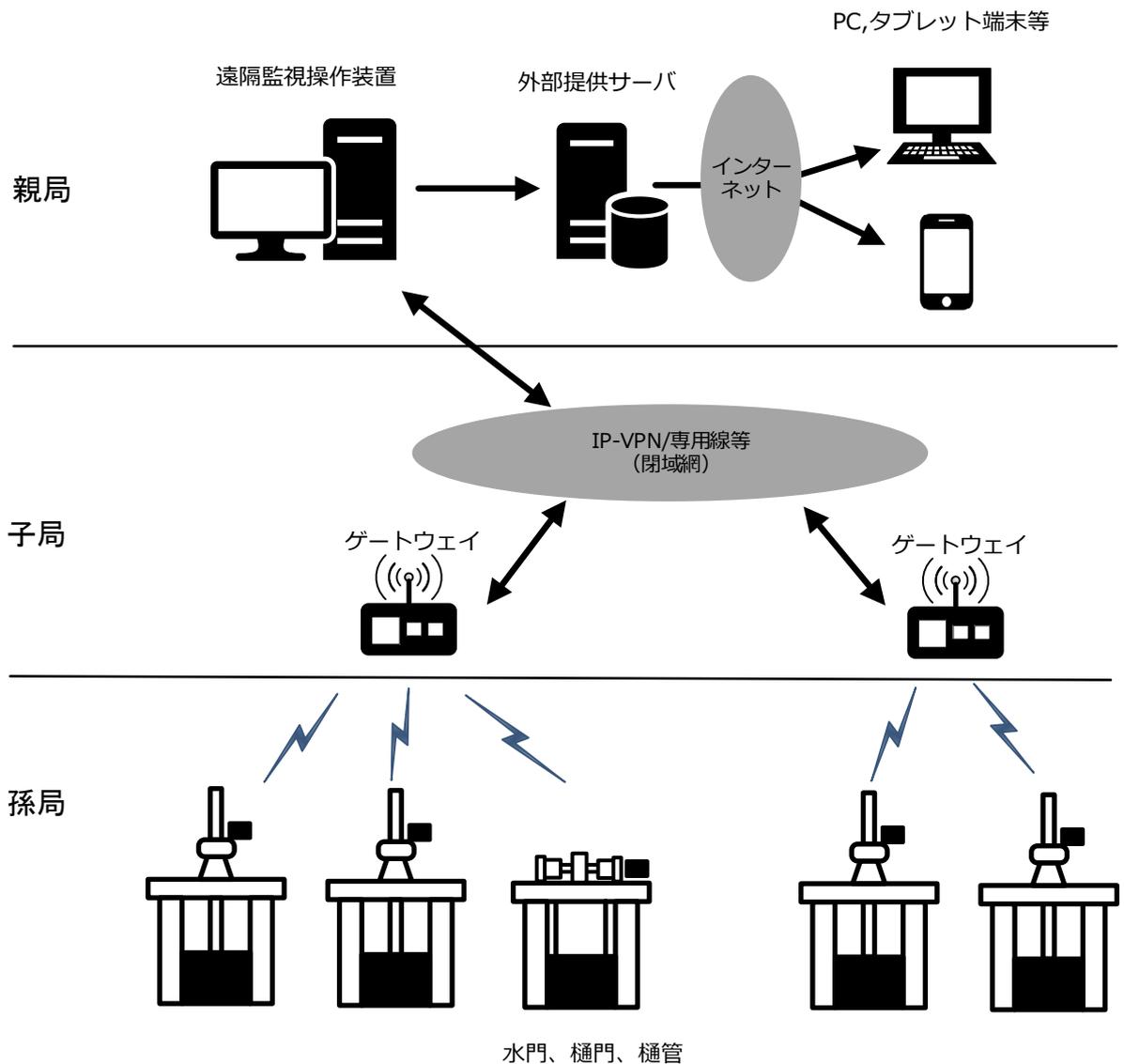


図 2-2.2 全体システムの親・子・孫局の関係例

(2) 従来の遠隔監視・操作システムとの違い

危機管理型水門設備の遠隔監視・操作システムは、大規模洪水や高潮・津波等が発生した際に機側に臨場して扉体の開閉操作を行うことが困難な場合に、操作を遠隔（安全が確保された管理所等）から行うことを目的としている。本ガイドラインで述べる遠隔監視・操作システムは、従来の遠隔監視・操作システムの機能を最小限に絞り込み、災害による停電時においても全閉操作のみ可能とすることを基本に、監視のみ可能、開閉操作も可能と、前述の設備レベルに応じて供用機能を選択することができる。

2-2-2 設備レベル毎の必要機能とシステム構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、2-1 節にて定義した設備レベルに応じ、以下の機能・構成を適用する。なお、扉体はいずれのレベルにおいても必須の構成要素ゆえ表記を割愛する。

設備レベル 1	機能： 手動ゲートに対し、もしくは電動ゲートの商用電源停電時においても、全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視する。
	構成： 全閉確認センサ、機側操作盤（電動ゲートの場合）、通信設備、遠隔監視設備
設備レベル 2	機能： 商用電源停電時においても、最低限全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視し、遠隔より自重降下操作が可能である。
	構成： 全閉確認センサ、開閉装置、機側操作盤、通信設備、遠隔監視操作設備
設備レベル 3	機能： 機側操作盤が有する信号を遠隔においても監視し、機側動力電源が商用から供給されている場合は、遠隔からも通常の開閉が可能であり、商用電源停電時においても無停電電源装置（UPS）や予備発電設備により通常の開閉操作、かつ自重降下操作も可能である。
	構成： 全閉確認センサ、開閉装置、機側操作盤、無停電電源装置（UPS）、予備発電設備、通信設備、遠隔監視操作設備

【解説】

設備レベル 1～3 毎の危機管理型水門遠隔監視・操作システムの機能、構成は以下のとおりとする。赤色着色部分は、各設備レベルの想定新設（改造）箇所を示す。機側操作盤が既に設置されており盤内スペースに空きがある場合は、自重降下するための回路や無停電電源装置（UPS）、LPWA 無線装置等を盤内の改造により機能付加するが、盤内スペースに余裕が無い場合は危機管理盤の追加設置を検討する。

なお、親局については設備レベル 1～3 のいずれにおいても同様となるため、本項の図からは省略する。

(1) 設備レベル 1

扉体の全閉確認センサを任意の箇所に取り付け、LPWA 無線機能を設けた装置により遠隔地の子局へ状態監視信号を送信する。ゲート操作はできないが、扉体の開閉状態の一元監視が可能となる。

システム構成例として 2 パターンを挙げる。

1) システム構成例 1-1

システム構成例 1-1 は、既設のリミットスイッチから扉体の開閉情報を取得し、LPWA 無線装置によって子局へ送付する手順となる。既に電動化されているゲートで、既設のリミットスイッチによる扉体の開閉情報を活用する場合、本システム構成となる。

2) システム構成例 1-2

システム構成例 1-2 は、全閉確認センサを取り付け、LPWA 無線装置により子局であるゲートウェイに扉体の開閉情報を送信する。開閉装置が電動化されていない手動操作のゲート設備の場合や、電動化されていても機側操作盤内に十分な空きスペースが無く改造が難しい場合等は、本システム構成となる。

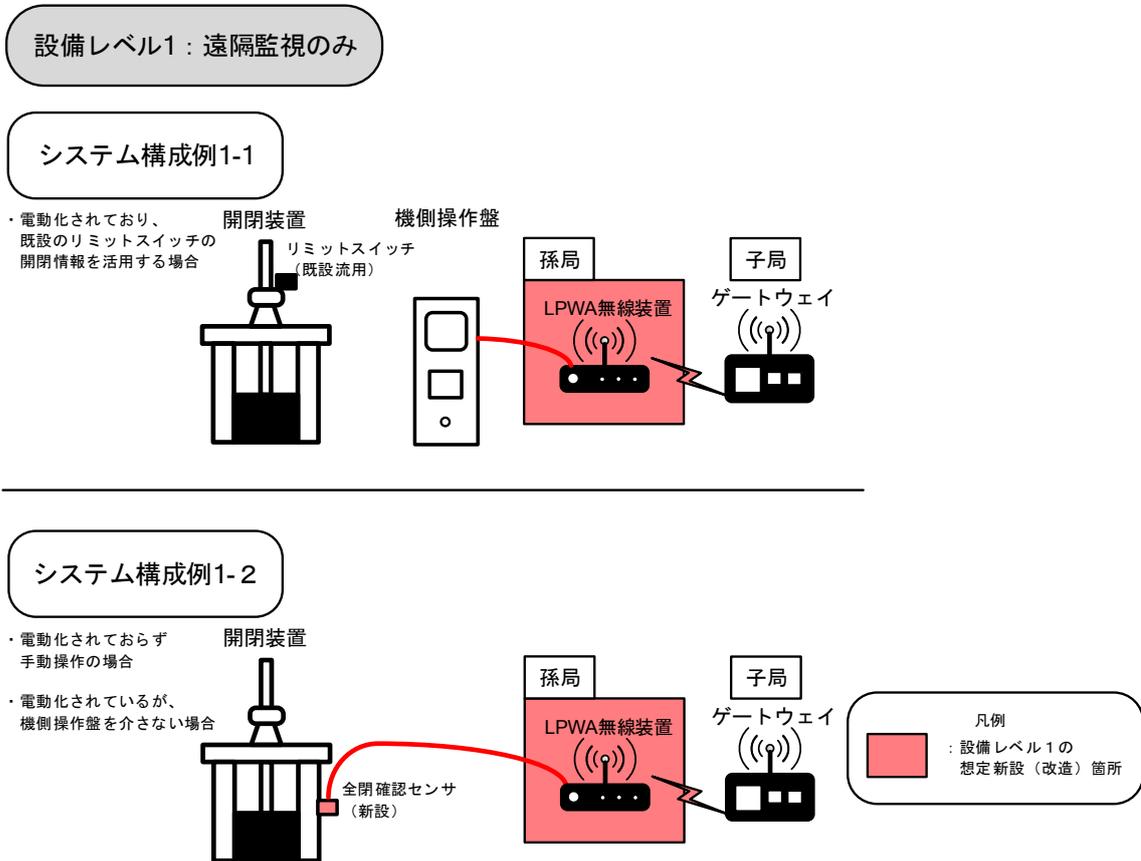


図 2-2.3 設備レベル1のシステム構成例

(2) 設備レベル 2

設備レベル 2 は、商用電源停電時においても遠隔監視・遠隔自重降下操作が可能なシステムである。停電時においても自重降下するための回路と、無停電電源装置（UPS）、LPWA 無線装置が必要である。

ただし、手動ゲートにおいて電氣的な機構による自重降下機能付加が可能なラック式開閉装置が設置されている場合や、電動ゲートにおいて機側操作盤内に十分な空きスペースがなく操作盤の改造が難しい場合は、自重降下するための回路、無停電電源装置（UPS）、LPWA 無線装置を危機管理盤として別途設置することで遠隔監視・遠隔自重降下操作を行うことが可能となる。

1) システム構成例 2

システム構成例 2 は、上記で述べた停電時においても自重降下するための回路と、無停電電源装置（UPS）、LPWA 無線装置を、機側操作盤内の改造により機能付加する。扉体開閉情報は、既設のリミットスイッチより取得する。機側操作盤がありかつ機側操作盤の改造可能なゲート設備での適用となる。

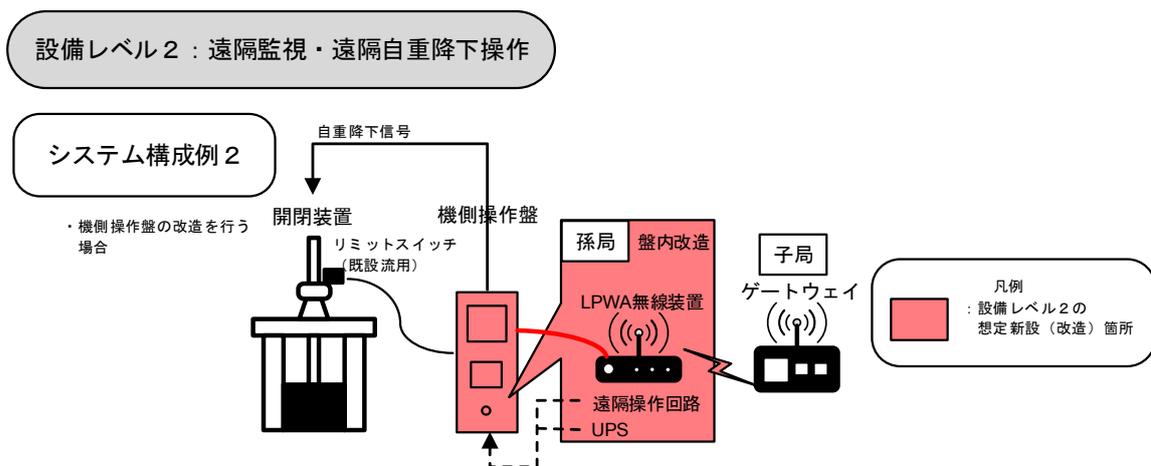


図 2-2.4 設備レベル 2 のシステム構成例

(3) 設備レベル3

設備レベル3では、レベル2の機能に加え、停電時でも遠隔からゲート開閉操作ができるよう予備発電設備等を設ける。

1) システム構成例3

システム構成例3は、システム構成例2に加えて商用電源停電時でも開閉操作ができるよう無停電電源装置（UPS）や予備発電設備を設置する。扉体開閉情報は、既設のリミットスイッチより取得する。

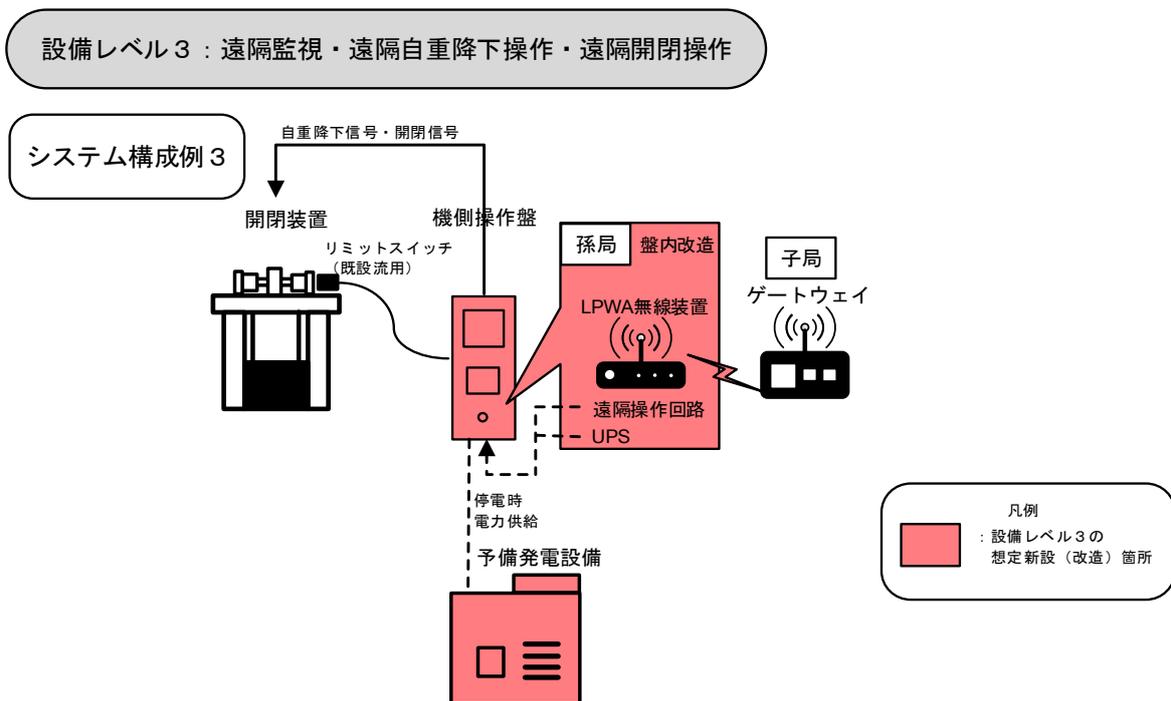


図 2-2.5 設備レベル3のシステム構成例

2-2-3 扉体・開閉装置の機能・構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける扉体、開閉装置は、2-1 節にて定義した設備レベルに応じ、以下の機能・構成を適用する。なお、扉体はいずれのレベルにおいても必須の構成要素であり、本項では基本的に自重降下の機能を有するものとする。

設備レベル 1 機能： 通常の開閉操作が可能なこと

構成： 現状のまま

設備レベル 2 機能： 遠隔からの操作信号により自重降下操作が可能なこと

構成： 電動によるブレーキ解除機構、自重降下時の速度制御機構
(ケースによっては自重降下時の左右岸同調機構)

設備レベル 3 機能： 遠隔からの操作信号により通常の開閉操作、および自重降下操作が可能なこと

構成： 電動によるブレーキ解除機構、自重降下時の速度制御機構
(ケースによっては自重降下時の左右岸同調機構)

【解説】

設備レベル 1～3 毎の扉体・開閉装置の機能、構成は以下のとおりとする。

(1) 設備レベル 1

設備レベル 1 の扉体・開閉装置における機能は、機側でゲートの開閉が可能であることである。通常の開閉操作が可能であるという想定のため、扉体・開閉装置の改造は不要である。

(2) 設備レベル 2、3

設備レベル 2、3 は共に、電氣的にゲートの自重降下操作が可能な機構とする。既設ゲートに自重降下機能がない場合は、開閉装置全体の更新または機能増設を行う必要がある。

また、ワイヤロープウインチ^(※) 2M2D 式開閉装置の場合は、自重降下時に停電時においても機能する左右岸開閉装置の同調機構の付加が必要となる。

※ ワイヤロープウインチ式には 3 つの方式があり、以下では 1 モータ 2 ドラム式を 1M2D 式、1 モータ 1 ドラム式を 1M1D 式、2 モータ 2 ドラム式を 2M2D 式と称する。

2-2-4 電気・制御設備の機能・構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける機側の電気・制御設備は、2-1 節にて定義した設備レベルに応じ、以下の機能・構成を適用する。

設備レベル 1	機能： 全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視する。 構成： 全閉確認センサ
設備レベル 2	機能： 最低限全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視し、遠隔からの急降下閉鎖の操作信号により自重降下操作を開始させる。 構成： 全閉確認センサ、ブレーキ制御回路、無停電電源装置（UPS）等の電源装置、ケースにより自重降下時の左右岸同調回路
設備レベル 3	機能： 停電時においても、機側操作盤が有する信号を遠隔に発信し、遠隔からの急降下閉鎖の操作信号により自重降下操作を開始させる。商用電源供給時、予備発電設備稼働時においては、遠隔からの操作信号に従いゲートを制御する。 構成： 全閉確認センサ、機側操作盤内のブレーキ制御回路、無停電電源装置（UPS）、予備発電設備、ケースにより自重降下時の左右岸同調回路 等

【解説】

設備レベル 1～3 毎の電気・制御設備の機能、構成は以下のとおりとする。なお、赤色（線）部分は、2-2-2 項の各設備レベルの想定新設（改造）箇所を示し、青色部分は、電気・制御設備の改造検討範囲を示す。

(1) 設備レベル1

扉体の全閉確認センサを任意の箇所取り付け、開閉情報を LPWA 無線装置により遠隔地の子局へ送信する。ゲート設備の開閉状態の一元監視が可能である。

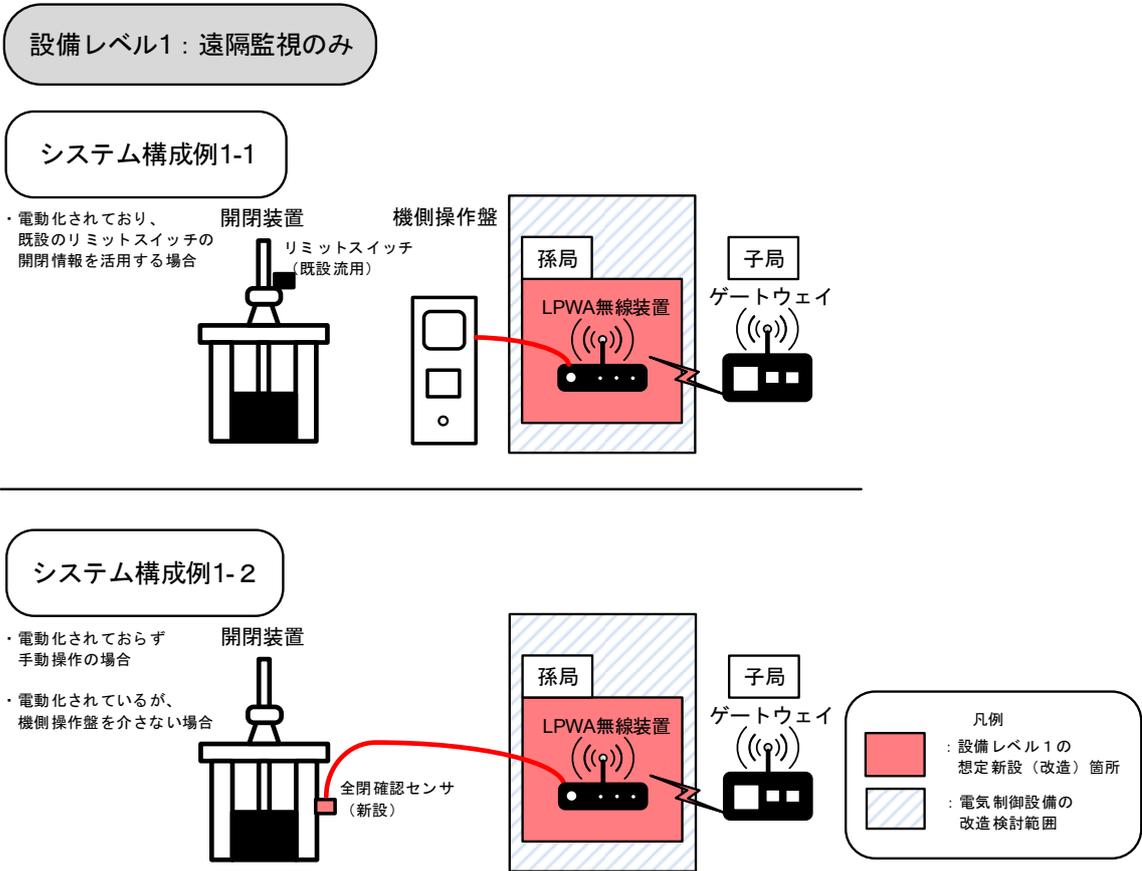


図 2-2.6 設備レベル1のシステム構成

(2) 設備レベル2

設備レベル2では、商用電源停電時においても全閉状態を遠隔監視し、自重降下操作を遠隔から行う。設備レベル1の全閉確認センサに加え、機側操作盤内に空きスペースがある場合は、改造（ブレーキ制御回路、無停電電源装置（UPS）等の予備電源装置の取り付け）を行う。もしくは自重降下するための回路、無停電電源装置（UPS）、LPWA無線装置を搭載した危機管理盤を取り付ける。

ワイヤロープウインチ 2M2D 式開閉装置の場合は、停電時においても自重降下時に機能する左右岸開閉装置の同調回路の付加が必要となる。

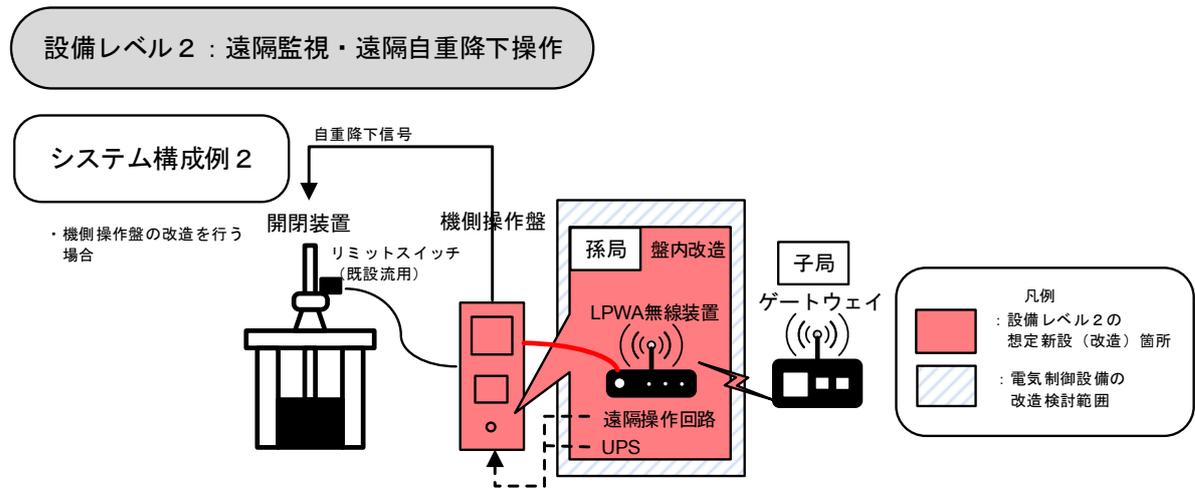


図 2-2.7 設備レベル2のシステム構成

(3) 設備レベル3

設備レベル3では、商用電源停電時においても全閉状態を遠隔監視し、自重降下操作を遠隔から行うことができ、更に、無停電電源装置（UPS）や予備発電設備により、遠隔から通常の扉体の開閉操作も行うことができる。

ワイヤロープウインチ 2M2D 式開閉装置の場合は、自重降下時に機能する左右岸開閉装置の同調回路の付加が必要となる。

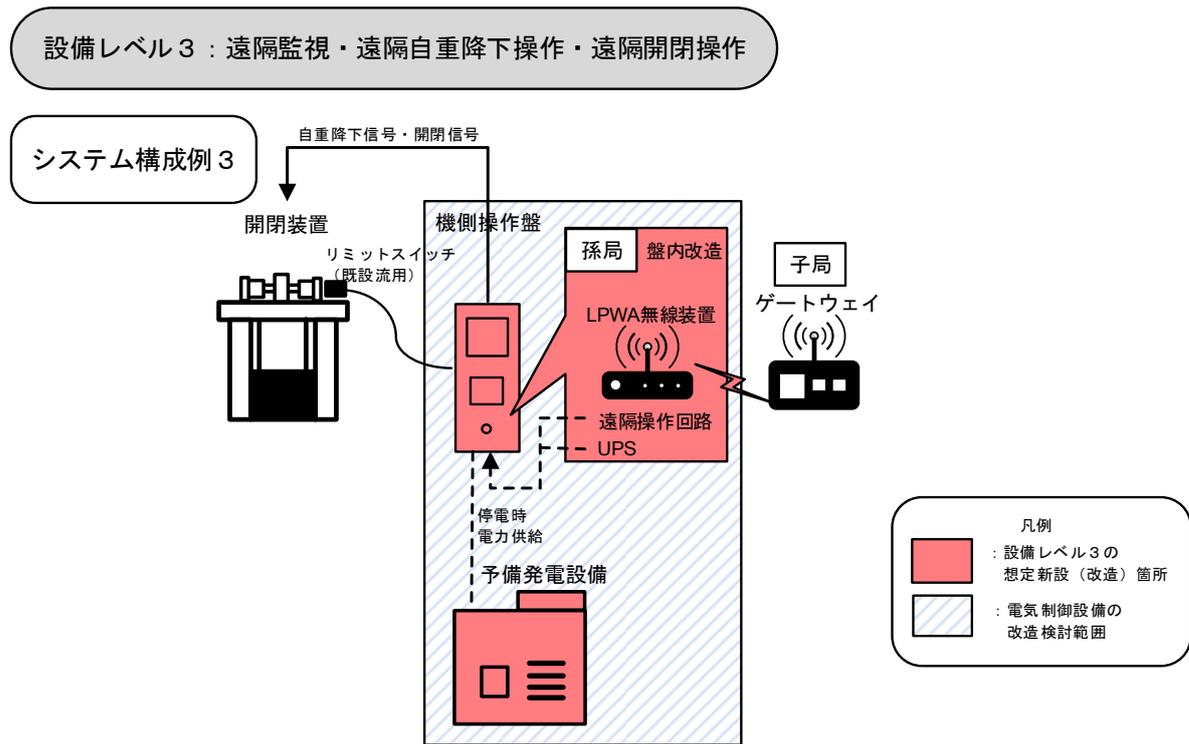


図 2-2.8 設備レベル3のシステム構成

2-2-5 通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備の機能・構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備は、2-1節にて定義した設備レベルに応じ、以下の機能・構成を適用する。なお、いずれの設備レベルにおいても全閉確認センサの設置が必要となるが、前述の電気・制御設備に含まれるものとし本項では割愛する。

設備レベル 1	機能： 全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視する。
	構成： 通信設備、遠隔監視設備、外部情報提供設備
設備レベル 2	機能： 最低限全閉信号のみ（全閉か否か）を遠隔監視し、遠隔より自重降下操作が可能である。
	構成： 通信設備、遠隔監視操作設備、外部情報提供設備
設備レベル 3	機能： 機側操作盤が有する信号を遠隔においても監視し、機側動力電源が商用から供給されている場合は、遠隔からも通常の開閉が可能であり、停電時においても無停電電源装置（UPS）や予備発電設備により通常の開閉操作、かつ自重降下操作も可能である。
	構成： 通信設備、遠隔監視操作設備、外部情報提供設備

【解説】

設備レベルによって、機側と遠隔の間の信号内容、また操作の有無が異なるが、設備レベル1～3とも通信設備、遠隔監視操作設備、外部情報提供設備のシステム構成は以下のとおりであり同様である。

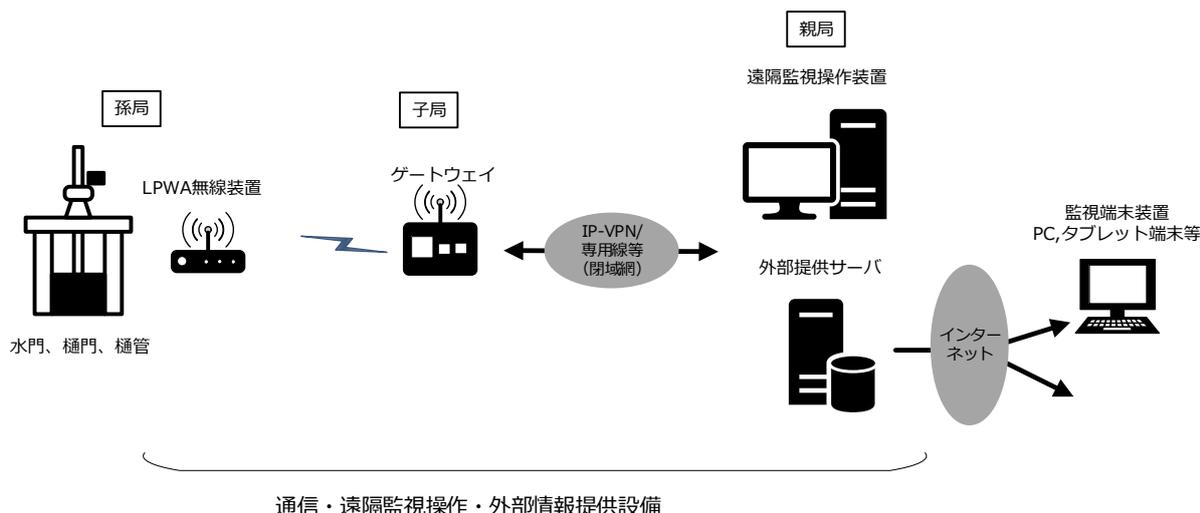


図 2-2.9 通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備のシステム構成

(1) 通信方式

孫局（機側）～子局（ゲートウェイ）間の通信方式は、施設設置箇所や環境条件に応じて、最適な方式を採用する。本ガイドラインでは、必要最低限の信号伝送と、通信距離や消費電力から LoRaWAN を利用した LPWA 無線通信を前提とした。

遠隔監視操作装置へ外部から不正にアクセスされないように、子局（ゲートウェイ）～親局間の接続は、通信事業者が独自に構築している IP-VPN や、自営による光専用線等の閉域網によりインターネット回線を利用しないことで外部からの不正アクセスを遮断する。

(2) 通信設備の構成

通信設備は、下図のとおり機側に設置する LPWA 無線装置、また機側からの LPWA 無線を受信して IP-VPN や専用線等の閉域網に転送するゲートウェイで構成する。

ゲートウェイは、信号の中継を行うためのものであり、孫局との距離や見通しなど施設的环境条件に応じて、配置を検討する必要がある。また機側の LPWA 無線装置とゲートウェイは、N：1 でのスター型のネットワーク構成が可能である。

なお、ゲートウェイは、ネットワークへの常時接続が必要となるため、商用電源の供給、また停電時の予備電源の確保が必要である。

IP-VPN や専用線等の閉域網では、施設管理者以外の関係機関や住民が Web 画面を閲覧することができない。

そこで、外から直接ネットワークへアクセスされないように、隔離されたネットワーク DMZ（Demilitarized Zone:非武装地帯）を設け、そこに公開する外部提供サーバを設置する。そのサーバからインターネットを経由して外部へ情報提供する。

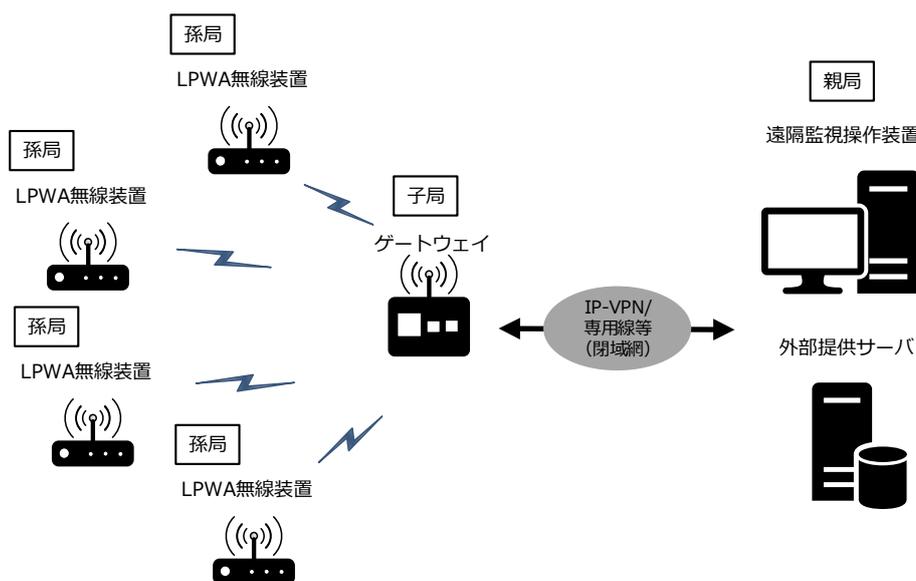


図 2-2.10 LPWA ネットワーク構成

(3) 通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備機能

通信設備、遠隔監視操作設備、外部情報提供設備の備える機能は次表のとおりである。設備レベル1は、監視のみで操作は行わない。

表 2-2.1 通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備の機能

区分	機能	設備 レベル1	設備 レベル2	設備 レベル3
監視	ゲートの状態 (動作状態、故障等)	○	○	○
操作	ゲート操作 (全閉操作、自重降下指令)	—	○	○
通信	信号送受信	○	○	○
記録	操作記録、状態記録	○	○	○

(4) 遠隔監視操作・外部情報提供設備の構成

遠隔監視操作・外部情報提供設備の機器構成例は以下のとおりである。

1) 遠隔監視操作装置

遠隔監視操作装置は、各施設からの情報を収集し、状態監視および開閉操作を行うための装置である。自営で整備する場合は、所管する施設を対象として事務所・出張所等に設置する。

2) 外部提供サーバ

外部提供サーバは、各施設からの情報を収集し、監視端末装置等に情報配信する機能を有するものとする。自営でサーバ装置を設置する場合と、外部のクラウドサービスを利用する方法が考えられる。インターネットに接続するため、セキュリティの対策が必要である。

3) 監視端末装置

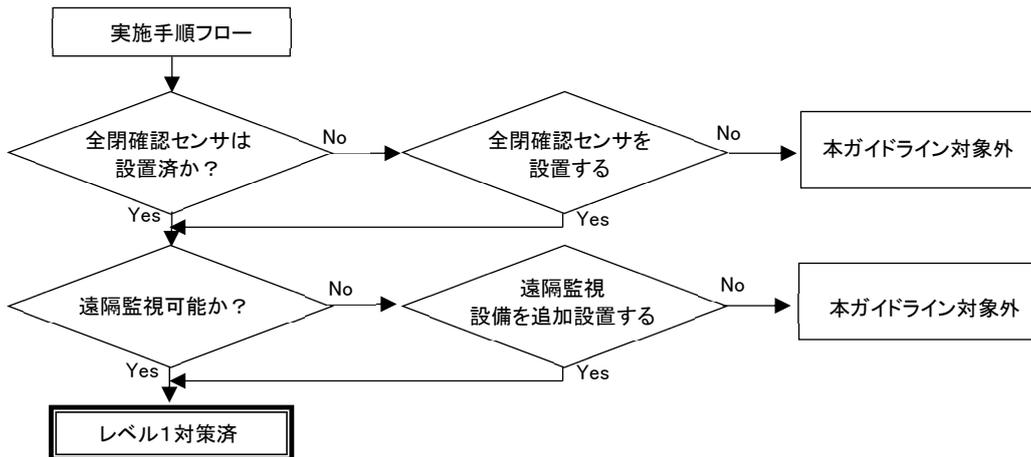
監視端末装置は、パソコンやタブレット等を利用する。施設管理者が閉域網からアクセスする場合と、外部提供サーバからインターネット経由とでアクセスする2通り考えられる。最低限「誰がアクセスしたか」が記録されるユーザ認証を行う。

2-3 システム化の実施手順

2-3-1 システム化の実施手順フロー

既設ゲート設備の改造を前提として、危機管理型水門遠隔監視・操作システム実現のための実施手順は以下のフローによる。

【設備レベル1】



【設備レベル2】

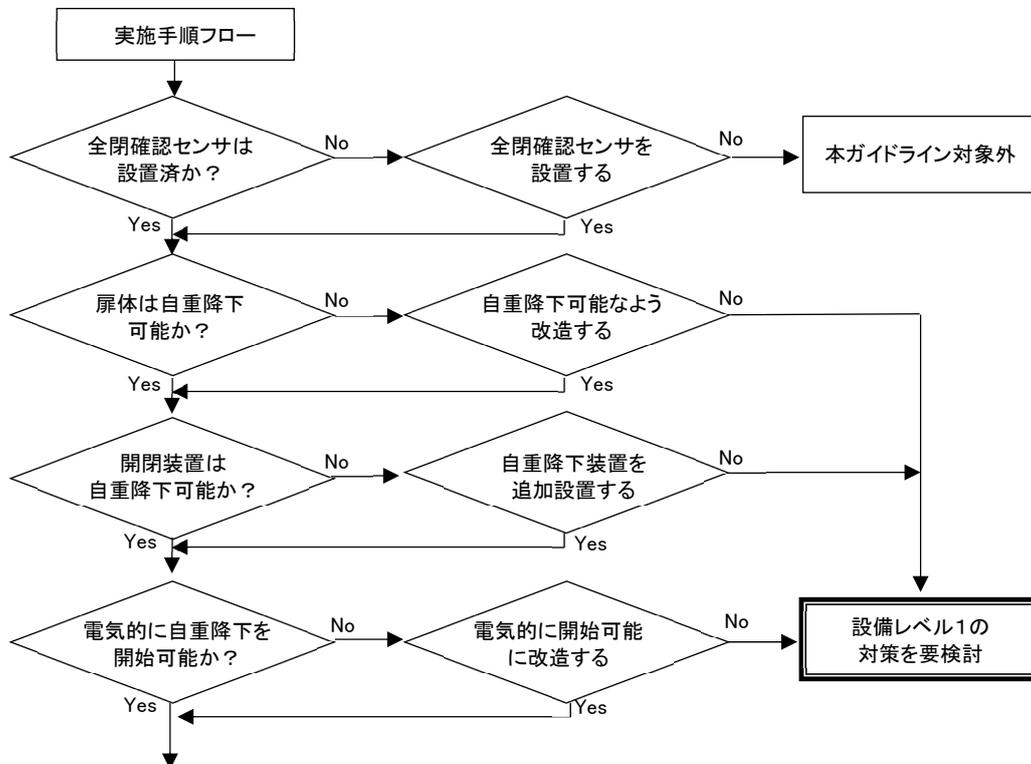
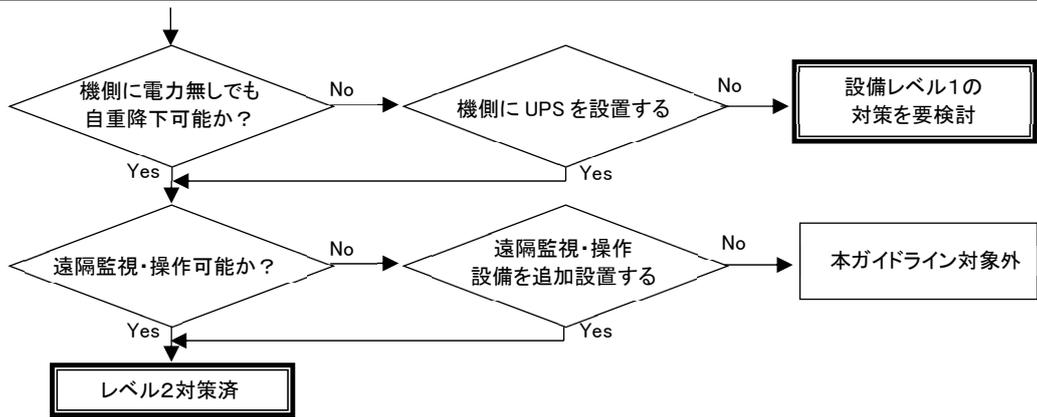


図 2-3.1 実施手順フロー (1/2)



【設備レベル3】

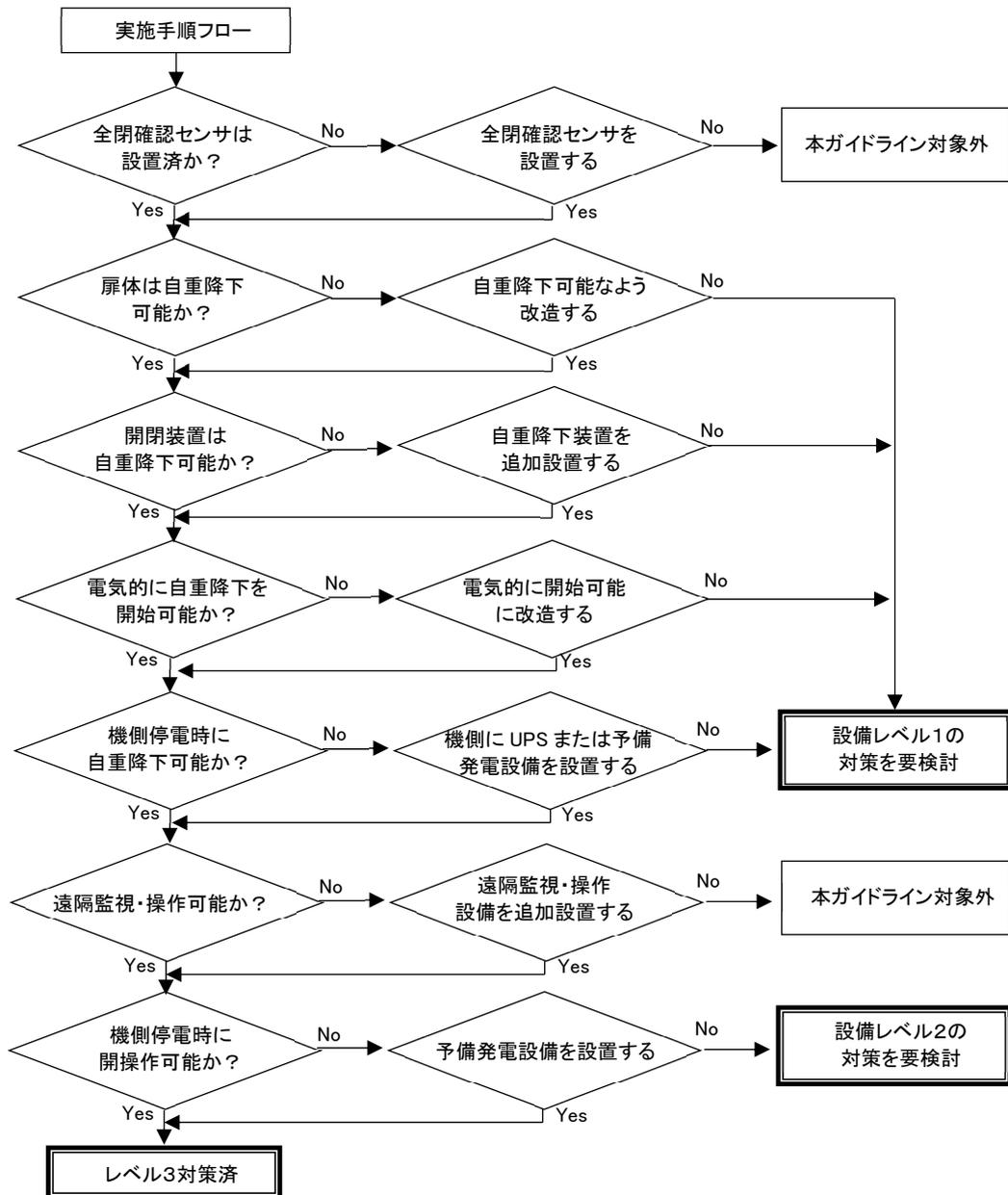


図 2-3.1 実施手順フロー (2/2)

【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムに改造するために行う対策内容は、各対象設備の保有機能（装置）、状態、予算規模毎に異なる。設備レベル毎のシステム化の実施手順を示したものが図 2-3.1 の実施手順フローである。

(1) 実施手順フローの考え方

実施手順フローにおける基本的な考え方・留意点を以下に述べる。

- 本実施手順フローの対象は、既設設備の更新・改造としているが、新たに設置する水門設備についても同様の考え方とする。
- 社会的に重要な（社会的影響の大きい）ゲートには、危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおいて手厚い対策を適用し、社会的影響の比較的小さいゲートには簡易的な（低価格な）対策を適用するような手順フローとしている。

(2) 設備レベル毎の実施内容詳細

設備レベル毎の実施内容の詳細は、後述する第 3 章以降を参照のこと。

2-3-2 全閉確認センサの設置

河川用ゲート設備のうち水門、樋門、樋管ゲート（閉めるべきゲート）に適用される危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおいて、ゲート設備の閉鎖状態（全閉状態）の確認は最も重要な状態監視項目である。よって全閉状態を確認するリミットスイッチまたはセンサは、本システムの必須条件として設置する。

【解説】

遠隔監視を行うために必要となる全閉確認センサの概要は、以下のとおりである。

(1) センサの選定

危機管理型水門に取り付けるセンサ選定時には、下記の項目を考慮する必要がある。

- コスト（量産品）
- サイズ
- 利用環境（温度、湿度、水滴）
- 消費電力
- 設置場所（容易に設置、点検が可能）

(2) センサの種類概要

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける、水門の全閉を検知する機器として上記項目を考慮した場合、以下のとおりリミットスイッチ、近接センサ等の適用が考えられる。

1) リミットスイッチ

リミットスイッチとは、接触式の検出物体の存在情報を電氣的信号に置き換えるものである。リミットスイッチは、扉体・開閉装置を正しく制御し、破損を防ぐ目的で設置されており、通常は水門設備の開閉装置に装備されている。既設のリミットスイッチを全閉確認用のセンサとして流用することで低コスト、省力で対応可能なケースもある。

2) 近接センサ

近接センサとは、非接触で検出物体の存在情報を電氣的信号に置き換えるものである。電氣的信号への置き換え方式により、センサの種類は、誘導型近接センサ、静電容量型近接センサ、磁気式近接センサに分けられる。検出対象物により、これらは選定されるが、本ガイドラインにおける対象物は金属であるため、誘導型近接センサ、静電容量型近接センサが適している。

(3) 取り付け方の概要

本センサは、扉体の全閉状態を確認することが目的であるため、全閉状態さえ検知できればセンサを取り付ける位置は、任意の位置でよい。例えば、扉体上部と戸当り（全閉となった時の扉体上部の高さ位置）、もしくは開閉装置の任意の位置（ワイヤロープウインチ式開閉装置であれば制限開閉器、ラック式であればラック棒カバーを利用）等が考えられる。

2-3-3 開閉装置の改造

開閉装置の改造は、既設ゲート設備の開閉装置形式を踏まえ、設備レベルに応じて 2-3-1 項の実手順フローに従い実施する。既設設備の仕様により、かつ既設形式がラック式とワイヤロープウインチ式では改造方法が大きく異なることに留意する。

【解説】

開閉装置の改造内容は開閉装置形式によって異なる。以下に、開閉装置形式毎の改造概要を示す。

(1) ラック式開閉装置改造の概要

ラック式開閉装置には、標準仕様として遠心ブレーキが設置されており、自重降下が可能である。設備レベル 1 は、全閉確認用のセンサ設置のみであるため、開閉装置の改造は不要である。設備レベル 2～3 では、既設開閉装置が電氣的に自重降下を行えない場合は、電氣的に自重降下操作が可能なものに改造する必要がある。

(2) 扉体（締切力）に関わる留意点（ラック式開閉装置の場合）

ローラゲートの場合は、開閉装置の締切力を期待せずに扉体の自重により降下することを原則とする。スライドゲートの場合は、特に、扉体・戸当り間の摩擦力により自重降下しない場合があるため、締切力が十分であることを検討する必要がある。ローラゲートの場合でも、締切力、開閉荷重の確認、検討は必要であり、締切力が不足している場合は扉体にカウンターウェイトを付加する等の改造が必要となる。

(3) ワイヤロープウインチ式の改造の概要

自重降下機能が現状無い場合は、自重降下機能を付加するため、ドラムギヤを除く駆動装置一式（含む減速機）を更新する必要がある。ラック式開閉装置の場合とは異なり、締切力が予め確保されていることから、扉体の改造は不要である。

1M1D 式および 1M2D 式の場合は、自重降下速度を制御する速度制御ブレーキを差動歯車減速機のブレーキ軸に付加する。2M2D 式の場合は更に左右岸ともに同様の改造を施す必要がある。自重降下機能を動作させたい場合に、扉体を停止させていたブレーキを開放し、上記の速度制御ブレーキにより速度制御を行いながら安全に降下させる。2M2D 式は加えて左右同調制御も必要となる。これら一連の流れを遠隔操作可能とする検討が必要である。

(4) 減速機の選定

減速機形式の改造検討を行う。ヘリカル減速機、ウォーム減速機、サイクロ減速機等を差動歯車減速機に更新することで、自重降下可能な機構とする。

(5) **その他留意点**

ワイヤロープウインチ式開閉装置の場合は、ドラムを除く駆動装置を改造する必要があるため、操作室内の配置が課題となる。操作室内の空間に応じ、機器配置を適切に検討する必要がある。

また、機器重量の変動による土木構造物への影響についても評価する必要がある。

(6) **具体的な改造内容詳細**

具体的な改造内容の詳細は、後述する 3-3 節以降を参照のこと。

2-3-4 電気・制御設備の改造

機側の電気・制御設備の改造は、既設ゲート設備の機器仕様を踏まえ、設備レベルに応じて 2-3-1 項の実施手順フローに従い実施する。基本的に遠隔制御用の回路と予備電源を機側に追加設置する必要がある。

【解説】

(1) **遠隔制御用回路の付加**

設備レベル 2 以上の場合は、対象水門を遠隔操作可能とする必要があるため、機側操作盤内の回路の改造が必要となる。自重降下機能の付加に伴う減速機、制動機の形式変更に併せ、自重降下用ブレーキ（速度制御ブレーキ）の制御回路の付加を検討する。ワイヤロープウインチ 2M2D 式開閉装置の場合は、自重降下時に機能する左右岸開閉装置の同調回路の付加も必要となる。

(2) **遠隔操作用回路の改造**

設備レベル 2 以上で、機側操作盤と監視信号、制御信号の受け渡しを行う場合で、機側操作盤に外部信号入出力機能を有していないときは、2-3-5 節で後述する受け渡し方式に対応できるよう機側操作盤の操作回路を改造する。

(3) **予備電源（無停電電源装置（UPS）等）の付加**

設備レベルの設定に伴い、対象水門を商用電源停電時においても遠隔監視・操作を可能とするためには、予備電源（無停電電源装置（UPS）等）の付加を検討する。

なお、予備電源の容量検討にあたっては、寒冷地等設置環境に留意する。

(4) **予備発電設備の付加**

設備レベル 3 の場合、ゲート規模や開閉装置形式に応じた適切な容量の予備発電設備の設置を検討する。

(5) その他留意点

ワイヤロープウインチ式開閉装置の場合、自重降下機能作動時の全閉となる際にワイヤロープが慣性力により送り出される可能性がある。そのため、扉体全閉時にブレーキを作動させることが望ましく、リミットスイッチによる全閉検知およびブレーキ作動を無停電電源装置（UPS）で賄うことが望ましい。

(6) 具体的な改造内容詳細

具体的な改造内容の詳細は、後述する 3-2 節以降を参照のこと。

2-3-5 通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備の整備

通信・遠隔監視操作・外部情報提供設備は、管理施設の設置位置や周辺環境、数量に応じて、ゲートウェイの配置等を検討し、整備する。

【解説】

(1) ゲートウェイ（子局）の配置

ゲートウェイ（子局）は、各水門施設に設置する LPWA 無線装置（孫局）からの監視信号を収集するとともに、制御信号を出力する装置である。LPWA 無線の周波数帯や出力を考慮して、伝送可能な場所に配置が必要である。配置にあたっては見通しの確認や通信試験を行い決定する。

(2) 電源の確保

各装置の通信頻度や消費電力を考慮して、商用からの電源供給のほか、停電時の予備電源によるバックアップを検討する。

(3) 管理項目

施設の監視項目、制御項目の状態信号等は、LPWA での伝送を考慮し必要最小限とし、設備レベルに応じて表 2-3.1、表 2-3.2 の項目を標準とする。

表 2-3.1 監視項目

No.	名称	備考	設備 レベル1	設備 レベル2	設備 レベル3
1	全開	全開状態	—	○	○
2	中間	中間開度状態	—	○	○
3	全閉	全閉状態	○	○	○
4	故障	故障発生	—	○	○
5	開動作中	動作確認用	—	—	(○) ※
6	閉操作中	動作確認用	—	○	○
7	自重降下中	動作確認用	—	○	○

※開動作中は、遠隔から開操作を行う場合

表 2-3.2 制御項目

No.	名称	備考	設備 レベル1	設備 レベル2	設備 レベル3
1	全開指令	ワンショット全開まで	—	—	(○) ※
2	全閉指令	ワンショット全閉まで	—	○	○
3	停止	ワンショット停止	—	○	○
4	起動	全開全閉指令とセットで送出 (誤り防止)	—	○	○
5	観測間隔切替	観測間隔を切り替える場合	○	○	○
6	自重降下	ワンショット全閉まで	—	○	○

※全開指令は、遠隔から開操作を行う場合

(4) 伝送仕様

各施設（孫局）～ゲートウェイ（子局）間およびゲートウェイ（子局）～遠隔監視操作装置（親局）間の伝送仕様は、拡張性を考慮して統一を図る。

(5) 既存システムとの連携

既存の遠隔監視・操作システムが整備されている場合は、一元監視ができるよう、サーバ間でデータ転送して共有する方法が考えられる。また操作条件として水位情報が必要な場合は、水位情報の入力、監視についても検討する。

(6) 操作・監視画面等

遠隔操作・監視の習熟、ヒューマンエラー防止のため、操作・監視画面や操作ボタンのレイアウト等はできるだけ統一を図る。

第3章 危機管理型水門遠隔監視・操作システムの設計計画

3-1 適用すべきゲート設備の条件

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、1-2節に従い、基本的に河川管理施設として既に建設・設置され稼働している河川用ゲートのうち、水門・樋門・樋管ゲート等を対象とし、かつ2-1節に示した適用条件ならびに設備レベルに適合する設備に適用する。

【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、上記のとおり既設の水門・樋門・樋管ゲートを対象としているが、1-2節で述べたとおり、それらのみならず、防潮水門、津波・高潮対策水門や陸閘もその対象に含む。

基本的に、既設設備を改造することを前提にしているものの、新設ゲート設計時に適用する場合も同様の考え方とする。

本システムの適用を計画するにあたり、当該設備が2-1節に示した設備レベル分類において、いずれのレベルに該当するか、図2-1.1に示した適用検討フローに従い検討し、改造の方針を定める必要がある。その際、当該設備の社会的な重要度や技術的仕様が考慮され、管理者の予算面の制約等も勘案され方針を決定する。

設備レベルが決まった後、図2-3.1に示すシステム化実施手順フローに従い、当該設備において改造の設計計画に必要な事項を整理する。以下にその詳細を示す。

3-2 全閉確認センサの設置

3-2-1 システム概要

危機管理型水門には、扉体が全閉状態になったことを検知するセンサもしくはリミットスイッチを設置する。

【解説】

一元監視のためのゲートの開閉状態の監視情報は、既設のリミットスイッチや機側操作盤からの信号を利用することができるが、その場合は既存の開閉装置や機側操作盤の改造を伴い、工事費用はケースバイケースで異なるため、必要費用を検討のうえ方針を決定する必要がある。

工事費用の抑制の一対策として、簡易に監視情報を入手できるセンサを水門に取り付けることによって、安価な一元監視を実現することができる。

センサと通信設備とは図 3-2.1 に示すように信号の受け渡しを行う。

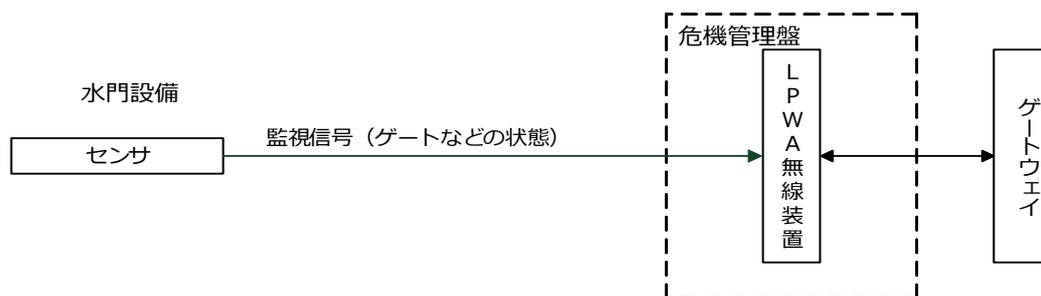


図 3-2.1 センサと通信設備

信号の受け渡し方式は、水門設備において使用されている開度計、制限開閉器と同様に、無電圧連続接点で受け渡しを行う。

3-2-2 改造・更新の方針と留意点

全閉を確認するセンサは、既設設備に合った方式を選定し設置する。

【解説】

既設設備に開度計や制限開閉器があり、そのリミットスイッチを利用できる場合には、当該のスイッチを採用してよい。

ただし、停電時に検出できない回路となっている場合やリミットスイッチに余裕がない場合には、一元監視するための専用のセンサを設ける。

センサの検出方式は表 3-2.1 に示すように大別される。コストや消費電力、設置のスペース、施工性を考慮すれば一般的に直接検出式が適している。

表 3-2.1 センサの検出方式

検出方式	概要
直接検出式	近接センサやリミットスイッチにより扉体の位置を直接検知する。小型で設置が容易である。
軸直結式	開閉装置の回転量から扉体の位置を検知する。既設の開度計や制限開閉器に内蔵されているリミットスイッチを流用できる。
メッセンジャワイヤ式	メッセンジャワイヤを介して扉体の移動量を検知する。ワイヤ巻き取り装置が必要である。
非接触式	レーザや赤外線センサを使用して扉体の位置を検出する。電源供給が別途必要である。かつ、受信側で位置を検出する処理が必要である。

図 3-2.2、図 3-2.3 に直接検出式センサの例を示す。



図 3-2.2 リミットスイッチ



図 3-2.3 近接センサ

センサの設置は、扉体上部位置と土木躯体側の同様位置、ラック式であれば図 3-2.4 のようにラック棒カバーに設置が可能である。扉体に設置する場合、扉体下部の全閉位置近傍とする必要はなく浸水や流木、土砂等の影響を受けない位置に設置する。

特に津波対策を目的とする危機管理型水門は、完全な止水よりも、むしろ操作遅れの少ない自重降下を実現することが求められることから、精緻な検出精度を必要としない。

図 3-2.4 にリミットスイッチ（直接検出式）の取付例を示す。

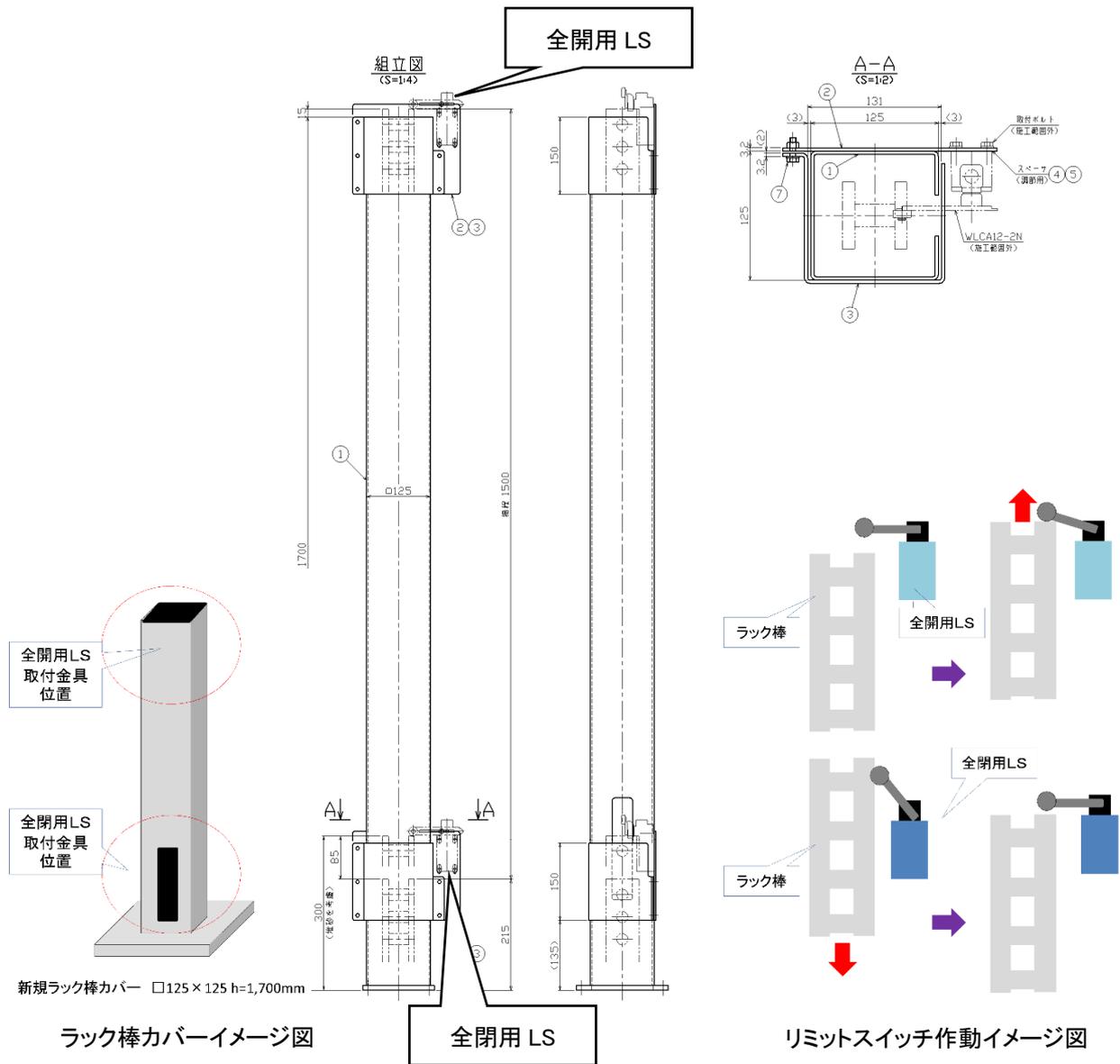


図 3-2.4 リミットスイッチ取付例

3-3 ラック式スライドおよびローラゲート

3-3-1 システム概要

ラック式スライドおよびローラゲートの危機管理型水門遠隔監視・操作システムに必要な機能は、①全閉確認センサ、②自重降下機能、③予備発電設備である。設備レベルに応じて必要な機能を決定する。

また、扉体の自重により、十分な締切力を確保する。

【解説】

ラック式開閉装置を対象とした設備レベル毎に必要な機能（設備）は表 3-3.1 のとおりである。既設設備が必要な機能を有していない場合は、改造を行う必要がある。

表 3-3.1 ラック式開閉装置の必要機能（設備）

設備レベル	必要な機能(設備)
設備レベル1	①全閉確認センサ
設備レベル2	①全閉確認センサ、②自重降下機能
設備レベル3	①全閉確認センサ、②自重降下機能、③予備発電設備

自重降下機能は、扉体をその自重により降下させてゲートを閉める仕組みであり、想定される水位条件時に十分な締切力が確保されている必要がある。

3-3-2 改造の方針と留意点

3-3-2-1 改造の方針と留意点

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける設備レベルに応じたラック式開閉装置の改造は、全閉確認センサの追加、電氣的自重降下機能の追加の2種類とし、必要に応じて扉体側の改造を行う。

【解説】

(1) 全閉確認センサの追加

危機発生時のいかなる場合においても一元監視を可能とするため、改造対象となる開閉装置に全閉検知用のリミットスイッチ（制限開閉器等）が付属していない場合には、別系統の無電圧連続接点全閉確認センサを設置する。

詳細は 3-2 節を参照されたい。

(2) 電氣的自重降下機能の追加

ラック式開閉装置には、一般的に自重降下機能が装備されているが、危機発生時には遠隔から電氣的に自重降下の指令を出すため、電氣的自重降下機能を追加する。

電氣的自重降下機能には、電磁クラッチや電磁ブレーキ等が用いられ、既設設備の備わっていない場合は改造で対応する。改造できない場合は開閉装置全体の更新を行う。

(3) 扉体側の改造

想定される水位条件時に扉体の自重による十分な締切力が確保されているかを検討し、不足する場合は、扉体へカウンターウェイトを追加する等の改造を行う。

3-3-2-2 扉体

扉体は、想定される水位条件下において開閉装置の締切力を期待せずに、自重降下が可能なることを原則とする。

【解説】

(1) 自重降下の可否

想定される水位条件時に、各種抵抗を見込んだ状態で、自重降下が可能かを検討する。

(2) 扉体の改造

自重降下が不可能な場合は、扉体へのカウンターウェイトを追加する等の改造を行う。場合によっては、扉体構造を含み設備全体の更新も検討する。

(3) 開操作荷重の確認

扉体の改造等を行う場合は開操作荷重の確認を行い、ラック式開閉装置の能力に問題がないかの検討を行う。場合によっては、開閉装置の更新も検討する。

3-3-2-3 開閉装置改造の設計手順フロー

既設のラック式開閉装置を危機管理型に改造する際は、以下の設計手順フロー（標準例）に沿って行う。電気・制御設備、通信設備、遠隔監視操作設備は別途検討する。

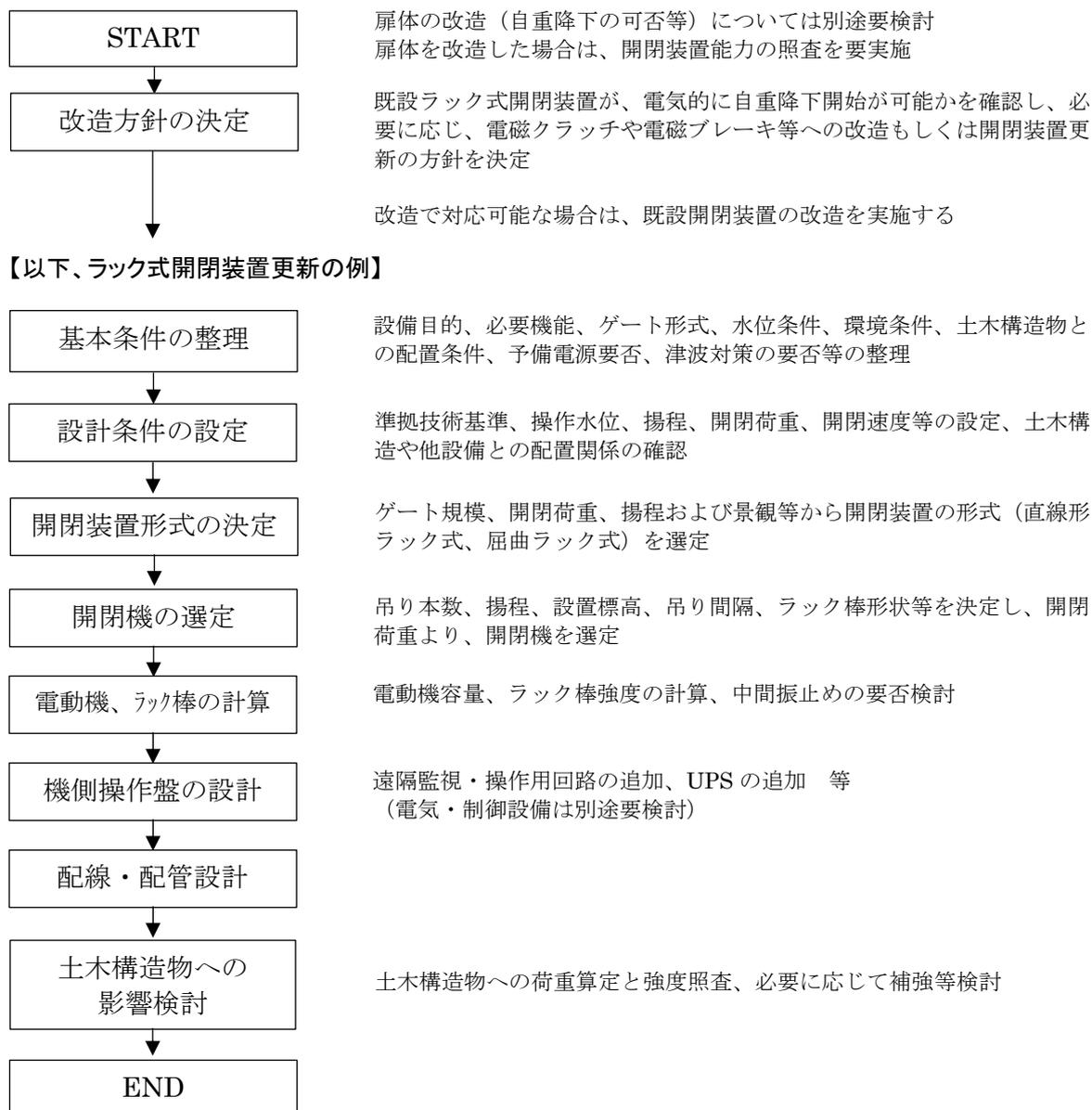


図 3-3.1 ラック式開閉装置改造の設計手順フロー（標準例）

【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムに対して行うラック式開閉装置改造の設計手順フローは、扉体の自重降下の可否、既設の開閉装置の仕様、設置スペース、設置環境等により異なるため、個別の検討が必要となる。

3-3-2-4 ラック式開閉装置

危機管理型水門遠隔監視・操作システムを、ラック式開閉装置に適用する場合は、改造・更新を判断し、操作室内のレイアウト、土木構造物への影響等に配慮して設計する。

【解説】

ラック式開閉装置に電気式自重降下機能を追加する際に、検討すべき事項は以下のとおりとする。

(1) 改造・更新の判断

ラック式開閉装置は、各種機能がユニット化されており、電気式自重降下機能は、電磁クランチや電磁ブレーキ等を用いた電気式制動解除装置と、遠心ブレーキによる速度制御装置から構成される。

制動解除装置が、電気式でない場合は、電気式に改造する必要があり、ユニット全体の機器構成を踏まえた改造方法の検討が必要となる。

改造で対応できない場合は、電気式自重降下機能付の開閉装置へ更新を行う。

(2) 更新に対する影響範囲の検討

開閉装置を更新する場合、付属するラック棒、扉体と接続する吊金具等の改造・更新も必要になる場合がある。

事前に、既設開閉装置との仕様の相違点を確認し、影響する他機器に問題がないかの検討を行う。

1) 開閉能力

3-3-2-2 項に記載の扉体の改造内容も踏まえ、開閉能力および自重降下に問題がないかを確認する。

2) 操作室内レイアウト

開閉装置の維持管理性を確保するために装置と操作室壁までの間隔は 80 cm 以上とすることが望ましい。既設操作室スペースの関係上それが困難である場合は、開閉装置の点検・整備が可能であるかどうかに着目して配置を決定する。

3) 土木構造物への影響

ラック式開閉装置の更新により土木構造物への荷重分布が変わる場合は、土木構造物の強度照査を実施する。実施の結果、許容値を超える場合は設備レベルの変更、あるいは土木構造物の補強を検討する。

3-4 ワイヤロープウインチ式ローラゲート 1M2D 式、1M1D 式、2M2D 式

3-4-1 システム概要

ワイヤロープウインチ式ローラゲート(1M2D 式、1M1D 式、2M2D 式)における危機管理型水門遠隔監視・操作システムに必要な機能は、①全閉確認センサ、②自重降下機能、③予備発電設備である。設備レベルに応じて必要な機能を決定する。

【解説】

ワイヤロープウインチ式開閉装置を対象とした設備レベル毎に必要な機能(設備)は表 3-4.1 のとおりである。既設設備が必要な機能を有していない場合は、改造を行う必要がある。

表 3-4.1 ワイヤロープウインチ式開閉装置の必要機能(設備)

設備レベル	必要な機能(設備)
設備レベル 1	①全閉確認センサ
設備レベル 2	①全閉確認センサ、②自重降下機能
設備レベル 3	①全閉確認センサ、②自重降下機能、③予備発電設備

3-4-2 改造の方針と留意点

3-4-2-1 改造の方針と留意点

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける設備レベルに応じたワイヤロープウインチ式開閉装置の改造は、全閉確認センサの追加と自重降下機能の追加の 2 種類とを行う。

【解説】

(1) 全閉確認センサの追加

危機発生時のいかなる場合においても一元監視を可能とするため、改造対象となる開閉装置に全閉検知用のリミットスイッチ(制限開閉器等)が付属していない場合には、別系統の無電圧連続接点全閉確認センサを設置する。

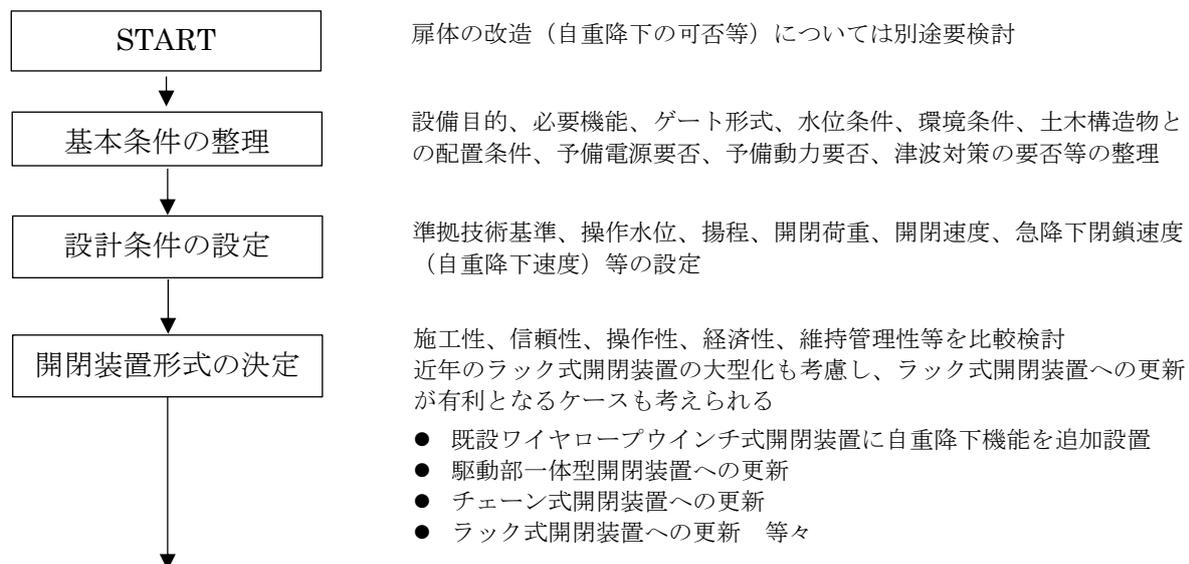
詳細は 3-2 節を参照されたい。

(2) 自重降下機能の追加

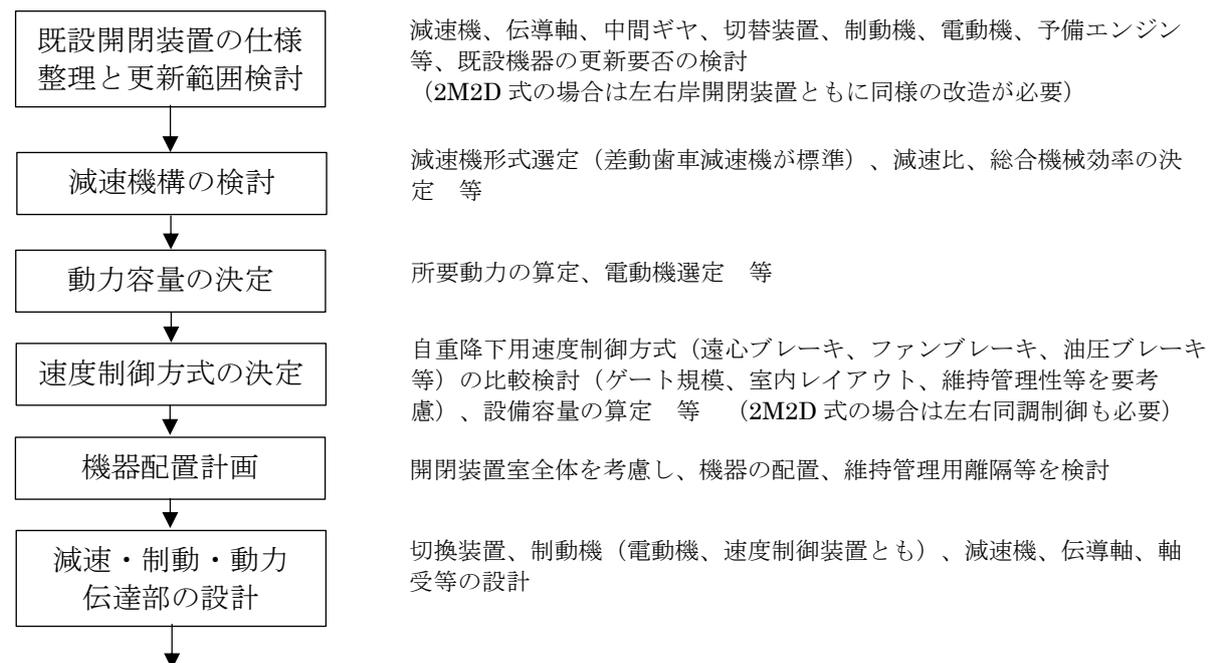
自重降下機能をワイヤロープウインチ式開閉装置に追加する場合には、駆動部（電動機、制動機および減速機）を更新することになる。

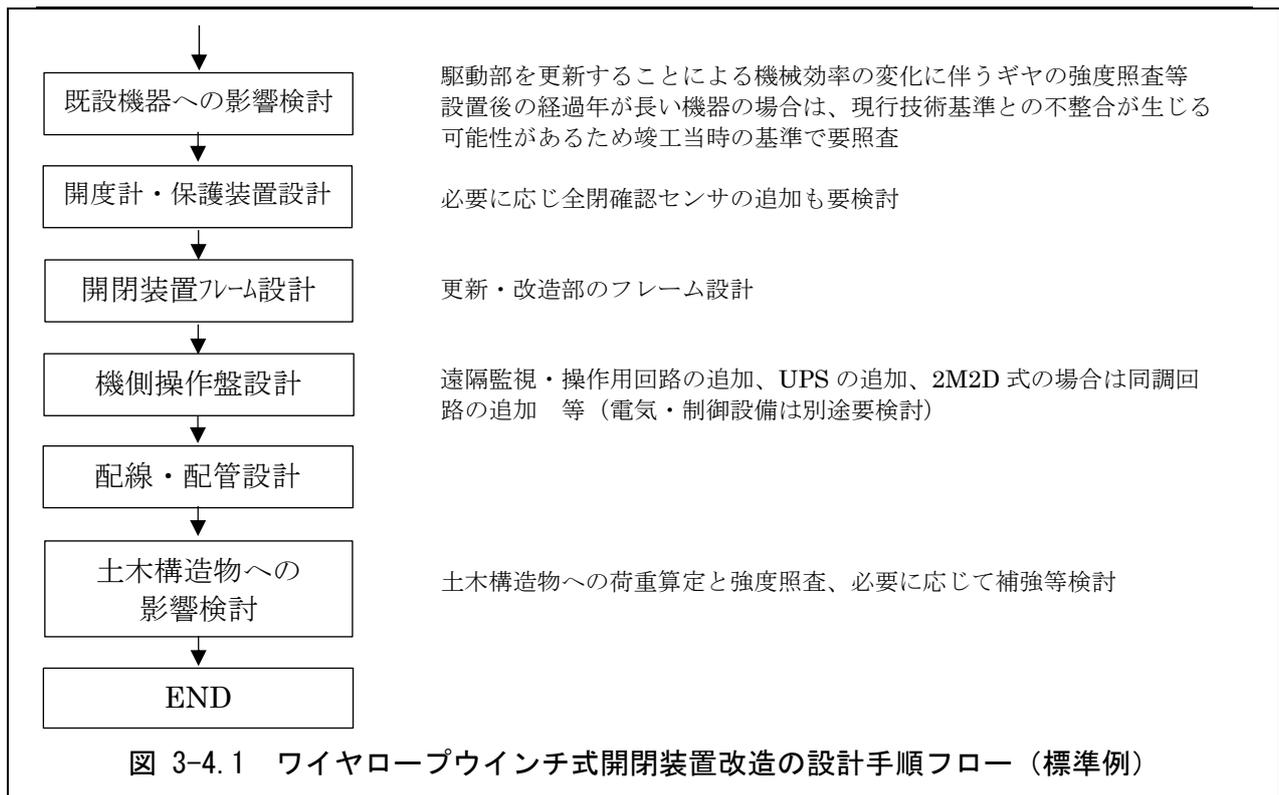
3-4-2-2 開閉装置改造の設計手順フロー

既設のワイヤロープウインチ式開閉装置を危機管理型水門遠隔監視・操作システムに改造する際は、自重降下機能の追加が必要になる。追加に際しては以下の設計手順フロー（標準例）に沿って行う。電気・制御設備、通信設備、遠隔監視操作設備は別途検討する。



【以下、ワイヤロープウインチ式開閉装置の例】





【解説】

危機管理型水門遠隔監視・操作システムに対して行うワイヤロープウインチ式開閉装置改造の設計手順フローは、既設の開閉装置の仕様、設置スペース、設置環境等により異なるため、個別の検討が必要となる。改造対象設備毎に、以下の項目等について図 3-4.1 に示す手順で検討・設計する。

- ① 更新範囲の検討
- ② 自重降下速度の設定
- ③ 減速機の選定
- ④ 制動装置の選定
- ⑤ 速度制御装置の選定
- ⑥ 電動機および制動機の選定
- ⑦ レイアウトの検討
- ⑧ 土木構造物の強度照査
- ⑨ 遠隔操作方法の検討

特に 2M2D 式の場合は、左右岸の開閉装置をともに改造し、かつ左右岸の同調制御が必要となる。

3-4-2-3 解説(7)に改造のレイアウト例を示す。

3-4-2-3 ワイヤロープウインチ式開閉装置

危機管理型水門遠隔監視・操作システムを、ワイヤロープウインチ式開閉装置に適用する場合は、駆動部の更新、操作室内レイアウト、土木構造物への影響等に配慮して設計する。

【解説】

ワイヤロープウインチ式開閉装置に自重降下機能を追加する際に、検討すべき事項は以下のとおりとする。

(1) 更新範囲の検討

ワイヤロープウインチ式開閉装置の減速機構は、「ヘリカル減速機＋開放歯車1段」の構成が多く、この場合はヘリカル減速機を差動歯車減速機に更新して、自重降下装置（速度制御装置＋制動機）を追加設置することになる。ただし、古いワイヤロープウインチ式開閉装置の減速機構は「ヘリカル減速機＋開放歯車1段」の構成でないものも多く存在するため、個別に検討が必要である。

また、2M2D式開閉装置に自重降下装置を追加設置するためには、左右岸両方の開閉装置をともに改造する必要がある。

表 3-4.2 に「ヘリカル減速機＋開放歯車1段」以外の減速機構について、考えられる機器構成ごとに改造内容の例を示す。

表 3-4.2 ワイヤロープウインチ式開閉装置の改造範囲例

既設開閉装置減速機構		更新対象機器	留意点
減速機形式	開放歯車 段数	撤去品	
ヘリカル	2 段以上	中間ギヤ ヘリカル減速機 制動機 電動機	<ul style="list-style-type: none"> 既設開閉装置が「ダム・堰施設技術基準(案)」に準拠していない場合、流用する部品・機器(ドラムギヤ、ワイヤロープ等)を現行の「ダム・堰施設技術基準(案)」で照査すると強度不足になる可能性が高いため、流用する部品・機器は竣工当時の基準等で強度照査を実施する。
ウォーム	2 段以上	中間ギヤ ウォーム減速機 制動機 電動機	<ul style="list-style-type: none"> ウォーム減速機は機械効率が低く(40%程度)、差動歯車減速機の半分程度であるため、更新後は電動機容量が過大となる。 流用する部品・機器(ドラムギヤ、ワイヤロープ等)が現行の「ダム・堰施設技術基準(案)」に準拠すると強度不足になる可能性が高いため、流用する部品・機器は竣工当時の基準等で強度照査を実施する。
ウォーム内蔵 ヘリカル	1 段	ウォーム内蔵 ヘリカル減速機 制動機 電動機	<ul style="list-style-type: none"> ウォーム内蔵ヘリカル減速機は機械効率が低く(40%程度)、差動歯車減速機の半分程度であるため、更新後は電動機容量が過大となる。 流用する部品・機器(ドラムギヤ、ワイヤロープ等)を現行の「ダム・堰施設技術基準(案)」で照査すると強度不足になる可能性が高いため、流用する部品・機器は竣工当時の基準等で強度照査を実施する。
サイクロ	1 段	サイクロ減速機 制動機 電動機	<ul style="list-style-type: none"> 既設開閉装置が「ダム・堰施設技術基準(案)」に準拠していない場合、流用する部品・機器(ドラムギヤ、ワイヤロープ等)を現行の「ダム・堰施設技術基準(案)」で照査すると強度不足になる可能性が高いため、流用する部品・機器は竣工当時の基準等で強度照査を実施する。
サイクロ	2 段以上	中間ギヤ サイクロ減速機 制動機 電動機	<ul style="list-style-type: none"> 既設開閉装置が「ダム・堰施設技術基準(案)」に準拠していない場合、流用する部品・機器(ドラムギヤ、ワイヤロープ等)を現行の「ダム・堰施設技術基準(案)」で照査すると強度不足になる可能性が高いため、流用する部品・機器は竣工当時の基準等で強度照査を実施する。

(2) 自重降下速度の設定

自重降下速度は、以下の要件を考慮して決定する。

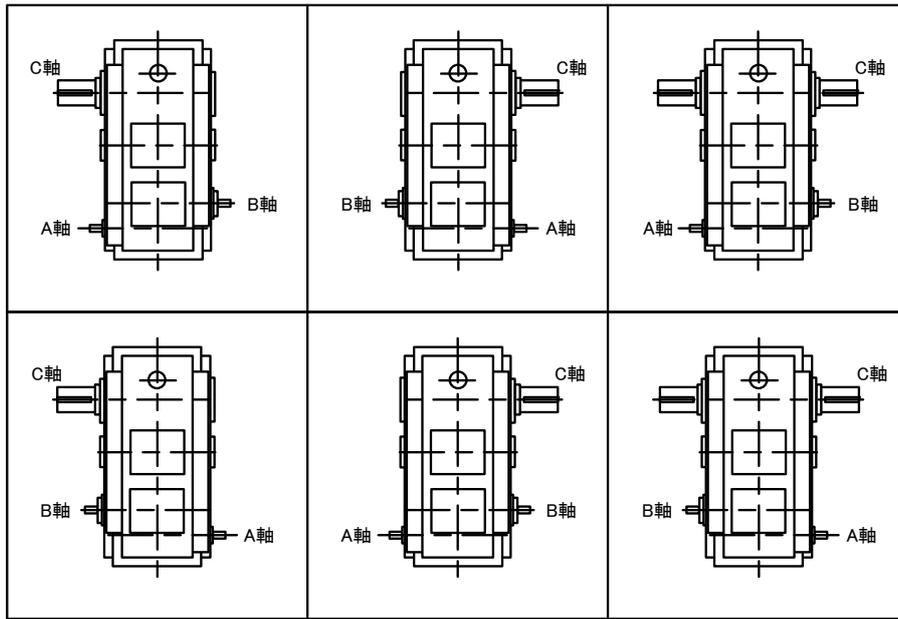
- 自重降下速度の設定にあたっては、対象設備に与えられた全閉までの猶予時間を考慮する必要がある。洪水・高潮を対象とする水門・樋門は、台風や豪雨の到来が事前に予測できるため、比較的全閉までの時間的猶予がある。一方、津波を対象とする水門・樋門については地震発生後に津波が到来するまでの猶予時間が短い。そのため自重降下速度の設定は、ゲート揚程と津波到達予想時間を考慮して設定する必要がある。
- 降下速度は、高いほど短時間で閉操作が可能となるが、自重降下速度を制御する速度制御装置が大きくなり、操作室スペースに納まらない可能性や、土木構造物への影響が大きくなる可能性がある。また、速度が高いと着床時の衝撃が大きくなるため、これらを考慮して支障のないように設定する必要がある。ダム・堰施設技術基準（案）には「急降下閉鎖装置による降下速度は、1.0～2.0m/min 程度とし、最大でも 9.0m/min 以下とする。」と記載されている。このことから危機管理操作上、自重降下速度を高くする必要がない場合、降下速度は 1.0~2.0m/min を目安とする。

(3) 減速機の選定

速度制御装置（自重降下用ブレーキ）を設ける必要があるため、差動歯車減速機を標準とする。差動減速機の軸配置例を図 3-4.2 に示す。図 3-4.2 のとおり入力軸・出力軸とは別に差動歯車を介した中間軸を設け、自重降下装置を配置する。

電動機、油圧押し式ブレーキ等の駆動装置、自重降下装置をどの位置に配置するのが最適か、既設開閉装置構造と操作室内スペースを考慮して減速機軸配置を検討する必要がある。

【平行軸】 A軸:入力軸, B軸:自重降下装置軸, C軸:出力軸



【直交軸】 A軸:入力軸, B軸:自重降下装置軸, C軸:出力軸

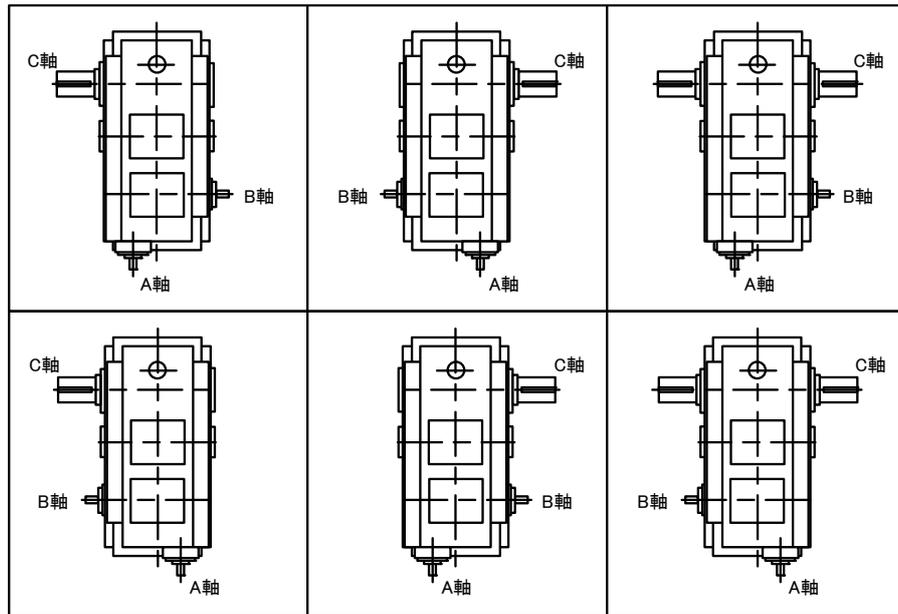


図 3-4.2 減速機の軸配置例 (参考: 減速機メーカーカタログ)

(4) 制動装置の選定

差動歯車減速機の機構上、電動機運転時の自重降下装置軸（中間軸）空転を防止する必要があるため、自重降下装置用の制動装置を設ける。自重降下装置の制動装置は、電動機用の制動装置と比較して大きくなる傾向があり、レイアウト検討時には注意する必要がある。

危機管理型水門遠隔監視・操作システムの設備レベル2および設備レベル3では、商用電源を喪失している状態においても自重降下が可能なシステムとしている。そのため、無停電電源装置（UPS）等により電源を供給し、自重降下装置用の制動装置を開放することでゲートを自重降下させる。無停電電源装置（UPS）は単相交流を出力するものが一般的であるが、整流器等を用いることで単相交流から直流への変換が可能であることから、直流電磁ブレーキが採用されることが多い。

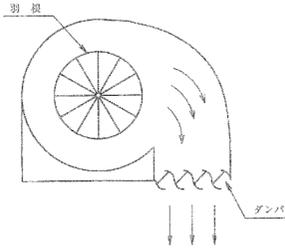
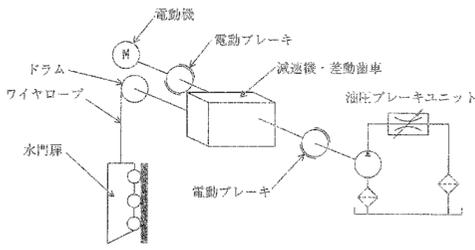
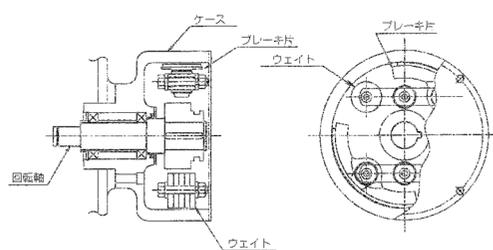
なお、自重降下によりゲートが着床した際の慣性力でワイヤロープが繰り出される可能性があるため、全閉時にはブレーキが作動するシステムとする必要がある。

(5) 速度制御装置の選定

自重降下速度を制御する速度制御装置は、ファンブレーキ、遠心ブレーキ、油圧ブレーキ等が採用される。各速度制御装置の種類と特徴を表 3-4.3 に示す。速度制御装置は、ゲート規模、操作室内のレイアウト、維持管理性等を考慮して選定する必要がある。

なお、2M2D 式の場合は、自重降下中の扉体の傾きを防止するため、左右岸の開閉装置の同調制御が必要となる。

表 3-4.3 速度制御装置の種類と特徴

項目	ファンブレーキ	油圧ブレーキ	遠心ブレーキ
概要図			
制動原理	<ul style="list-style-type: none"> 扉体の降下エネルギーをファンによる風力エネルギーで吸収することで速度制御する。 ダンパーの開度を調整して、所定の降下速度に調整する。 	<ul style="list-style-type: none"> 扉体の降下エネルギーで油圧ポンプを駆動させ、油圧ポンプから流出する作動油が流量調整弁を通過することで速度制御する。 油圧ブレーキユニット内の流量調整弁の流量調整により、油圧ポンプの回転数を制御することで速度を調整する。 	<ul style="list-style-type: none"> 扉体の降下エネルギーをブレーキシューとライニングとの摩擦により熱エネルギーとして吸収することで速度制御する。
構成機器	<ul style="list-style-type: none"> 差動歯車減速機、直流電磁ブレーキ、ワンウェイクラッチ、ファンブレーキ 	<ul style="list-style-type: none"> 差動歯車減速機、直流電磁ブレーキ、油圧ポンプ、油圧配管、油圧ユニット 	<ul style="list-style-type: none"> 差動歯車減速機、直流電磁ブレーキ、遠心ブレーキ
適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> 中・大型水門に適用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 中・大型水門に適用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 制動力が小さいため、小・中型水門に適用する。
占有面積	<ul style="list-style-type: none"> 油圧ブレーキ、遠心ブレーキと比較して装置の面積は大きくなりやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> 油圧ブレーキユニットの専有面積はファンブレーキと比較して小さいが、遠心ブレーキと比較すると大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ファンブレーキ、油圧ユニットと比較して小さい。
配置の自由度	<ul style="list-style-type: none"> マイタギヤ、スペーサーカップリングを用いることで、多少自由度をもって配置することができるが、ファンブレーキ自体が大きいため、減速機付近に十分なスペースが必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> マイタギヤ、スペーサーカップリングを用いることで、多少自由度をもって配置することができる。また、構成機器のうち最も大きい油圧ユニットは、油圧配管により自由に設置位置を検討できるためファンブレーキ、遠心ブレーキと比較して配置がしやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> マイタギヤ、スペーサーカップリングを用いることで、多少自由度をもって配置することができる。また、遠心ブレーキはもともと占有面積が小さい。
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 構造は油圧ブレーキ、遠心ブレーキと比較して単純である。定期的に軸受への給油、塗替塗装が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 作動油は経年劣化するため、作動油の性状を検査して交換する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> シューとライニングの固着やライニングの摩耗を防止するために、定期的な点検・整備が必要である。
適用	<ul style="list-style-type: none"> 中・大型水門へ適用する場合、選定対象とする。 構造が簡単で点検・整備が容易。 給・排気量が大きいため、操作室内へ配置する場合は吸・排気ダクトの設置を検討する必要がある。 占有面積がもともと大きく、配置自由度が小さいことから採用にあたっては制約が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 中・大型水門へ適用する場合、選定対象とする。 油圧配管系統に作動油の吸込不足や空気の混入が発生すると速度が制御できなくなるため、定期的な運転やエア抜き作業等の日常の点検・整備を行う必要がある。 油圧ポンプ以降は油圧配管により油圧ユニットを比較的自由に配置することができる。 流量調整弁の切換により、自重降下速度を可変可能なことから、2M2D式水門において左右岸の同調を取りながら降下させることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 中・小型水門に適用する。 構造が簡単で点検・整備が容易である。 配置自由度はファンブレーキと同等だが、占有面積がもともと小さい。

(6) 電動機および制動機の選定

減速機の変更により機械効率が変わるため、電動機出力が大きくなる場合がある。併せて電動機用の制動機についても電動機定格トルクを考慮して選定する。

(7) レイアウトの検討

1) 1M2D 式の場合

1M2D 式の場合、操作室スペースに余裕がある場合が多く、駆動部および自重降下装置の配置にあたって問題となることは少ないものの、長径間ゲートで独立門柱の場合は維持管理スペースや動線が確保できない場合があるため、その場合にはコンクリートピアの拡幅や張出架台の増設が必要となる。

図 3-4.3 に 1M2D 式のワイヤロープウインチ式開閉装置に設備レベル 3 の改造を施した場合の例を示す。

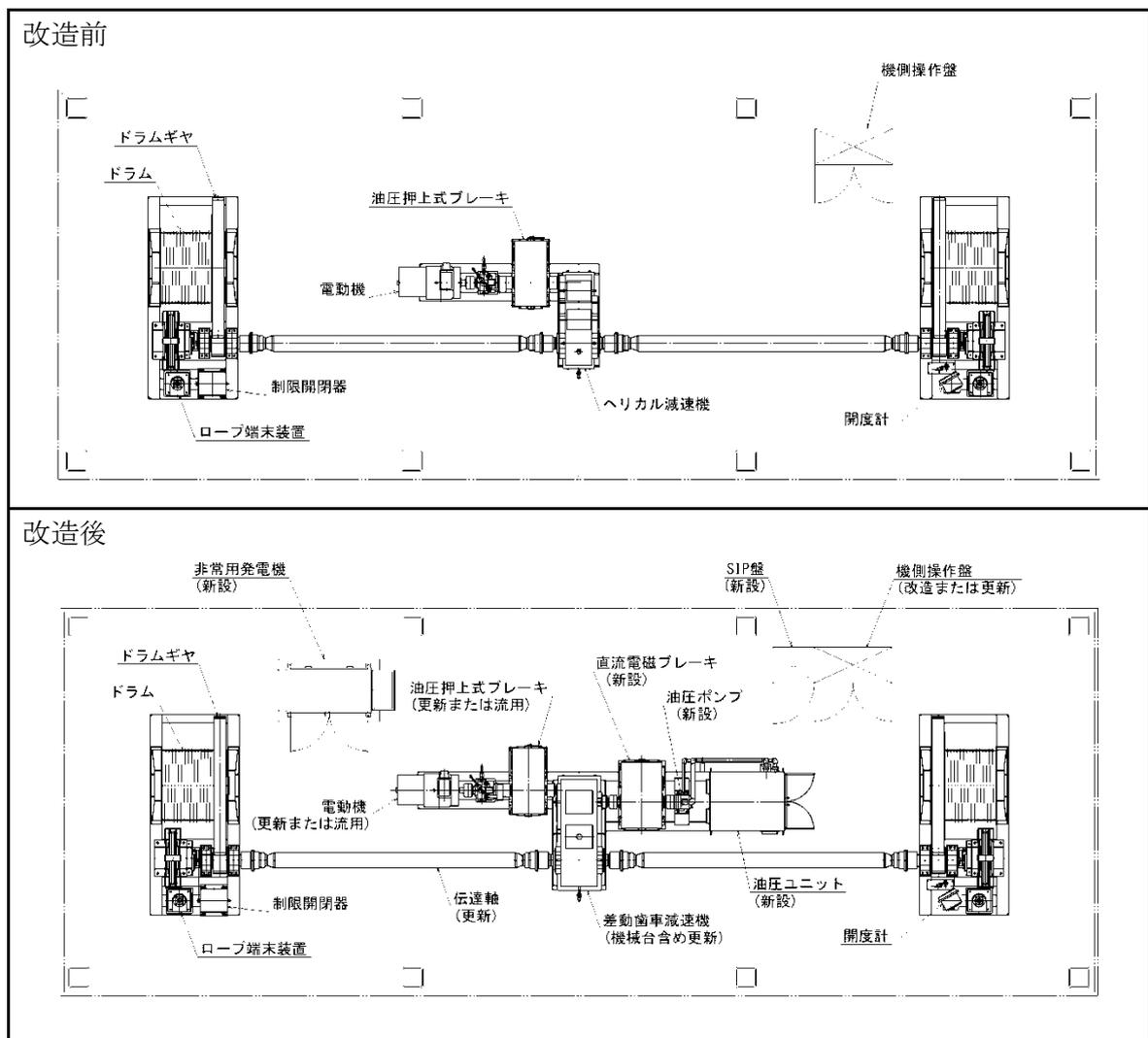


図 3-4.3 ワイヤロープウインチ式開閉装置(1M2D 式)の改造例

2) 1M1D 式の場合

1M1D 式の場合、操作室内スペースが狭隘であることが多く、駆動部および自重降下装置の配置にあたっては工夫が必要となる場合が多い。必要であればマイタギヤ、スパーサギヤカップリングの活用を検討する。

また、開閉装置の維持管理性を確保するために装置と操作室壁までの間隔は 80 cm 以上とすることが望ましい。しかし、既存の操作室に機器を追加するためそれが困難である場合は、機器の点検・整備が可能であるかどうかに着目して配置を決定する。

図 3-4.4 に 1M1D 式のワイヤロープウインチ式開閉装置に設備レベル 3 の改造を施した場合の例を示す。

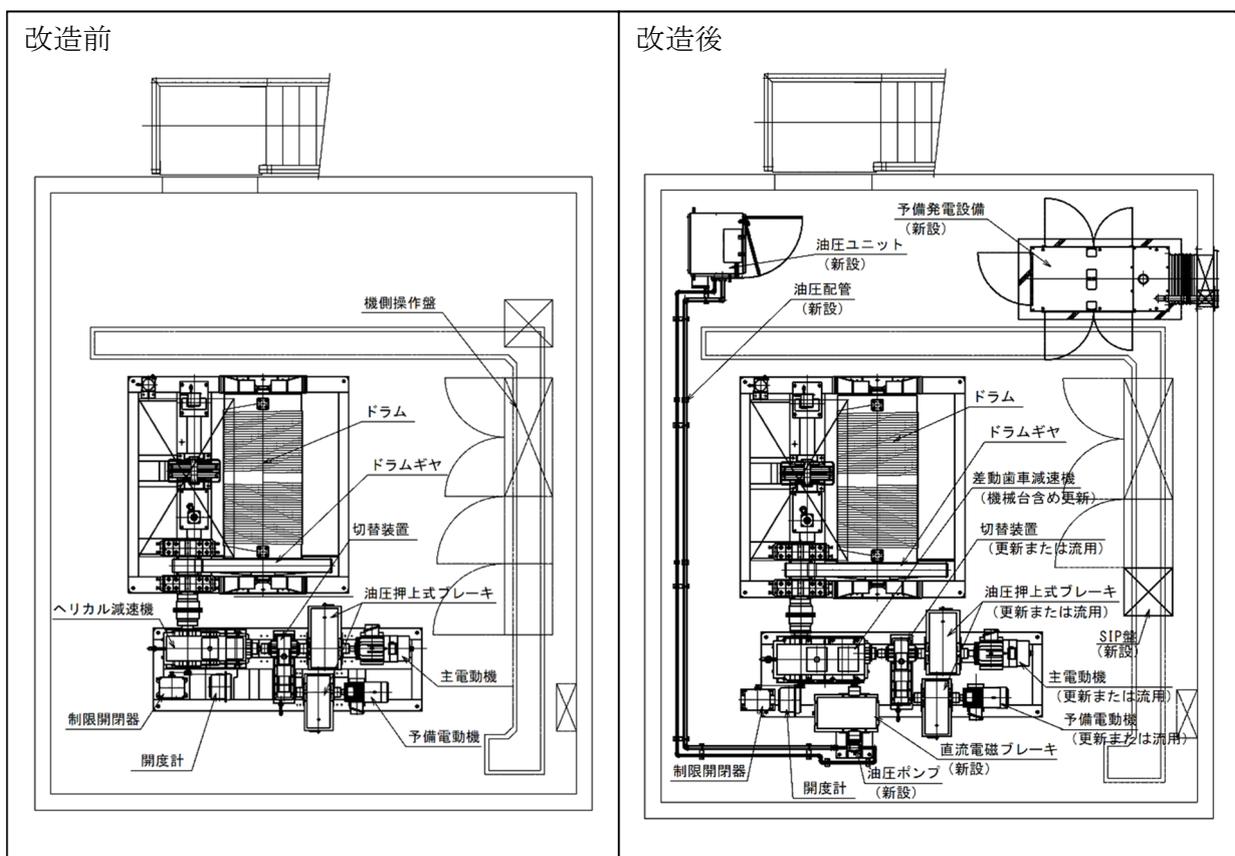


図 3-4.4 ワイヤロープウインチ式開閉装置(1M1D 式)の改造例

3) 2M2D 式の場合

2M2D 式の場合、1M1D 式同様、操作室内スペースが狭隘であることが多く、駆動部および自重降下装置の配置にあたっては工夫が必要となる場合が多いことに加え、左右岸の開閉装置を両方とも同様に改造する必要がある。1M1D 式同様、必要であればマイタギヤ、スパーサギヤカップリングの活用を検討する。維持管理性の確保についても同様である。

図 3-4.5 に 2M2D 式のワイヤロープウインチ式開閉装置に設備レベル 3 の改造を施した場合の例を示す。この例では駆動部（特に切換装置）と螺旋階段が干渉してしまうことから、既設ドラムも含め開閉装置一式更新を計画している。

また、差動歯車減速機の自重降下側に、電磁ブレーキ・油圧ブレーキ・油圧ユニット・左右同調制御装置が一体となった一体型自重降下装置を採用しこれにより機器をコンパクトに配置でき、通路の確保や維持管理性の向上が図られている。

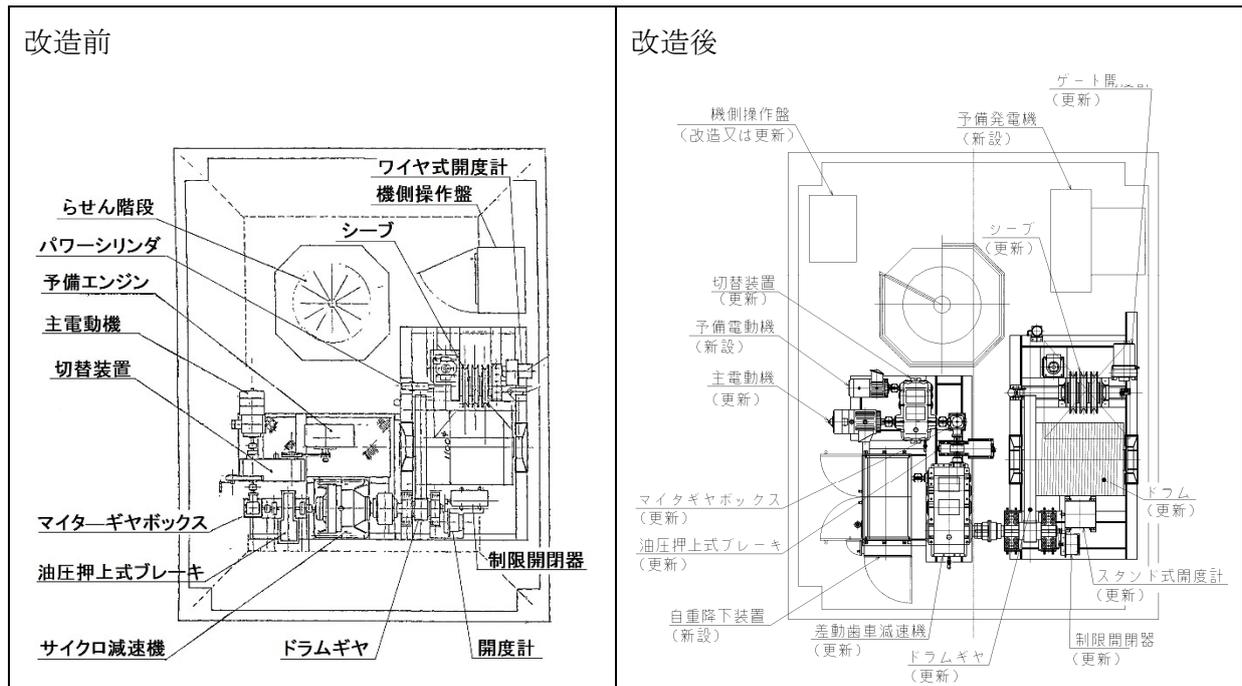


図 3-4.5 ワイヤロープウインチ式開閉装置(2M2D 式)の改造例

(8) 土木構造物の強度照査

駆動部の改造および速度制御装置、制動装置の追加により土木構造物への荷重分布が変わるため、土木構造物の強度照査を実施する。実施の結果、許容値を超える場合は設備レベル 1 への変更、あるいは土木構造物の補強を検討する。

3-5 電気・制御設備

危機管理型水門において、自重降下機能を追加する場合は、電動自重降下回路を付加する。当該自重降下回路には停電対策を行う。

【解説】

(1) 自重降下回路の付加

ゲートを電動で自重降下させるための自重降下回路を付加する。回路の構成として、動力回路、制御回路、通信設備とのインターフェイス、電源回路があり、それぞれの回路について検討を行う。

図 3-5.1 に自重降下回路例を示す。無停電電源装置（UPS）で停電時のバックアップを行うための電源は AC100V を標準とする。

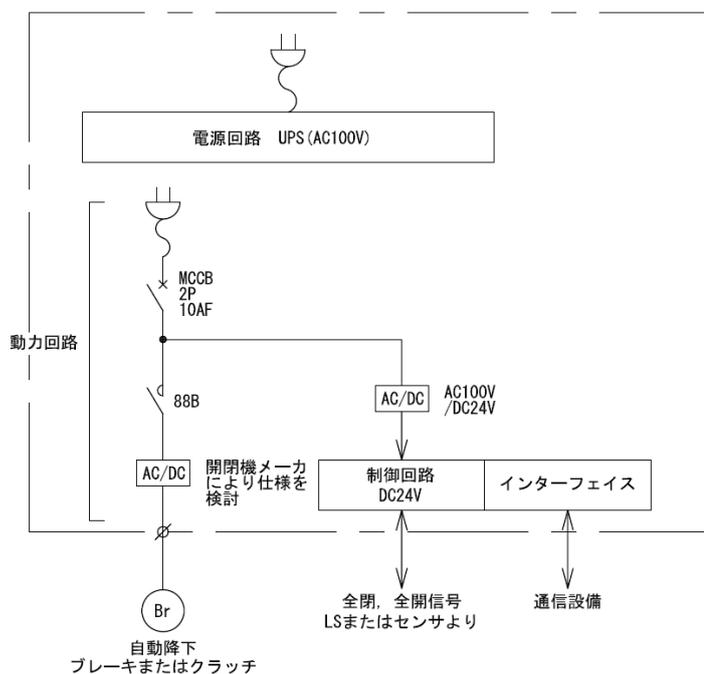


図 3-5.1 自重降下回路例

本回路を、既設の機側操作盤に組み込むか、または通信設備と一緒に危機管理盤（3-5 解説図 3-5.1 参照）を別途設けて収納する。

機側操作盤に改造スペースが確保できない場合や、PLC により回路が構成されている場合や、自動制御機能等があり複雑な回路で構成されている場合には、改造により通常のゲート操作機能への悪影響が懸念されるため危機管理盤を別途設ける。

さらに、機側操作盤の取替え時期が近い場合には、機側操作盤全体での更新を検討する。

図 3-5.2 に、既設の機側操作盤に組み込む場合の回路構成と改造範囲を示す。

停電時のバックアップ電源として無停電電源装置（UPS）を置くスペースを、機側操作盤内に確保することは現実的でないため、危機管理盤に別途設け、残りの回路の改造を行う。

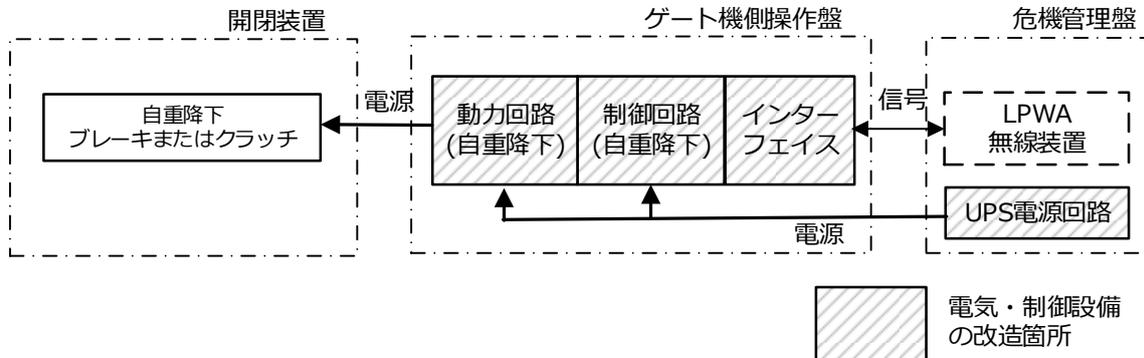


図 3-5.2 機側操作盤に組み込む場合の回路構成と改造範囲

機側操作盤はそのままで、自重降下回路をすべて危機管理盤に収納した場合は、図 3-5.3 のような構成となる。

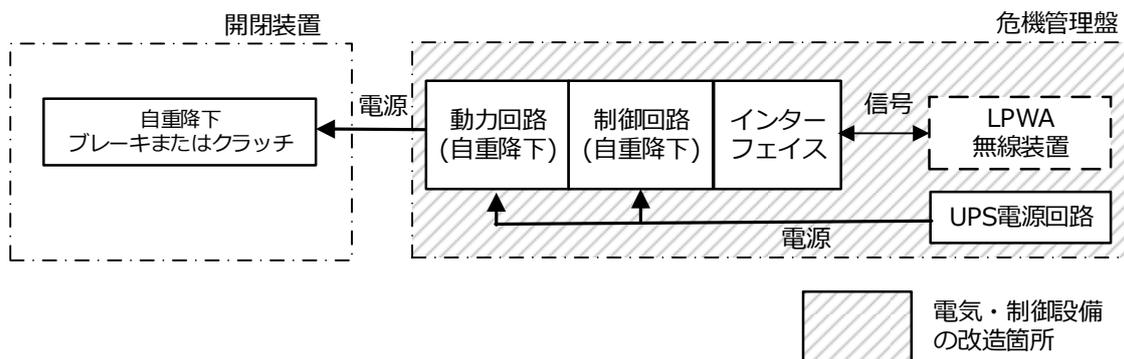


図 3-5.3 危機管理盤を別途設ける場合の回路構成と改造範囲

(2) 動力回路

動力回路は電磁クラッチまたは電磁ブレーキへの電源供給を行う。電磁クラッチおよび電磁ブレーキは、開閉装置メーカーにより仕様や定格電圧が違うため、それぞれに合わせて回路を構成する。

以下に回路構成例を示す。

1) A 型

ラック式開閉装置の電磁ブレーキを電氣的に開放して自重降下させる。

速度制御装置： 遠心ブレーキ

動力回路： 電磁ブレーキ回路

電圧、仕様例： DC95V



2) B型

ラック式開閉装置の電磁クラッチを電氣的に開放して自重降下させる。

速度制御装置： 遠心ブレーキ

動力回路： 電磁クラッチ回路

電圧、仕様例： DC90V（強励磁） / DC24V（弱励磁）



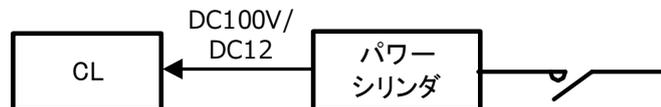
3) C型

ラック式開閉装置のクラッチをパワーシリンダにて機械的に開放させて自重降下させる。

速度制御装置： 遠心ブレーキ

動力回路： 電磁パワーシリンダ回路

電圧、仕様例： DC24V、消費電力 240W



4) D型

ワイヤロープウインチ開閉装置の電磁ブレーキを電氣的に開放して自重降下させる。

速度制御装置： ファンブレーキまたは油圧ブレーキ

動力回路： 電磁ブレーキ回路

電圧、仕様例： DC100V（強励磁） / DC12V（弱励磁）



自重降下機能を付加する目的で開閉装置をスピンドル式からラック式に変更する場合、または旧型のラック式から新型のラック式に変更する場合には、機械効

率の違いから電動機容量に影響する場合がある。電動機容量に合わせて、コンデンサ、3Eリレーの変更を行う。図 3-5.4 に変更例を示す。

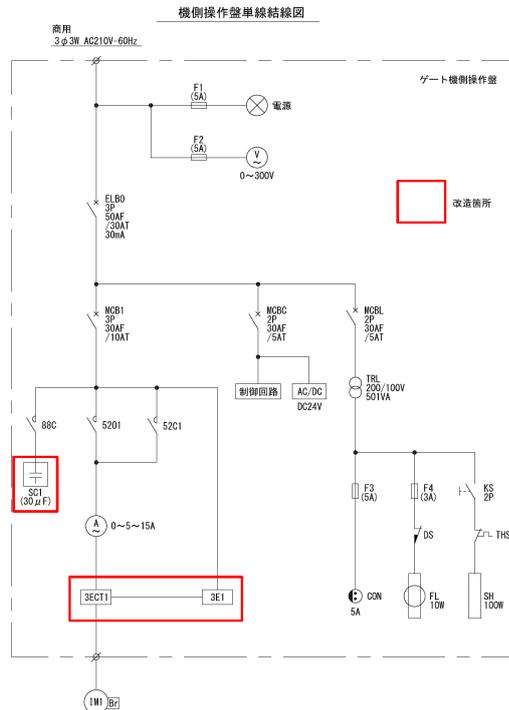


図 3-5.4 コンデンサ、3E リレー変更の例

なお、下表のとおりスピンドル式からラック式に変更した場合、一般的に電動機容量が低下し、電氣的にブレーキ／クラッチを開放不可能なラック式から開放可能なラック式に変更した場合は、一般的に電動機容量が増加する。

表 3-5.1 スピンドル式とラック式開閉機の電動機容量比較（参考事例）

No.	スピンドル式			ラック式 (電氣的にブレーキ／クラッチの開放不可能)			ラック式 (電氣的にブレーキ／クラッチの開放可能)		
	開閉荷重 W (kN)	機械効率 η	電動機容量 (kW)	開閉荷重 W (kN)	機械効率 η	電動機容量 (kW)	開閉荷重 W (kN)	機械効率 η	電動機容量 (kW)
1				20	0.631	0.2	20	0.413	0.28
2				30	0.631	0.28	30	0.401	0.4
3				40	0.664	0.35	40	0.401	0.55
4	42	0.104	2.2						
5				50	0.664	0.4	50	0.401	0.65
6	67	0.093	3.7						
7				75	0.664	0.6	75	0.401	1.0
8	92	0.089	5.5						
9				100	0.664	0.8	100	0.578	1.0
10	110	0.116	5.5						
11	124	0.090	7.5						
12				150	0.644	1.4	150	0.578	1.4
13	180	0.128	7.5						
14				200D [※]	0.664	1.6	200D [※]	0.578	1.9
15				250D [※]	0.644	2.2	250D [※]	0.578	2.4
16	267	0.149	11						
17				300D [※]	0.644	2.6	300D [※]	0.578	2.8

※：～Dは2本吊りタイプ

※：～Dは2本吊りタイプ

◆スピンドル式とラック式の機械効率の差が電動機容量に影響しています。
 スピンドル式の機械効率 \approx 0.05～0.2程度
 ラック式 の機械効率 \approx 0.4～0.6程度
 ラック式の機械効率はスピンドル式に比べ、4、5倍程度のようなのである。

注) スピンドル式は機械効率と電動機容量の参考値として掲載
 注) 「電氣的にブレーキ／クラッチを開放不可能なラック式」もオプションにより開放可能なる場合も有る

(3) 制御回路

通信設備からの自重降下信号を受信し、ゲートが全閉または通信設備からの停止信号を受信するまで自重降下する回路とする。なお、ラック式開閉装置の場合は、現場での手動による自重降下が可能なことから、機側操作盤からの押ボタン操作による自重降下機能は設けないものとする。図 3-5.5 に制御回路例を示す。

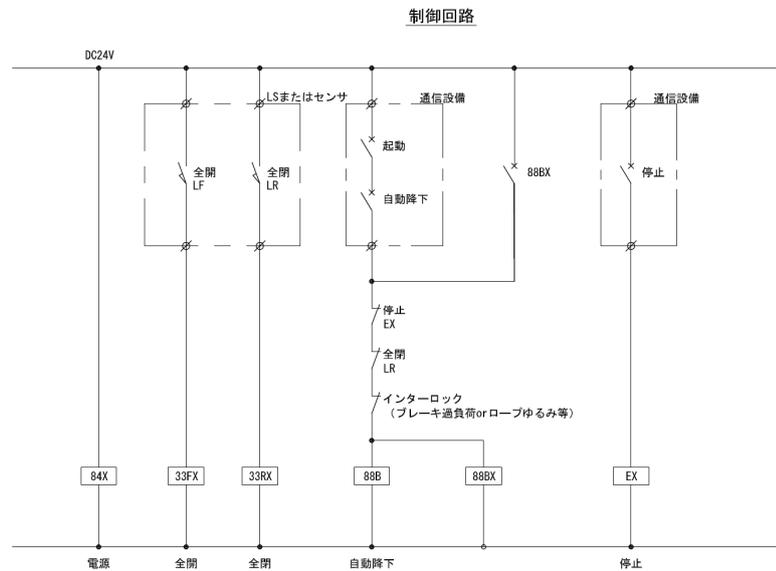


図 3-5.5 自重降下制御回路例

故障や安全装置によりゲートが停止したにもかかわらず、自重降下信号が継続することを防止するため、最低限のインターロックを設ける。インターロックの内容は、自重降下の形式でも異なってくるため個別に検討を行う。以下にインターロック例を示す。

- 電源
- 機側
- 自重降下用ブレーキ過負荷
- ロープゆるみ

操作の優先権は、通常は機側操作→遠隔操作の順とするが、商用電源の停電を想定した場合に制御権が機側と遠方のどちらにあるかの判断ができない状況もあり、個別に検討を行う。

(4) 通信設備とのインターフェイス

水門設備の機側操作盤やセンサと通信設備とは、図 3-5.6 に示すように監視信号と制御信号の受け渡しを行う。

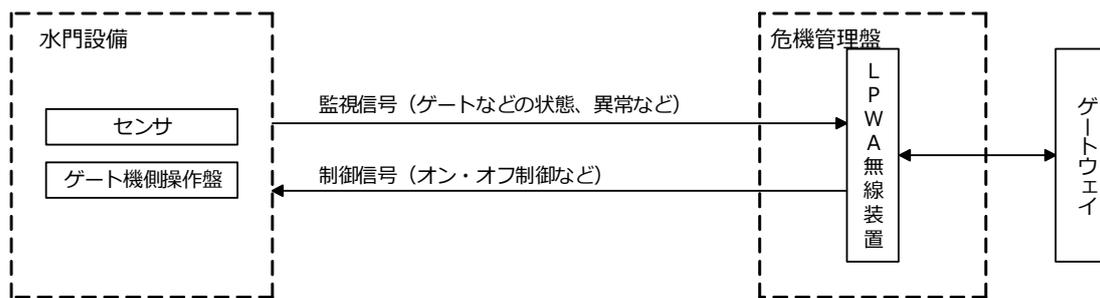


図 3-5.6 通信設備とのインターフェイス

信号の受け渡し方を以下に示す。

1) 監視信号

ゲートの運転状態、故障などの監視情報は、リレーでの無電圧連続接点で受け渡しを行う。

2) 制御信号（操作指令）

a) 操作指令の接点渡しの種類

各制御における操作指令の接点受け渡し方法には、制御リレーの駆動電圧供給方式および操作指令の保持場所に応じて下記の方式に分類される。各方式には、利点と欠点があるため、施設の重要度等を考慮し、適切な方式を選定する必要がある。



操作指令の接点渡しについて、一般的に次のように使用される場合が多い。

ゲート設備の開・閉・停止指令

種別 1

誤動作によって水害その他の危険がもたらされる可能性が高いゲート設備

→有電圧連続接点渡し

種別 2

その他のゲート設備

→有電圧連続接点渡し、または、無電圧瞬時接点渡し

① 無電圧接点渡し

無電圧接点渡しは、機側操作盤側で制御リレーの駆動電圧を供給する方式である。伝送路の短絡が見かけ上、危機管理盤からの接点出力が閉じたものと同じ条件になり、制御リレーが動作して誤作動状態になるため、ゲートの全開または全開操作により誤動作が重大な事故に至るおそれのある箇所には採用されない。

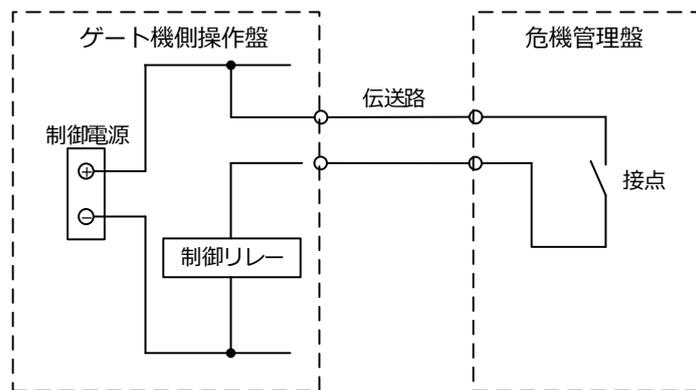


図 3-5.7 無電圧接点渡しの例

② 有電圧接点渡し

有電圧接点渡しは、操作指令を出力する側（危機管理盤）において、制御リレーの駆動電圧を供給する方式である。伝送路短絡時に制御リレーが誤作動しない利点があるが、接点が閉じた状態で伝送路が短絡すると、制御リレーが無電圧となるとともに、危機管理盤の制御電源供給回路が過電流でトリップするため、適用範囲はゲートの全開または全開操作により誤動作が重大な事故に至るおそれのある箇所に限定して採用する。

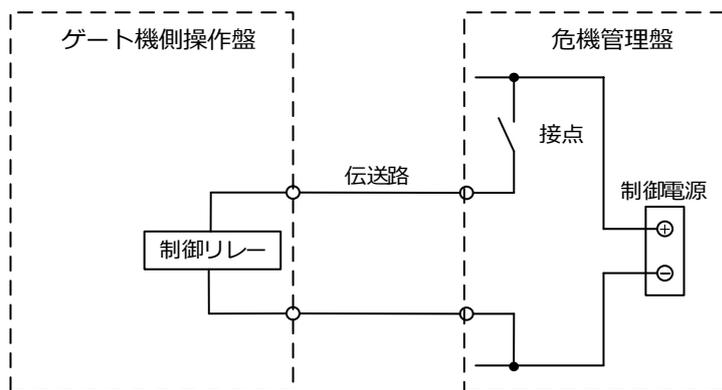


図 3-5.8 有電圧接点渡しの例

③ 瞬時接点渡し

瞬時接点渡しは、危機管理盤から瞬時的に出力される接点信号を機側操作盤側で保持（ホールド）し、その解除は別の接点信号で行う方式である。瞬時接点渡しの例を図 3-5.9 に示す。

「開指令」により機側操作盤側のリレーが ON 状態になると同時にゲート設備側で自己保持するため、その後伝送路に断線事故が発生してもゲート設備に波及せず機側操作盤側のリレーは ON 状態を継続するが、「停止指令」の伝送ラインが断線しているため、「停止指令」を解除することができず停止操作が行えなくなる。

このため、瞬時接点渡しは、中間開度で停止できなくとも重大事故につながらず、反対にゲートの全開、全閉操作を確実に完了しなければ重大事故（浸水被害等）に繋がる箇所に利用されることが想定される。

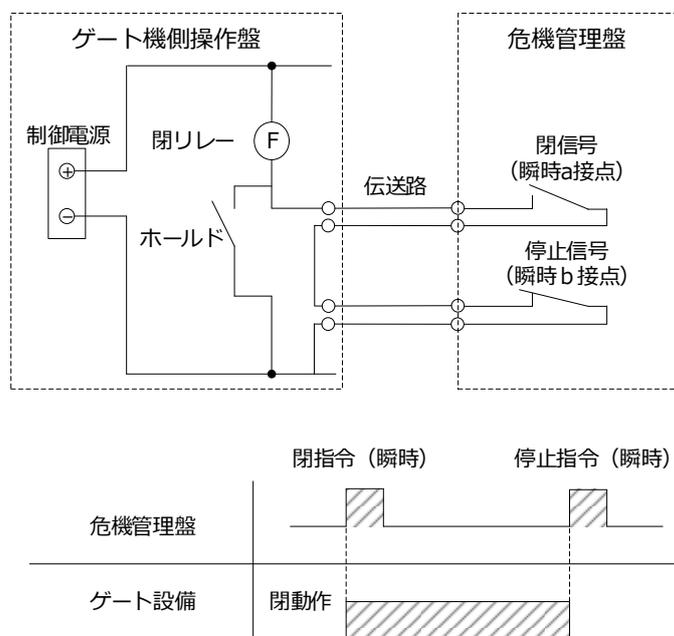


図 3-5.9 瞬時接点渡しの例

④ 連続接点渡し

連続接点渡しは、危機管理盤から連続的に出力される接点信号で被操作設備を操作する方式である。連続接点渡しの例を図 3-5.10 に示す。

「開指令」が継続中に伝送路に断線事故が発生すると被操作設備側のリレーが OFF 状態となる。保持回路を危機管理盤内に持たないため、伝送路障害で保持解除が容易となり、停止信号が出力できなくなるような事態が避けられる。

このため、連続接点渡しは、操作中の伝送路障害により中間開度で停止不可となることが重大事故につながる可能性がある箇所に利用されることが想定される。

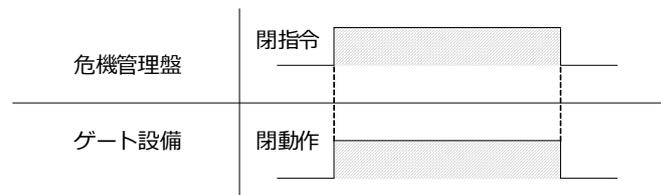
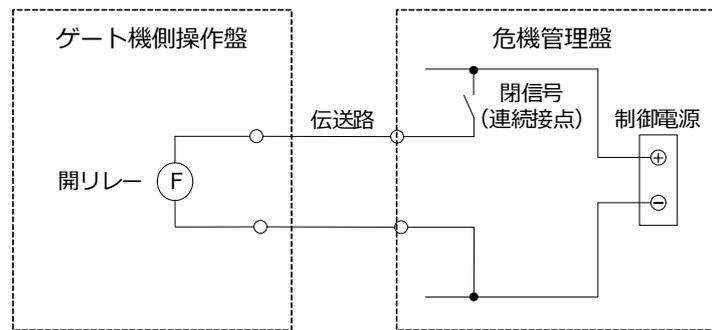


図 3-5.10 連続接点渡しの例

b) 操作指令の信号受け渡し条件の選定

通信設備との操作指令の信号受け渡しは、全開または全閉操作を確実に完了することが求められることから無電圧瞬時接点渡しとする。

(5) 電源

各施設の停電対策についての検討を行う。

1) 停電時のバックアップ

危機管理型水門遠隔監視・操作システムは、停電時の監視をするための通信設備への電源および電動自重降下を始動させるための動力・制御設備への電源が必要である。

2) 無停電電源装置 (UPS) の検討

停電時のバックアップを行うため、UPS (単相交流 100V 出力) 等を設置する。

商用電源に変動が生じてでも定電圧・定周波数の安定した交流電源を出力するとともに、停電や瞬時電圧の低下に対しても無瞬断で一定時間は電源を供給することができるものとする。

3) 停電時のバックアップ時間

停電時のバックアップ時間は、30分程度を基本とする。商用電源を喪失した場合でも、1回は自重降下が行えるものとする。ただし、無停電電源装置の容量は最重要負荷（伝送装置や自重降下回路など）を中心として必要最小限に止める。

商用電源が供給されていない施設の場合には、UPSへの充電用として太陽光発電装置（再生可能エネルギーによる発電装置）の導入も検討する。

なお、これ以降の停電に対しては、予備発電設備で対応する。

4) 予備発電設備

ゲートの動力および制御・通信設備への供給電源として予備発電設備を設ける。

商用電源喪失時は、予備発電設備からの給電により、ゲート機側操作盤から電動の開閉操作を行う。

予備発電設備は関連技術基準、設計要領等による検討を基本とする。ただし、制御用電源および自重降下用電源との共用可否については検討が必要である。

(6) 危機管理盤

機側操作盤内にすべてを収納することが難しいため、別に収納盤として危機管理盤が必要となる。危機管理盤は、通信装置を含めて収納できるコンパクトなものとし、かつ屋外に設置することを想定した保護等級により信頼性を確保する。また、保護等級は、収納盤内の発熱器からの発熱量を計算し必要な熱対策を行ったうえで検討を行う。

設置場所は、次の内容に留意して現地にて調査し決定する。

- 恒久的に設置可能かつ洪水時に浸水しない
- 点検など保守メンテナンス作業時、高所作業車必須など作業が大がかりとならない（機器故障時の取外し、修理後の取り付けが可能）
- 既存の壁面や柱などを活用し、新設の架台等が不要である

図 3-5.11 に危機管理盤外形図の参考例を示す。

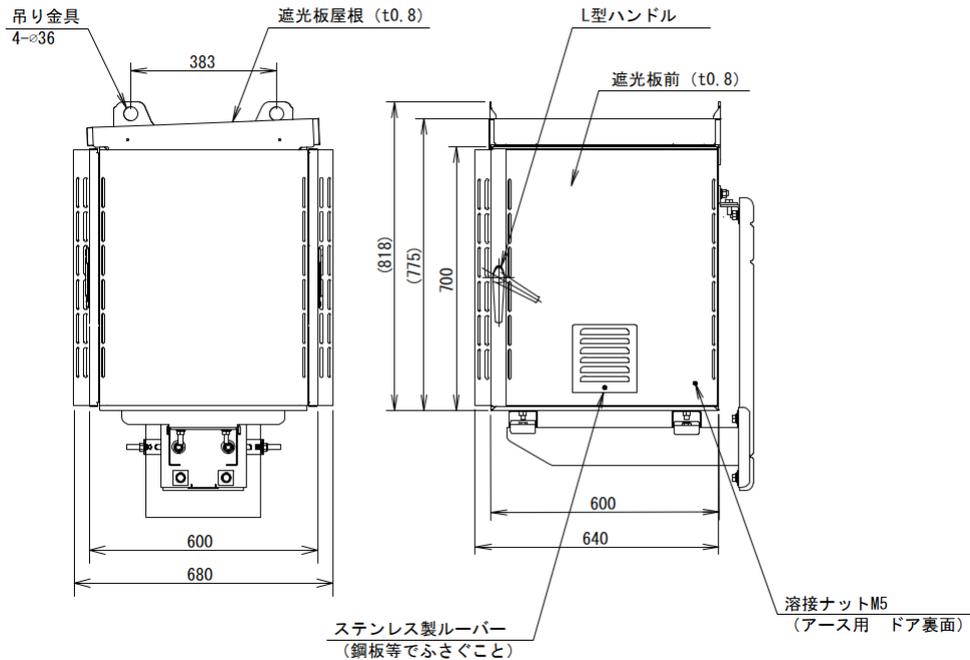


図 3-5.11 危機管理盤外形図例

3-6 通信設備

3-6-1 通信設備の基本構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける通信設備は、機側操作設備や全閉確認センサ等の状態監視信号を遠隔に送信し、かつ遠隔からの操作信号を機側操作設備等に出力するための設備であり、LPWA 無線装置、ゲートウェイおよび VPN ルータで構成される。

【解説】

通信設備は孫局と子局で構成し、孫局に入力した状態監視信号を、子局を介して遠隔（親局）に送信する。また、遠隔（親局）から子局を介して送信された操作信号を、孫局から機側操作設備等に出力する。

孫局と子局の間は、LPWA（Low Power, Wide Area）という低消費電力で広域をカバーできる無線通信技術の一つである LoRaWAN を使用し通信する。

LoRaWAN は無線局免許不要の 920MHz 帯の周波数帯域を利用した仕様が公開された通信規格である。必要に応じ子局を整備することで独自に無線ネットワークを拡張でき、広範囲に点在する水門等の遠隔監視・操作に適用可能である。本ガイドラインではオープンな通信方式である LoRaWAN の利用を基本とするが、施設の条件に合わせた通信設備を検討し決定する。

(1) 通信設備の回線構成

以下に通信設備の回線構成例を図 3-6.1 に示す。図では子局を 1 局として記載しているが、複数の子局を 1 つの親局へ接続することも可能である。

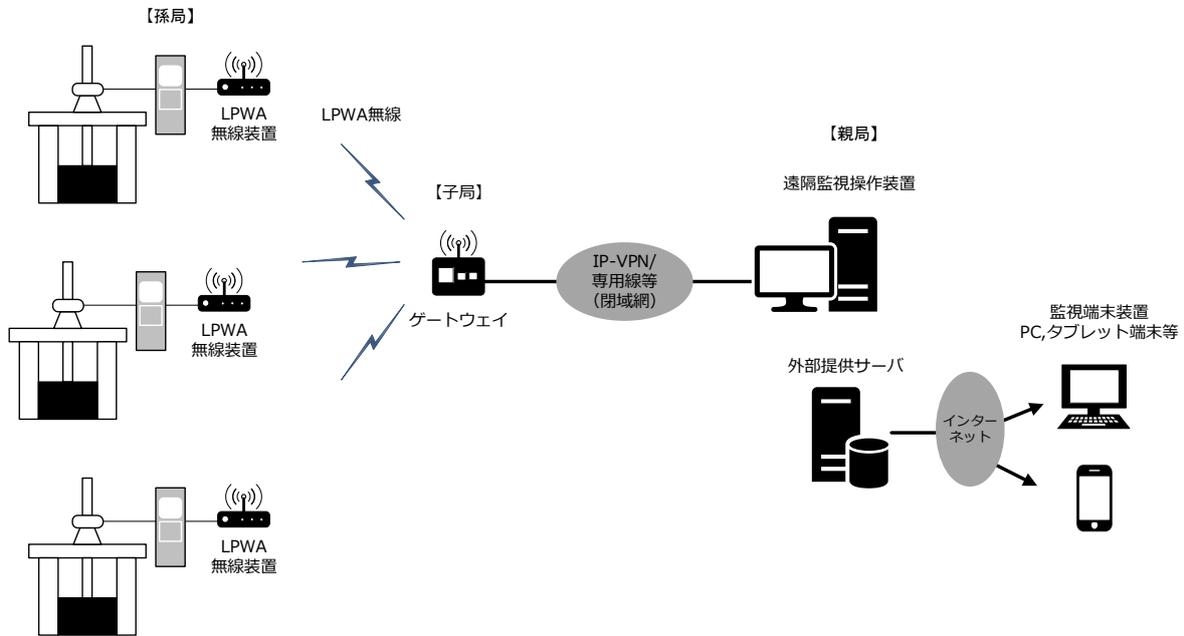


図 3-6.1 回線構成例

(2) 通信設備の基本構成

通信設備の機器は、孫局の LPWA 無線装置と子局のゲートウェイおよび VPN ルーターで構成する (図 3-6.2)。

また、孫局には 2-2-2 項に示した設備レベルにより、操作回路および無停電電源装置 (UPS) を付加する必要がある。

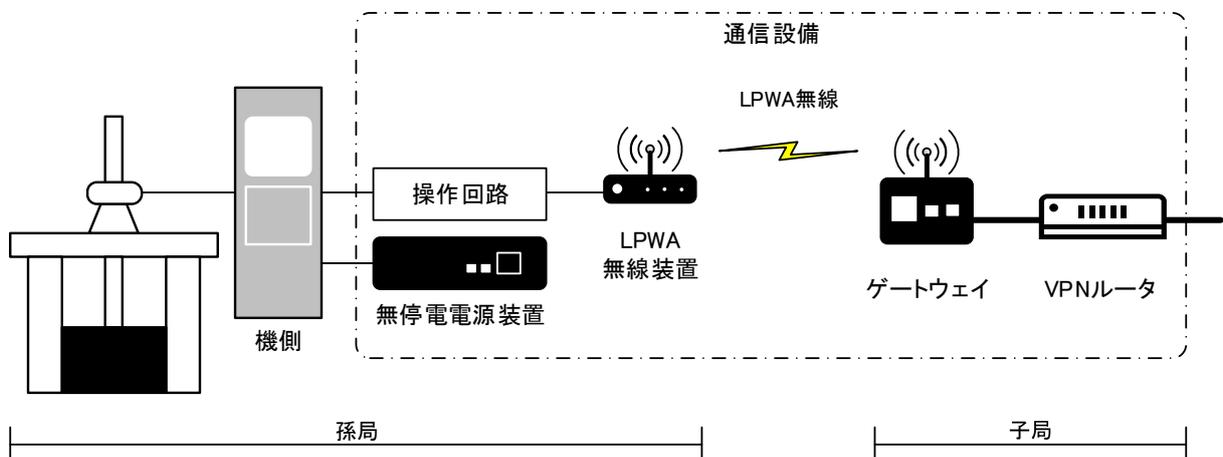


図 3-6.2 通信設備の基本構成

(3) 設置装置・機器

局ごとに設置する装置・機器等を表 3-6.1 に示す。

表 3-6.1 局ごとに設置する装置・機器等

局	設置装置・機器
孫局	<ul style="list-style-type: none">・ LPWA 無線装置・ LPWA 無線用アンテナ
子局	<ul style="list-style-type: none">・ ゲートウェイ・ LPWA 無線用アンテナ・ VPN ルータ・ VPN 回線（親局向け）

(4) 各装置・機器の基本機能

各装置・機器の基本機能を表 3-6.2 に示す。

表 3-6.2 各装置・機器の基本機能

装置	基本機能
LPWA 無線装置	<ul style="list-style-type: none">・ LPWA 無線装置は、水門設備から監視信号を収集し、監視情報を子局のゲートウェイへ LPWA 無線で送信する。・ LPWA 無線でゲートウェイから操作指令を受取り、水門設備へ操作信号を出力する。
ゲートウェイ	<ul style="list-style-type: none">・ ゲートウェイは、LPWA 無線で孫局の LPWA 無線装置から監視情報を受信し、親局へ送信する。・ 親局から操作指令を受信し、孫局へ送信する。
VPN ルータ	<ul style="list-style-type: none">・ VPN ルータは、子局のネットワークと親局のネットワークを相互に接続する。

3-6-2 設備改造（新設）における検討事項

危機管理型水門について遠隔監視・操作を実施するため、以下について確認および検討を行う。

- ・ 水門設備との接続条件の確認
- ・ 孫局の装置・機器設置場所の検討
- ・ 子局設置場所の検討

【解説】

(1) 水門設備との接続条件の確認

水門設備の状態監視信号や操作信号について機側操作盤の電圧等の電氣的仕様を確認し、LPWA 無線装置の入出力仕様と適合しない場合は、操作回路を実装する必要がある。

標準的な LPWA 無線装置の入出力信号は以下のとおりである。

- 監視信号：無電圧の連続接点渡し
- 操作信号：無電圧の瞬時接点渡し

1) 監視信号の接続

図 3-6.3 に無電圧連続接点渡しの接続例を示す。

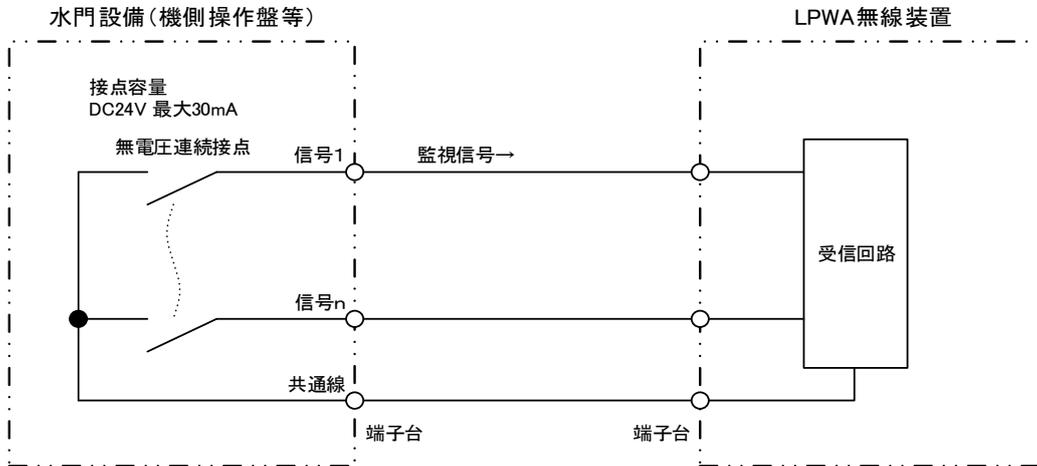


図 3-6.3 監視信号の接続例（無電圧連続接点渡し）

2) 操作信号の接続

図 3-6.4 に無電圧瞬時接点渡しの接続例を示す。

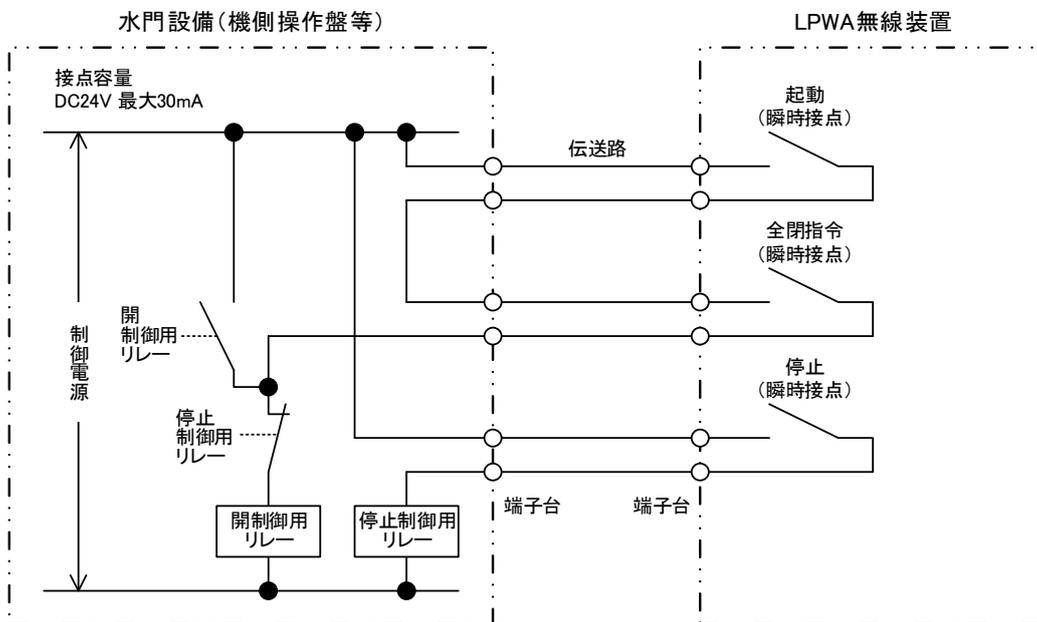


図 3-6.4 操作信号の接続例（無電圧瞬時接点渡し）

3) 開閉指令の誤動作防止

全開指令または全閉指令の1接点の短絡による誤動作を防止するため、全開指令信号および全閉指令信号は、起動信号と同時に出力することを推奨する。

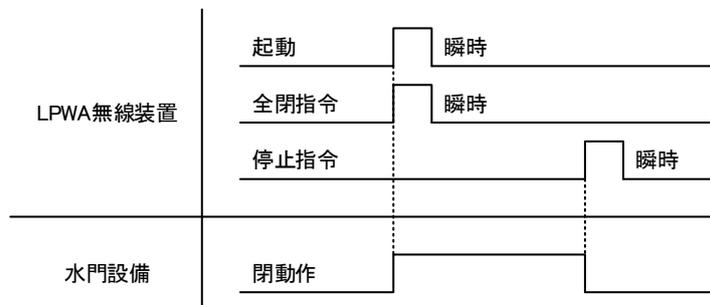


図 3-6.5 開閉指令の誤動作防止

(2) 孫局の装置・機器設置場所の検討

水門設備は操作室や局舎の有無、操作台の大きさなど様々であり、そこに通信設備（装置・機器）の設置場所を確保する必要がある。また、無線アンテナの設置場所を検討する必要がある。

なお、孫局の電源として、バッテリー内蔵、商用電源（AC100V）またはソーラー電源装置等が必要である。

標準的な孫局の外形寸法および設置方法は下記のとおりである。

1) 設備レベル 1

- 外形寸法 幅 104×奥行 145×高さ 30 mm 程度
- 重量 0.5kg 程度
- 設置方法 壁掛け、装柱

2) 設備レベル 2、3

- 外形寸法 幅 500×奥行 200×高さ 400 mm 程度
- 重量 20kg 程度
- 設置方法 据置き

(3) 子局設置場所の検討

孫局と子局の間の無線は、920MHz 帯という電波の特性上、双方の無線アンテナの間に遮蔽物が無く見通すことができれば長距離であっても通信が可能である。このため子局を最適な場所に設置する必要がある。

1) 無線通信距離の確認

孫局と子局の間の距離や双方の無線アンテナの見通しの可否を確認する。推奨する通信距離は「2～3km」であるが、見通しや無線アンテナの設置高さや指向性によっては「7～8km 以上」の通信が可能である。

2) 子局の設置場所の確保

無線通信距離や見通しの確認結果から、子局の最適な設置場所を選定し、子局設備の設置場所を確保する必要がある。また、無線アンテナの設置場所を検討する必要がある。

なお、子局の電源として商用電源（AC100V）が必要である。また、標準的な子局の外形寸法および設置方法は下記のとおりである。

- | | |
|--------|---------------------------|
| ① 子局設備 | 幅 250×奥行 190×高さ 115 mm 程度 |
| ② 重量 | 3kg 程度 |
| ③ 設置方法 | 壁掛け、据置き |

孫局と子局の双方の無線アンテナの間に遮蔽物が無く直接見通せることが望ましいため、事前に現地調査を実施し見通しの可否を確認する必要がある。また、季節や経年の植生変化等も考慮する必要がある。

3-7 遠隔監視操作設備

3-7-1 遠隔監視操作設備の基本構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける遠隔監視操作設備の基本構成は、VPN ルータと遠隔監視操作装置で構成する。

【解説】

遠隔監視操作設備を自営で整備する場合の基本的構成を以下に記載する。遠隔監視操作設備は自営で整備する方法の他、外部のクラウドサービスを利用する方法がある。

なお、設備を自営で整備する場合は、LoRaWAN 準拠のネットワークサーバ機能を遠隔監視操作装置もしくはゲートウェイに実装する。

(1) 遠隔監視操作設備の基本構成

親局に設置する遠隔監視操作設備の基本構成は図 3-7.1 のとおりである。

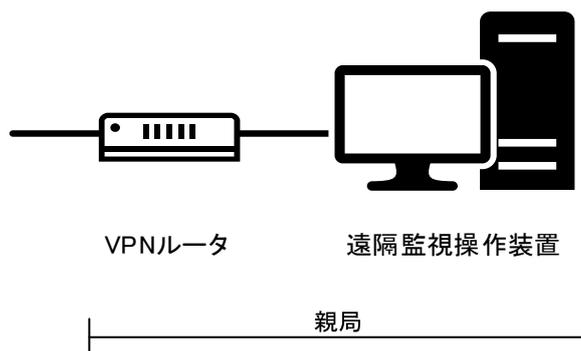


図 3-7.1 遠隔監視操作設備の基本構成

(2) 設置機器

親局に設置する遠隔監視操作装置・機器を表 3-7.1 に示す。

表 3-7.1 親局に設置する装置・機器

局	設置装置・機器
親局	<ul style="list-style-type: none">・VPN ルータ・遠隔監視操作装置・VPN 回線等

(3) 各装置・機器の基本機能

各装置・機器の基本機能を表 3-7.2 に示す。

表 3-7.2 各装置・機器の基本機能

装置・機器	基本機能
VPN ルータ	・ VPN ルータは、子局のネットワークと親局のネットワークを相互に接続する。
遠隔監視操作装置	・ 遠隔監視操作装置は、ゲートウェイを介し収集した各水門の監視情報を表示する。 ・ 水門に対し閉操作等の操作を実施する。

3-7-2 設備改造（新設）における検討事項

遠隔監視操作設備を整備し、遠隔監視操作を実施するため、以下について検討を行う。

- ・ 親局設置場所の検討
- ・ 子局と親局のネットワーク回線検討

【解説】

(1) 親局の設置場所の検討

遠隔監視操作設備は、1つの収容架に実装可能であるが、この設置場所を確保する必要がある。また、遠隔監視操作設備には、商用電源（AC100V）が必要である。

よって、遠隔監視操作設備は管理事務所に設置することを推奨する。

遠隔監視操作設備収容架の外形寸法例を以下に示す。

- ① 遠隔監視操作設備収容架 幅 700×奥行 1000×高さ 1500 mm 程度

(2) 子局とのネットワーク回線の整備

親局と子局の間のネットワーク回線として、通信事業者の有線回線や移動通信網の 5G/LTE 回線等を利用した IP-VPN（閉域網）、もしくは専用線を整備する必要がある。

第4章 外部情報提供設備の設計計画

4-1 外部情報提供設備の機能

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける外部情報提供設備は、水門等の状態監視情報をインターネットを介し外部の端末等へ提供する。

【解説】

外部情報提供設備は、遠隔監視操作設備で収集した水門等の状態監視情報を取得し、インターネットを介し外部の監視端末等に提供する。

(1) 外部情報提供設備の基本機能

外部情報提供設備は、遠隔監視操作設備で取得した各水門の状態監視情報を収集し、インターネットを介し監視端末装置等に情報配信する。監視端末装置としてパソコンや、タブレット等を利用する。なお、遠隔からの操作においては、ユーザ認証のアクセス制御を行う。また、誤操作防止のため二挙動操作方式とする。

なお、全ての画面は、表示・読み込み時点の最新情報を表示するものとし自動更新・再読み込みはしない。最新情報を表示する場合、ブラウザで更新・再読み込み操作する必要がある。

主な画面とその機能・表示内容は表 4-1.1 のとおりである。

表 4-1.1 必要画面と機能・表示内容

画面名称	機能・表示内容
水門状態 一覧表示	<p>全ての水門の状態をブロック順および地点順に一覧表示する。 表示内容は、水門状態と動作状態で、各状態を文字表示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水門状態：全開／中間／全閉 ・故障状態：正常／故障
水門状態 地図表示	<p>全ての水門の状態を地図上に表示する。表示領域の拡大・縮小が可能である。 表示内容は、水門状態と動作状態で、各状態で色分けし表示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水門状態：全開／中間／全閉 ・故障状態：正常／故障
水門操作	<p>※本画面は、操作ユーザ認証によりアクセス許可された場合に表示する。 指定した水門の操作を実施可能である。 操作内容は、以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水門通常操作：全開／全閉／停止 ・水門緊急操作：自重降下
システム保守 通信履歴	<p>※本画面は、管理ユーザ認証によりアクセス許可された場合に表示する。 各施設との通信履歴を表示する。 表示内容は、以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・子局通信履歴：通信正常／通信異常 ・孫局通信履歴：通信正常／通信異常
システム保守 操作履歴	<p>※本画面は、管理ユーザ認証によりアクセス許可された場合に表示する。 各施設の操作履歴を表示する。 表示内容は、以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・孫局操作履歴：操作正常／操作異常
システム保守 認証履歴	<p>※本画面は、管理ユーザ認証によりアクセス許可された場合に表示する。 ユーザ認証履歴を表示する。 表示内容は、以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ認証履歴：認証正常／認証異常

また、一元監視のために下記の各サイトへのリンクを表示する。

- 気象庁 気象情報、地震情報・津波情報
- 国土交通省 川の防災情報
- 各自治体 水防情報、砂防情報、防災情報

4-2 外部情報提供設備の構成

4-2-1 外部情報提供設備の基本構成

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおける外部情報提供設備は、外部提供サーバ、ファイアウォール、ルータで構成する。

【解説】

外部情報提供設備を自営で整備する場合の基本的構成を記載する。外部情報提供設備は自営で整備する方法の他、外部のクラウドサービスを利用する方法がある。

(1) 外部情報提供設備の基本構成

親局に設置する外部情報提供設備の基本構成を図 4-2.1 に示す。

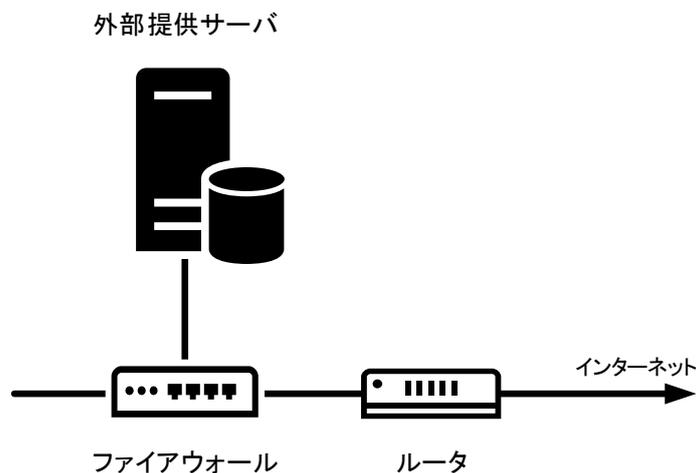


図 4-2.1 外部情報提供設備の基本構成

(2) 設置装置・機器

親局に設置する外部情報提供装置・機器を表 4-2.1 に示す。

表 4-2.1 親局に設置する装置・機器

局	設置装置・機器
親局	<ul style="list-style-type: none">・ファイアウォール・外部提供サーバ・ルータ・インターネット回線

(3) 各装置・機器の基本機能

各装置・機器の基本機能を表 4-2.2 に示す。

表 4-2.2 各装置・機器の基本機能

装置・機器	基本機能
ファイアウォール	・ インターネット側からの不正なアクセスを遮断し、内部ネットワークを保護する装置である。
外部提供サーバ	・ 外部提供サーバは、各施設からの情報を収集し、監視端末装置等に情報配信する装置である。
ルータ	・ インターネット回線を接続する装置である。

4-2-2 設備改造（新設）における検討事項

外部情報提供設備を整備し遠隔監視操作を実施するためには、以下の検討が必要である。

- ・ 親局設置場所の検討
- ・ インターネット接続回線の検討

【解説】

(1) 設置場所の検討

設備の設置場所を確保する必要があるが、遠隔監視操作設備の収容架に実装することを推奨する。

また、遠隔監視操作設備と同様に商用電源（AC100V）が必要である。

(2) インターネット接続回線の検討

プロバイダを含めインターネット回線を検討する必要がある。

4-3 監視操作画面

4-3-1 監視画面

IP-VPN や専用線等の閉域網を介し施設管理者の端末等へ、外部情報提供設備からインターネットを介し外部の端末等へ水門状態等を提供する監視画面を構築する。

【解説】

遠隔監視操作装置または外部情報提供サーバでは、パソコン向けとタブレット等携帯端末向けの画面を提供する。

(1) 水門状態 一覧表示

図 4-3.1 にスマートフォン向けの水門状態一覧表示画面の表示例を示す。また、表示項目の内容を表 4-3.1 に示す。

水門状態 AAAA地区			
2019年6月12日 20時10分 現在			
制御	BBB水門		
日時	水門状態	故障状態	
6/12 20:00	全開	正常	
制御	CCC水門		
日時	水門状態	故障状態	
6/12 20:00	全閉	正常	
制御	DDD水門		
日時	水門状態	故障状態	
6/12 20:00	全閉	故障	
制御	EEE水門		
日時	水門状態	故障状態	
6/12 20:00	中間	正常	

図 4-3.1 水門状態一覧表示画面例

表 4-3.1 画面例表示項目の内容

表示項目	内容
地区名称	登録された地区名称を表示する。
現在時刻	表示した時刻を表示する。
水門名称	登録された水門名称を表示する。
日時	状態情報の日時を表示する。
水門状態	水門状態（全開／中間／全閉）を表示する。
故障状態	故障状態（正常／故障）を表示する。
[操作]ボタン	水門操作画面へ遷移する。

4-3-2 操作画面

IP-VPN や専用線等の閉域網を介して、施設管理者・操作員の端末等へ水門の操作を行うための操作画面を構築する。

なお、外部提供サーバからインターネットを介し外部の端末等へは操作画面は提供しない。

【解説】

遠隔監視操作装置では、パソコン向けとスマートフォン向けの画面を提供する。

(1) 水門操作

図 4-3.2 にタブレット等携帯端末向けの水門操作画面の表示例を示す。また、表示項目の内容を表 4-3.2 に示す。



図 4-3.2 水門操作画面例

表 4-3.2 画面例表示項目の内容

表示項目	内容
地区名称	登録された地区名称を表示する。
水門名称	登録された水門名称を表示する。
現在時刻	表示した時刻を表示する。
日時	状態情報の日時を表示する。
水門状態	水門状態（全開／中間／全閉）を表示する。
故障状態	故障状態（正常／故障）を表示する。
[全開]ボタン	全開指令を送信する。
[停止]ボタン	停止指令を送信する。
[全閉]ボタン	全閉指令を送信する。
[緊急閉]ボタン	緊急閉（自重降下）指令を送信する。

4-4 セキュリティの確保・機能

4-4-1 ネットワークセキュリティの確保

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおいては、水門操作を遠隔で実施可能なため、ネットワークセキュリティを確保するものとする。

【解説】

孫局～子局～親局～外部ネットワークの間には、それぞれ適切なネットワーク対策を施す必要がある。とりわけ施設管理者を超えた一元監視のために外部情報提供設備からインターネット回線に接続する場合は、外部からの侵入やなりすましなどの脅威がある。そのため、外部情報提供設備の設計・運用に際しては、施設管理者のセキュリティポリシーを満たすとともに効果のあるセキュリティ対策を講じる。

なお、ネットワーク技術の進展とともにセキュリティ技術も進歩するので、整備段階での最新技術を検討する。

以下に一般的なネットワークセキュリティ対策について記載する。

(1) 孫局と子局間の回線

孫局と子局間の無線回線の送受信データは、LoRaWANに準拠しLPWA無線装置とネットワークサーバ間でAES-128を使用し暗号化する。

LoRaWANでは、暗号化プロトコルにAES-128を採用している。

暗号キーはネットワークセッションキー（NwkSKey）、アプリケーションキー（AppKey）、アプリケーションセッションキー（AppSKey）の3種類が使用される。AppKeyとAppSKeyはエンドデバイスとネットワークサーバが共有しており、NwkSKeyはエンドデバイスとネットワークサーバが共有している。

AppKeyはエンドデバイスに固有のAES-128ルートキーである。LoRaWANでエンドデバイスから送信したデータは、ネットワークサーバに到達した時点でNwkSKeyにてチェックし、アプリケーションサーバに到達したら共有しているAppSKeyで復号する。

(2) 子局と親局間の回線

子局と親局間の回線に通信事業者のIP-VPNや専用線等による閉域網を使用し、外部からの接続を制限する。

(3) インターネット回線

ファイアウォールを介しインターネット回線に接続することで不正アクセスを遮断する。外部提供サーバは、ファイアウォールのDMZ（DeMilitarized Zone：非武装地帯）側に接続する。遠隔監視操作設備側のネットワークとインターネットの直接通信を禁止する。

4-4-2 認証機能

危機管理型水門遠隔監視・操作システムにおいては、インターネット等を介し水門操作を実施可能なため、ユーザ認証機能を有するものとする。

【解説】

外部情報提供設備の設計・運用に際しては、事前に施設管理者のセキュリティポリシーを確認し、適切かつ最新のセキュリティ対策を施し、第三者による不正アクセス、操作等を防止する。

(1) ユーザ認証

遠隔からの操作を実施する場合、ユーザ認証機能を設けアクセス制御を行う。

裏面

参 考 資 料 1

【ワイヤロープウインチ式開閉装置水門改造試設計】

本資料については（一社）ダム・堰施設技術協会まで照会してください。

連絡先：（一社）ダム・堰施設技術協会 URL：<http://dam777.ec-net.jp>

参 考 資 料 2

【ラック式開閉装置小型水門改造事例】

本資料については（一社）ダム・堰施設技術協会まで照会してください。

連絡先：（一社）ダム・堰施設技術協会 URL：<http://dam777.ec-net.jp>
