

平成21年度

農業水利施設の機能保全の手引き
「頭首工（ゲート設備）」
(案)

農村振興局

平成22年3月24日

農林水産省

目 次

第1章 ゲート設備の基本事項	1
1.1 ゲート設備の特性を踏まえた取組	1
1.1.1 ゲート設備の構成要素	2
1.1.2 ゲート設備の特徴	4
1.2 ゲート設備の性能管理	6
1.2.1 ゲート設備の機能と性能	6
1.2.2 ゲート設備の性能管理	9
1.3 ゲート設備の機能保全	15
1.4 ゲートの性能低下	23
1.5 ゲート設備の機能保全の流れ	25
第2章 機能診断調査	26
2.1 基本的事項	26
2.2 事前調査	28
2.3 現地踏査	34
2.4 現地調査	36
第3章 機能診断評価	41
3.1 機能診断評価の視点	41
3.2 設備・装置・部位の健全度評価	44
第4章 機能保全計画	50
4.1 機能保全計画の策定プロセス	50
4.2 性能低下予測	51
4.3 機能保全計画の策定	53
4.3.1 機能保全対策の検討にあたっての留意事項	54
4.3.2 点検・整備計画	56
4.3.3 関係機関との合意形成	61

参考文献

第1章 ゲート設備の基本事項

1.1 ゲート設備の特性を踏まえた取組

ゲート設備の効率的な機能保全に向けて、機能保全の各プロセスにおいて、ゲート設備特有の性質を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

【解説】

頭首工に設置されるゲート設備は、河川から農業用水を水路に取り入れる目的のため設置されるが、取水位確保機能、取水量調節機能、魚道機能など、頭首工を構成する一設備として様々な機能を担っている。さらに、これらのゲート設備は河川に設置される構造物であることから、河川流水を安全に流下させる観点から洪水流下機能（取水堰に設置される洪水吐、土砂吐ゲート）や洪水遮断機能（取水口ゲート）も要求される。このため、頭首工におけるゲート設備の役割を認識し、その機能を十分に発揮させる能力（性能）に着目し、機能保全に取り組む必要がある。

頭首工は、堰柱、エプロン等の「コンクリート施設」と、ゲート設備・電気設備・水管理制御設備等の「施設機械設備」の異なる機能を分担する施設・設備から構成される「複合施設」であり、これらの構成要素が有機的に施設全体の機能を発揮している。

さらに、頭首工を構成するゲート設備も同様に扉体・戸当り・開閉装置・機側操作盤等、これらを構成する機器・部材・部品等の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより、機能を発揮する。このため、ゲート設備の性能管理や機能診断評価は、ゲート設備を構成する装置や機器・部材・部品などの部位を個別に評価するとともに、これら部位等の重要度からゲート設備全体へ与える影響について考える必要がある。

また、補修・補強工事を行う際には、取水や河川の流水の流下を妨げないように、仮締切り工、水替え工等の大規模な仮設工事が必要となる場合があることに留意する。

ゲート設備の効率的な機能保全のためには、これらの特性を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

なお、本手引きはゴム引布製起伏ゲートを除く鋼製ゲートを対象とする。

1.1.1 ゲート設備の構成要素

ゲート設備は、扉体・戸当り・開閉装置・機側操作盤等及びこれらを構成する機器・部材、部品の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより設備全体として機能を発揮している。このため階層的なシステムの特徴を踏まえ、系統的に構成要素の整理を行う必要がある。

【解説】

ゲート設備では、設備の構成要素となる装置、機器・部材、部品についても図1-1、表1-1に示すように系統的に整理を行うこととし、これら設備の機能診断評価の基本単位は、機器・部材、部品レベルを対象とする。

頭首工に設置されるゲート設備は、扉体、戸当り、開閉装置、機側操作盤等（制御機器）から構成されており、扉体と開閉装置は形式によって構成機器・部材が異なる。一般的な形式を表1-2に示す。

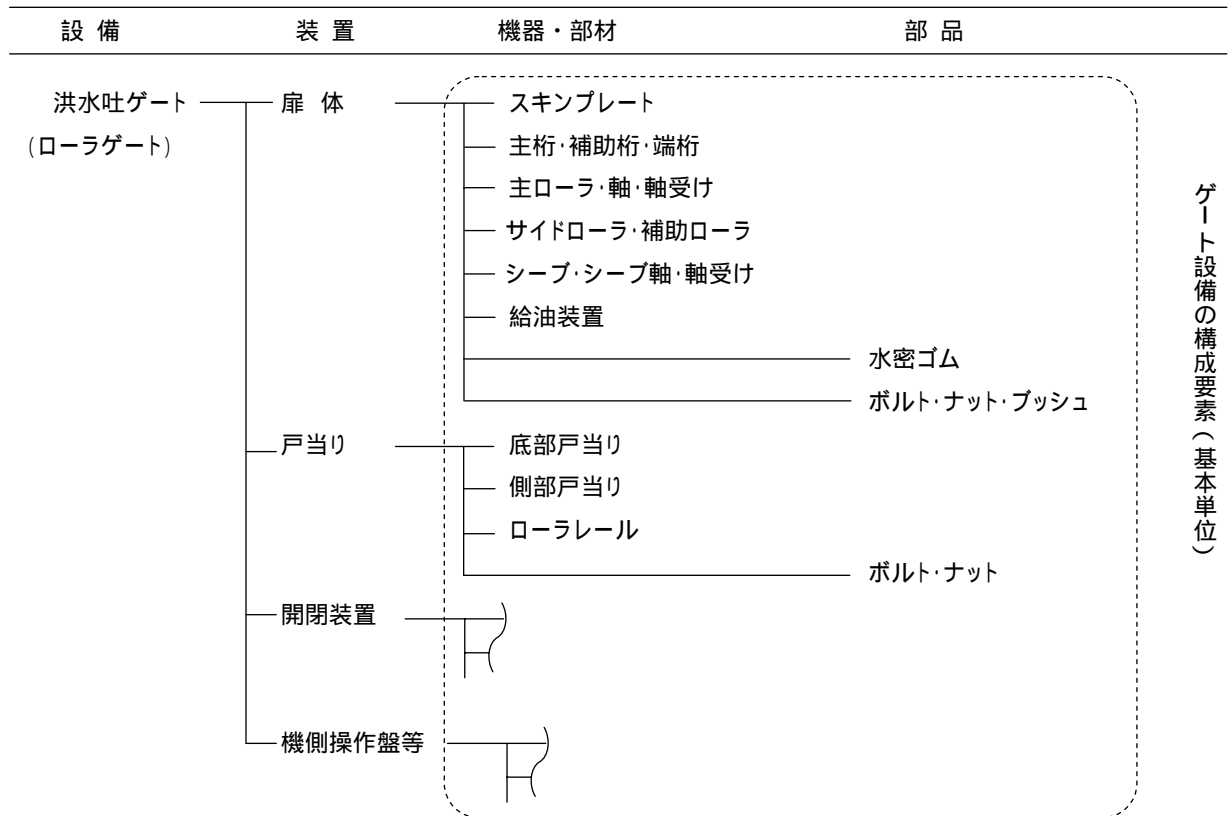


図1-1 ゲート設備の構成要素系統図の例

表1-1 頭首工ゲート設備の階層による区分

階層区分	ゲート設備		
	設備等の内訳	主な対策方法	
施 設	頭首工	補修	
設 備	洪水吐ゲート、土砂吐ゲート、取水口ゲート等	修理、更新	
装 置	扉体、戸当り、開閉装置、機側操作盤等	修理、更新	
部 位	機 器 ・ 部 材	電動機、減速機、油圧シリンダ、スキンプレート、ローラ、主桁等	修理、交換
	部 品	ボルト、ナット、パッキン、ブッシュ、水密ゴム等	交換

表1-2 頭首工ゲート設備の一般的な形式

ゲート設備(使用目的)	扉体形式	開閉装置形式
<ul style="list-style-type: none"> — 洪水吐ゲート — 土砂吐ゲート — 取水口ゲート 	<ul style="list-style-type: none"> — 鋼製ローラゲート — 鋼製スライドゲート — 鋼製起伏ゲート 	<ul style="list-style-type: none"> — ワイヤロープウィンチ式 — ラック式 — スピンドル式 — 油圧シリンダ式

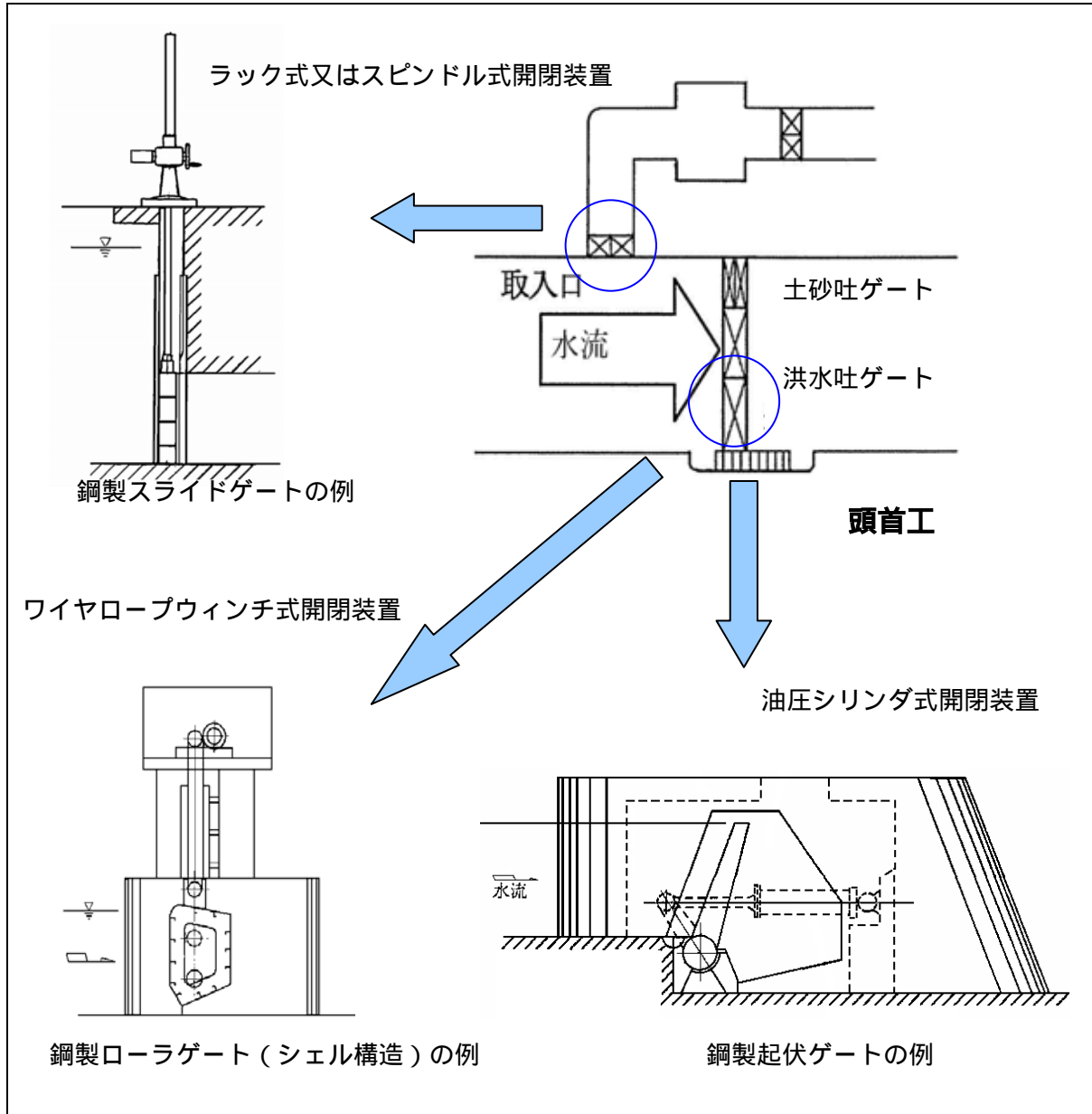


図1-2 頭首工ゲート設備の構成例

1.1.2 ゲート設備の特徴

ゲート設備を構成する機器・部材、部品は、水中・大気中・屋内といった設置環境や経過年数、使用頻度により部位別に特徴的な劣化を示すので、これらの特徴を理解するとともに、設備の構造上重要な部位に注意を払いながら、合理的かつ適切な機能保全の検討を行う必要がある。

また、ゲート設備において、合理的な機能保全を行う上で、施設造成者は施設管理者と連携を図ることが重要である。

【解説】

ゲート設備単体でみた場合の機能には、開閉機能や開度調節機能がある。開閉機能を満足するためには、想定される外力に対してゲートが十分な強度と剛性（構造物としての基本的な安全性）を有し、また開閉装置が十分な開閉能力を有して扉体の開閉に支障をきたさないことが重要である。

頭首工におけるゲート設備の場合、取水堰に設置される洪水吐、土砂吐ゲートでは設計取水水位（洪水発生前に全開にするため、設計洪水水位を設計水位としない）や設計洪水量が、取入口における取水口ゲートでは設計洪水水位（洪水発生前に全閉にするため設計洪水水位とする）や設計取水量（洪水量や取水量は径間長など主桁の設計に影響する）が、それぞれ主たる外力（水圧荷重）の因子となり、これらに対して腐食等により経年劣化したゲート部材が十分な断面性能（断面二次モーメント、断面係数等）を有している必要がある。

そのため、断面性能の低下につながる腐食については最も注意を払うべきであり、塩害のおそれのある沿岸部近くに設置されるゲート設備や乾湿を繰り返すおそれのある部位及び最大応力発生箇所については、特に細やかな配慮が必要である。

図1-3にプレートガーダ構造ゲートの例を図1-4にプレートガーダ構造ゲートにおける最大応力発生箇所の例を示す。

一般的に用いられるプレートガーダ構造のゲートの場合、水圧荷重がスキンプレート 補助桁 主桁 端縦桁 主ローラ軸 主ローラ 戸当りの順に伝達されるが特に扉体の桁材やローラ（ローラ軸含む）などの支承部、戸当りなどの基礎部は荷重を支える耐荷部材であるため設備の安全性に対する影響度は大きいと言える。

スキンプレートを桁材の一部として用いる場合も同様に重要度は高い。

また、部材の変形が過大になると、扉体引き上げ時の摩擦増大につながるおそれがあり、それにより開閉装置の能力をオーバーして開閉不能に陥る場合があるため、ローラやローラ軸の変形は重要な項目である。

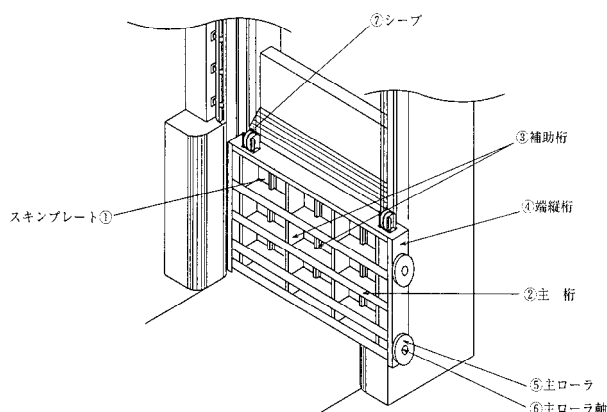


図1-3 プレートガーダ構造ゲートの例

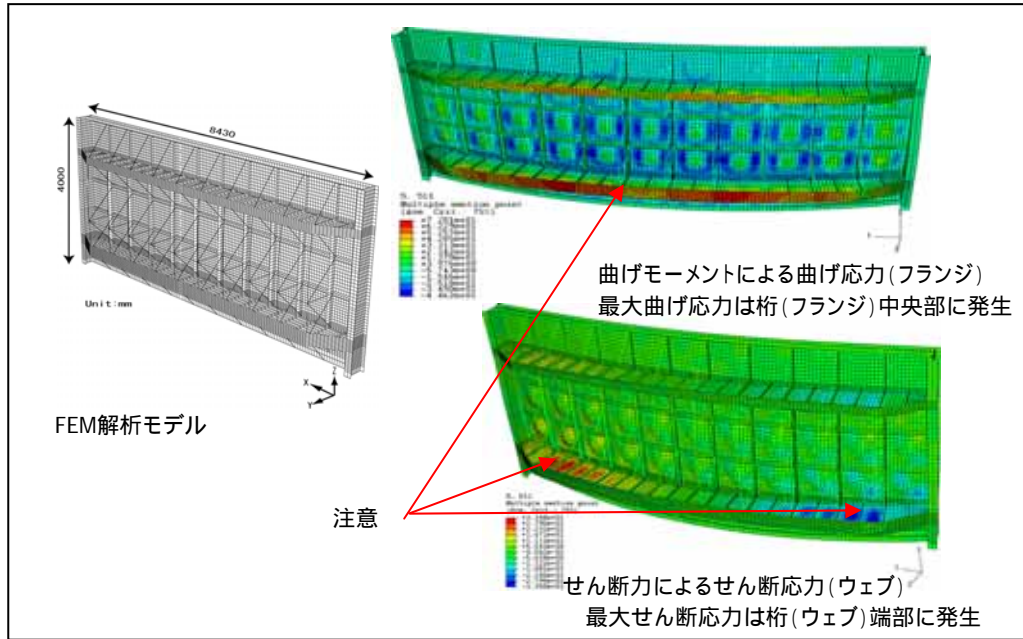


図1-4 プレートガーダ構造ゲートにおける最大応力発生箇所

ゲート設備などの施設機械設備は、土木施設と異なり多数の機器・部材等から構成された集合体である。日常管理における機器・部材等の適正な点検・整備により、設備の機能の維持、ひいては設備の長寿命化を図ることが可能である。このため、施設造業者は施設管理者との連携を図り、状況に応じて点検・整備に関する適切な助言を行うことが必要である。

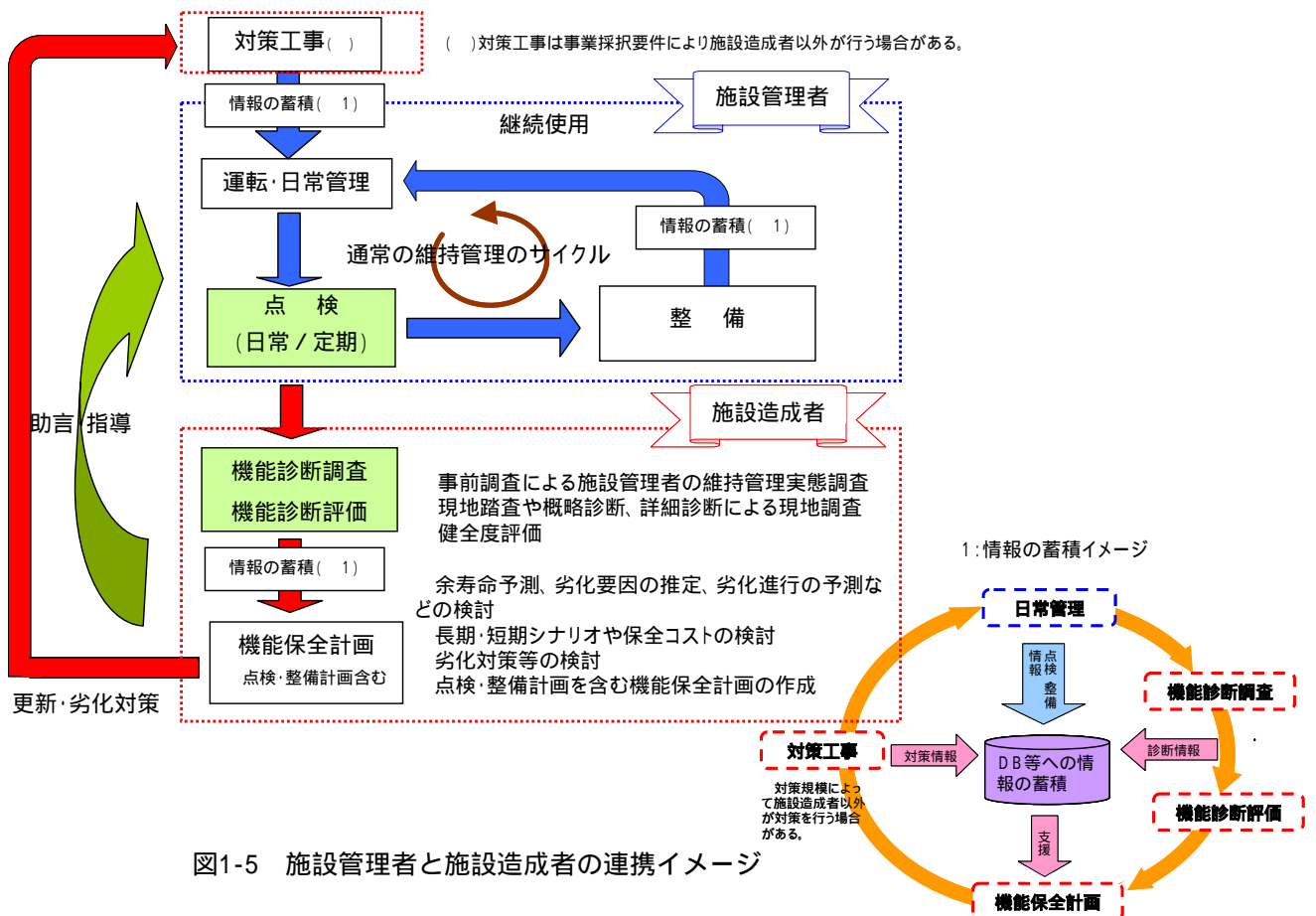


図1-5 施設管理者と施設造業者の連携イメージ

1.2 ゲート設備の性能管理

1.2.1 ゲート設備の機能と性能

ゲート設備は、安定した取水量や取水位の確保、洪水時の流水を安全に流下させる機能等を有する。

ゲート設備の性能は、これらの機能を発揮する能力であり、ゲート設備に要求される性能を満足するよう機能保全に努める必要がある。

【解説】

ゲート設備の性能管理とは、ゲート設備に必要な機能、性能を長期にわたって維持、場合によっては向上させる行為である。施設造作者や施設管理者は、頭首工やゲート設備の設置目的、ゲート設備が頭首工の中で果たすべき役割（機能）、そして、利用者等が設備に対して期待する能力（性能のレベル、要求性能）を十分に理解し、適切な性能管理を実施していくことが重要である。

農業水利施設である頭首工では、安定した取水量や取水位を確保することが目的であり、これを達成するため、取水堰に設置される洪水吐、土砂吐ゲートには取水位調節機能、取水位確保機能、排砂機能などの水利用機能・水理機能が必要となる他、河川構造物という観点から洪水流下機能が必要となる。

一方、取入口に設置する取水口ゲートには、取水量調節機能や取水量流下機能などの水利用機能の他、堤防としての役割があるため、洪水発生前にはゲートで取水口を遮断し、洪水被害を防ぐ洪水遮断機能が必要となる。表1-3に各ゲート設備の設置目的と具備する機能（本来の機能）を示す。ゲート設備の機能保全を行うに際しては、これら設備が有する機能に着目し、性能管理を行うことを基本とする。

表1-3 ゲート設備の設置目的と具備する機能

施設	区分		一般的に使用されるゲート	設置目的	機能 (本来の機能)
頭首工	取水堰	洪水吐	<ul style="list-style-type: none"> ローラゲート シェル構造ローラゲート 起伏ゲート 2段式ローラゲート 起伏ゲート付2段ローラゲート 	<ul style="list-style-type: none"> 取水のために必要な取水位を確保する 洪水流量を安全に流下させる 	<ul style="list-style-type: none"> 取水位確保機能 取水位調節機能 (土砂吐ゲートのみで調節できない場合) 洪水流下機能
		土砂吐	<ul style="list-style-type: none"> ローラゲート シェル構造ローラゲート 起伏ゲート付2段ローラゲート 	<ul style="list-style-type: none"> 取水のために必要な取水位を確保する 取水堰上流に堆積した土砂を排砂する 	<ul style="list-style-type: none"> 取水位確保機能 取水位調節機能 排砂機能 洪水流下機能
	取入口	取水口ゲート	<ul style="list-style-type: none"> ローラゲート スライドゲート 	<ul style="list-style-type: none"> 用水路に必要な取水量を取り入れる 	<ul style="list-style-type: none"> 取水量流下機能 取水量調節機能 洪水遮断機能
	沈砂池、排砂等		<ul style="list-style-type: none"> ローラゲート スライドゲート 	<ul style="list-style-type: none"> 沈砂池に堆積した土砂を排砂する 沈砂池内の水位を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 排砂機能 制水機能

ゲート設備が具備する様々な機能（本来的機能）を実現するためには、その機能を発揮する能力である水利性や設備信頼性、構造安全性、修復性、耐久性などの性能を確実に確保する必要がある。

また、本来的機能以外の機能には、社会的機能があり、この機能を十分に発揮させるためには経済性、環境性、維持管理性など性能に着目する必要がある。ゲート設備の機能と性能の例を表1-4に示す。

機能診断調査では、本来的機能に関する性能の確認を行うことが主となるが、性能管理においては本来的機能のみではなく社会的機能も考慮して設備全体で適切な要求性能を把握・設定し管理していく必要がある。

表1-4 ゲート設備の機能・性能の例

機能・性能	性能の内容
1) 本来的機能	事業目的や頭首工の設置目的などの本来目的を達成するため、必須となる固有の機能（ゲート設備に直接求める役割）
取水量流下機能 取水量調節機能 取水水位確保機能 取水水位調節機能	水利性 洪水時の安全を確保し、施設管理者等（利用者）の要求を満たす水位・水量を確実に確保できる性能
洪水流下機能 洪水遮断機能 排砂機能 制水機能	設備信頼性 長期間の使用においても安定して稼働できる性能
	構造安全性 水学的及び力学的に安全な構造である性能
	修復性 地震等の災害や経年劣化による機器・部材等の損傷・故障時において、容易に修復できる性能
	耐久性 機器・部材等の経年劣化や高頻度の使用に対する耐久性能
2) 社会的機能	本来的機能以外の機能で、社会的要求に対し、適切に貢献する機能
	経済性 建設費・維持管理費等ライフサイクルコストを低減できる性能
	環境性 騒音・振動、環境負荷（CO ₂ 排出、生態系への影響）を低減でき、景観への配慮など、周辺環境と適合する性能
	維持管理性 施設管理時において、施設管理者及び第三者の人的安全性を確保しながら容易に操作・管理ができる性能

上表の本来的機能における事業目的とは土地改良事業（土地改良法の目的）を指す。

【参考】頭首工に設置されるゲート設備の機能・性能の考え方

1) 機能の考え方

ゲート設備の機能を水利システムの観点で分類した場合、本来の機能は、水利用機能（水量の確保・調節、排砂など水利用に関する役割）、水理機能（取水位の確保・調節による位置エネルギーの確保など水理学的な送水に関する役割）、構造機能（ゲートの開閉機能や部材強度などの構造上の役割）に分類されるが、ゲート設備の性能管理では、頭首工を構成するゲート設備に求める具体的な役割に着目し、機能保全を行うことを基本としている。この場合、本来の機能は、取水量流下機能、取水量調節機能、排砂機能、取水位確保機能、取水位調節機能、洪水流下機能、洪水遮断機能などに分類される。それぞれのゲート設備の具体的な機能を理解することは、機能保全の基本である他、設備等の重要度や設備の稼動形態を理解する上でも必要である。

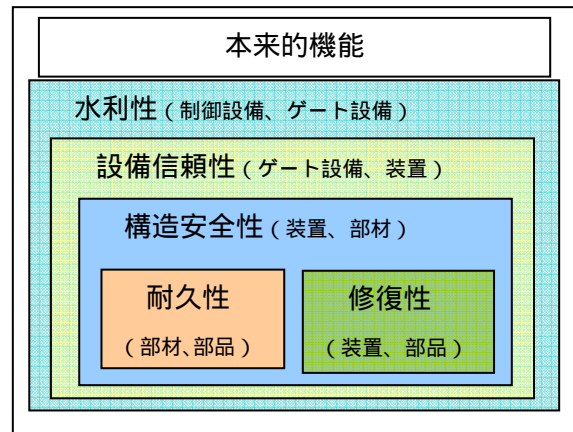
なお、ゲート設備における本来の機能は、事業目的や頭首工の設置目的など本来目的を達成するため、必須となる機能として分類している。このため、洪水流下機能や洪水遮断機能なども本来の機能に含まれる整理とした。

2) 性能の考え方

ゲート設備の本来の機能に関する性能には、洪水時に十分な安全性を確保し、農家や施設管理者などの要求を満たす用水を十分に確保出来ているかという視点の水利性と、そのために、ゲート設備が十分な信頼性を有しているかの視点の設備信頼性が必要となる。

また、設備信頼性を構造安全性が下支えし、構造安全性を修復性や耐久性が下支えする関係となる。

このため、水利性は、ゲート設備や制御設備を含む、設備全体としての性能が十分であるか、設備信頼性は、ゲート設備全体や装置レベルで十分な品質や動作確実性を有しているか、構造安全性は、装置類が十分な開閉能力を有しているか、部材が十分な強度を有しているか、耐久性や修復性は装置、部材、部品レベルで、十分な性能（腐食代・予備品等）を有しているかの視点で診断を行う必要がある。なお、本手引きでは、ゲート設備の制御設備における診断手法は対象外としているが、機能診断調査においては、制御設備も含めた設備全体として、十分な性能を発揮しているかを確認することも必要である。



1.2.2 ゲート設備の性能管理

ゲート設備の性能管理は、施設管理者が行う日常点検や定期点検等の結果や、施設造成者が行う機能診断調査の結果をもとに、機器・部品等の健全度を評価し、機能保全計画の策定を行うことを基本とする。効率的な性能管理に取り組むため、施設管理者と施設造成者が連携・調整し、点検・機能診断調査項目や内容の合理化、実施時期の同期化を図ることが望ましい。

【解説】

ゲート設備の性能管理では、性能レベルを健全度で表し、そのレベルに応じた対策を検討するものとする。また、合理的な性能管理を行う上で、ゲートを構成する部位等の重要度や、腐食・損傷等の劣化が設備に与える影響度、主桁等の最大応力の発生箇所、水質等の周辺環境や使用頻度などを十分に理解・把握し、管理する必要がある。性能管理の効率化の観点から、施設管理者と施設造成者との十分な連携及び点検と機能診断調査の合理化・同期化が望ましい。

(1)ゲート設備の性能管理

ゲート設備の性能管理は、ゲート設備の目的、機能を発揮させるために利用者、あるいは管理者等が要求する性能が現在、そして将来にわたって確保できているかどうかを点検、機能診断調査等を通じて直接確認し、管理することを基本とする。

ゲート設備の性能は、設備を構成する装置や部位等の性能が確実に確保されることにより発揮される。このため、機能診断調査ではゲート設備を構成する装置や機器、部材、部品を個別に調査・評価し、部位等の重要度やゲート設備全体へ与える劣化の影響度を考慮し、設備の性能レベルを把握する。

維持管理時や更新時におけるゲート設備の性能や指標の例には、表1-5に示すものが考えられる。

表1-5 ゲート設備の性能と指標の例

性能の例		指標の例
水利性		水密性、取水位（量）変動追従性、通水遮断性（作動状況）、排砂性（土砂吐ゲートの排砂状況）
設備信頼性		長期使用安定性（施工・品質管理、耐用年数、使用時間）、動作・制御確実性（総合試運転による作動状況）
構造安全性	水理学的安定性	流水に対する振動安定性（自励振動）
	水理学的安全性	洪水遮断性（取水口ゲートの作動状況）
	力学的安全性	水圧等外力に対する耐荷性、耐震性（変形・損傷・板厚、応力照査等）
修復性		修復容易性、損傷・故障時対応性（部品調達、予備品等）
耐久性	耐疲労性	繰り返し使用による疲労耐久性（機器類の品質、使用期間）
	耐腐食性	部材の防錆・防食性能（塗膜厚、部材の腐食代、材質）
	耐摩耗性	部材の耐摩耗性（回転部のブッシュ等の摩耗、部材の摩耗代、材質）
	耐劣化性	水密ゴム、油脂類の耐劣化性（材料の品質、使用期間）

経済性	建設費・維持管理費等	
環境性	騒音・振動(低周波振動)、環境負荷(CO ₂ 排出、生態系への影響等)、景観(塗装色・老朽化後の景観)等	
維持管理性	維持管理安全性	施設管理者、第三者の人的安全性(防護柵、危険表示板、危険部位の保護カバー等)
	維持管理容易性	維持管理容易性(ゴミの流入防止、メンテナンスフリー、操作容易性等)

(2) ゲート設備における部位別の性能管理

ゲート設備は、長年の使用により経年劣化して健全度が低下し、対策を講じなければやがて設備の性能の限界を迎え、使用不能となる。しかし、様々な機器・部品等の集合体であるゲート設備は点検・整備などにより適切な時期に機器・部品等の補修や交換を行うことにより、供用期間の延伸が期待できる。

部位別の性能管理は、機能・性能・性能の限界状態を十分理解した上で行う必要がある。部位毎の機能と性能の例を表1-6に示す。

機能保全は、設備を構成する部材や機器類及び部品類の補修、交換が主となるため、機能診断調査による計測結果や耐用年数等から余寿命を算出し、適切な時期に保全を行うことが重要である。そのイメージを図1-6に示す。

保全によって各機器や部品等の耐久性や修復性を向上させることは、安全性の向上につながり、その結果、設備の運用における信頼性を向上させることになる。一方で経年劣化に伴い維持管理費の増大も招くことから経済性や機器類の陳腐化等の修復性(機器等入手困難性)などにも着目し、総合的な性能限界水準(設備等の要求性能の限界値)を検討して更新の有無を判断する必要がある。

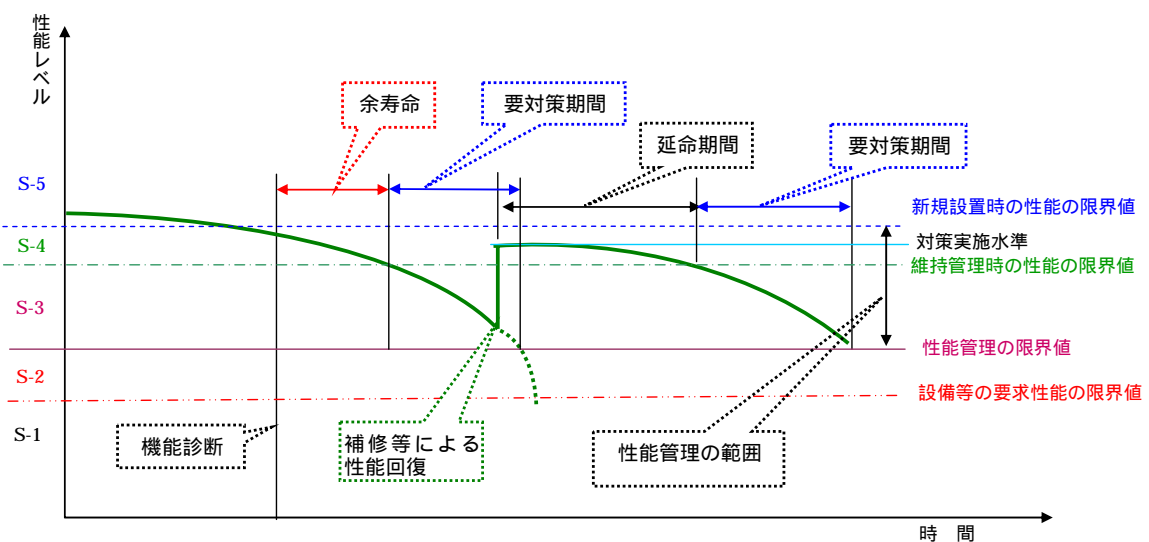


図1-6 機能診断調査と余寿命予測

表1-6 ゲート設備の機能と性能（部位別）

装置区分	形式	構成機器等	部位	設備全体に対する機器の機能	主な要求性能（例）	問題となる現象（例）	性能限界（例）	補修方法
設備全体		扉体・戸当り、開閉装置、操作盤	-	開閉機能、開度調節機能	構造安全性、水利性、設備信頼性、修復性、経済性等	開閉不能 機器の陳腐化 維持管理費の増大	故障等による開閉不能状態 機器の陳腐化による修復不能状態 維持管理費の経年増によるライフサイクルコスト限界	全体更新、部分更新
扉体	ローラゲート	扉体全体	-	水圧荷重を土木構造物に伝達する機能 止水機能	構造安全性、水利性、耐久性、修復性、環境性(景観性)	流水による振動の発生 扉体の片吊り 流下物等のかみこみ 扉体全体の腐食、劣化進行	疲労破壊、低周波振動など周辺環境に悪影響を及ぼす振動の発生 過度の片吊りや介在物による開閉不能 利水上支障となる漏水の発生、景観性の著しい悪化	更新、部位の交換・補修
		スキンプレート	a全体	水圧荷重を支持し、荷重を桁材に伝達する機能 止水機能	構造安全性(力学的安全性)、水利性(水密性)、耐久性(耐腐食性)	腐食、損傷による板厚減少、漏水	板厚減少による強度不足(特に、水圧が高い底部付近、桁材との協働箇所) 部分的な穴あきによる、利水・治水上(用途に応じた要求性能レベル)影響を及ぼす漏水の発生 スキンプレートの大部分での腐食代りの消失	当て板補修
			b底部					
		桁材	a主桁フランジ	水圧荷重を支持し、荷重をローラに伝達する機能 円滑な開閉と安定した放流が行えるよう、剛性を確保する機能	構造安全性(力学的安全性)、耐久性(耐腐食性)	腐食による板厚減少 流水等外的要因による部材の変形	板厚減少による、耐荷力・剛性不足の発生 操作に支障を及ぼす過度の変形の発生	当て板補修、扉体取替
			b主桁腹板					
		主ローラ部	aローラ	円滑な開閉を実現する機能 水圧荷重を支持し、戸当りに伝達する機能	構造安全性(力学的安全性)、設備信頼性(動作確実性)、耐久性(耐腐食性、耐摩耗性)	腐食、摩耗、損傷による回転の円滑度の低下と開閉抵抗の増大 腐食、摩耗、損傷による部材の減耗	開閉装置に過負荷を及ぼす、過度の開閉抵抗の発生 減耗による耐荷力不足の発生	軸受交換(はめあいを考慮する)ローラ、軸が原因の場合は交換
			b軸					
			cすべり軸受					
		サイドローラ部	-	円滑な開閉を実現する機能	設備信頼性(動作確実性)	腐食、摩耗、損傷による回転の円滑度の低下、ゲートの片ズレ	回転不能	軸受交換(はめあいを考慮する)サイドローラ軸が原因の場合は交換
		シーブ関係	a軸	円滑な開閉を実現する機能 開閉力を扉体に伝達する機能	構造安全性(力学的安全性)、耐久性(耐摩耗性)	腐食、摩耗、損傷による回転の円滑度の低下と開閉抵抗の増大 腐食、摩耗、損傷による部材の減耗	開閉装置に過負荷を及ぼす、過度の開閉抵抗の発生 減耗による耐荷力不足の発生	軸受交換 軸が原因の場合は交換
			bすべり軸受					
		給油装置	-	回転部の円滑な回転を補助する機能	耐久性(耐劣化性)	油の劣化、固化、流出	油の流出の発生 給油不能	部品交換又は全交換
		水密ゴム	a全体	止水機能	水利性(水密性)、耐久性(耐摩耗性、耐劣化性)	劣化や塵芥等外的要因による破損、漏水	利水・治水上(用途に応じた要求性能レベル)に影響を及ぼす漏水の発生	交換(材質を考慮)
接合部	a溶接	部材の分割箇所及び部材間を結合し、一体化して荷重を伝達する機能	構造安全性(力学的安全性)、耐久性(耐疲労性)	ボルトゆるみ、脱落 鋸頭の欠損 溶接不良、疲労亀裂	ボルト、リベットの脱落による耐荷力不足の発生 外荷重、疲労による亀裂の発生	補修又は部品交換		
	bボルト、ナット							
	cリベット							
塗装	a全体	母材の耐久性を確保する機能	耐久性(耐腐食性)	材質劣化、摩耗、損傷による腐食の進行	広範囲での塗装の浮き、剥落の発生	塗り替え(ケレン及び塗料の選定)又は装置交換		

参考資料編から一部抜粋。

(3) ゲート設備設計基準類改訂による留意点

ゲート設備の設計基準として、農林水産省の鋼構造物計画設計技術指針(水門扉編)のほか、水門鉄管技術基準((社)水門鉄管協会、現在(社)電力土木技術協会が管理を引き継いでいる)があり、主な改訂内容は表1-7、表1-8に示すとおりである。

これらの基準以前に設置された設備については、特に、主ローラの接触応力度、戸当りの局部応力度(腹板、フランジ)、歯車の面圧強度が問題になることが多いので十分注意する必要がある。

なお、部分更新に際しては、最新の基準に照らし合わせて、整備することが望ましいが、規格、寸法、材質などの関係上、新しい基準に示された計算式で照査すると許容値を満足しないことが多々ある。例えば、一つの主ローラ交換が必要なケースで、新基準に適合させようとした結果、設備全体を更新しなければならないケースなどは、経費の問題からも現実的では無いため、このような場合は、河川管理者と相談の上、旧基準に基づく基準値を適用するなどの対応が必要である。

表1-7 水門鉄管技術基準((社)水門鉄管協会)における主な改定内容

制定・改訂年月日	頭首工ゲート設備に関する主な改定内容	備考
初版 昭和35年12月30日	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力 (常時使用状態にあるもの)SS41(SS400)の場合 軸方向引張応力 1150(kg/cm²) 曲げ引張応力 1150(kg/cm²) せん断応力900(kg/cm²) (常時使用状態にないもの)SS41(SS400)の場合 軸方向引張応力 1300(kg/cm²) 曲げ引張応力 1300(kg/cm²) せん断応力1000(kg/cm²) ・主桁のたわみ度 径間の1/800 ・電動機の容量 計算開閉力の120%以上で起動回転力が定格回転力の200%以上 	新規
第1回改訂 昭和43年 9月30日	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力が改訂された。 (常時使用状態にあるもの)SS41(SS400)の場合 軸方向引張応力 1200(kg/cm²) 曲げ引張応力 1200(kg/cm²) せん断応力 700(kg/cm²) (常時使用状態にないもの)SS41(SS400)の場合 上記の15%増し ・最小板厚、細長比の規正に関する条文が追加された。 	
第2回改訂 昭和48年3月31日	<ul style="list-style-type: none"> ・使用鋼種別の板厚制限が示された。 ・地震時動水圧、地震時慣性力について具体的な算出式が示された。 ・風荷重が具体的に示された。 (鉛直投影面積 × 300(kg/m²) × 形状係数) ・スキンプレート板厚の算出式に“テイモシェンコ”の式が採用された。 	

制定・改訂年月日	頭首工ゲート設備に関する主な改定内容	備考
	<ul style="list-style-type: none"> ・電動機の容量は、計算開閉力に対し120～100%以上、電動機定格トルクに対し、最大トルク350%以下(新規)に改訂された。(起動トルク200%以上は変更ない。) ・開閉装置の各部材の強度は、最大トルクから決定することになった。 ・油圧式開閉装置の記述が追加された。(設計圧力、設計油量、油圧シリンダチューブ厚さ等) ・開閉装置の安全装置及び付属設備が示された。 ・ゲート形式別に設計各論が記載され一部強度計算式が示された。(ローラ、軸受、ローラレール等) 	
<p>第3回改訂 昭和56年11月30日</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐候性熱間圧延鋼材(SMA41, 50)の許容応力が追加された。 ・圧縮部材、桁の圧縮縁に関する耐荷力曲線が変更された ・考慮する荷重に雪荷重が示された。 ・主ローラの強度計算式が、点接触と線接触の場合を分けて示された。 ・ローラレールの厚さは、最大せん断応力が生ずる深さの4倍以上と示された。 ・ローラレールの腹板に生じる局部応力、底面フランジの曲げ応力の計算式が示された。 ・電動機の定格トルクに対し最大トルクが300%以下に改訂された。 ・開閉装置の内燃機関の容量を150%以上と規定された。 ・手動設備の人力15kgを10kg以下に開閉時間1時間を30分程度に改訂された。 ・開閉装置の締切力の余裕は全抵抗力の20～25%以上に改訂された。 ・スピンドルロッドの座屈強度算出式(オイラーの式)が示された。 	
<p>第4回改訂 平成9年9月10日</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレス鋼の許容応力度が示された。 ・軸方向力と曲げモーメントを受ける部材に関する規定が追加された ・ローラ及びローラ踏面板の使用鋼種と硬さの組合せが示された。 ・開閉装置歯車の強度計算(曲げ強度、面圧)について規定された。 ・スピンドルロッド及びラックの座屈強度算出式(オイラーまたはジョンソンの式)と安全率が改訂された。 	<p>SI単位系への移行</p>
<p>第5回改訂 平成19年6月15日</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・性能規定化への移行から、各々の設備の要求性能を条文化し、要求性能を実現させるための事項として「みなし規定」を条文に導入している。 	<p>性能規定化への移行</p>

表1-8 鋼構造物計画設計技術指針（水門扉編）における主な改定内容

制定・改訂年月日	頭首工ゲート設備に関する主な改定内容	備考
初版 昭和60年8月15日	<p>指針の適用範囲は、ダム、頭首工及び用水路等に設置される水門扉。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造用鋼材として、SS41、SM41、SMA41、SM50及びSMA50が示された。 ・許容応力の考え方として <ul style="list-style-type: none"> 常時使用状態にある水門扉の場合 常時使用状態にある高圧水門扉の場合 常時使用状態にない水門扉の場合 <p>に区分している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最小板厚及び細長比が規定されている。 最小板厚は、腐食代を含み鋼板では6mm以上、形鋼では5mm以上と規定され、中形以上の水門扉では8mm以上とするのが望ましいと示された。 ・余裕厚が規定され、据付後きわめて接近し難く塗装及び清掃不可能な扉体に対しては、規定の1.5倍以上(最大4mm程度)の余裕厚が示された。 ・電動機の容量は、計算開閉力に対し100%以上、電動機の定格トルクに対し起動トルクが200%以上、最大トルクが300%以下と示された。 ・開閉装置の内燃機関の容量は、最大トルクに対して150%が示された。 ・スピンドルロッドの座屈強度にオイラー式が示された。 ・河川ゲートの水理と振動の記述がなされている。 	新規
改訂版 平成11年3月	<p>水門鉄管基準第4回改訂等に伴う改訂。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料として、SS400、SM400、SMA400、SM490、SMA490が示された。 ・許容応力度は、降伏点に対し安全率を2と規定された。 ・許容応力度の補正の考え方が示された。 ・開閉装置歯車の強度計算(面圧、曲げ強度)が規定された。 ・ラック棒及びスピンドルの座屈強度計算式(オイラー式またはジョンソン式)と安全率が改訂された。 	SI単位系への移行
ダム取水・放流設備編と統合し新たに制定 平成21年3月	<p>水門鉄管基準第5回改訂等に伴う見直し。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境に配慮した塗装仕様及び塗装系の選定の考え方を追記。 ・避雷設備として従来のJIS A4201-1992の他、JISA4201-2003「建設物等の雷保護」が規定されたため追記された。 ・開閉用動力設備(主動力設備、予備動力設備)の記述を電源設備(主電源設備、予備電源設備)として記述された。 	

1.3 ゲート設備の機能保全

ゲート設備を構成する機器・部品等は、運転の時間経過とともに摩耗や腐食等の劣化が進行し、性能が低下するため、ゲートの設置目的、機器等の特性、設置条件、操作状況等を考慮し、効率的かつ計画的に機能保全を実施する。

【解説】

(1) 保全方式の分類

保全とは、信頼性用語として「常に使用及び運用可能状態に維持する、又は故障、欠陥などを回復するためのすべての処置及び活動」と定義され、この保全の方式としては予防保全と事後保全に大別される。

予防保全 (Preventive Maintenance) は、設備の使用における故障を未然に防止し、設備を使用可能状態に維持するために計画的に行う保全であり、事後保全 (Breakdown Maintenance) は、設備が性能低下、もしくは機能停止した後に使用可能状態に回復する保全である。予防保全はさらに、時間計画保全 (Time Based Preventive Maintenance) と状態監視保全 (Condition Based Preventive Maintenance) に使い分けられ、事後保全は通常事後保全 (Planned Breakdown Maintenance) と緊急保全 (Emergency Breakdown Maintenance) に分けられる (図1-7)。

なお、本手引きでは全ての保全方式において、時間計画保全の一つである点検・整備は必須であることを前提としている。

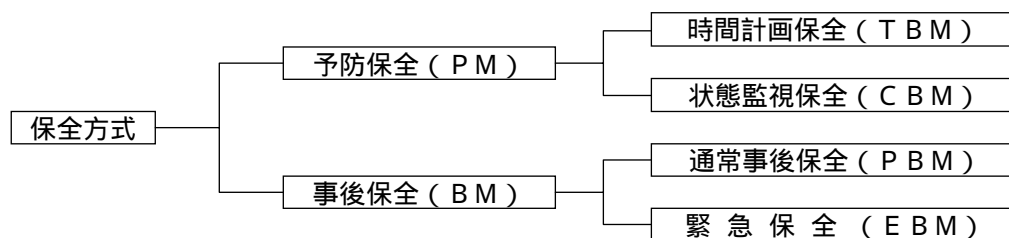


図1-7 保全方式の区分(JIS Z8115)

(2) 予防保全の考え方

予防保全には、時間計画保全と状態監視保全がある。時間計画保全は、予定の時間計画 (スケジュール) に基づく予防保全の総称で、予定の時間間隔で行う定期保全と設備や機器が予定の累積稼働時間に達したときに行う経時保全に大別される。計画的に実施する定期点検 (月点検・年点検) や定期整備 (定期的な部品等の取替え含む) は、時間計画保全に含まれる。状態監視保全とは、運転中の設備の状態を計測装置などにより観測し、その観測値に基づいて保全を実施するものである。常に、設備状態の傾向を監視・分析することにより異常 (劣化の程度) の早期発見や以後の劣化進行の予測を行い、適切な時期に保全を実施することが可能である。本手引きにおいては、日常点検、定期点検及び機能診断調査時の測定データによる劣化傾向の把握 (傾向管理) も状態監視保全に含めるものとする。

(3) 事後保全の考え方

事後保全は、通常事後保全と緊急保全に分類されるが、通常事後保全とは、管理上、予防保

全を実施しないと決めた機器・部品等の性能低下に対する処置をいう。緊急保全とは、管理上、予防保全を行うと定めた機器・部品等の予測が不可能な突発的故障に対する緊急処置をいう。

(4) 機器・部品等の劣化特性と保全方式

機器・部品等の故障の起こり方(劣化特性)は、一般的に腐食・経年劣化タイプ、脆化タイプ、突発タイプに分類され、それぞれの劣化特性に適応した保全の方式が、表1-9のとおり設定できる。このため、それぞれの劣化特性に合った保全方式を選択することが必要である。

表1-9 機器・部品等の劣化特性と保全方式

劣化特性	性能低下予測・傾向管理	基本的な保全方式
<p>1. 経年劣化型</p> <p>(性能低下の進行が時間・使用頻度に比例する場合)</p>	可 能	<p>〔状態監視保全〕</p> <p>定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。</p>
<p>2. 脆化型</p> <p>(潜伏期間中は徐々に劣化が進み、ある時点を超えると急激に進行する場合)</p>	可 能	<p>〔状態監視保全〕</p> <p>定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。ただし、兆候が現れてから性能低下の進行が急激に進むため注意が必要である。</p>
<p>3. 突発型</p> <p>(故障率が、時間/使用頻度に対してほぼ一定の場合。故障が突発的に発生する場合)</p>	不 可	<p>故障が突発的に発生することから事前に不具合の兆候を発見・把握することができない。</p> <p>〔時間計画保全〕</p> <p>影響度の大きい機器の場合は、定期的な取替・更新を適用し、未然に故障の発生を防ぐ。</p> <p>〔通常事後保全〕</p> <p>影響度が小さい機器の場合は、事後保全にて対応する。</p>

(国土交通省「河川用ゲート設備 点検・整備・更新マニュアル(案)」を参考に整理)

(5) 効率的な機能保全の取組

ゲート設備の機能保全にあたっては、より効率的に取り組む観点から、施設管理者が行う日常点検や定期点検等と連携・調整を図るとともに、設備・部位の重要度、使用条件、使用環境、稼働形態、装置や機器等の特性等を考慮して、適切な保全方式を設定し、点検・機能診断調査項目の抽出や点検周期の合理化を図ることが重要である。

1) ゲート設備の重要度と保全方式

ゲート設備は、一般の機械設備に比べて部品点数が少なく構造も簡単な部類に属している。通常、保全方式は、時間計画保全(TBM)が基本であるが、機器・部品等の不具合の兆候を早い段階で検知・監視しながら、その傾向管理を行う状態監視保全(CBM)と組み合わせ、また、設備の重要度によっても予防保全と事後保全を使い分けることが合理的である。ゲート設備の重要度区分と適した保全方式を表1-10に示す。

例えば、事故が発生しても被害や復旧費用が少なく、機能診断調査を行うよりも事後保全の方が明らかに経済的な設備(沈砂池の土砂吐ゲート等)は、機能診断調査の対象外とすることなどを検討する。

表1-10 ゲート設備の重要度区分と適した保全方式

設備の重要度	区分内容	対象設備の例	適した保全方式
レベルA 重要度(高)	設備が故障し、機能を失った場合、国民の生命・財産及び社会経済に著しい影響を及ぼすおそれのある設備。	洪水流下機能や洪水遮断機能を有する設備 例)取水堰ゲート(土砂吐ゲート、洪水吐ゲート)、取水口ゲート	予防保全(PM)
レベルB 重要度(中)	設備が故障し、機能を失った場合、国民の財産(環境面の財産含む)及び社会経済に大きな影響を及ぼすおそれのある設備。	例)魚道ゲートなど	予防保全(PM) 事後保全(BM) ()
レベルC 重要度(低)	設備が故障し、機能を失った場合、社会経済に大きな影響を及ぼすおそれのない設備。	例)沈砂池の土砂吐ゲート、補修用ゲート	事後保全(BM)

施設の重要度や地域の要求性能を加味し予防保全か事後保全を決定する。

2) ゲート設備の構成部位毎の重要度と保全方式

ゲート設備の保全方式は、部位等の重要度から表1-11のように整理できる。

これは、設備機能の維持に対して影響度が大きい機器・部品等については、不具合発生を極力回避するよう予防保全を適用して設備機能を確実に確保する一方、影響度の小さい機器・部品等については、事後保全を適用し、壊れるまで使うことで費用対効果を最大限に得ることを考慮している。

表1-11 部位の基本的な保全方式の例

部位の重要度	性能低下予測・傾向管理	適した保全方式
A・B (設備への影響度大)	可能	状態監視保全(CBM)、時間計画保全(TBM)
	不可	時間計画保全(TBM)
C (設備への影響度小)	可能	通常事後保全(PBM)、状態監視保全(CBM)
	不可	通常事後保全(PBM)

部位の重要度(C)のPBMとCBMの使い分けは設備の重要度も考慮して決定する。
例えば設備及び部位の重要度がレベルCであれば状態監視保全は行わないなどを検討する。

ゲート設備の各構成要素の保全方式をゲートの部位毎に整理すると、表1-12に示すとおりとなる。表中の項目欄に記載する記号A～Cは各部位の当該項目が装置全体に及ぼす影響度を部位の重要度として示しており、次のように定義する。

- A：破損した場合、重大事故につながる致命的部位
- B：運用に大きな支障のない性能低下につながる部位
- C：運用に支障のない性能低下につながる部位

表1-12 各部位の重要度と適した保全方式

装置区分	形式	構成機器等	部 位	部位の重 要度	保全方式の例
設備全体		扉体・戸当り、開閉装置、操作盤	-	-	-
扉体	ローラゲート	スキンプレート	a全体	A～B	CBM、TBM
			b底部	A～B	
		桁材	a主桁フランジ	A	CBM、TBM
			b主桁腹板	A	
		主ローラ部	aローラ	A	CBM、TBM
			b軸	A	
			cすべり軸受	A	
		サイドローラ部		C	PBM、TBM
		シーブ関係	a軸	A	CBM、TBM
			bすべり軸受	A	
	給油装置		C	CBM、TBM	
	水密ゴム	a全体	C	PBM、CBM、TBM	
	接合部	a溶接	A	CBM、TBM	
		bボルト、ナット	A		
		cリベット	A		
	塗 装	a全体	C	PBM、CBM、TBM	
	スライドゲート	スキンプレート	a全体	A～B	CBM、TBM
			b底部	A～B	
		桁材	a主桁フランジ	A	CBM、TBM
			b主桁腹板	A	
		水密ゴム	a全体	C	PBM、CBM
		接合部	a溶接	A	CBM、TBM
	bボルト、ナット		A		
	cリベット		A		
	塗 装	a全体	C	PBM、CBM、TBM	
	起伏式ゲート	スキンプレート	a全体	A～B	CBM、TBM
			b底部	A～B	
		桁材	a主桁フランジ	A	CBM、TBM
			b主桁腹板	A	
		ヒンジ軸受	a軸	A	CBM、TBM
bすべり軸受			A		
c軸受本体			A		
接合部		a溶接	A	CBM、TBM	
		bボルト、ナット	A		
		cリベット	A		
水密ゴム	a全体	C	PBM、CBM、TBM		
塗 装	a全体	C	PBM、CBM、TBM		

スキンプレートに桁としての機能がある場合の重要度はA

TBM：時間計画保全 CBM：状態監視保全
PBM：通常事後保全

装置区分	形式	構成機器等	部 位	部位の重要度	保全方式の例
戸当り	各形式共通	側部戸当り	a ローラ踏面板	A	C B M、T B M
		底部戸当り	a 水密板	B	C B M、T B M
		塗 装	a 全体	C	P B M、C B M、T B M
	ゲート起伏	ヒンジ軸受	a 軸	A	C B M、T B M
	b 軸受本体		A		
開閉装置	ワイヤロープウインチ式	電動機	a 全体	A	C B M、T B M
			b 軸受部	A	
		予備エンジン	a 全体	C	C B M、T B M
		油圧押し式（又は電磁）ブレーキ	a 全体	A	C B M、T B M
			b ブレーキ	A	
			c 軸受部	A	
		減速機	a 全体	A	C B M、T B M
		軸継手	a 全体	A	C B M、T B M
		軸受	a すべり軸受	A	C B M、T B M
		開放歯車	a 歯車	B	C B M、T B M
		ワイヤドラム	a 全体	A	C B M、T B M
		ワイヤロープ	a 全体	A	C B M、T B M
		開度計	a 全体	B	C B M、T B M
		過負荷検出装置	a 全体	B	C B M、T B M
		ロープ緩み検出装置	a 全体	A	C B M、T B M
		制限開閉器	a 全体	A	C B M、T B M
		休止装置	a 全体	B	C B M、T B M
		開閉装置フレーム	a 全体	B	C B M、T B M
		塗 装	a 全体	C	P B M、C B M、T B M
	クラッチ（切換装置）	a 全体	A	C B M、T B M	
	スピンドル式	スピンドル	a 全体	A	C B M、T B M
		ステムナット	a 全体	A	C B M、T B M
		スピンドル式開閉装置	a 全体	A	C B M、T B M
	ラック式	ラック式開閉装置	a 全体	A	C B M、T B M
		ラック棒	a 全体	A	C B M、T B M
	油圧式	軸受	a すべり軸受	A	C B M、T B M
		油圧シリンダ	a 全体	A	C B M、T B M
		油圧機器	a 全体	A	C B M、T B M
		油圧配管	a 全体	A	C B M、T B M
		油圧作動油	a 全体	A	C B M、T B M

T B M：時間計画保全

C B M：状態監視保全

P B M：通常事後保全

3) 点検項目と点検周期の検討

設備の点検の実施にあたっては、設備の重要度、部位の重要度、稼働形態、使用条件、環境条件などを考慮して点検項目や点検周期を検討する。設備・部位の重要度や稼働形態を加味した点検項目では、点検項目に軽重を付け、点検内容の合理化を図る。例えば、重要な設備における点検については、年点検・管理運転点検・運転時点検など全てを行うことが望ましいが、点検コストの観点より、設備や部位の稼働形態が待機系と常用系に分かれる場合、運転時点検の頻度が少ない待機系においては、管理運転点検を必須にするなど、点検項目に軽重を付けるとよい。

また、点検周期の検討については、設備の重要度や、稼働形態を考慮し、点検周期を検討するとよい。そのイメージを表1-13に示す。

表1-13 重要度や稼働形態を加味した点検周期の例

設備の重要度	稼働形態(1)	点検周期		
		定期点検		日常点検
		年点検	管理運転点検	運転時点検
A	常用系	1 回/年	-	標準周期
	待機系	1 回/年	標準周期(2)	稼働時
B	常用系	1 回/年	-	標準周期×2(3)
	待機系	1 回/年	標準周期×2(4)	稼働時
C	常用系 / 待機系	1 回/年	-	-

1: 表中における待機系は、一般的に頭首工における洪水吐ゲートなど、常時動作しない設備を指し、常用系とは、取水位や取水量調節のため、常時稼働する土砂吐ゲート(可動堰)や取水口ゲート、あるいは魚道ゲートなどを指す。

2: 標準周期を設定する。非出水期や非利水期においては頻度を少なくすることも可。

3: 運転時点検項目が、管理運転点検項目を満たす場合は、管理運転点検に読み替えて、周期を標準の2倍まで延長可。

4: 重要度Aの標準周期に比べ、2倍程度まで延長可

4) 使用条件と使用環境の検討

ゲート設備の寿命は、設備の使用条件(使用頻度による摩耗部の消耗度合や、疲労度合の相違)や使用環境(水質、大気条件等)に影響されるため、これらを考慮し、点検内容や点検周期に重みを付けるなど、現場条件にあった対応が必要である。

5) 保全対策の範囲と同期化の検討

個々の機器・部品等の保全対策(交換・修理等)をその都度行くと、共通作業回数が増え保全費用が高くなることもあるため、保全対策時期の同期化を図ることが重要である。このとき、設備の保全対策範囲は、設備、装置、機器及び部品の各階層を対象に、機器の特性、保全方式、経済性及び信頼性を勘案して効率的な対策範囲を検討することが重要である(図1-8)。例えば、電動機など機械単体品と呼ばれる機器は、部品単位で交換する場合よりも機器全体を交換する方が作業が容易で信頼性が高く、長寿命化や経済性につながる場合がある。また、主ローラのように複数ある機器・部品等では、どれかに不具合が生じると他も同様な不具合が生じる可能性が高いため、同時に保全対策を行う方が効率的な場合もある。

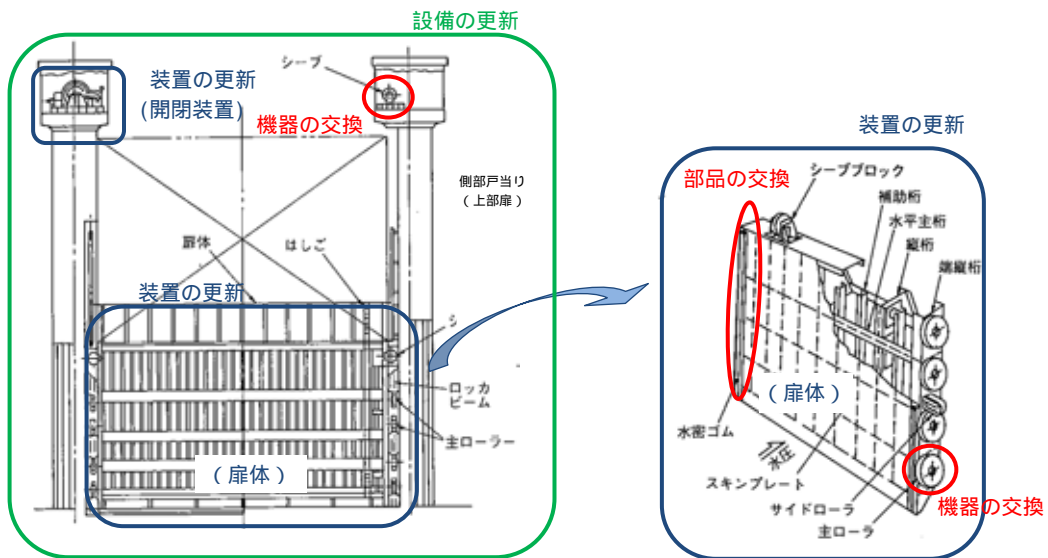


図1-8 施設機械設備の保全対策の単位（頭首工ゲートの例）

1.4 ゲートの性能低下

ゲート設備を構成する機器・部品等は回転体等の可動部、熱発生部や水と接触する部位等を有しており、使用時間とともに摩耗や腐食等の劣化の進行により故障が発生し、やがては設備全体の性能が低下する。

【解説】

(1) ゲート設備の劣化と故障

ゲート設備は、水の制御（止水、水位確保、流量調整）を行うことから流水や流砂にさらされる期間が一般的に長く、使用目的によっては操作頻度も多くなり、腐食、摩耗、局部的変形等の劣化現象が生じ易い環境にある。これらの劣化度合いが許容範囲を超えると、水を制御する機能や設備の強度・剛性等、安全性に関わる性能が低下し、又は操作不能に至って設備そのものの故障以外に、設備周辺への溢水による災害などを引き起こすことにもなりかねない。

設備を構成する機器等は、一般的に使用時間の経過とともに、初期故障、偶発故障、摩耗故障の順に推移して、劣化も次第に進んでいく（この故障率曲線をバスタブ(Bath-tub)カーブと呼ぶ。図1-9）。機器等の劣化は、製造された時点から種々の要因によって、徐々に進行し、設計上の許容範囲を越えたときに故障として現れるが、通常、このような劣化による故障は摩耗故障期に現れる。故障率及び信頼度と経過年との関係を図1-10に示す。

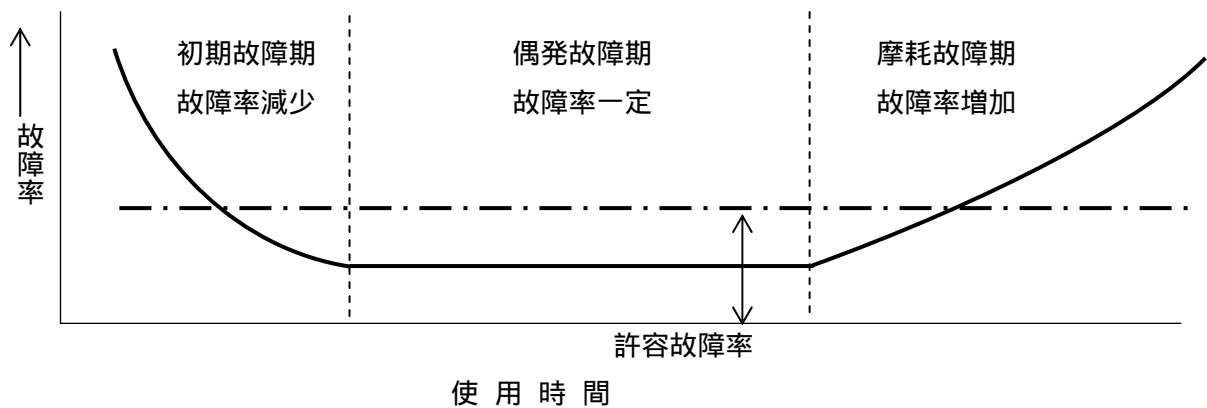


図1-9 使用時間と発生する故障の関係

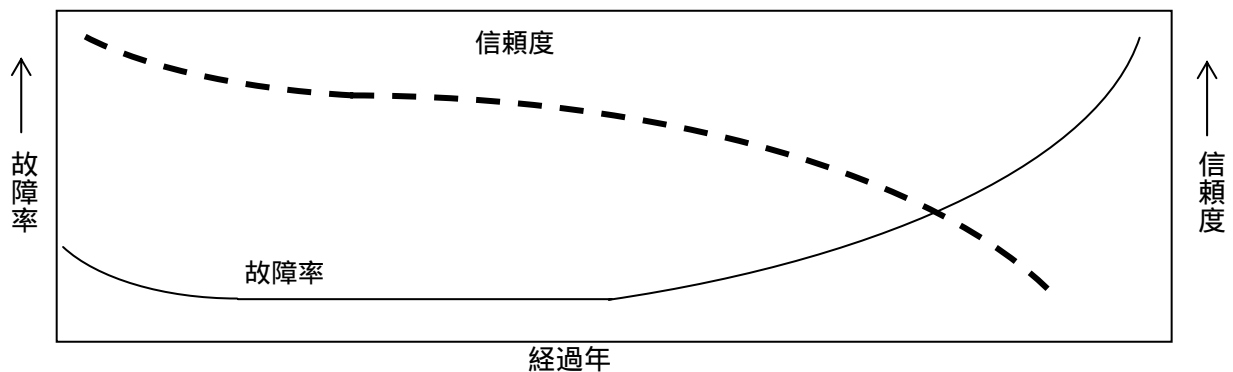


図1-10 故障率、信頼度と経過年の関係

(2) ゲート設備の劣化要因と現象

ゲート設備の劣化要因には、主に機械的、化学・電氣的、環境的要因がある。劣化要因別の代表的な劣化現象を次に示す。

1) 機械的要因

回転部、摺動部、接触部の摩耗

機械的衝突、機械的負荷の繰り返しによる疲労（き裂、破損）

引張、曲げ、ねじれ応力によるひずみ等（クリープ的に増大するもの）

2) 化学・電氣的要因

水との接触による腐食

異種金属間の接触による腐食

3) 環境的要因

気象条件（温度変化（季節、昼夜等）、凍結等）に起因する腐食、変形・破壊等

日光（紫外線）、酸素（オゾン）による塗膜劣化

塵埃、湿気等による電気系統の絶縁劣化

流砂等による摩耗（扉体母材、塗膜）

ゴミ等による塗膜損傷、扉体と戸当りとの間隙へゴミ等がかみ込むことによる操作不良に起因する扉体・戸当りの変形、水密ゴムの損傷

4) その他要因

ネズミ等によるケーブルの食害、爬虫類の機側操作盤内侵入によるショート

鳥害（開閉装置への鳥の巣の影響、鳥の糞による腐食）

1.5 ゲート設備の機能保全の流れ

ゲート設備における機能保全は、日常点検に始まり、機能診断調査、機能診断評価を経て、保全対策や点検・整備計画等を含んだ機能保全計画を策定し、同計画に基づき機能保全対策の実施、再び日常点検、機能診断のサイクルを繰り返すという流れで実施される。

【解説】

ゲート設備における機能保全計画策定までの、機能保全の実施手順を図1-11に示す。

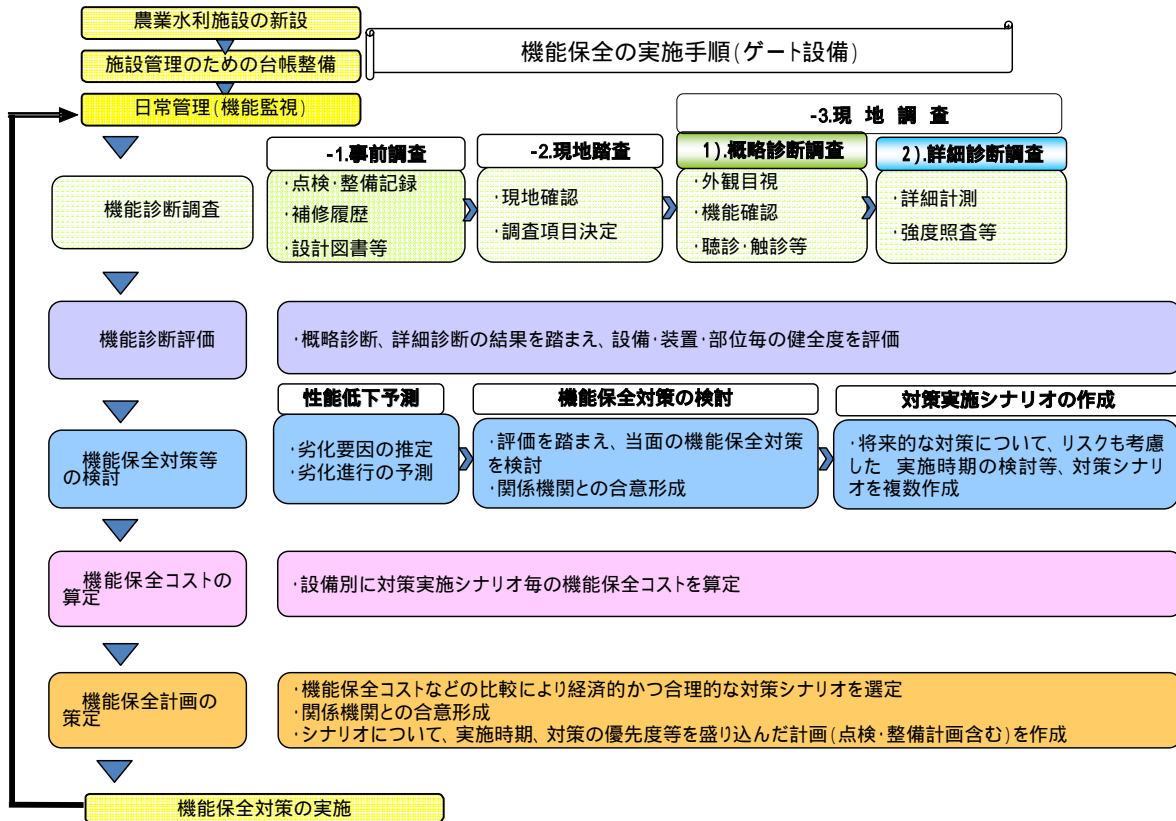


図1-11 機能保全の実施手順

第2章 機能診断調査

2.1 基本的事項

機能診断調査は、事前調査、現地踏査及び現地調査によってゲート設備の性能レベル(健全度)を把握する目的で実施する。機能診断で実施する調査内容や手法の選定にあたっては、構成する機器ごとの特性を踏まえ、調査の目的を明確にした上で、その目的に対応した最適な手段を選択する必要がある。

【解説】

(1) 機能診断調査の基本的な考え方

機能保全では、設備が適正な性能レベルで管理されているかを判断し、性能レベルの低下がみられる場合はレベルの低下に応じた機能保全計画(点検・整備計画を含む)を立案する流れとなる。このうち、性能レベル(健全度)を把握する目的として機能診断調査を実施する。施設管理者が行う点検では要求性能を満たしているか否かを判定するのに対し、機能診断では、どの程度要求性能を満たしているか、あるいはどの程度性能が低下しているかを判定する。このため、事前調査や現地踏査で健全度が判定できる場合(例えば設置後、数年程度の経過で日常管理でも異常がない設備や、適正な点検整備により履歴管理がなされており、健全度が明らかに高い(S-5、S-4)と判断できる場合)は現地調査を省略してもよい。

また、調査を行う際は、調査の結果により判定できる事実がもたらすコストの縮減やリスクの回避といった価値と、調査に要する費用等が見合うものであるか、などの視点での検討も必要である。

なお、機能診断調査に係る情報は、一元化を図りデータベースとして蓄積するとともに、調査にあたっては、これらを施設の状態を把握するための基礎情報として活用する。

(2) 機能診断調査の手順

ゲート設備の機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から以下の3段階を基本とし、ゲート設備の構成要素毎の主要な劣化及び劣化特性を踏まえて、合理的に調査を実施する。詳細な流れは図2-1の機能診断調査の手順に示すとおりである。

資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査

設備の概況把握、仮設の必要性確認、現場の制約事項の確認等を行う現地踏査

目視、計測等により定性的・定量的な調査を行う現地調査

1) 事前調査

事前調査は、現地調査の実施方法の検討を目的とし、農業水利ストック情報などのデータベースの参照、設計図書、点検整備記録、管理・故障・補修履歴等の文献調査、施設管理者からの聞き取り調査等により、機能診断調査のための基本的情報を収集する。

2) 現地踏査

現地踏査は、技術的知見を持つ技術者が目視により対象施設を調査することで、劣化箇所
の位置、劣化の内容や程度、ゲート水没部等の不可視部分、現地調査に伴う仮設等の必要性
などを概略把握し、現地調査の実施方法や調査範囲を具体的に検討することを目的とする。

3) 現地調査

現地調査は、事前調査、現地踏査の結果から、設備の重要度や経済性を踏まえて効率的な
調査計画を検討し、現地において定性的・定量的な調査や診断を実施する。診断には、五感
による目視・聴音等や簡易計測等の簡易診断による定性的な概略診断調査と、必要に応じ詳
細計測等を行う定量的な詳細診断調査の流れで調査を行う。

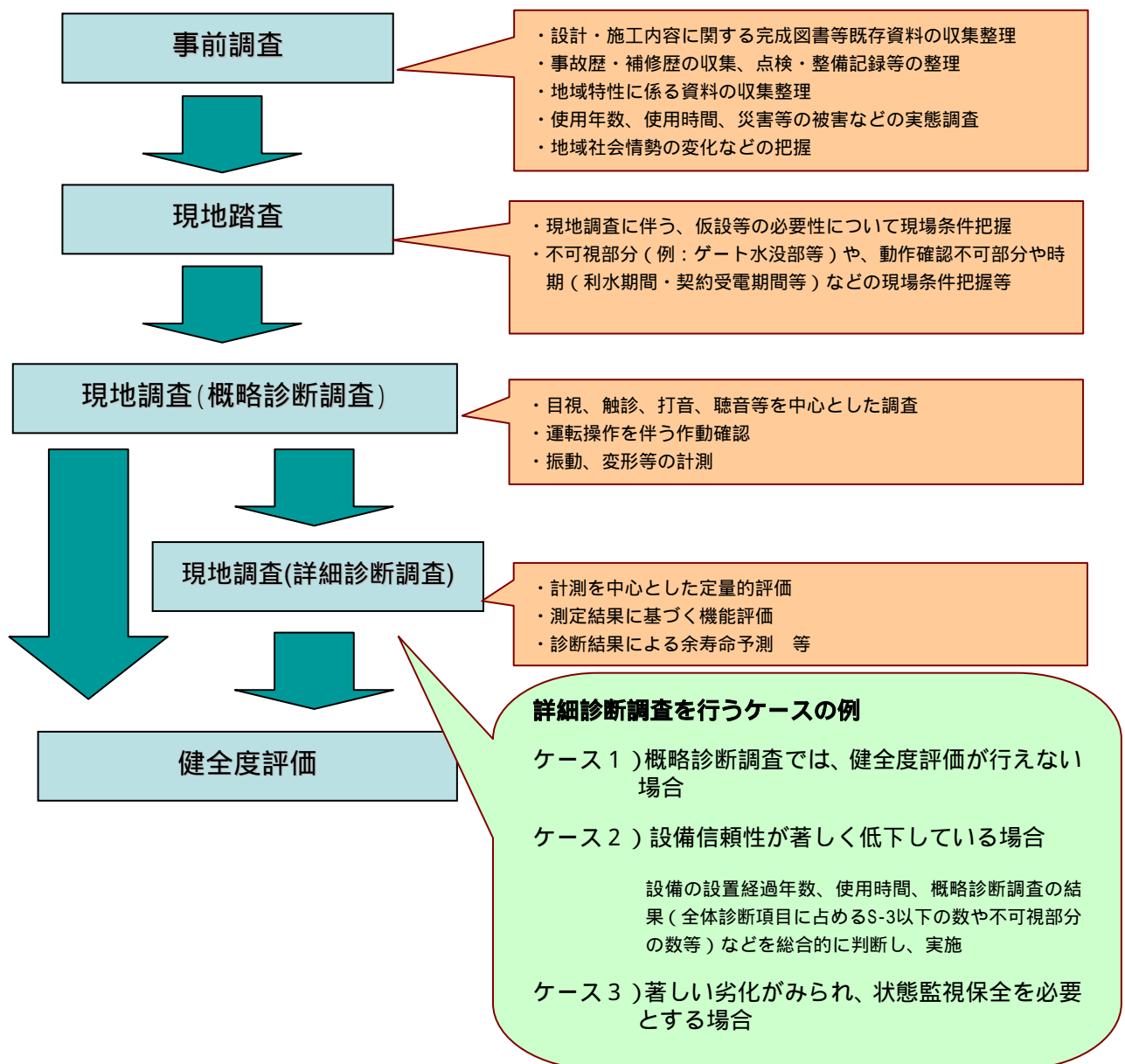


図2-1 機能診断調査の手順

2.2 事前調査

事前調査では、設備の状況や問題点等を把握するために、関係機関から事前に既存資料収集や聞き取り調査等を行う。これにより、現地での機能診断調査項目を決定し、健全度評価や劣化対策等に必要となる情報を収集・整理する。

【解説】

(1) 既存資料の収集・整理

1) 設計、施工内容に関する既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、施設管理者等から頭首工の設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（竣工図、施工記録等）、施工方法、使用材料、施工年月及び事業誌、工事誌、用地関係の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、施工者に対して聞き取り調査を行う。

特に、板厚減少（腐食）量や軸受の摩耗量判定並びに傾向管理による判定を行う場合、設置当初の計測値と対比する必要があることから、装置や機器の仕様・施工管理データを収録した当該設備の「完成図書」が必要となる。

また、設置後の運転記録（運転時間や計測機器の指示値及び故障データ含む）や今日まで設備に対して実施してきた機器・部品等の交換及び補修等の状況を把握できる「故障履歴情報」「補修・整備履歴情報」「運転操作記録」「点検・整備時の計測記録情報」等を収集するものとし、施設管理者からこれらの情報の聞き取りを行い整理するものとする。

主な調査項目は次のとおりである。

頭首工の名称、所在地、設計者及び施工者

この項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聞き取り調査を行う。

竣工年月

設計図書、竣工図面などから竣工年月（施工時期）を調査する必要がある。劣化現象は経年的に進行する場合もあることから、竣工後の経過時間を把握することにより、劣化現象の原因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。

また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

設計内容

設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（竣工図、施工記録、取扱説明書等）から、構造物の用途・規模・構造等、当初の設計条件、荷重条件、地盤条件、部材条件等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、当初と現在の設計基準・規格内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準により安全性の確認を行う。また、現地踏査及び現地調査結果と比較することにより、設計条件との違いを明らかにし、それにより劣化要因を想定することが可能となる。

運転履歴・維持管理内容

施設機械設備の劣化は設備の運転時間、維持管理内容やその頻度に大きく影響されるため、

運転記録や維持管理内容・頻度、保守整備費等の情報を収集する。

2) 事故履歴・補修履歴の収集整理

設備を良好な状態に維持し、適切な整備・補修方法を選定するためには、設備の故障や整備・補修の履歴を所定の様式により記録し、設備の機能・性能がどのような状態にあるかを絶えず把握しておく「履歴管理」が重要である。

整備・補修の履歴は、設備の機能状態、劣化状態等を定量的に把握するための基礎資料として可能な限り詳細に記録しておくことが必要であり、これらデータの変化や推移をみることで異常の兆候をいち早く発見するのにも有効利用できるためこれらの情報を収集する。特に写真データが経年劣化の推移を把握する有効な手段である。

履歴管理に必要な項目と内容については表2-1に示す。

表2-1 履歴管理に必要な項目と内容

項目	内容
点検・保守記録 整備・補修記録 故障・修理記録 運転記録	日常、定期、臨時点検結果、外部委託の場合に要した費用 整備・補修内容、整備・補修年月日、補修交換部品等名称、 整備・補修に要した費用 故障部位、故障内容、故障原因、故障発生年月日、 修理処置内容、交換部品等名称、修理年月日、修理に要した費用 運転時間（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等）

3) 地域特性に係る資料の収集整理

塩害、酸性河川等の水質環境、塵芥物等により劣化を促進させる地域特性が存在する場合は、これらを把握しておくことが必要である。

4) 施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

施設管理者に対する問診事項としては、設備のどの部分に、どのような劣化や異常が発生しているかを基本とするが、可能な限り劣化の程度や水管理・保守上の課題、維持補修費用、ゲート等の操作の実態等まで確認することが必要である。

劣化が顕在化している箇所では、設備改修の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。ゲート設備は河川に設置される構造物であることから、河川流況や取水期間等により対策範囲や期間に制約を受けることが多いため、現地調査時に断水調査等を想定している場合は、通水期間、断水可能期間（時間）などを把握しておく。

施設管理者への問診は、通常、表2-2～2-5の例に示すような事前調査表に施設管理者が定期的に記入し、それらの調査票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。

頭首工等のゲート設備は、設置後、数十年経過している場合、ゲート設備を取り巻く周辺環境も大きく変わっていることが多い。流砂や流木及び塵芥物の流下物や水質の変化、設備の管理体制や操作対応の変化等も、「機能保全計画書」作成時の対策工法等の決定に重要な要素となるため、事前調査において把握する必要がある。

表2-2 ゲート設備の事前調査表（設備概要） 記載例(1/4)

項 目	内 容
1. 地区の概要	
事業名	国営 農業水利事業
地区名	平野地区
ゲート設備名称	頭首工
設置場所	市 町字 地先
管理者名	改良区
施工業者名	鉄工所(株)
施工費用	千円
設置年月日(供用年月日)	昭和43年3月(供用：昭和43年4月1日)
設備概要 (主要機器仕様)	洪水吐ゲート：起伏ゲート(油圧式) 10.5m×2.0m 2門 土砂吐ゲート：電動ワイヤロープ式ローラゲート 5.5m×2.5m 1門 0.3m/min 1.5Kw 取水ゲート：四方水密電動スピンドル式ローラゲート 3.0 m×1.5m 1門 0.3m/min 2.2Kw 操作設備：中央-機側 監視操作卓、現場操作盤 3面
ゲート設備全体図	
ゲート設備全景写真	

表2-3 ゲート設備の事前調査表（設備概要） 記載例(2/4)

項 目		内 容				
1. 設備の概要						
設 備 名	洪水吐ゲートNO1					
設 備 仕 様	起伏ゲート(油圧式) 10.5m×2.0m					
施工業者名(保守業者含)	鉄工所(株)					
施 工 費 用	千円					
設置年月日(供用年月日)	昭和43年3月(供用：昭和43年4月1日)					
2. 設備全体写真						
3. 点検・整備実績						
実施年月日	対象機器	点検整備内容	実施者(業者名等)	費用 (千円)		
S45. 3.26	開閉装置	注油点検整備・片吊り調整	(株) 鉄工所			
S51.10.23	扉体・開閉装置	塗替塗装	塗装店			
S61.10. 9	機側操作盤	取替	(株) 鉄工所			
4. 機器・部品等の交換実績						
交換年月日	交換機器・部材名	規格・材質・メーカ	交換理由	数 量		
S61.10. 9	マグネットSW		劣化	3 個		
H 3.11.23	油圧ユニット		油漏れ・油圧変動	1 式		
5. 故障・不具合の記録						
発生年月日	故障原因	工期	故障前の兆候	内容	取替部品内訳	費用 (千円)
6. 事故記録						
発生年月日	原 因	内 容		対応措置方法		
7. 管理・操作体制状況						
管理人員 名						
8. その他特記事項						

各設備毎に作成する。

表2-4 ゲート設備の事前調査表（設備点検・整備履歴） 記載例(3/4)

設備名	装置区分	部位名	施工方法	初期投資費 (千円)	設置後経過年数										合計 (千円)		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	30			
取水ゲート	扉体	構造材 水密部	(既設を継続使用) 既設仕様のままゴムのみ交換												74	0 74	
		塗 装	再塗装(エポキシ系)										102			102	
		整備費	小計		0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	74	176	
			累計		0	0	0	0	0	0	0	0	102	102	176	176	
	戸当り	底部戸当り	(既設を継続使用)													0	
		側部戸当り	(既設を継続使用)													0	
		取外し 戸当り	(既設を継続使用)													0	
		塗 装	再塗装(エポキシ系)													37	37
		整備費	小計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	37
			累計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	37
	開閉装置	開閉機本体	既設仕様で交換													0	
		スイッチ類	既設仕様で交換													21	21
		塗 装	再塗装(エポキシ+ポリウレタン系)											21		21	
		ステムナット	既設仕様で交換													0	
		スピンドル	既設仕様で交換													0	
		整備費	小計		0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	21	42	
			累計		0	0	0	0	0	0	0	0	21	21	42	42	
	整備費の集計	整備費 合計		800	0	0	0	0	0		0	0	0	132	255		
		整備費 累計		800	0	0	0	0	0		0	0	123	255	255		

表中の数値は整備費（千円）（仮設・人件費込み）を示す。

印:交換、 :補修（事故や故障による交換、補修の場合は、 とすること）

表2-5 ゲート設備の事前調査表（設備の現状） 記載例(4/4)

整理番号	001	調査年月日	平成19年8月30日
地区名	地区	記入者	山田 太郎
施設名	頭首工	前回分解点検実施年月日	平成 年 月 日
項目	異常の有無、内容 ¹		異常箇所 ²
構造上の 変状	扉体構造部	1. 異常有り 清掃状態が不良である（ごみ、流木、土砂の堆積等） 外観に異常が見られる（塗装損傷・劣化、発錆、構造部の損傷・変形、ボルト・ナットのゆるみ・脱落等） 異常な振動・音が発生している 片吊りが発生している 著しい漏水が見られる その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	1号ゲートスキンプレート
	扉体可動部 （ローラ・シーブ等）	1. 異常有り 外観に異常が見られる（塗装損傷・劣化、発錆、損傷・変形、ボルト・ナットのゆるみ・脱落等） 異常な振動・音が発生している ローラ・シーブ等の作動不良が見られる 給油不良が見られる（給油不足、給油装置故障等） その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	1号ゲート右岸主ローラ
	戸当り	1. 異常有り 清掃状態が不良である（ごみ、流木、土砂の堆積等） 外観に異常が見られる（塗装損傷・劣化、発錆、摩耗、損傷・変形、ボルト・ナットのゆるみ・脱落等） その他の異常が見られる（ ） ゲート底部からの漏水が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	開閉装置	1. 異常有り 正常に機能していない（開閉操作ができない等） 老朽化が著しい（操作性の低下等） 異常な振動・音が発生している 異常な過熱が見られる（絶縁劣化、変形、ひずみ等） 異臭がする 給油不良が見られる（給油不足、給油装置故障等） その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	電気機器	1. 異常有り 外観に異常が見られる（盤面及び盤内機器変色等） 計器類が正常に作動しない 異常な振動・音が発生している 異常な過熱が見られる（絶縁劣化、変形、ひずみ等） 異臭がする その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】・配電盤回路の絶縁抵抗値が低下している	
	定期点検実施の有無	1. 定期的を実施（前回実施日：H18年8月30日） （周期： に1回） 2. 不定期に実施（前回実施日：H 年 月 日） 3. 未実施 4. 点検・整備記録の有無 【特記】 適用しているマニュアル名を記載する。（例 基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（頭首工編））	

1：異常の有無、内容は、該当する番号に 印をつける。

2：異常箇所は、発生している位置を記入する。（例 1号ゲート右岸主ローラ）

2.3 現地踏査

現地踏査では、現地調査の実施手順等を決定するために、事前調査で得られた情報をもとに現地にて、現場条件などの必要な事項を把握する。

【解説】

事前調査で得られた情報をもとに、現地を踏査して設備一式を観察することを原則とする。劣化箇所の位置や劣化の内容、程度を概略把握し、現地調査箇所、調査項目、調査方法を決定する。現地踏査は、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者（土地改良区等）と一緒に実施することが望ましい。

現地踏査では、運転中の状況確認が非常に重要であるため、調査の実施時期について、施設管理者と十分な調整が必要である。

（1）踏査方法

目視により設備全体を観察し、劣化の有無や劣化の有無や劣化の内容・程度を概略把握する。

劣化の原因把握のため水質など周辺環境条件等を把握する。

現地調査に先がけて、不可視部分の確認、仮設の必要性の有無、動作確認に必要な電源の確保の可否、診断可能時期などの把握を行う。

（2）現地踏査時の問診

現地踏査時に施設管理者及び操作員に対して行うゲート設備の問診例として、ゲート設備の現地踏査表の記載例を表2-6に示す。

なお、現地踏査では、定量計測等の現地調査が可能かどうかを確認する。

特に各ゲートの全閉全開の可否と、可の場合は操作許容時間を確認するとともに、河床面への進入方法を確認することも重要である。

表2-6 ゲート設備の現地踏査表 記載例

整理番号		踏査年月日	平成 年 月 日
地区名	地区	記入者	
施設名	頭首工 ゲート		
写真整理No.	No. - ~ -		
異常等現地確認	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)	事前の問診調査内容に追加等なし	
	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)		
環境条件	堆砂状況	特に問題なし	
	水質状況	汽水域に設置されており、扉体・戸当りの腐食が懸念される。	
	その他		
仮設の必要性	吊上げ設備	吊上げ用トラッククレーン(ton級)が必要	
	足場	不要	
	水替工	仮締切り及びそれに伴う水替工が必要。	
	その他	重機・大型トラック(ton級)のアクセスにも問題ない。	
診断時期	受電期間	通年受電	
	ゲート開放の可否	可能	
	診断時期	上記より農閑期(月 日~ 月 日)であれば、診断可能	
現場状況の制約事項	動作確認の可否	可能	
	不可視部	下部ローラ	
	その他		
必要な安全対策	一般的な安全対策を適用すればよい。		
特記事項： 特に無し			

2.4 現地調査

現地調査では、事前調査・現地踏査で得られた結果等を勘案して、調査項目及び調査内容を設定し、目視や計測等により劣化の程度を定性的・定量的に把握する。

現地調査を実施するにあたり、現場条件により制約を受ける場合においても、可能な限り、効率的な調査を行い設備の健全度の把握に努める必要がある。

【解説】

土地改良施設を有効に利用するためには、設備の長寿命化や保全コストの低減、更には更新をいかに合理的・経済的に実施するかが重要である。

そのためには、設備の機能診断調査を行い、余寿命を把握し、その結果をもとに有効な保全対策を検討することが必要である。

設備の機能診断調査は、当該時点での設備の機能・性能がどの程度の状態になっているのかを判断するものであり、これらの結果より、余寿命を推定し、異常あるいは故障に関する原因及び将来への影響を予知・予測するものである。設備の診断は、五感や簡易な計測などによる概略診断調査、必要に応じ専門技術者が行う詳細診断調査とレベルを高めていく方法をとる。

なお、現地調査を行う場合、写真管理を行っておくと、経年劣化の進行状況や、専門家などへ意見を求める場合に有効である。

また、現地調査で、ゲート操作を伴う調査を行う場合は、管理規程等を遵守する必要がある。

(1) 概略診断調査

目視、触覚、聴覚等、人間の五感による判断と付属計器類の指示値、簡易計測器の測定値、日常・定期点検記録や整備・補修記録及び運転操作記録等から異常の有無の確認が主な作業内容となる診断である。概略診断調査において健全度の把握ができない場合は詳細診断調査に移行する。

ゲート設備における異常音などの判断は、通常維持管理時の正常時の音と比較し、相対的な判断を要するため、施設管理者を伴う診断が必要となる。

(2) 詳細診断調査

設備・機器・部材の状態について、専門技術者が行う調査であり、計測器等を用いた定量的調査（強度計算等を含む）や定性的調査の総合判断によって、劣化の程度（原因）の判定を行うものである。

なお、概略診断調査で問題がみられなくても、回転体の摺動部など、経年変化や使用時間に伴って摩耗する部位について、定期的な交換や点検・整備がなされていない場合は、耐用年数や使用時間を考慮し、必要に応じて詳細診断調査を行うことを検討するとよい。

一度測定等の詳細診断調査を行うことにより摩耗の進行速度や余寿命等を予測でき、適切な補修・取替え時期の判断が可能となる。

(3) 不可視部分の取り扱い

設備の現場条件によっては、点検や機能診断調査が行えない不可視部分（部位）がある。その不可視部分については、別の診断方法による評価を行う。

1) 代表的な不可視部分

不可視部分の想定される理由は、常時水没状態であり開閉操作が困難な設備及び操作を行う場合に大規模な仮設を必要とする設備等があげられる。

これによる不可視部分の項目は次のとおりである。

主ローラの回転確認

主ローラやシーブ部軸受の摩耗量確認

開閉装置の軸受の摩耗量確認

水没状態にある扉体・戸当り診断

操作できない開閉装置診断

また、軸受の摩耗量を正確に計測するには、主ローラ、シーブ、開閉装置（ドラム、ピニオン）の軸受と軸を分解して測定することになる。

軸受の摩耗量調査については、操作や点検が容易なゲート設備であっても、仮設や作業員の確保、現場によっては、施工機械の調達や組み立て後の機器調整等が必要となり、費用も日数も要することから困難を伴う調査である。そのため、場合によっては不可視部分に準じた扱いとし別途診断調査・評価を行う。

2) 不可視部分の評価

以下に評価の取扱い例を示すが、適用にあたっては診断結果から求めるものが診断コストに見合うものであるか、十分な検討が必要である。

主ローラの回転：軸受の評価と併用

操作可能な場合：電流値から推測（正常値との比較）

操作不可の場合：施設管理者に聞き取り

軸受の摩耗

- ・ 運転時間で評価
- ・ 標準寿命に対する経過年数で評価

但し、個別状況を加味して判断する。

使用頻度、水中or陸上部（屋内or屋外）、水質、給油有無、粉塵有無等

- ・ 軸及び軸受端部が開放できる場合は、スキマゲージによる計測で評価
- ・ 回転部のジャッキアップが可能な場合は、ローラ、軸等の移動量測定で評価

水没している扉体・戸当り

- ・ 潜水土による状態確認、板厚測定
- ・ 水中カメラによる確認
- ・ 標準寿命による経過年数で評価

但し、個別状況を加味して判断する。

操作頻度、水質、再塗装間隔 等

操作できない開閉装置

- ・ 電動機の絶縁抵抗値の測定で評価
- ・ 標準寿命による経過年数で評価

表2-7 ローラゲート扉体・戸当り 概略診断調査表の例

頭 首 工 名				コ ー ド									
用 途				調 査 者 氏 名									
機 器 名 称				調 査 年 月 日									
号 機 名				仕 様									
製 造 者													
製 造 番 号													
製 造 年 月 日				運 転 頻 度	回 / 年 程 度								
				回 / 月 程 度									
装置区分	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件	調査結果		参考調査項目NO.
											項目別健全度	部位別健全度	
扉体	全体	A	-	-		清掃状態	C	目視	ひどい汚れ・油の付着が無いこと ゴミ、土砂、流木等がないこと	停		2	
			-	8		塗装	C	目視	さび、ふくれ、われ、はがれがないこと	停		3	
			-	-		振動	A	目視、聴音、指触	異常な振動がないこと	運		9	
			-	-		異常音	A	聴音	異常な音がないこと	運		9	
			-	-		作動(制御、片吊等)	A	目視	制御・開閉に支障がないこと	運		5	
			-	-		漏水	A	目視	利水上の機能に支障がないこと	停		6	
	桁材	A	-	40		水抜穴	C	目視	つまっていないこと	停		2	
			-			変形	A	目視	変形がないこと	停		4	
			-			摩耗、損傷	A	目視、指触	損傷及び摩耗がないこと	停		7	
	主ローラ	A	-	40 (20)		摩耗、損傷	A	目視、指触	損傷及び摩耗がないこと	停		7	
			-			作動	A	目視	開閉操作時回転している ローラがほぼレールの中心にあること	運		11	
			-			変形	A	目視	変形がないこと	停		4	
	サイドローラ	C	-	40 (20)		摩耗・損傷	C	目視	損傷及び摩耗がないこと	停		7	
			-			作動	C	目視	正常に作動すること	停		11	
	スキンプレート	A B	-	40		接合部の漏水	A	目視	利水上の機能に支障がないこと	停		7	
			-			変形	A	目視	変形がないこと	停		4	
			-			摩耗、損傷	A	目視、指触	損傷及び摩耗がないこと	停		4	
	シーブ	A	-	40 (20)		作動	A	目視	異常なく回転すること	運		11	
			-			摩耗、損傷	A	目視、指触	損傷及び摩耗がないこと	停		7	
	水密ゴム	C	-	10		変形	C	目視	変形がないこと	停		4	
			-			損傷、摩耗	C	目視、指触	損傷等異常がないこと	停		7	
	接合部	A	溶接	40		われ	A	目視	われがないこと	停		8	
			ボルトナット			ゆるみ、脱落	A	目視	ゆるみ、脱落がないこと	停		8	
	給油装置	C	-	15 (5)		グリース量	C	目視	グリース量が適当であること	停		10	
-			作動			C	手動	ポンプのハンドルを数回操作して、適正な圧力が発生すること	停		10		
-			損傷			C	目視	漏油、接続不良がないこと	停		10		
潤滑油	C	-	3		品質	C	目視、指触	劣化していないこと	停		10		
		-			給油状態	C	目視、手動	給油量が適正であること	停		10		
戸当り	全体	A	-	-		清掃状態	C	目視	ひどい汚れ・油の付着が無いこと ゴミ、土砂、流木等がないこと	停		2	
			-	8		塗装	C	目視	さび、ふくれ、われ、はがれがないこと	停		3	
			-	-		漏水	A	目視	利水上の機能に支障がないこと	停		6	
	側部戸当り	A	ローラ踏面板	40		変形	A	目視	変形がないこと	停		4	
			戸溝保護板			損傷	A	目視	損傷が無いこと。	停		4	
						摩耗	A	目視	摩耗がないこと	停		7	
	底部戸当り	B	水密板	40		変形	B	目視	変形がないこと	停		4	
						損傷	B	目視	損傷が無いこと。	停		4	
						摩耗	B	目視	摩耗がないこと	停		7	
	接合部	A	溶接	40		われ	A	目視	われがないこと	停		8	
			ボルトナット			ゆるみ、脱落	A	目視	ゆるみ、脱落がないこと	停		8	

スキンプレートを桁材の一部として使用している場合の重要度はA
 点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
 本調査表は参考資料編より一部抜粋し掲載。
 参考調査項目No.とは、参考資料編の概略診断調査の番号である。

表2-8 ローラゲート扉体・戸当り 詳細診断調査表の例

頭		首		工		名		コード						
用途		機		器		名		称						
機		器		名		称		ローラゲート 扉体・戸当り						
号		機		名		称		仕様						
製		造		者		者		製造番号						
製		造		番		号		製造年月日						
製		造		年		月		日						
運		転		頻		度		回/年程度						
回		/		年		程度		回/月程度						
装置区分	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	目視・計測部位	許容値又は判定基準	点検条件	調査結果		参考調査項目NO.
												項目別健全度	部位別健全度	
扉体	全体		塗装	8		膜厚	C	計測	塗装部	設計値と同等であること	停		6	
				40		傾き	A	計測	扉体両端	開閉に支障がないこと	運		2	
	桁材	A	主桁	40		たわみ	A	計測	扉体中心	ゴム水密：径間の1/800 金属水密：径間の1/1000	停		7	
						局所変形	A	計測	変形箇所	桁高1m当りの変形量が余裕厚を除いた板厚の1/3以内	停		5	
						腐食	A	板厚計測	主桁の肉厚	「6mm・余裕厚」又は使用板厚の1/2の大なる方	停		2	
		応力	A			応力計算	主桁の応力	許容応力度未滿	停		7			
		補助桁	局所変形			A	計測	変形箇所	桁高1m当りの変形量が余裕厚を除いた板厚の1/3以内	停		5		
			腐食			A	板厚計測	補助桁の肉厚	「6mm・余裕厚」又は使用板厚の1/2の大なる方	停		2		
	応力		A	応力計算	補助桁の応力	許容応力度未滿	停		7					
	主ローラ	A	軸	40		摩耗	A	計測	軸受の間隙	JISB0401の穴基準でH7, f6等級に仕上げた最大の隙間の3倍	停		4	
			すべり軸受	20		摩耗	A	計測	軸受の間隙	JISB0401の穴基準でH7, f6等級に仕上げた最大の隙間の3倍	停		4	
		ローラ	40		硬度	A	硬度計測	ローラ踏面	設計値（材料値）と同等以上であること	停		8		
					応力	A	計算	接触応力度	許容応力度未滿	停		7		
	スキンプレート	A B	全体	40		変形	A	計測	変形箇所	1パネル内の変形量が余裕厚を除いた板厚の1/2以内	停		5	
腐食						A	板厚計測	スキンプレートの肉厚	「6mm・余裕厚」又は使用板厚の1/2の大なる方	停		2		
応力						A	応力計算	スキンプレートの応力	許容応力度未滿	停		7		
シーブ	A	軸	40		摩耗	A	計測	軸受の間隙	JISB0401の穴基準でH7, f6等級に仕上げた最大の隙間の3倍	停		4		
		すべり軸受	20		摩耗	A	計測	軸受の間隙	JISB0401の穴基準でH7, f6等級に仕上げた最大の隙間の3倍	停		4		
水密ゴム	C	全体	10		材料劣化硬度	C	計測	水密ゴム	設計値（材料値）と同等であること	停		9		
接合部	A	溶接	40		切損	A	試験	溶接部	割れ・きれつがないこと	停		3		
戸当り	全体	A	塗装	8		膜厚	A	計測	塗装部	設計値と同等であること	停		6	
	側部戸当り	A	ローラ踏面板	40		変形	A	計測	変形箇所	長さ1mの範囲で変形量1mm以内	停		5	
						切損	A	試験	ローラ踏面板	割れ・きれつがないこと	停		3	
						摩耗	A	板厚計測	ローラ踏面板	「6mm・余裕厚」又は使用板厚の1/2の大なる方	停		2	
						硬度	A	硬度計測	ローラ踏面板	設計値（材料値）と同等であること	停		8	
						応力	A	計算	接触応力度せん断深さ	許容応力度未滿	停		7	
	底部戸当り	B	水密板	40		変形	B	計測	変形箇所	長さ1mの範囲で変形量1mm以内	停		5	
摩耗						B	板厚計測	水密板	「6mm・余裕厚」又は使用板厚の1/2の大なる方	停		2		

スキンプレートを桁材の一部として使用している場合の重要度はA
 点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
 板厚等で調査ができる場合には応力計算による調査を省略してもよい。
 本調査表は参考資料編より一部抜粋し掲載。
 参考調査項目No.とは、参考資料編の詳細診断調査の番号である。

第3章 機能診断評価

3.1 機能診断評価の視点

機能診断評価は、構成する設備の部位毎に行うことを基本とし、機能診断調査の結果から設備・部位の性能低下状態やその要因を把握するとともに、設備・部位の健全性を総合的に把握し、性能維持や機能保全計画策定のために行う。

【解説】

機能診断調査より得られた結果をもとに健全度評価を行い、性能レベルが低下しないように施設管理者に対し助言を行い、点検・整備を通じ性能維持に努めてもらう必要がある。

また、性能低下が著しく、経済性からも性能維持が困難な場合など、更新に向けた判断指標として、健全度を把握する必要がある。表3-1に施設機械設備における健全度ランクの区分を示す。

表3-1 施設機械設備における健全度ランクの区分

健全度ランク	設備・装置・部位の状態の例	現象例	対応する対策の目安
S-5	・異常が認められない状態	新設時点とほぼ同様の状態	対策不要
S-4	・軽微な劣化がみられるが、機能上の支障は無い状態	軽微な変形や摩耗が認められるが基準値内であり、機能上の支障は無い状態	継続監視 (予防保全含む)
S-3	・放置しておくとも機能に支障がでる状態で、劣化対策が必要な状態	調査結果が基準値を超過するなど、劣化対策が必要な状態	劣化対策
S-2	・機能に支障がある状態 ・著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	設備機能停止のおそれがあるなどの危険な劣化や著しい異常が認められる状態 ・調査結果が基準値を著しく超過するなど、至急劣化対策が必要な状態 ・ゲートの開閉に支障をきたすような変形が見られる状態	至急劣化対策
S-1	・設備等の信頼性が著しく低下しており、補修では経済的な対応が困難な状態 ・ 機器の陳腐化により、代替品の入手が困難かつ至急対策が必要な状態 ・近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態 ・ その他、設備の性能が著しく低下している状態 ・本来的機能及び社会的機能における性能が総合的に著しく低下している状態	調査の結果、部位等のS-3、S-2評価が多く、補修よりも更新(全体・部分)した方が経済的に有利な状態。 ・重要部位等が機器の陳腐化により、代替品の入手が困難であり、対策に緊急を要する状態	更新 (全体・部分)

(1) 健全度の考え方

機能診断調査の結果から、現状の性能レベルを健全度という指標で判定する。健全度は、低い状態から高い状態へS - 1からS - 5で示し、S - 4を劣化対策要否判定の基準レベル（要求性能が満足されている状態）とする。

性能管理においては、日常管理における点検・整備を通じて、健全度をS - 4レベルに維持することを基本とし、S - 1からS - 3の健全度と判定された場合は、性能レベルを回復するための対策を講じる必要がある。

ただし、S - 3の健全度と判定された場合については、維持管理コスト等の問題により早急な対策実施が困難な場合、点検・監視を強化するなどして健全度が急激に変化しないことを確認するという条件で対策実施までの供用を許容する。この点で、S - 5～S - 3までを性能管理の範囲とする。なお、S - 2についてはこれを許容せず直ちに対策を施すこととする。

~~健全度の時系列的な関係は、図3-1に示すとおりであるが、S - 1評価についてはの指標である~~
~~構造物の性能の限界値には、~~安全性等の構造的な面のみでなく、維持管理費などの経済性、修復性や環境性なども加味する必要がある。このため、機能保全対策では、性能低下に伴う維持管理費の経年増加や部品等の陳腐化による入手困難性、その他老朽化による周辺景観への影響等の環境適合性などの情報を加味し、適切な更新計画を立案することが重要である。S - 1評価の検討要素は、本来的機能は現地調査等、社会的機能は事前調査等により把握し、長期シナリオへ反映する。

健全度の時系列的な関係は図3-1に示すとおりである。また、更新の要否に用いるS - 1評価の際の要求性能レベルの設定及び主な検討要素の例を図3-2に示す。

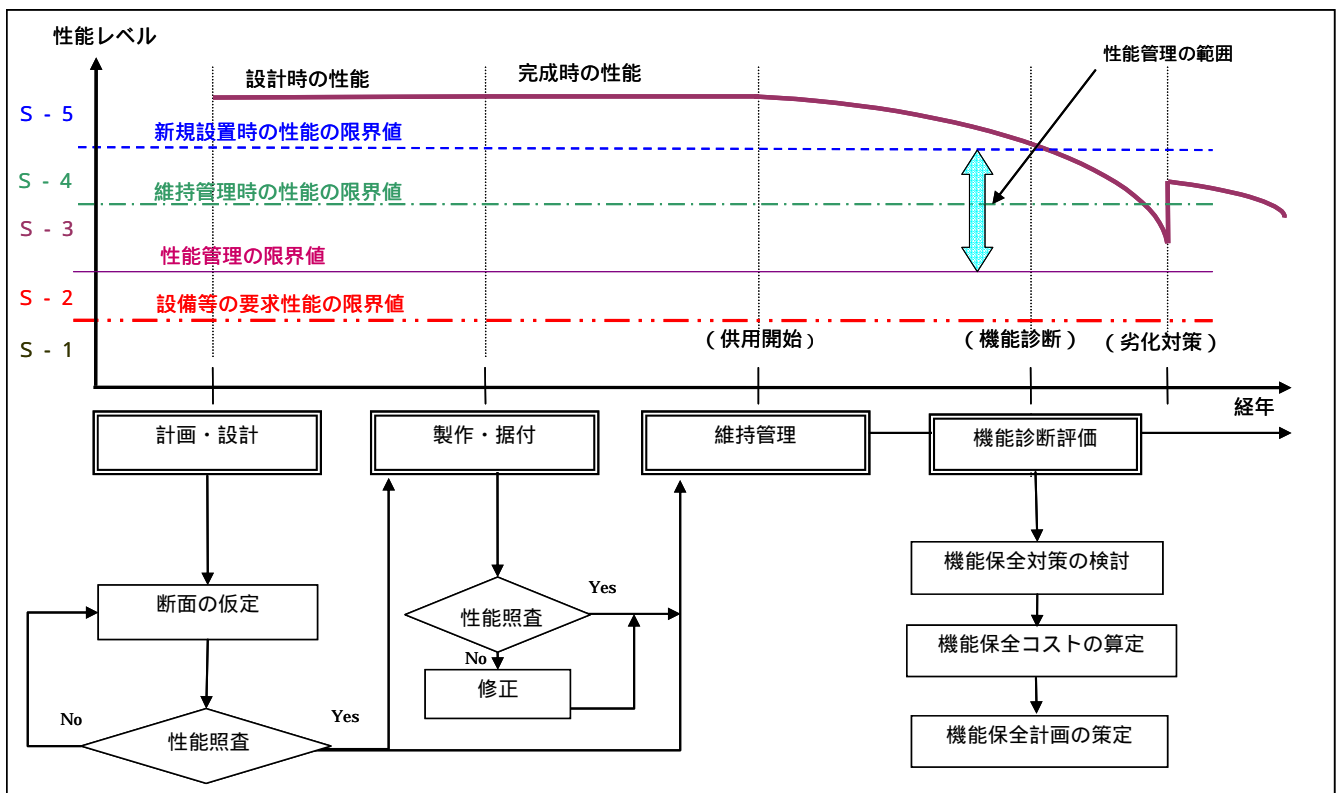
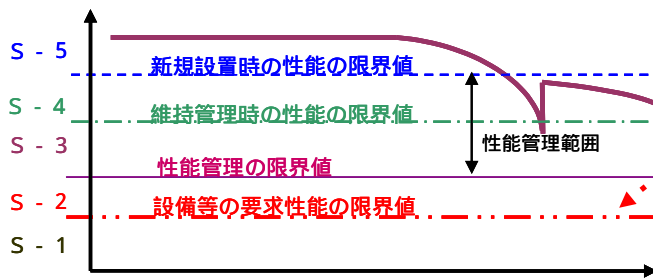


図3-1 時系列変化で観た健全度



要求性能レベル (S-1) の設定

機能診断調査結果がS-2、S-3であっても、要求性能の総合評価によりS-1評価となる場合がある。

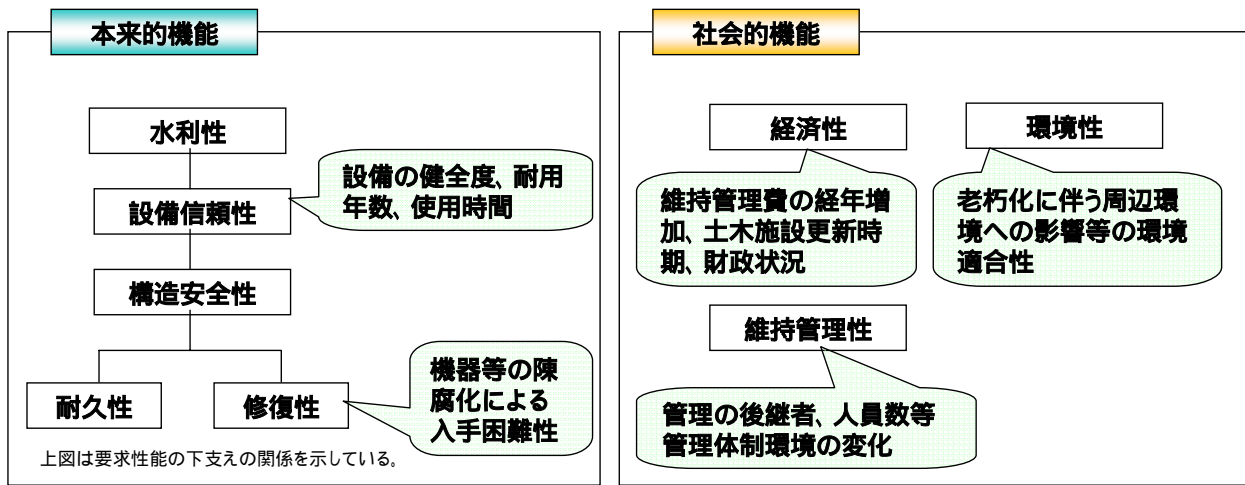


図3-2 要求性能レベル (S-1) の主な検討要素の例

3.2 設備・装置・部位の健全度評価

ゲート設備の健全度は、設備・装置・部位毎に各々評価する。複数の部位・装置の健全度・劣化要因をもとに装置や設備の健全度を総合的に評価する場合には、設備全体の機能に及ぼす影響度、性能低下を進行させるより支配的な劣化要因などを考慮して、適切に評価する。

【解説】

施設を構成する設備・装置・部位の健全度の評価にあたっては、「3.1 機能診断評価の視点 表 3-1 施設機械設備における健全度ランクの区分」に示す内容を参考に評価を行う。

部位評価において異なる健全度が混在する場合は、部位の重要度や劣化の影響度などを加味し、性能低下を進行させる支配的な要因を抽出し、健全度ランクの低いものを代表とし、S-3、S-2の評価数やエンジニアリングジャッジなどを含め、装置の健全度とするなど工夫するとよい。

~~ただし、経済性や修復性、環境性等の要求性能なども考慮し、総合的に判断する必要がある。~~

なお、S-5からS-2の評価においては、現地調査により劣化等の程度を本来の機能における性能の低下レベルで評価し、更新の可否を決定するS-1評価においては、本来の機能に加え、社会的機能における設備の総合的な要求性能の低下を加味して評価を行う。この際、設備に求める要求性能は地区毎に異なるため、地区の実情を把握し要求性能レベルを設定する。

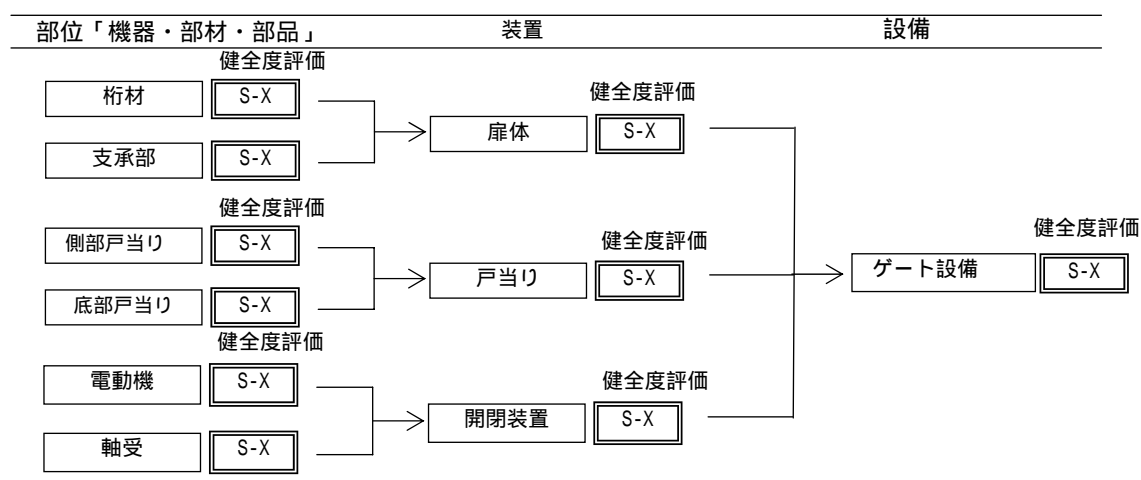


図3-4 ゲート設備の健全度評価の考え方の例

表3-2 設備・装置の健全度評価の考え方

機器	部位	部位の重要度	診断項目	劣化の影響度	健全度評価(部位)	健全度評価(装置)	健全度評価(設備)
扉体	スキンプレート	B	板厚測定	A	S - 3	S - 3	経済性や修復性等も加味してできるだけ客観的にかつ総合的に評価する必要がある
	桁材	A	板厚測定	A	S - 3		
	水密ゴム	C	硬度測定	C	S - 2		
戸当り	戸当り	A	変形	A	S - 2	S - 2	S - 2
開閉装置	シーブ	A	作動状況	A	S - 3	S - 3	
	電動機	A		C	S - 3		
	開度計	C		C	S - 2		

図3-2、表3-2の項目は、イメージを現すため、便宜的に代表的なもののみを記載。詳細は表2-7、表2-8に示す調査表の例を参照。

上表は維持管理費の経年増加や、装置等の陳腐化による入手困難性が無い場合の例

部位の評価においても、修復性能が低下しており至急対策が必要な場合はS - 1評価となる。

劣化の影響度は、診断項目の劣化内容が、部位にとってどの程度影響を及ぼすかを3ランク（A：影響度大、B：影響度中、C：影響度小）に区分。

~~(1) S - 1評価の考え方~~

~~健全度評価におけるS - 1評価の考え方を以下に示す。~~

~~・健全度評価において、S - 5 ~ S - 2評価は本来の機能により判定するが、S - 1評価については、本来の機能及び社会的機能の総合的な要求性能の低下により判定する。このため、S - 1評価は上記の2段階の順序を経て評価を行う。~~

~~・設備に求める要求性能は地区毎に異なるため、地区の実情を把握し要求性能レベルを設定する。~~

~~・S - 1評価の検討要素は本来の機能は現地調査、社会的機能は事前調査等により把握し、長期シナリオへ反映する。~~

(1) 部位毎の健全度評価の考え方

部位毎の健全度評価手法の基本的な考え方を以下に示す。

・部位の健全度はS - 5 ~ S - 2で評価を行い、S - 5は新品同様、S - 4は多少の劣化はみられるが変形等が判定基準又は許容値内で機能上の支障はない状態である。

なお、重要部位における部品陳腐化などの入手困難性が考えられる場合はS - 1評価を用いる。

・判定基準値を超えたものは、S - 3もしくは、S - 2の判定とする。

S - 4と判定されたものは、機能保全計画策定のためにS - 3に至るまでの期間（余寿命）を算定する。

・予防保全の考え方として、S - 3と判定された場合はそのまま放置せずS - 2に移行する前

に対策を行うことが前提であるため、施設管理者への適切な指導・助言が必要となる。

なお、S - 3とS - 2が混在する場合は、S - 2を優先して対策の検討を行う。

- ・異常音など概略診断調査では原因が特定できない場合、健全度評価は行わず、詳細診断調査へ移行する。

< 判定方法の考え方の例 >

部位の重要度、基準値の超過割合とその要因等を考慮しながら、対策の緊急性に応じてS - 3、S - 2の判断を行う。

例1) 塗装の塗膜劣化の重要度は、Cレベルであるが、塗装箇所が桁材などの重要部位であり、桁材に顕著な腐食の進行が見られる場合には、S - 2と評価し再塗装する。

例2) 接地抵抗測定の場合で判定基準値を超えた場合は、事故による人体への影響が懸念されるので、S - 3という評価は行わず、S - 2と判定する。

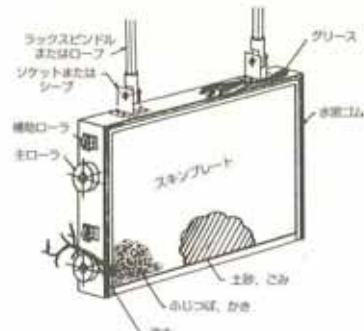
例3) 劣化した場合で事後保全の対策でも問題ない場合は、S - 2の判定は行わず、S - 3までの判定とする

図3-5～3-10に「部位毎の健全度評価の例」（参考資料編より一部抜粋）を示す。

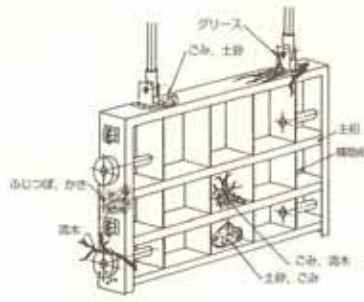
(2) 評価にあたっての留意点

定性的評価などで評価が困難な場合は、専門的な知見を有する者による技術検討委員会などを活用し、客観的な評価となるよう努める必要がある。この場合、評価の対象部位等をビデオや写真等に保存しておくことと専門家の評価以外にも今後のサンプルデータとして有効活用が可能となる。

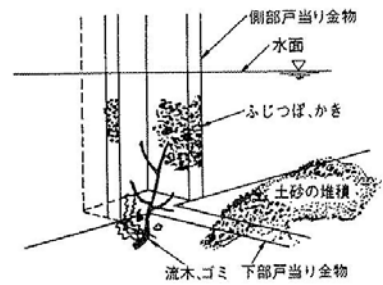
概略診断調査



スキンプレート



扉材



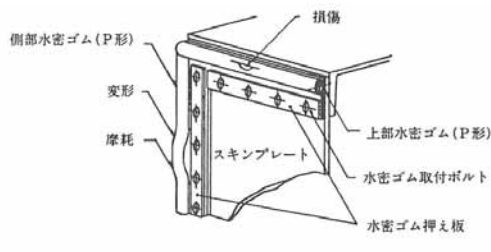
戸当り

判定基準例

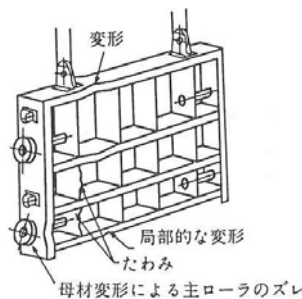
健全度ランク	状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	ゴミ、土砂等の堆積もなく、清掃状態も良好
S-4	軽微な劣化がみられるが、支障は無い状態	多少のゴミ、土砂等の堆積、汚れはあるが、機能には支障が無い状態。
S-3	放置しておくとなら機能に支障がでる状態で、劣化対策が必要な状態	ひどい汚れにより、塗膜劣化や腐食がみられる状態。あるいは、土砂等の堆積、ゴミ等により、放置しておくとなら機能に支障がでる状態。
S-2	機能に支障がある状態	土砂等の堆積、ゴミなどが、扉体・戸当りに干渉し、十分な開閉ができない状態。

図3-5 部位毎の健全度評価手法（清掃状態の例）

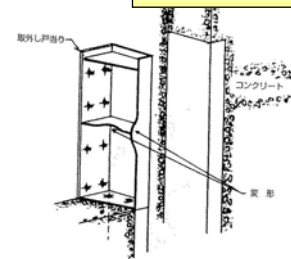
概略診断調査



水密ゴムの例



扉体の例



戸当りの例

判定基準例

健全度ランク	状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	たわみや局部的変形が見られない。
S-4	軽微な劣化がみられるが、支障は無い状態	軽微なたわみや局部的変形がみられるが、機能上支障はない。
S-3	放置しておくとなら機能に支障がでる状態で、劣化対策が必要な状態	水密ゴム等の重要部位以外で、機能上支障のある、たわみや局部的変形がみられる。
S-2	著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	扉体・戸当り・支承部などの重要部位で、機能上支障のあるたわみや局部的変形がみられる。

図3-6 部位毎の健全度評価手法（たわみ・局部的変形の状態の例）

概略診断調査

【解説】経年劣化による軸の芯振れによる振動や異常音等を生じていないか確認し、変状がないか注意する必要がある。軽微であっても、異常音等が確認された場合は、詳細診断による芯だしチェック等を行い、原因を特定した上で、対策を行う必要がある。



判定基準例

健全度ランク	状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	新品と同様の状態
S-4	軽微な劣化がみられるが、支障は無い状態	通常の音や振動と比べて変化は無い。
S-3	放置しておくとも機能に支障がでる状態	重要な部位以外での異常音有り。
S-2	著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	重要な部位の異常音有り。

異常音があり、原因が特定できない場合は健全度評価を行わず、詳細診断を行う。

図3-7 部位毎の健全度評価手法（電動機の異常音・振動の例）

概略診断調査

塗装状態



劣化範囲が全体の20%以上の場合

発錆状態	健全度
X <	無し(S-5)
X <	軽微(S-4)
X <	多い(S-3)
X	著しい(S-2)

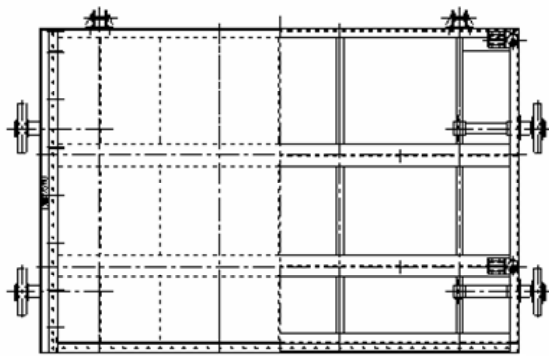
判定基準例

概略診断評価		健全度	塗膜の劣化判定
劣化範囲の状態	浮錆の状態		
良好	無し	S-5	異常なし
20%未満	軽微	S-4	塗膜の防食性は維持されている
20%以上	多い	S-3	何らかの処置を施さなければならない状態
	著しい	S-2	早急に塗膜を塗り直さなければならない状態

発錆状態が著しい場合

図3-8 部位毎の健全度評価手法（塗装状態の例）

詳細診断調査

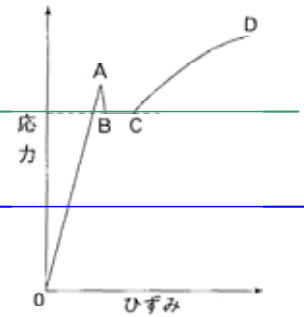


降伏点強度100%

S-2

降伏点強度50%

S-4 ~ S-5



A : 上降伏点、B 又は C : 下降伏点、D : 引張強さ

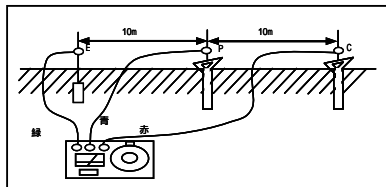
判定基準例

健全度ランク	状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	新品と同等の状態
S-4	軽微な劣化がみられるが、支障は無い状態	設計板厚以上（応力度が許容応力度未満） 基準値未満
S-3	放置しておくとも機能に支障がでる状態	法令遵守の関係上、S - 3 評価は行わない。
S-2	著しい性能低下により、至急劣化対策が必要な状態	設計板厚未満（応力度が許容応力度以上） 基準値以上

上表に示す設計板厚とは、局部挫屈や許容応力度を超えない最小の板厚をさす。

図3-9 部位毎の健全度評価手法（板厚測定の場合）

詳細診断調査



接地抵抗測定回路



補助接地棒打込み状況



計器端子(E)を接続

判定基準例

健全度ランク	状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	新品と同等の状態
S-4	軽微な劣化がみられるが、支障は無い状態	100 以下（D種接地の場合の例） 基準値以下
S-3	放置しておくとも機能に支障がでる状態	絶縁が破壊された電気機器への接触等による 人体への危害を考慮し、S - 3 の評価は行わない
S-2	機能に支障がある状態	100 を超える（D種接地の場合の例） 基準値を超える

図3-10 部位毎の健全度評価手法（接地抵抗測定の場合）

第4章 機能保全計画

4.1 機能保全計画の策定プロセス

機能保全計画は、設備を構成する装置・部位毎に、着目する性能管理指標が必要な範囲に留まるよう、その性能低下予測から技術的、経済的に実施可能と考えられる対応方策を複数仮定し、これらに要する機能保全コストの比較等から策定を行う。

【解説】

機能保全計画は、機能診断調査・評価の結果を踏まえ、可能な範囲で性能低下予測を実施した上で作成することを基本とする。この際、着目する性能指標を検討対象期間中管理水準の範囲に留めることができるよう対応方針を複数仮定し、経済性等の比較検討を行うことで、適切な計画策定とすることが重要である。

なお、故障等の危険度が高く早急に対策を検討する装置・部位等や、危険度が低く事後保全を前提とした継続監視とする装置・部位等に判断されたものは、性能低下予測のプロセスを経ることなく機能保全対策の実施シナリオの作成検討を行うことを基本とする。

機能保全計画の策定までのプロセスは「1.5 ゲート設備の機能保全の流れ」を参照。

4.2 性能低下予測

性能低下予測は、設備を構成する装置・部位毎に対策が必要となる時期や方法を比較検討するとともに、設備全体としての対策実施の要否、その時期を明らかにすることを目的として実施する。劣化特性や劣化予測の把握の可否を十分に踏まえて将来予測（余寿命予測）を行う。

【解説】

機能保全計画は、検討対象期間（診断時点より40年を基本）にわたって設備の性能を維持していくための計画である。機能保全計画を検討するにあたっては、設備全体としての性能低下予測を行うことが必要となるが、ゲート設備は様々な部位で構成され、その耐用年数も多様であり、かつ余寿命管理を行うことが適さない部位などもあり、部位毎に個別評価する必要がある。

これらの個別評価結果をもとにして設備としての余寿命を予測する場合は、**重要度や劣化の影響度が高い部位の余寿命**を参考に総合的に判断するとよい。（例：桁材の余寿命が、支配的要因となる場合は、桁材の余寿命を設備の余寿命とするなど）図4-1に健全度と余寿命の関係を示す。

なお、余寿命は点検・整備の状態によって大きく影響を受け、評価された余寿命期間中、部位の性能が必ずしも満足されるわけではない。また、設備の性能管理レベルの範囲はS-3～S-5が原則であり、余寿命予測においては、S-3になるまでの期間の予測を行い機能保全計画を立案する。このため、診断結果によりS-3以下と評価されたものについては、余寿命予測は行わず劣化対策等の実施を前提とし、設備・部位の重要度や現場の状況等を考慮して劣化対策等の指導を行う。実施にあたっては、S-2評価の部位等の対策を優先する必要がある。

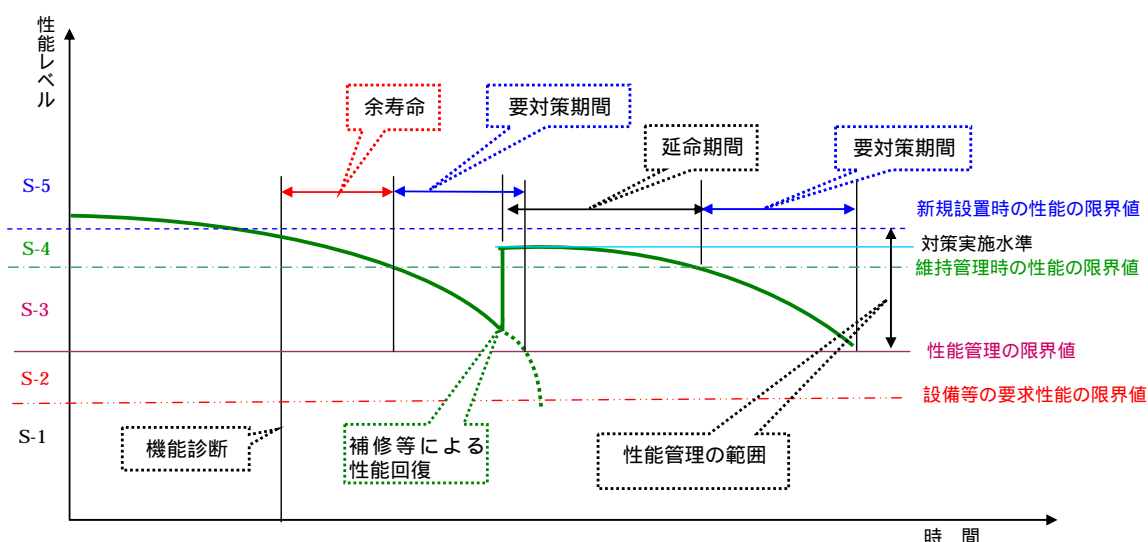
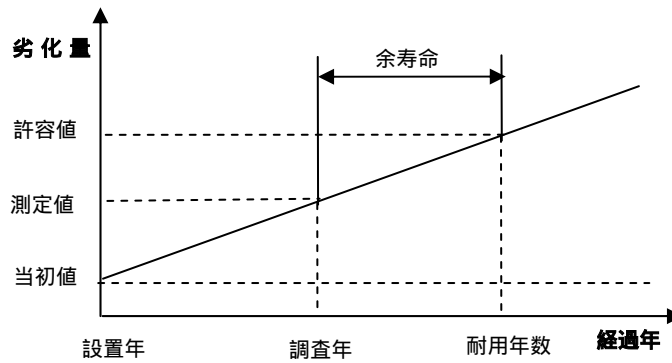


図4-1 健全度と余寿命

(1) 詳細診断調査の測定結果等を用いた余寿命予測を用いる方法

経年的に徐々に劣化が進行する設備・機器について、対象とした調査部位の腐食や摩耗量等の進み具合などから許容値又は判定基準との対比を行い、余寿命を予測する。(例えば、20年で2mm進行したので、許容値3mmまでは30年(=余寿命10年)という予測)

この手法で将来予測を行うと比較的正確に余寿命が算出できるが、余寿命を出すために詳細診断調査を行うのはコスト面から現実的ではないため、健全度評価がS - 5 評価では、参考耐用年数や過去の整備履歴などを参考とするとよい。



注) 許容値：設備の機能上、支障を及ぼさない程度の劣化量

図4-2 余寿命の概念

(2) 参考耐用年数を用いる方法

現実的には、(1) のような手法で余寿命予測を行うことは困難であることが多い。そうした設備に対しては、これまで参考耐用年数を用いて予測することが多かったが、施設の劣化状況は多種多様であり、一律に参考耐用年数を用いた場合、地区の実情にそぐわないケースも考えられるため、その地区での整備履歴や、診断結果及びエンジニアリングジャッジなどを加味し総合的に判断するとよい。

4.3 機能保全計画の策定

個別設備の機能保全計画は、機能保全コストの最小化に着目するとともに、設備機能の維持、対策実施の合理性、設備重要度との適合性、維持管理の容易さ等を総合的に勘案し策定する。

また、設備を構成する装置・部位毎の重要度区分から対策実施の優先度及び保全方式の検討を行うことが重要である。

【解説】

機能保全計画策定時にチェックすべき事項を以下に示す。

(1) 地区全体としての対策の妥当性

同一施設の土木施設との対策時期の同期化を図ることは当然のことであるが、施設管理者が管理する地区全体の対策を確認し、年度実施計画や費用負担等の面から妥当であるかどうかチェックし、実効性のある計画とする必要がある。

(2) 設備の機能保全計画の留意点

設備の合理的な管理運用のためには、設備の機能が安定的に保たれ、これに要する機能保全コストが適正であることが重要である。

設備の健全度の低下を放置して、機能保全対策を実施しなければ機能保全コストは安価になるが、そのことにより設備の性能が低下して、農業生産に悪影響を及ぼすのみでなく国民の生命・財産に影響を及ぼすようなことがあってはならない。

このため、設備のもつ機能を理解し、設備の重要度に応じた適切な機能保全計画を立案することが必要である。

(3) 維持管理の費用の軽減と管理の容易さ

機能保全対策の実施により、維持管理の費用と労力が軽減され、ライフサイクルコストの低減に効果があるような対策（メンテナンスフリーの素材等の適用等）が望ましい。

4.3.1 機能保全対策の検討にあたっての留意事項

機能診断調査評価結果を踏まえ、当面必要となる機能保全対策の検討や、劣化傾向等を把握し、将来的な対策検討を行う。また、シナリオ作成や具体的機能保全対策の検討にあたっては、土木構造物の保全対策時期等との調和を図り、信頼性、管理制約条件、社会的情勢等を勘案し総合的に検討する。

【解説】

ゲート設備においては、適切な維持管理による性能管理が必要となるため、当面必要となる対策検討の他に、将来的に必要となる対策の検討を行う必要がある。

また、具体的な検討にあたっては、河川流況や取水等により対策範囲や期間に制約を受けることが多いため、対策の施工性や仮設工事の範囲等を十分に考慮し、効率的かつ経済的な対象範囲及び実施時期を設定する必要がある。

(1) 当面必要となる対策の検討

当面必要となる対策とは、機能診断調査の結果を踏まえ、速やかに行う必要があり、また、内容について直接的かつ具体的な対応が可能な対策のことをいう。

機能保全対策の検討にあたっては、まず、これらの当面必要となる具体的な対策について検討する。

例えば、機能診断調査により部位の劣化度が基準値以上（S-3、S-2）となっていることが判明し、この劣化に対して必要となる具体的な対策のことを、ここでは当面必要となる対策という。

なお、健全度評価の区分から、具体的な対策の検討が必要となるのは、主に機能診断評価結果がS-3以下と判断された場合であるといえるが、S-4以上の場合でも予防保全が必要なケースがあるので留意する。

これらの検討結果は、「4.3.2 点検・整備計画」に示す、点検・整備内容の指導に併せ、施設造成者が施設管理者に対して助言する必要がある。

(2) 具体的な対策の検討手法

機能診断調査結果から個別に具体的な対策を検討できる場合は、その結果に基づき、対策を検討する。

しかし、これまでの診断が概略診断調査のみ又は一部の詳細診断調査までであった場合などは、調査精度が低いことから、具体的な対策を立案できない場合がある。このような場合は、他地区事例等を参考とした標準的な対策等を計画するなど工夫するとよい。

(3) 対策工範囲の検討

ゲート設備は多数の機器・部品等から構成された集合体であり、これらが相互に有機的に機能してはじめて設備全体が正常に機能する。よって性能低下した機器・部品等のみを対象の対象とするのではなく、設備全体の機能維持・性能・回復を図る観点から対策の範囲を検討する

必要がある。

劣化対策の範囲として、施設、設備、装置、機器・部材、部品の各階層を対象に検討する必要があり、部品単位で交換すれば十分な場合もあるが、機器・部材単位で交換の方が作業が容易で信頼性が高く、長寿命化や経済性に結びつくこともあり留意が必要である。

(4) 長寿命化の検討

長寿命化とは、一般の耐用年数を超えて供用期間を延長させることをいい、装置、機器・部材及び部品の機能保全対策により、設備全体の長寿命化を図ることが必要である。機能保全対策を検討する際、長寿命化は当然考慮すべきものだが、経済性や技術的な整合等に留意して検討する必要がある。

【参考】対策実施シナリオ作成手順の例

土木施設との同期化等も考慮し、更新時期の目安を設定。

その更新時期に合わせ、各部位毎の劣化対策を組み合わせ、最適案を作成。

40年目まで同様に検討する。

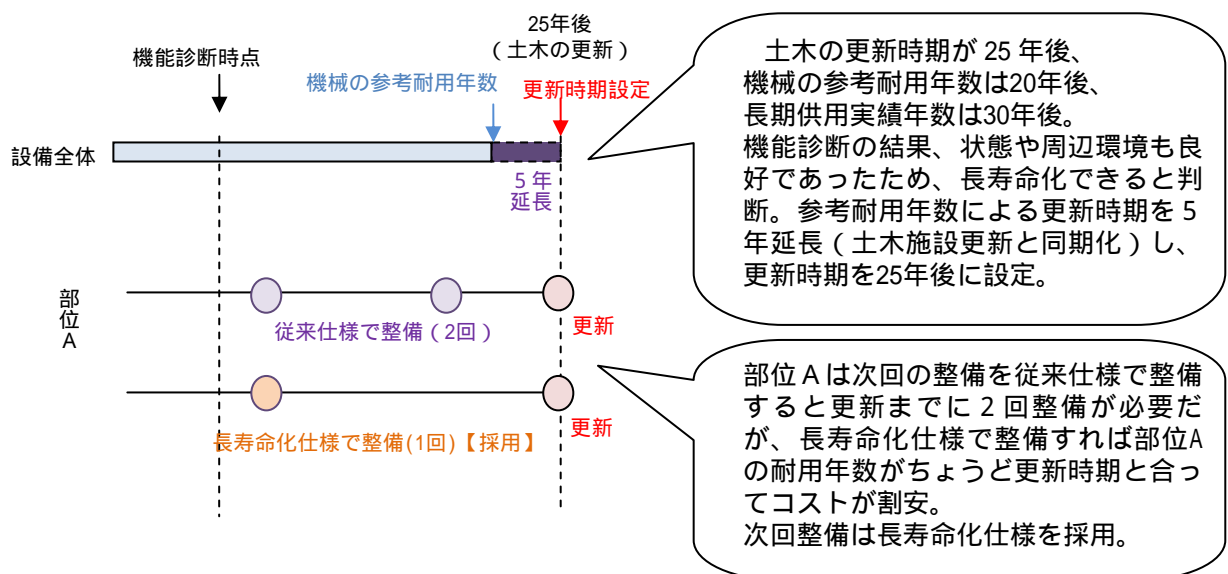


図4-3 シナリオ検討手順のイメージ

4.3.2 点検・整備計画

ゲート設備の機能保全においては、施設管理者等が実施する点検との連携が非常に重要となる。日常管理上の問題点を踏まえた上で点検・整備内容について適確に指導・助言することが必要である。

【解説】

(1) 合理的な点検・整備計画施設監視（継続監視）計画の立案

ゲート設備などの施設機械設備の維持管理においては、施設管理者が行う定期点検が極めて重要であり、機能保全を進めていく上でも、定期点検といかに連携できるかが鍵となる。

診断結果をもとに、S-3、S-2と評価された部位などの、整備・補修に関する助言、維持管理方法等に関する助言を行い設備の機能維持を図るとともに、今後の定期点検についても助言を行い合理的な点検を確実に実施することで、機能診断調査の合理化が図られ、常に最新の設備の状況を把握することが可能になる。

このため、施設機械設備においては、施設管理者が行う定期点検・整備計画も含めた機能保全計画を検討することを念頭におき、各地区の日常管理上の問題点を把握した上で、各ケースに応じた指導・助言を行う必要がある。例えば、維持管理コストに原因があり、十分な管理が行えていない場合などは、「1.3ゲート設備の機能保全」に示すとおり、設備・部位等の重要度や稼働形態などを考慮し、合理的な保全方式の選択や、点検項目、点検周期の検討を行って、効率的な点検整備計画を助言する。

年間点検計画の作成例及び機能保全計画施設監視計画の作成例を表4-1、表4-2に示す。

なお、土地改良施設管理基準（頭首工編）、設備の完成図書、基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（頭首工編）等により適切な維持管理を行っており、日常管理に問題がない場合であっても、点検・整備内容がオーバースペックになっていないかなど、必要に応じて、適切な助言を行う。

表4-1 重要度と稼働形態を加味した年間点検計画の作成例

区分		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	点検周期の例
重要度 A	常用系	出水期													毎月1回
		非出水期													毎月1回
	待機系	出水期													毎月1回
		非出水期													1回/2ヶ月
重要度 B	常用系	出水期													1回/2ヶ月に延長
		非出水期													1回/2ヶ月に延長
	待機系	出水期													1回/2ヶ月に延長
		非出水期													1回/3ヶ月に延長
重要度 C														必要に応じて実施	

凡例： 年点検、 管理運転点検、 運転時点検

表4-2 機能保全計画設備監視計画の作成例

設備・部位	監視内容・項目	監視頻度	監視の留意事項	監視実施者	異常時の措置	次回診断予定時期
ゲート	動作確認	日常	異常音や軸受けの異常な温度上昇が無いこと	改良区課係	指導技術者に連絡	2015年
ゲート	底部主桁	6ヶ月	最大応力発生箇所については重点的に監視する	特別指導事業を実施している指導技術者	メーカーに連絡	〃
ゲート		12ヶ月				

監視内容・項目、監視の留意事項や異常時の措置は具体的な判断基準と、その場合の措置について記載する。

(2) 点検の種類

点検とは、設備・機器の異常、故障、疲労、劣化などによる機能損失の有無、性能低下の確認などのために実施する目視・聴覚・臭覚・打診・触診及び簡単な器具や測定機器を用いた計測・作動テスト等、それを記録することをいい、主として分解を伴わない対象設備・機器への直接的な作業である。ゲートの「管理運転」等も、機能を確認するための作業であり点検の一部として取り扱う。

点検には、基本的に以下のとおり「日常点検」、「定期点検」及び「臨時点検」の3種類がある。

1) 日常点検

日常点検とは、始動前、始動中、運転中に実施する異常の有無確認や、見回り点検による第三者事故の防止等を目的として、日常又は、1ヶ月未満のサイクルで実施する点検をいう。

2) 定期点検

定期点検とは、「1ヶ月点検」、「6ヶ月点検」、「12ヶ月点検」等があり、設備等の状況把握並びに機能保全を図るため、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で実施する。

1ヶ月点検は、施設や設備・機器全般について機能の確認を行うため、目視点検を中心に実施する。したがって月点検は可能な限り運転を伴い実施する必要がある。洪水吐ゲートなどの待機系の設備は、管理運転を実施し機能を確認することが必要となる。

12ヶ月点検は、打診・触診・聴診及び計測等による診断を中心とした方法によるが、できるだけ定量的な点検方法により機能を確認するのが望ましい。12ヶ月点検では、運転管理を実施して機能損失の有無を確認するものとし、特に前回の点検結果との相違についても注意して実施すべきである（傾向管理の実施）。

3) 臨時点検

臨時点検は、水質や設備に異常が生じた際や、地震、洪水、落雷等により設備機能への影響が懸念された場合に実施する点検で、目視点検を中心に、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で、設備全般について点検を実施する。

(3) 整備

設備の機能を常に発揮できるように準備を整えることをいい、予防保全のため、または点検の判定結果に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂・部品交換、修理等の作業並びにその記録を行う。

(4) 傾向管理

傾向管理は施設機械設備の劣化判定方法の一つで、機器・部品等の状態を経時的に監視・計測して、その傾向の変化より機器の劣化進行を把握する方法である。計測値の経年変化をグラフ上にプロット（傾向管理グラフ）し、劣化の進行具合を予測し、整備・補修または更新（取替）時期を検討する。

点検時の計測値は、気温・湿度・天候等により変動するため、ある時点の計測値だけでは判定できないこともあることから、傾向管理は重要な判定方法の一手法でもある。

ゲート設備における傾向管理項目とその測定周期の例を表4-3に示す。

1) 傾向管理項目と測定周期の例

表4-3 傾向管理項目と測定周期の例

傾向管理項目	機器等名	測定周期	実施理由
板厚	スキンプレート桁	5年	劣化の進行値が小さいことから、定期計測による劣化判定が必須。
歯当たり	開放歯車	1年	重要機器であり劣化傾向把握が必要。
バックラッシ			
電圧・電流	電動機	1ヶ月	重要機器であり劣化の進行値が小さいことから、定期計測による劣化判定が必須。
絶縁抵抗		1年	
接地抵抗			
ブレーキライニングの厚さと隙間	電磁ブレーキ 油圧押し上げブレーキ	1年	重要機器であり劣化傾向把握が必要。
ロープ径	ワイヤロープ	6ヶ月	重要機器であり劣化傾向把握が必要。
素線切れ			
スピンドル歯厚	スピンドル	2年	重要機器であり劣化傾向把握が必要。
メタルブッシュ歯厚	メタルブッシュ	1年	重要機器であり劣化傾向把握が必要。
油圧シリンダ内部油漏れ	シリンダ (ずり落ち量)	1年	重要機器であり劣化傾向把握が必要。

測定周期は例であるため適宜現地にあった測定周期を設定されたい。

2) 傾向管理手法

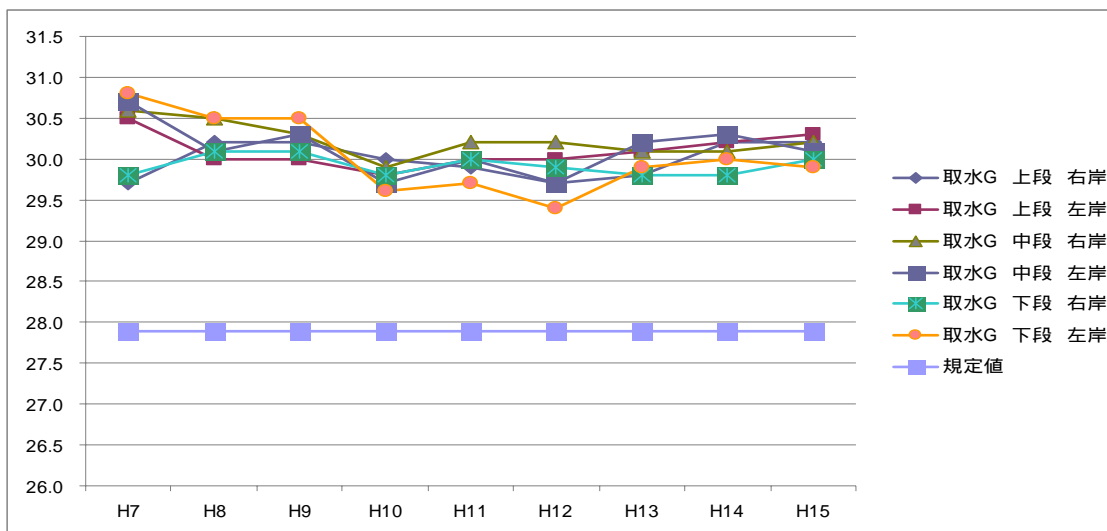
点検項目は、機能診断調査時の数値のみで劣化度合いを判定することは困難であることから、過去の点検記録から得られた計測結果をグラフ等に表示して時系列変化(=経年変化)状況から、劣化の進行度合いを経験則的に想定し、整備・更新時期等を決定する。

表4-4 グラフデータ例(設置年月:S51.3)

計測年月日(天候)	ロープ径:洪水吐門(No.1)		絶縁抵抗:洪水吐門(No.1)	
	規定値	27.90(mm)	規定値	1 M
	右岸	左岸	右岸	左岸
H5.10.11(晴れ)	30.20	30.10		
H6.9.21(雨)	30.10	30.10	100M以上	100M以上
H7.10.16(晴れ)	29.90	30.00	100M以上	100M以上
H8.10.21(晴れ)	29.70	29.95	100M以上	100M以上
H9.10.8(雨)	30.10	30.00	80 M以上	100M以上
H11.10.21(雨)	30.10	30.00	10 M以上	100M以上

3) 傾向管理グラフ作成例

傾向管理によるワイヤロープ径の経年変化状況グラフ作成例を図4-4に示す。



計測年	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
取水G 上段 右岸			29.7	30.2	30.2	30.0	29.9	29.7	29.8	30.2	30.2
" " 左岸			30.5	30.0	30.0	29.8	30.0	30.0	30.1	30.2	30.3
取水G 中段 右岸			30.6	30.5	30.3	29.9	30.2	30.2	30.1	30.1	30.2
" " 左岸			30.7	30.1	30.3	29.7	30.0	29.7	30.2	30.3	30.1
取水G 下段 右岸			29.8	30.1	30.1	29.8	30.0	29.9	29.8	29.8	30.0
" " 左岸			30.8	30.5	30.5	29.6	29.7	29.4	29.9	30.0	29.9
規定値	27.9										

図4-4 ワイヤロープ径の経年管理グラフ例

(5) 合理的な点検

点検を合理的に実施するためには、設備の構成機器とその故障の発生原因を整理し、点検項目を決める必要がある。

1ヶ月点検では、設備機能に致命的な影響のある機器（予防保全適用）を中心に、機能の確保状況を確認することが重要である。

12ヶ月点検では、設備機能に致命的な影響のある機器（予防保全適用）はもちろん非致命的な機器（事後保全適用）についてもその状態を把握し、かつ突発的に発生する故障・劣化等により設備の性能が低下していないかを確認するとともに、計測による傾向管理を実施し、整備の実施時期の検討に活用するものとする。

また、設備の重要度や、延命期間等を勘案し、点検項目・内容、点検整備の間隔などの検討を行い、経済的にも適切なものとする必要がある。

4.3.3 関係機関との合意形成

機能保全コストの比較により算定された最適なシナリオを基本に、関係者（土地改良区、関係行政機関等）の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、機能保全計画を策定する必要がある。

【解説】

機能保全計画の策定にあたっては、実効性のある計画とするため、関係機関との協議が不可欠である。

特に、多大な費用負担や点検頻度を伴うシナリオを策定する場合などは、施設管理者等と十分に協議を行った上で、策定する必要がある。

また、対策の実施に先駆け、どのような事業で取り組むかをある程度想定した上で、関係機関と協議しつつシナリオを策定することで、対象地区や施設における劣化対策対象設備のグルーピングや予算手当の検討を、よりスムーズに行うことが可能となる。

参考文献

- 『農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き』（農村振興局整備部設計課）
- 『ゲート点検・整備要領（案）』（（社）ダム・堰施設技術協会）
- 『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（頭首工編）』
（構造改善局総務課施設管理室）
- 『ダム・堰施設技術基準(案)防食マニュアル』（ダム・堰施設技術協会）
- 『河川用ゲート設備 点検・整備・更新マニュアル』（国土交通省）
- 『鋼・合成構造標準示方書【総則編・構造計画編・設計編】』（土木学会）