

平成21年度

農業水利施設の機能保全の手引き
「頭首工」
(案)

農村振興局

平成22年2月25日

農林水産省

目 次

第1章 頭首工の基本事項	1
1.1 頭首工の特性を踏まえた検討	1
1.1.1 頭首工の基準、規格の変遷	2
1.1.2 頭首工の構成要素	2
1.1.3 河川に設置される構造物の機能保全の視点	5
1.2 頭首工の性能管理	7
1.2.1 頭首工の機能と性能	7
1.2.2 頭首工の性能管理	10
1.3 頭首工の性能低下	14
1.4 頭首工の機能保全の流れ	22
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	39
第3章 機能診断評価	48
3.1 機能診断評価の視点	48
3.2 施設・設備の健全度評価	53
第4章 機能保全計画	56
4.1 機能保全計画の策定プロセス	56
4.2 性能低下予測	57
4.3 機能保全計画の策定	61
4.3.1 機能保全計画の作成	61
4.3.2 施設機械設備の対策範囲とコンクリート施設とのシナリオ同期化	62
4.3.3 対策工法選定に当たっての留意事項	64
4.3.4 関係機関との合意形成	68

第1章 頭首工の基本事項

1.1 頭首工の特性を踏まえた検討

頭首工の効率的な機能保全に向けて、ストックマネジメントの各プロセスにおいて、頭首工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】

頭首工とは、河川から農業用水を取水する目的で設置する施設の総称で、取入口、取水堰、附帯施設及び管理施設から構成される。農業水利システムの中核をなす拠点施設であり、河川法、河川管理施設等構造令などに適合・準拠した河川に設置される構造物である。

頭首工は、取入れ方式、取入れ方法、取水堰の形態・形式及びゲート形式によって分類・区分される。

取入れ方式の面からは、河川の自然水位から直接取水する自然取入れと、水位を一定に保つために堰上げ施設(取水堰)を設けて取水する堰上げ取入れの方式に区分される。取入れ方法としては、片岸取入れと両岸取入れがあり、受益地が片岸の場合には片岸取入れであるが、受益地が両岸にある場合には、片岸で全設計取水量を取水し、適当な施設によって分水するか、両岸取入れとされる。取水堰の形態には全固定堰、複合堰、全可動堰があり、取水堰の形式には岩盤の上に直接築造するフィックスド型と浸透性地盤の上に築造するフローティング型がある。さらに複合堰及び全可動堰はゲートの形式によって細分される。

また、頭首工は、堰体・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」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結合して施設全体の機能を発揮している。このため、頭首工の性能管理や機能診断評価は、頭首工を構成する施設・設備を個別に評価するとともに、施設・設備間の関連性が頭首工全体へ及ぼす影響について考慮する必要がある。さらに、河川に設置される構造物であることから、取水施設としての機能だけでなく、河川流水を安全に流下させる必要があることにも着目するとともに、河川流水等による外力作用や施設機械設備の信頼性や稼働状況等も考慮に入れる必要がある。一方、補修・補強工事を行う際に、取水や河川の流水の流下を妨げないよう、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も留意する。

頭首工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。

1.1.1 頭首工の基準、規格の変遷

現在供用されている頭首工の機能及び性能は、建設当時に適用した設計・施工・材料の技術が反映されたものである。機能診断調査及び評価を実施するに当たっては、どのような設計基準、規格等のもとに建設されたかを知ることが重要である。

【解説】

(1) 土地改良事業計画設計基準の変遷

『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』は、昭和27年10月に制定され、その後の設計・施工技術の進歩、河川管理施設等構造令の施行等に伴い、昭和42年10月、昭和53年10月に全面改定された。さらにその後、農業及び社会情勢が変化し、水資源の有効利用、水管理の合理化等が求められるようになり、他基準との整合性を図ったりするほか、新技術の導入等の観点から、平成7年7月に全面改定されるとともに、その際、「基準書」と「技術書」に区分して再編整備された。その後、「土地改良施設 耐震設計の手引き」（平成16年3月）において耐震設計の考え方が示されたこと、土地改良法に「環境との調和への配慮」の考え方が取り入れられたこと、関連技術基準類の改定が進められたことを踏まえ、平成20年3月、同設計基準についても新たな改定が行われている。

機能診断調査及び評価に当たっては、建設当初の設計思想や水理・構造設計条件を把握し、時間の経過に伴う社会的要求事項の変化に対しても整合性がとれているかどうかを確認することが重要である。

頭首工の堰柱等は、鉄筋コンクリート構造物であるため、設計上ではコンクリート、鉄筋等の許容応力度、配筋計画（鉄筋量、被り）等の躯体の応力解析に関わる条件の変遷に留意する必要がある。また、土圧算定にあつては、土質条件等の土圧算定上の基本諸元や土圧算定公式の変遷にも注意する必要がある。

(2) 各種規格等の変遷

セメント・骨材といったコンクリート材料等の規格変遷は、JIS規格のほか、コンクリート標準示方書を参照して整理を行う。コンクリート材料の中でも骨材の品質は、アルカリ骨材反応やコンクリート中の単位水量の増加などコンクリート構造物の耐久性に重大な影響を及ぼす。コンクリート構造物の性能低下要因の推定に当たっては、これら建設当時の示方配合や地区の施工材料等を十分勘案する必要がある。

1.1.2 頭首工の構成要素

頭首工は、異なる機能を有する複数の施設・設備から構成される「複合施設」である。これらの構成要素は、有機的に結合して施設全体としての機能を発揮していることから、システムの階層ごとの特徴を踏まえ系統的に整理を行う必要がある。

【解説】

頭首工は、「コンクリート施設」、「施設機械設備」などの異なる機能を有する複数の施設・設備から構成される「複合施設」であり、取入口、取水堰、附帯施設及び管理施設から構成される。これらの構成要素は、図 1-1 に示すように階層的なシステムのなかで有機的に結合して頭首工の施設全体としての機能を発揮している。

頭首工の性能管理や機能診断評価の基本単位については、「コンクリート施設」、「施設機械設備」といった施設・設備レベル、具体的には、堰柱、エプロン、ゲートなどを対象とする。

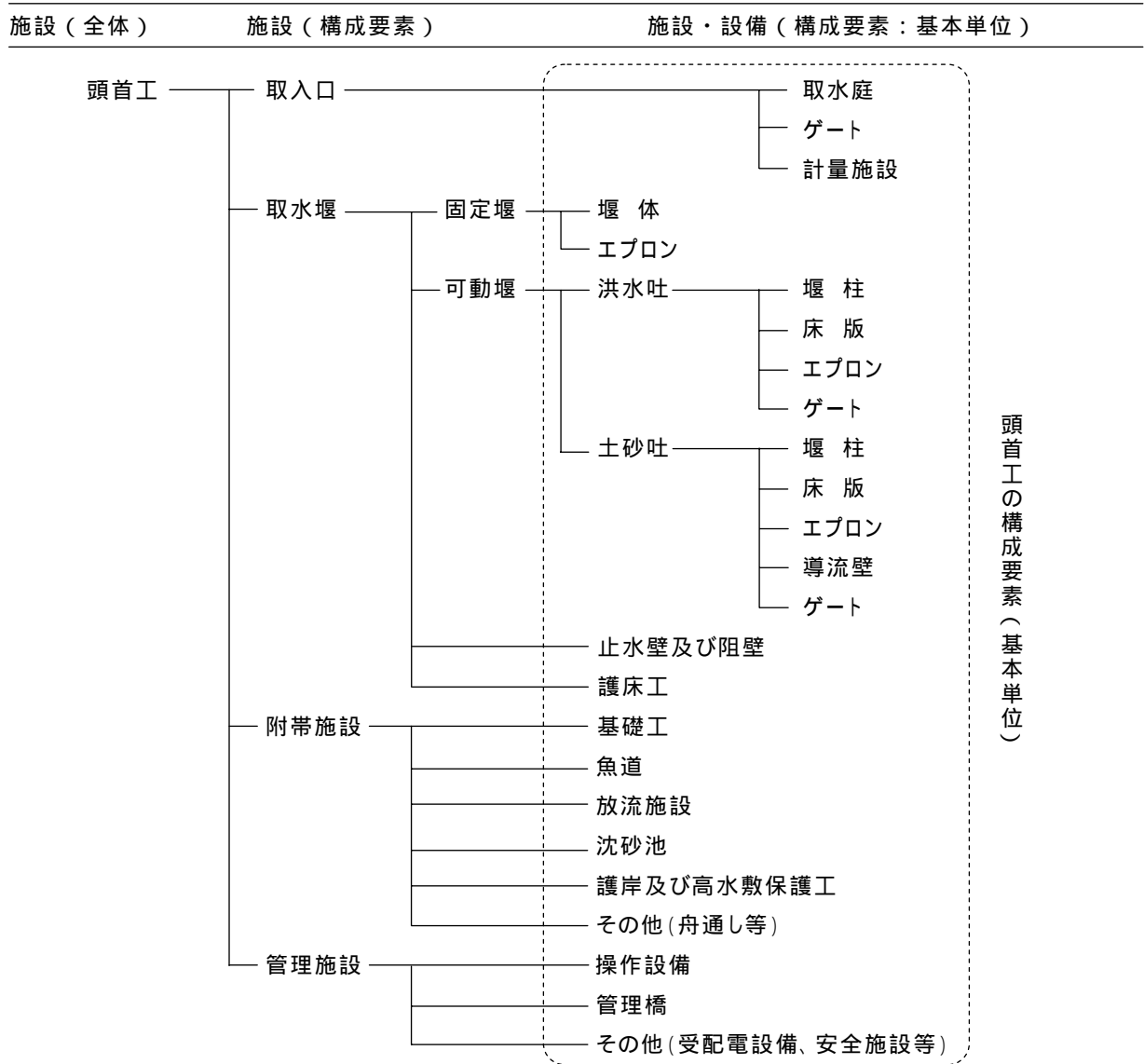


図 1-1 頭首工の構成要素系統図の例

また、ゲート設備、電気設備、水管理制御設備等の施設機械設備も、設備の構成要素となる装置、機器・部品について図 1-2 に示すように系統的に整理を行うこととし、これらの設備の機能診断評価の基本単位は、機器・部品レベルとする。

施設機械設備の機能保全の詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）、「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き（平成 18 年 6 月）」等に基本的事項を示しているため、それらを参照する。なお、本編では、頭首工が複数の構成要素からなる「複合施設」であることを踏まえ、コンクリート施設と一体的な構造となるゲート設備に関しては、基本的事項について解説する。

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、そのなかでも扉体と開閉装置によって形式が異なる。一般的な形式を表 1-1 に示す。

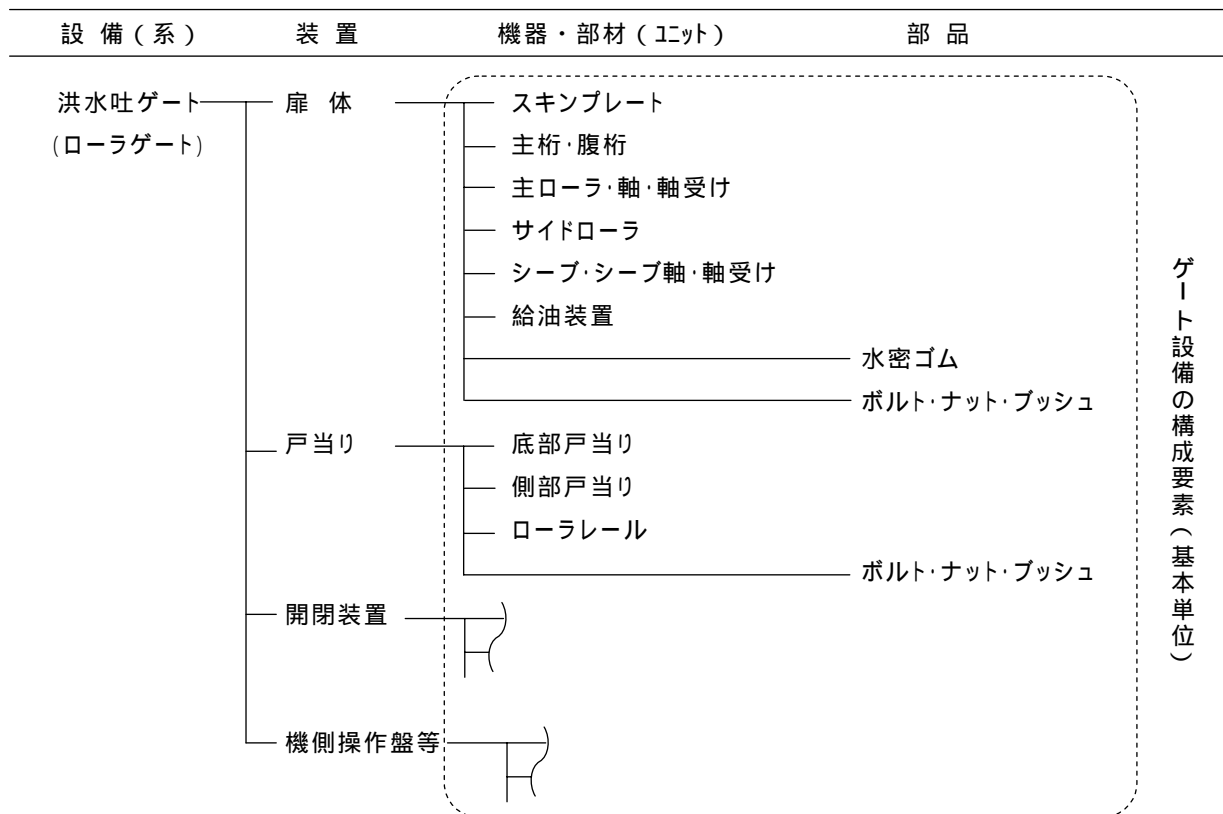


図 1-2 ゲート設備の構成要素系統図の例

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
洪水吐ゲート	鋼製ローラゲート	ワイヤロープウィンチ式
土砂吐ゲート	鋼製スライドゲート	ラック式
取水口	鋼製起伏ゲート	スピンドル式
		油圧シリンダ式

なお、本手引きではゴム引布製起伏堰を除く頭首工を対象とした。ただし、ゴム引布製起伏堰を構成する「コンクリート施設」については、必要に応じ本手引きを参照されたい。

1. 1. 3 河川に設置される構造物の機能保全の視点

頭首工は、河川を横断して設置される構造物であるため、河川の流況や河床の状況等の河川状況について考慮する必要がある。また、農業水利施設としての機能だけでなく、河川流水を安全に流下させることが求められるほか、頭首工周辺の環境との調和にも配慮する必要がある。

【解説】

頭首工は、河川に設置される構造物であるため、河川法や河川管理施設等構造令などの関係法令に規定される事項・内容を遵守する必要がある。

頭首工の機能保全の検討に当たっては、農業水利施設としての機能の保全だけでなく、河川流況の変化、河床状況の変化といった河川の経年変化を把握するとともに、河川管理者が治水上定める河川整備基本方針や河川整備計画等に示された、計画高水流量、計画高水位等との整合性を確認する必要がある。また、河川の洪水流下能力を安定的に維持する必要性から、性能低下の進行度合いを考慮して、部分的な補修・補強とするのか、全面的な更新が必要なのかなどを総合的に検討する必要がある。

(1) 河川流況の変化

最大日雨量や降雨強度の増大、頭首工周辺地域の混住化といった農業及び地域社会を取り巻く環境の変化により、河川上流部への排水の流入状況、河川の利用状況に変化が生じることもある。

機能診断に当たっては、河川流量の記録、頭首工位置での水位や流量に関する記録等を収集し、建設当時以降の流量状況、河川水位と流量との関係、流砂量等の河川流況の変化の傾向を把握する必要がある。

(2) 河床状況の変化

頭首工の上下流において、ダム、砂防堰堤、橋梁等の新たな構造物の設置、あるいは河川改修等の実施により、頭首工設置位置でのミオ筋の移動、河床の上昇や低下といった河床変動が引き起こされ、農業用水の安定取水及び当該河川流水の安全な流下等に影響を及ぼすこともある。

機能診断に当たっては、必要に応じミオ筋、河床標高（勾配）等河床状況についても調査を行う。具体的には、古い地図、河跡図、航空写真等の資料の収集などを行い、頭首工上下流における堆砂、ミオ筋の変動、砂礫帯の移動、洗掘状況、また、それらによる構造物への影響等について把握し、将来の河床状況の変化を推定しておくことが重要である。

(3) 治水、利水計画

頭首工への社会的要求事項や河川流水による施設の性能低下を把握する場合には、河川管理者が治水上定める計画（高水流量、高水位等）、及び操作管理規程、取水規程等

の河川の利用条件等を考慮する必要がある。

1) 河川整備計画等の治水計画

頭首工が設置される河川に、河川管理者が治水上定めた河川整備基本方針、河川整備計画、工事実施基本計画及び暫定改良工事実施計画等がある場合は、それらの計画に定められている計画高水流量、計画高水位、計画横断形及び河川改修工事の年度計画等について調査を行い、整合性について確認する必要がある。

2) 操作管理規程、取水規程等の河川の利用条件

河川の利用に当たっては、操作管理規程に定められた操作の内容や、取水規程等に定められた河川維持流量等を把握することが必要である。

(4) 環境との調和への配慮

農業及び社会を取り巻く情勢・環境の変化に伴い、頭首工に求められる役割も変化している。よって、頭首工における機能保全は、機能性、安全性、経済性のみでなく、頭首工が設置されている河川やその周辺の環境との調和にも配慮する必要がある。環境との調和への配慮は、生態系や景観など地域の特性に応じて検討する必要がある。地域住民等の意向を把握することも重要である。

特に、河川の生態系等において重要度の高い魚道が設置されている頭首工では、生態系など環境面の機能についても十分考慮する。

また、景観との調和を図る必要がある場合には、頭首工周辺の景観を構成する要素（河川の形状、自然生態、遠景、文化的資源等）について考慮することが求められる。

1.2 頭首工の性能管理

1.2.1 頭首工の機能と性能

頭首工は、河川から必要な農業用水を取水する目的を果たす機能を有し、その機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。また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必要があることや故障時等におけるリスクなどに対して農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性等といった社会的機能がある。

頭首工の性能は、これらの機能を発揮する能力であり、頭首工を構成する施設・設備ごとに個別の性能指標や健全度指標で表すことができる。

【解説】

頭首工は、河川から必要な農業用水を取水する機能を有し、その機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。この際、取水施設としての観点だけでなく、河川流水を安全に流下させる必要があることにも着目する。また、これらの機能のほかに、治水や河川横断構造物であるという視点から、故障時等におけるリスクなどに対して農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性等といった社会的機能がある。

頭首工の機能を発揮する能力が性能である。本来的な機能に関する性能は、ひび割れ、変形、鋼材の腐食、塗膜厚の減少等の物理的状态として具体的に表すことができるものが多い。社会的機能に関する性能項目には、故障の発生による人的被害や周辺施設への社会的影響から、安全性やシステムとしての信頼性、維持管理経費、補修費等を指標とする経済性及び自然環境、景観、歴史的価値、魚類等の遡上・降下を指標とする環境性がある。頭首工の機能と性能の種類を表 1-2 に示す。

表 1-2 頭首工の機能と性能の種類

機 能		性 能 の 例	指 標 の 例
本 来 的 機 能	1) 水利用機能	取水性	取水量(位)、漏水量(水密性)
		取水管理制御性(操作性)	取水位の管理制御状況、ゲート設備の操作状況
		保守管理・保全性	保守管理頻度(費用)、保守の容易性
		排砂性	滞積土砂の排除量
		環境性	騒音、振動
	2) 水理機能	通水性・遮断性	取水後の通水量、漏水量、洪水の遮断状況
		流水(洪水)流下性	流水(洪水)の流下量
	3) 構造機能	力学的安全性(耐荷性)	ひび割れ、たわみ量(変形)、ゲート扉体の変形・板厚減少
		耐久性	摩耗量、鉄筋腐食量、ゲート扉体等の腐食、錆、塗膜厚
		安定性	堰体下流の洗掘、河床材の吸出し、パイピング、不同沈下、護岸・高水敷の洗掘、ゲート扉体の振動
		設備信頼性	ゲート設備の耐用年数、使用時間
修復性		ゲート設備の修復部品調達・予備品等の状況	
社 会 的 機 能	安全性・信頼性	故障等履歴(率・件数)、補修履歴、耐震性、安全施設の状況	
	維持管理性	管理体制の状況	
	経済性	建設費、維持管理経費	
	環境性	自然環境、景観、歴史的価値、魚類等の遡上・降下	

【参考】河川法及び河川管理施設等構造令の関係条文

(1) 河川法 (昭和三十九年七月十日法律第百六十七号)

(目的)

第一条 この法律は、河川について、洪水、高潮等による災害の発生が防止され、河川が適正に利用され、流水の正常な機能が維持され、及び河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理することにより、国土の保全と開発に寄与し、もつて公共の安全を保持し、かつ、公共の福祉を増進することを目的とする。

(河川管理の原則等)

第二条 河川は、公共用物であつて、その保全、利用その他の管理は、前条の目的が達成されるように適正に行なわれなければならない。

2 河川の流水は、私権の目的となることができない。

(河川管理施設等の構造の基準)

第十三条 河川管理施設又は第二十六条第一項の許可を受けて設置される工作物は、水位、流量、地形、地質その他の河川の状況及び自重、水圧その他の予想される荷重を考慮した安全な構造のものでなければならない。

2 河川管理施設又は第二十六条第一項の許可を受けて設置される工作物のうち、ダム、堤防その他の主要なものの構造について河川管理上必要とされる技術的基準は、政令で定める。

(2) 河川管理施設等構造令 (昭和五十一年七月二十日政令第百九十九号)

(構造の原則)

第三十六条 堰は、計画高水位 (高潮区間にあつては、計画高潮位) 以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。

2 堰は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに堰に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とするものとする。

(ゲート等の構造)

第五十条 水門及び樋門のゲートは、確実に開閉し、かつ、必要な水密性を有する構造とするものとする。

2 水門及び樋門のゲートは、鋼構造又はこれに準ずる構造とするものとする。

3 水門及び樋門のゲートの開閉装置は、ゲートの開閉を確実に行うことができる構造とするものとする。

1.2.2 頭首工の性能管理

頭首工の性能管理は、構成する施設・設備ごとに「コンクリート施設」、「施設機械設備」に分類を行い、コンクリート施設は構造機能に着目するなど、それぞれ施設・設備の機能に応じた適切な性能管理手法を適用する。

性能管理は、構成要素が施設全体の機能に及ぼす影響度と、個々に求められる性能について施設・設備の重要度や許容しうるリスク等の水準を考慮して、重点的に管理すべき性能指標により行うことが重要である。また、性能管理の指標は可能な限り定量的な個別の指標を用いることとする。

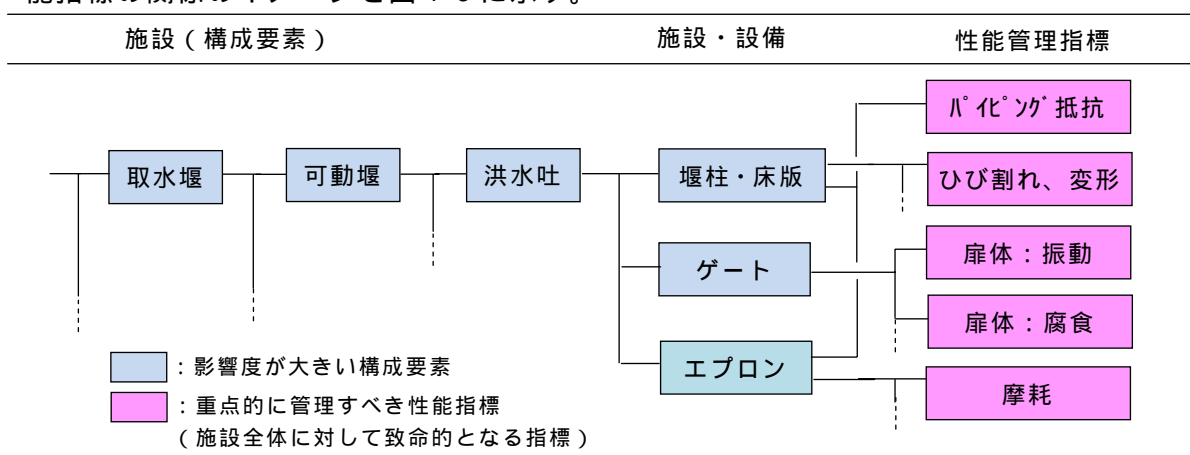
【解説】

(1) 頭首工の性能管理

農業水利施設における性能管理とは、施設の設置目的を達成するため、着目した性能等を、新設時の水準と、これ以上性能低下を許容することが出来ない管理水準の間に維持することである。頭首工の性能管理は、頭首工が「コンクリート施設」、「施設機械設備」など、異なる機能を有する複数の施設・設備から構成される「複合施設」であり、異なる機能を有する複数の構成要素が組み合わさって施設全体の機能を発揮しているため、頭首工を構成する施設・設備ごとに、まず「コンクリート施設」、「施設機械設備」に分類を行った上で、さらに施設・設備レベルの構成要素を基本単位として行うことを基本とする。

一方、構成要素ごとの性能管理に当たり、すべての要素に対して同レベルでの診断調査、診断評価、性能管理の目標の設定等を行うことは効率的でない。そこで、構成要素ごとに施設全体の機能維持に対する影響度の区分と、個々に求められる性能について施設の重要度や事故リスク等の水準を考慮して、重点的に管理すべき性能指標により性能管理を行うことが重要である。

取水堰のうち可動堰（洪水吐）の場合を例にとり、構成要素と重点的に管理すべき性能指標の関係のイメージを図 1-3 に示す。



本図はあくまでもイメージを表すものであり、性能低下の進行状態や支配的要因の違いにより、重点的に管理すべき性能指標は異なることに留意する。

図 1-3 頭首工において管理すべき性能指標の一例（可動堰の場合）

施設・設備ごとの性能管理を行う際の考え方や留意すべき点は次のとおりである。

1) コンクリート施設

コンクリート施設は、施設の構造性能の低下が致命的になる前に補修・補強等を実施する予防保全対策を行うことにより、経済的かつ効率的な長寿命化を図ることができると多く、ひび割れや変位等の外形的な構造状態に着目した性能管理を行うことを基本とする。

また、可動堰の構造安定性の評価など、施設・設備が組み合わさった施設構造として管理すべき性能指標についても、施設機能や構造形状から検討する必要がある。

2) 施設機械設備

ゲート設備などの施設機械設備はコンクリート施設と異なり、多数の機器・部品から構成された集合体であり、日常管理における機器・部品の適正な点検・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。なお、経済的かつ効率的な設備の長寿命化を図るためには、施設造作者と施設管理者との連携及び点検と機能診断の合理化が重要である。

また、合理的な性能管理を行う上で、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、使用頻度などを十分に理解し、管理する必要がある。

施設機械設備の性能管理の詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照のこと。

(2) 構成要素の影響度区分

複数の構成要素によって施設全体の機能を発揮する複合施設については、効率的な機能保全の取組とするため、施設・設備等の構成要素について施設全体の機能維持に対する影響の大きさを考慮することが重要である。このため、構成要素の影響度を評価・区分し、影響度に応じた効率的な機能診断や保全の対応を図る。具体的には、影響度の大きい構成要素は重点的な調査と安全側の対応を検討し、影響度の小さい構成要素は事後保全で対応するなど効率的な調査項目の設定を検討する。

頭首工の構成要素の影響度区分は、構成要素の機能や目的、性能低下等による頭首工全体への影響が及ぶ範囲、程度から影響度合いを判断し、区分を行う。構造機能の観点から見た場合の例は表 1-3 のようになる。水利用機能・水理機能や環境への配慮の観点から見た場合の影響度の区分は変わってくるため、頭首工の機能と性能、施設構造や構成要素間の関連性等を考慮しながら、影響度の区分を行う必要がある。

表 1-3 頭首工の構成要素の構造機能への影響度区分の例

影響度		施設(全体)機能への影響度合い	頭首工の構成要素の例
大	A	構成要素の性能低下が進展すると、施設全体の機能停止に至る。	・堰柱、床版・ゲート ・護岸 ・基礎工 ・取入口
	B	構成要素の性能低下が進展すると、施設全体の性能への影響が大きい。	・固定堰 ・エプロン ・護床工
小	C	構成要素の性能低下が進展しても、施設全体の性能への影響が限定的、もしくは小さい	・沈砂池 ・魚道

(3) 施設の重要度区分

施設の重要度とは、農業面では農業への影響度や復旧の難易度（費用・期間）等であり、農業以外の面では、河川、住宅地、公共機関等の周辺施設の立地条件から、事故が起こった場合の被害額等で示される損失である。これらの損失は、経済性を表す指標でもある。

頭首工においては、被災や破損事故等による農業面と農業以外の施設周辺環境に与える影響から施設の重要度の評価を行うものとする。重要度は、定性的・定量的な判断から評価・区分を行うこととし、評価区分は表 1-4 に示す区分の例や表 1-5 に示す地震リスクの観点から設定した評価区分を参考に、検討の目的や地区の状況に応じて個別に定める。

頭首工は、必要な農業用水を取水するという設置目的や事故・故障時におけるリスクなどの観点から施設の重要度が異なるため、機能診断調査の調査項目や頻度などは構成要素の影響度とこれらの重要度を総合的に勘案して検討する必要がある。

表 1-4 頭首工の重要度区分の例

評価区分	想定される事故による影響	評価指標の例
A A	治水、水利用上の被害が重大 人的被害が想定される	
A	A Aを除き、経済的被害が大きい	被害額 > 予防的な保全対策費用
B	経済的被害が小さい	被害額 < 予防的な保全対策費用

【参考】頭首工の耐震設計における重要度

表 1-5 頭首工の重要度区分（耐震設計の例）

区 分	項 目	判断する上での参考指標
重要度 A A 種 （原則すべての 頭首工において レベル 2 地震動 を考慮する）	～ のいずれかに該当する施設 被災により治水上重大な影 響を及ぼす施設。	・洪水ハザードマップによる被害想定区域等を勘案する。 ・河川整備計画等に基づく堤防の改修状況を勘案する。
	被災により利用上重大な影 響を及ぼす施設。	・生活用水や工業用水の利水状況を勘案する。 ・上部工を一般道路として供用している。 ・大規模な頭首工であり農業水利上重要な施設である。 （例えば、支配面積がおおむね 5,000(畑 2,000)ha 以上 の施設) ・被災により施設の機能復旧まで多大に時間を要する施 設。(砂防指定地域等)
	被災により災害リスク管理 上重大な影響を及ぼす施設。	・上部工が地域防災計画に位置づけられている。
重要度 A 種 （原則すべての 頭首工において レベル 2 地震動 を考慮する）	A A 種、B 種以外の施設	
重要度 B 種 （原則レベル 1 地震動を考慮す る）	地震による被災の可能性が小 さく、また被災した場合でも治 水上の影響が極めて小さいと 考えられるもの。	・固定堰や床止工等。 ・山間狭窄部や平野部において背後地盤が高い箇所に 設置された取水堰を設けない自然取入れ方式の取入 口。 ・溪流取水工等。

備考)

- 1) 一般道路とは道路法第三条の適用(高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道)をうける道路をいう。
- 2) 支配面積 5,000(畑 2,000)ha 以上は、一つの例示として示しているものであることから、地区の状況に応じて勘案する。
- 3) 「河川構造物の耐震性能照査指針(案)」(国土交通省河川局治水課)では、固定堰及び床止工等については適用外と考えている。
- 4) 「山間狭窄部」は、当該地点に堤防を設ける必要のない所であり、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさない所という概念である。また、「平野部において背後地盤が高い箇所」は、一連区間において堤防を設ける必要がなく、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさないことから山間狭窄部と同じ取扱いとしたものである。

出典：土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」

(注) 表中に示す「レベル1地震動」、「レベル2地震動」は、いずれも「土地改良施設 耐震設計の手引き」において、それぞれ「施設の供用期間内に 1～2 度発生する確率を持つ大きさの地震動をいう。」、「施設の供用期間内に発生する確率は低いが、断層近傍域で発生するような極めて激しい地震動をいう。陸地近傍に発生する大規模なプレート境界型地震(タイプ)とマグニチュード7クラスの内陸直下型地震(タイプ)に区分されている。」とされている。

1.3 頭首工の性能低下

頭首工の変状の要因は、立地条件、設計条件、河川流況、頭首工の形式、構成要素ごとに異なる。複合施設においては、ある変状が他の構成要素に影響を及ぼすものがあることから、変状の要因の推定に当たっては、構成要素間の関連性に留意するとともに、変状の多くが複数の原因に起因している可能性があることに注意を払う必要がある。

【解説】

(1) コンクリート施設の性能低下

頭首工を構成するコンクリート施設には、固定堰、可動堰、エプロン、護床工等がある。これらの構成要素の性能低下には様々な要因があり、性能低下の種類及びその進行も構成要素ごとに異なるため、調査・評価、性能低下予測、対策工法の検討においては、各構成要素の特性に着目することが重要であるとともに、ある変状が他の構成要素に影響を及ぼす場合もあることから、変状の要因を推定するに当たっては構成要素間の関連性に留意する。

また、頭首工は、出水時に、下流河床洗掘、土砂の吸い出し、パイピング、護岸の破損、転石等の衝突による破損といった、頭首工本体の安定性に影響を及ぼす変状が顕在化することが多く、これらの変状の要因を推定することが重要である。

なお、鉄筋コンクリート施設の性能低下は、コンクリートの摩耗、中性化などの内部要因、不同沈下、基礎地盤の空洞化などの外部要因、接合部の劣化などその他の要因に影響されて進行する。鉄筋コンクリートの主要な性能低下プロセスは、図1-4のとおりである。

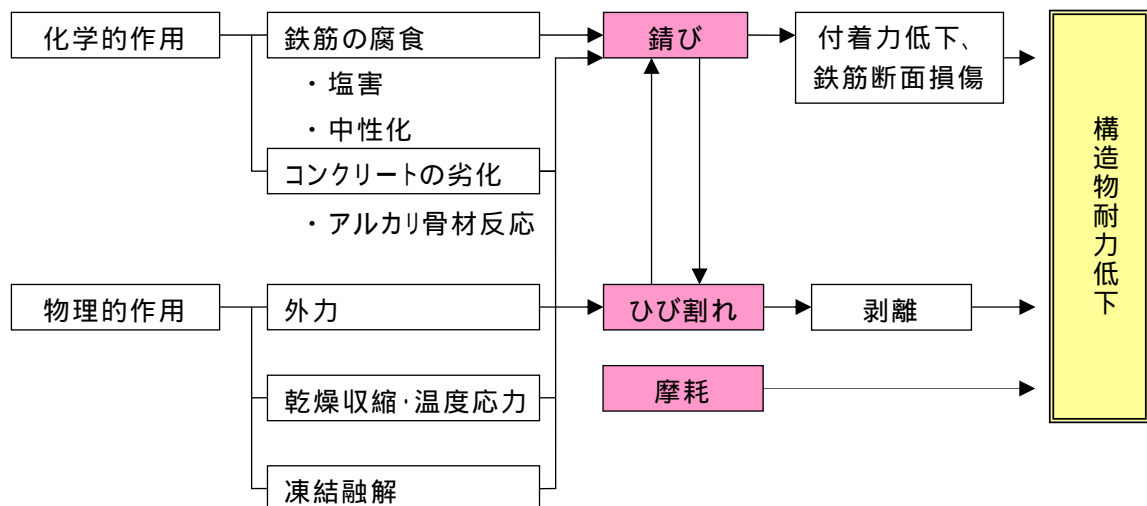


図1-4 鉄筋コンクリートの性能低下プロセス

1) 固定堰

無筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートの摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる変形・不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。固定堰の主要な性能低下プロセスは、図 1-5 のとおりである。

固定堰の摩耗は、砂礫を含む流水や転石が堰体表面を移動することによって生じ、変状が進行すると設計取水水位を確保できなくなるおそれがある。

安定性の低下は、堰体の基礎の違いによって要因が異なる。浸透性地盤上に築造するフローティングタイプの場合は、堰体基礎面のパイピングや越流水による下流河床の洗掘によって不同沈下が生じる可能性がある。一定程度以上に不同沈下が進むと、滑動や転倒の要因ともなり、大規模な対策工事が必要となるので、堰体の変形や傾きの程度及び目地の状況から、堰体の不同沈下の有無を早期に発見する必要がある。そのためには、定期的な調査等による経年的な変化の把握が重要となる。なお、変形や傾きを外観目視で確認できない場合でも、ひび割れの発生場所やひび割れ形状から、不同沈下の発生を把握することができる。

堰上下流の河床変動やミオ筋の変化によっては、取水が困難になる可能性があるほか、堆砂や洗掘の進行により不同沈下等、堰の安定性に影響が生じるおそれがあることから、河床変動等の変化を適切に把握しておく必要がある。

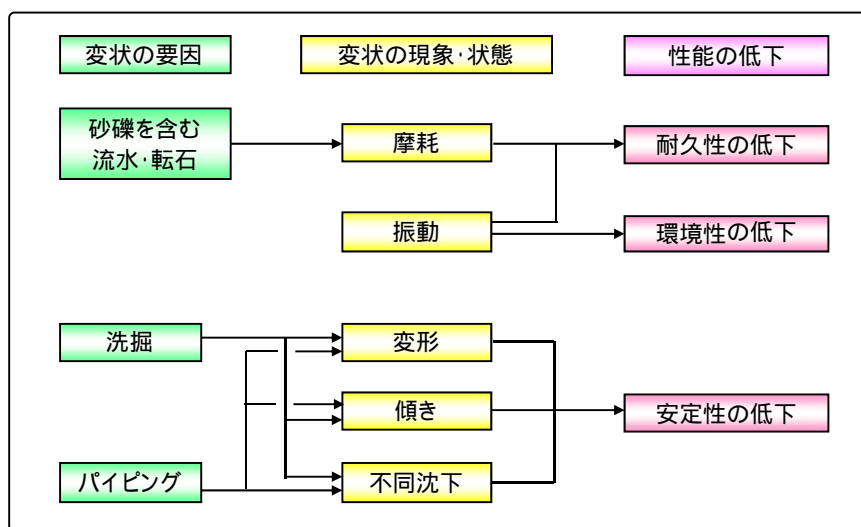


図 1-5 固定堰の主な性能低下とその要因

2) 可動堰

鉄筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートのひび割れや摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる変形・不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。可動堰の主要な性能低下プロセスは、図 1-6 のとおりである。

堰柱や床版のコンクリートのひび割れ面から浸入した水や空気が鉄筋を腐食させ、劣化が急速に進展するというように、鉄筋の腐食とひび割れは相互に影響することから、適切な診断・評価を実施し、早期の補修を行うことが望ましい。

安定性の低下は、堰柱や床版の基礎の違いによって要因が異なる。浸透性地盤上に

築造するフローティングタイプの場合は、堰柱基礎面のパイピング及び越流水による下流河床の洗掘によって不同沈下が生じ、堰柱の安定性やゲートの水密性に影響が生じる。一定程度以上に変状が進行すると、滑動や転倒の要因ともなり、大規模な対策工事が必要となるので、堰柱や床版の変形や傾きの程度及び目地の状況から、堰柱や床版の不同沈下の有無を早期に発見する必要がある。そのためには、定期的な調査等による経年的な変化の把握が重要となる。なお、変形や傾きを外観目視で確認できない場合でも、ひび割れの発生場所やひび割れ形状から、不同沈下の発生を把握することができる。

堰上下流の河床変動やミオ筋の変化によっては、取水が困難になる可能性があるほか、堆砂や洗掘の進行により不同沈下等、堰の安定性に影響が生じ、ゲートの開閉に支障が生じるおそれがあることから、堆砂や洗掘状況の変化を適切に把握しておく必要がある。

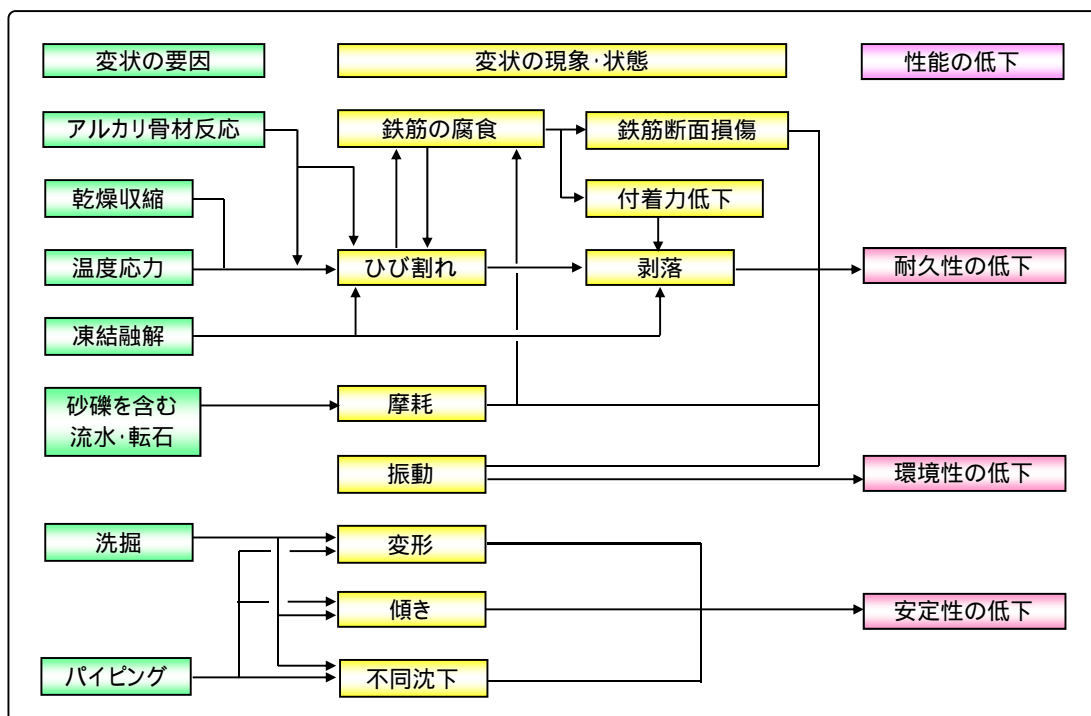


図 1-6 可動堰の主な性能低下とその要因

3) エプロン

鉄筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートのひび割れや摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。エプロンの主要な性能低下プロセスは、図 1-7 のとおりである。

下流側の洗掘やパイピングによる河床材の吸出しにより、エプロン下地盤の空洞化が進行し、不同沈下等により堤体や堰柱等の安定性に影響が生じるおそれがある。外観変状調査では直接空洞化の状態を把握することが困難な場合が多く、沈下・歪みや下流河床の異常洗掘の状況、ひび割れ形状やひび割れ発生場所などから推定する。空洞化が進行した場合、大規模な対策工事が必要となるので、できるだけ早期に空洞化

の発生を把握する必要がある。また、流水や転石による表面の侵食や摩耗によって鉄筋の露出が生じやすいので注意が必要である。

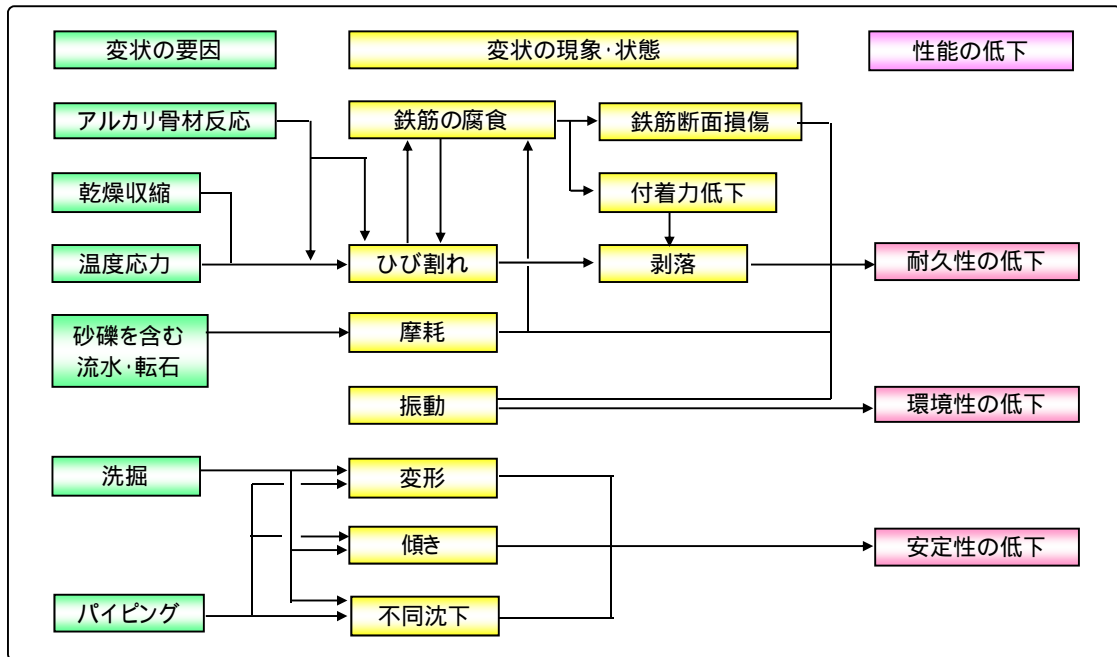


図 1-7 エプロンの主な性能低下とその要因

4) 護床工

無筋コンクリートブロックや捨石が主要な構造材料であり、護床工の性能低下プロセスは、図 1-8 のとおりである。

護床工は、下流側の洗掘を受けて護床工下部の河床材の吸出しによる不同沈下や洪水による流出を生じやすい。ブロックの流出は、吸出しによって下部の河床が洗掘され、それによってブロック単体での安定性が低下し、さらにはブロック間の連結が崩れて安定性がより低下することによって生じる。また、ブロックの摩耗が進行すると所定の減勢効果が得られず、下流側の河床材の吸出しや洗掘を受けるため、護床工下部の空洞化や不陸が進行しやすい。

護床工の不同沈下や流出は、エプロン下流側の洗掘を生じ、ひいては堰本体の安定性にも影響してくるため、早期に発見する必要がある。

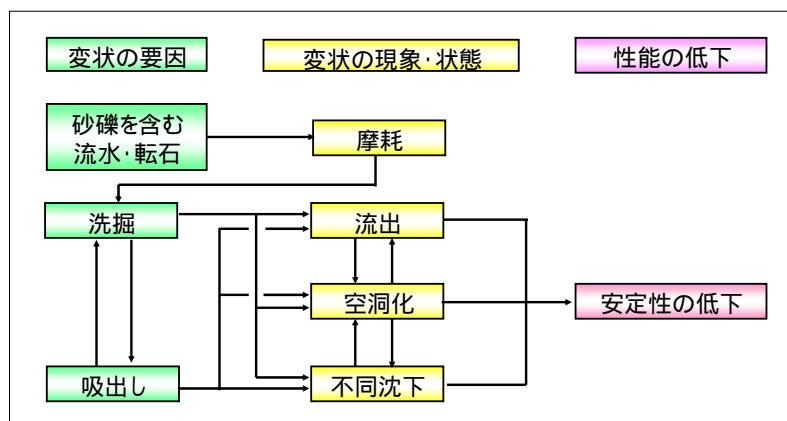


図 1-8 護床工の主な性能低下とその要因

5) 護岸・取付擁壁

護岸・取付擁壁の性能低下プロセスは、図 1-9 のとおりである。

取付部の護岸や高水敷保護工は背面土砂や基礎土砂の吸出しによる変形やひび割れ変状が生じやすい。水中部の洗掘が著しい場合は、土砂の吸出しの危険性が高いため、水中部の洗掘状況を把握しておくことが望ましい。

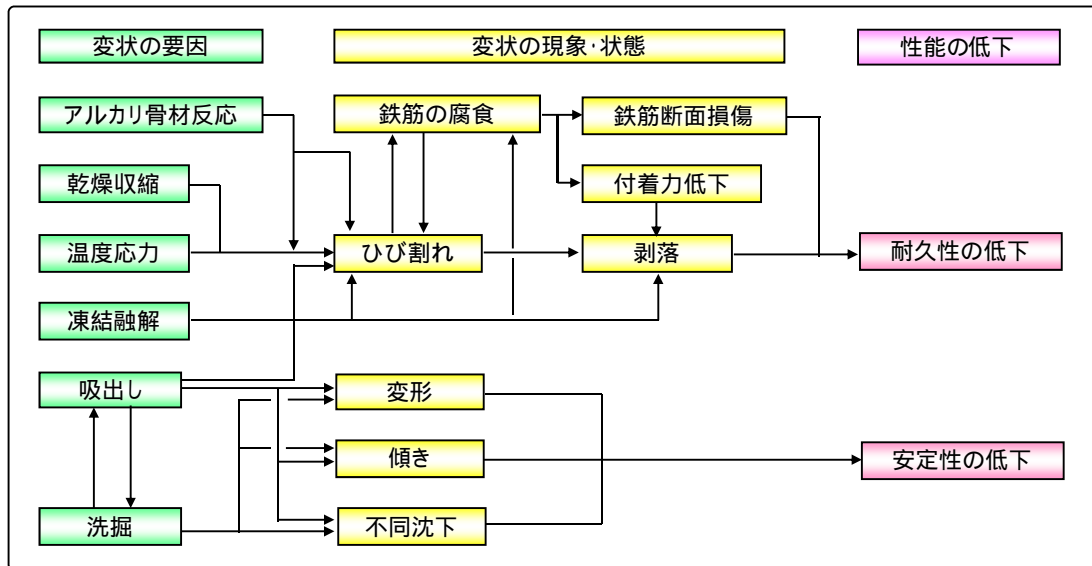


図 1-9 護岸・取付擁壁の主な性能低下とその要因

6) 魚道

魚道は、コンクリートのひび割れや摩耗など、コンクリート自体の劣化以外に、洗掘・堆砂による河床変動やミオ筋の変化等によっても、その機能に支障をきたす場合があることから、コンクリート部材等の劣化だけでなく河川状況の変化も継続的に把握しておく必要がある。

【参考】コンクリートの変状の特徴

鉄筋コンクリートの主要な変状とその要因の関係は表 1-6 のとおりである。

表 1-6 鉄筋コンクリートの変状の種類とその要因

変状の種類		変状の要因								
		初期欠陥	中性化	塩害	A S R	凍害	化学的腐食	疲労	摩耗・風化	構造・外力
初期欠陥	ジャンカ									
	コールドジョイント									
	内部欠陥（空洞等）									
	砂スジ									
	表面気泡									
	非進行性ひび割れ ・ 乾燥ひび割れ ・ 乾燥収縮ひび割れ ・ 温度ひび割れ									非進行性ひび割れは、施工中、または完成後早い時期に処理を行えば、耐久性に問題は生じない。放置しておいた場合は、他の劣化要因と複合し、進行性のひび割れに変わる場合もある。
材料劣化 （内部要因によるものが多い）	ひび割れ	鉄筋腐食先行型								
		ひび割れ先行型								
	浮き・剥落									
	錆汁									
	エフロレッセンス									
	変色									
	摩耗（すりへり）									
	断面欠損									
構造劣化 （外部要因によるものが多い）	曲げ・せん断ひび割れ									
	たわみ									
	変形									
	振動（剛性の低下）									

「コンクリート診断技術」（社）コンクリート工学協会を参考に整理

(2) ゲート設備の性能低下

頭首工を構成するゲート設備は、堰柱などのコンクリート施設と一体となって機能することから、ゲート設備の性能低下については、ゲート自体の劣化のほか、戸当りなどコンクリート施設との関連性を考慮することが必要である。なお、ゲート設備の性能低下の詳細については「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工(ゲート設備) - 」(別途検討中)を参照のこと。

【参考】ゲート設備の劣化等について

(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)を行うものであることから、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い設備である。このため、腐食、摩耗、たわみ、変形等の劣化現象が生じやすい環境にある。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・剛性等に関わる安全性が低下し、また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。

使用時間と発生する故障の関係を図 1-10 に示す。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曲線と呼ぶ)。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劣化による故障は、通常、摩耗故障期に現れる。

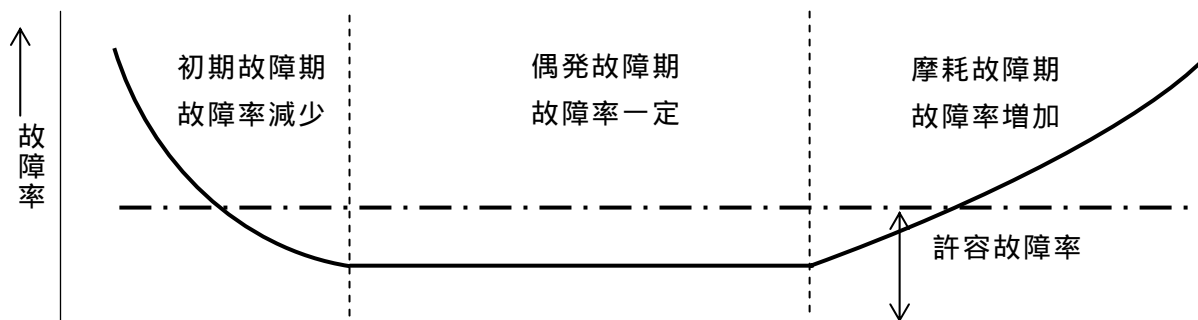


図 1-10 使用時間と発生する故障の関係

故障率及び信頼度と経過年との関係を図 1-11 に示す。

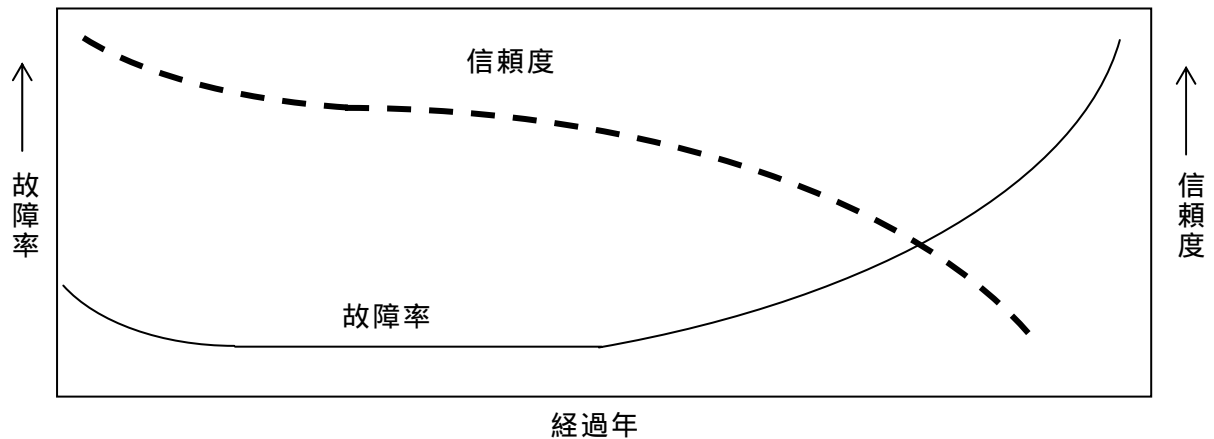


図 1-11 故障率、信頼度と経過年の関係

(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・電気的、環境的、その他の要因がある。劣化要因別の代表的な劣化現象を次に示す。

機械的要因

- a. 回転部、摺動部、接触部の摩耗
- b. 機械的衝突、機械的負荷の繰り返しによる疲労（き裂、破損）
- c. 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）

化学・電気的要因

- a. 水との接触による腐食
- b. 異種金属間の接触による腐食

環境的要因

- a. 気象条件（温度変化（季節、昼夜等）、凍結等）に起因する変形・破壊等
- b. 日光（紫外線）、酸素（ O_2 ）による塗膜劣化
- c. 塵埃、湿気等による電気系統の絶縁劣化
- d. 流砂等による摩耗（扉体母材、塗膜）
- e. 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

その他要因

- a. ネズミ等によるケーブルの食害、蛇の機側操作盤内侵入によるショート
- b. 鳥害（開閉装置への鳥の巣の影響、鳥の糞による腐食）

1.4 頭首工の機能保全の流れ

頭首工の機能保全は、継続的に行う機能診断調査と評価の結果を踏まえて、複数の取りうる対策工法の組合せについて比較検討することにより、適時・的確に、所要の対策を選択して実施する。

【解説】

頭首工の機能保全は、日常管理における点検（機能監視）、定期的な機能診断調査と評価、調査結果に基づく施設分類と劣化予測、効率的な対策工法の比較検討、関係機関等の情報共有と役割分担による所要の対策工事の実施、調査・検討の結果や対策工事に係る情報の蓄積等を、段階的・継続的に実施する。

頭首工の機能保全計画の策定フローを図 1-12～1-15 に示す。

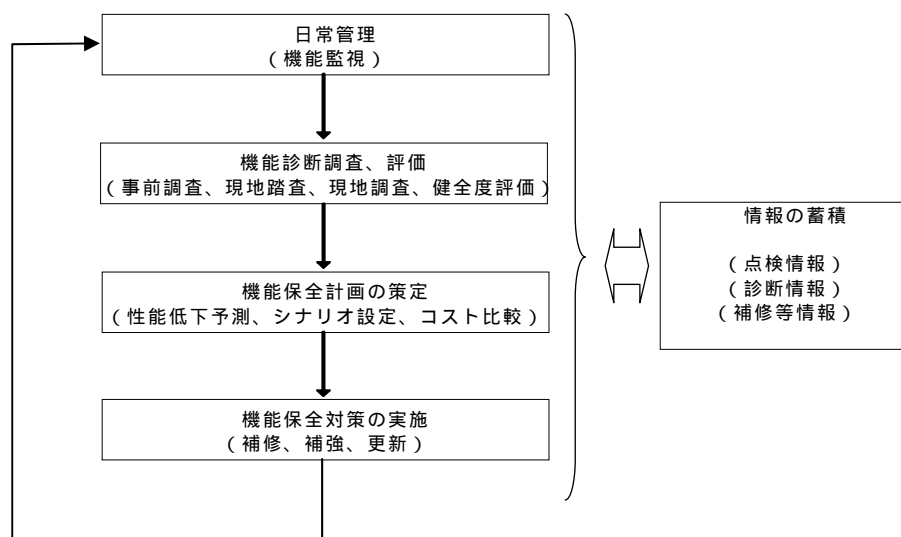


図 1-12 頭首工の機能保全のフロー

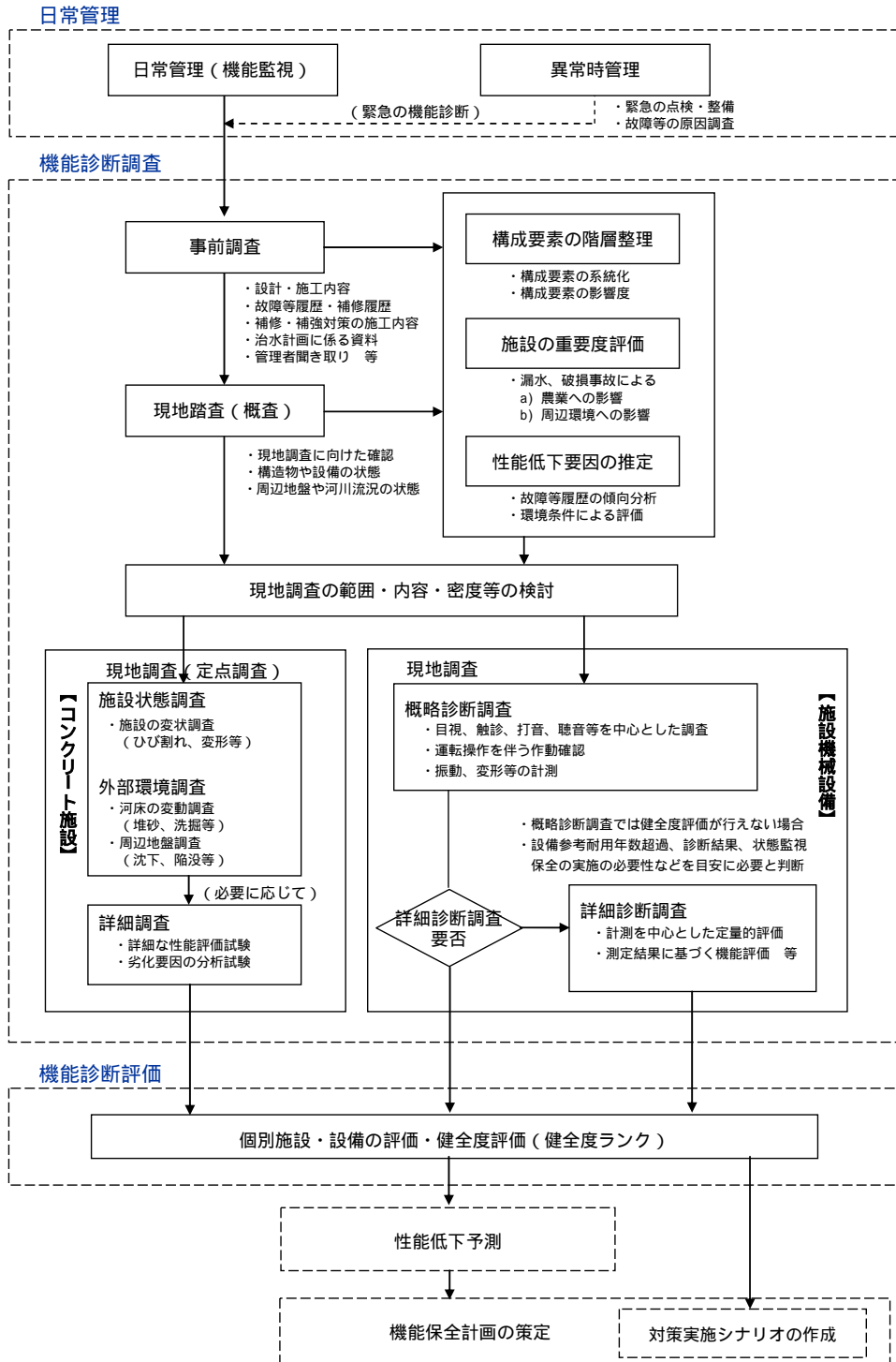


図 1-13 頭首工の機能保全のフロー（機能診断調査、評価）

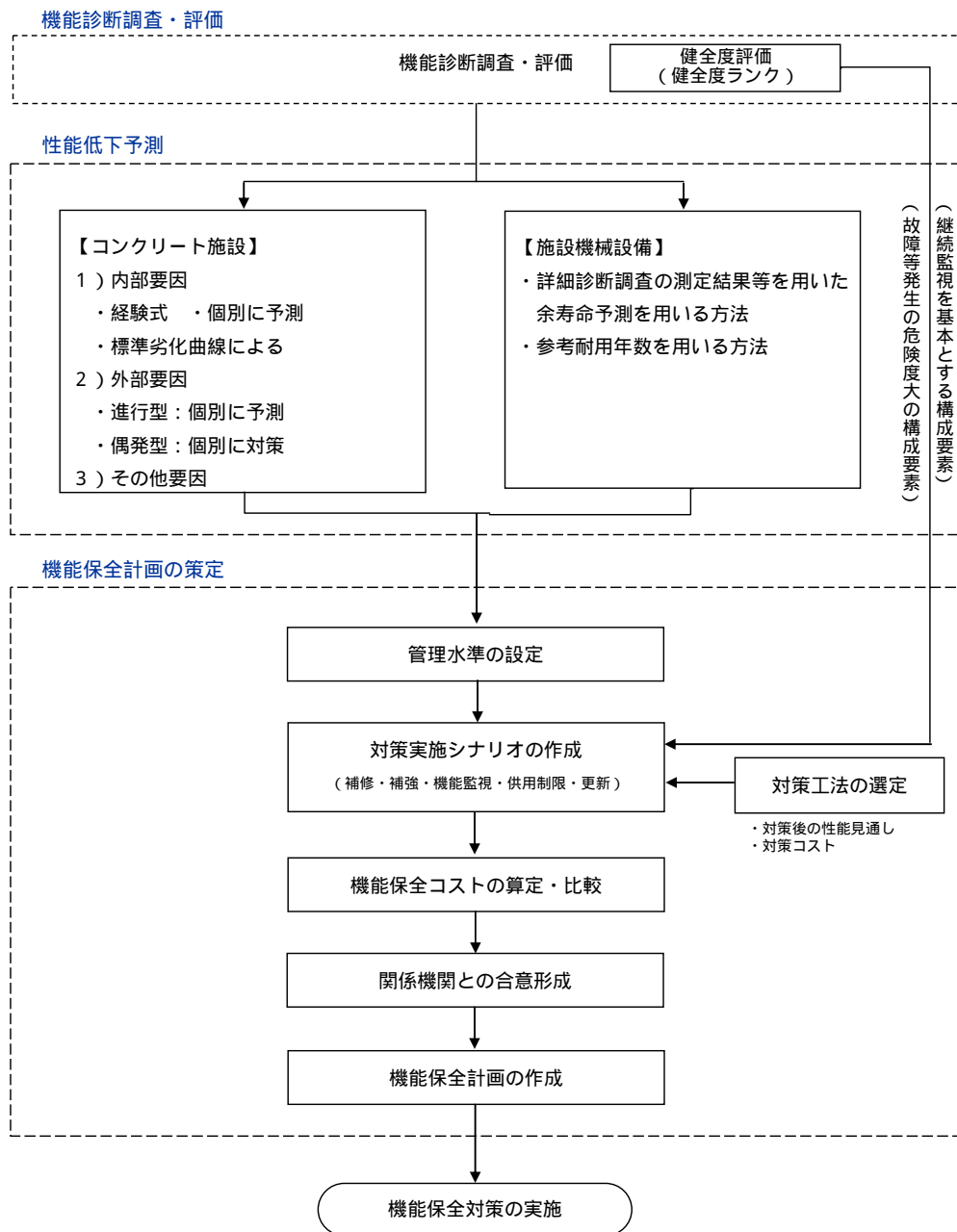


図 1-14 頭首工の機能保全のフロー（機能保全計画の策定）

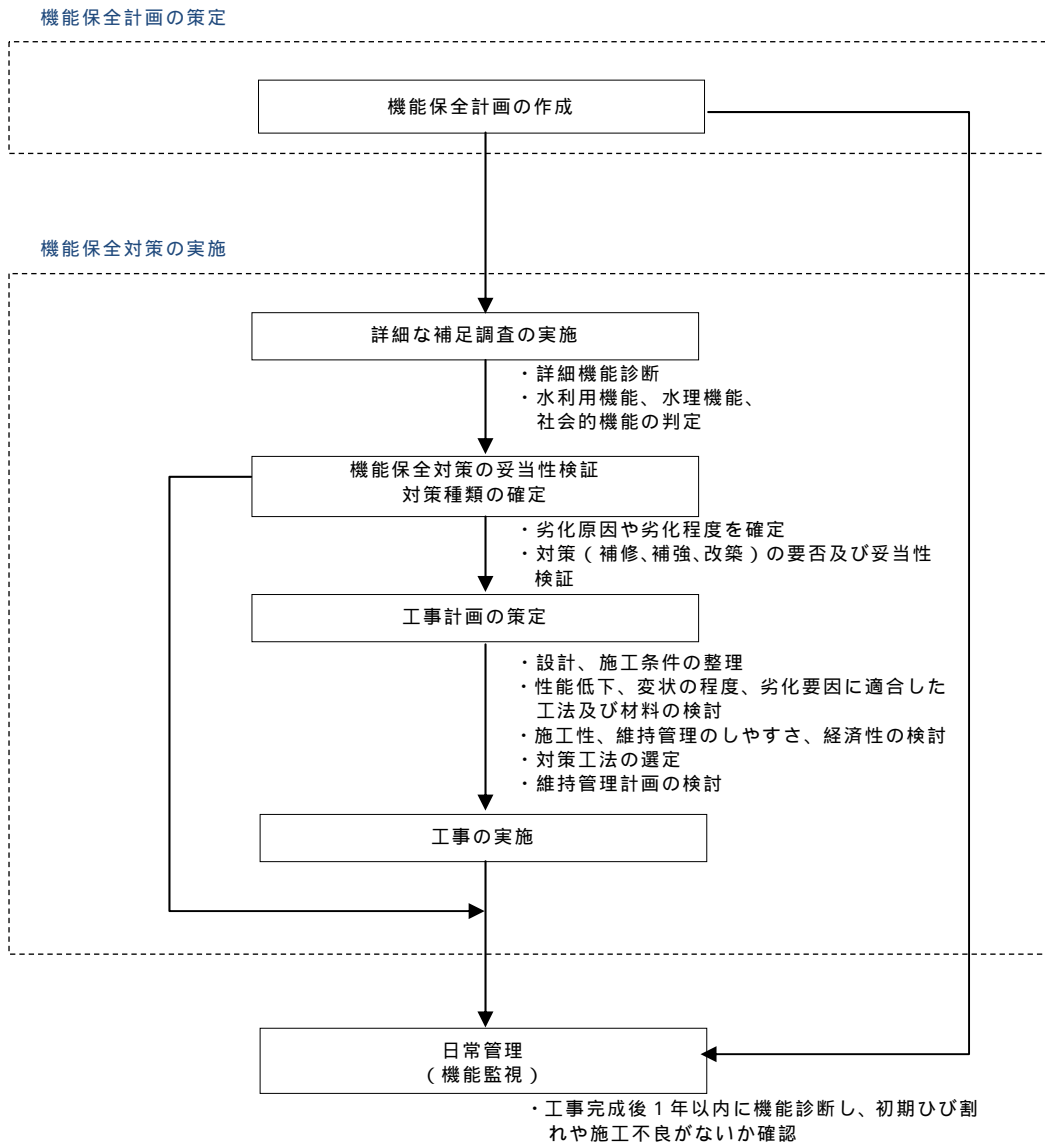


図 1-15 頭首工の機能保全のフロー（機能保全対策の実施）

《機能保全対策の実施》についての基本的な考え方は「農業水利施設の機能保全の手引き」（平成 19 年 3 月）を参照

第2章 機能診断調査

2.1 基本的事項

頭首工の機能診断で実施する調査手法や調査位置の選定に当たっては、構成する施設・設備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

機能診断調査に当たっては、その調査の目的を明確にした上で、目的を達成するのに必要な成果を得るために、どのような調査手法が効率的であるかとの観点から、調査全体を見渡して検討することが重要である。

また、頭首工を構成する個々の施設・設備の調査内容を決定する際にも、当該調査により何を明らかにしようとしているのかといった、調査のねらいを明らかにすることが大切である。その際、調査の結果により判断できるコストの縮減やリスクの回避といった効果と、調査に要する費用等が見合うものであるか、との視点での検討も必要である。

なお、機能診断調査によって得た情報は、農業水利ストック情報データベースに一元的に蓄積するとともに、次の段階の調査に当たっては、これらを参照して施設の状態を把握するための基礎情報としての活用を図る。

(2) 機能診断調査の手順

頭首工の機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から、
資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査、
遠隔目視により概況の把握を行う現地踏査、
近接目視、計測、試験等により定量的な調査を行う現地調査、
の3段階を基本とし、頭首工の構成要素ごとの主要な変状及び劣化特性を踏まえて、合理的に調査を実施する。

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データベースの参照、設計図書、点検整備記録、管理・故障等履歴・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、変状箇所的位置、変状の内容や程度、ゲート水没部等の不可視部分、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

現地調査については、事前調査、現地踏査の結果から、施設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、現地において定量的な調査や診断を実施する。施設機械設備の調査や診断は、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。概略診断調査において健全度の把握が出来ない場合は詳細診断調査に移行する。

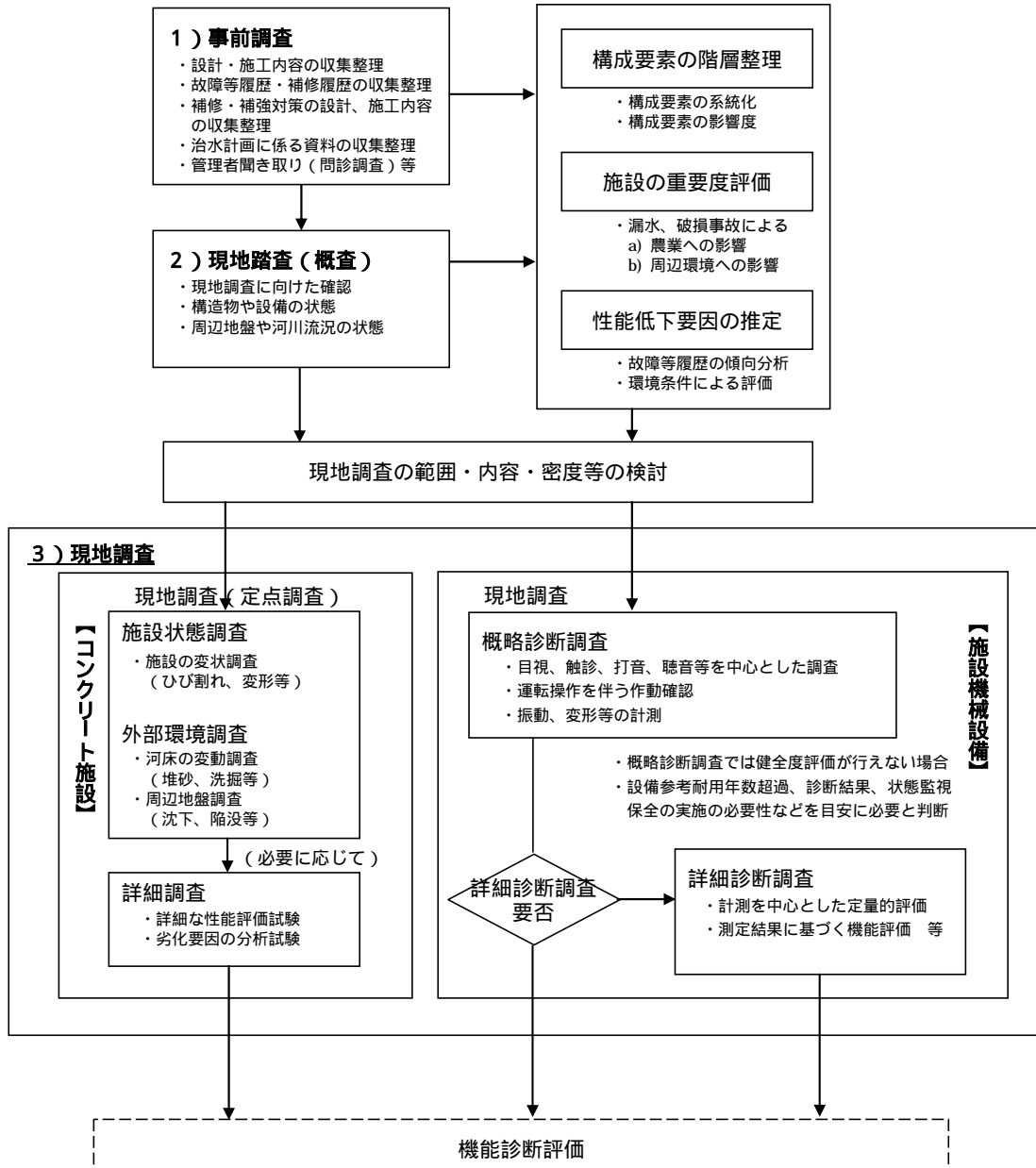


図 2-1 機能診断調査の実施フロー

2.2 事前調査

事前調査では、現地踏査・現地調査の実施方法を検討するために必要な基本情報を収集する。具体的には、施設の設計諸元、図面、過去の診断履歴、故障等履歴、補修履歴、地域特性、河川流況、河川整備計画等の既存資料の収集と施設管理者からの聞き取り等を行う。

【解説】

(1) 既存資料の収集・整理

1) 当初の設計、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、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）、地形・地質データや当時の設計基準、施工方法・技術、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、使用者や管理者、施工者に対して聞き取り調査を行う。

主な調査項目は次のとおりである。

a. 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。

b. 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、竣工年月（施工時期）に関する情報は、竣工後の時間の経過を踏まえた劣化現象の原因の把握、今後の予測などを行う上での基礎的資料となる。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。

c. 設計内容

設計図、業務報告書、完成図書等の設計図書から、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、設計内容の妥当性を確認するとともに、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で把握した現在の施設の状況や調査結果と当初の設計条件を比較することにより、設計条件との違いが明らかになり、それにより劣化要因を想定することが可能となる。

d. 施工内容

コンクリート使用材料・配合、施工記録等を分析することにより、材料、施工に起因した劣化要因の推定が行える。

）コンクリート使用材料・配合

コンクリートの品質が低いと変状につながるが多くなることから、コンクリートの配合報告書等を収集し、使用材料、配合の内容を調査しておく。コンクリートの使用材料の調査内容の例を表 2-1 に示す。

表 2-1 コンクリート使用材料の調査内容例

材 料	調査内容例
セメント	種類及び銘柄、物理・科学試験成績表
骨 材	種類、産地、岩種、岩質、粒度分布、密度、吸水率、不純物（粘土塊、有機不純物、塩分、洗い試験で失われるものなど）、アルカリ骨材反応
混和材料	種類及び銘柄、試験成績表、標準使用量
水	種類、水質試験表

（コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2009- P.19 より抜粋）

）施工記録

施工記録等により、調査可能な範囲においてコンクリートの練混ぜ時間、運搬時間、待ち時間、打込み時間、打込み量、打込み方法、打込み方向、打込み順序、練固め方法、仕上げ方法、養生方法等を調査する。

）各種試験記録

試験記録等により、調査可能な範囲において、スランプ、空気量、1週・4週圧縮強度、塩分濃度等を調査する。

e . 維持管理内容

施設機械設備の劣化は施設の維持管理内容や頻度に大きく影響されるため、維持管理内容、頻度、保守整備費等の情報を収集する。

2) 故障等履歴・補修履歴の収集整理

a . コンクリート施設

施設の破損や補修の履歴の調査については、施設管理者から資料を収集し、破損の状態、補修・補強の方法、場所等を平面図、縦断図に記入するなどして整理し、範囲ごとの変状の特徴等の分析を行う。

破損や補修の履歴を調査することにより、現在発生している変状が、過去の変状と類似の原因によるものかどうか、補修による効果がどの程度あるのかを推定することが可能である。なお、調査計画の策定に当たっては、使用・供用環境が類似している範囲に同様の劣化の可能性が考えられることから、これらに関する資料整理も重要である。

b . 施設機械設備

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・性能がどういう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望ましい。これらの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。

履歴管理に必要な項目と内容については表 2-2 に示す。

表 2-2 履歴管理に必要な項目と内容

項 目	内 容
点検・保守記録	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・補修記録	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・修理記録	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
運転記録	運転時間（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等）

3) 補修・補強対策の設計、施工内容に関する資料の収集整理

施設造成後、補修・補強対策が行われた施設・設備の場合は、当初の設計・施工内容にかかる資料に加え、補修・補強対策の実施に関する資料を収集整理することが重要である。

頭首工の機能保全対策では様々な工法が実施されており、それらの工法をとることによってどのような機能及び性能を確保しようとしていたのかといった情報の収集とともに、これらの機能保全対策における性能の確認のための指標や調査手法について、予め検討しておく。

4) 地域特性に係る資料の収集整理

劣化要因の中で、地域特性があるものとしては、コンクリート施設における塩害、アルカリ骨材反応、凍害があげられる。対象施設の位置する地域の気象データや使用骨材の試験成績書等を収集した上で、これらの劣化要因が該当する可能性の高い地域区分を示す図表と照らし合わせることで、地域特性による劣化要因を推定することが可能となる。

さらに、水質、塵芥物等の多少等の地域特性を把握しておくことも重要である。

5) 河川整備計画等の治水計画に係る資料の収集整理

河川法において、河川は、洪水、高潮等による災害の発生を防止し、その適正な利用と流水の正常な機能を維持し、河川環境の整備と保全を図るため、総合的に管理されなければならないとされており、そのための方針として、河川管理者が定める河川整備基本方針、河川整備計画等がある。

機能診断調査に当たっては、河川整備計画等の治水計画に係る資料から、河川の流況や河床の状況、河川の利用状況、地形、地質、環境など河川整備の基本となる情報を収集し、頭首工に関する周辺情報を把握しておくことが重要である。

6) 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聞き取り（問診）では、施設のどの位置に、どのような変状が発生しているか聞き取ることを基本とするが、可能な限り変状の程度や水管理・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を確認することが望ましい。

また、施設周辺の開発・都市化等による地形や建設物等の変化と事故・故障等による

社会的影響、施設の危険度についても聞き取りを行い、施設の重要度評価の基礎資料とする。変状が顕在化している箇所では、施設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。頭首工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。

施設管理者への聞き取りは、通常、表 2-3、表 2-4 に示すような日常点検票（問診票）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・整理する形で行う。

6) 施設情報の図化

ひび割れ状況等、現地踏査・現地調査に必要な情報は、平面図・縦断図、展開図等に記載し整理する。なお、情報の図化に当たっては、写真の活用も有効である。

表 2-4 頭首工（ゲート設備）の日常点検票（問診票）の例

整理番号	調査年月日		
地区名	記入者		
施設名	前回分解点検実施年月日		
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】	
	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】	
	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 （ ） 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】	
定期点検実施の有無	1.定期的実施（前回実施日： 年 月 日） （周期： に 回） 2.不定期に実施（前回実施日： 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。		

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 号ゲート右岸主ローラ）

* ゲート設備の日常点検票（問診票）の詳細事例は「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照

2.3 現地踏査

現地踏査では、現地調査の実施方法を検討するため、事前調査で得られた情報をもとに実際に巡回目視により踏査し、必要な事項を確認する。現地踏査に当たっては、日常管理を通じて平常時の状態を熟知する施設管理者とともに実施することが望ましい。

【解説】

現地踏査は、徒歩巡回目視により全施設を観察し、変状の有無や変状箇所の特定を行うとともに、現地調査を実施するのに適当な場所の確認や足場、水替工といった仮設設備の必要性の確認を主目的として行う。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と一緒に実施することが望ましい。

現地踏査による巡回目視を行うに当たっては、以下の点に留意する。

(1) コンクリート施設

- コンクリート施設のひび割れなどの表面変状の有無、程度（範囲）
- 堰柱の変形、傾き（打ち継ぎ目部や門扉取り付け部の開き、段差などから類推）
- 堰本体やエプロンなどの摩耗、欠損状況
- 護床ブロックの変形・沈下、流出状況
- 河床の異常な変動（洗掘、堆砂）
- 取付護岸部の変状（変形、沈下、欠損等）

(2) 施設機械設備（ゲート設備）

- 目視により設備全体を観察し、劣化の有無や劣化箇所の特定を行う。
- 劣化の原因把握のため水質など周辺環境条件等を調査する。
- 現地調査に先がけて、不可視部分の確認や、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。

現地踏査に当たっては、事前調査で整理された情報や認識されている変状等をもとに、踏査箇所や確認すべきポイントを予め整理した帳票を作成する。現地踏査票の参考例を表 2-5～表 2-7 に示す。

また、今後の現地調査及び継続調査時においては、調査ポイントや過去の変状を容易に把握するため、事前調査段階で作成した施設情報が記載された平面図・縦断図、展開図等を活用することが望ましい。

表 2-5 頭首工（コンクリート施設）の現地踏査票の例（1/2）

整理番号		調査年月日	
地区名		記入者	
施設名			
写真			
施設	変状項目	変状の程度 ¹	変状箇所 ²
堰柱	傾斜・変形・摩耗	1.有 2.無	
	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
床版	変形・摩耗	1.有（摩耗・骨材の露出等） 2.無	
	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
導流壁	洗掘・摩耗	1.有（摩耗・骨材の露出等） 2.無	
	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
固定堰	洗掘・摩耗	1.有（骨材の露出等） 2.無	
	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
エプロン	変形・折損	1.有（折損・陥没等） 2.無	
	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	

表 2-6 頭首工（コンクリート施設）の現地踏査票の例（2/2）

施設	変状項目	変状の程度 ¹	変状箇所 ²
河川状況	上流河床の堆砂進行	1.有 2.無・微小	
	下流河床の異常洗掘	1.有 2.無・微小	
	ミオ筋の変化	1.有 2.無・微小	
	河川内の流木・塵芥等	1.有 2.無・微小	
護床工	沈下・流出	1.有 ブロックの流失 ブロックの異常沈下 2.無・微小	
護岸	表面の欠損・剥落	1.無・微小 2.有	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
取入口	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
魚道	表面の欠損・剥落	1.有 2.無・微小	
	ひび割れ	1.有 全面にひび割れが発達している 部分的にひび割れが発生している 構造ひび割れ 2.無・微小	
評価	現地調査箇所 （現地調査をおこなうのに 適当な箇所）		
	詳細調査箇所 （補修対策の必要有無を判 定するための詳細な調査が 必要な箇所）		
	補修対策の必要箇所 （早急に補強・補修工事を必 要とする箇所）		
特記事項			

1 変状の程度は、該当する番号に 印をつける。

2 変状箇所は、施設番号、調査平面図、展開図に付した番号等のいずれかを記入し、今後の経年調査で場所が照合できるようにすること。

表 2-7 頭首工（ゲート設備）の現地踏査票の例

整理番号		踏査年月日	
地区名		記入者	
施設名			
写真整理No.			
異常等現地確認	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)		
	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)		
環境条件	堆砂状況		
	水質状況		
	その他		
仮設の必要性	吊上げ設備		
	足場		
	水替工		
	その他		
診断時期	受電期間		
	ゲート開放の可否		
	診断時期		
現場状況の制約事項	動作確認の可否		
	不可視部		
	その他		
安全対策 必要な			
特記事項：			

* ゲート設備の現地踏査票の詳細事例は「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照

(3) 性能低下要因の推定

現地調査における調査項目の設定や調査地点の選定を効率的に行う観点から、事前調査で得られた成果をもとに、使用環境条件と劣化要因の関連性を整理し、表 2-8 に示すような「劣化要因推定表」を用いて、当該施設における主たる劣化要因を把握する。

主たる劣化要因は、「劣化要因推定表」の関連性の高さで判断されるが、関連性が低い要因であっても、過去の機能診断結果や事故原因調査等から性能低下要因が特定される場合は、関連資料の追加収集や現地調査計画に反映させることが望ましい。

表 2-8 頭首工（コンクリート施設）の劣化要因推定表の例

劣化要因		内部要因							外部要因							
		コンクリート							鋼矢板							
		中性化 ₁	塩害 ₁	ASR ₂	凍害	化学的腐食	疲労	摩耗風化	腐食	バイキング	背面土砂吸出し	河床低下	地盤沈下	出水時の洗掘・掃流	衝突摩耗	堆砂
使用・劣化環境																
供用年数	40年以上 20～40年未満															
施工年	1986年以前															
	1978年以前															
鉄筋被り	t < 30mm															
地域	塩害を起こしやすい(起きた)地域															
	ASRを起こしやすい(起きた)地域															
	凍害を起こしやすい(起きた)環境															
	ASR、塩害複合劣化地域															
	塩害、凍害複合劣化地域															
供用環境	南向き面の部材															
	融雪剤・凍結防止剤の使用 接水時間が長い(常時)															
材料	水セメント比60%以上															
	海砂の使用 反応性材料使用															
水質	硬度が小さい															
頭首工 地盤条件	透水性地盤(砂礫層)															
	地盤条件の境界部に位置する															
頭首工 立地条件	河床勾配1/140より大きい															
	感潮河川に位置する															
	河川蛇行部・合流部による水衝部がある															
頭首工 河川条件	近年上流部のダム新設等により土砂流出量が減少した															
	上流部からの土砂供給がある															
	ミオ筋が変化しやすい															
	洪水が頻繁に発生する															
頭首工 構造条件	基礎の形式がフローティングである															
	止水壁・阻壁がない、または不明である															
頭首工 被災履歴	過去に頭首工の流出・損壊など被災がある 過去に地震被害を受けた															

【関連性：高 ・ ・ ・ ・ ・ なし 低】
 1 無筋コンクリートの場合は劣化要因としない。
 2 1986年以降の施工の場合は劣化要因としない。

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及び施設の重要度と構成要素の影響度を勘案して、構成する施設・設備ごとに調査範囲、調査手法等を設定する。

【解説】

(1) 現地調査の基本的な考え方

1) コンクリート施設

現地調査は、事前調査・現地踏査で得られた結果及び施設の重要度と構成要素の影響度を踏まえ、適切な調査範囲において実施するもので、頭首工の性能の低下状態やその要因について定量的な調査を行う。現地調査による調査結果だけでは判定できず、さらに詳細な調査が必要であると判断された場合には、専門家や試験研究機関等による調査（詳細調査）を実施する。構成要素の性能低下が進展しても、頭首工全体への影響が限定的か、もしくは小さく、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場合には、現地調査の対象外とすることを検討する。

2) 施設機械設備（ゲート設備）

現地調査は、効率的に設備の状態を把握する観点から、概略診断調査、詳細診断調査の流れで調査を行う。概略診断調査は、目視、触覚、聴覚など五感による判断、付属計器類の指示値や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に基づく異常の有無の確認を主な内容とするものであり、概略診断調査において健全度の把握が出来ない場合は詳細診断調査に移行する。詳細診断調査は、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の判定を行う。詳細診断調査により異常があると判定されたとき、さらに精密な検査が必要と考えられる場合には、より詳細な調査を実施する。

(2) 現場条件により調査に制約を受ける場合の取扱い

現場条件により調査に制約を受ける要因としては、放流操作上の制約等によるゲート動作確認実施の可否、仮設等にかかる費用の手当の可否、調査可能実施時期など様々であるが、現場の条件を勘案し、合理的かつ経済的な手法で、調査を行う必要がある。以下に調査に制約を受ける場合の取扱い例を示す。

1) ゲートが常時水没している場合

頭首工のゲート設備で、水位を下げないと目視確認ができない場合がある。このような設備の診断は、当該施設の運転履歴や点検整備履歴が整理・保存されているので、事前調査時に施設管理者からの聞き取りを行い、診断項目の検討を行う。診断の実施時期等については施設管理者と事前に協議を行う必要がある。なお、何らかの事情により、水位を下げられない場合は、潜水土による調査や「水中カメラ」

等を活用した調査の実施についても検討する。

2) ゲート操作の制約を受ける場合

操作規定等により、取水位の低下による取水量の減少や下流水位の上昇を伴うゲート操作に制約を受ける場合があるため、ゲートの開閉操作を伴う診断項目の調査に当たっては、事前に施設管理者と調査可能時期の確認を行う必要がある。なお、通年取水等により、調査が不可能な場合は直近の運転履歴や点検整備履歴の情報を活用し、調査データの整理を行う必要がある。

なお、調査は、施設管理者が定期的に行っている点検整備業務と時期を合わせて行うことが望ましい。

3) 大規模な仮設を必要とする場合

現地調査において、河川等の仮締切や調査用足場などの仮設を必要とする場合があるため、現地踏査において、診断項目に沿った調査の実施に必要な仮設の要否を十分に調査することが重要である。なお、経済面などを考慮し、調査は、施設管理者が定期的に行っている点検整備業務と時期を合わせて行うことが望ましい。

4) 供用期間が限定される場合

かんがい期や非かんがい期など供用期間が制約されている場合には、調査を行おうとする際に操作現場に操作員がいなかったり、あるいは通電されていなかったりするケースが考えられるため、事前に施設管理者から聞き取りを行い、調査実施時期の決定を行うとともに、診断に必要な電源設備等の機器や装置の有無を確認しておくことが必要である。

(3) 現地調査位置選定の考え方

現地調査位置は、頭首工を構成する施設・設備ごとに、性能低下とその要因を踏まえ、自重や水圧等の荷重が集中する構造上の重要箇所や流水による影響を受け、堆砂や洗掘、摩耗などの劣化が進行しやすい位置などを考慮し、劣化の進行度合いを継続的に把握することができる調査位置を選定することが重要である。また、これとは別に劣化の程度が進み、要観察と判断されるような場所も現地調査位置とする。調査位置選定の考え方の例を図 2-2 に示す。

なお、過去に施設の機能診断調査が実施されている場合には、調査の効率性確保と経年変化を分析できるようにするため、当該調査位置を極力活用するようにする。

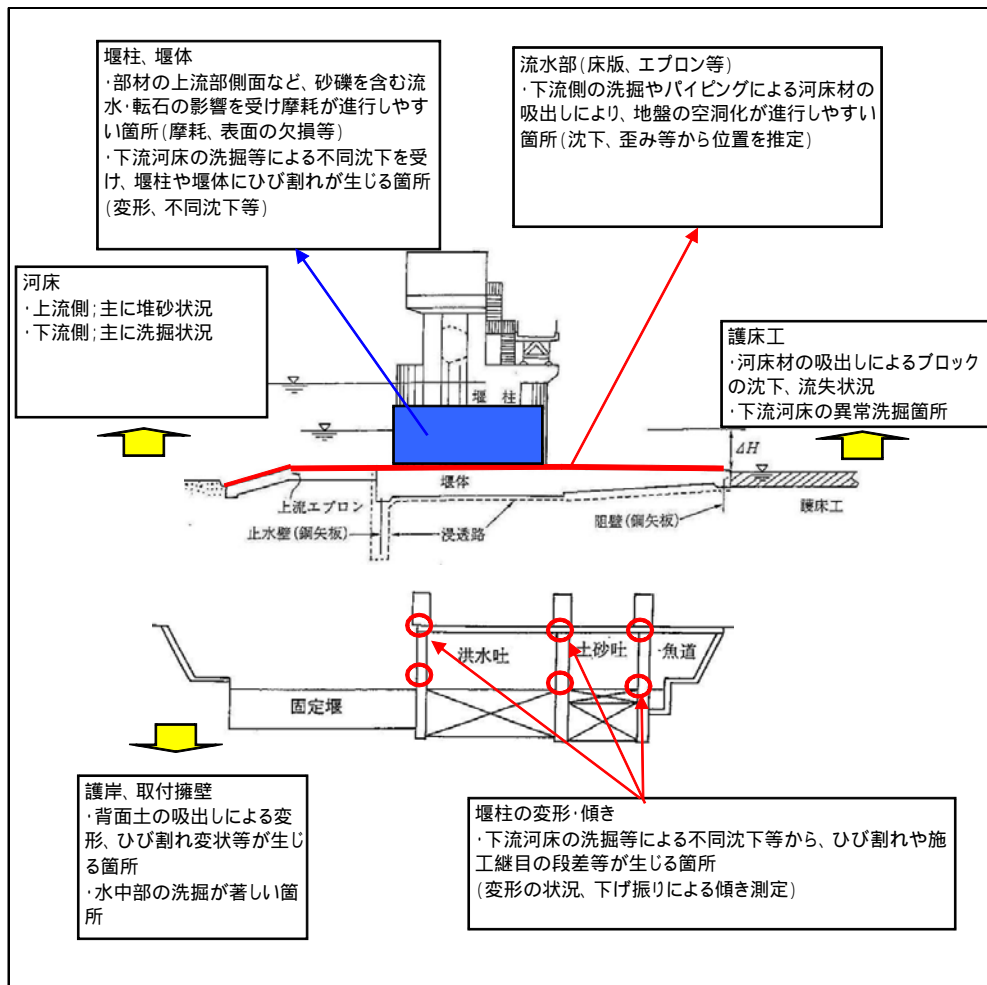


図 2-2 現地調査位置選定の考え方の例

(4) 調査項目および調査内容

現地調査では、事前調査、現地踏査の結果を踏まえ、調査項目を設定する。

1) コンクリート施設

コンクリート施設では、劣化要因推定表によって得られた主要な性能低下要因を踏まえ、ひび割れ、材料劣化、変形・歪み、構造物周辺の変状、目地の変状などについて調査する。標準的な現地調査項目を表 2-9 に示す。

2) 施設機械設備 (ゲート設備)

概略診断調査は、目視、触診、聴音等の外観調査、振動測定等の簡易な計測、運転操作を伴う作動確認等を行い、異常の有無を確認する。詳細診断調査は、概略診断調査から実施の要否を判断し、必要に応じて実施することを検討する。

表 2-9 標準的な現地調査項目（コンクリート施設）の例

区分		調査項目		調査手法	記録手法
内部要因	コンクリート	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（ひび割れスケール）	定量記録、写真記録
			ひび割れ延長	定量計測（スケール）	定量記録、写真記録
			ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
	材料劣化	浮き	目視による観察	写真記録、図化	
		剥離・剥落・スケーリング	〃	〃	
		ポップアウト	〃	〃	
		析出物（エフロレッセンス）	〃	〃	
		析出物（ゲルの滲出）	〃	〃	
		錆汁	〃	〃	
		変色	〃	〃	
		摩耗・風化	〃	〃	
		漏水（痕跡）	〃	〃	
		鉄筋露出	〃	〃	
	圧縮強度	反発硬度	リバウンドハンマー	定量記録	
中性化	中性化深さ / 中性化残り	ドリル法	〃		
	鉄筋被り	設計図書等	〃		
外部要因	変形・歪み		変形・歪みの有無	目視による有無 簡易計測（下げ振り、ボール等）	有無の記録、写真記録、定量記録
	欠損・損傷		欠損・損傷の有無 戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	目視による有無	有無の記録、写真記録
	不同沈下		構造物の沈下・傾倒	目視による有無 簡易計測（下振り、ボール等）	有無の記録、写真記録、定量記録
	構造物周辺の 変状	エプロン・ 護床工周辺 河床	エプロン直上下流の局所洗掘、 下流側護床工の消失・沈下、洗掘	目視による有無 スタッフ挿入等による確認 （必要に応じて測量）	有無の記録、写真記録、定量記録
		エプロン・ 床版下部	床版・エプロン下からの噴水 床版・エプロン下の空洞	目視による有無	有無の記録、写真記録
		護岸工周辺 地盤	背面土の空洞化	打撃法	定量記録
			周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	目視による有無	有無の記録、写真記録
魚道下流	下流河床低下など	目視による有無	有無の記録、写真記録		
その他の要因	目地の変状 （護岸、エプロン、構造物境界）		目地の開き	目視による有無	有無の記録、写真記録
			止水板の破断	〃	〃
			漏水痕跡	〃	〃
			段差	〃	〃
			周縁コンクリートの欠損等	〃	〃
	管理橋	橋桁や床版の損傷		〃	〃
		沓座・堰柱張出し部の損傷		〃	〃
	操作室 （堰柱と一体的に設置された小規模なもの）		雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	〃	〃

有無を目視で調査する項目で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。

(5) 現地調査票

現地調査結果は、調査項目ごとに整理を行う。なお、現地調査に当たっては中長期の変状を継続的に調査することが望ましいため、定点ごとの調査票から取りまとめを行う。現地調査（定点調査）票の参考例を表 2-10～2-12 に示す。施設機械設備（ゲート設備）の現地調査票の参考例は、「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照のこと。

表 2-10 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票 参考例 (1/3)

整理番号		調査年月日		
地区名		記入者		
施設名		調査部材番号		
定点調査番号		例:P-		
劣化要因の推定(劣化要因推定表による)	劣化要因	評価	特記事項(可能性のある劣化要因等)	
	中性化			
	塩害			
	A S R			
	凍害			
	化学的腐食			
	疲労			
摩耗・風化				
外部要因				
調査部位	規格	調査施設概要図		
データ整理	スケッチ	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	No.	
	写真	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	No.	
変状項目		変状の状態・程度		
ひび割れ	ひび割れ最大幅 ()の値は厳しい腐食環境の場合に適用する。	鉄筋	<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 (0.2mm未満) <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~1.0mm未満 (0.2mm以上~0.6mm未満) <input type="checkbox"/> 1.0mm以上 (0.6mm以上)	
		無筋	<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~5.0mm未満 <input type="checkbox"/> 5.0mm以上	
		<input type="checkbox"/> ひび割れなし	実測値	(mm)
	最大幅ひび割れの延長			(m)
	ひび割れ延長	幅2.0(5.0)mm以上		(m)
		幅1.0mm以上2.0(5.0)mm未満		(m)
		幅0.20mm以上1.0mm未満		(m)
		幅0.20mm未満		(m)
	ひび割れ形状 複数指定可	<input type="checkbox"/> 1.目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ <input type="checkbox"/> 2.特徴的な形状を示さないひび割れ <input type="checkbox"/> 3.格子状・亀甲状などのひび割れ <input type="checkbox"/> 4.側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ <input type="checkbox"/> 5.鉄筋に沿ったひび割れ		
	進行性(前回との変化)	<input type="checkbox"/> あり		
ひび割れ規模	<input type="checkbox"/> ひび割れ密度:ひび割れ幅0.2mm以上のものが50cm/m ² 以上 <input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上)			
ひび割れ付随物(析出物、錆汁、浮き)	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし			
ひび割れからの漏水	<input type="checkbox"/> 滲出し、漏水跡、滴水 <input type="checkbox"/> 流水、噴水 <input type="checkbox"/> なし			
ひび割れ段差	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし			
いずれが該当するチェックボックスに印をつけ、右欄に計測値を記入する。				
材料劣化	浮き	<input type="checkbox"/> 部分的(表面の50%未満) <input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上) <input type="checkbox"/> なし		(m ²)面積
	剥離・剥落・スケーリング	<input type="checkbox"/> 部分的(表面の50%未満) <input type="checkbox"/> なし		(m ²)面積
		<input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上)		(cm)深さ
析出物(エロレンス・ゲルなど)	<input type="checkbox"/> 部分的(表面の50%未満) <input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上) <input type="checkbox"/> なし			(箇所)

表 2-11 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票 参考例 (2/3)

変 状 項 目		変状の状態・程度			
材料劣化	錆汁	<input type="checkbox"/> あり	<input type="checkbox"/> なし		(箇所)
	摩耗・すりへり	<input type="checkbox"/> 1.細骨材露出	<input type="checkbox"/> 2.粗骨材露出		
		<input type="checkbox"/> 3.粗骨材剥離	<input type="checkbox"/> なし		
鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 部分的(表面の50%未満)	<input type="checkbox"/> なし		(m ²)面積	
圧縮強度	反発硬度法(左・右側壁)	測定			(N/mm ²)
		測定			
	平均値(設計基準強度比)	<input type="checkbox"/> 100%以上	<input type="checkbox"/> 75%以上100%未満	<input type="checkbox"/> 75%未満	
中性化深さ	ドリル法	測定			(mm)
	鉄筋被り(測定値または設計図書による)				(mm)
	中性化残り=鉄筋被り-中性化深さ				(mm)
	平均値	<input type="checkbox"/> 中性化残り10mm以上	<input type="checkbox"/> 中性化残り10mm未満		
変形・歪み	変形・歪みの有無	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
	変形・歪み箇所の略図				
欠損・損傷	欠損・損傷の有無	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	(箇所)
	戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	(箇所)
不同沈下	構造物の沈下、傾倒	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
エプロン・護床工周辺河床	エプロン直上下流の局所洗掘、下流側護床工の消失・沈下、洗掘	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
エプロン・床版下部	床版・エプロン下からの噴水 床版・エプロン下の空洞	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
	周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	<input type="checkbox"/> なし	
魚道下流	下流河床低下など	<input type="checkbox"/> 20cm未満	<input type="checkbox"/> 20cm~50cm	<input type="checkbox"/> 50cm以上	<input type="checkbox"/> なし

表 2-12 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票 参考例 (3/3)

変 状 項 目		変状の状態・程度	
目地の変状 (護岸、エプロン、構造物境界)	目地の開き	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生) <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	(mm)
	止水板の破損	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	(箇所)
	漏水の状況	<input type="checkbox"/> 滲出し、漏水跡、滴水 <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 流水、噴水	(箇所)
	段差	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生) <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	(箇所)
	周縁コンクリートの欠損等	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生) <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	(箇所)
管理橋	橋桁や床版の損傷	<input type="checkbox"/> 滲出し、漏水跡、滴水 <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 流水、噴水	(箇所)
	沓座・堰柱張出し部の損傷	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生) <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	(箇所)
操作室 (堰柱と一体的に設置された小規模なもの)	雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 局所的(施設の一部のみで発生) <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)	(箇所)
点検担当者の主観的な評価			
対策の必要性	1. 対策必要有(以下から選択) <input type="checkbox"/> 早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 <input type="checkbox"/> 詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい。 <input type="checkbox"/> 緊急の対策、調査は必要ない。 <input type="checkbox"/> 2. 対策必要無し 【特記事項】		
想定される 主な劣化要因 複数指定可	【劣化要因】 <input type="checkbox"/> 1.初期欠陥 <input type="checkbox"/> 2.中性化 <input type="checkbox"/> 3.塩害 <input type="checkbox"/> 4.アルカリ骨材反応 <input type="checkbox"/> 5.凍害 <input type="checkbox"/> 6.化学的腐食 <input type="checkbox"/> 7.疲労 <input type="checkbox"/> 8.摩耗・風化 <input type="checkbox"/> 9.過荷重(地震含む) <input type="checkbox"/> 10.近接施工 <input type="checkbox"/> 11.支持力不足 <input type="checkbox"/> 12.外力(緩み土圧、塑性土圧、偏圧) <input type="checkbox"/> 13.その他 【特記事項】		
想定される 劣化過程評価	【劣化過程】 <input type="checkbox"/> ;潜伏期 <input type="checkbox"/> ;進展期 <input type="checkbox"/> ;加速期 <input type="checkbox"/> ;劣化期 【特記事項】		

(6) 調査頻度

機能診断の実施時期と頻度は、施設・設備の劣化に伴う頭首工の性能低下や偶発的な事故により、農業や周辺環境にどのような影響があるのか、その影響がどの程度までなら許容できるのか、修復の難易度や所要時間はどの程度かといった視点で検討を行い、調査に要する費用を加味して検討を行う。

また、劣化があまり進行していない施設・設備であっても、将来の劣化を予測するために一定期間ごとに行うことが必要である。

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、構成する施設・設備ごとに行うことを基本とし、機能診断調査の結果から施設・設備の性能低下状態やその要因を把握するとともに、施設・設備の健全性を総合的に把握するために行う。

【解説】

機能診断評価は、機能保全計画を策定するために必要となる施設・設備の性能低下について、その状態と要因を把握するために実施する。また、施設・設備の状態から施設・設備が総合的にどの程度の健全性を有するかについて評価を行うために実施する。

機能診断評価のフローを図3-1に示す。

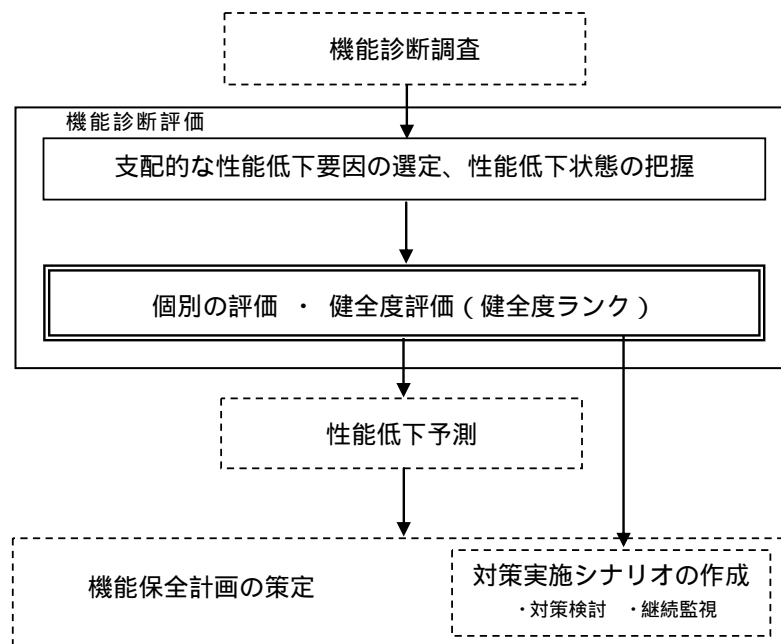


図 3-1 機能診断評価のプロセス

コンクリート施設の水利用性能や水理性能の程度と安定性は、構造性能（力学的安全性、耐久性、安定性等）に支えられている。コンクリート施設の構造性能の低下の程度は、ひび割れや鉄筋腐食による錆汁の発生など躯体の状態のほか、施設の変形、基礎地盤の状態など外形の状態からかなりの程度把握できる。このことから、施設の健全度評価は、構造物の外形の状態から行うことを基本とする。

なお、コンクリート施設の構造性能の低下については、その要因が構造部材の劣化などによる内部要因か、河川流況、地盤沈下や荷重などによる外部要因か、もしくは接合部などその他の要因かに分類し、支配的な要因を勘案しながら検討を行う。また、これ

らの性能低下は供用期間中に生じた様々な要因によって進行しているため、それぞれの要因について進行性があるかどうかを含めて把握することが重要である。

さらに、構造部材の劣化特性については、ひび割れタイプや使用環境条件（鉄筋腐食環境等）によって大きく異なるため、これらを考慮して検討を行うとよい。

< 性能低下の要因 >

内部要因（コンクリート等材料そのものの劣化）

コンクリートの摩耗、塩害、中性化、凍害、複合的な要因による劣化など。

外部要因（構造物の変形・変位・損傷など）

地震、流水、荷重、圧密沈下、洗掘、パイピングなど。

その他の要因

コンクリート施設の目地、ゲート操作に関連する管理橋及び門柱と一体化した小規模な操作室の損傷など。ただし、ゴミ、雑草などによる構造的劣化に帰結しない水理性能の低下は別途検討するものとし、本手引きでは取り扱わない。

< ひび割れタイプ >

初期ひび割れ

乾燥収縮や温度ひび割れなど施工中や施工直後に現れるひび割れで、初期の段階で適切な対策を施せば、劣化が進行しない（あるいは緩慢）タイプ。

劣化要因不特定

主たる劣化要因がなく、様々な軽微な劣化要因が複合したタイプ。

ひび割れ先行型

部材表面から劣化が進行するもので、先にひび割れ症状が現れ、鉄筋腐食はひび割れがある程度進行してから起こるタイプ。

鉄筋腐食先行型

鉄筋腐食が先行し、ひび割れ等の表面劣化がその後に現れるタイプで、中性化、塩害に代表される。

< 厳しい腐食環境 >

鉄筋腐食が起きやすい中性化や塩害の環境下であり、劣化要因推定表（表 2-8）で中性化又は塩害の関連性が高い場合。

施設機械設備においては、定期的な点検・整備が必要となるため、機能診断より得られた結果をもとに健全度評価を行い、点検・整備を通じて性能維持に努める必要がある。また、性能低下が著しく、経済性の面からも性能維持が困難な場合など、劣化対策等の機能保全計画策定に向けた判断指標として、健全度を把握する必要がある。施設機械設備（ゲート設備）の健全度評価の詳細については「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照のこと。

頭首工の健全度は、構成要素ごとに評価するものとするが、健全度ランクと施設・設備の状態の対応関係の設定例を表 3-1～3-3 に示す。

表 3-1 頭首工（鉄筋コンクリート施設）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設・設備の状態	現象例	対応する* 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	新設時点とほぼ同等の状態 （劣化過程は、潜伏期）	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	コンクリートに軽微なひび割れの発生や摩耗が生じている状態 （劣化過程は、進展期）	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態 劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態	鉄筋に達するひび割れが生じている あるいは、鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が生じている 摩耗の進行により、骨材の脱落が生じている （劣化過程は、進展期から加速期に移行する段階）	補修 （補強）
S-2	施設・設備の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態 補強を伴う工事により対策が可能な状態	コンクリートや鉄筋の断面が一部で欠損している状態 地盤変形や背面土圧の増加によりコンクリート躯体に明らかな変形が生じている状態 （劣化過程は、加速期又は劣化期に移行する段階）	補強 （補修）
S-1	施設・設備の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態 近い将来に施設・設備の機能が失われる、または著しく低下するリスクが高い状態 補強では経済的な対応が困難で、施設・設備の改築が必要な状態	貫通ひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面が大幅に縮小した状態 S-2に評価される変状が更に進行した状態 補強で対応するよりも、改築した方が経済的に有利な状態 （劣化過程は、劣化期）	改築

* 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、重要度や影響度、施設状態、劣化要因、劣化の進行性等に応じ、検討するものとする。

表 3-2 頭首工（無筋コンクリート施設）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設・設備の状態	現象例	対応する* 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	新設時点とほぼ同等の状態 （劣化過程は、潜伏期）	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	軽微なひび割れがみられる 周辺地盤の変状(不同沈下や陥没 など)が見られるが水路躯体の変 状は認められない 河床の盤膨れが見られるが躯体 の変状は見られない （劣化過程は、進展期）	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態 劣化の進行を遅らせる補修工事 などが適用可能な状態	無筋コンクリートの場合、躯体に 0.2mm～5.0mm程度のひび割れが 全面的にある、あるいは部分的で も5.0mm以上のひび割れがある 軽微な基礎の滑り、沈下、ブロッ ク面のせり出し、傾斜などが見ら れる 河床材の吸出しによるエプロン 下の空洞化やパイピングが疑わ れるような変形(不同沈下や陥没 など)が見られる 沈下・歪み等、異常洗掘が見られ る （劣化過程は、進展期から加速期 に移行する段階）	補修 (補強)
S-2	施設・設備の構造的安定性に影 響を及ぼす変状が認められる状 態 補強を伴う工事により対策が可 能な状態	躯体に5.0mm以上のひび割れがあ り、かつ全面的にひび割れが発達 している 顕著な基礎の滑り、沈下、破損、 脱落が見られる、あるいは壁のせ り出しや傾斜変形が見られるが、 崩壊、転倒には至っていない （劣化過程は、加速期又は劣化期 に移行する段階）	補強 (補修)
S-1	施設・設備の構造的安定性に重 大な影響を及ぼす変状が複数認 められる状態 近い将来に施設機能が失われ る、または著しく低下するリス クが高い状態 補強では経済的な対応が困難 で、施設・設備の改築が必要な 状態	S-2の症状がさらに進んだ状態 で、壁が転倒あるいは損壊してい る （劣化過程は、劣化期）	改築

* 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、重要度や影響度、施設状態、劣化要因、劣化の進行性等に応じ、検討するものとする。

表 3-3 頭首工（ゲート設備）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	設備の状態	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 する状態で、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	設備機能停止の恐れがある などの危険な劣化や著しい 異常が認められる状態	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 重要部位等が機器の陳腐化に より、代替品の入手が困難かつ 至急対策が必要な状態 その他、設備の性能が著しく低 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。 あるいは機器の陳腐化によ り、代替品の入手が困難な場 合	更新 (全体・部分)

ゲート設備の健全度ランクの考え方の詳細は「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照

3.2 施設・設備の健全度評価

施設・設備の健全度の評価は、施設・設備の性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表等を用い、機能診断調査の結果により行う。複数の要因が影響している場合には、性能低下を進行させる、より支配的な要因や施設全体の機能に及ぼす影響度を考慮して評価する。

【解説】

頭首工を構成する施設・設備の健全度の評価に当たっては、施設・設備ごとの性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を作成することなどにより、構成要素ごとに評価を行う。

施設状態の適切な評価のためには、各施設や地域の条件等を加味することが必要となる。ストックマネジメントに係る基礎的なデータ蓄積のため、基本的な評価項目と評価区分を共通化することとし、基本例として、頭首工（コンクリート施設）の施設状態評価表を表3-4に示す。

この基本例のほか、必要に応じて評価項目の追加や評価区分の設定を行う。なお、この施設状態評価表は、現場での実践と基礎的なデータ蓄積を踏まえた更なる検討を踏まえ、必要となれば一定期間の後、見直しを行う。

施設状態評価表を用いて、構成要素ごとに、変状要因から主要因別評価、主要因別評価から施設状態評価を行う際には、各要因ごとの評価のうち、最も健全度が低い評価を代表値とすることを基本とする。

なお、その後の性能低下を進行させる、より支配的な要因や、施設全体の機能に及ぼす影響がある場合には、これらを考慮して評価しても良いが、その場合においてはどのような考え方にに基づき、そのような評価を行ったのかなどについて、記録しておくことが重要である。

また、一つの構成要素に対し、いくつかの地点での調査を必要とするなどの理由により複数の調査定点を設けた場合にも、基本的には、各定点ごとの調査結果を踏まえ、構成要素としての施設状態評価を行うこととし、その際の評価の考え方についても明確にしておく。

施設機械設備の健全度評価は、「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照のこと。

表 3-4 頭首工（コンクリート施設）の施設状態評価表

地区名		評価年月日							
施設名		評価者							
地点調査構造物名称		調査部材番号 例：P-							
施設の状況									
S-5:変状なし S-4:変状兆候 S-3:変状あり S-2:顕著な変状あり S-1:重大な変状あり									
評価項目		評価区分		評価の流れ					
健全度ランク		S-5	S-4	S-3	S-2	変状別評価	主要因別評価	施設状態評価	
内部要因	構造物自体の変状	ひび割れ 形状と幅 (有筋)	タイプ:初期ひび割れ 形状:目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因:乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
			タイプ:劣化要因不特定のひび割れ 形状:特徴的な形状を示さないひび割れ 原因:症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
			タイプ:ひび割れ先行型ひび割れ 形状:格子状・亀甲状などのひび割れ 原因:ASRや凍害などの劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
			タイプ:外力によるひび割れ 形状:側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ 原因:構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
			タイプ:鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状:鉄筋に沿ったひび割れ 原因:中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが 全体的		
			最大ひび割れ幅(無筋) [部材を貫通する可能性がある場合]	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 0.2~5.0mm [0.2~1.0mm]	最大ひび割れ幅 5.0mm以上 [1.0mm以上]	S-3に該当するものが 全体的		
			進行性(ASRや凍害などの場合)		有りの場合1ランクダウン				
			ひび割れ規模			ひび割れ密度 (ひび割れ幅0.2mm以上) 50cm/m ² 以上	S-3に該当するものが 全体的 又は		
			ひび割れ付随物 (析出物、錆汁、浮き)	無		有			
			ひび割れからの漏水	無		滲出し、漏水跡、滴水	流水、噴水		
	ひび割れ段差	無			有				
	ひび割れ以外の劣化	浮き	無	部分的	全体的				
	剝離・剥落	無	部分的	全体的					
	析出物(ワックス・ゲルなど) (ひび割れを含むものを除く)	部分的(S-4の場合以外)	全体的又は鉄筋に沿った部分的						
	錆汁 (ひび割れを含むものを除く)	無	有						
	摩耗・すりへり	細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	-				
	鉄筋露出の程度	無	全体的の場合、1ランクダウン						
	圧縮強度	反発強度法(鉄筋) (圧縮強度換算) 設計強度 21N/mm ² の場合	21N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	15~21N/mm ² (設計基準強度比 75%以上100%未満)	15N/mm ² 未満 (設計基準強度比75% 未満)				
		反発強度法(無筋) (圧縮強度換算) 設計強度 18N/mm ² の場合	18N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	13~18N/mm ² (設計基準強度比 75%以上100%未満)	13N/mm ² 未満 (設計基準強度比75% 未満)				
	中性化 (鉄筋)	ドリル法 (中性化残り)	残り10mm以上		残り10mm未満				
外部要因	構造物周囲の変状	変形・歪み	変形・歪みの有無	無	局所的	全体的			
		欠損・損傷	欠損・損傷の有無	無	局所的	全体的			
			戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	無	局所的	全体的			
		不同沈下	構造物の沈下、傾倒	無	局所的	全体的			
		エプロン・護床工周辺河床	エプロン直上・下流の局所洗掘、 下流側護床工の消失・沈下、深掘れ	無	局所的	全体的			
		エプロン・床版下部	床版・エプロン下からの噴水 床版・エプロン下の空洞	無	局所的	全体的			
	護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	無	局所的	全体的				
	魚道下流	周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	無	局所的	全体的				
		下流河床低下など	無	局所的	全体的				
	その他の要因	目地の変状 (護岸、エプロン、 構造物境界)	目地の開き	無	局所的	全体的			
止水板の破断			無		有り				
漏水の状況			無	漏水跡、滲出し、滴水	流水・噴水				
				エプロンの場合は1ランクダウン					
		段差	無	局所的	全体的				
		周縁コンクリートの欠損等	無	局所的	全体的				
管理橋		橋桁や床版の損傷	無	局所的	全体的				
		沓座・堰柱張出し部の損傷	無	局所的	全体的				
操作室 (欄干と一体的に設置 された小規模なもの)		雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	無	局所的	全体的				

注1) 「部分的」とは概ね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
 注2) 「変形・歪み」、「構造物周囲の変状」などにおける「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
 注3) 「1ランクダウン」については、1変状項目あたり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは「階級のみ」とする。
 注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。
 注5) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。
 注6) 圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。
 注7) ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、「+」又は「+」を満たす場合に該当する。
 注8) ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。
 注9) 主要因別評価から施設状態評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とすることを基本とする。

【参考】頭首工の総合評価(健全度評価)

頭首工の健全度評価は、その頭首工を構成する個々の構成要素に対して、個々に求められる様々な性能について個別に健全度を評価することを基本とする。頭首工全体の総合評価は、河川から必要な農業用水を取水する等の設置目的を果たす機能にかかる性能の評価である。機能保全対策等は、構成要素ごとの評価に基づいて個別に検討を行う必要があるが、広域の施設群を対象とした複数施設における機能保全計画の策定に当たっては、頭首工全体としての健全度評価が必要な場合も生じる。この際には、構成要素ごとの健全度評価から、重要度や施設全体に与える影響度、構成要素間の関連性等を考慮して総合的な評価を行う。

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、構成する施設・設備ごとに、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針を複数仮定し、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行っ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に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、故障等の発生の危険度が高く早急に対策を検討する施設・設備や、危険度が低く事後保全を前提とした継続監視を行っていくと判断された施設・設備は、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。

頭首工の機能保全計画の策定プロセスを図4-1に示す。

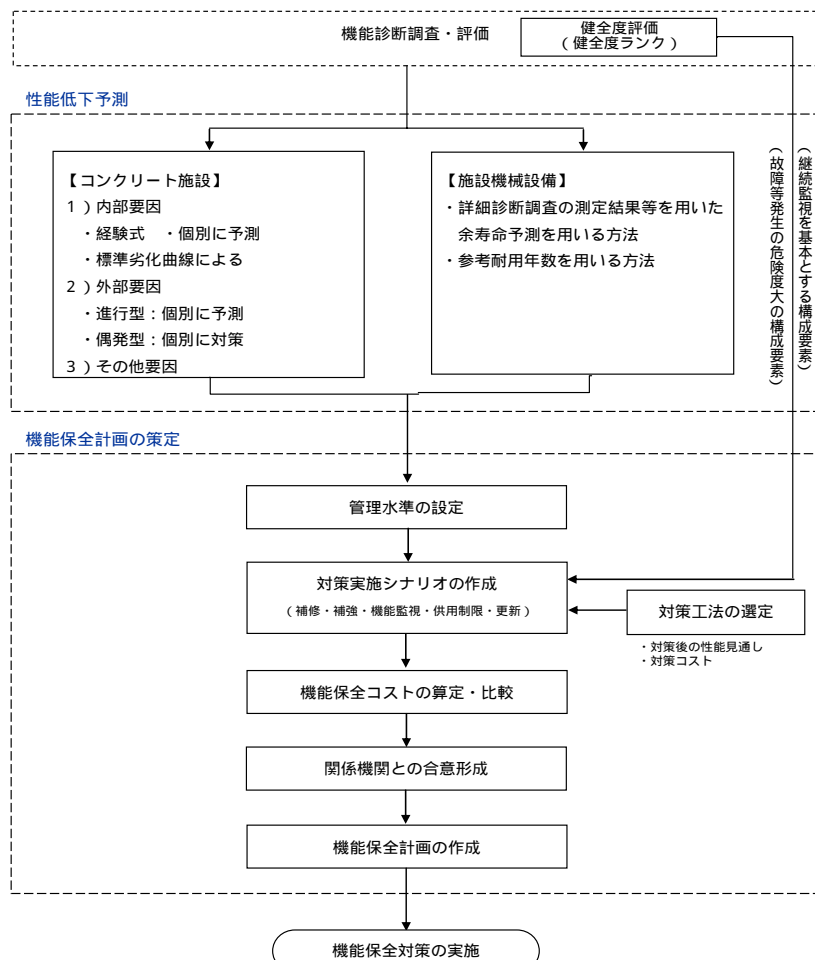


図4-1 機能保全計画の策定プロセス

4.2 性能低下予測

性能低下予測は、構成する施設・設備ごとに、対策が必要となる時期や方法の比較検討を行う目的で実施する。コンクリート施設の性能低下は、施設の内部要因、外部要因、その他の要因に影響されて進行し、これらのうち支配的な要因を判定し、これに基づく性能低下予測を行う。施設機械設備は、劣化特性や状態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（40年を基本）にわたる性能指標について管理するものであるため、機能保全計画を検討するに当たっては、現状の施設に関する性能低下予測を行うことが必要となる。

（1）コンクリート施設

コンクリート施設の性能低下については、個別の要因で劣化が進行している場合と複合的な要因で劣化が進行している場合があり、構成要素ごとに支配的な要因を判定する必要がある。

性能低下のうち、コンクリートの中性化、塩害によるものは経験式が作成されているため、これを活用する。その他の要因や複合的な要因によるものは、ア）地盤沈下や施設の変形など立地環境ごとに荷重などの外部条件が大きく異なる場合には、過年度の状況変化についての情報をもとに推定する方法、イ）外部条件に係るデータが不足しているために推定が困難な場合には、経過観察によって変化の状況を把握した上で推定する方法等、それぞれの要因に適した方法を選定することが必要である。

1）内部要因

ア．性能低下過程の経験式が存在するもの（コンクリートの中性化、塩害）

主要な劣化要因が中性化や塩害に特定される場合には、性能低下過程が経験的に判明しており経験式が得られているため、これを用いて性能低下予測を行う。具体的な手法については、コンクリート標準示方書[維持管理編](2007年)を参照する。

< 中性化の潜伏期における進行予測式 >

$$y = b \sqrt{t}$$

ここに、 y ：中性化深さ (mm)

t ：中性化期間 (年)

b ：中性化速度係数 (mm/年)

< 塩害の潜伏期における塩化物イオンの拡散予測式 >

$$C(x, t) = \gamma_{cl} \cdot \left[C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) + C_i \right]$$

ここに、 $C(x,t)$ ：深さ x (cm)、時刻 t (年)における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)
 C_i ：初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m^3)
 C_0 ：表面における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)
 D ：塩化物イオンの見かけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)
 erf ：誤差関数
 γ_{cl} ：予測の精度に関する安全係数 (一般的に 1.0)

イ．個々の変状から個別に劣化の進行を推定するもの

施設構造や立地条件等の個別条件により施設躯体の性能低下の進行が大きく異なる場合には、過去の調査履歴や施設建設当初からの変化の状況、施設管理者からの時系列情報等をもとに、個別に性能低下を予測する。

ウ．複合的な要因で劣化が進行しているもの

コンクリート施設の性能低下は、材料、施工時の状況、立地条件（地盤強度、地下水位等）、環境条件（温度、湿度、塩分等）等の要因が複合的に働いて進行するのが一般的であり、特定の要因に着目した性能低下予測は現状においては困難なことが多い。

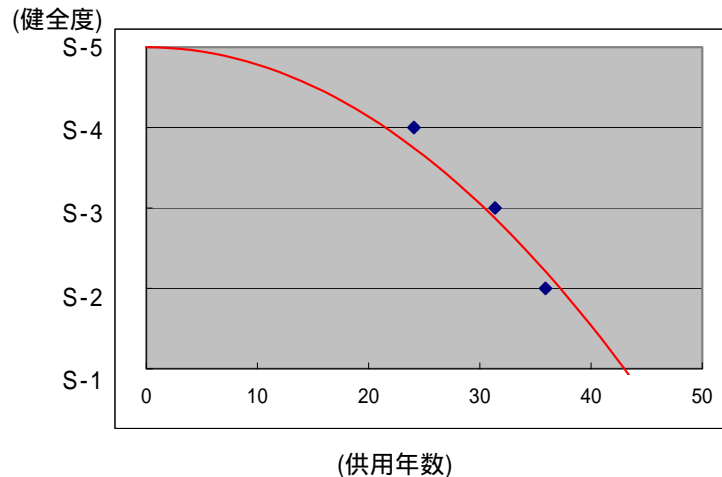
このため、複合的な要因の劣化予測は性能低下の履歴から統計的に予測するなどの手法を用いる。

【参考】標準劣化曲線について

機能診断の履歴がなく、性能低下を予測する手段がない場合には、全国的な過去の施設診断の結果を統計処理し、標準的な性能低下曲線を描いた後、個々の施設機能診断の結果をもとにこれを補正して推定する方法を用いる。

具体的には、これまでに相当数のデータが蓄積されている広域基盤整備計画調査での施設診断結果を用い、最もデータ量の多い鉄筋コンクリート開水路についての標準曲線（単一劣化曲線モデル）を設定する。現時点では、データの制約から開水路以外の設定は困難であるため、施設の特質や立地条件等を踏まえて、鉄筋コンクリート開水路の標準曲線の平均耐用年数を修正する補正を行うなどの方法により、所要の標準曲線を設定する。

なお、標準曲線の設定については、今後のストックマネジメントの実践とデータの蓄積を踏まえて、改善を行うこととしている。



$Y=bX^2+a$			
係数b	-0.00216	係数a	5

図 4-2 2次関数による回帰計算の劣化曲線（鉄筋コンクリート開水路の例）

2) 外部要因

ア．災害など偶発的な外力による変形・変位・損傷等

災害などによる偶発的な要因による変形・変位・損傷等については、当該変状が施設性能に及ぼす影響を個別に判断するとともに、今後の時間経過により進行する可能性があるかどうかを判断する。

また、コンクリート施設については、ひび割れが大きい場合、鉄筋の腐食を誘発することがあるため、このような懸念がある場合には、内部要因に関する検討方法により性能低下予測を行う。

イ．地盤の不同沈下、圧密沈下、荷重などによる変形・変位・損傷等

施設の立地条件等の個別条件によりコンクリート施設の性能低下の進行が大きく異なるため、過去の調査履歴や施設建設当初からの変化の状況、施設管理者からの時系列情報等をもとに、変形量等と経過時間との相関関係を推定するなどの方法により、個別に性能低下への影響を予測する。

例えば、地盤の不同沈下によるコンクリート躯体の変位は、既に落ち着いている状態にあるのか進行性であるのかという点が重要であるため、建設当初との比較だけでなく、調査履歴や施設管理者からの聞き取り等でその状態を把握する必要がある。また、十分な情報が得られない場合には、数年をおいて継続的に調査を行うことで状態の変化を把握することが必要となる。

3) その他の要因

その他の要因としては、例えば、目地の劣化があげられる。目地は、劣化による漏水や、漏水による地盤浸食等が、施設としての性能低下に大きく影響する場合があることから、コンクリートと区分して性能低下予測を行う。

(2) 施設機械設備

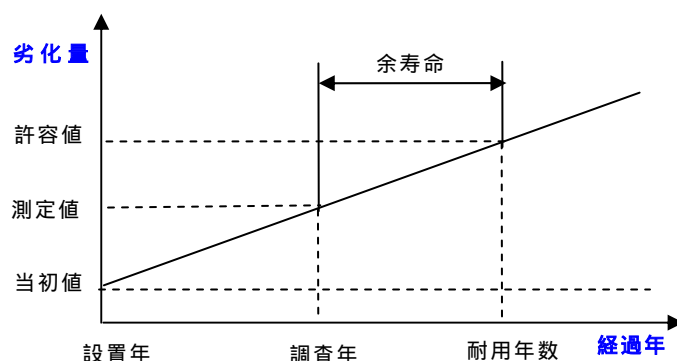
将来予測（余寿命予測）は、施設機械設備の経時的な性能低下を予測することでもあり、これらの進行は施設環境や劣化要因に大きく左右される。本来、施設環境や劣化要因別に劣化予測式を設定すべきであるが、そのための十分な機能診断データの蓄積がないのが現状である。施設機械設備の性能低下予測の詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き - 頭首工（ゲート設備） -」（別途検討中）を参照のこと。

【参考】将来予測（余寿命予測）について

(1) 詳細診断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、絶縁抵抗値の変化の程度等から許容値又は判定基準との対比を行い、予測する手法である。（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

図-4.3 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などから総合的に判断するとよい。

4.3 機能保全計画の策定

4.3.1 機能保全計画の作成

機能保全計画の策定は、着目する性能の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策工法とその実施時期の組合せ（以下「シナリオ」という）を複数仮定し、これらに要する機能保全コストを比較する。

【解説】

機能保全計画については、着目する性能の管理水準を必要な範囲にとどめることができるシナリオを複数仮定し、これらの方策を実施するために必要なコストを比較することにより行う。なお、着目する性能の管理水準は、設計条件、関係法令などを踏まえた上で、構成要素間の性能の関連性なども考慮しつつ、適切に設定する。

頭首工の機能保全計画の策定に際しては、構成要素ごとに実施時期が分散する場合や河川流況、取水方式などにより期間や仮設条件に制約を受ける場合が多い。このため、構成要素ごとの影響度区分から対策実施の優先度及び保全方式を検討することとし、頭首工全体に大きな影響を及ぼす施設については、更新の必要性も考慮した検討を行い、大きな影響を及ぼさない施設については、事後保全を前提とした機能監視を考慮するなど適切な対応が必要である。また、可動堰などコンクリート施設と施設機械設備の関連性が高い施設は、対策工法の施工性や仮設工事の範囲等を十分に考慮し、効率のかつ経済的な実施時期及び対象範囲を設定する必要がある。

さらに、可能な限り、コンクリート施設と施設機械設備との対策時期等の整合性・同期化を図るとともに、締切工等河川流況に影響する仮設を要する対策については、各対策工の実施時期の同期化や施設の全面更新も含めて総合的に判断し、経済的かつ合理的な計画となるように検討することが必要である。また、ゲート設備などは、毎年対策工を実施したり、極端に大きな工事費の対策があったりするなど、非現実的な対応がないかという観点からも確認が必要である。

(1) 対策実施後の性能低下の見通し

予防的な保全対策の実施後の性能低下予測は、過去の実績や類似の事例などから想定してこれを設定する。

全面的な改築の場合には、新設の場合と同等の標準的な耐用年数を想定する。ただし、地区の環境などの特性により、十分な評価、検討を行った上で、これを補正することが可能な場合には、補正を行う。

(2) 対策の実施時期

対策工事の実施時期が異なるシナリオの設定、特に性能低下予測を基礎として後年度に対策を行うシナリオを設定する場合には、当該性能低下予測の信頼性（振れ幅）を十分に考慮した検討を行う必要がある。例えば、重要度が高く、一定以上のリスクを許容できる余地が少ない場合などにあっては、現時点で何らかの対策が必要であると判断す

ることも視野に入れる。

4.3.2 施設機械設備の対策範囲とコンクリート施設とのシナリオ同期化

施設機械設備の対策範囲は、施設（全体）、設備、装置、機器・部材、部品の各階層区分を対象に、信頼性、管理条件、社会的情勢等を勘案して総合的に検討することが重要である。また、対策の時期については、施設機械設備とコンクリート施設とのシナリオを同期化させることを検討する。

【解説】

施設機械設備は多数の機器・部品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、機能低下した機器・部品のみを対策の対象とするのではなく、設備全体の機能維持・回復を第一義に対策の範囲を検討する必要がある。

機能保全対策の範囲は、施設（全体）、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・部材単位で交換する方が容易で信頼性が高く、延命化や経済性に結びつくこともあり留意が必要である。

コンクリート施設と施設機械設備のシナリオ同期化

施設機械設備はコンクリート施設に附帯的に設置されるものであり、設備単独での機能保全対策のほか、コンクリート施設を含めた施設の更新、大規模な改修等が行われる際は併せて更新を行う必要性が生じる。このことから、機能保全対策の検討にはコンクリート施設等の対策の内容及び時期を勘案し、対策の時期を同期化させることが重要である。このため、施設機械設備の劣化対策を検討する場合は、コンクリート施設のシナリオにおける延命期間をベースに施設機械設備のシナリオを検討していく必要がある。

図 4-4 に施設機械設備における機能保全対策シナリオ同期化の検討イメージを示す。

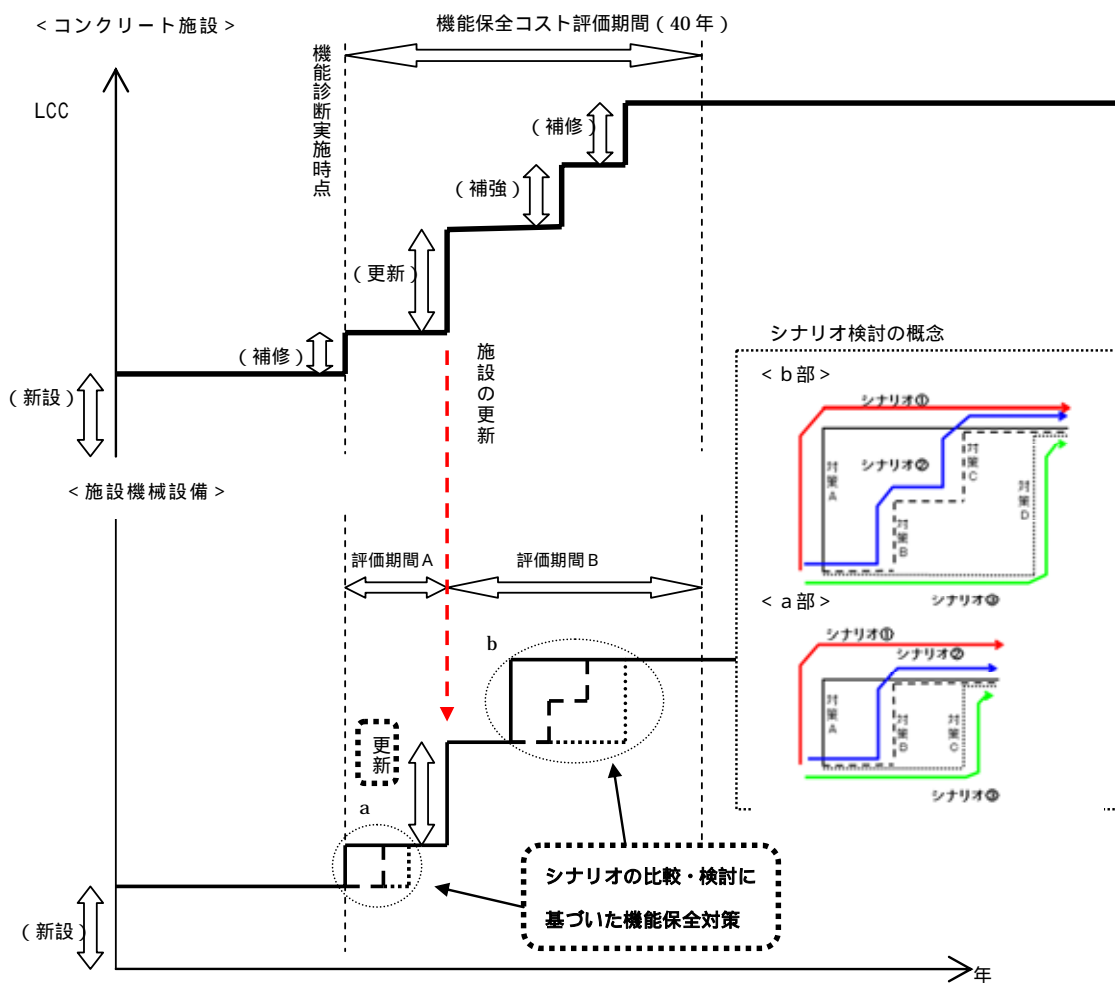


図 4-4 施設機械設備の機能保全対策シナリオ同期化の検討イメージ

注：図 4-4 において、施設機械設備の各シナリオ ~ における対策コストが同じとして示されているが、これは作図時の便宜的なものであり、現実にはシナリオによってコストは異なるのが一般的である。

4.3.3 対策工法選定に当たっての留意事項

頭首工の機能保全対策は、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、構成要素間の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した上で、適切な対策工法の選定を行う。

【解説】

対策の必要性があると判断された施設・設備については、機能診断調査・評価により施設・設備の劣化の要因、程度を十分把握し、耐荷性等の構造機能、通水性等の水理機能、取水性等の水利用機能に応じた対策として適合し、採用可能な工法・材料を選定する。

対策工法の選定に当たっては、対策工事に要求する性能（耐用年数や強度など）だけでなく、関連する治水計画との整合性、河川内の工事期間、当該工法の劣化の特性、施工性、仮設の規模、経済性、維持管理の容易さなど、総合的な判断を行うことが必要である。

対策工法の選定に当たっての留意点は、以下のとおりである。

（河川管理者との協議）

・頭首工は河川を横断して設置される施設であることから、その機能保全対策は、河川整備計画等と整合を図り、長期的な視点をもって実施することが求められる。したがって、対策工法の選定に当たっては、河川協議の結果により必ずしもコストの安い工法が採用できるとは限らないことに留意する必要がある。

（関係者との取決事項）

・頭首工の構造や求められる機能については、受益農家のみならず、関係者（土地改良区、関係行政機関等）の意向を踏まえたものになっている場合があることから、対策工法の選定に当たっては、過去の経緯や関係者との取り決め事項に留意して検討する必要がある。

（工事期間）

・河川内工事が大半となる場合は、秋期から翌年の洪水期までの期間となることが多い。多量な積雪地帯については、融雪出水期も考慮して検討する必要がある。

また、通年取水を実施している地区においては、断水による影響やその期間について、施設管理者と十分に調整し、対策工法を選定する必要がある。

（性能低下要因）

・コンクリート施設の場合は、支配的な性能低下要因が、荷重等による外部要因か、材料等の劣化による内部要因か、もしくは目地の変状等によるその他の要因であるかを明確にした上で、必要な対策工法を選択する。

（新技術の適用）

・近年、機能診断や施設の補修・補強に係る新技術が多数開発、提案されている。効率的な機能保全のためには、これらの技術の現場適用性や耐用年数等の効果について適切な評価を行うことが必要である。また、類似工法や機器の事例調査について学識経験者等の意見を求めることが望ましい。

・新工法を大規模に適用する場合には、適用する構造物の立地環境や施工状況に応じた試験施工を行い、施工性や対策工法の効果・信頼性を確認することが必要である。

【参考】代表的な対策工法の例

頭首工（コンクリート施設）の機能保全に適用される代表的な対策工法の例を以下に示す。

（１）堰柱上部や管理橋等流水の影響を受けない部位

表面処理工法（表面被覆工法、含浸工法）

ポリマーセメント系の材料には、コンクリートよりも透水性が高いものもあることから、凍害の表面被覆工法には適さない場合がある。

表面被覆材は、付着性（表面被覆材に求められる付着強さ）、ひび割れ追従性によって評価分類される。

ひび割れ補修工法（表面塗布工法、注入工法、充填工法）

ひび割れ幅、ひび割れの進行性に応じて工法、材料を選定する。

施工性確保において、外気温により材料の硬化性が異なるので施工条件に合致した材料を選定する必要がある。

一般にひび割れ幅 0.5mm 未満であれば注入工法、0.5mm 以上であれば充填工法を採用している事例が多い。なお、Vカット充填工法は端部から水が浸透しやすく充填材が剥離などを起こしやすいので近年はUカットを採用する場合も多い。

断面修復工法（左官工法、吹付工法、充填工法）

施工法により最小厚さが異なること、補修面積、施工の方向を考慮して工法を選定する。内部に空隙を残さないことに留意する。また、損傷部分を除去する際、健全な部分に損傷を与えないよう工法を選定することが必要である。

巻き立て工法（補強：鋼板巻き立て工法・鉄筋コンクリート巻き立て工法・繊維材巻き立て工法）

地震等によって破損した部材に必要な耐力を、多種の補強材料によって巻き立てることにより復旧させる工法である。巻き立てる材料には、鋼板・鉄筋コンクリート・炭素繊維シートやアラミド繊維等がある。なお、施工に当たっては、コンクリートの充填性や、既存部材と材料が剥離しない接着剤の選定・気候などの施工条件に留意する必要がある。

なお、耐震補強工事についても同様である。

（２）洪水吐や固定堰等流水の厳しい環境下にある部位

断面修復工法（表面打換え）

既設の部材が取り壊し可能か否かを判断することが重要になる。

巻き立て工法（補強：鋼板半巻き立て工法・鉄筋コンクリート半巻き立て工法・繊維材半巻き立て工法）

堰柱などは、ゲートがあり、部材を巻き立てることが出来ないため、部材のコアとなるコンクリートの保護が必要である。このことから、既設部材を補強材料により半巻き立てを行ったうえで、断面方向の定着をコアコンクリート内に確実に実施する必要がある。

（３）エプロン下の空洞

グラウト注入工法

河床とエプロンの空洞部をモルタルやウレタン材等を注入して埋めるもので、空隙によるエプロンの変形を防止する。

注入前と注入後で浸透路長に大きな違いがない場合は、再度パイピングが生じ、空洞化が再発する可能性がある。

本体及びエプロン下部の遮水工増設工法

遮水工（止水矢板等）の増設により、浸透路長を確保し、パイピングを抑制する。パイピング抑制として最も確実な工法であるが、河床地盤の状況などによっては工事費が高くなる場合がある。

（４）護床工

バップルピアや副堰堤などの補助構造物による減勢工法

跳水を強制的に発生させ、護床工区間での高速流を抑制する。補助構造物の設置形状によっては、護床工上流側（エプロンや堰本体）に高速流が発生し、キャビテーションが発生する危険性があるので注意を要する。

護床ブロックの連結工法

ブロックの連結による張力により、全体で流水に対する摩擦抵抗を確保する。ブロックの流失防止対策としては最も効果的な対策である。

河床材移動抑制工法

吸出し防止材の敷設により河床材の吸出しを防止する工法が一般的である。

吸出し防止材は直接河床材の吸出しを抑制するので、護床ブロックの沈下、流失に効果的である。石礫間詰め工法も効果的であるが、礫径の選定など、技術的な検討が必要である。

（５）コンクリート補修工法選定に当たっての留意事項

なお、コンクリート補修工法に使用される材料には、セメント、ポリマーセメントなどの無機系と、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂などの有機系に大別される。各種対策工法、材料選定に当たっては、その種類と基本的な特性を理解しておく必要がある。

また、補修後の早期変状の発生を防止するため、例えば、表面処理工法の工法選択にあっては、ひび割れ追従性や流水・土砂に対する耐摩耗性等について検討することが必要である。

4.3.4 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というプロセスを経て、機能保全計画を策定する必要がある。

【解説】

対策を実施する上で複数の工法について比較検討する場合は、機能保全コストの比較に基づく経済性評価に加え、工法の適用条件、技術的信頼性、施設管理者の意向等を総合的に勘案し、最適な工法を選択する。

関係機関等との調整プロセスにおいて、想定したシナリオ以外の手法の検討が必要と判断される場合には、シナリオ設定の段階からの検討を再度行う必要がある。

(参考) アルカリ骨材反応について

アルカリ骨材反応には、アルカリシリカ反応(以下「ASR」と言う。)、アルカリ炭酸塩反応及びアルカリシリケート反応の3種類があり、我が国で被害が主に報告されているのはASRであるとされている(コンクリート診断技術 09「基礎編」)。

なお、本編においては、両者(アルカリ骨材反応とASR)を特に明確に使い分けていないものではない。