

農業水利施設の機能保全の手引き

「頭首工」

目次

第1章 頭首工の基本事項	1
1 手引きの適用範囲	1
2 頭首工の特性を踏まえた検討	3
(1) 頭首工の構成施設	4
(2) 河川に設置される構造物の機能保全の視点	7
第2章 スtockマネジメントの基本的な考え方	9
1 頭首工のStockマネジメントの流れ	9
2 頭首工の保全方式の適用	11
3 頭首工の性能管理	12
(1) 頭首工の機能と性能	12
【参考】水路システムの機能	13
【参考】水利用機能、水理機能の診断について	15
【参考】河川法及び河川管理施設等構造令の関係条文	16
(2) 頭首工の性能に着目した管理と管理水準の設定	17
第3章 日常管理	19
第4章 機能診断	23
1 個別施設の視点での頭首工の機能診断	23
【参考】パイピング調査手法の事例	25
【参考】詳細調査手法の事例	25
【参考】頭首工で発生した突発事故の事例	25
【参考】機能診断の効率的な実施	27
2 事前調査（既存資料の収集整理等）	28
3 現地踏査（巡回目視）	35
【参考】頭首工の現地調査における留意点	41
【参考】護床工の変形パターン	42
4 変状要因の推定	43
5 現地調査（近接目視と計測）	50
6 健全度の判定	57
【参考】頭首工の総合評価（健全度評価）	59
第5章 機能保全計画	64
1 リスク管理	67
【参考】頭首工の事故発生数と事故原因	67
【参考】明治用水頭首工の漏水事故	67
2 影響度と管理水準の考え方	68
3 リスク・コミュニケーション	72
4 緊急事態における対応の検討	73
5 対策時期の検討	74
【参考】標準的な劣化曲線について	76
【参考】将来予測（余寿命予測）について	77
6 対策工法の検討に当たって配慮すべき事項	78
(1) 耐震化対策	78

(2) 流域治水の推進	82
(3) 環境との調和や歴史的価値への配慮	82
7 対策工法の検討	83
8 機能保全コストの算定	85
【参考】頭首工におけるシナリオ設定と機能保全コスト比較の検討例.....	86
9 施設監視と対策の実施	88
付録 用語の定義	96
引用文献・参考文献	99

【参考】運用上の位置付け

本手引きの文末表現は、適用上の位置付けを明確にするために、以下の表のとおり、＜義務＞、＜標準＞、＜推奨＞、＜許可＞に分類することを基本とした。

【表 1-1 文章の分類と適用上の位置付け】

分類	適用上の位置付け	文末表現の例
義務	法令による規定や技術的観点から実施する義務がある事項。	…なければならない。
標準	義務ではないが、特段の事情がない限り実施すべき事項。	…必要がある。 …重要である。 …ものとする。 …基本とする。
推奨	状況や条件によって実施する方が良い事項。	…望ましい。 …努める。 …有効である。
許可	特段の事情がない限り実施しないが、状況や条件によって実施しても良い事項。	…してよい。

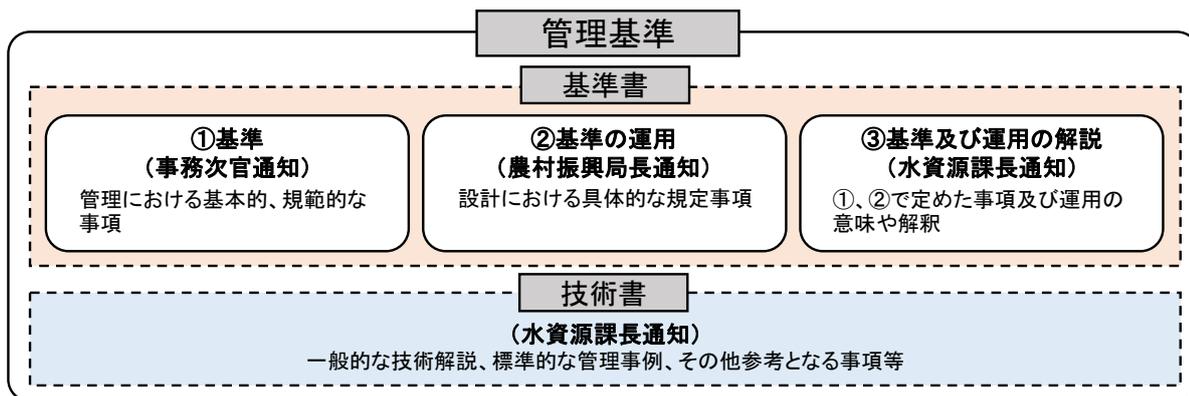
第1章 頭首工の基本事項

1 手引きの適用範囲

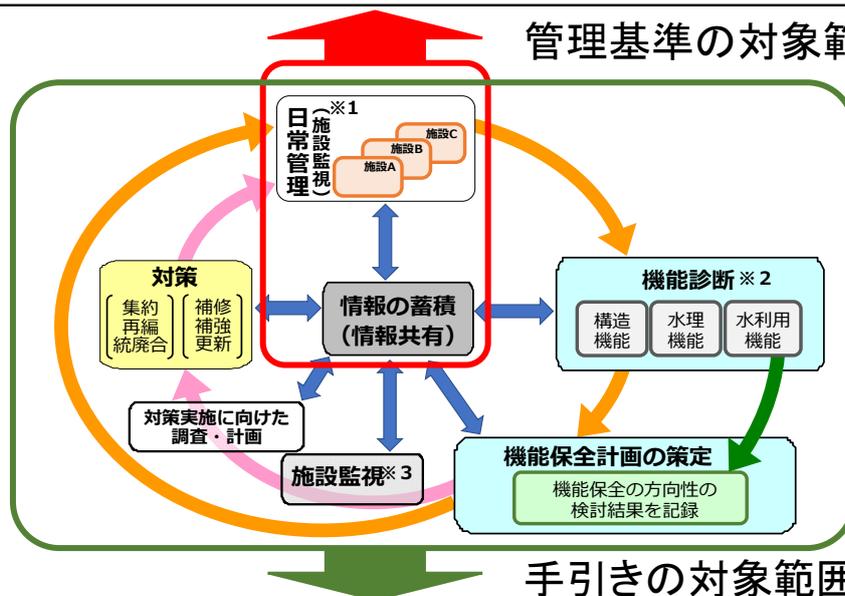
本手引きは、頭首工の機能保全の実務において必要となる具体的な考え方と実施方法を示したもので、土地改良事業によって、河川に造成された農業用水の取水を目的とする頭首工を基本に適用する。

【解説】

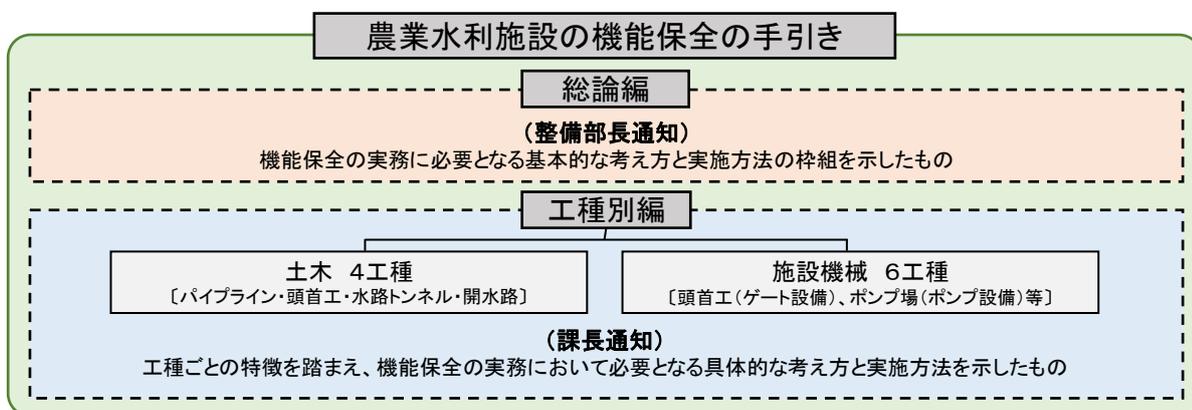
- ア スtockマネジメントは、土地改良区等の施設管理者が行う日常管理（施設監視を含む。）、国等の施設造成者が行う施設の機能診断、機能保全計画の策定、対策実施に向けた調査・計画、補修・補強・更新工事等の対策の実施、こうした各プロセスで得られた情報の蓄積というサイクルで実施される。
- イ 本手引きは、農業用水の取水を目的として、土地改良事業により河川に造成された頭首工に適用するものとし、Stockマネジメントにおいて、特に施設造成者が行う機能診断と機能保全計画の策定に重点を置き、頭首工の機能保全の実務で必要となる具体的な考え方と実施方法を示したものである。なお、施設管理者が行う日常管理については、遵守すべき一般的な事項を定めたものとして「土地改良施設管理基準—頭首工—」が制定されているが、この日常管理の過程で得られる記録は、施設造成者が行う機能診断を効率的・効果的に行う上で不可欠なものであり、施設管理者と施設造成者による双方の取組は密接不可分の関係にある。
- ウ 本手引きにおいて対象とする頭首工の形式は、固定堰（水位・流量を調整する可動装置のない堰。堰の提体を河川水が越流する形式で、材料によって石、コンクリート、木で構築される。）、可動堰（施設の全幅にわたって水位・流量を調節する可動装置を備えている堰。また、ラバーダム（ゴム引き布製の袋体からなる起伏堰）も可動堰に含まれる。）、複合堰（固定堰と可動堰の形式を兼ね備えたもの。）、堰なし（粗朶、竹、土のう等で仮設的に構築して取水期間だけ利用する堰や、固定堰・可動堰・複合堰に区分されない形式のもの。）である。
- エ また、頭首工を構成する各施設のうち、本手引きの対象とする施設は、堰体、堰柱、エプロン、護床工等のコンクリート構造物とし、施設機械設備については、「農業水利施設の機能保全の手引き—頭首工（ゲート設備）—（平成25年5月）」、「農業水利施設の機能保全の手引き—水管理制御設備—（平成25年5月）」等を参照する。ゴム引布製起伏堰については、「農業水利施設の機能保全の手引き—頭首工（ゴム堰）—（平成25年4月）」を参照する。



管理基準の対象範囲



手引きの対象範囲



【図 1 - 1 手引きと土地改良施設管理基準の関係】

2 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】

- ア 頭首工とは、河川から必要な農業用水を用水路に引き入れ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主要施設であり、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。
- イ 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タイプと浸透性地盤の上に築造するフローティングタイプがある。また、複合堰及び全可動堰はゲートの形式によって更に細分される。
- ウ 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、これらの構成施設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健全度の判定は、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。
- エ 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。
- オ 頭首工の効率的な機能保全のためには、ストックマネジメントの各プロセスにおいて、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。

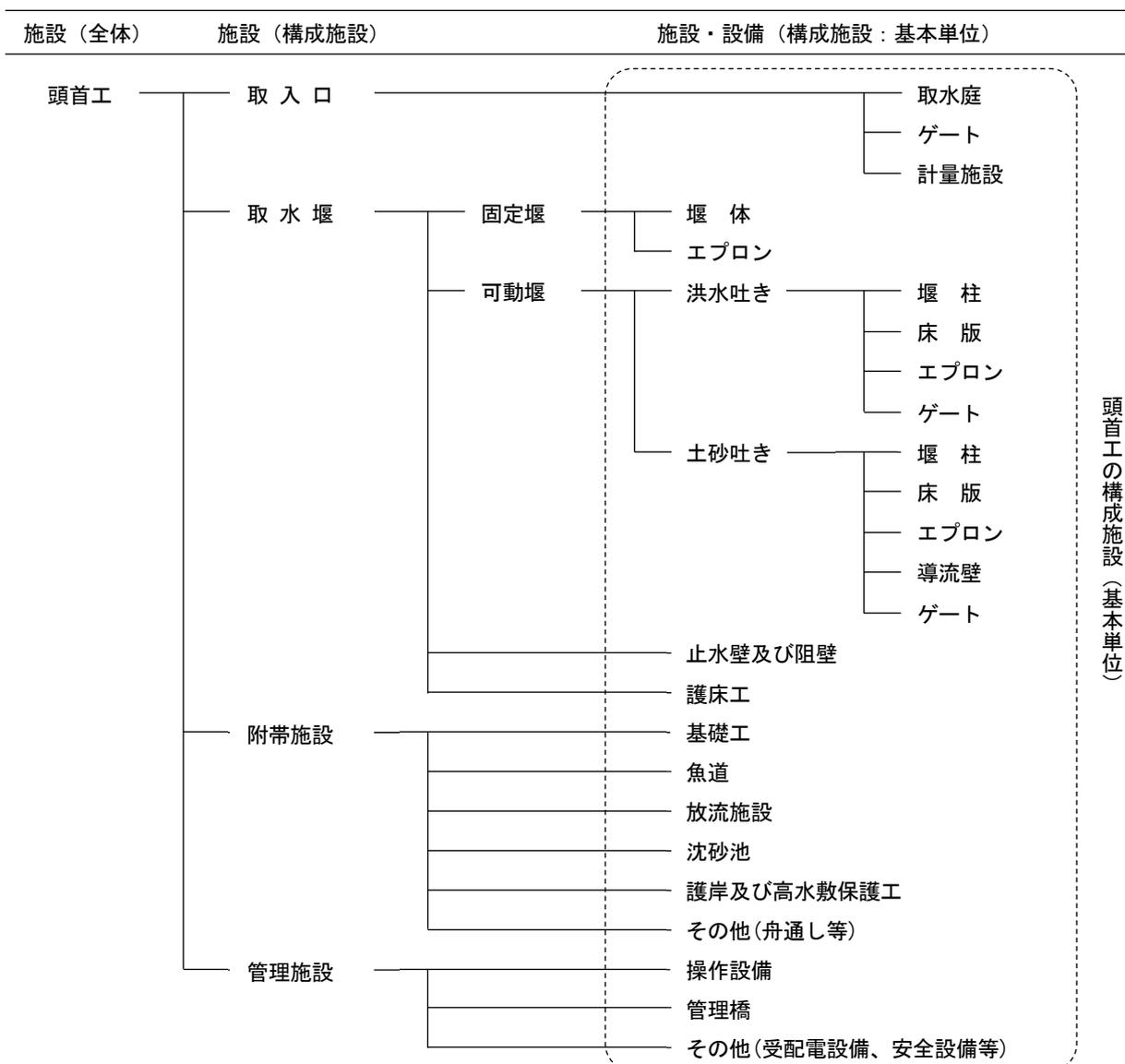
(1) 頭首工の構成施設

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。これらの構成施設は、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。

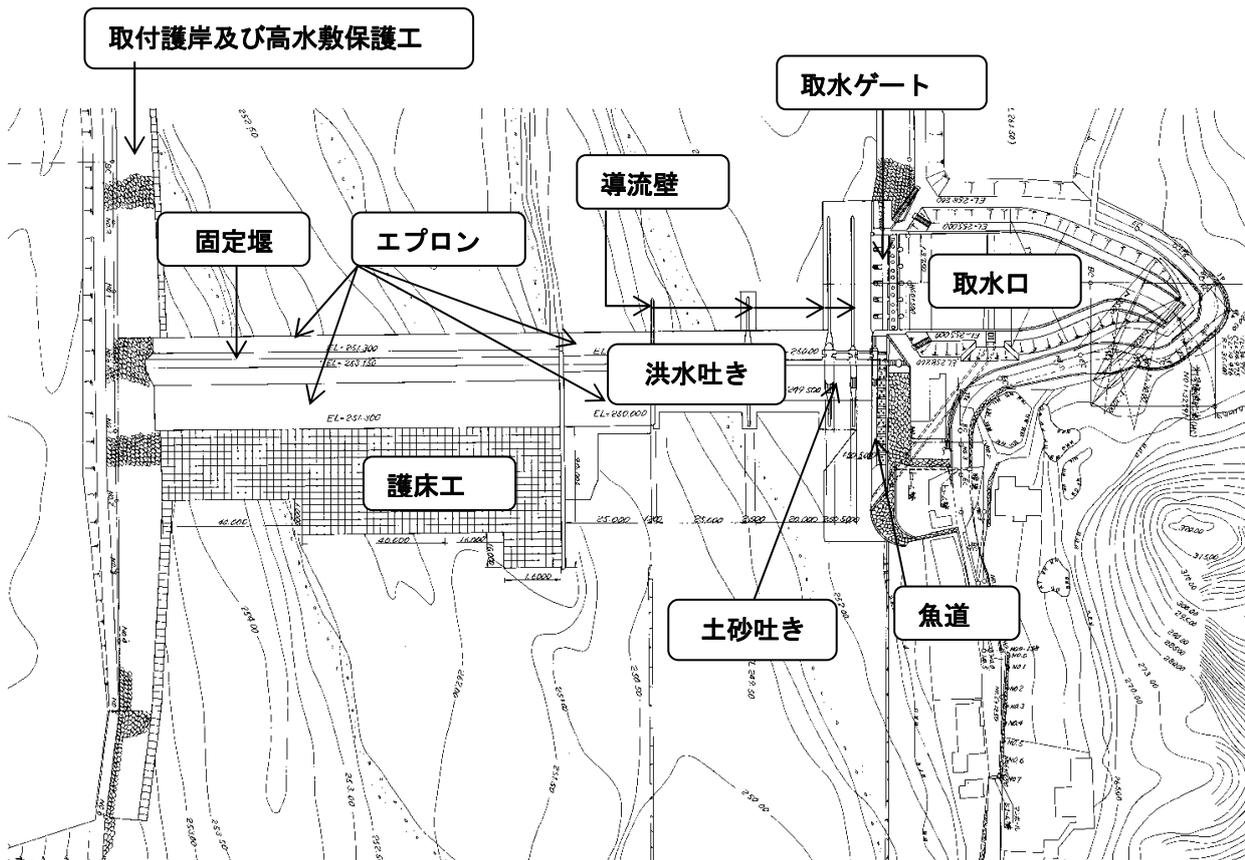
【解説】

ア 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。これらの構成施設は、図1-2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。

イ 頭首工の性能管理や健全度の判定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1-2 頭首工の構成施設系統図の例】



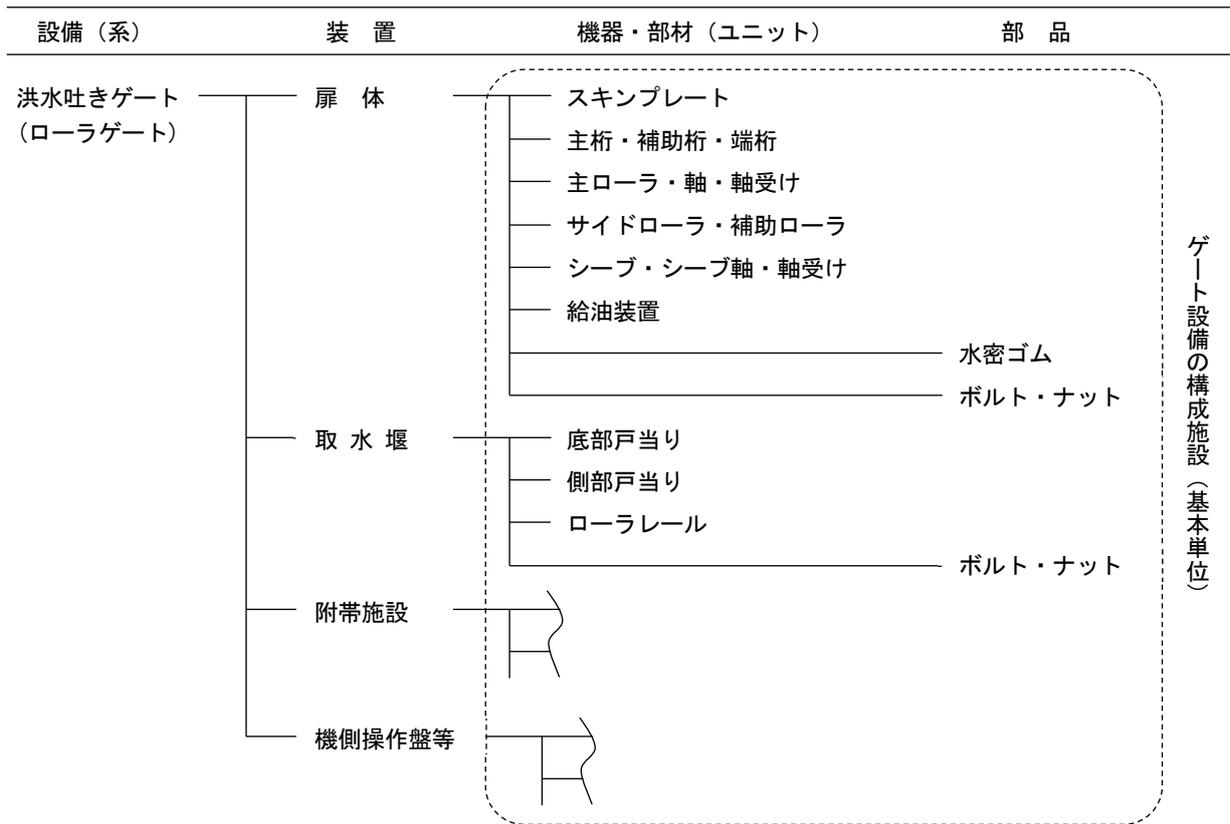
【図1-3 頭首工の標準的な施設構成】

ウ 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、設備の構成施設となる装置、機器・部品について図1-4に示すように系統的に整理を行うこととし、これらの設備の健全度評価の基本単位は、機器・部品レベルとする。

エ なお、本編では、頭首工が複数の施設・設備から構成される「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。

オ 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 1-4 ゲート設備の構成施設系統図の例】

【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
<ul style="list-style-type: none"> — 洪水吐きゲート — 土砂吐きゲート — 取水口 	<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

(2) 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】

ア 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。

イ 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。

(ア) 河川流況の変化

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 頭首工の設置地点が感潮河川である場合、必要に応じ当該地点の河川水への塩分侵入状況等を把握する。

(イ) 河床状況の変化

- ① 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。
- ② 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。

(ウ) 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。

a 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。

b 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、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。

(エ) 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。

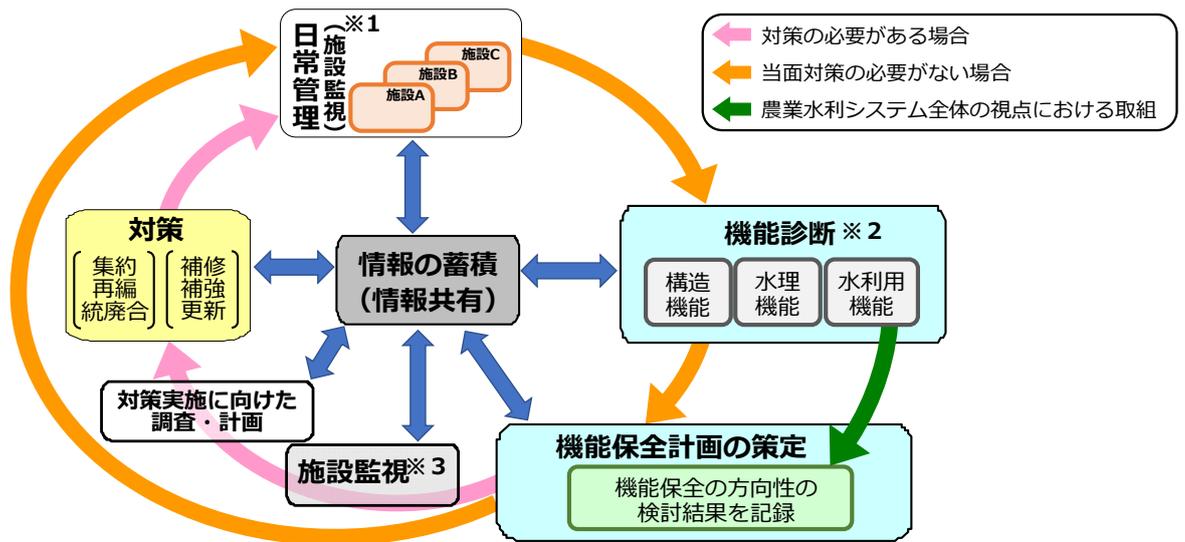
第2章 スtockマネジメントの基本的な考え方

1 頭首工のStockマネジメントの流れ

頭首工のStockマネジメントは、日常管理、機能診断、機能保全計画の策定、対策実施に向けた調査・計画、対策の実施、情報の蓄積というサイクルで実施され、各プロセスは、農業水利システム全体の視点から、リスク管理を考慮しつつ、段階的かつ継続的に実施されるものである。

【解説】

- ア 頭首工は、河川から必要な用水を取水し、農地まで配水する農業水利システムの中核をなす施設である。基幹から末端に至る一連の農業水利施設の機能を安定的に発揮させ、次世代に継承していく観点から、取水施設である頭首工については、その重要度、事故発生時の影響度を評価した上で、適切な管理水準の設定、Stockの適正化を推進し、戦略的な保安全管理を行う必要がある。
- イ 昨今、頭首工の老朽化が進行する中で、フローティングタイプにおけるパイピング事故が発生するなど、突発事故の懸念が高まっている。特に、共同水利施設の事故が与える影響は大きく、こうした施設の事故が与える影響に留意しながら、日常管理、機能診断、機能保全計画の策定、対策実施に向けた調査・計画、対策の実施、情報の蓄積というサイクルで、Stockマネジメントが適切に実施されることを求められている。
- ウ 機能保全計画の策定に当たっては、対策実施に向けた調査・計画、水利権の更新協議等の際に検討されることになる水利機能上の課題に関する情報を機能保全計画に記載し、将来の対策内容の検討に活かせるよう共有を図る。
- エ 対策実施に向けた調査・計画に当たっては、農業水利システム全体の視点から、地域の営農形態や水需要の変化を十分に踏まえ、施設の集約や再編、統廃合等による農業水利Stockの適正化を推進し、将来の機能保全コストの縮減を図る。なお、脆弱な管理体制の下で管理される小規模な頭首工が多く存在しているのも事実であり、こうした施設が致命的な損傷を受ければ、農業水利システムのみならず、流水の安全流下といった観点からもリスクが生じることになるため、管理体制の強化を図りつつ、適切な保全対策を講じるよう検討する必要がある。
- オ 対策の実施に当たっては、旧施設を撤去する場合、周辺の堤防、河床・河岸、その他の河川管理施設等に影響を生じさせることがないように、必要に応じて、長期的な河道の応答を分析し、一部施設の残置や撤去方法について検討し、必要な対策工法を定める。
- カ 情報の蓄積に当たっては、Stockマネジメントの各プロセスで得られた情報、とりわけ老朽化の進行度合や事故の予兆といった重要な情報を「農業水利Stock情報データベース」、「現場業務電子化支援システム」等の情報システムに保存し、関係者間で共有するとともに、リスク管理に積極的に活用することが重要である。



- ※1 日常管理の一環として継続的に行う施設監視（結果は機能診断・機能保全計画策定等に活用）
- ※2 構造機能、水理機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある
- ※3 機能保全計画の精度を高め、適期に対策を実施するために継続的に行う施設監視

【図2-1 スtockマネジメントのサイクル】

2 頭首工の保全方式の適用

頭首工の機能保全に当たっては、状態監視に基づく予防保全（状態監視保全）の考え方を適用することを基本とする。

ただし、頭首工の機能停止が農業面と農業以外の面（施設周辺環境等）に及ぼす影響が軽微で、施設管理者が自ら速やかに機能回復させることが可能な施設には、適切ナリスク管理の下で、通常事後保全の考え方を適用してもよい。

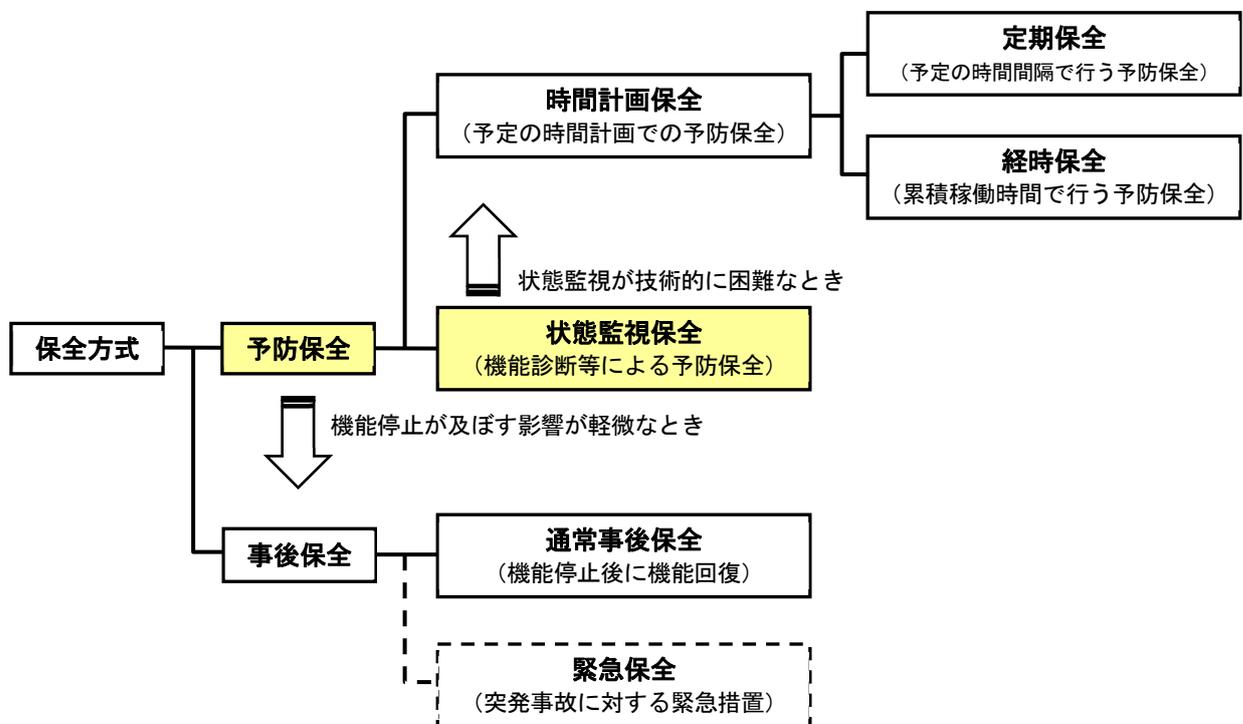
【解説】

ア 状態監視保全は、定期的な機能診断の実施を通じて、目視や計測等による性能の把握がその実施の前提となる。

イ 頭首工は農業水利システムの最上流に位置していること、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、洪水時・緊急時対応も考慮する必要があり、機能保全に当たっては、状態監視に基づく予防保全（状態監視保全）の考え方を適用することを基本とする。ただし、小規模であって、機能が停止した場合の影響度が小さい、故障した場合の部品調達が容易である、施設管理者が自ら速やかに機能回復させることが可能であると判断できる施設においては、適切ナリスク管理の下で、通常事後保全の考え方を適用してもよい。

ウ 施設機械設備の内部の状態を定量的に把握するための技術については、開発が進められており、これらの技術やより効率的な計測手法等を取り入れ、状態監視保全の考え方を適用するように努める。

エ なお、状態監視保全の管理下にあっても事前に想定できない予測不可能な突発事故への対応は、緊急保全に分類し、計画的に取り組む保全形式とは区別する。



【図2-2 保全方式の考え方】

3 頭首工の性能管理

(1) 頭首工の機能と性能

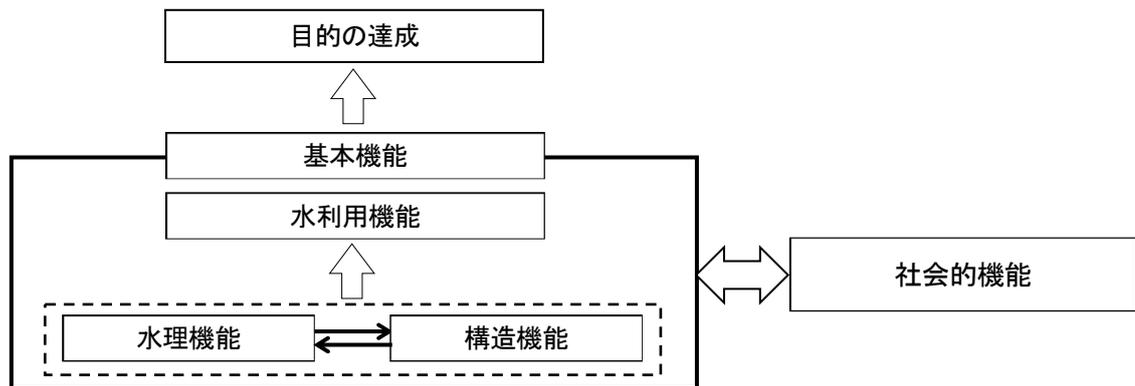
頭首工は、河川から必要な農業用水を取水する目的を果たす機能を有し、これらの基本機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。また河川に設置される構造物であることから、河川の流水を安全に流下させる必要があることや故障時等におけるリスクなどに対して農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性等といった社会的機能がある。

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・設備ごとに複数の性能指標で表すことができる。

【解説】

ア 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、その基本機能は水利用機能、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、河川の流水を安全に流下させる必要があることにも着目する。農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であり、水理機能、構造機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある。また、これらの基本機能のほかに、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、環境性等といった社会的機能がある（図2-3）。

イ 機能は施設が果たすべき役割や働きであり、直接数値化できないが、これらの機能を発揮する能力が性能であり、こちらは指標として具体的な数値等で表すことができる。



【図2-3 機能のイメージ】

ウ 基本機能に関する性能は、ひび割れ幅、変形、鋼材の腐食、塗膜厚の減少等の物理的状態として具体的に表すことができる。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・信頼性、建設費、維持管理経費、補修履歴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・降下等を指標とする環境性がある。

エ 頭首工の機能と性能及び性能指標の例を表2-1に示す。

【表2-1 頭首工の機能と性能及び性能指標の例】

機能		性能	性能の例	性能指標の例
基本機能	水利用機能	水利用に対する性能 (水利用性能)	取水性 取水管理制御性 (操作性) 保守管理・保水性 排砂性	取水量(位)、漏水量(水密性)、取水位の管理制御状況、ゲート設備の操作状況、保守管理頻度(費用)、保守の容易性、堆積土砂の排除量
	水理機能	水理に対する性能 (水理性能)	通水性・遮断性 流水(洪水) 流下性	取水後の通水量、漏水量、洪水の遮断状況、流水(洪水)の流下量
	構造機能	構造に対する性能 (構造性能)	力学的安全性 (耐荷性) 耐久性 安定性 設備信頼性 修復性	ひび割れ幅、たわみ量(変形)、ゲート扉体の変形・板厚減少、摩耗量、鉄筋腐食量、ゲート扉体等の腐食、錆、塗膜厚、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、ゲート設備の耐用年数、使用時間、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 維持管理性 経済性 環境性	故障等履歴(率・件数)、補修履歴、耐震性、安全施設の状況、管理体制の状況、建設費、維持管理経費、騒音、振動、自然環境、景観、歴史的価値、魚類等の遡上・降下

※ ゲート設備の機能・性能については、別途『農業水利施設の機能保全の手引き-頭首工(ゲート設備)-』を参照

【参考】水路システムの機能

「農業水利のための水路システム工学-送配水システムの水理と水利用機能-」(中達雄、樽谷啓之)では、水路システムの機能について以下のとおり整理されている。

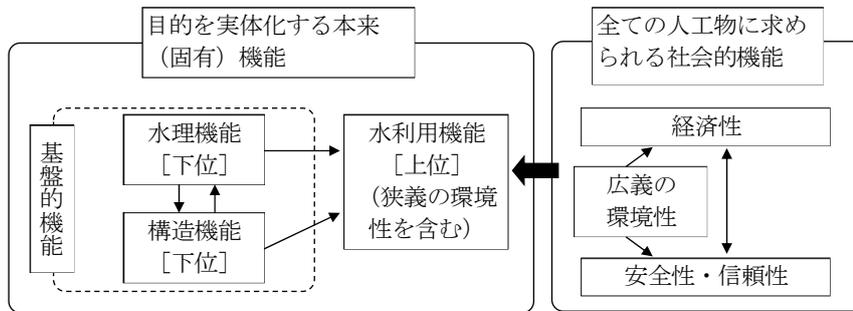
○水路システムの基本的要求機能として、用水の供給機能すなわち水利用機能はその施設の本来の固有の機能に位置付けられる。階層的には、これが上位機能になり、この機能を実現する下位の機能として水理機能と構造機能が構造化されている。

○近年では、環境性に対する社会的価値が増大し、この機能・性能の位置付けの議論も重要である。このため、施設の周辺に対する狭義の環境性を水利用機能に位置付け、一方、システム全体が発揮し、その影響が広域に及び洪水緩和や地下水涵養などの広義の環境性である多面的機能は、社会的機能に位置付けられている。

○水利用機能を実現する基盤の機能としてシステムを構成している各水利構造物に対して水理機能と構造機能が求められる。この本来機能のほかに全ての人工物には、社会的に経済性と安全性・信頼性が要求され、近年では環境性が重要視される。

【表2-2 水路システム（用水）の機能の記述案】

区分	具体的記述案	内容
目的	管理者が水源から目的地まで、所定の水量と水頭を維持して、用水を送水・配水することにより、水源から離れた所に位置する圃場、分水口又は、使用者に必要な用水を適時供給する。 (本来機能：水利用)	構造物に要求される性能内のある特定のもの(例えば構造機能)についての社会的最終目標を、一般的な言葉で表現したもの。
機能規定	<p>(1) 水利用機能 水源から分水口又は、圃場まで適時、適量の用水を無効放流することなく効率的、公平かつ均等に送水・配水する。(狭義の環境性を含む)</p> <p>(2) 水理機能 用水を安全に流送、配分、貯留する。</p> <p>(3) 構造機能 (1)、(2)の機能を実体化するための水利構造物の形態を保持する。</p> <p>(4) 社会的機能</p> <p>① 安全性・信頼性 定められた期間中に一定条件の使用環境のもとで、その機能を正常に果たす。</p> <p>② 広義の環境性(多面的機能等)</p> <p>③ 経済性</p>	目的が満たされるために構造物が供給する機能を一般的な用語で説明する。



【図2-4 水路システム（用水）の基本的機能の構造化案】

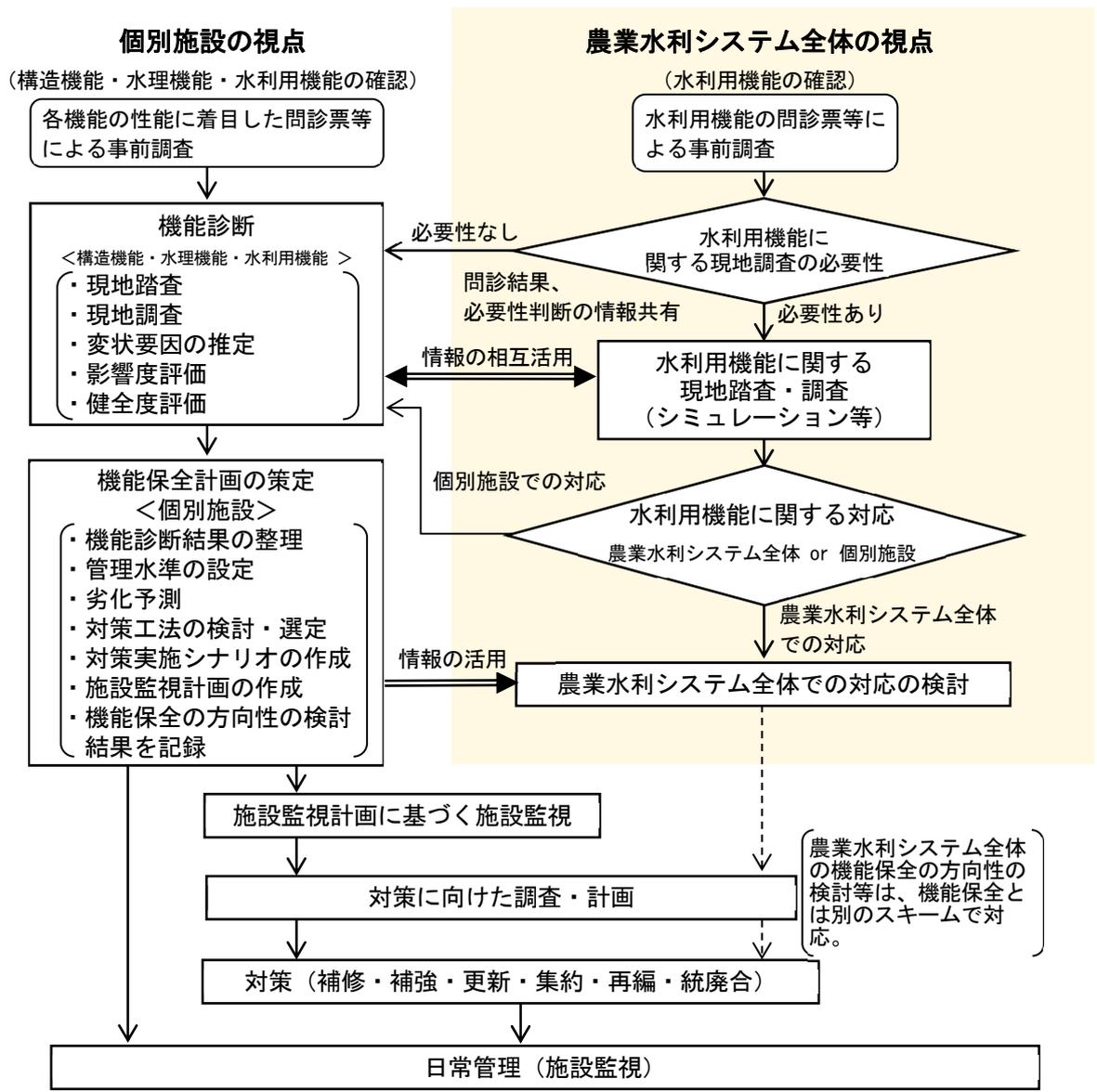
出典：農業水利のための水路システム工学-送配水システムの水利と水利用機能-中達雄、樽屋啓之
(平成27年8月20日), P. 36, 37に加筆

【参考】水利用機能、水理機能の診断について

ストックマネジメントにおいては、主に構造性能に関わる性能指標を総合した健全度指標により施設の劣化状態を定性的に管理するという手法が用いられているが、水利用性能・水理性能の状況に留意することが重要であり、機能診断等を実施するプロセスの中で、水利用性能・水理性能についても併せて確認していくことが望ましい。

水利システムの水利用性能、水理性能の診断は、構造性能の機能診断手順と大きく変わることなく実施でき、①資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査、②巡回目視により概況の把握を行う現地踏査、③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段階で実施することが基本となる（図2-5）。ただし、機能診断の実施時期については、水利用性能・水理性能の調査・機能診断は主に通水時に実施する一方、構造性能の調査・機能診断は主に断水時に実施することになる。

なお、水利用性能・水理性能の確認を行う場合は、個々の施設の性能だけでなく、水利システム全体として捉えつつ、通常の健全度評価のプロセスと併せて進めていく必要がある。その上で、水利用性能・水理性能の調査結果より水理設計を見直し、施設の構造的な対策工法の検討等に反映させる。



【図2-5 機能保全の業務フローにおける個別施設の視点と農業水利システム全体の視点の関連性】

【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、津波、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（以下「許可工作物」という。）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 河川管理施設又は許可工作物のうち、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。

(2) 頭首工の性能に着目した管理と管理水準の設定

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、着目した性能について、要求が満たされるよう管理していくことを基本とする。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。

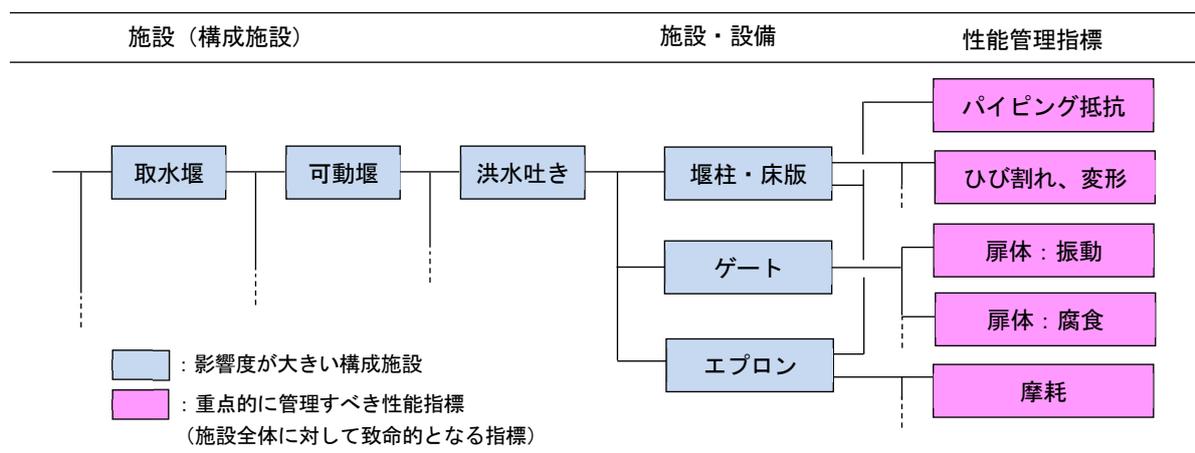
この際、施設管理者の意向を踏まえつつ、個々の施設が機能停止した場合の影響度や許容し得るリスク等を勘案して、性能低下を許容できる性能水準（管理水準）を設定する必要がある。

【解説】

ア 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、異なる機能を有する複数の構成施設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・設備レベルの構成施設を基本単位として行うことを基本とする。

イ 一方、構成施設ごとの性能管理に当たり、全ての施設に対して同レベルでの診断調査、健全度の評価、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、構成施設の影響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（洪水吐き）の場合を例にとり、構成施設と重点的に管理すべき性能指標の関係のイメージを図2-6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2-6 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）】

ウ 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。

(ア) 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場合が多く、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。

(イ) 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、施設造成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、構成する部位等が機能停止した場合の影響度や、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）－』等を参照

第3章 日常管理

施設管理者は、日常管理（施設監視を含む。）を通じて常に施設を良好な状態に保つことが重要である。日常管理における点検や整備については、土地改良施設管理基準等によるほか、農業水利システム全体の視点も踏まえて行うものとし、操作記録、事故、点検、整備等の履歴を適切に整理し、保管管理する必要がある。定期的な機能診断の結果、特に留意すべき点検項目を設定し、機能保全計画等も踏まえた日常管理を行う必要がある。

また、機能診断を行った際には、調査に当たった専門的な知見を有する技術者から日常管理の中で留意すべき事項について助言を受けておくことが望ましい。

【解説】

ア 頭首工の日常管理では、通常時の状況と異なる現象が生じていないかを常に意識しつつ、点検に臨む必要がある。具体的には、

- ① 取水量（位）の低下
- ② 洪水（流水）流下時の異常
- ③ 基本機能に影響のある構造物の崩壊
- ④ 構造物の傾斜、変形、沈下、歪み
- ⑤ 鉄筋の露出
- ⑥ コンクリートの欠損、剥落
- ⑦ ひび割れや変色、摩耗
- ⑧ 護床ブロックの流出・移動、河床の洗掘
- ⑨ 渦流、噴砂等のパイピングの予兆（特にフローティングタイプ）

等に留意する。

イ 表3-1に、頭首工における日常点検票の例を示す。

ウ また、管理体制が脆弱な小規模な頭首工が多く存在していることから、水利組合等の施設管理者が行う機能保全の取組の参考として、表3-2に点検チェックシート、図3-1に状況チェック図の例を示す。

エ なお、日常管理の記録は、施設造成者が定期的に行う機能診断時の基礎的な情報として重要であるため、電子化等により適切に整理して保管管理する必要がある。

【表3-1 頭首工の日常点検票の例】

施設名			〔住所〕								
点検日時	[今回]		〔前回〕								
点検者			施設情報	影響度:		健全度:	S-5	S-4	S-3	S-2	S-1
構造・規模							箇所	箇所	箇所	箇所	箇所

日常点検	工程	点検項目	点検内容	異常の有無	位置その他(※1)				
	水利用・水理	取水性	取水量(位)の低下	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			漏水、パイピングの予兆(渦流、噴砂等)	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
		通水性	取水後の通水量(位)の低下	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			洪水(流水)流下時の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
	頭首工本体	堰柱 床版 エプロン	傾斜・変形・歪み	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			上流側の吸込み、下流側の湧水・噴砂	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
		導流壁 固定堰	沈下・陥没	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
		取入口	コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
			その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
	護床工	護床ブロックの沈下・移動・流出・変形	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		下流河床の洗掘	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		湧水・噴砂	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
附帯施設	魚道	コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
	護岸	コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		変形・沈下	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
	管理橋	橋桁・床版の損傷	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
	操作室	雨漏り	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		コンクリートの摩耗、欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
	ゲート設備	扉体 扉体可動部 戸当り	清掃状態の不良(ごみ、流木、土砂の堆積等)	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
外観の異常(塗膜損傷、劣化、発錆、損傷、変形)			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
異常な振動・音			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
片吊りの発生			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
漏水			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
電気機器		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		外観の異常(塗面及び盤内機器変色等)	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		計器類が正常に作動しない	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		異常な振動・音	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
		異常な過熱、異臭	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						
その他	環境等	周辺住民からの苦情	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無						

施設監視※3	構成要素						健全度	
	位置情報	緯度(N)	°	'	″			
		経度(E)	°	'	″			
	写真状況	【施設監視計画で記載されている構成要素で実施】※写真等を貼り付ける場合には、メニューの「挿入-図」により挿入するようにして下さい。						
		コメント						コメント
所見								

特記事項(※2)	
----------	--

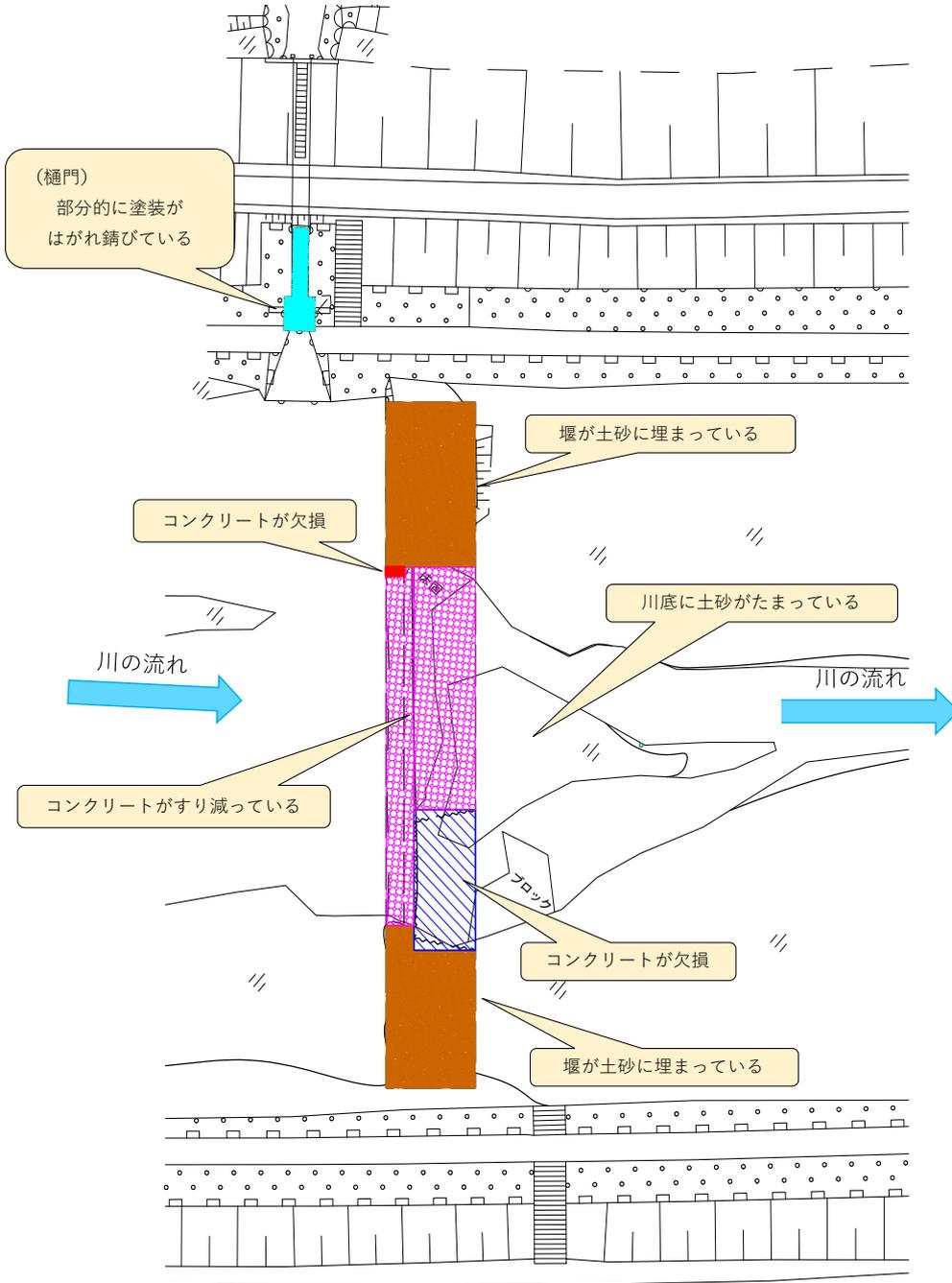
※1: 位置情報(住所又は〇〇橋近傍の左岸)と合せ、前回点検時からの変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。
 ※2: 異常が確認された場所の対応(要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など)などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理し保存しておくことが望ましい。
 ※3: 機能保全シナリオ上の対策時期を超過しているが、対策工事に着手していない場合は、「施設監視」の項目を重点的に実施。

【表3-2 小規模頭首工の点検チェックシートの例】

施設名								
点検日時	[今回]	年	月	日	[前回]	年	月	日
点検者								
項目	確認すること	チェック		異常を発見したとき				
		異常なし	異常あり	対応した	対応した内容			
取水状況	①取水量や水位は例年と変わらないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	②堰板のすき間から水が多く流れ出ていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	③取水後の水路はうまく水が流れているか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
堤本体	④堰が変形（沈下や陥没など）していないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑤コンクリートが大きく欠けたり、ひび割れていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑥上下流のエプロンや護岸工に吸込みや湧水・噴砂はないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑦確認済みの欠損箇所などに変化はあったか。 ※裏面の図で位置を確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
樋門	⑧開閉操作時に振動や異音などの異常はないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑨塗装のはがれやサビが広がっていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑩水密ゴムが切れたり傷んだりしていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑪油圧式のゲートにおいて油漏れが生じていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
周辺地盤管理橋	⑫周辺の環境が変化（いつもと違う）していないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
特記事項	※次回の点検に引き継ぐ事項について、写真、コメントで簡潔に記録。							

◆留意事項◆

- ・ 過年度に実施した機能診断において確認された変状等をあらかじめ図示しておく。
- ・ 確認された異常箇所を追記する。
- ・ 写真は地震、風水害、突発事故発生時において、状況を説明する際に重要な資料となるので、適宜撮影し保管する。



【図3-1 小規模頭首工の状況チェック図の例】

第4章 機能診断

1 個別施設の視点での頭首工の機能診断

個別施設における機能診断調査は、農業水利システムの構成要素として捉えた頭首工に要求される水利用機能を確認した上で、水理機能や構造機能の状態、劣化状況等を把握するとともに、その要因を特定することである。

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、この目的を達成するために、最適な調査内容となるように検討することが重要である。

【解説】

ア 機能診断調査の基本的な考え方

個別施設における機能診断調査は、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は、どのような調査手法が効率的であるかとの観点から、調査内容等を検討し実施するものである。

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、施設管理者による日常点検や定期点検から得られた管理記録情報を効果的に機能診断に活用するなど、効率的な機能診断を推進する必要がある。

さらに、機能診断調査によって得た情報は、情報システムに一元的に保存・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必要がある。

なお、頭首工の構造性能の低下は、取水量低下など、水利用性能及び水理性能の低下としてマクロ的に顕在化することもあるため留意する。

他方、UAV、水中ドローン等の機器を用いた施設管理者による点検が推進されているところである。導入が定着するまでの間は、施設造成者が行う機能診断と時期を合わせるなど施設管理者の負担軽減が必要である。

また、容易に近づくことができない箇所や足場などの仮設が必要な場合は、UAVを活用することで作業の効率化や費用の軽減を図ることが期待され、特に、「現地踏査」と「現地調査」において、直接目視に代わる方法として有効である。

なお、UAVを活用した機能診断については、「UAVを活用した機能診断調査マニュアル（案）」において、具体的な手法を詳しく記載しているが、UAV機器、搭載するカメラ、ひび割れを自動抽出するソフト等は日々、進化する技術であり、これらの機器類の特性を踏まえつつ、適用していくことが望まれる。

イ 機能診断調査の手順

個別施設における頭首工の機能診断調査は、これを効率的に進める観点から、

- ① 資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査
- ② 巡回目視により概況を把握する現地踏査
- ③ 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段階で実施することを基本とし、必要に応じて詳細調査を実施する。

(ア) 事前調査

- ① 事前調査では、水利用機能診断結果、設計図書、管理・事故・補修記録等の文献調査や情報システムの参照、施設管理者からの聞き取り調査、日常点検や定期点検の管理記録の電子化等情報等により、施設が機能停止した場合の影響度やリスクの把握に必要な情報を含む機能診断調査に関する基本的情報を効率的に収集し、現地踏査や現地調査等の内容を検討し実施する。
- ② UAVを活用する場合は、UAVによる調査目的を明確にした上で、UAV飛行に関する制約条件、既設基準点等を確認する。

(イ) 現地踏査

- ① 現地踏査では、専門的な知見を有する技術者が巡回目視により対象施設を調査することで、変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、変状要因を推定する。これらを踏まえ、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、ゲート水没部等の不可視部分、仮設、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。
- ② 現地にて、UAV飛行や画像取得の支障となる障害物、調査対象施設の形状、立地条件等の作業条件を確認する。

(ウ) 現地調査

- ① 現地調査では、事前調査と現地踏査の結果を踏まえ、専門的な知見を有する技術者による近接目視のほか、施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な指標について、定量的な調査を実施する。
- ② 現地調査による調査結果だけでは判定できない特殊な状況にあるなど、特に必要がある場合には、専門家や試験研究機関などによる詳細調査を実施する。
- ③ UAVを活用する場合は、UAVによる現地調査の目的、要求精度の設定等を含む現地調査計画を策定した上で調査を実施する。

ウ 新技術等の導入による状態把握のための診断調査

近年の頭首工における事故としては、パイピングによる漏水のほか、老朽化に起因する護岸工の損壊等があげられる。地域社会及び経済への重大な影響を及ぼす観点からは、とりわけパイピングによる浸透破壊に注意しなければならない。

また、エプロン等の水中部や河床地形の状態把握、パイピング規模の確認のため、様々な調査手法が活用され始めているが、それぞれの特徴を理解し、条件（水深・流速・透明度・距離・障害物等）に応じた選定が必要である。

他方、異常の早期把握の観点から、基底部に圧力計等の計測計器を設置し、変動監視する方法も考えられる。圧力計を導入する場合は、蓄積されたモニタリングデータを機能診断に活用する。

また、監視値の変動トレンド等に応じたリスク状態を判別するための目安となる評価手法の検討に向けて、導入した施設における中長期のデータ蓄積と分析が必要である。

【参考】パイピング調査手法の事例

- ① 水中ドローン（水中部）
水中映像により損傷箇所を目視確認
機能診断評価に当たって、水中ドローン等で得られた調査データを活用する際は、濁度等の制約条件や調査精度を考慮する。
- ② ナローマルチビーム（水中部）
船上からレーザー照射により河床を測量し3次元データ化
- ③ UAV搭載型グリーンレーザースキャナ（陸上+浅瀬部）
UAVに水を透過するグリーンレーザーを搭載。陸上や浅瀬の水底の地形をシームレスに測量し3次元データ化
- ④ トレーサー試験
流入部分から流出部分までの水みちの位置・延長等の確認

エ 重大な異常が予見された場合の詳細把握のための調査

現地調査等の実施により、パイピング等の発生が疑われるような重大な異常が予見された場合には、さらに詳細な調査を行う必要があるが、これらの調査には足場や断水のための仮締切設置など大規模な仮設が必要となる場合があるため、緊急性や経済性を総合的に検討した上で調査方法を決定する必要がある。

【参考】詳細調査手法の事例

- ① ボーリング調査
基礎岩盤線、透水性層、水みち（空洞）等の確認
- ② 磁気探査
ボーリング孔を利用した、止水鋼矢板の有無・深度・岩着有無の確認
- ③ レーダー探査、音響探査
コンクリート下の空洞の有無、深さ、範囲等の確認

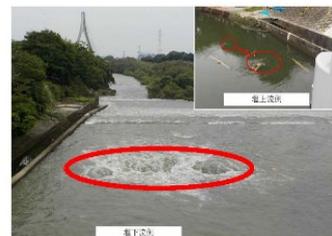
【参考】頭首工で発生した突発事故の事例



巻上げ機の故障によるゲート片吊り

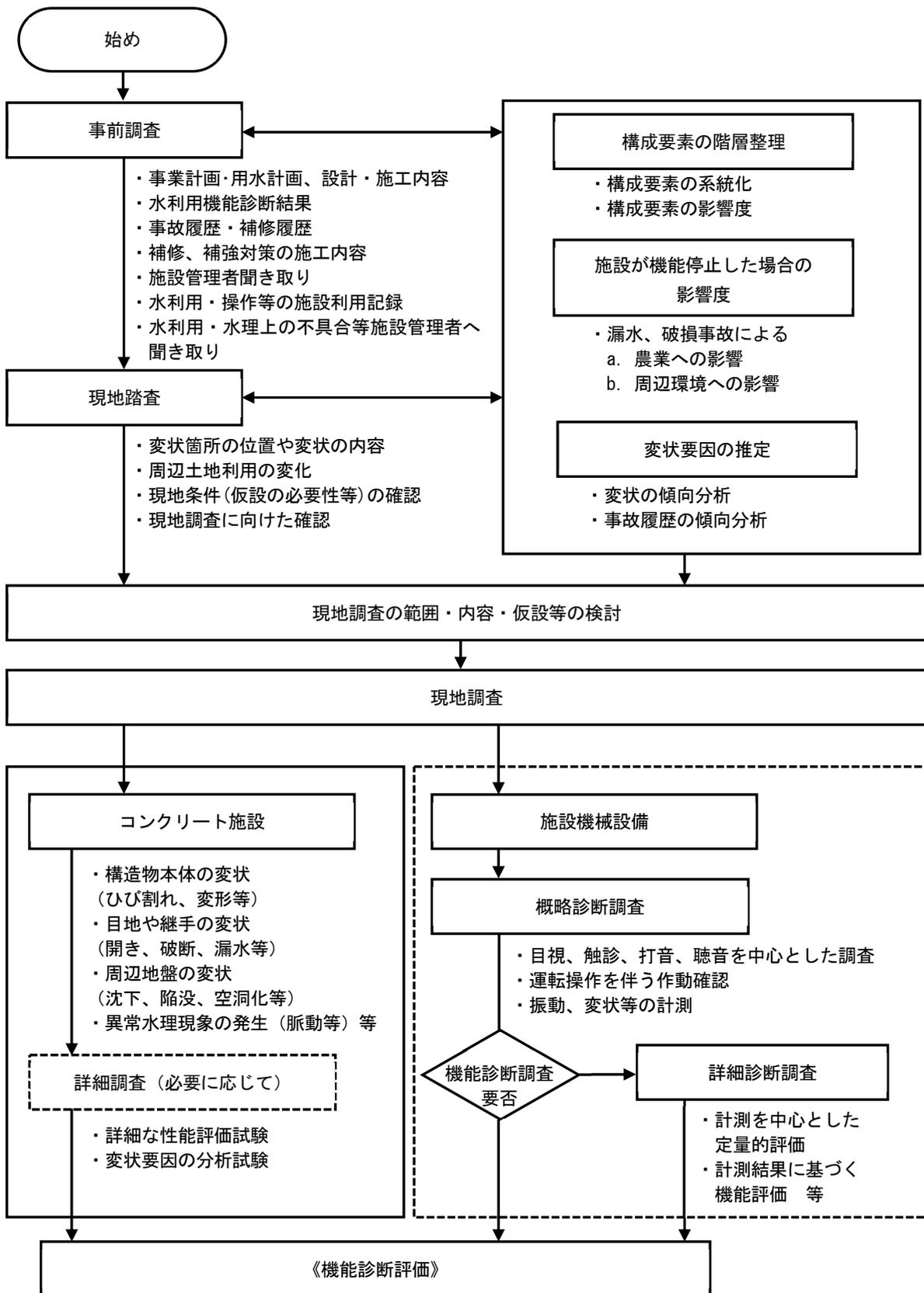


護岸工の損壊



浸透破壊によるパイピング

【写真1 突発事故の事例】

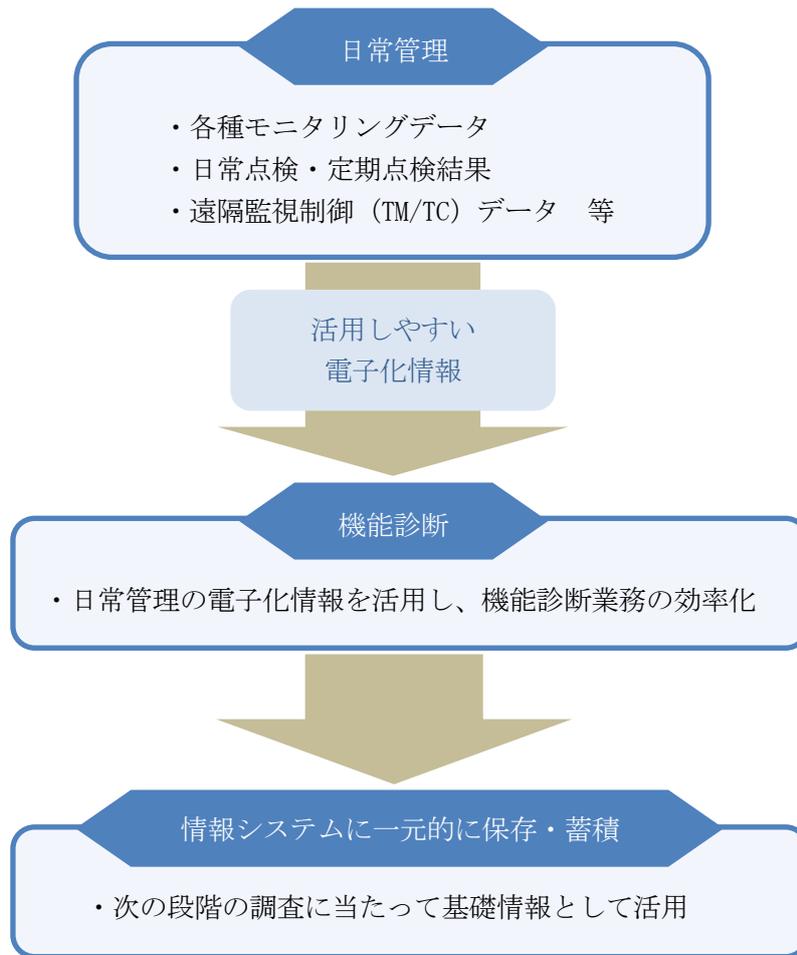


【図4-1 機能診断調査の実施フロー】

【参考】機能診断の効率的な実施

施設管理者が土地改良施設管理基準「頭首工」を踏まえ実施した日常点検や定期点検の管理記録、土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」を踏まえ設置された圧力計等による各種モニタリングデータ、また、遠隔監視制御装置を通じて蓄積されたデータは、電子化等により活用しやすいように整理・保存しておき、ストックマネジメントのサイクルの次のステップである機能診断へ効果的に引継ぎ、活用していくことが重要である。

こうした取組は、データの収集、再整理に要する時間短縮など、機能診断業務の効率化、施設管理者の管理負担軽減に寄与するものと期待される。また、施設管理者の負担軽減の観点からも、遠隔監視制御の導入が望ましい。



【図 4 - 2 機能診断の効率的な取組のイメージ図】

2 事前調査（既存資料の収集整理等）

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、事故・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】

ア 既存資料の活用方法

情報システム等で水利用機能診断結果、前回機能診断報告書、前歴事業の設計図書、施設の事故履歴・補修履歴等の情報、通水量の変動情報、水質等の施設供用環境に関する情報、地域の気象情報、地形・地質的な地域特性等を把握することにより、機能診断調査を効率的に実施することが重要である。また、収集・整理した資料は機能保全計画作成において施設現況調査の基礎資料として活用する。

イ 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、情報システムに蓄積された情報、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、施設の利用者や管理者、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。

（ア）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。

（イ）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。劣化は経年的に進行するものであるため、竣工後の経過時間を把握することにより、劣化の原因の把握、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、それにより変状要因を推定することが可能となる場合もある。

（ウ）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、部材諸元等を調査し、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、設計条件との違いが明らかになり、それにより変状要因を想定することが可能となる。

（エ）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、施工に起因した変状要因の推定が行える。

a 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4-1に示す。

【表4-1 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	種類及び製造元、物理・化学試験成績表
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、微粒分等）、アルカリシリカ反応性
混和材料	種類及び製造元、試験成績表、標準使用量
水	種類、水質試験表

出典：『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針』2022年、P.19

b 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。

c 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。

d 維持管理内容

施設管理者が行う日常点検・定期点検の管理記録等の電子化された情報を有効に活用する。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。

ウ 事故・故障履歴・補修履歴の収集整理

(ア) 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変状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。

(イ) 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、変状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4-2に示す。

【表 4-2 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	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・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、年間運転時間等）

エ 補修・補強対策の設計、施工内容に関する資料の収集整理

(ア) 施設造成後、補修・補強対策が行われた施設の場合は、当初の設計・施工内容に係る資料収集に加え、その後の補修・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。

(イ) 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、あらかじめ検討しておく。

オ 地域特性に係る資料の収集整理

変状要因の中で、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、アルカリシリカ反応、凍害が挙げられる。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、これらの変状要因が該当する可能性の高い地域区分を明らかにする図表と照らし合わせることにより、地域特性による性能低下の変状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。

カ 河川整備計画等の治水計画に係る資料の収集整理

(ア) 河川法において、河川は、洪水、津波、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。

(イ) 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。

キ 施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

(ア) 施設管理者に対する問診事項としては、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発生時期、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。

(イ) 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、事故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、施設が機能停止した場合の影響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、対策工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）などを把握する。

- (ウ) 施設管理者への聞き取りは、通常、表 2-3 に例示する日常点検票に施設管理者が定期的（施設の変状の程度に応じて設定）に記入し、それらの日常点検票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。収集した日常点検票については、施設単位での問診票（表 4-3、表 4-4）の作成や、構造図に異常箇所やその内容等を書き込むなどして現地踏査における予備知識として活用できるように整理する。

- (エ) なお、現状の施設に対して水利用機能や水理機能が適正に発揮されているかについても問診の対象とする必要がある。表 4-5 に示すような水利用機能・水理機能の問診票を用いて取水等の異常の有無を確認する。

【表4-3 頭首工（コンクリート施設）の事前調査票（問診票）の例】

整理番号		調査年月日	西暦 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
項目	異常の有無、内容※1		異常箇所※2
構造上の 変状	堰柱	1. 異常有り ①堰柱が傾斜・変形・歪みを生じている ②摩耗・欠損・剥落・ひび割れが多数見られる ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	床版	1. 異常有り ①傾斜・変形・歪みを生じている ②摩耗・欠損・剥落・ひび割れが多数見られる ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	導流壁	1. 異常有り ①沈下・陥没箇所がある ②コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れが見られる ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	固定堰	1. 異常有り ①沈下・陥没箇所がある ②コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れが見られる ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	エプロン	1. 異常有り ①沈下折損・摩耗・欠損・剥落・ひび割れ、目地の開き・段差がある ②上流側の吸込み、下流側の湧水・噴砂が見られる ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	護床工	1. 異常有り ①護床ブロックの沈下・移動・流出・変形が見られる ②下流河床が異常洗掘されている ③湧水・噴砂が見られる ④その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	魚道	1. 異常有り 2. 異常無し 【特記】	
	取入口	1. 異常有り 2. 異常無し 【特記】	
	護岸	1. 異常有り（摩耗・欠損・剥落・ひび割れ、変形・沈下） 2. 異常無し 【特記】	

※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、大まかな位置を記入する。（例 ○○号堰柱の左岸側）

【表 4 - 5 頭首工における水利用機能・水理機能の問診票の例】

整理番号		調査年月日	西暦 年 月 日
地区名		記入者	
対象施設名		形態	頭首工
機能・性能項目	異常の有無、内容		異常箇所
構造上の変状	取水性	1. 異常あり ・計画用水量を安定的かつ確実に取水できない ・取水量の調整ができない ・パイピングの予兆（渦流、噴砂等） 2. 異常なし 【特記事項】	
	保守管理・保全性	1. 異常あり ・日常的な保守管理に要する費用や労力が増加している ・保守管理に必要な施設（管理用道路、除塵・排砂施設等）が不足している 2. 異常なし 【特記事項】	
	水位・流量計測性	1. 異常あり ・水位、流量等の計測設備に不具合がある（故障又は破損している） ・水位、流量等の計測設備が不足している 2. 異常なし 【特記事項】	
	通水性	1. 異常あり ・堆砂や雑草の繁茂等により安定的な取水ができない ・所定の流量取水時に不安定な流況が生じるときがある ・必要な水位が確保できていない 2. 異常なし 【特記事項】	

3 現地踏査（巡回目視）

現地踏査では、事前調査で得られた情報を基に実際に現地を巡回目視により変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、変状要因の推定を行う。これらを踏まえて、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、安全対策の必要性の有無など現地調査の具体的な実施方法等を検討する。

【解説】

ア 現地踏査の基本的な考え方

現地踏査は、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（定点）の設定や調査方法の基本事項（調査単位、足場、水替工といった仮設設備や安全対策の必要性の有無、定量的な調査項目とその調査手法）を具体的に決定することを主目的として行う。なお、事前調査において取水管理制御性の低下等、水利用機能及び水理機能に問題があると判断された場合は、ゲート設備の作動状況を調査する。

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。

（ア）コンクリート施設

- ① 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）
- ② 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）
- ③ 堰本体やエプロンなどの摩耗、欠損状況
- ④ 護床ブロックの変形・沈下、流出状況
- ⑤ 河床の異常な変動（洗掘、堆砂）
- ⑥ 取付護岸部の変状（変形、沈下、欠損等）
- ⑦ 構成要素を分割して定点を設定する場合、構成要素を代表する箇所（劣化の程度が標準的な箇所）及び変状が顕著な箇所を選定

（イ）施設機械設備（ゲート設備）

- ① 目視により設備全体を観察し、劣化の有無や劣化の内容・程度を概略把握する。
- ② 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。
- ③ 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。

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基に、踏査箇所や確認すべきポイントをあらかじめ整理した帳票を作成する。現地踏査票の参考例を表4-6～表4-8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、構造図等を活用することが望ましい。

【表4-6 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	西暦 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
写真No.			
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 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③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 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③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 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③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 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③構造ひび割れ 2. 無・微小	
エプロン	変形・折損、目地の開き・段差	1. 有（折損・陥没等） 2. 無	
	表面の摩耗・欠損・剥落 鉄筋露出	1. 有 2. 無・微小	
	ひび割れ	1. 有 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③構造ひび割れ 2. 無・微小	
	パイピングの予兆	1. 有 ①上流側の吸込み ②下流側の湧水・噴砂 2. 無	

【表4-7 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・移動・流出・変形	1. 有 ①ブロックの流失 ②ブロックの異常沈下 2. 無・微小	
	湧水・噴砂	1. 有 2. 無・微小	
護岸	表面の摩耗・欠損・剥落 鉄筋露出	1. 有 2. 無・微小	
	ひび割れ	1. 有 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③構造ひび割れ 2. 無・微小	
	変形・沈下	1. 有 2. 無・微小	
取入口	表面の摩耗・欠損・剥落	1. 有 2. 無・微小	
	ひび割れ	1. 有 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③構造ひび割れ 2. 無・微小	
魚道	表面の摩耗・欠損・剥落 鉄筋露出	1. 有 2. 無・微小	
	ひび割れ	1. 有 ①全面にひび割れが発達している ②部分的にひび割れが発生している ③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4-8 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	西暦 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）－』を参照

イ 現地調査箇所選定の考え方

現地調査箇所（定点）は、頭首工を構成する施設（構成要素）に着目し、以下の点に留意して選定する。

（ア）堰体・堰柱

調査のための大掛かりな仮設を要しない限り、原則として全径間を調査対象とする。なお、安全に調査が可能な範囲として立ち位置からおおむね 2.0m 程度の高さまでを目安とする。

（イ）取水口

取水口は、取水口ゲート堰柱と取水庭全体を対象とする。

（ウ）エプロン

エプロンは上下流について全体を対象とするが、施設規模が大きく全体の把握が困難な場合は、最も傷んでいると想定される洪水吐きや土砂吐き部から 1 ブロックを選定する。

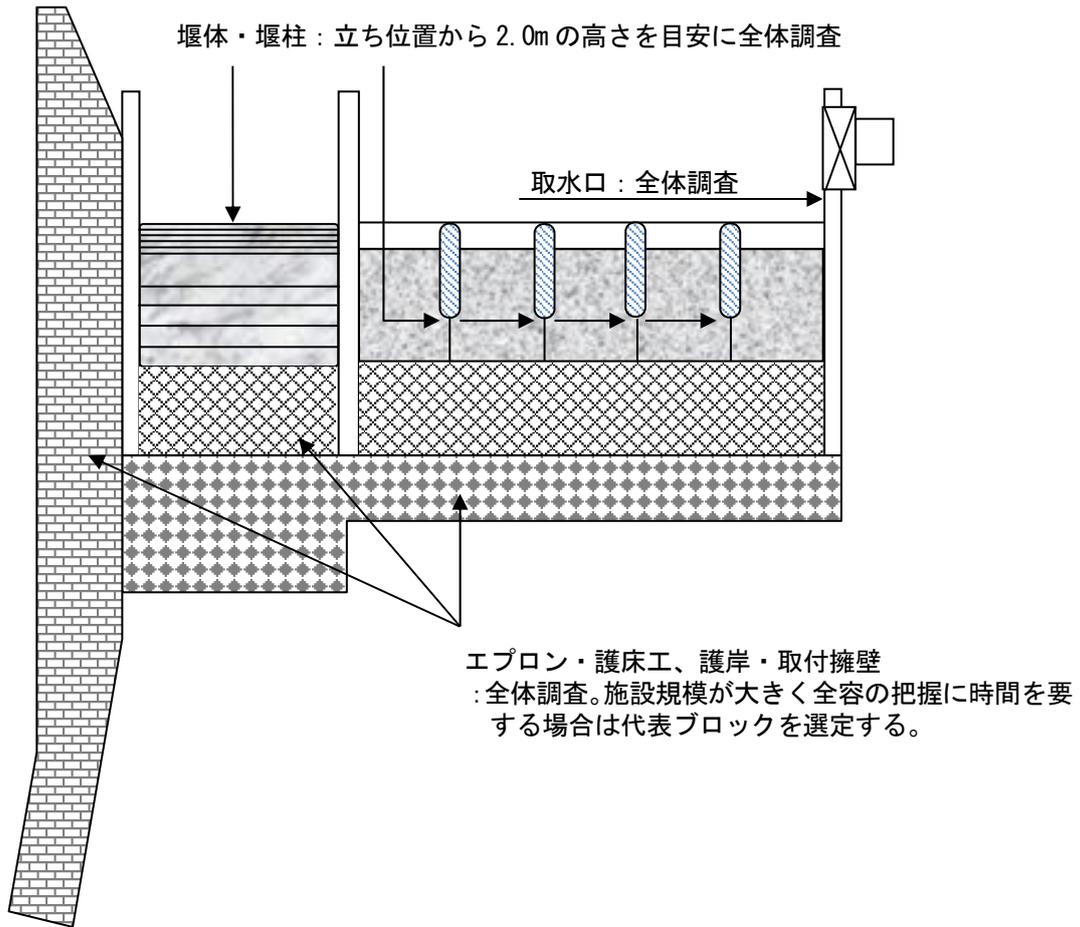
（エ）護床工

護床工は全体を対象とする。なお、護床工部に局所洗掘や河床低下が生じた場合、堰体の沈下や損傷につながる根入れ露出・パイピングのリスクを高めるため、これらの原因となる護床ブロックの沈下・移動・流出・変形に特に留意する。

（オ）護岸・取付擁壁

護岸工・取付擁壁は全体を対象とするが、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、水中部の洗掘の発生状況に留意する。

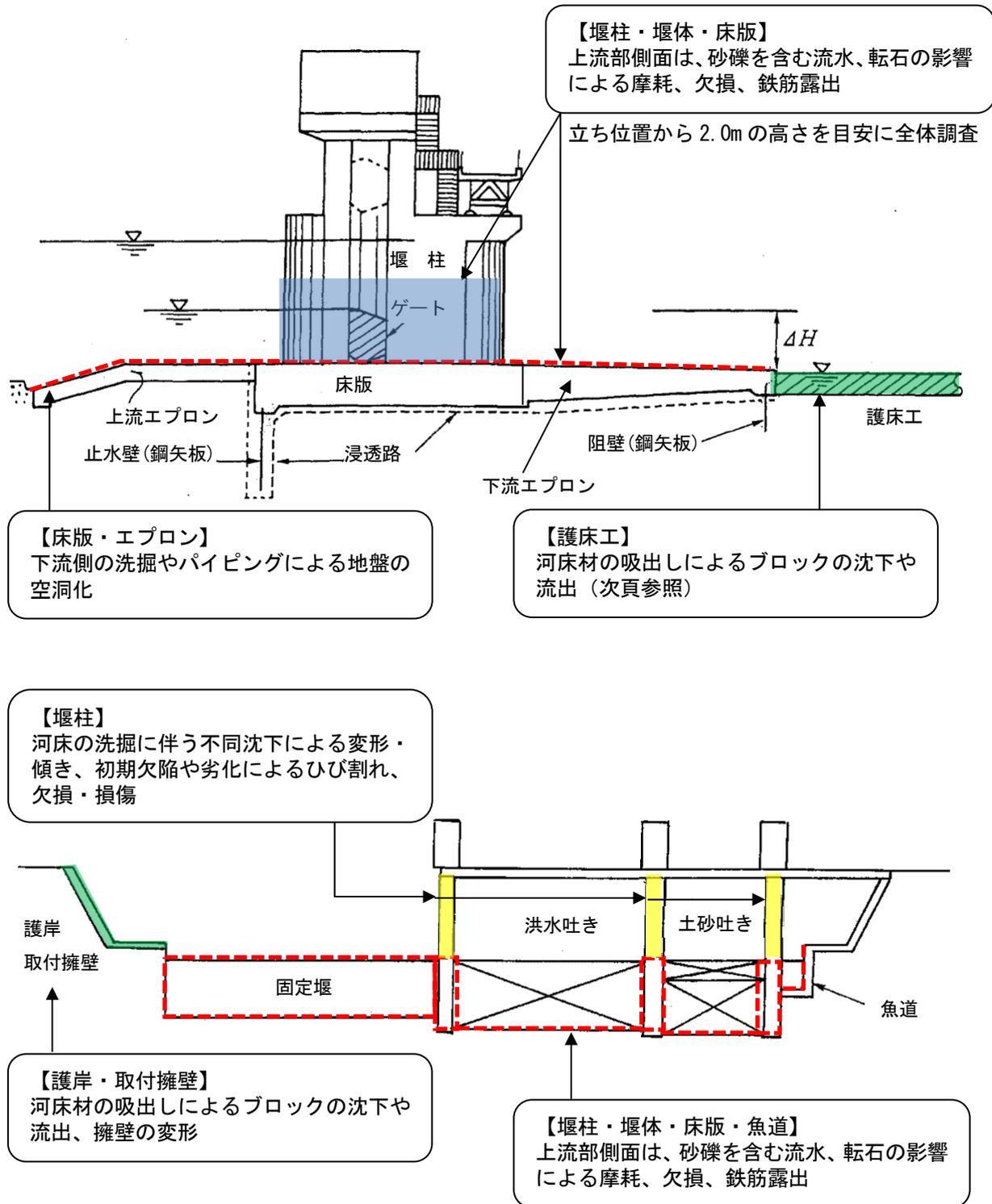
なお、過去に施設の機能診断調査が実施されている場合には、調査の効率性確保と経年変化を分析できるようにするため、当該調査位置を極力活用するようにする。



【図4-3 現地調査位置選定の考え方の例】

【参考】頭首工の現地調査における留意点

頭首工は、堰体・エプロン・護床工等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。現地調査は各構成要素に着目し実施するが、具備すべき機能や目的に応じて留意すべき変状の内容が異なる。



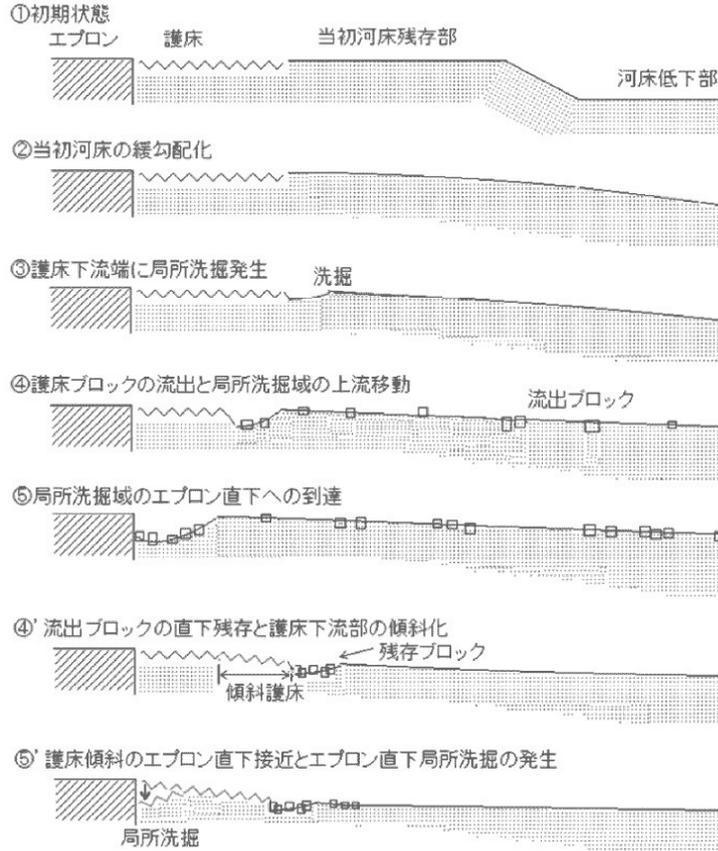
【図 4 - 4 現地調査時の留意点の例】

【参考】護床工の変形パターン

護床工は、直下洗掘の発達と吸出し洗掘によって渦流から漸次傾斜化する。

洪水流量が小さい場合は、傾斜化がエプロンに達するとそこで落下流が生じ、エプロン直下でも局所洗掘を生じる（図4-5 ①→②→③→④'→⑤'）。なお、異常の現象は比較的緩慢である。

洪水流量が大きい場合は、護床工直下の洗掘域が護床ブロックを移動・流出、沈下させつつ急速に上流に進行しエプロン直下に達するとそこで更に深く発達する（図4-5 ①→②→③→④→⑤）。この結果、堰体上下流の水位差により浸透圧力勾配や浸透流速が増大し、堰体下部の河床材が拔出すパイピングが生じる。このパイピングにより堰体下部の空洞化、沈下、損傷が引き起こされる（図4-6）。



【図4-5 下流河床低下での護床工変形パターン模式図】



【図4-6 底面の空洞化（土砂流出）によるエプロンの陥没】

※ 出典：常住直人等『農業取水堰下流の河床変動状況と洪水時護床変形に関する実験的検討、河川技術論文集 No. 20』平成26年 pp301-306

4 変状要因の推定

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、現地踏査で得られた情報を基に、施設が機能停止した場合の影響度を評価するとともに、着目する変状要因を推定する。

【解説】

ア 事前調査で得られた成果を基に、使用環境条件と変状要因の関連性を整理し、対策工法の検討に資する主な要因を可能な限り明らかにするため、表4-9に示すような「変状要因推定表」を用いて、当該施設における主な変状要因を把握する。

(ア) コンクリート施設の性能低下

① コンクリート施設の性能低下は、様々な要因に影響されて進行するが、これらの中から、支配的な要因を判定して、劣化予測等を行うことが基本となる。

② 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。これらの構成施設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施設ごとに異なるため、調査・評価、劣化予測、対策工法の検討においては、各構成施設の特性に着目することが重要であるとともに、ある変状がほかの構成施設に影響を及ぼす場合もあることから、変状要因を推定するに当たっては構成施設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、これらの変状要因を推定することが重要である。

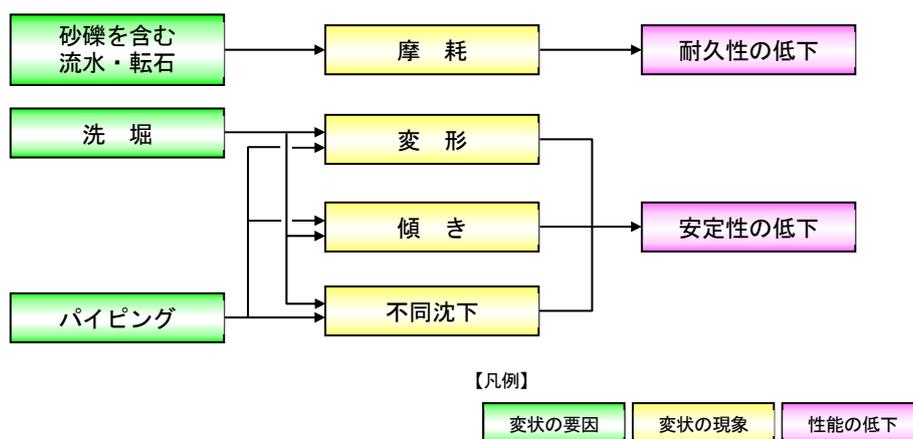
以降に主な変状及び頭首工の構造形式ごとの性能低下特性を例示する。



【図4-7 主な変状の例】

a 固定堰

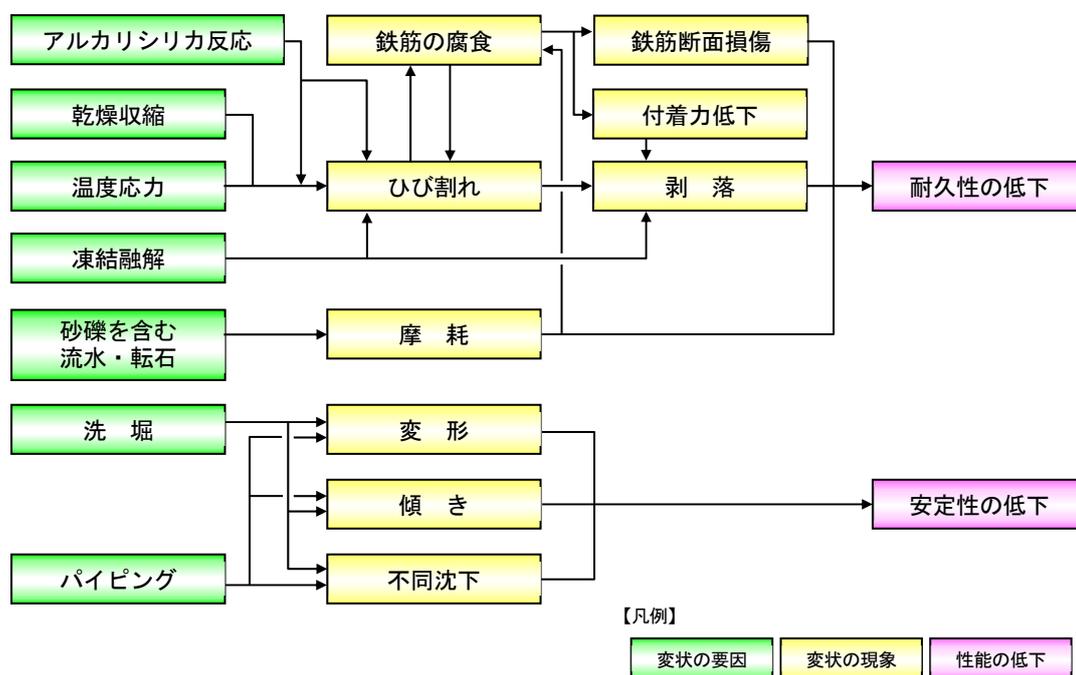
- ① 無筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートの摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる変形・不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。固定堰の主要な性能低下プロセスは、図4-8のとおりである。
- ② 固定堰の摩耗は、砂礫を含む流水や転石が堰体表面を移動することによって生じ、変状が進行すると設計取水位を確保できなくなるおそれがある。
- ③ 安定性の低下は、堰体の基礎の違いによって要因が異なる。浸透性地盤上に築造するフローティングタイプの場合は、堰体基礎面のパイピングや越流水による下流河床の洗掘によって不同沈下が生じる可能性がある。一定程度以上に不同沈下が進むと、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。
- ④ 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4-8 固定堰の主な性能低下とその要因】

b 可動堰

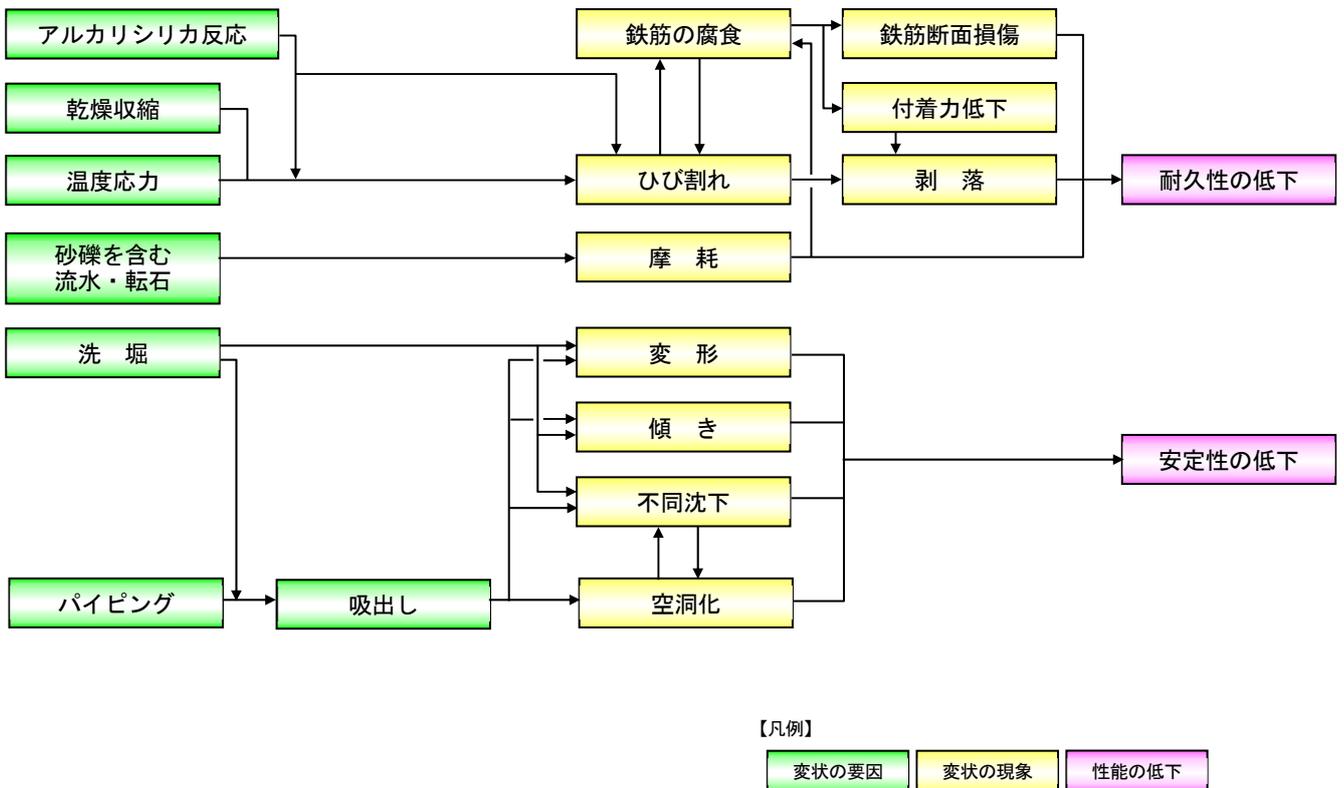
- ① 鉄筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートのひび割れや摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる変形・不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。可動堰の主要な性能低下プロセスは、図4-9のとおりである。
- ② 堰柱や床版のコンクリートのひび割れ面から浸入した水や空気が鉄筋を腐食させ、劣化が急速に進展するというように、鉄筋の腐食とひび割れは相互に影響することから、適切な診断・評価を実施し、早期の補修を行うことが望ましい。
- ③ 安定性の低下は、堰柱や床版の基礎の違いによって要因が異なる。浸透性地盤上に築造するフローティングタイプの場合は、堰柱基礎面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。
- ④ 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4-9 可動堰の主な性能低下とその要因】

c. エプロン

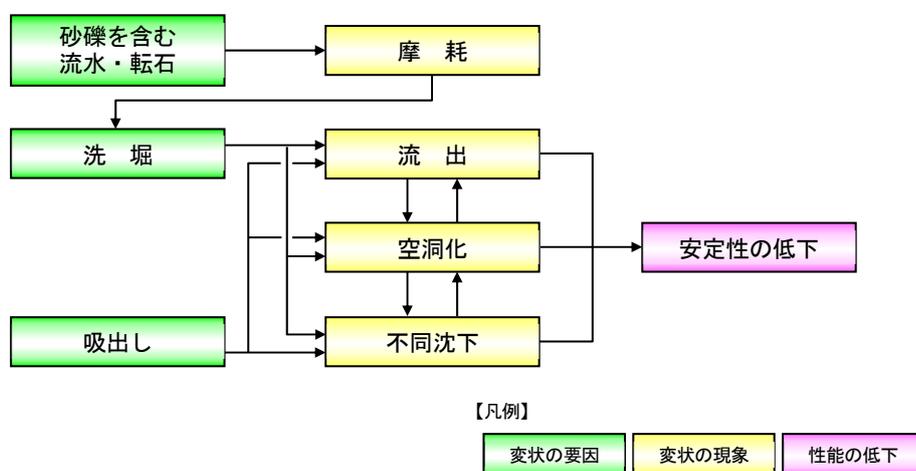
- ① 鉄筋コンクリートが主要な構造材料であり、性能低下はコンクリートのひび割れや摩耗などコンクリート自体の劣化と、洗掘やパイピングによる不同沈下など構造物の外形的な状態に着目する。エプロンの主要な性能低下プロセスは、図4-10のとおりである。
- ② 下流側の洗掘やパイピングによる河床材の吸出しにより、エプロン下地盤の空洞化が進行し、不同沈下等により堤体や堰柱等の安定性に影響が生じるおそれがある。外観変状調査では直接空洞化の状態を把握することが困難な場合が多く、沈下・歪みや下流河床の異常洗掘の状況、ひび割れ形状やひび割れ発生場所などから推定する。空洞化が進行した場合、大規模な対策が必要となるので、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4-10 エプロンの主な性能低下とその要因】

d 護床工

- ① 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4-11のとおりである。
- ② 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。そのため、事前調査の際に、吸出し防止材の有無を完成図書等から確認するとともに、護床工の補修等に当たっては、吸出し防止の対策が必要である。
- ③ 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。

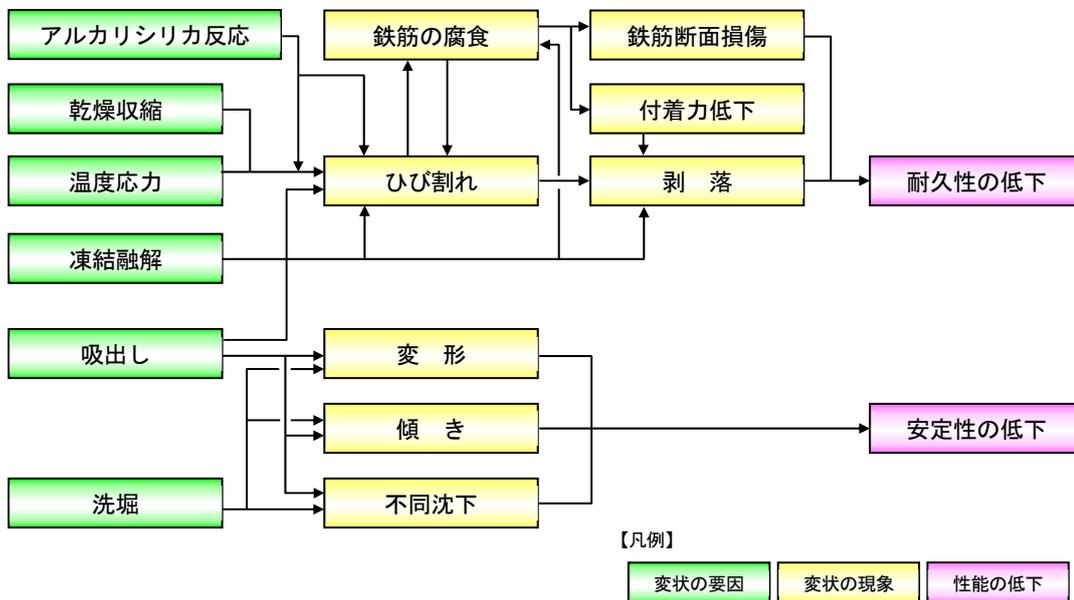


【図4-11 護床工の主な性能低下とその要因】

e 護岸・取付擁壁

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。

護岸・取付擁壁の性能低下プロセスは、図4-12のとおりである。



【図4-12 護岸・取付擁壁の主な性能低下とその要因】

f 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。

なお、魚道の性能低下の詳細については、『よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計指針』を参照のこと。

(イ) 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）—』を参照のこと。

イ 上記に示す頭首工の性能低下特性を踏まえ、変状要因の推定を行う。主な変状要因は、表4-9に示す「変状要因推定表」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変状要因として特定されている場合は、関連資料の追加収集や現地調査計画への反映を行う。

【表4-9 頭首工の変状要因推定表の例】

変状要因		内部要因										外部要因							
		初期 欠陥	コンクリート							鋼矢板			外部要因						
			中性 化※1	塩害 ※1	アルカリ シリカ反 応※2	凍害	化学 的腐 食	疲労	摩耗 風化	腐食	バイピ 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		△																
	施工記録	○																	
鉄筋被り	t<30mm		○	○															
地域	①塩害を起こしやすい(起きた)地域		△	○	△	△													
	②アルカリシリカ反応を起こしやすい(起きた)地域			△	○	△													
	③凍害を起こしやすい(起きた)環境			△	△	○													
	④アルカリシリカ反応、塩害複合劣化地域		△	○	○	△													
	⑤塩害、凍害複合劣化地域		△	○	△	○													
	⑥凍害、アルカリシリカ反応複合劣化地域			△	○	○													
供用環境	①南向き面の部材		△			○													
	②融雪剤・凍結防止剤の使用			△		△					○								
	③接水時間が長い(常時)									△	○								
材料	①水セメント比60%以上		○	○		○													
	②海砂の使用			◎															
	③反応性材料使用				○														
水質	③硬度が小さい									○									
	①透水性地盤(砂礫層)										○	○	○						
	②地盤条件の境界部に位置する										△			△					
頭首工 立地条件	①河床勾配1/140より大きい												○					△	
	②感潮河川に位置する			○							○								
	③河川蛇行部・合流部による水衝部がある																	△	△
頭首工 河川条件	①近年上流部のダム新設等により土砂流出量が減少した													△					
	②上流部からの土砂供給がある																	△	○
	③ミオ筋が変化しやすい													△					
	④洪水が頻繁に発生する													△				△	△
頭首工 構造条件	①基礎の形式がフローティングである											○							
	②止水壁・阻壁がない、または不明である											○							
頭首工 被災履歴	①過去に頭首工の流出・損壊など被災がある											○	○	○			○	○	○
	②過去に地震被害を受けた											○	○			○			

【関連性：高←◎・○・△・空欄→低】

※1 無筋コンクリートの場合は変状要因としない。

※2 1986年以降の施工の場合は変状要因としない。

※3 1978年に鉄筋被りと設計基準強度について規定、1986年に塩分総量規制施工・アルカリシリカ反応対策について規定

(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「15 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るものではない。

5 現地調査（近接目視と計測）

現地調査では、事前調査・現地踏査で得られた情報及び施設が機能停止した場合の影響度等を勘案して、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。なお、必要に応じて詳細調査を実施する。

【解説】

ア 現地調査の基本的な考え方

（ア）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情報、施設が機能停止した場合の影響度等を踏まえ、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。現地調査結果だけでは判定できず、更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詳細調査を実施する。構成要素の劣化が進展しても、頭首工全体への影響が限定的か、又は小さく、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、現地調査項目を絞り込むこともできる。

（イ）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でき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変状の程度の判定を行う。

イ 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、仮設等に係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。

（ア）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。

（イ）ゲート操作の制約を受ける場合

管理規程等により、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、事前に対象施設の管理規程等を踏まえ、施設管理者と調査可能時期や調査方法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。

(ウ) 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。

(エ) 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。このため、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。

(オ) 機能診断調査における動作確認のためだけにゲート操作を行う場合

ゲート設備の操作を伴う調査は、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実施することが望ましい。やむを得ず、機能診断調査のためだけにゲート操作を行う必要が生じた場合には、管理規程等を踏まえ、現地調査の時期、調査方法、河川管理者との調整・連絡等について、施設管理者と連携しながら適切に調査を実施するように留意する必要がある。

ウ 調査項目及び調査内容

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。

(ア) コンクリート施設

- ① コンクリート施設では、変状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4-10に示す。
- ② なお、農業水利施設の構造性能の低下は、水利用性能・水理性能の低下としてマクロ的に顕在化することも多い。農業水利システムを俯瞰した問診等により水利用性能及び水理性能を把握しておくことは、後の対策工法の検討等のプロセスの効率的な実施にもつながることから、こうした問診を行うことも重要である（表4-11）。

【表 4-10 構造機能に関する標準的な現地調査項目（コンクリート施設）の例】

機能	性能	区分	調査項目	調査手法	記録手法	
構造	力学的安全性	コンクリート	ひび割れ	ひび割れ最大幅	計測（クラックスケール）※2	定量記録、写真記録、図化
				ひび割れ延長	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	定量記録、写真記録
				沈砂池や護岸等のひび割れからの漏水	目視※1	写真記録、図化
				段差	計測（スケール）	定量記録、写真記録
		変形・歪み	変形・歪みの有無	目視※1 計測（下げ振り、ポール、傾斜計）	有無の記録、写真記録、定量記録	
	圧縮強度			反発硬度法 機械インピーダンス法等	定量記録、写真記録	
	耐久性	コンクリート	材料劣化	浮き	目視※1 計測（スケール） 打音調査	写真記録、図化
				剥離・剥落・スケーリング	目視※1 計測（型取りゲージ等）	定量記録、写真記録、図化
				ポップアウト	目視※1 計測（ノギス、スケール）	写真記録、図化
				（析出物）エフロレッセンス	目視	写真記録、図化
				（析出物）ゲルの滲出	目視	写真記録、図化
				錆汁	目視	写真記録、図化
				変色	目視	写真記録、図化
				摩耗・風化	目視※1 計測（型取りゲージ等）	定量記録、写真記録、図化
			鉄筋露出	目視※1 計測（スケール）	写真記録、図化	
			中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	写真記録、図化
		鉄筋被り	設計図書の確認 定量計測（鉄筋探査）	定量記録、写真記録、図化		
	欠損・損傷	戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の欠損・損傷	目視※1 計測（ノギス、スケール）	写真記録、図化		
	安定性	構造物周辺の変状	不同沈下	構造物の沈下・傾倒	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化
			エプロン・護床工周辺河床	ひび割れ、摩耗、欠損、鉄筋露出、目地の開き・段差、折損・陥没等、下流側護床工の消失・沈下、洗堀、上流側の吸込み	目視※1 スタッフ挿入等による確認（必要に応じて測量）	定量記録、写真記録、図化
				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※1 打音調査 コア抜き後、スタッフ挿入等による確認
			護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	目視※1 打音調査 コア抜き後、スタッフ挿入等による確認	写真記録、図化
				周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	目視※1 計測（スケール等）	写真記録、図化
			魚道下流	下流河床低下など	目視※1 計測（スケール等）	有無の記録、写真記録
	上記性能を含む構造性能	目地の変状（護岸、エプロン、構造物境界）	目地の開き	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化	
			止水板の破断	目視	写真記録、図化	
			目地の変状に伴う漏水状況	目視	写真記録、図化	
			段差	計測（スケール）	定量記録、写真記録	
			周縁コンクリートの欠損等	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化	
管理橋		橋桁や床版の損傷	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化		
		沓座・堰柱張出し部の損傷	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化		
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	目視※1 計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化		

※1 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。

※2 ひび割れの記録を行う場合、クラックスケールを当てて近接撮影を行う。

【表 4-1-1 水利用機能及び水理機能に関する標準的な現地調査項目の例】

機能	性能	調査項目	調査手法	記録手法	備考
水利用	保守管理・ 保全性	保守管理に必要な施設 (スクリーン・土砂吐施設、管理用道路等)の有無、状態	目視 作動調査	状態記録、写真記録	非かんがい期
水理	通水性	流量 ^{※1}	定量計測結果より算定 (水位(スケール等)と流速 (電磁流速計等)を計測し流量 を算定する)	定量記録、写真記録	かんがい期
		取水断面 ^{※1}	定量計測(スタッフ等)、目視 (堆砂等)による有無	定量記録、写真記録	非かんがい期
		不同沈下 ^{※2}	目視 簡易計測(スケール等)	定量記録、写真記録、図化	通年
	流下性 流水(洪水)	流下断面	定量計測(スタッフ等)、目視 (雑草等)による有無	定量記録、写真記録、図化	通年

※1 取り入れ口下流の流量計測地点が開渠の場合などに調査が可能。

※2 定点における施設状態評価表を用いた調査の項目にも該当。

(イ) 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。

エ 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4-1-2~表4-1-4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)-』を参照のこと。

【表4-12 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票の例 (1/3)】

整理番号			調査年月日	西暦 年 月 日	
地区名			記入者		
施設名			調査部材番号 例:P-O		
定点調査番号			特記事項(可能性のある変状要因等)		
変状要因 の推定 (変状要因 推定表によ る)	変状要因	評価			
	中性化				
	塩害				
	ASR				
	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No.	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 ※鉄筋の()の値は厳しい 腐食環境の場合に適用す る。 ※無筋の()の値は部材を 貫通する可能性がある場合 に適用する。	ひび 割れ 形 状 ※複 数 指 定 可	鉄 筋	<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"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~1.0mm未満 <input type="checkbox"/> 1.0mm以上	
				[0.2mm未満] [0.2mm以上~0.6mm未満] [0.6mm以上]	
				<input type="checkbox"/> ひび割れなし	実測値 (mm)
				<input type="checkbox"/> 2.特徴的な形状を示さないひび割れ	
				<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~1.0mm未満 <input type="checkbox"/> 1.0mm以上	
				[0.2mm未満] [0.2mm以上~0.6mm未満] [0.6mm以上]	
				<input type="checkbox"/> ひび割れなし	実測値 (mm)
				<input type="checkbox"/> 3.格子状・亀甲状などのひび割れ	
				<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~1.0mm未満 <input type="checkbox"/> 1.0mm以上	
[0.2mm未満] [0.2mm以上~0.6mm未満] [0.6mm以上]					
<input type="checkbox"/> ひび割れなし	実測値 (mm)				
<input type="checkbox"/> 4.側壁を横切るような水平又は斜めのひび割れ					
<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~1.0mm未満 <input type="checkbox"/> 1.0mm以上					
[0.2mm未満] [0.2mm以上~0.6mm未満] [0.6mm以上]					
<input type="checkbox"/> ひび割れなし	実測値 (mm)				
<input type="checkbox"/> 5.鉄筋に沿ったひび割れ					
<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無					
無 筋	<input type="checkbox"/> 0.2mm未満 <input type="checkbox"/> 0.2mm以上~0.5mm未満 <input type="checkbox"/> 5.0mm以上				
	[0.2mm以上~1.0mm未満] [1.0mm以上]	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)	
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			
材料劣化	※いずれか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。				
	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)			(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(エフロレッセンス・ゲルなど) (ひび割れを含むものを除く)	<input type="checkbox"/> 部分的(表面の50%未満) <input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上)			(箇所)	
	<input type="checkbox"/> なし				

【表4-13 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票の例 (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	(m ²)面積
		<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	(箇所)
<input type="checkbox"/> 全体的(表面の50%以上)				
圧縮強度	反発硬度法(左・右側壁)	測定No.		(N/mm ²)
	測定No.			
	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No.		(mm)
	鉄筋被り(測定値又は設計図書による)			(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"/> 局部的(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"/> 局部的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> なし	(箇所)
	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)			
	戸当たり周辺、巻き上げ機周辺の損傷	<input type="checkbox"/> 局部的(施設の一部のみで発生)	<input type="checkbox"/> なし	(箇所)
	<input type="checkbox"/> 全体的(変状が構造物全体にある)			
不同沈下	構造物の沈下、傾倒	<input type="checkbox"/> 局部的(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)		
エプロン・護床工周辺河床	ひび割れ、摩耗、欠損、鉄筋露出、目地の開き・段差、折損・陥没等、下流側護床工の消失・沈下、洗堀、上流側の吸込み、下流側の湧水・噴砂	<input type="checkbox"/> 局部的(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)		
エプロン・床版下部	床版・エプロン下からの湧水・噴砂 床版・エプロン下の空洞	<input type="checkbox"/> 局部的(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)		
護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	<input type="checkbox"/> 局部的(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)			
	周辺地盤の沈下、陥没、ひび割れ	<input type="checkbox"/> 局部的(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)		
魚道下流	下流河床低下など	<input type="checkbox"/> 局部的(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)		

【表 4-14 頭首工(コンクリート施設)の現地調査(定点調査)票の例 (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"/> 局部的(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 (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"/> 流水、噴水	<input type="checkbox"/> なし (箇所)
	段差	<input type="checkbox"/> 局部的(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)
	周縁コンクリートの欠損等	<input type="checkbox"/> 局部的(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)
管理橋	橋桁や床版の損傷	<input type="checkbox"/> 局部的(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)
	沓座・堰柱張出し部の損傷	<input type="checkbox"/> 局部的(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)
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"/> 局部的(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)
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"/> ①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"/> ②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"/> ③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 主な変状要因 ※複数指定可	【変状要因】 <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.アルカリシリカ反応 <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"/> I ; 潜伏期 <input type="checkbox"/> II ; 進展期 <input type="checkbox"/> III ; 加速期 <input type="checkbox"/> IV ; 劣化期 【特記事項】		

6 健全度の判定

機能診断の結果に基づき、施設の変状等の程度を指標化した「健全度指標」を用いて、施設の健全度（施設の変状がどの程度のレベルにあるか）を構造性能の観点から総合的に評価する。

評価に当たっては、頭首工の施設状態評価表（表4-18）を活用して客観的な判断や定量的な計測結果を整理するとともに、複数の要因が考えられる場合には、劣化を進行させる、より支配的な要因や、施設全体の機能に及ぼす影響を考慮する。また、状況に応じて水利用性能、水理性能に係る指標も併せて考慮する。

【解説】

- ア 健全度の判定は、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度を有するかについて評価を行うために実施する。
- イ 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的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、構造物の外形的状態から行うことを基本とする。
- ウ 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、又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。
- エ 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。

（ア）性能低下の要因

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。

（イ）ひび割れタイプ

- ① 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。

② 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。

③ 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。

④ 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。

(ウ) 腐食環境の判定

鉄筋腐食が起きやすい中性化や塩害の環境下であり、変状要因推定表（表４－９）で中性化又は塩害の関連性が高い場合。

オ 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基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）－』を参照のこと。

カ 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、健全度指標と施設・設備の状態の対応関係の設定例を表４－１５～表４－１７に示す。

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

ク 健全度の判定において、各評価項目に対する評価区分が異なる場合には、基本的に最も厳しい評価（例えば、Ｓ－４とＳ－３があれば、Ｓ－３）を採用する。

ケ 支配的な変状要因の評価や現場条件の確認、専門的な知見を有する技術者の判断等を踏まえて、エンジニアリング・ジャッジにより、表４－１８に例示する施設状態評価表で定型的に導出される評価とは異なる評価区分を採用する際には、定量的な計測等の結果も記録した上で、どのような考え方に基づきその評価を行ったのかについて、健全度評価に繋げた説明を必ず記録しておくことが重要である。

※ 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）－』を参照のこと。

【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係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、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。

【表 4 - 1 5 頭首工（鉄筋コンクリート施設）の健全度指標の設定例】

健全度 指標	施設・設備の状態	現象例
S-5	変状がほとんど認められない状態	① 新設時点とほぼ同等の状態 （劣化過程は、潜伏期）
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 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）
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	① 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 ② 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）
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	① コンクリートや鉄筋の断面が一部で欠損している状態 ② 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）
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、又は著しく低下するリスクが高い状態	① 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

【表4-16 頭首工（無筋コンクリート施設）の健全度指標の設定例】

健全度指標	施設・設備の状態	現象例
S-5	変状がほとんど認められない状態	① 新設時点とほぼ同等の状態 (劣化過程は、潜伏期)
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 軽微なひび割れが見られる ② 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 ③ 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)
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	① 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 ② 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 ③ 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 ④ 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)
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	① 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 ② 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)
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、又は著しく低下するリスクが高い状態	① S-2の症状が更に進んだ状態で、壁が転倒あるいは損壊している (劣化過程は、劣化期)

【表4-17 頭首工（ゲート設備）の健全度指標の設定例】

健全度指標	設備の状態	現象例
S-5	異常が認められない状態	①新設時点とほぼ同様の状態
S-4	軽微な劣化が見られるが、機能上の支障は無い状態	①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
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	①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
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	①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 ②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
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 近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態 本来の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	①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 ②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

※ ゲート設備の健全度指標の考え方の詳細は『農業水利施設の機能保全の手引き－頭首工（ゲート設備）－』を参照

【表4-18 頭首工（コンクリート施設）の施設状態評価表】

地区名		施設名		評価年月日		西暦年月日		
定調査構造物名称				調査部材番号		例:P-O		
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				
健全度指標				S-5	S-4	S-3	S-2	評価の流れ
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	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 [0.2mm以上~0.6mm未満] 0.2mm以上~1.0mm未満	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:変状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変状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 [0.2mm以上~0.6mm未満] 0.2mm以上~1.0mm未満	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や凍害などの変状要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2mm以上~0.6mm未満] 0.2mm以上~1.0mm未満	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又は斜めのひび割れ 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 [0.2mm以上~0.6mm未満] 0.2mm以上~1.0mm未満	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 0.2mm以上~5.0mm未満 [0.2mm以上~1.0mm未満]	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			① ひび割れ密度 (ひび割れ幅0.2mm以上) 50cm ² /m ² 以上	S-3に該当するものが 全体的		
		ひび割れ付随物 (析出物、錆汁、浮き)	無		② 有 注7)	又は		
		ひび割れからの漏水	無		③ 滲出し、漏水跡、滴水 注7)	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			
	剥離・剥落	無	部分的	部分的	全体的			
	析出物(コロッセス・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	反発硬度法(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)	15N/mm ² 以上~ 21N/mm ² 未満 (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)	-		
		反発硬度法(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)	13N/mm ² 以上~ 18N/mm ² 未満 (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	構造物周辺の 変状	変形・歪み	無		局所的	全体的	-	
		欠損・損傷	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	無		局所的	全体的	-	
		エプロン・護床 工周辺河床	ひび割れ、摩耗、欠損、鉄筋露出、目地の開き・段差、折損・陥没等、 下流側護床工の消失・沈下、洗堀、上流側の吸込み	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 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	-		
		段差	無	局所的	全体的	-		
	管理橋	周縁コンクリートの欠損等	無	局所的	全体的	-		
		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 (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	無	局所的	全体的	-	
	(評価の流れにおける、主要因別評価及び施設状態評価の判定の考え方)							

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」、「地盤変形」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) ひび割れ先行型ひび割れのうち、ASRや凍害などにより現在においても進行性があると判断できる場合は健全度指標を「1ランクダウン」。
 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、①+②又は①+③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。
 厳しい腐食環境とは、鉄筋腐食が起きやすい中性化や塩害の環境下であり、変状要因推定表(表4-9)で中性化又は塩害の関連性が高い場合。
 注9) 摩耗すり減りの1ランクダウンについては、水理機能、水利用機能に支障がなければ、1ランクダウンを行わないものとする事ができる。

第5章 機能保全計画

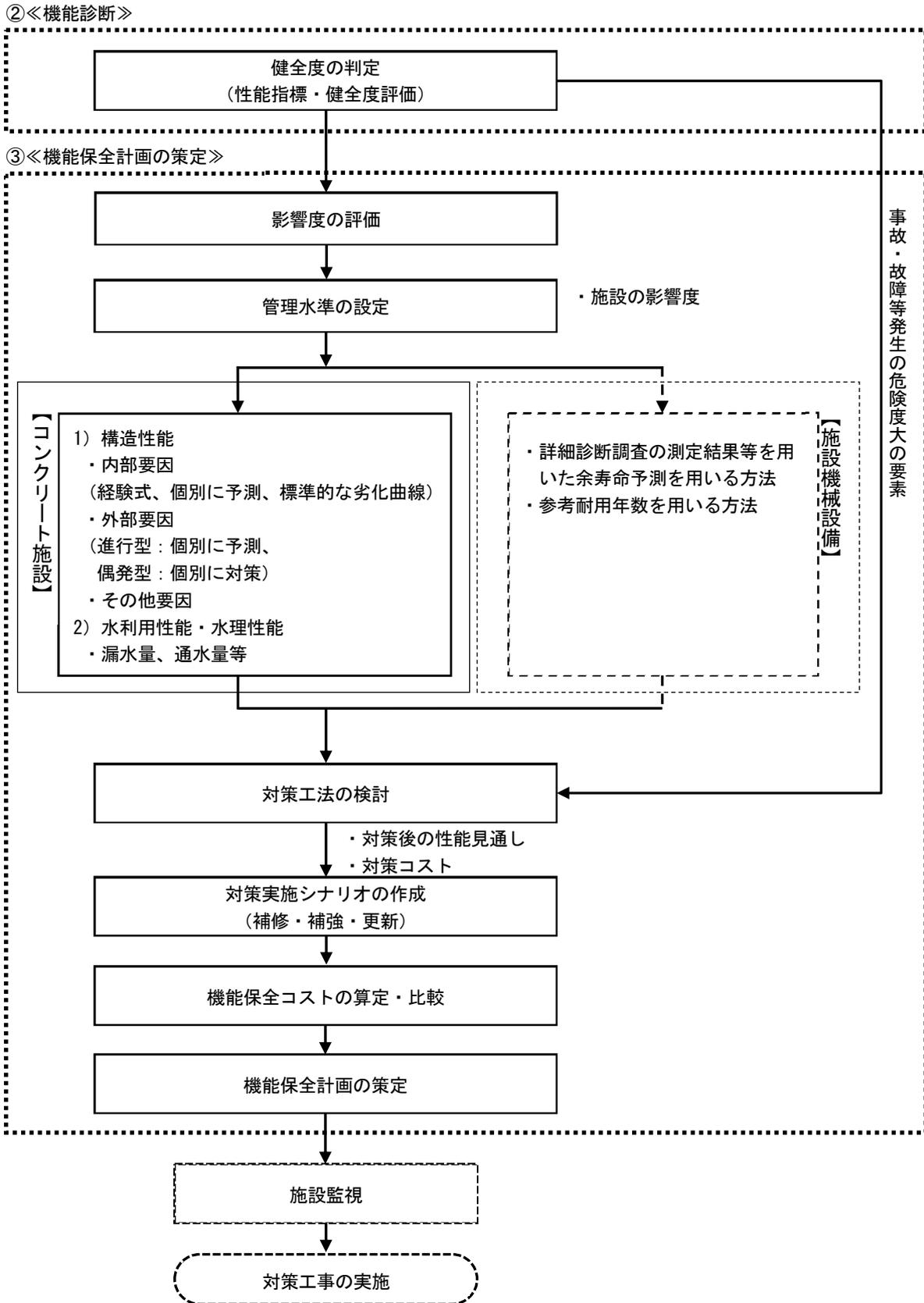
機能保全計画は、個別施設ごとに策定するものであり、施設造成者が、機能診断の結果に基づき、施設管理者の意向を踏まえて、「対策時期」、「対策工法」、「対策実施シナリオ」、「機能保全コスト」及び「施設監視計画」についてそれぞれ取りまとめる。

機能保全計画は、機能保全コストが最も経済的となるシナリオが選定できるよう整理することを基本とするが、当該施設の機能が停止したときの影響度など施設の有するリスクや対策工法の検討に当たって配慮すべき事項、施設管理についての施設管理者や関係機関等の意向等も考慮し、総合的に判断する。

【解説】

- ア 機能保全計画の検討に先立ち、施設管理者や関係機関の意向を踏まえた上で、リスク管理の視点も考慮して施設ごとの影響度評価等に応じた管理水準を設定する。
- イ 「対策時期の検討」では、当該施設の劣化状況等を踏まえ、同一の検討を行うことが可能な構成要素ごとに分類し、変状要因に応じてそれぞれの状況に適した手法で検討する。
- ウ 「対策工法」は、機能診断、劣化予測等の結果を踏まえ、水利用性能、水理性能、構造性能等における要求性能の確保の観点や、施工性等の観点から妥当性が見込まれる対策工法を検討する。この際、極力複数の案を検討する。
- エ 「対策実施シナリオ」は、上記の検討結果を踏まえ、対策工法とその実施時期を組み合わせたシナリオを作成する。この際、技術面・経済面等も含め妥当であると考えられる対策の組み合わせを検討し、極力複数のシナリオを設定する。
- オ 「機能保全コスト」は、対策実施シナリオごとに算出する。シナリオを選定する際には、機能保全コストが最も経済的となるシナリオの選定を基本とする。しかしながら、経済性のみで判断するのではなく、施設が機能停止した場合の影響度など施設の有するリスク、環境への影響、維持管理面等に関する施設管理者等の意向も考慮し、総合的に判断する必要がある。ただし、農業水利システムの水利用機能診断を踏まえた対策の具体的な検討は、農業水利システムの機能向上等も含め、別途行う。
- カ 「施設監視計画」は、監視を行う測点（部位）、監視内容・項目、頻度、監視に当たっての留意事項、監視実施者、監視結果の記録、異状時の措置、次回予定診断時期について施設造成者（機能診断者）と施設管理者が情報共有しつつ策定する。なお、対策工事を当面実施しない施設において施設監視（継続監視）とする対応もストックマネジメントの重要な取組のひとつである。
- キ なお、故障等の発生の危険性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、対策時期の検討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。
- ク 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。

- ケ 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、効率的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。
- コ 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。



【図5-1 機能保全計画の策定プロセス】

1 リスク管理

頭首工では、施設の劣化や自然災害などにより、施設機能が低下して施設が損壊し、基本機能の停止のほか二次災害や第三者被害等が発生するなどのリスクが考えられる。深刻なリスクの一つとしてパイピングによる浸透破壊がある。それにより大規模な漏水が発生し、地域社会及び経済に重大な影響を及ぼした事故があった。こうした事態に備え、未然に事故の発生を防止し、発生したとしても被害を最小限に抑えるため、リスク管理を行いつつストックマネジメントを推進しなければならない。併せて、リスクの評価を踏まえた管理水準の設定等機能保全対策への反映とともに、リスク・コミュニケーションにより施設管理者の意向を踏まえた機能保全計画の策定が重要である。

【解説】

- ア 頭首工のリスクとしては、劣化や偶発的な外力（設計・施工条件で想定していない外力）、周辺環境の影響などの要因により施設の損壊などの事象が発生し、農業面では基本機能（水利用機能等の施設機能や営農活動等）に与える影響、農業以外の面では第三者被害や地域の経済活動への影響などが想定される。
- イ 頭首工において想定される具体的な事象としては、堰柱・門柱コンクリート及び堰体の損壊、ゲート操作の不能のほか、周辺環境の影響として河川堤防の沈下やすべり破壊による護岸工の損壊などがある。特に、フローティングタイプの頭首工については、浸透性の砂層地盤で、上下流の水頭差が大きいなどの場合は、パイピング事故に留意する必要がある。
- ウ パイピングによる浸透破壊は予見が難しく、発生が確認されてから浸透破壊が加速的に進行する。このため、漏水、変状など、その時点で起きている現象だけに捉われず、変状の要因を考察するとともに、進行予測を通じて、進行した場合の影響把握に努める必要がある。
- エ また、全国には、管理体制が脆弱な小規模な頭首工が多く存在しており、事故や致命的な損傷が生じた際の地域への影響度を想定しておくことが望ましい。

【参考】頭首工の事故発生数と事故原因

平成5年度から令和3年度までの国営造成頭首工における事故報告132件の工種別の内訳（割合）をみると、土木施設29%、機械施設35%、電気設備36%である。また、頭首工の土木施設における事故原因は、降雨・降雪等の気象現象79%、劣化21%となっている。

【参考】明治用水頭首工の漏水事故

- 令和4年5月15日（日） 現地で漏水を確認
5月17日（火） 漏水量が増大し、堰上流側水位が取水困難な水位まで低下、取水が停止



【写真1】パイピングによる漏水状況

2 影響度と管理水準の考え方

リスク管理の観点から、ストックマネジメントの各プロセスの取組を効率的に行うため、施設が機能停止した場合の影響度を評価する。影響度は、農業に与える影響、復旧の難易度、立地条件に即した事故発生時の社会的被害の度合いを総合的に評価するとともに、適切な管理水準の考え方と照らし合わせて決定する。

【解説】

ア 影響度

- (ア) 頭首工は必要な農業用水を取水するとともに、洪水時には河川の治水上著しい支障を与えることなく、流水を安全に流下させる目的を果たす施設であることから、農業面における施設の影響度評価については、施設規模、地区内水源の有無や農業水利システムの目的（水田、畑地といった水利用の目的）など農業に与える影響や、復旧の難易度（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、工事時期が制約される場合等）、代替策の有無及びその難易度といった要素を考慮して評価する必要がある。
- (イ) また、農業以外（施設周辺環境等）の面では、事故が起こった場合の周辺施設への社会的被害の度合いを勘案し、住宅や道路、鉄道等の公共機関等の立地条件といった要素を考慮して評価するものとする。特に、上部工を一般道として供用している場合や被災により治水上重大な影響を及ぼす場合には影響度評価において留意する必要がある。
- (ウ) 全国の頭首工は、規模の大小、置かれている立地条件等が様々である。劣化に伴う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、復旧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うなど、多角的な観点から、影響度の設定例や判定方法を参考に、地域の実情に応じて、適切に影響度を総合評価する必要がある。
- (エ) その影響度評価に応じて、地域の実情に沿って、機能診断の調査項目や頻度、管理水準を設定することが重要である。
- (オ) 以降に影響度区分の評価基準及び影響度の総合評価の判定基準の例（イメージ）を示す。

〔影響度区分の評価基準〕

ここでは、農業に与える影響や復旧の難易度、立地条件に即した事故発生時の社会的被害について、表5-1に評価基準の例を示す。

【表5-1 影響度区分の評価基準の例】

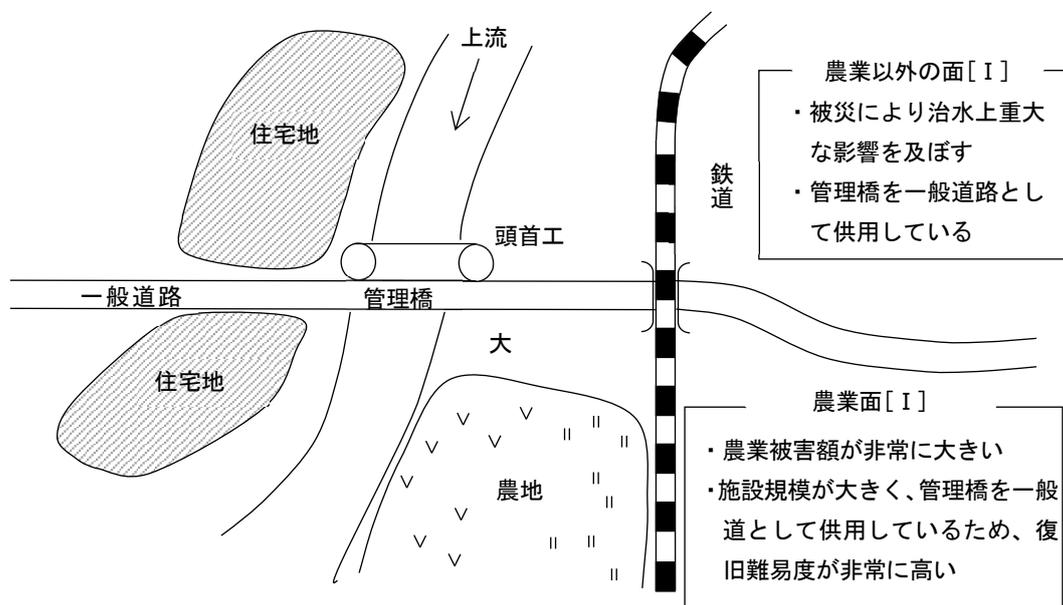
区分	(農業面) 農業に与える影響 復旧の難易度	区分	(農業以外の面) 立地条件に即した事故発生時の 社会的被害の度合い
I	農業被害額が非常に大きい 復旧難易度が非常に大きい	I	社会的被害の度合いが大きい
II	農業被害額が大きい 復旧難易度が大きい	II	社会的被害の度合いが小さい
III	農業被害額が比較的小さい 復旧作業が容易	III	非農業部門への影響なし

〔影響度の総合評価の判定基準の例〕

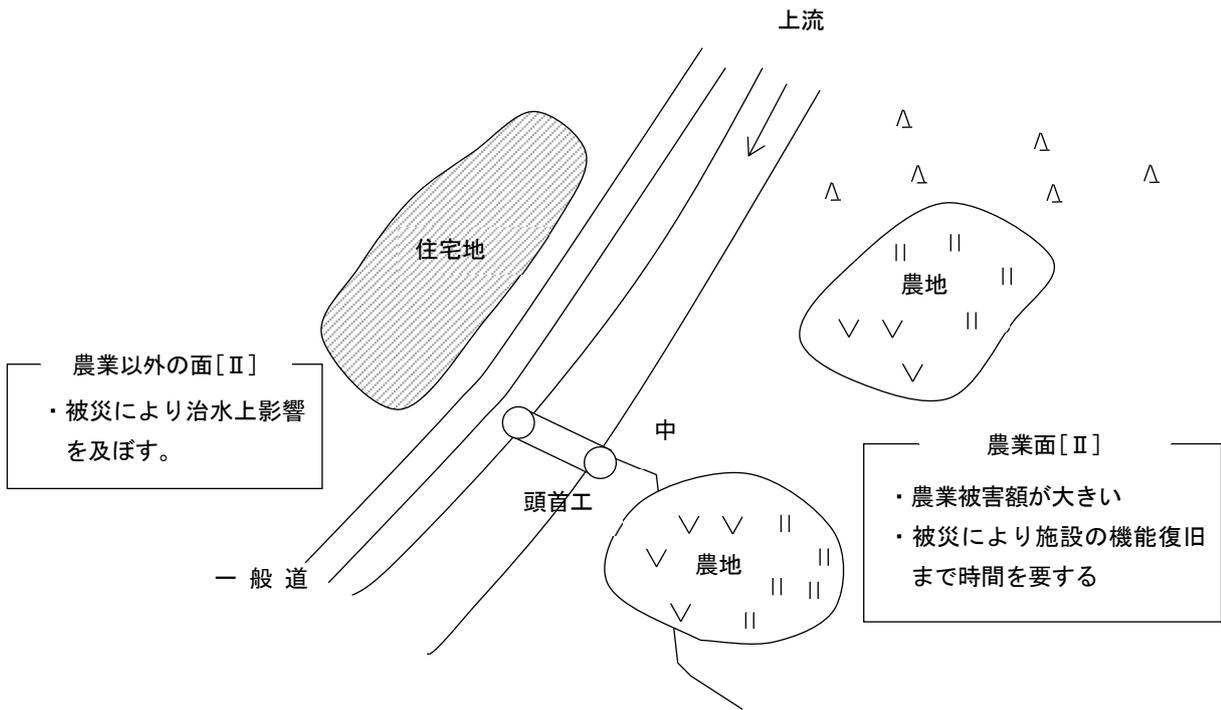
農業面と農業以外の面（施設周辺環境等）に与える影響を基に、表5-2に示す判定基準を踏まえ施設の影響度を総合評価する。詳細の判定は、当該施設の位置する地域の状況等により、様々な可能性がある。施設の影響度を設定したものの一例を図5-2～図5-4に示す。

【表5-2 影響度の総合評価の判定基準（イメージ）】

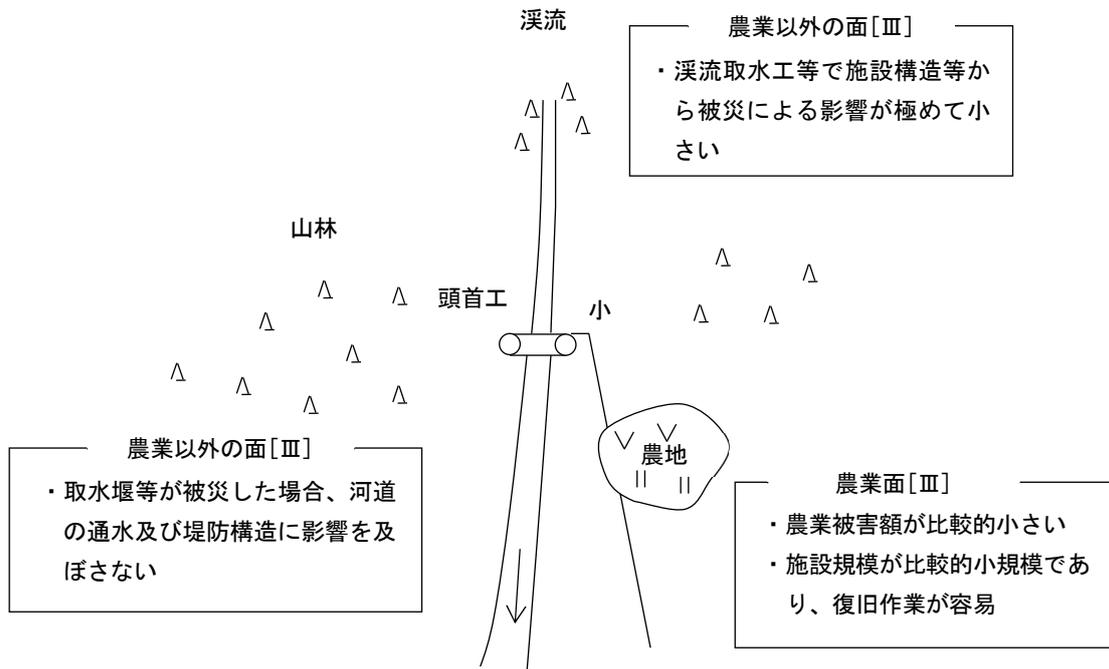
		農業面		
		I	II	III
立地条件に即した事故発生時の社会的被害の度合	I	大	大	大
	II	大	中	中
	III	大	中	小



【図5-2 施設の影響度の設定イメージ（影響度大）】



【図5-3 施設の影響度の設定イメージ（影響度中）】



【図5-4 施設の影響度の設定イメージ（影響度小）】

イ 管理水準

- (ア) リスクを効率的に抑制する観点から、頭首工の影響度評価等を踏まえた潜在的リスクの大きさを考慮し、施設管理者とリスク・コミュニケーションを図った上で、管理水準を適切に設定する必要がある。
- (イ) 健全度指標による管理水準を設定する場合、施設の影響度等を踏まえた潜在的リスクの大きさを考慮して、管理水準をそれよりも上げる対応が考えられる。
- (ウ) 頭首工においては、治水上重大な影響を及ぼす場合や上部工を一般道路として供用している場合、施設の機能復旧まで多大な時間を要する場合、上水道・工業用水道などとの共同区間である場合、パイピングが生じると致命的な被害につながる恐れがある場合等に管理水準を上げる対応が考えられる。
- (エ) また、規模は小さくても管理水準を上げるケースも想定される。

3 リスク・コミュニケーション

施設造成者及び施設管理者間でリスクに関する情報の共有を図るとともに、機能診断結果や保全方式の検討結果などについて説明・提案を行い、施設管理者の意向も踏まえた、より実行性のある機能保全計画を策定・更新する手段としてリスク・コミュニケーションを推進していくことが、リスク管理を強化していく上で重要である。

【解説】

- ア リスク・コミュニケーションにおいて共有すべき情報としては、①頭首工の影響度に関する評価、②日常管理における維持修繕の状況や継続的な施設監視結果（対策を実施するまでの施設監視結果を含む）、③機能診断に基づく劣化予測とその精度等に関する情報、④突発事故が発生した場合に想定される影響と対応計画、⑤事業の実施に向けた課題等を挙げることができる。これらの情報をリスク・マトリックス等を活用して分かりやすく整理・提供し、関係者で十分な理解を醸成することが重要となる。
- イ 頭首工の安全性の確認や技術的な課題解決のため、平時から専門家に相談できる体制を整備しておくことが望ましい。
- ウ 古い頭首工では完成図面が最終のものとなっていない場合もあり得るため、必要に応じて施設として重要となる部分の構造について実態との相違がないか等の把握に努めることが重要である。また、施工時当時の懸念事項や図面等の散逸を防ぐため、情報システムに蓄積し、関係者間で共有を図ることが望ましい。
- エ 日常管理、機能診断、機能保全計画の策定、対策等の各段階における懸念点や、国営造成頭首工の点検調査で把握した課題等を情報システムに保存し、関係者間で共有して、中長期を見据えたリスク管理に活用していくことが重要である。

4 緊急事態における対応の検討

機能保全対策の適切な実施等により、施設の損壊等による影響が大きい事故は発生させないよう万全を期すことが基本となるが、比較的小規模な事故も含めて、全ての事故を完全に回避することはできない。このため、施設の損壊等が発生した場合の被害を極力低減することができるよう、事後対応の検討や準備をあらかじめ行っておくことが有効である。

【解説】

- ア 施設造成者、施設管理者、河川管理者等は、施設の損壊等が発生した場合の影響を極力抑制することができるよう、施設が保有するリスクが顕在化した場合を想定して、対応手順の策定及び準備を行い、被害の低減を図るための備えをとることが重要である。
- イ 頭首工や護岸の損壊事故などが発生した場合には、施設管理者はその状況把握と二次被害の防止のため、ゲート操作や避難指示などの必要な対策を講じる必要がある。なお、特に重要な施設においてこれらの事態が発生した場合、その対応を円滑に進めるためハザードマップ等を事前に用意し、地域住民や関係機関も含めた意識の啓発を行っておくことが望ましい。
- ウ 施設管理者は、自然災害、取水停止に繋がる大規模事故等に対してあらかじめ備えるため、緊急時に低下可能な水位の設定、代替水源の確保等について検討し、必要に応じて業務継続計画の見直しを行う必要がある。
- エ 事故の発生要因を調査することにより、類似の事故防止のための知見が得られるばかりでなく、材料や使用環境に応じた変状メカニズムの解明や今後の劣化予測等の技術の高度化を図ることが可能である。このため、施設管理者は、施設造成者へ通報するとともに、調査の要否や実施する場合の内容などについて、協議することが求められる。

5 対策時期の検討

劣化予測は、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、これに基づく劣化予測を行う。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。

劣化予測については、その予測手法が確立されている場合は、経験式などの手法を用いて行い、経験式などの手法が確立されていない場合や複合的な要因で特定の変状要因が不明である場合は、現場条件を踏まえ、標準的な劣化曲線等を活用しつつ、機能診断による実測で補正することなどにより行う。

【解説】

ア 劣化予測は、その予測手法が確立されている場合は、経験式などの手法を用いることを第一とするが、変状要因が複合的な場合や、経験式等が確立されていない場合、

- ① 過年度の状況変化についての情報を基に将来の劣化を推定する方法
- ② 情報不足のため推定が困難な場合には、経過観察によって劣化状態の変化を把握した上で将来の劣化を推定する方法
- ③ 当該施設以外も含めた過去事例に基づく AI / ML（人工知能 / 機械学習）等を用いた将来予測（シミュレーション）による方法

等、それぞれの条件に適した方法を選択することが必要である。

イ 上記の方法による予測が困難な場合は、機能診断による健全度評価から二次曲線で描画する単一劣化曲線により劣化予測を行う。

ウ なお、初回の機能診断で健全度評価が S-5 となった場合は上記の方法が適用できないため、標準的な劣化曲線を用いて劣化予測を行ってもよい。

（ア）コンクリート施設

- ① 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。
- ② 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基に推定する方法、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。

a 内部要因

① 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）

主要な変状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、これを用いて劣化予測を行う。具体的な手法については、『2022年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]』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/ $\sqrt{\text{年}}$ ）

<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/m³）

C_i ：初期含有塩化物イオン濃度（kg/m³）

C_0 ：表面における塩化物イオン濃度（kg/m³）

D ：塩化物イオンの見かけの拡散係数（cm²/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）

② 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基に、個別に性能低下を予測する。

③ 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劣化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頭首工の標準的な劣化曲線を適用するなどの手法を用いる。

b 外部要因

① 偶発的な外力による変形・変位・損傷等

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、個別に対策の要否を判定する。

② 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基に、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、水利用機能に支障を来すまでの期間を個別に予測する。

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。

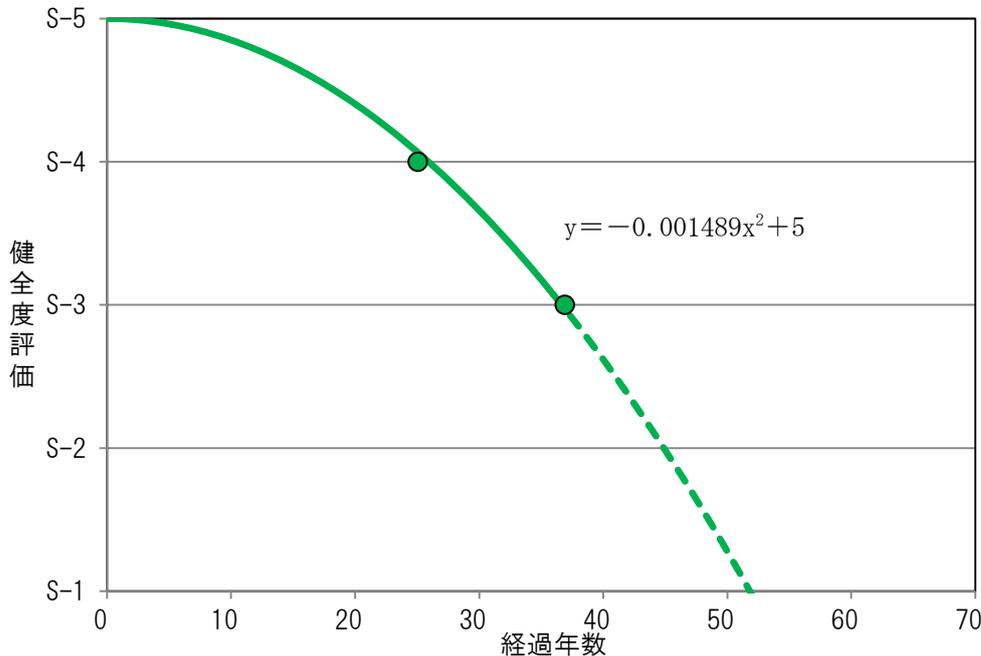
c. その他の要因

その他の要因としては、例えば、目地の劣化が挙げられる。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劣化予測を行う。

【参考】標準的な劣化曲線について

標準的な劣化曲線は、これまで国営造成施設(農業水利施設)で実施された機能診断調査結果を用いて次のとおり設定されている(図5-5)。

対象データは、各局の調査管理事務所等で、平成19~令和2年度に実施した国営造成施設(農業水利施設のうち頭首工)の機能診断調査結果より抽出された1,133件を対象とする(表5-3)。



※ S-3からS-1の部分は、S-4、S-3データを用いた外挿(データ範囲外で予測した部分)のため点線表記
【図5-5 農業水利施設における標準的な劣化曲線(頭首工(コンクリート施設))】

【表5-3 標準的な劣化曲線に用いたデータの概要】

種別	データ年度	S-3			S-4		
		データ数(件)	単純平均(年)	標準偏差(年)	データ数(件)	単純平均(年)	標準偏差(年)
頭首工	H19~R2	694	36.92	13.57	439	25.06	14.62

(イ) 施設機械設備

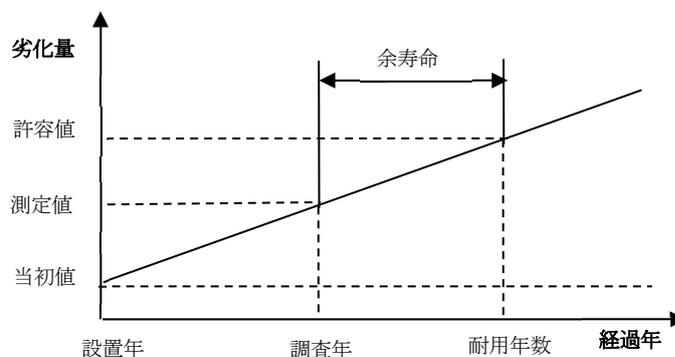
将来予測（余寿命予測）は、施設機械設備の経時的な性能低下を予測することでもあり、これらの進行は施設環境や劣化要因に大きく左右される。本来、施設環境や劣化要因別に劣化予測式を設定すべきであるが、そのための十分な機能診断データの蓄積がないのが現状である。施設機械設備の劣化予測の詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き－頭首工（ゲート設備）－」を参照のこと。

【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、余寿命を出すためだけ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量

【図5-6 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。

出典：『農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」平成22年6月、P.52

6 対策工法の検討に当たって配慮すべき事項

(1) 耐震化対策

頭首工については、『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』や『土地改良事業設計指針「耐震設計」』において示されている事項に留意して、施設の重要度や地域の実情に応じた耐震診断及び耐震化対策の推進に努める。

【解説】

ア 基本的考え方

頭首工の耐震診断及び耐震化対策は、『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』や『土地改良事業設計指針「耐震設計」』等に基づき、二次被害の発生や被災による本来の機能に与える影響等を総合的に勘案して、人命・財産やライフラインへの影響が大きいなど、特に重要度が高く、耐震診断が必要と判断された施設について行うものである。

※耐震診断及び耐震化対策を行う際、準拠する基準等

『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』平成20年3月

『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月

イ 保持すべき耐震性能

頭首工の耐震性能としては、地震時の使用性、復旧性、安全性を勘案し、3段階の性能が設定されている。地震動と重要度の組み合わせに対し、頭首工が目標とすべき耐震性能の基本的な水準を表5-4に示す。なお、頭首工の耐震設計における重要度区分の評価方法は表5-5に示すとおりである。

【表5-4 頭首工の重要度区分及び地震動レベルと耐震性能】

重要度区分		地震動レベル	
		レベル1地震動	レベル2地震動
AA種	耐震性能	健全性を損なわない。	限定された損傷にとどめる。
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行う。
A種	耐震性能	健全性を損なわない。	致命的な損傷を防止する。
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行う。
B種	耐震性能	健全性を損なわない。	耐震性能を設定しない。
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行わない。

出典：『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月，P.44

【表5-5 頭首工の重要度区分】

区分	項目	判断する上での参考指標
重要度区分A A種	①～③のいずれかに該当する施設 ①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。
	②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 ¹⁾ 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 ²⁾ 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)
	③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付けられている。
重要度区分A種	A A種、B種以外の施設。	
重要度区分B種	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。	・固定堰や床土工等 ³⁾ 。 ・山間狭窄部や平野部において背後地盤が高い箇所 ⁴⁾ 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、固定堰及び床土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。
- 5) 上記内容は、土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」に準じている。

出典：『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月、P.36

ウ 耐震診断の手順

耐震診断は、既設構造物の耐震性能が正確かつ効率的に評価できるように実施しなければならない。このため、耐震診断は、概略的な方法による一次診断と、より詳細な方法による二次診断によって行うものとする。

(ア) 一次診断

- ① 一次診断は、対象となる既設構造物を重要度区分により選定し、建設年代・準拠基準等や設計図書等に基づく概略の構造特性及び地盤条件によって耐震性能を有していないと推定される構造物を抽出し、二次診断の詳細検討に供することを目的とする。
- ② 一次診断は、既存資料や現状調査、過去の震災における頭首工の被害の実態を踏まえて概略的な耐震性能の評価を行う。

(イ) 二次診断

- ① 二次診断は、一次診断により耐震性能の詳細な検討が必要と判断された構造物に関して、必要に応じて現場計測、劣化診断及び地盤の調査を行い、要求される耐震性能を有しているか否かを診断する。
- ② 二次診断は、一次診断により得られた頭首工の情報、地盤条件を基に、新設と同様の耐震設計法を用いて耐震性能を照査することを原則とする。
- ③ 頭首工の場合、構成施設ごとの耐震性能を設定する必要があるため、構成施設ごとの構造特性や変状の状況等を踏まえて、診断時点での条件を適切に評価し、計算に反映する必要がある。

【表 5-6 頭首工の標準的な照査方法 (B種・A種)】

施設・構造種別	頭首工の堰柱		
	B種	A種	
重要度			
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	健全性を損なわない	致命的な損傷を防止する
設計地震動	レベル1	レベル1	レベル2
耐震計算法	震度法 (固有周期を考慮する)	震度法 (固有周期を考慮する)	地震時保有水平耐力法
照査方法	許容応力度法	許容応力度法	地震時保有水平耐力法
備考			

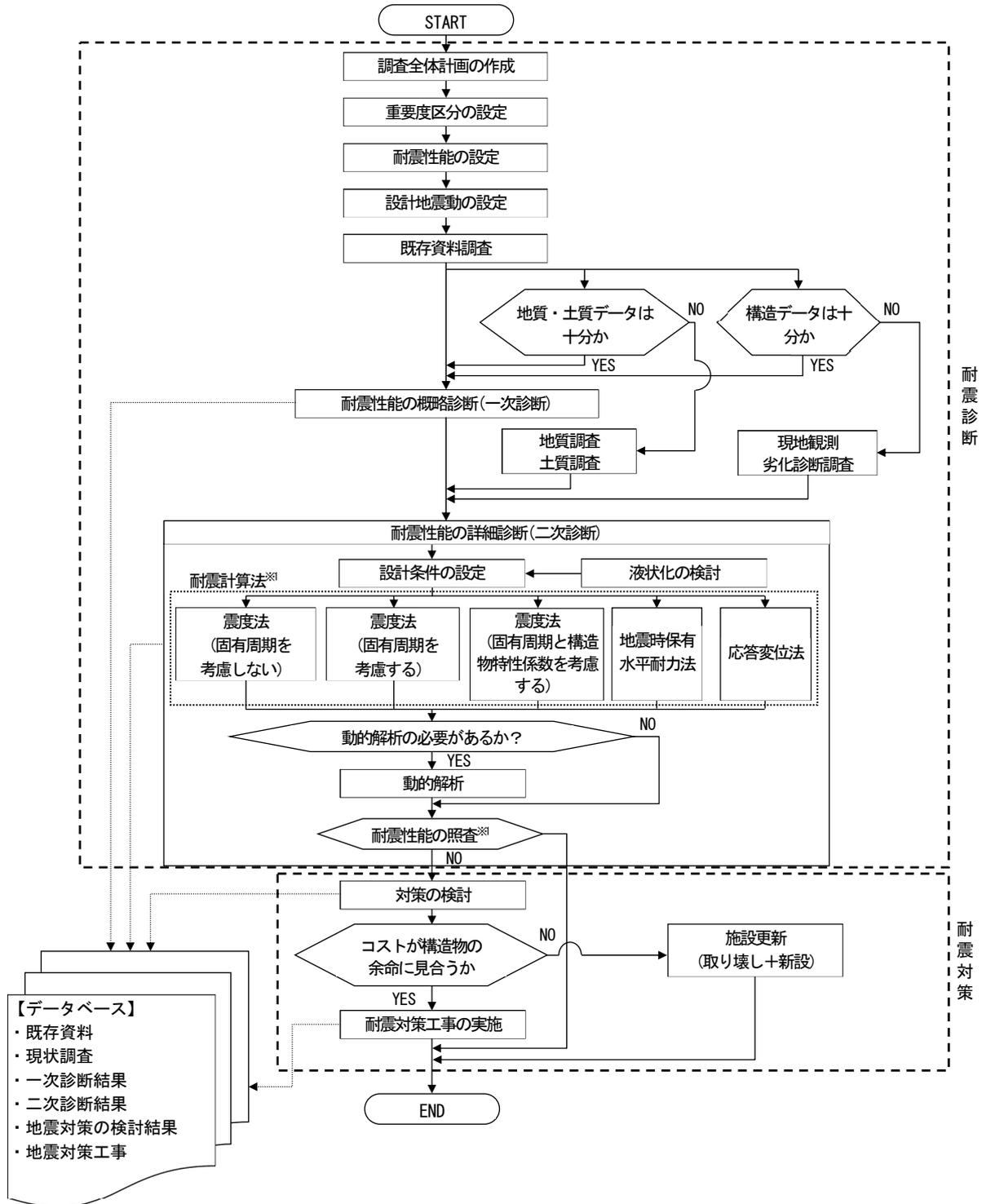
出典：『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月，P. 238Iに加筆

【表 5-7 頭首工の標準的な照査方法 (AA種)】

施設・構造種別	頭首工の堰柱	
	AA種	
重要度		
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる
設計地震動	レベル1	レベル2
耐震計算法	震度法 (固有周期を考慮する)	地震時保有水平耐力法
照査方法	許容応力度法	地震時保有水平耐力法
備考		

出典：『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月，P. 239Iに加筆

④ 以下に、頭首工における耐震診断のフローを示す。



【図 5-7 既設構造物の耐震診断のフロー】

出典：『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成27年5月，P. 281

※ 図5-7のデータベースは、情報システムと読み替える。

(2) 流域治水の推進

気候変動の影響により降雨量が増加し、水害が激甚化・頻発化する中、「流域治水」の取組が推進されており、施設の機能維持を図り、その機能を適切に発揮することが重要である。

【解説】

ア あらゆる関係者が流域全体で行う協働の取組である「流域治水」を推進していく中で、頭首工の整備・活用や農業用ダムの事前放流との連携等により、激甚化・頻発化する豪雨災害を軽減し、治水対策や農業生産性の維持、農業経営の安定と併せて災害に強い農村づくりを推進することが求められている。そのため、農業水利施設のストックマネジメントを推進し、施設の機能維持をしっかりと図っていくことが重要である。

(3) 環境との調和や歴史的価値への配慮

対策工法の検討に当たっては、「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」等に則して環境との調和への配慮を行うほか、施設が有する歴史的価値に配慮することが必要である。

【解説】

ア 頭首工の機能保全対策工法の選定に当たっては、総論編に記載の図書その他、景観に関しては「農村における景観配慮の技術マニュアル(平成22年3月)」を参照して検討する。

7 対策工法の検討

対策工法は、頭首工の劣化の進行状態（健全度）や今後の劣化予測結果、変状要因等を踏まえ、適切な対策工法を検討する。

【解説】

- ア 頭首工の機能診断結果（変状要因、生じている変状の種類や程度、健全度）、今後の劣化予測結果、施設の影響度等に応じて設定された管理水準を踏まえ、適切な対策工法を選定する。
- イ 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。
- ウ 対策工法の検討は、水利用性能（取水性、保守管理安全性等）、水理性能（通水性等）、構造性能（力学的安定性、耐久性、安全性等）等における要求性能が、個々の施設のみならず施設を構成する水利システム全体としての均衡がとれた上で確保され、合理的な水管理ができるよう総合的に検討する必要がある。
- エ 対策工事に要求する性能（耐用年数や強度など）だけではなく、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、環境との調和への配慮など、総合的に判断する必要がある。
- オ 頭首工の対策工法選定に当たっての留意点は、以下のとおりである。

（ア）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。

（イ）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ことがあることから、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。

（ウ）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。

（エ）変状要因

コンクリート施設の場合は、支配的な変状要因が、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、又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定する。

カ 具体的な工法については「農業水利施設の長寿命化のための手引き」、「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル」を参照するものとする。

8 機能保全コストの算定

経済性による対策の検討は、機能保全コストの比較により行う。

機能保全コスト算定の対象期間は、土地改良事業における経済効果算定期間等を参考に 40 年間又は工事期間+40 年間とすることを基本とする。

機能保全コストは、算定対象期間に発生する経費の総額から、期間最終年度時点における残存価値を控除するとともに、将来の費用は社会的割引率（年 4 %）を適用して現在価値に換算して算定し、比較を行う。その際、適用しない場合も算定し比較を行うなど、慎重に検討することが必要である。

【解説】

ア 機能保全コストは、対策工法の検討により作成されたシナリオについて算定し、経済比較により、機能保全コストが最小となるシナリオを当該施設の対策工法として採用する。具体的には、以下のとおりである。

（ア） シナリオごとに、それぞれの対策工法に要する経費を整理する。

（イ） 機能保全コストは、算定対象期間に発生する以下の経費等を計上する。

- ① 調査、計画、設計に要する費用（調査費等）
- ② 維持管理費（運転経費、管理の範疇の補修経費等）
- ③ 更新整備や予防保全対策に要する経費（工事費等）

なお、比較対象となるそれぞれのシナリオにおいて、調査・設計及び維持管理に要する経費に大きな差が見込まれない場合には、機能保全コストにこれらを含めなくて検討してもよい。

（ウ） 検討対象期間の最終年度における既存施設の残存価値を減価償却の考え方により算定し、上記経費から控除する額として整理する。

（エ） 検討対象期間の各年度における上記の合計額について、基本的に社会的割引率により現在価値に換算した上で、累計することにより、機能保全コストを算定する。

イ 社会的割引率（4 %）を適用して現在価値化すると、将来の機能保全コストが圧縮されるため、機能保全コスト全体への影響が小さく評価され、予防保全よりも事後保全の方が有利となるなど、最適シナリオの選定などの意思決定に影響を及ぼす可能性がある。このため、社会的割引率を適用しない場合の検討や、施設が機能停止した場合の影響度など、リスク管理の視点も踏まえつつ、慎重に検討することが必要である。

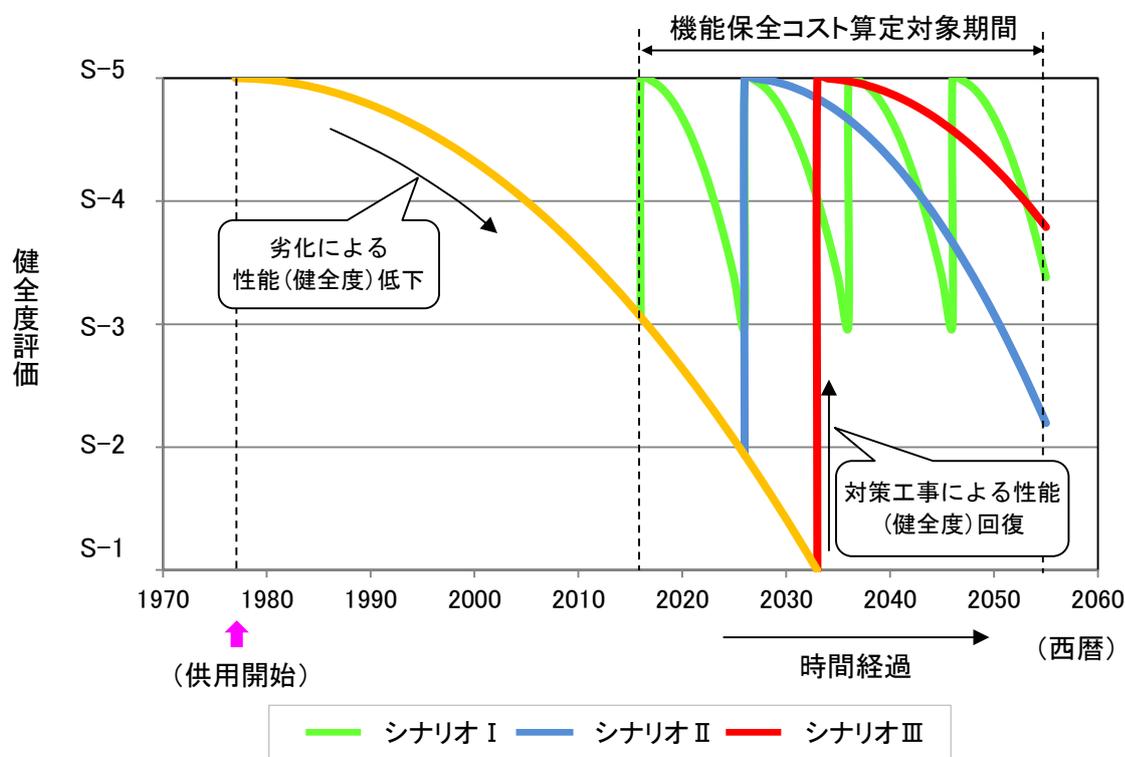
【参考】頭首工におけるシナリオ設定と機能保全コスト比較の検討例

(1) 対策工法の検討とシナリオ作成

技術的な視点から検討した当該施設に適用可能な対策工法と検討のシナリオとして、以下の三つのケースを検討。

- ・シナリオⅠ：S-3段階で補修工法（ひび割れ修復・断面修復）を施し、以後10年間隔で補修工法を繰り返すシナリオ
2016、2026、2036、2046 補修（耐用期間10年）
- ・シナリオⅡ：S-2段階で補強工法（連続繊維シート接着工法）を施すシナリオ
2026 補強（耐用期間30年）
- ・シナリオⅢ：S-1段階で施設の更新を行うシナリオ
2033 更新（耐用期間40年）

このシナリオごとの健全度の経過をグラフに表せば、図5-8のとおりとなる。



※ 管理水準をS-1とした場合の例

【図5-8 シナリオごとの健全度の経過】

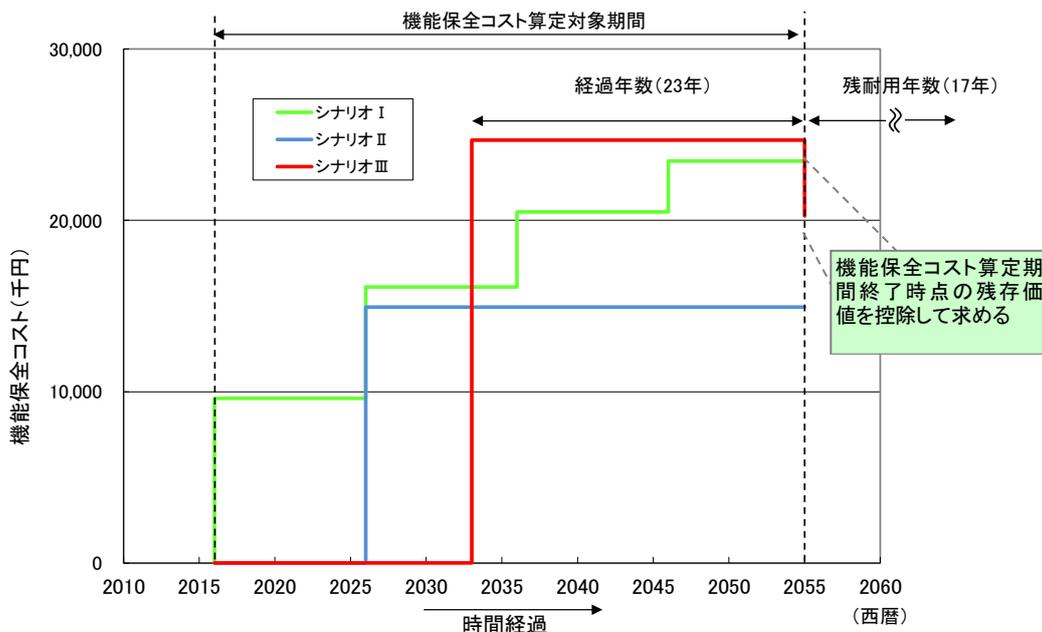
(2) 比較チャートの作成

上記までの検討経過を比較チャートに整理する。

- ① シナリオごとに、支出年度ごとのそれぞれの対策工法に要する経費を社会的割引率（4%）により現在価値に換算する。
- ② 算定対象期間最終年度における施設の残存価値を減価償却の考え方により算定する。
- ③ 上記①から②を控除し、算定対象期間の機能保全コストとする。

検討例では、機能保全コストが最小となる「シナリオⅡ」を採用する。

このシナリオごとの機能保全コストの比較をグラフに表せば、図5-9のとおりとなる。



【図5-9 シナリオごとの機能保全コストの比較】

【表5-8 比較チャート】

(単位:千円)

シナリオ	対策時期		グループ番号又は部位	数量	対策工法	保全対策費用	現在価値した対策費用	検討期間末の残存価値	機能保全コスト	評価	評価概要
	(供用経過年数)	(西暦)									
Ⅰ	39年	2016年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策①	10,000	9,615	0	9,615	3	S-3段階で補修工法(表面被覆工法)を施し、以後10年間隔で補修工法を繰り返すシナリオ。
	49年	2026年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策①	10,000	6,496	0	6,496		
	59年	2036年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策①	10,000	4,388	0	4,388		
	69年	2046年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策①	10,000	2,965	0	2,965		
			小計			40,000	23,464	0	23,464		
Ⅱ	49年	2026年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策②	23,000	14,941	0	14,941	1	S-2段階で補強工法(連続繊維シート接着工法)を施すシナリオ。
						23,000	14,941	0	14,941		
Ⅲ	54年	2033年	固定堰、土砂吐、擁壁	一式	対策③	50,000	24,680	4,426	20,254	2	S-1段階で施設の更新を行うシナリオ。
						50,000	24,680	4,426	20,254		

※ 初回の対策工法の耐用期間が経過した時点での2回目の対策工法を仮定するに当たっては、当該対策が技術的に可能であるかどうかを十分に検討しておく必要がある。

9 施設監視と対策の実施

施設監視は、施設の劣化の進行状況を見極め、最適と判断される時期（適期）に適切な対策を実施できるようにすることなどを目的として行うものであり、施設管理者が施設監視計画に基づき実施するほか、施設造成者とその情報を適切に把握することも施設監視に含まれる。

施設監視計画の策定に当たっては、具体的な監視内容・項目等について適宜検討し、定めておくことが重要である。

【解説】

ア 施設監視の目的と対象

(ア) 施設監視は、施設監視計画を含んだ機能保全計画の策定から対策工事を実施するまでの間に、対象施設の状態等を継続して監視し、対象施設の劣化の進行や対策工事の必要性（実施時期の見極め）を把握することを目的としている。

また、施設監視は、施設監視結果を次回の機能診断に活用することも念頭において実施する必要がある。

(イ) 施設の監視対象は、原則機能診断の定点となるが、通常は一つの施設に多数の定点が設定されているため、施設の劣化状況により、1施設（1機能保全計画）当たり1定点以上を影響度、健全度評価、劣化の進行性の有無等を勘案し、施設監視の対象として施設監視計画に位置付けることを基本とする。なお、当該定点を選定した理由について整理する。

イ 施設監視手法

(ア) 施設監視の手法は、目視や写真撮影を基本とし必要に応じて計測等を併せて行う。

(イ) 施設造成者（機能診断実施者）は、施設監視計画を含んだ機能保全計画策定時等に、必要に応じて、当該施設における具体的な施設監視手法を整理した上で施設管理者に提供することが望ましい（表5-9、表5-10）。また、監視の結果を記録する様式について、表5-15、表5-16の施設監視記録票の例を参考に、施設管理者と調整の上、実施可能な範囲で作成する。なお、従来から実施していた点検記録票がある場合は、作成例によらず写真撮影等の必要な事項を追加して取り組むことができる。

(ウ) 施設管理者は、施設監視計画に基づき、施設造成者から提供された具体的な施設監視手法を参考に施設監視を実施し、施設監視記録票等に記入を行う。なお、施設管理者は、施設監視の結果を適宜施設造成者等に情報共有するなどして、施設造成者も施設の状況を適切に把握することが重要である。

ウ 施設監視のポイント等

施設造成者（機能診断実施者）は、機能保全計画策定時に、機能保全計画の総括表（施設状態の概要）、施設監視計画、施設監視のポイント等（表5-9）を施設管理者に提示しつつ、施設監視のポイントを共有することが重要である。

【表5-9 施設監視のポイント等（頭首工の例）】

項目	内容
施設監視のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・ 摩耗による粗骨材の剥落の進行が想定されるので、変化を確認する。 ・ 鉄筋露出によるコンクリート強度の低下が懸念されるため、鉄筋露出の進行を確認する。 ・ ひび割れによる鉄筋腐食が懸念されるため、明らかな幅や長さの変化を確認する。 ・ 凍害によるコンクリートの欠損が懸念されるので、変化を確認する。 ・ 新たなひび割れや欠損などの変状の有無を確認する。 ・ ゲート設備における漏水の有無とともに扉体の状況を確認する。
施設監視手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目視、施設監視記録票の記録、写真撮影により実施する。 ・ 定点調査結果の変状展開図を現場に携行し、その進行程度や新たな変状の有無を確認し、必要に応じて計測、作動調査等を行う。 ・ 写真は、①周辺状況を含む全景、②主要な変状（全景・近景）、③新たに確認された変状（全景・近景）について撮影する。 ・ 監視結果を経年的に記録するため、写真撮影位置を図面等に記録しておく。 <p>※撮影時にはコンベックス、テープ、ポール、クラックスケール等をあてる。</p> <p>※施設監視の結果を展開図（機能診断結果）に追記するなどの記録を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施設に異常が見受けられた場合は、〇〇へ連絡する。

エ 施設監視のための準備作業

施設造成者は、施設監視を適切に実施するため、施設監視に当たっての準備作業の内容を整理し、施設管理者に情報を提供することが重要である。想定される準備作業の例を表5-10に示す。

【表5-10 施設監視のための準備作業（例）】

施設名	工種	施設監視のための準備作業
〇〇頭首工	頭首工本体 (S-3)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 監視する定点数、位置、部位を明確にし、必要に応じて仮設足場の設置や安全対策についても整理する。 ・ 監視する定点周辺の雑木、雑草の繁茂状況を明確にし、必要に応じて伐採等の対策の必要性についても整理する。 ・ 壁面に汚れや水草が付着し変状が確認できない場合があるため、壁面清掃の必要性についても整理する。 ・ 前回実施した施設監視記録を確認し、写真撮影の場所や対象を明確にしておく。

オ 施設監視の頻度等

(ア) 施設監視の頻度は、年1回以上を基本とし、明らかに劣化の進行が認められる場合には監視の頻度を増やす等の対応を検討する。

(イ) 施設監視は、対策工事の着手又は次回機能診断が実施されるまで継続して施設管理者が実施する。

(ウ) なお、シナリオ到達年度に到達していない施設に対しては、施設管理者への負担や効率性を考慮し、例えば、日常管理の一環として行う巡視、遠隔目視等による確認と通常の管理日誌等への記録などの簡易な方法で実施してもよい。

カ 施設監視計画の作成

施設監視計画は、「ウ 施設監視のポイント等」を踏まえ、表5-11の項目について整理し作成する。作成例を（参考）表5-12～表5-14に示す。

【表5-11 施設監視計画の取りまとめ留意点】

番号	項目	記載内容
①	定点調査番号	・ 監視対象の定点番号など
②	測点、部位等	・ 定点の位置情報、特に注視すべき部位、構造、機能診断時の健全度評価など
③	監視内容・項目	・ 監視対象（変状項目）及び変状項目ごとの監視内容
④	監視頻度	・ 施設の影響度や管理水準等を踏まえた監視頻度
⑤	監視の留意事項	・ 監視手法 ・ 対象の変状ごとの地域特性や施設の実態に応じた監視上留意すべき点
⑥	監視実施者	・ 実施者が属する組織名等（個人名は記載しなくてよい）
⑦	異常時の措置	・ 施設管理者と施設造成者の連絡体制 （劣化の進行が確認された場合のみではなく、自然災害による施設機能の喪失や二次的被害が想定される変状が確認された場合の措置も含めた記載とする。）
⑧	次回予定診断時期	・ 策定された機能保全計画で予定されている次回の機能診断時期

(参 考)

【表 5-12 施設監視計画記載例（頭首工）S-4 の例】

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
定点調査番号	測点部位等	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	次回予定診断時期
T001	堰柱 (S-4)	◇監視対象 【摩耗すり減り】 ◇監視内容・項目 細骨材の露出状況	1回/年	・目視、写真撮影により監視を行う。	〇〇土地改良区 〇〇課	・〇〇土地改良調査 管理事務所 保全計 画課へ連絡	2028年
G001	ゲート設備 扉体(全体) (S-4)	◇監視対象 【漏水の状態】 ◇監視内容・項目 ・漏水の程度(水密状態)		・目視、写真撮影により監視を行う。 ・漏水の要因(戸当りや扉体の変形・ゆがみ、水密ゴムの劣化等)を把握し、戸当りや扉体の変状に起因する場合は別途作動調査を行い、開閉機能に支障がないか確認する。			
J001	除塵設備 スクリーン (スクリーンバー) (S-4)	◇監視対象 【スクリーンバーの状態】 ◇監視内容・項目 ・変形、ゆがみの有無、程度		・目視、写真撮影により監視を行う。 ・運転操作上支障がないか確認する。			

【表 5-13 施設監視計画記載例（頭首工）S-3 の例】

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
定点調査番号	測点部位等	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	次回予定診断時期
T002	魚道 (S-3)	◇監視対象 【初期ひび割れ】 ◇監視内容・項目 ・ひび割れ幅・長さ ・ひび割れ密度(範囲)	1回/年	・目視、写真撮影、簡易計測(クラックスケール・コンベックス等)により監視を行う。 ・初期ひび割れは進行性を有さないが、他の劣化因子の影響(侵入)により進行する可能性もある。 ・ひび割れが全体的に拡大した場合は右記の異常時の措置をとる。	〇〇土地改良区 〇〇課	・〇〇土地改良調査 管理事務所 保全計 画課へ連絡	2028年
G002	ゲート設備 開閉装置(減速機) (S-3)	◇監視対象 【作動の状態】 ◇監視内容・項目 ・異常な振動、騒音の有無		・目視、聴診、触診により監視を行う。 ・振動、異常音がある場合、計測温度が周囲温度+40°を超過した場合は異常時の措置をとる。			
J002	除塵設備 除塵機(全体) (S-3)	◇監視対象 【作動の状態】 ◇監視内容・項目 ・作動、点灯、表示の不具合の有無		・作動調査、目視、写真撮影により監視を行う。 ・作動時に振動や運転音の異常がある場合は、異常時の措置をとる。			

【表 5-14 施設監視計画記載例（頭首工）S-2 の例】

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
定点調査番号	測点部位等	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	次回予定診断時期
T003	堰柱 (S-2)	◇監視対象 【初期ひび割れ】 ◇監視内容・項目 ・ひび割れ幅・長さ ・ひび割れ密度(範囲)	1回/年	・目視、写真撮影、簡易計測(クラックスケール・コンベックス等)により監視を行う。 ・ひび割れ先行型ひび割れは進行性を有するため、進行程度に留意する。 ・ひび割れが全体的に拡大した場合は右記の異常時の措置をとる。	〇〇土地改良区 〇〇課	・〇〇土地改良調査 管理事務所 保全計 画課へ連絡	2027年
J003	除塵設備 除塵機(電動機) (S-2)	◇監視対象 【除塵設備の状態】 ◇監視内容・項目 ・異常音、振動の有無		・目視、聴診により監視を行う。 ・振動、異常音がある場合、計測温度が周囲温度+40°を超過した場合は異常時の措置をとる。			

キ 施設監視の実施

(ア) 施設管理者が行う施設監視は、施設監視計画に基づき、基本的に日常管理の一環として実施する。施設監視は、目視や写真撮影を基本とし、チェックリスト、写真、所見等を施設監視記録票等に記録する。写真は、施設の状態や状況の経年変化を後からも視覚的に確認できるのが望ましいことから、必要に応じてクラックスケール等をあてて計測している状況も併せて撮影することも有効である。

(イ) 監視の結果、異常が発見された場合には、直ちに「異常時の措置」に記載のある連絡先に連絡を行う。施設監視記録票の例を表5-15～表5-17に示す。

ク 施設監視結果の共有

施設監視の結果を踏まえ、対策工事の実施時期を変更する場合は、そのことにより生じるリスクや、不測の事態が発生した場合の対応方策等について、施設管理者をはじめとする関係者間で情報を共有し、合意形成するよう努めるとともに、適切な時期に対策を実施できるよう関係者との調整を進めておくことが重要である。

【表5-15 施設監視記録票（頭首工）の例(1/2)】

施設監視記録票（頭首工）

施設名		〇〇頭首工		[住所]	△△市××地先								
点検日時		[今回] 西暦 年 月 日		[前回]	西暦 年 月 日								
点検者		■土地改良区 氏 名		施設情報	影響度:	大	健全度:	S-5	S-4	S-3	S-2	S-1	
構造・規模		可動堰（フィックスド型） 堰高H=1.7m、堰長L=26.0m				箇所	1箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	箇所	
日常点検	水利用・水理	取水性		取水量(位)の低下	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無	位置その他(※1)						
		漏水			<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無							
		通水性		取水後の通水量(位)の低下	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無							
		洪水流下性		洪水(流水)流下時の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無							
	頭首工本体	堰柱 床版 エプロン	傾斜・変形・歪み、目地の開き・段差	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
			コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
			上流側の吸込み、下流側の湧水・噴砂 その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無	堰柱に摩耗が生じている							
		導流壁 固定堰	沈下・陥没	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無	※固定堰は該当なし							
			コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無	〃							
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無	〃							
			その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無	〃							
		取入口	コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 無								
			鉄筋露出	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
			その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
			護床工	護床ブロックの沈下・移動・流出・変形	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無							
		下流河床の洗掘	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		湧水・噴砂	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
	附帯施設	魚道	コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無								
鉄筋露出			<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
その他の異常			<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
護岸		コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		変形・沈下 その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
管理橋		橋桁・床版の損傷	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
操作室		雨漏り	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
	コンクリートの摩耗・欠損・剥落・ひび割れ その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無										
ゲート設備	扉体 扉体可動部 戸当り	清掃状態の不良(ごみ、流木、土砂の堆積等)	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		外観の異常(塗膜損傷、劣化、発錆、損傷、変形)	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		異常な振動・音	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		片吊りの発生	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
	電気機器	漏水	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		その他の異常	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		外観の異常(壁面及び壁内機器変色等)	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
		計器類が正常に作動しない	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
その他	環境等	周辺住民からの苦情	<input type="checkbox"/> 有	<input checked="" type="checkbox"/> 無									
施設監視状況	構成要素		堰柱、護岸工	健全度	S-4								
	位置情報		緯度(N)	〇〇°	経度(E)	〇〇°							
	【施設監視計画で記載されている構成要素で実施】 ※写真等を貼り付ける場合には、メニューの「挿入」により挿入するようにして下さい。												
	写真			周辺状況を含む全景写真		変状部全景写真							
コメント													
所見		【例】 摩耗により筋骨材が露出しているが、機能診断時点からの進行性は見られない。 新規変状や、ゲート操作時の異常（異常音や振動、制御・開閉上の支障等）も確認されていない。 このため、今後も施設監視を継続し、関係者間で情報を開示、共有する。											
特記事項(※2)		【例】 ・監視対象：ひび割れ ・監視時の変状の程度：ひび割れ幅1mm ・監視時の健全度：S-3 ・健全度が1ランクダウンした時の変状の程度：ひび割れが全体的に進展 ・進展の有無：有											
<small>※1：位置情報（住所又は〇〇橋近傍の左岸）と合せ、前回点検時からの変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。 ※2：異常が確認された場所の対応（要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など）などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理し保存しておくことが望ましい。 ※3：機能保全シナリオ上の対策時期を超過しているが、対策工事に着手していない場合は、「施設監視」の項目を重点的に実施。</small>													

【表5-16 施設監視記録票（頭首工）の例(2/2)】

施設監視※3	構成要素							健全度	
	位置情報	緯度(N)		°		'	″		
		経度(E)		°		'	″		
	写真状況	【施設監視計画で記載されている構成要素で実施】 ※写真等を貼り付ける場合には、メニューの「挿入-図」により挿入するようにして下さい。							
		コメント						コメント	
所見									
特記事項(※2)									
<p>※1: 位置情報(住所又は〇〇橋近傍の左岸)と合せ、前回点検時からの変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。 ※2: 異常が確認された場所の対応(要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など)などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理し保存しておくことが望ましい。 ※3: 機能保全シナリオ上の対策時期を超過しているが、対策工事に着手していない場合は、「施設監視」の項目を重点的に実施。</p>									
施設監視※3	構成要素							健全度	
	位置情報	緯度(N)		°		'	″		
		経度(E)		°		'	″		
	写真状況	【施設監視計画で記載されている構成要素で実施】 ※写真等を貼り付ける場合には、メニューの「挿入-図」により挿入するようにして下さい。							
		コメント						コメント	
所見									
特記事項(※2)									
<p>※1: 位置情報(住所又は〇〇橋近傍の左岸)と合せ、前回点検時からの変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。 ※2: 異常が確認された場所の対応(要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など)などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理し保存しておくことが望ましい。 ※3: 機能保全シナリオ上の対策時期を超過しているが、対策工事に着手していない場合は、「施設監視」の項目を重点的に実施。</p>									
<p>その他特記事項</p>									

【表5-17 施設監視記録票（小規模頭首工）の例】

施設名								
点検日時	[今回]	年	月	日	[前回]	年	月	日
点検者								
項目	確認すること	チェック		異常を発見したとき				
		異常なし	異常あり	対応した	対応した内容			
取水状況	①取水量や水位は例年と変わらないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	②堰板のすき間から水が多く流れ出ていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	③取水後の水路はうまく水が流れているか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
堤本体	④堰が変形（沈下や陥没など）していないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑤コンクリートが大きく欠けたり、ひび割れていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑥上下流のエプロンや護岸工に吸込みや湧水・噴砂はないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑦確認済みの欠損箇所などに変化はあったか。 ※裏面の図で位置を確認	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
樋門	⑧開閉操作時に振動や異音などの異常はないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑨塗装のはがれやサビが広がっていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑩水密ゴムが切れたり傷んだりしていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	⑪油圧式のゲートにおいて油漏れが生じていないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
周辺地盤管理橋	⑫周辺の環境が変化（いつもと違う）していないか。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
特記事項	※次回の点検に引き継ぐ事項について、写真、コメントで簡潔に記録。							

付録 用語の定義

『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』に記載の頭首工用語集のうち、本手引きで使用している各用語の定義を以下に示す。必要に応じて、『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」』に記載の頭首工用語集を参照のこと。

用語	定義
安全率	構造物、材料、地盤、斜面などの荷重、破壊、崩壊、安定の程度を示す係数で、安全率が1以上は安全・安定で、1未満は破壊又は崩壊を生じるおそれのあるものとして定義されている。
維持流量	渇水時において河川の流況を維持すべきであるとして定められた流量。
液状化	飽和している、緩い状態の細砂質土に、ある程度以上の振動や水圧が作用した時、土粒子間の有効応力がゼロになって、せん断抵抗を失い土の構造に破壊が生じ液体状になる現象。
エプロン	洗掘、浸透水によるパイピングを防止するために堰体上下流部に設けられ、揚圧力に対抗するための重量を持つ構造物。
開閉装置	水門扉等を開閉操作するための操作をいう。 ゲートにおいては、扉体、戸当り、固定部とともに主要構成の一つであり、巻上機ということもある。 用途、操作条件、設置条件等によって種々の形式があるが、構造から分類するとワイヤロープウインチ式、スピンドル式、ラック式、油圧シリンダ式、チェーン巻取り式に大別される。 操作動力としては電動機、内燃機関、人力等が用いられる。
河床変動	河川のある区間内に、流入する流砂量と流出する流砂量のつり合いが破れ、局所あるいは全体的に堆積、洗掘が起こり河床が変化すること。
河川管理施設等構造令	河川管理施設等構造令（昭和51年政令第199号）。河川区域内に設置する工作物（ダム、堤防、床止め、堰、水門、樋門、排水機場、取水塔、橋及び伏せ越し）の主要な構造を適用の対象とし、河川管理上必要とされている技術基準を定めたもの。
可動堰	水位、流量を調節するために可動装置を備えている堰（水門等）で、洪水吐と土砂吐に分けられる。
仮締切	仮締切は工事期間中、河川の流路を人為的に切替え、堤外地に頭首工等の河川工作物を施工するために仮に設ける構造物で、その規模は原則として工事期間中の洪水の越水を防止し、平水時の浸透を防いで良好かつ安全な工事が行えるように設置するもの。
管理規程	ダム、頭首工等の操作が河川管理上適正に行われることを確保するために、水利使用規則において作成すべきことを定められた操作等に関する規程、及び土地改良法第57条の2、第93条の2で定められた規程をいう。
管理橋	ゲートの保守管理等のために操作室等を連絡するために架設する橋梁をいい、ゲートの操作施設を設けるために堰柱上に架設する橋梁も含む。必要とされる幅員をもって設計する。
基礎工	構造物を安定して支えるためのもので、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎がある。
起伏ゲート	一端を河床にヒンジで固定し、油圧装置等によりゲートの開閉（起伏）を行うゲートで、扉高に対して径間を大きくとれるが、河川管理施設等構造令によりゲートの起立時の高さは、計画横断形の河床から計画高水位の間中までの高さ以下で、直高は3m以下とされている。
魚道	魚介類の遡上を困難又は不可能にする障害のある場合、遡上を容易にするように造られた施設の総称をいう。
計画高水位	計画高水流量及び計画横断形に基づいて、河川管理者が定めた高水位をいう。
計画高水流量	工事实施基本計画に従って、過去の洪水及び地形・地質を総合的に考慮して定めたもので、大河川では1/100年又は1/200年確率で、都市部中小河川では1/50又は1/100確率を採択している。

用語	定義
径間	隣合う堰柱の中心間隔の距離のことをいう。
溪流	一般に流域が小さい山間、溪谷の流れを溪流と称し、河川水理学的には、流域の大小にかかわらず、河川勾配(1/140以上)が急で河状係数が大きく(数百以上)、尖鋭なハイドログラフを呈し、多量の土砂、石礫が流下して、河床変動の激しい山間、山麓地帯の河川を溪流(torrent)と呼ぶ。
溪流取水工	溪流に設けられる取水工で、その形式は溪流河川の地形、流況、取水目的、取水量、取水方式等を考慮して選定する。多量の土砂礫、巨石の流下する溪流河川では、摩擦、損壊に対して、堅牢な構造、施工とする。
工事実施基本計画	河川管理者が管理する河川について、計画高水流量等の河川工事の実施の基本となる事項を定めたもの。平成9年に河川法が改正され、従来の河川法第16条で定めることとされていた「工事実施基本計画」から、「河川整備基本方針」及び「河川整備計画」の作成に変更された。
高水敷保護工	流水の作用により高水敷きの洗掘を防止・保護するために設けられる。
洪水吐き	洪水の流下に支障を与えない可動堰部。
固定堰	取水堰のうち、可動部の可動堰に対して、固定部を固定堰といい、上流面を垂直又はこれに近い勾配とし、下流勾配を緩勾配とする台形断面を基本とし、作用する荷重に対し安全な構造を有するもの。
固有周期	質量をもった点にモデル化された物体を質点といい、一つの質点とばねからなるモデルを1質点系という。N質点系はN個の固有周期を持ち、長い方の固有周期から1次、2次、N次固有周期などと表現する。一般的に構造物は1次固有周期で最も揺れやすいことから、固有周期は1次固有周期のことをいう。
護岸	河岸を計画高水位以下の流水の浸食、洗掘から保護する工作物のことで、広義には水制も含まれるが、狭義には堤防河岸を直接保護するものをいう。法覆工・法留工・根固工などにより構成され、低水路河岸のための低水護岸と低水路以外の河岸又は堤防のための高水護岸がある。
護床工	河床の洗掘を防止するために、エプロンに続いて設けられる構造物で、そだ沈床やコンクリートブロックが用いられる。
ゴム引布製ゲート (ゴム引布製起伏堰)	取水堰の可動堰に用いられるゲートで、ゴム引布製起伏堰といい、一般にはゴム堰と呼ばれている。袋状のゴム引布製の袋体に水又は空気を圧入・排除することにより起立・倒伏する堰のことである。特徴は倒伏が確実に行え、維持管理が容易であるが、水位・水量の制御や多くの堆砂が生じるところにはあまり向かない。
止水壁	浸透水によるパイピング防止、浸透水量の抑制を目的とし、堰体下部の上流端に十分な止水性と必要な根入れを確保するように設置する。一般に、鋼矢板Ⅱ型(改良型は不可)を用いて、長さ2.0m以上とする。
自然取入れ	堰上げをしなくても取水力可能な場合に用いられる取入れ方式で、敷高は河床から既往最大濁水位の0.6Hになるため、孔口式取入れ口となる。
取水庭	取入口から導水路入り口までの間で流入した水流をなめらかに整えるために設ける漸縮の取付部。
浸透路	浸透水が堰の基礎面に沿って流れる流路。
吸出し	堤体内部、又は構造物裏側の土砂が水の移動とともに堤外部に運び出されること。
スクリーン	取水口からの塵芥の流入により、取水を阻害することのないように、また、下流の各種水利施設に塵芥による閉塞や損傷を防止するために設けるもので、設置に当たっては塵芥の種類、大きさ、量等を考慮した構造のものとし、取水を妨げないようにする必要がある。
設計取水量	計画最大取水量、つまり、かんがい期間における最大の取水量をいう。
操作設備	頭首工の設備を操作するための施設の総称で、各種ゲート操作盤、水位計などの観測機器や、監視施設等をいう。
操作盤	ゲート操作盤は、ゲート開閉機の横に機側操作盤、管理棟内部には遠方操作盤、集中管理する場合の遠隔操作盤などがあり、それぞれの必要に応じて設置される。

用語	定義
阻壁	取水堰下流部を河床洗掘から保護する目的で、エプロン下流端に設けられる。
耐震設計	構造物等の地震の振動に耐える設計法で、頭首工では修正震度法を使用し、構造物の規模や重要等に応じ動的解析法を用いる。また、ほかの構造物については構造物特性や地盤条件により震度法、修正震度法、応答変位法を選定する。
沈砂池	取水した用水中から水路に有害な土砂礫の沈積排除を行う施設。
取入れ口	かんがいに必要な用水量を河川から確実に取入れ、用水路へ導く施設。
導流壁	流路の安定を図るために設けられ、土砂礫の堆砂を防ぐ構造物で、土砂吐では土砂吐水路を形成しやすくするために設けられ、一般には取入れ敷高程度とするが、緩流河川では排砂時間の短縮のため計画取水水位程度とする方が望ましいとされている。
土砂吐き	取水堰の取入口側に設け、取入口前面に堆積した土砂を短時間に掃砂し、取水時における水路内への土砂の流入を防止する。
パイピング	浸透性地盤上で堰により水位を上げると、上下流の水位差の水頭によって地盤内を浸透する流水が地盤内の土粒子の最小粒径のものを異動させようとする。この作用が進行すると地盤内に水孔をつくり、やがて空洞ができて基礎の破壊に至る。このような作用をパイピングという。このパイピング防止のために堰基礎面や板付け擁壁の背面に沿う浸透路の長さ（クリープの長さ）を確保する。
フィックスドタイプ（フィックスド型）	堰の本体が直接岩盤に接着している形式の取水堰。
フローティングゲート	頭首工ゲートの塗装・修理時用の予備ゲートで、ゲートの水を注排水により沈下・浮上する形式のゲートで、浮上させ曳航により移動を行い、ゲート内に水を注入し据付ける仮設ゲートである。
ミオ筋	河川では洪水が流下するとき、その流れは全河幅にわたって決して均等ではなく、水束が変動しながら流下している。洪水の流下後、この水束を形づくるものがミオ筋である。
油圧シリンダ（油圧シリンダ式）	シリンダ力が有効断面積及び差圧に比例するような直線運動をするアクチュエータをいいピストン形とラム形がある。また、作動形式により単動形と複動形に分れる。単にシリンダということも多い。
ラック（ラック式）	まっすぐな棒に歯を切ったものをラックといい、一般的には回転運動を直線運動に変える場合に使用される。歯を切らないで梯子状にしたものをピンラックという。棒状のラックをラック棒ともいう。扉体やレーキを開閉、昇降する機構等に用いる。
流砂量	水路に有害な土砂礫の流入を少なくするために、頭首工の設置位置、取水工の敷高、沈砂池の設置要否の決定には、流砂量の調査測定が必要であり、主に浮遊砂について調査が行われる。
流量状況	流況調査の一環として行われ、河川流量の記録から流況表（流況図）を作成し、豊水流量（一年を通じ95日を下らない流量）、平水流量（185日）、低水流量（275日）、渇水流量（355日）、年平均流量（日平均流量の平均値）、かんがい期平均流量（かんがい期間中の日平均流量の平均値）を求め、他水利計画の関与及び上下流のダム等の流況調節機能を有する施設の系統図を作成する。
ローラゲート	ローラゲートはゲートの代表的な形式で、水圧荷重はスキンプレート、補助桁を介して水平主桁に伝えられ、扉体両側に配置された端縦桁からローラを経て戸当りに伝達される。このガーダタイプのほかに全面殻体構造で伝達するシェルタイプがある。巻上げ方式は、ワイヤーロープ、スピンドル又はラックにより垂直に巻上げられるのが普通である。形状、機構が簡単でスライドゲートに比べて巻上げ荷重が小さく、信頼性が高いことから、頭首工用ゲートとして最も多くの使用実績を有しており、小型ゲートから長径間ゲートに至るまで広範囲に採用されている。

引用文献・参考文献

【引用文献】

- ・ 『農業水利施設の機能保全の手引き』 令和 5 年 4 月
- ・ 農林水産省農村振興局『土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」基準書・技術書』平成 20 年 3 月
- ・ 農林水産省農村振興局『土地改良事業設計指針「耐震設計」』平成 27 年 5 月
- ・ 公益社団法人土木学会『2022 年制定 コンクリート標準示方書 [維持管理編]』
- ・ 公益社団法人日本コンクリート工学協会『コンクリート診断技術' 23』
- ・ 公益社団法人日本コンクリート工学協会『コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針』2022 年
- ・ 常住直人等『農業取水堰下流の河床変動状況と洪水時護床変形に関する実験的検討、河川技術論文集 No. 20』 pp301-306 平成 26 年

【参考文献】

- ・ 農林水産省構造改善局『土地改良施設管理基準「頭首工」』令和 7 年 3 月（予定）
- ・ 公益社団法人農業農村工学会『よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計指針』平成 26 年 3 月