

# 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル

## 【開水路編】

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

## まえがき

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（開水路編）」（以下、本書）は、平成24年3月30日に閣議決定された新たな土地改良長期計画において、老朽化した農業水利施設に対するそれまでの取り組みであった全面的な改築・更新に代え、「機能の監視・診断等によるリスク管理を行いつつ、劣化の状況に応じた補修・更新等を行う（中略）戦略的な保全管理の推進」が改めて位置づけられたことを受け、既存の水利ストックを活かすための補修・補強工事に関する技術指針を迅速に整備するため、平成27年4月に策定されたものです。

本書は、農業用開水路や補修材料・工法の劣化に関する研究論文、他分野の鉄筋コンクリート構造物における規定及び既存の技術図書等を参考に取りまとめておりますが、農業用開水路の劣化の要因は、構造や水理条件の他、地域特性や管理状況、建設時の施工状況等により多様であり、補修に求められる性能も異なるため、補修・補強工事等の実績を積み重ね、モニタリング結果の検証や工法・材料に関する研究・開発の成果を得ながら、段階的に整備・拡充を図っていくこととしております。

前回の策定から現在までに得られた蓄積データの検証、新たな研究・開発の成果等を基に、このたび以下の改定を行いました。

（主な改定内容）

①新技術の取り込み

「表面含浸工法」について、農業用水利施設での適用性を検討し、適用範囲や工法に要求される品質規格を新たに規定しました。

②品質規格値の見直し

これまでの試験結果を基に、有機系補修材料の耐摩耗性の品質規格値の改定を行うとともに、試験値によることとしていた標準供試体の平均摩耗深さを固定値に決めました。

③目次構成の再編

「農業水利施設の長寿命化のための手引き」から必要な部分を本書に組み入れ、技術図書を確認する手間が省けるよう利便性を高めた図書構成へと再編しました。

今後も本書に示す品質管理方法等が現場で実践される過程で、運用上の課題や新たな知見が得られれば、その内容を検討し、また技術開発の進展を的確に反映させ、本書の充実を図ってまいりますので、皆様からのご意見・ご提案をいただければ幸いです。

末筆ではございますが、今回の策定にご協力頂いた技術検討委員及び関係者全ての方々に深く感謝の意を表します。

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（開水路編）技術検討委員会」に参画された委員は次のとおりです。

委員長 長束 勇

委員 緒方 英彦、 佐藤 周之、 中嶋 勇 （敬称略 五十音順）

令和5年3月  
農村振興局整備部設計課長

## 【本編 目次】

第1章	総則	1
1(1)	マニュアル策定の背景	1
1(2)	図書の目的	2
1(3)	図書の適用範囲	5
1(4)	用語の定義	6
1(5)	用語の解説	8
第2章	長寿命化対策の検討のための調査・情報整理	10
2(1)	基本的事項	10
2(2)	施設の基本条件の整理	10
2(3)	現況施設の確認（実施設計に必要となる調査）	13
第3章	長寿命化対策の検討	18
3(1)	基本的事項	18
3(1)ア	対策方針の検討	20
3(1)イ	対策工法の選定方針	28
3(1)ウ	設計・施工条件の整理	28
3(1)エ	対策工法の要求性能	31
3(1)オ	対策工法の種類	32
3(2)	対策工法の選定の考え方	34
3(2)ア	初期欠陥の対策工法	34
3(2)イ	コンクリートの劣化現象別の対策工法	35
3(2)ウ	外力によるコンクリート部材の損傷に対する対策工法	36
3(2)エ	外力による目地部の損傷に対する対策工法	38
3(3)	対策工法の選定の留意事項	40
3(3)ア	多様な劣化要因に応じた対策工法選定	40
3(3)イ	現場条件に応じた対策工法選定	41
3(3)ウ	水路の供用を伴う補修・補強施工時の仮設方法について	44
3(3)エ	その他	49
第4章	補修・補強工法の共通事項	50
4(1)	補修・補強工法の種類	50
4(1)ア	補修・補強の目的	50
4(1)イ	補修工法の種類	56
4(1)ウ	補強工法の種類	59
4(2)	補修に求められる性能	60
4(2)ア	補修	60
4(2)イ	要求性能	60
4(2)ウ	要求性能の特徴	62
4(2)エ	要求性能毎の品質規格	65

4(3)	補修工法の施工概要	81
4(3)ア	準備工	82
4(3)イ	下地処理工	83
4(4)	材料・工法の採用	87
4(5)	補修工事の施工管理と完成検査	88
4(5)ア	施工管理	88
4(5)イ	品質管理	95
4(5)ウ	出来形管理	96
4(5)エ	完成検査	97
第5章	表面被覆工法	98
5(1)	無機系被覆工法	98
5(1)ア	工法の概要・特徴	98
5(1)イ	工法の要求性能・品質規格	102
5(1)ウ	工法の施工	109
5(1)エ	ひび割れ発生を抑制するための設計、施工方法（養生及び仮設を含む）、留意事項	113
5(1)オ	補助工法	119
5(2)	有機系被覆工法	121
5(2)ア	工法の概要・特徴	121
5(2)イ	工法の要求性能・品質規格	124
5(2)ウ	不陸調整材	128
5(2)エ	工法の施工	129
5(3)	パネル工法	133
5(3)ア	工法の概要・特徴	133
5(3)イ	接着方式パネル工法	136
5(3)ウ	アンカー固定方式パネル工法（無収縮モルタル注入型）	146
5(4)	シート工法	156
5(4)ア	工法の概要・特徴	156
5(4)イ	工法の要求性能・品質規格	158
5(4)ウ	工法の施工	163
第6章	ひび割れ補修工法	168
6(1)	工法の概要・特徴	168
6(2)	工法の要求性能・品質規格	173
6(2)ア	樹脂系ひび割れ注入工法	173
6(2)イ	無機系ひび割れ注入工法	176
6(2)ウ	弾性シーリング材ひび割れ充填工法	178
6(2)エ	可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法	180
6(2)オ	ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法	182
6(3)	工法の施工	184
6(4)	材料・工法の採用	188

第7章	断面修復工法	190
7(1)	工法の概要・特徴	190
7(2)	工法の要求性能・品質規格	195
7(2)ア	断面修復工法	195
7(2)イ	防錆材	201
7(3)	工法の施工	203
7(4)	材料・工法の採用	208
第8章	目地補修工法	209
8(1)	工法の概要・特徴	209
8(2)	工法の要求性能・品質規格	213
8(2)ア	目地充填工法	214
8(2)イ	目地被覆工法	218
8(2)ウ	目地成型ゴム挿入工法	222
8(3)	工法の施工	229
第9章	表面含浸工法（けい酸塩系表面含浸工法）	235
9(1)	工法の概要・特徴	235
9(1)ア	適用範囲	237
9(1)イ	けい酸塩系表面含浸工法の方法について	242
9(2)	工法の要求性能・品質規格	246
9(2)ア	けい酸塩系表面含浸工法（反応型）	246
9(2)イ	けい酸塩系表面含浸工法（固化型）	251
9(3)	工法の施工	256
9(3)ア	けい酸塩系表面含浸工法（反応型）	258
9(3)イ	けい酸塩系表面含浸工法（固化型）	262
9(4)	含浸工法適用時の留意事項について	264
9(4)ア	経年劣化したコンクリートへの含浸深さの規格値について	264
9(5)	参考工法（シラン系）	265
9(5)ア	工法の概要・特徴	265
9(5)イ	農業用コンクリート開水路における適用可能性	265
9(5)ウ	シラン系表面含浸工法の方法、工法について	269
9(5)エ	工法の施工	269
第10章	補強工法	270
10(1)	補強工法の特徴	270
第11章	対策後の施設監視	274
11(1)	基本的事項	274
11(1)ア	コンクリート開水路の補修・補強工事に関する現状	274
11(1)イ	施設監視の目的	274
11(1)ウ	施設監視の内容と実施者	274

11(1)エ 施設監視計画の策定 .....	275
11(2) 着目すべき変状 .....	275
11(2)ア モニタリング調査の留意事項 .....	278
11(3) 基本情報の記録・収集・整理 .....	279
11(4) 日常点検 .....	281
11(5) モニタリング調査 .....	282
11(5)ア 対象範囲 .....	283
11(5)イ 調査時期 .....	283
11(6) 変状要因の究明と再対策の要否の検討 .....	305

**【巻末資料編】**

- ・各試験方法（案）
- ・各試験の養生条件

**【付属資料編】**

- ・開水路補修工事の施工管理項目等参考例
- ・開水路補修工事の出来形検査項目参考例

**【参考資料編】**

1. 変状要因の推定のための詳細調査
2. 変状発生要因を踏まえた対策工選定

# 第1章 総則

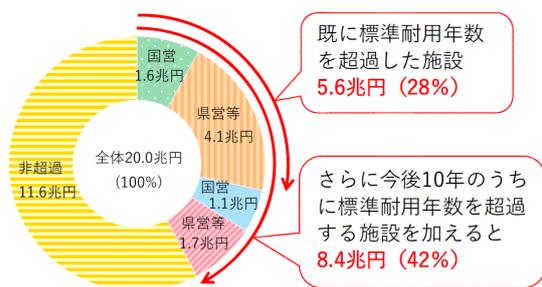
## 1(1) マニュアル策定の背景

全国に展開する農業水利施設は、老朽化の進行とともに更新時期を迎えるものが増加傾向にあり、施設の長寿命化を図りライフサイクルコストを低減させるため、適切な補修・補強工事の実施が求められている。

### 【解説】

基幹的水路や基幹的施設（ダム、取水堰等）等の基幹的農業水利施設の整備状況は、令和2(2020)年3月時点で、基幹的水路が5万1,472km、基幹的施設が7,656か所となっている。

このうち標準耐用年数を超過している施設は、再建設費ベースで5兆6千億円であり、全体の28%を占めている。さらに、今後10年のうちに標準耐用年数を超過する施設を加えると8兆4千億円であり、全体の42%を占めている<sup>1)</sup>。これまでの全面的な改築に代え、機能の監視・診断等によるリスク管理を行いつつ劣化の状況に応じた補修・補強等を計画的に行うことにより、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る戦略的な保全管理の推進が必要とされている。

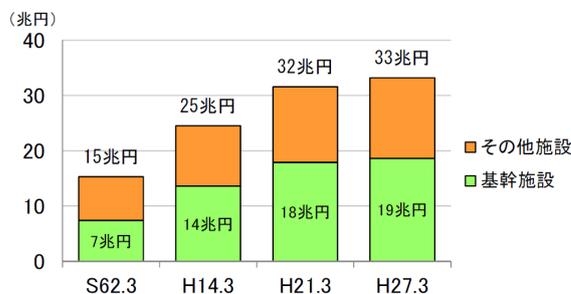


資料：農林水産省「農業基盤情報基礎調査」を基に作成  
 注：1) 基幹的農業水利施設(受益面積100ha以上の農業水利施設)の資産価値(再建設費ベース)  
 2) 令和元(2019)年度末時点

図 1.1-1 基幹的農業水利施設の老朽化状況<sup>1)</sup>

表 1.1-1 主な農業水利施設数・延長<sup>2)</sup>

農業用排水路	約40万km以上 (地球約10周分)
うち基幹的水路	約5万km
ダム、取水堰、用排水機場等	約7.7千箇所



注1) 再建設費ベースによる評価算定。  
 注2) 基幹的水利施設は、受益面積100ha以上の農業水利施設。

図 1.1-2 基幹的農業水利ストック量の推移<sup>2)</sup>

戦略的な保全管理の推進のためには、ストックマネジメントのプロセスの中で、適切な補修・補強工事により施設の機能を回復、又は性能を回復・向上することが重要である。

補修・補強工事は、工法の概要、農業水利施設への適用性、要求性能及びその照査手法と品質規格値等を理解した上で、適切な施工及び施工管理のもとで実施されることが求められる。

なお、水路の規模や対策後の構造等によっては、改築の方が施工的・経済的に有利となり、補修・補強対策が必ずしもライフサイクルコストの低減に繋がらない場合がある。計画や設計の段階における対策工法の選定では、現場条件を加味した検討が必要である。

<sup>1)</sup> 出典：令和3年度食料・農業・農村の動向 第1部 第2章 第6節「農業の成長産業化や国土強靱化に資する農業生産基盤整備」

<sup>2)</sup> 出典：農業生産基盤の整備状況について（令和2年3月） 令和4年3月 農村振興局

## 1(2) 図書の目的

本書は、鉄筋コンクリート構造物である開水路等（以下「開水路」という。）の補修を実施する際の材料・工法検討の基本的な考え方及び施工管理にあたって留意すべき事項について、取りまとめたものである。

### 【解説】

補修材料・工法には多種多様なものがあり、それぞれ施工後の効果、施工上の留意点等が異なる。

本書は、鉄筋コンクリート構造の開水路等（本書では鉄筋コンクリート開水路、ボックスカルバート。以下「開水路」という。）における補修工法を体系的に分類・整理し、以下の項目についての基本的な考え方を取りまとめ、補修工事の施工管理に資することを目的として作成したものである。特に材料の品質管理については、開水路に要求される性能を考慮した上で補修工事に使用する材料・工法の品質規格を設定し、照査後に採用するよう作成している。

- ◇補修・補強工法の概要（種類・特徴）
- ◇補修に求められる性能に応じた材料・工法の品質規格（照査方法と品質規格値）
- ◇補修工法の施工手順
- ◇補修工事の施工管理及び完成検査
- ◇補修後のモニタリング

参考として、**図 1.2-1 開水路の機能保全のフロー**を示す。

本書は、機能保全対策のうち補修工事を実施する際、参考にするものであり、フロー中、機能診断調査及び評価、機能保全計画の策定等を経て、設計に資する詳細調査等による適切な工法選定が行われた後に活用するものである。

なお、補修工事の実施に至るまでのフローは、事業計画等により各地区で異なるが、その場合も、適切な工法選定の下、補修工事を実施する際に参考にすることは妨げない。

また、本書で対象とする補修工事の基本的な実施手順と本書の各章の関係を**図 1.2-2 補修工事の基本的な実施手順と本書の関係**に示すので参考にされたい。

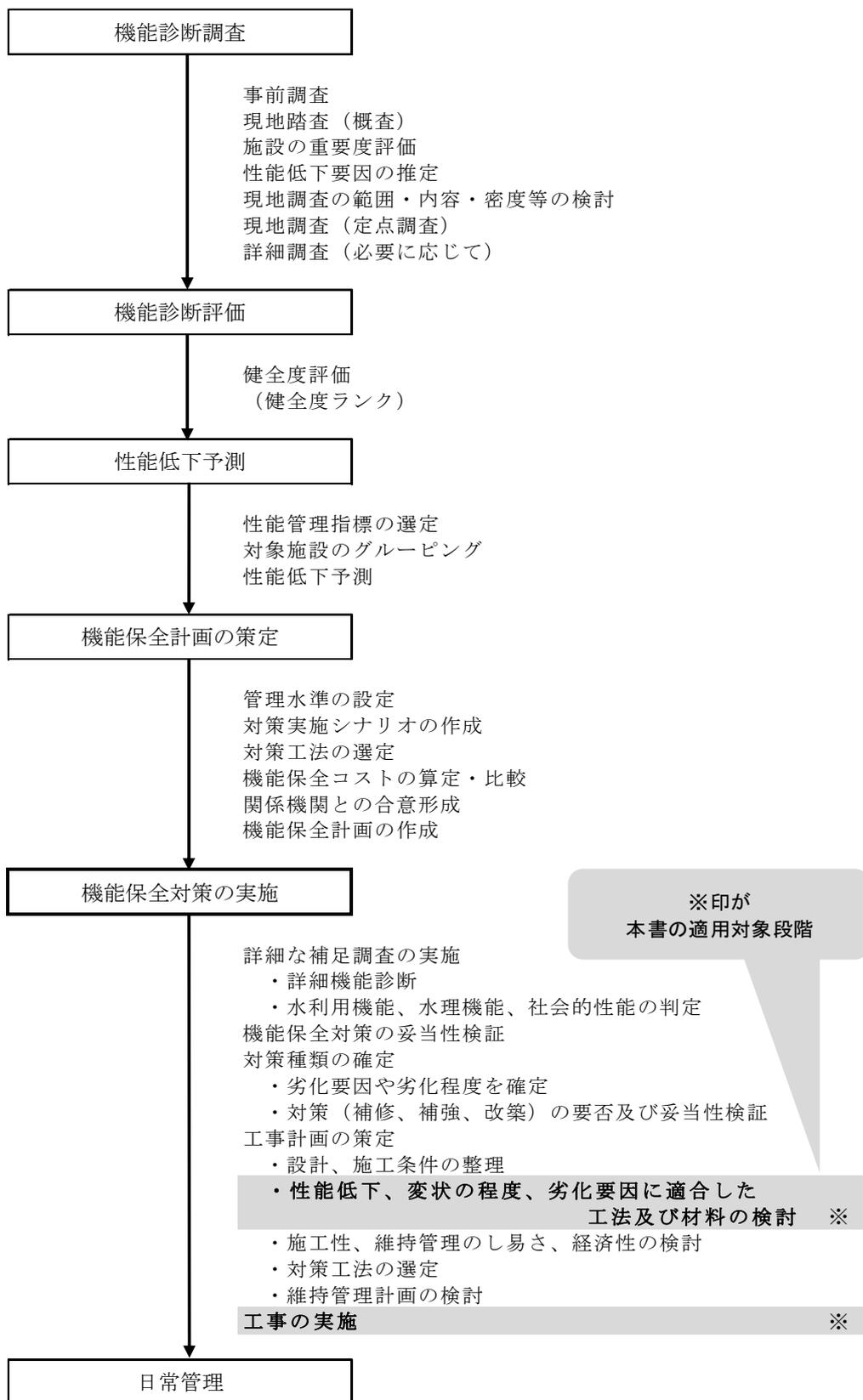


図 1.2-1 開水路の機能保全のフロー

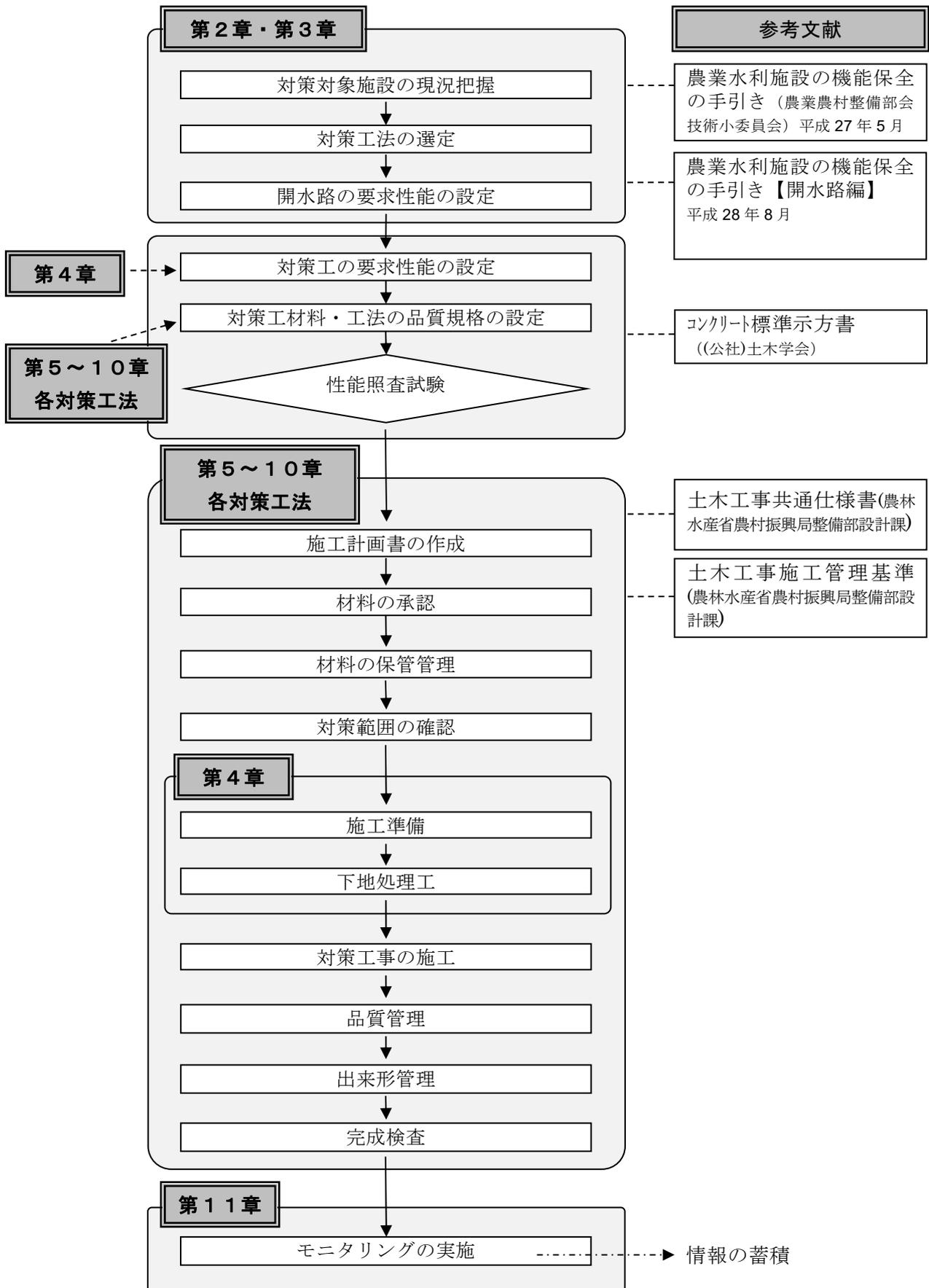


図 1.2-2 補修工事の基本的な実施手順と本書の関係

### 1(3) 図書の適用範囲

- (1) 本書は、国営土地改良事業で整備した農業水利施設のうち鉄筋コンクリート開水路を対象として補修を行う場合に適用する。
- (2) 本書は、補強に関しては概要のみを示す。

#### 【解説】

(1)、(2)について

本書は、かんがい期間中又は年間を通じて流水に接する鉄筋コンクリート構造の開水路に対して、変状が生じ補修を行う場合、又は、劣化に対する予防保全のために補修を行う場合に適用する。

補強に関しては概要のみを示し、本書に示す施工管理の適用の対象外とする。

なお、国営土地改良事業以外の事業における工事等においてもそれぞれの事業主体や、その行為を行うものが独自の判断のもとで、このマニュアルを参考とすることを妨げるものではない。

#### 1(4) 用語の定義

本書では、次のように用語を定義する。

- 補修**：主に施設の耐久性を回復又は向上させること。
- 補強**：主に施設の構造的耐力を回復又は向上させること。
- 初期欠陥**：施設の計画・設計・施工に起因する欠陥。<sup>3)</sup>
- 損傷**：偶発的な外力に起因する欠陥。<sup>3)</sup>
- 劣化**：時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材・構造の変化。<sup>3)</sup>
- 変状**：初期欠陥、損傷、劣化を合わせたもの。<sup>3)</sup>
- 中性化**：二酸化炭素が硬化後のコンクリートに侵入し水酸化カルシウム等のセメント水和物と炭酸化反応を起こすことにより、コンクリートの細孔液中の pH が低下する現象。
- 摩耗**：流水中の土砂によるすり磨き作用や落差による衝撃力等が組み合わさり、コンクリートの断面が欠損する現象。
- 凍害**：寒冷地において、外気温差や日射によりコンクリート中の水分が凍結融解を繰り返し、それに伴う水分の凍結膨張圧によってコンクリートにひび割れや剥離が発生する現象。
- 塩害**：コンクリート中に侵入し蓄積した塩化物イオンにより鋼材の不動態皮膜が破壊され鋼材が腐食し、腐食生成物の体積の膨張圧によってコンクリートにひび割れ、剥離、鋼材の断面減少等が生じる現象。
- アルカリシリカ反応 (ASR)**：コンクリート細孔溶液に溶出したアルカリ成分と骨材中に含まれる特定の成分（シリカ鉱物等）が化学反応を起こし、それに伴うアルカリシリカゲルの生成、吸水膨張によりコンクリートにひび割れや剥離が生じる現象。
- 化学的侵食**：セメント分が化学反応を起こして劣化する現象。温泉水、化学工場や食品加工場の廃液等の特殊条件に置かれているコンクリートに発生する現象。
- 要求性能**：施設や工法が果たすべき機能や目的を達成するために必要とされる性能。
- 品質規格値**：補修工事に使用する材料・工法の品質を確認するための上限あるいは下限値。
- 期待される効果の持続期間**：補修の目的とする効果を持続できると期待される期間。
- 表面処理工法**：コンクリート構造物の表面又は断面修復を終えたコンクリート構造物の表面に保護措置を施す工法。表面被覆工法と表面含侵工法に大別される。
- 表面被覆工法**：劣化因子の侵入を抑制又は防止する効果を有する被覆をコンクリート構造物の表面に形成する工法。
- 無機系被覆工法**：表面被覆工法において、無機系の材料を主な成分としてコンクリート構造物の表面を被覆する工法。

**有機系被覆工法**：表面被覆工法において、有機系樹脂を主な成分としてコンクリート構造物の表面を被覆する工法。

**パネル工法**：表面被覆工法において、特に被覆の構成要素の一つとしてパネルを設置することによりコンクリート構造物の表面を被覆する工法。

**シート工法**：表面被覆工法において、特に被覆の構成要素の一つとしてシートを設置することによりコンクリート構造物の表面を被覆する工法。

**表面含浸工法**：表面含浸材をコンクリート表面から含浸させコンクリート表層部の組織を改質し、所定の効果を発揮する性能を付与する工法。

**ひび割れ補修工法**：ひび割れの発生によって損なわれたコンクリート部材（構造物）の構造安全性（耐力等）以外の性能を回復あるいは向上させる工法。

**断面修復工法**：ジャンカ、コンクリートの劣化、内部鉄筋の腐食、その他の原因によって欠損しているコンクリート断面又は劣化因子を含むコンクリート部分を除去した後の断面をその当初の性能及び形状・寸法に修復する工法。

**目地補修工法**：目地材の劣化、脱落等により漏水等を生じている目地を補修する工法。

**接着工法**：コンクリート部材の主に引張応力作用面に鋼板やパネル、連続繊維を接着し耐力の回復又は向上を図る工法。

**打換え工法**：耐力の低下した部材を取り壊し必要な耐力を有する部材を再構築することにより、耐力の回復又は向上を図る工法。

**増厚工法**：既設コンクリートの表面にモルタル、コンクリート若しくは鉄筋コンクリートを接着一体化することにより部材の断面や鉄筋量を増加させ、耐力の回復又は向上を図る工法。

**劣化部**：中性化、摩耗、凍害、塩害、アルカリ骨材反応等による劣化によりひび割れ、はく離・はく落、脆弱化等が生じているコンクリート部分、及び物理的には健全であるが、劣化の進展、塩化物イオンの蓄積等が許容限度を超えているコンクリート部分。

**中性化抑止性**：中性化の原因である二酸化炭素の侵入を遮断又は抑制する性能。

**耐候性**：紫外線、温度等に起因する劣化に対する抵抗性。

**付着性**：補修後に補修材が躯体コンクリートから剥離しない性能。

**耐摩耗性**：流水等による摩耗に対する抵抗性。

**一体化性**：補修後に補修材が単独で破壊しない性能。

**寸法安定性**：長さ変化率が小さく安定している性能。

**耐凍害性**：寒冷地等における凍結融解作用に対する抵抗性。

**ひび割れ追従性**：補修後に補修材がひび割れの挙動に追従する性能。

**通水性**：計画最大通水量を安全に流下できる性能。

## 1(5) 用語の解説

本書で用いる代表的な用語について解説する。

- 止水性**：水圧に対し目地からの漏水量を所定の量以下に抑制する性能。水路背面地下水等の外水圧に対する抵抗性。
- 下地処理**：既設コンクリート表面の局所的な脆弱部の除去等の物理的な処理。
- ポリマーセメントモルタル**：結合材にセメントとセメント混和用ポリマー（又はポリマー混和材）を用いたモルタル。PCM。
- ポリマーモルタル**：結合材にポリマーだけを用いたモルタル。
- H P F R C C**：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料。セメント系材料を短繊維により補強した複合材料に属するもののうち、一軸直接引張応力下において擬似ひずみ硬化特性（微細で高密度の複数ひび割れを形成することにより、高靱性を示す特性）を示し、引張終局ひずみの平均値が 0.5 % 以上、かつ平均ひび割れ幅が 0.2 mm 以下となる材料。
- ポリマー混和剤**：コンクリート及びモルタルに、それらの性質を改質する目的で混和されるポリマー(重合体の意味で、広義には有機高分子材料全般を指す)で、水性ポリマーディスパーション及び再乳化型粉末樹脂の総称。
- プライマー**：「primary」（最初の）に由来し、吸水調整や接着性改善のために下地に塗布する材料のほか、接着材等を指す場合もある。
- スケーリング**：凍結融解の繰り返し作用により、コンクリート組織がフレーク状に緩み、体積や質量が減少すること。
- 熱硬化性樹脂**：熱による化学反応で固化する性質を示す樹脂で、耐熱性や耐薬品性に優れている。
- シーリング材**：目地やひび割れの内面に接着させることによって、水の浸入及び空気の通過を防止する材料。
- 弾性シーリング材**：硬化後に弾性的な性質を持つシーリング材。目地やひび割れの伸縮に追従して水密性等を保つ目的で使用される。
- 不陸**：コンクリート等の表面の凹凸の部分。
- セロスパンテンション**：作用点間距離がゼロの状態から材料が引っ張られる現象。本書では特に、下地コンクリートに密着した被覆材がひび割れ等のき裂により引っ張られる状態を表す。
- 供試体**：各種試験を行うために所定の形状・寸法になるように作製したコンクリート、モルタル等の成形品。

**相対動弾性係数**：JIS A 1127「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法」によって求められる動弾性係数の、劣化を受ける前の値に対する劣化後の値の比を百分率で表したものの。

**みず水** **しめ湿** **し**：下地面に無機系の補修材料を塗布する前に散水すること。無機系（モルタル系）材料の接着性、硬化を確保する。

**ドライアウト**：セメント系材料を塗布や注入する場合、下地のコンクリート等が乾燥しているとモルタルの水分が吸われて接着面が乾燥状態になり、セメントの水和が阻害され、硬化不良や接着不良を生じさせる現象。

**流動性**：自重又は外力によって材料が流動する性能。

**流下時間**：フレッシュモルタルの軟らかさ又は流動性を示す指標の一つ。漏斗状容器からの試料の自由落下に要する時間で表す。

**可使時間**：塗布のため調整された材料が使用できる状態にある時間。

**ようへんせい**  
**揺変性**（**ヤクビ**）：かき混ぜると粘度が低下し、次に放置すると粘度が元に戻ろうとする性質。

**ピンホール**：有機系被膜の形成時にできる極めて小さな貫通した素穴。

**モジュラス**：弾性体に一定の歪みを与えた時の応力をいう。シーリング材では、50%の歪みを与えた時の応力を50%モジュラスという。一般に、モジュラスが低いほど柔らかい材料となる。

**ねん粘** **ちゅう稠** **せい性**：粘り気があって濃い性質を持つこと。

**モニタリング**：施設やその補修後の状態を継続的に調査し把握すること。

#### 用語の定義及び用語の解説 参考文献

- 3) 農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き、2015
- 4) (公社)土木学会：2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】、2018
- 5) (公社)土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書【規準編】、2018
- 6) (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案)、2005
- 7) (一財)土木研究センター：コンクリートの耐久性向上技術の開発、平成元年5月
- 8) (公社)日本コンクリート工学会：コンクリート診断技術'22【基礎編】、2022
- 9) (公社)日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2022-、2022
- 10) (一財)下水道事業支援センター：下水道コンクリート構造物の腐食制御技術及び防食技術マニュアル、2017
- 11) (一財)下水道事業支援センター：下水道コンクリート防食工事 施工・品質管理の手引き(案)-塗布型ライニング工法編-、2018
- 12) (一財)建築保全センター：建築改修工事監理指針 令和4年度版
- 13) (株)高速道路総合技術研究所：構造物施工管理要領 令和2年7月
- 14) (一社)日本鉄道施設協会：東海道新幹線鉄筋コンクリート構造物 維持管理標準、平成21年5月
- 15) (公社)土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案)、2007

## 第2章 長寿命化対策の検討のための調査・情報整理

### 2(1) 基本的事項

長寿命化対策の検討のための調査・情報整理は、設計・施工に必要な情報を得るため、調査計画段階の資料を活用するほか、不足する情報を補うために実施する。

#### 【解説】

長寿命化対策の設計や施工の検討を行うためには、既存資料に基づく「施設基本条件の整理」と、不足する情報を補うための現地調査による「現況施設の確認」が不可欠である。

「現況施設の確認」については、施設の現状を確認した上で、過年度の健全度評価等についても必要に応じて見直し、具体の対策実施の観点から施設の実態を把握・整理する。

### 2(2) 施設の基本条件の整理

長寿命化対策の検討における基本条件の整理においては、農業水利ストック情報データベースシステム（以下「農業水利ストック DB」という。）等を活用し、施設諸元、過年度の機能診断調査データ、事故履歴及び補修歴等を収集する。また、施設の運用状況について、施設管理者等への問診調査を行う。

#### 【解説】

施設基本条件の整理項目を表 2.2-1 に示す。特に以下の事項について確認する。

#### ① 施設・施工諸元

長寿命化対策の設計において必要な基本図面を竣工図書等から収集・整理する。既存の図面がない場合は、現地実測によって図面の復元を検討する。開水路の性能低下状態の評価や対策工法の検討において、既設構造物の形状・構造形式を正確に把握しておくことは必要不可欠である。特に、竣工図面と実際に施工されている構造物の諸元が異なっていないか等十分に留意する必要がある。

例えば、開水路が無筋コンクリート構造か鉄筋コンクリート構造かによっても、実施する対策工が異なるため、構造物の基本諸元や断面構造については、設計図書や現地調査により規格や仕様を確認する。また、現地調査時においては、これらの設計図書の仕様や規格について実測やレーダ調査等で整合を確認する。

#### ② 施設の重要度評価

施設の重要度とは、農業面では農業への影響度や復旧の難易度（費用・期間）等であり、農業以外の面では、住宅地、公共機関等の周辺施設の立地条件を考慮したときに、事故が起こった場合のそれら周辺施設に対する被害額等で示される。開水路は、パイプライン等の地中構造物に比較すると技術的な制約や施工条件は限定的である。しかし、開水路であっても、鉄道や高速道路等の交差部では技術的な制約や事故発生による経済的な負担が大きくなることから、

長寿命化対策の検討段階で区間別の施設の重要度評価を明確にしておく必要がある。

③ 設計条件の変更の有無

営農状況や社会環境の変化によって、開水路の水利用に係る性能の過不足や近接の土地利用形態の変化による耐荷性の過不足及び浮上のおそれが生じていないことを確認する。

④ 施設管理上や水利用上の形態や課題

長寿命化対策の検討段階では、供用中の施設について、施設管理上や水利用上の課題を施設管理者への問診調査により把握しておく必要がある。

⑤ 事故履歴・補修歴

既往の資料の収集・整理、施設管理者への問診調査により、対象施設の過年度の事故履歴・補修歴を把握する。

⑥ 既存の機能診断調査・施設監視の結果

既往の資料の収集・整理、施設管理者への問診調査により、対象施設の過年度の機能診断調査結果や施設監視結果を把握する。

⑦ 施設の地上条件・周辺環境

道路条件、地上作業帯の制約条件の把握、粉塵・騒音等に係る制約条件を把握する。

なお、調査計画段階の機能診断調査は、事前調査や現地踏査で得られた結果及び施設の重要度や経過年数等を踏まえて、調査範囲（定点）を設定して実施しているものであり、対策が必要な範囲に対して、設計・施工のために必要な調査が全て実施されているとは限らないことに留意する必要がある。

このため、設計・施工段階では、基本的に対策を行う（又は行う必要があると想定される）範囲の全体に対して、既設構造物の状態を把握し、適切な対策を検討する必要があり、調査計画段階の資料で不足する情報については、適宜、施設の現況の確認調査（基本調査・詳細調査）を行って情報を収集する必要がある。

表 2.2-1 施設基本条件の整理項目

調査項目	調査手法（例）
施設・施工諸元 （造成年、供用開始年、水路形式、構造形式、施工区間、施工延長、平面・縦断線形、設計流量、必要水位、荷重条件（土かぶり、活荷重、上載荷重、その他荷重）、水質・土質・地下水位、布設（標準断面図）・地盤条件等）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農業水利ストック情報 DB</li> <li>・設計図書</li> <li>・施工・完成検査記録</li> <li>・既往の機能診断調査結果</li> <li>・水質・土質調査</li> </ul>
施設の重要度評価 （漏水破損事故等による施設周辺環境に与える影響）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計図書</li> <li>・現地踏査</li> <li>・施設管理者への問診調査</li> <li>・既往の機能診断調査結果</li> </ul>
設計条件の変更の有無 （営農状況や社会環境の変化に伴う、設計流量や荷重条件の変更）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計図書</li> <li>・現地踏査</li> <li>・施設管理者への問診調査</li> <li>・既往の機能診断調査結果</li> </ul>
施設管理上や水利用上の形態や課題 （人為的操作による水撃圧の発生のおそれ、水利用上の過不足）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設管理者への問診調査</li> </ul>
事故履歴・補修履歴 （破損事故リスクの確認、目地漏水の止水対策等の補修歴）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設管理者への問診調査</li> </ul>
既存の機能診断調査・施設監視の結果 （最新の機能診断調査結果等による施設状態や性能低下要因の把握）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既往の機能診断調査結果</li> <li>・施設管理者への問診調査</li> </ul>
施設の地上条件・周辺環境 （道路条件、地上作業帯の制約条件や、粉塵・騒音等に係る制約条件の把握）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現地踏査</li> <li>・条例の確認</li> <li>・施設管理者への問診調査</li> </ul>

## 2(3) 現況施設の確認（実施設計に必要となる調査）

適切な長寿命化対策の検討には、変状発生要因や長寿命化対策が必要な変状発生範囲を確定することが重要である。このため、長寿命化対策の実実施設計段階においては、これらの確定に必要な調査を実施する。

### 【解説】

適切な長寿命化対策の実施のために必要な現地調査を以下の観点で実施する。

長寿命化対策を経済的で効果的に実施するためには、変状発生状況とその要因を特定することが重要である。そのため、設計・施工段階では、対象範囲の全体について状態を把握する必要がある。調査計画段階の資料における変状の発生状況や発生要因等の調査・分析結果を有効に活用しつつ、不足する情報について調査を実施して補う。調査の実施時期は、設計の前が基本であるが、供用期間中で調査ができない場合には、施工段階で行うことも検討する。

施設の変状発生要因については、過年度の機能診断調査結果や事故履歴等を参考に、可能性を整理する。特に、特異な変状や事故が発生した施設と同時期に築造された構造物は、将来同様の変状や事故が発生する可能性も考えられるため、変状・事故の発生要因や発生状態等の情報を収集し、整理しておくことが重要である。また、対象施設の変状発生要因を確定するためには、施工条件や使用環境条件の類似する施設についての情報収集と、その変状発生要因の分析を行うことも有効である。

また、現況の通水量を実測しておくこと、長寿命化対策検討及び対策後の水理機能の検証に有効である。

「農業水利施設機能保全の手引き「開水路」（平成 28 年 8 月）に掲載されている標準的な現地調査項目について、次頁以降に示す。

表 2.3-1 構造機能に関する標準的な現地調査項目の例<sup>1)</sup>

機能	性能	区分	調査項目	調査手法	記録手法
構造	力学安全性	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測 (クラックスケール)	定量記録、写真記録、 図化
			ひび割れ延長	定量計測 (スケール)	〃
			ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
		変形・歪み	変形・歪み量	目視による有無、簡易計測 (下げ振り、ポール、傾斜計)	定量記録、写真記録、 図化
		圧縮強度	圧縮強度 (反発硬度)	簡易計測 (リバウンドハンマ法、機械インピーダンス法等)	定量記録、写真記録
	耐久性	材料劣化	浮き	目視による有無、 打音調査	写真記録、図化
			剥離・剥落・スケーリング	目視による有無、 簡易計測 (型取りゲージ、デプスゲージ等)	定量記録、写真記録、 図化
			ポップアウト	目視による有無	写真記録、図化
			(析出物) エフロレッセンス	〃	〃
			(析出物) ゲルの滲出	〃	〃
			錆汁	〃	〃
			変色	〃	〃
			摩耗・風化	目視による有無、 簡易計測 (型取りゲージ、デプスゲージ等)	定量記録、写真記録、 図化
			漏水(痕跡)	目視による有無	写真記録、図化
			鉄筋露出	〃	〃
		中性化	中性化深さ/中性化残り	ドリル法	〃
			鉄筋被り	設計図書の確認、 定量計測 (鉄筋探査)	定量記録、写真記録、 図化
		安定性	地盤変形	背面土の空洞化	目視による有無、 打音調査
	不同沈下			目視による有無、 簡易計測 (スケール等)	定量記録、写真記録、 図化
	上記性能を含む 構造性能	目地の劣化	目地の開き	目視による有無、簡易計測 (スケール)	〃
段差			〃	〃	
止水板の破断			目視による有無	写真記録、図化	
漏水(痕跡)			〃	〃	
周縁コンクリートの欠損等			目視による有無、簡易計測 (スケール等)	定量記録、写真記録、 図化	

※1 有無を目視で調査する項目で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。

※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。

<sup>1)</sup> 出典：農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」、平成28年8月、p.48

表 2.3-2 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<sup>2)</sup>

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(除塵・排砂施設、管理用道路等)の有無、状態	目視による有無 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	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
		水位(余裕高)	定量計測(スケール・コ ンベックス等)	〃	かんがい期
		水路断面	定量計測(スタッフ等)	〃	非かんがい期
		ひび割れからの漏水※	目視による有無	定量記録、写真記 録、図化	〃
		不同沈下※	目視による有無 側壁高計測(レベル等) 縦断勾配計測(レベル 等)	〃	〃
		止水板の破断※	目視による有無	写真記録、図化	〃
		目地からの漏水※	〃	〃	〃
		摩耗・すりへり※	〃	〃	〃
	変形・歪みの有無※	目視による有無 定量計測(下げ振り等)	定量記録、写真記 録、図化	〃	
	分水制御性・ 水位制御性	分水流量	定量計測結果より算定	定量記録、写真記録	かんがい期
		分水位	定量計測(スケール・コ ンベックス等)	〃	かんがい期
水位・流量制御施設 (ゲート等)の状態		目視による有無 作動調査	状態記録、写真記録	非かんがい期	

※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。

<sup>2)</sup> 出典：農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」、平成28年8月、p.49

なお、現況施設の確認においては、変状を観察し、変状要因の推定が必要である。また、変状は、進行性を有する「劣化」と進行性のない「初期欠陥」、「損傷」に区分する。このうち、「劣化」には対象施設の立地条件等で多様な形態があることから要因の特定が特に重要である。

しかし、過年度の調査結果（平成 19～23 年度実施の国営造成水利施設保全対策指導事業の集計結果）では、コンクリート開水路の変状は、「摩耗」が 57 %で最も多く、次いで「目地の損傷」（42 %）、ひび割れ（33 %）となっている。

このため、実施設計において改めて変状要因の推定のための調査が必要な場合は少ないと考えられるが、通常と異なる「摩耗」、「凍害」、「アルカリシリカ反応」等のコンクリートの劣化現象や耐荷性の低下や周辺外力による構造的なひび割れの発生が確認された場合は、添付の「参考資料編 1. 変状要因の推定のための詳細調査」に基づき詳細調査を実施するものとする。

実施設計における「現況施設の確認」においては、以下の項目は最低限実施しておくことが望ましい。

表 2.3-3 現況施設の確認項目の例

調査項目	調査方法
ひび割れの発生状況（ひび割れの位置、幅、長さ）	目視調査・展開図作成
既設コンクリート躯体の強度	一軸圧縮試験
内部鉄筋の腐食状況	はつり試験
目地部の変状（漏水・ひび割れ・断面欠損）	目視調査・展開図作成
表面粗度（凹凸の程度）	型取りゲージ、レーザ距離計
最大通水時の水位、余裕高	通水時の目視確認
既設コンクリートの付着強さ	付着強さ試験

次頁以降に、実施設計時に追加実施された現地調査の事例を示す。

【実施設計時の調査事例】

A 地区水路（逆台形無筋コンクリート開水路）については過年度機能診断調査において、対象水路のうち 150 m 程度の区間で底版浮上と逆勾配区間の発生が指摘されていた。

このための実施設計段階で、ひび割れ等の変状の確認調査だけでなく、浮上対策のための調査を行い、対策範囲及び対策方法の検討に反映している。以下に、これらの概要を示す。

【調査方法】

- ・水路浮上区間における縦断測量
- ・ドリル削孔による底版背面の空洞高さの計測



写真 2.3-1 底版ドリル削孔による空洞高さの確認

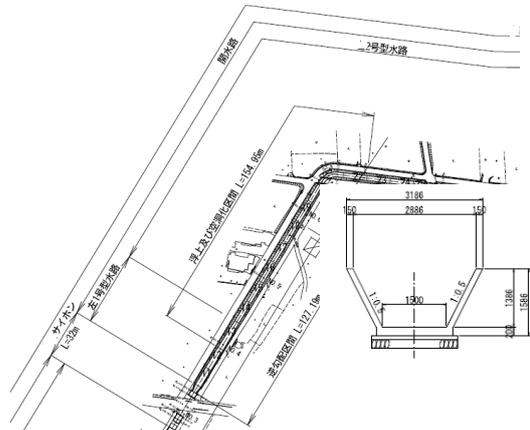


図 2.3-1 対象水路の形状

【調査結果・浮上発生原因の検討】

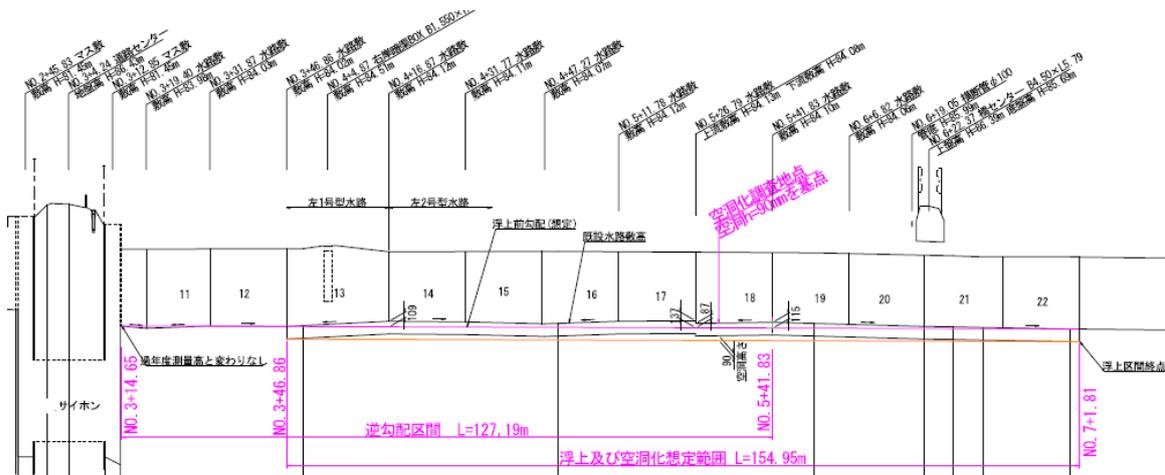


図 2.3-2 調査結果による浮上対策範囲の決定

本実施設計では、浮上に関する安定計算を実施した結果、安全率を満足しなかったことから過去に水路に水がなく、かつ地下水上昇した状況が生じ、この際に浮上が生じたと結論づけている。

【対策の検討】

実施設計では、上記調査結果を踏まえ、以下の対策について提案・設計された。

- ・浮上対策としてウィープホールを底版から 1/4 の高さ・3 m 間隔で新設
- ・逆勾配区間については底版コンクリートを増厚施工し、1/1000 勾配を確保
- ・底版背面の空洞についてはグラウト注入工を実施



図 2.3-3 削孔による空洞確認

## 第3章 長寿命化対策の検討

### 3(1) 基本的事項

長寿命化対策は、「現況施設の確認」の結果に基づいて、「対策方針の検討」、「対策工法の選定」の順に検討する。対策工法の選定においては、変状の発生要因とその進行程度に適合した材料・工法を選定する。

#### 【解説】

長寿命化対策の検討においては、「現況施設の確認」の結果に基づいて、コンクリート開水路の水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能の各機能の性能低下の状況を明らかにし、補修や補強等の対策の要否を判断する。

対策を要する場合は、施設の変状の発生要因とその進行程度に応じた適切な材料・工法の選定を行うことが重要である。

なお、本書ではコンクリート開水路の長寿命化対策のうち、補修工法を対象にその選定にあたっての考え方や留意事項等を整理する。

本章で検討する長寿命化対策の検討の流れを図 3.1-1 に示す。

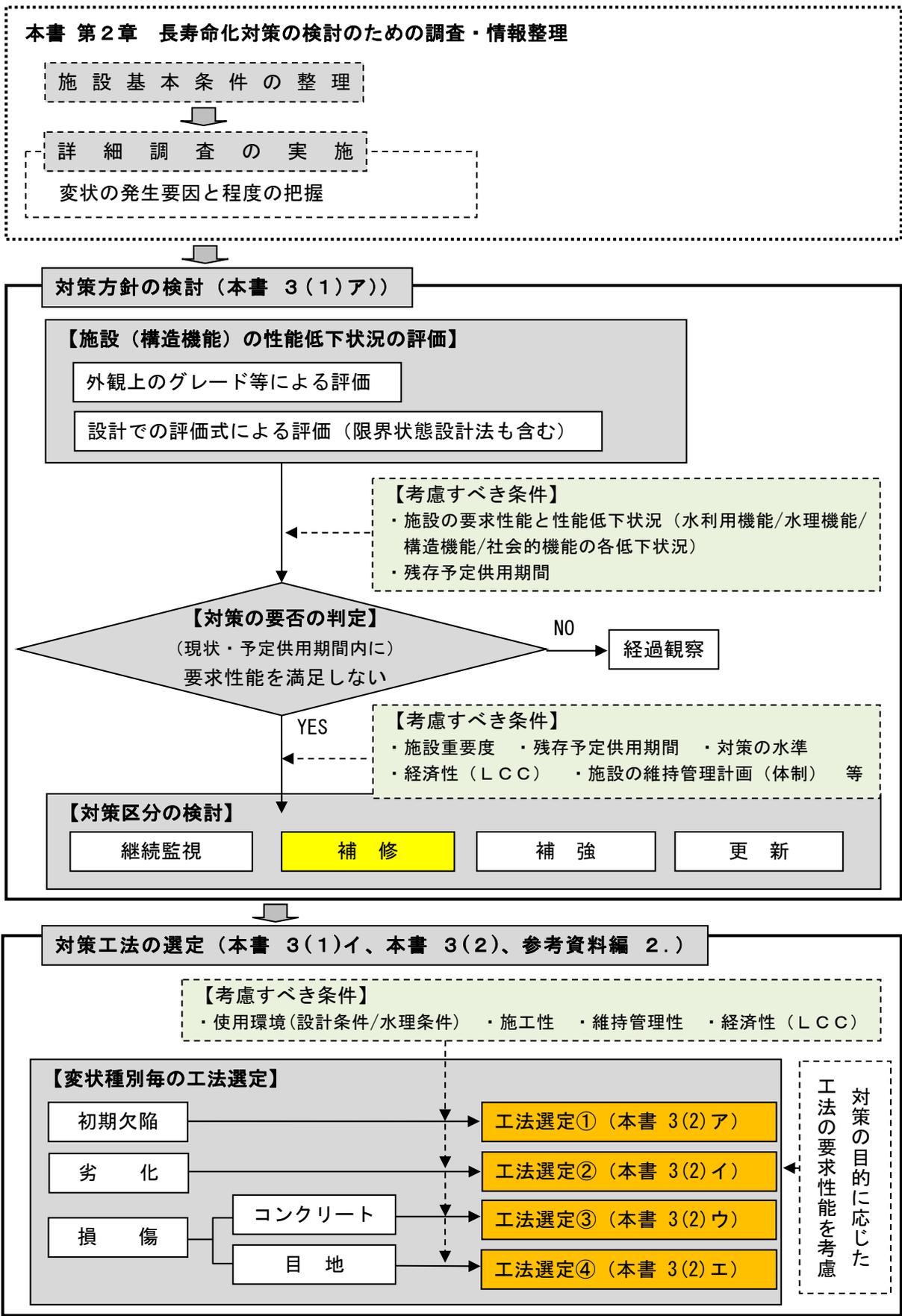


図 3.1-1 長寿命化対策の検討の流れ

### 3(1)ア 対策方針の検討

コンクリート開水路の対策には、大きく「継続監視」、「補修」、「補強」、「更新」があり、施設の性能低下状況や経済性等を踏まえて対策方針を検討する。

#### 【解説】

#### 3(1)ア(ア) 施設の性能低下状況の評価

一般的に、対策の要否判定は以下の2項目を指標として実施され、機能診断調査の結果に基づく調査時の性能評価の結果、及び予定供用期間終了時や評価時点としてあらかじめ設定した時点における性能の予測結果が、管理水準に達するか否かを指標として行われる。

- ① コンクリート開水路の現状における性能と管理水準
- ② コンクリート開水路の性能低下予測に基づく予定供用期間内の性能と管理水準

性能評価は、対象のコンクリート開水路の要求性能（水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能の各性能）について実施する。各段階の調査結果（基本調査、詳細調査結果等）を整理し、結果の妥当性、関連性等を検討した上で、変状要因の特定、変状程度の評価を行う。特に、劣化等の進行性を有する変状については、劣化の進行速度を考慮して対策方針を検討する必要があるため、その進行程度を評価する必要がある。また、評価の過程で新たな調査を追加する必要がある場合は、補足調査を検討する。

#### 3(1)ア(ア)1) 構造機能の性能低下状況の評価

構造機能の各性能の評価については、下記の手法に大別できる。これらは、評価すべき性能及び現時点における評価技術等に応じて適用する。

#### ① 外観上のグレード（変状の程度）による性能評価

性能評価は、該当する性能項目について定量的な評価を行うことが望ましいが、必ずしも定量的な評価手法が確立されているとは言えない。特に、予定供用期間終了時の材料強度等の物性値の予測は十分な精度を持っていないことから、定量的な評価は困難であり、結果的に設計段階での評価式による性能評価に用いる定量的データが得られない場合が想定される。そのため、このような場合は、コンクリート開水路の外観変状から変状の進行過程を区分し、性能低下状況の評価することとする。ただし、本手法は変状の発生要因を特定した上で適用する。摩耗、凍害、アルカリシリカ反応、化学的腐食、中性化、塩害といった進行性を有する劣化については、その想定される変状の程度を基に、変状の進行過程を潜伏期、進展期、加速期、劣化期に分類（図 3.1.1-1）し、グレードⅠ～Ⅳの4段階で評価し、その結果を踏まえて対策の要否判定や対策方針の検討を行うこととする。詳細は、参考資料編の2.の変状種別毎の対策工法の選定で解説する。

なお、変状の発生要因の特定については、第2章で述べているとおり、コンクリート開水路においては様々な要因により変状が発生し、その要因は、①初期欠陥に関するも

の、②劣化に関するもの、③損傷に関するものがある。さらに、これらが複合的に関連し合い変状が発生している場合もある。

変状の発生部位・形状、施設の使用材料・設計・施工条件及び使用環境条件、また詳細調査結果等を考慮し、総合的に変状要因を判断する必要がある。なお、各変状とその発生状況や要因の特徴については「農業水利施設の長寿命化の手引き（平成 27 年 11 月）、農林水産省農村振興局整備設計課 第 3 章 コンクリート開水路の変状と要因」を参照されたい。

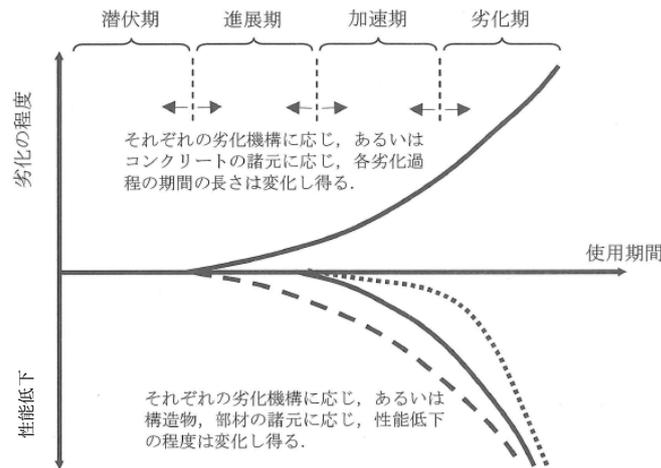


図 3.1.1-1 劣化進行過程の概念図<sup>1)</sup>

**【参考】変状の進行過程と対策区分について**

変状の進行過程が、潜伏期や進展期の初期段階においては、一般には耐久性に影響が生じていても構造体の強度や剛性にはほぼ影響がない。したがって、変状が生じた構造物を補修する場合は、変状が発生した部材あるいは構造物全体の変状の進行を抑制し、耐久性の回復を目的とした対策を講じる。変状の進行過程が加速期や劣化期に至り、構造物の剛性や強度の回復を図る場合は、補強対策を講じる。

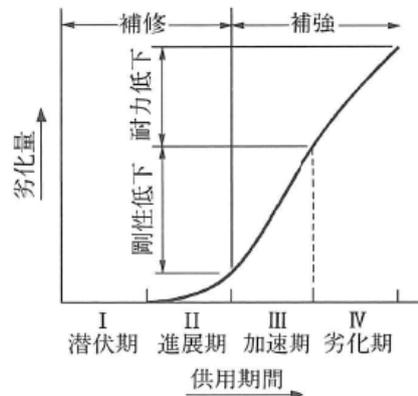


図 3.1.1-2 変状の進行過程と対策の概念図<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 2018 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕 p106

<sup>2)</sup> コンクリート診断技術'14〔基礎編〕 p235

## ② 設計での評価式による性能評価

開水路の力学的安全性は、設計での性能評価式（限界状態設計法）等を参考として構造耐力（限界状態の設定や部分安全係数等の設定含む）を評価することによって、その評価を行う。

構造耐力の算定にあたっては、対象のコンクリート開水路の変状発生状態を適切に表現する必要があるため、詳細調査によって得られた物理的指標を評価式の要素とする。すなわち、評価に用いる物理的指標は、施設の当初設計時の各種諸元ではなく、詳細調査によって得られたコンクリート強度、部材厚、鉄筋かぶり、土質定数、荷重条件、地下水位、鉄筋腐食状況に応じた鉄筋径等を使用することが基本となる。しかし、調査が困難な諸元については、設計図書や竣工図書等を踏まえて適切な値を使用する。

設定した評価式及び物理的指標による計算結果から、想定される荷重に対して部材断面の破壊、転倒・滑動・沈下・浮上に対する安全性を確認し、さらに、計算結果のみで性能状態を評価するのではなく、施設の外観上の発生変状や変形、沈下等の実際の施設状態や施設の使用状況等も踏まえて総合的に検討した上で現況の施設の性能を評価する必要がある。

### 3(1)ア(ア)2) 水利用機能、水理機能の性能低下状況の評価

水利用機能及び水理機能の性能評価とは、参考資料編 1. 表 1.1.4-1 に示すような各機能に関する調査の結果に応じて、各性能の低下状況を評価するものである。水利用機能の低下は、受益者、施設管理者等の関係者にとって重要な問題であるため、これら関係者の意向等を踏まえて評価する必要がある。また、水理機能は水利用機能と密接な関係を持つことから、両者について現状を十分に把握した上で評価する必要がある。

### 3(1)ア(ア)3) 社会的機能の性能低下状況の評価

コンクリート開水路の社会的機能の性能項目には、事故の発生による人的被害や周辺施設への社会的影響から、漏水・破損事故履歴、補修履歴を指標とする“安全性・信頼性”、維持管理費、補修費等を指標とする“経済性”、及び景観、親水性等を指標とする“環境性”等の性能が含まれる。これらの各性能の管理水準は、施設の崩壊等による社会的被害の影響を踏まえた施設の重要度（リスク）、社会的要請からの施設の耐震性、施設周辺環境等を踏まえた景観美化や生態系への影響、施設管理体制等を踏まえた維持管理費軽減の必要性等を考慮して、あらかじめ、受益者、施設管理者、地域住民等の関係者と調整した上で施設毎に決める必要がある。

当該施設に必要とされる各性能が管理水準を満たしているか否かについて、基本調査や詳細調査の各機能診断調査の結果及び関係者の意向を踏まえて評価する。

なお、農業水利施設のリスク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（農業農村整備部会技術小委員会）（平成 27 年 5 月）」にて解説されているため、参照する。

### 3(1) ア(イ) 対策の要否の判定

構造機能、水利用機能、水理機能、社会的機能の各性能に係る機能診断調査・評価結果を踏まえ、対策の要否あるいは継続監視の要否を判断する。

対策が必要な場合は以下のとおりであるが、施設の重要度、残存予定供用期間、地区全体の長寿命化計画、経済性、施設管理者の意向等を総合的に評価して、計画的に対策を行うものなのか、早急に対策を行う必要があるものなのか等を決定する必要がある。

- ① 現況性能が要求性能より低いと評価された場合
- ② 劣化予測により、予定供用期間内の性能が要求性能より低くなると評価された場合

また、初期の機能診断調査結果に基づいて施設の残存予定供用期間終了時あるいはそれに近い時点での性能を予測する場合は、予測の精度に十分注意を払う必要がある。また、継続的な機能診断調査の結果を踏まえて、性能評価や予測の精度を高めていく必要がある。

以下に、機能別の性能低下に対する対策の要否判定時の留意事項を示す。

#### 3(1) ア(イ)1) 構造機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

調査・評価結果に基づき、変状要因が明らかになり、かつ変状の程度が確定した後は、施設に要求されている性能を考慮して補修・補強対策の要否あるいは施設監視の強化等について判断する。

判断のポイントは、①劣化が顕在化した後では対策が困難なものや第三者へ影響を及ぼす可能性がある変状は早い段階で対策を講じる必要があり、②劣化が表面化しても対策がとれるものや施設の重要度等の観点から劣化期等まで使用するとした施設は、変状が進行した段階で対策を講じることとなる。

先に述べた外観上のグレード（グレードⅠ～Ⅳの4段階）による性能評価については、その各グレードの評価指標を変状の種類別にその特性を踏まえて整理し、かつそれに適した対策方法を合わせて提案している。外観上のグレードの性能評価指標を用いた対策工法の選定については、**参考資料編2.**で解説する。

なお、継続監視と判定した場合、施設の性能低下状況や重要度に応じて監視項目や頻度等を設定し、施設監視計画を策定する必要がある。この施設監視中に変状の進行が確認された場合は、その時点から対策の要否判定の再検討や劣化予測の推定を行う。

#### 3(1) ア(イ)2) 水利用機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査（問診調査や流量の実測調査等）の結果、水利用機能の各性能において要求性能を満足していない項目があった場合、その性能低下の要因に対する改善策が水管理手法の工夫（ゲート操作の改善、ブロックローションの見直し等）等、運営面で解決可能かを検討した上で、補修・補強の要否を判定する。判定結果の例を以下に示す。

- ・水管理操作の変更等を想定した上で水理解析を行っても水利用機能を満足することができない状態とは、例えば、営農形態の変化による単位用水量が増加している場合等であ

る。

- ・水管理操作の変更等を想定した上で水理解析を行った結果、水利用機能を満足することができる状態とは、例えば、用水到達遅れ時間に対して用水需要変動を適切に予測して取水することや末端分水工の取水開始時間を制限することで解決できる場合である。
- ・水理解析の結果、要求性能が満足される状態とは、その水利用機能低下の要因が、ある分水工での過剰取水や水路の堆砂等であり、その改善策を管理組織で対応すべき場合である。

なお、補修・補強対策としては、水理機能の低下を改善することや水管理施設の性能低下（例えば、テレメータ施設の破損等）に対する措置を検討する必要がある。特に、用水需要の変動予測や末端分水工への制限を続けることは難しいので、調整容量を確保する等の抜本的な対策も検討しなければならない。

また、要求性能のレベルが変化している場合（例えば、既存ため池の水質が悪化しているので希釈用に取水が増えている等）は、別途かんがい計画等で検討を行う。

構造機能や水理機能の面から各種の補修・補強を行う場合は、必要に応じて補修・補強後の総合的な水理解析により、水利用機能の各性能が担保されていることを確認する。

### 3(1)ア(イ)3) 水理機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査（流量や漏水量の実測調査等）の結果、水理機能の各性能において要求性能を満足していない項目があった場合、その性能低下の要因に対する改善策の検討を行うが、以下の理由から水利用機能と併せて水利システム全体について検討を行う必要がある。

- ・水路表面の摩耗や藻類・雑草の繁茂等による通水性能の低下に対し、局所的な補修・補強対策を行った結果が水利システム全体に影響を及ぼすことがある。
- ・水理機能の性能低下に影響を及ぼす要因としては、水管理方式と流量制御の適切な整合が図られていないことや、水需要パターンの変化、必要水量の変化等、水利用機能と密接に関連するものが考えられる。

また、水理性能に対する判定にあたっては、以下に留意する。

- ・水路系全体又は水理ユニットを対象として、補修・補強の要否を判断する。特に、水路の一部を改良した時に他の部分に悪影響を及ぼすことがあるので、十分注意する。
- ・水理機能の性能低下には構造機能の性能低下が関係している場合がある（例えば、躯体の変形による縦断勾配の変化等）ので、総合的に判断する。

### 3(1)ア(イ)4) 社会的機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査の結果及び受益者、施設管理者、地域住民等の関係者の意向等を踏まえ、所要の社会的機能の性能低下に対する対策の要否とその改善策を検討する。

### 【参考】劣化予測について

先に述べたように施設の性能低下については施設の外觀変状から劣化過程の区分を行い評価することを基本としているが、LCCの検討等において施設の余寿命を判断する場合には、以下のような外觀変状に依らない評価方法がある。

- ・ **摩耗**：コンクリート開水路では、コンクリート表面においてモルタルが選択的に流出し、粗骨材のみが残存し露出する摩耗現象が多くみられる。この現象は砂礫や流水の物理的なすり減り作用によるものに加え、流水に曝されてカルシウムが溶出することによるコンクリートの変質がそのきっかけ及び加速要因になっている可能性がある。この劣化現象を踏まえて劣化予測する必要があるが、現時点では定期的な水路構造物の壁厚の測定、骨材露出調査等から摩耗の進行速度を評価し劣化予測を行うことが現実的である。
- ・ **凍害**：凍害によりコンクリート組織の変化した部分（凍害深さ）の進行性を予測する必要があるが、凍害深さを時間軸で予測する手法は開発されておらず、構造物から採取したコア試験体を測定・分析して、その後の進行予測や近隣地区の構造物の劣化予測に適用するのが有効である。また、超音波伝播速度を利用して凍害による劣化程度（凍害深さ）を予測する手法も試みられているが、精度よく劣化予測を行うことは容易ではない。
- ・ **アルカリシリカ反応(ASR)**：コンクリートの膨張及びそれに伴うひび割れの進展を指標とするのが望ましいが、構造物の目視による調査結果より、直ちに構造物の劣化進行がどの段階にあるかを知ることが難しい。また、現時点の技術レベルでは、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張量及びそれに伴うひび割れの進展が調べられた場合でも、構造物の諸性能の変化を正確に予測することは困難である。したがってアルカリシリカ反応の劣化予測は、詳細調査結果に基づいて行うことを原則とするが、通常は、骨材の反応性、コンクリートの残存膨張、コンクリートの配合と施設の使用環境条件を適切に評価し、安全度を見込んだ予測を行い、その結果より施設の諸性能を評価するのが現実的である。
- ・ **化学的腐食**：酸性劣化では、pHが低い場合（pH=1～3程度）には劣化因子の浸透深さは時間の平方根に比例する場合が多い。そのため、機能診断調査結果より劣化因子の浸透深さの測定値がある場合は、劣化因子の浸透速度係数を測定結果から求め、その後の予測を行う。信頼性の高い予測をするためには、数年おきに2～3回程度測定を行い最小二乗法により算出することが望ましい。
- ・ **中性化**：コンクリート標準示方書等に基づき、 $\sqrt{t}$ 則による中性化進行モデル式（経験式）を用いた照査を行う。
- ・ **塩害**：コンクリート標準示方書等に基づき、塩化物イオンの拡散方程式（経験式）を用いた照査を行う。

いずれの劣化予測方法であっても、潜伏期、進展期、加速期、劣化期の長さを予測することが基本となるが、以下の点に配慮する必要がある。

※施設の部位・部材によって劣化の進行は異なることが多く、また現実の構造物では複数の劣化要因により劣化が生じていることが多いため、劣化予測には適切な安全度を見込む必要がある。

※劣化の経験式は必ずしも完璧なものではない。継続的な機能診断調査や施設監視の結果を踏まえて実際の施設の劣化進行状況を見極めることが重要である。

### 3(1)ア(イ)5) 対策区分の検討

長寿命化対策の種類には、補修・補強・更新があり、施設の性能低下状況（変状の発生要因や程度）に応じてこれらの中から適切な対策方針を選択する。

対策の種類は、原則として、表 3.1.1-1 で示す対策の水準や回復すべき性能に基づいて選定することになる。

ただし更新は、通常、性能の低下が著しく、補修や補強では経済性の面で不利になる場合に選択するので、本書では補修・補強を取り上げて記述するものとする。

なお、対策の水準は、施設の建設当初を基準として、これを上回る水準（性能向上）、これと同等の水準（性能回復）、これを下回る水準（短期的性能回復・応急対策）がある。

一般的なコンクリート開水路においては、構造機能と水理機能の低下が問題になることが多いが、これらは主に耐久性能の低下（劣化）によってもたらされるものである。

図 3.1.1-2 で示す劣化の初期段階（潜伏期、進展期）では、耐久性に問題があっても、剛性や耐力等の力学的安全性が低下することは少ない。このため劣化の初期段階では、劣化の進行を抑制する補修により供用期間を延ばすことが可能になる。中期以降（加速期、劣化期）で、劣化により力学的安全性が低下している場合は補強を選択することになる。

なお、施設の性能低下状況や重要度、対策検討段階で想定される予定供用期間等を総合的に検討した結果として、施設管理者による継続監視（目視による監視、点検強化等）を選択することも可能である。

例えば、摩耗対策が必要と判定された施設に対して、営農上の制約から補修工事中の断水が困難で、かつ施設の予定供用期間が比較的短い場合には、対策工事を計画せず施設監視で劣化の進行を監視するという選択もあり得る。継続監視か否かは、性能低下の程度、予想される補修の内容、施設の重要度、施設管理者の意向等によって異なるため、施設毎に適宜判断する必要がある。

表 3.1.1-1 要求性能に応じた対策の水準と種類\*2

要求性能		対策の水準と種類		
		①建設時の水準以上	②建設時の水準	③建設時の水準以下
構造機能	安定性 耐久性	補修*1	補修	補修
	力学的安全性	補強	補強	-
水理機能		-	補修	-
水利用機能		-	補修	-
社会的機能		補強	-	-

\*1 建設時より高い性能水準を設定しても、力学的安全性の回復につながらない場合は補修とみなす。補修と補強の違いは、力学的安全性の回復を目的としているか否かにあるので、安定性、耐久性能の回復を目指した補修工法が、結果的に力学的安全性を向上させることもあり得るが、本項ではこれも補修として扱うことにする。

\*2 「農業水利施設の長寿命化の手引き」 第5章 表 5.2-1 を引用



### 3(1)イ 対策工法の選定方針

機能診断調査・評価により、現況の性能が施設の要求性能より低く、長寿命化対策が必要と判定された場合は、適切な対策を検討する。

対象となるコンクリート開水路の変状から、発生要因とその程度を特定した場合は、これに応じた適切な補修・補強工法を選定する。

#### 【解説】

機能診断調査の結果、長寿命化対策が必要と判定された場合、施設の要求性能が予定供用期間を通じて、所要の水準で保持されるような対策を検討する。

長寿命化対策の種類は、補修・補強・更新があり、当該施設の性能低下の程度を把握して、要求性能が将来的に確保される対策を選定する。

補修・補強の検討においては、施設の性能低下をもたらした変状の要因を十分調査し、これに適切に対応できる対策工法を選定する。

変状要因や劣化過程が異なれば、性能を回復させる方法も異なるので注意が必要である。

例えば、対策工法には、凍害・アルカリシリカ反応では水分の侵入防止、中性化では二酸化炭素（空気に含まれる）の侵入防止、塩害では塩化物イオン（飛来塩分や凍結防止剤）の侵入防止等の効果が要求される。また、劣化過程に応じて、劣化因子の遮断（劣化進行の抑制）だけでなく、劣化因子や劣化箇所の除去、耐荷力の回復等を図ることのできる工法が求められる。さらに、劣化の進行によって部材に膨張等の動きが生じる可能性がある場合は、動きへの追従性を考慮した材料を選定する必要がある。

また、対策工法の選定にあたっては、周辺環境への影響や対策後の維持管理性にも配慮する必要がある。今後の予定供用期間が長い施設については、採用可能な工法について経済性（仮設費を含む工事費、維持管理費等）を評価し、施設のライフサイクルの面から経済性に優れた材料及び工法を選定するのが望ましい。その際に、対策工法の効果が期待される期間のほか、必要に応じて対策後の施設の再劣化に対する再対策についてもその方針や再対策方法の難易等も考慮して検討する。

なお、本書では、コンクリート開水路の発生変状の実態や補修事例が多いことを踏まえて、補修工法を対象に材料・工法の選定に係る考え方や留意事項等を解説する。

### 3(1)ウ 設計・施工条件の整理

長寿命化対策を検討する際には、長寿命化の対象となる性能、予定供用期間、設計・水理条件、用地上の制約、対策工事の実施可能時期・期間、維持管理の現状等を事前に整理し、それらを考慮した上で、工法選定や施工計画（仮設計画含む）の立案、必要に応じて水理計算や構造計算を行う。

#### 【解説】

コンクリート開水路の長寿命化対策を検討する上で必要となる主な設計及び施工条件について以下に示す。

### 3(1)ウ(ア)1) 長寿命化の対象となる性能、予定供用期間等

長寿命化対策を検討する際には、長寿命化対策が必要と判断された性能、並びにその性能低下を引き起こしている変状の発生要因と程度の把握が重要になる。これに加えて、水利システムにおける当該施設の位置付け（重要性）、予定供用期間、対策の水準等を事前に検討し、対策方針（対策の種類、範囲等）を概定しておくのが望ましい。

### 3(1)ウ(ア)2) 設計条件

コンクリート開水路の構造検討を行う場合は、設計条件の把握が必要になる。基本調査及び詳細調査の結果を整理して、水路の断面形状（水路幅、高さ、部材厚等）、平面・縦断線形、補修履歴等を取りまとめる。

断面形状は、施工図をもとに整理するのが原則であるが、建設後に補修又は改修工事が実施されていることもあるので、現地調査において施工図と実際の断面形状が異なることが確認されたときには、測量等により現況断面を把握することになる。

建設当初の構造計算書を整理し、荷重条件、地下水位、内水位、土圧の考え方、構造計算と安定計算の手法、耐震設計の有無（設計震度等）、コンクリート強度、配筋状況（鉄筋の材質、種類、径、ピッチ、かぶり深さ）等、構造機能及び社会的機能の性能評価に必要な設計条件を把握する。

周辺状況から、建設当初と異なる荷重条件（宅地化、道路化等）、地下水位等が確認された場合には、変更内容について取りまとめる。特に、荷重が建設当初より大きくなっている場合は、力学的安全性が満足していない可能性があるため構造検討による照査が必要になる。なお、力学的安全性の照査については本章「3(1)ア(ア)1)②設計での評価式による性能評価」を参照する。

### 3(1)ウ(ア)3) 水理条件

水理機能に係る対策を検討する場合は、建設当初の水理計算書から水理計算に必要な条件（設計流量、水位、粗度、水路勾配、余裕高等）を整理するのが望ましい。設計流量が変わらなければ、通水量に影響を及ぼすのは粗度係数と水路の縦断勾配になるため、現状の内面粗度と水路の縦断線形について調査又は測量を行う。

水路底の縦断的な不陸が大きい場合には、部分的に側壁の余裕高さが不足する可能性があるため注意が必要である。水路内面を補修することで、通水断面が小さくなる場合は、粗度係数の小さな補修材料を検討する等の配慮が必要になる。

### 3(1)ウ(ア)4) 用地上の制約

用地上の制約（買収、借地が困難な場合等）がある場合は、対策工法の選定や工事の施工計画に影響を及ぼすことになる。このため、用地買収や借地等が必要な対策工を検討する場合は、事前に用地上の制約の有無を確認しておく必要がある。

### **3(1)ウ(ア)5) 対策工事の実施時期、期間**

対策工事の実施時期や施工期間は、地下水位等の施工環境や材料・工法の選定に影響を及ぼすことになるので、事前に検討しておくことが望ましい。これについては、対策の緊急性にもよるが、一般的には、工事中の断水の可能性や最小通水量、通水開始時期等を確認した上で、実施時期を決定することになる。

### **3(1)ウ(ア)6) 施設周辺の状況、環境への影響**

対策工事の施工計画の検討においては、道路や地形の状況、近接構造物、環境等について整理する。この情報は、社会的機能の性能評価にも影響を及ぼすことになるため、施設管理者からの情報や現地調査に基づく正確な状況把握が必要である。対策工法によっては、粉じん、騒音、廃棄物等が発生する可能性もあるので、その対策、処分方法等についても事前に検討しておく。

### **3(1)ウ(ア)7) 維持管理の現状**

維持管理作業の頻度、内容、範囲等を調査して、対策工法の選定に反映させることが望ましい。

### **3(1)ウ(ア)8) 環境との調和への配慮**

必要に応じて、施設が生み出している景観や生態系等の環境に対する対策工法や工事の影響、さらに、対策で生じる環境負荷の程度を踏まえて対策工法を検討する。

### 3(1)エ 対策工法の要求性能

コンクリート開水路の性能の低下を補修や補強等の長寿命化対策により回復又は向上させるために、その対策の目的に応じて、補修又は補強の材料・工法が有すべき性能を適切に設定する必要がある。対策にあたっては、その性能を満たした材料・工法を選定する。

#### 【解説】

補修・補強の長寿命化対策の主な目的は、耐久性・耐荷性の回復・向上の観点から「劣化因子の遮断」、「変状の進行速度の抑制」、「劣化因子の除去」、「耐荷力・変形性能の改善（構造の改善）」等がある。また、通水性の観点から「粗度の改善」、「漏水の遮断、抑制」が、環境性の観点から「美観回復」等がある。

コンクリート開水路に長寿命化対策を適用する場合は、長寿命化の対象となる性能や設計・施工条件等を踏まえ、対策後のコンクリート開水路の要求性能を整理した上で、対策後のコンクリート開水路が対策工法の効果が期待される期間中、対象となる変状や性能低下要因に対して所要の性能を有する材料・工法を適切に選定する必要がある。

### 3(1)オ 対策工法の種類

コンクリート開水路への適用実績や工法・材料の性能を踏まえて、当該施設への適用性が高いと考えられる材料・工法を選定する。

#### 【解説】

施設の性能低下状況や設計・施工条件のほか、コンクリート開水路への補修・補強工法の適用実績を踏まえて、工法・材料を選定する。コンクリート開水路の補修・補強対策工法の分類を図 3.1.5-1 に示す。また、コンクリート開水路の対策工法に要求される主な効果を表 3.1.5-1 に示す。

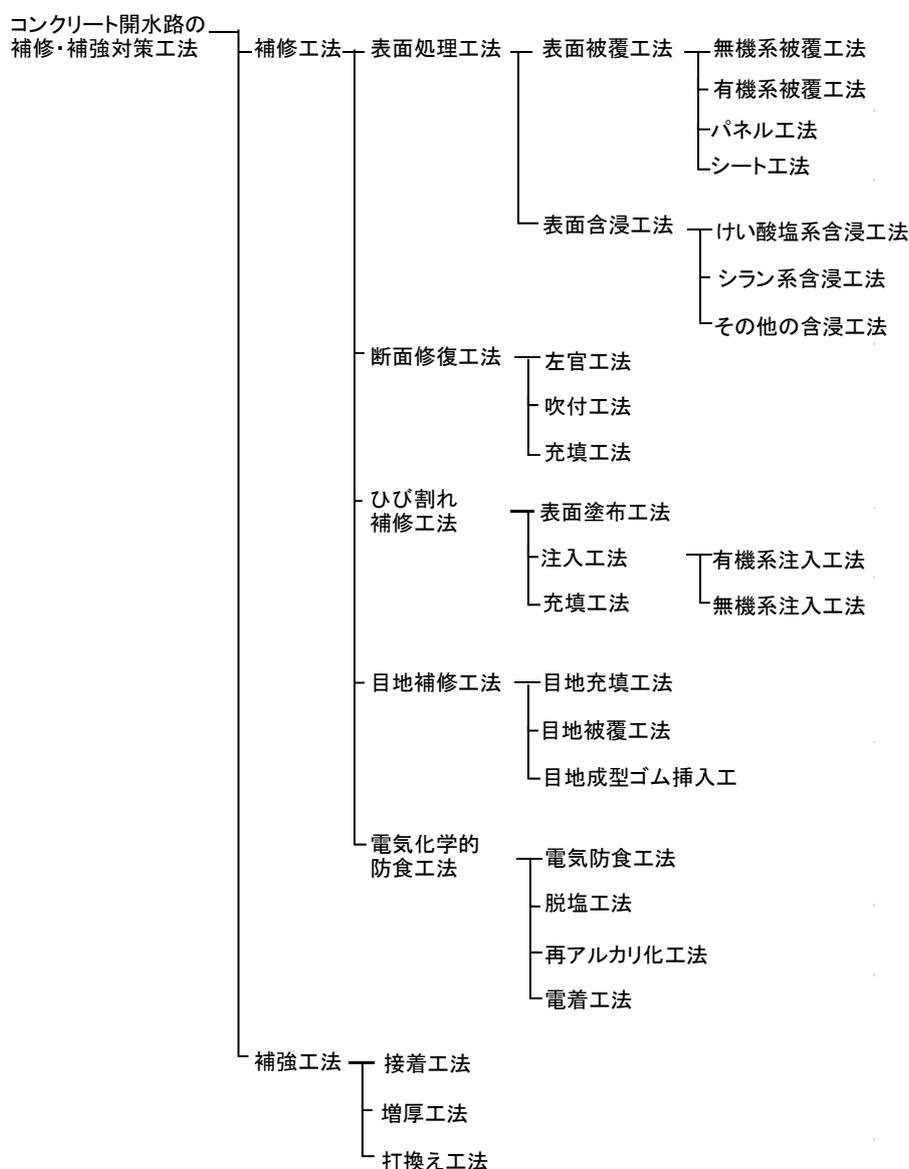


図 3.1.5-1 コンクリート開水路の補修・補強工法の体系図

表 3.1.5-1 コンクリート開水路の対策工法に要求される主な効果

目的	工法の要求性能	補修工法					補強工法			
		表面処理工法		断面修復工法	ひび割れ補修工法	目地補修工法	電気化学的防食工法	接着工法	増厚工法	打換え工法
		表面被覆工法	表面含浸工法							
劣化進行の停止・抑制	劣化因子侵入の遮断・抑制	○	○ <sup>注</sup> ※けい酸ナトリウム系等					○	○	
	摩耗の抑制	○						○	○	
	変状発生箇所(劣化因子浸入箇所)の除去・修復		○ <sup>注</sup> ※けい酸ナトリウム系等	○	○	○				○
	劣化因子の除去、劣化速度の抑制		○ <sup>注</sup> ※シラン系、けい酸リチウム系、亜硝酸リチウム等	○ ※鉄筋防錆処理			○ <sup>注1)</sup> 脱塩工法、再アルカリ工法、電気防食工法			○
構造安定性の回復	耐荷力、変形性能の確保							○	○	○
通水性の回復	表面粗度の改善	○		○				○		○
止水性の回復	水密確保				○	○				○

注1) コンクリート開水路における適用事例は確認されない。

補修工法	補修工法の目的及び効果
表面被覆工法	①表面からの劣化因子 (CO <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> O、Cl <sup>-</sup> 、O <sub>2</sub> 等) の侵入防止
	②摩耗防止
表面含浸工法	①アルカリ性付与による鉄筋の不動態皮膜の保護や再生
	②表面からの劣化因子 (H <sub>2</sub> O) の侵入防止
	③コンクリートの透水阻止性 (撥水性)
	④コンクリートの水蒸気透過性 (内部の水分蒸発性)
	⑤リチウム系化合物の含浸によるゲルの非膨張化
ひび割れ補修工法	ひび割れからの劣化因子の侵入防止、止水性の回復
再アルカリ工法	限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復
電気化学的脱塩工法	限界値を超えた塩化物イオン量の低減
電気防食工法	①塩害による劣化の予防保全
	②鉄筋腐食の進行の大幅な低減
断面修復工法	①限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復
	②限界値を超えた塩化物イオンを含むコンクリートの除去
	③スケーリングやポップアウト部の除去と断面の修復
	④劣化部分の除去と断面の修復
	⑤鉄筋の防食を目的とした断面修復

### 3(2) 対策工法の選定の考え方

対象となるコンクリート開水路の変状から、発生要因とその程度を特定し、これに応じた適切な補修・補強工法を選定する。ここで、コンクリート部材の変状は、「初期欠陥」、「劣化現象」、「外力による損傷」の3点に区分でき、それぞれの変状の程度に応じて対策工を選定する必要がある。

#### 【解説】

「初期欠陥」、「劣化現象」については変状毎に求められる性能が異なるが、本文では基本的な考え方を提示するものとした。

個別の事項については参考資料編に記載しており、必要に応じて参考資料編を確認すること。

### 3(2) ア 初期欠陥の対策工法

コンクリート開水路の初期欠陥は、施工時あるいは竣工後の早い時期に発生するもので、開水路構成部材の耐久性に比較的大きく影響する。

また、これらの初期欠陥は、施設の運用中に水利用機能、水理機能の低下に発展する可能性があるため、初期欠陥に対する対策工法の選定は下表を参考に適切に実施すること。

表 3.2.1-1 初期欠陥に対する対策工法の選定の例

初期欠陥の形態	変状の程度		基本的な対策工法
	程度	変状	
初期 ひび割れ	I 軽微	ひび割れ幅が1.0mm未満	経過観察
	II やや大きい	ひび割れ幅が1.0mm以上で鉄筋腐食なし	可とう性エポキシ樹脂、樹脂系シーリング等の充填
	III 大きい	ひび割れ幅が1.0mm以上で鉄筋腐食あり	鉄筋防食、プライマー塗布、ポリマーセメントモルタルの充填
豆板	I 軽微	骨材露出しているが、剥離なし	脆弱部の除去+ポリマーセメントモルタルの被覆
	II やや大きい	剥落する骨材あり	脆弱部の除去+ポリマーセメントペーストの塗布+ポリマーセメントモルタル等の充填
	III 大きい	鉄筋が露出している	豆板全体の除去+ポリマーセメントモルタル充填等+表層部へのポリマーセメントの塗布
	IV 極めて大きい	鉄筋露出しており、範囲が広い	豆板全体の除去+コンクリート打設+表層部へのポリマーセメントの塗布
コールド ジョイント	I 軽微	縁切れがみられない	ポリマーセメントの塗布
	II やや大きい	縁切れがみられる	縁切れ部のUもしくはVカット+シーリング材の充填+可とう性ポリマーセメントペースト等の塗布
	III 大きい	豆板を伴う	脆弱部除去・V/Uカット+無収縮モルタルグラウト打設+可とう性ポリマーセメントペースト等の塗布
鉄筋 かぶり 不足	I 軽微	鉄筋露出	かぶりコンクリートの打設（表面被覆）
	II やや大きい	鉄筋露出・浮き錆発生	鉄筋防食処理+かぶりコンクリートの打設（表面被覆）
	III 大きい	鉄筋露出・断面欠損	鉄筋防食処理+添え筋の追加+かぶりコンクリートの打設

### 3(2) イ コンクリートの劣化現象別の対策工法

劣化については、進行性を有しているため劣化の過程に応じて対策工法を選定する。さらに、施設の使用環境条件（地域特性、利用状況等）によっても様々な劣化機構があるため、それらに応じた材料・工法とする。コンクリートの劣化現象については、劣化現象と劣化の過程を踏まえ、下表から一次選定を行うものとする。

表 3. 2. 2-1 劣化の過程に応じた対策工法の一次選定の例

劣化現象	劣化の過程		変状の状態	継続監視	補修工法							補強工法				
					表面処理工法			部分的な対策工法		電気化学的工法		補強材接着	コンクリート増厚	打換え		
					表面含浸		表面被覆	ひび割れ補修	断面修復	再アルカリ化	電気防食				電気化学的脱塩	
					けい酸塩系(反応型)	けい酸塩系(固化型)										
摩耗	I	潜伏期	無し	◎			○									
	II	進展期	表面のモルタル部が摩耗	◎			○		△							
	III	加速期	粗骨材が露出				○	△	◎							
	IV	劣化期	粗骨材が剥離				○	△	◎			◎	○	○		
凍害	I	潜伏期	無し	◎	◎	○	△	△								
	II	進展期	水分の滲出、スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウト		△	△	△	△	○							
	III	加速期	水分の滲出、スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、骨材露出、剥落				△	△	◎							
	IV	劣化期	水分の滲出、スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、剥落、鉄筋露出				△	△	◎			○	◎	○		
アルカリシリカ反応	I	潜伏期	無し	◎	○	○	△						△	△		
	II	進展期	ひび割れ、変色、ゲル滲出				△	△					△	△		
	III	加速期	ひび割れ、錆汁				△	△	◎				△	△		
	IV	劣化期	錆汁、段差・ずれ、剥離・剥落、鉄筋の損傷、変位・変形				△	△					◎	◎	○	
化学的腐食	I	潜伏期	無し	◎			○									
	II	進展期	ひび割れ、表面劣化				◎	△	○							
	III	加速期	ひび割れ、断面欠損、粗骨材露出・剥離				◎	△	◎							
	IV	劣化期	ひび割れ、断面欠損、鉄筋断面減少、変形・たわみ				◎	△	◎			◎	◎	○		
中性化	I	潜伏期	無し	◎	◎	◎	○			△						
	II	進展期	ひび割れ、錆汁		△	△	◎	○	○	△						
	III	加速期	ひび割れ、剥離・剥落、錆汁				△	△	◎	△						
	IV	劣化期	ひび割れ、剥離・剥落、錆汁、鉄筋断面欠損、変形・たわみ				△	△	◎	△			○	○	○	
塩害	I	潜伏期	無し	◎	○	○	○	△			○					
	II	進展期	ひび割れ、錆汁				△	△	◎		○	○				
	III	加速期	ひび割れ、剥離・剥落、錆汁				△	△	◎		○	○				
	IV	劣化期	ひび割れ、剥離・剥落、錆汁、鉄筋断面欠損、変形・たわみ				△	△	◎		○	○	◎	◎	○	

◎：主工法として適用可能な工法 ○：主工法について適用可能な工法 △：劣化状況に応じて検討する工法

### 3(2)ウ 外力によるコンクリート部材の損傷に対する対策工法

損傷は、地震動、流下物や重機等の衝突、土圧作用、不同沈下等の外力による変状をさし、コンクリート部材の損傷と目地の損傷に区分される。対策工法は各損傷の特性を踏まえた上で、変状の規模、施工条件等を考慮して選定する。

コンクリート部材の損傷については、変状の規模、施工条件等を踏まえて工法選定する。

#### 【解説】

コンクリート部材の損傷としては、ひび割れ、欠損及び変形等が挙げられる。

損傷による変状（ひび割れ、欠損）に対しては、対象となるコンクリート開水路の力学的安全性（耐荷性）を低下させるものであるか否かを判定し、力学的安全性に影響する場合、対策工法として補強を選定する。

変形や段差、傾倒が生じている場合は、躯体の力学的安全性が損なわれている可能性が高い。基礎地盤の対策の要否も含めてコンクリート部材の補強等の対策工を別途検討する。

力学的安全性に影響しない場合は、変状の規模（ひび割れ幅や欠損面積、欠損深さ等）、構造物の置かれている環境、残存予定供用期間、経済性等を考慮し、対策後に必要な性能が得られるように工法選定する。

欠損等の損傷を対象とした補修は、欠損規模に応じて、図 3.2.3-1 の損傷による欠損に対する対策工法選定例に基づき工法を選定する。

ひび割れの補修は、ひび割れ幅やひび割れの状態に応じて、次頁の損傷によるひび割れに対する対策工法選定例を参考にして工法選定を行う。

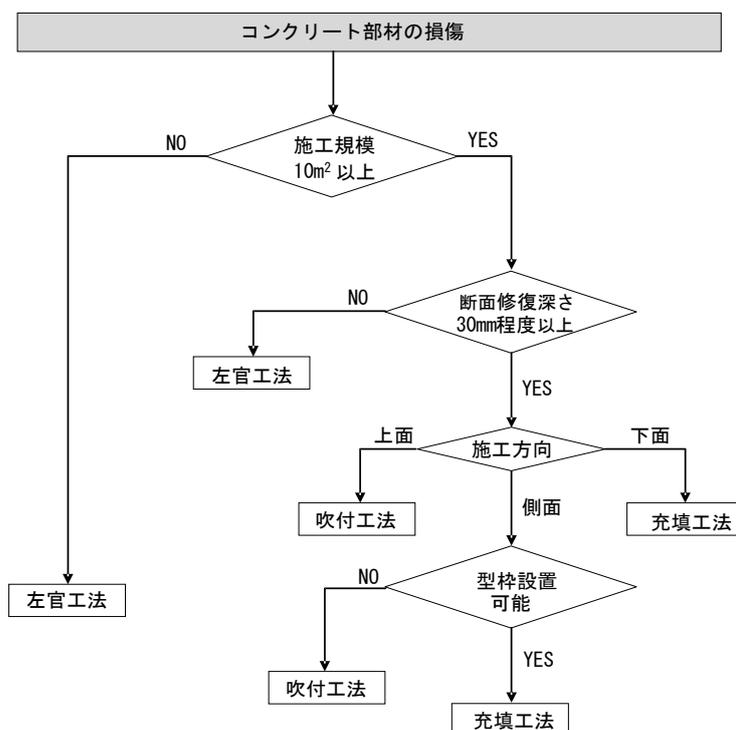


図 3.2.3-1 コンクリート部材の損傷に対する対策工法選定例