

農業水利施設の長寿命化のための手引き

平成27年11月

農林水産省農村振興局整備部設計課

第1章 本書の目的と適用範囲	1-1
1. 1 本書策定の背景及び目的	1-1
1. 2 本書の概要及び適用範囲	1-3
1. 3 用語の定義	1-7
第2章 コンクリート開水路の補修・補強に求められる性能	2-1
2. 1 コンクリート開水路の種類と構造	2-1
2. 2 補修・補強に求められる性能	2-5
2. 2. 1 コンクリート開水路の機能と性能	2-5
2. 2. 2 補修・補強に求められる性能	2-11
第3章 コンクリート開水路の変状と要因	3-1
3. 1 総論	3-1
3. 2 初期欠陥	3-4
3. 2. 1 乾燥収縮ひび割れ	3-4
3. 2. 2 温度ひび割れ	3-7
3. 2. 3 豆板	3-10
3. 2. 4 コールドジョイント	3-11
3. 2. 5 鉄筋のかぶり不足（鉄筋露出）	3-12
3. 3 劣化	3-14
3. 3. 1 摩耗	3-14
3. 3. 2 凍害	3-17
3. 3. 3 アルカリシリカ反応	3-22
3. 3. 4 化学的侵食	3-29
3. 3. 5 中性化	3-31
3. 3. 6 塩害	3-35
3. 4 損傷	3-39
3. 4. 1 コンクリート部の損傷	3-39
3. 4. 2 目地部の損傷	3-41
第4章 長寿命化対策の検討のための情報収集・整理	4-1
4. 1 基本的事項	4-1
4. 2 施設基本条件の整理	4-1
4. 3 詳細調査の目的	4-2
4. 4 詳細調査の手順	4-3
4. 5 共通調査	4-4
4. 6 変状発生要因調査計画の策定	4-7
4. 7 変状発生要因調査	4-8
4. 8 対策範囲設定調査	4-18
4. 9 詳細調査に当たっての留意点	4-19

第5章 長寿命対策の検討	5-1
5. 1 基本的事項	5-1
5. 2 対策方針の検討	5-3
5. 3 対策工法の選定の基本的な考え方	5-11
5. 3. 1 設計・施工条件の整理	5-11
5. 3. 2 対策工法の要求性能	5-13
5. 3. 3 対策工法の種類	5-14
5. 3. 3. 1 補修工法	5-16
5. 3. 3. 2 補強工法	5-19
5. 4 変状種別毎の対策工法の選定	5-20
5. 4. 1 初期欠陥に応じた対策工法の選定	5-20
5. 4. 1. 1 初期ひび割れ	5-21
5. 4. 1. 2 豆板	5-23
5. 4. 1. 3 コールドジョイント	5-24
5. 4. 1. 4 鉄筋のかぶり不足（鉄筋露出）	5-25
5. 4. 2 劣化機構に応じた対策工法の選定	5-26
5. 4. 2. 1 摩耗	5-27
5. 4. 2. 2 凍害	5-31
5. 4. 2. 3 アルカリシリカ反応	5-34
5. 4. 2. 4 化学的侵食	5-37
5. 4. 2. 5 中性化	5-40
5. 4. 2. 6 塩害	5-47
5. 4. 3 損傷に応じた対策工法の選定	5-50
5. 4. 3. 1 コンクリート部の損傷	5-51
5. 4. 3. 2 目地部の損傷	5-53
5. 5 対策工法選定に当たっての留意事項	5-55
5. 5. 1 多様な劣化要因に応じた対策工法選定	5-55
5. 5. 2 現場条件に応じた対策工法選定	5-56
5. 5. 3 その他	5-57

第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリング	6-1
6. 1 基本的事項	6-1
6. 2 基本情報の記録・収集・整理	6-7
6. 3 基本調査	6-9
6. 4 詳細調査	6-22
6. 5 変状要因の究明と再対策の要否判定	6-25

参考資料

- 参考資料① コンクリート開水路の詳細調査手法について …… 参①-1
- 参考資料② コンクリート開水路の長寿命化対策検討例 …… 参②-1

第1章 本書の目的と適用範囲

1. 1 本書策定の背景及び目的

「農業水利施設の長寿命化のための手引き」（以下、「本書」という。）は、既設の農業水利施設の長寿命化のための機能保全対策（以下、「長寿命化対策」という。）を実施するに当たり、自然条件、地域条件や設計・施工条件により異なる施設の性能低下状況を踏まえた上で、最適な材料及び工法を選定するための視点や考え方を具体化することにより施設のライフサイクルコスト（以下、「LCC」という。）の低減に寄与する。それをもって、施設機能の監視・診断、補修・補強を機動的かつ確実に行う新しい戦略的な保全管理を推進していくことを目的としている。

【解説】

（1）背景

農業水利施設を始めとする土地改良施設等は我が国の食料生産に不可欠な基本インフラであり、昭和24年に土地改良法が制定されて以降、大規模な水源開発、頭首工や用排水路、揚水機場・排水機場や管理施設の造成などが本格的に行われ、農業水利施設は32兆円の資産価値（基幹的な施設以外の施設を含めた再建設費ベース）を有している（図1.1-1）。これらの施設は安定的な用水の供給や排水の改良など、農業生産の基盤であるばかりでなく、地下水の涵養や洪水被害の軽減、地域用水として農村の景観を形成し生態系を保全するなど多面的機能を発揮している社会資本である。しかしながら、これらの施設の多くは戦後の食料増産の時代や高度成長期に整備されており、標準耐用年数の超過に伴い、突発事故や経年変化による変状が進行し施設の機能低下が懸念されている。

そのため、財政的な制約も考慮しつつ、これまで以上に効率的な補修・補強、更新に取り組み、将来にわたり、安定的な機能の発揮を図る必要がある。

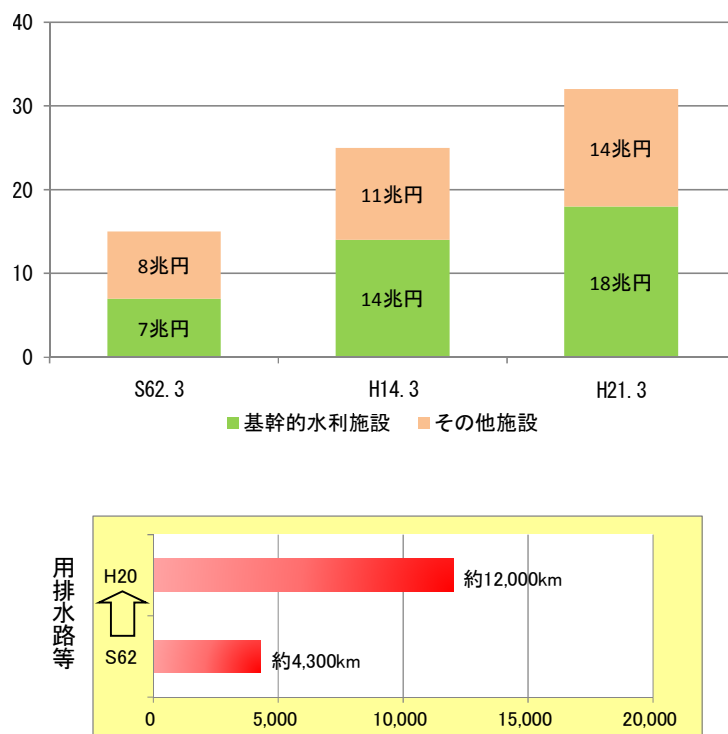


図1.1-1 農業水利施設の資産価値の推移（上）と耐用年数を超過した用排水路等の延長（下）

このことについて、平成 27 年 3 月に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」において構造改革の加速化や国土強靱化に資する農業生産基盤整備の一環として「老朽化等に対応した農業水利施設の持続的な保全管理」が位置付けられ、また、「土地改良長期計画」（平成 24 年 3 月 30 日閣議決定）においても、「農業水利施設の戦略的な保全管理」が明記されたところである。これらの計画に基づき、これまで国や地方公共団体などは、施設の監視・診断等によるリスク管理を行いつつ、施設の性能低下の状況に応じた補修・更新等を計画的に行うことにより、施設の長寿命化、LCC の低減を図る戦略的保全管理の推進に努めているところである。

他方、高度経済成長期等に集中的に整備された土地改良施設が今後一斉に耐用年数を超過していくこととなり、これを適切に保全し、また巨大地震等の大規模災害に備える必要性等から、政府全体的な取組として「国土強靱化政策大綱」（平成 25 年 12 月 17 日）が決定された。さらに、インフラの維持管理・更新等の方向性を示す「インフラ長寿命化基本計画」等が策定される中、農林水産省農村振興局においては、所管するインフラの維持管理・更新等を着実に推進する中期的な取組の方向性を示した「インフラ長寿命化計画（行動計画）」を平成 26 年 8 月に策定し、インフラの長寿命化に向けた取組を更に強力に推進しているところである。

このような状況の中、農業水利施設の機能保全に関する基本的な考え方や現場での実施方法の枠組みなどを取りまとめた「農業水利施設の機能保全の手引き」（平成 19 年 3 月策定、平成 27 年 5 月改訂）を整備し、これを土台に各施設の特徴を踏まえた工種別の機能保全の手引き等を順次整備してきた。

一方、農業水利施設の戦略的保全管理を進める中で、施設の長寿命化対策が増え、かつ多種多様の補修・補強といった対策技術（材料・工法）が開発されていることなどを受け、適切な農業水利施設の長寿命化の実現及び長寿命化対策の品質確保を図るため、最適な材料及び工法の選定や施工管理などの技術的手法の充実を図っていく必要がある。

（２）目 的

本書の目的は、農業水利施設の長寿命化対策を実施するに当たり、自然条件、地域条件や設計・施工条件により異なる施設の性能低下状況を踏まえた上で、最適な材料及び工法を選定するための視点や考え方を示すことである。これによって施設の LCC の適切な低減や、施設機能の監視・診断、補修、補強などを機動的かつ確実に行う新しい戦略的な保全管理の推進を図る。

1. 2 本書の概要及び適用範囲

本書は、農業水利施設のコンクリート開水路を対象に、施設の長寿命化対策の検討のために必要となる情報の収集・整理事項や、対策方針の検討並びに対策工法の選定に関する考え方、また長寿命化対策後の施設のモニタリング調査手法などについて取りまとめている。

コンクリート開水路の長寿命化対策の検討において本書を活用し、施設の性能低下状況等に応じた適切な施設の長寿命化並びにライフサイクルコスト（LCC）の低減を実現する。

【解説】

（１）本書の概要

農業水利施設の長寿命化を適切かつ効率的に実践していくためには、施設の性能低下状況や変状の発生要因、また施設の使用条件・使用環境などを踏まえて、多種多様にある長寿命化対策技術の中から最適な材料・工法を選定することが重要となる。

本書では、農業水利施設のうち賦存量や補修実績が多いコンクリート開水路を対象に、対策方針の検討並びに対策工法の選定に関する考え方や視点、その手法について、長寿命化対策後の施設状態の情報や検討事例を盛り込むなどしてできる限り具体的に示している。

また、最適な材料・工法の選定に関連し、コンクリート開水路の変状発生実態の調査を通じて得られた変状とその要因の特徴を解説するとともに、施設の長寿命化対策の検討のために必要となる情報の収集・整理事項や、長寿命化対策後の施設のモニタリング調査手法などについて取りまとめている。

なお、本書における対策工法の選定に関する事項については、コンクリート開水路の補修工法を対象としている。これは、コンクリート開水路の長寿命化対策の実績や当該分野の研究成果などを踏まえたものである。今後、本書の運用やモニタリング調査などを通じた技術情報の蓄積、及び技術開発・研究の進展状況などを踏まえて、適宜、本書の見直しや内容の充実化を図っていく。本書の構成を図1.2-1に示す。

農業水利施設の長寿命化のための手引き	
第1章	本書の目的と適用範囲
第2章	コンクリート開水路の補修・補強に求められる性能
第3章	コンクリート開水路の変状と要因
第4章	長寿命化対策の検討のための情報収集・整理
第5章	長寿命化対策の検討
第6章	長寿命化対策後の施設のモニタリング
参考資料	コンクリート開水路の詳細調査方法について コンクリート開水路の長寿命化対策検討例

図 1.2-1 本書の構成

本書については、農業水利施設のストックマネジメントの基本サイクル（図 1.2-2）の各プロセスのうち、機能保全計画や施設長寿命化計画の策定並びに計画見直しに係る対策工法の検討時、及び長寿命化対策工事に係る実施設計段階などに適用するものとする。実施設計段階とは、対策工事の設計・施工のために必要となる施設状態や施設使用環境などの施設情報の把握と、それに応じた対策の要否判定や対策方針・範囲の検討、及び対策工法の選定などをいう。

①日常管理
(施設監視)※1

②機能診断

③機能保全計画の策定、
施設長寿命化計画の策定
※工法選定時に適用可能

④施設監視※2

⑤対策工事
実施設計
補修/補強/更新
モニタリング

⑥データの蓄積

← 対策の必要がある場合
← 当面对策の必要がない場合
本書の適用段階

※2 機能保全計画の制度を高め、適期に対策工事を実施するために継続的に行う施設監視

1-4

ストックマネジメントのサイクルの各プロセスにおける本書及び他図書との関連性を図1.2-3及び表1.2-1に示す。

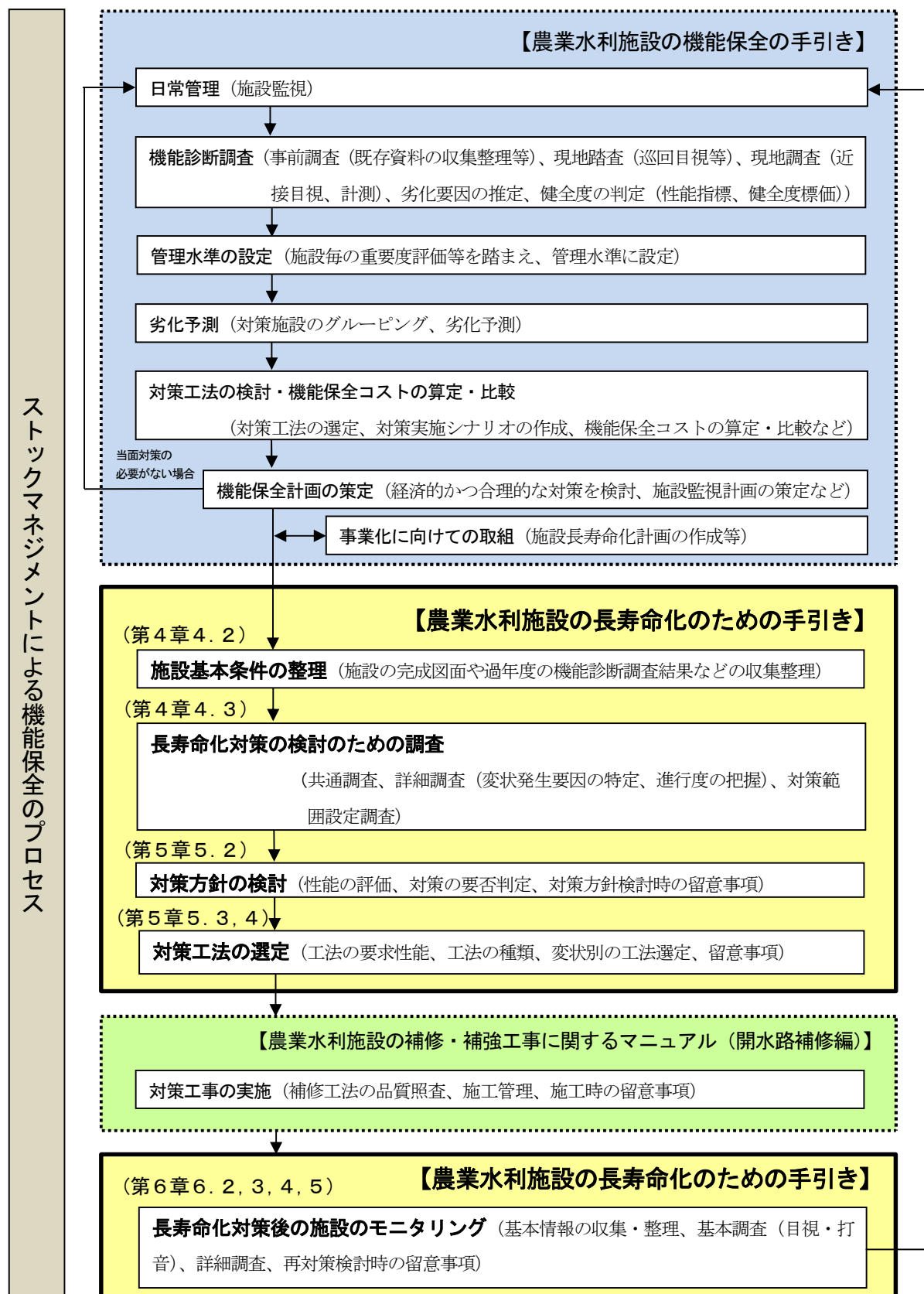


図1.2-3 スtockマネジメントによる機能保全のプロセスと関連図書（コンクリート開水路）

表 1.2-1 スtockマネジメントに関する技術図書一覧

技術図書 ストックマネジメントのプロセス		機能保全の手引き(総論編) ¹⁾	機能保全の手引き(工種別編) ²⁾	長寿命化のための手引き	補修・補強工事に関するマニュアル(開水路補修編) ³⁾	農業水利施設減災管理手引き ⁴⁾
主な適用場面		計画段階	計画段階	対策工事実施段階	対策工事実施段階	管理段階
日常管理・施設監視		○	△			○
ストックマネジメントの概要や変状の特徴 (変状の特徴、性能管理、性能指標、性能低下の概要等)		△	○	○ 初期欠陥、損傷、劣化の各変状の概要		
機能診断調査・評価 (劣化要因推定、現地調査、健全度評価等)		△ 鉄筋コンクリート	○			
機能保全計画策定 施設長寿命化計画策定	劣化予測	△	○			
	対策検討	△	△	○		
	コスト算定・比較 計画策定	△	○			
実施設計	変状程度や要因特定のための補足調査 対策要否判定			○ 補足調査 対策要否判定		
	工法選定 水理設計 構造設計			○ 変状や要因毎の材料 工法選定手法等	△ 工法種類、特徴、要求性能、性能照査	
対策工事	品質管理 施工管理 出来形管理				○ 品質照査、施工、品質・施工管理等	
	対策工法評価 (モニタリング調査)			○		
警戒時・災害時の対応						○

【凡例】○：具体的な手法等について記載 △：基本的概念や留意事項等について記載

¹⁾ 農業水利施設の機能保全の手引き 平成 19 年 3 月制定、平成 27 年 5 月改訂

²⁾ 農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」平成 21 年 5 月制定

農業水利施設の機能保全の手引き「開水路編」、「頭首工」、「頭首工（ゲート設備）」平成 22 年 6 月制定

農業水利施設の機能保全の手引き「水路トンネル」平成 24 年 4 月制定

農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゴム堰）」、「ポンプ場（ポンプ設備）」、「除塵設備」平成 25 年 4 月制定

農業水利施設の機能保全の手引き「電気設備」、「水管理制御設備」平成 25 年 5 月制定

³⁾ 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】 平成 25 年 10 月制定、平成 27 年 4 月改正

⁴⁾ 農業水利施設減災管理手引き 平成 26 年 3 月制定

※上記表に記載されていない内容について農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル（平成 19 年 4 月策定）に記載されている場合は、当面の間、これを参考としてもよい。

1. 3 用語の定義

本書で使用している各用語の定義を以下に示す。

機能保全	：全施設又は施設系の機能が失われたり、性能が低下することを抑制又は回復すること。 ¹⁾
機能保全計画	：性能指標や健全度指標について管理水準を定め、それを維持するための中長期的な手法を取りまとめたもの。 ¹⁾
機能保全対策	：機能保全計画に基づく工事等のこと。 ¹⁾
長寿命化	：施設の機能診断に基づく機能保全対策により残存の耐用年数を延伸する行為。 ¹⁾
施設長寿命化計画	：施設の機能診断を行い、当該機能診断の結果に基づき、施設の機能の保全を図り、長寿命化に資する事項を定めた施設の長寿命化に関する計画
施設管理者	：施設造成者から管理委託や譲与を受けた農業水利施設を管理する者。 ¹⁾
施設造成者	：当該農業水利施設を造成した者。 ¹⁾
長寿命化対策	：施設の長寿命化のための機能保全対策。
施設の機能	：施設の設置目的又は要求に応じて施設が果たすべき役割、働きのこと。 ¹⁾
施設の性能	：施設が果たす役割（施設の機能）を遂行する能力のこと。 ¹⁾
性能低下	：経時的に施設の性能が低下すること。 ¹⁾
要求性能	：施設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。 ¹⁾
変状	：初期欠陥、損傷、劣化を合わせたもの。 ¹⁾
初期欠陥	：施設の計画・設計・施工に起因する欠陥。 ¹⁾
劣化機構	：劣化は摩耗、凍害、アルカリシリカ反応、化学的侵食、中性化、塩害に大別され、これらを劣化機構と称す。
劣化	：立地や気象条件、使用状況（流水による侵食等）等に起因し、時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材・構造等の変化。 ¹⁾
損傷	：偶発的な外力に起因する欠陥。 ¹⁾
再劣化	：長寿命化対策後の施設の劣化。
補修	：主に施設の耐久性、水密性、通水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。 ¹⁾
改修	：失われた機能を補い、又は新たな機能を追加すること。 ¹⁾
更新	：施設又は設備を撤去し新しく置き換えること。なお、施設系全体を対象とした場合は、施設系を構成する全施設を更新する場合だけではなく、補修、補強等を包括して行うことも更新という。 ¹⁾
再対策	：長寿命化対策後の施設に対して行う補修・補強・改修・更新の各行為。

維持管理：構造物の供用期間において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための全ての行為。²⁾

ライフサイクルコスト (LCC)：施設の建設に要する経費に、供用期間中の運転、補修等の維持管理に要する経費及び廃棄に要する経費を合計した金額。¹⁾

機能保全コスト：施設を供用し、機能を要求する性能水準以上に保全するために必要となる建設工事費、補修・補強費等の経費の総額。¹⁾

供用年数：施設を供用する年数。¹⁾

予定供用期間：構造物を供用する予定の期間。²⁾

残存予定供用期間：点検時や検討時等から予定供用期間終了時までの期間。²⁾

残存設計耐用期間：点検時や検討時等から設計耐用期間終了時までの期間。²⁾

設計耐用期間：設計時において、構造物又は部材が、その目的とする機能を十分果たさなければならないと規定した期間。²⁾

耐用年数（耐用期間）：施設の水利性能、水理性能、構造性能が低下することなどにより、必要とされる機能が果たせなくなり、当該施設が供用できなくなるまでの期間として期待できる年数。¹⁾

標準耐用年数：「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数について（昭和 60 年 7 月 1 日 60 構造 C 第 690 号）」で示されている施設区分、構造物区分毎の設計時に規定した供用目標年数。¹⁾

性能設計（性能照査型設計法）：構造物の設計耐用期間において、規定された性能を確保する設計手法で、この設計法を用いた場合には、その構造物に要求された性能が所定の期間において確保されることを照査することが必要である。より具体的には、構造物の目的とそれを達成するために必要とされる性能を規定し、規定された性能を構造物の設計耐用期間中確保する設計法。

用語の定義及び用語の解説 参考文献

1) 農業農村整備部会技術小委員会：平成 27 年 5 月制定 農業水利施設の機能保全の手引き

2) 土木学会：2013 年制定 コンクリート標準示方書 【維持管理編】

第2章 コンクリート開水路の補修・補強に求められる性能

2. 1 コンクリート開水路の種類と構造

開水路は、農業用水及び農用地などからの排水の流送を主目的として設置する水路施設の中で自由水面を持つ水路であり、その構造材料や安定性から「鉄筋コンクリート開水路」、「無筋コンクリート開水路」、「その他開水路」に大別される。

本書では、その中の「コンクリート開水路」における長寿命化対策について解説しており、「鉄筋コンクリート開水路」、「無筋コンクリート開水路」を対象とする。

また、対策工法の検討に当たっては、コンクリート開水路の多様な使用条件や構造条件、及び変状形態を踏まえた上で工法選定する必要がある。

【解説】

開水路は、図 2. 1-1 に示すように、構造材料や安定性から、擁壁型水路、ライニング水路及び無ライニング水路に大別される。

本書では、その構造材料や安定性に着目し、擁壁型水路のうち鉄筋コンクリート現場打ち水路(フルーム)や鉄筋コンクリート二次製品水路(フリューム)と言った鉄筋コンクリート構造の水路を「鉄筋コンクリート開水路」、コンクリート擁壁水路(重力式、もたれ式)と言った無筋コンクリート構造の水路を「無筋コンクリート開水路」として分類し、これら施設の長寿命化対策の考え方等について解説する。なお、それ以外の擁壁型水路、ライニング水路及び無ライニング水路については「その他開水路」として分類する。

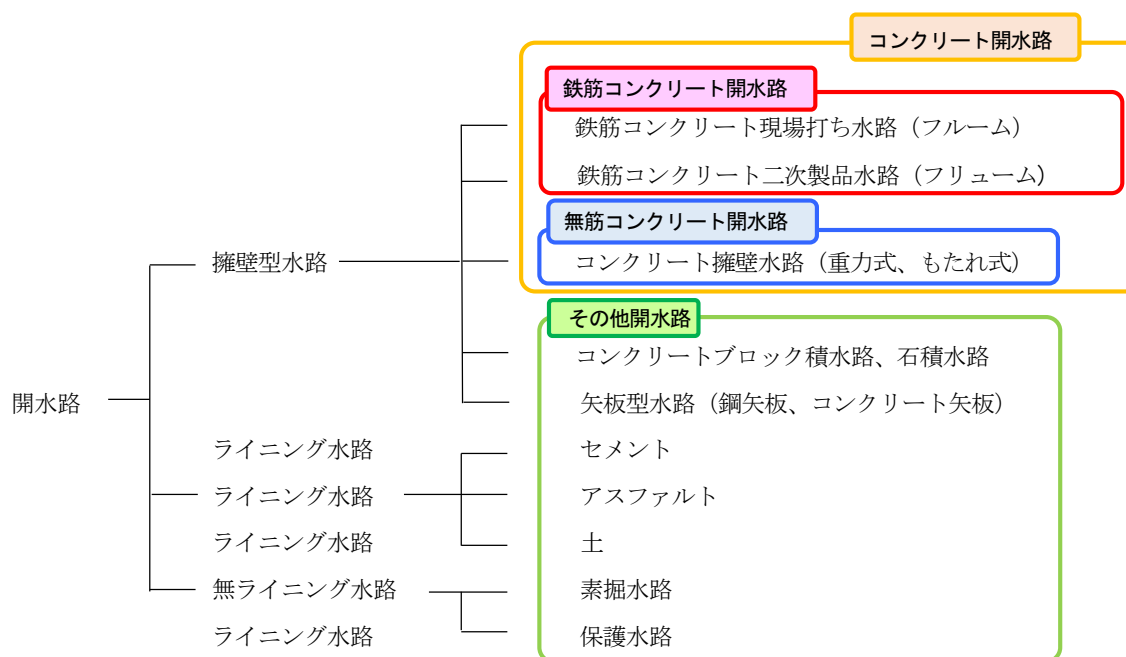


図 2. 1-1 開水路の構造的分類

※構造的分類の詳細は土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「水路工」平成 26 年 3 月

P. 422 を参照

(1)「鉄筋コンクリート開水路」

「鉄筋コンクリート開水路」の代表的な構造であるフリューム水路は、水路側壁と底版が構造的に一体となって土圧、水圧などの荷重を支持する形式の水路である。一方、鉄筋コンクリート二次製品水路は、規定の設計諸元に基づき、工場等で製造された単体、又は工場製品部材をコンクリート材料等で接合するか、あるいは組み合わせたものである。表 2.1-1 に、農業水利施設として利用頻度の高い主な鉄筋コンクリート二次製品水路を示す。

表 2.1-1 鉄筋コンクリート二次製品水路の種類

種 類	規 格
鉄筋コンクリートベンチフリューム (通称：ベンチフリューム)	JIS A 5318
鉄筋コンクリートフリューム (通称：U字フリューム)	JIS A 5318
鉄筋コンクリート排水フリューム (通称：排水フリューム)	—
鉄筋コンクリート大型フリューム (通称：大型フリューム)	農業土木事業協会規格
鉄筋コンクリート水路用L形 (通称：L形ブロック)	農業土木事業協会規格

(2)「無筋コンクリート開水路」

「無筋コンクリート開水路」を代表する水路形式としては、重力式擁壁水路やもたれ式擁壁水路が挙げられる。

表 2.1-2 「無筋コンクリート開水路」の概要

分 類	安定機構	形 式	概 要
無筋コンクリート 開水路	自立式	重力式擁壁	無筋コンクリート構造で、自重によって土圧に抵抗する形式。壁高が2～3m程度までの排水路及び用排兼用水路に用いられる。転倒や基礎地盤の沈下に留意する必要がある。
	もたれ式	もたれ式擁壁	無筋コンクリート構造で、地山又は裏込め土などに支えられながら自重によって土圧に抵抗する形式。主に切土部に用いられる。

(3) 「その他開水路」

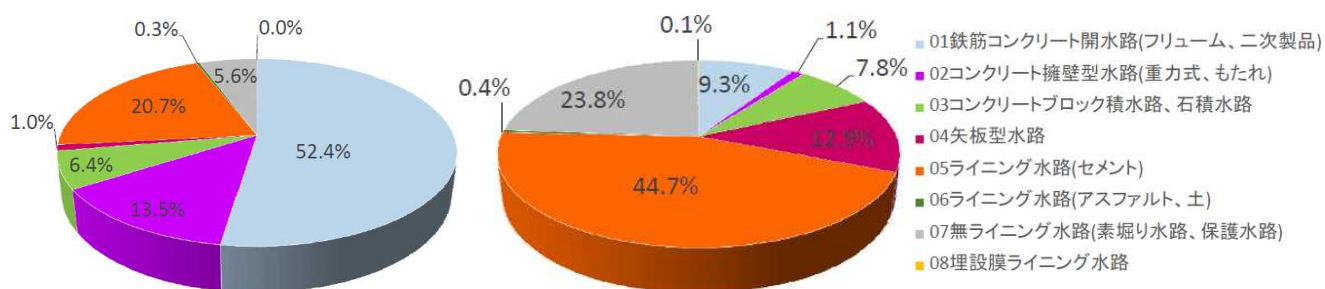
「その他開水路」を代表する水路形式としては、矢板型水路、コンクリートブロック積水路、石積水路、ライニング水路などが挙げられる。

表 2.1-3 「その他開水路」の概要

分 類	安定機構	形 式	概 要
その他 開水路	自立式	矢板型水路	矢板や親杭の根入れ地盤の受働抵抗と矢板の曲げ剛性によって土圧に抵抗する形式。矢板の種類には鋼矢板、コンクリート矢板などがあり、主に水路護岸としては、鋼矢板及びコンクリート矢板が用いられている。
	もたれ式	コンクリート ブロック積水路 石積水路	コンクリートブロックあるいは間知石を積み重ねた構造。ブロック接合部が構造的な弱点であり、変形部位が他の部位に拡大することもある。主に練積みは用水路に、空積みは排水路や環境に配慮した水路に用いられる。側壁高は練積みの場合 5m、空積みの場合 3m 程度以下の規模が一般的である。
	基礎地盤等の安定性に 基づく	ライニング水路	コンクリートブロックやセメントなどの材料によって水路表面をライニングしたもので、水路の安定性は法面及び基礎地盤の安定に基づく構造である。法面勾配は 1:1～1:1.5 の範囲が多く、侵食に対する抵抗や水理条件の向上に適する。
		無ライニング水路	自然地盤を掘削するか又は堤防を盛立てただけの素掘水路と、内面通水部分を芝、安定剤、敷砂利などで保護した保護水路がある。

【 コラム ～開水路形式と延長～ 】

農業水利ストック情報データベースに登録（平成 26 年 9 月時点）されている開水路の施設延長は、約 7,422km である。このうち、用水・用排水兼用施設では、鉄筋コンクリート構造とコンクリート擁壁構造（重力式、もたれ式）が約 66%を占める。一方、排水施設では、無ライニング（素掘り等）構造とセメント系ライニング構造が約 69%を占める。本手引きで扱うコンクリート水路の、鉄筋コンクリート構造とコンクリート擁壁構造（重力式、もたれ式）は、用水・用排水兼用施設の主要な構造となっている。

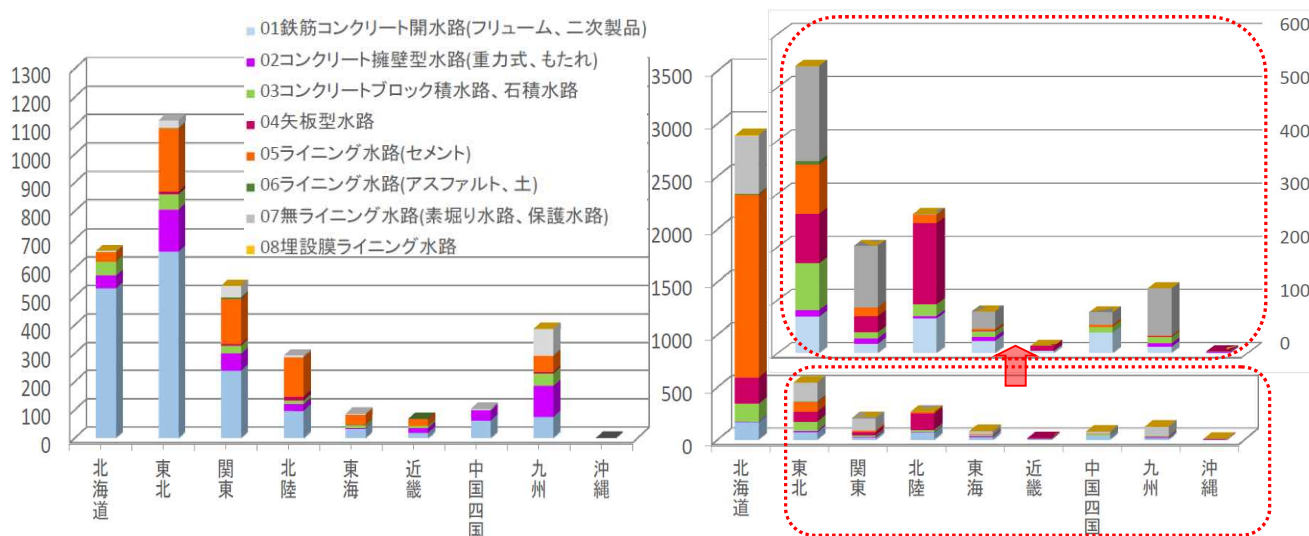


【用水・用排水兼用施設: 約 3,242km】

【排水施設: 約 4,180km】

図 2.1-2 開水路形式の割合

次に地域性をみると、用水・用排水兼用施設では、北海道・東北局において鉄筋コンクリート構造が大半を占め、その他の局において鉄筋コンクリート構造、コンクリート擁壁構造、セメント系ライニング構造が三分している状態である。一方、排水施設では、北海道局においてセメント系ライニング構造が大半を占めるが、他局においては様々な構造が採用されており、関東局・九州局では無ライニング構造が多く、北陸局では矢板構造が多い傾向がある。



【用水・用排水兼用施設: 約 3,242km】

【排水施設: 約 4,180km】

図 2.1-3 開水路形式の地域性

2. 2 補修・補強に求められる性能

2. 2. 1 コンクリート開水路の機能と性能

開水路は、農業用水及び農用地などの配水又は用排水を流送する機能を有し、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。また、これらの機能のほかに、安全性・信頼性などといった社会的機能がある。

【解説】

(1) コンクリート開水路の機能と性能²⁾

開水路は、農業用水及び農用地などからの排水を流送する機能を有し、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。これらの機能は重層的に構成されており、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、これらの機能のほかに、自然災害や施設劣化などによる事故時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・信頼性などといった社会的機能がある。

コンクリート開水路の機能と性能の種類を表 2. 2-1 に示す。

表 2. 2-1 コンクリート開水路の機能と性能の種類例

機 能		性 能 の 例	指 標 の 例
本 来 的 機 能	水利用機能	送配水性	送配水効率、用水到達時間
		配水弾力性	自由度、調整容量
		保守管理・保全性	保守管理頻度（費用）、容易性
	水理機能	通水性	通水量、漏水量、表面抵抗の大小、水位
		水位制御性	水位・流量の制御
		分水制御性	分水量・水位の制御
	構造機能	水理的安全性	変形量、断面破壊に対する安全性
		耐久性	ひび割れ幅、摩耗量、鉄筋腐食量、目地間隔
		安定性	不同沈下、周辺地盤の沈下や陥没
社会的機能		安全性・信頼性	漏水・破損事故履歴（率・件数）、補修履歴、耐震性
		経済性	建設費、維持管理経費
		環境性	景観、親水性、歴史的価値、自然環境、生物生息の有無

²⁾ 「農業水利施設の機能保全の手引き」平成27年5月（食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会）P19及び「農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」」平成22年6月（食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会）P8を参考

（２）性能低下の種類及び要因

コンクリート開水路の変状や劣化、及びその要因は、施設の設置条件、設計条件、水路形式毎に異なることに留意する。詳細については、「第３章 コンクリート開水路の変状と要因」で解説する。以下に機能毎の性能低下の特徴などについて解説する。

１）水利用機能の性能低下と要因

水利用機能は、供給者である施設管理者が用水を送配水し、受給者である農家がその用水を利用するための性能であり、性能低下は、①均等に分水されない、②計画のとりの用配水（量、圧力など）が確保できない、③システムの操作・管理に不具合がある、④施設故障が頻発し、信頼性が低下してきているなど、計画のとりに送配水や水利用ができない現象として現れる。

構造機能の低下を及ぼす不同沈下やひび割れなどの変状は、その発生規模が大きい場合、水利用機能及び水理機能の低下につながる。そのため、構造機能の低下に着目する必要がある。

なお、性能低下の要因として、管理者（供給者）や農家（受給者）の水利用機能への要求の変化（施設造成当初の整備水準と異なる水需給要求など）も考えられるが、本書では、「現況施設の機能保全」の観点から性能低下の対象とはしない。

２）水理機能の性能低下と要因

水理機能は、用水を流送する水理学的な性能であり、性能低下は、①用水を安全かつ確実に流送できない、②側壁から溢水することがある、③計画のとりに水位や分水が制御できない、④貯留容量が低下したなど、計画のとりの水理学的な用水流送、配分、貯留ができない現象として現れる。

性能低下の要因は、摩耗等の施設の老朽化に伴う粗度の悪化やゴミ・堆砂による通水阻害など、構造機能の低下や維持管理の不良に起因する場合が多い。

３）構造機能の性能低下と要因

構造機能は、水利用機能及び水理機能を確保するための水利構造物の通水断面を保持する性能であり、性能低下は、①たわみ・変形・沈下・浮上、②継目損傷、③ひび割れ、④骨材露出、⑤その他の変状（剥離・剥落、変色、析出物（エフロレッセンス）漏水、錆汁、鉄筋露出など）として現れる（図 2.2-1、写真 2.2-1～2.2-8 を参照）。

性能低下の要因は、①不適切な設計・施工による初期欠陥、②摩耗、中性化、塩害、凍害、化学的侵食、アルカリシリカ反応、疲労などの劣化、③地震や衝突などの短期の過大な荷重などによる損傷である。

開水路における変状の事例及びその要因について、表 2.2-2 に示す。

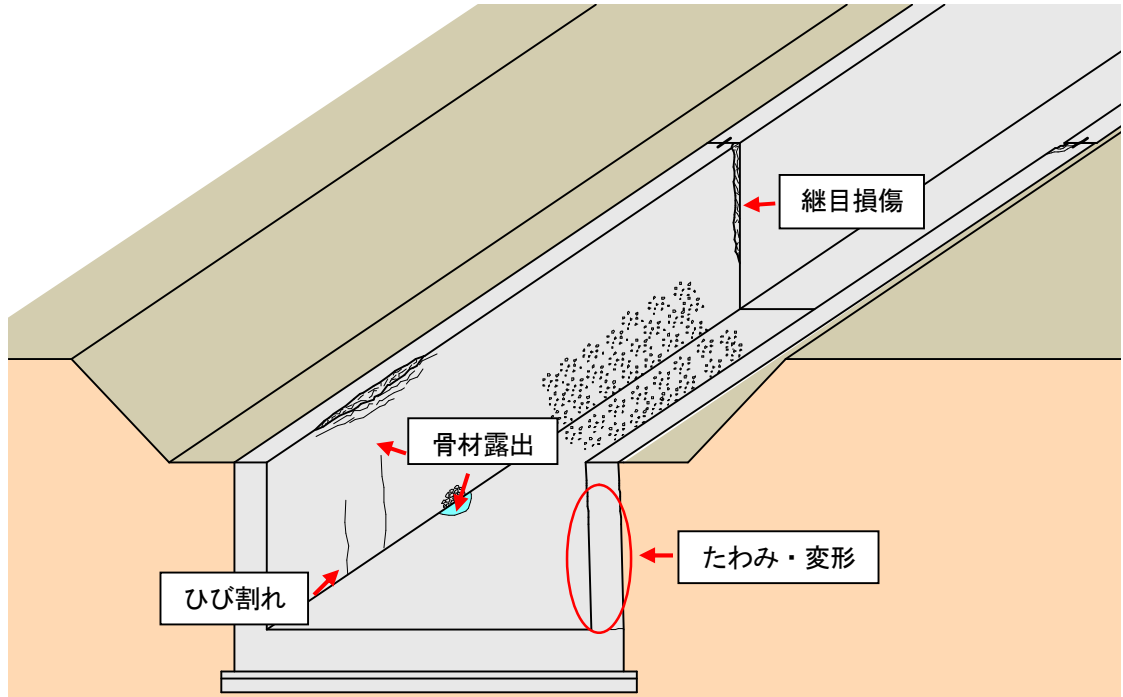


図 2.2-1 開水路の変状発生例

①たわみ・変形・沈下・浮上

たわみは、主に部材の曲げ変形を意味する。水路の使用に支障を来たすような過大なたわみが確認された場合、劣化などによる部材の耐荷力の減少と、過大な荷重が作用し続けているかどうかなどを明らかにし、たわみが進行性である場合は早急に対処する必要がある。

開水路では、側壁背面の土圧、凍上圧などによる過荷重により側壁にたわみが発生する場合がある。また、サイドドレーン、ウィープホールなどの排水能力が低下すると地下水位の上昇により過大な揚圧力が発生し、一部区間での浮上、底版のたわみ・変形、側壁の倒れこみが発生する場合がある。さらに、地盤の圧密沈下などにより、水路の一部区間の傾斜、沈下などが発生する場合がある。

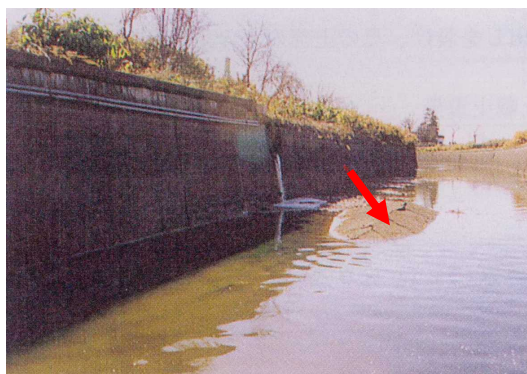


図 2.2-2 開水路底版
(揚圧力による損傷)



図 2.2-3 開水路側壁
(凍上圧に対する補強対策)

②継目損傷

継目損傷は、不同沈下、気温変化による水路スパンの伸縮などの変形が継ぎ目部に集中し、止水板やその周辺コンクリートが損傷する。また、目地材の劣化により、止水機能が低下する変状である。

継目損傷により漏水が発生し、その漏水が周辺地盤を緩め、不同沈下を助長し、更に継目損傷、漏水が進展することがあるため、被害が拡大しないように早急な対策が必要となる。



図 2.2-4 開水路側壁
(継目からの漏水)

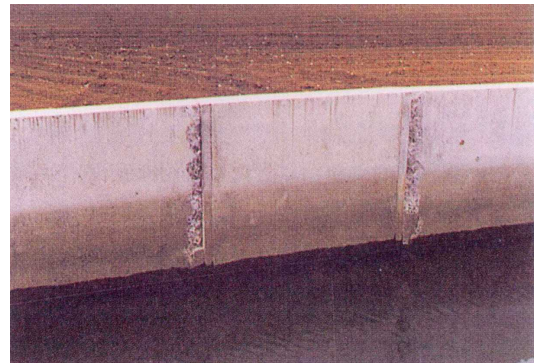


図 2.2-5 開水路側壁
(膨張による継目周辺の破損)

③ひび割れ

ひび割れは、コンクリートの配合、施工、構造物の使用状況・環境・構造、構造物に作用する外力などの様々な条件により発生する変状である。

鉄筋コンクリート構造物の場合、ひび割れが発生すると、ひび割れを通じて二酸化炭素、酸素、水などの劣化因子がコンクリート内部に侵入することで鉄筋が腐食し易くなり、構造物の力学的安全性、耐久性を低下させる。また、劣化の進行でひび割れの密度が多くなると、コンクリート自体の組織が緩み、強度低下を生じ、放置しておくと部材の力学的安全性を急激に低下させるおそれがある。



図 2.2-6 開水路側壁
(凍害によるひび割れ)



図 2.2-7 水路橋
(せん断力によるひび割れ)

④骨材露出

骨材露出は、すり減り等の摩耗、不適切な施工（豆板、コンクリートの品質不良）、化学的侵食によるモルタル分の溶脱により発生する変状である。

骨材露出により、粗度係数が増大することで、流下能力が低下する。また、鉄筋コンクリート構造物の場合、摩耗などにより部材の厚さが減少すると耐力の低下や鉄筋かぶりの減少により鉄筋腐食に対する耐久性が低下する場合があるので注意が必要である。



図 2.2-8 開水路側壁
(摩耗による骨材露出)



図 2.2-9 開水路側壁
(豆板)

表 2.2-2 開水路における変状例とその要因

変状例	変状の要因
コンクリートのひび割れ等の変状	・二酸化炭素の侵入に起因した中性化、及び塩害による鉄筋錆の発生やコンクリートの剥離 ・凍結融解による側壁天端、打継目付近のコンクリートの劣化 ・局所洗掘やコンクリート締固め不足、材料分離などによる摩耗の進行 ・温度変化、乾燥収縮によるひび割れの発生（誘発目地の不足や発生ひび割れの放置） ・材料分離、締固め不足による豆板 ・打継ぎ処理不足によるコールドジョイント
不同沈下、目地損傷、止水板破損	・基礎地盤の支持力不足 ・半切り半盛り部では、盛土部の圧密沈下（施工上の不備及び基礎の不良） ・目地部のズレから止水板破断により漏水が生じ、これが基礎部に水みちを形成し、土砂粒子の流失から不同沈下を助長 ・不適切な打継目及び目地の設計・施工 ・不同沈下時に対応できる目地でないため、スパン間でのズレが生じる。 ・地震動、地盤の液状化
側壁、底版のたわみ・変形	・基礎地盤の支持力不足 ・凍上圧、背面地山の地すべりなど過大な荷重が作用 ・盛土、建築物による人為的な荷重の増加 ・コンクリートの各種変状による部材強度の低下 ・施工時の打継目処理不良 ・サイドドレーン、アンダードレーン、ウィープホールの目詰まりによる地下水位の上昇 ・地震動、地盤の液状化

4) 社会的機能の性能低下と要因

社会的機能に関する性能項目には、施設の漏水、破損事故の発生による周辺に人的被害や物的被害を与えないための漏水・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、補修費などを指標とする“経済性”、及び、施設が有する景観、親水性などを指標とする“環境性”がある。

社会的機能の低下とは、①突発事故が増加すること、②かぶりコンクリートの剥落等による第三者被害の増加の可能性が高くなること、③対策費用の増加、④施設の汚れや劣化による錆汁、ひび割れなどの発生に伴う景観や美観、親水性が悪化することなどを意味する。

社会的機能の低下の影響については、施設の劣化や自然災害などにより、施設の崩壊や突発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（リスク）を勘案し、住宅や道路、鉄道などの公共施設等の立地条件といった要素を考慮して評価する必要がある。また、社会情勢や施設周辺環境の変化などを踏まえた耐震化対策についても考慮する必要がある。

社会的機能については、施設毎に施設造成者や施設管理者を始め、農家や地域住民などの関係者とその必要性能や低下状況などについて確認、共有しておくことが重要である。

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（平成 27 年 5 月）にて解説されているため、参照願いたい。

2. 2. 2 補修・補強に求められる性能

コンクリート開水路に要求される性能の低下を補修や補強などの長寿命化対策により回復又は向上させるためには、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して、要求性能を満たす必要がある。その上で、その性能を満たした材料・工法を選定する。

【解説】

要求性能とは、施設や対策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をいう。

コンクリート開水路の要求性能には、送配水性、通水性、耐久性、力学的安全性などがある。開水路に生じる変状はその程度に応じて、これらの要求性能に様々な度合いで影響し、性能低下を起こす。

コンクリート開水路へ補修や補強などの長寿命化対策を適用する主な目的は、施設に生じる可能性がある、若しくは現に生じている性能低下要因の抑制又は遮断することによって施設の耐久性や水密性を回復又は向上させたり、更に耐荷力不足や変形構造の改善などによって施設の力学的安全性の回復又は向上させることである。なお、コンクリート開水路の機能は重層的に構成されており、構造機能を回復又は向上すると、それに関連して水利用機能や水理機能も改善される関係にある。

このため、コンクリート開水路へ長寿命化対策を適用する場合には、施設の性能低下状況や使用環境などを踏まえ、対策後のコンクリート開水路の要求性能を明確にした上で、対策の目的に応じて対策後のコンクリート開水路が少なくとも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。

表 2.2-3 にコンクリート開水路の性能低下に関係する変状とそれに対応した補修・補強対策に求められる事項をまとめた。本書では、補修を対象に材料・工法の選定の考え方などについて第 5 章で解説する。

なお、補修・補強の材料・工法に係る要求性能とその性能が確保されていることを照査するための方法（材料・工法の品質規格値の設定と規格値算定のための試験方法など）については、「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）平成 27 年 4 月」にて解説されているため、これを参照願いたい。

表 2.2-3 コンクリート開水路の性能低下の回復・向上に求められる事項³⁾

機能		性能の例	関係する変状等	補修・補強に求められる事項
本来的機能	水利用機能	送配水性	取水量と需給量の不均一	送配水率、用水到達時間の改善
		配水弾力性	自由度の低下 取水量と需給量の不均一	自由度、調整容量の改善
		保守管理・保全性	保全管理頻度の増	保全管理頻度（費用）、容易性の改善
	水理機能	通水性	流量の減、漏水	通水量、粗度の改善、漏水の遮断・抑制
	構造機能	力学的安全性	過大なひび割れ	ひび割れの補修、耐荷性の回復・向上
			変形	剛性の回復・向上
		耐久性	ひび割れ・浮き・剥離	水分の侵入防止と中性化抑制効果の回復、コンクリート片の脱落防止
			コールドジョイント・豆板	中性化抑制効果を回復し、鉄筋を腐食させない
			摩耗	耐摩耗性の回復、部材厚の回復
			凍害	劣化因子の遮断、凍結融解抵抗性の向上
			アルカリシリカ反応	劣化因子の遮断
			中性化	中性化速度の抑制
			塩害	劣化因子の遮断、鉄筋の防食対策
			化学的侵食	腐食因子の除去、表面被覆
		安定性	不同沈下	基礎地盤支持力の回復
			浮上	揚圧力の低下
社会的機能	安全性・信頼性	安全性・信頼性	震害	目的性能に応じた対策
	環境性	環境性	錆汁	腐食発生要因の除去、仕上げ等による美観の回復
			変色	変色発生要因の除去、仕上げ等による美観の回復

コンクリートのひび割れや剥離といった変状状況が似通ったものとして目視観察される場合であっても、変状要因によって選択すべき補修・補強工法は異なる。例えば、鉄筋腐食によるひび割れとアルカリシリカ反応によるひび割れは、同じひび割れではあるが、全く要因が異なり、このひび割れを補修・補強する方法も別のものとなる。

このように、補修・補強工法の選定に当たっては、変状要因、変状の進行過程及び対策工法の特徴を踏まえて検討することが重要である。

なお、補修・補強対策の目的は、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）」などがある。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。

³⁾「コンクリート診断技術」14（公益社団法人日本コンクリート工学会 2014 年度版） P235 を参考

【 コラム ～ 補修と補強 ～ 】

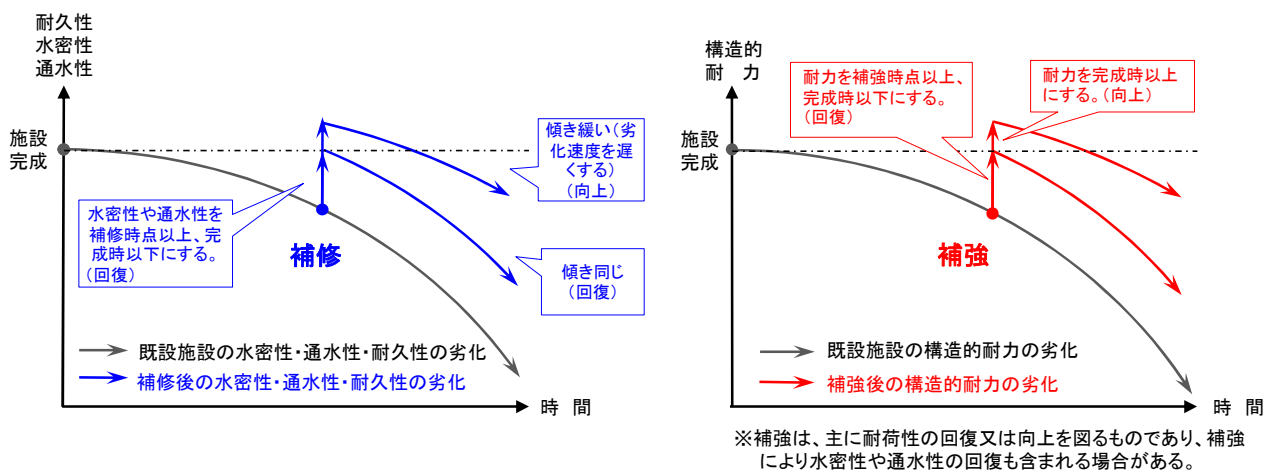
「補修」は主に施設の耐久性や通水性、及び水密性を回復又は向上させることである。

「耐久性」とは、構造物の性能低下の経時変化に対する抵抗性である。「劣化」とは時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材や構造の変化である。「耐久性の回復又は向上」とは、構造物の時間的な性能低下の進行に対する抵抗性を回復又は向上させることであり、性能低下の具体的な指標として中性化や摩耗など部材の劣化を用いて評価することができる。「耐久性の回復又は向上」つまり「補修」は、劣化の進行に対する抵抗性を回復又は向上させる、すなわち劣化の進行を遅らせることと言い換えることができる。また、摩耗等による通水性の低下や目地部からの漏水などによる水密性の低下の回復についても、「補修」として扱う。

一方、「補強」は主に施設の構造的耐力を回復又は向上させることであり、必ずしも耐久性の回復又は向上を伴うものではない。

しかし実際は、耐久性と構造的耐力はお互いに密接に関係しており、一方を向上させれば他方もある程度向上する。よって補修と補強は、「耐久性」と「構造的耐力」のどちらを主に回復又は向上させるか、その目的によって区別される。

つまり、主たる目的が耐久性の回復又は向上であれば「補修」、構造的耐力の回復又は向上であれば「補強」に分類される。補修・補強の概念を図 2. 2-10 に示す。



●補修の例

- ・鉄筋かぶり不足に対する無機系被覆工法による中性化抑止性や耐摩耗性の向上（耐久性の向上）
- ・摩耗による粗度悪化に対するパネル工法による粗度の改善（通水性の回復）
- ・目地部からの漏水に対する目地補修工法による漏水の遮断（水密性の回復）

●補強の例

- ・鉄筋腐食及び断面減少による部材の耐力低下に対する鋼板接着工法による部材曲げ耐力の付加（耐力の回復）
- ・荷重条件の変更に伴う耐力不足に対する増厚工法による変形構造の改善（耐力の向上）

図 2. 2-10 補修・補強の概念

【 補足 ～他分野における補修・補強のイメージ～ 】

コンクリート標準示方書（維持管理編）では、供用開始時の性能を上限とした回復を行うことを補修、供用開始時の性能以上に向上することを補強と定義している。すなわち、補修は耐力の回復も含む概念として整理されている。

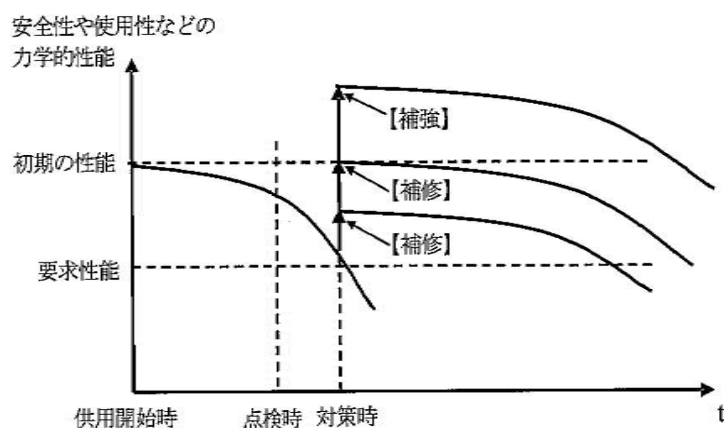


図 2.2-11 補修と補強の概念（コンクリート標準示方書（維持管理編））

【 補足 ～補修・補強の定義と農業水利施設の特性～ 】

国営事業で扱う農業水利施設は比較的規模が大きく、地域の水利システムにおいて社会的に大きな役割を果たすものも多い。

しかし、農業水利施設には規模の小さなものも多く存在し、橋梁、道路トンネルなどの土木構造物と比較して事故等に対する安全性や信頼性などの社会的機能が強く求められないものも多い。

このことは、耐力が低下した構造物に対して改築工事を実施することが比較的容易で補強による対策事例が少ないことにも繋がっており、農業水利施設の特性ともいえる。農業水利施設のストックマネジメントにおける補修と補強の定義は、農業水利施設のこのような特性に合致していると言える。