

第4章 長寿命化対策の検討のための情報収集・整理

4. 1 基本的事項

長寿命化対策の検討のための情報収集・整理においては、農業水利ストックマネジメントを適切に実施するために必要な農業水利施設の要求性能とその性能低下状況、及び変状発生の実態を適切に把握する。

【解説】

適切な長寿命化対策を検討するためには、既存資料に基づく「施設基本条件の整理」と、現地調査による施設の現況の確認（詳細調査）が不可欠である。

このうち、「施設基本条件の整理」については、農業水利ストック情報データベース等を活用し、施設諸元や過年度の機能診断調査データ及び事故歴、補修歴の収集に努めるとともに、施設管理者へのヒアリングなども行う。

一方、詳細調査は、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。

4. 2 施設基本条件の整理

長寿命化対策の検討における基本条件の整理を目的に、施設の基本図面や維持管理履歴・過年度の機能診断結果に関する情報を収集する。また、施設の運用状況について、施設管理者等へのヒアリングを行う。

【解説】

施設基本条件の整理においては、特に以下の事項について確認する。

① 現状における施設性能の過不足

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に過不足が生じていないことを確認する。

② 施設の基本諸元・断面構造

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、現地で実測を行い、図面の復元を行う。

また、施設構築時と調査時点との環境の変化について把握する。例えば、施設背面の切盛土、構造物の有無、施設背面の空洞調査、付近の地下水位の変化などである。

③ 既存の機能診断調査・過年度の長寿命化対策の実施状況

既往の資料の収集・整理、施設管理者へのヒアリングにより、対象開水路の過年度の機能診断調査結果・長寿命化対策の実施状況を把握する。

4. 3 詳細調査の目的

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】

経済的で効果的な長寿命化対策の実施のためには、実施設計段階の施設の状態の把握が重要である。このために必要な詳細調査を以下の観点で実施する。

① 変状発生要因・変状の程度の確認

長寿命化対策を確実に実施するためには、変状発生要因を確定することが重要である。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等を参考に、可能性を整理する。

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分析を行うことが有効である。

例えば、アルカリシリカ反応は、反応性の骨材の産地が一定地域に集中する傾向があることから、「対象施設に亀甲状のひび割れや白色の析出物がひび割れから滲み出ている場合は、その周辺地域でアルカリシリカ反応の生じた事例を調査し、事例が見つければアルカリシリカ反応の調査を検討する。」など周辺情報を調査に活用することが重要である。

② 対策範囲の確定

開水路の変状発生は、施設の立地する環境に依存している。経済的で効果的な長寿命化対策を実施するためには、部位別に変状発生状態を確認し、対策実施範囲を確定する。

③ 施設構造形式等の確認

配筋や鉄筋かぶり、部材厚などの施設の基本諸元が不明な場合には、必要な詳細調査を実施する。

④ 長寿命化対策実施前の状況の記録

長寿命化対策の妥当性の検証や対策後の再劣化の要因検討においては、対策実施前の変状の程度を記録しておくことが重要である。

4. 4 詳細調査の手順

詳細調査には、「共通調査」、「変状発生要因調査」、「対策範囲設定調査」がある。詳細調査は、これらの段階に留意して、対策工実施のために必要な情報収集に努める。

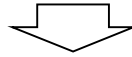
【解説】

詳細調査は、以下に示す段階で実施する。

【共通調査】

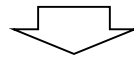
長寿命化対策方針（補修・補強・更新の区分）の検討に資する資料を得るとともに、次段階である「変状発生要因把握のための調査」の調査項目や数量を確定するための調査である。

同時に保全対策前の施設状況の記録調査としても位置付けられる。



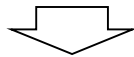
【変状発生要因調査計画の策定】

共通調査の結果に基づき、変状発生要因調査を計画する。



【変状発生要因調査】

共通調査の結果を踏まえ、変状の発生要因を把握するための調査を実施し、変状発生要因・変状の程度を把握する。



【対策範囲設定調査】

変状発生要因を検討後に、対象施設（区間）全体に対して調査を実施し、対策工の実施範囲を設定する。

4. 5 共通調査

共通調査は、「対策方針（補修・補強・更新の区分）の検討に必要な情報の取得」、「変状発生要因調査項目の設定」、「対策実施前の施設状況の記録」の3つを目的として実施する。

【解説】

長寿命化対策の検討段階においては、対象地区の機能診断調査から数年が経過している場合もあるため、施設の状況把握を再度行い、経年変化を相対的に評価するなど、対策の実施方針の検討に資する情報を収集する。

また、長寿命化対策の実施においては、変状発生要因の特定が重要であることから、変状発生要因が不明の場合は、変状発生要因の特定に必要な調査計画を策定するための基礎資料を得るものとする。

更に、長寿命化対策の効果測定やモニタリングのためには、対策実施前の状況を適切に記録しておくことが重要であることから、対策実施前の状況を記録する。

（１）共通調査の実施箇所

共通調査を実施する箇所は、長寿命化対策工法・変状の種類と程度を勘案して実施する。また、実施に当たっては、対策実施後のモニタリング実施位置(第6章)を意識して、設定することが望ましい。

（２）変状発生要因調査項目の設定

- 1) 目視・打音により変状図（三面展開図）を作成し、主要な変状については写真で記録する。
- 2) 対策工に早期劣化が生じた場合に原因究明に資する既設コンクリートの基本的な情報を得るため、コア供試体を採取し、一軸圧縮試験を行う。コア採取は、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」に準じ、配筋状態、部材の厚さ、骨材の大きさなどを勘案して実施する。
- 3) 採取位置は、1 定点当たり側壁・底版でそれぞれ 2～3 供試体を標準とする。なお、コア供試体の採取においては、電磁波レーダ法もしくは電磁誘導法で配筋調査を行い、鉄筋を傷つけないように留意する。
- 4) はつり試験は、中性化、かぶり、鉄筋腐食状態を把握する目的で実施する。はつり試験は、腐食条件（水中・気中）、構造物としての耐荷性に及ぼす影響を勘案して、試験位置を設定する。

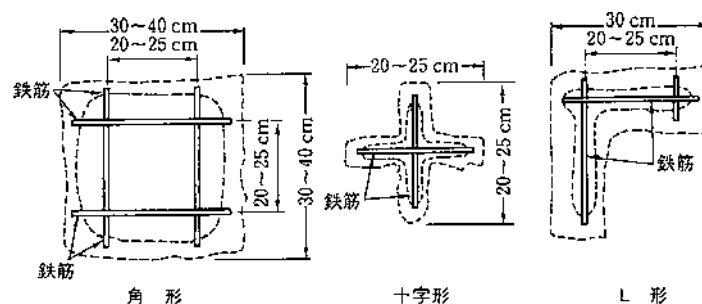


図 4.5-1 コンクリートのはつり方例

- 5) 鉄筋腐食状況の評価に当たっては、表 4.5-1 の目視による鉄筋腐食度の区分、図 4.5-2 の鉄筋の腐食度評価に関する写真を参考にする。また、表 4.5-2 に示すとおり腐食環境と腐食生成物の錆色に関連性があることから、鉄筋の錆色にも留意し、施設の腐食環境（腐食要因）の把握に活かすものとする。

表 4.5-1 目視による鉄筋腐食度の区分

腐食度区分	腐食状態
腐食なし又は(0)	腐食を認めず (施工時の状況を保ち、以降の腐食が認められない)
A 又は(I)	点錆程度の表面的な腐食 (部分的に腐食が認められる.軽微な腐食)
B 又は(II)	全体に表面的な腐食 (表面の大部分が腐食している 部分的に断面が欠損している)
C 又は(III)	浅い孔食等断面欠損の軽微な腐食 (鉄筋の全周にわたり断面の欠損がある)
D 又は(IV)	断面欠損の明らかな著しい腐食 (鉄筋の断面が当初の 2/3~1/2 位欠損している)

※「国土開発技術センター建築物耐久性向上技術普及委員会編による区分」より

※() 中は「日本コンクリート工学会：海洋コンクリート構造物による防食指針（案）による分類」より



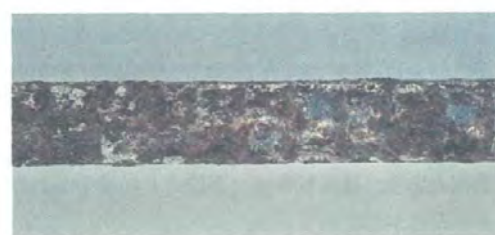
腐食度区分：腐食なし又は0



腐食度区分：A又はI



腐食度区分：B又はII



腐食度区分：C又はIII



腐食度区分：D又はIV

図 4.5-2 鉄筋の腐食度評価に関する参考写真

出典：コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針-2013- (公) 日本コンクリート工学会 P. 35

表 4.5-2 腐食環境と腐食生成物の錆色¹⁾

腐食環境	腐食生成物	錆色
中性化したコンクリート	Fe_3O_4 (magnetite)	黒
	無定形オキシ水酸化鉄	褐色
塩化物を含むコンクリート	Fe_3O_4 (magnetite)	黒
	α - FeOOH (goethite)	黄
	無定形オキシ水酸化鉄	褐色
塩化物を含み、かつ中性化も進行している場合	β - FeOOH (akaganeite)	淡褐色～白
剥離やひび割れによる鉄筋の露出部	γ - FeOOH (lepidocrocite)	橙
	α - FeOOH (goethite)	黄
鉄筋露出でかつ塩化物が共存している場合	β - FeOOH (akaganeite)	淡褐色～白

(3) 変状要因の推定と初期欠陥に対する対応

共通調査においては、第3章に示す「コンクリート開水路の変状と要因」を参考に、変状を観察し、変状要因の推定を行う。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。

一方、初期欠陥（初期ひび割れ、コールドジョイント、豆板、かぶり不足に起因する鉄筋露出）は、施工時もしくは竣工直後に発生する変状であり、進行性はない。しかし、施設の耐久性には影響を与えるため、状態を見極め、変状程度に応じた適切な対応が必要である。

過年度の調査によると、過半数のコンクリート開水路において初期ひび割れが発生している。初期ひび割れには、下図に示すとおり、温度ひび割れ・乾燥収縮ひび割れがあり、いずれも側壁のスパン中央部から等間隔で発生する。（図 4.5-3 を参照）

これらの初期ひび割れの進展性はなく、多くはひび割れ幅 0.4mm 未満である。しかし、初期ひび割れの中で、ひび割れ幅 1.0mm 以上のものは内部鉄筋の腐食や漏水を助長する可能性もある。このため、共通調査において、ひび割れ幅 1.0mm 以上の初期ひび割れが確認された場合、若しくは、ひび割れ幅 1.0mm 未満のひび割れからの多量の錆汁がしみ出ている場合は、ひび割れと内部鉄筋が交わる箇所ではつり調査等を行い、内部鉄筋の腐食の状態を観察するものとする。

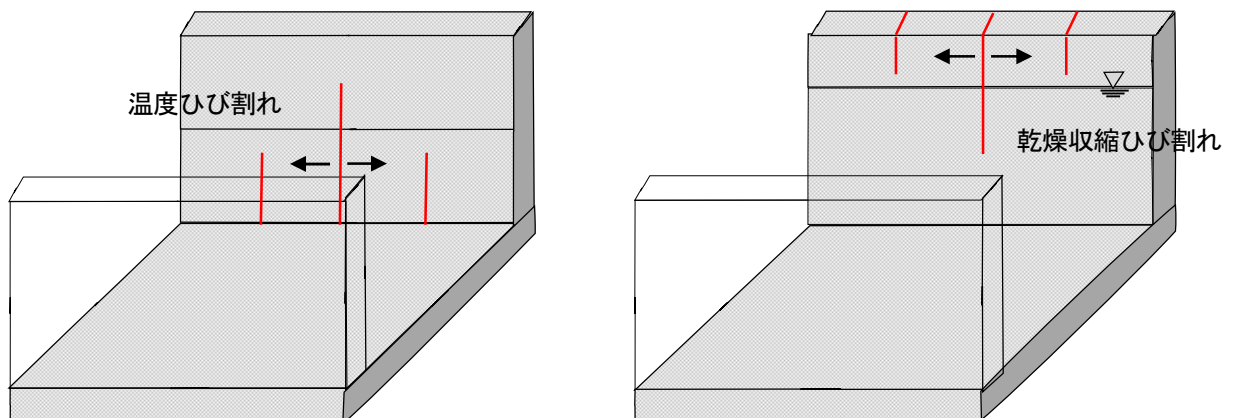


図 4.5-3 初期ひび割れの形態

¹⁾「コンクリート診断技術」14（社団法人日本コンクリート工学会 2014 年度版） P23 を参考

（４）対策方針（補修・補強・更新の区分）の検討に必要な情報の取得

鉄筋コンクリート開水路の詳細調査においては、特に主鉄筋の腐食状態の把握が重要である。前述の鉄筋腐食度の評価表において、C～D（Ⅲ～Ⅳ）の状態の場合は、構造物の耐荷性に課題がある可能性がある。このため、設計図書を確認するとともに、専門家の意見を聞くなどの詳細な検討を行い、耐荷性に問題があると判断された場合は、補強対策等を検討する。

このほか、大きな段差を伴うひび割れや構造物の変形・たわみなどが確認された場合も、同様の検討を行うものとする。

（５）対策実施前の施設状況の記録

対策実施後に再劣化が生じる場合がある。この場合に、「既往コンクリート（母材）の発生変状」、「対策工自体の発生変状」を判断する資料として「対策前の変状の程度の記録」が重要である。

4. 6 変状発生要因調査計画の策定

変状発生要因調査計画は、共通調査に基づき、主な変状発生要因を推定するとともに、変状及びその発生要因に応じた調査項目及び位置などを設定し策定する。

【解説】

凍害、中性化、アルカリシリカ反応、塩害などコンクリートの劣化現象は、表面からの劣化因子の侵入に起因して発生する。このため、変状の発生位置や劣化因子の侵入経路を踏まえて、詳細調査位置を選定し、調査項目を設定する。

（１）変状発生要因調査の実施箇所

変状発生要因調査を実施する箇所は、長寿命化対策工法・変状の種類と程度を勘案し、対象水路において、代表点（１スパン/km）若しくは、変状発生が顕著なスパンにおいて実施する。

4. 7 変状発生要因調査

対策工法の選定においては、変状発生要因の特定、変状の程度の把握が重要である。詳細調査では、変状の種類と発生位置に着目して、変状発生要因を推定し、これを確認するための試験・調査を目的に応じて実施する。

【解説】

共通調査で変状発生要因・変状の程度の確認が必要になった場合は、下表に基づいて変状発生要因調査を実施する。

コンクリート開水路の劣化機構としては、「摩耗」、「凍害」、「アルカリシリカ反応」、「化学的侵食」、「中性化」、「塩害」が挙げられる（第3章参照）。これらの劣化機構はその要因や進行過程が異なり、これらの把握のために必要となる情報が異なるため、これに応じた調査を実施する必要がある。

本項では、各劣化機構に対する要因特定や、進行程度を調査する方法について照会する。

表 4. 7-1 劣化機構に対応した調査手法の例²⁾

点検方法	原 理 試験項目等	劣 化 機 構					
		摩耗	凍害	アルカリシリカ反応	化学的侵食	中性化※1	塩害
はつり試験	中性化深さ 鉄筋腐食状況 鉄筋破断の確認	◎ ◎	○	○ ◎	○ ○	◎ ◎	◎ ◎
採取したコア等の 供試体を用いた試験	コア観察（骨材割れ、反応環、空隙析出物）			◎			
	中性化深さ	◎			○	◎	◎
	圧縮強度・引張強度・弾性係数	◎	○	◎	◎		
	配合推定	○	○	○	○		
	塩化物イオン含有量		○	○	○	○	◎
	アルカリ量分析			◎			
	骨材の反応性（岩種判定、偏光顕微鏡観察）			◎			
	膨張量測定			◎			
	細孔径分布	○	◎	○	◎	○	○
	気泡間隔係数試験（リニアトラバース法）		◎				
	透気（水）性試験	○	○		○	○	○
促進劣化試験	○	○					
コンクリートの 化学組織の試験	熱分析（T G ・ D T A）※2				◎	◎	
	X線回折			○	◎	○	
	E P M A ※3	○		○	○	○	○
	走査型電子顕微鏡（S E M）			○	○		
表面劣化範囲の試験	弾性波法（超音波法、衝撃弾性波法）		◎	◎	◎		
劣化環境調査	開水路の流量観測	○					
	水質・土壌試験（pH、塩分、濁度、濁質）	○			○		○
	凍害危険度算出（気象条件収集・評価）		○				
表面形状計測	表面形状・粗度	◎					

凡例 ◎：劣化程度にかかわらず重要なデータが得られる

○：劣化の程度によっては重要なデータが得られる

無印：参考になることもある

（注）※1：中性化は、コンクリートの中性化による鉄筋腐食を示す

※2：T G（熱重量分析）・D T A（示差熱分析）とも、水和生成物や炭酸化合物等を定性・定量する分析法

※3：電子線マイクロアナライザーの略称。コンクリート中の元素の定性・定量分析を行う。

²⁾「コンクリート診断技術」14（（社）日本コンクリート工学会 2014年度版）P75を参考

(1) 摩耗に対する変状発生要因調査

コンクリート開水路の摩耗は、流水の影響によりコンクリート表面が削れ、鉄筋かぶりの減少や部材の断面欠損、表面凹凸の発生による粗度の悪化が生じる現象である。摩耗は、コンクリート開水路に最も共通してみられる劣化機構である。しかし、流速や土砂の混入によって摩耗速度は異なり、開水路では側壁と底版で摩耗進行が異なる場合もある。摩耗に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

コンクリート表面の摩耗進行の大小は目視で観察可能である。対象路線を踏査し、摩耗の進行状況を把握する。特に、摩耗の要因が特殊と考えられる場合や他地区との比較が必要な場合は、以下の調査を行い、詳細な要因究明を行うことも考えられる。

表 4. 7-2 摩耗に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
既設コンクリート母材の耐摩耗性の把握	・圧縮強度 (JIS A 1107) ・配合推定試験 ・促進摩耗試験	耐摩耗性は、モルタル部の強度、骨材の強度に依存している。摩耗が顕著な箇所についてコンクリート強度や配合推定を行い、既設コンクリートの耐摩耗性を確認する。 また、供試体を採取し促進摩耗試験を行う。
摩耗を促進する環境（水質や流速）の把握	・流速の測定 ・水質の試験	流速や土砂の混入状況によって、摩耗の形態が異なることが指摘されている。流速を計測し、摩耗との関係を整理する。 また、特殊な摩耗の場合は、Ca 成分の溶脱やすりみがきの効果も考えられるため、pH、濁度、濁質についてもモニタリングや調査を検討する。

2) 摩耗の程度の把握及び対策工の検討のための調査

摩耗の進行を把握するとともに、対策工法の検討に資する情報を得るため以下の調査を実施する。

表 4. 7-3 摩耗の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
摩耗による粗度係数の増大の影響の把握	・施設管理者へのヒアリング	施設管理者へのヒアリングで、粗度の悪化による溢水等の悪影響の有無について確認する。
摩耗による表面コンクリートの減少量の把握	・型取りゲージ等によるコンクリート表面の減少量の計測	コンクリート表面の凹凸を「型取りゲージ」・「下げ振り」・「ディプスゲージ」などで計測し、コンクリートの減少量を測定する。
鉄筋かぶりの減少による耐久性の低下の評価	・はつり試験 ・中性化試験 (JIS A 1152)	摩耗の進行により、鉄筋かぶりが減少したことで、内部鉄筋の腐食及び腐食の可能性が増大していないかを確認する。
部材断面減少による耐荷性の低下の評価	・摩耗量と部材厚との比較	出来形(設計)図面と現地確認による側壁、底版の部材厚を確認する。

(2) 凍害に対する変状発生要因調査

凍害は、第3章に示したとおり、部材の隅角部等にスケーリング等の特徴的な変状形態を示す。

凍害の対策は、凍結融解作用で生じた微細ひび割れやスケーリングによって脆弱化した部分を除去した後に、断面修復等の対策を行うこととなる。このため、凍害の対策を検討するに当たっては、凍害の進行によって劣化（脆弱化）した範囲を特定することが重要である。凍害に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

凍害の変状発生形態や変状発生部位は、特徴的であるため、改めて要因究明を行う必要性は小さい。しかし、凍害と特定しがたい場合は以下の要因究明の調査を行う。

表 4.7-4 凍害に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
凍害の影響に関する目視の確認	・ 外観目視試験	外観目視により以下の変状の有無、発生位置を確認する。 1) コンクリート表面の微細ひび割れ、スケーリング、ポップアウト、骨材露出・剥離 2) かぶりコンクリートの浮き・剥離 3) コンクリートの断面欠損、鉄筋露出 ※特に、天端部のスケーリングが顕著な場合や、長手方向の表面ひび割れの分布に凹凸の形状を有する場合は、部材内部にひび割れ等の変状が発生している可能性がある。
凍害の可能性を確認するための試験	・ 静弾性係数試験 (JIS A 1149) ・ 動弾性係数試験 (JIS A 1127) ・ 圧縮強度 (JIS A 1107)	凍害が発生すると微細なひび割れが増加することから、静弾性係数や動弾性係数の低下を確認する。
既設コンクリート母材の耐凍害性の把握	・ 気泡間隔係数試験 (ASTM C 457)	気泡間隔係数が小さいほど、耐凍害性が向上することから、リニアトラバース法等で既設コンクリートの気泡間隔係数を計測する。
凍害を促進する環境（凍結融解回数）の把握	・ 凍害危険度の算出	凍結時の最低気温が低いこと、年間の凍結融解回数が多いほど凍害が進行することから、これらの情報を整理して、凍害の可能性を検討する。

2) 凍害の程度の把握及び対策工の検討のための調査

凍害の進行を把握するとともに、対策工法の検討に資する情報を得るため以下の調査を実施する。

表 4. 7-5 凍害の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
凍害の深度の計測 (コンクリート欠損深度)	・ノギス計測	凍害によって生じたスケーリングやポップアップなどの変状の程度をディプスゲージやノギスで計測する。
凍害の深さの試験	・コア採取 ・はつり試験	はつり試験やコア採取を行い、内部のひび割れ状況や中性化試験を行い、凍害の影響深さを把握する。
凍害の深さの計測 (詳細)	・凍害劣化深さの計測 (超音波表面走査法) (コア採取透過法)	凍害により微細ひび割れがコンクリート中に発生すると、超音波伝播速度、動弾性係数が低下する。そこで、コア供試体で超音波計測を実施し、これらの深度を確認する。

凍害は、コンクリート中の水分の凍結膨張に起因しており、通常、開水路では側壁天端から進行する。凍害による微細なひび割れが増加すると、表面からフレーク状にコンクリートが加速的に崩壊する。また、同時に施工された開水路で凍害が発生している場合は、スケーリング等が顕在化していなくても、微細なひび割れが発生している可能性がある。このため、発生部位や変状の程度を勘案して、コア採取やはつり試験を行い、凍害の影響深さを決定する。さらに、工事段階においては、ウォータージェットで数段階に水圧を設定し、はつり深度を確認することも重要である。

(3) アルカリシリカ反応に対する変状発生要因調査

アルカリシリカ反応は、コンクリートに内在する反応性骨材・アルカリ成分と外部から浸透する水分に起因して発生する。このため、抑制するためには水分を遮断することが効果的であるが、開水路の背面から水分が供給されている場合もある。このような場合、表面からの水分を遮断する工法では、水分の発散を妨げるため再劣化する可能性が高く、調査においても水分の浸透経路についても考慮が必要である。

また、アルカリシリカ反応によって、内部鉄筋が破断することもあり、ひび割れ幅が 1mm 以上あるような場合は、はつり試験を行い、内部鉄筋の健全性を確認する。アルカリシリカ反応に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

アルカリシリカ反応の変状発生形態や変状発生部位は特徴的であるが、内部で進行する劣化現象であるため、慎重な判断を要する。

表 4.7-6 アルカリシリカ反応（ASR）に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
ASRの影響に関する目視の確認	・外観目視試験	外観目視により以下の変状の有無を確認する。 1) コンクリート表面の網目状のひび割れ 2) 主鉄筋の方向に沿ったひび割れ 3) 微細なひび割れ等における白色ゲル状物質の析出
ASRの判定	・コンクリートコア採取と観察	コア供試体を採取し、以下の変状を確認する。 1) 骨材が割れている 2) 反応環（リム）がある 3) 骨材の周囲が割れている 4) 骨材の周囲だけが濡れているように見える 5) 空隙に析出物が詰まっている
ASRの判定	・静弾性係数試験（JIS A 1149） ・動弾性係数試験（JIS A 1127） ・圧縮強度（JIS A 1107）	ASRによりコンクリートが著しく膨張すると、コンクリートの静弾性係数や動弾性係数が著しく低下することが知られている。このような著しい低下は、ASRによる変状に特徴的なので、コア試料の静弾性係数又は動弾性係数、及び圧縮強度を測定することで、ASRの判定を行うことができる。

2) アルカリシリカ反応の程度の把握及び対策工の検討のための調査

アルカリシリカ反応の進行を把握するとともに、対策工法の検討に資する情報を得るため以下の調査を実施する。

表 4.7-7 アルカリシリカ反応（ASR）の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
補強の必要性の判定（鉄筋破断の確認）	・はつり試験	コンクリートのひび割れ幅が 1mm 以上で、主筋と直行する方向に進展している場合に実施する。 はつり調査により鉄筋破断の確認をする場合は、鉄筋が破断していると思われる位置からその鉄筋に沿って前後 10cm 程度の範囲をはつるものとする。
今後の ASR の進行性の評価	・残存膨張量試験	コアの残存膨張量は、JCI-DD2「アルカリ骨材反応を生じたコンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法（案）」に従って行う。
ASR のタイプの評価	・岩石学的試験（岩種判定・偏光顕微鏡観察・粉末 X 線回折）	ASR については骨材の種類によって、反応までに時間を要するタイプが存在する。コア供試体を用いて岩石学的試験を行い、これらのタイプを確認する。

(4) 化学的侵食に対する変状発生要因調査

農業用開水路においてコンクリート構造物が化学的侵食を受けることは極めて稀である。しかし、温泉地や酸性河川流域などの特殊な環境下では、化学的侵食による劣化が生じる可能性がある。化学的侵食に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

化学的侵食は、セメント水和物の分解や膨張性化合物の生成によって進行し、コンクリート自体の断面欠損と内部鉄筋の腐食の両面で開水路に影響を与える。

表 4. 7-8 化学的侵食に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
化学的侵食の影響に関する目視の確認	・ 外観目視調査	外観目視により以下の変状の有無を確認する。なお、原因によって、水路内面（通水側）と水路外面（地盤接触側）の双方で発生する可能性があることに留意する。 1) 表面の欠損・脆弱化の有無 2) 鉄筋の露出の有無
化学的侵食が発生する環境の把握	・ 土壌・水質分析	土壌腐食性試験（硫化物、水分、塩化物イオン・硫酸イオン含有量、pH など）、流水の腐食性試験（pH、電気伝導率、硫酸イオン濃度など）

2) 化学的侵食の程度の把握及び対策工の検討のための調査

化学的侵食の進行を把握するとともに、対策工法の検討に資する情報を得るため以下の調査を実施する。

表 4. 7-9 化学的侵食の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
かぶりコンクリートの減少と中性化深さについての確認	・ 中性化深さ試験（JIS A 1152） ・ コア採取 ・ はつり試験	化学的侵食が生じると表面のコンクリートが脆弱化し、かぶりコンクリートが減少する。また、化学的侵食は、硫酸、侵食性炭酸による化学反応であるため、後述の中性化と同様に、表面から酸性化が進行する。このため、フェノールフタレイン溶液で酸による侵食深さを確認する。原因物質別の浸透を把握する場合には、コア供試体を用いたE PMA（電子線マイクロアナライザ）試験により面的な元素分布の把握を行う。
鉄筋かぶり深さの確認 中性化残りの評価	・ 電磁波レーダ法、 電磁誘導法 ＋はつり試験	電磁波レーダ法、電磁誘導法で主鉄筋の位置を確認し、これらの位置ではつり試験を行い、鉄筋のかぶり深さを確認する。鉄筋の確認の位置は、開水路の耐荷性に与える影響を勘案して決定する。 また、鉄筋が錆びている場合は、腐食の程度を把握する。

(5) 中性化に対する変状発生要因調査

中性化は、二酸化炭素等の侵入により、コンクリート中のアルカリ性が低下する現象であり、進行すると内部鉄筋が腐食しやすい状態になる。開水路では、水中に没している範囲では中性化は進行しにくく、気中条件になっている範囲では中性化が進行しやすい。ただし、条件によっては、水中部でもアルカリ性の低下が発生する可能性があり、これが確認された場合には個別に対応する。コンクリート表面の品質が中性化に大きく影響を及ぼしており、表面透気抵抗性が高いコンクリートほど中性化しにくい。

また、中性化による変状発生の影響は、内部鉄筋の腐食によって顕在化することから、鉄筋のかぶりが特に重要である。したがって、調査では中性化の深さだけでなく、鉄筋かぶり深さも併せて確認する。中性化に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

中性化は、鉄筋腐食により錆汁やかぶりコンクリートの剥落が発生しないかぎり、目視では進行が確認できない。このため、以下の調査を適切に行い、中性化の進行を把握することが重要である。

表 4. 7-10 中性化に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
中性化の影響に関する目視の確認	・ 外観目視調査	外観目視により以下の変状の有無を確認する。 1) 鉄筋位置における錆汁の有無 2) 鉄筋位置に沿ったひび割れの有無 3) 表面コンクリートの剥離と鉄筋露出
中性化深さについての確認	・ 中性化深さ試験 (JIS A 1152) ・ コア採取 ・ はつり試験 ・ ドリル法 (NDIS3419)	はつり面又はコンクリート供試体の割裂面に 1%濃度のフェノールフタレイン溶液を噴霧し、コンクリートが赤色に呈色しない深度をもって、中性化深さとする。また、ドリル削孔でコンクリート粉末をもって試験を行うドリル法によってもよい。

2) 中性化の程度の把握及び対策工の検討のための調査

はつり試験・コア採取については、共通調査でも実施しているが、特に、中性化の可能性が指摘される場合には、以下の調査を実施し、中性化の進行と対策工法の検討に資する情報を得る。

表 4. 7-11 中性化の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
鉄筋かぶり深さの確認 中性化残りの評価	・ 電磁波レーダ法、 電磁誘導法 ＋はつり試験	電磁波レーダ法、電磁誘導法で主鉄筋の位置を確認し、これらの位置ではつり試験を行い、鉄筋のかぶり深さを確認する。鉄筋の確認の位置は、開水路の耐荷性に与える影響を勘案して決定する。 また、鉄筋が錆びている場合は、腐食の程度を把握する。

(6) 塩害に対する変状発生要因調査

農業水利施設としてのコンクリート開水路における塩害は、施設の供用環境を勘案すると、ごく稀なケースと考えられる。しかし、塩害は、鉄筋腐食の加速度的な進行により力学的安定性の低下を招くため、適切な対策が求められる。

塩害の進行は、塩分の侵入経路に依存しているため、調査においてはこれらの侵入経路に留意する。また、中性化と同様に塩害の進行もコンクリート表面品質に依存しており、表面透気抵抗性が高いコンクリートほど塩害が進みにくい。また、塩害による変状発生の影響は、内部鉄筋の腐食によって顕在化することから、鉄筋のかぶりが特に重要である。したがって、調査では塩分浸透の深さだけでなく、鉄筋かぶりも併せて確認する。塩害に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 要因を特定するための調査

塩害は、鉄筋腐食により錆汁やかぶりコンクリートの剥落が発生しないかぎり、その進行が確認できない劣化現象でもある。以下の調査を適切に行い、塩害の可能性を適切に評価し、必要に応じて塩害の状況を把握することが重要である。

表 4.7-12 塩害に対する要因特定のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
塩害の影響に関する目視の確認	・ 外観目視試験	外観目視により以下の変状の有無を確認する。 1) 鉄筋位置における錆汁の有無 2) 鉄筋位置に沿ったひび割れの有無 3) 表面コンクリートの剥離と鉄筋露出
塩害環境の有無	・ 周辺環境調査	農業用開水路では、塩害の可能性は稀であることから、「海岸からの距離」や「道路からの凍結防止剤の混入等の可能性」などの特殊な環境の有無について周辺調査を行う。
鉄筋位置での塩分量の把握	・ コア採取による塩分浸透試験 (JIS A 1154)	配筋深度までコア採取し、部材深さ毎（目安として、部材表面付近、鉄筋表面付近、その中間位置）に電位差滴定法に代表される塩化物イオン含有量試験（室内試験）を行い、配筋位置で濃度を測定・評価する。

2) 塩害の程度の把握及び対策工の検討のための調査

塩害の進行を把握するとともに、対策工法の検討に資する情報を得るため以下の調査を実施する。

表 4.7-13 塩害の進行度の把握・対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
鉄筋位置での塩分量の把握	・ コア採取による塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験 (JSCE-G 573)	要因究明において実施した塩化物イオン含有量に基づき、部材深度方向の塩分濃度勾配を評価し、見掛けの拡散係数を求めて、今後の浸透予測を行う（劣化予測）。
鉄筋かぶり深さの確認 中性化残りの評価	・ 電磁波レーダ法、 電磁誘導法 ＋はつり試験	電磁波レーダ法、電磁誘導法で主鉄筋の位置を確認し、これらの位置ではつり試験を行い、鉄筋のかぶり深さを確認する。鉄筋の確認の位置は、開水路の力学的安定性に与える影響を勘案して決定する。 また、鉄筋が錆びている場合は、腐食の程度を把握する。
マクロセル腐食のための資料収集	・ 配筋詳細調査	鉄筋が新旧部材を跨ぐことで生じるマクロセル腐食を防止するために、竣工図面が無い場合には、配筋状態を調査する。

(7) 目地部の変状に対する変状発生要因調査

コンクリート開水路の主要な変状の1つとして目地部からの漏水や目地部の破損がある。これらの目地部の変状の要因には目地材自体の劣化と目地周縁のコンクリートの変状に起因して発生する場合の2つがある。目地の変状に対する変状発生要因調査では、目的に応じて以下の項目を実施する。

1) 目地部の変状の程度を把握し対策工の検討を行うための調査

表 4.7-14 目地部の変状程度把握と対策検討のための調査

調査の目的	調査方法	調査の内容
目地部の変状による影響に関する目視の確認	・ 外観目視試験	外観目視により以下の変状の有無を確認する。 1) 目地からの漏水 2) 目地の開口・段差 3) 目地材のひび割れ・欠損・剥離 4) 目地周縁コンクリートのひび割れ・破損 5) 止水板の破損
目地変状の要因及び目地変状による影響の確認	・ 周辺環境調査	目地周辺の状況を目視により調査する。この際、以下の点に留意する。 1) 開水路自体の不陸、傾斜、変形の有無 2) 目地周辺部の土砂流失や地盤沈下・陥没の有無 3) 目地周辺部の地盤の湿潤・湧水
漏水の有無及び漏水量の確認	・ 漏水調査	開水路の目地部の漏水量については、水位条件や周辺地下水位によっても変動するため、定量的に把握することは困難である。このため、通常は、断水時に地盤側から水路内側に生じる漏水や滲みの有無をもって定性的に評価する。 しかし、特殊な条件で、漏水量を把握する必要がある場合は、部分的な締切による水張り試験、目地を塩ビ半割管で囲うなどの方法により、漏水量を測定する。

4. 8 対策範囲設定調査

対策範囲について、具体的な数量を確認するための調査を行う。

【解説】

「共通調査」、「変状発生要因調査」は、対象開水路において代表点（1 スパン／km）若しくは、変状発生が顕著なスパンにおいて実施する調査である。これらの調査では、対象スパンに関する変状発生要因を踏まえた対策方針に資する情報を収集する。

「対策範囲設定調査」では、対象区間全体にわたって、同様の変状の分布状況を把握することを目的として実施する。対策範囲設定調査は、目視若しくは打音を中心に実施し、状況に応じて赤外線サーモグラフィ等の非破壊調査を活用する。また、併せて、対策に必要な施工ヤード、工事進入路等の仮設条件、工事による周辺影響（工事騒音の影響や考慮すべき自然環境の状況）などの検討に必要な情報についても収集する。

4. 9 詳細調査に当たっての留意点

水利用機能及び水理機能の不具合が顕著な場合には、流量観測等の送配水性や通水性などに関する詳細調査を実施する。

【解説】

詳細調査手法は、施設の変状の要因・程度に着目しているが、機能診断調査（問診調査）の結果、送配水性や通水性の低下が著しい場合には、別途これを考慮した調査を実施する。

表 4.9-1 水理機能、水利用機能、社会的機能に関する詳細調査手法（例）

区分	調査方法		調査方法
① 水利用機能に関する詳細調査	送配水性	到達時間	現地調査（流量・到達時間測定）
			不定流シミュレーション
		送配水効率	事前調査（流量・到達時間測定）
			不定流シミュレーション
	配水弾力性	調整施設	現地調査（設置位置等）
		調整容量	容量計算
		到達時間	不定流シミュレーション
		流量・水位	水位・流量観測
			定常水理計算
	分水均等性	分水量	不定流シミュレーション
		末端給水量	末端給水量調査
② 水理機能に関する調査	通水性	流量・水位	水位・流量観測
			模型実験
			断面・縦断測量
		漏水の有無	目地部、ひび割れ部の近接目視
		粗度係数	型取りゲージ
			レーザー距離計による凹凸測定
		変形歪み	下げ振り、傾斜計による測定
			レーザー計測（断面測定）
		沈下量	沈下量測定（縦断測量含む）
	水位・流量制御性	水位	連続水位計測
	分水制御性	分水量	水位・流量観測
③ 社会的機能調査に	安全性・信頼性	事故歴・補修歴	問診調査（傾向分析）
		耐震性	耐震診断
	経済性	更新費用	工事費積算（総費用算出）
	環境性	景観性	アンケート調査（周辺住民対象）
		生物多様性	動植物の調査
	妥当性	B/C等	総費用総便益比算定

第5章 長寿命化対策の検討

5. 1 基本的事項

長寿命化対策は、詳細調査の結果に基づいて、「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、詳細調査の結果に基づいて、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、補修や補強などの対策の可否を判断する。

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当たっての考え方や留意事項などを整理する。

本章で検討する長寿命化対策の検討の流れを図 5. 1-1 に示す。

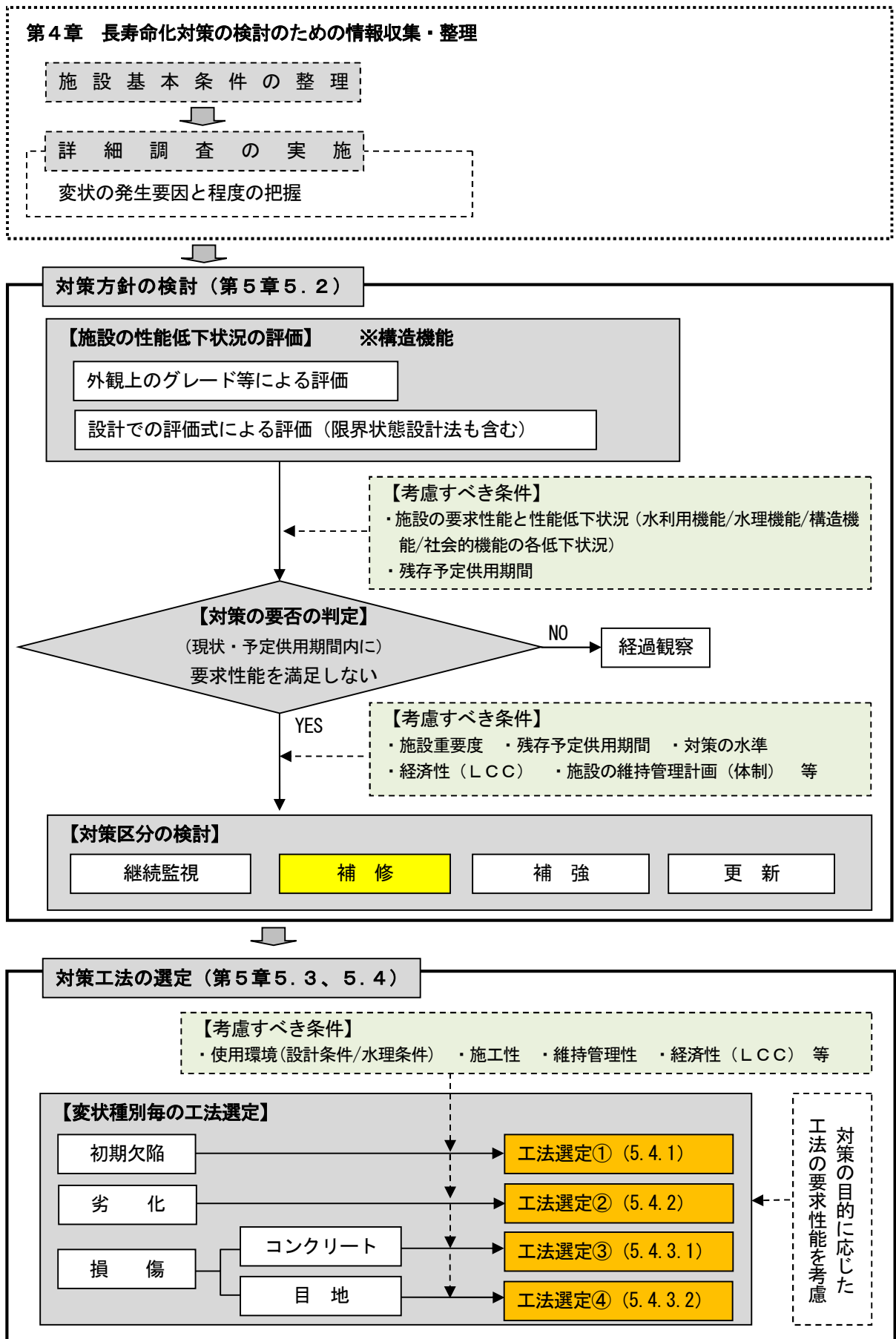


図 5.1-1 長寿命化対策の検討の流れ

5. 2 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」、「改修」、「更新」があり、施設の性能低下状況や経済性などを踏まえて対策方針を検討する。

【解説】

(1) 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、詳細調査結果など）を整理し、結果の妥当性、関連性などを検討した上で、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。

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などに応じて適用する。

- ① 外観上のグレード（変状の程度）による性能評価
- ② 設計での評価式による性能評価

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、性能低下状況を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、化学的侵食、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 5.2-1）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、第5章5.4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、また詳細調査結果などを考慮し、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第3章を参照されたい。

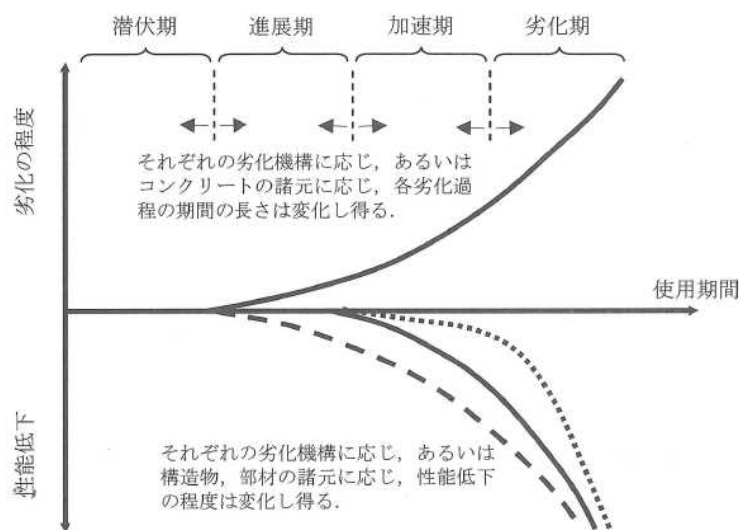


図 5.2-1 変状の進行過程の概念図

(2013 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕p112 参考)

【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物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。

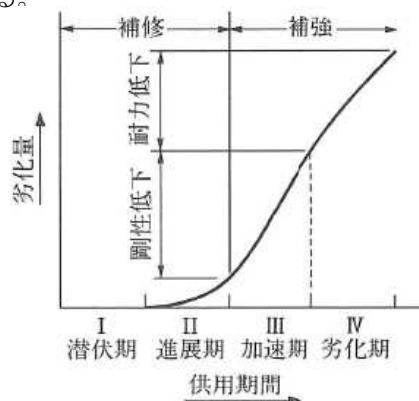


図 5.2-2 変状の進行過程と対策の概念図

(コンクリート診断技術' 14〔基礎編〕p235 参考)

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などの設定含む）を評価することによって、その評価を行う。

構造耐力の算定に当たっては、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など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など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、沈下などの実際の施設状態や施設の使用状況など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。

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、表 4.9-1 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、施設管理者など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) 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、補修費などを指標とする“経済性”、及び景観、親水性などを指標とする“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、施設周辺環境などを踏まえた景観美化や生態系への影響、施設管理体制など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、地域住民など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（総論編）改訂版（平成 27 年）」にて解説されているため、参照する。

(2) 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、施設管理者の意向など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のかなど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。

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などについて判断する。

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、第5章5.4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などを設定し、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。

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など）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、ブロックローテーションの見直しなど）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ない状態とは、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路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、ある分水路での過剰取水や水路の堆砂などであり、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) 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・雑草の繁茂などによる通水性能の低下に対し、局部的な補修・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、必要水量の変化など、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当たっては、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。

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などを踏まえ、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、骨材露出調査など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**：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、ASR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 ASR 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。
- ・ **化学的侵食**：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。

※コンクリート標準示方書【維持管理編】（土木学会制定）等の最新の技術資料を参考にする。

(3) 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、対策の水準（図 2.2-10、表 5.2-1 を参照）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 5.2-2 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、剛性や耐力など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など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、点検強化など）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、施設管理者の意向などによって異なるため、施設毎に適宜判断する必要がある。

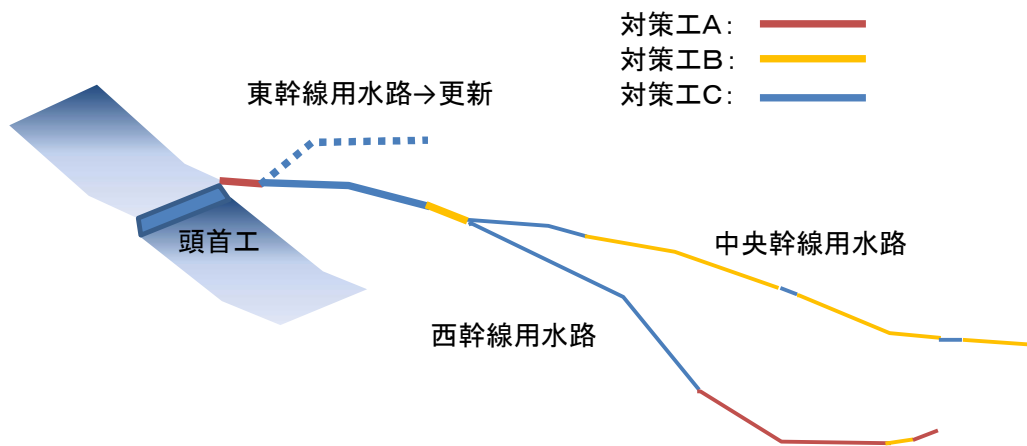
表 5.2-1 要求性能に応じた対策の水準と種類

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 ^(注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	－	－

(注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。

農業水利施設の長寿命化対策の検討においては、個別の変状発生要因に着目すると同時に水利システム全体の機能の確保と効率的な管理についても考慮する必要がある。したがって、長寿命化対策の検討においては、詳細調査の結果を踏まえ、開水路全体の変状状況や変状発生要因の分布状況を勘案して、区間別に適切な対策方針を検討することが重要である。

上記の検討においては、施設の重要度と管理水準のみならず、現行施設の機能の変更についても考慮して、対策方針範囲のグルーピングを行うものとする。また、グルーピングにおいては、仮設の難易度、同種工種の連続性にも配慮する必要がある。



対策工B: 凍害(潜伏期)＋摩耗対策＋初期欠陥
 凍害により、天端の微細なひび割れがでているため、表面含浸工法で対応
 摩耗により一部鉄筋が露出している底版及び側壁下部については表面被覆工
 このほか、初期欠陥の乾燥収縮ひび割れ(ひび割れ幅1.0mm以上)についてはひび割れ充填工

対策工C: 凍害(潜伏期)+初期欠陥
凍害により、天端の微細なひび割れがでているため、表面含浸工法で対応
摩耗については変状がでておらず、鉄筋かぶりも十分にあるため、対策なし
初期欠陥の乾燥収縮ひび割れ(ひび割れ幅1.0mm以上)についてはひび割れ充填工

※東幹線については、施設機能の変更のため、更新

図 5.2-3 長寿命化対策検討におけるグルーピングのイメージ

5. 3 対策工法の選定の基本的な考え方

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、耐荷力の回復など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、対策工法の選定に当たっては、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、維持管理費など）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などを解説する。

5. 3. 1 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、維持管理の現状などを事前に整理し、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。

（１）長寿命化の対象となる性能、予定供用期間など

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、範囲など）を概定しておくのが望ましい。

（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、部材厚など）、平面・縦断線形、補修履歴などをとりまとめる。

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）など、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、道路化など）、地下水位などが確認された場合には、変更内容についてとりまとめる。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 5. 2（１）の ① ②設計での評価式による性能評価を参照する。

（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、余裕高など）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などの配慮が必要になる。

（４）用地上の制約

用地上の制約（買収、借地が困難な場合など）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、用地買収や借地など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。

（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、通水開始時期などを確認した上で、実施時期を決定することになる。

（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、環境などについて整理する。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、廃棄物などが発生する可能性もあるので、その対策、処分方法などについても事前に検討しておく。

(7) 維持管理の現状

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

(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など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。

5. 3. 2 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など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。対策に当たっては、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）」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。

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。

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等）や対策工法の効果が期待される期間については、「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月改正」（以下、「補修・補強マニュアル（開水路補修編）」という。）にて解説されているため、これを参照する。

5. 3. 3 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や補修・補強マニュアル（開水路補修編）における対策工法の要求性能を踏まえて、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 5.3-1 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 5.3-1 に示す。

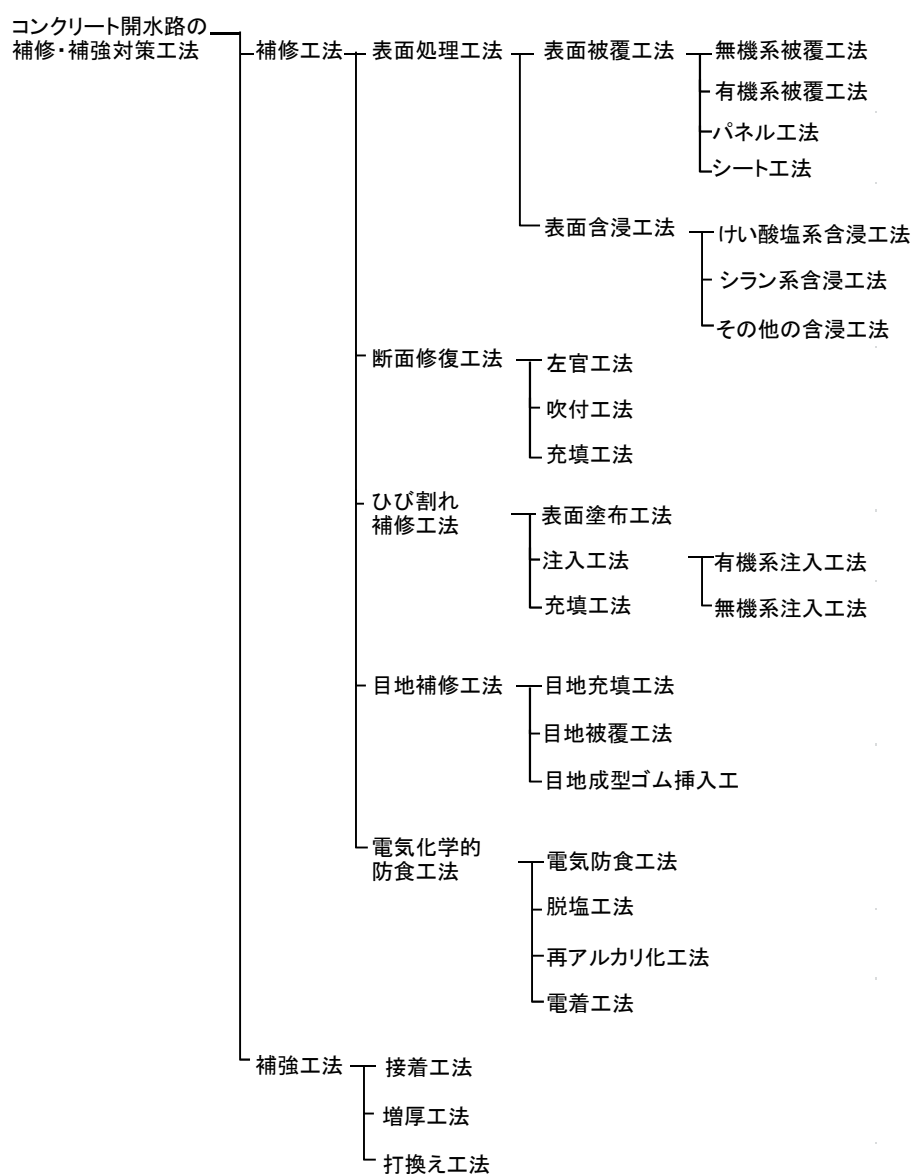


図 5.3-1 コンクリート開水路の補修・補強工法の体系図

表 5. 3-1 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	○	○ ※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		○ ※けい酸ナトリウム系等	○	○	○				○
	劣化因子の除去、劣化速度の抑制		○ ^{注1)} ※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			○ ^{注2)} ※脱塩工法、再アルカリ化工法、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) 適用実績が多くはないため、現場毎に適用性を検討する必要がある。

注2) 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 ₂ 、H ₂ O、Cl ⁻ 、O ₂ 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 ₂ 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
再アルカリ化工法	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

5. 3. 3. 1 補修工法

コンクリート開水路の補修工法は、表面処理工法、断面修復工法、ひび割れ補修工法及び目地補修工法に大別される。

【解説】

コンクリート開水路の補修工事では、表面処理、断面修復、ひび割れ補修、及び目地補修を施す作業が単独あるいは併用で行われていることから、これらを補修工法として取り扱う。なお、本項では、コンクリート開水路の補修工法の概要程度を紹介している。詳細については、「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)」を参照されたい。

(1) 表面処理工法

表面処理工法を表面被覆工法及び表面含浸工法に分類する。

1) 表面被覆工法

劣化因子の侵入やコンクリートの剥落を抑制又は防止する効果を有する被覆材をコンクリート構造物の表面に形成させる工法である。表面被覆工法は、無機系被覆工法、有機系被覆工法、パネル工法、シート工法に区分される。表面被覆工法の概念図(例)を図5.3-2に示す。

なお、既設コンクリート母材にひび割れがある場合は、表面被覆工施工後の被覆表面にひび割れが発生するため、「5.4.1.1 初期ひび割れ」で示すひび割れ幅 1.0mm 以上に限らず、ひび割れ幅やひび割れ変動の有無など既設水路の状況を踏まえた対策の検討が必要である。

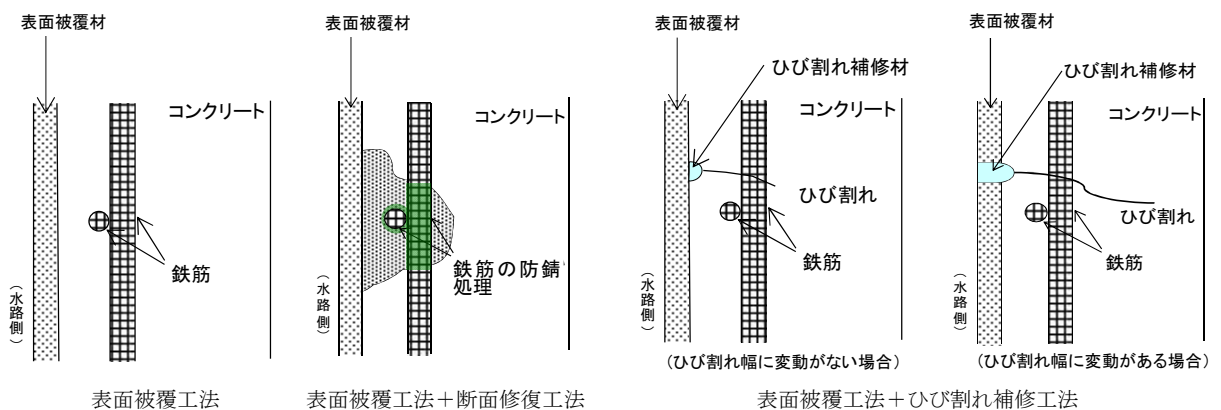


図 5.3-2 表面被覆工法概念図 (例)

【参考】香川用水五條幹線水路における補修工法試験施工のモニタリング結果

平成 13～21 年度にわたり香川用水五條幹線水路（L=290m）において、表面被覆工法等の補修工法が試験施工された。平成 23～26 年度にかけて目視調査及び打音調査によるモニタリング調査を実施し、調査時点での発生変状を定量的な数値で取りまとめたところ、表面被覆工法等に発生したひび割れの約 95%（発生延長比）が、母材ひび割れ部において発生したとの事例報告*がなされている。

*五條幹線水路における補修工法試験施工のモニタリング結果（平成 27 年 農業農村工学会 大会講演会 材料・施工部会）

2) 表面含浸工法

所定の効果（コンクリートに対するアルカリ性や撥水性の付与、水分の逸散、表層の強化、アルカリシリカ反応抑制など）を発揮する材料をコンクリート表面から含浸させ、それぞれの劣化因子の侵入防止又は鉄筋腐食作用を抑制する工法である。一般的には、けい酸塩系、シラン系の材料等が用いられる。表面含浸工法の概念図(例)を図5.3-3に示す。

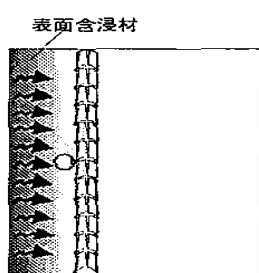


図 5.3-3 表面含浸工法概念図（例）

(2) 断面修復工法

豆板やコンクリートの劣化部等のコンクリートの変状、鉄筋の腐食、その他の要因により欠損したコンクリート断面、又は劣化因子を含むコンクリート部分を除去したあとの断面を当初の性能に戻すために用いられる工法である。断面修復工法には左官工法、吹付け工法及び充填工法がある。断面修復工法の概念図(例)を図5.3-4に示す。

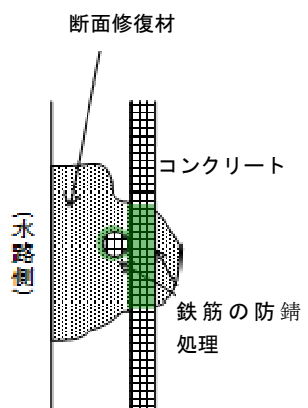


図 5.3-4 断面修復工法概念図（例）

(3) ひび割れ補修工法

劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素などの侵入の抑制等を目的とし、ひび割れの発生によって損なわれたコンクリート部材の耐久性を回復させる工法である。ひび割れ補修工法には表面塗布工法、注入工法、充填工法があり、ひび割れの発生要因と状況及び、ひび割れ幅の動きなどを考慮して適切な工法を選択する必要がある。ひび割れ補修工法の概念図(例)を図 5.3-5 に示す。

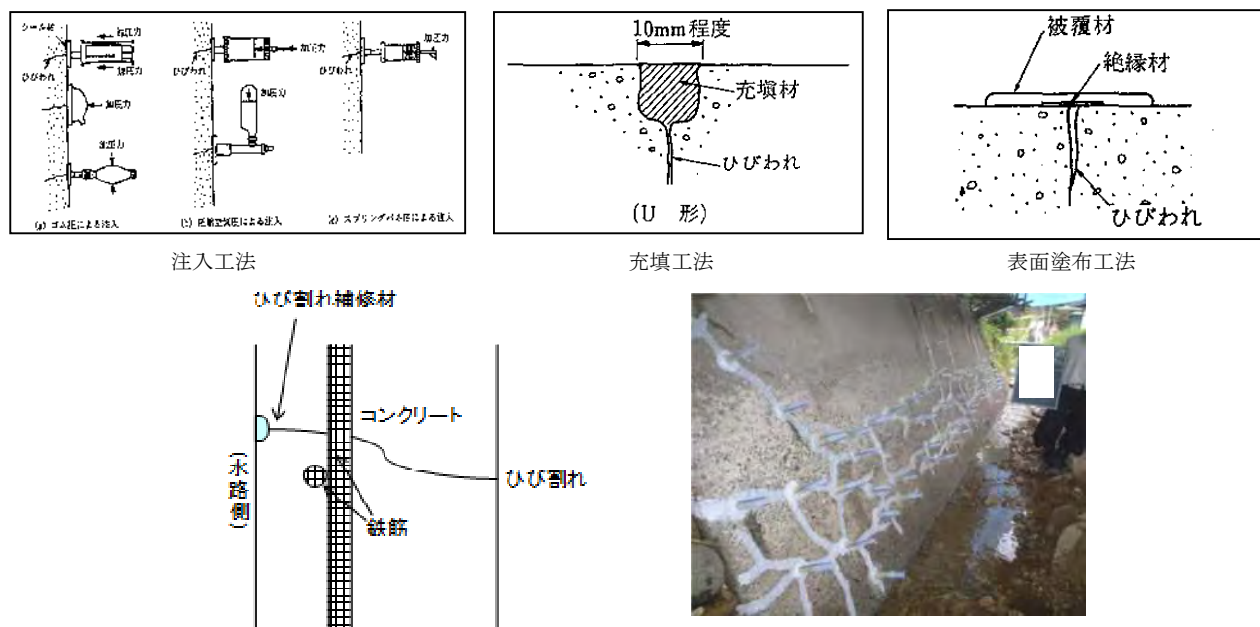


図 5.3-5 ひび割れ補修工法概念図(例)

(4) 目地補修工法

摩耗、脱落等により損傷したコンクリート開水路の目地部を補修する工法で、目地部をカットし、新たな目地材を充填又は挿入して目地の止水性及び伸縮性能を回復する工法である。目地部をカットせず、既設の目地部の表面を被覆する工法である。目地補修工法の概念図(例)を図 5.3-6 に示す。

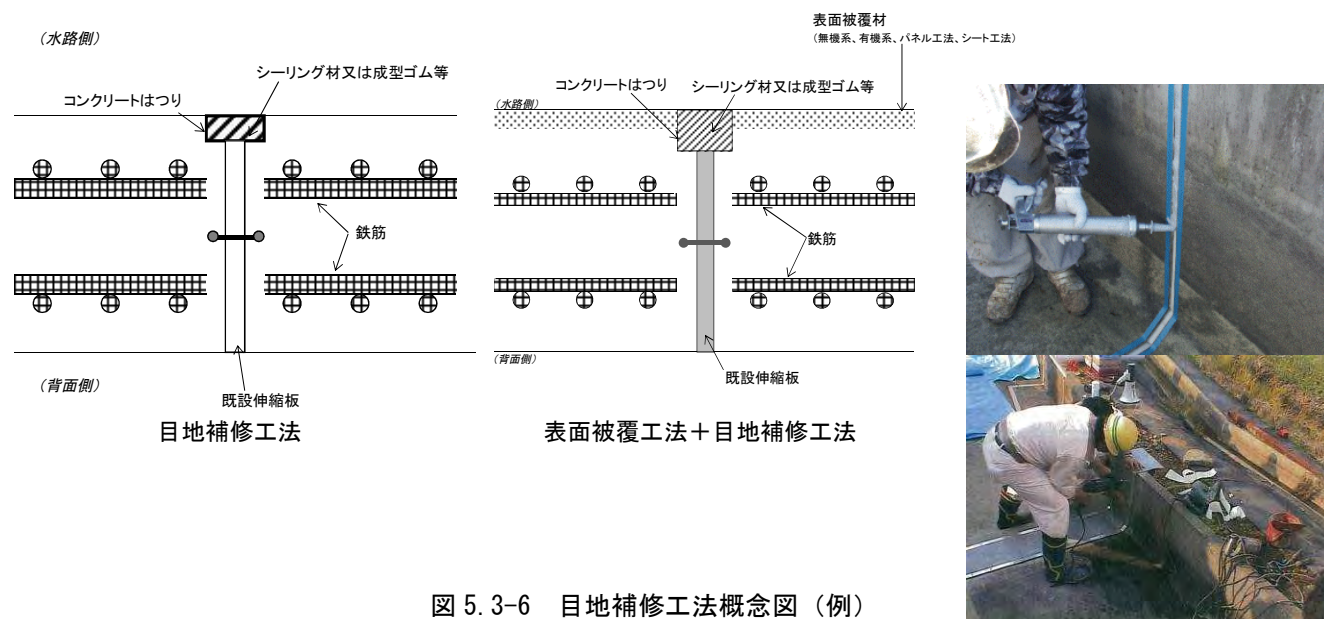


図 5.3-6 目地補修工法概念図(例)

5. 3. 3. 2 補強工法

コンクリート開水路の補強工法には、接着工法、増厚工法、打換え工法などがある。

【解説】

耐荷力を回復又は向上させるコンクリート開水路の補強は、一律に適用できるものではなく、対象とする部材の耐力、施工上の制約条件や対策環境などを考慮して、選定する必要がある。また、補強工法により、水路の内空断面を縮小させる場合には、水理的な検討を十分に行う必要がある。

なお、補強に関する技術はコンクリート開水路において施工事例が限られており、一般化できる段階ではないのが現状であることから、ここでは補強事例の紹介にとどめる。

(1) 接着工法

接着工法は、コンクリート部材の主として引張応力作用面に鋼板、パネル又はシートを取り付け、曲げ耐力とせん断耐力の向上を図る工法である。炭素繊維シートで接着したコンクリート開水路の補強事例を図 5.3-7 に示す。



【対策前】



【対策工施工状況】



【対策後】

図 5.3-7 炭素繊維シートの接着による開水路の補強事例

(2) 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し一体化することにより、部材の断面や鉄筋量を増加させて補強する工法である。

(3) 打換え工法

耐力の低下した部材を取壊して、必要な耐力を有する部材を再構築する工法である。部材を撤去することで、構造物の安全性が低下するおそれがあるので、その間、仮設部材等で安全性を確保する必要がある。

5. 4 変状種別毎の対策工法の選定

5. 4. 1 初期欠陥に応じた対策工法の選定

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の低下に発展する可能性があるため、欠陥の種類と程度に応じて対策工法を適切に選定する。

【解説】

コンクリート開水路に生じる主要な初期欠陥は、初期ひび割れ（乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れ）、コールドジョイント、豆板、かぶり不足による鉄筋露出などがある。

それぞれの初期欠陥による変状の基本事項と特徴を踏まえた上で、長寿命化対策を検討する。

5. 4. 1. 1 初期ひび割れ

初期欠陥のうち、乾燥収縮ひび割れ、温度ひび割れは、進行性の変状ではないが、鉄筋腐食に発展する可能性があるため、劣化因子の侵入を防止するための工法を選定する。

【解説】

乾燥収縮ひび割れや温度ひび割れなどの初期ひび割れは、いずれも施工中又は、竣工後の早い時点でひび割れが顕在化し、数年以内に収束すると考えられる非進行性のものである。対策工法は、ひび割れ幅とひび割れの状態に応じて、図5.4-1及び図5.4-2を参照して工法選定を行う。図に示すとおり、非進行性のひび割れについては、通常は部材表面において最大幅 1.0mm 以上のときに対策を行う。ただし、幅 1.0mm 未満のひび割れであっても、鉄筋に沿ったひび割れの発生や錆汁のしみ出し、漏水などが観察される場合は、対策の必要性について検討を行う。また、曲げモーメントや応力集中によるひび割れが生じる可能性のある部材、開水路が倒壊した時に第三者被害が想定される施設では、補強等の対策を検討する必要がある。

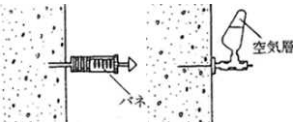
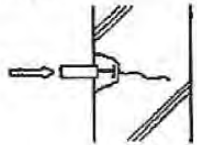
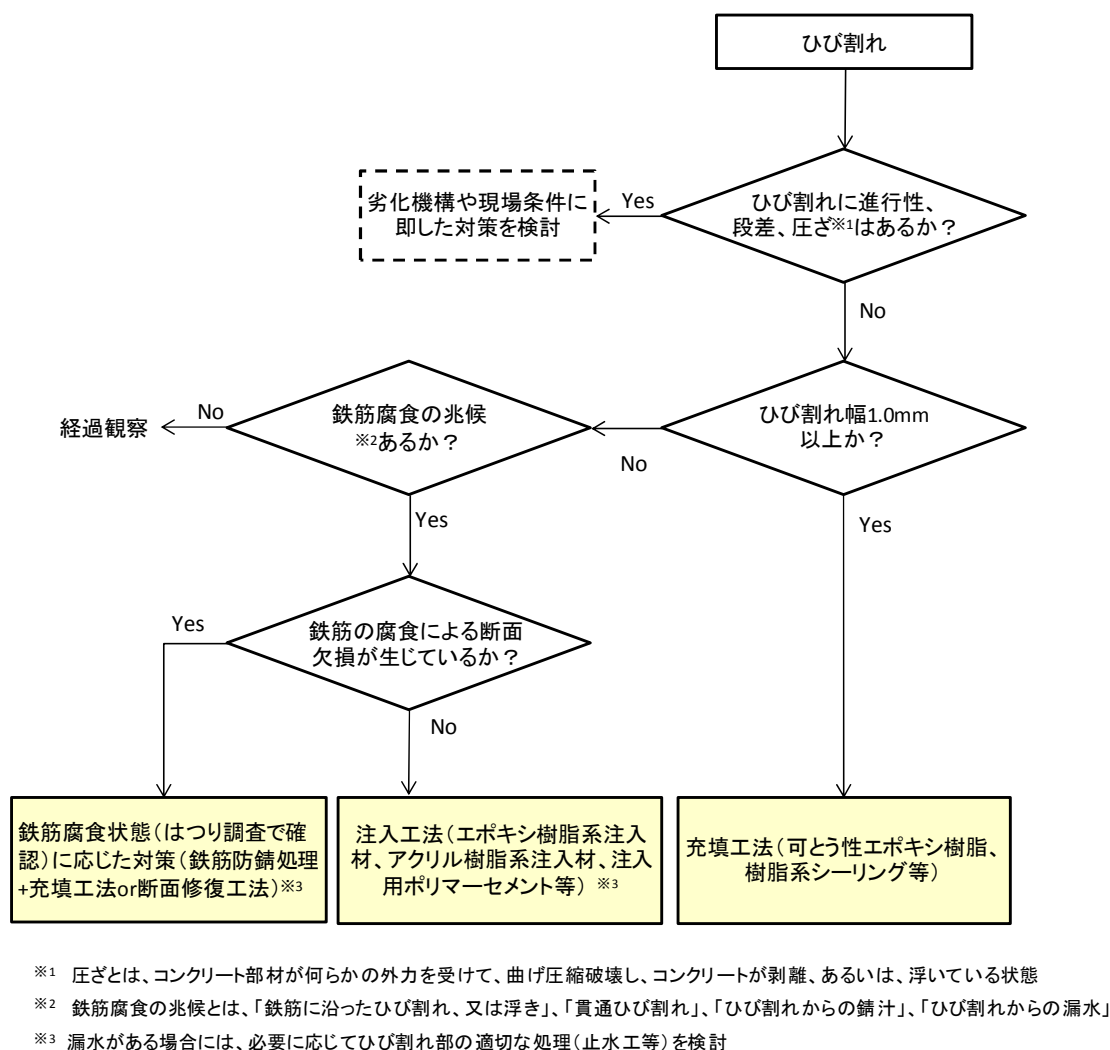
変状の度合い	変状	対策工法
I 軽微 ひび割れ幅が 1.0mm未満	なし	樹脂、アクリル樹脂、ポリマーセメント等の注入 ※鉄筋腐食の兆候が無い場合は、経過観察を基本とする。 
II やや大きい ひび割れ幅が 1.0mm以上	開口ひび割れ	可とう性エポキシ樹脂、樹脂系シーリング等の充填 ※状況に応じて樹脂を充填 ※ひび割れ幅が大きい場合は、可とう性のある材料を選定 
III 大きい 鉄筋の腐食を伴う	鉄筋の露出 剝離剝落	①鉄筋の防錆処理 + ②プライマーの塗布 + ③ポリマーセメントモルタル等の充填 

図 5.4-1 ひび割れについての対策工法選定図（例）

【参考】初期ひび割れ幅の評価について（「機能保全のための手引き」における検討経緯）

- ・国営の鉄筋コンクリート開水路 40 施設、初期ひび割れ 601 本を対象に部材表面のひび割れ幅と鉄筋腐食の関係を調査、分析
- ・気中の最大ひび割れ幅が 1.0mm を超えると断面欠損を伴う鉄筋腐食が半数を超えていた。気中の最大ひび割れ幅が 1.0mm 未満では、点錆等の表面的な腐食にとどまっていた。
- ・水密性（漏水等の水理機能）に配慮したひび割れ幅（0.2mm）の評価指標について、コンクリート開水路においては、用水管理上、10%のロスを見込んでおり、またロスの大きな要因は継ぎ目からの漏水であることを踏まえ、0.2mm の水密性のひび割れ幅の基準は農業水利施設の開水路には適用しないこととした。
- ・以上の調査結果等より、初期ひび割れの補修を要すひび割れ幅（S-3）を 1.0mm とした。



注) ・ ひび割れ幅は、部材表面におけるひび割れの最大幅を示す。

- ・ 通常（鉄筋腐食の兆候が無い場合）は、ひび割れ幅 1.0mm 以上で対策する。
- ・ 鉄筋腐食の兆候がある場合は、ひび割れ幅 1.0mm 未満でも対策を検討する。
- ・ 鉄筋腐食の兆候がなく、ひび割れ幅 1.0mm 未満なら経過観察を基本とする。
- ・ ひび割れ幅が特に大きい場合は、可とう性を考慮した材料を検討する。
- ・ ひび割れに進行性、段差、ひび割れ近傍に圧さが生じている場合は、劣化進行や耐荷力の低下が疑われるため、別途構造計算等を行い、補強等の対策を検討する。特に、曲げモーメントや応力集中によるひび割れが生じる可能性のある部材は重点的に検討する必要がある。
- ・ せん断ひび割れ等耐力に影響を及ぼすひび割れについては、専門技術者等に確認すること。

図 5.4-2 ひび割れ（初期欠陥）に対する対策工法選定フロー（例）

5. 4. 1. 2 豆板

豆板が生じた部分は、空隙部分と同様に炭酸ガスや水に対する抵抗性が小さく、コンクリートの中酸化抑制効果が減少するため、豆板部に鉄筋が存在する場合には、早期に腐食する可能性がある。このため、耐久性を向上させるための工法を選定する。

【解説】

豆板の対策は、鉄筋コンクリート構造を想定するが、無筋コンクリート構造については、豆板の程度（断面に占める割合等）に応じて個別に対応する。

豆板の補修対策は、程度に応じて以下の工法を選定することが望ましい。

深さ 1～3 cm の豆板（粗骨材が露出している状態）は、定着の弱い粗骨材を叩き落とした上で、ポリマーセメントモルタル等を左官により補修する。

深さ 3 cm 以上の豆板は、不良部分（空隙が多い部分、粗骨材が集まっている部分）をはつり取り、無収縮モルタル等の充填により断面を修復する。

また、深さ 3cm 以上の豆板が広範囲に及ぶ場合は、はつり範囲が大きくなるため、はつり後に新たなコンクリートで打換える。

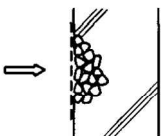
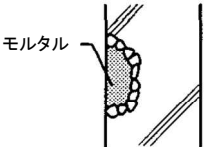
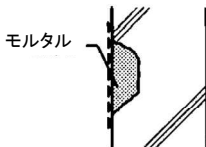
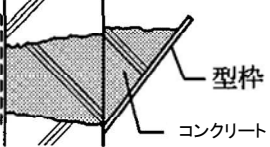
変状の度合い	変状	対策工法
I 軽微 骨材が露出しているが、剥落しない	骨材露出	①表面静寂部の除去（下地処理） + ②ポリマーセメントモルタル等の被覆 
II やや大きい 剥落する骨材がある	骨材の剥落	①表層脆弱部の除去（表層部のはつり取り） + ②ポリマーセメントペースト等の塗布 + ③ポリマーセメントモルタル等の充填 
III 大きい 鉄筋が露出するほど深い	鉄筋の露出	①豆板部の除去（豆板部全体のはつり取り） + ②ポリマーセメントモルタル充填等 + ③充填後の表層部にポリマーセメントペースト等塗布 
IV 極めて大きい 骨材を叩くと連続的に剥落する	鉄筋の露出 剥離・剥落	①豆板部の除去（豆板部全体のはつり取り） + ②コンクリート打設 + ③充填後の表層部にポリマーセメントペースト等塗布 

図 5. 4-3 豆板についての対策工法選定図（例）

5. 4. 1. 3 コールドジョイント

コールドジョイント部のコンクリートは脆弱であり、打継ぎ面が縁切れしている場合もある。これらのコールドジョイント部は、構造物の耐力、耐久性、水密性を著しく低下させる要因となるため、力学的安全性や耐久性を向上させるための工法を選択する。

【解説】

コールドジョイント発生後の補修対策は、その変状の度合いにより 2 つに区分される。軽微なコールドジョイント（縁切れがはっきりと認められないもの）に対しては、ポリマーセメントモルタル等の塗布を行う。

重度のコールドジョイント（縁切れが明確なもの）、特に外壁面に生じている場合は、ひび割れ補修に準じた対策を選定する。

上記の対策を行うに当たっては、コールドジョイントの位置及び配筋等を確認し、コールドジョイントが及ぼす部材への力学的安全性、耐久性への影響を踏まえ、必要な対策を選択する。

摩耗が激しい環境下では、図 5. 4-4 に示す「Ⅰ 軽微」に対応する対策では早期に対策効果を失う可能性があるため、「Ⅱ やや大きい」場合の対策も選択肢となる。

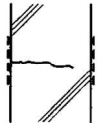
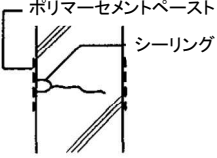
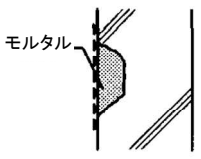
変状の度合い	変状	対策工法
Ⅰ 軽微 コールドジョイントは見られるが、縁切れがはっきり認められない	コールドジョイント	ポリマーセメントモルタル等の塗布 
Ⅱ やや大きい 縁切れが認められる	コールドジョイント	①縁切れ部の表面をUカット又はVカット + ②シーリング材充填 + ③可とう性ポリマーセメントペースト等の塗布 
Ⅲ 大きい 豆板も認められる	コールドジョイント 骨材露出等	①豆板の除去及び縁切れ部の表面をUカット又はVカット + ②無収縮モルタルグラウト等 + ③充填後の表層部にポリマーセメントペースト等塗布 ※充填性が懸念される場合は、断面修復工法を選択する。 

図 5. 4-4 コールドジョイントについての対策工法選定図（例）

5. 4. 1. 4 鉄筋のかぶり不足（鉄筋露出）

コンクリート開水路における鉄筋露出は主としてかぶり不足に起因している。このため、必要なかぶりを確保する等の耐久性向上のための工法を選定する。

【解説】

鉄筋露出箇所は、水分や二酸化炭素、塩分等の劣化因子が侵入しやすいため、鉄筋腐食による施設の性能低下を抑制するために必要な工法を選定する。鉄筋の露出や腐食が確認される場合は、断面修復を主体とした対策を選定する。

かぶりが不足し、鉄筋の露出や腐食が確認されない場合は、中性化による鉄筋腐食の観点からかぶり厚 10mm 未満の箇所について予防保全の観点で表面被覆工を検討する。ただし、二次製品のかぶり厚は、製造段階で現場打ちコンクリートに比べて小さい。しかし、二次製品のコンクリートは密実であるため、一律には評価できないことに留意する。

なお、検討に当たっては機能診断調査結果における当該施設の中性化進行度を考慮して対策の要否を判断する。

かぶり不足に起因する鉄筋露出対策は、その変状程度により以下のように分類される。

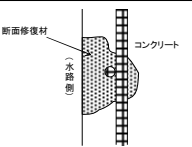
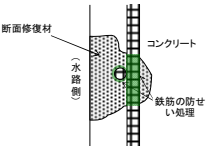
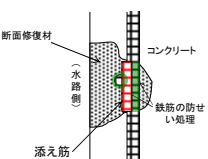
変状の度合い	変状	対策工法
I 軽微 鉄筋が露出しているが腐食は生じていない	鉄筋露出	鉄筋部の断面修復及びかぶりコンクリート打設（表面被覆） ※かぶりが不足する場合は、ポリマーセメントモルタル等により、かぶり厚を確保する。 
II やや大きい 鉄筋が露出し、鉄筋に浮き錆等が認められる	鉄筋露出 浮き錆等	①鉄筋の錆の除去 + ②防錆材塗布 + ③鉄筋部の断面修復及びかぶりコンクリート打設（表面被覆） ※かぶりが不足する場合は、ポリマーセメントモルタル等により、かぶり厚を確保する。 
III 大きい 露出した鉄筋の腐食が進行し、断面が欠損している	鉄筋露出 断面欠損	①鉄筋の錆の除去 + ②防錆材塗布及び新たな鉄筋（添え筋）の追加 + ③鉄筋部の断面修復及びかぶりコンクリート打設（表面被覆） ※かぶりが不足する場合は、ポリマーセメントモルタル等により、かぶり厚を確保する。 

図 5.4-5 鉄筋露出についての対策工法選定図（例）

5. 4. 2 劣化機構に応じた対策工法の選定

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）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。

【解説】

コンクリート開水路に生じる劣化機構は、摩耗、凍害、アルカリシリカ反応、化学的侵食、中性化、塩害であるが、そのうち主要な劣化機構は摩耗である。また、凍害、アルカリシリカ反応、中性化は、コンクリート開水路のおかれた使用環境条件や、設計・施工条件により発生事例が確認されている。一方で、コンクリート開水路では塩害や化学的侵食による劣化はごく限られた特殊な状況下でしか発生した事例がない。

各劣化機構ともに、劣化の進行過程により適用可能な対策工法が異なるため、コンクリート開水路の劣化の要因の特定とその進行程度を把握し、最適な工法を選定する。

5. 4. 2. 1 摩耗

摩耗による劣化については、劣化程度に応じて、摩耗の進行の抑制、粗度の改善、部材断面の確保、耐荷力の回復に対応する工法を選定する。

【解説】

摩耗による劣化への対策工法は、断面欠損や部分的な鉄筋露出が確認された段階で、断面修復を行うことを基本とする。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、「摩耗が進行しやすい施設や摩耗の進行を許容できない施設」※では、表面被覆工法を選定する。

※「摩耗が進行しやすい施設や摩耗の進行を許容できない施設」の例を以下に示す。

- ・表面粗度が悪化し通水性が低下することが所定の水理機能及び水利用機能と照らして許容できない施設
- ・初期の鉄筋腐食を許容できない重要度の高い施設
- ・落差工や土砂流入が多く摩耗が進行しやすいと想定される施設
- ・鉄筋かぶり厚さの不足や表層コンクリートの低品質により、摩耗の影響が顕在化しやすいと想定される施設

【Ⅱ 進展期の工法選定】

潜伏期と同様の対応とする。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

劣化によりモルタルや粗骨材が欠損した深さまでを対象とした断面修復工法を選定する。断面修復に当たり、断面厚の減少箇所で鉄筋腐食が確認された場合は、鉄筋防錆処理を行う。

さらに、前記の施設※では、その後の摩耗の進行を抑制するために、表面被覆工法を併用する。

【Ⅳ 劣化期の工法選定】

劣化によりモルタルや粗骨材が欠損した深さまでを対象とした断面修復工法、又は施工範囲や施工条件に応じて接着工法を選定する。断面修復に当たり、鉄筋露出箇所や断面厚の減少箇所については、鉄筋防錆処理を行い、鉄筋断面欠損分の鉄筋追加を行う。また、水利用機能及び水理機能と照らして増厚工法が適用可能な場合は選択肢となる。

鉄筋腐食による断面欠損が著しく、耐荷力が大きく低下している場合には、鉄筋の再施工やコンクリートの打換えを検討する。

さらに、前記の施設※では、その後の摩耗の進行を抑制するために、表面被覆工法を併用する。

摩耗による劣化の対策工法選定図

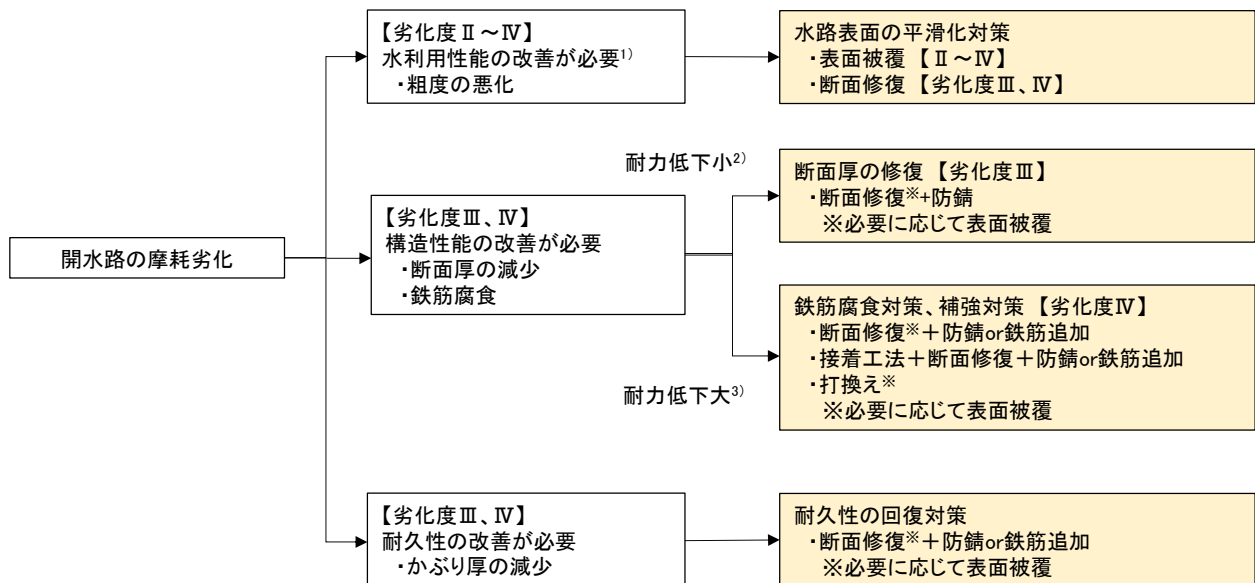
劣化過程、 外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 摩耗を生じやすい水 理条件にあるが、目 立った摩耗は生じて いない	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
II 進展期 コンクリート表面・モル タル部分の摩耗が生 じている	表面のモ ルタル部 分が摩耗	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
III 加速期 粗骨材が露出する状 態	粗骨材が 露出	遮断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
			△	ひび割れ 補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		除去	◎	断面修復	粗骨材の露出・剥離などコンクリート断面の 一部欠損を欠損前の状態・断面に修復
IV 劣化期 粗骨材が剥離して部 材断面力が不足する 状態。粗度係数が増 大。	粗骨材が 剥離	遮断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
			△	ひび割れ 補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		除去	◎	断面修復	粗骨材の露出・剥離などコンクリート断面の 一部欠損を欠損前の状態・断面に修復
			◎	接着	鋼板接着等の補強材料による強度確保
		改善	○	増厚	増厚工法による断面増加、部材増設による 断面剛性回復等
			○	打換え	劣化部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
 ※上記図の「遮断」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14」P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5.4-6 摩耗による劣化についての対策工法選定図（例）

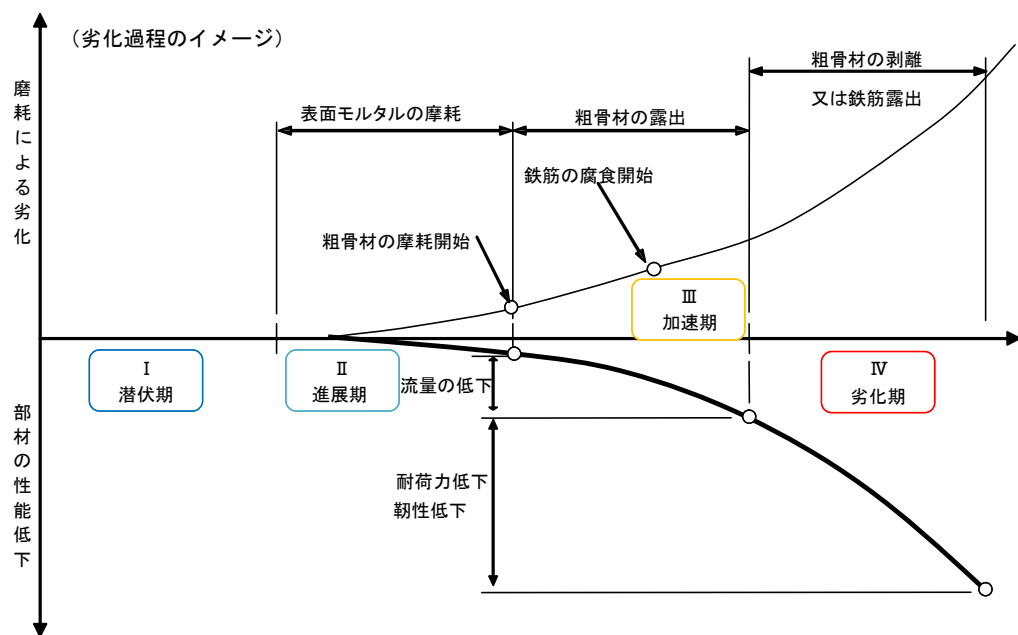
表 5.4-1 摩耗による劣化についての対策工法選定上の留意点

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点	
I 潜伏期	—	—
II 進展期		—
III 加速期	【水理機能・水利用機能に与える影響】 ・表面粗度が悪化すると通水性が低下するが、それが水理システム全体に及ぼす影響(受益地や営農形態の変化等を含む)を考慮し、水管理の工夫で対応できるかを検討した上で、長寿命化対策の要否を判断する。	【構造機能に与える影響】 ・鉄筋腐食による耐力力の低下は殆ど生じていないが、粗骨材の露出により部材断面が減少し、摩擦面が部材の圧縮側となる場合は、耐力力が低下するため、断面厚の修復(断面修復)を行う。
IV 劣化期		【構造機能に与える影響】 ・かぶりの減少や鉄筋露出により鉄筋腐食が進行して鉄筋断面が減少し、耐力力が一層低下するため、防錆処理、鉄筋追加、鉄筋の再施工を行う。
共通	・かぶり厚が十分に確保されていれば、通常は摩耗の進行により部材の耐力力が極端に低下することはないが、初期欠陥としてかぶり厚不足の場合やコンクリートの品質が低い場合は摩耗により鉄筋腐食に至る可能性が高いため、劣化初期に予防保全的な対策を検討する。 ・表面被覆工の対策実施時には、脆弱層(付着強度が側壁1.0N/mm ² 未満、底版平均1.0N/mm ² (個々の値は0.85N/mm ²)未満の範囲)をはつり除去する。そして、はつり除去後に部材厚が極端に薄くなる場合や、かぶり厚さが確保できない場合は、部分的な打換えも検討する。	



- 1) 表面粗度が上昇すると通水性が低下するが、それが水理システム全体に及ぼす影響を考慮し、水管理の工夫で吸収できるかを検討した上で、長寿命化対策の要否を判断する。
- 2) III加速期を意図する。この劣化過程では鉄筋腐食による耐力力の低下は生じていないが、粗骨材の露出により部材断面が減少し、摩擦面が部材の圧縮側となる場合は、耐力力が低下する。
- 3) IV劣化期を意図する。この劣化過程ではかぶりの減少や鉄筋露出により鉄筋腐食が進行して鉄筋断面が減少し、耐力力が一層低下する。

図 5.4-7 摩耗劣化に係る性能低下に対応する対策工法の選定概念図



劣化過程	本来的機能			社会的機能※
	構造機能	水理機能	水利用機能	
状態Ⅰ (潜伏期)	—	—	—	—
状態Ⅱ (進展期)	—	—	—	表面凹凸や粗骨材露出による 「環境性の低下(景観悪化)」
状態Ⅲ (加速期)	かぶり厚の減少による 「耐久性の低下」	粗度係数の増大による 「通水性の低下(表面抵抗の増大)」	水理機能(通水性)の低下による 「送配水性の低下(用水到達時間の遅延)」	※状態Ⅲ(加速期)以降は、錆汁による 景観悪化も発生
状態Ⅳ (劣化期)	鉄筋腐食や部材断面欠損による 「力学的安全性の低下」			水理機能(通水性)の低下による 「安全性・信頼性の低下(溢水事故の発生)」 構造機能(力学的安全性)の低下による 「安全性・信頼性の低下(水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等)」

※ 上記のほか、社会的機能としての経済性(補修費、維持管理費等)や環境性(親水性等)は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-8 摩耗の劣化過程

5. 4. 2. 2 凍害

凍害による劣化については、劣化程度に応じて、水分の供給の抑制、劣化部位の除去・修復、耐荷力の回復等に対応する工法を選定する。

【解説】

凍害による劣化への対策工法は、ある程度劣化が進行した段階で、劣化部位を除去した後に耐凍害性を有する断面修復材で断面修復する工法を選定することを基本とする。

凍害により発生するコンクリート内部の層状ひび割れは、外部から供給される水により部材内部の飽水度が高まり、外気温が凍結温度以下になった時の部材内部の水分の凍結膨張によって発生する。よって、コンクリート開水路の凍害劣化に対する対策は、部材内部への水分の侵入を抑制することが重要となる。

ただし、安易に表面被覆工法を施工した場合、背面から供給された水分を側壁内部に滞留させてしまい、将来的に凍結融解作用を助長させてしまうおそれがあることが研究より明らかになってきている。このため、凍害地域における表面被覆工法の適用には十分留意する必要がある。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、激しい凍害が想定される地域^{※1}では特に重要度の高い施設において、劣化因子の侵入を抑制する効果のある表面含浸工法や表面被覆工法より選定する。

【Ⅱ 進展期の工法選定】

激しい凍害が想定される地域^{※1}では、進展期の段階で、凍害の影響範囲をはつり取り、耐凍害性を有する断面修復材で修復する工法の適用を検討する。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

凍害の影響範囲をはつり取り、耐凍害性を有する断面修復材で修復する工法を選定する。

【Ⅳ劣化期の工法選定】

原則として、凍害の影響範囲をはつり取り、耐凍害性を有する断面修復材で修復する工法を選定する。

ただし、施工範囲や施工条件に応じて増厚工法の適用を検討する。

^{※1}「激しい凍害が想定される地域」は凍害の危険度 4（凍害の予想程度：大きい）以上を想定（図 3.3-11 凍害危険度の分布を参照）

凍害による劣化の対策工法選定図

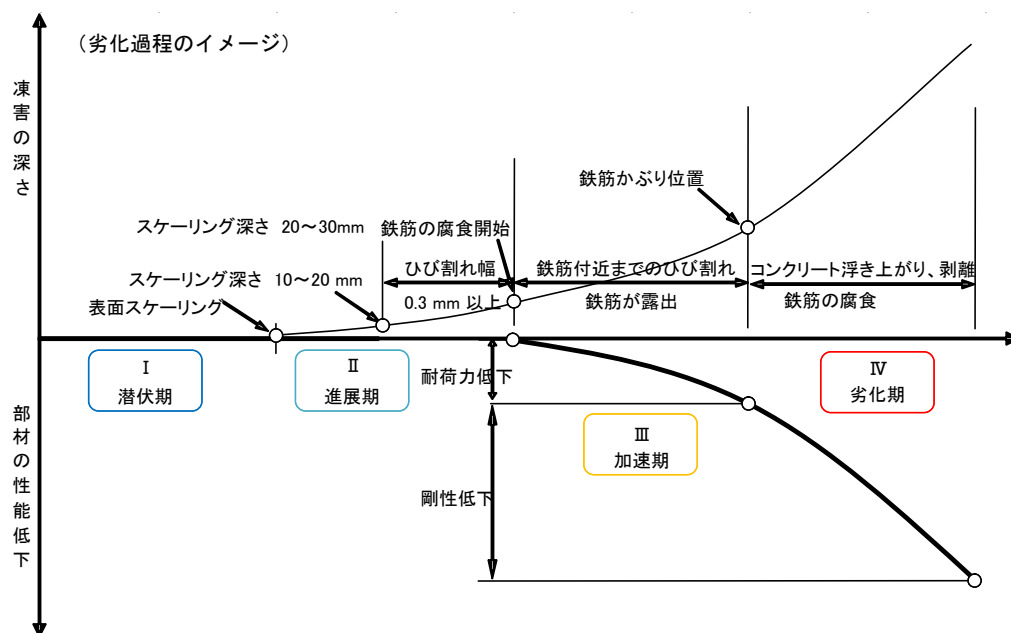
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生するまでの期間。 外観上の変状が見られない。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	△	表面含浸	表面からの水分侵入抑制
			△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
II 進展期 スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生し、骨材が露出するまでの期間。	水分の滲出	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
	スケーリング		△	ひび割れ補修	ひび割れからの水分侵入防止
	微細ひび割れ	除去	○	断面補修	スケーリングやポップアウト部の除去と断面の修復
	ポップアウト				
III 加速期 スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが進展し、骨材の露出や剥落が発生する期間。	水分の滲出	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止、及び剥落防止
	スケーリング		△	ひび割れ補修	ひび割れからの水分侵入防止
	ひび割れ	除去	◎	断面修復	スケーリングやポップアウト部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復
	ポップアウト				
	骨材露出				
IV 劣化期 かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋の露出や腐食が発生する期間。	剥落	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止、及び剥落防止
	水分の滲出		△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
	スケーリング	除去	◎	断面修復	スケーリングやポップアウト部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面の修復
	ひび割れ				
	ポップアウト	改善	◎	増厚	増厚工法による断面増加、部材増設による断面剛性回復等
	剥落		○	接着	鋼板接着等の補強材料による強度確保
	鉄筋露出・腐食		○	打換え	劣化部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
 ※上記図の「遮断」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14)P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5. 4-9 凍害による劣化についての対策工法選定図（例）

表 5.4-2 凍害による劣化についての対策工法選定上の留意点

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点
I 潜伏期	・劣化因子の侵入を抑制する効果のある表面含浸工法や表面被覆工法は、背面から供給された水分を側壁内部に滞留させ、将来的に凍結融解作用を助長するおそれがあるため、適用には十分留意する。
II 進展期	・はつり取る範囲は、一見して分かる変状発生箇所だけでなく、凍害による微細なひび割れの発生範囲を対象とする。
III 加速期	・激しい凍害が想定される地域では特に重要度の高い施設において、断面修復後に表面含浸工法や表面被覆工法を適用することを検討する。
IV 劣化期	
共通	・水路背面からの水分供給が劣化要因となる可能性がある場合は、現場条件に応じた背面水の排水等を検討する。 ・表面被覆工の対策実施時には、脆弱層（付着強度が側壁1.0N/mm ² 未満、底版平均1.0N/mm ² （個々の値は0.85N/mm ² ）未満の範囲）をはつり除去する。そして、はつり除去後に部材厚が極端に薄くなる場合や、かぶり厚さが確保できない場合は、部分的な打換えも検討する。



劣化過程	本来の機能			社会的機能※2
	構造機能	水理機能	水利用機能	
状態Ⅰ (潜伏期)	—	—	—	—
状態Ⅱ (進展期)	スケーリングやひび割れによる 「 耐久性の低下 」	—※1	—※1	表面剥離・剥落やひび割れによる 「 環境性の低下 （景観悪化）」 ※状態Ⅲ（加速期）以降は、錆汁による景観悪化も発生
状態Ⅲ (加速期)	鉄筋腐食や部材断面欠損による 「 力学的安全性の低下 」	—※1	—※1	
状態Ⅳ (劣化期)		—※1	—※1	構造機能（力学的安全性）の低下による 「 安全性・信頼性の低下 （水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等）」

※1 凍害は主に気中部や土中部で進行し、水中部では凍害が極めて生じにくいいため粗度係数の増大やひび割れによる水利用機能や水理機能に影響する可能性は低い。

※2 上記のほか、社会的機能としての経済性（補修費、維持管理費等）や環境性（親水性等）は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-10 凍害の劣化過程

5. 4. 2. 3 アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応による劣化については、劣化進行の抑制、膨張の拘束、劣化因子の除去、耐力力の向上に対応する工法を選定する。

【解説】

アルカリシリカ反応の劣化への対策工法は、抜本的なものは確立されていないため、劣化の比較的初期に劣化因子の侵入を抑制する対策を行った上で、継続監視により開口ひび割れが確認された時点で、鉄筋深度以深までの断面修復を行うことを基本とする。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、早期にアルカリシリカ反応による劣化が明らかになった場合は、特に重要度の高い施設や高い水密性が要求される施設において、劣化因子となる水分の侵入を抑制し、かつコンクリート中の水分蒸発が可能な表面含浸工法を選定する。また、表面含浸工法としては、アルカリシリカ反応で生成されたゲルを非膨張性にする亜硝酸リチウム等を用いた工法も選択肢となる。

【Ⅱ 進展期の工法選定】

原則として、劣化因子となる水分の侵入を抑制し、かつコンクリート中の水分蒸発が可能な表面含浸工法を適用する。

ただし、残存膨張量が大きい場合には、アルカリシリカ反応による膨張を拘束する接着工法の適用を検討する。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

鉄筋深度以深までの断面修復を行った上で、劣化因子となる水分の侵入を抑制する表面含浸工法を適用する。

ただし、残存膨張量が大きい場合には、アルカリシリカ反応による膨張を拘束する接着工法の適用を検討する。

【Ⅳ劣化期の工法選定】

原則として、鉄筋深度以深までの断面修復を行う工法を選定する。

ただし、施工範囲や施工条件に応じて接着工法や増厚工法の適用を検討する。

また、アルカリシリカ反応による膨張によって部材の一体性が大きく損なわれている場合や、鉄筋の断面欠損が著しい場合には、鉄筋の再施工やコンクリートの打換えを検討する。

アルカリシリカ反応による劣化の対策工法選定図

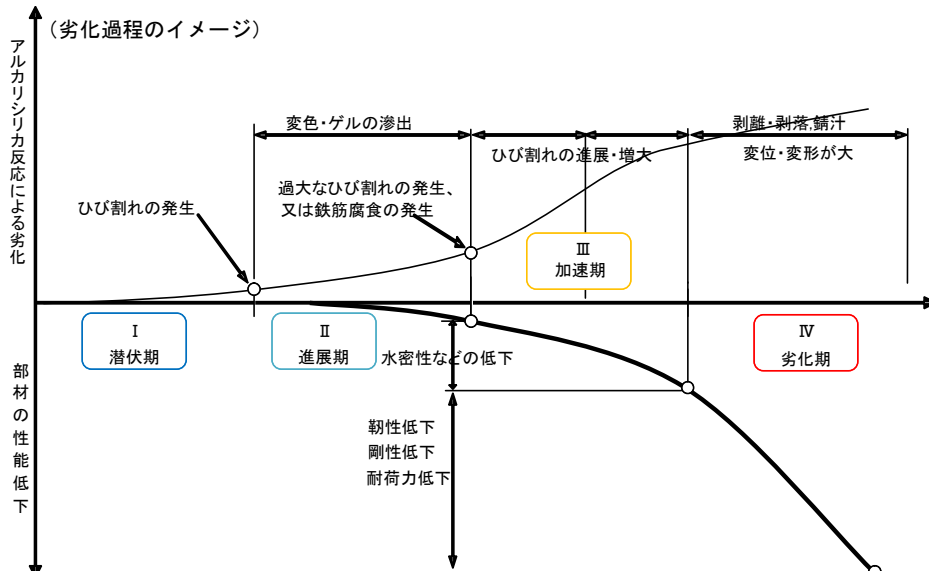
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生していない期間。 外観上の変状が見られない。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
		抑制	△	接着・増設	FRP、鋼板接着等によるASR膨張の拘束等
		除去	○	表面含浸	リチウム系化合物の表面含浸によるASR膨張の抑制 コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理
II 進展期 水分とアルカリ供給下において膨張が継続的に進行し、ひび割れが発生するが鉄筋腐食がない期間。	ひび割れ 変色、ゲル滲出	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		抑制	△	接着・増厚	FRP、鋼板接着等によるASR膨張の拘束等
			△	表面含浸	リチウム系化合物の表面含浸によるASR膨張の抑制
III 加速期 膨張速度が最大を示す段階で、ひび割れが進展し、鉄筋腐食が発生する場合もある期間。	ひび割れ 錆汁	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止、及び剥落防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		抑制	△	接着・増厚	FRP、鋼板接着等によるASR膨張の拘束等
			△	表面含浸	リチウム系化合物の表面含浸によるASR膨張の抑制
		除去	◎	表面含浸	コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理
			◎	断面修復	劣化部分の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復
IV 劣化期 残存膨張量がほぼゼロとなる時期。 ひび割れの幅・密度が増大し、部材としての一体性が損なわれる。 鉄筋の腐食による断面減少が生じ、鉄筋の損傷が発生する等、耐荷性の低下が顕著な期間。	錆汁 段差・ずれ 剥離・剥落 鉄筋の損傷 変位・変形	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止、及び剥落防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		除去	◎	断面修復	劣化部分の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復
		改善	◎	接着・増厚	FRP、鋼板接着等の補強材料による強度確保
			○	打換え	劣化部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
 ※上記図の「遮断」、「抑制」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14「P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5.4-11 アルカリシリカ反応による劣化についての対策工法選定図（例）

表 5.4-3 アルカリシリカ反応による劣化についての対策工法選定上の留意点

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点	
I 潜伏期	・対策後も、アルカリシリカ反応によるひび割れの発生・進展が目視で確認できることが望ましい。 ・表面被覆工は水路背面等から侵入した水分の発散を妨げるおそれがあるため適用に当たっては留意する必要がある。 ・アルカリシリカ反応による膨脹が収束していない時期に表面被覆工法を施した場合、施工後に母材の膨脹に表面被覆材が追従できずひび割れ等の変状が発生し、水分侵入抑制効果等が十分発揮されないおそれがある。このため、表面被覆工法の適用及び用いる材料の検討は慎重に行う必要がある。 ・表面含浸工の材料で表面リチウム化合物を用いる場合、リチウム化合物は環境基準や発がん性が否定できない材料であるため、施工に当たっては留意が必要である。 ・接着工法（拘束効果を期待する場合）の適用に当たっては、開水路は部材が薄く、部材が連続しているため、補強材の巻立て方や固定方法に留意する必要がある。	
II 進展期		
III 加速期		・アルカリシリカ反応による鉄筋破断が、問題となる可能性があるのは水圧や土圧の作用で応力集中する側壁と底版の接合部付近である。そこで、劣化が進行（加速期～劣化期）しており、更に側壁に変位がみられる場合は、変位方向に応じた箇所のはつり調査（水路内面方向に変位している場合は地山の試掘を伴う）により鉄筋破断の有無を確認した上で、鉄筋の再施工、打換えや増厚等の補強工法を検討する。
IV 劣化期		
共通	・アルカリシリカ反応の対策にあたっては、母材の残存膨脹量や骨材の反応性、追従性等の工法性能を十分踏まえた上で対策の要否検討や工法選定を行う必要がある。	



劣化過程	本来的機能			社会的機能※
	構造機能	水理機能	水利用機能	
状態 I (潜伏期)	—	—	—	—
状態 II (進展期)	—	—	—	ひび割れや表面変色による「環境性の低下(景観悪化)」
状態 III (加速期)	ひび割れによる「耐久性の低下」	貫通ひび割れによる「通水性の低下(漏水発生)」	水理機能(通水性)の低下による「送配水性の低下(用水到達時間の遅延)」	貫通ひび割れによる「安全性・信頼性の低下(漏水事故、漏水による周辺地盤陥没の発生)」
状態 IV (劣化期)	ひび割れの増大や鉄筋破断による「力学的安全性の低下」			構造機能(力学的安全性)の低下による「安全性・信頼性の低下(水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等)」

※ 上記のほか、社会的機能としての経済性(補修費、維持管理費等)や環境性(親水性等)は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-12 アルカリシリカ反応の劣化過程

5. 4. 2. 4 化学的侵食

化学的侵食による劣化については、劣化進行の抑制、鉄筋腐食進行の抑制、耐荷力の向上に対応する工法を選定する。

【解説】

化学的侵食は温泉地や酸性河川流域等で発生するため、農業水利施設としてのコンクリート開水路では事例が少ない。

化学的侵食の対策工は、劣化過程に応じて、劣化因子の侵入を抑制する工法、劣化部位を除去して断面修復する工法、耐荷力を回復させるための補強工法より選定する。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、早期に化学的侵食による劣化が明らかになった場合は、特に初期の鉄筋腐食を許容できない重要度の高い施設において、劣化因子の侵入を抑制する表面被覆工法を選定する。

【Ⅱ 進展期の工法選定】

劣化因子の侵入を抑制する表面被覆工法を選定する。また、劣化により脆弱化した層の厚さに応じて断面修復工の併用を検討する。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

劣化により脆弱化した層を除去して、鉄筋防錆処理を行った後に、断面修復する工法を選定する。さらに、その後の劣化因子の侵入を抑制するために、表面被覆工法を併用する。

【Ⅳ劣化期の工法選定】

加速期の対応方法に加えて、施工範囲や施工条件に応じて接着工法や増厚工法より選定する。

また、鉄筋腐食による断面欠損が著しく耐荷力が大きく低下している場合には、鉄筋の再施工やコンクリートの打換えを検討する。

化学的侵食による劣化の対策工法選定図

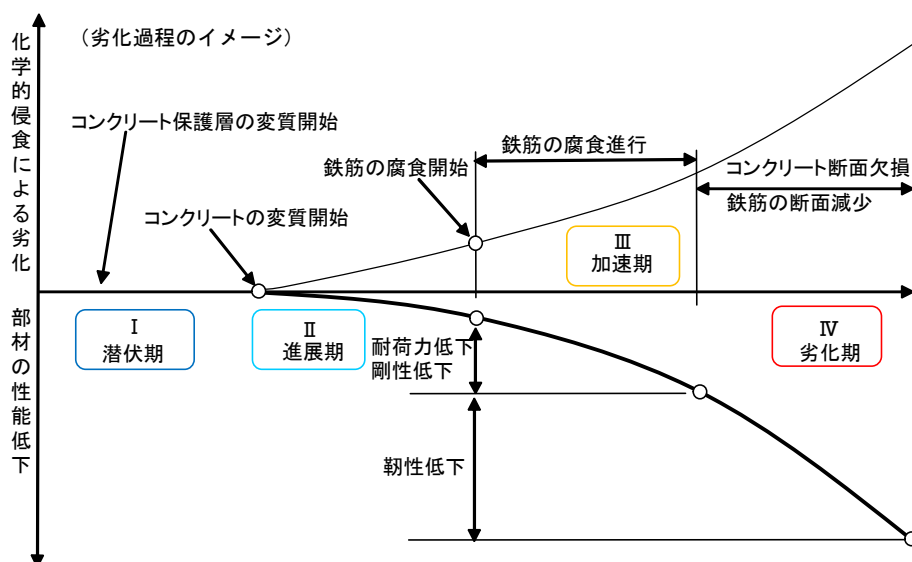
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法
I 潜伏期 劣化が顕在化しない期間	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する 遮断 ○ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵入防止
II 進展期 コンクリートにひび割れが発生するまでの期間、あるいは骨材が露出し、剥がれ始めるまでの期間	ひび割れ 表面劣化	遮断 ◎ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 △ ひび割れ補修 ひび割れ部からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 除去 ○ 断面修復 劣化部分の除去を目的とした断面修復
III 加速期 コンクリートの侵食深さが増大し、劣化因子が鉄筋位置に達して鉄筋腐食が開始するまでの期間	ひび割れ 断面欠損 粗骨材が露出・剥離	遮断 ◎ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 △ ひび割れ補修 ひび割れ部からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 除去 ◎ 断面修復 劣化部分の除去及び鉄筋の防食を目的とした断面修復
IV 劣化期 コンクリートの断面欠損、鉄筋の断面減少等により、耐荷力の低下が顕著になる時期	ひび割れ 断面欠損 鉄筋断面減少 変形・たわみ	遮断 ◎ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 △ ひび割れ補修 ひび割れ部からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 除去 ◎ 断面修復 劣化部分の除去及び鉄筋の防食を目的とした断面修復 改善 ◎ 接着・増厚 補強材料による強度確保等 ○ 打換え 劣化部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
※上記図の「遮断」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14「P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5. 4-13 化学的侵食による劣化についての対策工法選定図（例）

表 5.4-4 化学的侵食による劣化についての対策工法選定上の留意点

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点
I 潜伏期	・表面被覆前のはつり工は、厚さ数mm程度の脆弱部を除去する程度で良い。
II 進展期	・はつり除去～断面修復の対象範囲は、劣化因子に応じて、ひび割れ、浮き、剥落、粗骨材の脱落、軟化等の変状が生じている、脆弱層（表面被覆工を選定する場合は付着強度が側壁1.0N/mm ² 未満、底版平均1.0N/mm ² （個々の値は0.85N/mm ² ）未満の範囲）とする。そして、はつり除去後に、部材厚が極端に薄くなる場合や、かぶり厚さが確保できない場合は、部分的な打換えも検討する。
III 加速期	
IV 劣化期	
共通	—



劣化過程	本来的機能			社会的機能※	
	構造機能	水理機能	水利用機能		
状態Ⅰ (潜伏期)	—	—	—	—	
状態Ⅱ (進展期)	かぶりコンクリートの変質による「 耐久性の低下 」	変質部の剥離が顕著な場合に粗度係数の増大による「 通水性能の低下 （表面抵抗の増大）」	水理機能（通水性）の低下による「 送配水性の低下 （用水到達時間の遅延）」	水理機能（通水性）の低下による「 安全性・信頼性の低下 （溢水事故の発生）」	表面変質による「 環境性の低下 （景観悪化）」 ※状態Ⅲ（加速期）以降は、錆汁による景観悪化も発生
状態Ⅲ (加速期)	鉄筋腐食や部材断面欠損による「 力学的安全性の低下 」				
状態Ⅳ (劣化期)				構造機能（力学的安全性）の低下による「 安全性・信頼性の低下 （水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等）」	

※ 上記のほか、社会的機能としての経済性（補修費、維持管理費等）や環境性（親水性等）は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-14 化学的侵食の劣化過程

5. 4. 2. 5 中性化

中性化による劣化については、劣化進行の抑制、鉄筋の腐食進行の抑制、耐荷力の低下の抑制に対応する工法を選定する。

【解説】

中性化による劣化は、主に気中部で進行することから、対象施設は、側壁が自立している構造あるいは水路橋構造を想定する。ただし、条件によっては、水中部でもアルカリ性の低下が発生する可能性があり、これが確認された場合には個別に対応する。

中性化による劣化への対策工法は、鉄筋が腐食環境となる時点（進展期、中性化残りが10mm未満の場合）で、劣化因子の侵入を抑制する工法を選定し、鉄筋腐食が確認された場合に断面修復工法を選定することを基本とする。なお、無筋コンクリートは鉄筋コンクリートに比べて中性化の影響は限定的で対策が必要となる可能性は小さい。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、耐久性を確保できる期間が予定供用年数を下回るものと予測される場合は、初期の鉄筋腐食を許容できない重要度の高い施設において、劣化因子の侵入を抑制する効果のある表面被覆工法や表面含浸工法より選定する。

【Ⅱ 進展期の工法選定】

原則として、劣化因子の侵入を抑制する効果のある表面被覆工法又は表面含浸工法を選定する。

ただし、初期の鉄筋腐食を許容できない重要度の高い施設においては、鉄筋腐食状態を確認した上で、鉄筋防錆処理を施し断面修復する工法の適用を検討する。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

鉄筋かぶり部分の変状箇所をはつり除去、及びたたき落とし、鉄筋防錆処理の上、断面修復する工法を選定する。

【Ⅳ 劣化期の工法選定】

原則として、鉄筋の断面欠損分を補うための鉄筋を追加した上で、断面修復を行う工法を選定する。

ただし、施工範囲や施工条件に応じて打換え工法、接着・増厚工法の適用を検討する。

- 1) C はかぶりである。
 2) 40年は機能保全コストの検討期間と整合を取ったものである。

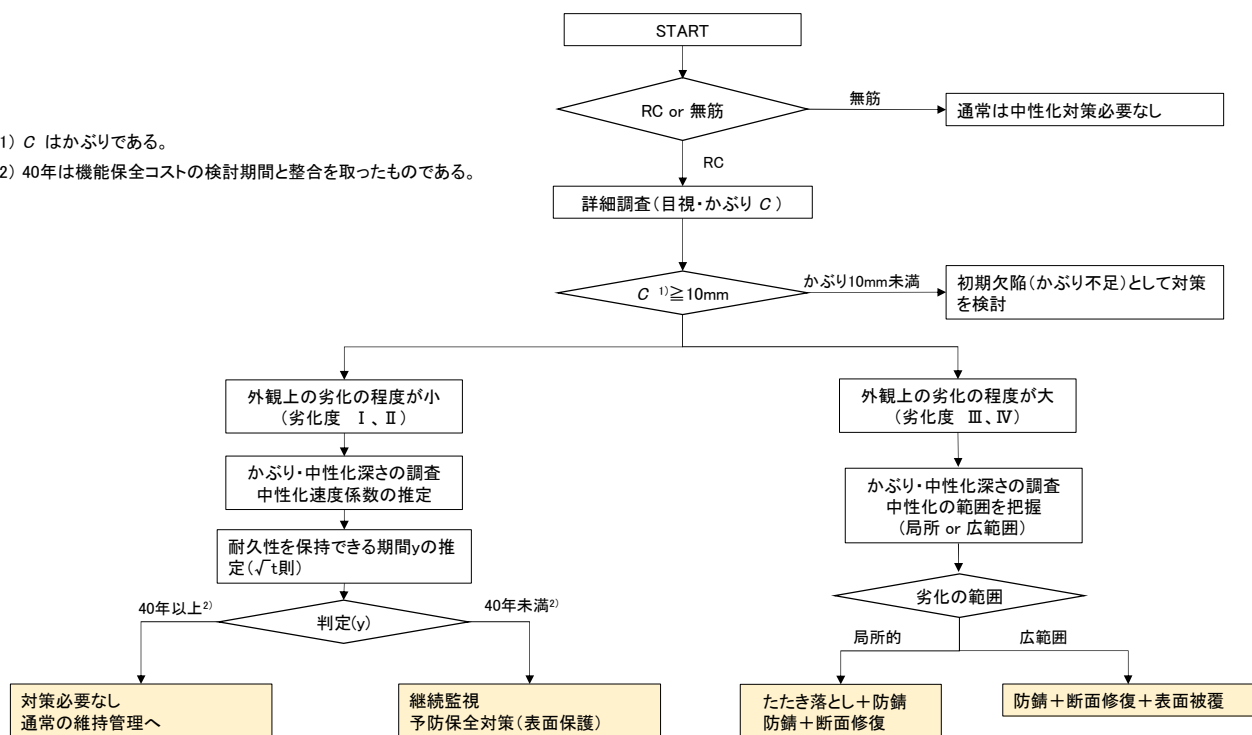


図 5.4-15 中性化についての対策工法選定フロー

中性化による劣化の対策工法選定図

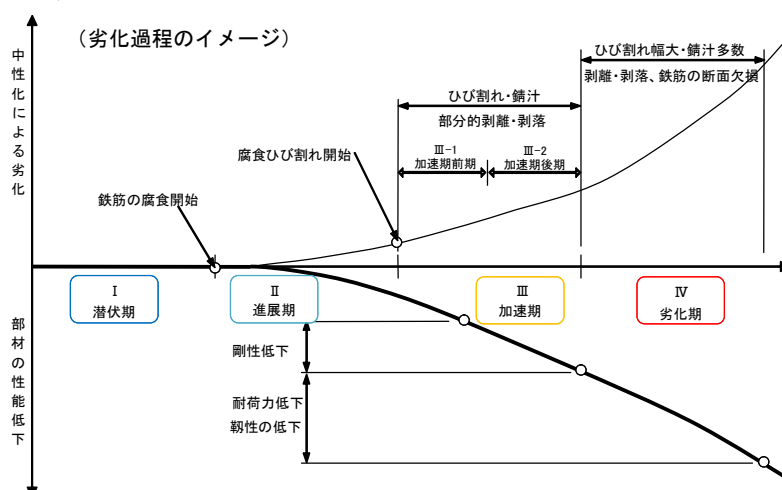
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 中性化深さが腐食発生限界に到達するまでの期間 外観上の変状が見られない、中性化残りが発錆限界以上。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	○	表面被覆	表面からのCO ₂ などの侵入防止
		抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の保護(アルカリ性付与材の塗布含浸)
II 進展期 鉄筋の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間。 外観上の変状が見られない、中性化残りが発錆限界未満、腐食が開始。	ひび割れ	遮断	◎	表面被覆	表面からのCO ₂ 、H ₂ O、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
		遮断	○	ひび割れ補修	表面からのCO ₂ 、H ₂ O、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
	錆汁	抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)
		除去	△	再アルカリ化	限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復
III 加速期 腐食ひび割れ発生により鉄筋の腐食速度が増大する期間。 腐食ひび割れの進展とともに剥離・剥落が見られるが、鉄筋の断面欠損は生じていない。	ひび割れ	遮断	△	表面被覆	表面からのCO ₂ 、H ₂ O、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
	剥離・剥落	遮断	△	ひび割れ補修	表面からのCO ₂ 、H ₂ O、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
		抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)
	錆汁	抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)
		除去	△	再アルカリ化	限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復
IV 劣化期 鉄筋の腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な時期。 腐食ひび割れとともに剥離・剥落、鉄筋の断面欠損が生じている。	ひび割れ	遮断	△	表面被覆	剥落防止
	剥離・剥落	遮断	△	ひび割れ補修	表面からのCO ₂ 、H ₂ O、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
		抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)
	錆汁	抑制	△	表面含浸	鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)
		除去	△	再アルカリ化	限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復
	鉄筋断面欠損	除去	◎	断面修復	限界値を超えたアルカリ濃度低下部のコンクリートの除去・修復
		改善	○	接着・増厚	鋼板接着等の補強材料による強度確保
	変形・たわみ	改善	○	打換え	劣化した部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
 ※上記図の「遮断」、「抑制」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14「P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5.4-16 中性化による劣化についての対策工法選定図 (例)

表 5.4-5 中性化による劣化についての対策工法選定上の留意点

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点
I 潜伏期	・中性化残りが10mm以上の場合を潜伏期とする。 ・$\sqrt{t}$則によって中性化残りが10mm未満となるまでの期間を求め、これを耐久性を確保できる期間とする。(【参考①】中性化耐久性保持期間の求め方を参照) 通常、潜伏期は経過観察とするが、重要度の高い施設においては、この期間が予定供用年数を下回る場合に、劣化因子の侵入を抑制する工法の適用を検討する。
II 進展期	・鉄筋腐食が確認されない場合であっても、中性化残りが10mm未満、又は鉄筋かぶり厚が10mm未満(初期欠陥)の場合は進展期の対応とする。
III 加速期	・対策範囲は、「鉄筋腐食によるひび割れ、錆汁析出、剥離・浮き、剥落の発生箇所」とする。 ・変状発生範囲が概ねスパンの鉄筋の50%未満の場合は、剥離・浮き部をたたき落とし、鉄筋防錆処理を行った上で、断面修復を行う。 ・変状発生範囲が概ねスパンの鉄筋の50%以上の場合は、中性化深さと鉄筋表面までの深い方の深度まではつり除去し、鉄筋防錆処理を行った上で、断面修復を行う。また、更に耐久性を向上する必要がある場合には、断面修復後に表面被覆を適用することを検討する。
IV 劣化期	・鉄筋の断面欠損が概ね10%を超える場合に劣化期の対応を実施する。
共通	・再アルカリ化工法は、開水路においては実績が少なく効果が確認されておらず、コスト面でも不利なため、選定しないことが望ましい。



劣化過程	本来的機能			社会的機能※2
	構造機能	水理機能	水利用機能	
状態 I (潜伏期)	—	—	—	—
状態 II (進展期)	—	—	—	—
状態 III-1 (加速期前期)	ひび割れによる「 耐久性の低下 」 ※ただし、中性化残りの減少は状態 I (潜伏期)より発生	—※1	—※1	ひび割れ、錆汁、剥離による「 環境性の低下 (景観悪化)」
状態 III-2 (加速期後期)	鉄筋腐食や部材断面欠損による「 力学的安全性の低下 」	—※1	—※1	
状態 IV (劣化期)		—※1	—※1	構造機能(力学的安全性)の低下による「 安全性・信頼性の低下 (水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等)」

※1 中性化は主に気中部で進行し、かつ鉄筋腐食によってひび割れが生じるのはかぶりコンクリート部分のため、ひび割れから漏水が生じて水利用機能や水理機能が低下する可能性は低い。

※2 上記のほか、社会的機能としての経済性(補修費、維持管理費等)や環境性(親水性等)は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-17 中性化の劣化過程

【参考①】 中性化耐久性保持期間の求め方

1) 中性化の将来予測

コンクリート開水路の中性化の将来予測には式 (1) に示す $\sqrt{t}$ 式を用いる。

$$d_c = \alpha \sqrt{t} \quad (1)$$

ここで、 d_c ：中性化深さ(mm)、 α ：中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{年}}$)、 t ：材齢 (年)、式 (1) はコンクリートの中性化深さが $\sqrt{t}$ という量に比例し進行することを示している。

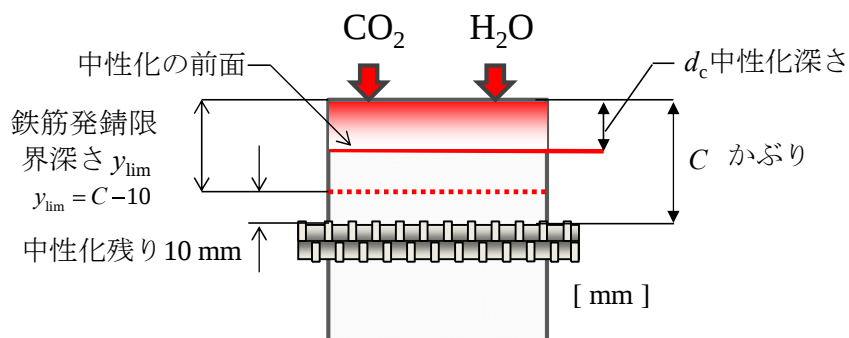


図 5.4-18 中性化深さと鉄筋発生限界深さの関係

中性化の照査は図に示すように、コンクリート表面からの中性化深さが中性化残りまでに達する年数を求めることにより行われる。コンクリートのかぶりの平均 C から中性化残り R を引いた値を y_{lim} ：鉄筋発生限界深さと呼ぶ。 R は通常環境では 10mm、塩化物が存在する環境では 10～25mm と大きい値を用いる。

$$y_{\text{lim}} = C - R \quad (2)$$

中性化深さ d_c が以下であれば中性化に対する耐久性は保持されていると考える。つまり、以下の条件である。

$$d_c \leq y_{\text{lim}} \quad (3)$$

(3)式の等号がなりたつ年数 t を (1) 式から求めれば、中性化の耐用年数が保持されると期待できる期間 y を求めることができる。

【参考②】 鉄筋かぶり及び中性化深さの調査方法

開水路のかぶり調査及び中性化深さの調査方法については、それぞれ「既存コンクリート構造物の性能評価指針(2014):日本コンクリート工学会」の付属書Ⅰ－4.1鉄筋かぶり及び鉄筋径、付属Ⅰ－3.3中性化深さに示す方法を基本とし測定すると良い。

ただし開水路は農業用水を運ぶ線的構造物として特徴があり、上記の付属書に記述されていない以下の点に留意して調査を行うのが望ましい。

1. 鉄筋かぶり調査と中性化深さ調査は同時に行うのが効率の点で望ましい。これは、中性化深さの調査には鉄筋位置を把握することが必要だからである。
2. 開水路は線的構造物であるため、区間内でかぶり、中性化深さがスパン毎にばらつく。また、同一スパン内においても水分、日射、部材(底版、側壁)等の条件により中性化深さの分布が空間的にばらつくことが知られている。対象とする全てのスパンに対して詳細調査を行うことはコストの面から現実的ではないため、「機能保全の手引き」等にも示されるように開水路をある程度のまとまりを持った「グループ」に分割し、「グループ」毎に平均的なかぶり、中性化深さを代表指標として照査を行うことが現実的と考える(もちろん、工学的な判断で、最大、最小値を用いても良い)。
3. 開水路のグルーピングは連続的に区間を分割するものとし、各グループに関して以下の状態が似通うようにグルーピングを行う。すなわち、建設・供用状態が似通う連続区間をグループとして選定する。これは、ほぼ機能診断調査のグルーピングと同一になると思われる。
 - ①建設年 (建設時期)
 - ②路線 (直線、曲線、分水)
 - ③設計条件 (水路断面、配筋等)
 - ④建設材料 (コンクリート、鉄筋)
 - ⑤施工条件 (施工者、工法、施工条件)
 - ⑥供用条件 (通水期間、流況、管理)
 - ⑦環境条件 (日射、水分状態等)
4. 施設機能調査のグルーピングの水路区間長は1～2km程度と想定される。水路スパン間隔を10mとすれば、1グループ区間には多く見積もって100～200の水路スパンが存在する。このような母集団の中から平均的な鉄筋かぶり、中性化深さを推定するのが調査の目的となるが、今のところ有効な方法は確立されていない。そこで、当面は、1グループに対して5スパンを抽出し計測を行うのが良いと考える。抽出する際は、無作為に決まった区間間隔でサンプリングするのが基本であるが、グループ内に目視にて際だった変状を示すスパンがあれば追加計測を行うのが望ましい。これらの計測を行うことにより、グループに対しての平均かぶり、中性化深さとそれらのばらつきを示す標準偏差を得ることができる。
5. 鉄筋かぶりと中性化深さはスパン内でもばらつく。鉄筋かぶりについては施工に起因するばらつきが多いと考えられるため、かぶりの分布がわかる程度の詳細計測が必要である。最近は一タブル型の鉄筋探査装置も発売されていることから、高精度ではなくてもスパン全体の鉄筋分布を計測することが重要である。

6. コスト・効率面から現状では、小口径コア法あるいはドリル法（NDIS3419）がコンクリート開水路の中性化深さ測定に対して適用性が高いと考えられる。ドリル法は骨材に当たると精度が低下するが短時間で多くのデータを得られる点が利点である。どの方法においても測定数が増すほど平均値の推定精度は向上するが、コストの面からは、ドリル法はスパン水平方向に 1m 以下の間隔（スパン長が 10m なら、約 10 点）程度で実施するのが、スパン全体の平均値を捉えるには有効と思われる（図 5.4-19 を参照）。なお、図では、気中と水中に分けて計測した例を示したが、これは常に水中と気中の測定が必要という意味ではない。常時満流で流れているような水路であれば、水中のみで比較的大モーメントに近い側壁の根元に近い部分（あまり根元に近いとやりにくいので底版から 1m 程度の高さ）を計測すれば良い。

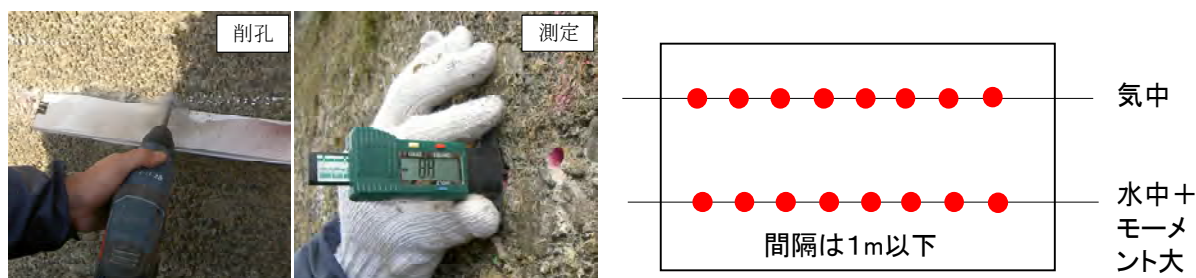


図 5.4-19 ドリル法の測定イメージ

5. 4. 2. 6 塩害

塩害による劣化については、劣化進行の抑制、鉄筋の腐食進行の抑制、劣化因子の除去、耐荷力の回復に対応する工法を選定する。

【解説】

コンクリート開水路における塩害は汽水域や塩分飛来地域等で発生するため、発生事例は少ない。

塩害の対策工は、劣化過程に応じて、劣化因子の侵入を抑制する工法、劣化部位・因子を除去する工法、耐荷力を回復させるための補強工法より選定する。また、対策規模、施設の重要度、管理体制に応じて電気化学的な防食工法（電気防食工法、脱塩工法）も選択肢となる。

【Ⅰ 潜伏期の工法選定】

原則として、継続監視とする。

ただし、塩分の侵入が予測される場合は、特に初期の鉄筋腐食を許容できない重要度の高い施設において、表面被覆工法を選定する。

【Ⅱ 進展期の工法選定】

劣化因子となる塩分を除去することを目的とした断面修復工法を選定する。

【Ⅲ 加速期の工法選定】

高濃度の塩分を含んだコンクリートを除去することを目的とした断面修復工法を選定する。

【Ⅳ劣化期の工法選定】

加速期の対応方法に加えて、施工範囲や施工条件に応じて接着・増厚工法より工法選定する。

また、鉄筋腐食による断面欠損が著しく耐荷力が大きく低下している場合には、鉄筋の再施工やコンクリートの打換えを検討する。

塩害による劣化の対策工法選定図

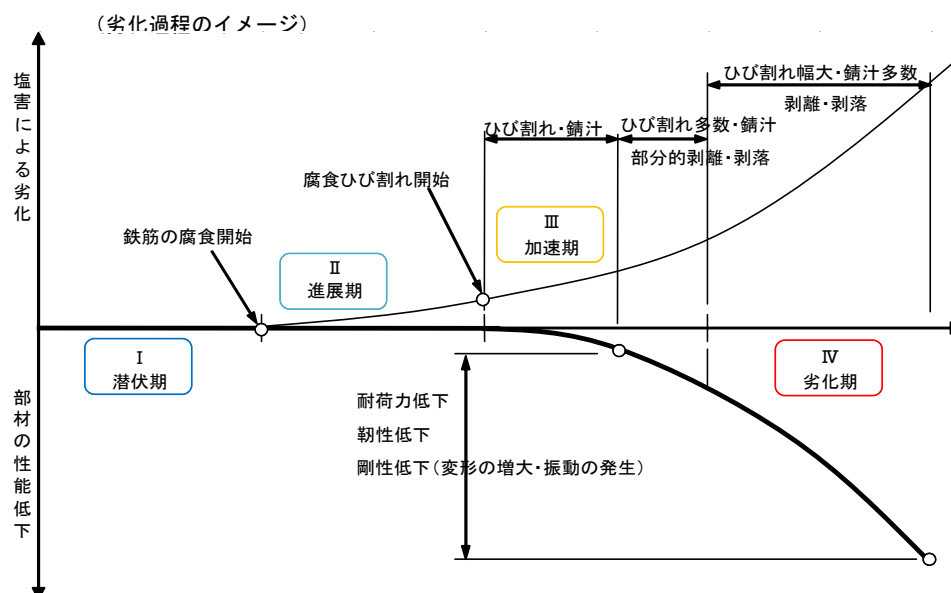
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 鉄筋の腐食が開始するまでの期間。 外観上の変状がみられない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	○	表面被覆	表面からの塩化物イオン、O ₂ などの侵入防止
			△	ひび割れ補修	曲げ・乾燥収縮等によるひび割れからのH ₂ O、O ₂ などの侵入防止
		抑制	○	電気防食	塩害による鉄筋腐食のおそれがある部位の予防保全
II 進展期 鉄筋の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間。 外観上の変状がみられない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以上、腐食が開始。	なし	遮断	△	表面被覆	表面からの塩化物イオン、O ₂ 等の腐食性物質の侵入防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからのH ₂ O、O ₂ などの腐食性物質の侵入防止
		抑制	○	電気防食	鉄筋腐食進行の大幅な低減
		除去	○	電気化学的脱塩	限界値を超えた塩化物イオン量の低減
			◎	断面修復	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と修復
III 加速期 腐食ひび割れ発生による鉄筋の腐食速度が増大する期間。 腐食ひび割れや浮き、錆汁が見られる。 腐食ひび割れの進展に伴うかぶりコンクリートの部分的な剥離・剥落、鉄筋の著しい断面減少は見られない。	ひび割れ	遮断	△	表面被覆	表面からの腐食性物質の侵入防止及び、剥落の防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからのH ₂ O、O ₂ などの腐食性物質の侵入防止
	錆汁	抑制	○	電気防食	鉄筋腐食進行の大幅な低減
	剥離・剥落	除去	○	電気化学的脱塩	限界値を超えた塩化物イオン量の低減
			◎	断面修復	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と修復
IV 劣化期 鉄筋の腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間。 腐食ひび割れの進展に伴う大規模な剥離・剥落が見られる、鉄筋の著しい断面減少が見られる、変位・たわみが大きい。	ひび割れ	遮断	△	表面被覆	表面からの腐食性物質の侵入防止及び、剥落の防止
			△	ひび割れ補修	ひび割れからのH ₂ O、O ₂ などの腐食性物質の侵入防止
	剥離・剥落	抑制	○	電気防食	鉄筋腐食進行の大幅な低減
	錆汁	除去	○	電気化学的脱塩	限界値を超えた塩化物イオン量の低減
	鉄筋断面減少		◎	断面修復	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と修復
	変形・たわみ	改善	◎	接着・増厚	鋼板接着等の補強材料による強度確保
			○	打換え	劣化した部材のコンクリート打換え

※工法の◎は主工法として適用可能な工法、○は主工法について適用可能な工法、△は施設重要度や劣化状況に応じて検討する工法
※上記図の「遮断」、「抑制」、「除去」、「改善」は「コンクリート診断技術」14」P237(1)の補修対策の分類を参考としている。

図 5.4-20 塩害による劣化についての対策工法選定図（例）

表 5.4-6 塩害による劣化についての対策工法選定上の留意点（対策工法選定表の補足表）

劣化過程	対策工法選定に当たっての留意点
I 潜伏期	—
II 進展期	断面修復工法の選定に当たっては以下のことに留意する。 ・断面修復は、塩害に対する耐久性確保の観点で、密実なコンクリートとする。 ・事前のはつり調査や試験施工で鉄筋腐食状態を確認し、鉄筋腐食の対応レベル「錆の除去～追加鉄筋～全面的な鉄筋交換等」を検討する。 ・残置部と断面修復部を跨る鉄筋にマクロセル腐食（著しい腐食）が生じるおそれがあり、はつり除去する範囲に留意する必要がある。また、これが回避できない場合は耐防食性のある鉄筋（エポキシ樹脂塗装鉄筋や亜鉛メッキ鉄筋）の使用や電気化学的な防食工法の適用も検討する。
III 加速期	
IV 劣化期	
共通	・電気化学的な防食工法の適用に当たっては、継続的な維持管理コストや維持管理体制が確保できることを確認する。



劣化過程	本来の機能			社会的機能※2
	構造機能	水理機能	水利用機能	
状態Ⅰ (潜伏期)	—	—	—	—
状態Ⅱ (進展期)	—	—	—	—
状態Ⅲ-1 (加速期前期)	ひび割れによる 「 耐久性の低下 」 ※ただし、発錆限界塩化物イオン量未満のかぶり厚の減少は状態Ⅰ(潜伏期)より発生	—※1	—※1	ひび割れ、錆汁、剥離による 「 環境性の低下 (景観悪化)」
状態Ⅲ-2 (加速期後期)	鉄筋腐食や部材断面欠損による	—※1	—※1	
状態Ⅳ (劣化期)	「 力学的安全性の低下 」	—※1	—※1	構造機能(力学的安全性)の低下による 「 安全性・信頼性の低下 (水路破損・断水による湛水被害の発生、農業生産への影響等)」

※1 塩害は主に気中部や乾湿繰返しのある箇所で行進し、かつ鉄筋腐食によってひび割れが生じるのはかぶりコンクリート部分のため、ひび割れから漏水が生じて水利用機能や水理機能が低下する可能性は低い。

※2 上記のほか、社会的機能としての経済性(補修費、維持管理費等)や環境性(親水性等)は、劣化の進行に伴い低下する傾向がある。

図 5.4-21 塩害の劣化過程

5. 4. 3 損傷に応じた対策工法の選定

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する。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。

【解説】

損傷は、地震動、流下物や重機等の衝突、土圧作用及び不同沈下等による外力がコンクリート部材の耐荷力を上回った時点で発生する。

損傷は、短時間のうちに発生するものであるが、損傷が発生したことによって部材の一体性が低下している場合や、土圧の増加等の外力の変化によって、時間の経過とともに損傷箇所を起点として構造的な安定性が損なわれる可能性がある。

コンクリート部材の損傷の形態は、ひび割れ、欠損及び変形等である。また、外力の作用で目地部が損傷する場合もある。目地部の損傷は、目地材の損傷と止水板の損傷に区分される。

コンクリート部材の損傷も目地部の損傷も、コンクリート開水路の水利機能及び構造機能に影響を与える可能性があるため、変状の特性及び現場条件等を理解した上で対策工法を選定する。

また、すでに構造的な安定性が損なわれている場合、あるいは将来そうなることが予測される場合や公道や宅地に面していて開水路が倒壊した時に第三者被害が想定されるなどの場合は、別途構造計算を行い、補強等の対策を検討する必要がある。

5. 4. 3. 1 コンクリート部材の損傷

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、下図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照にして工法選定を行う。

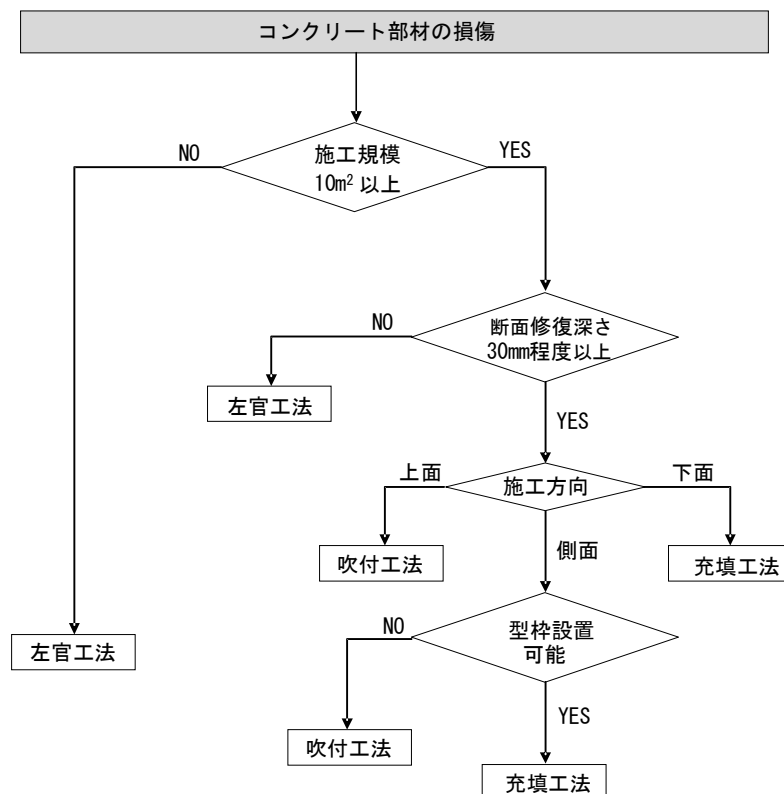
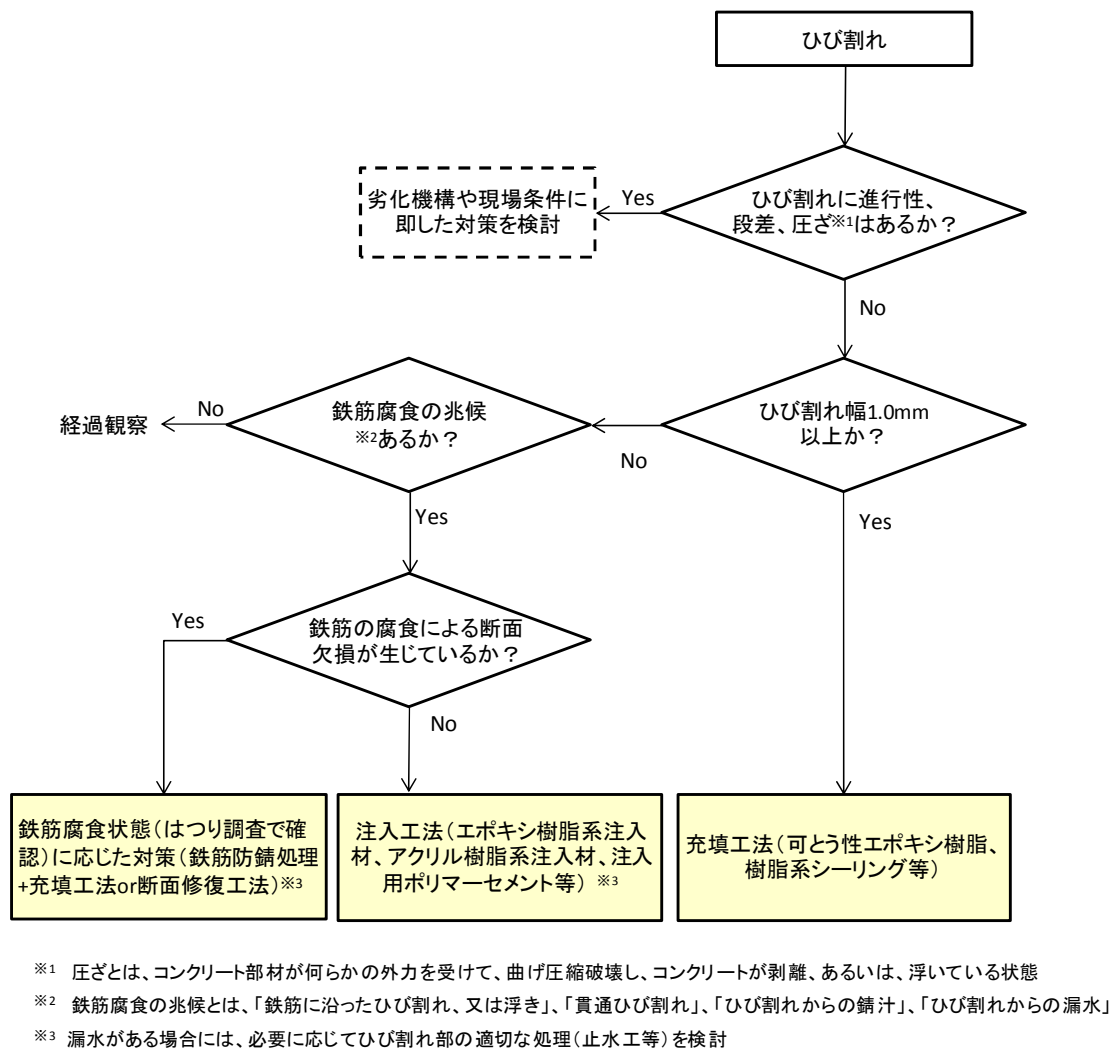


図 5.4-22 コンクリート部材の損傷に対する対策工法選定例



注) ・ ひび割れ幅は、部材表面におけるひび割れの最大幅を示す。

- ・ 通常（鉄筋腐食の兆候が無い場合）は、ひび割れ幅 1.0mm 以上で対策する。
- ・ 鉄筋腐食の兆候がある場合は、ひび割れ幅 1.0mm 未満でも対策を検討する。
- ・ 鉄筋腐食の兆候がなく、ひび割れ幅 1.0mm 未満なら経過観察を基本とする。
- ・ ひび割れ幅が特に大きい場合は、可とう性を考慮した材料を検討する。
- ・ ひび割れに進行性、段差、ひび割れ近傍に圧が生じている場合は、劣化進行や耐荷力の低下が疑われるため、別途構造計算等を行い、補強等の対策を検討する。特に、曲げモーメントや応力集中によるひび割れが生じる可能性のある部材は重点的に検討する必要がある。
- ・ せん断ひび割れなど耐力に影響を及ぼすひび割れについては、専門技術者等に確認すること。

図 5.4-23 ひび割れ（損傷）に対する対策工法選定フロー（例）

5. 4. 3. 2 目地部の損傷

目地部については、目地材及び止水板の損傷に対応する工法を選定する。

【解説】

目地部の損傷としては目地材の変状（変形、破断等）、止水板の破断、周縁コンクリートのひび割れや欠損が挙げられる。これらの変状は、いずれもコンクリート開水路の水密性低下（漏水）に影響するため、目地材を交換する等の対応を行う。

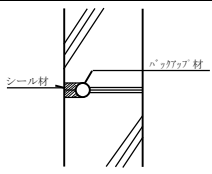
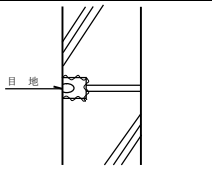
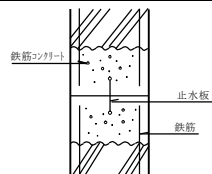
また、安易に目地からの漏水を止水すると、躯体に浮力が生じる可能性がある。このため、背面水の排水不良がある場合は、目地補修の前に排水機能を改善又は回復させる必要がある。

水路周辺の地下水位及び地盤の透水性が高い条件の水路では、ウィープホールの位置と数を確認し、水路の浮上に対する安定性を検討しておくことが望ましい。

（１）目地材の損傷

従来の目地部の対策は、目地部周縁のコンクリートを取り壊し、次表に示すように、止水板の再設置、躯体コンクリートの部分再打設といった方法が適用されることが多かった。

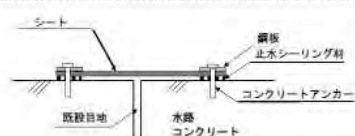
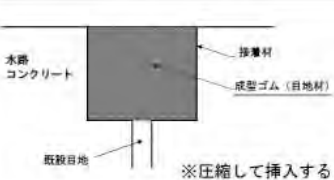
表 5. 4-7 従来の目地補修工法（例）

	軽微なズレ、開き (継目が湿っている)	やや大きなズレ、開き (継目からのしみ出し)	大きなズレ、開き、破壊 (継目からの流れ出し)
継目損傷	 継目カット（シーリング材充填）	 継目改良（カット、目地材挿入）	 継目部の改修（止水版）
鉄筋腐食	表面的な腐食がみられる ①鉄筋はつり出し ②鉄筋の防錆処理	腐食が進行 ①鉄筋はつり出し ②鉄筋の防錆処理又は補強鉄筋	腐食による鉄筋断面欠損 ①変状発生部の除去 ②補強鉄筋

近年では、目地材の耐久性、止水性、伸縮性の回復を目的とし、既設目地をカットし、新規目地材を充填（挿入）、又は既設目地材の表面を被覆材で被覆する工法も適用されている。

これらを適用する場合は、各工法の止水性や耐久性を十分に照査した上で選定する。

表 5.4-8 近年の目地補修工法の特徴

工 法	適用断面例	概 要
目地充填工法		・他工法と比較して安価で施工性に優れ、施工実績が多い。充填材としては、伸縮性に優れる中モジュラスの土木用弾性シーリング材が多く使用されている。 ・水中環境に曝されるため、長期耐水性、コンクリートに起因する耐アルカリ性及び背面水に対する止水性が要求される。
目地被覆工法 テープ貼付方式		・テープ貼付方式は、比較的新しい工法であり、施工が容易で、品質が安定しているが、伸縮性能や付着耐久性についての課題が残っている。 ・施工実績としては、目地の伸縮量が比較的小さい開水路（目地間隔の短い二次製品水路など）での適用事例がある。
シート固定方式		・地盤沈下により、水平方向と上下方向の動きが想定される目地や、伸縮量が極端に大きい目地での施工事例が多い。 ・コンクリートアンカーでシートを機械的に固定するため、比較的高価で施工に手間がかかるが、目地充填工法や他の目地被覆工法より耐久性に優れている。
目地成型ゴム 挿入工法		・本工法は、既設水路躯体の目地部にコンクリートカッターを入れはつり、成型ゴムに接着材を塗布して圧縮した状態で挿し込み、止水を図る目地補修工法である。 ・成型ゴムの伸縮により、既設水路の躯体の温度変化による挙動に追従する。比較的新しく開発された工法であり、他工法に比べ高価である。また、製品により成型ゴムの材質や形状などが異なる。

各工法は、変形への追従性、耐久性、施工方法が異なるため、検討対象となる製品の適用条件（適用目地幅、伸縮に対する許容値等）や対策前の目地の状態を十分に確認した上で、現場に適した工法を選定する。

（２）止水板の損傷

止水板の損傷は、止水板の破断による漏水、若しくは止水板が外力により変形することで、周縁コンクリートに引張応力が働き、ひび割れや欠損・損傷として顕在化する。

止水板に起因する損傷の対策工法は、止水板の交換を基本とし、コンクリート部材の損傷（ひび割れや欠損）、内部鉄筋の防錆処理を含めた対策選定方法を参照して選定する。（５．４．３．１コンクリート部の損傷 参照）

5. 5 対策工法選定に当たっての留意事項

対策工法は、コンクリート開水路の施設個別の施工条件、使用環境条件に留意し、早期の再劣化、施工時の不具合の生じることのない工法を選定する。

【解説】

対策工法の選定に当たっては、変状発生要因や変状の程度に見合った早期に再劣化することのない工法とする。また、その現場で確実に施工でき品質不良が生じることのない工法とするとともに、施工性、維持管理性、経済性にも留意する。

5. 5. 1 多様な劣化要因に応じた対策工法選定

対策工法は、コンクリート開水路の施設個別の劣化状況を考慮し、必要とする性能を有する材料・工法を選定する。

【解説】

現場の変状形態は様々であり主要な劣化要因が特定できない等、経験を踏まえた判断が必要なことが多い。この場合、対策工法の選定段階ではなく、対策の可否や対策方針の検討段階から必要に応じて学識経験者に意見を求めることが望ましい。

以下に例示する複合劣化が生じている場合は、対策工法の選定時に特に留意が必要となる。

- ・凍害等により断面欠損して鉄筋かぶり厚が減少したところに中性化又は塩害が作用する複合劣化では、第一に鉄筋腐食による施設の性能低下の抑制を考慮し、中性化又は塩害の対策を行う。ただし、凍害等の特殊な劣化により部材のより深部まで脆弱化している可能性があるため、断面修復やひび割れ充填を行う深さに留意する必要がある。
- ・アルカリシリカ反応等によりひび割れが発生したところで中性化又は塩害が進行する複合劣化では、第一に鉄筋腐食による施設の性能低下の抑制を考慮し、中性化又は塩害の対策を行う。ただし、断面修復やひび割れ充填に当たっては、アルカリシリカ反応によるひび割れ発生深さに留意した対策実施深さを設定するとともに、低アルカリの材料や水分の発散を妨げない材料を選定する必要がある。

5. 5. 2 現場条件に応じた対策工法選定

対策工法は、コンクリート開水路の現場条件（施工時期・期間、周辺環境等）を考慮し、性能が確保できる材料・工法を選定する。

【解説】

コンクリート開水路を取り巻く主要な現場条件に対する対策工法選定上の留意点を以下に示すが、現場条件は多様であり、条件に即した対策工法の選定が困難な場合は、学識経験者に意見を求めるものとする。

（１）施工時の施設運用状態（部材の湿潤状態等）を考慮した対策工法

何れの対策工法も、原則として水路を断水状態にして施工することが望ましい。

しかし、実際には、施設運用条件により、断水ができない条件や短期間の断水下で対策を行う必要が生じる。

断水ができない条件では、水路の仮廻し運用、半川締め切りなどの特殊施工を検討する必要がある。

短期断水下では、施工範囲、施工順序などに十分に留意した計画を検討する。また、対策工法としては、母材表面が湿潤状態でも十分な付着力や強度発現が期待できる材料・工法を選定する。例えば、落水後間もない段階での注入は避けることが望ましいが、施工する場合は、水中硬化型エポキシ樹脂、アクリル樹脂系の注入材等の適用を検討する。

（２）施工時の環境条件を考慮した対策工法

外気温が高温又は低温状態で施工しなくてはならない条件下では、高温下でもひび割れや浮き等の生じない材料・工法や、低温下でも硬化不良とならない材料・工法を選定する。例えば、外気温5℃未満の条件下でひび割れ補修を行う場合は、低温でも硬化性を有するアクリル樹脂系材料の適用を検討する。

（３）施設の用排水の送配水性を考慮した対策工法

開水路が用排水を流送するための性能に、対策工法が直接関与するのは、構造物表面の粗度や構造物の断面形状の変化によるところが大きい。

表面被覆工法では、水路断面は縮小することがあるが粗度係数が低下する材料が多いため、通水量は一般に確保されることとなる。しかし、流速が増加することにより分水性能等が低下する場合もあるので、採用の際には水利用機能、水理機能への影響を確認する必要がある。

（４）維持管理に留意した対策工法

同一路線で対策の内容が類似している場合は、施工性、維持管理、経済性の観点から対策工法の種類を少なくする方が良いこともあるため、対策工法の共通化についても検討する必要がある。

維持管理性の観点からは、材料・工法の難燃性（周辺で野焼きが行われた時に容易に劣化しないこと）や滑り難さ（点検・補修時に作業員が転倒し難いこと）についても考慮した工法とする。また、

技術的に未確立であるが、可能な限り、補修材だけでなく母材の変状発生状態の機能診断の容易さ、再補修のし易さにも配慮した工法選定を行うことが望ましい。

対策工法の効果の持続性については不明なことも多く、施工後のモニタリングが重要である。特に、対策工法の早期変状が確認された場合は、要因を検討・究明し、対策工法の改善や設計・施工方法の見直しを行う。

5. 5. 3 その他

対策工法の選定に当たっては、経済性や周辺環境に配慮することが重要であり、また、長寿命化技術の発展のために新技術の活用を積極的に検討することが望ましい。

【解説】

(1) 経済性に優れる対策工法選定

対策工法は、施工単価だけでなく工法の耐用年数を考慮して、適用性が高いと判断される複数工法の中から施設のLCCが最も低減できる工法を選定する。

なお、対策後の施設の耐用年数については、材料・工法自身の耐久性に施設状態や使用環境条件等を考慮し適切に定める必要がある。しかし、対策後の施設の劣化メカニズムやその進行性については明らかになっていないため、対策後の施設の耐用年数を精度よく予測することは困難である。そのため、予定供用期間が長くLCCの算定を要する場合は、補修工法において、補修・補強マニュアル（開水路補修編）に定めている材料・工法自身の耐用期間を参考に用いることとする。

また、対策後の施設の耐用年数については、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て、適宜見直していくことが必要であり、かつ類似の対策事例がある場合は、なるべく施設条件や工法特性に適合した対策後の施設の耐用年数を設定することが望ましい。

前記の対策工法の種類を少なくし仮設資材を流用すること等によるコスト低減効果についてもここで検討することが望ましい。

(2) 周辺環境に配慮した対策工法選定

対策工法は、流下する水や地下水等の水質への影響、宅地部でははつり作業時等の騒音および有機溶剤臭の発生や、他区間との外観不一致による美観への影響等、周辺環境に配慮して選定する必要がある。

(3) 新技術の適用について

近年、機能診断や施設の補修・補強に係る新技術が多数開発、提案されている。施設の効率的な長寿命化を図るためには、これらの技術の現場適用性や耐用年数等の効果について適切に評価を行うことが必要である。また、類似工法や調査機器の検証及び適用事例を参考にすることや、必要に応じて学識経験者等に意見を求めることが望ましい。

そして、新工法を適用する前には、適用する構造物の立地環境や施工状況に応じた試験施工を行い、施工性や対策工法の効果・信頼性を確認する必要がある。