

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材料について	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材料、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

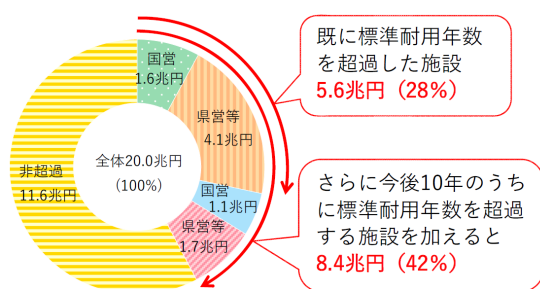
1(1) マニュアル策定の背景

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¹⁾。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。

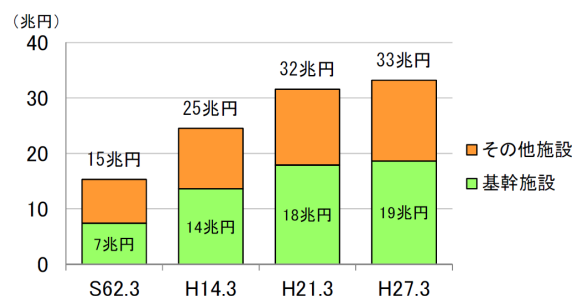


資料：農林水産省「農業基盤情報基礎調査」を基に作成
注：1) 基幹的農業水利施設(受益面積100ha以上の農業水利施設)の資産価値(再建設費ベース)
2) 令和元(2019)年度末時点

図 1.1-1 基幹的農業水利施設の老朽化状況¹⁾

表 1.1-1 主な農業水利施設数・延長²⁾

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²⁾

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。

¹⁾ 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」

²⁾ 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。

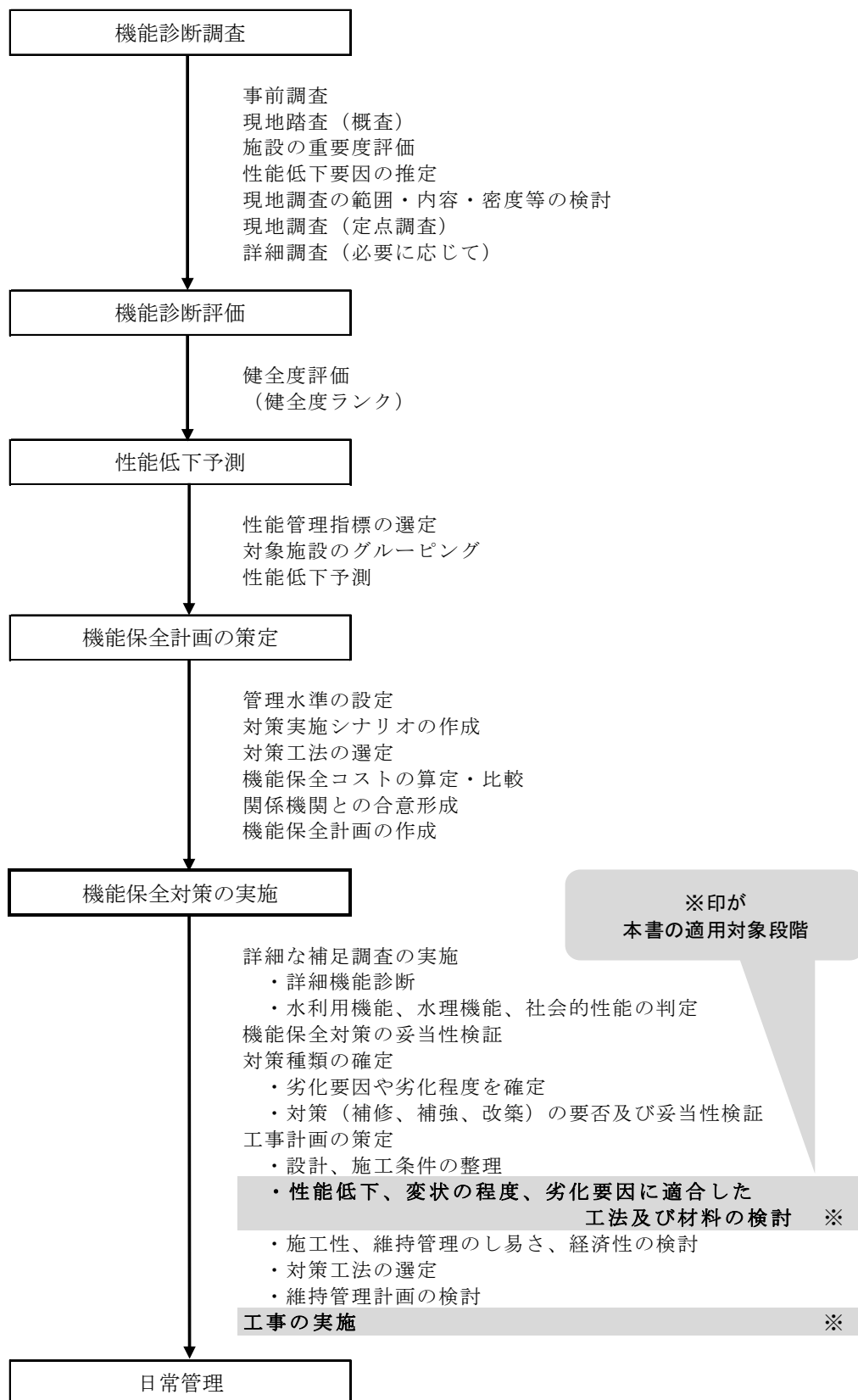


図 1.2-1 開水路の機能保全のフロー

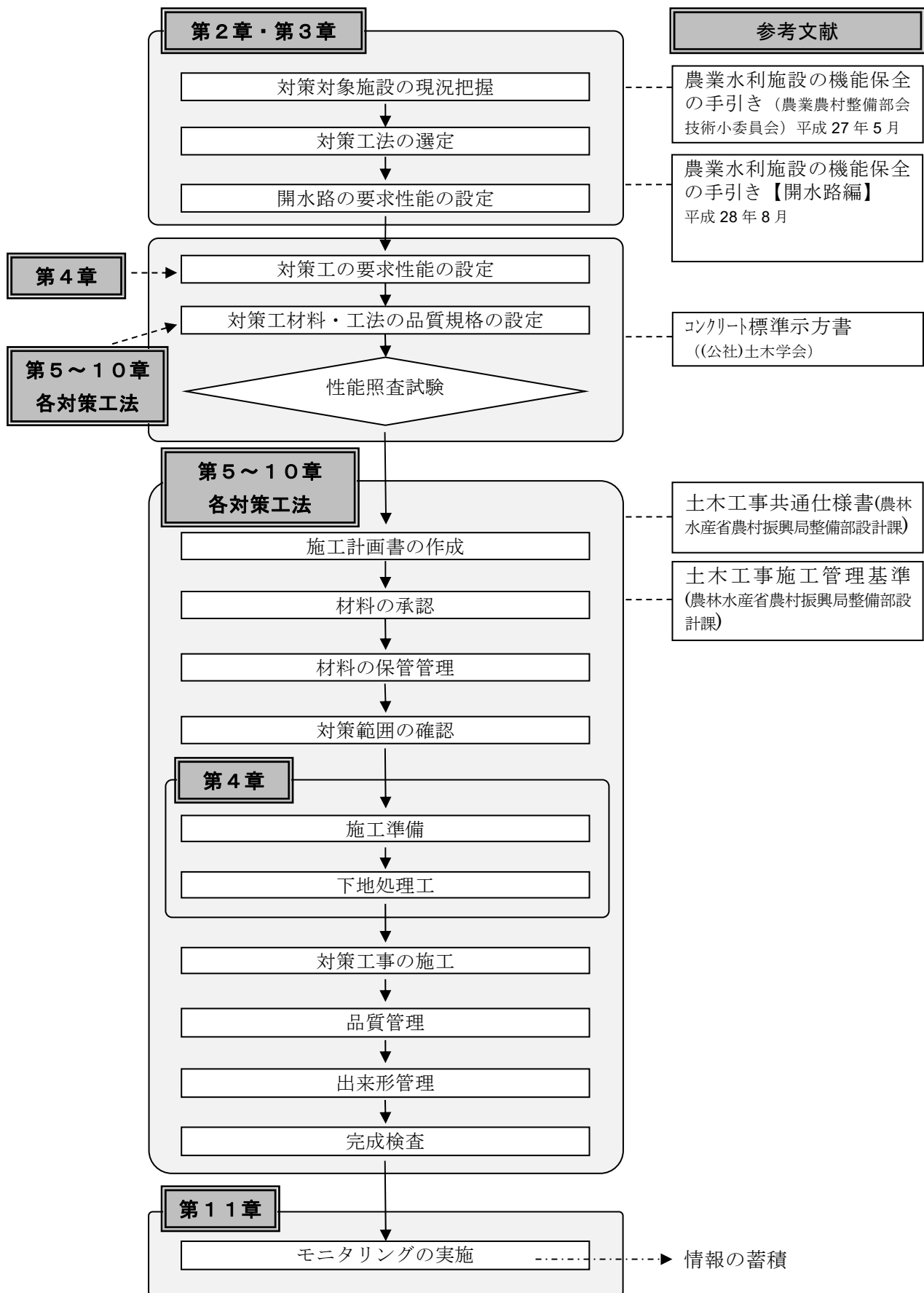


図 1.2-2 補修工事の基本的な実施手順と本書の関係

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。 ³⁾
損傷	：偶発的な外力に起因する欠陥。 ³⁾
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。 ³⁾
変状	：初期欠陥、損傷、劣化を合わせたもの。 ³⁾
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。

ゼ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 (ヤクビョウセイ)：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）	・農業水利ストック情報 DB ・設計図書 ・施工・完成検査記録 ・既往の機能診断調査結果 ・水質・土質調査
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）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
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）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
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）	・施設管理者への問診調査
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）	・施設管理者への問診調査
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）	・既往の機能診断調査結果 ・施設管理者への問診調査
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）	・現地踏査 ・条例の確認 ・施設管理者への問診調査

2(3) 現況施設の確認（実施設計に必要な調査）

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¹⁾

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	写真記録、図化
			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。

¹⁾ 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²⁾

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	〃
	水位制御性・ 分水制御性	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。

²⁾ 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

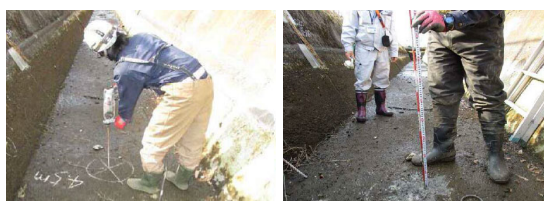


写真 2.3-1 底版ドリル削孔による空洞高さの確認

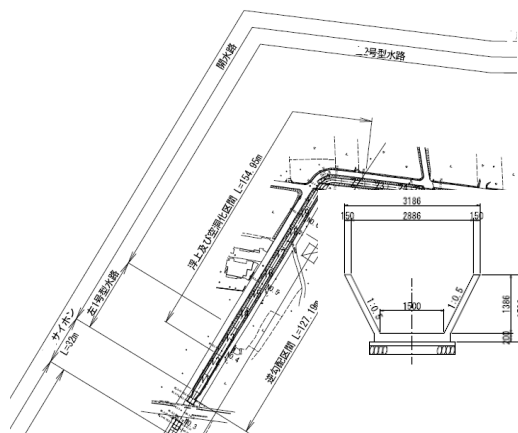


図 2.3-1 対象水路の形状

【調査結果・浮上発生原因の検討】

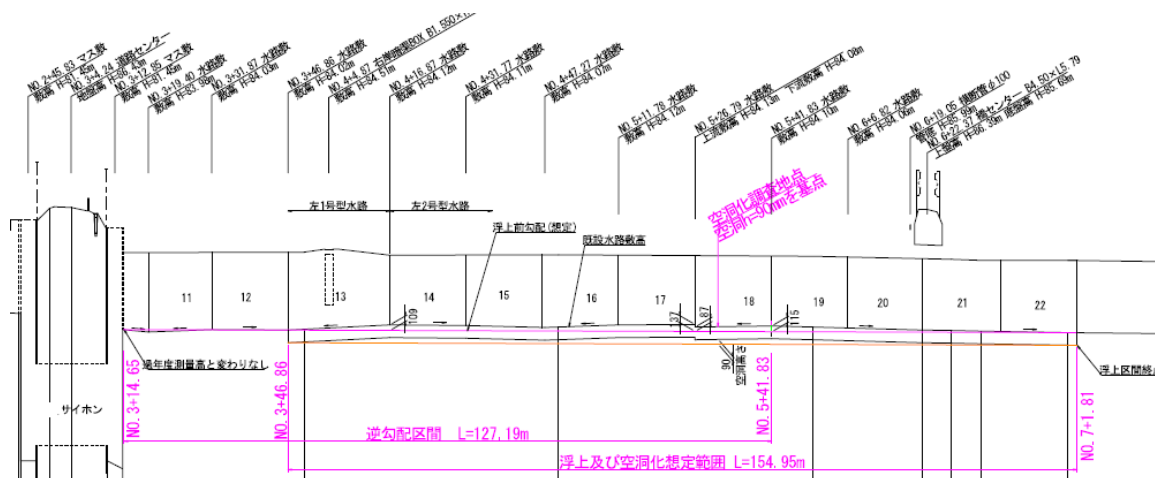


図 2.3-2 調査結果による浮上対策範囲の決定

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

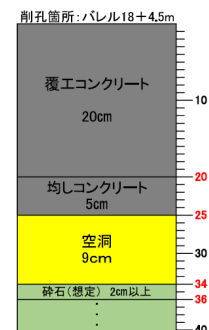


図 2.3-3

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。

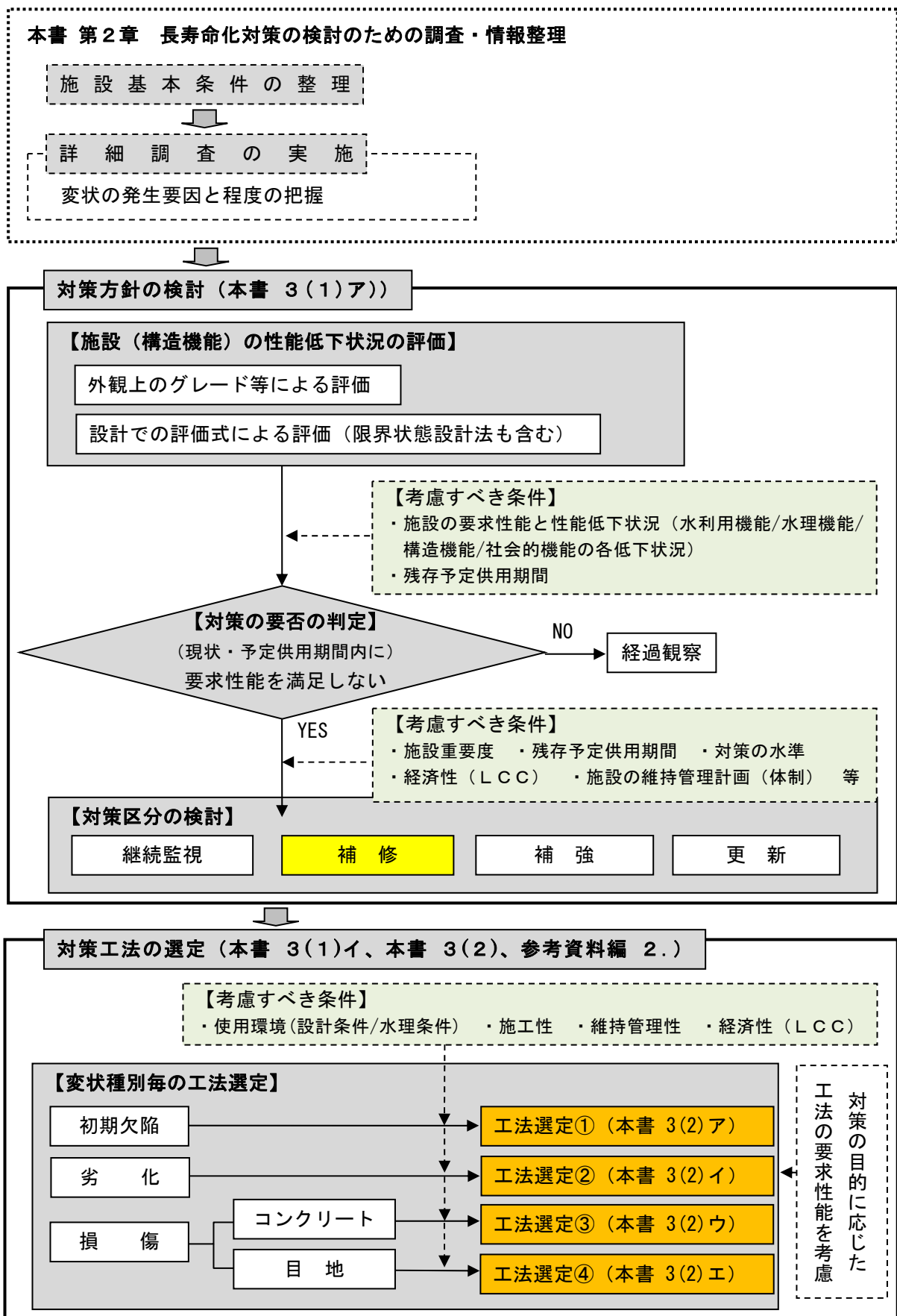


図 3.1-1 長寿命化対策の検討の流れ

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。

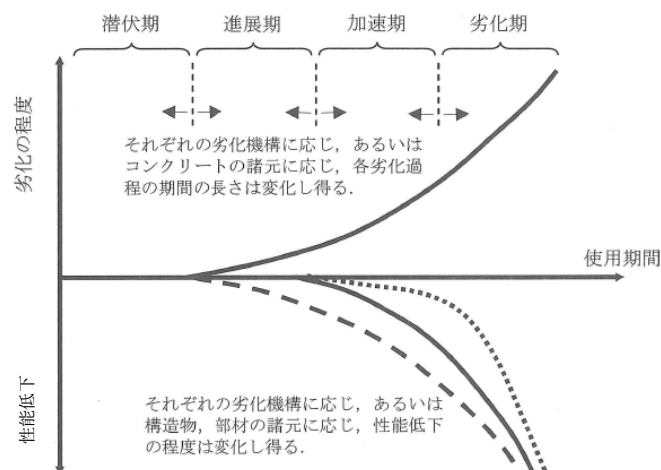


図 3.1.1-1 劣化進行過程の概念図¹⁾

【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。

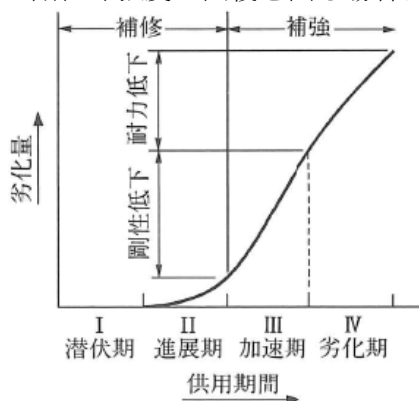


図 3.1.1-2 変状の進行過程と対策の概念図²⁾

¹⁾ 2018 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕 p106

²⁾ 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土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、ある分土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土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

【参考】グルーピングの重要性

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。

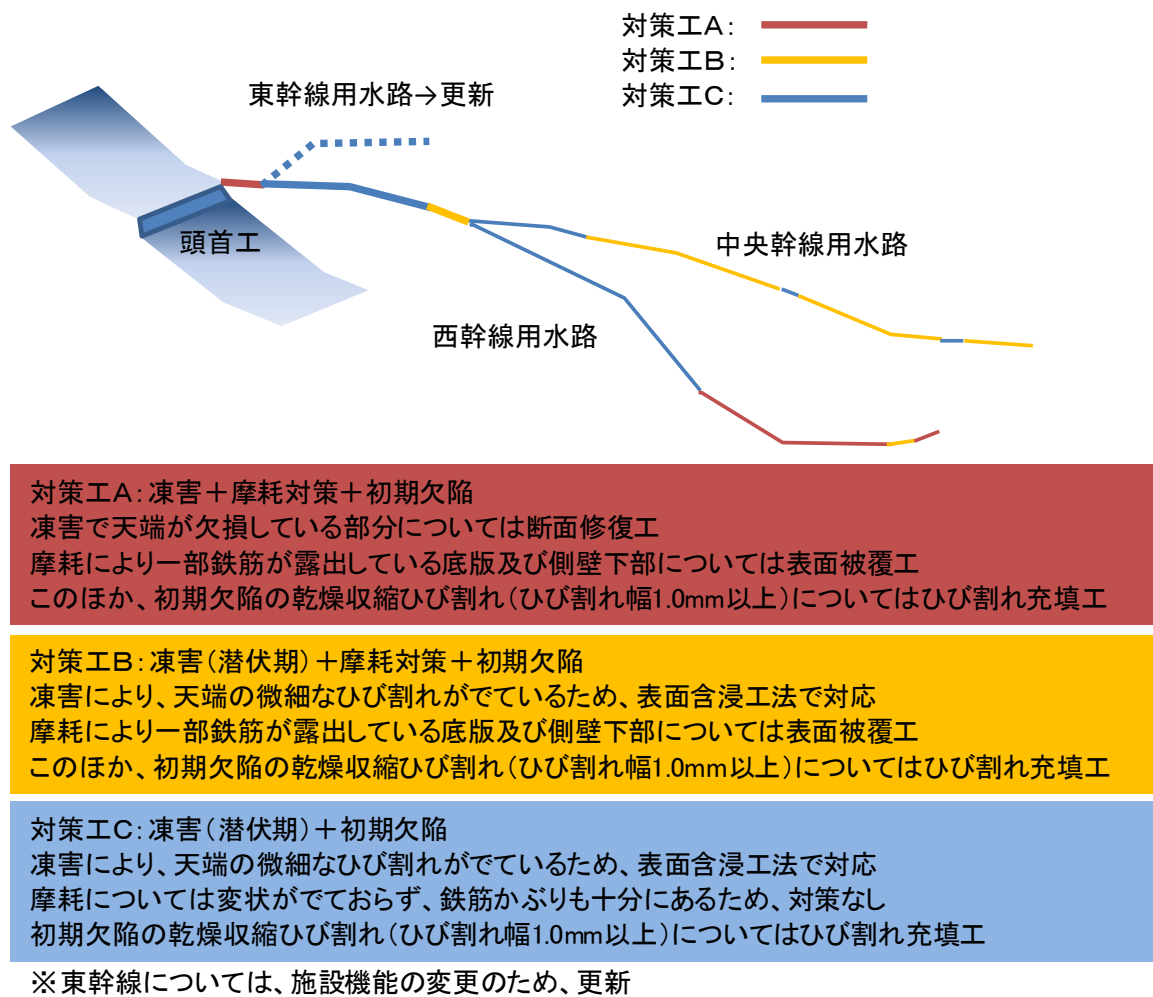


図 3. 1. 1-3 長寿命化対策検討におけるグルーピングのイメージ

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ので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ので注意が必要である。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。

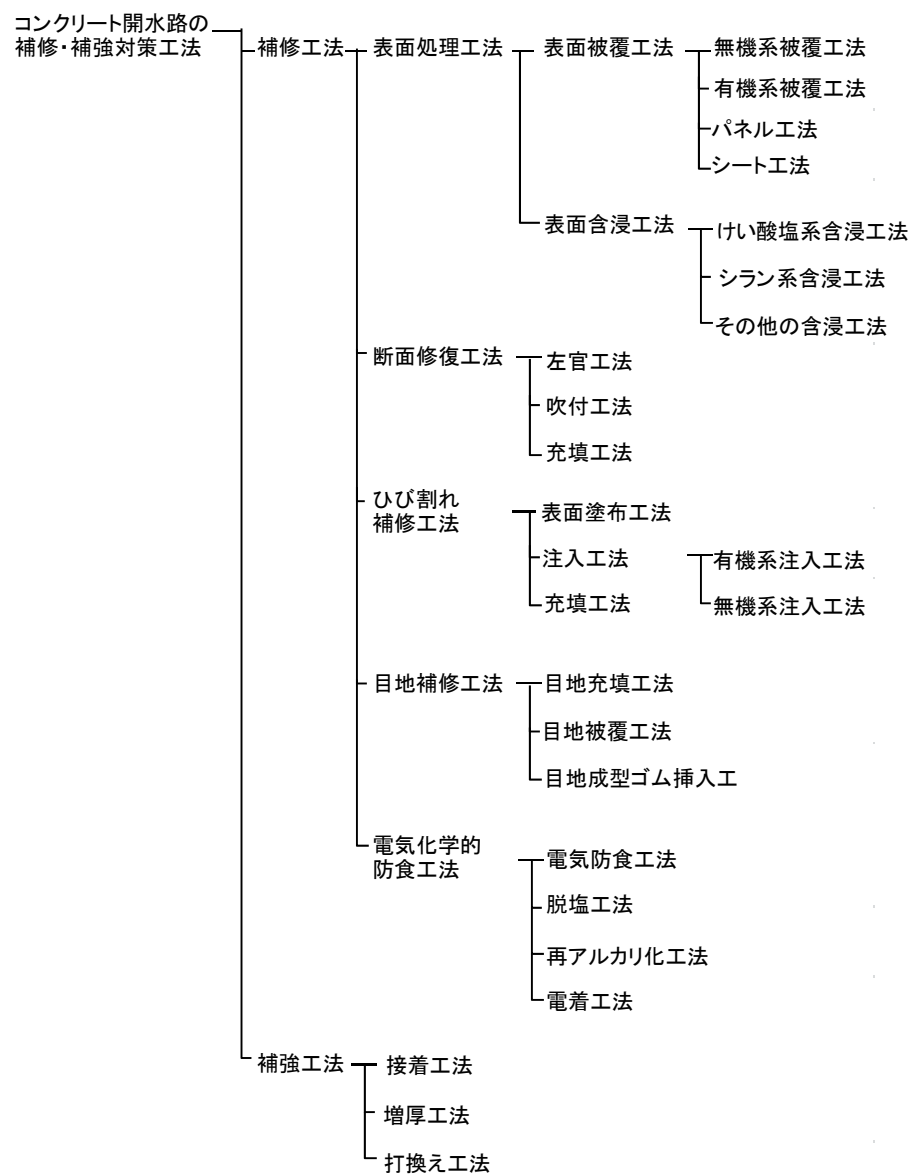


図 3.1.5-1 コンクリート開水路の補修・補強工法の体系図

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	○	○ ^{注1} ※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		○ ^{注1} ※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1} 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) 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

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
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+可とう性ボ 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					
					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	補強材接着	コンクリート増厚	打換え
					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。

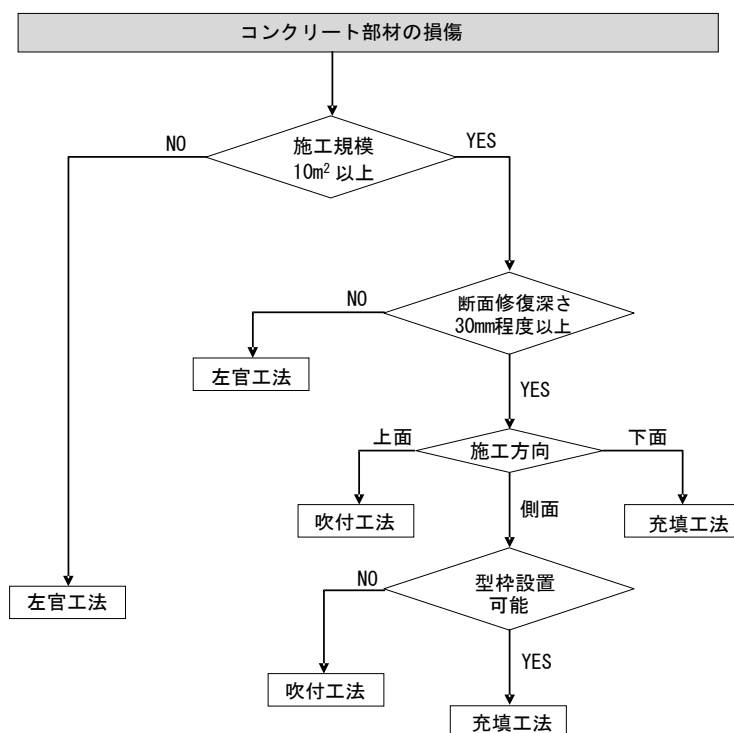
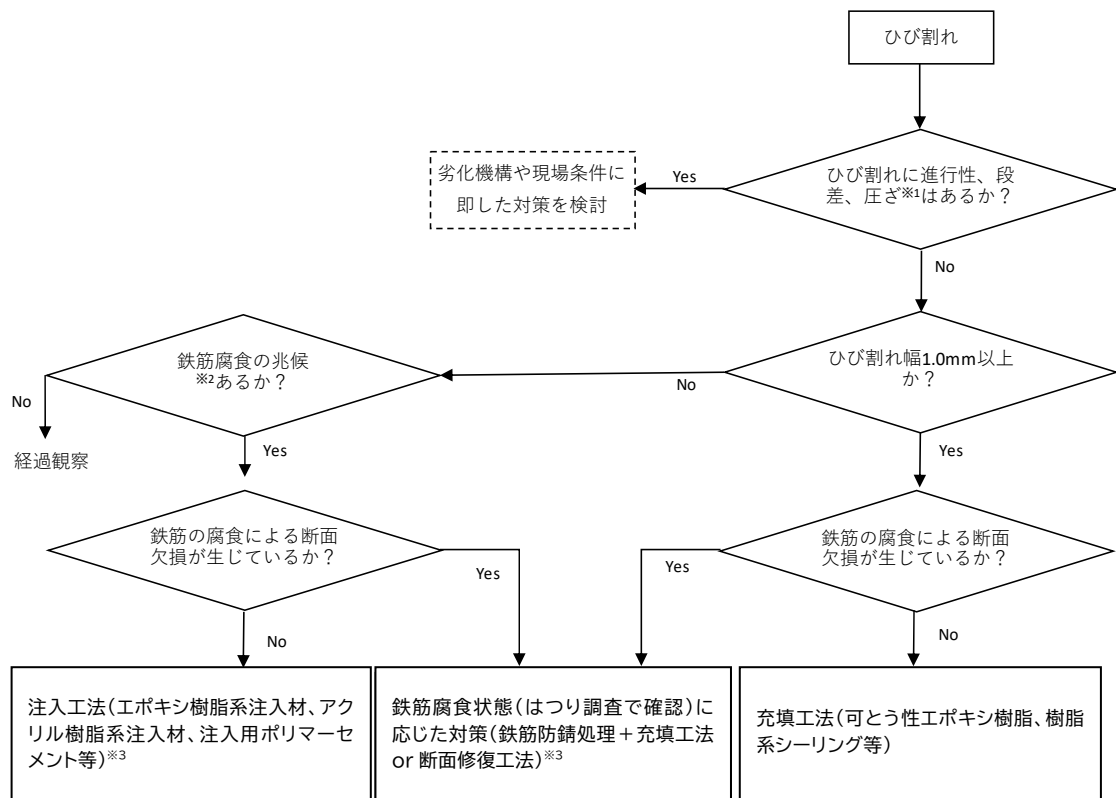


図 3.2.3-1 コンクリート部材の損傷に対する対策工法選定例



※1 圧ざとは、コンクリート部材が何らかの外力を受けて、曲げ圧縮破壊し、コンクリートが剥離、あるいは浮いている状態

※2 鉄筋腐食の兆候とは、「鉄筋に沿ったひび割れ、又は浮き」、「貫通ひび割れ」、「ひび割れからの錆汁」、「ひび割れからの漏水」

※3 漏水がある場合には、必要に応じてひび割れ部の適切な処理（止水工等）を検討

- ・ 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 1.0 mm 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 1.0 mm 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 1.0 mm 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、ひび割れ近傍に圧ざ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 3.2.3-2 ひび割れ（損傷）に対する対策工法選定フロー（例）

3(2) エ 外力による目地部の損傷に対する対策工法

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。

3(2) エ(ア) 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、表 3.2.4-1 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。

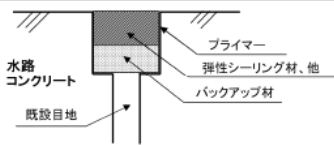
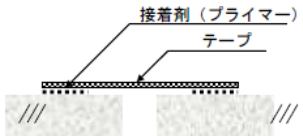
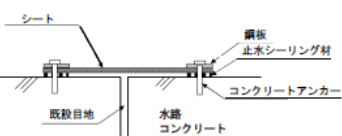
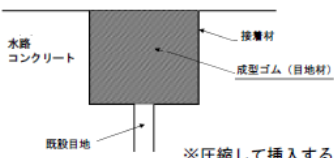
表 3.2.4-1 従来の目地補修工法（例）

	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 3.2.4-2 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	 ※圧縮して挿入する	- 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。

3(2)エ(ア)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。

(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 参照)

3(3) 対策工法の選定の留意事項

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】

対策工法の選定にあたっては、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。

3(3) ア 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、対策の要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あたっては、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。

3(3)イ 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。

3(3)イ(ア)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

いずれの対策工法も、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、半川締め切りする等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、施工順序等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。

3(3)イ(ア)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(3)イ(ア)3) 施設用の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。

3(3)イ(ア)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。

次頁に実施設計における工法選定事例を示す。

選定事例に示すとおり、対策工法の選定においては、劣化状態だけでなく、経済性、施工性、水理性等を踏まえ、現場条件に応じた検討を行うことが重要である。

なお、選定フローを用いて底版にパネル工法を選定する事例を提示しているが、工法選定にあたっては現場条件を踏まえて選定する必要がある、当該事例の選定フローは、必ずしも確立したものではないことに留意する必要がある。

【実施設計時の工法選定事例】

A 地区の幹線水路（現場打ち三面張り水路）については、摩耗によるコンクリート表面劣化等が進行していた。そこで、実施設計においては、下表に示す観点で対策の必要性を検討し、これらの条件をクリアした範囲について、スパン毎の変状に応じた対策工法の選定を行っている。

表 3.3.2-1 工法選定上において変状以外に考慮すべき事項

変状以外の着眼点	検討事項
事業計画上考慮すべき事項	・ 地域用水機能増進の要否 ・ 第三者被害の可能性
水理計画上考慮すべき事項	・ 計画流量通水時の通水断面の不足 ・ 計画流量通水時の最大供用流速の超過 ・ 水路内の異常な堆砂や底版の洗掘

なお、変状に応じたスパン別の対策工法の選定のフローを図 3.3.2-1 に示す。図 3.3.2-1 に示すとおり、当該幹線の対策工法の選定においては摩耗、ひび割れ、断面欠損等変状の程度のほか、既設コンクリートの付着強さについても考慮しており、「側壁：無機系被覆工法＋底版：パネル工法」といった工法を組み合わせた実施設計も行われている。

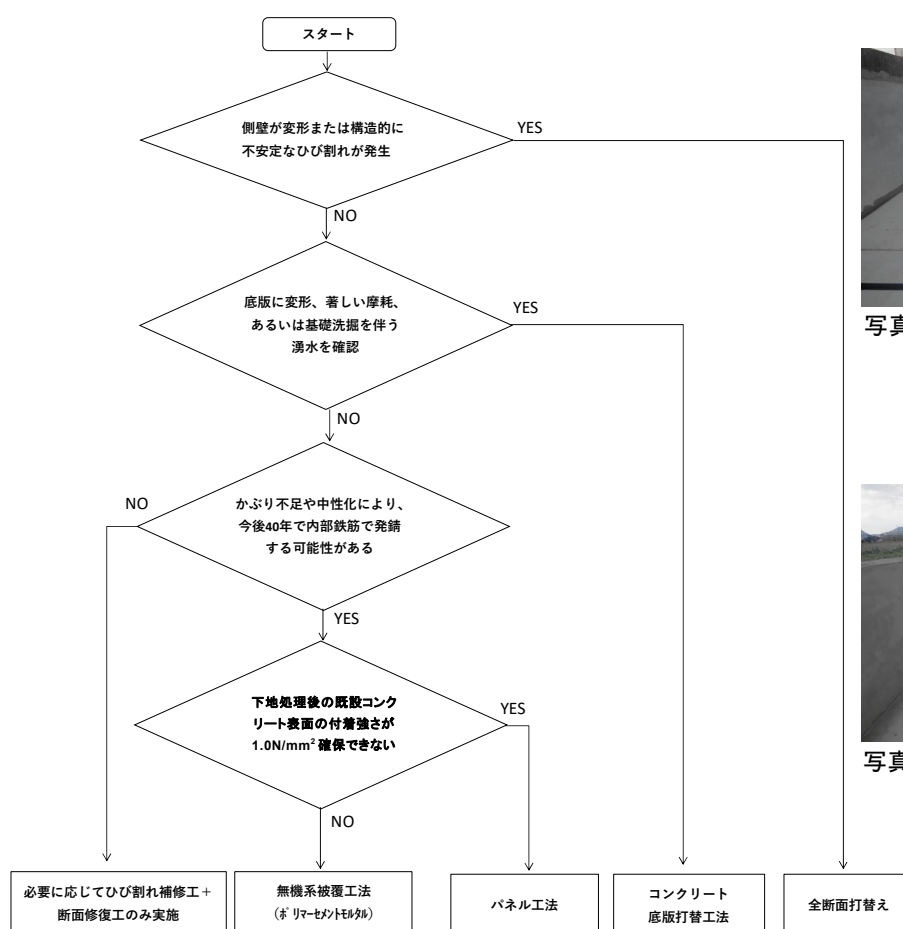


写真 3.3.2-1 側壁：無機系被覆工
底版：パネル工法の施工例



写真 3.3.2-2 側壁：無機系被覆工
底版：パネル工法の施工例

図 3.3.2-1 A 地区における工法選定フロー

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

畑かん地区や上・工水共用水路では通年通水が求められ、容易に断水ができない場合がある。

これらの開水路において、表面被覆工等の補修・補強を行う際には、最初に迂回水路や代替水源の有無を検討するものとするが、これらの代替施設がない場合には、仮廻し水路等により減量通水しながら補修・補強対策を行う等の仮設方法を計画する必要がある。

【解説】

表 3.3.3-1 に水路共用を伴うコンクリート開水路において表面被覆工法の施工計画を策定するための仮設方法の検討条件・内容を示す。

表 3.3.3-1 コンクリート開水路で水路共用を伴う仮設工法を検討する際の確認項目

仮設工法の検討条件	検討の内容
開水路の形状と構造、規模	補修・補強対象となるコンクリート開水路の形状（矩形・逆台形）、規模（水路幅・水路高、勾配）等を確認・整理する。
施工期間中の通水量と詳細な断水条件	補修・補強の施工時における通水量により仮設や転流方法が異なることから、施工時に必要となる通水量を確認・整理する。また、施設によっては、短期間であれば断水が可能な場合や水路内に貯留される用水容量を活用すること等もあるため、通水条件は詳細に検討する。
工法種類（施工機材、施工ヤード、施工期間）	表面被覆工によっては養生期間が必要な場合も多く、工法によって施工期間が大きく異なる。また、水路内に搬入する機材、水路内施工ヤードも重要であることから、工法種類と仮設方法の関係も整理する。
対策の範囲や規模	対策の位置（側壁、ハンチ、底版）や施工範囲によって排水する範囲や方法が異なるため、対策工検討ではこれらの情報を確認・整理する。
開水路周辺の状況、機材の搬入・搬出条件	大型土のう等水路内に設置する場合にはラフタークレーン等の重機の水路への近接が必要となる。このため、仮設検討においては、これらの重機の進入、吊込半径等施工方法、手順フロー、ステップ図が必要である。また、住宅地の場合は騒音低減や夜間作業の制限等が求められる場合もあるため、これらの条件も整理する。

共用を伴うコンクリート開水路における表面被覆工の施工において、想定される仮廻しや仮設の方法及びイメージを表 3. 3. 3-2 及び図 3. 3. 3-1 に示す

表 3. 3. 3-2 供用を伴う開水路の仮設工法

仮設方法		適用機材	施工条件・必要事項
上下流締切＋転流工	上下流締切方法	土嚢	水路幅小、人力施工
		大型土嚢	水路幅大、クレーン設置可
		角落し＋ゲート	戸溝の設置
	転流方法	ポンプ転流	水中ポンプ＋サニーホース
		懸樋工	コンクリートU字溝etc
		仮設管工	コルゲート管、FRP管etc
半川締切		大型土嚢	水路幅大、クレーン設置可
局所締切		特殊締切工	水路幅大、局所的に補修が必要

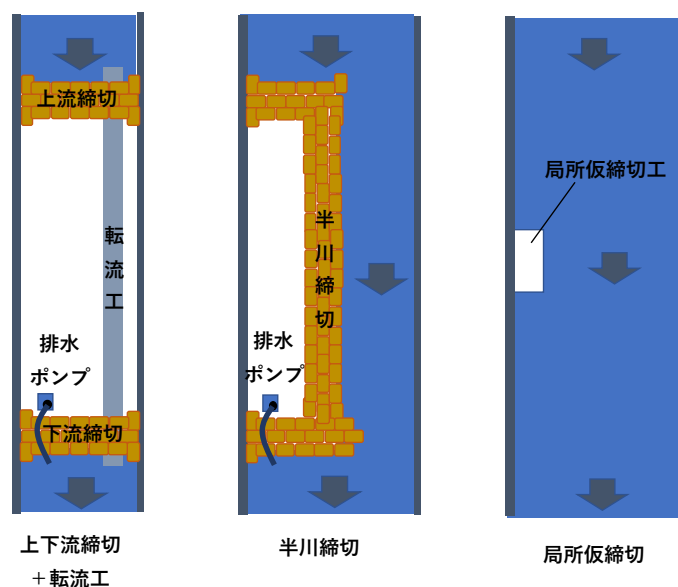


図 3. 3. 3-1 共用を伴う開水路の仮設工法のイメージ

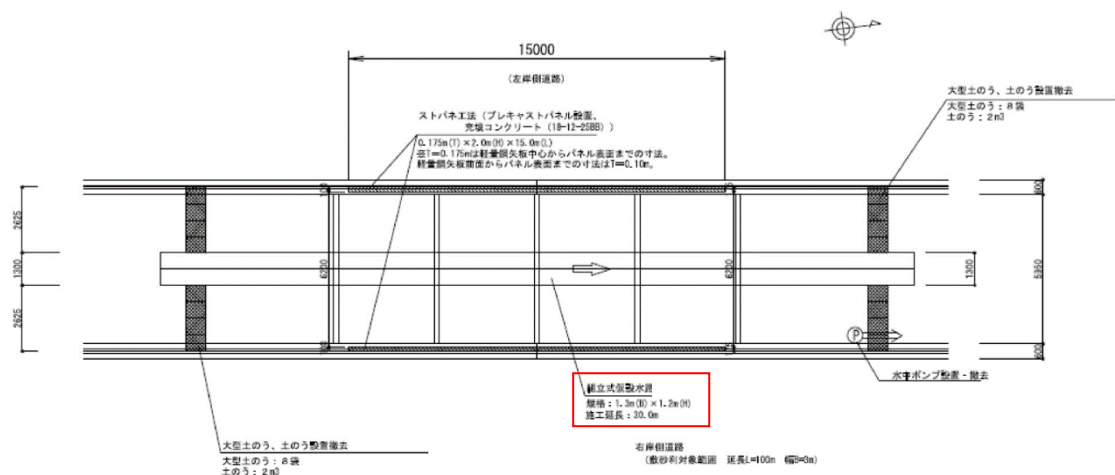
次頁以降に仮廻し水路等により減量通水しながら施工した事例を示す。

【通水施工時の仮設事例①】

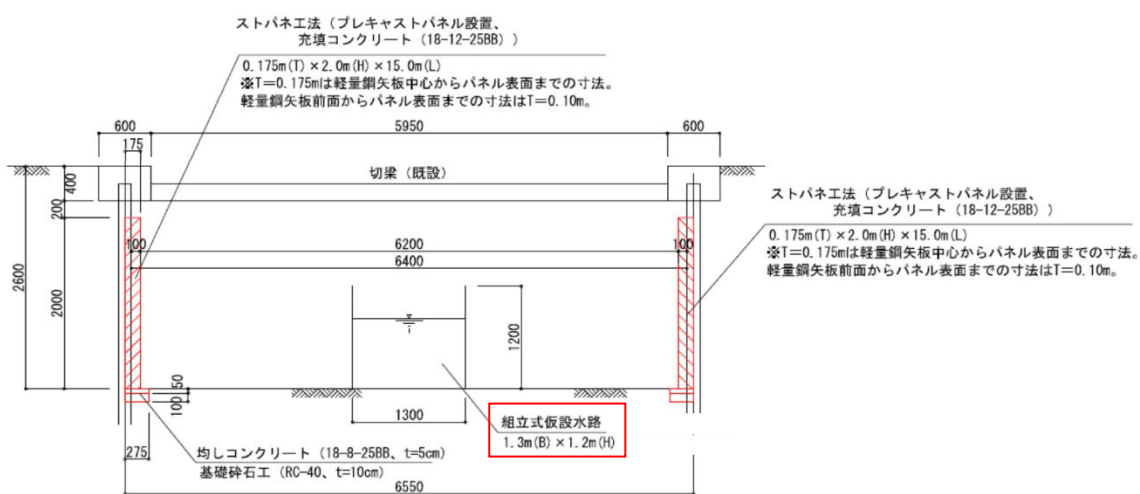
A 地区においては、補修工事中においても通水することが求められたため、組立式仮設水路を設置し、施工を行った。

- ・施設諸元：B = 6.4 m H = 2.6 m

計画平面図



計画断面図



【通水施工時の仮設事例②】

B 地区では、営農状況により、通水しながらの施工が求められたため、管路仮廻しにより施工ステップ毎に施工を実施した。

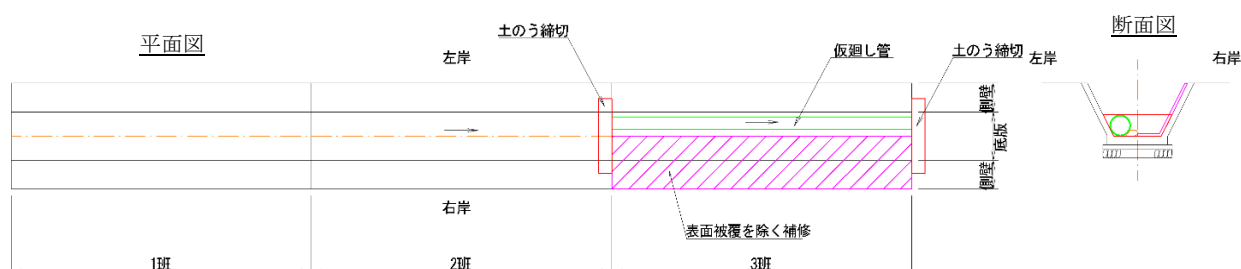
＜仮廻し管切替手順模式図（イメージ図）＞ （1 班が 100 m、L 300 m の場合）

 水路補修施工範囲

STEP1 （3 班 右岸施工）

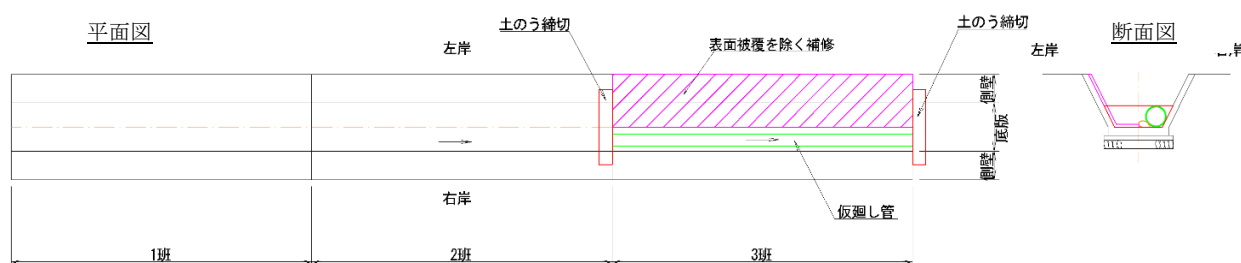
下流から上流に向かって施工する。

3 班の上下流を土のう締切し、左岸底版に仮廻し管を設置する。右岸側のひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。



STEP2 （3 班左岸施工）

右岸側に仮廻し管を移設し、左岸側の、ひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。

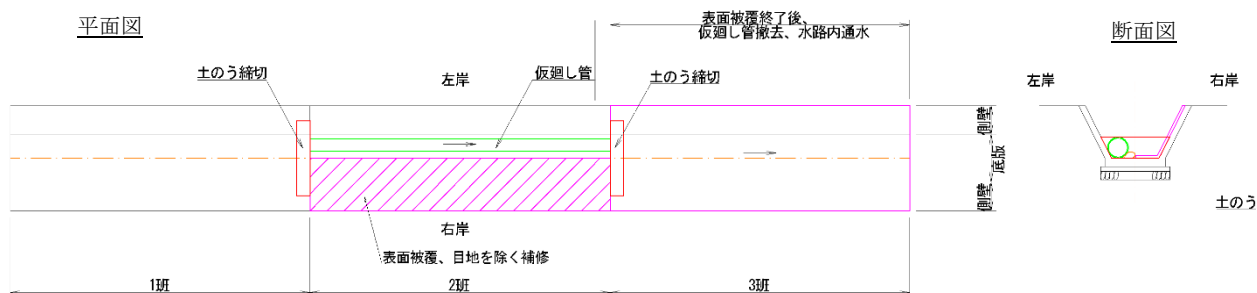


STEP3 （2 班 右岸施工 3 班 表面被覆）

2 班の上下流を土のう締切し、仮廻し管を 2 班左岸側に移設する。

2 班：右岸施側のひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。

3 班：昼間、表面被覆を行い、夜間は水路内に通水する。

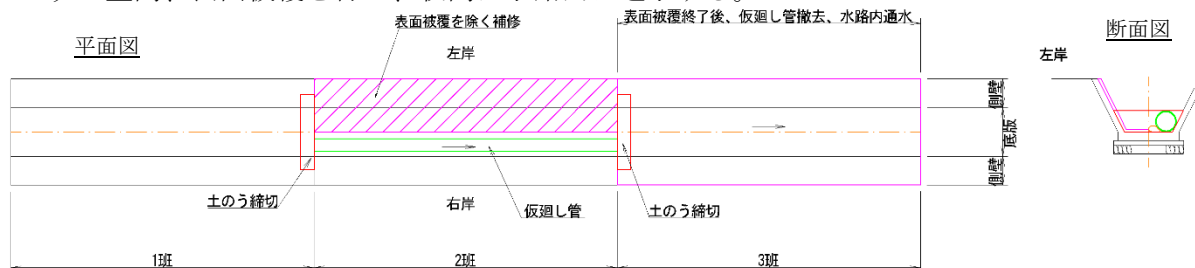


STEP4 (2班 左岸施工 3班 表面被覆)

仮廻し管を右岸側に移設する。

2班：左岸側のひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。

3班：昼間、表面被覆を行い、夜間は水路内に通水する。



STEP5 (1班 右岸施工 2班 表面被覆)

1班の上下流を土のう締切し、仮廻し管を1班左岸側に移設する。

1班：右岸側のひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。

2班：昼間、表面被覆を行い、夜間は水路内に通水する。



STEP6 (1班 左岸施工 2班 表面被覆)

仮廻し管を右岸側に移設する。

1班：左岸側のひび割れ補修、断面修復工、目地補修工を行う。

2班：昼間、表面被覆を行い、夜間は水路内に通水する。



3(3)エ その他

対策工法の選定にあたっては、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】

3(3)エ(ア)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、本書に定めている材料・工法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。

3(3)エ(ア)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及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(3)エ(ア)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。

第4章 補修・補強工法の共通事項

4(1) 補修・補強工法の種類

4(1) ア 補修・補強の目的

- (1) 開水路の補修・補強は、それ自体に求められる役割、性能だけでなく、補修・補強後の開水路が有する機能を十分考慮した上で実施しなければならない。
- (2) 開水路の補修は、主に開水路の耐久性を回復又は向上させることを目的として行う。
- (3) 開水路の補強は、主に開水路の構造的耐力を回復又は向上させることを目的として行う。

【解説】

(1),(2)及び(3)について

4(1) ア(ア) 開水路の機能

開水路は農業用水及び農用地からの排水を流下させる機能を有し、その機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類され、構造機能が水利用機能と水理機能を下支えする関係にある。他に、事故・故障時におけるリスク等に対して農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性といった社会的機能がある。開水路の性能はこれらの機能を発揮する能力であり、性能を管理する上でそれぞれ具体的な指標として数値化できるものが望ましい。

開水路（用水路）の機能と性能の種類の例を表 4.1.1-1 に示す。

表 4.1.1-1 開水路の機能・性能の種類の例¹⁾

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
		送配水弾力性	自由度、調節容量
		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	使用性	ひび割れ、変形量
		耐久性	摩耗量、鉄筋腐食量
		安全性	不同沈下、周辺地盤の沈下や陥没、断面破壊に対する安全性
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

¹⁾ 出典：農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」1.2.1 開水路の機能と性能

4(1) ア(イ) 補修・補強の目的と要求性能

「農業水利施設の機能保全の手引き」における補修及び補強の定義は以下のとおりである。
＜補修及び補強の定義＞²⁾

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

補修・補強は、施設の機能を発揮するために必要な性能を回復又は向上させるため行う。

本書では、開水路の補修は、開水路の構造機能のみならず、水理機能を補修目的の対象とし、開水路の耐久性や通水性及び止水性を回復又は向上させることを目的として行うものと考え、補修に求められる性能を規定した。詳細は、後述「4(2) 補修に求められる性能」を参照されたい。

一方、開水路の補強は、主に開水路の構造的耐力（力学的安全性能）を回復又は向上させることを目的として行うものであるが、現時点において、構造的耐力に関する技術的な知見が十分得られていないことから、本書では補強に求められる具体的な性能を定める状況に至っていない。

開水路の構造的耐力の照査技術の一つとしては、兵頭ら³⁾の報告より「水路壁載荷法」がある。ただし、評価はできるが、判定手法が確立されていない状況である。

＜本書に定める『補修に求められる性能』＞

◇開水路の構造機能のうち、耐久性を回復又は向上させる性能。

◇開水路の水理機能のうち、通水性又は止水性を回復又は向上させる性能。

4(1) ア(ウ) 補修材料・工法の品質規格

品質規格は、補修後、要求性能を確保するため補修材料・工法が備えておくべき特性であり、材料を採用する時点における性能の照査指標である。本書に定める品質規格は、開水路や補修材料・工法の劣化に関する研究論文や他分野の鉄筋コンクリート構造物における規定及び技術図書を参考に規定している。詳細は、後述「4(2) エ 要求性能毎の品質規格」を参照されたい。

²⁾ 出典：農業水利施設の機能保全の手引き p.9 1.4 用語の定義

³⁾ 兵頭正浩，藤本光伸，清水邦宏，石井将幸，緒方英彦：水路壁載荷法による農業用鉄筋コンクリート開水路の耐力評価手法の提案，農業農村工学会誌 第86巻 第6号，pp.37-40 (2018)

< 本書に定める『補修に用いる材料・工法が具備すべき品質規格』 >

◇開水路の耐久性を回復又は向上させる性能（中性化抑止性、耐候性、耐摩耗性等）
に関する照査試験と規格値

◇開水路の止水性を回復又は向上させる性能（止水性） に関する照査試験と規格値

【コラム～補修と補強～】

「農業水利施設の機能保全の手引き」⁴⁾と「(公社)土木学会のコンクリート標準示方書（維持管理編）」⁵⁾では補修・補強の定義が異なるため注意が必要である。

①「農業水利施設の機能保全の手引き」

補修：主に施設の耐久性を回復又は向上させること

補強：主に施設の構造耐力を回復又は向上させること

②「(公社)土木学会のコンクリート標準示方書（維持管理編）」

補修：第三者への影響の除去あるいは、外観や耐久性の向上を目的とした対策。ただし、供用開始時に構造物が保有していた程度まで、安全性あるいは、使用性のうち力学的な性能を回復させるための対策も含む

補強：供用開始時に構造物が保有していたよりも高い性能まで、安全性あるいは、使用性のうち力学的な性能を向上させるための対策

「農業水利施設の機能保全の手引き」及び「農業水利施設の長寿命化のための手引き」における『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（図 4.1.1-1）。グラフの縦軸に構造耐力が含まれていないことに注意が必要である。「耐久性」とは構造物の経時的な性能低下（劣化）に対する抵抗性を意味する。「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施設の竣工時の性能を基準に回復又は向上させることである。性能低下の具体的な指標として中性化や摩耗等部材の劣化を用いて評価する。「耐久性の回復又は向上」つまり『補修』は、劣化に対する抵抗性を回復又は向上させる行為、すなわち劣化の進行を遅らせる対策といえる。耐久性以外の摩耗等による通水性の低下や目地部からの漏水等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施設の竣工時の性能を基準に回復又は向上させる行為であり、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影響を受ける。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・補強の概念を以下に示す。

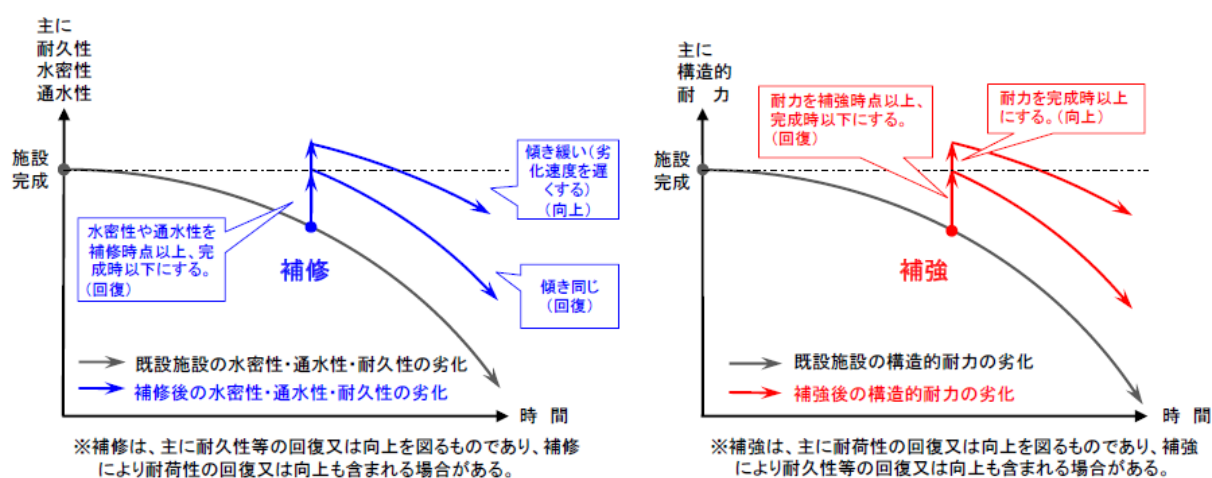


図 4.1.1-1 補修・補強の概念（農業水利施設）

⁴⁾ 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

⁵⁾ 2018 年制定 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕（平成 30 年 10 月）(公社)土木学会

●補修工法例

- ・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）

●補強工法例

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

【補足 1～コンクリート標準示方書の補修・補強のイメージ～】

コンクリート標準示方書の補修・補強の概念を図 4.1.1-2 に示す。縦軸は構造物の力学的な性能を表すことに注意が必要である。力学的性能を供用開始時の性能レベルまで回復する場合を補修、供用開始時の性能レベルより向上させる場合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点が「手引き」の補修と異なる点である。供用開始時より高い力学的な性能が要求される場合とは、設計地震作用の改定等により施設が要求性能を満足しなくなり、耐震補強が必要な場合等が含まれる。

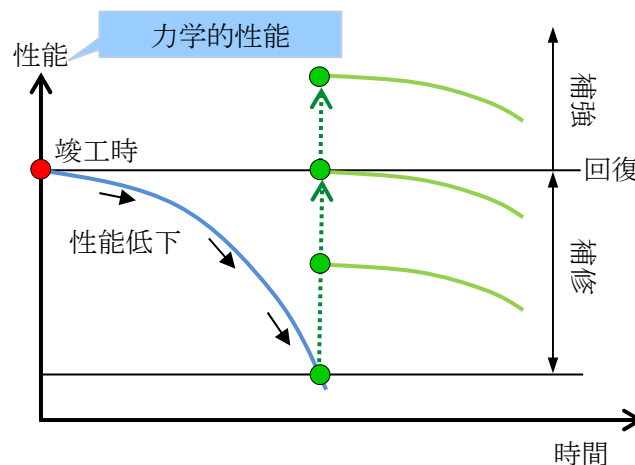


図 4.1.1-2 補修と補強の概念⁵⁾

【補足 2～コンクリート標準示方書と手引きとの補修・補強のイメージの違い】

手引きの補修の定義は耐久性の回復又は向上であり、力学的な性能の向上を含まない点がコンクリート標準示方書と異なる。手引きの補強の定義は土木分野（農業以外とほぼ同様であるが、施設の性能を供用開始時の性能レベルまで回復する行為も補強と定義される。つまり、手引きでは補強と定義される行為は土木分野では補修となる場合があることに注意が必要である。

⁵⁾ 2018 年制定 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕（平成 30 年 10 月）（公社）土木学会

【補足 3～補修の定義と農業水利施設の特性～】

農業水利施設には、巨大なダムや頭首工等の重要構造物とともにコンクリート二次製品を用いた小さい水路等が存在し、施設の規模及び性能の範囲が極めて広範囲に及ぶ。図 4.1.1-2 に示すように高い力学的な要求性能が求められる土木構造物では、「力学的性能」を重視した補修・補強の定義が採用されている。一方、規模の小さい施設が多数を占める農業水利施設では、求められる「力学的性能」は土木構造物ほど高いものは少なく、構造的耐力がどこまで下がり、それをどこまで回復又は向上すべきかを厳密に照査することは、調査・解析に要する費用対効果を考えると現実的ではない。また、農業水利施設の本来の機能（水利用機能、水理機能、構造機能）の低下を防ぐ予防保全的な対応、すなわち本来の機能の供用環境下での経時的な低下に対する抵抗性を維持する取り組み（対策等の実施）を適切に行えば、構造的耐力の低下が顕在化した例は少ない。このような背景から、農業水利施設の機能保全の手引きにおいて、補強では「力学的性能」に着目し、補修では「機能低下」を主要な指標とした定義を行っていると考えられる。このように対象構造物の要求性能及び維持管理の違いにより、補修・補強の定義が微妙に異なっていると考えられる。

4(1) イ 補修工法の種類

- (1) 開水路の補修工法を表面処理工法、ひび割れ補修工法、断面修復工法及び目地補修工法に大別する。
- (2) 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。
- (3) 表面被覆工法を無機系被覆工法、有機系被覆工法、パネル工法及びシート工法に区分する。
- (4) 表面含浸工法については、概要のみを示す。

【解説】

(1)、(2)、(3)及び(4)について

開水路の補修工法を図 4. 1. 2-1 のとおり区分する。

開水路の補修工事では、ひび割れ補修、断面修復及び目地補修作業と表面被覆を施す作業が単独あるいは併用して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。

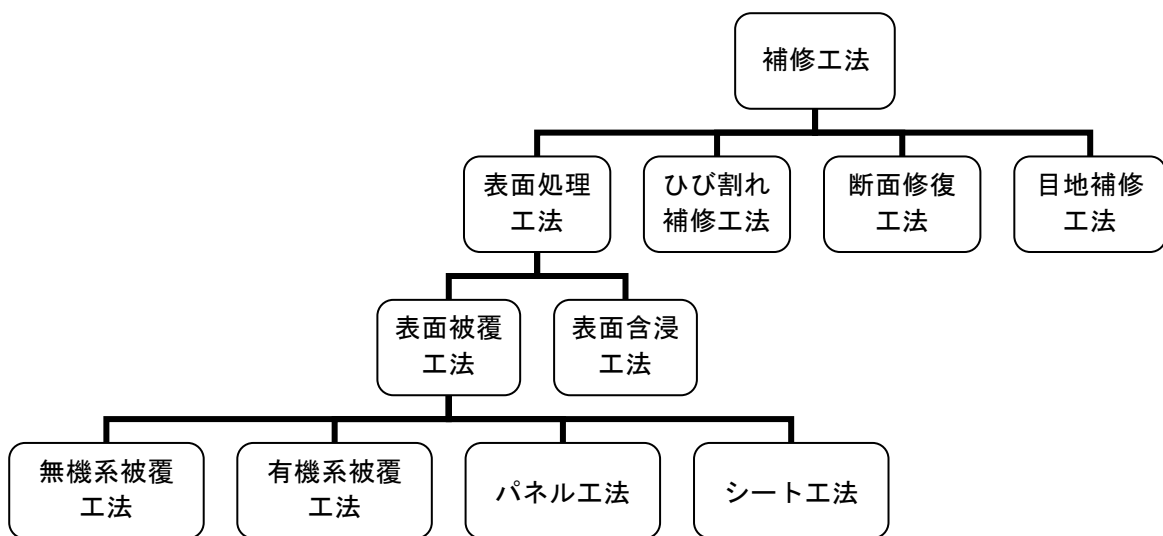


図 4. 1. 2-1 補修工法の分類

補修工法を単独で施工する場合の模式断面図を図 4.1.2-2 に例示する。

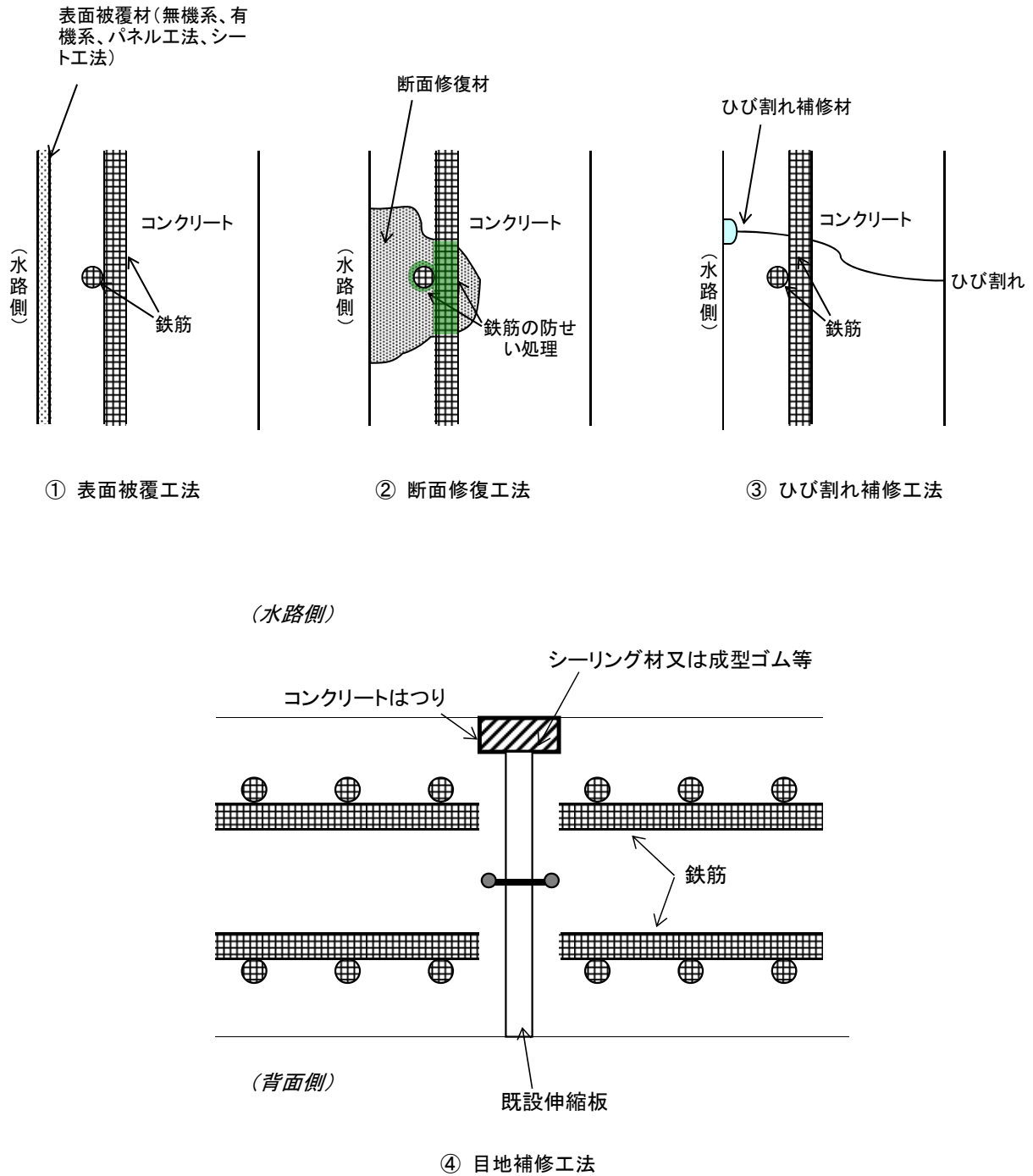
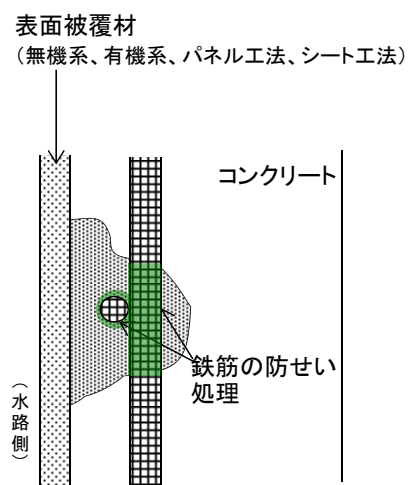
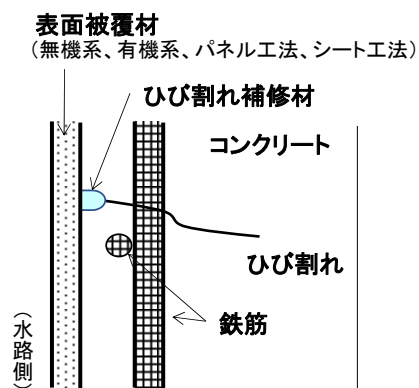


図 4.1.2-2 各種補修工法の概念図(単独での施工例)

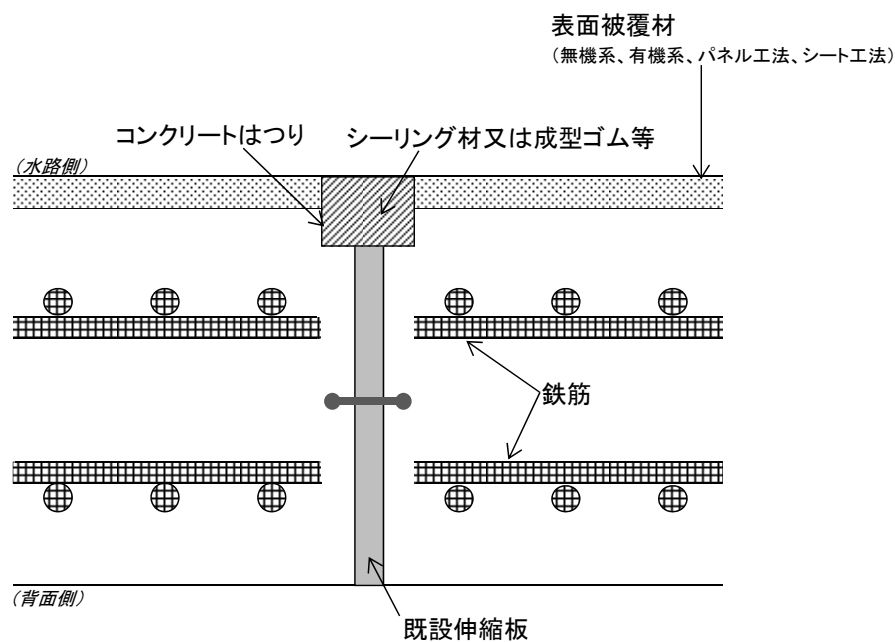
補修工法を併用して施工する場合の模式断面図を図 4. 1. 2-3 に例示する。



① 表面被覆工法 + ② 断面修復工法



① 表面被覆工法 + ③ ひび割れ補修工法



① 表面被覆工法 + ④ 目地補修工法

図 4. 1. 2-3 各種補修工法の概念図（組合せでの施工例）

4(1)ウ 補強工法の種類

開水路の補強工法を接着工法、打換え工法及び増厚工法に区分する。

【解説】

開水路の補強工法を図 4.1.3-1 のように接着工法、打換え工法及び増厚工法に区分する。

構造的耐力を回復又は向上させる開水路の補強は、一律に適用できるものではなく、各開水路においてそれぞれ異なる構造的耐力の低下状況に応じて工法の内容を決めなければならない。

現段階では、補強に関する技術は農業用排水路における施工実績が少なく、一般化できるような段階になっていないため、本書では、工法概要の記述にとどめる。

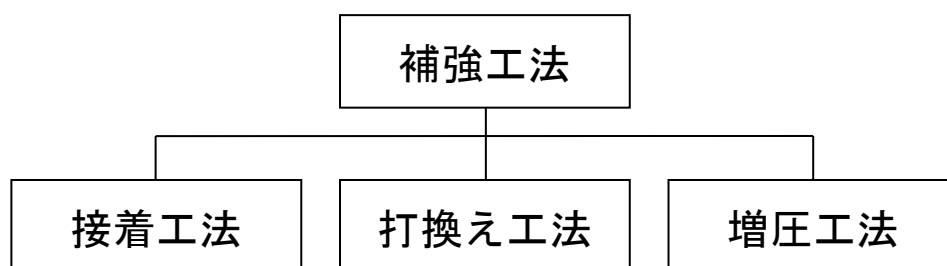


図 4.1.3-1 補強工法の分類

4(2) 補修に求められる性能

4(2) ア 補修

補修はその目的に応じて要求性能を明確にしなければならない。

主に摩耗、中性化、凍害による開水路の劣化や目地の劣化等に対する耐久性及び通水性の回復又は向上を目的として補修を行う場合、補修には、主に以下に示す性能が求められる。

(1)開水路の構造機能に関する性能

1. 中性化抑止性
2. 耐候性
3. 付着性
4. 耐摩耗性
5. 一体化性
6. 寸法安定性
7. 耐凍害性
8. ひび割れ追従性

(2)開水路の水力機能に関する性能

1. 通水性
2. 止水性

4(2) イ 要求性能

要求性能は、標準的な現場に共通して求められる「基本的性能」と施工条件や環境条件等により個々の現場に個別的に求められる「個別的性能」として示すものとする。

【解説】

4(2) ア 補修について

要求性能とは、施設や補修が果たすべき機能や目的を達成するために必要な性能をいう。

補修に用いる材料・工法は、補修後に補修の目的を達成し、補修の効果が期待される期間中、求められる性能を維持することが期待できるかどうかを事前に照査した上で、用いる必要がある。よって、補修の要求性能を明らかにし、補修材料・工法が必要な品質を有するか照査するための具体的な性能項目を設定するものとする。

開水路の補修工事における適用実績を踏まえ、本書に開水路の耐久性と水理性に関する補修の要求性能を定めた。各要求性能の詳細を「4(2)ウ 要求性能の特徴」に示す。

本書に示す要求性能は、主に摩耗、中性化、凍害による開水路の劣化や目地の劣化に対して補修を行う場合に求められる性能である。塩害、化学的腐食、アルカリシリカ反応、落差工やシュート等局部的に働く強い流水に起因する変状等に対する補修は対象としていないが、劣化要因や劣化の程度、補修の目的等を勘案の上検討し、適切に準用することは妨げない。

また、無筋コンクリート開水路は鉄筋コンクリート構造物と構造、劣化機構が異なるが、同様に開水路の劣化要因等を検討の上、適切に準用されたい。

4(2)イ 要求性能について

補修の要求性能のうち、本書に材料・工法の照査手法（品質規格）を定めたものを一覧表に整理し、「基本的性能」と「個別的性能」に分類した。（表 4.2-1 参照）

個別的性能は、工法や地区の特性等に応じて個々の工事毎に求められる性能である。一方、基本的性能は、開水路の補修に標準的に求められる性能である。

個別的性能の例としては、寒冷地における耐凍害性、表面被覆工を併用せず断面修復工法のみで施工する場合の耐摩耗性、同一断面で計画通水量を増加させるケースにおける通水性等があり、工事別に必要な個別的性能を検討しなければならない。

表 4.2-1 本書における補修工法別の基本的性能と個別的性能

基本的性能（○）：標準的な現場に共通して求められる性能。 個別的性能（□）：施工条件や環境条件等により個々の現場に個別的に求められる性能。											
要求性能項目		表面被覆工法						ひび割れ補修工法		断面修復工法	目地補修工法
		無機系	有機系	パネル		シート		無機系	有機系		
				接着方式	アンカー固定方式	無機系ライニングシート工法	FRPシート工法				
構造機能	中性化抑止性	○								□	
	耐 候 性		○	○	○		○				○
	付 着 性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	耐 摩 耗 性	○	○	○	○	○	○			□	
	一 体 化 性	○								○	
	寸 法 安 定 性	○								○	
	耐 凍 害 性	□				□				□	
	ひび割れ追従性		○				○		○		
水理機能	通 水 性	□	□	□	□	□	□				
	止 水 性										○

※空欄については、照査を省略できる性能、当該工法には期待できない性能、及び照査方法が未確立な性能が含まれており、現時点においてこれらを明確に整理することができない。

4(2) ウ 要求性能の特徴

4(2) ウ(ア) 構造機能

1. 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。

【解説】

コンクリートは二酸化炭素の影響により pH が低下し、これがコンクリート中の鉄筋位置付近に達すると鉄筋腐食が発生する。鉄筋腐食が進行すると鉄筋コンクリート躯体のひび割れやはく離、構造的な耐力の低下等を引き起こす。

よって補修には、補修の効果が期待される期間中、中性化の原因となる二酸化炭素の侵入を遮断又は抑制することにより部材の中性化の進行を抑制することが求められる。

2. 耐候性

紫外線、温度等に起因する劣化に対する抵抗性。

【解説】

自然環境下に置かれる開水路に補修を施すと補修材料（主に有機系材料）に紫外線や温度等に起因する劣化が生じる。

よって補修には、補修の効果が期待される期間中、紫外線や温度による品質変化が小さく、膨れ、ひび割れ、剥がれ等が生じないことが求められる。

3. 付着性

補修後に補修材が開水路の躯体コンクリートから剥離しない性能。

【解説】

表面被覆工法によって形成される被膜等は、開水路の躯体コンクリートに付着した状態ではじめてその性能を発揮することができる。開水路は一般に屋外にあり、かんがい期及び非かんがい期で通水量が変動し、年間を通じた気候変動の中で温冷及び乾湿状態におかれる。

よって補修には、補修の効果が期待される期間中、そのような環境条件下で躯体コンクリートに付着し続けることが求められる。

4. 耐摩耗性

流水等による摩耗に対する抵抗性。

【解説】

摩耗は、コンクリートが水に接することでカルシウム等のイオンがセメント水和生成物から溶脱して外部へ移動し組織が粗になることや、流水中の土砂による研磨作用や落差に

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していく現象である。

開水路に生じる摩耗は、比較的脆弱なモルタル分がコンクリート表面から選択的に摩耗され、粗骨材が露出する。さらに摩耗が進行すると粗骨材の露出・脱落が発生し、かぶり厚の減少が生じる。

よって補修には、補修の効果が期待される期間中、過度の摩耗が発生しないことが求められる。

なお、本書では、イオンの溶脱による組織の脆弱化に対する抵抗性は検討の対象としていない。

5. 一体化性

施工後に補修材が単独で破壊しない性能。

【解説】

開水路の補修に用いる材料には、補修後に補修材が単独で破壊しないための強度とその強度を維持する性能が求められる。

6. 寸法安定性

長さ変化率が小さく安定している性能。

【解説】

寸法安定性は、乾燥収縮、自己収縮及び温度変化に伴う寸法変化を表わす。

開水路の無機系被覆工あるいは断面修復工等無機系材料を用いて補修を行う際、補修材料の長さ変化の大きさによっては、ひび割れが生じたり、既存部材との界面にずれ方向の応力が発生して躯体コンクリートとの一体化に影響を与える。

よって補修には、乾燥収縮、自己収縮等により有害なひび割れ等が発生しないよう長さ変化率が小さく安定していることが求められる。

7. 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。

【解説】

凍害は、寒冷地等でコンクリート中の水分の凍結と融解が繰り返され、凍結膨張圧によりコンクリートにひび割れやスケーリング等が発生する現象である。

よって寒冷地等における補修には、補修の効果が期待される期間中、表面被覆工により開水路表面から躯体への水分の供給を遮断し、既設水路の凍害の進行を抑制することが求められる。また、被覆材料が無機系材料の場合、併せて、施工後に補修材自体が凍結融解作用の繰り返して劣化しないことが求められる。

なお、凍結融解作用による補修材料の劣化については、以上に述べた以外にも開水路の

背面からの水分の供給や施工端部からの侵入水による膨れ、剥がれ等が考えられるが、本書では対象としていないため、必要に応じて別途検討する必要がある。

8. 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。

【解説】

開水路の躯体に、一日及び年間における気温の変化等による幅の変動があるひび割れが存在する場合、補修には、補修の効果が期待される期間中、その変動に追従することが求められる。

開水路の躯体のひび割れの幅に変動がある場合、事前にひび割れの補修を行っても、後から行う表面被覆に微細なひび割れが発生する場合がある。施工後の被覆面にひび割れの発生を許容しない場合、表面被覆材には、補修の効果が期待される期間中、ひび割れ追従性が求められる。

4(2)ウ(イ) 水理機能

1. 通水性

計画最大通水量を安全に流下できる性能。

【解説】

通水性は水利システム全体で水利用機能を確保することが重要であり、開水路は補修後、その補修の効果が期待される期間中、計画最大通水量を安全に流下させることが求められる。

表面被覆工の場合、補修後の通水断面が縮小されるものの、一般的に既設のコンクリートより粗度係数が改善される。ただし、表面被覆工による表面粗度の改善を期待して、通水断面を縮小する場合や同一断面を利用して計画最大通水量を増加させる場合、又、環境配慮工法（自然石系護岸や緩傾斜護岸等）を採用する場合等は、設計段階において、施設毎に対象区間の表面粗度のほか、水路の湾曲及び屈折、断面形状の変化、附帯施設（スクリーン等）の有無等の施設条件等を考慮し、水利用の観点から適切に照査できるように検討しておく必要がある。

2. 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。

また、水路背面の地下水等の外水圧に対する抵抗性。

【解説】

開水路の目地には、通水による内水圧や背面の地下水等による外水圧が作用する。目地補修には、補修の効果が期待される期間中において、これらの水圧による目地材のはがれ

や押し出し、破断等による漏水を所定の量以下に抑制することが求められる。

なお、事前に、許容可能な漏水量を開水路の環境条件や事故発生時の被害の程度等に応じ、適切に設定しておくことが望ましい。

4(2)エ 要求性能毎の品質規格

- ① 施工に際して補修の性能を照査するため、要求性能毎に使用する材料・工法の品質規格を設定しなければならない。
- ② 使用する材料・工法は、設定した品質規格に適合していなければならない。
- ③ 使用する材料・工法に期待される耐用期間は、別に示すものを除きおおむね 20 年を想定している^{※1}。

^{※1} 工法により 10～40 年。「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」における各工法の記載参照。

【解説】

①について

本書では、様々な開水路の変状や補修に関する研究成果のほか、他機関等で採用されている同種の材料・工法に関する規定や試験結果を参考に、開水路の補修に求められる性能毎に補修材料・工法の品質規格(照査方法及び品質規格値)を設定した。主なものを表 4.2.2-1 に例示する。

本書に示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化した開水路の耐久性と目地の劣化による止水性の回復又は向上を目的として行う補修の要求性能を対象としている^{※2}。既設水路の変状と要因や程度その他、補修の目的等を検討の上、適切に準用されたい。

^{※2} 目地補修工法については、工法の主たる目的が止水性の回復であるため、止水性の品質規格を規定している。

②について

使用する材料・工法は、あらかじめ設定した品質規格に適合しているかどうか確認の上、用いなければならない。工法分類毎の品質規格を後述の表 4.2.2-1 から表 4.2.2-5 に例示する。

補修に使用する材料・工法には多種多様なものがあり、新たな材料・工法も開発されている。そのため「4(1)イ 補修工法の種類」【解説】の図 4.1.2-1 補修工法の分類に示す工法に分類される場合であっても、本書に示す品質規格や期待される耐用期間がそぐわない場合は、別途検討の上、必要に応じて品質規格や耐用期間を定め、照査の上、採用する必要がある。

③について

補修材料・工法は農業用開水路に適用されてからまだ歴史が浅く、「補修材料・工法の耐用期間」はいまだ実証により明らかにされていない。

よって本書では、表 4.2.2-1 に示す品質規格に適合する材料・工法は、その試験結果を根

拠として、材料・工法自身の耐用期間（補修材料・工法に期待される耐用期間）をおおむね 20 年（工法により 10～40 年）と想定している。

なお、補修材料・工法の品質規格や期待される耐用期間は、今後の研究成果や補修後のモニタリング結果によって見直しを行っていくものである。

表 4.2.2-1 開水路の補修に求められる主な性能と材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目	品質項目	照査方法		品質規格値(案)
中性化抑止性	中性化速度係数	JIS A 1153	4 週間経過後 ^{*1} の 中性化深さから算 定する速度係数	中性化深さ 5 mm 以下 中性化速度係数 18 mm/√年 以下
耐候性 ^{*2}	紫外線による劣化	JSCE-K 511	キセノン式 2,000 時間 ^{*1} あるいはサ ンシャイン式 1,200 時間 ^{*1} 後の変状	膨れ、ひび割れ、剥が れがないこと
付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰 返し回数は 10 サイクル ^{*1})	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
			多湿条件	
			低温条件	
			水中条件 ^{*3}	1.0 N/mm ² 以上
			乾湿繰返し条件 温冷繰返し条件	
耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の 水砂噴流摩耗 試験(案)	水砂噴流摩耗試験 10 時間 ^{*1} 経過後の 平均摩耗深さと標 準供試体の平均摩 耗深さとの比較 (材齢 28 日)	標準供試体に対する平 均摩耗深さの比が 無機系： PCM 等：1.5 以下 HPFRCC：2.5 以下 有機系：0.2 以下
一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561	4 週間経過後の圧縮 強度	21.0 N/mm ² 以上
寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129 ^{*4}	成型 28 日後の長さ 変化率	0.05 % 以下
耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A 法)	300 サイクル後の 相対動弾性係数	85 % 以上
ひび割れ 追従性	伸び量	JSCE-K 532	標準状態	中追従 0.4 mm 以上 高追従 1.0 mm 以上
	伸び量 (繰返し条件下)	JSCE-K 532 ^{*5}	標準状態、 初期変位 0.2 mm、 伸縮±0.1 mm、変位 速度 1.0 Hz、繰返し 回数 7,300 回 ^{*1} 以上	破断が無いこと

^{*1} 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。「補修の効果が期待される期間」とは、既設水路の補修後に、補修の各性能による効果が発現し持続することが期待される期間を指す。

^{*2} 無機系材料については、耐候性試験を省略してよい（2. 耐候性：JSCE-K511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」を参照のこと。）

^{*3} JSCE-K 561（水中条件）における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10% の状態で 7 日間行うものとする。

^{*4} ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

^{*5} 試験の詳細は「表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法(案)」を参照。

【照査方法と品質規格値の考え方】

耐摩耗性、繰り返しひび割れ追従性の照査（試験）方法は、巻末の試験方法（案）を参照されたい。これらを除く試験方法は、それぞれ準用する JIS 規格及び(公社)土木学会規準(JSCE)を参照されたい。

1. 中性化抑止性

中性化抑止性は、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」にて照査を行う。

鉄筋コンクリートの場合、中性化残り(鉄筋のかぶり厚さと中性化深さの差)が 10 mm 以上あれば鉄筋腐食発生の可能性は低い。「コンクリート標準示方書」²⁾では、中性化と塩害等が重なった場合を想定し、中性化残りを 10～25 mm としている。塩害の可能性が低い一般の既設開水路においては、補修により中性化を抑制し、中性化残りを 10 mm 以上に保てば、鉄筋腐食が起こらないと言える。

厳密に言えば、中性化速度は環境条件に左右され、補修の効果が期待される期間が経過した後の中性化残り厚は施設により異なるが、本書では、補修の効果が期待される期間中において中性化が表面被覆厚さ内に止まれば、開水路本体の中性化、鉄筋腐食の進行を抑制できると考え、中性化抑止性の品質規格を設定する。

なお、補修を行う開水路が無筋コンクリート構造の場合は、中性化により鋼材が腐食し、構造物の性能を損なうおそれはないので、この照査は不要とする。

また、無機系以外の補修材料は、一般に二酸化炭素遮断性があるため、現状ではこの照査は行わなくて良いものとする。

【照査方法】

中性化抑止性の照査は、中性化速度係数と中性化深さを評価するものとし、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験」により行うものとする。

ただし、コンクリートの試験基盤は型枠を取り外した後、材齢 4 週まで温度 20 ± 2 °C の湿潤状態で養生を行う。供試体は、試験基盤の測定面となる面（2 面）に被覆材を塗布し、また他の面（4 面）にシーリング材を塗布した後、28 日間の養生を行い作成する。

【品質規格値】

補修の効果が期待される期間を 20 年、被覆厚を 5 mm とし、中性化速度係数と中性化深さの品質規格値を以下の手順で算定した。

- ①開水路環境下 20 年間で中性化深さが 5 mm となる表面被覆材の、自然環境下における中性化速度係数 **A** を算定する。
- ②上記①の中性化速度係数 **A** に対し、促進試験条件に対する補正を行う。
- ③上記②補正後の中性化速度係数 **A'** を促進試験条件下の中性化速度係数（品質規格値）とする。

① 中性化速度係数 A の算出

開水路環境下 20 年間で中性化深さが 5 mm となる表面被覆材の自然環境下における中性化速度係数 A は、「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（（一社）日本建築学会）」 P.92 5.2 中性化に対する性能の検証方法 5.1 式を用いて算出する。

$$C = A \sqrt{t}$$

ここで、

C : 平均中性化深さ (mm)

A : 材料、調合、環境条件により決定する中性化速度係数 (mm/√年)

t : 材齢 (年)

$$\begin{aligned} 5 \text{ mm} &= A \sqrt{20 \text{ 年}} \\ A &= 5 / \sqrt{20} \\ &= 1.118 \div 1.1 \text{ mm} / \sqrt{\text{年}} \end{aligned}$$

以上より、自然環境下における中性化速度係数は 1.1 mm/√年以下でなければならない。

② 促進試験条件に対する補正（炭酸ガス濃度、乾燥しにくい環境）

自然環境下における A から促進試験条件下における中性化速度係数 A' を求めるため、促進試験条件下の炭酸ガス濃度の影響を考慮する。「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説（（一社）日本建築学会）」 二酸化炭素濃度による係数（解 5.2.14）によると、補正係数 α_1 は以下のように算出できる。

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \sqrt{\text{促進試験の炭酸ガス濃度} / \text{自然環境の炭酸ガス濃度}} \\ &= \sqrt{5.0\% / 0.05\%^{6)}} \\ &= 10 \end{aligned}$$

・既設コンクリートはかんがい期における通水や背面からの滲出水等により、湿潤状態にあることに対し、室内における促進試験条件は乾燥しやすい環境下にあると言える。

上記を踏まえ、「コンクリート標準示方書」⁴⁾におけるコンクリートの中性化の進行予測に及ぼす環境作用の程度を適用し、促進試験条件に対する補正として、1.6⁷⁾を乗ずるものとする。すなわち、

$$\alpha_2 = 1.6$$

⁴⁾ 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

⁶⁾ (一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」屋外の値

⁷⁾ (公社)土木学会「2007 コンクリート標準示方書〔設計編〕」表 8.2.1 コンクリートの中性化の進行予測に及ぼす環境作用の程度 乾燥しやすい環境の値

③ 中性化速度係数 A' の算出

中性化速度係数は、上記①及び②より

$$A' = \alpha_1 \times \alpha_2 \times A$$

$$1.1 \times 10 \times 1.6 \div 18 \text{mm}/\sqrt{\text{年}} \text{ となる。}$$

以上より、中性化抑止性の品質規格値は、中性化促進試験（JIS A 1153）における中性化速度係数 $18 \text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ 以下となる。

なお、参考に、上記の中性化速度係数 A' を用いて JIS A 1153（促進期間 4 週間）後の中性化深さを試算すると

$$C = 18 \times \sqrt{0.077 \text{ 年}} \div 5 \text{mm} \text{ となる。}$$

2. 耐候性

耐候性は、JSCE-K511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」にて照査を行う。

有機系を主体とした材質の材料を用いる場合、補修後、紫外線等による品質変化が小さいことが求められる。無機系材料は、ポリマー成分の量が全体量の 1～2% 程度と少なく、その耐候性はセメントモルタルに近いものと判断されるため、耐候性試験の項目を省いても良いものとする。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる JSCE-K 511「促進耐候性試験」で行うものとする。JSCE-K 511 では、光源としてキセノンアークランプ式又はサンシャインカーボンアーク灯式を規定している。

①キセノンアークランプ式(キセノン式)

キセノン式は、紫外線から可視領域の分光分布が太陽光に非常に近似していることに加え、長時間点灯できることから広く使用され、屋外暴露試験との相関が良いことから、広く利用されている。補修の効果が期待される期間を 20 年間とし、促進耐候性試験の試験時間を算定する。

キセノン式による促進耐候性試験の試験時間と屋外暴露試験の 1 年の相当について、ポリエチレンフィルムの試験結果では、約 900～1,100 時間の促進耐候性試験が屋外暴露試験の 1 年に相当するという報告(表 4.2.2-2)が「促進暴露試験ハンドブック」⁸⁾にある。この結果を基に試験時間を算定する。

⁸⁾ (公財)日本ウエザリングテストセンター「促進暴露試験ハンドブック」[1] 促進耐候性試験 表 4-1 参考

表 4. 2. 2-2 ポリエチレンリファレンス試験片による実験光源暴露と
屋外暴露試験^{*1} の関係の一例

光 源	カルボニルインデックス ^{*3} による比較
キセノンアークランプ ^{*2}	900～1,100 時間

^{*1} 銚子 1 年の積算カルボニルインデックス値：9.3 とした。

^{*2} キセノンアークランプ 60 時間の積算カルボニルインデックス値：0.6～0.5 とした。

^{*3} このポリエチレンフィルムは分子鎖中に二重結合を導入したもので、光酸化反応が容易に起こりカルボニル基が生成する。このカルボニル基の生成量（カルボニルインデックス：ベースライン法による 1715 cm⁻¹ 付近の吸光度と 2020 cm⁻¹ 付近の吸光度の比）を暴露環境の紫外線と熱の作用の指標とする。

<照射期間補正>

かんがい期には紫外線による劣化が殆ど無いことから、紫外線劣化を受ける非かんがい期の期間(10～3 月)の紫外線量と年間の紫外線量の比（照射期間補正）は、1/3 とする。

<照射角度補正>

鉄筋コンクリート開水路の側壁は一般に直立しており、照射量が南面 30 度の屋外暴露試験より少なくなる。その補正として、照射角度補正值（暴露試験は南面 30 度で、開水路側壁の南面 90 度との年間露光量の比）は、2/3 とする。

<現地補正值>

紫外線による劣化は、気温に大きく影響されるうえ、立木や家屋等の影の影響を受ける。そのため非かんがい期の気温の影響と立木等による影の影響（現地補正值）は、1/2 とする。

これらの補正值を用いて、補修の効果が期待される期間 20 年に相当する試験時間を算定すると以下のとおり。

促進耐候性試験時間：900 時間×1/3×2/3×1/2×20 年＝2,000 時間

②サンシャインカーボンアーク灯式(サンシャイン式)

サンシャイン式は、太陽光の紫外線部の立ち上がりに近似した分光分布を有し、キセノン式の 1,000 時間がサンシャイン式の 600 時間に相当するという試験時間の例(表 4. 2. 2-3)があることから、上記①のキセノン式 2,000 時間に対してサンシャイン式では 1,200 時間が補修の効果が期待される期間を 20 年に相当する促進耐候性試験時間となる。

表 4. 2. 2-3 キセノン式とサンシャイン式の試験時間の例⁹⁾

JIS 番号	規格名称	試験時間
JIS K 6718-1	プラスチック-メタクリル樹脂版-タイプ ⁹⁾ 、寸法及び特性-第 1 部：キャスト板	キセノン式 1,000 時間 又はサンシャイン式 600 時間
JIS K 6718-2	プラスチック-メタクリル樹脂版-タイプ ⁹⁾ 、寸法及び特性-第 2 部：押出板	キセノン式 1,000 時間 又はサンシャイン式 600 時間

⁹⁾ (公財)日本ウエザリングテストセンター「促進暴露試験ハンドブック」[1] 促進耐候性試験 表 3-2 参考

【品質規格値】

促進耐候性試験後、膨れ、ひび割れ、剥がれ等がないことを照査する。

3. 付着性

付着性は、JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)」により照査を行う。

開水路は様々な自然環境やかんがい期間中水中状態に置かれるため、補修材料・工法は、低温状態や乾湿繰り返し状態、水中状態での付着性を照査する必要がある。

なお、躯体との固定をアンカー等機械的な工法で行う場合は、アンカー等の引抜強度を照査する必要がある。

【照査方法】

開水路は、夏季の高温状態と冬季の低温状態、かんがい期の通水による水中状態と非かんがい期の水位低下による乾燥状態等、様々な環境条件下に曝されている。補修後の補修材が、このような条件下で開水路躯体に付着していただけるかを照査するため、JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の 5.8 により、標準条件、多湿条件、水中条件、低温条件、乾湿繰り返し条件、温冷繰り返し条件下における付着強さを測定し、照査する。

試験の環境条件毎の試験用基板作成の養生条件、供試体の作成時間と養生条件、付着強さ試験実施時の状態を表 4.2.2-4 に示す。

表 4. 2. 2-4 付着強さ試験の環境条件¹⁰⁾

試験の環境条件	試験用基板作成の養生条件	供試体の作成時間	供試体の養生条件	試験時の状態
標準条件	標準状態* ¹ 7 日間	標準状態 30 分以内	標準状態で製造業者が指定する期間、又は 28 日間	標準状態
多湿条件	標準状態 7 日間 水中状態* ² 1 日間	標準状態 30 分以内* ⁴	多湿状態* ⁵ で製造業者が指定する期間、又は 28 日間	標準状態
水中条件	標準状態 7 日間 水中状態* ² 1 日間	同 上	温度 20 ± 2 °C、相対湿度 60 ± 10 %の状態 で 気中養生 7 日間の後、水中状態* ² で製造業者が指定する期間、又は 28 日間	標準状態
低温条件	標準状態 7 日間 低温状態* ³ 1 日間	標準状態 30 分以内	低温状態* ³ で製造業者が指定する期間、又は 28 日間	低温状態* ³
乾湿繰返し条件	標準状態 7 日間	同 上	標準状態で製造業者が指定期間で養生後、乾湿繰返し* ⁶ 10 サイクル、その後、標準状態 1 日間	標準状態
温冷繰返し条件	標準状態 7 日間	同 上	標準状態で製造業者が指定期間で養生後、温冷繰返し* ⁷ 10 サイクル、その後、標準状態 1 日間	標準状態

*¹ 標準状態とは、温度 20 ± 2 °C、相対湿度 50 %以上とする。

*² 水中状態とは、 20 ± 1 °Cの清水中に浸せきした状態をいう。

*³ 低温状態とは、 5 ± 1 °Cをいう。

*⁴ 基板を水から取り出し、接着面に付着している水をウェス等で拭き取るものとする。

*⁵ 多湿状態とは、 20 ± 1 °C、相対湿度 90 %以上をいう。

*⁶ 乾湿繰返しとは、供試体を 60 ± 3 °Cの恒温器中で 18 時間放置し、直ちに 60 ± 3 °Cの恒温水槽に 6 時間浸せきした状態をいい、この操作を 1 サイクルという。

*⁷ 温冷繰返しとは、供試体を 20 ± 1 °Cの水中に 18 時間浸せきした後、直ちに -20 ± 3 °Cの恒温器中で 3 時間冷却し、次いで 50 ± 3 °Cの別の恒温器中で 3 時間加温した状態をいい、この操作を 1 サイクルという。

¹⁰⁾ (公社)土木学会 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法 (案)」5.8 c) 付着試験の環境条件 参考

なお、表中の水中条件については、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」¹¹⁾の品質試験方法の規定を準用し、供試体作成後、別途、水中状態開始までの気中養生を行うものとしている。

また、標準、多湿、水中及び低温条件については、供試体作成後の養生期間を製造業者が指定する期間、又は 28 日間としているので、材料・工法に応じて、いずれかの養生期間を選択する。

【品質規格値】

開水路を補修した後、補修材の剥離が生じる原因として付着強度の不足が挙げられる。剥離を生じさせないために躯体の引張強度と同程度の付着強度が必要と考える。

標準条件、多湿条件及び低温条件の品質規格値は、同じく水没環境にある下水道分野の「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」において標準条件で 1.5 N/mm^2 の品質規格値を採用しており、これを参考にした。水中条件、乾湿繰返し条件、温冷繰返し条件での品質規格値は、供試体養生時の養生条件の厳しさを考慮して品質規格値を 1.0 N/mm^2 とした。

4. 耐摩耗性

表面被覆工等開水路に対して広く面的に施す補修には、流水中の土砂による研磨等によって過度の摩耗が発生しないことが求められる。耐摩耗性は、砂を含む水の噴流によるすり磨き及び衝撃による摩耗作用を疑似している水砂噴流摩耗試験¹²⁾により照査する。

【照査方法】

上野らの試験結果¹³⁾によれば、摩耗を受けた水路構造物から採取した供試体と水砂噴流摩耗試験機による摩耗試験結果を比べた結果、実水路におけるおおむね 20 年間の摩耗深さは、水砂噴流摩耗試験機の試験 10 時間に相当する。

よって、補修の効果を期待する期間を 20 年とした場合の耐摩耗性は、水砂噴流摩耗試験（水砂噴流、水圧 2 MPa）10 時間後の平均摩耗深さを測定し照査することとした。

照査にあたっては、標準モルタル供試体の平均摩耗深さ（これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さ）の基準値 3.5 mm ¹⁴⁾ に対する各補修材 3 個の平均摩耗深さの比を算出する。耐摩耗性の照査に用いる試験供試体は、あらかじめ決められた補修材供試体 3 個とし、補修材供試体の試験材齢は 28 日とする。

¹¹⁾ (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抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」参考

¹²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

¹³⁾ 上野和弘、長束 勇、石井将幸(2010)：開発した水砂噴流摩耗試験機の促進倍率、農業農村工学会論文集、No.266、41-47 参考

¹⁴⁾ 浅野勇、上野和広、長束勇、鮫島信行：表面被覆材料の耐摩耗性評価に用いる標準モルタルの平均摩耗深さの推定、農業農村工学会論文集、2020.6、No.310 (88-1)、pp. IV_1 - IV_2

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm ($=3.5$ mm) *¹と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「 B/A 」で規定する。材料種類ごとの品質規格値 B/A は、表 4.2.3-5 に示すとおりである。

なお、補修対策の効果が期待される期間を 40 年と想定している工法はパネル工法のみである。長束らによる表面被覆工法の材料を対象とした水砂噴流摩耗試験結果¹⁴⁾では、摩耗時間と平均摩耗深さは線形的な比例関係が示されている。よって、標準モルタル供試体と補修材の平均摩耗深さの比である品質規格値において、パネル工法における補修の効果が期待される期間 40 年の品質規格値 (B/A) は、補修の効果が期待される期間 20 年（水砂噴流摩耗試験で 10 時間相当）の品質規格値 (B/A) と同一値とする。このとき、各補修材の水砂噴流摩耗試験による B/A の算出における標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 A は、7.0 mm を用いてよい。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 4.2.2-5 補修材材料ごとの耐摩耗性の品質規格値 (B/A)

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間 平均摩耗深さの基準値 A (3.5mm)* ¹ と補修材の平均摩 耗深さ B の比 (B/A)	参考* ² : 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
無機系 (ポリマーセメントモ ルタル等)	1.5 以下	5.2 以下 ($1.5 [B/A] \times 3.5 [A] = 5.25$)
無機系 (HPFRCC) * ³	2.5 以下	8.7 以下 ($2.5 [B/A] \times 3.5 [A] = 8.75$)
有機系* ⁴	0.2 以下* ⁴	0.7 以下 ($0.2 [B/A] \times 3.5 [A] = 0.7$)

*¹ 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 A 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

*² 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) は、10 時間平均摩耗深さの基準値 A (3.5mm) $\times B/A$ より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

*³ ポリマーセメントモルタル等とは、HPFRCC 以外の無機系材料 (ポリマーセメントモルタル、セメントモルタル、超高強度繊維補強コンクリート等) である。

*⁴ 有機系では、補修材料の部材厚の 1/3 と補修材の平均摩耗深さ B のうち小さい方を許容値とすることを基本とするが、部材厚が 2.1mm (0.7mm の 3 倍) を上回る場合は、部材厚の 1/3 を許容値とする。

<HPFRCC の材料特性について>

HPFRCC (High Performance Fiber Reinforced Cement Composites) は、一般的なセメント系材料の脆性的な性質の克服を目的に開発され、セメント系材料を短繊維により補強した複合材料（繊維補強セメント複合材料、FRCC : Fiber Reinforced Cementitious Composite）に分類される材料である¹⁵⁾（図 4.2.2-1）。特に HPFRCC は、一軸直接引張応力下において疑似ひずみ硬化特性を示す材料として定義され、この特性は微細で高密度の複数ひび割れを形成することによりもたらされる。一般的なセメント系補修材料に比べ、ひび割れ抵抗性が高く構造機能上問題となるようなひび割れを抑制することから、高性能な補修材料として期待されている。なお、材料の試験値として、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 0.2mm 以下となる材料が分類される¹⁵⁾（図 4.2.2-1）。

コンクリート開水路の無機系表面被覆工法の補修材として HPFRCC を適用した場合、上記の材料特性から一般的なセメント系材料と比較して、高い凍結融解抵抗性¹⁵⁾、疲労耐久性¹⁵⁾¹⁶⁾ひび割れ等に対する水路の止水性¹⁷⁾を保持することが期待される。

¹⁵⁾ 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC) 設計・施工指針(案) (2007.5) (公社)土木学会, p.1-2

¹⁶⁾ 湯室貴章・平城弘一・福田一郎(2007): 一軸引張試験における高靱性セメント系複合材料(ECC) の耐疲労評価、(公社)土木学会第 62 回年次学術講演会概要集、第 v 部、pp.447-44

¹⁷⁾ セメント系新材料 (HPFRCC) の水利施設機能保全対策への適用(2011.11)長束勇、土地改良の測量と設計 vol.74、p.21-26

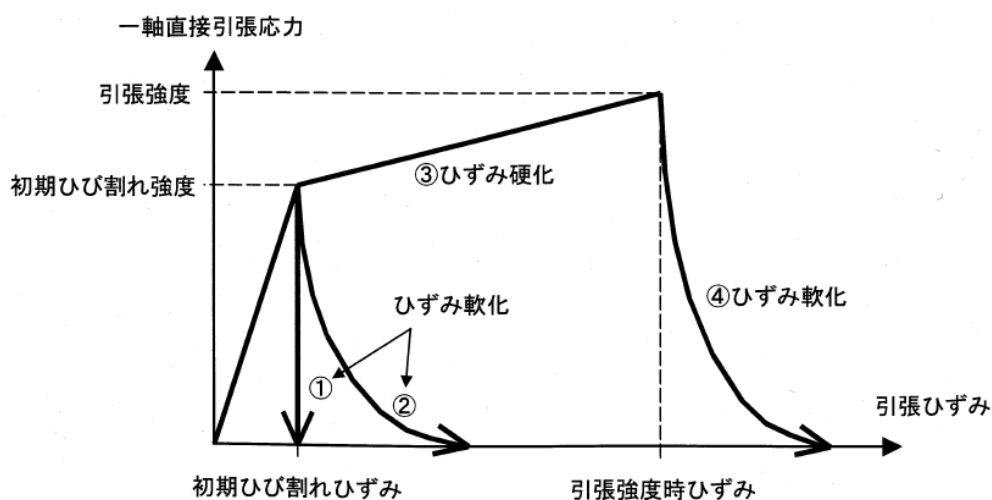
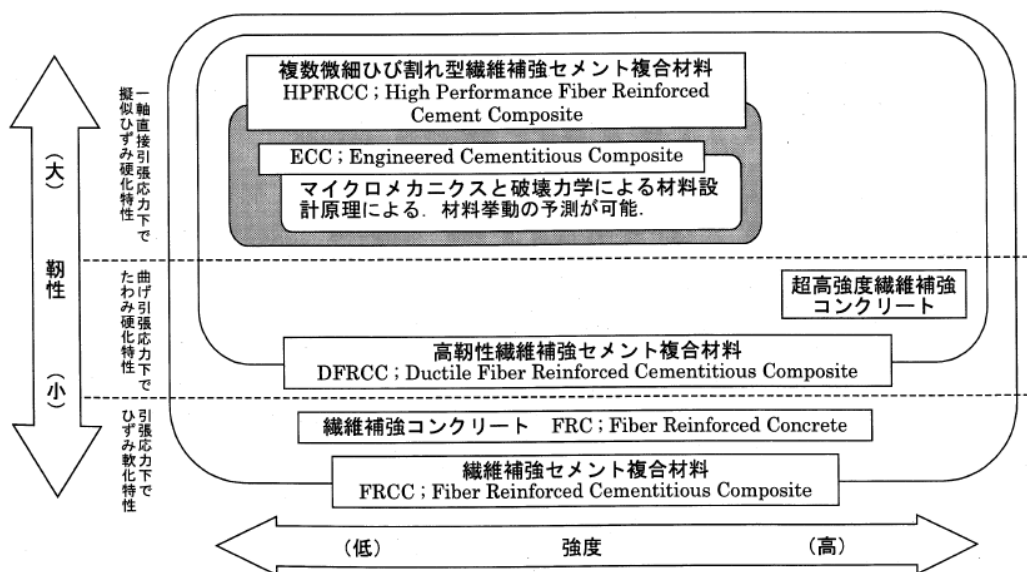


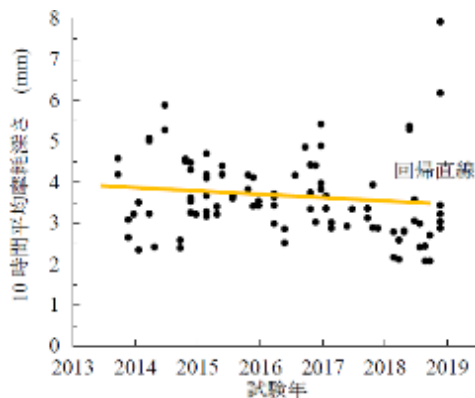
図 4. 2. 2-1 HPFRCC の分類及び材料特性表¹⁵⁾

¹⁵⁾ 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(HPFRCC) 設計・施工指針(案) (2007.5) (公社)土木学会, p.1-2

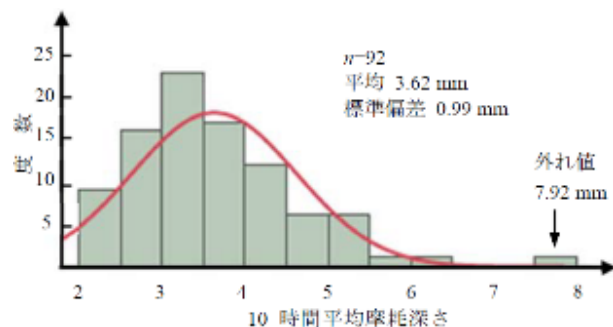
【参考】耐摩耗性の合否判定のばらつきの改善について

水砂噴流摩耗試験の標準化のために設立された水利機能保全研究会では、2013 年から 2019 年の約 6 年間に渡り、水砂噴流摩耗試験結果の収集・分析を行ってきた。その結果、試験申請各社が作成した標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さにばらつきが発生することが明らかになった。標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さは、製品の耐摩耗性の合否を判断する基準値であり、標準モルタルの平均摩耗深さが大きいと合格が容易となり、逆に小さいと合格が難しくなる。このため判定の揺らぎが発生する。

このような標準モルタルの平均摩耗深さに起因する合否判定のばらつきを改善するために、標準モルタル供試体の平均摩耗深さを一定値とする方法を検討した。



2013 年から 2019 年のデータに基づく
標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さ
のデータ分布¹⁴⁾



2013 年から 2019 年のデータに基づく
標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さ
のデータ分布¹⁴⁾

標準モルタルの平均摩耗深さのばらつきを改善するための一定値として、2013 年から 2019 年の約 6 年間に渡り得られたデータ分布（母集団 $N=92$ 、母平均 3.62 mm、平均値の標準誤差 0.10 mm）から、安全側を考慮し、実測データの母平均 3.62 mm より 0.5 mm 刻みで丸めた 3.5 mm を標準モルタル供試体の 10 時間摩耗深さの基準値とした。今回の改定では、さらに、水砂噴流摩耗試験結果の分析から以下の見直しを行った。

- 有機系被覆工法の品質規格値は、これまで標準供試体との比 (B/A) を 0.5 以下としてきたが、既往の水砂噴流摩耗試験結果と比較すると安全性が過大に評価されていることが明らかになり、0.2 以下に改定を行った。ただし、有機系被覆工法は、現時点で製品数が少なく、今後の製品数の増加に伴い見直しが必要である。

¹⁴⁾ 浅野勇、上野和広、長束勇、鮫島信行：表面被覆材料の耐摩耗性評価に用いる標準モルタルの平均摩耗深さの推定、農業農村工学会論文集、2020.6、No.310 (88-1)、pp. IV_1 - IV_2

5. 一体化性（圧縮強度）

一体化性（圧縮強度）は、**JSCE-K 561**「コンクリート構造物用断面被覆材の試験方法(案)」により照査を行う。

開水路の補修材は、補修後に単独で破壊してはならない。そのため、無機系材料の場合、既設コンクリートと同程度あるいはそれ以上の強度が求められる。

【照査方法】

JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面被覆材の試験方法(案)」により、4 週間後の圧縮強度を照査する。

【品質規格値】

標準的な現場打ち鉄筋コンクリート開水路の設計強度から **21.0 N/mm²**以上とする。

6. 寸法安定性(長さ変化率)

寸法安定性(長さ変化率)は、**JIS A 1129**「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」により照査を行う。

寸法安定性は、自己収縮、乾燥収縮及び温度変化に伴う寸法変化を表すが、ここでは、無機系材料における乾燥による収縮を照査する。

【照査方法】

JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」¹⁸⁾により、主に乾燥収縮に対する長さ変化率を照査する。

この試験方法には、具体的な養生方法、基長の測定時期に関して詳細な規定がないため、(株)高速道路総合技術研究所 試験法 432「断面修復用吹付けモルタルの試験方法」の養生期間及び基長の測定時期を準用する。

ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 **23 ± 2℃**、湿度 **50 ± 5%**の状態 で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 **23 ± 2℃**、湿度 **50 ± 5%**の状態 で 28 日後の長さ変化率を測定する。

【品質規格値】

(株)高速道路総合技術研究所の「構造物施工管理要領」を参考に **0.05 %**以下とする。

¹⁸⁾ ダイヤルゲージ方法による測定を標準とするが、これにより難しい場合は、**JIS A 1129**に規定するコンパレータ方法又はコンタクトゲージ方法での測定によっても良いものとする。

7. 耐凍害性

耐凍害性は、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」により照査を行う。

凍害のおそれのある地域における耐凍害性の照査は、凍結融解の繰り返し作用による材料自体の劣化に対する性能を評価するものとし、無機系材料は JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」のA法により照査を行う。¹⁹⁾

【照査方法】

JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」のA法による評価を行う。

【品質規格値】

(公社)土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値²⁰⁾を参考に、開水路の設置環境により、①気象条件は、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態は、連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合、③断面が薄い場合に相当するとして、品質規格値は相対動弾性係数 85 %以上とする。

8. ひび割れ追従性

ひび割れ追従性は、JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」及び表面被覆材の繰り返しひび割れ追従性試験方法(案)」により照査を行う。

表面被覆材のひび割れ追従性は、静的なひび割れ追従性試験と、動的な繰り返しひび割れに対する追従性試験により評価する。前者はゼロスパンテンションのひび割れへの追従、後者は気温等でひび割れ幅が変動しているひび割れへの追従を対象とする。

① ひび割れ追従性：JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」

【照査方法】

JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」は、表面被覆材がその延伸性によって、コンクリートのひび割れと無関係にその被覆性を保持する性能を照査するものである。供試体を 5 mm/min の等速で引張り、表面被覆材の伸びを測定する。試験供試体は、同試験方法の標準状態試験体とする。

¹⁹⁾ 他に耐凍害性の照査方法としては、(独)土木研究所 寒地土木研究所において、表面被覆材を施した部材の背面からの侵入水の凍結融解繰り返し作用が及ぼす表面被覆材と開水路部材との接着界面の性能変化に関する試験方法の研究が進められている。

²⁰⁾ (公社)土木学会「2007 コンクリート標準示方書〔設計編〕」8.4.1 凍害に対する照査 参考

【品質規格値】

鉄筋コンクリート開水路と無筋コンクリート開水路では、気温の日変動、年変動によるひび割れの伸縮幅が異なるため、構造物の種類によって品質規格値を検討している。

(公社)土木学会「表面保護工法 設計施工指針(案)」における規定を参考に、既設水路躯体が鉄筋コンクリート構造の場合、供試体の伸びが 0.4 mm 以上(中追従)、同様に、無筋コンクリート構造の場合 1.0 mm 以上(高追従) とする。

② 繰返しひび割れ追従性（繰返し条件下）：表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法(案)

【照査方法】

開水路のひび割れは、1 日の温度変化や年間の温度変化の影響を受けてその幅が変動するため、初期変位を与え、継いで繰返しの引張り試験を行う。

試験供試体は、JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法（案）」に準拠し、標準状態試験体とする。

【品質規格値】

補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合、繰返しひび割れ追従試験（初期変位 0.2 mm、伸縮±0.1 mm、変位速度 1.0 HZ）にて繰返し回数 7,300 回(365 日×20 年)以上の試験を行い、破断しないことを品質規格値とする。

4(3) 補修工法の施工概要

開水路の補修は、種々の工法を適切な手順で施工しなければならない。

図 4.3-1 に開水路補修の手順例を示す。

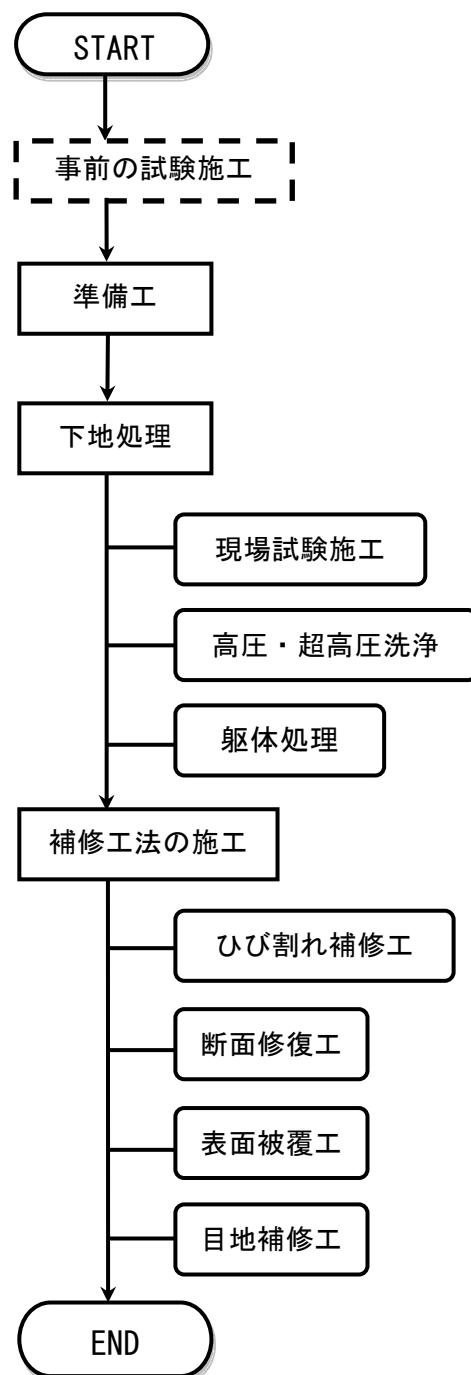


図 4.3-1 開水路補修の手順例

事前の試験施工

下地処理の方法を決定することを目的に、必要な資料を得るための試験施工を、工事発注に先立ち、設計(機能診断)段階で行うことが望ましい。

【解説】

工事発注後の試験施工によって、下地処理の方法及び水圧、処理深さ等を決定することは工法変更等のリスクを伴うため、工事発注に先立ち設計業務等により事前にコア抜き等を行い、既設コンクリートの強度、劣化状況等の調査を行うとともに、下地処理の試験施工を実施して下地処理の仕様を決定することが望ましい。

4(3) ア 準備工

開水路の補修に際して、適切な準備を行う。

【解説】

補修工に必要な準備工は、補修工法や現場条件により異なるため、現場毎に検討のうえ実施する。

なお、表面被覆工を行う際、準備工として、主に次の作業を事前に行う。

- ・水替え工等により、施工区間に流入するおそれのある侵入水や湧水対策を行う。
- ・降雨時に背面盛土から水路内に雨水が流入しないよう、側壁背面に側溝を設ける等、必要な対策を行う。
- ・水路内の底版上に堆積している汚泥やゴミ等をスコップ等により除去する。
- ・側壁面の施工に支障となる樹木や草、泥土等が存在する場合、作業の支障とならないよう、事前に処理する。
- ・降雨や降雪対策、洗浄水等の飛散防止、直射日光や強風による被覆表面の乾燥ひび割れの防止、養生温度の確保等のため、必要に応じ、水路上部にビニールシート等による養生工を設置する。



写真 4.3.1-1 水路底版の清掃



写真 4.3.1-2 養生工の設置

4(3) イ 下地処理工

開水路の補修は、十分な下地処理を行い、付着性を確保しなければならない。

母材表面の汚れや劣化状況は、個々の施設や部位により異なるため、現地で実施した下地処理工試験及び付着強さを測定した結果を基に適切な下地処理仕様を選択すること。

【解説】

開水路の補修は、下地処理後、既設コンクリート表面に補修材料を被覆接着することが主たる方法であり、補修の効果は下地処理の影響を強く受ける。このため、十分な下地処理を行い、付着性を確保しなければならない。高圧洗浄工による下地処理とは、母材表面の汚れの清掃及び脆弱部の除去をいう。

4(3) イ(ア) 現場での下地処理工試験

母材表面の汚れや劣化状況は、個々の施設や部位においてそれぞれ異なるため、工事発注後の現場での下地処理工試験を実施し、詳細な下地処理の仕様を決定する。

現場での下地処理工試験は、路線及び構造種別ごとに 1 か所を目安とし、仕様書に定められた方法により行う。

4(3) イ(イ) 高圧・超高压洗浄

下地処理を水圧洗浄で行う場合、現場試験施工で決定した水圧により全面を処理する。水圧洗浄機は機種により水量や施工圧力等が異なる場合があるため、本施工において試験時と異なる機種を用いる場合、同等以上であることを確認する。

下地処理完了後は、単軸引張試験による付着強さ試験を行い、施工品質を確認する。付着強さ試験は、両側壁、底版各面についてあらかじめ施工計画書に定められた面積毎に付着強さの確認を実施する。

<現場での下地処理工試験実施における留意事項>

- ・ 水圧洗浄により下地処理を行う場合は、高圧(30～100 MPa)と超高压(150 MPa 以上)から 3 種類程度の圧力により試験を行う。試験時間は 1 分単位で時間設定を行うことが望ましい。
- ・ 1 か所における試験部位は左右側壁及び底版とし、面積は各々1m²程度を目安とする。
- ・ 試験における品質確認の方法は、処理後のコンクリート表面の汚れや脆弱部の除去を目視で確認するほか、単軸引張試験により付着強さを測定し確認する。
- ・ 単軸引張試験による付着強さの確認は、1 か所につき、左右側壁及び底版の各部位毎に 3 点実施(1 か所あたり 3 部位×3 点で合計 9 点実施する)し、その平均値による。
- ・ 付着強さの目安は、側壁と底版の部位別にそれぞれ以下のとおりとするが、満足な値が得られない場合、対応を協議する。

側壁：1部位3点の付着強さは、それぞれ1.0 N/mm²以上。

底版：1部位3点の付着強さの平均値は、1.0 N/mm²以上。かつ、個々の値は0.85 N/mm²以上。

※表面被覆工の付着強さ試験では、破断の状況が多様であり、破断箇所と破断面の状況の観察が重要である。特に、対策前のコンクリート開水路自体の付着強さが低下している可能性もあることから、これに留意する必要がある。（参照：11(5) モニタリング調査 ア(ア)3 定量的調査 2. 付着強さ試験）

- ・洗浄圧力が大きくなるにつれ削れ量が多くなり、補修材の使用量が多くなる場合がある。一方、低い洗浄圧力での下地処理は、均一に仕上がるが、洗浄時間が長くなることに伴い洗浄水の消費量・濁水量が多くなることに留意する。
- ・現場での下地処理工試験は、一般的に搬入可能な洗浄機の能力から洗浄圧力を定めて、積算基準における標準施工能力（3分～4分/m²）を目安に、「表面に付着物がなく、骨材表面が露出し劣化物のないコンクリート表面」の状態となる洗浄時間を確認して、水圧洗浄の仕様を定める必要がある。
- ・手元圧力は、吐出口の形状や洗浄対象との離隔距離によって、圧力が異なるため、コンプレッサー側での圧力管理とする。ただし、ノズル手前のホースで圧力の2次調整を行う機種の場合は、ホース側の圧力とする。
- ・下地処理工が不十分な場合、補修材の剥離による機能低下及び、通水阻害による通水性能の低下が問題となる。脆弱化した部分を残さず、確実に除去することが重要である。一方、側壁と底版では、その部位による違いから求められる下地処理工の付着強度が異なると考えられる。具体的には、底版は常時水中環境下にある、側壁は気中・水中・及び両環境が繰り返される環境下にある。付着強度を低下させる環境条件として、側壁は底版と比べて厳しい条件下にあると考えられる。従って、現時点では側壁と底版の管理基準値をそれぞれに設定している。また、底版の付着性については、側壁とは異なり定性的な指標を設定する可能性も残されており、定量的な閾値が求められるか等含めて今後の検討課題とする。
- ・下地処理工を行った母材の上に施工する工法により要求性能を発揮するための付着強度が異なることも想定される。以上より、施工部位に加え、補修工法による必要付着強度についても、今後のモニタリング調査の検証課題とする。

＜現場での下地処理工試験の事例＞

試験施工における一事例を以下に示す。実際の洗浄圧力・洗浄時間と施工費用については、母材の状態等により、現場毎で大きく異なることから、引き続きデータ収集・分析を行う必要がある。本例を、歩掛としては用いないこと。

【事例 経済性による洗浄圧力・洗浄時間】

現場での下地処理工試験で設定したいずれの洗浄圧力・洗浄時間でも被覆工等に必要な付着強度を満たす場合、経済性にに基づき洗浄圧力を設定した例を示す。洗浄圧力が高いと削れ量が多くなり、低いと洗浄時間が長くなることに留意する。

洗浄圧力・洗浄時間の選定方法

1. 試験エリア（各 1 m²程度）を 3 か所用意する。
2. 洗浄圧力を 3 パターン用意する（標準は、50 MPa、80 MPa、100 MPa）。
3. エリア毎に割り振った洗浄圧力を用いて、高圧洗浄による下地処理工試験を行う。

洗浄時間は、1 分ごとに追加する要領でステップアップする。すなわち、1 分では脆弱部や固着物を除去できなかった場合は、更に 1 分追加する。

この試験を繰り返し、必要な洗浄時間を決定する。

4. 洗浄圧力毎（50 MPa、80 MPa、100 MPa）における工事費は、表 4.3.2-1 のとおりとなる。この結果、工事費は 100 MPa < 80 MPa < 50 MPa となることから、事例現場での洗浄圧力は 100 MPa を採用する。

表 4.3.2-1 洗浄圧力毎の下地処理工費（m²あたり）²¹⁾

洗浄圧力 (MPa)	日当たり 単価 (円)	1分当たり 工事費 (円)	m ² 当たり 洗浄時間 (分)	m ² 当たり 工事費 (円)
50	167,998	350	1.7	595
80	204,738	427	0.9	384
100	228,308	476	0.4	190

※1分当たり工事費は1日8時間作業として算出。

事例現場では、水路底の固着物の除去のため比較的高圧の洗浄圧力が採用される結果となった。このように、洗浄圧力・洗浄時間の選定には母材の状態が大きく影響することについても考慮する必要がある。

²¹⁾ 出典：令和 2 年度 表面被覆工モニタリング調査業務（中国四国農政局土地改良技術事務所）農林水産省モニタリング調査結果より



写真 4. 3. 2-1 現場試験施工前



写真 4. 3. 2-2 試験状況(下地処理)



写真 4. 3. 2-3 試験状況(下地処理完了)



写真 4. 3. 2-4 試験状況(付着試験)

4(3)イ(イ)1) 躯体処理（必要に応じて実施）

型枠ズレ等による段差、断面を侵す部分に関し、施工後に不要となる箇所は、必要に応じてチッパー、電動ピック等を用いて撤去する。

4(4) 材料・工法の採用

- (1)補修に使用する材料・工法は、補修に求められる性能を満足する品質のものをを用いなければならない。
- (2)補修に使用する材料・工法は、特徴や適用における条件等を十分に理解した上で、用いなければならない。
- (3)上記の他に、施工条件、周辺環境への影響及び維持管理の容易性等現場の実情にも配慮する必要がある。

【解説】

(1)について

補修に使用する材料・工法は、施工対象となる開水路における補修の目的と要求性能を明確にし、施工後にこれを満足するものをを用いなければならない。

なお、開水路の補修工法は、各種の工法が単独又は組み合わせて適用されるが、組み合わせて行う場合は工法毎にその目的と要求性能を明らかにし、事前に材料・工法の品質を確認のうえ用いなければならない。

(2)について

補修に使用する材料・工法は、あらかじめ各材料・工法の特徴や、適用における現場条件や施工条件等を確認し、適切に用いる必要がある。

(3)について

補修に使用する材料・工法における維持管理・施工時等の留意事項(例)を表 4.4-1 に示す。

表 4.4-1 維持管理・施工時等の留意事項(例)

要求性能項目		留意事項
維持管理性	耐擦傷性	水路の清掃をする際に重機やスコップ等を使用する場合は、それに耐えられる材料を検討する。施設管理者と意見交換を行って水路清掃の実態を調査し、維持管理の支障とならない材料・工法を用いる。
	防滑性	滑り易い材料を用いる場合、天端からの滑落や水路内での転倒を防止する必要がある。天端の場合は、例えば、ゆず肌吹付け仕上げにする等、表面を滑りにくくする工夫をする。
	難燃性	開水路の周辺で野焼きが行われる場合、熱や炎に耐えられる材料や自己消火性のある材料を検討する。施設管理者と意見交換を行って野焼きの実態を調査し、維持管理の支障とならない材料・工法を用いる。
施工性	施工性	開水路の側壁背面等からの滲出水等により補修する下地面を乾燥させることが難しい場合は、湿潤状態でも施工可能な材料・工法を用いる。
社会・環境性	景観適合性	既存の水利構造物と色調の統一を図り、景観に違和感を与えないよう配慮する。
	水質適合性	上水道との共用区間等では、有害物が溶出ししない材料・工法を用いる。

4(5) 補修工事の施工管理と完成検査

4(5) ア 施工管理

- (1)補修工事の施工は、補修の要求性能を満足する品質及び出来形を確保するよう、各工法の特性を踏まえ、適切に行わなければならない。また、そのために適切な施工管理を実施しなければならない。
- (2)施工後の維持管理及び将来の保全管理のために、施工管理の記録を保管しなければならない。

【解説】

(1)について

開水路の補修材料・工法は多種多様であり、それぞれ期待される効果や使用材料、前処理方法、施工方法等が異なる。補修の要求性能を満足する施工品質及び出来形を確保するため、材料及び工法の特徴や施工における留意事項を理解し、適切に施工しなければならない。

その際、表 4.5.1-1 に示す基準等のほか、発注契約における特別仕様書等に基づき、適切な施工管理を行う必要がある。

補修工事の施工前に必要となる主な事項を図 4.5.1-1 に、また、各施工段階における施工管理の例として、図 4.5.1-2 及び図 4.5.1-3 を示す。

表 4.5.1-1 補修工事の施工管理において準拠すべき基準等

基準等	備 考
土木工事共通仕様書	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定
土木工事施工管理基準	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定

(2)について

また、補修工事の施工の際、適宜、施工管理の記録を残すものとする。補修後の施設の維持管理のほか、後述のモニタリングにより得られた情報と併せて蓄積し、将来の保全管理に役立てるため、適切に記録し、必要なタイミングで活用できるように保管しておくことが重要である。

項目	内容	根拠規定等
施工計画書	(1) 工事概要 (2) 実施工程表 (3) 現場組織表 (4) 主要機械 (5) 主要資材 (6) 施工方法 (7) 施工管理 (8) 緊急時の体制 (9) 交通管理 (10) 安全管理 (11) 仮設備計画 (12) 環境対策 (13) 再生資源の利用の促進 (14) その他	土木工事共通仕様書第1-1-5条に規定
材料の承認	材料の見本又は資料の提出	土木工事共通仕様書第2-1-2条に規定 特別仕様書に規定
	材料の試験及び検査	土木工事共通仕様書第2-1-3条に規定 特別仕様書に規定
材料の保管管理	工事に使用する材料を、受入検査確認後現地で貯蔵保管する際は、品質規格を満足する性能を維持できるように保管しなければならない。	土木工事共通仕様書第2-1-4条に規定
補修範囲の確認	補修範囲は補修位置図等の設計図書により、表面被覆工、ひび割れ補修工、断面修復工等の位置及び範囲を確認する。 設計図書に記載のない、ひび割れ、剥落等の変状が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について協議する。	土木工事共通仕様書第1-1-3条に規定

図 4.5.1-1 施工前に必要となる主な事項

施工工程	作業内容	施工管理の内容
準備工	材料の搬入	搬入数量：搬入毎、ロット毎に記録する。 品質管理：材料の品質を試験成績書で確認する。
↓		
下地処理工	高圧洗浄 施工範囲の表面状態確認	処理水圧・水量、作業時間：施工箇所・部位毎に点検し、記録する。 表面状態確認：設計図書に基づき、凹凸、断面欠損等の有無を点検し、記録する。 品質管理：頻度を設けて付着強度を測定し、記録する。 出来形管理：頻度を設けて施工延長、施工厚、水路断面を測定し、記録する。
↓		
不陸又は素地調整工	材料の配合・練り混ぜ 不陸又は素地調整工	材料の配合：規定の配合比を点検し、記録する。 練り混ぜ：規定の時間を点検し、記録する。 施工環境：最低温度、最高温度、湿度を測定し、記録する。 品質管理：頻度を設けて供試体を作成し、圧縮強度（材齢28日）を測定し、記録する。 出来形管理：仕上がり状態を施工箇所・部位毎に測定又は目視点検し、記録する。
↓		
プライマー工	プライマー塗布	プライマー塗布：施工箇所・部位毎に点検し、記録する。 出来形管理：塗布量について、使用数量を材料搬入報告書で確認する。
↓		
表面被覆工	既設水路躯体の表面状態確認 材料の配合・練り混ぜ 表面被覆工	下地コンクリート表面の乾燥状態：表面含水率を測定し、記録する（有機系の場合）。 材料の配合：規定の配合比を点検し、記録する。 練り混ぜ：規定の時間を点検し、記録する。 施工環境：最低温度、最高温度、湿度を測定し、記録する。 表面被覆工：作業時間を計測し、材量毎の可使時間以内であることを点検し、記録する。 品質管理：頻度を設けて供試体を作成し、圧縮強度（材齢28日）を測定し、記録する。 出来形管理：仕上がり状況を施工箇所・部位毎に測定又は目視点検し、記録する。 塗布量について、使用数量を材料搬入報告書で確認し、記録する。施工厚さを測定し、記録する。
↓		
仕上げ		
↓		
養生工	養生	養生：最低温度、最高温度、湿度を測定し、記録する。 養生期間を測定し、材量毎の指定期間以上であることを点検し、記録する。 品質管理：頻度を設けて付着強度を測定し、記録する。
↓		
完 成		

図 4. 5. 1-2 施工段階毎の施工管理の例（表面被覆工法）

施工工程	作業内容	施工管理の内容
準備工	材料の搬入	搬入数量：搬入毎、ロット毎に記録する。 品質管理：材料の品質を試験成績書で確認する。
	施工範囲の確認	施工範囲の確認：設計図書に基づき施工面積と位置を確認する。
下地処理工	劣化部の除去	劣化部除去：劣化部を取り除き、施工箇所・部位毎に点検及び記録する。
防錆処理工	錆等の取り除き・防錆処理	錆等の取り除き：錆を取り除き、点検及び記録する。 防錆処理：塗布状況と鉄筋の節部が残っていることを点検し、記録する。
プライマー工	プライマー塗布	プライマー塗布：施工箇所・部位毎に点検し、記録する。
断面修復工	材料の配合・練り混ぜ	材料の配合：規定の配合比を点検し、記録する。 練り混ぜ：規定の時間を点検し、記録する。
	断面修復工	施工環境：最低温度、最高温度、湿度を測定し、記録する。 品質管理：頻度を設けて供試体を作成し、圧縮強度(材齢28日)を測定し、記録する。
仕上げ		出来形管理：仕上がりを施工箇所・部位毎に測定(塗布量、面積、厚さ等)又は目視点検し、結果を記録する。
養生工	養生	養生：最低温度、最高温度、湿度を測定し、記録する。 養生期間を測定し、材量毎の指定期間以上であることを点検し、記録する。 品質管理：頻度を設けて付着強度を測定し、記録する。
完 成		

図 4.5.1-3 施工段階毎の施工管理の例（断面修復工法）

4(5) ア(ア) 施工計画書

補修工事着手前に、工事目的物を完成させるために必要な手順や工法について施工計画書により、確認しなければならない。

【解説】

施工計画とは、図面・仕様書等に定められた工事目的物をどのような施工方法・段取りで所定の工期内に適正な費用で安全に施工するか、工事途中の管理をどうするか等を定めるものであり、工事の施工、及び施工管理の最も基本となるものである。

補修工事においても、施工計画は工事施工の全般の基本となるものであり、計画にあたっては工事の内容・契約条件・現場の状況等を十分調査・把握し、工事目的物の品質の確保（出来形管理・品質管理）、工期の厳守（工程管理）、費用の軽減（原価管理）、安全の確保（安全管理）等について工事目標を達成させることを念頭において立案しなければならない。

土木工事共通仕様書 第 1-1-5 条に、施工計画書の提出義務と記載内容について、次のように規定されている。

1-1-5 施工計画書²²⁾

1. 受注者は、工事着手前に工事目的物を完成するために必要な手順や工法についての施工計画書を監督職員に提出しなければならない。

受注者は、施工計画書を遵守し工事の施工に当たらなければならない。この場合、受注者は、施工計画書に次の事項について記載しなければならない。また、監督職員がその他の項目について補足を求めた場合には、追記するものとする。ただし、簡易な工事においては、監督職員の承諾を得て記載内容の一部を省略することができる。

(1) 工事概要	(8) 緊急時の体制
(2) 実施工程	(9) 交通管理
(3) 現場組織表	(10) 安全管理
(4) 主要機械	(11) 仮設備計画
(5) 主要資材	(12) 環境対策
(6) 施工方法	(13) 再生資源の利用の促進
(7) 施工管理	(14) その他

2. 受注者は、施工計画書の内容に重要な変更が生じた場合、変更に関する事項について、その都度当該工事に着手する前に変更施工計画書を提出しなければならない。
3. 受注者は、監督職員が指示した事項について、さらに詳細な施工計画書を提出しなければならない。

²²⁾ 出典：土木工事共通仕様書 第 1 編共通編 第 1 章総則 1-1-5 施工計画書

4(5) ア(イ) 材料の承認

(1) 見本・資料の提出

補修工事に使用する材料・工法は、見本、カタログ及び試験成績書等により、使用前に品質規格を満足していることを確認するものとする。また、原則として写真撮影等の自主検査を行うものとする。

(2) 材料の品質試験

補修工事に使用する材料・工法の品質規格は、適正に実施された試験の結果により確認しなければならない。

【解説】

(1) 見本・資料の提出

補修工事に使用する材料・工法は、設計図書（図面、特別仕様書、土木工事共通仕様書、現場説明書及び現場説明に対する質問回答書）に示す品質規格を満足するものでなければならない。設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-2 材料の見本又は資料の提出」に基づき、使用前に、見本、カタログ、試験成績書等を提出し、監督職員の承諾を得るものとする。また、原則として現場搬入時に写真撮影等の自主検査を行うものとする。

なお、設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-3 材料の試験及び検査」に基づき、使用前に監督職員立ち会いのもと、検査又は試験を行い、その結果を記録、報告しなければならない。

表 4.5.1.3-1 に材料検査の例を示す。

表 4.5.1.3-1 材料検査の例

材料名	検査項目	時期	備考
表面被覆用モルタル	外観・数量	現場搬入時	無機系工法
塗装用樹脂	外観・数量	現場搬入時	有機系工法
パネル	外観・形状・寸法	現場搬入時	パネル工法
シート	外観・形状・寸法	現場搬入時	シート工法

(2) 材料の品質試験

適正な試験結果を得るためには、適切に管理された試験体制と試験器機により、日本産業規格（JIS）や（公社）土木学会（JSCE）等の規格書や本書に示す試験方法（案）に基づき、正しい手順で試験を行う必要がある。

開水路の補修工事に使用する材料・工法の品質規格は、公的機関等の第三者機関において実施される試験、若しくは、立会試験により照査された結果で確認するものとする。

公的機関等の第三者機関とは、ISO/IEC17025 の要求事項を満たす JNLA 登録試験所、大学や公的研究機関等を示す。

材料・工法の品質試験のうち、JIS や JSCE 等に規格化されている試験を引用若しくは準用しているものについては、ISO/IEC 等に基づき試験機関としての一定の水準を満たした機関で実施するものとする。

立会試験とは、試験開発機関又は工事発注機関の立ち会いのもとに行う試験とし、適正に校正された計測器機により行われなければならない。

立会試験は、補修材料の品質試験のうち JIS 及び JSCE 等に規格化されていない試験を想定しており、例えば、水砂噴流摩耗試験等当該試験の開発機関の監修のもと整理した試験方法（案）により実施するものや、試験条件が未整備なもの、その他、監督職員が必要に応じで行う確認を想定している。

4(5) ア(ウ) 材料の保管及び搬送・搬入

- (1)受注者は、補修工事に使用する材料の受入検査確認後、現地で貯蔵保管する際は、補修の要求性能を満足する品質規格を維持できるように行わなければならない。
- (2)受注者は、補修工事に使用する材料を使用箇所に搬送・搬入する際、補修の要求性能を満足する品質規格を維持できるように行わなければならない。

【解説】

(1)について

補修工事に使用する材料は、雨水や湿気による吸湿及び温度変化や直射日光の照射により品質が劣化するおそれがある。このため、土木工事共通仕様書「2-1-4 材料の保管管理」に基づき、材料の特性に留意して保管しなければならない。

(2)について

補修工事に使用する材料を、工事現場内において使用箇所に搬送・搬入する際は、上記(1)と同様に、吸湿や温度変化及び衝撃による損傷等が生じないように留意して行わなければならない。

4(5) ア(エ) 補修範囲の確認

受注者は、補修位置図等の設計図書により補修位置及び範囲を確認する。

【解説】

土木工事共通仕様書「1-1-3 設計図書の照査等」に基づき、設計図書と現地の照査を行うものとする。設計図書に記載のない、ひび割れ、剥落等の劣化が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について監督職員と協議するものとする。

開水路の補修工事においては、非かんがい期に実施する 경우가多く、施工期間に制約がある場合が多いため、工事の全容を早期に把握することにより、工程管理に反映させる必要がある。

4(5)イ 品質管理

工事の品質を確保するため、使用する材料の品質及び施工段階での品質について、物理的・化学的試験を実施し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

品質管理は、施工管理の一環として、工程管理、出来形管理と併せて行い、統計的手法を応用して問題点や改善の方法を見だし、所期の目的である工事の品質、安定した工程及び適切な出来形を確保することである。

開水路の補修工事における品質管理は、施工後、補修に求められる性能を満足するために行う。具体的には、補修材料・工法の材料品質や現場における施工段階ごとの施工品質について、各々の試験（測定）の項目、方法、基準、規格値、測定値の管理手法等を定め、それに従って管理を行うことや、以上の基準等を守るために、施工における作業方法や手順、注意事項等に関する規定を定めることも含まれる。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、材料品質及び各施工段階における施工品質の管理基準及び規格値、品質を確保する上での作業上の注意事項等を定め、これに従って管理しなければならない。

なお、品質管理における試験及び測定値は全て、以上により定めた規格値の範囲内になければならない。

4(5)ウ 出来形管理

4(5)ウ(ア) 直接測定による出来形管理

工事の出来形を確保するため、工作物の寸法、基準高等の測定項目を施工順序に従い直接測定し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

出来形管理は、工事で施工された目的物が、発注者の意図する契約条件に対して、どのように施工されているかを調べ、条件に不満足なものを早期に発見し、原因を追求して改善を図ることを目的とする。

開水路の補修工事における直接測定による出来形管理は、工作物の形状寸法等を施工の順序に従い直接測定して設計値と実測値を対比・記録を行い、測定の都度、管理図表、結果一覧表又は構造図に朱記及び併記等を行う。管理基準値に対するバラツキの度合いを管理し、適切な是正措置を講ずるものとする。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における測定基準、管理基準値、及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

4(5)ウ(ア)1) 管理を行う測点の選定

管理を行う測点は、施工計画書に定めた測定基準に基づき機械的に選定するのではなく、現場条件を考慮した上で選定するものとする。

4(5)ウ(ア)2) 管理基準値

管理基準値は、測定値が規格値の範囲内に収まるよう、受注者が施工管理の目標値とするものである。

4(5)ウ(ア)3) 規格値

規格値は、設計値と出来形の差の限界値であり、測定値は全て規格値の範囲内になければならない。

4(5)ウ(ア)4) 管理方式

出来形管理は、規格値に対する“ゆとり”と出来形数量確認の2つの目的で実施され、工事完成後において目的物を発注者に引き渡すためのデータとして不可欠のものである。管理方式は、以下のように分類される。

管理方式	{	管理図表によるもの・・・管理値が 20 点（測定数）以上の場合
		結果一覧表によるもの・・・管理値が 20 点（測定数）未満の場合
		構造図に朱記するもの・・・管理値が箇所単位の場合
		記録を要しないもの・・・管理基準の測定項目になっていない場合

4(5)ウ(イ) 撮影記録による出来形管理

出来形測定、品質管理を実施した場合又は施工段階（区切り）及び施工進行過程が確認できるよう、撮影基準等に基づいて撮影記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

補修工事の撮影記録による出来形管理は、施工完了後、確認できない箇所が出来形・出来高数量及び施工の状態等、施工段階ごとの進行過程を写真により確認するために行う。

よって、撮影記録による出来形管理箇所は、原則として直接測定による出来形管理の場合と同一箇所を選定するものとする。

土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における撮影基準、撮影箇所等を定め、これに従って管理しなければならない。

その他、管理にあたって、以下の点に留意して行うものとし、工事写真の保管と管理を適切に行い、必要に応じて提示するとともに、検査時に提出する。

4(5)ウ(イ)1) 撮影内容の表示

撮影にあたっては、形状・寸法及び位置が判明できるよう黒板と箱尺、ノギス等を目的物に添えるものとする。黒板には、撮影日、測点、設計寸法、実測寸法及び略図を記入する。

4(5)ウ(イ)2) 拡大写真

ある箇所の一部分を拡大して撮影する必要がある場合は、その箇所の全景を撮影した後、拡大撮影する部分の位置が確認できるように撮影する。

4(5)エ 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施するものとする。

【解説】

補修工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来ばえについて、仕様書、図面、その他関係図書と対比して行うものとする。

完成検査時においては、工法に応じた施工情報（対策前の施設情報、施工時の状況（品質管理試験結果、出来形、養生状態等「11(3) 基本情報の記録・収集・整理」に基づく項目とする）、初期変状の発生状況（施工管理結果）等）を部位（側壁、底版等）毎、劣化環境条件（乾湿、日射、気水中等）毎に記録してモニタリングの初期値とする。

第5章 表面被覆工法

5(1) 無機系被覆工法

5(1)ア 工法の概要・特徴

無機系被覆工法は、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素等の侵入の抑制、漏水の遮断、通水性の改善（向上）を目的とし、主としてポリマーセメントモルタル（PCM）、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材（HPFRCC）等を用いて開水路の表面を被覆する工法である。

(1)材料

表面被覆材として主に使用される材料には、ポリマーセメントモルタル（PCM）、HPFRCC がある。ポリマーセメントモルタル（PCM）は、セメント、細骨材、セメント混和用ポリマー、混和材及び補強用繊維等から構成される。また、HPFRCC は、短繊維を混入し、微細で高密度な複数ひび割れを形成することにより、構造機能上問題となるようなひび割れを抑制する、高靱性で延性に優れた材料として開発されたものである。材料・工法によって、構成材料の種類や配合が異なる。

(2)工法

無機系被覆工法の施工方法は、左官工法と吹付け工法の 2 種類があり、いずれも下地処理工と表面被覆工（プライマー工、モルタル被覆工等）及び養生工を行う。

なお、材料・工法によりプライマー工を必要としないものや表面被覆工の品質向上及び下地処理としての既設コンクリート表面（以下、母材とする）改質を目的として、けい酸塩系表面含浸材等を塗布するものもある。

【解説】

(1)材料

無機系被覆工法の材料には、主にポリマーセメントモルタル（PCM）等が使用される。ポリマーセメントモルタル（PCM）は、流動性や接着強さ等モルタルの性質を改質する目的で、様々なセメント混和用ポリマーが配合されており、その配合は製品により異なる。

セメント混和用ポリマーは、水性ポリマーディスパージョン及び再乳化系粉末樹脂の 2 種類に大別され、ポリアクリル酸エステル系樹脂エマルジョンやエポキシ樹脂系エマルジョン等が使用されている。

表面被覆材として使用されているポリマーセメントモルタル（PCM）の主な構成材料の例を表 5.1.1-1 に示す。

表 5.1.1-1 ポリマーセメントモルタルの主な構成材料の例

主な構成材料	構成材料に関する特記事項
セメント	早強セメント等が用いられる。セメントの種類や量により、各種強度及び硬化特性（強度発現、寸法安定性等）が異なる。
細骨材	乾燥珪砂等が用いられる。細骨材の粒径、粒度分布及び量により、作業性や耐摩耗性、流水摩耗後の表面粗度が異なる。
セメント混和用 ポリマー	ポリマーの種類や配合により、強度や耐水性等の性能が異なる。 P/C（セメント質量に対するポリマー成分の配合割合。ポリマーセメント比。）は、一般的に 5～30%程度である。 セメント材料にセメント混和用ポリマーがプレミックスされている一材型、配合時にセメント材料とセメント混和用ポリマーを混ぜて使用する二材型がある。
混和材	膨張材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカヒューム等が用いられる。混和材の種類や量により、作業性、寸法安定性、緻密性等が異なる。
補強用繊維	短繊維の種類や添加量により、①作業性、②初期ひび割れ抑止性、③厚付け性、④ひび割れ抵抗性等が異なる。短繊維を体積率で 0.1～0.3%添加し、上記①～③を改質しているものが多いが、2%程度まで増やした高靱性繊維補強セメント複合材料や、繊維メッシュの併用により、ひび割れ抵抗性を向上させる工法も開発されている。

(2)工法

1. 施工の概要

無機系被覆工法は、モルタル被覆工の施工方法により、左官工法と吹付け工法に分類される。左官工法は、被覆モルタルの塗り付けから仕上げまでの全ての工程を左官工がコテを用いて施工する。一方、吹付け工法は、専用の吹付け機械を用いて被覆モルタルを吹付けた後、表面をコテで平滑に仕上げる。



写真 5.1.1-1
無機系被覆工法（左官工法）施工状況



写真 5.1.1-2
無機系被覆工法（吹付け工法）施工状況

既設開水路のコンクリート表面は、長期の水流摩耗等により粗骨材が露出し、凹凸や断面欠損を生じていることが多い。無機系被覆工法では、一般的に 5～15mm 程度の厚さで施工が可能なポリマーセメントモルタルや HPFRCC を使用するため、不陸調整工と表面被覆工を同一材料で同時に施工することができる。

施工後は、コンクリートと同様の養生が必要であり、施工箇所への立ち入りや通水の開始は、所定の強度が発現した後に行わなければならない。冬季に施工する場合は、初期凍害に対する注意が必要であり、コンクリートと同様に加温養生等の寒中施工の対策が必要である。

また、乾燥により、ポリマーセメントモルタルや複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材（HPFRCC）にひび割れが発生することを抑制するため、直射日光や強風に対する養生についても考慮する必要がある。

2. 施工手順

無機系被覆工法の施工は、下地処理工の後に表面被覆工（プライマー工、モルタル被覆工）と養生工を行う。

プライマーに用いられる材料の例を以下に示す。プライマーは製品によって標準使用量や施工方法が異なるため、十分な注意が必要である。なお、プライマーを必要とせず、下地コンクリートの乾燥状態に応じて水湿しのみを行う工法もある。

【無機系被覆工法のプライマーに用いられる材料の例】

- ・ポリマーエマルジョン（アクリル系等）
- ・水溶性の樹脂系接着材（水性エポキシ樹脂等）
- ・無溶剤型の樹脂系接着材（打継用エポキシ樹脂系接着材等）

3. その他の特徴

無機系被覆工法には、被覆断面の構成が無機系材料単層のものや、無機系材料の仕上げ材（上塗り）として有機系被覆材を使用し保護する複層によるもののほか、無機系材料の中に繊維のメッシュ材料を入れることによりひび割れへの抵抗効果を持たせるもの等多くの種類が開発されているが、本書では、被覆断面が単層のものを対象とする。

無機系被覆工に用いられるポリマーセメントモルタルは、ポリマー成分の含有量が少ないため、セメントモルタルに近い物性を有していると判断される。その耐候性はセメントモルタルと同等と考えられ、有機系被覆材に比べ耐候性に優れているといえる。

また同様に、セメントモルタルに近い難燃性と表面硬度（耐擦傷性、泥上げ等の維持管理作業におけるスコップ等による衝撃）を有していると考えられる。

また、HPFRCC は、一般的なセメント系材料の脆性的な性質の克服を目的に開発され、セメント系材料を短繊維により補強した複合材料である。

4. 既設水路に進行性のあるひび割れが存在する場合の留意事項

既設水路の躯体に幅が変動するひび割れが存在する場合の留意事項として、セメント、モルタル、コンクリート等の一般的なセメント系材料は温度変化に応じた伸縮や目地の開閉挙動に対する追従性を期待できないため、施工後にひび割れが生じる可能性が挙げられる。施工後の被覆表面にひび割れの発生を許容しない場合は、既設水路のひび割れの発生要因、ひび割れ幅の変動及び今後の挙動を検討し、状況に応じたひび割れ対策（第 6 章 ひび割れ補修工法 参照）を併用する。なお、表面被覆工とひび割れ補修工を併用する方法として、(a)表面被覆を行う前にひび割れ補修を行い、その上に被覆を行う方法と、(b)ひび割れ部を除き表面被覆を行った後、ひび割れ補修を行う方法がある。

5. 無機系被覆工法の対策効果を高める補助工法

既設水路の躯体にひび割れ等が生じていて脆弱化が懸念される場合には、躯体表面の緻密化（母材改質）を行うため、けい酸塩系表面含浸材の塗布（第 9 章 表面含浸工法（けい酸塩系表面含浸工法） 参照）を補助工法としての適用することも可能である。

また、無機系被覆工法の薄肉化や耐久性向上を目的として、無機系被覆工に表面含浸材を塗布する方法も提案されている。¹⁾

¹⁾ 官民連携研究成果報告書「表面改質複合工法による農業用水路の長寿命型新補修技術の開発」

5(1) イ 工法の要求性能・品質規格

無機系被覆工法に使用する材料・工法は、表 5.1.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	中性化抑止性	中性化速度	JIS A 1153（4 週間）		中性化深さ 5mm 以下 中性化速度係数 18mm/√年 *1 以下
	付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル*1)	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件*2	1.0 N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	
個別的性能	一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561 (28 日間養生)		21.0 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129 *3		0.05 % 以下
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験 (案) (材齢 28 日、10 時間経過後*1)		標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 無機系： PCM : 1.5 以下 HPFRCC : 2.5 以下
個別的性能	耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A 法 300 サイクル)		85% 以上

*1 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

*2 JSCE-K 561（水中条件）における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10% の状態で 7 日間行うものとする。

*3 ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5% の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

【解説】

5(1) イ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、無機系被覆工法の要求性能が保持されるよう、無機系被覆工法の材料・工法が有するべき品質規格を設定するものとし、表 5.1.2-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う無機系被覆工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

5(1)イ(イ) 品質規格

5(1)イ(イ)1) 中性化抑止性

無機系の表面被覆材の中性化速度係数はコンクリートと比較して大幅に小さい^{※1}が、被覆厚さを考慮した中性化抑止性が要求される。中性化抑止性は、施工後の環境条件に依存するが、表面被覆材料の種類及び被覆厚さによっても異なる。したがって、施工後の環境条件及び使用する表面被覆材料の性能を把握した上で、適切な被覆厚さを設定する必要がある。

なお、無筋コンクリート開水路では、中性化抑止性は不要である。

^{※1} 一般的なコンクリートの中性化速度係数は、1.8 ((公社)土木学会の予測式から算定した水セメント比60%のコンクリート)。

【照査方法】

中性化抑止性の試験方法は、一般的なコンクリート表面被覆工法で用いられている JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に基づくものとする。

ただし、コンクリート基盤は型枠を取り外した後、材齢4週まで温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の湿潤状態で養生を行う。供試体は、基盤の測定面となる面(2面)に被覆材を塗布し、また他の面(4面)にシーリング材を塗布した後、28日間の養生を行い、作成する。

【品質規格値】

品質規格値は、無機系被覆工法の効果が期待される期間内の中性化深さが表面被覆材の設計厚さ(ただし、不陸調整分の被覆厚さは含まない。)以内となる中性化速度係数とする。無機系被覆材の設計厚さを $5\text{ mm}^{\text{※2}}$ 、効果が期待される期間を20年と仮定すると、中性化速度係数は $18\text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ となる。

^{※2} 本書では、補修の効果が期待される期間中、中性化深さが被覆厚に収まるよう設定する。劣化防止層として 5 mm 程度の被覆厚さ(不陸調整厚さは別途計上)で施工されている事例が多い。

中性化速度係数は、中性化促進試験による中性化深さ(mm)を用いて以下の式により算定する。

< 中性化速度係の数算定式 >

$$A = C / \sqrt{t}$$

ここで、A：中性化速度係数 ($\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$)

C：平均中性化深さ (mm) = 中性化促進試験による

t：材齢 (年) = 中性化促進試験 促進期間4週 $\div 0.077$ 年

なお、促進期間や試験方法、及び規格値の設定等の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」1. 中性化抑止性を参照の

こと。

5(1)イ(イ)2) 付着性

無機系被覆工法は、躯体（既設水路コンクリート）に付着することにより中性化抑止性等その他の性能を発揮することが可能となるため、付着性は、表面被覆工法の性能を確保する上で重要な品質項目の一つである。

無機系の表面被覆材は、適度な透湿性を有しているため、開水路特有の背面水や湿気的作用による被覆材の膨れや剥がれが生じにくいと言えるが、農業水利施設に適用する場合は、多様な環境条件における付着性の確保が重要となる。特に開水路の補修においては、その施工条件や環境条件を考慮すると、多湿や低温条件における施工性及び長期間に亘る水没条件や乾湿・温冷の繰り返しといった様々な条件での付着性が求められる。

このため、付着性の照査は、これら想定される全ての条件で行う必要がある。

【照査方法】

試験方法は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の「5.8 付着試験」に基づくものとし、表面被覆材料供試体の養生期間は製造業者が指定する期間、又は室温で 28 日間とする。なお、水中条件での供試体の養生は、(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抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」に規定する「防食被覆層に関する品質試験方法」の規定を準用し、供試体作成後、別途、水中状態開始までの気中養生を温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ （相対湿度 $60\pm 10\%$ ）で 7 日間行うものとする。水中養生開始後の養生条件は、JSCE-K 561 に基づいて行う。

【品質規格値】

施工の初期値に該当する標準条件、多湿条件及び低温条件での品質規格は、 1.5 N/mm^2 以上とした。 1.5 N/mm^2 の妥当性については、これまでのところ理論的には明確になっていないが、水没環境にある日本下水道事業団が標準条件で 1.5 N/mm^2 の規格値を採用しており、この品質規格を参考にして決定している。また、促進劣化後に該当する水中条件、温冷繰り返し後及び乾湿繰り返し後の品質規格値は、試験時の養生条件の厳しさを考慮して、 1.0 N/mm^2 以上としている。なお、試験結果には、付着強さ試験後の破断面の位置と状況を明記するものとする。

5(1)イ(イ)3) 耐摩耗性

農業水利施設の開水路では、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗²⁾が生じる。被覆材の摩耗が進行すると、鉄筋の被り不足や粗度係数の悪化による通水性の低下を招くおそれがあることから、耐摩耗性が要求される。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

無機系表面被覆材料は、使用している骨材の粒径が小さいため、粗骨材を使用している既設水路のコンクリートより、選択的摩耗による摩耗速度が大きくなるものと想定される。

なお、摩耗には、セメント成分（Ca イオン）の溶脱によるコンクリート組織の化学的劣化も作用しているが、現時点では、セメント成分の溶脱による摩耗に対する具体的な照査方法に関しては、十分な知見が得られていないため、本書では溶脱の影響については照査に反映していない。

【照査方法】

無機系表面被覆工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験⁴⁾に基づく。

なお、無機系被覆工法の効果を期待する期間を 20 年と想定した場合、水砂噴流摩耗試験（水圧 2MPa）により、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 10 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm（＝3.5mm）^{*1}と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 5.1.2-2 に示すとおりである。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 5.1.2-2 無機系表面被覆材の耐摩耗性の品質規格値（B/A）

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) ^{*1} と補修材の平均摩耗深さ[B]の比 (B/A)	参考 ^{*2} ： 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
無機系（ポリマーセメント）	1.5 以下	5.2 以下 (1.5 [B/A]×3.5 [A]=5.25)
無機系（HPFRCC）	2.5 以下	8.7 以下 (2.5 [B/A]×3.5 [A]=8.75)

※1 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

※2 補修材の許容平均摩耗深さ（10 時間）は、10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

<設定例>

無機系被覆工法の効果が期待される期間 20 年に相当する水砂噴流摩耗試験の試験時間は 10 時間である。このとき、ポリマーセメントモルタルの許容平均摩耗深さ (B') は、基準値 $3.5 \text{ mm} \times 1.5 = 5.2 \text{ mm}$ 以下となる。よって、無機系表面被覆材としてポリマーセメントモルタルを適用する場合には、設計被覆厚さを 5.3 mm 以上とすれば、無機系被覆工法の効果が期待される期間内の摩耗深さは、設計被覆厚さ以内に収まる。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

5(1)イ(イ)4) 一体化性（圧縮強度）

無機系被覆工法は、既設水路表面の不陸調整を兼ねて施工することが多いため、既設水路躯体（下地コンクリート）と同等の圧縮強度等の物性を有し、温度変化が生じても躯体と一体的に挙動することが要求される。

無機系材料については、既設水路のコンクリートとほぼ同等の強度等の特性を有しているものが多い。

- ・圧縮強度 21.0 N/mm² 以上
- ・静弾性係数 2～2.8×10⁴ N/mm²（コンクリート 2～2.8×10⁴ N/mm²）
- ・熱膨張係数 15×10⁻⁶/℃前後（コンクリート 10×10⁻⁶/℃）

したがって、これらの性能を有する被覆材は、温度変化が生じても躯体コンクリートと一体的に挙動するものと推察されるが、使用するポリマーセメントモルタル被覆材の性能が上記の内容と異なっている場合もあるため、主に材料の圧縮強度について照査する。

【照査方法】

本書では、躯体との一体化性を圧縮強度で評価する。無機系表面被覆材の圧縮強度試験は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の圧縮強度試験方法に基づくものとし、養生期間は室温で 28 日間とする。

【品質規格値】

既設水路躯体コンクリートの圧縮強度以上とし、標準的な現場打ち鉄筋コンクリート開水路の設計強度である 21.0 N/mm² 以上を確保するものとする。

5(1)イ(イ)5) 寸法安定性（長さ変化率）

開水路の表面被覆工事では、無機系被覆材を薄厚で広範囲に施工するため、被覆材に乾燥収縮によるひび割れが生じやすいことから、乾燥収縮による寸法変化が小さいことが必要とされる。

【照査方法】

試験方法は、セメントコンクリートやポリマーセメントモルタル系断面修復材等の標準的な試験方法である JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」に基づくものとし、JIS に明記されていない事項は、表 5.1.2-1 品質規格表の枠外（*²）に基づき行う。

なお、この試験方法には、具体的な養生方法、基長の測定時期に関して詳細な規定がないため、(株)高速道路総合技術研究所 試験法 432「断面修復用吹付けモルタルの試験方法」の養生期間及び基長の測定時期を採用している。測定方法は、ダイヤルゲージ法による測定を標準とするが、これにより難しい場合は、JIS A 1129 に規定するコンパレータ方法又はコンタクトゲージ方法での測定によっても良い。

【品質規格値】

品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所の「構造物施工管理要領」を参考に、0.05 % 以下とする。

5(1)イ(イ)6) 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、無機系の表面被覆材に耐凍害性が要求される。

【照査方法】

無機系の表面被覆材は有機系材料と比較して吸水しやすいため、凍害による劣化が生じやすい。したがって、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」（A法、300 サイクル）に基づき、凍結融解作用に関する照査を行う。

【品質規格値】

（公社）土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値を参考に、開水路の設置環境として、①気象条件として、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態として、連続してあるいは、しばしば水で飽和される場合、③断面が薄い場合に相当するとして、相対動弾性係数 85 %以上とした。

5(1)イ(ウ) その他の個別的性能について

その他の個別的性能（例）としては、次のようなものが想定される。

5(1)イ(ウ)1) 通水時の硬化状態

冬季通水がある開水路では、表面被覆工の施工工期中に通水と断水を繰り返す場合があるため、表面被覆工法の施工後、短期間の養生で通水を行わなければならない場合がある。無機系被覆工法は、一般的に有機系被覆工法より硬化時間が遅いため、通水可能となる養生期間を事前に試験データ等で確認しておく必要がある。

5(1)イ(ウ)2) 水質適合性

一般的な開水路における無機系被覆工法の水質適合性は、セメントコンクリートとほぼ同様の扱いとしても支障がないものとし、水質適合性に関する性能規定（水質試験とその基準値の設定）はとりわけ必要としない。

上水との共用区間に適用する場合は、水道管理者等との事前協議に基づくものとし、水質を規定する等の対応が必要となる場合がある。

5(1)ウ 工法の施工

- (1)表面被覆工法の施工にあたっての一般的事項を以下に示す。本件は、無機系表面被覆工に限らず、全ての表面被覆工で実施する事項である。
- (2)表面被覆工法の施工にあたっては、各工法の特性を踏まえ、必要に応じて、ひび割れ補修工法、断面修復工法を併用しなければならない。
- (3)また、現場条件により止水及び導水対策を行わなければならない。

【解説】

(1)について

既設水路躯体にひび割れが有る場合、各表面被覆工法のひび割れ追従性を越えるひび割れの変動があると被覆表面にひび割れが生じるおそれがあるため、ひび割れの状況と併せ行う被覆工法の特性を踏まえて、各工法を施工しなければならない。また表面被覆工は、事前に既設水路躯体（下地コンクリート）の断面修復を行うことにより、水路躯体との一体化が図られ、後から行う被覆工法の施工性が確保される。

よって、表面被覆工法を行う際は、各工法の特性を踏まえ、必要に応じて、事前にひび割れ補修及び断面修復を行う必要がある。



写真 5.1.3-1 断面修復材の充填



写真 5.1.3-2 断面修復終了後

(2)について

既設水路躯体からの侵入水や湧水がある場合は、表面被覆工法の付着性の低下を来すおそれがあるため、事前に止水又は導水対策を施さなければならない。

止水及び導水対策の方法は、状況に応じて検討する必要がある。



写真 5.1.3-3 ひび割れからの湧水の導水処理

5(1)ウ(ア) 施工手順

無機系被覆工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

(1)準備工

(2)下地処理工

(3)表面被覆工（プライマー工、モルタル被覆工、仕上げ工を含む）

(4)養生工

【解説】

(1)準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

既設水路躯体（下地コンクリート）から侵入水や湧水がある場合は、表面被覆工の付着性の低下を来すおそれがあるため、事前に止水又は導水対策を施す。

(2)下地処理工

下地処理工については、「4(3)イ 下地処理工」を参照されたい。

ポリマーセメントモルタルは、ひび割れ追従性を有していない。したがって、既設水路躯体のひび割れ部は、必要に応じてひび割れ補修を併用する必要がある。

同じく既設水路躯体の浮き・剥離及びジャンカ等のはつり箇所は、表面被覆工に先立って断面修復工を行う。

(3)表面被覆工（プライマー工、モルタル被覆工、仕上げ工を含む）

無機系被覆工法の場合、水流摩耗による既設水路躯体表面の凹凸の不陸調整は、表面被覆工の中で一体的に行う場合が多い。

1. プライマー工

既設水路躯体と表面被覆材の付着力を確保するため、専用のプライマーを使用する。材料・工法によって、プライマーの使用量や施工方法が異なり、中にはプライマーを必要とせず、水路躯体表面の湿潤管理（水湿し等）によるものもあるが、いずれの材料・工法も仕様書に示される付着強度の規格値を満足している必要がある。



写真 5.1.3-4 プライマー塗布

2. モルタル被覆工

ポリマーセメントモルタルを所定の配合にしたがって練り混ぜた後、左官コテ又は吹付け機械によりコンクリート表面に被覆する。



写真 5. 1. 3-5 ポリマーセメント
モルタルの練混ぜ



写真 5. 1. 3-6 左官コテによる施工

3. 仕上げ工

ポリマーセメントモルタルの表面に仕上げ養生材を塗布し、表面を平滑に仕上げる。



写真 5. 1. 3-7 仕上げ工

(4)養生工

直射日光や強風により、被覆表面に乾燥ひび割れ等が生じないように、必要に応じてシート養生等を行う。また、冬季施工では、養生時の温度管理を行うとともに、初期凍害を防止するための加温養生を必要に応じて行う。

所定期間の養生後、表面被覆工の付着強さ及び被覆厚さが品質管理上の規格値を満足していることを確認する。

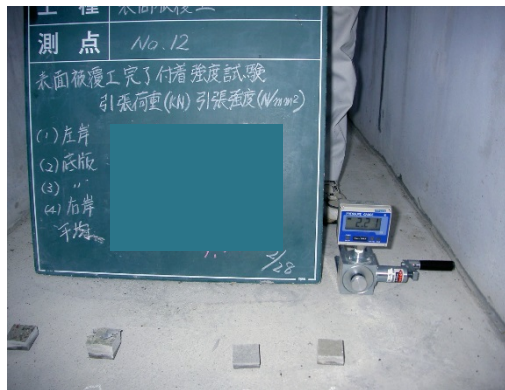


写真 5.1.3-8 付着強さ試験



写真 5.1.3-9 表面被覆完了

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

無機系被覆工法では、施工後に発生する変状として「ひび割れ」が多く、表面被覆工法の中で無機系被覆工法での発生率が高い傾向にあることが、これまでのモニタリング調査結果の報告から明らかになっている。

表面被覆工のひび割れの発生原因には、乾燥収縮、既設開水路のひび割れに起因するもの等があり、発生原因を踏まえた対応や抑制策が必要である。

【解説】

一般に、コンクリート材料のひび割れの発生原因には、「材料的要因」、「設計要因」、「施工要因」があるとされる。

表面被覆工法は、表面積が大きい表面からの水分の蒸発や温度変化の影響を受けやすいことが考えられる。このため、乾燥収縮等の初期ひび割れが発生しやすい。

前述の調査で、推定されたひび割れ発生要因のうち 86 %は「乾燥収縮・温度収縮」が発生要因としている。

表 5.1.4-1 表面被覆工のモニタリング調査結果（平成 26 年度 143 定点）³⁾

補修工法	定点数 (スパン数)	変状発生 スパン数	変状 発生率	発生変状毎のスパン数									
				部位	ひび 割れ	浮き・ 膨れ	摩耗	剥離・剥 落・欠損	漏水・ エフロ	錆・ 腐食	ジャンカ	段 差・ 開き	タワミ
表面被覆工法 (無機系)	88	71	80.7%	天端	14	4		1	0			0	
				側壁上部	45	35		3	5				
				側壁下部	22	34		1	7				
				底版	0	7		2	0				
表面被覆工法 (有機系)	30	23	76.7%	天端	3	1	発生 確認 できず	5	0	発生 確認 できず	発生 確認 できず	0	発生 確認 できず
				側壁上部	7	8		0					
				側壁下部	0	13		3					
				底版	0	3		0					
表面被覆工法 (パネル系)	18	12	66.7%	天端	3	1	発生 確認 できず	0	0	発生 確認 できず	発生 確認 できず	0	発生 確認 できず
				側壁上部	3	3			1			4	
				側壁下部	0	7			0			4	
				底版	0	1			0			0	
表面被覆工法 (シート系)	7	7	100.0%	天端	1	0		0	0			0	
				側壁上部	1	3		0					
				側壁下部	0	2		5					
				底版	0	1		0					
被覆工法合計	143	113	-	-	99	123		20	13			8	

※1スパン内に数種類の変状が発生している場合あり。

※スパン内で複数の部位に同じ種類の変状がある場合あり。

³⁾ 「平成 26 年度 農林水産省モニタリング調査結果」より

表 5.1.4-2 表面被覆工法の変状の想定発生要因³⁾

工法区分	想定発生要因																				
	ひび割れ・亀裂					浮き・膨れ							剥離・剥落・欠損					漏水・エフロ		段差・開き	
	乾燥収縮・温度収縮	初期欠陥・施工不良	凍害	不明・記載無し	その他	付着強度低下 （経年劣化）	初期欠陥・施工不良	背面水（湧水）の影響	凍害	温度収縮	不明・記載無し	その他	付着強度低下 （経年劣化）	施工不良	流水作用	不明・記載無し	その他	炭酸カルシウムの溶脱	不明・記載無し	施工不良	アンカーの緩み （経年劣化）
無機系工法	26	3	1	21	0	9	5	6	1	10	23	0	1	0	1	2	0	1	8	0	0
有機系工法	4	1	0	3	1	3	0	10	0	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
パネル系工法	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	1	2	3
シート系工法	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
含浸工法	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
計	31	5	2	26	1	12	7	17	2	11	31	7	2	2	3	10	0	1	9	2	3

施工業者へのヒアリングを実施した結果では、無機系表面被覆工法に発生するひび割れは、主に以下のひび割れであると指摘している。

- ・乾燥収縮ひび割れ
- ・母材に発生したひび割れに起因するひび割れ
- ・目地部に起因するひび割れ

そこで、5(1)エ(ア)以降に、上記ひび割れ種別毎に発生要因・発生抑制方法を示す。

³⁾ 「平成 26 年度 農林水産省モニタリング調査結果」より

5(1)エ(ア) 乾燥収縮ひび割れ

乾燥収縮ひび割れによる発生要因・発生抑制方法を以下に示す。

【解説】

5(1)エ(ア)1) 発生要因

無機系被覆工法は、ひび割れ追従性を有していないため乾燥収縮によるひび割れが発生しやすい。

初期ひび割れの形状としては亀甲状に発生する場合と天端から垂直に等間隔で発生する場合がある。亀甲状のひび割れのひび割れ間隔は、数 **cm** のものから数十 **cm** のものまである。

特にポリマーセメントモルタルは、もともと水セメント比 **W/C** を少なくした配合となっており、気温の上昇、施工時の気象条件（特に風等）、旧コンクリート躯体の乾燥等によって、水分が奪われやすい状態となると、乾燥収縮によるひび割れが発生しやすくなる。改変して転載 4)



写真 5.1.4.1-1 乾燥収縮ひび割れ（モニタリング調査事例）

写真 5.1.4.1-2 乾燥収縮ひび割れ⁴⁾

5(1)エ(ア)2) 発生抑制方法

乾燥収縮による発生抑止方法については、特に施工段階（養生）での配慮が重要である。

無機系被覆工法の初期ひび割れは乾燥収縮によるものが主であり、特に、風の影響が大きい。このため、特に施工時に水路を覆う等の養生対策は有効である。

一方で、温度の影響は、0℃を下回らなければ特別な温度調整は必要ないものと思われる。

表面仕上げ材の塗布も初期ひび割れの防止に有効な対策である。場合によっては、塗布翌日に 2 度目の表面仕上げ材の塗布を行うことでさらなる効果発現を促すことも可能である。

⁴⁾ 水路補修工法の性能評価に関する考察,農工研技報 210,203～225,2009,森 充広他

5(1)エ(イ) 母材に発生したひび割れに起因するひび割れ

母材に発生したひび割れに起因するひび割れの発生要因・発生抑制方法を以下に示す。

【解説】

5(1)エ(イ)1) 発生要因

無機系被覆工法は、ひび割れ追従性を有していないため、伸縮が発生するとひび割れが発生しやすい。

特に母材にひび割れが発生している場合は、母材のひび割れの伸縮に被覆材が追従できず、被覆表面にひび割れが発生する場合がある。

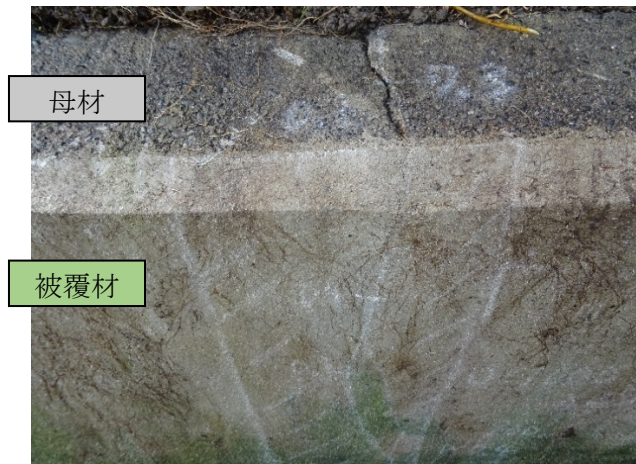


写真 5.1.4.2-1 母材に発生したひび割れの事例

また、目地間隔が 10 m と長い現場打ちコンクリート開水路の場合では、母材に発生している躯体を貫通している鉛直ひび割れは、温度による伸縮が大きくなる挙動を示し、目地と同様の挙動を示す可能性があることも報告されている。⁶⁾



写真 5.1.4.2-2 ポリマーセメントモルタル（PCM）のひび割れ⁴⁾

⁴⁾ 水路補修工法の性能評価に関する考察,農工研技報 210,203～225,2009,森 充広他

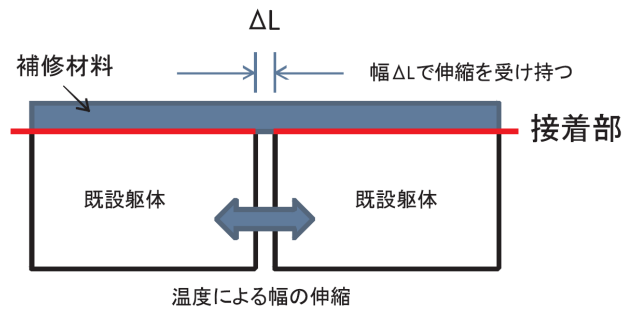


図 5.1.4.2-1 局所引張のメカニズム⁴⁾

5(1)エ(イ)2) 発生抑制方法

設計時（機能診断時）に補修対象と定めたひび割れ補修の対象とするひび割れのみを施工時に現地状況を把握せずに実施してしまうことに要因があるため、施工時には対象とするひび割れの選定に留意が必要である。

また、目地と同様の挙動を示す母材の鉛直ひび割れについては、このひび割れ部を目地として、ひび割れ直上部で補修材料を縁切りし、ひび割れ充填材等で補修するといった工夫が必要な場合もある。

⁴⁾ 水路補修工法の性能評価に関する考察,農工研技報 210,203～225,2009,森 充広他

5(1)エ(ウ) 目地に起因するひび割れ

目地に起因するひび割れの発生要因・発生抑制方法を以下に示す。

【解説】

5(1)エ(ウ)1) 発生要因

目地部の変化（温度収縮等に起因）に対して、被覆材端部に過大な引張が加わるとひび割れが発生しやすい。

特に、もともと目地部で断面修復した箇所については、その断面修復部と躯体界面の位置で発生することが多い。



写真 5.1.4.3-1 目地に起因したひび割れの事例

また、目地補修工法が目地成型ゴム挿入工法等の場合には、目地に押されて補修材料にひび割れが発生する場合が多い。このため、補修材に応力が伝わらないような工夫を行うことが望ましい。

5(1)エ(ウ)2) 発生抑制方法

前述のように目地補修工法が目地成型ゴム挿入工法等の場合には、目地に押されて補修材料にひび割れが発生する場合が多い。このため、目地成型ゴム材から既存の補修材料に応力が伝わらないよう、図 5.1.4.3-1 に示すように補修材に目地成型ゴムが当たらないようにする等、設計時に工夫することが望ましい。

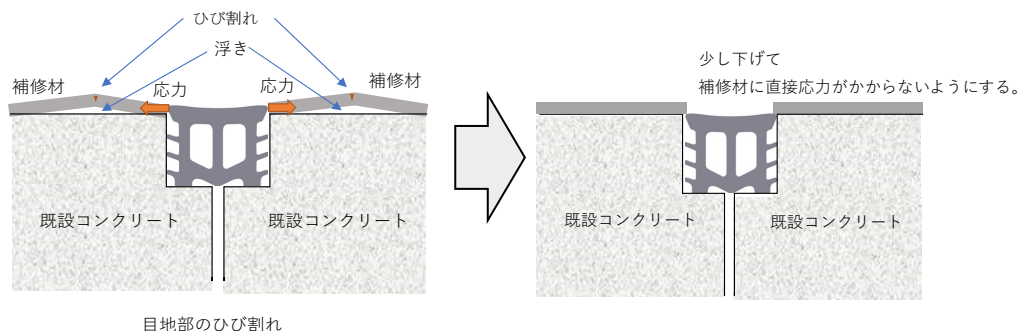


図 5.1.4.3-1 目地に起因したひび割れの抑制方法（例）

5(1)オ 補助工法

補助工法として以下 2 場面において適用が想定される。目的に応じて工法を使用する場面を分ける必要がある。

- ①無機系表面被覆工法を適用する母材表面の品質改質が必要な場合
- ②無機系表面被覆工法の品質向上を求める場合

【解説】

5(1)オ(ア) 適用目的及び効果

無機系表面被覆工法の補助工法は、無機系被覆工法の薄肉化や耐久性向上を目的として、無機系被覆工に表面含浸材を塗布する方法である。ここで使用する表面含浸材は母材や無機系表面被覆工を緻密化することを目的として塗布する。

本書では、目的別に以下 2 つを補助工法として想定する。

- ①母材の品質向上：母材に直接塗布し、表面を改質する工法
- ②無機系表面被覆材の品質向上：無機系表面被覆材の表面に塗布する工法

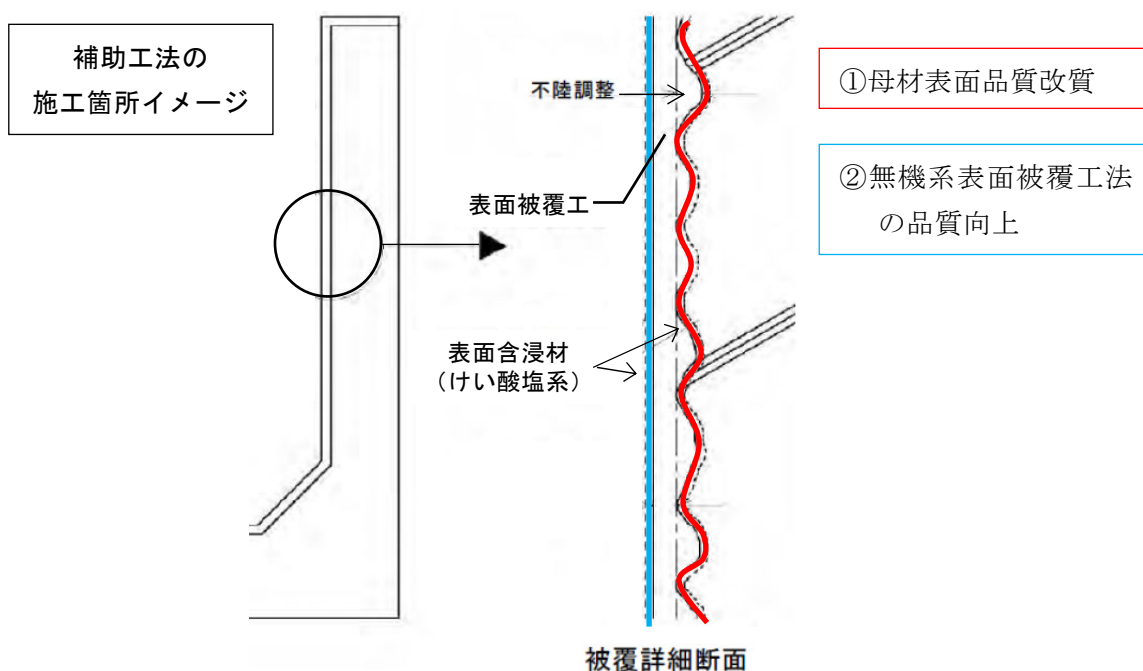


図 5.1.5-1 無機系表面被覆工法の補助工法施工箇所イメージ

5(1)オ(イ) 要求性能・品質規格

要求性能・品質規格に関しては、工法別に以下の扱いとする。

①母材表面品質改質の場合

含浸材が表面含浸工の品質規格を満たすこと。ただし、含浸材塗布後の母材が付着強さ試験（4(3)イ(ア)1) **現場試験施工**）を満たすこと。

②無機系表面被覆材の品質向上の場合

併用する両工法（無機系表面被覆工法、表面含浸工法）の品質規格を満たすこと。

無機系表面被覆工法は「5(1)イ **工法の要求性能・品質規格**」で定められている品質規格、表面含浸工法は「9(2) **工法の要求性能・品質規格**」を参照し、定められている品質規格を満足すること。

5(1)オ(ウ) 施工

表面含浸工法の施工方法に基づき施工する。工法の施工については「9(3) **工法の施工**」を参照されたい。

ただし、無機系表面被覆工法施工時の母材表面品質改質を目的とする「補助工法 ①母材表面品質改質」の場合には、塗布量過多等材料がコンクリートに浸透しきらず表面に残ることによって、逆に付着強度を損なう恐れもある。このため、下地処理材としての適用にあたっては、含浸材塗布後の母材表面の洗浄の検討や、事前に適用性及び仕様等を十分に確認すること。

なお、けい酸リチウムの占める割合が大きい含浸材については、ポリマーセメントモルタル（PCM）への含浸材の浸透が難しくなり、所定の効果を発揮しない場合があるため、適用する材料の組み合わせについては、材料メーカーへ問い合わせを行うこと。

5(2) 有機系被覆工法

5(2) ア 工法の概要・特徴

有機系被覆工法は、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素等の侵入の抑制、漏水の遮断、通水性の改善（向上）を目的とし、主としてエポキシ樹脂やウレタン樹脂等の熱硬化性樹脂（常温硬化型）を用いて開水路の表面を被覆する工法である。

(1)材料

有機系被覆材として使用される熱硬化性樹脂には、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリウレア樹脂、アクリルウレタン樹脂等がある。有機系被覆材料は、使用する材料の相違によって適用効果が異なる。

(2)工法

有機系被覆工法の施工方法は、塗り付け型と吹付け型の 2 種類があり、いずれも下地処理工と表面被覆工（プライマー工、中塗り工、上塗り工等）及び養生工を行う。

必要に応じて不陸調整工を行う。

【解説】

(1)材料

開水路の有機系被覆工法の材料には、主にエポキシ樹脂やポリウレタン樹脂、ポリウレア樹脂、アクリルウレタン樹脂等の常温硬化型の熱硬化性樹脂が使用されている。表面被覆工法に使用される主な有機系樹脂の特徴(例)を表 5.2.1-1 に示す。

通常、数種類の被覆材を塗り重ねて被覆層を形成し、総合的に効果を発揮させる。有機系被覆工法の被覆断面例を図 5.2.1-1 に示す。樹脂の層を複数組み合わせる場合や、樹脂に若干量の珪砂等を配合した層やシート等を組み合わせる場合がある。製品により層の材質や組み合わせが異なる。

表 5.2.1-1 表面被覆工法に使用される主な有機系樹脂の特徴(例)

項 目	一般的な特徴
エポキシ樹脂	エポキシ樹脂は、分子中にエポキシ基を 2 個以上もった化合物(主剤)と分子中に活性水素を 2 個以上持った硬化剤とが付加反応重合して硬化し、塗膜は硬質のものが多く、耐水性・耐アルカリ性、コンクリートに対する接着性に優れる。
ポリウレタン樹脂	ポリウレタン樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物と水酸基を 2 個以上持つポリオール樹脂からなる無溶剤形ポリウレタン樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性・ひび割れ追従性に優れる。
ポリウレア樹脂	ポリウレア樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物とアミン樹脂からなる無溶剤形ポリウレア樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性・ひび割れ追従性に優れる。
アクリルウレタン樹脂	アクリルウレタン樹脂は、アクリルポリオールと芳香族環を含まないイソシアネートからなる溶剤型アクリルウレタン樹脂で、耐候性に優れることから、トップコートに用いられる。

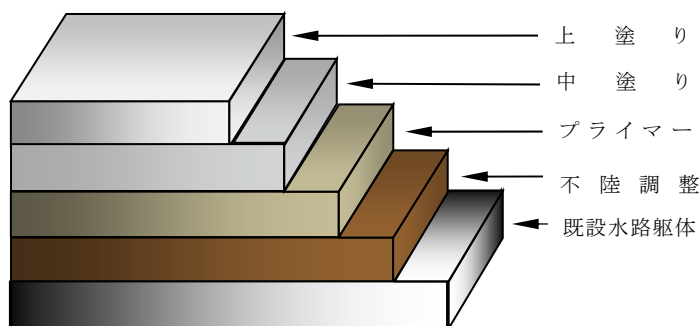


図 5. 2. 1-1 有機系被覆工法の被覆断面例

(2)工法

1. 施工の概要

開水路の補修には、主に被覆材料を現場で塗布する塗布型被覆工法が用いられている。施工方法によって、刷毛・ローラー等を用いる塗り付け型、吹付け機を用いる吹付け型に分類される。塗布型被覆工法の分類を表 5. 2. 1-2 に示す。

表 5. 2. 1-2 塗布型被覆工法の分類

工 法		概 要	特 徴
塗り付け型	樹脂被覆工法	補強材を含まない樹脂だけの工法	比較的施工が容易
	積層被覆工法	ガラスクロス等の補強材を併用する工法	補強効果が得られる
	樹脂モルタル被覆工法	珪砂等の骨材を配合した樹脂を用いる工法	耐摩耗性に優れる
吹付け型		材料に応じた専用塗装機を用いて吹付け作業を行う工法	可使時間の短い樹脂にも適用が可能。専用塗装機の管理が必要

①塗り付け型

刷毛やローラー等を用いて、施工面に被覆材を塗り付けて塗膜を形成する工法である。樹脂だけの「樹脂被覆工法」、ガラス繊維等の補強材を用いた「積層被覆工法」、珪砂等の骨材を用いた「樹脂モルタル被覆工法」に区分される。(写真 5. 2. 1-1 参照)

②吹付け型

各製品に応じた専用の吹付け機を使用して施工面に被覆材を吹付けて塗膜を形成する工法で、塗り付け型に比較して、塗装回数が少なく施工速度が速い場合が多い。(写真 5. 2. 1-2 参照)



写真 5.2.1-1 有機系被覆工法
（塗り付け型）施工状況



写真 5.2.1-2 有機系被覆工法
（吹付け型）施工状況

2. 施工手順

有機系被覆工法の基本的な施工手順は、下地処理の後に表面被覆工（プライマー工、中塗り工、上塗り工等）と養生工を行う。その他に現場条件によって、下地処理の後に不陸調整工を行う場合や、製品によっては、表面被覆工において仕上げ材の塗布を必要とする場合がある。

プライマーに用いられる材料の例を以下に示す。プライマーは製品によって標準使用量や施工方法が異なるため、十分な注意が必要である。

【有機系被覆工法のプライマーに用いられる材料の例】

- ・エポキシ樹脂
- ・ポリウレタン樹脂
- ・ビニルエステル樹脂

3. その他の特徴

有機系被覆工法では、何層かの材料を塗り重ねて被覆全体として必要な機能を確保する被覆システムが一般的である。複数層の塗り重ねでは、上層被覆材の溶剤による下層被覆材の膨潤軟化、相互の付着性や乾燥・硬化に関する相性があるため、これらに影響する組合せは避けなければならない。主な有機系被覆材料の重ね塗りの適否を表 5.2.1-3 に示す。

表 5.2.1-3 主な有機系被覆材料の重ね塗りの適否

塗重ね材(上) 塗装材(下)	エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂	ポリウレタン樹脂
エポキシ樹脂	○	○	○
ポリウレタン樹脂	○	○	×
ポリウレタン樹脂	×	○	○

多くの有機系被覆材は、劣化因子に対して優れた遮断性能を有しており、モルタル等の無機系材料に比較して材料自体は中性化の原因となる二酸化炭素の侵入抵抗性が高い。

また、上塗り工としてフッ素樹脂等の高耐候性の樹脂からなる着色上塗りを塗布し、景観に配慮した仕上げとすることができる。

他に、直接火に晒すと燃焼し、変色や変形が生じるため、施工箇所付近で火気を使用する場合は、被覆材に直接火が接しないよう注意が必要である。

また、補修後の表面が滑らかになるため、水路内での作業の際、転倒に注意する必要があるほか、清掃作業の際、鋭利な道具等で傷を付けないよう配慮が必要である。

5(2) イ 工法の要求性能・品質規格

有機系被覆工法に使用する材料・工法は、表 5.2.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.2.2-1 有機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐候性	紫外線による劣化	JSCE-K 511 (キセノン式 2,000 時間*1 又はサンシャイン式 1,200 時間*1)		塗膜表面に、膨れ、ひび割れ、剥がれがないこと
	付着性	付着強さ*3	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル*1)	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件*2	1.0 N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件 温冷繰返し条件	
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験(案)(材齢 28 日、10 時間経過後*1)		標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 0.2 以下
	ひび割れ追従性	伸び量	JSCE-K 532 (標準状態)		中追従 : 0.4 mm 以上 高追従 : 1.0 mm 以上
		伸び量 (繰返し条件下)	JSCE-K 532*4 (標準状態、初期変位 0.2 mm、伸縮 ± 0.1mm、変位速度 1.0Hz、繰返し回数 7,300 回以上*1)		塗膜表面に破断がないこと

*1 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値(案)も同じ。

*2 JSCE-K 561 (水中条件)における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10%の状態 で 7 日間行うものとする。

*3 併せて不陸調整工を行う場合、本表の付着強さ試験は不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し実施する。

*4 試験の詳細は「表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法(案)」を参照。

【解説】

5(2) イ (ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、有機系被覆工法の要求性能が保持されるよう、有機系被覆工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.2.2-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う有機系被覆工法の要求性能を対象としている。既設水路躯体の変状等を検討のうえ、適切に準用されたい。

5(2)イ(イ) 品質規格

5(2)イ(イ)1) 耐候性

開水路では、部位によって異なるが、通常は太陽光による紫外線を受けた状態で供用され、紫外線や温度変化等に起因する有機系材料の劣化が生じる。したがって、効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。材料、仕様によっては耐候性が劣るものもあるため、耐候性の品質規格に適合した適切な材料・工法を適用し、塗膜の膨れ、ひび割れ、剥がれ等の劣化を抑制する必要がある。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる促進耐候性試験により行う。有機系表面被覆工法の効果が期待される期間を 20 年とした場合、その試験時間は JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法（案）」によるキセノン式 2,000 時間若しくはサンシャイン式 1,200 時間となる。

【品質規格値】

品質規格値は、促進耐候性試験後、塗膜表面に、膨れ、ひび割れ、剥がれがないこととする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」

【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」2. 耐候性を参照のこと。

5(2)イ(イ)2) 付着性

多様な環境条件で供用される開水路では、水分・温度等の変化を受けるため、施工初期の付着性のみならず、有機系被覆工法の効果が期待される期間中、既設コンクリート躯体との付着性の確保が要求される。なお、地下水位が高くコンクリート表面に侵入水や湧水がある場合は、被覆膜が浮くことがあるため、背面の止水等の処理が必要である。

【照査方法】

JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」に基づき、同試験方法（案）5.8「付着試験」の環境条件に示す、標準条件、多湿条件、水中条件、低温条件、乾湿繰返し条件、温冷繰返し条件下における付着強さを測定し、付着性を照査する。

なお、不陸調整材を用いる場合は、不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成して付着強さ試験を実施しなければならない。

【品質規格値】

品質規格値は、標準条件、多湿条件及び低温条件の場合、 1.5 N/mm^2 以上とし、水中条件、乾湿繰返し条件及び温冷繰返し条件の場合、 1.0 N/mm^2 以上とする。

なお、試験結果には、付着強さ試験の破断面位置と状況を明記するものとする。

5(2)イ(イ)3) 耐摩耗性

農業水利施設の開水路では、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗²⁾が生じる。よって、有機系被覆材の耐摩耗性を照査する。

【照査方法】

有機系被覆工法の耐摩耗性は、水砂噴流摩耗試験²⁾に基づき照査する。

なお、有機系被覆工法の効果が期待される期間を 20 年と想定した場合、水砂噴流摩耗試験(水圧 2 MPa)により、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 10 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値 A (=3.5mm) *¹と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 5.2.2-2 に示すとおりである。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 5.2.2-2 有機系表面被覆材の耐摩耗性の品質規格値

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm)* ¹ と補修材の平均摩耗深さ[B]の比 (B/A)	参考* ² : 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
有機系* ³	0.2 以下* ³	0.7 以下 (0.2 [B/A] × 3.5 [A] = 0.7)

*¹ 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

*² 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) は、10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

*³ 有機系では、補修材料の部材厚の 1/3 と補修材の平均摩耗深さ [B] のうち小さい方を許容値とすることを基本とするが、部材厚が 2.1mm (0.7mm の 3 倍) を上回る場合は、部材厚の 1/3 を許容値とする。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

<設定例>

有機系被覆工法の効果が期待される期間 20 年に相当する水砂噴流摩耗試験の促進時間は 10 時間である。有機系被覆材の部材厚を 2.0mm (2.1mm 以下) とした場合、補修材料の部材厚の 1/3 は 0.6mm (=部材厚 2.0mm×1/3 を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) であり、補修材の平均摩耗深さ 0.7mm より小さくなるため、許容値は 0.6mm とする。有機系被覆材の部材厚を 10.0mm (2.1mm 以上) とした場合、許容値は部材厚の 1/3 である 3.3mm (=部材厚 10.0mm×1/3 を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) とする。(全ての部材厚でパネル厚の 1/3 が許容値となるが、耐摩耗性の品質規格値を B/A と規定したことから、表 5.2.2-2 では B/A 値 0.2 以下を記載した。)

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

5(2)イ(イ)4) ひび割れ追従性

既設水路躯体に幅の変動があるひび割れがあり、かつ被覆材の表面にひび割れの発生を許容しない場合、有機系表面被覆工法には補修の効果が期待される期間中、ひび割れ追従性を保持することが求められる。

【照査方法】

ひび割れ追従性の照査は、JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」に、また、繰り返しひび割れ追従性は、表面被覆材の繰り返しひび割れ追従性試験方法(案)に準拠し行う。

【品質規格値】

標準供試体の引張試験を行い、その伸び量が 0.4 mm 以上を中追従(鉄筋コンクリートを想定)、1.0 mm 以上を高追従(無筋コンクリートを想定)と品質区分する。

繰り返しひび割れ追従性の試験体は、ひび割れ追従性試験に準じ、初期変位 0.2 mm、変動幅 ± 0.1mm、繰り返し周波数 1 Hz、繰り返し回数 7,300 回以上行い被膜表面に破断がないこととする(不陸調整、素地調整工程は省く。)

なお、繰り返しひび割れ追従性の促進期間や規格値の設定の詳細については「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」8. ② 繰り返しひび割れ追従性 を参照のこと。

5(2)ウ 不陸調整材

不陸調整材を用いる場合は、表 5.2.3-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.2.3-1 不陸調整材の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	試験方法		品質規格値(案)
基本的性能	付着性 ^{*3}	付着強さ	JSCE-K 561 (乾湿・温冷 繰返し回数は 10 サイクル)	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件 ^{*1}	1.0 N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	
	一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561 (28 日間養生)		21.0 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129 ^{*2}		0.05 % 以下
個別的 性能	耐凍害性	相対動弾性 係数	JIS A 1148 (A 法 300 サイクル)		85 % 以上

^{*1} JSCE-K 561（水中条件）における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ の状態で 7 日間行うものとする。

^{*2} ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

^{*3} 有機系被覆工法、接着方式パネル工法、シート工法に併せて不陸調整工を行う場合は、各工法の付着性試験を行う際、不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し、照査するものとする。
また、アンカー固定方式パネル工法に併せて不陸調整工を行う場合は、不陸調整材が単層仕様の供試体を用いて照査するものとする。

【解説】

有機系被覆工法の不陸調整として無機系不陸調整材を用いる場合、有機系被覆工法の効果が期待される期間中、その要求性能が保持されるよう、無機系不陸調整材が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.2.3-1 に例示する。

品質規格は「表 5.1.2.-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」を参考に、付着性、一体化性及び寸法安定性を照査する。また、凍害のおそれのある地域で使用する際は、材料自体の耐凍害性の照査を行う。

なお、パネル工法、シート工法を施工する際、併せて不陸調整工を行う場合も以上を参考に設定するものとする。

5(2) エ 工法の施工

有機系被覆工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

(1)準備工

(2)下地処理工

(3)不陸調整工（必要に応じて）

(4)表面被覆工（プライマー工、中塗り工、上塗り工、仕上げ工を含む）

(5)養生工

【解説】

(1)準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

表面被覆材の計量、練り混ぜ及び塗布作業を行う施工現場では、あらかじめシート等で養生して作業を行う。特に、吹付け工法では、ミストの飛散が多いため養生により周辺環境への配慮が必要である。

有機系被覆材は、不透水材料が多いため、背面からの水圧に抵抗できない場合がある。よって、既設水路躯体に侵入水や湧水が見られる場合は、事前に止水又は導水処理を行う。



写真 5. 2. 4-1 ビニールシート養生設置



写真 5. 2. 4-2 ビニールシート養生設置内部

(2)下地処理工

下地処理工については、「4(3) イ 下地処理工」を参照されたい。

(3)不陸調整工（必要に応じて）

下地処理後、既設水路躯体（下地コンクリート）表面に不陸がある場合等、躯体断面の復旧と表面を平滑にするため、必要に応じて、無機系不陸調整材等をコテ又は吹付けで塗布し、断面復旧及び不陸調整工を行う。



写真 5. 2. 4-3 不陸調整工

(4)表面被覆工（プライマー工、中塗り工、上塗り工、仕上げ工を含む）

有機系被覆工法の表面被覆工には、塗付け工法と吹付け工法の 2 種類がある。

用いる材料・工法によって使用する材料が異なるため、施工仕様（設計・工法の特徴）を確認する。

1. プライマー工

工法の仕様により、既設水路躯体と表面被覆材の付着力を確保するため、専用のプライマーを使用する。製品によって使用量や施工方法が異なる。

プライマーを塗布するにあたり、既設水路躯体又は不陸調整材の表面含水率を測定するものとし、高周波容量式水分計で 5%未満とする。



写真 5. 2. 4-4 プライマー工

2. 中塗り工

① 配合及び練り混ぜ

主材、硬化材及び粉体等の配合は、製造業者の仕様を遵守する。材料の練り混ぜは、ハンドミキサー等を用い、気泡の巻き込みが少ないように注意しながら混合する。

なお、吹付け工法で塗装機を用いて施工する場合は、塗装機の設定は材料製造業者の仕様を遵守する。

② 中塗り材塗布

塗付け工法では、表面被覆層はピンホールが生じないようにローラー、金ゴテ、専用塗装機等で入念に塗布する。また、設計膜厚に応じて塗装回数を調整する。

吹付け工法では、専用塗装機を用いて吹付ける。表面被覆層を吹付けで膜厚を均一に施工するため、実施箇所を区割りし、これに要する表面被覆材の量を算出して区割り塗装する等施工管理が必要である。

表面被覆材の塗り重ね時間間隔は、製造業者の仕様のもとに、施工計画に記載して遵守する。



写真 5. 2. 4-5 吹付け用専用塗装機



写真 5. 2. 4-6 吹付け

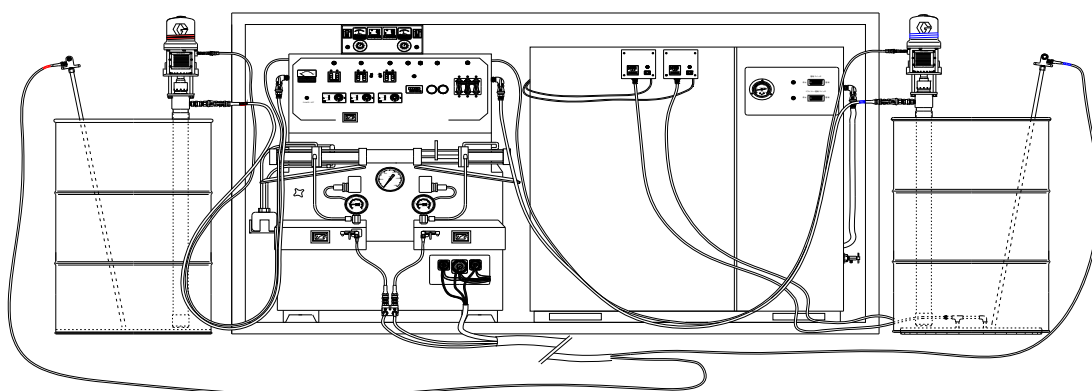


図 5. 2. 4-1 吹付け型被覆工法用塗装機例



写真 5. 2. 4-7 塗付け

3. 上塗り工、仕上げ工

工法の仕様により上塗り材、仕上げ材を塗布する。



写真 5. 2. 4-8 上塗り材塗布

(5)養生工

表面被覆工の後、表面被覆層が使用に耐える状態になるまで、表面被覆層が雨や結露等の影響を受けることがないように適切に養生する。

5(3) パネル工法

5(3) ア 工法の概要・特徴

パネル工法は、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素等の侵入の抑制、漏水の遮断、通水性の改善（向上）のいずれかあるいはこれら全てを目的として、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開水路の表面を被覆する工法である。

(1)材料

パネル工法として使用するパネルには、強化プラスチック複合板、硬質塩化ビニル板、レジンコンクリート板及び繊維補強コンクリート板がある。

(2)工法

パネル工法は、開水路の補修から軽度の補強まで広範な要求に適用できる。既設水路躯体への設置方法により、接着方式とアンカー固定方式に分類される。

【解説】

(1)材料

開水路のパネル工法における主な使用材料（例）を表 5.3.1-1 に示す。

パネル材料としては、強化プラスチック複合板、硬質塩化ビニル板、レジンコンクリート板及び繊維補強コンクリート板があるが、いずれも工場生産であるため品質が安定しており、各種の強度特性に優れていると言える。

パネル材料の、無機系と有機系の分類は、主材料が無機か有機かで分類する。現時点でパネル工法として使用されている主な材料を分類すると、無機系はセメント系（繊維補強コンクリート系等）、有機系は FRP 系や塩ビ系、レジンコンクリート系等がある。

表 5.3.1-1 パネル工法の主な使用材料（例）

材 料	接着方式	アンカー固定方式
パネル材料	レジンコンクリート板*1	強化プラスチック複合板 硬質塩化ビニル板 レジンコンクリート板*1 超高強度繊維補強コンクリート板
固定材料	プライマー及び注入接着材 (不飽和ポリエステル系接着材)	金属拡張式アンカーボルト 二液注入型接着系アンカー
パネル目地材	樹脂系目地材等*2 成型目地材	樹脂系目地材等*2 成型目地材
裏込材	なし	無収縮モルタル系注入材 緩衝材（発砲ポリエチレン等）

*1 コンクリートは骨材等の結合材としてセメントを用いるが、レジンコンクリートは結合材として樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ガラス繊維、珪砂炭酸カルシウム）を用いる。その配合は製品により異なる。

*2 ウレタン系、変性シリコーン系目地材又はポリエステル系の目地材を用いる。

< 参考 >

アンカー固定方式のパネル材料の参考強度を表5.3.1-2に示す。

表5.3.1-2 パネル材料の参考強度（例）

パネル材料		試験方法	参考強度 (N/mm ²)
曲げ強度	F R P 系	JIS K 7171	100 以上
	塩ビ系	JIS K 7171	65 以上
	レジンコンクリート系	JIS K 7171	20 以上
	繊維補強コンクリート系	JIS K 6911	15 以上

(2)工法

1. 施工の概要

接着方式は、開水路の表面にパネル板を接着材（注入材）により貼り付ける方式である。

一方、アンカー固定方式は、開水路の表面にパネル板を金属拡張式アンカー又は接着系アンカーにより設置し、裏込材等により間隙を充填する方式である。アンカー固定方式は、水路の躯体コンクリート表面が劣化している場合においても適正なアンカーの仕様・長さ・本数を選択することにより、劣化部を除去せずに施工することが可能である。

各方式の標準的な断面例を図 5.3.1-1 及び図 5.3.1-2 に示す。

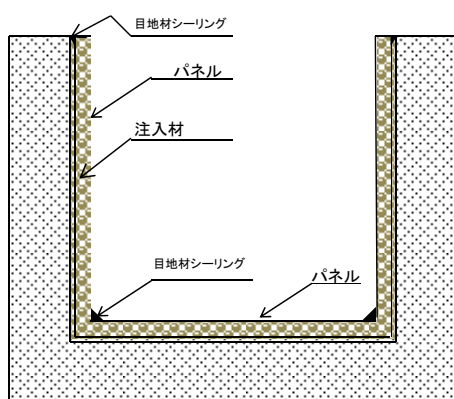


図 5.3.1-1 接着方式パネル工法の断面例

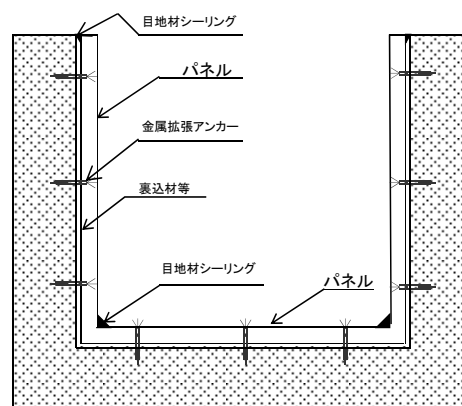


図 5.3.1-2 アンカー固定方式パネル工法の断面例

2. 施工手順

接着方式の施工手順は、下地処理工の後にプライマー工、パネル工設置及び目地工と樹脂注入工、養生工及び仕上げ工を行う。接着方式は、パネルと開水路躯体との接着を確保するため、樹脂注入工を行う。

アンカー固定方式の施工手順は、必要に応じて実施する不陸調整工後にパネルをアンカーで固定し、パネルに目地を設置した後、パネルと開水路躯体の間隙グラウト材を充填し、養生工及び仕上げ工を行う。なお、裏込材に緩衝材（発泡ポリエチレン等）を用いる工法の場合は、パネルと共に緩衝材をアンカーで固定する。

いずれの方式も、下地処理工の後、現場条件により必要に応じて不陸調整工を行う。

3. その他の特徴

パネル材は、中性化の原因となる二酸化炭素の侵入量が少ない材料で製造されており、また、材料厚もある。

このため、特にパネル背面に無収縮モルタル系の裏込め材を充填する工法の場合、空隙が適切に充填されることで、開水路躯体コンクリートの中性化の進行に対して抑制効果が期待できる。

一方、パネル背面に緩衝材を配置する工法では、パネル間の隙間やアンカー孔等から二酸化炭素が侵入する可能性があり、中性化の進行に対する抑制効果は極めて小さい。

パネル材毎に難燃性や自己消火性が異なるため、施工場所において火気を使用するおそれが有る場合は、各パネルの特徴を確認のうえ採用する必要がある。

5(3)イ 接着方式パネル工法

5(3)イ(ア) 要求性能・品質規格

接着方式パネル工法に使用する材料・工法は、材料毎に所定の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.2.1-1 接着方式パネル工法の主な使用材料（例）

材 料	接着方式
パネル材料	レジンコンクリート板 ^{*1}
固定材料	プライマー及び注入接着材 (不飽和ポリエステル系接着材)
パネル目地材 ^{*2}	樹脂系目地材等 ^{*3} 成型目地材
裏込材	なし

^{*1} コンクリートは骨材等の結合材としてセメントを用いるが、レジンコンクリートは結合材として樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ガラス繊維、珪砂炭酸カルシウム）を用いる。その配合は製品により異なる。

^{*2} 接着方式パネル工法では、固定材（接着剤）の付着性について品質規格を規定しており、目地材に水の浸入抑制効果を期待していないために目地材の品質規格は不要である。

^{*3} ウレタン系、変性シリコーン系目地材又はポリエステル系の目地材を用いる。

5(3)イ(ア)1) パネル材料

接着方式パネル工法に使用するパネル材は、表 5.3.2.1-2 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.2.1-2 接着方式パネル工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	耐候性 ^{*1}	紫外線による劣化	JSCE-K 511 (キセノン式 4,000 時間 ^{*2} 又はサンシャイン式 2,400 時間 ^{*2})	膨れ、ひび割れ、剥がれ、 変形がないこと
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗 試験(案) (材齢 28 日、20 時間経過後 ^{*2})	標準供試体に対する平均摩 耗深さの比が 無機系：1.5 以下 有機系：0.2 以下

^{*1} 無機系パネル材を使用する場合は、耐候性の照査は不要である。

^{*2} 補修の効果が期待される期間を 40 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

【解説】

パネル工法の材料・工法は、工場生産であり品質のバラツキが少なく、各種強度特性に優れているため、パネル工法の効果が期待される期間として **40 年**を想定している。このため、各品質項目を照査する試験方法は、**40 年**の耐久性を想定した試験時間や回数としている。

1. 品質項目

補修の効果が期待される期間中、接着方式パネル工法の要求性能が保持されるよう、接着方式パネル工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.3.2.1-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う接着方式パネル工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討のうえ、適切に準用されたい。

2. 品質規格

① 耐候性

開水路では、部位によって異なるが、通常は太陽光による紫外線を受けた状態で供用され、紫外線や温度変化等に起因する有機系材料の劣化が生じる。したがって、パネル工法の効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。材料、仕様によっては耐候性が劣るものもあるため、耐候性の品質規格に適合した適切な材料・工法を適用し、膨れ、ひび割れ、剥がれ等の劣化を抑制する必要がある。

なお、パネルの構成材料は様々であるが、工場製作のため緻密で高強度の材質であり、パネル厚を勘案すると耐候性は長期間確保できることが想定される。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる促進耐候性試験により行う。パネル工法の効果が期待される期間を **40 年**とした場合、その試験時間は **JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法（案）」**によるキセノン式 **4,000 時間**、若しくはサンシャイン式 **2,400 時間**となる。

【品質規格値】

品質規格値は、促進耐候性試験後、膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこととする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については「**4(2)エ 要求性能毎の品質規格**」

【解説】に示す「**照査方法と品質規格の考え方**」2. 耐候性を参照のこと。

② 耐摩耗性

農業水利施設の開水路では、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗²⁾が生じる。一方、パネル材は、緻密で高強度の材質であり、JIS モルタルと比べても耐摩耗性が優れている。また、パネル厚は、一般に 10mm 程度あるため、長期の耐摩耗性に優れているが、土砂の摩耗作用や衝撃により摩耗するため、耐摩耗性が要求される。

【照査方法】

パネル工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験²⁾に基づく。

なお、パネル工法の効果が期待される期間を 40 年と想定した場合、水砂噴流摩耗試験（水圧 2MPa）により、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 20 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm（＝3.5mm）^{*1}と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 5.3.2.1-3 に示すとおりである。

なお、補修対策の効果が期待される期間を 40 年と想定している工法はパネル工法のみである。長束らによる表面被覆工法の材料を対象とした水砂噴流摩耗試験結果⁴⁾では、摩耗時間と平均摩耗深さは線形的な比例関係が示されている。よって、標準モルタル供試体と補修材の平均摩耗深さの比である品質規格値において、パネル工法における補修の効果が期待される期間 40 年の品質規格値（B/A）は、補修の効果が期待される期間 20 年（水砂噴流摩耗試験で 10 時間相当）の品質規格値（B/A）と同一値とする。このとき、各補修材の水砂噴流摩耗試験による B/A の算出における標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 A は 7.0 mm を用いてよい。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

表 5.3.2.1-3 パネル材ごとの耐摩耗性の品質規格値 (B/A)

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間 平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm)* ¹ と各補修材の平均摩 耗深さ[B]の比 (B/A)	参考* ² : 補修材の許容平均摩耗深さ (20 時間) mm
無機系パネル材	1.5 以下	10.5 以下* ³ (1.5 [B/A]×7.0 [A]=10.5)
有機系パネル材* ⁴	0.2 以下* ⁴	1.4 以下 (0.2 [B/A]×7.0 [A]=1.4)

*¹ 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

*² 補修材の許容平均摩耗深さ (20 時間) は、20 時間平均摩耗深さの基準値[A] (7.0mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

*³ 一般的に無機系パネル工法の厚みは 10mm 以上であり、許容平均摩耗深さを下回る厚みの材料を想定していない。

*⁴ 有機系では、補修材料の部材厚の 1/3 と補修材の平均摩耗深さ [B] のうち小さい方を許容値とすることを基本とするが、部材厚が 2.1mm (0.7mm の 3 倍) を上回る場合は、部材厚の 1/3 を許容値とする。

<設定例>

パネル工法 (有機系パネル材) の効果が期待される期間 40 年に相当する水砂噴流摩耗試験時間は 20 時間である。パネル工法 (有機系材料) の部材厚を 2.0mm (2.1mm 以下) とした場合、補修材料の部材厚の 1/3 は 0.6mm (=部材厚 2.0mm×1/3 を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) であり、補修材の平均摩耗深さ 0.7mm より小さくなるため、許容値は 0.6mm とする。パネル工法 (有機系材料) の部材厚を 10.0mm (2.1mm 以上) とした場合、許容値は部材厚の 1/3 である 3.3mm (=部材厚 10.0mm×1/3 を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) とする。(全ての部材厚でパネル厚の 1/3 が許容値となるが、耐摩耗性の品質規格値を B/A と規定したことから、表 5.3.2.1-3 では B/A 値 0.2 以下を記載した。)

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性 を参照のこと。

5(3)イ(ア)2) 固定材料（接着材）

接着方式パネル工法に使用する固定材料（接着材）は、表 5.3.2.1-3 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.2.1-4 接着方式パネル工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	付着性	付着強さ*3	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 20 サイクル*1)	標準条件	1.5N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件*2	1.0N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	

*1 補修の効果が期待される期間を 40 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

*2 JSCE-K 561（水中条件）における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ の状態で 7 日間行うものとする。

*3 併せて不陸調整工を行う場合、本表の付着強さ試験は不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し実施する。また、本表の他に表 5.2.3-1 に準じて不陸調整材に関する品質試験を行う。

【解説】

パネル工法の材料・工法は、工場生産であり品質のバラツキが少なく、各種強度特性に優れているため、パネル工法の効果が期待される期間として 40 年を想定している。このため、各品質項目を照査する試験方法は、40 年の耐久性を想定した試験時間や回数としている。

1. 品質項目

補修の効果が期待される期間中、接着方式パネル工法の要求性能が保持されるよう、接着方式パネル工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.3.2.1-4 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う接着方式パネル工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討のうえ、適切に準用されたい。

2. 品質規格

① 付着性

接着式パネル工法は、接着材により既設水路躯体とパネル材の一体化を図っているため、接着材の付着性は「基本的性能」として扱う。

多様な環境条件で供用される開水路では、水分・温度等の変化を受けるため、施工初期の付着性のみならず、効果が期待される期間中の既設コンクリート躯体との付着性が要求される。なお、接着方式の場合、接着材（注入材）が既設開水路のコンクリート全面に接着し、その接着強度も高いため、既設開水路との付着性を長期間確保できることが想定される。

【照査方法】

JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」に基づき、同試験方法（案）「5.8 付着試験」の環境条件に示す、標準条件、多湿条件、低温条件、水中条件、乾湿繰返し条件、温冷繰返し条件下における付着強さを測定し、付着性を照査する。

なお、併せて不陸調整工を行う場合は、不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し、照査しなければならない。

【品質規格値】

品質規格値は、標準条件、多湿条件及び低温条件は 1.5 N/mm^2 以上とし、水中条件、乾湿繰返し条件及び温冷繰返し条件は 1.0 N/mm^2 以上とする。

5(3)イ(イ) 施工方法

接着方式パネル工法の標準的な施工手順を以下に示す。

- (1) 準備工
- (2) 下地処理工
- (3) 不陸調整工（必要に応じて）
- (4) プライマー工
- (5) パネル設置工
- (6) パネル目地工
- (7) 樹脂注入工
- (8) 養生工及び仕上げ工

【解説】

(1) 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

(2) 下地処理工

下地処理工については、「4(3)イ 下地処理工」を参照されたい。

(3) 不陸調整工（必要に応じて）

凹凸が大きい箇所等、必要に応じて、既設水路躯体（下地コンクリート）の不陸調整を行う。

(4) プライマー工

水路面、パネル裏面にプライマーをローラー刷毛で薄く均一に全面に塗布する。



写真 5.3.2.2-1 プライマー工

(5) パネル設置工

パネルを既設水路躯体に SUS 製アンカーネジ（ビス）で仮固定する。



写真 5.3.2.2-2 パネル設置工

(6) パネル目地工

液状接着樹脂が漏れ出ないように、事前にパネルの目地を目地材料でシーリングする。

既設水路躯体に目地又は大きなひび割れがあり、パネル敷設後に動くおそれがある場合、過度な集中荷重がかかりパネルにひび割れが発生する原因となるため、パネル目地を躯体の目地又は大きなひび割れの箇所に合わせて設置する。やむを得ず躯体の目地を跨いで貼る場合は、接着樹脂硬化後にコンクリートカッターでパネルに切れ目をいれ、目地コーキング処理を行う。



写真 5.3.2.2-3 パネル目地工

(7) 樹脂注入工

液状の接着樹脂に固化材を混ぜ、十分に攪拌し、パネル背面の既設水路躯体との隙間へ注入する。接着樹脂は少量ずつ混合し、数回に分けて空気だまりが無いよう目視と打診棒等で打音を確認しながら注入する。常に充填量を測定しながら確実に注入する。



写真 5.3.2.2-4 樹脂注入工

(8) 仕上げ工

樹脂注入後、パネル表面の保護シートを剥がし清掃する。パネル及び樹脂注入部の上端部を側壁の天端にシーリング材を用いて斜めにすり付ける。



写真 5.3.2.2-5 仕上げ工

5(3)イ(イ)1) 施工時の留意事項

1. 使用材料の保管及び取り扱い

使用する材料は、パネルに反りや欠けができないように保管や取り扱いに注意する。直射日光を避け、ゴミ、雨、雪等の影響を受けないように密閉した状態で保管する。

2. ドライ施工

パネル接着工法は、接着材を使用するため、雨天の施工は厳禁とし、ドライ施工を基本とする。壁面に湿気があっても施工は可能であるが、水膜があるほど濡れた状態で施工してはならない。接着面に湧水が認められた場合には、モルタル詰め等の簡易止水作業を行う。また、天候によりシート養生が必要な場合は、事前に準備工を行う。表面の湿潤状態の目安は、コンクリート表面の含水率が **6.5%**以下とする。この状態は、表面が黒くしみて見えても、手で直接触って手に水が付着しない状態が目安である。

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）

5(3)ウ(ア) 要求性能・品質規格

アンカー固定方式パネル工法（無収縮モルタル注入型）に使用する材料・工法は、材料毎に所定の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.3.1-1 アンカー固定式パネル工法（無収縮モルタル注入型）の主な使用材料（例）

材 料	アンカー固定方式（無収縮モルタル注入型）
パネル材料	強化プラスチック複合板 硬質塩化ビニル板 レジンコンクリート板* ¹ 超高強度繊維補強コンクリート板
固定材料	金属拡張式アンカーボルト 二液注入型接着系アンカー
パネル目地材* ²	樹脂系目地材等* ³ 成型目地材
裏込材	無収縮モルタル系注入材

*¹ コンクリートは骨材等の結合材としてセメントを用いるが、レジンコンクリートは結合材として樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ガラス繊維、珪砂炭酸カルシウム）を用いる。その配合は製品により異なる。

*² アンカー固定式パネル工法（無収縮モルタル型）では、裏込材の水中不分離性について品質規格を規定しており、目地材に水の侵入抑制効果を期待していないために目地材の照査は不要である。

*³ ウレタン系、変性シリコーン系目地材又はポリエステル系の目地材を用いる。

5(3)ウ(ア)1) パネル材料

アンカー固定式方式パネル工法（無収縮モルタル注入型）に使用するパネル材料は、表 5.3.3.1-2 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.3.1-2 アンカー固定方式パネル工法の品質規格(例)*³*⁴

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	耐候性* ¹	JSCE-K 511 (キセノン式 4,000 時間* ² 又は サンシャイン式 2,400 時間* ²)	膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと
	耐摩耗性	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験 (案) (材齢 28 日、20 時間経過後* ²)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 無機系：1.5 以下 有機系：0.2 以下（部材厚 2.1mm 未満） 部材圧の 1/3 以下（部材厚 2.1mm 未以上）

*¹ 無機系パネル材を使用する場合は、耐候性の照査は不要である。

*² 補修の効果が期待される期間を 40 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

*³ 併せて不陸調整工を行う場合は、本表の他に表 5.2.3-1 に準じて不陸調整材に関する品質試験を行う。

*⁴ パネルと既設コンクリートの間にグラウト材を充填する場合は、本表の他に表 5.3.3.1-5 アンカー固定方式パネル工法のグラウト材の品質規格に準じてグラウト材に関する品質試験を行う。なお、パネルと既設コンクリートの間に緩衝材を配置する場合は、別途品質規格を設定の上、照査するものとする。

【解説】

1. 品質項目

補修の効果が期待される期間中、アンカー固定方式パネル工法の要求性能が保持されるよう、アンカー固定方式パネル工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.3.3.1-2 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行うアンカー固定方式パネル工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

2. 品質規格

① 耐候性

開水路では、部位によって異なるが、通常は太陽光による紫外線を受けた状態で供用され、紫外線や温度変化等に起因する有機系材料の劣化が生じる。したがって、パネル工法の効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。材料、仕様によっては耐候性が劣るものもあるため、耐候性の品質規格に適合した適切な材料・工法を適用し、膨れ、ひび割れ、剥がれ等の劣化を抑制する必要がある。

なお、パネルの構成材料は様々であるが、工場製作のため緻密で高強度の材質であり、パネル厚を勘案すると耐候性は長期間確保できることが想定される。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる促進耐候性試験により行う。パネル工法の効果が期待される期間を 40 年とした場合、その試験時間は JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法（案）」によるキセノン式 4,000 時間、若しくはサンシャイン式 2,400 時間となる。

【品質規格値】

品質規格値は、促進耐候性試験後、膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこととする。

② 耐摩耗性

農業水利施設の開水路では、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗²⁾が生じる。一方、パネル材は、緻密で高強度の材質であり、JIS モルタルと比べても耐摩耗性が優れている。また、パネル厚は、一般に 10mm 程度あるため、長期の耐摩耗性に優れているが、土砂の摩耗作用や衝撃により摩耗するため、耐摩耗性が要求される。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

【照査方法】

パネル工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験²⁾に基づく。

なお、パネル工法の効果が期待される期間を 40 年と想定した場合、水砂噴流摩耗試験（水圧 2MPa）により、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 20 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm（＝3.5mm）^{*1}と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 5.3.3.1-3 に示すとおりである。

なお、補修対策の効果が期待される期間を 40 年と想定している工法はパネル工法のみである。長束らによる表面被覆工法の材料を対象とした水砂噴流摩耗試験結果⁴⁾では、摩耗時間と平均摩耗深さは線形的な比例関係が示されている。よって、標準モルタル供試体と補修材の平均摩耗深さの比である品質規格値において、パネル工法における補修の効果が期待される期間 40 年の品質規格値（B/A）は、補修の効果が期待される期間 20 年（水砂噴流摩耗試験で 10 時間相当）の品質規格値（B/A）と同一値とする。このとき、各補修材の水砂噴流摩耗試験による B/A の算出における標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 A は 7.0 mm を用いてよい。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 5.3.3.1-3 パネル材ごとの耐摩耗性の品質規格値

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間 平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) ^{*1} と補修材の平均摩 耗深さ[B]の比 (B/A)	参考 ^{*2} ： 補修材の許容平均摩耗深さ (20 時間) mm
無機系パネル材	1.5 以下	10.5 以下 ^{*3} (1.5 [B/A] × 7.0 [A] = 10.5)
有機系パネル材 ^{*4}	0.2 以下 ^{*4}	1.4 以下 (0.2 [B/A] × 7.0 [A] = 1.4)

^{*1} 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

^{*2} 補修材の許容平均摩耗深さ（20 時間）は、20 時間平均摩耗深さの基準値[A] (7.0mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

^{*3} 一般的に無機系パネル工法の厚みは 10 mm 以上であり、許容平均摩耗深さを下回る厚みの材料を想定していない。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

*4 有機系では、補修材料の部材厚の $1/3$ と補修材の平均摩耗深さ [B] のうち小さい方を許容値とすることを基本とするが、部材厚が 2.1mm (0.7mm の 3 倍) を上回る場合は、部材厚の $1/3$ を許容値とする。

＜設定例＞

パネル工法（有機系パネル材）の効果が期待される期間 40 年に相当する水砂噴流摩耗試験時間は 20 時間である。パネル工法（有機系材料）の部材厚を 2.0mm (2.1mm 以下) とした場合、補修材料の部材厚の $1/3$ は 0.6mm (=部材厚 2.0mm $\times 1/3$ を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) であり、補修材の平均摩耗深さ 0.7mm より小さくなるため、許容値は 0.6mm とする。パネル工法（有機系材料）の部材厚を 10.0mm (2.1mm 以上) とした場合、許容値は部材厚の $1/3$ である 3.3mm (=部材厚 10.0mm $\times 1/3$ を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) とする。(全ての部材厚でパネル厚の $1/3$ が許容値となるが、耐摩耗性の品質規格値を B/A と規定したことから、表 5.3.3.1-2 では B/A 値 0.2 以下を記載した。)

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

5(3)ウ(ア)2) 固定材料（アンカー）

アンカー固定式方式パネル工法（無収縮モルタル注入型）に使用するアンカーは、表 5.3.3.1-5 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.3.1-5 アンカー固定方式パネル工法の品質規格(例) *2*3

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	引抜抵抗性	アンカー引抜強度	(一社)日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」*4	各アンカーに作用する荷重がアンカーの許容引抜力以下 (次頁参照)

*1 補修の効果が期待される期間を 40 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

*2 併せて不陸調整工を行う場合は、本表の他に表 5.2.3-1 に準じて不陸調整材に関する品質試験を行う。

*3 パネルと既設コンクリートの間にグラウト材を充填する場合は、本表の他に表 5.3.3.1-7 アンカー固定方式パネル工法のグラウト材の品質規格に準じてグラウト材に関する品質試験を行う。なお、パネルと既設コンクリートの間に緩衝材を配置する場合は、別途品質規格を設定の上、照査するものとする。

*4 試験値平均値で照査を行う。試験本数は、3 本以上とする。

【解説】

1. 品質項目

補修の効果が期待される期間中、アンカー固定方式パネル工法の要求性能が保持されるよう、アンカー固定方式パネル工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.3.3.1-5 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行うアンカー固定方式パネル工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

2. 品質規格

① 引抜抵抗性（アンカー許容引抜力）

アンカー固定式パネル工法は、アンカーにより既設水路躯体とパネル材の一体化を図っているため、アンカーの引抜抵抗性(アンカー引抜強度)は「基本的性能」として扱う。

多様な環境条件で供用される開水路では、水分・温度等の変化を受けるため、施工初期の引抜抵抗性のみならず、パネル工法の効果が期待される期間中の既設コンクリート躯体との引抜抵抗性が要求される。

【照査方法及び品質規格値】

「あと施工アンカー試験方法」((一社) 日本建築あと施工アンカー協会技術部会) に準ずる。

アンカー許容引抜力の品質規格値は、グラウト材充填時の充填圧(短期荷重)と浸透水による浸透圧(長期荷重)の2種類を考慮したアンカー引抜強度に安全率 1.0 (充填圧) 又は 2.0 (浸透圧) を乗じた値のうち、大きい方とし、算定式の例を以下に示す。計算条件は表 5.3.3.1-6 のとおりとする。

グラウト材充填時の充填圧(短期荷重)

$$P_M = \frac{SH\gamma_m BL}{A}$$

浸透水による浸透圧(長期荷重)

$$P_w = \frac{SH\gamma_w BL}{A}$$

アンカーの許容引抜力 = (P_M×1.0とP_w×2.0のうち大きい値)
= P_o。

表5.3.3.1-6 アンカー許容引抜力の計算条件

項 目	備 考
P _o アンカー1本あたりに必要な許容引抜力 (kN/本)	
γ _M 無収縮モルタル単位体積重量(kN/m ³)	製品による
γ _w 浸透水単位体積重量(kN/m ³)	10
H 水路高さ(m)	現場による
B 板幅(m)	現場による
L 板長(m)	現場による
A パネル面積当たりのアンカー打設数(本)	現場及び製品による
S 安全率	1.0 (充填圧：短期荷重)
	2.0 (浸透圧：長期荷重)

5(3)ウ(ア)3) 裏込め材料（無収縮モルタル）

アンカー固定方式パネル工法に使用するグラウト材は、表 5.3.3.1-7 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.3.3.1-7 アンカー固定方式パネル工法のグラウト材の品質規格

	要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	無収縮性	収縮度	JSCE-F 533(材齢 7 日)	収縮しないこと
	耐圧縮性	圧縮強度	JSCE-G 505(材齢 28 日)	21.0N/mm ² 以上
個別的性能	水中不分離性	水中気中強度比	JSCE-D 104 圧縮強度の水中気中強度比(材齢28日)* ¹	80%以上

*¹ 気中作製供試体の圧縮強度に対する水中作製供試体の圧縮強度の比率。

【解説】

1. 品質項目

パネル工法の効果が期待される期間中、パネル工法の要求性能が保持されるよう、グラウト材が有すべき品質規格を設定する。グラウト材は、既設水路とパネルの隙間に確実に充填するため、無収縮性と耐圧縮性が要求される。

2. 品質規格

① 無収縮性

【照査方法】

試験方法は、JSCE-F 533「P Cグラウトのブリーディング率及び膨張率試験方法(案)」に準拠し、グラウト材の収縮の有無について照査を行う。

【品質規格値】

品質規格値として(株)高速道路総合技術研究所の「構造物施工管理要領」を参考に、材齢 7 日で収縮しないこととする。

② 耐圧縮性

【照査方法】

試験方法は、JSCE-G 505「円柱供試体を用いたモルタル又はセメントペーストの圧縮強度試験方法(案)」に準拠し、グラウト材の圧縮強度の照査を行う。

【品質規格値】

品質規格値は材齢 28 日の圧縮強度を 21.0 N/mm²以上とする。

③ 水中不分離性

開水路の底版等充填する空間に水がある場合は、個別性能項目として水中不分離性を照査する。

なお、一般的にモルタルの充填性はセメント量が多くなると圧縮強度が向上する一方で、流動性が低下する傾向にある。パネルと既設躯体の離隔幅が狭い場合、圧縮強度（水中不分離性）に併せて材料の流動性も照査する必要がある。

【照査方法】

試験方法は、**JSCE-D 104**「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格」に準拠し、グラウト材の圧縮強度の水中気中強度比を照査する。

【品質規格値】

品質規格は材齢**28日**で圧縮強度の水中気中強度比を**80%以上**とする。

なお、ドライワークでの施工が可能な場合はこの規定は除外することができる。

<参考>

グラウト材の充填性は、パネルと既設躯体の離隔幅に応じて流動性（流下時間、フロー値等）及び施工温度、ブリーディングの有無、骨材粒径等を現場に照らし合わせ照査するものとする。

5(3)ウ(イ) 施工方法

アンカー固定式パネル工法（無収縮モルタル注入型）の標準的な施工手順を以下に示す。

- (1) 準備工
- (2) 不陸調整工（必要に応じて）
- (3) パネル取付工
- (4) パネル目地工
- (5) グラウト注入工
- (6) 養生工及び仕上げ工

【解説】

(1) 準備工

準備工については、「**4(3)ア 準備工**」を参照されたい。

なお、必要に応じて、事前にアンカーボルトの引抜強度を確認する。アンカー引抜強度試験において引抜強度が品質規格を下回った場合は、打設アンカーの数量を見直す。

侵入水や湧水のある箇所については、事前に止水又は導水対策を行う。

(2) 不陸調整工（必要に応じて）

凹凸が大きい箇所等、必要に応じて、既設水路躯体（下地コンクリート）表面の不陸調整を行う。

(3) パネル取付工

既設水路躯体にアンカーボルトでパネルを固定するが、材料・工法の違いにより取り付け方法が異なる。

固定金物を設置する仕様の場合は、事前に固定金物を接着系アンカーボルト等で水路躯体に固定した後、固定金物にパネルを取り付ける。

金属拡張式アンカーで躯体に直接取り付ける仕様の場合は、事前に、水路底版及び側壁にドリル等で穿孔のうえ内部を清掃し、パネルにはアンカー挿入孔とパネル背面に水路躯体との間隔を確保するスペーサーを取り付ける。その後、パネルと躯体のアンカー孔を合わせ、アンカーを打設してパネルを取り付ける。

アンカー取付時の穿孔径はアンカーに対して大きすぎない様留意する必要がある。



写真 5. 3. 3. 2-1 アンカー打設用下穴削孔



写真 5. 3. 3. 2-2 アンカー打設によるパネル取付工

(4) パネル目地工

パネルの継目部にプライマーを塗布し、乾燥後に目地材を充填する。充填後は、ヘラ等で平滑に仕上げ、養生を行う。

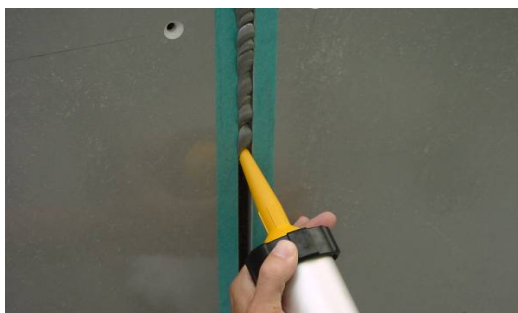


写真 5. 3. 3. 2-3 パネル目地工

(5) グラウト注入工

既設水路躯体とパネルの間にグラウト材を注入し、注入後は、所定の期間養生を行う。

グラウトの打設圧力でパネルの変形が想定される場合は、必要に応じて、支保工を設置する。

なお、グラウト打設圧に対して抵抗できる剛性を有するパネルを使用する場合は、支保工設置を省くことができる。



写真 5.3.3.2-4 グラウト注入工（ポンプ圧入の場合）

(6) 仕上げ工

側壁の天端部及び上下流端部等をシーリング材等により仕上げる。



写真 5.3.3.2-5 仕上げ工

5(3) ウ(ウ) パネル本体の施工中及び施工後の安全性

パネル本体の施工中及び施工後の安全性については、グラウト材充填時の充填圧力又は浸透水による背面圧力に対して、それぞれ安全率が1.0以上又は2.0以上となるよう照査する。

【解説】

パネル材料の必要強度はパネルの材質や施工方法等により異なるため、一律に規定することはできないが、パネル本体がグラウト材充填時の充填圧力又は浸透水により破壊しないことを照査する必要がある。この際グラウト材の充填圧力については、短期荷重であるため安全率を1.0以上、背面圧力については長期荷重であるため、安全率を2.0以上考慮する。

なお、背面圧力は一般には水路壁高までの水圧を考慮すればよいが、水路近傍の地山が高く、背面水圧が壁高より大きいと考えられる場合は、想定される背面水圧に2.0以上の安全係数を乗じて照査する。

5(4) シート工法

5(4) ア 工法の概要・特徴

シート工法は、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素等の侵入の抑制、漏水の遮断、通水性の改善（向上）を目的として、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、開水路の表面を被覆する工法である。シート工法には、無機系ライニングシート工法とFRPシート工法がある。

(1) 材料

シート工法に使用するシート材は有機系材料であり、FRP（繊維強化プラスチック）又はEVA（エチレン酢酸ビニル）樹脂である。

(2) 工法

シート工法の施工方法は、開水路の表面に接着材料を塗布し、シートを接着する。

無機系ライニングシート工法は、外傷防止のため無機系材料によりシート表面に保護層を設けるため、ひび割れ追従性が小さいが、FRPシート工法はひび割れ追従性を有する。

【解説】

(1) 材料について

無機系ライニングシート工法に使用されるシート材は、EVA（エチレン酢酸ビニル）樹脂系のシート遮水材である。維持管理時の外傷防止のため無機系材料による保護層を設ける。

FRPシート工法に使用されるシート材は、工場でガラス繊維にエポキシアクリレート樹脂等と光硬化開始材を含浸させシート状にしたものであり、紫外線を照射することで樹脂硬化が開始する複合材料であり、硬化後は強靱な被膜となる。

無機系ライニングシート工法及びFRPシート工法の断面の例を図5.4.1-1に示す。

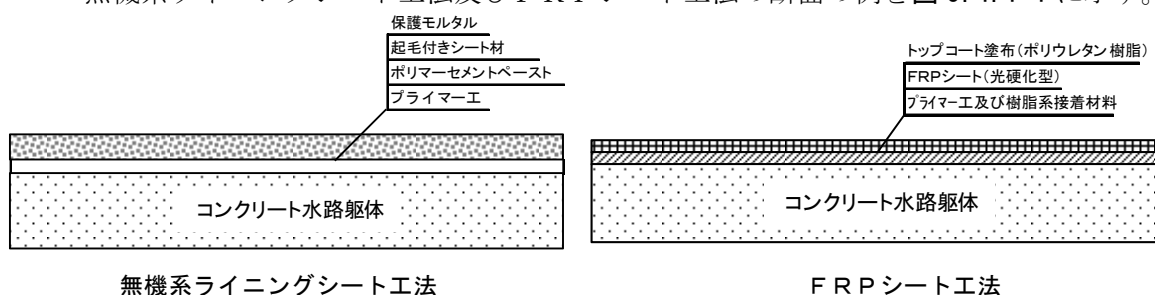


図 5.4.1-1 シート工法の断面例

(2) 工法について

シート工法の施工方法は、下地処理後、開水路の表面にプライマー及び接着用材料を塗布し、工場で薄膜状に成形されたシートを貼り付け一体化するものである。いずれの工法も付着力を確保するためには、各製品が推奨する所定のプライマー及び接着材料を使用することが望ましい。

無機系ライニングシート工法は、シート貼り付け後、左官により保護モルタルを塗布し、養生を行う。

FRPシート工法は、太陽光線又は照射装置により紫外線を照射することで、貼り付けたFRPシートを硬化させ、仕上げ工を行う。

5(4) ア(ア) 施工手順

1. 無機系ライニングシート工法

下地処理工の後に表面被覆工（プライマー工、接着材料塗布、シート材貼り付け）、左官により保護モルタルを塗布する。

2. FRPシート工法

下地処理工の後に表面被覆工（プライマー工、FRPシート貼り付け）と紫外線照射、トップコート塗布を行う。

5(4) ア(イ) その他の特徴

1. 無機系ライニングシート工法

シート材は、接着用ポリマーセメントとの接着性向上のため、シート表面に特殊な起毛処理が施されている。シート材自体は伸び特性に優れているが、工法としては無機系材料による保護モルタル層を施すため、ひび割れ追従性は小さくなる。

既設水路躯体に幅が変動するひび割れが存在すると被覆材自体にもひび割れが生じる可能性があるため、既設水路躯体の状況に応じて適切なひび割れ補修対策を講ずる必要がある。

2. FRPシート工法

紫外線照射による硬化前のシート材は柔軟であり、施設形状に応じて自由に施工することが可能であり、目地部の伸縮に対応する性能を有する製品もある。

施工後の維持管理においては、表面が滑らかになるため、水路内での作業の際、転倒に注意する必要がある。また、清掃作業の際、鋭利な道具等で傷付けないよう配慮が必要であるほか、施工箇所付近で火気を使用する場合は、被覆材に直接火が接しないよう注意が必要である。

5(4) イ 工法の要求性能・品質規格

シート工法に使用する材料・工法は、表 5.4.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 5.4.2-1 シート工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐候性 ^{*3}	紫外線による劣化	JSCE-K 511 キセノン式 2,000 時間 ^{*1} 又はサンシャイン式 1,200 時間 ^{*1} 後の変状		膨れ、ひび割れ、剥がれないこと
	付着性	付着強さ ^{*5}	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル ^{*1})	標準条件	1.5N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件 ^{*2}	1.0N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	
基本的性能	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流耗試験(案)(材齢28日、10時間経過後 ^{*1})		標準供試体に対する平均摩耗深さの比 無機系ライニングシート工法：1.5以下 FRPシート工法：0.2以下
	ひび割れ追従性 ^{*3}	伸び量	JSCE-K 532 (標準状態)		中追従：0.4mm 以上 高追従：1.0mm 以上
		伸び量 (繰返し条件下)	JSCE-K 532 ^{*6} (標準状態、初期変位 0.2mm、伸縮±0.1mm、変位速度1.0Hz、繰返し回数7,300回以上 ^{*1})		破断が無いこと
個別的性能	耐凍害性 ^{*4}	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A法300サイクル)		85%以上

^{*1} 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値(案)も同じ。

^{*2} JSCE-K 561 (水中条件)における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10%の状態 で 7 日間行うものとする。

^{*3} 耐候性、ひび割れ追従性はFRPシート工法のみ照査が必要である。

^{*4} 耐凍害性は無機系ライニングシート工法のみ照査が必要である。

^{*5} シート工法に併せて不陸調整工を行う場合、本表の付着強さ試験は不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し実施する。また、本表の他に表 5.2.3-1 に準じて不陸調整材に関する品質試験を行う。

^{*6} 試験の詳細は「表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法(案)」を参照。

【解説】

5(4)イ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、シート工法の要求性能が保持されるよう、シート工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 5.4.2-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行うシート工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

5(4)イ(イ) 品質規格

5(4)イ(イ)1) 耐候性

部位によって異なるが、開水路では通常、太陽光による紫外線を受けた状態で供用される。

したがって、シートについては、日照(紫外線、太陽熱)や乾湿・温冷の影響を受けても脆弱化しない、耐候性が要求される。シートの種類及び厚さ等によって耐候性が異なるため、施工後の環境条件及び使用するシート工法の性能を把握した上で、適切な材料・仕様を選定する必要がある。

なお、無機系ライニングシート工法は、表面が保護モルタルで覆われているため、以上の劣化は生じないものとし、照査の必要はないものとする。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる促進耐候性試験により行う。

シート工法の効果が期待される期間を 20 年とした場合、その試験時間は JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」によるキセノン式 2,000 時間、あるいはサンシャイン式 1,200 時間となる。

【品質規格値】

F R P シート工法の品質規格値は、促進耐候性試験後、膨れ、ひび割れ、剥がれ等がないこととする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」2. 耐候性を参照のこと。

5(4)イ(イ)2) 付着性

多様な環境条件で供用される開水路では、水分・温度等の変化を受けるため、施工初期の付着性のみならず、シート工法の効果が期待される期間中、既設コンクリート躯体との付着性が要求される。

【照査方法】

JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)」に基づき、同試験方法(案)「5.8 付着試験」の環境条件に示す、標準条件、多湿条件、低温条件、水中条件、乾湿繰返し条件、温冷繰返し条件下における付着強さを測定し、付着性を照査する。

なお、不陸調整材を用いる場合は、不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し、照査しなければならない。

【品質規格値】

標準条件、多湿条件及び低温条件での品質規格は 1.5 N/mm^2 以上とし、水中条件、乾湿繰返し条件及び温冷繰返し条件は 1.0 N/mm^2 以上とする。

なお、試験結果には付着強さ試験後の破断面の位置と状況を明記するものとする。

5(4)イ(イ)3) 耐摩耗性

シートは、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗²⁾が生じる。シートの摩耗が進行すると、鉄筋の被り不足や粗度係数の悪化による通水性の低下を招くおそれがあることから、耐摩耗性が要求される。

【照査方法】

シート工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験²⁾に基づく。

なお、シート工法の効果が期待される期間を 20 年と想定した場合、水砂噴流摩耗試験(水圧 2 MPa)により、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 10 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm (=3.5 mm)^{*1}と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 5.4.2-2 に示すとおりである。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

²⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

表 5.4.2-2 シート材料の耐摩耗性の品質規格値

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間 平均摩耗深さの基準値 [A] (3.5mm)* ¹ と各補修材の平均摩 耗深さ[B]の比 (B/A)	参考* ² : 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
無機系ライニングシート	1.5 以下	5.2 以下 (1.5 [B/A]×3.5 [A]=5.25)
FRP シート* ³	0.2 以下* ³	0.7 以下 (0.2 [B/A]×3.5 [A]=0.7)

*¹ 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出し、安全側を考慮し実測データの母平均 3.62mm より 0.5mm 刻みで切り捨てた。

*² 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) は、10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

*³ 有機系では、補修材料の部材厚の 1/3 と補修材の平均摩耗深さ [B] のうち小さい方を許容値とすることを基本とするが、部材厚が 2.1mm (0.7mm の 3 倍) を上回る場合は、部材厚の 1/3 を許容値とする。

<設定例>

FRP シート工法の効果が期待される期間 20 年とした場合に相当する水砂噴流摩耗試験時間は 10 時間である。FRP シート工法の部材厚を 2.0mm (2.1mm 以下) とした場合、補修材料の部材厚の 1/3 は 0.6mm (=部材厚 2.0mm×1/3 を安全側に値の端数を切り捨て小数点 1 位とした値) であり、補修材の平均摩耗深さ 0.7mm より小さくなるため、許容値は 0.6mm とする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

5(4)イ(イ)4) ひび割れ追従性

既設水路躯体に幅の変動があるひび割れがあり、かつ被覆材の表面にひび割れの発生を許容しない場合、シート工法にはひび割れ追従性が要求される。

FRP シート工法はシート本体が有する伸び性能によって、補修の効果が期待される期間中、ひび割れ追従性を保持することが求められる。

無機系ライニングシート工法は、既設水路躯体との間に接着用ポリマーセメントペーストと保護モルタルの間にシート材を施すものであり、ひび割れ追従性が小さいと言える。

しかし既設水路躯体に幅が変動するひび割れが有る場合、シート材がひび割れの動きを絶縁し、ひび割れが表面に達することを防ぐと考えられるため、適切なひび割れ補修対策を併用することを前提として、ひび割れ追従性の照査を省略するものとした。

【照査方法】

ひび割れ追従性の照査は、JSCE-K 532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」、また、

繰り返しひび割れ追従性は、表面被覆材の繰り返しひび割れ追従性試験方法(案)に準拠し行う。

【品質規格値】

- a) 標準供試体の引張試験を行い、その伸び量が **0.4 mm** 以上を中追従(鉄筋コンクリートを想定)、**1.0 mm** 以上を高追従(無筋コンクリートを想定)と品質区分する。
- b) 繰り返しひび割れ追従性の試験体は、ひび割れ追従性試験に準じ、初期変位 **0.2 mm**、変動幅 **± 0.1mm**、繰り返し周波数 **1 Hz**、繰り返し回数 **7,300** 回以上行い被膜表面に破断がないこととする。

なお、繰り返しひび割れ追従性の促進期間や規格値の設定の詳細については「**4(2)エ 要求性能毎の品質規格**」【解説】に示す「**照査方法と品質規格の考え方**」8. ② **繰り返しひび割れ追従性**を参照のこと。

5(4)イ(イ)5) 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、無機系ライニングシート工法に耐凍害性が要求される。FRPシート工法の場合は耐凍害性の照査は必要ない。

【照査方法】

無機系ライニングシート工法は有機系材料と比較して吸水しやすいため、凍害による劣化が生じやすい。したがって、**JIS A 1148**「コンクリートの凍結融解試験方法」(A法、300サイクル)に基づき、被覆材の凍結融解作用に関する照査を行う。

【品質規格値】

(公社)土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値を参考に、開水路の設置環境として、①気象条件として、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態として、連続してあるいは、しばしば水で飽和される場合、③断面が薄い場合に相当するとして、相対動弾性係数 **85%**以上とする。

5(4)ウ 工法の施工

シート工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が異なる。

(1) FRPシート工法

1. 準備工
2. 下地処理工
3. 不陸調整工（必要に応じて）
4. プライマー工
5. シート貼付工
6. 紫外線照射工
7. 仕上げ工

(2) 無機系ライニングシート工法

1. 準備工
2. 下地処理工
3. プライマー工、接着用ポリマーセメント塗布工
4. シート貼付工
5. 保護モルタル塗布工
6. 養生工

【解説】

(1) FRPシート工法

1. 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

水路躯体に侵入水や湧水がある場合は、事前に止水又は導水対策を行う。

2. 下地処理工

下地処理工については、「4(3)イ 下地処理工」を参照されたい。

3. 不陸調整工（必要に応じて）

凹凸が大きい箇所等必要に応じて、断面修復工や既設水路躯体（下地コンクリート）表面の不陸調整を行う。

4. プライマー工

水分計を用い、既設水路躯体（下地コンクリート）の水分を測定し、5%未満であることを確認した後、プライマーをゴムベラやローラー等でシートを貼り付ける範囲全体に塗布する。表面含水率が高周波水分計で5%以上であった場合は、強制乾燥等を行い施工する。



写真 5. 4. 3-1 ローラーによるプライマーの塗布状況



写真 5. 4. 3-2 ヘラによるプライマーの塗布状況

5. シート貼付工

① シート貼付及び脱泡作業

プライマーが固化する前にシートを貼り付け、プライマーとシートの間の空気を金属ヘラ等で脱泡する。

シート表面（紫外線照射側）の保護フィルムに汚れやプライマーが付着している場合、硬化の阻害となる場合があるため、紫外線を照射する前に保護フィルム表面をウエス等で清掃する。



写真 5. 4. 3-3 脱泡作業状況

② シートの重ね幅

シートの重ね幅は、50 mm 以上とする。

6. 紫外線照射工

① シートの硬化方法

シート貼付後、紫外線遮蔽用設備を外し、太陽光を利用して紫外線を照射する。

太陽光が届かない場所においては、紫外線照射器によりシートを硬化させる。

② 硬化確認

シートの硬化確認は、JIS K 5600-5-4「引っかき硬度（鉛筆法）」に準じて行う。芯の先を尖らせない状態でシートに引っかき傷が残らなければ硬化完了とする。



写真 5. 4. 3-4 硬化確認状況

7. 仕上げ工

① 端部調整

表面の保護フィルムを剥がし、シート端部からはみ出したプライマーの重合わせ部分のまくれ等をスクレーパー等で削り取り、平滑にする。

さらに、既設水路躯体とシートの継目をプライマーでスムーズに平滑に仕上げる。

② トップコート塗布

紫外線によるシート劣化防止のため、表面に、ローラー、刷毛を併用し、色むら塗に残し、ダレ等がないようトップコーティングする。



写真 5. 4. 3-5 トップコート塗布状況

(2) 無機系ライニングシート工法

1. 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

2. 下地処理工

下地処理工については、「4(3)イ 下地処理工」を参照されたい。

水路躯体に侵入水や湧水がある場合は、事前に止水又は導水対策を行う。

既設水路躯体のひび割れは、必要に応じてひび割れ補修を併用し、断面修復工は、表面被覆工に先立ち行う。

3. プライマー工、接着用ポリマーセメント塗布工

プライマーを既設水路躯体（下地コンクリート）に塗布し、水路躯体表面及びシートの接着材として、接着用のポリマーセメントをペースト状に塗布する。



写真 5. 4. 3-6 ポリマーセメントの塗布状況

4. シート貼付工

接着用ポリマーセメント塗布後、速やかにシートを貼り付け、シートとポリマーセメントの間の空気をハンドローラーで押えて除去する。シート面下に空気溜りが残ると接着不良の原因となるので、空気抜きを入念に行う。



写真 5. 4. 3-7 シートの貼付け状況

5. 保護モルタル塗布工

シートの上から、ポリマーセメントモルタルをシート面に刷り込むように塗布する。表面は金コテで平滑に仕上げる。



写真 5. 4. 3-8 保護モルタルの左官仕上げ状況

6. 養生工

施工中、保護モルタルに乾燥ひび割れが生じないように、必要な養生を行う。低温時の施工にあたっては、施工中の加温養生等の対策が必要である。

保護モルタルが流水で流亡しないように、**3～4**日間養生してから通水する。

第6章 ひび割れ補修工法

6(1) 工法の概要・特徴

ひび割れ補修工法は、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、硫化水素等の侵入の抑制等を目的とし、ひび割れを修復する工法である。

開水路のひび割れ補修工法は、ひび割れの発生原因と発生状況等を考慮して、適切な工法を選択する必要がある。

(1)材料

ひび割れ補修工法には、補修目的や既設水路の設置環境により異なるが、表面処理工法と同様に無機系（ポリマーセメント系材料等）及び有機系（エポキシ樹脂系材料等）の材料が用いられる。その選択にあたっては、各種材料の特徴を十分に考慮しなければならない。

(2)工法

ひび割れ補修工法の施工方法は、ひび割れ被覆工法、ひび割れ注入工法、ひび割れ充填工法の3種類があり、ひび割れ幅や補修目的等により単独あるいは組み合わせて適用する。

【解説】

(1)材料

ひび割れ補修工法には、無機系（セメント系・ポリマーセメント系）、有機系（エポキシ樹脂系・アクリル樹脂系）の材料が用いられる。各材料の特徴を表 6. 1-1 に示す。

表 6. 1-1 ひび割れ補修工法の主な使用材料の特徴

	無機系材料	有機系材料
	セメント系、ポリマーセメント系	エポキシ樹脂系、アクリル樹脂系
特徴	・エポキシ樹脂系材料と比較して安価である。 ・熱膨張率がコンクリートに近い。 ・湿潤箇所に適用できる。 ・硬化がエポキシ樹脂系材料より遅い。	・施工性に優れる。 ・熱膨張係数が多い（コンクリートの約 5～10 倍）。 ・揺変性を付与したものや伸び率 50%以上の性能を有するもの（可とう性エポキシ樹脂）等性状が豊富である。 ・可燃性がある。 ・紫外線、熱によって劣化する。

1. 無機系材料

セメント系材料は、超微粒子セメントをベースにした材料であり、これまで注入が困難とされてきた **0.2 mm** 程度の微細なひび割れへの注入が可能である。

ポリマーセメント系材料は、水性ポリマーディスパージョン、セメント及び細骨材を配合した材料である。

無機系材料は、躯体（既設水路コンクリート）に近い物性が期待できることから、有機系材料に比べなじみが良く、湿潤面に対する付着性が期待できる。一方、乾燥面において既設コンクリートとの境界でドライアウトを生じ、剥離する場合があるほか、材料の乾燥収縮等がある。

2. 有機系材料

エポキシ樹脂系材料は施工事例が多く、硬質型のものから柔軟型のものまで開発されており、ひび割れの状態（進行の程度）に応じて使い分けられている。接着力が強く、硬化収縮が小さい等の特徴がある。低温時の施工性や伸び特性の低下に注意する必要がある。

アクリル樹脂系材料は、比較的新しい材料である。特徴はエポキシ樹脂系材料と似ているが、粘性が低く、低温時の硬化性に優れている。

(2)工法

ひび割れ補修工法の施工方法には、ひび割れ被覆工法、注入工法、充填工法があり、ひび割れ幅等の発生状況や補修目的を考慮して適切な工法を選定する必要がある。

1. 施工の概要

① ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法は、ひび割れ部分のコンクリート表面に被覆を施す工法である。ひび割れ幅が小さい場合(一般に幅 **0.2 mm** 未満)及びひび割れ内部が遊離石灰等で塞がっている場合に用いられる。一般に、塗膜弾性防水材、ポリマーセメントペースト、セメントフィラー等が用いられるが、ひび割れ幅の変動の有無により、使用する被覆材料とその施工方法が異なる。

ひび割れ被覆工法の一般的な施工例を図 6.1.1.2-1 に示す。

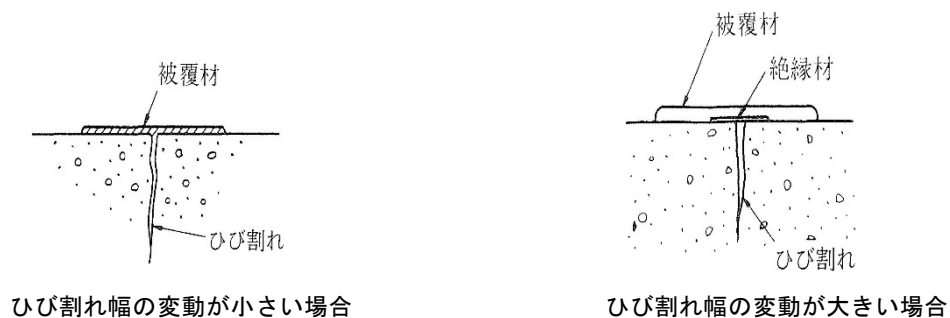


図 6.1.1.2-1 ひび割れ被覆工法の例

② ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法は、ひび割れに樹脂系あるいはセメント系注入材を注入し、ひび割れからの劣化因子の侵入を防止する工法である。微細なひび割れから大きなひび割れまで対応できる。注入量が管理しやすい自動式低圧注入工法が一般的であり、その施工例を図 6.1.1.2-2 に示す。

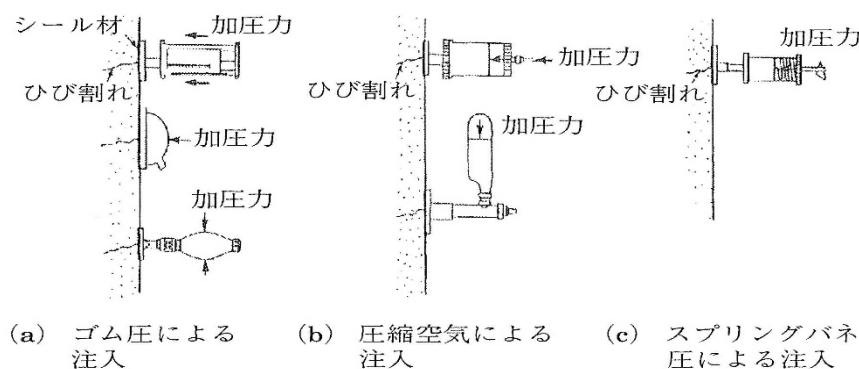


図 6.1.1.2-2 ひび割れ注入工法の施工例（低圧注入）

ひび割れ注入工法は、加圧注入された樹脂等がひび割れ部から漏出しないよう、あらかじめひび割れに沿ってシーリングする必要がある。シーリング材は、次の条件を考慮して選定する必要がある。

- ・加圧注入された注入材が漏出しないこと：コンクリートとの接着強さ
- ・シーリング作業が能率的に行えること：材料の取扱い性、作業性
- ・注入後の撤去が能率的に行えること：撤去の容易性（コンクリート面の非汚損性も含む）

参考にシーリング材の特徴を表 6.1.1.2-1 に示す。

表 6.1.1.2-1 注入材施工前のひび割れ部へのシーリング材の種類と特徴

種 類	特 徴 等
弾性シーリング材	◎溶剤型（カートリッジタイプ） 溶剤が揮発して硬化する 1 成分系で、作業性が良く扱い易い材料であるが、下地に対する高い接着力は期待できず、圧入時の注入材の漏れに十分注意する必要がある。撤去は容易である。 ◎湿気硬化型（カートリッジタイプ） 湿気硬化型 1 成分系ウレタン樹脂で硬化時間が多少長い、溶剤型と異なり肉やせがないので、器機の取り付けにも使用できる。硬化後はゴム状になり、撤去は容易である。
二成分系速硬化性エポキシ樹脂	可使時間が非常に短いので、少量ずつしか練り混ぜできず作業性に劣るが、下地に対する接着力もあり、引き続き注入作業工程に早期に取りかかる利点がある。シーリング材撤去に伴う下地の損傷に注意する必要がある。

③ ひび割れ充填工法

ひび割れ充填工法は、ひび割れに沿ってコンクリートをU字形等にカットし、弾性シーリング材、可とう性エポキシ樹脂、あるいはポリマーセメントモルタル等を充填する工法である。ひび割れ幅が比較的大きい場合及びひび割れ内部が遊離石灰等で塞がっている場合に用いられる。

コンクリートの温度変化等によるひび割れ幅の変動が大きい場合は、ポリウレタン樹脂や変成シリコン樹脂等の弾性シーリング材を充填する。また、ひび割れ幅の変動が小さい場合は、可とう性エポキシ樹脂等を充填する。一方、ひび割れ幅が変動しない場合は、ポリマーセメントモルタル等の硬質材料を充填する。

ひび割れから湧水がある場合には、急結セメント等による止水処理又は半割管やメッシュホース等の設置により湧水を外部へ安全に導水する対策を先行して行う必要がある。

無機系被覆工法とひび割れ充填工法を併用する場合の施工例を図 6.1.1.2-3 に示す。ひび割れ幅が変動する場合には、ひび割れ充填工法を施工する箇所で、表面被覆材を縁切りして施工する。

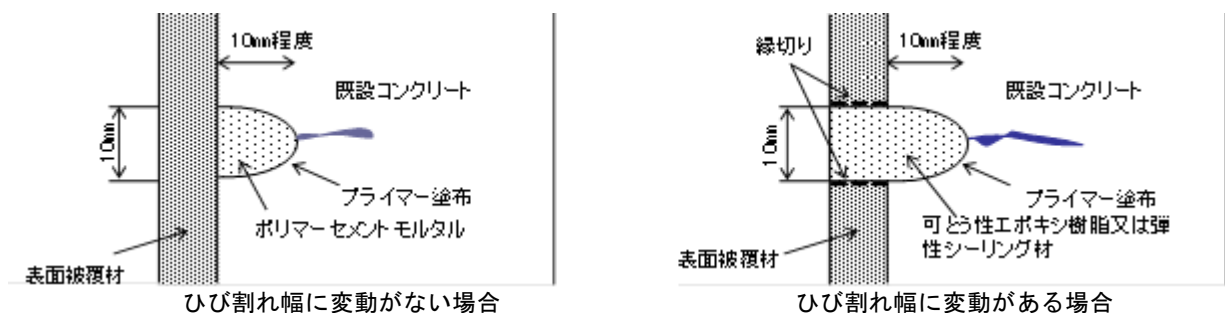


図 6.1.1.2-3 無機系被覆工法とひび割れ充填工法を併用する場合の施工事例

2. 施工手順

① ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法の施工手順は、ひび割れ部の清掃後にコンクリート表面の気孔等を樹脂で充填し、適切な補修材料によるひび割れ被覆工と養生を行う。

② ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法の施工手順は、ひび割れ部の清掃後に、ひび割れ表面へのシーリング及び注入と養生を行う。

なお、自動式低圧注入工法は注入精度が作業員の熟練度に左右されないという長所がある。

③ ひび割れ充填工法

ひび割れ充填工法の施工手順は、ひび割れに沿ってUカット等を行った後、ひび割れ部の清掃を行い、プライマー塗布、補修材充填と養生を行う。

3. その他の特徴

① ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法は、ひび割れ表面に施工する被覆材の厚さが薄いため早期の劣化に対する注意が必要である。また、貫通したひび割れで裏面の防水処理ができない場合、被覆材料の膨れ等が生じる可能性があるため適用できない。

② ひび割れ注入工法

一般的に用いられる自動式低圧注入工法の動作原理別の工法を表 6.1.1.2-2 に示す。使用する専用機器（注入圧 0.4 N/mm^2 以下）により下表のように区分される。

表 6.1.1.2-2 自動式低圧注入工法の種類

動作原理	工法名
ゴ ム	スクイズ工法
	シリンダー工法
	DG インジェクター工法
	ビックス工法
空気圧	SK グラウト工法
	エアロ工法
バ ネ	マイクロカプセル工法

③ ひび割れ充填工法

ひび割れに沿って行うコンクリートの切削には、U字形の他にV字形にカットする工法がある。V字形はカットが容易で施工性に優れるが、U字形は充填材の定着に優れるためU字形でカットすることが望ましい。

6(2) 工法の要求性能・品質規格

6(2) ア 樹脂系ひび割れ注入工法

樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法は、表 6.2.1-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.1-1 樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目		照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	粘性	粘度又は チキソトロピック係数		JIS K 6833	粘度 1.0Pa・s 以下 チキソトロピック係数 4 ± 1
	可使用性	可使用時間 ^{*1}		温度上昇法	30 分以上
	耐硬化収縮性	硬化収縮率		JIS A 6024	3%以下
	付着性	付着強さ	乾燥面	JIS A 6024	6.0 N/mm ² 以上
			湿潤面		3.0 N/mm ² 以上

*1 機械式注入工法の場合は、可使用時間の規定は適用しない。

【解説】

6(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.1-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<上表に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）をほとんど生じていないもの。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.2～5.0 mm である。

6(2) ア(イ) 品質規格

樹脂系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格は、(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」等を参考に規定した。

1. 粘性

粘性は、注入材の施工性を左右する因子であり、粘性が低いほど流動性が良く、低圧で微細なひび割れへの高い注入性が得られるため、適切な粘性が要求される。

【照査方法】

照査方法は、JIS K 6833「接着剤—一般試験方法—第1部：基本特性の求め方」5.4 粘度の試験方法による。

【品質規格値】

粘性の品質規格値は、(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」等を参考に、粘度 $1.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下又はチキソトロピック係数 4 ± 1 とする。

2. 可使用性

可使用性は可使用時間で照査する。可使用時間は、材料の攪拌を開始してからひび割れの深部まで十分に注入するまでに必要な時間である。樹脂系ひび割れ注入材は、表 6.2.1-2 に示すように使用時の気温により、硬化する時間が変わり、気温が高くなると早くなる。ひび割れ注入時の作業時間を確保するため、可使用時間を規定した。

表 6.2.1-2 気温と粘度、硬化時間及び可使用時間(例)

気温 (°C)	5	15	25	35
粘度 (mPa・s)	250	500	1000	2000
硬化時間	24 h	12 h	6 h	3 h
可使用時間	4 h	2 h	1 h	0.5 h

【照査方法】

可使用時間は、温度上昇法により照査する。温度上昇法とは、混合物の試料 300g を 500 cc のポリ容器に採取し、試料の中央部に温度計又は熱電対温度計を設置し、一定時間ごとに試料の発熱温度を測定する。測定開始時は混合開始からとする。発熱温度が急激に立ち上がる材料は、その立ち上がり時間の 70 % を可使用時間とする。発熱温度の急激な立ち上がりの無い試料は、最高発熱温度到達時間の 50 % を可使用時間とする。

【品質規格値】

可使用時間の品質規格値は、(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」等を参考に 30 分以上とする。

3. 耐硬化収縮性

樹脂系のひび割れ注入材料は、硬化時に収縮する。このため、硬化収縮率が大きいとひび割れ内部の注入材やコンクリートに割れや空隙等の変状が生じ接着が損なわれるため、硬化時の収縮が小さいことが要求される。

【照査方法】

注入材料の硬化時の耐収縮性は、硬化収縮率を照査する。硬化収縮率の照査方法は、JIS A 6024:2015「建築補修用注入エポキシ樹脂」6.5 硬化収縮の試験方法に基づく。

【品質規格値】

硬化収縮率の品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、3.0%以下とする。

4. 付着性

ひび割れ注入工法は、注入材をひび割れによる空隙部に注入し既設コンクリートと付着させることにより劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。特に開水路の補修における施工条件や環境条件を考慮すると、湿潤条件下での施工となる場合や施工後に水にさらされる等様々な条件下での付着性が求められる。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JIS A 6024:2015「建築補修用注入エポキシ樹脂」6.4 接着強さの試験方法に基づく。試験体の環境条件は、標準条件及び特殊条件のうち湿潤時の条件で行うものとする。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」等を準用し、標準条件における乾燥面では 6.0 N/mm² 以上、特殊条件における湿潤面では 3.0 N/mm² 以上とする。

6(2) イ 無機系ひび割れ注入工法

無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法は、表 6.2.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.2-1 無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	流動性	コンシステンシー	JSCE-K 542	45 秒以内
	耐膨張収縮性	膨張収縮率 (材齢 1 日目の測定)	JSCE-K 542	3%以下
	付着性	付着強さ（標準条件）	JSCE-K 542	4.0 N/mm ² 以上

【解説】

6(2) イ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、上表に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<表 6.2.2-1 に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）をほとんど生じていないもの。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.2～2.0 mm である。

6(2) イ(イ) 品質規格

無機系ひび割れ注入工法に使用する材料・工法の品質規格は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」等を参考に規定した。

1. 流動性

流動性は、注入材の施工性を左右し、流動性が高いほど低圧で微細なひび割れへの高い注入性が得られるため、適切な流動性が要求される。

【照査方法】

流動性はコンシステンシーを照査する。コンシステンシーの照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.2 コンシステンシーの試験方法に基づく。

【品質規格値】

コンシステンシーの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、45 秒以内とする。

2. 耐膨張収縮性

無機系のひび割れ注入材料は、硬化時の膨張収縮が大きいと、コンクリートと注入材の付着性が確保されなくなるおそれがあることから、耐膨張収縮性が求められる。

【照査方法】

注入材料の耐膨張収縮性は、膨張収縮率を照査する。膨張収縮率の照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.5 膨張収縮率の試験方法に基づく。

【品質規格値】

膨張収縮率は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、3.0%以下とする。

3. 付着性

ひび割れ注入工法は、注入材をひび割れによる空隙部に注入し既設コンクリートと付着させることにより劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。

【照査方法】

無機系ひび割れ注入材の付着性は、付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JSCE-K 542「コンクリート構造物補修用セメント系ひび割れ注入材の試験方法」5.10 接着強さの試験方法に基づく。試験の環境条件は標準条件とする。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」を準用し、標準条件で 4.0 N/mm²以上とする。

6(2) ウ 弾性シーリング材ひび割れ充填工法

弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、JIS A 5758 建築用シーリング材の F-20LM クラスとし、表 6.2.3-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.3-1 弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	試験方法	品質規格値(案)
基本的性能	伸縮追従性	耐久性区分	JIS A 1439 5.17	JIS A 5758 耐久性区分 8020 以上
	付着性	強度保持率	JIS A 1439 5.9	強度保持率 60%以上 (水中浸せき／標準)

【解説】

6(2) ウ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.3-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、以下のひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

<上表に例示する品質規格の適用対象となるひび割れ>

- ・開水路コンクリートの温度変化によるひび割れ幅の変動（伸縮挙動）がある。
- ・ひび割れ幅の適用範囲は、0.4～5.0 mm である。

6(2) ウ(イ) 品質規格

弾性シーリング材ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、（一財）建築保全センター「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」（ひび割れUカット充てん用シーリング材の品質基準(案)）等を参考に規定した。

弾性シーリング材の材質区分は JIS A 5758「建築用シーリング材」における F-20LM とする。シーリング材の区分「F」は、グレージング以外に使用するシーリング材を示し、ペースト状の材料で施工時に隙間に充填後、硬化してゴム状になるものをいう。シーリング材の区分「20」は、初期の目地幅（12.0 mm）に対する±20%の拡大・縮小率を示す。

開水路コンクリートのひび割れは、温度変動によりひび割れ幅が挙動するため、次の考えにより拡大・縮小率を決定した。開水路のバレル長さを 15 m（想定されるスパン長 9～15 m の最大値を考慮）とし、その中央にひび割れが発生したものと考え、開水路躯体の線膨張係数を $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、通水状態の夏季の開水路コンクリートの温度変化の最大値として 30°C とすれば、

$$7,500 \text{ mm} \times 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times 30 ^\circ\text{C} = 2.25 \text{ mm}$$

安全を見て $\pm 20\%$ ($12.0 \text{ mm} \times \pm 20\% = \pm 2.4 \text{ mm}$) の拡大・縮小率とした。

シーリング材の区分「LM」は、低モジュラスを示し、60%モジュラスが 23°C で 0.4N/mm^2 以下、 -20°C で 0.6N/mm^2 以下となる。

1. 伸縮追従性

【照査方法】

ひび割れ充填用の弾性シーリング材料の伸縮追従性は、建築用シーリング材の耐久性区分で照査する。照査方法は JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.17 耐久性試験に基づき行う。

【品質規格値】

品質規格値は、JIS A 5758「建築用シーリング材の耐久性区分」における「8020」以上とする。

「8020」の性能は、 80°C の加熱で -20% 変形するまで圧縮し、その後 -10°C に冷却して $+20\%$ 変形するまで引っ張る等の試験を行い、試験体に溶解、膨潤、ひび割れ等の異常が認められないものである。

2. 付着性

ひび割れ補修工法は、既設水路躯体に付着することにより躯体コンクリートへの劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。特に開水路の補修における施工条件や環境条件を考慮すると、湿潤面での施工性や長期間に亘る水没条件等様々な条件下での付着性が求められる。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.9 水浸せき後の接着性試験と 5.3 引張特性試験に基づき行い、双方の試験結果の付着強さの比「強度保持率（水中浸せき/標準）」を算出する。

【品質規格値】

強度保持率の品質規格値は、（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」のひび割れ注入材の基準を準用し、強度保持率（水中浸せき／標準）が 60 %以上とする。

6(2)エ 可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法

可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、表 6.2.4-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.4-1 可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐引張性	引張強さ	JIS K 6251	標準条件	1.0 N/mm ² 以上
				低温条件	
				加熱劣化条件	
	伸び率		JIS K 6251	標準条件	30 % 以上
				低温条件	
				加熱劣化条件	
	接着性	引張接着強さ	JIS A 1439 5.20		最大引張応力 1.0 N/mm ² 以上
		引張接着時伸び率	JIS A 1439 5.20		最大荷重時伸び率 10% 以上

【解説】

6(2)エ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.5-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、温度変化による幅の変動（伸縮挙動）が小さいひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

6(2)エ(イ) 品質規格

可とう性エポキシ樹脂ひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、（一財）建築保全センター「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」（ひび割れUカット充てん用可とう性エポキシ樹脂の品質基準(案)）を参考に設定した。

1. 耐引張性

【照査方法】

ひび割れ充填用の可とう性エポキシ樹脂の耐引張性は、引張強さ及び伸び率を照査する。引張強さ及び伸び率の照査方法は、JIS K 6251「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方」引張強さ及び伸び率試験に基づき行う。

なお、試験条件については、「建築改修工事監理指針(上・下巻)（令和4年版）」を参考に、ダンベル状試験片の形状はダンベル状 1 号形を用いるものとし、標準条件、低温条件、加熱劣化条件の各条件で養生した後、引張速度 200 ± 20 mm / min で試験を行う。

各養生条件を表 6.2.4-2 に示す。

表 6.2.4-2 可とう性エポキシ樹脂の引張強度及び伸び率試験の養生条件

試験条件	養生条件
標準条件	試験体を標準条件で 14 日間養生したのち、引張強さ、伸びを測定する。
低温条件	試験体を標準条件で 14 日間養生し、さらに $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に調節した恒温室内に 16 時間保存したのち、恒温室内にて引張強さ、伸びを測定する。
加熱劣化条件	試験体を標準条件で 14 日間養生し、さらに $80 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に調節した恒温器内に 14 日間置いたのち、標準条件に戻して引張強さ、伸びを測定する。

【品質規格値】

引張強さ及び伸び率の品質規格値は、いずれの条件においても、引張強度は 1.0 N/mm^2 以上、伸びは 30 %以上とする。

2. 接着性

【照査方法】

ひび割れ充填用の可とう性エポキシ樹脂の接着性は、引張接着強さ及び引張接着時伸び率を照査する。充填材が引張された時の接着強さを求めるもので、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」5.20 引張接着性試験 に基づき行う。

【品質規格値】

引張接着強さ及び引張接着時伸び率の品質規格値は、最大引張応力 1.0 N/mm^2 以上、最大荷重時伸び率 10 %以上とする。

6(2)オ ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法

ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法は、表 6.2.5-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 6.2.5-1 ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (標準条件*2)	1.5 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129*1	0.05 %以下

*1 ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 2 日間養生後、型枠を脱型したものを試験体とする。脱型後を基長として、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ の状態で 28 日後の長さ変化率を測定する。

*2 本工法を単独で施工し、補修箇所が通水表面に露出する場合は、現場条件に合わせて、多湿・低温・水中・乾湿繰り返し・温冷繰り返し条件での試験を併せて実施するものとする。

【解説】

6(2)オ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、ひび割れ補修工法の要求性能が保持されるよう、ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 6.2.5-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、温度変化による幅の変動（伸縮挙動）が無いひび割れを補修する際、当該工法に求められる性能を対象としている。ひび割れの発生要因等を検討の上、適切に準用されたい。

6(2)オ(イ) 品質規格

ポリマーセメントモルタルひび割れ充填工法に使用する材料・工法の品質規格は、無機系被覆工法を参考に設定した。

1. 付着性

ひび割れ補修工法は、既設水路躯体に付着することにより躯体コンクリートへの劣化因子の侵入抑制が可能となるため、付着性は、開水路の耐久性を回復又は向上させる上で重要な性能項目の一つである。

【照査方法】

付着性は付着強さを照査する。付着強さの照査方法は、JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の標準条件における付着強さの試験方法に基づく。

【品質規格値】

付着強さの品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」の標準条件における付着性の品質規格値を参考とし、乾燥面における付着強さ 1.5 N/mm² 以上とする。

2. 寸法安定性

充填材に用いるポリマーセメントモルタルは硬化後に収縮するが、その際の収縮が大きいとひび割れ内部で充填部が乖離し接着が損なわれるため、乾燥収縮による寸法変化が小さいことが要求される。

【照査方法】

寸法安定性の照査方法は、長さ変化率を照査する。試験方法は、JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」に基づく。

【品質規格値】

長さ変化率の品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における寸法安定性の品質規格値参考とし、0.05 %以下とする。

6(3) 工法の施工

ひび割れ補修工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順は異なる。

(1) ひび割れ注入工法

- 1) 準備工
- 2) 清掃
- 3) 注入用器具の設置
- 4) ひび割れ表面のシーリング
- 5) 注入
- 6) 養生
- 7) 注入用器具撤去
- 8) 表面仕上げ

(2) ひび割れ充填工法

- 1) 準備工
- 2) ひび割れ表面のUカット
- 3) 清掃
- 4) プライマー塗布
- 5) 充填
- 6) 養生

【解説】

(1) ひび割れ注入工法

ひび割れ注入工法の施工方法は、手動式・機械式注入工法、自動式注入工法の 2 種類がある。

自動式注入工法は、ゴムの復元力、空気圧やスプリングを使用した専用の注入用器具を用いて、注入圧 **0.4 MPa** 以下の低圧かつ低速で注入する工法である。エポキシ樹脂の自動式低圧注入器具(例)を図 6.3.1-1 に示す。

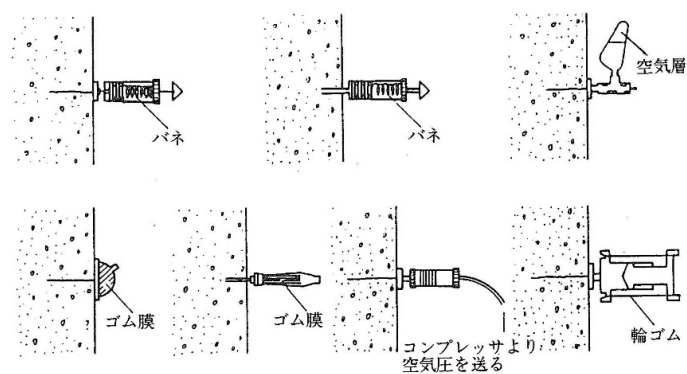


図 6.3.1-1 エポキシ樹脂の自動式低圧注入器具(例)¹⁾

ひび割れ注入の材料の種類によっては溶剤を含むものがあり、火気に対する安全・衛生（換気等）に注意しなければならない。また、エポキシ樹脂等化学反応系の材料には皮膚への刺激等があるので、防護具を使用する。

1) 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

2) 清掃

既設コンクリートとひび割れシーリング材及び注入用器具の付着を確保するため、ひび割れ部のコンクリート表面をワイヤブラシ等を用い、ひび割れに沿って幅 50 mm 程度のレイタンスや塵芥を除去し清掃する。



写真 6.3.1-1 ひび割れ部の清掃の例

¹⁾ 出典：(一財) 建築保全センター 建築改修工事監理指針(上・下巻) (令和4年版)

3) 注入用器具の設置

注入用器具（座金等）をひび割れ上に接着材（シーリング材）で取り付ける。取付間隔はひび割れ幅によって異なるが、ひび割れ幅が 0.2～1.0 mm の場合は、250～300 mm 程度を目安とする。

4) ひび割れ表面のシーリング

ひび割れ部表面をシーリング材により注入材が流出しないようにシーリングする。特に、自動式注入工法の場合は、微細なひび割れからも注入材が漏れることがあるので、幅広くシーリングすることが必要である。シーリング材は、エポキシ樹脂パテや合成ゴム系の剥離性シーラー等がある。

コンクリート表面が濡れていたり湿っていたりする場合は、ひび割れシーリング材の接着性の低下を招き、塗膜の膨れを生じることがあるため、コンクリート表面の含水率は高周波水分計で 8 % 以下であることを確認する。



写真 6.3.1-2 注入用座金の設置と
ひび割れ表面のシーリング状況



写真 6.3.1-3 注入用器具による注入例

5) 注入

シーリング材が硬化した後、注入用器具（シリンダー等）を取付け、注入圧力 0.4 N/mm² 以下で注入材を注入する。必要に応じて、注入材の補充（追加注入）を行う。なお、貫通ひび割れを伝って開水路背面から注入材が漏れるおそれのある場合は、協議の上、背面にシーリングを行うか又は背面より流出しない粘度の注入材を使用する。

エポキシ樹脂注入の施工にあたっては、ひび割れ毎に注入された樹脂の量を記録する。設計注入量と比較し、大幅に注入された場合は、内部にジャンカ等が有るか背面に流出している可能性があるため、原因を調査する。

6) 養生

注入完了後は、注入器具を取り付けたまま硬化養生をする。

7) 注入用器具撤去

注入材の硬化後、注入器具を撤去する。

8) 表面仕上げ

ディスクサンダー等でシーリング材を除去し、平滑な面に仕上げる。パテは、ディスクサンダーを用いて削り取るか、ポットガンを用いて加熱し軟らかくなったところを皮すき等で削り取る。

(2) ひび割れ充填工法

1) 準備工

準備工については、「4(3)ア 準備工」を参照されたい。

2) ひび割れ表面のUカット

Uカット用のブレードを用いて、ひび割れに沿ってU字形の溝を電動カッターで設けるものとする。溝幅 10 mm 程度、深さ 10～15 mm 程度が望ましく、ひび割れ幅が曲がりくねっている場合は、できるだけ小さいブレードを用いると良い。



写真 6.3.2-1 U字カットの例

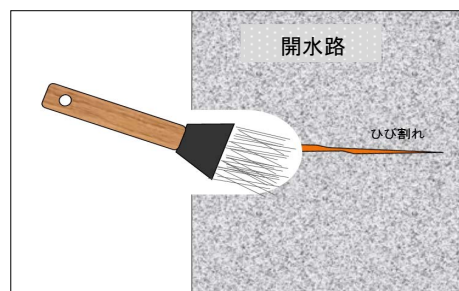


図 6.3.2-1 プライマー塗布

3) 清掃

Uカット後は、切粉の清掃を入念に行わないと充填材の接着不良を起こす原因となるので、溝内部の切粉等をワイヤブラシ、刷毛等で除去し、清掃する。

4) プライマー塗布

刷毛等でプライマーを溝内部に塗り残しのないよう均一に塗布する。プライマーは、充填材製造業者の指定するプライマーを使用する。

5) 充填

2 液性の充填材の場合は、製造業者が指定する配合比で混合し、色が均一になるまで十分練り混ぜてから、コーキングガンで気泡を巻き込まないように充填する。

溝内へ充填材をコーキングガンで空隙や打残しのないよう加圧しながら充填し、へらで押え既設コンクリートと密着させて表面を平滑に仕上げる。

6) 養生

充填材が硬化するまでは、ほこり等がつかないように、また、降雨のおそれがあるときは、シート等で必要な養生を行う。

6(4) 材料・工法の採用

ひび割れ補修に使用する材料・工法は、ひび割れの主たる原因及び評価・判定結果を踏まえて用いなければならない。

【解説】

ひび割れ補修材料・工法の種類と性能特性を以下に示す。

1. ひび割れ注入材

樹脂系ひび割れ注入材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性を表 6. 4-1 に示す。

表 6. 4-1 樹脂系ひび割れ注入材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性²⁾

項 目	エポキシ樹脂	ポリエステル樹脂	アクリル樹脂
接着性	◎	△	○
耐久性	◎	○	◎
耐水性	◎	△	◎
寸法安定性	◎	×	○
経済性	○	◎	○

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

2. ひび割れ充填材

ひび割れ充填材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性を表 6. 4-2 に示す。

表 6. 4-2 ひび割れ充填材料・工法の代表的な材質の種類と性能特性²⁾

項 目	弾性シーリング材		可とう性 エポキシ樹脂	ポリマーセメント モルタル
	ポリウレタン 樹脂	変成 シリコン樹脂		
変形追従性	◎	◎	△～○	×
乾燥面への接着性	○	○	◎	△
湿潤面への接着性	△	△	○	◎
耐候性	○	◎	△～○	◎
耐水性	△～○	△～○	○	○

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

²⁾ 緒方紀夫・木曾茂・上田勝・吉田敦：コンクリートのひび割れ補修に関する現状、ハイウェイ技術、No.11,1998-10

3. ひび割れ注入及び充填材料・工法の材質と止水性等

ひび割れ注入材料・工法とひび割れ充填材料・工法に用いられる主な材質、及びその止水材としての性能を表 6. 4-3 に示す。

表 6. 4-3 ひび割れ注入及び充填材料・工法に用いられる主な材質とその止水性等²⁾

項目	注土工法			充填工法	
	アクリル系	ウレタン系	エポキシ系	エポキシ系	セメント系
止水性	○	△気泡あり	○	○	△
浸透性	○	△	△	－	－
変形に対する追従性	◎	×	△	△	×

凡例 ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

²⁾ 緒方紀夫・木曾茂・上田勝・吉田敦：コンクリートのひび割れ補修に関する現状、ハイウェイ技術、No.11,1998-10

第7章 断面修復工法

7(1) 工法の概要・特徴

断面修復工法は、内部鉄筋の腐食膨張や凍害、アルカリ骨材反応によるひび割れ等により欠損したコンクリートの修復、ジャンカ（豆板）等により劣化因子の遮断性能が著しく低下したコンクリートを除去した箇所の修復及び塩化物イオン等の劣化因子を含むコンクリートを除去した箇所の修復を目的とし、修復材を欠損、撤去部に充填する工法である。

(1) 材料

断面修復工法には、補修目的や開水路の設置環境により異なるが、無機系（ポリマーセメント系材料等）及び有機系（ポリマーモルタル等）の材料が用いられる。その選択にあたっては、各種断面修復材の特徴を十分に考慮しなければならない。

(2) 工法

断面修復工法の施工方法は、左官工法、吹付け工法、充填工法の3種類がある。

【解説】

(1) 材料

断面修復工法に用いられる無機系材料としては、セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル、セメントコンクリート、有機系材料としてはポリマーモルタルがある。これらの断面修復材の特徴を表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 主な断面修復材の特徴

	断面修復材料	特 徴
無 機 系	セメントモルタル	- 水路コンクリートと同程度の強度、弾性係数、熱膨張係数が得られる - 練混ぜ、施工が容易で大断面の施工に適している - 安価であるが、乾燥ひび割れが生じやすい
	ポリマーセメントモルタル	- 練混ぜ、施工が比較的に容易であり、大断面の施工にも適している - 曲げ及び引張強度が高い - 劣化因子の遮断性に優れる - セメントモルタルより多少高価である
	セメントコンクリート	- 水路コンクリートと同程度の強度、弾性係数、熱膨張係数が得られる - 安価である - 比較的長い養生期間が必要である - 付着力の確保を別途検討する必要がある
有 機 系	ポリマーモルタル (結合材：エポキシ樹脂等)	- 曲げ及び引張強度が高い - 水密性に優れる - 耐摩耗性、耐衝撃性、耐薬品性に優れる - 高価である - 紫外線劣化、熱劣化の可能性がある

断面修復材の選定にあたっては、断面修復工の適用後に鋼材に生じるマクロセル腐食の可能性についても留意する必要がある※。断面修復部と既設コンクリートの電位差が小さい断面修復材を選定する必要があり、修復対象のコンクリートに含まれる塩化物イオン濃度が高い場合、特に注意が必要である。

※塩化物イオン含有量が 2.0kg/m³ 以下であれば、断面修復を行っても顕著なマクロセル腐食の発生は見られない。
そのため、1986 年以前（コンクリート中の塩化物総量規制以前）に施工された構造物に対しては注意が必要である。

(2) 工法

断面修復工法は、施工方法の相違により、左官工法、吹付け工法、充填工法に分類される。これらの 3 工法の特徴を表 7.1-2 に示す。

表 7.1-2 断面修復工法の特徴

施工法	左官工法	吹付け工法	充填工法
型枠設置	不 要	不 要	必 要
施工規模と 施工面	1 か所の施工面積が 0.5～1.0 m ² 程度の場合 や深さが比較的浅い 場合又は複雑な断面形 状の場合	1 か所の施工面積が数 10m ² 程度以上の場合や深さが比較 的深い場合又は型枠設置が難 しい場合	断面欠損部の容積が数 10m ³ と比較的大規模な場 合や深さが比較的深い場合 及び型枠設置が容易な場合
施工範囲	作業者の行動範囲	圧送距離 乾式：水平 150～200 m、鉛 直 100～150m程度 湿式：水平 100 m、鉛直 30 ～50 m 程度	ポンプ圧送及び運搬距離に よる
締固め	人力による	圧縮空気等の圧力による	圧送能力や材料の流動性に よる
充填性の 確保	施工者の熟練度及び鉄 筋配筋の狭隘程度が重 要	圧縮空気の圧力及び量、吹付 けノズルマンの熟練度、鉄筋 配筋の狭隘程度が重要	空気抜き装置の配置、鉄筋 配筋の狭隘程度、圧入方法 等が重要
材料の特徴	流動性が低く、粘稠性 がある 薄塗りは軽量モルタル が多い	流動性は低い 湿式は粘稠性があり、乾式は 速硬性がある	流動性がある
最小施工厚み	5 mm 以上	10 mm 以上	10 mm 以上

7(1) ア(ア) 施工の概要

1. 左官工法

左官工法は、型枠設置が不要であり、金ゴテや木ゴテ、ゴムヘラ等を用いて、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を人力によって施工する。修復部が比較的小さい場合や、それらの施工場所が点在している場合に採用される。上向き、横向き、下向きの施工が可能であるが、上向き施工の場合には、施工不良が発生し易いため注意が必要である。

一般的に、横向き、上向きの場合、一層 10 mm 程度の施工厚であるが、厚塗りタイプで一層 30 mm 程度まで施工できる材料もあるので、品質規格を勘案して適切な材料を選択する必要がある。



写真 7.1.2-1 左官工法

2. 吹付け工法

吹付け工法は、型枠設置が不要であり、圧縮空気や遠心力を利用して、断面修復材を施工面に吹付け施工する。上向き、横向きの施工も可能であり、既設水路躯体との間に高い付着性が期待できる。

乾式工法と湿式工法があり、それぞれ専用の吹付け機を使用する。

乾式工法は、粉体と水又は混和液を別々に圧送して吹付ける工法で、鉄筋裏への充填等比較的厚い部位の施工に適している。

湿式工法は、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を吹付ける工法で、50 mm 以下の比較的薄い部位の施工に適している。



写真 7.1.2-2 吹付け工法

3. 充填工法

充填工法は、断面修復部に型枠を設置して断面修復材を打ち込む。下向き、横向きの施工が可能であり、施工部が比較的大きな場合に採用される。

充填工法には、モルタル注入工法、打継ぎコンクリート工法、プレパックド工法があり、これらの特徴を以下に示す。

① モルタル注入工法

モルタル注入工法は、空気抜きを設けた型枠内にポンプ等を用いて、ポンプ圧力 2 MPa 程度で断面修復材のモルタルを圧送注入する。

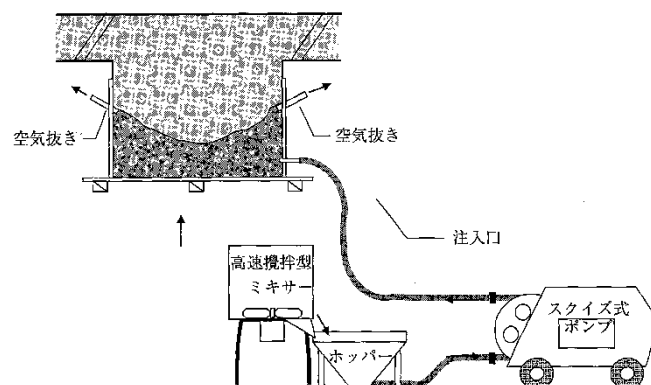


図 7.1.2-1 モルタル注入工法

② 打継ぎコンクリート工法

打継ぎコンクリート工法は、設置された型枠内にモルタル及びコンクリートをポンプ圧送やヘッド圧力等を利用して打ち込む。修復部が比較的大きな場合に適用される。

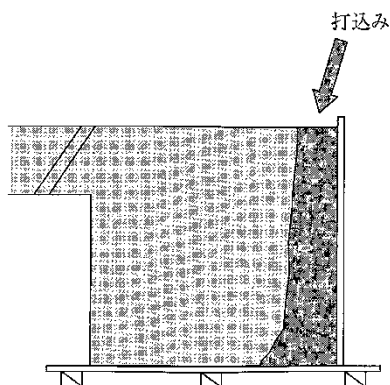


図 7.1.2-2 打継ぎコンクリート工法

③ プレパックド工法

プレパックド工法は、設置された型枠内にあらかじめ粗骨材を充填した後、モルタル又はセメントペーストを充填する。断面修復部が大面積で、かつ、その断面が厚い場合等に適用される。施工は全て気中で行うことが基本となる。

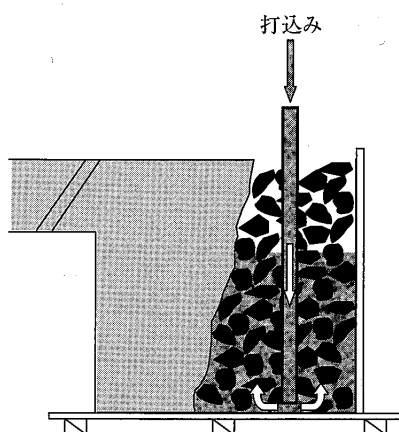


図 7.1.2-3 プレパックド工法

7(1) ア(イ) 施工手順

断面修復工法の主な施工手順は、既設水路の下地処理工の後、はつり工を行い、防錆処理工、断面修復工、養生工を行う。

7(2) 工法の要求性能・品質規格

7(2) ア 断面修復工法

断面修復工法に使用する材料・工法は、表 7.2.1-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 7.2.1-1 断面修復工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	付着性	付着強さ	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル ^{*1})	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
				多湿条件	
				低温条件	
				水中条件 ^{*2}	1.0 N/mm ² 以上
				乾湿繰返し条件	
				温冷繰返し条件	
個別的性能	一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561 (28 日間養生)		21.0 N/mm ² 以上
	寸法安定性	長さ変化率	JIS A 1129 ^{*3}		0.05 %以下
	中性化抑止性	中性化速度	JIS A 1153 (4 週間)		中性化深さ 5 mm 以下 中性化速度係数 18 mm/ $\sqrt{t}$ (年)以下 ^{*1}
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂噴流摩耗試験 (案) (材齢 28 日、10 時間経過後 ^{*1})		標準供試体に対する平均摩耗深さの比が 1.5 以下
	耐凍害性	相対動弾性係数	JIS A 1148 (A 法 300 サイクル)		85 %以上

^{*1} 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値 (案) も同じ。

^{*2} JSCE-K 561 (水中条件) における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10%の状態 で 7 日間行うものとする。また、全試験条件とも試験用供試体の被覆厚さは 20 mm を標準とする。

^{*3} ゲージプラグ付き金型に所定の材料をコテで充填し、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5%の状態 で 2 日間養生後、型枠を脱型したもの を試験体とする。脱型後を基長として、温度 23 ± 2℃、湿度 50 ± 5%の状態 で 28 日後の長さ変化率を測定する。

【解説】

7(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、断面修復工法の要求性能が保持されるよう、断面修復工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 7.2.1-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に摩耗、中性化、凍害により劣化が生じている開水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う断面修復工法の要求性能を対象としている。既設水路の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

7(2) ア(イ) 品質規格

7(2) ア(イ)1) 付着性

断面修復工法は、躯体（既設水路コンクリート）に付着することにより中性化抑止性等その他の性能を発揮することが可能となるため、付着性は断面修復工法の性能を確保する上で重要な品質項目の一つである。

無機系の断面修復材は、適度な透湿性を有しているため、開水路特有の背面水や湿気的作用による膨れや剥がれが生じにくいと言えるが、農業水利施設に適用する場合は、多様な環境条件における付着性の確保が重要となる。特に開水路の補修においては、その施工条件や環境条件を考慮すると、多湿や低温条件における施工性及び長期間に亘る水没条件や乾湿・温冷の繰り返しといった様々な条件での付着性が求められる。

このため、付着性の照査は、これら想定される全ての条件で行う必要がある。

【照査方法】

試験方法は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の付着強さ試験方法に基づき行うものとする。供試体の被覆厚さは 20 mm を標準とし、養生期間は製造業者が指定する期間、又は室温で 28 日間とする。また、水中条件での供試体の養生は、(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抑制技術及び防食技術マニュアル、平成 29 年 12 月」に規定する「防食被覆層に関する品質試験方法」の規定を準用し、供試体作成後、別途、水中状態開始までの気中養生を温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ （相対湿度 $60 \pm 10\%$ ）で 7 日間行うものとする。水中養生開始後の養生条件は、JSCE-K 561 に基づいて行う。

【品質規格値】

施工の初期値に該当する標準条件、多湿条件及び低温条件での品質規格は、 1.5 N/mm^2 以上とした。 1.5 N/mm^2 の妥当性については、これまでのところ理論的には明確になっていないが、水没環境にある日本下水道事業団が標準条件で 1.5 N/mm^2 の規格値を採用しており、この品質規格を参考にして決定している。また、促進劣化後に該当する水中条件、温冷繰り返し後及び乾湿繰り返し後の品質規格値は、試験時の養生条件の厳しさを考慮して、 1.0 N/mm^2 以上としている。なお、試験結果には、付着強さ試験後の破断面の位置と状況を明記するものとする。

7(2) ア(イ)2) 一体化性（圧縮強度）

断面修復材は、既設水路躯体（下地コンクリート）と同等の圧縮強度等の物性を有し、温度変化が生じても躯体と一体的に挙動することが要求される。

断面修復工法で一般的に使用されているポリマーセメントモルタルは、既設水路のコンクリートとほぼ同等の強度等の特性を有しているものが多い。

1. 圧縮強度 21.0 N/mm²以上
2. 静弾性係数 $2 \sim 2.8 \times 10^4$ N/mm² (コンクリート $2 \sim 2.8 \times 10^4$ N/mm²)
3. 熱膨張係数 15×10^{-6} /℃前後 (コンクリート 10×10^{-6} /℃)

したがって、これらの性能を有する断面修復材は、温度変化が生じても躯体コンクリートと一体的に挙動するものと推察されるが、使用する断面修復材の性能が上記の内容と異なっている場合もあるため、主に材料の圧縮強度について照査する。

【照査方法】

本書では、躯体との一体化性を圧縮強度で評価する。断面修復材の圧縮強度試験は、(公社)土木学会基準 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法 (案)」の圧縮強度試験方法に基づくものとし、養生期間は室温で 28 日間とする。

【品質規格値】

既設水路躯体コンクリートの圧縮強度以上とし、標準的な現場打ち鉄筋コンクリート開水路の設計強度である 21.0 N/mm²以上を確保するものとする。

7(2)ア(イ)3) 寸法安定性 (長さ変化率)

開水路の断面修復覆工事では、断面修復材を薄厚で施工するため、被覆材に乾燥収縮によるひび割れが生じやすいことから、乾燥収縮による寸法変化が小さいことが必要とされる。そのため、断面修復材の硬化時の長さ変化率を測定し、乾燥収縮によるひび割れの発生を抑制する。

【照査方法】

試験方法は、セメントコンクリートやポリマーセメントモルタル系断面修復材等の標準的な試験方法である JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」に基づくものとし、JIS に明記されていない事項は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格 (例)」の枠外 (*2) に基づき行う。なお、この試験方法には、具体的な養生方法、基長の測定時期に関して詳細な規定がないため、(株)高速道路総合技術研究所試験法 432「断面修復用吹付けモルタルの試験方法」の養生期間及び基長の測定時期を採用している。測定方法は、ダイヤルゲージ法による測定を標準とするが、これにより難しい場合は、JIS A 1129 に規定するコンパレータ方法又はコンタクトゲージ方法での測定によっても良い。

【品質規格値】

品質規格値は、(株)高速道路総合技術研究所がコンクリート構造物の断面修復材料に設定している基準値を参考にして、0.05%以下とする。

7(2) ア(イ)4) 中性化抑止性

断面修復材の中性化速度係数はコンクリートと比較して大幅に小さいが、中性化抑止性が要求される。

なお、無筋コンクリート開水路では、中性化抑止性は不要である。

【照査方法】

中性化抑止性の試験方法は、一般的なコンクリート表面被覆工法で用いられている JIS A 1153「コンクリートの中性化促進試験方法」に基づくものとする。

ただし、コンクリート基盤は型枠を取り外した後、材齢4週まで温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の湿潤状態で養生を行う。供試体は、基盤の測定面となる面（2面）に断面修復材を塗布し、また他の面（4面）にシーリング材を塗布した後、28日間の養生を行い、作成する。

【品質規格値】

品質規格値は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における中性化抑止性の品質規格値を参考にし、中性化速度係数で $18 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$ とする。

中性化速度係数は、中性化促進試験による中性化深さ（mm）を用いて以下の式により算定する。

＜中性化速度係数の数算定式＞

$$\sqrt{A} = C / t$$

ここで、A：中性化速度係数（ $\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ ）

C：平均中性化深さ（mm）＝中性化促進試験による

t：材齢（年）＝中性化促進試験 促進期間4週 $\div 0.077$ 年

なお、促進期間や試験方法、及び規格値の設定等の詳細については、「4(2) エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」1. 中性化抑止性 を参照のこと。

7(2) ア(イ)5) 耐摩耗性

断面修復材は、流水や混入土砂によるすり磨き及び衝撃によって選択的摩耗¹⁾が生じる。被覆材の摩耗が進行すると、鉄筋の被り不足や粗度係数の悪化による通水性の低下を招くおそれがあることから、耐摩耗性が要求される。

なお、セメント成分の溶脱による化学的劣化は、本書では照査対象としていない。

【照査方法】

断面修復工法の耐摩耗性は、開水路コンクリートに生じている選択的摩耗を考慮し、水流摩耗試験により評価することとした。水流摩耗試験としては、水砂噴流摩耗試験¹⁾に基づく。

¹⁾ 長束 勇、上野 和弘、渡嘉敷 勝、石井 将幸：水砂噴流摩耗試験機の試作とその性能評価、農業農村工学会論文集 No.266、2010.4、pp.25-31

なお、断面修復工法の効果が期待される期間を 20 年と想定した場合の水砂噴流摩耗試験（水圧 2 MPa）の試験条件は、「表 5.1.2-1 無機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格（例）」における中性化抑止性の品質規格値を参考にし、材齢 28 日のあらかじめ決められた補修材供試体 3 個の 10 時間後の平均摩耗深さを照査する。

【品質規格値】

品質規格値は、水砂噴流摩耗試験装置における、標準モルタルの 10 時間平均摩耗深さの基準値 A mm（＝3.5 mm）*1 と各補修材の平均摩耗深さ B mm の比「B/A」で規定する。品質規格値 B/A は、表 7.2.1-2 に示すとおりである。

また、被覆厚さの設計に際しては、表面被覆工の経年的な摩耗量を見込んだ上で必要な被覆厚さを検討するよう注意しなければならない。

表 7.2.1-2 補修材材料の耐摩耗性の品質規格値

材料の種類	標準モルタル供試体の 10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5 mm)*1 と各補修材の平均摩耗深さ[B]の比 (B/A)	参考*2： 補修材の許容平均摩耗深さ (10 時間) mm
無機系断面修復材	1.5 以下	5.2 以下 (1.5 [B/A] × 3.5 [A] = 5.25)

*1 標準モルタル供試体の平均摩耗深さの基準値 [A] 3.5 mm は、これまでに水砂噴流摩耗試験で得られた標準モルタル供試体 10 時間平均摩耗深さの母平均及び標準誤差より算出した値。

*2 補修材の許容平均摩耗深さ（10 時間）は、10 時間平均摩耗深さの基準値[A] (3.5mm) × B/A より算出した値。小数点 2 桁とした場合では計測が困難となるため、安全側に値の端数を切り捨てた小数点 1 位の値とした。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」4. 耐摩耗性を参照のこと。

7(2)ア(イ)6) 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、断面修復材には耐凍害性が要求される。

【照査方法】

無機系の断面修復材は、有機系材料と比較して吸水しやすいため、凍害による劣化が生じやすい。したがって、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」（A 法、300 サイクル）に基づき、凍結融解作用に関する照査を行う。

【品質規格値】

(公社)土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値を参考に、開水路の設置環境として、①気象条件として、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態として、連続してあるいは、しばしば水で飽和される場合、③断面が薄い場合に相当するとして、相対動弾性係数 **85 %**以上とした。

7(2) イ 防錆材

断面修復工に使用する防錆材は、表 7.2.2-2 の品質規格を満足しなければならない。

表 7.2.2-2 断面修復工に使用する防錆材の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	試験方法	品質規格値(案)
基本的性能	耐アルカリ性	耐アルカリ性	(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」 鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)	塗膜に異常が認められないこと
	鉄筋との付着性	付着強さ		7.8 N/mm ² 以上
	防錆性	防錆率		防錆率 処理部 50 % 以上 未処理部 10 % 以上

【解説】

7(2) イ(ア) 品質項目

断面修復工法の効果が期待される期間中、断面修復工法の要求性能が保持されるよう、防錆材が有すべき品質規格を設定する。

7(2) イ(イ) 品質規格

防錆材は、鉄筋に対して腐食性因子の浸透を抑制し、鉄筋との強固な付着力を有し、かつ断面修復材との付着が良いことが求められ、補修部と未補修部のコンクリート境界部にマクロセルを形成することがない材料でなければならない。

防錆処理に用いる材料の品質規格は、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」付 1.3 鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に規定する試験方法及び品質規格値による。

7(2) イ(イ)1) 耐アルカリ性

防錆材は、躯体（既設コンクリート）及び断面修復材と良好に付着する必要があるため、耐アルカリ性が要求される。

【照査方法】

耐アルカリ性の試験方法は、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行うものとする。

【品質規格値】

耐アルカリ性の品質規格値は、塗膜に異常が認められないこととする。

7(2)イ(イ)2) 鉄筋との付着性

防錆材は、鉄筋と良好に付着する必要があるため、鉄筋との付着性が要求される。

【照査方法】

鉄筋との付着性の試験方法は、(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行う。

【品質規格値】

防錆材の鉄筋に対する付着強さの品質規格値として、鉄筋との付着強さ 7.8 N/mm^2 以上とする。これは、通常のコンクリートの鉄筋に対する付着強さが 9.8 N/mm^2 程度であり、この強度の 8 割以上あれば実用上問題がないと考え、 7.8 N/mm^2 以上としている。

7(2)イ(イ)3) 防錆性

防錆材は、錆の発生を防止する必要があるため、防錆材を塗布した鉄筋部分（処理部）と基材モルタル中の鉄筋部分（未処理部）の防錆性が要求される。

【照査方法】

防錆性の試験方法は、(一社)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断及び補修指針(案)・同解説」鉄筋コンクリート補修用防錆材の品質基準(案)に基づいて行うものとする。

【品質規格値】

防錆性の品質規格値は、防錆材を塗布した部分（処理部）が、普通モルタルで覆う場合の錆の発生率の 50 %以下に抑制する（防錆率 50 %以上）こととする。

また、防錆材の塗布によってマクロセルを形成し、基材部（未塗布部分）の鉄筋腐食を促進しないことを求めるものとし、防錆材を塗布しない部分（未処理部）は、普通モルタルで覆う場合の錆の発生率の 110 %以下(防錆率 -10 %以上)に抑制するものとする。

7(3) 工法の施工

断面修復工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

- (1) 準備工
- (2) 下地処理工
- (3) 断面修復箇所・範囲の特定、はつり方法の決定及びはつり工
- (4) 防錆処理工
- (5) 断面修復工(プライマー工、仕上げ工を含む)
 - ① プライマー工
 - ② 左官工法
 - ③ 吹付け工法
 - ④ 充填工法
- (6) 養生工

【解説】

断面修復工法の施工は、左官工法、吹付け工法（乾式、湿式）、充填工法の 3 種類であるが、いずれの工法も施工方法によって発揮する性能が大きく異なるため、該当する工法に応じた適切な施工を行うことが重要である。

(1) 準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

(2) 下地処理工

下地処理工については、「4(3) イ 下地処理工」を参照されたい。

(3) 断面修復箇所・範囲の特定、はつり方法の決定及びはつり工

下地処理後、断面修復工法を施工する箇所と範囲を特定し、構造物の耐力に影響を与えないように、コンクリートのはつり方法を決定する。断面修復の範囲とはつり形状の例を図 7.3-1 に、コンクリートのはつり方法とその特徴を表 7.3-3 に示す。

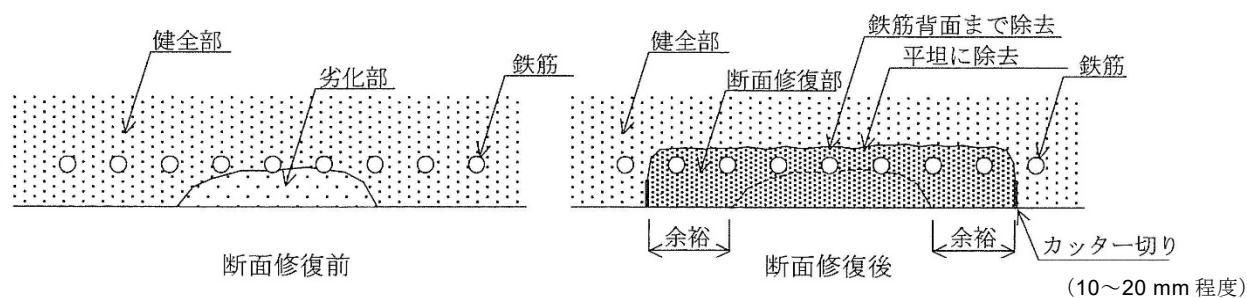


図 7.3-1 断面修復の範囲とはつり形状の例

内部鉄筋が腐食している場合の断面修復の範囲は、断面修復箇所の端部のフェザーエッジ（図 7.3-2 参照）を回避するため、劣化部の範囲より多少広く設定し、コンクリートカッターで切れ目（目安として 10～20 mm 程度）を入れ、鉄筋背面まではつり取ることとする。

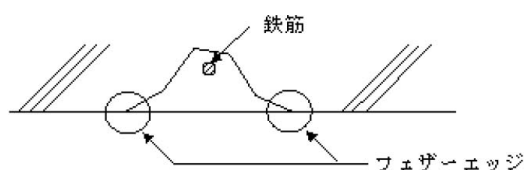


図 7.3-2 フェザーエッジの例

表 7.3-3 コンクリートのはつり方法とその特徴

はつり方法	特 徴
ハンマー＋ノミ、 電動ピック	コンクリートのはつり量が少ない時に用いる方法である。簡易な工具、施工機械で容易に行える方法であるが、はつり能力が低い。
エアーチッパー コンクリートブレーカ	コンクリートのはつり量が多い時に用いる方法である。コンプレッサーを使用するため、はつり能力が高い。健全なコンクリートにダメージを与えないように注意する必要がある。
ウォータージェット	コンクリートのはつり量に応じて水圧・水量を調整し、水でコンクリートをはつり取る方法である。健全なコンクリートへのダメージが少ないが、超高圧水噴射装置や水処理施設等の設備が必要となる。

(4) 防錆処理工

露出した鉄筋は、ケレン棒やディスクサンダー等により錆を除去した後、鉄筋防錆材を塗布する。

(5) 断面修復工(プライマー工、仕上げ工を含む)

断面修復工は、左官工法、吹付け工法及び充填工法の 3 種類があり、標準的な施工方法を以下に示す。

施工に際しては、温度管理を行い、必要に応じて寒中対策又は暑中対策を行う。

① プライマー工

既設開水路のコンクリートと断面修復材の付着力を向上させるため、専用のプライマーを塗布する。プライマーは、材料・工法の相違によって、使用量や施工方法が異なり、プライマーを必要としない場合もある。特に、開水路特有の施工条件における付着性能は、プライマーの性能により大きく異なることがあるため、注意が必要である。

② 左官工法

断面修復材を左官コテで塗布する工法であり、断面修復の厚さが大きい場合は、数回に分けて施工する。

左官工法は、使用材料の種類によって施工方法が異なるので、その材料に適した方法や条件で施工しなければならない。特に、使用する材料に応じて、施工時の天候・気温・湿度、被着面の状態・塗り間隔等、適した条件で行わなければならない。

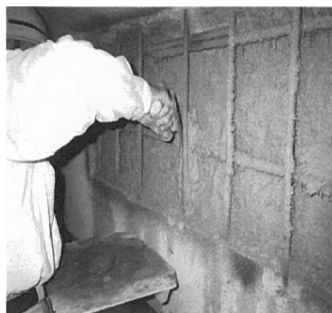


写真 7.3-3 左官工法の例

③ 吹付け工法

吹付け工法には、乾式と湿式がある。

乾式吹付け工法は、骨材を表乾状態程度にする水量若しくは全く水を添加しないで断面修復材を練り混ぜ、 0.7 N/mm^2 程度の圧縮空気により圧送し、吹付けノズル部分で所定の水を混入して吹付ける方法である。

湿式吹付け工法は、断面修復材の練混ぜ時に所定量の水を添加して、所要の流動性を確保した断面修復材をポンプ等で圧送し、圧縮空気を吹付けノズル部分で挿入して吹付ける方法である。両工法のシステムの例を図 7.3-4 及び図 7.3-5 に示す。

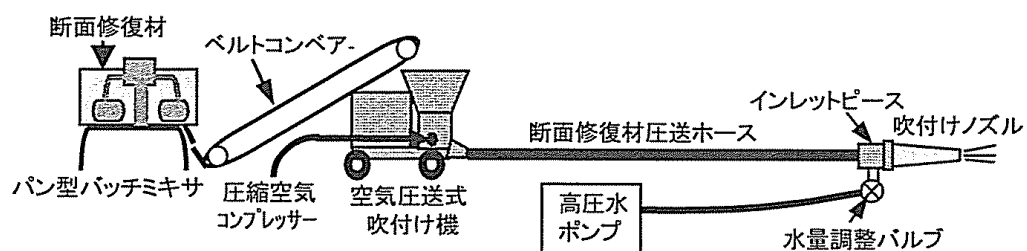


図 7.3-4 乾式吹付け工法のシステム例

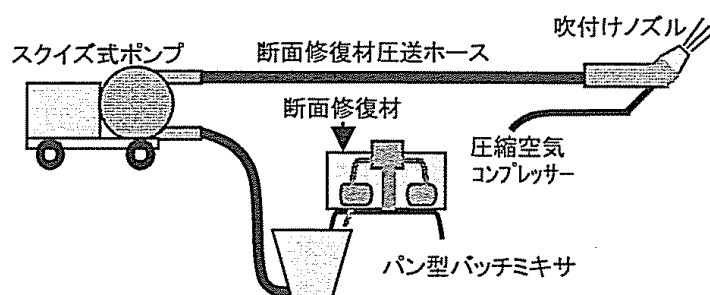


図 7.3-5 湿式吹付け工法のシステム例

吹付け作業では、所定の厚みになるよう凹凸や鉄筋の背面等に巣穴が発生しないように均一に吹付ける。厚みを管理するため、針金、鉄筋等により施工厚み管理のためのガイドを設置する。最大吹付け厚みは、天井面及び壁面で 20～50 mm 程度を目安とする。

多層施工を行う場合の層間の間隔及び吹付け界面の処理は、使用する断面修復材の特性値及び仕様に従うものとする。



写真 7.3-6 吹付け工法の例

④ 充填工法

充填工法は、対象となる修復断面に型枠を設置し、断面修復材をポンプ等を用いて注入する工法である。充填工法のシステムの例を図 7.3-7 に示す。

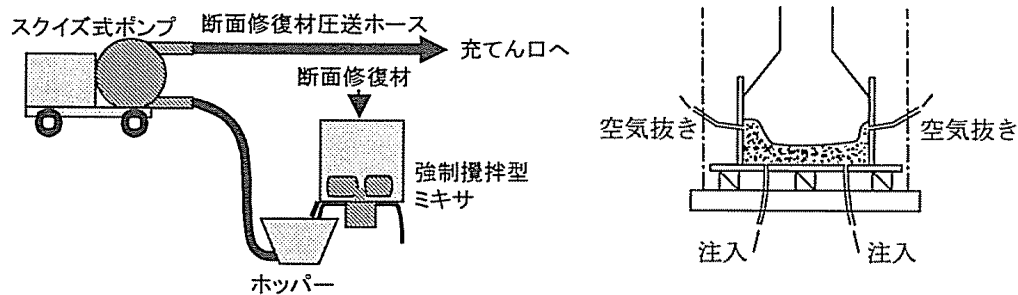


図 7.3-7 充填工法のシステム例

充填工法による断面修復は、設置された型枠のため充填状況を細部まで確認することが困難であり、充填開始時から施工完了までの手順及び手法、充填状況や完了時の確認方法等を明確にすることが重要である。

断面修復工の表面は、所定の形状寸法と表面状態が得られるよう仕上げを行う。部分的に凸部が生じた場合には、これを削り取るものとする。

(6) 養生工

断面修復後は、風や直射日光、降雨、外気温の影響を避け、適切な手法及び期間の養生を行う。

7(4) 材料・工法の採用

断面修復工法は、修復の対象となる断面の状況、部位、範囲及び規模、施工条件等を考慮して施工方法を決定しなければならない。

【解説】

断面修復工法は、施工部位、施工方向及び施工面積に応じて、図 7.4-1 のように適用される条件が決まる。開水路の断面修復は、施工面積が $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^2$ /箇所の小規模かつ横向き及び下向き施工が一般的であり、左官工法による施工が多い。

補修部位の位置 施工の方向	頂版等	側壁等	底版等
施工規模 (施工面積)	上向き施工	横向き施工	下向き施工
小規模 ↓ 大規模			

*1 左官工法は、1 か所当たり $0.5 \sim 1.0 \text{ m}^2$ 以下の施工面積を目安とする。

*2 吹付け工法は、1 か所の施工面積が 10 m^2 以上の場合や、型枠の設置が困難な箇所に適している。

*3 充填工法は、欠損部の容積が 10 m^3 と大規模な場合や、型枠の設置が容易な箇所に適している。

図 7.4-1 断面補修工法の適用(イメージ図)

以上を踏まえて本書では、施工規模による施工方法の選定フローの例を図 7.4-2 に示す。施工規模、断面修復深さ及び型枠設置の可否により工法を選定し、例では、小規模な施工規模 (10 m^2 以下) の場合、左官工法が選定される。しかし、1 か所の施工面積が小さくとも施工箇所が近接して多い場合には、吹付け工法が適する場合もあるため、適宜、現場条件を考慮して決定する必要がある。

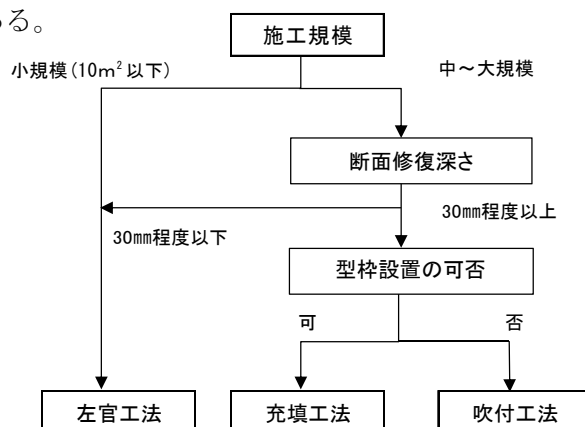


図 7.4-2 断面修復工法の選定例

第8章 目地補修工法

8(1) 工法の概要・特徴

目地補修工法は、目地材の劣化、脱落等により漏水等を生じている目地に対し、既設の目地部をカットし新規の目地材を充填(挿入)、又は、既設目地材の表面を被覆材で被覆する工法である。

(1) 材料

目地補修工法には、工法により異なるが、弾性シーリング材(シリコーン系、変成シリコーン系及びポリウレタン系)、フィルム系材料(アルミフィルム、ふっ素フィルム等)、有機系材料(エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂等)、ゴム系材料(エチレンプロピレンゴム等)が用いられる。

(2) 工法

目地補修工法には、目地充填工法、目地被覆工法、目地成型ゴム挿入工法等があり、そのうち目地被覆工法には、塗装方式、シート(テープ)貼付方式及びシート固定方式がある。それぞれ施工方法が異なる。

【解説】

(1) 材料について

1. 目地充填工法

目地充填工法には、弾性シーリング材が用いられる。弾性シーリング材としては、シリコーン系、変成シリコーン系及びポリウレタン系が主に使用されており、1液型(カートリッジ式)と2液混合型の2種類がある。いずれの材料も付着力を確保するため、各製品所定のプライマーを使用することが望ましい。

2. 目地被覆工法

目地被覆工法は工法により、塩ビ系シート、シリコーン樹脂、ラミネートフィルム等様々な材料が用いられている。いずれの材料も施工性・速硬化性、既設水路への追従性に優れている。

3. 目地成型ゴム挿入工法

目地成型ゴム材料としては、主にエチレンプロピレンゴムが使用されている他、クロロプレンゴムを用いているものがある。

(2) 工法について

1. 施工の概要

目地補修工法の施工方法は、以下の2種類に大別される。

一つは、目地補修材を充填又は挿入する部分をコンクリートカッター等により溝を切る等してはつり、既設目地部を除去した後に弾性シーリング材を充填、又は成型ゴムを挿入する方法である。目地充填工法及び目地成型ゴム挿入工法が該当する。

もう一つは、既設目地部の上にシート（テープ）をプライマー等により接着、又はコンクリートアンカーで固定する方法であり、目地被覆工法が該当する。本工法の場合、既存の目地材は存置される。目地補修工のひび割れ抑制については、「5(1)エ(ウ) 目地に起因するひび割れ」を参照のこと。

2. 施工手順

目地充填工法及び目地成型ゴム挿入工法の施工手順は、既設目地部の除去（充填又は挿入部の切断及びはつり、既設目地部の除去）と目地材の充填又は成型ゴムの挿入（新規の目地部・成型ゴムにプライマー塗布、目地材充填・成型ゴム挿入）と仕上げ工（目地端部の処理等）を行う。

目地被覆工法の施工手順は、塗装方式又はシート（テープ）貼付方式の場合、下地処理工の後にプライマー塗布、防水材塗布又はシート（テープ）貼付けを行う。

シート固定方式の場合は、下地処理工の後に、プライマーと止水のためのシーリング材を塗布し、シート固定（シート設置、コンクリートアンカーで固定）、仕上げ工（目地端部の処理等）を行う。

3. その他の特徴

① 目地充填工法

目地充填工法は、他工法と比較して安価で施工性に優れ、施工実績が多い。

現在使用されている弾性シーリング材は、気中部での使用を前提とした建築用シーリング材が多いため、水中環境に曝される開水路の補修事例において、比較的短期間のうちに、はがれ、脱落及び膨れが発生している事例も見受けられる。最近では、建築用シーリング材と比較して、多少硬く（中モジュラスタイプ）、止水性或耐水性が改善された土木用シーリング材が開発されている。

目地補修工法の断面の例を図 8.1-1 に示す。

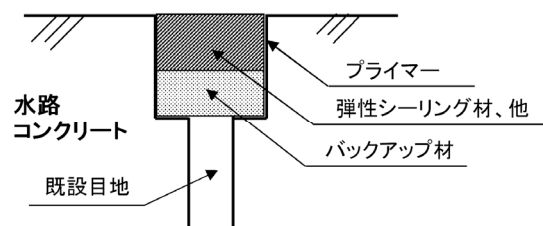


図 8.1-1 目地充填工法の断面

② 目地被覆工法

目地被覆工法は、塗装方式、シート（テープ）貼付方式及びシート固定方式の3つの方式がある。

i) 塗装方式

塗装方式は、比較的安価で施工性が良い反面、伸縮性能や付着耐久性に劣るため、現在は開水路での採用が少ない。近年、厚膜で追従性に優れた弾性タイプの塗装材が開発され、性能や耐久性の検証が行われている。

ii) シート（テープ）貼付方式

シート（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、伸縮性や付着耐久性においての課題が残っている。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等）での適用事例がある。

iii) シート固定方式

シート固定方式は、シートの張り方に余裕を持たせた上で、コンクリートアンカーによりシートの両端を機械的に固定する。そのため、目地に特異な変動が生じる場合、例えば地盤沈下により、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に対しても適用可能である。比較的高価で施工に手間がかかるが、比較的耐久性に優れる。

目地被覆工法の断面の例を図8.1-2、図8.1-3に示す。

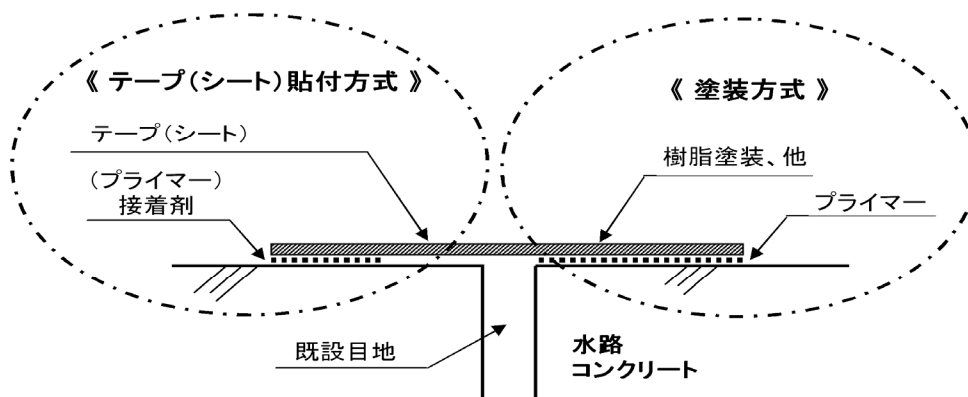


図 8.1-2 シート貼付方式の断面例

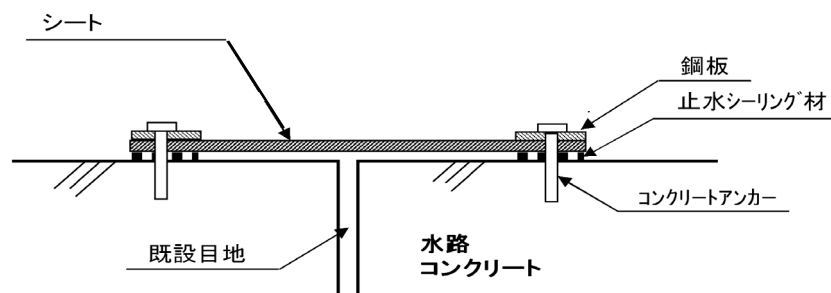


図 8.1-3 シート固定方式の断面例

③ 目地成型ゴム挿入工法

目地成型ゴム挿入工法は、既設目地を一定の幅でカットし、成型ゴムに接着材を塗布して圧縮した状態で挿入し、既設目地に接着する工法である。比較的に新しい工法であるが、施工事例が多く、製品毎に成型ゴムの材質や形状、性能が異なる。

成型ゴムは、外気に曝される表面に引張応力が生じるとオゾンによる劣化が促進される可能性がある。既設水路が一年間を通じ膨張・収縮することにより目地成型ゴムも膨張・収縮する。本工法は、成型ゴムの大気に露出する面の引張応力を小さくする、あるいは常に圧縮しているように工夫を施すことにより、オゾン劣化に対する耐久性を確保している。

なお、既設水路の壁厚が極端に薄い場合や、既設目地のひらき、ズレ、直線性等、現場条件によっては性能が発揮されない場合があるため、各製品が示す適用条件を確認のうえ、各現場に適したものを採用する必要がある。

目地成型ゴム挿入工法の断面の例を図 8.1-4 に示す。

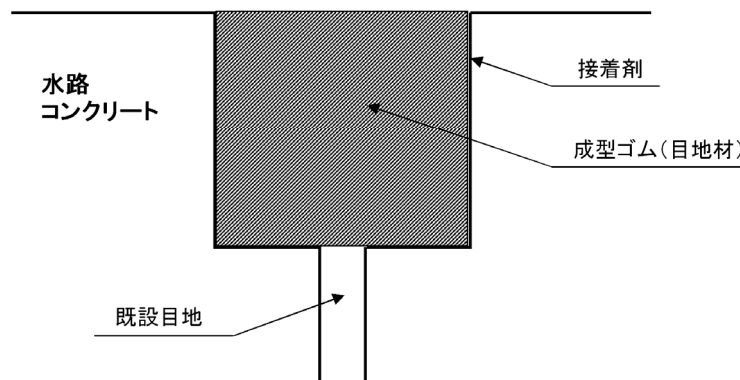


図 8.1-4 目地成型ゴム挿入工法の断面例

8(2) 工法の要求性能・品質規格

目地補修工法に使用する材料・工法は、表 8.2-2、表 8.2-3、表 8.2-5 に示す品質規格を満足しなければならない。

なお、材料・工法に期待される耐用期間を表 8.2-1 に示す。

表 8.2-1 工法区分と品質規格

工法区分	品質規格	期待される 耐用期間
目地充填工法	表 8.2-2	10 年程度
目地被覆工法	表 8.2-3	20 年程度
目地成型ゴム挿入工法		
品質規格Ⅰ型	表 8.2-5	40 年程度
品質規格Ⅱ型	表 8.2-5	実構造物における実績による耐用年数（40 年を上限とする） ^{*1}

^{*1} 目地成型ゴム挿入工法の品質規格Ⅱ型は、目地材としての性能とその耐用年数を照査できる実構造物の実績を示す技術資料等により期待される耐用期間を確認するものとする。

【解説】

開水路の目地補修においては、目地充填工法、目地被覆工法及び目地成型ゴム挿入工法等が施工されているが、工法によりその期待される耐用期間が異なる。また、仕様や施工方法、経済性が異なる。目地補修工法の品質規格を表 8.2-2、表 8.2-3、表 8.2-5 に例示する。

ここに示す品質規格は、主に目地の劣化が生じている開水路の止水性の回復又は向上を目的として行う目地補修工法の要求性能を対象としている。既設水路の目地の変状等を検討の上、適切に準用されたい。

8(2) ア 目地充填工法

表 8.2-2 目地充填工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐候性	紫外線による劣化	JSCE-K 511 (キセノン式 1,000 時間又はサンシャイン式 600 時間)* ¹		膨れ、ひび割れ、剥がれないこと
	付着性	伸び率	JIS A 1439 の 5.20 の「引張接着性試験」	標準条件	伸び 100 %以上
			+23℃水中で 28 日浸せき後、JIS A 1439 の 5.20 の「引張接着性試験」	水中条件	伸び 60 %以上
			5℃で 28 日養生後、JIS A 1439 の 5.20 の「引張接着性試験」	低温条件	伸び 100 %以上
	止水性	水圧による漏水	目地充填工法の止水性試験方法（案） （試験水圧 0.1 MPa、水圧保持時間 3 分）。		漏水が認められないこと
	伸縮追従性	伸縮による剥離・破断	JIS A 1439 の 5.17 の「耐久性試験」における目地幅の拡大・縮小。 変形率 ± 20 %×繰返し回数 3,650 回* ¹ 。 評価は JIS A 5758 の 8.「検査」による。		剥離・破断のないこと
	耐水性	吸水率	+23℃水中で 28 日浸せき後、JIS K 6251 ダンベル 2 号試験体の重量変化率を JIS A 1439 の 5.20「養生後」と比較。		吸水率 10 %以下
形状安定性	50 %モジュラス	JIS A 1439 の 5.20 の「引張接着性試験」		50 %モジュラス 0.2 N/mm ² 以上	

*¹ 補修の効果が期待される期間を 10 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値(案)も同じ。

【解説】

8(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、目地充填工法の要求性能が保持されるよう、目地充填工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定する。

目地充填工法の品質規格は、建築用弾性シーリング材のそれとは異なり、土木用の弾性シーリング材（中モジュラス以上）を用い、開水路の目地充填工法の品質規格として設定した。

建築用シーリング材は、金属カーテンウォールに代表される挙動の大きな目地に使用され、JIS A 5758「建築用シーリング材」における耐久性区分 10030、9030、8020 等の品質規格となっている。建築用シーリング材は大きな動きに追従することを目的とし、一般的に低モジュラス(60%モジュラスが 23℃で 0.4N/mm² 以下、- 20℃で 0.6N/mm² 以下) のものが使用されている。また、建築用シーリング材の中には、水没状態において吸水し膨潤するものや背面からの圧力で膨れるものがある。このような材料を開水路の目地として用いれば、水の流れの妨げになるとともに、水や砂によって目地材が削り取られるおそれがある。よって、吸水や背面からの圧力により膨張しない、形状安定性に優れる中モジュラス以上のものが求められる。

開水路の目地は追従性の他に、長期の水没状態における耐水性（吸水率）、目地部背面からの水圧により変形しない硬さ（形状安定性。50 %モジュラス）が求められるため、これらを基本的性能に加える。

8(2) ア(イ) 品質規格

8(2) ア(イ)1) 耐候性

目地充填工法に使用する材料は、紫外線や温度等により劣化する。したがって、目地補修工法の効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが求められる。

【照査方法】

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる促進耐候性試験によるものとし、JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法（案）」に基づき実施する。

なお、目地充填工法の効果が期待される期間を 10 年とした場合、照査時間はキセノン式 1,000 時間、サンシャイン式 600 時間となる。

【品質規格値】

品質規格値は、促進耐候性試験後、ひび割れ、膨れ、剥がれがないこととする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2) エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」2. 耐候性を参照のこと。

8(2) ア(イ)2) 付着性

目地充填工法は、既設水路躯体に付着することによりその性能を発揮することが可能となるため、補修の効果が期待される期間中、既設水路躯体から剥離しないことが求められる。

【照査方法】

弾性シーリング材は伸びのある柔らかい材料であるが、目地の伸縮に追従可能かどうか、伸び率を照査する。JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」の 5.20「引張接着性試験」に基づき、以下に示す、標準条件、水中条件、低温条件下における伸び率を測定し付着性を照査する。その際、試験用被着体はモルタル被着体を使用する。

なお、標準条件は、JIS A 1439 の 5.20 に規定する養生後、同 5.20 の「引張接着性試験」を行う。水中条件は、JIS A 1439 の 5.20 に規定する養生後、+23℃の水中に 28 日浸せきし、同 5.20 の「引張接着性試験」を行う。低温条件は、JIS A 1439 の 5.20 に規定する試験体を作製後、同 5.20 に規定する養生を行わず、直ちに 5℃で 28 日間養生し、同 5.20 の「引張接着性試験」を行う。

【品質規格値】

品質規格値は、標準条件及び低温条件では伸び率 100%以上、水中条件では伸び率 60%以上とする。

8(2) ア(イ)3 止水性

目地充填工法には、補修の効果が期待される期間中において、想定される水圧に対して漏水量を所定の値以下とすることが求められる。

【照査方法】

(公財) 日本下水道新技術機構及び全国ボックスカルバート協会の止水試験方法の考え方を準用し照査を行う。

止水性試験に用いる目地材の形状は、目地幅に対する目地深さの比を 2/3 とし、各製品の施工実態に合わせ、プライマーをコンクリートブロックの二面に塗布し弾性シーリング材を充填する。各製品の養生期間後、試験水圧 0.1 MPa、水圧保持時間 3 分間で止水性試験を行う。

【品質規格値】

品質規格値は、試験後、漏水がないこととする。

8(2) ア(イ)4 伸縮追従性

開水路の躯体コンクリートは外気温の変化により伸縮を繰り返すため、開水路は、一定の間隔で設けられた目地によってこの伸縮を吸収している。よって目地充填工法は、補修の効果が期待される期間中、水路躯体の伸縮に追従することが求められる。

【照査方法】

目地充填工法に用いる弾性シーリング材は中モジュラス以上と規定したが、モジュラスが高いと伸縮追従性に劣るものがあるため、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」の 5.17 の「耐久性試験」に基づき、目地幅の拡大・縮小を行い、伸縮追従性を照査する。

試験用被着体はモルタル被着体を使用し、JIS A 1439 の 5.17 に規定する養生後、同 5.17 の「耐久性試験」に規定する目地幅の拡大・縮小を変形率±20%にて行う。

なお、1 日の温度差による目地幅の伸縮を同 5.17 の「耐久性試験」に規定する変形率±20 %とし、この日変動が一日一回生じるものとする、目地補修工法の効果が期待される期間を 10 年とした場合、3,650 回繰り返すこととなる。

【品質規格値】

品質規格値は、JIS A 5758「建築用シーリング材」8.「検査」に基づき確認し、剥離・破断がないこととする。

8(2) ア(イ)5) 耐水性

開水路の目地は水没するため、吸水率が高い場合、膨張し、流れの妨げになるとともに水や砂によって削り取られるおそれがあるため、水中での吸水による重量変化が少ないことが求められる。

【照査方法】

JIS K 6251「加硫ゴム及び熱可逆性ゴムー引張特性の求め方」の 6.1「ダンベル状試験片」に基づきダンベル状 2 号試験片を作成し、以下の各養生後における重量を測定する。その変化量を吸水率として算定し、照査する。

＜耐水性の照査における試験片の重量測定条件と吸水率の算定＞

- i) 供 試 体 : JIS K 6251「加硫ゴム及び熱可逆性ゴムー引張特性の求め方」6.1 の「ダンベル状試験片」に基づきダンベル状 2 号試験片を作成する。
- ii) 吸水前の重量 (A) : i) で作成したダンベル状 2 号試験片の JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」の 5.20 に規定する養生後の重量。
- iii) 吸水後の重量 (B) : i) で作成したダンベル状 2 号試験片を JIS A 1439 5.20 養生後さらに +23℃ の水中で 28 日間浸せきした後の重量。
- iv) 吸水率 (%) の算定 : ii) と iii) で測定した重量の比を算定する。
$$\text{吸水率(\%)} = (B-A) / A$$

【品質規格値】

品質規格値は、吸水率 10% 以下とする。

8(2) ア(イ)6) 形状安定性

開水路の目地は、流れの妨げにならないよう、水路の目地部背面からの圧力に耐え、形状が安定していることが求められる。

【照査方法】

照査方法は、JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」に基づく。試験の際はモルタル被着体を使用し、5.20 に規定する養生後、5.20 の「引張接着性試験」を行い、50 % 引張応力 (50 % モジュラス) を算定する。

【品質規格値】

品質規格値は、50% モジュラスが 0.2 N/mm² 以上とする。

8(2) イ 目地被覆工法

表 8.2-3 目地被覆工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目	品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	耐候性	JSCE-K 511 (キセノン式 2,000 時間又は、サンシャイン式 1,200 時間) *1	ひび割れ、膨れ、剥がれないこと
	付着性*2 (接着材固定の場合)	JSCE-K 561 (乾湿・温冷繰返し回数は 10 サイクル*1)	標準条件
			多湿条件
			低温条件
			水中条件*3
			乾湿繰り返し条件
			温冷繰り返し条件
	付着性 (機械固定の場合)	アンカー 引抜強度	(一社)日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」 3 本以上
	止水性	目地被覆工法の止水性試験方法 (案) (試験水圧 0.1MPa、水圧保持時間 3 分間)	漏水が認められないこと
	伸縮追従性	伸縮による剥離・破断	JIS A 1439 の 5.17 の「耐久性試験」における目地幅の拡大・縮小 振幅変位 $\pm 3.0 \text{ mm}$ ×繰返し回数 7,300 回*1。

*1 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値 (案) も同じ。

*2 付着性の照査は、表面被覆材の付着性と同様に JSCE-K 561 に準じて行う。表面被覆材の代わりに接着材を所定量塗布したものを供試体とし、養生期間は 7 日間を標準とする。

*3 JSCE-K 561 (水中条件) における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ の状態で 7 日間行うものとする。

【解説】

8(2) イ (ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、目地被覆工法の要求性能が保持されるよう、目地被覆工法の材料・工法が有するべき品質規格を設定する。

目地被覆工法には、塗装方式及びシート（テープ）貼付方式とシート固定方式があり、既設水路への固定方法が異なるため、各固定方式によって付着性の照査方法が異なる。

以上のほかに、耐候性、止水性、既設水路への伸縮追従性を照査する。

8(2) イ (イ) 品質規格

8(2) イ (イ) 1) 耐候性

目地被覆工法に使用する材料は、紫外線や温度等により劣化する。したがって、目地補修工法の効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。

【照査方法】

照査方法は、目地充填工法と同様に促進耐候性試験で行うものとし、JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法（案）」に基づき実施する。

なお、目地被覆工法の効果が期待される期間を 20 年とした場合、照査時間はキセノン式 2,000 時間、サンシャイン式 1,200 時間となる。

【品質規格値】

品質規格値は、促進耐候性試験後、割れ、膨れ、剥がれがないこととする。

なお、促進期間や規格値の設定の詳細については、「4(2)エ 要求性能毎の品質規格」【解説】に示す「照査方法と品質規格の考え方」2. 耐候性を参照のこと。

8(2)イ(イ)2) 付着性

目地被覆工法は、補修の効果が期待される期間中、既設水路躯体から剥がれないことが求められる。塗装方式及びシート貼付方式は、接着材等で既設開水路のコンクリートにシートを貼り付け、一方、シート固定方式は、アンカーで既設コンクリートに固定する。よって、各々固定方式に応じた照査方法とする。

i) 塗装方式及びシート貼付方式（接着材固定の場合）

【照査方法】

塗装方式及びシート貼付方式は、接着材等で既設水路躯体にシートを貼り付けるため、接着材等の付着強さを照査する。

照査方法は JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」の 5.8「付着強さ試験」に基づき、行うものとする。

【品質規格値】

品質規格値は、標準条件、多湿条件及び低温条件では 1.5 N/mm^2 以上、水中条件、乾湿繰返し条件及び温冷繰返し条件は 1.0 N/mm^2 以上とする。

ii) シート固定方式（機械式固定の場合）

【照査方法】

シート固定方式は、アンカーで既設水路躯体に固定するため、アンカー引抜強度を照査する。

アンカー引抜試験は、（一社）日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」に準ずる。

【品質規格値】

アンカー引抜強度の品質規格値は、目地被覆材に作用する背面水圧を考慮したアンカー引抜強度に安全率 2 を乗じた値とし、算定式は以下のとする。計算条件は表 8.2-4 のとおりとする。

$$P=(S \cdot T \cdot B \cdot L) / A$$

表 8.2-4 アンカー引抜強度の計算条件

項 目	備 考
P アンカー 1 本あたりに必要な引抜強度 (kN/本)	
T 背面水圧 (MPa)	現場による
B 背面水圧に係る被覆材の幅 (cm)	現場及び製品による
L 背面水圧に係る被覆材の長 (cm)	現場及び製品による
A 目地の延長 1 m 当たりのアンカー打設数 (本/m)	現場及び製品による
S 安全率	2.0

8(2)イ(イ)3) 止水性

目地被覆工法には、補修の効果が期待される期間中において、想定される水圧に対して漏水量を所定の値以下とすることが求められる。

【照査方法】

(公財) 日本下水道新技術機構及び全国ボックスカルバート協会の止水試験方法の考え方を準用し、水路目地を模した供試体による「止水性試験」を行い照査する。目地被覆工法の場合、目地の両端部処理は、水が漏れないようにすることを基本とし、エポキシ系接着材、アンカー止め、鋼板による挟み込み、その他等により水を止める形態とする。養生期間後に試験水圧 0.1MPa、水圧保持時間 3 分間で止水試験を行う。

【品質規格値】

品質規格値は、試験後、漏水がないこととする。

8(2)イ(イ)4) 伸縮追従性

開水路の躯体コンクリートは外気温の変化により伸縮を繰り返すため、開水路は、一定の間隔で設けられた目地によってこの伸縮を吸収している。よって目地被覆工法は、効果が期待される期間中、水路躯体の伸縮に追従することが求められる。

【照査方法】

JIS A 1439「建築用シーリング材の試験方法」の 5.17 の「耐久性試験」に基づき目地幅の拡大・縮小を行い、伸縮追従性を照査する。

供試体の幅は各製品で定める設計目地幅（水路設置時の目地幅）とし、30～50 mm とする。供試体の養生が必要な場合は JIS A 1439（硬化条件:A 養生…23℃± 2℃×(50±5)%RH×28 日）に準拠する。振幅変位は設計目地幅 ± 3.0 mm^{*1}とし、目地補修工法の効果が期待される期間を 20 年とした場合、7,300 回(365 日×20 年)伸縮を繰り返し照査する。

なお、繰り返し伸縮追従性試験には荷重制御方式と変位制御方式とあるが、本書ではこれ以上の変位が無いものとして変位制御方式により行う。

^{*1} 現場打ちコンクリート開水路で 1 年間の温度測定を行った結果、外気温が-2～35℃のとき、気中部コンクリートの表面温度は-1～55℃、水温は 4～24℃という報告がある。かんがい期のコンクリート躯体の温度は、ほとんど水中部にあるため、水温に近いものと考えられ、コンクリート躯体の温度変化は比較的小さく、最大でも 30℃程度と想定される。

他方、冬季のコンクリート躯体の温度は、ほとんど気中部に曝されているため、日照の影響を受けやすく、コンクリート表面温度も上昇しやすいため、コンクリート躯体の温度変化は比較的大きく、最大で 20℃程度となる可能性もあり得る。

以上の条件に対し、開水路躯体の線膨張係数を $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、対象となる開水路のスパン長を 10 m とした場合、目地部の想定伸縮量は、目地幅が小さくなる方向に 3.0 mm（かんがい期、L= 10 m で 30℃の温度変化を想定）、大きくなる方向に 2.0 mm（冬季、L=10 m で 20℃の温度変化を想定）、となる（下式参照）。

夏季： $10 \times 10^{-6} \times 30^{\circ}\text{C} \times 10 \text{ m} \times 1,000 = - 3.0 \text{ mm}$

冬季： $10 \times 10^{-6} \times 20^{\circ}\text{C} \times 10 \text{ m} \times 1,000 = + 2.0 \text{ mm}$

本書では、変位量が大きくなる 3.0 mm に合わせて振幅変位を±3.0 mm とする。

【品質規格値】

品質規格値は、目地被覆材の表面に破断がなく、接着面に剥離がないこととする。

8(2) ウ 目地成型ゴム挿入工法

表 8. 2-5 目地成型ゴム挿入工法^{*2}に使用する材料・工法の品質規格（例）

要求性能項目			品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	成型ゴムの耐久性	耐候性	紫外線による劣化	JIS K 6266 ^{*3} (キセノン式 4,000 時間又はサンシャイン式 2,400 時間) ^{*1}		ひび割れ、変色等がないこと
		耐オゾン性	オゾンによる劣化	JIS K 6259 (オゾン濃度 50 pphm、40 ℃、96 時間、50 %引張歪み)		JIS K 6259 附属書 1 によるき裂の評価で、A-1 を限度とする
			成型ゴム露出表面の応力状態 (引張応力)	目地成型ゴム挿入工法（品質規格Ⅰ型）の耐オゾン性試験方法（案） ^{*2}		FEM 解析又は歪み測定において、成型ゴム露出表面に引張応力（又は引張歪み）が働かないこと
				目地成型ゴム挿入工法（品質規格Ⅱ型）の耐オゾン性試験方法（案） ^{*2}		歪み測定又は FEM 解析等において、成型ゴム露出表面に働く引張応力（又は引張歪み）が、同種ゴムの屋外における実績以下であること
	耐熱老化性	伸び変化率	JIS K 6257（70℃、96 時間）		伸び変化率-20％ 以内	
	成型ゴムの脱落抵抗性		外力に対する安定	目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法（案）		1.0 N/mm ² （MPa）以上
	接着材の耐久性	付着性	接着材の付着強さ ^{*4}	JSCE-K 561 (乾湿繰返し及び温冷繰返し回数は 20 サイクル ^{*1})	標準条件	1.5 N/mm ² 以上
					多湿条件	
					低温条件	
					水中条件 ^{*5}	
乾湿繰返し条件					1.0 N/mm ² 以上	
温冷繰返し条件						
伸縮追従性		成型ゴムの圧縮永久歪み	JIS K 6262 (70 ℃、24 時間、25 %圧縮)		30%以内	
止水性		水圧による漏水	目地成型ゴム挿入工法の止水性試験方法（案）（試験水圧 0.1 MPa、水圧保持時間 3 分間）		漏水が認められないこと	

^{*1} 補修の効果が期待される期間を 40 年とした場合の例を示す。右欄に示す規格値（案）も同じ。

^{*2} 品質規格Ⅰ型は、年間を通じての目地の動き（伸縮）の中で、常に成型ゴムが圧縮された状態で置かれ、水路側露出表面に引張応力が発生させない材料・工法の品質規格。一方、品質規格Ⅱ型は、水路側露出表面に引張応力が発生する材料・工法の品質規格。

^{*3} 促進耐候性試験の照射条件は、以下の条件を標準とする。

キセノン照射：300～400 nm、60 W/m²、サンシャイン照射：63℃、300～700 nm、255 W/m²

^{*4} 付着性（接着材の耐久性）の照査は、表面被覆材の付着性と同様に JSCE-K 561 に準じて行う。表面被覆材の代わりに接着材を所定量塗布したものを供試体とし、養生期間は 7 日間を標準とする。

^{*5} JSCE-K 561（水中条件）における、供試体作製後、水中養生を開始するまでの気中養生は、温度 20 ± 2℃、相対湿度 60 ± 10% の状態で 7 日間行うものとする。

【解説】

8(2)ウ(ア) 品質項目

本工法の主要な構成材料は成型ゴムである。通水側に露出する成型ゴムの一般的な劣化因子である紫外線、オゾン、熱に対する耐久性を照査する。また、成型ゴムと既設水路との付着性や伸縮追従、背面水压等による目地の脱落、止水性について照査する。

8(2)ウ(イ) 品質規格

8(2)ウ(イ)1) 成型ゴムの耐久性

成型ゴムの耐久性は、促進耐候性試験、熱老化性試験、耐オゾン性試験及び成型ゴムの露出表面の応力状態を確認することにより照査する。

1. 耐候性

目地成型ゴム挿入工法に使用する材料は、紫外線や温度等により劣化する。したがって、目地補修工法の効果が期待される期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが求められる。

【照査方法】

照査方法は、ゴム材料の標準的な耐候性試験である JIS K 6266「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－耐候性の求め方」の「9 オープンフレームカーボンアーク試験」又は「10 キセノンアーク試験」に基づき行う。

なお、その試験時間は、目地補修工法の効果が期待される期間を 40 年とした場合、開水路の環境条件における 40 年間の太陽光照射量を考慮して、キセノンアーク試験は 4,000 時間（紫外線の波長域及び放射照度 300～400 nm、 60 ± 2 W/m²）、オープンフレームアーク試験は 2,400 時間（パネル温度 63℃／紫外線の波長域及び放射照度 300～700 nm、255 W/m²）とする。

【品質規格値】

品質規格値は、ひび割れや変色等がないこととする。なお、変色の有無は、JIS K 6266 6.5.1 色変化及び外観変化における 2) 側色計による方法により、暴露前後の試験片の色差が 3.0 以下であることを確認することが望ましい。

2. 耐オゾン性（オゾンによる劣化）

目地成型ゴム挿入工法に使用する材料は、大気中のオゾンにより劣化する。したがって、オゾンによる劣化への抵抗性（耐オゾン性）が要求される。

【照査方法】

試験方法は、ゴム材料の標準的な耐オゾン性試験である JIS K 6259「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－耐オゾン性の求め方」の「5. 静的オゾン劣化試験」によるものとした。また、オ

ゾン濃度と温度、試験時間及び引張歪みの値は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」におけるゴム支承（クロロプレンゴム）の試験方法を参考とした。

【品質規格値】

耐オゾン性の品質規格値は、耐オゾン性試験後のき裂の評価を JIS K 6259 付属書 1 における A-1（き裂少数で、肉眼では見えないが 10 倍の拡大鏡では確認できるもの）を限度とする。

3. 耐オゾン性（成型ゴムの露出表面の応力状態）

水路の通水側、大気に露出する成型ゴムの表面に引張応力が生じるとオゾン劣化の影響を受けやすくなるという研究成果が報告されている。

このことから、成型ゴムの露出表面に発生する引張応力をできるだけ小さくする、あるいは発生させないことで耐久性を確保することとし、露出表面の応力状態について、以下の区分でそれぞれ照査するものとする。

<品質規格Ⅰ型（成型ゴムの露出表面に引張応力を発生させない工法の品質規格）>

【照査方法】

各製品で設定されている設計目地幅（水路設置時のプラス側施工規格値を加味した目地幅）の目地をコンクリートで作成し、成型ゴムを施工した供試体（以下、「目地供試体」と呼ぶ）に、年間の温度変化による既設水路躯体の熱膨張と収縮を想定した伸縮を作用させ、成型ゴムの露出表面に生じる引張応力又は歪み量を測定し、引張応力の有無を照査する。

若しくは、同じく温度応力による膨張収縮を想定した成型ゴム露出表面の FEM 解析により引張応力又は歪みの測定を行い、引張応力の有無を照査する。

伸縮範囲は目地被覆工法における伸縮追従性と同様の考え方により、各製品で設定されている設計目地幅に $\pm 3.0 \text{ mm}$ とする。

なお、歪み測定は、成型ゴムの表面を細かくメッシュ割りしてメッシュ単位の歪みを測定し確認する。

【品質規格値】

成型ゴムの露出表面の応力状態の品質規格値は、成型ゴム露出表面に引張応力又は引張歪みが働かないこととする。

<品質規格Ⅱ型（成型ゴムの露出表面に引張応力が発生する工法の品質規格）>

【照査方法及び品質規格値】

屋外において同種ゴムが使用されている耐用実績を確認する。

具体的には、まず、(1) 開水路の目地が受ける環境、荷重、変形以上の条件下で長時間供用されている同種ゴムの実績を調査し、長期間の変形がないことを確認し、露出表面に発生している引張応力又は歪みを測定する。

次に(2) 目地の膨張収縮を模擬した室内試験において表面に発生する引張応力又は歪み、若しくは目地の膨張収縮を想定した FEM 解析による引張応力又は歪みを測定し、

(2) の室内試験及び FEM 解析の測定値が(1) の実績調査より小さいことを確認する等の方法が想定される。

実績調査に基づき、成型ゴム露出表面に発生する応力状態やオゾン劣化の進行状況を確認するとともに補修対象の目地の状況、設計条件を勘案し、適宜、採用を判断する。

4. 耐熱老化性

目地成型ゴム挿入工法に使用する材料は、太陽光による熱及び開水路躯体コンクリートの温度変化による熱により劣化する。したがって、熱劣化への抵抗性（耐熱老化性）が求められる。

【照査方法】

耐熱老化性の品質規格値は、伸び率により照査する。照査方法は、ゴム材料の標準的な熱老化性試験である JIS K 6257「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム—熱老化特性の求め方」に基づくものとする。また、試験条件（加熱温度と試験時間）は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」におけるゴム支承（クロロプレンゴム）の試験方法を参考とし、試験時間をより厳しい 96 時間とする。

【品質規格値】

伸び変化率の品質規格値は目地材として重要な性能項目であることを考慮し、ゴム支承より厳しい－20 %以内と規定した。

8(2)ウ(イ)2) 成型ゴムの脱落抵抗性

成型ゴムは、目地部に成型された溝に圧縮された状態で挿入され、さらに接着材により既設水路躯体に接着される。施工後の目地部には、地下水圧（常時作用）及び歩行時の荷重や堆積汚泥の泥上げ時におけるスコップの衝撃荷重（いずれも一時的作用）等の外力が作用する。したがって、このような外荷重により成型ゴムが脱落しないことが要求される。

【照査方法】

脱落抵抗性試験は水路と同様の仕様及び断面形状を模した目地供試体（各製品で設定されている設計目地幅の目地をコンクリートで作成し、成型ゴムを施工した供試体）により行う。この際、目地の長さは目地の設計深さ以上とし、目地幅を調整するため、目地供試体に鋼製枠を取り付ける。接着材の硬化後、目地幅を許容伸縮幅の上限まで拡大した後、背面側から成型ゴムに荷重を負荷する。脱落抵抗性は、最大荷重を試験時の目地幅×目地の長さで除した値で表すものとする。ただし、試験の拡張幅は目地被覆工法における伸縮追従性の振り幅範囲の設定（冬季）と同様の考え方に基づくものとし、+3 mm とする。

なお、本試験は、乾湿繰り返しや温冷繰り返しによる接着材の付着耐久性は照査の対象としていない。

【品質規格値】

脱落抵抗性の品質規格値は、想定される外力の数値設定が困難なため、接着材やライニング材において用いられている標準的な付着強さである 1.0 N/mm^2 以上を採用する。この値は、止水性試験の規格値の 10 倍に相当するが、接着材の付着耐久性に関する評価試験が実施できないことに対して余裕を持った値となっている。

8(2)ウ(イ)3) 接着材の耐久性（付着性）

目地成型ゴム挿入工法は、目地材の反発力と接着材により既設開水路のコンクリートに付着するため、効果が期待される期間中、既設水路躯体との付着性（接着材の付着性）の確保が要求される。

【照査方法】

表面被覆工法における付着性の考え方に準じ、JSCE-K 561 により既設コンクリートに対する接着材の付着性を照査する。供試体の製作は、表面被覆材に代え、接着材を各製品における規定塗布量を塗布して行う。

また、乾湿繰り返し条件及び温冷繰り返し条件は、目地補修工法の効果が期待される期間を 40 年とした場合、20 サイクル(補修の効果が期待される期間を 20 年とした 10 サイクルの 2 倍)となる。

試験の環境条件毎の試験用基板作成の養生条件、供試体の作成時間と養生条件、付着強さ試験実施時の状態を表 8.2-6 に示す。

表 8. 2-6 接着材の耐久性試験の環境条件

試験の環境条件	試験用基板作成の養生条件	供試体の作成時間	供試体の養生条件	試験時の状態
標準条件	標準状態* ¹ 7 日間	標準状態 30 分以内	標準状態で製造業者が指定する期間又は 28 日間	標準状態
多湿条件	標準状態 7 日間 水中状態* ² 1 日間	標準状態 30 分以内* ⁴	多湿状態* ⁵ で製造業者が指定する期間又は 28 日間	標準状態
水中条件	標準状態 7 日間 水中状態* ² 1 日間	同 上	温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ の状態で気中養生 7 日間の後、水中状態* ² で製造業者が指定する期間又は 28 日間	標準状態
低温条件	標準状態 7 日間 低温状態* ³ 1 日間	標準状態 30 分以内	低温状態* ³ で製造業者が指定する期間又は 28 日間	低温状態* ³
乾湿繰返し条件	標準状態 7 日間	同 上	標準状態で製造業者が指定期間で養生後、乾湿繰返し* ⁶ 20 サイクル、その後、標準状態 1 日間	標準状態
温冷繰返し条件	標準状態 7 日間	同 上	標準状態で製造業者が指定期間で養生後、温冷繰返し* ⁷ 20 サイクル、その後、標準状態 1 日間	標準状態

*¹ 標準状態とは、標準状態とは、温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 50 % 以上とする。

*² 水中状態とは、 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の清水中に浸せきした状態をいう。

*³ 低温状態とは、 $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ をいう。

*⁴ 基板を水から取り出し、接着面に付着している水をウェス等で拭き取るものとする。

*⁵ 多湿状態とは、 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 90 % 以上をいう。

*⁶ 乾湿繰返しとは、供試体を $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温器中で 18 時間放置し、直ちに $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽に 6 時間浸せきした状態をいい、この操作を 1 サイクルという。

*⁷ 温冷繰返しとは、供試体を $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の水中に 18 時間浸せきした後、直ちに $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温器中で 3 時間冷却し、次いで $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の別の恒温器中で 3 時間加温した状態をいい、この操作を 1 サイクルという。

【品質規格値】

表面被覆工法における付着性の考え方に準じ、施工の初期値に該当する標準条件、多湿条件及び低温条件、水中条件での品質規格は 1.5 N/mm^2 以上、促進劣化後に該当する温冷繰返し後及び乾湿繰返し後の品質規格値は、 1.0 N/mm^2 以上とする。

8(2)ウ(イ)4) 伸縮追従性

目地成型ゴム挿入工法には、温度変化による開水路目地の伸縮挙動に対して、成型ゴムの追従性が求められる。

しかし本工法は、開水路目地に伸縮が生じても成型ゴムは常に圧縮された状態にあるため、伸縮の繰返し試験に代え、圧縮状態に置かれた成型ゴムの歪み試験を行う。

【照査方法】

圧縮状態に置かれた成型ゴムの具体的な性能評価方法は、既に数社のメーカーにおいて実施されている圧縮永久歪み試験により行う。試験方法は、ゴム材料の標準的な耐候性試験である **JIS K 6262**「加硫ゴム及び熱可塑性ゴムー常温、高温及び低温における圧縮永久歪みの求め方」によるものとし、試験条件（加熱温度、試験時間、圧縮率）は、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」におけるゴム支承の試験方法を参考とし、**70℃**、試験時間 **24 時間**、**25 %**圧縮の試験条件を準用した。

【品質規格値】

品質規格値としては、(株)高速道路総合技術研究所「構造物施工管理要領」におけるゴム支承の伸縮追従性より厳しい、**30 %**以内とする。

8(2)ウ(イ)5) 止水性

目地成型ゴム挿入工法における接着材は、目地部コンクリート表面の充填材としての機能も担う。既設コンクリートの表面は多孔質で凹凸が多いため、成形ゴムのみでは凹凸による漏水が避けられない。したがって、接着材には止水性（接着材を使用することにより、この凹凸を塞ぎシール材としての効果）が要求される。

【照査方法】

既設水路の止水板が損傷していても止水性が確保できるよう、内外面の想定される水圧に対して十分な止水性能を有することを照査する。

止水性試験に用いる供試体は、目地供試体（各製品で設定されている設計目地幅の目地をコンクリートで作成し、成型ゴムを施工した供試体）の両端部をエポキシ樹脂シール材等で密閉シールしたものとする。接着材及びシール材の硬化後、背面から **0.1 MPa** 以上の水圧を **3 分間**加え、目地部からの漏水の有無を目視観察する。

【品質規格値】

品質規格値は、水圧を **3 分間**保持し漏水のないこととする。

8(3) 工法の施工

目地補修工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順は異なる。

(1) 目地充填工法

- 1) 準備工
- 2) カッター工、ケレン
- 3) バックアップ材設置（必要に応じて）
- 4) 充填箇所の養生
- 5) プライマー塗布
- 6) 目地材充填、仕上げ
- 7) 養生

(2) 目地被覆工法

- 1) テープ（シート）貼付方式
 - ①準備工
 - ②下地処理工
 - ③目地被覆工
- 2) シート固定方式
 - ①準備工
 - ②予備成形
 - ③プライマー塗布、シーリング材打設
 - ④シート取付け
 - ⑤仕上げ（端部処理）

(3) 目地成型ゴム挿入工法

- 1) 準備工
- 2) カッター工、はつり工
- 3) 接着材塗布
- 4) 成型ゴム挿入
- 5) 仕上げ（端部処理）

【解説】

目地補修工法は、施工方法により施工後の性能が左右されることから、適切に施工しなければならない。工法によって施工手順が異なることに留意して、入念に施工するものとする。

(1) 目地充填工法

1) 準備工

目地補修は、表面被覆工法と併せて施工する場合は、表面被覆工の施工後に行うことを標準とする。表面被覆工の施工中は、目地に目地棒等を設置し、表面被覆材が目地内部に入らないようにする。

なお、目地部背面からの湧水が見られる場合は、別途、止水処理又は導水処理を行い、次工程へ移る。

2) カッター工、ケレン

既設目地の変状や、既設目地の断面形状を勘案し、必要に応じて既設目地部コンクリートにカッターを入れ、適宜はつり作業を行い、設計の目地形状を確保する。また、充填材の接着性を確保するため、ディスクグラインダー等により既設目地部の接着面（2面）のケレンを行うことが望ましい。

3) バックアップ材設置（必要に応じて）

目地内部に目地深さが所定の寸法になるようにバックアップ材を設置する。

4) 充填箇所の養生

目地周辺の汚れを防止するためにマスキングテープを貼り付ける。マスキングテープが殆ど張り付かない状態は乾燥が不十分であるため、バーナー等により施工面を十分乾燥させた後、施工する。



写真 8.3.1-1 シーリング材の充填

5) プライマー塗布

専用プライマーをローラー、刷毛等で目地部のコンクリート面に塗に残しがないよう均一に塗布する。

6) 目地材充填、仕上げ

プライマーの乾燥後、弾性シーリング材をコーキングガンで充填し、シーリング材がコンクリートによく密着するようヘラでしっかりと押さえ、表面を平滑に仕上げる。

7) 養生

シーリング材が硬化するまでは、ほこり等がつかないように、また、降雨のおそれがあるときは、シート等で必要な養生を行う。

(2) 目地被覆工法

1) テープ（シート）貼付方式

①準備工

目地補修は表面被覆の施工後に行うことを標準とし、表面被覆の施工中は、目地に目地棒等を設置して表面被覆材が目地内部に入らないようにする。

目地部背面から湧水が見られる場合は、別途、止水処理又は導水処理を行い、次工程へ移る。

②下地処理工

表面被覆工法と同一の下地処理方法とするが、表面被覆工を施工しない場合は、所定の下地処理方法で行うものとし、事前に試験施工を行って付着強さの確認を行う。

③目地被覆工

各製品の施工要領に従ってプライマー又は接着材を塗布した後、目地被覆材（塗料、テープ、シート）を塗装又は貼り付ける。



写真 8.3.2-1 接着材の塗布



写真 8.3.2-2 シートの貼り付け



写真 8.3.2-3 完成状況

2) シート固定方式

①準備工

高圧洗浄機等により、水路面の泥、藻、脆弱部を除去し、欠損部、ひび割れ部は断面補修する。洗浄後は、バーナー等により十分に施工面を乾燥させる。

②予備成形

下地形状に沿わせてシートの予備成形を行う。

③プライマー塗布、シーリング材打設

プライマーは施工面に塗布し、シーリング材はプライマーを塗布した施工面、若しくは製品のSUS鋼板の裏面に打設する。

④シート取付け

予備成形した製品を施工予定箇所に戻し、ハンマードリル等で製品の上から既設水路躯体コンクリートに穴を開け、専用アンカーを打ち込み固定する。

⑤仕上げ（端部処理）

シート取付け固定後、シートの端部はシーリング材を用いて既設水路にすり付ける。



写真 8.3.2-4 下地処理



写真 8.3.2-5 プライマー塗布



写真 8.3.2-6 シーリング材打設



写真 8.3.2-7 シート取付け
アンカー削孔



写真 8.3.2-8 シート取付け
アンカー打設



写真 8.3.2-9 完了

(3) 目地成型ゴム挿入工法

1) 準備工

目地補修は表面被覆の施工後に行うことを標準とし、表面被覆の施工中は、目地に目地棒等を設置して表面被覆材が目地内部に入らないようにする。

目地部背面から湧水が見られる場合は、別途、止水処理又は導水処理を行い、次工程へ移る。

2) カッター工、はつり工

本工法の要求性能を確保するためには、既設目地部のコンクリートを各製品に定められた幅ではつり、そこに成型ゴムを圧縮した状態で正確に挿入、接着することが重要である。

既設目地部コンクリートに所定の目地幅で墨入れし、コンクリートカッターを入れた後、コンクリートチッパー等により所定の幅及び深さまで箱抜きする。箱抜きの形状は、成型ゴムが目地の幅の変動に追従し性能が確保できる幅及び深さであることが重要である。



写真 8. 3. 2-10 カッター入れ



写真 8. 3. 2-11 はつり作業

成型ゴムの側面に専用の接着材を塗布する。この際、成型ゴムと接着材と馴染みを良くするため、あらかじめ専用のプライマーを塗布する工法もある。



写真 8. 3. 2-12 接着材の塗布状況(1)



写真 8. 3. 2-13 接着材の塗布状況(2)

4) 成型ゴム挿入

接着材を塗布した成型ゴムを圧縮し、箱抜きした目地部に挿入する。

その際、原則として、施工目地を一本製品で挿入するものとするが、やむを得ず突き合わせ施工が生じる場合は、設計流下断面外に設けなければならない。

5) 仕上げ（端部処理）

目地の端部（気中部）を弾性シーリング材により処理する。



写真 8. 3. 2-14 成形ゴム挿入



写真 8. 3. 2-15 端部処理



写真 8. 3. 2-16 完成状況

第9章 表面含浸工法（けい酸塩系表面含浸工法）

9(1) 工法の概要・特徴

表面含浸工法には、けい酸塩系のほか、シラン系、その他に分類される材料があるが、本書で扱う表面含浸工法は、けい酸塩系について記載しており、シラン系は、農業用コンクリート開水路の接水部における効果発揮の実績が乏しいため、参考工法（9(5) 参考工法（シラン系））とした。

けい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート表層部の組織を改質・緻密化し、劣化因子の侵入を抑制することでコンクリートの耐久性を回復又は向上させることを目的とし、表面含浸材をコンクリート表面から含浸させる工法である。

また、けい酸塩系表面含浸工法の大きな特徴としては、①施工が比較的容易であること、②繰返し施工が可能であること、③劣化を促進する等の副作用が小さいことが挙げられる。

このように、けい酸塩系表面含浸工法は、工法の効果は表面被覆工法等の他工法に較べて顕著な効果が得られるとはいえないが、施工がし易く使い易い工法といえる。このような特徴から、他の工法と組み合わせた補助工法として、あるいは対策段階としては潜伏期に適した工法といえる。

※【コラム】 けい酸塩系表面含浸工法の予防保全的な対策工としての活用について（p.245）参照

表 9.1-1 表面含浸材の概要（けい酸塩系以外も含む）

工法の適用による効果	効果を発揮する機構		材料		適用不可となる条件		備考
劣化因子の侵入抑制	コンクリートの緻密化	コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応による C-S-H ゲルの生成及び主成分の乾燥固化による、コンクリート空隙構造の緻密化	けい酸塩系	反応型 （主成分：けい酸トリウム、けい酸カリウム）	含浸材が浸透しない様な緻密なコンクリート等	中性化が進行し水酸化カルシウムと反応しない領域	・ 湿潤養生
				固化型 （主成分：けい酸リチウム）		—	・ 乾燥養生
	表面撥水性の付与	コンクリート表面への疎水基の形成	シラン系				接水部
侵入した劣化因子に対する劣化反応抑制等	鉄筋不動態被膜再生及び ASR ゲルの非膨張化	亜硝酸イオン及びリチウムイオンによる作用	その他	亜硝酸リチウム系含浸材等	工法毎にメーカーへ確認		—

* シラン系は、農業用コンクリート開水路の接水部における効果発揮の実績が乏しく、現時点では適用性等の判断が出来ないことから、本書の適用工法からは対象外とした。なお、今後シラン系についても適用可能性を引き続き検討する必要があることから、シラン系に求められると想定される効果等について、参考として章末に記載した。

* けい酸塩系及びシラン系の効果発現機構とは異なる亜硝酸リチウムを含む含浸材料も開発されている。亜硝酸リチウム系含浸材は、既に劣化因子の進入したコンクリートの劣化抑制を目的とし、不動態被膜再生及びアルカシリカゲルの非膨張化により塩害・中性化、アルカシリカ反応の劣化抑制効果を発揮する。

なお、本書では、表面含浸材の使用については以下の2通りの使用方法を想定している（図 9.1-1）。

①表面含浸工法

コンクリート表層部へ表面含浸材を塗布し、表面含浸材による補修効果を主な効果とする工法であり、本章にその適用可能性・品質規格等を記述する。

②補助工法

表面被覆工法と併用することで、母材の改質及び無機系表面被覆材の品質向上を目的とした工法であり、「5(1)オ 補助工法」の適用目的・効果等を参照のこと。

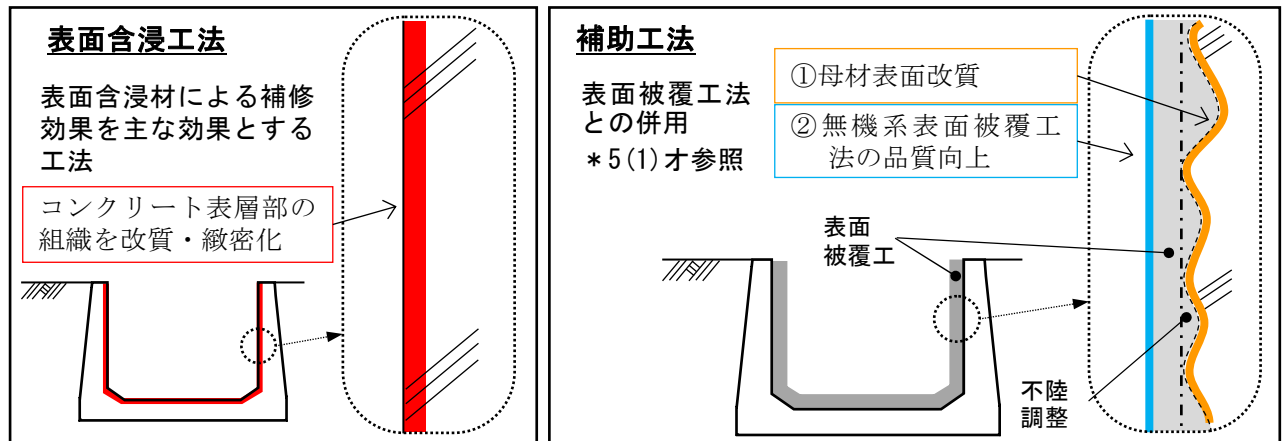


図 9.1-1 表面含浸材の使用目的による「表面含浸工法」及び「補助工法」の概要

【解説】

(1) 材料

けい酸塩系表面含浸工法には反応型と固化型の表面含浸材が用いられる。

(2) 工法

表面含浸材を含浸させる方法は、表面含浸材の種類や施工環境等によって、刷毛塗り、ローラー塗り、吹付けや噴霧等がある。なお、反応型と固化型では施工後の養生がそれぞれ、湿潤養生と乾燥養生と全く異なるため、表面含浸材の種類に適した養生を行う必要がある。

(3) 農業用コンクリート開水路における適用条件

表面含浸工法が適用可能な母材の状態は、ひび割れ補修、断面修復、脆弱部の除去等の止水・導水対策を必要としないものを対象とする。詳細は、「9(3)工法の施工」を参照のこと。

なお、表面含浸工法は、一般的な土木構造物において気中環境では基本的に所定の効果を発揮することが実証されているが、農業用コンクリート開水路において流水による影響を受けることが想定される環境では表面含浸工法の性能、効果の持続についての検証が十分になされていない材料もあることに留意すること。流水の影響を受ける環境での適用は、対象施設の現場状況を考慮し適用環境に応じて判断すること。

9(1) ア 適用範囲

けい酸塩系表面含浸工法について、「対象とする変状」、「農業用コンクリート開水路における適用範囲」、「工法の使用目的」毎に適用可能性を整理した。整理結果は表 9.1-2～表 9.1-3 に示す。」

図 9.1-2 に示す適用範囲は、季節により流水が接水する範囲を「接水部」と規定するが、補修時に一体的に施工する範囲を考慮してフルーム及び水路橋の側壁天端も「接水部」の範囲に含むものとした。また、規定した接水部以外で、常時気中となる範囲を「気中部」として規定する。表面含浸工法は、水中・接水する箇所の方が気中と比べて工法の効果が発揮され難く、取り扱いに注意しなければならない。本来的には各水路により環境条件を踏まえて接水する範囲を検討し、適用範囲を設定する必要があるが、本マニュアルでは気中部と接水部の2つに分けることになるため、一律適用範囲を設定する場合は安全側に分類すると考え、側壁天端部は「接水部」の範囲とした。

土中については、本マニュアルが補修・補強段階における対策を対象としていることから、開削してまでの対応を想定していないため原則対象外とする。

なお、工法の適用範囲として底版は、中性化による劣化が生じる可能性が少ないこと、また、過度な凍害が発生しやすい部位であり表面含浸工法による劣化抑制効果が得られるか現時点では十分には検討がなされていないことから、原則として対象外とする。ただし、適用範囲とする場合は母材の状況等を十分に把握し個別に検討するものとする。詳細は、「9(1) ア(イ)2 底版への工法適用について」を参照のこと。

表 9.1-2 農業用コンクリート開水路における表面含浸工法の概要

工法に要求される効果		工法分類 (けい酸塩系)	農業用コンクリート開水路で表面含浸工法に期待する効果（単独工法の場合）	
			接水部	気中部
劣化に対する抵抗性	中性化抑制 (中性化対策)	反応型	○	○
		固化型	○	○
	凍結融解抵抗性 (凍害対策)	反応型	○	○
		固化型	△	△

○：適用可能

△：適用には検討が必要（他補修工との併用等）

—：適用対象外

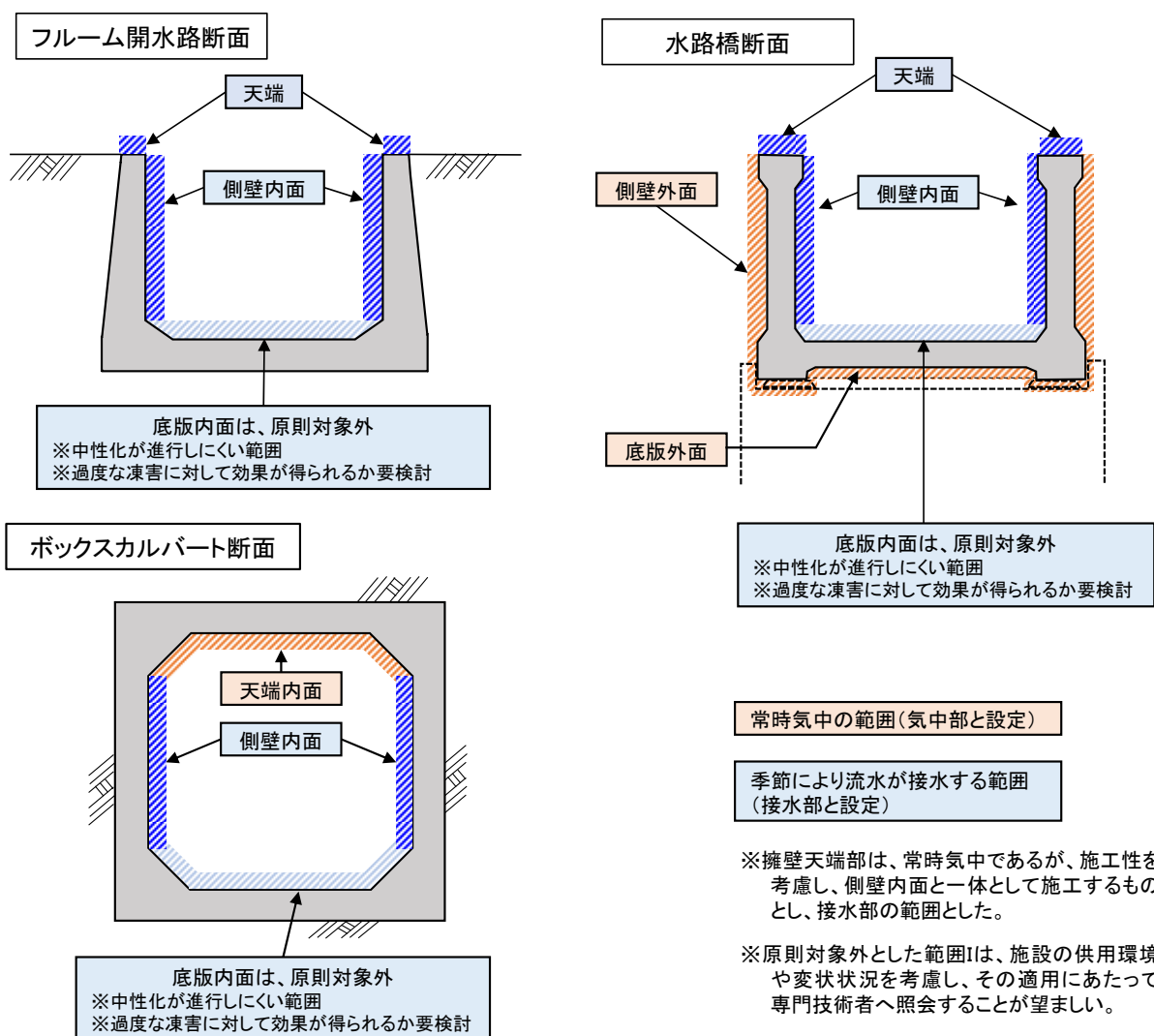


図 9.1-2 けい酸塩系表面含浸工法の適用範囲

【解説】

9(1) ア(ア) 適用可能性について

けい酸塩系表面含浸工法の適用可能性について、表 9.1-2 で示した工法に要求される効果以外の効果について、以下に示す。

本書で対象とする変状は、表 9.1-2 に示した「中性化」及び「凍害」とする。なお、けい酸塩系表面含浸工法の効果が期待される期間は、10 年（9(2) 工法の要求性能・品質規格）としているが、現時点ではけい酸塩系表面含浸工法に耐摩耗性を期待しないことから、摩耗速度の速い水路については工法の適用について検討が必要である。

また、開水路のアルカリシリカ反応対策及び塩害対策として外部からの劣化因子の侵入抑制効果を期待する場合、補修対象が潜伏期の劣化状態であれば、適用を検討することができる。

けい酸塩系表面含浸工法のうち、反応型は表面含浸材の反応機構（表 9.1-5 表面含浸材の概要）から、中性化が進行し水酸化カルシウムと炭酸化反応した領域では表面含浸材の性

能が発現しないため、適用範囲外となる。適用工法の種類及び施工する母材の状態を十分把握し、適用性について検討すること。

表 9.1-3 農業用コンクリート開水路における表面含浸工法に要求される効果¹⁾

工法に要求される効果		工法分類 (けい酸塩系)	新設、既設 一般土木構 造物におけ る表面含浸 工法の適用 性評価 *1	農業用コンクリ ート開水路で求 められる劣 化抵抗性	農業農村整備 事業における 採用実績*2	農業用コンクリート開 水路で表面含浸工法に 期待する効果（単独工 法の場合）	
						接水部	気中部
劣化に対する抵抗性	中 性 化 抑 制 (中性化対策)	反応型	○	要	反応型：有 固化型：有	○	○
		固化型	△			○	○
	凍 結 融 解 抵 抗 性 (凍害対策)	反応型	○	要		○	○
		固化型	—			△	△
	アルカリシリカ反応抑制 (アルカリシリカ反応対策)	反応型	△	要		— *3,*4	— *3,*4
		固化型	○			— *3,*4	— *3,*4
	塩化物イオンの侵入抑制 (塩害対策)	反応型	○	要		— *3,*4	— *3,*4
		固化型	—			— *3,*4	— *3,*4
	摩耗抑制	反応型	△	要		— *3	— *3
		固化型	△			— *3	— *3
美観・景観	外観維持	反応型	○	不要			
		固化型	○				
	排ガス付着防止	反応型	△				
		固化型	—				
	防藻・防カビ	反応型	△				
		固化型	—				

○：適用可能

△：適用には検討が必要（他補修工との併用等）

—：適用対象外

*1 表面保護工法 設計施工指針（案）【工種別マニュアル編】 p160

*2 農業農村整備事業実績(NNTD)では、適用工種及び適用目的までは不明。

*3 農業用コンクリート開水路での効果検証、適用事例が十分でなく、現時点では適用対象外とする。

*4 補修対象が潜伏期の劣化状態であれば、アルカリシリカ反応対策及び塩害対策としても外部からの劣化因子の侵入抑制効果を期待する場合、適用を検討することができる。

また参考として、対象構造物が「新設コンクリート構造物の脱型後の表面・既設コンクリート構造物の表面又は補修断面」となるが、(公社)土木学会から発行されている「表面保護工法 設計施工指針（案）」における表面含浸工法の適用可能性を以下に示す。なお、一般土木コンクリート構造物では、橋梁の床版、地覆やコンクリート擁壁等へ表面含浸工法が適用されている。

表面含浸工法の各工法における要求性能及びその性能に対する適用可能性については一覧を表 9.1-4 に示す。

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案)【工種別マニュアル編】、2005

表 9.1-4 表面含浸の各工法における要求性能及び一般コンクリート構造物への適用可能性²⁾
(適用範囲：新設コンクリート構造物の脱型後の表面・既設コンクリート構造物の表面又は補修断面)

工法分類	反応機構	期待される機能	要求性能に関する項目(大分類)	要求性能に関する項目(小分類)	適用可能性
けい酸塩系反応型	・コンクリート中のCa(OH) ₂ と反応し、C-S-H結晶を中長期的に形成 ・形成されたC-S-H結晶がコンクリート内の空隙の充填することにより、コンクリート表面の組織を緻密化	水が移動媒体となる劣化因子侵入の抑制	劣化に対する抵抗性	中性化抑制(中性化対策)	○
			劣化に対する抵抗性	塩化物イオンの侵入抑制(塩害対策)	○
		コンクリート表面からの水の浸透防止	劣化に対する抵抗性	凍結融解抵抗性(凍害対策)	○
			水密性	防水	○
		コンクリート表面部におけるコンクリート組織の強化	劣化に対する抵抗性	アルカリシリカ反応抑制(アルカリシリカ反応対策)	△
			劣化に対する抵抗性	摩耗抑制(水利構造物のキャビテーション等)	△
			美観・景観	排ガス付着防止	△
			美観・景観	防藻・防カビ	△
			美観・景観	外観維持	○
			各種機能付加	脆弱部の強度回復(固化)	△
けい酸塩系固化型	・コンクリート中のCa(OH) ₂ と反応し、C-S-H結晶を形成。残りの材料主成分の乾燥により難溶性物質へ固化する。C-S-H結晶及び固化物によってコンクリート中の空隙を充填	コンクリート表面部におけるコンクリート組織の強化	劣化に対する抵抗性	中性化抑制(中性化対策)	△
			劣化に対する抵抗性	アルカリシリカ反応抑制(アルカリシリカ反応対策)	○
			劣化に対する抵抗性	摩耗抑制(水利構造物のキャビテーション等)	△
			美観・景観	外観維持	○
			第三者影響度に関する性能	はく離抵抗性	△
			各種機能付加	脆弱部の強度回復(固化)	○

* 対象構造物：「新設一般コンクリート構造物の脱型後の表面・既設一般コンクリート構造物の表面又は補修断面」

○：適用可能
△：適用には検討が必要（他補修工との併用等）
―：適用対象外

9(1) ア(イ) 適用範囲について

9(1) ア(イ) 1) 流水の影響を受ける接水部への各材料の適用性について

表面含浸工法は含有されている表面含浸材等の材料特性や反応機構により、期待される効果が異なる。そのため、工法の適用可能性に関して、適用対象範囲を気中部及び接水部に分けて検討する。

かんがい期非かんがい期とも流水の影響を受けない範囲を気中部とし、かんがい期非かんがい期等による水位変動があるが流水による影響を受けることが想定される範囲を接水部と規定する。

なお、けい酸塩系表面含浸工法（反応型・固化型）は、加圧透水試験（「けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）JSCE-K572」の1試験）にて、加圧水压下でも表面含浸材の効果を確認すること。

また、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）は、開水路での追跡調査から接水部での適用性が確認されている。なお、けい酸塩系表面含浸工法（固化型）は、農業用コンクリート開水路での検証事例は少ないものの、表面含浸材の劣化因子を遮断する機構を考慮し、反応型と同様に接水部でも適用可能と判断した。

以上より、けい酸塩系の表面含浸工法は反応型、固化型とも、接水部への適用性は「あり」とした。

²⁾ (公社)土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）、2012

9(1) ア(イ)2) 底版への工法適用について

緒方ら³⁾の報文では、RC 開水路側壁における凍害の発生位置として気中部よりも水中部は発生可能性が低いとしている（図 9.1-3）。そのメカニズムとして、RC 開水路が凍結融解の繰返しを受ける凍結期は、非かんがい期に当たり、管理用水の通水状況にもよるが、気中部、水中部によらず空气中に曝されていることから、両者とも同様な凍結融解の繰返しを受けているはずである。それにも関わらず最多頻度水位を境にして凍害の発生状況が異なるのは、かんがい期、つまりは非凍結期の状態が影響を及ぼしていることが示唆される、としている。

なお、底版部については非かんがい期（凍結期）に通水していない場合においても、雨水や融雪水が残りやすく、水分が十分にある状態で凍結融解の繰返しを受けるために過度な凍害が発生しやすく、堆積土や滞水がある状態では中性化因子がコンクリート内部に侵入するような状況にはなりにくい。

したがって、表 9.1-2 にて農業用開水路における表面含浸工法が期待する効果として「凍害」及び「中性化」を挙げたが、表面含浸工法は劣化抑止性効果が他工法に比べると顕著でないという特性から、また、過度な凍害が発生しやすい場所である「底版部」で期待する効果が得られるか十分には検討がなされていないことから、原則対象外とした。なお、中性化については、環境条件として適用範囲からは、原則対象外とした。ただし、施設の供用環境や変状状況を考慮し、その適用にあたっては専門技術者へ照会することが望ましい。

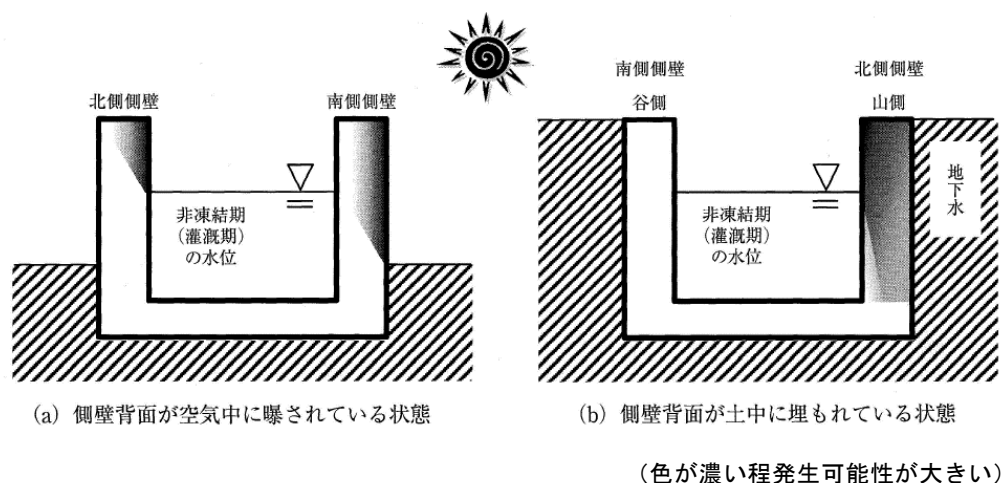


図 9.1-3 RC 開水路側壁における凍害発生位置の概略図³⁾

³⁾ 緒方英彦ら：RC 開水路の凍害、農業農村工学会誌 第 76 巻 第 9 号、2008

9(1) イ けい酸塩系表面含浸工法の方法について

9(1) イ (ア) 材料について

表面含浸材の主成分と改質機構から、(公社)土木学会のけい酸塩系表面含浸工法的设计施工指針(案)(2012)に示される、以下の分類とし、固化型と反応型に区別する。

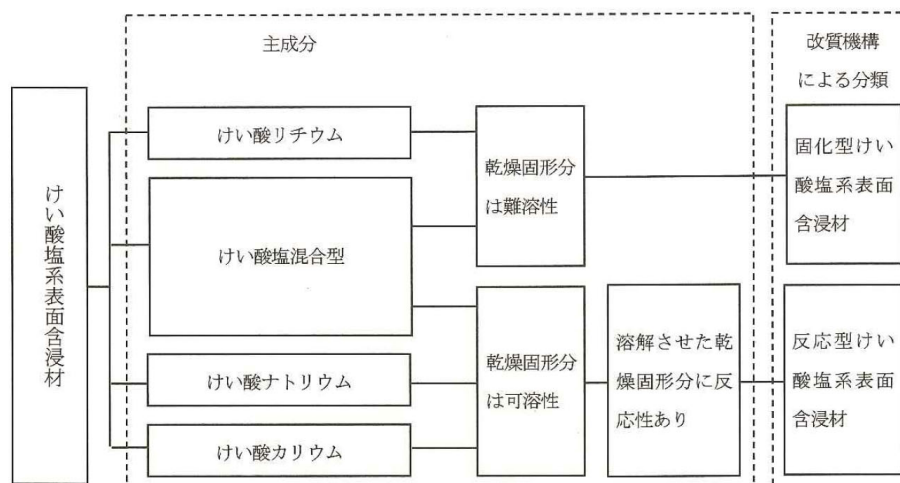


図 9.1-4 主成分と改質機構の関連¹⁾

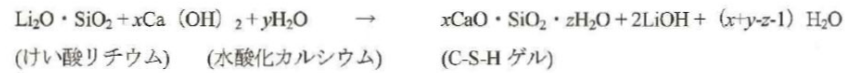
また、応じて判断するものとしたの対象とする表面含浸材(けい酸塩系)の概要を次表に示す。

表 9.1-5 表面含浸材の概要

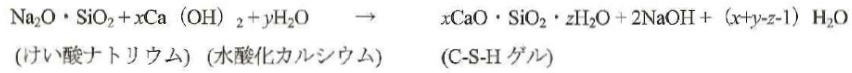
表面含浸工法		表面含浸材の概要と特記事項	反応機構及び特性
けい酸塩系	けい酸塩系表面含浸工法 (反応型)	- 浸透性固化材や浸透性防水材、あるいは、コンクリート改質材料とも称され、主成分はけい酸ナトリウム又はけい酸カリウムである。 - 材料によっては、含浸性を向上させるための界面活性剤、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応を改善するための反応促進剤、けい酸ナトリウム自体の硬化剤が配合されたものもある。 - 含浸後においても、コンクリートに水分が供給されると、未反応の表面含浸材主成分がゲル状になり、水分移動に伴い、コンクリート内部に浸透する。	- 表面含浸材主成分が、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応により C-S-H ゲルを生成、コンクリートの空隙を充填し、コンクリートを改質する。また、未反応のまま残存している主成分が乾燥により析出しても、水分が供給されると再度溶解し、水酸化カルシウムとの反応性を有する。 - 含浸したコンクリート表層部の細孔を充填して、組織を緻密化するため、各種劣化因子の侵入が抑制される。 - 含浸した部分の中性化したコンクリート表層部にアルカリ性を付与する。 - 表面被覆工や断面修復工を実施する前の補助工法としても使用できる。
	けい酸塩系表面含浸工法 (固化型)	- 浸透性固化材や浸透性アルカリ付与材とも称され、主成分はけい酸リチウムである。 - けい酸リチウムを主成分とする水溶液の粘度は、その固形分濃度により変化するため、コンクリート表層部の細孔や微細なひび割れに含浸しやすい粘度に調整されている。	- 含浸の初期段階である溶液時には、反応型と同様に、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応により C-S-H ゲルを生成する。また、乾燥した後の主成分固化物は難溶性となる。この生成された C-S-H ゲルと主成分乾燥固化物がコンクリートの空隙を充填し、コンクリートを改質する。 - 含浸したコンクリート表層部の細孔を充填して、組織を緻密化するため、各種劣化因子の侵入が抑制される。 - 含浸した部分の中性化したコンクリート表層部にアルカリ性を付与する。 - 含浸後の乾燥によって固化するが、含浸層に存在する細孔を完全に閉塞することはない。 - 表面被覆工や断面修復工を実施する前の補助工法としても使用できる。

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、2005

・主成分としてのけい酸リチウムと水酸化カルシウムの反応式の例



・主成分としてのけい酸ナトリウムと水酸化カルシウムの反応式の例



・主成分としてのけい酸カリウムと水酸化カルシウムの反応式の例

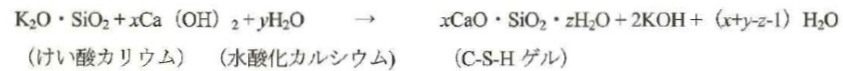


図 9.1-5 主成分としてのけい酸塩系の反応式の例¹⁾

表面含浸工法は、接水しない環境であっても、コンクリート表層部が大量の水分を含む場合や、コンクリート組織が相当に緻密である場合及びコンクリート表層部が相当に脆弱である場合等、下地となる開水路のコンクリートの状態により、表面含浸工法の性能を十分に発揮できない場合がある。表面含浸工法の適用については、現場条件を十分に考慮した設計となっているか、工事着手前に再度確認が必要である。

含浸工法施工前の対策として、ひび割れ補修工法、断面修復工法、劣化部除去工、不陸調整工等の止水・導水対策が必要となる場合がある。

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、2005

【コラム】 けい酸塩系表面含浸工法の予防保全的な対策工としての活用について

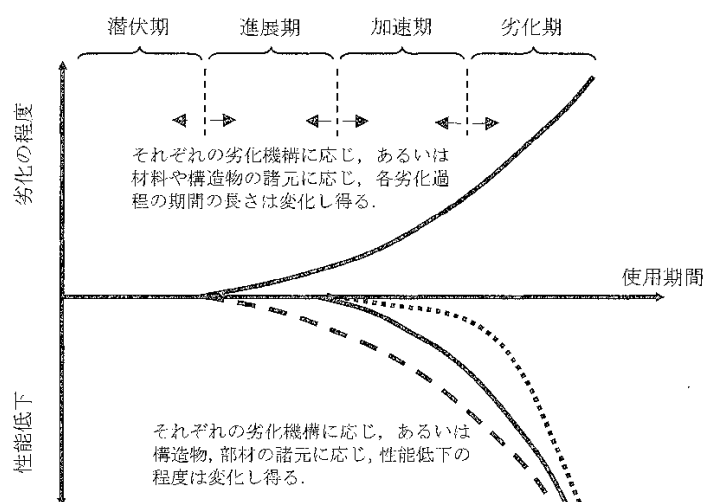
けい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート表層を緻密化することで、「劣化に対する抵抗性の向上」「コンクリート表層部の改質」を図る効果がある。(公社)土木学会技術図書「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」では、工法単独適用の場合には「新設」又は劣化過程が「潜伏期」までにある構造物を適用対象とし、予防維持管理へ有効に活用できる、との記載がある。

表 9.1-6 新設または潜伏期にある構造物を対象とする場合の適用範囲の目安⁴⁾

解説 表 4.4.1 新設または潜伏期にある構造物を対象とする場合の適用範囲の目安

目 的		改質する性能		固化型けい酸塩系表面含浸材	反応型けい酸塩系表面含浸材
劣化に対する抵抗性の向上	鋼材を保護する性能	中性化抑止性		△	○
		塩害抑止性	陸上、内陸、海上大気中	△	○
			飛沫帯、干満帯	△	△
			海中	-	-
	凍害（スケーリング）抑止性		△	○	
	化学的侵食抑止性		△	△	
コンクリート表層部の改質	ひび割れ透水性		○	○	
	防水性		△	○	
	すり減り抵抗性		△	△	
	表面硬度		○	△	
	アルカリ性付与性		○	○	

凡例) ○：適用可能な範囲，△：要検討，-：適用範囲外



解説 図 1.1.2 2～8 章の劣化機構による劣化進行過程の概念図

図 9.1-6 2～8 章の劣化機構による劣化進行過程の概念図⁵⁾

⁴⁾ 出典：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）（2012）,P.28

⁵⁾ 出典：コンクリート標準示方書【維持管理編】2018 年制定,P.106

そのため、本書の適用対象である農業用コンクリート開水路に、けい酸塩系表面含浸工法を適用する際にも、「新設」や「潜伏期」といった予防保全段階での活用が期待される。（例えば、鉄筋コンクリート開水路での新設時にけい酸塩系表面含浸工法を適用すれば、躯体表面の微細な初期ひび割れを緻密化（＝劣化因子の侵入抑制）し、CO₂ の侵入を抑制することで中性化の進行を遅らせたり、表面からの水分の浸透を低下させることにより凍害等による施設の性能低下を抑制する。）

※本コラムで示している「予防保全段階」とは、補修対策が必要となる「進展期」に達する前に、「潜伏期」で適用する対策と位置付ける。

一般的に表面含浸工法の施工単価は、他工法と比較し安価である。そのため、表面含浸工法を「新設」若しくは「潜伏期」の段階で、劣化因子の侵入抑制等を目的とした予防保全的な使い方として適用すれば、補修対策を実施する場合よりも機能保全コストを低減できる可能性がある。

（例えば、「新設」時からけい酸塩系表面含浸工法を定期的に適用した場合、当該施設に求められる性能が管理水準以下になることを抑止する効果及び管理水準以下になる時点を先延ばしできる可能性がある。）

加えて、けい酸塩系表面含浸工法は、「**9(3) 工法の施工**」に記載の下地処理工が不要な状況であれば、通常の高圧洗浄による洗浄工を行う事で、施設管理者でも容易に施工可能であるため、他工法と比較すると適用が容易で施工コストも安価である。

ただし、けい酸塩系表面含浸工法を予防保全として活用した場合の性能低下の抑制効果については、躯体表面の改質に留まるため、流水による摩耗や地下水の影響等の農業用コンクリート開水路特有の環境条件によっては、期待した効果が持続的に発揮できない場合もある。そのため、効果が期待される期間については引き続き研究が必要である。また、機能保全コストの具体的な試算にあたっては、施設の条件に応じた検討が必要である。

9(2) 工法の要求性能・品質規格

表面含浸工法の要求性能・品質規格については、表面含浸材料毎に性質・特性が異なることから、各材料（けい酸塩系表面含浸工法（反応型）、けい酸塩系表面含浸工法（固化型））について個別に記載する。

9(2) ア けい酸塩系表面含浸工法（反応型）

けい酸塩系表面含浸工法（反応型）に使用する材料・工法は、表 9.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 9.2-1 けい酸塩系表面含浸工法（反応型）に使用する材料・工法の品質規格

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値（案） ^{*1}
基本的性能	緻密度	乾燥固形分率	JSCE-K 572-2018 6.2 乾燥固形分率試験	10%以上
	中性化抑止性	中性化抑制率	JSCE-K 572-2018 6.8 中性化に対する抵抗性試験	10%以上
個別的性能	耐凍害性	透水抑制率	JSCE-K 572-2018 6.6 透水量試験	20%以上
		吸水抑制率	JSCE-K 572-2018 6.7 吸水率試験	10%以上

^{*1} 品質規格値（案）は、JSCE-K 572-2018 による室内試験での規格値となる。

なお、補修の効果が期待される期間は、上記照査方法として示している室内試験と同様に新設構造物に対する効果として、供試体試験結果等から 10 年程度を見込む。

【解説】

9(2) ア(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）の要求性能が保持されるよう、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）に使用する材料・工法に求められる品質規格を設定するものとし、表 9.2-1 に品質規格（案）として示す。

9(2) ア(イ) 品質規格

① 緻密度

けい酸塩系表面含浸工法（反応型）は、表面含浸材主成分がコンクリート中の水酸化カルシウムとの反応により反応生成物（**C-S-H** ゲル）を生成し、コンクリート表層部の空隙構造を充填し緻密化することにより、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分等の浸入を抑制する工法である。

空隙構造を十分に緻密化するためには、コンクリート表層部において、水酸化カルシウムと表面含浸材の成分が不足なく反応し、**C-S-H** ゲルを生成する必要があることから、表面含浸材の成分量の指標である乾燥固形分率を品質項目として設定する。

【照査方法】

試料には希釈や濃縮を行っていない開栓直後のけい酸塩系表面含浸材を使用する。容器に 100.0 ± 0.1 g の試料を投入し、0.01 g 単位で質量 m_0 を測定する。温度 105 ± 5 °C の恒温槽に試料の入った容器を入れ 24 ± 2 時間ごとに取り出し、デシケーター内で常温にした後、0.01 g 単位で質量 m_1 を測定する。なお、容器に異物が入らないようにする。質量変化が 1 g/日以内になった時点で終了し、乾燥固形分率 r を求める。

乾燥固形分率 r の求め方は、次による。

$$r = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

ここに、 r ：乾燥固形分率(%)

m_0 ：乾燥前の試料の質量(g)

m_1 ：乾燥後の試料の質量(g)

【品質規格値】

（公社）土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）では「これまでの施工実績によれば、けい酸塩系表面含浸材の一般的な設計塗布量は $200 \sim 300$ g/m² であり、その設計塗布量中に含まれる乾燥固形分量は、概ね 20 g/m² 以上である」との記載があるため JSCE-K 572-2018 6.2 乾燥固形分率試験から求められた乾燥固形分率 10%以上（ 200 g/m² 塗布で固形分 20 g/m² 以上となる率）を品質規格値（案）とする。

② 中性化抑止性

けい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート表層部の空隙構造の緻密化により、劣化因子である二酸化炭素の侵入を抑制する工法である。そこで、表面含浸材を塗布した試験体と表面含浸材を塗布しなかった試験体（＝対照試験体）との中性化深さの測定結果を比較することで性能を確認する。

なお、無筋コンクリート開水路では、中性化抑止性は不要である。

【照査方法】

中性化抑止性の試験方法は、JSCE-K-572 に記載のとおり、JSCE-K 572-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づくものとする。

a)試験体について JIS A 1153 に準拠して温度 20 ± 2 °C、相対湿度 $(60 \pm 5)\%$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の条件下で 28 日間の促進中性化試験を行う。

b)促進中性化試験後 JIS A 1152 に準拠し、試験体の含浸面を 2 分割するように試験体を割裂して、割裂面の含浸面及びそれに対向する面(対照試験体(*)の試験面)からの中性化深さをノギスを用いて 0.1 mm まで測定し、それぞれを試験体及び対照試験体の中性化深さとする。試験体及び対照試験体の中性化深さは、対面する割裂面で各々 3 か所、合計 6 か所測定し、その平均値を算出して中性化深さとする。中性化深さは 3 個の試験体の平均で示す。

また、試験体及び対照試験体の中性化深さから中性化深さ比を算出する。

さらに、中性化に対する抵抗性を評価するために、次式によって中性化に対する抑制率を求める。

$$\text{中性化深さ比 (\%)} = (\text{試験体の中性化深さ} / \text{対照試験体の中性化深さ}) \times 100$$

$$\text{中性化抑制率 (\%)} = 100 - \text{中性化深さ比}$$

*対照試験体とは、JSCE-K 572-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づき作成したけい酸塩系表面含浸材を含まない基準となるモルタル試験体

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では、けい酸塩系表面含浸工法の中性化による劣化抑制の性能として中性化抑制率を定めており、けい酸塩系表面含浸工法では 10%以上 30%未満（グレード B）としている。近年、農業農村整備事業で実績のある材料では中性化抑制率にバラつきがあることから、グレード B の最低値を採用し、10%以上を品質規格値(案)とする。

③ 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、表面含浸材に耐凍害性が要求される。

けい酸塩系表面含浸材は、コンクリート表層部に含浸して空隙構造を緻密化するため、コンクリート表面からの透水・吸水を抑制する効果を有する。試験方法は、JSCE-K-572 に記載のとおり、JSCE-K 571-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づくものとする。

a) 透水性：JSCE-K 572-2018 6.6 透水量試験（JSCE-K 571 の試験方法に準ずる）

【照査方法】

試験体の含浸面及び対照試験体の試験面に透水試験器具を止め付け、透水量試験を行う。

試験供試体は、同試験方法の標準状態試験体とする。対照試験体は表面含浸材を含浸しないで、試験体の作製が終了するまで温度 23 ± 2 °C、相対湿度 (50 ± 5) % の条件下に 14 日間静置した試験用基板とする。

試験開始時から 7 日後の水頭の高さを読み取り、試験前の高さとの差から透水量を算出する。透水量は 3 個の試験体の平均値で示す。また、試験体及び対照試験体の透水量から透水比を算出する。

さらに、透水に対する抵抗性を評価するために次式によって、透水に対する抑制率を求める。

$$\text{透水比 (\%)} = (\text{試験体の透水量} / \text{対照試験体の透水量}) \times 100$$

$$\text{透水抑制率 (\%)} = 100 - \text{透水比}$$

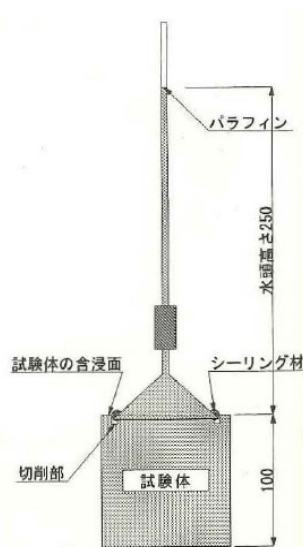


図 9.2-1 透水量試験方法（単位：mm）

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では、透水に対する抵抗性として透水抑制率を評価値として定めており、けい酸塩系表面含浸工法では、60 %以下（グレード C）としている。

一方で、近年、農業農村整備事業で実績のある材料では透水抑制率にバラつきがあることから、これを加味したグレード C 範囲内の値を採用し、20%以上を品質規格値(案)とする。

b) 吸水性：JSCE-K 572-2018「6.7 吸水率試験」（JSCE-K 571 の試験方法に準ずる）

【照査方法】

試験体の含浸面及び対照試験体の試験面が側面になるよう水中で浸せきし、吸水性試験を行う。

試験供試体は同試験方法の標準状態試験体とする。対照試験体は表面含浸材を含浸しないで、試験体の作製が終了するまで温度 23 ± 2 °C、相対湿度 $(50 \pm 5)\%$ の条件下に 14 日間静置した試験用基板とする。

試験開始前から 7 日後に試験用容器から試験体及び対照試験体を取り出し、湿布を用いて表面の水分を除去した後に質量を測定し、吸水率を算出する。吸水率は 3 個の試験体の平均値で示す。また、試験体及び対照試験体の吸水率から、吸水比を算出する。

$$Wa = (W_{ai} - W_{a0}) / W_{a0} \times 100$$

ここに、 Wa ：吸水率（％）

W_{a0} ：試験開始時の試験体質量（g）

W_{ai} ：試験開始時から 7 日後における試験体質量（g）

吸水比 = （試験体の吸水率 / 対象試験体の吸水率）× 100

さらに、吸水に対する抵抗性を評価するために次式によって、吸水に対する抑制率を求める。

吸水抑制率 = 100 - 吸水比

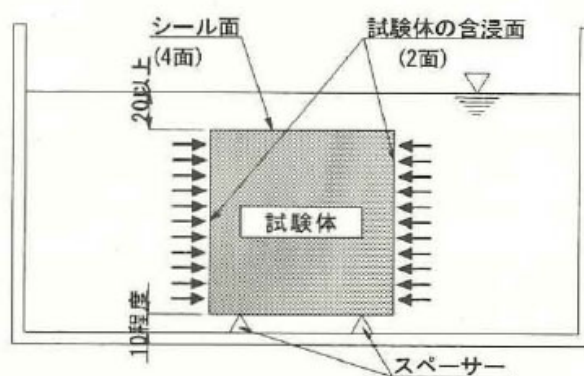


図 9.2-2 吸水率試験方法 (単位：mm)

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では吸水に対する抵抗性として、吸水抑制率を評価値として定めており、けい酸塩系表面含浸工法では 60 % 以下（グレード C）としている。

一方で、近年、農業農村整備事業で実績のある材料では吸水抑制率にバラつきがあることから、これを加味したグレード C 範囲内の値を採用し、10 % 以上を品質規格値（案）とする。

9(2)イ けい酸塩系表面含浸工法（固化型）

けい酸塩系表面含浸工法（固化型）に使用する材料・工法は、表 9.2-3 の品質規格を満足しなければならない。

表 9.2-3 けい酸塩系表面含浸工法（固化型）に使用する材料・工法の品質規格

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値（案）
基本的性能	緻密度	乾燥固形分率	JSCE-K 572-2018 6.2 乾燥固形分率試験	10%以上
	中性化抑止性	中性化抑制率	JSCE-K 572-2018 6.8 中性化に対する抵抗性試験	20%以上
個別的性能	耐凍害性	透水抑制率	JSCE-K 572-2018 6.6 透水量試験	50%以上
		吸水抑制率	JSCE-K 572-2018 6.7 吸水率試験	20%以上

*1 品質規格値（案）は、JSCE-K 572-2018 による室内試験での規格値となる。

なお、補修の効果が期待される期間は、上記照査方法として示している室内試験と同様に新設構造物に対する効果として、供試体試験結果等から 10 年程度を見込む。

【解説】

9(2)イ(ア) 品質項目

補修の効果が期待される期間中、けい酸塩系表面含浸工法（固化型）の要求性能が保持されるよう、けい酸塩系表面含浸工法（固化型）に使用する材料・工法に求められる品質規格を設定するものとし、表 9.2-3 に品質規格値（案）として示す。

9(2)イ(イ) 品質規格

① 緻密度

けい酸塩系表面含浸工法（固化型）は、含浸の初期段階である溶液時には、反応型と同様に、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応により **C-S-H** ゲルを生成する。また、乾燥した後の主成分固化物は難溶性となる。この生成された **C-S-H** ゲルと主成分乾燥固化物がコンクリート表層部の空隙構造を充填し緻密化することにより、劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分等の浸入を抑制する工法である。

空隙構造を十分に緻密化するためには、コンクリート空隙を充填し緻密化するのに十分な量の主成分乾燥固化物を生成する必要があることから、表面含浸材の成分量の指標である乾燥固形分率を品質項目として設定する。

【照査方法】

試料には、希釈や濃縮を行っていない開栓直後のけい酸塩系表面含浸材を使用する。容器に 100.0 ± 0.1 g の試料を投入し、0.01 g 単位で質量 m_0 を測定する。温度 105 ± 5 °C の恒温槽に試料の入った容器を入れ、 24 ± 2 時間ごとに取り出し、デシケーター内で常温にした後、0.01 g 単位で質量 m_1 を測定する。なお、容器に異物が入らないようにする。質量変化が 1g/日以内になった時点で終了し、乾燥固形分率 r を求める。

乾燥固形分率 r の求め方は、次による。

$$r = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

ここに、 r ：乾燥固形分率(%)

m_0 ：乾燥前の試料の質量(g)

m_1 ：乾燥後の試料の質量(g)

【品質規格値】

(公社)土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）では、「これまでの施工実績によれば、けい酸塩系表面含浸材の一般的な設計塗布量は $200 \sim 300$ g/m² であり、その設計塗布量中に含まれる乾燥固形分量は、概ね 20 g/m² 以上である」との記載があるため、JSCE-K 572 6.2 乾燥固形分率試験で 10 %以上（ 200 g/m² 塗布で固形分 20 g/m² 以上となる率）を品質規格値（案）とする。

② 中性化抑止性

けい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート表層部の空隙構造の緻密化により、劣化因子である二酸化炭素の侵入を抑制する工法である。そこで、表面含浸材を塗布した試験体と表面含浸材を塗布しなかった試験体（＝対照試験体）との中性化深さの測定結果を比較することで性能を確認する。

なお、無筋コンクリート開水路では、中性化抑止性は不要である。

【照査方法】

中性化抑止性の試験方法は、JSCE-K-572 に記載のとおり、JSCE-K 572-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づくものとする。

- a) 試験体について、JIS A 1153 に準拠して、温度 20 ± 2 °C、相対湿度(60 ± 5) %、二酸化炭素濃度 5 ± 0.2 % の条件下で、28 日間の促進中性化試験を行う。
- b) 促進中性化試験後 JIS A 1152 に準拠し、試験体の含浸面を 2 分割するように、試験体を割裂して、割裂面の含浸面及びそれに対向する面(対照試験体(*)の試験面)からの中性化深さをノギスを用いて 0.1 mm まで測定し、それぞれ、試験体及び対照試験体の中性化深さとする。試験体及び対照試験体の中性化深さは、対面する割裂面で各々 3 か所、合計 6 か所測定し、その平均値を算出して、中性化深さとする。中性化深さは、3 個の試験体の平均で示す。

また、試験体及び対照試験体の中性化深さから、中性化深さ比を算出する。

さらに、中性化に対する抵抗性を評価するために、次式によって、中性化に対する抑制率を求める。

$$\text{中性化深さ比 (\%)} = (\text{試験体の中性化深さ} / \text{対照試験体の中性化深さ}) \times 100$$

$$\text{中性化抑制率 (\%)} = 100 - \text{中性化深さ比}$$

*対照試験体とは、JSCE-K 572-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づき作成したけい酸塩系表面含浸材を含浸させていない基準となるモルタル試験体

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では、けい酸塩系表面含浸工法の中性化による劣化抑制の性能として、中性化抑制率を定めており、けい酸塩系表面含浸工法では、10 %以上 30 %未満（グレード B）としている。

近年、農業農村整備事業で実績のある材料では、中性化抑制率にバラつきがあることから、これを加味したグレード B 範囲内の値を採用し、20 %以上を品質規格値(案)とする。

③ 耐凍害性

凍害のおそれのある地域では、表面含浸材に耐凍害性が要求される。

けい酸塩系表面含浸材は、コンクリート表層部に含浸して空隙構造を緻密化するため、コンクリート表面からの透水・吸水を抑制する効果を有する。試験方法は、JSCE-K-572 に記載のとおり、JSCE-K 571-2018「表面含浸材の試験方法(案)」に基づくものとする。

a) 透水性：JSCE-K 572-2018 6.6 透水量試験（JSCE-K 571 の試験補法に準ずる）

【照査方法】

試験体の含浸面及び対照試験体の試験面に透水試験器具を止め付け、透水量試験を行う。

試験供試体は、同試験方法の標準状態試験体とする。対照試験体は、表面含浸材を含浸しないで、試験体の作製が終了するまで温度 23 ± 2 °C、相対湿度(50 ± 5)%の条件下に 14 日間静置した試験用基板とする。

試験開始時から 7 日後の水頭の高さを読み取り、試験前の高さとの差から、透水量を算出する。透水量は、3 個の試験体の平均値で示す。また、試験体及び対照試験体の透水量から、透水比を算出する。

さらに、透水に対する抵抗性を評価するために、次式によって、透水に対する抑制率を求める。

$$\text{透水比 (\%)} = (\text{試験体の透水量} / \text{対照試験体の透水量}) \times 100$$

$$\text{透水抑制率 (\%)} = 100 - \text{透水比}$$

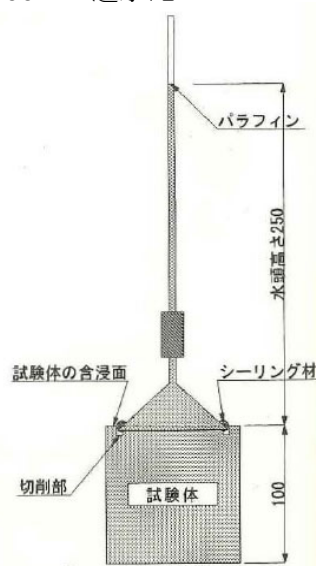


図 9.2-3 透水量試験方法（単位：mm）

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では、透水に対する抵抗性として、透水抑制率を評価値として定めており、けい酸塩系表面含浸工法では、60%以下（グレード C）としている。

近年、農業農村整備事業で実績のある材料の現況を踏まえ、グレード C 範囲内の値を採用し、50%以上を品質規格値(案)とする。

b) 吸水性：JSCE-K 572-2018「6.7 吸水率試験」（JSCE-K 571 の試験方法に準ずる）

【照査方法】

試験体の含浸面及び対照試験体の試験面が側面になるよう水中で浸せきし、吸水性試験を行う。

試験供試体は同試験方法の標準状態試験体とする。対照試験体は表面含浸材を含浸しないで、試験体の作製が終了するまで温度 23 ± 2 °C、相対湿度 $(50 \pm 5)\%$ の条件下に 14 日間静置した試験用基板とする。

試験開始前から 7 日後に試験用容器から試験体及び対照試験体を取り出し、湿布を用いて表面の水分を除去した後に質量を測定し、吸水率を算出する。吸水率は 3 個の試験体の平均値で示す。また、試験体及び対照試験体の吸水率から、吸水比を算出する。

$$Wa = (W_{ai} - W_{a0}) / W_{a0} \times 100$$

ここに、 Wa ：吸水率（％）

W_{a0} ：試験開始時の試験体質量（g）

W_{ai} ：試験開始時から 7 日後における試験体質量（g）

吸水比 = （試験体の吸水率 / 対象試験体の吸水率）× 100

さらに、吸水に対する抵抗性を評価するために次式によって、吸水に対する抑制率を求める。

吸水抑制率 = 100 - 吸水比

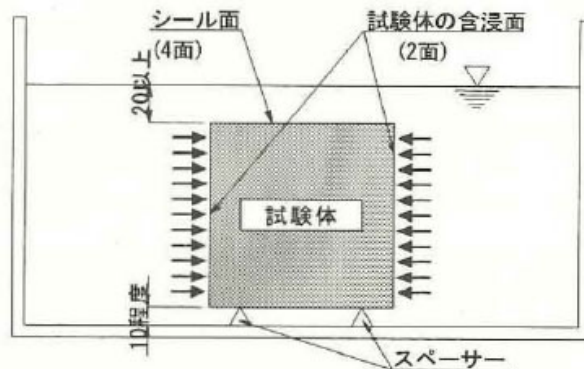


図 9.2-4 吸水率試験方法(単位：mm)

【品質規格値】

表面保護工法 設計施工指針（案）では、吸水に対する抵抗性として、吸水抑制率を評価値として定めており、けい酸塩系表面含浸工法では、60 %以下（グレード C）としている。

近年、農業農村整備事業で実績のある材料の現況を踏まえ、グレード C 範囲内の値を採用し、20 %以上を品質規格値(案)とする。

9(3) 工法の施工

表面含浸工法の要求性能・品質規格については、表面含浸材料毎に性質・特性が異なることから、各材料（けい酸塩系（反応型・固化型）について個別に記載する。

表面含浸工法の施工にあたっては、工法の特性を踏まえ、母材の状態に応じて必要な対策を事前に行うものとする。また、適用対象開水路の劣化因子にアルカリシリカ反応や化学的侵食が含まれる場合は、原則として適用不可とする。個別の適用可能性については、表 9.1-2 及び表 9.1-3 を参考にすること。

なお、施工方法の詳細については、各メーカー・材料毎に規定されているため、施工手順書等を遵守すること。

- (1) 表面含浸工法の施工にあたっては、各工法の特性を踏まえ、母材の状態に応じて、ひび割れ補修工法、断面修復工法、脆弱部除去工、不陸調整工等の事前対策を表面含浸工法の実施前に行うものとする。
- (2) また、現場条件により止水及び導水対策が必要となる場合がある。
- (3) 特に、各材料によって、施工条件（湿潤・乾燥）が異なるため、現場条件に応じた適切な施工を行うこと。

【解説】

(1) について

表面含浸工法の実施前には、母材の状態を確認し、必要に応じて事前対策を行うものとする。例えば、ひび割れについては、表面含浸工法が適用可能なひび割れ幅は、原則として 0.2 mm 未満であり、それ以上のひび割れ幅を有する場合については、事前にひび割れ補修工を実施しなければならない。また、事前に既設水路躯体（下地コンクリート）の断面修復を行い、既設水路躯体との一体化を図ることで、後から行う含浸工法の施工性が確保される場合もある。

よって、表面含浸工法を行う際は、各工法の特性を踏まえ、必要に応じて、事前にひび割れ補修及び断面修復を行う必要がある。

(2) について

既設水路躯体からの侵入水や湧水がある場合は、表面含浸材の浸透を阻害するおそれがあるため、事前に止水又は導水対策を施さなければならない。

止水及び導水対策の方法は、状況に応じて検討する必要がある。

(3) について

表面含浸材料によっては、施工から養生時までコンクリート表面の乾燥状態を保つことで含浸する材料や、コンクリート表面の湿潤状態を保つことで含浸する材料があるため、材料に応じて施工時の条件を検討する必要がある。

表 9.3-1 各材料の施工条件

材料名	施工条件
反応型けい酸塩系表面含浸材	湿潤状態
固化型けい酸塩系表面含浸材	乾燥状態

9(3) ア けい酸塩系表面含浸工法（反応型）

けい酸塩系表面含浸工法（反応型）の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

(1) 準備工

(2) 下地処理工

(3) 表面含浸工

① 表層部水分調整

② 表面含浸材塗布

③ 湿潤散水

(4) 養生工

【解説】

けい酸塩系表面含浸工法（反応型）の性能は、施工方法によって発揮する性能が大きく異なる。標準使用量や塗布回数は、施工部位やコンクリートの状態、材料の特性等によって異なり、設計に基づいた使用量を適切な施工によりコンクリート表層部に確実に含浸させることが重要である。

なお、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）は、表面含浸材の反応機構（表 9.1-5 表面含浸材の概要）から、中性化が進行し水酸化カルシウムと反応しない領域では表面含浸材の性能が発現しないため、適用範囲外となる。よって、施工するコンクリート母材の中性化状況に留意が必要である。

(1) 準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

(2) 下地処理工

本項の下地処理工は、コンクリート母材表層部へ表面含浸材を塗布する場合を対象とし、表面含浸材の使用方法としては、「9(1) 工法の概要・特徴」に示す「表面含浸工法」を対象とする。同様にコンクリート母材表層部へ表面含浸材を塗布する「補助工法 ①母材表面品質改質」についても、本項の施工方法に基づくものとする（図 9.3-1）。

なお、下地処理工の基本的な事項については、「4(3) イ 下地処理工」を参照されたい。

けい酸塩系表面含浸工法及び「補助工法 ①母材表面品質改質」の施工にあたり、母材の状態に応じて事前に行う下地処理工及び前処理工施工時の留意点を以下に示す。

1. 下地処理工（洗浄工、劣化部除去工）

① 表面含浸材の塗布前に、含浸効果を高めるために必要に応じて清掃を目的とした高圧洗浄を行うものとする。

②劣化因子を含有した部分及び脆弱部分のコンクリートを除去する劣化部除去工を必要に応じて併用する場合もある。なお、劣化部除去工は①の高圧洗浄で実施しても良い。

2. 前処理工（ひび割れ補修工法、断面修復工法、不陸調整工）

①表面含浸工法の適用可能なひび割れ幅は原則として 0.2 mm 未満であるため、0.2 mm 以上のひび割れがある場合にはひび割れ補修工を適用する。

※けい酸塩系表面含浸工法は、表層部の緻密化を目的として適用される工法であるため、幅 0.2 mm 程度以下の微細なひび割れであれば各種劣化因子の侵入抑制効果が期待できる。しかし、幅 0.2mm を超える大きなひび割れ幅の場合や、挙動が大きい場合、貫通している場合には効果を期待することは難しいため、必要に応じてひび割れ補修工法を適用する。

②下地処理後、既設水路躯体表面に不陸がある場合等、躯体断面の復旧及び表面を平滑にする必要がある場合もある。その際は、必要に応じて断面復旧工及び不陸調整工を行う。

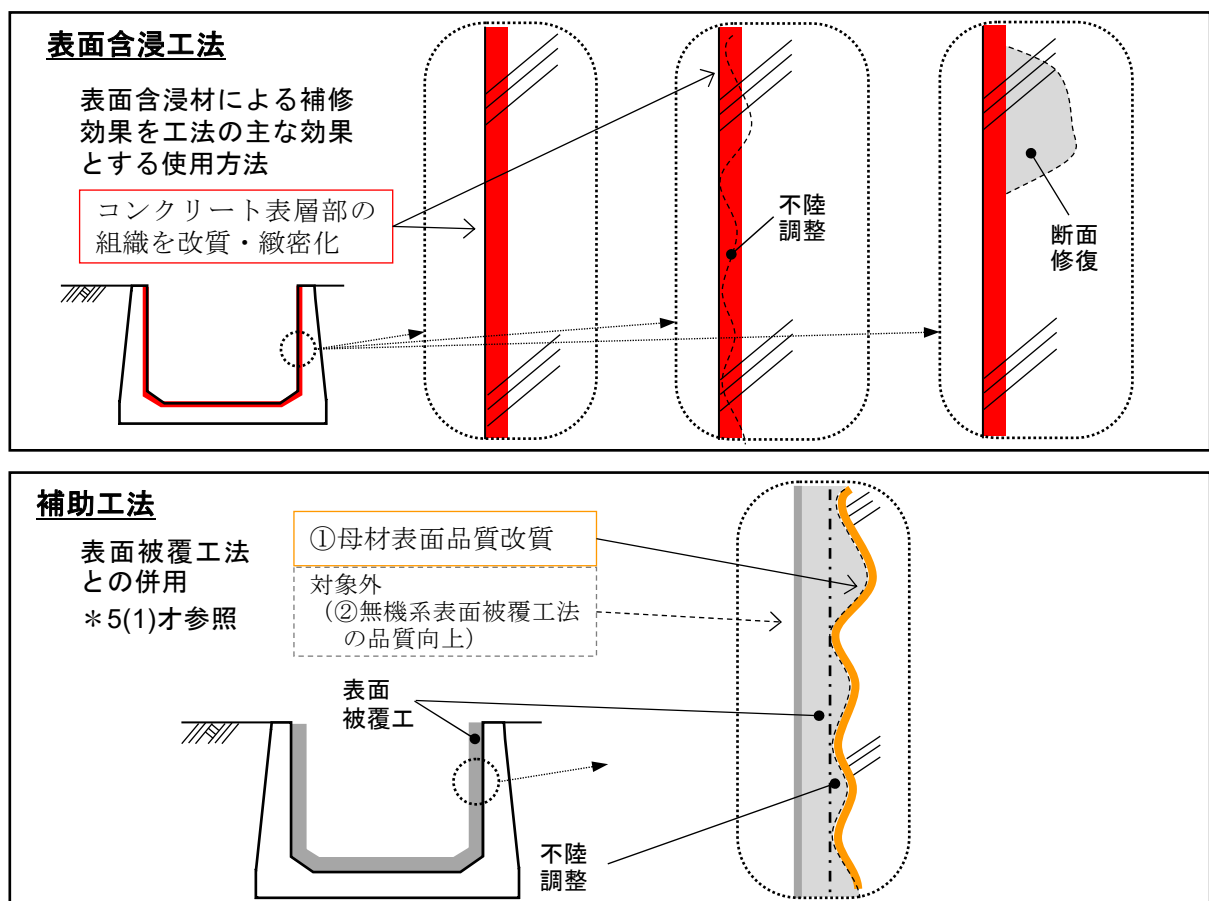


図 9.3-1 本章の下地処理工の対象とする表面含浸材の塗布部位（コンクリート躯体表層）

(3) 表面含浸工

表面含浸工には、表層部水分調整、表面含浸材塗布、湿潤散水の 3 つの工程があり、このうち、表層部水分調整時の散水及び湿潤散水については、施工箇所のコンクリート表層部の状況や用いる材料・工法によって、省略することができる。

① 表層部水分調整

コンクリート表層部の水分量を、けい酸塩系（反応型）表面含浸材に適した状態にする工程。けい酸塩系（反応型）表面含浸材を適用したコンクリートが所要の性能を満足できるよう、予め施工範囲のコンクリート表層部を施工仕様に示される湿潤状態あるいは湿気を帯びた状態としなければならない。ただし、用いる材料・工法によって、乾燥状態のまま施工可能な場合もあるので、確認が必要とする。



図 9.3-2 表層部水分調整の例

② 表面含浸材塗布

けい酸塩系（反応型）表面含浸材の使用量は、施工条件、施工部位、施工方法、コンクリート表層部の状態や材料特性等を考慮して、コンクリートが所要の性能を満足する設計塗布量に基づいた使用量を定めなければならない。

けい酸塩系（反応型）表面含浸材の塗布方法は、ローラー塗りあるいは噴霧が一般的であるが、施工規模が小さい場合には刷毛塗りも用いられる。ローラー塗りあるいは刷毛塗りの場合は、ローラー又は刷毛を一方向だけでなく十字方向に往復させ、材料をむらなく塗り込み、十分コンクリート表層部に浸透させることが重要である。なお、噴霧の場合もローラーを併用し、材料がコンクリート表面に残らないよう浸透させることが重要である。



写真9.3-1 表面含浸材塗布（噴霧）



写真9.3-2 表面含浸材塗布（ローラー）

③ 湿潤散水

けい酸塩系（反応型）表面含浸材は、乾燥に伴い粘度が増加し、徐々に浸透性が損なわれる。ただし、けい酸塩系（反応型）表面含浸材は可溶性であるため、水分を供給することにより溶解し、再び粘度が低下する。この性質を利用し、材料の塗布後に散水し湿潤させることで、材料の浸透を促進させることが有効である。なお、用いる材料・工法によって表面含浸材塗布後の湿潤散水を必要としない場合もある。



写真 9.3-3 湿潤散水

(4) 養生工

けい酸塩系（反応型）表面含浸材は、一般的に、施工後の湿潤状態を保持することによって、表面含浸材のコンクリート表層部への含浸及びコンクリート中の水酸化カルシウムとの反応が促進されることで所要の性能が発揮される。雨水や朝露等で水分供給のある環境の場合は、曝露状態のままで、特に追加処理の必要はない。水分供給が望めない環境の場合は、塗布工完了後に施工箇所を散水あるいはシート養生する等乾燥を防ぐ処理を行い、湿潤状態を保持し、反応を促進させるよう適切に養生する。

9(3) イ けい酸塩系表面含浸工法（固化型）

けい酸塩系表面含浸工法（固化型）の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

- (1) 準備工
- (2) 下地処理工
- (3) 表面含浸工
 - ① 表層部水分率計測
 - ② 表面含浸材塗布
- (4) 養生工

【解説】

けい酸塩系表面含浸工法（固化型）の性能は、施工方法によって発揮する性能が大きく異なる。標準使用量や塗布回数は、施工部位やコンクリートの状態、材料の特性等によって異なり、設計に基づいた使用量を適切な施工によりコンクリート表層部に確実に含浸させることが重要である。

(1) 準備工

準備工については、「4(3) ア 準備工」を参照されたい。

(2) 下地処理工

下地処理工については、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）と同様とし「9(3) ア (2) 下地処理工」を参照されたい。

(3) 表面含浸工

表面含浸工には、表層部水分率測定、表面含浸材塗布の2つの工程がある。

含浸深さや所定の期待される機能はコンクリートの配合や乾燥状態、表面含浸材の主成分及びその濃度等により影響を受ける。

① 表層部水分率計測

コンクリート表層部の乾燥状態を計測する工程で、けい酸塩系（固化型）表面含浸材の含浸性能を満足できるよう、予め施工範囲のコンクリート表層部を施工仕様に示される乾燥状態であることを確認しなければならない。

特に、準備工に高圧洗浄等による清掃のために水を使用した直後や、降雨の後には、コンクリート表面が乾燥していてもコンクリート表層部は湿潤状態となっていることがあるため、想定される含浸深さまで乾燥状態となるように調整する必要がある。

コンクリート表層部の乾燥状態は、直接確認することが難しいことから、コンクリート表面の目視及び指触に加え、水分計を用いることで直接確認し、設計で想定した乾燥状態であることを確認しなければならない。

② 表面含浸材塗布

けい酸塩系（固化型）表面含浸材の使用量は、施工条件、施工部位、施工方法、コンクリート表層部の状態、外気温や材料特性等を考慮して、コンクリートが所要の性能を満足する設計塗布量に基づいた使用量を定めなければならない。

特に、希釈して用いると、表面含浸材中に含まれる乾燥固形分の割合が低下し、所要の性能を満足できなくなるため、受け入れたままの原液の状態で使用し、希釈してはならない。

けい酸塩系（固化型）表面含浸材の塗布方法は、ローラー塗りあるいは噴霧が一般的であるが、施工規模が小さい場合には刷毛塗りも用いられる。

ローラー塗りあるいは刷毛塗りの場合は、ローラー又は刷毛を一方向だけでなく十字方向に往復させ、材料をむらなく塗り込み、十分コンクリート表層部に浸透させることが重要である。なお、噴霧の場合もローラーを併用し、材料がコンクリート表面に残らないよう浸透させることが重要である。



写真9.3-4 表面含浸材塗布（噴霧）



写真9.3-5 表面含浸材塗布（ローラー）

(4) 養生工

けい酸塩系（固化型）表面含浸材は、施工後の乾燥により主成分が固化することで所要の性能を発揮するため、施工箇所に雨が掛からないようにする等、所定の期間、施工範囲のコンクリート表層部を乾燥状態に保持する必要がある。

9(4) 含浸工法適用時の留意事項について

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

表面含浸工法の品質規格において、「含浸深さ」の品質規格値が定められているが、(株)高速道路総合技術研究所が出版している「設計要領」や、(公社)土木学会指針等で主に対象としているのは新設コンクリートであり、コンクリート構造物（主に橋梁）に対する予防保全段階での適用を想定している。

一方、新設コンクリートと異なり、既設コンクリートでは、反応機構上、表層を改質するためのコンクリート成分が変質、消失している場合も十分に考えられるため、所定の機能が十分に付与できない可能性がある。

特に、けい酸塩系表面含浸工法（反応型）では、一般にコンクリート表層の改質に必要な水酸化カルシウムが経年劣化（中性化、溶出）により消失していれば、含浸深さがあっても十分な機能が付与できないことが知られている。

上記について、農業用コンクリート開水路における実証データが乏しく、どの程度の含浸深さがあれば効果が期待できるのか、補修の効果が期待される期間はどの程度なのかについて十分な検証ができていない状況である。

そのため、現在の含浸深さの規格値について施工現場でのデータを踏まえ、必要に応じて見直すことが望ましい。

9(5) 参考工法（シラン系）

シラン系表面含浸工法は、農業用コンクリート開水路の接水部における効果発揮の実績が乏しく、現時点では適用性等の判断が出来ないことから、本書の適用工法からは対象外とした。ただし、シラン系についても適用可能性を引き続き検討する必要があることから、本章へ参考工法として記載する。

9(5) ア 工法の概要・特徴

シラン系表面含浸工法の特徴は、コンクリート表面から含浸させる表面含浸材により、表面含浸材塗布表面へ疎水性が付与されることにある。これによりコンクリート表面が撥水性を持ち、表面からの水の浸入を抑制する。表面含浸材によりコンクリートの細孔を塞ぐことが無いため、施工後のコンクリート表層は、水は通らないが水蒸気は通過する。

なお、シラン系の表面含浸材は、例えるならばコンクリート表層に不透水の膜が形成される様な状態であり、表面含浸材塗布面以外からコンクリート内部への水分供給が想定される場合等では、対象構造物の含水量を増大させる恐れがある。アルカリシリカ反応を発生させる反応性骨材が使用されている場合や凍害を受ける環境下では、これらの劣化を助長させる場合もあることから、農業用コンクリート開水路の接水部における適用にあたっては専門技術者へ照会することが望ましい。

表 9.5-1 表面含浸材（シラン系）の概要

工法の適用による効果	効果を発揮する機構		材料	適用不可となる条件
劣化因子の侵入遮断	表面撥水性の付与	コンクリート表面への疎水基の形成	シラン系	接水部

9(5) イ 農業用コンクリート開水路における適用可能性

シラン系表面含浸工法の農業用コンクリート開水路への適用可能性は、一般土木コンクリート構造物で確認されている適用可能性を、農業用コンクリート開水路の気中部（図 9.5-1）における適用可能性として基本採用した。

ただし、現時点では開水路での実証がないことから、今後の適用事例等を考慮し、適用性については適宜見直しを行う。

表 9.5-2 シラン系表面含浸工法の開水路における適用可能性¹⁾

工法に要求される効果		新設、既設一般土木構造物における表面含浸工法の適用性評価 *1	農業用コンクリート開水路で求められる劣化抵抗性	農業農村整備事業における採用実績 *2	農業用コンクリート開水路で表面含浸工法に期待する効果（単独工法の場合）	
					接水部	気中部
劣化に対する抵抗性	中性化抑制（中性化対策）	△	要	有	—*3	△
	凍結融解抵抗性（凍害対策）	○	要		—*3	○
	アルカリシカ反応抑制（アルカリシカ反応対策）	○	要		—*3	—*3
	塩化物イオンの侵入抑制（塩害対策）	○	要		—*3	○*4
	摩耗抑制	—	要		—*3	—*3
美観・景観	外観維持	○	要			
	排ガス付着防止	△				
	防藻・防カビ	△				
	落書き防止	△				

○：適用可能

△：適用には検討が必要（他補修工との併用等）

—：適用対象外

*1 表面保護工法 設計施工指針（案）[工種別マニュアル編] p160

*2 農業農村整備民間技術情報データベース(NNTD)では、適用工種及び適用目的までは不明。

*3 農業用コンクリート開水路での効果検証、適用事例が十分でなく、現時点では適用対象外とする。

*4 部材全体が気中に曝される堰柱や門柱、水路橋外面等であればシラン系表面含浸材の効果は十分に発揮される。一方で、含浸面とは異なる面から水が浸透するような水利施設が供用される環境（例えば、開水路の背面土側）では、コンクリート内部に水を溜め込み、表面含浸材と母材境界部での劣化を助長させる場合もある。従って、シラン系表面含浸材の耐凍害性への適用性は、水利施設が供用される環境によって異なる。

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、2005

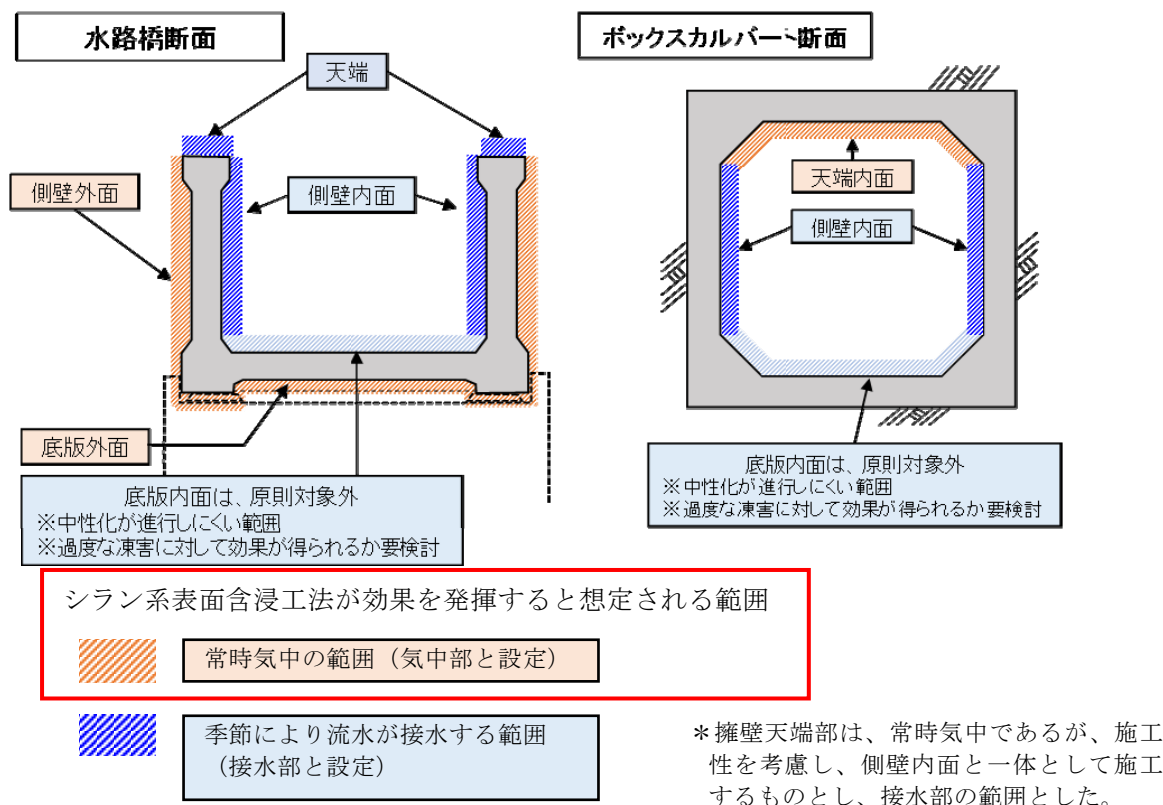


図 9.5-1 シラン系表面含浸工法の適用可能範囲

シラン系表面含浸材は、部材全体が気中に曝される堰柱や門柱、水路橋外面等であれば工法の効果は十分に発揮される。一方で、「9(5) ア 工法の概要・特徴」に記載のとおり、施工面反対側からの水分供給がある場合等では、コンクリート内部に水を溜め込み、表面含浸材と母材境界部での劣化を助長させる場合もある。

従って、シラン系表面含浸材の耐凍害性への適用性は、水利施設が供用される環境によって異なる

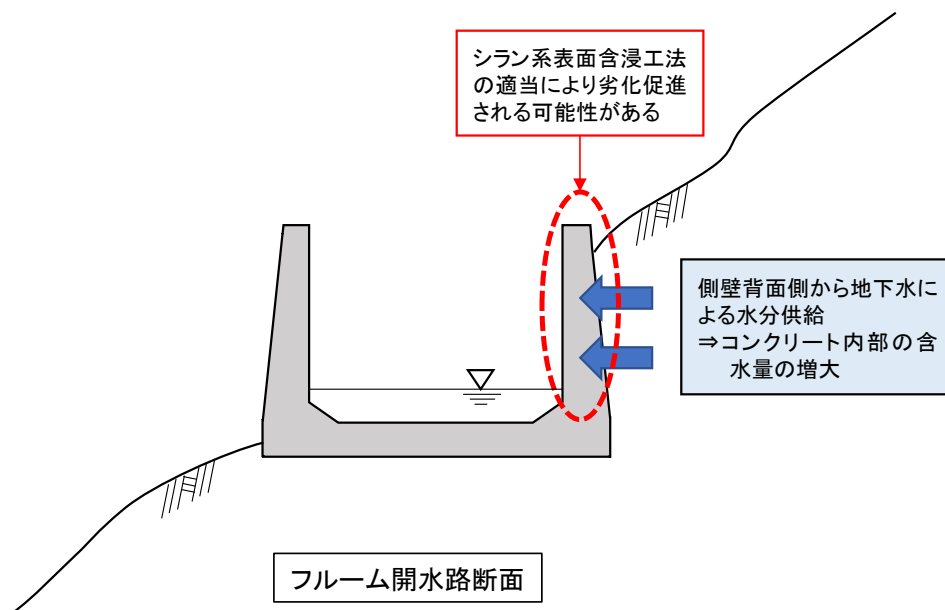


図 9.5-2 シラン系表面含浸工法の適用時に注意が必要な例

また参考として、対象構造物が「新設コンクリート構造物の脱型後の表面・既設コンクリート構造物の表面又は補修断面」となるが、(公社)土木学会から発行されている「表面保護工法 設計施工指針 (案)」における表面含浸工法の適用可能性を以下に示す。

表面含浸の各工法における要求性能及びその性能に対する適用可能性については一覧を表 9.5-3 に示す

表 9.5-3 シラン系表面含浸工法における要求性能及び一般コンクリート構造物への適用可能性¹⁾

(適用範囲：新設コンクリート構造物の脱型後の表面・既設コンクリート構造物の表面又は補修断面)

工法分類	反応機構	期待される機能	要求性能に関する項目(大分類)	要求性能に関する項目(小分類)	適用可能性
シリラン	・シリコン系撥水剤の1種で、撥水機能を有する疎水基(アルキル基)がコンクリート表面側になるように形成されることでコンクリート表面に撥水機能を付与 ・配列されるアルキル基の間隔は水滴(100～1000 μm)よりも小さく、水蒸気(0.0002 μm)より大きいことから水滴は通過できないが、水蒸気は通過可能	コンクリート表面の疎水機能強化	水密性	防水	○
		コンクリート表面からの水の浸透防止	劣化に対する抵抗性	凍結融解抵抗性(凍害対策)	○
			劣化に対する抵抗性	アルカリシリカ反応抑制(アルカリシリカ反応対策)	○
		水が移動媒体となる劣化因子侵入の抑制	劣化に対する抵抗性	中性化抑制(中性化対策)	△
			劣化に対する抵抗性	塩化物イオンの侵入抑制(塩害対策)	○
			美観・景観	落書き防止	△
			美観・景観	排ガス付着防止	△
			美観・景観	防藻・防カビ	△
			美観・景観	外観維持	○
		水蒸気透過性	劣化に対する抵抗性	乾湿繰り返し抑制	○

※対象構造物：「新設一般コンクリート構造物の脱型後の表面・既設一般コンクリート構造物の表面又は補修断面」

○：適用可能

△：適用には検討が必要（他補修工との併用等）

—：適用対象外

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、2005

9(5)ウ シラン系表面含浸工法の材料、工法について

シラン系表面含浸材は、浸透性吸水防止材とも称され、アルキルアルコキシシランモノマー、シランオリゴマー又はこれらの混合物を主成分とするもので、水系と溶剤系、無溶剤系がある。

表 9.5-4 表面含浸材の概要¹⁾

表面含浸工法	表面含浸材の概要と特記事項	反応機構及び特性
表面シラン系含浸工法	・ 浸透性吸水防止材とも称され、主成分はアルキルアルコキシシランモノマー、シランオリゴマー又はこれらの混合物を主体とするもので、水系と溶剤系、無溶剤系がある。	・ 含浸したコンクリート表層部を疎水性に改質する。 ・ 疎水層により、水が移動媒体となる劣化因子の侵入が抑制される。 ・ 含浸後の乾燥によって固化するが、含浸層に存在する細孔を完全に閉塞することはない。

9(5)エ 工法の施工

シラン系表面含浸工法の標準的な施工手順を以下に示す。

なお、施工方法の詳細については、各メーカー・材料毎に規定されているため、施工手順書等を遵守すること。

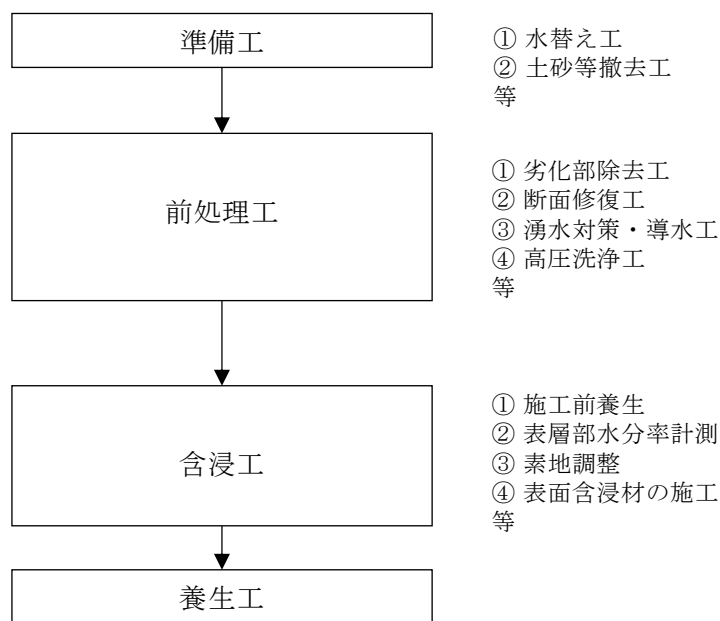


図 9.5-2 シラン系表面含浸工法の標準的な施工手順

¹⁾ (公社)土木学会：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、2005

第10章 補強工法

10(1) 補強工法の特徴

開水路の補強工法は、対象とする部材の耐力、施工上の制約条件や施工環境等を考慮して、設計・施工を行う必要がある。

(1) 接着工法

鋼板・パネル接着工法は、コンクリート部材の主として引張応力作用面に鋼板あるいはパネルを取り付け、曲げ耐力とせん断耐力の向上を図る工法である。

連続繊維シート接着工法は、コンクリート部材の主として引張応力作用面に連続繊維を一方あるいは二方向に配置して、シート状にした補強材を既設部材と、接着、一体化させることにより、主に曲げ耐力の向上を図る工法である。

(2) 打換え工法

耐力の低下した部材を取り壊して、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。

(3) 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て補強する工法である。

水路の内空断面を縮小させる場合は、水理的な検討を十分行う必要がある。

【解説】

構造物の補強工法は数多くあるが、本書では、種々の補強工法から、開水路の補強工法として、接着工法、打換え工法及び増厚工法についてその概要を述べる。

接着工法及び増厚工法を採用する場合は、既設の水路断面の縮小を招くこともあるので、事前に計画最大通水量が流下することを照査する必要がある。

(1)接着工法

10(1) ア(ア) 鋼板・パネル接着工法

鋼板・パネル接着工法は、コンクリート面と鋼板あるいはパネルとの隙間に注入用接着材を圧入するものである。注入用接着材としては、エポキシ樹脂接着材等が用いられている。開水路における鋼板接着工法の例を図 10. 1-1 に示す。

既設コンクリートの劣化、強度不足が著しい場合及びひび割れが極端に進行している場合は、鋼板又はパネルと既設コンクリートの一体化が不十分になり易く、補強効果が得られない場合があるため、事前に適切な補修を行うよう、検討する必要がある。

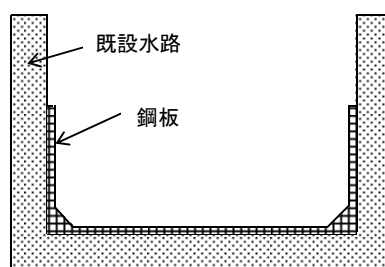


図 10. 1-1 鋼板接着工法の例

10(1) ア(イ) 連続繊維シート工法

連続繊維シート工法は、部材の曲げ破壊の防止や柱の変形応力の増大を目的に、部材に繊維シートを接着する補強工法である。曲げ補強では、荷重を受けたときに引っ張りが働く部分に部材の長手方向へシートを貼り付ける。連続繊維シートには、炭素繊維、アラミド繊維等がある。

連続繊維シート接着工法の特徴は以下のとおり。

- ・連続繊維シートは、軽量で現場成形がしやすいため、作業空間が限定される場所での作業が可能である
- ・ひび割れ拘束効果や耐荷性能の向上効果が期待でき、積層数により補強量を調整できる
- ・格子状に貼り付けることにより、既設コンクリートの表面のひび割れ進展等の観察ができる
- ・断面剛性の増加が小さく、剛性の向上対策の効果は期待できない

開水路における連続繊維シート工法の例を図 10.1-2 に示す。開水路の内側に連続繊維シートを接着し、プライマー及び含浸接着樹脂は一般的にエポキシ樹脂が用いられる。エポキシ樹脂は紫外線劣化が懸念されるため、表面塗装の上塗材に用いる場合、耐候性に優れたものを選定する必要がある。

開水路に連続繊維シート工法を適用する場合、既存コンクリート部材との一体性を確保するため、コンクリート表面の平滑化処理を行う必要がある。

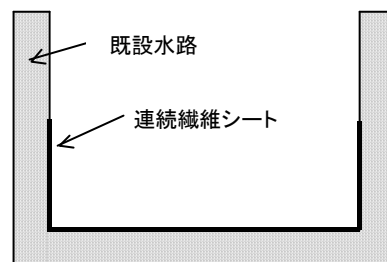


図 10.1-2 連続繊維シート工法の例

(2)打換え工法

打換え工法は、主に沈下等に起因して変形し、耐力の低下している部材の全体や部分を撤去した後、同一材料で必要な耐力を有する部材を再構築するものである。工期や施工条件の制約等がある場合、プレキャスト部材を利用することもある。

部材の再構築にあたっては、既設部材との一体性を確実にするため、接合部の処理が重要である。

部材の取り壊しにあたっては、既設部材にひび割れを発生させない方法を採用する必要がある。

開水路の側壁の劣化箇所を撤去し、鉄筋コンクリートで再構築した部分打換え工法の例を図 10.1-3 に示す。

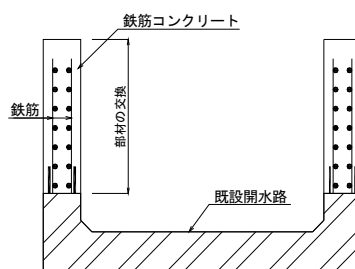


図 10.1-3 部分打換え工法の例

なお、本工法は、耐力が低下した部材を撤去するため、その際の施設の構造安全性の照査が必要である。一時的な部材の撤去により、隣接する部材や構造物の安全性が低下する場合は、その間、仮設部材等によって補強し、安全性を確保する。

(3)増厚工法

増厚工法は、既設コンクリート部材にモルタルや(鉄筋)コンクリート等の補強材を用いて、部材断面を増加させることにより補強を行う。補強の目的に応じて、既設コンクリートと補強材の接合部で適切に応力伝達が行われること、一体性が確保されていること及び補強材が十分な強度を有していることが必要である。

開水路における増厚工法の例を図 10.1-4 に示す。増厚工法は、既存コンクリート部材との一体性の確保が重要であり、既設コンクリート表面の脆弱部分や表面に付着した藻や汚れ等を除去し、打ち継ぎ、配筋に注意して施工する必要がある。既設コンクリートの損傷が著しい場合は、表面はつり、ひび割れ処理や断面修復等を行って、増厚部との付着を確保する。

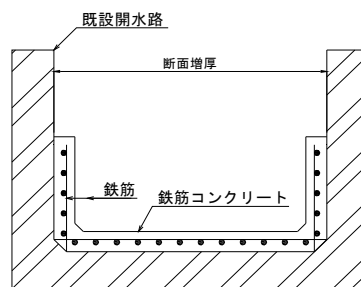


図 10.1-4 増厚工法の例

第11章 対策後の施設監視

11(1) 基本的事項

施設監視は、水利施設が所定の機能・性能を発揮するために、施設の劣化の進行状況等を見極め、最適と判断される時点（適時）に適切な対策工事を実施できるようにすることなどを目的として行うものである。対策工については、対策工施工後に、当該工法が備えるべき性能の発揮・保持を確認することを目的とし、施工時及び供用時を対象に対策工法に応じた施設監視計画を立案し、それに基づき必要に応じて実施する。

施設監視は、施設管理者が実施する目視を主体とした日常点検と施設造成者が実施するモニタリングの2つがある。

【解説】

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

コンクリート開水路の補修・補強の材料・工法は多種多様にあり、各々の長所・短所や対策工法が持続的に効果を発揮するかについては、明らかにされていない。

また、補修後比較的早期に変状が発生した事例に対して、その要因が材料、設計、施工、環境条件のどの要因に起因するものなのか十分明らかにされていない。加えて、早期変状に対する調査、評価手法も十分に確立されておらず、再劣化した補修・補強工法に対する対策方法についても開発途上の段階にある。

11(1)イ 施設監視の目的

長寿命化対策後の施設のモニタリング調査の目的は以下の2つである。

- ・ 対策工法の効果検証、性能照査手法や工法選定等の設計手法へのフィードバック
- ・ 個別施設の再対策の要否検討（要否判定基準の整理）のための技術情報の収集

11(1)ウ 施設監視の内容と実施者

施設監視には、施設管理者が日常業務の範囲内で実施する「日常点検」と施設造成者が工法効果の評価や変状の進行性の評価することを目的に実施する「モニタリング」がある。モニタリングについては対策工法の完成度・信頼度、施設条件、健全度等を踏まえ、実施頻度や調査項目を設定して実施する。

11(1)エ 施設監視計画の策定

施設監視においては、対策工法の完成度・信頼度、施設の重要度、施設条件を踏まえた施設監視計画を策定する。施設監視計画の策定にあたっては、後述する基本情報を収集整理するとともに、日常点検の方法・頻度、モニタリング調査の方法・頻度等を明示する。施設監視計画において記載する項目例を表 11.1-1 に示す。

表 11.1-1 施設監視において記載する項目例

検討項目	内容
基本情報の収集整理	施設情報、工法情報、施工情報等の基本情報を整理する。
日常点検	実施者（施設管理者等）、日常点検の頻度、記録の方法、変状発見時の対応方法
モニタリング調査	実施者（施設造成者等）、モニタリング調査の頻度、定点調査の位置、モニタリング調査方法、記録・分析の方法

11(2) 着目すべき変状

補修工法に生じる変状の形態や想定される発生要因は、工法の使用材料の特性によって異なることが考えられるため、施設監視ではこれらの特性に留意する。

【解説】

既往の補修事例等の情報から、対策工法毎に想定される変状形態と発生要因について表 11.2-2、表 11.2-3 のとおり整理した。モニタリング調査や変状の発生要因の検討の際の参考にする。

なお、調査やデータ蓄積の精度を高めるため、補修工法の主材料に現れる変状の種類と用語を表 11.2-1 のとおり定義付ける。

調査にあたっては、母材の変状と関連した変状の発生のほかに、外的要因により発生する変状も想定されることから周辺状況の変化にも注意を払う必要がある。表面被覆工法においては、断面修復材と表面被覆材の境界等、異種材料の境界部に浮きが発生しやすい。また、施工前の事前処理や施工時の温度管理等の施工管理が十分に実施されていない施設において変状が顕著に発生していることがこれまでの調査結果から確認されていることに留意して調査及び変状発生要因の検討を行う。

表 11.2-1 補修工法に発生する主な変状

補修工法 発生変状	変状の状態	変状が発生しやすいと 想定される補修材料	補修工法の性能に 及ぼす変状の影響
ひび割れ	材料表面に生じた割れ目のこと で、材料の亀裂までには達 していない状態。	無機系塗布材、パネル・シー ト材、無機・有機系目地やひ び割れ補修材、ゴム・テープ 材	割れ目より劣化因子が侵 入し、付着性や耐久性が 低下する
亀裂	材料に裂け目がある状態、若 しくは貫通ひび割れのこと。	無機・有機系塗布材、パネ ル・シート材、テープ材	割れ目より劣化因子が侵 入し、付着性や耐久性が 低下する 剥離・剥落へ繋がる 母材への劣化因子の侵入
摩耗	流水中の砂や礫等による摩擦 や材料成分の溶脱により、材 料表面が削られたり、消失し たりすること。	無機系塗布材、パネル・シー ト材	中性化抑止性や通水性、 耐久性の低下
浮き	材料と母材との付着性が損な われている状態。	無機・有機系塗布材、パネ ル・シート材、無機・有機系 目地やひび割れ補修材、ゴ ム・テープ材	付着性の低下 剥離・剥落へ繋がる
膨れ	背面からの外力等により、材 料が盛り上がって膨らんだ状 態。	有機系塗布材、テープ材	付着性や耐久性の低下 剥離・剥落へ繋がる
剥離・剥 落	浮き・膨れの状態にあった材 料が何らかの要因で母材から 剥がれる状態が剥離。 材料が母材から完全に剥がれ た状態が剥落。	無機・有機系塗布材、パネ ル・シート材、テープ材	母材への劣化因子の侵入
欠損	衝撃等の外力や劣化等によ り、材料の一部が欠けて無く なった状態。	無機系塗布材、パネル・シー ト材、無機・有機系目地やひ び割れ補修材、ゴム材	欠損箇所より劣化因子が 侵入し、耐久性が低下 剥離・剥落へ繋がる 母材への劣化因子の侵入
錆・腐食	空気や湿気等の作用で鉄筋表 面に生じる酸化物や炭酸塩等 の皮膜。	鉄筋を使用している補修工法	耐久性や耐荷力の低下
皺(しわ)	材料の表面にできる細い節 目。	シート材	耐久性や通水性の低下
硬化	紫外線の劣化等に伴い材料が 硬化すること。	ゴム材、有機系材料	付着性や耐久性の低下 伸縮追随性や止水性の低 下

* これまで確認された発生変状を踏まえて整理したものであり、これ以外の変状も起こり得る。
モニタリング調査の結果を踏まえて必要に応じて内容を修正、発生変状の追加を行う。

表 11.2-2 表面被覆工法・断面修復工法に想定される変状形態と発生要因

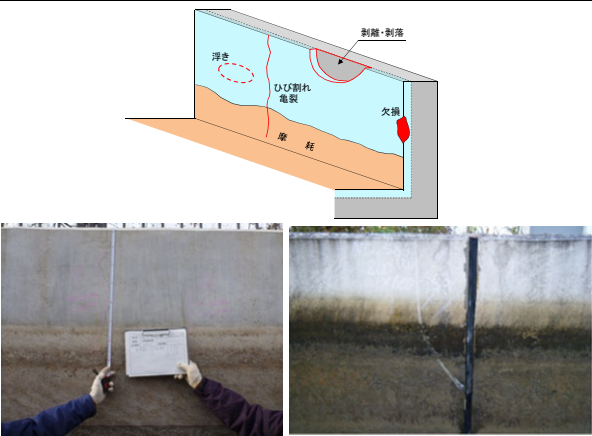
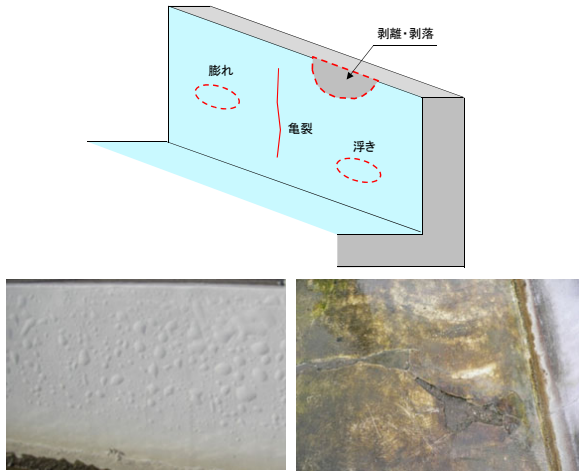
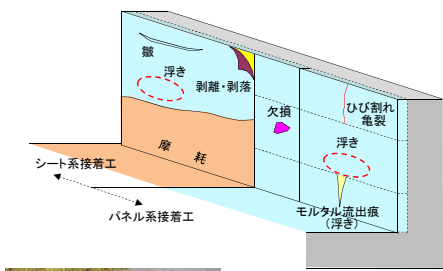
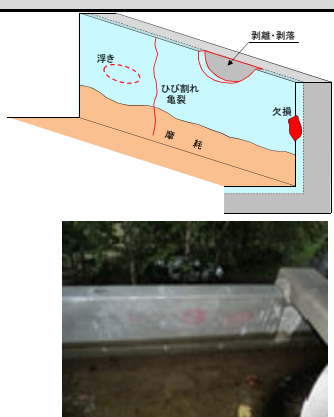
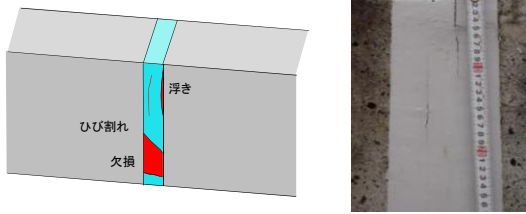
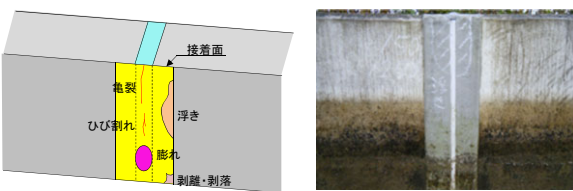
工法		主な変状	想定される要因	変状発生イメージ図・変状写真
表面被覆工法	無機系被覆工法	ひび割れ	母材コンクリートの挙動、凍害、乾燥収縮	 【左：乾燥収縮ひび割れ、右：浮き】
		浮き	接着不良、母材と補修材料の熱膨張率の差、乾燥収縮	
		摩耗	流水・流砂、表面からのCa成分溶脱	
		劣化因子の侵入	表面被覆効果の低下	
	有機系被覆工法	膨れ	接着不良、施工時の空気の巻き込み、地下水浸透、湿潤面の施工による水分の気化	 【左：膨れ、右：亀裂と欠損】
		ひび割れ	紫外線等による劣化、母材コンクリートの挙動	
		変色	紫外線等による劣化、苔や微生物の付着	
		劣化因子の侵入	表面被覆効果の低下	
	パネル工法	浮き	パネルのそり・たわみ、裏込め材の未充填・収縮・隙間からの流出	
		ひび割れ	母材コンクリートの挙動	
		劣化因子の侵入	表面被覆効果の低下	
	シート工法	浮き	接着不良	 【左：亀裂（無機系パネル）、右：全体的な浮き・剥離（シート）】
		剥離・剥落	浮きの進行、材料の劣化の進行	
		皺	施工不良等	

表 11.2-3 表面被覆工法・目地補修工法に想定される変状形態と発生要因

工法		主な変状	想定される要因	変状発生イメージ図・変状写真
表面被覆工法		水分の浸透抑制効果の減少	表面からの成分溶脱、化学的な分解	 【浮き】
		劣化因子の侵入	表面からの成分溶脱、化学的な分解	
		摩耗	流水・流砂、表面からの成分溶脱	
目地補修工法	充填工法	充填材の離脱、母材との付着切れ（剥離）、ひび割れ	充填材の劣化による離脱、背面からの水圧による母材コンクリートとの付着切れ、目地の伸縮によるひび割れ等	 【亀裂】
	被覆工法	シート・テープの浮き、剥離、ひび割れ	目地の伸縮や接着材劣化、シート強度不足によるシート・テープ材の浮きや剥離、ひび割れ	 【浮き】
	成形ゴム挿入工法	成形ゴムの離脱、母材との付着切れ（剥離）	ゴムの経年劣化や背面からの水圧、目地の伸縮等による成形ゴムの離脱、母材コンクリートとの付着切れ	 【ひび割れ】

11(2)ア モニタリング調査の留意事項

当該工法の開発業者に変状の発生要因や工法の性能状態等について見解を聴取することは、変状の発生要因の特定だけでなく、対策工法の改善にもつながり有効である。必要に応じて、モニタリング調査に同行してもらうことも検討する。

調査にあたっては、原則、断水・排水して水路内の残水を極力排除して、天端部・底版部・側壁部・外面側壁部（補修している場合）等の対策した部位を全て対象に行う。また、調査箇所はブラシや高圧洗浄機等により苔や泥を除去し、表面を洗浄した上で調査する。

11(3) 基本情報の記録・収集・整理

長寿命化対策の実施段階においては、対策前の施設状態に関する情報、対策工法の要求性能の設定や選定に関する設計情報、対策工法の特徴や性能等の工法情報、施工時の状況や施工管理結果の施工情報を記録、保存することを基本とする。これらの情報がない場合は、関係機関（施設管理者等）や対策工事時の担当者へのヒアリングを行い収集する。

また、対策実施後の維持管理情報についても、同様に収集・整理する。

【解説】

長寿命化対策の実施段階においては、対策前の施設情報、対策工法の選定や工法性能に関する工法情報、施工時の状況や施工管理結果等の施工情報を記録し、整理する。

また、モニタリング調査実施前に施設管理者に現況施設の通水条件や施設変状の有無、維持管理上の課題について聞き取り調査を行い、整理する。

これらの基本情報をモニタリング調査の計画立案や対策後の施設の発生変状の要因評価の際に活用する。

基本情報が記録、保存されていない場合は、関係機関（施設管理者等）や対策工事時の担当者に聞き取り調査（ヒアリング）を実施し、情報を収集する。

収集すべき基本情報とその収集・整理目的について表 11.3-1 に示す。

表 11.3-1 モニタリング調査に係る基本情報の収集・整理事項

情報項目			整理目的
施設情報	基本情報	都道府県名、水路形式、施設名、施設の経過年数等	補修工法の変状発生要因等を評価する際に、施設の構造や立地条件、使用環境条件等で留意する点がないか確認するために把握する。
	モニタリング対象区間の基本情報	供用開始年、構造形式、設計水深、目地間隔、計画最大通水量、かんがい期・非かんがい期の平均水深等	
		地域劣化特性、地下水位等の水分供給状況、日当たり、周辺外部環境の状況、流下物や水質の状況	
	モニタリング対象区間の既設構造物の劣化状況	主な劣化変状、主な劣化要因	補修工法の変状発生要因等を評価する際に、施設の変状や工法選定の妥当性等で留意する点がないか確認するために把握する。
		ひび割れや剥離等の状況、鉄筋露出や錆汁の有無	
		コンクリート圧縮強度、中性化深さ、鉄筋かぶり深さ、目地の変状	
工法情報	基本情報	対策工法名、工法に求める性能、工法選定理由（補修目的）	モニタリング調査項目の設定や補修工法の変状発生要因の評価等のために、対策工法の目的や要求性能を把握する。
		対策工法の特徴や使用材料、品質試験結果（品質管理項目、試験方法、結果）	補修工法の変状発生要因の評価等の際に、対策工法の性能や品質に留意する点がないか確認するために把握する。
施工情報	基本情報	施工期間（工期）、施工延長、施工期間中の主な天候	補修工法の変状発生要因の評価等の際に、施工時の各種条件において留意する点がないか確認するために把握する。
	下地処理	洗浄方法、母材の付着強さ	
	仮設	仮囲いや水替えの有無	
	他の補修工法の併用	止水・導水処理工、ひび割れ補修工、断面修復工の有無	
	各工程の実施状況	使用材料、施工時の環境条件、施工者、施工量（被覆厚）、養生方法等	補修工法の性能低下等を評価する際に、初期値として施工管理結果を把握する。
	施工管理	被覆材の付着強さ、被覆厚さ、外観等	
維持管理情報	維持管理情報	施設を管理している際に発見した施設、及びその周辺の異常・変状等	調査時に留意すべき箇所等、施設管理者に聞き取り調査を実施し、現況施設の状態や維持管理状況を把握する。

11(4) 日常点検

対策工に対する日常点検は、対策工法の施工後に、対策工法の効果の発現性や持続性、対策工法や母材の変状の有無を把握することを目的に、施設管理者が実施する調査であり、外観目視を基本として実施する。

【解説】

日常点検は施設管理者が特殊な装置や技能によらず、変状の有無や進行性を早期に発見することを目的にして実施する。

表 11. 4-1 日常点検における対策工法の効果の確認内容

実施項目	実施内容
外観目視	目視により対策工法や母材の欠損、ひび割れ、剥離等の変状を探索する。 変状が認められた場合、変状箇所の全景、近接写真を撮影したうえで、変状位置がわかるように地図や施設管理図に記録する。 変状の大きさ等をコンベックス等で計測し、記録する。必要に応じてチョーク等で範囲を明示する。

施設管理者名	〇〇土地改良区	点検者名	農業 太郎
施設名	〇〇用水路	点検場所（変状位置）	〇×県〇〇市
点検日時	2017年11月28日	前回点検日時	2017年7月〇日
施設規模	コンクリート開水路 B×H=1500×2000	対策工法名	〇×パネル工法
変状の写真		変状位置図	
 遠景  近接		 〇〇用水路 〇〇地点 右岸天端	
所見	継ぎ目部に段差 5mm程度		

図 11. 4-1 日常点検記録様式の例

11(5) モニタリング調査

対策工に対するモニタリング調査には、変状の発生状況とその進行性等を把握するために継続的に調査・計測する基本調査と、変状の要因究明や母材変状の進展への影響を確認する際に実施する詳細調査がある。

モニタリング調査における調査頻度や調査方法については、対策工法の完成度・信頼度、施設の重要度を踏まえて施設監視計画により設定する。また、基本調査は、目視と打音調査により実施し、必要に応じて定量的な調査を実施する。

【解説】

詳細調査は、基本調査の結果を踏まえて調査の必要性、項目を検討した上で実施する。調査内容については、対策工法や発生変状の種類、程度に応じて、モニタリング調査計画を個別に検討する。なお、詳細調査の実施の判断や具体の調査方法の検討にあたっては、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。モニタリング調査の流れを図 11.5-1 に示す。

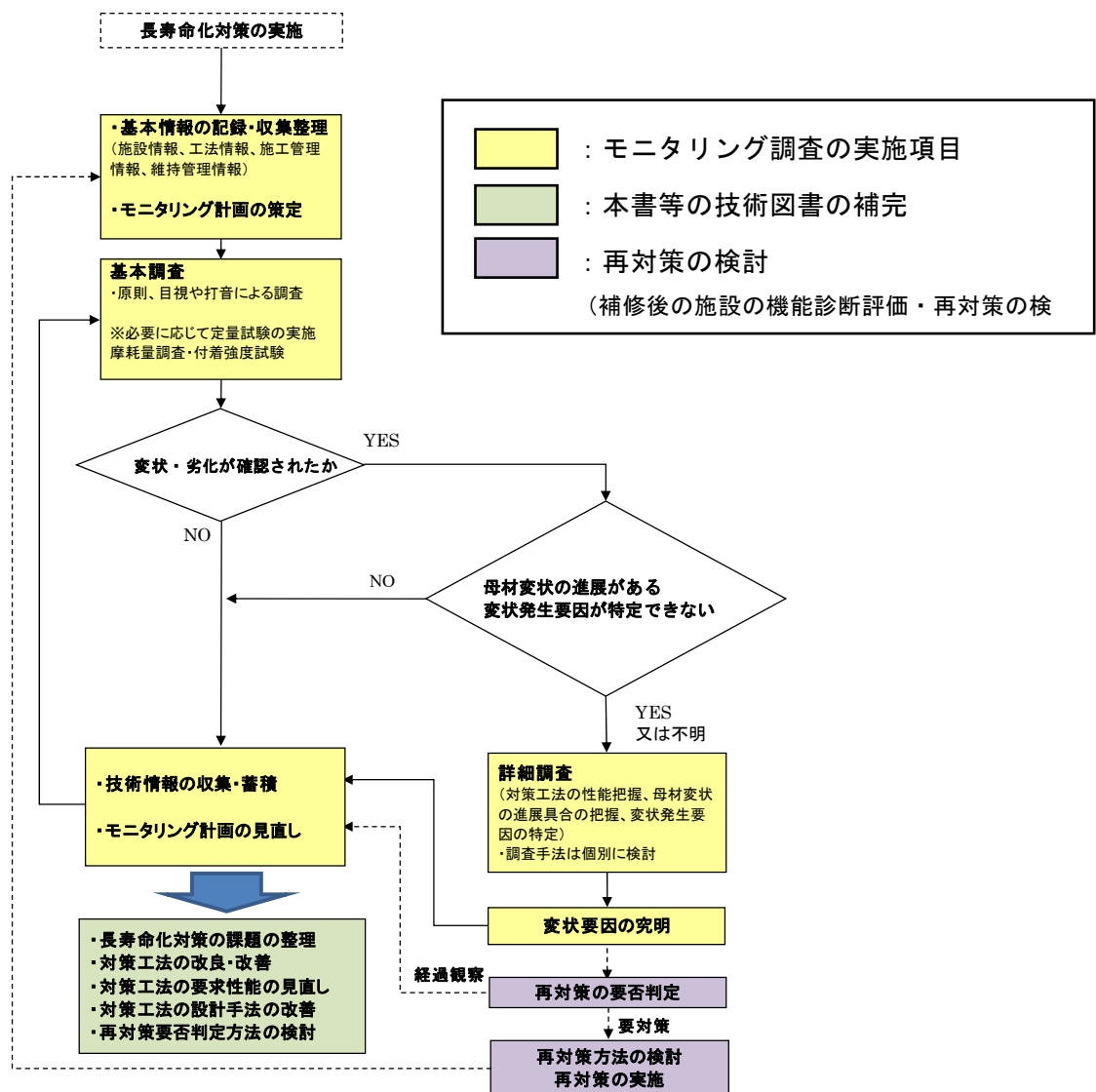


図 11.5-1 モニタリング調査フロー図

11(5) ア 対象範囲

補修・補強後のコンクリート開水路を対象とし、定点を設定しモニタリング調査を実施する。

定点を設ける際は、対象施設を現地踏査し、水路形式や断面形状等の施設構造形式、対策工法の要求性能や設計条件、施工業者、対策工法の種類、補修施設の変状の程度に着目し、これらの条件が類似した施設状態を代表する標準的な区間及び、変状の著しい区間を最低1スパン選定する。

なお、定点の設定理由や施設全体の状態等が分かるように、現地踏査で確認した変状の位置や特記事項、定点調査箇所等を平面縦断図や展開図に記録する。

11(5) イ 調査時期

モニタリング調査項目の内容に適した時期を選定する。

- ・通水性、止水性：かんがい期（通水期間）
- ・上記以外の性能：非かんがい期（通水停止期間）

また、コンクリート構造物は寒暖差により膨張・収縮するため、前回実施した調査月日・調査時の気温にも留意する必要がある。

特に、ひび割れが発生している場合、温度変化による伸縮の影響は拘束条件の緩やかなひび割れ部分に集まり、ひび割れ幅が変動し、かつその変動幅は施設の使用環境条件に応じて異なる。そのため、ひび割れの進行性を確認するためには、前回測定時と同じ気象・通水条件の下で継続的に測定することが望ましい。また、当該施設の温度変化によるひび割れ幅の変動量を測定することにより、調査時の温度条件を踏まえたひび割れ幅の補正が可能となり、より効率的に調査を行うことが可能となる。

11(5)イ(ア) 基本調査

基本調査は、長寿命化対策後に、対策工法の効果の発現性や持続性、施設の再劣化の進行性を把握することを目的に、定期的の実施する調査であり、目視・打音等の簡易な調査を基本として実施する。

【解説】

基本調査は点検技術者が特殊な装置や技能によらず、変状の進行を監視できる範囲で実施する。その際、安価で多大な労力を必要とせずに、補修工法の変状や性能低下の早期検出を可能とすることが重要である。

基本調査における調査手法の例を以降のとおり示す。

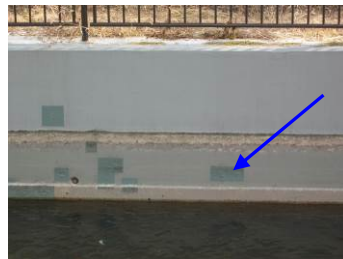
11(5)イ(ア)1) 目視

変状は、外的要因により発生することもあることから周辺状況の変化にも注意を払う。また、発生変状の位置や範囲がわかるようにスケッチ（三面展開図）を作成し、ひび割れ位置やその他の表面変状は、調査物表面に直接チョークで書き込み、写真により記録する。

変状箇所については、原則可能な限り同じ箇所の変状を全て拡大写真で撮影する。

また、側壁外面が調査できる場合は、これについても調査、記録する。

変状の発生要因や進行性を検討する際は、変状の発生位置と形状、母材の変状の発生状況、対策時の施工管理結果、施設周辺の環境条件等を十分踏まえた上で評価する。また、変状が発生している箇所としていない箇所での条件の違い等にも着目することが重要である。（写真 11.5.1-1 を参照）



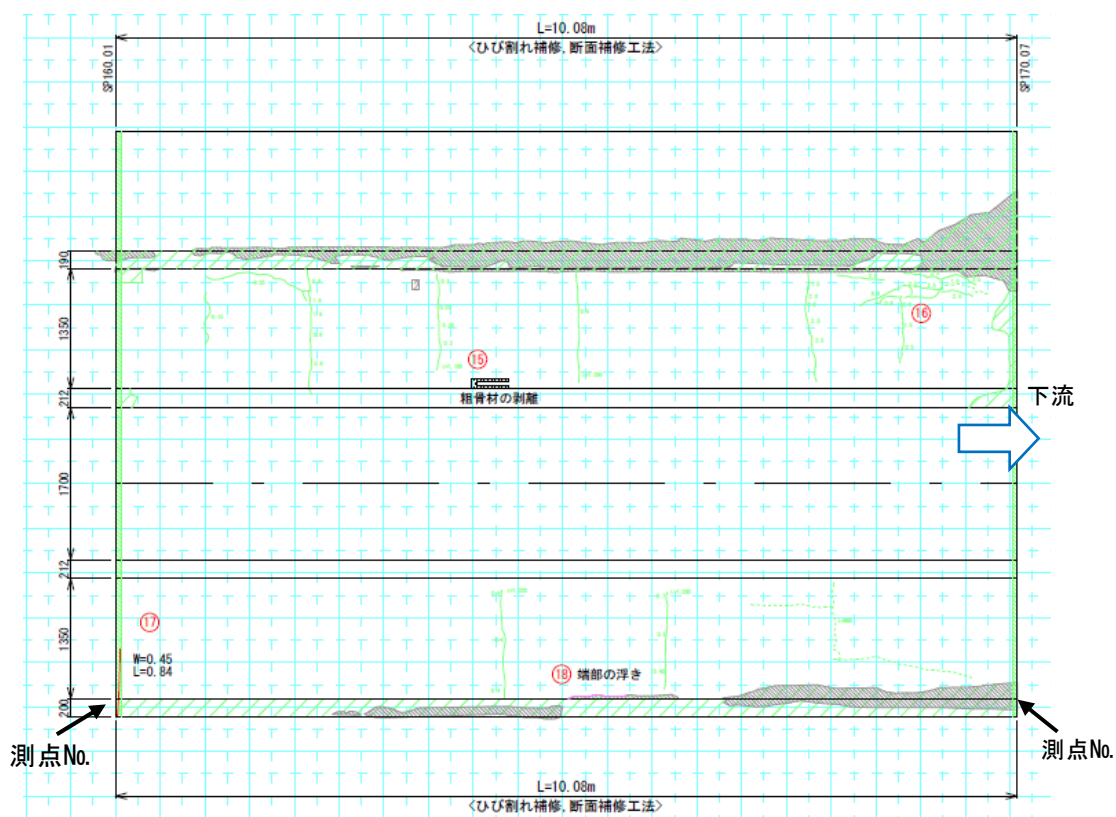
母材に変状があった地点で変状が発生しやすい。母材の変状を確認しておく。



断面修復やひび割れ補修を行った上に表面被覆をした箇所に浮き等の変状が発生しやすい。断面修復等の施工箇所を確認しておく。

フェンスの支柱が既設母材に埋設されており、既設母材に拘束ひび割れが発生。表面被覆工法にも同様に拘束ひび割れが発生。変状発生要因となりそうな施設の周辺状況を確認しておく。

写真 11.5.1-1 目視調査における留意点



凡 例					
新規変状 (H24年度 調査)	①	写真番号	—	ひび割れ	剥離・剥落
	○	浮き	●	エフロレッセンス	鉄筋露出・錆計
	■	粗骨材	●	細骨材	塗装垂れ
母材変状 (H22年度 調査)	●	漏水(痕跡)	●	滞水	その他
	—	ひび割れ	●	浮き・剥離・剥落	鉄筋露出
	●	エフロレッセンス	●	その他	
補修工 (H23年度 施工)	—	ひび割れ補修	●	エフロレッセンスを伴うひび割れ補修	
	■	断面修復工	●	目地補修	

※凡例は必要に応じて追加する。

【ひび割れ記載例】
W(幅)=〇.〇〇mm
L(延長)=〇.〇cm



図 11. 5. 1-1 目視・打音調査展開図記入例

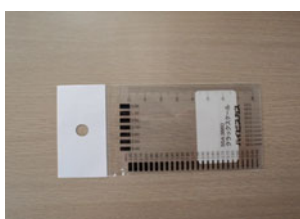
11(5)イ(ア)2) 打音調査

施工を行った範囲（定点1 スパン 10 m 程度）について、表面被覆工を小ハンマー（200 g 程度）や打診棒を用いて、打音（反射音）を確認する。打撃間隔は、10～20 cm とし、異音があった箇所は細かく打撃して範囲を確定し、チョーク等で範囲を示して写真やスケッチで記録する。

全体目視・打音調査では、下表に示す変状に留意して、写真やスケッチに記録する。（表 11.5.1-1、写真 11.5.1-2 参照）

表 11.5.1-1 表面被覆・表面含浸・断面修復工法調査時において着目する変状・留意点

対策工法	着目する変状・留意点
無機系被覆材 （断面修復工法含む）	・目地周辺、ハンチ部におけるひび割れや剥離を確認する。 ・躯体ひび割れに連動したひび割れや剥離を確認する。 ・炭酸カルシウム等の被覆材成分の溶脱、析出を確認する。 ・流水部、水位変動部の摩耗を確認する。 ・水抜き孔周辺の変状を確認する。 ＊無機系被覆材の浮きは目視では確認しにくいいため、打音調査により、「既往躯体コンクリートと被覆材」若しくは「断面修復等の重ね塗り境界」で剥離していないか確認することが重要である。
有機系被覆材	・目地周辺、ハンチ部におけるひび割れや剥離を確認する。 ・躯体ひび割れに連動したひび割れや剥離を確認する。 ・被覆材表面の微細なひび割れを確認する。 ・水抜き孔周辺の変状を確認する。 ＊有機系被覆材の変状は表面の微少なものから生じることが多いため、近接して観察することが重要である。
パネル・シート材	・接合部の隙間や剥がれを確認する。 ・施工時の切り傷を確認する。 ・シート、パネルの剥離、剥落を確認する。 ＊パネルやシートの浮きは目視では確認しにくいいため、打音調査により、確認することが重要である。



クラックスケール



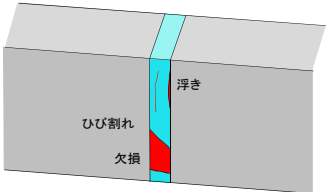
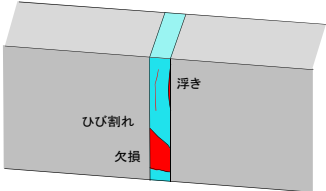
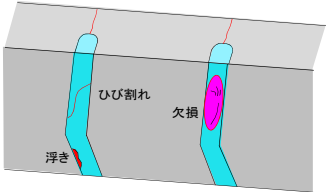
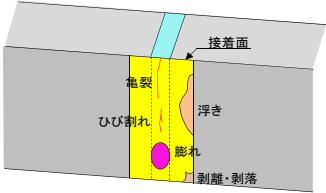
テストハンマー・打診棒



コンベックス

写真 11.5.1-2 使用する主な調査器具

表 11. 5. 1-2 目地補修工法・ひび割れ補修工法の調査時において着目する変状・留意点

対策工法	着目する変状・留意点
成型ゴム工法	・成型ゴムの離脱や目地切れについて確認する。 ・ハンチ部等、成型ゴムの端部からの剥離に特に留意する。 
充填工法（シーリング・パテ） ＊有機系ひび割れ補修材含む	・紫外線等の経年的な材料劣化に特に留意する。 ・表面の細かいひび割れや材料の浮き、変形収縮剥離の有無を確認する。 
充填工法（止水セメント・モルタル） ＊無機系ひび割れ補修材含む	・目地の伸縮に対する追従性が低い材料なので、特に目地切れの有無を確認する。 ・ひび割れの拡大や施工後の乾燥収縮の影響によるひび割れや材料の浮きの有無を確認する。 
被覆工法（テープ・シート貼付）	・テープやシートの端部からの剥離を特に確認する。 ・打音により浮きや膨れの有無についても丁寧に確認する。 

【参考】 調査時の写真撮影・記録例

ひび割れ等の表面変状は、直接チョークで範囲と測定値を書き込み、写真撮影する。

変状毎にチョークの色を変えると分かり易い。

(例)

- ・ ひび割れ：白色チョークで発生位置と幅（支配的なひび割れ幅）と延長を書き込む
- ・ 浮き：黄色チョークで発生範囲と最大幅と最大長さを書き込む
- ・ 摩耗、剥離剥落：ピンク色チョークで発生範囲と最大幅と最大長さを書き込む（摩耗 or 剥離剥落か分かるよう書き込む）
- ・ 漏水：水色チョークで発生位置を書き込む

写真撮影は、なるべくスケールをあてた状態で撮影し、経年的な変状の進行具合を確認できるようにする。

写真は、写真 No.、調査月日、測点、測定箇所（左・右岸壁 or 底版）、水位条件（気中部・水位変動部・常時水中部）、変状と測定結果を記録し整理する。

変状発生箇所は、経年的に進行具合を調査できるように、シールの貼付（変状の始点終点に貼付等）や木杭の設置等の、工法に影響を与えない方法により特定、管理するものとする。（図 11.5.1-2 を参照）

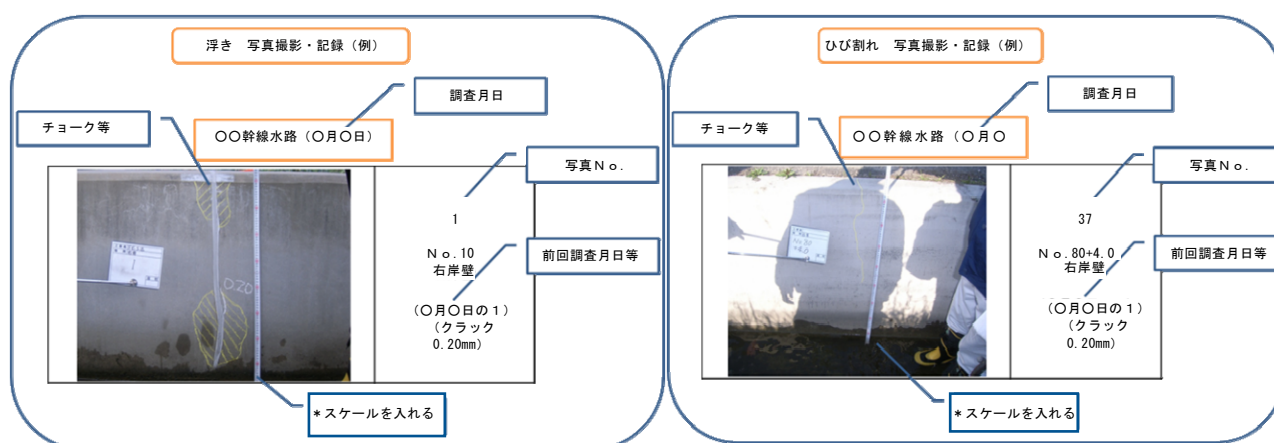


図 11.5.1-2 写真撮影・記録の例

11(5)イ(ア)3) 定量的調査

基本調査においては、対策工法の経年的な変化を定量的に評価する目的で、以下の計測調査を実施する。

調査したデータについては、対策工法の再劣化の過程や、その要因を究明するために用いるものとする。

1. 摩耗量調査

摩耗量調査は、摩耗による減厚や凹凸の発生の可能性がある「無機系表面被覆工」を対象として実施することを基本とする。

有機系表面被覆工については、摩耗による劣化が少ないため、摩耗量調査は必要に応じて実施するものとする。なお、有機系の表面被覆工で摩耗量調査を実施する場合は、削孔跡が劣化要因にならないように十分に留意する。

摩耗量調査については、コンクリートピンの突出高さの計測や超音波膜厚計による膜厚測定等が実施されているが、精度や適用性に課題があるため、摩耗量調査にはコンクリートピンを2本設置し、2本のピン間の壁面表面の高さを計測する方法で実施する。

コンクリートピンは、ステンレス製のホールインアンカーを利用し、アンカーピンの突出高さが5～10 mm程度になるように、電動ドリルで先に穴を開け（ドリルに目印をつけ、所定の深さまで削孔する）、ホールインアンカーを打ち込む。2つの基準ピンの高さはできるだけ同一にし、コンクリートピンの固定は経年的なブレや変化がないように確実に実施する。

なお、調査箇所数は、底版及び側壁で最低各1か所を基本とし、施設使用環境条件等が異なる場合は、調査箇所数を増やすものとする。開水路壁面への基準点の設置例を図11.5.1-3に示す。

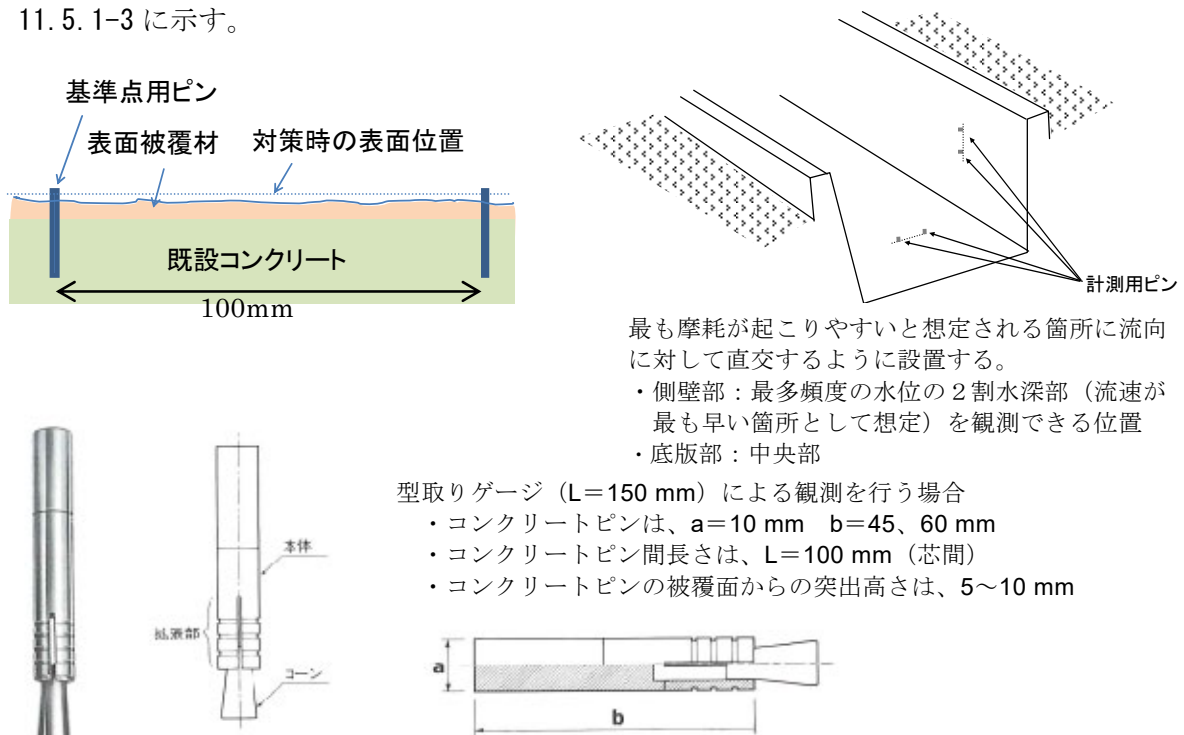


図 11.5.1-3 開水路壁面への基準点の設置例

アンカーピンを設置した後の摩耗計測方法には2つの方法がある。

①型取りゲージによる摩耗測定

型取りゲージによる摩耗測定は、約1 mm間隔（189点計測、測線延長150 mm）表面の凹凸を型取ることができるジグを用いて測定する手法であり、型取り後に方眼紙等を当てて、表面の高さの変化を確認する。

摩耗量計測においては、コンクリートピンの高さを基準線として、表面までの距離の平均値を「平均高さ」として経年的に計測、評価する。

型取りゲージを用いた測定方法の概要は図11.5.1-4に示すとおり、あらかじめ被覆面に埋設した2か所のアンカー頂部の基線と表面被覆工までの距離を測定する。型取りゲージで測定した表面形状をデジタルカメラで撮影し、その画像を市販の画像解析ソフトで処理することにより平均摩耗深さを求める。

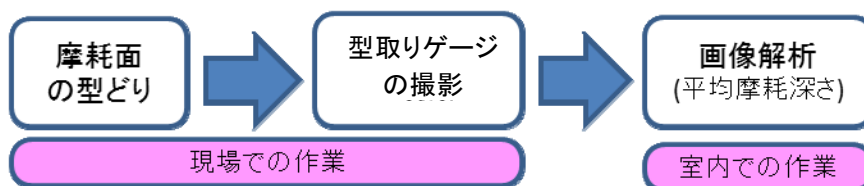


図 11.5.1-4 型取りゲージを用いた表面被覆工の摩耗深さ測定の概要

現場作業では、写真11.5.1-3に示すように型取りゲージを2か所のアンカー間に押し込み、被覆工の表面形状を型取りする。次に、その型取りゲージの下に方眼紙を敷いてデジタルカメラ画像を撮影する。



写真11.5.1-3 型取りゲージの型取り及び撮影

その後、画像データの基線と被覆工表面の面積を市販のソフトを用いて画像解析から求め、基線から表面被覆工表面までの平均距離を計算する。初期計測時からある測定時までの期間に発生した表面被覆工の平均摩耗深さは、ある期間の平均摩耗深さ＝（測定時の表面被覆工までの平均距離－初期計測時の表面被覆工までの平均距離）によって求めることができる。（図11.5.1-5を参照）

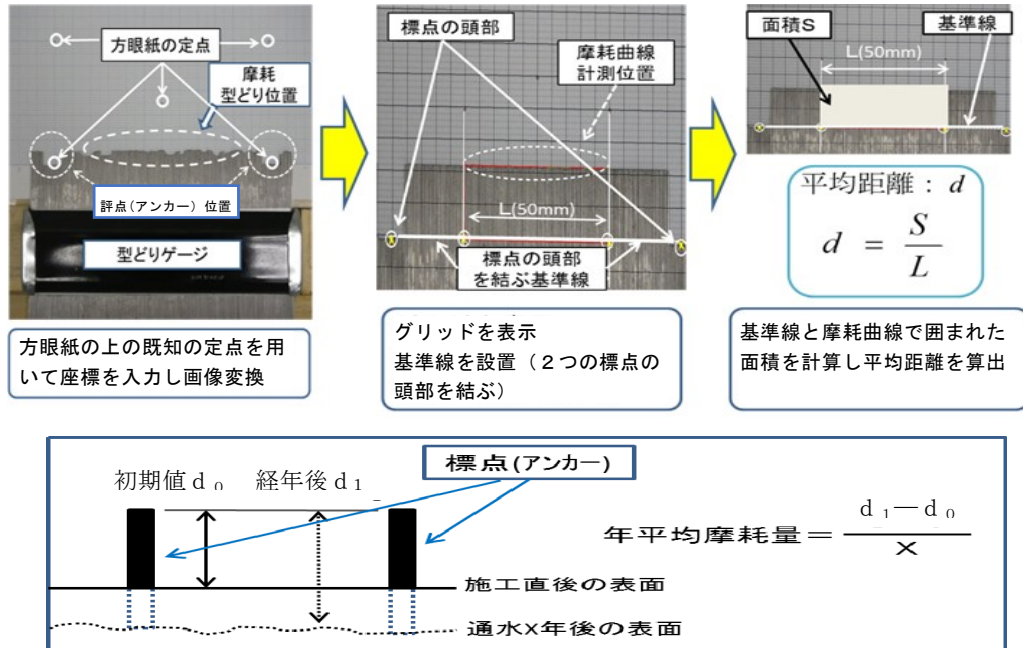


図 11.5.1-5 画像処理及び摩耗量算出方法

摩耗量計測において精度良く表面の凹凸を計測することにより、粗度係数を評価することも可能である。粗度係数は、図 11.5.1-6 のとおり、表面の凹凸の程度を示す「算術平均粗さ R_a 」若しくは表面の凹凸の高さを示す「最大高さ」を指標として算定する。そして、ここで確認した粗度係数は、水理計算により対策後の施設の通水性を検討する際に活用する。

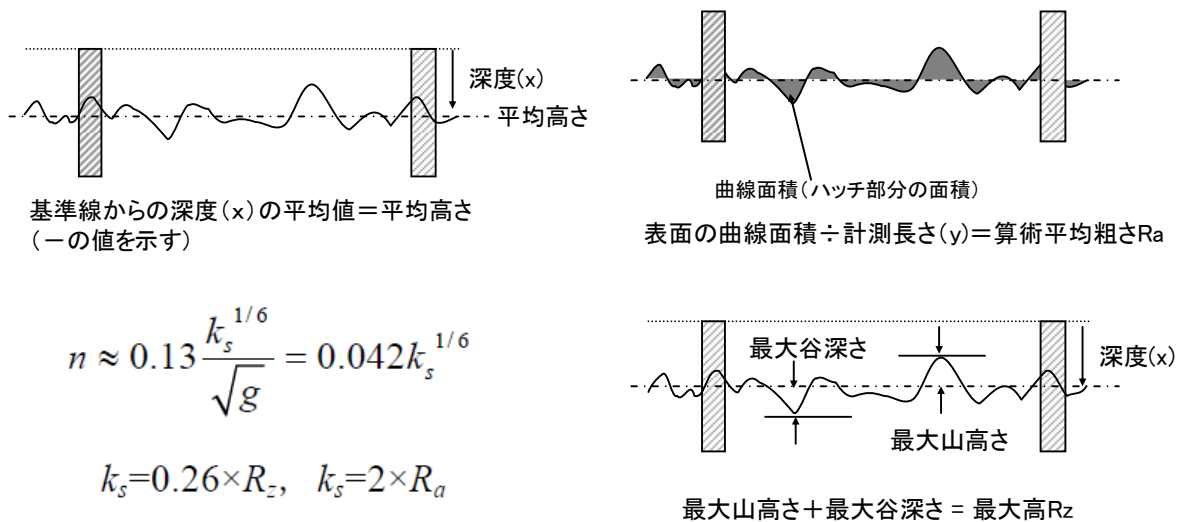


図 11.5.1-6 表面凹凸から粗度係数を算出する方法

② レーザ距離計による摩耗測定

図11.5.1-7 に示すような「レーザ距離計」を用いてアンカーピン間の摩耗を測定する手法である。計測精度は $\pm 0.1 \text{ mm}$ と高精度であるため、摩耗予測式や基準値を作成することを目的とする、重要な定点観測地点の計測に有効である。計測自体は1点3分程度と短時間で行うことができ、測定値もPCで自動計算される。ただし、水中での計測はできないため、底版等に水がある場合は、適用が難しい。

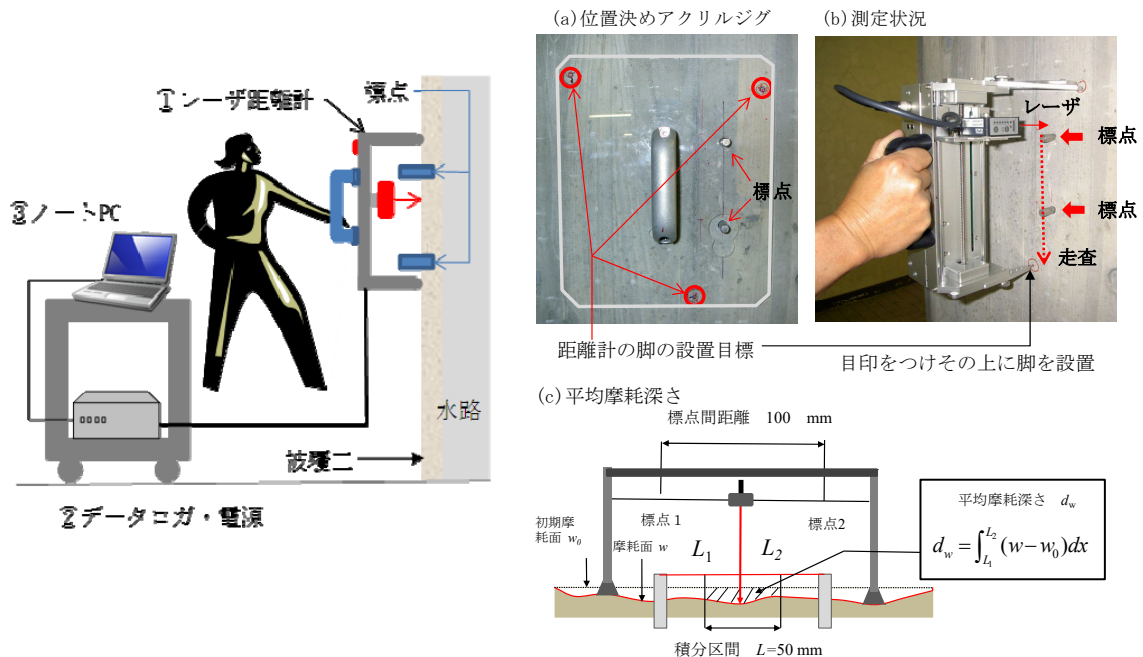


図 11.5.1-7 レーザ距離計による摩耗計測¹⁾

¹⁾ 浅野 勇、渡嘉敷勝、森 充広、西原正彦：レーザ距離計による摩耗測定手法の開発、農業農村工学会論文集、2014.10、No.293 Vo.82.5)、pp. 1~12

2. 付着強さ試験

付着性は、表面被覆工法の無機系又は有機系の補修材料と旧コンクリート躯体との一体化性能を確保する重要な性能であり、試験方法としては単軸引張試験（通称：建研式引張試験）が一般的である。付着強さ試験は被覆工の一部を破壊する調査であるため、計測頻度は 5 年に 1 度を目安として実施する。施工時の付着強さと、5 年後の付着強さを比較することにより、時間経過に伴い付着強さが増加するか判定することができる。このため、5 年後の付着強さ試験はできるだけ施工時の付着試験位置の近くで行うことが望ましい。

表面被覆材の付着強さ試験法は、(公社)土木学会規準（JSCE-K531）で規定されている。鋼製付着ジグ（一般に 40 × 40 mm）を補修材料表面にエポキシ樹脂等で接着する。鋼製付着ジグの周囲にモルタル基板に達するようにカッター等で切り込みを入れ、鋼製付着ジグを補修材料に対して鉛直方向に引っ張り、荷重を計測する。（写真 11.5.1-4 を参照）

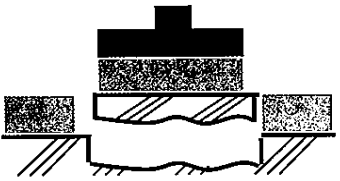
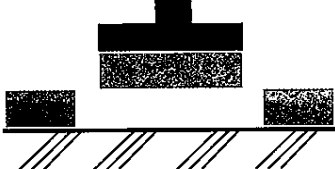
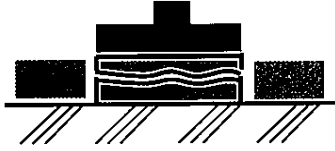
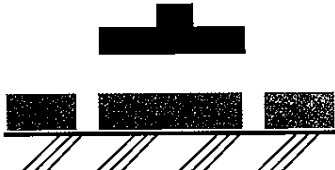
現場での施工管理として付着強さが示されている場合には、現場の補修材料に直接鋼製付着ジグを接着し、引張試験装置により付着強さを測定する。なお、調査箇所数は、底版・側壁で最低各 1 か所（1 か所に付き測点は 3 点以上）を基本とし、劣化状態が異なる場合は、調査箇所数を増やすものとする。



写真 11.5.1-4 引張試験装置（例）

付着強さ試験では、破断の状況が表 11.5.1-3 に示す例のように、多様であり、破断箇所と破断面の状況の観察が重要である。特に、対策前のコンクリート開水路自体の付着強さが低下している可能性もあることから、これに留意する。

表 11.5.1-3 付着強さ試験における評価方法（例）

破断状況	設定強度との比較	評 価
既存コンクリートが破壊 	設定強度未満※	既存コンクリートの表層部の引張強度が十分でないために生じたものであり、断面修復材の接着強度が正確に得られてはいないと考えられる。
	設定強度以上	既存コンクリートが引張強度を越えたために既存コンクリートが破断したものであるが、既存コンクリートが健全であれば、得られた値以上の接着強度を有する。
既存コンクリートと断面修復材の界面での破壊 	設定強度未満※	既存コンクリート表面の処理方法に問題があったと考えられ、断面修復材の接着強度が正確に得られていないと考えられる。原因として左官作業時のコテ圧不足、吹付け作業時の吹付け圧不足が考えられる。
	設定強度以上	既存コンクリートと断面修復材界面では所定の接着強度が得られたと考えられる。
断面修復材の破壊 	設定強度未満※	配合、練混ぜ等、種々の原因により断面修復材の強度が十分でないと考えられる。環境条件、例えば、低温環境下での強度発現遅延の原因も考えられる。
	設定強度以上	断面修復材の破壊であり所定の接着強度が得られたと考えられる。
鋼製ジグのはく離 	設定強度未満※	断面修復材の表面状態に影響される場合と試験のためのジグを設置する際に使用した接着剤の硬化不良やアタッチメントの脱脂の不十分が考えられる。
	設定強度以上	得られた値以上の強度が得られる。

※ 設定強度未満の結果が得られた場合、局所的な欠陥や偏心等が原因であることが多いので再試験を実施するのが一般的である。

<円形ジグを用いた付着強さ試験の提案>

現場での付着強さ試験法の一つとして、円形ジグを用いた付着強さ試験が提案されている。円形ジグを使用すると、切り込みの際に専用コアドリルで付着面積や切り込み深さが均一になり、またゴム製リングの使用により仮固定を確実にできる等、現行手法より容易に試験を行うことができる。その比較表を表 11.5.1-4 に示す。

『円形付着ジグを用いた単軸引張試験方法（案）』を巻末資料に添付する。

表 11.5.1-4 円形ジグと角形ジグの特徴の比較

	角形ジグ	円形ジグ*1
使用する 工具 (共通)	・引張試験器 ・接着剤 ・補修材	
使用する 工具 (相違)	・角形ジグ ・ディスクグラインダー ・粘着テープ	・円形ジグ ・専用コアドリル ・ゴム製リング*2
製品の 流通性	・一般的に販売されている	・一般的に販売されている
普及性	・現行の手法として広く普及している	・最近確立した方法のため認知度が低い
接着・ 仮固定	・粘着テープでの仮固定 ・自重によりズレや傾きが生じる ・接着剤が行きわたっていることの確認不可	・ゴム製リングを用いた確実な仮固定 ・接着剤が行きわたっていることを目視で確認可能
断面形状	・40 × 40 mm の正方形 (1,600 mm ²)	・φ45 mm の円 (1,590 mm ²)
切り込み	・ディスクグラインダーを用いる ・井桁状 ・均一な深さにするには熟練の技術が必要 ・正方形の切り込みが困難	・専用のコアドリルを用いる ・円環状 ・任意の深さかつ均一な切り込み ・付着面積の確保に技術を要さない
試験跡 補修	・井桁状のカッター跡への補修材充填に細心の注意が必要	・ドリル削孔跡への補修材の充填と付着試験箇所の補修を一体的に行うことができる ・景観性の向上
止水性	・モルタルにより止水するか、試験を断念	・水深 10 mm 程度であればゴム製リングにより止水可能

*1 巻末資料『⑨円形付着ジグを用いた単軸引張試験方法（案）』より

*2 使用する工具のうち、ゴム製リングは、鋼製付着ジグと母材の試験面のズレ、及び接着剤の母材側へのはみ出しが防止される方法で代替可能である。一般流通している、円形ジグを用いた付着強さ試験用ゴム製リングについては、特許出願がされている。詳細は巻末資料『⑨円形付着ジグを用いた単軸引張試験方法（案）「7. 試験機材」』を参照。

3. 簡易な中性化試験

表面被覆工法や断面修復工法の中性化の進行を測定するための簡易な調査として以下の2つの方法が考えられる。なお、本手法は、被覆材に生じる中性化深さが mm 単位と小さいことを受けて、コンクリート仕様として開発された従来のドリル法や JIS A 1152:2018 のはつりによる測定方法を改良したものである。

① 小口径コア測定法

現場で被覆工の小口径コア（φ 25 mm）を採取し、表面被覆部分を切断・割裂し、割裂面にフェノールフタレインを散布し、紫色に変色しない領域（中性化部分）の面積を画像解析から求め中性化深さを算出する。コア採取のため手間とコストはかかるが、適用条件が広く（コアが採取できれば、側壁、底版、気中、水中どの条件でも測定が可能）、比較的精度の高い方法と言える。小口径コア法の概要を図 11.5.1-8 に示す。

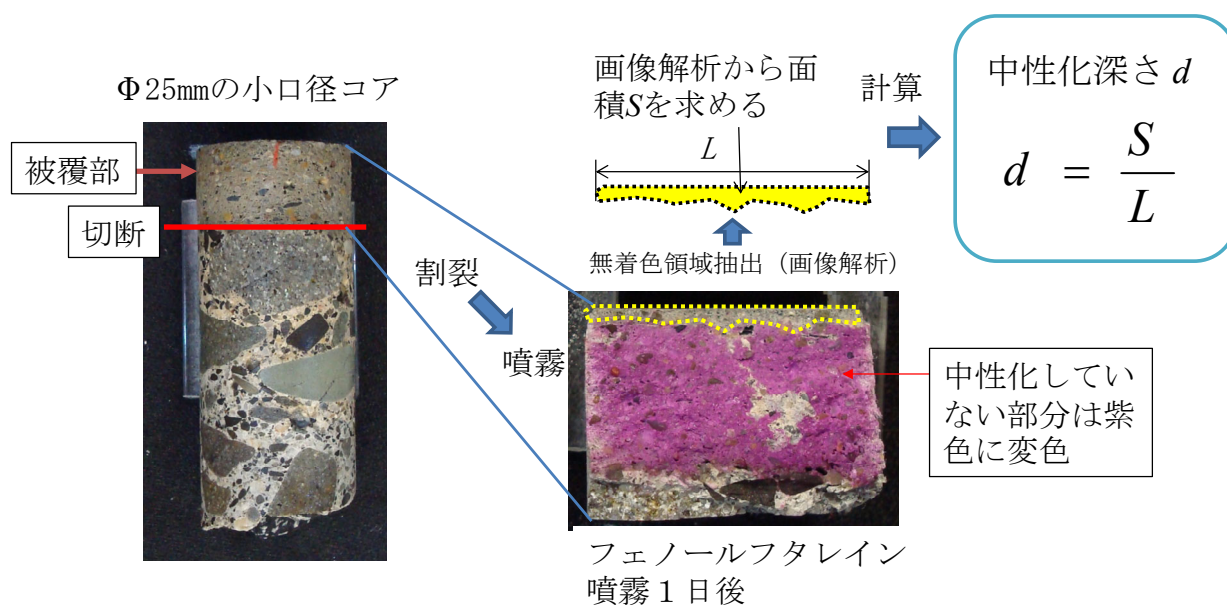


図 11.5.1-8 小口径コア法の概要

② コアビット法

コア径 25 mm 用のコア削孔用ビットを装着させた電動ハンマを用いて、被覆工表面に三日月型の溝を掘る。溝を掘る際に、コアビットの刃先を斜めに被覆工表面に当て、溝の深さがだんだんと深くなるように溝を刻んでいく。溝の端部は浅く、だんだん溝が深くなるような三日月型の溝を作成できる。この溝にフェノールフタレインを散布すると、溝には紫色に発色する部分と発色しない部分の境界ができる。その境界を鉛筆でマーキングし、その地点の溝深さをデプスゲージで測定し、その値を中性化深さとする。この方法は、微破壊であり手軽にできるため、現場で簡易に被覆工の中性化深さを求める方法としては優れているが、被覆工が高い水分状態にある側壁水中部や底版では適用ができない。被覆工が乾燥している気中部での測定に向いている。無機系被覆工の中性化深さの実測事例（側壁気中部）を図 11.5.1-9 に示す。経年的に中性化深さを測定することにより、被覆工の中性化速度係数を求めることができ、将来的な中性化の進行を予測することができる。



写真 11.5.1-5 小口径コア法の概要

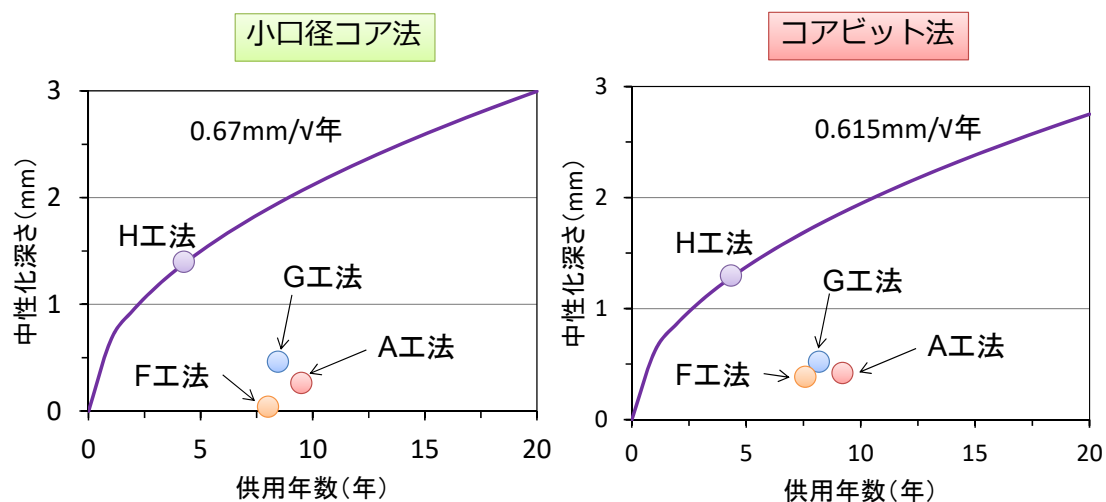


図 11.5.1-9 無機系被覆水路側壁（気中部）の中性化深さと中性化速度係数（H工法）

なお、母材の中性化の進行が抑制されているかを確認するためには、従来のドリル法により電動ドリルで母材まで削孔を行い、中性化深さを確認する。

4. 高周波容量式水分計による水分率計測

高周波容量式水分計は、コンクリートの補修時の下地処理における水分率管理に広く適用されている。これは、高周波の電磁波（20 MHz）を材料に作用させ、誘電率を計測することで、材料の水分率を推定する方法であり、材料の表面付近の水分率を計測することが可能である。（写真 11.5.1-6 を参照）

表面含浸工法のモニタリングにおいては、表層 10 mm の水分率を評価し、表面含浸材が表面付近にどの程度残っているかを計測するものとする。なお、計測は、1 スパンで側壁・底版で各 3 か所程度実施し、1 か所で 5 回計測してその平均値と併せて記録する。また、表面含浸工法の施工面と非施工面との比較により性能の持続性を評価することが有効である。



写真 11.5.1-6 高周波容量式水分計の例

5. 通水性や目地補修後の止水性調査

表面被覆工法の通水性は、対策前後の通水性の比較及び継続的に通水性を計測することにより評価する。通水性は、水路の粗度係数又は水位・流量曲線の変化によって把握する。漏水量は分合流の無い区間の上流と下流端の流量差から求める。

通水流量は、 Manning 公式から流水断面積と流速の積により求められる。

流水断面積は、スタッフにより計測した水深と水路幅を積により算出される。

流速は、電磁流速計等にて直接測定する。

【流量】

$$Q = V \cdot A$$

【 Manning の平均流量公式】

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Q: 流量(m³/s) V: 平均流速(m/s) A: 流水断面積(m²)

n: 粗度係数 R: 径深(m)=(A)/(P) I: 水路勾配 P: 潤辺(m)

また、上式より、水路勾配が分かれば、水路の粗度係数を求めることができる。

水路勾配は、縦断面図に記載されているが、不同沈下が生じている水路では縦断面測量にて検証を行うことが望ましい。漏水量は、上下流の流量を求め、その差より求める。

目地補修箇所の止水性の調査は、塩ビ製の半割管等のカバーを目地補修箇所に設置し、水路との接合部分を止水材にて一体化させ水密性を確保した後、カバー内に水を充填させ、その減水量から漏水の有無や漏水量を測定する方法等が考えられる。

11(5)イ(ア)4) モニタリング結果の記録

基本調査で実施したモニタリング結果は、所定の記録様式に蓄積し、補修工法の効果検証にフィードバックしていく。

記録様式の構成について、表 11.5.1-4 に示す。また、記録様式の一例を表 11.5.1-5 ～ 表 11.5.1-6 に示す。

モニタリング調査様式は、調査主体によって変状記録にバラツキが発生しないように入力を選択式としており、記入者は様式の項目についてもれなく記載する。

また、蓄積したモニタリング調査結果のデータから、ひび割れ延長や浮きの規模（定量値）を蓄積することで対策後の劣化の進行性を把握することができ、地域別、施工状況別の変状進行の度合い等を分析することで、工法の特徴を把握することも可能となる。

表 11.5.1-4 モニタリング記録様式の構成

様式 No.	モニタリング調査様式 シートの内訳	記載する内容	蓄積意図
1	表紙	モニタリングする施設名・工法名	
2	施設基本情報	施設の基本情報（水路形式・計画流量等）	・施設の情報を記録
3	施設変状状況	対策実施前の変状状況（対策による改善対象の変状要因・対策前のひび割れ幅等）	・補修を実施するに至る経緯その地域での主な劣化要因
4	対策工法情報	対策工法に関する概要情報（工法種類・範囲・品質試験結果等）	・施工した補修工法の情報・施工時の初期値等を記録
5	施設図面・補修前展開図	施設位置図、施設平面縦断面図、補修工標準断面図、施設補修前の変状展開図を添付	・施工箇所の図面の保管 ・補修前の状況を確認する際の参考情報
6	調査結果記入表（定点○）	実施したモニタリング調査結果を記載（発生変状・要因等） 調査結果の展開図を添付	・展開図を情報項目化し、定量的に劣化状況を蓄積
7	ひび割れ経年調査表（定点○）	ひび割れの経年的な進行の確認 ＊変状を記録していく際の参考様式	・各自で変状の経年的な変化を蓄積する際の参考様式
8	浮き経年調査（定点○）	浮きの経年的な進行の確認 ＊変状を記録していく際の参考様式	

表 11.5.1-5 モニタリング様式例 (1/2)

【表面被覆工】 対策工法情報調査表 (補修・補強工事の実施状況の調査・記録)

情報項目		記入欄	単位	備考	
対策工法基礎情報	対策工法区分		選択式		
	対策工法名				
	工法メーカー名				
	高度化事業管理番号				
	施工期間 (工期)	開始年月日			
		終了年月日			
	施工延長			m	
	施工面積			m ²	
	工事名				
	施工業者名				
	設計業務名				
	工法に求める性能(要求性能)				
	工法の選定理由(対策工法の実施目的)				
	品質管理①	品質管理項目(要求性能)			品質管理項目については、当該対策工法の実施に当たって、確認している対策工法の品質管理の項目、試験方法及び測定結果と判定基準を各々記入する。 品質管理項目(試験方法)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)第3章 補修の要求性能及び材料・工法の品質規格と採用」で参考提示している品質管理項目(試験方法)を参照すること。
		試験方法			
		結果(測定結果と判定基準)			
	品質管理②	品質管理項目(要求性能)			
		試験方法			
		結果(測定結果と判定基準)			
	品質管理③	品質管理項目(要求性能)			
試験方法					
結果(測定結果と判定基準)					
品質管理④	品質管理項目(要求性能)				
	試験方法				
	結果(測定結果と判定基準)				
品質管理⑤	品質管理項目(要求性能)				
	試験方法				
	結果(測定結果と判定基準)				
対策工事期間中の主な天候(降雨や積雪の有無等)					

表 11.5.1-6 モニタリング様式例 (2/2)

【表面被覆工法】モニタリング調査情報調査表（施工後の施設のモニタリング調査・記録）

情報項目			参考(過年度調査)	記入欄(今年度)		
基本情報	モニタリング調査実施年月日					
	モニタリング調査実施時の天気					
	モニタリング調査実施時の気温(℃)					
	モニタリング調査実施部署					
	モニタリング調査実施担当者					
	定点調査スパンNo (原則1スパン=1定点として記載)					
	定点調査個所の選定理由					
	洗浄前の補修面状況(異物の付着状況等)					
	洗浄方法					
	仮設の有無とその概要					
	モニタリング調査地点の対策工法区分をリストから選択					
	モニタリング調査地点の対策工法名					
	補修施工部位(モニタリングしている工法で補修施工している部位をリストから選択)					
	実施調査内容					
調査結果(側壁・天端)	ひび割れ	ひび割れ最大幅		実測値(mm)		
		ひび割れ最大幅の延長		実測値(m)		
		ひび割れ総延長		実測値(m)		
		ひび割れ形状 発生傾向として該当するものに ○(複数選択可)	1.目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ			
			2.特徴的な形状を示さないひび割れ			
			3.格子状・亀甲状などのひび割れ			
			4.側壁を横切するような水平もしくは斜めのひび割れ			
			5.鉄筋に沿ったひび割れ			
			6.既設水路に見られたひび割れと同位置付近に発生しているひび割れ			
		主な想定発生要因 (乾燥収縮・外力・アルカリシリカ反応・温度ひび割れ・凍害・施工不良・補修材の経年劣化・その他から選択) ※想定発生要因が不明の場合はその他を選択しその他理由記載欄に記入			その他の場合	
	進行性			(前回との変化)の有無		
				進行性の判断理由		
	浮き	発生箇所数		実測値(箇所)		
		浮き最大面積		実測値(mm×mm)		
		浮き総面積		実測値(m²)		
		浮き発生密度 (側壁の総面積に対して概ね20%未満or20%～50%未満or50%以上)				
		浮き発生形状 発生傾向として該当するものに ○(複数選択可)	1.目地付近に集中して発生している。			
			2.ハンチ部に集中して発生している。			
			3.天端付近に集中して発生している			
			4.特徴的な発生形状を示さない浮き。			
			5.小規模の浮きが点在して発生している。			
		主な想定発生要因 (施工不良・凍害・経年的な付着強度の低下・補修材と母材の間に水分の浸透・その他から選択) ※想定発生要因が不明の場合はその他を選択しその他理由記載欄に記入			その他の場合	
	進行性			(前回との変化)の有無		
				進行性の判断理由		
	材料劣化	剥離・剥落	変状状況(無しor部分的(表面の50%未満)or全体的(50%以上))			
		スケーリング	変状状況(無しor部分的(表面の50%未満)or全体的(50%以上))			
		欠損・損傷	変状状況(無しor部分的(表面の50%未満)or全体的(50%以上))			
		漏水	変状状況(無しor漏水跡・滲みor流水・噴水)			
			漏水量(計測可能な場合)	実測値(l/min)		
		エフロレンス・錆汁	変状状況(無しor部分的(表面の50%未満)or全体的(50%以上))			
摩耗・すりへり		変状状況(無しor微細(少し摩耗と思われる現象が見られる場合)or顕著(明らかに摩耗・すりへりの状態が見られる場合))				
鉄筋露出		変状状況(無しor部分的(表面の50%未満)or全体的(50%以上))				
その他	その他確認された変状等特記事項・想定される要因					

11(5)イ(イ) 詳細調査

長寿命化対策後に顕著な変状や再劣化が認められた場合に、変状の発生要因の究明や母材変状の進展状況等、再対策の要否を判断するための技術情報の収集を目的として詳細調査を実施する。

【解説】

詳細調査は、変状の発生要因の特定や母材変状の進展への影響具合、工法の性能状態について破壊試験や促進試験等で確認するものである。

補修工法に生じる変状の形態や想定される要因は、工法の使用材料の特性によって異なること、また、施設の使用環境条件や施工条件によっても変状の程度は異なることから、調査項目や手法については施設個別に検討する必要がある。なお、対策後の施設の調査・評価手法については、研究開発段階であることから、研究機関と連携したモニタリング調査の実施も必要に応じて検討するとよい。

以降に詳細調査事例を示す。

●A 地区：アンカー固定式FRP板パネル補修工法の浮きの発生要因の特定と程度の把握

本事例は、打音調査により浮きが確認されたため、その発生要因の特定と程度を把握するために詳細調査を実施。全面的な赤外線調査により顕著に浮きが発生している箇所を特定した後、その箇所のパネルを取り外し、パネル背面のグラウト充填状況や母材の中性化状態を確認。

また、工法開発業者と施工当時の資料や現場状況を確認することによって、充填材の品質不良や施工不良を特定した例である。

●B 地区：無機系表面被覆工法のひび割れの発生要因の特定と母材変状の進展の把握

本事例は、目視調査により亀甲状と部材水平方向のひび割れが確認されたため、その発生要因と程度を把握するため詳細調査を実施。付着強さ試験や表面被覆材の一部をはつり取り、ひび割れの形状・深さと母材変状との関係を調査。また、当該施設は、アルカリシリカ反応による劣化と凍害の複合劣化が疑われていたため、母材変状の進展調査として圧縮強度・静弾性係数試験、促進膨張試験等を選択。

補修材の変状と母材劣化の関係性や補修後の施設の再劣化を特定した例である。

事例のほかに、表面被覆工法のモニタリング手法として、水分センサを用いた水分浸入抑制効果の確認手法や機械イーピーダンス法を用いた浮きの発生状態・予測の定量的評価手法等について研究機関において検討が進められている。

●A 地区（アンカー固定式FRPM板パネル補修工法・寒冷地区）

【調査内容】

- ・打音調査、赤外線調査で浮きの発生状況を確認。
- ・浮きの顕著な発生部において、パネルの一部を取り外して、背面のグラウト充填状況を調査。
- ・パネルを外した状態で母材表面の中性化状態を確認。

【調査結果】

- ・打音調査及び赤外線調査により浮きが全体的に確認された。
- ・裏込材は健全で躯体に貼りついていたが、パネル背面には裏込め材がほとんど付着していない状態であった。
- ・開水路側面の天端付近では母材の中性化が進行。

【調査結果に基づく変状発生要因等】

- ・アンカー孔の面取りが過大すぎたためアンカーが埋没し板を十分支持できていない。
- ・工法開発業者が推奨する充填材（高流動性のモルタル）ではなく、セメントペーストを用いていた。
- ・充填方法として、専用ホッパーで天端からモルタル投入していた（落差が大きく材料分離が発生）。
- ・今後も、パネルと充填材の隙間が凍結融解等によりどのように工法性能に影響するのか継続的に調査を行う。

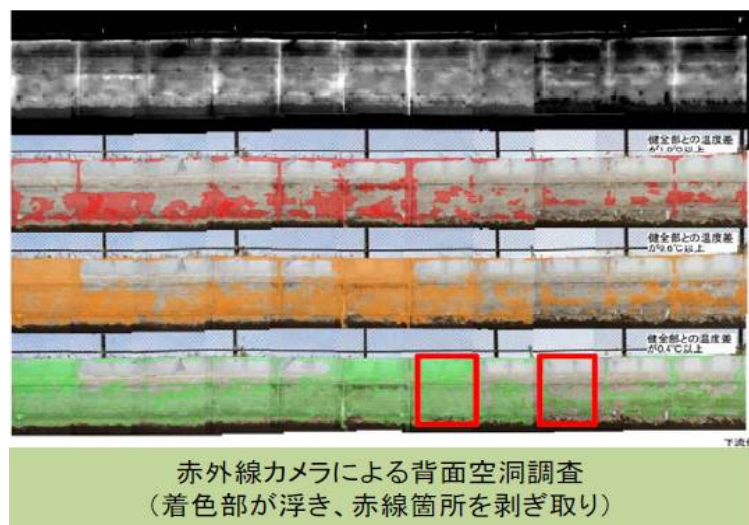


図 11.5.2-1



図 11.5.2-2

●B 地区（無機系表面被覆工法・寒冷地区）

【調査内容】

亀甲状と部材水平方向のひび割れが確認されたため、表面被覆工法の一部をはつり、ひび割れの形状や深さ、母材変状の関係性を調査。また、コアを採取し、圧縮強度と弾性波試験を実施。その他、付着強さ試験や中性化試験を実施（水中・気中部）し、変状の発生要因と程度を確認。

【調査結果】

- ・付着強さ試験：試験位置 1-1～1-3（ひび割れ周辺部）：0～0.8 N/mm²
試験位置 2-1～2-3（変状なし、気中部）：0.3～0.8 N/mm²
試験位置 3-1～3-3（変状なし、水中部）：2.3～3.8 N/mm²
- ・中性化試験：中性化なし
- ・コア観察：層状のひび割れや骨材の周辺が黒く変色している状況を確認（試験位置 37-3）
- ・はつり調査：ひび割れが発生していた被覆上部は容易にはつれた。母体にも同位置の水平方向のひび割れを確認。

【調査結果に基づく変状発生要因等】

- ・当該施設では変状形態より凍害とアルカリシリカ反応による劣化が疑われ、母材のひび割れの動きに表面被覆工が追従できずに、表面被覆工表面にひび割れが生じた。
- ・母体コンクリートの劣化進行過程を確認するため、圧縮強度、静弾性係数、促進膨張試験等を実施。

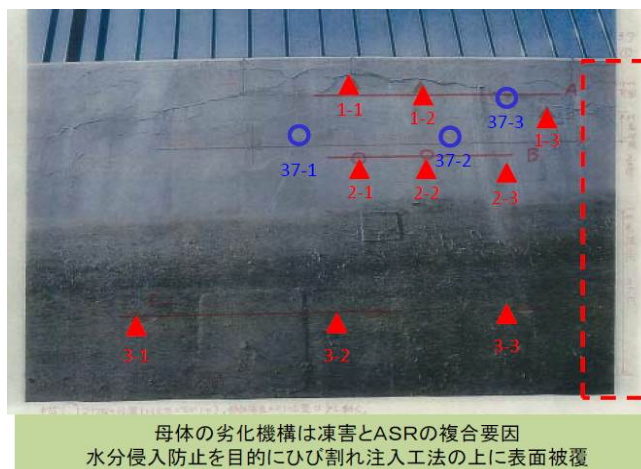


図 11.5.2-3

- : はつり(横0.5m×縦1.0m)
- : コア採取(Φ75mm)
- ▲ : 付着強度試験、中性化試験



図 11.5.2-5 【コア観察状況】



図 11.5.2-4 【はつり調査状況】

11(6) 変状要因の究明と再対策の要否の検討

対策工法の変状の進行程度や母材変状の進展状況等を評価し、再対策の要否を判断する基本情報として活用する。

【解説】

収集・整理した施設、対策工法に係る基本情報、基本調査及び詳細調査の結果により、補修材料の変状の発生要因や変状進行程度、母材変状の進展状況を整理し、対策工法の要求性能が満足しているか否か、今後所定の要求性能を維持することができるか否かを評価する。その上で再対策の要否並びに再対策方法を検討する。

なお、対策工法の要求性能は、施設の性能低下状態や変状発生要因調査等を考慮して施設毎に設定されるものであることから、同様の工法であってもその適用目的や要求性能によって、許容できる対策後の変状は異なることに留意する。

再対策方法には、既存の対策工法を除去した後に新たな対策工法を全面的又は部分的に実施する場合や同様の材料により修繕する場合、新たな機能を追加する場合等が考えられる。

これらの再対策の要否や方法の判断は、母材変状の進展状況や施設の予定供用期間、既往及び再対策工法の効果の発現性や持続性、既往対策工法の除去方法、コスト等を勘案し、更新の可能性も含めて総合的に検討する。

なお、コンクリート開水路に関する再対策の事例は十分に蓄積されていないことから、再対策の要否判定及び再対策方法の検討においては、既往の事例を参考にするほか、必要に応じて学識経験者に相談するとよい。

また、今後は事例の整理・蓄積を積極的に行い、その蓄積情報を踏まえて再対策の要否判定時の参考基準や再対策時の留意事項の整理等を行うものとする。

巻末資料

各試験方法	巻末－ 1
① 表面被覆材の水砂噴流摩耗試験方法	巻末－ 1
② 表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法（案）	巻末－ 3
③ 目地充填工法の止水性試験方法（案）	巻末－ 6
④ 目地被覆工法の止水性試験方法（案）	巻末－ 8
⑤ 目地成型ゴム挿入工法（Ⅰ型）の耐オゾン性試験方法（案）	巻末－ 10
⑥ 目地成型ゴム挿入工法（Ⅱ型）の耐オゾン性試験方法（案）	巻末－ 13
⑦ 目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法（案）	巻末－ 16
⑧ 目地成型ゴム挿入工法の止水性試験方法（案）	巻末－ 18
⑨ 円形付着ジグを用いた単軸引張試験方法	巻末－ 20
各試験の養生条件	巻末－ 29

① 表面被覆材の水砂噴流摩耗試験方法

試験方法規定者：島根大学

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の補修等に使用する表面被覆材の水砂噴流摩耗試験方法について規定する。

2. 供試体 供試体の作製は次による。

2.1 標準モルタル供試体は、195×145×40 mm とし、JIS R 5201-2015「セメントの物理試験方法」に基づき作成し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で 28 日間養生する。

2.2 表面被覆材の供試体^{*1}は、195×145×40 mm とし、製造業者の定める仕様で作成し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で 28 日間養生する。

3. 試験方法

水砂噴流摩耗試験方法は、供試体を回転ドラムに取り付け、ドラムの回転数 30 rpm で、上部に設置された噴射口から供試体に、2.0 MPa、88.9 l/min の珪砂混入圧力水を 10 時間^{*2}噴射する。その際、試験機に投入する珪砂は、3 l (試験機内水量 280 l) とし、粒径は 0.61～1.18 mm とする。

4. 計測方法

水砂噴流試験方法の計測は、試験前と試験時間 2 時間、5 時間、10 時間後に、レーザー変位計（繰り返し精度 $0.5 \mu\text{m}$ ）を摩耗深さ方向に使用することで実施する。計測範囲は、図 1 に示すように、供試体中央部の濃灰色と淡灰色の範囲（50×75 mm）とし、測線を供試体の短辺に平行に約 10 mm 間隔で設定し、側線上では 0.5 mm 間隔で供試体表面形状（摩耗深さ）を測定する。なお、平均摩耗深さの算出範囲は図の濃灰色の範囲（50×25 mm）であり、試験中の摩耗の進行状況を観察するための参考値である摩耗体積の算出範囲は図の濃灰色と淡灰色の範囲（50×75 mm）である。

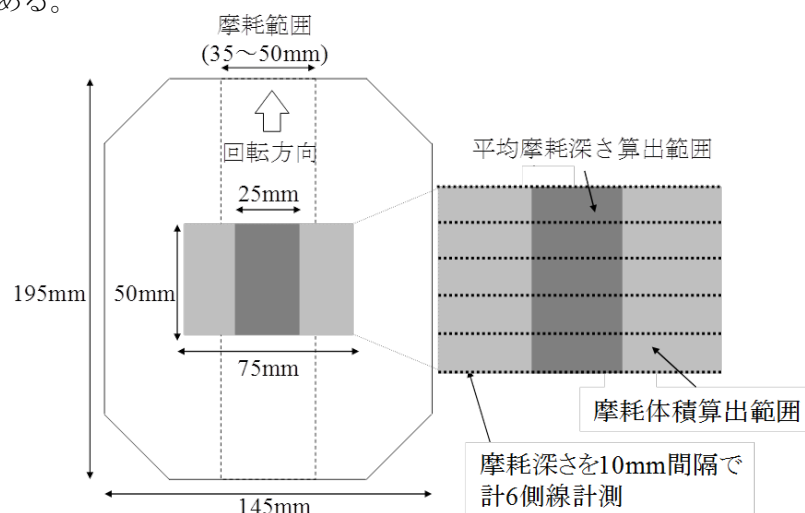


図 1 摩耗量の計測範囲

¹ 表面被覆材の供試体についての注意事項。厚さが 40 mm より薄い場合はコンクリート板等で調整して確保する。
また、摩耗量を正しく測定できない場合があるため、吸水により膨潤する材料を供試体に用いてはならない。

² 補修の効果が期待される期間を 20 年とした場合に相当する試験時間。

5. 報告

5.1 本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- a) 表面被覆材の種類
- b) 供試体の数
- c) 摩耗量 試験時間ごとの摩耗体積、平均摩耗深さ
- d) 水砂噴流摩耗試験の試験条件及び試験時間
- e) 試験年月日
- f) 試験機関名

② 表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法の試験体の作成は、JSCE-K 532-2013「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」に準じて作成し、繰返し引張試験方法を追加したものである。

1. 適用範囲

この規準は、コンクリート構造物の補修に使用する表面被覆材の繰返しひび割れ追従性試験方法について規定する。

2. 引用規格

次に挙げる規格は、この規準に引用されることによって、この規準の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

JSCE-K 511 表面被覆材の耐候性試験方法（試験用基板の作成方法）

JIS R 5201 セメントの物理試験方法（試験用基板（モルタル）の作成仕様）

JIS R 6252 研磨紙（研磨紙の種別）

3. 定義

この規準で用いる主な用語の定義は、下記のとおり。

繰返しひび割れ追従性：表面被覆材がその延伸性によって、コンクリートのひび割れの繰返し挙動と無関係にその被覆性を保持する性能。

4. 試験体

4.1 試験用基板 試験用基板(以下、基板という)は、下記に従い作成する。

- 試験用基板の作製は、JSCE-K 511の4.1（試験用基板）を引用し、水セメント比50 %、砂セメント比3のモルタルを、内のり寸法40×120×10 mmの金属製型枠を用いて成形する。
- 温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度80 %以上の状態で24時間養生したのち脱型し、その後6日間温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ で水中養生する。
- 水中養生終了後、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で7日間以上養生し、図1に示すように成形時の上面（表面被覆材の塗布面と反対側の面）にダイヤモンドカッターにより深さ5 mmのカットを入れて折り曲げ基板を2つに切断する。

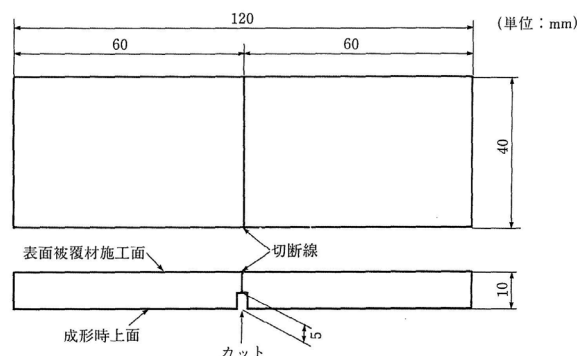


図1 試験体の形状

- d) 2 つに割った基板を銅あるいはステンレス板上で突き合わせ、側面全周を粘着テープで巻いて固定する。

4.2 試験体の作製

試験体の作製は、下記のとおり。

- a) 切断線に沿って、約20 mmの幅で製造業者の定める不陸調整材をへらですり込むようにして塗布し、硬化後、不陸調整材塗布面をJIS R 6252に規定する150 番研磨紙を用いて研磨して、余分な不陸調整材を取り除く。
- b) 切断面に材料が流れ込まないように注意して、両端を30 mm残して製造業者の定める仕様で表面被覆材を塗布し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で28日以上養生したものを試験体とする。
- c) 試験用基板及び試験体について、本案で示す寸法での作成が困難な場合は発注者と協議を行いその仕様を決定する。

4.3 試験体の種類

試験体の種類、適用試験筒条及び試験体の数は、表 1 による。

表 1 試験体の種類

試験項目	試験体の種類	適用試験の筒条番号	試験体の数
繰返しひび割れ 追従性試験	標準状態試験体	4.3.1	3

4.3.1 標準状態試験体

試験体に鋼板を取り付けたままで、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で28日間以上養生を行ったのち、鋼板を取り外し、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ で試験に供する。

5. 試験方法

5.1 初期引張変位

試験体を銀板あるいはステンレス板から取り外して、チャック間にあそびができるようにして疲労試験機に回定し、5 mm/minの等速度で引張り、0.2 mmの変位を加える。

5.2 繰返し引張試験

繰返し引張試験は、初期変位0.2 mm、伸縮 ± 0.1 mmとし、1.0 Hzの変位速度で行う。繰返し回数は、表面被覆材の耐用年数に従い、表 2 による。

表 2 繰返し引張回数

表面被覆材の耐用年数	繰返し引張回数
20 年	7,300 回以上
40 年	14,600 回以上

試験を打ち切る時期は下記のとおり。

- a) 表面被覆材が破断したときや、目視により表面被覆材の一部に破断を確認したとき
- b) a)の条件を満たさなかった場合は、繰返し引張回数が規定の回数を超えたとき

6. 試験結果

試験結果は、個々に算出し、四捨五入して、有効数字2桁の値に丸めて示す。

7. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

a) 表面被覆材の種類と被覆仕様 (JSCE-K 511の表3による)

表3 表面被覆材の種類と被覆仕様 (JSCE-K 511)

工 程	表面被覆材の種類	表面被覆材の調整		表面被覆材の仕様					
		製品名 混合比	希釈材の種類と 添加率 (%)	塗 装 方 法	使用量 ⁽²⁾ (kg/m ²)	可使時間 ⁽³⁾	被覆厚 ⁽⁴⁾ (μm)		塗装間隔 ⁽⁵⁾
							ドライ	ウェット	
前 処 理	下地処理材 [プライマー]								
	不陸調整材 [パテ]								
中 塗 り	主材 ⁽⁶⁾ [中塗り材] (塗り回数)								
上 塗 り	仕上げ材 [上塗り材] (塗り回数)								

注⁽²⁾ 希釈前の使用量を示す。

注⁽³⁾ JIS K 5600-2-6 に規定する方法に準拠する。

注⁽⁴⁾ 鋼板に被覆した測定値を示す。

ド ラ イ : JIS K 5600-1-7 の 5.2 (機械式測定方法), 5.4 (光学的方法) および 5.5 (磁気法) に規定するいずれかを用いて測定するとよい。

ウェット : JIS K 5600-1-7 の 4.2 (機械式測定方法) および 4.3 (質量法) に規定する方法に準拠するとよい。

注⁽⁵⁾ 試験体作製時、次工程に移るまでの時間を示す。

注⁽⁶⁾ ガラス繊維などの補強材がある場合には、その種類を示す。

b) 試験体の種類

c) 繰り返し回数 (繰り返し回数と引張荷重 (最大荷重、最小荷重) 曲線を添付)

d) 破断したり、目視により表面被覆材の一部に破断を確認したときの塗膜の状態

e) 規定の繰り返し回数時の塗膜の状態

f) 試験年月日

g) 試験機関名

③ 目地充填工法の止水性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地充填工法の止水性試験方法について規定する。

2. 試験体

2.1 試験用基板

試験用基板（以下、「基板」という）は、下記に従い作製する。

- a) 基板は、設計基準強度 21 N/mm^2 以上のコンクリート製で、JIS A 1132 の 5.(曲げ強度試験用供試体)に準じて作製するものとし、その寸法は、 $300 \times 300 \times 60 \text{ mm}$ 以上とする。なお、JIS A 5371 付属書 B に規定される普通平板などの市販品を用いてもよいものとする。
- b) 型枠の取外し及び養生は、JIS A 1132 の 7.(型枠の取外し及び養生)による。ただし、型枠を取外した後は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で 28 日間養生する。
- c) 基板作製時、若しくは養生期間終了後に図 1 に示すように基板中央部に目地材設置のための溝を設け、併せて注水孔と空気抜孔を設ける。溝の形状は、原則として図 2 に示すように目地幅に対する目地深さの比を $2/3$ としたモデル試験体（以下、「試験体」という）の施工が可能なものとし、注水及び空気抜孔の径は 10 mm 程度とする。

2.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- a) 基板の目地材付着面を高周波容量式水分計により表面含水率が 5% 未満であることを確認する。 5% 以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- b) 各製品の仕様で目地材を充填し、製品の硬化に要する期間、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で養生したものを試験体とする。
- c) 試験体の端部からの水漏れを防ぐため、エポキシ樹脂系接着材や鋼製プレート等により止水のため端部処理を行う。なお、試験体の長さは端部処理範囲を除いて 200 mm 以上とする。

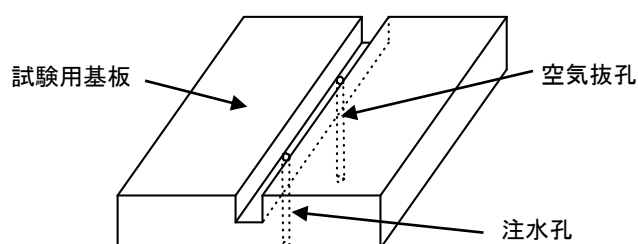


図 1 試験用基板の例

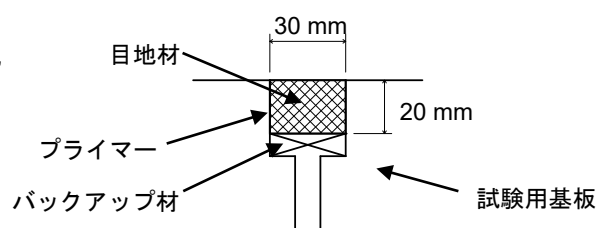


図 2 モデル試験体の例

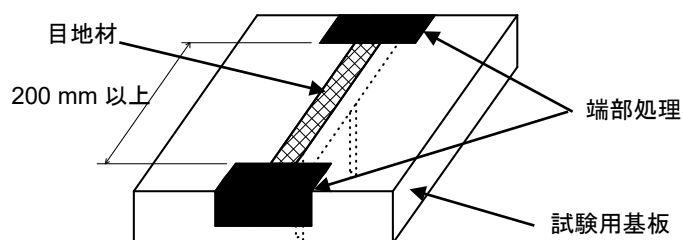


図 3 試験体の例

3. 試験方法

目地充填工法の止水性試験は、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の室内にて行うものとして、図 4 に示すように試験体の注水孔に圧力ポンプ及び圧力計を接続し水を送りながら、空気抜から目地内に滞留する空気を排出させた後、止弁を閉め圧力計の数値が 0.1 MPa を下回らないように水压により加圧する。この状態を 3 分間保持し、漏水がないことを確認する。

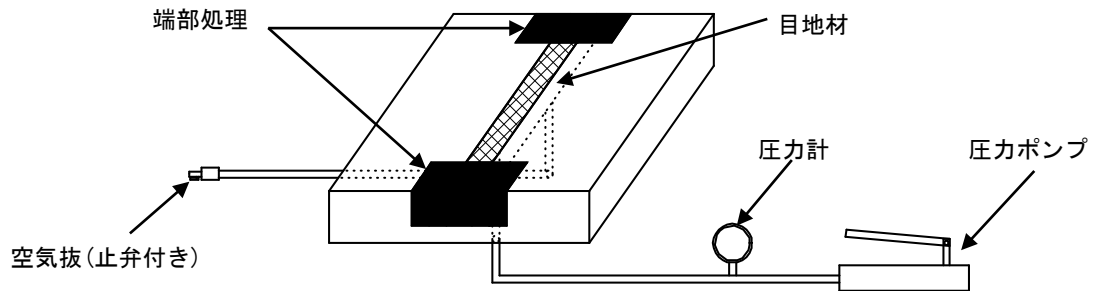


図 4 止水性試験装置の例

4. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- a) 目地材の名称（材質）
- b) 試験体作製時の表面含水率
- c) 試験後の漏水状況
- d) 試験開始前後の圧力計数値
- e) 試験時の温度、湿度
- f) 試験年月日
- g) 試験機関名

④ 目地被覆工法の止水性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地被覆工法の止水性試験方法について規定する。

なお、目地充填工法を併用した工法においても、本規定を適用するものとする。

2. 試験体

2.1 試験用基板

試験用基板（以下、「基板」という）は、下記に従い作製する。

- a) 基板には、JIS A 5371 付属書 B に規定される普通平板 N（寸法 300×300×60mm）を用いることを基本とする。ただし、製品の仕様によって、平板が割れるおそれのある場合は、自ら作製した基板を用いるものとし、作製方法は③目地充填工法の止水性試験方法（案）2.1a)b)に準拠（基板の寸法を除く）するものとする。
- b) 塗装方式及びシート（テープ）貼付固定方式の場合には、図 1 に示すように基板中央に製品の仕様に応じた幅の溝を設け、併せて注水及び空気抜のための孔を設けるものとし、その径は 10mm 程度とする。
- c) シート固定方式の場合には、図 2 に示すように基板中央に注水及び空気抜のための孔を設けるものとし、その径は 10mm 程度とする。

2.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- a) 基板の目地材付着面を塗装方式及びシート（テープ）貼付方式の場合は、高周波容量式水分計により表面含水率が 5%未満であることを確認する。5%以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- b) 各製品の仕様で目地材を被覆し、JIS A 1439 の 5.2.3 試験体の養生 a)A 養生により養生したものを試験体とする。水圧を受ける面積は、図 3 に示すように長さは端部処理範囲を除いて 200mm 以上とし、幅は製品の仕様によるものとする。
- c) 試験体の端部からの水漏れを防ぐため、エポキシ樹脂系接着材、アンカーや鋼製プレート等により止水のため端部処理を行う。

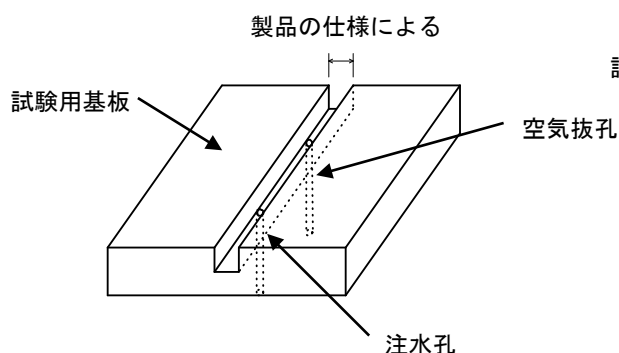


図1 塗装方式及びシート（テープ）貼付方式の試験用基板の例

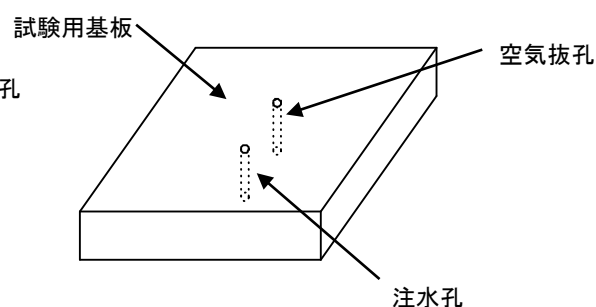


図2 シート固定方式の試験用基板の例

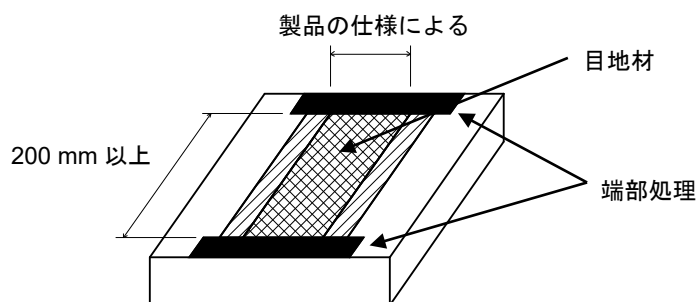


図3 試験体作製の例

3. 試験方法

目地被覆工法の止水性試験は、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の室内にて行うものとして、図4に示すように試験体の注水孔に圧力ポンプ及び圧力計を接続し水を送りながら、空気抜から目地内に滞留する空気を排出させた後、止弁を閉め圧力計の数値が 0.1 MPa を下回らないように水压により加圧する。この状態を3分間保持し、漏水がないことを確認する。ただし、機械式固定方式による製品の場合、試験時の温度、湿度は特に定めない。

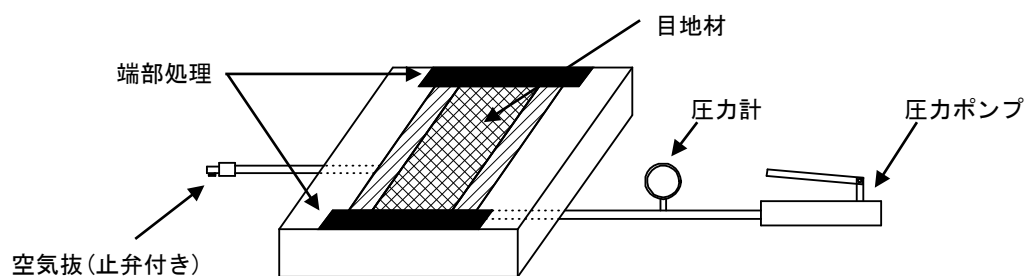


図4 止水性試験装置の例

4. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- a) 目地材の名称（材質）
- b) 試験体作製時の表面含水率 ※シート固定方式の場合
- c) 試験後の漏水状況
- d) 試験開始前後の圧力計数値
- e) 試験時の温度、湿度
- f) 試験年月日
- g) 試験機関名

⑤ 目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅰ型)の耐オゾン性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地成型ゴム挿入工法（品質規格Ⅰ型）の耐オゾン性のうち成型ゴムの露出表面の応力状態試験方法について規定する。

2. 照査方法

目地成型ゴム挿入工法（品質規格Ⅰ型）の露出表面の応力状態は、以下の2つの試験方法のうち、いずれか1つの方法により確認するものとする。

2.1 FEM 解析

目地補修を行った実水路において、温度変化によって生じる目地幅の変動を想定した FEM 解析により、目地材の露出表面における引張応力の発生の有無を確認する。

2.2 試験体による歪み計測

各製品の設計目地幅で施工した試験体に、前述の温度変化による目地幅の変動を作用させ、目地材の露出表面に生じる歪み量を測定し、引張応力の発生の有無を確認する。

3. 試験体

3.1 試験用基板

試験用基板（以下、「基板」という）は、下記に従い作製する。

- a) 基板は、設計基準強度 21 N/mm^2 以上のコンクリート製で、JIS A 1132 の 5.(曲げ強度試験用供試体)に準じて作製するものとし、その寸法は、 $100 \times 200 \times 50 \text{ mm}$ 以上とする。
- b) 型枠の取外し及び養生は、JIS A 1132 の 7.(型枠の取外し及び養生)による。ただし、型枠を取外した後は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で 28 日間養生する。
- c) 同様の基板を 2 個作製する。

3.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- a) 養生期間経過後の基板の目地材付着面を高周波容量式水分計により表面含水率が 5 %未満であることを確認する。5 %以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- b) 試験体使用する目地材の露出側表面には、伸縮量を計測するための碁盤目を 5 mm 間隔で予め転写する。なお、転写範囲は目地の幅方向に全面、長さ方向に 150 mm 以上とする。
- c) 各製品の仕様で基板に b) で碁盤目を転写した目地材を設置する。その際、目地の長さは基板の長辺以上とする。また、目地幅を調整可能なものとするため、基板の外側に鋼製枠を取り付け、設計目地幅に固定し、製品で規定されている接着材の種類に応じた期間、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で養生したものを試験体とする。

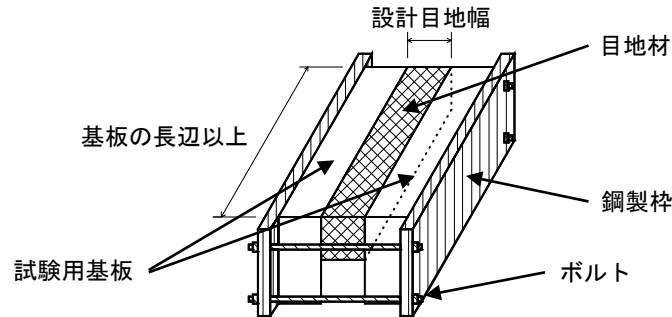


図 1 試験用基板の例

4. 試験方法

4.1 FEM 解析

- 解析に使用するプログラムは、材料非線形、幾何学的非線形（大変形）解析が可能なものとする。
- 解析における要素タイプは、2次元平面ひずみ要素とし、対称性を利用した1/2モデルとしてもよいものとする。なお、メッシュサイズは1 mm 以下を標準とする。
- 解析条件は、①各製品の設計目地幅で目地補修材を設置した状態、②温度変化により水路躯体が膨張（目地幅が3 mm 収縮）した状態、③温度変化により水路躯体が収縮（目地幅が3 mm 伸長）した状態とする。
- 解析の結果は、図2のような応力分布図で示し、目地材の露出表面に引張応力が生じていないことを確認する。

4.2 試験体による歪み計測

- 3で作製した試験体により、設計目地幅における基盤目の伸縮量を計測する。伸縮量は、初期の基盤目間隔に対する変化量とし、図3のように計測測線（3測線）部の基盤目間隔をノギス等により計測した値を用いて求めるものとする。その際、計測値は小数点以下第二位を四捨五入する。
- 同様に、目地幅を3 mm 収縮させた状態と3 mm 伸長させた状態の基盤目の伸縮量を計測する。
- 計測の結果、目地材の露出表面に基盤目の伸長がないことを確認する。

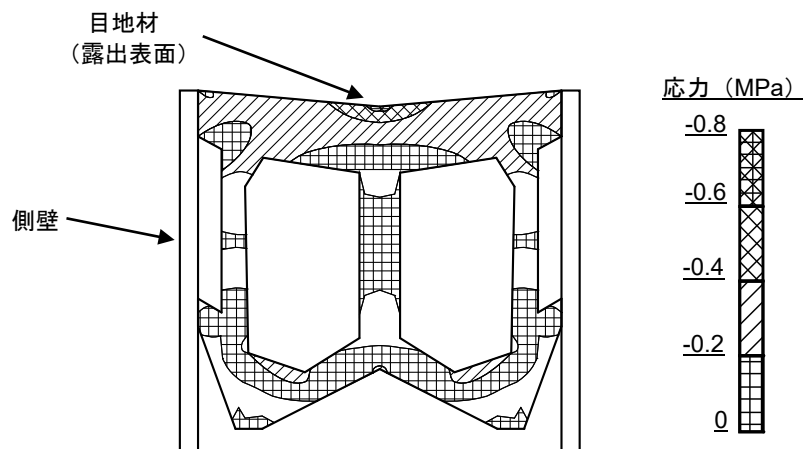


図 2 応力分布図の例

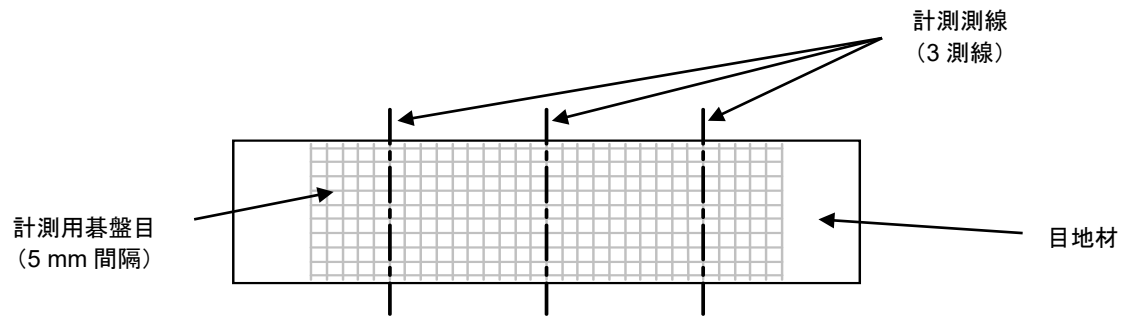


図3 試験体の伸縮量計測の例

5. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

5.1 共通報告事項

- a) 目地材の名称（ゴムの種類）
- b) 試験年月日
- c) 試験機関名

5.2 FEM 解析の報告事項

- a) 解析プログラムの名称
- b) 要素タイプ及び要素数
- c) 解析結果及び応力分布図

5.3 歪み計測の報告事項

- a) 試験体作製時の表面含水率
- b) 試験時の温度、湿度
- c) 試験体の各測線における伸縮量

⑥ 目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅱ型)の耐オゾン性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅱ型)の耐オゾン性のうち成型ゴムの露出表面の応力状態試験方法について規定する。

2. 照査方法

目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅱ型)の露出表面の応力状態は、目地補修材と同種のゴムによる屋外での耐用実績を確認するものとする。なお、「同種」とは JIS K 6397 原料ゴム及びラテックスの略号の 2.分類及び略号に規定する化学名及び慣用名が同じであることとする。

- a) 開水路の目地が受ける荷重、環境、変形作用以上の条件下で長期間供用されている同種ゴムの実績を調査し、変状がないことを確認したうえで、露出表面に発生している歪み又は引張応力を計測又は測定する。試験方法の詳細は 4.1 による。
- b) 目地の膨張収縮を模擬した試験体において露出表面に発生する歪みを計測、又は目地の膨張収縮を想定した FEM 解析による引張応力を測定する。試験方法の詳細は、4.2 による。
- c) b) の室内試験又は FEM 解析の結果が、a) の供用実績調査の結果より小さいことを確認する。

3. 試験体

3.1 試験用基板

試験用基板(以下、「基板」という)は、下記に従い作製する。

- a) 基板は、設計基準強度 21 N/mm^2 以上のコンクリート製で、JIS A 1132 の 5.(曲げ強度試験用供試体)に準じて作製するものとし、その寸法は、 $100 \times 200 \times 50 \text{ mm}$ 以上とする。
- b) 型枠の取外し及び養生は、JIS A 1132 の 7.(型枠の取外し及び養生)による。ただし、型枠を取外した後は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で 28 日間養生する。
- c) 同様の基板を 2 個作製する。

3.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- a) 養生期間経過後の基板の目地材付着面を高周波容量式水分計により表面含水率が 5 %未満であることを確認する。5 %以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- b) 試験体に使用する目地補修材の露出側表面には、伸縮量を計測するための碁盤目を 5 mm 間隔で予め転写する。なお、転写範囲は目地の幅方向に全面、長さ方向に 150 mm 以上とする。
- c) 各製品の仕様で基板に b) で碁盤目を転写した目地材を設置する。その際、目地の長さは基板の長辺以上とする。また、目地幅を調整可能なものとするため、基板の外側に鋼製枠を取り付け、設計目地幅に固定し、製品で規定されている接着材の種類に応じた期間、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で養生したものを試験体とする。

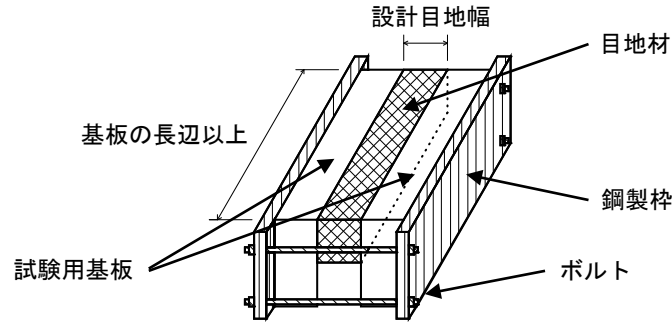


図 1 試験用基板の例

4. 試験方法

4.1 同種ゴムの供用実績調査

- a) 目地補修材と同種のゴムを用いた製品が屋外で長期間供用されている実績を確認する。
- b) a) の供用環境において、製品に生じている歪み又は引張応力を計測又は FEM 解析により測定する。
- c) 歪みの計測を行う場合は、a) の製品（現場から取り外したもの）を用いて供用環境を再現し、4.2.1 に示す方法に準じて製品に生じる歪みを計測する。
- d) FEM 解析を行う場合は、a) の供用環境を想定した条件により、4.2.2 に示す方法に準じて製品に生じる引張応力を確認する。

4.2 目地の応力状態確認試験

4.2.1 試験体による歪み計測

- a) 3 で作製した試験体により、設計目地幅における基盤目の伸縮量を計測する。伸縮量は、初期の基盤目間隔に対する変化量とし、図 2 のように計測測線（3 測線）部の基盤目間隔をノギス等により計測した値を用いて求めるものとする。その際、計測値は小数点以下第二位を四捨五入する。
- b) 同様に、目地幅を 3mm 収縮させた状態と 3mm 伸長させた状態の基盤目の伸縮量を計測する。

4.2.2 FEM 解析

- a) 解析に使用するプログラムは、材料非線形、幾何学的非線形（大変形）解析が可能なものとする。
- b) 解析における要素タイプは、2 次元平面ひずみ要素とし、対称性を利用した 1/2 モデルとしてもよいものとする。なお、メッシュサイズは 1mm 以下を標準とする。
- c) 解析条件は、①各製品の設計目地幅で目地補修材を設置した状態、②温度応力により水路躯体が膨張（目地幅が 3mm 収縮）した状態、③温度応力により水路躯体が収縮（目地幅が 3mm 伸長）した状態とする。

4.3 供用実績と室内試験結果等との比較

- a) 4.1 により確認した同種ゴム製品に生じている歪み又は引張応力の実績と 4.2 により計測又は解析した歪み又は引張応力を比較し、実績調査による歪み又は引張応力の方が大きいことを確認する。

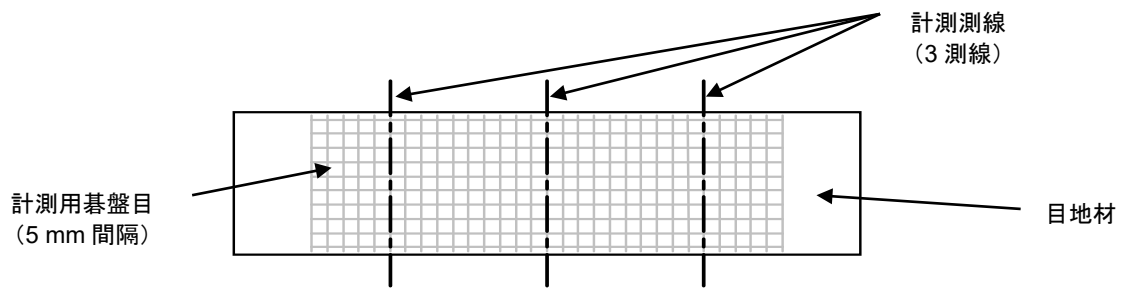


図2 試験体の伸縮量計測の例

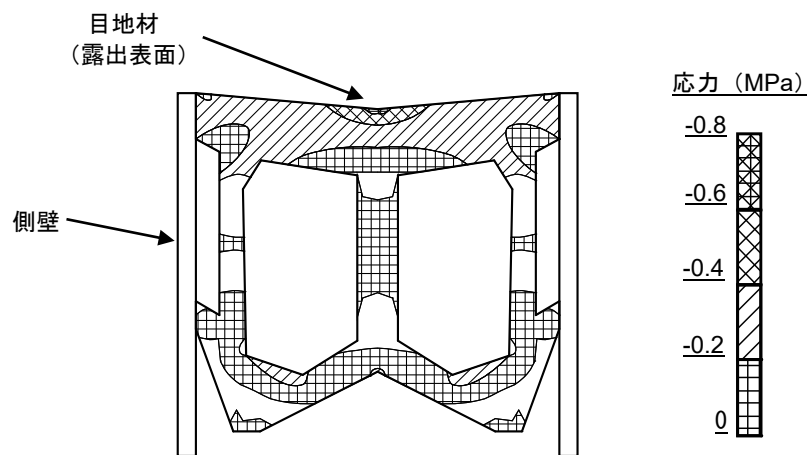


図3 応力分布図の例

5. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

5.1 共通報告事項

- 目地材の名称（ゴムの種類）
- 同種ゴム製品の供用環境
- 試験年月日
- 試験機関名

5.2 試験体による歪み計測の報告事項

- 試験体作製時の表面含水率
- 試験時の温度、湿度
- 試験体の各測線における伸縮量

5.3 FEM 解析の報告事項

- 解析プログラムの名称
- 要素タイプ及び要素数
- 解析結果及び応力分布図

⑦ 目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法について規定する。

2. 試験体

2.1 試験用基板

試験用基板（以下、「基板」という）は、下記に従い作製する。

- a) 基板は、設計基準強度 21 N/mm^2 以上のコンクリート製で、JIS A 1132 の 5.(曲げ強度試験用供試体)に準じて作製するものとし、その寸法は、 $100 \times 100 \times 50 \text{ mm}$ 以上とする。
- b) 型枠の取外し及び養生は、JIS A 1132 の 7.(型枠の取外し及び養生)による。ただし、型枠を取外した後は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で 28 日間養生する。
- c) 同様の基板を 2 個作製する。

2.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- a) 養生期間経過後の基板の目地材付着面を高周波容量式水分計により表面含水率が 5 %未満であることを確認する。5 %以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- b) 各製品の仕様で基板に目地材を設置する。その際、目地の長さは製品の設計深さ以上とする。また、目地幅を調整可能なものとするため、図 1 に示すように基板の外側に鋼製枠を取り付け、設計目地幅に固定し、製品で規定されている接着材の種類に応じた期間、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で養生したものを試験体とする。
- c) 同様の試験体を 3 個作製する。

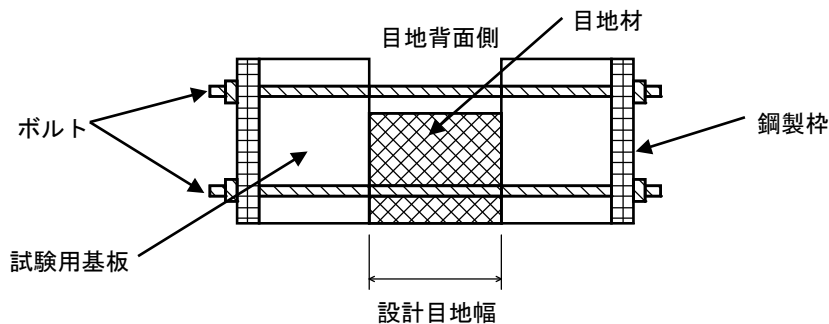


図 1 試験体の例

3. 試験方法

目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法は、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の室内にて行うものとし、試験体の鋼製枠のボルトを緩め、設計目地幅+3 mm に固定した後、図 2 に示すように発泡スチロールの緩衝材を載せ、試験機に設置する。载荷は目地材の背面側から行い、その速度は 1 mm/min、载荷版の幅は設計目地幅の 80 %を目安とし、長さは試験体の延長と同じとする。

なお、脱落抵抗性は、測定された最大荷重を試験体の面積（試験時の目地幅×試験体の長さ）で除した値で表すものとし、試験体 3 個の平均値を求める。その際、小数点以下第三位を四捨五入する。

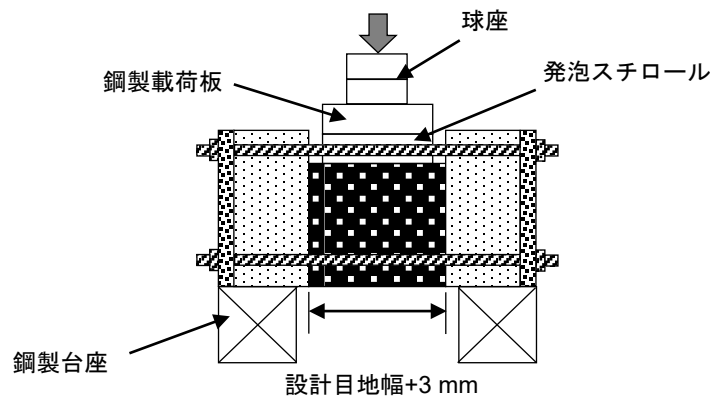


図 2 脱落抵抗性試験装置の例

4. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- 目地材の名称（ゴムの種類）
- 試験体作製時の表面含水率
- 試験体の数
- 各試験体の寸法、载荷面積、最大荷重及び脱落抵抗性
- 平均脱落抵抗性
- 試験時の温度、湿度
- 試験年月日
- 試験機関名

⑧ 目地成型ゴム挿入工法の止水性試験方法(案)

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この基準は、コンクリート構造物の目地補修に使用する目地成型ゴム挿入工法の止水性試験方法について規定する。

2. 試験体

2.1 試験用基板

試験用基板（以下、「基板」という）は、下記に従い作製する。

- 基板は、設計基準強度 21 N/mm^2 以上のコンクリート製で、JIS A 1132 の 5.(曲げ強度試験用供試体)に準じて作製するものとし、その寸法は、 $300 \times 300 \times 60 \text{ mm}$ 以上とする。
- 型枠の取外し及び養生は、JIS A 1132 の 7.(型枠の取外し及び養生)による。ただし、型枠を取外した後は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で 28 日間養生する。
- 基板作製時、若しくは養生期間終了後に図 1 に示すように基板中央部に目地材設置のための溝を設け、併せて注水孔と空気抜孔を設ける。溝は、設計目地幅で設けるものとし、注水及び空気抜孔の径は 10 mm 程度とする。

2.2 試験体の作製

試験体の作製は下記のとおり。

- 基板の目地材付着面を高周波容量式水分計により表面水分率が 5 %未満であることを確認する。5 %以上であった場合は、基板に影響を与えない程度にバーナー等で十分乾燥させる。
- 各製品の仕様で目地材を挿入し、製品で規定されている接着材の種類に応じた期間、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ で養生したものを試験体とする。
- 試験体の端部からの水漏れを防ぐため、エポキシ樹脂系接着材や鋼製プレート等により止水のため端部処理を行う。なお、試験体の長さは端部処理範囲を除いて 200 mm 以上とする。

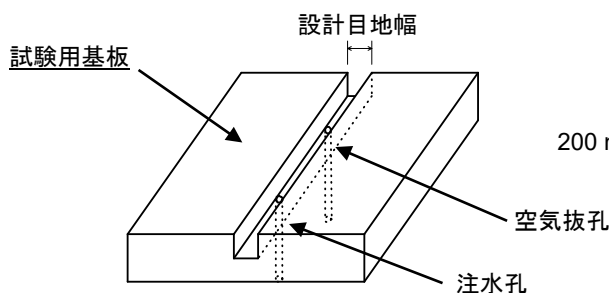


図 1 試験用基板の例

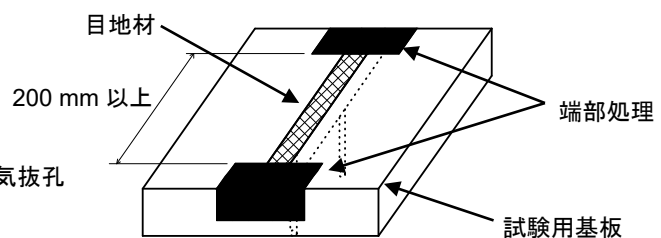


図 2 試験体の例

3. 試験方法

目地成型ゴム挿入工法の止水性試験は、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の室内にて行うものとし、図3に示すように試験体の注水孔に圧力ポンプ及び圧力計を接続し水を送りながら、空気抜から目地内に滞留する空気を排出させた後、止弁を閉め圧力計の数値が 0.1 MPa を下回らないように水圧により加圧する。この状態を3分間保持し、漏水がないことを確認する。

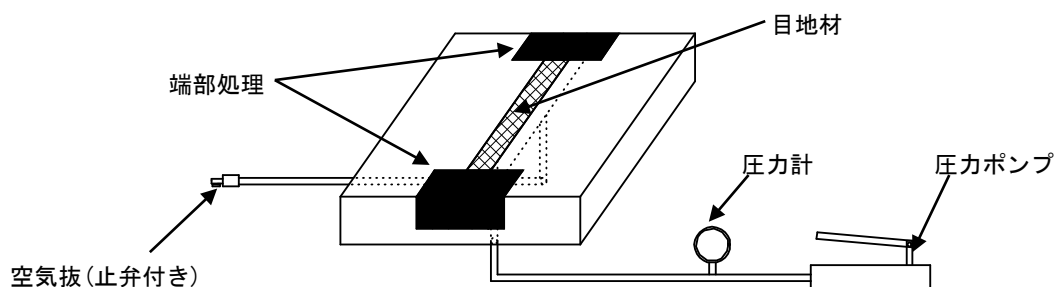


図3 止水性試験装置の例

4. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- a) 目地材の名称（ゴムの種類）
- b) 試験体作製時の表面含水率
- c) 試験後の漏水状況
- d) 試験開始前後の圧力計数値
- e) 試験時の温度、湿度
- f) 試験年月日
- g) 試験機関名

⑨ 円形付着ジグを用いた単軸引張試験方法

試験方法規定者：農林水産省独自試験

1. 適用範囲

この規準は、コンクリート構造物の補修に使用する無機系表面被覆材料の単軸引張強さ試験について規定する。なお、試験方法については上記試験方法策定機関の定める手法に則り実施する。

2. 引用規格

次に掲げる規格は、この規準に引用されることによって、この基準の既定の一部を構成する。これらの規格は、その最新版を運用する。

- ・ JSCE-K 531(2013)「表面被覆材の付着試験方法（案）」
- ・ JSCE-K 561(2013)「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」

3. 定義

この規準で用いる主な用語の定義は次による。

補修材料：	コンクリート構造物の補修に使用する無機系表面被覆材料（表面被覆材、被覆工）。断面修復材も含む。
母材：	コンクリート JSCE K-531 及び JSCE K-561 で定義する「基盤」に該当
付着ジグ：	鋼製ジグ JSCE-K531 で定義する「上部引張用鋼製ジグ」に該当。 JSCE-K561 で定義する「鋼製付着ジグ」に該当。 付着ジグと呼称されることもある。
付着強さ：	最大引張荷重を付着ジグ接着面積で除した値

4. 試験用機械器具

- a) 付着ジグ^{*1)} は次による。

付着ジグは外径 45 mm の鋼製で、試験器と接続するための機構を有するものとする。

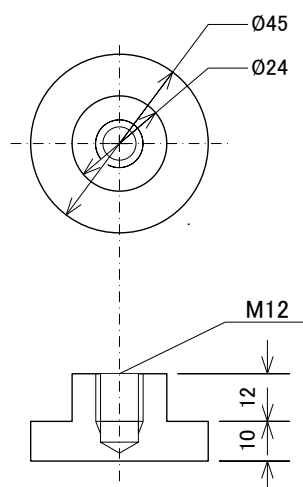


図 付着ジグの例

- b) コアドリル（コアビット）は次による。

内径 45 mm のコンクリートコア採取用のビットを用いる。

コアドリルは所定の内径を有する円筒状の切込みを設けるために使用し、コンクリート用コアビットを装着した電動ドリルなども含む。

- c) 単軸引張試験に用いる試験器は次による。

- － 最大荷重 10 kN 以上
- － 分解能 10 N 以上
- － ハンドル等によって任意の速度で引張力を負荷できる機構を有する

引張試験器は、引張試験機（左図）の他、日本建築仕上り学会認定の油圧式簡易引張試験機（右図）などがある。



図 引張試験機



図 油圧式簡易引張試験機 ※

※ 農業水利施設における無機系補修材料の付着性評価（緒方英彦）より抜粋

5. 試験方法

- 試験箇所は、1 m²あたりに3個以上とする。
- 内径Φ 45 mmのコアドリルで、被覆工の表面から母材に約5 mm達する切込みを入れた後、ナイロン製のブラシ及びサンドペーパーで接着面の汚れなどを除去し、溶剤等により脱脂、洗浄する。ドリルにハンマードリルを用いる場合には打撃は用いない。
- 付着ジグの接着面をサンドペーパーで目荒らしした後、溶剤等により脱脂、洗浄する。
- 付着ジグにエポキシ樹脂接着剤などを塗布し、被覆工に貼り付ける。接着剤は、貼付け時の空気混入を避けるために、付着ジグ中央が少し高くなるように付着ジグ全体に延ばす。

【留意事項】

- ・付着ジグと補修材料の試験面がずれないようにすること
- ・接着剤が切れ込みへはみ出さないようにすること
- ・補修材料接着面と付着ジグ接着面が平行になるように設置すること
- ・安定的に試験を実施するための機材については7.試験機材を参照のこと

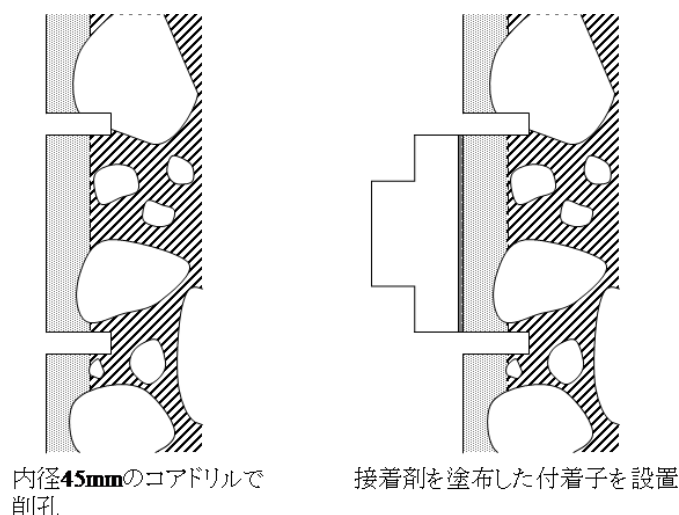


図 切削から付着ジグ接着まで（側壁の例）

- 接着剤の強度が十分となるまで静置した後、荷重を検知することができる測定器にて、偏心に注意して単軸引張試験を行う。加重速度は1,500～2,000 N/minを目安とする。
- 付着強さは、次式によって算出し、小数点3桁目を四捨五入して小数点2桁の値に丸めて示す。また、破断の状態は、図のように表現し、破断箇所をおおよその面積比で示す。

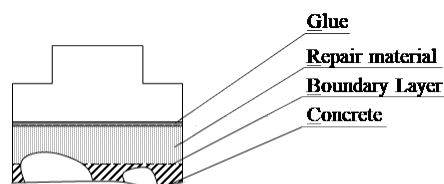
$$f_b = P(N)/1,590(\text{mm}^2)$$

ここに、 f_b ：付着強さ (N/mm²)

P ：最大引張荷重 (N)

*1 付着ジグの直径は45 mmを基本とする。加藤ら（2020）は、40 mm × 40 mmの付着ジグを用いた試験と同等の試験値が得られることを報告している。

出典：加藤 諭、八木沢 康衛、川邊 翔平、緒方 英彦（2020）：円形治具を用いた無機系補修材の付着強度試験方法の開発に関する基礎的研究、農業農村工学会論文集 88 巻 2 号 p.1_193-1_201



結果の表示
「最大荷重-破断箇所」
母材破壊の場合：
○.○.○-10C
補修材と母材の混合
○.○.○-7C3R
接着剤の上面及び下面
○.○.○-10G

図 破断箇所と結果の表記

6. 報告

6.1. 必ず報告する事項

必ず報告する事項は次による。

- 最大引張荷重 (N)
- 付着強さ (N/mm²)
- 破断の状態 (面積比)
- 試験年月日

6.2. 必要に応じて報告する事項

必要に応じて報告する事項は次による。

- 試験機関名
- 被覆材厚さ
- 切込み深さ
- 破断面の水分状態 (wet または dry)
- 使用接着剤及び静置時間と気温

7. 試験機材

付着ジグの接着剤が切込み内に漏れることを防げ、かつ、単軸引張試験に影響しない締付け力を有するものとして、特殊なゴム製リングが市販されており、利用することができる。このゴム製リングは特許出願中の製品であるため、詳細は出願者に問い合わせること。

7.1. 特許権についての問合せ先

サンコーテクノ株式会社
千葉県流山市南流山 3 丁目 10 番地 16

表 特許情報

発明の名称	特許出願公開番号	出願者
付着強さ評価用ジグ、付着強さ評価用装置及び付着強さ評価方法	特開 2021-9024 P2021-9024A	サンコーテクノ株式会社ほか

7.2. 特許請求の範囲

特許請求の範囲は、大きく以下の3項目となっている。市販の特殊ゴム製リングを用いない場合は、円形付着ジグを用いた単軸引張試験実施時に特許権侵害とならない様、十分に留意すること。

- ① 円形付着ジグ（ジグ）とゴム製リングのセット
- ② ①を使用した引張試験評価装置
- ③ ①を使用した引張試験（評価方法）

特許としては、①に記載の円形付着ジグを用いた単軸引張試験用に開発された円形付着ジグと特殊ゴム製リングのセットに特許の主眼がおかれており、①を使用した試験、評価にも特許権がかかる。一方、①に記載のジグを用いなければ、円形付着ジグによる単軸引張試験自体は特許権はかからない。

試験手順例

1. 試験手順

1.1. 試験位置の決定、位置だし

- a) 事前調査により、過去の調査記録等から試験位置を決定する。
- b) 所定の箇所をチョークなどでマーキングする。

1.2. 目荒らし、清掃、切削

- a) 土砂や藻が付着している場合にはナイロンブラシでそれらを除去した後、サンドペーパー等で目荒らしする。
- b) ドリル先端ビットにビニールテープで被覆材の想定厚さをマーキングする。
- c) コアドリルを回転モードにし、躯体に達するまで切込みを行う。
- d) コアドリルで補修材に対して垂直に切削する。溝底に母材の粗骨材あるいは細骨材が全面に見えることを確認する。
- e) エアードスターやダストポンプなどで切込み溝の切粉を除去する。
- f) 切込み溝の傾きはノギスで直交4か所の切込み深さを測定して確認する。

1.3. 付着ジグの貼付け

- a) 状況・条件に応じた接着剤を選定、塗布する。
- b) 付着ジグの接着面を目荒らしし、パーツクリーナーとウェスで脱脂・洗浄する。
- c) 付着ジグに接着剤を塗布し、中央が少し高くなるように塗り広げる。
- d) 付着ジグを補修材料表面に貼付け、固定する。
留意事項：
 - ・付着ジグと補修材料の試験面がずれないようにすること
 - ・接着剤が切れ込みへはみ出さないようにすること
 - ・母材と水平に設置すること
 - ・安定的に試験を実施するための機材については7.試験機材を参照のこと
- e) 接着剤の強度を確保するための十分な時間静置する。

1.4. 引張試験

- a) 引張試験装置を準備する。
- b) 偏心に注意して据え付ける。
- c) 引張力を1,500N/min (=0.25kN/sec) で負荷し、最大引張荷重を得る。
- d) 破断箇所を観察、記録する。
- e) 付着ジグに測点番号を記入する。
- f) 被覆材表面に対して垂直になるように引張試験装置をセットする。
- g) 3秒で1回転くらいの速さより速くならないようにハンドルを回して試験を行う。

1.5. 補修

- a) ポリマーセメントモルタル等で試験跡を補修する。

2. 報告の例

2.1. 付着試験結果

付着試験結果は一覧にまとめる（表 円形ジグ付着強さ試験調査表）。まとめ方は記入例を参照する。

2.2. 施工状況の写真

- ・ 試験実施前後の写真撮影する。
- ・ 試験箇所毎に試験後の母材側及び付着ジグ側の写真を撮影する。なお、測点・最大荷重・破壊形態を併せて示すとよい。



図 試験後の母材側及び付着ジグ側の写真撮影例

表 円形ジグを用いた付着強さ試験調査表

バレル No.	作業者：	天候：
		気温：

切込み：	年	月	日	時	分	～	月	日	時	分
貼付け：	年	月	日	時	分	～	月	日	時	分
治具養生時間：	年	月	日	時	分	～	月	日	時	分
引張試験：	年	月	日	時	分	～	月	日	時	分

試験場所	管轄 No.		
被覆材条件	工法名：	被覆厚：底版 mm／側壁 mm	
試験条件	接着剤：		
	治具面積：1590mm ²		
	試験装置： 製 型式：		

水路 部位	測点 番号	躯体 状態	切込み深さ（mm）					引張荷重 （kN）	破壊形態
			①	②	③	④	平均		
底版		乾/湿/滞							
		乾/湿/滞							
		乾/湿/滞							
側壁		乾/湿/滞							
		乾/湿/滞							
		乾/湿/滞							

乾：乾燥状態 湿：湿润状态 滞：滞水状態

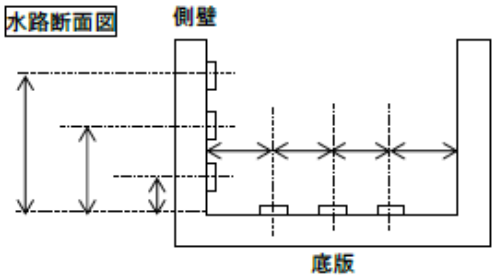
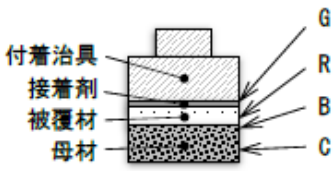
測点	破壊形態												
水路断面図  側壁（正面図） ← 上流側 下流側 → <table style="margin-top: 10px; width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">上段</td> <td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>中段</td> <td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>下段</td> <td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> </table>	上段	○	○	○	中段	○	○	○	下段	○	○	○	 「G」 治具界面破壊 「R」 補修材凝集破壊 「B」 被覆材-母材界面破壊 「C」 母材凝集破壊 ※複合の場合、「4R6B」のように割合を記載する。
上段	○	○	○										
中段	○	○	○										
下段	○	○	○										

表 円形ジグを用いた付着強さ試験調査表（記入例）

バレル No. 1	作業者： _____	天候： 晴れ
		気温： 15℃
切 込 み： 2021 年 9 月 1 日 8 時 30 分 ～ 9 月 1 日 9 時 0 分		
貼 付 け： 2021 年 9 月 1 日 9 時 15 分 ～ 9 月 1 日 9 時 30 分		
治具養生時間： 2021 年 9 月 1 日 9 時 30 分 ～ 9 月 1 日 13 時 30 分		
引 張 試 験： 2021 年 9 月 1 日 13 時 30 分 ～ 9 月 1 日 14 時 30 分		

試験場所	〇〇幹線用水路 管轄 No. △△		
被覆材条件	工法名：□□工法 被覆厚：底版 15mm／側壁 10mm		
試験条件	接着剤： ○○○○		
	治具面積：1590mm ²		
	試験装置： ○○○製 型式：○○○○○○		

水路 部位	測点 番号	躯体 状態	切込み深さ (mm)					最大荷重 (kN)	破壊形態
			①	②	③	④	平均		
底版	1B-1	乾/湿/滞	16.2	16.3	15.9	16.0	16.1	1.61	10B
	1B-2	乾/湿/滞	15.8	15.5	16.0	15.8	15.8	1.70	10B
	1B-3	乾/湿/滞	16.8	16.3	16.5	16.6	16.6	1.63	10B
側壁	1L-1	乾/湿/滞	10.5	10.8	10.9	10.5	10.7	2.67	10C
	1L-2	乾/湿/滞	11.0	11.2	11.4	11.4	11.3	2.95	10C
	1L-3	乾/湿/滞	11.5	11.2	11.3	11.6	11.4	2.05	4B6C

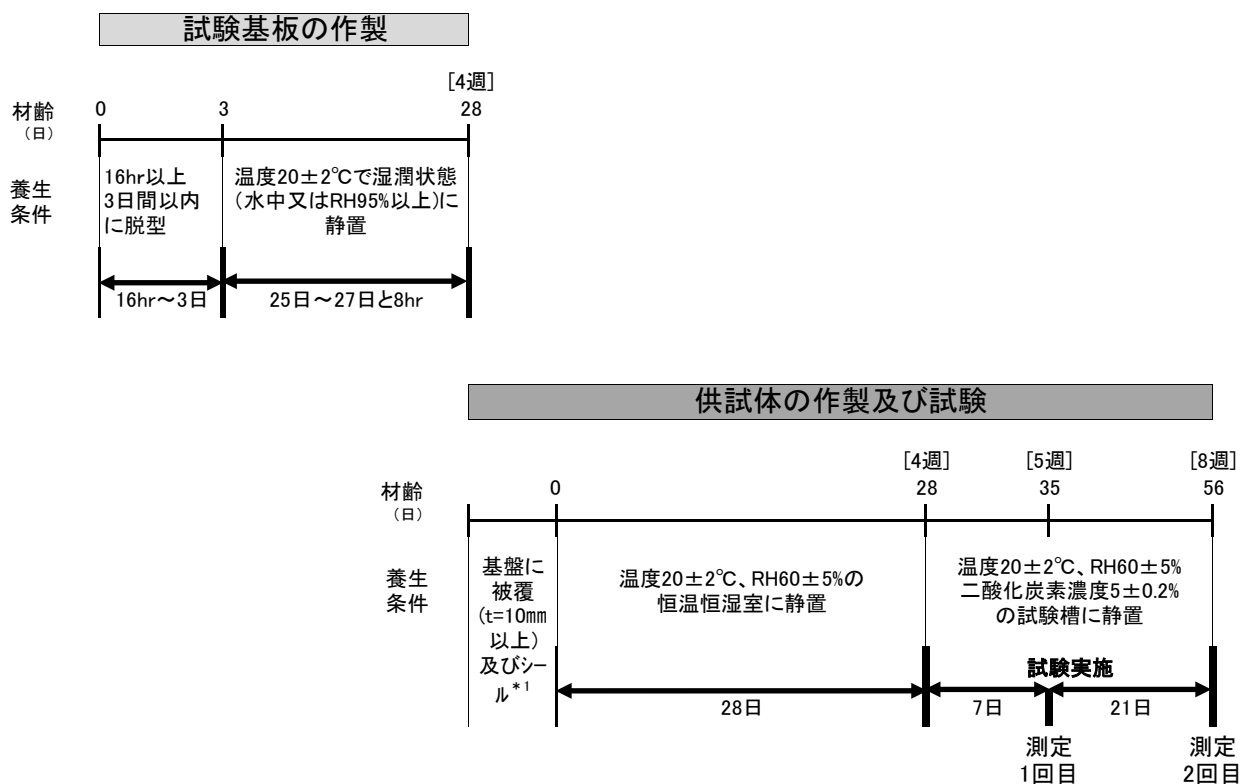
乾：乾燥状態 湿：湿润状態 滞：滞水状態

測点	破壊形態																														
水路断面図 側壁（正面図） 上流側 下流側 <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">上段</td> <td style="width: 15%;">○</td> <td style="width: 15%;">⊗</td> <td style="width: 15%;">⊗</td> <td style="width: 15%;">⊗</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1L-1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>中段</td> <td>○</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1L-2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>下段</td> <td>○</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> <td>⊗</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1L-3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	上段	○	⊗	⊗	⊗		1L-1				中段	○	⊗	⊗	⊗		1L-2				下段	○	⊗	⊗	⊗		1L-3				付着治具 接着剤 被覆材 母材 「G」 治具界面破壊 「R」 被覆材凝集破壊 「B」 被覆材-母材界面破壊 「C」 母材凝集破壊 ※複合の場合、「4R6B」のように割合を記載する。
上段	○	⊗	⊗	⊗																											
	1L-1																														
中段	○	⊗	⊗	⊗																											
	1L-2																														
下段	○	⊗	⊗	⊗																											
	1L-3																														

中性化抑止性試験

図-1 JIS A 1153「無機系被覆材の促進中性化試験方法」の養生条件

促進中性化(中性化抑止性)試験は以下によるほか、JIS A 1153に準拠するものとする。

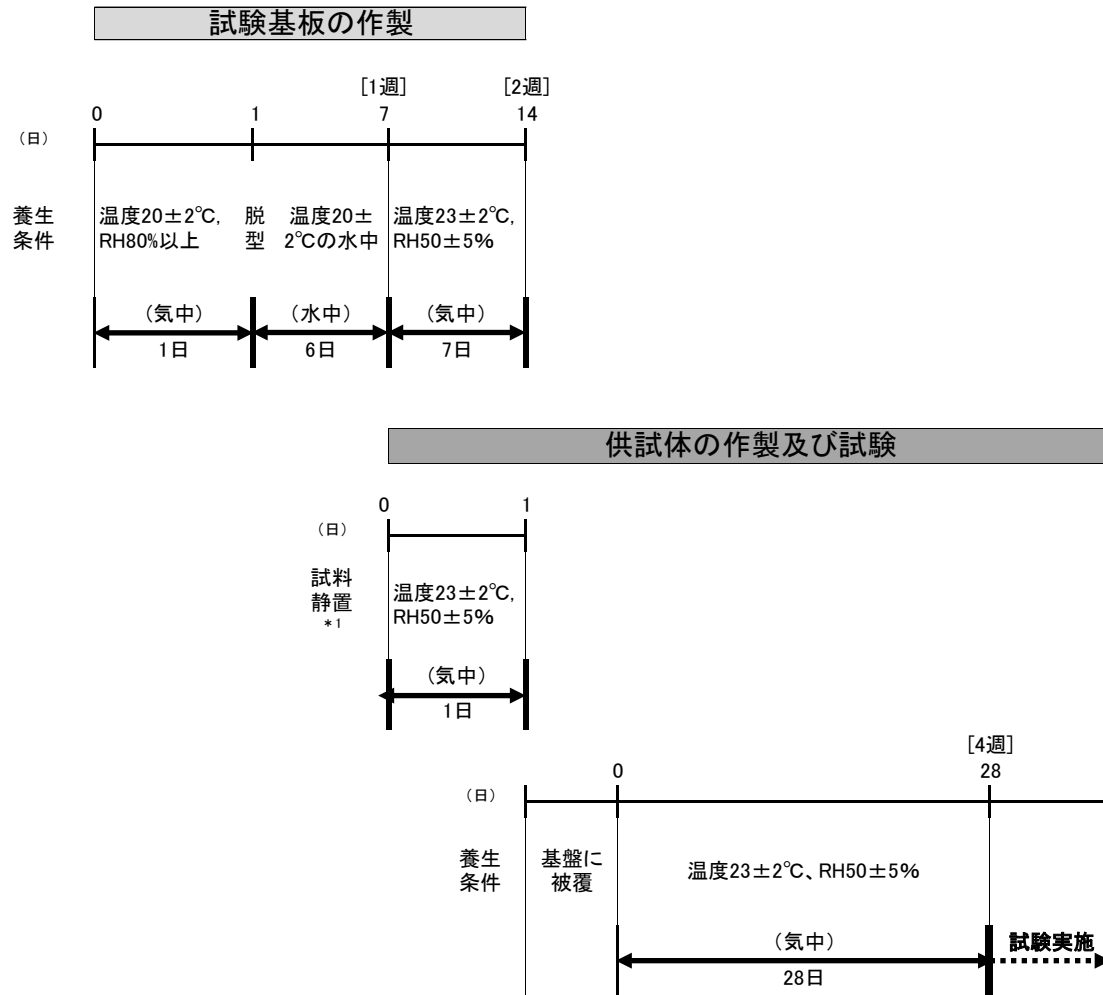


^{*1} 基板の測定面となる2面に被覆材を塗布し、他の4面にシーリング材を塗布する。

耐候性試験

図-2 JSCE-K 511 「表面被覆材の 耐候性試験方法(案)」の養生条件

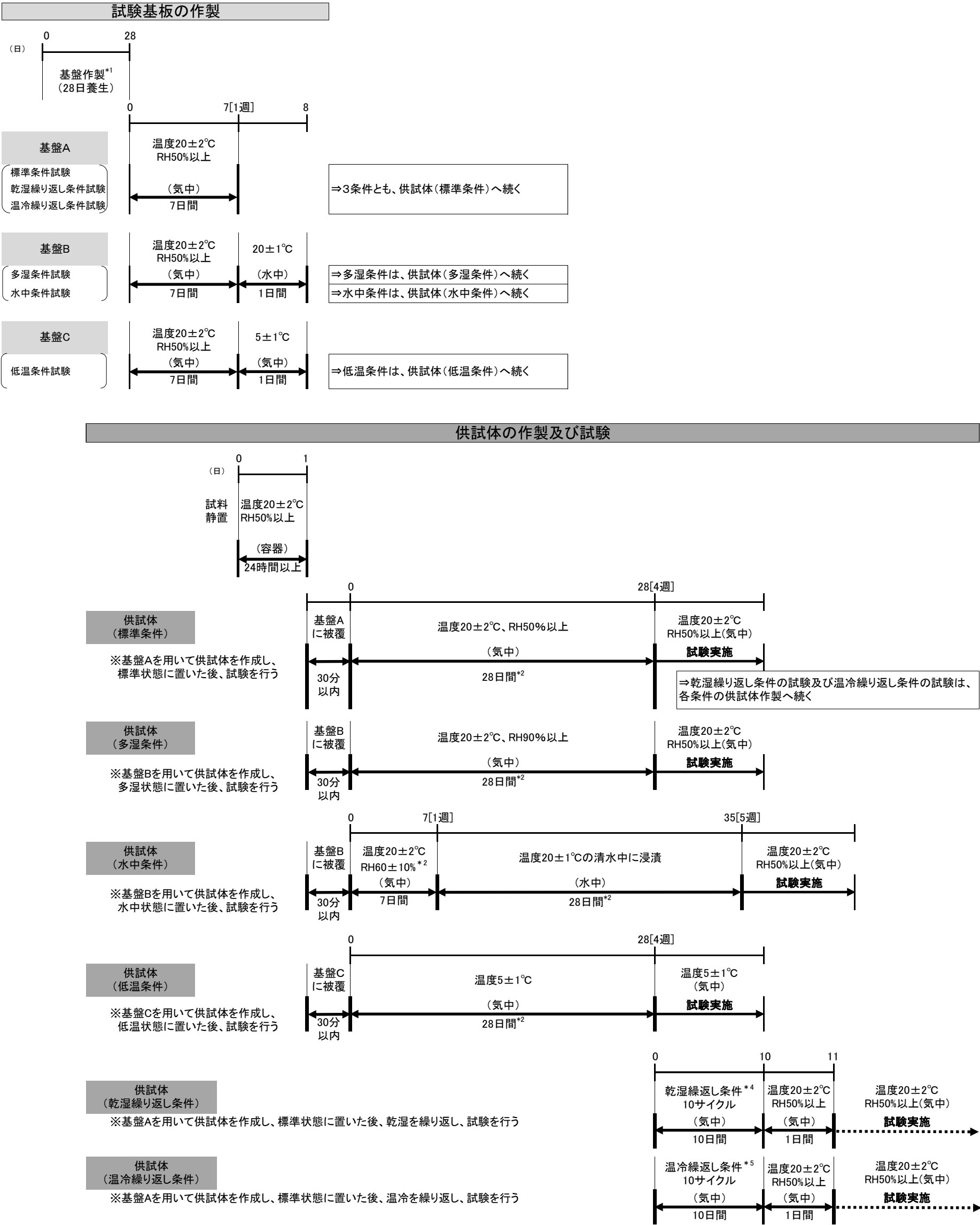
耐候性(耐候性)試験は以下によるほか、JSCE-K 511に準拠するものとする。



*1 基板、下地処理材、不陸調整材、主材、仕上げ材の試料を静置する。

図-3 JSCE-K 561 「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)」の養生条件

付着強度(付着性)試験は以下によるほか、JSCE-K 561 に準拠するものとする。



*1 試験用基板は、JSCE-K 561 5.8 a)に基づき、表2の配合で28日養生後のものを使用するか、若しくはJIS A 5371付属書Bの舗装用平板を使用する。

*2 供試体作製後の養生期間は、JSCE-K 561の表3に基づき、製造業者が指定する期間又は28日間のどちらかを選択する。

*3 日本下水道事業団「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」付属資料1に準拠し、水中養生を開始するまでの気中養生を行う。

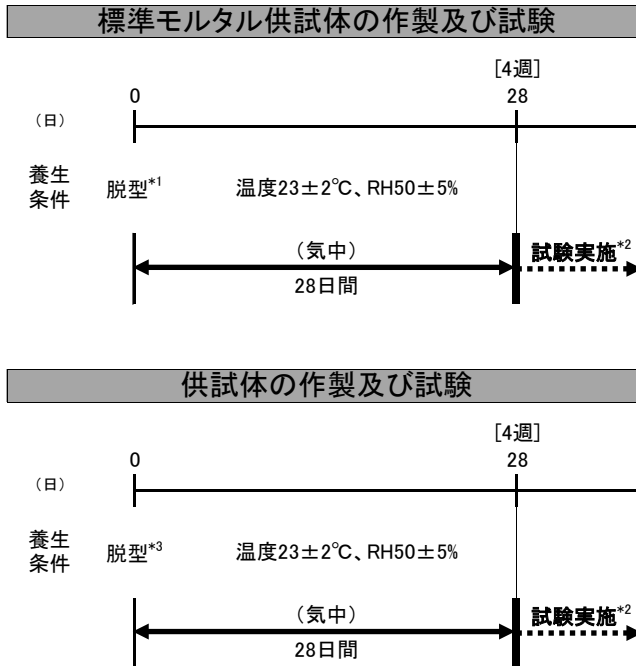
*4 供試体を $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温中で18時間放置し、直ちに $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温水槽に6時間浸漬する(左記の操作を1サイクルという)。工法毎に定められたサイクル数(日数)を実施する。

*5 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ の水中に18時間浸漬した後、直ちに $-20\pm 3^{\circ}\text{C}$ の恒温器中で3時間冷却し、次いで $50\pm 3^{\circ}\text{C}$ の別の恒温器中で3時間加湿する(左記の操作を1サイクルという)。工法毎に定められたサイクル数(日数)を実施する。

耐摩耗性試験

図-4 「表面被覆材の水砂噴流摩耗試験方法」の養生条件

水砂噴流摩耗(耐摩耗)試験は以下によるほか、表面被覆材の水砂摩耗試験方法に準拠するものとする。



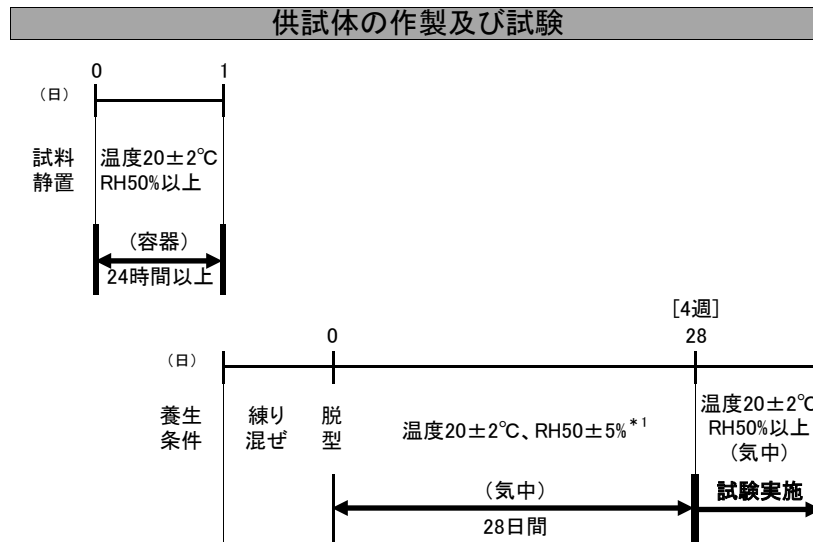
*1 標準モルタル供試体は、JIS R 5201-1997「セメントの物理試験方法」に基づき作製する。

*2 標準モルタル供試体と表面被覆材の供試体は同時に試験を行う。

*3 表面被覆材の供試体は、コンクリート板等で調整し、厚さ40mmを確保する。また、吸水により膨潤する材料は使用不可。

一体化性試験

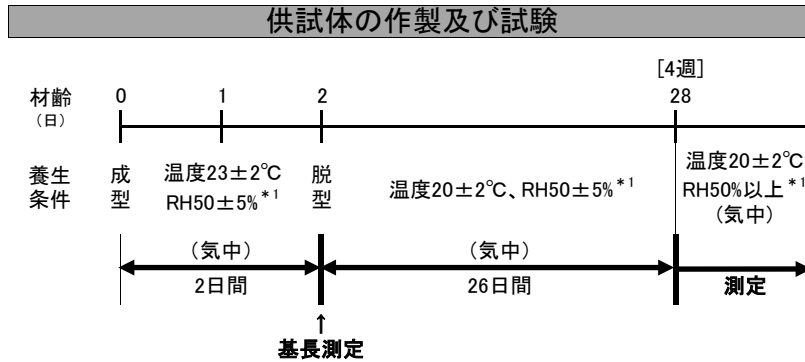
図-5 JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)」の養生条件
圧縮強度(一体化性)試験は以下によるほか、JSCE-K 561 に準拠するものとする。



*¹ 供試体の養生は、同規格の標準状態(温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、RH $50 \pm 5\%$)で行うものとする。

寸法安定性試験

図-6 JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」の養生条件
長さ変化率(寸法安定性)試験は以下によるほか、JIS A 1129 に準拠するものとする。

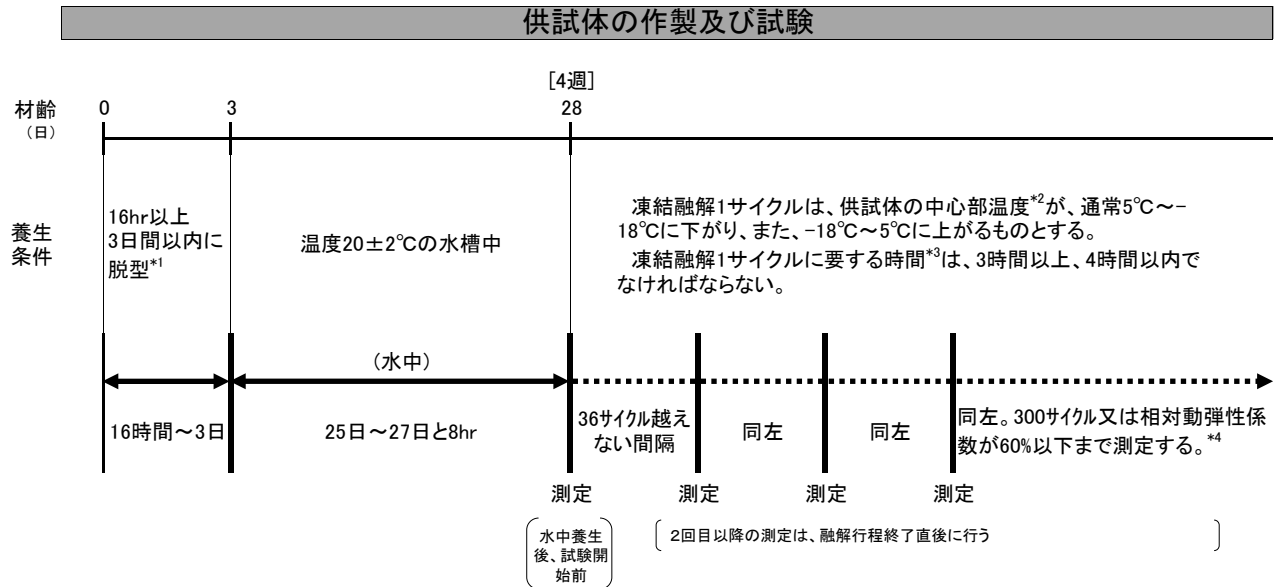


*1 東・中・西日本高速道路株式会社「構造物施工管理要領」(平成23年7月)における断面修復の性能照査「硬化収縮性」を参考に、温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、RH $50\pm 5\%$ で行うものとする。

耐凍害性試験

図-7 JIS A 1148 「コンクリートの凍結融解試験方法」の養生条件

凍結融解(耐凍害性)試験は以下によるほか、JIS A 1148 に準拠するものとする。



^{*1} JIS A 1132 の7. 型枠の取り外し及び養生による。

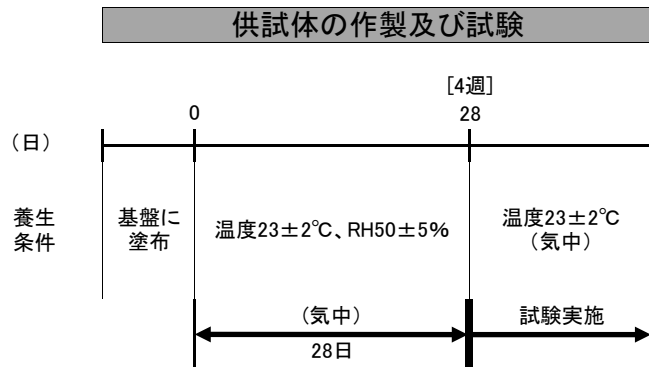
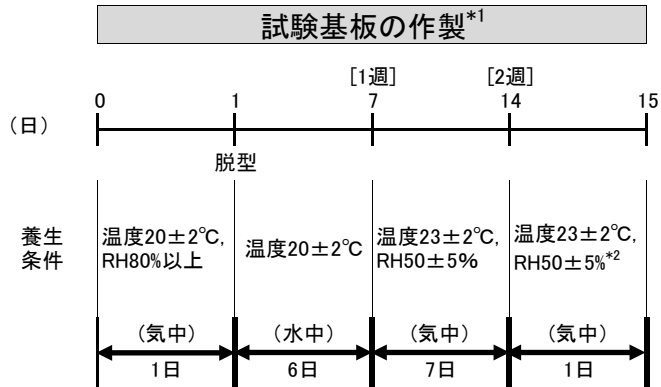
^{*2} 各サイクルにおける供試体の中心部の最高及び最低温度は、それぞれ $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 及び $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲内になければならない。

^{*3} 凍結融解1サイクルに要する時間のうち、融解行程に要する時間は、A法の場合には25%以上とする。
また、供試体の中心温度が $3^{\circ}\text{C} \sim -16^{\circ}\text{C}$ に下がるのに要する時間は、凍結行程に要する時間の1/2以下になつてはならない。
同様に $-16^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ に上がるのに要する時間は、融解行程に要する時間の1/2になつてはならない。

^{*4} 試験の終了は300サイクルとするが、それまでに相対動弾性係数が60%以下になつたものはそのサイクルで終了とする。

ひび割れ追従性試験

図-8 JSCE-K 532 「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法(案)」の養生条件
ひび割れ追従性試験は以下によるほか、JSCE-K 532に準拠するものとする。



^{*1} 試験用基板の作製は、JSCE-K 511の4.1(試験用基板)に準拠する。

^{*2} JSCE-K 511に準拠し、作製した基板、下地処理材、不陸調整材、主材、仕上げ材の試料を静置する

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】に関するお問い合わせ先

本書記載内容に関するご意見等は、最寄りの各地方農政局土地改良技術事務所保全技術課（国土交通省北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局については関東農政局土地改良技術事務所保全技術課）までお問い合わせ願います。

お問い合わせ先	
東北農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 022-295-5544
関東農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 048-254-0511
北陸農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 076-292-7900
東海農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 052-232-1057
近畿農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 075-641-6391
中国四国農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 086-223-2777
九州農政局土地改良技術事務所 保全技術課	〔電話番号〕 096-367-0411

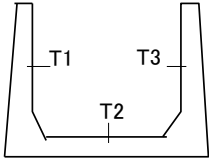
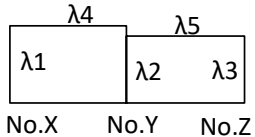
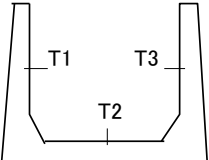
開水路補修工事の施工管理項目等参考例

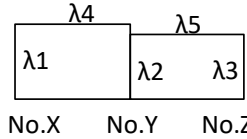
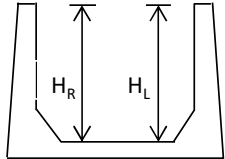
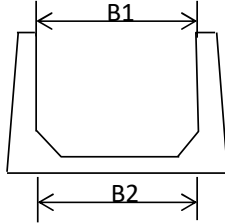
① 直接測定による出来形管理 (案)

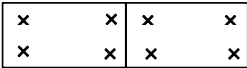
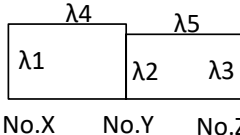
令和5年 3月

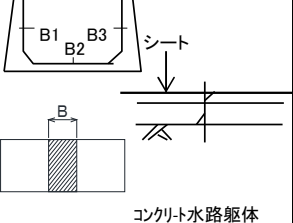
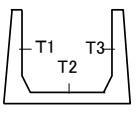
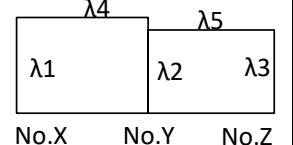
農林水産省農村振興局整備部設計課

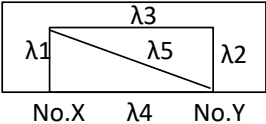
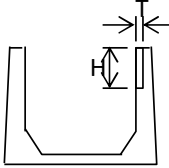
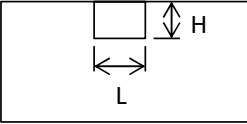
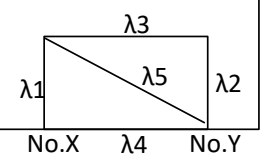
① 直接測定による出来形管理

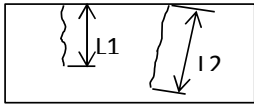
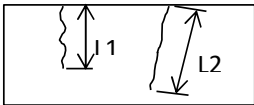
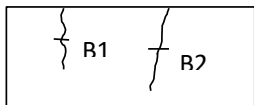
工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工 事施工管理基準 別表第4の様式2- 1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木 工事施工管理基 準別表第4の様式 3-1)によるもの	構造図に朱書き、 併記するもの		
下地処理	外観	表面に付着物がなく、 骨材表面が露出し劣 化物のないコンクリ ート表面であること。	同左	施工延長概ね50～ 100mごとに1箇所 の割合で処理面を目 視確認する。50m未 満は2箇所確認す る。	—	—	—	—	様式－1に示す下 地処理・劣化部除 去の「表面状態」 により管理する。
表面被覆工 (無機系)	被覆厚さ(T)	側壁 +3mm －0mm 底版 +7mm －0mm	側壁 －0mm 底版 －0mm	施工延長概ね50m ごとに1箇所の割合 で測定する。50m未 満は2箇所測定す る。1箇所につき、 左右側壁及び底版 の3点を測定する。	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—		
	外観	被覆面にむらがなく、 流れ、剥がれ、浮き、 ひび割れ、硬化不良 等がないこと。	同左	施工延長概ね50～ 100mごとに1箇所 の割合で被覆面を目 視確認する。50m未 満は2箇所確認す る。	—	—	—	—	様式－4に示す 「外観」により管理 する。
	面積(A)	—	施工面積≧設計面積	全施工面積について、 断面が変化する毎に 展開図又はその他の 方法により測定(求積) し、確認する。	—	断面毎の 施工面積	—		λ n: 測線をいう。
表面被覆工 (有機系)	被覆厚さ(T)	側壁 －0mm 底版 －0mm	側壁 －0mm 底版 －0mm	施工延長概ね50m ごとに1箇所の割合 で測定する。50m未 満は2箇所測定す る。1箇所につき、 左右側壁及び底版 の3点を測定する。	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—		

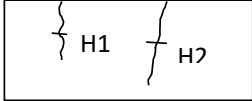
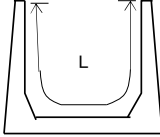
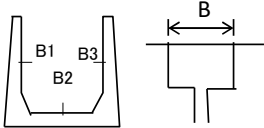
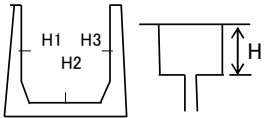
工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
表面被覆工 (有機系)	外観	被覆面にむらがなく、流れ、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良等がないこと。	同左	施工延長概ね50～100mごとに1箇所の割合で被覆面を目視確認する。50m未満は2箇所確認する。	—	—	—	—	様式－4に示す「外観」により管理する。
	面積(A)	—	施工面積≧設計面積	全施工面積について、断面が変化する毎に展開図又はその他の方法により測定(求積)し、確認する。	—	断面毎の施工面積	—		λ n: 測線をいう。
表面被覆工 (パネル工法)	側壁高さ(H)	±15mm	－25mm	施工延長概ね50mごとに1箇所の割合で測定する。50m未満は2箇所測定する。	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	幅(B)	+25mm －15mm	－25mm	施工延長概ね50mごとに1箇所の割合で測定する。50m未満は2箇所測定する。	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		

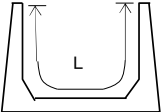
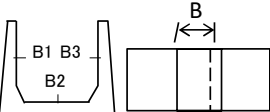
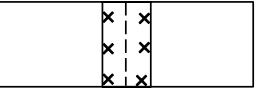
工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
表面被覆工 (パネル工法)	アンカー打設数	設計本数以上	設計本数以上	スパン毎本数及び全数を測定する。	—	スパン毎のアンカー打設本数及び全打設本数	—		アンカー固定方式の場合 「スパン」とは、パネル設置目地間を指す。
	グラウト注入量	設計量以上	設計量以上	注入ブロック毎の注入総量を確認する。	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—	—	アンカー固定方式の場合 施工終了時、空缶等で確認
	外観	施工面に欠損、ひび割れ、膨れ、たわみ、接着材塗布又はアンカー設置の不良等がないこと。	同左	施工延長概ね50～100mごとに1箇所の割合で施工面を目視及び打音確認する。50m未満は2箇所確認する。	—	—	—	—	様式－5に示す「外観」により管理する。
	面積(A)	—	施工面積≧設計面積	全施工面積について、断面が変化する毎に展開図又はその他の方法により測定(求積)し、確認する。	—	断面毎の施工面積	—		λ n: 測線をいう。

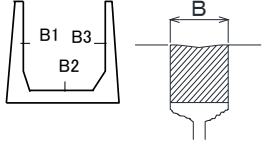
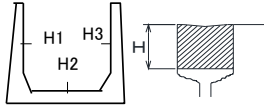
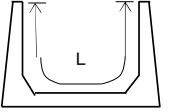
工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
表面被覆工 (シート工法)	シートの重ね幅(B)	－0mm	－0mm	施工延長概ね50mごとに1箇所の割合で測定する。50m未満は2箇所測定する。1箇所につき、左右側壁及び底版の3点を測定する。	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	－	 シート コンクリート水路躯体	設計値は各製品で定める幅とする。
	保護モルタルの厚さ(T)	－	側壁 ー0mm 底版 ー0mm	施工延長概ね50mごとに1箇所の割合で測定する。50m未満は2箇所測定する。1箇所につき、左右側壁及び底版の3点を測定する。	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	－		無機系ライニングシート工法の場合シートよりも上のモルタル厚を測定する。
	外観	施工面にむらがなく、流れ、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良等がないこと。	同左	施工延長概ね50～100mごとに1箇所の割合で施工面を目視確認する。50m未満は2箇所確認する。	－	－	－	－	様式－4に示す「外観」により管理する。
	面積(A)	－	施工面積≥設計面積	全施工面積について、断面が変化する毎に展開図又はその他の方法により測定(求積)し、確認する。	－	断面毎の施工面積	－	 λ1 λ2 λ3 λ4 λ5 No.X No.Y No.Z	λ n: 測線をいう。
不陸調整	外観	表面被覆の施工に支障をきたす浮き、ひび割れ、硬化不良等がなく、平滑であること。	同左	施工延長概ね50～100mごとに1箇所の割合で調整面を目視確認する。50m未満は2箇所測定する。	－	－	－	－	様式－3に示す「外観」により管理する。

工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
不陸調整	面積(A)	—	施工面積≧設計面積	全施工面積について、各施工面積を展開図又はその他の方法により測定(求積)し、確認する。	—	各施工面積	—		λ n: 測線をいう。
断面修復工 (左官工法)	長さ(L)	—0mm	—0mm	各補修箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	幅(H)	—0mm	—0mm	各補修箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	厚さ(T)	—0mm	—0mm	各補修箇所とし、1箇所当たり4点測定する。ただし、小規模補修(概ね1㎡未満)は1点測定する。	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	外観	施工面に、浮き、ひび割れ、硬化不良がなく、平滑に仕上がっていること。	同左	各補修箇所を目視確認する。	—	—	—	—	様式-6に示す断面修復の「外観」により管理する。
	面積(A)	—	施工面積≧設計面積	各施工面積について、展開図又はその他の方法により測定(求積)し、確認する。	—	各施工面積	—		λ n: 測線をいう。

工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工 事施工管理基準 別表第4の様式2- 1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木 工事施工管理基 準別表第4の様式 3-1)によるもの	構造図に朱書き、 併記するもの		
鉄筋処理	外観	錆除去:鉄筋に錆が ないこと。 防錆材塗布:塗り残 し、塗りむら等がない こと。	同左	各補修箇所を目視確 認する。	—	—	—	—	様式-6に示す鉄 筋処理の「外観」に より管理する。
ひび割れ 注入工	延長(L)	—0mm	—0mm	各補修箇所	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—		
	注入量	設計量以上	設計量以上	注入総量を確認する。	—	—	—	—	施工完了後に空袋 により確認する。
ひび割れ 充填工	延長(L)	—0mm	—0mm	各補修箇所	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—		
	溝はつり幅 (B)	—0mm	—0mm	各補修箇所。 ただし、1箇所当たりの 施工延長が10m以上 の場合は施工延長概 ね10mごとに1箇所の 割合で測定する。	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	—		

工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
ひび割れ 充填工	溝はつり深さ (H)	－0mm	－0mm	各補修箇所。 ただし、1箇所当たりの 施工延長が10m以上の 場合は施工延長概 ね10mごとに1箇所の 割合で測定する。	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	－		
	充填量	設計量以上	設計量以上	充填総量を確認する。	－	－	－	－	施工完了後に空袋 により確認する。
目地補修工 (目地充填工 法)	延長(L)	－0mm	－0mm	各補修箇所	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	－		
	切削幅(B)	－0mm	－0mm	各補修箇所。 測定位置は左右壁中央 付近及び底版中央 付近の計3箇所	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	－		
	切削深さ(H)	－0mm	－0mm	各補修箇所。 測定位置は左右壁中央 付近及び底版中央 付近の計3箇所	測定値20点以上 のもの	測定値20点未満 のもの	－		
	充填量	設計量以上	設計量以上	充填総量を確認する。	－	－	－	－	施工完了後に空袋 等により確認する。

工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
目地補修工 (目地充填工法)	バックアップ材 外観	バックアップ材が目地に対して正しく設置されていること。	同左	各補修箇所を目視確認する。	—	—	—	—	様式-7に示す「バックアップ材外観」により管理する。
	外観	目地材が目地に対して正しく充填されていること。 施工面にむらがなく、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良がないこと。	同左	各補修箇所を目視確認する。	—	—	—	—	様式-7に示す目地充填の「外観」により管理する。
目地補修工 (目地被覆工法)	延長(L)	—0mm	—0mm	各補修箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	幅(B)	—0mm	—0mm	各補修箇所。 測定位置は左右壁中央付近及び底版中央付近の計3箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	アンカー打設数	設計本数以上	設計本数以上	各補修箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		アンカー固定方式の場合
	外観	接着部・固定部に浮きがなく、剥がれ、ひび割れ等がないこと。	同左	各補修箇所を目視確認する。	—	—	—	—	様式-8に示す「外観」により管理する。

工種	項目	管理基準値	規格値 (参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表(土木工事施工管理基準別表第4の様式2-1,2-2)によるもの	結果一覧表(土木工事施工管理基準別表第4の様式3-1)によるもの	構造図に朱書き、併記するもの		
目地補修工 (目地成型ゴム挿入工法)	切削幅(B)	+0mm -2mm	+0mm	各補修箇所。 測定位置は左右壁中央付近及び底版中央付近の計3箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		測定は、接着材の塗布前に行う。
	切削深さ(H)	-0mm	-0mm	各補修箇所。 測定位置は左右壁中央付近及び底版中央付近の計3箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	延長(L)	-0mm	-0mm	各補修箇所	測定値20点以上のもの	測定値20点未満のもの	—		
	外観	目地材が目地部にねじれなくまっすぐに挿入されていること。	同左	各補修箇所を目視確認する。	—	—	—	—	様式-9に示す「外観」により管理する。

開水路補修工事の施工管理項目等参考例

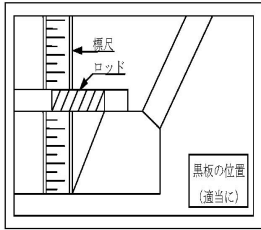
② 撮影記録による出来形管理

(案)

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

② 撮影記録による出来形管理

工 種		撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
共通工事	1. 一般	「土木工事施工管理基準」（平成17年3月28日付け16農振第2232号農村振興局長通知）別表第2 撮影記録による出来形管理を参照。			
			～ 略 ～		
開水路補修工事	2. 下地処理	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工前後の表面の状況を撮影する。		着手前1回、施工完了後1回
			施工状況、使用機械、施工時の洗浄圧力等を撮影する。		施工中
			不陸の状況、凹凸を撮影する。		施工中
			付着強度試験の測定値を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
	3. 表面被覆工（無機系）	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
			練り混ぜ、配合状況を撮影する。		
			付着強度試験の測定値を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
			被覆厚さ、面積測定状況を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
		全1回	材料の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後

工 種		撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
開水路補修工事	4. 表面被覆工 (有機系)	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
			練り混ぜ、配合状況を撮影する。		
			付着強度試験、表面含水率測定の実測値を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
			被覆厚さ、面積測定状況を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
		全1回	材料（プライマー、塗布材、被覆材等）の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後
	5. 表面被覆工 (パネル工法)	表面被覆	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
			プライマー及び樹脂接着材の配合状況、樹脂接着材の注入状況を撮影する。（接着工法の場合）		
			左右側壁の高さを撮影する。（適宜測点で管理する）		
			水路の底版及び頂部における水路幅を撮影する（適宜測点で管理する）		
			面積測定状況を撮影する。（適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影）		
			付着強度試験、表面含水率測定の実測値を撮影する。（接着方式の場合。適宜測点で管理し、測定状況を撮影）		
		アンカー打設等	アンカー打設の施工状況及び単位当たり打設本数を撮影する。（アンカー固定方式の場合）		
			アンカー引き抜き強度試験の実測値を撮影する（アンカー固定方式の場合）		
		グラウト注入等	グラウト注入の施工状況、使用機械を撮影する。（アンカー固定方式の場合）		施工中
			グラウトの練り混ぜ、配合状況を撮影する。（アンカー固定方式の場合）		
			プライマー及び樹脂接着材（接着方式の場合）、又はグラウト（アンカー固定方式の場合）の注入量が分かるもの（空缶等）を撮影する。		施工後
		全1回			

工 種		撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
開水路補修工事	6. 表面被覆工 (シート工法)	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
			練り混ぜ、配合状況を撮影する。		
			シート重ね幅、保護モルタルの厚さを撮影する。(適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影)		保護モルタルの厚さは、無機系シートライニング工法の場合、撮影する。
			面積測定状況を撮影する。(適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影)		
			付着強度試験、表面含水率測定の測定値を撮影する。(適宜測点で管理し、測定状況を撮影)		
			シートの硬化確認状況を撮影する。(適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影)		F R Pシート工法の場合、撮影する。
		全1回	材料(プライマー、塗布材、シート等)の総使用量が分かるもの(空缶、シートの梱包材等)を撮影する。		施工後
	7. 不陸調整	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工前後の表面の状況、施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
			練り混ぜ、配合状況を撮影する。		
			付着強度試験の測定値を撮影する。(適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影する。ただし、アンカー固定方式パネル工法に併せ行う場合は除く。)		
			不陸調整の面積測定状況を撮影する(適宜測点で管理し、左右側壁及び底版を撮影)		
		全1回	材料の総使用量が分かるもの(空缶、梱包材等)を撮影する。		施工後
	※有機系被覆工法、パネル工法、F R Pシート工法を施工する際、併せて不陸調整を行う場合。				
	8. 断面修復工 (左官工法)	断面修復工	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。		施工中

工 種			撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
開水路補修工事	8. 断面修復工 (左官工法)	断面修復工	全1回	材料の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後
		鉄筋処理	施工箇所毎	防錆処理状況を撮影する。		施工中
	9. ひび割れ補修工 (注入工法)		施工(水路)延長概ね50mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				補修箇所の延長を撮影する。		
			全1回	材料の総使用量が分かるものを撮影する。		施工後
	10. ひび割れ補修工 (充填工法)		施工(水路)延長概ね50mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				補修箇所の溝はつりの幅と深さ、延長を撮影する。		
			全1回	材料の総使用量が分かるものを撮影する。		施工後
	11. 目地補修工 (目地充填工法)	切削工	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				切削幅及び深さ（左右側壁及び底版）を撮影する。 水路側壁外からの湧水がある場合は、止水又は導水の状況が判別できるよう撮影する。		
		目地設置	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				補修箇所の延長を撮影する。		施工後
			全1回	材料（充填材、バックアップ材）の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後
	12. 目地補修工 (目地被覆工法)	目地設置	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				補修箇所の延長、幅（左右側壁及び底版）を撮影する。 水路側壁外からの湧水がある場合は、止水又は導水の状況が判別できるよう撮影する。		施工後
			全1回	材料（プライマー、塗布材、被覆材等）の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後

工 種			撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
開水路補修工事	12. 目地補修工 (目地被覆工法)	アンカー設置 (シート固定方式の場合)	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	アンカー引き抜き強度試験の測定値を撮影する。		
				単位当たりの打設本数を撮影する。		
	13. 目地補修工 (目地成型ゴム挿入工法)	切削工	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況、使用機械を撮影する。		施工中
				切削幅及び深さ（左右側壁及び底版）を撮影する。 水路側壁外からの湧水がある場合は、止水又は導水の状況が判別できるように撮影する。		施工後
		目地設置	施工延長概ね50～100mにつき1箇所の割合で撮影する。 50m未満は2箇所撮影する。	施工状況を撮影する。		施工中
				補修箇所の延長を撮影する。		施工後
				材料（プライマー、塗布材、成型ゴム等）の総使用量が分かるもの（空缶、梱包材等）を撮影する。		施工後
			全1回			

開水路補修工事の施工管理項目等参考例

③ 品質管理

(案)

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

③ 品 質 管 理

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置	
下地処理	—	施工	付着強度試験		単軸引張試験	下地処理後 500㎡ごとに3箇所(左右側壁及び底版)、1箇所当たりの試験数は3個	側壁:個々の試験値が1.0N/㎡以上。 底版:3個の試験値の平均値が1.0N/㎡以上、かつ個々の試験値が0.85N/㎡以上。	1. 記録の方式 試験結果は、様式－11に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—	
表面被覆工	表面被覆(無機系)	材料	中性化促進試験		JIS A 1153 促進期間4 週間	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	中性化深さ5mm以下 (中性化速度係数18mm/√年以下)	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。	
			付着強度試験	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条件: 供試体作成後、温度20±2℃、相対湿度 60±10%で7日間気中養生後、脱型して水中養生を行う。 乾湿・温冷繰り返し回数は10サイクル		(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎡以上			
				多湿条件						
				低温条件						
				水中条件						
				乾湿繰返し条件						(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/㎡以上
				温冷繰返し条件						
			圧縮強度試験		JSCE-K 561 (28日養生)		圧縮強度21.0N/㎡以上			
			長さ変化率試験		JIS A 1129-3 試験体作成時及び脱型後の養生条件: 温度23±2℃、湿度50±5%		2日間養生後に脱型した長さを基長とし、材齢28日の長さ変化率が0.05%以下			
		摩耗深さ		表面被覆材の水砂噴流摩耗試験(案) (材齢28日、10時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が無機系: 1.5以下、HPFRCC:2.5以下					
		凍結融解試験		JIS A 1148 (A法) 凍結融解300サイクル	相対動弾性係数 85%以上					
		施工	圧縮強度試験		JSCE-K 561 試験体: 円柱供試体(φ 50mm×100mm)等を1回につき3本採取。作成1日後に脱型し、材齢28日まで20℃±2℃の水中養生。	①試験体の作製: 表面被覆工施工中の材料練り混ぜ中のものから採取。 ②試験頻度: 500㎡毎に1回。	圧縮強度21.0N/㎡以上	1. 記録の方式 試験結果は、土木工事施工管理基準別表第4 施工管理記録様式16及び様式－10に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—	
			付着強度試験		単軸引張試験	表面被覆後 500㎡ごとに3箇所(左右側壁2箇所及び底版)、1箇所当たりの試験数は3個	側壁:個々の試験値が1.0N/㎡以上。 底版:3個の試験値の平均値が1.0N/㎡以上、かつ個々の試験値が0.85N/㎡以上。	1. 記録の方式 試験結果は、様式-12の様式に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置	
表面被覆工	表面被覆 (有機系)	材料	促進耐候性試験		JSCE-K 511 キセノンアークランプ式2,000時間 又はサンシャインカーボンアーク灯式1,200時間	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	塗膜表面に、膨れ、ひび割れ、剥がれがないこと。	—	(1)試験報告書記載の試験 内容、試験結果を確認し、必 要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらな い材料は使用してはならな い。	
			付着強度試験	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条 件:供試体作成後、温度20 ±2℃、相対湿度 60±10%で 7日間気中養生後、脱型して 水中養生を行う。		(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎠以上			
				多湿条件	乾湿・温冷繰り返し回数は10 サイクル					
				低温条件						
				水中条件						
				乾湿繰返し条件						不陸調整を併せて行う場合 は、不陸調整材を用いた仕 様の供試体で試験を行う。
				温冷繰返し条件						
		摩耗深さ		表面被覆材の水砂噴流摩耗 試験(案) (材齢28日、10時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が0.5以下					
		ひび割れ追従性試験		JSCE-K 532 試験体の種類:標準状態試 験体	既設水路が鉄筋コンクリート構造の場合 中追従:伸び0.4mm以上 既設水路が無筋コンクリート構造の場合 高追従:伸び1.0mm以上					
		繰返しひび割れ追従性試験		JSCE-K 532 試験条件:試験体の作製は JSCE-K 532の標準状態試験 体に同じとし、初期変位0.2 mm、伸縮±0.1mmを変位速度 1.0Hzで7,300回以上繰返し ます。	塗膜表面に破断がないこと					
	施工	付着強度試験		単軸引張試験	表面被覆後 500㎡ごとに3箇所(左右側壁及び底 版)、1箇所当たりの試験数は3個	側壁:個々の試験値が1.0N/㎠以上。 底板:3個の試験値の平均値が1.0N/㎠以上、かつ 個々の試験値が0.85N/㎠以上。	1. 記録の方式 試験結果は、様式-12に取りま とめ、測定値が20点以上の場合 は、工程能力図、X-Rs-Rm又は X-R管理図等によって管理し、 20点未満の場合は結果一覧表 による。	—		
		表面含水率測定		高周波容量式水分計	表面被覆前 施工スパン毎に3箇所 (左右側壁及び底板)、 1箇所当たりの試験数は3点	表面含水率5%未満	1. 記録の方式 試験結果は、各々所定の様式 に取りまとめ、測定値が20点以上 の場合は、工程能力図、X-Rs- Rm又はX-R管理図等によって 管理し、20点未満の場合は結果 一覧表による。	—		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置	
表面被覆工	表面被覆 (パネル工法) 接着方式	材料	促進耐候性試験		JSCE-K 511 キセノンアークランプ [※] 4,000時間又はサンシャインカーボンアーク灯式2,400時間	材料の性能、配合や構造等が変わる毎に実施。	膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと。	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。	
			付着強度試験	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条件: 供試体作成後、温度20±2℃、相対湿度 60±10%で7日間気中養生後、脱型して水中養生を行う。		(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎟以上			
				多湿条件	乾湿・温冷繰返し回数は20サイクル 不陸調整を行う場合は、不陸調整材を用いた仕様の供試体で試験を行う。					(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/㎟以上
				低温条件						
				水中条件						
				乾湿繰返し条件						
温冷繰返し条件										
摩耗深さ		表面被覆材の水砂噴流摩耗試験(案) (材齢28日、20時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が無機系: 1.5以下、有機系: 0.5以下							
表面被覆工	施工	付着強度試験		歩道板を使用して行う単軸引張試験 試験体の作製: 歩道用コンクリート平板(JIS A 5371: 300×300×60mm)を使用し、表面処理を行った後、所定の仕様に従って被覆する。 試験体の作製と養生は当該工事現場で行う。	表面被覆施工時 ①試験期間: 材料製造業者の標準養生期間を基に監督職員と協議し試験期間を決定する。 ②試験頻度: 500㎡ごとに1回(1回の試験数は3個)	付着強度1.0N/㎟以上	1. 記録の方式 試験結果は、様式-12に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—		
		表面含水率測定		高周波容量式水分計	表面被覆前 施工スパン毎に3箇所(左右側壁及び底版)、1箇所当たりの試験数は3点	表面含水率 6.5 %以下	1. 記録の方式 試験結果は、各々所定の様式に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—		
		表面被覆 (パネル工法) アンカー固定方式		材料	促進耐候性試験		JSCE-K 511 キセノンアークランプ [※] 式4,000時間又はサンシャインカーボンアーク灯式2,400時間	工法の性能、材料の配合や構造等が変わる毎に実施。	膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと。	—
アンカー引抜強度試験		社団法人日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」 3本以上	設計引張強度以上							
摩耗深さ		表面被覆材の水砂噴流摩耗試験(案) (材齢28日、20時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比が無機系: 1.5以下、有機系: 0.5以下							
グラウト材の膨張率試験		JSCE-F 533 材齢7日	膨張率0.0%以上							

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置		
表面被覆工	表面被覆 (パネル工法) アンカー固定方式	材料	グラウト材の圧縮強度試験		JSCE-G 505 材齢28日	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	圧縮強度21.0N/㎠以上	—	(1) 試験報告書記載の試験 内容、試験結果を確認し、必 要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらな い材料は使用してはならな い。		
					JSCE-D 104 材齢28日		気中作製供試体の圧縮強度に対する水中作製供 試体の圧縮強度比率が80%以上				
		施工	アンカー引抜強度試験	接着系アンカー	社団法人日本建築あと施工 アンカー協会技術部会「あと 施工アンカー試験方法」	表面被覆前 全施工本数の0.5%又は3本のうちい ずれか多い本数以上 測定断面は、工事対象区間の代表と なる断面を選定し、3本/断面(左右 側壁、底版)を実施する	設計引抜強度以上の引張加力で 抜けだし等の変形がないこと	1. 記録の方式 試験結果は、各々所定の様式 に取りまとめ、測定値が20点以上 の場合は、工程能力図、X-Rs= Rm又はX-R管理図等によって 管理し、20点未満の場合は結果 一覧表による。	—		
				金属拡張式アンカー							
			グラウト材の流動性試験		JSCE-F 541	1日に2回(午前、午後各1回)	流下時間6±2秒				
			グラウト材の圧縮強度試験(材齢28日)		JSCE-G 505 試験体： 円柱供試体(φ50mm×100 mm)1回につき4本採取。 作成16時間以上3日以内に 脱型し、材齢28日まで20℃ ±2℃の湿潤状態で養生。	①試験体の作製： パネル工のグラウト施工中のモルタル 練り混ぜ中のものから採取。 ②試験頻度： 1㎡毎に1回又は1日に1回。	圧縮強度21.0N/㎠以上	1. 記録の方式 試験結果は、土木工事施工管理 基準別表第4 施工管理記録 様式16及び様式－10に取りまと め、測定値が20点以上の場合 は、工程能力図、X-Rs-Rm又は X-R管理図等によって管理し、 20点未満の場合は結果一覧表 による。	—		
			表面被覆 (シート工法) 無機系ライニン グシート工法 FRPシート工法	材料	促進耐候性試験 (FRPシート工法の場合)		JSCE-K 511 キセノンアークランプ式2,000時間 又はサンシャインカーボンアーク灯式 1,200時間	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	膨れ、ひび割れ、剥がれがないこと。	—	(1) 試験報告書記載の試験 内容、試験結果を確認し、必 要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらな い材料は使用してはならな い。
					付着強度試験	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条 件:供試体作成後、温度20 ±2℃、相対湿度 60±10%で 7日間気中養生後、脱型して 水中養生を行う。 乾湿・温冷繰返し回数は10 サイクル		(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎠以上		
	多湿条件	不陸調整を併せて行う場合 は、不陸調整材を用いた仕 様の供試体で試験を行う。				(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/㎠以上					
	低温条件										
	水中条件										
	乾湿繰返し条件										
	温冷繰返し条件										
	摩耗深さ				表面被覆材の水砂噴流摩耗 試験(案) (材齢28日、10時間経過後)	標準供試体に対する平均摩耗深さの比がFRPシー ト工法:0.5以下、無機系ライニングシート工法:1.5 以下					
	凍結融解試験 (無機系ライニングシート工法の場合)				JIS A 1148 (A法) 凍結融解300サイクル	相対動弾性係数 85%以上					
	ひび割れ追従性試験 (FRPシート工法の場合)				JSCE-K 532 試験条件:試験体の種類 標 準状態	既設水路が鉄筋コンクリート構造の場合 中追従:0.4mm以上 既設水路が無筋コンクリート構造の場合 高追従:1.0mm以上					

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置	
表面被覆工	表面被覆 (シート工法) 無機系ライニングシート工法 FRPシート工法	材料	繰返しひび割れ追従性試験 (FRPシート工法の場合)		JSCE-K 532 試験条件:試験体の作製はJSCE-K 532の標準状態試験体に同じとし、初期変位0.2mm、伸縮±0.1mmを変位速度1.0Hzで7,300回以上繰り返す。	工法の性能、材料の配合や構造等が変わる毎に実施。	破断がないこと	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。	
		施工	付着強度試験		歩道板を使用して行う単軸引張試験 試験体の作製: 歩道用コンクリート平板(JIS A 5371:300×300×60mm)を使用し、表面処理を行った後、所定の仕様に従って被覆する。 試験体の作製と養生は当該工事現場で行う。	表面被覆施工時 ①試験期間: 材料製造業者の標準養生期間を基に監督職員と協議し試験期間を決定する。 ②試験頻度: 500㎡ごとに1回(1回の試験数は3個)	付着強度1.0N/㎡以上	1. 記録の方式 試験結果は、様式-12に取りまとめ、測定値が20点以上の場合、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—	
			表面含水率測定		高周波容量式水分計	表面被覆前 施工スパン毎に3箇所(左右側壁及び底版)、1箇所当たりの試験数は3点	表面含水率5%未満	1. 記録の方式 試験結果は、各々所定の様式に取りまとめ、測定値が20点以上の場合、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—	
			硬化確認 (FRPシート工法の場合)		JIS K 5600-5-4 引っかかり硬度(鉛筆法)	施工延長概ね50～100mにつき1箇所(左右側壁及び底版)、50m未満は2ヶ所実施。	引っかかり傷が残らない	1. 記録の方式 試験結果は、様式-2に取りまとめる。	-	
	不陸調整 (表面被覆工法(有機系、パネル、FRPシート)に併せて不陸調整を行う場合)	材料	付着強度試験 ・有機系被覆工法、接着式パネル工法、FRPシート工法に併せて不陸調整を行う場合、各工法の付着性試験を行う際、不陸調整材を用いた仕様で供試体を作成し、照査する。 ・アンカー固定方式パネル工法に併せて不陸調整を行う場合は、不陸調整材が単層仕様の供試体を用いて照査する。	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条件:供試体作成後、温度20±2℃、相対湿度 60±10%で7日間水中養生後、脱型して水中養生を行う。 乾湿・温冷繰返し回数10サイクル。	工法の性能、材料の配合や構造等が変わる毎に実施。	(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎡以上	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。	
				多湿条件						
				低温条件			(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/㎡以上			
水中条件										
乾湿繰返し条件										
温冷繰返し条件										
圧縮強度試験		JSCE-K 561 (28日養生)		圧縮強度21.0N/㎡以上						

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
表面被覆工	不陸調整 (表面被覆工法(有機系、パネル、FRPシート)に併せて不陸調整を行う場合)	材料	長さ変化率試験		JIS A 1129-3 試験体作成時及び脱型後の養生条件:温度23±2℃、湿度50±5%	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	2日間養生後に脱型した長さを基長とし、材齢28日の長さ変化率が0.05%以下	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
			凍結融解試験		JIS A 1148 (A法) 凍結融解300サイクル		相対動弾性係数 85%以上		
		施工	圧縮強度試験		JSCE-K 561 試験体: 円柱供試体(φ 50mm×100mm)等を1回につき3本採取。 作成1日後に脱型し、材齢28日まで20℃±2℃の水中養生。	①試験体の作製: 不陸調整施工中の材料練り混ぜ中のものから採取。 ②試験頻度: 500㎡毎に1回。	圧縮強度21.0N/㎡以上	1. 記録の方式 試験結果は、土木工事施工管理基準別表第4 施工管理記録様式16及び様式ー10に取りまとめ、測定値が20点以上の場合は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—
			付着強度試験 ・アンカー固定方式パネル工法は行わない。ただし、不陸調整施工後にアンカー引き抜き試験を行うものとする。		単軸引張試験				
		ひび割れ注入工	樹脂系 注入材	材料	粘度又はチキントロピック係数		JIS K 6833	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	1.0Pa・s以下又は4±1
可使時間					温度上昇法	30分以上			
硬化収縮率					JIS A 6024	3%以下			
接着強さ	標準条件(乾燥面)				JIS A 6024	6.0N/㎡以上			
	特殊条件(湿潤面)					3.0N/㎡以上			
無機系 注入材	材料		コンシステンシー		JSCE-K 542	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	45秒以内		
			膨張収縮率(材齢1日目)				3%以下		
			接着強さ(標準条件)				4.0N/㎡以上		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
ひび割れ充填工	弾性シーリング材	材料	伸縮追従性		JIS A 1439 5.17	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	JIS A 5758 F-20LM 耐久性区分8020以上	—	(1) 試験報告書記載の試験 内容、試験結果を確認し、必 要に応じて立会検査行う。 (2) 規格値の範囲に収まらな い材料は使用してはならな い。
			付着強度保持率		JIS A 1439 5.3、5.9		強度保持(水中浸漬/標準)率60%以上		
	可とう性 エポキシ樹脂	材料	引張強さ	標準条件	JIS K 6251	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	1.0 N/㎟以上	—	
				低温条件	標準条件:JIS K 6250の6 試験室の標準条件で14日間養生を行う。 低温条件:標準条件で養生後、0±3℃で16時間養生を行う。 加熱劣化条件:標準条件で養生後、80±3℃で14日間養生を行う。				
				加熱劣化条件					
			伸び	標準条件	30%以上				
				低温条件					
				加熱劣化条件					
			引張接着強さ	標準条件	JIS A 1439 5.20		最大引張応力 1.0 N/㎟以上		
			引張接着時伸び	標準条件	JIS A 1439 5.20		最大荷重時伸び率 10%以上		
	充填用ポリマーセメントモルタル	材料	付着強度(標準条件)		JSCE-K 561	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	1.5N/㎟以上	—	
			長さ変化率		JIS A 1129-3 試験体作成時及び脱型後の養生条件:温度23±2℃、湿度50±5%		2日間養生後に脱型した長さを基長とし、材齢28日の長さ変化率が0.05%以下		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
断面修復工	断面修復工 (左官工法)	材料	付着強度試験	標準条件	JSCE-K 561 供試体の被覆厚さ20mmを標準とする。 水中条件における養生条件: 供試体作成後、温度20±2℃、相対湿度 60±10%で7日間水中養生後、脱型して水中養生を行う。 乾湿・温冷繰り返し回数は10サイクル	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/mm以上	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査する。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
				多湿条件			(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/mm以上		
				低温条件					
				水中条件					
				乾湿繰返し条件					
				温冷繰返し条件					
			圧縮強度試験		JSCE-K 561 (28日養生)		圧縮強度21.0N/mm以上		
			長さ変化率試験		JIS A 1129-3 試験体作成時及び脱型後の養生条件: 温度23±2℃、湿度50±5%		2日間養生後に脱型した長さを基長とし、脱型後28日目の長さ変化率が0.05%以下		
			中性化促進試験		JIS A 1153 促進期間4 週間		中性化深さ5mm以下 (中性化速度係数18mm/√年以下)		
			凍結融解試験		JIS A 1148 (A法) 凍結融解300サイクル		相対動弾性係数 85%以上		
	施工	圧縮強度試験		JSCE-K 561 試験体: 円柱供試体(φ50mm×100mm)等を1回につき3本採取。 作成1日後に脱型し、材齢28日まで20℃±2℃の水中養生。	①試験体の作製時期: 断面修復工 施工中の材料練り混ぜ中のものから採取。 ②試験頻度: 施工延長概ね50～100mごとに1回。	圧縮強度21.0N/mm以上	1. 記録の方式 試験結果は、 試験結果は、土木工事施工管理基準別表第4 施工管理記録様式16及び様式-10に取りまとめ、測定値が20点以上の場合 は、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—	
		断面修復工に 使用する防錆材	材料	耐アルカリ性		「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説 付1.3 鉄筋コンクリート補修用防せい材の品質基準	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	塗膜に異常が認められないこと。	—
	鉄筋に対する付着強さ			7.8N/mm以上					
	防錆率			処理部	普通モルタルの錆の発生率の 50%以下				
未処理部				普通モルタルの錆の発生率の 110%以下					

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
目地補修工法	目地充填工法	材料	促進耐候性試験		JSCE-K 511 キセノンアークランプ式1,000時間 又はサンシャインカーボンアーク灯式 600時間	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	膨れ、ひび割れ、剥がれがないこと。	—	(1)試験報告書記載の試験 内容、試験結果を確認し、必 要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらな い材料は使用してはならな い。
			付着強度試験	標準条件	JIS A 1439の5.20 引張接着性試験		最大荷重時の伸び率100%以上		
				水中条件	被着体:モルタル 標準条件:同規定に定める 養生を行う。 水中条件:標準条件の養生 後、23℃の水中に28日間浸 漬する。		最大荷重時の伸び率60%以上		
				低温条件	低温条件:試験体作製後、 5℃で28日間養生を行う。		最大荷重時の伸び率100%以上		
			止水性試験		目地充填工法の止水性試験 方法(案) (試験水圧0.1MPa、水圧保 持時間3分)。		漏水が認められないこと		
			伸縮追従性試験		JIS A 1439の5.17の耐久性 試験における目地幅の拡大・ 縮小。変形率±20%×3650 回。		JIS A 5758 8. による検査で 剥離・破断のないこと。		
			重量変化率試験		JIS K 6251ダンベル2号試験 体の23℃水中×28日浸漬後 と、JIS A 1439の5.20「養生 後」における重量を比較す る。		吸水率10%以下		
			引張接着性試験		JIS A 1439の5.20の「引張接 着性試験」。		50%モジュラス0.2N/㎟以上		
	目地被覆工法	材料	促進耐候性試験		JSCE-K 511 キセノンアークランプ式2,000時間 又はサンシャインカーボンアーク灯式 1,200時間	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	膨れ、ひび割れ、剥がれがないこと。	—	
			付着強度(塗装方式及びシート貼付方式の場合)	標準条件	JSCE-K 561 水中条件における養生条件: 供試体作成後、温度20±2℃、 相対湿度 60±10%で7日間 水中養生後、脱型して水中 養生を行う。 乾湿・温冷繰り返し回数は10 サイクル		(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/㎟以上		
				多湿条件					
				低温条件					
				水中条件					
				乾湿・温冷繰り返し条件					
				温冷繰り返し条件			(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/㎟以上		
			付着強度(シート固定方式の場合)	アンカー引抜強度試験	社団法人日本建築あと施工 アンカー協会技術部会「あと 施工アンカー試験方法」 3本以上		設計引抜強度以上		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
目地補修工法	目地被覆工法	材料	止水性試験		目地被覆工法の止水性試験方法(案) (試験水圧0.1MPa、水圧保持時間3分)。	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	漏水が認められないこと	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
			伸縮追従性試験		JIS A 1439 5.17 の耐久性試験における目地幅の拡大・縮小。振幅変位 ±3mm 繰り返し回数7,300回		表面に破断がなく、接着面に剥離がないこと		
		施工	付着性	付着強度試験 (塗装方式及びシート貼り付け方式の場合)	試験体の作製： 歩道用コンクリート平板(JIS A 5371:300×300×60mm)を使用し、表面処理を行った後、目地を施す。 試験体の作製と養生は当該工事現場で行う。	①試験期間： 材料製造業者の標準養生期間を基に監督職員と協議し試験期間を決定する。 ②試験頻度： 500㎡ごとに1回(1回の試験数は3個)	付着強度1.0N/㎡以上	1. 記録の方式 試験結果は、様式-12に取りまとめ、測定値が20点以上の場合、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—
				アンカー引抜強度試験 (シート固定方式の場合)	社団法人日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」	目地被覆前 全施工本数の0.5%又は3本のうち、いずれか多い本数以上	設計引抜強度以上の引張加力で 抜けだし等の変形がないこと	1. 記録の方式 試験結果は、各々所定の様式に取りまとめ、測定値が20点以上の場合、工程能力図、X-Rs-Rm又はX-R管理図等によって管理し、20点未満の場合は結果一覧表による。	—
	目地成型ゴム挿入工法	材料	成型ゴムの耐久性	促進耐候性試験	JIS K 6266 キセノンアークランプ式4,000時間 (放射照度60W/㎡、測定波長域300～400nm)又はガン シャインカーボンアーク灯式2,400 時間(放射照度255W/㎡、測定波長域300～700nm、パネル温度63℃)	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	ひび割れ、変色等がないこと。	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
				静的オゾン劣化試験	JIS K 6259 (オゾン濃度 50pphm、40℃、96時間、50% 引張歪み)		JIS K 6259附属書1によるき裂の評価で、A-1を限度とする		
				成型ゴム露出表面の 応力状態(引張応力)	目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅰ型)の耐オゾン性試験方法(案)		FEM解析又は歪み測定において、成型ゴム露出表面に引張応力(又は引張歪み)が働かないこと		
					目地成型ゴム挿入工法(品質規格Ⅱ型)の耐オゾン性試験方法(案)		歪み測定又はFEM解析等において、成型ゴム露出表面に働く引張応力(又は引張歪み)が、同種ゴムの屋外における実績以下であること		
				耐熱老化性	JIS K 6257 (70℃、96時間)		伸び変化率-20% 以内		

工種	項目	区分	試験(測定)項目		試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
目地補修工法	目地成型ゴム挿入工法	材料	成型ゴムの脱落抵抗性	外力に対する安定	目地成型ゴム挿入工法の脱落抵抗性試験方法(案)	工法の性能、材料の配合や構造等 が変わる毎に実施。	1.0N/mm ² (MPa) 以上	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
			接着材の耐久性	付着強度試験	JSCE-K 561 供試体: 表面被覆材の代わりに接着材を所定量塗布する。 水中条件における養生条件: 供試体作成後、温度20±2℃、相対湿度 60±10%で7日間気中養生後、脱型して水中養生を行う。 サイクル数: 乾湿繰返し及び温冷繰返し回数は20サイクル。		(標準、多湿、低温、水中条件の場合) 1.5N/mm ² 以上 (乾湿繰返し、温冷繰返し条件の場合) 1.0N/mm ² 以上		
			伸縮追従性	成型ゴムの圧縮永久歪み	JIS K 6262 (70℃、24時間25%圧縮)		30%以内		
			止水性	水圧による漏水	目地成型ゴム挿入工法の止水性試験方法(案) (試験水圧0.1MPa、水圧保持時間3分間)		漏水が認められないこと		

開水路補修工事の施工管理項目等参考例

④ 施工管理の記録様式 (案)

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

施工管理の様式例について

本資料は、「開水路の補修工事の施工管理の項目等参考例」の「①直接測定による出来形管理」及び「③品質管理」に示す施工管理項目の報告様式の例として示すものである。工事契約仕様書や現場毎の施工工程等に合わせて、適宜、項目を加除して使用下さい。

様式中、「①直接測定による出来形管理」、「③品質管理」に示す以外の項目が含まれますが、規格値等を確保するため、受注者が任意で管理を行う項目として設定しています。

目 次

様 式	名 称	備 考
様式－１	施工管理記録(下地処理・鉄筋処理・断面修復工)	
様式－２	施工管理記録(シート工法)	
様式－３	施工管理記録(不陸調整)	
様式－４	施工管理記録(表面被覆工:無機系・有機系・シート工法 外観)	
様式－５	施工管理記録(表面被覆工:パネル工法 外観)	
様式－６	施工管理記録(断面修復工・鉄筋処理 外観)	
様式－７	施工管理記録(目地補修工:充填工法 外観)	
様式－８	施工管理記録(目地補修工:目地被覆工法 外観)	
様式－９	施工管理記録(目地補修工:目地成型ゴム挿入工法 外観)	
様式－１０	品質管理記録(圧縮強度試験)	
様式－１１	下地処理後付着力試験結果表	
様式－１２	表面被覆後付着力試験結果表	
参 考	施工管理記録(表面被覆工法)	

受注者名： 測定者：

※鉄筋処理の表面状態の欄において、鉄筋状態「否」、防錆材塗布「無」となった場合は、下段（ ）に処理状況を記載する。

【様式-2】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録(シート工法)

施工年月 令和 年 月 日

日：工事名：

受注者名： 測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：	[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[湿度]：	%	[測定年月日]： 令和 年 月 日	
施工管理	＜記入例＞ ・ 表面被覆工（シート工法）	[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
		管理結果及び処置の内容		
管理種目	管理項目	測点：（例）No. ○ 部位：（例）右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工管理	付着強度	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²
	鉛筆引っかき試験（JIS K 5600）			

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録(不陸調整)

施工年月日： 令 年 月 日

和工事名：

受注者名： 測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[湿度]： %		[測定年月日]： 令和 年 月 日		
施工 工程名	＜記入例＞ 不陸調整工		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
			管理結果及び処置の内容		
管理種目	管理項目		測点：(例)No. ○ 部位：(例)右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工管理	施工	圧縮強度 (材齢28日)	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²	平均値： N/mm ² 最小値： N/mm ²
	外観 (仕上がり 状態)	平坦さ	(良・否)	(良・否)	(良・否)
		密実さ	(良・否)	(良・否)	(良・否)
		浮き	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		ひび割れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		硬化不良	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		その他 ()	(良・否)	(良・否)	(良・否)

※外観の欄において「否」若しくは「有」となった場合は、下段 () に処理状況を記載する。

【様式-4】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録(表面被覆工：無機系・有機系・シート工法 外観)

施工年月日：令和 年 月 日

工事名：

受注者名：

測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
施工 工程名	〈記入例〉 表面被覆工（〇〇系）		管理結果及び処置の位置・内容		
管理種目	管理項目		測点：（例）No. 〇～No. 〇 部位：（例）右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工管理	外観	むら	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		流れ	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		剥がれ	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		浮き	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		ひび割れ	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		硬化不良	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）
		その他 （空欄に具体的 な内容を明記）	無・有 （ ）	無・有 （ ）	無・有 （ ）

※本様式は、目視及び打音により、表面被覆工（無機系、有機系、シート工法）の外観を確認する際に使用するものとし、各工法において該当する管理項目の内容を記入する。

※外観の欄において、むら、流れ、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良等が「有」となった場合は、下段（ ）に処置位置・内容を記入する。

【様式-5】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録（表面被覆工：パネル工法 外観）

施工年月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注者名： 測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
表面被覆工実施前の表面含水率 (水路躯体・不陸調整材) ※1			%		
管理種目	管理項目		測点：(例)No. ○～No. ○ 部位：(例)右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工 管理	接着材塗布後 の外観 ※2	むら	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		流れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
	パネル外観	欠損	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		ひび割れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		膨れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		たわみ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		アンカー設置	(良・否)	(良・否)	(良・否)
	目地外観	充填	(良・否)	(良・否)	(良・否)
		むら	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		剥れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		浮き	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		ひび割れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		硬化不良	(無・有)	(無・有)	(無・有)
	段差	(無・有)	(無・有)	(無・有)	
	グラウト注入 打音確認 ※3	充填	(良・否)	(良・否)	(良・否)
	水抜き工外観	水抜き設置	(良・否)	(良・否)	(良・否)
		目地充填	(良・否)	(良・否)	(良・否)
その他 (空欄に具体的な内容を明記)					
		(無・有)	(無・有)	(無・有)	

外観の欄において、欠損、浮き、ひび割れ、膨れ、たわみ、ひび割れ等が「否」若しくは「有」となった場合は、下段（ ）に処置位置・内容を記入する。

※1 該当する方に○を記入

※2 表面被覆工実施前の表面含水率及び接着材塗布後の外観は、接着方式の場合に適用する。

※3 グラウト注入については、点検ハンマー等により打音確認を行う。

【様式-6】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録(断面修復工・鉄筋処理 外観)

施工年月日：令和 年 月 日

工事名：

受注者名：測定者：

天候及び屋外環境	[天候]：		[気温]：最高℃最低℃		
	[測定年月日]：令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
施工工程名	＜記入例＞ 断面修復or鉄筋処理		管理結果及び処置の位置・内容		
管理種目	管理項目		測点：(例)No.○ 部位：(例)右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工管理	断面修復工（外観）	浮き	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		ひび割れ	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		硬化不良	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		平滑	(良・否)	(良・否)	(良・否)
		その他 (空欄に具体的な内容を明記)			
	鉄筋処理（外観）	鉄筋の錆 (錆除去後)	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		塗り残し (防錆材塗布)	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		塗りむら (防錆材塗布)	(無・有)	(無・有)	(無・有)
		その他 (空欄に具体的な内容を明記)			
			(無・有)	(無・有)	(無・有)

※本様式は、断面修復（左官工法）または鉄筋処理の外観を確認する際に使用するものとし、各工法において該当する管理項目の内容を記入する。

※外観の欄において、浮き、ひび割れ、硬化不良、平滑不良、鉄筋の錆、塗り残し、塗りむら等が「否」若しくは「有」となった場合は、下段（ ）に処置位置・内容を記入する。

【様式-7】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録（目地補修工：充填工法 外観）

施工年月日：令和 年 月 日

工事名：

受注者名： 測定者：

工程名： バックアップ材

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
管理種目	管理項目		管理結果及び処置の位置・内容		
			目地No.	管理結果	処置の位置・内容
施工管理	バック アップ 材 外観	バックアップ材 設置状況		良・否	

※目地の深さが確保されるようバックアップ材が目地に対して正しく設置されていること確認し、不良があった場合は、処置の位置・内容を記入する。

施工月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注者名： 測定者：

工 程 名： 目地充填 目地No.：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃	
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分	
管理種目	管理項目		管理結果及び処置の位置・内容	
			管理結果	処置の位置・内容
施工管理	外観	充填	良・否	
		むら	無・有	
		剥がれ	無・有	
		浮き	無・有	
		ひび割れ	無・有	
		硬化不良	無・有	
		その他 (右欄に具体的な内容を明記)	無・有	

※目地材が目地に正しく充填されていることを確認する。外観の欄において、むら、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良等が「否」若しくは「有」となった場合は、処置の位置・内容を記入する。

【様式-8】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記錄（目地補修工：目地被覆工法 外觀）

施工年月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注者名： 測定者：

工程名：目地被覆

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
管理種目	管理項目		管理結果及び処置の位置・内容		
			目地No.	管理結果	処置の位置・内容
施工管理	外観	剥がれ		無・有	
		浮き		無・有	
		ひび割れ		無・有	
		その他 (右欄に具体的な内容 を明記)		無・有	

※目地材が目地部に適切に被覆されていることを確認する。外観の欄において、剥がれ、浮き、ひび割れ等が「有」となった場合は、処置の位置・内容を記入する。

【様式- 9 】

主任監督員	監督員	主任技術者

施工管理記録（目地補修工：目地成型ゴム挿入工法 外観）

施工管理項目： 外観

工事名：

受注者名：測定者：

目地 No.	施工 年月日	施工日 の天候	施工日の気温		測定 年月日	管理基準値	処置の位置・内容	備考
			最高 ℃	最低 ℃		目地材が目 地部にねじれ なくまっすぐ に挿入されて いること。		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		
						良 ・ 否		

※施工年月日は、目地材を挿入した年月日をいう。

※管理基準の判定が「否」の場合は、処置の位置・内容に必要な事項を記入すること。

【様式-10】

主任監督員	監督員	主任技術者

品質管理記録 (圧縮強度試験)

工事名：

受注者名：

測定者：

工程名： (例) 表面被覆工 (無機系)

材料種別： (例) ポリマーセメントモルタル

規格値： 4週強度

 N/mm^2

打設日	4週(28日)圧縮強度							施工区間	備考
	4週試験日	養生日数	規格値 (N/mm ²)	試験値 (N/mm ²)					
				1	2	3	平均値		
	4週(28日)圧縮強度 平均値								

※本様式は、表面被覆工（無機系）、表面被覆工（パネル工法）のグラウト材、表面被覆工（有機系、パネル、シート）に不陸調整材を使用する場合及び断面修復工を行う場合に使用する。

主任監督員	監督員	主任技術者

下地処理後付着力試験結果表

試験年月日：令和 年 月 日

工事名：

受注者名：測定者：

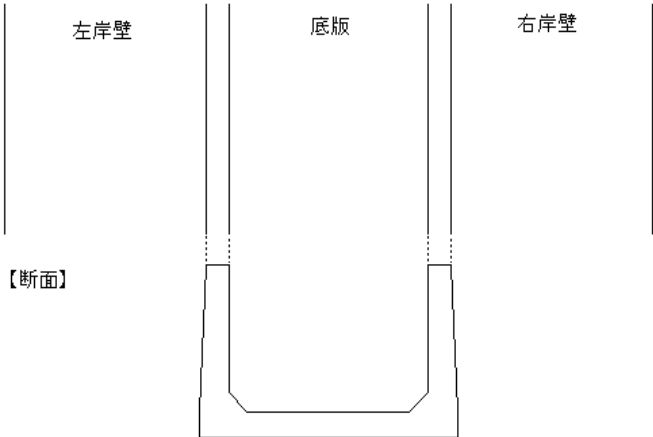
試験箇所(測点No.)：

右岸壁	試験箇所	右-1	右-2	右-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
基準値 (N/mm ²)	付着強度 (N/mm ²)						
	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否
底板	試験箇所	底-1	底-2	底-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
基準値 (N/mm ²)	付着強度 (N/mm ²)						
	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否
左岸壁	試験箇所	左-1	左-2	左-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
基準値 (N/mm ²)	付着強度 (N/mm ²)						
	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否

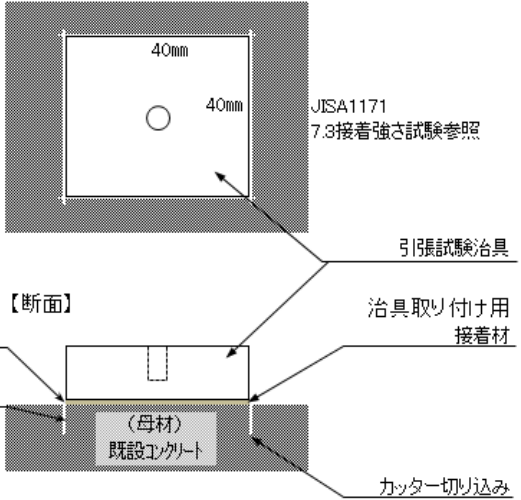
(特記事項)

(試験箇所)

【展開】



【平面】



※基準値の欄は、施工管理項目等参考例などを参考に判定基準値を記載する。

主任監督員	監督員	主任技術者

表面被覆後付着力試験結果表

試験年月日：令和 年 月 日

工事名：

受注者名：測定者：

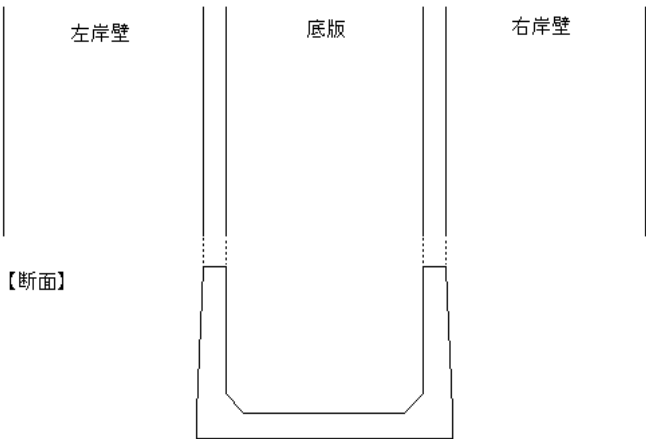
試験箇所(測点No.)：

右岸壁	試験箇所	右-1	右-2	右-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
	付着強度 (N/mm ²)						
基準値 (N/mm ²)	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否
	表面被覆工施工日						
底版	試験箇所	底-1	底-2	底-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
	付着強度 (N/mm ²)						
基準値 (N/mm ²)	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否
	表面被覆工施工日						
左岸壁	試験箇所	左-1	左-2	左-3			平均
	最大引張荷重T (kN)						
	付着強度 (N/mm ²)						
基準値 (N/mm ²)	破壊面の位置						
	判定	良・否	良・否	良・否			合・否
	表面被覆工施工日						

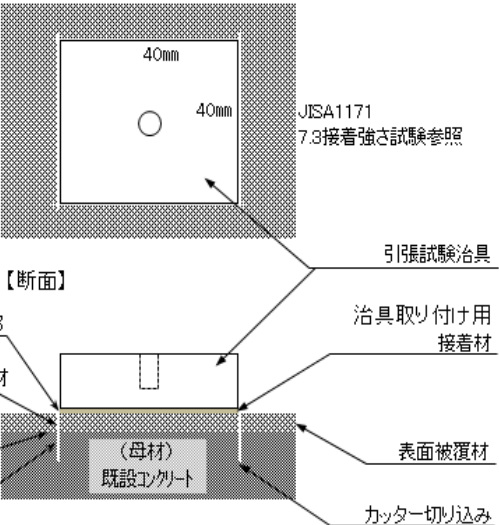
(特記事項)

(試験箇所)

【展開】



【平面】



※基準値の欄は、施工管理項目等参考例などを参考に判定基準値を記載する。

【参 考】

施工管理記録(表面被覆工法)

施工年月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注者名： 測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高℃最低℃		
	[湿度]：%		[測定年月日]： 令和 年 月 日		
施工 工程名	〈記入例〉 表面被覆工（〇〇系）		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
			管理結果及び処置の内容		
管理種目	管理項目		測点：（例）No. 〇～No. 〇 部位：（例）右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工環境	気温	施工中	① ℃ 時 分	① ℃ 時 分	① ℃ 時 分
			② ℃ 時 分	② ℃ 時 分	② ℃ 時 分
			③ ℃ 時 分	③ ℃ 時 分	③ ℃ 時 分
	湿度	施工中	① % 時 分	① % 時 分	① % 時 分
			② % 時 分	② % 時 分	② % 時 分
			③ % 時 分	③ % 時 分	③ % 時 分
	処置・対策内容 （換気，除湿，加温，養生等）				
	結露状況点検結果				
	施工管理	コンクリートの表面含水率（%） （表面被覆前）		%	%
塗料の配合量〔主材：硬化剤〕 （kg）		:	:	:	
練り混ぜ		攪拌機の種類	・自動式 ・ハンドミキサー	・自動式 ・ハンドミキサー	・自動式 ・ハンドミキサー
		攪拌時間	分	分	分
施工		塗布量（kg）	所要量： kg	所要量： kg	所要量： kg
			塗布量： kg	塗布量： kg	塗布量： kg
		施工厚さ	測定時期： 施工中 ・ 硬化後 mm	測定時期： 施工中 ・ 硬化後 mm	測定時期： 施工中 ・ 硬化後 mm
特記事項		安全管理等 その他			

開水路補修工事の出来形検査項目参考例 (案)

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

出来形検査の項目等参考例

工種	検査内容	規格値 (mm)	検査の対象	摘要
表面被覆工 (無機系)	被覆厚さ	側壁 －0mm 底版 －0mm	被覆厚さについては施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。 1箇所につき、左右壁及び底版の計3点を測定する。	原則として実測、場合により施工管理記録による。
	面積	施工面積≧設計面積		
表面被覆工 (有機系)	被覆厚さ	側壁 －0mm 底版 －0mm		
	面積	施工面積≧設計面積		
表面被覆工 (シート工法)	保護モルタルの厚さ	側壁 －0mm 底版 －0mm		
	面積	施工面積≧設計面積		
表面被覆工 (パネル工法)	側壁高さ	－25mm	側壁高さ、幅については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。 側壁高さは1箇所につき、左右側壁2点を測定する。 幅は1箇所につき、左右側壁天端及び底版の幅を測定する。	
	幅	－25mm		
	アンカー打設数	設計本数以上		
	面積	施工面積≧設計面積		

工種	検査内容	規格値 (mm)	検査の対象	摘要
断面修復工 (左官工法)	長さ	－0mm	長さ、幅、厚さについては施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。	
	幅	－0mm		
	厚さ	－0mm		
	面積	施工面積≧設計面積		
ひび割れ 注入工	延長	－0mm	延長については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。	原則として実測、場合により施工管理記録による。
ひび割れ 充填工	延長	－0mm	延長、溝はつり幅については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。	
	溝はつり幅	－0mm		
目地補修工 (目地充填工法)	延長	－0mm	延長、切削幅については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。 切削幅は、1箇所につき、左右側壁中央付近及び底版中央付近の計3箇所を測定する。	
	切削幅	－0mm		
目地補修工 (目地被覆工法)	延長	－0mm	延長、幅については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。 幅は、1箇所につき、左右側壁中間付近及び底版中央付近の計3箇所を測定する。	
	幅	－0mm		
	アンカー打設数	設計本数以上		
目地補修工 (成型ゴム挿入工法)	延長	－0mm	延長、切削幅については施工延長概ね100～200mごとに1箇所測定するものとする。 ただし、施工延長100m未満は2箇所測定する。 切削幅は1箇所につき、左右側壁中央付近及び底版中央付近の計3箇所を測定する。	
	切削幅	+0mm		

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】

【参考資料編】

令和5年 3月

農林水産省農村振興局整備部設計課

1. 変状要因の推定のための詳細調査	- 1 -
1.1. 構造耐力に関する調査	- 1 -
1.1.1. 変状発生要因調査計画の策定	- 4 -
1.1.2. 変状発生要因調査	- 4 -
1.1.3. 対策範囲設定調査	- 15 -
1.1.4. 詳細調査に当たっての留意点	- 16 -
2. 変状発生要因を踏まえた対策工選定	- 17 -
2.1. 初期欠陥に応じた対策工法の選定	- 17 -
2.1.1. 初期ひび割れ	- 18 -
2.1.2. 豆板	- 20 -
2.1.3. コールドジョイント	- 21 -
2.1.4. 鉄筋のかぶり不足（鉄筋露出）	- 22 -
2.2. 劣化機構に応じた対策工法の選定	- 23 -
2.2.1. 摩耗	- 24 -
2.2.2. 凍害	- 28 -
2.2.3. アルカリシリカ反応	- 31 -
2.2.4. 化学的侵食	- 34 -
2.2.5. 中性化	- 37 -
2.2.6. 塩害	- 44 -
2.3. 損傷に応じた対策工法の選定	- 47 -
2.3.1. コンクリート部材の損傷	- 48 -
2.3.2. 目地部の損傷	- 50 -

1. 変状要因の推定のための詳細調査

1.1. 構造耐力に関する調査

構造耐力に関する調査は、「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）変状発生要因調査項目の設定

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。

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。

採取位置は、1 地点当たり側壁・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、電磁波レーダ法若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。

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。

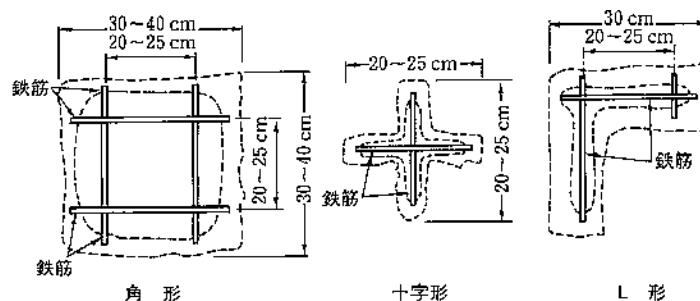


図 1.1-1 コンクリートのはつり方例

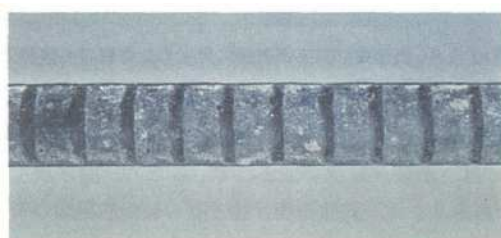
鉄筋腐食状況の評価にあたっては、表 1.1-1 の目視による鉄筋腐食度の区分、図 1.1-2 の鉄筋の腐食度評価に関する写真を参考にする。また、表 1.1-2 に示すとおり腐食環境と腐食生成物の錆色に関連性があることから、鉄筋の錆色にも留意し、施設の腐食環境（腐食要因）の把握に活かすものとする。

表 1.1-1 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

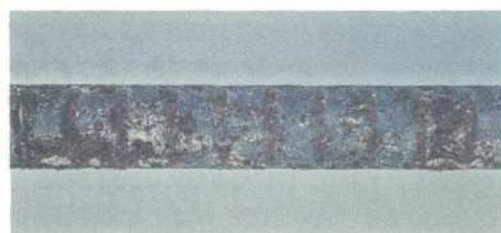
※（ ）中は「日本コンクリート工学会：海洋コンクリート構造物による防食指針（案）による分類」より



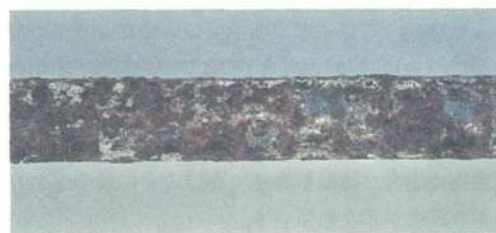
腐食度区分：腐食なし又は0



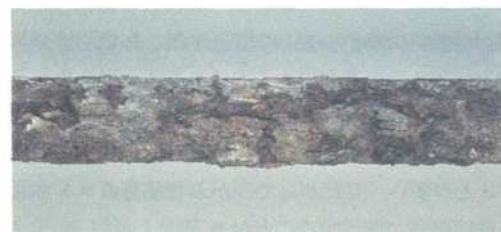
腐食度区分：A 又は I



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 1.1-2 鉄筋の腐食度評価に関する参考写真¹⁾

¹⁾ 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 1.1-2 腐食環境と腐食生成物の錆色²⁾

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

(2) 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。なお、共通調査の内容については、「農業水利施設の長寿命化のための手引き (H27.11) 農水省」を参照のこと。

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、施工時若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 1.1-3 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 0.4 mm 未満である。しかし、初期ひび割れの中で、ひび割れ幅 1.0 mm 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 1.0 mm 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 1.0 mm 未満のひび割れからの多量の錆汁が滲み出ている場合は、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。

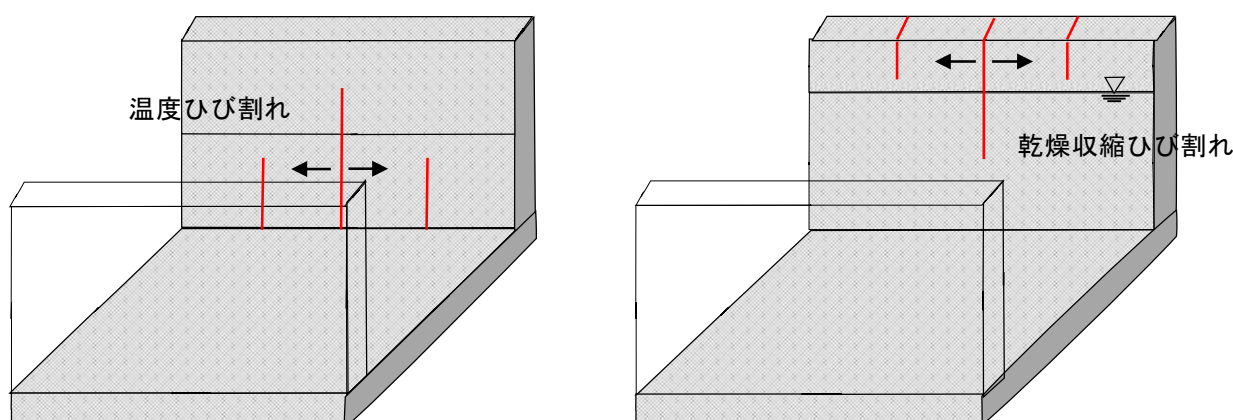


図 1.1-3 初期ひび割れの形態

²⁾ 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

（３）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。

（４）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。

1.1.1. 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。

1.1.2. 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 1.1.2-1 劣化機構に対応した調査手法の例³⁾

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（TG・DTA）※2				◎	◎	
	X線回折			○	◎	○	
	E P M A ※3	○		○	○	○	○
	走査型電子顕微鏡（SEM）			○	○		
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：TG（熱重量分析）・DTA（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。

³⁾ 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 1.1.2-2 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 1.1.2-3 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 1.1.2-4 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 1.1.2-5 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 1 mm 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 1.1.2-6 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 1.1.2-7 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 1 mm 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 10 cm 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 1.1.2-8 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 1.1.2-9 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 P M A（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 1.1.2-10 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 1.1.2-11 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 1.1.2-12 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 1.1.2-13 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 1.1.2-14 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。

1.1.3. 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。

1.1.4. 詳細調査にあたっての留意点

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等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 1.1.4-1 水利用機能、水理機能、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

2. 変状発生要因を踏まえた対策工選定

2.1. 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。

2.1.1. 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】

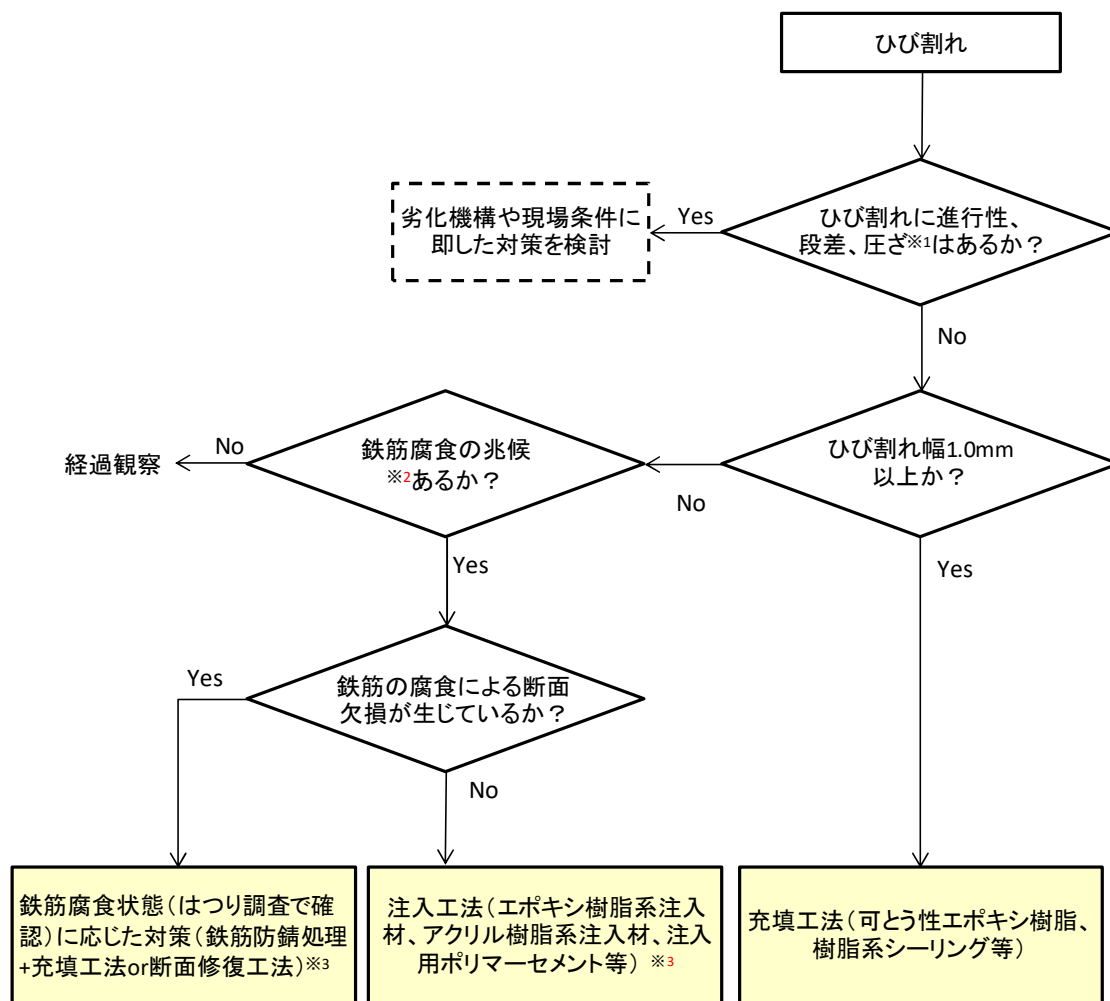
乾燥収縮ひび割れや温度ひび割れなどの初期ひび割れは、いずれも施工中又は、竣工後の早い時点でひび割れが顕在化し、数年以内に収束すると考えられる非進行性のものである。対策工法は、ひび割れ幅とひび割れの状態に応じて、図 2.1.1-1 及び図 2.1.1-2 を参照して工法選定を行う。図に示すとおり、非進行性のひび割れについては、通常は部材表面において最大幅 1.0 mm 以上のときに対策を行う。ただし、幅 1.0 mm 未満のひび割れであっても、鉄筋に沿ったひび割れの発生や錆汁のしみ出し、漏水などが観察される場合は、対策の必要性について検討を行う。また、曲げモーメントや応力集中によるひび割れが生じ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。
	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	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
		剥離剥落	

図 2.1.1-1 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 1.0 mm 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 1.0 mm 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（0.2 mm）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、0.2 mm 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 1.0 mm とした。



※1 圧ざとは、コンクリート部材が何らかの外力を受けて、曲げ圧縮破壊し、コンクリートが剥離、あるいは、浮いている状態

※2 鉄筋腐食の兆候とは、「鉄筋に沿ったひび割れ、又は浮き」、「貫通ひび割れ」、「ひび割れからの錆汁」、「ひび割れからの漏水」

※3 漏水がある場合には、必要に応じてひび割れ部の適切な処理(止水工等)を検討

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 1.0 mm 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 1.0 mm 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 1.0 mm 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、ひび割れ近傍に圧ざ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 2.1.1-2 ひび割れ（初期欠陥）に対する対策工法選定フロー(例)

2.1.2. 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3 cm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。

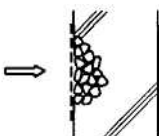
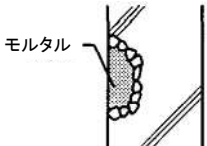
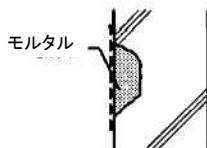
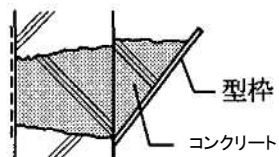
変状の度合い	変状	対策工法
I 軽微 骨材が露出しているが、剥落しない	骨材露出	①表面静寂部の除去（下地処理） + ②ポリマーセメントモルタル等の被覆 
II やや大きい 剥落する骨材がある	骨材の剥落	①表層脆弱部の除去（表層部のはつり取り） + ②ポリマーセメントペースト等の塗布 + ③ポリマーセメントモルタル等の充填 
III 大きい 鉄筋が露出するほど深い	鉄筋の露出	①豆板部の除去（豆板部全体のはつり取り） + ②ポリマーセメントモルタル充填等 + ③充填後の表層部にポリマーセメントペースト等塗布 
IV 極めて大きい 骨材を叩くと連続的に剥落する	鉄筋の露出 剥離・剥落	①豆板部の除去（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 2.1.2-1 豆板についての対策工法選定図（例）

2.1.3. 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2.1.3-1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。

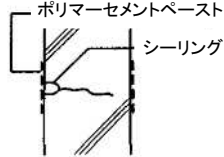
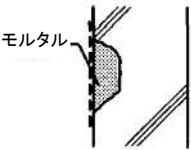
変状の度合い	変状	対策工法
Ⅰ 軽微 コールドジョイントは見られるが、縁切れがはっきり認められない	コールドジョイント	ポリマーセメントモルタル等の塗布 
Ⅱ やや大きい 縁切れが認められる	コールドジョイント	①縁切れ部の表面をUカット又はVカット + ②シーリング材充填 + ③可とう性ポリマーセメントペースト等の塗布 
Ⅲ 大きい 豆板も認められる	コールドジョイント 骨材露出等	①豆板の除去及び縁切れ部の表面をUカット又はVカット + ②無収縮モルタルグラウト等 + ③充填後の表層部にポリマーセメントペースト等塗布 ※充填性が懸念される場合は、断面修復工法を選択する。 

図 2.1.3-1 コールドジョイントについての対策工法選定図（例）

2.1.4. 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 10 mm 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程度を考慮して対策の可否を判断する。

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。

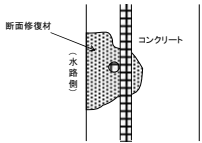
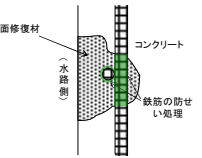
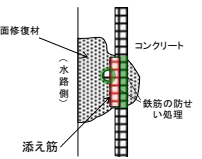
変状の度合い	変状	対策工法
I 軽微 鉄筋が露出しているが腐食は生じていない	鉄筋露出	鉄筋部の断面修復及びかぶりコンクリート打設（表面被覆） ※かぶりが不足する場合は、ポリマーセメントモルタル等により、かぶり厚を確保する。 
II やや大きい 鉄筋が露出し、鉄筋に浮き錆等が認められる	鉄筋露出 浮き錆等	①鉄筋の錆の除去 + ②防錆材塗布 + ③鉄筋部の断面修復及びかぶりコンクリート打設（表面被覆） ※かぶりが不足する場合は、ポリマーセメントモルタル等により、かぶり厚を確保する。 
III 大きい 露出した鉄筋の腐食が進行し、断面が欠損している	鉄筋露出 断面欠損	①鉄筋の錆の除去 + ②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 2.1.4-1 鉄筋露出についての対策工法選定図（例）

2.2. 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。

2.2.1. 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は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

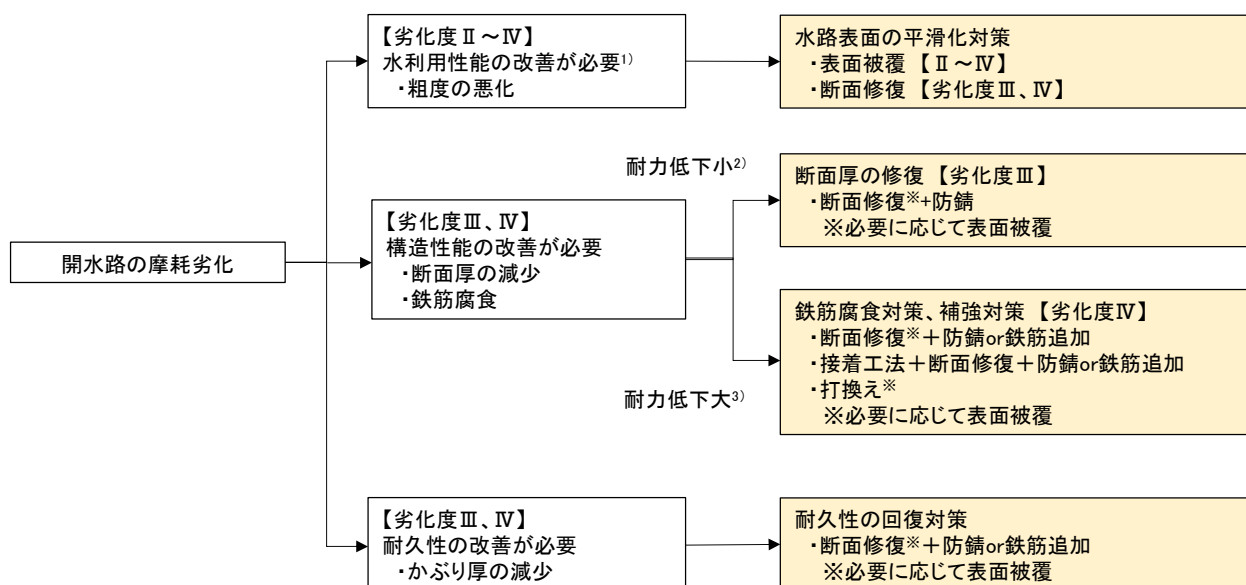
劣化過程、 外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 摩耗を生じやすい水 理条件にあるが、目 立った摩耗は生じて いない	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮 断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
II 進展期 コンクリート表面・モル タル部分の摩耗が生 じている	表面のモ ルタル部 分が摩耗	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮 断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
III 加速期 粗骨材が露出する状 態	粗骨材が 露出	遮 断	○	表面被覆	表面の摩耗抑制
			△	ひび割れ 補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
		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
		改 善	◎	接着	鋼板接着等の補強材料による強度確保
			○	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 2. 2. 1-1 摩耗による劣化についての対策工法選定図（例）

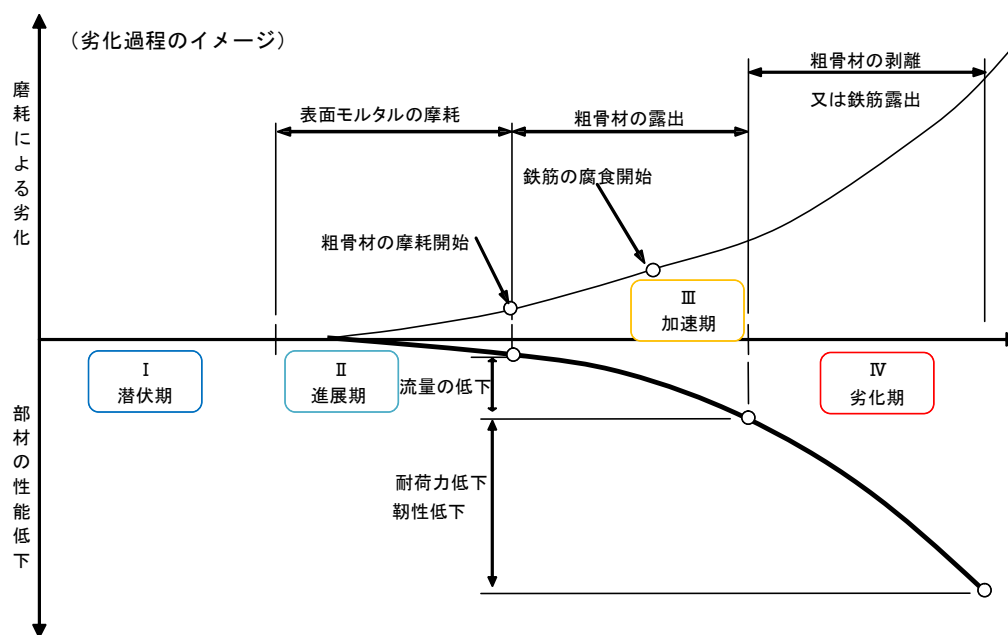
表 2.2.1-1 摩耗による劣化についての対策工法選定上の留意点

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、長寿命化対策の可否を判断する。	【構造機能に与える影響】 ・鉄筋腐食による耐荷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、耐荷力が低下するため、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、耐荷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荷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、長寿命化対策の可否を判断する。
- 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荷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、耐荷力が低下する。
- 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、耐荷力が一層低下する。

図 2.2.1-2 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 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)」
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」	—	—	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 2.2.1-3 摩耗の劣化過程

2.2.2. 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

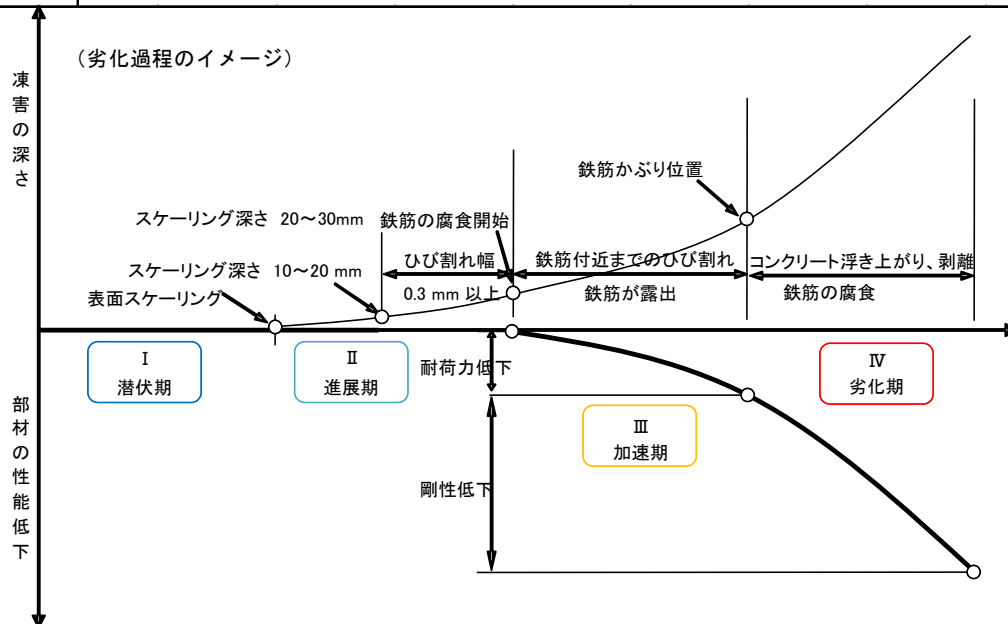
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生するまでの期間。 外観上の変状が見られない。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	△	表面含浸	表面からの水分侵入抑制
			△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
II 進展期 スケーリング、微細ひび割れ、ポップアウトが発生し、骨材が露出するまでの期間。	水分の滲出	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
	スケーリング		△	ひび割れ補修	ひび割れからの水分侵入防止
	微細ひび割れ	除去	○	断面補修	スケーリングやポップアウト部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	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
	ポップアウト		○	接着	鋼板接着等の補強材料による強度確保
	剥落		○	打換え	劣化部材のコンクリート打換え
	鉄筋露出・腐食				

※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 2.2.2-1 凍害による劣化についての対策工法選定図（例）

表 2.2.2-1 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/mm²未満、底版平均1.0N/mm²（個々の値は0.85N/mm²）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)	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 2.2.2-2 凍害の劣化過程

2.2.3. 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、耐荷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

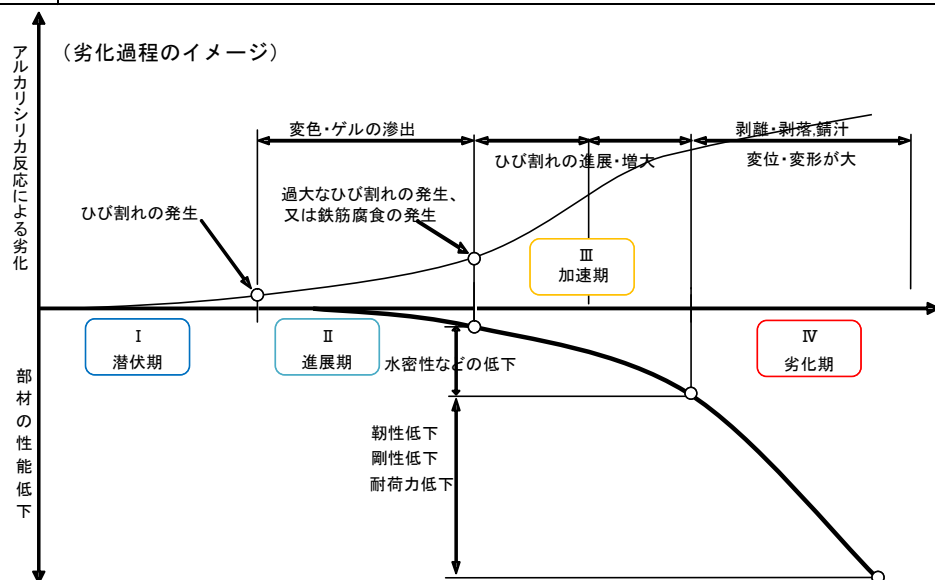
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生していない期間。 外観上の変状が見られない。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
		抑制	△	接着・増設	FRP、鋼板接着等によるASR膨張の拘束等
			△	表面含浸	リチウム系化合物の表面含浸によるASR膨張の抑制
		除去	○	表面含浸	コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理
II 進展期 水分とアルカリ供給下において膨張が継続的に進行し、ひび割れが発生するが鉄筋腐食がない期間。	ひび割れ 変色、ゲル滲出	遮断	△	表面被覆	表面からの水分侵入防止
		抑制	△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
			△	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
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
		抑制	△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
			△	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
		遮断	△	ひび割れ補修	ひび割れからの腐食性物質侵入防止
			◎	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
			○	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 2.2.3-1 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 2.2.3-1 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		
IV 劣化期		・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。
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可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)」	* 状態Ⅲ(加速期)以降は、錆汁による景観悪化も発生 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 2.2.3-2 アルカリシリカ反応の劣化過程

2.2.4. 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

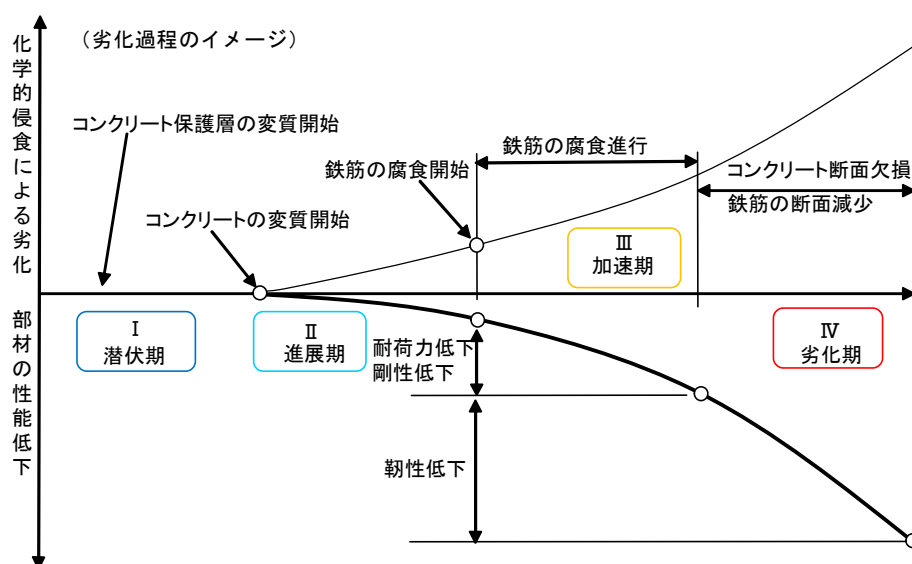
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法
I 潜伏期 劣化が顕在化しない期間	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する 遮断 ○ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵入防止
II 進展期 コンクリートにひび割れが発生するまでの期間、あるいは骨材が露出し、剥がれ始めるまでの期間	ひび割れ 表面劣化	遮断 ◎ 表面被覆 表面からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 △ ひび割れ補修 ひび割れ部からの硫酸等の侵食性物質の侵入防止 除去 ○ 断面修復 劣化部分の除去を目的とした断面修復
III 加速期 コンクリートの侵食深さが増大し、劣化因子が鉄筋位置に達して鉄筋腐食が開始するまでの期間	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 2. 2. 4-1 化学的侵食による劣化についての対策工法選定図（例）

表 2.2.4-1 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 」			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)」	
状態 IV (劣化期)					

* 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 2.2.4-2 化学的侵食の劣化過程

2.2.5. 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。

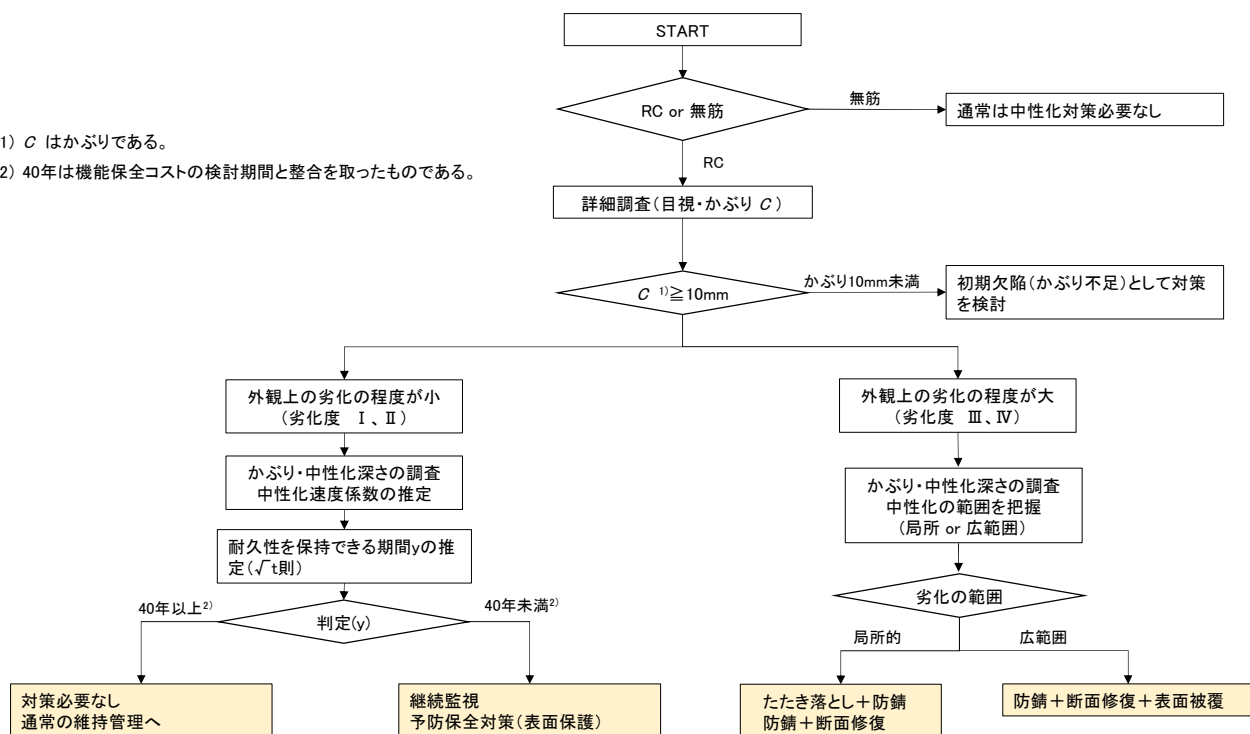


図 2. 2. 5-1 中性化についての対策工法選定フロー

中性化による劣化の対策工法選定図

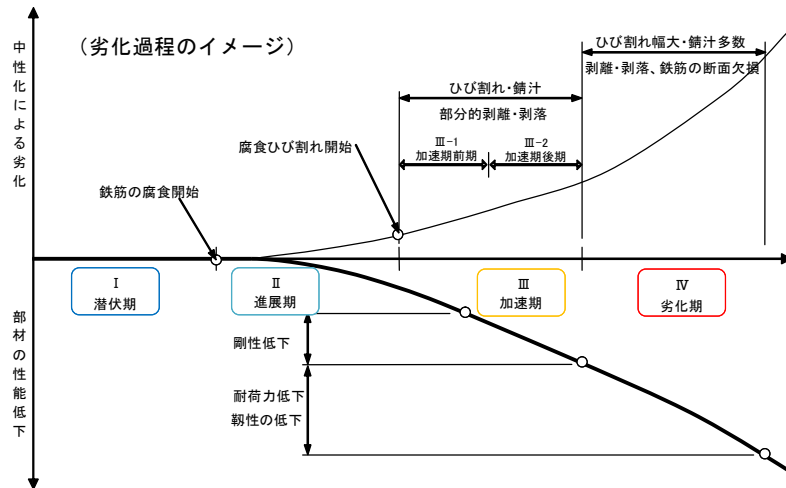
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法																																
I 潜伏期 中性化深さが腐食発生限界に到達するまでの期間 外観上の変状が見られない、中性化残りが発錆限界以上。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する <table><tr><td>遮断</td><td>○</td><td>表面被覆</td><td colspan="2">表面からのCO₂などの侵入防止</td></tr><tr><td>抑制</td><td>△</td><td>表面含浸</td><td colspan="2">鉄筋の不動態皮膜の保護(アルカリ性付与材の塗布含浸)</td></tr><tr><td>除去</td><td>△</td><td>再アルカリ化</td><td colspan="2">限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復</td></tr></table>				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)		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															
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)																															
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																															
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 錆汁	<table><tr><td rowspan="2">遮断</td><td>◎</td><td>表面被覆</td><td colspan="2">表面からのCO₂、H₂O、O₂等の腐食性物質の侵入防止</td></tr><tr><td>○</td><td>ひび割れ補修</td><td colspan="2">表面からのCO₂、H₂O、O₂等の腐食性物質の侵入防止</td></tr><tr><td>抑制</td><td>△</td><td>表面含浸</td><td colspan="2">鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)</td></tr><tr><td rowspan="2">除去</td><td>△</td><td>再アルカリ化</td><td colspan="2">限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復</td></tr><tr><td>○</td><td>断面修復</td><td colspan="2">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</td></tr></table>	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		○	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)		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		○	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										
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																														
	○	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)																															
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																															
	○	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																															
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 剥離・剥落 錆汁	<table><tr><td rowspan="2">遮断</td><td>△</td><td>表面被覆</td><td colspan="2">表面からのCO₂、H₂O、O₂等の腐食性物質の侵入防止</td></tr><tr><td>△</td><td>ひび割れ補修</td><td colspan="2">表面からのCO₂、H₂O、O₂等の腐食性物質の侵入防止</td></tr><tr><td>抑制</td><td>△</td><td>表面含浸</td><td colspan="2">鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)</td></tr><tr><td rowspan="2">除去</td><td>△</td><td>再アルカリ化</td><td colspan="2">限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復</td></tr><tr><td>◎</td><td>断面修復</td><td colspan="2">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</td></tr></table>	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		△	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)		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		◎	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										
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																														
	△	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)																															
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																															
	◎	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																															
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 剥離・剥落 錆汁 鉄筋断面欠損 変形・たわみ	<table><tr><td rowspan="2">遮断</td><td>△</td><td>表面被覆</td><td colspan="2">剥落防止</td></tr><tr><td>△</td><td>ひび割れ補修</td><td colspan="2">表面からのCO₂、H₂O、O₂等の腐食性物質の侵入防止</td></tr><tr><td>抑制</td><td>△</td><td>表面含浸</td><td colspan="2">鉄筋の不動態皮膜の再生(アルカリ性付与材の塗布含浸)</td></tr><tr><td rowspan="2">除去</td><td>△</td><td>再アルカリ化</td><td colspan="2">限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復</td></tr><tr><td>◎</td><td>断面修復</td><td colspan="2">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</td></tr><tr><td rowspan="2">改善</td><td>○</td><td>接着・増厚</td><td colspan="2">鋼板接着等の補強材料による強度確保</td></tr><tr><td>○</td><td>打換え</td><td colspan="2">劣化した部材のコンクリート打換え</td></tr></table>	遮断	△	表面被覆	剥落防止		△	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)		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		◎	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		○	打換え	劣化した部材のコンクリート打換え	
遮断	△	表面被覆		剥落防止																														
	△	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)																															
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																															
	◎	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																															
	○	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 2.2.5-2 中性化による劣化についての対策工法選定図 (例)

表 2.2.5-1 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 2.2.5-3 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。

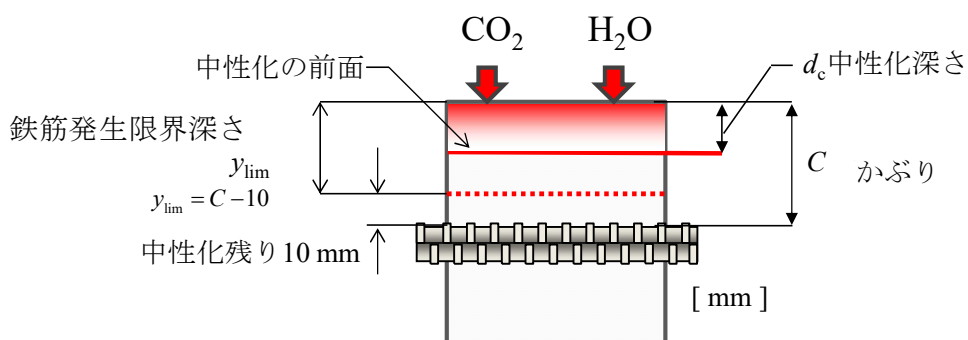


図 2. 2. 5-4 中性化深さと鉄筋発生限界深さの関係

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 10 mm、塩化物が存在する環境では 10～25 mm 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の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。

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。

開水路は線の構造物であるため、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）。

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）

施設機能調査のグルーピングの水路区間長は1～2 km程度と想定される。水路スパン間隔を10 m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。

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。最近はポー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。

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 1 m 以下の間隔（スパン長が 10 m 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 2. 2. 5-5 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、水中のみで比較的モーメントが大き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 1 m 程度の高さ）を計測すれば良い。

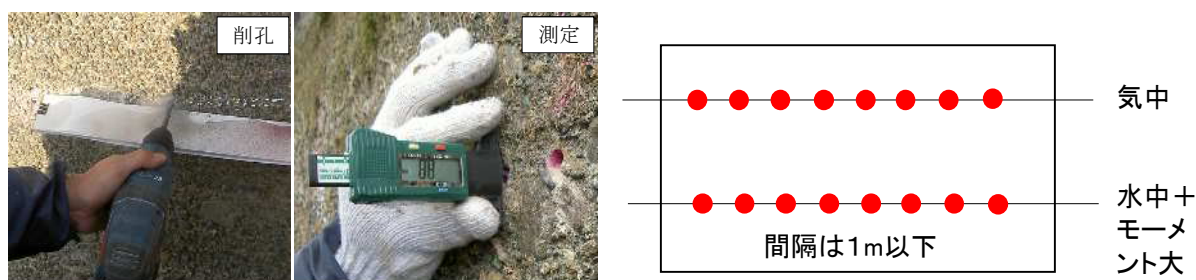


図 2. 2. 5-5 ドリル法の測定イメージ

2.2.6. 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

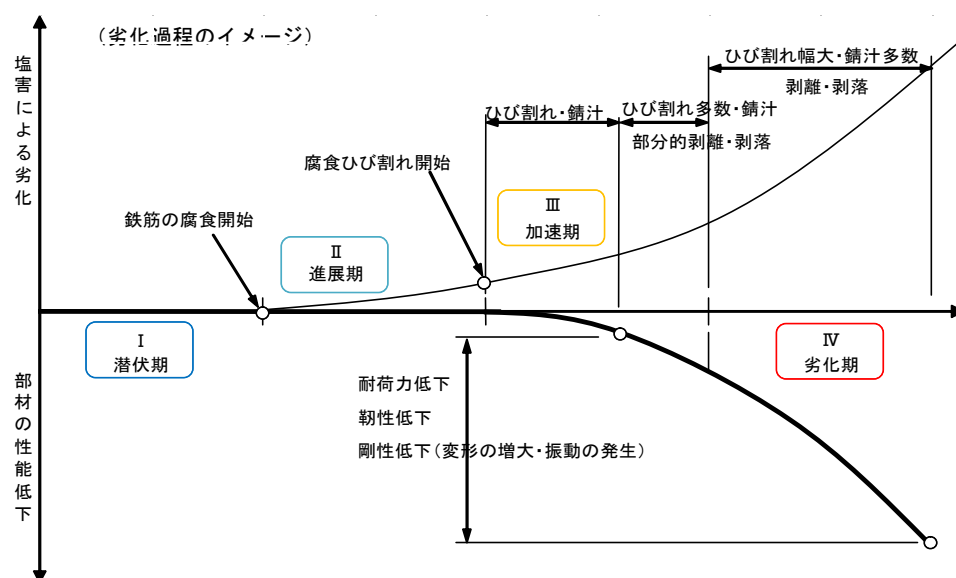
劣化過程・外観上のグレード	変状	性能別工法			
I 潜伏期 鉄筋の腐食が開始するまでの期間。 外観上の変状がみられない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下。	なし	原則として継続監視 ※ただし、必要に応じて以下の対策を実施する			
		遮断	○	表面被覆	表面からの塩化物イオン、 O_2 などの侵入防止
			△	ひび割れ補修	曲げ・乾燥収縮等によるひび割れからの H_2O 、 O_2 などの侵入防止
		抑制	○	電気防食	塩害による鉄筋腐食のおそれがある部位の予防保全
II 進展期 鉄筋の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間。 外観上の変状がみられない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以上、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_2O 、 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_2O 、 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_2O 、 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
			◎	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
	鉄筋断面減少	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
	変形・たわみ				

※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 2.2.6-1 塩害による劣化についての対策工法選定図（例）

表 2.2.6-1 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、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「 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 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 2.2.6-2 塩害の劣化過程

2.3. 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理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。

2.3.1. 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。

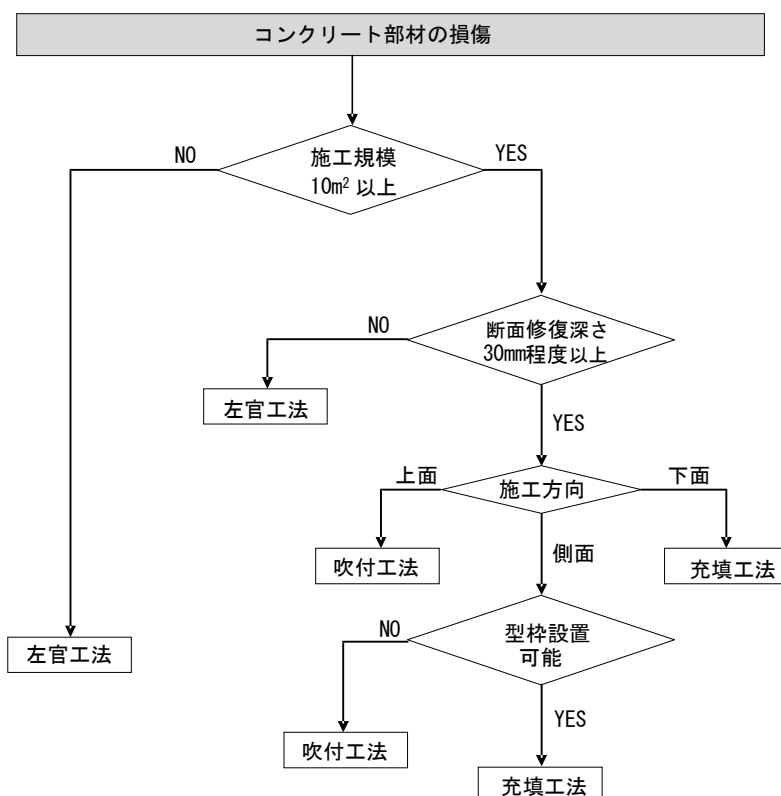
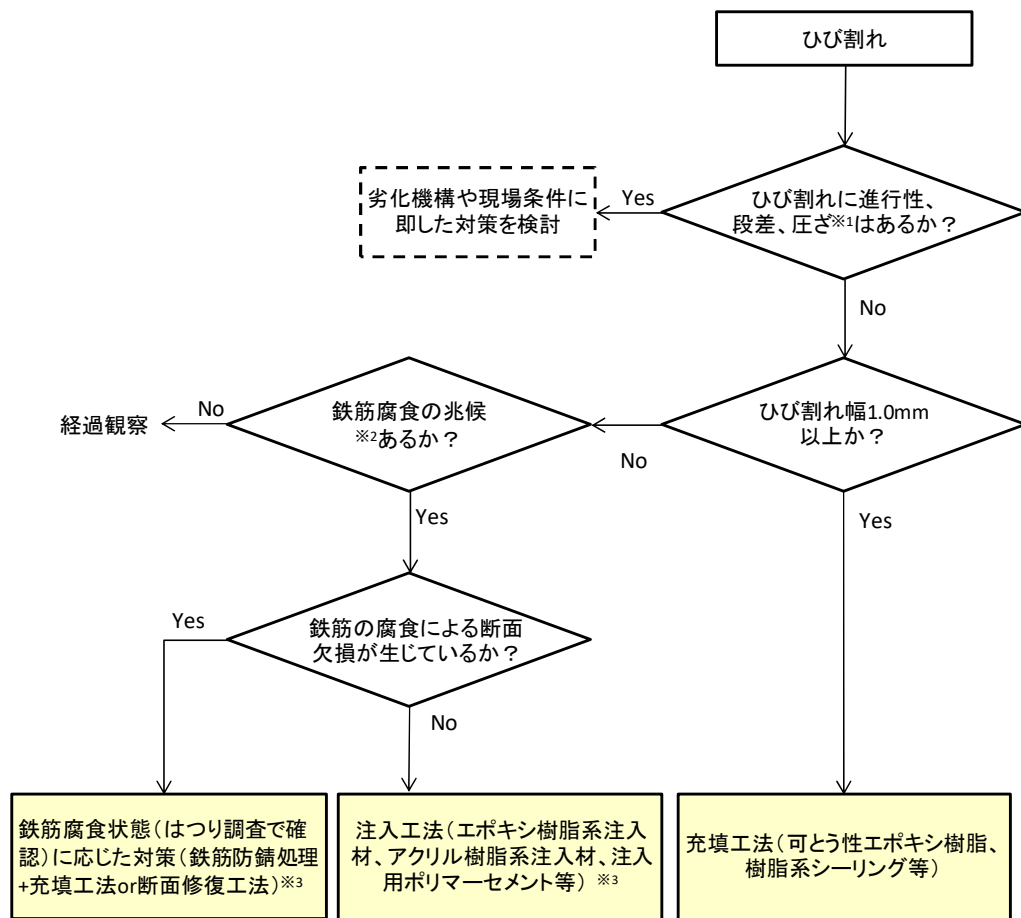


図 2.3.1-1 コンクリート部材の損傷に対する対策工法選定例



※1 圧ざとは、コンクリート部材が何らかの外力を受けて、曲げ圧縮破壊し、コンクリートが剥離、あるいは、浮いている状態

※2 鉄筋腐食の兆候とは、「鉄筋に沿ったひび割れ、又は浮き」、「貫通ひび割れ」、「ひび割れからの錆汁」、「ひび割れからの漏水」

※3 漏水がある場合には、必要に応じてひび割れ部の適切な処理（止水工等）を検討

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 1.0 mm 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 1.0 mm 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 1.0 mm 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、ひび割れ近傍に圧ざ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 2.3.1-2 ひび割れ（損傷）に対する対策工法選定フロー(例)

2.3.2. 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。

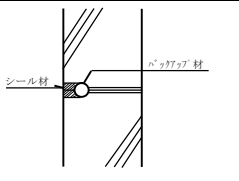
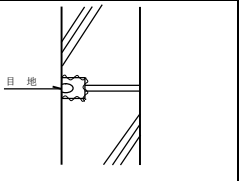
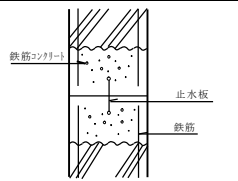
また、安易に目地からの漏水を止水すると、躯体に浮力が生じる可能性がある。このため、背面水の排水不良がある場合は、目地補修の前に排水機能を改善又は回復させる必要がある。

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。

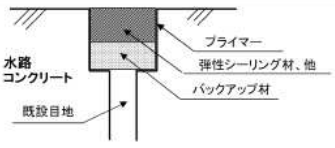
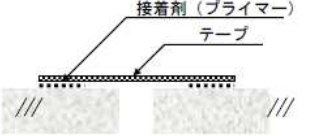
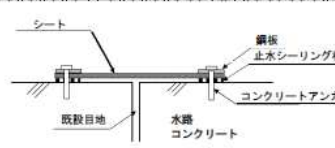
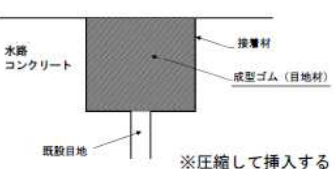
表 2.3.2-1 従来の目地補修工法（例）

	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（止水板）
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 2.3.2-2 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。（２．３．１ コンクリート部の損傷 参照）