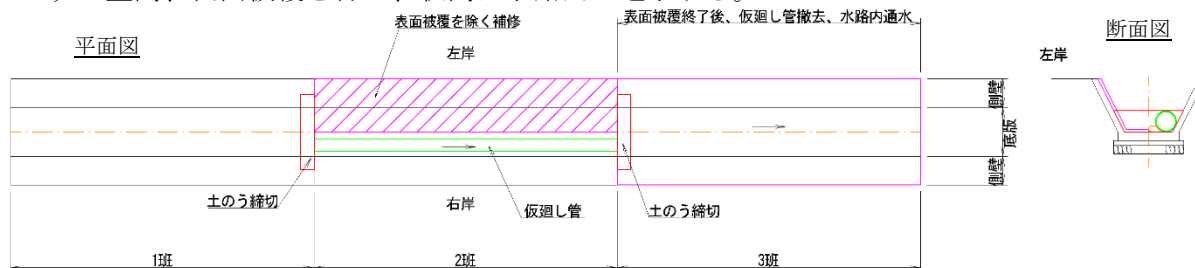


STEP4 (2班 左岸施工 3班 表面被覆)

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。

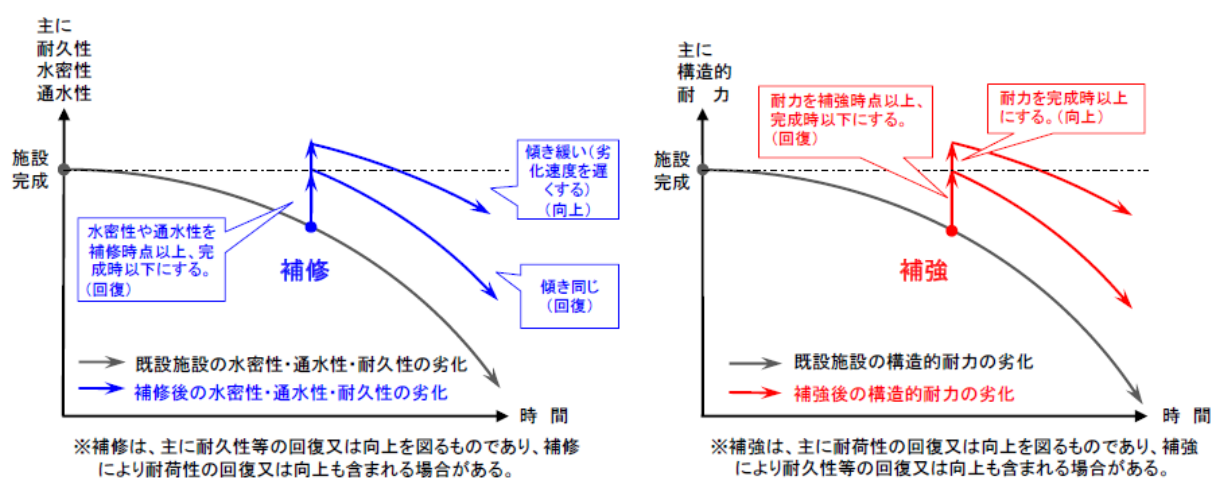


図 4.1.1-1 補修・補強の概念（農業水利施設）

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。

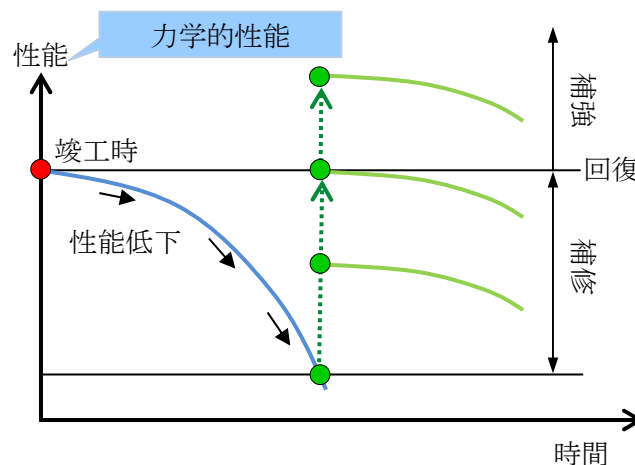


図 4.1.1-2 補修と補強の概念⁵⁾

【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。

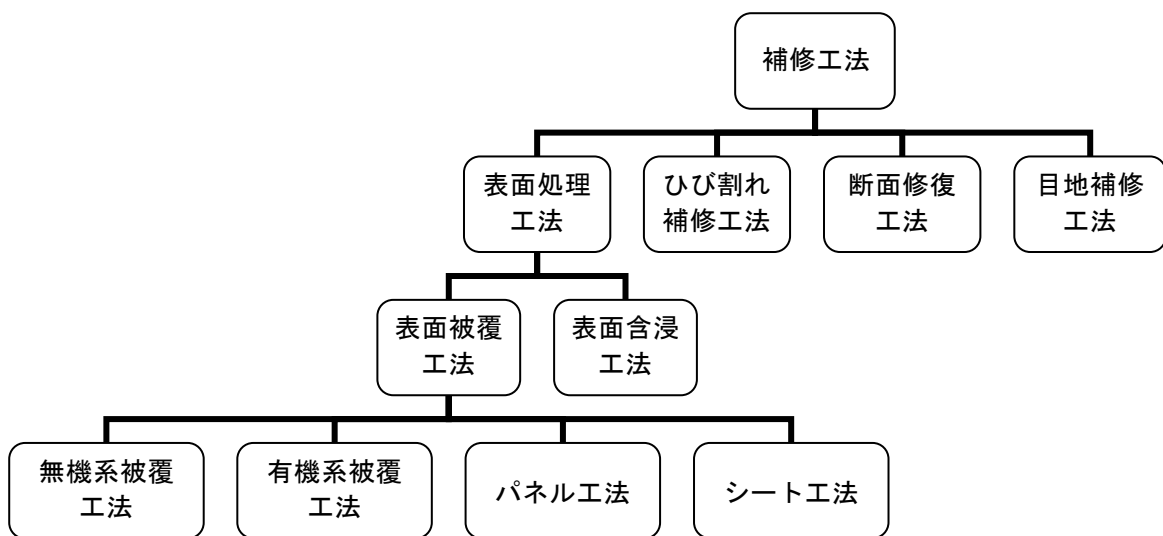


図 4.1.2-1 補修工法の分類

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。

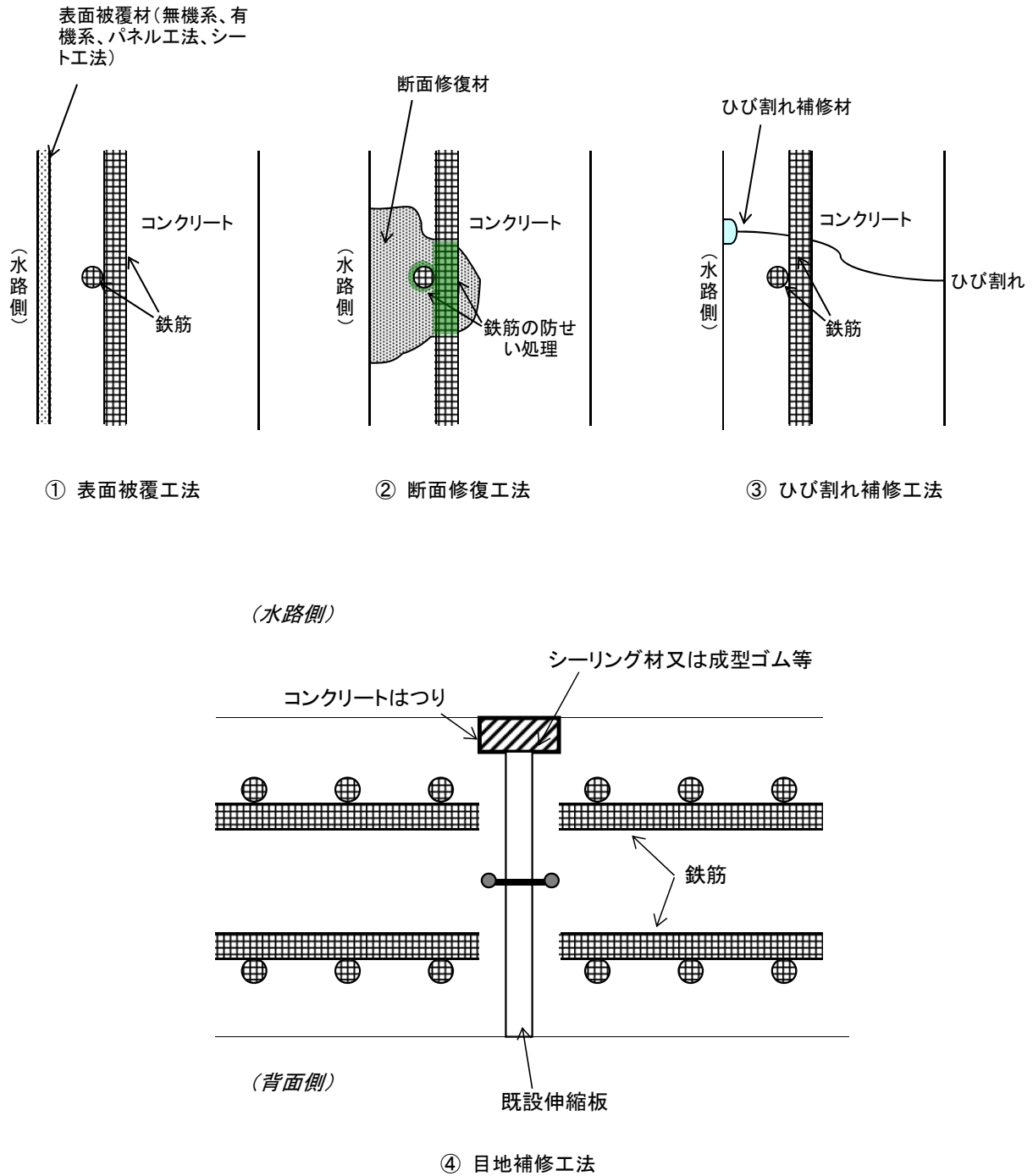
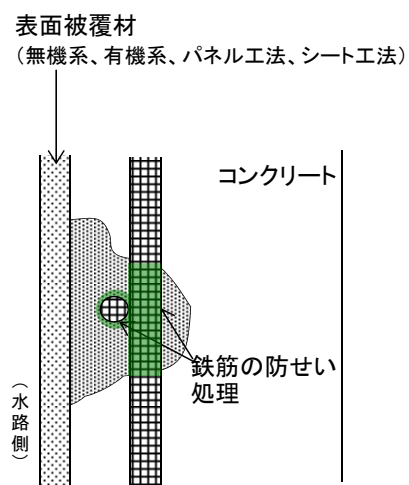
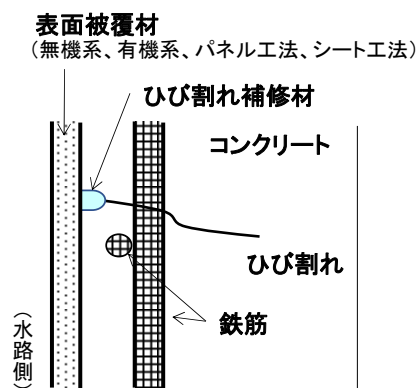


図 4.1.2-2 各種補修工法の概念図(単独での施工例)

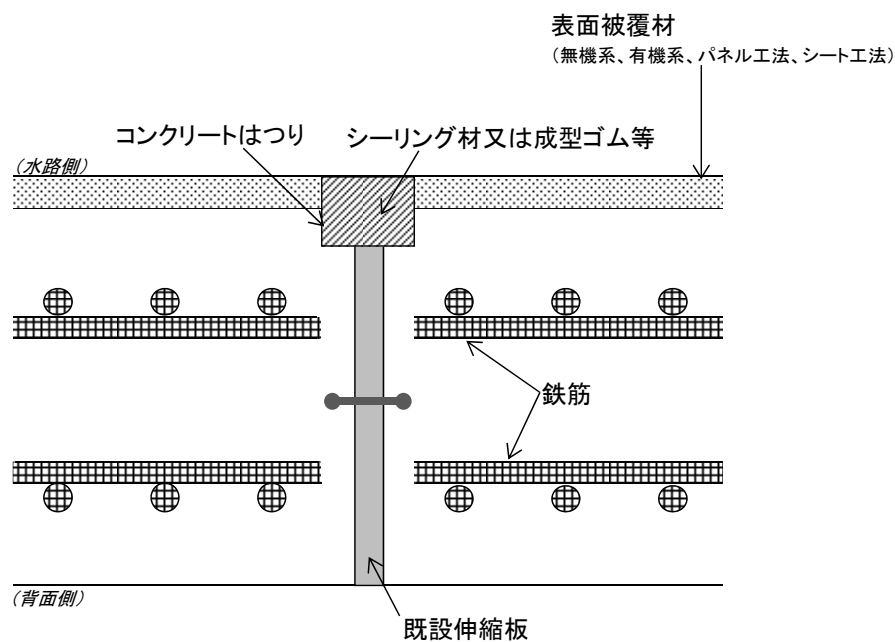
補修工法を併用して施工する場合の模式断面図を図 4. 1. 2-3 に例示する。



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。

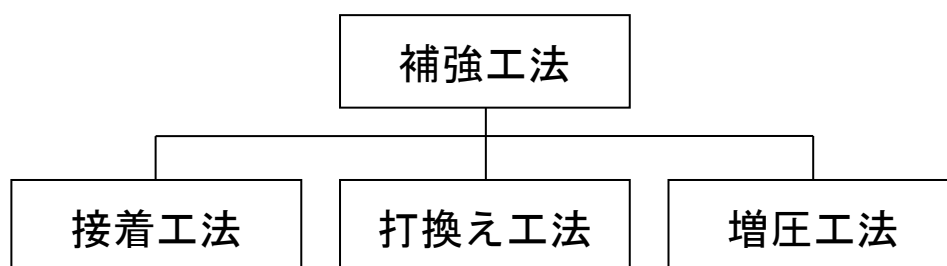


図 4.1.3-1 補強工法の分類

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及び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可能性がある。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

抛として、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)

$$5 \text{ mm} = A \sqrt{20 \text{ 年}}$$

$$A = 5 / \sqrt{20}$$

$$= 1.118 \div 1.1 \text{ mm} / \sqrt{\text{年}}$$

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)日本ウェ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、上野和弘、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

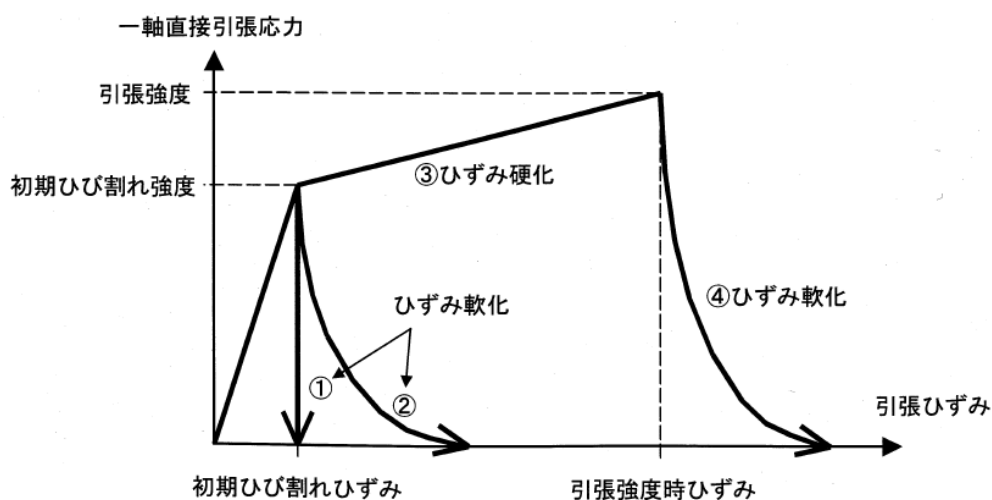
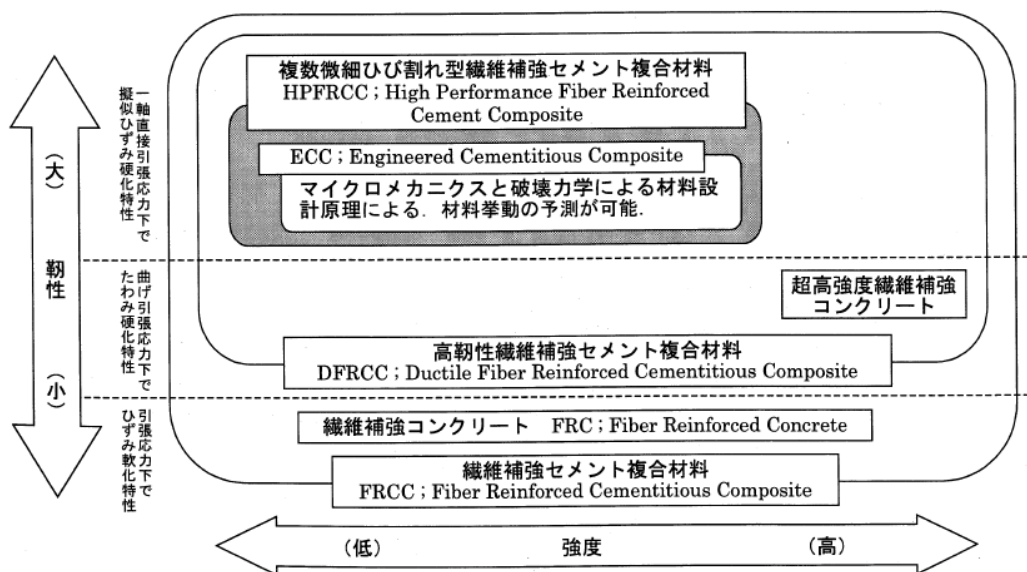


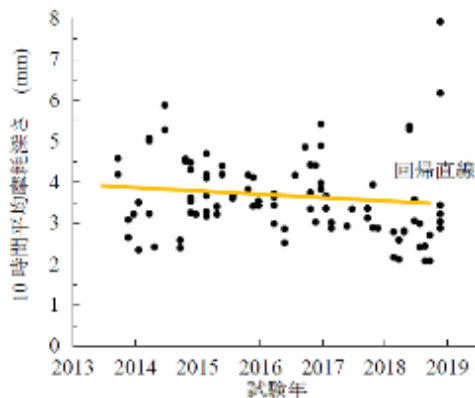
図 4. 2. 2-1 HPFRCC の分類及び材料特性表¹⁵⁾

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

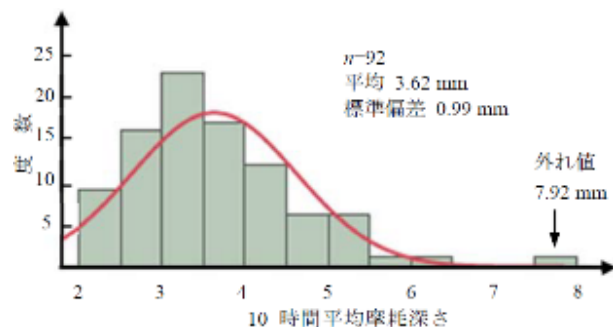
【参考】耐摩耗性の合否判定のばらつきの改善について

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。

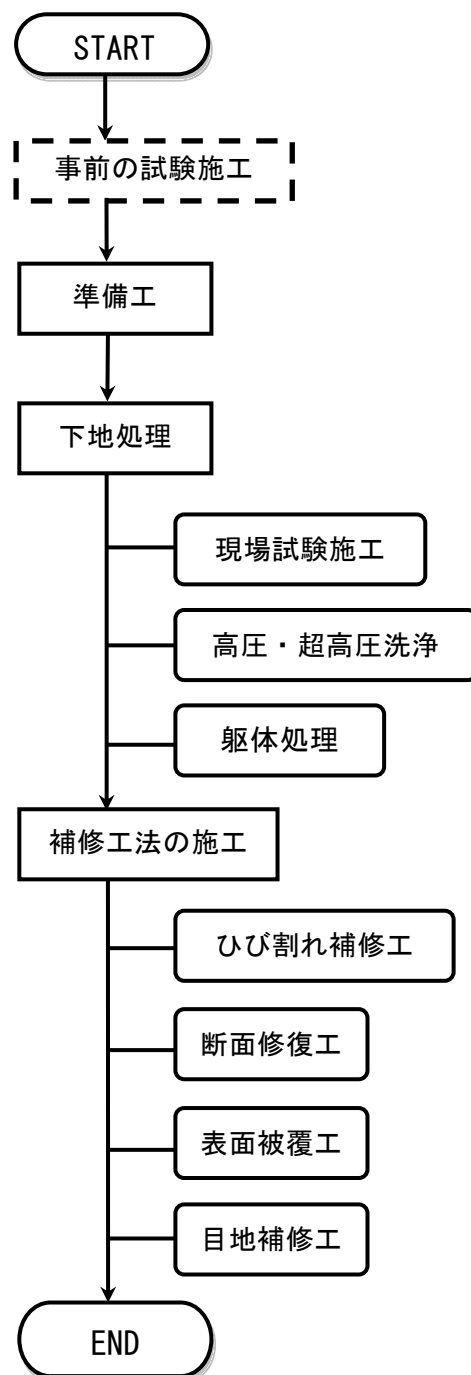


図 4.3-1 開水路補修の手順例

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	既設水路駆体の表面状態確認 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場合が多く、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シ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	
	一体化性	圧縮強度	JSCE-K 561 (28 日間養生)		21.0 N/mm ² 以上
個別的 性能	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。