

第4章 補修の要求性能及び材料・工法の品質規格

4.1 補修に求められる性能

(1) 要求性能

補修に際しては、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。

鋼矢板水路の主に腐食による劣化に対する耐久性の回復又は向上を目的として補修を行う場合の補修には、以下に示す性能が求められる。

1) 鋼矢板水路の構造機能に関する性能

- ①耐腐食性
- ②中性化抑止性
- ③耐候性
- ④付着性
- ⑤一体化性
- ⑥耐衝撃性
- ⑦耐凍害性

2) 鋼矢板水路の水力機能に関する性能

- ①通水性

(2) 要求性能の分類

要求性能は、標準的な工事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などにより個々の工事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】

(1) 要求性能

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耐用期間、求められる性能を維持することができるか事前に照査したうえ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。

鋼矢板水路の補修工事における適用事例等を踏まえ、本図書に鋼矢板水路の耐久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「4.1.1 要求性能の特徴」に示す。

本図書に示す要求性能は、鋼矢板水路の主に腐食による劣化に対して補修を行う場合に求められる性能である。海水（塩分）の影響を受ける環境に起因する腐食に対する補

修は対象としていないが、変状の程度、補修の目的等を勘案のうえ検討し、準用することは妨げない。

(2) 要求性能の分類

補修の要求性能のうち、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 4.1-1 参照）

基本的性能は、鋼矢板水路の補修工事に標準的に求められる性能である。一方、個別的性能は、工法や地区の特性などに応じて個々の工事ごとに求められる性能である。

個別的性能の例としては、寒冷地におけるパネル被覆工法の耐凍害性、同一断面で計画通水量が増加となる場合の通水性などがあり、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 4.1-1 本図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（○）：標準的な工事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などにより個々の工事ごとに求められる性能。当該工法に求めない性能（－）

要求性能項目	有機系被覆工法	パネル被覆工法	
		コンクリートパネル材使用	樹脂パネル材使用
構造機能	耐腐食性	○	
	中性化抑止性	－	○
	耐候性	○	○
	付着性	○	－
	一体化性	－	○
	耐衝撃性	○	
機水能理	耐凍害性		□
	通水性	□	□

※照査方法が未確立であり、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項目は空欄としている。

4.1.1 要求性能の特徴

(1) 構造機能

1) 耐腐食性

水や酸素など腐食因子の鋼材への侵入に対する抵抗性。

【解説】

鋼矢板水路の干満帯付近では、鋼矢板の接する周辺環境（水・酸素など）の影響を受けて腐食が進行する。腐食が進行すると健全な鋼材が消耗され腐食生成物（さび）が生じ、構造耐力の低下などを引き起こす。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、酸素や水など腐食因子の鋼材への侵入を抑制することが求められる。

2) 中性化抑止性

中性化の原因である二酸化炭素の侵入を抑制する性能。

【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鋼材位置付近に達することにより鋼材腐食が発生する。鋼材腐食が進行するとパネル被覆工法の裏込めコンクリートのひび割れや分離などを引き起こす。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、中性化の原因となる二酸化炭素の侵入を抑制することにより部材の中性化進行を抑制することが求められる。

3) 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鋼矢板水路を補修すると、有機系補修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、効果が期待される耐用期間、紫外線や温度による品質変化が小さく、有害な膨れ、ひび割れ、剥がれ等が生じないことが求められる。

4) 付着性

補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能。

【解説】

有機系被覆工法によって形成される被膜等は、鋼矢板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。鋼矢板水路は一般に屋外にあり、日常的な水位変動による乾湿の繰返し、また、年間を通じた気候変動による温冷の繰返しが作用する。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、そのような環境条件下で鋼矢板に付着することが求められる。

5) 一体化性

補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能、また樹脂パネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂や分離が生じない性能。

【解 説】

パネル被覆工法を採用する場合、既設鋼矢板にパネル材と裏込めコンクリートが接続されることになり、荷重の作用条件が変化する。

よってパネル被覆工法は、補修の効果が期待される耐用期間、対策工法による自重の増加後も分離や耐久性に影響を与えるひび割れを生じることなく、既設鋼矢板に安定的に保持することが求められる。

また、樹脂パネル材を使用するパネル被覆工法では、裏込めコンクリートとパネル材の熱膨張係数が大きく異なる場合、その特性から熱膨張によりパネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂が生じる可能性がある。

よって、樹脂パネル材には、コンクリートと同等の熱膨張係数を有するパネル材を使用し、亀裂や分離を生じさせないことが求められる。

なお、既設鋼矢板と補修材の一体化により、腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制すること、また、裏込めコンクリートによる強アルカリ環境に維持されることにより既設鋼矢板の防食が図られるため、本性能は補修工法の耐腐食性を担保する性能であるとも言える。

6) 耐衝撃性

補修後の補修材が流下物等の衝撃を受けても破壊されにくい性能。

【解 説】

鋼矢板水路は、水路の立地条件や洪水の流下から、市街地等でのごみの掃流や、小規模な礫、転石等が流下し、これらが水路面に衝突することも想定される。

よって補修には、効果が期待される耐用期間中、流下物等の衝突に対して過度な損傷がないことが求められる。

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。

よって寒冷地においてコンクリートパネル被覆工法を使用する場合には、補修の効果が期待される耐用期間、コンクリートパネル材が凍結融解作用の繰り返しで劣化しないことが求められる。

(2) 水理機能

1) 通水性

計画最大通水量を安全に流下させる性能。

【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ために重要であり、鋼矢板水路は補修後、その効果が期待される耐用期間、計画最大通水量を安全に流下させることが求められる。

有機系被覆工法やパネル被覆工法を採用する場合、補修後の通水断面が縮小されるものの、一般的に既設の鋼矢板より粗度係数が改善される。しかし、表面粗度の改善を期待して同一断面を利用して計画最大通水量を増加させる場合等もあるため、設計段階において、施設ごと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）の有無などの施設条件などを考慮し、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。

4.1.2 要求性能ごとの品質規格

(1) 品質管理

施工に際して補修の性能を照査するため、要求性能ごとに使用する材料・工法の品質規格を設定しなければならない。

(2) 品質管理の適合

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) 期待される耐用期間

使用する材料・工法による補修の腐食性能が期待される耐用期間は、有機系被覆工法については20年、パネル被覆工法については30年を想定している。

【解 説】

(1) 品質管理

本図書では、様々な鋼矢板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、鋼矢板水路の補修に求められる性能ごとに補修材料・工法の品質規格（照査方法及び品質規格値）を設定した。

本図書に示す品質規格は、主に腐食に対する既設鋼矢板水路の耐久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。既設鋼矢板水路の変状と要因や程度その他、補修の目的等を検討のうえ、適切に準用されたい。

(2) 品質管理の適合

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うえ、用いなければならない。工法分類ごとの品質規格を後述の表4.2-1、表4.2-3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。本図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、別途検討のうえ、必要に応じて品質規格や工法に期待される耐用期間を定め、照査を行い、工法を選定する必要がある。

(3) 期待される耐用期間

補修材料・工法は鋼矢板水路に適用されてからまだ歴史が浅く、補修の効果が期待される耐用期間はまだ実証により明らかにされてはいない。

よって本図書では、後述の表4.2-1、表4.2-3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、補修の効果が期待される耐用期間を有機系被覆工法については20年、パネル被覆工法については30年と想定している。

パネル被覆工法の期待される耐用期間は、「一般財団法人沿岸技術研究センター 港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2009年版）」に基づき、これまでの実績から30年と設定している。

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維持管理情報の蓄積によって見直しを行うものである。

4.2 補修工法別の品質規格

4.2.1 有機系被覆工法

有機系被覆工法に使用する材料・工法は、表 4.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 4.2-1 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	耐腐食性	鋼材の腐食 塗膜の変状	JIS K5600-7-9「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第9節：サイクル腐食試験方法」 (サイクルD×360サイクル)	さび、膨れ、割れ、剥がれがないこと	
	耐候性	鋼材の腐食 塗膜の変状	JIS K5600-7-7「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第7節：促進耐候性及び促進耐光性(キセノンランプ法)」 (キセノン2,000時間*1)	膨れ、割れ、剥がれがないこと	
	付着性	付着強度 塗膜の変状	JIS K5600-5-7 又は JIS H8300	標準条件 耐液体性試験後*2 耐湿潤冷熱繰返し試験後*3	付着強度 1.5N/mm ² *2 及び*3 の試験後の供試体にさび、膨れ、割れ、剥がれがないこと
	耐衝撃性	塗膜の変状	JIS K5600-5-3 (デュボン式)		割れ、剥がれがないこと

*1 補修の効果が期待される耐用期間を20年とした場合の例を示す。

*2 JIS K5600-6-2により耐液体性試験実施後(JIS K0557グレードA2、試験期間28日間)の供試体を使用する。

*3 JIS K5600-7-4により耐湿潤冷熱繰返し試験実施後(条件2:10サイクル)の供試体を用いて実施する。

【解説】

(1) 品質項目

補修の効果が期待される耐用期間、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 4.2-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、腐食により劣化が生じている鋼矢板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。既設鋼矢板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) 耐腐食性

鋼矢板水路では、年間を通じて通水位が変動し、常時排水位の上部では酸素と水の供給により既設鋼矢板が腐食しやすい環境にある。鋼矢板水路に対する補修工法の主目的は腐食因子の侵入を抑え、腐食に対する耐久性を向上させることである。したがって、効果が期待される耐用期間、腐食の進行を抑止する必要がある。

① 照査方法

耐腐食性の照査は、実環境に近似した試験結果が得られるとされている JIS K5551「構造物用さび止めペイント」の塗膜の長期耐久性でも規定される JIS K5600-7-9「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第9節：サイクル腐食試験方法」に基づくものとする。

試験板は JIS K5600-1-4「塗料一般試験方法-第1部：通則-第4節：試験用標準試験板」に規定する磨き鋼板とし、試験板の寸法は 100mm×70mm 以上とする。

供試体は JIS K5600-1-6「塗料一般試験方法-第1部：通則-第6節：養生並びに試験の温度及び湿度」に基づき温度 23±2℃、相対湿度 50±5%の状態 で 16 時間以上乾燥させる。

照査条件は、「構造物施工管理要領」NEXCO（平成 29 年 7 月）の厚膜系エポキシ樹脂塗料下塗及び厚膜系変性エポキシ樹脂塗料下塗における塗装系の照査条件を引用し、サイクル D×360 サイクル（2, 160 時間）とする。

【サイクル D】

①塩水噴霧（30±2℃、0.5 時間）、②湿潤（30±2℃、95±3%RH、1.5 時間）、③乾燥（50±2℃、2 時間）、④温風乾燥（30±2℃、2 時間）（①～④のサイクルで 6 時間）

② 品質規格値

サイクル腐食試験実施後、さび、膨れ、割れ、剥がれがないことを照査する。

なお、JIS K5551 に基づき試験片の周辺約 10 mm 以内及び塗膜に付けた傷の両側それぞれ 4 mm 以内の塗膜は評価の対象から外し、錆汁による汚れも評価の対象外とする。

2) 耐候性

鋼矢板水路では、時期によって異なるが、太陽光による紫外線を受けた状態で供用される部位もあり、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、有機系を主体とした材質の材料を用いる場合、補修後の効果が期待される耐用期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。

① 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 JIS K5600-7-7「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第7節：促進耐候性及び促進耐光性（キセノンランプ法）」で行うものとする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定する磨き鋼板とし、試験板の寸法は試験槽のホルダに収まるよう適切な大きさとする。供試体は JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

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、屋外曝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耐用期間を 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曝露試験の 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曝露試験の 1 年に相当するという報告(表 4.2-2)が「促進曝露試験ハンドブック」にある。この結果を基に試験時間を算定する。

表 4.2-2 ポリエチレンリファレンス試験片による実験光源曝露と屋外曝露試験^{*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} 銦子 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）を曝露環境の紫外線と熱の作用の指標とする。

出典：「(一財)日本ウエザリングテストセンター 促進曝露試験ハンドブック[1]促進耐候性試験 (H21) 表 4-1」

<照射期間補正>

排水路の場合、常時水位と洪水時水位があり、通水位が高い場合は紫外線による劣化が殆どないことから、紫外線の照射期間補正を行う。ただし、個々の排水路に応じて通水位とその期間は様々であるため、ここでは補正值として「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）」の値を引用し、1/3 とする。

<照射角度補正>

鋼矢板水路の側壁は直立しており、照射量が南面 30 度の屋外曝露試験より少なくなるので、その補正として、照射角度補正值（曝露試験は南面 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ので、冬季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耐用期間 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 品質規格値

品質規格値は、促進耐候性試験後、膨れ、割れ、剥がれがないこととする。

3) 付着性

多様な環境条件で供用される鋼矢板水路では、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、補修の効果が期待される耐用期間、既設鋼矢板との付着性の確保が要求される。

① 照査方法

照査方法は、下記のいずれかとする。

【照査方法 1】

付着性の評価は、JIS K 5600-5-7「塗料一般試験方法-第 5 部：塗膜の機械的性質-第 7 節：付着性（プルオフ法）」に基づき実施する。

試験条件は、鋼矢板水路の供用環境を考慮し同試験方法の標準条件、水中条件（JIS K5600-6-2 耐液体性試験（JIS K0557 グレード A2、試験期間 28 日間）後の供試体を使用）、温冷繰返し条件（JIS K5600-7-4 耐湿潤冷熱繰返し試験（種別 2：10 サイクル）後の供試体を使用）を対象とする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定する磨き鋼板とし、供試体は、JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

【照査方法 2】

付着性の評価は、重防食鋼矢板製品仕様書において規定されている JIS H8300「亜鉛、アルミニウム及びそれらの合金溶射」の「付属書 A 密着性試験方法（引張密着強さ試験：A 法）」に基づき実施する。

試験条件は、鋼矢板水路の供用環境を考慮し同試験方法の標準条件、水中条件（JIS K5600-6-2 耐液体性試験（JIS K0557 グレード A2、試験期間 28 日間）後の供試体を使用）、温冷繰返し条件（JIS K5600-7-4 耐湿潤冷熱繰返し試験（種別 2：10 サイクル）後の供試体を使用）を対象とする。試験片は JIS H8300 に規定するものとする。

② 品質規格値

品質規格値は、上記の照査方法 1、照査方法 2 とともに標準条件、水中条件、湿潤冷熱繰返し条件いずれの場合も、 1.5N/mm^2 以上とする。

4) 耐衝撃性

鋼矢板水路では、流下物の衝突により有機系被覆が損傷することも想定される。これを有機系被覆工法が物体の衝撃を受けても破壊されにくい性能と評価し、本性能に該当すると想定される耐衝撃性を照査する。

① 照査方法

有機系被覆工法の耐衝撃性は、JIS K5600-5-3「塗料一般試験方法-第 5 部：塗膜の機械的性質-第 3 節：耐おもり落下性」に基づくものとし、試験の種類はデュポン式とする。操作は 300mm の高さから $500\pm 1\text{g}$ のおもりを落とすものとする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定された磨き鋼板とし、試験板の寸法は $200\text{mm}\times 100\text{mm}\times 0.6\text{mm}$ とする。供試体は JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

② 品質規格値

300mm の高さから落としたおもりの衝撃により、膨れ、割れ、剥がれが生じないものとする。

4.2.2 パネル被覆工法

パネル被覆工法に使用する材料・工法は、表 4.2-3 の品質規格を満足しなければならない。

表 4.2-3 パネル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 ^{*1}	中性化速度	コンクリート標準示方書(設計編)の中性化速度予測式による	効果が期待される耐用期間の裏込めコンクリートの中性化残りが10mm以上となる中性化速度
	耐候性 ^{*2}	有機系パネル材の変状	JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」 (キセノン3,000時間 ^{*3} 又はサンシャイン1,800時間 ^{*3})	有機系パネル材の膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと
	一体化性 ^{*4*5}	固定材の溶接強度	計算による照査	パネル1枚当たりの自重(パネル+裏込めコンクリート)によるせん断強度 \leq パネル1枚当たりの溶接強度
		有機系パネル材の熱膨張係数	JIS K6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」	熱膨張係数 $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下
個別的性能	耐凍害性 ^{*6}	相対動弾性係数	JIS A1148 (A法300サイクル)	85%以上
		パネル材作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量	JIS-A1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」	パネル材作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量が4.5~6.0%
	通水性 ^{*5}	計画最大通水量	水理計算	計画最大通水量を安全に流下できること

*1 裏込めコンクリートに対する要求性能項目を示す。

*2 パネル材に有機系の材料を使用している工法の要求性能項目を示す。

*3 補修の効果が期待される耐用期間を30年とした場合の例を示す。右欄に示す品質規格値(案)も同じ。

*4 既設鋼矢板+裏込めコンクリート+パネル材の接続に対する要求性能項目を示す。

*5 設計で求められる品質規格を示す。

*6 パネル材に無機系の材料を使用している工法の要求性能項目を示す。

【解説】

(1) 品質項目

補修の効果が期待される耐用期間、パネル被覆工法の要求性能が保持されるよう、パネル被覆工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとする。

ここに示す品質規格は、腐食により変状が生じている鋼矢板水路の耐久性の回復又は向上を目的として行うパネル被覆工法の要求性能を対象としている。既設鋼矢板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) 中性化抑止性

パネル被覆工法はパネル材、裏込めコンクリート、目地材により構成される。このうち、目地材はパネル被覆工法の効果が期待される耐用期間に紫外線による劣化や脱落等の変状が生じる可能性があり、この場合、中性化は目地部背後の裏込めコンクリートから進行することが想定される。

以上より、パネル被覆工法の裏込めコンクリートにはパネル被覆工法の効果が期待される耐用期間において、中性化速度を考慮した中性化抑止性が要求される。

なお、中性化抑止性は、施工後の環境条件に依存するが、裏込めコンクリートの材料特性と被膜厚さによって異なる。

① 照査方法

中性化抑止性の試験方法は、2017 年制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」に示される「中性化速度予測式」に基づくものとする。

中性化速度予測式は下式により示される。

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \cdot \sqrt{t}$$

y_d : 中性化深さの設計値 (mm)

γ_{cb} : 中性化深さの設計値のバラツキを考慮した安全係数
(一般に 1.15、高流動コンクリートは 1.1)

α_d : 中性化速度係数の設計値 (mm/√年)

$$= \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c$$

α_k : 中性化速度係数の特性値 (mm/√年)

$$= -3.57 + 9.0 \cdot W / (C_p + k \cdot A_d)$$

W : 単位体積当たりの水の質量 (kg/m³)

C_p : 単位体積当たりのポルトランドセメントの質量 (kg/m³)

k : 混和剤の種類により定まる定数

(フライアッシュの場合 0、高炉スラグ微粉末の場合 0.7)

A_d : 単位体積当たりの混和材の質量 (kg/m³)

β_e : 環境作用の程度を表す係数 (一般に 1.6)

γ_c : コンクリートの材料係数 (一般に 1.0)

t : 中性化に対する耐用年数 (パネル被覆工法 : 30 年)

出展:「(公社)土木学会 2017 制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」3.1.3.4(3.1.6)、
3.1.3.5【解説】(解 3.1.5)」

② 品質規格値

品質規格値は、2017年制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」に基づき、パネル被覆工法の効果が期待される耐用期間内の裏込めコンクリートの中性化残りが、裏込めコンクリートの被覆厚が鋼矢板に対し最も薄くなる箇所でも10mm以上となる中性化速度とする。

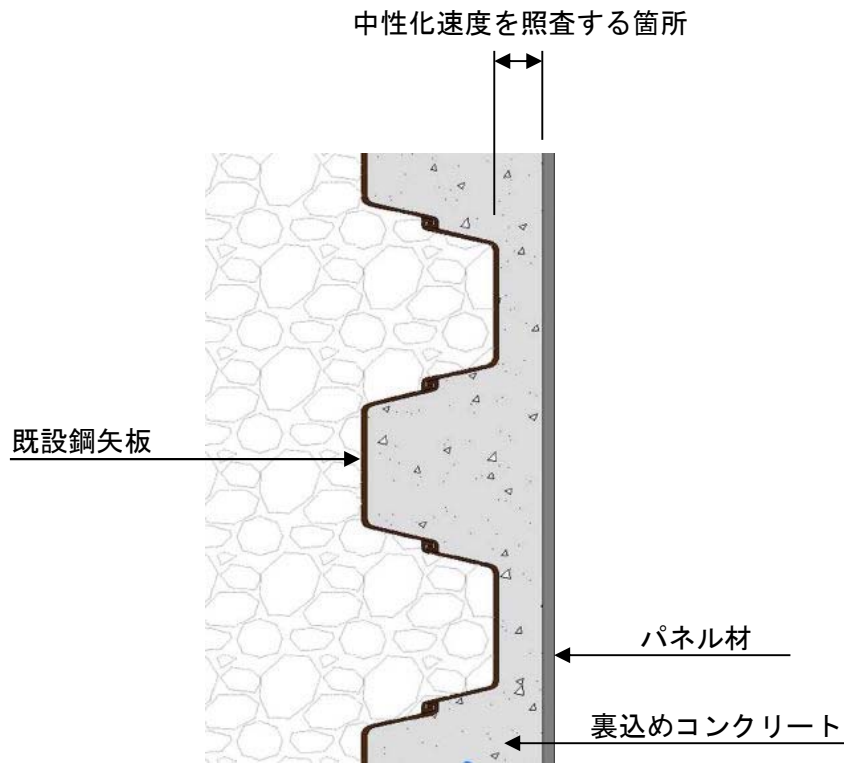


図 4.2-1 中性化抑止性の照査箇所

海洋環境のような塩化物イオンの侵入を制限する必要がある環境においては、コンクリート標準示方書等に基づき別途検討を行う必要がある。

2) 耐候性

鋼矢板水路では、時期によって異なるが、太陽光による紫外線を受けた状態で供用される部位もあり、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、有機系パネル材を用いたパネル被覆工法を採用する場合、効果が期待される耐用期間、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。

① 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「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」(促進耐候性試験)により行う。

JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」では、光源としてキセノンアークランプ式(キセノン式)又はサンシャインカーボンアーク灯式(サンシャイン式)を規定している。

<キセノンアークランプ式(キセノン式)>

キセノン式については、「4.2.1 有機系被覆工法」を参照されたい。

なお、補正值を用いて、補修の効果が期待される耐用期間 30 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×1/3×2/3×1/2×30 年=3,000 時間

<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 4.2-4)があることから、上記のキセノン式 3,000 時間に対してサンシャイン式では 1,800 時間が補修の効果が期待される耐用期間を 30 年に相当する促進耐候性試験時間となる。

表 4.2-4 キセノン式とサンシャイン式の試験時間の例

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

出典：「(一財)日本ウエザリングテストセンター 促進曝露試験ハンドブック[1]促進耐候性試験(H21) 表 3-2」

② 品質規格値

有機系パネル材の膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと。

3) 一体化性

パネル被覆工法を採用する場合、固定材と既設鋼矢板を溶接することによりパネル材及び裏込めコンクリートと既設鋼矢板が接続（一体化）される。この一体化により、腐食因子である酸素と水の侵入が抑制される。また、鋼材表面がアルカリ性に保持されていれば既設鋼矢板の防食が図られる。

よってパネル被覆工法は、補修の効果が期待される耐用期間、分離や耐久性に影響を与えるひび割れを生じることなく、既設鋼矢板に安定的に一体化される（溶接強度を有する）ことが求められる。

【既設鋼矢板＋裏込めコンクリート＋パネル材の接続に対する品質規格】

① 照査方法及び②品質規格値

パネル被覆工法施工後のパネル1枚当たりの自重（パネル材＋裏込めコンクリート）によるせん断強度が、既設鋼矢板と接続する固定材の溶接強度以下であることを照査する。

【樹脂パネル材に対する品質規格】

樹脂パネル材を用いるパネル被覆工法では、裏込めコンクリートの熱膨張係数とパネル材の熱膨張係数が大きく異なる場合、熱膨張によりパネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂が生じる可能性がある。

よって、有機系パネル材には、コンクリートと同等の熱膨張係数を有するパネル材を使用し、亀裂や分離を生じさせないことが求められる。

① 照査方法

JIS K 6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」により、有機系パネル材の熱膨張率を照査する。なお、熱膨張の割合算出の温度は -20°C ～ 60°C とする。

② 品質規格値

東・中・西日本高速道路株式会社の「構造物施工管理要領（H25.7）」を参考に熱膨張係数 $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下とする。

4) 耐凍害性

コンクリートパネル材に使用するコンクリートは、樹脂パネル材と比較して吸水しやすいため、寒冷地では凍害による劣化が生じやすい。

このため、凍害のおそれのある地域では、パネル被覆工法のコンクリートパネル材に耐凍害性が要求される。

① 照査方法

照査方法は、下記のいずれかとする。

【照査方法 1】

JIS A1148「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。

【照査方法 2】

JIS-A1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」に基づき、パネル材に作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量に関する照査を行う。

② 品質規格値

品質規格値は、下記のいずれかとする。

【品質規格値 1】

土木学会「2017年制定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、鋼矢板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(断面の厚さが20cm程度以下)場合に相当するとして、相対動弾性係数85%以上とした。

【品質規格値 2】

パネル材作製に使用するフレッシュコンクリートの空気量が4.5~6.0%とする。

4.3 材料・工法の選定

(1) 品質規格

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用いなければならない。

(2) 条件

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うえで、用いなければならない。

(3) 留意事項

以上の他に、施工条件、周辺環境への影響及び維持管理の容易性など現場の実情にも配慮する必要がある。

【解 説】

(1) 品質規格

補修に使用する材料・工法は、施工対象となる鋼矢板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用いなければならない。

特に、有機系被覆工法に使用する材料は、表 4.2-1 に示す品質規格を満足する材料を用いなければならない。

(2) 条件

補修に使用する材料・工法は、あらかじめその特徴や、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。

有機系被覆工法では、湿潤状態にある既設鋼矢板面に補修材料を塗装又は被覆すると、補修材料の粘度が増大し、硬化不足等により本来の性能が発揮されず分離等が生じる場合がある。

このため、既設鋼矢板継手部の背面地下水の浸み出し等が認められた場合は、浸出水処理工や導水工、ジェットヒーター等の養生等の処置を行う。

(3) 留意事項

補修に使用する材料・工法における維持管理等の留意事項の例を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 維持管理等の留意事項(例)

留意すべき性能項目		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、清掃作業に耐えられる材料を検討する。施設管理者等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。
	難燃性	鋼矢板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耐火性のある材料を検討する。施設管理者等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。
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	有害物質が溶出しない材料・工法を用いる。