

排水機場等水路部における 表面被覆材の検討について

抜木幸次¹・鈴木宏信²・富吉末広³・宮川豊章⁴

¹正会員 株式会社中研コンサルタント (〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島7-1-55)

²正会員 博(工) 株式会社中研コンサルタント (〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島7-1-55)

³国土交通省 近畿地方整備局 近畿技術事務所 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1)

⁴フェロー会員 工博 京都大学大学院工学研究科 教授 (〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂4)

本報告は、塩害やアルカリシリカ反応（以下、A S Rと称す）の影響を受ける排水機場等水路部の中で常時水中に位置するコンクリート構造物を対象とした表面被覆材の適性について毛馬排水機場の水路部を取り上げ、確認試験を行った。

常時水中に位置するコンクリート構造物に対する表面被覆材の要求性能には、塩害及びA S Rの抵抗性、耐摩耗性及び施工性等を挙げ、各種確認試験で得られた結果や文献等を整理し、その性能に適合した表面被覆材を選定するための品質規格（案）及び現地試験施工から得られた留意点についてまとめた。

キーワード：塩害，アルカリシリカ反応，表面被覆材，品質規格，水中コンクリート構造物

1．はじめに

淀川大堰及び関連施設では、工事着工以来、約30年が経過した時点で、コンクリート構造物の劣化状況の把握と劣化原因の確認を行うため、コンクリート特性の調査・解析を行い、補修の必要性について検討を行った。関連施設である毛馬排水機場の水路部で実施した調査結果からは、一部にA S Rによるひび割れ等の発生が認められた。（写真 - 1 参照）

また、毛馬排水機場の水路部では、大阪湾からの海水が流入しており、発生したひび割れ等に海水中の塩化物イオンが侵入し、鋼材が腐食する可能性が考えられた。このため、劣化の進行を抑制するための対策工として、発生したひび割れを塞ぐためのひび割れ注入工とコンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制のための表面被覆工を実施することとした。

従来の表面被覆工法の施工事例は、大気中や過酷な下水環境の部位のものが多く、常時水中に位置する部位での施工事例は少ない。また、一般に、表面被覆工の施工は、温度が5℃～40℃、相対湿度が85%以下、コンクリートの表面含水率が8%以下の環境条件で行われる¹⁾。

しかし、淀川大堰及び関連施設の工事は、非出水期（10月16日～6月15日）の冬期に限定されることが多く、水路部のコンクリートは、含水率が常に高



(a)排水機場全景



(b)水路内変状状況

写真 - 1 毛馬排水機場の現状

い環境²⁾にあることが多い。

このため、排水機場等の水路部で適用する表面被覆工は、従来の大気中で用いられている表面被覆材の使用条件では非常に厳しいものであった。さらに、排水機場等の水路部では、表面被覆材が水流の影響で摩耗するため、耐摩耗性を考慮する必要が求められた。

本報告では、常時水中に位置する代表的なコンクリート構造物として、毛馬排水機場の水路部を取り上げ、各種現地調査、供試体を用いた室内試験・暴露試験、実コンクリートでの現地試験施工等を実施した結果を用いて、塩害及びA S Rの抵抗性、耐摩耗性及び施工性等の要求性能を満たす表面被覆材を選定するための品質規格（案）及び現地試験施工から得られた留意点についてまとめたものである。

2．毛馬排水機場水路部の特徴

(1)毛馬排水機場の概要

毛馬排水機場の全体一般図を図-1に示す。毛馬排水機場は、1972年から1981年に掛けて建設された鉄筋コンクリート構造物である。工事は3期に分割して行われ、第1期工事では1号から3号ポンプまでの機場水路部及び取水庭部の施工が、第2期工事では4号から6号ポンプまでの機場水路部及び取水庭部の施工が、第3期工事では1号から6号ポンプまでの排水庭部の施工が行われた。

工事着工から約30年後の定期点検では、コンクリートにひび割れ等の変状が確認された。国土交通省では1号から6号ポンプの詳細調査を実施し、劣化原因を塩害及びASRと推定し、それに対する補修計画にひび割れ注入工及び表面被覆工を立案した。

本構造物は、建設省技術調査室通達の「コンクリート中の塩分総量規制について（1986年）」及び「アルカリ骨材反応抑制対策について（1986年）」以前に施工されたものであった。

(2)調査結果

a)塩害

塩害の指標として、塩化物イオン量を図-2に示す。毛馬排水機場は淀川の下流から2%程度の海水が満潮時に流れ込むため、コンクリート表面側の塩分量は高く、また表面から10～12cmの範囲で確認した塩化物イオン量も鋼材の腐食発生限界濃度 1.2kg/m^3 を超えるものであった。

b)ASR

ASRの指標として、コンクリート中の全アルカリ量を図-3に、圧縮強度と静弾性係数との関係を

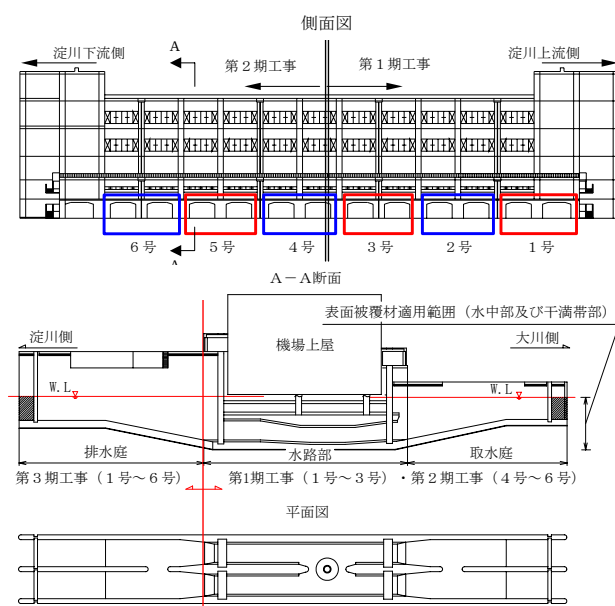


図-1 全体一般図

図-4に示す。全アルカリ量は、コンクリート表面側で $2.0\sim 2.8\text{kg/m}^3$ 、表面から10～12cmの範囲で $4.7\sim 6.2\text{kg/m}^3$ であり、コンクリート内部に進行するほど高い値を示した。また、圧縮強度と静弾性係数との関係は、土木学会のコンクリート標準示方書〔設計編〕では設計基準強度 24N/mm^2 に対して静弾性係数が 25kN/mm^2 であり、その値を下回るものであった。

その他、促進膨張試験のJCI法では最大で0.14%の膨張量を示し、岩種判定では反応性骨材である安山岩等が認められた。

各種試験結果を総合的に評価し、毛馬排水機場では、部分的なASRの影響があると判断した。

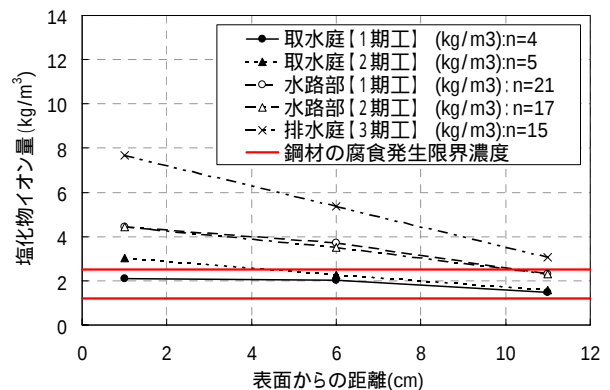


図-2 塩化物イオン量

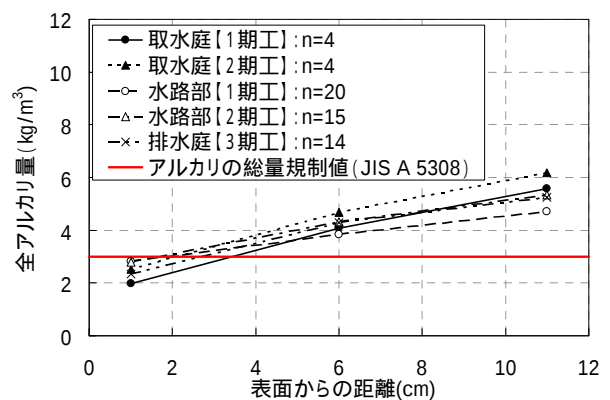


図-3 全アルカリ量

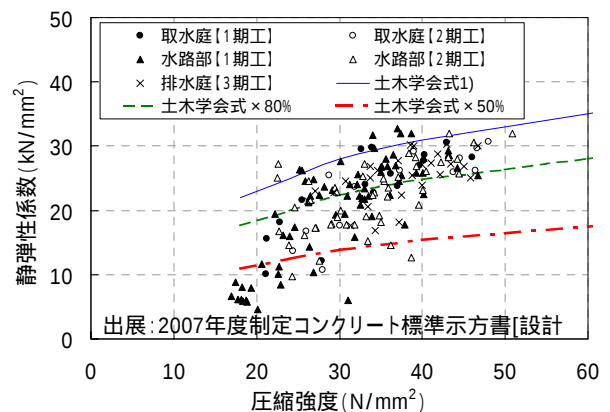


図-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

3．表面被覆材料に要求される性能の検討

コンクリートの劣化原因が塩害及びASRと判断した毛馬排水機場を代表例として、環境及び施工等の条件を含めた表面被覆材の要求性能について検討した。排水機場等水路部のコンクリートに施工する表面被覆材料の要求性能は、①外観性状、②施工性、③耐候性、④付着性、⑤塩化物イオン透過阻止性、⑥アルカリ金属透過阻止性、⑦ひび割れ追従性、⑧耐摩耗性、⑨安全性・衛生性の9項目とした。

また、毛馬排水機場は排水を行うポンプの定期点検のため6年に1度、水路部の水が抜かれる。このため、表面被覆工から2周期となる12年間は、要求される性能を満足し、不具合が生じないものとした。

4．試験項目及び概要

これら9項目の要求性能を確認するための試験項目について表 - 1 に、試験に用いた塗装系2種類、シート系2種類の表面被覆材料を表 - 2 に示す。これらは（社）日本材料学会の公募により応募された11種類の材料より、アンケート、ヒアリング、供試体を用いた耐水試験結果より選定した4種類である。

また、各要求性能を確認するために試験条件及び暴露条件を変えて実施した6種類の試験の概要を(1)～(6)に示す。

表 - 1 要求性能に対する試験項目

試験項目	試験及び確認方法
1. 外観性状	目視による
2. 施工性	気温、湿度、含水率管理
3. 耐候性	目視、文献調査
4. 付着性	建研式試験
5. 塩化物イオン透過阻止性	電位差滴定、EPMA分析
6. アルカリ金属透過阻止性	温水抽出法、EPMA分析
7. ひび割れ追従性	ゼロスパン試験
8. 耐摩耗性	水中摩耗試験
9. 安全性・衛生性	付着生物の確認、アンケート

表 - 2 使用した表面被覆材料

材 料 名	
1. 塗装A	無溶剤形ポリウレタン樹脂
2. 塗装B	柔軟形無溶剤エポキシ樹脂塗料
3. シートC	光硬化型FRPシート
4. シートD	ガラス繊維補強不飽和ポリエステル樹脂成形板

(1)耐水性試験

試験は、水中における材料の耐久性を確認する目的で行った。6面中5面を表面被覆材料で施工した150×150×170mmのコンクリートの角柱供試体を用い、20℃の水中に3週間浸せきさせて、表 - 1 に示す項目1及び4を確認した。

(2)塩水浸せき試験

試験は、塩水に浸せきした材料の耐久性を促進環境で確認する目的で行った。6面中5面を表面被覆材料で施工した150×150×530mmのコンクリートの角柱供試体を用い、飽和NaCl溶液中に1年間浸せきさせて、表 - 1 に示す項目1, 3, 4, 5, 6及び7を確認した。

(3)水中摩耗試験

試験は、毛馬排水機場のポンプ作動時に流れる砂混じりの水の影響を模擬し、材料の摩耗に対する性能を確認する目的で行った。耐摩耗性能の確認試験は、100×200×1mmの遊離塗膜の板を図 - 5 に示す装置の容器内側面に固定して行った。試験方法は、水と硬質砂岩砕砂（粒径1.2～5mm）を10kg混入し、高速攪拌ミキサーにて50時間攪拌し、試験後の外観や摩耗深さの確認を行った。高速攪拌ミキサーの回転数は、600回転/分とし、0.6m/sの流速を想定した。

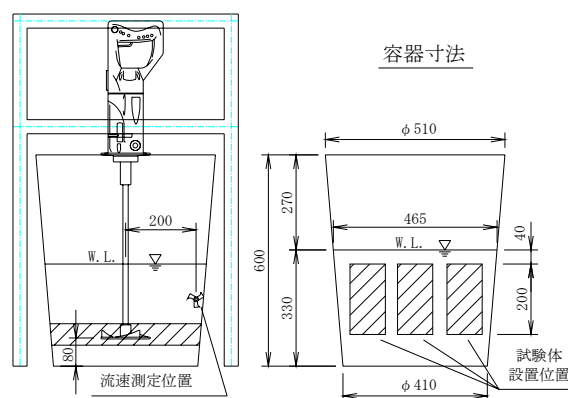


図 - 5 水中摩耗試験装置

(4)現地暴露試験

試験は、海水中に浸せきした材料の耐久性を確認する目的で行った。6面中5面を表面被覆材料で施工した1000×1000×100mmのコンクリートの平板を用い、毛馬排水機場の2号ポンプ水路部壁面の干満帯部に設置し、3年間浸せきさせて、表 - 1 に示す項目1, 3, 4, 5, 6, 7及び9を確認した。

(5)実コンクリートでの現地試験施工

試験は、現地での施工性を確認する目的で行った。毛馬排水機場の3号ポンプの側壁に5000×5000mmの範囲で試験施工を行い、2年6ヶ月間浸せきさせ、表 - 1 に示す項目1, 2, 3, 4, 7及び9を確認した。

(6)モルタル板による確認試験

試験は、材料の耐久性を促進環境で短期間に確認する目的で行った。JIS R 5201に準じて作製したモルタル板に表面被覆材を全面施工し、40℃の飽和NaCl溶液中に120日間浸せきさせて、表 - 1 に示す項目1, 2, 4, 5及び6を確認した。

表 - 3 表面被覆工の品質規格 (案) [その1]

試験項目			I. 保護層の外観 III. 耐候性	IV. 付着性	V. 塩化物イオン 透過阻止性
試験の目的			施工直後の外観状況、 紫外線劣化の抵抗性	一体性の確認	A S R ・ 塩害の抑制
試験片作製	試験片作製条件	種類	モルタル板	モルタル板	モルタル板
		寸法	70×70×20mm	70×70×20mm	150×70×20mm
		温度	20±2℃	20±2℃	20±2℃
		相対湿度	80%	80%	80%
		作製方法	JIS K 511	JIS K 511	JIS K 511
	試験片作製後の養生条件	温度	20±2℃の水中	20±2℃の水中	20±2℃の水中
表面被覆材施工	試験体作製条件	数量	本試験用 基準用	3枚 1枚	3枚 1枚
			施工面	片面 (試験面 1 面)	全面 (6 面)
		温度 (注 2)	基準用	片面 (試験面 1 面)	施工無し
			温度 (注 2)	3±2℃	3±2℃
			相対湿度 (注 2)	85±5%	85±5%
			含水率 (注 2)	10%以上	10%以上
	試験体作製後の養生条件	温度	3±2℃	3±2℃	3±2℃
		相対湿度	85±5%	85±5%	85±5%
		養生期間	28 日	28 日	28 日
		養生期間	28 日	28 日	28 日
現場条件との適合性確認	負荷試験条件	負荷試験名	①基準試験 ②促進耐候性試験	①基準試験 ②乾湿温冷繰返し試験 ③夏期海水中試験 ④促進耐候性試験	①夏期海水中試験
		試験方法	①試験体作成後の養生終了時に測定 ②JSCE-K 511-2005	①試験体作成後の養生終了時に測定 ②3±2℃気中24時間、40±2℃水中24時間を1サイクル ③温度40±2℃、飽和NaCl溶液 ④JSCE-K 511-2005	①温度40±2℃、飽和NaCl溶液
		試験日数	①養生終了後 ②3000時間	①養生終了後 ②15サイクル ③60日 ④3000時間	①60日
性能評価基準	確認方法		JSCE-K 511-2005 外観目視による	JSCE-K 531-1999 による付着強さ試験	JCI-SC5による Clイオン分析
	評価		保護層にしわ・むら・白亜化・ふくれ・われ・はがれ (光沢の変化・色差) に対して変状が認められないもの	①～④の付着強さは、すべて1.0N/mm2以上とする。 なお、②～③の試験結果／①の試験結果の割合 (低下率) を試験成績書に表記する。	飽和NaCl溶液60日間で塩化物イオンの初期値+0.005%以下

表 - 4 表面被覆工の品質規格 (案) [その2]

試験項目			VI. アルカリ金属 透過阻止性	VII. ひび割れ追従性	VIII. 耐摩耗性
試験の目的			A S R の抑制	A S R が進行した場合の追従効果	ポンプ稼働時の流水に対する抵抗性
試験片作製	試験片作製条件	種類	モルタル板	モルタル板	ストレート板
		寸法	150×70×20mm	40×120×10mm	200×100×1～5mm
		温度	20±2℃	20±2℃	—
		相対湿度	80%	80%	—
		作製方法	JIS K 511	JIS K 511	—
	試験片作製後の養生条件	温度	20±2℃の水中	20±2℃の水中	—
表面被覆材施工	試験体作製条件	数量	本試験用 基準用	3枚 1枚	3枚 —
			施工面	全面 (6 面)	主材のみ (参考: 複合材料)
		温度 (注 2)	基準用	施工無し	—
			温度 (注 2)	3±2℃	3±2℃
			相対湿度 (注 2)	85±5%	85±5%
			含水率 (注 2)	10%以上	特になし
	試験体作製後の養生条件	温度	3±2℃	3±2℃	3±2℃
		相対湿度	85±5%	85±5%	85±5%
		養生期間	28 日	28 日	28 日
		養生期間	28 日	28 日	28 日
現場適合性確認	負荷試験条件	負荷試験名	①夏期海水中試験	①乾湿温冷繰返し試験 ②促進耐候性試験	—
		試験方法	①温度40±2℃、飽和NaCl溶液	①3±2℃気中24時間、40±2℃水中24時間を1サイクル ②JSCE-K 511-2005	—
		試験日数	①60日	①15サイクル ②3000時間	—
性能評価基準	確認方法		建設省総合技術開発プロジェクト：コンクリート中の水溶性アルカリ金属元素の分析 (案)	JSCE-K 532-1999 によるひび割れ追従性試験	水中摩耗試験 (案) 【近畿地方整備局】
	評価		飽和NaCl溶液60日間でナトリウムイオンの初期値+0.03%以下	下記条件の一方を満足すること ・負荷試験条件①および②の試験後の伸び量が0.5mm以上のもの (塗装系) ・負荷試験条件①および②の試験後の伸び量が0.1mm以上で引張強度が30N/mm2以上のもの (シート系)	50時間後の摩耗質量および摩耗量から摩耗深さを求める。 膜厚をX 1とした場合、摩耗深さは0.052 X1mm以下

注1) 表面保護材は、公的機関等第三者機関における試験、または立ち会い試験において、上記の品質規定に合格したものではない。

注2) 表面保護材は、コンクリート(モルタル)の表面含水率10%以上、気温3±2℃、相対湿度85±5%の環境で施工が可能なものとする。ただし、コンクリート(モルタル)の表面含水率10%以上の状態で、気温3±2℃、相対湿度85±5%の環境の中で施工ができない材料であっても、施工時に工夫を施し、表面含水率や気温などを機器等で調整し、施工が可能となる材料であればこの限りではない。【施工性】

注3) 表面保護材は、要求性能である安全性・衛生性に関して日本水道協会規格、厚生省令等の環境基準に適合した材料でなければならない。【安全性・衛生性】

注4) コンクリート(モルタル)の表面含水率の測定は、コンクリート・モルタル水分計を用いて行う。

5．試験結果

各種試験を実施した結果を検討し、策定した表面被覆工の品質規格（案）を表 - 3 及び表 - 4 に示す。

要求性能毎に試験結果及び品質規格の基準値策定に関する経緯の概要を(1)～(8)に示す。

(1)表面被覆材料の外観性状

一般に保護層の外観は、長期間にわたり、しわ、むら、ふくれ、われ、はがれ等の変状がないことが、性能維持の条件である。しかし、現地暴露試験や実コンクリートでの現地試験施工の外観観察結果より、乾湿繰返しが生じやすい干満帯部や、紫外線による材料劣化の起こりやすい環境では写真 - 2 及び写真 - 3 に示すような材齢経過に伴う変状が生じやすくなることが確認できた。写真 - 2 は、塗装材の中塗り材と下塗り材の間のふくれ、写真 - 3 は、塗装材の上塗り材から発生したわれの事例である。

このように、環境条件の影響に伴い、選定した表面被覆材料に変状が生じることがある。このため、表面被覆材料の選定にあたっては、表 - 3 及び表 - 4 に示すように、暴露環境条件を考慮した負荷試験条件を設け、これら各条件での規格規準を設定することとした。

また、現地暴露試験や実コンクリートでの現地試験施工では、材齢の進行に伴い表面被覆材の表面にイガイやフジツボ等の生物の付着が認められた。生物の付着部分を切り取り、表面被覆材料の断面を実体顕微鏡により観察したが、生物の付着による表面被覆材への不具合等は認められなかった。

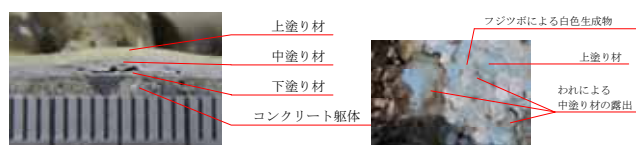


写真 - 2 ふくれ(塗装A【断面】)²⁾ 写真 - 3 われ(塗装B)²⁾

(2)施工性

一般に、表面被覆工法施工時の条件は、温度が5℃～40℃、相対湿度が85%以下、コンクリートの表面含水率が8%以下の環境条件で実施することとされる¹⁾。しかし、毛馬排水機場など河川構造物では、補修時期は渇水期の冬期に限定されることが多い。

写真 - 4 に示した実コンクリートでの現地試験施工で記録した温度及び湿度を図 - 6 に示す。

また、河川構造物のコンクリート含水率は常に高い環境にあることが多い。このため、補修施工は、気温の低い冬季にコンクリートの表面含水率が高い状態²⁾で行われることが多くなる。このような環境条件においても施工可能であり、かつ長期間にわたり不具合が生じない性能が要求される。



写真 - 4 実コンクリートでの現地試験施工状況

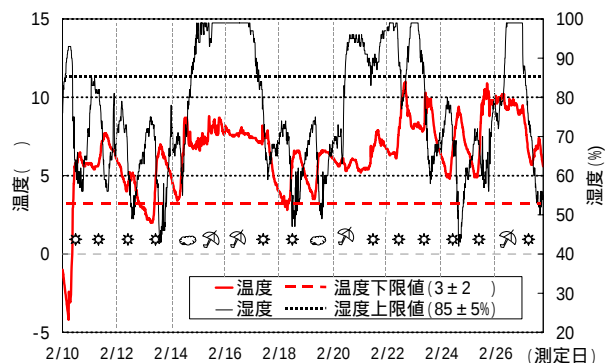


図 - 6 毛馬排水機場内での温度及び湿度（2月）

(3)耐候性

開水路等では、紫外線の影響を受けるため、表面被覆材の耐候性能は高い材料が求められる。

耐候性は暴露環境によって日射受光量や日照時間が異なることから、暴露環境に合わせて促進耐候性試験の時間を設定しなければならない。

表 - 5 の大阪府の気象データ³⁾から大阪府の1年間の日照時間は、概ね2000時間であり、キセノンアーク灯による促進耐候性試験の約150¹⁾～370時間/年に相当すると仮定した。表面被覆材料の耐用年数は、定期点検の2周期に相当する12年を基準に検討していることから、促進耐候性試験の試験時間を3000時間とした。

表 - 5 大阪府の気象データ³⁾

年度	日平均気温[月最低](℃)	降水量(mm)	日照時間(h)
2004年	5.8(1月)	1594.5	2229.6
2005年	5.9(2月)	909.0	2098.3
2006年	5.5(1月)	1399.5	1859.9
2007年	7.5(1月)	962.5	2124.5

(4)付着性

表面被覆材は、躯体コンクリートにしっかり付着し、常に一体となっていることが補修効果の保持には重要となる。

供試体を使用した塩水浸せき試験及び現地暴露試験で確認した付着強さを図 - 7 に示す。その結果、付着強さは、概ね1.0N/mm²以上の値を示しており、

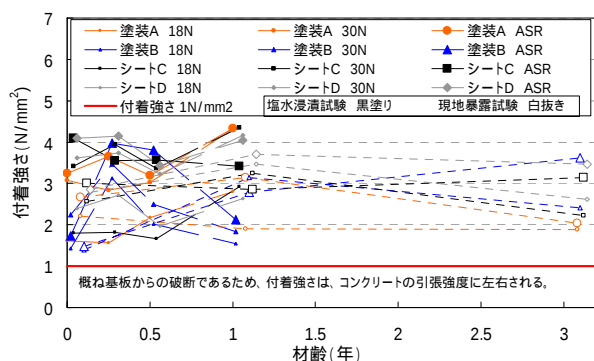


図 - 7 付着強さ(塩水浸せき試験, 現地暴露試験)

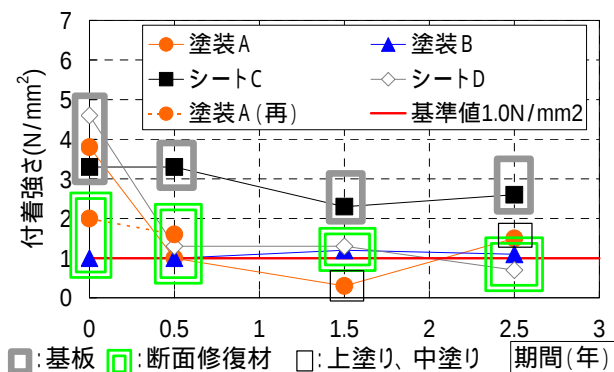


図 - 8 付着強さ(実コンクリートでの現地試験施工)



写真 - 5 断面修復材での破断
(実コンクリートでの現地試験施工)

躯体コンクリートから破断するものが大半を占めた。

実コンクリートでの現地試験施工箇所では付着強さを確認した結果を図 - 8 に示す。供試体での試験とは異なり実コンクリートへの施工では、ウォータージェットによる下地処理と不陸調整のための断面修復の工程が加わった。その結果、断面修復を行った材料では、写真 - 5 に示すように断面修復材と躯体コンクリートとの付着が材齢に伴い低下し、付着強さが 1.0N/mm^2 を下回る材料も認められた。

また、乾湿繰返し、紫外線劣化及び温度等の施工環境の影響により性能が低下したのも確認された。

このように、施工環境の影響や表面被覆材のシステム以外に用いる材料の性能を十分に把握し、付着強さが基準値を下回らない材料を選定することが必要である。品質規格では負荷条件として標準状態、

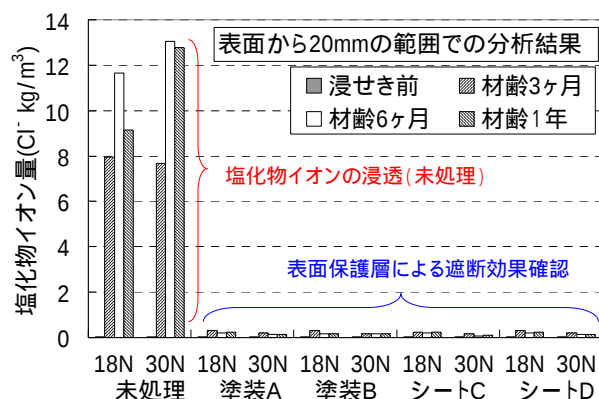


図 - 9 塩化物イオン量(塩水浸せき試験)²⁾

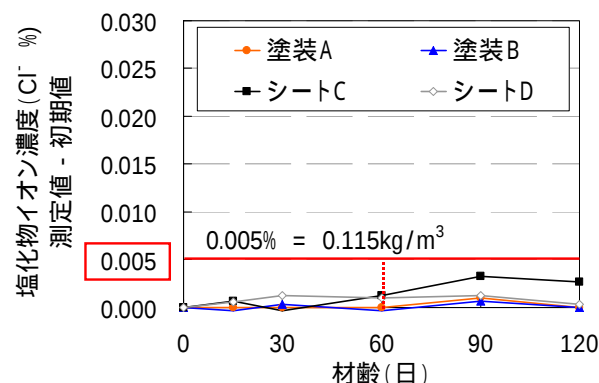


図 - 10 含有塩化物量(モルタル板による確認試験)

乾湿温冷繰返し、夏期海水中、耐候性の各環境での試験を行った後の付着強さが 1.0N/mm^2 以上を保持する材料を選定することとした。また、断面修復工を併用する場合は、断面修復材と躯体コンクリートとの付着強さの保持にも留意することが必要である。

(5)塩化物イオン透過阻止性

塩水浸せき試験での含有塩化物分析結果を図 - 9 に示す。測定値は躯体コンクリート表面から深さ20mmまでの塩化物イオンを所定の材齢毎に示したものである。この結果、各表面被覆材料とも、飽和NaCl溶液中であっても1年間にわたり塩化物イオンの浸透を阻止していることが確認された。

品質規格の策定にあたっては、試験データのばらつきをより小さくするために、モルタル板を用いた試験を検討した。モルタル板による確認試験での含有塩化物分析結果を図 - 10 に示す。この試験は、 $70 \times 150 \times 10\text{mm}$ の角柱のモルタル板を作製し、全面を表面被覆した供試体を、 40°C の飽和NaCl溶液中に浸せきし、所定の材齢での塩化物イオン量を確認したものである。

これらの結果から、塩化物イオン透過阻止性の品質規格の基準値は、60日間浸せき後のモルタル板に浸透した塩化物イオン量が初期値 $+0.005\%$ 以下であることとした。

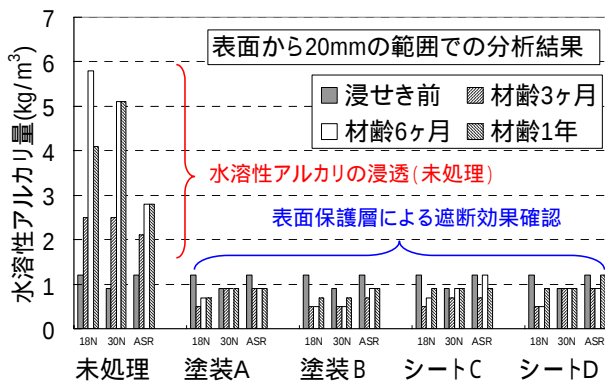


図 - 1 1 水溶性アルカリ量（塩水浸せき試験）²⁾

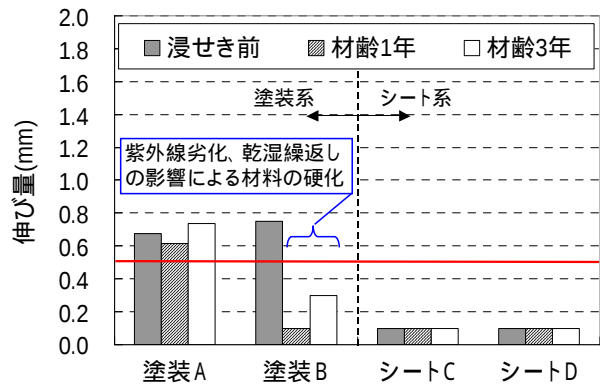


図 - 1 3 保護層の伸び量（現地暴露試験）

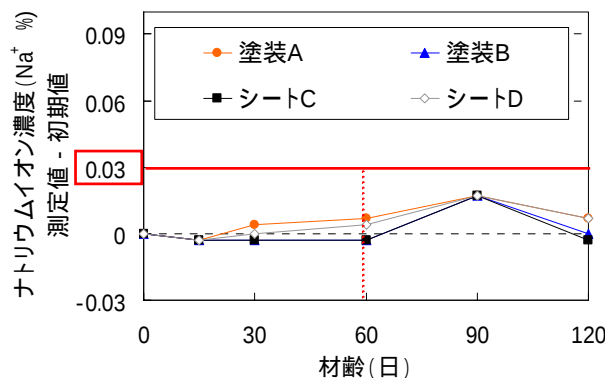


図 - 1 2 ナトリウムイオン濃度
（モルタル板による確認試験）

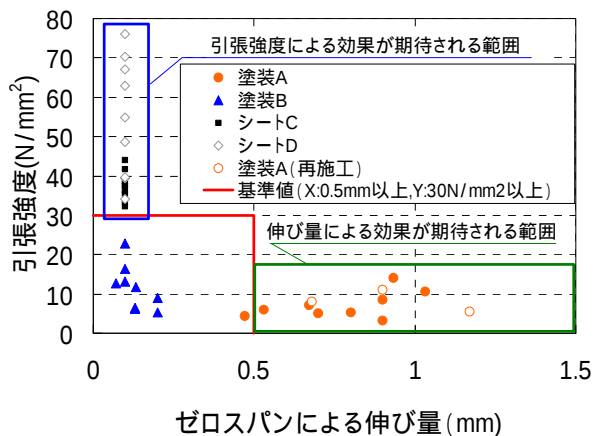


図 - 1 4 引張強度と伸び量の関係
（実コンクリートでの現地試験施工）

(6) アルカリ金属透過阻止性

塩水浸せき試験での水溶性アルカリ量分析結果を図 - 1 1 に示す。測定値は躯体コンクリート表面から深さ20mmまでの塩化物イオンを所定の材齢毎に示したものである。この結果、各表面被覆材とも、飽和NaCl溶液中であっても1年間にわたり、アルカリイオンの浸透を阻止していることが確認された。

品質規格の策定にあたっては、塩化物イオン透過阻止性と同様に、モルタル板による確認試験によるものとした。モルタル板による確認試験での水溶性アルカリ量分析結果を図 - 1 2 に示す。この結果から、アルカリ金属透過阻止性の品質規格の基準値は、60日間浸せき後のモルタル板に浸透したナトリウムイオン量が初期値+0.03%以下であることとした。

(7) ひび割れ追従性

一般に、ひび割れ追従性は、塗膜の重要な性能のひとつであるが、性能に影響を与える要因が複雑であり、簡易な試験によって評価することが難しい項目とされている¹⁾。各機関において、ひび割れ追従性の評価基準は、0.05mm～0.8mmの範囲内で、各々の要求性能に応じて設定していることが多い¹⁾。

現地暴露試験でのひび割れ追従性試験結果を図 - 1 3 に示す。供試体は日射を受ける干満帯に暴露し

たもので、紫外線劣化や乾湿の繰り返し作用を受ける環境下にあった。その結果、塗装Aの伸び量は、供試体間のばらつきは認められるものの、経年による伸び量の低下は認められなかった。一方、塗装Bの伸び量は、材料硬化による伸び性能の低下が認められた。

毛馬排水機場水路部でのひび割れ追従性能は、毛馬排水機場内で採取したコアのASRの促進膨張試験結果から検討した結果、0.5mm以上の伸び能力が要求されるものと判断した。

一方、シートC、シートDのように弾性係数が大きく伸び能力の小さい材料の評価は、伸び能力で規定せず、表面被覆材料の引張強度を品質規格の基準値として適用することとした。実構造物による試験施工で実施した引張強度と伸び量の関係を図 - 1 4 に示す。引張強度は、ひび割れ追従性試験で求めた引張荷重を断面積で除したものである。試験結果から、引張強度30N/mm²以上の表面被覆材料であれば、ひび割れ幅0.5mmの発生を抑制する効果が期待できると判断した。

以上の結果より、ひび割れ追従性の品質規格の基準値は、塗装系では0.5mm以上の伸び量を示すもの、シート系では、0.1mm以上の伸び量でかつ30N/mm²以

上の引張強度を示す材料であることとした。また、現地暴露試験結果より、日射を受ける箇所では、紫外線劣化により性能低下が生じ、伸び量に影響を及ぼすことが分かったため、乾湿温冷繰返し及び耐候性の負荷条件を与えて規格基準値を満たす材料を選定するものとした。

(8)耐摩耗性

毛馬排水機場水路部は、ポンプ運転時に砂混じりの水が流れるため、表面被覆材の表面の耐摩耗性が必要とされる。

毛馬排水機場の過去の運転記録によれば、ポンプの年平均稼働時間は2時間22分であり、最大流速3.5m/sの水が大川側から淀川側に流れる。このことより、12年間では28時間のポンプ運転が行われるものと仮定した。

耐摩耗性能は、水中摩耗試験を実施し確認した。水中摩耗試験による攪拌時間と摩耗深さの関係を図-15に示す。水中摩耗試験50時間後の表面被覆材の摩耗深さは、0.020～0.028mmであった。

水中摩耗試験の流速が0.6m/sに対して水路での流速が3.5m/sである関係を用い、水中摩耗試験50時間後の摩耗深さの係数を0.052と定めた。0.052×（表面被覆材の厚さ）mm以下であれば、12年間は耐摩耗性を確保できると判断し、品質規格の基準値とした。

(9)安全性・衛生性

河川構造物に表面被覆工法を適用する場合には、環境に配慮した材料の選定が求められる。

このため、安全性・衛生性の規格基準については、日本水道協会規格や厚生省令等に適合した材料、あるいはそれら試験方法に相当する独自に実施した溶出試験を行い適合した材料を選定することとした。

6．まとめ

(1)品質規格（案）の策定

本報告は、常時水中に位置する水路部コンクリートの代表的な構造物として毛馬排水機場の水路部を取り上げ、各種実験結果や既往の文献等を整理した結果等より、排水機場等の河川構造物に要求される性能を満足する表面被覆材料の選定を行うための品質規格（案）を策定した。

今回策定した品質規格（案）は毛馬排水機場の水中部のコンクリート構造物の各種調査結果を用いて策定を行ったものである。今後、毛馬排水機場以外の河川構造物や道路構造物においても、今回策定した品質規格が利用できるよう、さらに検討を加えていく予定である。

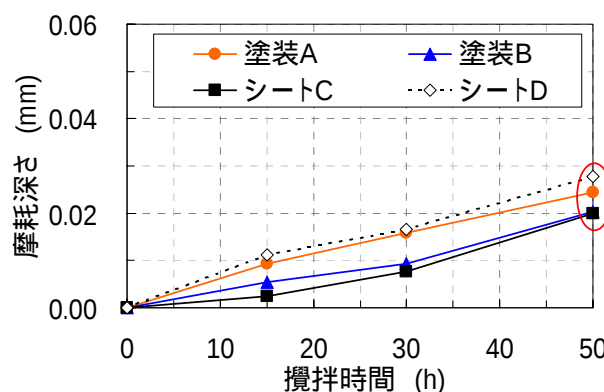


図-15 攪拌時間と摩耗深さの関係

(2)現地試験施工から得られた留意点

実コンクリートでの現地試験施工では、施工時の温度、相対湿度及びコンクリートの含水率の影響が施工の仕上りに大きく影響することが確認できた。特に、低温環境下やコンクリートの表面含水率が高い状況では、材料の硬化不良等の施工不良が生じやすくなることが考えられたため、施工管理の方法について検討した。

現地試験施工後の経過観察では、乾湿繰返しや紫外線等の環境の影響により表面被覆材に負荷が加わり、表面被覆材の性能が低下することを確認した。このことから、材料選定のための品質規格（案）では、負荷試験条件を考慮し規格基準を設けることとした。

また、材料選定では、表面被覆材の初期システムの性能が規格基準以上のものであっても、断面修復等の新たに工程が加わる場合には、加えた材料と表面被覆材や躯体コンクリートとの相性等を十分に把握して使用しなければならないことを確認した。

謝辞

本研究において、公募による応募、実験にご協力頂きました関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) コンクリート技術シリーズNo.58 コンクリートの表面被覆および表面改質に関する技術の現状, 土木学会, pp. 79-80, pp. 185-193, pp. 242-247 2004. 3
- 2) 抜木幸次, 芝田弘一, 富吉末広, 宮川豊章: 海水中における表面被覆材の性能評価に関する実験的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第8巻, pp. 365-372, 2008. 10
- 3) 国土交通省 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>