

加古川大堰ゲート設備の長寿命化塗装について

駒口 誠治¹・小寺 一史²

¹近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 流水調整課（〒640-8390 和歌山市有本462）

²近畿地方整備局 姫路河川国道事務所 小野出張所（〒675-1342 兵庫県小野市阿形町1082-2）

加古川大堰の主ゲートは1号～5号の5門で構成されており、1門は純径間約50m扉高6m（1、5号ゲートは5.3m）のフラップ付シェル構造鋼製ローラゲートである。扉体は常に水中に没しており、塗装により防食対策を行っているが、塗膜は環境条件等により劣化するため、定期的に塗替塗装が必要である。H16年度以降の扉体外面の塗替塗装においては、従来のエポキシ樹脂塗装から高耐久性が期待できる超厚膜エポキシ樹脂塗装、ガラスフレーク塗装に変更しており、変更後5年及び10年が経過した時点で塗装の状況調査、効果の確認を行ったので報告する。

キーワード 塗替塗装, 長寿命化, コスト縮減

1. 加古川大堰主ゲートの塗装について

加古川大堰は、加古川の河口から12kmの地点に設けられた多目的可動堰である。既設の固定井堰を統合、可動化して治水の安全をはかるとともに、加古川下流域にある既得用水の確保と、加古川市および高砂市の上水道用水・工業用水の開発を目的として、昭和54年度に実施計画調査をはじめ、翌年度から建設事業に着手、その後7ヶ年の工期と2ヶ年の試験湛水を経て、昭和63年度末に完成し、今日の管理に至っている。図1に加古川大堰位置図を、写真1に加古川大堰全景を示す。



図1 加古川大堰位置図

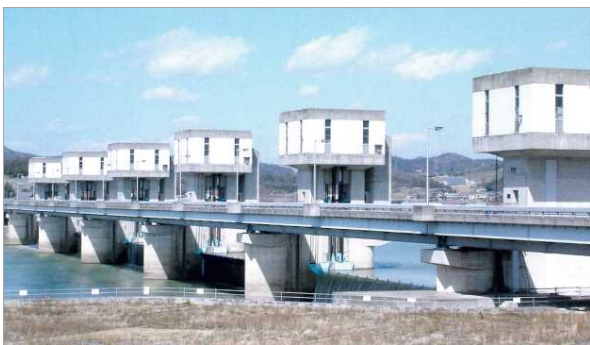


写真1 加古川大堰全景（左岸下流より）

河川における機械設備は、水中に没したり、風雨に曝されたり、常時湿潤な環境にあるなど、非常に厳しい腐食環境に設置されることが多いが、これらの設備は、管理上、常に正常な機能を発揮することが求められるため、適切な防食を施すことが必要である。

防食方法は一般に、表面の被覆（塗料、メッキ等）、耐腐食材料の使用（ステンレス鋼等）、電気防食等の方法があり、防食方法の選定にあたっては、環境、設備規模、構造・形状、維持管理の合理化等考慮し行う。

(1) 建設時の塗装仕様

建設時の主ゲート扉体外面塗装仕様を表1に示す。加古川大堰の主ゲートは純径間約50m扉高6m（1、5号ゲートは5.3m）のフラップ付シェル構造鋼製ローラゲートである。建設時、扉体は輸送等を考慮し下段扉が16分割、上段扉が4分割で現場に搬入し現地溶接で組み立てており、塗装も工場と現場で分割施行を行っている。ゲートが常時水中部にあることから、塗装仕様は水中部での付着性に優れているエポキシ樹脂系としている。

表1 建設時の主ゲート扉体外面塗装仕様

工程	施工場所	塗料名	回数	塗膜厚
一次プライマー	工場	無機ゾンクプライマー	1回	20μm/回
下塗	工場	エポキシ樹脂塗料	1回	60μm/回
下塗	工場	エポキシ樹脂塗料 MIO系	1回	50μm/回
下塗	現場	エポキシ樹脂塗料	2回	60μm/回
中塗	現場	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回
上塗	現場	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回

(2) 塗替塗装周期と塗装仕様の見直し

塗膜は一般的に水分、塩分、紫外線等の環境条件及びその他の要因により劣化する。塗替塗装は、劣化した塗膜を除去し、再び塗装することによって構造物の腐食を

防止し、その構造物の寿命を延ばすことを目的として行うものである。塗替塗装を行う時期については塗膜劣化程度から検討が必要であり、一般に塗膜劣化程度の小さいうちに行うことが防食上有効とされている。

塗替塗装の塗装仕様（平成15年度まで）を表2に示す。塗装仕様は、建設時と同様のエポキシ樹脂系としており、塗装厚は下、中、上塗りとも塗膜厚40～50μmとしている。

表2 塗替塗装時の塗装仕様（～平成15年度）

<扉体外面> エポキシ樹脂系塗装

工程	塗料名	回数	塗膜厚
下地処理	第3種Aケレン		
プライマー	有機ジンクリッチプライマー	1回	15μm/回
下塗	エポキシ樹脂塗料	1回	50μm/回
中塗	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回
上塗	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回

建設以後、毎年1門ずつ、各ゲートを概ね5年周期で塗替塗装を行っている。塗替塗装周期を表3に示す。

表3 建設以後の塗替塗装周期

年度	ゲート				
	1号	2号	3号	4号	5号
S57					
S58	新設	新設	新設	新設	新設
S59					
S60					
S61					
S62					
S63					
H1				●	●
H2			●		
H3		●			
H4	●				
H5					●
H6				●	
H7			●		
H8		●			
H9	●				
H10				●	
H11			●		
H12				●	
H13		●			
H14	●				
H15					●
H16				●(厚)	
H17					
H18			●(厚)		
H19		●(厚)			
H20	●(厚)				
H21					●(厚)
H22				○	
H23			○		
H24		○			
H25	○				
H26					
H27				●(厚)	
H28			●(厚)		

新設：新設の年度

●：塗替塗装の年度
(厚)は超厚膜エポキシ樹脂塗装

○：塗装調査の年度

※塗替塗装時に扉体修繕（水密ゴム取替等）も実施している。

平成16年度から超厚膜エポキシ樹脂塗装に仕様変更し、塗替周期も10年に見直している。

(3)長寿命化塗装によるコスト縮減

H16年度以降の塗装仕様は、長寿命化を考慮し、扉体外面の塗替塗装に超厚膜エポキシ樹脂塗装、ガラスフレーク塗装（扉体下部）を採用した。塗装仕様を表4に、超厚膜エポキシ樹脂塗装とガラスフレーク塗装の塗装箇所を図2に示す。

表4 長寿命化を考慮した塗装仕様

<扉体外面> ゲート下部以外 超厚膜エポキシ樹脂塗装

工程	塗料名	回数	塗膜厚
下地処理	第2種ケレン		
下塗	変性エポキシ樹脂塗料 (水中部用)	1回	60μm/回
	超厚膜エポキシ樹脂塗料	1回	300μm/回
中塗	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回
上塗	エポキシ樹脂塗料	1回	40μm/回

<扉体外面> ゲート下部 ガラスフレーク塗装

工程	塗料名	回数	塗膜厚
下地処理	第2種ケレン		
下塗	ガラスフレーク含有塗料 用下塗	1回	80μm/回
中塗	ガラスフレーク含有塗料 (ビニルエステル樹脂系)	1回	300μm/回
上塗	ガラスフレーク含有塗料 (ビニルエステル樹脂系)	1回	300μm/回

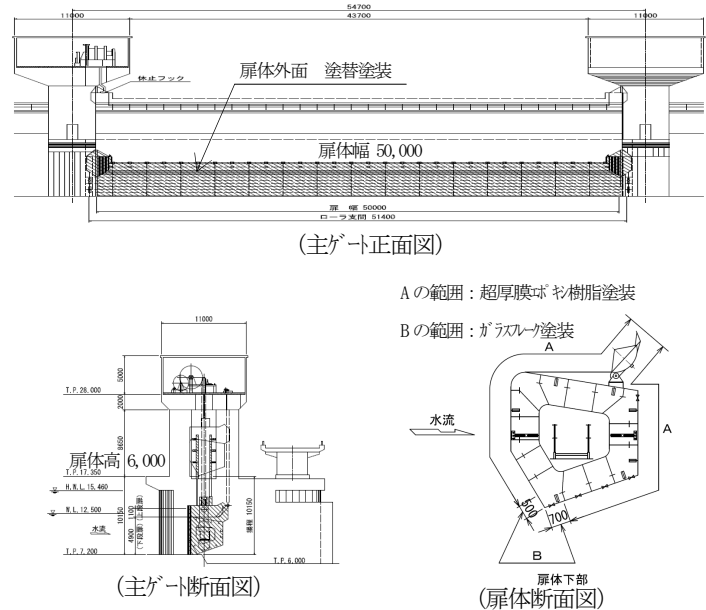


図2 超厚膜エポキシ樹脂塗装とガラスフレーク塗装箇所説明図

a)超厚膜エポキシ樹脂塗装について

一般的に塗膜の寿命は、腐食性物質が鋼板面に到達するまでの時間と腐食性物質が鋼板面に到着した後、付着破壊が生じるまでの時間の和によるとされている。よって、付着性物質が鋼板表面に到達する時間をできるだけ延長し、さらに付着力を確保することが塗膜の長期耐久性の維持につながるとされている。今日、高耐久性、省工程が可能な超厚膜形塗料が開発されており、加古川大堰の主ゲート外面の塗替塗装において、長期の耐久性による塗替塗装回数の低減を期待し、超厚膜エポキシ樹脂塗装を採用した。

図3に超厚膜エポキシ樹脂塗装によるコスト縮減を示

す。5門当たり、10年間で約3,000万円のコスト縮減となる見込みである。

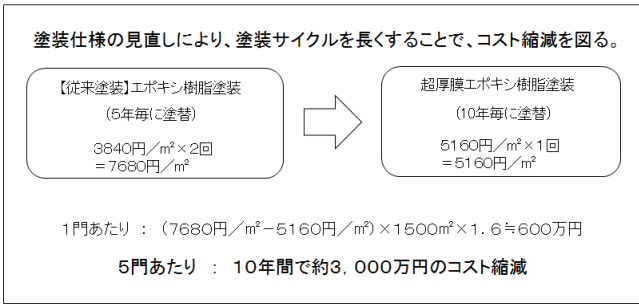


図3 超厚膜エポキシ樹脂塗装によるコスト縮減

b) ガラスフレーク塗装について

ガラスフレーク塗装に用いるガラスフレーク含有塗料は、ガラスフレークを20%程度含有した塗料で、ガラスフレークとエポキシ樹脂を主成分とする主剤と硬化剤からなる塗料であり、耐水性、耐摩耗性、耐衝撃性に優れている。主ゲート下部は、放流時にゲート下部から河川水の高速の流れにより土砂等巻き上げが発生し、それらが扉体に衝突するため、塗膜が損傷し塗装劣化の進行が早い。そこで、特に巻き上げの影響を受けるゲート下部（上流側50cm、下流側70cmの範囲）において、部分的にガラスフレーク

塗装により塗替塗装を行った。写真2にガラスフレーク塗装後の写真を示す。



写真2 ガラスフレーク塗装後

2. 塗装の評価

超厚膜エポキシ樹脂塗装、ガラスフレーク塗装を行った箇所について、5年経過後、10年経過後の塗装状況調査を行っており、その結果について報告する。

(1) 5年経過後及び10年経過後の塗装の状況について

5年経過時点、10年経過時点に行った各ゲートの塗装状況調査時期、調査項目、調査箇所は表5～表7に示す。また調査箇所を図4に示す。ここでは3号ゲートの調査結果について説明する。

表5 塗装状況調査時期

ゲート名称	塗装実施	1回目調査	2回目調査
1号ゲート	H20	H25	H30 (予定)
2号ゲート	H19	H24	H29 (予定)
3号ゲート	H18	H23	H28
4号ゲート	H16	H22	H27
5号ゲート	H21	H26	H31 (予定)

表6 調査項目

調査項目	内容及び方法
塗膜外観	扉体の塗膜状態を目視で観察し、錆・ふくれ・われ・はがれの有無などについて、調査を実施。塗膜状態の代表部位を写真撮影を実施。
イビークス測定	イビークス測定は、塗装の劣化程度を電氣的に調べる方法。イビークス測定器により周波数0.2、0.5、1.0kHzにおける抵抗成分、容量成分、tan δを測定。
膜厚測定	電磁膜厚計により1箇所について5点測定。
硬度測定	バーコール硬度計によりガラスフレーク塗装箇所では1箇所について10点測定。

表7 調査箇所

調査箇所	調査箇所	数量	備考
塗膜外観	A, B, C, D, E, F, G, H×16断面、側面	130箇所	目視調査
イビークス測定	A, B, C, D, E, F, G, H×3断面	29箇所	機器調査
膜厚測定	A, B, C, D, E, F, G, H×16断面、側面	130箇所	
硬度測定	D, E×3断面	32箇所	
計		321箇所	

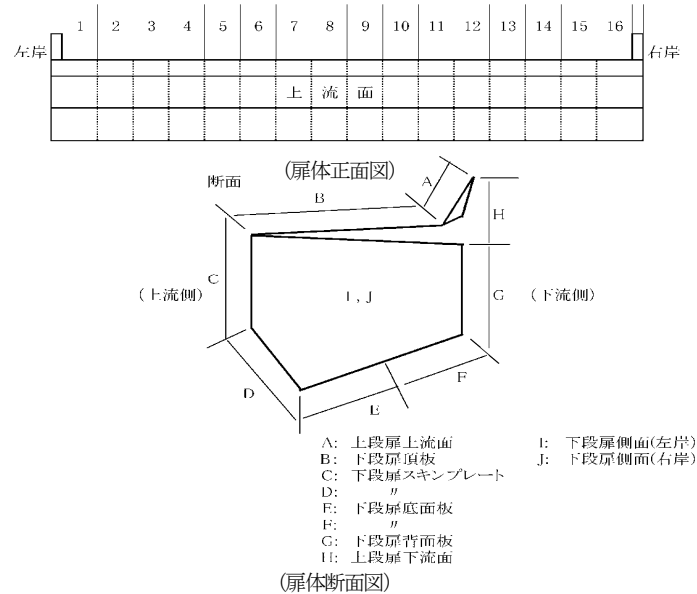


図4 調査箇所説明図

(2) 調査結果

3号ゲートに関する5年経過後(H23)、10年経過後(H28)の調査結果を以下に示す。

a) 塗装外観

塗装外観の調査結果を表8に示す。また、塗装時の予備ゲート設置状況、足場設置状況、塗装外観等の写真を写真3～8に示す。扉体は常時水没環境にあり、汚れや藻の付着があるため、まず全体を水洗いした後、調査を行う。

超厚膜エポキシ樹脂塗装面は、5年経過後において、上段扉、下段扉スキンプレート等でふくれが見られたが、大きさは小さく数も少数であった。発錆はマンホール等

のエッジ部に見られる程度であった。一方、10年経過後においては、上下段扉スキムプレート全域でふくれが見られた他、各所で発錆、はがれ、われが多く見られた。(写真5~7)

ガラスフレク塗装面においては、5年経過後は塗膜良好であり、10年経過後も部分的な損傷、発錆は見られたものの塗膜良好であった。(写真8)

表8 塗装外観調査結果

位置(図4)	調査箇所	塗装種類	H23 塗装外観	H28 塗装外観
A	上段扉スキムプレート面	エポキシ	・両端部に径5mm程度のふくれが見られた ・その他変状は認められなかった	・全区画でふくれが多数見られた ・水密ゴム摺動面との境界部に局所的な発錆が多数見られた
B	下段扉頂板面	エポキシ	・全体的に径10mm程度のふくれが少数見られた	・全区画でふくれが多数見られた
C	下段扉スキムプレート面	エポキシ	・径10mm程度のふくれが中央から左岸側にかけて見られた	・ほぼ全区画でふくれが多数見られた
D	下段扉スキムプレート面	ガラスフレク	・塗膜良好	・塗膜良好 ただし、局所的な損傷・発錆が見られた
E	下段扉底面板	ガラスフレク	・塗膜良好	・塗膜良好 ただし、局所的な損傷・発錆が見られた
F	下段扉底面板	エポキシ	・大気部、及び没水部ともに塗膜良好	・塗膜は比較的良好的であるが、局所的なふくれ、はがれが見られる箇所があった
G	下段扉背面板	エポキシ	・マンホール等の部材エッジ部に僅かにさびが見られる程度 ・その他変状は認められなかった	・多数の区画で割れが見られた ・区画8でふくれ、区画11でははがれが見られた
H	上段扉背面板	エポキシ	・部材エッジ部に僅かにさびが見られる程度 ・その他変状は認められなかった	・塗膜は比較的良好的であるが、ヒンジ部、点検窓等の角部に発錆が見られた
I, J	下段扉側面	エポキシ	・塗膜良好	・水密ゴム取付部に発錆が見られた



写真3 予備ゲート設置状況



写真4 足場設置状況



写真5 塗装のわれ(H28)
(G面 下段扉背面)



写真6 塗装のはがれ(H28)
(G面 下段扉背面)



写真7 塗装のふくれ(H28)
(C面 下段扉スキムプレート)



写真8 ガラスフレク塗装面(H28)
(D面 下段扉スキムプレート)

b) インピーダンス測定

インピーダンスの測定結果を図5に示す。インピーダンス値は、各面について3箇所測定し、平均値を比較した。

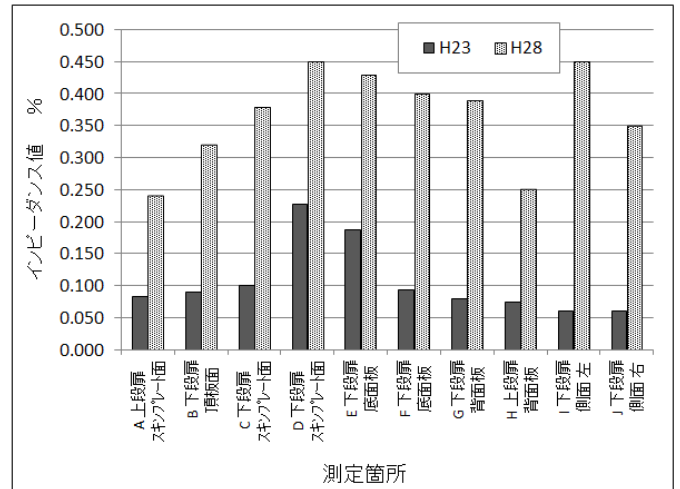


図5 インピーダンス測定値

インピーダンスの評価基準例を表9に示す。

表9 塗膜の劣化程度の評価基準例(計器測定)

点検項目	評価基準			
	A	B	C	D
脆化	0~0.3	0.3~0.5	0.5~1.0%	1.0以上

注1) 脆化の数値は、1kHzの場合の $\tan \delta$ 値(抵抗値と静電容量値から決まる数値)である。

注2) 劣化程度(A~D)の目安:A(良好)→D(劣化)

注3) ダム堰施設技術基準(案)基準解説編、マニュアル編による

表9の評価基準によると、5年経過後の脆化の値は、超厚膜エポキシ樹脂面、ガラスフレク塗装面とも0.3以下であり良好(A評価)であった。10年経過後は、5年経過後の調査時より、超厚膜エポキシ樹脂塗装面、ガラスフレク塗装面とも数値は悪化し塗装劣化の傾向が見られ、いずれもB評価であった。

c) 膜厚測定

5年経過後、10年経過後に行った膜厚の測定結果を図6に示す。5年経過後、10年経過後において塗膜厚の変化は特に見られなかった。扉体下部においては、流水により巻き上がった砂等が塗装面に衝突し劣化が進行することが懸念されたが、ガラスフレク塗装面において塗膜厚が維持されており、効果的であったと考えられる。

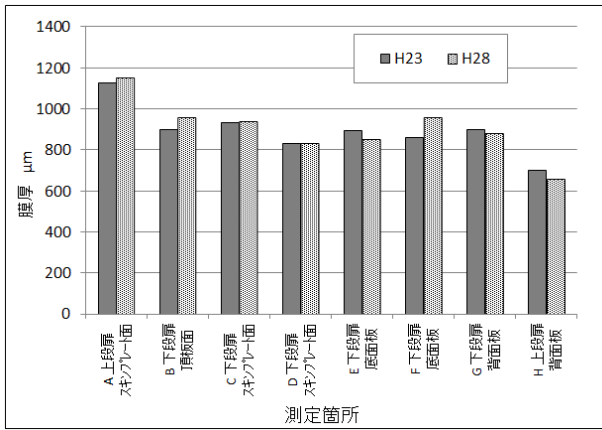


図6 膜厚測定値

d) 硬度測定

バーコル硬度計でガラスフレック塗装面の硬度を測定した結果を表10に示す。バーコル硬度計は、サンプルを切り取らず現地で測定することができる測定器具である。

表10 塗膜の硬度測定結果 (ガラスフレック塗装)

		測定年度	
		H23	H28
下段扉	スキアール面	42.4	42.6
下段扉	底板面	44.3	42.8

測定値は各面16箇所測定した平均値である。5年経過後と比較し10年経過後の下段扉底板面で数値がやや小さくなっているが、測定結果に大きな変化は見られなかった。よって、経年劣化による硬度の変化は見られず、10年経過後でも十分な硬度を維持しているものと考えられる。「JIS K 6940ガラスフレック入りビニルエステル樹脂皮膜」によると、バーコル硬度は25以上あればよいとされている。

3. 評価と今回の対応について

(1) 超厚膜エポキシ樹脂塗装

超厚膜エポキシ樹脂塗装面は、インピーダンス測定値が5年経過後と比較し、10年経過後の今回は悪化しており、また、外観調査の結果、塗装面にわれ、ふくれ、はがれが多数見られることから塗替塗装が必要と判断した。

今回の対応として、これら塗膜不良部を電動工具等により除去し(3種ケレン(A))、超厚膜エポキシ樹脂塗装により塗替塗装を行った。

次回、超厚膜エポキシ樹脂塗装面の塗替塗装は10年経過後を予定している。今回の塗替塗装により、部分的に塗装面厚さが増しており、これ以上の重ね塗りを行うと、われやはがれの発生が多くなる恐れもあることから、次回塗装時は2種ケレンを行い、旧塗膜を全て除去した後に塗替塗装を行うことを検討する。

(1) ガラスフレック塗装

ガラスフレック塗装面は、インピーダンス測定値が5年経過後と比較し10年経過後の今回は悪化しているものの、10年経過後も硬度は良好に保たれており、外観的にも、局所的な損傷・発錆はあるが状態は良好であることから、今回の塗替塗装の必要性は無いと判断し、塗替塗装はさらに10年経過後とした。

主ゲートは、次回扉体引き上げを5年経過後に予定(扉体修繕のため)しているので、その時に超厚膜エポキシ樹脂塗装部、ガラスフレック塗装部とも塗装面の調査を行うものとし、必要に応じて補修塗装を行うものとする。

4. むすび

- ・超厚膜エポキシ樹脂塗装を採用することで、維持管理費のコスト縮減が図れた。
- ・今後も塗装調査を継続して行うことでデータを蓄積し、機械設備の適切な維持管理を行うことが重要である。
- ・加古川大堰は平成元年本湛水を開始し、まもなく30年が経過する。今後、永続的に設備の維持管理を行っていくうえで、扉体の塗替塗装、開閉装置等の機器更新や機械設備の点検整備は重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：機械工事塗装要領(案)・同解説
- 2) ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・設備計画マニュアル編)