防錆防食講座 (第10講)

UDC 620.197.6:624

(色材, 55 [1] 43-53. 1982)

陸 上 構 造 物

菅 野 照 造*

1. ま え が き

陸上鋼構造物と一口でいっても、その範囲はきわめて広く、軽量鉄骨類まで含めると、とても筆者などに手がおえるものではなくてくるので、ここでいう陸上鋼構造物は、一般の人達が日常よく目にする大型の鋼構造物、すなわち橋梁、タンク、水門、鉄骨類などに主点をおいて述べることにする。しかし、これらの構造物の一つ一つについて詳述することは、与えられた紙数の範囲では困難であり、しかも本誌の読者には必ずしもそれは必要ないものと独断し、できる限りこれら構造物に共通する塗装上の問題点をとりあげて記述するつもりである。内容が表面的なものに終始するのは、筆者の浅学非才であるためであり、あらかじめご容許願うことにする。

2. 橋 梁

鋼橋の防錆塗装は表-1¹⁾に示したように、わが国を始め諸外国とも1960年代くらいまでは、圧倒的に油性鉛丹さび止め塗料に油性またはフタル酸樹脂系塗料という組合せが用いられてきた。しかし、表-1にも示したように、英国が長大橋の長期防錆用として、亜鉛溶射を第一層に用いてMIO塗料を組合せた塗装系をフォースロード橋、セバン橋などに適用し、この塗装系と全く同じ塗装系がオークランドハーバー橋に適用され、しかもその橋がわが国で製作されてニュージーランドへ輸出されたことから、わが国でも亜鉛溶射を広大な面積（この時は約11万m²）に処理できる可能性を見いだすことができた。

わが国で亜鉛溶射と塗料とを組合せる、いわゆる複合

被覆法が重防食塗装として脚光を浴びるようになったのは、ちょうどこの頃かと思われる。この頃わが国では、本州四国連絡橋のプロジェクトが本格化し始め、海上橋の長期防錆防食はどうあるべきかが議論されており、本州四国連絡橋公団が土木学会にこの問題を諮問した。土木学会では、筆者も参加した調査委員会が設けられて検討した結果、昭和49年3月に長大橋塗装案が報告されている²⁾。この報告書によれば、表-2に示したようにNo.1~12の塗装系があって、No.1の鉛丹さび止め+長油性フタル酸および鉛丹さび止め+MIOならびに、この塗装系に上塗りとして塩化ゴム塗料を用いるものを除けば、No.2~12までは、すべて無機ジンクリッチまたは亜鉛溶射を第一層として用い、その上にエポキシおよびポリウレタンまたは塩化ゴム塗料を適用することが推奨されている。

現在の本州四国連絡橋公団の海上橋塗装仕様書は、幾分の修正は行なわれているものの、大略この考え方がベースとなっている。この塗装案が一般に公表されるに及んで、わが国の長期防錆防食塗装の方向は、大略この方法が適用されるようになり、橋梁の重防食塗装のみならず多方面にこの塗装系が適用されるようになってきている。表-3³⁾には後述する他の構造物の塗装系をも含めて一覧表として示した。

わが国の橋梁で亜鉛溶射をベースとした長期防錆用複合塗装を適用したものとしては、1972年に完成した日本道路公団の関門橋が代表的なものである。

亜鉛溶射は、金属亜鉛がもつ防食特性から、鋼の防錆法としてはもっともすぐれた効果を示すものの、作業能率が、塗装作業に比して小さく、その反面コストが高いという点から、橋梁の初期建設費が高くなり、一般的な方法とはいえない。むしろ亜鉛の防錆効果が世間に普及されるにしたがって亜鉛溶射よりもジンクリッチペイントが脚光を浴び、しかもエチルシリケート型の最大の欠陥である厚塗りすると塗膜にワレが入るという現象が、シリケートの改良により克服され、逆に亜鉛溶射同様に

昭和56.9.2受理
Protective Coating on Land Steel Structures
Teruzo SUGANO

* 石川島播磨重工業(株)技術研究所
東京都江東区豊洲 3-1-15 (〒135)

表-1 外国著名橋梁塗装系概要

橋 梁 名	完成年	橋 長 (m)	所 在 地	環 境	塗 装 系
ジョージワシントン橋	1931	1,451	米 国 ニューヨーク市	ハドソン河	油性さび止め+油性フタル酸
シドニーハーバー橋	1932	1,150	オーストラリヤ シドニー市	河 口	鉛丹さび止め+油性フタル酸
オークランドベイ橋	1936	6,925	米 国 サンフランシスコ	サンフラン シスコ湾	鉛丹さび止め+油性フタル酸 (無機ジンクリッチペイント +H・Bビニルに塗り替える予 定)
マキナクストレイト橋	1957	2,543	米 国 マキノ市	マキノ峡	油性さび止め+油性フタル酸
ニューポート橋	1960	3,430	米 国 コネティカットアイランド	海 岸	無機ジンク+H・Bエポキシ
ベラザノナローズ橋	1964	2,039	米 国 ニューヨーク	ハドソン河 口	油性鉛丹+油性フタル酸
フォースロード橋	1964	2,063	英 国 エジンバラ市	フォース河 口	亜鉛溶射+W/P+Z/C+MIO
セ バ ン 橋	1965	1,579	英 国 ブリストル市	河 口	亜鉛溶射+W/P+Z/C+MIO
サンメテオヘイワード橋	1967	3,200	米 国 サンフランシスコ	海 岸	無機ジンク+H・Bビニル
オークランドハーバー橋	1969	1,098	ニュージーランド オークランド	海 峡	亜鉛溶射+W/P+Z/C+MIO
ボスボラス橋	1973	1,560	ト ル コ ト ル コ 市	ボスボラス 海峡	亜鉛溶射+W/P+Z/C+MIO
南 海 橋	1973	660	韓 国 南海島	海 峡	有機ジンクリッチ+W/P+ Z/C+MIO+CR

表-2 本四連絡橋防錆防食塗装系案

記 号	塗 装 系 の 概 要
1 { (1)	E/P(短)+鉛丹#1+鉛丹#2+フタル酸(中)(上)
(2)	E/P(長)+鉛丹#1+鉛丹#2+フェノールMIO+塩ゴム(中)(上)
(3)	E/P(長)+鉛丹#1+鉛丹#2+フェノールMIO×2
2	H・B(無)ジンクリッチ+E/P(短)+フェノールジクロ+フェノールMIO×2+塩化ゴム(中)(上)
3	亜鉛溶射+E/P(短)+フェノールジクロ+フェノールMIO×2+塩化ゴム(中)(上)
4	H・B(無)ジンクリッチ+ミストコート+H・Bエポキシ or ポリウレタン×2+ポリウレタン(中)(上)
5	亜鉛溶射+E/P(短)+H・Bエポキシ or ポリウレタン×2+ポリウレタン(中)(上)
6	H・B(無)ジンクリッチ+ミストコート+タールエポキシ or タールウレタン×3
7	(無)ジンクリッチ+タールエポキシ or タールウレタン×3
8	(無)ジンクリッチ+タールエポキシ or タールウレタン×2
9	(無)ジンクリッチ

注) 1-(1), 2~6 塗装系の下地処理は製品ブラスト, 7, 8, 9 は原板ブラストによる。

75~100 ミクロンの厚い塗膜を作ることが可能となったこと, および重防食塗装のプライマコートとしての防錆効果については, 亜鉛溶射とそん色がなくなったことな

どから, 表-2 の No.2, 4, 6, 7 の塗装系をベースとしたものが一般に普及されるようになった。また, これらの塗装系と平行して無機, 有機ジンクリッチペイント

表-3 陸上の鋼構造物に適用される塗装系

鋼造物の種類と環境		塗 装 系
橋梁・一般構造物	山 間・田 園	油性+フタル酸系 フタル酸系
	都市・工場・海浜	油性+フタル酸系 フタル酸系(LZIプライマ使用) 油性+MIO+塩化ゴム系 塩化ゴム系 エポキシ系 エポキシ+アクリルエポキシ系 エポキシ+ポリウレタン系
	長期重防食	エポキシ系 エポキシ+アクリルエポキシ系 エポキシ+ポリウレタン系 厚膜ZRP-O+MIO+塩化ゴム系 " ZRP-I+" " " " +エポキシ系 " " + " +アクリルエポキシ系 + " + " +ポリウレタン系 変性ポリエステル系
	側板 ウィンドガーダー	油性+フタル酸系 塩化ゴム系
貯油タンク外面(浮屋根型)	天 蓋 ボンツーン上面	油性+MIO+塩化ゴム系 塩化ゴム系 エポキシ系 エポキシ+アクリルエポキシ系 エポキシ+ポリウレタン系
	ボンツーン内面	フタル酸系 水 溶 性 変性ポリエステル系
タンク内面	原 油・重 油	変性エポキシ系
	軽油・灯油・ガソリンなど	厚膜無機ジンク系
	潤 滑 油・LPG	エポキシ系
海造中構物	没水部・水線部	エポキシ系 変性エポキシ系
鉄門・管	外 面	フタル酸または塩化ゴム エポキシ+ポリウレタン系
	内 面	変性エポキシ(タールエポキシ系) 変性ポリエステル系

に塩化ゴム塗料を組合せる塗装系が、従来の鉛系さび止め+フタル酸樹脂系という塗装系に代って多く使用されるようになってきた。

菅野⁴⁾は、各種の暴露試験塗膜を XPS, FT-IR などを用いて分析した結果を報告しているが、その一例として、塩化ゴム塗膜は大気中にさらされていると、約5年を経過した頃から塗膜中の可塑剤の消耗が顕著となり、これと平行して塩化ゴムの脱塩素が進行し、塗膜中にパークロル塩 $[(ClO_4)^{-2}]$ を生成し、これがジンクリッチ塗膜の劣化を促進することを報告しており、ジンクリッチペイントと塩化ゴムを組合せる場合は、エポキシプライマーでシールコートしてから塩化ゴムを塗装すべきであることを提唱している。

日本鋼構造協会・防錆防食小委員会・鋼橋塗装研究班は、ジンクリッチペイントとエポキシ樹脂塗料または塩化ゴム塗料を組合せて塗装された道路橋の、約10年を経過した塗膜の実態調査の結果を報告⁵⁾しているが、これによれば前述の提唱を裏付けるかのように、エポキシ樹脂塗料を組合せたものはすぐれた防錆効果を有しているのに対し、塩化ゴム塗料と組合せたものは、かなりの発錆が見られていることを報告している。

以上のように重防食塗装の普及により、従来からの鉛系さび止め塗料+フタル酸樹脂塗料という一般的な塗装系に比して、塗膜の寿命は長足の進歩が見られるようになってきたが、それでも最近の経済事情の悪化から、橋梁の維持管理者である公企体からは、メンテナンス費用削減の声が高く、更にメンテナンスフリーが求められており、耐候性鋼による無塗装橋梁や溶融亜鉛めっき橋などが検討されている。表-4⁶⁾にはわが国の耐候性鋼を適用して無塗装で建設された橋梁の例を示し、表-5⁷⁾には溶融亜鉛めっき橋の建設例を示した。亜鉛めっき橋の最近の例としては、日本道路公団大阪建設局が近畿自動車道(天理・吹田線)の中鴻池〜三島間の下り線に橋長636m(1スパン27~30m)の飯げた全部に適用したのが最大規模のものである。

最近では地方自治体が、このようなメンテナンスフリー橋を計画する例が多くなっている傾向にあるのも時代の流れというものであろうか。

メンテナンスフリー橋として時代のエースのように登場してきたこれらの橋梁にも全く問題がないわけではない。前者の耐候性鋼では、直接風雨にさらされる外面部は1~3年の間に安定さびが形成されて、以降の腐食は抑制されるが、直接風雨にさらされない橋体の内面および陰影部では、安定さびの形成が困難であるため、このような部分の防食をどのようにするかの問題が残され

表-4 わが国の耐候性鋼適用橋梁名一覧表 (H形鋼橋および化成処理橋梁は除く)

橋 梁 名	所 在 地	橋 梁 形 式	最大支間 (m)	完 成 年	備 考
運 河 橋	北 海 道 石 狩	2 主 桁		昭 11	北海道初の全溶接橋 昭 56 撤去予定
知 多 2 号 橋	愛 知 県 知 多	単 純 合 成 鈹 桁	57.0	" 42	一 部 裸 使 用
第 一 両 国 橋	広 島 県 福 山	単 純 合 成 鈹 桁 4 径間連続鈹桁	30.0	" 44	"
くろがね橋	兵 庫 県 広 畑	単 純 合 成 鈹 桁	20.5	" 48	"
日の出跨道橋	北 海 道 室 蘭	箱 桁	—	" 50	箱桁内面のみ裸使用
御崎高架橋	" "	"	—	" 51	受桁のみ裸使用
山 神 橋	兵 庫 県	2 箱 桁	—	" 53	
千 鳥 橋	山 口 県 岩 国	—		" 53	歩道橋のみ裸使用
中 尻 橋	神 奈 川 県 座 間	鋼床版単純鈹桁	17.4	" 54	
鳩 川 橋	" "	" "	—	" 54	
一 畝 田 橋	群 馬 県 水 上	単 純 合 成 鈹 桁	35.4	" 55	
藤 沢 市 場 橋	神 奈 川 県 藤 沢	5 径間連続鈹桁	30.0	" 55	
第三大川橋梁	福 島 県 会 津	土路ワーレントラス	63.0	" 55	
音 更 川 橋 梁	北 海 道 帯 広	連続上路鈹桁	30.0	" 55	
出 島 ラ ン プ	大 阪 府 出 島	3 径間連続非合成鈹桁	36.0	" 55	
敷 地 跨 線 橋	石 川 県 大 聖 寺	単 純 合 成 箱 桁	47.85	" 56	
椿 小 屋 橋	長 野 県 松 本	2 径間連続鈹桁	31.6	" 56	
大谷地自転車橋	北 海 道 札 幌	ア ー チ 桁, 他	65.0	" 56	
新 深 谷 橋	横 浜 市	単 純 合 成 桁	20.0	" 56	(予 定)
佐 留 志 橋	佐 賀 県	単 純 箱 桁	51.1	" 56	(予 定)

表-5 溶融亜鉛めっき橋一覧表

年 月	橋 名	施 主	概 要
S. 38. 8	長 渡 路 橋	山 口 県	支間 28M, 合成鈹桁
S. 39. 7	小 泉 橋	山 口 県	支間 20M, 合成鈹桁
" 8	新 温 井 川 橋	関 東 地 建	支間 25M, 合成鈹桁
" 12	四 方 寄 跨 道 橋	九 州 地 建	支間 42M, ゲルバー
S. 40. 1	ケ ー ブ ル 専 用 橋	九 州 電 力	支間 33M, トラス
" 5	福 島 跨 線 橋	東 北 地 建	支間 17.6M, 桁鈹
S. 40. 7	福 島 跨 線 橋	東 北 地 建	支間 17.5M, 合成鈹桁
S. 41. 1	応 急 橋	関 東 地 建	支間 40M, トラス
S. 43. 2	五 十 川 跨 線 橋	東 北 地 建	支間 20.5M, 鈹桁
S. 43.	五 十 川 跨 線 橋	東 北 地 建	支間 21.5M, 合成鈹桁
S. 45.11	応 急 組 立 橋	東 北 地 建	支間 40M, トラス
S. 46. 9	長 浦 跨 線 橋	関 東 地 建	支間 25M, 鈹桁
S. 48. 9	足 立 高 架 橋	日 本 道 路 公 団	支間(28M~34M), 合成鈹桁
S. 51. 3	明石サービスエリア橋 (明石 S A 橋)	日 本 道 路 公 団	支間 38.9M, 合成鈹桁

ている。また、塩害を受けやすい環境では外面・内面とも安定さびが生成しにくい、このような条件での適用は困難であるとされている。しかし、実際にはこのような腐食性環境の防食処理こそがもっとも望まれているのであるから、重防食塗装が主流となって今後とも問題

点を整理しながら、時代のニーズをよくわきまえて開発を進める必要がある。後者の亜鉛めっき橋についても同様である。亜鉛めっきの防錆性は、一般の大気中では50~80年といわれており、まさにメンテナンスフリー被覆としては理想的なものであるが、溶融亜鉛めっき

は、約 450°C の溶融亜鉛槽中に被めっき体を数分間浸漬してめっきするため、構造物の方にどうしても熱ヒズミが生じる。小型の鍛げた場合は、ある程度の熱ヒズミは矯正し得る場合もあるが、箱げた構造になるとヒズミによるゆがみが生ずると、けたとして使用できなくなるので、現在のめっき技術でこの種の構造物に適用することは不可能といっても過言ではなかろうかと考える。まためっき槽の大きさにより、めっきされる物の形状に制限があるという条件も、すべての橋梁に適用できない間

題点としてあげることができるのであろう。このような意味においては、同じ金属亜鉛被覆としては亜鉛溶射法の方がはるかに有利となる。この方法は塗装と同じようにスプレーガンが使用できる条件であれば形状、大きさ、場所に制限されことなく施工できるからである。しかし、この方法の短所は、すでに述べたとおり、塗装ほどに能率があがらずコスト高であるという点にある。したがって、これらの点が改善されれば、この被覆法はさらに飛躍的な需要を伸ばすことが可能であるといえよう。

流体別	流体種類	適用	タンク機種	略 図	容 量 (M ³)	
					最 大	最 小
ガ ス	高 炉 ガス 都 市 ガス 天 然 ガス 窒 素 ガス 酸 素 ガス 水 素 ガス 等		湿式円筒形 ガスホルダー		40,000	30
			乾式円筒形 ガスホルダー		200,000	20,000
			球形タンク		37,019	30
			球形一重殻 中圧半冷凍タンク		3,700	114
			円筒形高压タンク		350	0.432
液 化 ガ ス	ブ タ ン } 等 ブ タ ジ エ ン } ア ン モ ニ ア } プ ロ ピ レ ン } 等 プ ロ パ ン } 液 化 天 然 ガ ス (LNG) エ チ レ ン } 液 体 酸 素 } 等 液 体 窒 素 }		スフェロイドタンク		—	—
			球形二重殻 タンク		4,015	271
			一重殻平底 球面屋根式タンク		50,000	1,500
			二重殻平底 球面屋根式タンク		73,000	4,150
			低温用		150,700	180
			超低温用			
液 体	天 然 ガ ソ リ ン } 等 モ ー タ ー ガ ソ リ ン } 原 油 } 重 油 } 等 ナ フ サ } 水 }		地下式低温タンク		60,000	10,000
			フローティングルー フタンク		159,000	150
			コーンルーフトank		50,000	4
			高架水槽		1,100	20
粉 粒 体	セ メ ン ト } 等 コ ー ク ス } 食 料 粉 } 飼 料 }		サイロ		—	—

図-1 タンクの種類と形状

このように橋梁の防錆防食被覆というものを展望してみると、最後に残るものは、長年の歴史が物語っているように塗装であることがわかる。したがって最近の進歩した橋梁建設技術に歩調を合わせ、すぐれた防錆防食塗装法の開発は、これから必須の課題であるといえよう。

3. タ ン ク 類

タンクは貯蔵される内容物、使用条件、立地条件などによって、いろいろな形状のものが建設されている。

1940年代のいわゆる戦前のタンクといえば、都市ガスの湿式、乾式円筒形ガスホルダーとかサイロなどを見るのがせいぜいであったが、今日のような石油文化の時代においては、図-1に示したように用途に応じて様々なタンクが建設されるようになってきている。この背景には高張力鋼などのすぐれた鋼材の開発と、これにともなう溶接技術の発展が大きく寄与していることを見落してはならないと思う。

これらタンク類の防錆防食塗装は、一般に各種燃料ガス類および液体などの燃料貯蔵槽の場合は外面のみであって、タンク内面に塗装されるのは特殊の場合を除いては余り行なわれない場合が多い。しかし、タンク底板のようにドレンが溜ったり、直接地面（オイルサンド面）に接触する面については、それぞれの防食塗装または電気防食などが近時行なわれるようになって、防食の万全を期すようになっている。

橋梁などの鉄骨構造物類とタンク類の塗装法が根本的に異なるのは、前者が海上輸送可能な場合は、工場で大形ユニットまたは橋梁まで完成させて仕上げ塗装まで行なってしまうか、またはブロックの段階で下塗りまたは中塗りまで塗装し、現地架設後仕上げ塗装を行なうという工程を経るのに対し、後者のタンク類は図-2に示したように、建設現場であらかじめ加工した鋼板を一枚一枚張り合わせていくという組立て方式が行なわれ、しかも鋼板の継ぎ合せは、すべて溶接工法が用いられるため圧力検査が済むまでは塗装ができないという関係上、塗装はすべてタンクの形状ができ上ってから現場で塗装されるという点にある。タンク建設に用いられる鋼板は、従来工場で所定の形状に加工される前に原板プラストして、長期パクロ形ウォッシュプライマーが塗られていたため、建設現場でタンクの形状ができ上る頃には、ほとんど全面に赤さびが発生し、塗装前には再び多額の費用と時間をかけて除錆しなければならないという不都合があった。しかし、最近では前項でも述べたように、無機質ジンクリッチペイントの普及により、これが長期パクロ形ウォッシュプライマーに代って用いられるようになり、この塗料がもつすぐれた防錆性と耐熱性のため、現地塗装時の除錆は溶接ビード部のみとなり、大幅に工期を短縮することが可能となった。

タンク内外面の塗装系は一般に表-3に示したようなものが用いられるが、タンク底板のような特殊な腐食条件下の部分には、ジンクリッチペイントにエポキシ樹脂

図-2 ドームルーフタンクの建設手順

塗料を組合せるか、またはこれらの単独塗装系が多く用いられている。最近ではフレックコートまたはフレックライニングと称される手法が苛酷な腐食環境条件下での防食被覆法として提唱されるようになってきた。

このものは、塗料の顔料粒子に相当するものにガラスフレックを用い、このフレックが塗膜中に鱗片状に積層されることにより、耐水性、耐薬品性の効果をあげようというものである。

このような考え方の塗料としては、膜厚が 20 ミクロンほどの薄いものであるが、昔からタンクの上塗りまたは耐熱塗料用として用いられてきたアルミニウムペイントがある。これはフレックコートに用いられるガラス片より更に細かいアルミニウム片が用いられており、アルミニウムの比重が小さいこともあって、塗膜表面に鱗片状にアルミニウム片が配列し、これが光、熱波などの反射に有効であったことから昭和 40 年代までは各種タンク類の上塗り用としてかなり多量に使用されてきた。しかし、アルミ片が鱗片状に配列することをミクロ的に見ると、アルミ片の重なった部分に段差ができることになり、この部分に汚れが溜るため 6~12 か月位から反射能力が低下し、総体的に汚れが目立ちやすいなどの理由から、近年では酸化チタンによる白色上塗りに代ってきている。アルミの鱗片効果に次いで注目されるのが MIO である。このものは天然に産出される雲母状の酸化鉄であって、これが塗膜中に鱗片状に積層され、上塗り用として用いられる場合は、アルミニウム片同様に光をよく反射すると同時に水などの腐食性物質を塗膜内中に拡散するのを抑制する効果があるとされている。アルミニウム片と異なる点は色が灰黒色であることと、一片の大きさが大きいため塗膜表面に平坦性はなく、むしろ粗面といった方が適切であろう。このような雲母状の粗面から反射される輝きのある一種独特の塗面は、ヨーロッパ構築物の景観とよくマッチしているためか、ヨーロッパではかなり古くから用いられていたようである。

わが国へこの塗料が持ち込まれて多量に用いられたのは、筆者が 1967 年に前述のニュージーランドへ輸出されたオークランドハーバー橋に塗装するため、英国から持ち帰って使用したのが初めてである（約 22 万 m² に塗装した）。その後、MIO の特性が認められて日本国内の塗料メーカーでも生産されるようになり今日に至っているが、この MIO の積層効果をガラスフレックに置き換え、耐食のすぐれているエポキシ、不飽和ポリエステル、ビニルエステル樹脂などと用いられているのが今日のフレックコートまたはフレックライニングと称されるものである。MIO は天然産のものを精製して用いる

が（最近では合成 MIO もある）、ガラスフレックは人工的に生産されるものであるから、目的によって自由にフレックを選択できる利点がある。

石油タンク類の底板のフレックライニングについては、小杉⁹⁾によって詳述されているのでここでは省略するが、今後の防食被覆法として有効な方法の一つを指向しているといえる。また大型タンクの安全性を確保するため、消防法に防食対策が規定されたことから、タンク底板外面などに電気防食法が適用されるなどの万全を期するようになったことも昭和 50 年代の特筆項目といえよう。

4. 水 門

一般に水門は、発電用ダムまたは灌がい用などに用いられてきたため、大都市周辺で見かけることは少なかったが、戦後のわが国社会構造の発展は列島改造論にしたがってかなりの変ぼうをとげ、最近では防潮水門を始めいろいろの目的の水門が比較的身近に見られるようになった。

筆者は、10 年ほど前の 1972 年に水門技術に関しては、世界に冠たる誇りをもっているオランダの水門を見学したことがある。それは、オランダ南西部のラインミューズ河口の低いデルタ地帯が、北海の高潮位によって浸水することを防ぐために設けられた全長約 1 km に及びハリングフリートスルース (Halingvliet Sluices) と称するテンターゲートタイプのものである。

オランダは、国全体が海拔ゼロメートル地帯といってもよいほどに地盤が低く、しかも大小の水路がめぐらされているため、水害との闘いが国の大きな課題であったと聞かされても容易にうなづけたものである。したがって、大小河川の水量調節あるいはハングフリートスルースゲートのように、潮位を見ながら河川水を海に流し、冬季には流水が河川に流入しないよう防御するなどの重要な役割を果たしているなど、大小さまざまな水門が設置されている。このようなことから比較的早くから水門技術の開発が行なわれ、わが国でもオランダから学ぶべきものは多かった。

今日のわが国の水門技術は、すでに国際的水準に達しており、わが国を始め諸外国の大形ダム工事につながる大形水門工事には、わが国の技術が高く評価されて輸出されている例がかなりの多数にのぼっている。

水門を用途別に分類すると表-6⁹⁾ のようになり、構造の代表的なものとしてローラゲートとラジアルゲートの概要を図-3~4⁹⁾ に示した。

水門の塗装は、形式と部位、設置条件などによって異

表-6 水 門 の 用 途 別 種 類

用 途	種 類	適 用 ゲ ー ト	備 考
取水せき(頭首工) 河口せき用ゲート	こう水吐ゲート	ローラゲート, てん倒ゲート, 長径間ゲート	
	土砂吐ゲート	ローラゲート, ラジアルゲート	河川のせき上流土砂の掃流を行なうときに用いられる
	調 節 ゲ ー ト	ローラゲート, ラジアルゲート, てん倒ゲート	下流への放水量, 上流貯水位の制御
	取水口・沈砂池 導水路ゲート	ローラゲート, スライドゲート, てん倒ゲート	修理時・流量調節・分水時間
	魚 道 ゲ ー ト	てん倒ゲート	水位変動の大きい階段式魚道用
	開 門 ゲ ー ト	ローラゲート, ラジアルゲート, マイタゲート, セクタゲート, 横引ゲート	使用回数が多い
ダム発電所用	クレストゲート	ローラゲート, ラジアルゲート	ダム越流部に設置
		セクタゲート, ドラムゲート, てん倒ゲート	浮遊流下物が多い場合
		ローリングゲート	転石などの流下が多い場合
	オリフィスゲート	スライドゲート, 高圧スライドゲート, リングホロワーゲート, リングシールゲート, ジェットフローゲート, ラジアルゲート, 高圧ラジアルゲート, ローラゲート, キャタピラゲート	一般にダム内部または下流面に設置され高水圧で放流が行われる個所
	取水口・沈砂池 水槽ゲート	ローラゲート, スライドゲート	一 般 的
		シリンダゲート, キャタピラゲート	水深が大きい場合
	放水口ゲート	スライドゲート, ローラゲート	点検, 修理, 洪水時の逆流防止用
	排 砂 ゲ ー ト	スライドゲート, ローラゲート, ラジアルゲート	構造が堅固で開閉が確実
防 潮 用	防 潮 ゲ ー ト	スライドゲート, ローラゲート, 多段式ローラゲート, 多段式シリンダゲート, てん倒ゲート, ドロップゲート	ダムの水位変動に応じて表面の温水を取水するゲート
		ローラゲート, マイタゲート, バイザゲート, てん倒ゲート, 横引ゲート	潮のそ上防止, 高潮対策用

なるが, その概要を一覧表によって示したのが表-7⁹⁾である。この表からわかるように, 水門塗装は門扉などの水没部と地上にある門扉の巻上機などの機械部分とに大別することができ, さらには設置場所の環境によって塗装系が選択される。たとえば防潮水門のように海の潮風または工場地域に近い場所であれば, それなりの耐食性と防錆性を有する塗装系が要求されるのは当然である。

最近では, 橋梁の章でも述べたような, 防食のメインテナンスフリー化の考えが水門施設にも及んで, 門扉などはステンレス鋼板を用いたり, 亜鉛溶射を施工する例もかなり増えてきたが, その効果が 30~50 年という長期寿命に耐えられるかどうかは今後の結果を待たなければ

ならない。前述のオランダでは, 防潮用ゲートのように海水と河川水という両面扉のような場合の防食塗装は有機質ジンクリッチペイント+タールエポキシ樹脂塗料とし, 海水側はこれに電気防食を併用している。一般の河川水については, ほとんどがタールエポキシ樹脂塗装であり, 色彩が必要とされるものについてはエポキシ樹脂塗料が用いられている。このような傾向はわが国の場合も同様であって, 常時水没している門扉については, 大方がタールエポキシ樹脂塗料を用いており, 必要によって電気防食(流電陽極法が大部分)が併用されている。都市周辺に多く見受けられる防潮ゲートの場合は, 門扉の水没が一年に数回程度というものもあるが, このよう

図-3 ローラゲート

な門扉の塗装は、耐水性塗装というよりはむしろ耐候性に主点が置かれ、しかも周囲の景観との調和をも考慮に入れた色彩塗装となることから塩化ゴム塗料またはフェノール樹脂変性塗料などが用いられている。山間部の灌がい用または温泉水が流入する酸性河川の門扉には、前述のようにステンレス鋼板を用いるケースが増えている。

図-4 ラジアルゲート

5. その他の構造物

前章までに述べた以外の鋼構造物としては化学プラント、製鉄プラント、鉄骨建屋、鋼製煙突および架構、送電鉄塔などがある。

化学プラントなどは、プラントの中心部となる化学反応部あるいは蒸溜部、熱交換器などの主要部分は、稼動条件に応じた耐食金属材料たとえばステンレス鋼、銅合金、チタンなどが用いられるので、とくに塗装は必要とされない。塗装が用いられるものは、これらの主要部分を支える架構またはケーシング類に鉄鋼材料が用いられるため、その防食用として用いられるのが普通である。そして、それらの部分の多くは、直接化学反応の影響を受けることは少ないので、特別な塗装系は必要とせず、

表-7 水門の塗装系一覧表

区 分 \ 環 境		水 中		水 面 上		
		海 水	河 川	海岸地域	工業都市	田園・山間
戸 当 り・基 礎 材		B, C, A	F, B	C, D	D, C	D
扉 体	主として水中	B, C, A	F, B, G			
	常時ぬれている	C, F	F, G			
	主として大気中			C, D	D, C	D, C
	附 属 品	B, C, A	F, B, G	C, D	D, C	D, C
開装 閉置	屋 外			C, D	D, C	E
	建 屋 内			E	E	E
巻 上 構・そ の 他				C, D	D	D

注) 表中のA, B, Cは下記の塗装系を示し左側から優先する。

A: エポキシ樹脂系 B: タールエポキシ樹脂系 C: 塩化ゴム系

D: フタル酸樹脂系 (下塗2回+上塗2回) E: フタル酸樹脂系 (下塗1回+上塗2回)

F: フェノール樹脂系 G: 無機質ジシクリッチペイント (厚塗形)

いままでに述べてきたエポキシ、ポリウレタン、塩化ゴム、フタル酸樹脂塗料などが適宜条件に応じて用いられている。海水淡水化装置などは、化学プラントの範ちゅうに入るかどうかかわからないが、これらのプラントには多くエポキシ樹脂塗料が用いられている。

製鉄プラント、鉄骨建屋（ボイラプラント類）なども特殊な条件箇所を除き、ほとんどが塩化ゴム系またはフタル酸樹脂系の塗料が用いられ、建設後メンテナンスが不可能な部分、または常時水の影響を受けやすい部分には、厚塗りのタールエポキシ樹脂塗料が適用されている。

戦後わが国の急速な産業発展と家庭電化促進が発電事業に大幅の革新をもたらし、従来からの水力発電から火力発電へと脱皮し、大都市および工業地域周辺の海浜地区に大形の火力発電所が次々と建設された。この火力発電所の象徴ともいべき鋼製煙突は、排煙をできる限り大気中に拡散させるために、煙突の高さを一般の煙突よりも高く建設されるため、航空標識塗装が必要とされ周知のように赤白の間隔模様塗装に塗装されている。

現在のような環境規制が行なわれる前は、排煙の温度をできる限り高く保持し、亜硫酸ガスが煙突内で露点に達しないようにしたため煙突外板の温度が約 80°C くらいになることから、一般のフタル酸樹脂塗料では劣化が速く、しかも頂塔付近では耐酸性も必要という条件などからフェノール変性樹脂塗料が用いられてきた。しかし、環境規制の実施にともない、排煙装置内に脱硫装置が設けられるようになってきてからは、以前のような塗膜劣化が少なくなり、塗膜寿命もやや延びてきたもののメンテナンスに要する人件費の高騰は、塗料代を遙かに越えることから保色性と寿命が更に長い塗料が要求されるようになり、最近ではポリウレタン樹脂塗料など耐候性のすぐれた塗料が用いられるようになってきている。

送電鉄塔および架橋類などは、多く熔融亜鉛めっきが用いられてきており、山岳・田園地方では、めっきの寿命が 60～80 年といわれているため、このような地域での鉄塔には、塗装の適用はほとんどない。しかし、飛行場周辺など航空機の航路に当たる地区においては、亜鉛めっきの上から前述の赤白模様の航空標識塗装が塩化ゴムまたはビニル変性塗料などで行なわれている。しかし、前述したように大都市周辺の火力発電所から送られてくる電力用の送電鉄塔は、都市の景観をそこなうということから美化鉄塔の検討が行なわれ、一部に試作用の鉄塔が建設されている。この鉄塔には、外観上色彩調整を行なう必要から各種の塗装系を適用しているが、亜鉛

めっきの耐食性と均衡を保つために、橋梁の章で述べたような重防食塗装が試用されている。

6. 鋼構造物塗装の今後の問題点

前章までにしばしば述べてきたように、鋼構造物の防錆防食塗装においては、建設時の塗装もさることながら、鋼構造物を安全にしかも長期間にわたって（一般には 80～100 年の寿命を考慮して建設される）経済的に維持管理していくためには、どのようにすればよいかという点が鋼構造物を管理する側の命題ともいべき点であろう。残念ながら、この課題に自信を以って定量的に応えられる資料と経験を筆者は持ち合わせていないが、現在行なわれている長期防食塗装・重防食塗装・複合塗装などと称せられる各種構造物の塗膜変化について、熱意ある関心を持って定量的に観察を続け、次の世代の人達へバトンタッチしていくような制度を国家的見地で考えていく必要があるのではないかと痛感している。

一研究者・技術者がやり得る観察期間は、せいぜい 20～30 年が限界であって、それとても遂行するためには、かなりの個人的犠牲がともなう場合が多いため、実際に行なわれる例はきわめて少なく、むしろ無いといった方が妥当ではないかと思われる今日の情勢下にあって、真面目に鋼構造物の防食塗装を考えるならば、このような記録の登録制度を国家的見地に立って、何らかの方法で実施することが、結局は信頼性の高い防食技術発展につながるものと考えているが、これは筆者一人の誇大妄想でもないと思うがいかがなものであろうか。

7. あとがき

陸上鋼構造物の防錆防食塗装について、一般に用いられているものを、ごく大雑把に紹介してきたが、本誌の読者の多くが化学屋で、塗料・塗装の専門家であろうことを想定して塗装の中味より、むしろ塗られる物件の製作条件、メンテナンスの条件などの考え方に主点を置いて述べてきたつもりであるが、表現の不足で理解し難い点は、まえがきに述べたように筆者の浅学非才のためである故平にお詫び申し上げたい。しかし、この拙文の何かが読者諸氏に万分之一にもご参考になれば筆者の望外の幸である。

引用文献

- 1) 菅野, 五木田: 塗料と塗装, 194 号, p. 123 (1971)
- 2) 土木学会, 本四連絡橋塗装分科会: 本州四国連絡橋鋼上部構に関する調査報告書, 昭 49-3
- 3) 菅野: JSSC, 16, 169 (1980-3)
- 4) 菅野, 平井, 田中: '80 春期学術講演大会予稿集

(1980-5)

- 5) 日本鋼構造協会防錆防食小委員会・鋼橋塗装研究班:「重防食塗膜経年変化調査報告書」昭 51-4
- 6) 日本鋼構造協会:耐候性鋼講習会資料, 昭 56-6-9
日本橋梁建設協会:耐候性橋梁データブック, 昭 55-4
鋼材倶楽部:「耐候性鋼」鉄鋼製品普及シリーズ

No. 32, 昭 52-3

- 7) 亜鉛めっき鋼構造物研究会:昭 53 年度大型亜鉛めっき鋼構造物に関する調査報告書, 昭 54-6
- 8) 小杉:石油と石油化学, 25 [3], p.48~52 および 25 [4], p.70~75
- 9) (社)水門鉄管協会:水門鉄管技術基準, 昭 53-6

刊行物紹介

漆職人歳時記

山岸 寿治 著
B 5 判 286頁 1,800円
1981年 5 月 6 日・初版発行
発行 社団法人日本漆工協会
発売 蝸牛社

漆工芸に関する刊行物は従来 2~3 出版されているがこれらはいずれも工芸美をとらえたものであったが、本書は漆工芸を一步踏み込んで、漆をつくり、漆を使用する側に立って、漆の採取、精製、漆塗料の製造、およびその塗装法をわかりやすく解説したものである。とにかくこの種の書物は技術一辺倒になりがちであるが、本書は題名の示すとおり職人の語り口で誰にでもわかるように、まるでおとぎ話でも読むような軽いタッチで読ませ、しかも内容の充実した近年類を見ない興味深い著書である。漆工芸の歴史は遠く縄文時代に遡り、二千数百年の長い歳月をかけてはぐくみ育てられてきたといわれており、漆工芸を自然科学的のみならず、漆工芸に関する言語の語源や歴史などの人文科学的あるいはまた考古学的な見地からも記述され、漆工芸に関することはすべて解説されている。これらは著者が生れながらにして漆工芸の社会に育ち、東京美術学校で理論と実際とを身につけ、それを完熟させたからこそ記述できたもので、読めば読むほど味わいのある著者である。

本書は社団法人日本漆工協会の機関紙「日本漆工」に 7 年間にわたって連載したものをまとめたものであり、その旁は一方ならぬものであったと思われる。漆工芸に携わる人や塗料、塗装関係者ばかりでなく一般の人にも愛読を推めたい図書である。漆がどのようにしてつくられ、塗られるかを知ることにより漆工芸の美に対する関心も一段と深まるであろう。

なお本書の構成は次のようである。

I. 職人歳時記

文化国家(日本)、職人参上、徒弟制度、渡り鳥、職人と問屋、上塗師、下地職人、ニカワ下地、泥地、渋地、古着屋、呂色屋、漆かき、仕事はじめ、大つごもり、ペンキ職人、木地師、木地屋の移動と地方漆器、曲げもの師、職人と神様

II. 材料・道具歳時記

膳碗講、重箱と行器、こしきと蒸籠、鍋と釜、箆と籠、藍胎漆器、能代春慶と柿合せ、職人の手間と材料、小説と漆、いろ、道具とひと、定盤、漆ぶろ、すり盤、小道具、ハケ談義、木べら、打刃物、モチハダ・ナシハダ、密陀僧、草根木皮、煤染材、顔料粉黛、銀朱、油とロウ

III. 蒔絵考

蒔絵の源流、末金鏤・末金絵・蒔絵、描画麗金、蒔絵のモチーフ

あとがき

(長倉 稔)