

いることが判る。

4. 検討

本事例では、アルミニウムの耐食性の根源である酸化物皮膜の安定性を損うといわれる鉄イオンやさらには微量の銅イオンが検出されていることから、これらのイオンによって不動態皮膜が破壊されたと考えられる。

そして水中の鉄イオン等がアルミとの置換反応によって析出したり、構造的にポーラスなアルマイト皮膜面に吸着されたと考えることもできる。表面に析出した鉄と素地アルミの間には、電池の形成がなされ、アルミの局所的な溶解が促進されると共に、鉄の濃縮が行われたと思われる。他方この反応の過程で、鉄の酸化がおこなわれ、 Fe_2O_3 の生成がはかられたと考えられる。

5. あとがき

通常の用水環境では、ほとんどの場合微量の鉄分が含有されていると思われるが、何故本事例の0.2～0.3 PPM程度の鉄イオン含有量で、短時日のうちにこのように激しい変色が生じたのかについては、決定的な論拠がないので、これらの濃縮現象を促進させる成分が他になかったかを検討するため、予想されるアニオン、カチオン兩種ともに調査を試みたが、これといった成分は確認できなかった。

ほとんどの化学反応が、全ての濃度で進行するものでなく、ある程度の濃度依存性があることを考え併せると、極端に高濃度とはいえない本事例程度の濃度であっても、鉄イオンによる腐食反応促進と結論してよいのではと考えられる。

7. 鋼構造物の塗替周期予測の検討

— 技術相談事例 —

出雲 茂人

1. はじめに

大型鋼構造物の表面処理は、塗装によって実施されるケースが多く、防錆（防食）および美観の問題を含めて、塗膜の耐久性はその構造物の固定経費の大きな要素の一つとなる。

特に本県下のように海岸線が長く離島の多い所では、いたる所で海塩粒子（風送塩）の影響を受け、更に桜島の降灰の影響を受ける所では、塗膜の耐久性の低下をきたし部材の腐食を促進することが考えられる。

腐食を防止し構造物本来の寿命を保持させ、かつ美観を保つためには、経済的な塗替周期を採用することが必要となる。

今般塗替周期予測について相談があったので、その手順等についてまとめてみた。

2. 建設位置 構造規模

位置 鹿児島市南部臨海工業地帯 2 号用地
構造 鋼管平家建スレート葺

規模 25m(W)×12.84m(L) の建屋、4 棟

3. 鋼材の塗装仕様

当該建屋建設に用いられている鋼管等の下地処理（前処理）および塗装仕様は、下記のとおりである。

①下地処理（前処理）＝サンダ、ワイヤブラシ掛け

②塗装

	塗 料 規 格	塗回数	塗 膜 厚
下塗り	JIS K 5 6 2 5(2)	2	60～80μ
上塗り	JIS K 5 5 1 6(2)	2	60～80μ

4. 塗膜厚の測定

簡易膜厚計（Kett, ペンシク Model LM-5）を用いて、当該建屋の第1棟から第4棟まで、主柱3本ずつ、それぞれ3点、膜厚を実測した結果、塗膜厚の最低は120μ、最高は270μであった。

塗装方法が刷毛塗であったことを考慮しても、このバラツキは大きすぎるようであるが、各棟間

あるいは、各支柱間のバラツキおよび計器誤差等を考慮しても、塗装仕様に記載された最低膜厚120 μ は確保されていると考えられた。

5. 環境と腐食性

塗装鋼材に限られることではないが、使用鋼材の耐久性(耐食性)は、その物のおかれる環境に大きく左右される。即ち大気汚染物質、降水量、日照時間などの多くの因子の影響が考えられる。

これらの影響因子の関係については、各種のデータがあるが、なかでも、陸上鉄骨構造物防食研究会のデータはよく利用されている。この研究会は、日本全国7ヶ所の代表的な試験箇所を選んで暴露試験を実施し、その結果から塗装鋼板の錆発生度に対する気象因子と大気汚染物質の影響を検討している。それによると、塗膜の防錆性に對し、湿度、降水量、海塩粒子、日照時間の影響が大きいことが認められている。

経済的な塗替周期を検討するに際して、当該構造物の塗膜寿命を推定する必要があるが、当該構造物が海岸から約300mの位置にあるので、環境としては海浜地区と見做し、海塩粒子(風送塩)の影響を検討するとともに、環境(立地条件)と鉄鋼の腐食速度の関係および塗膜厚さと防錆期間に関して一般によく用いられている各種試験デー

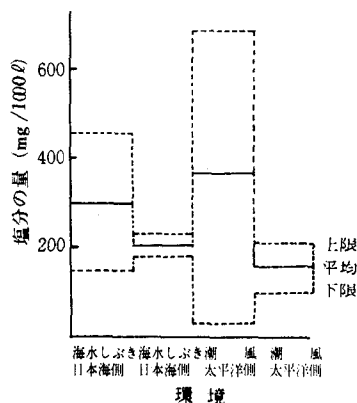


図1 塩分測定例

(注) 塩分は空気1000l中のNaCl含有量でmg. 年間の最高最低を示した。 注(1)

タを用いて検討した。

① 環境と海塩粒子

海塩粒子は気象環境および測定条件により、それぞれ測定結果が異なるので、一概に比較することは困難であるが、いくつかの測定データがあるのでこれを示す。

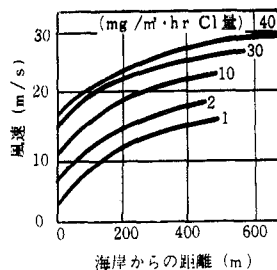


図2 風速と海塩粒子の到達距離 注(2)

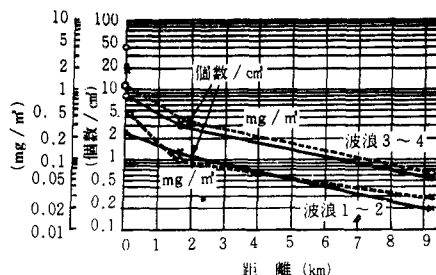


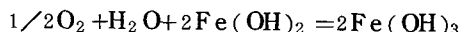
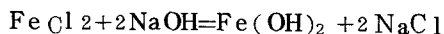
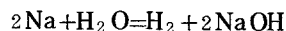
図3 波浪の高さと海塩粒子の到達距離 注(3)

これらのデータは、同じ海浜でも、風速、風向などによって、海塩粒子の到達量が異なることを示しているが、いずれにしても海岸から数百メートルにわたって相当量の海塩粒子が到達することを示している。

② 海塩粒子と鉄鋼の腐食性

海塩粒子が金属表面に付着すると、吸湿性のため金属表面をぬらし易く、しかもその水滴そのものの電気伝導度が大きいために電気化学的腐食反応を促進することになり腐食度は大きくなる。

海塩粒子が金属表面に付着した時の反応は、



となり、鉄表面に赤錆を発生するが、塩分(NaCl)は反応の前後で見掛け消費されていないので、錆を早める作用(腐食作用)が持続されることになる。

また、海岸からの距離と鉄鋼の腐食量についてもいくつかのデータがある。

表1 海辺からの距離と発錆度

海辺からの距離	発錆度(ミル/年)
50ヤード	37.7
200ヤード	14.9
400ヤード	2.2
1300ヤード	1.6
25マイル	1.9
37マイル	0.2

1ミル(mil)=25.4 μ

1ヤード(yard)=0.914m

1マイル(mile)=1.609km

注(4)

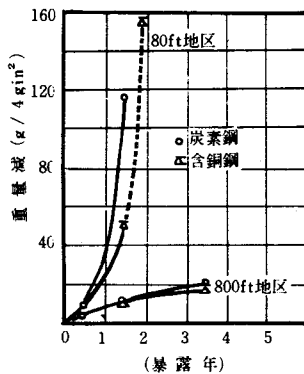


図4 海岸からの距離による腐食量の相違性 注(5)
(1 in² = 309.2cm²)
(1 ft = 0.3048m)

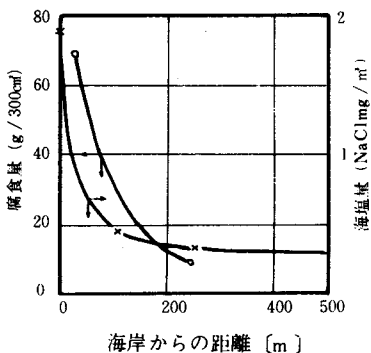


図5 海岸からの距離による海塩粒子量と、腐食量の変化 注(5)
(Larrabeeのデータから作図)

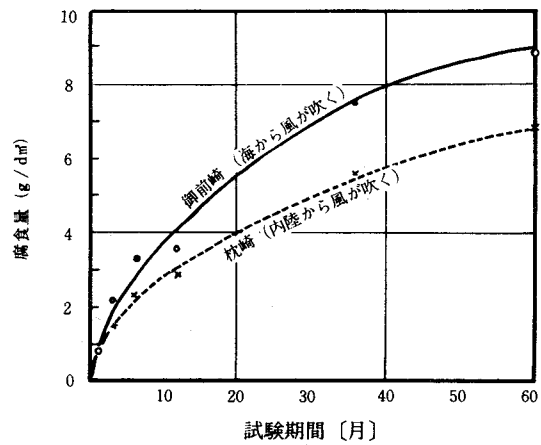


図6 海岸における主風方向による腐食速度の注(6)
違い(堀川らのデータから作図)

以上のデータのいずれを見ても、前に述べたように、風速、風向などの条件が一致していないので、それぞれのデータ間に、バラツキがあり、更に図6に示したように海風が吹くか、陸からの風が主であるかによって腐食量に大きな差異が表われる。

しかし、海岸までの距離が小さい程、金属の腐食量は加速度的に増加する傾向にあることは、いずれのデータを見ても明白である。

6. 塗膜の防食性

防食塗装の耐久性を論ずる時に、問題となる重要な要素がいくつかあるが、これについて一般によく用いられるデータを以下に示す。

① 下地処理と塗膜の寿命

塗装前の鋼材の下地処理の程度が塗膜の耐久性に及ぼす影響は大きく、これについてのデータを模型的に示したのが、図7である。これから判るように、最初の下地処理の程度によってその塗膜の寿命は大きく左右され、この下地処理条件は再塗装後の塗膜寿命にまで影響を及ぼすことになる。

② 塗膜厚と塗装欠陥の早期発生との関係

図8は、種々の暴露環境において、約62種の塗料の試験結果から求められたもので、種々の膜厚について塗膜の早期劣化がどの程度起る

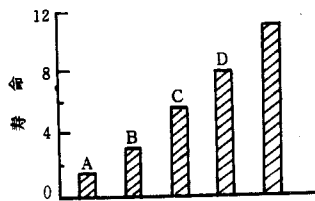


図7 下地前処理の塗膜寿命への影響
同一塗料4回塗り塗膜の
発錆下地処理

- A=発錆したもののブラシ掛け
B=圧延時の皮膜残存
C=自然酸化後ワイヤブラシ掛け
D=酸洗い
E=サンドブラスト

注(7)

かを表わしたものである。

この図から 5mil (約 127 μ) 以下の膜厚では、欠陥発生の確率が高く、それ以上の膜厚では低いことが判る。

上の膜厚では低いことが判る。

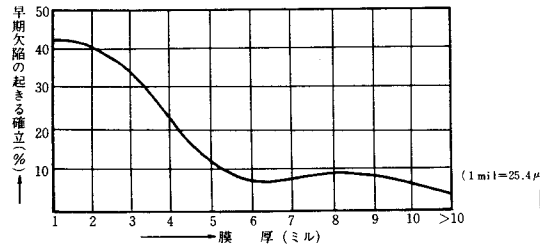


図8 膜厚と塗膜欠陥の早期発生との関係 注(8)

③ 塗膜厚と耐用年数の関係

i) Bosch etcの試験結果

この研究は、因子として試験片の形状、素地調整(前処理)暴露箇所、塗料の種類をとり、1,992枚の試験片を10年間暴露試験を実施し、錆止めのための必要最小限の膜厚を求めたものである。

ここで図9はアルキド樹脂系の塗装系について、膜厚と耐用期間との関係を示したものである。耐用期間はASTM D610-SSPC-V1S2

の錆発生度8(錆の発生面積0.1%)に達するまでの期間である。たとえば1+1milは下塗り1mil, 上塗り1milの意味である。

図10は、田園、工業、海岸の各地帯において各種塗装系が8~10年完全に防錆性能を保持するために必要な最小平均膜厚を示したものである。

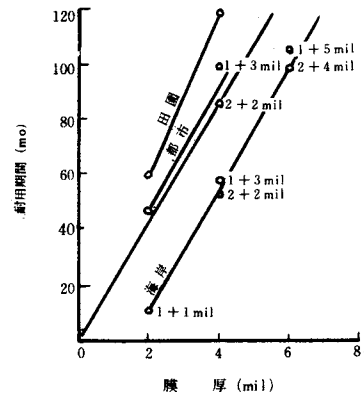


図9 膜厚と耐用年数の関係
(油性系とアルキド樹脂系) 注(9)

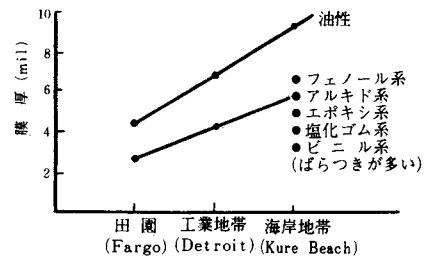


図10 8~10年間完全防錆に必要な最小膜厚

注(9)

ii) J, C, Hudson, J, F, Stannersの試験結果

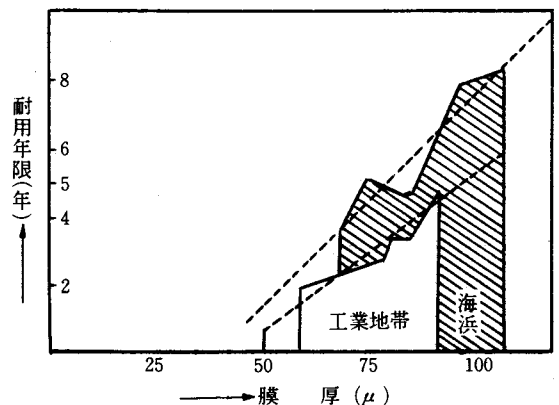


図11 塗膜の耐久力に及ぼす塗膜の厚さの影響 注(10)

図11は、英国における実験例であって、工業地帯（Derby）と海岸地帯（Brixham）における暴露試験の結果である。

塗膜厚と耐用年数の関係を示したもので、100種の塗装系の平均値である。

耐用年数は0.5%の錆発生面積にいたるまでの年数で、最適塗替周期に該当するものである。図9に示したアメリカにおける実験結果と比較して、ほぼ同様な結果となっている。

iii) 鹿児島における暴露試験結果

次に示す表は、当センターにおいて、昭和46年から3年間、塗膜の暴露試験を実施した結果の一部である。

i) ii) に示した外国のデータに比較して、耐食性は少し悪い結果となっているが、当該構造物と環境がほぼ同じであるので参考のため記載した。

表2 暴露3年後の塗膜の状況

上塗り塗料	下塗り塗料	鹿児島市	大口市	大崎町
フタル酸樹脂 エナメル (Green)	錆止め標準品	斑点状錆発生	白亜化見られるも 錆の発生なし	白亜化見られるも 錆の発生なし
	ウオッシュ プライマー	斑点状錆発生	錆の発生認められず	斑点状錆発生
	K 5621 (120~130 μ)	斑点状錆発生	錆の発生認められず	錆の発生認められず
	K 5628 (105~115 μ)	斑点状錆発生	錆の発生認められず	錆の発生認められず
合成樹脂 調合ペイント (White)	錆止め準備品	斑点状錆発生	斑点状錆発生	斑点状錆発生
	K 5621 (80~90 μ)	刷毛目に沿ってうす 錆発生 斑点状錆発生	刷毛目に沿ってうす 錆発生	刷毛目に沿ってうす 錆発生
	K 5628 (85~90 μ)	錆の発生認められず	錆の発生認められず	錆の発生認められず

(注) () 内の数字は膜厚を示す。

注(1)

7. 塗替周期の予測

当該構造物は、前に述べたように環境としては海浜地区にあり、更に季節によっては、桜島の降灰の影響を受けることを考慮に入れると、腐食の最も激しい工業地帯ほどではないとしても、可成り苛酷な環境にあるといえる。

技術的立場から現存塗膜の耐用年数を推定し、塗替周期を予測するには、更にいくつかの条件を設定することが必要となる。その代表的な事柄は

① 塗装に際して気象条件に恵まれていたこと。

② 下塗り、上塗り共に塗装間隔が必要なだけ与えられたこと。
などである。

鋼構造物などでは特にそうであるが、再塗装の際の前処理（下地処理）は不十分となり易く（たとえば発錆をともなった旧塗膜に対して、単に清掃するか、ワイヤブラシで除錆する程度で再塗装を実施する場合が間々あるが）このような場合、

当初の下地処理が十分であり、かつ塗膜の劣化がさほど酷くないうちに再塗装をはかるようにすれば、再塗装塗膜の寿命が長くなり結局は経済的である。

これまでに示した各種のデータを基礎にして、当該構造物の塗膜の耐久性を推定し、前述の6)①②の塗装の要件が満足されていると仮定して、下地処理の程度(サンダ、ワイヤブラシ掛け)および塗膜厚(最低120 μ)等を勘案すると、塗替周期5年が最も経済的と考えられる。

8. あとがき

前項7)で技術的背景から塗替周期を算出した

が、現実問題としてはこれら技術的要因のみならず、経済的要素の検討も重要になる。塗装の経済性を論ずる場合、その因子としては、被塗物の資本化価格、使用年数、1回当りの塗装費、塗替周期、使用年数間の塗装回数などがあげられる。

塗装の経済性は、重要であり、種々計算例もあるが、被塗物の特性を考慮の上、詳細に検討すべきであろう。

- 注 (1) 吉田：鉄研技報、№62-45(1962)
(2) 北勲・横武：強風による海水塩分の散布11.5研究時報(1959)
(3) 神山恵三：塗装技術ハンドブックp57 朝倉書店(昭和45)
(4) F. Fancutt, J. F. Stanners J. Appl. Chem 5(173)1955
(5) C. P. Larrabee Corrosion 15, 10 (1959)
(6) 堀川一男ほか：防蝕技術16, 153(1967)
(7) P. Baur: Werkstoff u. Korrosion 12 (No10), 619(1961)
(8) R. P. Pierce: Corrosion 8, 5, 178(1952)
(9) W. Bosch: Official Digest 31, 602:32, 1602:34, 1355(1962)
J. D. Kean, W. Wettach: W. Bosch: J. Paint Technol 41, 372(1969)
(10) J. C. Hudson, J. F. Stanners: J Appl Chem 5, 173(1955)
(11) 出雲茂人ほか：鹿児島県機械金属センター業務報告(昭和48年度)

参 考 文 献

- | | | |
|---------------|--------------|------------|
| ・金属防蝕技術便覧 | 日本学術振興会編 | 日刊工業(昭和47) |
| ・金属の防食技術と表面処理 | 伊藤伍郎, 上田重明編集 | 地人書館(昭和42) |
| ・金属塗装技術 | 為広重雄, 吉田真一著 | 槇書店(昭和48) |