

物理的素地調整法に代わる塗布形素地調整 軽減剤「サビシャット」について

Application-type Surface Preparation
Agent which Replaces the Physical
Surface Preparation Method

一般塗料部 構造物塗料グループ
General Coating Dept. Heavy Duty Coating Group
Anticorrosive paint division



里 隆幸
Takayuki SATO



岩見 勉
Tsutomu IWAMI



山崎 曜
Akira YAMAZAKI

要 旨

従来の物理的な素地調整法を必要としない、あるいは軽減可能な塗布形素地調整軽減剤を開発した。この塗布形素地調整軽減剤は清掃ケレン程度の簡便な前処理の後に塗布するだけで、従来のISO St-3ケレンを施した場合と同等以上の防食下地が形成できる。

Abstract

The age of large-scale social expansion has met the end after such a high economic growth. It sifts to the age of maintenance of the existing social capital in the present century. Reduction of the maintenance costs and minimization of effects of the maintenance of structures on the environment have become important issues.

This is not the exception for the coating and paint industry from the viewpoint of environmental preservation.

The authors developed the application-type surface preparation agent that could replace a conventional physical surface preparation method. It was shown from the experimental results that this newly developed agent was practicable.

Additionally, this preparation agent should not be a substitution of the conventional physical surface preparation method.

1. はじめに

高度経済成長期以降の大規模な社会資本拡充の時代は終焉し、今世紀はいよいよ維持管理の時代を迎える。これにより、維持管理コストの削減並びにその行為を行う際の環境負荷の抑制が極めて重要な課題となってくる。とりわけ鋼構造物塗替塗装の素地調整時に発生する粉塵や騒音の問題に対しては、その対策が今まで以上の水準で求められるようになる。

上記社会動向に鑑み、当社は従来の物理的な素地調整法が不要ないしは軽減可能な塗布形素地調整軽減剤(以下、素地調整剤と記す)を開発したのでその概要を報告する。なお、この素地調整剤はいわゆる“さび止め塗料”に分類されるものではなく、従来のブラストやケレンのような物理的素地調整法を塗布形に転換するものである。

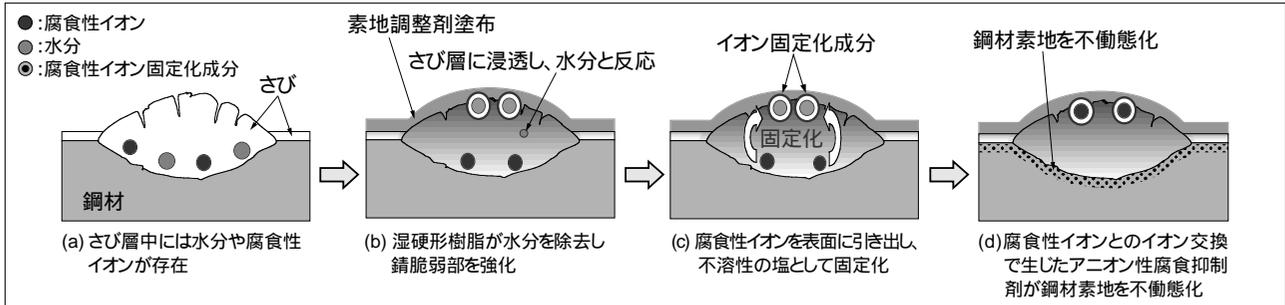


図1 素地調整剤の防錆メカニズム

2. 素地調整剤の概要

2.1 素地調整剤の特徴

4種(清掃)ケレン程度の前処理との併用で優れた防食下地が得られる。

粉塵や騒音の発生を低減できる。

さび層への浸透・強化性に優れている。

2.2 素地調整剤に求められる機能と新しく開発した技術

一般に、鋼材のさびは脆弱で、水分を含み、環境によっては塩化物や硫化物等の腐食性イオンを含んでいる(図1(a))。これらは何れもプラスト工法により、ほぼ完全に除去することが可能であるが、一般的な塗替塗装時の素地調整グレードであるISO St-3程度では完全に除去することは不可能であり、このことが塗替塗膜の寿命が新設塗膜のそれより短い所以であるとされている。従来のいわゆる“さび面塗料”の防食性が不十分であるのも、これら要因の何れかの対策が不足しているためであり、換言すれば、これら要因を除去ないしは抑制できれば従来以上の防食性が得られることになる。そこで、表1のような技術を開発し、素地調整剤に適用した。

表1 素地調整剤に必要な機能と素地調整剤で開発した技術

必要な機能	開発した技術
さび層への浸透・強化性	低粘度・低分子樹脂および錆湿潤剤の適用
さび層中の水分の除去	湿気硬化樹脂の適用
腐食性イオンの無害化	イオン交換形腐食性イオン固定化剤の適用
鋼材表面の不働態化	高性能・無公害防錆剤の適用

2.3 素地調整剤の防錆メカニズム

図1に、素地調整剤の防錆メカニズムを示した。その概要は以下のとおりである。まず、さび層に塗布された素地調整剤はその脆弱部分に含浸し、湿気硬化樹脂が水分を取り込んでさび層の凝集力を高める(図1(b))。

そして、鋼材に対しアノードとなる金属を含みりん酸塩系防錆顔料がさび層中の塩化物イオンや硫酸イオン等の腐食性イオンを表面に引き出し、同時に鉄イオンをキレート化して不活性にする。さらに、アニオン交換形腐食性イオン固定化剤(以下、イオン固定化剤と記す)がさび層中の腐食性イオンを不溶性の塩の形態で固定化する(図1(c))と同時に、腐食性イオンとのイオン交換によって放出されたアニオン性腐食抑制剤が鋼材を不働態化する(図1(d))。

3. 素地調整剤の性能

3.1 さび強化性能

図2は6ヶ月間の屋外暴露によって発錆させた鋼板に素地調整剤および浸透性変性エポキシ樹脂塗料を塗布した場合のさび層の凝集力の相違を比較した結果である。この結果から、浸透性変性エポキシ樹脂塗料は、さびの凝集力向上にまったく効果がないのに対し、素地調整剤はさびの凝集力を1.5倍ほど強化していることがわかる。

また、図3は上記素地調整剤を塗布したさび鋼板断面の元素の分布状態を電子線マイクロアナライザー(以下、EPMAと記す)で分析したマッピング像である。

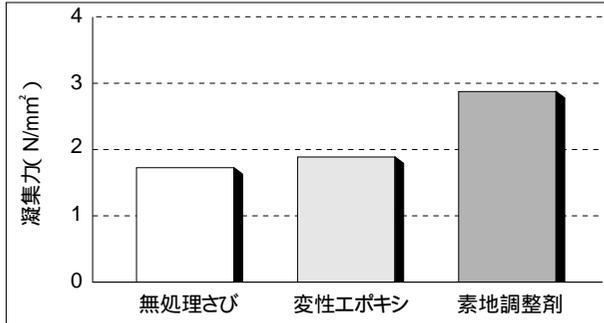
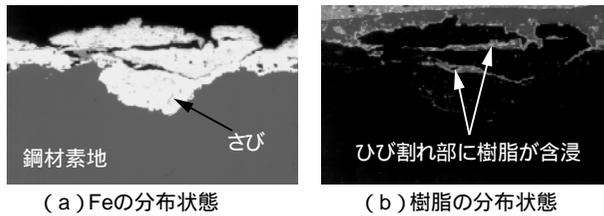


図2 さび強化性試験の結果



(a) Feの分布状態 (b) 樹脂の分布状態

図3 塗膜断面のEPMAによる元素マッピング

図3から、さび層には微細なひび割れが多数存在しているが(図3(a))、そのひび割れ部に素地調整剤の湿気硬化形樹脂が含浸している様子が確認できる(図3(b))

3.2 防食性能

ここでは、清掃ケレン程度の前処理で処理した後さび鋼板に素地調整剤を塗布した試験片と、ISO St-3程度まで素地調整した試験片に、各々変性エポキシ樹脂塗料下塗およびポリウレタン樹脂塗料上塗を塗装し、これらの防食性を比較検討した結果を述べる。

3.2.1 試験概要

(1) 試験片

寸法70×150×1.6mmサンドブラスト鋼板に、表2の塗装仕様を図4のフローで塗布し試験片を作製した。なお、素地調整剤の配合は表3のとおりであり、本検討ではイオン固定化剤が防食性に及ぼす効果についても調べた。また、一部の試験片には試験片のさび重量に対し塩化物イオンを0.2wt%(373.2mg/m²)、硫酸イオンを4wt%(7464mg/m²)塗布した。このうち、塩化物イオンの塗布量は既往の研究¹調査から、一般的な都市環境で形成されるさび中の塩化物イオン量の約10倍に相当する量である。

表2 塗装仕様

工程	検討仕様	比較仕様
素地調整	清掃ケレン(マジロン)	ISO St-3
素地調整剤	塗布(0.07kg/m ²)	-
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(50μm)	
上塗	ポリウレタン樹脂塗料(30μm)	

表3 素地調整剤の配合

配合原料	固定化剤あり	固定化剤なし
湿気硬化形ポリウレタン樹脂		
腐食性イオン固定化剤		-
りん酸塩系防錆顔料		
添加剤		
溶剤		

バックシールを施したサンドブラスト鋼板を大日本塗料那須暴露場に6ヶ月間暴露し、さび鋼板を作製(栃木県大田原市)

一部のさび鋼板を酸洗いし、さび重量を測定

一部の試験片にCl⁻およびSO₄²⁻塗布
無塗布 さび重量に対し、Cl⁻: 0.2wt%、SO₄²⁻: 4wt%

イオン交換水を霧吹き後、50、95%RHの条件下に7日間静置し、イオン類を拡散浸透

表2の仕様で塗装後、実験室内で7日間養生

試験片端部にカッターナイフで鋼板素地にまで達する切欠きを入れる

図4 試験片作製フロー

(2) 防食性試験

JIS K 5621に規定する耐複合腐食サイクル試験(以下、CCTと記す)を800サイクル実施した。

(3) 調査項目および方法

CCT800サイクル終了後の試験片に対し、以下の調査を実施し、素地調整剤の防食性を評価した。

a) 外観観察

一般部および切欠き導入部の外観変化を目視により観察し、一部の試験片について切欠き部の写真撮影も実施した。

b) 塗膜下腐食状況

CCT800サイクル終了後の試験片を3wt%の食塩水中に48時間浸漬後、カレントインタラプタ法塗膜下金属

腐食診断装置²を用いて、塗装鋼板の分極抵抗値および分極容量値を測定し、塗膜下鋼板の腐食状況を調べた。

3.2.2 結果および考察

(1) 外観観察結果

表4にCCT800サイクル後における各試験片の塗膜外観を一覧で示した。また、写真1には腐食性イオンを塗布した試験片のうち、イオン固定化剤配合素地調整剤を塗布したもの、およびISO St-3程度の素地調整を施した試験片の切欠き部における腐食状況を示した。

これらの結果から、一般的に腐食性イオンを塗布した試験片の外観変化はそれを塗布していない場合より著しいことが判る。ここで、腐食性イオンを塗布した試験片において、外観劣化に及ぼすイオン固定化剤配合の効果を見ると、イオン固定化剤を配合した素地調整剤の外観変化はそれを配合していないものに比べて明らかに小さく、その効果が顕著に認められた。また、イオン固定化剤配合素地調整剤を塗布したものとISO St-3程度の素地調整を施したものとを比較すると、一般部および切欠き部ともに前者の方が外観劣化は小さいことがわかる。

表4 CCT800サイクル後における外観観察結果

腐食性イオン	観察場所	検討仕様		比較仕様 (ISO St-3)
		固定化剤なし	固定化剤配合	
無塗布	一般部	何れも変化なし		
	切欠き部	何れも腐食は認められるものの、ふくれはなし		
塗布	一般部	ふくれ約20%	変化なし	ふくれ約30%
	切欠き部	ふくれ幅10mm	ふくれ幅<1mm	ふくれ幅2mm

(2) 塗膜下腐食の状況

図5にCCT800サイクル終了後試験片におけるカレントインタラプタ法による分極抵抗測定結果を、図6には同試験片の分極容量測定結果を示す。なお、腐食の電気化学的見地からは分極抵抗が小さいほど、また、分極容量が大きいほど腐食傾向が高い(即ち防食性が低い)ことが知られている。

図5および図6の結果から以下のことがわかる。

全般的な傾向として、腐食性イオンを塗布した試験

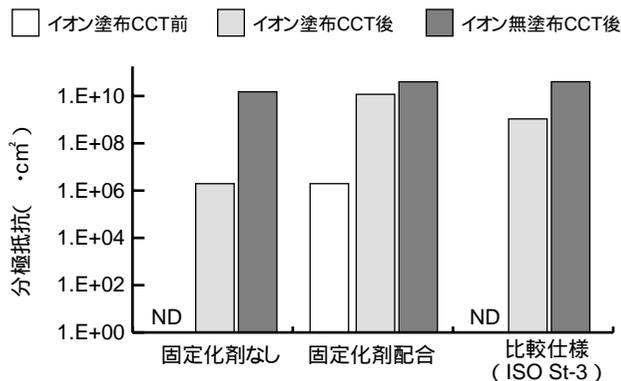


図5 分極抵抗測定結果

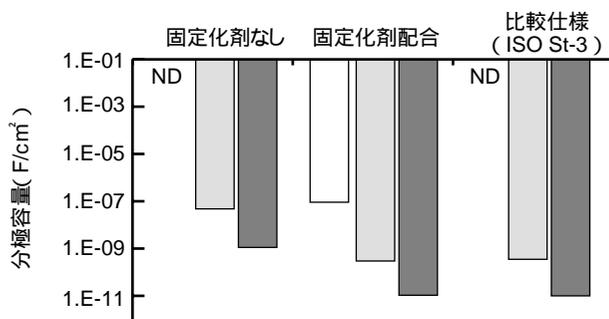


図6 分極容量測定結果

片の腐食傾向はそれを塗布していない場合より著しく高い。

一方、腐食性イオンを塗布した試験片において、防食性に及ぼすイオン固定化剤配合の効果を見ると、イオン固定化剤を配合した素地調整剤の腐食傾向は、それを配合していないものに比べて明らかに小さく、その効果が顕著に認められた。

イオン固定化剤配合素地調整剤を塗布したものとISO St-3程度の素地調整を施したものとを比較すると、前者の方が特に分極抵抗が高く、ISO St-3程度の素地調整を施した場合と同等以上の防食性が確認された。

さらに注目すべきは、腐食性イオンを塗布したさび鋼板にイオン固定化剤配合素地調整剤を塗布した試験片において、CCT後の方がCCT前より分極抵抗が高く、かつ分極容量も小さくなっていることである。この結果は2.3で述べたように、イオン固定化剤がさび層中の腐食性イオンを不溶性の塩の形態で固定化する(図1(c))と同時に、腐食性イオンとのイオン交換によって放出したアニオン性腐食抑制剤が鋼材を不動態化(図1(

d)していることを示唆する。なお、上記のうち ~ の腐食傾向に関する結果は、外観観察結果と明確な相関を示す。

4. 塗装工程

素地調整剤を用いる場合の塗装工程は次の通りである。なお、素地調整剤塗布後の塗装系は、鋼構造物の塗替塗装で適用されている塗装系であれば何れも適用できる。

4.1 前処理

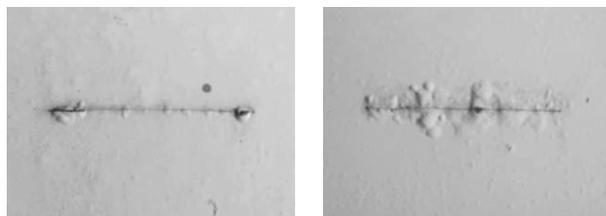
付着力の低い浮きさびをスコッチブライト等で除去する。この時、1点式電磁膜厚計を用い、30×30cmの範囲のさび層の厚みを9点測定し、その最大値が100μmを越える場合はディスクサンダーを併用する。これは、さび層が厚すぎて素地調整剤中の樹脂の含浸が不十分になることを避けるためである。油状物質はシンナーで拭き取る。

4.2 素地調整剤塗布

A液とB液を混合・攪拌する(質量比でA:B=10:2)、ローラーまたは刷毛で100g/m²塗布する。塗布後3時間以上乾燥させる(20℃の場合)、3日以内に次工程の下塗塗装を行う。

4.3 下塗 ~ 上塗塗料塗布

一般的な素地調整工法を適用した場合と同様に、各塗装系の工程に従って塗料を塗布する。



(a) 素地調整剤塗布の場合 (b) ISO St-3ケレンの場合

写真1 耐複合腐食サイクル試験800サイクル後の外観

5. 素地調整剤の適用箇所および用途

各種プラント設備外面の防食
鉄骨・鉄鋼構造物外面の防食
水管橋・水圧鉄管・水門外面の防食
海洋構造物外面の防食

6. おわりに

本報で紹介した塗布形素地調整剤は、ようやく実用化の可能性が見出された段階にある。本格的な実用化に向けては、

腐食性イオン固定化限界量の把握

発錆程度と防食性の関係(発錆限界)

など使用環境や使用条件を考慮した検討が必要である。これらの課題を早期に解決して維持管理の時代に貢献したい。

文献

- 1) 松島巖, さびおよびさびた鋼板の性質: 色材, 49(11), 669(1976)
- 2) 例えば, 田邊弘往, カレントインタラプタ法による塗膜下腐食測定: 表面技術, 45(109), 1009(1994)
- 3) 里隆幸ほか, 物理的素地調整法に替わる塗布形素地調整剤について: 第24回鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集, 104(2001)