

No.011 (復刻版) *****

腐食センターニュース

*****平成8年6月1日

塗装の寿命

Q: 塗装面の寿命について知りたい。STB(65A、2mmt)の管内面にタールエポキシ系塗料を100 μ m程の厚さに塗り、防食対策とした。1年程で孔食により貫通孔が発生した。塗装劣化と腐食のメカニズムについて御教示願いたい。

A: 本例ではプラストなどの下地処理は特に施しておらず、タールエポキシ系塗料を2回塗りして100 μ m程度の塗膜を得ている。塗膜のピンホールの有無の確認は特にしていない。管内は常時約35 $^{\circ}$ C、1.8m/sの工業用水が一過性で流れている。類似の配管もあるが、短期間に貫通孔が発生したのはこのラインのみであった。

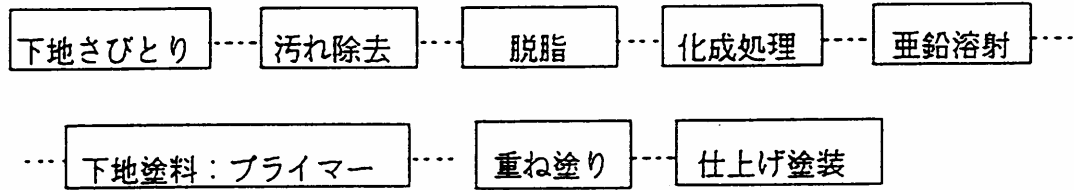
塗膜による防食機構としては以下のものが挙げられる。

- 1) 腐食因子(水、酸素、塩化物イオン、など)の侵入抑制
 - ・膜厚:100 μ m以上-----塗膜欠陥は少なく、拡散律速支配となり、寿命は塗膜厚さに比例
 - ・膜厚:100 μ m未満-----ピンホールが多く、物質移動が律速。
- 2) 塗膜の剥離後、塗膜/下地界面で進行する腐食反応の抑制
 - ・塗膜の密着性が高いほど、抵抗が高いほど、防食性能が良い。
 - ・適切な下地処理、化成処理が必要。
- 3) 防錆顔料による防食(侵入水をアルカリ化して下地鋼を不動態化)

どのような塗装系、施工法を選定するかは

①使用環境、②使用目的、③期待耐用年数、④コスト、などを総合的に検討して決定されるべきである。

標準工程は以下の通りである。



塗装工程と防錆率の関係を図 1¹⁾に示す。丁寧な下地処理と、重ね塗りが高い防錆性能をもたらす。塗膜厚さと早期欠陥（ピンホール）の発生確率の関係を図 2²⁾に示す。約 4mil (100 μ m) 以下で欠陥の発生率が高まる。

本例では、下地処理はされておらず、塗膜厚さも約 100 μ m と必ずしも十分でない。したがって、塗膜欠陥部から早期に腐食がはじまる可能性は十分である。

問題は、類似の他のラインには発生せず（少なくとも短期間で貫通孔は発生していない）、しかも、2mm/年という大きな速度で腐食が進行して点にある。一般に、工業用水程度の腐食環境での鋼の腐食速度はたかだか 0.Xmm/年のオーダーであり、今回の例のような大きな値をとることは考えにくい。本配管は空気冷却配管として用いられており、他の構造物、機器などと電氣的に短絡していた可能性が高い。その結果、いわゆるマクロセルを形成し、局所的に速い腐食が発現したと思われる。

1) 腐食防食協会編：金属の腐食・防食 Q&A, p110 (1988) 丸善

2) 腐食防食協会編：金属の腐食・防食 Q&A p111 (1988) 丸善

(J.S. Q&A in 千葉, 11.14 '96より)

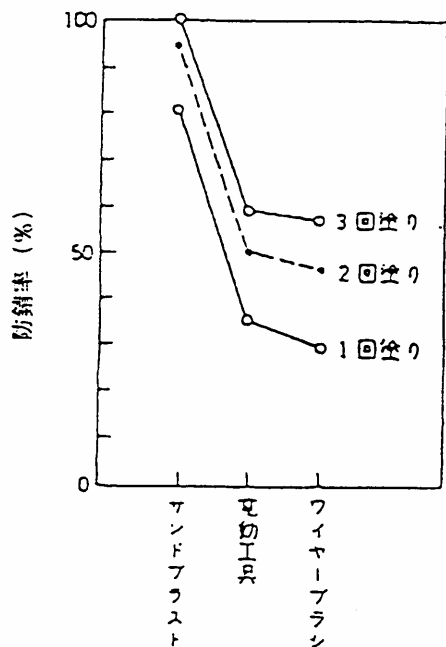


図1. 塗装後耐食性と素地調整との関係 (防錆率100%=大気暴露7か月で発錆なし)

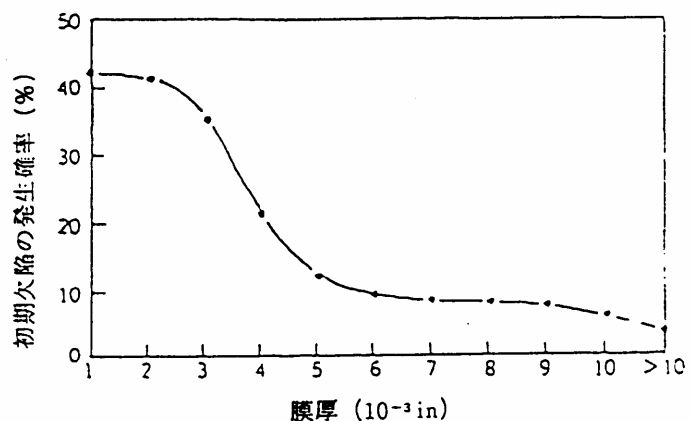


図2. 塗膜厚と早期欠陥（ピンホール）発生確率との関係

コンクリートのひび割れおよび内部鋼材の腐食

Q:1972年頃に建設した構内コンクリート構造物のコンクリート表面に9年経過頃よりヘアクラックが発生し、エポキシ樹脂等により目締め補修を施しているが、また別の箇所に発生するという状況が続いている。現在は、コンクリートをはつっての補修—鉄筋腐食箇所の補強とコンクリート補充—とを実施している。下記についてご教示願います：

- a) ひび割れの原因と対策。
- b) コンクリート劣化箇所および内部鋼の腐食発生の有無を、非破壊で診断する方法。

A:ひび割れの原因は鉄筋の腐食により生成した鉄さびが、元の鉄の約2倍の体積をもちコンクリートを押し広げるためです。コンクリート中铁筋の腐食の原因として、塩分による孔食と空气中炭酸ガス(CO₂)・酸性雨の侵入によるコンクリートの中性化(pHで11未満になる)とが考えられますが、中性化進行速度は遅いため、前者の孔食としてまちがないと思われず。この塩分は、コンクリート製造時の骨材として通常川砂を使っていれば、40~50ppmほどであるのが、海砂を使えば数100~数1000ppmと高く、さらに製造後使用環境から侵入するものも加わります。

非破壊診断の方法として一般的なのは電位測定です。鉄筋の電極電位—鉄筋と照合電極(コンクリートに接触した)との間の電圧—を測定し、銅・飽和硫酸銅照合電極に対して-0.20V以上なら腐食なし、-0.50V以下なら半数に腐食によるひび割れあり、などと判定(ASTM C87677)します¹⁾。

現在施行されている補修方法で、コンクリートはつり後の鉄筋腐食箇所の補強では、①ウレタン系塗料/テープ/塗料の重ね塗り(強度の要らないとき)、または②ポリエチレン系超高分子(分子量500万の高密度ポリエチレンより上位ランクの)FRP(繊維により強度がかせげる)をおすすめします。

(Q&A in 沖縄3.8'96より)

防食施行箇所の補修方法

Q: コンクリート基礎を架台として、鋼製のタンク (40~60°C) をアンカーボルトで固定している。それらの防食を兼ねて架台基礎とタンクの下端(ボルト) 部のライニングをウレタン樹脂系重防食材で全面的に実施している。

2年後、コンクリート架台とタンク鋼材間の継ぎ目に沿って上記重防食材に亀裂が発生した。熱膨張差による損傷と考えると、下地材 (発錆したアンカーボルトおよびガセットプレート) 上の旧ライニングを除去し、バックアップ材を塗布するルーズ (伸縮可) ライニング工法による補修を施した。この補修では、コンクリートと鋼材との両方に有効な共通対策を見出せなかったため、コンクリート面にはウレタン系防水塗装、タンク鋼材面には防食塗装(エポキシ樹脂系+変性エポキシ樹脂) と、個々に対応する方式をとった。

- a) 今回の補修は十分な防食効果を発揮するか、
- b) コンクリートと鋼材との両方に有効な簡潔な補修方法はあるか、について御教示願いたい。

A: 補修に使われたウレタン樹脂系ライニングは 60°Cでもつと思われませんが、総合的な物理化学的特性から高密度ポリエチレンライニングがよりよいと思います。さらに、タンク底板を電気防食すれば最善の対策となるでしょう。

(F.K., Q&A in 沖縄, 3.8 '96 より)

海水による石炭ボイラー灰圧送配管の腐食

Q: 石炭ボイラー灰を海水で圧送 (15~17kg/cm²)する配管にアルマ管 (アルミニウムめっき管) を使用しているが、フランジ部よりもれを発生しやすく、また溶接補修部でアルミニウムめっき層のなくなった部分に「ゼッタール」 (タール系塗料) を塗布した個所が腐食しやすく、困っています。安価で補修性のよい材料があれば教えてください。

A: フランジ部もアルミニウムめっきされたもので使用開始している。ただしこのフランジはスリップ=オン=フランジで局所的に凹部をもつ形状ゆえ、アルマー部は Hv=700 という高い硬さをもつにかかわらずスラリーによるエロージョン・コロージョンを受け易いと思われる。パッキンを含めてフランジ部の形状を改善されることを第一におすすめる。「ゼッタール」による補修部が腐食しやすいのは塗膜中の貫通ポア (小孔) の底部で露出している下地鉄が溶出するためで、これには付近に残っているアルマー層が (亜鉛のように) 鉄を防食する力がないことも関係している。補修剤として金属粉を混合した樹脂が使えるかもしれない。

(Q&A in 沖縄 3.8 '96 より)

海上浮体構造物へのガス供給配管の防食対策

Q: 棧橋より約 10m 離れた海上浮体構造物へガス (低圧、100~200mmHg) を供給したい。浮体は水平面上前後左右に±1m、垂直方向に±1.5m 動くため、チューブ (316L)・ジョイント (炭素鋼・ステンレス鋼)・フランジ (炭素鋼・ステンレス鋼) などから成るフレキシブル管 (管径 100A または 150A) を検討している。このような管における腐食の可能性、防食対策および耐用年数についてご教示願いたい。

A: 私どももフレキシブル管を数年前検討したことがあり、現在も使っているもの (304 鋼製) はある。酸性雨等による汚染物質・塩化物イオンの付着があるので裸管は避けたほうがよく、また腐食性の強い海水中に入るのもよくない。材質上 304 と 316 とでは有意差はないと考えている。しかし、同管は管厚が 0.Xmm と薄いので機械的強度に欠けるのが最大の弱点である。

結論的に申し上げますと、金属製ではない—例えばポリエチレン (PE) —管の検討をおすすめする。PE は紫外線に弱いといわれるが、添加剤による耐性品がでている。石油関係でも多く使われている。ただし応力集中部をうまく措置することがポイントになるでしょう。

(F.K., Q&A in 沖縄 3.8 '96 より)

船舶用銅製潤滑油クーラーのエロージョン・コロージョン

Q: 鋼管内にらせん状溝付鋼管が組み込まれて、この鋼管内を海水 (流速計算値 1.27m/s) を流して、鋼管外面と鋼管内面との間を流れる潤滑油 (入口で約 80°C) を冷却している。本件の場合 1994 年 2 月から使用して同年 11 月 (8080h 後) に損傷を発生した。すなわち鋼管内面の溝部で海水側から小孔が貫通し、潤滑油に海水が混入した。原因を知りたい。

A: この現象はエロージョン・コロージョンとよばれ、限界流速以上の流速条件でおこる。純銅の海水中限界流速は 1.0m/s¹⁾ で、本件の 1.27m/s はそれを超えている。管内面溝部などの凹凸部では、実効的流速がさらに大きくなるので、平坦部より起こり易い。材料はこのままで流速を下げるか、材料を限界流速の大きいもの—銅合金では例えばアルミニウム黄銅 (限界流速 2.3m/s) など—に変更する。

(Y.M., Q&A in 沖縄 3.8 '96 より)

1) 腐食防食協会編：材料環境学入門、p.54 (1993) 丸善

ボイラー用水タンク側板の割れ

Q: 径・高さとも約15mの全溶接鋼板製貯槽で、厚さ64～96mmのSMB41B鋼を突き合わせ溶接して組んだものです。内容物はボイラー用水で、薬品(ライム)処理され、pH9.8、水温86℃です。1972年に使用開始し、1995年(2回)、と今回(1996年2月)に損傷が発生しました。割れは高さ6.9～8.6mの側板に発生し、今回のは縦向溶接のビード肩から約5mm離れて溶接線に平行に長さ約200mmでした。下記についてご教示願います。

- a) 割れの原因、
- b) 今後の対策、
- c) 漏洩防止のため、漏れ箇所への局部的な当て板を行っているが、今後問題が発生しないかどうか。

A:

- a) ライム処理により Na_2CO_3 を添加するので、ボイラ水は $\text{NaHCO}_3+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 水溶液になっていると思われます。この環境中で炭素鋼は応力腐食割れ(SCC)を起こす可能性があります¹⁾。ただかなりの濃度でないと割れません。そこで、実際の分析値はどうなっているのでしょうか?なお、割れ位置が液面高さ-気液界面-であれば炭酸イオンが濃縮していることも考えられます。溶接後の熱処理を実施していないので、残留応力が高く応力的には割れ易い部位になっています。
- b) 対策として次の方法が有効と考えられます。
 - ①ライム処理を中止し、軟水化装置の能力を増強する。
 - ②タンクを新設し、この際溶接部には残留応力除去のための熱処理を実施する。なお、溶射による防食は溶出イオンのボイラー水への影響が懸念され、「ボイラーペイント」は、2～3年で塗り替えが普通で、8～10年後という次回の開放点検までもたない。いずれもおすすめできません。
- c) 当て板補修は現実的な対応としてやむをえないが、問題を解消する対策ではないと思います。(H.I., Q&A in 沖縄 3.8 '96 より)

1) 小若正倫:「金属の腐食損傷と防食技術」、p. 240 (1983) アグネ

<p><u>目次</u></p> <p>塗装の寿命……………1</p> <p>コンクリートのひび割れおよび内部鋼材の腐食……………3</p> <p>防食施行箇所の補修方法……………4</p> <p>海水による石炭ボイラー灰圧送用配管の腐食……………4</p> <p>海上浮体構造物へのガス供給配管の防食対策……………5</p> <p>船舶用銅製潤滑油クーラーのエロージョン・コロージョン……………5</p> <p>ボイラー用水タンク側板の割れ……………6</p>	<p>No.011 平成8年6月1日</p> <p>(社)腐食防食協会</p> <p>腐食センター</p> <p>〒113 東京都文京区湯島 1-1 2-5</p> <p>小安ビル 6F</p> <p>03-5818-6245(TEL・FAX 兼用)</p>
---	---

ここに掲載された文章および図表の無断使用、転載を禁じます。 ©腐食防食協会