

超厚膜塗装の暴露実験調査

Exposure Test of Ultra-High Build Paint System

金 井 久^{*(1)} 山 谷 弥太郎^{*(2)}
Hisashi KANAI Yataro YAMA YA

抄 録

海洋構造物は一般に厳しい腐食環境に設置され、長期にわたる耐用年数が要求される。中でも最も腐食が激しい飛沫・干満部には重防食塗装が施されている。近年、長期無保守を指向した重防食塗装用材料として超厚膜エポキシ樹脂塗料が適用されるようになってきた。超厚膜エポキシ樹脂塗料の防食性能を調査するため、現在、新日本製鐵若松鉄構海洋センター岸壁で実海洋暴露試験を実施中である。3年経過後の塗膜状況は極端な劣化の兆候は認められなかった。

Abstract

As offshore structures are generally installed in severe corrosive environments, they must have a long service life. Accordingly, heavy-duty coating is applied to the splash and tidal zone which corrodes most severely. In recent years, ultra-high build epoxy paints have found application for heavy-duty coating to ensure maintenance-free operation of offshore structures over a long time. To investigate the corrosion preventive performance of ultra-high build epoxy paints, marine exposure test is under way at the quay of Nippon Steel's Wakamatsu Fabrication Center. The paint film is not showing the symptoms of extreme deterioration in three years of exposure test.

1. 結 言

海洋構造物は一般に厳しい腐食環境に設置され、かつ、長期にわたる耐用年数が要求されるため、高度な防食が必要とされる。現在、防食方法として、海中部は電気防食、その他の部分は重防食塗装系が適用されている。特に最も腐食が激しい飛沫・干満部は、従来のジンクリッチペイント+厚膜型エポキシ樹脂塗装系に変わって、近年はジンクリッチペイント+超厚膜エポキシ樹脂塗装系が適用されるようになってきている。例えば、現在建設が進められている東京湾横断道路においても、川崎人工島ジャケット構造物の飛沫・干満部の重防食塗装として、有機ジンクリッチペイント+超厚膜エポキシ樹脂塗装系が適用されている。

国内における超厚膜エポキシ樹脂塗料は、関西国際空港プロジェクト以降急速に広がってきた比較的新しい塗料である。そこで著者らは、当時防食性能を把握するため、実験室試験を始めた防食性能調査を実施した。

本試験は、その一環として新日本製鐵若松鉄構海洋センターの岸壁で、1989年8月より実施している実海洋暴露試験である。塗装仕様は東京湾横断道路川崎人工島ジャケット構造物の飛沫・干満部の重防食塗装仕様と同様のものとし、供試塗料として5銘柄の超厚膜型エポキシ樹脂塗料について実施している。

本報告は、この暴露試験の3年経過後の中間調査結果について述べる。

2. 超厚膜エポキシ樹脂塗装系に要求される特性

一般に海洋構造物の期待耐用年数は数十年以上と長く、海洋構造物の飛沫・干満部に適用される超厚膜エポキシ樹脂塗装系は長期にわたり乾湿や冷熱の繰り返し、波浪による繰り返し応力、紫外線、流木等による衝撃等の劣化要因を継続的に受けるため、超厚膜エポキシ樹脂塗装系にはそのような環境に長期間耐え得る化学的安定性、物理的強度が要求される。又、塗膜自体の特性に加え、鋼材との密着力も長期間低下しないことが要求される。

以上のような必要特性が実際の使用環境において、どのように経時変化をするのかを実海洋暴露試験により調査した。

3. 実海洋暴露試験

3.1 供 試 材

外径318.5mm×長さ5500mm×肉厚6.9mmの鋼管の外全面に15~20 μ m厚の有機ジンクリッチペイントを常温塗装し、所定の塗装間隔をおいた後、図1に示す範囲に目標膜厚2300 μ mの超厚膜エポキシ樹脂塗料を常温塗装して試験鋼管を作製した。尚、供試塗料は5銘柄とし、1銘柄につき2本、計10本の試験鋼管を作製し、そのうちの1本には電気防食用アルミニウム合金陽極を取り付けた。又、図1に示す位置に幅1mm、長さ50mmの90°クロスカット傷、ピンホールが出ない程度の衝撃を加えた衝撃痕、6mm径の陰極剥離調査用孔の初期欠陥をあらかじめ付与し、試験に供した。

*⁽¹⁾ 鉄構海洋事業部 技術開発部

*⁽²⁾ 鉄構海洋事業部 エネルギーエンジニアリング部 部長代理

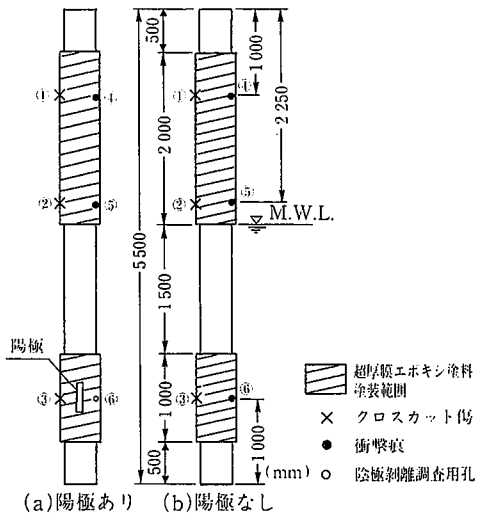


図1 供試材

3.2 供試材暴露状況

供試材は北九州市の若松鉄構海洋センターの岸壁に、写真1に示すように、岸壁に平行に10本を設置した。各々の供試材は上下二つの塗装範囲のうち上部塗装下端が平均潮位面(Mean Water Level: M. W. L.)に一致するように設置した。これにより、上部塗装下端に干満、飛沫による冷熱や乾湿の繰り返し、波浪による繰り返し応力、紫外線等の塗膜劣化要因を受けやすい条件を与えた。又、このようなレベルに設置することにより、初期傷が飛沫部、干満部、海中部にそれぞれ配置されるようにした。

暴露は1989年8月より開始し、1991年3月と1992年8月に一旦陸上へ引き上げ、それぞれ1年7か月経過後、3年経過後の中間調査を実施した。

3.3 調査項目及び調査方法

中間調査時に以下の項目を調査した。

(1)電位、防食電流密度

供試材を陸上へ引き上げる前に、高感度記録計により供試材の電位を測定した。尚、照合電極には飽和甘汞電極を用いた。

又、電気防食を施している供試材については無抵抗電流計により防食電流を測定し、測定時の没水面積から防食電流密度を求めた。

(2)塗膜外観観察

目視により塗膜の外観を観察し、われ、剝離等を調査した。

(3)ハンマーリングテスト

テストハンマーにより塗膜を軽く打撃し、打撃音から塗膜の浮きの有無を調査した。

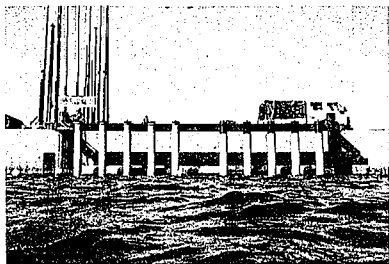


写真1 供試材暴露状況

(4)生物付着状況

目視により海棲生物の付着状況(種類、大きさ等)を調査した。

(5)体積抵抗率

ガードリング法により、超絶縁計を用いて体積抵抗率を測定した。電極には4 cm×4 cmの導電性ゴム電極を使用し、チャージ時間1分とした。測定箇所は図1に示した初期傷付与箇所近傍とし、飛沫部、干満部、海中部それぞれ1か所ずつとした。

(6)インピーダンス

インピーダンスを測定し、誘電正接(tanδ)を求めた。電極には電解質として海水を含浸させた標準電極パッドを使用し、チャージ時間1分とした。測定箇所は図1に示した初期傷付与箇所近傍とし、飛沫部、干満部、海中部それぞれ1か所ずつとした。

(7)衝撃痕下の塗膜下状況

初期に衝撃痕を付与した部分の塗膜を剝離し、その塗膜下の錆等の腐食発生の有無を調査した。

(8)クロスカット傷錆幅

初期に入れたクロスカット傷の部分の塗膜を剝離し、初期傷から横方向への錆の広がりを調査した。

(9)密着力

ブルーオフ法により塗膜の密着力を測定した。測定箇所は供試材の干満部及び海中部とした。

3.4 結果と考察

(1)電位、防食電流密度

塗料銘柄に関係なく、電気防食をしていない試験体は-650~-700 mV(vs SCE)、電気防食を実施した試験体は-1030~-1060mV(vs SCE)の電位を示した。

防食電流密度は15~30mA/m²であった。

(2)塗膜外観

暴露3年後の状況は、いずれの供試材も人工傷を付与していない一般部については若干のチョーキングは見られるものの、剝離、変色等の著しい塗膜劣化は観察されず、良好な状態であると考えられる。

一方、人工傷付与箇所のうち、飛沫部のクロスカット傷部1か所で、スケーラーで傷中の錆を除去中にスケーラーが塗膜にあたり、一部の塗膜が剝離、欠損し、その下の鋼面が発錆しているのが観察された(写真2参照)。これは上塗塗膜の防食性よりもむしろ下塗有機ジンクリッチペイントの防錆性が若干悪く、傷からの錆が上塗塗膜下に広がり、密着力がなくなったためと考えられる。その他の人工傷付与箇所では特に異常は認められなかった。

(3)ハンマーリングテスト

暴露3年後、人工傷付与箇所並びに上塗塗膜端部についてハンマ

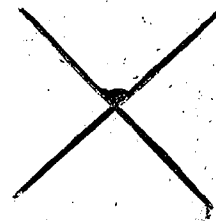


写真2 クロスカット傷塗膜欠損部分

ーリングテストを行った結果、剥離が観察されたクロスカット傷部近傍を含め、いずれの箇所でも塗膜の浮きは認められなかった。

(4)生物付着状況

暴露3年後の生物付着状況は、いずれの試験体でも、水位により、以下に示すような傾向が観察された。

1)干満部超厚膜エポキシ塗装部分

大きさ1~2 cm 径のふじつぼが隙間なく付着していた(写真3(a)参照)。

2)干満部~海中部有機ジンクリッチペイント塗装部分

大きさ3~7 cm のむらさきがいざと付着しており、その他かきも若干付着していた(写真3(b)参照)。

3)海中部超厚膜エポキシ塗装部分

大きさ4~10cm のゆうれいぼや、4~10cm のかきが中心となつて付着していた(写真3(c)参照)。

以上の結果から今回の暴露試験においては、乾燥の度合、太陽光到達度合、水温、潮流等の自然環境条件が生物付着状況に影響して

いる傾向が見られた。

(5)体積抵抗率

体積抵抗率の経時変化を図2(a)~(e)に示す。

図に示すように、若干の値のばらつきは見られるものの、いずれの塗料系部位においても、 $10^{10}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の高い値を示していた。

(6)インピーダンス

1 kHz の $\tan\delta$ の経時変化を図3(a)~(e)に示す。図に示すように、多少ばらつきはあるものの、いずれの塗装系、部位においても、 $\tan\delta$ の値は1.0以下であった。

前述した体積抵抗率と $\tan\delta$ 及び塗膜下腐食との相関関係については、体積抵抗率が $10^{10}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下、かつ $\tan\delta$ が1.0以上では塗膜下腐食が発生するほどの塗膜劣化が進行している恐れがあるという報告があるが、本試験の結果ではいずれにおいても塗膜劣化の兆候は認められず、健全な防食性能を維持していると考えられる。

(7)衝撃痕下の塗膜下状況

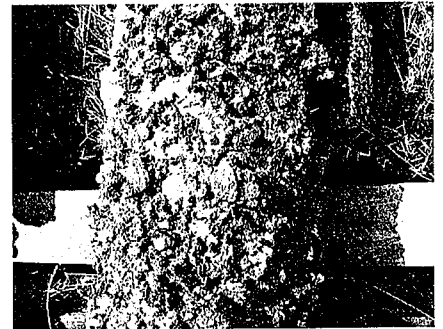
暴露1年7か月後に電気防食していない供試材の干満部及び電気



(a) 干満部超厚膜エポキシ塗装部分

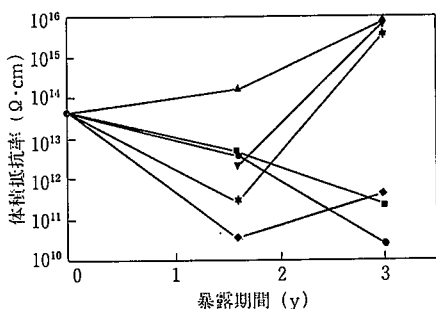


(b) 干満部~海中部有機ジンクリッチペイント塗装部分

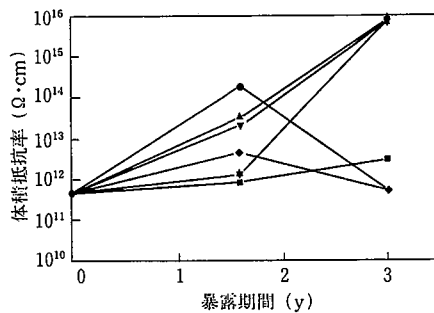


(c) 海中部超厚膜エポキシ塗装部分

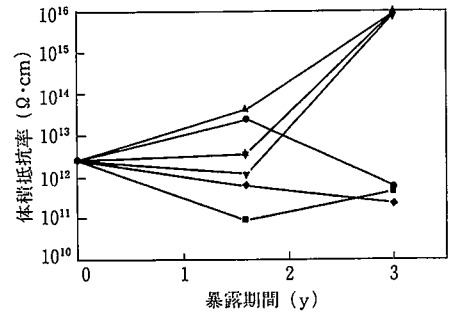
写真3 生物付着状況



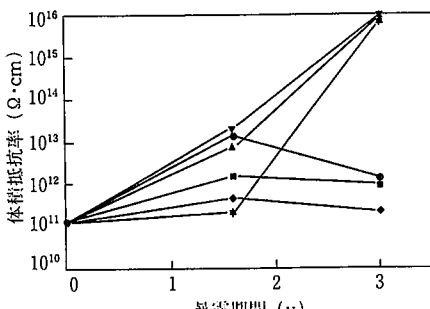
(a) 塗料A



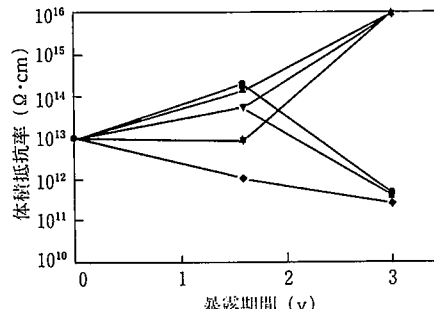
(b) 塗料B



(c) 塗料C



(d) 塗料D



(e) 塗料E

- 飛沫帯 (電気防食なし)
- 干満帯 (電気防食なし)
- ◆—◆ 海中部 (電気防食なし)
- ▲—▲ 飛沫帯 (電気防食あり)
- ▼—▼ 干満帯 (電気防食あり)
- ◐—◐ 海中部 (電気防食あり)

図2 体積抵抗率の経時変化

防食してある供試材の飛沫部、暴露3年後に電気防食していない供試材の飛沫部の衝撃痕下の塗膜下状況を調査した。いずれも塗膜下の発錆は観察されなかった。

(8)クロスカット傷錆幅

暴露3年後、電気防食している試験体の飛沫帯のクロスカット傷からの錆の進行度合を調査した。その結果を写真4(a)~(e)に示す。塗料系により、下塗有機ジンクリッチペイントの防錆性能に差が認められ、最も良好なものは錆幅が1mm以下であったが、外観観察で一部剥離が認められたものは最大15mmの錆幅であった。本試験では試験体が1であったので、今後も継続して調査する予定である。

又、本調査結果は、別途実施した塩水噴霧試験におけるクロスカット傷錆幅調査結果とも相関があり、促進試験で良好な結果が得られたものは実環境でも良好な防錆性能を示していた。

(9)密着力

暴露3年後、干満部、海中部それぞれ2か所ずつブルーオフ密着力試験を行った。塗膜表面とドーリーとの接着面から破壊したため

低い値となったものを除くと、概ね20~40kgf/cm²の密着力であった。塗面が曲面であったため、ドーリー取付けのために塗膜を切るのが困難であり、ドーリー取付け面積が若干小さくなったことを考慮すると極端な劣化の進行を示す値ではないものと考えられる。

4. 結 言

超厚膜エポキシ樹脂塗料の防食性能を調査するため実海洋暴露試験を実施し、暴露1年7か月、及び3年経過後の中間調査を行った。その結果、塗膜の状態は極端な劣化の傾向は認められず、良好な防食性能を維持していることを確認すると共に、超厚膜エポキシ樹脂塗料の技術データを蓄積することができた。

今後も本試験を継続し、長期にわたる超厚膜エポキシ樹脂塗料の実環境における性能調査を実施する予定である。

参 照 文 献

- 1) 加治木俊行 ほか：材料とプロセス、3、632 (1990)

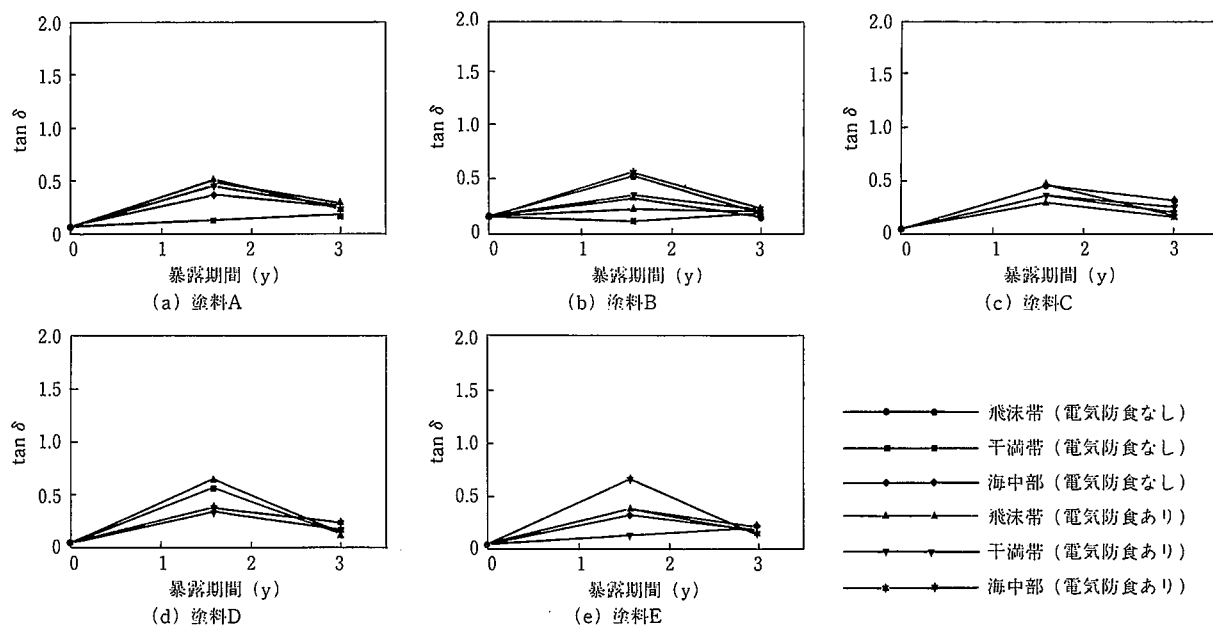


図 3 tan δ の経時変化

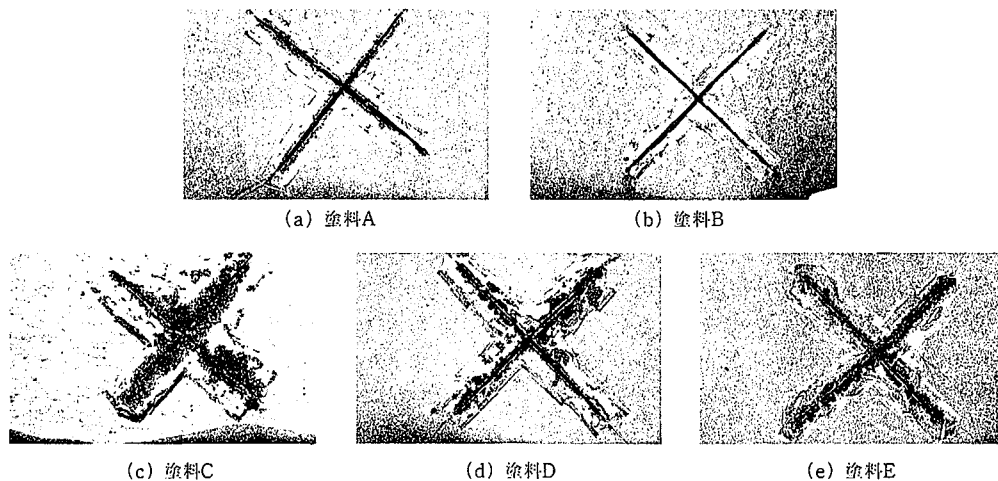


写真 4 クロスカット傷錆幅