船舶バラストタンク内新防食法(IECOS)の開発

赤 嶺 健 一

1. 概 要

1989年アラスカ沿岸でエクソン・バルディズ号20万トンが座礁して、約4万kLの原油が流出し、海洋環境に多大な被害を与えた。この事故がきっかけで油濁対策が国際世論となり、タンカーの二重底化がIMO(国際海事機構)により1992年に法制化された。二重底の内部はバラストタンクとして使用するため、防食処置を施さなければならず、従来のタールエポキシ塗装とした場合、タンク内部が狭隘のため下地処理および塗装が困難であり、また近年塗装工の減少による人件費の高騰など、さまざまな問題が考えられた。そこで、塗装に代わる防食法として、海水中のカルシウムイオン、マグネシウムイオンを化合物として、鋼板表面に電気化学的に沈着させて防食被膜を形成させるエレクトロコーティング法のバラストタンクへの適用化について研究し、室内試験、モックアップ試験を経て3隻の実船による実機試験を行い、新たなバラストタンク内防食法としてIHI Electoro Coating System(IECOS:アイエコス)の実用化を達成した。IECOSのバラストタンク内面への適用化により、塗装工事に伴う下地処理から塗装工程まで、いわゆる3K作業を行わずに済み、さらに二重底化に伴う防食面積の増加にも対処することができる。さらにコスト的にも現行法の塗装に比べ安価となる。また、海水に接する鋼構造物一般に適用の可能性があり、橋梁・水門・鋼矢板・発電設備(海水導水管内面)等適用範囲を拡大することが可能な技術である。

2. 防 食 機 構

『IECOS』は、海水中に溶存しているカルシウムイオン、マグネシウムイオンを化合物(炭酸カルシウム、水酸化マグ

石川島播磨重工業株式会社
技術研究所材料研究部腐食・防食グループ
Development of New Corrosion Protection System for Ballast Water Tanks (IECOS); Kenichi Akamine (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.)
1998年10月19日受理

ネシウム)として鋼板(陰極)表面に析出・付着させ防食被膜とするものである。図1に被膜生成反応の概略図を示す。

『IECOS』における被膜の断面写真を図2に、またその組成分布を図3に示す。

図1 被膜生成反応の概略図。

図2 被膜の断面写真。

図3 被膜の断面組成分布.

図2から鋼板と被膜との界面には空隙は認められず密着性の良い被膜であることがわかる。さらに、図3から鋼板近傍には水酸化マグネシウム層、その上に炭酸カルシウム層が存在し、二層構造となっているのがわかる。すなわち、施工条件の設定により、このような二層構造被膜を生成させることにより、従来流電陽極法により電気防食を行う際に副生成物として知られているエレクトロコーティングとは違った防食性の優れた被膜となる。

水酸化マグネシウムと炭酸カルシウムとではその被膜内pHに違いがあり($\text{Mg}(\text{OH})_2$: pH 10.0, CaCO_3 : pH 9.0), アルカリ性の高い水酸化マグネシウム層が鋼板に接していることにより鋼板表面に防食被膜となる不動態被膜が生成されるため優れた防食性を発揮する。しかしながら、水酸化マグネシウムは海水に溶解しやすい性質があるため長期の防食性は望めない。そこで、海水中に飽和に存在し、溶解しない炭酸カルシウム層でこの水酸化マグネシウム層を覆うことにより長期の防食性を達成することができた。このような被膜の利点は、被膜生成後に損傷を受けて被膜が欠損した場合でも、被膜のアルカリ性により自己補修効果があることである。

被膜の防食性の確認試験として、船舶バラストタンクを想定してバラストタンクに使用しているショッププライマー(無機亜鉛粉末を含有した一次防錆用塗料)鋼板にて作製した小型タンク(500 mm×500 mm×700 mm)を室内に設置し、自然海水を用いて漲水21日、空槽21日:計42日(日本〜ペルシャ湾のバラスト条件を想定)を1サイクルとした耐食性評価を6年間(52サイクル)行い(図4参照)、良好な結果を得た。

さらに、船舶バラストタンクを模擬した実寸大のタンク(図5参照)を暴露状態で設置し、小型タンク試験と同様の耐食性試験を行うとともに、周辺技術の改良(陽極配置、温度の影響、バラスト率の影響等)とフィールドデータの取得を実施し、実船への適用性を実証した。

3. 船舶バラストタンクへの適用化

『IECOS』は次の2つのステップから成り立っている。

〈ステップ1: 初期コーティング〉

外部電源法により、強制的に通電して短期間(約7日間)

図4 小型タンクでの耐食性評価(6年経過).
(図中白色部分が被膜)

図5 モックアップ試験体の形状.

で被膜を生成させる。ショッププライマー鋼板の場合では、溶接線、フリーエッジや建造期間中に溶接、切断で生じたショッププライマー欠損箇所等に被膜を生成付着させる。

〈ステップ2: メンテナンスコーティング〉

流電陽極により防食被膜の増強とショッププライマーの経年劣化による欠損箇所を自動的に補修する。

その施工法を図6に示す。

室内試験、モックアップ試験において良好な結果を得て、これまで2隻の新造バルクキャリアと1隻の就航船(船令9年のコンテナ船)の二重底タンクに実船適用した。

実船における『IECOS』施工直後のタンク内状況を図7に示す。この結果から、これまで塗装による防食法で問題となっているエッジ部、コーナー部、溶接部といった工事が困難であった箇所に、確実に防食被膜が形成されていることが確認でき、この点からも本防食法によりタンク内全般に防食対策が施工できることを実証した。さらに図8に示すように、30カ月経過後の防食状態も良好であり、実船への適用性を実証した。また、実船適用に際して開発した電源システム装置を図9に示す。本装置の特徴は、タンク毎に通電量を設定することができ、また海水温度や被膜の生成状況をモニタリ

図6 船舶バラスタンクへの施行法.

図7 ステップ1：施工直後のタンク内状況.

図8 ステップ2：30カ月経過後のタンク内状況.

図9 IECOS 電源システム装置.

ングするセンサーを装備しており、タンク内環境において通電条件を変動させ確実に被膜を生成することができる。尚、本装置で約 6400 m² を一度に施工することができる。

4. 技術の適用性

『IECOS』は船舶バラスタンクにおける従来の重塗装による防食法を画期的に変更する防食法であり、従来の塗装方式では構造上工事が困難であった狭隘箇所やエッジ部、コーナー部さらには溶接部に確実に防食被膜を形成できる方法である。また、本防食法は船舶に限らず海水または汽水に接する鋼構造物一般に適用でき、橋梁、水門、鋼矢板、メガフロート、発電設備の海水導水管内面等に適用範囲を拡大できる技術である。現在、ドックゲート内面への適用を実施し、また汽水域での水門ゲートへの適用化を計画中である。

5. 経 済 性

従来法である塗装方式の場合、足場の組み立て、下地処理、塗装工程が必要であり、また塗装時には湿度の影響を受けやすく天候によっては塗装ができない場合もある。一方、本防食法は、タンク内に陽極設置後、海水を漲水し通電することで施工が可能で工程管理が容易となり、さらに材料費、人件費も安価となる。また塗装方式の場合、5年に一度再塗装を行う必要があるが、本防食法の場合メンテナンス用の陽極を交換するのみであり、初期に設置するアノードによってはメンテナンスフリーとすることもできる。したがって、メンテナンスコストを含めたライフサイクルコストでは、格段に安価となる。

6. 特 許

『IECOS』関連特許として13件を申請中であり、内2件が審査請求中である。