

機能性塗料による PSPC 対応のための塗膜管理技術

非会員 菅原 勝也*	正員 松岡 一祥***
非会員 植田 彰裕*	正員 島田 道男***
非会員 石原 慎一*	正員 林 慎也***
非会員 田中 正隆*	非会員 藤原 治郎****
非会員 佐々木 高**	正員 宮本 武****

Dry film thickness control by functional coating

by Katsuya Sugawara, Non Member Kazuyoshi Matsuoka, Member
Akihiro Ueda, Non Member Michio Shimada, Member
Shinichi Ishihara, Non Member Shinya Hayashi, Member
Masataka Tanaka, Non Member Jiro Fujiwara, Non Member
Takashi Sasaki, Non Member Takeshi Miyamoto, Member

Key Words: IMO/PSPC requirement, ballast tank, S-I-P paint, paint film thickness control

1. 結 言

IMO 決議 MSC215 (82) で採択された塗装基準(以下、PSPC とする。)では、船体の防食効果を高めるために一定範囲内での膜厚の確保を要求しているが、複雑な船体構造の中での塗装作業において膜厚を一定範囲内に確保するには高度な技術が必要である。

現状、船舶の塗装品質の確保は塗装作業者の熟練度に依存しており、PSPC の要件である 2stripe coats and 2spray coats により膜厚 320 μ m 90/10 ルールを確保するための塗装作業、及び膜厚検査に伴う工数増大は膨大になり、わが国造船業の国際競争力に対して甚大な影響を与えることが懸念されている。

(財)日本船舶技術研究協会では、造船・海運の競争力維持のために PSPC の強制化に伴う工数の増大を出来る限り抑制するための技術研究開発プロジェクト「総合的な船体防食技術の向上」を日本財団の助成事業として 2007～2008 年度の 2 年計画で実施した。

本調査研究は、その一環として実施したものであり、塗装した膜厚による色相の変化で規定膜厚に達したか否かを目視で確認できる機能性塗料 (Self-Indicating /Self-Inspecting Paint 以下、S-I-P 塗料とする。)を利用して、PSPC の要求する膜厚の管理と膜厚計測の工数軽減の可能性について検討した。また、本塗料を適用した実船の防食性について調査を行ない、本技術の有効性の確認を行なった。

2. 機能性塗料について

S-I-P 塗料は、規定膜厚に達すると下地が隠蔽され目標とする膜厚が得られる機能を有した塗料である。即ち、

* 日本ペイントマリン株式会社

** 今治造船株式会社

*** (独)海上技術安全研究所

**** (財)日本船舶技術研究協会

原稿受付 (学会にて記入します)

春季講演会において講演 (学会にて記入します)

©日本船舶海洋工学

作業者が塗装しながら規定膜厚に達したことが認識でき、且つ、検査時に塗り残し部や過小膜厚部を容易に見て検出することで規定膜厚が確保できる。

Fig. 1～3 は鋼板面に塗装した時のイメージ図である。Fig. 1 は 320 μ m タイプの S-I-P 塗料での塗膜厚さと色の関係をグラデーションで表しており、320 μ m に達しない膜厚では下地の鋼板が透けて見え規定膜厚に達していないことを示した。

Fig. 2 は S-I-P 塗料 320 μ m タイプにより、1st. coat (160 μ m) と 2nd coat (160 μ m) の 2 回塗り で仕上げた場合の色の差を示した。

一方、Fig. 3 は一般塗料 (非 S-I-P) の場合であり、下地の鋼板が透けて見えないため、膜厚を計測しないと、どの程度の膜厚かは判定できないことを示した。

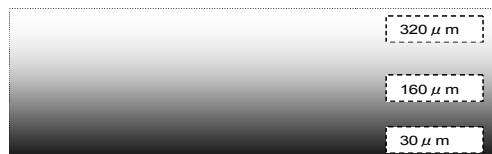


Fig. 1 S-I-P/30～320 μ m

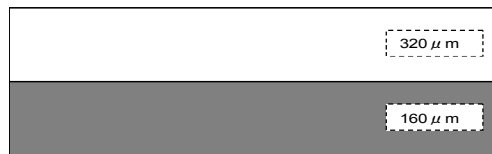


Fig. 2 S-I-P/160 μ m x 2

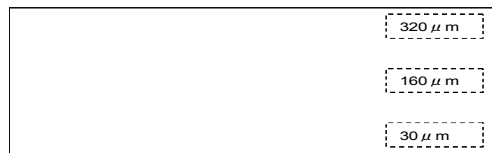


Fig. 3 non S-I-P/30～320 μ m

3. 実証試験

3.1 試験の概要

(1) 供試ブロック

実船二重底 WBT の 2 ブロックにて一般塗料と S-I-P 塗料による実証試験を行った。ブロックの写真を Fig. 4 と Fig. 5 に、ブロックの塗装面積等の概要を Table. 2 に示す。



Fig.4 Block No.DB3C



Fig.5 Block No.DB4C

(2) 下地処理

下地処理は Table. 1 に示す PSPC に準じて実施した。

Table.1 Surface preparation

- [鋼板処理] シャープエッジの除去等“ISO 8501-3 grade P2”に適合。
- [一次表面処理] プラスト→Sa2 1/2。表面粗度→30~75 μm。
塩分濃度→50mg/m²以下。S/P 種→無機ジンクプライマー。
- [二次表面処理] 鋼材状態→エッジは 3 パスグライディング処理。
表面処理→S/P 損傷部及び溶接部は Sa2 1/2、
健全部はスワイププラスト。
その他→ダスト、塩分濃度、油污れ等の検査要件を満たす。

(3) 供試塗料と塗装仕様

供試塗料は、バラスタタンク用エポキシ系防食塗料を使用し、Table. 2 にブロック概要と塗装仕様を示した。

Table.2 Area and Coating Specifications

Block	DB3C		DB4C	
	DB3C(P)	DB3C(S)	DB4C(P)	DB4C(S)
Flat	366 m ²	390 m ²	386 m ²	408 m ²
Stiff	173 m ²	173 m ²	200 m ²	200 m ²
Paint Type	Non S-I-P	S-I-P	S-I-P	S-I-P
Product Name	Epomity 600HS-LT	NOA60 HS-LT320	NOA60 HS-LT320	NOA60 HS-LT320
Painting Scheme	160 μ mx2	160 μ mx2	320 μ mx1	160 μ mx2
	Gray+Buff	See Through Buff+Buff	Buff	See Through Buff+Buff
Stripe	2	2	1	2

(4) 膜厚計測

膜厚計測は PSPC に準拠した。平面部は 5m² 毎に 1 点、ロンジ部は Fig. 6 に示した一箇所 8 点のうちの 2 点の計測を行った。また、ロンジ部は膜厚傾向を把握するために測定点を増やして計測した。尚、膜厚計測は最終検査前に行い、規定膜厚に達していない箇所は手直し塗装を行い規定膜厚を確保した。

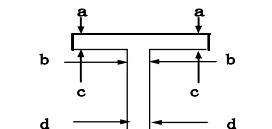


Fig.6 measurement point

3.2 試験結果

(1) 膜厚分布

(a) 一般塗料と S-I-P 塗料の膜厚分布

DB3C(P)及び(S)は、同一作業業者により一般塗料、及び S-I-P 塗料により 2 回塗り (2stripe 2coat) の塗装を行なった。それぞれの平面部及びロンジ材等の膜厚分布を Fig. 7~Fig. 10 に示す。

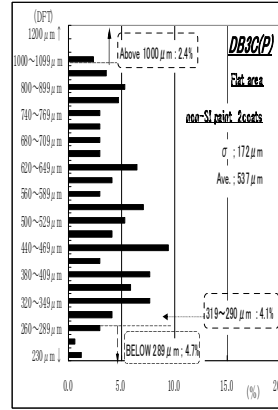


Fig.7 non S-I-P/Flat part

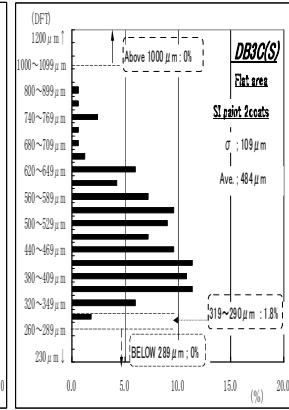


Fig.8 S-I-P/Flat part

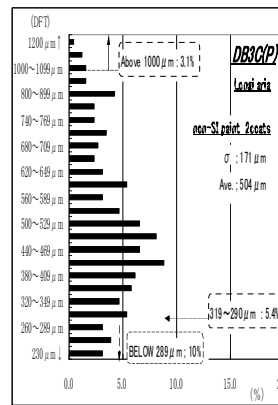


Fig.9 non S-I-P/Longi part

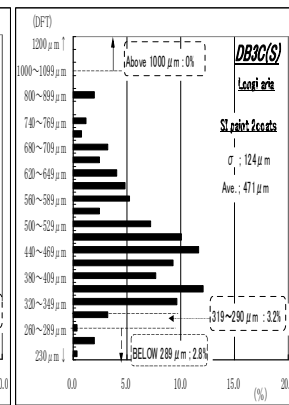


Fig.10 S-I-P/Longi part

(b) S-I-P 塗料による 1 回塗り と 2 回塗りの膜厚分布

DB4C(P)及び(S)は、同一作業業者による S-I-P 塗料を使用した 1 回塗り (1stripe 1coat) と 2 回塗り (2stripe 2coats) の塗装を行なった。膜厚分布を Fig. 11~Fig. 14 に示す。

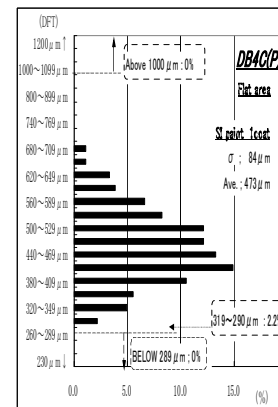


Fig.11 S-I-P/1coat/Flat part

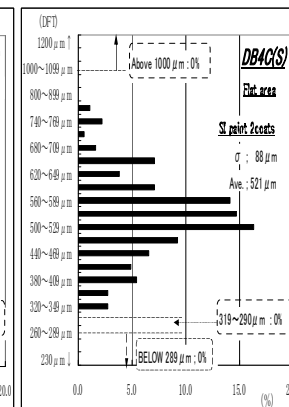


Fig.12 S-I-P/2coats/Flat part

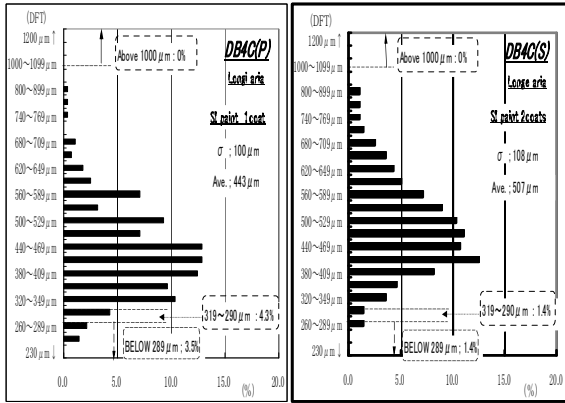


Fig.13 S-I-P/1coat/Longi part Fig.14 S-I-P/2coats/Longi part

以上の膜厚計測結果から、以下のことが言える。

- S-I-P 塗料 2 回塗り 1 回塗りともに、一般塗料に比較し標準偏差と平均膜厚は小さく均一な膜厚が得られ、且つ、過小膜厚と過大膜厚を抑制した規定膜厚の確保が可能である。但し、ロンジ部の目視判定し難い場所は、一般塗料と同様に膜厚のコントロールが難しい。
- S-I-P 塗料 2 回塗りと 1 回塗りでは、1 回塗りの方が 2 回塗りで見られるラップによる厚膜現象が少なくなり、よりバラツキの小さい均一な膜厚が得られる。

(2) 塗膜検査

(a) 一般塗料の場合の膜厚確認

一般塗料における膜厚の確保は塗装作業者の熟練度に依存しており、その確認は膜厚計測以外に方法がなく計測点以外の膜厚はわからない。特にフリーエッジ部、隅肉や突合せ溶接部、及びくり穴やロンジ部材のエッジ等は膜厚計測が不可能でありその確認は難しい。

Fig. 15 に一般塗料による塗装後の一例を示した。過小膜厚の存在も膜厚計測しないと分からなく、規定膜厚が確保されているかどうか不明な状況である。

(b) S-I-P 塗料の場合の膜厚確認

S-I-P 塗料は目視による“面”での膜厚確認ができるため、規定膜厚の確保が一般塗料に比べて容易である。このことは、前述の膜厚分布のデータからも明らかである。

Fig. 16 は S-I-P 塗料塗装後で下地の透けが目視により確認でき、規定膜厚に達していないことが分かる。

Fig. 17 は狭隘部のフリーエッジ裏面等を手鏡で確認している状況を示した。下地が透けていることから規定膜厚に達していないことが分かる。

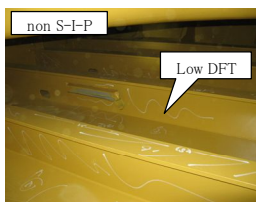


Fig.15 non S-I-P

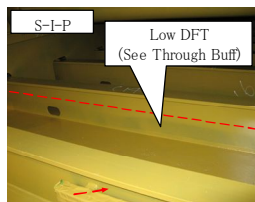


Fig.16 S-I-P

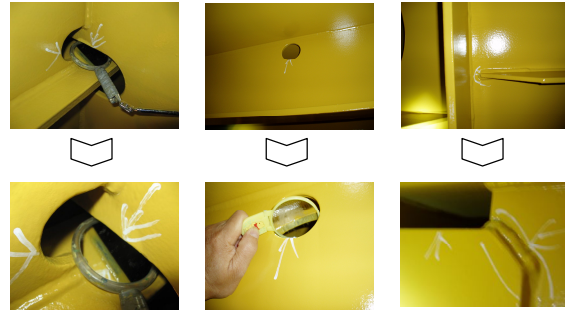


Fig.17 Inspection of Film Thickness at Narrow Space

(3) ピンホール検査

PSPCでは2回塗りにより320 μmを確保するよう規定されている。2回塗りとする目的の一つにピンホールの防止があると云われているため、本試験でも塗装回数によるピンホールの発生を調査した。調査状況を Fig. 18 に示す。

ピンホール発生の有無を平面部、くり穴、及びエッジ等で確認した結果、何れの塗装仕様でもピンホールの発生は認められなく、S-I-P 塗料の 1 回塗り (DFT320 μm×1coat, 1stripe) 仕様でも良好な塗膜状態であることを確認した。

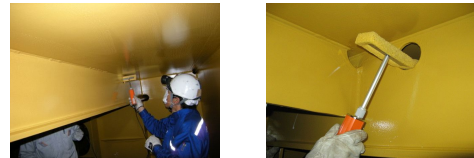


Fig.18 Inspection of Pinhole

以上のように、S-I-P 塗料では、塗装後の検査においても目視により確認しながら膜厚検査を行なえば、精度よい検査が行なえると共に検査業務の負担の軽減が可能である。以って、精度良い膜厚管理が可能であり、結果的にバラストタンクの防食性能の向上に繋がるといえる。

4. 実船調査

S-I-P 塗料をバラストタンクに施工した実船について、就航後の塗膜状況を確認するために調査を行った。比較のために、一般塗料(タールエボキ塗料)施工船についても併せて調査した。

4.1 調査概要

Table. 3 に一般塗料施工船、Table. 4 に S-I-P 塗料施工船の概要を示す。

Table.3 non S-I-P Specified Vessel

調査船種	一般塗料施工船		
	調査船 I	調査船 II	調査船 III
塗装仕様	タールエボキ塗料 220 μmX1	タールエボキ塗料 220 μmX1	タールエボキ塗料 (不明)
船種	BC	BC	BC
トン数	28,390 D/W	9,200 D/W	53,020 D/W
就航	2006.2	2005.3	2003.10
調査日	2008.9.27	2008.11.9	2008.8.10
経過年数	30ヶ月	44ヶ月	60ヶ月

Table4 S-I-P Specified Vessel

調査船種	S-I-P 塗料施工船		
	調査船IV	調査船V	調査船VI
塗装仕様	NOA60HS	NOA60HS	NOA60
	250 μmX1	250 μmX1	150+250 μm
船種	BC	ケミカルタンカー	LNG
トン数	32,500D/W	25,441 D/W	67,300 D/W
就航	2005.6	2006.5	2003.9
調査日	2008.8.5	2008.10.11	2008.8.27
経過年数	36ヶ月	29ヶ月	60ヶ月

4.2 調査結果

Fig. 19 に一般塗料(タルボキシ系)、Fig. 20 に S-I-P 塗料を施工した実船のバラスタタンク調査結果の写真を示す。

一般的に就航船では、損傷部及び狭隘部の塗り難い箇所やエッジ部等の膜厚が確保し難い箇所が発錆し、その後、平面部でも過小膜厚部に膨れが発生し剥がれや発錆が起きる場合が殆どである。

今回調査した一般塗料施工船では、この傾向が顕著に現れており平面部やロンジ部等の過小膜厚箇所に発錆が見られ、特にロンジ・くり穴等での錆が多く認められた。

一方、S-I-P 塗料施工船ではエッジ等での発錆が全く認められなく良好な塗膜状態であった。これは S-I-P 塗料を使用した塗装により規定膜厚が十分に確保されているため、十分な防食性能が保たれていると言える。

また、3年経過後の S-I-P 塗料 1 回塗り施工船でも、発錆は認められず良好な塗膜状態であった。このことは、1 回塗りでも膜厚が十分に確保されていた、1 回塗りでもピンホールの発生がなかった、ものと判断できる。



Fig.19 Condition of Ballast Tank Specified with non S-I-P



Fig.20 Condition of Ballast Tank Specified with S-I-P

5. 調査研究結果

5.1 S-I-P 塗料による膜厚管理について

一般塗料では、エッジ部や狭隘部等の膜厚が計測できない部位、或いは計測可能な平面部でも“点”での確認となり、計測できない箇所は膜厚管理が不十分となる可能性がある。また、塗装作業者の熟練度が品質確保に密接に関連しており、規定膜厚に達しない過小膜厚の発生

率が高くなり、膜厚のバラツキも大きくなるため、塗膜性能に影響を及ぼす。

一方、S-I-P 塗料による塗装の場合には、目視による“面”での膜厚管理が可能であることから、塗装作業者が塗装しながら膜厚を管理することができるため、過小膜厚の発生率が低く一様な分布の膜厚が確保できることが確認された。

以上のように、S-I-P 塗料を用いることにより過小膜厚箇所が目視で確認でき、塗装作業者が塗装作業をしながら膜厚を管理することが可能である。

5.2 S-I-P 塗料を使用した場合の塗装検査について

S-I-P 塗料を使用した場合、特に平面部での“目視による膜厚管理”が容易に可能となるため検査作業時間の大幅な短縮が期待できる。また、狭隘部等の直接視認できない箇所については、膜厚計測が不可能でも手鏡等により目視で確認することができ規定の膜厚が確保される。

さらに、塗装回数を一回塗りとした場合は、塗装作業時間の短縮と塗料使用量の削減も期待できる。

5.3 S-I-P 塗料の塗装仕様について

S-I-P 塗料 2 回塗りの場合は、1st.coat の一例として Fig. 21 に示す下地が透けた状態に、2nd.coat で Fig. 22 に示す下地が被った Full Buff 色まで塗装する。

S-I-P 塗料 1 回塗りの場合は Fig. 22 の下地が被った状態まで塗装する。

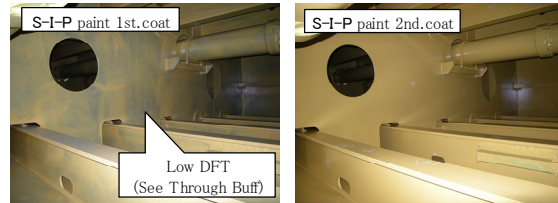


Fig.21 S-I-P/1st coat

Fig.22 S-I-P/2nd coats

6. おわりに

本調査・研究は IMO のバラスタタンク塗装基準 (PSPC) に対応するために日本船舶技術研究協会がプラットホームとなり、船主協会・日本造船工業会・日本中小型造船工業会・海上技術安全研究所・日本塗料工業会等の委員の参加の下「船体防食総合対策委員会」が立ち上げられ、この中の「塗膜管理 WG」で実施した。

今後は、S-I-P 塗料を適用することによる、塗膜品質の確保性、検査方法の低減化、塗り回数の低減化等の有効性について IMO へ提案する検討を行いたい。

最後に、本調査・研究に際し、関係者並びに多大なるご支援を頂きました日本財団と試験にご協力頂きました今治造船株式会社殿、調査船にご協力頂きました船主殿に深く感謝の意を表します。