

甲板ロンジ接合部検査法に関する実船調査

先進的構造研究プロジェクト *高田篤志、川野 始、岡 正義

1. はじめに

当プロジェクトの成果の一つとして MEPC51 に対して CAS 強化のための上甲板ロンジ接合部検査法の提案を行い、MEPC51 における議論において当検査法の審議は、2005 年 2 月開催の DE48 において詳細な検討を行うこととなった。このため、DE48 に当該検査法を再提案するために、海上保安庁の協力を得て、本検査法が実船において実施可能であること、また、実船においてどの程度の労力を要するかといった作業性等を確認することを目的に、船齢 25 年の巡視船において実船調査を実施した。

2. 実船調査概要

- 1)調査日：平成 16 年 9 月 2 日～3 日
- 2)調査対象船：1000 トン型巡視船 船齢 25 年
- 3)調査項目及び方法：

以下の項目を調査するため、バラスタタンク上部及びチェーンロッカー上部、船体中央部上甲板において、下記のように板厚計測を実施した。

○調査項目

- ・提案検査手法の実船における適用性
- ・計測における塗膜影響
- ・塗膜上からの計測に与える錆等の影響
- ・提案手法の作業性

○調査方法

以下の装置を用い、超音波による板厚計測の資格を持つ技術者が板厚計測を行った。

装置：PANAMETRICS-NDT 社製 Epoch4
探触子：(株) トキメック製 5Z10NDT-1

甲板と骨材の接合箇所について、DE 提案の検査法に基づいて、接合部を中心に両側 50mm の範囲内（全体として 100mm）において 5 点（中心

及び両側 2 点）の板厚計測を実施した。（場所によっては 7 点及び 9 点、11 点の計測を実施。）

板厚計測は、S-B1 計測及び B1-B2 計測の 2 種類の計測を実施。

また、併せて作業状況の把握のため VTR による作業記録及び作業時間の計測、バラスタタンク及びチェーンロッカーに於いては、タンク内部より甲板と骨材の接合部を観察するとともに、下記、歯科印象材を用いて溶接部の型取り計測を実施した。

型取り用歯科印象材：ヘレウスクルツァー社製
オプトジル P

3. 調査結果

1)提案検査手法の実船における適用性

今回の提案している検査法では、甲板ロンジ接合部の中心をまず決める必要がある。これを甲板上から決めることができなければ、提案手法が実際の現場では実施不可能ということになってしまうので、接合部中心を決定できるかどうかの検証をまず行った。

今回の計測では、ビーム材 7mm、ガーダー材 12 or 16mm と実際に検査対象となるタンカーよりも薄い骨材が用いられていたが、比較的簡単に中心出しをすることができた。骨材付近で探触子を走査させると隅肉溶接部ではエコーが斜めに反射するため骨材の両側にエコーの検出できなくなる領域があり、このことにより中心の未溶着部の検出が可能であった。また、逆に骨材の中心が判別できない場合、つまり、エコーが連続的に帰ってくる場合には、溶接部が既にはずれている可能性が高く、このことにより簡単な 1 次スクリーニングができることもわかった。

2) 計測における塗膜影響

No.1～No.4 のバラストタンク上部の下甲板において、各タンクとも、下甲板とビームの接合部を中心に 10cm 区間を 2 箇所（1 箇所です 5 点計測）の計 8 箇所、40 点の計測を実施した。タールエポキシ塗料が施工されている塗膜面（膜厚 100 μ m ～ 300 μ m）上から、各計測点とも良好な B2 エコーが観測でき、実船上において健全な塗膜面上からは塗膜を剥離することなく板厚計測が実施可能であることが確認できた。

計測データとして、記録しなかったが、上甲板上の滑り止め塗装（膜厚 約 1 mm）の上からも計測を試みたところ、良好な B2 エコーを観測することができた。塗膜を除去せずに板厚が計測できることは、板厚計測作業において、その作業性を大きく向上させ、現場の作業にとっては非常に有効である。また、参考として計測した塗膜厚の結果と比較すると S-B1 と B1-B2 計測の差は、ほぼ塗膜厚の 3 倍ほどの値となっており、塗膜を通過する際の音速をキャリブレーションしておけば同時に膜厚のチェックも併せてできる可能性があることがわかった。

また、骨材中心線上の板厚 t_0 と各 t_i との差を見てみると、今回巡視船の状態が良く減肉量が微量であるため膜厚のばらつきにより、S-B1 計測の結果と B1-B2 計測の結果の傾向が逆転しているケースが認められる。

上記 2 点の結果から、今回は、計測器のディスプレイ上に波形も表示できるタイプの計測器を用いたので B1-B2 方式により計測が可能であったが、ディスプレイ上に板厚の数字のみを表示するタイプの板厚計では、塗膜上から計測すると誤差が大きく、このタイプの板厚計を用いる場合には、塗膜の除去は必要であることもわかった。

3) 塗膜上からの計測に与える錆等の影響

チェーンロッカー上部下甲板において B1-B2 計測に与える塗膜上の錆の影響について調査を行った。錆の発生していない 2 箇所及び錆の発生している箇所 2 箇所の計測を実施した。

錆の発生が少なかったビームとの接合部 2 箇所では、S-B1、B1-B2 計測とも十分なエコーが得られ計測が可能であった。錆の発生が見られたガー

ダーとの接合部は、1 箇所は計測可能であったがもう 1 箇所は、十分なエコーが得られずに計測不可となった。しかしながら、金属製のスクレーパーを用いて錆の除去を行えば十分に計測可能であった。

表にチェーンロッカー上部下甲板における板厚計測結果を示す。

錆を除去しなくても計測が可能であったガーダー接合部 2 箇所とビーム接合部 1 箇所のデータを見てみると、塗膜状態の良好であったバラストタンク上部に比べ、S-B1 計測と B1-B2 計測の差が大きくでているが、錆による凹凸ができることにより、その凹凸に入り込んだ接触媒質による音速の遅延効果により S-B1 計測の値がさらに大きな値として出ているためと考えられる。凹凸に入り込んだ接触媒質の音速の遅延効果による計測値の誤差の拡大については、本研究プロジェクトの H13 及び H14 の報告書^{(1)、(2)}に記載されているのでそちらを参照されたい。本実船調査により上記効果が実船上における計測においても確認できたと考えている。

ビーム接合部で錆の除去前に計測できた B1-B2 計測の値と錆の除去後に計測された B1-B2 計測の値とを比較すると、その差は、小さく B2 エコーが充分得られる場合には、たとえ錆が浮いていても B1-B2 計測により板厚が充分計測できることが確認できた。

また、錆を金属製のスクレーパーで除去した後の計測においても S-B1 計測と B1-B2 計測では、差があることから、S-B1 計測で計測する場合には、かなりきっちりとした錆及び塗膜の除去を行う必要があることが考えられる。

上記 2 点から考えても B1-B2 計測を実船上で行うことは、塗膜上からの計測だけでなく、計測がエラーになった箇所に対する錆及び塗膜の除去に係る作業の軽減にも繋がり、現場の作業性の向上が期待できることがわかった。

4) 上甲板上での作業性及び計測点数の影響について

上甲板上での作業性及び計測点数の作業性に与える影響を確認するための調査を実施した。

実際のタンカーで計測する際には、塗装を剥離

して計測されるケースも考えられるので、上甲板の計測では、施工されていたエポキシ系の滑り止め塗装を完全に除去して計測を実施し、この塗装の除去に係る作業時間もあわせて計測した。

今回、実際に上甲板上に施工されていた塗装の仕様は以下の通り。

塗装仕様：

エポキシ樹脂プライマー	バンノー500	2
回塗り	(錆止め)	
エポキシ樹脂滑り止め塗装	フェロックス	2
回塗り	(デッキペン)	

塗膜を除去する範囲は約 18cm×3cm の長方形とした。インパクトハンマーを用い荒く塗膜を除去した後、ディスクサンダーにより表面を整えた。合計で6箇所計測箇所の剥離を行ったが、1箇所あたりの平均剥離時間は以下ようになった。

インパクトハンマーによる塗膜除去作業時間：平均 111 秒

サンダーにより表面を整える作業：平均 100 秒

参考までに、同上甲板上で行った21点の通常の板厚計測用に約 4cm φ の塗膜除去を行ったが、この作業にかかった時間は、インパクトハンマーによる作業が約 19 秒、サンダーによる作業が約 10 秒であった。

次に計測点数の違いが作業時間に与える影響をみた。6箇所の計測箇所において、7点、9点、11点による計測を行い、現在提案中の5点計測との作業時間の違いを見た。以下に、板厚計測作業について作業時間を計測した結果を以下に示す。

結果を観ると、計測点数が増えても5点計測と作業時間的には、あまり変化しないことがわかった。また、11点計測、9点計測、7点計測と作業時間が短くなっているが、同じ箇所で実施した5点計測の時間も同じように短くなっていること、また、計測順が11点計測、9点計測、7点計測の順であったことを考えると、作業者の慣れによる時間短縮であり、作業点数による作業時間の変化ではないと考える。

4. まとめ

今回の実船調査から以下のことがわかった。

- 1) 提案している甲板ロンジ接合部検査法は、実船において実施可能であることが実証できた。
 - 2) 板厚計の表示を見ながら、骨材があると思われる付近を、探触子を走査させることにより、骨材の中心 (t₀計測点) の検出が可能であることがわかった。また、逆に検出できない場合には、溶接がはずれているなどの欠陥がある可能性が高く、速やかに甲板裏にアクセスし、2次的な検査を行う必要があることもわかった。
 - 3) 今回の調査に使用したような、波形も合わせて表示するタイプの板厚計を用いれば、塗膜上からも充分計測可能であり、塗膜上から計測することは、作業性の大幅な向上につながる。
 - 4) しかしながら、S-B1計測においては、塗膜厚のばらつきが、実際の塗膜厚のばらつきより大きく計測されることから、デジタルで板厚の数字のみを表示するタイプの板厚計を用いる計測では、塗膜の除去作業は必要である。
 - 5) 塗膜面の清掃を含めた作業時間は、1箇所あたり1～2分ほどであり、現実的な作業として可能な範囲であると考えられる。また、錆等のために計測が不可能で錆等の除去を行う場合、または、数字のみを表示するタイプの板厚計を用いて計測を行うため塗膜の除去を行う場合の追加となる作業時間は、1箇所あたり2～3分ほどであることもわかった。
 - 6) 今回5点計測で推定する方法を提案しているが、計測点数が増えたとしても、作業時間に与える影響は、少ないことがわかった。
- 2) S-B1計測とB1-B2計測を比較することにより、板厚と同時に塗膜厚の計測も行える可能性があることがわかった。
- 3) 塗膜表面に錆が進行している場合には、S-B1計測では、実際よりも誤差が大きく計測されることが確認でき、また、B2エコーが良好にとれる場合には、B1-B2計測により、錆の除去をしなくても充分計測ができることがわかった。
- 4) 垂直探傷子による厚減量の推定に関しては、板厚計測の結果から推定されたほとんど衰

耗していないと言う推定を確かめることができた。しかしながら、腐食衰耗が進行した場合の評価の検証に関しては、衰耗状態の著しい船での検証も今後考えていく必要がある。

5. 終わりに

本原稿は、国土交通省海事局安全基準課の受託研究「タンカーによる大規模油汚染の防止対策に関する研究」の中の「ダブルハルタンカーの構造の経年劣化に関する研究」の成果のひとつの紹介である。本研究の実施にあたっては、大学、造船所、海運会社、船級協会の専門家からなる「ダブルハルタンカー検討委員会」、「修繕対策検討ワーキンググループ」を設置し、貴重なご助言を得て、安全基準課との調整の下、進めてきた。ここで関係各位に対し、厚く御礼申し上げる。

チェーンロッカー上部の下甲板は、床面は油にまみれており、場所によっては、錆が浮いている箇所が見受けられた。このため、計測点として錆の浮いている箇所を2箇所、発錆していない箇所を2箇所選定し、計測を実施した。

発錆していない箇所では、表面に浮いている油をウエスでふき取る作業だけで板厚計測は可能であった。この油を拭き取る作業は、約1分ほどの時間があれば十分作業ができた。

錆の浮いている場所での計測では、2箇所の内、1箇所は十分なエコーが得られずに塗膜上からの計測が不可能であった。つまり、油を拭き取るだけでは、発錆状況によっては、十分なエコーが得られずに測定ができない場合があることがわかった。

この様に、錆のため十分なエコーが得られずに計測できなかった場合でも、金属製のスクレーパーを用い、錆及び一部塗膜を除去する作業を行った後に計測を実施すれば十分なエコーが得られ良好な計測結果が得られた。この錆及び一部塗膜を除去する作業には、約3分かかった。

また、チェーンロッカー上部での計測では、S-B1計測とB1-B2計測を切り換えながら5点の計測を実施したため1箇所の計測（すなわち2度の計測）において1m30sから2mほどの時間を要している。