

### 3 タンカーによる大規模油汚染の防止対策

特別研究官 \*宮本 武  
構造強度部 遠藤 久芳、川野 始

#### 1. まえがき

平成9年1月の日本海におけるナホトカ号事故、平成11年12月のフランス沖のエリカ号事故による油流出事故は、海上における船舶の安全と海洋環境保全のための国際的な取り組みの強化の必要性を改めて喚起している。国際海事機関(IMO)では、このようなタンカー事故防止対策が緊急な課題として審議されている。

このような国際的な動向を背景として、国土交通省では、タンカー事故による大規模油汚染の防止対策のための安全基準強化のプロジェクトを計画し、その実施主体を海上技術安全研究所とする研究を平成13年度から4年計画で開始することとなった。

本プロジェクトは、今後10年～15年後にダブルハルトンカーが経年劣化した場合の強度評価及び検査法に関する研究、及び、船舶の衝突事故時の大規模油流出を防止するための緩衝型船首構造に関する研究の2つから構成される。

これらは、いずれもハードルの高い技術的課題であり、研究を効率的に進めるために、日本海事協会や造船所等の関係機関の参加による検討委員会を所内に設置し、さらには国際的な共同取り組み体制により推進する計画である。研究の成果は、随時IMOへ提案していく予定である。

#### 2. ダブルハルトンカーの構造の経年劣化に関する研究

##### 2.1 研究目的

タンカーに対する国際的な規制として先ず特筆されるべきは、1992年のMARPOL73/78議定書改正により、新造タンカーの二重船殻化が義務化され既存船(シングルハルトンカー)に対する対策要件が定められた点であろう。しかしその後もナホトカ号・エリカ号などタンカー原油流出によ

る深刻な海洋汚染が続いており、既存船の中でも老齢化したシングルハルトンカーを早期に市場から退場させようとする動き(以下、フェーズアウトと称す)や検査強化の動きが国際的に支持されてきた。特に欧州諸国では危機意識の高まりから、使用期限の短縮(30年→25年)やフェーズアウト前倒しが、強く要求されている。

わが国も推進しているこのような国際的潮流の結果、本年4月のMEPC46では、下表-2.1に示すようにタンカーのダブルハルトン化に関する現存船規則が改められた。即ち、原則、船齢25年で順次フェーズアウトし、最終使用期限を2015年とすることが決められた。

表-2.1. 既存シングルハルトンカーの船齢制限

対象船舶	船齢制限ほか
カテゴリ-1: 2万D/W以上のPre-MARPOL船 (1982年以前の建造船が該当)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2003年～2007年にかけて順次フェーズアウト。</li> <li>● 2005年を越えて使用する場合、CASが必要。</li> </ul>
カテゴリ-2: 2万D/W以上のMARPOL船 (1982年～1998年の建造船が該当)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2003年以降、原則、船齢25年に達した船から順次フェーズアウト。</li> <li>● 最終使用期限は2015年。</li> <li>● 2010年を越えて使用する場合、CASが必要。</li> </ul>
カテゴリ-3: 5千～2万D/WのPre-MARPOL船	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2003年から船齢に従い順次フェーズアウト。</li> <li>● 最終使用期限は2015年。</li> </ul>

注。(1) MARPOL船: MARPOL 73/78 附属書10の13(SBT)、13B(COW)、13E(SBT/PL)及び18(4)(SBT.COW 離運)で規定されている新船のための要件を満たすもの。  
Pre-MARPOL船: 以上の要件を満足していないもの。  
(2) CAS: Condition Assessment Scheme 船舶の状態を評価する新たな検査方案。

ダブルハルトンカーの現在最も船齢の高いものは、約10年弱であるが、上記の経緯により、就航タンカーのダブルハルトン化が今後一層加速されることになる。現時点では船齢が若い事情もあって、ダブルハルトン構造に関する系統的な構造損傷や明確な劣化傾向の報告はなされていないが、他方では"魔法瓶効果"などダブルハルトン特有の腐食食衰耗効果も指摘されている。

これらの点を踏まえて、ダブルハルトン・タンカーの経年劣化に関して、基本現象の理解を深め重要な技術データを整備し、ダブルハルトン・タンカー老齢化に対して検査強化の面から備えることが本研



### (3) ダブルハルタンカーの経年劣化診断技術の調査研究

タンカーの経年劣化として腐食衰耗やクラック発生に着目し、タンカー船型・タンク種別・部材ごとにこれらの計測(観察)データや損傷実績、材料強度実験室データを調査し、その特徴や劣化の進行速度の分析調査を行なう。また一部重要データについては実験室採取を試みる。

次に、劣化進行に伴う船体構造の健全性喪失シミュレーション解析の手法を、解析ソフト面および予測モデルを含む経年劣化に係わるデータベース面から開発し整備する。更に、主にシングルハルタンカー等を対象にした船級協会における経年船体構造の状態評価法(船級協会 notation)の技術内容を踏まえて、経年ダブルハルタンカーに対する状態評価ならびに疲労を含む構造強度診断手法を構築し、検査強化プログラム ESP の構想具体化に役立てる。

特に、検査強化プログラムの構想具体化に際して、ダブルハルタンカーであるが故に重要となる視点ないし着眼点として下記が考えられる。

①外洋への油流出の前段事象として、内壁(Inner Hull Longitudinal Bulkhead, Inner Bottom)板厚貫通によるバラスタンクへの油リーク現象がある。内壁貫通の阻止が最優先で抑えられるべき。

②精査の手法や部位は、ダブルハル/シングルハル相対比較に着目すべき。シングルタンカーのESPを基準にして何が追加されるべきかの視点。

③縦強度的にはダブルハルタンカーはシングルハル船より裕度が有るようにみえる。衰耗材の板取替え基準の遵守だけでは不足する可能性があるのは、どの部材の如何なる局部強度かという視点。

④精査部材へのアクセス手段確保では、シングルハル構造における検査に優しい/点検に便利な構造設計の事例は大いに活用し格上げされるべき。

## 3. 衝突時の油流出防止のための緩衝型船首構造基準に関する研究

### 3. 1 研究目的

大型でかつ高速航行する船舶が衝突した場合には、被衝突船の船側に大きな損傷を与え、積み荷の漏洩により重大な環境汚染を引き起こす恐れが大きい。衝突または座礁したタンカーからの油流出による環境汚染を防止する対策として、被衝突船船側の防護構造(二重船殻、中間デッキなど)が講じられているが、油流出事故は依然として大きな社会問題となっている。

次の新たな対策として、潜在的危険船の船首部を緩衝型の柔構造とすることが有効であるとの指摘がなされた(造船業基盤整備事業協会 1997,1998 報告書)。これを受けて、日本造船研究協会(RR76 部会 1998-2000 報告書)の中で緩衝型船首構造基準の基礎的研究が実施され、緩衝型船首構造の基本的要件が示された。

本研究では、RR76 部会の基礎研究を継承発展させて、自船の安全および機能を保持しながら、一旦衝突した場合には自己破壊する合理的な緩衝型船首構造を実現するための構造要件を明らかにすることを旨とするものである。

本研究は環境汚染対策及び安全対策のための新しい手段であり、今後「緩衝型船首構造の採用」をIMOを通して国際的に提起するための準備作業の一環と位置付けられる。

### 3. 2 研究項目

- (1) 現存船の船首構造および構造基準の調査  
(平成13年度)
- (2) 船首構造にかかる環境荷重の解明  
(平成13~15年度)
- (3) 構造模型による破壊実験  
(平成13~14年度)
- (4) シミュレーション解析  
(平成13~15年度)
- (5) 衝突強度理論モデルの構築  
(平成13~16年度)
- (6) 緩衝型船首部構造の試設計、基準案の策定  
(平成14~16年度)

### 3. 3 研究方法

- (1) 現存船の船首構造および構造基準の調査

規則改定を視野に入れた合理的な緩衝型船首構造の設計法を確立するために船首構造設計の現状および船級協会の規則について調査する。海外の設計規則及び設計の現状について調査すると共に、内外の衝突関係の研究者から情報収集を行う。

### (2) 船首構造にかかる環境荷重の解明

船首先端部が受ける極限的な波浪荷重の大きさを明らかにするために、瘦型船の代表船種であるコンテナ船を採り上げて、船首バルブに作用する極限波浪荷重の自航模型による水槽計測を実施する。また、この極限波浪荷重の大きさを解析的に求めるための新たな推定法を開発する。

### (3) 構造模型による破壊実験

緩衝型船首構造の既存の試設計案を参考にして、実船の 1/5 程度の縮尺模型及び船側模型を作製して、衝突圧潰実験を実施する。衝突条件として船側に真横から衝突する（衝突角度 90°）場合を想定して、剛壁への衝突及び船側構造模型への衝突破壊実験を実施する。

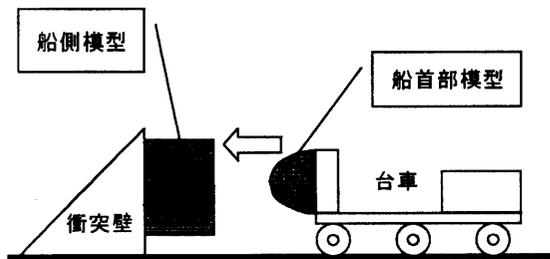


図-3.1 衝突実験概観

### (4) 衝突シミュレーション解析

模型実験に対応する詳細 FEM シミュレーション解析を実施し実験結果と計算結果を比較検証する。

### (5) 衝突強度理論モデルの構築

多くの衝突例についてシリーズ計算を実施するためには、シミュレーション解析よりも簡易解析法が有用である。緩衝型船首構造の衝突強度を推

定する簡易解析法を新たに構築する。(3)、(4)にて実施した実験および FEM 解析の結果と比較検証しながら解析精度の向上を図る。

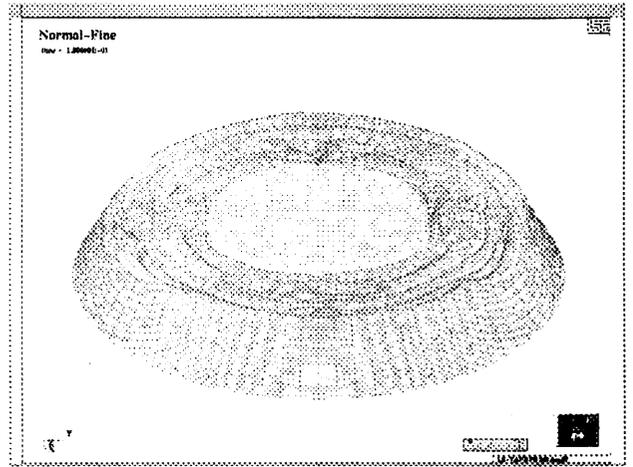


図-3.2 衝突圧潰後の FEM モデル

(6) 緩衝型船首部構造の試設計、基準案の策定  
合理的な緩衝型船首構造の試設計を行い、緩衝型を採用することによる安全性向上の効果を定量的に明らかにする。

国際基準として IMO に提案するための基準案を策定する。

## 4. まとめ

(1) 経年ダブルハルタンカーからの油流出事故が起こらぬよう、船体構造の経年劣化による影響を明らかにし、検査強化プログラムの提案へ向けて技術的確認および裏付け検討を目指す。

(2) 極限的な波浪荷重を受けても従来船と同様安全な強度を保持しながら、衝突時には相手船より先に破壊して相手船の損傷を極力軽減する緩衝型船首構造の実現を目指す。

## 参考文献

- 2-1) Guideline For The Inspection And Maintenance of Double Hull Tanker Structures, Tanker Structure Co-operative Forum, Withrby (1995)