



## 船の損傷と安全性

富田 康光\*

### 1. はじめに

船の歴史は人類の歴史と同じほど長い。海洋を人類が自由に航行できるようになってからすでに数百年経過している。にもかかわらず、船の損傷は年々減少しているものの現在でも発生している。

船体構造の損傷はその原因により海難による損傷とそれ以外の損傷（一般損傷）とに分けられる。海難損傷とは船舶相互あるいは浮流物、岸壁等との衝突や接触による損傷、座礁や底触による損傷、火災や爆発による損傷等をいい、一般損傷とは海難損傷以外の損傷で主として波浪外力、貨物、バラスト水の荷重等によって生じた損傷、腐食による損傷である。

船の損傷はその原因が何であれ船舶の事故につながり安全性を損う可能性があるから損傷の発生は防止すべきである。しかし、損傷の発生を完全に防止することは困難で、しかも無限に近いコストが必要であり現実的でない。それ故船舶の定常的な運航に支障とはならない程度の損傷は4年に1回の定期的な検査において発見補修されるから従来から許容されている。

損傷の防止およびそれによる損害を最小限にして船体構造の合理的な安全性と経済性を確保するためには適正な設計がなされ、一定水準以上の製造品質で建造され、就航後は適正に保守管理されることが必要である。これらが正しく管理されているか否かを確認するために設計、建造、就航後の保守管理の各段階で船級協会による検査業務が行われる。

### 2. 海難損傷について

衝突、火災、爆発、座礁等の事故による海難損傷は船員が航法等操船にさえ注意すればその大部分は避け得る性格のものである。設計、建造での海難損傷の防止はそれが小規模の場合には船体損傷が最小限になるように隔壁の適正な配置による大量浸水の防止、防火消防設備による火災の拡がりの防止等その被害の拡大を防ぐような構造とするが、大規模な海難損傷については最悪の場合でも脱出、救命設備を使用して人命だけを救助するに止めている。

一方、就航中の海難損傷の防止には本船のレーダー、自動測深装置、自動火災探知機等本船の設備、装置に関するものと、操船技術、航行管制に関する船員の教育訓練、航路の整備等関連する施設に関するものがある。

また、海難事故に関しては船舶及び人命の安全の見地から国際連合の下部機構である政府間海事協議会（IMCO）において、各種の条約、規則が国際的な合意のもとに各国政府において法制化されている。これらの規則が正しく運用されれば海難に対する安全性はかなりの程度まで確保されている。しかも、これらの国際条約や規則に定められる安全基準は年ごとに見直され国際的な合意のもとにより高い安全性を目指している。

### 3. 一般損傷について

船体構造の一般損傷は疲労き裂か凹損（座屈）のいずれかがほとんどであるが、き裂と凹損の件数比は約7：1の割合でき裂発生件数が多い。これらの損傷の大部分は構造設計及び防食対策に関連のあるものであるが、なかには建造工事特に溶接部分に関連するものもある。

一般損傷の発生状況は船齢、航路、船の大き

\*富田康光（Yasumitsu TOMITA）、大阪大学、工学部造船学科、松浦研究室、助教授、工学博士、船体構造強度

さと構造寸法、船の種類によりかなりの差があり、その発生件数も船の一生を通じ全く発生しないものから数千件に達するものもある。特に腐食衰耗による損傷は船齢の増加と共に一般損傷に占める割合が多い。構造部材の腐食に対しては建造時に適当な腐食しろが設けられているが、船舶の保守管理、積荷の種類によっては著しい差が生じるので就航後の部材の防食とその適切な保守に船主は十分に注意を払う必要がある。

損傷は安全性の見地からその発生が少ないことが望ましいが、損傷を船の一生を通じ皆無にすることは現在の技術では船体の構造寸法を大幅に増大することとなり不経済な船舶となる恐れがある。一方、多少の損傷があっても船の安全性は確保され、経済的な運航も阻害されないことが長い経験からわかっているから船舶の安全性と経済性の両方の見地から許容し得る損傷の発生は許す構造の方が損傷皆無の構造よりも合理的かつ現実的であると考えられている。

#### 4. 船体の設計

船体の構造設計は安全性と経済性のバランスのとれた最適な船体を造ることにある。

船体構造設計は初期設計と構造解析からなる基本設計と詳細設計に分けられる。

初期設計は構造設計の最も重要な過程で、構造配置と初期寸法が決められ、これによって船体構造の建造費が一義的に決定づけられると考えてよい。初期寸法は通常船級協会規則に準拠して決定される。これらの規則は構造形式が一般の通常の船舶に対しては応力解析法、許容応力、安全率等は与えず過去の実績と長年の経験に基づいて所要断面係数、板厚などの諸寸法を与えている。これは設計荷重を定め、許容応力や安全率を満足するように構造部材寸法を計算により求める他の構造物等とは大いに異なることである。

構造解析はより精度の高い構造部材寸法を求めるためあるいは高い信頼性が要求される船または新しい構造形式の船等に要求され、設計荷重に基づく応力解析結果を船級協会が承認する

という形で行われる。

一方、詳細設計は初期設計での基本図をもとに実際に船体を建造するために必要な詳細設計図を得る作業である。船体はその機能上多くの構造的不連続部をもっているが詳細設計の良否は構造部材の強度を支配する。すなわち、不連続部の応力集中緩和対策を計ることにより疲労損傷のみならず局部的な降伏や座屈損傷の発生率の低減をも期待できる。これらの応力集中度の高い箇所の局部的な詳細設計に関しても長年の経験によって得られた教訓を船級協会規則や溶接施行基準等に取り入れ改善されている。

船級協会は船体損傷情報をフィードバックして損傷の早期発見と再発防止のための補強方法を確立し、構造規則や局部詳細設計の改正に役立たせている。

このように船体協会規則は長年にわたって蓄積されたデータを基礎として定められたものであり、この規則に合格する現在の船舶は船体構造の安全性をほぼ満足するものと考えられる。従って、今後ともより信頼性のある設計基準を得ることが我々造船研究者、技術者の務めである。

#### 5. 船体の建造

一般損傷の防止にはまた建造工事における製造品質のばらつき、いわゆる工作欠陥を残さないようにする必要がある。個々の欠陥の防止のための技術はすでに解決されているから、これは造船所側の品質管理に依存する。問題は具体的にどのようなもの及びどのような大きさのものが工作欠陥であるかが船級協会の規則等においても明確に規定されておらず、建造工事の検査の際には造船所及び船級協会の検査員の経験に基づく判断にゆだねられていることにある。

現実には建造時に許容された工作欠陥から就航後若干の損傷が起っているが、今後はこういった経験を参考にまた理論的検討も重ね品質水準の設定が望まれる。なお、現状での建造工事に関して守られるべき実際の品質水準としては日本鋼船工作法精度標準 (JSQS) の許容限界が適当と考えられている。