

MOL COMFORT 事故について NK 大型コンテナ船安全検討会報告書を読んで

神田 修治

1. はじめに

2013年6月大型コンテナ船 MOL COMFORT がインド洋で荒天中折損後沈没した。

これについて国交省、日本海事協会(NK)を中心とした事故検討が行われ、2014年9月に報告書が出された⁽¹⁾。この報告書を一読して私が理解したことや感想等を記す。私は造船技術者 OB だが現役中主に潜水艦装設計をやったので水上船の船体構造強度に関しては門外漢であるが、ひとりの造船技術者としてこの問題に関心を持ってきたので、雑駁ながら考察したものである。

なお事故船 MOL COMFORT は 2007 年竣工の 8000TEU 大型コンテナ船 MOL CREATION シリーズの一船で、新開発の 47k 高張力鋼を使用して船殻の軽量化と省エネ化を図った高度技術のコンテナ船であり、紹介記事が発表されている⁽²⁾⁽⁷⁾。

2. 報告書の一読理解

2. 1 強度規則との適合性と事故発生の可能性

報告書は、事故船(A 船)は強度規則(IACS rule)に適合しているとしている。しかし一方、本船の船体縦曲げ強度と外力による曲げモーメント荷重それぞれについての出現分布等を考慮し検討すると、強度の確率曲線左側と荷重の確率曲線右側は重なる部分があり、確率は小さいがこのような事故は起こりうるとしている。

2. 2 縦曲げ最終強度に対する余裕度他船との比較検討

報告書は次の項目につき、事故船(A 船)と就役他船(B・・・Q 船の 16 例)を比較している。

①縦曲げ強度規則(IACS)要求値に対する余裕度

②縦曲げ最終強度(スミスの方法)の規則荷重に対する余裕度

③3 ホールドモデルの FEM シミュレーションによる最終強度の規則の荷重に対する余裕度
なお、上記 16 例はいずれも 6000~8000TEU の大型コンテナ船である。

①の縦曲げ強度規則の余裕度は A 船で 1.08~1.10、他船では 1.03~1.39 で差はないとしている。

②の縦曲げ最終強度の余裕度は A 船で 2.25、他船では 2.20~2.80 で差はないとしている。

③の 3 ホールドモデルシミュレーション最終強度については次のように差があると述べている。

- ・余裕度は A 船 1.28、他船では 1.48~2.12 で、A 船が最小である。
- ・船底構造について、水圧による面外荷重、縦曲げモーメント、波荷重を考え、船底外板の二軸圧縮防撓パネルの座屈により座屈崩壊が発生するか否かの二軸応力(船幅方向、船長方向)領域限界線を求めて比較し、共通の条件のもとで他船では座屈崩壊が発生しない領域にあるのに対し、A 船のみは座屈崩壊が発生する領域にあることがわかった。

以上を要するに、事故船 A 船と他船(複数 16 例)を比較すると、事故船と他船はともに規則を満足しており、縦曲げ最終強度の余裕度もスミス法では事故船と他船には差はないが、3 ホールドモデルシミュレーションによる最終強度の余裕度には差があり、事故船が余裕度最小となっている。そして船底にかかる水圧による面外荷重を考えた防撓パネルの二軸圧縮においてある共通の条件下では、他船は安全領域内なのに対し事故船ではこれより外れることが判った。

3. 船体強度について

前項には、縦曲げ強度、座屈崩壊、最終強度等の語句が出ているので、不完全ながらこれらの解説を記しておく。これらは船舶工学の基礎事項であり関係者には周知のことだが、私自身門外漢なので知識を整理するとともに、以後の記述において MATRIX 読者と認識を共有するために記す。また余裕度とは安全率と同様の概念と思うが、これについても私の理解を整理しておく。

3. 1 縦曲げ強度、ハルガーダ(船体梁)強度

船体を一本の中空矩形断面の梁とみなし、これが海に浮かんだとき重力と浮力の差の前後方向の分布や波の影響によりこの梁は上または下に弓なりになるが、これをそれぞれホギング、サギングといい、これに対する強度を縦曲げ強度またはハルガーダ(船体梁)強度という。縦曲げ強度はホギング、サギングにより船体部材に発生する応力を梁理論により計算し、この応力が部材の材料(鋼材)の強度(引張強度、降伏強度)に対して余裕をもってある値以下になるように部材の寸法を設計する。この余裕を余裕度、または安全率という。この余裕について、船級協会等では事故なく就役している船および事故を起こした船に関する多数の実績データを調査し、それらに基づき余裕度を判断して船級規則に部材の所要寸法等を規定している。

3. 2 座屈崩壊と最終強度について

ところが上記のように応力を基準尺度とし、これに余裕を見て設計するという方法は、現実にかかる破損を注視しそれが起こらないようにするという考え方からして適切かという問題がある。なかでも座屈現象は鋼材の降伏の有無にわたって発生し、これが起点となって船体全体が折損するという座屈崩壊現象があり、これに対する強度は最終強度といわれ、NK では 2006 年から鋼船規則に取入れられている。私は海技大学非常勤講師在職中 2004 年図書室で読書して、英国の教科書 BASIC SHIP THEORY^③で、縦曲げ強度において座屈の問題があることを知り、また 1985 年の RINA 論文集を読んで、1901 年英海軍駆逐艦 COBRA 折損沈没事故があり、事故当時原因不明とされたが 80 年以上後の検討の結果、座屈を考えれば起こりうることとした論文^④を読み、しぶとい原因究明態度とそのようなことをキチンと教科書に記すという英国海事世界の力量に感心したことがある。近年日本でも研究が進み、私は 2010 年大阪で開催された最終強度に関する講習会^⑤に参加した。また最近 2012 年に出版された日本船舶海洋工学会の教科書^⑥にも記載された。私は MOL COMFORT 事故の写真を見た時、これは座屈崩壊ではないかと直感した。

3. 3 余裕度、安全率について

安全率(余裕度)とは破損等が起こると考えられる荷重 A と実際にかかると考えられる荷重 B との比である。上記 3・1 項の縦曲げ強度の場合は A としては部材鋼材の降伏応力とされるが、これは降伏応力を超えると部材に永久変形を生じて不具合という観点からも妥当と言える。B としては船の運航中考えられる載貨や波等の最酷状態を考え、これを条件として部材に発生する応力を計算する。そうすると安全率は A/B となる。安全率が大ということは安全性が大と、まずは言うことができる。ところが安全率には強度や荷重の予測等が完全でなく未知の要因があることに備えた余裕という側面もある。すなわち未知要因が大きい場合は安全率も大きく取る必要があり、解明・理解が進み未知要因が小となれば安全率も小とすることができるのである。例えば NK 規則の縦曲げ強度に関しては、1970 年代の規定から私が逆算すると軟鋼(降伏応力 24kgf/mm²)に対し許容応力 15kgf/mm² 程度となるから、安全率は 24/15=1.60 程度であった。1987 年 NK 規則は改正され、これについて同様に逆算すると許容応力は 17.84kgf/mm² になり安全率は 1.33 に下

がった。これは海洋波や船体構造の強度的応答などについての解明が進んだ成果といえる。

従って注意すべきことは、安全率が大きいことは安全性が高いこととまずは言えるが、他面未知要因に対する余裕という側面から見ると、逆に、技術が進むと安全率は低くすることができるともいえる。余裕度、安全率を考えるとこの二面性に注意しなければならない。

4. 報告書を読んだ感想

4. 1 最終強度について、日本のコンテナ船技術について

報告書は、この事故は船底外板の局部的座屈が起点となった座屈崩壊で、最終強度の問題であるとしている。これは前記(3. 2項)の私の直感とも合致しており「やはりそうか」と私は思った。

報告書は、類似の健全な他船について同様の検討を行い比較し、事故船は最終強度に関する余裕度が他船に比べて小であり、また船底にかかる水圧の面外荷重を考えた二軸圧縮応力下における座屈崩壊について、ある共通の条件下で他船では発生しないのに事故船では発生すると述べている。最終強度は近年になって重要問題として取上げられ、日本でも 2006 年 NK 規則に取入れられ、2010 年船舶海洋工学会の講習会が行われ、2012 年発行の教科書にも取上げられたことと私は認識している(3. 2項参照)。このように近年議論が進み、学会の講習会が行われ、NK 規則や教科書にも取り入れられ、斯界で注目されている現象が原因となって、この事故は起こったといえる。もしそうなら、これは事前に心配して予防対策や余裕をとることが他船に比べ不足であったための事故という可能性がある。もちろん操船等他の要因も考えなければならないがそれは現在不明である。報告書では事故船は規則に適合していたとしているが、規則適合ということで済ませることはできない問題であると思う。規則適合の船が事故を起こしたということは規則に不備があったとも言え、報告書記載のように、規則の見直しは当然必要と思うが、その他にも考えなければならない問題があると思う。

近年はマニュアル化などといい規則やマニュアル通りであればそれで善とすることが多いようだがそれでは不足と私は思う。人間の細心で周到な注意や心配を加えた設計、工作、検査、運用等の技術活動が大切であると思う。マニュアルやコンピュータシステムが発達するのは善いことだが、そのために人間能力が低下することがあるのではないかと、あつてはならないと思う。

現在大型コンテナ船建造の世界では韓国勢に席卷され、10,000TEU を超える大型コンテナ船は、現在(2014 年 11 月)竣工ペースで日本は、川崎・NACKS のみ建造実績はあるが、それ以外は実績無しという状況である。これは技術的経験が途切れるということで、上記の事前の注意や心配ということに影響があるのではないかと私は思う。これまで私は、日本のコンテナ船は、建造隻数は少なく超大型化の先端でもないが、安全確保や省エネ等の面ではシッカリしていると思ってきた。しかしこの事故に直面し、報告書を読んで、そうではないことを思い知らされた。大変残念なことである。

4. 2 余裕度、安全率について、造船技術者の自己評価と自負

報告書では事故船の他にも類似の船について同様の検討を行い比較して、事故船は最終強度に対する余裕度が他船に比べ最も低いとしている。余裕度というものは3. 2項でのべたように未知要因が大きければ余裕大が必要で、技術が進んで未知要因が減少すれば余裕度を小にすること

ができる。従って余裕度には、未知要因に対する自己の現有技術力をどう認識し評価するかという、人間・技術者のありかたを反映するような側面があると思う。

事故船は新開発の 47k 高張力鋼を世界で初めて使用しているがこの鋼材は降伏応力 47kgf/mm²、これまでの軟鋼 24kgf/mm² の約 2 倍の強度を有するもので、コンテナ船の大きなハッチ開口のため断面積が小さく、応力負荷の大きい上甲板部に使用されている⁽⁷⁾。事故船はこの高張力鋼を使用して軽量な船殻を作るという狙いのもと、当然構造の軽量化や部材の寸法低減が図られたと思う。その過程で余裕度は極力低く抑えられたと思うが、そこには造船所技術者の「我々の技術は進んでいる」という自負があったと思う。しかし自負の行き過ぎには充分注意し自戒することが必要と私は思う。報告書では座屈崩壊・最終強度に対する余裕度は他船に比して小と記しているが、ここに自負の影響があったのではないかと私は思う。これに関連して以前私が本船の紹介記事⁽⁸⁾を読んだとき、その中に「コンテナ船はどこでもできる船、大手が造る船ではない」という発言が記されていたが、これに私は違和感を覚えた。

5. 課題 報告書を読んだ後に思う疑問等

5. 1 品質管理 材料引当管理の問題

事故船には 47k 高張力鋼が使用されている。この特別な材料が強度部材として所定の位置に正しく充当されていたかの品質管理について報告書には記載がないが、どうであったか。私の経験で、潜水艦建造においても種々の高張力鋼が使用されたが、高張力の等級に応じて鋼材のプライマーの色を変える等の工夫をし、以後の追跡確認のための記録手段が取られていたが、事故船ではどうであったか。事故船が沈没した今となってはこのような記録により追跡確認すること(トレーサビリティ)が残された手段として重要であるから実態を明らかにすることが大切と思う。

5. 2 乗員からの海象条件や破損状況等の情報

この事故では乗員が全員救出されたことは不幸中の幸いであった。

しかしこの乗員からの事故に関する情報は、事故直後から現在に至るまでまったくと言ってよいほど公開されず、報告書にも記述がない。乗員からの情報、特に当時の海象状況とそれに応じた操船についての情報、すなわち異常な荒天や波浪があったかどうか、荒天の中で意図的減速等の荒天対策はどうであったか、船体が折損した時の音響や衝撃はどうであったか、等々は今回事故の原因究明と今後の対策検討のために重要なことであるので調査公表すべきと思う。

5. 3 運輸安全委員会

運輸安全委員会は 2008 年に発足した。私たち MTS では 2009 年 103 例会において委員会発足の意義や役割について講演⁽⁹⁾を聴いたが、この委員会は重大な海難、例えば国際航路に従事する 500GT 以上の船舶の全損等の事故を担当することとなっているので、今回事故の調査はこの委員会の役割ではないかと思う。前項の、乗員からの情報についてもこの委員会が調査するのが適当と私は思う。しかるにこの委員会のこの事故に関する調査活動についてはほとんど発表されていないようである。この委員会の役割範囲が日本籍船、日本領海に限定される等の事情があるのだろうか。もしそうであるならば、本船のような便宜置籍船は、日本造船所が日本船社のために建造した船舶であるにもかかわらず、運輸安全委員会の調査検討から漏れてしまうと思う。現今のように便宜置籍船が圧倒的に多い日本海運造船界において、これでは船舶のようなグローバルな運輸システムの安全確保のうえで不備であるとともに、日本の造船技術にとっても、事故に学ぶ

チャンスが失われることになると思う。もともと運輸安全委員会は海難事故に対して責任とか懲戒とは別に、事故原因を科学技術的に究明しようとする理念であると思われるので、国籍とか領海のような限界に縛られずに活動できる仕組みが必要ではないかと思う。

5. 4 地球温暖化と海象条件悪化について

現在、地球温暖化の環境問題が言われ、現実には海水温度の上昇が観測されている。

海水温度の上昇は、それと接する大気へのエネルギー供給の増大となり、大気の不安定や乱れ、台風や荒天の激甚化をまねくと予想される。これは今後の船体強度検討において考慮すべき外力荷重の増大となり、これまでの関係規則では強度不足という事態をきたす可能性があると思う。これまで私たちの有する海象データの見直し、規則の見直し等が必要になると思う。船体強度に関する要因のみでなく、荒天中抵抗増大等、船舶技術一般に関する基礎的事項につき多くの見直しが必要になると思われる。これらに関する観測とデータ蓄積と予測の活動が重要になると思う。

6. おわりに

今回事故は人命の喪失はなく、財産の損失についても海上保険等により補償されるようであるが、事故原因等の技術的観点からは、それで済ますことのできない問題であると思う。報告書で推定している原因は座屈崩壊、最終強度という近年話題となり周知のことであり、これが原因で事故となったことは問題であると思う。日本造船全体の問題ではないと思うが、しかし各造船所技術者はこれを他山の石として検討・吟味しシッカリ補強しなければならないと思う。

また私が思うには、ものづくり船づくりの世界では、やはり自分の頭や感覚器官や手足を使って実際に船をつくり、その船を使いこなすという経験が大切だと思う。そのような経験・教訓の中から、例えば船底外板の座屈を防ぐために骨材を増やしておくとか、材料の引当は適切か確認し記録するとか、溶接歪を管理するとか、運航中各部に異常な変形が発生していないか確認し、もしあれば対策するとかの、経験豊かな人間による普段の細かい地道な努力によってものづくりが達成されるのだと思う。このような営々とした経験が途切れると、人間の能力は知らず知らずのうちに低下するような気がする。船づくりには船を造るという経験の継続が大切と思う。グローバルなきびしい価格競争で受注が困難ななか、また他方では経験豊かな人間、地道な努力の人材が逼迫している現在、さらにいまどきの風潮・世相を考えると、これはまことに困難な苦難の道であるが、工夫と努力を重ねて船づくりの経験を絶やさず足元を固めなければならないと思う。

参考文献

- (1)大型コンテナ船安全検討報告書 ClassNK 2014.9 pp33～
- (2)ニッポン造船の技術力、コンテナ船 COMPASS 2007.11
- (3)K.J.Rawson, E.C.Tupper, BASIC SHIP THEORY, 5th ed. B&H 2001/1968
- (4)J.A.Faulkner, The Loss of HMS COBRA, A Reassessment RINA 1985
- (5)ここをもっと知りたい CSR 最終強度 日本船舶海洋工学会関西支部講習会テキスト 2010
- (6)藤久保昌彦他 船体構造 構造編、船舶海洋シリーズ⑥ 日本船舶海洋工学会、成山堂 2012
- (7)末永一夫他 MOL CREATION の紹介 咸臨 18 pp51 2008.05
- (8)西村敏和 運輸安全委員会の発足 MATRIX67 pp13～ 2009.12