

規則動向と船体構造の変遷

現在、国際海事機関（IMO）でグローバルベースの新造船構造基準（GBS）の策定、規則化が検討されています。また国際船級協会連合（IACS）はタンカーとバルクキャリアを対象に共通構造規則（CSR）を作成し2006年4月から施行しています。

こうした新規規則の誕生が船体構造をどのように変えていくのか、船型計画等によるどのような影響があるのか気になるところで。

船殻設計の専門家はよくご存知でしょうが、ここでは一般の方にもわかるように解説してみたいと思います。

1. 船体構造の特徴を一言でいうと・・・

船の長さが300mを超えるような巨大なタンカー（VLCC）の外板や上甲板には20～30mmと非常に薄い板厚の鋼板が使われています。板だけでは船体に作用する荷重に耐えられないので、縦通肋骨（間隔0.9～1m）や横桁材（間隔5.5m前後）を配して丈夫な構造となるよう設計されています。またすべての構造部材が鋼製なので溶接により効率よく製作されます。

こうした船体構造の特徴を一言で表すとすれば「薄板防撓溶接鋼構造」と言えるのではないのでしょうか。

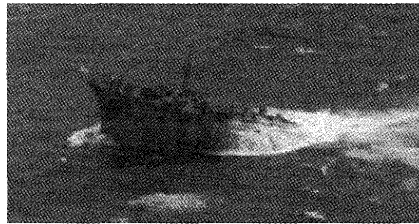
「薄板防撓溶接鋼構造」を適用することで軽量の船体構造を実現できます。船は浮力で浮いているので軽量化により多くの貨物を積載できるという経済的効果にも「薄板防撓溶接鋼構造」は寄与していると言えるでしょう。

2. 事故・損傷が規則をつくる

1997年にロシア船籍のナホトカ号が時化の中を航行中に、突然船体がふたつに折損するという事故を起こしました。船体後半部は沈没しましたが、船体前半部は漂流し福井県三国町に漂着しました（写真－1）。

この事故で積荷の重油約6,240klが海上に流出し環境に大きな打撃を与えました。

ナホトカ号は建造後26年でかなりの老齢船であったと言えます。



写真－1 漂流するナホトカ号の船首部

ナホトカ号以外にもタンカーの代表的な事故がありました（表－1）。いずれも規則に大きな影響を与えた事故で、座礁と荒天中での船体折損に大別できます（表の例以外に衝突事故もあります）。

座礁/衝突等による事故を契機に流出油を最小とすべくIMOでは「海洋汚染防止条約（MARPOL）」の中で①から③へと順次規則を制定し施行してきました。即ち、

- ① 貨物タンクが破れても流出油量がある値以下となるようにする。
- ② 貨物タンクが海水に接する部分の面積がある値以下となるようにする（PL）。
- ③ 貨物タンクが海水に接する範囲をまったくなくす。

このような規則要件を満たすために

- ① 貨物タンクの仕切り壁を増やす。
- ② パラスト専用タンク（SBT）を設備配置する。
- ③ 二重殻構造にする。

というようにタンカーの船体構造が順次

変化しました。

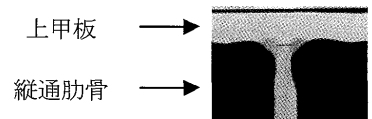
一方、荒天中での船体折損の多くは、ナホトカ号のような老齢船で発生しています。

「貨物タンク構造に腐食や疲労亀裂のような損傷が内在し船体強度が低下した状態で大きな波浪荷重を受けて船体折損にいたる」といったパターンです。

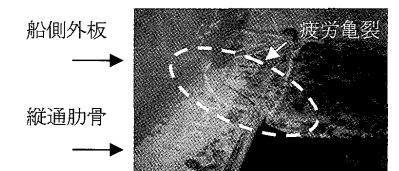
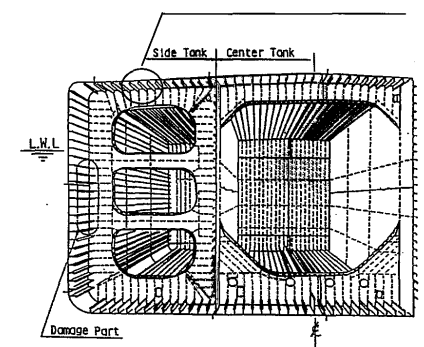
例えば、上甲板部の縦通肋骨の腐食衰耗（図－1A）や、船側の縦通肋骨の疲労亀裂（図－1B）があります。

ちなみに中央の図はVLCCの船体構造の鳥瞰図で、図－1A、図－1Bの具体的な場所を示しています。

図－1に示すような腐食や損傷は発生したとしても、通常は定期検査で発見され必要な補修・補強を施すことで航海中



図－1A 上甲板縦通肋骨の腐食状況例



図－1B 船側縦通肋骨の疲労亀裂例

表－1 主要なタンカー事故と被害

| 発生年 | 船名 | 発生場所 | 事故状況 | 流出油量(トン) |
|------|--------------|------------|-----------------|----------|
| 1978 | Amoco Cadiz | 仏、ブルターニュ沖 | 操舵装置故障で漂流、座礁、破口 | 223,000 |
| 1989 | Exxon Valdez | 米、アラスカ | 座礁、破口 | 37,000 |
| 1993 | Braer | 英、シェットランド沖 | 機関故障で漂流、座礁、破口 | 84,700 |
| 1999 | Erika | 仏、ビスケー湾 | 荒天下、船体折損、沈没 | 20,000 |
| 2002 | Prestige | スペイン北岸沖 | 荒天下、船体折損、沈没 | 63,000 |

の船体構造の健全性が維持されています。

しかし、検査・保守管理が不十分で腐食や損傷が放置されると老齢化に伴い大事故につながっていきます。

検査を容易にするために、点検用の固定足場の増設が「海上における人命の安全のための国際条約 (SOLAS)」におこまれました。

一方、IACSは腐食に対する板厚のマージン (腐食予備厚) の見直し、船齢を25年とした疲労設計の導入等を織り込んだCSRを作成施行することで腐食や疲労損傷に対し新造時の船体構造寸法に冗長性を持たせました。

3. タンカーに見る船体構造の変化

IMO/MARPOLの前節に述べた「①→②の規則変化」でタンカーのタンク配置と船の深さが大幅に変わりました (図-2)。

図中右欄の②を適用した設計では大きな専用バラストタンク (×印のタンク) を左右舷にそれぞれ2個配置し規則要件

を満足させています (SBT/PL)。

バラストタンクの容積が増えた分だけ船の深さが深くなっています。喫水線下の船体形状やタンクの構造様式はそれほど変わりませんが、構造部材の形状や寸法が変わってきました。

図-2の中央に横桁材の外形と構造寸法を、図-2の下表に上甲板の板 (DK. PL) と縦通肋骨 (DK. LONG) 及び船底外板の板 (BTM. PL) と縦通肋骨 (BTM. LONG) の部材寸法を示しています。

これらは所謂、船体縦強度に寄与する部材ですが船体の増深により板厚は薄くすむようになりました。

しかし、薄いと圧縮力に対する座屈強度が重要になります。座屈設計といった構造設計法も構造諸元の変化に伴い高度化してきました。

なお、現在の新造タンカーは二重殻構造となっています。

4. 気になる船体構造重量

前節でみてきたように、規則が変わる、

あるいは新しい規則ができる船体構造部材が増える、船体構造重量 (船殻重量: HNSW) が増えるような気がします。

一方で、船殻設計の専門家は新技術や合理的な設計法の導入をはかりHNSWの低減に貢献してきました。

溶接の容易な高張力鋼 (TMCP鋼) の開発・船体構造への広範囲適用、FEM等を用いた直接強度計算に基づく設計法の開発・設計への適用といったことがあげられます。

VLCCを例に、縦軸にHNSWあたりの載荷重量 (DWT) をとり時代の流れに沿ってどう変化したか見てみました (図-3)。

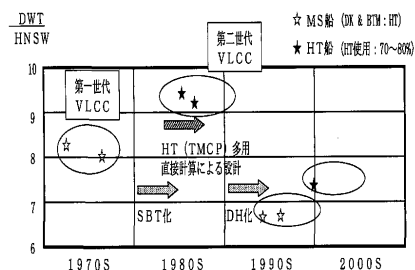


図-3 主要イベントと船殻重量の変化

DWT/HNSWが大きければ軽量化が進んでいる船、より多くの貨物が運べる船ということになります。

規則による重量増と技術進歩による軽量化が追っかけっこをしているように見えます。もっとも最近の固定足場要求やCSR適用による部材寸法要求に対しては、今のところこれをコンペンするような軽量化のネタはなさそうです。

船型計画の観点から見ると、HNSWは満載時の排水量の10数%ですから、HNSWが10%変化しても排水量は1~2%変化する程度なので、ドラスティックに船型が変わるということはありません。HNSWが増える場合には肥大度が大きくなるので船型を工夫して性能を維持・改善していくことが必要になります。

(技術開発部 末岡)

| | ① Non-SBT 船 | ② SBT/PL 船 |
|-----------------|---------------------|---------------------------|
| 主寸法 (Lpp×B×D-d) | 320×53.6×26.4-19.7 | 307×54×29.25-19.5 |
| D.W.T | 253,000 t | 240,000 t |
| タンク配置 | | |
| MIDSHIP SECTION | | |
| DK. PL (L.Sp.) | 27DH (1000) | 22AH (924) |
| DK. LONG. | 450×30AH | 400×100×13/16AH IA |
| BTM. PL (L.Sp.) | 25DH (1000) | 20.5AH (924) |
| BTM. LONG. | 840×18AH+230×28AH T | 700×15AH36+200×28.5AH36 T |

図-2 ① Non-SBT船 と ② SBT/PL 船 の比較 (VLCCの例)