

船体の縦曲げ崩壊



若 者

辰 巳 晃*

Longitudinal Bending Collapse of Ship's Hull Girder

Key Words : Naval Architecture, Ocean Engineering, Collapse Behavior, Ultimate Strength

1. はじめに

筆者は2013年に大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学コースの博士前期課程を修了し、川崎重工業株式会社に入社した。造船エンジニアとして1年間働いた後、2014年に助教として大阪大学に戻り研究職に就いた。それから3年が経過し、2017年に論文博士として工学の博士号を取得した。

研究者として「ひよっこ」である著者が、執筆を担当させていただくことは恐れ多いことであるが、「若者」という点では適任であるかもしれない。著者の専門である船舶海洋工学、取り分け船体の縦曲げ崩壊現象を紹介しつつ、「若者」として将来に思いを寄せたい。

2. 船舶海洋工学との出会い

私は2007年に大阪大学工学部地球総合工学科に入学した。地球総合工学科では2年生への進級の際、船舶海洋工学科目、社会基盤工学科目、建築工学科目の3つの学科目に分属される。入学当初の私は、「今更、造船学科なんて需要があるのか?」と感じていた。(その頃の私と同じように感じる読者も少なくないと思う。)しかし、船舶海洋工学に関する概論の講義において、先生方から「日本の貿易物資の輸送(重量ベース)の99%以上が海上輸送」、「海は

再生可能エネルギーの宝庫」、「深海は地球最後のフロンティア」、「船の世界では国際化が当たり前」などなど、船舶海洋の世界の魅力を教えていただいた。純朴だった私はそれらに感銘を受け、船舶海洋工学科目へ進むことを決めたのである。今では、学生に向けて必死に船舶海洋の魅力をアピールする立場にあり、当時の私には決して想像できないであろう。

3. 船は折れうる

4年生になった私は研究室に船舶構造強度学領域を選んだ。現在も同研究室に助教として所属している。船舶構造強度学領域では、波浪中において大型の船や海洋構造物に作用する荷重、その荷重によって生じる弾性振動などの応答、さらには過剰な荷重が働いた場合の終局的な強度(最終強度)などを研究している。

輸送効率の向上のため、船はますます大型化しており、全長が400mに達する船も国内の造船所で建造されている。このような巨大な船であっても、船底の外板の板厚は高々20~30mm程度であり、繊細な構造であることが想像できると思う。船が波浪中において図1のような状態にあるとき、船を縦方向に曲げようとするモーメント=縦曲げモーメントが船体に働く。作用する縦曲げモーメントが船体の受け持つことのできる縦曲げモーメントの限界値=縦曲げ最終強度を超過すると船は2つに折れ、最悪の場合、沈没に至る。この現象は船体の縦曲げ崩壊と呼ばれ、船の基本的な崩壊モードの1つである。



* Akira TATSUMI

1988年10月生
大阪大学 大学院工学研究科 地球総合工学専攻 (2013年)
現在、大阪大学 大学院工学研究科 地球総合工学専攻 船舶海洋工学部門 助教 博士(工学) 船舶海洋工学
TEL : 06-6879-7586
FAX : 06-6879-7594
E-mail : tatsumi@naoe.eng.osaka-u.ac.jp

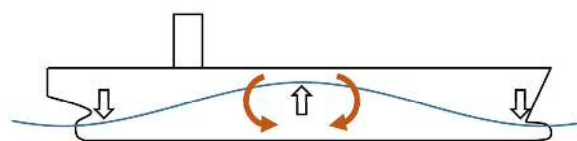


図1 船の縦曲げ

船が斜め方向から波を受ける場合は、船全体として振じられつつ曲げられるような変形を生じる。学部4年生の時の研究テーマは、振じられた状態にある船体の縦曲げ最終強度および崩壊挙動の簡便な推定法を開発することであった。縦曲げ崩壊といった大局的な崩壊も、その始まりは局所的な構造の破損からということで、修士課程では、船体を構成する部材=防撓パネルに着目し、その座屈崩壊挙動に関する研究を行った。構造のある一部分を取り出して崩壊挙動を解析するにあたって、変形の連続性を考慮することが必要である。その変形の連続性を合理的に考慮しながら、圧縮・引張、せん断、面外圧などの複合荷重下における防撓パネルの崩壊挙動を非線形有限要素法によって解析する方法を開発した。以上に述べた学部および修士時代の研究を通じて、基本的に華奢な構造である船は、折れうるということを理解した。しかし、正直を言うと、厳しい構造規則を満足している現代の船は折れやしないだろう、と当時は考えていた。

ところで、怪獣映画ではヒーローが怪獣と戦う際に、船が武器としてしばしば用いられる。しかし、それは戦艦という意味ではない。2013年に公開されたギレルモ・デル・トロ監督の映画「パシフィック・リム」では、人型ロボットのイエーガーが図2のような大型の船をこん棒のように振り回して怪獣



図2 船をこん棒にするイエーガー¹⁾

と戦っている。しかし現実には、船が海から持ち上げられた時点で、つまり、自重（積み荷の重量を含む）が全長にわたって浮力により支持されている状態から、1点支持の状態になった時点で、折れ曲がってしまうだろう。ましてや、船を振り回して怪獣に打撃を与えるなんてことは、到底できないのである。

4. 船が折れた

2013年に修士課程を修了し、川崎重工業株式会社に入社した。新入社員としての研修を終え、設計の部署に配属されて間もない6月のある日、設計フロアが騒然となった。コンテナ船MOL COMFORT号の折損事故（図3）の一報が入ってきたのである。MOL COMFORT号は2008年に建造された比較的船齢の浅いコンテナ船であり、建造造船所、運航船社、船級協会（船を検査する団体）のすべてが日本の会社および団体であった。過去の資料ではなく実際に船の縦曲げ崩壊を目の当たりにし、私は強い衝撃を受けた。シミュレーション上だけの出来事であった縦曲げ崩壊が、現実のものになったのである。衝撃的な事故であったが、避難・救助が適切に行われ、死傷者が出なかったことが、不幸中の幸いであった。



図3 MOL COMFORT号の折損事故²⁾

2014年に助教として大阪大学に戻り、研究職に就いた。社会的な要請もあって、MOL COMFORT号の折損事故に関連する研究を始めた。コンテナ船の船体は横隔壁によって複数の貨物艙に区切られる。船底には海水圧が働くため、隔壁間の船底は単独で曲げを受ける。つまり、図1に示した船全体として

曲げに加え、船底は海水圧によって局所的に曲げられる。この船底の局所的な曲げ変形が、縦曲げ最終強度の低下を引き起こす可能性があることが知られていた。我々の研究では、船底の局部曲げによって縦曲げ最終強度の低下が発生するメカニズムを解明した³⁾。また、海水圧など船底に局部的に働く荷重の影響を考慮しつつ、縦曲げ最終強度を実用的に推定する方法を開発した^{4, 5)}。船の縦曲げ崩壊は決して起きてはならない。しかし、語弊を恐れずに記すが、もし折損事故が起きてしまったのであれば、それを意図しない船体の崩壊試験とみなすことができるだろう。事故時の海象条件や積み荷の状態など船体に作用したであろう荷重に関する情報を収集し、模型試験やシミュレーションを通じてできる限り多くの知見や教訓を得るよう努め、それらを将来世代に伝えなければならないと思う。我々の研究がその一助になれば幸いである。

5. 将来への不安や希望

将来に対する1人の「若者」の勝手な思いを書かせていただきたいと思う。大阪大学における船舶海洋工学の始まりは、大阪大学の前身である大阪工業学校に造船部が設置され1899年にさかのぼる。翌年の1900年に造船部船体科に第1回生が入学し、実質的に始動した。非常に長い歴史の中で、いくつかの新しい取り組みを大学内で先駆けて実施してきた。その一例が研究・教育の国際化であり、2004年には外国人留学生向けの大学院英語特別コースが設置され、2007年には日本人学生向けの大学院の講義がすべて英語化された。大学院の講義の英語化を決断され、それを実行されてきた当時の先生方の苦労は想像に難くない。私個人の見解であるが、船舶海洋工学科は古くからある学科だけに、自ら環境の変化を求め、積極的に変革を行い、その存在意義をアピールしていかなければ、存続が危ぶまれると感じる。私たち「若者」がその務めを担わなければならないと思う一方、運営費交付金の削減や教職員ポストの削減など良くないニュースもあり、これまでと同様あるいはそれ以上の教育・研究を実施できるのかと不安に感じることもある。しかし、不平を漏らしているだけでは何も変わらず、前述のように自ら環境の変化を求めざるがりの決意が必要なのである。

研究の面では、船舶および海洋構造物の構造強度分野に重きを置きながら、対象とする範囲を広げていきたい。例えば、センシングやIoT、AIといった技術の進歩により、近い将来リアルタイムに船体に作用する荷重を高精度に推定できるようになるかもしれない。すると、船上で縦曲げ崩壊を含む構造破損の危険を時々刻々に感知することや、現在から数時間先の未来の間に構造破損を生じるリスクを予測することが可能になるであろう。同様に、衝突や沈没といったリスクも予測できるであろう。これらの技術の蓄積は完全無人船の開発へと繋がり、それは海上物流を大きく変えるポテンシャルを秘めている。完全無人船ともなれば多分野の高度な専門性が必要となり、1つの研究室あるいは1つの専攻の中で実施することは難しいであろう。例えば、大阪大学の中で専攻間横断研究として実施することで、他分野の研究者との緊密な連携を実現し、スピーディーに成果を上げられるかもしれない。つまるところ、私のような未熟な研究者が1人で成せることは限られており、横の繋がりを築いていくことで、社会に広く役立つ工学の研究を行いたいという希望である。

6. おわりに

末筆ながら、貴重な執筆の機会を与えてくださった大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻の山中俊夫教授ならびに関係者の方々に深く感謝の意を表します。また、私の所属する船舶構造強度学領域の藤久保昌彦教授ならびに飯島一博准教授には、未熟者である私を研究室のスタッフとして温かく迎えていただき、日々ご指導をいただいています。ここに改めて厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) マイナビニュース：[online]
<http://news.mynavi.jp/photo/news/2017/07/21/150/images/008l.jpg>, 2017-10-03 アクセス。
- 2) 国土交通省海事局：コンテナ運搬船安全対策検討委員会中間報告書, 2013。
- 3) 辰巳晃, 藤久保昌彦：船底局部荷重を考慮したコンテナ船の縦曲げ最終強度解析に関する研究—第1報：非線形有限要素による解析—, 日本船舶海洋工学会論文集, 2016。
- 4) 辰巳晃, 藤久保昌彦, 松井貞興：船底局部荷重

を考慮したコンテナ船の縦曲げ最終強度解析に関する研究—第2報：実用的逐次崩壊解析法の開発—，日本船舶海洋工学会論文集，2016.

5) 辰巳晃，藤久保昌彦：船底局部荷重を考慮した

コンテナ船の縦曲げ最終強度解析に関する研究—第3報：縦曲げ最終強度簡易推定法の開発—，日本船舶海洋工学会論文集，2017.

