

船体桁の複合荷重下における縦最終強度評価法の確立に関する研究  
Establishment of Method to Assess Longitudinal Strength of  
Ship's Hull Girder

矢尾 哲也 (Yao, Tetsuya)

大阪大学・大学院工学研究科・教授



研究の概要

曲げ／振り／剪断の複合荷重を受ける船体桁の最終強度評価総合システムの構築を目標として、(1)効率のかつ高精度の縦強度解析逐次崩壊法の開発；(2)大波高中を航行する船体に働く波浪外力を求める解析法の開発；(3)信頼性解析を適用した強度評価法の確率に関する研究を実施する。(1)に関連して、実船の1/13のコンテナ船モデルを製作し、曲げ／振りモーメントの比を変化させて一連の逐次崩壊試験を実施する。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：船舶性能；構造；建造；計画；設計；座屈強度；最終強度；信頼性解析

1. 研究開始当初の背景・動機

ナホトカ号等の重大事故の発生に対応し、国際船級協会は共通構造規則を制定し、その中で船体縦曲げ最終強度評価を義務付けている。しかしながら、評価に用いる最終強度の計算法は近似計算であり、荷重計算法も実荷重との対応が不明確な従来の方法である。そこで、より正確な強度評価のため、新しい最終強度計算法とより正確な荷重計算法を適用する信頼性解析に基づく縦強度総合評価システムを構築する必要がある。

2. 研究の目的

本課題では、上記の船体縦強度総合評価システムを構築することを目指す。そのために、(1)船体が曲げ／振り／剪断荷重のもとで示す最終強度のより正確な計算法を開発すること。(2)船体に作用する極限波浪荷重をより正確に計算する方法を開発すること。(3)現実的かつ正確な信頼性解析手法を検討すること。を、研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1)最終強度解析法に関しては、新しい理想化構造要素の開発、およびSmithの方法の拡張を実施する。同時に、実船の縮小モデルをオ用いる逐次崩壊試験を実施する。(逐次崩壊試験体製作費用)  
(2)特異点分布法に基づく大波高中の船体運動解析コードを作成し、非線形船体運動解析を実施する。(ワークステーション購入資料)  
(3)より正確な強度評価を可能とする信頼性解析手法について検討する、信頼性解析を実施する。

4. これまでの成果

- (1) 隔艙積みのバルクキャリアで問題となる二重底の局部曲げによって生じる局部応力が船体の縦曲げ崩壊挙動に影響を及ぼすが、この影響を再現出来る理想化構造要素を開発し、その有用性を確認した。
- (2) パネルと防撓材ウェブの相互影響を考慮出来る理想化構造要素の定式化を実施した。
- (3) 船体横断面に発生する剪断応力および振りの影響を考慮出来るよう、純曲げ崩壊解析に有効なSmithの方法の拡張を定式化した。
- (4) 桁の部分モデルに対して純曲げ逐次崩壊解析を実施する際に適用する横断面平面保持の仮定は、最終強度近傍までは基本的に成立することを確認した。
- (5) コンテナ船の1/13縮小モデルを製作し、純振り並びに曲げ／振り複合荷重2ケースの合計3ケースに対して、逐次崩壊試験を実施した。

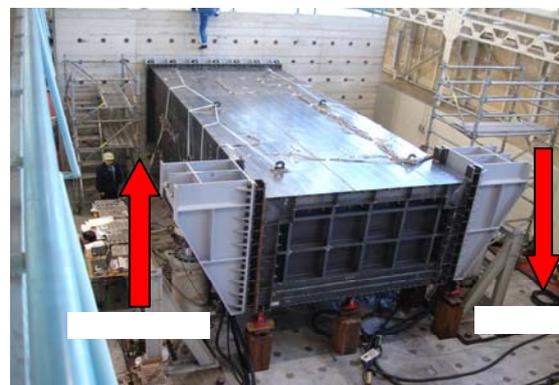


図1 平成18年度逐次崩壊試験体

- いずれも、まず船側外板に剪断座屈が発生し、続いて甲板開口部隅が破断し、崩壊した。
- (6) 崩壊試験を実施した試験体に対して、商用コード LS-DYNA を適用した逐次崩壊解析を実施し、最終強度相関関係を明らかにした。

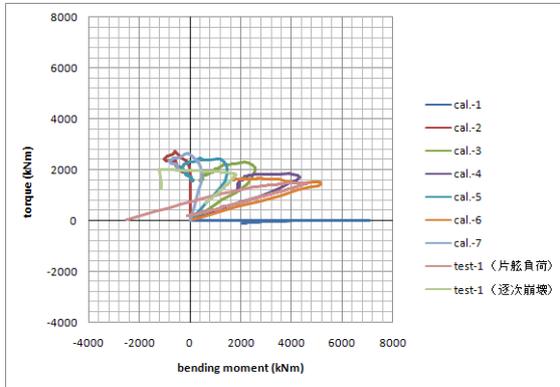


図2 曲げ～捩り相関関係図

- (7) Froude-Krylov 力、diffraction 力、重力、静水圧、慣性力、貨物による内圧、付加水質量などを考慮して、大波高中を航行する船体の運動解析コードを、特異点分布法に基づいては開発した。
- (8) 長期予測結果と同等な極限荷重を与える短期海象グループの同定に、線形応答の範囲内では成功した。波高に関しては 17 種類中 4 種類程度以上、縦曲げモーメントに関しては 3672 種類中 98 種類程度以上の短期海象を組み合わせれば、2%以下の誤差範囲で長期予測結果と等価な極限荷重の分布が得られる。
- (9) 同じ前提条件のもとで信頼性解析を実施すると、FORM/FORM 法、モンテカルロ法、レベル III 法など手法によらずほぼ一定の破損確率が得られることを明らかにした。ただし、正しい破損確率を得るためには、統計量の分布形状を考慮出来る手法である必要があることも明らかになった。
- (10) 設計年代の異なる各 4 隻のパナマックス・バルクキャリアおよびアフラマックス・タンカーを対象として、ルールの変遷とともに縦曲げ最終強度は高くなる傾向にあること、一方で、荒天回避あるいは船首楼の設置の義務化による航行可能海象の拡がりから、船体荷作用する極限荷重は増加していること、その結果、新しい船の方が破損確率が高くなる場合もあることなどが、信頼性解析を実施して明らかになった。これらの知見および得られた破損確率をもとに、社会一般の構造物の破損確率との比較を通して、FSA の観点から、目標安全性レベルを設定することが今後の重要課題である。

## 5. これまでの進捗状況と今後の計画

これまでの進捗状況は、順調である。ただし、初期の計画と比較して、崩壊試験を実施する船種を、バルクキャリア、タンカーおよびコンテナ船の 3 船種から、コンテナ船一種に限ることに変更した。

また、当初考えていなかった防撓曲面板の座屈・最終強度に関しても、研究の対象とすることになった。

## 6. これまでの発表論文等

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- [1] Wang, X., Sun, H., **Yao, T.**, Fujikubo, M. and Basu, R.: "Methodologies on Hull Girder Ultimate Strength Assessment of FPSOs," Proc. The 27<sup>th</sup> OMAE, Estoril, Portugal (2007), (to be presented).
- [2] Parks, J.-S., Iijima, K. and **Yao, T.**: "Estimation of Buckling and Collapse Behaviour of Stiffened Curved Plates under Compressive Load," Proc. The 18<sup>th</sup> ISOPE Conference, Vancouver, Canada, 2008 (to be presented).
- [3] 藤井康成, 飯島一博, 長瀬裕一, **矢尾哲也**: "設計基準の変遷に応じた船体縦曲げ崩壊に対する安全性の変化" 藤井康成, 飯島一博, 長瀬裕一, 矢尾哲也: "設計基準の変遷に応じた船体縦曲げ崩壊に対する安全性," 日本船舶海洋工学会論文集, 第 7 巻, 2007 (印刷中).
- [4] Yamamoto, M., Fujii, Y., Iijima, K. And **Yao, T.**: "Characteristics of Hull Girder Collapse Behaviour under Longitudinal Bending," Proc. 21<sup>st</sup> TEAM, Yokohama, Japan (2007), pp.161-169.
- [5] 石橋公也, 藤久保昌彦, **矢尾哲也**: "桁構造の崩壊挙動を再現する理想化構造要素の開発と二重底構造の崩壊解析への適用," 日本船舶海洋工学会論文集, 第 5 巻 (2007), pp.217-225.
- [6] 石橋公也, 藤久保昌彦, **矢尾哲也**: "有孔パネルの応答を表す理想化構造要素の開発," 日本船舶海洋工学会論文集, 第 3 巻 (2006), pp.285-293.
- [7] Ishibashi, K., Fujikubo, M. and **Yao, T.**: "Development of ISUM Element for Rectangular Plate with Cutout," Proc. 17<sup>th</sup> ISOPE Conference, San Francisco, USA (2006).
- [8] Fujii, Y., Yamamoto, M., Iijima, K. And **Yao, T.**: "Study on Kirchhoff-Loves's Assumption of Plane Cross-Section," Proc. 20<sup>th</sup> TEAM, Seoul, Korea (2006), pp.301-309.
- [9] Masui, T., Yamaoka, T., Iijima, K. And **Yao, T.**: "Collapse Behaviour of Container Ship Model under Combined Torsion and Bending," Proc. 21<sup>st</sup> TEAM, Seoul, Korea (2006), pp.301-309.

他 7 編

ホームページ等

<http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/naoe/naoe4/>