



Title	Collapse Analysis of Ship Hull Girder Using Hydro-Elastoplastic Beam Model
Author(s)	Htoo Ko, Han Htoo
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/77504
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Han Htoo Htoo Ko)	
Title	Collapse Analysis of Ship Hull Girder Using Hydro-Elastoplastic Beam Model (流力弾塑性梁モデルによる船体桁の崩壊解析)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Ultimate longitudinal hull girder strength is the most fundamental strength to ensure the structural safety of ships. Not only a peak strength but also a post-ultimate behavior and collapse extent need to be evaluated to assess the risk of failure. After reaching the ultimate strength, the capacity of hull girder decreases because of buckling of structural elements, and inertia force is taking a supporting role to satisfy the equilibrium condition. Another important aspect of hull girder collapse in waves is a fluid-structure interaction (FSI). The hull girder collapse is, therefore, essentially a dynamic behavior and needs to consider nonlinear structural behavior and FSI. Such behavior can be called hydro-elastoplastic response.</p> <p>In this study, a simplified method named FE-smith method is developed to analyze the hydro-elastoplastic response of a ship hull girder. The Smith method which is employed for the progressive collapse analysis of hull girder cross sections is coupled with the beam finite element with consideration of FSI. The validation is made through a comparison with the analysis employing 3D-shell FE model. Parametric studies are performed to investigate the effect of dynamic and hydrodynamic parameters on the collapse behavior.</p> <p>In Chapter 1, the background and objective of this study are described.</p> <p>In Chapter 2, the theory and methodology underlying the proposed FE-smith method are presented. The average stress-average strain relationship of structural elements used in Smith method is transformed to the average stress-average plastic strain relationship and introduced in beam element as a pseudo strain hardening/softening effect. The nonlinear stiffness equation for a whole ship can be derived in the standard FE approach. Two types of average stress-average strain relationship are adopted, using those obtained by rule formula and by nonlinear FEM. It has been confirmed from the comparison of results that the FE-smith method can capture the essential collapse behavior of hull girder cross section in shorter time with reasonable accuracy.</p> <p>In Chapter 3, the hydro-elastoplastic beam model is developed. The FE-smith method is extended to the dynamic collapse analysis considering the hydro-static/dynamic forces which are the function of hull girder motions and deformation. By applying impulsive bending loads, dynamic collapse behavior of a uniform beam model is analyzed. Reasonable collapse behavior can be obtained by FE-smith method with much shorter computation time. It has been found that the shorter the load duration, the smaller the collapse extent even when the maximum applied load is the same.</p> <p>In Chapter 4, the validation of the proposed hydro-elastoplastic beam model is performed by the comparison with nonlinear FE analysis. A 5,250 TEU container ship is taken as a subject ship. In the FE analysis, 3D-shell model is used for the collapsing midship part and beam model for the rest part. Assumed load distributions are applied in an impulsive manner instead of real wave loads. It has been found that FE-smith method that employs the average stress-average strain curves obtained by nonlinear FEM can provide more reasonable prediction of the collapse behavior than those by rule formula, together with its limitation in the application arising from the assumption of a plane cross section for beam element and idealized elastic unloading behavior.</p> <p>In Chapter 5, the parametric dependency of hull girder collapse is investigated. The effect of applied load duration, added mass and fluid damping on the collapse behavior and extent is investigated. Damping effect generally reduces the collapse extent. The added mass has more complicated effects on the collapse extent, as it is related both to the reactions against accelerated hull girder deformation and to the natural vibrations that affects the bending moment history exerted at cross sections.</p> <p>In Chapter 6, conclusions of main findings are drawn and suggestions for future work are described.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Han Htoo Htoo Ko)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	藤久保昌彦
	副 査	教授	大沢直樹
	副 査	教授	飯島一博
	副 査	教授	麻 寧緒

論文審査の結果の要旨

船体を 1 本の桁と見なした時の折損強度である縦曲げ最終強度は、船体構造の最も基本的かつ重要な強度である。縦曲げ崩壊に対する船体構造のリスクを評価するためには、横断面の最終強度だけでなく、船体桁全体としての変形挙動を把握し、被害度を予測できる必要がある。船体桁が縦曲げ最終強度を超える荷重作用を受けた場合、その不平衡分は、慣性力や静的・動的な復原力により補われる。すなわち、縦曲げ崩壊挙動は、本質的に動的挙動である。また、弾塑性変形と流体力との相互作用を考慮せねばならない。従来、縦曲げ最終強度は準静的に評価されてきたが、船体の大型化と可撓性の増大とともに、流体構造連成問題として縦曲げ崩壊挙動を調べる、いわゆる流力弾塑性応答の研究が注目を集めている。

これまでに、船体を二つの剛体梁と塑性ヒンジにモデル化して流力弾塑性応答を調べた例が報告されている。しかしながら、板、防撓材などの部材の座屈・塑性崩壊挙動と全体崩壊挙動を、より正確に結びつけるためには、曲率およびひずみレベルを扱える解析モデルが必要である。そこで本論文では、船体桁を梁有限要素に分割し、各要素に、横断面の曲げモーメント-曲率関係を導入することにより、新たな流力弾塑性解析モデルを提案している。これを用いて、船体桁の縦曲げ崩壊挙動と、これに対する各種力学因子の影響を明らかにしている。

本論文は、以下の 6 章で構成される。

第 1 章では、本研究の背景、本研究に関連した研究の沿革、ならびに、本研究の目的と本論文の構成について述べている。

第 2 章では、船体横断面の縦曲げ崩壊解析に使用される Smith 法を梁有限要素に導入した FE-smith 法を提案している。Smith 法では、船体横断面を板および防撓パネル要素に分割し、各要素の軸応力-軸ひずみ関係を座屈および降伏を考慮して求め求めておいて、横断面の曲げモーメント-曲率関係を計算する。FE-smith 法では、軸応力-軸ひずみ関係を、新たに軸応力-塑性軸ひずみ関係に置換し、これを擬似ひずみ硬化/軟化挙動と見なすことにより、一般的な梁有限要素において Smith 法を適用可能にしている。コンテナ船の横断面の縦曲げ最終強度を FE-smith 法により解析し、3 次元シェル有限要素解析の結果と比較して、提案法の良好な精度と高い計算効率を明らかにしている。

第 3 章では、FE-smith 法を流力弾塑性解析法に拡張している。梁要素に分割した船体桁を、静的復原力を表す弾性バネ支床上に置き、2 次元流体解析に基づく付加質量力および造波減衰力を各梁要素に考慮している。基本的な場合として一様断面の浮体を仮定し、ホイッピング荷重を意図した衝撃曲げ荷重を与えていた。その結果、FE-smith 法によつて、縦曲げ崩壊挙動を崩壊後の変形挙動を含めて解析できることを確認している。また、同じ荷重振幅でも作用時間が短いほど崩壊変形量は小さいことなど、崩壊挙動の性質を明らかにしている。

第 4 章では、5,250TEU コンテナ船の縦曲げ崩壊挙動を FE-smith 法、および船体中央部を 3 次元シェルモデルに置き換えた FEM 解析のそれぞれにより解析し、FE-smith 法の精度を検証している。FE-smith 法では、板および防撓パネルの軸応力-軸ひずみ関係を船級協会規則に与えられる簡易式から求めた場合と、FEM により正確に求めた場合を比較している。その結果、FE-smith 法の結果は、3 次元シェルモデルによる結果と良好に一致し、計算時間はシェルモデルに比べて圧倒的に短いことを示している。一方、その精度は、板および防撓パネルの軸応力-軸ひずみ関係の精度に

依存すること、除荷時の剛性に改善の余地があること、さらに断面平面保持の仮定から、変形の局所化が有意となる挙動に対しては精度が低下することを明らかにしている。

第5章では、FE-smith法を用いて、縦曲げ崩壊変形量に対する流体の付加質量力および減衰力の影響についてパラメトリックスタディを行っている。その結果、減衰力は一般に崩壊変形量を低減させること、一方、付加質量力は慣性抵抗として変形量を低下させる作用があるが、船体の固有振動周期とそれに伴う曲げモーメントの時間変化を変化させるため、減衰力に比べてその影響は複雑であることを明らかにしている。

第6章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題を示している。

以上のように、本論文は、船体桁の縦曲げ崩壊挙動を、崩壊変形量を含めて予測するための実用的解析法としてFE-smith法を開発するとともに、これを用いて各種力学因子が縦曲げ崩壊挙動に及ぼす影響を明らかにしている。これらの成果は、船体構造のリスクベース安全性評価法の構築に資するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。