

機関番号：82627

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20360400

研究課題名（和文） 波浪中における損傷船舶の残余強度の研究

研究課題名（英文） A Study for a residual strength of a damaged ship in waves

研究代表者

小川剛孝 (OGAWA YOSHITAKA)

独立行政法人海上技術安全研究所・構造系・グループ長

研究者番号：50360714

研究成果の概要（和文）：

損傷船舶の残余強度を適切に評価する手法の構築を目的として、損傷船舶にはたらく波浪荷重推定法から信頼性手法も含めた強度評価法までを一貫して研究を実施した。

損傷船舶の波浪荷重については、運動の非線形性、初期条件（姿勢変化）、縦・横・振りの複合荷重、弾性応答の影響等を考慮した水槽試験法及び理論推定法を開発した。さらに、損傷船舶の最終強度解析法を開発し、これと信頼性解析手法を組み合わせることで損傷船舶の破損確率推定法も開発した。

研究成果の概要（英文）：

For the rational evaluation of a residual strength of a damaged ship in waves, a study from computation of wave loads to evaluation of probability failure was conducted comprehensively.

A method for the measurement of wave loads in a tank test and a computation method were developed and validated. An evaluation method for the structural strength of a damaged ship is also developed. Furthermore, by the combination of these methods and the First Order Reliability Method, FORM, an evaluation method for a failure probability of a damaged ship was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2009年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

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：海事流体力学、損傷船舶、残余強度、流力弾性、構造信頼性

1. 研究開始当初の背景

近年、以下の状況により「損傷船舶の残余強度」評価の重要性が増している。

○ナホトカ号折損・大規模油流出事故(1997年:日本海)、エリカ号(1999年:フランス沖)、プレステージ号(2001年:スペイン沖)

と立て続けて発生した同様の大規模油流出事故及び一時期多発したばら積み貨物船の浸水・折損事故等を背景とする海上安全と海洋汚染防止の強化。

○世界的規模の海上輸送量増大に伴い船舶の大型化が進みつつある一方で、現行の安全

基準は既存船に適用するために開発されている。これらの船舶はいったん事故が発生するとその人的・環境影響は大きいと予想されるが、現行基準はこれらの大型船を基本的に考慮していない。このため、大型化することで顕在化する波浪荷重等の問題も考慮した「構造の冗長性」の拡充に対する要望の増加。○これらの事を背景に国際海事機関（IMO）において現在策定されている「目標指向型構造基準(GBS: Goal Based Standard)」の中に「損傷時に一定の残余強度を有すること」と規定した「残余強度」に関する規則が策定された。

このような「損傷船舶の残余強度」を評価するためには、その入力となる波浪荷重の評価が重要な問題となる。しかしながら、運動の非線形性、初期条件（波だけでなく損傷及び船体の姿勢等）依存性、縦・横・振りの複合荷重、弾性応答の影響、漂流運動の影響等を考慮して損傷船舶の波浪荷重を推定する必要があり、技術的に容易でないことから殆ど検討されてこなかった。この結果、現行基準はその大部分が非損傷時船舶の構造強度を規定するのみであり、損傷船舶の強度についての基準は単に「一定の強度を有すること」と規定するのみで具体的な要件が確立されていなかった。

2. 研究の目的

損傷船舶の残余強度を適切に評価する手法の構築を目的として、損傷船舶にはたらく波浪荷重推定法から信頼性手法も含めた強度評価法までを一貫して研究を実施した。

損傷船舶の波浪荷重については、運動の非線形性、初期条件（姿勢変化）、縦・横・振りの複合荷重、弾性応答の影響等を考慮した水槽試験法及び理論推定法を開発した。さらに、損傷船舶の最終強度解析法を開発し、これと信頼性解析手法を組み合わせることで損傷船舶の破損確率推定法も開発した。

3. 研究の方法

(1) 損傷船舶の波浪中水槽試験法（運動・荷重）の開発

運動の非線形性や弾性振動の影響等を考慮した縦・横・振りの複合荷重を計測する模型船を設計・開発し、水槽試験を通じて検証した。

(2) 損傷時船舶の波浪荷重推定法の開発

非線形ストリップ法をベースに、船体運動の（形状）非線形性だけでなく縦運動と横運動の連成、弾性振動、漂流運動も考慮した損傷船舶の船体運動・波浪荷重の時系列計算法を開発した。

(3) 信頼性手法にもとづく損傷船舶の残余強

度評価法の開発

残余強度要件を考える上で必要となる事故シナリオの設定を行い、これに基づき損傷船舶の最終強度解析法及びこれと1次信頼性法（FORM）を組み合わせた損傷船舶の破損確率推定法を開発した。

4. 研究成果

(1) 損傷船舶の波浪中水槽試験法（運動・荷重）の開発

振り剛性まで適切に相似則を満足できるように設計・開発したバックボーンモデルを製作し、弾性応答も含めて、曲げ・剪断（縦・横）、振りの5分力の計測を可能にした。陸上での検定及び水槽試験の結果、良好に荷重が計測できることを検証した。

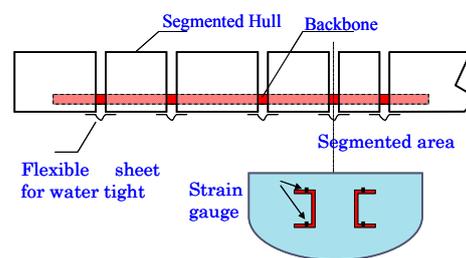


図1 バックボーンを用いた模型船概要

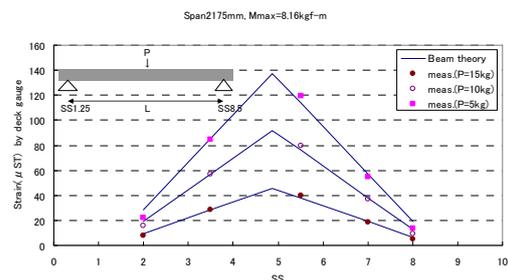


図2 バックボーンモデルの検定例（縦曲げ）

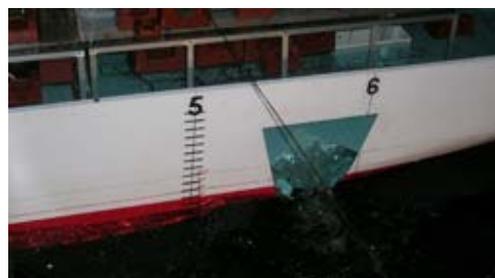


図3 損傷状態での水槽試験

(2) 損傷時船舶の波浪荷重推定法の開発

非線形ストリップ法をベースに、船体運動の非線形性だけでなく縦運動と横運動の連成、弾性応答、漂流運動も考慮した損傷船舶

の船体運動・波浪荷重の時系列計算法を開発した。これらは、上記(1)で実施した水槽試験の結果を用いて検証し、良好な結果を得た。

さらに、ランキンソース法を時々刻々の物体表面条件を満足するように拡張して、縦波大波高中でも計算可能な時系列計算法を開発した。

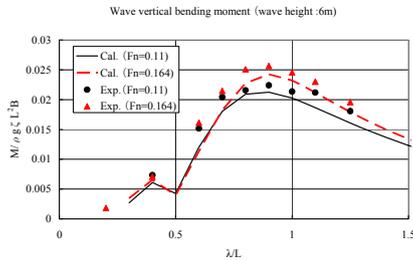


図4 波浪縦曲げモーメントの検証例(周波数応答関数)

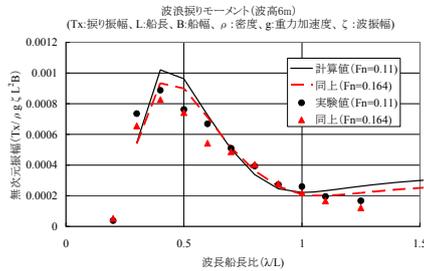


図5 波浪振りモーメントの検証例(周波数応答関数)

(3)信頼性手法にもとづく損傷船舶の残余強度評価法の開発

事故シナリオにもとづき設定した損傷モデルについて逐次崩壊解析法による計算法を開発した。また、船体の損傷確率モデルと1次信頼性法(FORM)を組み合わせることで、設定海象と事故シナリオ毎の破損確率の計算法を構築した。

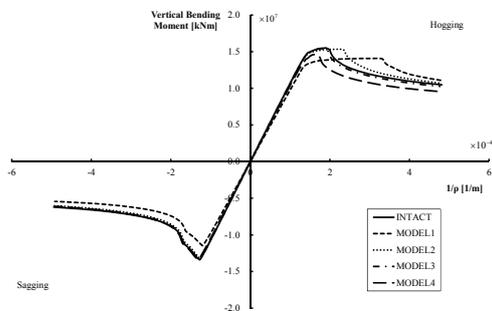


図6 逐次崩壊解析により求めた損傷及び非損傷船舶の縦曲げモーメント-曲率関係

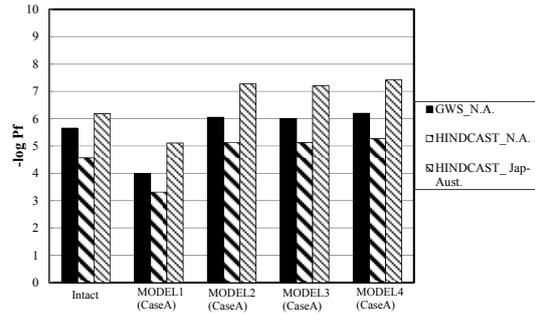


図7 設定海象(設定荷重)と損傷シナリオを変えた場合の破損確率の計算例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計11件)

① Y.Ogawa, M.Oka and K.Takagi: A prediction method of wave loads in rough seas taking hydroelastic vibration into account, Conference Proceeding of Hydroelasticity in Marine Technology 2009, 査読有、1巻、2009、373-382

② M.Oka, S.Oka and Y.Ogawa: An experimental study on wave loads of a large container ship and its hydroelastic vibration, Conference Proceeding of Hydroelasticity in Marine Technology 2009, 査読有、1巻、2009、183-192

③ 小川剛孝, 岡正義, 高木健, 大型船に働く波浪衝撃力による弾性応答の計算、日本船舶海洋工学会講演会論文集、査読有、第9E号、2009、15-16

④ 小川剛孝, 岡正義, 高木健, 大型コンテナ船にはたらく波浪衝撃力とホイッピング振動の関係についての考察、日本船舶海洋工学会講演会論文集、査読有、第9E号、2009、17-18

⑤ 岡正義, 岡修二, 小川剛孝, 弾性応答の再現試験による疲労強度評価、日本船舶海洋工学会講演会論文集、査読有、第9E号、2009、19-22

⑥ Y.Ogawa and K.Takagi: An Examination of the Design Wave Loads of a Large Container Ship by Means of a Direct Computation in Irregular Waves with Long Duration, Proceedings of The 11th International Symposium on Practical Design of Ships and other Floating Structures (PRADS2010)、査読有、1巻、2010、353-361

⑦ M.Oka and Y.Ogawa: A study on fatigue strength of large container ship with taking the effect of hull girder vibration into account, Proceedings of The 11th

International Symposium on Practical Design of Ships and other Floating Structures (PRADS2010)、査読有、1巻、2010、1243-1249

⑧ Y. Ogawa and M. Oka: Utilization of a whole ship finite element analysis from wave loads to structural strength at real sea state, Proceedings of 3rd International Conference on Marine Structures (MARSTRUCT2011)、査読有、1巻、2011、59-66

⑨ M. Oka, Y. Ogawa, T. Takami and K. Takagi: A study of design loads for fatigue strength utilizing direct calculation under real operational conditions, Proceedings of 3rd International Conference on Marine Structures (MARSTRUCT2011)、査読有、1巻、2011、317-324

⑩ Y. Yamada and Y. Ogawa: Study on the Residual Ultimate Longitudinal Strength of Hull Girder of a Bulk Carrier against a Sagging Moment after ship collision, Proceedings of 3rd International Conference on Marine Structures (MARSTRUCT2011)、査読有、1巻、2011、429-436

⑪ Y. Ogawa and K. Takagi: An Assessment of the Effect of Hull Girder Vibration on the Statistical Characteristics of Wave Loads, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering、査読有、Vol. 3, No. 1, 2011、80-85

[学会発表] (計 12件)

①大型船にはたらく波浪荷重推定法についての検討 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 20 年 5 月 29 日、長崎

②変位ポテンシャル法を用いた船舶のスラミング衝撃計算法 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 20 年 5 月 29 日、長崎

③大型コンテナ船にはたらく波浪荷重についての実験的研究 (岡正義)、日本船舶海洋工学会、平成 20 年 5 月 29 日、長崎

④船舶の構造信頼性評価についての技術的課題 (平方勝)、日本船舶海洋工学会、平成 20 年 5 月 29 日、長崎

⑤大型船にはたらく波浪荷重の長期予測についての考察 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 20 年 11 月 25 日、東京

⑥超大型コンテナ船の耐航性能と波浪荷重の検討 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 21 年 4 月 20 日、東京

⑦これからの構造安全性向上のための技術課題 (小川剛孝、岡正義、高木健他 2 名)、日本船舶海洋工学会、平成 21 年 12 月 10 日、東京

⑧直接計算による大型コンテナ船の波浪荷重の統計値の検討 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 22 年 6 月 7 日、東京

⑨操船が曲げ振動を含む波浪荷重に及ぼす影響についての検討 (小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 22 年 11 月 12 日、東京

⑩更なる機能要件を指向する構造設計法についての考察 (岡正義、高木健、小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 22 年 11 月 12 日、東京

⑪サギングモーメントを受けるバルクキャリアの残存船体縦曲げ強度評価手法に関する検討について (山田安平、小川剛孝)、日本船舶海洋工学会、平成 22 年 11 月 12 日、東京

⑫非線形波浪荷重が船舶の破損確率に及ぼす影響についての考察 (小川剛孝、高見朋希)、日本船舶海洋工学会、平成 23 年 5 月 20 日、福岡

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川剛孝 (OGAWA YOSHITAKA)

海上技術安全研究所・構造系構造基準研究グループ・グループ長

研究者番号: 50360714

(2) 研究分担者

高木 健 (TAKAGI KEN)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：90183433

戸澤 秀 (TOZAWA SHIGERU)

海上技術安全研究所・構造系・系長

研究者番号：303999513

山田 安平 (YAMADA YASUHIRA)

海上技術安全研究所・構造系構造基準研究グループ・主任研究員

研究者番号：90443241

平方 勝 (HIRAKATA MASARU)

海上技術安全研究所・構造系保守管理技術研究グループ・主任研究員

研究者番号：80450675

岡 正義 (OKA MASAYOSHI)

海上技術安全研究所・構造系構造基準研究グループ・主任研究員

研究者番号：70450674

(3)連携研究者

()

研究者番号：