

機関番号：8 2 6 2 7

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：2 0 3 6 0 3 9 9

研究課題名（和文） 損傷船舶の転覆リスク評価に関する研究

研究課題名（英文） A study on capsizing risk of damaged ships

研究代表者

田口 晴邦（TAGUCHI HARUKUNI）

独立行政法人海上技術安全研究所・流体性能評価系・上席研究員

研究者番号：7 0 3 4 4 4 5 5

研究成果の概要（和文）： 損傷船舶の浸水過程について水槽実験を行った結果、隣接区画への浸水は、船内滞留水は直ちに区画内に広がり、常に水平面を形成するとしてモデル化が適切であることなどの知見を得た。また、船内滞留水と船体との連成運動の数値シミュレーションコードを開発し、滞留水の連成影響が横揺振幅に及ぼす影響を調査した結果、計算を行った船では波周期と横揺固有周期の比が 0.9～1.5 の範囲で、滞留水の運動が減揺効果を示し滞留水量の増加に伴い横揺振幅が小さくなることなどを確認した。

研究成果の概要（英文）： Key factors for proper modeling of flooding process, e.g. free water shape in damaged compartment for progressive flooding, were clarified by model experiments of damaged ship. A time-domain simulation code of ship roll motion coupled with the motion of water in flooded compartment was developed and coupling effect on roll amplitude of a ship was studied. As a result, it is clarified that anti-rolling effect is observed in the wave frequency to the natural roll frequency ratio of 0.9～1.5 and this effect is more apparent as the volume of flooded water increases.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2 0 0 8 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2 0 0 9 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2 0 1 0 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
総 計	8,400,000	2,520,000	10,920,000

研究分野：船体運動学、船舶海洋工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：船舶工学、海上安全、損傷時復原性、流体

1. 研究開始当初の背景

損傷した船舶の安全性に関しては、国際条約や国内規則で安全基準が定められており、当該基準を満足する船舶は、損傷状態においても一定レベルの安全性が確保されている。しかしながら現状の安全基準は、主に損傷、浸水後の最終的な平衡状態を準静的に想定して設定されており、滞留水量の時間変化や滞留水が船の挙動に及ぼす影響を十分考慮したものになっていない。

そのため、広い車両甲板に浸水した場合に

滞留水が船体運動に大きな影響を及ぼす Ro/Ro 船や船内に多数の区画を有し損傷後の隣接区画への浸水が安全性に大きな影響を及ぼす巨大旅客船に対しては、物理現象に即したより合理的な手法（模型実験や数値シミュレーション）による安全性評価（転覆リスク評価）の必要性が指摘され、当該評価手法の確立が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、損傷した船舶の波浪中における

転覆リスクの合理的な評価手法を確立することを目標に、損傷船舶の転覆につながる波浪中の挙動に大きな影響を及ぼす、破口からの浸水過程及び船内滞留水による隣接区画への浸水過程の適切にモデル化した、船内滞留水と船体運動の時系列変化を精度良く推定できる数値シミュレーションコードを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 浸水過程に関する検討

破口からの浸水過程

船側破口形状及び波浪条件と船内への浸水・滞留水量との関連を船体運動の影響も含めて定量的に把握することを目的に水槽実験を実施し、破口からの浸水過程モデルに関する検討を行った。

供試船は、舷側に開口を設けるとともに内部に仕切りを設けることで破口及び浸水区画を模擬した箱船(図1)である。実験では、波浪中における船体運動、船内滞留水量、破口位置における流速等の計測を行い、波浪条件(波周期、波高)や破口形状(矩形、台形等5種類)と破口からの浸水過程モデルを構成する諸量(船体平均姿勢、船側相対水位、船内平均水位、船内水断面形状等)との関連を検討した。



図1 供試船 (L=0.92m, B=0.45m, D=0.25m, d=0.10m, W=47kgf)

隣接区画への浸水過程

船内滞留水量の時間変化と船内区画間の開口形状及び船体姿勢変化との関連を定量的に把握することを目的に水槽実験を実施し、船内滞留水の隣接区画への浸水過程モデルに関する検討を行った。

供試船は、舷側に開口(損傷開口)を設けるとともに内部に仕切り及び開口を設けることで損傷区画(船尾・中央右区画)や損傷区画に隣接した非損傷区画(中央中・中央左・船首区画)を簡易な形状で模擬した模型船(図2)及び損傷区画に隣接した2層の非損傷区画(船首左区画、下層区画)を簡易な形状で模擬した模型船の2隻である。実験で

は、各模型船の損傷開口を没水させて各区画浸水量、船体姿勢等を計測し、区画間の開口形状や船体姿勢変化が船内滞留水の隣接区画への浸水過程モデルを構成する諸量(区画間の水位差、区画内の滞留水の進展速度等)に及ぼす影響を検討した。



図2 供試船 (L=1.20m, B=0.50m, D=0.35m, d=0.175m, W=97kgf)

(2) 数値シミュレーションに関する検討

浸水・滞留水量及び船体姿勢の時間変化

船舶の損傷時における浸水・滞留水量及び船体姿勢の時間変化を推定する計算コードで使用されている浸水過程モデルについて水槽実験結果を基にその妥当性を検討した。

また、同計算コードで実船の沈没事象を解析し、船内区画の浸水状況及び沈没所要時間を推定し、実事象の推移との対応を比較・検証した。

滞留水と船体横揺との連成

損傷船舶の転覆につながる波浪中の挙動に大きな影響を及ぼす船内滞留水の運動が船体運動と連成した状態について規則波中シミュレーション計算コードを開発した。その際、滞留水区画の左右非対称性を考慮した(図3)。

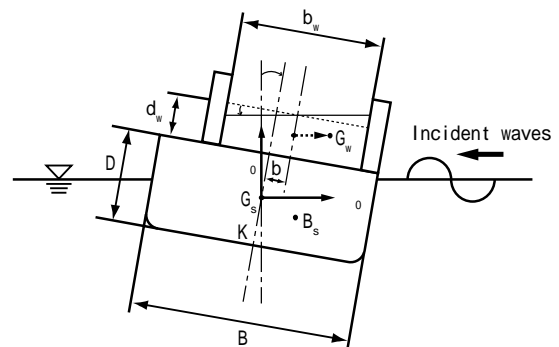


図3 座標系

また、同コードを用いて、滞留水の連成影響が横揺振幅に及ぼす影響を調査するとともに、実船の転覆事象を解析し、実事象との

対応を比較・検証した。

4. 研究成果

(1) 浸水過程モデル

破口からの浸水

水槽実験結果(図4)から、破口からの浸水過程モデルの主要な構成要素は、船体平均姿勢、船側相対水位、滞留水の平均水位・水面形状であることが明確になった。更に、破口からの浸水過程は、以下の事項を考慮してのモデル化する必要があるとの知見が得られた。

- ・ 船内への浸水の発生状況は、比較的大振幅の横揺を伴うすくい込み型と横揺を伴わない打ち込み型に大別される。また、打ち込み型の浸水では、船内への滞留水量の増加に伴い、船体は波上側へ定常傾斜する。
- ・ すくい込み型の浸水における船内滞留水の水面形状は、波周期と滞留水量によって、自由表面影響として近似される水平面を保持する形状になる場合と、段波に近い形状となる場合がある。
- ・ 滞留水量の時間変化等から推定される、破口からの流量係数は流出方向、流入方向で異なった値をとると考えられるが、今回変化させた破口形状では、大きな差異は見られない。

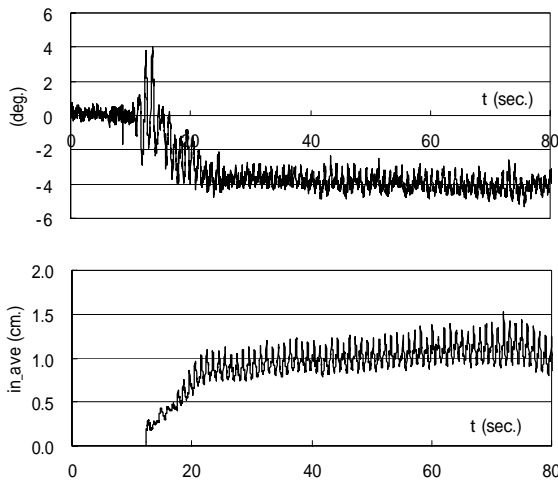


図4 計測例(上図:横揺、下図:船内滞留水平平均水位)

隣接区画への浸水

水槽実験結果(図5)から、有意な滞留水が発生する状況では浸水は一気に進展するので、滞留水は区画内に直ちに広がるなどとした取り扱いは妥当であることが明確になった。更に、隣接区画への浸水過程は、以下の事項を考慮してモデル化する必要があるとの知見が得られた。

- ・ 区画間の水位差や下層区画への開口における水位は船体姿勢及び滞留水の運動によ

り大きく変化するため、隣接区画への浸水量の時間変化を推定するためには、時々刻々の船体姿勢の正確な推定が重要であること。

- ・ 区画間の開口形状によっては平衡状態に至るまでの過渡応答で損傷区画から離れた舷側区画への浸水により船体姿勢が急激に変化する状況や浸水後の平衡状態が複数存在する状況が発生すること。

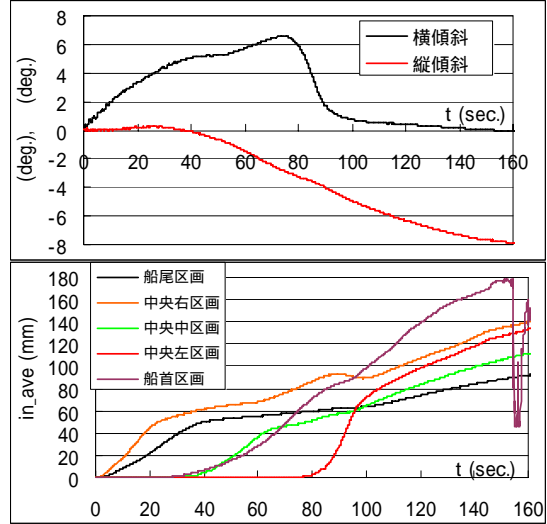


図5 計測例(上図:船体姿勢、下図:区画滞留水平平均水位)

(2) 数値シミュレーション

浸水・滞留水量及び船体姿勢の時間変化
水槽実験結果から、船舶の損傷時における浸水・滞留水量及び船体姿勢の時間変化を推定する計算コードにおける浸水過程のモデル化が妥当であることを確認した。

また、上記コードを用いて180度転覆した状態から沈没した事象を解析した結果(図6)、初期縦傾斜が船体姿勢変化に影響を及ぼすことや船内に初期滞留水を想定することで沈没所要時間が実事象とほぼ一致することを確認した。

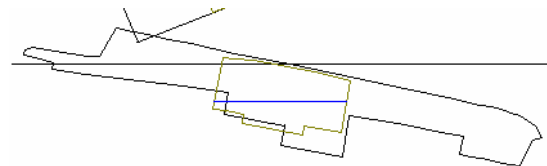


図6 沈没過程における船体姿勢の計算例

船内滞留水と船体との連成運動

浸水区画の左右非対称性のため船内滞留水により定常傾斜が発生した状態の漁船を対象に規則波中のシミュレーション計算を行い、滞留水の連成影響が横揺振幅に及ぼす

影響を調査した結果、

- ・波周期と横揺固有周期の比が 0.9~1.5 の範囲で、滞留水の運動が減揺効果を示し（図7）滞留水量の増加に伴い横揺振幅が小さくなること
- ・滞留水量の増加に伴い、応答がピークとなる波周期と横揺固有周期比が小さくなること

などを確認した。

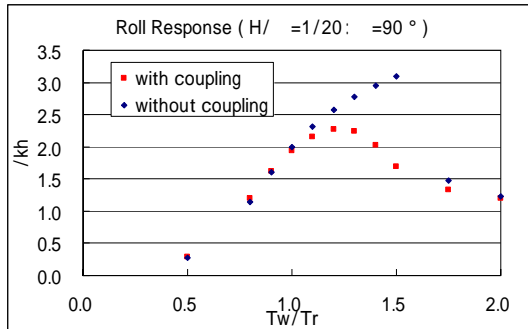


図7 滞留水の連成影響の計算例（横揺応答）

また、開発した計算コードで実際の転覆事象を解析した結果、浸水区画の左右非対称性のため船内滞留水により定常傾斜が発生した状態では、転覆は波上側に発生し、実事象と一致することを確認した。

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）

〔学会発表〕（計1件）

田口晴邦・沢田博史、非対称滞留水と船の横揺との連成運動について、海上技術安全研究所第11回研究発表会、2011年6月28日、海上技術安全研究所

〔その他〕

ホームページ等

http://www.nmri.go.jp/fluids/Groups/skp/skp_top.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田口 晴邦 (TAGUCHI HARUKUNI)

独立行政法人海上技術安全研究所・流体性能評価系・上席研究員

研究者番号：70344455

(2) 研究分担者

沢田 博史 (SAWADA HIROSHI)

独立行政法人海上技術安全研究所・流体性能評価系・主任研究員

研究者番号：80470053

宮崎 英樹 (MIYAZAKI HIDEKI)

独立行政法人海上技術安全研究所・流体性能評価系・主任研究員

研究者番号：10415797

北川 泰士 (KITAGAWA YASUSHI)

独立行政法人海上技術安全研究所・流体性能評価系・研究員

研究者番号：50579852