

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

気泡による船体抵抗低減実験
Experimental Drag Reduction of
Model Ships Using Bubbles
高橋孝仁、川島英幹、Frédérique Larrarte
平成8年10月
日本航空宇宙学会／日本流体力学会
第28回流体力学講演会講演集

船舶の全抵抗の大部分は流体摩擦抵抗が占め、これの低減により大幅な省エネルギーまたは高速化を期待できる。流体摩擦抵抗の低減手法の中で最も実用化が期待される手法として、気膜や気泡により船体を覆う方法がある。このうち最初に試みられたのは、気膜によって船体を覆う方法である。この方法は空気の保持が難しいことや空気・水の境界面の不安定性などの問題があるため、次第に微小気泡によって船体周りを覆う方法に研究の対象が変わってきた。この手法は浮力の小さな微小気泡を船体周りの流れに混入させ、多量の気泡を船体周りに保持し、抵抗低減を試みる方法である。現在のところ、微小気泡による摩擦抵抗低減のメカニズム、摩擦抵抗低減量と気泡径との関連(尺度影響)などが不明であるため、実船への適用の際に有効な気泡は微小気泡、気泡、気膜いずれの手法が有効かなど解明されていない。

そこで、本報告では、微小気泡を用いた方法に特定せず気泡、気膜も含めた幅広い相状態で抵抗低減効果を実験により調べ、気泡及び気膜による抵抗低減法の実船への適用の可能性を調べた。使用した模型船は2種類。1隻は抵抗低減に有効な船型と考えられる浅喫平底船、もう1隻は実船型への適用を考えコンテナ船とした。気泡吹き出しによる抵抗の変化の様子を計測し、同時に気泡・気膜の状態を観測した。平底船を用いた実験では、低速・中速・高速の3速度で全抵抗を測り、低速と中速で減少し、高速では若干増加した結果が得られた。全抵抗に対し、船体表面圧力計測から算出した圧力抵抗成分の補正を行った結果、泡で覆われた部分の摩擦抵抗は中速で8%、高速で11%の低減が見られた。またコンテナ船型では全抵抗は増加した。観察により気泡で覆われる部分が少ないことがわかったが、これが抵抗増加の大きな原因と考えられる。

今後は、微小気泡を用いた泡を船体周りに保持する工夫を行い、またそのための専用の装置を用いた現象をさらに詳細に調べるとともに、実船への適用の調査を進めていく。

風の中を航行する海面効果翼船の性能
Wing-In-Surface Effect Ship Performance
in a Gust

角川 明、南 佳成、塚田吉昭、不破 健
平成8年10月
テクノ・オーシャン'96国際シンポジウム論文集

海面効果とは、海面に近いところで揚力が増加する現象である。これは航空機の離着陸時で見られ、翼下面の圧力が通常時より増すことによる。海面効果を受けて航行する乗り物は、高空を飛ぶ航空機よりも省エネルギーとなる。そのためWIG等の名称で20年以上前から各国で研究されており試作機も開発された。しかし、次世代の超高速船として注目し、その実用化に先立ち安全性の評価基準を確立させておくことは、従来型船舶も共に航行する海上の安全を計るために重要である。海面効果を利用し高速で航行する船舶を船舶技術研究所では、海面効果翼船(WISES: Wing-In-Surface Effect Ship)と称して、性能と安全性に関する基礎的研究を進めて来た。

本報告では、その中から典型的なWISESが突風域を通過する場合の航行シミュレーション例を紹介し、航空機とは異なるWISESの性能と特徴について考察した。WISES本体は概念試設計を行い、模型試験により空力特性を調査したLippisch翼型のWISESを用いた。制御システムは、航路偏差最小と姿勢偏差最小をそれぞれ設計目標とする2例とし、設計目標を実現する手段としてのそれぞれの制御システムによる航行性能を比較した。航行計画システムは、直進、水平航行で速度一定(巡航速度189knot)とした。風と波は、Beaufort風力階級5相当のランダムな変動風(平均風速 $U = 9 \text{ m/sec}$: 日本沿海の平均的な海象)と相当する波(規則波: 波長 $\lambda = 100 \text{ m}$, 波高 $hw = 1.5 \text{ m}$)を連続して与え、風向と波向きは、安全性の視点から横運動が最大となる横風と横波(真横: 90deg)を扱った。

その結果、高度に対しては波の影響が支配的であり制御系の差はあまり見られなかった。姿勢偏差最小を目標とする制御システムは、海面すれすれを航行するWISESにとって重要な、姿勢変動を最小にして接水を避けるという設計目標に対し、縦揺れと横揺れの減少に大きな効果が得られた。海面効果の中では、主翼の揚力中心が後方へ移動するため縦揺れが不安定となるが、今回は微小な縦揺れに対しても極めて早く応答する制御システムにより、非常に良い安定性能が得られた。一方、WISESの横揺れは、海面効果による復元力により高空を飛行する航空機より安定であるが、高度余裕がないため上下動を含めた安全性から横揺れ制御システムは必ず必要である。

〈運動性能部〉

A Study on Wave-Drift Damping
by Fully Nonlinear Simulation非線形シミュレーションによる波漂流減衰力の研究
谷澤克治、内藤 林

平成9年3月

Proc. of 12th International Workshop
on Water Waves and Floating Bodies

海洋構造物や荷役のため係留中のタンカーなどの係留船舶の波浪中動揺には、入射波周期の調和振動的な運動に加え、係留系の固有周期に近い長周期の非線形大振幅動揺がしばしば観測され、その振幅の見積もりが係留系の設計において重要な要素となっている。長周期の大振幅動揺では一般に造波減衰や粘性減衰は小さく、入射波と長周期動揺との相互作用に起因する波漂流減衰力が支配的な減衰力であるため、長周期動揺の振幅を正確に見積もるには波漂流減衰力を正確に計算する必要がある。そこで、波漂流減衰力の研究が実験と理論の両面から精力的に行われて来た。ところが、これまでの波漂流減衰力の主な研究では入射波と長周期動揺との相互作用を準静的であると仮定しており、理論においても実験においても本来動的な相互作用を正確に表現するに至っていない。

そこで本報では、ポテンシャル理論に基づく非線形数値計算法 (Fully nonlinear time domain simulation method) を用いて波浪中浮体の長周期動揺を長時間シミュレートし、その数値解から入射波と長周期動揺との相互作用に起因する流体力を純粋に抽出する方法を見出した。また、その流体力の解析から、波漂流減衰力のより合理的な定義式および相互作用に起因する付加質量の定義式を示し、それらの大きさを概算した。本報で示したこれらの定義式は入射波と長周期動揺との動的な相互作用を表現しており、その考え方は入射波と長周期動揺の相互作用に関する今後の理論研究および実験方法にも応用できると考える。

〈機関動力部〉

ハイドレート生成域における
CO₂の溶解度に関する一考察Discussion of CO₂ Solubility in Hydrate Region
綾 威雄、山根健次

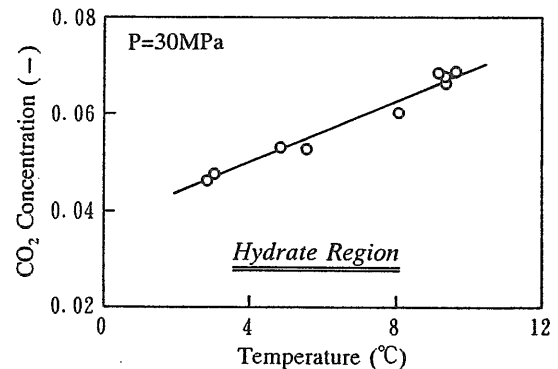
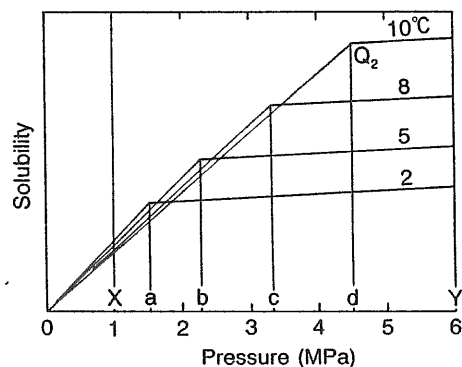
平成9年3月

化学工学会 第62年会講演要旨集

CO₂は、4.5MPa以上は8.7℃以下の海水中ではハイドレートとなるため、地球温暖化抑制策としてのCO₂海洋処理法を評価するには、ハイドレート生成域におけるCO₂の諸性質を知る必要がある。しかしながら、基本物性である溶解度のデータが存在しなかったため、著者らは、30MPaにおける溶解度を実測し、公表した。図1はその測定結果である。ハイドレート生成域では、低温ほど溶解度が低下することが示されている。

その後、CO₂-水系相平衡図とメタン-水系相平衡図及び既存の非ハイドレート生成域におけるCO₂溶解度のみから、図1に示されるような溶解度の温度依存性が十分予測できることが判明した。図1の信頼性を高める一助として報告する。

図2は、平衡圧力に達するまでは、CO₂溶解度が既存の非ハイドレート生成域の温度・圧力依存性に従い、平衡圧力以上では、メタンと同様の圧力依存性を示すと仮定し、ハイドレート生成域のCO₂溶解度を推定したものである。ハイドレート生成域と非生成域で溶解度の温度依存性が逆転することが示されている。

図1 ハイドレート生成域のCO₂溶解度データ図2 相平衡図などに基づくCO₂溶解度の推定

〈材料加工部〉

ステンレス鋼ねじり疲労強度に及ぼす
腐蝕ピットの定量的評価
Torsional Corrosion Fatigue Life Prediction
for Stainless Steel in Sea Water
高井元弘
平成8年10月
(社)日本機械学会 材料力学講演会 講演論文集

小型船舶用の推進軸は直接海水に接触しながら回転する構造をとることが多いため、軸材料として銅合金やステンレス鋼などの耐蝕性の材料が使われる。ステンレス鋼ではオーステナイト系のSUS304やより強度の高い析出硬化型系のSUS630が使われている。軸の設計に必要なステンレス鋼の海水中におけるねじり疲労強度の低下は表面に形成される腐食ピットよりき裂が発生、伝播して破壊にいたるためとされており、腐食ピットとねじり疲労強度との関係を明らかにすることは重要である。本報告では、ステンレス鋼を用いて人工海水中でねじり疲労試験を実施し、疲労破壊の起点となった腐食疲労ピットの形状について調査しねじり疲労強度との関係について検討した。

疲労試験の供試材はSUS304、SUS630とし、シェンク式のねじり疲労試験機を使用した。ねじり疲労試験は空気中および人工海水中で実施し、ねじり疲労破壊の起点となった腐食ピットの形状調査は、共焦点型レーザー顕微鏡および走査型電子顕微鏡により行った。また、あるサイズまで成長した腐食ピットから疲労き裂が発生し、成長破断にいたる破壊力学的条件を検討するため、腐食ピットを表面き裂とみなし、き裂先端の応力拡大係数を3次元FEMによる応力外挿法により求めた。検討結果は以下のようにまとめられる。

- (1) SUS630はSUS304に比べ静的強度、空気中ねじり疲労強度は非常に高いが、海水中におけるねじり腐食疲労強度の低下が大きい。
- (2) 破断起点の腐食ピットは腐食疲労試験の比較的早期に発生するが、破断時のピットサイズは300~400 μ mで飽和する結果を示し、両鋼種において同様である。
- (3) 3次元FEMにより腐食ピットを表面き裂として計算したK値は、き裂長さ200~300 μ mで急激に増大する傾向を示すことから、腐食ピットから発生した疲労き裂がこの大きさに成長した時点で、き裂進展速度が増大し破断に至ることが推定できる。

Investigation on Steel Thickness Measurement
by an Electromagnetic Method with
a Step Exciting Current

ステップ励磁電流を用いた電磁誘導法による
鋼板厚測定手法の検討
成瀬 健、島田道男、吉井徳治
平成9年3月

1997 ASNT Spring Conference/Sixth Annual
Research Symposium Paper Summaries Book

現在、船舶検査では、船体構造部材の腐食衰耗量を超音波板厚計により測定している。しかし、腐食の程度の著しい部材では表面の凹凸が大きいので、計測に必要な安定した接触を得るために、表面処理に多大な労力を要する点が問題となっている。そこで、表面状態に影響されにくい板厚計測法として、材料の情報を非接触で得られる電磁誘導法に注目した。しかし、船舶等に用いられる厚さ10mm以上の鋼板厚測定に電磁誘導法を試みた例は現在のところ見られない。この理由として、磁性金属である鋼は表皮効果が大きく、板厚方向の磁束密度減衰が大きいことが挙げられる。鋼板中の磁束密度減衰は励磁電流の周波数に大きく依存することから、本研究では幅広い周波数成分を含むステップ電流を励磁電流に使用した。厚さの異なる試験片を用いた実験とFEM過渡磁場解析を行い、電磁誘導法による厚さ20mm程度までの鋼板厚測定の可能性を検討した。また、スリット入り試験片を用いた実験を行い、鋼板表面のスリットが計測に与える影響を調べた。

以上の実験および解析から以下の結果を得た。

実験およびFEM解析から得られた検出コイル電圧波形には二つのピークが現れ、最初に現れた第一ピークが鋼板の外側を回り込んだ磁束によるピークであり、次に現れた第二ピークが鋼板を透過した磁束によるピークであることを確認した。また、第二ピークから抽出した波形パラメータ(「振幅」、「遅れ時間」および「半値幅」)がいずれも厚さ21.8mmまでの範囲内で板厚と相関関係にあることを確かめ、それらによる鋼板厚測定の可能性を示した。中でも、励磁・検出両コイルリフトオフと励磁電流振幅の影響を最も受けにくい「遅れ時間」が板厚測定に有効であることを示した。また、鋼板表面のスリットの各パラメータに与える影響が小さいことも確認した。

〈システム技術部〉

Optimal Selections for Shielding Materials
by Using Fuzzy Linear Programming Method
ファジィ線形計画法を利用した遮蔽物質の最良選択
金井康二、三浦俊正、小田野直光、菅澤 忍

平成8年9月

The proceedings on FLINS' 96' 及び' Intelligent Systems and Soft Computing for Nuclear Science and Industry

各種遮蔽評価項目を念頭に、目的に応じた最良な遮蔽設計をしようとした場合設計の初期段階では特に、仕様として与えられる条件は不確定要素を持った曖昧な量であることが多い。また、設計仕様そのものの変更を余儀なくされることが頻繁に起こりえる。在来の曖昧さを許さないYes-Noの二値的な最適手法での確かな高性能遮蔽材を見出すことは非常に困難で、実用的な方法として確立された例は無いといえる。

我々は、在来の二値的な最適手法の定式化で障害となっていた膨大なパラメータに対する課題をファジィ集合に依るグループ分けとして「組み合わせ爆発」を回避する方法に依り解決し、高度な専門知識も必要なく、しかも簡便に高性能遮蔽材を見付け出す「放射線遮蔽性能評価手法」を新たにファジィ推論に基づいて構築した。今回発表する研究は、その一連計算の第一段階でファジィ線形計画法に依って、仕様を満足する遮蔽体の物質構成、成分比及び全体厚（平板近似で）等の大まかな情報を得るための方法である。この第一段階の計算は、曖昧で変更を伴う不確定要素の多い仕様条件に敏速に対応して、設計条件が具体化するのに伴って該当する遮蔽材の諸量の変動幅を狭めて逐次計算精度を向上させるものである。

本手法のモデルでは、想定する均質遮蔽材料を既に計算されている物質で構成し、それらの成分比を独立変数とする。最適計算の評価量（目的関数及び制約条件）は成分比の線形関数（区分的な場合でもよい）で表わせればいずれの評価量も取り扱える。例えば、遮蔽厚、重量、コストなども線量率や放射化量など遮蔽特有な評価量とは別に、線形近似できる範囲以内で議論の対象になる。

今回の発表では本手法の妥当性を検討するために、東海支社で実施された高性能遮蔽材の試作品を取り上げた。同試作品はコンクリートの比重とほぼ同じ程度で、中性子遮蔽用の含水素物質と中性子とガンマ線の遮蔽効果を上げるためにポロン入り重物質の混合体を仮定し最良な成分比を見出すことである。この試計算に依り本手法が充分実用に耐えるものであることが確認できた。

（なお、当Proceedingsの' the specific attenuation coefficient of the i-th component' を' fitting parameter with respect to dose rate of the i-th component' と変更する。）

(92)

Effective Representation of Light Aids
to Navigation in Ship Handling Simulator

操船シミュレータにおける
航行援助施設の灯火の効果的な表現

沼野正義、宮崎恵子、田中邦彦

平成8年9月

Proceedings of MARSIM '96

狭水道や港湾等の海域においては、船舶の航行の安全を確保するために、種々の航行援助施設が設置されている。夜間においては灯火による航行援助が有効な支援となっている。これらの灯火による航行援助施設を新たに設置したり、安全性を高めるための改良を行う際には、操船シミュレータを用いた評価が有効である。

操船シミュレータの景観画像の中での灯火の表現として重要なものは、明るさおよび明滅による灯質である。さらに、背景光の中での発見の容易さ等、灯火を利用した操船において問題となる点を評価する必要がある。

灯火の明るさは、相対的な光度を灯火の面積と輝度によって実現し、灯火に個別のタイマーを割り付けることによって明滅を制御して個々の灯質を実現した。また、背景光と灯火との干渉については、明るさ、色、灯質等種々のパラメータが総合されて操船者による灯火の識別に影響を与えている。各パラメータの影響のモデル化が不十分であることから、ここでは操船者の主観的評価を用いることとした。

関門海峡を対象として、操船シミュレータ上に灯火を表現し、光度や灯質等の客観的評価だけでなく、操船実務者による主観的評価を加えて、灯火表現の有効性を確認するとともに、平成8年1月に実施された改良工事についてその有効性を前もって確認することができた。この手法をさらに発展させることによって、一般的な航行援助灯火の設計や改良に有効と考える。

原子力における確立論的安全評価法 (その3)

Probabilistic Safety Assessment
for Nuclear Plants (Part 3)

松岡 猛

平成9年1月

日本信頼性学会誌 Vol.19 No.1、1月号

〈原子力技術部〉

放射性物質の輸送における対応と問題点
Correspondences and Problems for Transport
of Radioactive Materials

植木紘太郎

平成9年3月

日本原子力学会 1997年春の年會要旨集

原子力分野で導入されてきている確率論的安全評価法 (PSA: Probabilistic Safety Assessment) についての解説で、3回連載の最終回分である。今回は、PSAにおいて主要な役割を果たしているシステム信頼性解析手法の一つであるGO-FLOW手法について解説を行った。従来PSAにおいてはフォールト・ツリー解析が主として用いられてきたが、近年動的な挙動を示すシステム解析のため様々な手法が提案されている。GO-FLOW手法は著者により開発されたシステム信頼性解析手法で、時間依存性の解析、複雑な動作モードを持つシステムの解析、動的システムの解析等フォールト・ツリー解析にはない優れた機能を持っている。

まず、簡単な電気回路をサンプル問題として取り上げ、解析において考慮する事柄を説明した。

次に、GO-FLOW手法の概要、信号の意味、タイム・ポイント、オペレータ機能概略、信号の強度の説明を与え、GO-FLOW手法を理解してもらった。その後、サンプル問題をGO-FLOWにより解く手順、解析結果の説明を行った。

より進んだ解析機能としての不確実さ解析機能、共通原因故障解析機能、共通原因故障を考慮した不確実さ解析機能の概要説明が与えてある。

大規模システムの解析を実施する際には、一般に多大な労力が必要となってくるが、これらの作業を軽減し、実用性・使用性に優れたシステム信頼性解析体系とするためGO-FLOW解析支援システムが開発されている。この支援システムの構成・機能についての説明が与えられている。

最後に、これまでに実施した解析例について述べ、GO-FLOW手法で解析可能な対象について紹介するとともに、原子力・船舶以外の化学プラント、交通システム、ネット・ワークシステム等への適用可能性を述べている。

本報告では、ICRP (International Commission on Radiological Protection) 1990年勧告の取り入れが目下放射線審議会において検討されているので、取り入れに当たっては放射性物質の輸送の分野では何処に影響があり、どんな問題点があるかについてのべる。

放射性物質の輸送に関しては、IAEA (International Atomic Energy Agency) 輸送規則 (IAEA安全シリーズNo.6「放射性物質安全輸送規則 1985年版」) があり、これを受けて、世界各国がそれぞれの国内規則を定めている。このIAEA安全シリーズNo.6の被爆線量に関してはICRP1997年勧告をベースにしている。我が国における輸送規則上の制限値は次のようになっている。

- (i) 輸送物 (放射性物質を収納した容器) の表面で 2 mSv/h 以下
- (ii) 輸送物の表面から 1 m 離れた位置で 0.1 mSv/h 以下
- (iii) 車輻や運搬船等の表面から 2 m の位置で 0.1 mSv/h 以下
- (iv) 車輻の運転席で $20 \mu \text{ Sv/h}$ 以下
- (v) 運搬船の居住区で $1.8 \mu \text{ Sv/h}$ 以下

次にTN-12Aと称するPWR使用済核燃料集合体を12体収納した輸送容器の表面における中性子及びガンマ線の線量当量率分布の測定例を示す。中性子の最大線量当量率は頭部トラニオン付近でおよそ $100 \mu \text{ Sv/h}$ (10 mrem/h) であり、ガンマ線は容器中央部が最大でおよそ $50 \mu \text{ Sv/h}$ (5 mrem/h) である。中性子+ガンマ線の最大値は頭部トラニオン付近で、およそ $130 \mu \text{ Sv/h}$ (13 mrem/h) である。この値は (i) の制限値のおよそ $1/15$ である。一方、この輸送容器の表面から 1 m 離れた位置における中性子+ガンマ線の最大値は容器の中央部でおよそ $40 \mu \text{ Sv/h}$ (4 mrem/h) であり、(ii) の制限値のおよそ $1/2.5$ である。このように、大型の輸送物では制限値に対し十分な安全裕度があるが、輸送物表面から 1 m 離れた位置の方が一般に安全裕度は小さい。

1990年勧告では、職業人に対する被爆線量限度が現行の 50 mSv/y から 20 mSv/y (5年間の平均線量) に引き下げられるので、輸送に関しては上記 (i) ~ (v) に何らかの影響があるかどうかが今後の問題であろう。

(i) ~ (iii) についてはIAEAがどう判断するか因るものと考えられるが、(iv) と (v) は職業人の被爆限度に基づき、労働時間を考慮して算定された値であり、我が国独自で変更することも考えられる。

〈海洋開発工学部〉

浅喫水箱型浮体の曳航時の索張力

Towingline Tension

of Box Shaped Floating Body

山川賢次、原 正一、國分健太郎、岩井勝美

平成 8 年10月

平成 8 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会

企画発表（ワイヤロープ分科研究会）資料

メガフロート技術研究組合との共同研究で、浮体ユニットの曳航に関する模型実験および千葉港から横須賀・追浜までの東京湾内の曳航と岡山県・水島から追浜までの太平洋岸沿いの外洋を曳航する機会に実機実験を実施した。この浮体ユニットは長さ100m、幅20m、深さ2m、喫水0.5mで船長・幅に比して喫水の浅いのが特徴である。このような箱型浮体の曳航抵抗や波浪中の曳航時の構造強度上の安全性などが重要な課題である。このうち曳航索の張力について解析した結果をまとめたものである。

模型実験は、模型の形状を①標準型（箱型、喫水25mm）②フレーム付（喫水25mm）③カットアップ付（箱型、曳航抵抗軽減のため船首に1/2の勾配のカットアップを装着）④深喫水（箱型、喫水50mm）の4種類について曳航抵抗を調べた。その結果、各船型の曳航抵抗は標準比に比べてカットアップ型は約40%曳航抵抗が軽減され、深喫水型は約50%増加、フレーム型は約10%増加するという結果を得た。

2回の実機実験では、千葉港から追浜までの曳航で、波浪が0.5m以下で静穏に近い状態であったので実機の速度と曳航抵抗の関係を、水島から追浜までの曳航では、波浪中の曳航抵抗を調べることができた。

模型実験および実機実験の結果、曳航索張力の定常分は、被曳船の平水中の曳航抵抗、波浪中の抵抗増加、潮流力、風荷重などの重ね合わせで推定することができる。変動分は最大索張力を決める重要な要素であるが、海象条件のみならず曳船・被曳船を含む曳航系の特性が影響するので画一的な推定が困難である。曳航時の操船上の特記事項は見られなかったように思われるが、長さ・幅に比して型深さが小さいため波浪中を曳航する場合に構造強度上の注意が必要である。

浅喫水箱型浮体の曳航に関する研究

（模型実験と実機実験との比較）

On the Towing of the Box-shaped Floating Unit with Shallow Draft

(Comparison Between Model and Full-scale Tests)

原 正一、山川賢次、國分健太郎、岩井勝美

平成 8 年11月

関西造船協会誌第227号

メガフロート技術研究組合では、平成7年度に4つの浮体構造物ユニットを、近隣のそれぞれの製造所から設置海域である横須賀市追浜まで曳航設置し、平成8年度には3つの浮体構造物ユニットを長距離輸送して設置した。そのうちの1ユニットはドライ曳航であり、あとの2つのユニットはウェット曳航であった。

船舶技術研究所では、平成7年度に千葉から、平成8年度には水島からのそれぞれの曳航時に曳航索張力、甲板のひずみ、浮体の運動などの計測を実施する機会を得た。前者は、東京湾内の曳航であり、波浪の影響は少なかったが、後者は沿岸域ではあったが太平洋上の曳航であり、波浪域でのデータを取得できた。また、寸法および曲げ剛性を相似化した模型による浮体構造物ユニットの曳航実験を実施し、波浪中における曳航抵抗の増加、浮体ユニットの挙動および構造強度等に関する安全性を検討するデータを取得した。これらの結果から、以下のことがわかった。

- (1) 浅喫水箱型浮体の平水曳航抵抗の計測を行ない、船首部にカットアップを有する場合、標準型と比較して40%程度抵抗が減少することがわかった。また、喫水を2倍にした場合、抵抗係数は20%程度減少した。
- (2) 弾性浮体の波浪縦曲げモーメントの推定のために、圧力分布法を用いた計算を行い、曳航速度0の場合について実験値と良く一致した。また、浮体を剛体と仮定したストリップ法の計算値は、ピーク値で実験値よりも50%程度大きめの推定となる。
- (3) 曳航速度の波浪曲げモーメントに対する影響は、6kt程度であれば非常に小さく曳航速度0の場合の結果とほとんど差がみられなかった。
- (4) 斜め追波中の実機の実験から求めた波浪曲げモーメントの応答関数は、理論計算と良く一致した。したがって、模型実験と実機実験の相関は非常に良かった。
- (5) 実機実験で得られたブライドル張力は、ワイヤロープが没水するため動的張力の影響により大きな変動張力を発生する。索張力の瞬時値分布は、弱非線型である。

Third-harmonic Diffraction Forces
on Axisymmetric Bodies

軸対象浮体に働く3次波力

加藤俊司、Bin Teng

平成9年3月

Proceedings of the 12th International Workshop
on Water Waves and Floating Bodies

緊張係留構造物(TLP)のリング現象とはバースト現象を伴う高次の同調振動現象である。この現象は、テンドンの疲労損傷、破壊さらには係留系の全壊を引き起こす可能性があるため、その振動の発生メカニズムの解明及び応答の予測は非常に重要であるが、リング現象の発生原因は、まだ明確になっていない。3次波力が引き金になっていると言われている。3次波力の推定に関し、Faltinsen、Newman and Vinje(FNV)(1995)は、ringing現象が平均波周期10秒以上の不規則波で発生していること及びそうした長波長域では、TLPのコラム径と波高は同程度のオーダーとなることから、長波長+細長体近似を導入した。この理論によると ka (k :波数、 a :コラム半径)の低次オーダーの波力に対し $(ka)^2$ 及び $(ka)^3$ の高次波力成分が生じる。一方、Malenica and Molin(M&M)(1995)は、ストレートフォワード的に摂動理論を2次から3次まで拡張し、一様円柱パイラに作用するサージ力がある程度正確に計算している。このM&M理論による結果とFNV理論の結果を比較するとFNV理論は、位相情報まで含めると $ka < 0.05$ でしか適用できない。本論は、任意の軸対象浮体に働く3次波力を推定するために、M&M理論を次の点で拡張した。すなわち、M&M理論では、線形ポテンシャルには厳密解、2次ポテンシャルには準解析解を使用して理論を展開しているが、こうした解析解が使用できるのは一様鉛直パイラに対してであり、任意の軸対象浮体に対しては適用できない。そこで、本論文では高次元要素を使用した境界要素法による数値解を使用する。

本法の適用性を検討するために、一様鉛直円柱に働く3次波力に対しM&M理論結果と比較した。その結果、1次及び2次ポテンシャルによる3次波力成分に関しては両者は完璧に一致したが、3次ポテンシャルによる3次波力成分に関しては若干の差が生じた。両者ともこの成分に関しては数値計算結果であるのでどちらが正しいとは判断できない。FNV理論結果との比較においては、位相情報を無視すれば $ka < 0.4$ の範囲まで適用可能であることが新たに判明した。さらに、3次波力モーメントの特性が、初めて示された。3次波力モーメントは、3次波力と比べて低周波数域($ka=0.5$)でピークをもつことから、ringing現象の起振力として重要となることなどが判明した。

〈水海技術部〉

極低温用複合材のモードII層間破壊じん性試験
Mode II Interlaminar Fracture Toughness Test
on FRP for Cryogenic Use

前田利雄、桜井昭男

平成9年3月

日本材料学会 第26回FRPシンポジウム講演論文集

構造物に積層複合材を使用する場合、層間破壊モードがその構造物の寿命を決定する主要な破壊様式となる可能性が高くなっている。特に低温域で使用する積層複合材の場合、低温割れを防ぐために樹脂の使用量は低く押さえられ、また、高強度強化材の使用により繊維-マトリックス界面に作用する応力はより大きくなっている。これらのことは、積層複合材が層間破壊する可能性をさらに高めていることを示しており、層間破壊じん性の的確な把握が必要となっている。しかしながら、一般に層間破壊じん性に対する試験はき裂の進展を直接観測する必要があり、低温槽内での実施は困難である。

そこで、本報告では直接き裂進展を観測することなく荷重-変位曲線の傾きの変化からき裂進展量を検出する手法を適用したモードII(面内せん断型)層間破壊じん性値を求める方式の端面切欠き曲げ[ENF]試験を20、-50、-100、-150、-180℃の各雰囲気温度で行った。試験に供したFRPは強化材にガラスローピングクロス、カーボンクロス、アラミドクロスの3織布を用い、樹脂には低温靱性に優れたビニルエステル樹脂を使用した。

試験はJIS K7086、炭素繊維強化プラスチックの層間破壊じん性試験方法に準拠し、モードII層間破壊じん性値を簡便に測定する方法として提案されている荷重-荷重線変位線図から求める方法と、き裂開口変位(COD)計を用いた荷重-COD線図から求める方法について行い比較検討した。また、各供試材の層間破壊じん性値に及ぼす温度の影響について調べた。

試験の結果、低温~極低温でのモードII層間破壊じん性の評価法として、COD計を用いた端面切欠き曲げ試験の有効性が確認できた。層間破壊じん性値の温度による影響では、一体に温度の低下に伴い減少する傾向を示した。また、強化材による違いでは、破壊が主に樹脂と強化材との界面で生じ、樹脂との密着性に優れているガラスローピングクロスを用いたGFRPが比較的良好な結果を示した。

〈大阪支所〉

船舶におけるEMCの実態調査とその問題点
Practical investigation and the problem
of EMC in ship山根健次、樋富和夫、吉田紘二郎、橋本 武、
松下邦幸、飯田敏夫、清水正男
平成8年10月日本船舶機関学会 シンポジウム
「船用機関システムと国際動向」学会誌論文

近年、半導体電子デバイスの進歩と普及により、電子機器を搭載した機械類が無線機やFM放送からの電波によって誤動作を起こし、人身事故に至るなどの報告が各国において増加し始めた。誤動作やノイズ障害の防止を目的として、EMC (Electromagnetic Compatibility) の国際規格が強化されている。本報では、船舶のEMC規格に関する国際動向、並びに、船舶における実態調査結果と関連規格 (IEC945) との適合性について考察した。

本研究における実態調査は、第一段階として船内各区画の電磁環境をマクロ的に把握し問題点を抽出することを目的として実施した。その結果、電磁放射妨害に関しては、1) 船舶が接岸する港によっては、IEC945で規格化されているイミニティ (妨害波排除能力) 試験で供試体に放射する電磁波の強さに相当する電波が発信されていること、並びに、実際に、実船実験船に搭載されたGPS (地球規模測位システム) が入港期間中に機能不能となっていること、2) 船内では、規格の限度値に近いコンピュータ等からノイズが放射されていること、3) シールドルーム内実験により電子機器類の耐性値を越えた電磁放射妨害を受けた場合、その機器が誤動作を起こすこと、が分かった。

また、電源高調波に関しては、1) 誤動作要因である高調波電圧はバウスタ駆動時及び軸発電 (サイリスタ方式) 運行時にIEC規格値を越えていること、2) 機能劣化要因である高調波電流はディーゼル発電機より軸発電機 (サイリスタ方式) のほうが高次に互って規格値を越えていること、が分かった。

これらの結果及びIEC945及び533の改正動向を踏まえ、本研究の第二段階として、用途の異なる船舶の船内電磁環境の詳細な把握や個々の機器の放射電磁波特性及び耐性データの取得を図り、最終段階として、設計や評価に寄与できるEMC予測プログラムの構築を図りたいと考えている。

ポリプロピレン複合材の氷海環境における
吸水及び強度特性Water Absorption and Strength Properties
of Polypropylene Composites at Frozen Sea桜井昭男、前田利雄
平成9年3月

日本材料学会 第26回FRPシンポジウム講演論文集

FRTP (熱可塑性樹脂複合材) はマテリアルリサイクルが比較的容易であり、また、靱性、量産性、原料の保存安定性等に優れた特徴を有している。このため、大型海洋構造物においてもFRP構造部材をFRTPに置き換えることが注目されているが、海洋環境下で長期間使用するための材料特性データはまだ十分ではなく、特に氷海構造物に適用するための低温データはほとんど得られていない。本報告では、熱可塑性樹脂の中でも機械的強度、耐磨耗性に優れ、価格の面でも競争力のあるポリプロピレンをマトリックスとする3種のガラス繊維強化複合材について、氷海環境を模擬した条件での吸水特性、並びに機械的特性に及ぼす吸水及び低温の影響を検討した。

はじめに吸水特性を調べた結果、ポリプロピレン樹脂単体はほとんど吸水しないが、複合材は浸漬開始直後に顕著に吸水し、その後吸水率の増加は徐々に緩やかになって飽和吸水率に近づいた。複合材試験片の側面は機械加工により繊維-樹脂界面が露出しているため、吸水の大部分は繊維と樹脂との界面に毛細管現象で取り込まれているものと考えられる。また、環境条件を変化させて試験した結果、吸水時の圧力を海面下30m相当とした場合、常圧時と同じ吸水率に達する時間は1/3~1/4になり、飽和吸水率も大きくなった。一方、温度を海水の結氷温度に近い2℃に下げると、吸水に要する時間は常温時の1.3~1.5倍になることがわかった。

強度特性では、一方向プリプレグ積層材の引張強度はスタンパブルシートの4倍以上の値を示し、吸水による強度低下も少なく、高引張応力下での使用に有用なことがわかった。曲げ強度については、温度の低下に伴い強度が直線的に増加するのは引張強度の場合と同様であるが、吸水に伴い強度がほぼ1/2に減少した。試験後の破壊状況を観察してみると、いずれの試験片も圧縮側が座屈変形していた。これは繊維-樹脂界面に侵入した水分がその接着力を減少させたことによるものと考えられる。したがって、実機において曲げあるいは圧縮応力が作用する環境で使用する場合には防水施工に注意を払う必要があることがわかった。

〈東海支所〉

高性能放射線遮蔽材の開発(II)

Development of High Performance
Radiation Shielding Materials (II)三浦俊正、小田野直光、金井康二、
進藤祐二、津田靖孝、滝沢 徹

平成8年9月

日本原子力学会「1996年秋の大会」予稿集

これまでに紫外線硬化法により水素、鉛、硼素を含む化合物の混合物から厚さ約1mmの高分子系の遮蔽材を作成した。今回はこれらの遮蔽材の遮蔽性能の向上を目指して、紫外線硬化法による製作手法の改良に関する実験的検討並びに遮蔽材の核分裂線源に対する遮蔽性能評価を行った。遮蔽性能を向上させるためには水素の含有量を増やす必要がある。このため、1官能基を持つ紫外線硬化モノマーの水素含有量を調べた。その結果、(1)長鎖脂肪族アクリレート、(2)イソデシルメタクリレート、(3)ラウリルアクリレート、(4)ステアリルアクリレート、(5)ステアリルメタクリレート等のモノマーの水素含有量が大きいことが明らかとなった。これらのモノマーの水素密度は、これまでの実験で使用したテトラヒドロフルフリルアクリレートに比べると22~30%多い。これらに遮蔽材として(A)硼酸鉛、(B)鉛と硼酸、(C)硝酸鉛をそれぞれ混合分散し、紫外線照射した。その結果、上記(1)、(3)、(4)のモノマーと遮蔽材(B)または(C)と混合、照射すると柔軟性のあるゲル状の遮蔽材が得られたが、モノマー(2)、(5)の場合は良い結果が得られなかった。また、これまで作成した遮蔽材は密度約2.2のものであったが、解析の結果、核分裂線源に対しては1次ガンマ線の透過割合が無視できないことが明らかとなった。そこで、鉛化合物の割合を増やしてゲル化を試みた。結果として密度約3の材料を作成できたが、硬化モノマーの相対量が減るため、これ以上の高密度化はかなり難しいことがわかった。一方、一回の紫外線照射で作成される遮蔽材の厚さは1~2mm程度である。実用化のためには厚い遮蔽材を作る必要がある。このため、硬化モノマーと遮蔽材の混合液のコーティングと紫外線照射を繰り返し行うことにより積層化を試みた。このように作成した高性能遮蔽材に対して、今回は核分裂中性子及びガンマ線が線源の場合について中性子及び1次、2次ガンマ線を含めた遮蔽性能を評価した。計算にはTHIDA-2コードシステムを使用した。線源は等方面線源が遮蔽材の表面にあるとした。この結果、高性能遮蔽材の遮蔽性能は極めて良く、例えば、コンクリート1mの遮蔽に対し約45cmで等価な遮蔽効果が得られることが明らかとなった。