

所 外 発 表 論 文 等 概 要

地震誘起火災リスクの研究(2)

Development of fire risk assessment method caused by
earthquake (2)

三友 信夫、松岡 猛 (システム技術部)

平成 13 年 9 月

日本原子力学会 2001 年秋の大会

確率論的安全評価手法 (PSA) においては、内的事象に起因するリスク以外に地震、火災等の外的事象に起因するリスクも評価され始めており、内的事象と同等あるいはそれ以上のリスクをもたらすと評価された例もある。特に我が国においては、兵庫県南部地震の例に見られる様に地震によって引き起こされた火災による二次的災害でも大きな被害がもたらされ、機器耐力を大幅には上回らない、発生頻度の比較的大きな小地震でも、火災が各所に発生し安全システムの機能喪失に至ると原子炉事故に発展する可能性も無視出来ないと考えられる。それゆえ、地震等により誘起される同時多発火災リスク評価手法を確立する必要があると考え、地震時の火災発生シナリオの検討、地震時火災損傷評価手法の開発、サンプルプラントを対象とした評価を実施し、地震誘起による同時多発火災リスク評価手法の開発・整備を行うことを目的とした研究を実施している。

本研究開発においては、従来から海上技術安全研究所において開発・整備してきたシステム信頼性解析手法 GO-FLOW、火災リスク評価の経験、火災進展解析コード (COMPBRN) の使用経験等を活用し、

- (1) 火災発生シナリオの検討
- (2) 地震時火災損傷評価手法の開発
- (3) 火災実験による火災進展解析コードの検証
- (4) サンプルプラント評価

について平成 11 年度より 5 カ年計画で実施しているものである。

平成 12 年度においては、原子力プラントのスクリーニングを行うことにより、火災シナリオの検討を行った。地震時火災損傷評価手法の開発として、地震時の機器損傷解析コードについては、日本原子力研究所において開発された SECOM コードを参考にして開発を行い、火災進展解析コードについては多区画の火災伝播を扱うゾーンモデルを参考として開発を行った。同時に開発した前述の地震時の機器の損傷解析コードから火災の発生源が与えられ、火災進展解析コードにより、その進展を解析するものとした。この火災進展解析コードについては、汎用流体解析ソフトである Phoenix を用いて開発を行い、また実際にこれらのコードを用いて解析を行った。

Effect of Thickness on Fatigue Strength of Titanium Fillet Welded Joint

チタンすみ肉溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響

岩田知明、松岡一祥

平成 13 年 10 月

Proceedings of ITA (International Titanium Association)
17th Annual Conference & Exhibition

チタンの、高い耐食性による維持コスト削減、高比強度による燃費向上などの、環境・経済効果が船舶分野で近年注目されて来っており、検査規準の緩い漁船においては、既に構造部材に使われ始めている。しかし、検査規準の厳しい客船・貨物船においては、実績が乏しく、設計、製造及び検査方法が確立されていないため、規準化のための基礎資料整備が望まれている。特に船舶では、船体構造特有のすみ肉溶接箇所が多く、これらのデータ不足が適用の妨げになっている。本研究では、チタン船開発を促進するため、チタン薄板溶接構造の基礎資料整備として、突合せ溶接継手・すみ肉溶接継手の疲労試験を行い、疲労強度に与える板厚の影響を評価した。

突合せ溶接継手の結果は、板厚に関係なくほぼ同じ範囲に分布している。板厚 10mm の試験片はすべて母材部で破断しており、溶接部は疲労強度にはほとんど影響を与えていないと考えられる。そこで板厚 2mm と 10mm の結果をまとめた S/N 関係を最小自乗法で求めると、 $\log N_f = 23.7 - 7.78 \log AS$ となった。本試験の範囲では、応力範囲が母材の 0.2% 耐力規格値を上回る短寿命側の一部データを除けば、チタンの疲労強度は鋼材の設計用疲労強度より高くなっている。

これに対し横すみ肉溶接継手では、板厚 2mm の結果よりも板厚 10mm の結果のほうが、強度が低下していることがわかった。板厚 10mm の試験片はすべて止端部で破断しており、溶接部の影響が疲労強度に現れていると考えられる。板厚 10mm のみの S/N 関係を最小自乗法で求めると、 $\log N_f = 15.1 - 4.40 \log AS$ となった。応力範囲が 130 MPa 以上では、鋼材の設計用疲労強度を下回っており、上述の S/N 関係を下限値として用いる必要がある。

また、縦すみ肉溶接継手の結果は、板厚に関係なくほぼ同じ範囲に分布している。試験片は板厚 2mm と 10mm 共にすべて止端部で破断しており、溶接部の疲労強度に与える影響は板厚に関係なく等しいと考えられる。そこで板厚 2mm と 10mm の結果をまとめた S/N 関係を最小自乗法で求めると、 $\log N_f = 17.3 - 5.76 \log AS$ となった。すべての範囲で鋼材の設計用疲労強度を下回っており、上述の S/N 関係を下限値として用いる必要がある。

腐食凹凸面における超音波厚さ測定誤差の補正法

An error correction method in an ultrasonic thickness
measurement at rough corroded surfaces

成瀬 健、島田 道男、吉井 徳治

平成 14 年 1 月

日本非破壊検査協会

第 9 回超音波による非破壊評価シンポジウム

船舶および海洋構造物において、構造部材の腐食衰耗は、構造物全体の強度低下をもたらすことから安全性を確保する上で大きな問題となっている。そのため、衰耗状況を調べるために行われる厚さ測定は重要な検査項目と認識されており、国際的な船舶検査強化の流れの中で適用拡大が図られている。

通常、板厚測定は超音波厚さ計により行われている。しかし、腐食した構造部材の表面は、腐食生成物に覆われていたり、大きな凹凸を生じているなどの理由から、グラインダー等による測定面の前処理が必要となり、そこに多くの費用と労力を要することが問題となっている。また、測定者が前処理を行う際に、削りやすい箇所を測定点に選定することによる測定結果の偏向も懸念されている。

そこで本研究では、腐食部材の超音波厚さ測定において、グラインダーによる測定面の前処理省略を検討するため、実際の腐食鋼板を、ブラシ等により錆を落としただけの状態で超音波厚さ測定を行い、機械式厚さ測定と比較した。その結果、グラインダー処理を省略しても、厚さ約 19mm までの腐食鋼板において超音波エコーは十分に検出できることを確認した。しかし、厚さの平均値として、プラス側に 0.6mm から 2.2mm の測定誤差が発生することが分かり、その対策として、表面エコーの持続時間による補正方法を考案した。この補正方法は、厚さ分布の平均値を 0.2mm 以内で機械式の測定値と一致させることが可能であり、測定点が多く確保できる場合は有効である。船舶検査では、多くの測定点が確保できるため十分に活用できるものと考ええる。

Multi-scale analysis of bubbly flows

気泡流の多重スケール解析

杉山 和靖、高木 周、松本 洋一郎

平成 13 年 12 月

Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering,

Vol. 191

気泡流中に存在する時空間的な多重スケール構造を踏まえた数値シミュレーションを行った。

気泡流における流れ場の代表寸法によって特徴づけられる「マクロスケール」の流れは、個々の気泡径と関連がある「ミクロスケール」や気泡間距離と関連がある「メゾスケール」の現象から影響を受けている。

気泡流のミクロスケールの現象として、気泡周囲液体中への微量な不純物の混入により気泡の終端速度が劇的に変化することが知られている。気泡界面に不純物が吸着すると、不純物の濃度勾配が形成され、それに伴い、マランゴニ効果と呼ばれる気泡界面に沿った表面張力の分布ができる。本論文では、単一上昇気泡を対象として、不純物の気泡周囲液体中での輸送や気泡界面への吸着などを考慮した数値シミュレーションを行った。そして、マランゴニ効果が大きくなるに従い、気泡に働く抗力が固体粒子に働く抗力へと近づくことを示した。

次に、気泡流におけるメゾスケールの現象の一例として、静止液体中を上昇する気泡群を対象として、その運動を直接数値シミュレートした。計算は矩形格子系で離散化し、気泡表面上の応力分布から気泡重心位置を追跡する方法を用いた。気泡群の上昇によって生成される乱れに対する知見を得るため、気泡周囲液体の乱流エネルギースペクトルを調べた。その結果、気相体積率の増大に伴い、乱流エネルギーが高くなることを示した(図参照)。また、レイノルズ数と気相体積率をパラメータとして、気泡に働く抗力係数を調べた。その結果、本計算によって予測された抗力係数に対する気相体積率の依存性が実験や理論とよく一致することを示した。

Three-Dimensional Numerical Analysis of Bubbly Flow around a Circular Cylinder

円柱周りの気泡流の三次元数値解析

杉山 和靖、高木 周、松本 洋一郎

平成13年8月

JSME International Journal, Series B, Vol. 44, No. 3

境界適合格子を用いた円柱周りの気泡流の数値シミュレーション手法を開発し、ボイド率分布、ストローハル数について調べた。

本研究では、気泡数密度の保存性を利用し、気液混合流体の質量・運動量保存と気泡の並進運動を解く「気泡数密度モデル」を一般曲線座標系で記述し、円柱に境界適合した格子を用いて計算を行った。液相レイノルズ数が100から2000までの層流条件下で三次元シミュレーションを行った。

まず、Joo and Dhir (1994)が行った実験と同様に、液相レイノルズ数が430の条件の下、円柱近傍のボイド率分布を調べた。その結果、円柱後方のボイド率分布が実験結果や内山・峯村(1996)の計算結果とよく一致することを確認した。次に、カルマン渦の放出周期のボイド率依存性を調べるため、液相レイノルズ数が100と500の条件の下、ストローハル数とボイド率の関係を調べた。その結果、低いレイノルズ数(100)では、ストローハル数がボイド率にあまり依存しないのに対し、高いレイノルズ数(500)では、Hulin ら(1984)の実験と同様、ボイド率が10%程度でストローハル数が最大値を示す結果を得た(図参照)。また、実験で観測されるカルマン渦への気泡の集積(例えば、Yokosawa ら(1986))が、気泡の並進運動の緩和時間が大きい場合に顕著となることを確認した。さらに、円柱後方のボイド率分布の形成には、気泡に働く浮力の影響が重要であることを確認した。

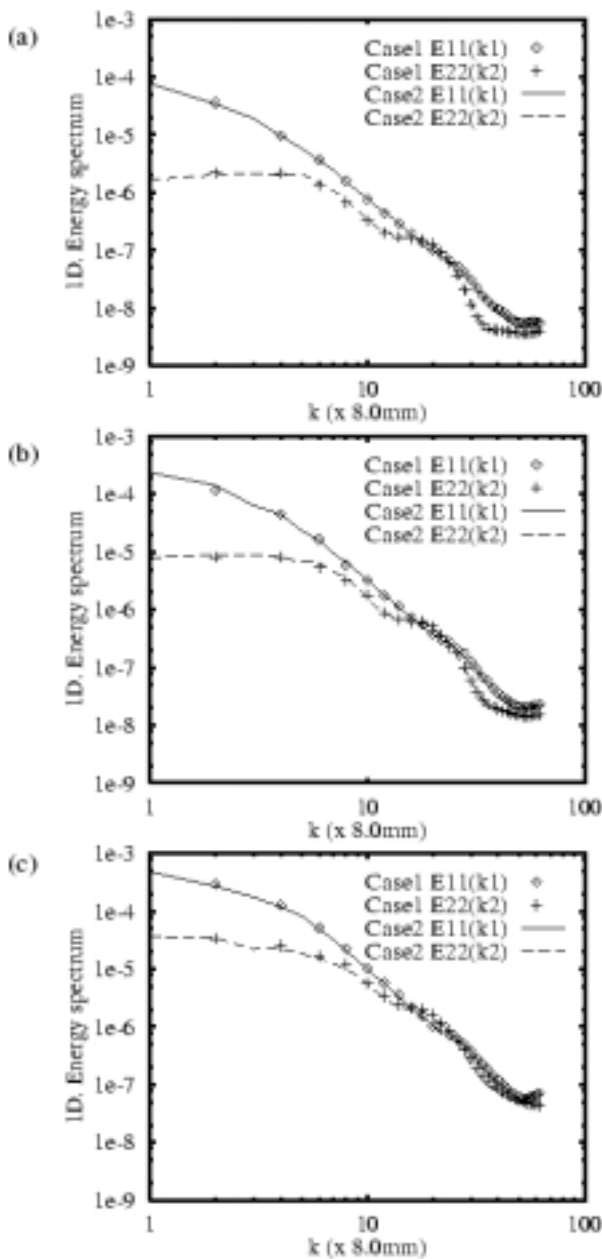


図1 One-dimensional vertical energy spectrum distribution versus wave number ($g=10\text{m/s}^2$, (a) $f_G=1.67\%$; (b) $f_G=3.33\%$; (c) $f_G=10.0\%$)

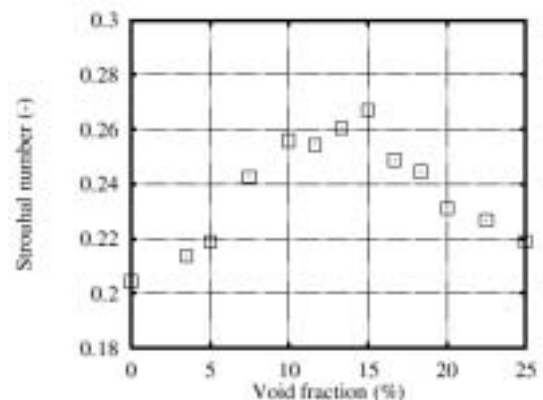


図2 Variation of Strouhal number ($((1-f_{G0})/(1+2.5f_{G0})) \cdot Re=500$)

船用MR積層材の圧縮強度評価

The Compressive Strength Evaluation of MR Laminar
for Ship Hulls

千秋貞仁、櫻井昭男

平成 14 年 1 月

九州大学応用力学研究所研究集会報告 13ME-S8

小型船用 MR 積層材の圧縮強度の測定と計算予測可能性の検証を目的として、小型船舶用構造材として汎用的に用いられる MR 積層材について、マット(M)とロービングクロス(R)の積層構成の異なるクーボン型試験片を作成し、静圧縮強度及び圧縮疲労強度試験を行った。まず、試験片各シリーズの平均板厚(h_a と記す)と(1)式の強化プラスチック船(FRP船)特殊基準(以下特殊基準と略す)の要求値(h_d と記す)及び静引張り σ_t [MPa]、静圧縮強度 σ_c [MPa]を表 1 に示す。各シリーズの平均板厚は、特殊基準の要求値の 45.1 ~ 65.9[%]の範囲であった。また、各シリーズの静引張り強度は、特殊基準に規程されている引張り強度要

$$\frac{W_g}{10 g_R G} + \frac{W_g}{1000 g_G} - \frac{W_g}{1000 g_R} \quad (1)$$

G:積層板のガラス含有率

γ_R :硬化樹脂の比重、 γ_G :M または R の比重

W_g :M 及び R の単位面積当たりの設計重量

表 1 各試験片の実測平均板厚と特殊基準要求値及び
静引張り静圧縮強度

シリーズ名	h_a [mm]	h_d [mm]	σ_t [MPa]	σ_c [MPa]
CUPO1	4.36	6.62	194	124
CUPO2	6.58	11.4	187	230
CUPO3	8.84	14.8	218	238
CUPO4	5.27	11.7	176	177
CUPO5	8.08	17.9	186	236

求値 98[MPa]を満足し、静圧縮強度の絶対値も全て 98[MPa]を越えている。以上により特殊基準の要求板厚は、静引張り静圧縮強度について十分な安全余裕を見込んでいることが確認された。また、Rosen(1965)考案の FRP 積層材の静圧縮強度、Euler の弾性座屈強度予測式による予測値を測定値と比較したところ、Euler の弾性座屈強度予測式による予測値が薄板の圧縮強度測定値と比較的良好一致を示した。なお、MR 積層構成の差異が S-N 直線の傾斜として定義される疲労感度の値に与える明確な影響は認められなかった。

レベルセット法を用いた液々系ジェットの数値解析

Numerical Simulation of Laminar Jets in
Liquid-Liquid Systems by Level Set Method

岡 秀行、石井克哉

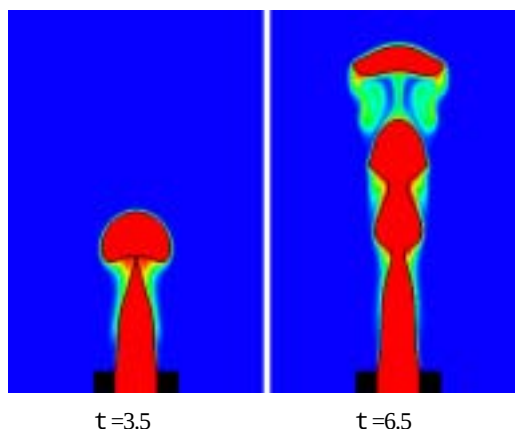
平成 14 年 1 月

第 51 回理論応用力学講演会 講演論文集

地球温暖化対策として、温室効果ガスの一つである二酸化炭素を海洋処理する方法が検討されている。その方法の一つである CO_2 液体溶解法では、 CO_2 の急速な溶解による処理海域の局所的な酸性化を避ける必要があるため、液体 CO_2 を海水中に放出する際のノズル孔径や、液体 CO_2 の溶解速度を見積もることが重要である。ここではその予備的研究として、物質移動を伴う液々系ジェット及び物質移動により収縮する上昇液滴について軸対称座標系における数値解析を行った。

本研究では、二相界面の取り扱いにレベルセット法を採用し、固体であるノズル部分を流速ゼロの仮想的な流体とすることで、複数の流体と固体を分離することなく統一的に取り扱う手法を取った。また、上昇液滴及びノズルから流入する分散相は常に飽和濃度であると仮定し、界面での溶け出しによる収縮速度をレベルセット法に組み込むことによって、分散相の収縮を伴う物質移動のモデル化を行った。数値解法としては Fractional Step 法を利用し、流れ場の支配方程式を時間発展的に解いた。移流項には 2 次精度 ENO スキームを、拡散項には中心差分を用いた。

下図は、物質移動を伴う液々系ジェットについて、本手法により得られた数値計算例である。ジェットの先端で液滴が形成されて分離し、分散相の溶出を伴いながら上昇している様子が見られる。本研究では、界面を通して溶け出す物質移動モデルをレベルセット法に組み込むことにより、分散相の収縮を伴う二相流を解析できる可能性を示した。



Interfacial shape and concentration profile at two different times.

船舶用塗料からのビスフェノール-Aの溶出

Release of Bisphenole-A from Ship Paint

柴田俊明

平成14年3月

日本水環境学会第36回年会講演集

内分泌攪乱化学物質(いわゆる環境ホルモン)の環境への排出が問題となっているが、その一つとしてビスフェノールAが取り上げられている。ビスフェノールAはポリカーボネイト樹脂やエポキシ樹脂の原料であり、ポリカーボネイト樹脂製のほ乳瓶や給食用食器からの溶出が問題視されると、これらからの溶出や環境影響について研究が進めれる様になった。又別の例としては、歯科用プラスチックからの溶出が問題となっている。

エポキシ樹脂は主に接着剤や塗料の材料として使われる。そのためポリカーボネイト樹脂製の容器等と比べると、あまり関心が持たれていないように見られる。しかし、缶詰や炭酸飲料用の金属缶の内部コーティングに使われるなど、身近な問題でもある。これらについては食品衛生法により規制されているが、使用される樹脂の品質によっては規制値を越える溶出量が検出された例もある。

船舶では塗膜としての優れた性質からエポキシ樹脂系塗料が多く用いられる。海水と接する部分については防食のためよく使われる。ここでは、バラストタンクの防食用塗料として使われるタールエポキシ樹脂塗料からの溶出について、蒸留水及び人工海水を試験液として、静的及び動的溶出試験を行った。試験方法として、静的溶出試験は、塗料の膜を試験液の入った容器に浸漬して行った。動的溶出試験は、ガラス板に塗装した試験片を試験液の入った容器に浸漬し、空気を吹き込んで水流を発生させて行った。

試験液を環境省暫定分析マニュアルにより分析した結果、検出下限値を超える溶出量が確認された。

溶出量について、温度による変化、及び溶出条件(静的・動的)による相違について検討した。その結果、溶出量は温度が高くなるととも多くなり、温度依存性が認められた。動的溶出試験では静的溶出試験より2倍以上の溶出量となる結果が得られた。

Use of Hydrate Pellets for Transportation of Natural Gas - II

- Proposition of Natural Gas Transportation in form of Hydrate Pellets -

天然ガス輸送におけるハイドレートペレットの利用-II
-ハイドレートペレット方式による天然ガス輸送の提案-

中島康晴、太田 進(海上技術安全研究所)

高沖達也(三井造船(株))、大垣一成(大阪大学)

平成14年5月

Proceeding of ICGH 4 (Fourth International
Conference on Gas Hydrates) 2002

天然ガスハイドレートペレット(NGHP)は様々な規模のガス田から天然ガスを輸送する手段になり得ると考えられる。そのため、運輸施設整備事業団の委託により、三年計画で研究を実施している。この研究における重要な課題の一つはNGHPの自己保存性の評価であり、別の重要な課題は、NGHP輸送船の概念設計である。NGHP輸送船は、断熱された船倉と特殊な荷役設備を有する専用船と考えられる。ここでは、NGHP方式による天然ガス輸送の概要、NGHPの熱的特性及び自己保存効果の評価、ならびに荷役システムを含むNGHP輸送船の概念設計について示す。

本研究では、東南アジアの中小ガス田においてNGHPを生産し、専用のNGHP輸送船で日本へ輸送するシステムが構想されている。また、NGHPの揚荷、分解後に生じる残水をNGHP生成プラントへと再送し、NGHP生産に再利用すること考えられている。

NGHPの熱的特性については、熱容量が氷とほぼ同じなのに対して、熱伝導率は氷の約5分の1であることが特徴として上げられる。また、NGHPの自己保存効果については、一定温度におけるNGHP分解速度の測定により評価を試みた。簡易実験では、268Kでは速やかに分解するのに対して、253Kでは輸送航海に耐えうる程度の低い分解率となった。

一方、NGHP輸送船の概念設計については、断熱された船倉を有するダブルハルばら積み船として考えられている。また、荷役システムについては、積荷はベルトコンベア等の既存の方式で対応できると見られるものの、揚荷は再ガス化等の方式を検討する必要があると考えられる。

座屈強度としての船用MR積層材圧縮強度

The Compressive Strength Evaluation of MR Laminar
for Ship Hulls as Buckling Strength

千秋貞仁、櫻井昭男、津島聡、小野正夫
平成 14 年 3 月

第 3 1 回 F R P シンポジウム講演論文集

小型船用 MR 積層材の圧縮強度試験計測と計算予測可能性の検証を目的として、マット(M)とローピング(R)の積層構成の異なるクーポン型試験片を作成し、静圧縮強度試験を行った。まず、Rosen(1965)が提案した(1-a),(1-b)式による静圧縮強度計算値、 σ_c^* との比較を Fig.1 に σ_c で示す。高繊維含有率の場合の(1-b)式による計算値が試験計測値と定性的に良い傾向の一致を示した。また、Euler の弾性座屈強度計算値との比較では、薄板の静圧縮強度測定値が良い一致を示したことから、コラム座屈強度として近似的に扱える板厚域が確認出来た。板厚の大きい場合は Fig.2 に示すように、Morais(2000)の静圧縮強度近似計算値が定性的な傾向を表現し得るようである。

(1-a)

(1-b)

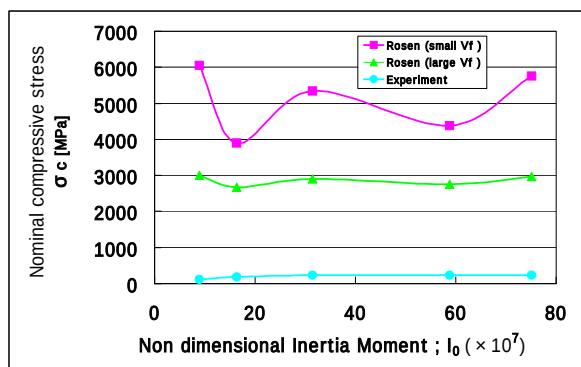


Fig.1 Rosen 式による静圧縮強度と試験計測値の比較

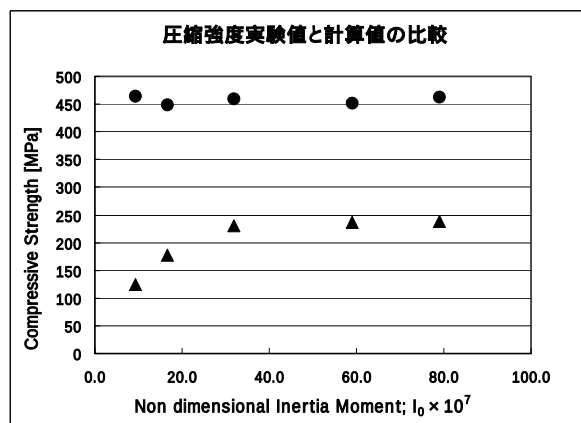


Fig.2 Morais 式による静圧縮強度と試験計測値の比較

(488)

On simplified method to analyze
the cross-deck floor strength of catamaran
subjected to pitch connecting moment
ピッチコネクトモーメントを受ける双胴船に対する
連結部フロア強度の簡易解析法について

山田 安平、竹本 博安

平成 14 年 5 月

Journal of the Society of Naval Architects of Japan,
Vol. 191, (2002)

双胴船は、波浪中航走時に、双胴船特有の荷重を受けることが知られている。その中でも特に、斜め波航走時に左右のデミハルの逆位相のピッチングにより生ずるピッチコネクトモーメント（以下「PCM」という。）は、左右の船体を結合する双胴船連結部の構造強度上非常に重要な荷重である。PCM に対する強度計算は専ら FEM を用いて直接計算されることが多いようである。しかし、FEM モデル作成に要するコストを考慮すると、設計初期段階やルールの部材寸法式作成においては、簡便な方法で応力レベルを把握するための簡易解析法の必要性は比較的高いと言える。

本研究では、長さ 16m の実双胴船舶の FEM モデルを用いて PCM 解析を行い、双胴船連結部の PCM に対する基本的構造応答を考察した。その上で、ルール算式策定のために、計算の簡便さに重点を置き、PCM 作用時の双胴船連結部フロア強度簡易算式を提案し、FEM 計算との比較計算結果を示すことによって、その有効性を明らかにした。本研究により得られた結論は以下の通りである。

(1)PCM が作用したときの双胴船連結部の構造強度においては、連結部船首(尾)端横隔壁の強度が重要である。
(2)船級ルール規則における 4 点集中荷重は、デミハルの剛性が小さい場合には、船首(尾)端横隔壁の応力を過小評価する。Sin 波状分布荷重は、4 点集中荷重分布に比べ、分布形状がより波形状に近いとともに、船首(尾)端隔壁において、より安全側の応力値を与える。したがって、連結部フロア強度の FEM 解析においては、4 点集中荷重より、Sin 波状分布荷重の方が適当であると言える。

(3)PCM 作用時の双胴船連結部解析のための簡易解析モデルを提案し、FEM 解析による結果と比較した。その結果、簡便な方法で連結部フロアに生ずる応力を比較的良好に推定できることを確認した。特に、強度上最も重要な、船首(尾)端隔壁の応力値は、FEM 解析結果と良く一致しており、その有効性を確認した。

(4)本解析法において、横隔壁を有するフレーム付近での連結部フロア剪断応力の極大値は、定性的に、横隔壁を有しないフレームでのフロア両端境界条件を考慮することによって推定できることを確認した。

Towline Tension and Unstable Motion of Damaged and Capsized Geometric Ship During Towing

曳航中の損傷・転覆幾何形状船舶の
索張力とふれまわり運動

原 正一、山川賢次、星野邦弘、湯川和浩

平成14年5月

Proceedings of ISOPE 2002

我が国は、大量の原油、液化ガス等を海外から輸入するとともに、国内で生産した化学薬品等を船舶により各地へ輸送、若しくは、海外へ輸出しており、また、周辺海域は諸外国の原油等の輸送ルートとなっている。そのため我が国には日本国籍及び外国籍の油タンカー、LNG船、ケミカルタンカー等が頻繁に往来している。更に、我が国周辺海域は気象海象が荒いうえ、往来する船舶には老朽船や運航技術の未熟なものが多数含まれているため、今後も、老朽化や衝突事故により船体が損傷や折損・分離を起こしたり、又は機関故障を起こすなどして、船体またはその一部が、漂流、漂着し、大規模な油流出事故、新たな衝突事故、爆発、火災事故等を引き起こすおそれがある。そのため、荒天下における航行不能船舶の漂流防止技術及び曳航技術を早急に確立する必要があり、漂流経路を予測する技術、曳航索の選定方法、曳航索の設置方法、安定した姿勢を保ちながらの曳航方法を確立することが重要である。

本報告では、海難事故等で航行不能となった損傷船舶を安全に曳航するために必要な技術について検討するために、まず幾何学的船舶模型を使用して、平水中及び波浪中において曳航実験を行い、主に曳航時の索張力及びふれまわり運動について調査した。その結果、以下のような結論を得た。

- (1) 不規則波中船尾トリムで曳航中の船首揺れ振幅は、短波頂不規則波領域で大きくなる。また、規則波中と不規則波中ではふれまわり周期に差はない。
- (2) 追波中の曳航時のふれまわり周期は、向波中のそれよりも小さい。追波中の船首揺れ振幅は、特に不規則波中の長波長領域では向波中よりも大きくなる。
- (3) 波浪中における曳航時のふれまわり運動は、曳航速度が7.8kt以下の場合では平水中の場合よりも小さい。したがって、平水中のふれまわり運動が推定できれば、波浪中では安全側にふれまわり運動を推定することが可能である。
- (4) デッキハウスの有無が転覆時と非転覆辞で索張力増加に大きく影響する。転覆時の船尾トリム状態において、短波長領域で両者の傾向に差が現れる。

継手性能

Joint Characteristics

岩田知明、蓑田和之、松岡一祥

平成14年10月

軽金属溶接構造協会40周年記念号

軽金属の溶接継手性能に関しては、主に船殻溶接構造の軽量化・高性能化の要求及び亀裂発生などの事故調査の必要性から、この10年間詳細な調査が行われた。本項では、6N01-T5・5083-H321・チタンのTIG・MIG溶接に限定し、過去10年間に行われたこれらの調査のうち以下の6件についてレビューする。

- 1) 残留応力・構造的応力集中・局所的応力集中の影響を考慮した6N01押出型材の縦すみ肉溶接継手・横すみ肉溶接継手の疲労強度評価法
- 2) 実験・有限要素法解析・簡易計算による軽量化アルミニウム合金船構造(パイセクション・プレリブドパネル・中空押出材)の座屈強度評価
- 3) 入熱パラメータ・合金成分のアルミニウム合金6N01-T5押出材溶接継手の耐力に与える影響評価及び6N01と6005Aの比較検討
- 4) 船体用Al-5Si-0.1Fe-0.4Mg合金鋳物の特性(推奨設計用強度およびシャルピ衝撃試験結果)
- 5) 溶接技術・品質管理・品質保証で分類した5083-H321突合せ溶接継手の設計耐力指針及び熱加工と設計耐力との関連
- 6) チタンの突合せ溶接継手・横すみ肉溶接継手・縦すみ肉溶接継手の静的強度及び疲労等級を用いた疲労強度評価

アルミニウム合金については、理論的な裏付けに基づいた耐力・疲労強度・座屈強度の設計指針・評価基準が概ね確立した状況にある。これに対し、チタンについては、強度データ収集が開始されたばかりの段階にある。続く10年間の見通しは、アルミニウム合金の更に精度の高い指針・基準が体系化されると共に、チタンの強度データ収集が継続されると考えられる。

対称なパワースペクトルを持つ信号の 自己相関関数の零点の性質

Properties of zero points of the autocorrelation function of a
signal of which spectrum is
symmetric with a certain angular frequency

菅澤 忍

平成 14 年 11 月

電子情報通信学会論文誌(A) Vol.J85-A No.11

ある信号が与えられたとき、その自己相関関数を求めることは、信号の性質を調べるための有力な手段の一つである。周知のように信号のパワースペクトルが与えられれば、自己相関関数は Wiener-Khintchine の関係によって求めることができる。しかしながら、与えられたパワースペクトルから、どのような形状をもった自己相関関数が得られるかは、実際に計算して初めてわかることが多い。このため、パワースペクトルがある性質を持つとき、それから導かれる自己相関関数に共通な性質を前もって知ることができれば実用上有用なものと考えられる。また、理論的にも興味深いものがある。

本論文では、パワースペクトルが対称な形状を持つとき、これから導出される自己相関関数に共通な性質について、零点の現れ方に着目して論じることを目的とした。

その結果、零点の集合は二つの種類に分類できることを明らかにした。一つは、パワースペクトルの平均角振動数に依存するもので、パワースペクトルの平均角振動数を ω_0 とおくと、 $\cos \omega_0 \tau$ と同じ零点を持つ。もう一つは、パワースペクトルの形そのものに依存し平均角振動数には依存しないものである。この零点は、パワースペクトルを周波数軸上で移動させても、 $\cos$ を任意の位相だけ変化させた関数で積分変換しても位置は変化しないという性質をもっていることを明らかにした。なお、Gauss 型のパワースペクトルのように、スペクトルの形状によってはこのような零点は存在しない場合も指摘した。

また、逆に $\cos$ 関数と同じ零点を含む場合のパワースペクトルの形状について論じた。この場合には、パワースペクトルは一般的には平均角振動数に関して対称な形状を持たないことを明らかにした。一方、この結果を用いて、対称な形状を持たないパワースペクトルが、 $\cos$ 関数と同じ零点を持つ条件について明らかにした。

An Analysis of Steady Descending Motion of a Launcher of a Compact Deep-sea Monitoring Robot System

深海モニター用小型ロボットシステム中継機の
降下運動解析

上野道雄, 二村 正

平成 14 年 10 月

Proceedings of Oceans 2002

本研究で開発をおこなっている深海モニター用小型ロボットシステムは、中継機が潜水艇を内部に格納した状態で海上から海底近くにまで重力のみによって潜航し、海底近くで潜水艇を切り離して作業をおこなうようなシステムである。このシステムの技術的開発要素の一つとして、重力で降下していく際にいかに目標点近くに到達するかという問題を解決する必要がある。これは、潜水艇を遠隔操縦する際の通信手段としての高速音響通信装置の指向性によって、潜水艇が活動できる範囲に制限があるためである。

中継機は概念設計によって前方に固定されたひれと後方に制御用の舵を持つ。降下時に水平方向に移動する手段はこの舵のみである。

本報告では中継機の降下時の運動特性を調べるために、まず、基本となる定常降下時の非線形の釣合方程式を導き、これを示した。同時に中継機に働く流体力特性を記述する数学モデルについて述べた。次に、中継機模型を用いた水槽実験によって斜航時と舵角をとった場合の流体力特性を計測した結果について述べた。次に流体力の数学モデルに基づいて計算した結果と実験結果を比較検討し、本数学モデルが実験結果をよく記述することを示した。そして、その数学モデルを用いて舵角一定時の定常降下特性を非線形釣合方程式を解くことによって解析した。

解析結果によれば、重心と浮心の位置関係により水平方向の移動特性が大きく変化し、意図した方向と逆の方向に移動する状態もあり得ることを示した。また、2 対の舵の相互干渉が水平方向移動距離や降下時間等に与える影響を 1 対の舵の作動状況との比較によって明らかにした。さらに、舵角と水平方向移動速度等との関係を調べることによって、必ずしも最大舵角で水平方向の最大移動速度が得られず、効果的な水平方向移動には最適舵角が存在することも示した。また、舵とひれの面積の違いによる降下時特性の違いについても比較計算によって定量的に明らかにした。

これらの計算結果は中継機のひれと舵に関する流体力学的な最適設計の際に重要な資料となるものである。

船舶の電磁波環境とEMC(電磁両立性)

Study on Electromagnetic Compatibility in Ships

吉田 紘二郎

平成14年8月

電子情報通信学会技術研究報告 Vol.102 No.279

近来、電気機器から発生する電磁波ノイズが他の機器に障害を及ぼすことなく、同時に、それら機器自体が外来のノイズに対し必要な耐性を持つ、ということを表すEMC(電磁両立性・Electromagnetic Compatibility)の概念が、あらゆる電気電子機器に取り入れられて久しくなる。

家庭電化製品など身近な電気装置をはじめ、航空機に代表されるようなハイテク機器システムにまで、非常に微弱な電気エネルギーで動作する高度な電子デバイスが応用されるにつれて、電磁氣的ノイズに対する耐性(Immunity)が低下するのは当然といえる。

そうした電磁氣的ノイズによる機器類の誤動作や、性能劣化を防止するために、機器の種類や使用場所により、あるいはノイズの発生原因や機器への侵入経路等により、目的に応じた様々な対策が講じられてきている。

また、国際規格(「IEC・国際電気標準会議」規格、「CISPR・国際無線障害特別委員会」規格等)においては、機器からの電磁波放射の許容値、あるいはイミュニティ限度値に関し、各種の規制値を示し、試験法も定めている。

船舶においても、多様な電気電子機器が搭載されている現状から、その安全航行を保証するためには、船内の通信系、航海系および機関制御系等の各機器において、電磁氣的信頼性が確保されている必要がある。

航行中の船舶が外部の高い電界にさらされるのは、普通、陸岸に接近した場合であることから、例として大阪湾岸の電磁波環境を調査した結果、搭載電気機器に求められる耐性限度値に迫る電磁界の存在が確認された。

また船内における使用機器においても、特に生産年度の古い機器などに、IECの規定値を超える電磁輻射が測定された。

特に、金属壁に囲まれた船室内では、各機器から漏れる電磁波が反射し重畳する結果、思わぬ電界強度分布を示すことが確認された。

本報告においては、船内における機器の不要輻射が室内に形成する電界を予測する手法の構築を目的として実施した、基礎実験について紹介している。

**Evaluation of Fatigue Crack Closure from
Local Compliance Measurements in
Structural Steel**

 構造用鋼における局部コンプライアンス測定法を用いた
疲労き裂開閉口挙動評価

M Toyosada, M. Skorupa, T. Niwa,

T. Machiniewicz, K. Murakami and A. Skorupa

平成14年9月

 Proceedings of 14th European Conference on
Fracture(ECF-14) in Cracow, Poland

著者らが提案している2種類の手法、すなわち、荷重と局部ひずみの関係において除荷弾性域と負荷弾性域を重ね合わせる手法(A法)とデジタル化されたコンプライアンスデータを処理する手法(D法)を用いて、負荷過程および除荷過程のコンプライアンス変化を比較することにより、構造用鋼のき裂開閉口挙動を評価した。

特別に計画された疲労試験を実施し、両手法のパフォーマンスを確認するために必要な疲労き裂成長データとコンプライアンスデータを取得した。D法を用いた場合、コンプライアンスデータを取得する際の変数は、き裂開閉口レベルに重要な影響を与えることが判明した。これらの変数を適当に選択して組み合わせることにより、D法の結果は、高精度コンプライアンス計測システムを用いて計測されたコンプライアンスデータをもとに反転法(A法)により決定されたき裂開閉口レベルの結果と良く一致した。そして、測定されたき裂開口荷重以上からの荷重振幅を有効振幅とした有効応力拡大係数範囲を用いることにより、疲労き裂成長におよぼす応力比の影響を定量化でき、また、過大荷重が作用した場合に一時的に生じる加速遅延現象を説明できることから、両手法の有効性が確認された。

Development of High-Performance Shielding Material by Heat Curing Method

熱硬化法による高性能遮蔽材の開発

三浦俊正、平尾好弘、林 隆行、

奥野功一、佐藤 理

平成 14 年 10 月

Proceedings of AOCRP(Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection)-1

本研究の目的は中性子及びガンマ線の双方に対する優れた遮蔽性能と極めて低い低放射化性を有する遮蔽材を開発することである。原材料としては樹脂、重金属及び熱中性子吸収材を用いる。すでに著者らはこれらの材料を紫外線硬化法で固め、遮蔽材を作成する手法を開発してきた。しかし、紫外線硬化法は実用性等の点で問題があった。そこで、これらの材料を熱硬化法で作成する手法を開発した。樹脂材料にはステアリアクリレート (SMA) を、重金属には鉛粉を、そして熱中性子吸収材としては硼酸を使用した。まず、硬化させる樹脂の中で鉛を均一に分布させるため、事前に SMA に過酸化物を加え 100 程度にすることで反応させ粘度の高いオリゴマーを得た。このオリゴマーに鉛粉、硼酸を混ぜ、さらに若干の過酸化物、多官能モノマー、及び硬化促進剤を加えることにより硬化させ遮蔽材を作成した。この硬化の過程では硬化体を硬化中に上下反転させることにより極めて鉛の均一性の高い遮蔽材を作成できた。作成した遮蔽材の物性として温度変化に伴う密度、発生ガス、重量変化等を測定した。その結果 150 までほとんどこれらに関する変化はなく、少なくとも 150 まで使用可能であること、また、破壊的な変化は約 350 まで起こることが明らかとなった。遮蔽性能は Sn 計算コード ANISN で計算した。その結果、中性子とガンマ線に関する遮蔽効果はほぼ等しくかつ優れたもので、例えば、通常よく使用される普通コンクリートの厚さを半分に以下にできるようなものであることが明らかとなった。放射化に関しては熱中性子束で $10^{17} / \text{cm}^2$ まで照射しても放射能の問題は無視できる程度のものである。耐放射線性については速中性子で $10^{15} / \text{cm}^2$ まで問題はない。本遮蔽材の具体的な使用例としては複雑形状部ストリーミングを低減させる補償遮蔽材が考えられるが、このように特に原子炉や再処理施設等のように核分裂線源を有す施設において有効に利用できると思われる。

小型船舶の操船の安全性に関連する基準等について

On Regulations about Manoeuvring Safety of Small Crafts

上野道雄、二村 正

平成 14 年 7 月

第 32 回安全工学シンポジウム講演予稿集

海洋レジャーへの関心の高まりに伴い、プレジャーボートの種類も多様化しその数も増加しつつある。その一方でプレジャーボートが関係する海難事故も増加している。

小型船舶が関係する海難事故の中でも、衝突や座礁等を防止するためには、転覆等が関係する復原性とは別の操船の安全性の観点からの取り組みが必要である。

我が国における小型船舶の操船の安全性に係る基準等には、適正機関出力に関する基準と小型船舶操縦士免許試験がある。本報告は上記二つの基準等に対して操船の安全性の観点から技術的に解釈を加えると共に今後小型船舶の操船の安全性を確保するために取り組むべき課題について述べたものである。

本報告では、まず、小型船舶の機関出力に関する基準の技術的背景について考察し、この基準が操船の安全性の観点から、操船時に乗船者に働く横加速度が過大にならないような基準となっていることを述べる。

次に、小型船舶操縦士免許における技能試験について、現状を説明し、級別の試験項目の違いについて、4 級と 5 級の試験で用いられる船と 1 級から 3 級の試験に用いられる船との大きさに違いがあること、しかし同じ蛇行コース等で試験が実施されること等の特徴を述べる。

次に、操船の安全性を技術的な観点から考察するにあたって、追従性指標と旋回力指標、旋回半径指標、停止距離指標、危険回避距離指標を定義し、これらの指標と船の大きさとのどのような関係があるかを A-I 型小型船舶を例にとって計算結果を示す。その上で、小型船舶の機関出力に関する基準と小型船舶操縦士免許における実技試験項目に解釈を加え、これらの基準等が小型船舶の操船の安全性にとってどのような技術的意義があるかを明らかにする。

さらに、船型や航走状態等の小型船舶の操船の安全性に深く関係すると考えられる要因に関する研究が少ないことを指摘し、今後の関連する研究課題に対する取り組み方法等について述べるとともにその必要性を述べたものである。

イベントツリー手法による船舶衝突事故 発生頻度の算出

Evaluation of Collision Accident Occurrence

Frequency by the Event Tree Method

松岡 猛

平成14年5月

電子情報通信学会技術研究報告

現在、海上技術安全研究所(海技研)で進めている確率論的安全評価法による船舶・海上交通の安全性評価の研究の一環として行われた、船舶衝突事故発生頻度のイベント・ツリー(ET)による算出方法についての報告である。

船舶分野の確率論的安全評価としては、IMOのMSC(Maritime Safety Committee)においてFSAという名称のもとに討議されてガイドライン草案が作成されている。これはIMOの規則作成過程において使用する事を目的としている。この様な動きのなか、海技研では、日本造船研究協会との共同研究を通じてFSA関連の研究を進めてきている。

海技研で実施した衝突事故発生頻度評価は以下の手順に沿って行った。まず、衝突事故の発生状況を海難審判庁の報告書、審判裁決録等を参照して検討し衝突事故を引き起こす要因を調べ上げた。この結果をもとに衝突事故発生に至る筋道を一般化してモデル化し、ET形式で表現した。ET中に現れる事象(ETのヘディング)の発生確率を算定するため、それぞれのヘディングについてフォールト・ツリー(FT)を作成し、基本事象(ベシクイベント)の発生確率を与えFTの頂上事象発生確率を求めた。機器故障発生確率は長年、本省と海技研で整備してきた船舶信頼性データベース(SRIC)を用いて評価した。

ヒューマンファクターに関する事象発生確率は適切なデータがないため、人間行動の過誤率等について船長等の航行経験者にアンケート調査を実施し推定した。得られたデータを用いてETの定量解析を実施し、船舶衝突事故発生頻度を評価した。

さらに、衝突事故低減のための対策(リスクコントロールオプション:RCO)の評価の実施方法についても述べている。

事故責任・被害補償について

Responsibility for Accidents and compensation for losses

松岡 猛

平成14年7月

日本学術会議 第32回安全工学シンポジウム

日本学術会議安全工学専門委員会では事故調査体制のあり方について討議を重ねてきている。安全対策の基本としては、万一不幸にして起こってしまった事故を教訓として再び同様の事故を発生させないための調査・分析が重要であるという認識のもと、発生してしまった事故の真相を究明する体制はどうあるべきかを検討している。

事故の関係者から正確な証言を得るためには、どうしても事故責任、免責、被害補償も視野にいたれた検討が必要となる。

本論ではまず、事故発生、事故調査体制、事故責任、補償制度等の関連事項をまとめた図を示し相互の関連を整理した。

次に、事故責任に関係する民事責任、刑事責任、行政責任についてそれぞれの性質、責任の範囲について述べた。民事責任は過失責任が原則で無過失の場合は責任が追求されない。しかし、最近は鉱業災害、大気汚染、水質汚染等では無過失責任が追求されるようになっている。刑事責任は故意犯が原則で過失は罪には問われない。しかし、例外的に過失犯とされているものには、失火罪、過失往来危険罪、過失致死罪、業務上過失致死傷等がある。行政責任では免許の停止、取り消し、業務の一定期間の停止等の行政処分が行われる。

事故に到るまでの人間行動の解明のためには事故当事者の正直な証言が必要である。そのためには過失責任を問わない立場を確立することが必要となる。さらに、特異な事故や未解明の事故が当事者の証言により解明され、将来起こるかも知れない事故を未然に防ぐ効果がある場合は免責制度を導入することは有用である。今後免責制度について検討する価値はあると考える。

一方、被害者救済の方法として損害保険、障害保険、責任保険、公的救済制度、社会保障等の種々の保険制度が存在する。ニュージーランドには、社会保障(国の一般財源)による統一的な事故補償制度が整備されている。日本でも犯罪被害者等給付金支給法(三菱重工ビル爆破事件が契機となり制定)があるが、十分な額は期待できない現状である。

本論により、事故責任、免責制度、被害補償を含めた安全性向上のための事故調査体制に関する議論の整理がある程度できたと考える。今後これを基に、総合的に事故調査体制のあり方を検討していきたい。

ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物の地震時挙動

Behaviors of a Very Large Floating Structure
Supported with Dolphins under Earthquake Loading

渡辺 喜保

平成 14 年 5 月

日本造船学会論文集第 188 号

近年、海洋空間を利用した海上空港、海上ターミナルなどのため、超大型浮体式海洋構造物の研究開発が活発に行われている。浮体式海洋構造物はケーブル、チェーン等で緩く係留された場合、地震荷重はその構造設計において重要な因子とはならないが、多くのドルフィンで支持される超大型浮体式海洋構造物は、地震荷重により浮体構造物とドルフィンとを結合する装置やドルフィンに大荷重が作用すると考えられる。このため、ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物の地震に対する挙動について検討することは重要である。

ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物の地震応答に関する研究はいくつか行われている。しかしながら、これらの研究においては、浮体の面内弾性変形および地震波伝播速度の影響を明確にするにはいたっていない。

ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物の地震に対する挙動に影響を与える因子として、

- (1) 浮体の面内弾性変形、
- (2) 地震波の周期、伝播速度、伝播方向、
- (3) フェンダーとドルフィンの間に存在する間隙、
- (4) 浮体、フェンダー、ドルフィンおよび地盤の剛性
- (5) 浮体、フェンダー、ドルフィンおよび地盤の減衰等がある。

本論文では、ドルフィン係留された超大型浮体式海洋構造物に対し、浮体の面内変形に關し弾性体として扱った場合および剛体として扱った場合について、地震波の周期および伝播速度を変化させた時刻歴応答解析を行い、浮体、フェンダーおよびドルフィンの挙動を求め、上記(1)および(2)の因子が浮体式海洋構造物の地震に対する挙動に及ぼす影響を調べた結果を報告する。地震波としては、これらの因子が浮体、フェンダーおよびドルフィンに与える影響を明確にするという観点から、正弦波を用い、その伝播方向は浮体の長手方向とし、ドルフィンは浮体の長手方向のみに設置する。フェンダーとドルフィンの間の間隙をゼロとした場合とゼロでないとした場合ではドルフィンおよび浮体の挙動が異なるが、ここではフェンダーとドルフィンの間の間隙をゼロとする。また、浮体、フェンダー、ドルフィンおよび地盤の剛性および減衰特性は一定とする。

結果として、フェンダーとドルフィンの間の間隙がゼロの場合は、浮体の横方向変位の応答は sway、yaw および地震波周期と等しい周期の弾性振動が重なったものであること、また地盤、ドルフィンおよび浮体は地震波と共振することがわかった。

Experimental Study on the Spreading of Oil under Ice Covers

氷板下における油の拡散に関する実験的研究

泉山 耕、金野祥久、堺 茂樹

平成 14 年 5 月

Proceedings of the 12th International Offshore and Polar Engineering Conference

わが国北方に位置するサハリン島沖の大陸棚における海底資源の開発が本格化している。一部鉱区ではすでに石油の商業生産が開始されている。この開発は、エネルギー資源を輸入に頼るわが国にとって輸入元の多角化という観点からは望ましい側面があるが、その一方、開発現場あるいは輸送途上における事故等による油の流出を懸念する声も大きい。特に、この海域は、冬季には海氷に覆われる海域である。現在、開発活動は無氷季に限定されているが、数年後には冬季を含めた通年生産が開始される予定である。万が一、海氷の存在する海域において油の流出事故が発生した場合、油の挙動・変化、回収方法等について、わが国における研究、技術開発は、極めて未発達の状態にある。このような状況に鑑み、当所を含む 5 研究機関により、運輸施設整備事業団の研究制度を用いた研究「氷海域における流出油の挙動と回収に関する基礎的研究」が平成 12 年度より開始された。本研究では、氷海域での油流出について様々な観点からの研究が行われているが、当所は、流出油の氷中での拡散挙動についての研究を担当している。本論文は、当所での研究の成果を述べたものである。

本研究では、氷に覆われた海域で海中に油が流出した場合の油の拡散挙動について研究した。研究の手法は、氷海水槽における実験である。実験では、水槽に氷板を製氷し、この下から流出させた油の挙動を、水槽天井及び底部観測窓の下に設置した VTR カメラにより観測した。氷板の状態としては、平坦な氷板と、底部に凹凸を有する氷板の 2 種類の氷板について実験を行った。

平坦な氷板下における実験結果については、過去に当所の研究により導いた理論モデルとの比較を行った。この結果、この理論モデルは、今回の実験及び過去の同様の実験と極めて良く一致することが示された。上記の両実験での条件は大きく異なることから、理論モデルの普遍性を示す結果と言えよう。一方、底面に凹凸のある氷板下の油の拡散については、油の面積が、平坦氷板下面におけるものと比べて縮小することが示された。これは、氷底面の凹部への油の貯留によるものである。この一方、油の流出源から油の到達する最遠点までの距離は、平坦氷板に比べてはるかに大きくなる結果となった。これは、当然のことながら、凹凸の状況に依存するものであり、今回の実験結果だけでは定量的な結論は得られないが、今回の結果は氷板下面の凹凸が、平坦氷の場合に比べて実質的な汚染領域の拡大に寄与する可能性を示したものであり、油回収等を考える際に重要な知見と言えよう。

有機スズ化合物を含む船底防汚塗料の検査方法Methods for the Identification of Organotin-Containing
Anti-Fouling Paints.宮田 修、千田哲也、木原 洸
山田 康治郎(理学電機工業(株))
平成14年6月3日

第11回環境化学討論会講演集

2001年10月国際海事機関(IMO)において、TBT条約(船舶についての有害な防汚方法の管理に関する国際条約)が採択され、発効すればトリブチルスズ(TBT)系船底塗料は、2003年新たな塗布禁止、2008年完全禁止となる。この条約の実効性を確保するために、防汚塗料の検査方法を検討し、現場での適応性を考慮して、次の2段階検査を提案することとした。

船舶検査の現場での1次検査(船底塗料の採取方法と蛍光X線分析) 専門分析機関における2次検査(GC/MS等) 本報告では、のサンプリングと蛍光X線分析について述べる。

TBT条約における塗料の検査方法としては、製品としての塗料検査と造船所における船舶検査及びポートステートコントロール(PSC)の一環としての岸壁検査がある。船舶検査及びPSC検査は、現場で行うことが必要になる。

TBT以外に塗料にスズが含まれることは希であることから、TBTを構成するスズ元素に着目し、一次検査として蛍光X線分析法を用いることとした。その特徴は、分析が迅速 非破壊分析 試料の準備が容易等であり、装置本体を小さくできるエネルギー分散型を1次検査の分析装置とした。但し、分解能を確保するため検出器はシリコンドリフト(SDD)型を使用した。

塗料のサンプル採取機は、次の条件を満たす必要がある。簡便かつ人為的な差が生じない。船体の損傷が軽微。蛍光X線分析に供用可能。この条件を満たすため、予備実験を行い、サンプリング治具の試作改良と採取機の試作を行った。その結果、良好なサンプルの採取と蛍光X線分析の結果を得た。得られた結果は、試作したサンプル採取機によって、船体損傷することなく塗料サンプルの採取が可能。Sn元素に着目し、蛍光X線分析装置によりTBTの有無を判定できる。

更に今後の課題としては、以下の3点を考えている。

現場検査の場合、船底の状態は様々な状況が考えられ、それらに対応できる塗料採取機の開発。蛍光X線分析装置のSn元素の検出限界と環境影響の確認。スズが検出された場合、GC/MS等よりTBTであることを確認する方法。

**水中への低温液体CO₂の噴出挙動と
ハイドレート膜の成長**Growth of Hydrate Membrane and Behavior of Low
Temperature Liquid CO₂ Jet into Water山根健次、山本敬之、尾山ちさと、成合英樹、阿部豊、
小島隆志、綾威雄
平成14年6月日本造熱学会第39回日本造熱シンポジウム
講演要旨集

地球温暖化の主因とされるCO₂を、大気から隔離することができる革新的技術の一つとして、500m以深の海洋にCO₂を溶かす「溶解法」と、3500m以深の海底窪地に液体CO₂を貯める「貯留法」が提案されている。液体CO₂は温度8.7℃以下、圧力4.5MPa以上の条件において、海水との界面にCO₂クラスレート・ハイドレート(以下ハイドレート)膜を形成するため、これらのCO₂海洋隔離法を評価するためには、CO₂ハイドレートの性質を知る必要がある。

ハイドレートはゲスト分子(CO₂)の周りに、幾つかのホスト分子(水)が集まった、籠型の多面体が結合した包接水和物である。これは、液体CO₂の溶解を抑制する働きがあるため、この膜が安定的にCO₂を覆うように存在するならば、CO₂の海洋への拡散抑制効果が期待できる。そこで、CO₂の三重点温度(-56.6℃)近くまで冷却されたCO₂の密度が、浅海中で海水の密度よりも重くなることを利用して、低温液体CO₂液泡として深海500m程度の浅海に放出・沈降させる貯留法が提案されている。

そこで本研究では、深海500m相当の圧力5MPa条件下における、水への低温液体CO₂の噴出挙動および、水とCO₂との界面に形成されるハイドレート膜の成長観察を行った。その結果、CO₂液滴全体を、ハイドレート膜が覆った後に、CO₂液滴が上下左右に揺れながら、液滴が大きくなる様子が観察された。

その後、液滴がさらに大きくなると、揺れが止まる様子が併せて観察された。揺れが止まる時のハイドレート膜の変形速度を、画像処理を用いて求めたところ、ハイドレート膜の成長速度と傾向・値とも近い結果が求められた。また、低温液体CO₂を噴出させて、水とCO₂との界面に、氷が形成されることが確認された。

複雑系マルチエージェントシミュレーションによる 河川を利用した災害時緊急輸送能力の評価

Evaluation on the Capacity of Emergency Transportation
by River Systems under Disaster Circumstances
with Multi-Agent Simulation

間島隆博、勝原光治郎、服部聖彦

平成 14 年 11 月

日本造船学会論文集第 192 号

トラック等の代替輸送手段として河川・運河を活用した船舶輸送が期待されている。特に、災害時では輸送態勢の多重化、代替緊急輸送手段の確保についてその重要性が認識されており、河川の果たす役割は大きいと考えられる。実際、1995 年に起きた阪神・淡路大震災では、陸上の道路網が寸断され輸送能力が低下した現象とは反対に、河川による物資輸送が有効に機能した経緯がある。しかしながら、河川を利用した船舶輸送は、複数の要因が複雑に相互関係を持つことから、これまでに十分な定量的評価がなされておらず、河川内の輻輳度から概算する手法にとどまる。

本報では災害時を想定した河川における輸送能力の評価及びボトルネックの探索を目的とし、複雑系マルチエージェントシミュレーションによる解析を行った。

解析条件として、荒川、隅田川、小名木川を設定し、その河川沿いの人口分布を勘案して必要な物資量を割り出した。また、河川航行に可能性を持つ船舶を調査し、積載量、航行速度など、シミュレーションに必要となる要目を得た。なお、物資の荷姿は生活水及び食料、毛布などを収めたダンボール箱の 2 形態とした。

解析の結果、1 日当たりの輸送量として現状における輸送能力を定量化することができた。また、解析条件の変化と 1 日輸送量の変化を比較することによる感度解析と荷役待ち船舶数の時間履歴の観察から輸送能力のボトルネックを明らかにすることができた。ボトルネックの構造は以下のような関係となる可能性が示唆され、物資供給地点における荷役能力の増加が大きな改善効果となる結論を得た。

物資供給能力>物資荷受け能力>物資流動能力(船舶数)

船用ディーゼル機関の不具合状況

The present state of the trouble of Marine Diesel engines.

長内 敏雄、桐谷 伸夫、高井 元弘、西尾 澄人
北村 文俊

平成 14 年 11 月

第 68 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集

船舶検査において「自主的保守整備を船舶検査に活用し合理的な検査を実現すべきである」という要請があり、その流れの一環として内航船舶用ディーゼル機関の検査時の保守整備で判明する不具合情報を集計し、検査時の船舶の不具合状況をより正確に把握し、検査の合理化に資することを目的とした。

船種別に検査間運転時間を見ると、短時間高出力型（客船等）、長時間運転型（貨物船等）、短時間型から長時間運転型の混在している漁船型があり、今回はこれらの不具合箇所を集計し、船種による不具合の特徴を把握することを試みた。またそれらが前回検査からの運転時間とどのように関連しているかを見た。

また、近年船用機関が高速化の傾向にあるので、機関回転数にも着目し、回転数範囲を高中低としてそれぞれの不具合発生の特徴を示した。これらを通して内航船主機の船種別、機関種類（回転数）別の不具合状況等が明らかになってきた。

ディーゼル機関の電子制御化の動向と将来Technical Trend and Future Outlook of Electronic control
system for Diesel Engines

西尾澄人

平成14年12月

日本マリンエンジニアリング学会誌 Vol.37 No.12

近年、酸性雨問題や地球温暖化問題が重大な課題となっている。また、今後、船用ディーゼル機関のパティキュレート(粒子状浮遊物質:PM)も重大な問題となってくるものと考えられる。このため窒素酸化物(NO_x)、二酸化炭素(CO_2)及びパティキュレートを考慮した環境技術の開発が重要になってくる。これらを可能にする技術の一つにディーゼル機関の電子制御化技術がある。

自動車用機関においては有害排出物質の低減、燃費の低減及び運転性の向上(乗り心地、振動・騒音対策)のため電子制御化技術(メカトロニクス技術)が多く実用化され、電子制御噴射システム(コモンレール)、VGT(可変容量過給機:Variable Geometry Turbine)、EGRがほぼ標準的になってきている。船用ディーゼル機関においても、実用化されたもの、現在研究中のものがあり、電子制御噴射システムは実用化され始めようとしてきているところである。今後はますます環境問題が重大になってくると考えられるため、このような電子制御技術がますます重要になってくると思われる。本稿は、ディーゼル機関の燃料噴射系及び吸排気弁系の電子制御化の例を含め、その動向と将来について記す。

今後の課題としては、油圧制御用の高速電磁弁の信頼性等が考えられる。10ms以下での作動の作動バラツキを低減することや超寿命化(10年間=約7万時間台)が課題であろう。また、噴射量の制御をノズルの噴口面積で制御できるようなものが開発されれば、さらに環境対策に有効になってくると思われる。

また、自動車や航空機では電子制御化が採用されており信頼性はあると思われるが、船用機関では自動車や航空機と用途が違い、必ずともコストパフォーマンスの高い人や物を運ぶものとは違うため、用途やコストも考慮した船用に適したものの開発が必要である。

高速船用機関の負荷特性に関する研究**その1 航行中における筒内圧力の計測と圧力波形の解析**Load Characteristics of Marine High Speed Diesel Engines
Part 1 Full Scale Measurement of Cylinder Pressure
of High Speed Diesel Engines

西尾澄人、高井元弘、北村文俊、長内敏雄、

桑原孫四郎

平成14年11月

マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集

四方を海に囲まれたわが国において、高速フェリー、高速旅客船は重要な移動媒体であるが、主機である高速船用ディーゼル機関の故障の報告があとをたない。機関故障の原因としては、潤滑油の性状、燃料油の性状、整備不良等があるが、短い航路において何度も発停や出力変動を繰り返す特異な使われ方をする高速船用機関の海上での燃焼状態も大きく関係する。燃焼状態を推定するための筒内圧力の計測は陸上試験においては多くなされているが、海上での、特に実際の通常運航時の計測例はあまりない。そこで、実際に海上で通常運航している高速船の高速ディーゼル機関の筒内圧力を含む機関特性の計測を行い、解析を行ったので報告する。

実船計測は、主機起動から停止までの高速船の全運航パターンにおける機関特性を連続して計測することとした。計測項目は、筒内圧力、筒内圧力測定部温度、シリンドラ出口排気温度、軸トルク、軸回転変動で、この他にも本船機関監視装置の船速、各種温度・圧力等のデータも収集した。

他の種類の船に比べアイドリング状態が長い状況や、連続した筒内圧力の測定により回転数の低い状態においてインジケータコックに取付けた圧力センサーにおいて気柱振動が起こることが確認された。低回転数においては、急激な圧力変動(dP/dt)がおこり、これにより気柱振動が誘発される。

通常運航している高速船での実船計測(エンジンに加工ができない、冷却水の確保が困難)という制約の中で、センサーの選定、取り付け部の工夫により、連続したデータの収集、解析を行うことが可能になった。今回は波があまりない比較的穏やかな海象での実船計測であったため、正常な運転時での計測結果であった。今後も何隻か異なる高速船での実船実験を行う予定であるため、これらのデータを有効に利用して実際の通常運航時の機関の負荷特性の把握をし、故障低減のための方策につなげていければと考えている。

尚、本研究は、日本財団の助成事業である(社)日本造船研究協会不具合情報評価分科会との共同研究の一部として実施したものである。

燃料流量が脈動する層流拡散火炎の音響特性

Sound Emission from Laminar Diffusion Flame with
Controlled Oscillatory Fuel Flow

春海一佳、平岡克英、井亀 優、岸 武行
岡 秀行

平成 14 年 10 月

第 30 回ガスタービン定期講演会講演論文集

近年、地球環境保護を目的として NO_x 等の大気汚染物質の削減、あるいは二酸化炭素に代表される温室効果ガスの削減が広く求められている。ガスタービンにおいても、さらなる低 NO_x 化が求められている。高温化に伴う NO_x 排出を最小限に押さえるための低環境負荷燃焼技術として希薄予混合燃焼があげられる。しかし、希薄予混合燃焼は逆火、吹き消え、燃焼騒音・振動といった燃焼不安定を生じやすく、運転範囲が限られてしまう。特に燃焼騒音・振動は機器の損傷にまで至る可能性があるため、その抑制が望まれる。最近、燃焼騒音・振動抑制を制御により実現しようという試みが見られる。この中で燃焼器内に主火炎とは別途設けた 2 次火炎を変動させ制御する手法がある。しかし、同手法は、主火炎と 2 次火炎の流体力学的干渉や他の物理プロセスにおける干渉による燃焼騒音・振動の抑制なのか、あるいは能動騒音制御 (Active Noise Control : ANC) で行われているような騒音発生源とは別に設けた 2 次音源 (スピーカーや 2 次火炎から発生する圧力変動) の音響的な干渉による音の低減なのか必ずしも明確ではない。これらの現象理解、あるいは制御における現象のモデル化を目的として、火炎とそのダイナミクスに関する研究が広く行われている。

本研究では、ANC の手法による燃焼騒音低減を想定し、微小拡散火炎において燃料流量を変動させることで発熱変動を発生させ、それにより生じる圧力変動を騒音抑制のための 2 次音源とすることを考えた。そのための火炎変動を発生するデバイスとして、ピエゾセラミックス素子を用いたバルブを選択し、その性能を評価することを目的として実験を行った。実験では、同バルブによりほぼ正弦波状の燃料流量変動を生じさせ、その拡散火炎からの発熱変動により発生する音を計測し、以下の知見を得た。

- 1) 燃焼による音圧レベルの上昇が見られたが、燃料流量変動の周波数が低い側で顕著であり、周波数の上昇とともにその効果は低下しはじめる。
- 2) 燃焼による音圧レベルの上昇効果が低減し始める周波数は燃料に依存する。
- 3) 複数の微小火炎を音源として配置する場合、配置により音圧レベルの上昇の様子は異なり、最適配置の検討が必要である。

ガーダーレスコンテナ船の安全対策

Safety Measures for Girder-less Container Ships

太田 進、足田 賢次郎

平成 14 年 12 月

日本機械学会第 11 回交通・物流部門大会

新しい輸送方法や輸送機器が従来にない危険性を生じさせ、新たな安全対策が求められる例として、近年大型コンテナ船の主流となりつつある「ガーダーレスコンテナ船」について、安全対策の考え方を示した。

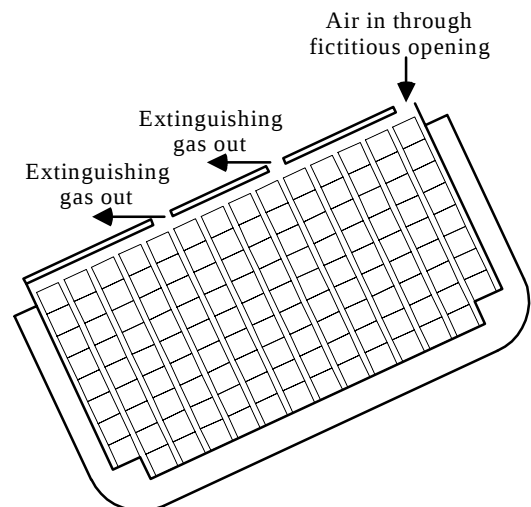
ガーダーレスコンテナ船は、同規模の従来型コンテナ船と比較して、貨物の積載量が大いため近年多数建造されているが、ハッチカバーの間に隙間ができるため、以下の安全上の問題がある。

- (1) 船倉内への雨水及び海水の侵入
- (2) 消火活動の際の消火ガスの漏洩
- (3) ハッチカバー上に積載したコンテナから危険物が漏洩した際の危険物の船倉への侵入

これらの危険性に対処するため、国際海事機関 (IMO) では新たな安全対策が審議されている。当所は、上記危険性のうち(2)及び(3)について、IMO の関係小委員会において審議を担当するとともに、安全対策案を示してきた。

船倉の固定式炭酸ガス消火設備については、米国の National Fire Protection Association の基準に基づき、船体の動揺を考慮して漏洩する炭酸ガス量を求める方法を示すとともに、ハッチカバーの隙間を考慮して増加させるべき炭酸ガスの量の基準案を示した。

危険物を収納するコンテナの積付・隔離については、甲板上に積載されたコンテナから危険物が漏洩した際の船倉内への進入の可能性と、船倉における防爆等の安全対策を考慮して積付を制限し、船倉内の危険物コンテナを隔離する方法の考え方を示した。



炭酸ガス漏洩量推定のモデル

Development of an automatic ship detection system for an advanced collision avoidance system

衝突回避システムのための船舶自動検出システムの開発
福戸淳司、今津隼馬、桐谷伸夫

平成14年10月

Proceedings of the 9th World Congress on
Intelligent Transportation Systems (ITS)

本論文では、船舶自動識別システム (AIS) と複数画像センサの画像処理を利用した他船自動検出システムについて紹介する。

当所では、比較的輻輳海域や狭水道を航行する機会の多い、内航船の操船支援システムの研究開発を行ってきた。その成果として、トラックコントロールシステム等様々な自動化機能を統合して、有効な1名当直を実現する操船支援システムを提案した。

しかし、他船との衝突回避機能については、十分な評価が得られなかった。これは、他船の情報を自動的に支援システムに取り込めない、他船の情報に不確実な要素が多い、危険の判断及び避航航路の設定が操船者の感覚に合わない、等の問題点に起因するものであった。

一方、近年、新しい航行支援機器の開発およびその装備の基準化や、計算機の操船支援への利用が増し、これらの機器を組み合わせた統合システムの有用性がクローズアップされてきた。

こうした状況の下、当所では操船者の他船との衝突及び座礁回避操船を支援すると共に、操船者の不測の事態にも対応できる衝突座礁回避システムの開発を行っている。船舶自動検出システムは、この衝突座礁回避システムの機能の1つである。

従来、船舶の情報は、RADAR上の輝点を処理して情報を得るARPAから取得していたが、その自動化は困難であった。このため、自動化の手段として、AISと複数画像センサの画像処理による方法を用いて、他船情報を取得する。

AISは、VHF無線通信を利用して各船が情報を定期的に放送することにより、情報のやりとりを行うもので、今後500トン以上の船には、順次搭載される。これにより、AISを搭載することにより、AISを搭載した船については、自動的に情報を得ることができるようになる。本報告では、このAISの実海域実験結果とその利用状況について報告した。

また、AISを搭載しない船の情報を自動的に得ることが重要となるため、複数画像センサ (暗視・赤外線カメラ) を用いて画像処理を行い、他船を移動体として認識して、数値情報として取り込むシステムを構築し、その実海域実験結果を示した。

プラズマ溶射皮膜構造と塩水耐食性

Corrosion Behavior of Plasma Sprayed Coatings in Sodium Chloride Solution

植松 進

平成14年10月

(社) 溶接学会全国大会講演概要 第71集

溶射技術による防食にはAl, Zn等の犠牲陽極作用を持つ金属材料が用いられて基材を保護しているが、皮膜の溶け出しが進行するといずれは補修が必要になる。また、溶射方法を工夫することにより皮膜中に微小欠陥をほとんど含まない皮膜も検討されているが、実施工でこれを達成することは難しいと考えられる。本研究では耐食性をもつ材料であるセラミックスを用い、プラズマ溶射法により作製したセラミックス溶射皮膜が、塩水腐食環境から基材を保護することができるかについて評価し、皮膜組織と腐食の関係についても調べた。

皮膜形成のための溶射材料には14種類のセラミックスの粉末を使用し、それらを直径28mm、厚さ2mmの軟鋼基材片面に溶射後、3wt%食塩水溶液中で、表面にさびを確認できるまで腐食試験を行った。皮膜で覆われていない部分でのさびの発生を防ぐために基材部分は樹脂で覆っている。腐食試験結果からアモロファス相を含むアルミナ系溶射皮膜が長期間にわたって優秀な耐食性を示すことを明らかにした。

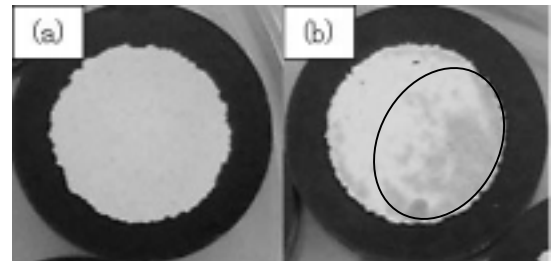


Fig.1 Corrosion behavior of test sample for 30days in NaCl solution

(a) $3\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}2\text{SiO}_2$, (b) Al_2O_3 coatings (corrosion products appeared)

インパルスハンマを用いた厚さ推定法の精度

Accuracy assessment of thickness measurement

by an impulse hammer

島田道男、吉井徳治、成瀬健

平成 14 年 10 月

M&M2002 材料力学部門講演論文集

高効率な船舶検査システムの構築には、腐食や塗膜、海生付着生物などに影響されることなく船体構造劣化を評価する手法が必要である。実際の船舶検査において、簡便に適用できるハンマリングが検査官によって利用されているが、得られる情報は感覚的・経験的なものになっており、検査の補助的な役割に終始しているのが現状である。感覚的であるが鋼板の厚さの大小や骨位置などはハンマリングで知ることができるので、ハンマリングを計装化し、構造劣化の定量的な情報を抽出する事も可能と思われる。そのため、ハンマリング時の鋼板応答の弾性論的な取り扱い方法、弾性 FEM によるハンマリング試験のシミュレーション及び計測実験結果について、説明した。

ハンマリングの弾性論的な取り扱いに関しては、RAMAN によって開発された衝突球の質量、径、鋼板の厚さ及び衝突速度から反発係数を求める方法を利用して、ハンマに働く力積の計算式を求めた。弾性 FEM 解析に関しては、鋼板に対する衝突解析を行い、ハンマに対する反発力の時刻歴荷重波形を求めた。また、計測実験では 7 種の厚さの鋼板 (1 m × 1 m) の中央部分をヘッド質量 320g、衝突速度約 2m/s で叩いたときの荷重波形を求めた。後 2 者については、荷重波形の積分値 (力積) を求めた。

板厚 6mm ~ 24mm 範囲で、3 者の力積を比較すると、どれも板厚が大きくなると力積も増加する傾向を示したが、厚さが大きい領域では力積が頭打ちになる傾向があり、今回のシステムでは 20mm 以上の厚さ区別は難しくなることが分かった。また、実験で求めた力積は弾性論及び FEM で求めた値より常に小さかった。理由としては、実験には鋼板表面の塑性変形の影響が有ること、また、弾性論と FEM による計算では、インパルスハンマ荷重変換器の剛性や衝突速度の見積もり等の取り扱いが不十分な事が考えられた。

最後に、実験で得た力積から厚さを推定する方法の誤差を検討した。力積の 4 次式で板厚を表したときの係数を重回帰分析で求め、この係数を用いて力積を厚さに変換し、推定誤差を調べた。7 種の厚さについて、それぞれ 5 回測定したデータを用いて、誤差を評価した。厚さ 19mm 以下では ±0.5mm 以内で厚さ推定が可能であり、厚さ推定法として利用可能なことが分かった。

A thickness estimation method by using load measurement of an impulse hammer

インパルスハンマ荷重測定による厚さ推定方法

島田道男、吉井徳治、成瀬健

平成 14 年 10 月

Proceedings of the 6th Far-East Conference on
Non-Destructive Testing

船舶検査において構造部材の厚さ測定は船体の腐食消耗の状態を評価するために不可欠の要素である。外航船舶などでは 1 回の検査でも測定点数が数百点になり、時間的・経済的負担が大きい。また、船体の巨大さや汚れなどから、測定条件も悪いので、作業の効率も良くない。そこで、検査官が日頃行っているハンマリングに着目し、これを計装化して厚さが測定できれば、検査の効率化に大きく寄与できる。

本測定方法を開発するため、厚さが異なる 7 種の鋼板 (1 m × 1 m) の中央付近を、インパルスハンマで叩いたときの荷重波形を収集分析した。インパルスハンマのヘッド質量は 320g、衝撃速度は、約 2 m / 秒である。得られた荷重波形から、荷重波形の積分値 (力積)、最大荷重、半値幅、最大最小比 (微分荷重波形の最小値を最大値で基準化した値) と鋼板の厚さとの関係を調べた。これらの波形パラメータの抽出に当たっては、カットオフ 100KHz の低域濾過フィルタと 4 次式によるカーブフィットでノイズや余分な振動を除去した荷重波形を用いた。

4 つのパラメータと厚さとの間に相関が認められた。荷重波形積分値と最大荷重では再現性も良かった。ただし、厚さが 20mm 以上ではパラメータが飽和する傾向が見られた。

パラメータから厚さ推定の精度を以下の方法で検討した。厚さが各パラメータの 4 次式で表されると仮定して、その係数を重回帰分析で求め、この係数を用いてパラメータを厚さに変換し、真の厚さに対する誤差を求める。7 種の厚さについて、それぞれ 5 点測定した波形を用いて、厚さと誤差の関係を整理すると、荷重積分値を利用した推定法が最も精度が高く、板厚 19mm 以下において、±0.5mm の精度が得られ、厚さ推定に利用可能なことが分かった。

イベントツリー手法による事故発生頻度の評価 (衝突事故)

Evaluation of Accident Occurrence Frequency by Event Tree
Analysis (Ship Collision Accident)

松岡 猛

平成14年10月

「海上防災」10月号

船舶分野の確率論的安全評価としては、IMO の MSC(Maritime Safety Committee)において FSA という名称のもとに討議されてガイドライン草案が作成されている。これはIMO の規則作成過程において使用する事を目的としている。この様な動きのなか、海上技術安全研究所では、日本造船研究協会との共同研究を通じて FSA 関連の研究を進めてきている。

海技研で実施した衝突事故発生頻度評価は以下の手順に沿って行った。まず、衝突事故の発生状況を海難審判庁の報告書、審判裁決録等を参照して検討し、衝突事故を引き起こす要因を調べ上げた。この結果をもとに衝突事故発生に至る筋道を一般化してモデル化し、イベントツリー(ET)形式で表現した。ET中に現れる事象(ETのヘディング)の発生確率を算定するため、それぞれのヘディングについてフォールト・ツリー(FT)を作成し、基本事象(ベイシックイベント)の発生確率を与え FTの頂上事象発生確率を求めた。機器故障発生確率は長年、本省と海技研で整備してきた船舶信頼性データベース(SRIC)を用いて評価した。

ヒューマンファクターに関する事象発生確率は適切なデータがないため、人間行動の過誤率等について船長等の航行経験者にアンケート調査を実施し推定した。得られたデータを用いて ET の定量解析を実施し、船舶衝突事故発生頻度を評価した。

さらに、衝突事故低減のための対策(リスクコントロールオプション:RCO)の評価を行い、安全対策についての検討も行った。RCOとして、就労監視装置、AIS(ARPA)、レーダリフレクタ、GPS+携帯電話について検討してみた。その結果、衝突事故発生頻度の低減割合は、AIS(ARPA)は34%、GPS+携帯電話は18%、レーダリフレクタは7%、就労監視装置は5%という結果が得られた。本 RCO の検討で示したように、事故要因を分解し各要因の寄与度が定量的に評価されると、各種安全対策の効果が定量的に算定可能となり、安全対策相互の優劣が容易に比較可能となる。

今後は、座礁・乗り揚げ、浸水、転覆等の各種事故についての ET 作成、データベース整備をすすめ、船舶分野における確率論的安全評価方法実施手順としてまとめていく予定である。

LCI of a Recycling System of Waste FRP Boats as Fuel for Cement Process

F R P 廃船を利用したセメント焼成用燃料の L C I
(ライフサイクルインベントリ分析)

成瀬 健、林 慎也、亀山 道弘

平成14年11月

Proceeding of The Fifth International Conference
on EcoBalance

繊維強化プラスチック(FRP)が小型船舶の構造材の主力になって40年以上が経過し、現在ではFRP廃船の処理・リサイクルが社会的な課題になってきている。

船舶用FRPは、不飽和ポリエステル樹脂60%とガラス繊維40%の複合材料であり、約4,500kcal/kgの十分燃料に使用できる発熱量を有している。また、ガラス繊維の主成分はSi、CaおよびAlであり、これはセメントの主成分の5元素のうちの3元素である(その他の元素はFeとMg)。それゆえ、FRP廃棄物をセメント焼成用燃料として利用した場合、樹脂は燃料として、ガラス繊維は原料として同時にかつ残渣の無い完全な再利用ができるため、FRP廃船のリサイクル方法として極めて優れていると考えられる。しかしながら、従来、セメント会社は、主にガラス繊維による粉塵を理由に、FRP廃棄物のセメント製造プロセスへの投入を拒否してきた。

当所は、FRP廃棄物と重油系廃棄物との混合によって粉塵抑制と発熱量調整を同時に行うことにより、セメント会社の受け入れ可能なFRPセメント焼成用燃料の製造プロセスを開発するための実験に成功した。

本システムの実用化のためには、環境負荷を評価する必要があることから、実測データを用いたLCI(ライフサイクルインベントリ分析)を行ってCO₂総排出量を計算し、他のセメント焼成用燃料(石炭およびコークス)の製造プロセスと比較した。その結果、本システムのCO₂総排出量はコークスの1/4程度、石炭の2.3倍程度となった。また、CO₂の82%がトラック輸送により排出されていることから、輸送経路の短縮化によるCO₂総排出量の石炭以下への低減が可能であることを示唆した。

Numerical Investigation of an Error Correction
Method for Ultrasonic Thickness Measurement at Rough
Corroded Test Surfaces

腐食凹凸面における超音波厚さ測定誤差補正法に関する
数値実験

成瀬 健、島田 道男、吉井 徳治

平成 14 年 11 月

Proceeding of The Sixth Far-East Conference on
Non-Destructive Testing (FENDT'02)

船舶・海洋構造物において、構造部材の腐食衰耗は、構造物全体の強度低下をもたらすことから安全性を確保する上で大きな問題となっている。そのため、衰耗状況を調べるために行われる厚さ測定は重要な検査項目と認識されており、国際的な船舶検査強化の流れの中で適用拡大が図られている。

通常、厚さ測定は超音波厚さ計により行われている。しかし、腐食した構造部材の表面は、腐食生成物に覆われていたり、大きな凹凸を生じているなどの理由から、グラインダー等による測定面の前処理が必要となり、そこに多くの費用と労力を要することが問題となっている。また、測定者が前処理を行う際に、削りやすい箇所を測定点に選定することによる測定結果の偏向も懸念されている。

当所では、グラインダーによる測定面の前処理を省略した超音波厚さ測定方法の開発を目的に、ブラシ等により錆を落とすだけの腐食鋼板を用いて超音波と機械式の厚さ測定とを比較する実験を行った。

実験では、厚さ測定に必要な超音波底面エコーは十分に検出できたものの、厚さの平均値として、プラス側に 0.6mm から 2.2mm の測定誤差が発生することが分かった。その対策として、表面エコーの持続時間による補正方法を考案し、厚さ分布の平均値を 0.2mm 以内で機械式の測定値と一致させることができた。

本研究では、この補正方法の妥当性を確認するため、測定面における超音波の多重反射をモデル化した数値シミュレーションを行った。その結果、表面の凹凸に溜まった接触媒質層の厚さと表面エコー持続時間の相関が確認され、本補正方法の理論的な妥当性が示された。

大波高中における大型コンテナ船のフレアスラミング
に関する研究

(第 1 報)フレア衝撃圧の確率密度関数に関する検討

Flare slamming of large container carrier in rough seas
(1st report) probability density function of impact pressure
on bow flare

小川剛孝、南 真紀子、谷澤克治

松波亮樹、熊野 厚、三宅竜二（日本海事協会）、

荒井 誠（横浜国立大学）

平成 14 年 11 月

日本造船学会論文集第 192 号

近年、船幅がパナマ運河の幅を超えるオーバーパナマックス型コンテナ船のようにコンテナ船の大型化が進んでいる。その結果、従来のコンテナ船においても重要な検討事項であるフレアスラミングによる衝撃圧や振りモーメントについての検討が求められている。このうちフレアスラミングについては、これまでに多くの研究が行われており、衝撃圧の推定法及びその確率密度関数の推定法が提案された。

しかしながら、模型試験から得られる衝撃圧を実船換算すると損傷パネルの塑性崩壊水圧より小さい事が多く、これらの推定法は実験係数を用いることで損傷事例に合うように修正を施している。そのため、これらの半実験式を従来のコンテナ船に比べてフレア角が大きくなったオーバーパナマックス型コンテナ船に適用する事の妥当性については明らかにされていない。よって、この事を明確にするためには、衝撃圧の尺度影響だけでなく船体と波との相対関係及びこれらと荷重の関係を定量的に検討する必要があると考えられる。

これらの事から、本研究では相対速度、相対傾斜角及び衝撃圧の推定精度向上のための検討を行った。さらに、船型によらない合理的な衝撃圧の予測法の開発を行った。はじめに、大きなフレア角を有するオーバーパナマックス型コンテナ船のフレアスラミングによる衝撃圧についてのデータ取得を目的とした大波高中での実験を実施した。規則波及び不規則波中で自由航走試験を行い、船首フレア部の衝撃圧と船体運動及び相対水位の計測を行った。これらの結果を用いて、相対速度及び相対傾斜角と相関の強い相対水位変動及び上下加速度について浸水面形状の時間変化による非線形性を考慮した推定法による精度の検証を行った。また、開発した予測法による衝撃圧の確率密度関数は不規則波中実験結果とよく一致しており、船型によらない合理的な衝撃圧の推定が可能である事がわかった。

Inner Structure of Cloud Cavity on a Foil Section 翼型に発生するクラウドキャビテーション

の内部構造

川並康剛、加藤洋治、山口一

前田正二、中住昭吾

平成14年8月

JSME International Journal Series-B

Vol.45, No.3, 2002

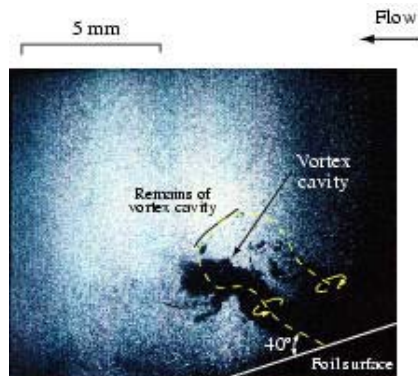
クラウドキャビテーションの崩壊衝撃圧に起因するエロージョン(流体機械の損傷)あるいは騒音・振動などが大きな問題となっている。そのため、クラウドキャビテーション崩壊に関する研究が長年にわたって続けられてきた。しかし、クラウドキャビテーションの生成と崩壊過程は気液二相流の中でもとりわけ解析が困難な問題であり、実験的研究も圧力計測や映像撮影など間接的な研究がほとんどであった。そこで著者らは、もっとも基本的な流体機械の要素である2次元翼型に発生するクラウドキャビテーションを研究対象とし、いままで明らかにされてこなかったクラウドキャビテーションの内部構造を解明することにした。本論文は、生成から崩壊に至るまでのクラウドキャビテーションの内部構造をレーザーホログラフィを用いて撮影し、3次元解析した結果をまとめたものである。その結果次のような特徴が明らかになった。

- (1) クラウドキャビテーションは、一本の馬蹄形渦とその中心の低圧部近傍に微小なキャビテーション気泡(直径数十 μm)が集中したものである。崩壊は馬蹄形渦の足の軸方向に沿って起こり、このとき振幅ギガパスカル、時間幅ナノ秒オーダーのパルス状の衝撃圧が発生する。

- (2) クラウドキャビテーション内の気泡数密度分布は発生から崩壊直前に至るまでほとんど変化せず、

$$N \propto R^{-5}$$

のように表すことが出来る。(N: 気泡数密度分布、R: 気泡半径)



翼面上のクラウドキャビテーション
(ホログラム再生像)

Numerical Analysis of Two-Phase Flow with Mass Transfer by a Level Set Method

レベルセット法を用いた物質移動を伴う二相流の
数値解析

岡 秀行、石井克哉

平成14年10月

Theoretical and Applied Mechanics Vol. 51

地球温暖化対策として、温室効果ガスの一つである二酸化炭素を海洋処理する方法が検討されている。その方法の一つである CO_2 液体溶解法では、 CO_2 の急速な溶解による処理海域の局所的な酸性化を避ける必要があるため、液体 CO_2 を海水中に放出する際のノズル孔径や、液体 CO_2 の溶解速度を見積もることが重要である。ここではその予備的研究として、物質移動を伴う液々系ジェット及び物質移動により収縮する上昇液滴について軸対称座標系における数値解析を行った。

本研究では、二相界面の取り扱いにレベルセット法を採用し、固体であるノズル部分を流速ゼロの仮想的な流体とすることで、複数の流体と固体を分離することなく統一的に扱う手法を取った。また、上昇液滴及びノズルから流入する分散相は常に飽和濃度であると仮定し、界面での溶け出しによる収縮速度をレベルセット法に組み込むことによって、分散相の収縮を伴う物質移動のモデル化を行った。数値解法としてはFractional Step法を利用し、流れ場の支配方程式を時間発展的に解いた。移流項には2次精度ENOスキームを、拡散項には中心差分を用いた。

まず、本研究における物質移動モデルを吟味するため、変形を伴う単一上昇液滴の数値解析を実施した。物質移動速度に相当するSherwood数について、定常球形液滴を仮定した近似理論式及び実験式と比較し、本モデルにより得られた数値解は妥当なものであることを示した。次に、ノズルから噴出する液々系ジェットの流れ場に本モデルを適用し、ジェット及びジェットの先端で形成されて分離する液滴の挙動に対して、物質移動の影響を調べた。ジェットから最初に分離する液滴に対しては物質移動の影響は小さいが、その後に形成される液滴には影響が現れ、物質移動の有無により上昇液滴の挙動に顕著な違いが見られた。

本研究では、界面を通して溶け出す物質移動モデルをレベルセット法に組み込むことにより、分散相の収縮を伴う二相流の数値解析手法を開発した。

解析信号の相互相関関数を用いた位相速度 および群速度の測定

Measurements of phase velocity and group velocity using
analytical cross-correlation method

菅澤 忍

平成 14 年 11 月

第 23 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に
関するシンポジウム講演予稿集

超音波を用いた計測の重要な応用の一つとして、物質中を伝搬する弾性波の伝搬速度を求めることがあげられる。このため今までに様々な計測方法が提案されてきたが、超音波パルスを利用する方法はその中でも広く用いられている。一方、伝搬速度は位相速度と群速度とに分けられるが、大部分の解析手法では位相速度の導出を目的としている。群速度を直接求める方法は、位相スペクトル法など限られている。群速度は、弾性波がもつエネルギーの伝搬速度に等しいため、物性の研究において興味深い情報を与えてくれるものと期待できる。

以上のような背景のもとに、本講演において実際に材料をサンプルに用いて、それらの群速度と位相速度を求めた結果を報告した。導出法は著者が開発した解析信号の相互相関関数の理論 (JJAP Vol.41 (2002) 3299 参照) をパルスエコー法に応用したものを用いた。この理論は媒質に分散が存在する場合に適用すると、位相速度と群速度を同時に得ることができる。用いたサンプルの種類は軟鋼、ステンレス、鋳鉄の 3 種類であった。

測定の結果、上記の材料に関して、どれも位相速度の方が大きく、比率にして 0.5% 程度の差があることがわかった。また、この結果を位相スペクトル法によって求めた場合と比較したが、同様の結果が得られた。

さらに、分散性媒質下で、超音波パルスを距離の測定に用いる場合には、パルス自身は全体として群速度で移動するので、伝搬距離が長くなると、位相速度では正確な測定が難しくなる可能性について論じた。

ケミカルタンカーのタンク配管系に残留する液 及びガス量

Residual liquid and gas quantity in tank and piping on
chemical tankers.

上田浩一、山之内博、間島隆博

平成 14 年 11 月

第 68 回マリンエンジニアリング学術講演会

ケミカルタンカーによって輸送される液体化学物質の荷揚げ後の残液や洗浄廃液は海洋汚染防止のため有害性に応じて、その海洋への排出は規制されている。そのため有害液体物質の排出を低減するために、タンク内に残留する量の低減化が行われてきた。それにより荷揚げ後タンク底のウエル部に残留する量が 1 リットル以下のケミカルタンカーもある。タンクウエル部や配管内に残留する量がストリップング配管やストロー (細管) とエジェクター等により極減されてきた結果、タンク内や配管内に付着して残留している量や気化している量の方が多くなる場合もある。

そこで過去の実船調査から、タンクウエル部の残液量、配管内の残液量、タンク内に付着して残留する量、配管内に付着して残留する量、タンク内や配管内に気体として残留する量について検討した。比較的気化し易い 20 で蒸気圧が 5 kPa 以上の化学物質の場合と 5 kPa 以下で 5 kPa 近傍の化学物質について各部分の残留量について調べた。付着残液量と気化してタンク内や配管内に残留する量については計算により推定した。

その結果、ストロー装置やストリップング装置が設置されたケミカルタンカーにおいては、タンク内底部のウエル部に残留する量が 1 リットル以下になり、気化して残留している量や付着して残留している量が多い場合もあることがわかった。タンクウエル部と配管内に残留する量の規制値については充分クリアしている。

しかしながらストリップング装置やストロー装置等により、最終段階まで回収すると、混入不純物増加の原因になる場合がある。そのため残留量の規制値に余裕がある場合にはストリップング装置やストロー装置での回収が望まれない場合もある。

今後さらに排出量の低減を行うにはタンク内のコンタミ防止により最後まで貨物として回収するようにするか、少量の廃液の処理を容易にすることが必要であり、また気化による排出を低減する必要がある。

Pressure distribution and response of multi-plate panels under ice loading

氷荷重を受ける連続防撓パネルの圧力分布と
構造応答について

Kaj Riska, Shotaro Uto and Jukka Tuhkuri

平成14年5月

cold regions science and technology Vol.34

本研究では船体外板に氷荷重が作用した場合に連続防撓パネルがどのような挙動をするかについて、実験及び理論解析を行って検討した。理論解析ではフレームは剛体と仮定し、パネルの変形のみを考慮した。さらに氷は柔であり、その圧力はパネルにパッチ状に分布すると仮定した。このような氷と構造物の干渉モデルとして、Winkler Foundation 上の防撓パネルを与えた。一方、模型実験では氷荷重を受ける連続防撓パネルの挙動を、パネルの板厚を変えて計測した。本研究で得られた結論を以下に示す。1)理論解析によって求めたスパン方向のパネル応力の分布は、実験データと良く一致した。2)このことは Winkler Foundation による氷 - 構造物間の干渉モデルの妥当性を示すものと考えられる。3)氷とパネルの剛性比を表すパラメータ - C_s を新たに導出した。4)無次元氷圧力分布は C_s の関数となる。 C_s が大きいと (パネル剛性が低いと) ミッドスパン部での氷圧力は減少する (Fig.12 参照)。5)無次元化されたパネル応力は C_s 及びパネルのアスペクト比の関数となる。本研究の主要な部分は筆者の一人が科学技術庁 (当時) の中期在外研究員制度を利用して、ヘルシンキ工科大学に滞在中に実施されたことを付記し、関係各位に感謝する。

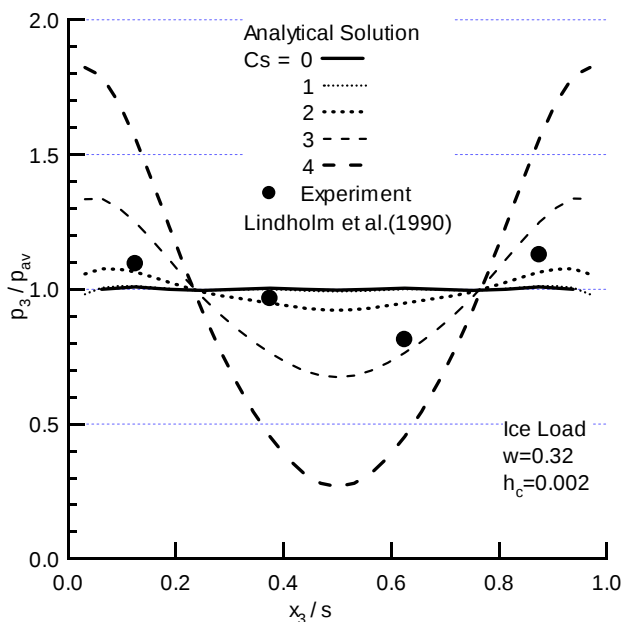


Fig.12 Influence of Rigidity Ratio C_s on Pressure Distribution

電子制御ディーゼル機関の運転 —オーバーラップ制御について—

Operation of Electronic Controlled Marine Diesel Engine
- Effect of Overlap Control -

張 潔、高杉喜雄、石村恵以子、菊地正晃、菅 進

平成14年11月

日本マリンエンジニアリング学会

第68回学術講演論文集

船用機関の低 NO_x 化を目的として、我々は中速4サイクルディーゼル機関を用いて、燃料噴射系と吸排気系の電子制御化の実験的研究を行ってきた。これまでの研究で、燃料噴射時期を電子的に制御することで、低負荷域での運転で NO_x 排出量と燃料消費率を同時に低減できることを示した。動弁に関しては、排気弁開時期を変化させた影響についてすでに報告した。今回は吸気弁開時期、吸気弁開および排気弁開時期についての実験結果について報告する。

吸気弁開時期は圧縮比とシリンダへの空気充填率に影響を与える。吸気弁開および排気弁開時期はシリンダ内排ガスの掃気に影響を与える。今回の動弁制御の実験はシリンダ内の酸素量を制御して NO_x 排出量と燃料消費率の同時低減の可能性を調べることが目的である。燃料はA重油を使用した。燃料噴射時期は固定した。

電子制御方式の採用によってすべての弁の開閉時期を任意に設定することができるが、制御パラメータの数は増加し、それらの組み合わせは非常に複雑になる。今回は各弁の開閉状態を的確に把握するとともに、実験結果の考察にも資するため、機関回転角に対する吸気弁・排気弁リフト、弁通路最小断面積と最大ガス流速の計算も行った。

吸気弁開時期は170度から230度まで変えた。オーバーラップ制御については、吸気弁開は300度から350度、排気弁開は上死点后10度から50度まで変えた。実験機関は特段の支障なく運転することができた。実験結果は次のようにまとめられる。

- 1) 吸排気弁制御の実験結果は、残存酸素濃度と NO_x 濃度の関係で整理することができる。
- 2) オーバーラップ制御によって、 NO_x 排出量と燃費を同時に改善することが可能である。ただし排気温度の上昇によってオーバーラップ制御範囲は制限される。
- 3) 制御を簡素化し作動の不確実さを避けるために、オーバーラップ制御は排気弁開時期を固定して吸気弁開時期を変える方法で行うのが实际的である。
- 4) 吸気弁開時期は一定値に固定してよい。

浮体式風力発電のコンセプトの一例

A Concept of the Floating Wind Firm

大川 豊、矢後 清和

平成14年11月

第23回風力エネルギー利用シンポジウム

地球環境のこれ以上の悪化を防ぐために、再生可能エネルギーの導入が全世界的課題になっている。中でも風力発電は欧州を中心に急速な伸びを見せており、より風況の良い海上への展開も活発になっている。我が国においても急速な導入が図られているが、陸上での適地は限られており、膨大な風力エネルギーの賦存量を持つと試算されている海上への展開を図る必要がある。

しかしながら、我が国の沿岸は海底傾斜が大きく、急激に水深が増す海域が多いため、欧州のように固定式基礎で展開できる海域は限られている。そこで、沿岸海域の持つ賦存量を十分活用するためには、浮体式の基礎構造を開発し展開する必要があると考え、一つのコンセプトを提案した。

想定した設置海域は、沿岸から6～10km、水深約50mで、暴風時有効波高8.6m、有効波周期13.0秒、風速50m/sである。長さ約300m、幅約60mの格子構造の浮体上に1.6MWの垂直軸直線翼型風車を5基搭載し、このユニットを数基展開しようというものである。

想定海象における静的傾斜および波浪動揺量を推定した結果は、発電性能への影響が小さいと言われる傾斜3度以内を満たしている。係留はコンクリートシンカーと鉄鎖によるカテナリー係留で成立することを確認した。経済性の検討結果は、今後風力発電の普及促進が図られ、量産効果が現れるとする仮定で1ユニットの総建造費は約23億円、発電コストは11円/kw・h程度となり、既存の水力発電並のコストが達成出来る可能性を示した。

浮体式風車の動揺時を想定した風洞試験

Wind Tunnel Tests assumed Motions of the Floating Wind Turbine

矢後清和、関 和子（東海大学）

平成14年11月

第24回風力エネルギー利用シンポジウム

風力発電は陸上の適地に限界があることから、今後、洋上設置への動きが活発化すると考えられている。欧州では遠浅海域を多く有するという利点を活かし、着底基礎構造の大型風力発電機が設置されつつある。しかし乍ら、我が国沿岸では急に水深が深くなる海域が多いため、浮体式風力発電の構想が浮上しており、技術的成立性および経済性などの検討が行われ始めている。

浮体式風力発電装置では波浪による動揺や風、潮流による発電効率の低下や安全性に対する検討が必要となる。

波浪中における浮体動揺の推定法に関しては、既に造船工学の分野において確立していると言って良く、後は風波中における風荷重特性がわかり動揺解析法に取り込むことができれば、浮体式風車の動揺あるいは強度に関する評価が可能となる。

よって、本研究では風車が傾斜した場合および動揺した場合の外力や風車性能の変化を把握するため風洞模型試験を実施した。本試験の結果から、定常傾斜が発電効率や風車構造に働く風外力の変化が明らかになり、設計基準の基になる許容傾斜角などが求められた。また、動揺時の特性を調査した結果、風車による空気力学的な付加質量力や減衰力を求めることができた。これらの結果は、既存理論解析や実機観測データなどに対比させ実用的設計手法を確立する上で役立つものと考えられる。

Research on Use of Gas Hydrate for Natural Gas Transportation

天然ガス輸送におけるガスハイドレートの利用に関する研究

中島康晴、城田英之、太田 進、高沖達也

平成14年10月

Proceedings of 2nd Workshop of the International Committee on Methane Hydrate

海上技術安全研究所、三井造船及び大阪大学は、運輸施設整備事業団からの受託研究として、天然ガスをハイドレート化し、輸送する技術を開発するための基盤的研究を実施している。東南アジアにおける中小ガス田から日本へとガスを輸送する事例を対象とした事前検討からは、本方式が採算性を有する可能性が期待されている。そのためには、天然ガスハイドレートの製造効率の向上に加えて、輸送時における分解抑制などの課題の解決が重要である。本稿では、本研究プロジェクトにおける、1) 輸送に適した形状への加工、2) 輸送船及び荷役システムの概念設計、および3) 天然ガスハイドレートペレットの自己保存効果の評価、に関する研究の概要を記述する。なお、本プロジェクトでは、純粋なメタンガスから合成したメタンハイドレートを天然ガスハイドレートの代わりに使用している。

形状加工の検討においては、メタンハイドレートのペレット化を検討した。合成した粉末状のメタンハイドレートを型に入れ、球状のペレットに加工した。ペレットは、粉末に比べて荷役上の取扱が用意であることに加えて、分解しにくいという利点を有していた。言い換えれば、自己保存効果が強化されているといえる。次に、輸送船の概念設計においては、既存のばら積み船の船倉を断熱化する方法を検討した。一方、荷役システムの開発においては、高温・低圧では分解するメタンハイドレートの特性に対応するため、各種の方法を検討している。

ハイドレートペレットの自己保存効果の評価については、輸送温度として想定している -20、-15、-10 及び -5 においてハイドレートペレットを静置し、時間の経過に対する分解量を測定した。-5 においては4日以内にほとんどが氷とガスへと分解したのに対して、-20 では2週間に亘って十分な量が保存されることが見出された。今後は、自己保存効果の特徴についてより詳細な検討を行うとともに、実際に輸送される状況を想定した、加圧下での分解実験をも実施する予定である。

海難事故における携帯電話の有効性の評価

Assessment for the Effectiveness of Cellular Phone in Maritime Accidents

三友 信夫、岡崎 忠胤、松岡 猛、宮本 武、吉田 公一

平成14年10月

電子情報通信学会技術研究報告

海難事故における通信装置の役割は緊急時の連絡手段という点からも重要なものであり、連絡手段無くして救助は困難である。しかしながら、漁船、プレジャーボート等といった通信装置の義務付けられていない小型船舶もある。これらの船舶では、海難発生時には通信手段が無い場合が考えられ、限定沿海等航行範囲が限られているような場合でも海難発生時における対応策の少なさから危険性は大きなものがある。

一方、ここ数年来携帯電話の普及は通話エリアの拡大も含めすさまじく、またその機能も年々向上している。普及率も平成13年には電気通信事業者協会の調査等では50%を超え、現在では2人に1人が所有していることになる。

ここでは、海難事故時における携帯電話の有効性を検討するために、事故発生から通報により関知されるまでのシナリオを考え、イベント・ツリー(以下ETとする)を用い評価を行った。

海難事故発生時から、その海難遭遇者による連絡、そして海上保安庁の救助に至るまでの基本的な流れを取り上げ、海難事故の結果として死亡行方不明者(以下死亡者とする)の発生数を検討し、携帯電話の海難事故における有効性を評価した。対象海難としては、時間的な余裕がある程度あり、携帯電話の有効性が認められるものとして、転覆・火災・浸水とした。

評価の結果として、ETの解析結果と実際の死亡者数の傾向の一致、また、全員携帯電話を所持した場合の死亡者数の減少を示し、「20トン以下のプレジャーボートと漁船に乗船する時には携帯電話(可能であれば防水措置を施したもの)を携帯すること」、「緊急の通信先を前もって承知して乗船すること」の2点の結論を示した。

打ち込み荷重に対する船種の影響について

Effect of ship type on green water load

小川剛孝, 南 真紀子, 谷澤克治,
松波亮樹, 熊野 厚, 三宅竜二(日本海事協会), 荒井 誠
(横浜国立大学)

平成 14 年 11 月

日本造船学会論文集第 192 号

IMO(国際海事機関)の復原性・満載喫水線・漁船(SLF)小委員会において満載喫水線条約の見直し作業が段階的に行われている。現在行われている作業の一つであるハッチカバー強度の見直しに関して、英国、オランダ及び日本は見直しのための模型実験を積極的に実施し、その結果を IMO に逐次報告している。バルクキャリア模型を用いたこれらの実験結果では、条約の設定荷重よりも大きな打ち込み荷重が計測されている。これらの結果から、IMO では荷重の値だけではなく強度の観点から全体を見直す必要があるものの、慎重な検討及び研究成果の集積を行った上で荷重の見直しも必要との見解を下している。

合理的に荷重を設定する為には損傷事例の有無の確認と詳細な事故及び実験データの解析の必要性があると考えられる。また、船種や船長が異なれば船体運動、相対水位変動、ひいては海水打ち込みも違ってくると考えられるため、船種や船長にかかわらず同じ荷重を一律に適用するのは合理的とは言い難い。

そこで、バルクキャリアに比べて相対的に小型で瘦せ型の中型貨物船による海水打ち込み実験を実施した。はじめに、当所で開発した打ち込み荷重の推定法及び予測法を用いて中型貨物船の打ち込み荷重についての推定を行った。この結果、船首相対水位に波高の非線形影響を考慮する事で精度良く推定できる事と実験結果が解析的にも合理的な結果である事を示した。

次に、現行のハッチカバーに係る規定及び当所でこれまでに実施したバルクキャリア模型の実験結果と本実験結果を比較した。中型貨物船の実験はバルクキャリア模型の実験に比べて有義波高が大きくかつ船速が速い条件で計測した。このような厳しい条件にもかかわらずバルクキャリアの実験結果に比べてかなり荷重が小さくなる事が分かった。また、現行基準との比較を行うと、中型貨物船の打ち込み荷重は条約で規定する荷重に近い結果となった。さらに、船長方向の分布は条約や設計指針のそれとは異なることも明らかとなった。これらのことから、打ち込み荷重を検討する際には船種の違いを考慮する必要性がある事が明らかとなった。

Long term prediction method of green water load and volume for assessment of load line

満載喫水線の評価のための打ち込み荷重及び水量の長期

予測手法

小川剛孝

平成 15 年 1 月

日本造船学会英文論文集第 7 巻第 3 号

内航船の運航の効率化を図るために、限定近海船というカテゴリーを設けて従来の海域区分である沿海区域を拡張した海域区分を設定した。現在、これらの船舶の満載喫水線規則は近海のものが適応されているため、海象の違い等を考慮した基準の策定による合理化が望まれている。そこで本研究では、船首高さを合理的に評価する手法の開発を目的に、船首高さを決定する上で一つの重要なファクターとなる海水打ち込み荷重及び水量の長期予測法を開発した。はじめに内航タンカー及び内航貨物船を用いて規則波及び不規則波中で模型実験を行なった。規則波中での実験結果を用いて、船首相対水位と打ち込み荷重及び水量の相関を調べた。この相関をもとに打ち込み荷重及び水量の超過確率を求めて、不規則波中実験結果との比較を行った。その結果、推定した超過確率は不規則波中での実験結果とよく一致し、精度よく推定できている事がわかった。さらに、長期予測計算を行い、従来の方法と比較した結果、合理的に打ち込み荷重の予測を行うためには、本手法を用いる必要性がある事がわかった。

このように本研究で開発を行った推定手法等を用いて、現行の内航船の打ち込み確率及び打ち込み荷重の発生確率の長期予測計算を行った。これらの長期予測結果から、航行区域の違いが及ぼす影響について検討を行うと共に、限定近海船の船首高さの設定を行った。その結果、海水打ち込みの観点から限定近海を航行する船舶が必要となる最小船首高さは近海船に対する基準に船長の関数で表わされる修正係数を乗じることで設定が可能であることがわかった。

ここでの検討結果は、平成 13 年 10 月に改正された満載喫水線規則の技術的背景となっている。

全方位型推進器を搭載した砕氷型巡視船に関する研究 その1 基本計画と開水中性能

Development of an Icebreaking Patrol Vessel
with Podded Propulsors.
- Basic Design and Open Water Performance -
下田春人、若生大輔、瀧本忠教、田村兼吉、
宇都正太郎
平成14年11月
第18回寒地技術シンポジウム講演論文集

わが国北方のサハリン島東側の大陸棚における石油の開発が進み、オホーツク海を航行する船舶が今後飛躍的に増えることが予想される。現在、冬季のオホーツク海において海難救助を行っているのは、海上保安庁の砕氷型巡視船「そうや」及び「てしお」のみである。流氷海難の現場で、被救助船に素早くアプローチし、誘導、曳航等により迅速且つ安全な救難活動を行うためには、氷中での良好な操縦性能が必要不可欠である。最近、優れた操縦性能をもたらす全方位型推進器(ポッド・プロパルサ)を搭載した砕氷船が運行されるようになった。そこで本研究ではポッド型推進器を搭載した次世代砕氷巡視船模型を設計し、開水及び氷中での模型実験を行い、通常型の推進器及び舵を搭載した模型船の試験結果と比較・検討を行った。

提案する新たな砕氷巡視船型は、中程度の砕氷能力に高度な操縦性能を組み合わせたもので、船体の主要寸法及び連続砕氷性能を「そうや」と「てしお」の中間とし、船長75m、連続砕氷能力0.75m、ポッド型推進器2基搭載とした。開水中の性能は両軸での最大出力5.9MWの主機関を想定し、常用出力4.9MWにおける開水中巡航速力を18ノットとした。船首形状は砕氷性能に加えて開水中における速力を保つために、V型のフレームラインを有する形状を採用し、喫水線形状は砕氷航行を考慮して先端部で直線的、ショルダー部かけて適当なふくらみを持たせ、船体中央において最大幅に達するようにした。船首角は水平より25度とした。

開水中模型試験結果から、ポッド型推進器搭載船型の方が、通常型推進器及び舵を搭載した船型よりも所用馬力が約9%小さく、開水中の速力性能が良好であることがわかった。

全方位型推進器を搭載した砕氷型巡視船に関する研究 その2 氷中試験

Development of an Ice-breaking Patrol Vessel
with Podded Propulsors.
-Performance in Ice-
若生大輔、下田春人、宇都正太郎、金田成雄
平成14年11月
第18回寒地技術シンポジウム講演論文集

氷海域で発生した海難事故に対する救助活動は砕氷型巡視船の主要任務の一つである。氷海域でビセットされた船舶の救助オペレーションは一般に、砕氷船によって被救助船の周囲を砕氷し、船体に作用する氷圧力を緩和するとともにビセット状態を解き、進行方向に航路を開き、誘導または曳航により危険海域より離脱するというものである。これらのオペレーションを安全かつ円滑に遂行するためには、砕氷船の操縦性能が重要となってくる。近年、全方位型推進器を搭載した砕氷船が北欧で運航されるようになった。これは言うまでもなく、操縦性能に優れているからである。そこで、当所では、全方位型推進器を搭載した次世代砕氷型巡視船模型の設計、製作を行い、開水中及び氷中での模型実験を行い、通常型推進器を搭載した模型試験結果と比較、検討を行った。氷中試験は、抵抗試験、荷重量変更試験及び旋回試験を行った。抵抗試験及び荷重量変更試験は、模型船を曳引台車に設置された抵抗動力計に拘束し、その曳航力を計測した。荷重量変更試験は、さらに推進器を作動させスラスト、トルクの他に模型船の曳航力も計測した。曳航力がゼロになるときのスラスト、トルク及び回転数をもとめた。旋回試験は、電源ケーブルや、計測用のケーブル等以外は拘束せずにフリーな状態で走行させ、航跡、スラスト、トルク、回転数等を計測した。

本論文の結果を以下に述べる。

- 1)通常型推進器に対応した船尾を持つ通常型船型、全方位型推進器に対応した船尾を持つポッド船型ともに連続砕氷性能に関して設定した厚さ75cmの氷盤を船速3ノットにて連続砕氷可能、という設計条件をクリアすることができた。
- 2)連続砕氷性能はポッド船型の方が良好であることがわかった。ただし通常型船型では氷とプロペラの干渉を過大に評価した結果、連続砕氷性能を低く推定した可能性がある。
- 3)ポッド船型の氷中での操縦性能は既存の砕氷巡視船に比べて非常に良好であることがわかった。氷中操縦性能の良さでは定評のある「てしお」に比べて旋回径が1/2以下であった。

海洋エネルギーを利用した 海中リチウム採取システムの開発 (第1報)

Development of a Floating System to Extract Lithium
Dissolved in Seawater Using Ocean Energy (1st Report)

湯川和浩、星野邦弘、齊藤昌勝

平成 14 年 11 月

日本造船学会論文集第 192 号

近年、リチウムは電子情報機器の二次電池として需要が増えているが、我国には採掘可能な陸上のリチウム資源が存在せず、全量を輸入に頼っているのが現状である。資源の安定確保が重要な課題となる中、海水中に約 2000 億 ton 含まれると推定されるリチウムイオンが注目を集めている。その採取法の一つに吸着剤を用いる方法があり、現状で 1g あたり約 32mg のリチウムイオンを吸着できる粒状吸着剤が開発されている。本研究では、粒状吸着剤によるリチウム採取に対し、波浪や海流などの自然エネルギーを利用した全天候型の浮体式リチウム採取システムを提案する。研究実施期間は平成 12 年度から 14 年度までの 3 年間であり、12 年度および 13 年度は要素技術の開発、そして最終年度は各研究成果の統合、システムの試設計および経済性評価の期間としている。本論文は平成 12 年度から 13 年度初めまでの成果報告である。

提案するリチウム採取システムは、粒状吸着剤にとって理想的な流動床状態を作り出す流動床発生装置とそれを 4 本のコラムで支持する係留浮体から構成される。流動床発生装置は、波浪エネルギーを吸収するフロートと吸着剤積層部に海水を送り込む逆支弁付き平板ピストンからなる。フロートは波力を受けて上下運動することで、係留浮体に対して相対運動（ピストン運動）を起こし、吸着剤積層部に透過流速を発生させる。

そこで、リチウム吸着量と密接に関わる流動床発生装置の特性を調べるために、(1) 流動床の発生状況、(2) フロートによる相対運動の周波数特性、(3) 吸着剤積層部の透過流速、の 3 点に着目し、当所の 2 次元水槽や海洋構造物試験水槽において 1/40 スケール模型を対象にした強制動揺試験や波浪中動揺試験を実施した。

上記 3 点の計測結果と数値計算によって流動床発生装置の基本的な特性を把握することができた。すなわち、吸着剤積層部では、入射波の波周波数 0.55Hz 付近で最大 5cm/s の透過流速が得られ、ピストンストロークは入射波高(5cm)に対する 0.8 倍であった。吸着剤積層部の底面にスリットを設ける等の工夫を加えると、最大 5.5cm/s の透過流速が得られる。また、吸着剤積層部内の体積率は上層部 10%、中層部 60%、下層部 90%で上層から下層にかけて流動床が発生している良好な状態であり、積層部内の海水交換には 90 秒を要することが論文発表後に実施した計測（講演時に追加説明）でわかった。これらは全て、試設計およびコスト算出のためのデータとして使用されることになる。

トリムした船体に働く流体力の推定

An Estimation of Hydrodynamic Forces

Acting on a Trimmed Ship Hull

湯川和浩、星野邦弘、原 正一、山川賢次

平成 14 年 11 月

日本造船学会論文集第 192 号

1997 年に日本海で発生した「ナホトカ号」の海難事故や 1999 年にフランス北西部のブレスト沖で発生した「エリカ号」の海難事故では、積載していた原油の流出により沿岸一帯は多大な海洋汚染に見舞われた。著者らは平成 10 年度から 5 年計画で「荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究」を実施しており、損傷船舶の漂流予測法および最適曳航法に関する研究を通して、「最適曳航支援システム」の開発を進めている。このシステムは既存のコンピュータで実行可能なソフトウェアであり、損傷船舶の姿勢から推定する流体力と海象条件から推定する外力を用いたシミュレーション計算により、2 次災害の防止や海洋汚染を最小限に留めるための指針を与えることができる。ただし、シミュレーション計算で損傷船舶の漂流運動や曳航時の運動を正確に評価するためには、数学モデルを構成する流体力の表現が問題となり、中でも船体に働く流体力を精度良く推定することが非常に重要である。

損傷船舶は一般に姿勢変化を伴っていると考えられるが、トリムやヒールした船体に働く流体力の理論推定法に関する研究例は極めて少ない。そこで、本研究ではトリムした損傷船舶を曳航する場合を想定し、船首曳航時と船尾曳航時の船体に働く流体力の理論推定法について検討を行った。まず、一般的な VLCC 船型を選び、その 10 分割模型を用いてトリムした船体に働く横力の船長方向分布を計測し、偏角や船体の姿勢の違いが及ぼす影響について調べた。次に、CFD に比べて取り扱いが簡便であり、しかも短時間で比較的精度良く船体に働く流体力を推定することが可能であると思われる細長体理論と離散渦流出法を組み合わせた手法を用いて、前述した VLCC 船型を対象にトリムした船体に働く横力の船長方向分布と流体力の推定を行った。その結果、船首トリムした船体を船尾曳航する場合に働く流体力に関しては、推定結果と計測結果の間に若干定量的な差が生じたものの、それ以外の状態については、本計算法を適用することで船首曳航時と船尾曳航時の船体に働く流体力を実用的な精度で推定することが可能であることがわかった。

今後、トリムした船体に働く流体力の推定精度を向上させるためには、特に船体まわりの流場に関するデータを収集し、剥離線や渦糸の強さ、横力分布などの場で個別に渦モデルの検証を行っていく必要がある。