

所外発表論文等概要

<推進性能部>

Breaking Waves in Front of a Box-Shaped Ship

箱船前方に生じる波崩れ

日夏宗彦, 竹子春弥

平成5年6月

関西流体力学研究会 (関西造船協会) on Ship and
Proc. of the Second Japan-Korea Joint
Workshop marine Hydrodynamics

波崩れ現象は, その発生条件や物理モデルなど, 未解決の部分が多く, 現象解明のためにはさらに多くの知見

を得る必要がある。本論文は, 波崩れ現象の解明の一つの手がかりを得るため, 箱船前方に生じる波崩れ流場をレーザー流速計で計測し, さらに簡単な物理モデルを導入して, それに対応する数値シミュレーションを行った。計算では, 波崩れ域で自由表面上に剪断応力 (レイノルズ応力) を課し, 1方程式乱流モデルを用いて流場のシミュレーションを行った。

実験結果より, 波崩れ発生点で乱れのエネルギーが生成されていることが明かとなった。数値計算でも, 同様の結果を得ることが出来た。しかし, 波崩れ発生点の定義や, 波崩れ近傍で生じる逆流は数値解では表現出来ておらず, 更に研究の余地がある。

<構造強度部>

フェロセメントの曲げ試験におけるひび割れ特性の影響

Effects of Cracking Characteristics on
Bending Test of Ferrocement

北村 茂, 佐久間正明, 佐藤 忠

平成5年6月

コンクリート工学年次論文報告書 Vol. 15 B

従来のフェロセメント船は数枚の金網を補強材として、これにモルタルを充填し、強度を金網とモルタルでもたせる工法である。上記工法では重い、ひび割れが発生しやすい、衝撃に対する強度は充分ではないと言われてきた。本報告は金網を硬鋼線に置き換え、船殻の強度は硬鋼線でもたせ、モルタルは防水と硬鋼線相互の結束の役目をはたす新しい工法である。本工法では、船殻の軽量化が計られ、衝撃に対する強度も大幅に改善された。船殻外板に相当する試験片を製作し、硬鋼線の間隔、モルタルのかぶりの厚さを変えて、ひび割れの発生、拡大、破壊に至る過程を歪ゲージ及び目視により観察し、曲げ強度との関係について調べた。水密性重視の立場から試験片表面をコーティング剤を塗った試験片を用いてひび割れ防止効果と強度について調べた。

かぶり厚さが薄く、硬鋼線の間隔が狭いほどひび割れ発生は分散性が良くなった。表面をコーティングした試験片は、強度は増大し、ひび割れを防止する効果の顕著なコーティング剤もあった。

<材料加工部>

A New Evaluation Method of Thermal Shock
Resistance of Ceramics by Laser Pulse
Irradiation

レーザーパルス照射によるセラミックスの新しい熱衝撃
強度評価法

秋山 繁, 天田重庚

平成5年7月

American Nuclear Society FUSION
TECHNOLOGY 第23巻第4号

構造用セラミックスは、耐摩耗性と耐熱性に優れているため、核融合炉の構造材料の一つとして注目されている。これらの材料は、核融合炉においては、高温環境や高熱流束環境にさらされ、また、急激な熱荷重変動を受ける。そのため、これらの材料の熱衝撃荷重に対する強度特性並びにその評価方法を検討することは重要であると考えられる。

本報告は、セラミックス表面に高エネルギー密度のレーザーパルスを照射して構造用セラミックスの熱衝撃特性を評価する、新しい手法を提案している。円柱のセラミックスに均一出力密度のレーザーが1秒間照射された場合について、モデル計算を行い、CO₂レーザーによる熱衝撃試験の結果と比較した。モデル計算では、有限要素法を用いて熱伝導解析と弾性熱応力解析を行い、圧縮強さで材料に割れが生じると仮定して、レーザーのビーム径と出力密度（エネルギー密度）の関係より、割れ発生の限界を表わす臨界破壊曲線を求めた。そして、熱衝撃試験より得られた臨界破壊曲線は、計算で得られた臨界破壊曲線と比較して、よく一致した傾向が得られた。また、セラミックスの割れの様相は、浸透探傷試験、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により観察し、その一例を写真で示した。

最後に、本研究で提案した熱衝撃試験が、セラミックス材料の熱衝撃特性を評価するため従来行われてきた水中クエンチ法に代わる新しい標準試験法に成り得ると結論した。

〈装 備 部〉

船舶排ガス移流拡散モデル

Dispersion Model for the Exhaust Gas Exiting
Ship Funnels

山岸 進, 川上富春

平成5年5月

第51回船舶機関学会春期講演会

船舶排ガスの生活圏に与える影響は無視できないと言われており、その影響を定量化することが急務と考え、原型となるべき実用的な船舶排ガスの拡散モデルを提案する。

我が国の陸上総量規制において船舶の影響を推定するためのモデルには、基本的に陸上のパラメータがそのまま用いられており、海上の大気安定度から見れば矛盾している面も多い。このため、陸上の拡散式として一般的に用いられているガウス型プルームモデルを基本として、海上の大気安定度区分方法とその区分に対応する σ_z の関数形を設定する方法を考えた。

ここでプルームの広がり幅のうち水平方向を σ_x , σ_y で、鉛直方向を σ_z で表わす。

船舶の場合 σ_x , σ_y , σ_z の効果のうち σ_z が最も重要で、安定度による拡散の形態を推定すると、海上における大気安定度は非常に重要な因子であることが分かる。安定度は地域的水温に左右されるため、海上の気象観測を常時行う必要があると考えられる。

また、船舶からのプルームが長距離輸送されて陸上に到着する場合、沈着による物理的な除去と化学反応による変質の化学的除去過程を考慮する必要がある。このような除去過程は減衰項を加えることで説明され、文献資料による減衰係数は、同じ条件であれば、 SO_x のほうが NO_x より大きく、 SO_x では沈着による減衰が大きな割合を占めるのに対して、 NO_x では化学反応による変質の割合が大きいと推定される。しかし、係数は大気安定度とも関連し、更に研究が必要である。

本報告のモデルでは、プルーム上陸以降の予測を行っていないが、これについては風下関数を変えることで対応できるものと考えられる。

海上境界層鉛直構造のライダー観測

Lidar Observation of the Vertical Structure in
Marine Boundary Layer

山岸 進, 山之内博, 土屋正之

平成5年6月

第16回レーザセンシングシンポジウム

大気汚染物質の海上拡散予測の精度向上には、海面に接する大気モデルの精密化が必要である。このため船舶搭載ライダーを使って、海上境界層の鉛直構造について観測を行っているが、ここでは、2つのケースについて、その高さ及び内部乱れの分布を調べた結果を報告する。

観測は、ミーライダーを航海訓練所練習船青雲丸に搭載し、鉛直方向と鉛直断面の観測を行った。同時に、気象、海象の観測と随時係留ゾンデによる計測も行った。

第1は混合層についての観測であり、長崎県平戸で(1992.8.23)行った。ライダーでエアロゾルの鉛直分布を連続観測して、後方散乱強度を画像化すると約150mから600mに乱れのパターンが認められる。これは、海面に接した層から湿った気塊が冷たい気流に入った時生じたエアロゾル濃度変化を表していると推定される。小さい乱れや雑音成分を、デジタルフィルタを使って除き、比較的大きなスケールの乱れを対象に周波数分析した。時間をずらして連続収集した異なる3組(同一高度)のパワースペクトルを比較してみると、ほとんど同じ分布を持つ事から、この間ほぼ定常状態である事が分かった。また、異なる高度についても同様に比較した結果、空間的にも類似した乱れ状態である事が分かった。乱れの空間スケールは数百mから十数mと推定される。

第2は接地境界層についての観測であり、新島(1992.8.8)において行った。大気はやや不安定で、海面近くに混合が活発に行われていると見える乱れが観測された。この空間分布について同様な分析を行った結果、スペクトル分布から層内の乱れがほぼ一様な分布である事が分かった。層の高さは約170mに達し、大きな乱れの空間スケールは200~300mであった。

＜原子力技術部＞

Critical Heat Flux of Subcooled Flow Boiling
with Water for High Heat Flux Application

高熱流束への適用に対する水のサブクール沸騰
限界熱流束

稲坂富士夫, 成合英樹

平成5年7月

The International Society of Optical
Engineering, Proceedings of SPIE's
International Symp. on Optics, Imaging, and
Instrumentation. 1997.

水のサブクール沸騰は、10MW/m²以上の高熱負荷除熱の有用な手段と考えられている。除熱限界を与える限界熱流束の特性を把握することは、除熱システムを設計する上で大変重要な課題である。本報告は、著者らが実施してきたサブクール沸騰限界熱流束の研究について述べるものである。実験は、ステンレス管を直接通電加熱することにより実施した。

まず、高限界熱流束が期待できる次の3つの流路チャンネルに対する均一加熱条件下の実験を実施した。

- (1) 管内径が3mm以下の小口径管
- (2) 高流速、中圧条件下における内径3mm以上の通常管
- (3) ねじりテープが装入された旋回流管

小口径管に対しては、管内径あるいは加熱管長が小さくなるほどその限界熱流束は大きくなった。また、従来の相関式による予測値よりも流速が大きくなるほど実験値の方が大きくなる高熱流束域と、従来の相関式とほぼ一致する低熱流束域の存在を明らかにした。高熱流束域では、ボイド率が小さくなるためにその限界熱流束が大きくなることを示した。通常管に対しては、広い圧力範囲に渡って成り立つ限界熱流束実験式を提案し、本式が百数十MW/m²の高熱流束レベルに対しても妥当な予測を与えることを示した。旋回流管に対しては、ねじりテープの限界熱流束促進への影響を明らかにし、この影響を考慮した旋回流限界熱流束実験式を提案した。

次に、管の肉厚を一部薄くした試験片を用い、非均一加熱条件下の実験を実施し、高い方の限界熱流束（厚肉部）が均一加熱条件のものより大きくなることを示した。また、旋回流管では、この増大率は非均一加熱の度合いが大きくなるほど大きくなること、および1.5MPa領域までその増大が保たれることを示した。

TLDを用いた光子吸収線量測定における
境界面効果の影響

Influence of Interface Effects in the Photon
Absorbed Dose Measurements using TLDs

成山展照, 田中俊一, 浅野芳裕, 中根佳弘, 平山英夫,
伴 秀一, 中島 宏, 波戸芳仁

平成5年7月

EGS4研究会要旨集

光子照射されたある媒質内の吸収線量を測定する場合、中に挿入した線量計の物質は媒質と通常異なる。この時、媒質内の吸収線量 D_m は、線量計内の吸収線量 D_c から $D_m = D_c/f$ の関係式を用いて求められる。 f の値は空洞理論によって与えられ、空洞が大きい場合あるいは小さい場合にはそれぞれ電子阻止能、質量エネルギー吸収係数の比に等しい。また中間の大きさの場合には媒質から発生する2次電子の減衰の程度で電子阻止能、質量エネルギー吸収係数各々の比に重み付けした和として計算される。このようにまわりの媒質から境界を通してやってくる2次電子の影響を評価することは吸収線量を求める上で重要である。そこで従来あまり研究されてこなかった低エネルギー領域を中心にこうした境界面効果の影響と空洞理論の関係を調べるため、TLDを用いた実験およびEGS4による解析を行った。

実験はTLDを各種のホイルではさんで照射し、測定された吸収線量から $f(E)$ を求めた。用いたTLDは厚さ100 μ mのポリイミドフィルム上に粒径90 μ mのCaSO₄:Tm素子を付着させたものである。線源として⁶⁰Co γ 線と放射光の20, 40keV単色X線を用いた。その結果、測定値と計算値はほぼ一致したが、80keVX線に対する銅ホイル内の $f(E)$ が空洞理論とEGS4の間で大きく異なった。この原因を明らかにするため、EGS4を用いてTLD内の深さ方向線量分布を計算したところ、境界近傍の吸収エネルギーの増加が全体の線量を増大させていることがわかった。つまり、銅のような高原子番号の媒質から発生する電子はフルエンスがTLD内で発生する電子より数十倍大きいので、減衰が大きくても全体の線量に影響をもちうるが、既存の空洞理論はその電子フルエンスの大小を考慮しないことが不一致の原因と推察される。

Theoretical Model and Algorithm for Remote Sensing of Vertical Salt Density Distributions in the Sea Ice by Microwaves

マイクロ波による海水塩分濃度垂直分布リモートセンシング理論における計算モデルとそのアルゴリズム
山越寿夫, 高島逸男, 前田利雄, 桜井昭男
平成5年8月

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Conference Report No.927 for IGERSS'93.

国際的にも評価の高い IEEE が主催して, 国際地球科学ならびにリモートセンシングの国際会議が今夏, 東京で開催された。この機会に当所で今までに実施して来た海水厚さおよび氷中塩分濃度垂直分布のマイクロ波による探知法の理論的研究成果を発表した。

発表内容の各部分ぶぶんについては, 研究の発展に応じた成果として既に種々の機会に口頭で発表して来ている。今回は従来にない多パラメータ観測論という新しい観点から, これまでの研究の総合成果に検討を加えた。

本研究の特徴は連続的な塩分濃度分布を多層不連続濃度分布で近似し, 海水からのマイクロ波の複素反射率と海水塩分濃度垂直分布との関係を漸化式として見直し良く与えたことにある。

この式の実際問題への適用においては逆問題の解法が課題となる。すなわち, 式中に現われる各層での厚さや複素誘電率といったパラメータの値を種々の周波数におけるマイクロ波反射観測値を用いて決定することになる。今回発表のアルゴリズムは, この逆問題の解法の手順を示したものである。

マイクロ波を海水に発射する場合に周波数を kHz 領域から GHz 領域まで細かなメッシュ間隔で覆うことが出来れば, 観測データ数は式中のパラメータ数を遥かに超えたものとなり, 逆問題解法に従来の最小自乗法や最尤法が適用できる。

しかしながら実際には, それほど多くのマイクロ波周波数点を選ばず, パラメータの数の方が観測データ数よりも多くなる。この対策として, ベイズの定理を応用し赤池のインデックスを最小とする手法が適用できるはずであるが PC-9801 では計算時間に難点がある。

当所開発の計算アルゴリズムの特徴は, かような多パラメータ逆問題を効率良く解くことが出来ること, また簡単な塩分濃度分布例ではあるが, 与えた分布が10%程度の精度で逆算から再現できることを示した。

<海洋開発工学部>

Hydrodynamic Forces Acting on Finite-length Circular Cylinder Oscillating in a Uniform Flow

一様流中で振動する有限円柱に働く流体力
星野邦弘, 加藤俊司, 齊藤昌勝, 佐藤 宏

平成5年6月

The Third International Offshore and Polar Engineering Conference

浮遊式海洋構造物の多くはカラムやブレース等の有限長さの円柱部材により構成されている。また, 実際の海域では潮流や波浪あるいは構造物の運動等により円柱周りの流況は一様流や振動流単独の場合とはかなり異なったものとなる。本論では一定速度で有限円柱を曳航しながら流れ方向および流れと直角方向に強制振動させる事で, 一様流と振動流との共存場に置かれた有限円柱に働く流体力を実験的に求め, その性質について検討を行い次のような結論を得た。

(一様流方向に強制振動させた場合)

- 1) 一様流方向の流体力係数は円柱端部から十分離れると2次元円柱の場合と大差ない。また, 円柱端部に近づくると2次元円柱の場合とはかなり異なった変化をする。
- 2) 2次元円柱の揚力は無次元数 $U_r (=UT/D)$, U : 一様流の流速, T : 振動周期, D : 円柱直径) が4付近で非常に大きくなり, 強制振動周波数 f_0 の1/2倍で安定的に変化する。この現象の発生条件は Kc 数と U_r とに関係し Keulegan-Carpenter (Kc) 数が大きくなるに従って U_r の大きな所で発生するようになる。
- 3) 有限円柱の揚力にも f_0 の1/2周波数で安定的に変動し振幅の非常に大きくなる現象が確認された。有限円柱の揚力係数は円柱が短くなるにつれて小さくなり, 円柱端部に近づくに従って小さくなる。
(一様流と直角方向に強制振動させた場合)
- 4) 一様流と直角方向の流体力に一様流による渦放出周波数成分が存在する。この流体力は Kc 数と U_r により変化し, Kc 数が変化しても $U_r=2.3$ で大きくなる。
- 5) 一様流方向の流体力の変動成分には強制振動周波数 f_0 とその2倍の周波数成分の他に f_0 から一様流による渦放出周波数 f_s だけシフトした f_0+f_s と f_0-f_s の2つの周波数成分が存在する。
- 6) 一様流と同一方向の流体力の定常成分は Kc 数と U_r により変化し, Kc 数が変化した場合も $U_r=2.3$ で大きくなる。

<氷海技術部>

船舶・海洋構造物の事故による海洋汚染

Pollution by Marine Casualties

在田正義

平成5年1月

日本造船学会 Techno Marine (造船学会誌) 第763号

日本造船学会誌「Techno Marine」の特集「海洋環境保全技術」で取り上げた8つの報告のうちの1つとして書いたものである。

船舶の座礁による原油流出が、いかにすさまじいものであり、これの除去作業がどう行なわれ、どれだけの効果があるか、どの程度の影響を環境に与え、損害額はどうかを、事例及び統計値で示した。

取り上げたのは、先ず1989年3月にアラスカで発生したエクソン・バルディス号事件である。この事故では41000klの原油が流出し、この回収・清掃・漁業補償に合計23.29億ドル(約3000億円)が費やされたが、実際に回収された油は、流出原油の13%程度であった。確認された鳥類の死亡数は36633羽であり、実際の死亡数は、この3~10倍といわれている。

次に取り上げたのは、1968年3月に英仏海峡で起ったトレー・キャニオン号の事故である。この事故では12万トンの原油が流出し、英仏の海岸を襲った。この流出油の流出後の性状変化・毒性、原油処理剤・洗剤の役割・毒性等については、英国プリマス研究所の詳しい調査がある。原油流出による急性の環境汚染と共に、洗剤による環境汚染はすさまじいものがある。この研究成果は、その後の油処理に一部生かされたが、根本的なタンカー構造の改善による流出防止策の実行は、エクソン・デルディス号事故後のことになった。

日本で1971年11月に起ったジュリアナ号の事故も又衝撃的であった。7000klの原油が流出し、新潟の海岸を汚染した。油の回収・洗浄に莫大な物資と人員が投ぜられた。

1991年の1年間だけでも、多くの船舶事故による海洋汚染が生じていることを統計数字は示している。このうち、日本近海のもののが件数的には極めて多い。タンカーの多くの部分を建造している日本として、船舶事故による海洋汚染防止のために、積極的役割を果たすべきことを強調した。海洋構造物事故についても触れた。

氷海塗膜の使い分けについて

A Proposal of Proper Choice of Ice Tolerance Coating Films

在田正義, 田村兼吉, 高島逸男

平成5年2月

オホーツク海 & 流水国際シンポジウム

氷海用構造物には、防食及び氷との摩擦力軽減のために、氷海塗膜が用いられてきた。従来のものは極めて硬度の高いもので、摩擦係数は小さかった。しかし、氷による繰返し衝撃荷重が加わると、表面から順次損傷が進むのではなく、ある段階で突然素地面(金属面)から剥離する現象が生じることがわかった。

一方、ガラスフレック入りの軟質氷海塗膜について試験したところ、氷の摩耗及び繰返し衝撃荷重に十分耐えること、損傷の進行は表面から順次起り、硬質塗膜で生じた素地面からの剥離は生じないことがわかった。摩擦係数については、硬質塗膜の3倍程度(初期状態)となるが、損傷の進行により著しく変化することがないことがわかった。

こうした2種の氷海塗膜の特徴を生かし、両者を使い分けることを検討することとした。このため、前記の摩擦係数、損傷パターン以外に、スプレー塗り及びハケ塗り(小規模補修用に用いる)での表面状態とこれが氷との摩耗・繰返し衝撃に及ぼす影響、塗膜と氷との相対速度と損傷の程度との関係、損傷の標示法等について検討した。

こうした検討から、硬質塗膜は氷との摩擦係数が極めて小さい、従って氷との摩耗には強い反面、氷の繰返し衝撃で素地から剥離する、塗装経費が高く、補修や小規模塗装には向かないことがわかった。一方、ガラスフレック入りの軟質塗膜の場合、摩擦係数や摩耗の面では硬質塗膜に劣るものの、氷の繰返し衝撃によっても損傷パターンが変化せず、素地からの剥離がない、損傷による摩擦係数の変化が少い、塗装経費も安く、補修や小規模塗装にも対応出来る等の利点があることがわかった。

両塗膜の特徴を生かして、氷海塗膜を出来る限り多くの氷海構造物に適用するべきとの立場から、両者を使い分けるアルゴリズムを提案した。

海洋構造物ポセイドン号の実海域実験
—保守管理・腐食・防食を中心として—

At Sea Experiment of Offshore Structure
“POSEIDON” Concerning Maintenance

在田正義

平成5年5月

日本造船学会 (Techno Marine) 第767号

船舶技術研究所が由良漁港沖に設置し、1986年9月から1990年7月までの約4年間、各種の実海域実験を行った浮遊式海洋構造物ポセイドン号（以下ボ号）関係の研究のうち腐食・防食を中心とした保守管理に関する実験について報告した。

はじめに、海洋構造物の保守管理は船舶の保守管理に較べ、より厳しい条件を負わされているとし、ドックに入れての検査が行えないことと生物付着が大きな問題であること、の2点をのべた。

実施した実験は、実施した時期及び場所を基に、①ボ号稼働中の検査、その結果の評価および補修、②ボ号解体後の検査その結果の評価、③防食塗膜についての試験片による実験、に分類できる。

稼働中検査は法定検査、自主定期検査、特別検査、日常検査等である。法定検査で特に問題になる点は無かった。自主検査では、構造や一部・係留チェーンの衰耗量測定、コラム、フーティング没水部の塗膜の外観検査や付着生物の種、量の観察及び測定を行った。

解体後の検査では、全係留チェーンの衰耗量測定、コラムとブレースとの交差溶接継手部の欠陥検査、コラムの没水部、飛沫部、大気部、及び甲板室の側壁に施した試験塗装（重防食）の劣化度（白亜化、割れ、点錆、ふくれ、孔食等及び鋼板の腐食）測定を行った。塗膜の測定結果を5点法で評価した。

当初の予測に反し、ボックスガーダーの変形、溶接継手部の著しい欠陥、ブレース防汚塗膜の早期防汚防食性喪失と局部腐食の進行、コラムの一部重防食塗膜の耐久性喪失と局部腐食の拡大などが発見された。

こうしたことから、海洋構造物の十分な維持管理のためには、維持管理の方式を決めての設計・建造、溶接部の非破壊検査の充実、防食塗膜の初期状態の把握、塗膜の耐久性・塗布対象形状と膜厚分布特性との関係や経年劣化に関するデータベースの充実、が必要であることがわかった。

船舶技術研究所報告第30巻総目録

<第30巻第1号>

研究報告 海中移動体に働く流体力に関する研究

上野 道雄 沢田 博史 1

<第30巻第2号>

研究報告 練習船“大成丸”の振動・騒音に関する長期実船実験

原野 勝博 藤井 忍 69

半間 俊士 辻本 英璽

矢野 吉治 古荘 雅生

展 望 固体酸化物燃料電池の開発状況に関する調査

野村 雅宣 熊倉 孝尚 87

波江 貞弘 汐崎 浩毅

川越 陽一

<第30巻第3号>

研究報告 小型カーフェリーの模型試験

菅井 信夫 高橋 孝仁 155

— 199G.T. 型カーフェリーと両頭型カーフェリー —

塚田 吉昭 上田 隆康

<第30巻第4号>

研究報告 均一加熱条件下の水によるサブクール沸騰限界熱流束

稲坂富士夫 195

<第30巻第5号>

研究報告 中小型2軸船の船尾船型等に関する研究

塚田 吉昭 菅井 信夫 275

— ツインスケグ型とシャフトブラケット型 —

高橋 孝仁 上田 隆康

資 料 減揺翼の効果に関する実船実験

上野 道雄 田口 晴邦 299

市川 吉郎

<第30巻第6号>

研究報告 Experimental Study on Spray Shape, Spray Drag and Flow Field of Surface-Piercing Vertical Strut Advancing at High Speed

不破 健 平田 信行 333

堀 利文 藤沢 純一

” LDV によるプロペラ回転中の模型船尾流場計測

角川 明 竹子 春弥 365

— 練習船“青雲丸” —

牧野 雅彦

<別冊第15号>

資 料 Comparative Calculation of Propellers by Surface Panel Method

小山 鴻一

— Workshop organized by 20th ITTC Propulsor Committee —