

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

実船データ解析による推進性能評価法の検討

Evaluation of Ship Propulsive Performance in
Actual Seas Based on Analyses of Full-Scale Data

塚田吉昭、日夏宗彦、南 佳成、辻本 勝、矢吹英雄

平成11年11月

関西造船協会誌第233号

船舶の総合的な推進性能は実海域を運航する状態で測られるべきであるが、現状では推進性能に直接影響を及ぼす風波の外乱とそれに同期した推進諸性能データの収集が困難なため、平水中での試運転成績で評価される場合が多い。長期に亘る総合的な推進性能を考察する場合、実海域における運航データを分析する必要がある。しかし、今までに公に提供される実船データや実海象データが極めて少なかったことなどから実海域の推進性能評価法自体も含め十分に研究されているとは言い難い。平成9年に就航した航海訓練所の練習船青雲丸は気象、海象情報や主機馬力等のデータを船内LANにより時系列に収集するシステムを備えている。

著者らは、この青雲丸で得られた実船データの蓄積を進めるとともにデータ解析方法、実海域推進性能評価法の検討を行っている。今回、世界一周運航時のデータを入手し、これを分析し、実海域の推進性能評価を試みた。得られた主な結果を以下に記す。

- (1) 実船データの解析方法を検討し、得られたデータに対し水温補正並びに局所時間平均処理を行うことでデータのばらつきが抑えられること、また、排水量が考慮されるアドミラルティ係数(Cadm)で推進性能を評価することで、外乱と推進性能の相関関係をより明確に抽出できることがわかった。
- (2) 相対風速と有義波高が推進性能に及ぼす影響を評価した。相対風速の増加が推進性能の低下に大きな影響を与えていることが分かった。また、追い波状態でも波高が大きい海象では推進性能の低下をきたしていた。
- (3) 推進性能の低下に対する風および波のそれぞれの寄与を評価するため、それぞれの抵抗成分を理論的、実験的に推定し、これに荷重度変更試験結果を用いて推進性能を推定した。推定値は計測値をよく表現していた。

下向き揚力を発生する没水矩形翼の造波特性について

Wave Making Characteristics of a Rectangular
Hydrofoil with Downward Lifting Force

長屋茂樹、茂里一紘、土井康明

平成11年11月

日本造船学会論文集第186号

没水体が自由表面近傍を走行するとき、没水体に働く造波抵抗が鉛直下向き揚力によって軽減されることがこれまでの研究から知られている。本報告では自由表面近傍に没水した矩形翼に働く造波抵抗が、翼が下向き揚力を発生することでどのような特性を持つかを調べることを目的とした。

まず、下向き揚力を発生する没水矩形翼の抵抗・揚力計測実験を行い、下向き揚力による抵抗軽減効果について調べ、下向き揚力を発生することで抵抗が軽減されることを確認した。また、境界要素法による数値計算によって没水矩形翼周りの自由表面流れのシミュレーションを行った。数値計算の結果は模型試験の結果と比較し良好な結果が得られた。

これを用いて没水矩形翼が発生する下向き揚力が造波抵抗に与える影響について検証した。数値計算では、抵抗は翼面上の圧力積分から算出するため、それには造波抵抗の他に誘導抵抗が加わる。造波抵抗成分を抽出するために、計算によって得られた波形に対して縦切り法による波形解析の手法を適用し、成分分離を試みた。この数値計算法を用いて、下向き揚力の有無に対する造波抵抗値を比較し、下向き揚力による造波抵抗軽減効果を示した。

また、没水矩形翼に働く造波抵抗と発生する揚力の関係について、没水深度、速度、翼厚およびアスペクト比の違いによる影響を調べた。その結果、これらのパラメータの違いによらず、下向き揚力と矩形翼の排水量との大きさの関係が造波抵抗軽減に対して重要であることが明らかになった。

Uncertainty Assessment of RANS CFD Simulations
Using An Unstructured Grid Method

非構造格子法を用いたRANSに基づくCFDシミュレーションの不確かさ評価

李 信亨、日野孝則

平成11年12月

第13回数値流体力学シンポジウム前刷集ならびに
CD-ROM

高レイノルズ数での外部流れに対して、RANS法に基づくCFDシミュレーションの不確かさ評価を行なった。本研究では、数値計算の誤差や不確かさを評価するために、第22回国際試験水槽会議(ITTC)で提案されたverificationならびにvalidationの手法を適用した。なお、計算結果のvalidationでは、抵抗や揚力などの積分量と流場の一点における速度や圧力などの微分量に対して、理論解や実験結果と比較する。

計算法は非構造格子法に基づくNSソルバーを用いた。テストケースとして4種類の流れに対し、3種類の計算格子-1)六面体のみ、2)三角柱のみ、3)1)と2)の両方で構成されたもの-で計算し、不確かさの評価に関する比較を行なった。ここで、用いた4種類の流れは、2次元平板まわりの層流および乱流流れと迎角が0度および5度の2次元翼NACA00まわりの乱流流れである。

上記の不確かさ評価を行なった結果、以下の知見を得た。

- (1)本研究で用いたケースにおいたは、反復計算による収束の誤差や不確かさは無視できるほど小さい。
- (2)格子の種類や細かさは、計算解に大きな影響を与える。
- (3)対象とする物体の幾何学的形状が複雑になり、また揚力問題になると、誤差や不確かさが増大する。

したがって、数値計算を実行する前には注意深い予備調査が、そして計算結果を公表するに当たっては詳細な解析ならびにdocumentationが必要である。今後の研究課題としては、従来の構造格子法用のverificationとvalidation手法を改善し、非構造格子法用の手法を開発する予定である。

「バーチャルボートレース」-運輸省船舶技術研究所
一般公開において-

Virtual boat race - At the open facilities of Ship
Research Institute -

平田信行、川村隆文、牧野雅彦、日野孝則

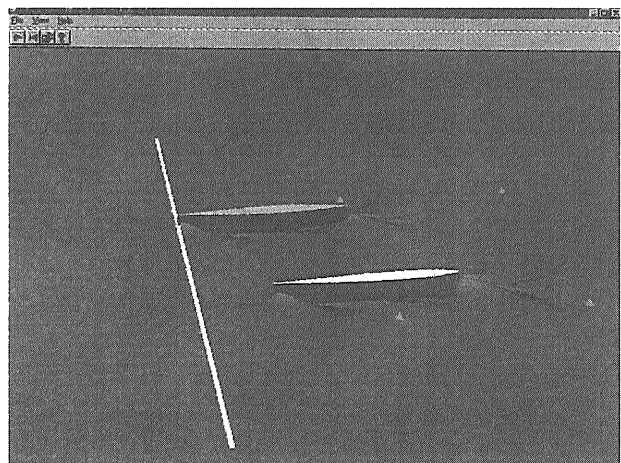
平成12年2月

日本造船学会

TECHNO MARINE第848号

平成11年7月20日の「海の旬間」研究施設一般公開において、来訪者にどのような形の船が一番速いのかを理解してもらうために、推進性能部では「設計よーい残った」という催しを実施した。これは、来訪者の方々にコンピュータ上で船を設計してもらい、CFD計算によって得られたその船の抵抗値を速度に換算して順位をつけるというバーチャルボートレースである。なお、レースの結果は下図に示すようなアニメーションで分かりやすく表示し、速度に換算した抵抗値と可視化処理された波形の鳥瞰図をカラープリンタで印刷した認定証を参加者全員に記念に手渡した。本レースは、幅広い年代層にわたる約100人に上る参加者を得る大盛況の内に終わった。

本小記事では、このボートレースの計算システムならびに参加者が設計した船の傾向について報告した。



図：結果のレース表示の3次元グラフィックス

〈構造強度部〉

The Behavior of an Airplane Taking off From and Landing on a VLFS in Rough Sea Condition
波浪中のVLFS (超大型浮体構造物) 上で離陸または着陸する飛行機の挙動
遠藤久芳
平成11年9月
(VLFS'99) Vol.1 Proceedings of the 3rd international workshop on very large floating structures

波浪を受け振動している大型浮体構造物(VLFS)上の滑走路に飛行機が離着陸する場合を想定して、浮体および飛行機の過渡応答について、シミュレーション計算を実施した結果を報告した。計算では、飛行機は水平方向に移動する垂直方向荷重として扱い、この荷重を受けるVLFSの流力弾性挙動を時間領域で求めた。浮体部はFEMによりモデル化し、時刻歴解法はWilsonの θ 法を用いた。流体力の評価にはメモリー影響関数を用いた。

本計算方法を検証するために、規則波および水平移動荷重を受ける場合の浮体の応対について、本計算法による結果と過去に実施した実験結果および周波数領域計算結果とを比較した。十分な計算精度を有することが確認された。重量3トンの飛行機が浮体構造物MF-300(メガフロートプロトタイプ、 $L \times B \times D = 300 \times 60 \times 2$)の滑走路上で離着陸する場合のシミュレーション計算を実施した結果、以下の結論が得られた。

- (1) 離陸滑走時に飛行機は自重により弾性変形した滑走路のV型谷の底付近に位置しており、このV型谷を引きずりながら滑走する。小さな弾性波がこの谷から前後の丘に伝播していく。ただし、このV型谷の深さは0.07cm程度であり離陸走行に影響を及ぼす程大きくはない。
- (2) 波長30m、波高1mの規則波による滑走路の上下変位は最大6cm程度であり、飛行機の自重による変形より2桁大きい。
- (3) 規則波を受ける浮体の滑走路を走行する飛行機は、規則波に起因する高速の弾性波に乗り上下運動する。追い波の場合には波乗り状態が現れることがある。
- (4) ただし、波高1mの規則波中の滑走路の上下方向変動の大きさは飛行機の運動に影響するほど大きいものではなく、加速度値で $0.06 \sim 0.32 \text{ m/sec}^2$ 程度である。また、滑走路の傾斜に起因する飛行機の走行抵抗(Drag)は最大でも自重の0.002倍程度であり小さい。

動荷重を受ける大型浮体の時刻歴応答
Time History Response of a Large Floating Structures Subjected to Dynamic Load

遠藤久芳、矢後清和

平成11年11月

日本造船学会論文集第186号

水平移動荷重および垂直衝撃荷重を受ける超大型浮体構造物(VLFS)の過渡応答について、実験結果および解析結果を比較検証した。模型実験は、長さ10mの浮体模型VL-10(300m長メガフロートの1/30.8縮尺相似模型型)を用いて、重さ20kgの重錘を浮体表面上に垂直に落下させた場合4ケース、および、重さ6.1kgの台車を浮体上で牽引走行させた場合2ケースを実施した。これらの実験結果を解析するために、新たに時間領域計算法を開発した。この解析においては、浮体構造物は矩形平板要素でモデル化し、FEMを用いて多自由度の弾性挙動を取り扱っている。流体力の影響は、メモリー影響関数を用いて評価し、時刻歴解法はWilsonの θ 法を用いた。計算法の精度検証および実験結果との比較検証を行った結果以下の結論が得られた。

- (1) メモリー関数の評価において、流体力を求める周波数の範囲を $\omega = 0 \sim 13 \text{ (rad/sec)}$ とし、 $\omega > 13$ の高周波数域ではゼロに漸減させる近似により、計算精度を確保できることがわかった。メモリー影響関数は、方程式の右辺において等価外力として取り扱うことができる。
- (2) 付加質量マトリックスは、対角項から大きく離れた成分の値は小さいのでバンド特性を利用することができる。
- (3) 落下衝撃試験では、重錘に固定した加速度計の読取り値から浮体に加わる垂直方向荷重を推定した。この荷重を外力として、浮体の応答を計算した結果は実験結果と大変良く一致した。
- (4) 水平移動荷重は、計算においては、台車の重量が浮体上の節点から節点の間を三角形パレス外力が移動するものとモデル化した。実験結果と良好な対応が得られた。実験では実施できなかった高速移動(飛行機の離着陸時の最高速度程度)の場合について、計算からその挙動を推定した。低速走行時には、台車は常に弾性変形した浮体の谷底部に位置しており、走行と共にこの谷を引きずっていくという応答結果が得られたが、高速走行時には、谷の移動速度を上回り結果として谷底から這い上がっていく挙動が見られた。

波浪荷重の長期分布と遭遇海象との関係

(第1報 波浪荷重の最大値と想定海象)

Contribution of Supposed Wave Condition on Long-term Distribution of Wave Induced Load (1st Report Relation Between The Maximum Wave Induced Load and Supposed Wave Condition)

河邊 寛、日比茂幸、田中洋志、柴崎公太、笹島 洋
平成11年11月
日本造船学会論文集第186号

波浪荷重の長期分布の分布型および荷重の大なる領域の特性と長期の波浪発現頻度表の統計的性質との関係を解析的に検討している。長期分布を有義波高、平均波周期および船の針路と波の進行方向との相対角ごとに分解した表示を導き、それらの要素が荷重レベルごとにどの程度寄与しているかを表す手法を示している。この手法を2隻の艦艇の甲板応力の長期計測値に適用し、従来よりもより詳細に計測統計量を遭遇海象および航行状態の要素から解析できることを示している。波浪荷重の長期分布の理論推定計算に適用し、バルクキャリアの二重底構造の各部応力の長期分布計算値を例に取り、それぞれの長期分布において超過確率が10°付近の最大値が生じる海象（有義波高、平均波周期）および航行状態（船の針路と波の進行方向との相対角）が特定できることを示している。

この手法を用いることにより、船体構造部材に作用する波浪荷重の最大値が生じる海象、航行状態が特定でき、構造設計のための海象条件の設定手法の道が開ける。

波浪および飛行機の離着陸荷重を受けるVLFSの挙動

The Behavior of a VLFS Subjected to Wave and Takeoff/Landing Load

遠藤久芳

平成12年1月

日本造船学会第15回海洋工学シンポジウム
プロシーディング

時間領域計算法を用いて、1,200m超大型浮体(VL-1200)の上で中型航空機が離発着する場合を想定したシミュレーション解析を実施した。VL-1200の構造は一樣な矩形平板に単純化し、36×8の平面シェル要素に分割したFEMモデルとして取り扱った。航空機はYS11級の中型機であり、その重量は20トン、着地速度(=離陸速度)は185km/h、離陸滑走距離(=着陸滑走距離)は720mであると仮定した。

また、航空機の重量は水平方向に移動する垂直荷重として滑走路に作用するものとして取り扱い、滑走速度の二乗に比例する揚力の影響を考慮した。さらに、航空機離着陸時にVL-1200が規則波を受けている場合についても解析した。規則波として、波長120m($\lambda/L=0.1$)、240m($\lambda/L=0.2$)の2種類を採り上げ、向かい波および追い波の2種類の波方向について検討した。解析の結果以下の結論が得られた。

- (1)滑走する航空機の足許では機体の重量による凹みができ、この凹みは機体と共に移動する。滑走速度が大きくなると、凹みの進行速度は機体よりも遅れるので、航空機は常に登り斜面上を進むことになる。ただし凹みの深さおよび斜面の傾斜は大変小さい。
- (2)浮体波の伝播は航空機の滑走時の挙動に大きな影響を及ぼすので、その特性を把握しておくことは重要である。
- (3)波浪を受けている浮体滑走路を移動する航空機は、浮体を伝播する浮体波の影響を受けて上下に動揺する。波浪による浮体の撓み(浮体波の振幅)は航空機の離着陸荷重によるものと比べるとはるかに大きい。ただし、滑走路付近における浮体波の波高は最大でも入射波の数分の一程度である。浮体波の波長は入射波よりもかなり大きくなるので撓みの傾斜は大変小さい。
- (4)滑走時の航空機の動揺が最も大きくなるのは、向かい波で高速滑走している時である。ただし、この時の上下揺れの速度、加速度はそれぞれ最大で0.2m/sec、0.04G程度であった。この程度の動揺はそれほど大きいものではない上に、高速時には揚力が大きくなり滑走路との接触力が小さくなるので、滑走性能に支障を与えることは無い。

〈機関動力部〉

粒状貨物による艙内圧の実験的検討
Experimental Study on Pressure Loads Induced by
Granular Cargo

田中義照、佐久間正明、安藤孝弘

平成11年11月

日本造船学会論文集第186号

粒状貨物による艙内圧（静的圧力、動的圧力、押し込み圧など）に関する研究は、1960年代後半から1970年代にかけて数多く実施された。内容としては、模型実験、実船計測、あるいは、粒状体を弾性体や塑性体と仮定した理論計算により圧力を推定するもので、圧力計測には主に土圧計が用いられた。この土圧計による圧力計測には、受圧面の直径／突出量が小さくなるにつれて指示値が小さくなること、受圧面が小さいため局所的な圧力を計測しているにすぎないこと、あるいは、取付け部の剛性によって圧力値が変化すること等の問題があり、計測データの信頼性に疑問が残る。

そこで、本研究では、防撓材付きタンク模型（実船比約1/30縮尺）を製作し、供試粒状体として乾燥砂を積載し、動揺実験および壁面衝突実験を行った。粒状貨物による圧力計測は土圧計によらず、模型のパネル曲げひずみを圧力に換算する方法を採用した。また、実験結果に基づき、Janssenの静的圧力推定手法を粒状貨物による変動圧推定に拡張する手法を提案し、これまでに行われた実船試験結果、あるいは、ABS SAFEHULL SYSTEM等の推定法による計算値と比較し、本推定法の妥当性を検証した。

運輸部門用太陽水素メタノールエネルギーシステムの
CO₂排出量低減の評価

Evaluation of A Solar-Hydrogen-Methanol Energy
System for Transportation Sector with Regard to
CO₂ Emission

平岡克英、井亀 優、春海一佳、城田英之

平成12年1月

エネルギー・資源学会 第16回エネルギーシステム・
経済・環境コンファレンス講演論文集

1997年12月COP3京都会議において温室効果ガス排出量削減の数値目標が設定され、日本は2008年から2012年の間に1990年を基準とする排出レベルの6%削減という目標を公約している。運輸部門の1996年度のエネルギー消費は最終エネルギー消費全体の約25%、1次エネルギー供給に対しては約17%であるが石油依存率が98%と非常に高く、その85%は自動車で占められている。また、これら運輸部門の石油消費量は1次エネルギー供給中の石油に対して約30%である。石油の将来的な枯渇あるいは近未来予想されるアジア地域の需要急増による需給逼迫という問題を考慮に入れると、運輸部門のエネルギー安定供給の観点からは石油代替エネルギーへの変革を視野に入れる必要がある。これらCO₂排出量低減と石油代替エネルギーの導入という課題に対して、それ自身はCO₂を排出せず、しかも再生可能である自然エネルギーを利用して石油に代わるエネルギー源を供給することは一つの方策である。そこで太陽エネルギーを利用して水素を製造し、火力発電所の排気ガスから回収したCO₂とでメタノールを合成して自動車部門に供給する太陽水素メタノールエネルギーシステムを提案し、ライフサイクルでのCO₂排出量に関して評価した。

本システムは1996年に自動車部門が消費した石油エネルギーと発熱量で等価なメタノールを供給するためには太陽電池モジュール面積は8,450km²、海上運送には24万DW石油タンカー級のメタノールタンカー59隻と液化CO₂タンカー131隻を必要とする。システム構築には現在の太陽電池製造規模の1万倍で約15年を要する。また、多くの電気エネルギーを必要とするが発電をすべて火力発電によるとすると1996年の自動車部門の燃料消費量の約5.3倍の化石エネルギーを必要とし、原子力発電を考慮に入れると約4.3倍の化石エネルギー投入量になる。システムの寿命を20年とすればライフサイクルでは省化石エネルギーとCO₂排出低減が可能であり、1996年の運輸部門と火力発電部門CO₂排出量約20%低減してCOP3の目標年である1990年レベルまで下げることができる。

SRI's Research Subjects on CO₂ Ocean Sequestration
船舶技術研究所における二酸化炭素海洋処理に関する
研究課題

波江貞弘、小坂光男、綾 威雄

平成12年2月

国際シンポジウム「二酸化炭素の深海隔離」講演論文集

地球温暖化を防止する一手段として、二酸化炭素海洋処理の合理性と海洋環境に与える影響について長期的な視点から検討する必要がある。これに関連して、当所が実施してきた研究事項の概要について述べたものである。当所では、約10年間の基礎研究の後、1996年度から環境庁予算(5年間)によりCO₂深海底隔離の研究プロジェクトを開始し、海底貯留法の物理的合理性の確認、海洋環境に及ぼす影響について研究を実施している。研究のつぎの段階として、CO₂海洋投入の技術的検討が必要である。このため、1998年に“COSMOS(深海貯留のためのCO₂投入法)”を提案し、1999年度からRITE(NEDO)の予算(3年間)により国際共同研究を開始した。以上に述べた研究は、それぞれ、国内外の多くの研究機関との強調体制で実施されている。

その他の事項として、熱機関排ガスから化学的吸収によりCO₂を回収する方法、CO₂分離機能を有するSOFC複合システムなど回収に関する技術があり、1995～1997年に研究を実施した。また、将来の問題として、液体CO₂を海洋投入するためのライザー管技術など統合システムに関する研究プロジェクトに発展させる希望を述べている。

最後に、これらの幅広い研究を促進するためには、国内外の研究機関間の強調が不可欠であり、これらの機関の研究支援への期待を述べている。

〈材料加工部〉

テーパ接触部の微視的変形挙動について
Rough Contact Surface Analysis at Tapered
Surface

高井元弘、古谷典子

平成11年10月

日本機械学会 材料力学部門講演会講演論文集

船舶におけるキーレスプロペラや工作機械の自動工具交換取り付け部など回転軸により動力を伝達する部材間の動力接続にはテーパ押し込み式が良く使われている。テーパ接触面における摩擦力を利用しているため、両表面は非常に高い精度で加工されるが、微視的には凹凸の面でありテーパ面を押し込む過程で表面の微視的な形状がいかなる変形挙動を示すか明らかにすることは重要である。

本報告では、テーパ接触部のモデル押し込み試験により得られた供試材の表面形状をレーザ顕微鏡で測定すると共に、表面微小領域について有限要素法を用いた数値シミュレーション解析を行い、押し込み過程における接触面の微視的変形挙動、接触面圧分布、接触面のあたり率の変化について検討した。有限要素法による解析モデルは、軸テーパ部表面は完全にスムーズな面と仮定し、ボス内面テーパ部凹凸のある面として、表面をレーザ顕微鏡で測定して得られた軸方向1.054mmの領域の表面形状データに基づいて要素分割を行った。分割要素は軸対称4角形要素を用いた2次元モデルとし、テーパ部表面要素の間隔は約2μmとした。鉄鋼材料である軸テーパ部は弾完全塑性材料、銅合金であるボス部はひずみ硬化形の材料として、材料の降伏条件は von Mises の条件式を用いた。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- (1)テーパ軸押し込み過程から押し込み開放後までのテーパ接触部における表面の微視的な凹凸の形状変形を連続的に数値シミュレーションすることが可能となった。接触面において、巨視的に塑性変形の生じない平均接触面圧 $P_0=112.7 \text{ N/mm}^2$ となる押し込みの場合、表面形状の変化を表面粗さで数値化すると、オリジナル面が $Ra=0.312 \mu\text{m}$ から押し込み解放後の面は、 $Ra=0.281 \mu\text{m}$ となった。
- (2)押し込み量が大きくなるにつれ、テーパ接触部における、接触圧力は増大するが接触圧力分布は平均化し、両面のあたり率は大きくなる。しかし、両面の接触は比較的局所的であることがわかった。

プラズマ溶射特性に及ぼす粉末粒子径の影響
Effect of Starting Particle Size on Melting Behavior
of Plasma Coatings

植松 進、李 鋼

平成11年11月

高温学会 第8回溶射総合討論会講演概要

プラズマジェット中の材料粒子の加熱・溶融状態を推定することは、プラズマ容射の皮膜形態を制御するために必要であり、現在レーザドップラーを用いて飛行粒子の速度と温度を測定する実験的研究、基材上に衝突した後の扁平状態などの研究が盛んに行われている。

本研究ではセラミック材料粒子のプラズマジェット中における溶融現象を明らかにするため、粒子径と溶融挙動の関係を調べている。この結果、溶融粒子の形態は、金属材料とセラミックス材料では大きく異なっていることが明らかとなった。今回、市販の粉末材料を $20\mu\text{m}$ を境に分級したアルミナ粒子を用い、基材上に衝突し扁平・凝固した溶射粒子と基材に衝突させずに途中で捕集した溶射粒子を比較することにより、プラズマジェット中の材料粒子の加熱・溶融状態を推定しようと試みている。

捕集した粒子のSEM写真から $20\mu\text{m}$ 以下の材料粒子は完全に溶融して球形粒子となっていることがわかる。また、写真を画像処理ソフトによりパソコン内に取り込み粒子の円相当径と真円度を求めた結果、粒子の大きさはほぼ $10\mu\text{m}$ ほどのものが多く、真円に近いものであった。この平均粒径は原材料粒子の平均粒径の $2/3$ 程度であり、残りは微小粒子となったものと考えられる。また、テープ上に収集した粒子をX線回折したところ、皮膜で主相である γ 相ではなく、 α 相であった。粒子が完全溶融していることから考えて、凝固時の冷却速度は、皮膜形成時よりもゆっくりしたものであると考えられる。一方、 $20\mu\text{m}$ 以上の材料粒子は、部分溶融したものや小粒子が合体したものが観察され、プラズマジェット中で材料表面から始まった溶融が、粒子中心まで達せず未溶融粒子となったものを多く含んでいた。

以上の結果から、粒子径の異なる材料粒子の溶融機構を議論している。

Feasibility Investigation on Dual-Waste-Plastics
Recycle System Concept

プラスチック廃棄物のリサイクルシステム実行可能性
の検討

林 慎也、野間口兼政、奥澤 務、石垣幸雄、石丸 等
平成12年1月

Journal of Material Cycles and Waste Management
Vol.2, No.1, 2000.1

繊維強化プラスチック(FRP)がボードやバスタブに使われるようになって40数年が経過し、その廃棄処分が社会的問題になってかなりの時間が経過した。一般的に、廃棄物の処分方法に対する考え方も、当初の埋め立て処分から、リサイクルによる利用と変化してきた。廃FRP材についてもリサイクルが最優先のテーマになっている。しかしながら、実際には、経済性を無視したリサイクル方法は実用化される可能性がないのが現状である。本報では、新しく経済性を重視して構築したプラスチックリサイクルシステムのエネルギー収支計算結果について報告する。

FRPは主に有機材料の樹脂と無機材料の複合材料である。当システムでは、廃FRPは超臨界水分解による樹脂分からの原料の回収と電気式高温溶融・固化による無機分の製品化によるリサイクルを行う。その処理に必要な超臨海水及び電気は一般の廃プラスチックの熱分解ガスによる発電システムで供給する。

現在、ゴミ焼却に関して最も問題にされているのは塩素系物質の熱処理時に発生する可能性のあるダイオキシンであるが、熱分解ガスを燃焼する前に、熱分解中から塩化水素を取り除く機構にしてあることと、最終的に高温・高圧での処理を行うためにダイオキシンを一切排出することがないシステムになっている。

エネルギー収支について熱計算の結果は以下の通りである。

- (1)エネルギー収支に優れている。
- (2)ゴミ発電としては、発電効率が良い。

経済性については

- (3)かなりの余剰電力が生じるため大きな売電収入が見込まれ、廃FRPのリサイクル経費を十分まかなえる。

〈装備部〉

粉末油ゲル化剤の水中散布について

Distribution of gelling Powder in the Water

藤井 忍、上田浩一、北村正美

平成12年3月

第34回日本水環境学会年会講演集

座礁等の事故によって積み荷及び燃料油の一部が流出後には当該船舶に少量の油が残留している。この油に粉末油ゲル化剤を水中から散布・固化し、タンク内に拘束することにより修繕のためドックに曳する際に流出を防ぐための研究である。

従来の粉末油ゲル化剤は、油面に散布して固化・回収するために用いられているが、本研究では油面に水中から散布して固化する散布方法及び装置の試作を行い実験を行った。

実験は、試験油としてA重油、ゲル化剤は型式承認を得ている5社6種類を用い以下の試験を行った。

(1) 海水と粉末油ゲル化剤との馴染み試験

海水にゲル化剤を添付し、1~3分間振とうして水中の挙動及び濡れ性を観察した。その結果、ゲル化剤は本来疎水性であることから、振とう後直ちに浮上するが、一部振とう時間によって水に馴染むものもあった。

(2) 散布実験

ゲル化剤と海水を混合して散布するため、水の中に粉末であるゲル化剤を挿入し激しく攪拌を行い放出する小型装置を試作した。実験は高さ1mの亚克力製円筒水中下部から試作した装置を用いてゲル化剤を放出し、上部の試験油をゲル化させた。その結果、円筒上部の試験油をゲル化・拘束することができ、下部の水中に油が流出する事を防ぐことが可能であることが明らかとなった。

〈海洋開発工学部〉

大型浮体式海洋構造物ユニットの曳航と弾性挙動

Towing of Huge Floating Structure Unit in Elastic Motion

國分健太郎、原 正一、山川賢次、岩井勝美

平成11年11月

日本作業船協会 作業船(No. 246)

超大型浮体式海洋構造物は、造船所で製造された構造物ユニットを、運用海域まで曳航した後、洋上で接合して建造する。曳航日数の短縮は建造コストの削減に直結するため、曳航速度は速い方が望ましく、そのためには曳航抵抗を低減させる必要がある。一方、波浪による流力弾性応答は、超大型浮体式海洋構造物としての運用時よりも、ユニットとしての曳航時に最大値をとる可能性がある。よって、曳航中の浮体の弾性挙動を正確に把握し、安全な曳航方法を確立する必要がある。

この研究では、ユニットの速く安全な曳航技術の確立に資することを目的に、箱形弾性模型を用い、浮体ユニット曳航時の波長、波向、曳航速度、喫水等の変化に対する、曳航抵抗、波浪曲げモーメント、弾性運動等の変化を調べた。模型の波浪曲げモーメントと垂直変位は、実験値と数値計算結果とを比較し検討を行った。また、模型の全面にカットアップおよび突出平板を取り付け、曳航抵抗の変化を調べた。また、実験結果より実機の曳航抵抗の推定を行った。

結果をまとめると次のようになる。(1)カットアップおよび突出平板は、実機の曳航抵抗の低減に効果が大きい。(2)規則波中で曳航速度が零の場合、圧力分布法による弾性浮体の運動および曲げモーメントの数値計算結果は、実験結果と良く一致する。(3)浮体の波上側端部における鉛直変位の応答関数は、向波中および追波中において、曳航速度が増加すると減少する。また、浮体長手方向の鉛直変位の分布は、向波中では波上側端部以外で曳航速度の影響がほとんど現れず、追波中では曳航速度が増加するに伴って一様に減少する。(4)波浪曲げモーメントの応答関数は、曳航速度の増加に対し、向波中では一定の傾向は見られないが、追波中の短波長領域では減少する。

転覆した船に働く流体力とその曳航法に関する研究
Hydrodynamic Forces Acting on Capsized Vessel
With Geometrical Configuration and its Towing
method

湯川和浩、星野邦弘、原 正一、山川賢次
平成11年11月

日本造船学会 平成11年度秋季講演会論文集

海難事故に遭遇して航行不能となったタンカーや貨物船などの大型船をそのまま放置しておくことは、他の船の航行を妨げるばかりでなく、新たな海難事故を引き起こしたり、船内の重油が流出して海洋環境の問題にまで発展してしまう恐れがある。そのような船は早急に安全な海域に移動する必要があるが、航行不能な船を曳航する際には、船舶航行の安全性という観点から、曳船・被曳船の針路安定性が重要な問題となる。

曳航シミュレーション計算で曳船・被曳船の針路安定性を精度良く評価する場合、船体に働く流体力を正確に把握することが非常に重要である。とりわけ被曳船が損傷船舶である場合、一般にトリムやヒールなど、大きな姿勢変化を伴う状態で曳航しなければならない。そのような船に働く流体力を精度良く推定する理論計算法は、確立されていないのが現状である。中でも転覆した船に働く流体力に関する研究成果の報告例は極めて少なく、損傷船舶を曳航する際の安全性という観点からも、その特徴を正確に把握しておく必要がある。

そこで、幾何学的な船体形状を有する模型船を対象とした拘束模型試験を行ない、転覆して船尾トリムおよび右舷ヒールを伴う船に働く流体力を計測した。その結果、転覆して大きな姿勢変化を伴う船に働く流体力の最大値は、転覆していない場合の2倍程度大きな値であることがわかった。また、流体力の計測結果を用いて曳航シミュレーション計算を行ない、被曳船の針路安定性やふれまわり運動について検討を行った。

その結果、本研究で対象とした転覆船を曳航する場合、曳航点を船首に取ることが望ましく、船尾トリムや右舷ヒールなどの姿勢変化を伴う場合には、索長を被曳船の船長の3倍以上大きくすることでふれまわり運動を抑えることが可能であることがわかった。また、船尾曳航をする場合には、船首曳航時の傾向とは逆に、索長を被曳船の船長の5倍以下にすることでふれまわり幅を小さくすることが可能となる。

今後は、タンカーや貨物船などの実際の船形を対象として、波浪中における転覆船の最適曳航法について研究を行っていく予定である。

A Method for Second-order Diffraction Potential
from an Axisymmetric Body

任意の軸対象浮体の2次回折ポテンシャルの推定法

加藤俊司、Bin Teng

平成11年12月

Ocean Engineering Vol.26 (1999)

Pergamon Press

緊張係留構造物(TLP)にはリング現象と呼ばれるバースト現象を伴う高次の同調現象がある。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、発生原因はいまだ明確にはなっていない。自由表面と浮体表面の境界条件の非線形性に起因する3次オーダー(波傾斜の3乗のオーダー)の波力が引き金になっているといわれている。3次波力を求めるためには自由表面の非斉次境界条件及び流体内においてラプラス方程式を満たす3次までの回折ポテンシャルを求めなければならないが、自由表面の非斉次項である強制圧力項には1次及び2次のポテンシャルとそれらの空間微分項を含んでおり、またポテンシャルを決定する積分方程式には低次オーダーの強制圧力項と斉次境界条件を満たすグリーン関数との自由表面にわたる半無限積分が含まれる。したがって、3次波力を推定するためには、自由表面全体にわたる2次までのポテンシャルの情報、つまり物体があることによって生じる2次までの回折波の情報が必要となる。

本論文は、軸対象浮体の2次までの回折波を数値計算する手法について述べている。自由表面全体にわたる2次のポテンシャルを求める上でもっとも難しい問題は、1次のポテンシャルからなる自由表面の強制圧力項と線形な境界条件を満足するグリーン関数との積の半無限積分の処置である。鉛直円柱パイルに対しては1次ポテンシャルの解析間が存在するので、この積分を解析的に処理できるが、任意の軸対象浮体に対しては数値的に処理しなければならない。グリーン関数は多数の特異点を有し、このグリーン関数と1次のポテンシャルからなる自由表面の強制圧力項との積の半無限積分は、振動しなごらなごなか収束しないことが知られている。本論文では、この半無限積分を数値的に処理するために、解析的に特異点を取り除く積分変数変換法と積分路変換法及び計算時間の短縮化を図るために漸化式から次の点を逐次予測するone step prediction法を用いる新しい計算手法を開発し、解析解が存在する鉛直円柱パイルと解析解のない鉛直鉛柱浮体周りの2次の回折波の解析に適用した。その結果本手法は解析解と非常によく一致することが確認され、任意の軸対象浮体に対してもその有効性が示された。

超大型浮体に働く変動漂流力の推定法

Estimation Method of Slowly Varying Wave Drift
Force Acting on Very Large Floating Structure
難波康広、加藤俊司、齋藤昌勝

平成11年12月

非線型水波及び水波と固体境界との相互作用
講演論文集

超大型浮体はわが国の国土事情等から、近年海洋空間の有効利用の一手段として注目されている。現在想定されている超大型浮体は薄い箱型の形状を持ち、それゆえに従来の海洋構造物に比べ流体力弾性挙動が卓越する。超大型浮体のような大規模公共施設の安全性の観点からすれば、それに作用する流体力長周期変動漂流力の推定法に開発することは重要な課題である。超大型浮体に採用する長周期変動漂流力を推定する場合には、従来の推定法に加えて弾性挙動も考慮に入れる必要がある。しかしながら多方向不規則波中での超大型浮体の挙動を計算し、長周期変動漂流力を評価することを考える場合、従来の方法を単純に拡張しただけでは浮体の弾性挙動に伴って現れる項の計算量が膨大なものになってしまう。そこで、著者らは多方向不規則波中でも適用できることを最終目的として、超大型浮体に働く長周期変動漂流力をより簡便に評価する次のような方法を提示した。すなわち超大型浮体式構造物を浅喫水の弾性板でモデル化し、浮体に働く漂流力をいわゆる近場法によって弱非線型の仮定の元で求める時、長周期変動漂流力は相対水位の二乗を浮体側面上で一周積分した頃と、浮体底面の傾きによって生じる項との和で表現されるのであるが、大型浮体の傾きが十分小さければ後者は無視することができ、従って計算労力を大きく軽減することができる。著者らは、この算定方法の検証を行う為に長波項不規則波中の模型実験を行い、その結果これらの模型実験では著者らの提示した方法が有効であることを確認した。この結果については既に日本造船学会論文集(第186号)において発表済みである。

本論文では著者らの提示した算定方法の妥当性を更により一般的に裏づけるため、理論的及び数値計算的検討を行った。その結果、浮体底面の傾きによって生じる項をより簡便に浮体側面上での周積分として表現できること、我々の算定方式は浮体式海洋構造物の剛性が大きいほど、また入射波の周期が小さいほどよりよい精度で成り立つこと、逆に浮体式海洋構造物の剛性が小さいほど、また入射波の周期が大きいほど精度は落ちるが、そのような場合には漂流力の大きさ自体が小さくなるため算定精度の劣化は問題にならないであろうということがわかった。

超大型浮体式構造物の弾性挙動における平面形状などの影響

Effect of Plane Form and Others on Hydroelastic
Behavior for Very Large Floating Structure.

矢後清和

平成12年1月

日本造船学会 第15回海洋工学シンポジウム

近年、メガフロートに代表されるような長さが数千mにもおよぶ超大型浮体式構造物の技術開発が盛んに行われており、平成11年度からは長さ1,000mにもおよぶプロトタイプモデルによる実海域実証研究が行われるまでに至っている。

本研究は、こうした超大型箱型浮体構造物の波浪による挙動の応答特性を推定する事を目的としている。従来、この分野の研究は単純な矩形平面で一様な構造をもったものが主であったが、今回新たに、任意平面形状、任意構造の浮体構造物の応答を解析できる数値解析ツールを作成した。このツールを用いた浮体の種々の状態についてシミュレーションを行い応答の変化を調べた。

超大型浮体式構造物の弾性応答に関して、水波と浮体内部の弾性波の分散関係の相違に着目することにより、水波の入射角と弾性波の進行方向の間には屈折が生じ、これらは光学的なアナロジーにより説明できるとする興味深い研究がある。すなわち、入射角のある範囲では水波は全反射し浮体内部に透過せず浮体内部の弾性波は極めて小さくなると考えられる。この説に注目し浮体平面形状を変え全反射をうまく利用すれば弾性挙動の低減が図れるのではないかと考え、端部を楔型にし角度を持たせた浮体について弾性応答計算を行った。その結果、ある出射角範囲で応答の低減が見られ、その範囲は上記の説によりほぼ説明の付く事が確認できた。また、弾性波の分散関係は浮体の曲げ剛性および質量により変化することから、剛性および質量分布が非一様の場合や浮体の一部を強制的に拘束した場合などについても計算を行い応答の変化を調べた。

〈水海技術部〉

塗装鋼板の腐食疲労特性

Corrosion Fatigue Characteristics of Paint Coated Steel Plates

北村 茂、高島逸男、田村兼吉、前田利雄、柴田俊明
松岡一祥、小林佑規、在田正義、永井昌憲、田辺弘往
平成11年3月
第97回 西部造船会会報

海洋鋼構造物は、厳しい腐食環境にさらされているが、一般船舶に比べて定期的な入渠・補修が困難な場合が多く、耐用年数の延長やメンテナンスフリーといった要素が高まっている。こうした要求に応える一つの方法として、最近、海洋鋼構造物への重防食超厚膜塗装の採用が注目を集めている。超厚膜塗装を採用した場合、防食性が改善される一方で塗膜自身の疲労特性がこれまでより重要となる。例えば曲げ荷重の場合、塗膜表面と鋼板接着面での変形量は大きく異なるため、塗膜の疲労が通常と異なる可能性がある。

今回、厚膜塗装での腐食疲労試験を行っているのでその結果について中間報告する。試験では人工海水中で厚膜塗装を施した試験片に繰返し曲げ荷重を付与し疲労試験を行ない、塗装鋼板の塗膜劣化によるき裂の発生ならびに塗膜と鋼板の剥離による塗膜下腐食の有無について調べている。塗膜上に人工的に欠陥を付与した塗膜傷が腐食疲労に及ぼす影響についても検討している。

ひずみゲージを塗装及び鋼板上に貼付し、超厚膜2680 μm のウレタンエラストマー系塗料、厚膜430 μm のタールエポキシ系塗料、厚膜1260 μm のガラスフレーク系塗料について、疲労試験中のヒステリシスループを描かせた。そこで消費されるエネルギーは膜厚が厚いほど大きい、き裂の発生までは至らなかった。き裂の発生を検出する方法として、人工海水中での塗膜の絶縁抵抗の電圧変化から求める方法を用いた。

疲労試験後の試験片の破断箇所以外には塗膜上にき裂の発生、伝播したような状況は認められず、鋼板の破断位置で塗膜が破断していた。

比較的応力レベルの高い今回の実験では、いずれの塗膜についても、塗膜は腐食疲労試験において鋼板の疲労特性を低下させる劣化を示さなかった。

船舶に搭載したレーザ距離計によるオホーツク海の海水観測(その2)

Sea Ice Observation by Ship-borne Laser Distance Sensor in the Sea of Okhotsk(2nd Report)

下田春人、宇都正太郎
平成11年12月
国立極地研究所 第22回極域気水圏シンポジウム
プログラム・講演要旨

レーザ距離計を用いた海水表面の高度観測は有力な海水観測手法の一つであり、専ら航空機による観測に用いられてきた。船舶による観測を行う場合、砕氷航行中の船体運動によって生じる、比較的短い周期の距離変動をいかにして合理的に除去するかが問題となる。前報では、船体運動の影響が少ないと考えられるデータ区間を抽出し、氷の無い開放水面の平均高度データを差し引くことによってセイル高さを求めた。本報告では、Hiblerの“Three-step Filtering Process”を用いて、レーザ距離計による表面高度データに含まれる船体運動の影響を除去した。解析結果を氷盤掘削結果と比較することによって、その有効性を検討した。

解析には1998年及び1999年の2月末に知床岬沖のオホーツク海で観測されたデータを用いた。砕氷巡視船「てしお」の舷側に約40度の傾斜角をつけてレーザ距離計を設置し、海水表面までの距離を計測した。また氷丘化した大氷盤中に停船した際に船首尾方向に5m間隔で氷板を掘削し、氷厚、積雪、セイル高さ等を計測した。

“Three-step Filtering Process”では原理的に、高度データの極小値の一部とゼロレベルを対応させる。このためレーザ距離計によるセイル高さは氷盤掘削の結果と比べると若干、低めの値を与える傾向がある。全体的な凹凸の傾向は比較的良く一致していた。

〈大阪支所〉

ファジイ推論によるシェル構造物の設計

Design of Shell Structure Using Fuzzy Reasoning

多賀謙治

平成11年11月

日本機械学会

第12回 計算力学講演会講演論文集

計算機ハードウェアの飛躍的な性能向上などにより、FEMなどの構造解析法と遺伝的アルゴリズムなどの発見的探索法を使った計算機支援による構造設計法が行われ始めている。しかしながら構造解析法と偶然性を有する発見的探索法を組み合わせると計算機にとり過負担となり大規模化は難しくなる。本研究は構造物の構成要素に各々状況判断して形状を変化させる機能を与え、ラフな初期設定から計算機支援によりそれなりの構造設計案を獲得することを目的としている。その初期段階として構造物の構成要素にファジイ制御の考えを導入して構造設計案獲得の可能性を検討した。

大型FRP船船体中央部を船殻と補強部材とで構成し、甲板、底板には長さ方向に、舷側には上下方向に補強部材で補強されるような簡略モデル化して、乱数により各板部材に取り付ける補強部材の数を決定した。FEMによりモデルの応答量を求め、補強部材と隣り合う板部材に生じる応力状態に応じて補強部材の大きさ、取付け位置、板部材の厚さを変更するためのファジイ規則を作成して変更量を決定し、条件を満たすモデルの形状を求めた。乱数の値により補強部材数が異なるため自由度も変化するが、モデルの変更自由度24の時にはほぼ60から70回の繰り返し計算で設定目標を満足する構造設計案が求められた。

本研究は満足化設計法であり、報告されている遺伝子アルゴリズム、多段階最適化手法による方法とは自由度も異なるため単純に比較は出来ないが、これらの方法と比べても良い収束性を示した。モデルの各構成要素が同時並列で状況判断を行っているためと考えられ、ファジイ規則などを適切に修正するために学習機能を付け加えることでさらに改善が期待できる。