

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<運動性能部>

斜め追波中の船の転覆について

(第2報 転覆現象におけるカオスとフラクタル)

Capsizing of a Ship in Quartering Seas (Part 2.
Chaos and Fractal in Capsizing Phenomenon)

菅 信、田口晴邦

平成2年11月

日本造船学会論文集 168号

前報で著者等は、斜め追波中の転覆模型実験の結果を報告し、転覆のメカニズムについて考察を加えたが、その中で非線形力学系におけるカオスの前段現象である周期分岐を伴う転覆という新しい転覆形態の存在を示唆する実験データが観測されたことから、今後の課題として転覆とカオスの関係についての研究を進める必要があることを指摘した。本報はその指摘に基づいて、転覆方程式としては最も基本的と考えられる復原力に3次の非線形項を持つ軟化スプリング系の強制ダンピング方程式を取り上げ、その単純な式の中に隠されているカオスやフラクタル等の不思議な非線形現象を数値的に調べた結果について報告したものである。横揺れ角と角速度を初期条件として与えて、転覆方程式

をタイムシミュレーションで解いてゆき、転覆に至るかどうかを調べると、初期条件平面に非転覆領域と転覆領域を色分けして描くことができる。図の分解能にもよるが1枚の図を描くのに約9万回のシミュレーションを必要とする。このようにして描いた非転覆領域の形は、強制力が小さいうちは単純な形をしているが、ある強制力の値から突然非転覆領域の中に転覆領域が髭のように細く深く浸入しはじめ、次いでこの細かい髭は指のように太くなり、何本もの指が現れ、それらが合体する等複雑な変化をしながら非転覆領域が次第に小さくなり最後に消滅するという経過をとる。この非転覆領域の面積の変化を調べてみると、これは悪魔の階段と呼ばれるフラクタル図形に近い形をしている。更に強制力の振幅と周波数を制御変数とした制御平面に同様にして転覆領域と非転覆領域を色分けして描くとやはり、フラクタルな複雑な変化をしていることが判る。本報はこのような複雑さを安全基準にどのように取り入れるべきかを展望しながら、また最近のダイナミックシステム理論の発展を応用しつつ、これらの不思議な現象を紹介し、同時に全容の解明にはなお膨大な調査が必要であることを述べたものである。

<構造強度部>

モルタル中におけるPC鋼より線の応力腐食割れ
および腐食疲労強度

Stress Corrosion Cracking and Corrosion Fatigue
of A Prestressing Strand in Mortar

小林佑規、田中義久

平成2年10月

プレストレストコンクリート技術協会
シンポジウム論文集

著者らは、PC鋼より線の腐食強度設計資料を求め、実海水の塩分濃度に近い3%NaCl水溶液における応力腐食割れおよび腐食疲労強度について、実験的研究を進めてきた。本稿は、実際のプレストレストコンクリート中での腐食強度特性を把握するため、モルタルに埋め込まれたPC鋼より線の応力腐食割れおよび腐食疲労特性について報告したものである。

応力腐食割れ試験は、アノード分極下における促進試験を実施し、腐食疲労試験は、自然腐食状態下および防食効果を見るため、カソード分極下において実施した。試験結果は、主としてモルタルのひびわれ幅が腐食破断、腐食速度および疲労寿命に及ぼす影響について検討した。また、得られたデータについて、F I P (国際プレストレスト連合)が勧告しているコンクリート船舶の疲労に対する許容応力と比較した。

応力腐食割れ試験での破断は、最大ひびわれ箇所から生じ、複数のひびわれが存在する場合は、孤立したひびわれから破断する。破断時間は、ひびわれ幅が小さいほど長くなり、ひびわれ幅が0.3~0.5mmでの破断時間は、ストランドのみのそれより著しく向上する。

腐食速度は、電位およびひびわれ幅に依存し、ひびわれ幅が1mm以下で著しく低下する。また、電位が-450~-400mV vs. SCEでは、腐食速度が大きくなるため局部腐食が生じ、活性径路型の応力腐食割れを生ずる。

モルタル被覆ストランドの腐食疲労S-N線図は、ストランドのそれとほぼ平行となる。腐食疲労寿命および強度は、ひびわれ幅に依存する。ひびわれ幅を小さくすることによって寿命は向上させられるが、1.7mmのひびわれ幅ではモルタル被覆による寿命増加の効果がない。また、ひびわれが見かけ上存在しない場合でも、歪変動が大きいときの寿命は、空気中の寿命に達しない。適度な陰極防食は、腐食疲労寿命をモルタル被覆効果以上に向上させる。F I Pの許容応力は、 2×10^6 回のとき、本実験の腐食疲労強度に近い値であった。

(28)

Transverse Strength of Hybrid Barge

ハイブリッドバージの横強度

松岡一祥、田中義久

平成2年11月

TECHNO-OCEAN '90

発電、パルプ製造などのプラントバージは、海洋環境において、維持・補修なしでの長期間の使用が期待される。そこで、鋼に比べて海洋環境における耐久性のあるコンクリートの使用が考えられる。特に、接水部にコンクリートを用い、内部構造部材および上甲板を鋼製とするハイブリッドバージは、全コンクリート製に比べて軽く、全鋼製より耐久性がある。

バージの強度は、局部強度、横強度および縦強度について検討する必要がある。ここでは、ハイブリッドバージの横強度についての実験的検討結果を紹介する。

3,000DWT規模のハイブリッドバージの舷側タンクの1/5縮尺模型に、2種類の集中線載荷(舷側ストラットの中心線上、および、船底より1/3の高さの位置)を行った。荷重を増加して行くと、コンクリートの局部的なひび割れの後、ストラットの座屈から全体崩壊が始まるが、全鋼製に比べてハイブリッド舷側タンクでは、ストラット座屈後の変形能力および残存耐荷力が大きかった。ストラット中心線上に載荷した場合には、舷縁と船底のコーナー部および載荷点が関節となる崩壊形態であった。船底より1/3の高さに載荷した場合には、コーナー部の大変形、載荷点の関節化の後、載荷位置から船底コーナー部にせん断ひび割れが貫通して崩壊した。

鋼/コンクリート接合部の荷重伝達能力、および、これにより制約をうけるモーメント/せん断力関係について概説した後、塑性関節回転法およびせん断力平衡法による崩壊強度の検討を行った。ここに、ストラットの座屈後の耐荷力は無視した。この2つの方法により得られた崩壊荷重と実験結果とを比較し、2つの計算値の小さい方を採用すれば、10~15%安全側の崩壊荷重の推定値が得られることがわかった。

以上により、ハイブリッドバージの横強度について、全鋼製との違い、強度推定方法などが明らかになった。

Corrosion Fatigue Strength of A Prestressing Strand in A 3 % NaCl Aqueous Solution

3 %NaCl水溶液におけるPC鋼より

線の腐食疲労強度

小林佑規、田中義久

平成2年11月

Proceedings of the Techno-Ocean '90
Symposium

本稿は、コンクリート製海洋構造物におけるプレストレッシングスランドの腐食疲労設計データを求めるため、空気中および3%NaCl水溶液の自然腐食状態で疲労試験を実施した結果の報告である。

疲労設計では、試験によって得られた強度と寿命の関係、即ち、S-N線図が必要となる。本研究では、ストランドの疲労破壊基準として初断線の発生繰返し数を採用した。空気中疲労S-N線図の傾斜部の寿命は、バラツキが大きく生じるため、平均応力の影響が相対的に小さくなることから、応力範囲のみで評価することができる。その結果、破壊確率5%の強度設計用のS-N線図を提案した。しかし、疲れ限度に相当する 2×10^6 回強度は、平均応力に著しく依存するので、平均応力を考慮した式で示した。この平均応力は、プレストレスト力に直接相当すると考えてよい。

腐食疲労寿命は、バラツキが少なく、平均応力に依存する。しかし、腐食疲労には疲れ限度がないため、長寿命領域の強度を求めるには、試験に長時間を要する。したがって、短寿命の試験結果から長寿命の強度推定ができれば、時間および経費の大きな節約となる。本稿では、 2×10^6 回までの試験結果から、 5×10^6 回および 1×10^7 回の長寿命域の腐食疲労強度推定を試みた。ストランドが、繰返し引張荷重を受けるとき、 2×10^6 、 5×10^6 および 1×10^7 回における応力範囲は、それぞれ引張り強度の7.7、5.0 および3.6%となった。これらの推定強度は、既報の実験データとほぼ一致した。

腐食疲労寿命が空気中のそれより低下するのは、ある応力範囲以下で生じる。この応力範囲に対する腐食疲労寿命は、腐食によるピットの形成される時間にほぼ相当する。また、空気中疲れ限度に対する腐食疲労応力範囲の低下は、平均応力に関係なく一定であった。これは、腐食疲労寿命が、表面あらしによる影響が大きく、ピットの数と形成度合によって決定されるものと推定される。

<機関動力部>

Reduction of NOx and Smoke from Adiabatic

Diesel Engine with Emulsion Fuel

エマルジョンによる断熱機関からの

NOx スモークの低減

塩出敬二郎、宮城靖夫、西川和美

平成2年10月

I S M E K O B E ' 9 0

ディーゼル機関の燃焼室表面をセラミックによって断熱化した場合には、シリンダ内のガス温度及び壁面温度が大巾に上昇するために、着火及び拡散燃焼が促進される。この結果、NOxの排出量が増大し、燃焼期間が増大する。これは、断熱化によって着火が促進されるために、着火遅れ期間中に生成される混合気量が少なくなることと燃焼期間中に噴射される燃料の量が多くなるためである。これを改善するために、着火性が劣り、しかも単位重量当りの発熱量の低いエマルジョン燃料を使用することを試みた。エマルジョン燃料は軽油に水と軽油の約1 vol.%の界面活性剤を混合して作った。エマルジョン燃料のセタン価は、添加する水の量が増加すると低下する。それ故、着火時期は添加する水の量によって制御が可能である。エマルジョン燃料が排ガス特性に与える影響を調べるために、セラミック材料で燃焼室表面を断熱化した小型高速、空冷、4サイクルディーゼル機関を使用した。エマルジョン燃料中の水の量を0~50vol.%まで変化させて、この時の排ガス特性を調査した。水の添加量が増加すると着火時期が遅れ、この期間に充分な混合気生成され、燃焼時には水の気化熱によって炎が冷却され、しかも燃焼期間が短縮されるので、NOxの排出量は大巾に低減される。スモーク濃度も大巾に低減する。COの排出量は、水の添加量が30%程度までは低減するが、これ以上添加量を増加すると、逆に増大するようになる。燃料消費率は、着火の遅れた分だけ燃焼期間が短縮されるために、エマルジョン燃料にしても増加することはない。以上のことから、エマルジョン燃料は、ディーゼル機関の排ガス浄化対策として有望なものであることが分った。

酸水素内燃式蒸気タービン機関のサイクル論的研究
INTERNAL COMBUSTION STEAM TURBINE
CYCLE WITH STOICHIOMETRIC H_2-O_2
MIXTURE

井亀 優、森下輝夫、菅 進、平岡克英、熊倉孝尚
平成 2 年 11 月
日本機械学会論文集 56 巻 531 号 B 編

酸水素内燃式蒸気タービン機関は、水または水蒸気中で理論混合比の酸素と水素を燃焼させて過熱蒸気を得、タービンで仕事を行わせた後、生成された量に相当する水を復水後系外に排出する熱機関である。この機関では伝熱面を介さず作動流体の加熱を行うため、サイクル最高温度を従来の蒸気タービン機関より高くすることができる。そして理論混合比の酸水素燃焼による燃焼生成物は水のみであり、常温、常圧で液体となるため、それをサイクル外へ取り出すための仕事量が少なく、貯留も容易である。この特徴から酸水素内燃式蒸気タービン機関は、海中動力源に適していると考えられる。また酸素と水素は水と電気エネルギーを使って生産可能であり、液化によって単位体積当りの保有エネルギー量を増大できるため、エネルギー貯蔵・変換装置への利用も考えられる。

本報告は、以上のような特徴を有する酸水素内燃式蒸気タービン機関の熱力学的性能をサイクル計算によって検討したものである。計算にあたって 800℃ 以下の水、水蒸気の熱力学的物性値は、蒸気表の表示式を用いて計算した。800℃ 以上の高温水蒸気のエンタルピ、エントロピおよび酸素と水素のエンタルピは、定圧比熱と熱力学的関係式を用いて計算した。酸素と水素の消費量は、酸素と水素が燃焼器入口状態から反応して出口状態の過熱蒸気になる間に放出する熱量と、燃焼生成物以外の水または水蒸気や未反応水素が燃焼器内で吸収する熱量が等しいとおいた関係式から繰り返し計算によって求めた。

サイクル計算で得られたサイクル形式、蒸気条件、出力規模等と熱効率の関係から、蒸気条件が初圧力 4 MPa、初温度 800℃、排圧 0.005 MPa の再熱再生サイクルの場合、出力 1 MW で約 43%、100 MW で約 52% の熱効率（低位発熱量基準）が期待できる等の結果が得られた。

フーリエ変換干渉法による火炎温度測定
Measurement of Flame Temperature Profiles by
Fourier Transform Interferometry

佐藤誠四郎、熊倉孝尚

平成 2 年 11 月

日本学術会議、日本機械学会ほか共催
第 28 回燃焼シンポジウム

火炎の三次元的な温度分布を求めるため、筆者らはレーザ干渉法と CT を組み合わせた手法を用いて、その有効性を明らかにしている。しかし CT の適用には、多方向からの干渉データを用いるため膨大なデータ処理を必要とする。このような干渉縞のデータ処理の自動化と干渉法の測定精度向上のため、これまでフーリエ変換干渉法を用いて CT への適用性、および干渉縞の処理の自動化の可能性を確かめている。

フーリエ変換干渉法ではデータ処理の際、スペクトルのフィルタリングなどにあいまいさがあり、最終的に得られる位相から逆にフィルタリングの範囲などの適正さを判断する必要がある。本報告では、フーリエ変換干渉法のフィルタリングの範囲などの基準を明らかにするため、フーリエ変換法と従来のホログラフィ法との干渉像を同時に撮影して判断の基準とした。また CT 適用のため 6 方向 2 参照光干渉計を用いてバーナ火炎の温度測定を行なった。

従来の干渉法は、干渉写真を単なる濃淡画像として位相を求めるに対して、フーリエ変換法では干渉現像の周期性を用いて、干渉縞の濃淡ばかりでなく干渉縞が空間的に変化したときの位相に着目した解析法である。

実験では、干渉縞が空間的に変化した写真を 3 種類撮影し、フーリエ変換干渉法におけるフィルタリング処理法の目安を得た。この結果をもとに、6 方向からの干渉写真のデータ処理を行なった。フーリエ変換干渉法で得られる位相は、ノイズ状の値となる場合があり、この原因として干渉写真の回折模様によるノイズや振動などの外乱が考えられること、また計算した温度プロフィールは、さきに 24 方向のデータを用いる CT 法とほぼ同じ結果が得られることなどを明らかにした。

<材料加工部>

**STRUCTURES AND THERMAL PROPERTIES
OF PLASMA SPRAYED Al_2O_3 COATINGS**

アルミナ溶射皮膜の組織と熱的特性

ジリアン, N. ハイנטツ, 植松 進

平成2年9月

日本セラミックス協会第3回

秋季シンポジウム講演予稿集

**Simulation of Ultrasonic Wave of
Functionally Gradient Materials**

傾斜機能材料における超音波シミュレーション

島田道男, 天田重庚

平成2年10月

Functionally Gradient Materials Forum

Proceedings of the First International

Symposium on Functionally Gradient Materials

通常のアルミナ焼結体は常温では α 相となるが、プラズマ溶射では急冷されるため、そのほとんどが準安定層である γ 相となり、これらの γ 相を α 相に変えるためには1100℃以上の温度で長時間熱処理をしなければならないことが知られている。しかしながら本研究によってプラズマ溶射中であっても、アルミナ皮膜の温度を制御することによって、形成される皮膜の組織が大きく変化することが観察された。すなわち皮膜温度が比較的下げれば、溶射後の組織は通常の準安定層である γ 相となり、結晶粒成長は各層の厚さに相当する2~5 μ m程度である。それに対して、アルミナ溶射する前にあらかじめ断熱層としてジルコニアを溶射したものでは、アルミナ溶射中の皮膜温度が900~1300℃に達し、溶射後の組織は α 相となり、結晶粒成長は厚さ方向に50 μ mにも達していた。また、このとき通常の溶射皮膜で見られる層構造はほとんど消失していた。

さらに、水銀法により細孔構造分布測定でも α 相皮膜は、 γ 相皮膜で多くみられた0.1 μ m以下の気孔が減少していた。

これらの異なった組織形成メカニズムについては、通常の溶射では、熔融粒子は偏平後 10^{-6} ℃程度の冷却速度であり、次の粒子が到達する前に凝固が終了し、いわゆる溶射の積層構造を示すが、基板との間に断熱層を入れて、上記のように皮膜温度を高温に保つと前の偏平粒子の表面が完全に凝固が終了してないため皮膜方向に結晶粒成長を生じ、しかも冷却速度が遅くなって結晶構造は α 相となり、マイクロ割れが少ない構造になっているものと考えられる。

宇宙住還機あるいは内燃機関の高性能化には、高性能耐熱材料の果たす役割が大きい。このような耐熱材料は単に高い温度に耐えるだけでなく、高温度差によって生じる熱応力によって材料が破壊あるいは劣化しないことが条件となる。そのため、熱応力低減、材料強度確保等、耐熱材料に必要な機能を、材料内部の物性値の意図的なコントロールによって付加した傾斜機能材料の開発が進められている。

このような材料の開発では、創製された材料が所定の物性値分布を有するかどうか重要な評価基準となる。また、実用化の段階では材料の健全性を評価する非破壊的な評価技術が不可欠である。超音波計測法は材料内部の情報が得られる重要な非破壊の評価手法であるが、傾斜機能材料が板厚方向に物性値分布を有するため、従来の均質体を対象とした超音波データだけでは十分な評価ができない。

ここでは、傾斜機能材料の超音波検査に資するため開発が進んでいる薄板状試料を対象として、モード解析法を用いて超音波伝播特性の解明を行った。

薄板状試料では超音波が特殊な板波と呼ばれる形態で伝播し、安定して伝播できるものは、ある決った伝播速度および周波数を有する伝播モードに限られる。また、これらの伝播モードは複数個存在するので、1つの試料に対して多くの情報を得ることができ、材料内部の情報を得るために適している。今回は、板厚方向にヤング率、ポアソン比がリニアな傾斜を有した材料を想定し、超音波計測上最も基本的な低い次数のモードを対象にして超音波特性に及ぼす物性値傾斜の効果を解明した。超音波計測値から、傾斜したヤング率、ポアソン比分布の推定が可能である。

フィラメント・ワインディング

複合材料軸のねじり強度特性

Torsional Strength of Composite Shaft

高井元弘、勝又健一

平成2年11月

日本機械学会材料力学講演論文集No.900-86

軽量化と振動特性の改善を目的に船用推進軸の複合材料化の検討を進めている。本報告では、複合材料軸のねじり強度特性を把握することを目的し、繊維積層配向角度を変えてFW法で成形した比較的厚肉のGFRP（ガラス繊維/エポキシ樹脂）、CFRP（炭素繊維/エポキシ樹脂）、AFRP（アラミド繊維/エポキシ樹脂）の試験片についてねじり試験を実施し、得られた非線形性を示すねじりモーメント-ねじれ角線図から中空軸のせん断応力-ひずみ線図を求める方法を述べると共に、複合材料軸のせん断弾性係数、破断せん断応力、破断せん断歪、破壊形態について調べた結果を述べたものである。

供試試験片の外形は25φ、内径19φ、試験片全長300mm、試験機グリップ部はガラス繊維/エポキシ樹脂で積層加工し、試験部長さは120mmとした。強化繊維の積層配向角はそれぞれ±20°、±45°、±60°とし、繊維体積含有率は全て60%とした。ねじり試験は、モータ駆動式で容量780N・m、ねじり角速度0.25 rad/minで試験を実施し、ねじりモーメント(M_T)-ねじれ角(θ)線図を求めた。得られた結果をまとめると以下の通りである。

- ① M_T-θ線図は、いずれの材料も明確な降伏点を示さず非線形性を示し、AFRPは金属に類似した延性を示した。
- ② 表面せん断歪0.3%までの関係を直線に近似し、最小自乗法により求めた傾きよりせん断弾性係数を求め、積層理論に基づく計算結果との比較を行い、いずれの材料、積層配向角においても比較的良く一致した。
- ③ 試験により得られたM_T-θ線図より、中実棒についてτ-γ線図を求めるNadaiの方法を中空軸に拡張して求める式を導き、各材料についてτ-γ線図を求めた。得られたτ-γ線図より破断せん断応力、破断せん断歪を求めた。破断応力値は、破断則としてHoffman則を用いて計算した結果と良く一致した。

<装備部>

FRP製小型船舶機関室モデルの振動実験(第2報)

Vibration Tests on a Engine Room Model of FRP Pleasure Boat (2nd Report)

金丸貞己、原野勝博

平成2年10月

日本騒音制御工学会技術発表会

講演論文集 1990年10月

実験的モード解析技術は、振動応答解析の一手法として、構造振動解析の分野で発展利用されている。当所においてもこれまで船舶の低振動化、低騒音化へ資するためこれに必要な機器や解析ソフトウェアの整備に努め、板や梁など、構造要素の解析結果が理論解と良く一致しており満足すべき基本的性能を有することを確認した。しかし、構造体としての連成振動モードは、パネル単体の場合のようには明瞭な振動モードが出ないことが解かった。本報は、その後改良されたモード解析ソフトを用いて、鋼板製箱形による予備的検討を行い、さらに、FRP製機関室モデルでの陸上及び水上における振動モードを解析した。その結果、鋼板製箱形のように、加振エネルギーの伝搬経路が短く、かつ、減衰の小さい場合には、ハンマ加振による方法でも明瞭な振動モードが得られることを確認した。しかし、減衰が大きく、しかも複雑な構造をしているFRP製機関室モデルでは、応答点でのエネルギー不足から不規則な振動モードが出やすく、特に、水上時は、付加質量の影響を受けやすく振動モードも陸上時に比べてより不規則になる。また、各面の最低次の固有振動数は、振動モードの比較から、底面は、4辺固定、他の面は、3辺固定1辺自由の境界条件を推定した場合、減衰の小さい鋼板製箱形では、±20%、減衰の大きなFRP製機関室モデルでは、30%の精度で、単体パネルの解析解に一致することが判かった。

さらに、接水によるパネルの固有振動数は、陸上実験時の53~73%に減少した。この値は、単体パネルの場合の計算値、0.73より小さくなった。このことは、実際の設計において留意すべきことと考えられる。

Study on SEA Method for High-Frequency Vibration Attenuation

高周波振動予測法SEAに関する研究

木原 洸

平成2年10月

4th International Symposium on Marine
Engineering

船舶のように、大型構造物の振動を予測するには種々の方法があるが、固体伝搬音に変化するような高周波振動の場合、最近SEA (Statistical Energy Analysis) 法が注目されている。造船メーカーでもSEAを用いて、船内騒音の予測を行なった例が散見されるが、計算プログラムや計算パラメータについて詳細に報告されたものはない。

本論文は、当所でSEA法のプログラムを開発した段階でのプログラミング上の問題点を指摘し、簡単な計算例と、実験結果との比較を行なったものである。

SEAのパラメータとしては、モーダル密度、結合損失係数、内部損失係数の3つがある。モーダル密度と結合損失係数は、要素パネルの幾何学的寸法と物理的な定数で計算することができる。しかし、結合損失係数は隣接するパネルとの関係で定数項の決め方が複雑になり、その方法を示した。内部損失係数は実験で求めるが、日本の造研で報告された値を用いて計算した。

上記3つのパラメータはサブプログラムで計算し、メインプログラムは1次多項式をマトリックスにて計算する。ただし、船舶のように要素数の多い場合は計算時間が膨大になるため、要素のナンバリングに注意し、マトリックスのバンド幅を狭くするように留意すべきである。その一例を簡単な理論モデルを用いて示した。

実験は非常に簡単なモデルを用いて実施し、計算結果との比較を行なった。その結果、内部損失係数の値のとり方によって全く異なった計算結果が出る事が示された。

今後は、内部損失係数について精密な実験を実施する必要があること、複雑な形状の要素パネルの場合のモーダル密度と結合損失係数を如何に簡素化するかが課題である。SEA法の実用化にはこの課題を克服しなければならない。

<システム技術部>

Conceptual Design and Computer Simulation of Automatic Ship Navigation System

船舶の自動航行システムの概念設計と

コンピュータ・シミュレーションについて

不破 健、沼野正義

平成元年10月

Proc. of 4th International Symposium on Practical
Design of Ships and Mobile Units Volume 4

自動航行システムの概念設計を実施した。船の航行は以下の手順で行われる。すなわち、航行域の監視、相手船の検知、衝突や乗り揚げ危険の計算、操船の判断と意志決定、操船指示である。現在でも船上の自動化機器・システムは高度化され、船用レーダも十分の精度があり、ARPAなどの航行支援装置も豊富な機能を備えている。一方では、判断と意志決定は完全に人間に依存している。

自船の船位を計測するハイブリッド測位システムは十分な精度で利用できる。相手船の動作に関するあいまい性は、センサーの精度と、航行海域に制限が少なく自由度が多いことに由来するが、不明確な情報から操船に必要な情報を的確に抽出するためには、経験にもとづく高度な専門知識が不可欠となる。輻輳域では相手船の方位や船速の変化を迅速に検知するためにトランスポンダーや2次元監視レーダシステムなどが有効で不可欠なものと思われる。

判断プロセスは、多段決定の手法と知識ベースシステムによる意志決定を行うシステムである。操船のための舵とりは従来のPID制御型のオートパイロットを拡張するだけで十分である。しかし、船には大きな慣性力が働くので、船速の制御法の向上のためには、適応制御、パンパン制御による最適化、あいまい制御など高度な手法の利用が必要となる。

他船、陸上支援センター、海上交通管理センターとの情報交換もとり入れた東京湾における自動航行のシミュレーションが行われ、航路航行、衝突・乗り揚げ防止など基本的なシステムの性能が検証された。また、多重遭遇を含む数多くの状況についてシミュレーション結果の解析、検討を行った。その結果、実際の状況においても概念設計の有効性が検証された。また、実用化に向けて改良点に関するいくつかの考慮点を得ることができた。

PALLAS-FINEコードによる遮蔽群定数評価

Evaluation of Region-Wise Group Constants by
the PALLAS-FINE Code

金井康二、竹内 清、多賀謙治

平成2年10月

日本原子力学会1990年秋の大会予稿集

特に中性子を対象とする遮蔽計算には多群のディスクリート・オーディネイト法のSnコードあるいはモンテカルロコードが良く利用され標準的な計算コードとして定着している。この多群計算に必要な領域依存の群定数は、エネルギー点データとして編集されている核データライブラリから核データ処理コードを通して予め準備しておかねばならず、その誤差は核データ自身の誤差と群定数化による誤差が混在し、遮蔽計算精度に対して指数関数的な影響を及ぼす。このため群定数の妥当性を手軽に評価できる技法を確立しておくことが要請されていた。我々はこの技法を確立する上で直接積分法のPALLASコードが勝れていることに着目し、核データのレゾナンス領域のスペクトル変化をより忠実に計算できるように、詳細エネルギー一点が取り扱える一次元PALLASコードの改訂版、PALLAS-FINEコードを開発し、同時に同コード用の詳細エネルギー一点の核データもENDF/B-IV核データライブラリよりNJOYコードシステムを利用して整備した。本報告は遮蔽計算毎に必要な領域依存の群定数を評価する新手法として、PALLAS-FINEコードにより詳細エネルギー一点で求められるエネルギースペクトルを重み関数として取り扱う技法を提案し、日米の共同研究として行われた高速炉用遮蔽実験に対してディスクリート・オーディネイトSn法の二次元コードDOT3.5の解析に使われた21群の縮約群定数を評価するため、0.01レサジー間隔のPALLAS-FINE計算として本手法を応用した例を紹介する。二種類の異なる核データライブラリをもとに一次元SnコードANISNコードで100群から21群に縮約された群定数と比較しポロンカーバイトでは三者共良い一致を示すがSUSについてはレゾナンス領域内で10%を超える誤差が現れることを確めた。

<海洋開発工学部>

浮遊式海洋構造物による実海域実験

At-Sea Experiment of Floating Offshore
Structure "POSEIDON"

北村文俊、尾股貞夫、星野邦宏、吉元博文、

佐藤 宏、山口正記、岩崎達彦

平成2年11月

テクノオーシャン'90国際シンポジウム論文集

超大型浮遊式海洋構造物を建造するためには様々な技術が必要であるが、これまでに基礎となる要素技術はほぼ確立されてきており、これらの技術を集大成し、実証実験を行なって安全性、信頼性の基礎的データを得ることが必要である。このような沖合海洋空間の多目的利用のための実証実験のプロトタイプモデルとして1986年にポセイドン号が製作され、4年間山形県鶴岡市由良の沖合3kmの海上において、実海域実験を行った。ポセイドン号は全長34m、全幅24m、全備重量531tonの無人のフーティング付コラム型浮遊式海洋構造物で、水深約40mの実験海域に、6条のチェーンおよびアンカーで弛緩係留された。

本プロジェクトの目的は、大規模海洋構造物の運動、係留力、構造応力、耐侯性などの基礎データを得ることである。データの収録項目は波浪、風向、風速などの自然環境条件および運動、係留力、構造歪など数十項目に及ぶ。得られたデータは統計的処理の後、理論計算、模型実験との比較が行なわれた。

ポセイドン号の実海域実験で以下のことがわかった。

- (1) 自然環境条件では、冬場は相当に荒れ、風向と波向はよい相関を示した。波は0 chi-Hubbleの6パラメータスペクトラムで表すことができ、風の特性は新しく提案した変動風スペクトラムで良く表現される。
- (2) 運動としては、定常傾斜を起こす主要因は流れであり、波浪中の動揺は模型と実機との相関は非常に良好で波向きの分布を考慮することで、より精度の高い推算が可能であることがわかった。
- (3) 波による構造歪、日射による構造歪ともに推定可能である。
- (4) 係留ラインの張力は、静的な計算により長周期成分を推定することができ、短周期成分は大波高時を除いて模型実験と良好な相関を得た。

浮遊式海洋構造物の実海域実験その3、
実験海域の波方向スペクトルについて

At-sea Experiment of a Floating Offshore
Structure Part 3. Characteristics of Directional
Wave Spectra At the Test Field
吉元博文、安藤定雄、小林顕太郎
平成2年11月
日本造船学会論文集 168号

海洋開発工学部では、1986年から約4年間浮遊式海洋構造物POSEIDON号を用いて、山形県鶴岡市由良沖約3kmの海域で実海域実験を行った。本論文は、この実験で計測された波方向スペクトルについて報告するものである。

波の方向スペクトルは、一般には周波数スペクトル $S(f)$ と方向分布関数 $G(f, \theta)$ を用いて、 $S(f, \theta) = S(f) \cdot G(f, \theta)$ と表現される。ここでは、波の方向スペクトルの特性として、この $S(f)$ と $G(f, \theta)$ について検討した。

主な結論は、次の通りである。

- 1) 波の周波数スペクトルの高周波側には、平衡領域が存在するが、それは、これまで言われてきた f^{-5} ではなく f^{-4} に比例する形状を持つ。これは、鳥羽の3/2乗則を実験データに適応することによって確かめることができる。
- 2) 方向分布関数は、ほぼ光易型方向分布関数で近似できる。光易型方向分布関数の方向集中パラメーター S の値は、ピーク周波数で最大となり、ほぼ10~25の範囲に散らばっている。方向分布関数より推定される波向は、必ずしも風向と一致していない。これは、水深影響による屈折が原因であると思われる。

<氷海技術部>

FRPクライオスタットに関する模型実験

Model Experiment on FRP Cryostat
桜井昭男、前田利雄、高島逸男、上村 晃
平成2年11月
強化プラスチック協会
第35回FRP総合講演会講演要旨集

近年、超電導技術の利用開発が注目を集めており、船舶分野では、新しい推進方式として超電導電磁推進船の研究開発が進められている。しかし、商船としての実用化にあたっては解決すべき技術的問題が多く、特に搭載する電磁推進装置の重量軽減と小型化が最大の課題となっている。特に、超電導コイルを極低温に冷却・保持するクライオスタットは電磁推進装置を構成する機器のなかで最大の容積と重量をもっており、その軽量・高性能化が必要である。本報告では、金属材料に比べて比強度が大きく、非磁性であるFRPを船用クライオスタットなどの極低温構造材として利用するため、4~273Kにおける機械的、熱的特性並びに熱衝撃による耐久性等を明らかにした。また、FRP船用クライオスタットに適した高性能断熱技術の開発を目的として、FRPと真空多層断熱材とを組み合わせた断熱構造について、平板型供試体及びクライオスタット模型により断熱特性を調べた。

供試したCFRP、AFRP並びにGFRPの強度は極低温域においても273Kの値とそれほど差異はなく良好な特性を示した。熱的特性では、強化繊維の依存性が大きく、AFRP及びCFRPはGFRPに比べてほぼ1/3の低熱収縮率を示した。耐熱衝撃特性についてはLHeによる熱衝撃を100サイクルまで加えても強度保持率は80%以上にどまっており、極低温域においても有用なものであった。

また、FRPと真空多層断熱材との複合構造は真空度 1×10^{-4} TorrでFRPクライオスタットとしての断熱性能をもたせることが十分可能であった。そこで、クライオスタット模型によるLN₂の貯留試験を行った。その結果、平均蒸発率は約4%/hと大きく、所期の断熱性能は得られなかったものの、上部からの侵入熱を低減させ、また所定の真空度を保持することによりクライオスタットとしての性能を発揮できる。また、耐久性についてはLHeの貯留にも十分耐えられるものとする。

<大阪支所>

弾性波によるFRP板の非破壊検査

Non-destructive Testing of FRP Plates by
Elastic Waves

津島 聡、吹上紀夫、小野正夫

平成2年11月

第3回新素材及びその製品の
非破壊評価シンポジウム論文集

CFRPはカーボン繊維の特性を利用した高性能な材料であり、自動車や航空機など軽量化を要求する構造材に多く使用され始めた。このような複合材料の信頼性向上のためには繊維含有率、剝離および板厚等の非破壊検査が必要である。一般に、小型の試験材に対しては軟X線や超音波Cスキャン等が使用されているが、大型構造物に対しての使用例は少ない。

将来、超高速船にもCFRPが使用されることを想定して、大型構造物の探傷に有利と思われる低周波の弾性波を用いて非破壊検査を試みた。

CFRP試験体は1層が0.3mmのPAN系カーボン繊維を8層重ね、マトリックスをエポキシ樹脂としてプリプレグ法で成形した。積層構成は8層とも一方向に揃えたものと、上下対称に1層ずつ交互に積層したものである。また、繊維体積含有率を25、40、60%と変化させた試験体およびAIBN（アゾビスイソプロピロニトリル）を用いて内部に気泡を発生させた試験体も用いた。試験体寸法は300×300および300×380mm（繊維含有率を変化させた試験体）とし、板厚は1.1～4.5mmとした。

実験方法は次の通りである。ハンマーの打撃により弾性波を発生させ、その受信には圧電型加速度計を用いた。受信した信号は増幅器および波形記憶装置を介してオシロスコープ等に伝えられる。弾性波の周波数と位相速度はオシロスコープから読み取り、周波数分析はFFT分析器を用いた。

実験の結果、逆分散性を持つA₀モードのラム波（屈曲性の板波）が発生していることがわかった。この波の位相速度 C(f) と板厚 H、周波数 f の関係は波長に対して板厚 H が小さい場合、 $C(f) \propto (f \cdot H)^{1/2}$ となる。従って、縦波と横波速度の既知の板では周波数 f と位相速度 C(f) を測定することにより板厚を推定することができる。試験体に剝離がある場合、その上部に加速度計をおいて測定すると位相関係がランダムになり、剝離の存在がわかる。