

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈推進性能部〉

MHD流れにおける $k-\epsilon$ 方程式と
チャンネル流れの計算例

$k-\epsilon$ Equation for MHD Turbulent Flow
and its Numerical Simulation for Channel Flow

日夏宗彦

昭和62年1月

第2回 NSTシンポジウム

電磁場中を流れる乱流の様子を調べるのが本研究の目的である。電磁力を用いて流場の制御を行うとき

対象となる流れは一般的に乱流状態が多いと考えられる。そこで、電磁力の影響を考慮した乱流を解析することが新たな問題となる。本研究では $k-\epsilon$ モデルによる定式化を電磁場を含んだ状態で行い、平行平板間にはさまれたチャンネル流れの数値シミュレーションを行って、電磁場の乱流場に与える影響を調べた。その結果、磁場の影響によって乱動エネルギーや、乱動散逸が減衰されること、流れを加速する方向に電磁場を印加すると、乱動エネルギーとその散逸が大きくなることが示された。

Numerical Simulation of a Viscous Flow with a Free Surface around a Ship Model

船体まわりの自由表面を含む粘性流れの
数値シミュレーション

日野孝則

昭和62年 5月

日本造船学会論文集 161号

船体まわりの、自由表面を含む粘性流れを解析するため、Navier-Stokes方程式の差分法を開発した。境界条件の取り扱いや差分格子間隔の制御の容易さのため、物体形状に適合した一般曲線座標系を導入した。自由表面境界については、自由表面の大きな変形も取り扱えるように、座標系を適合させない方法を用いた。そのため、自由表面条件の実現には特別の手法を用いている。特別な乱流モデルは導入せず、低レイノルズ数の層流を対象として、数値シミュレーションを行った。

数式船型であるWigley Modelについて、2つのフルード数で数値シミュレーションを行った。自由表面形状、船体表面圧力分布などを実験結果と比較した結果、船体前半部や、船首波については、良好な一致が見られた。船体後半部および船尾波が、実験値と合っていないのは、レイノルズ数の差が最も大きな原因と考えられ、自由表面流れにおける乱流モデルの検討と、それを取り込んだ、高レイノルズ数流れの数値解法の開発が、今後の課題といえる。

波形造波抵抗の尺度影響に関する ITTC共同実験結果の考察

Scale Effect on Wave Pattern Resistance (Consideration on Results of ITTC Cooperative Experiments)

石井昭良・中武一明・竹子春弥・

日野孝則・佐々木紀幸・梶谷 尚

昭和62年 5月

日本造船学会

日本造船学会論文集 161号

18th ITTCのResistance & Flow Committeeによって組織された共同実験の機会を利用して、Newman-Sharma法による波形解析における、船体造波および波形造波抵抗の尺度影響について、実験的に調査した。

Series 60の船長が、10m, 7 m, 4 m, 2.5mの相似模型について、抵抗、流場データが収集され、解析された。

最初に、波形解析法の精度を、打ち切り点修正、波高計測位置、解析プログラム・コード等について調査した。その結果、打ち切り点修正、計測位置の影響はいずれも小さく、また解析プログラム・コードの違いの影響も、調査した機関の間では小さいことが明らかになった。

この検討結果を踏まえて、実験結果を解析した結果、波形造波抵抗において尺度影響が存在することが認められた。また、尺度影響の要因は、波の発生および伝播の過程における粘性の影響であることが、解析結果より示された。

船尾バルブ船型の伴流分布についての一考察

Experimental Study on a Wake of Bulk Carrier
in a Large Cavitation Tunnel

山口眞裕・斉藤 勇・石坂 純

昭和59年11月

関西造船協会誌 198号

キャビテーション水槽に、曳航水槽で使用した模型船をそのまま収納して、模型船の流れの中でキャビテーション試験を行うことのできる施設が、最近国内で次々と稼動するようになってきたが、このキャビテーション試験の方法において、如何にして実船に近い伴流分布を再現するかということが、問題の一つとして残されている。

ここでは、流れを安定させるために考えられた縮流体を利用し、縮流体によって船尾付近の流れを加速し、伴流分布を変える試みを行った。模型船と大小2種の縮流体を利用して伴流分布を大型キャビテーション水槽で計測し、縮流体の大きさによる影響ならびに模型船と縮流体との相対位置による影響を調べた。また、HessとSmithのポテンシャル流れの計算等を用いて、大型キャビテーション水槽内の流れを計算し、縮流体と模型船によるポテンシャル流れの伴流を求めた。また、このポテンシャル流れを使って、積分法の3次元乱流境界層の理論計算から、粘性による伴流係数を推定した。この乱流境界層計算では、まだ、船尾付近の縦渦の成分を考慮することができないが、乱流境界層による影響を定性的にでも把握することができればと考えて行った。

これらの実験および理論計算より、縮流体を大型キャビテーション水槽に入れることによって、ポテンシャル流れの成分が大きく変化しているが、粘性流れの成分（船尾の縦渦の成分は除く）は余り変化していないことが判った。

〈運動性能部〉

バウスラスター性能に及ぼす浅水影響

The Shallow Water Effect
on Bow Thruster Performance

二村 正・貴島勝郎・松本憲洋・田中 進

昭和61年11月

西部造船会会報 第73号

bow thruster性能に及ぼす前進速度の影響に関しては従来より種々の研究があるが、一般にbow thrusterを使用する海域は港湾内等の制限水域が多い。従って前進速度の影響だけでなく、水深の影響を考慮する必要があると思われる。そこで本論ではbow thruster性能に及ぼす前進速度と水深の影響について実験的・理論的な検討を試みた。実験には船尾に2基のthrusterを有するフェリーの3m模型を用い、水深並びに船速を変化させ、船体に働く流体力を計測した。理論的には、thrusterのductから噴出された噴流（以下jetと呼ぶ）と一様流の干渉を考え、一様流に押されて湾曲したjetにより、船体表面上に誘起される誘導速度場を船体表面上の過分布で置き換え、この過分布により船体に作用する流体力について検討を加えた。更に、操船者の立場からこれらの影響がどの程度運動に表われるか、実験により求められた流体力を使用してシミュレーション計算を行った。この結果、以下の事が明らかとなった。

水深の深い場合には従来から知られている様に、bow thrusterにより船体に働く流体力は前進速度が増加するにしたがい、急速に減少することが確認された。また水深が浅くなると、特に低速域においてその傾向が顕著に現われ、実船船速1.46ktにおいてその横力は4割程度減少してしまう。この前進速度並びに水深の影響はthrusterから噴出されたjetの経路と発達が大きな要因であると考えられる。また操縦運動のシミュレーション計算によると、どの水深においても実船船速で4ktではbow thrusterの効果はほとんど期待できないことが明らかとなった。またthrusterを頻繁に使用する低速域においては、水深の影響が顕著に現われることが確認された。以上の結果から、bow thrusterを用いた操縦運動の推定や設計時にthruster推力を決定する上で、前進速度並びに水深の影響を十分に考慮する必要があると考えられる。

〈構造強度部〉

海洋構造物用塗装系の耐用期間の要因解析

Quantitative Approach
to Durability of Anti-Corrosive Coating System
for Offshore Structure Use

松岡一祥・在田正義・翁長一彦
昭和62年5月
日本造船学会論文集 161号

海洋は鋼構造物にとって厳しい腐食環境であるため、一般に塗装により構造物の耐久性を高め、その機能の維持を図っている。特に、入渠により定期的な保守を行うことが困難な海洋構造物では、塗装系の耐用期間は構造物の耐久性に与える影響により重要な問題であり、また維持、管理の経済面でも与える影響は大きい。

塗装系の耐用期間は、構造物の設置される海域の環境、塗装用材料とその施工、構造部材の形状や応力など様々な要因の影響を受けるため、その推定、予測は極めて難しい。

本報では、各種物性値などを用いた物理、化学的なモデル化には依らず、より実際的な見地から塗装系の耐用期間を把握するために、各種要因の影響度の数量化解析を行ったものである。また、塗装系の耐用期間に大きな影響を与える塗装膜厚については、各種塗装用材料の特性を評価するために、等価膜厚係数の概念を導入し、その定量化を行っている。

数量化解析結果から以下の結論を示している。

- (1) 塗装系にとって最も厳しい環境は、飛沫／干満帯で構造物に電気防食が施されている場合である。
- (2) 積層構造については、下塗用材料だけを用いた場合、および、あまり複雑な積層構造は好ましくない。使用材料は、2、3種を組み合わせたものがよい。また、メッキ、溶射などの下地処理の効果も認められる。
- (3) 本報で仮定した等価膜厚係数は塗装用材料に物質が浸透する深さの逆数に比例すると考えられる。塗装系の有効膜厚は、耐用期間とほぼ比例すると考えられる。
- (4) 本報の解析に用いたサンプルは、アンケート調査結果およびいねいに施工されたと考えられる試験片の暴露実験結果であったため、施工要因の耐用期間に及ぼす影響は小さかった。

(470)

〈機関動力部〉

2 kw級スターリング機関の研究

Study on 2kw Stirling Engine

塚原茂司・桑原孫四郎・山倉康隆
一色尚次 (日大)・吉川勝治 (三洋電機)
昭和62年5月
日本船用機関学会 第40回学術講演会

これまでのスターリング機関の研究結果を基に、この機関の静的、動的な特性を調べるため出力2kw/1200rpmで、1シリンダ内に2ピストンを有するB型スターリングを設計・製作した。

本報では主に再生器蓄熱材の機関性能について与える実験結果をもとに述べた。

上述したように、本機関はB型であるため出力ピストンの中央部と出力ピストンとクランク室を仕切る部に油上がり防止と作動流体の漏れ防止のためのシールがある。系全体のシールは出力軸端にあるメカニカルシールが行っている。

ピストンリングは薄いカットリングをエンドレスリングで挟むサンドウィッチ構造で、これを3本使用し、摩擦力と漏れを少なくした。

再生器蓄熱材の流動抵抗は、5種類の材料を選択して管内に空気を通して測定した。流動抵抗は $\phi 1$ 、 $\phi 3$ の球がとび抜けて大きく、32メッシュ銅あみとヘリパック、そして特殊はりがねの順に小さくなっている。特殊はりがねは他の材料にくらべ流動抵抗は少ないが、これは流路が直接的で大きな断面積変化がないためであると考えられる。

上述の再生器蓄熱材のうち、表面積が同程度のヘリパックと特殊はりがね(150本/段)を本機関にそれぞれ蓄熱材として使用し、性能テストを行った。その結果、ヘリパックは機関回転数約1000rpmに最大値があるのに対し、特殊はりがねでは1500rpmでもまだ出力が上昇している。これは流動抵抗の影響が大きいものと考え、簡単なシミュレーションで考察した結果、それが明らかとなった。これにより流動抵抗の機関出力に与える影響が大きいことが分った。

また、機関回転数が p - θ 線図上に与える影響について実験結果を示した。これは、まだデータのバラツキがあるが、流動抵抗の見積りに参考になるものと思われる。

円管内乱流のステップ加速による過渡挙動の研究

Turbulence Development in Initially Turbulent
and Stepwisely Accelerated Pipe Flow

汐崎浩毅・田中宏明

昭和62年 5 月

第24回 日本伝熱シンポジウム

壁乱流の壁面近傍に見られる秩序構造が、乱流エネルギーの生成に大きく寄与していることが知られている。本研究は、円管内で発達した乱流をステップ状に加速し、レイノルズ数を急激に変えたときの壁面近傍の秩序構造の挙動に着目し、この構造の性質を知る手がかりを得ることを目的としている。具体的には、加速前後のレイノルズ数に適合する秩序構造の大きさが変わること注目し、古い構造が新しい構造の形成に及ぼす影響を調べた。

ステップ加速による過渡状態の瞬時流速変動を定温度型熱線流速計によって計測した結果、加速後新たなレイノルズ数に適合した乱れが発生してくるまでにはしばらく時間遅れが有ることがわかった。また、その変化の仕方は、所々に新たな乱れがスポット状に発生し、それが成長してやがて発達した乱流となるという形をとることもわかった。これらのことを定量的に評価するために、前後レイノルズ数比の種々の値について各々50回ずつ計測を行い、結果の信号を判別関数によって新たな乱れとそうでない部分に二値化した。そして次の2つの特性値を計算し、その性質の検討を行った。

第1の特性値は、加速後新たな乱れが発生するまでの平均待ち時間 t であるが、加速前後のレイノルズ数比を2倍から8倍まで種々変化させたにもかかわらず、この時間は加速前の流れの摩擦速度 u^* と動粘度 ν を用いると一定値 ($t \cdot u^{*2}/\nu$) ~ 120 に整理されることがわかった。また第2の特性値は、スポット状に現われる新たな乱れの平均発生間隔 L であるが、これも加速前の u^* と ν を用いると一定値 ($L \cdot u^*/\nu$) 2000に整理されることがわかった。すなわち、加速の前後で秩序構造の大きさがいろいろに変化するにもかかわらず、新たに生まれてくる乱れは、その発生時期も発生間隔も加速前の古い構造に強く条件づけられていることが推測される。

〈材料加工部〉

磁界中の超音波減衰における振動異方性について

On the Anisotropy of Ultrasonic Shear Wave
Attenuation in Magnetic Field

勝又健一・神尾 昭

昭和62年 3 月

非破壊検査 36巻2A号

船舶、橋梁等の鋼構造物の疲労損傷を非破壊的に検出および評価することは構造物の信頼性を向上させる上で極めて重要である。構造物の巨視的な欠陥の検出については種々の研究が行われているが、疲労損傷の検出では未知な点が多い。

筆者らは、鋼が繰返し応力を受けて疲労損傷が蓄積した場合、この鋼の磁界中での超音波減衰量に変化することを見出した。ここで対象としている疲労損傷域は、広範であり、超音波伝播域が長く取れる事から横波斜角探触子を用いて、十分な超音波磁気感度が得られた。

本報告は、狭い疲労損傷域における上記方法の適用性を検討するため、垂直横波の超音波探触子による磁界中の超音波減衰量を弾性応力がある場合および永久ひずみがある場合について調べた報告である。

試験片はSM41B, SM50A材を、応力除去焼鈍して作成した。超音波としては5MHzの垂直横波探触子により、板厚方向伝播において振動方向を磁界方向(L)、磁界と直交方向(S)のものを与えた。

弾性下引張り応力のある場合、磁界があると超音波磁気感度は、(L)(S)の場合とも低下し、磁界なしの値は増加した。圧縮応力のある場合では、(L)の場合、超音波磁気感度は正(dB)であるが(S)では負となり明白な振動異方性が生じた。これらの現象を鋼材内の磁化分布との関連で考察した。磁化分布は、引張り応力によって応力方向に分布し、圧縮応力によっては、応力方向に直交した方向に分布し易くなると云われている。磁界が加わると両応力時とも磁化分布は磁界方向に近づくが、その程度は引張り応力と圧縮応力で異なる。そのため、超音波振動方向と磁化の方向の組合せで超音波磁気感度が決定されると考える。

永久ひずみのある場合の超音波磁気感度は、(S)の場合が継続的に負となり、鋼が降伏したことを(L)よりも容易に検出できることが分った。

高速破壊靱性試験における作用荷重について

Working Load on Specimen in Rapid-Fracture Toughness Test

藤井英輔・大熊 勇・豊貞雅宏
昭和62年 5月
日本造船学会論文集 161号

高速度下での破壊靱性試験では、試験片に作用する荷重そのままの検出は容易でない。静的試験では試験片をはさむ2つの荷重伝達治具に作用する荷重は同じであるから、荷重伝達治具で検出される荷重が試験片に作用していると考えてよいが、高速度下では変位加速度成分も力となって現われるため、2つの荷重伝達治具に作用する荷重は異なり、試験片に作用する荷重をどう推定すればよいか問題となる。

こゝではCT試験片による動的破壊靱性試験を例にとり、高速度下での試験片に作用する荷重の推定法について述べるとともに、氷海用50kgf/mm²級TMCP鋼の破壊靱性試験における試験片の作用荷重について調査した。

実験は20t/100t高速引張試験装置を使用して、板厚75mmの3T-CT試験片を負荷速度2000mm/sで実施した。実験における荷重は試験片をはさんだ上下2つのロードセルで測定した。そこで、実験における負荷系を質量およびバネで構成される系に置き換え、2つのロードセル出力をもとに特性方程式を解くことによって、試験片の作用荷重を推定した。

解析の結果、実験で使用した試験装置では、下ロードセル出力はほぼ試験片の作用荷重に等しいことが分かった。このことは、試験片および下部側負荷治具の速度変化が小さいことを示した。また、ロードセル出力に影響を与える負荷質量の加速度を検出し、その荷重成分を加算することにより精度の高い荷重測定が可能であることを確かめた。

破壊靱性に及ぼすひずみ速度の影響

The Effect Strain Rate on Critical CTOD and J Integral

藤井英輔・豊貞雅宏・野原和宏
川口喜昭・有持和茂・井坂和実
昭和62年 5月
日本造船学会論文集 161号

鋼構造物に対する脆性破壊発生防止の評価は、これまで主として静的な試験で得られた破壊靱性値をもとに行われてきた。しかし、氷海域で稼動する船舶・海洋構造物が流水との衝突などを考慮すると、この場合ひずみ速度は静的な場合より3~4オクタード速いことからひずみ速度に対応する破壊靱性値を推定する方法を確立する必要がある。

動的な問題では、き裂先端近傍に近づく程ひずみ速度は速く、降伏点も変化する。また線形破壊力学パラメータのk値は応力分布の特異性から定義された量であるが、動的問題でも静的な場合と同様に特異性を有するか否かが議論となる。さらに、高ひずみ速度下では塑性仕事による発熱による温度上昇という問題もある。

そこで変形速度を変えて、き裂試験片の強制変形試験を行ってき裂先端近傍のひずみ分布を確かめるとともに、負荷速度、試験温度を種々変えたCT試験、COD試験、計装化シャルピ試験を行って破壊靱性値を求めた。そして静的から動的までの広範囲にわたるひずみ速度下での破壊靱性値(Jc値、 δc 値)の変化を、Strain rate-temperature parameter R(ひずみ速度-温度効果指数)で整理できるか実験的検討を行った。

また構造物の設計上の観点から、破壊発生想定点におけるひずみ速度と無限板中に作用する一様ひずみのひずみ速度の関係を明らかにした。そしてR(き裂先端近傍の温度上昇を考慮する必要がある場合Rr)を指標にひずみ速度が破壊靱性に及ぼす効果を定量的に評価し得る可能性を見出した。

なお本研究は氷海域船舶・海洋構造物における鋼板および溶接部の破壊靱性に関する研究(船舶技術研究所、日立造船株、住友金属工業株の共同研究)の成果の一部である。

〈装備部〉

Dynamic Deformation Analysis of Rotating Discs
(Influences of Circumferential Displacements
on Radial Ones)

回転円板の動的変形解析
(周方向変位の半径方向変位に及ぼす影響)

天田重庚

昭和62年 5月

JSME International Journal Vol. 263 No. 5

急激な変動回転を受ける中点の円板内には、一定回転下にて生ずる応力よりも大きな値の応力が生ずると推察される。若干の仮定の下に導かれた回転円板の半径方向と周方向の無次元表示における運動方程式は

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{r}^2} + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{r}} - \frac{\bar{u}}{\bar{r}^2} = \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial \bar{t}^2} - \bar{v} \frac{d\bar{\omega}}{d\bar{t}} - \bar{r} \bar{\omega}^2 \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{r}^2} + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \bar{r}} - \frac{\bar{v}}{\bar{r}^2} = \bar{\alpha}^2 \left[\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{t}^2} + \bar{r} \frac{d\bar{\omega}}{d\bar{t}} \right] \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 \bar{u} 、 \bar{v} は半径方向と周方向の変位、 $\bar{\omega}$ は円板の角速度、 $\bar{\alpha}$ は定数である。式(1)の右辺第2項中には周方向変位と角加速度の項が含まれ、 $d\bar{\omega}/d\bar{t}$ なる量が大きい場合には半径方向変位に著しく影響する。この影響を調べるため、周期変動回転過程を採用して、この過程の変動速度 $\bar{\Omega}_2$ をパラメータに用いて変位の動的応答を計算した。周方向変形を考慮しない半径方向変位の変動周期は周方向変位の1/2となり、この結果、周方向変位を考慮した半径方向変位の変動は単純な正弦状変動より著しくずれる。変動回転過程の振巾 $\bar{\Omega}_1$ と円振動数 $\bar{\Omega}_2$ との比を、 $\xi \equiv \bar{\Omega}_2/\bar{\Omega}_1$ のように定義すると、周方向変形を考慮した半径方向変位の最大振巾 $\Delta \bar{u}$ 、考慮しないそれを $\Delta \bar{u}'$ とすれば

$$\Delta \bar{u} > \Delta \bar{u}' \quad \xi_0 \sim \xi < 310$$

$$\Delta \bar{u} < \Delta \bar{u}' \quad \xi_0 \sim \xi > 310$$

のようになる。本研究過程にて採用した周期変動においては角加速度の増加に対して、半径方向と周方向変位の相互作用が小さくなる結果となったが、他の変動回転過程に対しては、逆の結果になる可能性があると思われる。特に、指数関数的に回転が増加する場合について検討する予定である。

波力発電装置の水槽実験におけるエアタービンの性能

Operation of Air Turbine in Water Basin
Experiments of Wave Actuated Generator

勝原光治郎・北村文俊・井上令作・岩井勝美
梶原勝正・山崎哲雄・太田義之

昭和62年 5月

日本舶用機関学会 第40回講演会

波力発電装置のタービンについて、筆者らはこれまで解析モデルを提案し、設計上の問題を解いてきた。そのモデルの妥当性は、実物の1/5模型の水槽実験と、実海域実験で確かめる計画である。本報は、その水槽実験の結果である。

1/5模型の同筒型空気室(外径2.56m)に搭載したタービンは、衝動型とウェルズ型である。衝動型タービンは発動機と共に4枚弁方式の弁箱にセットした。ウェルズ型タービンは、ガイドベーン有り無し、シングル型とタンデム型、または負荷は#1~#6まで変えて実験した。ベアリング2ヶのみの負荷である#1については、タービンは自己起動するが、他の負荷は重すぎて自己起動しなかった。そこで、直流モーターで3000rpmまで強制回転させ、その後負荷を付け波浪エネルギーだけで回転数が安定したときの状態を計測した。なお、波浪は規則波である。

実験結果は、まず、タービンの代りに付けたオリフィスについて、開口比(開口面積/水線面積)と圧力・流量の関係調べると、縮流係数 $\xi=0.71$ をえた。

次に、衝動タービンの等価開口面積と運動曲線(運転状態の圧力と回転数の関係)は、筆者らの解析モデルに良く一致した。

ウェルズタービンの等価開口面積についての解析モデルの計算結果は、実験値より低目に出た。そこで、空気室負荷を表現するもう一つの指数、圧力流量比 P_m/Q_m で整理すると、計算値と実験値は合った。

また、ウェルズタービンの運転曲線は、脈動時の圧力の仮定 $P=P_m \sin^2 \omega t$ を $P=P_m \sin \omega t$ に変えると、計算値と実験値が合った。圧力が正弦波で変動する根拠も示した。

以上のように、解析モデルは、部分的修正をほどこせば、妥当であることが実証された。

タンク洗浄

Tank Washing

上田浩一

昭和62年5月

日本船用機関学会 第40回講演会

有害液体物質を輸送するケミカルタンカーに発生するタンク洗浄水の船外投棄は国際条約により規制される。そこでタンク洗浄中の使用水量と洗浄中の物質残存濃度の関係を把握しておくことが、必要洗浄水量を推定するために必要である。洗浄水中の物質残存濃度はタンク内残液量と洗浄中タンク内に滞留する量に左右されると考えられる。そこでタンク内残液量と洗浄中タンク内に滞留する量を主に模型タンクを使用して洗浄効果を調べた。また供試板を使用した主として粘性の異なる物質の洗浄による除去効果について調べた。

タンク内を一様に定常的に洗浄する時の洗浄排水濃度 C と洗浄水量 Q の関係は

$$C = ae^{-\frac{1}{Q_{DH}}Q}$$

(a は定数、 Q_{DH} は洗浄中にタンク内に滞留する量)

で表わされる。しかしながら高粘性物質の洗浄結果ではそれより少し洗浄され難くなるので、

$$C = ae^{-\frac{1}{kQ_{DH}}Q}$$

のように係数 k を用いて洗浄状態を表わすと食塩水のような壁面の付着量が少ない物質の場合は $k < 1$ 、粘性が中程度のエチレングリコールの場合が $k \approx 1$ 、高粘性のグリセリンの場合が $k > 1$ となっている。高粘性の場合には壁温の影響が大きい。壁温加熱等により k が1に近づくようにして洗浄する必要がある。 B 重油のように高粘性で非水溶性の物質は洗浄効果が悪く壁面をきれいに洗浄するためには溶剤洗浄の必要がある。ノズル径を小さくすることは使用水量に対して洗浄効果が大きいので、今後洗浄汚水の発生量を減少させるためには必要である。凝固性物質を温水で走査洗浄しても溶解により除去される量は少ない。壁面加熱等により剥離か溶解させる方が効果的である。現在使用されている比較的水量の多いノズルでは、タンク内が均一に混合されていると仮定して、洗浄水量と濃度を計算によりほぼ推定できる。

ケミカルタンカーの荷揚げ後の管内残留貨物量の低減について(第2報:トリム,管径の影響)

Minimization of Residual Cargo in Piping Arrangements for Ship Carrying Noxious Liquid Substances by Air Blowing

(2nd Report: Effects of Piping Arrangements)

山口勝治・山根健次・綾 威雄・植田靖夫・波江貞弘

昭和62年5月

日本船用機関学会 第40回講演会

有害液体物質を輸送するケミカルタンカーでは荷揚げ後、貨物管系に加圧気体を供給し、管出口端に設けられたマニホールド弁を急開閉することにより、管内に気流を発生させ、揚荷配管系に残留する貨物液を減少させることを目的とした、エアパーージ操作またはラインブローイングと呼ばれる操作の検討が行われている。本研究は、この操作により、管内残留貨物量を規則の要求値以下とするような装置の設計要件、操作要件を見出し、海洋汚染防止に役立てることを目的としている。実験は中小ケミカルタンカーの揚荷管系を模擬したほぼ実規模大の装置を用いて行った。試験部は長さ11.2mの鋼又は透明ポリカーボネイト製水平管、水平管に背圧1kg/cm²与えるための長さ10mの垂直管より構成される。加圧空気は水平管に送られ、水平管出口端と垂直管の間に設けられた操作弁を開弁することにより、管内水は加圧空気とともに大気中に放出される。空気源のタンクの大きさ及び圧力、試験管の直径、水平管の傾き、操作弁の種類、開弁速度及び閉弁速度等を変え、管内残水量の計測、管内流動の観察等を行った。実験の結果判明した主要な事項は以下の通りである。

- 1) 管内の流動は3つのパターンに大別できる
- 2) 各流動パターンの発生と管内残水量との間には一定の関係が成立する。従って流動状況からおおよその残水量の推測が可能である。
- 3) 空気源の容量を大きくすると管内残水量は減少する。残水量を満水時の20%程度以下にするのは容易である。
- 4) 水平管出口端に向って下っているマイナストリムでは管内水の排出効果が大きくなる。
- 5) 操作弁の閉弁速度の残水量に及ぼす影響は大きい。開弁速度の影響は小さい。

以上の結果よりエアパーージ操作は管内残水量を減少させるための有効な方法であることが明らかとなった。

灯標用波浪発電装置におけるエアタービンの特性
—衝動型・ウェルズ型・サボニウス型—

Characteristics of Air Turbines
for Wave Activated Generator used at Light Beacon

勝原光治郎・梶原勝正・北村文俊・太田義之
昭和62年6月

第2回 波浪エネルギー利用シンポジウム

波浪発電用タービンの設計上の課題は、①空気室の負荷としての特性、②タービンの運転状態、③タービンの負荷としての発電機の最適特性の3つを解明することである。筆者らは、まずこの3課題を解く解析モデルを提案した。

次に、タービンとして、衝動型は3種類、ウェルズ型は13種類、サボニウス型は5種類について、基礎データ(風洞実験からえたもの)から各々の特性を示した。

その特性に基づいて、各タービンの最適負荷特性の求め方を示した。これは、タービンだけでなく、採用する空気室の特性にも依存している。

次に、タービンの大きさは、空気室の負荷としてのタービン性能であることから、その負荷性能を、空気室に取り付けた丸穴ノズル(実験的に求められている)の面積と等価な「等価開口面積」として示した。また、装置の出力とタービン径の関係を導出し、ウェルズタービンが一番径が小さくなること、サボニウスタービンは大出力は出せないことなどを示した。

また、神戸沖と潮岬沖を例に、海域のちがいによって、採用するタービンが異なることを示した。

最後に、4つの設計例を示した。1つは大出力灯標として、小松島沖に建設する固定式波浪発電装置のタービンがウェルズ型であること、2つ目はブイのサボニウスタービン、3つ目は同じくブイのウェルズタービン、4つ目はブイの衝動タービンである。各タービンの特長がはっきり示される。

まとめとして、各種タービン性能をもうらしたデータバンクをもつことによって、海域や出力規模、価格、信頼性を総合的に評価できる解析・設計システムをつくれることを主張した。

〈海洋開発工学部〉

灯標用ウェルズタービン型波浪発電装置の開発

The Development of Wells Turbine Type Wave
Activated Generator for Nautical Marks

北村文俊・井上令作・勝原光治郎・岩井勝美
築貫義人・矢作 勝・山崎哲雄

昭和62年4月

エネルギー・資源研究会 第6回研究発表会

灯標用波浪発電装置は、灯標の基礎部に作った空気室または灯浮標の尾筒の内部での波による水面の上下動を利用して空気の流れを作り、その空気の流れでエアタービンを回転させて発電を行なうものである。著者らは往復流中でも一定の方向に回転するウェルズタービンを使用した発電装置の開発を行なった。

まず灯標および灯浮標の縮尺模型を用いて水模実験を行ない、空気室の特性を調べた。負荷としては空気室に円孔ノズルを設けた。空気室の効率は開口比(水線面積と円孔ノズル面積との比)が1/100に相当する負荷の場合が最も大きいことがわかった。

次にウェルズタービンの翼型を縮小模型の実験により選定し、ソリディティ0.8翼型NACA0018のものについて直径800mmの実寸大模型を製作して性能試験を行なった。その結果から準定常の仮定などにもとづいて計算した往復流中での平均効率の最大は最大相対流入角12度で45%であった。低回転数時のトルクが小、スラスト荷重が大というウェルズタービンの欠点をカバーするために誘導子式自励型の発電機を製作し、軸の両端にタービンを取りつけ、流れを逆方向に流すことによりスラスト荷重を打ち消し合うタンデム配置を採用することにした。

以上の実験結果にもとづき消費電力量と対象海域の波浪データ等から空気室、タービン、発電機などを設計する際のシステム設計方法を示した。システム設計の妥当性の確認方法の例として、徳島県小松島市沖合の暗礁に設置する固定式灯標の出力予測のシミュレーション計算を行なった。実海域の不規則波における発電出力予測を行ない十分に所定の電力を賄えることがわかった。一方、灯浮標では東京湾の西第4号灯浮標にウェルズタービン型発電装置を搭載して波エネルギー吸収効率や発電量の特性を調べる実海域実験を実施し、その実用性を確認した。

On the Statistical Theory of Total Second-Order Responses of Moored Floating Structures

係留浮体の2次の応答の統計的近似予測について

加藤俊司・安藤定雄・木下健一
昭和62年4月
Proceedings of 19th OCT

係留ラインで係留された浮遊式海洋構造物は、不規則波中において波の周期よりもはるかに長い周期の大振幅水平運動（長周期運動と呼ばれている）を行うことが知られている。この運動は係留ラインに過大な張力を発生させる原因となるため、浮遊式海洋構造物の係留システムを設計する上で、その運動の最大値及び最大係留力を予測する必要がある。

本論は、この運動の最大値予測に関して2つの面から調べたものである。その1つは、瞬時応答の確率密度関数の予測である。Kac Siegertは、長周期応答過程が標準正規型確率変数の2次形式で表わされることを示し、その応答の確率密度関数を求める手法を提示した。しかし、一般には、これを求めることは容易ではないため、NaessはSlow drift近似なるものを導入して、その密度関数が指数型確率密度の和の形で表わされることを示した。本論では、もっと一般的に線形応答が含まれる場合を想定し、この2次の応答がガンマ分布に従う独立なガンマ型確率変数の和あるいは差の形で表わされることを示し、瞬時応答の確率密度関数の一般形を見出した。この結果から、係留浮体の2次の応答に線形応答が含まれるとその応答の確率分布の歪度が増大することが判明した。

もう一つは、この瞬時応答の確率密度関数を使用して、線形応答を含む長周期運動の最大値予測を行うことである。この運動の速度が正規型過程であると仮定すると、この運動の極値分布は、瞬時応答の確率分布の微分形で表わすことができる。極値分布から期待値を求めると最大値予測は可能となる。本論では、この方法による予測結果と長時間に亘る不規則波中の水槽模型試験結果とを比較することで、本予測法の妥当性を検討した。

Wave-Induced Motions of Multiple Floating Bodies

複数浮体の液の中の運動について

影本 浩・Dick K.P.Yue
昭和62年5月
日本造船学会論文集 160号

波の中で物体が他の物体と隣接して浮いているとき、それらの物体による波の散乱や、物体の運動によってつくられる発散波の影響によって、各物体が流体からうける力の振巾、位相は、物体単独の場合と異なる。

本論文は、この複数浮体間の流体力学的相互干渉を考慮して各物体の運動を推定する方法を示し、実験結果との比較によってその有効性を確認したものである。

また、各物体が構造部材によって結合されている場合にも本法を拡張し、連結部材の弾性を考慮して、流体力学的相互干渉問題を解く方法も示した。このような計算は、現在船舶技術研究所において行なわれている海洋空間利用のための大型浮遊式海洋構造物の波浪中の弾性応答の推定に利用できる。

実験は、直径42cmの塩ビ製円筒2個を使用し、喫水は42cmで、2円筒間の中心間距離は直径の2倍とした。互いに自由に浮いている円筒間の間隔を波浪中で一定に保つのは、流体力学的相互干渉によって各浮体に加わる漂流力が異なることもあって、実験技術上むずかしいが、漂流を拘束するバネの強さを試行錯誤的に変化させて、適当なバネ定数を選ぶことにより解決した。運動は光学式のトラッカー装置で計測し、また弾性結合時を想定した実験には、結合部材として厚さ2mm、巾110mmのアルミ製の帯板を使用し、意識的に剛性の低いものを選ぶことによって、実験結果に弾性の影響が顕著に現われるよう配慮した。

実験結果と理論的推定値との一致は概ね良好で、また、各浮体の運動モードの固有周期に近い周期をもつ波の中では、浮体による発散波の位相が急激に変化するため、相互干渉効果が運動に顕著に現われるなどの結果を得、本理論の有効性が検証された。

波力発電用サボニウス型エアタービンの基本特性

Characteristics of Savonius Type Air Turbines for Wave Activated Generator

北村文俊・勝原光治郎・梶原勝正
山崎哲雄・太田義之

昭和62年 5月

日本舶用機関学会 第40回学術講演会

サボニウス型エアタービンは縦軸型のサボニウス型風車状の回転体をケースに納めたもので、効率の点では他のタービンに劣るものの、構造が極めて簡単で、整流のための弁機構が不要、かつ起動トルクが大きいという特長を持っている。いくつかのサボニウスタービンについて実験を行ない基本的な特性を調べた。

実験装置は、遠心式送風機の吹出し口にエアタービンを取り付けたもので、タービン回転数は直流サーボモータにより一定に保ち、空気流の静圧、流量、タービンの回転数およびトルクをパーソナルコンピュータを用いて計測し、データは磁気ディスクに記録した。

測定は定常流のみで行ない、そのデータから準定常の仮定などのもとに脈動流すなわち往復流中での性能を計算した。各タイプの特性を比較すると、ノズル面積の小さいものが脈動流中での効率がよく、空気室の負荷を考えるとときに用いる等価開口面積比はノズル面積が大きいほうが大きくなっている。また、ノズル面積が小さい場合にノズルの角に丸みをつけると、丸みのない場合とくらべて効率は変わらないものの、高周速比域での性能が向上することがわかった。

これらのデータをもとに灯浮標用のサボニウス型エアタービン発電装置を設計した。本灯浮標では模型実験により等価開口面積と尾筒内水面面積の比が1/100程度のとき効率が最大となることがわかっている。そこでタービンとしては最も効率の良かったものをもとにして浮体の寸法と合うように寸法をきめ、そのトルク特性に合わせて発電機を設計した。

最後に、本発電装置を搭載した灯浮標で実用試験を行ない、測定期間中に充電電量を上回っていることが確認でき、サボニウス型エアタービンは小型灯浮標用として使用可能であることがわかった。

固定式灯標用波浪発電装置の開発

Development of Wave Activated Generator for Use of Light Beacon Fixed on Sunken Rock

井上令作・勝原光治郎・北村文俊・岩井勝美

昭和62年 6月

第2回 波浪エネルギーシンポジウム

航路標識としての固定式灯標に用いる空気式波浪発電装置の開発を目的として、昭和58年から研究が実施されてきた。この波浪発電装置は徳島県小松島市の小松島港から沖合約6.5kmにある「沖の瀬」岩礁に建設される固定式灯標に第一号機として装備されることになり、現在、その調査・設計が終了した。この波浪発電装置の空気室は灯標基礎の円形の中心部をとりまくように設計された半円筒型のものであり、タービンはタンデム配置のウェルズ型である。また、設置海域の灯下の視認性の面から所要光力は8500カンデラが必要であり、その光源としての出力は300wh (300m/レンズ, 300W電球) である。

灯標の電源としての波浪発電装置は年間を通してのエネルギーの供給が必要であり、海象条件にかかわらず必要最少限のエネルギーを確保しなければならないために、灯標用としての独自性が要求される。ここでは、一次変換装置である空気室に関しては円筒型空気室、二次変換装置であるタービン・発電機に関しては低波浪型のウェルズタービンの開発が行われた。また、設置海域におけるシミュレーションを行い、これらを一つのシステムとしての波浪発電装置が設計された。

本報告では、これらの研究開発と実機設計についてその概要を述べている。

灯浮標用ウェルズタービン型波浪発電装置の 実海域実験

At-Sea Experiments of Wells Turbine Generator
System for Lighting Buoys

岩井勝美・井上令作・勝原光治郎・北村文俊
昭和62年 6月

第2回 波浪エネルギー利用シンポジウム

近年の化石燃料の逼迫にともない、それに代わるエネルギーの一つとして波浪エネルギーの利用が注目され、内外ともに多くの研究が実施されている。しかし波浪エネルギー利用で現在実用化されているものは非常に少なく、その一つとして、航路標識用の灯浮標がある。現在のところ灯浮標用波浪発電装置には、衝動タービンが使われており、全国数10ヶ所の主要航路において安定した電力を供給している。

今回、著者らは固定式灯浮標用波浪発電装置の研究を実施してきた中で、低波浪用ウェルズタービンの開発を行ってきた。これらの研究成果をもとに、灯浮標用小型ウェルズタービンを設計し、その実用性を検証するために、現用の航路標識ブイに搭載し実海域実験を行った。

波浪発電用灯浮標は浮体の空気室の大きさに限度があり、かつ設置海域も内湾が主であるために、吸収エネルギーは非常に小さい。このような条件下で、これまでウェルズタービンは構造がシンプルで弁箱が不必要なため、装備全体がコンパクトにまとまるというメリットをもちながら、起動トルクが小さいということ、小型にすればするほど発電機の摩擦トルクの影響を受けやすいということのために、実用化は不可能と考えられてきた。しかし、著者らは低エネルギーでも発電可能な波浪発電装置としてウェルズタービンを適用させることを考え、浮体空気室の模型実験、特性解析を行い、空気室とマッチングのとれた、しかも起動性の良いウェルズタービンを選定し、ガイドベーンを設計し、また起動時低トルク発電機の開発も行った。

本報告では、これら系統的行ってきた灯浮標用ウェルズタービン型波浪発電装置の模型実験結果及び実海域実験の結果を紹介する。

<氷海技術部>

カソード防食基準の考え方とペイント被覆

Effects of Cathodic Protection and Paint Coating
on Fatigue Strength at Ocean Environment

在田正義・井野幸雄

昭和62年 5月

鉄鋼の環境強度部会 第3回シンポジウム

鉄鋼の環境強度部会で、5年間にわたり実施した海洋環境共通試験（腐食疲労・応力腐食割れ）のうち、カソード防食及びペイント被覆関係のものをまとめたものである。前半は井野が、後半は在田が執筆した。材料としては、HT80、HT60、HT50を対象としている。

高張力鋼板HT80では、裸材であっても適正電気防食を施すことにより大気中と同程度の疲労強度を得ることが出来る。実環境での適正防食は、次の順序で決定される。①構造物の使用環境（PH、温度、水流等）の決定、②鋼板の分極特性確定、③防食電極による構造物各部の電位計算、④この電位が適正となるよう電極を配置する。過防食の程度は、水素発生による水素脆化により決る。

腐食疲労強度に対するペイント被覆の効果は、被覆に欠陥が存在するか否かにより相当に様子が異なる。また、欠陥が存在しない場合も、被覆の劣化が進行すると欠陥が生じる。これらを考えて、ペイント被覆のある鋼板の海水中の腐食疲労の進行過程を分類した。そして、被覆が完全であるか、ワレ等の欠陥が生じても被覆中に含まれる亜鉛等の消耗電極の効果が持続しており、また、塗膜への塩素イオン等の浸透が鋼板面に到達していない限り、ペイント被覆鋼板の腐食疲労強度は、大気中のそれと同じとなる。これを、HT80、HT60、HT50の人口海水中の疲労試験（25℃、0.33Hz）により確かめた。また、上記の前提条件を破る要因として何があるかを示し、其の内の幾つかについてコメントした。要因の第1は、被覆の劣化である。この劣化の要因解析を行った例を示した。第2は、試験片の形状である。塗膜の欠陥発生は素地の形状と密接な関係があるため、応力や歪だけでなく形状にも注意する必要がある。その他の要因として、欠陥の種類、生物付着（除去時の塗膜破損、貝やフジツボの殻の食い込みが問題）、膜厚分布（板の隅角部や溶接部では、整形を施さないと、膜厚のバラツキが多くなる）を取り上げた。

<大阪支所>

二翼のプロペラによるキャビテーション騒音実験

Cavitation Noise Experiments of 2-Blade Propeller

田村兼吉・加藤洋治・山口 一・前田正二

昭和62年6月

第5回 キャビテーションに関するシンポジウム

一般的なプロペラの騒音では、翼周波数1次成分が卓越しているが、キャビテーションが発生すると、その高次成分や高周波数帯のレベルも増加する。この増加した成分が、どのような要因によるかを知るために、キャビティパターンと騒音波形との関係について時系列データを取り、騒音発生機構について研究をおこなった。常に1翼のみでキャビテーションが観察されるよう、展開面積比が小さく翼数が2の模型プロペラを用い、高速度写真とトランジェントレコーダーを組み合わせて計測を行った。実験は一樣流中及び伴流中で行い、以下の様な結論を得た。

- ①一樣流中の実験では、翼端がハイドロフォンに接近したときに音圧が大きくなるため、翼周波数1次成分が大きくなる。高周波数帯は約1kHz以上の周波数帯であり、1回転中偏ることなく発生する。高周波数帯でのレベルはT.V.C., シート・キャビテーション, バブルキャビテーションの順に大きくなる。
- ②伴流中のシート・キャビテーションでの翼周波数成分は、キャビティ体積の変化に起因する成分の影響が大きく、1次成分が主となり、計測位置による違いは少ない。クラウド・キャビテーションの場合はクラウド・キャビテーション崩壊による高い圧力ピークがこれに加わるため、翼周波数の高次成分が大きくなりやすく、計測位置の影響を受け易い。どちらのキャビテーションでも、翼周波数成分の位置依存性は弱い、高周波数となるほど強くなり、1kHz以上ではキャビティ消滅時にだけ大きくなる圧力が得られる。
- ③位置依存性の強い高周波数帯は、音響中心をキャビティ消滅位置とする取扱が可能であるが、それ以外の周波数での音響中心は明確でなく、さらに詳しい研究が必要である。

プール水中での蒸気凝縮振動における熱の仕事への変換

Transform of Heat Energy into Kinetic Energy at Steam Condensation in Pool Water

綾 威雄・成合英樹

昭和62年5月

第24回 日本伝熱シンポジウム

プール水中への蒸気流入に伴う圧力や流体の振動は、沸騰水型原子炉の圧力抑制型格納容器における冷却材喪失事故時に発生する現象として関心が持たれている。筆者らはこれまで、プール水温と蒸気流量の関数として発生する振動様式の分類と振動発生限界、チャギングや凝縮振動の発生機構と振動周波数などの研究を行ってきた。本報では、特に、周期的な振動である凝縮振動とチャギングを取り上げ、蒸気凝縮時における熱エネルギーの仕事への変換について検討する。

気体を含む体系が自励振動を行う時の圧力と比容積の関係が右まわりのループを描く時(但し、比容積を横軸にとる)、機械エネルギーが生成されて振動が持続する。ループが左まわりの時振動は生じず、ループ面積が零の時振動発生限界となる。

凝縮振動は、ループ水温が低く、蒸気流速が大きい時にベント管出口で蒸気泡が圧力と気泡径の平衡値のまわりを微小変動している現象である。この振動の一サイクルについて蒸気が外部に対してなす仕事は、上記のループ面積であり、それを蒸気泡のマスバランスや気泡の運動方程式を使って求めた。ループ面積零から得られる振動発生限界は、振動発生限界近くの振動数を使えば、筆者らが先に公表した線形振動論による限界値と一致した。

チャギングは、プール水温が低く、蒸気流速が小さい条件で発生するもので、ベント管内へプール水が周期的に逆流する現象である。この際の蒸気圧力と比体積の関係も右まわりのループを描き、機械的仕事を生成するが、これを数値シミュレーションにより調べた。その結果、蒸気流量が零から増大するとループ面積も増大し、最大値を取り再び零になることが分かった。そして、チャギング運動に特徴的なベント管内を往復するいろいろなタイプの振動における熱エネルギーの仕事への変換をシミュレーションできることが示された。

ケミカルタンカーの荷揚後の管内残留貨物量の
低減について

(第3報：水平管内の流動解析)

Minimization of Residual Cargo
in Pipe Arrangements for Ship
Carrying Noxious Liquid Substances by Air Blowing
(3rd Report : Analysis of Flow Dynamics
in Horizontal Pipe)

山根健次・綾 威雄・山口勝治

植田靖夫・波江貞弘

昭和62年5月

日本舶用機関学会 第40回春季講演会

前報までの結果から、管内の流動様相の把握とエアーパージをより有効とするための条件が明らかにされるとともに、水平管残水率が約0.45以上では、空気の膨張分だけ排出される静的なモデルにより説明できることが示された。残水率がこのように大きいところでは、空気の膨張が100%残液排水に利用されるわけであるが、実用上重要である残水率の小さな領域の解析では、管内流動を適切な気液2相流でモデル化する必要がある。そこで、残水率の全域、とりわけ低残水率域での残水率の推定、及び実験では行なえないようなパラメータの影響を明らかにするため、透明管を用いた流動の観察に基づいたエアーパージモデルの開発を進めてきた。今回は、その第1段階として実験データとの比較から本解析方法の適応性を調べるため、前報の実験に用いた装置に対して解析を行った。すなわち、L字形に配置した水平管と垂直上向管を満水にし、水平管の一端から空気により加圧された状態から、垂直管下端の操作弁を開弁する実験において管内の流れを三つの流動様式に区分することによりモデル化を行った。

解析は、水平管への流入空気量と気泡先端の移動に伴う水柱に働く力の釣合式等を用いて、開弁時刻から微小な時間ステップごとに逐次各変数を陽的に数値積分するという方法で行った。

解析結果と実験値の比較から、空気タンク圧力、水平管圧力および垂直管圧力の過渡変化が両者できわめてよく対応しており、本解析モデルはエアーパージにおける管内流動をよく模擬できることが分った。また最も重要な水平管残水率は、気泡先端が水平管後端に達する時点で実験値とよく一致した。気泡先端が吐出口に達する時点での水平管残水率は解析値の方が低めであるが、その誤差は高々数%と僅かであり、本解析モデルの実用性が確認された。