

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

On Evaluation of Wave Resistance Including the Effect of Boundary Layer

境界層の影響を考慮した造波抵抗の評価について

日夏 宗彦, 足達 宏之

昭和57年5月14日

関西造船協会誌

Thin ship theory を用いた造波抵抗理論では流体の粘性は無視され、船体表面条件も線型化されている。この理論に粘性影響を考慮する研究が多くなされたがそれらは船体表面条件は依然、線型化されたものであった。一方、非粘性流場においても境界条件をより精密に考慮して解けば実験結果をよく表現した結果が得られることが示された。これより thin ship theory に単に粘性影響だけ考慮したのでは、理論と実験の差を説明するに至らず、船体境界条件の改善が必要であると考えられた。そこで今回、この点を明らかにするため粘性影響を取り入れた所で境界条件をたて、これを満たすように造波問題を解き造波抵抗に及ぼす粘性の

影響を考察した。まず境界条件を決定するために流場を渦あり領域と渦なし領域に分け、その境界面で垂直速度成分を導いた。境界面は船体表面から排除厚さの2倍の位置に、垂直速度成分は従来の Entrainment 法と同じ考え方を用いて決定した。更に wake に対しては境界層が A.P. まで発達した場合と A.P. より5%船長前方で剝離し、そのまま主流に沿って流出し後流を形成する場合の通りについて考察した。

この結果、境界層の排除効果が造波抵抗に及ぼす影響はそれほど大きくないことや今回用いた wake model では低速域において抵抗値は実験値と良い一致を示すものの抵抗曲線と振幅関数に実験値と位相のずれが生じ必ずしも実現象に即したモデル化でないことが明らかとなった。更に船速に伴って変化する流場に対して適当な境界面を決める必要から境界層の剝離に及ぼす造波影響を調べた。これより形状係数は、Hump, Hollow に対してあまり影響がみられなかったが cross flow angle に対しては、船尾付近で hump で発散、hollow では発散が抑制される傾向があることがわかった。この結果と船尾波の観測結果を考慮して新しい抵抗曲線を推定した結果、実験値と良い一致を示すことがわかった。

〈機関開発部〉

ランダムな境界温度を有する物体の熱応力

Thermal Stresses in Bodies with Random Temperature

天田 重庚

昭和 57 年 3 月

材料 31 卷 342 号

一般に決定論的に取り扱われている温度場でも、厳密に考えれば、なんらかのランダムな因子の影響が存在する場合が多い。たとえば、i) 材料の非均質性による熱的、機械的性質のランダム性、ii) 物体内部におけるランダムな熱発生、iii) 物体の境界上の温度がランダム変動する場合、iv) 初期温度がランダムな場合、v) 物体の形状がランダムな場合などが考えられる。そのうち、境界上の温度がランダム変動する場合の熱伝導問題と、それによって生じたランダム熱応力の問題について検討する。

その手法は、平板、中実球と中実円柱が外表面上に時間的にランダム変動の温度を受けている場合、熱伝導問題の解を最初に求め、これより応力を計算する手順を採用する。外表面のランダム温度が弱い定常過程の場合の自己相関関数、2乗平均、スペクトル密度を温度と応力に対して求める。

例として、外表面のランダム変動温度がホワイトノイズの問題を解いた。ホワイトノイズの自己相関関数は、

$$RT_a(\tau) = T_s \delta(\tau)$$

にて与えられる。ただし、 δ は Dirac のデルタ関数、 T_s は定数とする。

温度と熱応力の 2 乗平均について数値計算を行った。結果は、温度と熱応力の大きな変動は表面近傍の薄い層内に限られ、それ以外の領域では非常に小さいか、あるいはほとんどゼロとなる。この薄い層の厚さは平板の板厚や、球と円柱の外径の約 10~15% になる。これらの結果は、ランダムな熱負荷を受ける物体の熱疲労を考える場合、有益な情報を与えると思われる。

〈機関性能部〉

ディフューザ後尾管内再附着域の熱伝達実験

Experimental Investigation on Heat Transfer in Reattached Region of the Diffuser Outlet Duct

涌坂 伸明

昭和 57 年 5 月 26 日

第 19 回日本伝熱シンポジウム講演論文集

ディフューザ流路内の剝離流の強制対流熱伝達の特性は既に実用的な予測計算も可能な程に解明されているが、ディフューザ出口に接続する後尾管（テールダクト）において剝離泡を形成し再附着する領域での熱伝達に関しては未だ情報が無い。

本報はこの問題を実験的に調べる事を目的として、二次元ディフューザの後尾ダクト部を測定部として熱伝達実験を行い結果を解析したものである。

ディフューザは開角度 16 度の片開き型で、その直線壁に連なる測定部壁面を A 壁（側）、開き側に連なるそれを B 壁（側）と呼ぶ。別報に示したように、この A 側の流れは拋物型の主流で、B 側においてのみ剝離泡と再附着域が生じる。再附着域は再附着開始点から終了点までのかなり広い範囲で、最も強く再附着する点を再附着点と呼ぶ。

伝熱実験は A 壁、B 壁を夫々単独に一樣熱流速の条件で加熱し、ダクト流れ方向の局所の熱伝達率を、管レイノルズ数 Re_1 が $5 \sim 15 \times 10^4$ 、熱流速が $180 \sim 1000 \text{ W/m}^2$ の範囲で測定した。

その結果を主流側と再附着側夫々の局所ヌセルト数、 N_{umx} と N_{u1x} の形で整理すると

$$\text{主流 (A 壁) 側} \quad N_{umx} = 0.156 \cdot Re_{mx}^{2/3} \quad (1)$$

$$\text{再附着 (B 壁) 側} \quad N_{u1x} = 0.455 \cdot Re_1^{0.60} \quad (2)$$

ここで Re_{mx} は主流の水力直径と断面平均流速で定義したレイノルズ数である。

これらにより、次のことが指摘できる。

- 1) 主流壁、再附着側とも通常管内流よりもはるかに高い熱伝達率を示す。しかし両者の特性は異なる。
- 2) 再附着側の熱伝達率は剝離泡本体の域も含めて同一 Re_1 に対して一定で、再附着点での極大値を持たない。
- 3) (2) 式で示される剝離泡、再附着域の熱伝達率は、急拡大流再附着点における極大熱伝達率とほぼ同一の値と見做せる。

電磁誘導による油水界面の検知

Oil/Water Interface Detector by Means of
Electromagnetic Induction

上田 浩一, 山之内 博, 沼野 正義

植田 靖夫, 村山雄二郎

昭和 57 年 4 月

日本船用機関学会誌 17 巻 4 号

1973 年の海洋汚染防止に関する国際会議(IMCO)において「船舶からの海洋汚染防止のための国際条約」が採択され、この条約の主旨を効果的に達成させるために、いくつかの機器の船舶への搭載が義務付けられた。

同条約の付属書には、スロップタンク内の油水境界面を迅速かつ正確に決定できる油水境界面検出器を準備しなければならないことが示されている。この目的のために種々の原理を用いた油水界面計がすでに商品化されている。しかし、スロップタンク内の油は、タンカーが輸送した油の種類や運航経歴によっては、極めて高粘性の油が測定対象となると考えられ、油水界面検出端への油の付着によって計器本来の性能を発揮できなくなることが予想されており、相当な高粘性の油にも耐えられる油水界面計の開発が急がれている。このようなことを念頭におき、非電極型の油水界面計を考案試作し、油水界面の検出特性について実験的に調べた結果について述べている。

ここで試作した油水界面計は、化学プラント等において、比較的濃い電解溶液の濃度計測に用いられている電磁濃度計と同じ原理に基づいている。スロップタンク内での油水界面の検知においては、高粘性の油の付着を考慮する必要があるため、検出端を比較的大きなものとした。また防爆の面からの強い制限によって、微弱な交流信号の使用を必要としたため、S/N 比改善のための信号処理をほどこしている。

第 1 段階として、試作検出器による油水界面の検知を確認し、また、微弱な交流信号を使うことによって生ずるノイズに対する方策の検討を行なった。

この結果を基に、改良を加えた検出端を用い、検出端上面から油水界面までの距離に対する検出器の応答、水の温度や導電率が変化した時の検出器の応答等について調べ、油水界面計としての有用性を実験により確認した。

〈原子力船部〉

船用炉の定傾斜時自然循環模擬実験

その 1 実験結果

Model Experiment on the Natural Circulation in
Inclined Marine Reactors
(Part 1. Experimental Results)

小林 道幸, 伊 従 功, 松岡 猛, 村田 裕幸

綾 威雄, 近藤 正和, 成合 英樹

昭和 57 年 4 月 2 日

日本原子力学会昭和 57 年年会要旨集

船用炉の定傾斜時における一次冷却水の自然循環の基本的な特性を調べる目的で、ほぼ実寸大の一次元模型による実験を行い、炉の傾斜角と自然循環流量との関係を調べた。

実験装置は、一体型船用炉を縦方向にスライスし、一次循環流路を 2 つのループで模擬したものである。炉心部は、外径 10 mm, 有効発熱長 1500 mm のシース・ヒータをピッチ 15 mm で 5 本×5 本のバンドルとした模擬燃料集合体を一辺が 75 mm の矩形流路に挿入したもので、総発熱量は 50 kW である。発熱量はサイリスタ電力調整器により 10~100% 連続可変である。SG 模擬熱交換器は、ヘリカルコイル式蒸気発生器の管群を模擬したもので、300 mm×140 mm の矩形流路中に外径 21.7 mm の管をピッチ 27.1 mm で 5 列×51 段の管群を構成してあり、一次冷却水が管群と直交して流れる向流型熱交換器である。流路の寸法、形状は、一体型船用炉の試設計炉である NSR-7 炉とループ一巡の流路抵抗が等しくなるようにすると共に、炉心と熱交換器の相対位置が半径方向及び高さ方向にそれぞれ 3 段階ずつ変えられる構造となっている。また、装置全体が傾斜架台に取り付けられており、正立から 90 度までの任意の定傾斜が与えられる。

実験は、一次側は大気圧、二次側は冷却水の温度がほぼ一定となるように加熱量に比例した一定流量を給水し、炉心と熱交換器の相対位置は大きな自然循環力が得られるように、半径方向距離が 2 m, 加熱部上端と熱交換器管群上端間の軸方向距離が 1.67 m という条件で、傾斜角と加熱量をパラメータにして、各ループの流量を水素気泡法により計測した。その結果は、(a) 各ループの循環流量は傾斜角によって強い影響を受けるが、各ループの総和である炉心流量は傾斜に対して鈍感であり、75 度の傾斜に対しても 30% 程度しか減少しない。

(b) ループからの熱損失は高々 3% 程度と極めて少なく本実験の精度は予想以上に高いものである。

蒸気流中へのサブクール水流入時における
 圧力及び流体振動
 第2報：振動発生限界に見られる
 ヒステリシス現象

Pressure and Fluid Oscillation Induced by Injection
 of Subcooled Water into Steam Flow
 Part 2. On the Hysteresis of Oscillation Threshold

綾 威雄, 成合 英樹
 小林 道幸, 稲坂富士夫
 昭和57年5月26日

日本機械学会他主催
 第19回 日本伝熱シンポジウム

管内の蒸気流中へサブクール水を注入させると、管内の水柱振動を伴う圧力振動が生ずることがある。この現象は、軽水型原子炉の一次系破断事故後、緊急炉心冷却水 (ECC 水) を Cold Leg 部より注入する際に起こり得るものであって、そのメカニズムの解明は ECC 水の炉心冷却能力を評価する上で重要なものと考えられている。前報では、大気圧下で透明な装置を使った実験結果を基に、振動様式の種類と各様式の発生範囲を求め、種々の実験パラメータがそれらに及ぼす影響を調べた。

この振動現象には、一定の注水流量に対して蒸気流量がある値以上になるとは振動が生じないという限界が存在し、その限界が蒸気流量を増加させる場合と減少させる場合で異なるというヒステリシスが見られることがある。振動限界にヒステリシスが存在することは既に Wallis らによって報告されている。しかし、その発生メカニズムについて明確な説明は与えられていない。そこで本報告では、このヒステリシス現象を説明するため、ECC 水注入系における蒸気凝縮について一つの解析モデルを提案し、そのモデルを使った定常解析及び定常解の安定限界を調べた。

定常解析から、注水流量がある値 (W_{Lo}) 以上では蒸気流量の少い方から、定常解の存在しない絶対不安定な領域 [A]、蒸気-水界面が注水部より下流に存在する領域 [B] と蒸気流量が注入水の全凝縮能力を越え界面が下流へ延び切ってしまうため振動の全く起こらない領域 [C] の三つに分割できる。領域 [A], [B] の境界は、下流に強い絞りを設けて振動を抑制した場合の振動限界となるが、実験結果とほぼ一致した。下流絞りが弱いときに現れる振動限界のヒステリシスは領域 [B] にあり、線形安定論から求めた安定限界と実験で得られた下側の振動限界とほぼ一致した。又、注水流量 W_{Lo} 以下では領域 [B] は存在せず、従ってヒステリシスも起こらないという解析結果が実験と一致した。

〈大阪支所〉

気泡噴流型油拡散防止装置の基礎的研究

Fundamental Study on Air Bubble
 Type of Oil Fence

原 正一, 伊飼 通明, 波江 貞弘
 昭和57年5月14日

関西造船協会誌

水中で放出された気泡群は周辺の水に上向きの流れを誘起する。この上昇噴流は水面で衝突したのちに向きを変えて水平流を生じる。G. I. Taylor は、この水平流が障壁となって反対方向から進行する波を阻止することを理論的に証明した。一方、H. E. Kobus や T. J. McDougal らは実験定数を用いて上昇噴流の解析を行っている。また、実験も多く行われており実用に供されている例もある。

しかしながら、オイルフェンスの利用など水中エアカーテン技術を主眼として、潮流が存在する場合の状況を検討した例は少ないのが現状である。

著者らはこれまで主に H. E. Kobus のデータを利用し、限られた条件のもとで垂直上昇二次元噴流の解析的な取り扱いを行ったが、本報では条件を一般化した場合について数値解析を行うとともに噴流中央流速分布の計測を行い、潮流が存在する場合の数値計算に必要な実験定数の検討を行った。

数値解析には、実験定数 K , u_b , λ が必要であるが、エントレインメント係数 K については、空気流量によって 0.13~0.19 の値を実験的に求めることができた。 u_b に関しては気泡群の詳しいデータがないので、単一気泡の上昇速度のデータを利用した。一方、流速分布 u 及び気泡体積率 α の代表幅の比 λ については、今回気泡体積率の計測を行っていないため詳細は不明であるが、気泡群外縁の時間的平均値の計測から λ の値はほぼ 0.5 から 1.0 程度と考えられる。

この場合、噴流幅に関しては測定値と計算値との間に一致した傾向が得られたが、噴流中央流速の計算値は測定値より大きくなり、ノズル付近でのエントレインメント係数 K の増大効果の影響が流れの充分発達した領域まで存続したと考えられる。

今後、潮流が存在する場合の噴流形状の計算と実験を行い、在来型オイルフェンスとの併用で効率の良い油拡散防止装置の開発を検討する予定である。