

所 外 発 表 論 文 等 概 要
-------------------

〈推 進 性 能 部〉

**Numerical and Experimental Analysis  
of Nonlinear Deformation of Ocean Waves  
on 2-D and 3-D Sandbars**

2次元及び3次元の砂州の上での海洋波の非線形  
変形の数値解析及び実験解析

日野孝則, 宮田秀明, 梶谷 尚  
昭和59年7月19~21日

Symposium on Wave Breaking,  
Turbulent Mixing and Radio Probing  
of the Ocean Surface (Tohoku Univ.)

海洋波の非線形挙動に関する諸問題に対して、これまで多くの解析法が研究されてきた。ここで扱う問題は、海洋波と海底地形との干渉である。2次元や3次元の砂州の上での波の急峻化を、ナビエ・ストークス方程式の直接解法によって解析し、実験結果と比較した。

計算法は、ナビエ・ストークス方程式を有限差分法によって直接解くものである。非線形な自由表面条件を厳密に満たしている点、任意形状の物体を取り扱う

ことができる点などに特長がある。

2次元砂州の上での波の変形の解析例においては、砂州の上面に波の山が差しかかるにつれて、波の前面が急峻になっていく傾向が見られる。この傾向は実験値においても同様であるが、実験では碎波が発生しており、計算結果とはこの点が異なる。

3次元砂州の計算例でも、2次元の場合と同様に、波の山の急峻化が見られる。碎波が起きるまでの傾向は、実験値と一致している。計算においては、砂州の表面での圧力分布の時間変化を求めることができる。圧力分布を積分して得られる波浪外力を見ると、波の進行方向と逆方向に向かう力が優勢な場合もあり、非線形現象の存在を裏付けている。

碎波現象のシミュレーションのため、計算法に若干の改良を加え、一定速度で進行する2次元箱型浮体のまわりの流れの解析を行った。浮体前方での急峻波の発生、巻き波への移行、碎波とそれに伴う渦の形成がシミュレートされ、実験結果と良好な一致を示した。

碎波のシミュレートが可能になったことにより、計算結果の精度は向上し、物理現象の定量的な説明へ一歩近づくことができた。

## 〈船体構造部〉

海難時の船体喪失までの時間と  
人命救出率との関係についてOn the Relation Between Distress Time  
and Life Saving Operation Time  
at Sea Casualties

在田正義

昭和59年8月

日本造船学会誌 巻662号

文献調査及び事故データの独自解析に基き、海難時の遭難時間の区分、遭難時間と救出船舶数、遭難時間と救出率の事例につき解説し、最後に人命救出率を上げる方策について述べた。

遭難時間の区分の項では、Alexandrovの論文に基き、遭難時間率 $f_1$ の分布と救命作業時同率 $f_2$ の分布の関係が、船の長さにより3つの型に分類されることを紹介した。さらに、最近の大型船の沈没事故例に基き、個々のケースについても遭難時間区分(I期—緩慢な状態変化期, II期—急速な状態変化期, III期—加速度的変化による沈没期, IV期—水中降下期)が考えられることを述べた。

遭難時間と救出船舶数の項では、船の大きさが大なる程、遭難時間が長くなる傾向であることを、第2次世界大戦中に魚雷を受け沈没した船のデータで示した。一般の海難については、その種類別発生率(日本のもの及びロイド統計)を示した。遭難時間は、海難の種類により大きく異なることを示した。さらに、救出手段によって、救出までの時間に大差がある(救命艇なら長時間も可。遊泳は短時間のみ)ことを示した。

遭難時間 $T$ と救出率の事例の項では救出率 $R$ を定義し、1912年から1981年までの大型船12隻の海難について、 $T$ - $R$ 関係をプロットし、その下限値をとると、ほぼ直線関係となることを示した。 $T \approx 11$ 時間で、 $R \approx 100\%$ となることから、救命装置と同時に、船体の遭難時間を長くする対策も講ずべきことを述べた。上述12隻の海難のうち、最近のものについては、救命装置がどう使われたかを事例として示し、現在の救命装置に改善の余地が多々あること、1983 SOLASに規定された救命艇等に関する要件は、改善の方向での大進歩ではあるが、未だ問題点を含んでいることを述べた。今後、救命装置関係の一層の改善と共に、遭難時の強度を考えた船体構造を考慮すべきことを述べた。

## 〈機関開発部〉

Dynamic Stress Analysis  
of a Solid Rotating Disc

中実回転円板の動的応力解析

天田重庚

昭和59年8月

Bulletin of the JSME, 27巻230号

中実の円板が時間と共に急激な変動回転を行う場合、内部に生ずる応力を正確に把握するためには準静的解析では不十分であり、動的解析が必要である。運動方程式の中に入る加速度成分は4種類ある。解析では変位の時間に対する二階微分である絶対加速度成分と、遠心力による加速度成分の二種類を考慮した。解法はLaplace変換, Convolution定理, Cauchyの積分定理を用いて、任意変動を行う場合の円板の変位と応力の式を導いた。

数値計算例として、円板の角速度 $\omega(t)$ が時間 $T_c$ まで直線状に増加し、その後一定回転を保持する場合をとりあげた。

$$\omega(t) = \begin{cases} (\omega_0/T_c)t & ; 0 \leq t \leq T_c \\ \omega_0 & ; t > T_c \end{cases}$$

計算は一定回転に達する時間 $T_c$ をパラメータにして、半径方向と周方向の動的応力を求め、準静的応力と比較し、どの程度の回転変動まで準静的解析で扱えることができるかを明らかにした。すなわち、 $T_c = 1.0 \times 10^{-3} \text{s}$  ( $d\omega/dt = 1.0472 \times 10^6 \text{rad/s}^2$ )の場合、両者の差は3%、 $T_c = 0.5 \times 10^{-3} \text{s}$  ( $d\omega/dt = 2.0944 \times 10^6 \text{rad/s}^2$ )の場合、6.1%だけ動的応力の値が大きくなり、 $T_c = 1.0 \times 10^{-4} \text{s}$  ( $d\omega/dt = 1.0472 \times 10^7 \text{rad/s}^2$ )の場合、両者の差は26.6%となることが判明した。

## 〈機 関 性 能 部〉

### 中空回転円板の動的応力解析

Dynamic Stress Analysis  
of Rotating Hollow Discs

天 田 重 庚

昭和59年10月17日

日本機械学会, 第62期全国大会

回転機械の作動中に負荷変動, または何らかの事故により回転が急激に変動する場合, 回転している物体中に生ずる応力の評価には動的解析が必要である。

JhonsonによるFEMを用いた動的解析(AIAA J. 17-9 (1979), 975)や著者による中実円板の動的解析(日本機械学会論文集, A編, 49-448(昭和58年), 1540)などの研究により, 回転円板の動的挙動は質量一バネの振動系の挙動と相似になることが判明した。そこで, 本報告は中空の回転円板の動的挙動を調べるため, 内周上を剛体軸に固定された円板が, 剛体軸より任意の負荷変動して回転する場合, 内部に生ずる半径方向の変位と応力, 周方向応力について動的解析を行い, 一般解を導いた。数値計算例として, 回転数がある一定値まで $T_c$  secにて直線的に増加し, その後一定回転を保持する変動回転過程(ランプ状)について実施し, 次のような結論を得た。

- i) 加速回転過程では $T_c=1.0 \times 10^{-3}$  secの場合に動的応力と準静的応力は一致するが, これより $T_c$ が小さくなると動的応力の増加傾向に遅れが生ずる。
- ii) 一定回転の過程においては, 動的応力は準静的応力の値を中心にして周期変動を行う。この変動の振幅は $T_c$ が小さくなるにつれて増大する。 $T_c=1.0 \times 10^{-5}$  secの場合, 円板の内周に近い領域は一時的に圧縮応力となる。
- iii) 一定回転に達した後に生ずる周期変動の振幅と準静的応力との比を $\eta$ とすれば,  $\eta$ と $T_c$ との関係は近似的に

$$\eta = 0.294 \times 10^{-4} / T_c \quad (1/T_c) < 3.4 \times 10^4 \text{ s}^{-1} \text{ の場合}$$

$$\eta = 1 \quad (1/T_c) \geq 3.4 \times 10^4 \text{ s}^{-1} \text{ の場合}$$

にて与えられる。

- iv)  $\eta$ は準静的解析の変動回転過程に対する適用可能性を表わし,  $T_c=0.5 \times 10^{-3}$  secの場合, 準静的応力と動的応力の差は5.7%の範囲に入る。

### 燃料性状および運転条件と粒状排出物との関連性

Influence of Fuel Properties  
and Operating Conditions  
on Particulate Emissions

塩出敬二郎・辻 歌男

昭和59年6月

日本機械学会 研究成果報告書

近年船用ディーゼル機関の燃料は, 高粘度低質化してきていて, このためと思われる主機関の故障発生件数は増加している。そこで燃料性状と機関故障との関連性を調べるための第1段階として, 燃料性状が機関性能, すす排出特性, デポジット付着量, ピストンリングの摩耗量, 潤滑油の劣化などにどのような影響を与えるかについて調べた。燃料実験には小型の直接噴射式ディーゼル機関(排気量1.264cc, 12.8PS/1,600rpm)を使用した。燃料は性状の異なる9種類のものを使用し, 各燃料について30時間の連続運動を行い, この時の機関性能, 排気煙濃度, すす濃度, 燃焼室周りのデポジット付着量, ピストンリング摩耗量, 潤滑油の劣化を測定した。その結果次のようなことが明らかになった。低質C重油から出るすすの形状を電子顕微鏡写真で見ると, 蒸溜油から出るすすの形状がクラスター状であるのと違って, 石炭がらのようなポーラスな構造のいわゆる残炭形(セノスフェア)である。排気煙濃度及びすす濃度は, 燃料油中の残留炭素の濃度が高くなれば高くなるし, ディーゼル指数が大きくなれば低くなる。燃料室周りのデポジットの付着量は, 排気煙濃度が高くなれば増加する傾向を示している。ピストンリングの摩耗量は, 燃料中の残留炭素分や硫黄分が多くなれば増加する傾向を示し, ディーゼル指数が大きくなれば, 減少する傾向を示す。潤滑油の粘度の増加は, 燃料中の硫黄分が多くなればはげしくなる。全塩基価の減少も硫黄の濃度と関連があり, 硫黄の濃度が高くなれば急激に減少する。潤滑油中のN-ペンタン不溶解分は, 排気ガス中のすす濃度が高くなれば増加する。

低質重油の性状とすす、デポジット及び  
リング摩耗の関連性

Influence of Properties of Low Grade Fuel  
on Particulate, Deposit and Ring Wear

塩出敬二郎・辻 歌男

昭和59年10月

日本船用機関学会 第35回学術講演会

船用ディーゼル機関の燃料油は、近年高粘度化、低質化が進んでいる。このような燃料油の低質化によって燃料条件がきびしくなり、排気ガス中の粒状排出物の量が増加し、これが機関故障の原因ともなっている。しかし、船用ディーゼル機関の場合には粒状物質の排出特性についての資料はほとんど見当たらない。そこで船用燃料の性状と粒状排出物との関連性及び粒状排出物と燃焼室周りのデポジット付着量、ピストンリング摩耗量、潤滑油の劣化との関連性などを調べるための実験研究を行った。この研究では9種類の性状の異なる燃料を使用した。すなわち、海外の港で入手した4種類の低質C重油と日本の精油所で実験用に試作した2種類の低質C重油及び国内で市販されている船用A重油、それにA重油とC重油のブレンド油2種類である。燃料実験には小型の直接噴射式ディーゼル機関を使用し、前述の9種類の燃料について各々30時間の連続運動を行い、燃料性状が機関性能、排気煙濃度、粒状物濃度(すす濃度)、デポジット付着量、ピストンリング摩耗量、オイルの劣化などに与える影響について調べた。A/Cブレンド油では、燃料中のA重油の混合割合が多くなれば、燃焼が改善され、排気煙濃度、デポジット付着量、ピストンリングの摩耗量は減少する。低質C重油の実験では、排気煙濃度、すす濃度は、燃料中の残留炭素の濃度が高くなれば高くなるし、ディーゼル指数が大きくなると減少する。

デポジット付着量は、排気煙濃度、すす濃度が高くなれば、増加する傾向を示す。ピストンリングの摩耗量は、燃料中の残留炭素、硫黄の濃度が高くなれば増加する傾向を示し、ディーゼル指数が大きくなれば減少する傾向を示している。潤滑油の劣化を比重、粘度、N-ペンタン不溶解分、全塩基価の変化で比較すると、粘度及び全塩基価は燃料中の硫黄分によって大きく影響され、N-ペンタン不溶解分は排気ガス中のすす濃度に大きく影響される。

〈原子力船部〉

Fluid and Pressure Oscillations Occurring  
at Direct Contact Condensation  
of Steam with Cold Water

冷水と蒸気の直接接触凝縮により生じる流体  
および圧力の振動現象

綾 威雄・成合英樹

昭和59年8月1日

U. S. National Science Foundation  
Japan-U. S. Seminar  
on Two-Phase Flow Dynamics

蒸気が冷水と直接接触し、急激な凝縮に伴って生ずる圧力振動や流動振動として、水冷却型原子炉の安全性に関連した次の2つの問題を取り上げる。

第1は、沸騰水型原子炉の圧力抑制型格納容器においてLOCA時のプール水中での蒸気凝縮と共に生じる圧力と流体の振動現象である。LOCA時に蒸気がベント管を通して水中へ放出されると、いろいろなパターンの圧力振動現象が、ベント管を流れる蒸気質量流束とプール水温に依存して発生する。格納容器壁への動的荷重評価のための大規模実験が米、日、西独で行われている。著者らは、この現象のメカニズムを明らかにする目的で小規模実験を行い、現象の分類と特徴を明らかにするとともに、凝縮振動とチャギング現象を取り上げて解析評価を行なった。第2は、加圧水型原子炉の1次系コールド・レグへのECC水注入時に生じる流動振動現象である。著者らは、小規模模擬実験を行って現象の分類と発生領域を調べるとともに、凝縮のON-OFF振動とプラグ振動と呼ばれる現象に焦点をあてて解析を行った。これらの解析は、基礎方程式を線形化して取り扱うものと、大振幅振動に対する近似解析の2つがある。線形解析より得られる安定限界は、コールド・レグの流動振動に見られるプラグ振動の発生限界の予測に用いられた。また、線形理論による周波数解析は、プラグ振動と圧力抑制型格納器の凝縮振動に適用された。一方、大振幅振動に対する近似解析は、チャギングと凝縮のON-OFF振動の周波数解析に適用された。以上により、蒸気と冷水の直接接触に起因する振動現象の中で、特に重要な凝縮振動、プラグ振動、チャギングと凝縮のON-OFF振動の発生メカニズムを明らかにするとともに、これらの周波数が線形理論あるいは近似解析による計算値とほぼ一致することを示した。

**Oscillation Frequency at Condensation  
Oscillation Induced by Steam  
Condensation into Pool Water**

プール水中での蒸気凝縮時における  
凝縮振動の振動周波数

綾 威雄・成合英樹  
昭和59年 8 月 6 日

22nd ASME/AIChE National Heat Transfer Conf.

圧力抑制型格納容器を持った原子炉では、冷却水喪失事故時に一次冷却系から流出する高温の蒸気を、ベント管を通してプール水中で凝縮させることによって格納容器内圧の上昇を抑える構造を採っている。ところで、蒸気がプール水中で凝縮する際には、蒸気の流量やプール水温に依存して、いろいろなパターンの圧力振動がベント管出口で発生することが分かり、この動的圧力による荷重の評価が問題となったが、現象が複雑なため、日本原子力研究所などでの実規模大の試験に基づいた評価が行われてきた。

本研究で取り上げる「凝縮振動」と呼ばれる圧力振動パターンは、比較的大きな蒸気流速時 (30~120kg/m<sup>2</sup>・s) に現われ、従来の研究では、その振動周波数を、ベント管内の気柱共鳴やベント管出口の気泡の固有振動数で説明しようとした。そのほか、小規模実験を主とした多くの実験的研究が行われているが、この凝縮振動に限っても、統一的な説明は行われていない。

著者らは、凝縮振動時にベント管出口で凝縮しつつ膨張と収縮をくり返す蒸気泡の運動が圧力振動の振動周波数と一致するという観察結果に基づき、ベント管出口の蒸気泡の運動に対する基礎式を線形化して振動数に対する一般論を展開し、本実験および従来公表されている各種小規模実験における振動数のデータを説明し、考察を行った。その結果、以下を得た。

(1) ベント管出口の気泡振動は3階の線形微分方程式で表わされ、その振動数が一般に二つの無次元パラメータに依存して定まる。

(2) 大気圧近傍では、凝縮支配の振動数及び気泡の固有振動による近似が広い領域に互って成り立つ。このことが、従来、気泡の固有振動モデルとなったり、或いは凝縮支配振動となって提案された理由であろう。

(3) 従来得られている小規模実験データが、円柱蒸気泡モデルと球状気泡モデルによって説明できる。

〈大阪支所〉

気泡噴流型油拡散防止装置の基礎的研究(第2報)

Fundamental Study on Air Bubble Type  
of Oil Boom (2nd Report)

原 正一・伊飼通明・波江貞弘  
昭和59年 5 月 25 日  
関西造船協会誌 194号

水中で噴出する気泡群の特性を潮流中及び波浪中のオイルフェンスに利用するために、まず潮流中の噴流形状を実験的に確認し解析結果と対応させるとともに潮流中の噴流挙動について周辺の流れの状況を調査し、流体力学的な拡散阻止限界流速の考察を行った。また、模擬油を用いて滞油状況の観測を行い、大型試験水槽を利用して実際の油を用いて、潮流及び波浪共存中の実験を行い、滞油限界流速の確認を行った。さらに、噴流の潮流中及び波浪中の挙動に関して、噴流周辺の流速分布と波の粒子速度との関係を検討し、消波効果についても調査した。

その結果、次の事項が明らかになった。

1) 気泡噴流が水面に衝突した後、一様水平流に逆らって水面付近に生じる表面流の拡散阻止効果が問題である。流体力学的な拡散阻止限界流速である0.4~0.5 (m/sec) は計算値とほぼ対応がつくことがわかったが、気泡発生管の発泡むらのために表面水平流に不均一性が生じ、渦の発生が促進され、これが拡散阻止性能に悪影響を及ぼす。

2) 気泡噴流の油拡散阻止性能に関しては、波長10m、波高0.5mの波浪中において、0.3m/sec (約0.6kt) の潮流速に対して油膜遮断効果を有している。0.4m/sec 以上はほぼ一定の割合で漏油が生じるため、二次フェンスとして在来型オイルフェンス (改良型) との併用を検討する必要がある。

3) 噴流周辺の流速に関して、噴流のつくる表面水平流速と波の粒子速度との重ね合わせが成り立つことがわかった。また、一般に波浪によって1)の限界流速は低下すると考えられる。

4) 気泡噴流による消波効率、波長5 m 以上に対しては効果がなかった。また、入射波と逆向きの潮流が存在する場合にも消波効果があがらなかった。