

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

### 〈推 進 性 能 部〉

#### Experimental Evaluation on Cavitation and Propeller-Induced Pressure Fluctuations in a Cavitation Tunnel

キャビテーション水槽におけるキャビテーションおよびプロペラにより誘起される船尾変動圧力の実験的評価

右近良孝・黒部雄三・門井弘行  
昭和61年4月17日

Proceeding of International Symposium  
on Cavitation

乗客や乗組員の居住性を著しく損ない、船体補強材等に亀裂を生じさせる船尾振動は年々重要な問題となっている。しかしながら、実船での船尾振動を定量的に推定することが難しく、実験や理論に基づくプロペラ・キャビテーションにより誘起される変動圧力の推定法や軽減法の確立が望まれている。

本論文ではキャビテーション水槽での変動圧力計測に基づく信頼性のある実験的推定法を確立するため、3種類の相似模型を用いた実験を行っている。その結

果、伴流分布が相似であれば船尾変動圧力の計測値に対して相似則が成立することが示された。この様な結果を得るためには曳航水槽で用いられる完全な模型船を用い、水中の気泡核を適切に制御し、キャビテーションの発生を安定化させることが不可欠である。ここでは水素気泡をプロペラ上流で発生させ、プロペラ面内に十分な量を供給する方法とプロペラ翼前縁近傍にカーボランダムを添加する方法が用いられた。

次に、既存の実船実験データと上記の手法に基づくキャビテーションと船尾変動圧力計測値との比較を行い、良好な相関を得ている。比較は通常型のみならず船尾変動圧力の軽減に有効なハイリー・スキュード・プロペラについても行われた。

最後に理論的推定法の問題点を明らかにするため、船研で開発されたレーザ光散乱法によりプロペラ翼面上の非定常キャビティ形状の計測を行い、これを入力データとして船尾変動圧力の計算を行った。この結果、通常型プロペラに関しては比較的良好的な相関が得られたが、ハイリー・スキュード・プロペラに関しては、かなりの違いがあることが示された。このことから、ハイリー・スキュード・プロペラに発生するキャビテーションの物理的特性を詳細に調査し、理論推定法を開発すべきであると結論づけている。

フォワードスキューをつけた直進翼周辺の可視化  
Flow Visualization Around The  
Forward Skewed Blade

堀 利文・田古里哲夫・増永公明

昭和61年7月16日

第14回流れの可視化シンポジウム  
流れの可視化 VOL. 6 No.22

船用プロペラにより生ずる騒音および振動は船舶乗組員の居住環境を損なうばかりか、プロペラ自体の損傷をも招く恐れがある。最近回転方向後ろにスキューをつけたプロペラを使用することで振動、騒音およびキャビテーションの発生の抑制に効果を上げた例がある。本論文は原型プロペラと後退翼型プロペラ、そして新たな試みとして回転方向前方にスキューをつけたプロペラを直進翼に変換した前傾翼模型、および先端部後退翼型と先端部前傾翼型の複合スキューを持つ模型翼を2種類、合計5種類製作し、その性能を実験的立場より調べた。その結果を報告した。以下に要旨を述べる。

船用プロペラにスキューをつけることで船尾伴流中を各翼が通過するとき、半径方向で時間差が生ずる。そのため、翼に加わる変動荷重は平滑化されて振動および騒音は減少する。そして前スキュー翼の採用でプロペラ軸方向への流れが生じ、先端渦はこの流れに乗り船体から遠ざかる。また、失速は軸に近いところでおきるため伴流中で迎角が増加しても急激な失速は生じない。その結果、後ろにスキューをつけた翼より変動荷重は軽減すると予測できる。この仮定を基に油膜法とタフトグリッド法による翼周辺の流れの可視化、そして翼に働く揚力、抗力およびモーメントの測定を行った。油膜法では各模型表面の流れの方向、剥離の有無とその程度、および一部の模型で乱流促進ピンの効果を見た。タフトグリッド法では、その位置を変え翼の後流を観察し、模型の違いにより先端渦の中心位置を求めた。また、揚力等の測定により、前傾翼型の性能は原型に比べて多少低いものの、高迎角での失速が遅れることで、船尾騒音低減の可能性を見いだした。そして、先端部後退翼型については原型より揚抗比の向上、失速迎角の遅れ等の結果を得た。

<運動性能部>

Model Experiments on Capsizing of a  
Large Stern Trawler

大型船尾トロール船の転覆に関する模型実験

菅 信・猿田俊彦・奥山孝志

昭和61年9月24日

Proceedings of 3rd International Conference  
on Stability of ships and Ocean Vehicles

北洋漁場で操業中転覆沈没し多数の犠牲者を出した大型船尾トロール船の事故調査活動の一環として当所で実施した模型実験の概要について述べている。

復原力計算プログラムの精度確認のため静的な復原力測定実験をトリムフリーの状態で行い、intact状態については甲板縁没水迄は両者は完全に一致した。甲板縁没水以後は、上部構造物の算入精度、模型と実船との相異により僅かに差が現われる。また損傷状態では、定性的な傾向は合っているが、定量的には差が大きく、プログラムの精度を充分確認できていない。

浸水時を含め種々の状態での波浪中運動、特に横揺を計測し、耐航性能上の問題はないことを確認した。

工場のガベージシュートの開閉状態、及び工場内のハッチの開閉状態を変えて静水中及び波浪中において一定の傾斜角を与えて転覆実験を行い、限界傾斜角の存否を調べた。

これらの実験から、ガベージシュートが閉鎖されていれば、転覆は発生し得ないことが明らかになり、転覆原因を特定できた。

船舶試験水槽での波共鳴相互作用の実験

Experiments of Resonant wave Interactions  
in the Ship Model Basin

富田 宏・沢田博史

昭和61年10月7日

日本海洋学会講演会

海洋波浪における非線形効果の理論的研究は、Phillips (1961) を嚆矢として、その後四半世紀の間に長足の進歩を遂げ、現在では風生波浪の諸特性についてこれを非線形ランダム過程として取り扱うことによって、種々の物理量を評価出来るまでになっている。

一方、これらの理論研究の裏づけとなるべき実験データについては、波列の非線形変調・側帯波による不安定性等の1次元的な現象を除けば、未だ充分な結果が得られているとは言い難い。殊に、異なる方向に伝播する多成分波系での波相互作用のような純粋に2次元的な現象については、実海域における観測はもとより、実験水路での研究、或は数値シミュレーションによっても多くの困難が伴うため、殆んどその評価が行なわれていない。僅かに Longuet-Higgins 等 (1966), McGoldrick 等 (1966) は Phillips の理論を直接検証するために波相互作用の室内実験を行ない一応理論との整合性を確認しているが、彼等の実験はいずれも一辺3 m 程度の小型水槽を用いたものである。そこで今回行った実験は船舶技術研究所の角水槽(一辺80m)を用いて、表面張力、粘性等の影響を減殺し、より実海域に近い条件の下で波相互作用の定性的並びに定量的な評価を試みたものである。得られたデータを3つの波によって生じる第4波の初期成長率Gの見積りに適用したところ、Gの値は概ね理論値に近い値を与えることが確認された。

<構造強度部>

多層エキスパンドメタルの抵抗溶接に関する研究  
(第2報) ——分流が剪断強度に及ぼす影響——

Study on Resistance Welding of Expanded Metal  
into Multi-layer (2nd Report),  
The Effect of Shunting  
Current on Shearing Strength

小林佑規

昭和61年10月2日

溶接学会全国大会講演概要集第39集

フェロセメント用補強材の成形における省力化を図り、かつ剛性の高い補強材を開発するため、エキスパンドメタルの5層重ね抵抗溶接を行った。この溶接は、電極板間において、多数のメッシュ接触交点を溶接するものであり、従来より工業化されているスポット溶接およびプロジェクトン溶接の延長上にあると考えられるが、実用化されていない。エキスパンドメタルを補強材とするフェロセメントの製造においては、広い面積が一樣な厚さである補強材が要求される。

本報告は、2ないし3回のステップにわたる溶接および重ね代即ち溶接される接触点を多くした溶接を行い、分流が剪断強度に及ぼす影響について検討したものである。主な結論は次のとおりである。

(1) ステップ型溶接は、隣接既溶接部への分流が大きく、入熱が少ないと剪断強度の低下となるが、一定の入熱を投与すると剪断強度は低下しない。

(2) 接触点が増加した場合の溶接は、通電電流密度を考慮した等価抵抗発熱量を用いて剪断強度を評価すると、等価抵抗発熱量の増加とともに剪断強度は向上する。

### 圧縮予歪が破壊靱性に及ぼす影響

Effects of Compressive Prestrain  
on Fracture Toughness

前中 浩・井上 肇・佐久間正明

昭和61年11月13・14日

日本造船学会論文集 第160号

異常気象下での船舶の海難事故で問題にされた船体の座屈により生じる部材の塑性歪が材質の劣化をまねき、脆性破壊を引き起こす可能性が無いかを一般構造用軟鋼材を用いて、以下の試験で調べた。

- (1) 一様圧縮予歪材でシャルピ試験を行い、予歪材の脆化についての基本的データを得るとともに、これまでに報告されている結果との比較を行った。
- (2) 一様圧縮予歪材でコンパクト テンション (CT) 試験を行い、予歪材の破壊靱性値を求めた。
- (3) 曲げ圧縮予歪材でシャルピ試験を行い、曲げ部材の予歪による脆化を調べた。
- (4) 板の曲げ圧縮試験を行い、切欠の無い場所の亀裂発生条件及び破壊条件を調べた。

得られた結論は次のとおり。

- (1) 全ての試験結果から、圧縮予歪を与えた材料は予歪量にほぼ比例して脆化した。
- (2) シャルピ試験の遷移温度は、一様圧縮予歪材と曲げ圧縮材でほぼ等しく、その母材からの上昇量は予歪単位%当り2~4°C程度であった。
- (3) CT試験で圧縮予歪材の破壊靱性を求め、シャルピ試験の結果と比較したら、予歪による脆化が大きく、予歪材は切欠感度が高いことがわかった。
- (4) 曲げ圧縮材のシャルピ試験で、強度レベルは切欠断面の歪勾配の影響を受けた。
- (5) 切欠の無い板でも、圧縮側表面歪の絶対値が母体の破断歪性を超える曲げ変形を与えると、除荷時に圧縮側に亀裂を生じた。続いて逆方向に変形すると、室温でも脆性破壊をおこした。
- (6) 亀裂が発生した破面を走査型電子顕微鏡で観察した結果、極度の圧縮歪を受けて亀裂が発生した部分では普通の壁開破面とは様相の異なった壁開ファセットを含む複雑な破面が現われた。少し伝播すると典型的な壁開破面に変わることがわかった。

### 〈機 関 動 力 部〉

### Measurement of Three-Dimensional Flame Temperature Fields by Holographic Interferometry and Computed Tomography

ホログラフィ干渉法とCT法による  
三次元火炎温度場の測定

佐藤誠四郎

昭和61年8月

Japan Society of Mechanical Engineers  
The Outline and the Activities of  
The Committee on Laser Diagnostics  
of Combustion in Japan No. 6

ホログラフィ干渉法とコンピュータ断層撮影法 (Computed Tomography, CT) を用いて標準予混合バーナ火炎の三次元温度分布を測定した。CT法適用のため24方向の干渉像が一度に撮影できる多方向ホログラフィ干渉光学系を提案した。再構成された火炎温度プロフィールは、ある瞬間では外輪山の形状、別な瞬間では二つの温度ピークをもつ肩状の分布形状を示し、軸対称分布となっていない。干渉法による温度計測では円筒状バーナ火炎でもCTの手法が必要であることを明らかにした。

## An Analysis of the Turbulent Transport Mechanism near the Wall by Stream wise Pseudo-Vortical Motion Model

擬縦渦モデルによる壁近傍乱流輸送機構の解析

笠木伸英・春海一佳・平田 賢

昭和61年 8月19日

Proceedings of the 8th Int. Heat Transfer Conference

近年、固体壁と流体間の乱流輸送現象において、壁近傍領域における流れ場の準秩序の構造が重要な役割を果たしていることが、温度場と速度場の同時可視化等の実験を通じて確認されている。一方、同領域における速度、温度、濃度等の変動諸量に関する各種統計量の挙動は必ずしも明らかになっているとは言いがたい。これらの統計量に関する定量的知見を実験的に得ることは、壁近傍のごく薄い領域においては極めて困難であると言えよう。本研究では可視化等を通して得られた知見に基づき、壁近傍乱流の準秩序構造を簡単なモデルにより表現し、さらにそれを用いることにより壁近傍の熱の輸送を考察した。

本研究において用いられたモデルでは、壁近傍の流れ場の準秩序構造は主流方向に軸を有する定常的、二次元的な縦渦状の流動として表現される。このモデルにより表わされる速度場を、温度場の支配方程式中に現れる速度成分として代入し、これを数値的に解くことにより温度場を得た。

得られた温度場から求められる平均温度分布は、壁の近くで実験的との一致を示した。又、壁のごく近くで温度乱れ強さ、乱流熱流束、乱流プラントル数の分布が、壁面における熱的境界条件に依存することが示唆された。特に、乱流プラントル数については、その分子プラントル数に対する依存性が従来より指摘されてきたが、本研究においても従来と同様の傾向が得られた。

さらに、温度乱れ強さに関する輸送方程式の各項の大きさの分布を求めた。生産、拡散の各項については実験と定性的に一致するが、散逸項については一致が見られなかった。これは本研究で用いたモデルが散逸に関わる高波数の成分を含んでいないためであり、一方生産、拡散の両過程は低波数の領域でほとんどが行われているものと考えられる。

## Use of Gated Pulse Laser Raman for Measuring Laminar Premixed Hydrocarbon-Air Flame

層流予混合炭化水素・空気炎計測への  
ゲートパルスレーザラマンの使用

山岸 進・後藤英一

昭和61年 8月 8日

The 21st Int. Symp. on Combustion

火炎伝播や火炎構造のモデリングの発展のためには局所的な温度と濃度を場を乱さずに測定する必要がある。このため、本研究では改良したスポンティニアスレーザラマン測光系を用いてメタンとエチレンの空気炎の火炎面近傍の測定を行うと共にフラットフレームを用いて温度・濃度計測の検証を行った。

本装置の特長は、高出カパルス光源と多チャンネル分光装置を高速パルサーで制御して火炎の背景光雑音を著しく低下させて高輝度火炎面でもラマン測光を可能にしたことである。また選定した波長域には炭化水素の自発光による妨害がほとんど無いため高いS/N (信号雑音比) で観測できる事を確認した。

また、本研究では多成分同時測定を目標の一つとしており、約 $700\text{cm}^{-1}$ の波長域を同時測光することにより( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , 炭化水素)や( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ )を観測することができた。この方法はスペクトル分解能を低くおさえているため、温度計測にはstokes光( $\text{N}_2$ )の積分強度と理想気体の状態方程式から求める方式を使った。その際、高温域ではスリット巾、と温度の関数で表わされる補正項が必要となるが、シミュレーション計算によってこれを求め、検証実験で熱電対の値と比較した結果良い一致が得られた。

また濃度キャリブレーションについては、常温混合ガスを用いると約0.5%まで線形関係があることを確認した。高温場においては、ガスクロマトグラフィーを用いてラマン測定値との比較を行った。更に、火炎観測に際して、 $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ の波長域に多原子分子のラマン光と思われるスペクトルが火炎面近傍でかなり強い信号として観測される事が分かった。

〈材料加工部〉

プラズマ溶射法によるセラミックコーティング  
(その1 基礎)

Ceramic Coating by Plasma Spraying  
(Part 1: Fundamental Description)

千田哲也・天田重庚

昭和61年9月

日本造船学会誌 687号

セラミックコーティング技術は、金属の表面にセラミックスを被覆することにより、高靱性という強度の面での金属の長所とセラミックスの各種の機能をあわせもつ複合材料の開発の一手法として有望である。そのための一つの方法として近年注目を集めているのがプラズマ溶射法である。プラズマ溶射とは、粉末の溶射材料を、アーク放電により形成される高温・高速のプラズマジェット中で溶融・加速し、液体微粒子状にして素地材上に吹き付け、表面に皮膜を形成する技術である。これは、金属やセラミックスのほとんどのものの皮膜の形成が可能であり、コーティング法としては、比較的厚膜が形成できるという特徴をもっている。

溶射材料には、熱機関の断熱・耐熱皮膜としてジルコニア・アルミナ等が、また、耐摩耗皮膜として炭化タングステン等が用いられている。プラズマジェットは、中心部の温度は10,000°Cをこえ、流速は毎秒数百メートルに達する。溶射皮膜の性質に大きな影響を与えるのは、プラズマジェット中での粉末粒子の加熱・加速過程である。また、粉末は、プラズマジェット中で雰囲気との反応や熱による分解等により組成・物性が変化することがあり、注意を要する。

皮膜と素地材間及び皮膜を形成する粒子間の結合機構は、機械的かみあい主であるが、強い結合強度をもった皮膜をつくるためには、化学的結合を促進する必要がある。

皮膜の評価法としては、結合強度や気孔率等のほか、熱衝撃や高温腐食に対する強度に関するものが必要であるが、現在のところ満足できるものがなく、確立が望まれている。

鋼溶接継手部の動的破壊じん性に関する検討  
Preliminary Study on Dynamic Fracture  
Toughness in the Welded Joint

藤井英輔・大熊 勇・秋山 繁・牛嶋通雄

昭和61年10月2日

溶接学会，同全国大会講演概要 第39集

鋼材の溶接継手部は、母材との境界部分であるボンド部あるいは熱影響部において、入熱による材質的及び強度的に複雑な変化がもたらされる。また高張力鋼においては軟化域の存在が問題となる場合がある。この観点から、実用上の溶接継手を対象として、全溶接金属部、ボンド部及び軟化域の破壊靱性特性に及ぼす歪速度の影響について実験的に検討を行った。

供試継手は、母材降伏点が45kg f/mm<sup>2</sup>、引張強さ57kg f/mm<sup>2</sup>のTMCP鋼の自動溶接(SAW)継手であり、入熱は70kJ/cmである。軟化域の幅は4ないし8mm程度であり、ピッカース硬度による硬度差は母材に対し15程度であった。同継手部から、切欠先端位置が溶接金属部、ボンド部、軟化域となるようにCT試験片を採取して、0.01, 1<sup>m</sup>m/sec, 0.1, 1<sup>m</sup>/sec(油圧シリンダ速度)の変位速度による破靱性試験を行い、破靱性値Kcおよび限界開口変位δcに及ぼす歪速度の影響に関して比較検討した。

各試験片シリーズとも、変位速度が上昇するにしたがって遷移曲線は高温側に移行し、1<sup>m</sup>/secの場合、静的試験に比べ50°C程度高温側となった。軟化域に関しては、X型開先継手を用いたため、切欠先端部分を明確に分離し得なかったことにより、軟化域の影響を明瞭にできなかったが、試験速度によって若干影響のあることが認められた。

切欠先端の開口変位速度にもとづく歪速度を用い、破靱性値と温度・歪速度効果指数R<sub>M</sub>(歪速度による補正を考慮)との間に、母材がついて得られている結果と同様に良好な相関関係があることを確認した。

## 〈装 備 部〉

## 船用 FRP 材のガス切断について

## On Gas-Cutting of FRP Plates for Boats

林 慎也・永松徳二

昭和61年10月

日本溶接学会秋期全国大会前刷集

“FRP 船廃船処理技術に関する研究”では FRP 船廃船処理システムの確立を目指して、他材料の処理に利用されている種々の既存の技術の FRP 材料処理能力の検討・改善を行っている。本報告では、鋼材の切断に最も多く使われているガス切断法の FRP 材処理能力を調査した結果について述べる。

実験に用いた FRP 材は、チョップドストランドマットとロービングクロスを交互に積層し、熱硬化性樹脂である不飽和ポリエステルで固めたもので、板厚 9 mm と 19mm のものを使用した。FRP 材の熱伝達状況を調査した後、予熱ガスに LP ガスを利用して鋼材切断用火口により切断酸素流量・圧力を種々変化させて切断特性を調べた。その結果、次のことが分かった。

- (1) FRP 材は積層されているガラス繊維が断熱層として働き板厚方向の熱伝達が極めて悪い。
- (2) ガラス繊維は炭化するのみで熔融しないため、FRP 材を切断・分離するには吹き飛ばす以外方法は無い。チョップドストランドマットは比較的容易に吹き飛ばせるが、ロービングクロスは非常に難しい。
- (3) 切断酸素流量・圧力を増すと吹き飛ばす力が増し、切断能力は向上する。
- (4) 今回の実験で得られた 9 mm 厚 FRP 材の最大切断速度は 100mm/min であった。
- (5) 切断時に発生する問題点は火口の高熱化と臭気、ガス、黒煙が著しく発生することである。

## 防振ゴム動バネ定数の広帯域における測定

## Measurements of Dynamic Stiffness of Isolation Rubbers in a wide Frequency Range

原野勝博・金丸貞己

昭和61年9月11・13日

日本騒音制御工学会 技術発表会講演論文集 1986年

防振ゴムは固体音の絶縁に適した特長を有するため防振対策に広く用いられている。しかしその基本的な性能である動的なバネ定数や内部損失係数は、音響域の高周波数におけるデータはほとんど公表されていないため、数+Hzの低周波数における測定値を全周波数域にまで使っているのが現状である。JISによる防振ゴムの動バネ定数の測定法では、荷重計をセットする固定端条件を高周波数域では満足することが困難なため、2~300Hz以上ではなかなか測定できなかった。

今回当所で試作した小型振動騒音実験室と解析装置により、小型防振ゴムの約 3 KHz 迄の帯域における動バネ定数等を測定することを試みた。計測方法は JIS の方法を基本としたが高周波域迄変位振巾一定という条件を外し、実際の使用状態に近いランダムノイズで加振したときの加振力と変位の比を 2 チャンネル FFT アナライザで測定した。今回の実験で得られた結論は以下の通りである。

防振ゴムの絶対動バネ定数  $|Kd|$  は周波数と共に単調増加し 3.5KHz では低域 (100~200Hz) の数倍の値となる。その増加率はゴムの形状や硬度により異なるが形状的には、高さ/直径の大きい場合に大きくなる傾向がみられる。

フォースゲージのシスミックマス (力変換子に供試体からの力を伝達する部分のマス) が 2 g 程度の場合は伝達力が  $10^{-3}N$  のオーダーであっても  $|Kd|$  の測定値に及ぼすその影響は数%であり特にマスキャンセル等の補正の必要はない。

$|Kd|$  が周波数と共に増大する今回の測定値を用いて、マス・スプリングモデルの防振効果  $\Delta L$  を計算した値は  $|Kd|$  を一定とした計算値より、高周波域において数 dB $\Delta L$  の実験値に近づくことから今回の  $|Kd|$  の測定結果は一応妥当なものと考えられる。尚損失係数に関しても周波数の増大により微増する傾向がみられたが、実験方法の不備のためと考えられる不自然な測定結果も数例あったためその改善方法を検討中である。

## ACV の騒音評価

## Noise Assessment of ACV

勝原光治郎・木原 洸

昭和61年 9月12日

日本騒音制御工学会昭和61年度技術発表会

講演論文集

我国で就航しているプロペラ推進 ACV は、騒音が大きく、港や基地周辺でしばしば苦情が生じている。しかし、航路が少ないため、防音壁設置などの防音対策や苦情処理で、済まされ、騒音評価は未だなされていない。

一方、交通機関の騒音評価には統一的手法は開発されていない。ACV については、従来、騒音 A 特性デシベル値のピークで便宜的に騒音を表現している。しかし、これでは、運航条件の変更や便数の影響および規制値を明らかにすることはできない。

そこで、ISO で取りあげるようになった、等価騒音レベルという量を用いることにすれば、上述の ACV 騒音評価の問題点は解決される。

ACV 騒音を鳥羽港において計測録音した。その騒音を、ACV の入港時、アイドリング時、出港時に分け、その各々の A 特性騒音エネルギーを求めた。そして、そのエネルギーの距離に対する影響の考察から、全 A 特性騒音エネルギーを昼間 8 時間について平均化した等価騒音レベルの分布を示すことができた。規制値としては、例えばデンマーク政府の道距環境騒音の指針を用いれば、ACV の立地条件を与えることができる。

In-plane Circumferential Vibrations  
of Rotating Discs

回転円板の面内周方向振動

天田重庚

昭和61年 9月16日

International Conference on Rotordynamics

蒸気、あるいはガスタービン等のディスクが急激な回転変動を行う場合、ディスクの動的挙動を精度良く評価することは、装置の設計や安全性の面から重要である。本報告では中空の回転円板の面内における周方向の自由振動と過渡振動について解析を実施した。絶対加速度と求心加速度成分を考慮し、線形弾性論の仮定の下では無次元の固有円振動数  $\bar{\Omega}_n$  は次式にて与えられる。

$$\bar{\Omega}_n = \bar{\xi}_n / \bar{\alpha}^2 - \bar{\omega}^2 \quad (1)$$

ここで、 $\bar{\alpha}$  は縦波と横波の伝播速度  $C_L$ ,  $C_T$  の比、

$$\bar{\alpha} = C_L / C_T \quad (2)$$

$\bar{\omega}$  は円板の無次元の回転角速度、 $\bar{\xi}_n$  は次式にて与えられる固有値方程式の n 番目の根である。

$$\begin{aligned} & J_1(\bar{\xi}_n \bar{a}) [(\bar{\xi}_n/2) Y_0(\bar{\xi}_n) - Y_1(\bar{\xi}_n)] \\ & - (\bar{\xi}_n/2) Y_2(\bar{\xi}_n) \\ & - Y_1(\bar{\xi}_n \bar{a}) [(\bar{\xi}_n/2) J_0(\bar{\xi}_n) - J_1(\bar{\xi}_n)] \\ & - (\bar{\xi}_n/2) J_2(\bar{\xi}_n) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 $\bar{a}$  は円板の内径 a と外径 b との比、 $\bar{a} = a/b$  である。a/b=0.1 の場合、一次の固有振動数は約  $6 \times 10^4$  rpm まではほぼ一定であり、二次以上では約  $10^6$  rpm までほとんど変化しない。

回転数が一定回転まで指数関数的に増加する回転変動過程、

$$\bar{\omega} = \bar{\omega}_0 [1 - \exp(-\bar{c}t)], \quad \bar{\omega}_0, \bar{c}: \text{定数} \quad (4)$$

の場合の過渡振動を解析した。円板の外周工の振動振幅を  $\Delta \bar{V}$  とすれば、式(4)の  $\bar{c}$  に対して

$$\Delta \bar{V} = 0.5527 \times 10^{-4} (\bar{c}/b\beta) \quad (5)$$

にて与えられる。ここで、 $\beta$  は  $\beta = 1/C_L$  である。また、過渡振動の計算にて得られた一次モードの周期は、N=194 rpm に対して  $1.102 \times 10^{-3}$  S であり、式(1)の値と一致した。本報告の結果を基に熱負荷が作用する場合へ本問題を拡張する予定である。

## Dynamic Stress Analysis of a Rotating Solid Disc Subjected to Cyclic Rotations

周期回転荷を受ける中実円板の動的応力解析

天田重庚

昭和61年9月

Bulletin of the JSME 29巻255号

回転円板が急激に変動回転する場合、これまで行われている準静的解析では不十分であり、動的解析をする必要がある。本報告は周期的変動回転、

$\bar{\Omega}(\bar{t}) = \bar{\Omega}_0 + \bar{\Omega}_1 \sin(\bar{\Omega}_2 \bar{t})$ , ( $\bar{\Omega}_0, \bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2$ : 定数) を受ける中実円板の動的応力解析について述べたものであり、数値計算の結果も含めて次の様な結論を得た。

(1) 動的応力と動的変位は  $\bar{\Omega}_0, \bar{\Omega}_1$  と  $\bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2$  のみによって影響を受ける項の和から成る。

(2)  $\bar{\Omega}_0 = 0, \bar{\Omega}_1 \neq 0$  の場合、共鳴円振動数  $\bar{\Omega}_2$  は面内振動の固有振動数  $\lambda_n$  の  $1/2$  に一致する。  $2 \bar{\Omega}_2$  が  $\lambda_n$  に近づくにつれて、応力と変位は  $1/2 \lambda_n - 2 \bar{\Omega}_2$  に従って増大する。

(3)  $\bar{\Omega}_2 \neq 0, \bar{\Omega}_1 \neq 0$  の場合、二種類の共鳴円振動数、 $\lambda_n$  と  $\lambda_n/2$  が存在する。

$\bar{\Omega}_0 = 0, \bar{\Omega}_1 = 104.7 \text{ rad/s (N=1000rpm)}$  の場合に対し、 $\bar{\Omega}_2$  を種々に変えて応力を計算し、次の結果を得た。

(4) 動的応力は、回転開始直後より正弦振動を行い、その振巾自身も正弦振動する、いわゆる“beat 振動”をする。

(5) 動的応力と準静的応力の最大値の比は、 $\bar{\Omega}_2$  が  $\lambda_n/2$  に近づくにつれて急激に増大する。

(6)  $\bar{\Omega}_2$  が面内振動の固有振動数の半分、 $\lambda_n/2$  に近づくにつれて、“beat 振動”の周期も増大する。

本研究は等温状態下での回転円板について検討したものであり、今後は燃焼ガス等にさらされる円板について研究をする予定である。

## 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)

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

天田重庚

昭和61年10月7日

日本機械学会 第64期全国大会講演会

回転体の設計や安全評価の面から、回転体内に生ずる応力や変形を精度良く求めることは重要である。特に、回転体に動的荷が作用する場合は静的な場合と比較して、著しく異なる応力や変形が生ずると推察される。回転円板の場合、厳密には周方向と半径方向の変位は互いにカップリング (天田, 日本機械学会論文集49巻448号) されているが、これまでの研究はこのカップリング効果を無視して問題を解析した。しかし応力や変形を精度良く評価するにはこの効果を考慮する必要がある、本報告では周方向の変形がどのように半径方向の変形に影響するかを検討した。円板の変動回転過程として周期回転

$$\omega(t) = \Omega_1 \sin(\Omega_2 t), \quad \Omega_1, \Omega_2 : \text{定数} \quad (1)$$

を採用し、 $\Omega_2$  を種々に変えて変位を計算して次のような結論を得た。

(1) 周方向変形を考慮した半径方向変位の時間変動は単純な正弦状の変動からずれる。これは、周方向変位が、周方向変位を考慮しない半径方向変位の二倍の周期にて変動し、半径方向変位に加えられるためである。

(2) 半径方向変位は周期的変動を繰り返す。式(1)の円振動数  $\Omega_2$  が増加するにつれて周期は長くなる。

(3) 式(1)の無次元円振動数  $\bar{\Omega}_2$  が9.05以下では、周方向の変形は半径方向の変位を増加させるように働くが、それ以上では逆に、周方向変形は半径方向変位を低下させるように働く。これは、周方向変形を含んだ半径方向変位の中で支配的成分である周方向変位の位相が、半径方向変位の位相と  $180^\circ$  ずれることにより、お互いに相殺することによる。

以上の結果を参考にして他の変動回転過程の場合について検討するつもりである。

## 〈システム技術部〉

### 船舶・海洋構造物の防食

#### Anti-corrosive Properties for Ship and Offshore Structure

翁長一彦

昭和61年9月10日

日本造船学会 夏季講座「新しい造船学」第12回

海上は最も腐食の著しい環境のため、船舶や海洋構造物の防食技術は極めて重要であり、特に船舶の防食技術には長い歴史がある。船舶と海洋構造物とは、防食による耐久性の考え方に若干の相違があるが、基本的な防食技術は全く同じであり、鋼板の表面を環境から隔離するための塗装と、電氣的に腐食を防止するための電気防食とに分けられる。

本論は塗装による防食技術を中心として、防食性を評価する手段のために、塗膜の劣化促進技術と定量的な劣化度判定技術とが必要であることを述べ、最近のそれら技術の動向を概説したものである。

鋼材の腐食は電気化学的に説明することが出来、鋼にアノード部が生じないように電位調節を行うのが電気防食であるが、実際問題として応力の分布や溶接部の存在、錆の有無、等々の要因により電位が微妙に変化するため電気防食だけで腐食を防止することは不可能に近い。塗装は海水をはじめ周囲の腐食環境と鋼とを隔離絶縁することが目的であるが、どんな塗膜であっても時間経過と共に水分や各種のイオンを透過させる。さらに塗膜には各種の欠陥が内蔵されており、時間経過と共にこの欠陥も大きくなる。これらを塗膜の劣化と総称する。

塗装鋼板を長時間暴露する替りに、人工的にこの劣化を促進させるため種々の試みがなされており、また、その劣化の程度を再現性よく数量的に表わす判定方法も検討されている。この判定方法はなるべく現場で実物からデータを採取できることが望ましいが、特殊な測定装置に依らずに塗膜全般にわたる定量的な計測値が得られるものであれば実用性が高く、いずれ評価試験法として有用なものとなろう。

## 〈原子力技術部〉

### ポリエチレンロッド+鉄平板体系中性子遮蔽実験

#### Neutron Shielding Experiment in a System of Polyethylene Rods and Iron Slab

波戸芳仁・植木紘太郎・小野幹訓

昭和61年10月

日本原子力学会分科会

使用済核燃料乾式輸送キャスクの中性子遮蔽材は、現在、キャスク側壁に円筒状に配置されているが、効率よい除熱のため、これを多数の円柱状に配置することが提案されている。そこで、円柱状中性子遮蔽材を含むキャスクを模擬した、円部にポリエチレン円柱を含む鉄平板を用いて、中性子遮蔽実験を行った。実験体系は、厚さ48cmの鉄平板内部に12本の直径6cmのポリエチレンロッドが千鳥足状に配置されたもので、ポリエチレンロッド体系と呼ばれる。ポリエチレンロッド体系の他に、同体系を構成している、鉄、ポリエチレン各々の単独の遮蔽効果を調べるため、鉄平板遮蔽体、ポリエチレン遮蔽体を用いた実験も行った。各体系の両側に $^{252}\text{Cf}$ 中性子源と、2202D中性子レムカウンタを配置し、中性子線量率を測定した。ポリエチレンロッド体系実験では、ロッドを1本ずつ抜いて行き、中性子線量率を測定した。次に、鉄平板体系については、厚さを0~35cmまで変化させ、遮蔽体の検出器側表面から15cmの所と、線源側表面から50cmの所で中性子線量率を測定した。また、ポリエチレン平板体系については、厚さを0~20cmの間で変化させて、同様の測定を行った。その結果、ポリエチレンロッド体系については、ロッドが12本全部含まれている場合に比べて、中心に近い6本のロッドが除去された場合には、中性子線量率が、約6.2倍になることがわかった。これを、ポリエチレン平板実験の結果と比較すると、この6本のロッドは、 $^{252}\text{Cf}$ 中性子遮蔽について約8cm厚のポリエチレン平板と等価であることがわかった。

## 〈海洋開発工学部〉

遮蔽ベンチマーク実験解析に基づく  
JENDL-3PR1 黒鉛断面積の MeV 領域積分テスト

Neutron Integral Test of Graphite Cross Sections  
in MeV Region for the JENDL-3PR1

植木紘太郎・桜井 淳

原研炉物理委員会モンテカルロ SWG

昭和61年10月

日本原子力学会 秋の分科会予稿集

黒鉛は高温ガス炉の炉心構成材および核融合炉のブランケット構成材として重要である。これまでの積分テストは主に14MeV 中性子遮蔽体系のベンチマーク実験解析であったが、本研究は MeV 領域に重点を置いた解析を行った。

解析に採用した体系は WINFRITH 黒鉛透過実験であるが、本体系、PALLAS による解析、DIAC, XSDRIN および DOT-3.5 による解析、さらに MORSE-CG および MCNP による解析はすでに報告されている。本報告は JENDL-3PR1 の黒鉛中性子断面積の MeV 領域の積分テストを目的にこの実験解析を行った。

群定数は RADHEAT-V4 を利用して編集した。編集条件は中性子100群,  $P_0$ , 収束誤差 1% 以下にした。JENDL-3PR1 と他のファイルのデータを比較するため、ENDF/B-4 および JENDL-2 についても同じ条件で群定数を作成した。また、計算はモンテカルロコード MORSE-CG を用いた。WINFRITH 黒鉛透過実験においては、実測値として  $\ln(n, n')$ ,  $A(n, \alpha)$ ,  $S(n, p)$ ,  $Rh(n, n')$  の反応率が与えられているが、MORSE-CG でこれらの反応率を計算するために IRDF-82 の反応断面積をレスポンス関数として採用した。

本解析から次のような結論が得られた。

1. ENDF/B-4, JENDL-2 および 3PR1 による反応率の実測値と計算結果は良い一致を示した。
2. ENDF/B-4 に対する JENDL-2 の群定数は、2MeV 以上では1.0, 0.1~2MeV では1.01~1.02, また JENDL-3PR1 は0.1~1MeV で1.0, 1MeV 以上では1.01~1.02でほとんど差違はなかった。
3. JENDL-3PR1 の MeV 領域における黒鉛断面積の信頼性は高い。

## 合成繊維索の摩耗特性について

On the Abrasion Characteristics of  
Synthetic Fiber Ropes

田中義久・鶴田三郎

昭和61年 5月23日

日本航海学会論文集 第75号

合成繊維索はチェーンやワイヤーロープのような腐食の心配がないことから海洋構造物等の係留索として注目されている。しかし、船舶における曳索や係留索に使用した場合、索がフェアリーダとの摩擦部分より破断する例が多いと言われる。したがって、合成繊維索は特に摩耗による強度低下が著しいため索の耐久性を考える場合、疲労強度や摩耗特性を把握することが重要である。

今回の実験では回転する鋼製ドラムに供試索を巻き掛けて摩耗させた後、残存強度を求める方法を用いた。供試索は10mm径のナイロン 8つ打ち構造である。摩耗用鋼製ドラムは直径100mm, 回転数10rpm であり、表面に線径0.6mm, 16メッシュのステンレス金鋼を貼ったものと、機械加工によって  $R_{max}=76\mu\text{m}$ ,  $L=8.0\text{mm}$  の表面粗さに仕上げたものの2種類である。供試索の巻き掛け角度は135度, 索の張力は実際の破断強度の1~20%の範囲で5段階設定した。

試験結果より、①摩擦回数を一定として張力を変化させた場合、残存強度は張力に反比例して低下する傾向を示す。②張力を一定として摩擦回数を変化させた場合、残存強度は摩擦回数の対数に反比例して低下した。これらの結果から残存強度を低下させる因子として摩擦回数と張力とを考えた場合、張力の影響の方が大きく、したがって張力に十分な安全率を見込むことが重要と言える。また通常摩耗の程度を適正に表現する方法が無いため、実際に使用している場合は目視によって判断していることが多い。したがって目視による観察と残存強度の関係についても検討した。この結果、摩耗の条件が異なる場合であっても同程度の外観と判断されるものは残存強度も近い値を示した。なお今後多くの試料について同様な検討を重ねることによって残存強度の推定が可能となり、合成繊維索の取り換え時期を判断することができるようになるものと考える。