

所外発表論文等概要

船体強度モニタリングシステム序説

Introduction to the hull strength monitoring system

菅井和夫

昭和63年3月

日本造船学会誌 705号

コンピューターの急速な発達により、小型・低廉でかつ高度な機能を持った各種システムを船橋に備える事も可能になってきている。コンピューターはワンチップ・プロセッサまで入れると我々の日常生活までこれに取り巻かれていると言って過言でなく、その応用機器の船橋への導入は時代の趨勢である。航空機・自動車など他の輸送機器に比べ、船舶はむしろ遅れをとっていると見るべきで、本序説の主題である船体強

度モニタリングシステムのように最近各企業・機関で本腰を入れて開発・実用化に取り組むものが出始めたことは、船舶の高度知能化の上からも大変好ましいことと考える。今回、日本造船学会編集委員会の企画により、標記システム開発の現状について特集が行われることになった。個々のシステムについては、合計6例について夫々の特長等が各筆者によって述べられるが、ここでは一般論として船体強度モニタリングシステムとはいかなるものであるか、その目的・機能、開発の現況の今後の課題などを中心に解説される。とくに、今後の課題としては、船体強度モニタリングシステムを一つのサブシステムと見做したとき、それを高知能化船というトータルシステムの中にどう位置づけていくのか、船体強度の評価法とどう結びつけるのか、システムの信頼性をどのように向上させて行くのかなどを検討して行く必要があると述べている。

〈推進性能部〉

空気吹き出しによるプロペラ水中騒音・
変動圧力の低減について

On Reduction of Cavitation Noise and Pressure
Fluctuation Induced by a Cavitating
Propeller due to Air Injection

右近良孝・黒部雄三

昭和63年5月

日本造船学会論文集 163号

本論文は模型船後方の不均一伴流中を作用するプロペラに発生する非定常キャビテーションにより誘起されるキャビテーション騒音と変動圧力の低減法とその効果について述べた。これとともに、変動圧力や水中騒音を精度良く計測及び評価する際の前提となる各パラメーターの変動圧力へ及ぼす影響についても議論した。

本実験では通常型プロペラ（以下、CP）とともにハイリー・スキュード・プロペラ（以下、HSP）を供試プロペラとし、プロペラ前縁近傍より空気を吹き出し、非定常プロペラ翼面上の流れの可視化、変動圧力計測及び水中騒音計測を行った。

流れの可視化の結果、伴流分布の違いはあるもののCP及びHSPそれぞれの特長ある流れが得られた。特に、HSPでは剥離を起こしている状態が観測された。

変動圧力計測及び評価に及ぼす伴流分布及び核の影響等について調べた結果、実船推定伴流分布を用いて試験を行うと変動圧力は模型船伴流分布中より小さくなり、後者での試験は過大評価になることを指摘した。一方、核が充分供給されない計測では変動圧力振幅の過小評価及び位相遅れの過大評価の危険性があり、今回の計測と同様に細心の注意の払われなかった計測は十分な精度がないことを指摘した。

プロペラ前縁から空気を吹き出し、変動圧力及び水中騒音に及ぼす影響を調べた。この結果、変動圧力振幅等に対し、空気吹き出し量は何らの影響はなかったが、水中騒音に関しては630Hz以上の高周波域では最大20dB（圧力で1/10）程度の低減が得られることを示した。これは作動条件やプロペラの種類によらなかった。

この他、本論文ではフロー・ライナーは軸流方向のみならず円周方向及び半径方向の伴流分布に対する側壁影響を補正することに有効であることを示した。

(568)

〈構造強度部〉

浮遊式構造物の免震性

Seismic response of floating structure

松岡 一祥

昭和63年4月

日本造船学会誌 第706号

海底面に生じる地震動による浮遊式構造物に対する影響には、海水を介して圧力として伝わるもの、あるいは係留索を介して力として伝わるものがあるとし、船舶の被災例3例の紹介を行っている。さらに、海底面の地震動が圧力波として水中を伝播する現象である海震の基本的な性質について説明している。その特徴は、①加速度は海底地盤と洋上でほぼ等しい ②水深の影響を受けない ③加速度に対する支配因子は震源からの距離と地震規模であるとしている。

開放水域における鉛直震動、海水を非粘性非圧縮性流体と見なした時の排水質量と慣性質量が等しい場合と等しくない場合の浮遊式構造物の応答、海底面の地震動と動水圧の位相差を問題とする時の1次元波動法による取り扱い、防波堤、護岸などに囲まれた閉鎖水域での水平震動、鉛直震動による浮体への影響、短周期水平加振、長周期水平加振による浮体の応答、閉鎖水域中の浮遊式構造物の耐震設計における境界、防波堤、護岸の検討の必要性などについて述べている。

これらをふまえて、浮遊式構造物の免震設計の例として、原子炉格納容器（ここではPCCV；Prestressed Concrete Container Vesselを想定している）をプールに浮かべたモデルを対象として、設計目標をSwayの短周期水平震動に対する応答倍率0.5、Rollに対しては十分小さくなるように検討している。この構造物では、周期1秒以下では応答倍率は一定で設計目標を満たすが、長周期では2つの同調点が現れるとしている。特に、周期9秒程度での同調点ではSwayの極長周期の水平変位応答があり、係留方法についての検討が必要であるとしている。

最後に、浮遊式構造物の免震性については、①鉛直震動に対する免震性がない、②閉鎖水域では長周期水平震動に対する同調点がある、ことが問題であり、これらを考慮してうまく免震性を活用すべきだとしている。

スラミングを受ける船首部の縦強度

Longitudinal Strength of The Fore Body of Ships
Suffering from Slamming

遠藤久芳・田中義照・青木元也・井上 肇・山本善之
昭和63年 5 月
日本造船学会論文集 第 163号

航行中の大型船舶が船首部に激しいスラミングを受けて、No. 1 船倉付近に大きな剪断力とサギングモーメントを生じ、縦強度上の耐力限界を越える場合がある、と考えられる。そこで、このような場合の崩壊課程のメカニズムおよび崩壊強度について、模型実験および理論解析により検討した結果を述べる。

代表的な 3 種の貨物船を想定実船として、その No. 1 船倉付近を取り上げ、縮尺 1/6~1/8 の相似模型 3 体 (B: 撤積船, O: 鉱石専用船, C: コンテナ船) を作製し崩壊実験に供した。崩壊のメカニズムに関して以下に述べる特徴が見られた。総ての模型は先ず船側外板が剪断により降伏し、この降伏域の広がりと共に、縦曲げによる上甲板の圧縮応力が急増した。最終的には上甲板の座屈により断面崩壊に至った。ただし C 模型のように V 型断面形状で上甲板や船底外板の面積が小さい場合には、上甲板が座屈崩壊する前に断面崩壊が生じた。

以上の崩壊のメカニズムを説明しうる解析法を開発した。本解析法は船側降伏後船側中央部に剪断核が発生し、この剪断核の領域が船側の上下方向に進展すると仮定して梁理論を拡張したものである。この解析法による計算結果は、実験により確認された崩壊のメカニズムおよび最終強度と良い対応を示すことが検証された。

相対的に大きな剪断力を受ける船首部の崩壊強度の特性に関して以下の結論が得られた。

1. 船側が剪断により降伏し始める荷重を越えてから最終崩壊するまでの強度余裕は小さい。
2. 船側が剪断により降伏した後、上甲板の圧縮応力が急増するために上甲板の座屈崩壊が早まる結果、断面の最大抵抗曲げモーメントが大きく低下する。
3. B, O 模型のような U 型断面を有する船首部は、船側降伏の直後に上甲板が座屈して断面崩壊に至るが、C 模型のような V 型断面では、船側降伏と船底の降伏がほぼ同時に生じて断面崩壊に至ることが分かった。

〈材料加工部〉

アルミナ溶射皮膜の細孔構造について

Pore Structure of Plasma-sprayed
Alumina Coatings

千田哲也・天田重康・植松 進・佐藤誠四郎
昭和63年 2 月
日本溶射協会誌 24巻 2号

プラズマ溶射法で形成されるセラミックスの皮膜はそのプロセスにより多くの気孔を含む多孔質構造となる。この多孔質特性は種々の機能を膜に発現させる可能性を有している。しかし、プラズマ溶射法で作られた皮膜の細孔構造についての研究は少なく、あまり明らかにされていない。本研究は皮膜の細孔構造とそれに及ぼす幾つかの溶射条件の影響を明らかにする目的で、プラズマ発生のためのアーク電流値、溶射距離、作動ガスの組成を流量、パウダー粒径をパラメータとして皮膜を形成し、皮膜表面の SEM 観察、断面の光学顕微鏡観察、水銀圧入法によるポロシメータにより細孔構造を評価した。溶射材料はアルミナ粉末 (アルミナ成分 99.6% 以上) で、粒径は 10~44 μ m のものを用い、皮膜厚さは 200~400 μ m を採用した。得られた結果は次のようなものである。

- (1) アルミナ皮膜の気孔は、粒子間に形成される数十 μ m のマクロ気孔と粒子そのものに存在する 1 μ m 以下のマイクロ気孔から成る、いわゆるバイ・モーダル分布となる。
 - (2) マクロ気孔の径は、原粒パウダーの粒径に依存する。
 - (3) アーク電流値について、ある値以下になると気孔率が増加する。これはプラズマジェットを持つエネルギーが低くなり、粉末粒子への加熱が十分に行われなくなり、粉末が十分に溶融しないまま膜になるためと推察される。
 - (4) 作動ガスとしてヘリウムを含む場合にはアルゴンだけの場合に比較してマクロ気孔の割合が減少する。これはガスの持っている電離エネルギー、比熱、ガス粒子間の伝熱、密度の差新に依存していると思われる。
- 金属基板上に形成される膜は、板に衝突する直前に粒子が持っている速度エネルギーと温度に著しく依存する。この二つの因子の影響を分離して把握することが今後の課題であろう。

PN10-200型船用仕切弁のFEMによる
三次元変形・応力解析

Three-Dimensional Deformation and Stress
Analysis of Marine Gate-Valve PN-10-200 by FEM

天田重庚

昭和63年3月

日本機械学会 P-S-C90産業用バルブに関する調
査研究分科会成果報告書

複雑な形状の船用の仕切弁の三次元変形特性と応力解析を基に、フランジの剛性の影響や補強リブの効果について調査を実施した。変形特性のうちで最も重要となる流体の遮断性能は、仕切り弁座の内圧による開口変位によって評価でき、JISの船用仕切弁は他の弁に比較して格段の優れた性能を有する。弁箱の肉厚は、厚い方が必ずしも変形が小さくなるとは限らず、弁箱全体の変形には他の因子の影響の方が大きい。ボンネットフランジの剛性は弁箱のたがはめ効果によって変形を著しく抑制する効果がある。しかし、この効果の定量的な解析は行われていないので、ボンネットフランジの最適形状を見出す問題は今後の課題となる。ボンネットフランジ直下の縦リブは、弁箱胴の変形を約1/2以下に低下させる効果がある。

応力解析では、最大応力がボンネットフランジの長辺側の中心上における外表面に生じ、続いて内表面のコーナー部が大きな値になることが判明した。ボンネットフランジ直下の縦リブは弁箱胴の力を一部ボンネットフランジに伝えるため、ボンネットフランジに生ずる応力値が、最大で約50%増加する。しかし、この現象は局部的なものでフランジ全体にわたってはリブ付きとリブ無しの両者の差は小さい。

仕切弁の設計の際には、発生する応力がある許容限度以下に抑えなければならない。そのうえで、流体のもれが生じないような構造が要求される。これら必要条件を満たす最適形状を見出すことが可能な設計法の開発が、今後の研究の重要な課題である。

船用仕切弁の三次元応力解析
(第1報：弁箱の変形)

Three-Dimensional Stress Analysis
of Marine Gate Valves

(Part1: Deformation of Valve Bodies)

天田重庚・前橋正男・山倉康隆・菊地正晃

昭和63年4月

日本船舶機関学会誌 第23巻4号

機械要素の国際標準化 (ISO) が進みつつあり、JIS-Fの船用弁規格も国際規格を導入し、新しくISO型船用弁規格を制定する必要にせまられた。このため、日本船舶標準協会を中心に実験や設計書が作成された。設計書に基づいた理論変形値と実測値の間に局部的に著しい差が生ずることが判明した。この原因を解明すると共に、国際規格化の参考にするため、三次元変形解析を実施した。複雑な形状を有する仕切弁の変形特性を明らかにし、次のような結果を得た。

- (1) ボンネットフランジの剛性の増加は弁箱胴の内圧によるたがり変形を“たがはめ効果”により抑制するのに著しい効果がある。ただし、剛性が大き過ぎると弁箱の長辺と短辺の側壁に加わる圧力の合力差によって剛体回転が生じ、長辺側の変形が助長される傾向が見られる。
- (2) 仕切り弁の弁座の内圧に開口変位が流体の遮断性能を評価するうえで重要となる。船用仕切弁は市販の他の産業用仕切弁と比較して、格段の優れた遮断性能を示す。
- (3) ボンネットフランジと管フランジを連結する縦リブは弁箱胴に作用する力を両フランジに分散させる役目をする。その結果、縦リブがある場合には無しの場合と比較して10%程ボンネットフランジの変形が大きくなるが、弁箱胴の変形は約1/2に減少する。従って、縦リブは船用仕切弁の最適設計には主要な要素となる。
- (4) 管フランジに円周上にリブを配置することで、フランジのたがり変形を小さくすることができる。

以上の変形特性を基に、船用仕切弁の最適設計のアルゴリズム開発することによって、合理的な弁の形状を見出すことが重要であろう。

セラミックス円環の非定常熱応力
Transient Thermal Stress Analysis of
Circular Ceramic Rings

天田重庚

昭和63年4月

日本機械学会論文集, A編第54巻 500号

セラミックスは熱機関の高効率化と高信頼性化の実現のための最も有望な材料と見なされている。構造用ファインセラミックスは、その機械的・熱的特性が金属とは著しく異なるため、熱機関に適用された場合、セラミックスの熱応力挙動は金属のそれと著しく異なることが予想される。アルミナ、窒化珪素、炭化珪素、ジルコニアが熱機関に適用される場合についての基礎資料を得るため、環状のセラミックス板が内周と外周にて周囲媒体より熱伝達加熱を受ける場合の熱応力を解析する。特に、セラミックスの物性値と熱応力の関係を検討する。

円環の外径 $b = 10\text{cm}$ 、内径 5 cm 、周囲媒体の温度 $500\text{ }^\circ\text{C}$ の場合、Bi 数 (Biot: $Bi = bh/\lambda$, λ は熱伝導率, h は周囲媒体からの熱伝導率) を種々に変えて、温度分布と熱応力分布の時間変動を計算した。

熱伝導率の小さなセラミックスほど急激な温度こう配を生ずる。それ故、ジルコニア>アルミナ>窒化珪素>炭化珪素の順序で温度こう配の値が大きくなる。一方、同一温度場にて生ずる熱応力は“線膨張率×ヤング率”の値が大きなセラミックスほど高い値になる。これより、アルミナ>ジルコニア>炭化珪素>窒化珪素の順で大きな熱応力を生ずる。この二種類の特性により、ジルコニアとアルミナは他のセラミックスに比較して大きな非定常熱応力を生ずる。熱伝達率 h の値を変えて熱応力を計算すると、 $h < 2.5 \times 10^3 \text{ W/m}^2\text{K}$ においてジルコニアの熱応力はアルミナよりも大きい。が、 h が大きくなると線膨張率とヤング率の影響で両者の関係は逆転することが判明した。従って、与えられた温度場にて最も小さな熱応力を生ずるセラミックス材料の選択も、セラミックスの応用化の面で重要な因子となる。

On Pore Structure of Plasma-Sprayed Films

プラズマ溶射皮膜の細孔構造

植松 進・天田重庚・千田哲也・佐藤誠四郎

昭和63年5月

国際溶射会議講演論文集

溶射のパラメータの中から代表的ないくつかを選び、これらと気孔率の関係を調べた。また、プラズマ中を通して加熱、加速された粒子が基板に衝突後の変形過程で、基板との熱伝達により材料の粘性が変化する冷却過程に注目し、このような基板上の熱的条件が皮膜の細孔構造に及ぼす影響について調べた。

実験に用いたプラズマ溶射装置は出力 40kw のものである。基板は回転する六角柱ローター面上に固定され、溶射ガンを回転軸方向にトラバースすることにより均一な皮膜を得ている。基板の冷却速度は、裏側から圧縮空気を吹き付けることにより変化させた。一般に溶射皮膜の気孔率を求めるとき、皮膜断面を研磨して顕微鏡で観察し、画像処理の手法で求められることが多いが、研磨中に皮膜の一部が欠落したり、微小気孔が埋まってしまうといった問題が生ずる。これを避けるため、皮膜中の細孔構造は、水銀注入方式のポロシメータにより測定したものと皮膜表面を走査電子顕微鏡 (SEM) による直接観察することにより調べた。また、溶射皮膜の付着強度はプラストエロージョン試験により調べた。

実験の結果、溶射皮膜の厚さを増加させると、皮膜内または皮膜と基板間で剥離が生じ易くなるが、基板の冷却をコントロールすることによりこれらの剥離を防ぐことができた。また、水銀ポロシメータ法で測定した溶射皮膜の細孔構造は、いわゆるバイ・モーダル分布となっており、全気孔量に対する $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の微小気孔の割合はかなり多いものであった。SEMによる観察結果から基板を良く冷却した方の皮膜では、微小気孔の直径に相当する $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の微小割れが多く存在することがわかった。したがって、この微小割れが生じることにより皮膜の内部応力を緩和され、皮膜積層間や皮膜-基板間の剥離が防止されるものと思われる。

船用ディーゼル機関の摩耗金属分析
(第4報 異常摩耗)

Analysis of Wear Metals of Marine Diesel Engine
(The Fourth Report: Abnormal Wear)

山岸 進・加藤 寛・村山雄二郎・千葉 広
昭和63年5月

日本船用機関学会 第42回学術講演会

機関摩耗状態を感度よくモニタする事ができれば、未然に重大な損傷を避ける事が可能となり、メンテナンス時期の適性化に役立つ。このため実船試料を使って機関摩耗量をモニタする研究を1982年に始め、これまでに分析方法、初期摩耗期間、燃料特性等について発表してきた。本報ではその後得られた異常摩耗等の知見を述べた。

第1船は竣工からこれまで約25000hrs、第2船は就航後8950hrから、これまで約38000hrs経過している。長期間にわたって濃度を比較するため、サンプル1個を残しておき、次回同一条件で分析して補正を行った。

実際の機関摩耗は多くの因子が複雑に関連した結果生ずる現象で、相互関係を整理されたより少数因子で表現することができれば、現象の解明が進み的確な対策を立てることができる。このため、得られた摩耗金属濃度と関連項目を統計的に多変量解析する方法を提案し分析を続けている。

今回明らかになった主な事は次のようである。

- (1) Fe濃度履歴に見られるピーク値は大別して、異常、清掃、平常の3種類に分類され、異常摩耗は他と明確に区別できることが分かった。追跡した結果、この異常濃度が時間経過とともに平常値に回復する場合が認められた。
- (2) 潤滑油注油量による希釈効果をはっきりと認められる定常状態とこの傾向が認められない状態(起動時)がある。
- (3) 安定期の機関摩耗にとって燃料が直留残さ系かどうかに関連が深いと推定される。

可搬型ライダーによる船舶排煙の観測

Monitoring Ship's Plumes by Transportable Lidar

山岸 進・山之内 博・後藤英一・島 毅
昭和63年5月

第12回レーザーセンシングシンポジウム

港湾沿岸域における船舶排煙による大気汚染物質の移流拡散状況を詳細に遠隔測定することを目的として製作したモニター用ライダーを使って、東京湾で排煙及びエアロゾル観測をおこなった。本装置は比較的近距离を日中観測することを目標にしており、送信部、受信部、検出部を架台に、また架台内部に制御信号処理部(CAMAC)を組み込んだレーザーダ本体とNd:YAGレーザー部、操作部、制御信号処理部(パソコン)から成り、現場である程度のデータ処理を行い画像表示できる。これらの構成部品は、コンテナに収納した可搬型で、監視はTVとIRモニターで行う。約2~3km離れた船からの排出粒子についてone shotでも十分なSNRで観測できることが確認されたが、更に長距離で薄い煙を観測するために、感度を上げると近距离の強いエコー信号でPMT(R1333)にテイリングが生ずる。このためシステムの感度を上げるに際して、一定時間PMT高圧をカット(-300V)するゲート操作を行い、飽和の影響を除いた。

東京湾入口浦賀水道を見通せる地点にライダーを設置して、海岸から2kmの水道を航行する船舶の排煙を観測し画像表示した。また実験船を使った粉体拡散実験を行い、排出された粒子群が移流拡散して行く状況を詳細に捉え、船舶からの排煙拡散の初期状態が明らかになった。

船舶からの排煙あるいは汚染物質が海上を移流拡散する場合、ミスト、海塩粒子によって物理化学的影響を受けるため海上エアロゾルデータが是非とも必要となる。このため海上エアロゾルを水平方向で観測して基礎データを求めた。消散係数を求めるにあたり、Highly turbidの条件を仮定した式を用い、初期値はslope法によって推定した。これにより海上エアロゾルが一様に分布している様子が示された。

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4報: 背圧維持方法の影響)

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

(4th Report: Effects of Methods to Maintain Back Pressure)

山口勝治・山根健次・綾 威雄・浪江貞弘・小野正夫
昭和63年5月

日本船用機関学会 第24回学術講演会

船舶から海中に排出される有害液体物質の量を規制するMARPOL73/78条約付属書IIおよびP&Aには海洋汚染防止の面から、タンクの吸引点近傍およびタンクの関連管系内の荷揚げ後の貨物残留量の要求値が規定されている。B類、C類有害液体物質をばら積み運送する船舶は、その要件に適合するストリップング装置を備え、装置の適合性は水を使用した実船試験により確認することとなった。このための試験方法として、カーゴラインの荷揚げ最終位置にある貨物管マニホールドでの背圧1バールを維持するため、高さ10mの垂直吐出管または定圧弁をマニホールドに装着することが要求されている。この条約は昭和62年4月より施行されており、既に多くのケミカルタンカーのストリップング装置に対して10m垂直吐出管を用いた背圧維持方法による実船水試験が実施されている。しかしこの方法は試験準備等が相当複雑となるため、実船水試験に適し、構造が簡単で、容易に使用可能な定圧弁の開発が必要とされている。

本研究では背圧1.0kg/cm²以上を維持するため、口径4インチおよび6インチの簡易なバネ式定圧弁を試作し、実船規模の装置を用いて定圧弁の性能実験を行った。エアブローを行うための空気タンクの容積、圧力、水平管のトリム等を変えて垂直吐出管10mによる背圧維持方法との、水平管残水率に関する等価性を調べた。

その結果、試作定圧弁は10m垂直吐出管と同等な機能を有していること、水平管の初期水量が少ない場合より、初期満水の条件でエアブローを行った方が残水量は多くなること、水平管が初期満水でない状態でエアブローを行う時には大きな圧力振動を伴うので注意が必要であることが判明した。

以上の結果、試作定圧弁は実用に供しうることが明らかとなった。

タンク内付着残液量と洗浄

Clingage Residues and Washing in Tank

上田浩一

昭和63年5月

日本船用機関学会 第42回学術講演会

ケミカルタンカーが積荷を卸した後のタンク洗浄水、バラスト水等を海洋に投棄すると海洋が汚染されるので、洗浄排水等の濃度は基準濃度以下になるようタンク洗浄することが義務づけられている。この洗浄効果にはタンク内さらえ残量が影響する。さらえ残量は、気温により液体の粘性、付着量が異なるために変化する。そこで年間を通じて実験を行い、粘性の変化と付着による残量を求めるための実験を行った。同時にこの付着状態での洗浄実験を行い、洗浄水量と洗浄排水濃度との関係を把握した。

トリム2°、ヒール2°の模型タンク実験結果から、付着90分後のタンク内付着残量の推定に関して次のような結果が得られた。

液の粘性が1.5m Pa 秒 (低粘性) において

$$Q_{res}(\text{surf}) = 2.5 \times 10^{-5} A_d + 2.1 \times 10^{-5} A_w + 1.9 \times 10^{-5} L^{1/2} A_b$$

$Q_{res}(\text{surf})$: 壁面付着量 (m³), A_d : 下面の面積 (m²), A_w : 側面の面積 (m²), A_b : 上面の面積 (m²), L : タンク長さ (m)

液の粘性が22m Pa 秒 (中粘性) において

$$Q_{res}(\text{surf}) = 1.1 \times 10^{-4} A_d + 2.9 \times 10^{-5} A_w + 3.1 \times 10^{-5} L^{1/2} A_b$$

液の粘性が1300m pa 秒 (高粘性) において

$$Q_{res}(\text{surf}) = 8.5 \times 10^{-4} A_d + 1.1 \times 10^{-4} A_w + 2.3 \times 10^{-4} L^{1/2} A_b$$

となり、IMOの推定式より付着量が少ない結果が得られた。低粘性および中程度の粘性の物質の場合には温度が変わっても粘性の変化が小さいため、気温の付着量への影響は少ないが、高粘性の場合には気温が変わると粘性が大きく変化し、付着量も大きく変化する。

タンク洗浄については、ノズル口径が7 mm φの洗浄機を用いてタンクを洗浄した場合の、初期および後期の洗浄水量と濃度の関係について把握した。さらに洗浄機のノズル口径の細い場合(4 mm φ)についての洗浄効果、細いノズルで高粘性物質を洗浄した場合の洗浄効果について実験的に調べた結果等を述べている。

灯標用波浪発電装置における各種エアタービンの
実海域性能の比較

Comparison of Characteristics of Various Kinds of
Air Turbines for Wave Activated Generators used
at Light Beacons in Consideration of Sea Wave

勝原光治郎・北村文俊

昭和63年5月

日本舶用機関学会 第24回学術講演会

筆者らは従来エアタービンの挙動を表現する積分型の解析モデルを、規則波に対して適用し水槽実験でその妥当性を確かめている。本報ではこれを実海域の不規則波にまで拡張した。

不規則な空気流の流量出現確率は、正規分布をしていると考えられる。不規則波の水槽実験結果は、標準偏差 $\sigma=0.53$ のそれに対応していることがわかった。規則波と比べると、確率密度関数が全く異なり、タービン効率も異なっている。したがって、実海域の灯標用タービンは不規則波で設計しなければならないと言える。

灯標用波浪発電装置のエアタービンとして、衝動型、ウェルズ型、サボニウス型をとりあげた。

三型式のタービンを比較すると、タービン効率は衝動型、ウェルズ型、サボニウス型の順に大きく、発電機はサボニウス型、衝動型、ウェルズ型の順に重い。必要な出力を出すためのタービン径は、ウェルズ型が一番小さくできる。衝動型は大出力がでるが、タービン径が大きく、サボニウス型は大出力がでない。

したがって、大出力用にはウェルズ型、小型で信頼性の高いものは衝動型、低出力だが頑丈で安価なのはサボニウス型がよい。安価さを優先させるなら、もしサボニウス型で出力が足りなければ小型ウェルズ型を選択するとよい。

タンク洗浄について

Tank Cleaning

上田浩一

昭和63年6月

日本舶用機関学会誌 第23巻6号

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汚水の船外投棄は国際的には「1973年の船舶による汚染防止のための国際条約に関する1978年の議定書」(MARPOL73/78条約)により、国内的には「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律(昭和58年5月改正)」により規制される。有害性の強い物質に対しては洗浄水を連続的に陸上受入施設に排出しながら洗浄作業を行い、その排出洗浄汚水中の物質残存濃度が規定値に低下するまで洗浄を続けること、あるいはそれに相当する主官庁及び条約によって承認された方法で洗浄した後、ある一定の条件下で洗浄水の船外投棄が認められている。それ以外の物質に関しても有害性に応じて洗浄方法が規定されている。そこでタンク洗浄中の使用洗浄水量と洗浄汚水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。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、これらの結果を基に必要洗浄水量を推定した。

現在使用されている洗浄機は使用水量が多く、水溶性のよい物質についてはタンク内は洗浄中にはほぼ均一に混合されていると仮定して計算しても比較的よくあうと考えられ、これに基づいて必要洗浄水量を推定した。難水溶性の物質については温水洗浄等により水溶性の物質に近い状態にして洗浄するか、洗浄水量を多くする必要がある。

〈システム技術部〉

各種貨物船の船型要素と波浪中動揺性能

Shipform Characteristic and Motion Responses in Seaway of Various Cargo Ships

奥住恵子・井上義行・日笠則明・板津さち子・林 哲也

昭和62年11月

関西造船協会 昭和62年度 秋季連合大会

船舶の初期設計段階において、動揺性能を知ることが重要であり、個々の船舶に対する詳細計算を行う以前に、包括的な動揺特性の予測が必要となる。そこで、現存している代表的な貨物船（多目的貨物船、ばら積み貨物船、自動車専用運搬船、コンテナ船）を多数調査し、船型要素間の関係式を導きそれぞれの船型の特徴を見いだした。そして、船種ごとの平均的な船型に対して波浪中の動揺特性の予測計算を行った。

各船種の船型の特徴は、以下のようにまとめられる。

多目的貨物船は大型になるに従って細長船型となり、方形係数が大きくなり、フルード数が下がる。

ばら積み貨物船は大きさが変わっても主要寸法比の変化が小さい。メタセンタ高さは4船種中最も高く、大型船ほど高くなっている。

自動車専用運搬船は大型になるに従って深さが増大し、方形係数が小さくなる。また、大型船ほどフルード数が下がり、メタセンタ高さは低くなる。

コンテナ船は、幅がパナマ運河の寸法で制限されるため、大型になると長さ、深さに比べ相対的に幅の減少が目につく。また、4船種のうちこの船種だけが大型になるに従ってフルード数が上がる。メタセンタ高さは4船種中最も低く、大型船ほど低くなっている。

波浪中動揺性能の計算は、ストリップ法（OSM）を用いて周波数応答関数を求め、ISSC（1964年）の推奨する標準波スペクトルで、 \cos^2 の方向分布を有する短波頂不規則波中における短期予測を行った。その結果を、各動揺（上下、左右、前後、横、縦、船首揺れ）ごと、加速度（上下、左右、前後方向）ごとに船の長さベースでグラフ表示した。これらより、大型船になるに従って、動揺及び加速度は小さくなることがわかった。特に、縦揺れと船首揺れは船種による差がほとんど見られず、船の長さからほぼ一義的に最大揺れ角が予測できる。さらに、加速度についてはIACS（1980年）の指針による予測結果との比較も行った。

マン・マシン・システムにおける

ヒューマン・ファクター

Human Factors in Man-Machine Systems

村山雄二郎

昭和63年1月

計測自動制御学会「システムの高信頼化と診断技術」

マン・マシン系の信頼性を評価・向上させるためには、人間の信頼性の分析・評価が重要であるが、それらに影響を及ぼす諸要因、特に心理的な要因の把握は難しい。ここでは作業の信頼性に与える心理的な要因の影響について行った実験的な研究を紹介している。

実験の結果、マン・マシン系における人間要素の並列システムは、要素間の干渉によっておこる緊張・弛緩のために、判断・操作の信頼性の向上・低下がみられ、システムの信頼性に於ける要素の並列冗長の理論は適用できないことがわかった。緊張・弛緩は、パートナーとの競争/依存、監督の強化/放任、パートナーの無視/理解、パートナーの強さ/弱さが影響する。

1人のオペレーターが2つの作業を同時に処理する実験においては、人間の信頼性はより困難な仕事を課せられたときに、却って向上することが観測されている。これは困難な作業による心理的緊張が人間の能力を向上させるためと推測される。また、2作業への能力配分のルールも得られた。

上記の実験結果を踏まえて、寺野らは人間の信頼性に影響する数多くの因子から、作業負荷、作業能力、多作業時の能力配分、心理的ストレスの4種類に因子をしばって、実験結果を説明できる人間信頼性のモデルの構築を行っている。

人間の行動・動作のように複雑であまいな対象をモデル化するために、構造モデルが提案され、次いで負荷-信頼性の関係をファジィ集合を用いて表現し、そのメンバーシップ関数を実験によって同定し、多人数-多作業のシステム信頼性の評価に利用して、モデルの有効性を確認している。

同モデルは、従来の確率モデルやその他の工学モデルと容易に組み合わせることができるので、従来の重要な研究課題であるマン・マシン・システムの信頼性の分析や評価に役立つと考える。

〈原子力技術部〉

GO-FLOW手法による信頼性解析(6)

—フェーズド・ミッションのサンプル問題とその解析—
Reliability Analysis by the GO-FLOW Methodology (6)
—Sample Problem for Phased Mission Analysis—

松岡 猛・小林道幸

昭和63年4月

日本原子力学会

GO-FLOW手法によるフェーズド・ミッション問題の厳密な解析方法については既に原子力学会の講演会において報告したが、その時の解析対象は、BWR ECCS系で、フェーズ2における故障確率値が他のフェーズに比較して卓越しており、フェーズド・ミッションの解析方法を比較するための問題例としては必ずしも適当とは言えなかった。そこで、本報告において、新たにフェーズド・ミッションのサンプル問題を提示し、GO-FLOW手法及び他の手法により解析を実施し比較検討した。

今回提示したサンプル問題は、BWR ECCS系を参考とし、各フェーズ間の相互作用が顕著となる様、系統、機器、各フェーズにおいて要求される動作を、BWR ECCS系から変更して作成した。各フェーズの継続時間は、BWR ECCS系の場合と同一とし、それぞれ0～0.5時間、0.5～36.5時間、36.5～120.5時間とした。

解析は、GO-FLOW手法及びフォールト・ツリー解析による $\bar{\rho}_{PRF-CC}$ 、 $\bar{\rho}_{PLB-CC}$ 、 $\bar{\rho}_{PRF}$ 、 $\bar{\rho}_{PLB}$ 法により実施した。各機器の故障確率の値は、各フェーズからの寄与が同等となる様に割り当てた。

解析の結果、厳密解とGO-FLOW手法による値とはほとんど一致していた。厳密解から最も離れた値を示したのは $\bar{\rho}_{PLB}$ 法であり、 $\bar{\rho}_{PRF}$ 法は $\bar{\rho}_{PLB}$ 法より多少良い結果を与えた。 $\bar{\rho}_{PRF-CC}$ 、 $\bar{\rho}_{PLB-CC}$ 法では $\bar{\rho}_{PRF}$ 法とGO-FLOW手法との間でGO-FLOW手法に近い値が得られた。

各フェーズ間の相互作用が顕著な場合はフェーズド・ミッション問題を厳密に解く必要があり、GO-FLOW手法により精度良く解析できる事が示された。

〈氷海技術部〉

腐食と船体の安全性について

Corrosion and Safety of a Ship
—Survey Report of a Long Life Ship—

在田正義・井上 肇・藤井英輔・小林卓也

昭和62年11月

西部造船会会報 75号

船齢56年の銑接船A丸(L×B×D×d=97.00×12.97×7.85×6.15m, 2344.64 総トン)について、各種の調査を行い、その結果に基づいてA丸の堪航性を検討した。

調査した項目は、1)履歴(航海歴及び修理歴)、2)船体中央断面を中心とした船殻の衰耗量、3)船体の全体変形及び隔壁、甲板等の局部変形、4)銑頭の衰耗状態、5)衰耗量が多いとして更新した板(旧鋼板)の衰耗量、化学成分、各種強度(静・動引張試験、靱性試験、疲試験)、である。

これらの調査から、次のことがわかった。

- 1) 空孔が生じる程の著しい衰耗を示した箇所が相当数あるにもかかわらず、中央部断面での平均衰耗率は、5%程度とかなり低い値であった。
- 2) 平均衰耗率と空孔面積との関係を調べるため、空孔のある板の板厚を詳細に調べ、これに基づいて平均衰耗率が5%程度であっても、空孔率は面積比で1%程度となる万能性のあることがわかった。
- 3) 船体の全体変形が生じているが、これは外板の更新が左右アンバランスに行なわれ、しかも従来銑接であった外板と筋骨及び甲板との接合を溶接としたことと関係していると考えられる。
- 4) 旧鋼板の化学成分では、Sの含有量が現行鋼に比し著しく高い。これは、溶接によりサルファクラックが生じる可能性の高い事を示す。
- 5) 旧鋼板の静的強度は十分高い。しかし常温の引張で脆性破壊する鋼板もあった。また、シャルピー値(吸収エネルギー、遷移温度等)は現行鋼に比し桁はずれに劣っており、破壊靱性は著しく低い。また、腐食により疲労強度が相当に低下している。これは板厚減少と、表面の凹凸による。

こうした結果から、A船は通称の航海においても堪航性に問題があるばかりか、海難(衝突、座礁等)時の安全上の余裕(沈没までの時間が目安)が相当に低下しており問題であるとの結論に達した。

About Some Parameters Influencing on Ice Tolerance of Coating Film for Arctic Use

氷海用塗膜の耐水性能に及ぼす各種
パラメーターの影響

在田正義・高島逸雄・前田利男・田村兼吉

昭和63年2月

ASME, OMAE 第7回会議プロシーディング

氷海域で使用される海洋構造物に施こされる塗膜は、水による衝撃や磨耗に対し十分な強度（耐水性能）を保持する必要がある。そして現在、ウレタン系及びエポキシ系の塗料が、氷海用として製品化されている。しかし、これまでの塗膜に対する耐水性能は、一様な表面をもつ平面又は円筒に塗膜を施した場合に対し実験的に調べられており、砕氷船に施こされた塗膜が数次の氷海航海後に発生するあばた状の欠陥を再現するには難点があった。

そこで今回、塗膜面の氷による一様な磨耗ではなく、あばた状欠陥の発生を模擬する試験法を考案し、氷海用塗膜の耐水性能を実際の使用に近い状態での試験により評価することとした。

使用した試験片は、対辺間の距離が800mmの八角形鋼板上に溶接ビードを置き（ビードオンプレート）、その上にウレタン系の氷海用塗料（製品名、ゼブロン）を施したものである。試験片を水平に回転する試験機上に置き回転させ、中心からの距離の異なる2ヶ所で水柱を上方より塗膜面に押し付けた。中心からの距離により、氷と塗膜面の相対速度が変わることになる。一定時間毎に試験を中止し、表面の磨耗及び欠陥の発生程度を調べた。また、欠陥と表面状態、氷による塗膜への圧力や摩擦力についても調べた。

得られた結論は、次の通りである。

- 1) 鋼板面に溶接ビードのような凹凸があると、塗膜面は容易にあばた状の欠陥を生ずる。実構造の場合、こうした凹凸は、塗装施工前に除去することにより、氷海塗膜の寿命を相当長くすることが出来ると予想される。
- 2) スプレー塗りに比し手塗りは、塗膜面の粗さ及びびうねりを増大させ、水による塗膜面への圧力及び摩擦力を増大させる。これは、磨耗を早め、あばた状欠陥に進展する可能性を強めることになる。
- 3) 本試験法により、氷海塗膜の耐水性能を、より実際の使用時の性能に近い状態で評価出来る。

<大阪支所>

冷水と蒸気の直接接触時の熱伝達率の評価 Evaluation of Heat Transfer Coefficient at Direct-Contact Condensation of Steam with Subcooled Water

綾 威雄・成合英樹

昭和63年6月

第25回 日本伝熱シンポジウム

蒸気と冷水が直接接触して凝縮を生ずる現象は多くの工業プラントで見られる。筆者らは、軽水冷却型原子炉の冷却材喪失事故時の現象解明のためいくつかの模擬実験と解析を行ってきた。そこでは、強い非定常伝熱が生じているため、熱伝達率の評価は容易でなく、解析上はインプットパラメータとして逆に実験に合うように定めてきた。実炉の解析コードでも多くはインプットパラメータとなっており、現象を保守的に評価するように与えるのが普通である。本報は、これまで筆者らが行ってきた研究を凝縮熱伝達率の観点から検討したものである。

蒸気と冷水の直接接触時の伝熱を支配する熱抵抗は一般に蒸気側と水側に生ずる。蒸気側の熱伝達率は界面熱伝達率と呼ばれ、気体運動論より求められる。この値は大気圧の水に対して $7.9 \times 10^6 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ となる。水側に温度境界層が形成される前の凝縮速度はこの値で支配されるが、水側の温度境界層は急速に発達するので、ほとんどの場合、水側の熱抵抗を考えればよい。

水中の蒸気凝縮として沸騰水型炉の冷却材喪失事故時に圧力抑制室内で生じるチャギングと凝縮振動を取り上げた。温度境界層の発達と消滅が繰り返されるチャギングでは、瞬間的な熱伝達率は最大 $2.26 \text{ MW} / (\text{m}^2 \text{ K})$ に達するのにに対し、1サイクル中の平均熱伝達率はその5～6分の1程度となった。熱伝達率が比較的安定している凝縮振動時の値は、従来の研究結果も考慮し検討した結果 $10^5 \sim 10^6 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ になることが分かった。

蒸気流中への冷水注入時の凝縮は、注水ジェット部と水平層状流部分で行われ、それぞれの熱伝達率は $2.8 \times 10^5 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ 及び $1.1 \times 10^4 \sim 5.5 \times 10^4 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ となった。

蒸気空間へ注水した際の熱伝達率を注水直後に現れる圧力のアンダーシュートから評価したところ、約 $7.8 \times 10^4 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ という値を得た。