

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈構造強度部〉

### FRP積層板の静的および衝撃引張特性

#### Static and Impact Tensile Mechanical Properties of FRP Laminates

小林佑規、田中義久

平成6年9月

FRP漁船 平成6年10月号 第172号

### A Study on Buffer Equipments for use as Protection against Ship Collision

船舶衝突防護用緩衝工に関する研究

有田喜久雄

平成6年10月

Proceedings of Techno-Ocean'94, October (1994)

強化プラスチック (FRP) 船は、船体の主要構造部材にガラス繊維強化プラスチック (GFRP) を用い、今日まで、高速化と大型化が計られてきた。これらの傾向は今後とも続くといわれている。FRP船の高速化では、海上浮遊物体と船体との衝突が想定され、FRPの衝撃強度、ひいては船体の衝突強度に対する安全性の検討が必要である。

FRPの静的強度試験には、多くの実績がある。しかし、衝撃強度試験については十分検討されているとはいいがたい。一般に、船体外板への衝突負荷は面外曲げ荷重が多いので、FRP積層板の衝撃引張・圧縮・曲げの順に実験的検討を進めている。

本稿では、FRP積層板の静的引張特性と衝撃引張特性について示した。結論的内容は以下のとおりである。

(1) 静的引張試験では、弾性係数はほぼ推定できるが、強度は計算値と実験値が一致するとはいいがたかった。この要因は、強度計算に使用した繊維の強度が適切でなかったためと思われる。すなわち、織物に加工した繊維強度の評価法と積層板の実用的な強度算定法の確立が今後の課題である。

(2) 衝撃引張試験からは、強度が歪速度に依存することが実験的に明らかになった。特に、強度の歪速度依存性は、樹脂のそれに依存するところが大きい。最大強度が得られる歪速度を限界歪速度とすると、その値は、強化材、織物組織、積層構成または樹脂によって異なるため、耐衝撃抵抗性の評価基準となり得ると考えている。なお、高速引張で積層板の破壊強度が低下するのは、繊維交錯点の切欠き感受性が高まり、マトリックス樹脂が脆性破壊することにある。したがって、ローピングクロスのみ積層板は繊維交錯点が多いため高い切欠き感受性を示す。マットとローピングクロスMR構成の積層板は、マット層が切欠き感受性を低下させ、層間剥離抵抗および耐衝撃性が改善される。

日本近海においては、最近いくつかの長大橋が建設されている。これらの橋の橋脚のなかには、船舶交通量の多い海域に建設され、あるいは建設することが避けられない場合がある。この場合、船舶の衝突事故にそなえ、船舶と橋脚との衝突時の損傷を軽減するために工夫された構造物すなわち緩衝工を橋脚に取り付けることが必要とされている。そして、橋脚が設置される海域の船舶の運動エネルギー分布、橋脚の形状等に見合った有効な緩衝工の開発が切望されている。本論文は、長大橋の橋脚によくみられる円形の橋脚を対象とした緩衝工の吸収エネルギー特性について実験結果を述べ、実際の設計における緩衝工の大きさの決め方について検討したものである。

実験においては、従来の形式の鋼板を格子状に組み立てた格子型緩衝工と、新しく考案した円筒連絡型緩衝工とを比較した。新形式の緩衝工は、外周板と内周板との間に円筒を連結して挟み込んだ構造のものである。この緩衝工は吸収エネルギーが大きく、反力が変形に対して滑らかに上昇し、反力の急上昇を避けることができるなどの特性があり、緩衝性能の点で優れていることがわかった。

次に、実際の緩衝工の設計のために、確率的な考えに基づいた緩衝工の大きさの決め方を提示した。それは、緩衝工が設置される海域における船舶の運動エネルギー分布から、船舶の緩衝工への突入量の確率密度曲線、累積分布曲線を求め、橋脚毎に比較する手法である。具体的な例として、現在建設中の本州四国連絡橋明石海峡大橋および来島大橋の主要な橋脚について、想定される緩衝工の規模を比較した。その結果、両者の緩衝工の規模は同じ程度のものが必要であることがわかった。

## 〈機関動力部〉

## 船用機関の監視データに基づく故障診断・故障予測

Failure Diagnosis and Prediction of Marine Engine  
Based upon Monitoring Data

沼野 正義、石村恵以子

平成5年10月

船用機関学会

第52回学術講演会講演予稿集

船舶運航における省人化が進められており、これにともなって機関部も少人数化、非専門家化が避けられなくなっている。

従来、船用機関は高信頼性を要求される一方、万が一の故障には、洋上での保全作業が必要とされていた。少人数化、非専門家化に対応するためには、さらに、故障予測に基づく予防保全を実施して、洋上での保全作業を極力減少させることが重要である。

このためには、機関の特定の部位の状態を監視することによって異常を検出して、故障診断・予測を行う従来の手法と異なり、船用機関を、これを構成する要素と各要素の状態を表現するいくつかの状態量でモデル化し、運転経過に従って劣化していく状況を、各状態量間の関係を定義することで表現した「故障モデル」を用いた故障診断・予測手法が有効である。

船用機関を構成する次のような要素、

- ・機械的な部品、
- ・燃料、潤滑油、冷却水および給気等の流体
- ・運転計画等のソフトウェア

を定義し、要素間の関係を定義することによって、故障診断・予測に対応するモデル化を行う。このモデルを用いた過去、から未来へのシミュレーションによって、故障診断・予測を行う。

保全性の高度化のためには、設計、製造、運用を総合し、陸上等の外部支援システムをも含めた総合的な保全システムの構築が必要であり、その核となる故障モデルや保全も含めた運転履歴データベース、さらには、故障診断・予測をもとに保全の必要性の判定条件を明らかにすることが重要である。

干渉CTによる火炎温度空間分布計測  
(デュアルプレート・フーリエ変換法の提案)Interferometric Tomography Measurement  
of Three-Dimensional Temperature Fields in Burner Flame  
(Proposition of Dual Plate Fourier Transform Method)

佐藤誠四郎

平成6年6月

日本機械学会、RC-109燃焼のレーザ計測と数値解析の  
総合化に関する研究分科会成果報告書

近年、エンジンや燃焼機器の性能向上、環境や資源問題の顕在化にともない、より高度な現象の理解と高性能機器の開発のため、高精度で信頼性の高い多次元計測法が要求されている。本研究では燃焼温度の空間分布を測定するため、デュアルプレートフーリエ変換干渉法とCT（コンピュータ断層撮影法）を組合わせた法を提案し、バーナ火炎の三次元温度分布の測定に適用したものである。

CTの適用には多くの干渉縞の処理が必要なため、これまで、干渉縞のデータ処理の自動化と精度向上を目的としてフーリエ変換干渉法を適用し、自動化の可能性と干渉CTへの適用性を明らかにしている。しかしフーリエ変換法の適用には、キャリア周波数を求める必要があること、またキャリア周波数をフーリエ変換の基本周波数の整数倍にしなければならないなど、データ処理の手間は従来の干渉法と同等もしくはそれ以上であり、また求める値に初期位相という未知の量加わり相対値となる問題があった。

このため本研究では、フーリエ変換法を適用する際、これらのキャリア周波数と基本周波数との関係などを全く考慮する必要のないデュアルプレートフーリエ変換法を提案したものである。デュアルプレート法では、2枚の干渉写真を用い、フーリエ変換法で誤差が生ずる場合でも、同じ場所のデータを用いることにより、それぞれに加わる誤差や未知の量が全く同じになることから、これら2つの値を差し引くことにより、誤差が零になり絶対値が求められる。

干渉CTの特徴と他のX線、赤外線CTなどとの比較、デュアルプレート法の原理とシミュレーションによる有効性、変調した像とキャリアのみの像の撮影方法、および本手法を用いてバーナ火炎の温度を測定した結果について述べている。

故障モデルを利用した船用機関の故障予測と  
保全システムの高度化

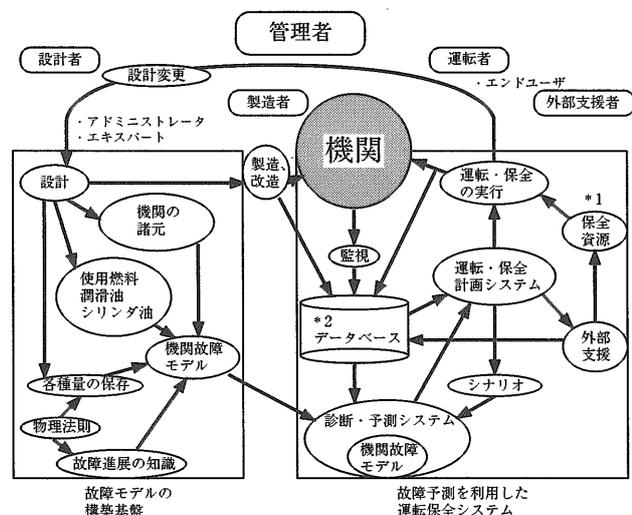
Concept of Advanced Marine Engine Maintenance System  
with Failure Prediction Based on Components Modeling  
Capable of Representing Failure Cause and Its Propagation

沼野 正義、石村恵以子  
平成6年10月  
日本船用機関学会誌

現在、船用機関では省人化、非専門家化が進行しており、航海中の船用機関でのトラブルへの対応が困難となってきている。このため、航海中での保全作業を最小限にとどめ、機関部員の負担を軽減することが求められている。著者らは、これらの事に対応するために、航海中の保全軽減・支援が行なえる高度な保全システムのプロトタイプを構築した。

このシステムは、図1に示すように、あいまい性を含んだ船用機関の故障に関する知識を基にした船用機関の故障予測モデルを核としたものであり、陸上で船用機関の故障予測を行ない、その結果を基に陸上で保全作業を実施することにより、航海中での保全作業軽減・支援が行なえるものである。

あいまい性を含んだ知識を故障モデルに取り込むためには、これを構築するアドミニストレーターおよびエキスパート、運用を行うエンドユーザーに対して適切なユーザーインターフェイスが必要である。蓄積された監視、ならびに保全データは、機関固有のデータベースとして保全に役立つとともに、これらを集約することによって、一般的な機関の保全データベースとなり得る。



\*1 保全資源とは、人員、機器、予備品のこと  
\*2 データベースは、設計・製造、運転、保全の履歴、将来の運転計画とこれに基づいた予測値、資源データのこと  
→ 情報、作業および物の流れを示す

図1 高度な保全システムのプロトタイプ

タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究 (第3報)

Internal Reheat Gas Turbine with Hydrogen Combustion  
(3rd Report)

平岡克英、菅 進、熊倉孝尚、井亀 優、  
春海一佳、城田英之、森下輝夫  
平成6年11月  
日本ガスタービン学会  
第9回ガスタービン秋季講演会講演論文集

作動流体がタービン内で加熱されながら膨張するガスタービンを、タービン内再熱ガスタービンと名づけている。加熱の方法は、ノズル翼の冷却に使用した水素を翼後縁から吹き出し、翼後流中で燃焼させて主流ガスを加熱する。このタービン内再熱方法は多段再熱を可能にし、究極的には等温膨張タービンとしてエリクソンサイクルの膨張過程を実現できる。また、再熱により比出力が増大すると同時に、再生サイクルやコンバインドサイクルを採用することにより熱効率も著しく改善される。

タービン内再熱の概念を実証するために単段の試験用タービンを製作し、その実証試験を実施している。既報までは設計回転数20,000rpmにおいて試験を実施した。その結果、試験タービン内において水素の着火と燃焼が可能であるが、再熱用水素の燃焼効率率は、83~96%程度と予想より低かった。

本報では水素燃焼効率の改善についての検討結果と試験タービンの回転数を変化させて試験運転した結果について述べた。

再熱用水素燃焼効率率は、ノズル翼上流の隙間を塞ぎそこからの低温空気の流入を防止したこととタービン入口温度を966℃と従来より約20℃上昇したことにより最高で100%まで改善された。

タービン回転数を変化させた試験において、主空気流量2.6kg/sの場合、非再熱時の最大比出力が得られるのは18,000rpm付近であるが、再熱時には約5%高い19,000rpm付近に上昇した。再熱による最大比出力は非再熱時のそれより約4%増加した。主空気流量2.3kg/sの場合、非再熱時の最大比出力が得られるのは16,500rpm付近であるが、再熱時には約5%高い17,500rpm付近に上昇した。再熱による最大比出力は非再熱時のそれより約4%増加した。

水素再熱によってNOxの総量は変わらないがNOx中にしめるNOの比率が低下し、NO/NOx比は残存水素濃度と明瞭な相関関係があることを示した。

干渉・CTによる火炎温度分布測定  
(位相シフトモアレ法の適用)

Interferometric Tomography Measurement of  
Flame Temperature Distributions  
(Application of Phase-shifting Moire Method)

佐藤誠四郎、熊倉孝尚

平成6年11月

日本燃焼学会

第32回燃焼シンポジウム前刷集

干渉・CT法は、燃焼のような非定常現象について、瞬時に空間的な温度分布の測定が可能な数少ない方法の一つである。筆者らはこれまで、干渉CTによる火炎の空間的な温度分布を測定し、その有効性を明らかにしている。しかしCT適用には多方向からの干渉像を用いるため、多くの干渉縞のデータ処理が必要であり、従来の干渉法による干渉縞の測定には計算機などによる完全な自動化が困難である。このためフーリエ変換法や、位相同期検出法を適用し、測定精度の向上と一部データ処理の自動化を試みているが、絶対値を測定するには2つの干渉像を必要とするなど必ずしも実験や手間の軽減になっていない。

本報告では干渉縞の測定精度向上とデータ処理の簡略化のため、1方向につき複数の干渉像を必要としない位相シフトモアレ法を適用し、バーナ火炎温度の空間分布の測定を行なった。位相シフトモアレ法は原理的にノイズなどに影響され難い干渉縞の測定法であること、干渉縞の抽出に用いるデジタルフィルタについてフーリエスペクトルから直接求める方法を試み、処理の汎用性と簡略化ができることなどを明らかにした。

位相シフトモアレ法は、従来の位相シフト法と異なり1枚の干渉像から測定できるので時系列測定が容易になること、また光路長を変えるためのピエゾ素子を必要としないなどの利点がある。シミュレーションを用いて位相シフトモアレ法の処理方法、特徴などを調べた。位相シフトモアレ法ではこれまで用いているフーリエ変換法や位相同期検出法に伴う初期位相（画像取込みの際、どこからデータを取り込み始めるかによって決まる値）などの不明確な量がなく絶対値が求められることなどを明らかにした。これらの結果を用いて、バーナ火炎の3次元的な空間分布を測定した。

〈材料加工部〉

キーレスプロペラボス部の応力解析  
(第2報：加工誤差の影響)

Simulation of Propeller Injection Process (2nd Report)

高井 元弘

平成6年10月

日本船用機関学会 第54回学術講演会 講演前刷

キーレスプロペラにおけるトルク伝達力は、プロペラボスと軸の接触面に働く接触圧力分布により決まると考えられるが、プロペラボスと軸の接触面における当たり具合により微妙に変化することが推定される。このため、プロペラボス圧入部は高精度の機械加工に加え、長時間を要するスリ合わせ作業が必要とされる。しかし、加工時の誤差の発生は避けられず、また、押込み作業時の温度変化等による変形が生じる可能性も考えられる。これらにより生じるプロペラボス、軸テーパ部の形状変化はいずれも非常に微小と考えられるが、プロペラボス押込み時に軸との当たり面にどのような影響を及ぼすかは定量的に把握されていない。そこで、本報告ではプロペラボスと軸の接触部にクーロン摩擦力が働く有限要素法モデルによりプロペラボス押込み工程をシミュレーションし、加工誤差等によりプロペラボス、軸のテーパ部に生じた微小な形状誤差の影響を検討した。FEMシミュレーションモデルは微小な形状誤差を解析するため、プロペラボスと軸の境界座標の接点座標の精度は $\pm 10^5 \text{mm}$ とし、両境界要素の距離が $3.0 \times 10^5 \text{mm}$ 以下の時、両要素は接触状態にあるとし、FEM解析は塑性変形を考慮せず弾性解析とした。プロペラボス押込み部の形状誤差は製造工程の複雑さや測定の困難さからプロペラボスに生じる可能性が高いと考えられることからプロペラボスのテーパ部の傾斜角が増減するケース、テーパ面が凸状、凹状に変化したケースについて、またプロペラボス材料としてNi-Al青銅系材料、ステンレス系材料の2種類について検討した。得られた結果をまとめると以下のようになる。

①形状誤差が無い場合、プロペラボス押込み量は剛性の小さい材料のほうが大きくなるが、接触面に働く接触圧力分布はほぼ等しくなる。

②形状誤差がある場合、押込み荷重と押込み量の関係は非線形となり、押込み量は形状誤差の無い場合より大きくなる。接触圧力分布は剛性の高い材料のほうが形状誤差の影響が大きい傾向がある。

③実際のプロペラ押込み作業において押込み工程を押込み量の絶対値のみで管理すると、形状誤差がある場合は接触面における接触圧力が十分でない危険性がある。

## 船舶および海洋構造物の腐食問題と防食技術

Corrosion and Corrosion Prevention Techniques  
of Ships and Offshore Structures

松岡 一祥

平成6年10月

日本機械学会、

「構造物の耐久性評価シンポジウム」テキスト

船舶および海洋構造物を取り上げ、環境と腐食問題、防食方法、防食の効果について解説した。

環境と腐食問題では、海洋環境について、洋上大気中、飛沫・干満帯、海水中、海底土中の腐食の特徴を示し、それぞれの代表的な鋼材の腐食速度を示した。これらの環境の中では、飛沫・干満帯は、腐食速度0.4mm/年と最も厳しい腐食環境である。その他の腐食環境として、原油、鉱石などの貨物、および、バラスタタンの腐食環境について概説した。原油タンクおよびバラスタタンは海水中あるいは飛沫・干満帯と同程度の腐食環境である。また、積荷では石炭による腐食が厳しい。

防食方法では、電気防食と塗装を取り上げ、それらの防食機構を説明した。

防食の効果では、海洋構造物防食塗装の耐用期間および船舶の防食を取り上げた。

海洋構造物防食塗装の耐用期間では、初期劣化から発錆、耐用期間にいたる機構について概説し、海洋構造物の塗装の耐用期間が塗装厚さにほぼ比例することを示した。さらに、耐用期間に及ぼす諸因子の影響を数量化理論で定量化した例を示し、電気防食が塗装の耐用期間に悪影響を及ぼすこと、塗装用材料の耐用期間の違いが、腐食性物質の浸透深さと関係することなどを示した。

船舶の防食では、原油タンカーの代表的な防食仕様、および、その防食塗装の推定耐用期間を示した。外観部については、塗装の耐用期間が10年以上と推定されるのに対し、内部については無塗装あるいは3ないし6年で塗装の外観上の問題が生じることを示した。また、バラスタタンなどの塗装と電気防食の併用について検討し、幾つかの留意点を示した。

〈装備部〉

## 船室浮き床の固有振動数の推定法について

Estimation of Floating Floor Resonance Frequency  
in a Cabin

原野 勝博

平成6年10月

日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集

船室の騒音対策として、一括防振内装法は従来の防振内装法の欠点を改良した有力な手法であるが、その実用化のためには、最も重要な要素である浮床の合理的な設計法を確立しておく必要がある。浮床上板の共振周波数は、浮床がプロペラ起振力と共振することを避けるために、設計段階で正確に推定することが必要な値であるが、これまで有効な推定法がなかった。今回浮床上板の共振周波数を、従来の計算モデルである質量・ばね系振動モデルに、下板(鋼甲板)のばねが直列に結合された振動モデルとして計算し、一連のモデル実験による実験値と比較したところ、両者は比較的よい一致をみた。甲板のばね定数は、甲板に均等な分布荷重が作用したときの荷重と甲板の撓み量から求めた。実験パラメータはロックウール密度(ばね定数の違い)、浮床パネルの面密度と材質(鋼とコンクリートと合板)、鋼甲板の板厚とスティフナの有無である。

今回の検討で得られた主な結果は以下の通りである。

- (1) 甲板のばね定数を考慮した計算モデルにより、ほとんどの実験条件において、従来の計算法に比べ大幅に精度よく浮床の共振周波数を推定できた。スティフナ付き甲板の撓み量は、スティフナで分割され、スティフナの位置で単純支持されたパネルとして撓み量を求めたが、この近似計算でも実験値と計算値は比較的よく一致した。
- (2) 浮床パネルの共振周波数は、甲板の剛性を小さくした方が、前述の計算モデルでは低下し、実験でもそれを裏付ける結果が得られたが、防振効果は全周波数帯域でみた場合、剛性の違いによる有意な差異は認められなかった。
- (3) 浮床モデルによる防振効果は、浮床のパネルサイズが小さいと空気のばねが作用せず、ロックウール自体のばねのみとなるので実際の施工状態での値よりかなり過大となる。パネルサイズが80cm平方あれば、空気のばねが効いてきて、実際の船室での防振効果にほぼ近い値が得られることが確認できた。

ケミカルタンカーのタンク配管洗浄の実船実験と  
洗浄水量の低減

Onboard test of washing of tanks and pipe lines of chemical  
tankers and decreasing of wash water quantity

上田浩一、伊藤養一郎、山縣義文  
平成6年10月  
日本船用機関学会  
第54回学術講演会講演予稿集

日本には内航小型ケミカルタンカーは約600隻ある。それにより約240種類の化学物質が輸送されている。IMOでは荷揚げ後のタンク洗浄の必要洗浄水量について検討している。我国では1タンク当たり0.5m<sup>3</sup>洗浄水で洗浄すると仮定して、約10万m<sup>3</sup>の洗浄水が発生するとの試算がある。

ケミカルタンカーのタンク・配管系の洗浄に関しては、適正に洗浄して有害液体物質の海洋への排出を減らすことが第一の目的である。第二としてはこの発生した洗浄廃水の処理に多くのエネルギーとコストを要するために、発生する洗浄水量を減らす必要がある。さらに最近では省力化が切望されている。

今回はこの必要洗浄水量の現状を調べるために実船試験を行なった。1994年1月より3月までの期間に、 $\alpha$ -Methylstyrene、m-Diisopropylbenzeneを運送した小型ケミカルタンカーについて、揚荷役後の洗浄実験を実施した。

この実験結果では、IMOのP&A基準改正案の算式(MEPC33/20Add.1)を下まわる水量で所要の洗浄が達成された。これらの実験結果から平均的な必要洗浄水量の推定を行なった。さらにこれらの実験結果を検討した結果、タンク内や配管内の残液量が低減されてきているため、洗浄中の配管内のデッドスペースに滞留する量が必要洗浄水量増加の一因となっていると考えられる。このデッドスペースを少なくすることによりさらに洗浄水量が低減でき、データーのバラツキが減少するものと思われる。

二重船殻構造モデルタンクよりの油流出—Ⅲ  
—貨物油物性の影響—

Oil Spill from Model Tanks with Double Hull —Ⅲ  
—Effects of Oil Properties on Oil Out Flow—

山口 勝治、山之内 博  
平成6年10月  
日本航海学会第91回講演会講演予稿集

衝突・座礁等のタンカー事故時における油流出による環境汚染を防止するため、貨物槽を船体外板で保護するダブルハルタンカーが新造船に対して義務付けられている。現実にはVLCCの場合、船体外板と貨物槽の間隔は3m~4m程度となっている。このように設計されたダブルハルタンカーでも、激しく座礁したり衝突したりすると船体外板、貨物槽とも破損し、油流出が起こるものと考えられている。従って、環境保全、海上防災等の面から事故時でのダブルハルタンカーの漏油防止性能やより漏油の少ないダブルハルタンカー構造の在り方、積み荷条件等を把握しておくことが必要となる。しかし精度のよいダブルハルタンカーの油流出防止性能評価法ができておらず、油流出量予測手法の開発が求められている。

貨物油の動粘度や密度は、産地や輸送中の船内管理方法によって異なっており、違う油種にも適用でき、実船への拡張を可能とする油流出量予測手法を開発するためには、縮小モデルタンク実験での貨物油物性値の流出油量に及ぼす影響を明らかにしておく必要がある。

本研究では、ダブルハルタンカーの中央部断面を模擬したモデルタンクから座礁事故時において静水中へ流出する油の挙動をモデル化し、流出油量を予測するための唯一の未知数が流出終了時、ダブルハル内に形成される水層厚さであることを導いた。一方、解析モデルに対応する一連の実験により、貨物油物性とダブルハル内に形成される水層厚さの関係性を求めた。密度は水層厚さに影響するが、動粘度はほとんど影響しないことが明らかとなり、これらの実験結果と前報までに得られた知見を基にして、ダブルハル内に形成される水層厚さの関係式を求めた。水層厚さの関係式を用いて予測される油流出量は実験結果と良く一致し、貨物槽の大きさ、ダブルハルの構造・寸法、貨物の積載条件、貨物油物性に適用できる油流出量予測手法が確立されたことを確認した。

本研究の結果、ダブルハルタンカー座礁事故時での漏油防止評価に対する有力な手段が得られたものと思われる。

## 衝突水噴流による固体表面の洗浄

## Washing with Impinging Jet over a Plane

上田浩一、黒崎晏夫

平成6年11月

日本機械学会

流体工学部門講演論文集

ケミカルタンカーの荷揚げ後のタンク洗浄によって発生する洗浄廃水の海洋排出は、海洋汚染防止上規制されている。例えば有害性の強い物質については洗浄廃水中の残液濃度が0.1%になるまで海洋への排出が禁止されている。タンク洗浄中に洗浄排水中の残液濃度を常に計測することは困難なため、予め定められた洗浄基準で洗浄することが認められている。そのため、実行上適正な洗浄水量算定のための検討がIMOのBCHでなされている。この洗浄により年間9.9万 $\text{m}^3$ の洗浄廃水が発生すると試算があり、その処理の多くは焼却によるため、消費エネルギーや費用は大きい。そこで現状での適正な洗浄基準や、発生する洗浄廃水量を低減する必要があるが、そのための資料は乏しい。タンクを洗浄する場合、タンクおよび配管内の残液量や洗浄中の滞留量を少なくすることが重要である。そのためタンク及び配管系の構造と洗浄機のノズルの口径の検討が必要である。

今までに実施した模型タンク実験等の結果から、口径を細くすることにより必要な洗浄水量を低減できることがわかっていたので、本研究では洗浄メカニズムを剪断力を主に解析し、噴流の口径を小さくすることで洗浄水量が低減できることを示した。現在使用されている通常の洗浄機ではタンクは衝突噴流の剪断力で洗浄されると考えると口径に比例した半径円が洗浄される。走査速度が同じ場合口径を1/2にして走査間隔を1/2にした場合、洗浄水量も1/2に低減できる。ノズル口径とある剪断力以上で洗浄される範囲の半径の関係を提案した。

## ホルムアルデヒドの蛍光寿命測定

## Fluorescence Lifetime Measurement of Formaldehyde

山岸 進、土屋正之

平成6年11月

第32回燃焼シンポジウム講演論文集

ホルムアルデヒド ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) は炭化水素燃焼過程で発生する重要な中間生成物の一つであると共に有害な環境汚染物質でもある。比較的簡単な構造の多原子分子の1つとして理論的にも解明が進んでいる。しかし、実験はほとんど減圧下で行われたものであり、大気圧下における消光に関するデータはほとんど見あたらない。大気圧下の蛍光強度測定においては、エネルギー遷移が光を発するか、衝突過程で発光しないで遷移するかの割合を考慮することが重要である。

筆者らは、大気圧下で炭化水素炎の火炎面近傍をYAG THG (354.7nm) で励起して得られるスペクトルを分析し、ホルムアルデヒドの蛍光が主要な部分を占めていることを確認し、その特性を調べている。

本報告では、多数の蛍光バンドがスムーズな形で観測され、各々の強度はほぼ励起エネルギーに比例することから、励起状態からのエネルギー遷移がクエンチングに比して非常に速く行われるものと考え、ストリークカメラを用いてこの蛍光の時間的変化をより直接的に計測するとともに、これに伴うエネルギー遷移について検討した。その結果、大気圧下において、 $\text{H}_2\text{CO}$ の蛍光寿命は励起YAG THGのパルス時間幅に比べても短く、励起状態のエネルギー遷移が非常に速く行われており、クエンチング効果は少ないことが明らかになった。また、観測される蛍光バンドは、大部分が折れ曲がり振動の $4^0$ 、 $4^1$ に属するものであることが分かった。

〈システム技術部〉

### 高速海上交通における知的支援

#### Intelligent Man-Machine Interface for High Speed Navigation

沼野正義、金湖富士夫、福戸淳司、宮崎恵子、村山雄二郎  
平成4年11月  
日本機械学会  
第1回交通・物流部門大会予稿集

海上交通における高速・大量輸送に対する要求が高まりつつあり、これに応じて大型の高速船の開発等が進められている。

このように増大する海上交通を支えるために、高速航行の安全を確保することが一層重要となっている。船舶において、安全の担保は操船者である船長の責任において行われており、その安全担保能力を高めるためには、知的支援システムの導入が必要である。

操船者による船舶の運行は、自然環境や交通環境等の航行環境の中で、様々な機能をもった自船システムを、適当なマン・マシン・インターフェイスを介して運転することと考えられる。高速航行においては、操船者は短い時間で航行環境を把握し、的確な判断に従って操船を行わなければならない。特に、輻輳海域において一般船に他の高速船が混じっている場合は、操船の基本である情報の検出、判断および操作の各プロセスにおいて操船者の迅速な行動が要求されるため、安全確保のためには適切な支援システムが必要となる。

ここでは、航行における安全の担保の観点から、輻輳海域を航行する高速船における衝突予防に絞って、知的支援システムの要件について述べる。

船舶の航行における安全の担保は、外乱によって顕在化する危険を操船者が補償することと考えられる。この操船者の補償行動は、情報の検出、判断、操作という行動项目的な観点と、至近の危険の回避、周囲への影響に関する配慮、全体的な最適航路の探索等の行動レベル的な観点とから捉えることができる。安全性の評価は、これらを考慮した安全余裕が適当である。知的支援は、行動レベルに応じた支援システムとして設計することが有効であると考えられる。

### 高速海上交通のための操船シミュレータ

#### Ship Maneuvering Simulator for High Speed Marine Transportation

沼野正義、金湖富士夫、宮崎恵子、田中邦彦  
平成4年12月  
日本機械学会  
第2回設計工学・システム部門講演会前刷集

海上交通における高速・大量輸送に対する要求が高まりつつあり、これに応じて大型の高速船の開発等が進められている。

操船者による船舶の運行は、自然環境や交通環境等の航行環境の中で、様々な機能をもった自船システムを、適当なマン・マシン・インターフェイスを介して運転することと考えられる。高速船においては特に操船者の迅速な行動が要求される。

高速海上交通の評価は、各船舶の航行における外乱による危険を操船者が補償することを考慮した安全余裕が適当であり、航行環境および操船者のための適切なマン・マシン・インターフェイスを実現できる操船シミュレータが有効である。

このシミュレータが実現すべき要件は、(1) 自然環境として、操船者の視野を遮る地形、視程等。船舶の操縦運動に影響を与える潮流、風等および自船の運動モデル。(2) 航行環境として、船舶交通流の観点からみた航行船舶。船舶遭遇時の各船舶の柔軟な行動。決定航路、航路標識。VTS等の支援情報システム。(3) 自船の操船装置として、操舵、船速指示。RADAR/ARPA、電子海図等支援情報表示。

(4) 船橋からの目視情報として、高速船の操船者に与える、前方および左右の他船の動向推定が可能な精度の視覚情報、双眼鏡等の拡大表示。(5) 自船の操縦運動として、加減速、旋回およびこれに伴う姿勢変化。回、加速度。(6) 実験状況設定の柔軟性として、シナリオによる状況設定容易さ。結果の記録再生。

著書らはこれらの要件(下線部を除く)をみたくシミュレータを構築し、これを用いて高速船の安全性評価や高速海上交通システムの設計等の研究を実施するとともに、さらに、シミュレータの改良を続けている。

高速海上交通等における新しい船舶では、操船者の訓練にも本シミュレータが有効であると考えられる。

## 衝突予防援助装置の改良

有村信夫

平成6年3月

シップ・アンド・オーシャン財団  
内航近代化船に関する研究報告

船舶の衝突予防援助装置は、少人数化した船橋での見張り作業を支援する有力なシステムと考えられているが船舶密度の高い海域を航行する内航船や高速船等では、操船者の避航判断を助ける面で機能的に不十分である。また、海上交通が輻輳化する中で、内航近代化船は操舵室における一人当直で運行されるが、熟練した操船者不足が深刻化する現状がある。

従って、衝突予防援助装置の判断支援機能を改良して、操船者の負担軽減と、航行の安全性向上を図ることが重要であり、この改善対策が急がれている。

本報告では、内航船の一人当直における安全性を向上させるために、航行環境の評価指標に閉塞領域(航行中の他船をそれ以上近づけたく無いと感じる統計的に明らかにされている領域)の概念を用いて、衝突予防装置の判断支援機能を改善方策について提案する。

改良の内容は、①警報発生条件の合理化、②衝突危険海域の表示、③合成音声警報指示の項目とする。ここでは、海上交通の実態調査データと船舶の統計的諸元・性能特性データを基に、航行環境の評価指標に関する閉塞領域のモデル化を行った。

衝突の危険判断の総合的評価指標の衝突危険度 $C_i$ は、「避航開始時間に関係する避航時間接近度と現在針路の最近点における航過距離の状態量：航過距離閉塞度 $B_i$ 」と「避航開始時間の余裕に関係する状態量：避航開始時間接近度 $T_i$ 」の積( $C_i=B_i \cdot T_i$ )で与えた。

更に、新しい衝突予防援助装置では、輻輳海域において有効な支援効果を引き出すために衝突の危険を数量化して1) 危険な船舶を検出して合成音声で注意を喚起する警報機能、2) 避航判断に関する衝突危険海域を評価・推測して避航領域を画像化する機能に適用して、操船者の負担軽減を図る方式を示した。

## A Study on Advanced Man-Machine Interface System for Autonomous Nuclear Power Plants

自律型原子力プラントにおけるマン・マシン・  
インターフェースシステムに関する研究松岡 猛、沼野正義、福戸淳司、菅澤 忍、  
宮崎恵子、柴谷 実、原木信夫

平成6年5月

Specialist Meeting on Application of Artificial Intelligence  
and Robotics to Nuclear Plants: Proceedings of AIR'94

原子力基盤クロスオーバー研究の成果発表会として開かれた海外からの研究者を集めての第2回の専門家会議における発表である。

まず、自律型プラントの概念として現在までに得られた知見について述べている。自律機能として機能維持、自己組織化、機能改良等が考えられている。

次に、自律型プラントシミュレータをエキスパートシステムを用いて開発した成果について述べている。加圧水型原子力プラントの基本的運転モードおよびいくつかのトランジェント状態の模擬ができる。更に、4種の事故状態時におけるプラントの自律的対応機能が作成されている。また、シミュレーション実行中に特定の事象を発生させるシナリオ作成機能も整備されている。

自律型プラントにおけるマン・マシン・インターフェース(MMI)には、プラント機能モデルが保持されており、このモデルに基づいて適切な情報提示を行うと考えられている。このプラントモデルをオブジェクト指向言語CLOSを用いて開発した。現在の所、プラント状態のシミュレーション機能と、14種の基本的プラント状態を基にプラント状態を判定する機能を作成した。この機能モデルは、上記プラントシミュレータと結合されておりシミュレータからのデータを受け取り、その状態を判定する。将来は、未経験のプラント状態を分類し、さらに判定のための規則を自動的に作成する機能の開発を行う。

プラント状態を人間(運転員)に提示する方法として、三次元カラー・グラフィックス表示がある。プラント状態を視覚的に表示するため加圧水型プラントの各構成機器を作成し、その表面、内部を状態量(温度、圧力、流量、水位)に対応して色彩等を変化させる機能を作成。シミュレータからのデータを受け取り、ほぼ実時間でプラント状態の変化の様子を視覚的に表示できるようになっている。

多数存在するプラント状態間の関連を分かりやすく表示する技術の研究についても述べている。

確率的な安全評価における火災リスク評価手法の研究 (7)  
 —COMPBRNを用いた壁面塗料の  
 火災時挙動の検討 (その2) —

Investigation on the Behavior of Wall Paint  
 in the Fire Condition by COMPBRN (II)

三友信夫、松岡 猛  
 平成6年9月

日本原子力学会1994年秋の大会予稿集

著者らは、公開情報に基づいて設定したサンプル・プラントに対して火災評価を行い、特にプラント内壁面に塗られた塗料の潜在的発熱量について着目し、COMPBRNを用いて種々の火災条件において塗料の燃焼、発熱の可能性について検討を進めている。今回は、発火源の大きさと塗料の燃焼、発熱の関係等について報告する。

解析対象としては、前回と同様に公開資料を参考にBWR型原子力プラントのコントロールルームを用いているが、今回は幅38mのツインタイプだけではなく幅19mの部屋も対象としている。また、塗料は天井および壁に厚さ2mmで塗られているものと仮定した。壁面塗料の評価のために室内の機器を全て取り去り発火源のみを置くことにより単純化し、壁面塗料の燃焼の可能性およびその影響について検討した。

発火源としてはヘプタンプルを用いたが、大きさを0.5×0.5m、1.0×1.0m、1.5×1.5mと変化させたものを用い、これらを幅19mの壁に接するように設置した。

塗料の輻射率、損傷温度、そして発火温度などの物性値についても、COMPBRN付属のサンプルデータ等からより現実的なものを用いている。解析における時間メッシュは主に5秒間隔で行った。評価の対象となるモジュールについては、各モジュールを副モジュールとして再分割する解析方法をとることにより、より詳細な解析も行った。

1) 発火源の大きさについて検討するため、ツインタイプの部屋において、発火源の大きさと塗料の張り付けかたについて6種類の場合について解析を行った結果、塗料の燃焼による温度上昇は最高数百度にもなった。

2) 壁面塗料が燃焼する場合には、ヘプタンの発火後数分で発火源に最も近い壁面の塗料が燃焼し、続いてこの塗料と隣接した壁面の塗料が燃焼するという自然な結果が得られた。しかしながら、これらの現象とは異なる発火順序が不自然な結果もみられた。これは、COMPBRNの現象のモデル化において不適切なものがあるためだと思われる、現在検討中である。

今後は、COMPBRNを用いて壁面塗料の火災挙動について、単純な火災条件について火災源規模、塗料の損傷・燃焼範囲の把握などについて検討をした。今後は、COMPBRNコードにおける現象のモデル化の妥当性の検討も含めて、火災源位置、継続時間、室内の機器の配置の影響など、より現実的な火災条件について評価を行う予定である。

GO-FLOW手法による信頼性解析 (15)  
 —共通原因故障を考慮した不確かさ解析—

Reliability Analysis by the GO-FLOW Methodology (15)  
 - Uncertainty Analysis with the Common Cause Failure -

松岡 猛、小林道幸  
 平成6年9月

日本原子力学会秋の大会講演予稿集

船舶技術研究所で開発を進めているGO-FLOW手法において共通原因故障を考慮して不確かさ解析を実施する機能を整備した内容についての報告である。

解析対象として、加圧水型原子炉補助給水系 (AFWS) を取り上げ、2群の共通原因故障機器群を考慮し不確かさ解析の試行回数を種々変え、本機能の検証を行った。

従来、不確かさ解析をGO-FLOW手法において実施する際には、第一段階でミニマル・カット・セットを求めてから第2段階で各機器の故障確率値を分布型に従い乱数を用いて割り当て、多数回の試行を繰り返す方法を取ってきた。共通原因故障を併せて実施する場合には同時に故障する機器の種々の組み合わせを考慮する必要があり、考慮すべきミニマル・カット・セットも異なってくる。また、近年の計算機能力の向上もあり従来困難であった長時間を要する計算も実施可能となった。そこで、本解析においては図に示す解析手順を採用した。この方法においてはミニマル・カット・セットを求めることなく共通原因故障を考慮したGO-FLOW解析を故障確率を変化させて多数回実施する。それらの結果を最後に集計し全システムの信頼度分布を求める。

解析対象としては、加圧水型原子炉補助給水系 (AFWS) を取り上げた。この系には3台のポンプが備えられており、2台はそれぞれ個別の電動機により駆動される電動ポンプ、1台はタービン駆動ポンプである。このうち少なくとも1台のポンプで4基の蒸気発生器のうち少なくとも2基の蒸気発生器への給水に成功すれば機能は満足されるものとした。要求される機能継続時間は24時間と設定した。共通原因故障機器群としては、(1) {ポンプ駆動用の2台の電動機の起動失敗}、{3台のポンプの起動失敗} の2群を選び、βファクタ法を適用した。故障確率の分布としては、チェック弁故障、タンク漏洩には正規分布、タービン起動失敗には対数正規分布、電動機・ポンプの運転中の故障にはヒストグラム分布を与えた。試行回数としては、100、1000、5000回の3種類について実施し結果の比較を行った。今回の解析条件では、各機器の故障確率分布の広がりの方が比較的狭かったのでこれら3種類の試行回数による差はあまりなかった。

GO-FLOW手法において共通原因故障を考慮して不確かさ解析を実施する機能が整備された。ミニマル・カット・セットを求める事なく直接的に解析する方法であり、従来困難であったフェーズドミッション問題における不確かさ解析も実施できる様になった。

## 原子力分野のPSAにおけるシステム信頼性解析方法の動向

Current Status of System Reliability Analysis Methodologies  
in PSAs for Nuclear Power Plants

松岡 猛

平成6年10月

電子情報通信学会第5回安全確保研究会予稿集

原子力分野におけるPSA(確率論的安全評価)においては従来からイベント・ツリー、フォールト・ツリーが解析の中心的な位置を占めている。しかし、PSAの成熟にとともに、より進んだ解析手法が要求されてきており、種々の新しい解析手法が提案されている。本稿では、1992年に米国ビバリーヒルズで開催されたPSAM(確率論的安全評価と安全管理に関する国際会議)及び1994年サンディエゴで開催されたPSAM-IIにおける発表論文を中心として調査した、これらの新しい信頼性解析手法についての概要報告である。特に、最近広く使用されているDYLAMについてはその特徴をやや詳しく述べてある。

動的なシステムの信頼性解析手法としては、船舶技術研究所で開発を進めているGO-FLOW手法をはじめダイナミック・イベントツリー、ダイグラフ・マトリックス解析、DYLAM、ディスクリット・イベント・シミュレーション、ダイナミック・ゴールツリー、IDDA(Integrated Dynamic Decision Analysis)、連続イベント・ツリーが見られた。

DYLAM(Dynamic Logical Analytical Methodology)とは、計算機シミュレーションによるプラントの決定論的モデルと機器信頼度の確率モデルを結合した解析手法である。時間経過に伴うシステムの動的な信頼性解析が実施でき、頂上条件として複数の設定が可能である。

解析対象として、加圧水型原子炉補助給水系(AFW)を取り上げて、具体的に解析を進めながら解析手法の特徴を説明してある。まず、FMEAにより考慮すべき機器の故障モードを調べ挙げる。次に、機器の各状態における流量を与える式を求めるとともに、各状態の発生確率値を推定して割当てする。システムの各分岐点での連続の式、ポンプの駆動力、弁・配管における圧力損失の式、水源タンクの水位を支配する式を与え、システム全体の挙動を記述する。

次の段階としては、計算プログラムを用い初期状態から始めて $\Delta t$ の時間ステップ毎に順次系の状態を計算していき、頂上条件に適合するか調べていく。これはフォールト・ツリー解析における頂上事象発生確率を求める事に相当している。

DYLAMにおいては運転員操作によるシステム動作への介入を考慮することや、フェーズドミッション問題の解析も容易に実施できる。ただし、DYLAMは解析対象毎に特有のモデル化・解析手法が必要となり、解析対象が異なると他の解析例を参考とする事ができない。

## 〈原子力技術部〉

## 1~30keVX線に対するICRU球内線量当量評価

Estimation of Dose Equivalent in ICRU sphere  
for 1-30keV X rays成山展照、田中俊一、平山英夫、伴 秀一、  
中島 宏、波戸芳仁、中根佳弘

平成5年3月

日本原子力学会

1993年春の年会要旨集

従来、光子に対する線量換算係数は10keV以上のエネルギーに対して求められてきたが、放射光施設のような強力なX線線源の普及および実効線量における皮膚線量の考慮などから、より低エネルギーなX線に対してもその正確な評価が求められつつある。そこで本研究では30keVX線に対する線量測定結果を用いて計算コードの精度をまず確認し、その後、1~30keVX線に対するICRU球内の線量当量計算を行った。

まず、ベンチマーク実験は高エネ研の放射光実験施設(PF)を利用した。1辺30cmの立方体ファントムに直径5mmの30keV単一X線ビームを入射させ、LiF、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)TLDを用いて線量を測定した。測定点はビーム軸から0、1、3、5cm離れた点である。ファントムの材質は低エネルギー領域において軟組織等価な組成をもち、解析には直線偏光の散乱を組み込んだEGS4モンテカルロコードを用いた。ビーム軸に対する方位角によって線量が異なる偏光の影響も含めて計算は実験結果を精度よく再現し、低エネルギーX線に対する同コードの適用性を確認した。

ICRU球内における線量計算は、主軸上深さ10mm、0.07mmにおける線量当量を求めた。その結果、10keV以上の計算値は文献値と誤差内で一致し、また0.07mmにおける単位フルエンス当たりの線量は低エネルギーになるほど増大するが、3keV以下になると逆に減少することがわかった。

凝縮起因水撃による配管系荷重  
(その1:軸力の計測)

Pipe Line Load by Condensation-Induced Waterhammer  
(Part 1: Measurement of Axial Force)

綾 威雄、山根健次、成合英樹

平成6年9月

日本原子力学会「1994年秋の大会」講演論文集

米国の軽水炉では1969年からの19年間に計281回の水撃が発生しているが、これは0.25回/炉年という高い頻度であり、その内72%は配管サポートに損傷をもたらし、10%は圧力バウンダリーの破損に至っていると報告されている。中でも、凝縮起因水撃は配管系への荷重が特に大きいことから、その発生メカニズムの解明と対策技術の確立は、事故時ばかりでなく定格運転時の軽水炉の健全性確保にとって重要である。

そのため、著者らは凝縮起因水撃に伴う圧力パルスの大きさなどを実験的に明らかにしてきたが、配管系への荷重については未検討であった。今回、代表的な配管荷重である軸力を計測し、実炉配管系への荷重を推定した。

本実験では、常温で満たされた水平配管(内径52.7mm、厚さ3.9mmのステンレス鋼管)の一端から一定量の蒸気を強制的に注入させるという半人工的な方法で水撃を発生させた。低応答センサによる圧力波形は配管各部でほとんど差異はなかった。ところが、高応答センサによる圧力パルス値は、計測点により、また実験により異なっていた。この矛盾は、水撃発生点は一定でなく実験ごとに若干異なり、また、圧力パルス値は水撃発生点に近いほど大きくなると考えると理解できる。しかし、軸力は配管系に作用するマクロな力であるため、水撃発生点の影響は受けず、いずれの実験においてもほぼ100kgと一定であった。

軸力の大きさは管断面積に比例すると考えると、本実験結果は、実炉の主蒸気管(内径60cm)においては、 $100 \times (600/52.7)^2 = 13.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 、つまり13トンもの軸力に相当する。このことから、米国において配管サポートの破損事故が相次いだ事実が理解できる。

これまでの研究から明らかにされた凝縮起因水撃の発生メカニズムから、軽水炉配管系においてこのような水撃を完全に防止することは困難であると思われる。従って、凝縮起因水撃が発生しても配管系の健全性が損なわれないように設計しておくことが重要となる。

プール水中の蒸気凝縮による管内流動と圧力振動

Pipe Flow and Pressure Oscillation due  
to Vapor Condensation in Pool Water

綾 威雄、賞雅寛而、三好直巳、村井智則

平成6年11月

日本機械学会論文集B編 60巻

沸騰水型原子炉(BWR)の格納系では、冷却材喪失事故(LOCA)時に圧力容器内の余剰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り系内の圧力と温度の上昇を抑制する仕組みとなっている。同様の設計思想で建設されたスエーデンのマルピケン炉を使った試験(1970年代初頭)において、蒸気凝縮に伴い予想外に大きな圧力振動が生じたことから、この現象の解明がBWRのLOCA時の健全性確保にとって重要であると考えられるようになった。

その後、安全審査指針策定のため、米国、西ドイツ及びわが国において実規模試験が行われるとともに、現象の詳細なメカニズム解明のため、大学を中心に小規模実験が数多く行われた。その結果、現象の種類と発生領域および荷重の評価法はほぼ確立された。しかし、代表的な様式であるチャギングと凝縮振動(CO)の本質に関連して、実規模試験と小規模実験の担当者間で意見が分かれたままとなっていた。

そこで、両様式とその遷移域を対象とした小規模実験を新たに行い、振動周波数とベント管の2点における圧力波の位相差を詳しく調べた。その結果、低蒸気流束で生じるチャギングでは、位相差がないことと卓越振動数から、ベント管長を1/4波長とする定在波であることが、また、高蒸気流束で現れるCOでは、位相差が周波数に比例する進行波成分が卓越し、その周波数は従来の相関式と一致することが分かった。

これら両様式の遷移域では、1/4波長の定在波の他、3/4気柱振動に相当する振動成分及び進行波成分が現れる。この進行波の振動周波数は、従来の円柱蒸気泡モデルから説明できる。

また、チャギング時の瞬間蒸気流速は、レーザー流速計による測定から、CO時の値には達しないことが判明した。これが、チャギングに進行波が含まれない理由である。

以上の結果は大規模試験のデータとも矛盾しないことから、ベント系での凝縮現象を統一的に解釈できることとなった。

〈大阪支所〉

船舶用バルブ設計におけるFEM適用化技術について

Technology for Designs of Marine Valves  
by FEM Analysis

伊飼通明、綾 威雄

平成6年10月

(社) 日本バルブ工業会「バルブ技報」第9巻第2号

バルブについて色々な数値解析が多く行われるようになったが、これらの解析の多くはバルブ内に流れる流体解析が主である。一方、構造解析としては有限要素法 (FEM) が最近、一般に最適設計手段として広く用いられているが、バルブ業界ではFEMを使用してバルブを解析するところはおくわすかではない。そこで、船用バルブの改良に当たってFEMソフトの各種船用弁への利用方法について説明する。

1. 船用仕切弁の軽量化手法

軽量化の方法として安全率8以上を条件とし、弁箱胴の肉厚を部分的に薄くする方法で解析を進め、約10%の軽量化が図れた。

2. 解析道具としてのFEMの利用例

2. 1 船用バタフライ弁の弁体の解析

船用バタフライ弁の弁体の解析で問題となるのは、境界条件の設定であり、精度のいい解析結果を得るにはゴムシートの部分の要素入力にかかっている。

2. 2 船用玉形弁の解析

船用玉形弁のように、実験から内部の弁座の変形、弁座やせきの部分の応力測定等が困難なバルブについては、FEM解析により弁座等の変形を定量的に把握できるメリットがある。具体例として、呼び径80の玉形弁について解析を行った。

3. まとめ

①バルブは複雑な構造をしているので、FEM解析結果を利用するに当たっては解析結果が実際と掛け離れた値を示す場合もあり、代表的な形状について実験により確認しておく必要がある。

②バルブの規格は製品規格が多く、新規バルブの開発に当たっては性能規格が好ましい。

③FEMはバルブの試作を省略できることから、ISO規格対応のバルブ設計等FEMソフトの利用範囲は広いと考える。

ハイブリッドFRPの積層構成と強度 (第2報)

Laminate Constitution and strength of Hybrid FRP  
(2nd Report)

吹上紀夫、津島 聡、小野正夫

平成6年10月

(社) 強化プラスチック協会第39回FRP総合講演会

近年、船舶の高速化あるいは省エネを目的に船体を軽量化しようとする傾向にある。このため、従来のGFRPに比重の小さいカーボン繊維 (C) やアラミド繊維 (A) を組合せたハイブリッド型 (HFRP) が使用されるようになってきた。本研究は、このHFRPの積層構成と強度特性の関係を求め、船体軽量化のための設計に役立てようとするものである。

第1報は、不飽和ポリエステル (UP樹脂) を用いて成形した結果であったが、第2報はビニルエステル (VE樹脂) を用いて成形した結果であり、これらを比較検討した。強化繊維は第1報と同様、特注した一方向織 (縦スタレ) と従来のガラスマット (M) を用いた。試験材は大きく分けて2種類である。試験材 (1) は同一繊維を一方向に積層したもので、HFRPにした場合の各繊維層の強度特性を求めためである。試験材 (2) はHFRPで、6層上下対称に積層した。中央層に強度の低いM層を2層、外側2層には高強度の一方向織りを上下対称に配置した。即ち、GCMMCG、AGMMGA、CAMMAC……の要領である。

試験結果として、強化繊維のみを束にして引張った場合の強度はフィラメント (繊維一本: カタログ値) の強度よりも低い値となった。この値は成形したFRPの強度から逆算した繊維強度に近い値で、FRPの強度を計算で求める場合の資料となった。HFRPの引張及び圧縮試験ではG、C、A及びM層の弾性係数が異なり、各層の応力分担割合が悪く、強度の向上が見られなかった。これに比べ、曲げ試験では積層構成によって強度が大きく向上し、GCMMCGでは100kg/mm<sup>2</sup>以上となった。また、UP樹脂に比べVE樹脂は樹脂のみの強度及び伸びが大きいのでCやAによく追従し、安定した強度が得られた。

これらの結果より、G層の厚さに対しC層の厚さ割合を小さくすると荷重の負担が弾性係数の高いC層に多くかかるため、かえって強度が低下する現象が生ずること、曲げでは積層構成を最適にすると強度が大きく上昇することなどが分かった。

〈東海支所〉

斜め入射体系における $\gamma$ 線ダクトストリーミング実験  
及び解析

Experiment and Analysis of Gamma Ray Duct Streaming  
for Obliquely Incident Geometry

小田野直光、三浦俊正、進藤裕二

平成6年9月

日本原子力学会「1994年秋の大会」予稿集

原子炉・放射線取扱施設等の遮蔽設計で用いられている計算コードの精度は、遮蔽の複雑形状部に対して、十分明らかになっていないのが現状である。本研究では、斜め入射体系における $\gamma$ 線ダクトストリーミングについて、ダクト内の $\gamma$ 線照射線量率の測定を行い、詳細計算法のモンテカルロコードMCNP4及び簡易計算コードG33-GP2で解析した。

実験では、横1m、縦1m、長さ1.5mのコンクリートブロックに、鋼製パイプを挿入し貫通孔（ダクト）を形成した。鋼製パイプの径は、内径が約200mm及び約100mmの2種類のものを用いた。放射線源として、強度が $1.59 \times 10^{10}$  photons/sの $^{60}\text{Co}$ からの $\gamma$ 線を用いた。線源はダクトの入り口から2m、ダクト軸に対して45度の方向に設置した。 $\gamma$ 線照射線量率は $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 熱蛍光線量計（TLD）によって、ダクト入り口から出口まで18点で測定した。照射線量率の測定誤差は約10%である。

解析には、MCNP4及びG33-GP2を用いた。ダクト径が約200mmの体系についてのMCNP4の計算結果は、ダクト入り口では実験値と良く一致しているが、ダクトの内側では20~30%程度過小評価となっている。また、G33-GP2の計算結果は20~50%程度過小評価である。ダクト径が約100mmの体系に対する解析結果は、MCNP4では200mmのものとはほぼ同じ傾向であるが、G33-GP2については過小評価の傾向が顕著である。MCNP4の過小評価の原因として、解析で用いているウエイト・ウィンドウ・パラメータの影響が考えられるが、詳細は、現在検討中である。一方、G33-GP2の場合は、コンクリート遮蔽体中での $\gamma$ 線の多重散乱を扱っていないことが過小評価の原因の一つに挙げられる。ダクト内での $\gamma$ 線の挙動をさらに明らかにするため、ダクト内の $\gamma$ 線スペクトルの測定を計画中である。