

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

Grid Generation and Flow Computation for Practical Ship Hull Forms and Propellers Using the Geometrical Method and the IAF Scheme

実用船型およびプロペラに関する幾何学的方法と
IAF法を用いた格子生成と流場計算

児玉 良明
平成元年8月

Proceedings of the 5th International Conference
on Numerical Ship Hydrodynamics

幾何学的方法を用いて、船体およびプロペラ翼まわりの格子生成を行った。ここでは初期格子を、直交性・平滑化・集中化などいくつかの要請に基いて反復修正を行って最終的な格子を得る。

生成された格子を用いて、平板や4種の船型まわり

の流れについて非圧縮ナビエ・ストークス方程式を数値計算した。計算スキームはIAF法を、乱流モデルはBaldwin-Lomaxのゼロ方程式モデルを用いた。使用した船型は、Wigley船型・シリーズ60($C_b=0.6, 0.7, 0.8$)船型である。平板の計算では、壁面摩擦応力・排除厚・形状係数・速度分布について実験との良い一致を得た。非常にやせた船型であるWigley船型では、計算値と実験値は良く一致した。シリーズ60船型に関する計算値と実験値との比較は、ブロック係数 C_b の値の変化に対して系統的な変化を示した。すなわち、最もやせた船型である $C_b=0.6$ の場合には良い一致を示したのに対し、 $C_b=0.7, 0.8$ と船型が肥大するに従って一致度は悪くなった。この原因としては乱流モデルが考えられる。すなわち、今回使用した乱流モデルには圧力勾配の影響が入っておらず、したがって平板ややせた船型では圧力勾配の影響が小さいので一致度が良いが、肥大船型では船尾での逆の圧力勾配が強くなり、一致度が悪くなる、と考えられる。今後は、乱流モデルを改良し、一致度を上げる研究が必要である。

数値水槽の可能性

Possibility of the Numerical Tank

児玉 良明

平成元年9月

日本造船学会第15回夏季講座

計算機の発達により、流体现象を計算でシミュレートしようとするCFD（計算流体力学）が盛んに研究されている。CFDは工学の広い分野で研究されており、航空の分野では米国NASA Ames研究センター等を中心として、衝撃波をとまなう圧縮流の計算法が発達している。機械の分野では乱流現象が盛んに研究されており、様々な乱流モデルが提案されている。

計算機の計算速度の向上は、マイクロプロセッサの発達に助けられて、年々2倍以上の割合を維持している。この傾向は今後もしばらく続くとみられ、計算コストの急激な低下と、計算時間の短縮をもたらすであろう。

数値水槽は、船舶・海洋流体力学におけるCFDの利用形態とみることができる。数値水槽の先ず考えられる用途は船の抵抗・推進に関するもので、これを推進性能数値水槽と呼ぶ。推進性能数値水槽が実現できれば、そこでの作業の流れは次のようになる。先ず船体形状をオフセットで与えて、格子を生成する。次に流場計算を行う。最後に計算結果に可視化等の後処理を行う。従来の実験的方法では数週間を要するのに対して、数値水槽を用いれば、1日で済むであろう。このように、数値水槽の実現によって、船舶設計の大幅な効率アップが期待される。

数値水槽の実現の可能性については、計算法の乱流モデル・計算機の発達に依存する。現在のレベルは、伴流分布についてはやせた船型では良いが、肥った船型では悪く、抵抗値などの積分値については今後の課題である。また自由表面波を含む船体まわり流れは、模型船相当の高レイノルズ数での計算が可能になった。計算機の発達については、前述のように見通しは明るく、全体として、現在は、数値水槽を構築するための部品が一応そろい、構築に向けての努力をする過程で技術の進歩が加速されることが期待される状態であると考えられる。

<運動性能部>

追波中の船の大振幅前後揺れと波乗り現象

(その3 位相面解析による検討)

Surging of Large Amplitude and Surf-riding of Ships in Following Seas (Part 3 Phase Analysis)

菅 信

平成元年11月

日本造船学会論文集 166巻

追波中の船の波乗りは、操縦不能から転覆にまで至る危険性のある、いわゆるブローチング現象と深い係わりがありその発生のための必要条件の一つと考えられている。著者らは先に、この波乗り現象発生メカニズムを模型実験により調べ、前後揺れによる速度変動を含む船の速度が波の位相速度に等しくなったときに波乗り状態になるらしいことを示した。また前後揺れ運動方程式の解析的な検討により、過渡状態を過ぎて定常状態になっている船の速度が波の位相速度に等しくなるようなときには前後方向の力の釣合条件が静的に満たされるようになるため、一旦この状態になるとその後はこの静的な釣合状態から変化できなくなることをもって波乗りの発生を説明できるとした。しかしこの説明だけでは波乗りの発生や安定性を動的な過程を含めて明らかにする点で不十分である。そこで、前報では波乗り現象を適切に表していると考えられる運動方程式を導いて数値シミュレーションを実施し、波乗りの発生に関する上の条件が正しいことを確認するとともに、波乗りのメカニズムについての理解を深めることができたと考えている。しかし波乗りの発生が初期条件によって左右される場合があるなどの新しい事実も明らかになり、波乗りが完全に解明されたといえる状況ではない。初期条件を種々に変えたシミュレーションを繰り返すだけでは非線形現象を大局的に明らかにする点で不十分であり、本報では、非線形振動を扱う一般的手法である位相面解析を波乗りの解析に応用することにより、そのメカニズムを更に明確にすることを試みたものである。また、前報でその存在が明らかになった無条件で波乗りが発生するようになる限界速度や、波乗り状態から脱出する限界の速度について検討し、それらを求めるための図表を示した。最後にジョセフソン効果のような他の物理現象との類似性を明らかにし、波乗り現象が非線形現象として基本的なものの一つであることを示した。

<構造強度部>

第5章 海洋構造物基礎

Chapter 5 Foundations of Offshore Structures

松岡 一祥

平成元年11月

(株)日本溶接協会

地下・基礎構造物—設計法の現状と展望—

固定式海洋構造物はその基礎の形態から、大きく、杭式構造物と重力式構造物の2種類に分けられる。その他に、ジャッキアップリグのフーティング基礎、PCグラウトアンカーによる固定などもある。一方、海底地盤の土質は、砂、粘土、シルト共に陸上とは異なる点がある。砂で特殊なものとして、珊瑚、蠣殻などの砕けた石灰質である。粘土、シルトも海底面ではほとんど強度を持たない泥である。本章は、杭基礎、重力式基礎を中心にして、海底土質の特殊性とその基礎設計に与える影響について解説したものである。

杭基礎については、土質調査と、打設、支持力、横抵抗を取り扱っている、打設については、特に打設時のモニタリングとその結果の解析によって土質特性を推定し、設計にフィードバックしてゆく手法について説明している。支持力では、現状の設計法に加えて、TLPなどで将来重要になると考えられる引抜杭のクリープ特性について調査し、設計法を提案している。横抵抗では、 $p\sim y$ 曲線法に基づき、各種土壌の $p\sim y$ 曲線を整理して示している。

重力式基礎については、土質および地形調査、支持力、滑動抵抗、基礎付加物、設置および離脱を取り扱っている。土質・地形調査では、設置場所における調査計画・調査項目などを示している。支持力では、構造物の転倒および沈下、海底地盤の先掘と流動化などについて述べている。滑動抵抗および基礎付加物では、スカートなどによる滑動機構の違いなどについても述べている。さらに、設置および離脱作業における留意点について概説している。

その他の基礎として、ジャッキアップリグのフーティング基礎などについて述べた後、海洋構造物の発展、技術の現状と問題点、展望と課題について概観している。

<機関動力部>

Interferometric Tomography Measurement of Temperature Fields in Turbulent Flame

レーザー干渉—断層撮影法による乱流火炎の温度測定

佐藤 誠一郎、熊倉 孝尚

平成元年9月

Proceedings of Joint Meeting of Australia/New Zealand and Japanese Sections of the Combustion Institute

内燃機関や燃焼炉などでは、多くの場合乱流状態で燃焼が行なわれている。本研究では乱流燃焼の温度場の三次元的な構造を明らかにするため、レーザー干渉法とコンピュータ断層撮影法(CT)を用いて、大気開放状態の乱流火炎を対象として温度測定を行なった。

干渉法により乱流火炎の測定では、温度や密度変化の速い領域で露光中に干渉プリンジが変動し測定できないなどの問題がある。このためルビーレーザーを光源とした8方向の干渉写真が一度に得られる光学系を用いた。測定した火炎は外径15mmφ、内径13mmφの予混合バーナを用い、燃料はプロパンガス、作動条件は乱流条件とした。

本光学系による乱流火炎の干渉写真は、全ての干渉プリンジが静止状態で撮影されている。温度計算では、8方向の干渉写真およびこれらの中間の方向のデータを補間して16方向としたデータから求めた。CT適用の際円周方向のデータ数が再構成精度に及ぼす影響を調べるため、コンピュータシミュレーションを用いて検討を行い、8方向以上のデータがあればほぼ満足する結果が得られることを明らかにした。またレーザー干渉法による温度測定では、軸対象分布が成り立っているとされる円錐状乱流火炎の場合でも、一つの方向のデータを用いるアーベル変換による方法では定性的な結果しか得られないこと、定量測定には多方面のデータを用いるCT法が必要なことを明らかにした。

船用機関の自動化とセンサの動向

Trend of Engine Automation and Sensor

塩出 敬二郎

平成元年 9月

センサ技術 第9巻10号

海運業界は経営合理化の一つの柱として船舶の自動化を推進してきた。1960年代での機関部の自動化は、船員不足の解消、経済的効果、安全性の向上などを期待して行われ、制御室からの主機等各機器の運転状態の集中監視、計測、遠隔操縦などが主な内容であった。

1970年代になると、ミニコンピュータによる船舶の高度集中制御方式が開発され、これを装備した船舶では航法計算、機関管理、荷役作業、事務管理等の広い分野にコンピュータが利用され、機関室の夜間無当直化が実現した。しかし、1973年から始まった石油危機によって海運業界は不況に陥り、自動化の進展もかなり減速された。その後半導体技術の進歩、マイクロコンピュータの高性能化と低価格化、船員不足、人件費の高騰などの要因により、自動化を推進する機運が再び強まった。

最近の自動化は各構成機器毎に制御する分散的な制御方法が一般的で、プラント全体をみた自動化一体化システムをして統合されたものではない。現在のディーゼル機関の自動化システムは、空気式現場型コントローラ、パッケージコントローラ、リレーシーケンサ、マイコン応用の監視、警報システム等で構成されていて、これらは互いにハード的にもソフト的にも独立した機能を持っている。

高性能、複雑化した船用機関システムの自動化を推進するには、人間の5感に代わって機関の状態を正確に検知するセンサが必要である。

現在の船用ディーゼル機関は、機械的な機構をもとに高信頼性を確保しているが、これからはマイコン技術を利用したメカトロニクス化が進み機能、精度の向上が図られるものと思われる。

これからの自動化は機関状態の把握、制御だけでなく人工知能を利用して故障診断、さらには故障予知へと向かうであろう。

エマルジョン燃料とセラミックディーゼル
機関による微粒子、NO_xの低減Reduction of NO_x, Soot from Ceramic Diesel
Engine with Emulsion Fuel

塩出 敬二郎、宮城 靖夫、西川 和美

平成元年10月

第45回日本船用機関学会講演会

これまでのセラミック材料の内燃機関への利用の主たる目的は、セラミック材料の耐熱性、断熱性、耐腐食性などの優れた性質を利用した熱損失の低減、耐久性の向上などであった。しかし、断熱化による熱損失の低減だけでは熱効率の向上はあまり期待できない事が分かった。船舶技術研究所においても、ディーゼル機関の燃焼室周辺をセラミック材料で断熱化し熱効率の向上、低質燃料の利用を図る研究を行ってきた。この研究の中で燃焼室を断熱化することによって圧縮終わりでの作動ガス温度(非断熱機関に比べて約150-250℃高くなる。)および燃焼室(キャビティ)壁面温度を高く保つことができ、低セタン価燃料の燃焼を改善できることが分かった。しかし、燃焼室を断熱化するだけでは、着火性の良い燃料の場合むしろ着火が早すぎて着火遅れ期間中に混合気の生成が充分に行われなために燃焼が悪化する傾向を示す。一方、エマルジョン燃料は着火性は劣るが燃焼期間は短く、微粒子、NO_xの排出量は低減するという特性を持っているのでこれと高温燃焼室を組み合わせた場合には微粒子、NO_x低減の可能性が大きいと考え、断熱機関によるエマルジョン燃料の燃焼実験を行い、その効果を確認することが出来た。実験結果から、次のような事が分かった。燃焼室を断熱化した場合、着火性のよい軽油燃料では着火が早まりすぎて着火前の混合気生成が充分でなく、かえって燃焼を悪化させる傾向を示す。NO_x濃度はサイクル温度が上昇するために非断熱機関より高くなるが、CO濃度は低下する。一方、断熱機関にエマルジョン燃料を使用した場合には、燃料噴霧のモーメントムが増加することや、燃料中の水分によって着火が遅れるために、着火前に充分な混合気生成が行われ、燃料期間が短縮されるためにNO_x、CO、スモーク濃度は低減できる。しかし、CO濃度は水分割合がある値を越えると高くなる傾向を示す。断熱機関にエマルジョン燃料を使用することによって、NO_x、CO、スモークの排出量を大幅に低減できることが明らかになった。

ガスタービン・高温燃料電池複合
サイクル機関の性能解析

An Analysis of Cycle Performance of a
Combined Gas Turbine and Solid Oxide Fuel Cell

野村 雅宣、川越 陽一
平成元年10月

第4回ガスタービン秋季講演会講演論文集

ガスタービンとジルコニア固体電解質燃料電池(SOFC)との複合サイクル機関について性能解析を行い、定常運転時の全体性能を求めた。

ガスタービンとしては1/LP/E型を対象とした。即ち、空気圧縮機を通過した圧縮空気は、再生熱交換器で低圧タービン出口の排熱を回収して昇温される。次いで燃焼器においてさらに昇温されてSOFCに入る。水素は同様に水素圧縮機で加圧されてSOFCに至る。水素流量の85%が電池反応によって発電に供され、残りの15%は燃焼器で燃焼して圧縮空気加熱に供される構造である。SOFCの放熱および燃焼器における燃焼熱で高温となった燃焼ガスは、高圧タービンで膨張して圧縮機を駆動し、低圧タービンで出力を発生する。

計算はSOFCの作動温度並びに出口ガス温度を1000℃一定として行った。空気はSOFCの電池反応に必要な酸素を供給する一方、SOFCの加熱又は冷却用として使用する。従って、SOFCの作動温度を一定に保持するためには、電流密度の変化と共に空気過剰率を大幅に変化させなければならないことが明らかとなった。空気過剰率の変化幅は圧力比が高くなると小さくなる。この傾向はタービン出口ガス温度の低下の影響でSOFC入口温度が低くなり、相対的に少量の空気流量でも所要の冷却が可能となることに基づく。空気過剰率を一定として圧力比の影響を調べると、熱効率は圧力比の上昇につれて、僅かに減少することがわかった。出力と電流密度は、圧力比が7.4付近までは上昇するが最大値に至り、これ以上の圧力比で運転しても、出力と電流密度はあがらないこと等が明らかとなった。

ガスタービン燃焼器内流れの
数値シミュレーション(第2報)

Numerical Simulation of Flows
in a Gas Turbine Combustor(2nd Report)

青木 修一
平成元年10月

日本機械学会山梨地方講演会講演概要集

ガスタービンの性能向上には燃焼器での高負荷燃焼が不可欠であり、これを実現し良好な温度場をもつ燃焼器を設計開発するにはその流れ場を十分把握する必要がある。この第一歩として燃焼を伴わない燃焼器内流れ場を数値的に調べた。本報告ではこれをモデル化し巡回環状噴流に対し中心噴流を正と逆に旋回させた時の拘束同軸噴流を与えて数値解析した。

定常軸対称等温旋回流場とし、時間平均化したN-S方程式、連続の式、標準の $k-\epsilon$ 乱流モデルを用いた。これらの式をコントロール・ボリューム法、中心差分と風上差分のハイブリッド差分スキームを用い離散化した。差分格子にはスタッガード格子、計算格子には不当間隔格子を用いた。得られた差分式はSIMPLEと線順緩和法を用いて解した。壁近傍格子点と壁面のつなぎにRodiの境界層形壁関数を用いた。パッフルは階段状に近似した。

計算した燃焼器は長さ338mm、内筒系116mmであり、スワラ軸流速は52.4m/s、噴射弁は150m/s一定の20℃空気とした。スワラの羽根角は0、30°、45°、噴射弁は-45°、0、30°、45°で一定、剛体巡回羽根の場合を計算した。内筒径基準レイノルズ数 3.4×10^4 である。燃焼は中心部再循環領域中で行なわれ、この領域は保炎、NO_xの生成等に大きな影響を与えるので重要である。

計算結果は環状噴流に対して正、逆に旋回する中心噴流を与えたときに閉じた2重円錐面で構成された中心部再循環領域には影響を与えるが、角部再循環領域にはほとんど影響を与えないことが分かった。また、中心噴流に環状噴流と逆の旋回を与えると、両噴流間の流れに正と逆の旋回差による強いせん断力が働き、拡散形燃焼器では燃料と空気の混合が促進されることが考えられる。

小型船舶用ステンレス鋼製推進軸の信頼性解析

Strength of Stainless Steel Shaft

高井 元弘

平成元年10月

日本船舶機関学会第45回講演会

小型船舶用の推進軸材料として使用されるステンレス鋼SUS304、SUS630、AUS304STの3鋼種について、空気中および海水中でねじり疲労試験を実施し、鋼種間の疲労挙動の比較を行うと共に、デジタルシミュレーションの手法により、供資材の実働疲労強度の推定、推進軸設計時の許容応力値の妥当性などについて検討を行った。

疲労試験は、シェンク式4 kg・m曲げねじり試験機を使用し、海水は人口海水を用いて連続滴下した。空気中試験で発熱を伴う場合は、潤滑油を試験片表面に流しながら試験を実施した。試験結果は、 $S=C \cdot N^{-m}$ （ S ：応力振幅、 N ：破断繰返し数、 C 、 m ：材料定数）式で近似し、各鋼種について C 、 m 求め、定振幅両振り荷重化での疲労寿命曲線とした。また、静的ねじり強度特性、平均応力下の疲労試験結果と合わせて、平均応力作用化での疲労寿命曲線をそれぞれの鋼種について求めた。

疲労損傷評価のシミュレーションは、計算機により与えられた荷重スペクトル分布を持つランダム荷重を発生させ、荷重振幅、平均値の分布をヒステリシス・ループ法で計数し、疲労モデルは実験により求めた平均応力作用下の疲労寿命曲線を、疲労被害則として線形被害則（修正マイナー則）を用いて、それぞれの鋼種について実働疲労寿命線図、実働荷重下での許容応力値などを求め、比較した。結果を要約すると以下のようになる。

- (1) 3鋼種の海水中における疲労寿命曲線は、両対数 $S-N$ 線図で直線で近似でき、SUS630とAUS304STの2鋼種は、ほぼ同じ傾向を示した。
- (2) デジタルシミュレーションでは、線形被害則の仮定には問題があるが、鋼種間の比較を定量的に行うことができ有用と考えられる。

酸水素内燃式蒸気タービン機関のサイクル論的研究

Internal Combustion Steam Turbine Cycle
With Stoichiometric H_2-O_2 Mixture

井亀 優、森下 輝夫、菅 進、

熊倉 孝尚、平岡 克英

平成元年11月

日本機械学会「動力・エネルギー技術」

シンポジウム講演論文集

酸水素内燃式蒸気タービン機関は、水または水蒸気中で理論混合比の酸素と水素を燃焼させて加熱蒸気を得、タービンで仕事を行わせた後、生成された量に相当する水を復水後系外に排出する熱機関である。この機関では伝熱面を介さず作動流体の加熱を行うため、サイクル最高温度を従来の蒸気タービン機関より高くすることができる。そして理論混合比の酸水素燃料による燃焼生成物は水のみであり、常温常圧で液体となるため、それをサイクル外へ取出すための仕事量が少なく、貯留も容易である。この特徴から酸水素内燃式蒸気タービン機関は、海中動力源に適していると考えられる。また酸素と水素は水と電気エネルギー等を使って生産可能であり、液化によって単位体積当りの保有エネルギー量も増大できるため、エネルギー貯蔵、変換装置（ピークカット用）への利用も考えられる。

以上のような特徴を有する酸水素内燃式蒸気タービン機関の熱力学的性能をサイクル計算によって検討し、以下のことを明らかにした。

- (1) 酸水素内燃式蒸気タービン機関は、蒸気の初温度を高くできること、ボイラ損失に相当するものが無いこと、燃焼生成物自体がタービン内で仕事をする事などにより、外燃式に比較して熱効率が著しく向上する。
- (2) 小出力域ではタービン効率が熱効率に与える影響が大きく、初圧力の最適化が必要になる。
- (3) 作動流体中に未反応酸素を残さないため、水素を過剰に供給する場合、未反応水素の再循環に要する圧縮仕事は給水ポンプに比べて大きい熱効率が低下は比較的小さい。
- (4) 蒸気条件として初圧力4 MPa、初温度800℃、排圧0.005MPaの再熱再生サイクルの場合で、出力1 MWで約43%、100MWで約52%の熱効率が期待できることを示した。

海中動力源用酸素内燃式蒸気タービン機関

Internal Combustion Steam Turbine
with Stoichiometric H₂-O₂ Mixture
for Underwater Power Plants

井亀 優、森下 輝夫、菅 進、
平岡 克英、熊倉 孝尚
平成元年11月

第10回水素エネルギーシステム研究発表会講演集

酸素内燃式蒸気タービン機関は、水または水蒸気中で理論混合比の酸素と水素を燃焼させて過熱蒸気を得、タービンで仕事をこなさせた後、生成された量に相当する水を復水後系外に排出する熱機関である。燃焼生成物は常温常圧で液体となる。この特徴のため、この機関は海中動力源に利用できる可能性がある。本報告では1000kw海中動力源を想定して主要構成機器の体積を算定し、サイクル形式、排圧等が燃料等を含む動力源のエネルギー密度(=出力×時間/全耐圧球殻体積)に与える影響を検討した。

サイクル形式としては再生サイクルと再熱再生サイクルを考えた。エネルギー密度を求めるに当ってはタービン、主燃焼器、再熱器、再生熱交換器、復水器、発電機、減速機、潤滑油タンク、潤滑油冷却器、液体水素、液体酸素タンクと耐圧容器の体積を考えた。それぞれの機器の体積は、その機器の代表寸法を性能を支配する物理法則にしたがって決定し、この値に現用機器の寸法の間接関係を考慮して算出した。

計算の結果、10⁴kwh級の海中動力源では、液体水素、液体酸素、生成水の体積が全体積の大部分を占めるため、エネルギー密度を高めるためには熱効率の高いサイクル形式、蒸気条件を優先して選ぶ必要があることが明らかになった。また1000kw-10時間-2000m用の海中動力源として、再生サイクル(初圧力1MPa、初温度800℃、排圧0.005MPa)は、約370kwh/m³のエネルギー密度が期待できることを示した。

レーザ干渉法による火災温度測定
第5報、フーリエ変換干渉法の適用

Measurement of Flame Temperature Profiles
by Laser Interferometry
5th Report, Application
of Fourier Transform Interferometry

佐藤 誠四郎、熊倉 孝尚、田中 秀樹
平成元年12年

第27回燃焼シンポジウム

火災の三次元的な温度場の構造を明らかにするため、筆者らはレーザ干渉法とコンピュータ断層撮影法(CT)を組み合わせた計測法を提案し、本手法の有効性を明らかにしている。しかしCTを適用するには、多方向の干渉データを用いるため膨大なデータ処理を必要とすること、干渉縞パターンにおいて、頂上か谷かなどの判断を要するので、データ処理の自動化が困難なことなどがある。また気体の屈折率は高温になると変化が小さくなり、精度向上には干渉法の検出感度を高める必要がある。

近年コンピュータ処理を前提とした信号解析処理技術の開発により、従来の干渉測定の精度を1~2桁向上できる高精度干渉法がいくつか提案されており、フーリエ変換干渉法もその一つである。フーリエ変換干渉法は、従来の干渉法による等高縞に干渉光線を傾けて得られる等間隔の縞を加え、空間的な変調された干渉縞をもとに位相を抽出する方法で、ビームの照明むらなどによる不要な信号を精度良く分離、除去できる方法である。

本報では、レーザ干渉法による温度測定の精度向上と干渉縞のデータ処理の自動化を目的として、フーリエ変換干渉法を採用し、在来干渉法との比較およびCT法に適用した。主な結果はつぎの通りである。

- 1) フーリエ変換干渉法により、フリンジの高精度測定、フリンジの山や谷の判定およびフリンジの番号づけが自動化できる。
- 2) フーリエ変換法は、CT適用のための多方向干渉法に簡単に適用できる。
- 3) フーリエ変換法では、干渉像に大気室温などの基準状態を含めて撮影することにより、得られるフリンジ総数などの妥当性が判定できる。

<材料加工部>

ジャーナル軸受の損傷診断に関する研究

Study on Failure Diagnosis of Journal Bearings

前橋 正雄、山倉 康隆

平成元年10月

日本船用機関学会第45回学術講演会

軸受の故障には、時間的に余裕のある前兆段階を経て発生するものと、前兆なしに、またはあっても短時間内で発生するものがあると考えられる。後者に対する故障予知診断は困難とされているが、これまでに感知速度の優れた温度、振動、AE、油圧、摩擦トルク等の方法が考えられている。一方、軸受損傷のなかで焼付きは、即時致命的損傷となる場合が多く、また他の損傷もそれが起因となって焼付きに至る場合も少なくない。本報では軸受試験機により、焼付きの前段で起こる摩擦トルクの急増大を故意に発生させて、軸受メタル内の温度特性を摩擦トルクとの関連で調べ、故障予知診断に温度法を適用する場合に有用となる基礎資料を示す。

供試軸受は直径50mm、幅30mm、の二分割型真円平軸受であり、軸受の作動状態を流体潤滑域から混合潤滑域及び境界潤滑域に移行しやすくするため、各試験に対して、軸面を指定粒度の研磨布で研磨して、新面に近い状態に軸面を戻してから試験を行っている。潤滑状態の移行の試験は、荷重の増大または回転数の減少を段階的に進めることによった。軸受トルク急上昇試験後における軸受の損傷診断法の一つとして、再度同程度の苛酷試験を行い耐荷重を調べている。

試験により下記の知見を得た。

- 1) 軸受メタル部の温度変化は、摩擦トルクの変化より若干時間的遅れがあるが、よい対応を示すので、焼付け等の損傷を、短時間に予知診断するための検出手段として温度法は有効である。
- 2) 軸受部の温度変化を感度よく検出するためには、温度センサーを軸受負荷側の荷重方向位置で、軸受面に近いところに設置することが望ましい。

過給器付セラミックディーゼルエンジンについて

Ceramic Diesel Engine with Turbocharger

宮城 靖夫、塚田 悠治、塩出 敬二郎、

西川 和美、小田柿 秋津、平野 元幹

平成元年10月

日本船用機関学会 第45回(平成元年秋季)講演会

セラミックスを熱機関に利用する試みは、これまで自然吸気式の小型高速ディーゼル機関により、主として燃焼室回りにPSZ(部分安定化ジルコニア)、窒化珪素セラミックスを用いて実験を行ってきた。

本報では、セラミックエンジンの一つの特徴である排気エネルギーの回収による効率の向上を過給器付エンジンを用いて実験を行ない、その可能性を調べるとともに、燃焼室内の高温化によるセラミック部品の耐熱性、金属材料とのマッチングなどの挙動を観察した。また、燃焼室の高温化による燃焼性の変化、排ガス成分の変化も調べ実用化への可能性について検討した。

セラミック部品のうちシリンダースリーブ、バルブシート及びセラミック溶射したバルブは、これまでの自然吸気式と変えてない。シリンダーヘッドは溶射からPSZプレートに変更した。ピストンはPSZキャップをアルミ合金製の本体上部に焼きばめ挿入した。

セラミック部品の確認試験は、まず自然吸気式エンジン、次に過給器付エンジンへ組み込んで行なった。これらの実験ではセラミック部品の一部にクラックが生じ、脱落など重大事故になるような進展はなかったものの、部品の再検討の必要がある。

性能試験はセラミック化の場合は空冷用ファンの回転数を低減し、外部冷却量を減らした実験も行なった。セラミック化の場合、燃焼室内のガス温度は着火時期付近で約100℃高くなる。このため着火時期は早くなり2300 rpmでは噴射時期を1°遅くすると在来金属エンジンと同じになる。冷却風量を低減した場合、ファンの駆動動力分が軸出力に回収され、燃料消費率はよくなる。潤滑油温度はセラミック化すると断熱化により3/4負荷では8℃程度低下する。空冷用ファンの回転数を72%に低減した場合はほぼ在来金属エンジンと同じ温度レベルとなる。このため、この程度の冷却風量低減は実用的にも十分可能と考えられる。今後は更に燃焼室の高温化を積極的に利用することも考えていきたい。

<装 備 部>

LIFによる火炎中のホルムアルデヒドの計測

Measurement of Formaldehyde in Flame by LIF

山岸 進、土屋 正之

平成元年9月

第50回応用物理学会秋期講演会

ホルムアルデヒド(CH₂O)はメタノールを始めとする炭化水素燃焼反応においても生じ、強い刺激性の有害物質であることから、これを含む排気の浄化には、in situで計測し、反応機構を把握する必要があるとされているが、微量なため局所的計測が困難であった。

この分子は紫外領域に吸収帯を持ち、蛍光を発する事が知られている。その一つ353nmをヘッドとする強い吸収バンドに属する回転線が355nm近傍にも存在し、パルスVAGレーザの3倍波で励起すると、LIF(Laser Induced Fluorescence)が観測され、スペクトルパターンの温度による変化は少ない。高圧での蛍光消光率の推定は困難だが、同じ励起光で生ずる濃度既知成分によるラマン光が同時に観測されるので、間接的な濃度計算が可能である。エチレン・空気(φ=1.7)予混合火炎の反応帯にある強い発光部を水平方向に点状にスキャンして空間分布を観測し濃度分布を求めた。線幅約1 cm⁻¹の光で励起し、受光MCP(Multi Channel Plate)をゲート操作して、一点につき300パルスを積分した結果、ホルムアルデヒドの蛍光プログレッションがH₂O、H₂と共に観測された。この一部はN₂ラマンスペクトルとも重なりを持っているので、常温における散乱断面積比が測定される。既知濃度成分のスペクトル強度との対比からホルムアルデヒド濃度の測定ができ、濃度ピークが火炎の比較的低温部にある事が分かった。

Stripping of Cargo Piping in Chemical Tanker by Line Blowing

ケミカルタンカー配管系のストリッピング

山口 勝治、山根 健二、綾 威雄

平成元年9月

Proc. 10th Int. Symp. on the Transport of
Dangerous Goods by Sea and Inland Waterways

有害液体物質を輸送するケミカルタンカーでは、揚荷ポンプによる揚荷後も、荷揚げしきれない貨物がカーゴポンプ配管内の残留液やタンク内壁面への付着液となって船内に残留する。これらの貨物がタンク洗浄水やバラスト水等に混入して海中に排出されれば海洋を汚染することになるので、残留貨物液量を大巾に低減させる技術を開発することが必要である。

一方、船舶から海中に排出される有害液体物質の量はMARPOL73/78条約付属書IIおよびP&A基準(排出の方法および設備に関する基準)によって規制されている。実船での残留貨物液量の計測値は規制値を上回っているため、残液量を低減させる装置又は操作が必要となる。

本研究の目的は、これまでほとんど研究されていない残留貨物液をさらえるための装置(ストリッピング装置)の設計資料とこれの運転方法に関する基礎資料を得ること、および規則の定める試験実施を支援するための技術開発を行うことである。

このため、実船規模の装置を用いて、簡易で有効な方策と考えられているラインブローイングによるストリッピングを行った。

装置の管径やトリム、ラインブローイングの開始および終了条件、管内に気流を発生させるための空気タンクの容積や圧力等が管内流動特性、残液量特性に及ぼす影響を調べるとともに、管径に与える背圧維持方法について実験的に検討した。

その結果、1)残液を効果的にさらえるためのより有効な装置と方法に関する基本的要件が明らかになった。2)開発した背圧維持定圧弁は実用に供し得ることがわかった。3)ラインブローイング終了後残留する液量を推定する。簡易で精度の良い方法を提示することができた。

以上の結果は、効果的なストリッピング装置の設計・操作方法および試験法に関する有力な情報になるものと思われる。

高周波振動予測法「SEA」に関しての一考察

Study on Prediction Method「SEA」
for Hig-Frequency Vibration

木原 洸

平成元年10月

日本船用機関学会第45回学術講演会

最近、構造物の騒音予測法としてSEA(Statistical Energy Analysis)が注目されている。

本論文はSEAのプログラム開発上の問題点を述べたものである。

SEA法のパラメータとしてはモーダル密度、結合損失係数、内部損失係数の3つがある。モーダル密度を結合損失係数は、理論計算で求まる。内部損失係数は材質によって異なるが、鋼材の場合は日本造船研究協会報告での実験値を用いているのが現状である。

内部損失係数は自由端と固定端の場合の実験結果があるが、両者の間の差は大きい。またSEAパラメータの中で内部損失係数は予測計算結果に最も大きく影響を与える。本論文では正六面体を例とした計算結果を求め、内部損失係数を自由端と固定端の値の場合の差異について記述した。船舶の騒音をSEA法を用いた予測値と実験計測値の誤差が生じると、この内部損失係数を自由端と固定端の範囲内で修正することが生じかねない。基本的には固定端の実験値は固定部分で結合損失として振動エネルギーが流出しているの、内部損失とは言えない。よってSEA法の計算では、内部損失係数は自由端の計測値を用いるべきである。

モーダル密度に関しては、理論では単純なパネルとして扱うが、実際の船舶ではリブやステー等で強化された鋼板を用いており、これらの要因を考慮する方法を検討すべきである。結合損失係数については、結合部の溶接法や補強材の影響等を考慮に入れるべきである。

SEAプログラム製作上では、要素パネルが多くなると、一次元多項式の正法マトリックスが大きくなり、計算時間が長くなる。従って要素番号のつけ方を考慮して、マトリックスのバンド巾を狭くする工夫が必要である。本論文では、簡単な構造物の一例により要素番号のつけ方を示した。

波力発電装置におけるエアー
タービンへの不規則波の影響Effects of Irregular Wave
on Air Turbines of Wave Activated Generators

勝原 光治郎

平成元年10月

日本船用機関学会第45回学術講演会

空気式波力発電装置のエアータービンにあたる不規則波の影響を、流量出現確率密度関数を用いて表現できることを既に筆者らは明らかにしている。本報では、この流量出現確率密度関数を考察し、固定式空気室とブイ式空気室の本質的差異を明らかにした。

まず、正弦波形の不規則波形モデルを立て、流量の瞬時値確率密度関数 $p(x)$ と、ピーク値確率密度関数

$$p_0(z) \text{ の関係式を } p(x) = \frac{2}{\pi} \int_x^{\infty} \frac{p_0(z) \tau(z)}{\sqrt{z^2 - x^2}} dz \text{ を導いた。}$$

ここで、 $\tau(z)$ は、ピーク値 Z の波の周期を平均周期で除したものである。 $p(X)$ 、 $p_0(X)$ 、 $\tau(x)$ の条件式、および流量波形 X が $1/3$ 有義値で無次元化した波形であるという条件式を立て、 $\tau(x)$ の関数を仮定して、この条件に合うよう定数を定めた。

固定式空気室の場合、 $p(x)$ が $x=0$ のまわりで中心極限定理に従うと仮定し、 $\tau(x)$ の関数形に対応した $p_0(x)$ を計算した。同時に、 $p(x)$ の定数である標準偏差 σ の値が $\sigma=0.50 \sim 0.56$ であることがわかった。

ブイ式空気室の場合、ピーク値の不規則性が中心極限定理に従うと仮定した。ブイは固有振動数で上下動かしているの、 $\tau(x)=1$ とする。 $p_0(x)$ のガウス分布の定数 x と σ は、 $x=1-1.095$ の関係にある。 σ をパラメータとして、 $p(x)$ を計算した。

そして、①固定式空気室(水槽実験、船研)、②固定式空気室(実海域実験、根屋、大成建設株)、③ブイ式空気室(実海域実験、東京湾、船研&海上保安庁)の3つの不規則波形について、モデル計算と比較し、良い一致をえた。固定式空気室では $\sigma=0.55$ 、 0.53 、ブイ式空気室では $\sigma=0.23$ であった。

最後に、タービン性能への σ の影響を調べた。影響は小さいことから、固定式空気室では $\sigma=0.53$ 、ブイ式空気室では $\sigma=0.23$ としてよいと結論した。

ライダーによる伊那谷の気流観測

Monitoring Stream at Inadani Valley
by a Transportable Lidar

山岸 進、山之内 博、土屋 正之、島 毅

平成元年10月

第13回レーザーセンシングシンポジウム

汚染質の輸送は風によって大きく影響される。風の広域の情報を得るための一つの方法に雲をトレーサとして風のベクトルを衛星写真(1)やライダー画像(2)から求める方法がある。良く使われている2次元相互相関法の問題点は、雲が変化すると、相関係数のピークが一義的に決まらなかったり、求まる値が実際の風とかなり異なっていると思われる値を示すことである。そこで、相関係数を参考にして、オペレータがテンプレート(参照型)領域を再選択し、凶心の三次元座標から距離を求め、代表平均ベクトルを計算する対話型プログラムを開発した。昼間対流圏で観測する場合、長距離の弱いエコー信号を観測するには、太陽光補正が重要な問題である。ここでは、レーザーエコー信号を取り終った直後(約10msec)のバックグラウンド光を取り込んで、信号とはほぼ同一条件で背景光レベルを決めた。ここで開発した方法では、測定された信号について、補正(背景光、距離、エネルギー)を行い、2次元画像の特徴あるテンプレートを選択し、他の画面から相互相関係数の最大となる点を探索する。実際には相関係数のピークは次の4つのパターンに分類される。(a) 明瞭である、(b) 複数ある、(c) 線状となる、(d) ハッキリしない場合とである。(a) 以外の画像を再検討すると、雲形が少し変化したり、別の雲が見えたりするが、移動した集団が十分識別できる場合がある。この時、オペレータは相互相関係数を参考にして、相関の高い雲の集団を指定して、その三次元座標から凶心間距離を求めて平均速度ベクトルを計算する。中央アルプスと南アルプスに挟まれた伊那谷において、気象研の冬期観測と合同でライダー観測を行いこの方法を適用した。風向は南西方向で、上層高度3.2kmでは約37m/sec、下層1.3kmでは約16m/secとなっている。同時刻のドブラーソーダの記録によると700m以下では風向はほぼ南であり、上空との風向と大きく異なる流れがあることが示された。

水噴流による洗浄について

On the working by a water jet

上田 浩一

平成元年10月

日本船用機関学会第44回講演会

ケミカルタンカーの貨物の荷揚げ後、タンク内を水洗浄する場合、従来はタンク洗浄機のノズル口径は7~8mm以上のものが多く使われていた。しかし最近では洗浄廃水量を低減するためにノズル口径を小さくすることで検討されている。

そこで、小口径のノズルを用いて、衝突噴流によって洗浄される状況を実験により調べた。供試液として高粘性水溶性物質であるグリセリンを着色したものを使用した。

実験は供試液を供試板に付着させておき、噴流によって洗浄される状況をモータドライブカメラによって撮影し、洗浄時間と洗浄による除去状況を調べた。ノズルの口径は1、2、4、8mmのものを使用し、ノズルと平板間の射程距離は65cmと8mについて実験を行った。ノズルの口径の影響、ノズルへの付加圧力を変えた場合の影響、ノズルと壁面間の距離を変えた場合の影響、洗浄水温度を変えた場合の影響について調べた。以上は垂直壁面についてであるが、さらに一部水平面上の洗浄についても調べた。

実験の結果、垂直壁面上の高粘性水溶性物質を洗浄する場合、噴流衝突開始後の非定常な初期において、口径の小さい方が口径の割には洗浄効果が大きい。温水の影響は初期あるいは下方への流れにより溶解して除去するのに効果が大きい。射程距離が長くなって噴流が液滴状に割れても、到達すれば充分効果がある。

水平面上を洗浄する場合、跳水現象が生じる付近に近づくとかなり洗浄効果が悪くなっている。

水中における水素燃焼の研究(第2報)

Study on the Combustion of Hydrogen and Oxygen in the Water (2nd Report)

熊倉 孝尚、森下 輝夫、平岡 克英、井亀 優

平成元年12月

第27回燃焼シンポジウム

水素の熱機関への利用として研究をすすめている内燃式蒸気タービン機関では、水中および蒸気中で理論混合比の酸水素を燃焼させ、熱を直接作動流体に与えて蒸気を発生させることを特徴としている。

本研究は水中燃焼の安定性や燃焼特性について把握することを目的に行っており、第1報で溶断トーチ用ノズルを用いた予備実験を行ない、ノズルにフードを付ければ予混合した酸水素ガスの中燃焼が可能であることを報告した。しかし水中における燃焼は不安定であり、突然失火したり、ノズル内部に逆火を起したりするため、不安定燃焼の解明を行ない、安定燃焼範囲を明らかにすることが必要となった。そこで、フード付き単孔ノズルを用いて、ノズルおよびフードの寸法が燃焼の安定性および燃焼特性に与える影響を調べることにした。

本報では、室温付近の低温水中の燃焼の安定範囲および不安定現象の特徴、また燃焼効率について報告する。実験は円筒形の容器に水を入れ、その中で燃焼させることで行なった。水面上でバーナノズルに着火させ、これを所定の水深まで沈めた。燃焼の安定性は所定の水深における所定の燃焼持続時間の頻度で判定した。また失火や逆火現象についてはノズル内の圧力変動およびイオン電流を計測して解明を試みた。燃焼効率(水素の消費率)は燃焼により生じた蒸気中の残存水素および酸素ガス濃度を測定した結果から求めた。

結論として、燃焼の安定化にはフードが効果的で、その長さ内容比は2.5以上必要であること、燃焼効率は理論混合比の時に99%以上が見込まれ、ノズルやフードの寸法にはほとんど影響されないこと、またノズル出口では火炎面が常に変動しており、逆火にまで進展しなくても火炎がノズル内に入ることがある、等が明かとなった。

<システム技術部>

A Reliability Analysis by the GO-FLOW Methodology: An Analysis of Emergency Core Cooling System of Marine Reactor under Fire Accident Condition

GO-FLOW手法による信頼性解析:

火災事故時における船用炉炉心冷却系の解析

松岡 猛、小林 道幸、竹村 数男

平成元年8月

Proceedings of Conference on Safety

GO-FLOW手法を原子力タンカーの火災事故時の安全性評価へ適用し、船用炉炉心冷却系の信頼性解析を実施した。

火災発生頻度としては、海難審判裁決録、ロイドの海難統計データ、IMO火災海難報告、要救助海難統計データ等、過去の記録とともに推定した。火災発生時の消火成功確率としてはLimerick PRAのデータを用いた。火災発生後の室内温度上昇及び継続時間は、COMPBRNIIIコードを用いて評価した。区画間には耐火壁の存在を仮定し、60分以上継続した火災事故の場合のみ隣接区画への転移が起るとした。

解析においては、火災発生後10分後に発生区画内の全ての機器の機能が喪失するとし、60分後に0.96の確率で隣接区画へ転移し、更にその10分後に消火失敗のため0.4の確率で転移先の区画内の機器の機能が失われると仮定した。

火災事故の検討の結果、機関室内火災発生頻度が他の区画内の火災より発生頻度が高いため機関室内火災発生を解析対象事故として取り上げた。火災発生後の転移先として、補助ボイラー室、原子炉区画B、及びそれら両区画を選び、3種の事故条件を設定した。各事故条件は、隣接区画への転移が起る場合と、起らない場合が、0.96と0.04の割合で含まれている。

更に、工学的安全系の評価のため、火災発生と同時に100φ破断のLOCAが発生すると仮定し、炉心冷却モードとして三段階のフェーズを設定した。

火災の転移が起る場合と起らない場合両方を含んだ各事故条件下における三段階の炉心冷却モードが一枚のGO-FLOWチャートに表現でき、一度の計算で解析可能である事が示された。

GO-FLOW手法による信頼性解析(8)
 -遅延オペレータの導入とそれを用いた解析例-

Reliability Analysis
 by the GO-FLOW Methodology (8)
 -An Analysis with Delay Operator-

松岡 猛、小林 道幸

平成元年10月

日本原子力学会秋の分科会

現実のプラントの信頼性解析においては、機械と人間が相互に影響を及ぼし合っている効果を考慮する必要がある。本報告においては人間の行動を表現する際に必要となる遅延オペレータの導入、それに伴う種々のオペレータ機能の再定義、遅延オペレータを用いた解析例について述べる。

遅延オペレータの機能としては、入力信号に対して一定の時間で後に入力信号と同一の信号を出力する働きを与えた。この遅延オペレータの出力と元の信号との間の従属関係を正しく考慮する必要があるため、ANDゲート、ORゲート、弁の開閉動作のオペレータについて、信号間の従属性を考慮に入れて機能の再定義を行なった。

解析対象として、タイマー、リレーを含んだ電気回路を選んだ。この回路においては、スイッチを閉じる事により、リレーが働き電球が点灯する。それと同時にタイマーが作動を開始し一定時間後にタイマーに連結されたスイッチを開状態へと変え電球を消灯する。

この動作機能の回路を、遅延オペレータを用いてGO-FLOWチャートに表現し解析を行なった。

遅延オペレータの導入および、“AND”、“OR”、“弁の開閉”等のオペレータ機能の再定義により遅延事象を含んだ系の信頼性解析がGO-FLOW手法により実施できることが示された。今後、GO-FLOW手法による人間-機械系の信頼性解析の研究を進める予定である。

航行環境情報の表示方式に関する一考察

A Study on the Navigation Area
 Information Display System

有村 信夫、山田 一成、大西 典一

平成元年10年

日本航海学会 81回講演会

近年、船舶が大型化・高速化する中で、夜間や霧中等の視界制限状態での運航が望まれている。

一方、船舶の運航に携わる要員数は、運航の自動化や航行援助機器等の導入により減少しており、操船者には新たな負担の増加が予想される為、視界制限状態や高速航行時の操船支援システムが望まれている。

本発表は、船舶の航行安全を目的とした操船判断支援システムに関する研究である。

現状において、操船者は航行中の環境情報を目視観測に頼り、レーダを有効に活用していない為、濃霧中や夜間等の視界制限状態における衝突事故率が高いという問題がある。

従って、レーダ航行時の操船者負担の軽減と、操船者と操船支援系間の情報伝達効率の改善について、操船支援情報の観点から検討を行った。

即ち、実態調査の解析結果から操船者の主観的判断要素を取り入れて、航行環境の閉塞度指数による評価指標を定義した。

そして、航行海域上の他船に対する閉塞度指数の予測値をパソコンCRT上に表示する方式を提議した。

更に、航行海域の危険度表示方式による操船判断支援情報の有効性を検証する為、画面情報から人間が受け取る情報伝達量の有意差について、シミュレータ実験で、評価を行った。尚、表示方式は、相対運動ベクトル表示、相対・真運動ベクトル表示、閉塞度指標による危険度表示の3種類である。

実験の結果、航行海域上の閉塞度指数を等高線図で表わす表示方式は、衝突事故の発生を未然に回避して、航跡密度分布が実態観測で得られる統計的分布と良く一致することが判った。

従って、操船者と運航支援系間の情報伝達効率の向上を図ることが、航行の安全確保に有効であることを示した。

<海洋開発工学部>

実海域における各種ワイヤロープの
耐食性の経年変化に関する調査

Corrosion Behavior of Wire Rope
in Offshore Structure

山川 賢治、汐谷 益雄、守谷 敏之

平成元年10月

資源・素材・学会秋季大会

ワイヤロープ分科研究会資料

ワイヤロープは、種々の分野で使用されており、海洋開発に関連する用途も多様である。したがって、ワイヤロープの寿命には大きな関心もたれている。通常、ワイヤロープの寿命延長の施策としては、設備や使用条件の改善および使用条件に適合するようにワイヤロープの設計変更などが行われている。しかし、海洋環境のように設備や使用条件の改善が困難な厳しい使用環境においては、材料および防食技術の観点からのワイヤロープの研究開発が不可欠である。

山形県鶴岡市由良沖における浮体式海洋構造物「POSEIDON号」による海上実験では、波・風・流れなどの自然環境条件や動揺・構造歪・係留力など構造物の各種応答とともに、海洋構造物の維持管理技術に関連した保守・点検・補修技術および防食技術に関する研究も行っている。その一環として海中・飛沫帯・大気中にそれぞれ各種ワイヤロープの試験片を取付けて暴露試験を実施中である。

本報では、1986年7月から1989年7月までの3年間の調査結果にもとづいて各種ワイヤロープの特性変化を示した。その結果は、次のようにまとめることができる。

- (1) 犠牲防食ロープは、1年間の暴露で海中では亜鉛が完全に流出し防食性を失うが、大気中では十分耐食性を有している。
- (2) ステンレスロープは、2年間の暴露で全く異常が認められず、相当の耐食性を有している。
- (3) 重防食ロープは、2年間の暴露で海中中部においてPE被覆が剝離しても特性の劣化は少く、高耐食性メッキと特殊充填材のシール効果が有効である。

<大阪支所>

蒸気流中への冷水注入に伴うウォータ
ハンマに及ぼす管傾斜の影響

Effect of Pipe Inclination on the Waterhammer
Induced by Injection of Cold Water
into Steam Flow

綾 威雄、小林 道幸、山根 健次

平成元年10年

日本原子力学会「1989年秋の大会」

蒸気と冷水との直接接触に起因した給水系などに生じるウォータハンマ現象は、定常時のPWRの健全性確保にとって解決すべき重要な課題であるとの認識が最近になって特に高まってきた。一方、一次冷却水喪失事故(LOCA)時に、非常用炉心冷却(ECC)水がコールドレグ部より注入される場合にも同様のウォータハンマが発生するとの指摘が従来よりなされている。そこで、船用炉事故に及ぼす船体運動の影響を把握するため、ECC水が注入される場合のウォータハンマ特性に及ぼす定傾斜や横揺の影響を実験的に調べている。今回、その第一歩として、ECC水が注入される水平間の傾斜の影響をまとめた。

実験装置は、実炉の蒸気空間に相当するヘッダー、コールドレグを模擬した透明水平管、システム圧力調整用のレシーバタンク及びこれら試験部を搭載するための±27°まで傾斜可能な架台から構成されている。実験では、ボイラからの蒸気がヘッダーを経て水平管に導かれ、水平管の途中から斜めに注入されるサブクール水(ECC水に相当)との直接接触により凝縮し、注入水とともにレシーバタンク内へ流れ込む。今回の実験は大気圧下で行い、ウォータハンマ時の温度と圧力の変化を注入口近傍を中心に計測した。

実験観察から、ウォータハンマは、層状水のスラッキングの結果として形成される蒸気泡の凝縮崩壊により発生することが確かめられた。水平管の傾斜はスラッキング化の難易に影響する。定性的には、上り勾配のとき重力が層状化を促し、スラッキング即ちウォータハンマの発生を助長するのに対し、下り勾配のときは重力作用が逆になり、ウォータハンマは生じにくくなる。注入水量を蒸気流量で示されるウォータハンマ発生領域に及ぼす傾斜の影響を定量的に求めた結果、上記の定性的傾向が確認されるとともに、-20℃以上の下り勾配では、ウォータハンマは一切発生しないことが判明した。

船用バルブの軽量化に向けたFEM解析

A FEM Analysis for Marine Valves
for Reducing Their Weight

伊飼 通明、綾 威雄、天田 重庚

平成元年10月

日本船用機関学会第45回学術講演会

ISOの鋼製仕切弁の国際規格制定に伴い、国際規格に合ったJIS弁の設計変更がなされようとしている。このISO弁とJIS弁の大きな相違点は面間寸法にあるが、このような状況からこの新しい面間寸法の導入に伴い弁箱の剛性低下が懸念されている。したがって、従来のバルブの簡易設計法に替わり、弁箱などを適正に扱うことのできる船用弁の合理的設計法の確立が急務となってきた。そのための基礎資料を得ること、及び軽量化の目的で弁箱部分についてFEM解析を行った。

数値計算はISOバルブであるPN10-200型の弁箱部分について、横リブ、縦リブ、ボンネットフランジの各部分と弁箱胴との関係について、各肉厚を変えることによる弁箱胴の変形、応力への影響を調べ、軽量化の可能性を調べた。数値計算は、材料定数としてヤング率 $E=1.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ を採用し、弁箱内部に圧力 0.98 MPa (10 kgf/cm^2)を負荷することにより行った。ボンネットフランジに関しては、その形状を変更することによる効果を数値解析を通して調べ、それらが弁箱胴の変形にいかに関与するかについて検討を行った。

その結果、次のような結論を得た。

- (1) ボンネットフランジの肉厚一定の下で弁箱胴の肉厚を変えた解析から、弁箱胴の肉厚が 10 mm より小さくなると急に変形が大きくなることが分かった。
- (2) 縦リブの存在は変形の阻止に大きく寄与するが、縦リブの肉厚は弁箱胴の変形に大きな影響を与えず、むしろ弁箱胴の肉厚が影響し、弁箱胴の肉厚が 12 mm 以下になると最大変形の位置が縦リブ位置から離れた傾向にあることが分かった。

タンク内へ注入される水蒸気の帯電

Electrification at Steam Injection
into Tank—Hold

吉田 紘二郎、山根 健次、綾 威雄、上田 浩一

平成元年10月

静電気学会講演論文集'89

精製油タンカー又はケミカルタンカーの荷役時において、帯電した静電気の放電による爆発火災の危険が存在する事は広く知られている。

荷揚げ後のタンククリーニングに伴う静電的な危険が予想される事例の一つに蒸気を用いる洗浄作業がある。蒸気を導入してタンクホールド内の温度を上昇させる方法は、高粘性貨物の洗い落としや希釈を容易にするなど効果的な清掃法であるが、貨物が可燃性物質の場合、該当タンクホールドおよび近接区域の槽内に爆発限界内の揮発性雰囲気を形成する可能性が大きい。さらに、噴出蒸気は大量の静電気を発生するため、帯電蒸気雲からの気中放電、又は絶縁された導体などに対する電荷集中や誘導帯電による放電の危険が考えられる。

蒸気の帯電について、その危険性の把握や帯電抑制についての検討の必要性が指摘されてきたが、蒸気の性状など関与する要因の複雑さから普遍的な実験結果を得ることが難しい現状であった。

そこで、これまでの研究結果をもとに、静電気計測を主目的として新たな蒸気帯電実験装置を製作した。その実験装置においては、蒸気発生装置の供給水、電源および燃料タンクを含め、配管などの部分をテフロン系絶縁物を用いて大地から電氣的に絶縁した。

本実験装置によって、パイプから噴出する水蒸気の持つ電荷密度を計測したところ、大きい時には 10^{-5} C/m^2 以上に達した。帯電状況に対しては、蒸気の性状、特に湿度や過熱度が大きく影響した。

また、タンク内において電界を形成している帯電蒸気雲の電荷緩和速度は、タンク内雰囲気温度が高いほど大きいことが分かった。従って、蒸気の持つ大きな電荷密度が直ちに危険性のある槽内電界に結び付くわけではないが、タンククリーニングに蒸気を使用する場合は、基本的に蒸気の電荷密度が非常に大きいことを常に考慮する必要がある。

3%食塩水におけるPC鋼より線の応力腐食割れ試験

Stress Corrosion Cracking Tests of Prestressing
Strand in 3% NaCl Aqueous Solution

小林 佑規、田中 義久

平成元年11月

プレストレストコンクリート技術協会

第29回研究発表会講演概要

コンクリート製構造物は、海洋での耐食性に優れている。プレストレストコンクリート(PC)製構造物は、ブロックごとに建造された構造物をPC鋼より線により結合し、大型化していくことが容易であるので、洋上での建造に適している。そのため、PC構造物は、PC鋼より線が構造物の強度を支配しているとも言える。しかし、洋上でブロック建造された大型構造物は、入渠による修理が困難であり、ブロックごとの結合部等が腐食の問題点となる。従って、塩化物に対する補強鋼材の腐食問題を解決すれば、構造物の耐久性は著しく向上されると考えられる。

応力腐食割れは、材料、環境および負荷応力が特定の組合せのときに発生する。本稿は、3%食塩水による7本よりPC鋼より線の応力腐食割れ試験を行った結果の報告である。応力腐食割れ試験は、低歪速度試験法および定荷重試験法により行った。また、定荷重法試験では、アノード分極による応力腐食促進試験を行った。これらの試験から機械的強度特性について示すと、以下の結果が得られた。

- (1) 低歪速度試験法によると、破断荷重、耐力および比例限度は、処女材と比較しやや低下する程度であった。一様伸びは歪速度の低下とともに著しく低下し、何らかの応力腐食割れ感受性を示していると考えられる。
- (2) 定荷重法の試験によると、破断強度、伸びおよび絞りは、腐食時間とともに低下していく。本実験の破断強度と無負荷で海中に13カ月間暴露したそれとを比較すると、破断強度は本実験の方が低下している。
- (3) アノード分極電位と破断時間は直線関係となる。電位が貴になると腐食速度が大きくなり、破断時間は短くなる。負荷荷重が空气中破断強度の70%以下の場合、応力腐食割れの破断時間は負荷荷重の影響を受けないが、70%を超えると短寿命となる。破断応力は、局部腐食で10%、全面腐食で8%低下する。