所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

A STUDY ON ICE TANK EXPERIMENTATION (Part 1)

氷水槽試験法に関する研究

北川弘光、泉山　耕、小山鴻一
宇都正太郎

平成3年9月
Proceedings of 11th POAC

一般の試験水槽においては、フルード以来の研鑽があり、試験水槽における計測技術、模型試験法及び解析法は、実用上差し支えないレベルに到達している。しかし、氷水槽については、一般試験水槽に比して、その歴史が浅いことと、世界的にも施設が希少であること、模型氷に係る試験研究が経費の面で極めて高額であることから、今なお、信頼性評価に耐え得るレベルにあるとは言い難い。

このため、船舶技術研究所氷水槽完成以来、氷水槽試験法の研究を常に念頭に置いて氷水槽における諸実験研究を実施し、様々な機会を捉えて試験法に係る氷水槽特有の問題を検討してきた。本論文は、その第一報である。氷水槽においては、模型氷の評価が最も重要である。模型氷は水槽全面に亘って一様かつ力学的に均質であることが望ましいが、いずれの氷水槽にあっても水槽長手及び幅方向に不均質性が見られ、個々の氷水槽の特性を知り、その上で一層の均質化に努めることが肝要である。本論文では、これらの問題について、氷厚、曲げ強度、弾性率、荷重時の氷板の撓み等について検討を加え、評価法や均質化への試みを述べた。また、圧縮強度については、試料断面形状の影響を明らかにした。

模型船による一様氷板中の実験については、模型加速度の影響、長い船体平行部を有する船型についての異常現象の指摘、氷中抵抗について妥当な平均値を得るために必要な計測距離、模型氷摩擦の異方性の問題、流氷中の抵抗に現れる二股現象の指摘などを行った。これらは、氷中模型試験の信頼性を向上させるための基礎的資料として有益であり、各国の国立氷水槽が中心となって、今後このような研究を重ね、信頼性評価に十分耐え得るレベルまでに氷水槽試験を高める必要があることを提言した。

実船プロペラ翼面圧力計測
──ハイリースキュードプロペラに関する計測

Measurement of Pressure Distribution on a Full Scale Propeller ── Measurement on a Highly Skewed Propeller ──

右近良孝、工藤達郎、黒部雄三
湯浅　肇、上入佐光、久保博尚

平成3年11月
日本造船学会論文集

最近、装着率が急増しているハイリースキュードプロペラ（以下、HSPという）において、翼端での折損事故が発生することが報告されており、造船所ばかりでなく、海運関係者にとっても重大な関心事となっており、この原因の究明が叫ばれている。

著者らは前報において世界で初めて実船でのプロペラ翼面圧力計測法を開発し、運輸省航海訓練所の青雲丸の通常型プロペラ（以下、CPという）での計測に成功し、報告した。本論文では前報の計測法の改良を行うとともに、同船にHSPを装着して計測を行い、興味深い計測結果が得られたので報告する。

先ず、CPでの計測の時の経験から、圧力ゲージ及びアダプローの改良を行った。プロペラ加工、圧力計取り付け並びに配線工事に細心の注意が払われた。

実船計測は伊豆七島沖で行われ、注意深い運航により、スラスト係数K_Tがほぼ一定（110RPM以上で）の作動条件が保たれた。プロペラ回転数並びに相似な位置での圧力計によらずデータの再現性があり、精度の高い計測がなされた。本計測結果と船研で開発されたプロペラ揚力面理論計算と比較をした結果、CPと同様にプロペラ前縁において両者の一致はすばらしく中央部の正面側では理論が過小評価することが分かった。この傾向は実船CPでの比較並びに模型プロペラでの計測で見られ、既存理論の欠点を明らかにすることができた。

本計測ではCPとは全く異なる計測結果が0.9R（90%半径位置）の後縁側で得られ、圧力が後縁に近づくに従って低い圧力となり、理論とは全く異なるものとなった。これは前縁剝離渦の影響と考えられ、HSPでは正転時においても理論、即ち、設計で予測される以上の高荷重が翼端近傍の後縁側に加わることが分かった。この計測結果は前述の翼端での折損事故の原因解明に役立つものと考えられる。

Numerical Simulation of Unsteady Viscous Nonlinear Waves Using Moving Grid System Fitted a Free Surface

自由表面に適合した移動座標系による非圧縮粘性流体の非定常造波計算について

日夏宗彦

平成3年11月
関西造船協会誌

本研究は、自由表面問題をナビエ・ストークス方程式を用いて数値的に解いたものである。支配方程式は一般曲線座標系で保存形表示し、この離散化には流速と圧力の評価点を計算格子中央に置くセルセンタードステンシルを用いた。圧力項と粘性項に対する空間差分は2次精度の中央差分を、また対流項には3次上流差分（QUICKスキーム）を用いた。時間微分は対流項と粘性項を陽的に、圧力項を陰的に扱うフラクショナルステップ法で離散化した。一般座標系は自由表面に適合させ、自由表面上では自由表面条件を満足するように解いた。

本計算スキームの正当性を評価するため、(1)二次元定在波(2)ソリトンの伝播と反射(3)ピストン式造波機による開境界造波問題(4)水底物体による造波問題の4問題を取り上げ、それぞれ今回の手法により解析した。結果を理論解と比較し、今回の手法が正しく自由表面問題を解いていることを確かめた。また(3)の問題により開境界条件の取扱いについても考察を行った。

本手法は3次元問題にそのまま容易に拡張できる。

〈構造強度部〉

鋼管交差溶接継手の疲労強度
── 溶接まま継手における残留応力の影響 ──

Fatigue strength of tubular joints
── Influence of weld residual stress on fatigue strength of as welded T- and X- joints ──

松岡一祥、千秋貞仁、藤井英輔

平成3年11月
日本造船学会論文集　第170号

著者らは、鋼板継手の残留応力測定および疲労試験を行って来た。そこで得られた結果が、実際の海洋構造物の鋼管継手にも成立するか検討した。ここでは、溶接ままの鋼管継手を取り扱った。

本論文の目的は、溶接鋼管TおよびX継手の止端部の溶接残留応力を明らかにしようとするものである。併せて、この残留応力の疲労強度に及ぼす影響についても取り扱った。まず、溶接鋼管T継手止端部の溶接線直角方向残留応力が、主管肉厚が大きい場合には、鋼板Tすみ肉溶接継手止端部の残留応力とほぼ等しいことが示される。次に、鋼板すみ肉溶接継手の疲労強度における、平均応力と残留応力の複合効果について簡単に解説した後、溶接鋼管TおよびX継手の疲労強度に及ぼす溶接残留応力の影響について検討した。検討には、公表されている疲労試験結果を用いた。検討結果は、7つの参照疲労寿命（崩壊繰り返し荷重回数）における、応力範囲と残留応力を考慮した平均応力の関係として表された。この検討結果に基づき、鋼板継手と鋼管継手の相違点、50キロ級鋼管継手における板厚の影響などについて論じた。主管肉厚が、16および32mmの場合には、参照寿命における応力範囲と残留応力の関係より計算されたS-N曲線は、試験結果とよく一致した。主管肉厚が6.3mmと小さい場合には、最少応力が、主管肉厚が76mmと大きい場合には、最大応力が降伏応力に達していると判断された。これらの場合には、試験結果は計算されたS-N曲線より高強度側に分布した。これはひずみ硬化の影響と考えられた。得られた重要な知見の1つは、現行基準に多く認められている、板厚による設計疲労強度の低減が、主管板厚32mm以上で不要であるとするものである。

鋼/PCハイブリッドバージの縦強度

Longitudinal Strength of Steel/PC Hybrid Barge

松岡一祥、野口憲一、千秋貞仁

平成3年11月
第2回「プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム」論文集

コンクリート製の浮遊式構造物では、波浪中での縦曲げモーメントによってひび割れがコンクリートを貫通し、水密性が損なわれることがないように長手方向にプレストレスする必要がある。また、100m程度の構造物を一体打設することは困難であり、輪切り状のブロックをプレキャストして、船渠または船台上で緊張、一体化する工法になると予想される。

著者らは、鋼/コンクリートハイブリッドバージについて、局部強度、横強度などについて検討してきた。ここでは、発電プラントバージを想定して、波浪中の縦曲げに対する強度、縦強度について実験的検討を行う。併せて、実験用模型の製作に当たり、輪切りブロックのプレキャスト、緊張一体化工法について検討した結果を示す。

想定構造物の断面で、そのままの縮尺模型とすることは、試験機の能力、縮尺率などから現実的でない。そこで、舷側タンク中央から外側を取りだし、船側外板の鋼/コンクリート接合部を主要な検討対象とする箱梁型の模型とした。3個の輪切りブロックに分けて製造し、載荷装置上で接合•緊張した。PC鋼棒の引張力のばらつき、コンクリートに導入された圧縮ひずみなどを測定し、ブロック接合工法が適用可能であることを確認した。その後、曲げ試験を行い、試験結果に基づいて、設計荷重（縦曲げモーメント、せん断力）に対する想定構造物の強度についての検討を行った。以下に検討結果を要約する。

1) 船底プレストレスの消失後、ブロック接合部の損傷が破壊過程の引金となった。しかし、十分なプレストレス量により所定（曳航時波浪中）の縦曲げ強度を得ることができる。
2) 想定構造物は、曳航時波浪中のせん断力にさらされてもせん断ひび割れは生じないと考えられるが縦曲げ強度に比べると安全余裕が小さい。

鋼/コンクリートハイブリッドバージの横強度

Transverse Strength of Steel/
Concrete Hybrid Barge

松岡一祥、田中義久

平成3年11月
第2回「プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム」論文集

鋼製の船舶あるいは海洋構造物では、鋼材の腐食および疲労が大きな問題となる。移動できない海洋構造物や、入渠せずに長期間稼働することが期待されるプラントバージなどでは鋼材の防食および疲労に対する対策が重要である。特に海水に接するプラントバージなどの船底および船側では、十分な腐食代を持たせたうえに重塗装と電気防食が実施されるが、建造および維持補修経費の増大が問題となる。そこで、鋼材に比べて海洋環境で耐久性のあるコンクリートの使用が塗装、電気防食などの建造・維持経費の観点から有利になる。一方、プラントなどの艤装・積載物重量と構造規模および建造コストの関係、艤装品の取付けの容易さから、強度/重量比が大きく、溶接による艤装品取付けの容易な鋼構造の利点も捨て難い。そこで、船底外板および船側外板の海水飛沫帯から下側にコンクリートを用い、その他の部分を鋼構造とする鋼/コンクリートハイブリッドバージが考えられる。

バージを計画するに当たり、経済面からは上述のように構造重量、建造コストとメンテナンスコストなどが、強度面からは局部強度、横強度、縦強度などが検討対象となる。プラントバージを想定し、横強度について縮尺1/4の模型による実験および解析により検討した結果を示した。以下に得られた結果を要約する。

1) 縮尺1/4の模型による試験結果と同程度の全鋼製模型による結果とを比較すると、ハイブリッド構造の方が舷側ストラット座屈後の荷重低下が少なく、最高荷重に至るまでの変形能力が大きかった。
2) 塑性関節法による崩壊荷重の推定結果は、実験結果に比べて十分に安全な推定値を与えた。
3) 上述2)により、塑性関節法の適用性が確かめられたので、想定したプラントバージにもこの方法を用いて横強度の検討を行い、終局限界状態に対して十二分の強度余裕があることを確認した。

〈機関動力部〉

Energy Analysis and CO_2 Emission Evaluation of a Solar Hydrogen Energy System for the Transportation System in Japan (1. Conceptual Design of the System)

日本の運輸交通機関用太陽水素エネルギーシステムのエネルギー解析とCO_2排出の評価(1.システムの概念設計)

平岡克英、渡辺健次、森下輝夫、野村雅宣
菅　進、井亀　優、千田哲也

平成3年11月
International Journal of Hydrogen Energy
16巻9号

近年、化石エネルギー、特に石油エネルギーの将来における枯渇や、地球規模的環境汚染、特に大気中CO_2濃度増加による地球温暖化が全世界で取り組むべき大きな問題となっている。我国においては、国内石油エネルギー消費量の約30%は運輸交通機関で使用しており、特に大都市においては自動車からの排気ガスによる大気汚染が大きな問題となっている。これら石油資源枯渇問題、地球規模的あるいは地域的環境問題に対処するために太陽エネルギー等の再生可能で環境を汚染する物質を排出しないエネルギーの利用の検討が重要である。

我国の運輸交通機関においても石油系燃料を再生可能なエネルギーで代替することができればその効果は非常に大きいといえるが、石油代替エネルギーシステムはそれを導入することによって正味いくらの石油代替がなされるのか、正味いくらのCO_2排出が抑制されるのか明らかにする必要がある。

そこで、わが国の運輸交通機関が現在使用している燃料をすべて太陽エネルギーを利用して製造した水素で代替する太陽水素エネルギーシステムを本報告（第1部）で概念設計し、別報（第2部）で石油代替度とCO_2排出に関して解析した。

本エネルギーシステムでは、運輸交通機関が使用している約69×10^6kl/yの石油燃料を2.49×10^7ton/yの液化水素で代替する。液化水素は南太平洋上に総面積約12,000km^2の筏群を浮かべ、そこで太陽光発電を行い、その電力で製造する。液化水素は270隻の12.5万m^3液化水素タンカーで日本に輸送する。そのほか貯蔵タンク、国内輸送用タンカー、列車、タンクローリーの必要量が明らかになった。

なお、本稿は既報の当所研究報告（平成2年7月）の内容を英文用に書き直したものである。

運輸交通機関用太陽水素エネルギーシステムの省石油と CO_2 排出削減

Solar Hydrogen Energy System for Petroleum Saving and CO_2 Emission Reduction of Transportation in Japan

平岡克英、森下輝夫、菅　進
井亀　優、渡辺健次
平成３年11月
日本機械学会関西支部第250回講演論文集 No. 914-3

現在、化石エネルギー、特に石油エネルギーの将来における枯渇や地球規模的環境汚染、なかでも大気中の CO_2 濃度増加による地球温暖化が全世界で取り組むべき大きな課題となっている。また、大都市において、自動車からの排気ガスによる大気汚染も問題となっている。これらの問題に対処するためには太陽エネルギー等の再生可能で環境汚染物質を排出しないエネルギーの利用を検討することが重要である。

そこで海外の豊富な太陽エネルギーを利用して、太陽光発電を行い、その電力で製造した水素を日本に輸入し、日本の運輸交通機関が現在消費している石油燃料全てをこの水素で代替する水素エネルギーシステムが考えられる。このような海外における水素製造は国際的な同意を必要とするが、とりあえず水素製造場所として南太平洋洋上を想定し、システムの構成がどのようなものになるのか、正味いくらの石油代替がなされるのか、また正味いくらの CO_2 排出が抑制されるのかを検討し、既に報告した。

本論文ではれ、オーストラリアと北アフリカの砂漠での水素製造を想定して検討し、以下の結果を得た。

1)　水素エネルギーシステムを構築するためには、水素製造設備、輸送設備、貯蔵整備などの設備を必要とするが、投入されるエネルギーの大部分は水素製造設備に対するものである。
2)　現状の技術水準では約１万 km^2 以上の太陽電池を必要とし、現在の化石エネルギーシステムと同等以上の投入エネルギーを必要とする。しかし CO_2 の排出は約40％低減される。
3)　今後技術開発が進めば、在来エネルギーの約83％が節約され、CO_2 排出量は約86％の削減が可能である。

レーザ干渉法によるプラズマジェット場の測定

Measurement of Density and Temperature Profiles in a Plasma Jet by Laser Interferometry

佐藤誠四郎、植松　進、千田哲也
平成３年11月
日本溶射協会第54回学術講演会論文集

プラズマ溶射における溶射皮膜の品質および基板との密着強度などを向上するため、従来から減圧下でのプラズマ溶射が用いられている。しかし減圧溶射で用いられているプラズマジェットは、大気圧溶射と比較してプラズマの挙動が異なり、セラミック粒子などの加熱過程も異なることが予想される。溶射皮膜の改善には溶射過程に含まれる物理現象の解明が必要であり、減圧状態におけるプラズマジェットの温度や密度場の構造などの特性を明らかにする必要がある。

本報告では、これら溶射現象解明の基礎研究として、減圧状態におけるプラズマジェット場の温度と密度分布を明らかにするため、直角２方向マルチパス干渉計とデータ処理にCT（コンピュータ断層撮影法）の手法を用いて測定を行った。

温度、密度計算では、干渉法に使用した波長は一種類なので、プラズマの電子の影響を無視し、中性気体としての値を求めた。CT 計算には、直角２方向の干渉データから、プラズマジェットの円周方向の分布の連続性を仮定し、中間方向のデータを補間により求め、８方向または16方向のデータとした。また温度計算の際、発散値を防ぐため、重畳積分法のフィルター関数を修正して用いている。このため求まる温度は、相対値となる。

主な結果として、レーザー干渉法によるプラズマジェットの測定には、入力15KW 以上および雰囲気圧力40kPa（300Torr）以上では、干渉縞を静止して撮影するために光源としてパルスレーザーを用いる必要があること、減圧状態の測定では干渉法の感度を高める必要があることなどを明らかにした。

フーリエ変換干渉法による火炎温度測定 第２報、データ処理法の検討

Measurement of Flame Temperature Profiles by Fourier Transform Interferometry 2nd Rep. Consideration of Data Processing

佐藤誠四郎、熊倉孝尚
平成３年12月
日本燃焼学会
第29回燃焼シンポジウム前刷集

フーリエ変換干渉法は、近年のコンピュータによるデータ処理能力の向上によって噴流の濃度分布などの流体計測やモアレ縞の解析などに用いられるようになっている。著者らは、レーザー干渉法による火炎の空間的な温度分布を求めるため、干渉縞のデータ処理の自動化かと干渉法の測定精度向上を目的としてフーリエ変換干渉法を適用し、干渉縞の次数とその勾配測定の自動化の可能性と干渉CT（コンピュータトモグラフィ）への適用性を明らかにしている。

これまで、フーリエ変換干渉法のフィルタリングの選び方などを検討するため、フーリエ変換法と従来法との干渉像を同時に撮影し、フィルタリングの基準などを調べた。しかしフーリエ変換法による測定では、従来法と必ずしも一致しない場合があった。

本報告では、これら測定結果の不一致の原因を検討するためフーリエ変換干渉法のコンピュータシミュレーションを行った。シミュレーションでは、位相として２次曲線分布、三角形分布およびガウシアン分布の３種類のデータを与え、フーリエ変換干渉法を用いて抽出した位相の誤差の評価などを行なった。

フーリエ変換干渉法では、干渉縞の変調に用いるキャリア周波数がフーリエ変換の基本周波数の整数倍であることが必要とされるが、その許容範囲を調べ、位相測定の誤差を１％以内にするには、画像取入れの倍率の調整を0.1％以内の誤差におさめる必要があることを明らかにした。これは実際にはかなり困難である。そこで本研究では、画像取入れの倍率を調整して整数倍の条件を満たす代わり、高速フーリエ変換（FFT）に用いるデータの長さを変えて処理を行うことにより、ほぼ満足する結果が得られた。この結果をバーナ火炎の温度測定に適用し、空間的に分布を測定した。

<材料加工部>

溶射法傾斜皮膜における熱衝撃劣化の超音波検査

Ultrasonic Testing of Thermal Shock Damage on Plasma Sprayed FGM Coating

島田道男、吉井徳治、秋山　繁
平成３年10月
傾斜機能材料研究会
第４回傾斜機能材料シンポジウム講演集

高温、高温度落差環境では、傾斜機能材料中に大きな熱応力による微小なクラック、あるいは高温による材質劣化が生じ、傾斜機能材料としての必要な機能が劣化する可能性があり、これをなくすために多くの研究が行われている。

非破壊評価は材料の開発を側面から支援するとともに、傾斜機能材料を実機に適用するために必要な品質管理や保証を行う上で不可欠であり、傾斜機能材料を対象とする非破壊評価技法を確立するための研究が必要となっている。

ここでは、プラズマ溶射法によって創製した傾斜機能皮膜レーザー熱衝撃による劣化を与え、水浸超音波法により評価し、その評価特性を明らかにするとともに、最適な検査法について検討した。

試料は厚さ約３mmのSUS基板上に創製した溶射皮膜であり、その組成は８YSZ：NiCrAlY＝７：３、８YSZ単層及び８YSZ/NiCrAlY傾斜組成の３つの皮膜である。皮膜厚さは0.4～0.8mmである。１秒間の炭酸ガスレーザー照射（公称ビーム径15ϕ）で出力を180W、360W、540W、720Wと変化させ、皮膜を種々の程度に劣化させた。

超音波計測では、溶射皮膜特有の表面の凹凸に影響され、微小な縦割れ検出等の精密な探傷は不可能であったが、表面反射エコーから表面部の部分的溶融による表面状態の変化、また透過エコーから材料内部に生じた層間割れと思われる欠陥の像を得ることができた。また、溶射皮膜中の超音波伝播時間に熱衝撃の影響が表われる場合があり、熱による皮膜の緻密化に対応していると考えられた。

計測法としては、裏面より底面部の溶射皮膜に超音波の焦点を合わせ、その反射エコーを検出する方法が最も評価精度が高いが、表面側から溶射皮膜と基板との界面エコーを検出する方法も実用的評価法として有効であることが分かった。

き裂を有するセラミックスの腐食雰囲気中の高温強度

Strength of Cracked Si_3N_4 Ceramics
in Hot Corrasive Environment

宗像良幸、千田哲也

平成３年10月
日本機械学会第69期全国大会講演論文集

セラミックスは切欠き敏感性が高いため、ガスタービン翼として加工する場合、表面仕上げに要する経費と時間は金属のそれに比べてはるかに大きく、経済性が劣り、信頼性も未だ十分ではない。

舶用や産業用大出力ガスタービンでは低質油の使用は避けられず、大気中に塩分を含むとき燃料中の硫黄と反応して高温部材に溶融塩腐食をもたらす。金属に比べて耐食性が勝れているセラミックスでも程度の差はあるものの強度低下のあることは良く知られている。

セラミックスの表面加工時に生ずる傷あるいは表面粗さの程度は強度に大きく影響するが、腐食雰囲気に曝された場合、傷やき裂が強度にどのような影響を与えるかは実用上重要な問題である。

これまで二、三の材料についてき裂材の腐食雰囲気中での強度を900℃について調べて来たが、必ずしも強度の低下の無いこと、場合によっては強度向上もありうることなどの結果を得ている。

本報告は機関部材として最も期待されている常圧焼結、ガス圧焼結の２種類の窒化ケイ素についてき裂サイズ３種、Na_2SO_4 塗布の有無、試験温度での予加熱時間３種、試験温度900、1000、1100℃などこれまでより高い温度下での曲げ強度を調べたものである。

両材料共き裂材については一般に塗布材の方が無塗布材よりも高強度であること、1000℃以上での塗布材ではき裂の有無に関係なくほぼ同程度の強度になることなどがわかった。ここでき裂先端部の状態を調べるためＸ線分析を行ったところ Na や S が最先端まで浸入し、粒界でガラス状になった焼結助剤が硫酸ナトリウムと反応して流動性を高め、き裂の持つ切欠き敏感性を緩和させたらしいことがわかった。このようにき裂の存在や表面粗さが強度にほとんど影響を与えなくなるということは低質油使用の舶用ガスタービン翼の設計をする上で好都合なことと考えられる。

ラム波の伝搬場上における障害物の影響
第２報　移動体による干渉現象と解析

Effects of Obstacle on Ramb Wave
Propagation Field
Part 2 : Analysis
of interference by moving object

勝又健一、後藤英信

平成３年10月
日本非破壊検査協会
平成３年度秋期大会　講演概要集

ラム波が伝搬している薄板上に油などがあると、超音波の一部が油に漏洩し、音場が乱されることから探傷精度が低下する要因となる。障害物が油のようなものでなく、定まった固体物質であれば現象を解析することにより、探傷にも不都合でなくなると同時に、別の有益な効果が得られることも考えられる。例えば、障害物の移動速度及び重量などの推定に利用できる。ここでは、鋼板上の移動体によって生ずる干渉現象を観察するとともに、その解析を位相合成で行ったものである。

厚さ0.5mm の鋼板はラム波を伝搬させるために用いた。ラム波のモードは So である（実測音速及び周波数は5300m/s、1.9MHz）。１探触子法の場合、振幅の基準は端面エコーである。探触子距離（探触子と端面との距離）は250mm とした。障害物は、その中心と探触子との距離を X_1、音軸との距離を y として、y 方向に移動させた。鋼板上を障害物が移動する領域に厚さ２mm のゴムを敷いて、超音波の吸収を高めた。実験において、障害物が音軸付近では振幅が小さく、その前後で基準よりも高いピークを示す。この干渉のピーク間距離（L）は X_1 が大となるほど長い。このような干渉現象は、前報のアルミ板上を障害物が移動する場合も同様であった。

ラム波の振動はゴム上の障害物の接触面積及び、面圧によって１部は吸収されて振幅が低下するが、この吸収のみでは障害物の移動によって振幅が基準エコー以上となることは考え難い。干渉が生ずる原因は、障害物の接触両端による散乱成分と、端面で直接反射する最短経路の成分の位相合成によると考えられる。

実験結果から得られた干渉のピーク間距離（L）と位相合成にもとづく計算値とを比較したところ、２探触子法を含めた実験値と計算結果とは、ほぼ一致した。ラム波の伝搬場上を障害物が移動する場合には L とその時間から速度を求めることができることが分かった。

CFRP 軸の超音波垂直探傷
第2報　厚物及び、剥離を有する場合について

Ultrasonic Testing For CFRP Shafts Using Normal Beam Method Part 2 : In The Case Of Thick Body With Delamination

後藤英信、勝又健一、高井元弘

平成3年10月
日本非破壊検査協会
平成3年度秋期大会　講演概要集

先進複合材料であるC/G・FRPハイブリッド構造のプロペラ推進軸（1/10スケールモデル）は実船試験運転に用いられ、従来の鋼製よりも、低振動でかつ強度も十分であることが確認された。これは、先進複合材料をプロペラ推進軸へ適用することが可能であることが裏付けられるものである。今後は、非破壊検査により探傷が可能であることが確認されれば実用化できる。今回、前報の軸の2倍の縮尺である1/5スケールモデルを用いて、検査体の大きさと超音波検査の信頼性との関係を調べた。

試験用CFRP軸は、外径80mm、肉厚20mmである。欠陥は、薄い銅片及びテフロン片挿入のものと、局所的な剝離である。超音波探傷は欠陥部の断面を円周方向$\pi/8$ステップで全周行った。各々の探傷位置では種々の波形が得られるが、これらの波形は全てが独立した欠陥とは限らないため、波形の出現原因を吟味して欠陥の深さ方向の位置を求めた。

この方法は、1：媒質（CFRP）内部の異種層（銅、テフロン、空気）における層からの反射率と通過率の計算と、2：試験体内部の反射と探触子に戻る率とを解析するものである。波形の反射源が分かった場合には、その深さは前報で提唱した方法、AC波形のスピーク法から求めた。

銅及びテフロンを有する位置で複数の波形が観察された。

この部分には剝離があることがX線写真によっても確認された。そして、上記した方法で波形の解析を行い、欠陥の断面像を表示した。この表示像はX線写真と比較した場合、深さ方向の精度は±0.5mm以内であった。銅及びテフロンより深いところにある剝離の検出が可能であり、位置も高精度で求めることができた。

肉厚が20mmのCFRP軸の欠陥を前報の5mmの軸の時と同程度で検出することが出来た。また欠陥のない所での底面エコーは十分な振幅をもっていた。

円孔を有するFW中空円筒軸のねじり強度評価

Failure of Filament Wound Tubes having a Circular Hole

高井元弘、勝又健一

平成3年11月
機械学会材料力学講演会、講演論文集

FW（フィラメント・ワインディング）成形複合材軸は、繊維積層配向角により機械的特性が異なり、異方性を示すが、この性質が実際の軸に存在すると考えられるノッチ、孔あるいは欠陥などの応力集中部のねじり強度特性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。円孔を有する積層平板の強度特性についての報告例は数多くあるが、中空軸に関するものはあまりみられない。

本報告では、円孔を持つ繊維積層配向角を変えて成形したCFRP、GFRP、AFRP中空軸のねじり試験を行い、軸材料の異方性が円孔応力集中部のねじり強度特性に及ぼす影響について調べた。

強化繊維の配向角は±20°C、±45°C、±60°Cの3種類とし、マトリックスは150°C硬化形のFW用エポキシ樹脂で、繊維体積含有率は60%とした。中空軸は、外径25mm、肉厚3mmであり、円孔の径はそれぞれの複合材中空軸について1.0、2.0、3.0mmの3種類とした。ねじり試験では、ねじりトルク、軸表面歪の測定を行うと共に、円孔からの破損の発生を検出するため2個のAEセンサーによるAE計測も行った。

AE発生位置の解析により円孔を有する中空軸の破壊の発生は円孔径1.0mmの場合を除いていずれの複合材軸においても円孔部より生じ、破壊に至ったことが推定され、このことは、破面が円孔部を貫通している巨視的な破壊形態とも一致した。円孔部からの破壊の発生位置は繊維積層配向角によって異なり、3次元厚肉シェル、8節点アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法により得られた円孔周辺部の応力分布より説明できた。円孔を有する中空軸の破断せん断応力の平滑中空軸の破断応力に対する低下の割合は円孔径によって異なり、また繊維積層配向角の違いによっても変化しれ、いずれの複合材料においても同様な傾向を示した。

〈装　備　部〉

練習船におけるロックウール式浮床の疲労耐久性に関する調査研究

A Study on the Fatigue Durability of Rockwool used for a Floating Floor in a Training Ship

原野勝博、藤井　忍、半間俊士
辻本英璽、古荘雅生

平成３年11月
日本舶用機関学会　第48回学術講演会講演前刷

船室の騒音低減対策として、ロックウール（R・W）方式の浮床を施工した例は我が国では少なく、従って陸上建築物と異なり長期間常時振動を受ける船舶のような環境においての、R・Wの疲労耐久性に関するデータは、ほとんど公表されていない。当所では、浮床の今後の設計資料に資するため、航海訓練所の練習船「大成丸」が建造された昭和56年より、同船の第一教室に施工されたR・W式浮床の防振効果を測定し、その耐久性に関する調査を航海訓練所との共同研究として実施してきた。本報は、今年５月に得られた10年目の測定データと共に10年間の計測データを整理したものである。浮床の振動計測データに補正値を加え、整理して得られた10年間の調査結果は以下の通りである。

(1) ロックウール式浮床の防振効果は４年目（建造後３年半）の間は漸増しバンド平均で3dB以上増加した。これは、R・Wと内装床面の馴染みがよくなるためと考えられる。

(2) 防振効果は、５年目以降は低減傾向を示し、10年目では建造時とほぼ同じ値になった。これは振動疲労によるものと、思われる。

(3) 浮床の防振効果特性からは、就航後３年間にロックウールの損失係数は大幅に増大しているように見受けられたが、動バネ定数は10年間に明確な変化は認められなかった。

(4) 船舶における浮床の耐久年数をつかむには、なお数年調査を継続する必要がある。

〈システム技術部〉

船舶航行システムの安全評価用シミュレータの開発

The Development of the Simulator for the Safety Assessment of a Ship Navigation System

金湖富士夫、村山雄二郎、田中邦彦
桐谷伸夫、有村信夫、福戸淳司
奥住恵子、沼野正義、今津隼馬

平成３年５月
日本航海学会第84回講演会論文集　84号

輻輳度を増しつつある日本近海に高速船が多数運航を開始しており、船舶航行の安全が問題となっている。そのため、輻輳海域等における船舶航行の安全の評価、および有効な安全対策の確立が急務となっている。船舶航行の安全の評価、および安全対策の確立のためには、シミュレータによる実験が必要である。船舶の航行が安全であるということは、対象とする海域内の船舶が衝突あるいは座礁せずに航行できたというだけでなく、船舶航行に関与する要素から構成されるシステム(船舶航行システムと呼ぶ)の性質故にその出力である各船舶の航行結果が衝突あるいは座礁等の海難のないものであることを意味するものでなければならない。

船舶航行システムの評価のためには、船舶、操船者、環境、支援・管理施設等の要素の関連を総合的に調査することが求められる。著者等は、船舶航行システムの安全を総合的かつ多面的に評価できるシミュレータ（安全評価用シミュレータと呼ぶ）の構築、および安全評価用シミュレータを用いた、安全対策の有効性の評価を含めた船舶航行システムの安全評価を計画している。

ここでは、船舶航行システムの安全評価の考え方について論じ、安全評価用シミュレータの要件について述べ、試作されたシミュレータを紹介し、その要件達成度の評価を行っている。

明確になった安全評価用シミュレータの要件は以下の項目である。

(1) シミュレータ実験における、操船者の情報収集、状況判断・意志決定、操船実行の一連の能力の評価が可能であること。

(2) 操船情報のリアリティ。

(3) 多様な観点からの評価が可能であること。

(4) シナリオ作成、シミュレータ実験および評価が容易であること。

確率論的安全評価（PSA）をめぐる最近の動向

Recent Activities in the field
of Probabilistic Safety Assessment

松岡　猛、中島恭一
平成３年10月
安全工学　第30巻５号

確率論的安全評価（PSA）の応用の現状と手法の現状についての解説報告である。まず、1991年２月に米国ビバリー・ヒルズで開かれたPSAM国際会議の内容の紹介を行い、PSAの利用と研究が広がっている事を示している。

次に、PSA手法の現状として、PRA　Procedures Guideに示された標準的解析手順を解説している。この手順は、(1) 情報収集、(2) システム解析、(3) 格納容器解析、(4) 環境への影響評価、(5) 外的事象解析、(6) 不確実さ解析、(7) 解析結果の表示及び解釈の順に行われる。また、最近米国で実施された苛酷事故時におけるリスク再評価（NUREG-1150）で示された解析手順についての紹介も行っている。NUREG-1150では、PRA Procedures Guideとは若干異なった解析手順を取っている。具体的な手順には対応するものがあるが、分類分け及び比重の置き方が異なっており、各段階の解析結果を次の段階の解析の初期条件として引き渡すインター・フェースが重要であると考え、それを手際よくまとめる方法を示している。

新しい解析手法として、Modular Fault Tree, GO手法、GO-FLOW手法、ダイナミック・イベント・ツリー、ダイグラフ・マトリックス、DYLAM、ディスクリート・イベント・ツリーの各手法について概略の説明を行っている。

最後に、不確実さ解析について、不確さを引き起す要因、ベイズ法による取り扱い、専門家の意見の集約方法、不確実さの表示方法等について述べている。

<原子力技術部>

高速炉照射後試験燃料輸送キャスクの遮蔽実験とモンテカルロ解析

Shielding Experiment and Monte Carlo Analysis
of Transport Cask for Post-Irradiation-Experiment
of FBR Fuels.

大橋厚人、植木紘太郎、宇留鷲真一
平成３年10月
日本原子力学会「1991年秋の大会」

高速炉照射後試験燃料輸送キャスクは、我国ではじめて高速炉の照射済み燃料を集合体規模で輸送する輸送容器であり、重要な開発事項の一つである。そのため$\frac{1}{2}$スケールモデルを用いた実験及び解析を実施し、このキャスクの設計手法の妥当性を評価することとなった。一連の評価のうち、今回当所において行われた中性子、二次ガンマ線、ガンマ線の遮蔽実験及びその実験値の解析について発表する。

なお、本研究は、動力炉・核燃料開発事業団（PNC）との共同研究である。

実験は、キャスクの中心に^{252}Cf、^{60}Co線源を置き、又、サーベイメータをキャスクの表面及び表面から1mの位置において行った。

解析には、モンテカルロコードMORSE-CGを用いた。断面積ライブラリは、ENDF-B/Ⅳから作成されたNGCP9-70（中性子、二次ガンマ線）とCASK-LIB-50（ガンマ線）を用いた。

中性子に関しては、床からの散乱を考慮すると計算値と実験値がよく一致し、床からの散乱の寄与も無視できないことがわかった。二次ガンマ線に関しては、計算値の方が実験値より小さくなっており、核データあるいはサーベイメータを構成している樹脂から発生する二次ガンマ線の影響等検討中である。ガンマ線に関しては、おおむね一致した。

今後フルスケールモデルを対象とし、線源を照射済み燃料に置き換えて計算し、キャスクの遮蔽性能を評価する予定である。

〈海洋開発工学部〉

曳航索に作用する張力について

ON THE TENSION OF TOWLINE

山川賢次、原　正一、星野邦弘

平成３年10月
平成３年度資源素材関係学協会合同秋季大会
分科会資料

本報告は、曳航システムの諸問題を明らかにするために実施した模型実験および実験用海洋構造物や船舶による実機曳航実験の中から曳航索に関する特徴的な事項について概要をまとめたものである。

水槽における模型実験では、曳引台車によるバージの曳航時に振れ回り運動（船首揺れ）が生じ、これに伴って左右のブライドルに１周期毎に、また主索には半周期毎に過大な索張力が生じること、これを抑制する方法としてバージの船尾側にスケグを取り付けることによってバージの針路安定性が向上させること有効性を示した。また、曳航索を長くすることで緩衝効果があること、および曳船による曳航では、被曳船の抵抗増加や動揺などにより大きな索張力が作用する場合には、曳船の速度が低下するため過大な索張力の発生が緩和されること等を実験データで示した。

実機曳航実験に関しては、実海域実験用海洋構造物POSEIDON号の実験海域から酒田港までの回航中の実験について、その概要と計測した曳航索張力の時系列データおよびそのスペクトル解析結果を波スペクトルと比較して、索張力には波による曳船・被曳船の動揺による短周期の成分と曳船―曳航索―被曳船のバネ―質量系の固有周期による長周期の成分があること等を示した。一般船舶の曳航に関しては、海上保安庁の曳航問題検討会が実施した、巡視船の曳航性能調査の実機試験について紹介した。

曳航索単独の模型実験では、まず定常流中での曳航索形状の変形とそれに伴う張力の増加について、カテナリーの面に対する流入角０deg.、30deg.について速度を変えて索の両端の張力を計測した実験と推算値とを比較して示した。

つぎに曳航索の一端に強制変位を与えた強制動揺試験について、水中と空気中の実験結果を示し、粘性抗力のみを考慮した簡易推算法による動的影響の計算値と比較して示した。

浮遊式海洋構造物の実海域実験
その５、波浪による構造部材の歪について

At-Sea Experiment of a Floating Offshore Structure
Part 5. Measurement of Stress Range Distributions for Fatigue Analysis

矢後清和、大川　豊、斉藤昌勝
関田欣治

平成３年11月
日本造船学会論文集　第170号

浮遊式海洋構造物「POSEIDON号」の実海域実験が1986年～1990年の約４年間、山形県鶴岡市由良港沖で実施された。「POSEIDON号」は海洋空間利用に用いる超大型浮体式構造物の一部という想定で建造され、部分構造物としての基本特性に関してさまざまな視点から総合的に検証する役目を担っている。主な研究項目は自然環境条件、動揺、係留、構造強度、維持管理技術である。分野毎の研究成果は逐次報告を行っており本論文もこれらに続く報告である。構造強度に関しては、日射により構造物に温度分布が生ずるため発生する応力と波浪外力により発生する応力の推定が重要である。日射に関してはシリーズの報告のその２に実用的推定法を示した。本論文では波浪による応力変動をとりあげる。一般に浮遊式海洋構造物は多くの接合部を有しているため応力集中がおきやすく、波浪によりくり返し作用する外力のため疲労被害の予測が構造設計上重要なものとなる。従来からの疲労強度解析手法としては、頻度分布法、スペクトル法が知られている。頻度分布法は応力変動が波の一波一波に対応して生ずるとする考え方に立った手法であり、設計では広く用いられている。「POSEIDON号」の設計時にはこの手法が適用された。スペクトル法は線形重ね合わせ理論を基礎にした確立論的手法であり不規則波中の現象を良く説明できる。

本論文では、長期に実測された歪のデータから得られた応力のくり返し数と応力レベルの頻度分布から、実験期間中の疲労被害の推定を行い、上記の解析手法について解析段階毎の比数を行った。その結果、部材に生ずる応力のくり返し数、頻度分布の予測法に関する注意点が明らかになった。

〈氷海技術部〉

船上ビデオ撮影による海氷観測

Ship Observations of Sea Ice Situations by Video Cameras

下田春人、村本健一郎、遠藤辰雄
小野延雄

平成3年7月
第14回極域気水圏シンポジウム

「南極域における気候変動に関する総合研究（ACR)」は、1987年（第28次南極地域観測隊）から5カ年計画で開始されている。その中の研究課題「南極大気・海氷の年々変動」では、第29次隊より氷海航行中の観測船“しらせ”船上からの海氷状況のビデオ撮影観測を行っている。前回のシンポジウムでは、海氷状況ビデオ画像から氷の密接度、氷板の大きさ、氷厚などの判読を試み、その手法と解析結果を報告した。海氷状況ビデオ撮影観測は第32次隊まで継続され、膨大なデータが取得されている。これらのデータを効率良く解析するために、著者の一人村本は氷密接度自動解析・氷板形状解析ソフトを開発した。本報告は、このソフトを用いて海氷状況の定量化解析を行い、解析結果及び解析方法について前回との比較等を行った結果について述べたものである。

氷密接度解析においては、画像のサンプリング及び二値化作業等を自動化し、連続解析を行うことにより、前回の1分間隔の手動サンプリング解析より氷密接度変化を詳しくかつ効率良く解析を行うことができた。また、形状解析から得られる二次元的な氷密接度を算出し、連続解析による一次元的な結果と比較を行った。その結果、50m四方以下の小さな氷板が一様に広がっている流氷域では2つの結果の相関は良いが、大きな氷板が存在する所では良くないことがわかった。一方、“しらせ”船上からの目視による氷量観測と密接度解析結果との比較では、密接度の高低関係については良く対応していることがわかった。

氷密接度の自動解析により多量の映像データを効率良く解析することができた。今後、これらの手法を用いて第31、32次の氷況映像データを解析し、海氷域の年々変動等を調べる予定である。さらに、この様な船上氷況データが蓄積されれば、人工衛星データに対するトルースデータとして、海氷リモートセンシング研究に貴重な資料を提供することになる。

中空球を混入した複合材の低温特性

Cryogenic properties of Composite Materials Mixed with Hollow Spheres

桜井昭男、前田利雄、高島逸男
山越寿夫

平成3年10月
強化プラスチック協会　第36回 FRP 総合講演会
講演要旨集

繊維強化複合材は一般に比強度が高く、非磁性、電気・熱絶縁性等の機能特性を有しており、低温用金属の代替材として、クライオスタット等の低温用構造材への応用が期待されている。しかしながら、舶用クライオスタット材料として使用する場合、船内の限られたスペースで、長期間安定して超電導コイルを極低温に維持する必要があり、より軽量で、熱的、機械的特性に優れた低温用複合材の開発が要求される。

本報告では低温用複合材の軽量化と機能特性の改善を目的として、ビニルエステル樹脂に微小中空球のガラスマイクロバルーン（GB）あるいはプラスチックマイクロバルーン（PB）を混入した複合材を作製し、液体窒素温度までの強度特性、断熱性能等に及ぼす充塡効果、並びに結露時に問題となる吸水特性について調べた。

供試複合材の比重は、マイクロバルーンの体積比を30％とした場合、GB 複合材では樹脂単体の75％、PB 複合材では70％まで減少し、軽量化の効果は大きい。

また、GB 複合材は GB が母材のビニルエステル樹脂より高弾性で補強材として有効に機能するため良好な強度特性を示しており、低温域においては SUS304 とほぼ同等の比強度を有していた。さらに熱伝導率は2桁以上小さく、低熱収縮であり、低温用構造材として優れていることが明らかになった。一方、PB 複合材は比強度がやや劣るものの断熱特性に優れ、軽量化の効果も大きい。このため、AFRP 等と複合したサンドイッチ構造とすることにより、低温用構造材として十分に使用可能であると考えられる。

吸水特性については、GB 及び PB 複合材とも、マイクロバルーン体積比の増加に伴い吸水表面積が増加し、表面近傍のバルーン内に水分が蓄積されやすくなるため、吸水率が大きくなった。しかし、15日間で高々1％程度であり、機械的特性や熱的特性に及ぼす影響はそれほど顕著でないと考えられ、冷却・昇温を繰り返すクライオスタット材としての使用に問題はない。

A Fundamental Study on Thermal and Magnetic Shielding of FRP-Metal Alloy Layers for Cryostat

FRP-金属積層クライオスタットの熱及び磁気シールドに関する基礎研究

高島逸男、前田利雄、桜井昭男
山越寿夫

平成３年10月
International Symposium on Superconducting Magnetohydrodynamic Ship Propulsion Proceedings of the above Symposium

筆者らは超電導推進装置の重量を軽減する目的で、繊維強化プラスチック（FRP）によるクライオスタットの製作を試みている。

FRP は非磁性、低熱伝導率であるので、クライオスタットに用いた場合、単に軽量化が図られるだけでなく、金属製のクライオスタットにないメリットを有している。また、FRP は施工上各種の機能を付与させることが可能なので、本研究では磁気遮蔽機能を有し、しかも軽量なクライオスタットを考案して、実験・解析を行った。

即ち、クライオスタットモデルの磁気遮蔽効果について数値解析するとともに、磁気遮蔽材として用いたアモルファス金属の磁気遮蔽性能を常温及び液体窒素温度において求めた。

結果を要約すると次のとおりである。

(1) 円筒型マグネット（大きさ $400^{\phi}\times400^{L}$、磁気強さ10T）をクライオスタットの内部中心に配置し、アモルファス金属フィルムを積層した円筒型シールド（大きさ $1,200^{\phi}\times1,400^{L}$、厚さ 3^{mm}）で磁気遮蔽するクライオスタットモデルについて、周辺の磁束密度を解析した結果、磁気シールドの外部近傍で 10^{-2}T～10^{-3}T に低下することがわかった。

(2) アモルファス金属の磁気遮蔽性能は温度が低下すると向上し、液体窒素温度では積層厚さを 2^{mm} としたものが、常温の場合の積層厚さ 3^{mm} に相当する結果が得られた。

防食塗膜データベース、塗膜厚分布及び生物付着について

Paint Coating Database, Coating Thickness Distribution and Marine Fouling

在田正義

平成３年10・11月
日本造船研究協会造船研究23巻２号

日本造船研究協会の研究部会 SR182及び SR201で、共同研究を行った研究のうち、防食塗膜データベース、塗膜厚の分布及び生物付着について、一般の人が塗膜に関する理解を深めるための役に立つよう解説した。

データベースについては、塗膜による防食の信頼性を高めるためのフローを示し、その中で３つのデータベースが必要であることを述べた。それらは、塗膜の耐用期間に関するもの、塗膜厚分布に関するもの及び塗膜の劣化に関するものである。データベースは、案内型とファクト型に分類することが出来るが、耐用期間データベースは、案内型に近いものである。データベースの構造を示し、塗装化様、使用環境等の諸条件を与えると、このデータベースから耐用期間が算出出来るアルゴリズムを示した。劣化に関するデータベースは、ファクト型である。条件が種々異なるデータを、多様な目的で利用出来るようにするには、データベースの構造を相当柔軟なものにしておく必要があることを強調した。構造の例を示すと共に、出力例を図示した。

塗膜厚分布については、応力集中の起り易い隅肉溶接部に注目することの意味を示した。分布がどの程度であればよいかの判定基準としては、注目する部分の腐食疲労試験結果に及ぼす塗膜厚分布の影響程度をとるべきことを主張した。実際に、隅肉溶接継手試験片で、隅肉部の形状を変え、それが塗膜厚分布と腐食疲労強度に及ぼす影響を実験により確かめた結果を示した。

生物付着については、これが船舶や海洋構造物の推進抵抗、波浪抵抗を増すこと、これを取除くために除去の必要があることを述べた。ついで、付着量と付着種について、海域（日本海か太平洋かなど）、構造物中での位置、姿勢（水平か垂直かなど）により、著しく異った量、種となることを実例（山形県由良港沖及び静岡県大井川港沖）で示した。生物除去が塗膜に及ぼす悪影響には、塗膜の仕様による差があり得ることを示唆した。

〈大阪支所〉

Evaluation of heat-transfer coefficient at direct-contact condensation of cold water and steam

冷水と蒸気の直接接触時における熱伝達率の評価

綾　威雄、成合英樹

平成3年10月
North-Holland Publishing Company Nuclear Engineering and Design　131巻1号

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析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はなく、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7.9～13.1MW/ (m^2K) 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2.26MW/ (m^2K) に達するのに対し、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、サブクール度と蒸気流速にほぼ比例するため、10^5～10^6W/ (m^2K) になることが分かった。蒸気流中への冷却水注入時の凝縮は、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 2.8×10^5W/ (m^2K) 及び 1.3×10^4～5.5×10^4W/ (m^2K) となった。蒸気空間へ注水した際の熱伝達率を、容器内の水位変化に及ぼす効果から評価したところ、7.8×10^4W/ (m^2K) という平均値を得た。

帯電流体注入空間の電場数値解析

Numerical Analysis of Electric Field in a Closed Space Injected by Charged Fluid

山根健次、吉田紘二郎、綾　威雄

平成3年10月
静電気学会講演論文集'91

帯電した流体が閉ざされた空間内に流入し、時間とともに既存流体と入れ代わっていく際の帯電流体が作る空間内電場が問題となる場合がある。一例として、タンカーでは荷揚げ後の壁面付着残液除去の目的で蒸気をタンクホールド内に注入する場合があり、噴出する蒸気は電荷を帯びた帯電ガスとなってホールド内を流動することから、タンク内に残留あるいは蒸気加熱によって発生する可燃性ガスに対して静電気的な引火危険性のあることが指摘されている。従来、これらの危険度を推定する場合には、当該タンクホールド内に一様な電荷密度を持つ誘電体が充満すると想定し、その際ホールド内に形成する静電界の最大値、あるいは最大電位を安全性評価の目安としてきた。しかし、一様な電荷密度の誘電体として、注入する流体の実測電荷密度を使った解析値は、帯電流体自らが作る電界によって壁面方向に電荷を失っていく電荷移動の効果を考慮していないため安全性評価に大きな誤差を与えてしまう。電荷移動の効果を入れた帯電流体注入時の電界強度分布を求めるためには注入流体の流れ場を求める必要がある。本報告では、実験との整合性を確認できる横5m、縦2.4m、深さ2.4m、の矩形ホールドを解析対象として、流れ場を解くいくつかのモデルを使って電荷移動を考慮した非定常電場の数値解析を行い、実験と比較検討した。この結果によって帯電流体をタンク等に注入することに伴う静電気危険度の評価精度を大きく向上させることができた。また、解析を通じて、帯電流体の電荷移動度がタンクホールド内の電界強度を支配する大きな因子であることが分かった。

船用バタフライ弁の数値解析（弁体の数値解析）

A FEM Analysis of Marine Butterfly Valves
(A FEM Analysis of Discs)

伊飼通明、綾　威雄

平成３年11月
第48回日本舶用機関学会講演集

バルブをFEMにより数値設計する場合、最も忠実に詳細にバルブのデータを入力していくのが望ましい。しかし計算機の容量と入力手続きに使用される時間等を考えるとある程度複雑な形状を簡易な形状に置き換えて入力していく方法が最適と考える。そこでどの程度簡易形状に置き換えられるか調べるために、バタフライ弁の弁体について簡単な構造のシェルモデルから複雑な構造のソリッドモデルまで各２つのモデルを作り、数値解析を行った。数値計算に用いたバタフライ弁は呼び径200のウェハー型のもので中心弁棒、中心弁体型のものである。弁体は中心から外側に行くほど肉厚が薄くなる構造体をしている。

解析の結果、平板として入力したシェルモデルの場合、ソリッドモデルの解析値に比較して誤差が大きくなった。シェルモデルの精度を上げるには、弁体の肉厚を数箇所に分けて入力しただけでもその効果があった。しかし、それでもソリッドモデルの値に比べて誤差が大きく、入力作業時間とそれに伴う解析精度の観点から判断した場合、シェルモデルは厚みが不均一な構造体に用いるには適切ではないと考えられる。従って、弁体のように厚みが均一でないものはソリッドモデルで入力する必要がある。しかし、簡単な構造と複雑な構造の２種類のソリッドモデルの場合、誤差は小さかった。したがって、バタフライ弁の弁体の数値設計を行う場合、ソリッドモデルで行えばかなり精度の良い結果が得られると考えられる。

リブについての変形抑止効果を調べたが、リブそのものの厚みが薄いため、変形抑止効果はわずかであった。

二酸化炭素の深海固定化に関する研究

A Study on the Solidification of CO_2 in Deep Sea

綾　威雄、山根健次

平成３年11月
公害対策技術同友会発行　公害と対策　27巻14号

産業革命以降着実に増加の一途を辿っている大気中の二酸化炭素は、他の温暖化気体と比較して濃度が際立って高く、その寄与は全温暖化気体の71％を占め、既に0.55℃の温暖化をもたらしているとの報告もある。人為的起源の二酸化炭素が結果的にその濃度増加をもたらしていることはほぼ間違いがなく、今後の地球温暖化への深刻な影響が懸念されている。

地球温暖化問題の解決には膨大な量の二酸化炭素を処理する必要があるところから、その投棄場所として500m以深の広大な深海が注目を浴びるようになってきている。深海環境を利用した二酸化炭素の処理は、低温高圧［５℃以下40MPa以上］下で生成されるクラスレートと呼ばれる包接化合物化により固定化する方法と、溶解拡散させた後アルカリ土類イオンとの中和反応を通して非水溶性の炭酸塩として固定化する方法［炭酸塩化］とに分けることができる。この二つの二酸化炭素処理方法に焦点を絞った基礎実験の結果から、それぞれの方法の特徴と問題点を整理すると以下のようになる。

クラスレートは放出液泡の表面に生成されやすく、非水溶性であるため、内部までクラスレート化しない限り、液化二酸化炭素の比重が海水より小さい3,000m以浅の海域への放出は困難となり、クラスレート化による処理法は立地上の制約を受ける。また、クラスレートの性質を実験的に十分把握し、深海底環境への影響を評価する必要がある。

一方、非クラスレート化は、水深500～700mの亜深海の持つ高溶解度を通して炭酸塩化を目指したものであり、自然現象を人為的に促進する方法であるため、環境性と経済性に優れており、本基礎実験のデータなどからこの方法の成り立つ可能性が示された。しかし、溶解二酸化炭素の大量気化現象［シャンパン現象］の発生の有無や液泡群の上昇と微小密度差に誘起された海水の対流等について未知の部分が多く残されている。