

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

実船プロペラ翼応力計測

Measurement of Blade Stress on Full Scale Propeller

右近良孝、工藤達郎、岡本三千朗、
上入佐光、湯浅肇、板谷芳樹
平成3年11月
西部造船会会報 第83号

ハイリール・スキュード・プロペラ (HSP) は、振動、騒音を低減し、省エネ効果までも期待できるプロペラとして、近年その装備実績は国内で約3,000本と普及してきている。一方、そのうちの8%に当たる約180本にベントやクラック等何らかの損傷が発生したとの報告がなされているのも事実である。

これは、HSPの形状が通常型プロペラ (CP) とは大幅に異なるため、最大応力発生点がより翼先端側によってくることが主要因と考えられているが、HSPの翼応力についての研究は十分にはなされておらず、設計

段階で翼厚を大とする対策が採られているにすぎない。1989年の記録では大型プロペラの50%近くまで採用されるようになったHSPであるが、強度上の問題が十分に解明されていないため、損傷に対する不安感が今一つ拭えないのが現状である。

このような折、日本造船研究協会との共同研究において、運輸省航海訓練所の練習船『青雲丸』を対象とした実船プロペラ翼応力の計測を行った。従来計測されていない0.7R以上の翼先端部分に的を絞って計測した結果、CPでは正回転時半径方向に働く引っ張りが支配的で、円周方向に働く応力はわずかであり、FEM計算値より約7~20%大きい最大主応力が生じていること、HSPでは半径方向の最大歪はCPの60~70%と判断されることなどが分かった。

また本論文では、CPとHSPの実船プロペラの逆転時の翼応力計測結果についても述べると共に、キャビテーション水槽で実施した模型HSPの翼応力計測結果についても言及している。

〈構造強度部〉

試作フェロセメント製ヨットについて

Trial manufactured Ferrocement Yacht

北村茂、佐久間正明、佐藤忠

平成4年2月

日本造船学会誌 第752号

従来のフェロセメント製ヨットは、金網を数層かさねモルタルで固めるフェロセメント工法（SRC工法）で、数々の長所があるが、重い、ひび割れが発生しやすい、また局部衝撃に弱く、建造に手数がかりすぎて実用的でなかったと言う経緯がある。金網を硬鋼線に置き換え、船殻の強度を硬鋼線でもたせる新しい工法でフェロセメント板及び試作艇を建造した。

建造上の技術的な問題を解決するためにフェロセメント板及び試作艇を製作した。モルタル中の硬鋼線の比率を高めることにより船殻の軽量化をはかり、作業時間及び使用材料の価格を概算した。硬鋼線とモルタルの適合性を調べるためにアクリル系とラテックス系の乳剤で、珪砂及び中空軽量骨材（シラス）を練ったモルタルを船殻の一部に塗り分けた。試作艇の吃水線上の数箇所に打撃棒を衝突させ衝撃強度、ひび割れ性能及び損傷状況を調べた。さらにフェロセメント板に打撃棒を落下衝突させた衝撃試験結果との強度の比較を行った。

フェロセメント製ヨットの試作

Trial manufacture of a Ferrocement Yacht

北村茂、佐久間正明、佐藤忠

平成4年2月

JCI通信 NO.207 2月号

これまでに建造されたヨットの大半は数層の金網を補強材として、これにモルタルを塗った複合材料で出来たフェロセメント船である。この工法はSRC(Steel Reinforced Cement)工法とも言われている。

金網の引張り強度は線の太さにもよるが硬鋼線の約1/4である。金網を硬鋼線に置き換え、船殻の強度を硬鋼線が受け持ち、モルタルは防水と接着の役目を果たす工法で新SRC工法と呼ぶことにする。新SRC工法の工作法及び混和材を混ぜたモルタルについて紹介している。

船殻には複雑な波浪外力が作用する。従来のSRC工法では引張、圧縮及び剪断力は金網とモルタルでもたせるように設計されている。モルタルは圧縮には強いが、引張強度は極端に弱いことが知られている。この引張強度をカバーするためにはモルタルが自ずから厚くなる。新SRC工法では引張強度は硬鋼線が受け持ち、圧縮及び剪断に対する強度は硬鋼線を組合わせて結束しモルタルで固めた骨組みで持たせるようになる。

この工法で建造した試作艇のモルタルと鋼(硬鋼線等)の比率を数%から33%にまで高め、船殻重量を大幅に軽減できた。結束にはCリングと針金及び接着剤を用いることにより、作業時間を大幅に短縮できた。モルタルに混和材とスチールファイバーを添加することにより、モルタル本来の特性を生かし、さらに接着性があり、衝突事故を想定した衝撃試験でも比較的ひび割れの少ないモルタルを練ることができた。

溶接残留応力と疲労強度

Weld Residual Stress and Fatigue Strength

松岡一祥

平成4年7月

Techno Marine 第757号

溶接継手の疲労強度に及ぼす溶接残留応力の影響についての解説である。

まず、疲労強度が、応力変動の範囲、変動応力の最大値、および、応力変動回数(寿命)の3つの量の間関係であるとし、応力変動の範囲および変動応力の最大値が大きいくほど、寿命が短いことを示している。さらに、最大応力については、上下降伏点を持つ鉄鋼材料ではその影響が降伏応力で飽和し、最大応力が降伏応力に達している場合として、疲労強度の下限が設定できることを示した。

次に、溶接残留応力発生機構について概説し、実際に加わる最大応力には、溶接残留応力を加える必要があるとしている。実例として、縦リブの端部、回し溶接箇所を取りあげ、同箇所では残留応力が大きく、最大応力が降伏応力となる下限値に等しい疲労強度となることを示した。

海洋構造物の疲労設計規準には、溶接部の設計用疲労強度を板厚の1/4乗に反比例させて低減する規定がある。この板厚効果について、溶接残留応力の立場からの説明を試みている。まず、溶接まま継手では、応力集中係数3以上で応力集中の影響が飽和することを示す。次に、応力集中の影響が飽和した場合でも板厚が大きいくほど疲労強度が小さいこと、および、継手形状で板厚効果が異なることを示す。最大応力と残留応力の和で整理するとこの差はなくなり、残留応力が板厚効果の大きな要因となっていることを実証した。

最後に、海洋構造物の疲労設計、高張力鋼の使用、明確な降伏点のない材料などについてコメントを付けている。

海洋構造物の安全性評価と信頼性設計

Safety Evaluation and Reliability - based Design for Offshore Structures

遠藤久芳、安沢幸隆、鈴木英之

平成4年7月

日本造船学会 第11回海洋工学シンポジウム

海洋工学委員会構造部会においては、現在「海洋構造物の信頼性設計指針」を作成中であるが、本報告はその一部としてとりまとめ中のものの中間報告である。

構造物の安全性・信頼性は、構造物の健全性もしくは機能遂行能力を評価する「性能関数」に基づき確率的に表わされる。本報告の主テーマは、海洋構造物を設計する場合の安全性・信頼性レベルの設定法である。

信頼性設計を行う場合の目標信頼性レベルは、先ず第一に従来の設計コードにおいて確定論的に設定されてきた安全率などの基準値と整合するように設定されなければならない。しかし、同種構造物の前例が無い場合には他種構造物の例の基本理念を参照して合理的に設定するべきである。そこで、多種の海洋構造物および陸上構造物全般の既存の設計コードを対象として、その安全性・信頼性基準設定例の分類と評価を試した。

許容破損確率は、耐用期間(T)、被害影響係数(N)、破損前兆係数(W)およびその他の要因の影響を総合的に表わすモード係数(K)の関数として表わせるとの仮定の下に、既存コードの許容破損確率設定例を分析した。各係数のうち、WとNについてはノルウェー建築構造物設計示方書の分類を参照してその値を設定することにした。種々のコードの許容破損確率の値を基にしてKの値を求めその特性を分析した。この結果、海洋構造物を設計する場合の信頼性レベルの安全側の一応の目安として、 $K=10^{-7} \sim 10^{-6}$ を得た。これを安全性指標 β を基準とした値で示すと、以下の通りであった。最終限界 (T=20年、N=1、W=1) : $\beta=4.1 \sim 4.6$ 疲労限界 (T=20年、W=10⁻²)

軽微な損傷 : N=10⁻², $\beta=0.8 \sim 2.1$

重大な損傷 : N=1, $\beta=2.9 \sim 3.5$

鋼/PCハイブリッド発電プラントバージの縦強度の実験的検討

Experimental Study on Longitudinal Strength of Steel/PC Hybrid Power Generation Barge

松岡一祥

平成4年10月

テクノ・オーシャン'92国際シンポジウム論文集

海洋環境における耐久性は、海洋構造物を設計する場合、考慮すべき最も重要な課題の1つである。1つの解決策にコンクリートの使用がある。すなわち、耐腐食性がコンクリート構造物の利点である。しかし、一方、大きな構造重量、および、長い建造期間が欠点でもある。鋼/コンクリートハイブリッド構造、および、プレキャストブロック建造法はそれらの弱点を補うことができる概念である。

本論文は、鋼/PC(プレストレストコンクリート)ハイブリッドバージの縦強度について実験的に取り扱ったものである。併せて、輪切り状プレキャストブロックの接合・緊張(コンクリートに圧縮のプレストレスを与える)建造法についても検討した。

接水部および飛沫帯にコンクリートを、そして、上部および内部構造部材に鋼板を用いる、ハイブリッド発電プラントバージを想定構造物とした。同バージは重量2,360トン、発電能力75MWの発電プラントを搭載する、長さ83m、巾36m、型深さ10mで計画された。舷側タンクに注目して、3つのプレキャストブロックを縦方向に接合・緊張して、縮尺1/4程度の模型を製作し、コンクリートに導入された圧縮ひずみなどの測定を行った。サギング状態を模擬する3点曲げ試験を実施し、曲げモーメントと曲率、最終強度、せん断力とコンクリートのひび割れ、鋼/コンクリート合成部およびブロック接合部の強度などについて検討した。得られた主な結論を以下に示す。

- (1) 船底の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コンクリート側外板に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。

(138)

鋼管交差溶接ま継手の疲労強度

Fatigue Strength of Tubular T- and X-joints

松岡一祥

平成4年10月

テクノ・オーシャン'92国際シンポジウム論文集

固定式あるいは可動式の海洋構造物には、種々の寸法の鋼管が使用されている。これらの構造物では、2本以上の鋼管が結合された鋼管継手がある。鋼管継手は、鋼管部材に加わる荷重を伝達する部分であり、力が集中的に加わる。また、溶接部の形状による応力集中、溶接残留応力も生じ、最も疲労損傷を生じやすい箇所である。鋼管継手の疲労設計には、上述の応力集中と残留応力を考慮する必要があるが、現行基準類では、応力集中の取扱方法は定められているが、残留応力については触れられていない。本論文では、応力集中および溶接残留応力を考慮した鋼管継手の疲労設計法を示す。

まず、現行の疲労設計法に準拠した方法を示す。応力集中を、構造的応力集中と溶接止端部の局所的応力集中に分離し、溶接ま継手の場合局所的応力集中の影響が応力集中係数3以上で飽和することを示す。また、溶接残留応力の影響も、残留応力を考慮した最大応力が降伏応力に達すると飽和することを示す。これらから、局所的応力集中係数が3以上で、残留応力を考慮した最大応力が降伏応力に達している場合の疲労強度に、構造的応力集中を考慮すれば安全な疲労設計ができることを示す。板組溶接製大型模型による疲労試験結果でこの設計法の有効性を確かめている。

次に、鋼管継手の溶接残留応力が、板組構造と異なり、降伏応力の2倍の範囲を取りうることを示す。そこで、残留応力を考慮した最大応力が降伏応力に達する場合の疲労強度に基づく設計は、過安全側となる。

以上の結果に基づき、標準的な溶接施工を想定して鋼管継手の疲労設計用S-N関係を定めた。この式は基本的には板厚の1/2乗に反比例して疲労強度を減ずるが、上下限が設定されている。提案したS-N関係とUK DEnの設計用S-N関係を比較し、UK DEnは主管肉厚20~70mmで所定の安全性を確保せず、さらに、この範囲以外では過安全側であることを示した。

溶接部の疲労損傷の信頼性解析

Reliability Analysis of Fatigue Damage of Weld
Joints

松岡一祥

平成4年11月

日本造船学会論文集 第172号

信頼性解析手法に基づき、溶接部の疲労損傷確率の経時変化を求める手法を示した。溶接まま継手の疲労強度のばらつきについて検討し、降伏応力および溶接残留応力を考慮してもばらつきが避け難いことを示した。実船実験結果から部材の応力頻度関係を調べ、その分布形状を定めた。

従来からの疲労損傷に対する信頼性解析では、1) 統計量の把握が不十分なため、具体性に欠けるところがあり、2) 応力頻度関係を固定して、S-N関係にだけばらつきの要因を求めていた。しかし、本報では、統計量を極力具体的に示すと共に、応力頻度関係も不確定であるとして損傷確率の経時変化を求める手法を採用した。得られた主な結論を以下に示す。

- 1) 溶接残留応力が大きく、最大応力が降伏応力に達している場合を想定し、溶接部の基本S-N関係およびそのばらつきの分布形状を定め、それらが大型模型の疲労試験結果とよく一致することを示した。
- 2) 実船実験結果から、1回超過応力範囲が対数正規分布することを示した。
- 3) 疲労強度および応力頻度関係が共に不確定なものとして、疲労損傷の経時変化を計算する手法を示した。
- 4) 船舶を対象として試算を行い、ハイテン係数による減厚の疲労損傷確率に及ぼす影響などについて検討した。

以上の検討には、現状で可能なかぎり一般に認められる統計量を使用したが、構造的応力集中係数の分布、応力変動の回数など、不確実なものが含まれている。また、修正マイナー則による等価応力範囲による評価を採用しているため、実際の損傷確率より大きな値となっている可能性もある。正確な損傷確率を算定するためには、これら不明な点を解明する必要がある。

局部座屈する防撓板の弾塑性挙動（その1）

—圧縮を受ける矩形板の弾塑性挙動解析法—

The Elasto-plastic Behavior Analysis of Stiffened Plates Collapsing with Local Buckling Mode (1st Report) - The Analysis Method for Rectangular Plates Subjected to Compression-

遠藤久芳、田中義照

平成4年11月

日本造船学会 論文集 第172号

防撓板は船体構造を構成する基本的要素であり、その強度のみならず撓みや歪等の変形挙動を把握することは設計上重要である。また、船体の縦曲げに対する最終強度を高精度で推算するためには、この防撓板の耐力限界後の挙動解析が不可欠となる。防撓板の終局限界および同限界に至るまでの座屈変形挙動等については、これまでに多くの実験的および理論的研究が進められてきており、種々の解析法が開発され、信頼しうる推定が可能となっている。ところが、終局限界を越えてからの防撓板の挙動解析の研究はまだまだ不十分であるため、耐力限界後の挙動を精度良く推算する簡易解析法を開発した。本解析法では、弾塑性応力状態にある矩形板の変形を弾性成分と塑性成分の和として考え、まずFEM計算結果による応力～撓み関係をデータベースとして、弾性大撓み解析における全撓みと、塑性解析における塑性撓み成分との間の関係を調べた。その結果、矩形板の細長比にかかわらず簡単な式でそれらの関係を表わすことができた。次に、この関係式を用いて弾性大撓み解析および塑性解析を併せ用いることにより、簡便に耐力限界後を含む矩形板の弾塑性挙動を推算した。本解析法を種々の初期撓み、残留応力等を有する矩形板に適用したところ、FEM計算結果と比較してその妥当性を確認することができた。本解析法の特長を以下に示す。

- 1) 撓みおよび歪の弾塑性挙動について、極めて短時間に詳細FEMと同程度の精度で計算できる。
- 2) 耐力限界強度のみならず、同限界後の挙動についても高精度の推算が可能となる。
- 3) パネルの細長比や初期不整が種々変化した場合についても精度が保持される。
- 4) 初期撓みが大きい場合（板厚程度）および、パネル崩壊モードの縦横比が1から大きくはずれる場合には推定誤差が現れる。

Effectiveness of Double Bottom and Vacuum System for Prevention of Oil Spills from Tankers

タンカーからの油流出防止についての二重底および
負圧化システムの有効性

有田喜久雄、長田修、山口勝治、青木元也
平成4年11月

Proceedings The 11th International Symposium
on the Transport of Dangerous Goods by Sea
and Island Waterways, 1992 Tokyo

本論文は、二重船殻構造方式あるいは負圧化方式に
関し、タンカーの座礁時の油流出量を軽減するうえでの
有効性を調べたものである。

まず、座礁時の船体損傷の実態をみるために、わが
国に関係した船舶の座礁事故例を、1979年～1988年の
10年間の海難審判裁決録により調べた。船舶の大きさ、
速度別に船体のうけた損傷規模をクラス分けし、また
船の長さ方向の損傷分布を求めた。それによると、事
故の80%以上のケースにおいて、二重底構造にすること
により貨物油の流出が防げたであろうと推察できた。
損傷分布については、全般的に損傷は船体前部に多い
傾向がみられるが、船体後部にも損傷は多く、船底の
長さ方向に広く分布していることがわかった。

次に、油タンカーが岩礁に対して衝突する場合につ
いて、船体亀裂長さおよび貨物油の流出量を近似解析
によって検討した。計算は、試設計された8万～28万
DWTの7隻の二重船殻タンカーについて行い、損傷
深さに対する船底亀裂長さおよび油流出量の関係を求
めた。その結果、損傷深さが内底板を超える座礁の場
合であっても、二重底構造は単底構造より油の流出量
が減少することを損傷深さに対して示した。

負圧化方式は、座礁時に油の流出にしたがってタン
ク上部のボイドスペースに生じる負圧を利用すること
によって海水との圧力バランスを保たせる方式である
が、8万DWT、15万DWT、および28万DWT型タン
カーについてこの方式の油流出低減効果を調べた。そ
の結果、これらの大きさのタンカーからの満載状態に
おける座礁時油流出量を、負圧化方式を採用していな
い場合の油流出量の6%、7%、および9%にそれぞ
れ減らせることを示した。

〈機関動力部〉

高温空気流中における二成分燃料液滴の着火

Ignition of two-component Fuel Droplets in Hot
Air Stream

羽鳥和夫、熊倉孝尚
平成4年10月

日本機械学会、山梨地方講演会、講演論文集

近年、船用燃料油は高粘度化、高残炭化等、低質化
の傾向にある。このような燃料油の使用により機関の
燃焼室内の燃焼状態が悪化し排気弁の損傷、過給機の
汚れや排ガスエコノマイザーへの排煙付着等の問題が
発生している。このような問題を解決するために燃料
油の積み込み時に燃料油の性状を調べ、これによって
燃焼室内の燃焼状態を予測し、燃料油に適した運転法
を行うことが考えられている。燃料油の燃焼過程を調
べる方法として、単一液滴を用いて着火遅れや燃焼割
合等を調べる方法が行われている。

本研究では、船用燃料油は基材（重質成分）とカッ
ター材（軽質成分）の混合燃料であることから、燃料
油のモデル燃料としてパラフィン（沸点約573K）とヘ
キサン（沸点342K）に二成分混合燃料を用いた。二成
分混合燃料の単一液滴を高温空気流中で着火させるこ
とにより、燃料の混合割合、液滴の初期直径、および
雰囲気温度が液滴の着火遅れに及ぼす影響を調べた。

高温空気流中で二成分混合燃料の液滴の着火遅れを
調べた結果以下のような結果を得た。

- (1)液滴が着火する領域は液滴表面付近から蒸発するヘ
キサン蒸気で着火する領域、液滴内部から沸騰するヘ
キサン蒸気で着火する領域、および液滴の沸騰後にパ
ラフィン蒸気で着火する領域が存在する。
- (2)ヘキサンの混合割合の増加や、空気温度が上昇す
ることにより、液滴がヘキサンで着火する場合の初期直
径は減少する。

タービン内再熱水素燃焼ガスタービンの研究(第1報)

Internal Reheat Gas Turbine with Hydrogen
Combustion

森下輝夫、菅進、平岡克英、井亀優

平成4年11月

1992 Fall Annual Conference of GTSJ

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。タービン内再熱方式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。

水素によりタービン翼を冷却し、その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事が可能なことは翼列実験ですでに実証した。今回この知見をもとに試験用タービンを製作し、水素燃焼によるタービン内再熱実験を実施した。

実験の結果、主燃焼器出口温度分布の不良に基づく課題は残っているが、試験用タービンの水素吹き出し燃焼実験は第一段階としては成功し、本実験によりタービン内再熱水素燃焼ガスタービンの技術的可能性を示すことができた。本報は、その概略を報告したものである。

試験用タービンは製作経費と実験設備の能力から単段とし、主要設計仕様は出力550PS、回転数20000rpm、主空気流量2.6kg/s、タービン入口温度900°C、入口圧力2.0ataである。水素はノズル翼から吹き出し、ノズル翼と動翼の間で燃焼させる。

今回の実験では、主流ガスのタービン入口温度(TIT)分布が主燃焼器の単体燃焼試験で得たものに比べて良くなく場所による最大温度差が100°Cに達したが、実験は計測されるTITが900°Cを超えないように行った。平均TITが860°Cの場合、ごく一部の翼の後流を除き水素は良く燃焼するのが観察でき、熱バランスから計算される水素の燃焼効率は93~95%である。再熱用水素の完全燃焼はTITの分布をもう少し平滑化することで達成されると期待できる。

CO₂分離を目的とする固体酸化物燃料電池
複合サイクルの研究Combined Cycle of Solid Oxide Fuel Cell and
Turbines with the Aim of Separating CO₂Gas

汐崎浩毅、波江貞弘、野村雅宣、川越陽一、熊倉孝尚

平成4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

固体酸化物燃料電池(SOFC)は第三世代の燃料電池として注目されており、近年のセラミック技術の急速な進歩にともなって、その実用化の可能性が高まっている。一方、最近の地球環境保全、特に温暖化に対する関心の高まりにつれ、その原因物質の一つである二酸化炭素(CO₂)の大気への排出抑制の必要性が指摘されている。これに対し永続的に重要な技術課題は、エネルギー利用効率の向上である。また、中期的に化石燃料に依存せざるを得ない期間においては、エネルギー変換時に生じるCO₂の分離回収ならびに貯留技術の確立が必要である。

以上の背景から、本論文では、エネルギー変換効率の向上と同時に、CO₂の効果的な分離回収を目的とするSOFC複合サイクルを提案し、その性能特性についてモデル計算を中心とする検討を行った。このような観点からの定量的な考察は従来例が見られず、また、本内容は海中動力源システムへの応用も可能なものである。

発電性能、システム熱効率、二酸化炭素分離・濃縮効果について検討を行ない以下の結論を得ている。

- (1)電池内発熱を燃料改質熱として有効に利用するため、電流密度の広い範囲に対して、60% (LHV) 以上の総合熱効率が得られる。
- (2)総合熱効率は、燃料利用率の増加とともに上昇し、空気過剰率、蒸気/炭素比、空気循環率の増加とともに低下する。系圧力の増加に対して、電池本体の効率は増大するが、システム全体としては効率は低下する。
- (3)本システムから大気中に放出される二酸化炭素濃度は、在来熱機関に対して1/10以下に減少する。一方、CO₂分離装置入口での濃度は、在来機関の排気ガス中濃度の10倍程度に濃縮される。このため、CO₂分離効率の向上が期待されると同時に、単位プラント出力に対する処理ガス量が1/3~1/10に減少し、装置が小型化するため実用上極めて有利になると考えられる。

レーザー干渉法によるプラズマジェット場の測定
(第2報、フーリエ変換干渉法の適用)

Measurement of Plasma Jet Fields by Laser Interferometry (2nd Rep Application of Fourier Transform Method)

佐藤誠四郎、千田哲也、植松進

平成4年11月

日本溶射協会 第56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、減圧状態でのセラミック粒子の加熱および加速過程などの現象の理解が必要である。筆者らはこれまで、レーザー干渉法とデータ処理にCT(計算機トモグラフィ)を用いてプラズマジェット場の温度、密度の計測を行い、減圧状態ではプラズマの密度の絶対値およびその変化が小さくなるため、干渉法の測定感度を高くする必要があることなどを明らかにしている。

本研究では、レーザー干渉法の測定精度向上と干渉縞のデータ処理の自動化を目的として、直角二方向干渉計を用いてフーリエ変換干渉法を適用し減圧状態でのプラズマジェットの温度、密度測定を行った。

従来の干渉法は、干渉写真を単なる濃淡画像として位相を求めるのに対して、フーリエ変換法では干渉現象の周期性を用いて、干渉縞の濃淡ばかりでなく干渉縞が空間的に変化したときの位相に着目した解析法である。これによりフーリエ変換法では、1波長以下の精度が容易に得られることなどの特徴がある。

プラズマの作動条件はチャンバー圧力100~200 Torr、入力は5 KW(電流200Amp)~15KW(同600Amp)、プラズマガス(流量50 l/min)および雰囲気ガスは、ともにアルゴンガスとした。測定では、溶射粒子を供給しないで行った。

主な結果として、フーリエ変換干渉法では、干渉縞の縞次数およびその勾配が自動的に測定できること、多方向干渉法への適用が容易であり、干渉CTによる空間分布の測定が可能であることなどを明らかにした。

水中酸素燃焼の安定性と燃焼特性

Stability and Characteristics of Hydrogen-oxygen Combustion in Water

熊倉孝尚、井亀優、菅進、

平岡克英、森下輝夫

平成4年12月

日本燃焼学会 第30回燃焼シンポジウム前刷集

酸素内燃式蒸気タービン機関では、作動流体中で直接酸素燃焼を行なうが、本論文は作動流体が凝縮した状態の水雰囲気中での酸素燃焼を評価するために行なった基礎的な実験研究についてのものである。

前報までに予混合燃焼方式の結果を報告したが、本報では、予混合燃焼時に発生する逆火現象過程を更に詳細に調べ、また拡散燃焼方式の燃焼の安定性と燃焼特性についても調べ、予混合燃焼方式と比較した。

実験方法は前報と同様である。拡散燃焼用のノズルの構造は同軸噴流型で、中心部から水素ガス、その周囲から酸素ガスが噴出するようにした。水素および酸素は噴出後混合しつつ燃焼する。

予混合燃焼時の逆火過程を調べるために、イオン電流検出法に代わり、火炎の直接検出法を採用した。この方法によってノズル軸に直角に取り付けた光ファイバーを通して、ノズルに侵入した火炎を光検出器で検出した。各部の圧力変化も同時に測定した。

火炎光と圧力の挙動から、水中では火炎基部の変動が大きく、燃焼持続時でも火炎が瞬間的にノズルに侵入することがある。そのとき火炎側とノズル内のガス側の圧力バランスがくずれ、火炎側の動圧が大きくなったとき逆火に至ることが判明した。逆火を引き起す要因は発生蒸気の凝縮とバブリングが考えられる。

拡散燃焼方式は予混合燃焼方式と異なり、逆火現象が発生せず安定な燃焼が得られる。但し、フード長が10mm以下では失火が発生しやすい。一方、燃焼効率も予混合燃焼と異なりフード寸法やガス流量の影響を受け、特に量論比では燃焼効率の低下が大きく実用にあたって問題となる。

その改善策として、水素ガスに一部酸素を予混合させる方法、即ち部分予混合法を採用した結果、全予混合燃焼法と同等の燃焼効率も得られ、しかも逆火の発生もみられなかった。

フーリエ変換干渉法による火炎温度測定
(第3報、デュアルプレート・フーリエ変換法の適用)

Measurement of Flame Temperature Distribution
by Fourier Transform Interferometry
(3rd Rep., Application of Dual Plate Fourier
Transform Method)

佐藤誠四郎、熊倉孝尚

平成4年12月

日本燃焼学会 第30回燃焼シンポジウム前刷集

火炎の空間的な温度分布を求めるため、筆者らは、レーザ干渉法とCT(計算機トモグラフィ)を用いてその有効性を明らかにしている。CTの適用には多くの干渉データの処理が必要のため、これまで、干渉縞のデータ処理の自動化と干渉法の測定精度の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への適用性を明かにしている。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ぬなど、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る。

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、干渉縞のデータ処理の自動化が容易に行えることを明らかにしたものである。

デュアルプレート・フーリエ変換法は、まず従来の干渉縞にキャリア周波数(搬送周波数)と呼ばれる等間隔の縦縞を加えることによって変調した干渉像とキャリアのみの像を、別々に2枚の乾板に記録し、この2つの像を基に干渉縞の位相を抽出する方法である。本方法によりこれまで必要であったキャリア周波数のチェックおよびフィルタリング範囲を厳密に行なう必要がなく、また初期位相による誤差も同時に除かれ、干渉縞の自動処理が容易となる。

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。

<材料加工部>

き裂を有するセラミックスの低質油燃焼ガス中での
引張強度 (第2報)

Tensile Strength of Cracked Ceramic Specimens
in Lower Quality Fueled Combustion Gas
Streams. (2nd Report)

宗像良幸、千田哲也

平成4年9月

日本機械学会第70期全国大会講演論文集(B)

No.920-78

セラミックスは部材が大型化するほど欠陥の絶対数が多くなるため破損の確率も小型のものに比べて高くなる。加工時、あるいはその後の組立時、運転時にもたらされる表面傷が原因となって強度低下を招くことは明らかであり、大型機への採用が困難な理由の一つになっている。しかしながら低質油を燃料とするガスタービン翼材に用いるような場合は燃焼生成物が表面に付着することによって表層部の靱性向上をもたらし、引張強度はき裂材であっても無き裂材とほとんど差がなくなることを実験により確かめた。このことにより船用主機関のように低質油使用が前提の場合は表面加工に要する経費は大幅に少なくなり、また、破損に対する信頼性も高まることになる。

ここでは熱機関部材として現在最も期待されている窒化珪素について材料温度1000°Cでの引張破断試験を実機運転条件に最も近い雰囲気下で行うためバーナリグを用いて行った。燃焼生成物の成分と付着量が強度に及ぼす影響を調べるため燃料としてA重油、SとNa含有のA重油、灯油の三種を用いた。直径5mmの試験片表面に30kgf ビッカース圧子を圧入して半径約0.2mmの半円型き裂を形成したものと無き裂のもの2種について一回7時間曝露を7回計49時間曝露した後引張破断させた。

この結果、燃焼生成物の付着量が多い程、いいかえれば燃料の低質度が高まる程き裂の強度に及ぼす影響は少なくなり、灯油燃焼の場合が最も低強度であった。また、それぞれの場合とも無き裂材との強度の差はほとんど無いことなどがわかった。また、固形物衝突によるエロージョンが認められたが、低質油使用では表面の靱性向上によって強度低下は無かったが、灯油使用の場合は上述の効果がなく、き裂材は自身のき裂のために、無き裂材はエロージョンのために共に強度は低下した。

有孔FW積層中空円筒軸のねじり破壊
(肉厚と繊維配向角の影響)

Torsional Failure of Hole Notched FW Tube
(Effect of Ply and Wall Thickness)

高井元弘、勝又健一

平成4年10月

日本機械学会第70期全国大会講演論文集 920-78

FW (フィラメント・ワインディング) 成形法では、繊維積層配向角や強化繊維の種類などを適当に組み合わせることにより動力伝達系における最適な特性を持つ複合材料軸の実現が可能である。動力伝達軸などでは、円孔など応力集中部を有する構造は避けられず、適切な強度評価が必要である。本報告では、繊維積層配向角および肉厚を変えてFW法で成形した有孔CFRP円筒軸の静的ねじり試験を行い、円孔応力集中部のねじり強度に及ぼす影響について調べた。円孔円周部のFEM応力解析より得られた応力分布と円筒軸のねじり破壊形態から、Whitneyらの点応力基準モデルを適用し、特定距離と切欠き強度について検討した。

得られた結論は以下の通りである。

- (1) ねじりを受けるFW有孔円筒軸のFEM応力解析によると、円孔円周部で、 σ_θ (円周方向応力) が最大、最小となる位置は繊維配向角、肉厚の違いにより異なる。また、応力集中係数も等方性材料より大きくなる。
- (2) σ_θ が最大、最小になる位置は、巨視的な破断の発生位置と一致する。また、円孔近傍部の破断面における応力状態は、FEM解析によると破断方向と軸方向に対して対称な積層繊維束方向の応力 σ_x 以外は微小であることから、破壊の発生は、 σ_x の大きさに依存すると考えられる。
- (3) FEM解析により得られた円孔近傍の σ_x の分布に、Whitneyらの点応力基準を適用することにより、有孔円筒軸のねじり試験結果から求めた特定距離 L_0 は、円孔径と円筒軸径の比 D/d_0 により次式で評価できる。

$$L_0 = C \left(\frac{D}{d_0} \right)^m$$

なお、特定距離は円孔円周部より L_0 離れた位置での応力状態が破壊基準を満す時に材料が破断に至る距離として定義されている。

The Monitoring Techniques for the Fatigue Damages before the Crack Initiation of Structural Materials

構造材料のき裂発生以前における疲労損傷のための
モニタリング技術

野間口道義、吉井徳治、勝又健一、後藤英信

平成4年10月

Int.Sym.on NDT &

Stress-Strain Measurement & FENDT '92 Proc.
of Int. Sym. on NDT & Stress-Strain Mea. &
FENDT '92

船舶技術研究所において、高速船および海洋構造物用の構造材料について、き裂発生以前における疲労損傷のモニタリング技術がそれら構造物の健全性確保のために研究されて来た。本論文はそれらの研究のなかで開発された磁気または超音波による四つの非破壊評価技術、即ち磁気ひずみ効果法(MST)、磁界中超音波減衰法(MUT)、超音波遷移温度法(UTT)、渦流法(ECT)について、実験室での疲労損傷を観測した実験結果を用いて、それらの原理および特性を述べている。

疲労損傷のモニタリング・パラメータは、MSTでは磁気ひずみ感度(磁気センサ式応力測定装置出力と検定応力との比)、MUTでは超音波磁気感度(試験材に磁場を加えた場合と加えない場合の超音波の伝播中の振巾比)、UTTでは超音波遷移温度(試験材の超音波、減衰定数の遷移温度領域上限)、ECTでは試験材局部の表皮の導電率である。

次の結論が得られている。

- 1) 磁気ひずみ感度および超音波磁気感度は共に磁気異方性に依存している。軟鋼から高張力鋼までの鋼材において、両磁気感度または共に疲労過程の塑性変形の急激な発達に対応して、急激な階段状の減少を示す。従って、MSTおよびMUTは鋼材の疲労損傷状態が急激な発達状態を越えているかどうか評価するのに有用である。
- 2) SM400B鋼の引張圧縮疲労過程において、疲労履歴を多様に変えた場合でも疲労余寿命($\pm 0.9\sigma_y$, 0.2 Hzの疲労試験で測定)と超音波遷移温度との間には直線的な相関がある。従って、UTTはフェライト系鋼の疲労余寿命評価の可能性を持っている。
- 3) アルミ合金A6063Sの引張圧縮疲労過程において、

疲労した局部の表皮の導電率が応力繰返数の増加に伴い、大きく減少する。従って、ECT はアルミ合金の疲労損傷状態をモニターするのに有用である。

画像処理法によるプラズマ溶射アルミナ皮膜の 細孔構造評価

Microstructural Analysis of Plasma - Sprayed Alumina Coatings by Image Processing Technique

高橋千織、千田哲也

平成 4 年11月

日本溶射協会 第56回学術講演大会講演論文集

クロム酸含浸処理を施したアルミナ溶射皮膜の走査電子顕微鏡写真に画像処理を適用し、皮膜の細孔構造の定量的評価を試みた。

プラズマ溶射皮膜は熔融状態の原料粉末粒子が高速で基材に衝突・偏平化し、急冷凝固されて積層したものである。積層した個々の粒子間には多くの気孔が存在するとともに、粒子内にも微小な亀裂の存在することが知られている。気孔率や気孔径は溶射条件により変化し、皮膜の諸特性を左右するため、細孔構造の解明と評価法の確立が望まれている。画像処理法については観察試料の調整法によって微構造の見え方が変わることや、気孔の境界の特定が困難であることなどが問題となっている。本研究では皮膜内の気孔にクロム酸を含浸させることにより、これらの問題を解決した。

皮膜細孔構造の評価は溶射距離の異なる 4 種類の皮膜について画像処理法と水銀圧入法により行った。断面観察の結果、細孔構造は粒子間の未結合部と粒子内のマイクロな亀裂からなり、1 μ m 未満の気孔に他に数 μ m から 10 数 μ m という原料粉末粒子に近い大きさの気孔も存在することが確認された。溶射距離が長くなると粒子間の未結合部の割合が高くなり、空隙の幅は広がるが、その一方で粒子内のマイクロな亀裂の数は大幅に減少した。また、粒子の偏平化の程度は低くなっていた。2 値化画像から計算した気孔率は溶射距離が長くなるにしたがって高くなる。また、縦断面写真の 2 値化画像から算出した気孔の長さや幅の平均も溶射距離が長くなるにしたがって大きくなった。これらは気孔形態の変化を定量的に表しているものと考えられる。それぞれの方法による気孔率の測定結果の絶対値はあまり一致しなかったが、双方に誤差要因があり、今後の改善が必要である。画像処理法では溶射距離の違いによる気孔形態の差を含め、細孔構造評価に有力なデータを与えられることが示された。

Friction and Wear of Sintered Alumina at High Temperature

焼結アルミナの高温摩擦摩耗特性

千田哲也、高橋千織、植松進、天田重庚
平成4年12月

JSME International Journal Series III 35-4

焼結アルミナの摩擦摩耗試験を、最高1200°Cまでの高温で行い、摩擦摩耗特性について考察した。温度、荷重（面圧）およびすべり速度を変えて試験を行い摩擦係数を測定した。また、一定条件で摩擦をした後の重量減少量で摩耗を評価し、摩擦面のSEM観察等を行った。

摩擦係数は、室温では約0.8であったが、温度が高くなるにしたがい単調に低下し、1200°Cでは約0.4程度になった。高温では、荷重が高いほど摩擦係数は低くなり、この荷重依存性は温度が高くなるほどより顕著になった。摩擦係数のすべり速度依存性はなかった。

室温での摩耗量は同一条件でも大きく異なる場合があった。室温では、試験中摩耗粉があまり発生せず試験後の摩擦面が比較的平滑な場合と、多量の摩耗粉が発生し摩擦面に激しい層状の剝離の跡がみられる場合があった。この違いは摩耗のモードが異なるためであると考え、それぞれに約1桁異なる摩耗率を適用し、試験途中でモードが変化する場合があると考えることにより、摩耗データのばらつきを説明することができた。

摩擦係数が低くなる800°C以上の温度域では、比摩耗量もそれ以下の温度域にくらべ1桁以上小さくなった。摩擦面の相変化や特定元素の析出等はなかったが、試験断面のSEM観察により、摩擦面付近に厚さ5-10 μ mの、微細な粒子からなる表面層が形成され、表面がきわめて平滑になっていることがわかった。高温での摩擦係数の低下と摩耗量の減少は、この微細粒子層の形成によるものと考えられる。

酸化セラミックスの高温摩耗

Wear of Oxide Ceramics at Elevated Temperatures

千田哲也
平成4年12月

日本セラミックス協会第11回高温材料基礎討論会

酸化セラミックスであるアルミナ(Al_2O_3)およびムライト($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)について、1000°Cまでの高温で大気中すべり摩擦摩耗試験を行った結果、800°C以上の高温で摩耗量がそれ以下の温度とくらべ1桁またはそれ以上低下し、高温で摩擦した面には微細な粒子からなる表面層が形成されていることがわかっていく。この微細粒子表面層の形成が摩耗の低下に関連すると考えられる。本報告では、室温と高温の摩擦面近傍の微構造とその性質の違いを調べ、表面層の形成機構と摩耗特性への効果を考察した。

1000°Cでの摩擦面はきわめて平滑で、断面では10 μ m程度の厚さの微細粒子の表面層が観察された。一方、室温では、薄い表面層が観察されたが同時に剝離またはき裂がみられた。高温摩擦面のTEMによる分析では、もとの構造とは異なる3つの特徴的な領域が観察された。表面は、0.1 μ m程度の粒径で、粒径オーダーの粒界微小き裂もみられた。微粒層の直下には、もとの粒径を保ちながら高密度の転位および双晶が観察される部分があり、さらに、低密度の転位のみみられる層があった。このような構造から、表面微細粒子層は、おもに動的再結晶化をともなう塑性流動の結果であると考えられる。表面層部分と研磨面についてヌーブ硬度を室温と1200°Cで測定した結果、室温では硬度は等しいが、表面層の方が高温での硬度低下が著しい。これは、粒界すべりによる塑性変形が結晶粒径が小さいほど容易になることによると考えられる。高温では再結晶化と粒界すべりなどにより、粒界き裂の発生・進展や脆性破壊プロセスが抑制されるため摩耗量が減少するものと推測される。

〈装備部〉

ニッケル鉱ばら積み運送の安全評価

Safety Evaluation of Nickel Ore Transportation
in Bulk

太田進、浦環、坂巻隆、田中正人
平成4年5月
日本航海学会論文集 第87号

ニッケル鉱は、フィリピン、インドネシア等の国から、ばら積み船で我が国に海上運送されている。この貨物を輸送している船が過去に行方不明になった例があり、また、船倉内における貨物の移動により船が異常傾斜を起こした例もある。この物質をばら積み運送する際の荷崩れの危険性を示すとともに、安全確保のための簡単な試験法を提案する。

最大粒径を5.6mmに調整した Riotuba (フィリピン)産のニッケル鉱を用いて三軸圧縮試験及び一面剪断試験により剪断強度を計測した。その結果、剪断抵抗角は水分値の増加とともに減少し、粘着力は水分値42%付近でピークとなり、その後急激に減少することを示した。

実験により得られた物性値を用いて荷崩れの数値解析を行うことにより、水分値が粘着力のピークを過ぎると荷崩れの危険性が急激に増大することを示した。よって、この物質は、粘着力のピークよりも小さな水分値で積み付ける必要がある。

雨等の原因により、ニッケル鉱の水分値は荷役中にも変化する。そこで、安全確保のためには、積み荷役現場において用いることのできる簡単な試験法が必要である。小型の容器内の試料に円錐を挿入し、この円錐を引き抜く時の力を計測することにより、ニッケル鉱の粘着力を求める実験(円錐引抜き試験)を行った。円錐引抜き試験により得られた粘着力と、一面剪断試験及び三軸圧縮試験により得られた粘着力を比較し、この試験法の有効性を示した。最後に、過大な水分値のニッケル鉱を荷役現場で判定するための手順及びクライテリアを提案する。

水面上の揮発性物質の拡散の研究

Chemical Evaporation in Aqueous Environment

上田浩一

平成4年11月

日本船用機関学会 第50回講演会前刷

ケミカルタンカー等から有害液体物質が流出した場合、それぞれの物質に応じて、船舶等の侵入禁止区域を設定し、流出物質の防除措置を講じる必要がある。ケミカルタンカーによって輸送されるケミカル物質には水溶性、非水溶性、揮発性、不揮発性の物質がある。今回は非水溶性の揮発性の物質を対象とした。

風による蒸発に関する研究は、気液界面で波等のない場合については行われている。今回対象とする条件は水面上に流出した液体物質の風浪下での蒸発現象であり、波や液滴による飛散を伴う複雑な現象であり、模型実験等により、その現象や蒸発量を推測する必要がある。

そこで二次元風洞によって基礎的な実験を行い、風による蒸発量について調べた。さらに風洞水槽を用いて、風浪下での蒸発量を実験により調べた。

風速が比較的小さく、液滴の飛散がなく、波の小さい水面からの蒸発量は風の中に置かれた小さい容器からの蒸発量と同程度であった。

小さい規模では、2次元風洞実験と風洞水槽実験との差異は少なく、揮発していく物質伝達率 K が約1~2.9cm/secであった。本模型実験規模における風下のガス濃度は最大480P.P.m.の値が得られた。

〈海洋開発工学部〉

浮遊式海洋構造物の実海域実験

その9. 長周期運動のシミュレーションと統計予測

At-sea Experiment of a floating offshore
Structure

9. Time domain Simulations and Statistical
Predictions of slow drift motion

加藤俊司、斉藤昌勝、高瀬悟

平成4年11月

日本造船学会論文集第172号

チェーンあるいは索等で緩く係留された浮遊式海洋構造物は、不規則波中において長周期運動と呼ばれる大振幅かつ長周期の水平面内の運動が励起され、係留チェーンの破断といった災害を招く可能性がある。そのためこの運動の予測は係留系を安全に設計する上で非常に重要であると言われている。しかし、実際の海域でそのような運動が生じることはあまり報告されておらず、また風の影響があるのではないかという指摘もある。さらに、その運動の最大値の予測に関して実海域データの結果と予測結果の比較もほとんどされていない。

本論は、ポセイドン号の実海域実験データを用いて、多入力解析、高次スペクトル解析、統計解析を行い長周期運動の周波数特性及び統計量の特性を調べた。また、モンテカルロシミュレーションも含む動揺シミュレーションを行いその運動の時系列との比較及び統計量の変動についても調査した。その結果、

1) 長周期運動は、実際に生じ、波だけでなく風の影響もかなり大きい。これは、海上風のスペクトルが低周波数域でかなり有意なパワーを有するためである。また、海上風は等方性乱流の特性を有するため、構造物に働く変動風荷重を考える場合、平均流方向に関係なく3方向の速度成分を考慮すべきである。

2) 長周期運動の最大値の期待値は通常良く用いられる線形予測理論では予測できず著者らが以前より示している非線形予測理論(ガンマ分布理論)を用いるべきである。

3) 長周期運動のような非線形な運動の最大値を推定する場合、長時間の数値シミュレーションから推定する機会が多いが、300程度の極値を持つ数値シミュレーション(約6時間弱)では推定値が大きくばらつき、この程度のシミュレーションから推定することは危険

である。また、600程度のシミュレーションの場合でもばらつきはあるので注意が必要である。

〈水海技術部〉

織布積層複合材の低温域における異方性について

A Study on Anisotropy of Woven Cloth
Laminates at Low Temperatures

桜井昭男、前田利雄、高島逸男、山越寿夫

平成4年10月

(社)強化プラスチック協会
FRP CON-EX'92講演要旨集

長繊維型の積層複合材はアルミ合金等に比べて熱的寸法安定性がよく、軽量、高強度であることから、船舶・航空機部品等の構造部材に広く使用されている。最近では、極低温容器や宇宙構造物等の大きな温度変化を受ける構造物への利用が検討されており、これに伴って、従来にも増して高い寸法精度が要求されるようになってきた。しかしながら、一般に使用される織布積層複合材は典型的な直交異方性を持つとともに、極低温域においては熱・機械的的特性とも温度依存性が高くなるので、クライオスタット等の極低温用構造材として用いる場合、その異方性を十分把握しておく必要がある。本研究では、直交積層材の熱収縮率、低温強度特性の方向依存性を明らかにするとともに、異方性の低減を図るため、斜交積層材及びハイブリッド積層材を製作し、低温特性を調べた。

供試FRPは強化材にガラスロービングクロス、カーボンクロス、アラミドクロス、3織布を、また樹脂には低温靱性に優れたビニルエステルを用い、対称バランス積層となるよう、6～8プライをハンドレイアップ法で成形した。

はじめに、供試した各織布による直交積層材の熱収縮率及び極低温曲げ強度特性の方向依存性を調べた結果、いずれも試験片主軸と繊維方向とのずれが最大となる斜向角度45°において熱収縮率は最大に、曲げ強度は最小になった。また、熱収縮率の異方性はAFRPが、曲げ特性についてはGFRPが、それぞれ顕著であった。そこで、織布の方向を変化させて斜交積層したCFRP及びAFRPについて直交積層材と比較した結果、全体的に特性が向上し、異方性を小さくする効果が顕著に現れた。また積層角度は45°で十分であることがわかった。一方、異方性の強いAFRPを比較的異方性の少ないGFRPあるいはCFRPとハイブリッド積層することにより、低温域での異方性の低減に効果がみられた。

Inspection and Maintenance of Offshore Structure
a Case of Floating Offshore Structure
"POSEIDON"

浮遊式海洋構造物「ポセイドン」による海洋構造物の
保守管理実験について

在田正義、田村兼吉、内藤正一、柴田俊明、
井上令作、岩井勝美、勝又健一

平成4年10月

テクノ・オーシャン92国際会議プロシーディング

1986年(昭和61年)9月から1990年(平成2年)7月の4年間にわたって実施された浮遊式海洋構造物「ポセイドン号」による実海域実験のうち、保守管理に関する項目の概要について述べると共に、海洋構造物の保守管理一般についても言及した。

ポセイドン号は、12本のコラムのうち11本、及び甲板室の側壁の一部に特別仕様の重防食塗装を施した。またこれと同一の仕様による塗装を施した試験片を作った。

実験は、3つのグループに大別出来る。第1は、稼働中の定期検査・自主検査における構造各部の板厚測定、変形量測定、チェーンリングの径測定、水中部にある塗膜への生物付着量及び生物種の測定・観察、塗装面の外観検査等である。第2は、稼働終了後にポセイドン号を解体して行ったコラム・ブレース結合部の溶接継手部の検査やコラム及び甲板室側壁面の塗膜の検査である。第3は、塗装試験片の大気中暴露試験と定期的な塗膜劣化パラメータの測定である。

稼働中の検査では、ボックスガーダーの局部変形を除いて保守管理上特に問題になるようなことはなかった。稼働後解体しての検査では、塗膜の非破壊及び破壊検査を行ったが、塗装仕様が十分でない場合、または施工が注意深く行われない場合、4年程度の稼働で防食性を失う可能性があることがわかった。溶接継手部の検査では、溶接部の欠陥(溶込み不良、融合不良等)が多数発見された。これは、溶接部の設計、特に開先形状に問題があったためといえよう。

塗装試験片の大気中暴露試験結果と、上記のポセイドン号塗膜の試験結果の比較から、塗膜の試験片によるモニタリングがある程度可能であることがわかった。

得られたデータを基に、海洋構造物の保守管理システムについて検討した。そして、稼働中の安全が保た

れるためには、設計初期段階で、保守管理システムをどのようにするか決定しておくこと、建造後は、構造物の初期状態（溶接部の欠陥、塗膜パラメータなど）を詳細に調べておくこと、これに基づいて「保守管理マニュアル」を作製しておく等が必要なことを述べた。

Computation of Incompressible Viscous Flow around a Marine Propeller

船用プロペラまわり非圧縮粘性流の数値計算

宇都正太郎

平成4年11月

日本造船学会論文集 第172号

計算流体力学 (CFD) 手法を用いて船用プロペラまわりの非圧縮粘性流れのシミュレーション計算を実施した。支配方程式はナビエ・ストークス方程式及び擬似圧縮性項を付加した連続の式であり、これらを有限体積法及び IAF 法に基づいて離散化した。また非粘性項の離散化には 3 次精度風上差分を、粘性項は 2 次精度中心差分をそれぞれ用いて離散化し、1 次精度の陰解法を用いて時間積分を行った。プロペラまわりの計算格子は幾何的な方法を用い、直交性、平滑性最小格子間隔の設定等の幾何的条件を満足するように初期格子からの反復計算によって生成した。但し、ボスは近似的に円筒面で与えた。

供試プロペラは運輸省航海訓練所所属の青雲丸に装備された通常型プロペラである。計算はプロペラが一樣流中を単独で作動する定常状態を対象とし、レイノルズ数 10^4 の層流計算を行った。計算結果の整理、可視化を行うとともに各種実験データと比較し、以下の結論を得た。

- 1) 翼面圧力分布は翼の前縁部近傍を除いて実験データと定性的、定量的に良好一致を示した。
- 2) プロペラ後流の構造は従来の可視化実験データと定性的に良く一致する傾向を示した。
- 3) プロペラが発生するスラスト、トルク係数値は実験値に対して若干の過大評価となった。その原因として、以下の問題点が指摘された。

- ① 格子点数が不足しており、特に翼前縁及び翼端部での格子解像度を向上させる必要がある。
- ② 翼前縁近傍等での格子歪が大きく、翼面圧力の計算精度を低下させている。
- ③ レイノルズ数影響を調査するために乱流モデルの導入を図る必要がある。
- ④ 合理的な外部境界条件の設定が困難であり、非粘性計算とのマッチングを検討する必要がある。

布が比較的単純なためか、再現誤差は最大で40%程度と良好であり、逆算法は有効との結論を得ている。

電波観測による海水の氷厚・塩分濃度分布推算法の 理論的検討

Theoretical Study on the Method of Micro
Wave Data Processing for Measuring Sea Ice
Thickness and Vertical Salt Density
Distribution in the Sea Ice

山越寿夫、高島逸男、前田利雄、桜井昭男

平成4年12月

日本リモートセンシング学会 秋期講演予稿集(1992)

人工衛星による地上の植物分布や資源の探査、海水の広がり方の観測が実用化の段階に至り、新聞、雑誌等で時折りそれらについての記事が見られるようになったが、技術の現状では、探査、観測が可能な範囲は陸上や海上と言った、いわば地球表面にのみ限られている。しかも、観測データを画像として表わすデータ処理も未だリアルタイムなものではない。

一方、海水の浮かぶ海域を通年航行する際の可航々路（これには海水原からの緊急脱出航路や緊急救出航路も含める）の探知をするうえでは、海水の厚さ、海水強度と言った氷況探査をリアルタイムで把握することが要求されるわけであるが、海水の厚さ、強さの探査には、海水深部からの電波の反射データを観測しデータ処理する必要がある。しかしながら、現在のリモートセンシング技術では、このような探査は不可能である。また、この方面の研究も世界的に未開拓である。

今回の発表では、かような氷況探査技術の基礎であり、かつ技術的課題として残されて来た水中塩分濃度分布及び氷厚のリモートセンシング法につき、その原理とデータ処理のアルゴリズムの研究結果を示す。

原理の基本は、海水に入射させて得られるマイクロ波の複素反射率の周波数特性と海水中の塩分濃度分布との関係式を用いて、複素反射率データから塩分濃度分布を求めることにある。この場合、複素反射率が塩分濃度分布の関数として記述されるため、複素反射率データを用いた逆算として塩分濃度分布を算出することになる。

発表内容は、上記関数式の導出、逆算法の考え方とアルゴリズム、三層塩分濃度分布に対する逆算の例と結果の信頼性とから成る。逆算例では、まず三層塩分濃度分布を与えて電波の複素反射率を一旦算出し、次いで逆算から最初の分布の再現性を検討している。分

先進複合材の低温域における機能特性について

Research on Low Temperature Properties of
Advanced Composite Materials

桜井昭男、前田利雄、高島逸男、山越寿夫
平成4年12月

第8回寒地技術シンポジウム講演論文集

FRP等の有機複合材は一般に、金属、コンクリート等と比較して軽量で、耐食性、断熱性、加工性等に優れている。このため、氷海域などの寒冷地で用いる構造材料あるいは被覆材料として有望である。

筆者らはこれまで超低温液化ガスタンク等の構造材として使用可能な先進有機複合材の研究開発を行ってきた。これらの複合材は常温から超低温の広い温度範囲での使用を考慮して設計しており、寒冷地用の構造材料としても十分な機能特性を有しているものと考えられる。

本報告では、種々の超低温用材料のなかから、比較的成本パフォーマンスに優れた材料として、基材にカーボクロス、アラミドクロス、ガラスロービングクロスを用いたFRP、韌性に富み成型加工の容易なビニルエステル及びジシクロペンタジエン樹脂、さらにはガラスあるいはアクリルマイクロバルーンを充填した軽量複合材（シンタクティックフォーム）をとりあげ、それぞれの特長を示した。また、寒冷地での使用に対する適性を検討するため、低温環境での機械的強度、熱収縮率、熱伝導率、吸水率等を求めた。

得られた結果をまとめると、供試したFRPは長繊維で強化した効果が現れ、いずれもアルミ合金に匹敵する比強度をもち、かつ熱伝導率は3桁程度小さく、また熱収縮率も金属と同程度で、寒冷地用構造材として優れた機能特性を持っていることがわかった。また、供試した樹脂やシンタクティックフォームもSUS304と同等の比強度で、断熱性能はFRPにも増して優れていることを示した。

一方、吸水特性はAFRPの吸水率が比較的大きく、少し離れてシンタクティックフォーム及びDCPDの順になったが、試験片の加工に問題のあったAFRP以外は15日間の連続浸漬で1%以下の吸水率であり、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る。

〈大阪支所〉

音響波法

Elastic Wave Method

吹上紀夫

平成4年10月

㈱工業調査会 プラスチックス 10月号

音響波法とは、ハンマー等でたたいた時の打音を耳で聴いて判断するという古くから使用されてきた方法（コインタッピング法）のことで、近年、測定装置の発達によって、このような打音の波形や周波数が容易に測定・解析できるようになり、熟練した聴覚で判断してきた技術が、測定器で定量的に判断できるようになってきた。また、音響波法は可聴音域に属し減衰が少ないため長距離伝播し、広範囲の探傷ができるという長所を持っている。現在、音響波法を実施しているところは少ないが、今後、多くのところで利用されるようになることが予測される。このことから、文献をもとに、代表的な3つの手法を紹介した。

(1)弾性波伝播法：筆者らが研究している方法で、FRPのように薄い材料に、ハンマー等で単発の衝撃を与えると、周波数が20KHz以下のA₀モードのラム波（板波）が発生する。この弾性波を用いて、ハット型補強材の取り付け状態および層間剥離等内部欠陥を探傷した結果、補強材による極端な減衰や層間剥離部における位相速度の変化などから、補強材の損傷や内部欠陥の検出が可能となることが分かった。

(2)固有振動法：材料の形状および強度特性等から固有の振動が発生する方法を用い、CFRP製FWパイプの品質管理を行った結果、内部剥離のあるもの、繊維の一部が切断しているもの、繊維含有率の低いものなどが容易に選別できた。また、この手法は、低周波振動のため安価な装置で起振、受信ができるなど簡便で、オンラインでの利用も可能である。

(3)メカニカルインピーダンス(MI)法：材料を局部的に加振あるいは打撃し、その時の加振力と速度あるいは反発力の波形とその周波数分布から欠陥を検出する方法で、健全部の波形を基準とし、各部における波形とを比較して欠陥を検出する方法である。

これらの方法は、船舶や航空機のような大型構造物を広範囲に探傷する場合に有効である。

Stability of Clathrate - Hydrate of Carbon Dioxide in Highly Pressurized Water

高压水中における二酸化炭素クラスレートの安定性

綾威雄、山根健次、山田信夫

平成4年11月

ASME (American Society of Mechanical Engineers) Proceedings of 1992 Winter Annual Mtg. of ASME

発電所などから回収された後のCO₂を深海に貯溜する方法の内、クラスレート化法の実現性検討のため、3,000m級深海の圧力と温度が模擬できる「高压回流水槽」を使用し、CO₂クラスレートの安定性を調べる基礎実験を行った。

CO₂は、4.5MPa以上の圧力では、10°C以下の温度で水と反応して結晶構造のクラスレートとなる。この条件下で生成されるクラスレートは液体CO₂と水の界面のみに現れることが、先に行った予備実験から判明していた。そこで、圧力を30MPaに保ちつつ、3°C(クラスレート領域)と15°C(非クラスレート領域)の静止水中に置かれた単一CO₂液泡の溶解速度を長時間のビデオ観察により調べた。その結果、CO₂液泡を被うクラスレート膜は、CO₂の溶出速度を抑制するが、その抑制効果は溶解時間を2倍強に引き伸ばす程度で、直径3cmのCO₂液泡はクラスレート生成領域にあっても20時間以内に完全に溶解することが明らかとなった。

本実験を行う前は、外側の水分子がクラスレート膜を通過することによりクラスレートの結晶が液泡内部に向かって成長するのではないかと、クラスレート膜が成長しなくとも、金属の酸化皮膜のように内部のCO₂液泡を保護してくれるのではないかと期待していた。ところが、この期待は見事に外れてしまった。

クラスレートの不安定性はCO₂が高压水によく溶けるという性質に関係があるようであるが、クラスレート生成条件下におけるCO₂溶出現象のメカニズムは不明である。しかし、本実験から明らかになったクラスレートの不安定性は、深海環境への悪影響(高濃度のCO₂溶解水は強酸を呈する)や2千年程度と言われる深海水の循環によるCO₂の大気への逆流などをもたらす可能性を示唆するものであり、クラスレートの安定性を前提に行われているCO₂の深海処理に関連した研究に一石を投ずる事実であると考えられる。