

所外発表論文等概要

<運動性能部>

操縦運動の数学モデルについて

On a Mathematical Model of Manoeuvring Motion of Ships

小川陽弘・小山健夫・貴島勝郎
(昭和52年5月)

「日本造船学会」誌第575号

船の操縦運動を表現する数学モデルは、操縦性解析の基礎となる重要なものであるが、舵・プロペラという制御入力があること、極めて広い運動範囲を持つこと等が原因して、非常に多種類の方法が用いられている。

現在、最大の問題点は、この数学モデルに関して統一的な表現法がないため、例えば流体力の計測にしても、その試験法・解析法が統一されておらず、他の実験との相互比較・実験結果の利用等に非常な不便を来していること、また流体力の表現そのものにも物理的根拠の明確でないものもあり、理論計算との対応を困難にしていることなどである。このような状況は、今後ますます重要となりつつある操縦性研究の大きな障害となるものである。

このような事情から、これまで操縦性の研究に当たって来た者達が集まり、それぞれの経験に基づいて、できるだけ合理的かつ実用的な数学モデルの統一的表现を探り出そうと試み、現時点での一つの結論を導いた。

モデルの構成としては、船体・プロペラ・舵の各単独性能を基準とし、それらの間の干渉を、プロペラ・舵それぞれへの有効流入速度・有効流入角の概念、及び舵から船体への影響を表わす係数の形でまとめ、必要な部分に実験的修正係数を配置することによって、有意な項の取り落しがないように考慮した。船体に働く流体力については、その非線型項を積分表示のままに取り入れ、広範囲の運動状態に対応できるようにし、

舵への有効流入速度はプロペラスラストを基準とし、有効流入角には船体の down wash の影響を入れる等、最近の研究の成果と実験技術の進歩による実用可能性を大幅に導入した。

このように表わした、前後・左右・回頭の3方向流体力について、一定の手順による係数決定法を定め、実験結果の整理の際往々にして問題になる係数固定順序の相違によるあいまいさをなくすようにした。

<船体構造部>

ソ連における金属・船舶の強度研究

On the Research of Strength of Metal and Ship Structure in U. S. S. R.

在田正義

(昭和52年1月・2月)

「船舶」誌第50巻第1号・第2号

昭和50年9月より、51年7月まで、日ソ文化交流の一環である日ソ研究員交換の一員として、ソ連邦のモスクワ市にある科学アカデミー所属バイコフ記念冶金研究所の金属材料強度部で研究する機会を得た。その間の研究と、モスクワ、レニングラード、トビリシ、キエフで見学した大学、研究所について述べた。

ソ連邦科学アカデミーは100万人の組織で国家の研究(自然、人文、社会科学を含む)全般に責任をもつ。バイコフ冶金研究所は所員1,500人。金属材料強度部のイバノバ教授(研究所にも教授がおり、学位授与の権限をもつ)は疲労強度の権威である。筆者は、軟鋼、クロム鋼、ニッケル合金、チタン合金について疲労き裂伝播速度を計測した。丸棒の回転曲げ疲労の際、き裂進行による荷重点のたわみ増加量からき裂長を推定する方法を開発したものである。疲労き裂伝播速度の変化が、応力拡大係数範囲 ΔK の変化に対し飛躍的に変化することと、その法則を実証した。軟鋼の見かけの活性化エネルギーについても、 ΔK に関し飛躍的に変化のあるらしいことを実験的に示した。

51年5月、第3回チタン国際会議がモスクワ大学で開催される。現地参加し、ソ連のチタン研究にかける意気込みを知る。

レニングラードでは、船級協会、商船中央研究所、ヨッフェ記念工学物理研究所を訪問する。トビリシでは冶金研究所を訪問。グルジュア（黒海とカスピ海にはさまれた共和国）のすばらしい自然—カフカースの山々と長寿者の里—にふれる。キエフでは、パトン電気溶接研究所と強度諸問題研究所を訪問する。溶接継手強度の専門家トゥルファーク博士、破壊力学の専門家東北大にも留学されたというクラソフスキー博士らとの意見交換、研究所を見学。有益であった。

モスクワにある全ソ軽金属研究所、鉄銅合金単科大学についても見学内容をのべた。

Study on the Structural Strength of Ships in Collision

船舶の衝突における構造強度の研究

在田正義・安藤文隆・有田喜久雄

(昭和52年3月24日)

International Conference on Fracture Mechanics and Technology

大型タンカー、原子力船が衝突した場合の油流出、炉の破損を防ぐ立場から、衝突時に船側構造が吸収するエネルギーを実験的に求めた。

船側構造を、船側外板と二層の甲板および防撓材よりなる箱型の模型でおきかえ、この模型を衝突船の船首に相当する剛な三角柱状模型で圧壊した。その結果、船側模型各部材の強度の組合せ方により、破壊機構が二つあることがわかった。船側外板が比較的に強い場合は、自動車などの衝突による側面の凹入の如く荷重点を中心に広い範囲が変形する。これを座屈型破壊という。破壊によるエネルギー吸収は、船側外板の破断まで急速に上昇するが、船側外板の破断とともに急激に減少する。一方、防撓材が密にあり船側外板が比較的弱い場合に、剛船首の船側模型への突入は、あたかも錐で木に穴をあけるように、変形は荷重点の近傍のみに限られる。この場合エネルギー吸収は、船側外板の破断後も剛船首の突入量の自乗に比例して増大することが示された。この破壊を突入型破壊という。

破壊形式は船側模型の構造寸法から次の無次元量 β から判定することができる。

$$\beta_0 = 2sA/I^{3/4}$$

(350)

但し、 s は防撓材の間隔、 A は船側外板の断面積、 I は防撓材の断面二次モーメントである。判定式は、実験結果から

$$\beta_0 > 50 \text{ で座屈型, } \beta_0 < 50 \text{ で突入型}$$

この判定式は、模型の寸法を種々かえた場合も当然適用できることが示された。

以上の静的圧壊実験を、実際の衝突に近い方式で再現した。この際、破壊形式が座屈型、突入型の場合とも、エネルギー吸収が、静的実験の場合にくらべ、相当大きくなることが明らかとなった。このエネルギー吸収の差は、破壊の際、船側模型の個々の材料が受ける歪速度が、静的な場合と動的な場合で著しく異なることから説明できた。即ち、衝突の際のエネルギー吸収は、静的実験から推定可能であることがわかった。

溶接鋼造用鋼の破壊靱性に対する衝撃曲げ速度の影響

The Effects of Impact Bending Rate on Fracture Behavior in Weldable structural Steel

北村 茂・中村正久・呂 芳一

(昭和52年4月4日)

「鉄と鋼」第93回講演大会

溶接構造用鋼の高速衝撃負荷による破壊靱性値やCOD値の動的特性を明らかにするため、変形速度および試験温度を変化させて衝撃曲げ試験を行い静的試験の結果との比較を試みた。さらに有限要素法によるモデル解析やフラクトグラフィを行い、破壊のクライテリアとの関係を考察した。

供試鋼のSM41Aから $100^t \times 10^w \times 10^l$ の平滑曲げ試験片 $100^t \times 20^w \times 10^l$ の切欠曲げ試験片を加工した。切欠曲げ試験片は機械切欠で先端半径を変えたものと、疲労き裂付きもの計種類である。切欠長さは試験片の幅の1/2まで片側から入れた。静的曲げ試験はアムスラ試験機により、衝撃曲げ試験は回転円板式高速衝撃試験機に新規に設計した治具を用いて行った。

供試材の破壊靱性値 K_{IC} の温度依存性は、静的曲げ試験では疲労き裂試験片が機械切欠試験片より低い K 値をとり、遷移温度が 20°C ほど高温側に移行する。

衝撃曲げ試験では、変形速度が大きくなると K_{IC} 値の遷移挙動は次第に高温側に移行するようになる。また遷移温度は変形速度、切欠先端半径の鋭さに大きく依存した。

静的試験の場合に有効な K_{IC} の得られる上限の温

度は -160°C に対して、本研究で実施した衝撃試験の範囲では有効な動的破壊靱性値 K_{Id} が得られる温度の上限はほぼ -40°C (40m/sec) となり、静的な場合と 120°C の温度差が得られた。

衝撃試験における COD と温度の関係はいずれの切欠先端半径を持つ試験片においても遷移挙動を示し、その遷移温度は切欠先端半径が鋭くなるほど、また変形速度が大きくなるほど高温側となる。衝撃試験の COD は同一温度では静的な場合より小さい値をとり、また変形速度にも依存した。破面遷移温度は衝撃試験では静的な場合と比べると、いずれも大きく高温側に移行し、供試機の破壊靱性が変形速度に強く依存することが認められた。

鉱石運搬船の横強度

(第2報：コーナー部の座屈崩壊強度)

Transverse Strength of Ore Carriers (2nd Report Buckling Collapse of Curved Girders)

青木元也・直井 保・竹本博安
遠藤久芳・橋爪 豊・長沢 準
(昭和52年5月18日)
日本造船学会論文集第141号

船体構造の部材結合部の多くは円弧状の面材とウェブ・プレートから成り立っており、またこの部分には高い応力が生ずることが多い。このため、このコーナー部の剛性、応力分布および座屈崩壊強度に関する研究はかなりなされてきているが、直線部構造に比べてその検討はまだ十分とはいえない。本論文ではコーナー部構造について実験および数値計算によってその座屈崩壊強度を検討した。すなわち、実船の約 $1/3$ 縮尺のガンネル・コーナー部の構造模型8個による実験および有限要素法座屈解析プログラムによる計算を行って、防撓材配置および荷重条件がその座屈崩壊強度におよぼす影響を調べた。

実験方法は模型の両側に荷重梁を取り付け、一方の荷重梁に荷重を加え他方の荷重梁を支持した。荷重点および支持点の位置をずらすことによって、同一荷重に対する曲げモーメントの大きさを変えた。ウェブ・プレートの防撓方式として4種類および荷重条件として4種類を考えた。また座屈計算には S R 133 で開発された有限要素法による三次元薄板構造解析プログラムを使用した。

得られた主な結論は次のようなものである。

- (1) 半径方向応力がウェブのパネル座屈に顕著な影響を与える場合がある。
- (2) 面材の面外変位を3個所以上円弧部で拘束した場合には、崩壊は局所的な変形によって起り、またこれらの拘束がない場合には全体的な崩壊が生ずる。
- (3) 同じ構造であっても荷重条件によって、座屈荷重あるいは崩壊荷重と面材の降伏開始荷重との比 P_{cr}/P_Y , P_{ult}/P_Y が変わる。
- (4) 同じ量の防撓材を用いても、その配置方法によって座屈強度、崩壊強度に2割以上の差が生ずる。

<機 関 開 発 部>

空冷タービン翼の灰付着試験

An Experiment of Deposit Formation on Surface of an Air-Cooled Gas Turbine Blade

野村雅宣・森下輝夫・菅 進
(昭和52年3月)
日本ガスタービン学会誌第4巻第16号

C重油のような粗悪燃料を高温ガスタービンに使用すると、燃料中のいおうや灰分が有害生成物となって高温部材に付着し、空力性能の低下を招いたり、腐食の原因になったりする。そこで、本研究では、空冷タービン翼すなわち主流と翼表面間に大きな温度差のある場合について灰付着の挙動を実験により調べた。

実験は市販のC重油燃焼ガス流中で二次元空冷タービン翼列を用いて行った。翼列入口ガス温度 800 , 900 , 1100°C , 同全圧 1.6 , および 3.0atm の条件下で翼温度と暴露時間を変えて実験を行った結果、次の結論が得られた。

- (1) 高温冷却タービン翼面の灰付着の主要機構は、硫酸ナトリウムおよび五酸化バナジウムの蒸気拡散と考えられる。
- (2) 灰付着は翼負圧面下流域の乱流境界層領域にのみみられ、翼前縁とその近傍の層流境界層領域、ならびに翼正圧面下流域のゲルトラ渦(乱流)領域にはほとんどみられなかった。
- (3) 翼負圧面に付着した灰分の主要物質として、翼温度が低い場合 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{V}_2\text{O}_5$, 高い場合には Na_2SO_4 が検出された。

- (4) 翼温度およびレイノルズ数を一定のまま主流ガス温度を高くすると灰付着量が增大するが、これは主流中の灰分濃度が増加することで説明できる。
- (5) 主流ガス温度およびレイノルズ数を一定のまま、翼温度を低くすると灰付着量が增大するが、これは蒸気拡散によって Na_2SO_4 以外に V_2O_5 が凝結付着することで説明できる。
- (6) ガス温度 1100°C における灰付着量は初期段階では時間に比例して増加するが、かなり短時間で鈍化の傾向を示す。

組立形クランク軸の強度設計

Strength Design of Built-Up Crankshaft

塚田悠治・藤田秀雄・星野次郎
 蔦 紀夫・福井義典
 (昭和52年5月23日)

15th International Congress on Combustion Engine, Tokyo

船用大型ディーゼル機関に使用される、組立型クランク軸は、多くの使用実績を持ち、その信頼性が認められている。しかしながら、最近の船用機関の出力増大の要求と、外形寸法の制限がきびしくなったため、更に、強度上の検討を行う必要が生じて来た。本報告は、日本船用工業会組立型クランク軸研究委員会において行われた研究の内容を、まとめたものである。

研究は、クランクウェブとジャーナルとの焼ばめ把握力の確保および、焼ばめによる残留応力とピン・フイレット部の応力集中との干渉による強度上の問題の解明の2つに重点を置いて行われた。

実施された研究項目は次のとおりである。理論解析としては、有限要素法を用い、焼ばめ温度解析、焼ばめ熱応力の三次元弾塑性解析、焼ばめ面圧分布の解析などが行われた。実験研究としては、焼ばめ応力分布の光弾性解析、焼ばめ時の温度変化の測定、実物クランク軸の動的および静的ねじり試験などが行われた。これらの解析は、材料、寸法、焼ばめ代の異なる幾つかの条件について行われた。

理論解析結果と実験結果は、全般的に良く一致していた。熱応力解析の結果から、焼ばめ部近くの塑性域の広がりに対する、焼ばめ条件、材料、寸法などの影響を明らかにすることができた。また、ねじりにより焼ばめ面がスリップする限界トルクを求め、焼ばめ代や材料の降伏点などの影響を明らかにした。その結

果、従来の厚肉円筒による近似計算にくらべ、精度は著しく向上した。

これらの研究の結果、焼ばめの温度、応力解析の手法が確立された。また、これらの結果を総合して、組立形クランク軸の新しい設計基準が提案された。これを適用することにより、機関の全長の短縮と、信頼性の向上が期待される。更に、国際的な基準作成のためにも、役立つものと思われる。

Experiment on Aerodynamic and Heat Transfer Characteristics of a Cooled Turbine Cascade Losing a Few Blades

欠損翼列の空力、伝熱性能の実験

平岡克英・森下輝夫・菅 進
 (昭和52年5月25日)

1977 Joint Gas Turbine Congress

冷却ガスタービンの一部の冷却翼に破損を生じると、それに隣接する翼の空気力、伝熱特性が変化しそれともなって隣接翼の連続的な破損が考えられる。その場合運転再開が可能でも新たな破損の回避あるいは、翼列性能の低下のために減速運転は避けられない。一部の冷却翼に破損を生じた時の運転能力を検討することは、冷却ガスタービンを船用主機として採用するに先だって必要である。運転能力を推定するためには、翼欠損時の翼列の空力伝熱特性を知ることが必要である。

本研究においては、1~3枚の翼が根本から折損した場合を想定して、翼折損の翼列特性への影響を実験的に、理論的に明らかにした。

実験は、二次元低速風洞を使用し、翼列は11~19枚の翼で構成した。翼列中央の1~3枚の翼を抜取って翼列の後流の全圧、静圧、流出角分布測定、正常翼列翼および欠損部をはさむ2枚の翼の翼面静圧分布、物質移動率と熱伝達のアナログを利用したナフタリン昇華法により翼面物質移動率の測定を行った。

欠損翼列の空力伝熱特性を計算により推定するために、特異点法による欠損翼列のポテンシャル流れの計算と熱伝達計算を行った。

実験で得た翼面静圧分布および物質移動率分布を用いて、翼欠損が隣接翼の温度および応力に与える影響を計算した。

以上より次の結論を得た。

翼欠損が生じると、欠損部に背を向ける翼の空気力

熱伝達率はそれぞれ大幅に増加し、翼背面に大きなはくり、逆流の生じる直前で最大値に達する。翼背面の大きなはくりは、圧力係数 C_{pmin} がおよそ -2.0 に達すると生じる。この翼負荷の最大点までは、本研究の計算法により、翼にかかる空気力熱伝達率および C_{pmin} を良い精度で計算できる。

翼欠損が生じた場合の隣接翼の受ける空気力、温度および熱応力の変化は大きいので、1枚の翼の欠損がひきつづき隣接翼の破損をひきおこさぬよう設計上事前に検討しておく必要がある。

<機 関 性 能 部>

Void Fraction Correlation for Boiling and Non-Boiling Vertical Two-Phase Flows in Tube

加熱および非加熱垂直円管内二相流のボイド率

山口勝治・山崎弥三郎

(昭和51年12月)

Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY Vol. 13, No. 12

気相と液相が混った状態で流動する場合、両相はある速度差をもちながら運動するが、この問題を巨視的観点から解決するのがボイド率、つまり、単位体積に占める気相の割合と定義される量である。応用面からは、ボイド率は沸騰流路の流体の平均密度、安定性や循環特性に関係するため重要である。

本論文はボイド率の一般関係式を求めることが主目的である。

これまでの研究では、熱流束や流路入口の流速がボイド率に影響するといわれていた。しかし、それらの内容を精しく調べてみると無視出来ないと考えられる流れの方向と流路形状の条件を分離せず、混同したデータを用いている。

本研究ではこのような混同をさけ、垂直円管上昇流について検討した。

蒸気-水ないし空気-水二相流の、時間と流路断面積に関し平均化された円管内の流れにおいて、連続の式とパラメータ K とを用いてボイド率の関係式を導いた。この式と筆者らの実験を含む13の異なる実験グループによる垂直円管上昇流でのボイド率の測定結果とを比較した結果、 K の値が 1.0 の時、実験データと最もよく一致した。ただし、小さい管径(内径 6.1mm

と 7.7mm) では K の平均値は、流路が加熱されている場合も非加熱の状態でも 0.57 である。

次元解析により定めた K の一般的表示(物性値と管径のみによる無次元数)を用いたボイド率の関係式は、熱流束や流路入口の流速とは関係なく、実験値と15パーセント以内の誤差で予測できることが判明した。その結果、気-液二相流の発生する管系を熱的、流動的に精度よく設計するための有力な手段が得られた。

点火機関の火炎構造と化学組成のシミュレーション計算

A Simulation for Chemical Constituents and Flame Structures of Ignition Engine

山 岸 進

(昭和52年1月)

「船舶」誌 第50巻第1号

最近、内燃機関の排気改善のため燃焼過程の研究が増々盛んになり、かつ詳細になっている。本文は火炎構造と燃焼速度を基にして熱発生を計算して、排気ガス組成のシミュレーションを行った結果を述べたものである。この解析モデルはシリンダー内のガス組成の空間分布を時間的に追尾できるものであり、ガスの熱力学変化過程と11成分の解離平衡計算を行うと共に Zeldovich 機構による NO 生成に関する非平衡計算を行えるものである。主な仮定は(1)瞬間完全混合、(2)区分内化学平衡、(3)半理想気体、(4)圧力一様、(5)放熱無しである。この解析モデルを使用してA;側壁着火、円等構造火炎、B;側壁着火、球状構造火炎、C;中心着火、球状構造火炎の三種各々のガス組成を計算した。その結果火炎構造の相異はシリンダー内の温度、圧力に大きな影響を与えており、 NO 生成にもその影響が見られる。 NO 生成の傾向は上死点直前に急激な質量燃焼率増大がある火炎構造ほど高濃度を示している。(C>B>A)

シリンダー内のガス温度の空間分布、ガス平衡組成のクランクアングルに対する変化、各火炎構造の温度、圧力変化の図も示した。

内燃機関の燃焼改善には、火炎構造を管理する事が大きな課題となっているが、本解析モデルによってその効果が例示されており、その組成変化の推定が可能である事が分った。

壁面上に速度変動のある層流平板境界層
(第2報：3次元変動の場合)

Laminar Boundary Layer over a Flat Plate
with Small Velocity Fluctuation on the Wall
(Part 2: 3 Dimensional Fluctuation)

徳田 仁

(昭和52年4月)

日本機械学会論文集第43巻第368号

非圧縮な一様流れの中に、流れと平行に置かれた平板の間の十分に発達した層流の流れに対して成立する、平均並びに非定常成分に対する、連続、運動、エネルギーの各基礎式を導いた。この場合、これらの平板の壁面には非定常的な微小な吸込みと吹出しが均質に分布し、それらの量は壁面を2次元的に波状に変動し、かつ実質的な吸込みや吹出し量は零である。したがって壁面においては微小な速度の変動が生じ、その現象が波状に伝わる。この場合に成立する基礎式を近似的に解くことにより、壁面上に生ずる微小な速度変動が流れおよび温度の時間的、局所的な場所に関する平均値である定常成分にどのような影響を与えるかについて考察を行った。その結果、微小な速度変動であっても、定常成分に与える速度変動の影響は波数がある程度大きくなれば非常に大きく、その速度および温度の分布は、変動が存在しない場合と比較すると全く異なっていることが明らかになった。また、熱輸送に関しては、レイノルズの相似則が大体成立していることが示された。

砕氷船「ふじ」のプロペラ負荷

Propeller Load of Ice-Breaker FUJI

竹沢節雄・植田靖夫

(昭和52年5月26日)

日本船用機関学会 第22回学術講演会

本報告は、砕氷船「ふじ」の第17次南極地域観測支援行動中に行った「氷海航行の実態調査」の内、機関々係特にプロペラ負荷等を中心とした計測結果について述べたものである。

氷海中の機関の挙動およびプロペラ負荷

機関諸量について連続記録を行った結果、チャージング砕氷時に繰返される急激な前後進により発電用デ

ーゼル主機関は、無負荷から定格の70%負荷までの間を5~10分のサイクルで変動する。その際負荷の変動に対応して機関回転数と過給機回転数に若干の追従遅れが認められた。またチャージングにより船体が氷に突入する時の機関負荷には特に明瞭な変動は認められなかった。

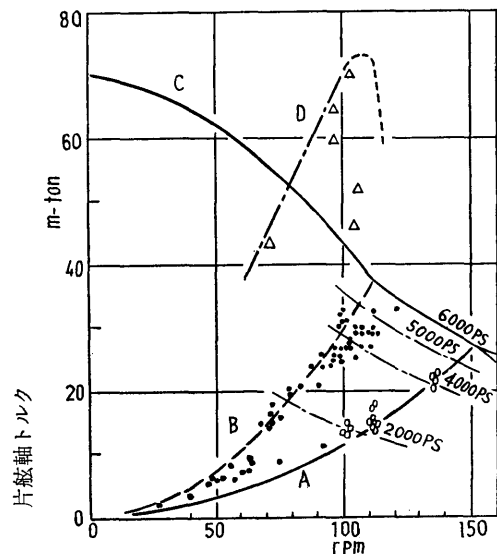
氷海中では氷の存在のため推進抵抗が増加して、通常航行時に較べ同じ軸回転数に対する軸トルクは増加する。そこで実測した軸トルクを軸回転数で整理した結果、特にチャージング砕氷時における軸トルクは、ほぼボラードトルクで作動する。

プロペラ翼に氷が接触した時、軸には急激なトルク上昇と軸系の一節ねじり自然振動数に一致する約11 Hzの振動現象が現われた。この際の負荷の増加傾向は、氷と翼との接触条件が様でないため一般的傾向を求めることは困難であるがボラードトルクのほぼ2~3倍を超えることはないようである。

砕氷船の主機関について

本船は氷海中で前後進を繰返す操船がなされるので、機関は無負荷から70%負荷の間を頻繁に繰返すため熱強度的に極めて荷酷な条件にあり耐熱強度に基づく損傷が続発している。今後の砕氷船計画に際して主機関の負荷余裕のとり方に対し十分な配慮が必要である。

氷海中の実測軸トルクは通常図中のB線以下で、極



軸トルクと回転数の関係

く短時間の衝撃荷重としてD線の範囲が生じた。今航において計画トルク特性C線に対応する実績は経験されなかった。プロペラ、軸系等の設計に際して、Dのような高負荷に耐えられるよう十分な余裕を持たせることが必要と思われる。

運航障害を生じた事故の分析

An Analysis on Operation Troubles of Ships

玉木恕乎・黒須顕二・鹿子嶋直嗣・飯島 晃

(昭和52年 5月26日)

日本船用機関学会 第22回学術講演会

船舶という輸送機関にとって、運航の安全性と定時性を確保することは運航者が第一に留意することであり、運航に障害を生じないよう常に対策を講じている。運航障害事故の中で大部分を占めるのが、船舶の運航に関係する機器の故障によって生ずる事故であり、対策の適正化が望まれている。また、事故とは船舶の運航というマン・マシンシステムにおいて、人間と機械との接点で障害という形により故障事象の決定が行われたことであり、この種のシステムでの故障診断や予防保全系を計画して行く上でも事故の分析は必要とされる。そこで、運航障害事故の現状を認識し把握するため、大阪商船三井船舶(株)で収集された1964年からの12年間にわたる損傷記録から運航障害を生じた事故のみを採り上げ、その発生機構の分析を行った。

調査した船舶の数は、延べにして1,028隻・年に達し、運航障害の事故件数は総計で694件、障害時間の累計は約11,000時間となる。

分析の結果、得られた結論を要約すると、

- (1) 1970年ごろから運航障害事故の件数と時間が目立ってふえ始め、この急激な変化は障害の質の変化とも大きく関係している。
- (2) この障害事故激増の原因は、ディーゼル主機関の新形化、中でも機関出力率の増大によって生じたと思われる。
- (3) 現状のディーゼル主機関システムでは、主機関停止事故に至る異状の検知と停止への決定判断は、大部分がまだ人間に頼っていることがわかった。

<海洋開発工学部>

浮遊構造物の基礎

Mooring Lines and Anchors of Floating Structures

大津留喬久・安藤定雄

(昭和52年 4月)

「土と基礎」誌 第25巻第2号

浮遊式海洋構造物の基礎について、我が国で建造された構造物を中心に解説したものである。

浮遊構造物の係留は本来の用途に用いるためと、荒天時の流出を防ぐためと、2種類の位置保持の必要性がある。

索、鎖とアンカーで係留ラインが形成されているが、大型の構造物はいずれも複数の係留ラインによって海底に係留され、位置保持がされている。

ゆるい張りかたの係留法を採用すれば、係留ラインをカタナリー曲線とし、構造物の変位とライン張力の増分との比を係留ラインのパネ定数として、おおよそその場合の運動と係留力が解析される。

係留ラインを海底に固定するには、シンカー、埋設型パーマネントアンカー、投錨型ドラグアンカーが用いられてきたが最近の傾向として、把駐力の大きいシンカーとパーマネントアンカーが使用されるようになった。最近の大型浮遊構造物の基礎の実例として、電々公社の海洋無線中継所の4本の係留ラインとシンカー、および沖縄海洋博に展示したアクアポリスの16本の係留ラインと中間ブイ、埋設型パーマネントアンカーを紹介した。

<共通工学部>

FRPを利用した新しいLNGタンクの開発

Development of the New LNG Storage Tanks
Made of Fiberglass Reinforced Plastics

上村 晃

(昭和52年6月・7月)

「石油と石油化学」誌 第21巻第6, 7号

公害のない画期的なエネルギーとして、液化天然ガス(LNG、沸点 -162°C)の需要は世界的に急激に増加している。わが国においても総合エネルギー調査会の長期需要見通しによると、LNGの一次エネルギーに占める比率は47年度には0.4%にすぎなかったが、50年度では1.8%まで上昇し、さらに60年度にはこの比率が7.9%に高められると予測されている。

LNG海上輸送のための専用タンカーであるLNG船は、現在就航または建造中を含めると世界で70数隻になるが、中核となるLNGタンクの主要材料は現状では、9%ニッケル鋼、アルミニウム合金、ステンレス鋼など極めて高価な低温用特殊金属材料の使用を余儀なくされ、また、建造時の工作法にも難点が残存していると言わざるを得ない。そのためFRPを利用して、タンク工作技術の簡易化、安全性の確保ならびに低コスト化を計るべく筆者は、これまでFRPおよび防熱材等の超低温域における諸特性ならびにこれらを組合せた防熱構造の適合性などを検討するとともに、模型タンクによる冷却試験を行い、FRPによる新しいLNGタンク構造方式の開発を行ったので、その経過について述べた。

はじめにFRP素材の超低温域における特性についてふれ、ついで小型FRPタンクの予備試験の結果について述べた。そして、30cm角型、1m角型、1.6m角型タンクと順次形状を変化させてFRP防熱タンクの冷却試験を行ったが、本稿ではLNG標準船角型タンクの約1/10大に相当する八角横形タンクの場合について(1)タンクの成形法、(2)冷却試験方法、(3)防熱層内の温度分布、(4)自然蒸発率、(5)放散熱量等の試験結果を記述した。

FRPタンクは工作性が容易で、大型化も on Site 成形で可能であり、経済性の上からも低温用特殊金属材料のタンクよりも有利なので、今後新しいLNGタンク方式として利用されるものと考えらる。

サンドイッチ構造複合材の低温域
における衝撃挙動

Impact Behavior of Sandwich Composites
at Low Temperatures

上村 晃・前田利雄・北條英光

(昭和52年6月)

「高圧ガス」誌 第14巻第6号

プラスチック複合材料は金属に比肩する機械的強度をもち、軽量で耐食性にも優れているため、建設用構造材、航空・船舶などの輸送機材、化学プラントなどの耐食構造材として広く用途をもつようになってきた。しかしながら、超低温域での利用は殆んどなされていない。筆者らはFRPサンドイッチ構造複合材を断熱性のある構造材としてLNG貯槽など超低温での使用を目的として、これまでFRPおよびFRPサンドイッチ構造複合材の強度特性、熱収縮特性および熱伝導率特性など基本的特性の一連の研究を行ってきた。本稿では、FRPとフォーム材とのサンドイッチ複合材について、構成素材単体ならびにサンドイッチ平板の衝撃破壊挙動を $-196\sim+100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で検討したので、その結果について述べた。

- (1) 硬質ウレタンフォーム単体の衝撃強度は、たわみの特性すなわち延性に依存し、ガラス転移点の存在する室温付近で最大値をとり、温度の上昇に伴い急激に減少する傾向を示すが、 -100°C 以下の超低温域では温度による変化はあまり見られなかった。
- (2) FRP単体のフラットワイズ方向の衝撃強度は -100°C 以下では温度による変化は見られないが、 -50°C 以上では温度の上昇に伴い強度を増す傾向を示す。そして、破壊はガラス繊維層が剥離する層間せん断破壊であった。これに対し、エッジワイズ方向の破壊様式は主に圧縮せん断破壊であったが、室温以上では引張破壊が混在するようになる。
- (3) サンドイッチ平板のフラットワイズ方向の衝撃挙動はたわみの挙動に依存するため、心材の特性に大きく左右されることがわかった。
- (4) サンドイッチ平板の破壊様式は、界面およびその近傍のせん断破壊、表面材の引張破壊、引張型破壊および圧縮せん断型破壊の4種類に大別できた。そして、温度により破壊の様式が移行することが認められた。

<東海支所>

「むつ」遮蔽モック・アップ実験(I)—実験の概要—

Mock-Up Experiment for the Shield of

Nuclear Ship MUTSU (I)

—Outline of Experiment—

布施卓嘉・「むつ」遮蔽モック・

アップ共同研究グループ

(昭和52年4月8日)

日本原子力学会年会講演会

「むつ」遮蔽改修に適用する遮蔽設計の信頼性を確立するための data and method を求めることを目的としてモック・アップ実験を行った。

- 1) 圧力容器と1次遮蔽体の隙間に関する実験
圧力容器と1次遮蔽体の隙間の放射線分布を遮蔽改修前後の体系について測定した。「むつ」では遮蔽体は炉心を取りまく構造となっているがここでは炉心に対し110°の扇形状とした。
- 2) 圧力容器蓋部に関する実験
圧力容器の蓋部に拡散し更に上方へ広がっていく放射線を測定したもので、改修前後の体系について圧力容器上部の放射線分布、追加遮蔽による遮蔽効果の変化を求めたものである。
- 3) 主冷却管に関する実験
1次遮蔽を貫通する主冷却管は断熱材で覆われている。そこを放射線が漏洩するので、そこでの放射線分布を測定した。
- 4) 下部遮蔽ブロックに関する実験
二重底内にポリエチレンブロックを設置するが、そのポリエチレン相互間、船体構造の鋼板とポリエチレンブロックの間に隙間が生ずることが考えられるので、そういう体系についての実験を行った。

14 MeV 中性子の物質透過計算の精度評価

Evaluation of Computational Accuracy of
14 MeV Neutron Transport Calculations

竹内 清・笹本宣雄

(昭和52年4月8日)

日本原子力学会年会講演会

高速中性子の遮蔽体透過および漏洩問題に対する計算コードの精度検証を目的として、輸送方程式の数値解法によるコードである PALLAS および ANISN の計算精度の検証を行った。その際計算と比較すべき実験あるいは信頼できる計算結果として、(1)モーメント法およびモンテカルロ法による 14 MeV 中性子の水中透過計算スペクトル (2) 14 MeV 中性子の鉄層透過エネルギースペクトル測定値 (3) 14 MeV 中性子のグラファイト層透過エネルギースペクトル測定値 (4) 14 MeV 中性子の液体酸素透過エネルギースペクトル測定値等がある。これらの問題を PALLAS および ANISN で計算を行い、他の結果との比較を実施した。

その結果、水中における PALLAS 計算エネルギースペクトルは絶対値およびスペクトルの形ともに他の結果と良い一致を示した。一方、ANISN 計算値はおよそ50%程過大評価になった。鉄層透過問題では両計算結果ともにファクター2程度の測定値との差が生じた。これは非弾性散乱や (n, 2n) 散乱の計算の誤差であると思われる。グラファイト層透過問題では非弾性散乱のレベルの断面積によると思われる誤差が発生した。液体酸素透過問題でも非弾性散乱断面積によると思われる差が測定値との間に生じた。これらの差の原因の追求は今後の課題として残る。

「むつ」遮蔽モック・アップ実験(VI)

—下部遮蔽ブロックに関する実験(実験4)—

Mock-Up Experiment for the Shield of
Nuclear Ship MUTSU (VI)—Experiment with the Block of the Lower
Part Shield (Experiment No. 4)—

山路昭雄・「むつ」遮蔽モック・アップ

共同研究グループ

(昭和52年4月8日)

日本原子力学会年会講演会

「むつ」の改修では圧力容器と1次遮蔽の隙間を下方へ漏洩する中性子を遮蔽するため2重底の上部および2重底内にポリエチレンブロックを設置する。本実験はブロックを設置する際に生じるブロック間の隙間および船体構造とブロック間の隙間を模擬したもので、各隙間からの漏洩放射線を測定した。実験は4-A, 4-Bシリーズに分けられる。4-A-aはブロック間の隙間の無い配置である。他の実験配置ではブロック間の隙間の幅は全て1cmである。4-A-cでは貫通した隙間があり、4-A-bではそれが無い。4-Bシリーズでは鋼板がポリエチレンブロック供試体を水平に貫通しており、鋼板とブロック間の隙間が4-B-a, bで異なる。測定はNi, Au箔(Cd被覆あり, なし)を用いて行い、速・熱外・熱中性子の反応率を求めた。解析計算では4-A, 4-Bとも炉心から供試体入口までを円柱形状で模擬した。4-Aでは供試体部も円柱形状で模擬し、間隙部体積を実験でのそれにほぼ等しくした。4-Bでは供試体部を2次元平板形状で模擬し、水平方向の隙間の広がりは無限とし、縦方向の隙間は無視した。この条件による計算では漏洩放射線量を過少評価する傾向にある。この原因として、実験体系の2次元形状模擬方法、 S_0 近似、空間メッシュ幅、収束条件等の計算パラメータのとり方が考えられる。

「むつ」遮蔽モック・アップ実験(IV)

—圧力容器蓋部遮蔽に関する実験(実験2)—

Mock-Up Experiment for the Shield of
Nuclear Ship MUTSU (IV)—Experiment for the Upper Shield of
Pressure Vessel (Experiment No. 2)—

三浦俊正・「むつ」遮蔽モック・

アップ共同研究グループ

(昭和52年4月8日)

日本原子力学会年会講演会

原子力船「むつ」遮蔽改修のためのモック・アップ実験のうち圧力容器蓋部の遮蔽に関する実験と解析計算の比較検討を行う。実験は2-Aシリーズと2-Bシリーズに分かれており、2-Aシリーズは圧力容器と一次遮蔽体の間隙を通過して圧力容器蓋部に流れ込んだ放射線の圧力容器蓋部における分布測定に関するものであり、2-Bシリーズは圧力容器蓋部に追加する、追加遮蔽体の材料の遮蔽効果に関するものである。測定器としては中性子に対してはBF₃カウンター、放射化箔、ボナ・ボール、TLD、および水素比例計数管を用い、ガンマ線に関してはTLDを用いた。

解析計算は2次元輸送コードTWOTRANを用いて行われた。計算は2次元円柱モデルが用いられ制御棒案内管の部分に近似モデルが使われた以外はほぼ実際形状を入力して行われた。

一般的に実験値と計算値は約ファクター2以内の一致を示した。この一致の程度は角度分点数エネルギー群数、計算モデル、検出器レスポンスおよび体系の大きさを考えると極めて良いものといえる。