

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

省エネルギー船の考え方

Some Discussions on Energy Saving Ships

田中 拓

昭和57年9月16日

第8回夏季講座「新しい造船学」 日本造船学会

船の省エネルギー化について最大の関心を持つのは、船を運航する立場にある人達であると思われるが、今日の省エネルギー船は、造船設計者によって多く方向づけられている。このような省エネルギー船の商品化は、経済の競争原理の中で自然な流れとしてできたものである。しかし本来の省エネルギー化の考えは、一つには石油の本質的希少性の認識づくもので、他は石油以後の代替燃料船に対する準備の期間の過し方に関するものであろう。

エネルギー危機を過して、世界の石油消費についての考え方は大きく変貌して、予期以上の省エネ効果を上げている。このような、石油の新時代の中で船とそ

の周辺は、どのような責任をはたしているか調査をした。現在の傾向は、特定な船舶に対して省エネルギー化の技術開発を集中して実施し成功させている例が多く、省エネ技術が船舶の大多数に広がっているとは云えない。このような商品化された省エネルギー船を第1世代の省エネ船と呼んでおく。

第2世代の省エネ船のあり方は、今後の船用エネルギーについての推測とその海運に対する影響のシナリオから考えねばならない。経済専門家の意見によると石油そのものの物理的不足の時代は、2000年頃まではないと言われている。しかし当面可能なあらゆる省エネ化努力をするのは、第3次石油危機を防ぐ意味からも貴重である。第2世代の省エネ船は、代替エネルギー船へつながるものと思われるが、このための研究のスタートは現在でも早過るとは言えない。

経済の競争原理に基づく技術の発達は速かに行われるが、第2世代の省エネ船の技術開発は、このような原則に基づくものでなく、新しいエネルギーの時代にスムーズに移行するためのリード・タイムの中の努力である。このためには、行政の計画的指導性と企業の積極的研究開発の意欲が必要である。

〈船体構造部〉

動的破壊靱性におよぼす荷重速度の影響
—三点曲げ試験片による検討—

Effect of Loading Rate on Dynamic Fracture
Toughness of Structural Steel
—Experiments of Three Point Bending Test—

北村 茂, 藤井 英輔

昭和 57 年 5 月

溶接学会誌 第 51 卷 第 5 号

原子炉圧力容器に使用される構造用の極厚鋼板はどのような使用環境条件においても、脆性破壊のような不安定破壊を起す恐れのないことが必要である。静的な荷重に対しては安全でも衝撃的な荷重を受けると破壊することがある。このような衝撃破壊の問題について、回転円板式高速衝撃試験機をもちいて衝撃曲げ試験を行なった。動的な破壊靱性値および遷移温度を求めそれらの相関を調べた。

ASTM-E 399 などでは疲労き裂を挿入した試験片を用いて破壊靱性値を求めることを推奨しているが、工学的試験法という観点から考えるならば、疲労き裂を挿入することが問題となる。今回の実験結果から機械切欠試験片を用いた結果から疲労き裂の破壊靱性値を推定する係数を求めた。さらに前報の衝撃引張試験の結果との相関についても比較検討した。

結果を要約すると、(1) 遷移曲線は静的試験から荷重速度 5 m/sec の衝撃試験では大きく遷移するが、荷重速度 10~40 m/sec とさらに速くなると、その遷移量は少なくなり飽和する傾向を示した。材料によって定まる上限の遷移温度、破壊靱性値が存在する。(2) 荷重速度が 10 m/sec 以上の場合、遷移曲線の下部柵領域の低温側では慣性力によると思われる破壊が生ずる。(3) 延性き裂発生時の J 積分, COD 値, $2 \times SZD$ は荷重速度が速くなると徐々に大きくなる傾向を示すが、特に $2 \times SZD$ は安定した値を示す。

〈溶接工作部〉

表面切欠を有するノズル付あるいはノズル無し
圧力容器の脆性破壊に関する実験的検討

Experimental Study on Brittle Fracture from
Surface Flaws in Cylindrical Pressure
Vessels with and without Nozzle

藤井 英輔, 大熊 勇, 秋山 繁

安藤 良夫, 矢川 元基

昭和 57 年 7 月 25 日

圧力技術 第 20 卷 4 号

圧力容器等の円筒形容器の脆性破壊強度に関しては容器板厚を貫通した切欠を設けた鋼管等を用いたこれまでの研究により、切欠寸法、容器径および板厚から決まる形状パラメータの破壊強度におよぼす影響が明らかにされているが、非貫通の表面切欠を有する容器あるいは弾塑性域を切欠先端近傍にともなう脆性破壊を生ずる場合についてはその解析にともなう複雑さからこれまで余り検討されていない。本報告では、内径 1000 mm, 胴部長さ 1500 mm, 胴部板厚 25 および 50 mm のノズル付あるいはノズル無し圧力容器模型を用いて、胴部の表面切欠あるいはノズルコーナ切欠の寸法を変えた試験体により、主として弾塑性脆性破壊挙動を示す領域で破壊試験を行って破壊強度を実験的に調べた。試験結果および参考とした引用データとともに破壊強度におよぼす胴部表面切欠の深さの影響を検討し、容器径、表面切欠長さおよび表面切欠深さを含む切欠形状パラメータを用いて、破壊強度を推定する実験式を導いた。また、ノズルコーナ切欠を有する場合の破壊強度を示すとともにノズル部による応力集中の破壊強度におよぼす影響について考察し、ノズル径を含めた切欠形状パラメータの検討を行った。提案した実験式は貫通切欠の場合も含めて、低応力ぜい性破壊ならびに弾塑性破壊挙動を示す領域にわたって、圧力容器の破壊強度を推定できることを示した。

〈機関開発部〉

船用燃料油の低質化に対する機関・
機器の調査研究

Investigation for Marine Engines and Equipment
on the Utilization of Low Grade Fuel Oils

玉木 恕乎
昭和 57 年 9 月

日本船用機関学会誌 17 第 9 巻

船用の燃料油は、世界の石油需給を反映して今後低質化へと向かうことが必然の成り行きであり、そのような低質燃料油を使用することになる船用の機関と機器は、低質化への対応を緊急に迫られている。このような情勢下において、日本船用工業会は昭和 55 年度に船用燃料油に関係する各分野の方々の参加を得て「船用機器低質燃料油対策研究委員会」を組織し、3 年間にわたる調査研究を開始した。本報告はこの委員会がこれまで得た調査研究成果の概要である。

燃料油が低質化したことに起因すると判断された船用の機関と機器に生じた障害を実態調査し、燃料の性状と故障との相関を明らかにするとともに、世界各地の港で供給される船用燃料油の品質と供給条件の実態を把握した。これらの情報は、今後船用燃料油の国際規格を制定していく上に貴重な資料を提供し、参考となろう。

低質燃料油に関する実験としては、(1) 高粘度化している船用燃料油を移送するポンプの性能を明らかにするため、1000 cSt (50°C) の燃料油で各種の実験を行い、問題点の抽出を行った。(2) 分解系の燃料油を用いて連続燃焼とディーゼル燃焼の実験を行い、燃料性状と燃焼性との関係を明らかにした。(3) 燃料油の前処理機器に関する実験を行い、遠心式燃料油清浄機、ホモジナイザ、こし器を適宜組み合わせた処理系統における処理効果と燃料性状との関連を明確にした。さらに並行して、処理油が機関の燃料噴射系部品に与える影響を実験により調査した。

JIS 規格改正に伴う燃料油の高粘度化に対処するため、250 cSt (50°C) 燃料油を内航船に使用することを目標に、内航船の主機と関連機器にこれに見合う適当な改造を加えた後、3 隻の実験船を使って 250 cSt 燃料油を使用する 1 年間の運航実験に入った。これまでの実績では何らの支障もなく運航を続けており、1 年間の運航実験後には機関と機器を開放検査して、使用についての技術的、経済的評価を行う。

中実回転円板の動的応力解析

Dynamic Stress of a Solid Rotating Disc

天田 重庚

昭和 57 年 10 月 10 日

日本機械学会、第 60 期全国大会

回転円板が時間的に比較的ゆっくりと変動回転する場合は準静的、すなわち、回転によって生ずる遠心力のみを考慮するだけで十分に精度ある解を求めることができる。しかし、種々の回転機械において使用されている円板が変動回転する場合、準静的解析にて正しい応力値を得られるかどうかは明らかでない。

本報告は中実円板の動的応力解析を行い、回転変動の値に対して、動的応力を求め、準静的解析による応力と比較し、準静的解析の適用限界を求める。

円板内にて生ずる加速度成分のうちで、coriolis 加速度などの若干の成分を無視すると、次式のような運動方程式が導かれる。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2} = \beta^2 \left[\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v \frac{d\omega}{dt} - r\omega^2 \right]$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r^2} = \alpha^2 \left[\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + r \frac{d\omega}{dt} \right]$$

u, v は半径方向と周方向変位、 t は時間、 ω は円板の回転角速度、 α, β は材料定数。外周上に外力が存在しない場合、Laplace 変換を用いて解を求める。変動回転として、ある回転まで直線的に増加し、その後一定回転を続ける場合を採用した。準静的応力と動的応力との差は、円板が一定回転に達した後から著しく現われる。したがって、定回転過程での動的応力の最大値と準静的応力との比 γ が上昇回転中の角加速度に対してどのように変化するかを解析した。 $d\omega/dt = 1.047 \times 10^7$ (rad/sec²) にて $\gamma = 1.2656$ であった。しかし、 $d\omega/dt = 1.047 \times 10^8$ (rad/sec²) においては $\gamma = 1.0301$ と、約 3% の差となり、この範囲内で準静的解析が適用できることが判明した。

〈原子力船部〉

使用済核燃料輸送容器の遮蔽設計と解析

Shielding Design and Analysis of
Spent Fuel Shipping Casks

植木 紘太郎, 竹内 清, 関口 晃

昭和 57 年 1 月

日本原子力学会誌 第 24 巻 第 1 号

放射性物質の安全輸送, 特に使用済核燃料輸送容器による安全輸送は, 動力炉燃料再処理の問題と関連し, かつ放射線防護上の重要性からも関心が高まりつつある。輸送容器周辺の放射線量を推定する場合, 容器が大型であり, しかも現状ではその構造が統一されていない点, 収納される線源の強度の不確かさやその空間的分布が不均一であること, あるいは低線量率測定精度などの問題が介在する。どのような遮蔽設計, 解析を行えば, どの程度の予測精度で周辺線量を求め得るか, 現状では不確定な要素が多く見受けられる。精度を明確にし得て, しかも合理的な計算法が確立されれば, 輸送容器の設計と放射線安全の問題が大幅に改善されよう。

このような状況に対応した国内での研究動向を概観すると, 日本造船研究協会の「使用済核燃料の安全輸送に関する調査研究」(昭和 51~54 年)では放射線空間分布評価分科会を設けて, 実測に基づく計算方法の検討が行われた。また事故時のキャスク信頼性実証試験として 50 トン, 100 トン級のキャスクの落下試験や耐火試験が昭和 52 年より電力中央研究所武山試験センターで進められていて, 遮蔽試験装置も完成し, カルフォルニウム中性子源を用いた実験データが得られつつある。さらに原子力研究所でもキャスクの臨界安全性と遮蔽安全性のための実験が開始され, 計算コードの信頼性の確立が目的の一つになっている。また基礎的な研究として, 船舶技術研究所ではキャスクの中性子遮蔽材用のレジコンラバーからの 2 次ガンマ線の評価や細隙からの放射線ストリーミングの評価が行われている。

ANS γ 線ベンチマーク問題 (4) Discrete
Ordinate コードによる解析Gamma Ray Shielding Benchmark of the
American Nuclear Society Standards
Committee (4) Analysis by Discrete
Ordinates Codes

金井 康二, 深野 宜伸, 伊藤 泰義

昭和 57 年 4 月 2 日

昭和 57 年日本原子力学会年会 要旨集

遮蔽計算技法の確立をめざし, 米国原子力学会の標準化グループで放射性廃棄物施設を模擬したガンマ線ベンチマーク問題が提案され, 我が国でも原子力学会の速中性子遮蔽研究専門委員会で, そのベンチマーク問題の解析に参加することが決り, 各研究機関の協力のもとに行なわれた。本報告はそのシリーズ発表の中の一つで Discrete Ordinates コードによる解析結果である。現在遮蔽設計に利用される Discrete Ordinates コードは, 基本となるボルツマンの放射線輸送方程式から導出される差分方程式の取り扱いの違いにより, 更に S_n タイプと直接積分法とに細分される。これらのコードの共通の特徴として, メッシュ点として与えられた空間分点で放射線束が一括計算されるので, 問題とする体系内での熱発生や線量率分布を大域的に調べるのに便利であり, 計算精度も良いので広く遮蔽計算に使われている。しかしながらモンテカルロ法コードや点状核積分法の最新バージョンと比較して複雑形状が取り扱えない点が難点である。また形状が一次元から二次元, 三次元になるに従い計算時間は指数関数的に増大する。今回の報告では遮蔽設計上しばしば利用される形状のモデル化による Discrete Ordinates コードの信頼性を焦点にあててベンチマーク問題の解析を行なった。取り扱ったコードは S_n 法の ANISN と直接積分法の PALLAS-PL, SP および PALLAS-2DCY である。コード間の誤差は計算法の違いにも起因して必ずしも明確な形状効果は得られなかった。

圧力容器内高圧飽和蒸気 - 水系の冷水注入に伴う
熱的非平衡現象

Thermo-dynamically Nonequilibrium Phenomena
Seen at Subcooled Water Injection into
Saturated Steam-water in a Pressure Vessel

綾 威雄, 小林 道幸
稲坂富士夫, 成合 英樹
昭和 57 年 4 月
日本原子力学会年会

飽和状態にある高圧蒸気 - 水系と非常用炉心冷却水との混合過程とそれに伴う熱的非平衡現象に及ぼす注流量や初期水位等の影響を調べるため、ブローダウンを行わず、ヒーター以外の内部構造物の無い装置による冷水 (10~20°C) 注入実験を行った。注水は実炉における Upperhead Injection に相当する蒸気部からとし、圧力、温度とボイド率の垂直分布を測定した。トランジェント全体から見ると、注水流量が小さいとき、流体はほぼ熱平衡に達しており、水温は飽和温度を示す。そして、ボイド率は上方ほど大きくなっている。注水流量が大きくなると、水温は上方ほど低温という分布を示し、ボイド率は上方ほど小さくなる。

注水開始直後には圧力のアンダーシュートが見られる。これは、注入水と蒸気間の伝熱及び減圧沸騰時の蒸気泡発生の遅れに基づく熱的非平衡によるものである。この際の圧力降下は、初期圧力と注水流量の増加とともに大きくなるが、初期水位には余り依存しない。又、圧力回復は初期圧力と初期水位に大きく支配され、それらの増加とともに大きくなるが、注水流量への依存は小さい。

圧力降下の速度は、注入水と蒸気部のみで熱平衡になり、水中からの蒸気泡の発生を考えないモデルによる解析値が上限を与える。しかし、実際の降下速度は注入水と蒸気間の伝熱により上限値よりかなり低くなる。水中からの蒸気泡発生による圧力回復後の圧力降下の様子は、圧力容器内の流体全体が容器から熱の供給を受けつつ熱平衡状態にあるとする解析モデルによる計算結果と良く一致する。本実験で得られた圧力のアンダーシュートについてのデータは、上記の熱的非平衡現象を考慮した解析モデルの作製と評価を行う上で有用となる。

軽水動力炉の反応度事故条件下における
浸水燃料の破損挙動

Failure Behavior of Water-logged Fuel
Rods during a Postulated Reactivity
Initiated Accident (RIA) of Light
Water Reactor

落合 政昭, 大西 信秋
石島 清見, 丹沢 貞光
昭和 57 年 4 月

日本原子力学会誌 第 24 巻 第 4 号

軽水動力炉で想定される反応度事故時の安全評価において、比較的低発熱量で破損して機械的エネルギーの発生を伴う浸水燃料の破損挙動を解明することは重要な課題である。

本稿は原研 NSRR 炉を用いて行った浸水燃料実験について述べたものである。実験では、浸水量、炉周期、軸方向出力分布、燃料被覆管ギャップ幅および貫通孔の有無等をパラメータとして、これらパラメータの破損挙動に及ぼす影響を調べた。

実験により、浸水燃料の破損しきい値を明らかにすると共に、破損が燃料内部の水の急速加熱による圧力上昇によって生じることを明らかにした。また、破損の形態には、被覆管温度が上昇する前に破損する低温破裂形と、被覆管の温度上昇による耐圧強度の低下をまって破損する高温破裂形とがあること、及び、機械的エネルギーの発生は低温破裂形の破損においてのみ顕著に見られること等を明らかにした。

なお、安全評価上重要な低温破裂形の破損しきい値に対して、貫通孔の有無及び炉周期の長短はほとんど影響を与えないことが分った。また、部分浸水燃料の低温破裂形の破損しきい値は、ギャップ閉塞と密接な関係があることが確認された。従って、ギャップ閉塞を促進する様な、狭幅ギャップ燃料や端部出力ピーク付き燃料の場合には、部分浸水燃料の破損しきい値は低くなった。一方、完全浸水燃料の破損しきい値は、前述の実験パラメータにほとんど依存しなかった。すなわち、完全浸水燃料の破損は、ギャップ中の水のエンタルピー変化にのみ依存することが分った。