

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

推力減少率について

—荷重量変更法による考察—

On the Thrust Deduction Coefficient

—Consideration on the Thrust Augmentation
as a Function of Propeller Load—

足達 宏之・菅井 信夫

昭和53年11月

関西造船協会 53年秋季講演会

実船の推進性能を推定するのに、実船と幾何学的に相似な模型船による自航試験結果を利用する方法がよく使われる。模型船のデータから実船のものを推定することは、色々な問題を推定法の中に含み、容易ではない。その困難を解決する試みとして、模型船の自航データを可能な限り合理的な仮定の下に分析し、幾つかの要素に分け、各要素についての考察により実船の性能を推定する方法がある。

これらの要素は自航要素と呼ばれている。この論文

では自航要素の中の、推力減少率および伴流率について扱う。この2つの自航要素はプロペラの荷重条件を変化させると変わることが知られている。しかもこの変化はマクロ的には、プロペラの吸い込み作用によるプロペラと船体の干渉であることは明らかであり、またこの干渉はそのほとんどの部分がポテンシャル的なものであることが分かってきた。

しかし、これまで2つの自航要素につき広範囲な荷重条件で実験された例は、あまり多くないように見える。この論文では、船体とプロペラの干渉をプロペラ荷重量の関数であると考え、広範囲な荷重条件の下に自航試験を行い、自航要素と荷重量の関係を調べた。また、ポテンシャル理論により、荷重量と自航要素の関係を導き、理論から導かれた関係が、定性的に成立しているかを調べた。

肥大船2隻、やせ型船2隻の実験結果は、推力減少率、伴流率ともに荷重量に対する変化はポテンシャル理論で説明されることを明らかにした。また、この結果はスケールエフェクトおよび最適船尾形状の研究に対してポテンシャル理論によるアプローチを可能とすることを明らかにした。

〈船体構造部〉

動的破壊靱性試験における衝撃荷重の
測定法についてA Method of Impact Load Measurement in
Dynamic Fracture Toughness Test北村 茂・藤井 英輔・東島 鎮瑛
昭和 53 年 10 月 3 日

昭和 53 年度溶接学会秋季全国大会

衝撃荷重試験によって材料の破壊靱性を評価しようという試みがなされている。この場合ロードセルを用いた衝撃荷重の計測は、ロードセルを含む荷重測定系全体の運動の影響がロードセルに加わり、必要とする荷重を検出することが困難となる。とくに特定の衝撃速度によって荷重測定系に固有振動数に近い縦振動が生じていると、正確な荷重波形を求めることはきわめて難しい。ロードセルで検出される荷重は測定系の運動と関係あり、これを考慮することにより、ロードセルで検出した荷重波形から系の運動の影響を除去することを試みた。

測定の原理を説明するにあたり、試験片のバネ定数は測定系のバネ定数に対して十分小さいと仮定する。試験片に加えられた力を $f(t)$ 、ロードセルで計測する力を $F(t)$ 、測定系の運動量を MV 、系のある点の速度を $v(t)$ 、その変位を x とすれば、次式がなりたつ。

$$f(t) = K_2 x - K_1 M dv/dt = K_2 x - K_1 M d^2 x / dt^2$$

ここで K_1 、 K_2 は比例定数である。

上式で右辺第二項が小さい場合が静荷重試験であり、右辺第二項の影響が無視できなくなる状態が衝撃試験である。固有振動数がロードセルより十分高い加速度計を測定系のいずれかに取付けて、上式を利用して測定系の振動の影響を除去した。試験機の荷重計測の主要構成は従来のもとのほぼ同じである。加速度計はピエゾ型のものを用いた。

〈機関開発部〉

Perturbation Method による回転円板の
弾塑性解析Elast-Plastic Stress Analysis of a Rotating Disc
by Perturbation Method天田 重庚
昭和 53 年 7 月 18 日

第 20 回構造強度に関する講演会

良く知られているように材料が弾性限を越えると応力-ひずみ曲線が非線形となって解析的に解けなくなる。これまで弾塑性応力解析に用いられた方法は、数値計算 (FEM や差分法など) による方法や、剛塑性体の仮定に基づき基礎方程式を双曲線型の微分方程式に帰着させてすべり線場を解く方法などがある。

本研究は応力とひずみの間に一対一の対応が存在すると仮定した変形理論を導入し、応力-ひずみ曲線を Explicit な形で表現し、得られた非線形微分方程式を微少 Parameter によって線形化して解析的に回転円板の弾塑性応力を求めようとするものであり、またその適用限界についても議論する。

応力-ひずみ曲線に最も広く使用されている Ramberg-Osgood 式を用い、さらに応力関数を導入すると、弾性系の基本方程式に塑性の影響による非線形項を含んだ常微分方程式で表された基礎方程式を得る。応力関数を微少 Parameter $\epsilon \sim 1/\sigma_y^2$ (σ_y は降伏応力) にて幅級数展開し、第 2 次項までの解を得た。この場合、第 0 次 (Unperturbed 解) 項は弾性解が用いられる。それ故、弾性解が簡単な形で表されると高次の項までの解を得ることが可能であるが、回転円板の場合は第 2 次項までが限度であると思われる。Perturbation 解の妥当性を確認するため、白鳥の方法により差分解を計算し、次のような結論を得た。

- i) 塑性領域は内周上から発生して、外周に向かって成長するが、この領域が小さい場合、応力分布は近似的に一致する。
- ii) 周方向応力分布に比較すると半径方向応力分布は良く一致する。
- iii) 16,000 rpm にて塑性域が発生する時、20,000 rpm までなら Perturbation 解は近似的に差分解と一致する。

それ故、回転円板の内周上の応力状態が応力-ひずみ曲線の降伏点から大きく離れない場合は、Perturbation 解で十分弾塑性応力分布を表し得ることがわかった。

Non-Linear Elastic Thermal Stress Analysis with Phase Changes

相変化を伴う非線形弾性熱応力解析

天田 重庚・W. H. Yang

1978年8月

Nuclear Engineering and Design,
Vol. 48, No. 2/3

本報告は材料が室温から材料の溶融点以上に加熱される場合、発生する熱応力を非線形弾性解析によって求めたものである。炭素鋼を含めて、結晶格子構造を有する金属は高温でその構造形態が変化する。この相変化の付近では材料の熱的、機械的性質は激しく変化することにより、そこに生ずる熱応力も大きな変化を生じることが推察される。さらに加熱を続けると溶融点に達し液相となる。この固-液変態点を境にしてもある種の物性値は変化する。これらの現象は、鋼の焼き入れ、溶接時の過程や原子炉における冷却材のそう失事故に伴う解析にとって重要である。

無限板中に円孔が存在し、円孔の境界が材料の溶融点以上に熱伝達加熱される場合を考える。ポアソン比を除くすべての物性値を温度の関数とすると、温度場と応力場の基礎方程式は非線形となるので、これらを差分方程式に変換して数値解析を行う。解析に際し、1つの新しい方法を提案する。円孔に近い領域Ⅰとその外側の領域Ⅱとに分け、領域Ⅱでは解析解を適用し、数値計算は物性値が大きく変化する領域Ⅰにおいてのみ行えばよい。この結果、計算機の使用時間を大幅に削減することが可能となる。

数値計算によって得られた結果は次のようである。すなわち、非定常な周方向応力を追跡した結果において結晶格子構造が変化する時点で大きく変化することが判明した。また、結晶格子構造が変化する温度の生じている場所でも同様なことがいえる。周方向応力に比較して半径方向応力は結晶格子構造の変化に敏感でない。加熱-冷却の1サイクル温度変化を与えた後、残留応力分布が得られた。さらに、これら応力の値は加熱過程での定常状態時と比較して大きな値となることがわかった。以上の結果は原子炉等の設計時における安全評価に有益な情報となりうる。

高温熱応力の一解析法

An Analytical Method for Thermal Stress
Problems at High Temperature

天田 重庚

昭和53年11月

日本船用機関学会誌 第13巻 第11号

船用機関の大型化、高出力化や軽量化に伴って部材はますます高温、高負荷にさらされるようになっていく。特に、高温燃焼ガスにさらされる部材は強度上問題となり、計算機による数値計算やモデルによる応力測定に基づいて慎重かつ高度な設計技術を駆使しているにも拘わらず多数の損傷事故が報告されている。この原因として考えられるのは、熱的、機械的な荷重条件の評価が不十分、設計時に見積もった強度条件を材料が満たさない（材料中に欠陥が存在）、解析方法の精度の問題（解析の繁雑さのために線形化をしすぎる傾向があるかどうか）などがある。

本論文は解析方法の精度を高める1つのアプローチとして、材料定数の温度変化をすべて考慮して温度場と応力場を求めたものである。材料が高温環境下にさらされる場合はその熱的、機械的性質が大きく変化する。特に炭素鋼などの金属は結晶格子構造が変化する付近において材料の性質変化は著しい。このような材料の熱的、機械的性質の変化を考慮し、さらに既知の解析解の併用によって、中空円板の温度分布と熱応力分布を効率良く求める数値計算法のアルゴリズムを開発した。本方法によって円板の内部境界が材料の溶融点以上に加熱される場合の弾性応力を計算した結果、周方向応力は相変化によって著しく変化するが、半径方向応力の変化はそれほど大きくないことが判明した。さらに、ピオー数が12.5の場合は、液相前面は内側境界より外径の5%まで内部に達する結果が得られた。これらの結果は高温にさらされる機器の設計に際し、1つの参考資料としての役割を果たすと考えられる。

An Analysis on Casualties in Ship Operation

運航障害を生じた事故の分析

玉木 恕乎・黒須 顕二・鹿子嶋直嗣

飯島 晃

1978年12月

Bulletin of the M.E.S.J., Vol. 6, No. 4

船用機関の信頼性向上は、船舶の安全確保にとって重要で不可欠な柱の一つである。本報告は、船舶が運航中に機器の故障により生じた障害事故を信頼性の立場から分析を行ったものである。その手法は、船用機器の故障を原因として起こった船舶の運航障害事故を件数と障害時間の両面からデータ分析を行ったものである。

調査の対象となった船舶は、外洋航行の貨物船、コンテナ船、タンカー、鉱石専用船、石炭運搬船、その他であり、報告を受けた期間は1964年4月から1975年12月までで、調査した船舶の数は延べにして1029隻・年に達した。

事故の内容を分析した結果、えられた結論はつぎのとおりである。

- (1) 1970年代にはいつの運航障害事故の事故頻度と障害時間は、1960年代におけるそれぞれの値の約2倍に達している。しかし、1973年10月に起こった石油危機とそれに引き続いた景気停滞によって船舶は減速運転が実施されて、現在は事故頻度、障害時間も減少している。
- (2) 事故が急増した理由は、1960年代後期からの船用機関の高出力化が第一の原因である。
- (3) 同時代に機関室夜間無当直(MO)の制度が実施されたが、MOによって事故が特に増えたという事実は見られない。
- (4) 事故を早く見つけて適切な処置をとることが船舶の信頼性向上に結びつくが、現在では、事故に至る異状をまず検出したのは人間の五感によるものが全体の54%を占め、残りの46%が計測器に頼っている。船舶を停止するなどの判断では、90%を人間に頼っている。このように、船舶の信頼性向上に乗組員が果たしている役割は大きい。今後は、この方面に対する研究に力を注ぐ必要があろう。

水ジェット推進側壁型エアクッション船の
動力推定Performance Estimates of
Sidewall Air Cushion Vehicles with
Water Jet Propulsion

井亀 優・村尾 麟一

昭和54年2月

日本航空宇宙学会誌 第27巻 第301号

高速海上輸送機関の一つとして、水ジェット推進側壁型エアクッション船の構想が生まれた。この型式では、クッションの平面形状と圧力、推進機の吸込に、吐出口面積などの要因によって全体性能が大きく変化する。さらに船体と推進機関には相互依存性がある。水ジェット推進側壁型エアクッション船の動力性能推定と最適条件の選択のためには以上の要因を総合的に評価する必要がある。

ここでは、側壁型エアクッション船の水槽実験と水ジェット推進機の水槽実験の結果に基づいて水ジェット推進側壁型エアクッション船の動力性能推定法を提案する。

この推定法では、所用動力が加算的要因に分離できると仮定し、単純化したモデルを考えた。最適化のための評価は全備重量に基づく有効抗揚比

$$\frac{\text{浮揚動力} + \text{推進動力}}{\text{全備重量} \times \text{速力}}$$

で行った。計算例では、最も基本的なクッション圧力と平面形状、水ジェット推進機の吸込口と吐出口面積について最適化を行い静水航行性能の評価を行った。その結果、設計速力がハンプ速力よりかなり高いいわゆる高速型の場合には、幅広・高圧のクッション、吸込口の比較的小さな高圧型の水ジェットポンプが、また低速型の場合には、細長・低圧のクッション、吸込口の比較的大きな低圧型の水ジェットポンプの組合せが適する。

この評価法には、ホバーギャップ、シール型式、側壁船型などが、浮揚動力、抵抗に及ぼす影響が導入されていない。また所用動力は、運動性、耐航性の要求によって支も配される。

今後このような要因を評価法に導入する必要がある。

水ジェット推進用吸込口の特性

On the Performance of the Intake for
Water Jet Propulsion

池田 英正・村尾 麟一

昭和54年2月

日本航空宇宙学会誌 第27巻 第301号

一様流に面した壁面の吸込口から流れの一部を吸込む現象は、VTOL あるいはジェット機の空気取入口、船舶のコンデンサースクープ、サイドスラスターなどにおいて極めて広範囲な関連性があるが、水ジェット推進用吸込口もその典型である。いずれも主流のもつエネルギーの損失を最小にすることが望ましい。

一般に吸込の効率、吸込口の幾何形状と主流速度に対する吸込速度比、吸込前の主流の境界層厚さなどの流力条件によって影響をうける。

本資料は風洞実験によって、吸込口のフェアリング、スクープ、縦横比および吸込前の境界層厚さの影響をしらべた結果を示したもので、下記の結論が得られた。

(1) 入口フェアリングの影響

総圧回復係数に関しては、主流速度に対する吸込速度比 \bar{v}_I/V_∞ の 0.5~1.0 の範囲では変化が少なく最大値をとるが、1.0 より増大するにつれ急激に低下する。

吸込口上流側のフェアリングは \bar{v}_I/V_∞ の小さい領域で、下流側のフェアリングは \bar{v}_I/V_∞ の大きい領域でおおむね有効である。

(2) スクープの影響

スクープは吸込速度比の大きい領域で総圧回復の向上に寄与する。しかしその効果には限度があり、吸込口の上下流壁両面にフェアリングをつけた場合は、フラッシュ型に比べて殆んど差がない。

(3) 主流境界層の影響

予想されるように境界層厚さの増加に対応して、総圧回復が急速に低下する。吸込口後の主流境界層厚さは吸込速度比の増大と共に減少するが、 $\bar{v}_I/V_\infty > 1$ では吸込前境界層の厚さに関係なくほぼ一定値に近づく。

(4) 吸込口縦横比の影響

最適吸込速度比附近では、吸込口の縦横比 L/b が小さくなると総圧回復係数が低下するが、 \bar{v}_I/V_∞ が大きい場合は逆に L/b が小さい方が総圧回復が大きい。一方スクープのある場合にはこのような特性はみられない。

この理由が3次元速度分布の実測結果に基づいて考察された。

水ジェット推進においては、主流のもつエネルギーの損失を最小にするだけでなく、吸込に伴う外部抵抗の増加を防ぐ必要がある。

本実験の結果から適当なフェアリングをもつフラッシュ型吸込口が最も適当であると思われる。

側壁型 ACV の水上推進性能について (第2報)

On the Propulsive Performance of
a Sidewall ACV Model over Calm Water
(Part 2)

佐藤 義・井亀 俊・北村 文俊

村尾 麟一

昭和54年2月

日本航空宇宙学会誌 第27巻 第301号

側壁型 ACV の水上航行時の特性は影響要素が多く複雑であるため、その内容が充分解明されているとはいえない。本研究は特に抵抗の1次的要因を解明することを目的として、水槽で曳航実験を行い、その結果を考察したものである。

第1報¹⁾においては、抵抗分析を行うために解決を必要とした水槽実験技術と、抵抗分析によってえられたクッション圧力および側壁深さの影響について報告したが、今回は引続いて、抵抗に及ぼすトリムの影響、特に最適トリムの存在について検討する。また造波抵抗、スカート抵抗、側壁摩擦抵抗の表現——主としてフルード数とクッション圧力依存性——について考察している。

平板側壁をもつ水槽模型実験によって、側壁型 ACV の基本的抵抗特性の解明を試みた。航行中のトリム調整が抵抗軽減に果たす役割は大きく、第1報において焦点をあてられたクッション圧力の影響と同様に ACV の抵抗に最も特徴的な要因であることが見出された。

航行中のトリムはクッション自身が作る波形に強く依存しているが、縦揺モーメントの附加によって抵抗を最小にするように最適化することができる。トリムはスカート抵抗に対して支配的要因の一つであるが、第2ハンブ速度においてはスカートの水面接触を介して間接的に造波抵抗にも影響を及ぼす。トリムによる抵抗減少のメカニズムはこれらの要因の複合作用によって説明することができる。

側壁型 ACV の抵抗推定上の難点は側壁摩擦抵抗とスカート抵抗の複雑さにあるが、それらのフルード数とクッション圧力に対する依存性が実験的にしらべられた。

1) 村尾麟一、佐藤 義: 側壁型 ACV の水上推進性能について (第1報), 日本航空宇宙学会誌 24巻 268号, 1976

〈機関性能部〉

油の板材への付着性について

The Adhesion of Oil to the Disc

植田 靖夫・竹沢 節雄

昭和53年2月

日本船用機関学会誌 第13巻 第2号

海洋の油濁防止ということで扱われる油は、その性質として在来から論ぜられた燃焼又は潤滑の面のそれではなく、異なった面の性質が問題にされる場合が多い。その一つとして油が付着する性質があるが、これの基礎的性質を実験的に求めてみた。

付着性には、油が板に付着した直後の全量の問題と、そのまま放置して時間経過後の付着残量の問題がある。そこで前者に対しては、瞬間付着性を応用した回転内板式油回収器の回収量という面から実験を行った。但し結果的にはこの方式の回収機の機能性能を含めた結果が得られた。

この試験によると水面上の油の層が十分に厚い時には、円板の寸法、円板の回転数が大きい程、いい換えると油中を通過する円板の時間当り延べ面積が大きい程、これに比例して付着回収量は増加する。これに対して油の層が薄い場合には上の関係は必ずしもなり立たず、回転数、円板を油中に入れる喫水深さ等の面で、条件により最適値が存在することがわかった。また水も同時に回収され、無視できないこともわかった。

各種の油を使用してみた結果、油の付着性は油の粘度に直接影響され、付着回収量も粘度によって整理することができた。

一方長時間経過後の板の面の付着残油量については、各種寸法の板材および円筒を使用して、垂直、水平、傾斜などの条件のもとでシリーズ試験を行ってみた。特に原油の場合は、板面での単なる油の流動だけでなく、揮発減量の面も検討した。その結果は瞬間付着量の場合と同様に、付着絶対量は油の粘性により一般的に整理することができた。特に原油に対しては揮発後の粘性を使用する必要があることがわかった。これらの数値はタンカーのタンク壁面付着残油量の検討の際に有効なデータとして利用することができた。

大形試験機による WN 歯車の負荷特性と 耐久性に関する研究

Experimental Study of Dynamic Load
and Durability on WN Gear by Means of
a Large Test Rig

山倉 康隆・横村 武宣・石川 昌一

細江 哲・本間 正士

昭和53年2月17日

日本機械学会第14回シンポジウム歯車

近年、減速装置の大形化に伴ない、減速歯車はより厳しい運転条件を強いられている。円弧歯形を有する歯車（第3種円弧歯車）の使用範囲を、高速、高負荷の船用減速機へまで広げると共に、船用減速機の小形軽量化、低廉化に寄与するため、当所の動力循環式大型歯車試験機を使用し負荷耐久試験を中心とした各種計測を実施した。

試験歯車の仕様は表に示す通りである。軸受はすべてすべり軸受を使用した。歯車はホブ仕上とし数量は大歯車1本に対し小歯車2本とし実際上2組の試験を行った。

	小 歯 車	大 歯 車
歯直角モジュール	8	
ね じ れ 角	16°1'53" (左)	16°1'53" (右)
歯 数	31	142
ピッチ円直径	258.035 mm	1181.965 mm
歯 幅	120 mm	110 mm
中心間距離	720 mm	
材 質	S CM 4	S 45 C
熱 処 理	調 質	調 質
硬 さ	H _B 321	H _B 217

試験内容は (1) 負荷耐久試験 (2) 大小歯車の歯元動荷重 (3) 軸振動 (4) ケーシングの振動及び歯車騒音である。

試験結果を示すと

- (1) 負荷耐久試験の結果、ピッチ円周速 50 m/s でロイドの K 値 40 kg/cm², 50 kg/cm², くり返し数 10⁷ 回に十分耐えることがわかった。又インポリュート部に初期ピッチング等の損傷が発生しているのが観察された。
- (2) 従来、円弧歯車はすえ付精度が強度に大きく影響を与えるため、軸受はころがり軸受のみ使用が許されていたが、すべり軸受でも十分使用可能である。
- (3) 歯すじ方向の歯元ひずみ分布を計測し、かみ合率（接触点の個数）との関連を見出した。
- (4) 歯丈方向の歯元ひずみ分布を計測し、その最大値（危険断面に相当）の位置が回転速度により変化することを見出した。
- (5) 円弧歯車の高速、高荷重分野への使用の可能性をつかまえることが出来た。

〈機 装 部〉

船舶からの汚水、廃棄物の発生量について

Some Aspects on the Quantity of
Sewage and Garbage from the Ship翁長 一彦
昭和53年12月

日本船用機関学会誌 第13巻 第12号

海洋汚染防止のため78年条約の規制対象は油、有害物質より始まって汚水、廃棄物にまで及んでいる。汚水と廃棄物は船舶乗組員の生活廃棄物的なもの、輸送貨物に起因するもの、及び漁船のような産業廃棄物的なものがあるが、将来これらの海洋投棄が規制される時に備えて適当な処理方法を検討しておく必要がある。

このためには船舶から発生する汚水、廃棄物の発生量をまず把握しておく必要があり、日本海難防止協会においてアンケート調査を行った。この報告はこの調査の整理解析の紹介である。このような廃棄物発生量を実測することは難しく、また本来が不確定なものである。そこでアンケートより発生量の出現頻度の分布型を調査し、船舶の種類、航海中停泊中の別、廃棄物の種類、等により分布型が異なるが、生活要素の強い廃棄物はほぼ対数正規分布に従うことを認めた。分布型のパラメータは船種、就航状態で異なるものがあり、これは停泊中には荷役作業員から発生する廃棄物が影響する等の理由によると考えられる。一般に生活要素の薄い廃棄物は対数正規分布とはなり難く、また旅客船等はある範囲内の一様分布型に近い。

これらの結果を用いて、船上の処理設備や陸上の処理施設の容量を決定する考え方を示し、試案について述べる。またIMCO条約による規制についても概略説明する。

〈原子力船舶〉

圧力抑制型格納容器の熱流力的応答

Thermo-Hydraulic Response of Suppression
Type Containment Vessel成合 英樹・綾 威雄・小林 道幸
阿曾 滋男

昭和52年10月2日

日本原子力学会秋の分科会

一体型船用加圧水炉に取付けられる圧力抑制型格納容器のブローダウン事故時における熱流力的応答特性を調べるため、日本造船研究協会の概念設計炉を熱流力的に模擬した約1/200規模のいわゆる一体型炉安全性模擬実験装置により実験を行うと共に、解析モデルによる検討を行った。

実験装置は圧力容器と格納容器を本体とするもので、格納容器はドライウェルとウェットウェルに分れている。実験は、ブローダウンオリフィス径(6~24mm)、ベント管絞り、圧力抑制室内の水位、などをパラメータとして行い、ブローダウン時におけるドライウェルと圧力抑制室内の温度・圧力の過渡特性を調べると共に、いくつかの実験においてベント管出口近傍等における圧力振動の測定を行った。

本実験結果を解析的に評価するため解析モデルの作成を行った。本解析モデルは圧力抑制型格納容器の熱流力的応答を調べる在来のモデルとほとんど同じ考え方であるが、実験結果をよりよく評価するためドライウェル内の蒸気と空気の混合に対し非均質モデルを導入した。すなわち、ブローダウン直後圧力容器からの流入蒸気はドライウェル内の空気容積の一部と混合し(初期混合率 α)、残りの空気はブローダウンの進行と共に混合部へ拡散していくとするものである(拡散速度 Q (m³/s)= ϵV_{AD} ; ϵ : 拡散率 (1/s))。これにより実験結果をうまくあらわすパラメータ α 、 ϵ の組合せを求めることができる。一般に、ブローダウンオリフィス径が大きいほど蒸気の流入量が多く、従ってドライウェル内の空気と蒸気の混合が激しく行われるため、 α および ϵ は大きくなる。本実験と解析との比較より、オリフィス径が大きくなるほど α は1.0、すなわち瞬時完全混合に近くなり、またオリフィス径が小さい時には α が小さく、瞬時完全混合モデルより圧力の立上りがゆるやかになることがわかった。

圧力抑制型格納系における
蒸気凝縮に伴う流体振動

Fluid Oscillation due to Steam Condensation in
Suppression Type Containment System

綾 威雄・小林 道幸・成合 英樹

昭和52年10月2日

日本原子力学会秋の分科会

ベント管を有する圧力抑制型格納系には、蒸気凝縮に伴い各部に圧力振動が生じることが知られている。ベント系モデル実験装置による実験及び解析を行った。ベント管上流のヘッダー部への蒸気流入量はオリフィス径と弁により一定に調節される。ヘッダー内の圧力変化の測定により、振動数 2~8 Hz, 圧力振幅 0.2 kg/cm² 以下の振動が得られた。主な実験パラメータの影響は以下の通りである。

- (i) 流量がある適当な値のとき、ベント管への逆流によりヘッダー部の圧力振幅が最大となる。その値から離れるにつれて振動様式も変化しながら次第に振幅が小さくなり、ついにはほとんど振動しなくなる。
- (ii) ベント管の本数が増せば圧力振幅も大きくなるが、振動数は僅かに減少する。
- (iii) プール水温の上昇とともに最大振幅に対応する蒸気流量は小さくなり、振幅は減少。
- (iv) ヘッダー容積が小さくなると、振幅・振動数ともに増大する。

ベント管内を水柱が上下することから、水柱の運動を1次元としてベント管内の流体に運動量の式を、ヘッダー内の流体にエネルギー保存則を適用した。蒸気凝縮は気液界面で行われるとする。凝縮に伴う熱流束は界面付近の蒸気温度と仮想凝縮域の温度差に比例するものとする。仮想凝縮域と冷水の混合は、界面がプール中を下方に動いているときは凝縮面の増大に伴う冷水の混合を、ベント管内を下方に運動しているときは、管内面に取り残される水膜を模擬して、運動の速さに比例した冷水との混合を考える。運動量式には、水柱運動に対するプール水の抵抗として、ベント管内流体に仮想水柱を加えている。以上の計算モデルを使えば、適当な計算パラメータの組合せに対して実験に近い圧力振幅と振動数が得られた。又、モデル実験結果及び解析モデルから、別に行っている一体型炉安全性模擬実験に現れた約 30 Hz のベント系の振動も説明することができた。

Role of the Level Density Parameter: a in
Calculation of Energy Distribution Matrices
for Secondary Neutrons and Gamma-Rays
in Shielding Material

遮蔽物質中の二次中性子 γ 線の
エネルギー分布行列の計算における
レベル密度パラメータ a の役割

山越 寿夫・植木紘太郎・伊藤 泰義

金井 康二

1978年9月25日

“International Conference on Neutron Physics and Nuclear Data for Reactors and Other Applied Purposes” at Harwell, United Kingdom, Organized Jointly by The OECD Nuclear Energy Agency and The United Kingdom Atomic Energy Authority

主な遮蔽物質が含まれる中重核領域の原子核を対象として、閾値反応断面積の実験値を統一的に良く説明できるような励起準位密度のエネルギー依存性を検討し、その結果を遮蔽計算における基礎定数の評価に適用した。

遮蔽体中の高エネルギー中性子が、鉄、鉛カルシウム等の中重核原子核による非弾性散乱、 $(n, 2n)$ 反応により急激なエネルギー減少をすることや高いエネルギーの中性子が遮蔽体中で2次 γ 線を発生させることは知られているが、そのエネルギー分布を広い範囲の質量の原子核にわたって、種々の核反応の実験値との一致性を確かめつつ、統一的に求めた例は未だ無かった。

中重核の閾値反応として、 (n, p) 、 $(n, 2n)$ 、 (n, α) 等の反応があり、最近に至って精度の良い実験値が発表されるようになった。これらの実験値を、複合核模型により解析した結果、従来、広く用いられて来た Gilbert-Cameron の準位密度公式と与えられる励起準位密度の値は、中重核に関する限り、低すぎることと、準位密度公式のパラメータのうち特にフェルミ準位密度係数と呼ばれる量 a の算出において、核の殻効果の補正が大きすぎることが明らかとなった。 a を核の質量数 A で割った値は、殻効果の補正 S を用いて $a/A = (0.00197S + \alpha)$ と書けるが、従来は α の値として 0.142 を用いていた。今回の解析から、 α は $\alpha = 0.170 \sim 0.175$ の範囲の中にあると考えられる。

遮蔽物質中の二次中性子のエネルギースペクトルの算出において、パラメータ α の値を上記のごとく大幅に変更した場合は、エネルギースペクトルへ無視出来ぬ影響が現れること、速中性子が遮蔽体で発生する二次 γ 線のエネルギースペクトルも、低エネルギー成分が大幅に変化することも明らかとなった。

遮蔽計算への応用を目的として、パラメータ a の新しい値を用いて、入射中性子エネルギーと二次中性子、二次 γ 線エネルギーとの関係を示す行列の行列要素を決定した。

〈共通工学部〉

パルス圧縮法を用いた長距離音波伝搬時間の
測定方式の検討

Study on the Measurement for
the Acoustic Traveling Time in Air
by the Pulse Compression Method

有村 信夫・山田 一成・鈴木 務
荒井 郁男

昭和53年10月20日

日本音響学会秋季講演会

従来のパルス法を用いて長距離間、又は、吸収の大きい媒質中での音波伝搬時測定では外部雑音、揺ぎ等により受波信号に変動が生じて誤差の原因となる。

そこで測定精度を向上するために、送信平均電力の増大に有利で、外部雑音に強い、線形 FM 波パルス圧縮法に着目し、これに使用するパルス圧縮フィルターを能動素子回路で設計、製作し、可聴周波数領域において空気中音波伝搬時間の測定を行い、この方式による音響計測法について検討を行った。

一般に低周波用のパルス圧縮フィルターは製作が困難である。しかしここでは、荒井、鈴木によって考案された L シミュレーション法に基づいた能動二次移相回路で、分散遅延特性のフィルターを設計、試作した。

音響実験では、中心周波数 3 kHz、周波数偏移 4 kHz、パルス幅 12.5 ms の線形 FM 波を用い、道路上 1.6 m で、伝搬距離 40 m までの数点について音波伝搬時間の測定を行った。

その結果、外部騒音が多く、S/N が 0 dB 程度の場合でも、このフィルターによる信号処理で、S/N が 8 dB 向上するため、信号と外部騒音が明確に分離されることを確認した。

また、揺ぎの大きい場合でも測定データのバラツキは少なく (0.6% 以下)、この実測値から音速を求めると 350.7 m/s (31.4°C) となり、理論値 (350.29 m/s) と略一致することが認められた。

今回の実験結果から外部騒音が多く揺ぎ現象を伴う場合でも、このパルス圧縮法を用いることにより測定精度の改善が計られることを示した。

〈東海支所〉

NSRR 実験報告 (II)

軽水炉燃料の常温・常圧下での破損実験 (2)

Progress Report on NSRR Experiments (II)
LWR Fuel Failure under Reactivity
Initiated Accident Condition in Ambient
Temperature and Pressure Coolant (2)

吉村 富雄・石川 迪夫・大西 信秋
齊藤 伸三

昭和53年10月

日本原子力学会誌 第20巻 第10号

NSRR 実験は、1975年10月以来1977年末までに208回に達し、パルス運転も延べ608回を記録した。この間、1976年末までの実験に関しては、成果の概要を原子力学会誌19巻第7号に速報的に報告した。本報告は、前報に倣って、1977年中に実施したNSRR燃料破損実験について、結果の概要をまとめたものである。

この1年間に行った実験は、燃料破損に影響を及ぼすと考えられる燃料の諸因子を変化させた燃料パラメータ実験を中心に、合計119回であった。このうち濃縮度パラメータ実験と加圧燃料実験については計画をほぼ終了し、前者では濃縮度の違いにもづく発熱歪が初期破損のしきい値に及ぼす影響を、後者では燃料棒の初期内圧が破損挙動に及ぼす影響等を明らかにした。また浸水燃料実験では、燃料中に注入する水の量をパラメータとした実験を行い、これまでのところ、浸水量が変わっても破損しきい値はほぼ一定という結果を得た。燃料の冷却条件を変化させた実験としては、冷却水温パラメータ実験、流路模擬実験、バンドル体系実験等があり、興味あるデータが得られた。

船舶技術研究所と日本原子力研究所の共同研究として進めているフレッチング腐食をうけた欠陥燃料についての実験は、その第一段階としての常圧燃料についての実験を終了し、初期破損のしきい値は損耗の度合が小さければ健全燃料と変わらないが、損耗度が大きくなると低下すること、および圧力パルスを伴う激しい壊れ方が健全燃料より低い発熱量で生ずること等が確かめられた。

燃料中心温度測定実験、ステンレス鋼被覆燃料実験等についても概要を報告する。

NSRR 実験 (28)
浸水燃料の燃料内圧挙動 (Ⅲ 報)

NSRR Experiment (28)
The Behavior of the Internal Pressure of
a Waterlogged Fuel Rod

落合 政昭・大西 信秋
昭和 53 年 10 月

日本原子力学会 昭和 53 年秋の分科会

NSRR での炉内実験の結果から完全浸水燃料(燃料内部の気体をほぼ完全に水と置換した燃料)の破損現象は被覆管の内圧破裂であることが確認された。したがって完全浸水燃料の破損の有無の予測は燃料内圧挙動の把握によって可能となろう。浸水燃料内圧挙動解析コード「WTRLGD」を用いて燃料内圧挙動の大略を模擬できることを既に報告した。本報では完全浸水燃料の破損時までの投入熱量に関して、同コードによる解析と NSRR 実験結果とを比較し、完全浸水燃料破損予測の可能性を検討し報告するものである。

完全浸水燃料といえどもその内部に微量の気体が残存していることが確認されている。その残存気体量をパラメータとして総発熱量 $159 \text{ cal/g} \cdot \text{VO}_2$ (2.09 s) の条件で燃料内圧挙動および破損の有無を「WTRLGD」を用いて数値解析した。その結果、燃料内圧の計算値は実測値と比べてやや上昇開始時刻に遅れがあるがその概括的様相はほぼ一致していることがわかる。破損時までの投入熱量と残存気体体積比との関係を調べると残存気体体積比が 3% 以下の時は約 $85 \sim 105 \text{ cal/g} \cdot \text{VO}_2$ の熱量が投入された時点で燃料が破損し、3% 以上になると、 $120 \text{ cal/g} \cdot \text{VO}_2$ 以上の熱量が投入されてから燃料は破損することになる。これらの計算結果は NSRR 実験での完全浸水燃料の破損までの投入熱量約 $100 \sim 120 \text{ cal/g} \cdot \text{VO}_2$ と比べると同実験に含まれる実験誤差程度の精度で一致した。

「WTRLGD」による完全浸水燃料の破損の予測は NSRR 実験体系に関しては $\pm 10 \text{ cal/g} \cdot \text{VO}_2$ 程度の精度で可能であることが確認された。なお、燃料内圧挙動に関しては、計算値と実測側とが良い一致を示した。