

所外発表論文等概要

〈推進性能部〉

レーザー流速計

Laser Doppler Velocimeter

武井 幸雄

昭和61年11月

Proceedings of Symposium on Circulating
Water Channel in Republic of China

レーザー流速計の原理，計測法，応用例および安全な取扱い法について解説した。

原理は差動型で一次元の光学系を持つレーザー流速計について概説した。計測法では，経験から得られたレーザー流速計のシステム全体の調整法を重点に解説した。また，レーザー流速計の特徴の一つである非接触計測を利用して得られた。プロペラまわりの流場計測の結果等について説明した。さらにレーザー光線はエネルギー密度が非常に高いので，その取扱いには十分な注意を要するため，重要なキーワードをあげて，安全な取扱い方法について概説した。

〈運動性能部〉

On Nonlinear Sea Waves and the Induced
Mean Flow

非線形海洋波とそれによって誘起される
流れについて

富田 宏

昭和61年7月

Journal of Oceanographical Society
of Japan

波群の非線形変調について調べ，波とそれによって誘起された流れとの間の相互作用を表わす方程式を得た。解析は Krylov-Bogoliubov-Mitropolski の方法に基づいた特異摂動法により，波峻度 $a\kappa \sim \epsilon$ を微小量として，その3次のオーダーまで実行された。波のエンベロープの時間的发展を支配する方程式は，有限水深の場合，通常非線形 Schrödinger 方程式に，ある修正を加えたものとなる。

一方，誘起された流れの振舞いを支配する方程式を用いて，与えられた変調波によって発生する2次の流れを計算した。結果はラヂエーションストレスの概念によって得られる計算結果と一致することが確かめられた。

〈構造強度部〉

PCバージ用底板の強度

Strength of Bottom Plate of PC-barge

松岡 一祥, 直井 保

昭和61年10月

プレストレストコンクリート技術協会

第26回研究発表会 講演概要

PC (プレストレストコンクリート) バージの底板に加わる荷重には、浮体全体の梁としての挙動による面内荷重、水圧や積荷による面外荷重、座礁や着底時の貫入力あるいは、接地土圧などがある。浮体全体の曲げに対しては、長手方向にPS (プレストレッシング) する。そこで、一般的なPCバージの底板は、長手方向にPC、横方向にRC (鉄筋コンクリート) 構造でPS材は、中央面上に、鉄筋はその両側に配置される。

本報告は、長さ100m程度のPCバージを想定し、1/5縮尺で底板の強度について実験的、解析的な検討を加えたものである。検討項目は、ハイブリッド底板におけるPS歪の分布、RC及びPC板のひび割れ発生強度、モーメント-曲率関係、崩壊強度、および岩を想定した円錐がハイブリッド底板に貫入する時の貫入量-貫入抵抗関係などである。

検討の結果、以下の結論が得られている。

- (1) RCおよびPCともに、4点曲げにおけるひび割れ発生強度は、ひび割れが横方向鉄筋の内側に進展するモーメントとして算定できる。3点曲げでは、ひび割れ発生モーメントは4点曲げに比べ大きくなる。
- (2) 4点曲げにおける一定モーメント区間の平均曲率は、ひび割れ断面における鉄筋の塑性歪量を小さく見積もることで求められる。
- (3) PC板では、圧縮側鉄筋の配置、載荷方法により、かぶりコンクリートの荷重分担が異なる場合がある。
- (4) ハイブリッド底板に対する円錐の貫入では、貫入初期および末期では、コンクリートおよびPS量が貫入抵抗に影響を与えるが、ほとんどの場合、貫入抵抗は鉄筋の張力により定まる。

〈機関動力部〉

ディーゼル機関の効率制御

Efficiency Control of Diesel Engine

村山 雄二郎

昭和61年10月

日本能率協会

'86新テクノロジーシンポジウム Part 2

ディーゼル機関の燃料消費率を最小にする効率制御は、一般に勾配法を用いる。しかし、ディーゼル機関の場合には、燃料消費率の曲線の勾配を求めることが、測定誤差や負荷の変動によるノイズ分のために大変に難しい。精度良くこれを求めようとする、非常に多数回の燃料消費率の測定を繰り返さなければならず、実用的ではない。

そこで、このようなノイズの多い場合にも、少ない測定回数で最適点を推定できる方法を研究し、人間の経験則を利用した有効な方法を開発した。この方法は、少ない測定回数のために起こりやすい誤動作の危険を、エンジン設計者の「知識」を制御則に取り入れることで、効果的に防いでいる。このような制御則は、言語表現で書かれ、ファジー最適化制御系によって実現された。その有効性は、シミュレーションと実機関によって確かめられた。

この研究のポイントの一つは、いかに精度を落とさず、到達時間を短くできるかということである。これは勾配の確信度を、燃料消費率の測定値の信頼区間を基にファジー演算で求め、勾配の確信度に応じた最適点へと近づくアルゴリズムによって、解決している。

もう一つのポイントは、いかに最適化制御系が、誤判断によってエンジンを破壊するような危険を避けるか、ということである。この問題は、推定された最適点を、エンジニアの「知識」に照らして、制御系が判定することで、解決することができた。

ファジー制御系は、ノン・ファジーの制御系よりも、短い所要時間で最適点に到達でき、また、オーバーシュートも小さく、ハンチングも起き難いことが確かめられた。結論として、ディーゼル機関の効率制御には、ファジー最適化制御が有用である。

〈材料加工部〉

パルスレーザラマンによるメタン-空気炎の研究

A study of methane/air flame by
pulsed laser Raman

山岸 進, 後藤 英一

昭和61年12月

第24回燃焼シンポジウム

燃焼現象のレーザ計測法は広範な発展を遂げており、分光的方法で温度、濃度を測定する研究についても、可能性を追求する段階から一歩進んで、データのより高い精度と信頼性が要求されるようになってきた。本研究で取り上げたスポンティニアスレーザラマン法は同時に多数の分子種を観測でき、温度、濃度情報を得ることができる。この特長を利用すれば観測域に基準成分（例えば N_2 ）を含んでおくと、レーザ光源や光路及び電子回路からの誤差要因を補正することが極めて容易となり高い精度の観測が可能となる。しかし、スポンティニアスレーザラマンの散乱断面積が非常に小さいため信号が微弱でSNR（信号雑音比）が小さい、この点を改良するためにパルスレーザとゲート操作を施したシステムを開発し、メタン-空気炎を観測した。

この方法はスペクトル分解能が低い（ O_2-N_2 を同時観測するためには約 775 cm^{-1} が必要）ため、理想気体の状態方程式を仮定して、観測波形の積分強度から温度を求める方法を使用した。そのために高温におけるスペクトルプロフィール変化を考慮した補正計算が必要である。計算結果マルチチャンネルの場合補正值は入口スリット巾によってほとんど影響されないことが分かった。したがって温度補正曲線一本だけを用意し、測定値補正を行えば良い。測定対象に CH_4 /air炎を用いて多成分同時計測を行い、 CO_2 、 O_2 、 CO 、 N_2 、 H_2O 、 H_2 を観測し火炎面近傍の分布を求めた。スペクトル観測では、高温において、 CO_2 と O_2 は一部重なりがあり、 CO は N_2 の広がった裾野の部分で重なる。また H_2O は未燃、既燃部においては明瞭に観測できるが、火炎面の変化の激しい部分で蛍光と考えられる強い妨害光が見られる。これ等の結果をモデル計算と比較したところ良い一致が見られる。今後より微量成分についても測定を行う予定である。

連続燃焼器による低質重油の燃焼特性

Burning Characteristics of Heavy Fuel Oils
in the Continuous Combustion Chamber

熊倉 孝尚, 羽鳥 和夫

昭和61年11月

第2回ガスタービン秋季講演会 講演論文集

重油は燃焼器やタービンに対して汚れや腐食という悪影響を及ぼし、また大気汚染も他の化石燃料にくらべて大きいのでその利用が制限されている。

しかし近年、陸上機関では使用しえないような低質重油が船用燃料に多くなっている。ガスタービンを考える場合、タービン翼冷却法の進歩や材料の発展でタービン入口温度を高くすることができ熱効率向上に寄与している。このような状況の中で安価な低質重油が利用できればガスタービンの用途も多くなることが予想される。

本報はこのような低質重油を燃焼の立場から検討したもので、再生式サイクルを想定した作動条件下で低質重油の燃焼性をしらべた。このサイクルの特長は燃焼器入口空気温度が高いことで、実験ではこの温度を $300\sim 550^\circ\text{C}$ の範囲で変えることにし、この温度発生には電気式ヒータとプロパン燃焼による加熱方式を併用した。燃焼器出口ガス温度は 1100°C とした。供試燃料の性状は動粘度が $357\text{ cSt (at } 50^\circ\text{C)}$ 、残留炭素分が18%という通常のC重油より2倍ほど高い値をもっている。

本研究で次のことを明らかにした。

- (1) 低質重油でも入口空気温度が高ければ良好な燃焼が維持できる。なお燃焼器内筒壁面に燃料噴霧が付着しないよう燃焼器設計には注意を払う必要がある。
- (2) 燃焼効率に最も影響を与えるものは未燃カーボンで、これの低減が高い燃焼効率を得るポイントとなる。
- (3) 水添加エマルジョンは未燃カーボンの低減に非常に有効である。これは燃焼器内で油滴がそれに含まれる水によって二次微粒化され、カーボン粒子の燃焼を早めるためと考えられる。
- (4) 従って未燃カーボンを低減するには噴霧の初期粒径を微細にすること、即ち高粘度油に対しても微小粒の噴霧を発生する噴射弁の開発が重要である。

プロペラ翼における疲労き裂の発生と進展の信頼性解析

Reliability Analysis of Propeller Blade
Fatigue Strength

高井 元弘

昭和61年10月

日本船舶機関学会第39回講演会

近年、自動車専用船などのプロペラ翼負荷変動応力が大きいと推定される高速船にプロペラ翼の折損事故が連続して発生した。この翼の損傷は翼前面の表面近傍に存在した鑄巣、鑄傷に疲労き裂が発生、進展し破壊に至ったことが推定されている。プロペラ翼に生ずる負荷応力は操船方法や気象、海象条件により変動するため、一定応力振幅による疲労試験より得たデータだけでは翼の疲労破壊寿命を評価するのは十分ではない。また、プロペラ翼は鑄造による一品生産品であることから材料強度のばらつきや鑄造欠陥の発生はある程度避けられない。したがって、プロペラ翼損傷を考えるには材料強度、材料定数、潜在する欠陥の大きさや数、負荷応力変動値などが確率的に分布するとして検討することが有用である。

このような観点から、本報告ではプロペラ翼材料Ni-Al青銅材の疲労破壊強度、材料定数、潜在する欠陥の数、大きさ、負荷応力変動値などがある確率分布に従って変動するとしてプロペラ翼の損傷に関する信頼性解析を行った。

材料の疲労破壊寿命分布は、従来行われてきた回転曲げ、平面曲げ、軸荷重疲労試験結果より最小自乗法により得た直線を破壊確率 $P_0=0.5$ の線図とし、同一荷重30本の試験片を用いた平面曲げ疲労試験結果と併せ、定量的に疲労破壊寿命の信頼性を評価できるP-S-N線図を求めた。疲労き裂の発生特性は、応力集中部となる欠陥が存在し、最も弱い欠陥よりき裂が発生するとし、き裂発生確率分布は平滑材の疲労破壊寿命分布と近似的に等しいとして検討した。疲労き裂の進展特性は、材料定数C、M値、欠陥の大きさ及び数、負荷応力変動値の確率密度関数を調べ、モンテカルロシミュレーションにより一年以内にき裂が進展し破損に至る確率を求めた。タンカーなどの肥大船では確率が低く、コンテナ船、PCC船などの高速船で確率が高くなることを示した。

(198)

流路内に障害物を置いたディフューザの特性 (第1報、邪魔板を置いた場合の実験)

Performance of the Diffuser in which the
Obstacles are Placed
(1st Report, Experiment for the case of a
buffer plate)

涌坂 伸明

昭和61年10月

日本機械学会 山梨地方講演会 講演概要集

拡大比や開き角の大きなディフューザは剝離流が発生し易いが、その剝離流発生を抑制し、ディフューザの性能を向上させる為に従来種々多岐に渡って、数多くの手法が提案されている。ここに於て著者は剝離流発生顕著なディフューザの流路内に、適当な大きさと形状の障害物を適当な位置に設置すれば、圧力回復率の向上が期待できるという従来その比を見ない新しい方法を着想した。しかし内部流れに障害物を置く事は抵抗を増し、流れの偏奇を招き、圧損増加等を目的としない限りは好ましくないものとして、従来の通念からはその効果が疑問視されるのは当然である。

よってこの着想で実効の得られる事を実証する実験内容及びその結果を報告するものである。

用いたディフューザは直線壁、矩型断面の二次元片開き型で、咽部寸法は5 cm×8 cm、長さ55 cm、開き角は16度で、咽部でのレイノルズ数は約 1.2×10^5 。このディフューザでは通常、開き壁面側に大きな剝離流が発生する。

障害物として選んだのは厚さ5 mmの長方形の邪魔板で流路と高さは共に8 cm、幅は2.5 cmと4 cmのものである。邪魔板は開き角のない側の壁面に対して垂直に、剝離流の発生する下流域の任意の位置に1個だけ置かれる。しかしして圧力回復率と出口速度分布の測定を行った。

この結果、邪魔板設置箇所が適切であれば、出口速度分布の均一化に効果があり、邪魔板の無い時に比べて20%近くも圧力回復率の向上する場合のある事が実証された。但し邪魔板位置が不適当ならば従来の通倉通り逆効果である事も示された。

これらの現象は、邪魔板が剝離流を発生しているディフューザ内流れの巨視的構造に影響するためと推定されるが、その詳細については更に今後の研究課題である。

ディフューザ内剝離流域の熱伝達

Heat Transfer of Separated Flow
Region in Diffuser

涌坂 伸明

昭和61年5月

第23回日本伝熱シンポジウム講演論文集

ディフューザ内の剝離流の熱伝達特性は、熱伝達率 h のレイノルズ数への依存性が、 $h \propto Re^{0.8}$ の形である事が Van Sant 等や著者の実験で報告されている。しかし接続管部での特性は異なる事も著者によって見い出されている。よって熱伝達特性は下流に従って遷移すると推定され、また上記の関係の成立範囲を明らかにしておく事が求められる。

これ等の問題の検討のため従来用いたディフューザの咽部幅を縮小し、同一開き角での流路拡大比の増加を急激にして、空気流による実験を行った。入口幅の縮小により流路断面アスペクト比も変化している。

ディフューザに二次元片開き型で、流路の高さ80mm、咽部幅は30mmと50mm、開き角は16度に固定した。片開き壁面側には剝離流が顕著に発生するので、この壁を一様熱流束加熱の伝熱面とした。Re の範囲は咽部で $5 \sim 30 \times 10^4$ である。

その結果本実験においても $\pm 10\%$ の偏差を許容すれば $h \propto Re^{0.8}$ の関係を満たす事が確認されたが、剝離流の下流域即ち完全剝離流域では $h \propto Re^{0.8}$ の指数 n を0.64と置いた方が、より相関度の高い事も示された。これは一般に剝離流の熱伝達特性として知られる関係により近いものであり、接続管内での剝離泡の熱伝達特性 ($n=0.6$) にも近く、ディフューザ内剝離流の熱伝達特性が遷移する事をも示している。

この様な遷移と特性差は、拡大比が急激に増大すればディフューザの剝離流の熱伝達特性が急拡大管のそれにも近い事を示し、現象的には剝離流と主流との間の界面付近の剪断層の流力的挙動と熱移動の過程の差異によって生ずるものと推定したが、その検証には、実験範囲の拡張と測定項目の追加が必要となる。これ等の点に関しては今後の研究課題である。

セラミックスの高温耐食性試験

Hot Corrosion Tests of Ceramics

宮城 靖夫, 藤本 康

昭和61年10月

日本船用機関学会 第39回学術講演会 講演前刷

セラミックスは一般的に耐食性の優れた材料と考えられているが、船用機関用材料として用いる場合でも、低質油燃焼ガスの環境条件下で問題がないのか、試験法はどうすれば良いのかを考察するため、試験片による「学振法」耐食性試験法を応用することを中心に、 V_2O_5 に対する耐食性を実験的に調べた結果を報告。

供試セラミックは、構造用材料として一般的な窒化珪素 (Si_3N_4)、炭化珪素 (SiC)、部分安定化ジルコニア (PSZ)、アルミナ、ムライトの5種類を用いた。試薬は試験片の上面に V_2O_5 を平均20mg/cm²塗布する。試験条件は600~1000℃の温度について、20hr保持し、更に800℃の場合は50及び100hrについても行った。

セラミックスの耐食性試験については、予備的に行ったVO粉末中にセラミック試験片を全没した行った浸漬試験では溶解してしまう材料もあり、少量の試薬を塗布する方法から行うのが妥当と考えた。

実験結果は反応物の浸透深さ、寸法変化、単位表面積当たりの質量変化(端面を除く全表面積で計算)、強度比について整理し、X線回折による分析も行った。

Si_3N_4 は800℃まではほとんど変わらないが、1000℃になると、質量減が5mg/cm²となり、強度が63%に低下した。 SiC はいずれにおいても侵食、寸法、質量の変化はほとんどなかった。PSZ系は3種類(ZTN1, ZCM1, ZCN5)について行ったが、製法、添加物の違いにより、異なった挙動を示した。ZTN1は寸法変化は小さく、侵食はほとんどみられない。MgO添加のZCM1は最も激しく侵食される材料で、侵食深さは1000℃×20hrでは0.15mmにもなる。 V_2O_5 添加のZCN5も侵食が著しい。ムライトは800℃までは変化がほとんどないが、1000℃×20hrでは侵食深さが0.2mmと大きく、質量も10mg/cm²近く減少した。アルミナは最も耐食性の良くない材料である。

実験方法には、試薬と試験片のヌレによる問題、酸洗いの方法による問題が未解決で残っている。

〈装備部〉

タンク内への水蒸気注入による静電気発生に
関する研究(I)Measurement of Charge Generation at Steam
Injection into Tank (I)上田 浩一, 渡辺 和夫
吉田 紘二郎, 川崎 正士
昭和61年10月
静電気学会講演論文集

タンク内への水蒸気注入時の静電気の発生状況について実験により調べた。実験方法として、ファラデーケージを製作し、水蒸気をタンク内へ噴出した時の静電気の発生状況の計測および蒸気雲の電荷密度の測定を行った。ファラデーケージとして $2000\phi \times 2000$ と $2200\phi \times 2200\phi$ の2重円筒を製作し、内タンクに外タンク間に0~2 kvの電圧をかけ、その時のタンク間の電界強度を計測しておき、内タンク内に蒸気を噴出された時の2重円筒間の電界強度の経時変化を計測し、流入電荷量を求めた。またタンク内の蒸気雲の電界強度を直接蒸気雲用電界計により計測し、電荷密度を求めた。この場合蒸気雲を球と仮定しても円筒であると仮定しても電界密度に大差はない。

ファラデーケージにより計測した1分間当たりの流入電荷の値と気温の関係では気温が低いほど注入電荷の値は増加している。蒸気注入の内円筒内面の電荷強度の測定から蒸気の電荷密度を求めると概ね10 (c/m²)のオーダーの値を示した。

蒸気を噴出させるオリフィスは 4ϕ 、 8ϕ のものを使用し、ボイラー出口圧で 2.8kg/cm^2 程度から 7.0kg/cm^2 、オリフィス前部の圧力を $1.0\sim 4.5\text{kg/cm}^2$ 、蒸気温度 $127^\circ\text{C}\sim 139^\circ\text{C}$ の条件のもとで、蒸気により発生する静電気を調べ、ファラデーケージ方式により、蒸気により発生する静電気が計測できることが確認できた。以上の実験結果について述べる。

船用仕切り弁の三次元応力解析
(第1報 弁箱の変形)Three Dimensional Stress Analysis of Marine
Gate Valves (1st Report: Deformation
of Valve Chamber)天田 重庚, 前橋 正雄
山倉 康隆, 菊池 正晃
昭和61年10月

日本船舶機関学会 第39回学術講演会

ISOによる鋼製仕切り弁の国際規格が制定され、JIS船用弁規格においてもこの規格を導入し、新しい規格を制定する必要に迫られている。ISO弁とJIS弁の主要な相違点は面間寸法がISOにおいて著しく短縮されている。この結果、ボンネット高さが増加して弁箱全体の剛性が低下することが予想される。そこで日本船舶標準協会を中心にして強度実験や強度計算書が作成された。しかし、実験と計算結果で局部的に著しい差が生じた。この原因の追求と弁箱の変形特性を把握するため、有限要素法によって三次元の変形解析を実施し、次のような結果を得た。

- (1) 内圧による弁箱のふくらみは、ボンネットフランジ部よりも下方約5 cmの位置にて最大となる。これは、ボンネットフランジの“たがはめ”効果によりフランジ部の変形が抑制されたものと推察される。
- (2) 流体を遮断する特性に結びつく円筒フランジの開き量は、他の仕切り弁に比較して非常に小さい。また、変形な管軸中心にして折れ曲がり、ボンネットフランジに向けて直線的に変位が増加する傾向を有する。
- (3) 弁箱と円筒部はリブによって連結され、全体の剛性を増加させるように設計されている。リブがある場合のボンネットフランジの変形はリブ無しに比較して約10%ほど大きい。これは弁箱の変形をリブが一部受け持つことによると考えられる。
- (4) ボンネットフランジより7 cm下方の位置での弁箱壁の変形は、リブ無しの場合にリブ付きの約1.77倍となる。それ故、リブは弁箱壁の変形を減少させ、その分だけボンネットフランジに変形を受け持たせる効果がある。

ISO型の弁の変形特性を概略的に理解でき、特に弁箱と円筒部を連結するリブの効果の有用性を確かめた。今後は応力についての検討を行うつもりである。

〈原子力技術部〉

GO-FLOW 手法による信頼性解析(5)
—Phased Mission Problem の厳密な取扱い—Reliability Analysis by GO-FLOW Method
—Exact Analysis of Phased Mission Problem—

松岡 猛, 小林 道幸

昭和61年10月

日本原子力学会昭和61年秋の分科会

複雑な動作モードを持つ系の信頼性解析, 時間経過に伴う故障率の算出等が容易に実施可能な信頼性解析手法として, 著者等は GO-FLOW 手法を開発しており, 今までに, いくつかの解析例を紹介し本手法の有効性を示してきた。

前報では, 本手法による Phased Mission Problem の解析例を報告したが, その解析においては, 各フェーズにおいて要求されている動作の失敗確率を求め, それらの単純な累積和を最終的な系の動作失敗確率とする近似方法を用いた。

しかし, Phased Mission Problem に於いては, 各フェーズに於いて要求される動作, 使用される機器が異なっているため, 時間経過に伴う系の信頼度を求める際には, ある時刻に於ける動作の成功/失敗確率だけでなく, それ以前のすべてのフェーズに於ける動作の成功/失敗を考慮する必要がある。それ故, 各フェーズで共通で使用されている機器がある場合はその機器が関連した故障の取り扱いが問題となる。つまり, 各フェーズの動作成功/失敗をあらわすカット・セット間の包含関係を正しく取り扱う必要がある。計算方法は原則としては前報の通りであるが, 厳密に解くために, GO-FLOW チャート中で分岐している信号線を識別しておく。OR オペレータに於いては, 識別された信号線を含んだ入力信号間の数値計算は実施せずにおき, 以後, 並列処理を行う。更に, 各フェーズの動作に対応する最終信号線を AND オペレータで結合するが, 異なったタイム・ポイントに於ける信号の結合を取る必要があるため, 新たにタイプ40オペレータを定義し, 前報で定義した各フェーズの最終信号をタイプ40オペレータに入力し, この追加したオペレータの出力を各フェーズの最終信号と定義し直して, これをAND オペレータで結合する。AND オペレータに於いては, 入力信号間の包含関係を考慮に入れた計算を行う。以上により, GO-FLOW 手法により厳密解が求められる。

〈大阪支所〉

Chugging Phenomenon Induced by Steam
Condensation into Pool Water
(Amplitude and Frequency of Fluid Oscillations)蒸気のプール水中凝縮時に発生するチャギング現象
(流体振動の振巾と周期)

綾 威雄, 成合 英樹

昭和60年10~12月

Heat Transfer Japanese Research Vol.24 No.4

蒸気をベント管を通してプール水中で凝縮させる際, 一定の条件下で, 流体振動を伴う圧力振動がベント系に発生する。この現象は, 圧力抑制型格納容器を持った原子炉の冷却材喪失事故時に格納容器が受ける動的荷重評価の問題として関心が持たれている。振動現象には, プール水のベント管内への逆流を伴うチャギング現象とチャギングより周波数が高く, 流体振動の小さな凝縮振動現象とがあるが, これらのメカニズムは十分には明らかでなく, 荷重評価は実規模試験に基づき保守的な方法によりなされている。

チャギングにおいて蒸気-水界面がベント管内を運動している間は, 蒸気凝縮がほとんど行われていないため, ヘッダー (下端にベント管が設けられている) への供給蒸気によりヘッダー圧力は上昇し, 界面を下方へ押し下げる。一種の強制項と見なすことのできるこの界面押し下げ効果は供給蒸気流量の増加とともに大きくなり, チャギングによる流体振動の振巾と周期に大きな影響を及ぼすものと予想される。本研究では, 供給蒸気による強制項に着目した解析モデルを用いて, チャギング時の振巾と周期を解析するとともにチャギング発生の蒸気流束限界を求め, 小規模実験装置による実験結果との比較を行い, 以下の結果を得た。

- (1) 解析から求めたチャギング発生の蒸気質量流束限界は実験値とほぼ一致した。
- (2) チャギング時の流体振動の振巾と周期は, 供給蒸気による界面押し下げ効果に強く支配され, 蒸気質量流束の増加とともにチャギングから凝縮振動へ遷移する過程を解析的に示すことができた。
- (3) 蒸気質量流束を増加させていくと, この振巾と周期は, 供給蒸気による強制項のない場合の流体振動振巾を一定とする解析値にほぼ沿って変化する。
- (4) 界面がベント管内を下降する時間は上昇時間より短くなるという流体振動の非対称性も, 供給蒸気による強制力により生ずる。

Fluid and Pressure Oscillations at Direct Contact Condensation of Steam Flow with Cold Water

冷水と蒸気の直接接触凝縮により生じる流体
および圧力の振動現象

綾 威雄, 成合 英樹

昭和61年8月

Nuclear Engineering and Design

蒸気が冷水と直接接触し、急激な凝縮に伴って生ずる圧力振動や流動振動として、水冷却型原子炉の安全性に関連した次の二つの問題を取り上げる。

第1は、沸騰水型原子炉の圧力抑制型格納容器において LOCA (Loss of Coolant Accident) 時のプール水中での蒸気凝縮と共に生じる圧力と流体の振動現象である。LOCA 時に蒸気がベント管を通して水中へ放出されると、いろいろなパターンの圧力振動現象が、ベント管を流れる蒸気質量流束とプール水温に依存して発生する。格納容器壁への動的荷重評価のための大規模実験が米、日、西独で行われている。著者らは、この現象のメカニズムを明らかにする目的で小規模実験を行い、現象の分類と特徴を明らかにするとともに、凝縮振動とチャギング現象を取り上げて解析評価を行った。

第2は、加圧水型原子炉の1次系コールド・レグへの ECC (Emergency Core Cooling) 水注入時に生じる流動振動現象である。著者らは、小規模模擬実験を行って現象の分類と各振動様式の発生領域を調べるとともに、凝縮の ON-OFF 振動とプラグ振動と呼ばれる現象に焦点をあてて解析を行った。

これらの解析は、基礎方程式を線形化して取り扱うものと、大振幅振動に対する近似解析の2つがある。線形解析より得られる安定限界は、コールド・レグの流動振動に見られるプラグ振動の発生限界の予測に用いられた。また、線形理論による周波数解析は、プラグ振動と圧力抑制型格納容器の凝縮振動に適用された。一方大振幅振動に対する近似解析は、チャギングと凝縮の ON-OFF 振動の周波数解析に適用された。

以上により、蒸気と冷水の直接接触に起因する振動。現象の中で、特に重要な凝縮振動、プラグ振動、チャギングと凝縮の ON-OFF 振動の発生メカニズムを明らかにするとともに、これらの周波数が線形理論あるいは近似解析による計算値とほぼ一致することを示した。