

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

### <推 進 性 能 部>

#### Three-Dimensional Grid Generation around a Ship Hull Using the Geometrical Method

幾何学的方法を用いた船体まわりの3次元格子生成

児玉良明

昭和63年11月

日本造船学会論文集 164号

幾何学的方法とよばれる手法を用いて、シリーズ60船型 ( $C_b=0.7$ ) まわりの3次元格子を生成した。

船体表面格子は、与えられたオフセットを基にスプライン曲線を定義して船体形状を表現することにより得られた。外側境界は、与えられた半径をもつ円筒として与えた。中間点の初期位置は、船体表面及び外側境界上の点を直線で結んで得られた。次に、初期格子は4つの幾何学的要請に従って、逐次的に変形された。

それらの要請は、直交化・平滑化・集中化・最小間隔の確保、である。それらは格子点の幾何学的情報に基づき定量化され、格子はそれらの要請を満たすべく変形・移動した。

格子生成の最後の段階で、格子点は、高レイノルズ数計算に対応させるために再集中化された。この再集中化を念頭に置けば、最初に粗い格子を生成しておき、再集中化によって最後に一挙に格子を細かくまた格子点数も多くすることができるので、格子生成における計算時間と人間の労力を従来の数分の1に減らすことが可能である。

この格子生成法は、従来の方法に比べて柔軟性があり、様々な物体形状に適応が可能である。これにより、実用船型まわりの格子生成が、与えられたオフセット情報をもとに短時間で行えるようになり、実用船型まわり流れの数値計算に向けて大きく前進した。

## <運動性能部>

荒天に遭遇した船舶の運航を支援するために  
—船載型安全運航支援システム—

To Support Safety Navigation in Rough Seas.  
—Computer Aided Navigation System for Safety—

谷澤克治

63年 8月

(社)日本船長協会 船長 第94号

本記事は異常海難防止システムの総合研究開発の一環として開発した、“船載型安全運航システム”(CAN: Computer Aided Navigation Systemの略)の船長向けの紹介記事である。

文頭で尾道丸の海難事故に端を発する本プロジェクト研究の中で本システムが開発されるに至る経緯を簡単に紹介するとともに、現在の荒天時の操船支援環境の不備を指摘し、本システムのような運航支援装置の必要性を説いている。

つづいて、荒天時運航支援システムを

- 1) モニタリング機能だけを有する簡単なシステム
- 2) 確率的な短期予測機能を有するシステム
- 3) 時間ベースの予測機能を有するシステム
- 4) より高知能化されたシステム

に分類して紹介し、そのなかで本システムがどの分類に属するシステムであるかを解説して本システムの設計思想を明確化している。

以上の一般的な解説につづき、本システム固有の機能の説明を行う。他システムは上の分類で1) 2)の機能を高度に統合したシステムであり、モニタリング機能、データログ機能、データ解析機能、短期予測機能の順に表示画面に沿って各機能を解説している。また機能解説につづき、これらの機能を実現するためのシステムのハードウェアおよびソフトウェアの構成を簡単に紹介している。

最後に、本システムの動作確認のために実施した実船試験の結果を、データを紹介しながら説明し、各機能の性能を評価している。また、今後の課題などについても少し触れ、船長に協力をお願いして締めくくる。

高速ビデオと透明模型を用いた船底衝撃現象の観測

An Observation of Bottom Impact Phenomena  
by Means of High Speed Video  
and Transparent Model

渡辺 巖・谷澤克治・沢田博史

昭和63年11月

日本造船学会論文集 第164号

荒天中を航行する船舶の船首部に発生する波浪衝撃は、船体構造に大きな荷重をもたらすことから、様々な研究が行われてきたが、未だ正確な推定法を確立するまでには至っていない。この状況を打開するためには新しい現象モデルを作り上げる必要があるが、それには波浪衝撃の実態の詳細な計測と観察が必要である。しかし、衝撃水圧、荷重の計測例の多さに比して、現象そのものの可視化観測はあまり行われていない。この理由は現象が非常に高速であることと、船体運動の激しいことによる部分が多い。この状況を踏まえ、高速ビデオを用いた船底衝撃の実験を計画した。透明な合成樹脂で作られた平坦な船底を持つ模型船を用いて、波浪中航走時の船底衝撃現象の実態を船体内部分からビデオカメラで撮影することにした。実験では正面規則波中を上下揺、縦揺を行いつつ前進する模型船について、その時の船底露出状況、衝撃水圧波形、各種船体運動等の撮影、計測を行った。実験から得られた知見を要約すると次のようになる。

- (1) 船速が遅い時には傾斜衝撃が、船速が増すと正面衝撃もしくは空気巻き込み衝撃が発生する。
- (2) 傾斜衝撃については船体前後方向の流体運動が衝撃の発生に関与していることが示された。これについては著者の一人が提案している計算法が使える。
- (3) 空気巻き込み衝撃については、空気巻き込みのメカニズムが従来のモデルとは異なり、着水部分の前後方向への移動の仕方が重要であることが分かった。
- (4) これまでに観察されたことのない正面衝撃、すなわち船底が瞬時に着水する衝撃が撮影された。流体力学的な発生機構は今後の課題である。

## 漁船の転覆海難データベースとその解析

Construction of a Data Base on Capsizing  
Accidents of Fishing Vessels and Its Analysis

天下井 清・寺尾 裕・高石敬史

昭和63年11月

日本航海学会論文集 第80号

浸水・転覆・沈没など船の復原性にかかわる漁船の海難の実態を明らかにし、安全対策の指針を導くために、海難の事象が詳しく記述されている。海難審判裁決録（1978年～1987年の10年間）に基づき、各海難の要因などのデータを読みとり、コンピューター処理可能なデータベースを作成した。収録件数は約370であり、これが1枚のフロッピーディスクに納められた。

データの解析は、漁業種類別（底曳網、旋網、刺網、釣、敷網、定置網、その他）および船の大きさ別に行われ、自然要因、船体条件及び人的要因などを分類して、最近の漁船の転覆海難の傾向を明らかにした。

- (1) 底曳網漁船では、20トン未満の小型船で曳網中の事故が多く、50トン以上の大型船では揚網中の事故が多く、開口部閉鎖不良が事故につながっている。
- (2) 旋網漁船では操業中とくに揚げ網中、大量の魚群の移動により大傾斜する事故が多い。
- (3) 刺網漁船では20トン未満の小型船の航行中、荒天に遭遇して事故が発生するケースが多い。
- (4) 釣漁船では外洋での荒天中の転覆件数の多いが目立つ。小型船では帰港中の横波、追波中の海水打込みによる事故が多い。
- (5) 定置網漁船では港口の磯波や碎波による事故が多い。
- (6) 漁船海難の最大の要因は荒天による海水打込みであり、これは1973年～1977年の期間の海難解析結果と同じである。
- (7) 波と船の出会い角に関しては、向い波（斜め向波）横波、追波（斜め追波）中はほぼ同じ数発生しており、どの出会い角で特に事故が多いとは言えない。

このような海難のデータベースで継続的に構築しておくことは、時代の変化によって変化する事故の形態をいち早く認識して、防止対策をダイナミックに立てる上で有効な方法である。

## 追波中の船の大振幅前後揺れと波乗り現象

(その2 シミュレーションによる検討)

Surging of Large Amplitude and Surf-riding  
of Ships in Following Seas  
(Part 2 Numerical Simulation)

菅 信・猿田俊彦・安野三樹雄

平成元年5月

日本造船学会論文集 第165号

追波中の船の波乗りは、操縦不能から転覆にまで至る危険性をもついわゆるブローチング現象と深い係わりがあり、その発生のための必要条件の一つと考えられている。筆者らは先に、この波乗り現象発生メカニズムを模型実験により調べ、前後揺れによる速度変動を含む船の速度が波の位相速度に等しくなったときに波乗り状態になるらしいことを示した。また前後揺れ運動方程式の解析的な検討により、過度状態を過ぎて定常状態になっている船の速度が波の位相速度に等しくなるようなときには前後方向の力の釣合条件が静的に満たされるようになり、一旦この状態になるとその後はこの静的な釣合状態から変化できなくなることをもって波乗りの発生を説明できるとした。しかしその説明は、前後揺れ運動方程式が非線形であることから明確さに欠けるところがあり、また波乗りの安定、不安定について何も示していないことなどからシミュレーション等による確認の必要のあることが指摘されていた。

今回、あらためて前後揺れ運動方程式を作りなおしてシミュレーション計算を行ったところ、大振幅の非対象前後揺れや波乗りの発生の様子、波乗りの安定、不安定の挙動などをシミュレートすることができた。また波乗り発生の限界速度付近のある速度範囲では初期条件により波乗りが発生したりしなかったりする領域のあることや、この領域が波高によって変化すること等の新しい事実が判ったが、前回示した波乗り発生の限界条件そのものは基本的には正しいことが確認され、従って安全運航指針として示した波乗り発生の限界波高や限界船速の簡易推定法については特に訂正する必要のないことが明らかになった。一方、波乗りの発生が初期条件により左右される領域が存在することについての物理的な説明ができていないという新たな問題が残された。

### 低速時の船体に働く流体力のモデル化

#### Modeling of Hydrodynamic Forces Acting on a Ship in Slow Manoeuvring Motion

野中晃二・浜本剛実・鳥野慶一・梅田直哉

平成元年5月

日本造船学会誌 第719号

船舶の操縦性能の推定は、深水域での通常操縦運動という、基本的な操縦運動状態に対しては、一応の精度で出来るようになって来たが、浅水域航行時や低速操縦状態については、流体现象の把握の困難さ等のため、信頼性ある一般的手法というものは、まだ確立されていない。

そのため、日本造船学会の運動性能委員会のもとに、低速・浅水域操縦数学モデル検討専門委員会が組織され、この問題について検討を進めてきたが、検討の過程で明らかになってきた、問題点や新しい知見等をまとめて、次の4編に分けて発表する事となった。

1. 低速・浅水域の操縦運動数学モデルの検討
2. 浅水域における操縦運動の数学モデル
3. 低速時の船体に働く流体力のモデル化
4. 低速時の操縦運動数学モデルの実用化

本報告は、その第3編であり、前進速度に比べて、横方向速度や回頭角速度が大きくなる低速操縦時の、船体に働く流体力について、操縦流体力の性質と運動計算のためのモデル化、という観点から取りまとめたもので、流体力の定常特性、非定常特性、流体力の同定法、流体力への船速・水深・岸壁の影響、流体力のモデル化の手法等について、現状、問題点及び指針を述べている。

### <構造強度部>

#### バージ用PCスラブの集中面外荷重に対する強度

#### Strength of Slab under Concentrated Vertical Loading

松岡一祥・直井 保

平成元年3月

プレストレストコンクリート 第31巻2号

コンクリート製浮遊式海洋構造物の船底スラブあるいは船側に、集中的な面外荷重が加わる場合の強度について、実験的解析的に検討した。

荷重としては、着底時の局所接地圧、耐氷壁として使用する場合の水圧力、および事故時の衝突荷重を考えた。これらの荷重は接触領域の大きさにより負荷が変化する。そこで、円錐型治具の貫入試験を実施した。実験には、緊張用鋼材の数などを変化させた3体の試験片を用いた。

強度の検討は、コンクリートスラブの曲げと押抜きせん断および補強鋼材（鉄筋及び緊張用鋼材）の張力による貫入物の支持についておこなった。

実験結果を検討し、最初の破壊は曲げではなく押抜きせん断により生じると思われた。その後、押抜きせん断破壊が進行し、治具はブスブスとコンクリートスラブにめり込んでゆく。この段階では接触領域の拡大による貫入抵抗の増加は少ない。その終、補強鋼材が貫入治具に当り、その張力で治具を支えるようになる。この段階に至ると貫入抵抗は急激に増大する。

以上の結果に基づき、着底時強度、耐氷壁としての強度、衝突時の吸収エネルギーについて検討した。

得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 貫入試験における初期の破壊形式は押抜きせん断破壊であり、貫入量に対応する載荷領域周長から貫入抵抗が計算される。
- (2) コンクリートの破砕が進むと、補強鋼材の張力で貫入部を支えると仮定して貫入抵抗が計算される。
- (3) 本報で取り扱った試験片は、着底時強度は十分であるが耐氷壁としては強度不足であった。
- (4) 耐衝突強度に関しては、吸収エネルギーは十分大きく、同規模の鋼製バースにまさっていると考えられた。

## <機 関 動 力 部>

人工知能を応用した機関故障予測

Prediction of Engine Failure by A.I. Technique

沼野正義・塚原茂司・村山雄二郎

昭和63年11月

日本船用機関学会第43回学術講演会前刷集

船用機関においては、船舶の省人化にともない、長期間の無開放運転が必要とされる。このためには、保全の最適化を目指した機関故障予測システムが不可欠である。

ここでは、機関をオブジェクト指向言語を用いてモデル化し、この上に、実験結果を用いて故障モデルを構築し、人工知能を用いてこれを駆動することによって予測を行う手法について、基本概念を示す。

一般に、機関要素の信頼性は、ワイブル分布で近似され、時間とともにその信頼性は低下する。この信頼性の低下曲線を実験、解析によって推定することが、いわゆる、寿命予測である。しかし、故障の中には、偶発故障だけではなく、故障の起きる前に何ら兆候を示すものもある。後者に対しては、その兆候を促えることによって、故障の発生する時期を推定することが可能と考えられる。

機関のモデルは、最上位が機関全体であり、その下にこれを構成する要素が続き、最下位に部品レベルの要素が位置する階層構造をもつものとする。要素間の接続や包含関係は、各要素を現すオブジェクトの属性として与える。さらに属性として、各要素の状態量を与え、基本的な機能をメソッドとして定義する。

このようにして構築されたモデルの中で、経時変化を再現することによって、故障予測を行う。

具体的な経時変化を現すメソッドを定義するためには多くの系統だった実験が必要である。現在、対象を排気弁からの吹抜けに絞って、実験を行っている。

燃焼室高温化とエマルジョン燃料による  
微粒子、NOxの低減

Reduction of Particulate and NOx by High  
Temperature Combustion Chamber  
and Emulsion Fuel

塩出敬二郎・宮城靖夫・西川和美

平成元年4月

日本機械学会 RC-86 研究成果報告書

燃焼室を高温化できれば、圧縮終わりでの作動ガス温度が上昇し、燃焼室壁面での燃料の蒸発が促進されるので、燃焼にとっては有利に作用すると考えられる。

これによって燃焼を改善し微粒子、NOxの低減の可能性を調べるのがこの研究の目的である。燃焼室の高温化が機関性能、燃焼性能、排気特性などに与える影響を確かめるために、小形高速ディーゼル機関の燃焼室を構成する部分（ピストン、シリンダヘッド、シリンダライナ、バルブ、バルブシートなど）を断熱性の優れたセラミック材料で断熱化し、燃焼室の高温化を図り燃焼実験を行った。また、燃料性状の違いによる影響を調べるために、軽油、低セタン燃料（セタン指数約20のライトサイクルオイルと軽油を混合したもの）およびエマルジョン燃料についても燃焼実験を行った。軽油燃料の場合には、燃焼室を高温化しただけでは着火が早すぎて混合気の生成が充分でなく、高負荷高速域ではかえって燃焼を悪化させスモークは増加することがわかった。低セタン燃料の場合、断熱化によって高速域でのNOx、スモークが悪化する傾向を示している。エマルジョン燃料では、水の添加量が15%の時は非断熱機関では、NOx濃度は軽油の場合に比べて多少減少するが、断熱機関では逆に増加している。しかし、水の添加量が30%になると、NOx濃度は軽油の場合の約70%程度に、スモークは測定できない程度に低減する。

プラズマの温度・密度計測

Laser Diagnostics of Temperature and Density  
Fields in Thermal Plasma

佐藤誠四郎

平成元年 5 月

セラミックス 24巻 5号

近年、各種レーザー及び信号処理技術などの発展によりレーザーを応用したプラズマ計測が注目され多くの研究が行われている。レーザーを用いた計測法の特徴は、非接触でプラズマ場を乱さないこと、時間、空間分解能が優れていること、従来の手法では成し得なかった計測が可能となったことなどである。

本稿では、セラミックスなどの微粒子製造やプラズマ溶射などに用いられている熱プラズマを対象としたレーザー応用計測法として、レーザー干渉法とトムソン散乱法をとりあげ、プラズマの電子や中性気体の温度と密度の測定原理、適用例など研究の現状を述べている。

レーザー干渉法は、プラズマによる光の伝播速度の変化を検出して密度などを求めるものである。プラズマの電子と中性気体の密度は、二種類の波長を用いる二波長干渉法から、それぞれの屈折率の違いをもとに求めることができる。

干渉法ではプラズマの観測視線方向の積分値が得られるので、分布形状の推定などに、あいまいさを伴う。しかしコンピュータ断層撮影法 (CT) を用いることによって、あいまいさが除かれ任意の分布形状の場合でも測定が可能となる。CTの適用例として、多方向ホログラフィ干渉光学系を用いた中性気体としての測定結果を示し、回転対称分布が成り立つと思われる場合でもCTが必要であることを明らかにした。

トムソン散乱法はプラズマによるレーザーの散乱光からプラズマの状態を求めるもので、電子温度の測定に最も信頼性のある方法といわれている。トムソン散乱法は従来、時間変化の測定に難点があったがYAGレーザーなどのくり返し周期の速い高出力レーザーを用いることによりその可能性が期待されている。

ら旋リブ付・細線挿入管内における環状噴霧流の研究  
(エントレインメント抑制効果の検討)

Two-Phase Annular Mist Flow in the Tubes  
with Inner Helical Ribs and Wires  
(Effect of Suppressing Entrainment)

波江貞弘・汐崎浩毅

平成元年 5 月

第26回日本伝熱シンポジウム講演論文集 第2巻

貫流ボイラや原子炉の発気発生器、ヒートポンプの蒸発器など貫流蒸気発生装置の小型高性能化を図るうえで、高蒸気乾き度域での蒸発管中心部への多量の液滴発生 (エントレインメント) は、管壁に沿う液膜流のドライアウトを早め伝熱性能を劣下させると同時に、蒸気乾き度の向上を阻害する要因となる。このエントレインメントの抑制すなわち液膜流の安定化を目的として、前報で壁面リブを設けた円管内での流動状況を報告した。本報はこれに引き続き、加工性を考慮して細線をら旋状に挿入した円管について、ら旋構造や液流量を変化させた場合の影響を調べたものである。また、液膜流の界面形状についても計測し、上記のエントレインメントとの関係を調べている。

エントレインメント量  $E$  は、リブ高さや細線径などら旋構造物の高さ  $d$ 、ら旋ピッチ  $p$ 、条数  $n$ 、空気流速  $U_g$  や液流量  $We$  に影響されるが、ら旋条数および平滑管での値  $E_s$  との比で表示した液流量の影響は比較的小さいことを示している。また、ら旋構造物によって液膜界面のじょう乱波の高さ  $\delta$  も影響されることを述べている。

そして、これらの結果から次の結論を得ている。

- 1) 細線挿入管もリブ付管と同様、エントレインメントの抑制効果があり、最大で平滑管の40%程度まで低下する。
- 2) これらの溝構造管では、じょう乱波の数が減少して液膜表面が平滑管の場合より安定化し、その波形も三次元的になっている。これらの変化がエントレインメント抑制の原因になっていると考えられる。
- 3) 上記の効果は  $d/\delta$ 、 $n(\pi D/p)$ 、 $E/E_s$  の三つの無次元数で表示可能である。

(以上)

面的，空間的計測法による検証技術

Verification Technique  
of Combustion Modeling by Pattern  
and Three-Dimensional Measurements

佐藤誠四郎

平成元年5月

日本機械工業連合会  
コンピュータを利用した燃焼の計測  
及び解析に係る調査研究報告書

エンジンや燃焼装置などの開発には，出来る限り詳細な計測を行い，これをもとに適切な数値予測モデルを考え，さらに検証のための計測を行なってモデルを改善するといった繰り返しが必要である。このように計測による検証とモデリングとは，まさに車の両輪であり，両者の足並みが揃ってはじめて合理的な開発が可能となる。

本校では燃焼の数値モデルの検証技術として，流れ，温度，成分濃度，燃料噴霧などのレーザ応用計測を中心に，一般の光計測技術を用いた二次元的および三次元的な計測法について調査した結果を述べている。

燃焼数値モデルの検証技術として，一点のプロウブ計測やトラバース法では現象全体の把握には限界があり，広い範囲の同時計測，時間平均的な量の計測から瞬時の計測及び画像計測などで得られるイメージによる情報が重要である。

レーザを測定対象に照射すると，レーザは透過，屈折，散乱及び反射される。これらのレーザの情報は，対象とする燃焼状態を反映しているので，これから診断が可能である。ここでは検証技術としてレーザの透過，屈折，散乱及び反射を利用する計測法を取り上げ，各方法の特徴と適用例を概説した。

レーザ応用計測の特徴は，非接触で対象場を乱さないこと，時間も空間分解能が優れていること，従来の計測法では得られない新しい情報が得られることなどである。レーザ応用検証技術は，これらの特徴を用いて二次元的な可視化手法，CT等による空間的測定により燃焼現象の正確なイメージを与えることができる。

温度分布画像によるプラント状態推定

Estimation of Plant State  
by using Thermal Image

沼野正義

平成元年5月

計装（工業技術社） 5月号

プラントの運転は，多くのポイントセンサーからの情報を的確に判断して，プラントの状態を推定し，的確な操作を行うということで安全が確保されている。しかし，温度・流量などの測定値は膨大な数になるため，これらを系統的に表示するだけでは，プラントの異常や故障を早期に発見することは難しい。そこで，大量情報からプラントの状態を推定する手法として，温度分布画像を用いた手法を提案し，模型実験によって例示する。

診断対象のプラント模型は，加熱筒と熱交換器を組み合わせたもので，軽水炉の熱系を模擬している。

実験結果から，温度分布画像そのものからプラント状態を推定することは難しく，4×4画素をまとめたマクロ化が有効であることがわかった。さらに，(1) 温度分布画像をそのまま見たり，(2) 正常な温度分布パターンと比較したりする手法においては，プラント状態の変化を初期の段階で判定することは難しく，何らかの処理が必要である。

そこで，故障判断の際に専門家が注目する部分を代表点としてマクロ化し，各点の平均温度を主成分分析して，特徴抽出を行った。第1，第2主成分平面における測定点の基準状態からの変位によって，故障の種類と程度の判定ができた。また，未知の種類故障に対しても，その変位から異常や故障の性質を推定できると考えられる。

画像情報，ポイントセンサーを含んだ大量情報に対してこの手法を用いることも可能である。さらに，知識ベース等を用いて，プラント全体，およびこれを構成する要素それぞれについて，階層的にこの手法を適用すれば，実際のプラント診断システムにも応用が可能と考えられる。

管内高温域の噴霧流による冷却に関する研究  
(第1報, 解析的検討)

Two-Phase Mist Flow Cooling in the Tube  
with High Wall Temperature  
(Part 1. Analytical Estimation)

波江貞弘

平成元年5月

日本機械学会論文集B編 第55巻513号

噴霧流伝熱については、貫流ボイラや原子炉の蒸気発生器の高乾き度領域における伝熱や、空気熱交換器の小型化に関して多くの研究がなされている。しかしながら、高温壁面の冷却手法として噴霧流の温度特性を積極的に活用するという視点から検討した例は見られない。高温域噴霧流による冷却は、(1)液体による強制対流や沸騰伝熱に比べると伝熱流は一般に小さいが、(2)液滴の蒸発潜熱のため、見掛け上比熱の大きな流体による冷却と同様な性質を持ち、(3)温度範囲に対して系圧力を独立に選定でき、また沸騰の遷移のような不安定現象を伴わないなどの特徴を持っている。したがって、高温域噴霧流伝熱は、高温の壁面を弱冷却し、しかも比較的広い範囲で等温度に保持する目的に適していると考えられる。

本研究では、大型ディーゼル機関へのセラミック利用による弱冷却高温化、高温燃料電池の冷却などの等温冷却を必要とする分野への応用を目的として、上記の高温域噴霧流による冷却特性、特に従来検討されていなかった流体温度の上昇抑制効果に注目し、流量、気液流量比(乾き度)、液滴径、液滴速度、気相温度及び熱流束の各条件がこれに及ぼす影響を解析的に推定している。

結論として、流体の温度上昇係数を新たに定義し、液滴径が200ミクロン以下で、入口乾き度が低い場合にこの係数が小さいこと、熱流束の増加によって多少増加するが、質量速度の影響はかなり小さいことを示している。また、本系数に関して、物性値の温度依存性も考慮した、熱的発達域を対象とする簡易表示式を導いている。さらに、管入口の熱的助走区間では初期蒸気温度と液滴すべり速度が影響することを述べている。

環状流・噴霧流

Annular · Mist Flow

波江貞弘

(九州大学) 深野徹ほか8名

平成元年5月

日本機械学会編「気液二相流ハンドブック」

本文は日本機械学会出版事業による「気液二相流ハンドブック」(コロナ社)の一部門として環状流及び噴霧流を取り上げ、その基本的事項について解説を行ったものであり、波江が当該章の総括取りまとめを行っている。

環状流・噴霧流は、気液二相流のうちの比較的質量流量が大きな領域の流動様式であり、壁面に沿って流れる液膜流と気流中に浮遊して同伴される液滴流によって特長づけられる。前者の液膜流に関しては、気流による液膜表面のせん断力の考え方、液膜の平均厚さとこのせん断力や液膜流量との間の相関関係、種々の流量条件における界面波の分類と波速度、通過頻度、波長などの諸特性の傾向、界面波の発生条件とその機構などに関して、代表的な相関式や相関図を示して解説している。後者の液滴流に関しては、気液界面からの液滴発生機構ならびに発生量と界面せん断応力や界面張力などを含む無次元因子との関係、平衡状態における液滴流量割合、気相乱流による液滴の壁面方向への物質伝達の機構と伝達率、種々の流量条件における発生液滴の粒径分布と平均粒径などについて研究例、代表的相関図式を示している。

さらに環状流、噴霧流に直接関連する伝熱現象として膜状凝縮を含む液膜流伝熱ならびに噴霧膜沸騰伝熱を取り上げ液膜流や液滴流の流動機構との関係、熱伝達率の傾向について解説している。

最後に、流路系内以外の事項として、静止自由液面を気流が通過する際に同伴して発生する液滴や自由空間にジェット状に放出される噴霧滴についても言及している。



## <材料加工部>

### ラム波の伝搬場における障害物の影響

#### Effects of Obstacle on Lamb Wave Propagation Field

勝又健一

平成元年2月

非破壊検査 第38巻2号

材料の厚さが超音波の波長の数倍程度となると、超音波はラム波となって伝搬する。ラム波は板の共振を伴うことから減衰が少なく、広範囲の検査に適している。しかし、試験材の表面に液体あるいは障害物があると音場が乱れて減衰する。これは検査に有害なことであるが、障害物を欠陥と見なし、欠陥のある場合の検査について検討することにした。欠陥としては板の内部欠陥及びラミネーション間の欠陥である。

ここでは障害物は「ゴム」+「重り」を用い、厚さ1mmのアルミ板上に置き、端面からのエコー高さHpを調べた。ラム波は周波数4MHzの可変角探触子によって発生させた。その結果、音軸上に置いた正方形のゴムに加える重量が増加するとHpは減少した。重りの重量が同じ場合、ゴムの面積が小さいほど、Hpの減少の割合が大きかった。ゴムの面積と重りの重量からゴムと試験材の接触圧力を求めて整理すると、エコー高さは接触圧力及びゴムの面積に影響されることが分かった。しかし、面積が極端に大きくなると、Hpは飽和あるいは変化が少なくなる傾向を示した。

試験材の表面上を障害物が移動（ゴム+鉄のローラー）する場合は、エコー高さにフレネル形の回折現象と同様の特性が現れた。すなわち、障害物が音軸中心に位置するとHpは最小となり、中心から移動するに従ってHpは大きくなる。エコー高さが最大値を示す2つの位置間の距離は、前述したHpが飽和するゴムの幅に対応している。これはゴムの幅が回折の山を越える大きになると、エコー高さの現象がその区間で平均的に差し引かれることになるためと考えられる。

### Effect of Crack Size on the Tensile Strength of Ceramics in a High Temperature Corrosive Environment

#### 高温腐食雰囲気中におかれたセラミックスの引張強度に及ぼすクラック・サイズの影響

宗像良幸・千田哲也

平成元年4月

JSME International Journal. Series I, 32巻2号

セラミック材は表面欠陥除去、成型のために高度の加工が行われるが、低質燃料を用いるがスタービンの翼材やディーゼル機関の燃焼室部材に使用される場合は腐食性雰囲気による表面劣化のため時間の経過とともに加工時の仕上面が消滅し、表面仕上げが無意味になることも考えられる。

本報告はクリーブ破断試験機による人工欠陥を施した部分安定化ジルコニア、PSZと炭化ケイ素、sicの腐食性雰囲気中での引張試験の結果について記す。

4mm×2mmの矩形断面、長さ54mmの試験片の片面の中央に1個所ビッカ硬度計によって種々の大きさの人工亀裂を形成し、大気中及び五酸化バナジウムと硫酸ナトリウム混合の人工腐食灰（低質油燃焼生成物に相当）を塗布したものについてPSZは650℃、sicは900℃で引張試験を行い、次の結果を得た。

PSZの表面欠陥は大小を問わず高温腐食雰囲気中では引張強度によって全く影響を与えない。このことは使用される環境によっては高度の表面仕上げが無意味であることを示し、また、表面に適当な化学処理を施すことによって欠陥を消滅させるような効果のあることを示唆している。

sicの強度は雰囲気の影響をほとんど受けず、表面欠陥の大きさのみによって決まり、PSZで得られたような効果は期待できない。しかしながら腐食灰塗布面には数十ミクロン程度のピットが生じており、本来なら強度を低下させるほどの大きさと見なされるが、大気中平滑材の強度（曲げ強度から類推される値）とほとんど差がないところを見ると灰塗布により靱性の向上があったものと考えられる。

以上2種類の材料とも欠陥の規模あるいは形状によって強度に与える影響はそれぞれ異なるが、腐食灰塗布、加熱によりいずれの材料も切欠き感度の鈍化が起こり強度強化につながったものと思われる。

## &lt;装 備 部&gt;

汚泥土中からの有害物質の分離に関する研究

Study on separation of toxic matters  
from sea Bottom Sludge

藤井忍・山之内博・山口勝治

平成元年 5 月

日本船用機関学会第44回学術講演会

環境白書によると依然として約30%の水域中のCO  
D等の値は、環境基準に達していない。その要因は、  
一般生活排水及び工場排水等に含まれている有害物質  
が、湾内に流入し底質に堆積しているためである。

本研究は、それらの底質に含まれている有害物質を  
分離除去する技術を確認するためのものである。しか  
し、底質には多くの有害物質が含まれているので、そ  
のうち現在使用禁止されているポリ塩化ビフェニール  
(PCB)が含まれている塗料に注目した。

この塗料を分離する方法として、鉱山で使われてい  
る原鉱石から目的の鉱物を分離選別する「浮選技術」  
を用いて研究を進めた。

実験には、小型浮選装置(容量400ml)を使用し、  
これに実海水に馴染ませた塩化ゴム系船底塗料(約7  
年前ドックで剥したものを砕き粒径を5~200 $\mu$ mに  
したもの)を入れ、その分離性を検討した。

実験結果をまとめると以下になる。

- ① 浮選技術により実海水から塗料を分離するた  
めの最適薬剤及びpH値を求めた。
- ② 浮選前の薬剤調整を十分に行うことは、浮選効  
率向上のため重要である。

ブイ用波力発電装置における  
エアタービンの実海域特性

Performance of Air Turbine used  
for Buoy with WAG of Sea

勝原光治郎・北村文俊

平成元年 5 月

日本船用機関学会第44回学術講演会

波力エネルギーを利用した航路標識用ブイは現在す  
でに実用化されているが、設計・設置は経験的に行わ  
れている。筆者らがこれまでに行った固定式灯標用波  
力発電装置の研究に基づく知見を、波力ブイに応用し  
た。研究の特長は二つある。

第一は、ウェルズタービンをブイ用に設計し、実証  
試験を行った。波力ブイには衝動タービンが現在主に  
使用されているが、コストの低いウェルズタービンを  
開発し、波力ブイの普及を図った。実験海域は、東京  
湾で、海上保安庁の東京西4号灯浮標を用いた。11月  
から12月の比較的穏やかな1ヶ月間であったが、消費  
電力を十分上まわる発電を行った。

第二は、固定式灯標に適用した解析手法を波力ブイ  
に応用した。固定式空気室からの空気流量の不規則性  
は、その出現確率を正規関数で表現できた。それに対  
し、ブイにおける空気流量の不規則性は、周期一定で  
振幅が正規分布をしている波形で示された。その出現  
確率の確率密度関数を実海域の実験データから求めた。

また、その確率密度関数を用いて、解析した結果と  
実海域実験での電気出力やタービン回転数のデータが  
よく一致していることを示した。

## ベンチレーションによるタンク内残液の除去

Removal of residue from cargo tanks  
by ventilation procedures

上田浩一

平成元年 5月

日本船用機関学会第44回講演会

ケミカルタンカーの貨物荷揚げ後、貨物の蒸気圧が20℃で5 KPa以上の物質はベンチレーションによりタンク内を乾燥し、それを確認後タンク内に入れた水は海洋に排出できるが、20℃で5 KPa以下の物質については海洋汚染防止条約によってこの方法は認められていない。しかしながら最近のタンク内の残液量の低減の努力により、タンクウエル部の残液量が1リットル程度以下にできるストリップング装置を設置した船も現れているため、5 KPa以下の物質もベンチレーションにより除去できれば、運航が容易になる。そこで模型タンク実験および実船調査結果を基に、この可能性を検討した。

タンク内を通風により乾燥する場合、その一つはウエル部の溜りの部分、もう一つはタンク内壁の付着している部分の乾燥である。ウエル部の乾燥については伝熱における衝突噴流による冷却と同様な考え方で、シャウド数とレイノルズ数とで整理して検討した。タンク乾燥中の実験計測は危険で厳密なチェックできないため、ばらつきの多いデータではあるが、ほぼ乾燥できることがわかった。壁面の乾燥については流れの中に置かれた平板からの蒸発と考えると、平板としてタンクの長さの1/2の地点を平均的な流れとして、壁面の蒸発量を計算した。タンク壁面は計算よりやや速く乾燥している。したがってウエル部の残液量が1リットル程度以下であり、かつ20℃で0.8 KPa程度以上、ウエル部への吹き出し速度がウエル部の中心速度で10m/s程度以上であれば、ウエル部の残液は通風乾燥によって除去できると考えられる。ウエル部以外の場所に残液が溜らなければ、壁面についても乾燥できる。

## ケミカルタンカーの荷揚げ後の管内残留

## 貨物量の低減に関する研究

## (その4 定圧弁、背圧弁での水平管内の流動解析)

Minimization of Cargo Residue in Piping  
for Chemical Tankers (Part 4: Analysis  
of Flow Characteristics under Constant  
Back Pressure Valves in Horizontal Pipes)

山口勝治・綾威雄・山根健次・波江貞弘

平成元年 6月

日本船用機関学会誌 第24巻 6号

有害液体物質をばら積み輸送するケミカルタンカーの荷揚げポンプによる荷揚げ後、船内に残留した貨物液がタンク洗浄水等に混入し、海洋に排出されることに伴う海洋汚染を少なくするためには、残留貨物量を大幅に低減させることが有効であり、低減のための技術開発を行う必要がある。法的には、荷揚げ最終的に残留する貨物液量の要求値が規定されているとともに、この値を確認するための実船水試験が義務づけられている。試験は水を用いた荷揚関連配管系の残留貨物液量を評価するもので、カーゴラインの荷揚げ最終位置にある貨物管マニホールドにおいて背圧を与えるため、高さ10mの垂直管または最低1バールに設定された定圧弁をマニホールドに装着することが要求されている。

本報告では定圧弁によって背圧を維持した実験系に対し、ラインブローイング中の水平管内の流動解析を行った結果について述べた。解析対象は実験装置及び実験方法に対応したものであり、現象のモデル化は観察された管内流動に基づいて行った。解析は前報で述べた、10m垂直管によって背圧を維持する場合の解析を本解析系に適応するよう一部修正して行った。

解析結果は、ラインブローイング全体の過渡変化をよく再現しており、水平管残水率は実験データとよく一致した。定圧弁の背圧値は残水率に大きく影響しないことを確認した。また、定圧弁と10m垂直管解析結果の比較から、背圧維持方法によって水平管残水率に違いは出るものの、その違いは僅かであることが明かとなり、低圧弁は10m垂直管と等価な機能を有していることが解析からも裏付けられた。

## <システム技術部>

船舶交通流におけるマン・マシン・システムの一考察  
(航行環境の衝突危険度表示方式について)

A Study on Man-machine System in Vessel  
Traffic Flow (A Study on the Navigation  
Area Hazard Display System)

有村信夫・山田一成

平成元年4月

日本人間工学会 第30回大会 シンポジウム  
人間工学 第25巻特別号

近年、日本近海の狭水道における海上交通では、航行海域の輻輳化が著しく、航行船舶の衝突予防装置の必要性が増している。

そして、航行の安全と操船者の負担軽減を図る為には、操船者と操船支援系間の情報伝達効率を向上させることが重要である。

本論文では、実態観測データの解析から航行環境の評価指標を求め、この評価指標を用いた操船判断支援情報が航行特性に及ぼす影響について実験を行って考察した。

即ち、観測データの解析の結果から、操船者の情報処理を軽減する支援情報としては、閉塞領域分布と最接近時間分布に関連する閉塞度指数の予測値を航路水平面上に等高線図で表す表示方式を提案した。

更に、支援情報の評価は、操船者が簡易型シミュレーター上で、表示画像情報を基に避航操船を行った場合の相対閉塞領域、衝突事故率、航行の時間遅れ等の項目について検討を行った。

実験の結果、航行海域の評価指標に閉塞度指数を用いた場合には、衝突事故の発生率が他の表示系に比べて最も小さくなり、また、航跡密度分布が実態観測で得られる統計的分布と良く一致することが判った。

従って、操船者と航行支援系間の情報伝達の効率向上を図ることは、見張り時の負担軽減や衝突事故の防止に役立つと考えられる。

## <原子力技術部>

A Phased Mission Analysis  
by the GO-FLOW Methodology

GO-FLOW手法によるフェーズド・ミッション解析

松岡猛・小林道幸

平成元年4月

Proceeding of PSA'89

船舶技術研究所で開発を進めているGO-FLOW手法により、既に多くの解析を実施してきたが、その中でも、フェーズド・ミッション問題はGO-FLOW手法の特長が生かされる解析対象である。

フェーズド・ミッション問題としては既にBWR・ECCS系を取り上げ解析を行ったが、この系は、フェーズ2における故障確率値が他のフェーズに比較して卓越しており、フェーズド・ミッションの解析方法を比較するための問題例としては必ずしも適当とは言えなかった。そこで、本報告において、新たにフェーズド・ミッションのサンプル問題を提示し、GO-FLOW解析を実施し、フォールト・ツリー解析の結果と比較検討した。

今回提示したサンプル問題は、BWR・ECCS系を参考とし、各フェーズ間の相互依存性が顕著となる様系統、機器、各フェーズにおいて要求される動作を設定した。

GO-FLOW手法による解析手順を、各フェーズ間で共通で使用されている機器の取り扱い方法を含めて、詳しく説明した。また、フェーズド・ミッション問題を解くために導入したタイプの40オペレーターの機能、各フェーズの成功確率相互の積の求め方の説明も与えてある。

フォールト・ツリー解析法による厳密解と $\bar{\rho}_{PRF-CC}$ 、 $\bar{\rho}_{PLB-CC}$ 、 $\bar{\rho}_{PRF}$ 、 $\bar{\rho}_{PLB}$ 法等の近似解法により求めた解との比較を行った結果、GO-FLOW手法による解が最も厳密解に近い値が得られる事が示された。また、 $\bar{\rho}_{PLB}$ 、 $\bar{\rho}_{PRF}$ 法では厳密解との差の大きな値が得られ、各フェーズ間の相互作用が顕著な場合はフェーズド・ミッション問題を精度良く解く必要があることが示された。

船用炉の横揺れ時自然循環特性 (統法)

Natural Circulation Characteristics  
of a Marine Reactor during Rolling Motion  
(2nd report)

村田裕幸・小林道幸

平成元年4月

日本原子力学会「1989年 年会」要旨集

横揺れ運動の自然循環炉心冷却に及ぼす影響を評価することは、船用炉の安全性にとって重要である。本研究は、動揺台に搭載した模擬装置を用いて自然循環実験を行い、船用炉の横揺れ時自然循環特性を実験的に明らかにするために行われている。横揺れ時自然循環においては、①動揺運動に由来する慣性力と②一次冷却水の密度差に由来する自然循環力とが一次冷却水に作用する。このうち、動揺運動による慣性力の及ぼす影響については、動揺周期を変化させて実験を行うことによりすでに明らかにしている。

本報では、自然循環力の強さが船用炉の横揺れ時自然循環に及ぼす影響を明らかにするため、ヒーター出力をパラメーターとして40KW～80KWの3段階に変化させた横揺れ時自然循環実験を行った。実験は大気圧で行い、動揺周期は5秒～20秒の5段階、動揺角度は $-22.5^{\circ}$ ～ $+22.5^{\circ}$ とした。

実験の結果、以下のことが明かとなった。

- (1) 横揺れ時自然循環において、ホット・レグ、コールド・レグの流量は動揺角に対応して周期的に増減し、動揺周期が短くなるにつれて流量変動の振幅は増大し、動揺角に対する位相遅れは増加する。この傾向は自然循環力を変化させても変わらなかったが、ホット・レグの流量変動は自然循環力が大きくなるにつれて減衰した。これは自然循環力が大きくなるにつれてホット・レグの一次冷却水の密度が小さくなるために起こると考えられる。
- (2) 炉心流量は各ケースとも動揺周期によらず時間的にはほぼ一定だが、その値は動揺周期によって変化する。炉心流量の動揺周期による変化は、正立静止時の炉心流量で無次元化すると、動揺のレイノルズ数とレイリー数で整理できる。炉心流量の動揺周期に対する変化は各ケースとも同じ傾向を示すが、その変化の度合は自然循環力が小さいほど顕著である。

Optimum Arrangement to Minimize  
the Total Dose Rate of an Iron-Polyethylene  
Shielding System

鉄-ポリエチレン遮蔽体系の全線量率  
低減化のための最適配列

植木紘太郎・波戸芳仁

平成元年5月

Atomic Energy Society of Japan,  
J.Nucl.Sci.Tech. 第26巻4号

鉄-ポリエチレン平板体系に対し、中性子線量率と二次ガンマ線線量率の両方を考慮した全線量率を低減する最適遮蔽配列を見出すための遮蔽実験が<sup>252</sup>Cf中性子源を用いて行われた。この実験では鉄平板全体厚さは32cmと一定にとられ、鉄平板中のポリエチレン平板の厚さと位置がパラメータにとられた。

鉄平板の全厚さを32cmに固定した場合、線量率が最小になるポリエチレン平板の位置(すなわち、最適遮蔽配列)はどの実験配列についても線源側からおおよそ20cmであることが観測された。すなわち、線源側に20cm厚の鉄板を置き、検出器側に12cmの鉄板を置いた配列の間にポリエチレン板を挿入した体系である。この最適遮蔽配列に置ける最小全線量率(中性子と二次ガンマ線の線量率)と最も遮蔽効果のない配列での全線量率の比は厚さ1cmのポリエチレン平板で1/1.3、厚さ3cmで1/2.0、厚さ6cmで1/2.9、厚さ10cmで1/3.9、そして厚さ14cmでは1/3.6になった。全線量率に対する最適配列の出現、中性子及び二次ガンマ線線量率のおおのの変化の様子については、代表的なポリエチレン平板厚さについてスプリッティング法を取り入れたモンテカルロ計算でも再現することができた。

## 船用炉の横揺れ時自然循環特性

Natural Circulation Characteristics  
of a Marine Reactor in Rolling Motion

村田裕幸・石田紀久

平成元年6月

第26回日本伝熱シンポジウム講演論文集

横揺れが船用炉の自然循環に及ぼす影響を明らかにするため、模擬装置を用いた単相自然循環実験を行った。また、船体運動時の熱水力挙動を解析できるように汎用熱水力解析コード：RETRAN-02を改造し（傾斜による水頭項変化、慣性力項の追加）、改造コードの機能検証および、横揺れの影響を解析的に把握することを目的として実験の解析を行った。

事件装置は一体型船用炉：NSR-7を高さ方向は実寸大で、断面石を実機と実験装置との熱出力の比に合わせて縮小したものである。実験は横揺れ角度 $=\pm 22.5^\circ$ とし、ヒーター出力 $=60\text{KW}$ 、二次系流量 $=3\text{m}^3/\text{h}$ で横揺れ周期を5~20秒までの範囲で変化させて行った。

横揺れ時自然循環実験における各レグの流量は横揺れ角に対応して周期的に増減する。このときの流量変動の波形は非加熱横揺れ実験の結果と似ており、横揺れ周期に対する変化も非加熱横揺れ実験の場合と同様であった。これは、流動変動が横揺れ運動による慣性力によって生じるためである。一方、炉心流量は横揺れ周期によらず時間的に変化しないが、横揺れ周期が短くなるにつれて一旦増加し、その後減少する。横揺れ時自然循環実験における炉心流量のこのような変化は、非加熱横揺れ実験における傾向とは異なり、自然循環力（=駆動力、圧力損失）が横揺れ周期によって変化するために生じるものと考えられる。

RETRAN-02コードによる解析はまず正立静止状態の定常自然循環について行い、この状態から横揺れを加えて流量変動等が一定になったとき実験結果と比較した。解析結果の各レグの流量変動は実験結果と一致し、横揺れ周期に対する傾向も実験結果と定性的に等しい。また、炉心流量は両者ともほぼ一定である。炉心流量は実験では横揺れ周期によって変化するが、解析結果は静止時の値とほぼ等しい。これは、解析では横揺れによる炉心部・SG部の温度分布の変化や流量抵抗の変化を考慮できないことによると考えられる。

## &lt;海洋開発工学部&gt;

## 実海域における浮遊式海洋構造物の運動性能について

On the Behavior of A Proto-type  
Floating Offshore Structure  
at Actual Sea

矢後清和・佐藤広・大川豊・安藤定雄

平成元年3月

日本沿岸学会論文集 第1号

四方を海に囲まれた狭隘な国土を持つ我国にとって、広大な海洋空間の利用拡大を図ることが将来に向けての展望となっている。

各方面より各種構想が提案されており、空間の創成方式もさまざまなものがあるが、我々は海洋の環境破壊を最小限に留める事が出来、かつ大水深域への展開が可能と考えられる浮遊式海洋構造物の利用を考える事にした。

これまで、当部では海洋空間利用に供せられる超大型浮遊式海洋構造物を設計建造する上に必要な基礎技術の開発研究に取り組んできたが、実際に浮体方式を実現させるためには、これまで蓄積してきた水槽試験結果や理論計算結果などの要素技術の適用性を実際の海洋で検証する必要があると考えた。そこで、1986年9月より山形県鶴岡市由良沖においてプロトタイプの海洋構造物を建造し、実海域実験を実施している。

本論文は、この海洋構造物の運動性能にテーマをしばり発表するものである。ここでは、運動性能を波浪による構造物の動揺の問題と流れ及び風による定常的傾斜に分けて取り扱う。

動揺特性については、実海域実験データの解析から得られた波および運動成分のスペクトルより波に対する応答特性を求め、理論推算結果との比較を行った。その結果、理論推算法が実用上十分満足できる精度をもつ事が検証された。

流れ、風による定常傾斜に関しては、各国の船級協会のルールや既存資料から外力の推定を行い、その結果から数値計算により定常傾斜を求めた。推算値は水槽試験結果及び実海域実験結果より低い値を示す場合のあることが判った。その原因として、傾斜することによる外力の変化、揚力の寄与などを考慮していないことがあげられ、今後ルールにとらわれない合理的方法を検討する必要があるという結論をえた。

At-Sea Experiment of Floating  
Platform "POSEIDON"

フローティングプラットフォーム  
POSEIDONの実海域実験

大松重雄・大川豊・筒井康治・元良勇太郎  
平成元年3月

Proceedings of the 8th OMAE Symposium

浮遊式海洋構造物のプロタイプ実験構造物POSEIDON号を用いた実海域実験が山形県鶴岡市由良沖で1986年9月に開始された。この実験の目的は、海洋構造物の波浪中挙動、構造応答、係留等に関して、現在までに水槽実験や理論計算で調査されてきた事から実際の海域で検証することである。

本論文はこの実験の第一報として、まず実験の目的と概要、すなわち、実験海域、POSEIDON号の構造、計測項目と計測システム、データ解析法について述べている。そして、現在までに得られたデータの解析例として、実験海域の風や波の特性、実験によって得られた動揺応答と理論計算との比較、構造応答と理論計算との比較等を示している。そこで得られた主な結論は以下の如くである。

- (1) POSEIDON号上の風速は陸上風（港湾局酒田のデータ）より10～20%高めである。風向はよく一致している。  
風の変動スペクトルはDavenport等の表示式に比べて低周波域で高めである。
- (2) 波高は気象庁による温海のデータと良く一致している。波スペクトルはISSC型よりJONSWAP型に近い。3台の波浪計のデータを使ってMLM法で求めた波向は風向と良く一致している。
- (3) POSEIDON号の6自由度の動揺は、得意点分布法による理論計算と良く一致している。抗力係数Cdはほぼ1.5である。
- (4) POSEIDON号の構造歪は3次元梁を組み合わせた骨組み構造を解いた構造計算の結果と良く一致している。

<大阪支所>

7本よりプレストレスングストランドの空気中  
疲労強度及び3%NaCl中腐食疲労強度

Fatigue and Corrosion Fatigue Strength of 7  
Wire Prestressing Strand in Air and 3% NaCl

小林佑規・田中義久  
平成元年3月

プレレストレストコンクリート 第31巻2号

プレストレスングストランドは、プレレストレストコンクリートの緊張材であり、構造物の強度を保持する主要部材である。特に、洋上でブロック建造されるような大型コンクリート構造物は、入渠による修理が困難であり、構造物の長期稼働に置ける安全性維持及び耐久性向上のために、補強鋼材の腐食疲労強度に配慮した設計をすべきであると考えられる。

本稿では、7本よりプレストレスングストランドを供試材とした空気中及び3%NaClの疲労試験を行い、初断線発生繰返数を疲労破壊の基準とした疲労強度を求め、既報の文献、コンクリート構造の限界状態設計法指針（案）及び米国コンクリート学会委員会報告との比較を行った。さらに、腐食疲労強度の低下等についての検討を行い、 $10^7$ 回までの腐食疲労強度を推定した。主な結論を示すと、以下のとおりである。

- (1) S-N線図傾斜部の破壊確率5%の空気中初断線発生繰返数Nと引張破断応力Suに対する応力範囲Srとの関係は、 $\text{Log} = 2.86 - 3.35 \text{Log}(Sr/su)$ で示される。
- (2) 破壊確率5%の空気中 $2 \times 10^6$ 回最大応力Smaxは、次式により平均応力Smから求められる。  
$$S_{max}/S_u = 0.0869 + 0.9563 S_m/S_u$$
- (3) 腐食疲労の応力範囲Srと初断線発生繰返数Nとの関係は、片対数で表示するとSr/Suが0.15以上のとき直線で示すことができる。傾斜部の強度は、平均応力の増加によって低下する。 $N = 5 \times 10^6$ 回以上の時間強度に対する最大応力は、平均応力から推定できる。
- (4) 空気中強度に対する腐食疲労強度の低下は、平均応力に依存する応力範囲の強度低下割合は、平均応力の変化に対して一定であるのに対し、最大応力のそれは平均応力が小さいほど大きい。
- (5) 腐食疲労の初断線発生繰返数は、破断繰返数の83.7%と一定である。しかし、空気中試験の場合、初断線から破断に至る繰返数は、負荷応力範囲が低下するに従い大きくなる。

## &lt;東海支所&gt;

Development of Radiation Transport Codes  
for Shielding Analysis

遮蔽解析のための放射線輸送コードの発展

竹内 清

平成元年 1 月

日本原子力学会

Journal of Nuclear Science and Technology

Vol.26 No.1

原子力学会30周年記念のための学会誌の特集号に発表する過去10年間における遮蔽計算のために開発された放射線輸送コードの発展についての総合報告である。

遮蔽設計計算に輸送コードが初めて適用されたのが原子力船「むつ」の放射線漏洩の際の原因調査のためであり、この時船研で開発されたPALLAS-2CDYコードと米国で開発されたTWOTRAN-IIコードであった。この時を契機としてその後輸送方程式を数値解法で解くSnコード及び直接積分で解くPALLASコードが次々に開発、あるいは発展していった。二次元形状用のDOT3.5やPALLAS-2DCY-FX, 三次元形状用のENSEMBLE-XYZ, -RTZやPALLAS-XYZ, -RTZなど、さらにはアルベド計算ルーチンを付加したDOT-ALB, 二重微分断面積使用のPALLAS-TSやその二次元形状用のBERMUDA-2DNコード, 核融合炉のトロイダル形状用のAIDAコードや三次元(X, Y, Z)形状用のTRISTANコードなど、その他にSnコードで直接に散乱断面積を計算するRADHEAT-V4も開発され実用遮蔽計算に供されている。

モンテカルロコードについては米国で開発された群計算用のMORSEコードをより効率良く計算するためにMORSE-ALBやMORSE-MT, さらにはMMCRコードや制動放射線も計算できるようにしたMORSE-BREMコードが開発されている。過去10年間での特記すべきことはモンテカルロ法の本来の姿に戻った連続エネルギーモンテカルロコードMCNPが米国で開発されわが国でも活用されるようになったことである。また電子の輸送計算とそれに付随して発生するX線の輸送計算も行えるEGS4が米国で開発されわが国でも利用されるようになったことである。今後の発展はこのように荷電粒子の輸送も考慮に入れた放射線の輸送計算コードの開発改良にあるであろう。

Empirical Formulas of Neutron Flux Distributions  
in Cylindrical Ducts in Water or Concrete Shields水あるいはコンクリート遮蔽体中  
円筒ダクト内中性子束分布の経験式

三浦俊正

平成元年 6 月

American Nuclear Society Nuclear Science  
and Engineering Vol.102

船用炉の遮蔽のように空間的コンパクト化が厳しく要求される場合においては複雑形状遮蔽欠損部からのストリーミング線量を出来るだけ低くするように遮蔽設計を行う必要がある。このためには各種の複雑形状部の位置と形状と漏洩放射線量の関係が簡単に、かつ精度良く計算できる経験式が極めて有用である。本研究ではダクト口径:5~20cm, 長さ:280cm, ダクト軸の炉心に対する角度:0~90度, 鋼壁厚さ:0~10mm, 周辺物質:水とコンクリートの条件で系統的な中性子ストリーミング実験を円筒ダクトに行い適用範囲が広く精度のよい経験式を得た。中性子は漏洩経路によって(1)直接線とアルベド線および(2)透過線に分けそれぞれの成分に対して式を求めそれらを合成した。すなわち(1)は $x/\sqrt{sl}$ の一価関数 $f(x)$ で、(2)はダクトが無い場合の遮蔽体の中中性子束分布 $T(X)$ に比例する関数で表現できるとした。ここで $x$ はダクト入口からの距離、 $sl$ はダクトの切口面積である。その結果漏洩中性子束 $\phi(x)$ は、

$$\phi(x) = \epsilon \cdot \phi_0(O) \cdot F(x)$$

となった。ただし、

$$F(x) = K \cdot f(x) + \{1 - K \cdot f(x)\} T(x),$$

$$f(x) = 1 / \{1 + (x/\sqrt{sl}/d)^\beta\}.$$

ここで、 $\phi_0(O)$ はダクトの無い場合における遮蔽体中のダクト入口に対応する位置での中性子束、 $\epsilon$ および $k$ はそれぞれダクトの存在による中性子束の減少およびダクト鋼壁の影響を補正する定数である。 $\alpha$ 、 $\beta$ は中性子エネルギーおよびダクト軸の炉心に対する角度に依存する定数である。屈曲ダクトの場合は第二脚中Zの位置での中性子束に対し次式を得た。

$$\phi(z) = \epsilon \cdot \phi_0(O) \cdot F(L_1) \cdot (C/\sin \theta) \cdot F(z)$$

ここで、 $L_1$ は第一脚部の長さ、 $C$ はエネルギー依存の定数、 $\theta$ は屈曲角度である。これらの二式は実験値とおおむね30%以内で一致した。