

所外発表論文等概要

<推進性能部>

風圧下の平行移動操船について

Wind Effects on Ship Maneuver for
Parallel Course Change

不破 健, 福戸 淳司, 染谷 実
平成元年5月

日本航海学会論文集

操縦性能の研究は多いが、操船状況に則した実際的な指標の検討は少ない。通常の操船は針路変更と横移動の組合せと考えられる。前者は新針路試験の指標値が操船に活用されているが、後者の試験法は確立されていない。

港湾域では他船との関係も重要で精度の高い航路計画と操船が必要となる。平行移動操船は変針の組合せであるが、航路からの偏差補正や遭遇他船を避航するため実施され、重要な実際的特性指標となる。

ここでは、平行移動操船について考察した。具体例として、風の影響の大きい自動車専用運搬船を対象にMMG型の運動モデルによる計算を行い、その特性に

対する外乱の影響を検討した。

無風状態の平行移動操船より所定の幅寄せ量を与える切換え方位角が求まる。

風速船速比が大きくなると操船不能となる。一様風中で同一の操船した場合の幅寄せ量の変化を検討すれば、風圧力の影響やこの操船法に対する操船限界が分かる。

また、風が操船に及ぼす影響評価の定量化を試みた。操船限界に対する操舵角の余裕を検討したが、これは限界値と余裕量を設定して操舵量で外乱状態を評価することに相当する。操船が動的であるので指標として操舵量の平均値、分散値、積分量、所要距離、所要時間、整定時間等の諸量について検討した。

風速が上がると操船の限界に近づき風向によっては操舵の積分量が発散する。操舵に余裕があるときは風向による操舵量の変化から風の影響が分かる。

操船法および評価法とも今後さらに検討の必要があるが、シリーズ計算により多くの検討材料が得られた。この手法は水深など他の環境要素や船種・船型による差異についての検討にも適用できる。

A Knowledge-based System applied to an Automatic Ship Navigation System

自動航行システムに応用した
知識ベースシステムについて

不破 健, 小山 健夫, 田中 邦彦, 福戸 淳司
平成元年 8 月

IFAC Workshop on Expert Systems and Signal
Processing in Marine Automation

操船における判断・意志決定過程の分析は, 安全向上のためにも重要である。操船判断過程をモデル化し自動航行用の知識ベースのプロトタイプを構築した。

まず, 概念設計を行ない船上の操船者の知的作業を一定の手順に従う作業と種々の意志決定作業の二種に大別した。コンピュータモデルは階層的な構造をもち, 知識ベースと通常の FORTRAN プログラムを組合せたハイブリッド方式をとり種々の判断を行うことができる。最上および上層部ではシステムの使命と作動状況についての広汎な理解のもとに総合的な状況を判断する。また, 種々の作業の方針とガイドラインを作成する。下層部は一定の手続きに従った狭い範囲の判断を行う。知識ベースではプロダクションルールとフレームにより知識を表現している。また, ルールにも上下関係をつけて, 上層ルールは直接ほかのプロセスに指示を出さず, 下層ルールを制御する。

シミュレーションにより, 階層化された判断プロセスが十分機能することが示され, 知識ベースシステムが戦略を決定して他のプロセスに指示を出すことも確認できた。輻輳域の航行と航行中の緊急事態への対処の例題とも満足すべき結果が得られた。避航操船の場合は, 上層部が航行環境を総合的に判断して航行計画を作成し, 下層の判断部分に指令を発する。そのとき法規上の権利・義務関係も考慮される。一般に輻輳域では多重遭遇が生ずるので単純な避航アルゴリズムは無力的ことが多いが, このモデルでは判断の上層部がアルゴリズムの選択をするので簡単なアルゴリズムの組合せによって対応可能となった。判断プロセスの最上層では, 状況の緊急度と必要に応じて他の判断作業を中止して, その対応に集中するように下層の判断部を制御している。

<構造強度部>

スタッドジベルによる鋼・コンクリート継手構造の疲労強度と剛性低下について

Fatigue Strength and Rigidity of Steel-Concrete Composite with Stud

松岡 一祥, 蟹江 俊仁, 池尻 一仁, 大前 博
平成元年 10 月

土木学会第44回年次学術講演会

コンクリートと鋼とが, スタッドジベルにより一体化された合成継手について, 静的および疲労強度試験を行い, 繰返し荷重作用下での耐力, 剛性低下などについて検討した。

実験には, 片側スタッド 1 本と 3 本との 2 種の供試体を用いた。静的強度試験における破壊は, スタッドの破断でありコンクリートのひび割れはほとんど観察されなかった。繰返し荷重は, 波浪などによる荷重作用を考慮して両振り載荷を採用した。疲労試験においても, 合成継手部の破壊はスタッドの破断により起こり, コンクリートのひび割れはほとんど観察されなかった。疲労試験では, 繰返し載荷時の荷重一ずれ変形関係も測定した。継手部のずれ変形挙動の特徴は, 載荷方向が逆転する付近で大きく変形が進み, その変形量も繰返し回数が増すにつれて大きくなる。

以上のように, スタッドジベルによる鋼・コンクリート継手構造の疲労強度と剛性低下について実験を行い, その結果に検討を加え, 以下の結論を得た。

- 1) スタッドの本数による耐力の差異はない。すなわち, スタッド 1 本当りの耐力として整理できる。
- 2) 両振り試験は, 片振り試験に比べ耐力低下が著しく, 10^6 回付近ではその差は 50% に達する。
- 3) 継手部の剛性は, 弱いバネと強いバネの合成として評価できる。強いバネのバネ係数は, 静的強度試験で得られたバネ係数に近く, この値は繰返し回数によらずほぼ一定であった。一方, 弱いバネに対応するずれ変形量は, 繰返し回数が増えるにつれて増大する。

スタッドせん断ずれ止めの強度

Strength of Stud Shear Connector

松岡 一祥, 池尻 一仁, 蟹江 俊仁

平成元年10月

土木学会第44回年次学術講演会

スタッドによる鋼-コンクリート合成部の破壊形式には、1)スタッドの引抜、2)コンクリートの破壊、3)スタッド基部のせん断(延性)破壊、の3種類がある。押抜き試験では、3種類の破壊形式が観察される。しかし、疲労試験の破壊箇所はほとんどの場合スタッドの基部である。一般的なスタッドの強度評価式には、コンクリートの強度は評価されているが、スタッドの鋼材としての強度は考慮されていない。そこで、3)の破壊様式は評価できない。また、疲労強度に関してもはっきりしない。本報告は、スタッドによる鋼-コンクリート合成部の強度の検討を、スタッドの材料強度を考慮して行うものである。

まず、押抜き試験における荷重伝達機構、スタッドの延性破壊条件について検討し、公表されている実験結果から荷重伝達能力の推定式を作った。次に、押抜き試験における疲労強度について、スタッド基部の応力状態、繰返し荷重下での相当応力範囲、コンクリート強度の影響を明らかにした。以下に要点を示す。

鋼-コンクリート合成部のスタッドが破断する場合の荷重伝達能力について検討した結果は

- 1) 合成継手の荷重伝達機構には、鋼材とコンクリート間の摩擦の寄与が大きい。
- 2) 上記摩擦係数はコンクリートの強度の関数として記述できる。

であった。さらに、疲労強度について検討し、

- 3) 疲労設計を公称せん断応力範囲を用いて行う現行の方法では、コンクリートが弱い場合、危険側の予測値を与える。
- 4) スタッドの疲労強度は、引張とせん断の同時負加と考え、相当応力範囲で整理することができる。

の結論を得た。

<機関動力部>

定性的モデルによるプラント状態推定

Estimation of Plant State using
Qualitative Modeling

沼野 正義, 奥住 恵子, 福戸 淳司, 村山 雄二郎
平成元年7月

第28回計測自動制御学会学術講演会予稿集

プラントシステムが巨大化するにつれて、その運転には、高度の熟練が必要とされている。特に、未経験の異常・故障に対しては、早期にその種類を判定することは非常に難しい。そこで、プラント状態推定の支援として、プラントの定性的モデル化、およびその上でのシミュレーションを利用することを考える。シミュレートされたモデルを様々な形で表現し、これを実際の観測データと比較することによって、プラントの状態推定を支援するとともに、推定された状態を様々な角度から確認することができるであろう。

まず、プラントの定性的モデルをオブジェクト指向言語による表現を用いて構築する。プラントを構成要素に分解し、それぞれを要素オブジェクトとして定義し、さらに、要素間の関係を示す関係オブジェクトを定義することによって、階層的なプラントモデルを構築する。また、このモデルにおいては、プラントの状態を表現する状態量を要素オブジェクトの属性に加えることができるので、定性的なモデルの上に定量性をもたせることが可能である。すなわち、このモデルを用いた数値シミュレーションが可能である。

関係オブジェクトとして、1次循環水系・2次冷却水系を定義する。簡単な差分方程式の解法をメソッドとして定義し、これを駆動するメッセージを送ることによってシミュレーションを行うことができる。

定性的モデルによるシミュレーションの結果を表示し、実際のデータと対比させることによって状態推定を支援することが可能である。また、推定された状態をもとにしたシミュレーション結果の表示と実際のデータと比較して、推定の精度を上げることもできる。

実際のプラントからのデータを処理してモデルに反映させる手法を確立するとともに、シミュレーションの精度も階層的に変化させることによって、モデルの階層構造を利用した状態推定も可能であると考えられる。

<材料加工部>

7075 アルミニウム合金の真ひずみ速度
一定下の高温圧縮変形

Hot Compression of 7075 Aluminum Alloy
at Constant True Strain Rates

飯野 千織, 酒井 拓
平成元年 9 月

日本金属学会'89年度秋期大会講演概要集

- I. 目的: 高力アルミニウム合金の結晶粒微細化制御を目的とする加工熱処理に関する研究の第一段階として, 7075 アルミニウム合金を用いて真ひずみ速度一定下の高温圧縮試験を系統的に行い, その高温変形特性を明らかにするとともに変形機構を検討した。
- II. 方法: 7075 アルミニウム合金の熱延板(厚さ 9 mm)より高さ 12 mm, 直径 8 mm の円柱状試験片を圧延方向に切り出し, 763 K で 10.8 ks 溶体化処理後水焼入れを施した。潤滑剤(グラファイト)保持のため深さ 0.1 mm の同心円状の溝を試料両端面につけた。自家製の真ひずみ速度を一定に制御できる試験機を用いて, 温度範囲 723 K ~ 803 K, 真ひずみ速度範囲 $5.4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ ~ $7.8 \times 10^{-1} \text{s}^{-1}$ の条件下で真空中で圧縮試験を行った。
- III. 結果: (1) 高ひずみ速度側の変形曲線は降伏後にわずかな軟化を生じ定常状態変形を示すのに対し, 低ひずみ速度側では比較的低ひずみで応力ピークが現れ, 緩やかで大きな加工軟化の後定常状態変形が現れた。後者の加工軟化現象は高温度または低ひずみ速度になるに伴い明瞭に現れた。
- (2) 降伏応力 σ_y のひずみ速度依存性は温度によらず約 15 MPa と 30 MPa の σ_y を生ずる変形条件を境として変化した。これに対し, 定常状態変形応力 σ_s のひずみ速度依存性は約 15 MPa を境として変化した。(1) の加工軟化現象は $\sigma_y < 30 \text{ MPa}$ の変形領域で現れ出し, σ_y の減少とともに軟化量は増加した。
- (3) $\sigma > 30 \text{ MPa}$ 並びに $\sigma < 15 \text{ MPa}$ の変形領域においては σ_y と σ_s のひずみ速度依存性はほぼ同じであり, べき乗則で近似した場合に得られる応力指数は, $\sigma > 30 \text{ MPa}$ の変形領域で約 5.9, $\sigma < 15 \text{ MPa}$ の領域で約 2.2 であった。
- (4) ひずみ速度急変時の遷移変形曲線は, 高ひずみ速度側では逆遷移型, 低ひずみ速度側では通常遷移型となった。これらの結果を基にして, 各変形領域で働く変形機構について検討を加えた。

7075 アルミニウム合金の高温加工軟化現象

Flow Softening of 7075 Aluminum Alloy
at High Temperatures

飯野 千織, 酒井 拓
平成元年 9 月

日本金属学会'89年度秋期大会講演概要集

- I. 目的: 7075 アルミニウム合金の高温圧縮変形下において, 比較的低ひずみでの応力ピークに続き緩やかで大きな加工軟化を経て定常状態変形が現れる現象を見出した。この加工軟化現象を温度とひずみ速度を系統的に変えて詳しく調査し, その出現機構並びに変形機構について検討を加えた。
- II. 方法: 9 mm 厚さの 7075 アルミニウム合金の熱延板より高さ 12 mm, 直径 8 mm の円柱状試験片を圧延方向に切り出し, 763 K で 10.8 ks 溶体化処理後水焼入れした。試験温度範囲 723 K ~ 803 K, 真ひずみ速度範囲 $5.4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ ~ $7.8 \times 10^{-1} \text{s}^{-1}$ で圧縮試験を行った。変形後 1.5 s 以内に水焼入れした試験片の縦断面について, 硬さ試験と光学顕微鏡による組織観察を行った。
- III. 結果: (1) 応力ピーク (σ_p) から, 定常状態変形応力 (σ_s) までの軟化量 $\Delta\sigma$ と σ_p との比 $\Delta\sigma/\sigma_p$ は, σ_p または降伏応力 σ_y のみの関数として整理できた。 $\Delta\sigma/\sigma_p$ は $\sigma_y < 30 \text{ MPa}$ の領域において σ_y の減少とともに増加し, $\sigma_y < 15 \text{ MPa}$ ではほぼ一定値 0.75 に近づいた。
- (2) 応力ピークが現れるひずみ ϵ_p は降伏応力 σ_y のみの関数としてほぼ整理できた。 ϵ_p は σ_y とともに増加するが, 30 MPa を越えると不連続的に減少し, その後 σ_y の増加に伴いわずかに増加した。
- (3) σ_y のひずみ速度依存性は試験温度によらず約 15 MPa と 30 MPa の σ_y を生ずる変形条件を境にして変化した。これらの σ_y は (1), (2) における $\Delta\sigma/\sigma_p$ と ϵ_p の σ_p 依存性が変化する際の σ_y とほとんど一致した。
- (4) 加工軟化が顕著に現れる変形領域の σ_y と σ_s のひずみ速度依存性はほぼ同じであり, べき乗則で近似した場合に得られる応力指数は約 2.2 となった。
- (5) パンケーキ状初期結晶粒組織は圧縮変形に伴い, 高ひずみ領域では等軸化並びに細粒化した。
- 以上の結果は, 加工軟化が出現する領域では粒界すべりの変形への寄与が大であることを示唆しており, このことを詳しく検討を加えた。

FRP 廃船の洋上処理システムについて

Floating Disposal System
for Waste FRP Boats

林 慎也, 道前 清治

平成元年11月

40回廃棄物処理対策全国協議会講演会論文集

ガラス繊維強化プラスチック (GFRP, 通称FRP) は軽くて強く, 更に腐食しないなどの優れた特性を持っているため, 現在では小型船舶の構造材の主流を占めるに至っている。FRPが実用化されて, 30有余年経った現在, 初期のFRP船の廃船が発生し, その処理の困難さが問題になりつつある。その耐用年数からもここ数年の間にFRP船の廃船が大量に出てくることは十分予想される。しかしながら, 廃船処理は経費が大きく, 未だにそのシステムは確立していない。

本報告では, FRP廃船をよりスムーズに処分出来る廃船処理システムの確立のために, 処理費用の主因である前処理経費や輸送費の懸からないFRP廃船の処分方法—FRP廃船の洋上処理システムを提案する。即ち,

①輸送費問題を解消するため, 熱分解炉を船に乗せ, 廃船の回収をした後熱分解し油, ガス, ガラス繊維を回収する再生利用工場船を運行する。

②解体・破碎等の前処理費用を軽減するため, FRP廃船・廃材の破碎・細片化を行わず, 出来るだけ大きな状態—出来れば有姿状態—で熱分解する。

当工場船の要求仕様は,

①当船は熱分解炉を主体とする工場船である。

②航行速度は8ノット程度の低速で十分である。

③熱分解回収ガス・油だけで運行用燃料をまかなう。

④不定期に生じる廃船の収集が容易であること。

であり, サイドスラスター付きピンジョイント船を予定している。連結されるバージを全国を分割したいくつかのブロックの各廃船集積場所に係留しておき, 廃船が発生時にこのバージに廃棄する。運行計画に従って, 各地域を順次回り廃船満載のバージを連結して, 廃船を熱分解しながら次の地域へ向かう。このように運行しながら全国をまわり, 廃船を処理する。

航行用燃料は熱分解により回収した油・ガスを利用することにより航行用燃料エネルギーは十分まかなえることが計算で求められた。

<装 備 部>

練習船「大成丸」のロックウール式
浮床の防振効果の経年変化についてChange of Vibration Reduction Effect with Time
of a Floating Floor of "TAISEIMARU"

原野 勝博, 藤井 忍, 山田 豊三郎, 辻本 英暉

平成元年9月

日本騒音制御工学会, 技術発表会講演論文集

ロックウール (R・W) 方式の浮床を船舶に施工した例は我が国では少なく従って, 陸上建築物と異なって船舶のように長期間常時振動を受ける環境において, R・Wなどの振動緩衝材の疲労耐久性のデータは, ほとんど公表されていない。当部では航海訓練所の練習船大成丸が建造された昭和56年より, 同船の第一教室に施工されたロックウール式の浮床の防振効果を測定し, その経年変化に関する調査を航海訓練所との共同研究として実施してきた。過去7年にわたる測定データを整理して得られた主な結果は以下の通りである。(1)建造直後は防振効果は共振周波数において, シャープな落ち込みがあるが, 経時によりその落ち込みは緩やかになる。また共振周波数の経時による明確なシフトは認められなかった。

(2) ロックウールの防振効果は周波数により変化するため, それを一目で表す量として12.5~5 kHzのバンド平均値で整理したところ, 防振効果は建造後3年半の間は漸増しバンド平均で3 dB以上増加した。防振効果は, 理由は不明であるが, 5年目で急激に減少し建造時より若干低下した後, 教室後部ではほぼその値で推移するが, 前部では再び最大値まで回復した後減速する異なった傾向を示した。これは, 教室前部と後部では, 振動レベルに差があるため, 振動疲労のでかたに, 時間差が出たためとも考えられるが, それを確認するには後2~3年調査を継続する必要がある。

<システム技術部>

荷重と強度の相関を考慮した海洋構造物の信頼性評価

Reliability Evaluation of Offshore Floating Structures Considering the Correlation between Load and Strength

遠藤 久芳

平成元年 7月

日本造船学会第9回海洋工学シンポジウム

構造強度の信頼性解析を行う場合には、荷重と強度との間の相関は無視して、それぞれを独立事象として取扱うのが一般的である。しかし、可撓性の大きな浮遊式海洋構造物が波浪荷重を受けるような場合には、その曲げモーメント応答と構造の曲げ剛性の大きさとの間には大きな相関があり、これを無視して独立事象として扱うと不正確となる恐れがある。荷重と強度間の相関の問題は流体力学領域問題に特有の現象であるにも関わらず、これまでに流体力学との関係を明確に示した研究は見られなかった。そこで本報では、具体的な設計例として、東京湾口に設置する沖合貯蔵・中継基地用の浮遊式構造物を探り上げ、可撓性の大きな構造物が波浪荷重を受ける場合について信頼性解析を試みた結果を報告した。

まず、不規則波中の非線形時刻歴応答を計算して、短期および長期各応答の最大値の統計的性質を明らかにした。波強制力の推定値、抗力係数と質量力係数および曲げ剛性を確率変数として取り上げ、これらの変数に起因する変動量および長期応答推定に伴う変動量を加算することにより、長期(50年)応答の最大値を表わす荷重の確率モデルを構築した。

一方、構造物は一様な梁構造にモデル化して、構造物の高さ(H)、板厚(t)および降伏応力の変動の影響を考慮して強度の確率モデルを設定した。

50年最大荷重に対する全体崩壊の安全余裕を評価した結果、信頼性指標は $\beta = 15$ と大きかった。各確率変数の β に対する感度を調べてみると、降伏応力の変動量、次いで長期推定に伴う変動量の影響が支配的であった。荷重と強度の双方に影響する確率変数としてHとtを取り上げたが、これらの変数の荷重の変動に対する寄与は小さく、結果として、荷重と強度間の相関の影響は大きくはならないことが判明した。信頼性指標が大であった主要因は、本構造物の可撓性が大きなことによることを示した。

セミサブ OS モデルへの信頼性設計の適用

Reliability Analysis of a Semisubmersible Offshore Structure (OS-Model)

遠藤 久芳, 福岡 哲二, 山本 規雄, 杉本 広憲,

岡田 真三, 山本 聡, 尾崎 雅彦, 服部 陽一

平成元年 7月

日本造船学会第9回海洋工学シンポジウム

造船学会海洋工学委員会・構造部会においては、海洋構造物の構造設計に信頼性工学を適用するための指針作成を目指し活動しているが、本論文はその中間報告の一環である。セミサブのブレースを例として取り上げて、信頼性設計の導入法、問題点および従来の設計法との比較等について検討した。

セミサブの例として、構造部会(通称OS)で既に試設計され応答計算などに関する実績のあるOSモデルを採用した。本モデルは、既に、各ブレースの発生応力について規則波中の応答から統計的な長期予測計算までなされているが、今回はそれらの結果に種々の設計変数の不確実性を加味して確率モデルとした。

破損については、「降伏」、「座屈」および「疲労」の3限界を破損モードとして設定し、各モード間の相関は無視した。破損関数は、「降伏」は縁応力が材料降伏値を超える時、「座屈」は座屈発生時、「疲労」は疲労亀裂発生時としてそれぞれ誘導した。レベルII法を適用し、信頼性指標 β を基準として信頼性を評価した。以下に検討結果の概要を記す。

3つの破損モードの内、「疲労」に対する β が最も小さく、設計上疲労強度が重要であることが判明した。また、疲労強度の β に影響を及ぼす因子はS-N線図のばらつきであった。「降伏」および「座屈」の破損モードに対する信頼性指標はいずれも10以上であり、これらのモードは設計上あまり問題とはならないと考えられる。また、全ての破損モードに対して、ブレースの径および板厚のばらつきは、 β の値に影響するほどでは無かった。

今回の解析においては、OSモデルについて既に確定的方法で得られている応答解析結果を利用したために、確率モデルを設定するに当り多くの仮定や近似を必要とした。また、外力の評価や応力解析におけるモデル化に伴う不確実性を考慮しなかった。これらの要因の影響は大きいと予想されるので、今後の課題として取り上げていくべきであろう。

<原子力技術部>

Pressure Drops in Subcooled Flow Boiling
in Narrow Tubes

細管内における強制流動サブクール沸騰圧力損失

稲坂 富士夫, 成合 英樹, 志村 敏也

平成元年2月

ASME, Heat Transfer Japanese Research Vol.18 No.1

水を用いた細管内強制流動サブクール沸騰圧力損失が実験的に研究された。実験は、管出口を大気圧とし、管内径1, 3 mm, 加熱管長10~100 mm, 質量速度7000~20000 kg/(m²·s), 入口水温20, 60℃を条件として実施された。

サブクール沸騰時と非加熱時の摩擦圧力損失比の熱流束増大に伴う変化は、内径3 mmでは, Saha-Zuber の提案した気泡離脱開始熱流束近傍で急激に増大し始めるのに対し、内径1 mmでは、圧力損失比が急激に増大し始める熱流束は、彼らの値よりもかなり大きくなることを示した。また、Bergles-Dormer らが実験で得た摩擦圧力損失比と比較した結果、内径3 mmのデータは彼らの実験結果と良い相関を示すのに対し、内径1 mmのデータは熱流束増大に伴う圧力損失比の増大がかなり小さくなることを示した。さらに、Ahmadのクオリティ分布式を用いてサブクール沸騰時の摩擦二相増倍係数を解析的に求め、Lockhart-Martinelliの相関と比較した結果、内径3 mmの増倍係数は彼らの相関よりも若干小さい程度であったが、内径1 mmの場合には、実験値の方がかなり小さくなり、内径1 mmに対しては、Ahmadの与えるクオリティが実際よりもかなり大きい値を与えると考えられることを示した。

船用炉の横揺れ時自然循環特性 (第3報)

Natural Circulation Characteristics of a Marine
Reactor during Rolling Motion (3rd Report)

村田 裕幸, 小林 道幸

平成元年10月

日本原子力学会「1989年秋の大会」予稿集

横揺れ運動が船用炉の自然循環炉心冷却に及ぼす影響を評価するため、模擬装置を用いた横揺れ自然循環実験を行い、これまで横揺れ自然循環の特徴と横揺れ周期・自然循環力の及ぼす影響について明らかにしてきた。本報では、最大横揺れ角が及ぼす影響を明らかにするため、横揺れ自然循環実験を最大横揺れ角をパラメータとして行った。

横揺れ運動により生ずる加速度変化は半径方向成分が最大横揺れ角の2乗に比例するのに対し、接線方向成分は1乗に比例するため、横揺れの慣性力が系に及ぼす影響は各ケースで相似とはならず、最大横揺れ角が大きいほど半径方向成分の及ぼす影響が相対的に大きくなる。

ホット・レグ、コールド・レグの一次冷却水流量は横揺れ角に対応して周期的に変動するが、最大横揺れ角が小さくなるにつれて流量変動の振幅は小さくなる。しかし、横揺れ周期が短くなるにつれて流量変動の振幅が増大し、横揺れ角に対する位相遅れが増加する傾向は最大横揺れ角によって変わらない。

炉心流量は時間的に変動しないものの、横揺れ周期が短くなるにつれてその値は一旦増加し、その後減少する。この変化は動揺のレイノルズ数とレイリー数によって整理できるが、炉心流量が最大値を取る動揺のレイノルズ数の値は最大横揺れ角に反比例する。各ケースの炉心流量の横揺れ周期による変化は、無次元パラメータとして動揺のレイノルズ数と最大横揺れ角の積を採れば、統一的に整理できる。これは、系の熱水力的現象に影響を及ぼす横揺れの慣性力は、接線方向成分が支配的であることによると考えられる。

また、各ケースとも炉心部・SG部の内部において横揺れの慣性力による横流れを生じていることが一次冷却水の周期的な温度変化より明かとなった。

CRITICAL HEAT FLUX OF SUBCOOLED FLOW BOILING WITH WATER

水によるサブクール沸騰限界熱流束

稲坂 富士雄, 成合 英樹
平成元年10月

Proceeding of 4th Int. Topical Meeting on Nucl.
Reac. Thermal-Hydraulics

核融合炉機器の高熱流束除熱を想定した水によるサブクール沸騰限界熱流束が、実験的に研究された。実験は、管内径3mm、加熱管長100mmを対象とし、均一加熱条件下で、管出口圧力0.3~1MPa、質量速度5.5~30mg/(m²・s)の条件で実施された。

実験の結果、次期プラズマ閉じ込め試験装置で想定されている10~50MW/m²という高限界熱流束が、本実験条件下で得られることを確認した。

そして、適用上最も有利とされる圧力2MPa以下の高限界熱流束に対して、従来の相関式がほとんど適用できないのに対し、著者らが先に提案した限界熱流束相関式が、圧力1MPa近傍の高限界熱流束を精度良く予測可能なことを明らかにし、核融合炉機器の冷却水条件を予測するのに有効であることを示した。

また、限界熱流束に影響を与える実験パラメータについて、圧力の依存性、ならびに現象論的メカニズムの観点から議論を行った。

さらに、核融合炉機器では一般に10MW/m²以上の熱負荷が想定されていること、そして現在世界中で中性粒子ビーム入射装置のビームダンプの除熱能力として、40MW/m²程度の限界熱流束を目標とした開発研究が進められていることを鑑み、10MW/m²、ならびに40MW/m²以上を得るための冷却水条件を与えるマップを、著者らが提案した相関式を用いて予測、検討した。

<海洋開発工学部>

実海域実験における計測システムの一例

An Example of Measuring System
for At-Sea Experiment

矢後 清和, 星野 邦弘, 大松 重雄, 北村 文俊
平成元年7月

日本造船学会第9回海洋工学シンポジウム

船舶技術研究所は、海洋構造物の沖合展開のための開発研究の一環として、プロトタイプの浮遊式海洋構造物「POSEIDON号」を用いた実海域実証研究を1986年9月より実施しており現在も進行中である。

実験海域は冬季に厳しい海象条件の得られる日本海沿岸の山形県鶴岡市由良港沖3kmの地点が選ばれた。

このように長期間にわたる実海域実験において、本実験の目的を達成するためには、何をどのような方法で計測し、収録したら良いかについて様々な検討がなされた。本論文では、本実験の概要について紹介するとともに、計測システム選定のプロセスを示し、限られた経費と経験の中から、どのように計測システムを組み上げていったかを明らかにする。また、計測開始から現在までの本計測システムによるデータ取得率および本計測システムに関するトラブルやメンテナンスの実態を示すと共に、現時点での評価を行った。

その結果、実海域実験用の総合計測システムとしては比較的安価に組み上げられたシステムにもかかわらず、データ取得率は80~90%を維持しており、本システムで考えた手法やシステム全体の信頼性が高い事が裏づけられた。

本論文は、同種の実海域実験を計画する場合の参考に資するとともに改良点や批評を仰ぐものである。

<水海技術部>

The Field Tests of Proto-type Floating
Offshore Structure "POSEIDON"

プロトタイプ浮遊式海洋構造物
「ポセイドン号」の実海域実証実験

原 正一, 安藤 定雄, 山岸 直人, 井上 隆一
平成元年9月

Proceeding of OCEANS '89

本海上実験は、科学技術庁の海洋空間の有効利用の拡大及び運輸省の大プロジェクトである海洋構造物の沖合展開などの研究の一環として実施してきている。本研究の主目標は、21世紀における海上情報都市、海上空港、海洋エネルギー発電プラントなどの沖合人工島の基盤となる大規模な浮遊式海洋構造物の建設技術及び信頼性や安全性の向上を図るためのものである。本実験は、昭和61年度から5ヶ年計画で行っており、水槽模型実験や理論計算などによって確立してきた各種の要素技術を集大成して大型浮遊式海洋構造物のプロトタイプ「ポセイドン号」を日本海に係留し、実際の海域において年間を通じた実証研究を実施してきている。

プロトタイプの実験構造物は、将来の大規模浮遊式海洋構造物の極く一部分であり、クレーニング付コラム12本で上部構造物を支持する半潜水型で全長34m、全幅24m、高さ13.5m、排水量531tである。

計測項目は、自然環境条件、構造物の運動、構造歪係留ラインに働く張力及び防食など60項目に亘り、1日4回の定時計測及び台風時や異常気象時に数10時間の臨時計測を行ってきた。

本論文では、多数の計測項目の中から方向波スペクトル、係留ラインの張力、長周期運動及び構造歪を選び、その計測システムを詳述し、解析結果の一部を示し現象の特性についても論じている。また、実機データは、水槽模型実験及び理論計算などと比較して極めて相関が良好であることを確認した。

これらの成果は、将来の大規模な浮遊式海洋構造物の設計・建造並びに基準などの確立に活用する。

プロペラ幾何形状の変化がプロペラ特性及び
キャビテーション性能に及ぼす影響(その1)
—翼厚さ・幅比及びキャンパー比の変化—

The Effect of the Geometrical Feature of Screw
Propeller on Performance(Part 1)-Variation of
the Thickness-Chord Ratio and Camber Ratio-

門井 弘行, 吉田 三雄, 岡本 三千朗, 鈴木 茂
平成元年5月
西部造船会々報 78号

近年、プロペラ効率及びキャビテーション性能ともに優れた、新しいプロペラの開発が種々試みられている。著者らもSRI・B型プロペラを開発し、Bp- δ 形式のプロペラ設計図表を発表した。

しかし、プロペラ設計の対象となる船舶は多種、多様であり、その作動条件も様々に変化する。したがって、設計されたプロペラの幾何形状は、設計図表作成に用いられた母型プロペラの幾何形状とは大なり小なり異なるのが普通である。このため、母型プロペラの幾何形状が変化した場合のプロペラ特性及びキャビテーション性能の変化を把握しておくことが最適プロペラを設計する上で必要となる。

本報告は、SRI・B型プロペラの翼厚さ幅比及びキャンパー比を系統的に変化させた場合のプロペラ特性及びキャビテーション性能を、実験及び理論解析によって検討した結果を述べる。

主な結論として、

1. 母型プロペラの翼厚さ幅比を20%程度増減させても、プロペラ効率はほとんど変らない。
2. 翼背面上に発生するキャビテーションの発生範囲は、キャンパー比を増加させると減少し、キャンパー比を減少させると増加する。このため、船尾水圧変動振幅も同様の傾向で変化する。ただし、キャンパー比を過大な値にとると、正面キャビテーションが激しくなり、プロペラ効率も低下する傾向を示す。
3. 各プロペラの翼面上圧力分布の理論計算値を基にした揚力等価法によるキャビテーション発生範囲の予測結果により、実験結果の妥当性が確かめられた。
4. プロペラ効率及びキャビテーション性能の観点から見た最適の翼厚さ幅比及びキャンパー比の値が存在し、0.7Rにおける最適値は、 $t/l = 0.06 \sim 0.07$ 、 $m/l = 0.02 \sim 0.03$ 程度と考えられる。

<大阪支所>

凝縮現象に伴って発生する水撃現象とその防止法

Characteristics and Preventive Measures of
Condensation-Driven Waterhammers

綾 威雄

平成元年9月

日本機械学会第168回講習会教材

衝撃的な圧力振動を伴うため管路の設計と安全確保にとって重要な水撃現象は、非圧縮性流体の流速急変時に発生する。流速急変をもたらす典型的な操作であるバルブの急開閉に起因した水撃は、従来から詳細に研究されており、設計上十分な精度で圧力変動の予測が可能となっている。しかしながら、流速急変の原因はバルブの急開閉以外にも色々考えられ、事実思わぬ所で水撃が生じ管路の破損を招くことがある。

特に、大きなサブクール度(飽和温度と液温との差)をもった液体とその蒸気とが直接接触する際の凝縮に起因した水撃現象は、液体の慣性力ばかりでなく蒸気の凝縮速度も現象を支配するためメカニズム的に複雑で、研究が最も遅れている。

本テキストは、重大事故時における軽水冷却型原子炉の健全性に係わる現象として関心が持たれている、冷水と蒸気との直接接触凝縮に起因した水撃を中心に、実際の工業プラントで発生するであろう凝縮起因の水撃現象の発生メカニズムとその防止法について解説を試みたものである。

水平および水平に近い配管系において、急激な凝縮に伴う高速蒸気流により層状の水が巻き上げられ水スラグが形成されると、蒸気泡の凝縮崩壊とともに水スラグと水柱とが激しく衝突する。その際のピーク圧力は、持続時間がミリ秒前後と短いものの、10MPa(約100 kg/cm²)を超える。このような水撃発生を防止するには、大きなサブクール度を持った液体とその蒸気とが直接接触しないよう、管路の設計を工夫するとともに、水平部分に凝縮液体が溜まらないように運転マニュアルを改良することが重要である。また、軽水型原子炉の非常用冷却水注入時のように、冷水と蒸気との直接接触が避けられない場合には、注入口上流側の蒸気容積を減少させること(流動振動周期を短くし、層状水の形成を防げる)や下流側に絞りを設けること(流動振動そのものを抑制)が水撃防止に効果的である。

Evaluation of Heat Transfer Coefficient at
Direct Contact Condensation of Cold Water
and Steam

冷水と蒸気の直接接触時における熱伝達率の評価

綾 威雄, 成合 英樹

平成元年10月

Proceedings of 4th Int. Topical Mtg. on Nuclear
Reactor Thermal-Hydraulics.

蒸気と冷水が直接接触して凝縮を生ずる現象は多くの工業プラントで見られる。筆者らは、軽水冷却型原子炉の冷却材喪失事故時の現象解析のためいくつかの模擬実験と解析を行ってきた。そこでは、強い非常伝熱が生じているため、熱伝達率の評価は容易ではなく、解析上はインプットパラメータとして逆に実験に合うように定めてきた。実炉の解析コードでも多くはインプットパラメータとなっており、現象を保守的に評価するように与えるのが普通である。本報はこれまで筆者らが行ってきた研究を凝縮熱伝達率の観点から検討したものである。

蒸気と冷水の直接接触時の伝熱を支配する熱抵抗は一般に蒸気側と水側に生ずる。蒸気側の熱伝達率は界面熱伝達率と呼ばれ、気体運動論より求められる。この値は大気圧の水に対して7.9~13.1 MW/(m² K)となる。水側に温度境界層が形成される前の凝縮速度はこの値で支配されるが、水側の温度境界層は急速に発達するので、ほとんどの場合、水側の熱抵抗を考えればよい。

水中の蒸気凝縮として沸騰水型炉の冷却材喪失事故時に圧力抑制室内で生じるチャギングと凝縮振動を取り上げた。温度境界層の発達と消滅が繰り返されるチャギングでは、瞬間的な熱伝達率は最大2.26 MW/(m² K)に達するのに対し、1サイクル中の平均熱伝達率はその5~6分の1程度となった。熱伝達率が比較的安定している凝縮振動時の値は、従来の研究結果も考慮し検討した結果、サブクール度と蒸気流速にほぼ比例するため、10⁵~10⁶ W/(m² K)になることが分かった。蒸気流中への冷却水注入時の凝縮は、注水ジェット部と水平層状流部分で行われ、それぞれの熱伝達率は2.8×10⁵ W/(m² K)及び1.3×10⁴~5.5×10⁴ W/(m² K)となった。蒸気空間へ注水した際の熱伝達率を、容器内の水位変化に及ぼす効果から評価したところ、7.8×10⁴ W/(m² K)という平均値を得た。