

所外発表論文等概要

<運動性能部>

自由落下式救命艇の落下運動の数値シミュレーション
とその応用 (第2報)

Numerical Simulation and its Application on the
Falling Motion of Freefall Lifeboats (2nd report)

小川陽弘、田崎 亮、月野良久
平成4年5月
日本造船学会 論文集 第171号

自由落下式救命システムは、従来の救命システムよりも安全・確実・迅速に本船から離脱できることを目的に開発された。既に国際法規でも認められて、船舶・海洋構造物用として広く採用されており、新規に建造される船でこのシステムを装備するものも多い。

前報では救命艇の滑降から着水までの運動を力学的な解析に基づく数値シミュレーションにより計算する方法を示し、安全上極めて重要な艇及び滑台の諸要素・条件と着水時の姿勢との関係を明らかにし、更にその応用として安全着水限界の評価法を提案した。

今回は、前報の計算法の拡張として、主船体が動揺する場合の落下運動を検討した。

まず、その代表的な場合として、滑台が斜面の中心線を含む鉛直面内で任意の運動をするときの救命艇の落下運動を計算する方法を開発し、その一般的な解法を示した。

次にこの計算法の検証のために平行に振子運動する滑台から救命艇が落下する場合の模型実験を行った。その結果、本計算法の有効性を確認すると共に、落下する模型と滑台の相互作用について、興味ある知見が得られた。

更に、本計算法の実機の設計及び安全運用への応用例として、実際の自由落下式救命艇の使用状態を想定し、救命艇の着水姿勢に及ぼす本船の運動の影響を検討した。即ち、本船(の運動)による滑台の運動のどの位相で救命艇を切離して滑降を開始したかによって、着水姿勢がどのように変化するかを調べた。その結果、安全着水範囲、危険範囲等に関して幾つかの重要な結論が得られた。

最後に、実機の設計段階で安全性を確認するための計算には、本文で定義した「船体運動位相線」が有用である事を示した。

<構造強度部>

Flexural Impact Damage of Ferrocement

フェロセメントの曲げ衝撃損傷

小林佑規、田中義久、小野正夫

平成4年7月

International Ferrocement Information Center
Journal of Ferrocement, Vol. 22, No. 3, July 1992

フェロセメントは、曲げの柔軟性に優れているが、薄板のため衝撃に弱い。しかし、衝撃損傷は極めて局所的であることが経験的に知られている。一般に、耐衝撃性は、吸収エネルギーで評価すると、補強材比および比表面積を大きくすることによって改善される。しかしながら、比表面積を大きくしても、衝撃後の水密性が良くならないなどの報告もある。このように、衝撃を受けたフェロセメントの特性は複雑であり、衝撃による損傷とその評価法は明らかでない。

本稿は、落錘によるフェロセメントの3点曲げ横衝撃における局所的な損傷機構について検討したものであり、結果の概要を以下に示す。

1. 衝突直後に生ずる荷重のピーク値は、衝突速度と比例関係にあった。荷重のピーク値は補強金網の降伏強度の影響を受ける。そのため、耐衝撃性は、高降伏補強金網の使用により改善される。
2. 衝突速度が大きいほど衝突直後の圧縮縁歪は大きくなるが、たわみは逆に減少した。このことは、衝突直後に、負荷軸直下に局所的なひびわれ損傷が生じることを示している。このとき、最外層金網は圧縮縁歪から計算すると降伏しており、ひびわれは肉眼で観察できる大きさとなる。また、局部損傷に要する吸収エネルギーは、重錘の落下高さに比例するが、いずれの落下高さにおいても付与エネルギーの25%であった。
3. 衝突後のたわみがある程度大きくなると、たわみと圧縮縁歪との関係は破壊まで直線関係を示す。これはひびわれ幅が開くためであり、静的な破壊条件を求めることから衝撃による損傷機構が推定できる。
4. 衝撃破壊は、付与エネルギーの大きさにより、ひびわれのみの局部損傷となるか、圧縮縁モルタルの破壊による終局状態となるかが決まる。終局状態となる破壊エネルギーは、補強材の配置が定まれば一定値であるとみられるが、モルタルの圧縮強度の歪速度依存性によりやや大きくなる。

<機関動力部>

Investigation of Annular Liquid Film Flow in Tubes with Helical Ribs & Wires (Experimental Correlation and Cause of the Entrainment Suppression Effect)

ら旋細線などを挿入した管内における環状液膜流の研究
(エントレインメント抑制効果の原因と実験相関式)

汐崎浩毅、波江貞弘

平成3年8月

Scripta Technical Incomp. (Sponsored by ASME)
Heat Transfer Japanese Research 第20巻第8号

蒸気ボイラや原子炉等の蒸気発生器において、高乾き度領域における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、ドライアウトを早め伝熱性能を劣化させるとともに、蒸気乾き度向上の阻害要因になる。著者らは、蒸発管内壁にら旋状の細線(またはリブ)を付加することにより、このエントレインメントを抑制しようとする目的で研究を実施してきた。本研究はその続報である。

内径約2 cmの円管内壁に様々な高さ(直径)、ピッチ、本数のら旋細線を付加し、気液流量を変化させてそのエントレインメント抑制効果を調べた。その結果、抑制効果は4つの無次元数、すなわち、エントレインメント比、ら旋細線の高さと最大液膜厚さとの比、ら旋の傾き、細線の本数を用いて整理できる。これらの無次元数を含む実験整理式を導いた。

一方、これと並行して、ら旋構造によるエントレインメント抑制効果の原因を調べるための実験も行った。一般にエントレインメントは、気液界面のじょう乱波波頭から発生することが知られているが、前報で行った液膜抵抗法による計測により、ら旋構造がじょう乱波を減少させていることがわかった。このじょう乱波減少が、液膜に対する細線の直接的な干渉によるのか、ら旋回転による遠心力によるのかを調べるために、管路を二重管構造とし、内側の管の外壁にら旋細線を付加した装置を製作した。この装置では、流体が二重管の間を流れる際に、遠心力が内管から液膜をひきはがす方向に作用する。結論としてこの場合もやはりじょう乱波の減少がみられ、遠心力の作用は小さいこと、現象を支配しているのは液膜界面波に対するら旋細線の直接的な作用であることが明らかになった。

レーザ干渉・CTによる燃焼温度の空間分布計測

Interferometric Tomography Measurement of Spatial Temperature Distribution in Combustion Flame

佐藤誠四郎

平成4年6月

(株)情報調査会センサー技術 第12巻第7号

光に対する気体の屈折率が密度の関数であることを利用して、光干渉法を用いた気体の密度、温度、圧力などの測定が行なわれている。干渉法による燃焼温度測定では、局所の値と同時に分布の形状とか広い範囲の広がりのような全体の情報を非接触で得ることができるので、燃焼診断法として有力な手法になると考えられる。

干渉法では光路に沿う積分量が得られるので、従来から、光路方向に分布などの変化のない二次元場や回転対称場の測定に限られていた。このような欠点も医学診断で用いられているコンピュータ断層撮影法(Computed Tomography, CT)を組み合わせることで補われ、任意の分布形状の場合にも適用可能となる。

本稿では、燃焼で最も基本的な火炎温度測定法をとりあげ、レーザ干渉法と計算機トモグラフィを用いた温度の三次元空間分布測定法について、測定原理、撮影光学系、適用例などを、当所で行なっている結果を中心に述べたものである。

本測定法は、現状では手間と時間がかかり、手軽に使える手法となっていない。これは、干渉像の記録に従来写真の銀塩方式を用いていること、干渉縞の画像処理やデータの数学的変換が必要なことなどによっている。まだ実機などへの適用には大きなギャップがあるが、燃焼現象の理解や火炎構造などの基礎研究、実験室レベルの観測用または計測用のガス燃料を用いるモデル燃焼器などの測定には十分使用できると思われる。

今後は電子写真方式を用いること、画像処理の自動化や、計算処理の高速化などにより、瞬時の空間的温度分布のオンライン測定のほか、ラインセンサーなどを用いた経時測定法の開発により、レーザ分光法などによる二次元計測の相補的計測法として発展することが期待される。

<材料加工部>

重畳ランダム歪波形下におけるアルミニウム合金A5083P-O材の疲労挙動

Fatigue Behavior of A5083P-O Aluminum Alloy under Superposed Random Strain Waves

高橋一比古、前中 浩

平成4年5月

日本造船学会論文集 第171号

最近、大型の新形式超高速船に関する研究開発が盛んになっており、TSL計画も目下進行中である。新形式超高速船の船体重量支持方式としては種々のものが考えられているが、いずれの場合も、浮上、航行、着水を繰り返す事により船体支持部材に加わる変動荷重はかなり苛酷なものになると考えられ、これらの部材に対して適切な疲労設計を施す事は、安全設計上極めて重要である。本研究では、標記アルミ合金を対象に、超高速船の船体支持部材に生じる歪履歴のモデルとして1次変動波形に2次変動波形が重畳する形の歪波形を用いたランダム疲労試験を実施し、既存の方法による寿命推定の妥当性に対する検証を行うとともに、1次変動歪波形1サイクル当たりの平均ヒステリシス・エネルギーを基準とする新たな寿命推定方法を模索した。まず、破断寿命を1次台形波の歪範囲で整理すると、定振幅及び2次ランダム波の振幅が相対的に小さい場合のデータは片対数座標上でほぼ傾きの等しい直線上に位置するが、2次ランダム波が卓越してくると傾向が変化し、直線の傾きは増大した。また、疲労試験中の材料の加工硬化を定量化するため、1次台形波1サイクル当たりの平均ヒステリシス・エネルギーを1次台形波のサイクル数に対してプロットしたところ、片対数座標上でほぼ直線状の減少傾向を示した。減少の度合いは2次ランダム波の振幅が大きい程著しく、加工硬化がより迅速に進行する事が分かった。平均ヒステリシス・エネルギーの初期値で破断寿命を整理すると、定振幅データとランダム疲労試験データの間的良好な相関が得られ、これを利用してランダム疲労寿命を精度良く推定する事ができた。一方、本研究のような重畳ランダム歪波形に修正マイナー則を適用する場合、計数法としてレンジ法を用いるのは非常に危険である事、またレイン・フロー法を用いれば比較的妥当な寿命推定が得られるが、寿命比にして5程度の安全率を見込んでおく必要がある事が分かった。

304ステンレス鋼溶接部の超音波特性について

Ultrasonic Characteristics of 304 Stainless Steel
Weldment

島田道男

平成4年7月

超音波 TECHNO 第4巻第8号

304ステンレス鋼に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼は、優れた耐食性を有するとともに、機械的性質も良好なため、原子力施設、化学工業プラント等に広く利用されている。さらに、低温における破壊靱性にも優れることから、LNGタンク等にも使用分野が広がり、社会的に重要な構造物を製造する上で不可欠の構造材料となっている。

これらの広範囲の利用が進められる背景には、ステンレス鋼の溶接技術の支えがある。オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の金属顕微鏡観察によると、大きな柱状晶の発達認められる。このような粗大な組織にかかわらず、同溶接部は母材に近い機械的性質を有している。

しかしながら、同溶接部を破壊の起点とする事故も少なからず発生しており、オーステナイト系ステンレス鋼を用いた構造物の安全性、健全性を確保するためには、適切な溶接施工管理と非破壊的な検査が要求される点は、通常の鋼材と同様である。

ところが、上述の柱状晶は、溶接金属の冷却過程において、熱の散逸方向に結晶方位が揃うために生じる現象であり、著しい異方性（方位により物性値が異なる）を示す。そのため、非破壊検査において重要な超音波の伝播挙動を複雑化する原因となっている。また、この柱状晶はX線の異常回折を生じるため、放射線透過試験への妨げともなっている。このように、非常に優れた性質を有するオーステナイト系ステンレス鋼も、非破壊的な検査においては、多くの問題を残している。

ここでは、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部で観察される超音波挙動の特殊性について解説するとともに、超音波を用いた同溶接部の機械的性質評価の必要性、可能性を論じた。さらに、当所で実施した、超音波スペクトロスコーピー法による溶接部の特性評価法について、データを交えて解説した。

Wear and Friction of Alumina at Elevated
Temperatures

高温におけるアルミナの摩耗と摩擦

千田哲也、John Drennan、Reg McPherson

平成4年8月

Proceedings of the International Ceramic
Conference Australia 1992 (Austceram 92)

焼結アルミナの高温すべり摩擦摩耗試験を行った。室温から1200°Cまで温度の上昇とともに摩擦係数は減少した。800°C以上で摩耗量は減少し、1000°Cではほとんどゼロになった。摩耗量の減少した800°C以上では、平滑な摩擦面が形成されていた。透過電子顕微鏡で平滑な摩擦面の近傍を調べたところ、表面から厚さ方向に3つの特徴的な領域が観察された。表面付近には0.1 μm 程度の粒径の微細粒子の層が約10 μm の厚さでみられた (Zone I)。Zone Iの直下のZone IIには多くの双晶と転位の密度の高い塑性変形層がみられた。この層と、変形のない元の焼結体構造の保持された領域の間には、Zone IIほど密度は高くないが、転位の存在する層 (Zone III) が観察された。室温ではZone Iのような微細粒子の層は非常に薄く、600°Cでは数 μm の厚さの微細粒子層が観察されたが、いずれも母材との界面または層内にき裂がみられた。

高温での微細粒子層の形成について、摩擦熱による表面の溶融と再凝固、摩耗粉の圧縮および塑性変形部の再結晶の3つのメカニズムが考えられる。それらの可能性を検討したところ、微細粒子層の直下に変形層がみられることなどから塑性流動と動的再結晶の結果である可能性が高いと結論された。このような塑性変形は、変形速度が非常に高いため変形部が局所的に高温化することにより降伏応力が低下した結果と考えられており、試験温度が高い場合にはこのプロセスが容易になり、大規模の変形が起きたものと思われる。

<装備部>

低粘性非水溶性付着液の洗浄

Washing of Water-unsoluble Liquid with Low Viscosity

上田浩一

平成4年5月

日本船用機関学会 第49回学術講演会前刷

ケミカルタンカーの洗浄廃水の海洋への排出が規制された現在、タンク洗浄をできるだけ少量の水で効率的に行い、後の洗浄廃水の処理の負担を軽減する洗浄方法を確立していく必要がある。タンク内の付着残液には、水溶性の物質、非水溶性の物質および凝固性の物質がある。今回は非水溶性の低粘性の付着液を水噴流で洗浄する場合について模型タンクを用いて、洗浄排水中の残液濃度の計測および除去状況の観察を行った。供試液としては着色した軽油を使用した。この実験結果と今までの水溶性付着液による実験結果と比較検討した。

水噴流によるタンク洗浄において、付着物質が非水溶性で洗浄され難くなると、天井面の隅の近傍が最も洗浄され難くなる。天井面の角部分では走査間隔が大きくなり洗浄効果が落ちること、天井面では側面や底面より他面から流れて来る水流が少ないことが考えられる。このため、天井面の四隅の近傍で跳び散る水滴が届かない部分が最も洗浄され難い場所になると考えられる。

洗浄しながら洗浄廃水を排出する場合、濃度と洗浄水量の関係の実験式から残液の排出量を計算するには、洗浄開始直後は非定常なため、定常的に排出が開始される時点の洗浄水量を推定する必要がある。定常的に排出が開始されていると見なす水量として、洗浄中タンク内に滞留している量の β 倍から洗浄開始時のタンク内残液量を差し引いた量を使用し、この値から定常的に排出されているとして概算できる。軽油を使用した実験では β は3.7程度で、水溶性の低粘性や中粘性の付着液よりは大きく、水溶性の高粘性の場合より少し小さい。

洗浄水量と濃度の関係についてタンク内の残液と洗浄水が均一に混合していると仮定して求めた式と実際の実験結果とを一致させるための補正係数を求めた。初期の補正係数 K_0 と濃度の減少率の補正係数 K_1 を水溶性の場合と比較すると、非水溶性の場合には K_1 が大きくなり、洗浄効果が低下すると考えられる。

船舶ライダーによる海上混合層の観測

Observation of the Marine Mixed Layer by Shipboard Lidar

山岸 進、山之内博、土屋正之

平成4年6月

第15回レーザセンシングシンポジウム

船舶からの大気汚染物質が環境に及ぼす影響を評価するために、拡散予測モデルが必要である。モデルの妥当性を検討するため観測調査が実施され、総合的解析が進められている。本報は、このうち船舶搭載ライダーを使った混合層構造の観測についての報告である。

現在のところ、一般気象データからリッドの高さを予想する適切な理論が無いため、混合層中で上方への拡散が抑制される高さをエアロゾルの濃度分布から推定することとした。

海上エアロゾルは海面付近で生成され、乱れによって上空に拡散され、拡散が抑制されると、エアロゾル濃度に大きな差が現れる。これはライダー信号の変化として捉えられ、その分布を調べることによって構造を知ることができる。解析においては、濃度分布そのものより変化率を見た方が良い。また複数のピークが見られるため、一本のNCGだけから境界を判定することは難かしいが、経時変化をグラフ化することによって、変化過程を推定した。

観測は、ライダー装置を航海訓練所青雲丸(5,000t)に搭載して行い、動揺角はライダー計測とタイミングを合わせて2軸ジャイロで動揺を記録しておき、計算で補正した。

観測の結果、次のような事が明かになった。伊勢湾から新島まで観測で、混合層の上端は陸上において約1.6km、海上では約700mから900mであったと推定される。また、湾内では濃度分布が2重構造となっている事が示された。また、海水温が気温より高い状態では、蒸発を伴う活発な層が観測され、かなり低い安定層を伴う状態が見られた。

<システム技術部>

海上交通の安全に及ぼす高速船航行の影響の評価
— 操船者が感じる「脅威」 —

Safety Assessment of High Speed Marine
Transportation from Viewpoint of Threat in
Captains Sense

宮崎恵子、沼野正義、福戸淳司
金湖富士夫、桐谷伸夫、有村信夫
田中邦彦、村山雄二郎、伊藤泰義
今津隼馬、甲斐繁利
平成4年5月

日本航海学会 第86回講演会講演予稿集

本報告では、操船者は、航行中、想定している潜在的危険に対して、それを回避するための安全余裕がないと脅威を感じることを明らかにした。そして、脅威は、航行に影響を及ぼす具体的な要因を操船者が経験的に包括したものであり、潜在的危険を考慮した安全評価の主観的な指標ととらえることができることを示した。また、一般船と高速船の遭遇においては、一般船の操船者が感じる脅威を、航行の安全評価の指標とすることを提案した。これを踏まえて、高速船の安全な航行を求めることを目的として、まず、一般船操船者が脅威を感じる、高速船の避航開始位置を求める実験を行った。実験では、一般船を、大型船、小型船の2種類、高速船を、小型船で速度が50ノット、25ノットの2種類を用い、一対一遭遇の様々な遭遇角度において、「一般船操船者が脅威を感じない限界の、高速船の避航開始位置」と「一般船操船者が脅威を許容できる限界の、高速船の避航開始位置」を調べた。今回の実験では、一般船の大きさの違いによる差と、高速船の速度の違いによる差は顕著ではなかった。

さらに、これらの避航開始位置が、物理的にはどのような意味を持つ位置であるかを検討した。その結果、高速船と一般船の遭遇においては、一般船操船者は、時間的にある一定の安全余裕を有する時点で、高速船側が避航開始することを期待していることが明らかになった。また、一般船操船者の中では、高速船に対する脅威の基準がまだはっきりとできあがっておらず、一般船に対する脅威の基準と混同されていることも明らかになったが、改善には、シミュレータ実験の利用が有効である。

航行環境情報の表示方式の一考察—III
— 音声支援システムについて —

A Study on the Navigation Decision Support
Display System—III
— Proposal of a Navigation Support System
Using Voice —

有村信夫、山田一成、菅澤 忍
池上二郎、八田一郎
平成4年5月
日本航海学会第86回講演発表会

近年、船舶では各種自動化機器の導入に伴う運航要員の省人化が実施される中で、海上交通の輻輳化と船舶の高速化がすすむ傾向にある。したがって、航行の安全性を確保するためには操船者と ARPA の間のマン・マシン・インターフェースの機能向上を図って、操船者の航行環境情報の入手と情報処理負担を支援することが重要である。

本発表では、衝突予防支援システムに音声情報を用いる方式によって、この問題解決が図られることを示した。

即ち、ここでは操船者と支援機器間の情報伝達手段に音声を用いて、操船者を視覚情報と聴覚情報の両面から効果的に支援するシステムを開発し、本支援方式の適用性を調査して問題点の考察を行った。

考察の結果、従来のブザーによる警報発生方式では警報の発生状況の確認を ARPA の表示画面上で行う必要があったが、音声を用いた情報伝達方式では ARPA から離れて見張り作業を行う場合でも、音声警報の内容から目標の航行状態を確認した。そして、ARPA で提供する情報の伝達効率が改善されることを示した。

An Advanced Function of Man-Machine Interface System for Autonomous Nuclear Power Plants

自律型原子力用プラント用マンマシン
インターフェースシステムのための先進機能

松岡 猛、沼野正義、福戸淳司
染谷 実、宮崎恵子、菅沢 忍
多賀謙治、大橋厚人

平成4年5月

Application of Antificial Intelligence and Robotics to Nuclear Plants (AIR'92)

原子力基盤クロスオーバー研究において進めている自律型プラントにおけるマン・マシン・インターフェースシステム (MMI) の適応性評価の研究結果の報告である。

まず、自律型プラントの概念として現在までに得られた知見を述べている。その一つに、プラント自身が自から性能を向上させていく機能がある。

自律型プラント・シミュレータをエキスパートシステム“G 2”を用いて開発した。現在の所、加圧水型原子力プラントの基本的運転モード及びいくつかのトランジェント状態の模擬ができる様になっている。プラント運転は、ディスプレイ画面上部にあるコントロールパネルを用いて行う。運転時において操作する量・機器は、発電機出力、制御棒位置、冷却水保有水調節弁、加圧器ヒータ、給水弁、冷却水ポンプ等である。今後、このシミュレータに自律機能を付加していく。

自律型プラントにおける MMI は、プラント機能モデルを保持しており、このモデルに基いて適切な情報提示を行うと考えられている。更に、このモデルをプラント状態に対応して修正／拡張していく機能も備えられている。このプラント機能モデル実現のための研究について述べている。

プラント状態を人間（運転員）に提示する方法として、三次元カラー・グラフィックス表示がある。プラント機能モデルからの情報をもとに、プラント状態を視覚的に表示するため加圧水型プラントの各構成機器のグラフィックス・データを作成した。視点位置を自由に動かせるため、あたかもプラント内部を歩いている様に感じられる。また、各機器を半透明表示する事もできるので内部も観察できる。機器の状態量（温度、

圧力、等）に対応した色彩表示、内部断面の状態量表示も可能となっている。

多数存在するプラント状態間の関連を判りやすく表示する技術の研究についても述べている。

操船シミュレータにおける人工現実感

Virtual Reality for Ship Maneuvering Simulators

宮崎恵子

平成4年5月

日本機械学会 講習会「交通機械とバーチャル・リアリティ」教材

現在、船舶の分野でも、操船シミュレータの利用が重要な位置を占めている。本稿では、まず、操船シミュレータの特徴と種類について整理した。操船とは、与えられた航行環境の中で、船舶が安全を確保しながら目的を達成すべく、操船者が操縦することである。したがって、操船は、環境、船舶、操船者の三つの要素から成り、操船シミュレータは、この三つの要素の内、環境と船舶をモデル化して表現し、構築されている。また、船舶の操船には、他の交通機関に比べて、次のような特徴がある。①速度が遅く、操縦に対して船体運動の反応遅れが大きい。また、低速時の運動制御が困難。②操縦性能等の優劣の個体差が大きい。③操船者と操舵員が分かれており、操船者は移動して広い視野から情報収集する。④運転支援機器や交通管制が少なく、操船者は航行環境から直接情報収集する。⑤航行が2次元的で、操船は、海域ごとに特有の交通流の影響を受ける。⑥自然環境では特に波が、また浅水、狭水域等の地形環境が、操船に影響する。操船シミュレータの種類としては、船員訓練用、港湾・水路の設計・評価用、船舶の設計用、航行の安全評価用等の操船シミュレータがある。

操船シミュレータは、船体運動を模擬する部分と、操船に必要な情報（操船情報）の表現および操作入力部分から構成される。それぞれの部分で実現すべき人工現実の要件とその持つ意味について検討し、船舶技術研究所で構築している航行の安全評価用操船シミュレータを例にして、その実現方法について述べた。船体運動を模擬する部分では、船種、船型ごとに航行環境の影響を取り入れた数学モデルを持ち、対象に応じた精度を保つことが重要である。操船情報の表示では、目的に応じて、距離感、スピード感が得られる適切な景観画像の表現、多数の移動物体の扱い、灯火の表現、広い視野の確保を実現することが重要であり、その技術について紹介した。

システム的安全性の問題点

Problems in System Safety

村山雄二郎

平成4年6月

日本学会議

第22回安全工学シンポジウム講演予稿集

一般にシステムの安全性とは、定性的な概念である。その理由は、①「システム安全を損なう原因の範囲をあらかじめ決めることが困難」、②「ある原因からシステム安全を損なう結果に至る経路の特性をあらかじめ決めることが困難」のために、システムの安全性の構造を決定することが困難であるからである。

ここでは安全性を次のような考え方で論じている。

- ①「システムが原因となって人間や他の価値あるもの等に危害・損傷を与えない性質」（無加害性）
- ②「システムの構成要素の故障や、システムを取り巻く環境等にシステムを害する状況の変化があっても、システムが規定の機能を保つ性質」（自己保全性）

対象システムが大規模システムの場合には、その安全を確保するために、特に次のような注意をせねばならぬ点が出てくる。

- ①システムの構造を考慮して、システムの安全を損なう要因と、それが波及していく経路を洗い出す。そのためには、当該システムとその構成要素である機械的要素、人間的要素だけでなく、その上位システム、並行する他のシステムや、これらを取り巻く環境を考慮すべきである。
- ②システムの安全の定義、特に、守るべきものは何かを明確にすることによって、大規模システムにありがちな矛盾した安全対策を排除する。
- ③特に、人間的要素は、安全を損なう原因にも被害者にもなり得ることを考慮する。また、その動作の特性は、機械的要素とは異なることをも考慮する。

<海洋開発工学部>

Wave Loading on a Prototype Cylinder

実機円柱に作用する波力

加藤俊司、大松重雄

関田欣治、山口正記

平成4年6月

Proceedings of 2nd International offshore and
polar Engineering conference

浮遊式海洋構造物を構成する要素として円柱要素は広くブレース等に用いられ、その円柱要素部材に働く波力特性は、構造物の局部強度上最も重要である。このような円柱要素に働く波力の評価式としてモリソン式が広く使用されている。その理由は、円柱の直径と波の波長の比がかなり小さくなるため diffraction wave の影響が小さくなるためである。モリソン式は質量力と抗力の和で表され、それらの係数を見いだすために数多くの研究が今までなされてきた。特に Sarpkaya は U チューブ (振動円柱) を用いた実験法を開発し、その実験からモリソン式係数の特性を広範囲に調べた。その結果によると質量力及び抗力係数は、レイノルズ数とクーリガンカーペンター数 (Kc) 及び相対粗度の関数になる。実験室のレベルでは彼以降かなりのデータの蓄積があるが実機となるとほとんど皆無である。本論は、浮遊式海洋構造物ボセイドン号に直径406mmの鉛直円柱(長さ13.5m)を垂直にぶら下げ、水面下2.5mの位置における波力を計測した結果についての報告である。本研究で得られた結論は以下の通りである。

1) モリソン式の質量力及び抗力係数は波周波数に大きく依存する。この結果は、係数が一定値であったノルウェーの Ocean Test Structure の固定鉛直円柱実機試験結果と異なるが、この理由は Kc 数が波周波数に依存するためである。Kc 数は波粒子の振動振幅と円柱直径の比で与えられるが、不規則波中では波粒子速度は連続スペクトルを有するため周波数に依存する。従って、Kc 数を一定な統計量として扱うことはできず確率変数としての取扱いが必要である。

2) 波力の N 波中の最大極大値の期待値の内、波向き方向の極大値の期待値は Longuet-Higgins らが示した線形理論では予測不可能である。

<水海技術部>

A Numerical Simulation of Ice-cone Interaction

氷板と円錐型構造物の干渉の数値シミュレーション

泉山 耕、北川弘光

小山鴻一、宇都正太郎

平成4年6月

Proceedings of IAHR Ice Symposium 1992.

本論文では、円錐型海洋構造物と平坦氷との干渉問題に関する数値解析法を提案し、構造物に加わる氷力について計算結果と模型実験結果との比較を行うとともに本解析法の適用限界、将来的な改良の方向等について論ずる。数値解析的な氷力の推定手法としては、これまで有限要素法等を適用する試みがあったが、このような手法では連続貫入状態における氷力の計算は困難である。本手法は、この連続貫入状態における氷力の状態をシミュレートできる点に特徴がある。

一般に、傾斜型構造物と氷板の干渉では、両者の接触、接触点から有限距離の氷板内における曲げクラックの発生、砕氷片の回転及び構造物表面への乗り上げという過程が干渉の進行とともに繰り返される。この時、曲げクラックの発生位置、形状により、構造物と氷板の接触条件並びに砕氷片のサイズ、形状が決定される。従って、構造物に加わる氷力が上記の各過程に起因する成分より構成されると考えると、クラックパターンをシミュレートし、これより各氷力成分を計算してこれらを重ね合わせるにより、連続貫入状態における氷力が推定できる。本手法では、クラック形状を接触点を中心とする円弧に近似してクラックの発生をシミュレートした。氷力に関しては、氷板の破壊、砕氷片の回転及び乗り上げによる成分を考慮し、クラック形状並びに砕氷片サイズよりこれらを計算した。破壊成分に関しては、Ralston の塑性限界理論を適用し、その他の二成分については力学的釣合よりこれらを計算した。

計算結果を実験結果と比較した結果、氷力の最大値及び平均値について良い一致を得た。また、構造物の直径と氷荷重の関係に関してシミュレーションを行い、氷板の非同時破壊による破壊成分低減の可能性を示した。最後に本手法の適用限界、改良の方向に関して、クラックの近似法、破壊成分の推定法及び構造物表面における砕氷片の安定という点から論じた。

目視・膜厚・光沢・色差

Unaided Eye Inspection, Coating Thickness
Glass and Tint

在田正義

平成4年6月

日本腐食防食協会

第90回腐食防食シンポジウム予稿集

塗膜診断と寿命予測技術の現状と課題を調査・研究する作業の一環として、塗膜診断の最も一般的な方法である目視検査について検討した結果を中心に解説し、問題点を述べた。

塗膜の初期状態及び経年劣化後の検査としては、目視による外観検査が最も重要なものである。ここでは、日本塗料検査協会、旧国鉄、本四連絡橋公団、造船学会等の検査方法を系統的に解説した。これらの検査では、検査期間、定期点検での検査項目、臨時点検での検査項目をきめている。一般に、検査項目としては、割れ、はがれ、ふくれ、さびなどが定められている。これらを点数化して評価する方法、計器によるごぼん目試験、塗膜インピーダンスを併用する方法がある。

調べた方法の中では、本四連絡橋公団のものが、塗膜設計の初期から保守・管理を考えたものであり、最も整ったものといえよう。しかし、従来からの検査方法は、必ずしも検査対象との整合性がないのが問題である。今後、検査結果の客観化と、塗膜寿命予測に役立つ形でのデータの蓄積が必要である。

膜厚は、塗膜の寿命と強い関係があるにもかかわらず、規則類での記述は少い。ここでは、JIS、国鉄法、港湾鋼構造防食マニュアル、造船学会での規定について述べた。この中で、造船学会の「船舶塗装防食設計指針」が最も詳しい規定をしている。この指針では、塗布面積と塗布量でコントロールする方式とウェット膜厚を測定しながらの方式を示している。また膜厚の分布に対する考慮にも言及している。

膜厚に関する規定での最大の問題点は、塗膜欠陥の生じ易い「フリーエッジ部、溶接部は……測定しない」と除外していることである。こうした部分は、設計時に、細部形状と塗膜厚の関係を考えて対策を立てておくことが必要であろう。

光沢、色差は、防食性との関係で直接規定されることはないのが現状である。

今、海で起っていること

What is Going at International Ocean Transport

在田正義

平成4年7月

日本科学者会議、日本の科学者 第27巻第7号

近年多発している大型バルクキャリアー(バルカー)の事故の背景に、船舶の保守・管理の不備、乗組員の緊急時対応の不慣れ、さらにこれらの背景に、国際海運における便宜置籍船、第2船籍船の急増、それに伴う伝統的航海運国船員の急減があることを述べ、これらに対応した海運政策をとることが、事故を少くするために必要であることを強調した。

大型老令バルカーの事故は、1990年1月から1991年の8月までだけで38隻に達し、死者は300人近い。これらの船の大半は、便宜置籍船であり、犠牲船員の多くは、賃金の安い東南アジア船員と思われる。この中に、日本人船員は一人も含まれていない。

日本、英国、ノルウェーといった伝統的航海運国では、船員費の高騰による国際競争力の低下を理由に、自国支配下の船舶への自国船員の乗組みを減らしてきた。

この事情を日本について見ると、日本の船主支配下の外航船舶は、便宜置籍船、単純用船、丸シップ、近代化船、その他の日本籍船であり、前2者は外国籍で乗組員のほとんどが外国人、後3者は日本籍であるが、丸シップの乗組員の2/3は外国人である。丸シップとは、日本籍船を外国企業(ペーパーカンパニー)に裸用船に出し、乗組員を入れかえた上で日本船主が再用船する船である。近代化船は、少数船員でも運航出来るよう自動化された船舶で、1隻当り15人の船員となっており、従来船の1隻当り22人より大幅に減っている。従来日本籍船であったものが、現在は、建造時から便宜置籍船となるもの、丸シップを経て便宜置籍船となるもの、近代化船から丸シップを経て便宜置籍船となる流れや、単純用船の増加により日本船員を急速に減じる方向で動いてきた。世界的にも同様の流れが生じている。

こうした流れは、外航海運が、ほとんど完全な自由市場経済により動かされている結果であり、高令船の売却→一層の保守・管理の悪化・劣悪労働条件船員による運航→事故多発の動きにもつながると推定される。この事故多発を防ぐには、外航海運政策に根本的にメスを入れることが必要である。

<大阪支所>

二酸化炭素の深海投棄に関する研究
(その2、クラスレート膜を通しての
二酸化炭素溶出速度)

Study on the Dumping of Carbon Dioxide into Deep
Sea (II. Dissolution Rate of Carbon Dioxide
through Clathrate Film)

綾 威雄、山根健次、山田信夫

平成4年7月

日本機械学会 第2回環境工学総合シンポジウム
講演論文集

発電所などから回収された後のCO₂を深海に貯溜する方法の内、クラスレート化法の実現性検討のため、3,000m級深海の圧力と温度が模擬できる「高圧回流水槽」を使用し、CO₂クラスレートの安定性を調べる基礎実験を行った。

CO₂は、4.5MPa以上の圧力では、10°C以下の温度で水と反応して結晶構造のクラスレートとなる。この条件下で生成されるクラスレートは液体CO₂と水の界面のみに現れることが、先に行った予備実験から判明していた。そこで、圧力を30MPaに保ちつつ、3°C(クラスレート領域)と15°C(非クラスレート領域)の静止水中に置かれた単一CO₂液泡の溶解速度を長時間のビデオ観察により調べた。その結果、CO₂液泡を被うクラスレート膜は、CO₂の溶出速度を抑制するが、その抑制効果は溶解時間を2倍強に引き伸ばす程度で、直径3cmのCO₂液泡はクラスレート生成領域にあっても20時間以内に完全に溶解することが明らかとなった。

本実験を行う前は、外側の水分子がクラスレート膜を通過することによりクラスレートの結晶が液泡内部に向かって成長するのではないかと、クラスレート膜が成長しなくとも、金属の酸化皮膜のように内部のCO₂液泡を保護してくれるのではないかと期待していた。ところが、この期待は見事に外れてしまった。

クラスレートの不安定性はCO₂が高圧水によく溶けるという性質に関係があるようであるが、クラスレート生成条件下におけるCO₂溶出現象のメカニズムは不明である。しかし、本実験から明らかになったクラスレートの不安定性は、深海環境への悪影響(高濃度のCO₂溶解水は強酸を呈する)や2千年程度と言われる深海水の循環によるCO₂の大気への逆流などをもたらす可能性を示唆するものであり、クラスレート

の安定性を前提に行われているCO₂の深海処理に関連した研究に一石を投ずる事実であると考ええる。

機械部品軽量化のための FEM 適用技術**A FEM Adapted Technology for Weight Reduction
of Machine Parts**

伊飼通明、綾 威雄

平成 4 年 7 月

大河出版 応用機械工学 第33巻第 7 号

有限要素法により機械部品の軽量化を図る具体例として、船用仕切弁を取り上げ、軽量化の手法を紹介した。

一般的に有限要素法 (FEM) により機械部品の軽量化する場合、機械部品の強度にのみ着目して軽量化を図る場合が多い。しかし、バルブにおいては、変形が大きくなると漏れが生じバルブとして機能しないため、強度の外に変形も重視しなければならない。

軽量化を図る具体例として、船用鋳鉄仕切弁の PN10-200型を用い、弁箱部分について解析を行った。まず、解析値の精度の確認を行い、そして最も弱い部分における安全率を基準に軽量化を図った。その際、部分的補強方法としてリップの挿入、弁箱胴の一部肉厚補強を検討し、次にバルブの漏れに関係のある変形解析を行い、弁座での変形量の増加に対して変形を抑える方法として、ボンネットフランジの形状変更を検討した。

一方、従来からバルブの設計に用いられて来た簡易設計法の精度を上げるために変位についての修正係数を求めるべく簡易計算式の値と FEM 解析値とを比較しながら、変位についての修正係数の検討を行った。

以上の軽量化を図った結果、弁箱の重量は約10%軽くできた。最終的に実物品へのモデル化としては、形状変更を行ったボンネットフランジ上にボルト穴を有するバルブについて解析を行い、ボンネットフランジの短辺側をラグ型とする軽量化弁を提案した。