

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

Computation of Cobblestone Effect with Unsteady Viscous Flow under a Stern Seal Bag of a SES

SES船尾バッグまわりの非定常粘性流れを考慮した cobblestone効果の計算

平田信行

Odd, M., Faltinsen

平成10年12月

2nd International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology

Proceedings of 2nd International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology

SES (表面効果船) が抱えている問題の一つに、おだやかな海象下で生じる大きな上下加速度 (cobblestone効果) がある。これは波浪中において、船体下部のクッション室に波が入射すると、空気の圧縮性により室内の容積が変化し、気柱の共鳴が生じるためである。また、本現象は船尾バッグの変形、バッグ下からの空気洩れ、バッグの水面衝撃等、気柱の端部条件からも大きく影響を受けることが理論、実験の両面から既に知られており、バッグまわりの流れを正確に推定することは、cobblestone効果を評価する上で肝要である。

本研究では、バッグまわりの流れ解法に非定常N-Sコードを用いたSESの縦運動推定法を開発した。用いたN-Sコードは、人工圧縮性を導入した非圧縮2次元時間依存の保存型N-S方程式を解くものである。また、SESの運動やクッション室内に入射する波により計算格子が移動・変形するため、メトリックスの時間項 (GCL; 幾何学的保存則) を導入した。ただし、SES自体の造波は小さいものとした。次に、クッション室内の空気流れは、SESの運動、ファン影響、入射波、空気洩れを考慮した1次元の波動方程式により求めた。最後に縦運動の支配方程式は、上下揺と前後揺を連立させたものとし、流力微係数及び水から受ける流体力はストリップ法により定めた。これら3つの要素を組み合わせて推定プログラムとした。

cobblestone効果計算の第一段階として、本推定法を、変形しないバッグを取り付けた30m級SESに適用した。その結果、バッグが変形しない場合、上下加速度に対するバッグまわり流れの粘性影響は小さいことがわか

った。しかし、バッグが可撓な場合には、従来計算できなかった剥離を考慮したバッグ底付近の圧力分布を用いることにより、バッグの上下方向の変形を精度良く推定することが可能となり、より現実的なcobblestone効果の評価が期待できる。

今後の課題は、バッグ下の空気洩れ流れのジェット流を再現できる乱流モデルを導入し、バッグの可撓性を考慮することである。

<材料加工部>

超音波パルスのエコー間隔を求めるための
各種デジタル手法の比較

—同種のスペクトルを持つ二つの超音波パルス間の
時間差を導出する方法について(第3報)—

Comparison with several digital methods for measuring
the time difference between ultrasonic pulses.

菅澤 忍、吉井徳治

平成11年3月

日本音響学会主催

平成11年度春季研究発表会講演論文集

超音波パルスを用いて物質の音速や材料の超音波探傷を行うとき同じスペクトルを持ったパルスが時間軸上に現れるが、この間の時間差を求めることによって音速や材料中の欠陥の位置や板厚を知ることが出来る。前報において従来の時間軸上で時間差を求める方法とは違うスペクトル解析を用いる方法を提案した。これは波形のパワースペクトルをフーリエ変換した時得られる時間の関数の性質がその本質となっている。本論文ではこの方法の適用性について考察した。まず、前半では前報で幾分あいまいになっていたこの関数の数学的性質を明らかにした。すなわち、(1)時間についての偶関数である、(2)原点において極大かつ最大値をとる、(3)パルスの周波数帯域が時間差に対して十分に大きければ時間差に相当する位置にピークが生じる、(4)自己相関関数の包絡線になっている：すなわち、常に自己相関関数より大きく、両者が交わる点においては両者は接する。後半では、この方法を既存の手法と較べた。比較に用いた方法として、(1)波形の各パルスの振幅が最大値の間隔を求める方法、(2)自己相関関数の時間差付近最大値から求める方法、を取り上げた。試料としてステンレス鋼を用い、1,2.25,5,10MHzに中心周波数を持つ4つのセンサーを用い周波数の違いについても比較した。実験においては、最小のパルスに対して平均-20dB程度の背景雑音があった。実験の解析の結果、ピーク間の時間差から求める方法はセンサーの周波数が小さくなるに従って時間差は小さくなり、自己相関関数を用いる方法では逆に大きくなっていくことが観察された。一方、スペクトルの解析から求める方法はどの周波数においてほぼ同一の値を維持した。また、スペクトル解析法において精度を向上させるためにパワースペクトルにゼロ点を追加することにより、ピークの値を補間することも試みた。

<装備部>

既存の油回収・処理技術の寒冷海域への適用
Application of oil recovery equipment in cold waters

藤井 忍、上田浩一、山之内博、前田利雄

平成11年2月

第14回 オホーツク海と流氷に関する
国際シンポジウム 講演要旨集

流出油を処理し回収する技術は多くあるが、寒冷海域への適用性を調べるために、油の性状、回収する処理剤である粉末油ゲル化剤によって形成されるゲル化油の硬度、油層の堰止め状況、ネットベルトによる回収方式について実験的に調べた結果次のことを把握した。

- 1) 寒冷海域における各種油(重油3種類、原油2種類の5種類)及び海水エマルジョンについて、試験温度範囲(0~50℃)における表面張力及び界面張力を測定した結果、低温下における表面張力は、温度の低下に伴い僅かに大きくなる傾向を示した。
C重油エマルジョンの温度の低下による表面張力は、25℃までは僅かに大きくなるがそれ以下の温度になると粘度が上昇するため大きく減少する。また、油と海水との界面張力は、油種によって顕著な差があり、軽質油程小さい。
- 2) オイルフェンスによって囲まれた流出油をゲル化した回収するための油処理資材である粉末油ゲル化剤のゲル化油(油とゲル化剤によって形成されたもの)の硬度を、油温度範囲0~20℃、ゲル化剤の種類5社7種類について測定した。その結果、油の温度による硬度はあまり顕著な差はなく、C重油を除き低温海域における流出油の処理・回収のために使用することが可能であることが明らかとなった。
また、ゲル化剤の捕捉性能を表すゲル化率(油をどの程度ゲル化するか)を求めるための試薬(四塩化炭素)が使用禁止となっている現状から、ゲル化油の「硬度」を測定することによって十分把握することができる。
- 3) 油層を堰止める場合の漏油防止には、前方にネットを設置することによる効果が大きく、その深さは浅くてよい。また、高粘度の流出油の回収はネットベルト式油回収装置が有効であることを確認した。

粉末油ゲル化剤のゲル化油硬度について

Powdered Oil Gelling of Hardness.

藤井 忍、小澤美津子、遠藤由彦、阿部征男、
北村正美、田沢宏幸

平成11年3月

第33回日本水環境学会年会講演集

本研究では、高分子ポリマーを主剤とした粉末油ゲル化剤の各油種に対するゲル化硬度を求めた。粉末油ゲル化剤の型式承認のための試験基準によると、ゲル化性能を示すゲル化率を求めるためには油水から油分を抽出するため、試薬（四塩化炭素）が用いられている。この試薬は使用禁止となっているため、入手が困難になってきている。

この試薬（四塩化炭素）に変わるものが無い現状から、ゲル化剤によって形成されるゲル化油の硬さ（硬度）を計測することによって、ゲル化率に代わる値とし、その測定方法を検討した。

実験に用いた油種はA、B、C、原油2種類合計5種類、粉末油ゲル化剤は5社7種類である。

試験条件は、試験油温度（0～20℃）及びゲル化剤の添加率（15～30%）を変化させてゲル化油の硬度を求めた。

本実験で得られた結果は以下の通りである。

- 1) A重油のゲル化油硬度は、一部のゲル化剤を除き試験温度が低温の方が高い。
- 2) C重油の硬度は、他の油種に比べ低い。
- 3) 5種類の試験油のゲル化油硬度は、C重油を除き200～300 (g/cm²) である。
- 4) 粉末油ゲル化剤は、低温水域でも流出油を回収することが可能である。
- 5) 粉末油ゲル化剤によって形成されるゲル化油の硬度は、硬いうレタンホーム程度である。
- 6) 現行試験基準に用いられているゲル化率を、ゲル化油の硬度で評価できれば合理的である。

<システム技術部>

音声入出力を用いた1名当直船の航海支援システムの開発
Development of a Navigation Support System aiming at
One Person Bridge Operation with Speech

Communication

福戸淳司、沼野正義

平成10年10月

(社) 情報処理学会 ヒューマンインターフェース研究会
音声言語情報処理・

ヒューマンインターフェース合同研究会資料集

近年、海上労働者の減少及び高齢化は、大きな問題となっている。このため、少人数で安全な航行を実現するため、航海支援システムが開発されてきた。本報告では、一名当直を目的とした航海支援システムの開発について報告する。本航海支援システムを開発するため、まず操船シミュレータ実験を行い、操船者の航海支援システムに対する要望を抽出した。この要望は、大別すると信頼できる自動化機能と目視による監視を妨げない良好なマンマシンインターフェース (MMI) であった。

この要望にこたえるため、本航海支援システムでは、トラッキングパイロット等の自動化機器の他、MMIとして、音声入出力を積極的に採用した。

本航海支援システムを搭載した最初の近代化船は、1997年9月に運航を開始し、運航時の乗船調査を通じて実施した航海支援システムの有効性の評価結果について報告する。

評価においては、1名での航海当直中に行われる作業を要素作業としてシナリオ化し、それぞれの作業における支援状況を乗船調査を通じて分析すると共に、その作業に対する支援の有効性及び1名当直の可能性についての主観的評価を行った。この結果、支援機能は、想定される要素作業について良好に働き、1名当直は可能であるとの評価を得た。また、本システムの特徴である音声によるインターフェース及びシステム異常時での対応についても、同様の評価を行い、同じく本システムの支援の基での1名当直は、従来の2名当直と同等あるいはそれ以上安全であるとの評価を得た。

システム信頼性解析手法 GO-FLOW

A System Reliability Analysis Methodology GO-FLOW

松岡 猛

平成11年

財団法人 総合安全工学研究所

セイフティ エンジニアリング 103号

船舶技術研究所において開発されたシステム信頼性解析手法GO-FLOWについての解説である。

従来PSAにおいてはフォールト・ツリー解析が主として用いられてきたが、近年動的な挙動を示すシステム解析のため様々な手法が提案されている。GO-FLOW手法は時間依存性の解析、複雑な動作モードを持つシステムの解析、動的システムの解析等フォールト・ツリー解析にはない優れた機能を持っている。

まず、GO-FLOW手法の概要、信号の意味、タイム・ポイント、オペレータ機能、信号の強度の説明を与え、GO-FLOW手法についての概要が説明されている。サンプル問題をGO-FLOWにより解く手順及び解析結果の説明も詳しく述べられている。より進んだ解析機能としての不確かさ解析機能、共通原因故障解析機能、共通原因故障を考慮した不確かさ解析機能の概要説明も与えてある。

大規模システムの解析を実施する際には、一般に多大な労力が必要となってくるが、これらの作業を軽減し、実用性・使用性に優れたシステム信頼性解析体系とするためGO-FLOW解析支援システムが開発されている。この支援システムの構成・機能についても言及されている。

これまでに実施した実用的な解析適用例として、動的挙動を示すホールド・アップ・タンクの信頼性解析、システムに要求される動作成功基準が推移していくフェイズド・ミッション問題の解析、燃料電池システムの安全性解析、将来型船用炉非常用崩壊熱除去系の信頼性解析、危険物運搬船の消火設備の信頼性解析、加圧水型原子炉補助給水系の保守・点検を考慮したアベイラビリティ解析、原子力タンカーの衝突・座礁・火災事故時における船用炉非常用冷却系の解析、新幹線の自動列車制御装置の信頼性解析、二量化オレフィンプラントの安全性・稼働性解析、人的要因を組み込んだ信頼性解析等実用的な解析について言及し、参考文献を列挙してある。

システム信頼性解析手法GO-FLOWによる新幹線自動列車制御システムの信頼性解析

Reliability Analysis of Automatic Train Control System of Shin-Kansen by the GO-FLOW Methodology

松岡 猛

平成11年2月

電子情報通信学会東北支部

先端技術シンポジウム講演予稿集

本報告では、確率論的安全評価において主要な位置を占めるシステム信頼性解析手法のひとつであるGO-FLOWによりJR新幹線の自動列車制御装置(ATC)の信頼性解析を実施した結果について述べる。化学プラント等大規模システムの安全管理のためには確率論的安全評価(PSA)が有用な手法と考えられ、既に原子力分野をはじめ種々の分野でPSAによる評価の考え方が検討・導入されている。本報告では鉄道システムへの適用の第一段階としてATCのシステム解析を実施した。

ATCとは、先行列車との間隔および進路の条件に応じて、運転室内に列車の許容速度を表示するとともに、列車がその制限速度以上となれば自動的にブレーキが働いて、列車を安全に停止させるものである。許容速度の決定、列車上における制限速度の検出には冗長系を用い信頼性の向上を図るとともに、万一制限速度が得られない場合はフェイル・セイフによりブレーキが働く機構となっている。

ATCの制御回路図をもとにシステム動作・故障をGO-FLOWチャートにモデル化した。システムを構成する機器・部品の故障率は、主として平成8年度の山陽新幹線における関連事故情報に基づき推定した。正常な制限速度信号が得られない場合は列車運転員による判断で正常運行が保持されると考え、その有効性を解析に取り入れた。また、特定の列車のATCシステムに不具合が発生した場合、同時に走行している他の列車への影響の考慮の必要性も指摘している。

解析の結果、ATCシステム信頼度の時間に伴う推移がGO-FLOW手法により容易に求められることが示された。信号処理系は十分な信頼度を有していると考えられ、電源系、ブレーキ系、地震・降雪等の外部的要因のシステム信頼度に対する影響は大きいと考えられる。

事故を引き起こさない安全確保のためにはブレーキ系の動作の信頼度が重要であると言える。

GO-FLOW手法によるマン・マシンシステムの
信頼性解析

A Reliability Analysis of Man-Machine System by the
GO-FLOW Methodology

松倉洋史、松岡 猛、三友信夫

平成11年3月

1999年日本原子力学会春の大会講演予稿集

プラントの信頼性を評価するためには、機械系だけではなく人間-機械間の相互作用を含めて解析を行う必要がある。GO-FLOW手法では、従来機械系に対して解析が行われてきたが、本報告では人間の判断過程をGO-FLOWチャートにモデル化することにより、解析対象をマンマシンシステムに拡張することを試みた。

例題として水位警報機を備えた簡単なボイラーを設定した。事象は、システムが正常に運転されていたときに水位センサーが故障し、実際よりも低い水位を示す場合を想定した。低水位警報に対する人間の応答として、以下の様な場合を取りあげた。“警報に対して直ちにバルブを開けて流量を増やし、その後水位計の針が上昇しないことに気づき、バルブを元に戻す、あるいは戻しすぎてしまう場合”、及び“警報に対し、入流量センサのチェックを行い水位計の異常を疑う。更に水位計のチェックのためバルブを開けて水位計の針が上昇しないことを確認し、バルブを元に戻すあるいは戻しすぎてしまう場合”である。

GO-FLOWチャート内には人間行動と機械動作をあらゆる部分がモデル化されている。機械系ではバルブの状態を正常開度・正常より閉じた開度・正常より開いた開度の3段階として扱った。人間応答の種類の違いによって応答の時間遅れ量を変えてモデル化した。人間の判断結果を直接バルブ開閉に使用することにより人間-機械間の相互作用を考慮することが可能となった。

また警報は本手法で用いる複数のタイムポイント間において、設定確率で発生するとした。それにより、それぞれの警報に対する人間応答を並列処理し、各タイムポイントにおけるシステム状態の発生確率を一度に求めることが出来た。

<原子力技術部>

使用済燃料輸送容器のデータ問題について
(Ⅲ) データ改ざんの安全性に及ぼす影響

Falsification of Neutron Shield Material Data in
Transport Casks of Spent Fuels.

(Ⅲ) Influence of Data Falsification on Shielding Safety

坂本幸夫、山路昭雄、平尾好弘、望月宙允、北河 潤

平成11年3月

日本原子力学会「1999年春の年会」要旨集

原子力発電所からの使用済核燃料を輸送するNFT型輸送容器(PWR用:NFT-14P型、10P型の2タイプ、BWR用:NFT-38B型、32B型、22B型、12B型の4タイプの計6タイプの輸送容器)製造時に、中性子遮蔽材レジンのデータの一部に改ざんのあったことが1998年10月に判明した。種々のサンプルを分析した結果、密度は安全解析書に記載の材料仕様値の幅の範囲内に包含されており、ホウ素及び水素の濃度の全実測データ中の最小値は、材料仕様値よりそれぞれ約10%及び5%少ない値であった。

データ改ざんによる輸送容器遮蔽性能に係る安全性評価を行うとし、評価に際しては、密度は材料仕様値の最小値とし、ホウ素及び水素の濃度については、測定誤差及び工程上の誤差を考慮して十分厳しめのものとするため2倍の安全裕度を取り、材料仕様値最小値から、ホウ素で20%、水素で10%それぞれ減じた値を用いるとした。遮蔽解析は、6タイプの輸送容器について、第三者機関(当所及び原研)が一次元輸送計算コードANISNを用いて輸送容器側部中央表面の線量当量率を評価し、事業者は二次元輸送計算コードDOT3.5を用い輸送容器表面及び表面から1m離れた点での線量当量率を評価した。レジン層が厚く、データ改ざんの影響を最も受けると考えられる輸送容器側部中央表面の線量当量率は、安全解析書記載の材料仕様値を用いた場合に比べて、各輸送容器で2~4%(ANISN解析)及び4~6%(DOT3.5解析)増加した。6タイプの輸送容器のうち最大線量当量率は、容器表面で0.855mSv/h(NFT-14P型、底部トランニオン部)、表面から1m離れた位置で76.0 μ Sv/h(NFT-10P型、底部トランニオン部)であり、安全解析書記載の解析値に比べそれぞれ3%及び5%の増加を示しているが、法令に定められた基準値2mSv/h(容器表面)及び100 μ Sv/h(表面から1mの位置)を十分下回っていることを確認した。

放射光アンジオグラフィのための非均質ファントム内
吸収線量分布測定及び解析

Measurements and calculations of absorbed doses in
inhomogeneous phantoms for angiography using
synchrotron radiation

成山展照、波戸芳仁、伴 秀一、平山英夫
平成11年3月

日本原子力学会 1999年春の大会 予稿集

放射光を用いたアンジオグラフィ（冠動脈撮像法）の研究が国内外で現在進められている。アンジオグラフィとは、ヨウ素を動脈に注入し、そのK吸収端に近いエネルギーのX線を用いて冠動脈の撮影を行う方法であるが、放射光を利用することにより静脈注入が可能になることから、安全で鮮明な画像が得られる方法として期待されている。しかし、放射光は強度が大きいため、臨床応用には被曝線量の評価が重要である。放射光に対する均質ファントム（人体等価材料）中の吸収線量分布は著者がすでに測定しており、今回はファントムの非均質の影響を調べるため、軟組織／骨と軟組織／肺の2種類の非均質ファントムに33.32keV単一エネルギー放射光を照射し、吸収線量分布の測定、解析を行った。

照射は、高エネルギー加速器研究機構の放射光実験施設（PF）にて行った。光子エネルギーは、モノクロメータにより33.32keVに単色化し、ビームサイズを $4.4 \times 4.5 \text{ mm}^2$ にコリメートした。ビーム強度は、平行平板自由空気電離箱によりモニターし、ビーム偏光度は0.87であった。用いたファントムは、30cm立方の筋肉等価ファントムの深さ10cmの位置を、骨あるいは肺の組成をもつ厚さがそれぞれ1cm、2cmのファントムで置換したものである。線量計には、 $3 \times 3 \times 0.4 \text{ mm}$ のLiF:Mg, Ti, P (GR-200)と $3.8 \times 3.8 \times 0.38 \text{ mm}$ のLiF:Mg, Ti (TLD-100) TLD（熱蛍光線量計）を用い、骨ファントム中には $5 \phi \times 0.5 \text{ mm}$ の $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$ TLDを用いた。照射前にアニーリング後、ビーム軸上およびビーム軸から1、3、5cmのファントム内位置に各素子を固定し、照射を行った。

計算は、モンテカルロ輸送計算コードEGS4を用いて行った。1keVまでの光子輸送をシミュレーションし、ファントム内の吸収線量分布を計算した。軟組織／骨ファントムの実験・計算結果からは、用いた骨ファントムは実効原子番号が13.2と高く、線量はいったん骨ファントム中で増大するが、光子はその分減衰し、以降の軟組織ファントム中では1桁ほど線量が減少する結果が得られた。実験値と計算値は、偏光の影響も含めよく一致し、LiF:Mg, Ti, P, TLDの低エネルギー光子線量に対する測定精度も同時に確認された。

コールドレグ流動振動の数値シミュレーション
Numerical simulation of cold leg flow oscillation induced
by condensation

安達雅樹、綾 威雄

平成11年3月

日本原子力学会「1999春の年会」要旨集

PWRのコールドレグへ緊急炉心冷却水が注入された際生じる流動振動は、衝撃圧力を伴う凝縮起因水撃へ遷移する場合があります。LOCA時の健全性を確保する観点からその予測法を確立する必要があります。前報（1995年秋の大会）では小規模実験で生じた管内の蒸気圧変化を基に、凝縮量の過渡変化を推算した。今回はその結果を踏まえて、質量等の相変化量の変化を取り入れた数値解析を試みた。

解析系では、ヘッダーと復水槽が水平管で繋がっており、冷却水管が水平管内に挿入している配置とした。また水平管内では、上流側が気液の水平層状流、下流側が液単相流であるとした。さらに気液層状流先端が冷却水管出口から下流側に位置している場合、冷却水出口から冷却水柱が伸張しているとした。解析では、蒸気については飽和蒸気を仮定することで、質量及び運動量保存則を立てた。一方水については容積及び運動量保存則に加えて、水温を求めるためにエネルギー保存則を立てた。また各流動様式の長さについては、気泡先端速度を導入することで気液層状流部の先端位置 Z を計算した。さらに相変化については、①蒸気層状流部と水層状流部が接する水平面及び、蒸気層状流部と冷却水柱が接触する円柱界面で生じると仮定し、②水平層状流のボイド率 α と Z から各界面積を求めて、③気液サブクール度及び水流束を変数としたモデルから各界面での熱伝達率を算出し、④サブクール度の符号から相変化の方向と潜熱を求め、⑤質量等の相変化量を計算することで、各々の保存式へ反映させた。

実験で凝縮起因水撃が生じた時とほぼ同じ条件で解析して、ヘッダーの蒸気圧、管内蒸気圧及び Z を時系列でプロットした結果、計測結果とほぼ同じ周期で過渡変化すること、従来の凝縮On-offモデルを使った解析よりも正確に現象を模擬していることを確認した。さらに、この時の α と無次元蒸気体積流束 jg^* をプロットしたところ、 jg^* が水平層状流からスラグ流へ遷移する時の条件（ $jg^* \geq 0.5 \alpha^{3/2}$ ）に達している場合があることを示した。つまり冷却水注入地点近傍で蒸気スラグが生じ、これと冷却水が接触することで凝縮起因水撃が生じる可能性があることを裏付けた。

<大阪支所>

船用玉形弁に配管からの外力が作用するときの
強度実験及び数値解析

Strength Experiments and FEM Analysis on the Effect of
External Force through Pipes for Marine Globe Valves

伊飼通明、綾 威雄、畑中哲夫、太田正博

平成11年2月

(社) 日本バルブ工業会

「バルブ技法」第13巻3号

船舶は、省力化のためブロック建造されており、各ブロック間の接続と同時に配管同士も接続される。配管面同士の位置に誤差が生じる場合があるが、この誤差を強制的に接続すると配管系の弱い部分である船用弁に強い力が働くことになる。一方、船舶の航行時には、波浪による力が船体、配管系を通して船用弁に作用する。しかし、どの程度の力が作用すると弁の強度に問題があるか不明であった。

そこで、船舶内に設置された船体付き弁を模擬した実験装置として、船用玉形弁 (FCD400) の一端を固定し、他端に3mの配管を接続した装置を作り、3m配管の端部に水平方向あるいは垂直方向に強制変位 (通常起こりうる程度) を加えて弁に生じる応力を測定する強度実験を行った。また、弁箱胴内壁側の応力値を知るためにFEM解析を行った。

以上の実験・解析により次の結果が得られた。

- (1) 弁座からの漏れは、3m配管先に強制変位を垂直方向に徐々に加えていき、約36mm加えた時、発生した。
- (2) 玉形弁に水平方向に約900N・mの力を加えたとき、41.5MPa (FEM解析) の主応力が発生することが分かった。これに内圧が加わると主応力は50MPa前後となり、強度上問題である。
一方、垂直方向については、上向きの力と内圧が加わった場合、約43MPaの主応力が発生する部分があり、設計上注意する必要がある。
- (3) これまで経験上得られた基準 (安全率8、許容引張応力50MPaを採用) に基づいて、玉形弁の最適設計を行って来たが、強制変位やその他の力が加わったときの発生応力は無視できるものではなく、強制変位等を考慮して船用弁を設計する必要があることが確認できた。
- (4) 今回の実験・解析では、配管面同士位置の誤差から来る水平、垂直、軸方向の力について玉形弁に及ぼす影響を個々に調べたが、実際には軸方向と水平方向の外力が同時に作用する場合も考えられ、これらについても今後明らかにしたい。