

## 所外発表論文等概要

〈構造強度部〉

### Slamming Impact Loads and Hull-girder Response of a Large High-speed Crafts in Waves

大型高速船の波浪衝撃荷重と構造応答

竹本博安、宮本武、岡修二、橋爪豊、大沢直樹

平成5年12月

2nd International Conference on  
Fast Sea Transportation

(3) 荒海中で大型高速巡視船の実船実験を行った。実船実験で得られたデータは、高速艇の安全基準の改訂の研究に有効に活用できる。

高速船にとって衝撃荷重は最も厳しい荷重である。波浪中を航走する高速船は、スラミングにより船底に大きな衝撃を受ける。高速船の性能発揮の為には、軽量化が、設計の重要な要素である。従って軽構造船のスラミングによる船底衝撃荷重の推定は、設計上及び船舶の安全上からも重要である。

本報告では、衝撃荷重推定の為の数値シミュレーション、実船計測、模型実験を行い、比較検討した。

高速船の大型化、高速化に伴い、現行基準では対応できなくなっているため、新しい基準作成のために実施している研究の一部をまとめたものである。

供試船は海上保安庁所属の180トン型大型高速巡視船である。船体運動、船体上下加速度、船体縦曲げモーメント、船底衝撃水圧について、実船実験、模型実験結果と、非線形応答計算結果とを比較した。

計算には、当所で開発した非線形応答計算プログラム(KSLAM)を使用した。

模型実験は、当所の400m水槽で、波長、波高、船速を変えて、規則波向波中を航走させるシリーズ実験を行った。模型は縮率1/10のBackbone modelである。

実船実験は、若狭湾、島根県浜田沖で、短期計測と長期計測の2種類行なった。実船計測は出会角と速度を一定に保ち10分間航走し1計測とした。統計解析の結果、船体応力や船体運動の短期分布は、レーレー分布にほぼ従う事を確認できた。

今回の解析では、以下の結論が得られた。

(1) 非線形スラミングシミュレーションプログラムを用いた解析結果は、模型実験や実船実験と概ね良い一致を示しているが、改良すべき点も多く残されている。

(2) 模型実験により、スラミング荷重と波浪中での高速艇の応答に関する多くの貴重なデータが得られた。

### 衝撃引張におけるFRP積層板の機械的特性

Mechanical Properties of FRP Laminates  
under Impact Tension

小林佑規、田中義久

平成6年3月

日本材料学会

「材料」3月号 Vol.43, No.486, Mar.1994

強化プラスチック（FRP）船は、ガラス繊維強化プラスチックが船体の主要構造部材として使用されている。近年、FRP船の大型化や高速化により、その使用条件はさらに苛酷化している。FRPの衝撃に関しては、従来よりシャルピー試験や落錘による曲げ試験が行われてきたが、構造物の耐衝撃性の評価に必要なデータは必ずしも十分とはいえない。

そこで、FRP積層板の耐衝撃性に関する基礎的資料を得るため、FRP積層板および樹脂について、歪速度 $40\text{sec}^{-1}$ 以下の衝撃引張試験を実施した。FRP積層板は、マトリックスに不飽和ポリエステル樹脂を用い、強化材にアラミドおよびガラスロービングクロス、ガラスチョップドストランドマット、アラミドロービング/ガラスマット、ガラスロービング/ガラスマットを積層した。本報では、衝撃引張における積層板の歪と荷重の応答波形から応力-歪線図を作成し、強度、伸び、弾性係数およびクラック発生吸収エネルギーの歪速度依存性について検討した。また、樹脂および積層板の破壊様相を観察し、衝撃引張特性に検討を加えた。この結果次の結果が得られた。

FRP積層板と樹脂には、強度、弾性係数および吸収エネルギーの歪速度依存性が見られた。強度は、歪速度の増加とともに向上するが、一定の歪速度を超えると低下する。最大引張強度の得られる歪速度を限界歪速度と名付けた。限界歪速度は、強化材の種類、織物組織、積層構成および樹脂の種類によって異なるので、各種積層板の衝撃抵抗性を評価するクライテリオンとなる。衝撃破壊は、マトリックス樹脂の脆化にともない空洞や気泡が起点となる。そのため、積層板の繊維交錯点では切欠感受性が高まることで強度を低下させる。したがって、ロービングクロスにガラスマットを積層したMR構成の積層板は、マット層が繊維交錯点での切欠感受性を緩和させるため耐衝撃抵抗性が改善される。

### 異種要素接合によるフェロセメント複合材料の強度解析

Finite Element Analysis of a Ferrocement  
by Mixed Element Method

野間宏平、酒井譲、北村茂

平成6年3月

日本機械学会全国大会（第71回）

複合材料は局所的な剝離や繊維引き抜きによって部分的に強度が低下し、大規模な破壊につながるのが一般的である。数値解析により複合材料の破壊シミュレーションを行うには様々な困難がある。通常のFRPでは強化繊維数が膨大であり、剝離のプロセスを正確にモデル化できないし、また繊維とマトリックスの界面の付着応力を数値モデル化する場合FEMのような離散化解析では近似的な取扱いをせざるをえず精度的に問題が残されている。

そこで本研究では最も単純な複合材モデルとしてフェロセメントを用い、付着応力を実験によって求め、破壊のシミュレーションを異種要素接合型のFEMで行った。付着応力はボンドリング要素及びラグランジェ乗数法によってそれぞれモデル化し、その妥当性を検討した。引張り荷重を増大するに従い、接合部に応力集中が発生し成長してゆく過程が求められる。荷重を更に増加させると、硬鋼線とモルタルの間で剝離が発生し、き裂は硬鋼線に沿って進展を始める。き裂の進展をバネの切断で表現すると、き裂長さが過大評価になる。一方、ラグランジェ法による場合、き裂の進展は比較的滑らかに求められ、実験結果と良く一致した。

〈機関動力部〉

モノエタノールアミン水溶液のCO<sub>2</sub>吸収特性と  
船用機関のCO<sub>2</sub>回収

CO<sub>2</sub> Absorption Characteristics of Aqueous  
Monoethanolamine Solutions and its Application  
to Marine Engine System

井亀優、菅進、平岡克英、熊倉孝尚  
平成6年4月

エネルギー・資源学会第13回研究発表会 講演論文集

著者等はメタノールをエネルギー媒体とする水素エネルギーシステムの評価研究を進めている。本研究はメタノールを熱機関で使用する際に必要なCO<sub>2</sub>回収装置を評価するための基礎資料を得るために行ったものである。CO<sub>2</sub>回収方法としてモノエタノールアミン水溶液による化学吸収法を考え、実験的にCO<sub>2</sub>吸収特性を調べるとともに、その結果を使って大型船用ディーゼル機関用のCO<sub>2</sub>回収装置の大きさを検討した。

吸収塔に向流式の充てん塔を用い、常圧下のCO<sub>2</sub>吸収特性を調べた。吸収塔は内径54mmのガラス管に称寸法6mmの磁製ラシヒリングを詰めしたものを用いた。実験ではCO<sub>2</sub>吸収特性に影響すると考えられる吸収液のモノエタノールアミン濃度、流量、再生程度、温度やガスのCO<sub>2</sub>濃度、流量、同伴ガス種のちがい及び塔高さ等の影響を調べた。この結果を吸収液過剰率 $\alpha$ で表される簡単な実験式にまとめた。

次にこの実験結果を使って、メタノールを燃料とする出力13,240kWの船用大型ディーゼル機関を想定し、そのCO<sub>2</sub>吸収装置の大きさを検討した。その結果、CO<sub>2</sub>吸収率 $\eta$ を1に近づけようとするとき充てん層体積 $V$ は急激に大きくなることが判った。 $V$ を小さくするためには吸収液空塔質量速度 $L$ を大きくしてガス空塔モル速度 $G_{MB}$ を小さくする方が良いが、吸収塔断面積が $G_{MB}$ に反比例するため必要な吸収液総流量は $L/G_{MB}$ に比例して増加することが判った。計算例として、 $\eta=0.85$ 、 $L=0.8\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $G_{MB}=10\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 等にした場合、充てん層体積は93.5 $\text{m}^3$ となり、この出力規模の現用の機関を参考にして機関体積770 $\text{m}^3$ とすると、その約12%になることを示した。

〈海洋開発工学部〉

船舶技術研究所の新しい実験施設「変動風水洞」について

New Experimental Facility of Ship Research Institute;  
Pulsation Wind Tunnel with Water Tank

青木修一

平成6年2月

(社)日本造船学会

Techno Marine (日本造船学会誌) 第776号

当所では21世紀を目指した地球に優しい船舶や海洋構造物などの開発並びに安全や海洋環境を確保するための研究の一端を担う施設として、平成元年度より変動風水洞の建設を行ってきたが、5年9月に竣工した。本風水洞の特徴はゲッチング型水平回流式風洞の計測洞下部に造波装置および回流装置を備えた水路部を持ち、定常風及び変動風に加えて、波・流れの共存する実海域の海象を再現できる大型実験施設である。更に、水路部の水槽に蓋をすれば風洞としても境界層型、開放型、吹き出し型として使用できる。

本論文では本施設のより詳しい紹介と定常風及び正弦変動風での風洞部、水路部の造波及び回流装置それぞれ単独での性能試験結果について述べている。特に、本施設で用いている送風機回転数制御方式による正弦変動風はゆっくりとした変動風ではあるが、きれいな正弦波状変動風を発生でき、大型風洞での変動風発生法の一つとして注目されるべきものである。

本施設の主要目及び諸性能は以下の如くである。

風洞計測部は閉鎖型(境界層型)では長さ15m、幅3m、高さ2mであり、最大風速は34m/s(仕様では30m/s)、風速分布偏差は0.56%以下、乱れ強さは0.34%以下、静圧勾配は0.66%以下、気流温度上昇は1°C/時間である。開放型では長さ2.5mであり、最大風速は32m/sである。

発生できる正弦変動風は最大で風速13m/s $\pm$ 50%、周期25~50秒である。

水路部の水槽は長さ17.6m、幅3m、深さ1.8m(標準水深1.5m)であり、水槽には造波装置、消波装置、回流装置が設置されている。波は最大波高30m、周期0.6~4.0秒の規則波及び不規則波を発生できる。

回流装置による流れは風下方向のみであり、最大流速は30cm/sである。

Experimental Study on Hydrodynamic Forces Acting  
on an Oscillating Column with Circular Footing

振動するフーティング付カラムに働く流体力に  
関する実験的研究

星野邦弘、佐藤 宏

平成 6 年 4 月

ISOPE94, Proceeding of ISOPE94

海洋構造物の設計に当っては、その目的に応じて構造物に働く流体力や動揺応答特性を正しく評価することが重要である。そこで、著者らは海洋構造物に働く流体力を推定するための基礎資料を得るため海洋構造物の構成要素部材に働く粘性流体力に関して様々な実験的研究を行っている。本論では、これらの研究の一環として行った浮遊式海洋構造物の代表的な構成要素の一つであるフーティング付カラムの振動流中の流体力に関する実験により得られた成果について報告する。本研究により得られた主な結論は以下の通りである。

- (1) フーティング部の抗力係数は通常の三次元円柱と同様にフーティング部の長さ直径比が大きくなるに伴って小さくなる。
- (2) カラム部の抗力係数はフーティングとカラムの直径比が大きくなると大きくなる。これはカラムに対して直径の大きなフーティングが円柱に端板が付いた場合と類似の効果を持ったためであると考えられる。
- (3) フーティング付カラム全体に働く抗力係数はフーティングとカラムの円柱直径比が大きい場合は既存の 2 次元円柱と 3 次元円柱のデータを用いて実用上十分な精度で推算することが出来る。
- (4) フーティング部の質量力係数は Kc 数 (Keulegan-Carpenter number) によって余り変化しないが、カラム部の質量力係数は通常の二次元円柱の場合と同様に Kc 数 11~15 付近で極小値が現われる。
- (5) フーティング部の揚力係数は長さ直径比が大きくなり 3 次元性が増すに従って小さくなり、ピークの発生する Kc 数が低 Kc 数側へ移動する。
- (6) カラム部の揚力係数はフーティング部の直径が大きくなるに伴って大きくなり、揚力係数のピーク付近での揚力の変動波形は安定的となる。これはカラムに対してフーティングが端板的な効果を持つためであると考えられる。

〈水海技術部〉

タンカー事故による海洋汚染防止策について

On the Policy to Prevent Marine Oil Pollution  
due to Oil Tanker Accidents

在田正義、足達宏之

平成 6 年 1 月

第12回海洋工学シンポジウム前刷集

巨大タンカーが事故を起こし、油を流出して海洋を汚染した例は枚挙にいとまがない。地球環境保全のためには、この汚染を防止する方策をたてることが緊急の課題となっている。本論文では、先ずタンカー事故による海洋汚染の事例を紹介する。次いで、汚染防止のために世界各国で遂行・計画中の研究を概観する。その上で、日本の立場、広く地球規模の立場から総合的な汚染防止策をたてる際に、前提として考えておくべき事項について考察し、現実的と考えられる前提条件を示す。この条件でどんな対策が考えられるか、これらの対策は現在どういう開発・研究状況にあるかを述べる。最後にこれらの対策をどう実現していくかの道筋について検討する。

防止策の前提として 4 項目を取り上げた。その内容は次の通りである。(1)日本の原油の使用量すなわち外国からの輸入量は、これまで通りに行われることとした。(2)海洋全体としての汚染物質負担能力は十分あるとした。すなわち、油流出事故で問題となるのは、海域や海岸域の局部的な汚染であり、海洋全体の汚染は問題にしないとした。(3)外航船舶の所有関係/乗組員の所属関係は、便宜地籍船や外国人船員の増加にみられるように、極めて不正常的なものとなっているが、これについては、現状からの変更は考えないこととした。(4)事故処理に際しては、大気汚染を考慮することとした。これによって、流出油の焼却処理を無条件で採用することは出来ないことになる。

汚染防止策として取り上げたのは次の 4 項目である。

- (1)船舶の事故そのものをなくすにはどうしたらよいか。座礁、衝突等の回避方策を検討した。(2)一旦事故が起こった際に、油の流出量を出来るだけ少なくするにはどうしたらよいか。(3)流出油の回収/安全処理はどうしたらよいか。(4)事故及び事故処理によって得たデータ、分析等の結果を次の事故防止、事故対策にどうフィードバックするか、である。

## クライオスタット用FRPの真空保持性能の検討

Study on Performance of FRP  
for Keeping Cryostat Vacuum

前田利雄、桜井昭男、高島逸男、尾股貞夫

平成6年3月

日本材料学会第23回FRPシンポジウム講演論文集

超電導電磁推進船の開発技術は、我が国の主要な先端技術の一つであるが、将来、実用化をめざすためには船用クライオスタットの軽量・コンパクト化とともに、荒海においても長期間安定して超電導コイルを極低温に冷却、維持できる高い断熱性能が要求される。これに応えるため、筆者らは極低温域での強度特性に優れたFRPを主構造材とし、多層断熱材と組み合わせた構造のFRPクライオスタットの開発を進めている。

本報告では、FRPクライオスタットの真空特性を決定する重要な因子である、FRPを通してのガスの透過とFRP自身からのガスの放出とについて調べるとともに、その低減策としてFRP表面に生成したアルミ蒸着膜の有効性について検討した。

供試したFRPは強化繊維に平織のガラスロービングクロス、カーボンクロス、アラミドクロスの3基材を用い、樹脂には低温靱性に優れたビニルエステル樹脂を使用した。またFRPの成形はハンドレイアップ法、真空成形法及びオートクレーブ法により、それぞれ所定の厚さの平板に積層したものである。

試験は真空漏れ試験槽を製作し、試験槽内が平衡圧力に達するまで排気した後、封じ切り、圧力の経時変化を調べるビルドアップ法により圧力上昇速度を求めて比較検討を行った。

その結果、GFRPでは板厚が3mm以上になるとガスの透過はほとんどないことがわかった。また、FRPからのガスの放出には成形法に起因するFRPの表面粗さや気泡の有無、すなわち真空露出部の表面積が大きく影響を及ぼすことを示した。

さらに、放出ガスの低減策として、FRPの表面にアルミ蒸着を施すことの有効性が確認できた。

〈東海支所〉

50MeVまでの<sup>59</sup>Coと<sup>197</sup>Auの中性子ドシメトリ反応断面積の評価Evaluation of Neutron Dosimetry Cross Sections  
of <sup>59</sup>Co and <sup>197</sup>Au up to 50 MeV.

小田野直光、岩崎信

平成5年11月

日本原子力研究所

1993年核データ研究会報文集 (JAERI-M94-019)

中性子エネルギー50MeV程度までのドシメトリ反応断面積は、日本原子力研究所で開発が進められている材料試験・開発用エネルギー選択型中性子照射施設 (ESNIT) の利用に関連して評価が必要とされている。中性子ドシメトリ用放射化箱のうちCoとAuは、以下の様な点から、50MeV程度までの中性子ドシメトリに適している；(1)元素の天然存在比が100%である、(2)原子核は多重粒子放出反応を起こすが、それらの反応は注目するエネルギー範囲のほぼ全体をカバーする、(3)反応によって生じる残留核の放射能測定が容易である。以上の様な特徴から、これらの箱単独あるいは2、3種類の箱によって中性子場の特性を導出することができる。本研究では<sup>59</sup>Coと<sup>197</sup>Auの中性子ドシメトリ反応断面積を前平衡過程の補正をすることのできる多段階Hauser-Feshbachモデルコードにより評価した。

<sup>59</sup>Coに対する断面積評価では、理論計算に用いる各種パラメータは、一般化最小二乗法により20MeV以下での全断面積、 $(n, 2n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応断面積、及び14MeVにおける放出中性子・荷電粒子スペクトルに対してフィッティングした。このようにして得られたパラメータを50MeVまでの計算に拡張した。 $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 $(n, 4n)$ 、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応については最近の20MeV以上での実験とよく一致した結果を得た。また、30MeVから50MeVの範囲では、<sup>59</sup>Co  $(n, 2n\alpha)$  <sup>54</sup>Mn反応がドシメトリ反応として感度がよく、優れたドシメータとして利用可能であることが明らかになった。さらに、He蓄積モニターへの応用として、<sup>4</sup>He生成断面積も同時に評価した。

<sup>197</sup>Auに対する主なドシメトリ反応は $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 $(n, 4n)$ 、 $(n, ^4\text{He})$  反応である。また弱い放射化反応 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応についても評価を行った。中性子の多重放出反応断面積については、非常に新しい実験があるので、今回の評価値と実験値の比較を行った。

今回の評価では、20MeV以下での実験値をフィットするように理論計算のパラメータを決定し、そのパラメータを50MeVまで拡張する方法をとった。本研究では、このようにして評価した断面積値の一貫性及び妥当性について議論した。

Empirical Formulas of Neutron Flux Distributions  
in Shield Irregularities in Asymmetrical Geometries

非軸対称配置における複雑形状部中性子束分布の経験式

三浦俊正

平成6年4月

第8回放射線遮蔽国際会議論文集

複雑形状部の遮蔽設計においてしばしば用いられる簡易計算式は実際の遮蔽において通常遭遇する非軸対称な体系に関するものはほとんど無い。著者等はすでに円筒及び円環ダクト内の中性子束分布を表す経験式を軸対称及び非軸対称体系に対して求めた。今回は角ダクト、段付き円筒ダクト、及びスロットに対して中性子束分布の式を実験的に導出した。

測定は日本原子力研究所の遮蔽研究炉JRR-4で行った。各種の複雑形状部の中空部の断面の寸法は次の通りである。角ダクトは $5 \times 5$ と $10 \times 10$ cm、スロットは $1 \times 25$ 、 $3.3 \times 25$ 及び $10 \times 25$ cmである。段付きダクトは直径5、10、20cmのものを組み合わせた。測定は入り口から2.4mまで行われた。非軸対称性は各複雑形状部の中心軸の水平線に対する上方向への傾き角で定義した。この角を斜め角 (Slant angle) と呼ぶ。測定は斜め角が $0 \sim 90$ 度の間で行った。熱及び熱外中性子束は金箔、速中性子束はニッケルペレットを用いて測定した。各測定器の間の相互干渉の補正は実験的に行った。測定精度は $\pm 12\%$ である。実験データから実験式を導出するためストリーミング中性子を直接、アルベド、及び透過成分に分けた。最初の2成分は直視面積、SI、の平方根を単位として測った軸方向への距離、 $X/\sqrt{SI}$ 、の関数として表すことができる。また最後の成分はダクトが無い場合の遮蔽体中での相対的な中性子束分布、 $T(X)$ 、に比例する。すなわち、全中性子束、 $F(X)$ 、は $F(X) = f(X) + [1 - f(X)] \cdot T(X)$ となる。ここで $f(X) = 1/[1 + (X/\sqrt{SI}/\alpha)^{\beta}]$ である。 $\alpha$ 、 $\beta$ は斜め角及び中性子エネルギーに依存する定数で実験的に決定した。

Experimental Assessment of Gamma-Ray Shielding  
Transport calculations by Monte Carlo  
Calculation Code and Point-Kernel Code

モンテカルロ計算コード及び点減衰核コードによる  
ガンマ線遮蔽輸送計算の実験的検証

小田野直光、三浦俊正、進藤裕二

平成6年4月

Proceedings of the 8th International Conference  
on Radiation Shielding, p.1301

放射線遮蔽設計において用いられる遮蔽計算コードの精度の検証は、原子力施設の安全性解析において重要である。本研究では、 $\gamma$ 線の反射及び斜め透過に関する実験を行い、それらについてモンテカルロ計算コードMCNP4、点減衰核コードG33-GP2を用いて解析を行い、それらのコードの計算精度の検証を行った。

実験は、日本原子力研究所遮蔽研究炉JRR-4内の散乱実験室を利用して行い、反射と斜め透過の2つの体系について行った。 $\gamma$ 線源には $1.59 \times 10^{10}$ photons/secの $^{60}\text{Co}$ を使用した。実験では、コンクリートによって反射される成分、あるいは斜めに透過する成分について照射線量率の測定を行った。照射線量率は熱蛍光線量計 (TLD: ナショナルUD-200S) で測定した。TLDの応答関数は校正された $\gamma$ 線場で測定した。両体系での実験誤差は約10%と推定した。なお、実験の解析に必要なコンクリートの成分組成は化学分析によって決定した。

実験結果は連続エネルギーモンテカルロ計算コードMCNP4、及び点減衰核コードG33-GP2を用いた。信頼性の高い結果を導出するために、分散低減法として、まずestimatorに点検出器を用い、さらにweight-windowを用いた。weight-windowのパラメータはMCNP4に内蔵されている発生器を用いた。これらの分散低減法を採用することで、MCNP4で推奨されている計算結果の相対標準偏差5%以下を達成することができた。測定結果と実験結果を比較すると、MCNP4の計算結果は実験誤差内で測定値と一致したが、G33-GP2の結果は反射体系の実験では過小評価となることが明らかになった。これは、G33-GP2では多重散乱の効果が考慮されていないためと考えられる。MCNP4の計算の妥当性を検証するため、照射線量率のestimatorとして点検出器以外のestimatorを使用した。この場合も点検出器を用いた場合とほぼ同様の結果を得ることができた。本研究では、MCNP4、G33-GP2の計算結果と実験値を比較することにより、遮蔽計算コードの精度について議論した。

また、最近になって $\gamma$ 線ダクトストリーミングの実験を行ったので、それらについても解析を行い、その結果についても言及した。