

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈機関動力部〉

重油中の触媒残さによる機関摩耗について

Wear of Engine Parts Caused by
Catalyst Fines in Heavy Fuel

辻 歌男・加藤 寛・塩出敬二郎

昭和61年5月

日本船用機関学会誌21巻5号

最近国内で生産される船用重油の中にも接触分解装置で作られるサイクルオイルやボトムオイルが基材として使用されるようになってきた。これらのサイクルオイルやボトムオイルの中には、触媒残さが含まれていて、船用機関の故障の原因となることがある。

重油中の触媒残さの危険性については、各方面で色々と指摘されているが、触媒濃度と機関摩耗との量的な検討はほとんどなされていない。そこで当所では重油中に0, 30, 60, 100, 150ppmの触媒粒子を混入した5種類の燃料を用いて、小型ディーゼル機関を実際に運転して、機関各部の摩耗量や潤滑油の劣化の程

度などを調べた。この実験には平均の粒子径が $20\mu\text{m}$ 前後の触媒粒子を使用した。各燃料油について、一定回転数、一定出力で30時間連続運転を行い、触媒粒子濃度に対する機関各部の摩耗量、潤滑油中のFe分の変化、n-ペンタン不溶解分の変化などを測定した。

この実験では、燃料中の触媒粒子濃度を燃焼室まで同一に保つために、燃料タンクから噴射ポンプまでの間のフィルターやストレーナはすべて取り外した。

実験結果から次のことが明らかになった。

燃料中の触媒粒子濃度が高くなれば、ピストンリング、シリンダライナの摩耗は増大する。特にシリンダライナは触媒粒子濃度が30ppmでも摩耗量は触媒無添加燃料のそれに比較して2倍半にもなる。

潤滑油中のn-ペンタン不溶解分、鉄分も燃料中の触媒粒子濃度が高くなれば増加する。このために、クランクピンメタルの摩耗量も増大する。このようなことから、中小型機関に触媒残さが混入する可能性のある燃料を使用する場合には、特に十分な前処理を行うことが必要と思われる。

周期的回転負荷を受ける中実回転円板の動的応力解析

Dynamic Stress Analysis of a solid Rotating
Disc Subjected to Cyclic Rotations

天田重庚

昭和61年1月

日本機械学会論文集 (A編) 52巻473号

回転円板の動的応力解析の結果、円板の動的挙動は質量一バネ系の振動挙動と相似になる事が、これまでの研究で判明した。この事実から、質量一バネ系の固有振動数に対応して、回転円板においても固有回転数の存在が推察される。本報告は変動回転の円板の一般解を用い、周期変動回転

$$\bar{\Omega}(\bar{t}) = \bar{\Omega}_0 + \bar{\Omega}_1 \sin \bar{\Omega}_2 \bar{t}, \quad \bar{\Omega}_0, \bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2 : \text{定数} \quad (1)$$

を受ける中実円板の動的応力解析を行い、特に、回転円板の固有回転数に円板の周期変動の振動数が近づく場合、応力がどのように変動するかを検討した。

最初に、中実回転円板の面内振動の無次元固有円振動数 $\bar{\omega}_n$ を特性方程式

$$\bar{\omega}_n J_0(\bar{\omega}_n) + 2\nu J_1(\bar{\omega}_n) - \bar{\omega}_n J_2(\bar{\omega}_n) = 0, \quad J_n : \text{ベッセル関数} \quad (2)$$

より求めた。式(1)において、 $\bar{\Omega}_0 = 0$ の場合について $\bar{\Omega}_2$ を0.5から一次の固有振動数の $1/2$ まで種々に変えて数値計算を行い、次の結論を得た。

- (1) 動的応力は回転開始と共に正弦状の周期変動を行い、変動自身の振巾もまた周期的に変動する“うなり現象”を呈する。
- (2) $\bar{\Omega}_2$ に対して、円板の中心上の動的応力の最大値と、遠心力のみを考慮した準静的応力の最大値との比は、 $\bar{\Omega}_2$ が $\bar{\omega}_1/2$ に近づくにつれて増大し、近似的にこの比は $1/1 - \bar{\omega}_1 - 2\bar{\Omega}_2$ によって表せる。
- (3) “うなり”の周期は $\bar{\Omega}_2$ が $\bar{\omega}_1/2$ に近づくにつれて長くなる。

本解析では、半径方向の変形に及ぼす周方向の変形の影響項： $\bar{v} \cdot \alpha \bar{\omega} / \alpha \bar{t}$ (\bar{v} : 周方向変位) を無視した。しかし、角加速度 $\alpha \bar{\omega} / \alpha$ が大きい場合は、この項を考慮する必要がある、この問題についてはさらに検討したい。

超音波高速探傷における1方法

Study Automatic High Speed Ultrasonic
Testing Method

勝又健一・榊 昌英・神尾 昭

昭和61年3月

非破壊検査35巻2 A号

溶接部の超音波探傷で重要なことは欠陥の種類を明らかにすること、欠陥寸法が求められることおよび見逃しをなくすことの3点である。とくに、欠陥の見逃しを少なくすることによって非破壊検査への信頼性が高まり、溶接部の安全性が増す。

本報告は欠陥の見逃しを減少させるとともに高速化を目的とした超音波自動探傷装置の提唱である。対象を板厚10~40mmの突合せ溶接部に定めた。欠陥高さが板厚の20%以上の場合は確実にその欠陥を検出し、寸法表示を行なう。探傷方法は透過反射法を用い、高速化に対応するため前後走査を省いて溶接線方向のみの探触子走査とした。欠陥を検出して寸法表示をするまでは次の手順から成り立っている。

- ① 溶接線に向い合った2つの探触子によって、ビーム方向を変えて欠陥を検出する。
- ② 両探触子の各ビーム路程の交点を欠陥の反射源とし、欠陥位置を演算する。
- ③ さらに第3の探触子で受けた欠陥の透過パルスの大きさを求める。
- ④ 透過パルスの大きさから欠陥高さを演算する。
- ⑤ 規定の検査長さに達した時点で、溶接線方向の断面投影表示をする。

実験は板厚40mmの板厚中央部に作成した5つの内部欠陥(高さ6mm, 長さ10mm)で行なった。3ケの探触子は指向角が広い屈折角70°のものを用いた。表示結果は探触子位置のずれで異なるが最も良い場合では5ケの欠陥全部を検出して寸法表示できた。最も悪い結果では3ケの欠陥しか検出できなかった。

本装置は試作段階のものであり多くの問題点がある。それは溶接断面全体をカバーしていない、透過パルスが探触子の接触状態(鋼表面も含む)に左右される、最適な探触子配置に未だ検討の余地があることである。検査速度は1m/分が目的であるが、今回は400mm/分であった。

引張・圧縮疲労における磁界中の超音波減衰

Ultrasonic Attenuation Characteristics in Magnetic Field of Tension Compression Fatigue Damage

勝又健一・榊 昌英・神尾 昭・島田道男

昭和61年3月

非破壊検査 35巻2A号

磁界中の超音波減衰量は鋼に磁界を加えた場合の超音波受信圧 E_h と、磁界を加えない場合の受信音圧 E_e の比、 E_h/E_e (超音波磁気感度と呼ぶ) によって表示される。超音波磁気感度は3点曲げ疲労試験、完全面振曲げ疲労試験および引張疲労試験において繰返し数が多くなると低下する。これらの変化は応力比が大きい程、破断回数との比が大きい繰返し数で現われることが分かった。

今回は疲労モードを $R = -1$ の引張圧縮疲労試験で行うとともに、超音波磁気感度と塑性ひずみとの関連を調べた。また、予ひずみを与えた試験片でも疲労試験を行った。試験材は SM41B、繰返し応力は $\pm 0.75\sigma_y$, $\pm 0.8\sigma_y$ および $\pm 0.85\sigma_y$ である。

引張圧縮疲労試験における超音波磁気感度は繰返し数が多くなると急に低下する N があり、それ以後は特徴的な変化は見られなかった。急低下した N は破断回数 N_f に対して、20%、15% および 10% となる。これらの値は応力比が $\pm 0.85\sigma_y$, $\pm 0.8\sigma_y$ および $\pm 0.75\sigma_y$ の順となった。

塑性ひずみは応力比が $\pm 0.75\sigma_y$ の疲労試験において、超音波磁気感度と同様に N が N_f の 10% でほぼ飽和値に達し、それ以後では変化せず破断直前に急上昇した。以上の結果から疲労試験における塑性ひずみと超音波磁気感度は関連していると云える。塑性ひずみが飽和に達した時点では鋼は降伏し、超音波磁気感度に寄与する磁壁が磁界によって移動できる割合が決定されると考える。

疲労試験前に予ひずみを与えた場合の超音波磁気感度が最初から小さく、繰返し数とともに増加傾向であり、余寿命判定となり得るポイントは見い出せない。塑性ひずみは予ひずみがない場合と同様の傾向であるが、 $N = 0$ で飽和に達したとも考えられ、それ以後の超音波磁気感度の変化には定量性がないと思われる。

磁気ひずみ効果による疲労測定について

On Measurement of Fatigue Damage Magnetostriction Method

吉井徳治

昭和61年3月

非破壊検査34巻2号別冊

鋼材の疲労損傷の程度(疲労度)を非破壊で計測する手段として、組織感受性の著しい物性値の一つである磁氣的性質の変化を利用した研究が財満・吉永・吉井・滝沢によって行われてきた。しかし、大型構造物のような実機に適用可能な方法とはいいがたい。今回は安福・滝沢によって開発された実機に適用可能な非接触の磁気異方性センサを疲労試験に適用した。

SM41Bの平板試験片を用いて、応用振幅一定とした引張圧縮疲労試験を行った。疲労試験中、応力ひずみ曲線のヒステリシス幅である塑性ひずみ幅を常時モニタした。磁気ひずみ効果の測定は任意の繰返し数で疲労試験を停止し、磁気異方性センサを試験片にあてて、応力を $\pm 1 \text{ kg/mm}^2$ 与えたときの磁気ひずみ出力と応力の比である磁気ひずみ感度の変化を調べた。引張圧縮疲労による塑性ひずみ幅は、疲労過程の初期に急増し、最大値を示したのち減少、または、ほぼ一定値を保ったまま破断直前で急増することが知られている。磁気ひずみ感度は疲労過程初期の塑性ひずみ幅急増時に急減し、塑性ひずみ幅の最大値、または、一定値を示すところからほぼ一定、または、徐々に減少する。このように磁気ひずみ感度は塑性ひずみ幅の挙動とよく対応し、応力幅振 $\pm 22 \sim 32 \text{ kg/mm}^2$ に応じ $10 \sim 60\%$ 減少した。磁気ひずみ感度と塑性ひずみ幅は強い相感関係がみられた。これに反し、疲労試験停止時の永久ひずみ及び、最大ひずみ振幅の中央の値の平均ひずみは磁気ひずみ感度との相感はみられなかった。

磁気異方性センサを引張圧縮疲労試験に適用した結果、磁気ひずみ感度は疲労過程の塑性ひずみ幅の挙動とよい相関があり、また、センサは被測定物の大きさ、厚さに影響されず小型軽量、非破壊に適した使用ができるので、疲労度測定に有効な手段となることがわかった。

〈装備部〉

イマーションスーツの開発と研究（その1，その2）

Development of Immersion Suit in Japan

長田 修

昭和61年1月，4月

造船研究17巻4号 18巻1号

漁船作業中での海中転落，あるいは船舶の衝突，転覆事故があると，その乗組員は多くの場合海中に脱出せざるを得なくなり，水温が低いと数分程度でも危険になることがある。1974年 SOLAS 条約第三章の改正で，耐水防寒救命衣の船舶備えが義務付けられた。一方第28あけぼの丸の海難事故を契機として漁船用についてもその必要性が認識された。

SOLAS 条約で規定されている固有の断熱性をもつ材料で作られたイマーションスーツは国内では通称 A タイプといわれ，本船遭難後の必要になった時点で着用され，退船，乗船等の作業性と，零度の水中に6時間とゞまれる耐水，保温性を必要とする。漁船用のものは B タイプといわれ，装着状態での漁業時作業性と5度の水中に90分とゞまれる保温性を必要とする。

イマーションスーツの開発と研究は日本造船協会と当所が中心となり実施された。A 型では十分厚い保温性材料を用い，ワンピースで全身を覆い耐水性を持たせることにより比較的容易に性能要件を満足させることができる。しかし B 型では作業中での発汗，運動性などに対する配慮に加え，耐水・保温性も考慮されなければならない。このため，試作，乗組員の装着試験，保温性テスト等を繰り返しながら開発は進められた。

保温性試験を人体で実施するのは危険であり，また耐寒性に対する個体差が大きいためテスト結果の信頼性が欠ける。そこでイマーションスーツの保温性を人体に代わりサーマルマネキンで評価する方法がスーツの開発と並行して検討された。

昭和55年より海運・造船業界のみならず医学界の協力も得て，その開発が精力的に実施されてきた結果イマーションスーツの商品化と性能試験基準（案）の作成をほぼ終え，実用化の段階に入ったことはまことに喜ばしいことである。

超音波遷移温度法による鋼疲労度の推定

Estimation of Steel Fatigue States by Ultrasonic Transition Temperature Technique

野間口道義

昭和61年3月

非破壊検査35巻2号別冊

超音波遷移温度によって鋼疲労度を推定できるかどうか，その可能性を調べるために実験を行った。

疲労度を余寿命によって測り，余寿命は現時点以前の疲労履歴と同じ疲労モードで，或る一定の繰返し応力および周波数によった場合の疲労破壊に至るまでの繰返し回数で測っている。現時点までの繰返しの応力，周波数，および回数が異った疲労状態であっても，余寿命が同じであれば，それらの疲労状態は等価であると言える。

SM41B 鋼について，疲労モードとしては両振引張圧縮疲労を取り上げ，疲労過程の或る時点までの1次疲労試験では諸種の繰返し応力および周波数により，またその時点以後の2次疲労試験では繰返し応力および周波数を $\pm 0.9\sigma_y$ ， $0.2H_z$ とし，その時点の余寿命と超音波遷移温度を測定している。余寿命の測定には油圧サーボ疲労試験機を使用し，超音波遷移温度の測定は多重反射法によっている。また，超音波の入射には，縦波10MHz用の水晶圧電振動子素子を用いている。

次の結論が得られている。(1) SM41B 鋼の両振引張圧縮疲労の場合，非焼鈍で疲労試験にかけてない試験片を疲労亀裂の伝播が肉眼で認められる状態に達している破壊直前まで疲労させると，超音波遷移温度はおよそ50°上昇し，超音波減衰定数は常温で30~40%低下する。(2) 同じ場合，疲労余寿命と超音波遷移温度とは直線的な相関がある。(3) 上記の実験結果から超音波遷移温度は鋼疲労度推定に有効である。

〈原子力技術部〉

一次元二流速モデルの層状流および
気泡流の安定性に及ぼす摩擦抵抗の影響

An analysis of the Effect of Frictional Drages
on Hydrodynamic Stabilities of One-dimensional
Stratified and Bubbly Flows Using a Basic Field
Equation System Adopting an Unequal Velocity
Two-fluid Model

奥村幸輝

昭和61年3月

昭和61年日本原子力学会要旨集（第1分冊）

気液二相流の内の矩形ダクト内層状流と気泡流のそれぞれの一次元流におけるボイド率 α_g の摂動の安定性に及ぼす二相境界或いは二相間の摩擦および壁面摩擦の影響を解析によって求めた。

解析方法 気液各相に対する一次元の連続の式、運動量式および二相間の圧力平衡式から散逸関係式を求め、それから安定条件式を得た。その際、各相は非圧縮性と仮定し二相間の物質移動を無視した。得られた安定条件式から以下の事柄が明らかになった。

長波長の矩形ダクト内層状流の安定性 矩形ダクトの高さ以上の長さの波長の摂動は一次元波と見做せる。そしてその摂動に関しては二相境界摩擦と気相壁面摩擦は共に不安定効果をもち、液相壁面摩擦は安定化効果をもつ。

長波長の水平一次元気泡流の安定性 二相間摩擦抵抗に比べて壁面摩擦抵抗を無視すると何れの摩擦抵抗に関する効果も含まない安定条件式が得られる。その式から、大気圧から10Mp_aまでの飽和蒸気-水の水平気泡流は $\alpha_g < 0.5$ において安定であることが検算によってわかった。

非常に短い波長の波に関する安定性 この場合には上記3つの摩擦の効果は無視できる。矩形ダクト内層状流においては表面張力に基づく安定化効果が支配的であり、気泡流においては粘性に基づく安定化効果が支配的であるので両者とも安定であることが解った。

QADコードによる使用済燃料輸送船内の
線量率分布の解析

Analysis of Dose Rate Distributions in a
Spent Fuel Shipping Vessel Using the QAD Code

金井康二・植木紘太郎

昭和61年3月

昭和61年日本原子力学会年会要旨集（第1分冊）

前回、昭和60年原子力学会年会では1基の使用済核燃料輸送容器（これをキャスクと呼ぶ）に対するガンマ線遮蔽計算により点減衰核積分法コードQAD-CGの精度評価、同コードの改良（これをQAD-CGSと名づける）について報告した。ここでは複数のキャスクを積載した使用済核燃料輸送船“パンフィック・スワン”（英国籍）内のガンマ線量率分布の測定をもとにしてQAD-CGSコードの精度評価、適用性への検討について述べる。

今回の解析では上下2基ずつ計4基のキャスクが配置されたNo.3船倉のハッチカバー上を対象とした。輸送された燃料は大飯発電所の初期装荷のもので、燃焼度の平均値は15,000MWD/MTHM、冷却期間は475日であった。

線源評価は上記条件でORIGN82コードによって算出されたガンマ線源強度及びスペクトラムを使った。ところで各キャスク表面での測定により、円周方向に非対称性（約2倍以上）が見られるので計算はキャスク中央部での表面線量率の最低あるいは最高測定値をもとにして規格化した。

実測値と計算値を比較検討したところ、QAD-CGSコードによる解析は、線源強度の誤差内では満足する結果を与えることが分かった。

〈海洋開発工学部〉

浮体式海洋構造物の緊張係留に関する研究（第2報）

Study on the Tension Mooring of
the Floating Ocean Structure (2nd Report)

工藤君明・木下 篤・生駒信康

西野好生・山川賢次

昭和60年11月

日本造船学会論文集第158号

科学技術振興調整費による研究「浮遊式海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」を実施中である。この研究では大型浮遊式海洋構造物の大水深海域への展開を想定して、建設技術や係留技術に関して技術開発を行うものである。この研究の一環として、理論的あるいは実験的手法による基礎研究の成果をプロトタイプの構造物により検証する目的で、昭和61年度から山形県鶴岡市由良沖の沖合約3kmの海域で実海域実験を実施する予定である。

本論文では実海域実験の課題の一つとなっている緊張係留システムについて、水槽実験の解析結果と考察およびプロトタイプの緊張係留システムの設計についてまとめたものである。

水槽実験は、実海域実験に用いるプロトタイプの構造物の1/14.3の縮尺模型について、規則波中および不規則波中における水平運動、上下運動および緊張係留索の変動張力の応答を求めた。不規則波中の実験結果から、緊張係留索の変動張力の応答の確率分布がRayleigh分布で近似し得ることが明らかになった。したがって、変動張力の統計量は入射波のスペクトルを与えることによって推定し得ることを示した。

緊張係留システムの設計については、設計条件の設定、係留索の諸元および50年ストーム時の変動張力の推定値等を示した。

〈東海支所〉

Numerical Error Analysis of Direct
Integration Method

直接積分法の数値誤差解析

竹内 清・笹本直雄

昭和61年2月

Transport Theory and Statistical Physics

15巻142号

定常状態の放射線の輸送方程式を直接積分法で解き、中性子及びガンマ線の遮蔽体中の挙動を記述する計算コード、PALLAS、が開発されている。この計算コードを使用して、直接積分法の計算誤差を調べた。直接積分法は積分型の輸送方程式を解くので、放射線束は空間の2メッシュ点間で全断面積が一定であれば解析的に積分できる。しかし、散乱線源及び外部線源から成る放射線源はこの空間の2メッシュ点間で任意の空間分布を持ち得ることから解析的に積分できない。そこで、この線源の空間分布についてある近似を行わなければならない。初期の解法ではこの空間分布を一次関数で近似したが、現在のPALLASコードには指数関数近似を適用している。最近ではさらに二次関数近似も導入した。これらの関数近似が空間メッシュ幅とともにどの程度の数値誤差をもたらすかを研究したのが本論文である。

対象とした遮蔽問題は200cm厚の平板の水遮蔽体に核分裂中性子が一方の面より等方に入射する問題である。この問題は典型的な遮蔽問題であり、放射線束も放射線源も共に指数関数に近い減衰を示すので、当然のことながら指数関数近似は空間メッシュ幅を1.0cmに選んでも12.0cmに選んでも数値誤差は0.82MeV以上の速中性子束については無視し得る程小さかった。線量でも12.0cm幅は10.0cm幅に較べて最大でも6%数値誤差であった。熱中性子束については水遮蔽板の両端近くで50%近くの数値誤差が発生したが、これは境界の影響である。一方、一次関数近似は速中性子束の計算で12.0cm幅の場合最大でファクター5の大きな誤差が発生し、線量では10倍以上、熱中性子束では200倍以上の大きな誤差を算出し使用不可である。二次関数近似は指数関数近似と全ての量について同程度であったが、線源の空間分布が山型になる問題に対しては、指数関数近似より誤差が小さくなった。