

所外発表論文等概要

〈構造強度部〉

溶接残留応力の機械的除去に伴う材質変化の評価

Stress Relief Evaluation of Welded Joints
Subjected to Pre-Loading Process

前中 浩・佐久間正明・松岡一祥

昭和61年2月

溶接学会論文集 4巻1号

溶接残留応力は、化学的環境あるいは稼働応力との重畳効果で破壊事故の原因となる可能性がある。著者らは、応力除去焼鈍による材質劣化の著しい材料や焼鈍の困難な大型容器を対象として、溶接残留応力の内圧による除去効果を調べ、その実用性を示した。しかし、内圧等による機械的な残留応力除去で生じる塑性歪が材質に及ぼす影響については不明であった。

そこで、軟鋼材に50キロ級溶接材料で製作した溶接継手を用いて、FEMによる理論的解析と実験により、残留応力の除去効果と材質変化を調べた。まず、継手直交方向および継手方向に、除去に必要な荷重を中心

に、数種の引張荷重を加え、歪挙動を調べた。ついで、これらの子荷重負荷試験片の継手近傍から、2mmV切不シャルピ試験片を切り出し、予歪時効脆化について調べた。これらの結果から、残留応力の効果的な除去法と簡易推定法、及び、機械的残留応力除去に伴う材質変化について考察を加えた。

得られた結論は次のとおり。

- (1) 溶接継手直交方向に引張ることにより、溶接線方向圧縮残留応力の大きい場所において降伏を生じ、小さな予歪に対応する負荷で溶接線方向残留応力が除去できる。
- (2) 継手方向に引張ると、母材全体が降伏して歪硬化がおこるまで、残留応力の完全な除去は期待できず、大きな予歪を伴う。
- (3) 予歪による材質劣化は、継手近傍の材質によらず、加えられた塑性歪量にほぼ比例した。
- (4) 脆生破壊発生温度の比較によれば、機械的残留応力除去に伴う塑性歪による材質劣化の影響は、残留応力の重畳効果の影響より少ない。

〈機 関 動 力 部〉

Influence of Qualities of Low Grade Fuels on
Soot, Deposit, Ring Wear and Others

低質重油の性状とすす、
デポジット及びリング摩耗などとの関連性

塩出敬二郎・辻 歌男

昭和61年 3月

Bulletin of MESJ 14巻 1号

船用ディーゼル機関の燃焼油は、近年高粘度化、低質化が進んでいる。このような燃料油の低質化によって燃焼条件がきびしくなり、排気ガス中の粒状排出物の量が増加し、これが機関故障の原因ともなっている。しかし、船用ディーゼル機関の場合には粒状物質の排出特性についての資料はほとんど見当たらない。

そこで船用燃料の性状と粒状排出物質との関連性及び粒状排出物と燃料室周りのデポジット付着量、ピストンリング摩耗量、潤滑油の劣化との関連性などを調べるための実験研究を行った。この研究では9種類の性状の異なる燃料を使用した。すなわち、海外の港で入手した4種類の低質C重油と日本の精油所で実験用に試作した2種類の低質C重油及び国内で市販されている船用A重油、それにA重油とC重油のブレンド油2種類である。燃焼実験には小型の直接噴射式ディーゼル機関を使用し、前述の9種類の燃料について各々30時間の連続運転を行い、燃料性状が機関性能、排気煙濃度、粒状物濃度(すす濃度)、デポジット付着量、ピストンリング摩耗量、オイルの劣化などに与える影響について調べた。A/Cブレンド油では、燃料中のA重油の混合割合が多くなれば、燃焼が改善され、排気煙濃度、デポジット付着量、ピストンリングの摩耗量は減少する。低質C重油の実験では、排気煙濃度、すす濃度は、燃料中の残留炭素分の濃度が高くなれば高くなるし、ディーゼル指数が大きくなると減少する。

デポジット付着量は、排気煙濃度、すす濃度が高くなれば、増加する傾向を示す。ピストンリングの摩耗量は、燃料中の残留炭素、硫黄分の濃度が高くなれば増加する傾向を示し、ディーゼル指数が大きくなれば減少する傾向を示している。潤滑油の劣化を比重、粘度、n-ペンタン不溶解分、全塩基価の変化で比較すると、粘度及び全塩基価は燃料中の硫黄分によって大きく影響され、n-ペンタン不溶解分は排気ガス中のすす濃度に大きく影響される。

触媒残さの機関摩耗への影響

Influence of Catalyst Fines on Engine Wear

塩出敬二郎・加藤 寛・辻 歌男

昭和61年 3月

日本船用機関学会第20回

創立10周年記念事業講演会前刷集

船用C重油には、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重油基材として使われるようになってきた。これらの油の中には、触媒回収装置で回収しきれない触媒粒子が混入することがある。

この触媒粒子は非常にアブレイシブなもので、機関の潤滑部分にとっては危険なものである。そこで、燃料中に混入した触媒粒子の濃度及び粒径が、ディーゼル機関のどの部分にどのような摩耗を生じさせるかを、小形ディーゼル機関による実験で調べた。実験の方法は、まず、触媒粒子の濃度が30, 60, 100, 150ppmの重油燃料及び触媒粒子の入っていない重油燃料を用いて、30時間の摩耗実験を行った。機関各部の摩耗料としては、ピストンリング、シリンダライナ、クランクピンメタル、燃料ポンプアランジャ、デリベリバルブ、ニードルバルブについて計測した。また、潤滑油中のn-ペンタン不溶解分及び鉄分の濃度も計測した。次に、触媒粒子濃度は100ppmであるが、粒径の異なる3種類の触媒を入れた燃料を用いて、前述と同じような摩耗実験を行った。これらの実験によって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量は増大する。特にシリンダライナでは、触媒濃度が30ppmの燃料での摩耗量は触媒の入っていない燃料での摩耗量に比べて約2.5倍にもなる。

リングやライナの他にも、潤滑油中に入ってくる触媒粒子によってクランクピンメタルの摩耗量も燃料中の触媒濃度が高くなれば増大する。また、潤滑油中の鉄分濃度、n-ペンタン不溶解分も燃料中の触媒濃度が高くなれば増加する。燃料中の触媒の粒径を変えた場合には、各計測項目で粒径の影響はあまり見られなかった。触媒粒子による燃料噴射系の摩耗量は非常に少なく、評価できなかった。しかし、噴射圧力の低下、霧化の悪化などが認められた。

〈材料加工部〉

Elastic Analysis of Rotating Discs with
Logarithmic Strains

対数ひずみを用いた回転円板の弾性解析

天田重庚

昭和61年2月

Theoretical & Applied Mechanics, Vol. 34

各種の回転機械の高性能化により回転数の上昇が著しい。この結果、回転体の変形が微小変形の枠を越える可能性があり、この場合には微小変形弾性論による解析では不十分である。本報告は、微小変形弾性論で考慮されている変形量よりも大きな変形まで追従できる対数ひずみ $\epsilon_r = \ln(\partial u / \partial r)$, $\epsilon_\theta = \ln(u/r)$, $\epsilon_z = \ln(H-h/H)$ を採用し、変形後の座標を用いて基礎方程式を導入し、半径方向と周方向応力成分を未知関数とする非線形連立微分方程式を得る。得られた非線形方程式の線形近傍での挙動を調べるために、半径方向変位にて平衡方程式を表わした後に、二項定理と Taylor 展開を用いて級数展開を行い、線形項のみを採用して線形化方程式を導いた。この線形化方程式は、面内振動に対する回転円板の運動方程式に一致する。

非線形基礎方程式については Hamming の方法を用いて数値計算を行った。回転円板の材料として SNCM8 を想定し、非線形方程式に基づいた有限変形解と、線形化方程式の解と、微小変形理論の解について、回転数を種々に変えて比較検討を行った。2 × 10⁵ rpm の回転数の場合、内周上での周方向応力について、有限変形解は微小変形理論の1.3倍、線形化方程式の解は1.1倍となる。これより回転数が上昇するにつれて、これらの比は増大する。また、一次の面内固有回転数は線形化理論によると6.925 × 10⁵ rpm であるが、有限変形論では、2.871 × 10⁵ rpm の若干高い位置に存在する事が判明した。しかし、本計算では非線形方程式を用いた応力成分の数値計算により固有回転数を推定したものであり、有限変形論に基づく面内振動の固有回転数を厳密に求めるには、非線形連立方程式の固有値問題を解かなければならない。今後は、この問題の計算スキームを検討し、有限変形での固有回転数の低下について追求する予定である。

〈原子力技術部〉

GO-FLOW 手法による信頼性解析(4)
——待機冗長系への応用——Reliability Analysis by GO-FLOW Methodology (4)
——An Application to a Stand-by System——

松岡 猛・小林道幸

昭和61年3月

日本原子力学会年会

GO-FLOW 手法の適用例として、待機冗長系とした船用炉非常用電源系の信頼性解析を実施した。本解析の実施のため、新たに、タイプ23と24のオペレータを定義すると共に、タイプ35の定義式を変更した。

非常用電源は3台のディーゼル発電機より構成されており、3台中1台の機能が満足されれば、非常用電源は確保されるとする。解析は(1)LOCA 信号発生と共にディーゼル発電機1台が起動され、他の2台はバック・アップとして待機状態に置かれる場合、と(2)LOCA 信号発生と共にディーゼル発電機3台が同時に起動される場合について実施、相互の比較を行なった。本解析のために新たに定義したオペレータは、タイプ23が入力信号の補信号を出力し、タイプ24が入力信号の増減量を出力カバーするオペレータである。

解析の結果、ケース(1)の場合とケース(2)の場合では時間経過と共に、系の故障率に大きな差が出て来る事がわかった。これは、非常用電源の動作要求直後の起動確率に対してはどちらのケースでも差はないが、長期冷却に対する、システムの信頼性は(1)の待機冗長系とした方が向上することを意味している。

従来のタイプ35オペレータの定義では、動作要求が順次増大する場合は、動作中の故障を大きく見積り過ぎる事がわかったので、これを改善するため、新たな定義式を与えた。

複数の機器より構成される多重系で、1台の動作中他が待機状態に置かれ、順次バック・アップする場合も、GO-FLOW 手法により容易に解析できる事が示された。

鉄-ポリエチレン遮蔽体系における中性子線量率の変化とモンテカルロ解析

Changing of Neutron Dose Rates in Iron-Polyethylene Shielding System and Monte Carlo Analysis

植木紘太郎・波戸芳仁・小野幹訓

昭和61年3月

日本原子力学会61年年会

遮蔽実験は ^{252}Cf の $14.4\mu\text{g}$ ($3.38 \times 10^7 \text{n/s}$) を中性子源にし、パラフィン製の円錐形コリメータ (円錐の高さ25cm) を通してコリメートさせた中性子束を遮蔽体系に入射させた。遮蔽体系の鋼板の厚さは30cmと32cmであったが、ポリエチレンの厚さは1, 3, 6, 10, 14, 15cmの6種類を用意した。中性子線量率測定には Studsvik 社の減速型レムカウンター, 2202D を使用した。2202D 検出器は計数 (カウント数) が出力できるようになっているので、その計数率を求め、 3.3 counts/s が 1 mrem/h に相当するという換算係数を用いて線量率に変換した。この換算係数は中性子スペクトルに依存せず、同じ値を用いるようになってはいるが、実際にはスペクトルに依存する量なので、この係数には10%の誤差を含むものとして線量率を評価した。計数は3000~300countsになるまで計測、室内散乱による寄与も測定して差し引きを行った。

鋼板の厚さが30cmで、ポリエチレンの厚さが10cmと15cmの場合の線量率変化プロフィールを見ると中性子線量率の極大値と極小値との比、 $D_{\text{max}}/D_{\text{min}}$ はいずれもおおよそ5であるが、プロフィールは少し異なる。すなわち、ポリエチレンの厚さが10cmの場合、ポリエチレンが遮蔽体系の線源側から525cmの所に置かれたとき極小値を持ったのに対し、厚さ15cmの場合にははっきりとした極小値が表われていない。また、鋼板の厚さを32cmにし、ポリエチレンの厚さを1, 3, 6, 10, 14cmにした実験では、ポリエチレンの厚さが薄い程顕著な極小値が表われ、しかも次第に線源寄りに移動するという結果を得た。

モンテカルロコード MORSE-CG による計算は鋼板の厚さが30cm, ポリエチレンが10cmの場合について行い、実験と比較し良い一致を見た。したがって、解析的にもポリエチレン層の位置によって中性子線量率を極小にする位置があることが実証された。

多重層遮蔽体のエンジニアリング的考察 (遮蔽材コスト遮蔽体許容空間に上限がある場合)

Engineering Study of Multi-Layered Radiation Shielding (Under the Restriction of both Material Cost and Shielding Space)

山越寿夫

昭和61年3月

日本原子力学会, 61年年会予稿集

キャスクに見られるような多重層遮蔽体に対し、中性子、一次 γ 線、二次 γ 線の総合的遮蔽効果を高める物質配置を考察した。この場合、遮蔽体に対して最も厳しい制約条件、すなわち各物質の総量、遮蔽体全体の厚さが束縛されているとする条件を課している。

中性子入射エネルギーを最高14MeVまでとし、遮蔽性能特性関数を用いることにより、遮蔽層の物質配列の望ましい配列と入射放射線エネルギーとの関係を把握することができた。

熱中性子領域から2 MeV程度の範囲に対する望ましい物質配列は丁度、5 MeV程度以上に対する望ましい物質配列と逆になり、2 MeV~5 MeVの範囲では物質配列はどちらでも良いとの結論を得た。

この物質配列と入射中性子エネルギーとの関係は、各遮蔽物質の核的性質を考慮すれば十分に理解できることを、核データの実例を用いて示した。

応用上の事柄として、多重層遮蔽体の設計に於ては、熱領域から2 MeVまでのエネルギー領域で1点、5 MeV~2 MeVの範囲で1点、5 MeV以上のエネルギー領域で1点を選び、遮蔽性能特性を調べれば、入射線エネルギー分布に対応した、総合的遮蔽効果の高い遮蔽体の層構造を推定できることを示した。

〈東海支所〉

直ダクト付コンクリート遮蔽壁背面の
 γ 線量率分布解析

Analysis of gamma-ray dose rates behind a
concrete shield wall with a straight duct

山路昭雄

昭和61年2月

日本原子力学会誌

直ダクト付コンクリート遮蔽壁背面における γ 線量率分布測定の実験を1回散乱コードG-33で解析した。実験はJRR-4散乱実験室で行われたものを利用した。この実験では、炉心で発生した1次 γ 線と炉心および炉心周囲で発生した2次 γ 線を実験孔を通じて散乱実験室に導き、この γ 線のビームを直ダクト付のコンクリート遮蔽壁に入射させている。ダクトは円筒形状でその壁は鋼からなる。解析は、1、2および4thのダクト直径、75および150cmの遮蔽壁厚、0、15および30°の γ ビームのダクト入射角について行われた。これらの形状は、遮蔽壁背面のダクト中心軸上から、(1)線源を完全に直視できる、(2)線源の一部を直視できる、(3)線源を直視できない、の3通りの配置に分類される。計算形状は、(1)と(3)の配置に対しては炉心中心の位置に点線源があるとし、(2)の配置に対しては線源をダクト出口から直視可能な部分と直視できない部分に分け、それぞれの線源部に点線源があるとした。1回散乱領域は遮蔽壁内に設けた。その領域はダクト中心軸を軸とする円筒で、円筒の長さは遮蔽壁の前面から背面までとした。円筒の直径はダクトの径に等しくし、外径は実験孔出口断面積と等価の断面積を有する円の外径に等しくした。遮蔽壁背面の計算精度は、ダクト中心軸上で、(1)の配置が16%以内、(2)の配置が19%以内、(3)の配置がファクター2以内である。遮蔽壁背面のダクト出口以外の点の計算値の精度は、遮蔽壁厚が75cmの全ての配置でファクター2以内である。しかし、遮蔽壁厚が150cmの計算値の精度は、ダクト半径の4倍以内の点において実験値の1/2以下となった。計算値が実験値に比べて低い理由として、ダクト壁で2回以上散乱し、且つバルク部コンクリートを透過して遮蔽壁背面に到着する γ 線を計算では考慮していないことが考えられる。