

審査の結果の要旨(案)

氏名 藤岡 照高

本論文は、「無次元化構造応答パラメータに基づく発電用高温圧力機器の簡易構造健全性評価法の開発」と題し、6章からなる。

火力発電用ボイラーや高速増殖炉等の発電用高温圧力機器の構造健全性評価技術の発展は、関連する規格・基準類の策定と高度化に反映されてきている。本論文は、これら既存の規格・基準類や実際に行われている技術慣行を踏まえ、それらにおける考え方と整合する形で、さらに、一般形状に対する適用性など、既往手法が持つ問題点の解決が図れるものとして、規格・基準類で考慮される損傷モード、すなわち一次応力による過大な非弾性変形、二次応力繰返しによるクリープ疲労損傷および累積ひずみ、さらにはき裂状損傷のより信頼性の高い有害性評価を実用的な計算負荷および労力で可能とする一連の簡易構造健全性評価法を提案したものである。

第1章は「序論」であり、本研究の背景、目的・意義、および本論文の構成について述べている。

第2章「構造応答パラメータの性質と評価法および無次元化」では、機械的外力に対する構造物の非弾性変形にかかわる実断面応力補正係数、き裂入り構造物における非弾性 J 積分の高精度な近似を可能とする極限荷重補正係数、二次応力緩和挙動を記述する弾性追従係数、ひずみの累積性を表す相対弾性核寸法等の構造応答パラメータの力学的性質について整理し、それらのべき乗型非弾性構成式を仮定した簡便な非弾性解析による一意的な決定法を示している。またこれらパラメータが何れも無次元化できることを示し、一度その値を求めておけば、同一形状、同一応力指数の構造物に対しては、再度算出の必要がなく、既存解を再利用することで、弾性解析のみに基づく簡便な構造健全性評価が可能となることを述べている。

第3章「参照応力概念に基づく荷重制御型応力に対する構造設計および非弾性 J 積分評価法」は、外力が与えられることから参照応力法に基づく厳密な検討が可能な荷重制御問題の取扱方法を述べたものである。まず、設計において求められる一次応力制限の力学的意味を近似理論的に明確化し、複数荷重の取扱方法や、加工硬化を伴う弾塑性解析と弾完全塑性体に基づく極限解析の対応関係を明らかにしている。さらにき裂状損傷に対しては、複数荷重を受けるき裂入り円筒の弾塑性解析により、実断面応力補正係数と極限荷重補正係数の有効性を確認し、また、定常クリープ状態に到達する前の小規模クリープ状態における一般的なクリープ J 積分の簡易評価法を提案している。そして、弾塑性解析から決定される実断面応力補正係数と極限荷重補正係数、および本小規模クリープ評価法を用いることで、保持開始直後から定常クリープ状態に至るまでの全期間におけるクリープ J 積分が簡便かつ高精度で評価できることを、き裂入り円筒の弾塑性クリープ解析で検証している。

第4章「弾性追従概念に基づく変位制御型応力に対する応力集中および非弾性 J 積分評価法」では、変位制御問題の取り扱いを述べている。弾性追従係数を導入して、この値が全面塑性状態および定常クリープ状態において一定値に収束することを示し、さらに応力再配分過程に対する Neuber 則の適用性を検討することで、変位制御荷重に対する弾塑性およびクリープによる弾性追従挙動に基づくピークひずみおよびピーク応力の緩和挙動の評価法を提案している。また、参照応力に対する弾性追従係数の評価法を初めて具体化し、無き裂構造と同様な収束性があることを初めて示した上で、弾塑性 J 積分およびクリープ J 積分の評価法を示している。

第5章は「熱応力に対するピークひずみ範囲・ピーク応力および非弾性 J 積分ならびに累積ひずみ評価法」であり、熱応力問題に対しても変位制御型問題と同様な扱いができることを示し、また累積ひずみの新たな評価法を提案している。まず、弾性追従概念に基づき、クリープ疲労損傷の評価のベースとなる応力集中部におけるピークひずみ範囲・ピーク応力の緩和挙動の評価法について述べ、さらに弾性追従係数の収束値のみを用いるピークひずみ、ピーク応力緩和履歴の評価法について述べている。また、き裂問題については、荷重制御問題に対する議論で得られた参照応力法と応力分類法の等価性に着目し、変位制御問題と同様に弾性追従係数を用いた熱応力下弾塑性 J 積分およびクリープ J 積分評価への参照応力法の適用を試みている。さらに、応力分類法を必須としない Neuber 則に基づく熱応力下弾塑性 J 積分評価法のクリープ J 積分評価法への拡張を提案している。最後に、微小変形解析に基づく各種の簡易法の妥当性の前提となる累積ひずみの制限について、相対弾性核寸法に基づく評価法を提案している。

第6章は「結論」であり、本論文の成果がまとめられている。

以上要するに本論文は、設計にあたって考慮されるべき負荷条件を網羅し、無次元化した各種の構造応答パラメータを用いることで、火力発電用ボイラーや高速増殖炉等の発電用高温圧力機器の規格・基準類で評価が求められている各種損傷モードの有害性評価を簡便な形で可能とする一連の簡易構造健全性評価法を開発したもので、今後の発電用高温圧力機器の規格・基準類の高度化やき裂状損傷の許容性判定法の標準化に寄与するところが大きいものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。