

審査の結果の要旨

氏名 戒田 拓洋

石油精製，石油化学プラントの主要な設備である圧力容器，配管，貯槽等の圧力設備は，高度経済成長期に建設されたものが多く経年化が進行している．これらの圧力設備に対し，検査によつてきず，又は損傷が認められた場合には，当該設備の健全性を定量的に評価し，継続運転の可否を判断しなければならない．この評価を供用適性評価と呼ぶ．本論文は，代表的な損傷の一つである減肉が発見された圧力設備に対して，利便性の高い信頼性手法に基づいた供用適性評価手法を新たに提案するものである．

第 1 章では，信頼性手法に基づいた供用適性評価手法に関する既往研究事例と現状及び課題を述べた．

第 2 章では，構造物の限界状態に関連する確率変数の内，破損確率に対して高い感度を持つ変数を感度解析に基づいて求め，確率変数として取扱う変数を選択する手法を体系化した．同手法によつて，客観的指標に基づいて限界状態関数を簡略化することができ，信頼性解析の利便性を向上することが可能である．本論文では，体系化した手法を一般的な化学プラント圧力設備に経験される保温材下腐食の問題に適用し，減肉速度と減肉部の最小厚さ測定値を確率変数に持つ限界状態関数を見出した．

第 3 章では，実機腐食配管の厚さ測定データについて，信頼性評価の観点から確率特性の整理をした．厚さ測定データは，第 2 章で見出した限界状態関数の主要な確率変数の一つであり，その確率特性の明確化が望まれている．本論文では，まず，減肉を有する圧力設備の要求性能について，耐圧性能と耐漏えい性能に分類し，それぞれの要求性能ごとに厚さ測定値のばらつき要因について明らかにした．次に実機腐食配管のラウンドロビン試験の結果から，減肉部と健全部で厚さ測定値のばらつきが異なることを明らかにした．得られた確率特性を信頼性評価が可能な形に整理し，残存強度係数の確率特性を用いて減肉配管の信頼性評価を行った．その結果，許容残存強度係数と信頼性の関係を明らかにした．

第 4 章では，第 2 章で得られた限界状態関数，及び第 3 章で得られた確率特性を利用して，減肉を有する圧力設備の破損確率に基づく余寿命評価手法を新たに提案した．提案した余寿命評価手法は，目標とする破損確率に応じて，圧力設備の余寿命を容易に評価できるものである．局部減肉形状に対して，従来の決定論的手法，及び提案する確率論的手法を適用し，両者の余寿命評価結果を比較した．減肉が進行し残存強度が小さい設備において，確率論的手法を適用することで，より大きな合理化を達成できることを明らかにした．

第 5 章では、利便性の高い信頼性手法の一つである部分安全係数法において、減肉評価などの非線形な限界状態関数を持つ問題への適用性を、客観的指標によって判断する手法を提案した。部分安全係数の組合せは、目標信頼性ごとに用意されるが、多くの場合、限界状態関数の非線形性のために、同じ目標信頼性でも複数の部分安全係数が用意される。合理的な部分安全係数の設定に利用可能な定量的指標として、設計点における主曲率を用いることを提案し、妥当性を検証した。

第 6 章では、第 4 章で提案した破損確率に基づく余寿命評価手法をベースに、より利便性を向上させることを目的として、部分安全係数法を適用し、従来の決定論的手法よりも簡易、かつ合理的に次回検査時期を決定する手法を提案した。提案した次回検査時期決定手法は、破損確率に対して感度の高い減肉速度、及び減肉部の最小厚さ測定値に安全係数を付与するものである。提案手法の採用によって、減肉がより進行した圧力設備の次回検査時期を、簡易かつ合理的に決定できることを明らかにした。加えて、今後の提言に関連して、減肉速度のばらつきが信頼性に与える影響を解析し、減肉速度のばらつきを 1/10 にすることで、次回検査時期を 5 倍以上に延長することができ、現場の対策が、検査時期の延長に寄与できることを信頼性手法に基づいて定量的に明らかにした。この結果から、現場の腐食防止対策は信頼性向上の観点から重要であり、本論文では保温材下腐食に対する現場の対策や具体的処置について提言した。

第 7 章では、本論文を通して得られた結論を総括している。

本論文では、利便性の高い信頼性評価を実施するための感度解析手法を体系化するとともに、一般的な化学プラント圧力設備に経験される保温材下腐食問題に対して新たな余寿命評価手法、及び部分安全係数法による次回検査時期決定手法を提案した。本提案手法により合理的なメンテナンスが可能となり、同評価手法の標準化と普及に大きな貢献が期待される。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。