

論文の内容の要旨

論文題目

3次モーメント法に基づく信頼性解析手法に関する研究

氏名 宇賀田 健

本論文は、確率分布の歪み具合を表す3次モーメントを独立したパラメータとして有する新たな確率分布関数を提案し、それに基づき、従来の2次モーメントまで（平均値と標準偏差）しか考慮しない2次モーメント法に基づく構造物の確率論的安全性評価手法、ならびに荷重・耐力係数に基づく信頼性設計法を高度化することを目的として行った研究をとりまとめたものである。

従来の確率論的安全性評価手法あるいは信頼性設計法は、多くの場合、実用的な観点から、平均値と標準偏差という2次モーメントまでの情報のみを用いて行われてきた。しかしながら、構造物の設計・建設に関わる多くのばらつきは、例えば設計荷重や材料強度のように偏りを持ったものであり、さらにそれらが複雑に複合することによって生じる応答や応力のばらつきも、さまざまな偏り具合を有しているのが実情である。このような偏り具合は、2次モーメントまでの情報だけでは表現することができない。

このような背景から、平均値と標準偏差という1次と2次のモーメントに加えて、3次以上のモーメント（例えば確率分布の歪み具合を表す3次モーメント、尖り具合を表す4次モーメント等）を考慮することで、確率分布の偏り具合を表現しようという試みがいくつかなされてきた。「高次積率標準化手法」は、任意の確率変数に対する標準正規化関数をべき乗項による級数（べき級数）で近似することで、3次モーメント（歪み度）まで考慮して任意の確率分布の超過確率を評価できる手法として提案されている。この手法は、確率分

布を表現する式の形は簡便であるが、べき級数に基づいているために、確率分布の歪み具合が大きい場合、確率変数の絶対値が大きい範囲（いわゆる確率分布の裾野部分）で関数そのものが定義できないという不具合が生じる。また、「3 パラメータ対数正規分布」は、対数正規分布を負の確率変数まで取り扱えるよう拡張するとともに、対数正規分布とは反対の歪み具合の場合でも表現できるようにしたものである。これは対数正規分布に基づいているために、高次積率標準化手法で見られる確率分布の裾野部分における不具合は生じないが、確率分布を表す式の形が若干複雑であるとともに、対数正規分布をそのまま拡張しているため、対数正規分布とはかけ離れた歪み具合を有する分布に対して適用する場合に誤差が大きくなるという問題がある。

そこで、本論文は、確率分布の裾野部分まで定義できない、あるいは一部の理論分布にしか対応できないといった既往の提案手法の問題点を是正し、①偏りを持った理論分布に対しては、複雑な数値計算によらず、手計算ベースで、分布の歪みを考慮して確率特性が評価できること、②3次モーメント程度の低次のモーメントまでは精度よく評価できるものの、分布形状そのものについてはデータ数の不足等により評価が困難なものに対しては、一般的な分布の歪み具合を考慮して、その確率特性が評価できること、の二つを目標とし、確率分布の3次モーメント（歪み度）まで考慮した新たな確率分布評価式を導出し、それに基づき3次モーメント法を提案した。また、提案した手法を用い、構造物の設計や安全性評価といった信頼性設計法・解析法において、確率分布の3次モーメント（歪み度）まで考慮した手法を示し、その有効性を示した。

本論文は全5章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景に加えて、本研究と同様に3次以上のモーメントまで考慮した既往の評価手法に対するレビューを行い、既往の手法の問題点や課題を示すとともに、本研究の目的および本研究で提案する手法の特徴について述べた。

第2章では、3次モーメントまで考慮した新たな確率分布を導出し、それに基づく3次モーメント法を提案した。そして、その統計的な性質の精度を確認するために、理論分布や既往の評価手法の結果と比較し、新たに提案した手法の有効性を確認した。

第3章では、構造物に対する確率論的安全性評価手法について検討した。3次モーメント法と同じく3次モーメントまでの情報を用いて、元の連続分布と統計的に近似した離散点（サンプル点）を評価できる2点推定法と、本研究で提案した3次モーメント法を組み合わせることにより、確率分布の形状を仮定することなしに、確率分布の歪み度の情報のみを用いて構造物の損傷確率を評価することができるようになる。本研究では、この2点推定法に対して、確率変数間に相関性がある場合や、確率変数の数が多くなったときのサンプル点の低減方法について、新たな手法を開発した。

第4章では、構造物を設計する際に用いられる荷重・耐力係数設計法について検討した。荷重・耐力係数設計法は、荷重効果やクライテリアのばらつき具合と目標とする安全性レベルに応じて荷重効果とクライテリアの設計値を設定する方法で、設計過程で考慮すべき余裕度を、根拠を持って設定できるというメリットがある。本研究では、本研究で提案した3次モーメント法を適用し、任意の歪み度を有する確率分布に対しても、手計算レベルで荷重・耐力係数を評価できる手法を開発し、既往の評価方法と比較することで提案手法の有効性を確認するとともに、確率分布の歪み度が荷重・耐力係数の値に与える影響について検討した。

第5章では、2章から4章までの研究内容をまとめるとともに、3次モーメント法が、構造物の設計や安全性評価において、より活用できるようになるために必要な将来の展望について記載した。