

|         |  |       |      |         |
|---------|--|-------|------|---------|
| 氏名      | 王 嬌  |       |      |         |
| 学位の種類   | 博士 (工学)  |       |      |         |
| 学位記番号   | 博甲第 217 号  |       |      |         |
| 学位授与の日付 | 2017 年 3 月 31 日  |       |      |         |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当   |       |      |         |
| 学位論文の題目 | Proposition and application of a simple third-moment reliability index |       |      |         |
| 論文審査委員  | 主査   | 神奈川大学 | 教授   | 趙 衍 剛   |
|         | 副査   | 神奈川大学 | 教授   | 島 崎 和 司 |
|         | 副査   | 神奈川大学 | 教授   | 岩 田 衛   |
|         | 副査   | 神奈川大学 | 教授   | 荏 本 孝 久 |
|         | 副査   | 神奈川大学 | 教授   | 中 島 健 一 |
|         | 副査   | 神奈川大学 | 名誉教授 | 大 熊 武 司 |

## 【論文内容の要旨】

構造設計を行う時、構造系に含む不確定性を考慮した上、構造信頼性を確保しなければならない。伝統的構造信頼性解析法として一次と二次信頼性評価法 (FORM & SORM) は複雑や精度不足などの欠点がある。近年、確率変数及び限界状態関数の非正規性を考慮するために、確率変数及び限界状態関数の高次モーメントを利用する手法を取り入れて、三次モーメント法が提案されているが、信頼性指標計算式の中ではルートや対数項などが含むので、数学的に適用制限がある。本研究では、簡単で、適用範囲が広い三次モーメント信頼性指標を提案することを目的とする。論文は「簡単な三次モーメント信頼性指標の提案及び応用」と題し、以下の6章で構成されている。

第1章 「研究背景」では、本研究の背景と意義を述べている。

第2章 「既往研究」では、既存の信頼性解析法として、一次と二次信頼性評価法 (FORM & SORM) 及び Monte-Carlo シミュレーションを紹介し、三次モーメント法を導入の必要性及び既存三次モーメント指標の問題点を分析した。

第3章 「三次モーメント信頼性指標の提案」では、簡単で適用範囲が広い三次モーメント信頼性指標を提案した。提案式はルート及び対数項を含まず、数学的な制限がない。様々な例題を用いて検証した結果、提案法は既存の二次モーメント法と三次モーメント法より精度が高く、既存信頼性指標が不適用の場合でも、信頼性指標を計算することができる。

第4章 「荷重・耐力係数評価への応用」では提案信頼性指標の荷重・耐力係数評価への応用を検討している。荷重・耐力係数を用いる構造信頼性設計法は実用てきな方法として各国の設計指針及び基準で推奨されている。既存の三次モーメント法による荷重・耐力係数を求める方法は他の方法より簡単と精確であるが、しかし、適用範囲は狭く、繰り返し計算が必要である。本章では、繰り返し計算を回避するために簡単な方法を提案し、同時に精度を維持することができた。風荷重と

雪荷重を考慮して、異なる荷重組み合わせで新方法の適用性を検証した結果、既存の各手法と比べて、提案方法は簡単で精度が高く、適用範囲も広いと判る。

第5章 「構造耐久性評価への応用」では、3章で提案した三次モーメント法に基づいて、鉄筋コンクリート(RC)構造物の耐久性評価法を開発した。まず、塩素環境に置ける構造の既存の腐蝕分析モデルとクラックモデルを改良し、微細なひび割れは塩素イオン伝播に与える影響を定量化して、新しい腐蝕分析モデルを提示した。次に、提案した三次モーメント法を用いて腐蝕確率とクラック確率を求めた。結果によって、RC構造が腐蝕した後、クラック確率の向上は非常に速いので、構造寿命を延長するため、塩素イオンの伝播を阻止することは重要と判る。各影響要因の平均値、変動係数、分布種類は破壊確率に与える影響を分析し、平均値と変動係数両者は破壊確率に与える影響は必然的な関係が無い、分布種類は腐蝕確率に与える影響が弱いなどを明らかにした。

第6章 「結論」では本研究の結論をまとめており、以下のことを明らかにした。

1, 既存信頼性指標より簡単な三次モーメント信頼性指標を提案した。提案した信頼性指標は適用範囲が広く、数学的な制限もない。

2, 提案した三次モーメント信頼性指標を用いて、繰り返し計算がない荷重・耐力係数計算法を提案した。提案法は既存法より精度が高い。

3, 提案した三次モーメント信頼性指標に基づいて、RC構造物の耐久性評価を行った。既存腐蝕モデルとクラックモデルを改良した上、提案した三次モーメント法を用いて腐蝕確率とクラック確率を求め、新しい構造耐久性評価法を開発した。

## 【論文審査の結果の要旨】

構造設計を行う時、構造系に含む不確定性を考慮した上、構造信頼性を確保しなければならない。本論文は伝統的構造信頼性解析法として一次と二次信頼性評価法(FORM & SORM)は複雑や精度不足などの欠点に着目し、簡単で適用範囲が広い三次モーメント信頼性指標を提案し、それを荷重・耐力係数評価及び構造耐久性評価への応用するものである。論文は「簡単な3次モーメント信頼性指標の提案及び応用」と題し、6章で構成されている。

第1章と第2章では研究背景と既往研究を述べている。

第3章 「三次モーメント信頼性指標の提案」では、簡単で適用範囲が広い三次モーメント信頼性指標を提案した。提案式はルート及び対数項を含まず、数学的な制限もなく、既存の二次モーメント法と三次モーメント法より精度が高く、既存信頼性指標が不適用の場合でも、信頼性指標を計算することができる。

第4章 「荷重・耐力係数評価への応用」では提案信頼性指標の荷重・耐力係数評価への応用を検討している。繰り返し計算を回避するために簡単な方法を提案し、同時に精度を維持することができた。風荷重と雪荷重を考慮して、異なる荷重組み合わせで新方法の適用性を検証した結果、既存の各手法と比べて、提案方法は簡単で精度が高く、適用範囲も広いと判る。

第5章 「構造耐久性評価への応用」では、3章で提案した三次モーメント法に基づいて、鉄筋

コンクリート(RC)構造物の耐久性評価法を開発した。まず、塩素環境に置ける構造物の既存の腐蝕分析モデルとクラックモデルを改良し、新しい腐蝕分析モデルを提示した。次に、提案した三次モーメント法を用いて腐蝕確率とクラック確率を求めた。各影響要因の平均値、変動係数、分布種類は破壊確率に与える影響を分析し、平均値と変動係数両者は破壊確率に与える影響は必然的な関係が無い、分布種類は腐蝕確率に与える影響が弱いなどを明らかにした。

第6章 「結論」では本研究の結論をまとめている。

なお、論文の内容は *Construction and Building Materials*, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* などの学術誌に3編の審査論文として公表している。

以上のように本論文により示されたこれらの知見は、建築構造物の信頼性設計及び安全性評価に活用されることが今後、十分期待される。したがって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。