

審査の結果の要旨

氏 名 邱 建 國

邱建國氏から提出された「劣化リスクを包含した LCC に基づく RC 造建築物の維持保全最適化システムに関する研究」は、現代社会において主要な都市ストックを構成する鉄筋コンクリート造建築物を対象として、その地震時の耐震安全性および平常時の使用安全性を脅かす可能性のある中性化・塩害による鉄筋腐食に伴うリスクをライフサイクルコスト (LCC) の算定に組み込み、さらに、所有者の意志をも考慮した上で LCC を最小化できる補修・補強方法の決定を支援するシステムの基本的枠組みを示したものである。鉄筋コンクリート造建築物の劣化現象の予測および劣化を生じた鉄筋コンクリート部材の耐荷力の推定に関する研究は、近年活発に実施されてきており、めざましい進歩を遂げつつある。また、我が国のような地震国では、地震による被害リスクを考慮した耐震設計や補強計画に関する研究が進められ、その実施機運も高まってきている。このような状況下において、邱氏は、鉄筋コンクリートの最も重要な劣化現象である鉄筋腐食現象と建築物の重要な性能である耐震性・使用安全性を定量的に関連づけ、免疫的アルゴリズムという手法を導入し、リスクマネジメントの手法に基づいて維持保全計画を最適化するシステムのプロトタイプをも構築している。

本研究は7つの章で構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、範囲などが的確に述べられている。

第2章では、本研究に関連する土木・建築分野における、耐用年数および限界状態に対する従来の考え方、ならびに維持保全計画、リスクマネジメント手法および最適化システムに関する既往の研究が要領よくまとめられている。

第3章では、塩害、中性化および複合劣化を対象として、鉄筋腐食が生じた鉄筋コンクリート部材の平常時におけるかぶりコンクリートの剥離可能性（使用安全性）および地震時の耐力（構造安全性）を簡便に算定する手法が取り纏められ、想定供用期間中の損失コストを評価する方法が適切に提案されている。劣化現象の考慮に際しては、中性化速度、塩分侵入速度および鉄筋腐食速度の変動が考慮されるとともに、かぶり厚さなどの施工誤差ならびに曲げ耐力およびせん断耐力の算定式の不確実性までもが考慮され、確率論的手法によって鉄筋コンクリート部材および建築物の破壊確率ならびにかぶりコンクリートの剥離確率を的

確に算定できる方法が論理的に示されている。また、再現期間 500 年の地震動に対しても建築物の倒壊によって人命損失が生じないことが要求基準とされるなど、適切なリスク算定手法が示されている。

第 4 章では、第 3 章で示された構造安全性および使用安全性に対して、信頼性理論に基づいて合理的に限界状態が設定され、鉄筋コンクリート部材および鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数の合理的な予測手法が提案されている。既存建築物に対しては、調査・点検で得られた実データを基にベイズ理論を利用して予測値を更新するといった有益な手法が提案されている。さらに、その更新データに基づいて劣化現象の将来予測を行い、鉄筋コンクリート部材および鉄筋コンクリート造建築物の耐用年数および限界状態を再評価するといった実用上意義深い方法が提案されている。

第 5 章では、維持保全計画を立案する上で考慮すべき補修・補強費用の算出方法が適切に示されるとともに、補修・補強の性能向上効果を表す合理的なモデルが示されている。すなわち、維持保全計画の立案を簡便化することを目的として、補修・補強の水準は実用的な 5 段階に分類されるとともに、かぶりコンクリートの剥離確率および鉄筋の腐食減量率に基づき補修水準および補修範囲を評価できる有用な手法が提案され、コスト評価が容易に行えるようになっている。

第 6 章では、中性化および塩害によって鉄筋が腐食し、構造安全性および使用安全性にリスクを生じる可能性のある鉄筋コンクリート造建築物に対して、LCC を大幅に削減でき、かつ技術的にも実現可能な維持保全計画を提案するための基本的考え方が示されるとともに、その提案を支援できるシステムのプロトタイプが適切に構築されている。支援システムの構築に際しては、単一解に収束することなく複数の準最適解を一度に探索できる能力が示され、多様な解を得ることのできる免疫的アルゴリズムが的確に利用されている。また、得られた準最適に対して、所有者の意志をも考慮して実現性の高い解を得るために、簡略化ファジィ理論が的確に用いられている。

第 7 章では、本論文の結論と今後の課題が要領よくまとめられている。

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。