

(論文内容の要旨)

本論文は、PFI (Project Finance Initiative)スキームの下で実施される空港舗装のアセットマネジメント問題を対象として、空港地盤の不同沈下リスク、空港舗装の疲労破壊リスクを考慮した空港舗装のハイブリッド劣化モデルを開発するとともに、空港舗装構造の設計段階における空港舗装の維持補修計画の作成、および空港供用後の運用段階における維持補修計画のフォローアップのための方法論を開発するとともに、実空港への適用を通じて方法論の有効性を実証的に検証したものであり、全6章で構成されている。

第1章は序論であり、空港舗装のアセットマネジメントでは、空港地盤の不同沈下リスク、舗装の疲労破壊リスクが介在することを指摘し、設計段階における力学的劣化予測、ならびに空港供用後における舗装劣化過程のモニタリング情報を用いたフォローアップが重要な課題になることを指摘している。

第2章では、空港舗装の設計段階を対象として、空港地盤の不同沈下リスク、航空機による繰り返し荷重の不確実性、コンクリート疲労破壊における不確実性を考慮した空港舗装の劣化過程に関する力学的予測モデルを提案している。力学的予測モデルは、空港地盤の確率的1次元圧密モデル、コンクリート版内応力を算定するための2次元平版FEM解析モデル、コンクリート版疲労破壊モデルにより構成されている。さらに、具体的に臨海部に立地する空港を対象として、本研究で提案した空港舗装の力学的劣化予測モデルの適用可能性について実証的に検証している。

第3章では、空港コンクリート舗装のアセットマネジメントにおいて重要な課題となる地盤沈下リスクに着目し、継続的なモニタリング情報を用いて力学的モデルによる地盤沈下予測結果をベイズ更新するための方法論を提案している。具体的には、力学モデルの予測結果を用いて統計的な劣化予測モデルを推計するというハイブリッド劣化予測モデルを提案するとともに、モニタリング情報を用いて統計的劣化予測モデルをベイズ更新するという方法論を提案している。さらに、実空港の舗装マネジメント問題を対象として、提案した方法論の有効性を実証的に検証している。

第4章では、空港コンクリート舗装の劣化データが存在しない状況の下で、力学的劣化予測モデルの計算結果に基づいて、コンクリートの劣化過程をマルコフ連鎖モデルとして表現する方法を提案している。さらに、モニタリング情報を用いて、マルコフ連鎖モデルをベイズ更新するようなハイブリッド劣化予測モデルを開発している。その際、コンクリート劣化過程が、空港地盤の不同沈下過程の影響を受けるために、本研究で提案したマルコフ連鎖モデルは、空港地盤沈下に関するサンプルパス上で定義される非斉次マルコフ過程になっている点に特徴がある。さらに、開発したコンクリート舗装のハイブリッド劣化予測モデルを実空港に適用し、その有効性を実証的に検証している。

第5章では、地盤沈下過程に不同沈下リスクが存在するとき、地盤沈下過程の実現値に応じて舗装劣化過程を表すマルコフ推移確率が変化することを示し、通常の斉次マルコフ決定モデルを用いてコンクリート舗装の最適補修政策を分析できないことを指摘している。そこで、本章では最適コンクリート舗装補修モデルを、空港地盤の不同沈下リスク、舗装の疲労破壊リスクという複数のリスクを同時に考慮した非斉次マルコフ決定モデルとして定式化している。その上で、コンクリート舗装に関する性能規定制約の下で、期待ライフサイクル費用を最小にするような最適補修政策を求める方法論を提案している。さらに、具体的な空港を対象として、提案した方法論の有効性を実証的に検証している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、PFI空港事業における空港舗装のアセットマネジメントを対象として、設計段階において継続的なモニタリングデータが存在しない状況の下で空港舗装の補修計画を策定するとともに、空港供用開始後におけるモニタリングデータを用いて舗装補修計画を事後的に更新するための方法論を具体的な空港事業を対象として提案したものであり、以下のような知見を得ている。

1. 不同沈下，コンクリート舗装の疲労破壊メカニズム，航空機の走向位置という不確実性を考慮した力学モデルを用いて，コンクリート舗装の劣化予測を行う方法を示し，設計段階における空港舗装の維持補修計画を策定するための具体的な方法論を提案している。
2. 空港コンクリート舗装のアセットマネジメントでは空港地盤沈下が重要な課題となることを指摘し、空港地盤沈下予測モデルの提案と継続的なモニタリング情報を用いて地盤沈下予測結果をベイズ更新するための方法論を提案し、実際の空港事業を対象としてその有効性を検証している。
3. 空港コンクリート舗装の劣化過程に関する確率的力学モデルの予測結果に基づいてマルコフ劣化予測モデルを統計的に表現する方法論を提案している。さらに、空港供用後に獲得できるモニタリング情報に基づいて、2次モデルを逐次ベイズ更新するハイブリッド劣化モデルを開発している。
4. 空港地盤の不同沈下リスク，コンクリート舗装の疲労破壊リスクという2種類のライフサイクル費用リスクに着目し，これら2種類のリスクを考慮したような空港舗装の最適補修計画を策定する方法論を提案し、実空港を対象としてその有効性を検証している。

以上、要するに、本研究は、空港舗装のアセットマネジメントを対象として、空港地盤の不同沈下リスク、コンクリートの疲労破壊リスクを考慮したハイブリッド劣化モデルの開発と、それに基づいて補修戦略計画を策定するための方法論を開発したものであり、今後の社会資本の維持管理の効率化にとって、理論上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。