

Title	都市高速道路における鋼床版・RC床版の更新・修繕政策の最適化に関する実践的研究
Author(s)	慈道, 充
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/96099
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (慈道 充)

論文題名

都市高速道路における鋼床版・RC床版の更新・修繕政策の最適化に関する実践的研究

論文内容の要旨

現在、我が国の高速道路や国道では、橋梁の老朽化に伴い、大規模修繕や更新が実施されている。この背景には、通常の補修では橋梁の健全度を完全に回復させることが困難な変状や損傷の顕在化がある。本研究では、都市高速連続高架橋の床版を対象に大規模修繕や更新を意思決定するためのライフサイクル費用の評価方法とそのための要素技術について検討した。具体的には、4つの研究課題、①相関分析による損傷要因分析(鋼床版の疲労き裂を対象)、②大規模修繕の施策の最適手法(鋼床版の疲労き裂を対象)、③補修効果の評価手法(コンクリート床版の床版防水を対象)、④補修後の劣化予測モデル(コンクリート床版の床版防水を対象)について検討を行った。

本論文は以下の6章から構成されている。

第1章では、序論として、本研究の背景や目的、論文の構成を記述した。

第2章では、①について、目的変数と説明変数の性質に応じて相関分析方法を使い分けながら、鋼床版に生じているき裂の要因を分析した。分析に先立ち、鋼床版に生じているき裂が交通荷重による疲労き裂であり、マイナー則に従うと仮定したときの簡単な理論的考察とパラメトリックな構造解析で目的変数と説明変数との間で想定される相関関係を確認した。その結果、損傷発生率については、10t等価換算累積軸数の影響が顕著であり、縦リブ支間長や横リブ支間長との相関は低いながらも確認された。疲労寿命については、年平均10t等価換算軸数の影響がみられたが、縦リブ支間長や横リブ支間長の影響を確認できなかった。

第3章では、②について、点検データを用いて鋼床版疲労き裂の発生・進展過程を推定した上で、平均費用に関する大規模修繕箇所選定のための方法論を提案した。また、推定された疲労き裂の発生・進展過程に基づいて大規模修繕施策、通常修繕施策の各平均費用を推定する手法を提案するとともに、大規模修繕施策の実施箇所を選定する手法を提案した。さらに、提案した方法論を実際の高速道路での事例に適用し、その有用性を実証的に示すとともに、大規模修繕時刻の候補に制限がある場合に対しても本研究で提案する方法論が利用可能であることも示した。

第4章では、③について、健全度ごとに異なる異質性パラメータを設定した混合マルコフ劣化ハザードモデルを提案し、推定した健全度ごとの劣化速度の異質性の差異を長寿命化技術の導入前後で評価した。その際、異質性パラメータの推定値を比較し長寿命化技術の平均的な導入効果を定量化するマクロ評価、個々の施設グループにおける異質性パラメータの事後分布を比較し長寿命化技術の導入効果を詳細に定量化するミクロ評価の双方を実施した。実証分析においては、床版防水層の効果を提案手法により評価した。その結果、初期のひび割れ発生段階においては床版防水層が劣化速度低減に与える影響があるとは言えないものの、ひび割れの進展に伴って床版防水層が劣化速度低減に与える効果が増加する傾向が確認できた。

第5章では、④について、長寿命化技術の導入による劣化速度の変化は効果関数で規定されるとして、その効果関数が経時変化するようモデル化した。効果関数によって、導入効果が損失するタイミングを定量的に示すことが可能となる。また、本研究で提案した方法論を用いてコンクリート床版に対する床版防水層の効果を分析した結果、1) ひび割れが未発生の床版にひび割れが発生する段階に対しては床版防水層の導入効果は存在しないこと、2) コンクリート床版に一方向ひび割れが発生しており、二方向ひび割れへと進展する段階に対しては床版防水層の導入効果が存在していること、をそれぞれ明らかにした。

第6章では、結論として、本研究で得られた知見を総括し、今後の課題を記述した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (慈 道 充)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	准教授 貝戸 清之
	副 査	教授 乾 徹
	副 査	教授 鎌田 敏郎

論文審査の結果の要旨

現在、我が国の高速道路や国道では、橋梁の老朽化に伴い、大規模修繕や更新が実施されている。この背景には、通常の補修では橋梁の健全度を完全に回復させることが困難な変状や損傷の顕在化がある。本研究では、都市高速連続高架橋の床版を対象に大規模修繕や更新実施を意思決定するためのライフサイクル費用の評価方法とそのための要素技術について検討している。具体的には、4つの研究課題、①相関分析による損傷要因分析(鋼床版の疲労き裂を対象)、②大規模修繕の施策の最適手法(鋼床版の疲労き裂を対象)、③補修効果の評価手法(コンクリート床版の床版防水を対象)、④補修後の劣化予測モデル(コンクリート床版の床版防水を対象)について検討を行っている。

本論文は以下の6章から構成されている。

第1章では、序論として、本研究の背景や目的、論文の構成を記述している。

第2章では、①について、目的変数と説明変数の性質に応じて相関分析方法を使い分けながら、鋼床版に生じているき裂の要因を分析している。分析に先立ち、鋼床版に生じているき裂が交通荷重による疲労き裂であり、マイナー則に従うと仮定したときの簡単な理論的考察とパラメトリックな構造解析で目的変数と説明変数との間で想定される相関関係を確認している。その結果、損傷発生率については、10t等価換算累積軸数の影響が顕著であり、縦リブ支間長や横リブ支間長との相関は低いながらも確認されている。疲労寿命については、年平均10t等価換算軸数の影響がみられたが、縦リブ支間長や横リブ支間長の影響は確認されていない。

第3章では、②について、点検データを用いて鋼床版疲労き裂の発生・進展過程を推定した上で、平均費用に関する大規模修繕箇所選定のための方法論を提案している。また、推定された疲労き裂の発生・進展過程に基づいて大規模修繕施策、通常修繕施策の各平均費用を推定する手法を提案するとともに、大規模修繕施策の実施箇所を選定する手法を提案している。さらに、提案した方法論を実際の高速道路での事例に適用し、その有用性を実証的に示すとともに、大規模修繕時刻の候補に制限がある場合に対しても本研究で提案する方法論が利用可能であることも示している。

第4章では、③について、健全度ごとに異なる異質性パラメータを設定した混合マルコフ劣化ハザードモデルを提案し、推定した健全度ごとの劣化速度の異質性の差異を長寿命化技術の導入前後で評価している。その際、異質性パラメータの推定値を比較し長寿命化技術の平均的な導入効果を定量化するマクロ評価、個々の施設グループにおける異質性パラメータの事後分布を比較し長寿命化技術の導入効果を詳細に定量化するミクロ評価の双方を実施している。実証分析においては、床版防水層の効果を提案手法により評価している。その結果、初期のひび割れ発生段階においては床版防水層が劣化速度低減に与える影響があるとは言えないものの、ひび割れの進展に伴って床版防水層が劣化速度低減に与える効果が増加する傾向が確認できている。

第5章では、④について、長寿命化技術の導入による劣化速度の変化は効果関数で規定されるとして、その効果関数が経時変化するようモデル化している。効果関数によって、導入効果が損失するタイミングを定量的に示すことが可能となっている。また、本研究で提案した方法論を用いてコンクリート床版に対する床版防水層の効果を分析した結果、

1) ひび割れが未発生の床版にひび割れが発生するまでの段階に対しては床版防水層の導入効果は存在しないこと、2) コンクリート床版に一方方向ひび割れが発生しており、それが進展して二方向ひび割れが生じるまでの段階に対しては床版防水層の導入効果が存在していること、をそれぞれ明らかにしている。

第6章では、結論として、本研究で得られた知見を総括し、今後の課題を記述している。

以上のように、本論文は橋梁の維持管理における新たな理論的枠組みと実践的手法を提供し、都市高速道路を中心とする道路インフラの持続可能性向上に貢献している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。