



Title	道路橋における非主要部材に着目した維持管理手法の検討
Author(s)	二宮, 陽平
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/88075">https://doi.org/10.18910/88075</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏 名 （二 宮 陽 平）

論文題名 道路橋における非主要部材に着目した維持管理手法の検討

## 論文内容の要旨

近年の道路橋の維持管理の課題として、財源的リソースや人的リソースの面において管理者の負担が大きく、道路橋の将来にわたる持続的な運用が困難である点があげられる。さらなる効率化を達成するような持続的な維持管理施策を策定するために、既往研究においては、点検・補修データの分析結果を劣化予測結果として、点検・補修施策に反映するような研究が近年著しい発展を遂げている。一方で、既往研究に残された課題として、非主要部材に着目した維持管理手法が十分に開発されていない点があげられる。そこで本研究では、主要部材および非主要部材の維持管理の効率化を達成することを目的として、非主要部材に着目した維持管理手法を検討した。

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、非主要部材の点検データを活用した劣化予測結果のバイアスを低減する劣化予測手法を検討した。マルコフ劣化ハザードモデルをはじめとする統計的劣化予測の非集計的手法は、推計にあたる処理が複雑であり、実務者による活用には技術的な障壁がある一方で、点検データの数え上げを基本とする集計的手法は概念的に理解が容易である反面、点検間隔が不均一である点検データへの適用が課題とされていることに着目した。本章では、各点検データが単位時間における複数の劣化過程に分割できることを利用して、点検間隔が均一である場合の集計的手法への帰着を図った。さらに、提案手法の有用性を実橋梁の点検データを用いて検証した。その上で、提案手法と従来の非集計的手法の関連や、実務への適用可能性について論じた。

第3章では、非主要部材の補修データを活用した劣化予測結果のバイアスを低減する劣化予測手法を検討した。道路標識や照明施設などの小規模附属物は、道路主構造物と比較して寿命が短い一方で、道路主構造物の老朽化が顕在化するような路線においては、小規模附属物は複数回の更新を経験している可能性があり、既往の方法論を用いて劣化予測を行う際には、点検データと同時に更新履歴情報が必要となる。しかし、小規模附属物は維持管理上の優先性に劣ることから、更新履歴情報が蓄積されていない場合が少なくない。そこで本章では、個々の照明柱の更新時点および更新回数を潜在的な確率変数と捉えた上で、照明柱の劣化・更新過程をモデル化した。さらに、照明柱に対する実際の点検データを用いた実証分析を通して、本研究の有用性を議論するとともに、劣化予測結果に基づくライフサイクル費用分析によって照明柱の更新計画の妥当性を検証した。

第4章では、主要部材と非主要部材の劣化予測手法の統合による点検施策の効率化手法を検討した。RC床版の目視点検には多大な労力と費用を要する一方で、ポットホールの発生状況は日常の道路巡回を通して確認できる。そこで本章では、橋梁RC床版の劣化と床版直上のポットホール発生は互いに影響を及ぼし合うことに着目し、RC床版の劣化とポットホールの発生との相互関係を明示的に考慮したポアソン隠れマルコフ劣化ハザードモデルを提案した上で、目視点検の効率化や、状態依存型の点検施策への移行を視野に入れた点検手法を提案した。具体的には、RC床版の目視点検周期を延伸する際に、日常の道路巡回で獲得できるポットホールの発生頻度を補完的情報として、延伸期間中の安全を担保する点検に関する理論的方法論を構築した。さらに、実際の道路橋RC床版とポットホールを対象とした点検データを用いた適用事例を示した。

第5章では、主要部材と非主要部材の劣化予測手法の統合による補修施策の効率化手法を検討した。橋梁は多様な部材によって階層的に構成された複雑な構造システムであるため、ある部材の劣化が他の部材の劣化過程に影響を与えるような部材間の関連性を考慮した上で、点検や補修のタイミングを決定する必要があることに着目した。その上で、伸縮装置からの漏水に起因した鋼桁端部の腐食過程に着目し、伸縮装置からの漏水の有無に応じて2種類の状態モードを定義し、モードごとに設定したハザード関数を有するスイッチング型のマルコフ劣化ハザードモデルにより鋼桁端部の腐食過程を表現した。実データを用いて同モデルを推定し、漏水の有無による鋼桁端部の腐食進展速度の相違を検証するとともに、伸縮装置止水材の予防保全により、鋼桁端部の腐食進展の抑制と、橋梁全体のライフサイクル費用の低減が可能であることを示した。

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 ( 二 宮 陽 平 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	准教授	貝戸 清之
	副 査	教授	鎌田 敏郎
	副 査	教授	土井 健司

## 論文審査の結果の要旨

近年の道路橋の維持管理の課題として、財源的リソースや人的リソースの面において管理者の負担が大きく、道路橋の将来にわたる持続的な運用が困難である点があげられる。さらなる効率化を達成するような持続的な維持管理施策を策定するために、既往研究においては、点検・補修データの分析結果を劣化予測結果として、点検・補修施策に反映するような事例が近年著しい発展を遂げている。一方で、既往研究に残された課題として、非主要部材に着目した維持管理手法が十分に開発されていない点があげられる。そこで本研究では、主要部材および非主要部材の維持管理の効率化を達成することを目的として、非主要部材に着目した維持管理手法を検討する。

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、非主要部材の点検データを活用した劣化予測結果のバイアスを低減する劣化予測手法を検討している。マルコフ劣化ハザードモデルをはじめとする統計的劣化予測の非集計的手法は、推計にあたる処理が複雑であり、実務者による活用には技術的な障壁がある。その一方で、点検データの数え上げを基本とする集計的手法は概念的に理解が容易である反面、点検間隔が不均一である点検データへの適用が課題となっている。本章では、各点検データが単位時間における複数の劣化過程に分割できることを利用して、点検間隔が均一である場合の集計的手法への帰着を図っている。さらに、提案手法の有用性を実橋梁の点検データを用いて検証している。その上で、提案手法と従来の非集計的手法の関連や、実務への適用可能性について論じている。

第3章では、非主要部材の補修データを活用した劣化予測結果のバイアスを低減する劣化予測手法を検討している。道路標識や照明施設などの小規模附属物は、道路主構造物と比較して寿命が短い一方で、道路主構造物の老朽化が顕在化するような路線においては、小規模附属物は複数回の更新を経験している可能性があり、既往の方法論を用いて劣化予測を行う際には、点検データと同時に更新履歴情報が必要となる。しかし、小規模附属物は維持管理上の優先性に劣ることから、更新履歴情報が蓄積されていない場合が少なくない。そこで本章では、個々の照明柱の更新時点および更新回数を潜在的な確率変数と捉えた上で、照明柱の劣化・更新過程をモデル化している。さらに、照明柱に対する実際の点検データを用いた実証分析を通して、本研究の有用性を議論するとともに、劣化予測結果に基づくライフサイクル費用分析によって照明柱の更新計画の妥当性を検証している。

第4章では、主要部材と非主要部材の劣化予測手法の統合による点検施策の効率化手法を検討している。RC床版の目視点検には多大な労力と費用を要する一方で、ポットホールの発生状況は日常の道路巡回を通して確認できる。そこで本章では、橋梁RC床版の劣化と床版直上のポットホールの発生は互いに影響を及ぼし合うことに着目し、RC床版の劣化とポットホールの発生との相互関係を明示的に考慮したポアソン隠れマルコフ劣化ハザードモデルを提案した上で、目視点検の効率化や、状態依存型の点検施策への移行を視野に入れた点検手法を提案してい

る。具体的には、RC床版の目視点検周期を延伸する際に、日常の道路巡回で獲得できるポットホールの発生頻度を補完的情報として、延伸期間中の安全を担保する点検に関する理論的方法論を構築している。さらに、実際の道路橋RC床版とポットホールを対象とした点検データを用いた適用事例を示している。

第5章では、主要部材と非主要部材の劣化予測手法の統合による補修施策の効率化手法を検討している。橋梁は多様な部材によって階層的に構成された複雑な構造システムであるため、ある部材の劣化が他の部材の劣化過程に影響を与えるような部材間の関連性を考慮した上で、点検や補修のタイミングを決定する必要があることに着目している。その上で、伸縮装置からの漏水に起因した鋼桁端部の腐食過程に着目し、伸縮装置からの漏水の有無に応じて2種類の状態モードを定義し、モードごとに設定したハザード関数を有するスイッチング型のマルコフ劣化ハザードモデルにより鋼桁端部の腐食過程を表現している。実データを用いて同モデルを推定し、漏水の有無による鋼桁端部の腐食進展速度の相違を検証するとともに、伸縮装置止水材の予防保全により、鋼桁端部の腐食進展の抑制と、橋梁全体のライフサイクル費用の低減が可能であることを示している。

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、本論文は道路橋の非主要部材に着目して、それらの点検データを用いて精緻に劣化予測するための手法を開発するとともに、非主要部材の劣化情報を補間情報として用いることによって主要部材の点検間隔を延伸可能とするための方法論、さらには非主要部材の点検と予防保全を実施することによって主要部材を含めた道路橋全体のライフサイクル費用が最小化されることを明らかにしており、その学術的価値と実務的有用性を高く評価できる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。