



Title	都市高速道路における要補修損傷の発生抑制と効率的 発見に関する研究
Author(s)	安藤, 翠
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101681
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 (安 藤 翠)

論文題名	都市高速道路における要補修損傷の発生抑制と効率的発見に関する研究
------	----------------------------------

論文内容の要旨

本研究は、都市高速道路における要補修損傷の発生抑制と効率的発見を通じて、限られた経営資源を最大限に活用した効率的な維持管理手法を提案することを目的としたものである。具体的には、点検時措置（点検と同時に実施する簡易補修）による劣化抑制効果および要補修損傷発生抑制効果を定量的に評価し、その成果をもとに点検時措置の実施タイミングを提案した。また、機械学習モデルを用いて維持管理データから損傷状態を予測する手法を検討し、その結果から点検作業の効率化に貢献する新たな指標を提示した。本研究で得られた知見と今後の課題については、以下の通り整理する。

第1章では、都市高速道路の維持管理において要補修損傷の発生抑制と効率的発見の必要性が高まっている背景を説明した。また、本研究の目的と論文の構成を提示し、提案する手法の重要性について述べた。

第2章では、事例として阪神高速道路を取り上げ、その維持管理体制および点検手法を概説した。その上で、点検データを用いて損傷発生状況を分析し、点検時措置の現状を統計的に考察した。

第3章では、点検時措置の劣化抑制効果を評価するために、点検データを点検時措置の有無に基づいて分類し、マルコフ劣化ハザードモデルを用いて劣化過程を推定した。分析の過程でサンプル欠損バイアスが劣化抑制効果の評価を妨げる要因であることを指摘し、この問題に対処する補正手法を提案した。この補正手法に基づいて劣化過程の推定を行い、その結果を用いて劣化事象のシミュレーションを実施し、点検時措置を実施した場合と点検時措置を実施しなかった場合とを比較して、点検時措置により期待寿命が延伸することを定量的に明らかにした。さらに、健全状態の良い健全度2および3の損傷に対していずれも劣化抑制効果が確認され、特に健全度2に対する措置が長期的な延命効果を持つことを示した。

第4章では、点検時措置が将来の要補修損傷発生に与える影響を定量的に評価した。点検時措置の実施数を変更した際に点検時措置数の増減に伴い観測されていない劣化過程を推定する手法を提案した。その上で、措置実施数を変更した場合の各健全度の損傷数の変化率を算出する手法を提案し、現行の措置実施数の調整が損傷発生抑制にどのように寄与するかを分析している。その結果、健全度3への点検時措置の増加が特に顕著な要補修損傷発生抑制効果をもたらすことを明らかにした。一方で、点検時措置実施数を減少させる必要がある場合には、健全度2に対する措置を減少させることで構造物の劣化の進行を最小限に抑えられることを示した。

第5章では、点検作業の効率化に寄与するため、機械学習モデルを活用した損傷予測手法を構築した。このモデルは、過去の床版下面点検データ、路上点検データ、舗装点検データ、資産データを統合して学習することで、5年後のコンクリート床版下面の健全度を予測する能力を有する。モデル構築においては、現行のデータ記録ルールにより欠損値が多く、不均衡データが生じる課題に対応可能な設計を施した。その結果、構築したモデルは、損傷個数が多いスパンや前回点検で健全度が低かったスパンの識別に優れていることを明らかにし、突発的な損傷発生箇所の予測には課題が残ることも確認している。また、新たに提案した「スパン評価指標」という指標を用いることで、点検の優先順位付けを効率的に行うことが可能となり、点検作業の効率向上と補修箇所の迅速な特定に寄与することを明らかにした。

第6章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について言及した。特に、予測モデルの精度向上、点検時措置実施数の最適化、さらには突発的損傷の早期発見手法の開発が今後の研究課題としてあげられる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (安 藤 翠)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	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

本研究は、都市高速道路における要補修損傷の発生抑制と効率的発見を通じて、限られた経営資源を最大限に活用した効率的な維持管理手法を提案することを目的としたものである。具体的には、点検時措置（点検と同時に実施する簡易補修）による劣化抑制効果および要補修損傷発生抑制効果を定量的に評価し、その成果をもとに点検時措置の実施タイミングを提案している。また、機械学習モデルを用いて維持管理データから損傷状態を予測する手法を検討し、その結果から点検作業の効率化に貢献する新たな指標を提示している。本研究で得られた知見と今後の課題については、以下の通り整理する。

第 1 章では、都市高速道路の維持管理において要補修損傷の発生抑制と効率的発見の必要性が高まっている背景を説明している。また、本研究の目的と論文の構成を提示し、提案する手法の重要性について述べている。

第 2 章では、事例として阪神高速道路を取り上げ、その維持管理体制および点検手法を概説している。その上で、点検データを用いて損傷発生状況を分析し、点検時措置の現状を統計的に考察している。

第 3 章では、点検時措置の劣化抑制効果を評価するために、点検データを点検時措置の有無に基づいて分類し、マルコフ劣化ハザードモデルを用いて劣化過程を推定している。分析の過程でサンプル欠損バイアスが劣化抑制効果の評価を妨げる要因であることを指摘し、この問題に対処する補正手法を提案している。この補正手法に基づいて劣化過程の推定を行い、その結果を用いて劣化事象のシミュレーションを実施し、点検時措置を実施した場合と点検時措置を実施しなかった場合とを比較して、点検時措置により期待寿命が延伸することを定量的に明らかにしている。さらに、健全状態の良い健全度 2 および 3 の損傷に対していずれも劣化抑制効果が確認され、特に健全度 2 に対する措置が長期的な延命効果を持つことを示している。

第 4 章では、点検時措置が将来の要補修損傷発生に与える影響を定量的に評価している。点検時措置の実施数を変更した際に点検時措置数の増減に伴い観測されていない劣化過程を推定する手法を提案している。そのうえで、措置実施数を変更した場合の各健全度の損傷数の変化率を算出する手法を提案し、現行の措置実施数の調整が損傷発生抑制にどのように寄与するかを分析している。その結果、健全度 3 への点検時措置の増加が特に顕著な要補修損傷発生抑制効果をもたらすことを明らかにしている。一方で、点検時措置実施数を減少させる必要がある場合には、健全度 2 に対する措置を減少させることで構造物の劣化の進行を最小限に抑えられることを示している。

第 5 章では、点検作業の効率化に寄与するため、機械学習モデルを活用した損傷予測手法を構築している。このモデルは、過去の床版下面点検データ、路上点検データ、舗装点検データ、資産データを統合して学習することで、5 年後のコンクリート床版下面の健全度を予測する能力を有している。モデル構築においては、現行のデータ記録ルールにより欠損値が多く、不均衡データが生じる課題に対応可能な設計を施している。その結果、構築したモデルは、損傷個数

が多いスパンや前回点検で健全度が低かったスパンの識別に優れていることが分かったが、突発的な損傷発生箇所の予測には課題が残ることも判明した。また、新たに提案した「スパン重要度」という指標を用いることで、点検の優先順位付けを効率的に行うことが可能となり、点検作業の効率向上と補修箇所の迅速な特定に寄与することを明らかにしている。

第6章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について言及している。特に、予測モデルの精度向上、点検時措置実施数の最適化、さらには突発的損傷の早期発見手法の開発を今後の研究課題としてあげている。

以上のように、本論文は都市高速道路の維持管理において、点検時措置の効果的な実施と損傷予測手法の高度化を通じて、持続可能なインフラ維持管理を実現するための新たな知見と手法を提供するものであり、学術的および実務的に大きな意義を有するものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。