



Title	Numerical Analysis of the Fatigue Behaviors and Failure Mechanisms of Repaired RC Slabs with UHPFRC under Moving Wheel Loads
Author(s)	AMATULHAY, PRIBADI
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第17018号
Issue Date	2026-06-30
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k17018
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/100071
Type	doctoral thesis
File Information	Amatulhay_PRIBADI_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	Amatulhay PRIBADI
審査担当者	主 査 教 授	松本 高志	
	副 査 教 授	杉山 隆文	
	副 査 教 授	宮森 保紀	
	副 査 准教授	松本 浩嗣	

学位論文題名

Numerical Analysis of the Fatigue Behaviors and Failure Mechanisms of Repaired RC Slabs with UHPFRC under Moving Wheel Loads

(UHPFRC で補修された RC 床版の移動輪荷重下における疲労挙動および破壊機構の数値解析)

旧基準に基づいて設計された既存の鉄筋コンクリート (RC) 橋梁床版は、床版厚が薄く、鉄筋比が小さく、防水層がないため、繰返し走行する大型車輪荷重の荷重作用によって、疲労損傷が進行した後に押抜きせん断破壊を起こして寿命を迎える事例が報告されている。また、環境作用によって、凍害、塩害またはアルカリシリカ反応による損傷が進行し、荷重作用と複合して劣化が進行することで寿命が短くなっていると考えられる事例も報告されている。こうした既存床版の問題への対策として、損傷した RC 床版上面の脆弱部を取り除き、超高強度繊維補強コンクリート (UHPFRC) で補修する工法が実施されている。これまでに、UHPFRC で上面補修した RC 床版の疲労挙動が大幅に改善され、ひび割れの進展速度の低下やたわみの増大が抑制されることが実験的にも解析的にも報告されている。

しかし、これまでの解析的研究では、補修 RC 床版の疲労挙動に影響を与える現実の諸条件への検討が十分ではなかった。重要な条件の一つは、UHPFRC の若材齢時材料特性である。実際の施工では、交通を閉鎖して早強型 UHPFRC の打設をした後に早期の交通開放が求められ、補修 RC 床版の UHPFRC は若材齢 (数時間から 1 日) で交通荷重を受けることになる。このため、若材齢の UHPFRC で補修された床版が交通荷重を受けた後にひび割れの進展加速やたわみの増大を示して延命効果が損なわれないか検討する必要がある。

UHPFRC の補修厚も重要な条件の一つとなる。損傷した RC 床版上面の脆弱部深さは現場により異なるため、UHPFRC の補修厚は変わり得る。また、下部工への荷重増を避けるためと材料コストを低減するためには補修厚は薄い方がよい。よって、床版全厚と関係した UHPFRC の補修厚に対する検討が必要となり、ひび割れやたわみの疲労挙動と延命効果についての知見は有用となる。

また、RC 床版については疲労荷重と寿命の関係である S-N 関係が確立されており評価に用いられているが、UHPFRC による補修 RC 床版については疲労荷重レベルと寿命の関係に関する知見は限られているとともに、ひび割れの進展、たわみの増大、鉄筋応力の変化などの疲労挙動と最終的な押抜きせん断破壊に至る損傷・破壊機構に対して疲労荷重レベルが及ぼす影響については十分な知見が得られていない。

そこで本研究では、UHPFRC の若材齢時の材料剛性、補修厚、および疲労荷重レベルが、UHPFRC を用いた補修 RC 床版の疲労挙動と損傷・破壊機構に及ぼす影響を、数値解析を用いて検討してい

る。本研究の目的は、(1) 若材齢 1 及び 7 日における UHPFRC の材料剛性の疲労に対する影響を材齢 28 日及び未補修の床版と比較して検討すること、(2) UHPFRC の若材齢時材料特性を考慮しながら補修厚の疲労に対する影響を検討すること、(3) 疲労移動輪荷重レベルが補修 RC 床版の疲労挙動と損傷・破壊機構に及ぼす影響を検討し、補修 RC 床版の S-N 関係を構築すること、としている。

本論文は全 6 章から構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

第 1 章では、研究の背景をまとめており、研究の目的・範囲を示している。

第 2 章では数値解析手法について述べている。数値解析では、架橋応力劣化を考慮して補修 RC 床版の疲労解析を実施する。本研究で対象としたコンクリート、鉄筋及び UHPFRC の材料構成則を詳細に説明している。また、疲労解析に用いる UHPFRC の若材齢時材料特性を表すための低減係数についても示している。

第 3 章では、UHPFRC の若材齢時材料剛性を用いて、補修 RC 床版の疲労挙動を階段状に漸増する疲労移動輪荷重条件の下で解析する。材齢 1 及び 7 日の UHPFRC で補修した RC 床版のひび割れ進展やたわみの変化などの解析結果を、材齢 28 日の UHPFRC で補修した RC 床版及び未補修の RC 床版と比較検討している。

第 4 章では、UHPFRC と RC の補修厚を変えた補修 RC 床版の疲労挙動を解析で検討している。ここでは、UHPFRC の若材齢時材料剛性の影響も合わせて考慮して検討している。ひび割れの進展、たわみの変化、最大主ひずみ分布、中立軸位置の変化、UHPFRC 補修層の曲げモーメント寄与度などを検討しており、補修が疲労挙動に及ぼす影響を明らかにしている。

第 5 章では、疲労移動輪荷重レベルを変えた UHPFRC 補修 RC 床版の疲労解析を行っており、実験結果との比較検討および検証を行っている。さらに、解析から得られた S-N 関係を、RC 床版における既往の S-N 関係と比較して、鉄筋ひずみ、中立軸深さ、最大主ひずみ分布の変化についても検討することで破壊に至る挙動を明らかにしている。

最後に第 6 章では、本研究の結論として得られた知見と結論をまとめ、今後の課題を示している。

これを要するに、著者は、UHPFRC で補修された RC 床版の移動輪荷重下における疲労について、現実の諸条件を考慮した数値解析を行うことで、疲労挙動と破壊機構に関する知見を得たものであり、橋梁工学、構造工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。