



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Fatigue analysis of RC slabs with plain bars and FRP strengthening based on bridging stress degradation concept [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Drar, Ahmed Attia Mahmoud
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12460号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63343
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ahmed_Attia_Mahmoud_Drar_review.pdf, 審査の要旨



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	Ahmed Attia Mahmoud Drar
審査担当者	主査教授 松本 高志		
	副査教授 横田 弘		
	副査教授 蟹江 俊仁		

学位論文題名

Fatigue analysis of RC slabs with plain bars and FRP strengthening based on bridging stress degradation concept

(架橋応力劣化に基づく丸鋼鉄筋床版と FRP 補強効果の疲労解析)

鉄筋コンクリート (Reinforced Concrete、RC) 床版は鋼道路橋の構成部材の中でも輪荷重が直接作用する部材であり、経年した既設橋において多数の損傷劣化が報告されている。大型車両の増加に伴う輪荷重の繰返しによる疲労劣化、雨水の床版ひび割れへの侵入による疲労劣化の促進、飛来塩分や凍結防止剤の散布による塩化物の侵入による鉄筋の腐食などが RC 床版の損傷の要因と考えられている。上記の要因による RC 床版の損傷は、主として床版の下面のコンクリートに二方向に広く分布するひび割れを形成し、終局的にはコンクリートの抜け落ちに至り、舗装の割れや陥没を招くものとなる。これは、第三者被害や交通事故に関する構造物の安全性の問題として非常に重要である。

北海道における既設道路橋 RC 床版においても、高度経済成長期に架設された床版で現行の設計基準より床版厚が薄く設計され、疲労耐久性に劣るものが多数存在する。また、現在広く使われている異形鉄筋と異なり、過去に使われていた丸鋼鉄筋を用いた RC 床版が一定数存在している。異形鉄筋の RC 床版については、実大実験や解析により疲労損傷と補強方法について多くの研究がなされてきたが、丸鋼鉄筋の RC 床版についてはそうした研究は多くない。

このような背景のもとで、本論文は丸鋼鉄筋を用いた RC 床版と FRP(Fiber Reinforced Polymer) 補強を施した丸鋼鉄筋 RC 床版の輪荷重走行試験を対象として、丸鋼鉄筋の付着—すべり関係、疲労繰返し荷重下でのコンクリートのひび割れ架橋応力劣化と FRP 接着層の剛性劣化を組み込んだ非線形有限要素解析による疲労解析手法を構築することにより、丸鋼鉄筋 RC 床版の疲労耐久性と FRP による補強効果を数値解析的に検討するものである。

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、研究の背景と既往の研究成果をまとめており、研究の目的とともに論文の構成を示している。

第 2 章では、非線形有限要素解析による疲労解析手法の構築についてまとめている。コンクリートの構成則を示すとともに、コンクリート疲労の支配的メカニズムであるひび割れ架橋応力劣化を示しており、異形鉄筋と異なる丸鋼鉄筋の付着-すべり関係を考慮した構成則と合わせて、丸鋼鉄筋 RC 床版の疲労解析の要素を示している。また、FRP 補強床版の解析においては、疲労繰返し荷重下での FRP 接着層の剛性劣化を考慮した構成則を加えて示している。

第 3 章では、無筋コンクリート梁及び RC 梁の曲げ疲労載荷実験に対して疲労解析を実施してお

り、RC 梁については固定点疲労載荷と移動疲労載荷の影響について検討を行っている。無筋コンクリート梁については、静的耐力及び疲労 S-N 線図との比較において解析による再現性を確認している。RC 梁については、静的荷重-変位曲線の再現性を確認し、固定点疲労載荷実験による支間中央変位の進展を解析により再現している。固定点と移動疲労載荷の比較については解析的検討により、後者はひび割れ領域が大きくなり、支間中央変位の進展も進むことを確認している。

第 4 章では、丸鋼鉄筋 RC 床版を対象として疲労解析を実施し、既往の実験結果との比較により疲労損傷挙動を詳細に検討している。まず、静的解析と実験結果との比較により、丸鋼鉄筋の付着-すべり関係の影響を確認している。次に、異形鉄筋 RC 床版と輪荷重レベルの異なる丸鋼鉄筋 RC 床版について疲労解析を行い、中央変位の進展と S-N 線図の再現性を確認している。同一荷重レベルにおいて丸鋼鉄筋 RC 床版は異形鉄筋 RC 床版よりひび割れ範囲が広く変位の進展が早いこと、また荷重レベルが大きい場合でも同様であることを解析でも確認している。

第 5 章では、下面を FRP により補強した丸鋼鉄筋 RC 床版を対象として、既往の実験結果との比較により疲労損傷挙動を詳細に検討している。解析により、FRP 補強床版の中央変位の進展と疲労寿命を再現しており、これらの FRP 補強の効果がコンクリートひび割れの開閉が抑制されるために架橋応力劣化が遅延することで生じていることを示している。

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

これを要するに、著者は丸鋼鉄筋 RC 床版及びその FRP 補強について、丸鋼鉄筋の構成則、疲労繰返し荷重下でのコンクリートと FRP 接着層の構成則を組み込んだ非線形有限要素解析手法を構築し、輪荷重載荷試験を数値的に検討して実験と比較することで、丸鋼 RC 床版の疲労耐久性と FRP による補強効果に関する知見を得たものであり、橋梁工学、鋼構造学、複合構造学、メンテナンス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。