



Title	Multi-stage fatigue analysis of an orthotropic steel bridge deck reinforced with UHPFRC overlay considering crack bridging and interfacial bond stiffness degradations [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	MA, Chi Hieu
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第14880号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/85326
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Chi_Hieu_MA_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

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 Chi Hieu MA

審査担当者 主査教授 松本 高志
副査教授 蟹江 俊仁
副査教授 杉山 隆文
副査准教授 古川 陽

学位論文題名

Multi-stage fatigue analysis of an orthotropic steel bridge deck reinforced with UHPFRC overlay considering crack bridging and interfacial bond stiffness degradations

(架橋応力と界面付着の劣化を考慮した UHPFRC 合成直交異方性鋼床版の多段階疲労解析)

鋼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、経年既設橋において多数の疲労損傷が報告されている。既設橋の溶接部詳細は現在の知見では疲労に対して不十分とされており、大型車両の増加に伴う輪荷重繰返しにより亀裂発生と進展が起きている。鋼床版の疲労亀裂が進展して破壊に至ると舗装の割れや陥没を招き、第三者被害や交通事故に関する安全性の問題として非常に重要である。

鋼床版の疲労損傷については、実橋サイズの床版に走行輪荷重を繰返し作用させる輪荷重走行疲労試験により、溶接部応力に支配される疲労亀裂の発生と進展が評価されてきた。既設橋においては鋼床版のデッキプレートが薄いことが一つの要因であるが、これに対して繊維補強セメント系複合材料を上面に合成化することで、応力を低減させて疲労亀裂の発生・進展を抑える工法が複数提案されて実用化されている。

本研究で対象とする UHPFRC(超高強度繊維補強コンクリート)による合成化でも大幅な応力低減効果が見られているが、実環境を模した輪荷重走行疲労試験において観察される合成効果の時間的推移は単純なものではなく解明が必要とされている。

このような背景のもとで、本論文は、UHPFRC 合成直交異方性床版の多段階輪荷重走行疲労試験の解析を実施して、ゴム輪載荷、路面滞水、鉄輪載荷、と実環境を模した段階的試験での挙動を、UHPFRC の架橋応力劣化・回復と界面付着の剛性劣化・剥離を考慮することで、各段階で支配的な機構を明らかにするものである。

本論文は全 7 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・意義とともに論文の構成を示している。

第 2 章では、合成床版の疲労解析に用いられる材料構成則について述べている。UHPFRC の引張・圧縮においてひび割れ前後の構成則を示している。ひび割れ後においては、引張・圧縮における除荷・再載荷挙動を含めた複数ひび割れを考慮した非線形構成則と、繰返し載荷下における気中下および水中下のひび割れ架橋応力劣化則について提案しており、さらには、水中下のひび割れ閉塞による自己治癒後の構成則を提案している。最後に、UHPFRC と鋼床版の界面における付着剛性の繰返し載荷下における劣化構成則を提案している。

第3章では、まず、対象となる合成床版と多段階疲労载荷試験の内容について説明している。次に、ゴム輪荷重下の合成床版の静的解析について述べている。有限要素解析モデルの要素分割詳細、境界・荷重条件設定、ゴム輪の接地形状と面圧分布の反映、溶接部形状の詳細化、使用材料特性値を示している。上記を用いた静的解析の結果では、UHPFRC 合成による鋼床版ひずみの大幅な低減効果を良好に再現している。

第4章では、第1段階である合成床版のゴム輪による輪荷重走行疲労解析について述べている。第2章で示した気中下のひび割れ架橋応力劣化則と第3章で示した解析手法による輪荷重走行解析の手順を示している。合成床版の挙動により、第1段階は2つのフェーズに分けられ、第1フェーズでは輪荷重直下の界面において付着剛性の劣化を考慮し、第2フェーズでは輪荷重周辺の界面で付着剥離を考慮している。この解析により第1段階のフェーズ間で明瞭に異なる鋼床版のひずみ挙動を再現している。

第5章では、第2段階である UHPFRC 上面に水張りをした状況下でのゴム輪による輪荷重走行疲労解析について述べている。第2段階は UHPFRC の水中下での挙動により2つのフェーズに分けられている。第1フェーズは段階を切り替える間の半日で生じた自己治癒による剛性・強度回復を考慮しており、第2フェーズでは逆に水中下疲労による架橋応力劣化の悪化を考慮している。この解析により、UHPFRC の自己治癒による鋼床版のひずみ振幅値の低減と、その後の急激な増加という、単純ではないひずみ挙動の再現に成功している。

第6章では、第3段階である第2段階の水張りを取り除きゴム輪を鉄輪に替えた輪荷重走行疲労解析について述べている。荷重は第1、2段階の100kN から150kN に上げられ、さらには200kN にまで上げられている。鉄輪の輪荷重走行解析の手順を設定し、気中下の架橋応力劣化則を用いて、荷重増加に伴う界面の付着剥離領域の拡大を考慮することで、鋼床版のひずみ挙動が主に剥離領域拡大に支配されていることを示している。

最後に7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 合成直交異方性鋼床版の多段階疲労解析において、架橋応力と界面付着の両方の劣化を考慮した解析手法を構築して、支配的な機構の解明について知見を得たものであり、橋梁工学、鋼構造学、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。