



Title	Fracture Mechanics Based Fatigue Life Prediction Method for RC Slabs in a Punching Shear Failure Mode [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	鄧, 朋儒
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12906号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67518
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Deng_Pengru_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 鄧 朋儒

審査担当者 主 査 教 授 松本 高志
副 査 教 授 上田 多門
副 査 教 授 横田 弘

学位論文題名

Fracture Mechanics Based Fatigue Life Prediction Method for RC Slabs in a Punching Shear Failure Mode

(破壊力学に基づく鉄筋コンクリート床版の押し抜きせん断疲労寿命の予測手法)

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り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。

RC 床版の疲労劣化については、実大床版に輪荷重を繰り返し作用させる輪荷重疲労実験により、段階的なひび割れの進展が把握され、これに伴う変形と耐荷のメカニズムが明らかにされてきた。多数の実験結果により疲労寿命を算定する荷重-疲労寿命関係 (S-N 線) の近似式も提案されており、RC 床版の性能評価に広く用いられている。しかしながら、RC 床版の各材料要素が疲労寿命に及ぼす影響を実験的観察と近似式から理解することは困難である。

また、解析的には有限要素法を用いた輪荷重疲労実験の再現が行われており、コンクリートの疲労荷重下の架橋応力劣化を構成則において考慮することで、変形と疲労寿命を良好に再現できることが示されている。しかしながら、有限要素モデルの作成と解析の実行には少なからぬ時間を必要とし、各材料要素の影響を把握するには計算コストを要する。

このような背景のもとで、本論文では、破壊力学に基づく RC 床版の押し抜きせん断疲労寿命の解析手法を提案している。RC 床版を支配的な RC 梁に置き換えて、せん断ひび割れの解析に必要な重み関数を導出し、疲労繰り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鉄筋の付着すべり劣化を考慮した解析手法を構築することで、各材料要素が疲労寿命等に及ぼす影響を明らかにしている。また、要する計算コストは有限要素解析と比較すると高くはない。

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、既往の実験的・理論的知見を踏まえて、押し抜きせん断ひび割れの進展を生じる RC 床版の寿命予測の問題を、RC 床版から切り出した支配的な RC 梁の寿命予測の問題に単純化

して置き換える方法について述べている。

第3章では、繰返し移動荷重を受ける RC 床版においてひび割れ開口幅に依存するコンクリートの架橋応力劣化が支配的なメカニズムであることを踏まえて、RC 部材において架橋応力を考慮したひび割れの開口幅を算出する解析的手法を説明している。ここでは、開口幅を外力による成分と架橋応力による成分、鉄筋の付着すべりによる成分とに分解して考えている。外力と架橋応力による成分は破壊力学に基づく積分方程式を数値的に解くことで得ており、付着すべりによる成分は付着すべりモデルを導入することで得ている。

第4章では、有限要素法を用いた RC 梁のせん断ひび割れに関する重み関数の算出方法について述べている。これは RC 梁のせん断ひび割れについて積分方程式を解く際に不可欠なものであるが、本研究において初めて導かれたものである。

第5章では、第3章と第4章において得られたひび割れ開口幅算出法と重み関数を用いて、繰返し移動荷重を受ける RC 床版より切り出した支配的 RC 梁の理論的寿命予測方法について提案している。この方法では、部材における性能劣化とひび割れ進展はコンクリートの架橋応力劣化と鉄筋の付着すべり劣化の結果として生じるものとしている。最終破壊は脆性的なせん断破壊により定義されている。解析結果は既往の実験結果及び近似式による疲労寿命と良好に一致しており、解析の妥当性が示されている。

第6章では、疲労寿命を迎えるまでの各材料要素の応力状態を解析により検討し、支配的な劣化要因を明らかにしている。加えて、断面モーメントとひび割れ開口幅への各材料要素の影響も検討して明らかにしている。

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、RC 床版の押し抜きせん断疲労寿命について、破壊力学に基づいた解析手法を構築して各材料要素の繰返し荷重下での劣化を組み込むことで、既往の実験結果を良好に再現するとともに各材料要素が疲労寿命に及ぼす影響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。