

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 平塚 慶達

1960～70年代の高度経済成長期に整備された社会基盤施設の一部には早期劣化が認められる。今日、これらの維持管理や補修補強、再構築が喫緊の課題となっている。社会基盤施設の更新や補修補強に要するコストの多くが橋梁に集中しており、さらに交通荷重を直接支える橋梁床版の維持管理に殆どの資金を割り当てざるを得ない状況が現実味を帯びている。交通規制や遮断が社会・経済活動に及ぼす影響は莫大であり、交通を維持しつつ補修補強を行わざるを得ないことが背景にある。橋梁床版の適正な管理(アセットマネジメント)は、交通の安全性確保とともに、維持管理コストの縮減に不可欠となっている。

床版の維持管理には、安全性と使用性に関わる種々の点検データから構造健全性を評価するのみならず、以後の予想交通量に対して余寿命を推定することが必要となる。本論文は材料・構造のマルチスケール解析をRC床版の余寿命推定法として用い、点検データと数値解析との同化法について多角的な検討を行ったものである。乾燥収縮ひび割れや鋼材腐食などの劣化因子と交通に起因する疲労劣化との複合を考慮した寿命推定法を提案し、滞留水と砂利化との相関関係の解明を試みている。これらの知見から既往の補修補強工法の効果を補強対象の床版の損傷レベルに応じて評価する方法を提案した。

第一章は序論であり、本研究の目的を記している。日本の橋梁床版劣化の現況を概括し、RC床版の疲労強度を推定する室内試験方法と数値解析の現況をまとめている。

第二章では、荷重履歴の異なる道路橋RC床版の実験と疲労応答解析から、データ同化手法の成立性を実証している。ひび割れの情報に基づくデータ同化の成立性は、直接経路積分による有限要素解析からも既に予見されていたが、床版構造変位あるいは剛性を用いて損傷度を概略、代表させることも可能であることを、輪荷重走行実験から検証した。過去の荷重履歴が不明でも、ひび割れ状況あるいは床版の全体剛性(活荷重に対する応答変位)から、余寿命を大まかに推定可能であることを示している。

第三章では乾燥収縮が床版の疲労寿命に有意な影響を及ぼす場合があることを定量的に指摘するとともに、輪荷重走行試験中にも進行する乾燥収縮が実験結果に有意な影響を与え得ることを、実験・解析の両面から検証している。これは室内での加速促進試験と実環境におかれた構造部材の挙動とに、一定の関係性が成立することも同時に示している。

第四章では、鋼板接着で補強されたコンクリート床版の疲労余寿命について、補強効果の観点から論じている。対象床版に対して接着層が供用期間において健全であれば、既往の鋼板接着工法は高い延命効果がある一方で、躯体と鋼板との間に接着不良がある場合には、不良場所ごとに補強効果が異なることが解析から定量的に示された。そこで人工的に接着不良を与えた床版の室内疲労試験の結果と比較検討したところ、本研究で用いる経路積分型疲労解析法は適用可能であることが示された。目立った施工不良がない場合でも、接着剤層

の強度不足は床版の疲労余寿命に大きな影響を及ぼすことも定量的に示された。

第五章では、環境作用に依存する鋼材腐食、床版に滞留する凝縮水、乾燥収縮と外力に強く影響を受ける疲労との複合劣化を議論している。床版上面での滞留水と走行疲労荷重が組み合わさると、骨材を結合しているセメント硬化体が脱落する砂利化が発生する場合がある。ひび割れの開閉に伴って発生する水圧変動がコンクリート床版内の細孔内圧に伝わり、微細構造の損傷につながる機構を仮定することで大略、砂利化現象を追跡可能となることが示された。砂利化した領域を補修することなく、既往の鋼板接着工法を適用すると、却って余寿命を短縮してしまう機構の存在も提示された。

第六章では、本研究で改良した疲労寿命解析を種々の補強工法に適用し、各種要因が及ぼす余寿命の推移を多角的に検討している。鋼材腐食や砂利化、既に導入されたひび割れの位置と大きさごとに、既往の補修補強工法の便益度はそれぞれに異なる。この知見が現場で適用可能となるように、膨大な数値解析結果を疲労S-N図で取りまとめている。

第七章では本研究の結論を纏め、社会基盤のアセットマネジメントの実装に向けた今後の研究テーマについて言及している。

目視点検、過去の経験に基づく構造安全性評価、統計処理に基づく余寿命推定を駆使しても未来予測が困難な場合がある。1990年以降、寒冷地で多量の融雪剤が散布されるようになってきた。これがアルカリ骨材反応を加速させ、従来、経験していない劣化事象が新たに発生することも懸念されている。気象環境条件も既往の統計値から離れつつあり、過去の延長上に未来がないことを社会基盤施設の維持管理で考慮することが必要となってきた。科学的考察と実務経験と現地での点検情報の三者に立脚した総合的な余寿命推定が求められる。本研究は複合劣化機構の一端を解明するとともに、既往の補修補強工法の有効性評価の適用範囲を高めたものである。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。