基調講演

多相モデルによるコンクリート床版の余寿命解析とデータ同化

Life Assessment of Concrete Decks by Multi-Phase Modeling and Data Assimilation

東京大学大学院社会基盤学専攻
教授　前川宏一

交通荷重を直接受ける橋梁のコンクリート床版は、構造・材料両面からみて最も過酷な状況に置かれているコンクリート構造の代表といえよう。昭和 44 年以前の設計による厚さ 20cm 未満の床版では疲労損傷が顕著となり、補強や架け替えに至ったものも少なくない。規準改定後、床版厚は増え、過積載の規制強化と既設床版の補修・補強も相まって、疲労破壊リスクは軽減した。多くの技術者の貢献によるものである。

一方、重交通量の少ない地域でも、舗装とコンクリート床版間の滞留水に関係する砂利化・土砂化、凍結融解作用と水の連成、1991 年以降の凍結防止剤散布に伴う鋼材腐食、さらにはアルカリ骨材反応の進行が大きな問題となってきている。これら構成材料の劣化や変質が構造性能に及ぼす影響評価が維持管理の上で必要となってきた。

環境作用と構成材料の劣化挙動は、材料工学分野で主に扱われてきた問題であるが、さらに構造応答の如何によっては、構成材料の変質も少なからず影響を受ける。構造と材料といった縦の切り口で既設のコンクリート床版の残余の安全性や耐久性を評価することは容易でない。複合劣化の考えを取り入れて、材料・構造に関わる知識の融合を図ることが求められる。本講では、構造力学と環境作用下での材料化学の知見を総合化する一方法(multi-scale, multi-chemo-mechanics)について概説し、床版の寿命推定への応用にあたっての最近の試み（SIP データ同化）を報告する。

アルカリ骨材反応、鋼材腐食、凍結融解に関するコンクリートの損傷や床版の砂利化は、ひび割れやコンクリートの細孔中での固液物質（アルカリシリカゲル、腐食ゲル、氷晶、凝縮水）の挙動に連動している。これら間隙相の物質は相変化や電気化学反応のもとに動的に生成・変化し、体積変化（主に膨張）と移動を伴う。このとき、コンクリート硬化体にひび割れなどの損傷を与える一方で、ひび割れは間隙相の逃げ道にもなり、全体として複雑な様相を呈する。現在、1960 年代に完成を見た二相力学の体系（Biot の poro-mechanics）を、固液二相から固液多相に拡張する研究が進められている。本講演ではこの枠組みの下で算定される滞留水の下での床版砂利化、アルカリ骨材反応による損傷を受けた部材の疲労余寿命と寸法効果、さらに両者の複合に対する適用性について検討したい。

上記はコンクリートの誕生から成長までを時系列に辿って性能を予測するものである。しかし、現実問題として既設構造の過去の経緯（材料配合、施工品質、養生条件、過去の荷重と環境条件等）を知ることは困難である。そこで、現時点での状態を検査やモニター結果から数量科学的に計算機上で再構築し、これを出発点として未来予測につなげるデータ同化法が有力となる。本講では、専ら目視によるひび割れ情報と砂利化の位置から現状を再現して、上記の multi-scale 解析で未来予測をする試みと実橋から得られた経験による検証結果を紹介したい。