

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成25年度採択)  
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.25-5	繊維シートや鋼板によって補強された RC 部材の再劣化に対する健全度評価法の開発	東北大学 名誉教授 鈴木基行

炭素繊維シートや鋼板補強によって表面が覆われ、目視による変状確認が困難となった道路橋の再劣化に対する点検と健全性評価を実現するため、加振器を用いた簡便かつ高精度の振動試験法を開発して、疲労、塩害、凍害に対する提案手法の適用性検討と、道路橋の現場試験への応用までを実施する研究開発。

### 1. 研究の背景・目的

補修・補強後のコンクリート構造物は再劣化に留意して経過観察する必要があるが、炭素繊維シートや鋼板補強などによって表面が覆われた橋梁主桁や床版などは、内部の変状を目視によって確認できない。本研究では、このような目視困難箇所の点検を想定して、簡便かつ高精度の振動試験方法を提示する。そして、繊維シートや鋼板によって補強された RC 供試体を作製し、3つの耐久性劣化要因(疲労、塩害、凍害)を想定した劣化促進試験を行い、損傷レベルと振動特性および構造性能の関係を整理する。また、非破壊試験法の測定精度、劣化部材の構造性能評価や荷重のばらつきなどを考慮して、構造物の使用性や安全性を限界状態超過確率で表せる信頼性評価に応用する。そして、実道路橋の現場試験を行い、実用化に向けた課題の整理と解決を図る。

### 2. 研究内容

- **非破壊試験法の高度化**：加振器を用いた簡便かつ高精度の局所振動試験法を開発し、実験による基礎データの収集と分析に取り組む。そして疲労、塩害、凍害の損傷レベルと共振周波数の関係を整理し、構造物の劣化範囲や劣化程度を評価する点検技術を開発する。
- **健全度評価法の高度化**：疲労、塩害、凍害の損傷レベルと耐荷特性との関係を整理する。さらに非破壊試験や劣化部材の構造解析のばらつきを考慮した信頼性評価フローを構築し、各種劣化要因に対して健全性評価が可能となる条件を明確にする。
- **道路橋の現場試験**：炭素繊維シートや鋼板補強された道路橋の現場試験を行い、本手法の適用可能性を検討する。さらに本手法の早期実用化に向けて、現場試験の作業性や測定時間などの課題を整理し、解決を図る。



写真 動電式加振器

### 3. 研究成果

重さ 1 kg の軽量小型加振器(写真参照)を開発し、局所的な振動を励起することにより、共振周波数(剛性)の低下に着目して、構造物内部の損傷状態を推定する手法を提示した(図参照)。

- 鋼板、炭素繊維シート、アスファルト舗装の上から加振しても、内部損傷を捉えることができた。また、上面および下面測定でも同じ点検結果が得られた。
- 健全状態に対する共振周波数比を劣化指標として、疲労、塩害、凍害の損傷レベルと共振周波数の関係を整理した。そして健全性評価の適用条件を明確にした。
- 炭素繊維シートや鋼板補強された道路橋 RC 床版の現場試験では、交通振動の影響なく点検が可能であり、共振周波数比の分布図(損傷マップ)が作成できた。

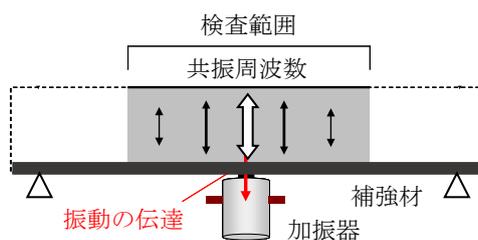


図 局所振動試験の概略図

#### 4. 主な発表論文 ※受賞論文に○を付けた。

- 1) 内藤英樹, 小林珠祐, 土屋祐貴, 杉山涼亮, 山口恭平, 早坂洋平, 安川義行, 鈴木基行: 局所振動試験に基づく道路橋 RC 床版の内部損傷評価, 土木学会論文集 E2, Vol.73, No.2, pp.133-149, 2017.4
- 2) 近栄一郎, 八嶋宏幸, 内藤英樹, 松崎裕, 山洞晃一, 鈴木基行: 凍結融解を受けた RC はりの安全性評価に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.784-794, 2017.
- ③) 近栄一郎, 内藤英樹, 五十嵐亜季, 鈴木基行: 強制加振試験による RC カルバートの損傷同定に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 2, pp. 967-972, 2016.7
- ④) 前島拓, 子田康弘, 岩城一郎, 内藤英樹, 岸良竜, 鈴木康範, 大田孝二, 鈴木基行: アルカリシリカ反応が道路橋 RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響, 土木学会論文集 E2, Vol.72, No.2, pp.126-145, 2016.5
- 5) 宮村正樹, 内藤英樹, 中野聡, 門万寿男, 岩城一郎, 鈴木基行: 厳しい塩害環境において架替え後 15 年が経過した PC 道路橋の構造性能評価に関する研究, 土木学会論文集 E2, Vol.72, No.2, pp.41-55, 2016.4
- ⑥) 安部誠司, 上田博之, 諸橋拓実, 内藤英樹, 鈴木基行: 鋼板および繊維シートによって補強された RC はりの再劣化に対する損傷評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.14, pp.433-438, 2014.10

#### 5. 今後の展望

##### 現場試験への応用と基礎データの蓄積

本研究では、可能な限り物理現象を踏まえた上での定式化に努めたが、既設構造物の構造諸元や劣化性状は多岐にわたるため、今後も橋梁管理者等との共同体制を継続し、現場試験への応用検討と基礎データの収集を予定している。これによって、本手法の早期実用化に繋げるとともに、本手法の高度化にも取り組んでいく。

##### 新たな研究課題への発展

- 本手法は、床版内部の損傷状態を定量的に可視化できる。輪荷重走行試験による基礎検討を継続し、床版の疲労損傷メカニズムの解明にも取り組む。
- 本手法は、曲げひび割れとせん断ひび割れを明確に区分できることから、カルバートや杭基礎などの目視点検が困難な構造物に対して、地震後の健全性評価への応用に取り組む。
- ひび割れ周りの波の回折挙動を解明し、損傷同定の高度化に取り組む。道路橋床版の舗装の影響を正確に考慮することができ、空港滑走路などの重要構造物の点検にも応用できる。

#### 6. 道路政策の質の向上への寄与

本研究では、実構造物の現場試験を実施する際に、道路管理者等にフィールド提供の協力を頂いている。研究期間終了後も共同体制を継続しており、特に道路橋床版の点検・調査において実用化検討が進められている。その具体例を以下に列挙する。

1. 東日本高速道路(株)との共同体制によって、管内の橋梁を対象にして、道路橋 RC 床版の点検・調査を試行的に行っている。
2. 民間の設計・調査コンサルタント会社と協力して、直轄国道を対象に、下面が鋼板や炭素繊維シート補強された道路橋床版の点検・調査を継続的にしている。この現場試験データは、橋梁点検や補修設計の参考データとして橋梁管理者に提供している。
3. 都市部高速道路の橋梁床版を対象として、本手法による健全性評価を実施した。今後も数年に1度の測定を行い、健全性をモニタリングする予定である。

このように、本研究成果は高速道路や直轄国道の点検・調査に試行的に取り入れられている。今後は地方自治体等にも共同体制を提案し、目視困難な道路構造物の点検への活用を進めていきたい。

#### 7. ホームページ等

なし