

## 研究成果概要

平成19年度採択分  
平成22年6月30日作成**研究課題名** 各種道路橋床版における疲労損傷の非破壊検査システムに関する研究開発**研究代表者及び共同研究者**

- ・研究代表者氏名（ふりがな） 鎌田 敏郎（かまだ としろう）
- ・共同研究者氏名（ふりがな）松井 繁之（まつい しげゆき）、金 裕哲（きん ゆうてつ）、久保 司郎（くぼ しろう）、阪上 隆英（さかがみ たかひで）、塩谷 智基（しおたに ともき）、田川 哲哉（たがわ てつや）、崎野 良比呂（さきの よしひろ）、廣畑 幹人（ひろはた みきと）、内田 慎哉（うちだ しんや）、大西 弘志（おおにし ひろし）

**研究代表者所属研究機関・役職** 大阪大学・教授**【研究の概要】**

道路橋に使用される主要な床版（RC床版、鋼床版）に発生する疲労損傷の中で、現場での目視確認が困難な為大きな問題となっている損傷を対象とし、高精度検出できる効率の高い非破壊検査システムを構築する。

**【キーワード】**

道路橋床版、非破壊検査、衝撃弾性波法、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法、電場指紋照合法、弾性波トモグラフィ法

**（研究開始当初の背景・動機）**

近年、道路橋において種々の損傷が発生し、それらを修繕維持する業務が急増している。

現在、この問題に対応する為、道路橋床版の中でも特に鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版）の損傷に対する種々の補修・補強工法が既に関発されており、それらの対策によって床版の延命が計られている。これらの補強方法の中の主なものに上面増厚工法がある。上面増厚工法は広く全国的に採用された工法であるが、採用され始めて約20年が経過した現在、各道路管理機関において補強部の再損傷が懸念され出している。

また、最近では我国のみならず、世界的な問題として鋼床版の疲労現象が顕在化している。複雑な溶接構造である鋼床版では各溶接継手部で疲労き裂が発生し、その補修や予防対策について現在、鋭意研究が進められている。しかし、鋼床版における疲労損傷の検出技術に関しては研究が進んでおらず、鋼床版の疲労損傷を確実に検出できる非破壊検査技術の開発が急務となっている。

**（研究の目的）**

本研究課題では道路橋床版の中でもRC床版と鋼床版を研究対象とした次の各項の技術開発を行うことを目的とした。

① 上面増厚補強を施されたRC床版の再損傷

を検出するための非破壊検査技術。

② 鋼床版の疲労損傷、特にデッキプレートとトラフリブの接合部を起点として発生する疲労亀裂を高精度で検出できる非破壊検査技術。

**（研究の方法）**

本研究課題では研究グループをRC床版担当と鋼床版担当に分けて研究を進めた。

RC床版のグループではモデル床版や実橋梁から切り出した床版等を用いた実験的研究を進めるとともに、損傷を有するRC床版の振動解析なども行い、検査手法の高度化を目指した研究を展開した。

鋼床版のグループではモデル床版を用いた輪荷重走行試験や小型モデルを用いた疲労試験、さらには現場での実測を通じてより高精度で効率の良い検査手法を確立する為の研究を実施した。

**（研究の主な成果）**

本研究の成果の概要を研究項目ごとに示す。

**1) 衝撃弾性波法**

衝撃弾性波法による、RC床版内部に発生する水平ひび割れの検出に関する研究では次のような知見や成果を得た。

・衝撃弾性波法を用いることにより、アスファルト舗装面から水平ひび割れを検出することが可能である。

- ・衝撃弾性波法を適用した場合の RC 床版内部での弾性波の挙動を、3次元衝撃応答解析により再現することにより、「I：弾性波の入力方法」、「II：受信方法」および「III：周波数分析方法」の最適な組み合わせを決定するための方法を提案した。

## 2) 弾性波トモグラフィ法

モデル床版による弾性波トモグラフィ計測および、実橋梁より切り出した床版での同計測により以下の知見が得られた。

- ・疲労による床版内部の損傷進展は、弾性波の低速度領域の拡大として評価可能である。
- ・アスファルト層の有無が弾性波トモグラフィ結果に与える影響を検討した結果、アスファルトがある場合でも、弾性波トモグラフィにより実際の内部劣化を反映した速度性状が得られている可能性が高い。
- ・削孔により床版内部性状を観察した結果、アスファルト層（と遮水層）がある場合でも、弾性波トモグラフィにより劣化程度が推定できる可能性が確認できている。

## 3) 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法

室内実験および実橋梁に対する現場試験を通じて、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法についての以下の知見を得た。

- ・中型以上の車両による载荷により引き起こされるき裂先端応力場変動に伴う熱弾性温度変動の検出により、疲労き裂を検出できる。
- ・溶接ビード貫通き裂はもとより、溶接ビードの裏面からデッキプレートに至るデッキ貫通き裂の検出が可能である。
- ・防食塗装の下で発生・進展する疲労き裂に対して自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法は検出能力を有している。
- ・被測定物との距離が長い場合や反射鏡を使った測定経路においても、き裂の検出が可能である。

## 4) 電場指紋照合法 (FSM)

本研究において実施された一連の研究により、下記のような知見を得ることができた。

- ・電場指紋照合法による計測結果から得られるFC値の評価レンジを変化させるなどの工夫をすることにより、疲労きれつを精度よく発見できる可能性があることが確認できた。
- ・センシングピンの配置をUリブを跨ぐ配置とした場合でも精度良くき裂の発生が検知でき、進展についてもモニタリングできることが確認できた。

### (主な発表論文)

1. 前 裕史, 鎌田敏郎, 内田慎哉: 衝撃弾性波法に

よるコンクリート版厚推定手法へのウェーブレット解析および自己相関係数の適用, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1697-1702, 2010.

2. 内田慎哉, 鎌田敏郎, 山本健太, 前 裕史, 大西弘志: 弾性波の入力方法が道路橋 RC 床版における水平ひび割れの評価に与える影響, 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.9, pp.31-38, 2009.
3. 和泉遊以, 阪上隆英, 久保司郎, 玉越隆史, 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法による鋼床版デッキ貫通型疲労き裂の検出, 日本機械学会論文集 (A 編), 76-766, pp.723-729, 2010-6
4. Yui Izumi, Takahide Sakagami, Shiro Kubo: Nondestructive Evaluation of Fatigue Cracks in Steel Bridges by Infrared Thermography, 2008 International Orthotropic Bridge Conference, 2008.8.25-29, Sacramento, USA., Proc. of 2008 International Orthotropic Bridge Conference, 2008-8, pp.502-513 (CD-ROM).
5. 吉見晋平, 塩谷智基, 桃木昌平, 蔡華堅, 鎌田敏郎: AE 法による床版疲労破壊モニタリング, JSNDI, 第 16 回 AE 総合コンファレンス論文集, pp. 65-68, 2009. 8.

### (今後の展望)

本研究の成果が橋梁の維持管理の実務で有効に活用されるためには、今後、この技術を適切に運用するためのマニュアルの整備が必要となるものと思われる。そのためには、引き続き、国土技術政策総合研究所殿等の強力なリードによって、使い勝手が良く、技術を効果的に活用できるマニュアルの作成に取り組んでいただくことが重要と考えられる。

### (道路政策の質の向上への寄与)

本研究の成果を活用することにより、供用中の橋梁群の維持管理コストを大幅に低減することができるだけでなく、これまでの技術では適切な診断ができなかった疲労損傷に関しても確認が容易となることから、床版の損傷に対して早期の対応が可能になり、橋梁の損傷に起因する道路ネットワークの機能低下リスクをより小さくすることができる。

また、本提案技術の実用化により橋梁点検業務の効率が飛躍的に向上するため、各道路管理者が構築している道路維持管理システムの運営あるいは橋梁長寿命化修繕計画の策定が容易となり、アセットマネジメントに基づく維持管理作業を実現することができる。すなわち、これらの非破壊検査技術を導入することにより、アセットマネジメントに基づくライフサイクルコストの最適化を実現することが可能となる。