

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究課題対象）】

研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職	
		かまだ としろう 鎌田 敏郎		大阪大学		教授	
研究 テーマ	名称	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					
	政策 領域	[主領域] 道路資産の保全		公募 タイプ	タイプ		
研究経費（単位：万円） （委託金額）		平成19年度		研究期間			
		1,995		平成19～21年度（3年）			
研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入して下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加して下さい。）					
氏名		所属・役職					
松井 繁之		大阪工業大学・教授					
久保 司郎		大阪大学・教授					
金 裕哲		大阪大学・教授					
阪上 隆英		大阪大学・准教授					
崎野 良比呂		大阪大学・助教					
大西 弘志		大阪大学・助教					
研究の目的・目標 （提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入して下さい。） 本提案課題では道路橋に使用される主な3種類の床版（鋼床版、鉄筋コンクリート（RC）床版、鋼・コンクリート合成床版）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に大きな問題となっている損傷を対象とし、高精度で検査効率の高い非破壊検査システムを構築することを目的とした技術の開発と実用化を目指す研究を実施する。 本提案課題では上記の技術を確立するために以下の技術的課題の解決を目標とする。 赤外線法と電場指紋照合法（FSM）を用いたモニタリング手法の確立（き裂の検出と進展速度の推定を可能にする技術の開発）（鋼床版） 床版内部に発生する水平ひび割れの検査技術の開発と実用化（RC床版） 各床版に共通する問題として存在する、既存の手法では検出困難な形態の損傷 評価を実現すること。個々の床版の特質とそれに起因する損傷形態を、これらに応じた手法で評価し、結果を有機的に結合することにより、道路床版の総合的保全施策を講じるスキームを構築すること。（鋼床版、RC床版、鋼・コンクリート合成床版）							

これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入して下さい。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入して下さい。)

研究の進捗状況

本提案課題の流れを図1に示す。本年度は目標を達成するための技術について次に示す基礎研究を実施している。

(1) 鋼床版非破壊検査の検討

実際に国道で供用されている道路橋2橋の鋼床版で疲労き裂の測定を行った。本年度の実橋梁測定により得られた成果は以下の通りである。

(1-1) 通常の供用状態における交通荷重作用条件下での疲労き裂測定

日常的な道路交通条件の下での車両走行による輪荷重負荷により発生した歪による熱弾性温度変動を計測した結果に自己相関ロックイン処理を行ったところ、疲労き裂の先端で顕著な応力集中部を示すコントラスト変化(図2)とその時系列変動から輪荷重負荷による応力変動波形(図3)を得ることができた。また、橋梁に塗装が施されている状態であっても対象部分を直接視野に捉えることができれば亀裂の検出、モニタリングは可能であると確認できた。

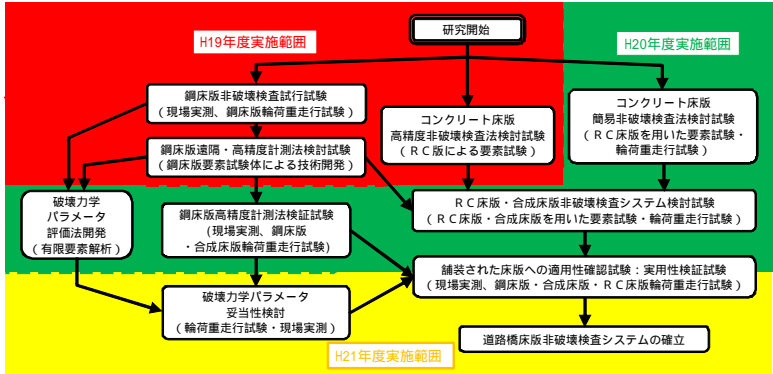


図1 本提案課題の流れ

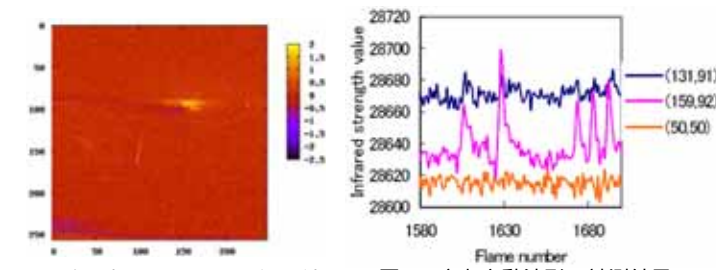


図2 自己相関ロックイン処理結果

図3 応力変動波形の計測結果
(値は赤外線強度値)

(1-2) 荷重車を使用した載荷試験での疲労き裂測定

交通規制下の橋梁において荷重車を使用した載荷試験を実施した。荷重車の走行速度を変化させたところ、走行速度によるき裂検出精度に差異はないことがわかった。これに対し、車両の走行位置による影響は大きく、走行位置が40cm程度変化することにより、き裂先端近傍で発生する熱弾性温度変動が著しく変化することが確認された。

(2) 鋼床版遠隔・高精度計測法の検討

鋼床版の一部を模した要素試験体を用いて距離30m~50mの遠隔測定を行い、塗装された鋼部材に関して、より精度の高い非破壊検査を実現するための技術開発を行っている。また、輪荷重走行試験により提案技術に関する基礎データの収集を行っている。

(3) コンクリート床版高精度非破壊検査法の検討

道路橋床版のコンクリート部において最も点検が困難な水平ひび割れを模した床版モデル(写真1)を用いて高精度非破壊検査技術の確立に必要な基礎資料の収集を行った。本年度の研究では水平ひび割れ検出への各種弾性波法(インパクトエコー法、EMH法、超音波法)の適用性を比較評価した。弾性波の入力および受振の条件が水平ひび割れの検出精度に与える影響を把握するとともに、弾性波指標と水平ひび割れ深さ・大きさの定量的関係を調査した。また、舗装部や増厚部が欠陥検出に与える影響につ



(a) 模擬水平ひび割れの設置

(b) 床版モデル設置状況

写真1 鉄筋コンクリート床版モデル

表1 計測手法の適用範囲

欠陥深さ (mm)	インパクトエコー法	EMH法	超音波法
50			
80			
100			
130			
200			×
250			×

：既往の方法で検出可能、×：検出困難

：適用可能となる可能性あり

いても確認した。その結果、弾性波法毎に表1のような適用範囲があることが明らかとなった。

研究の目的・目標からみた研究計画

平成19年度は本提案課題の目標を達成するために必要となる技術の開発と実用化に関する基礎研究を主に実施してきた。平成20年度は各々の技術の実用化・システム化に向けた研究を展開する。最終年度（平成21年度）には実際の現場の条件下においても問題なく適用できる様に技術の改良を行い、実用的な非破壊検査システムの構築を完了することを目指す。

実施方法

上記の研究計画を実施するに際して、現場での測定が必要な研究では国土技術政策総合研究所の協力を仰ぎながら、研究に適した現場での測定を適宜実施する計画である。室内実験では主に大阪大学で保有している輪荷重走行試験機をはじめとする研究資源を活用する。ただし、一部計測機器に関してはリースにより対応する。

研究体制の妥当性

本提案研究課題は図1にも示したように、平成20年度以降は目視による点検が最も困難な鋼・コンクリート合成床版を対象とした技術開発も実施する。このため、研究期間内に目標を達成するためには、鋼構造、破壊力学、コンクリート工学、合成構造、非破壊評価技術の各分野を研究対象とする研究者が連携する学際的研究組織の形成が必要不可欠である。ただし、一部の研究において新たな課題も見つかっているため、目標達成のため、本提案研究課題の実施体制に京都大学の塩谷准教授を加えた研究体制により本提案研究課題を遂行することを計画している。

特記事項

（研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入して下さい。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入して下さい。）

鋼床版の非破壊検査について

現時点において、鋼床版の非破壊検査に関する検討で得られている知見は次の通りである。

- 1)自己相関ロックイン法により実橋梁での疲労き裂の検出や、輪荷重負荷時のき裂周囲の応力分布の変動のリアルタイム測定が可能である。
- 2)自己相関ロックイン法では塗装の影響下においても疲労き裂の検出は可能である。
- 3)自己相関ロックイン法では走行車両の速度による、き裂検出特性に差異は見られない。

これらの成果と現在実施中の非接触・遠隔計測の高度化技術開発に関する成果を組み合わせることにより、実橋梁における遠隔計測点からの非接触リアルタイムモニタリングが実現可能となる見通しである。ただし、これらの技術に関しては計測装置と計測対象点の相対変位が発生しない、計測装置と計測対象点への視線を確保できる、の2つの条件が満たされることが必要である。しかし、実橋梁における鋼床版の適用箇所では常に前述の2つの条件が満たされとは限らない。そのような使用箇所において鋼床版の非破壊検査を行うためには、より適用可能な範囲が広い電場指紋照合法（FSM）によるモニタリング技術との組み合わせを行うことにより本提案課題で開発する非破壊検査システムの適用範囲を拡大させることができる。

コンクリート床版の非破壊検査について

コンクリート床版の非破壊検査に関する研究において得られた知見は次の通りである。

- 1)床版内の水平ひび割れの深さによって、現存する各種弾性波法の適用範囲が異なる。
- 2)2つ以上の異なる弾性波法を併用すれば、水平ひび割れの深さの程度に関わらず、床版全厚を対象とした検査ができる可能性が高い。
- 3)インパクトエコー法を使うと、アスファルト舗装部やシート系防水工部の影響を受けずに床版内の水平ひび割れを検出できる可能性がある。
- 4)欠陥深さと床版内での弾性波の共振現象との対応を考慮した新データ解析システムの開発により、単独の検査法で水平ひび割れの有無を識別するシステムを開発できる可能性がある。

これらの技術的成果を活用することにより、床版内部に発生した水平ひび割れ等の内部損傷を識別できる可能性がある。しかしながら、弾性波法による点的な計測手法では検査対象範囲が限定されるため、実橋梁に適用した場合、検査に多大な時間と労力を要するものと予想される。この問題点を解決するため、20年度は劣化床版のスクリーニングを主な目的とした簡易検査手法の開発を計画している。本提案研究課題ではこれらの技術の組み合わせにより、非破壊検査システムのより効率的な運用が実用できる。