

## 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】

ふりがな	すぎうら くにとも		所属・役職	京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻・助教授
研究代表者 氏名	杉浦 邦征			
研究 テーマ	名称	多機能検査車走行による道路構造物の健全性評価		
	政策 領域	政策領域8：道路資産の保全	公募 タイプ	タイプ：技術的課題の画期的な解決を目指す研究（技術ブレイクスルー型）
研究経費 (委託金額)	平成17年度		研究期間	
	29,970,000円		平成17～19年度（3年）	
研究経費は平成17年度のみ掲載				
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。）				
氏名		所属・役職		
陵城成樹		(株)ニュージェック・道路G橋梁T・マネージャー（JBEC出向中）		
小林義和		(株)ニチゾウテック・技術コンサルティング本部・部長		
岡野晴樹		(株)東京測器研究所桐生工場・工場長		
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。）				
<p>道路構造物の現状性能の評価を効率的に行うため、加振機能と高精度な計測機能を有する多機能検査車両を開発するとともに、道路の舗装面、盛土部、橋梁部、トンネル部の損傷や凹凸を高速走行しながら計測し健全性を評価する技術システムを研究開発する。</p> <p>平成17年度においては、橋梁を対象構造物として取り上げ、主な構造部位（床板など）に対して、橋梁上を走行する車両からの異常検知技術の実現性、実用性についての基礎的な検討を行った。</p>				

## 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。)

橋梁構造物の健全性の一次診断を高速に、大量に、また安価に実施する基礎技術の開発を目的とし、目視点検によらず、走行する車両からの損傷検知技術の開発を目指している。なお、構造物の力学性状およびその評価を担当する大学研究者、構造物の健全性診断業務を担当する実務者ならびにセンサー技術・計測技術に精通した技術者からなる産学連携の研究体制で研究を実施し、以下の手順により検討を行った。

### 1) 橋梁構造物の損傷形態と検知手法の整理

(i) 構造物の固有振動周期は、損傷により長周期化する：(ii) 打撃時の反発力の波長は、損傷により長くなる：(iii) 地震後の構造物の線形幾何形状の変化は、構造物の使用性を瞬時に判断できる指標となりえる：(iv) 走行車両から求める衝撃係数とWIMによる車軸測定結果を組み合わせ、累積疲労損傷の評価の精度向上を図れると考えるなど、損傷とその検知手法の現状を整理した。

### 2) 打撃試験による損傷検知技術の検証

供用下において最も損傷機会が多いRC床版に対して、損傷と固有振動数、反発力の相関関係を定量的に評価した。また、打撃音からの固有振動数検知技術の確立を目指した。

### 3) 構造物の線形幾何形状計測手法の検証

走行車両の慣性運動計測から構造物の線形幾何形状を計測する手法を検討した。

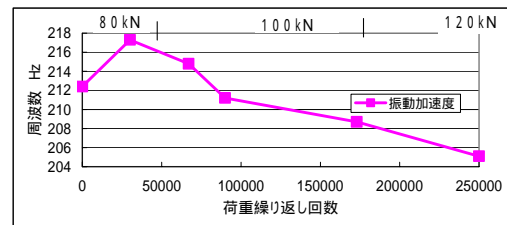
## 特記事項

(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。)

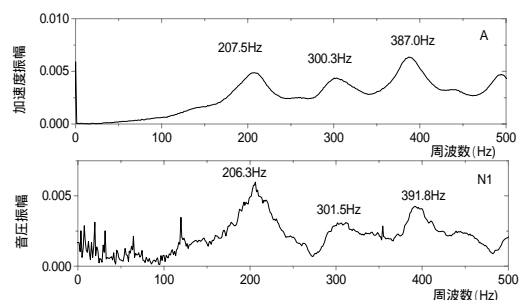
### 1) 各損傷過程におけるRC床版の固有振動数変化

繰り返し輪荷重を受けるRC床版モデルの固有振動数の経時変化を検証し、特に、高次の振動数の低下が、顕著に観察された(右図参照)。またRC床版モデルに対する直接打撃試験より打撃力の作用特性を検証し、人工損傷により打撃力の長波化が観察された。



### 2) 打撃音からのRC床版固有振動数の検出

各種RC床版に対する打撃試験において、床版加速度の周波数分析と打撃音の音圧波形の周波数分析を比較した結果、音圧波形計測により床版の固有振動数を検出できた(右図参照)。なお、打撃音は、走行しながら収録可能であり、非接触型(非設置型)の検知技術として有効である。



### 3) 構造物の線形幾何形状ならびに橋梁振動性状の変化

構造物の平面線形の計測は、慣性運動計測とGPSシステムとのハイブリッド化で地震後などの線形確認は可能である。また、車両走行下の動的たわみは、橋梁主桁の損傷評価に有効である。

## 研究開発の背景

構造物の超高齢化 → 維持管理費が増大 → 簡易で迅速な予防保全が重要

建設後50年以上の橋梁数の推移



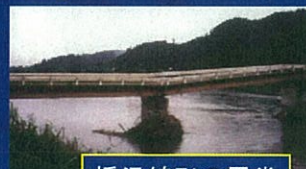
出典：道路橋マネジメントシステムの手引き  
H16年8月(財)海洋架橋・橋梁調査会



床版亀裂と遊離石灰



伸縮の段差



橋梁線形の異常

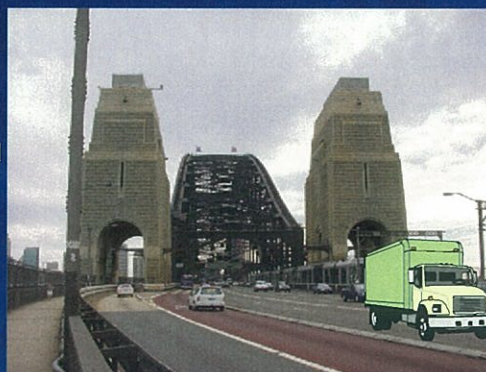
- 構造物に対する点検の合理化, 省力化, 迅速化が必要(点検結果の客観性)

## 研究開発の目標

車両走行により床版や支承などの損傷を路面から検知するシステム(多機能検査車の開発)

(搭載機能の例)

- 車両から打撃を与え, その応答を捉えることで損傷を検知するシステム
  - 床版の損傷
- 車軸力の変動から橋梁の損傷を検知するシステム
  - 伸縮装置の段差検知
- 慣性測量・GPSを用いた橋梁の幾何形状を把握するシステム
  - 桁の損傷, 災害後の安全性確認



※平成17年度目標: 検知手法の検証

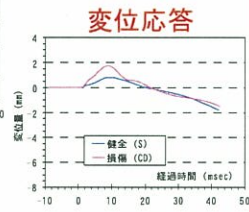
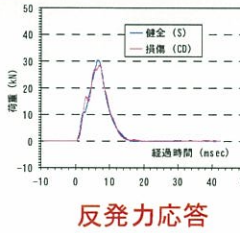
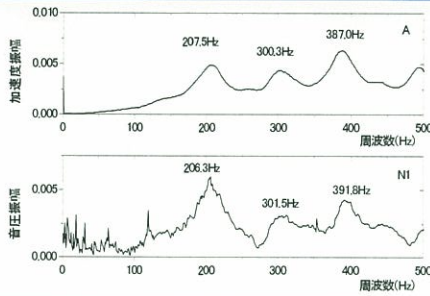
— 定期的な走行時に採取したデータの経時変化から損傷の有無, 場所を判定 —

# 損傷検知手法の検証例

低周波騒音計により非接触で打撃音の音圧波形より床版の固有振動数を検知

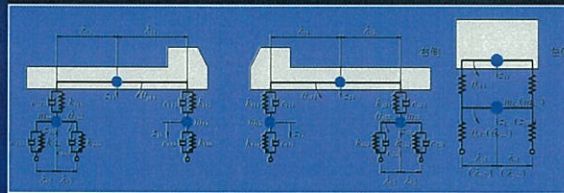
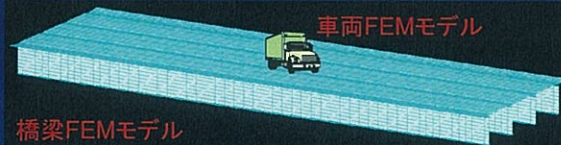


反発応答(重錘落下による)から床版の損傷を評価

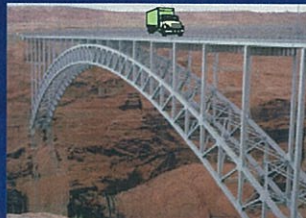


# 車両・橋梁系連成振動解析による検証例

車両系  $m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = f$   
 接地力 ↓ ↑ 接地点の変位  
 橋梁系  $M \ddot{X} + C \dot{X} + KX = F$



管理ステーションとの情報通信



(ハイブリッド解析の例)

- 設計モデルの確認
- 応答値の蓄積
  - 応答パターンからの異常検知
- 設置型センサとの連携
  - 局所的損傷探査精度の改善