

橋梁の局所的な損傷検出に向けた振動・波動モニタリングに関する研究

建設構造研究室 稲葉将吾
指導教官 長井正嗣

1. はじめに

橋梁の維持管理手法として、損傷と動特性の関係に着目した振動モニタリングの研究が積極的に行われている。しかし、橋梁の形式や損傷の種類によっては、損傷の検出が困難な場合もある。

2. 研究の目的

本研究では橋梁全体の動特性から検出することが困難な、局所的な損傷を検出する振動・波動モニタリング方法について検討することを目的とした。本研究では、PC 橋における PC ケーブルの破断と、斜張橋ケーブルの損傷に着目した。ここでは、PC ケーブル破断検出に向けて開発した音響システムと、実橋梁での音響モニタリングへ向けた基礎検討について説明する。

3. PC ケーブル破断検出に向けた検討

PC ケーブル破断の検出に向けた方法として、PC ケーブルが破断する際に発生する音に着目し、コンクリートマイクを用いた音響システムを開発することとした。図 1 に音響システムの構成を示す。音の収録では、コンクリート表面に設置することが可能かつ安価であることからコンクリートマイクを使用することとする。これは、一般に、壁面内に埋設された配管の導水状況を確認する用途で使用されているものである。

4. 音響システムのノイズ対策

音響システムプロトタイプを開発したところ、ハムノイズの影響が大きく、計測したフーリエスペクトルにおいて 50Hz の逡倍成分のピークが卓越した。そこで、ハムノイズ対策を施すこととした。具体的には、PC の電源を直流安定化電源から供給することとし、RC フィルタ等を追加したコンクリートマイク・アンプ基板を開発した。図 2 に開発したコンクリートマイク・アンプの基板を示す。

5. 実橋梁への適用に向けた基礎検討

本音響システムでは、車両走行音などの環境ノイズのなかから PC ケーブル破断音を識別する際に、計測した波形の周波数分布に着目する。そこで、車両走行音と PC 鋼材破断音の特性把握を目的として、妙高大橋桁内での音響計測および PC 鋼材破断実験を実施した。

5.1 車両走行音の特性把握

本音響システムを用いて、妙高大橋桁内にて音響計測を実施した。計測結果から、タイヤと路面の摩擦による音(図 3 波形 1)と、橋梁ジョイント部を通過する際の音(図 3 波形 2)の 2 つのパターンの波形が確認された。それぞれの音の周波数成分は、波形 1 が 730~750Hz に、波形 2 が 2650Hz 付近に分布することが分かった。(図 4)

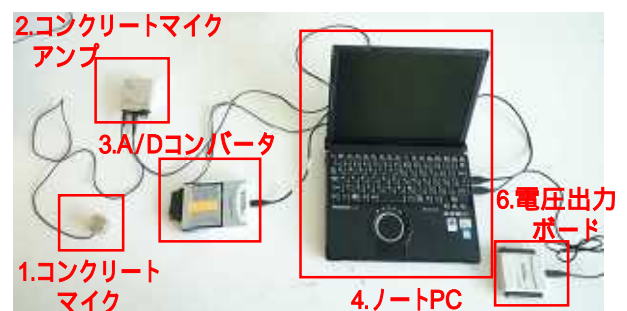


図 1 音響システム



図 2 開発したアンプ基板

5.2 PC 鋼材破断音の特性把握

PC 鋼材破断音の特性把握を目的として、PC 供試体中の鋼材を電食により破断させ、破断時の音を計測する実験を実施した。同供試体中の鋼材 2 本の破断音を計測した 2 つの破断音の周波数成分には同様のピークが確認され、同条件下で発生する PC 鋼材破断音には再現性があることが確認された。(図 5)

また、PC 鋼材破断音は、鋼材の横振動に起因するものと考えて、弦の式を用いると、卓越周波数が 315Hz となる。しかし、その他の卓越する成分については定量的に把握できていない。鋼材の寸法や張力をパラメータとした実験を実施し、PC 鋼材破断音の定量把握を進めることが今後の課題である。

5.3 破断位置同定に向けた検討

複数のコンクリートマイクを用いて PC 鋼材破断音を計測することで、破断位置を同定することが可能である。そこで、基礎検討として、2 台のコンクリートマイクを用いて、RC 梁の打音を計測し、信号の立ち上がり時間差と音の理論伝播速度から 1 次元的に破断位置を逆解析する実験を実施した。その結果、破断位置の同定精度は、0.050m ~ 0.135m であった。同定精度の向上にはコンクリートの物性把握が必要である。

6. まとめ

PC 橋における PC ケーブル破断の検出方法として、破断時に発生する音に着目し、車両走行音などのなかから PC ケーブル破断音を識別する音響システムを開発した。

本音響システムにより妙高大橋桁内で音響計測を実施したところ、車両走行音には 2 つのパターンの波形が確認され、その周波数成分は 730 ~ 750Hz、2650Hz 付近に分布することが確認された。

PC 鋼材破断音の特性把握を目的として、PC 鋼材を破断させ、破断音を計測したところ、同条件下で発生した PC 鋼材破断音の周波数成分には類似の結果が得られた。定量把握に向けて、張力などをパラメータとした実験を実施する必要がある。

2 台のコンクリートマイクにより、RC 梁の打音を計測しその位置を逆解析する実験を実施したところ、

その同定精度は 0.050m ~ 0.135m であった。

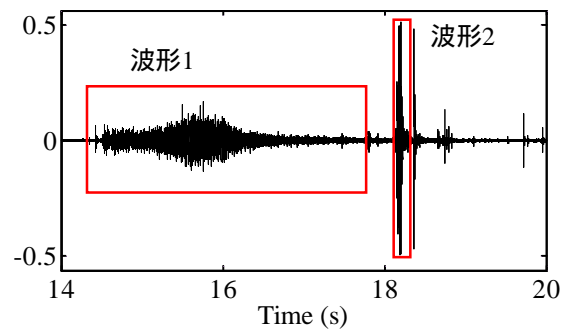


図 3 車両走行音 時刻歴波形

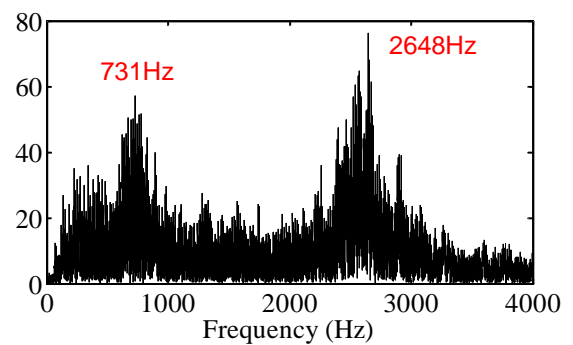


図 4 車両走行音 フーリエスペクトル

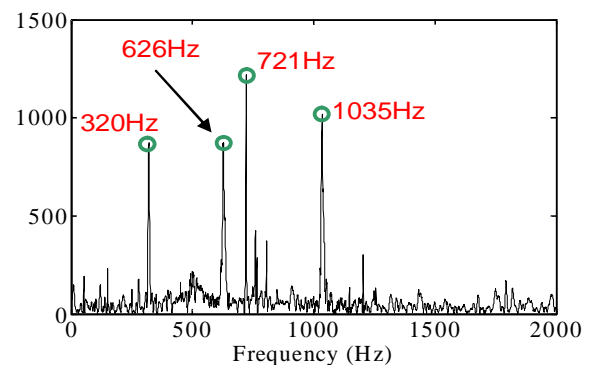


図 5(a) 鋼材 1 破断音フーリエスペクトル

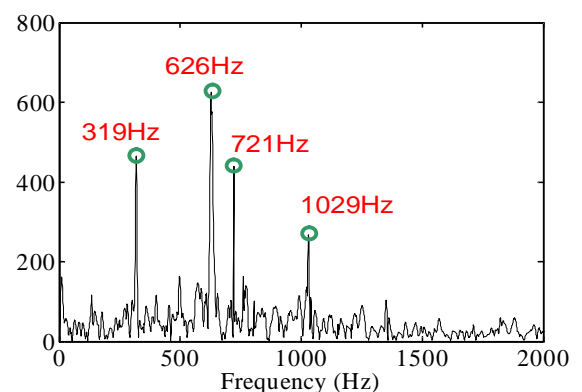


図 5(b) 鋼材 2 破断音フーリエスペクトル