

PC 鋼材破断検出に向けた音響モニタリングシステムの開発

三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社 正会員 稲葉将吾
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛 田中泰司 丸山久一
 新構造技術(株) 正会員 登石清隆

1. はじめに

供用期間が50年とされる橋梁の多くは高度成長期に建設されており、老朽化が急速に進行している。現に、供用から約40年が経過したプレストレス・コンクリート橋(PC橋)において、2009年に同一断面で多くのPC鋼材の破断が確認された¹⁾。PC鋼材の破断は落橋に結び付く危険性がある。

この橋梁では、精緻な状況観察と構造計算から直ちに落橋に至らないことが確認され、供用が再開されている。しかし、コンクリート内に埋設されたPC鋼材の破断を非破壊で検出する手法は研究段階にある。そこで、PC鋼材の破断を検出し、交通規制など橋梁管理者の意思決定を支援するモニタリングシステムが切望されている。

2. 研究の目的

本研究では、PC鋼材が破断する際には、人間に識別可能なレベルの音が発生し得ることに着目する。そこで、PC橋にマイクを設置することとし、そのマイクでコンクリート内部の発生音を常時計測する。そして、PC鋼材の破断音のみを識別することが可能なモニタリングシステムの開発を目的とする。

本報では、PC鋼材破断音の特性把握と破断位置の特定に向けた屋内実験による基礎的な取り組みについて報告する。

3. モニタリングシステムの概要

図1に、開発を進めているモニタリングシステムの概要を示す。音の収録では、コンクリート表面に設置することが可能で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。ノートPCでは、計測プログラムの動作と解析を行う。解析により得られた値は、電圧出力ボードにより電圧として

外部へ出力される。音響システムのノイズ対策として、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に開発した基板を示す。

4. 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。図3に計測した鋼材破断音のフーリエ振幅スペクトルを示す。2つのフーリエ振幅スペクトルには、320Hz, 626Hz, 721Hz, 1030Hz付近にピークが卓越した。このことから、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。

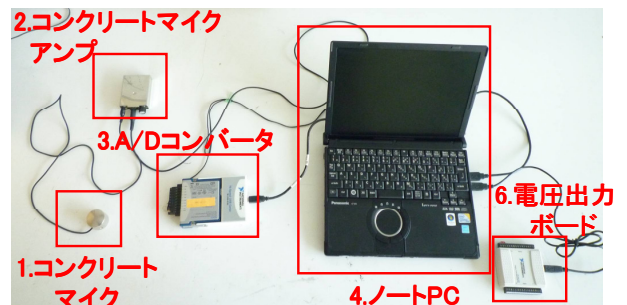


図1 音響システム

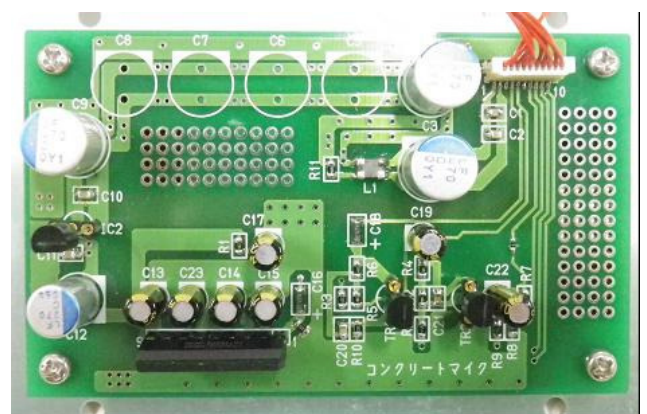


図2 開発したアンプ基板

キーワード：PC 橋, PC ケーブル, 破断, 音, コンクリートマイク

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-47-9641

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. 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。

音の発生位置の同定は以下の手順で行う。音の発生位置からマイク 1 までの距離を l_1 、マイク 2 までの距離を l_2 とすると、信号の立ち上がり時刻差は、速度 V_s の弾性波が $l_1 - l_2$ の距離を伝播するのに要した時間となる。信号の立ち上がり時刻差と伝搬速度 V_s の積から $l_1 - l_2$ が得られる。2 台のマイク間距離 $l_1 + l_2$ は実測により既知であり、計測した波形から、先に弾性波の入力されるチャンネルが判断できるため、 l_1 および l_2 が得られる。

計測結果の一例を図 4 に示す。読み取った信号の立ち上り時刻差と音の理論速度から算出したマイクから打撃位置までの距離と、巻尺により計測したマイクから打撃位置までの距離を比較した。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。

謝辞

本研究の一部を「第 16 回北陸地域の活性化に関する研究助成事業技術開発支援事業（共同研究）」で実施しました。ここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 日経コンストラクション, pp54-65, 2011.12.12

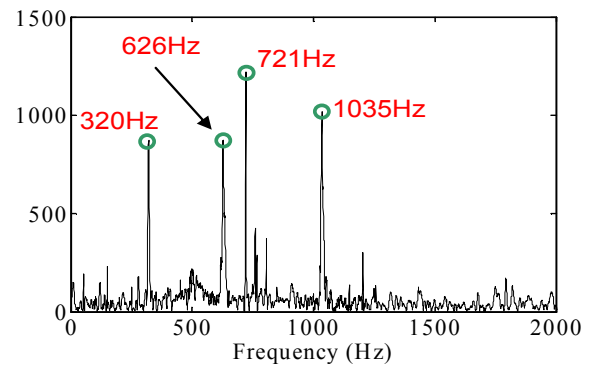


図 3(a) 鋼材 1 破断音フーリエスペクトル

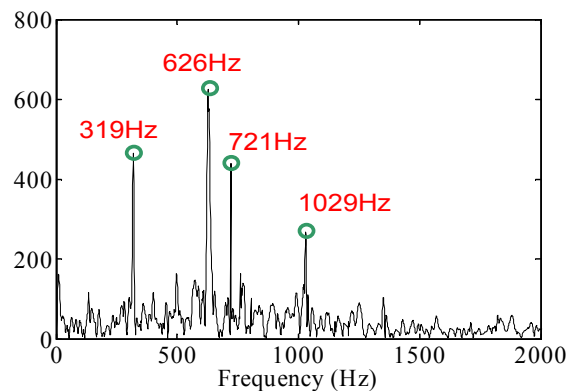


図 3(b) 鋼材 2 破断音フーリエスペクトル

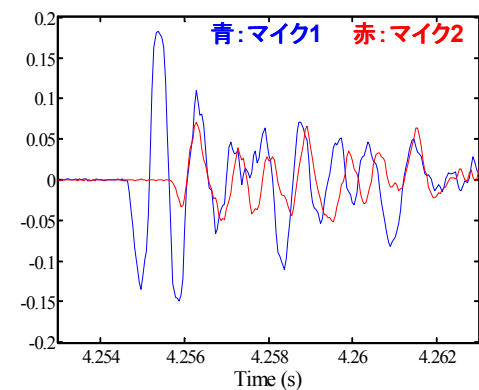
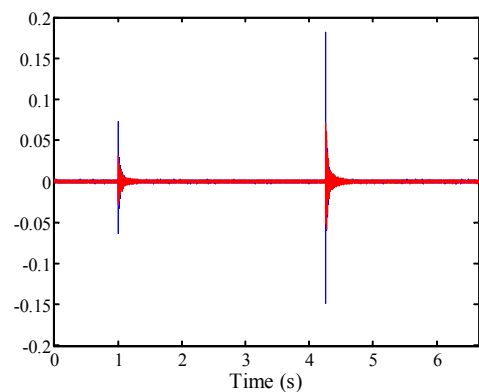


図 4 計測結果の一例