

コンクリート構造物の打音データの相関性を用いた診断に関する基礎的考察

九州大学大学院 学生会員 ○福井 雄気
九州大学大学院 学生会員 川端 健太
九州大学大学院 正会員 園田 佳巨

1. 緒言

近年、老朽化したコンクリート構造物の数が非常に多くなり、既設構造物の健全度に関する調査・診断の必要性が高まる中で、打音法は簡易かつ低コストで実施可能な手法であることから、実際の診断業務で幅広く利用されている。しかし、その診断には熟練性を要することが多く、さらに、得られた結果から欠陥部分の劣化度の評価まで行なう例は極めて少ない。そこで本研究では、実際に劣化が認められるコンクリート構造物を対象に打音法による現地計測を実施し、得られた結果から、劣化度評価の基礎的段階として、相関性に着目した処理を行ない、その適用性について検証した。

2. 現地調査について

今回の調査は、現在も供用中の鉄筋コンクリート高架橋の橋脚部を対象に実施した。写真-1のような浮きや剥離が認められる縦 35cm、横 45cm の部分の周囲及び内部を打撃した際の音圧を計測した。打撃点は、この損傷領域を 5cm 四方に分割した際の格子点とした。打撃は入力荷重の測定が可能なインパルスハンマーを用いて行い、打撃点から 25mm 離れた位置に、打撃点の方向に向けるようにしてデータレコーダを支持した。サンプリング周波数は 50kHz とし、1 つの打撃点において 10 回の打撃を行なった。今回は、写真-1 に示すように打音データの中から、耳で聞いて明らかに欠陥と判断できる打撃点を「欠陥」として 1 箇所、欠陥か健全か判断が難しい打撃点を「グレー」として 1 箇所、健全であると判断できる打撃点を「健全」として 1 箇所、それぞれ抽出した計 3 点の打音についてデータ処理を行なった。

3. データの処理方法

図-1 (A), (B), (C) は、検査で得られた健全、グレー、および欠陥箇所での音圧時刻歴波形を示している。音圧波形については、減衰性を考慮して 10msec までのデータを用いることとした。処理方法としては、まずノイズの影響を低減するためにトレンド除去を施し、さらに打撃力のバラつきを考慮して、波形をインパルスハンマーより得られた入力荷重で除すことにより単位荷重あたりの音圧とした。よって、図-1 の縦軸の単位は (Pa/N) となっている。1 つの打撃点につき 10 回の打撃を行なっているため、10 個のデータそれぞれ

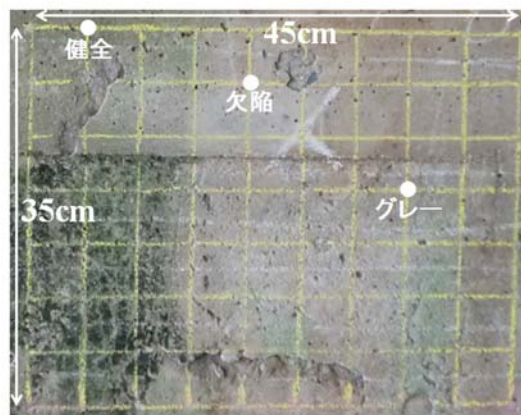
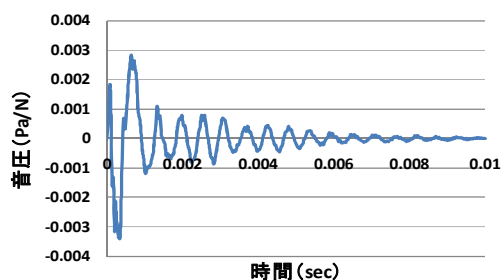
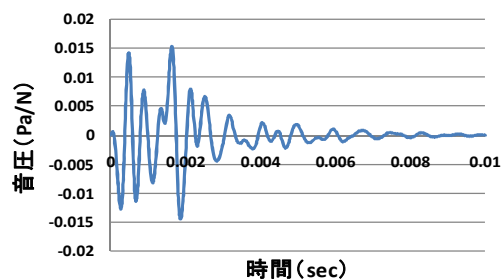


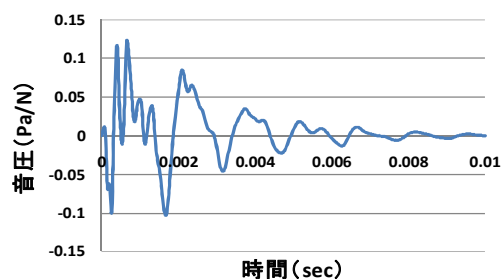
写真-1 検査箇所の写真



(A) 健全部の波形



(B) グレー部の波形



(C) 欠陥部の波形

図-1 各種音圧時刻歴波形

れについて上記の処理を行ない、その平均を取ったものを代表の時刻歴波形とした。図-1に示す音圧波形からも3者の相違は識別できるが、より定量的な評価を行なうために相互相関関数を求めることにより、これらの波形について相互の相関性を調べた。さらに、相互の相関性を周波数領域で調べるため、クロススペクトルを求めた。これにより、波形の相関性から劣化度の評価が可能であるか検証した。

4. 検査結果

データ処理により得られた相互相関関数を図-2に示す。比較のため、それぞれの相関関数の最大振幅を1として正規化を行なっている。正の相関に着目すると、図-2中の○で示す通り、ピークの位置に違いが生じており、特に、健全⇔グレーの相互相関と健全⇔欠陥の相互相関では、後者の方がピーク時のラグ τ が大きい結果となった。グレー部と欠陥部では、後者の方が相関性は低く、またより劣化していることは明らかであるため、劣化が進行するほどピークが現れるラグ τ が大きくなるものと考えられる。このことは、図-3に示す健全部の自己相関関数とそれぞれの相互相関関数との比較からも見てとれ、 $\tau=0$ における健全部自己相関のピークと相互相関のピークの間隔は、健全⇔欠陥の方が大きい結果となっている。ただし、グレー⇔欠陥の相互相関については、図-3より、 $\tau=0$ においてピークが現れており、負の相関について着目しても同様の結果であることから、ラグ τ の大きさによる区別はできなかった。そこで、相互の相関性を周波数領域で調べたクロススペクトルの結果とその比較を図-4に示す。この結果についても、最大スペクトル値を1として正規化を行なっている。この図より、周波数領域で比較すると、時刻歴データからは認識できなかったグレー⇔欠陥の相関性について、ピーク周波数の相違として確認でき、劣化が進行するほど低周波数にシフトする傾向にあることが推察された。したがって、打音のデータベースを蓄積し、相互相関関数およびクロススペクトルを用いた検討を行なうことで、タイムラグおよびピーク周波数の相違と欠陥レベルの定量的な関係を把握することができれば、打音による診断技術が向上するものと考えられる。

5. 結言

今回は定量的な評価が確立されていない打音法について、波形の相関性に着目して検討を行なった。その結果、相互相関関数およびクロススペクトルに着目し、健全箇所のデータとの相関性で劣化の進行度を把握できる可能性があることが確認された。今後の課題として、他の橋梁についても同様の検討を行なうことで、基礎データとなる打音のデータベースを整備し、欠陥の種別や程度を識別可能な手法の構築が挙げられる。

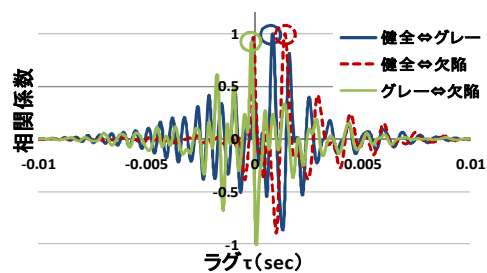
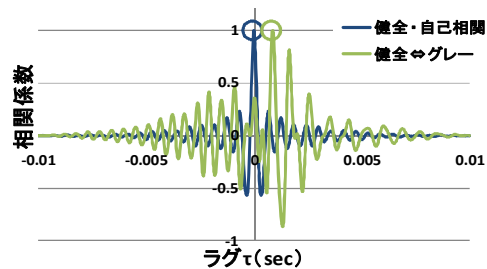
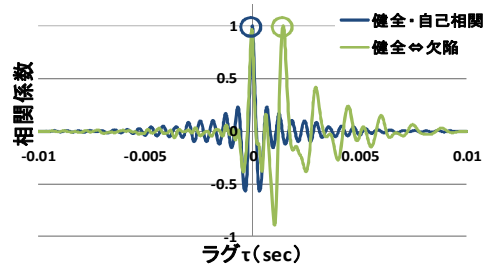


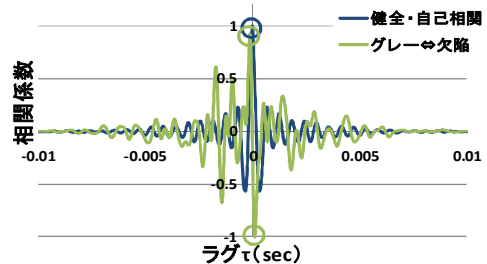
図-2 相互相関の比較



(A) 健全 - グレー相互相関との比較



(B) 健全 - 欠陥相互相関との比較



(C) グレー - 欠陥相互相関との比較

図-3 健全部自己相関関数と各種相互相関関数との比較

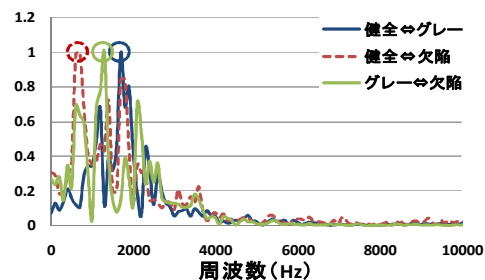


図-4 クロススペクトルの比較