

コンクリート構造物のデジタル打音点検の判断指標に関する一考察

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○浦山 智臣, 戸田 一郎, 前田 良文
原子燃料工業(株) 正会員 松永 嵩, 非会員 磯部 仁博

1. はじめに

コンクリート構造物の点検の大半は未だ打音点検が継続的に行われ、その課題として点検者の経験、技量に依存することが指摘されている¹⁾。そのため、コンクリート構造物のうき剥離等の変状を適切に評価可能な判断基準の設定が重要である。本論文では、従来の打音点検の精度で誰でも実施可能なデジタル打音点検の開発を目的として、デジタル打音点検結果を従来打音点検結果と比較し、現場状況が判断指標に及ぼす影響を整理することで、デジタル打音点検の判断基準を設定して、その運用方法をまとめた。

2. 従来の打音点検による基準の目安とデジタル打音点検における特徴量

(1) 従来の打音点検による基準の目安

打音点検の基準は、保全点検実施要領等²⁾に示されるようにコンクリート構造物の浮き剥離等の変状を『キンキン』『ドスドス』『ペコペコ』と清音及び濁音による判別を目安とし、技術者の技量によって大きく左右される(表-1)。

(2) デジタル打音点検における特徴量

従来の打音点検では、人の耳による響き方で状態の良否を判定していることに対して、デジタル打音点検は「周波数」「振動持続時間」「半値幅」の3つの特徴量を用いる(表-2)。これらの特徴量はコンクリート構造物の変状に感度を有することが知られている³⁾。

本研究で用いた測定装置を図-1に示す。測定は広帯域 AE センサを測定対象に押し当ててハンマーで打音することにより振動信号を取得し、タブレットを用いて現地で波形を表示して定量評価する(図-2)。

表-1 打音によるコンクリート構造物の状態を判断する場合の目安²⁾

打音の結果	想定されるコンクリート構造物の状態
キンキン、コンコンといった清音を発し、反発感がある。(清音)	健全
ドン、ドスドス等鈍い音がする。(濁音)	劣化、表面近くに空洞がある。
ポコ、ペコペコ等薄さを感じる音がする。(濁音)	はく離(うき)している。



図-1 AE 打音点検装置の外観



図-2 打音点検状況

表-2 測定装置から得られる各特徴量

項目	内容
周波数	損傷部は、健全部と比べて周波数の低下が見られる。
振動時間	損傷部は、健全部と比べて振動持続時間が長く表れる。
半値幅	損傷部分は健全部に比べて小さい形状の周波数ピークが検出される。

3. 打音点検とデジタル打音点検の比較

現場試験対象は、部材厚がそれぞれ異なる橋梁の橋脚(部材厚 1500 mm)、桁側面(部材厚 600 mm)、箱桁下床版(部材厚 200 mm)の3箇所とし、点検員が判定した健全領域及び剥離領域に対して、打撃振動による振動を取得した。測定データより周波数、振動持続時間、半値幅を抽出した結果のコンター図及び剥離領域と健全領域で得られる各測定値のヒストグラムを図-3に示す。図中の黒枠部は、点検員が判定した健全領域であり、赤枠部は剥離領域である。また、枠内の黒プロットがデジタル打音点検における評価点である。評価指標と従来の打音点検の比較結果は次のとおりである。

キーワード 打音法, デジタル化, コンクリート, 浮き, 剥離

連絡先 〒733-0037 広島県広島市西区西観音町2-1 第三セントラルビル 8F TEL 082-532-1433

周波数は、剥離領域で得られる 1000~2000Hz の低周波側に分布が集中する。振動持続時間は、健全領域で 5ms 以下、剥離領域ではばらつきが大きいが長くなる傾向である。半値幅は、健全領域で概ね 500 Hz 以上、剥離領域では 500 Hz より小さい傾向であった。

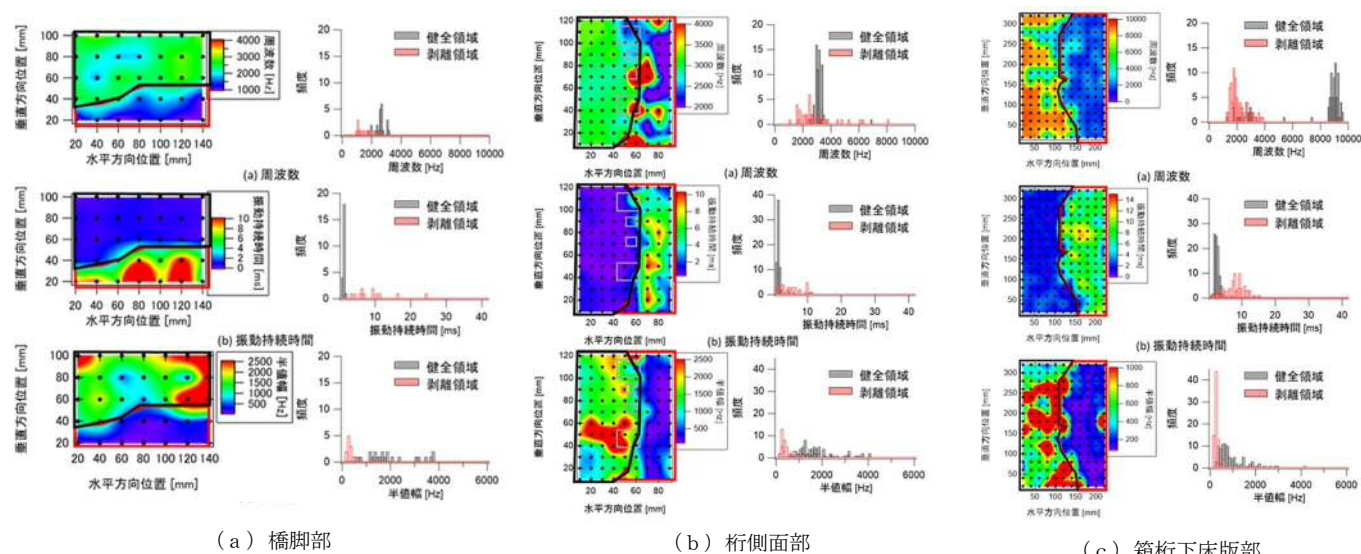


図-3 部材厚が異なる現場試験対象箇所とその調査結果

4. コンクリート浮き・剥離の判断基準と運用方法

本論文の判断基準（表-3）と運用方法を以下に記す。

【STEP1】

変状の無い複数箇所では健全状態の周波数を取得する。

【STEP2】

調査対象箇所の周波数を健全状態と比較する。判断基準は重要度、第三者被害の影響を考慮して平均値 $\pm 2\sigma$ とした。

【STEP3】

現場試験結果より、振動持続時間が 5 ms 以下、かつ半値幅が 500 Hz 以上を判断基準とした。

デジタル打音点検の評価点（全 319 点）について、点検員の判定した領域を正として評価した結果を表-4 に示す。点検員が剥離と判定した領域については、97%が△及び×に分類され剥離の可能性を示唆しており、剥離の検出率は点検員とほぼ同等の性能を有する。

5. まとめ

デジタル打音点検の判断指標として周波数、振動持続時間、半値幅を選定して、実際に従来の打音点検結果と比較、検証することにより、剥離領域におけるそれらの判断基準を評価した。点検員が剥離と判定した領域については、97%が△及び×に分類され剥離の可能性を示唆しており、剥離の検出率は点検員とほぼ同等の性能を有することを確認した。今後は、大規模更新工事により撤去された構造物を部材厚さごとに整理するなど、様々な条件での検証と判断基準の設定により打音点検技術の代替技術として確立を目指したい。

参考文献

- 1) 舟波尚哉ら, "熟達点検者の打音点検動作の形式知化に関する基礎的研究", コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1871-1876, 2019.
- 2) 西日本高速道路株式会社: 保全点検実施要領 構造物編, p.29, 2020
- 3) 例えば, 峯岸秀治, "NDIS 2426-2 コンクリートの非破壊試験-弾性波法- 第2部: 衝撃弾性波法", 一般社団法人 日本非破壊検査協会, 2014.

表-3 判断基準方針

周波数	健全領域の平均値 $\pm 2\sigma$ の範囲内		健全領域の平均値 $\pm 2\sigma$ の範囲外	
振動持続時間: t 半値幅: w	t < 5ms & w > 500Hz	それ 以外	t < 5ms & w > 500Hz	それ 以外
判定	○	△	△	×

表-4 打音点検に対するデジタル打音結果

点検員の 判定	デジタル打音点検の判定			
	測定 点数	判定	数量	比率
健全	180	○	118	66%
		△	59	33%
		×	3	2%
剥離	139	○	4	3%
		△	24	17%
		×	111	80%