

## 劣化損傷したコンクリート橋梁の打音特性に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○宗本 理  
 九州大学大学院 学生会員 大曲 正紘  
 九州大学大学院 正会員 園田 佳巨

### 1. 緒言

近年、長年月供用されたコンクリート構造物の老朽化が懸念されており、精度が良い検査法や有効な維持・補修技術の研究開発が活発に行われている。劣化損傷したコンクリートの検査には、実際に対象構造物からコア供試体を採取する方法と対象構造物を傷つけない非破壊検査法があり、非破壊検査の中でも安価でかつ検査が容易な打音法が数多くの現場で用いられている。しかし、打音法はコンクリートの表面硬度、内部構造（浮き・剥離の状況）、その他種々の要因によって打音の特性が異なるために、検査者の経験的判断に結果が左右されやすいという問題点がある。そこで、本研究では打音データに人の主観に頼らない客観的な評価法を提示することを目的として、劣化損傷を有する既設橋梁を対象とした打音特性の検討を試みた。さらに、テストハンマーと回転打音検査器による調査を行い、両者の打音特性から欠陥の有無を簡易に推定する方法について考察した。

### 2. 計測の概要

#### 2.1 計測器具

検査にはインパルスハンマー（小野測器，086M36A）（写真-1）、テストハンマー、回転式打音検査器（図-1）を使用した。回転式打音検査器は先端に金属製の多面体を取り付けたもので、従来の打音検査法に比べて構造物に与える打撃力のばらつきが低減されるだけでなく、打撃点を回転させながら移動することで検査効率を飛躍的に向上させることができるなどの特徴を有している。本研究では、打音データの収録・評価にFFTアナライザ（小野測器，CF-7200）（写真-2）とデータレコーダ（エヌエフ回路設計ブロック，EZ7510）の2つの計測器を用い、高精度騒音計（小野測器，MI-3110）によって打撃点から5cm離れた位置の音圧の計測を行った。

#### 2.2 計測方法

表-1に示すように、最初にFFTアナライザを用いてインパルスハンマーを使用した場合の荷重（入力）と音圧（出力）の関係について、それぞれの時刻歴波形や周波数応答関数、コヒーレンス特性を調べた。その後、テストハンマーと回転式打音検査器を使用した打音検査を行い、その際の音圧の時刻歴波形をデータレコーダにより計測した。また、周囲の定常的な騒音（風、車など）についても集録した。計測は各橋梁で健全部、欠陥部それぞれ2カ所ずつ



写真-1 インパルスハンマー

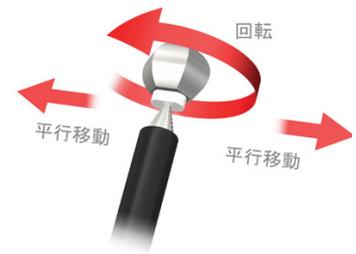


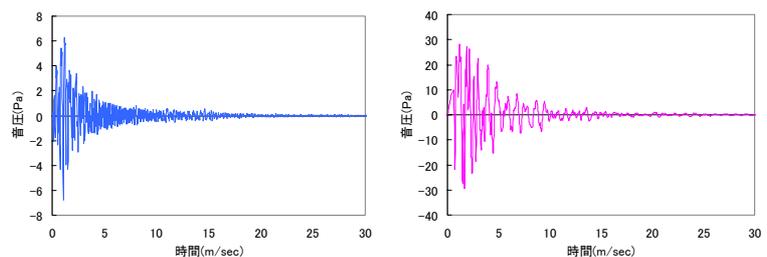
図-1 回転式打音検査器



写真-2 FFTアナライザ

表-1 計測方法

検査No.	検査器	レコーダ	集録対象	
			1ch	2ch
1	インパルスハンマー	FFTアナライザ	荷重	音圧
2	テストハンマー	データレコーダ	—	音圧
3	回転式打音検査器	データレコーダ	—	音圧
4	(ノイズの収録)	—	—	音圧



健全部 欠陥部  
 図-2 音圧の時刻歴波形の例

つ行い、検査 No.1, 2 は健全部、欠陥部それぞれ合計 30 回、No.3, 4 は健全部、欠陥部それぞれ 5 回、No.5 は 1 回行った。

3. 計測結果および考察

3.1 音圧の時刻歴波形の比較

健全部・欠陥部それぞれの音圧の時刻歴波形の例を図-2 に示した。両者を比較してみると、欠陥部が健全部に比べて音圧が非常に大きいこと、打音の継続時間が健全部に比べて長くなる傾向にあることが確認できた。この結果より、欠陥の有無を打音データから推定するには、音圧の大きさと継続時間が有用な情報となることがわかった。

3.2 入力（荷重）と出力（音圧）の関係

健全部と欠陥部で音圧特性の違いを把握するために、表-2 に最大音圧値を最大荷重値で除した値を示す。これを見ると、欠陥部平均の値が健全部平均に比べて非常に大きく、標準偏差についても欠陥部の方が健全部に比べて大きいことが認められる。このことから、一般に健全部よりも欠陥部で打音が大きくなる傾向にあること、欠陥部の損傷状況は様々であるため入力（荷重）と出力（音圧）の関係に大きなばらつきがあることなどが認められた。

3.3 音圧最大値と音圧継続時間の相対的評価

打撃時の時刻歴音圧波形から求めた音圧最大値と継続時間を当該橋梁の平均値で除することで無次元化し、縦軸に音圧最大値を、横軸に音圧継続時間をプロットすることで、健全部と欠陥部を相対的に評価したものを図-3 に示す。なお、図-3 の左側にはテストハンマー、右側には回転式打音検査器により計測したものを示しており、図中には健全部・欠陥部それぞれの平均座標を中心に全ケースを包含する円を記している。これらの図より、テストハンマーでは 2 つの円が重なる場合が見られるが、回転式打音検査器では明確に分離できることが認められた。また、テストハンマーと比べて回転式打音検査器の場合の方が健全部の円が小さく、得られる打音のばらつきが小さいことが認められた。

4. 結言および今後の課題

本研究では、劣化損傷した既設橋梁の打音データを比較することで、健全部と欠陥部で得られる打音の相違やテストハンマーと回転式打音検査器で得られる打音特性の比較を行った。今後、打音データによる客観的な評価手法を確立するために、より多くの実測データを収集し、欠陥の有無や損傷度を定量的に精度良く把握するためのデータ特性の抽出と評価方法について考察を行う予定である。

表-2 最大音圧値／最大荷重値

	A 橋	B 橋	C 橋	D 橋	E 橋	全橋平均	標準偏差
健全部平均(×10 <sup>-3</sup> Pa/N)	2.61	2.22	2.21	3.88	2.30	2.64	0.637
欠陥部平均(×10 <sup>-3</sup> Pa/N)	35.9	46.8	22.4	62.3	32.2	39.9	13.6
欠陥部平均÷健全部平均	14	21	10	16	14	15	—

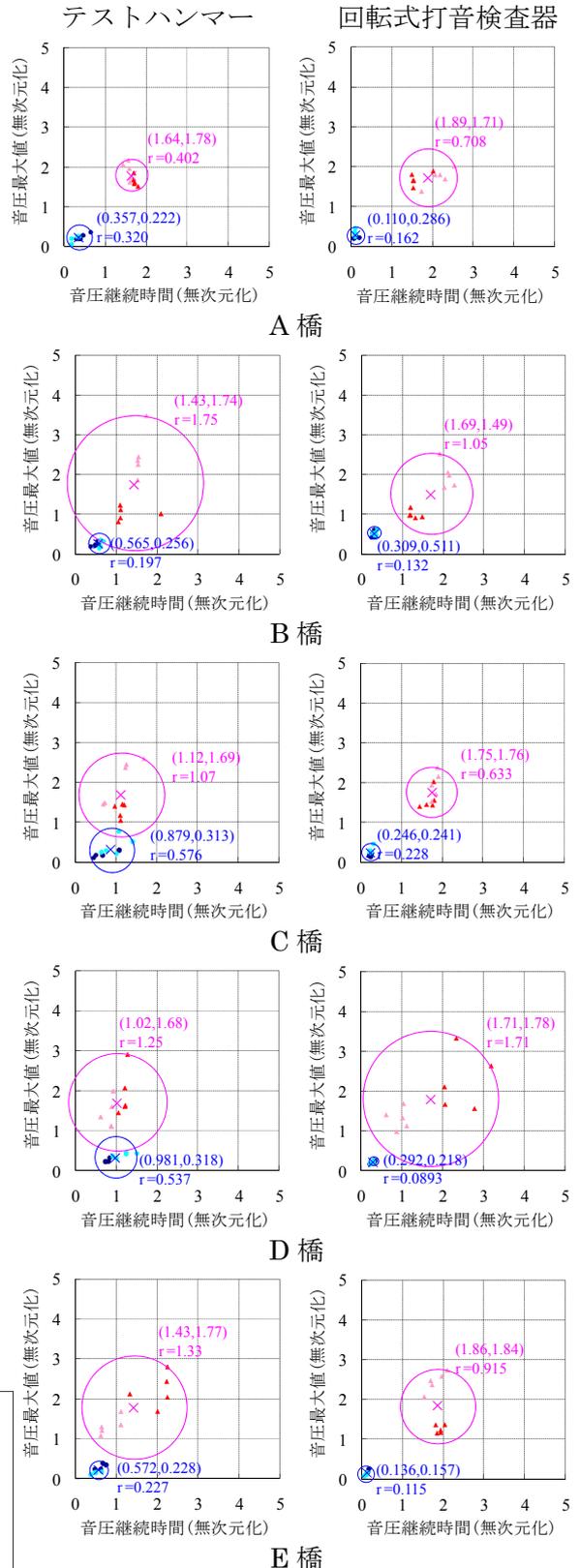


図-3 音圧の無次元化による相対評価

