-007

打音特性を用いた PC グラウト充填部材の健全度評価に関する基礎的考察

九州大学大学院	学生会員	○渡邊	達郎
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状態 の評価まで行なう例は極めて少ない.そこで本研究では,対象構造物を模擬した供試体による実験を実施し,

その結果を自己組織化マップのアルゴリズムを用いて PC グラウト 充填部材の欠陥・損傷状態の識別を試みた.

2. 供試体実験について

本研究では、模擬欠陥を有する供試体を用いて打音検査を行なった.供試体は、健全な供試体A(ただし乾燥収縮によるひび割れが 生じていた)、外側からハンマーで叩くことで人為的にグラウト中に ひび割れを発生させた供試体B、充填グラウトをビニールで覆うこ とで付着切れを有する供試体C、グラウトと保護管の境界の一部に 空隙を設けた供試体Dおよび、供試体Dより大きな空隙を設けた供 試体Eの計5体を製作し、実験を行なった.打撃は、各供試体で中 央部に6箇所の打撃点を選び、1つの打撃点につき5回の打撃音を 録音した.録音は打撃点から約2.5cm離れたところで、マイクを手 で支持して行なった.供試体は、図-1に示すように5cm間隔で平 行に設置した金属棒で支持し、個々の打撃点が円形断面の頂部に来 るように支持して打撃を行なった.

得られた音圧データについて、まず、測定環境のノイズの影響を 低減するために、別途収録したノイズ成分の周波数分布を調べたう えで、1kHz のハイパスフィルターを音圧データに施すこととした. さらに、計測した音圧データを最大入力荷重値で除すことで単位入 力荷重当たりの音圧を求めるとともに、周波数スペクトルについて は、単位荷重当たりの補正を行なった波形に対して FFT 変換するこ とで評価した.音圧スペクトル波形の一例を図-2 に示す.図-2 より、欠陥部が健全部より音圧値がかなり大きく、また欠陥部につ いては、健全部と比べると高周波域に卓越周波数が存在することが 確認された.

3. 自己組織化マップについて

次に、供試体実験より得られた各周波数スペクトルの最大値を1 として正規化し、図-3 に示す実効値を掛けあわせたものを入力デ ータとして、自己組織化マップ(SOM)を作成した.実効値は、音 圧、減衰性を考慮した指標であるため、周波数スペクトルにかけあ

キーワード 打音法 維持管理 自己組織化マップ 周波数重心 連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 電話: 092-802-3370



わせることにより,周波数及び,音圧特性を考慮した診断を 行なうことが可能となる.実験データの分類を行なった結果 を図-4に示す.なお,入力した周波数スペクトルは,0.4kHz から 10kHz までの周波数スペクトルの中の 145 個のデータ (145 次元ベクトル)で, 30×30 の 2 次元ニューロンユニッ

トを持つ SOM 上に投影した. この図では,ユニット間の相 違がグレーレベルの濃淡で示され,相違が大きいほど灰色が 濃くなるように表示している. 図-4より,供試体 E の空隙 部分のデータが左上に配置され,他のデータとの間に濃いグ レーの境界が存在することがわかる.また,マップ右上に配 置されている空隙大,空隙小に関しては健全部との境界付近 であったため,比較的健全なデータとの差が小さかったもの と考えられる.さらに,このマップ上ではひび割れを模擬し た供試体 B と付着切れを模擬した供試体 C に関してはグレー レベルに有意な差が生じない結果となった.以上から,内部 空隙を有する欠陥は識別可能であり,またひび割れや付着切 れに関する欠陥は識別困難であると考えられる.

4. 周波数重心について

自己組織化マップを用いて識別困難だった欠陥状態を識別 するため、周波数特性に特化して識別を試みた.通常のフー リエ変換では時間情報が失われてしまうため、時間周波数解 析手法の一つであるウェーブレット変換を用いた.ウェーブ レット変換の概念を図-5 に示す.しかし、ウェーブレット 変換だけでは定量的な評価が困難なため、周波数重心を指標 し、以下に示す式により算出した.

周波数重心
$$F = \frac{\int A \cdot f \, df}{\int A \, df}$$

ここで、A:周波数の振幅、f:周波数(Hz)である. 図-6に周波数重心の一例を示す.このように、周波数重心 は定量的評価が困難な複数のピーク周波数を持つスペクトル に対しても定量的な評価が可能となる.この周波数重心の時 間変化を各供試体で評価したものを図-7に示す.図-7より、 ひび割れを模擬した供試体Bの周波数重心の時間変化は、他 の供試体に比べ、低い推移を示していることが分かる.その ため、識別が困難であったひび割れを模擬した供試体Bに関



して識別が可能となった.しかし,付着切れを模擬した供試体Cは健全供試体と同様な推移であることから, 識別は困難であると考えられる.それは,グラウト周囲をビニールで覆っただけで付着切れを模擬している ため,鉛直方向の打撃に対しては健全と同じ挙動を示したものと考えられる.

5. 結言

供試体実験の打音試験を行い,その結果をもとに自己組織化マップを作成することで,内部空隙を有する 供試体の識別が可能であることが確認された.さらに,周波数重心を用いることで,ひび割れを模擬した供 試体の識別が可能であった.