

## 衝撃弾性波法によるコンクリート管のひび割れ評価へのパターン認識の適用

岐阜大学 学生会員 ○田中洋輔 石田誠  
 岐阜大学 正会員 鎌田敏郎  
 積水化学工業(株) 浅野雅則

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート管の劣化評価のための非破壊試験法として衝撃弾性波法<sup>1)</sup>がある。この手法では、対象とする管が健全の場合における周波数分布が既知であることを前提としている。しかしながら、管径や材質などの異なるあらゆるケースについて事前に把握しておくのは必ずしも容易ではない。

そこで本研究では、健全なコンクリート管での周波数分布にたよることなく、評価対象であるコンクリート管の計測データのみを用いてひび割れ評価を行う新しい手法について検討した。ここでは、周波数分布の類似性を定量的に評価するため、ユークリッド距離をベースとしたパターン認識を活用した。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体

本実験では、JISに規定されるB型1種遠心力鉄筋コンクリート管(長さ1900mm、内径250mm、管厚28mm)を使用した。ひび割れモデル供試体として、健全な管を高さ30cmから1回落下させることによる衝撃によりひび割れを導入した供試体(以後、この供試体を「ひび割れ程度小」とする)を作製した。ひび割れの程度を変化させるために、ひび割れ程度小を再度高さ30cmからもう1回落下させひび割れを進展させた供試体(以後、この供試体を「ひび割れ程度大」とする)を作製した。なお、比較のために健全な供試体(以後、この供試体を「健全管」とする)を用意した。

## 2.2 衝撃弾性波法

## (1) 弾性波の入力および受振

弾性波は鋼球(直径30mm)を高さ10cmの位置から落下させることにより図-1に示すように管中央部に入力した。弾性波の受振には、周波数範囲が0.003~30kHzの加速度センサを2個使用した。加速度センサは打撃位置を中心に対称となるよう等距離に両面テープで管壁面

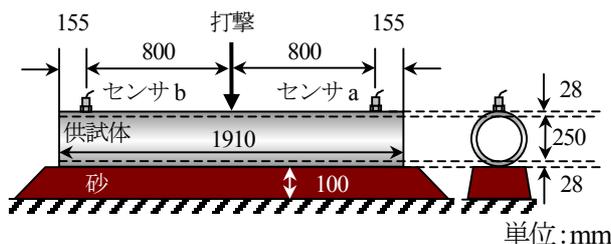


図-1 供試体と弾性波の入力・受振の位置関係

に接着固定した。弾性波の入力および受振は、ともに管の外面において行った。加速度センサで受振された波形は、アンプを介して高速波形収集システムによりパソコンにて記録した。計測におけるサンプリングタイムは10  $\mu$  secとした。本研究では、受振波形に対してFFT(高速フーリエ変換)により周波数分布を求めた。供試体は、厚さ100mmの砂層上に設置し、供試体の全長にわたって、砂層との接触領域が幅約5cmとなるように底面全面支持とした。

## (2) パターン認識

周波数分布の分布形状を、パターン認識<sup>2)</sup>を用いて定量的に比較した。以下にその手順を示す。2つの加速度センサで得られた周波数分布をそれぞれベクトルXとYとする。図-2に示すように、要素数をNとした場合のベクトルの成分を $X_N = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_{N-1}\}$ とする。Yについても同様に、 $Y_N = \{y_0, y_1, y_2, \dots, y_{N-1}\}$ とする。本研究では、実験で得られた周波数分布において、主たる成分が分布する0~10kHzに着目し、この範囲を819分割することとした。分割後の周波数に対応したそれぞれのスペクトル強度を、要素数819のベクトルの成分とみなした。パターン認識には、ユークリッド距離Dを用いた。以下に、その計算式を示す。

$$D = \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

ここで、Dはパターンを表現する空間における、2つのパターンに対応する2点間の距離を示す。2つの周波数分布の類似度が高くなるほどユークリッド距離Dの値はより小さな値を示す。したがって、この指標を用いれば、周波数分布の類似性を定量的に評価することが可能となる。

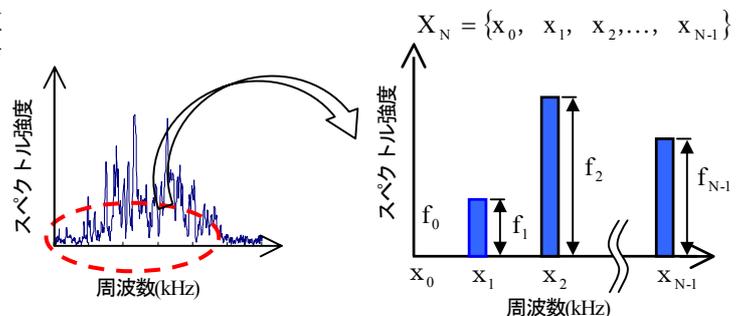


図-2 パターン認識の概要

キーワード：非破壊検査，衝撃弾性波法，周波数分布，パターン認識，ひび割れ評価

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL/FAX：058-293-2437

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 周波数分布による評価

健全管とひび割れ管について、得られた周波数分布を図-3にそれぞれ示す。なお、本実験では、周波数分布の再現性を確認するため各計測ケースで10回の計測を行ったが、再現性が良好であったため、代表的な結果を示している。健全管の各加速度センサで得られる周波数分布を比較すると、各加速度センサ両方ともに5kHzおよび7kHz付近に成分が集中しており、分布形状の特徴はほぼ一致していると考えられる。これより、損傷を与えていない場合には、センサ間でほぼ等価な周波数分布となることがわかった。

一方、ひび割れ程度小および大のケースにて2つのセンサで得られた周波数分布は全く異なるものであった。これはひび割れが管軸方向に対してかならずしも対称な位置に発生せず、これが、打撃により入力された弾性波の減衰の程度に影響を与えるためであると考えられる。ひび割れ程度小および大と健全管の周波数分布とを比較すると、ひび割れ程度小、大の周波数分布は、いずれもより低周波成分の割合が増加する傾向が明らかである。これは、既往の研究結果<sup>3)</sup>にて示される傾向と一致しており、本実験でも、ひび割れの存在によりコンクリート管の剛性が低下したため、結果として低周波成分の割合が増加したものと考えられる。

#### 3.2 パターン認識による評価

本研究では、パターン認識を活用して周波数分布の形状の類似性を数値的に表現することとした。図-4に、図-3に示した周波数分布の形状の類似度をパターン認識により数値的に表したグラフを示す。縦軸はユークリッド距離を、横軸は計測回数を表している。ユークリッド距離は、健全が最も小さく、ひび割れ程度小、ひび割れ程度大の順に大きな値となっている。これは、ひび割れの存在の影響により周波数分布の形状の類似性が低くなることを示しており、健全管とひび割れ管との差が、数値で明瞭に表現されている。また、本実験の範囲では、ひび割れ程度が大きい方が、周波数分布の類似性もより低くなっていることもわかった。

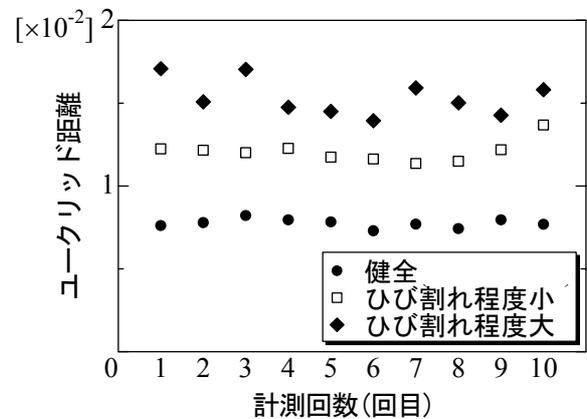
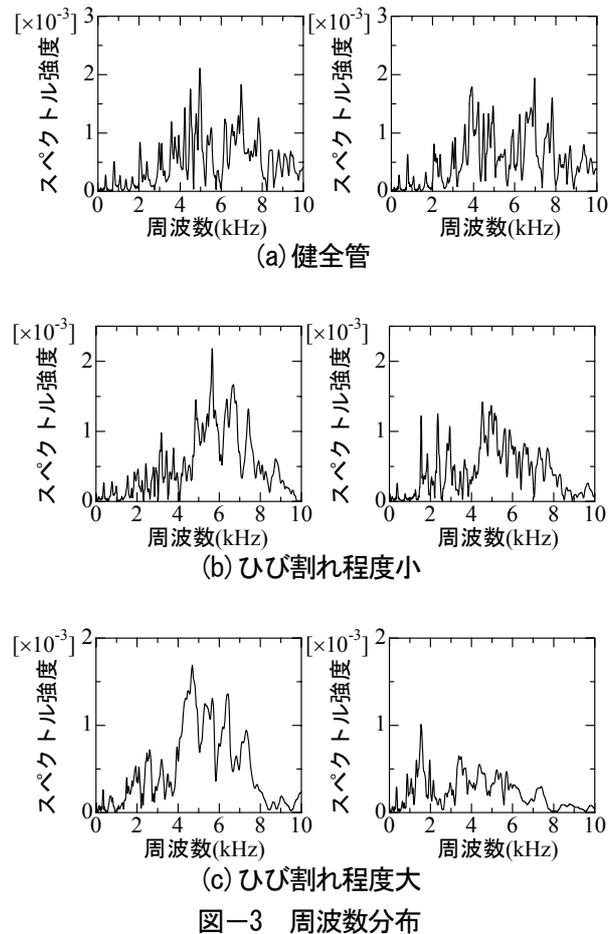
#### 4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) 本実験の範囲内では、2個の受振センサを打撃位置から対称となるよう設置して計測した周波数分布から求めたユークリッド距離は、健全管とひび割れ管との間で有意な差を示すことがわかった。
- 2) 本実験の範囲内では、健全管での周波数分布が得られない場合でも、計測された周波数分布のパターン認識を行うことによって、コンクリート管のひび割れの有無を判別できる可能性が示された。

謝辞

本研究の遂行にあたり岐阜大学工学部応用情報学科横田康成助教授に貴重なご助言を頂いた。記してここに謝意を表す。



#### 参考文献

- 1) たとえば、皆木卓士，鎌田敏郎，野崎善治，舟橋孝仁：弾性波によるコンクリート下水管路の劣化診断手法に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1539-1544，2002
- 2) たとえば，安居院猛，長尾智晴：画像の処理と認識，昭晃堂，pp.83-114，2000
- 3) 鬼塚哲雄，鎌田敏郎，浅野雅則，下村雄介：弾性波挙動に基づくコンクリート管のひび割れ評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.1，pp.1675-1680，2005