

## 弾性波の波形特性に基づくコンクリート下水管路の劣化診断手法に関する基礎的検討

岐阜大学 学生会員 舟橋孝仁 内田慎哉 浅野雅則  
 岐阜大学 正会員 国枝稔 鎌田敏郎 六郷恵哲  
 積水化学工業(株) 皆木卓士 野崎善治

### 1. はじめに

小口径コンクリート下水管路のメンテナンスにおいては、テレビカメラを搭載した自走式点検装置により劣化診断が行われる場合<sup>1)</sup>が多い。この方法では、コンクリート表面の状態が画像として得られるのみであり、診断結果は定性的で客観性に欠けている。また、微小なひび割れや内部の劣化状況などを把握することは困難である。

そこで本研究では、より定量的で簡易的な劣化診断手法を新たに開発すべく、打撃により入力した弾性波を用いた非破壊試験法の検討を行った。ここでは、まず基礎的検討として、実際の下水管路に発生する劣化を想定した供試体を用いて、弾性波計測を行い、受信された波形の特性値と劣化状態との関係について検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体

本実験では、JIS の規格により製造された鉄筋コンクリート管（長さ 2090mm、内径 250mm）を、**図-1** に示すように 1m に切断したものを使用した。また、供試体は、管の軸方向に、4~5 本のひび割れを有するもの（以降、軸クラック供試体と呼ぶ）、管中央部に 1 本の周方向のひび割れを有するもの（以降、周クラック供試体と呼ぶ）および管の内側表面をウォータージェットによりはつり管厚を減少させたもの（以降、管厚減少供試体と呼ぶ）の種類である。なお、比較のために健全な供試体（以降、健全供試体と呼ぶ）も用意した。

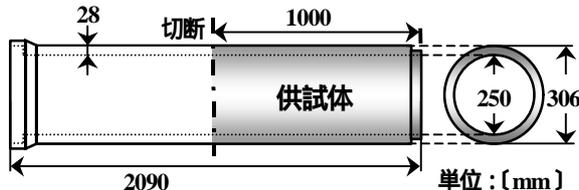


図-1 使用供試体

#### 2.2 弾性波計測方法

打撃は、直径 30mm の鋼球を、高さ 100mm の位置から落下させることにより行った。弾性波の受信には、0

~10kHz に応答感度を有する加速度センサを用いた。受信された波形は、アンプを介し、高速波形収集システムによりパソコンに記録した。以上の方法で得られた受信波形から、最大振幅値および波形減衰時間を求めた。その後、高速フーリエ変換（FFT）により周波数分布を求めた。本研究では、**図-2** に示すように、波形振幅の絶対値における最大値を最大振幅値とし、最大振幅値を示した時間から振幅が最後にしきい値と交差する時間までを波形減衰時間と定義した。なお、しきい値は、最大振幅値の 20% に設定した。供試体の設置状況および打撃と受信の位置関係は、**図-3** に示すように、厚さ 150mm の砂層上に底面全面支持とし、管端部から 100mm の位置を打撃し、もう一方の管端部から 100mm の位置で受信を行った。

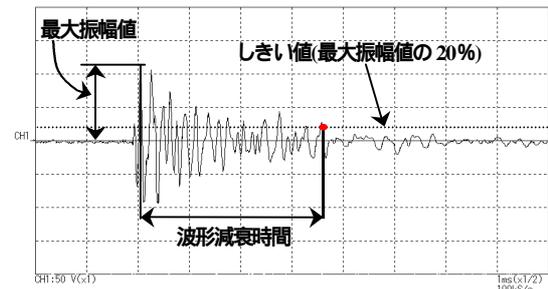


図-2 最大振幅値および波形減衰時間

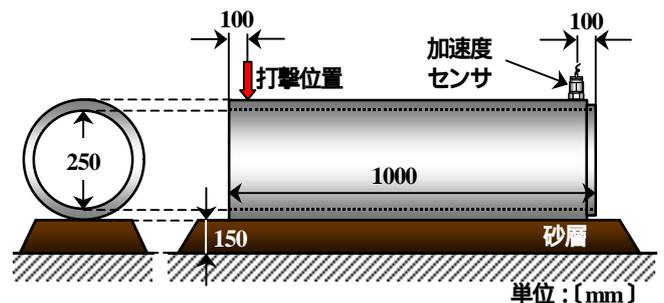


図-3 供試体設置および打撃と受信の位置関係

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 波形減衰時間

**図-4** に、波形減衰時間を示す。軸クラック供試体は、健全供試体と比較した場合、波形減衰時間は著しく減少していることがわかる。しかしながら、周クラックおよび管厚減少供試体と健全供試体との間では、顕著な差は

キーワード：コンクリート下水管路，劣化診断，弾性波，最大振幅値，周波数分布

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 058-293-2470

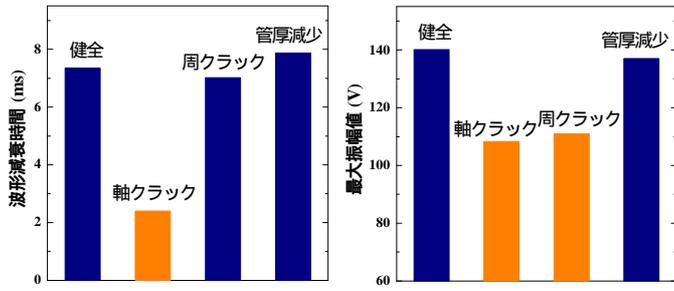


図-4 波形減衰時間

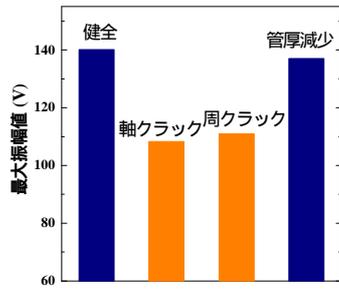


図-5 最大振幅値

みられなかった。これは、軸クラック供試体では、ひび割れにより分割された大きさ（質量）の異なるコンクリート部分が、打撃によってそれぞれ振動するものの、互いに干渉し合い、減衰時間が小さくなったためと考えられる。この現象は、連成振動における相互作用<sup>2)</sup>によるものと考察することができる。また本研究の範囲では、支持条件および打撃によるエネルギーを考慮すると、管が円環の曲げ振動モード（円環の基本モード）<sup>3)</sup>で振動したものと考えられる。

3.2 最大振幅値

図-5に、最大振幅値を示す。軸クラックおよび周クラック供試体は、健全供試体と比較した場合、最大振幅値が減少していることがわかる。これは、コンクリート管に存在するひび割れの存在により管全体の剛性が低下したことによるものと考えられる。しかしながら、管厚減少供試体では、ほとんど変化がみられなかった。

3.3 周波数分布

図-6に、周波数分布を示す。本研究では加速度センサの感度を考慮し、便宜的に5kHzを境界値に設定し、この周波数より高い周波数領域を高周波領域、低い周波数領域を低周波領域とした。また、図-7に図-6で示した周波数分布について、低・高周波領域の各成分比を求めた結果を示す。これによれば、周クラックおよび軸クラック供試体における健全供試体に対する低周波領域の成分比の増加量は、それぞれ、7.4%および26.9%であり、ひび割れの存在により低周波領域の成分が、増加していることがわかる。これは、ひび割れの存在により管全体の剛性が低下したことによるものと考えられ、たとえば、コンクリート橋脚の衝撃振動試験<sup>4)</sup>において得られる結果と同様の

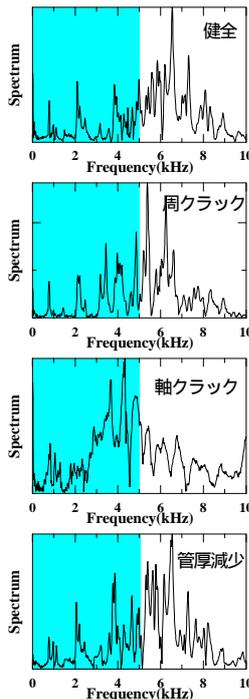


図-6 周波数分布

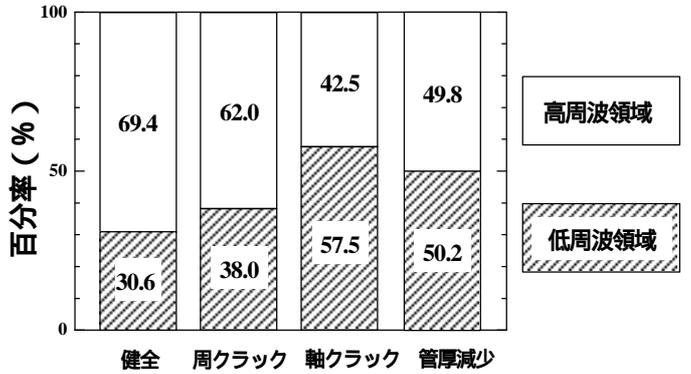


図-7 各周波数領域における成分比

傾向である。また、管厚減少供試体における低周波領域の成分比の増加量は、19.6%であった。

本研究では、低・高周波領域の区分境界値を5kHzに設定して各成分比を求めた。しかしながら、支持条件などによって得られる結果が異なることから、各条件に適した境界値を設定することが望ましいと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 波形減衰時間は、管の軸方向に存在するひび割れに対して感度の高いパラメータであると考えられる。
- (2) 最大振幅値は、管軸および周方向のいずれのひび割れによっても影響を受けるパラメータであると考えられる。
- (3) 周波数分布における低周波領域の各成分比に着目すれば、ひび割れの存在を明確に把握できると考えられる。
- (4) 管厚の減少は、波形減衰時間および最大振幅値との相関が低かった。しかしながら、周波数分布においては良い相関を示した。

今後、波形減衰時間、最大振幅値および周波数分布といったパラメータを併用し、劣化診断フローを確立させ、本研究をさらに発展させていく予定である。

参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会：下水道管路施設テレビカメラ調査マニュアル（案），2000。
- 2) 高橋康英，奥津尚宏，小泉孝之：実用振動解析入門，日刊工業新聞社，pp.160-165，1984。
- 3) 谷口修，田村章義：新版工業振動学，コロナ社，pp.428-433，1984。
- 4) 関雅樹：固有振動数に着目した東海道新幹線構造物の維持管理システムに関する研究，岐阜大学学位論文，2001.10。