# 弾性波を用いたコンクリート下水管劣化評価における管厚減少の影響

岐阜大学　学生会員　○舟橋孝仁　浅野雅則
岐阜大学　正会員　鎌田敏郎
積水化学工業(株)　　皆木卓士

## 1. はじめに

コンクリート下水管路の劣化診断には，衝撃弾性波法が有効であることが既往の研究[1)]により明らかにされている．しかしながら，この研究では，主にひび割れの評価におけるパラメータ（最大振幅値，波形減衰時間および周波数分布）の適用性に関する検討にとどまっており，管厚の変化に対する詳細な検討は行われていない．下水管の劣化現象としては，硫化水素によるコンクリートの腐食に起因する管厚の減少が問題となっており，管厚の減少と各パラメータとの関係を明らかにすることは，劣化診断を行う上で極めて重要である．

そこで本研究では，劣化現象として管厚の減少を対象とし，各パラメータと劣化程度との関係について検討を行った．また，実験に加えて 3 次元 FEM 解析を行い，パラメータの変化要因とその程度を解析的に検討した．

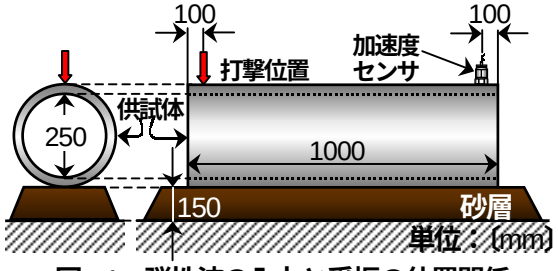
## 2. 実験および解析概要

### 2.1 供試体

本研究では，**図−1** に示すような鉄筋コンクリート製下水管（長さ 1000mm，内径 250mm，管厚 28mm）を用いた．実験で用いた供試体は，製作時点であらかじめ管厚を 23mm に減少させた供試体（骨材露出程度を想定），管厚を 14mm に減少させた供試体（鉄筋露出程度を想定）および比較のために用いた健全供試体の計 3 種類である．なお，本研究では，供試体は**図−1** に示すように厚さ 150mm の砂層上に設置した．

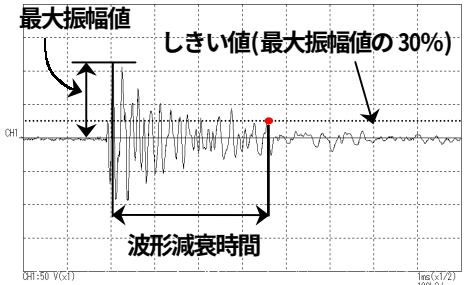
### 2.2 弾性波計測方法

弾性波の入力は，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．弾性波の受振には，加速度計（周波数範囲：0.2～45kHz）を用いた．加速度計は両面テープにより供試体表面に固定した．加速度計により受振された波形は，アンプを介し A/D 変換器を通してパソコンに記録した．以上の方法で得られた受振波形から，最大振幅値および波形減衰時間を求めるとともに，高速フーリエ変換により周波数分布を求めた．




**図−1　弾性波の入力と受振の位置関係**

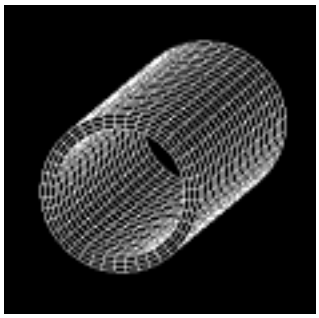
本研究では，既往の研究[1)]に準じ，**図−2** に示すように波形パラメータを算出した．打撃および受振の位置関係は，**図−1** に示すように，下水管外面上部の端部より軸方向に 100mm 内側の点を打撃し，もう一方の端部より 100mm 内側の点で受振を行った．



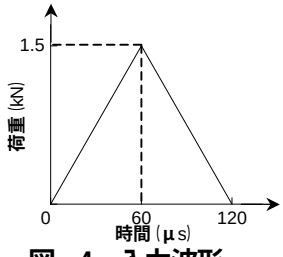

**図−2　最大振幅値および波形減衰時間**

### 2.3 解析概要

本研究では，実験結果と比較するため，**図−3** に示すように，供試体と同寸法の 3 次元モデルを用いて解析を行った．モデルは弾性体（弾性係数：40GPa，ポアソン比：0.2，密度：2.3g/cm$^3$）とした．健全および管厚減少モデルは，厚さのみを 28, 23 および 14mm に変化させた．境界条件は，簡単のためにモデル下面における節点の鉛直方向変位を固定した．入力荷重は，**図−4** に示すような波形を入力し，入力荷重の作用位置は実験と同様の位置とした．波形出力位置も実験における弾性波受振位置と同一とした．

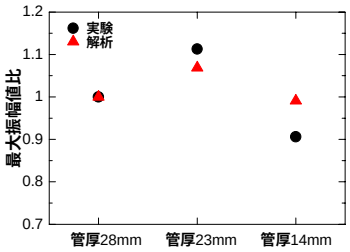


**図−3　解析モデル**

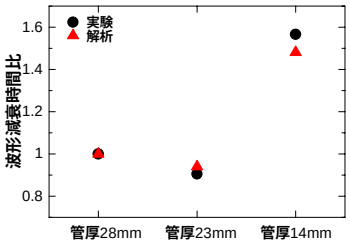



**図−4　入力波形**

キーワード：コンクリート下水管路，管厚減少，最大振幅値，波形減衰時間，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－5　最大振幅値比




図－6　波形減衰時間比

## 3．実験結果および考察

### 3.1 最大振幅値比

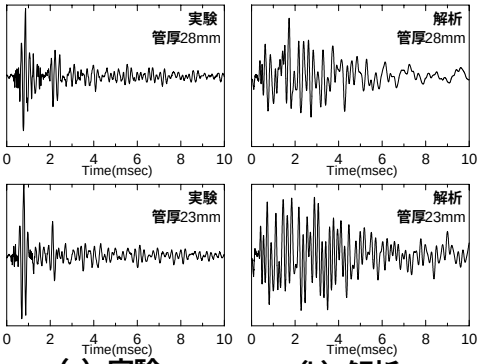
**図－5** に実験および解析で得られた最大振幅値比（健全供試体における値に対する割合として定義）を示す．これによると，実験および解析結果ともに，管厚 23mm 供試体は，健全供試体と比較して，最大振幅値比が増加していることがわかる．一方，管厚 14mm 供試体では，実験結果と解析結果の差が大きくなっており，実験結果は，健全供試体と比較して小さくなっているものの，解析結果では殆ど変化がみられなかった．これは，対象とする部材が円管であるため，単純な板の場合とは異なり厚さの違いによる影響が最大振幅値比に現れにくいためと考えられる．

### 3.2 波形減衰時間比

**図－6** に実験および解析で得られた波形減衰時間比（健全供試体における値に対する割合として定義）を示す．これによると，実験および解析結果ともに管厚 14mm 供試体では，健全供試体と比較して，値が顕著に増加する傾向が一致している．これは，管厚の減少により，管全体の剛性が低下したためと考えられ，打撃により生じた振動の継続時間が大きくなったものと考えられる．しかしながら，管厚 23mm 供試体は，健全供試体と比較して，明確な変化がみられなかった．管厚 28mm と 23mm の違いを確認するために，実験と解析の波形を**図－7** に示す．これによれば，実験と解析では振幅の変動傾向に違いは見られるものの，減衰の傾向は 28mm と 23mm を比較するとほとんど変化のないことがわかる．管厚の減少により管の剛性は低下し，減衰時間は大きくなるものと考えられるが，この範囲においては波形減衰時間への影響が小さかったものと考えられる．

### 3.3 周波数分布

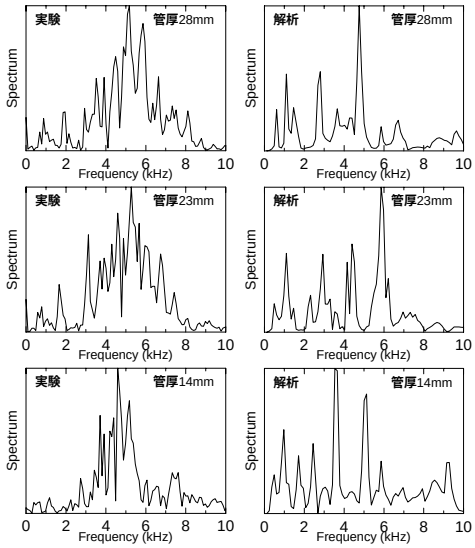
**図－8** に周波数分布を示す．これによると，実験結果では，管厚 23mm および管厚 14mm 供試体では，健全供試体と比較して，低周波成分が増加する傾向がみられる．一方，解析結果においても，実験結果と同様の傾向が確認できる．円環の曲げ振動では，一般的に，内径の増加に伴って固有振動数が小さくなる [2]ことが知られている．本研究でも管厚の減少に伴い管の内径が増加するため，




（a）実験　　（b）解析

図－7　管厚 28㎜ および 23㎜ の受振波形

結果として低周波領域の成分が卓越したものと考えられる．また，実験および解析結果の周波数分布において，卓越するピーク周波数の変化に着目すると，管厚 23mm 供試体では，健全供試体のピーク位置に比べ，若干高周波側に移動していることがわかる．さらに，管厚 14mm 供試体では，ピーク周波数は健全供試体に比べ低周波領域に位置している．




（a）実験　　（b）解析

図－8　周波数分布

## 4．まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す．

（1）　最大振幅値比は管厚の減少に対しては感度が低いパラメータであるものと考えられる．

（2）　波形減衰時間比は，管厚が鉄筋露出程度まで減少していることを評価するのに有効な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成分の割合の増加に着目することで，管厚の減少を捉えることが可能である．

## 参考文献

1）　舟橋孝仁ら：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，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-181，pp.361-362，2002.9

2）　谷口修，田村章義：新版工業振動学，コロナ社，pp .428-433，1984