

超音波によるコンクリート劣化・腐食の解析方法の検討

日大生産工（院） ○大和田値佳子 日大生産工 大木 宜章
日大生産工 保坂 成司 アールディック・アジア（株） 稲場 英世

1. はじめに

下水道の整備は環境を考える上で重要な課題であり、日本における平成 16 年 3 月時点の下水道普及率は 66.7%と、急速に整備が行われている。一方で、古くから下水道の整備を進めてきた都市では老朽化が問題となっている。東京都における下水道の管路延長 16,000km 中、老朽化率（50 年以上経過した下水道管の比率）は約 20%であり、今後さらに上昇が見込まれることから、下水道事業は維持管理の時代を迎えているといえる。しかしながら、未だ下水道の重点施策に「維持管理」が欠如されており、この認識が希薄である。一方、コンクリート劣化・腐食の調査に関しては、調査者の経験・主観に頼っており定量的に表す測定法は確立されていない。

そこで本研究は、非破壊試験に着目し、超音波法によりコンクリート内部の劣化・腐食の進行度合の測定法を検討するものである。

2.測定方法及び条件

2.1 超音波を用いた測定法

超音波を用いた測定法には透過法、反射法、表面走査法がある。

透過法は試験体の片面に送信用トランスデューサを、対応する面または側面に受信用トランスデューサをそれぞれ設置し、超音波の送信・受信を行い伝播時間を測定する方法であり、伝播時間より密度などの推定が可能であり測定精度も高い。しかし、この方法は構造物を挟み込まなければなら

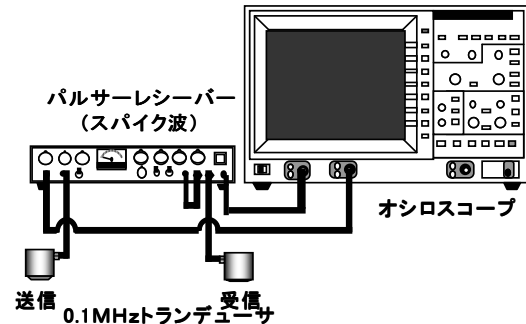


図-1 測定装置

ないため、下水道管の様に片面が土中の場合は適用できない。これに対し反射法及び表面走査法は、同一表面上に送信・受信、両トランスデューサを設置し、超音波の送信・受信を行い伝播時間を測定する方法である。しかし、反射法は物質中の空洞・異物など様々な要因で反射波が変化し、測定精度に問題が生ずるため、本測定では表面走査法を用いることとした。

2.2 測定装置

測定装置を図-1 に示す。本パルサーレシーバーはスパイク波を発生させるもので、高電圧インパルスパルサー部（パルス電圧 100V～900V）と多目的に使用できるレシーバー部で構成されているものである。

トランスデューサは、コンクリートの様な密度の低い物質に対しては低周波数のトランスデューサが有効とされていることから、0.1MHz のトランスデューサを用いることとした。

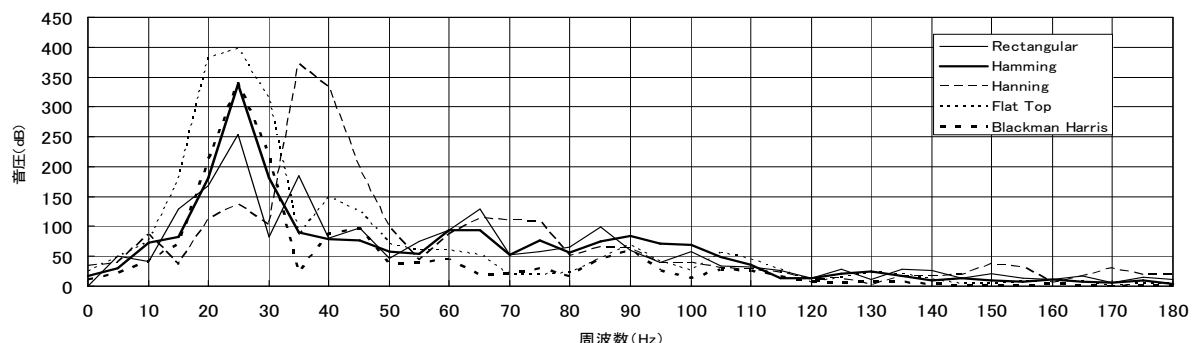


図-2 FFT 解析のの違いによる周波数

The Analytical Method about the Deterioration and Corrosion of Concrete
with Ultrasonic Waves.

Chikako OWADA, Takaaki OHKI, Seiji HOSAKA and Hideyo INABA

2.3 測定条件

超音波はスパイク波を使用し、試験体とトランスデューサとの密着度合を高めるためゲリリンを使用した。なお、音速は温度により変化するため、室温を 23～26℃に保ち測定することとした。

実供用されたコンクリートの X-ray 分析から、この腐食部分は CaSO_4 及び $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が認められ、カルシウム水和物は検出されなかった。このことから、普通ポルトランドセメント配合のコンクリート平面[300×50×100(mm)]の表面に腐食層と見立てた石膏を厚さ 20mm、15mm、10mm に塗り、試験体とした。この試験体の劣化・腐食度合を表面波周波数法により測定し、FFT（高速フーリエ変換）を用いて解析することとした。

2.4 FFT 解析方法の種類

解析方法については、最も一般的な Rectangular、Hanning、Hamming、Flat Top、Blackman-Hariss の 5 種類について検討を行った。なお、各々の特徴は以下のとおりである。

Rectangular：信号がインパルス信号のように、測定しているタイムウィンドウに完全に収まる時、またはタイムウィンドウの幅が基本周波数成分の整数倍であることがわかっている時に使用する。

Hanning：高周波側の漏れが少ないため Rectangular より周波数の分離がより明確になるという特徴を有している。

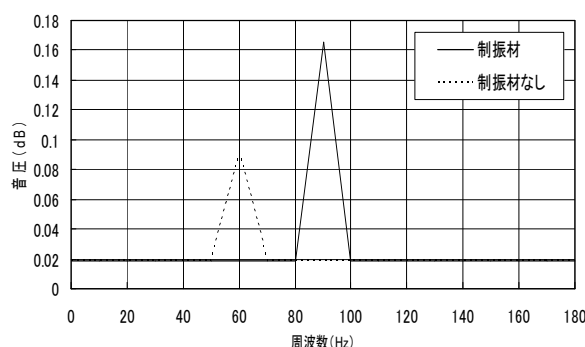
Hamming：Hanning window 主部に隣接する副部のスペクトルを更に小さくするためのウィンドウが Hamming である。

Flat Top：周期的な信号の測定精度を向上させるための解析方法。窓関数のメインローブのスペクトルがフラットになる。周波数分解能が落ちる。

Blackman-Hariss：サイドローブの減衰特性が良い窓関数で、近接した信号等では分離ができずに一つのスペクトルとして観測される危険性がある。

2.5 FFT 解析方法の検討

いずれの FFT 解析法を用いるかを予備実験にて判断することとした。予備実験結果を図－2 に示す。図－2 より Flat Top の音圧が最も突出しているが、ピーク箇所が判断しにくい。Rectangular の場合、ピークと思われるスペクトルが 2 ヲ所存在し、Hanning はピーク時の周波数が他と異なる点で信用性に欠けると考えられる。Hamming 及び Blackman-Hariss においては、ピーク時の周波数が一致しているが、Blackman-Hariss は信号が分離できずに一つのスペクトルとして観測される危険性があるため、本実験での FFT 解析は Hamming を用いることとした。



図－3 制振材の有無による表面波への影響
(石膏厚 15mm)

	20mm	15mm	10mm
制振材により 波形が減衰	70Hz	60Hz	50Hz および 90Hz
制振材により 波形が増幅	100Hz	90Hz	30Hz および 80Hz

表－1 制振材の有無による表面波への影響
(石膏厚 20mm, 15mm, 10mm)

3. 表面波の特定方法の検討

図－3 及び表－4 に制振材の有無による表面波への影響を示す。本実験では、石膏とコンクリート平面の境界を示す周波数の特定が目的であるため、石膏内部を通りコンクリート平面を反射する反射波と、石膏表面を伝播する表面波を区別する必要がある。そこで本実験では、密着性の優れた制振材を用い表面波を抑える測定を行った。

図－3 より、周波数 90Hz で制振材を用いて表面波を抑えた場合の波形が、表面波を抑えない測定時より大きなものとなった。この現象は表－1 のように、石膏厚の異なる試験体においても各周波数で認められた。これは、制振材が石膏表面を伝播する表面波を減衰させるが、制振材自体が超音波を反射させた可能性があるためと考えられる。また、本実験で用いた制振材は密着性には優れているが、水分を多く含んでいるため、石膏にしみ込んだことによる影響の可能性も考慮する必要がある。しかし、実際のコンクリート下水道管は水中に存在するため、今後は吸水した構造物への測定方法の検討が必要である。

4. まとめ

I) 表面波周波数による劣化・腐食度合の測定に用いる FFT 解析方法は Hamming が最適である。

II) 超音波の反射を受けにくい制振材の検討が必要である。