

CaSO₄層を用いたコンクリート部材の劣化度合手法の確立

日大生産工（院） ○大和田 佳子 日大生産工 大木 宜章
日大生産工 保坂 成司

1. はじめに

下水道管は、いったん建設されると地中にその姿を隠し、人目に触れることはほとんどない。そのため、管きよの維持管理に対する意識が希薄である。また、維持管理といった課題を取り上げる場合は、不明水や硫化水素対策が重要視されがちである。しかしながら、近年、下水道管の老朽化に伴う管きよの劣化による道路面の陥没などが発生し、東京都では年間約 1400 件の陥没事故が発生しており、問題となっている。

また、東京都では今後 10 年後、高度成長期以降に整備された約 15,000 km に及ぶ管きよが老朽化するといわれている。今、下水道管は新設の時代から維持管理の時代を向かえており、現行のインフラ施設は適切な調査診断し維持管理を行うことで、将来に渡り安心して使用することが必要である。そのため、既設構造物の劣化状況診断手法の確立が望まれている。

そこで本研究では特に下水道管をターゲットとし、非破壊による下水道管の劣化度合の測定法の確立を検討した。

2. 測定方法及び条件

2.1 超音波を用いた測定法

コンクリート試験には破壊を伴う試験法と非破壊試験法がある。非破壊による測定法にはシュミットハンマー法や超音波法に代表されるような方法がある。本研究では、

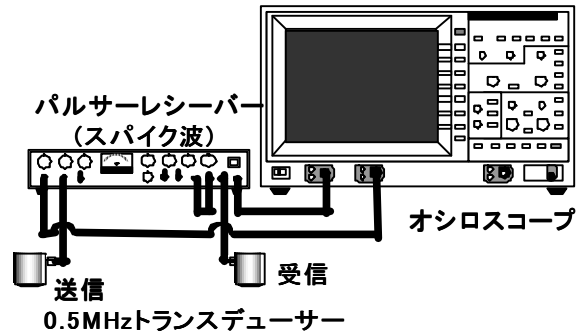


図-1 測定装置

低周波数が出せる探触子が開発されたことに着目し、超音波法による劣化度合手法の確立を図った。

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。過去の研究結果より、表面走査法を用いることとした。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ーを設置し、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。本法は構造物の側面が地中に埋まっている下水道管に適した測定法といえる。

2.2 測定装置

測定装置を図-1に示す。本パルサーレーザ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 100 V～900V）と多目的に使用できるレーザー部で構成されているものである。

トランスデューサーは、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ーが

The Establishment of Method to Deterioration Degree of Concrete Member
Using CaSO₄ Layer.

Chikako OWADA, Takaaki OHKI and Seiji HOSAKA

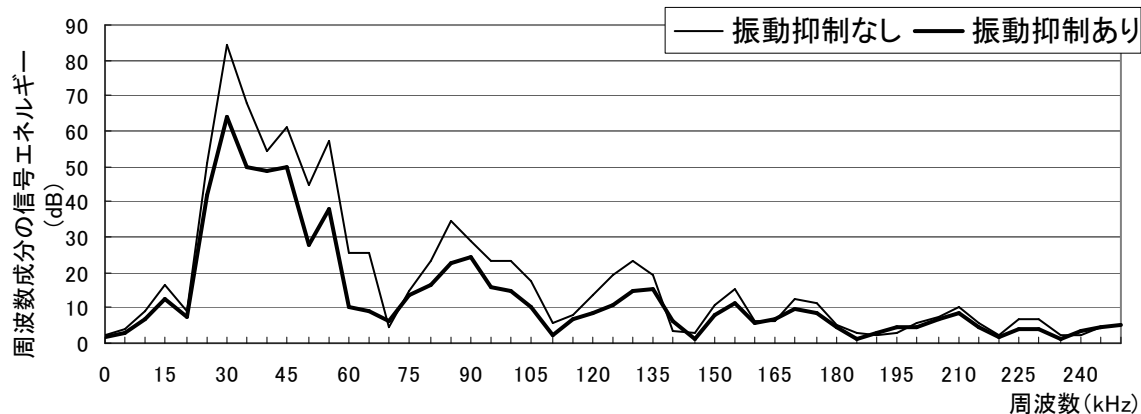


図-2 FFT (高速フーリエ変換) された結果

有効とされている。コンクリートは鉄筋に比べ密度が低いことから、0.5 MHz のトランスデューサーを用いることとした。

2.3 測定条件及び解析方法

【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ーとの密着度合を高めるためグリセリンを使用した。なお、音速は温度により変化するため、室温を 23～26℃に保ち測定をした。

【試料】実供用された下水道管の 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、市販のコンクリート平面[300×50×100(mm)]の表面に劣化層と見立てた石膏を厚さ 5mm、10mm、15mm、20mm に塗り、試験体とした。

【解析方法】試験体の劣化度合を FFT (高速フーリエ変換) の Hamming Window により、周波数解析を行うこととした。なお、測定周波数間隔は 5 kHz とする。

3. トランスデューサー設置間隔の検討

3.1 反射波周波数の特定方法

図-2 に FFT (高速フーリエ変換) された結果を示す。

表面走査法において、トランスデューサー

の間に振動抑制行為を行うことで、表面を伝播する表面波が抑制され波形が減衰すると推測される。これにより反射波を測定できると考えられる。

図-2 から、振動抑制を行うことで周波数成分の信号エネルギーは低下したことが確認できる。この減衰した波形が試験体内部で反射した反射波であり、周波数成分の信号エネルギーがピークを迎えた時の周波数を反射波の周波数とする。

これらのことから、トランスデューサーの設置間隔を 140mm～220mm とし、10mm ごとに反射波周波数とその信号エネルギーの測定を行い、測定時におけるトランスデューサー最適間隔の検討を行った。

3.2 トランスデューサー間隔と反射波周波数の関係

図-3 にトランスデューサー間隔と反射波周波数の関係を示す。

図-3 より、0.5 MHz のトランスデューサーで、石膏厚の違いにより反射波周波数は変化した。各トランスデューサー間隔で石膏厚が増加するに伴い反射波周波数が減衰傾向にあることが確認できる。

石膏厚と反射波周波数の関係は、石膏厚が増加するに伴い反射波周波数は一次関数的

に減衰した。

しかし、気温、湿度等による測定時環境の違いにより、トランスデューサー間隔が広いほど反射波周波数にばらつきが現れ、140mm～160mm 間で常に安定した結果が得られた。したがって、トランスデューサー最適間隔は 140mm～160mm といえる。

4. 表面状態の相違による石膏厚と反射波周波数の関係

図-4 に石膏厚と反射波周波数の関係を示す。

結果より、140mm～160mm 間において石膏厚と反射波周波数の関係の実験式 [式-1] が得られた。

$$y = -x + 52.5 \quad \text{[式-1]}$$

$$R^2 = 0.8333$$

[y : 反射波周波数(kHz) x : 石膏厚(mm)]

このトランスデューサー間隔において高い相関関係も得られた。

なお、実下水道管の内部は硫化水素等による腐食や、中性化の進行によるアルカリ成分の溶出により、コンクリート内部の骨材が表面に露出している。そのため下水道管内部の表面は本研究で用いた試験体のような滑らかな劣化層ではない。

そこで、実下水道管に対応するため、試験体劣化層に凹凸を施し、石膏厚と反射波周波

数の関係を調べることにした。

しかし、凹凸を施したことにより、試験体とトランスデューサーとの密着度合が低下し測定不能となった。そのためグリセリンに代わる凹凸に適応した密着剤を用いる必要がある。

このため、同一試験体、同一間隔において、

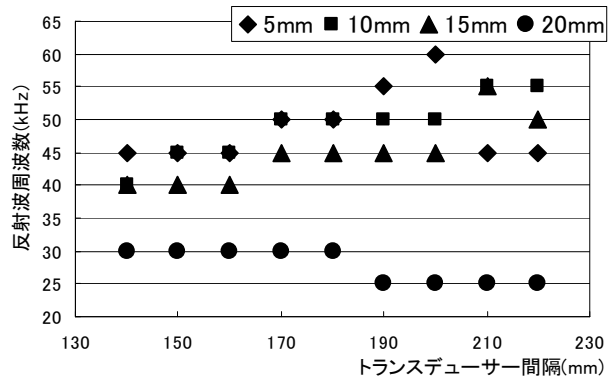


図-3 トランスデューサー間隔と反射波周波数の関係

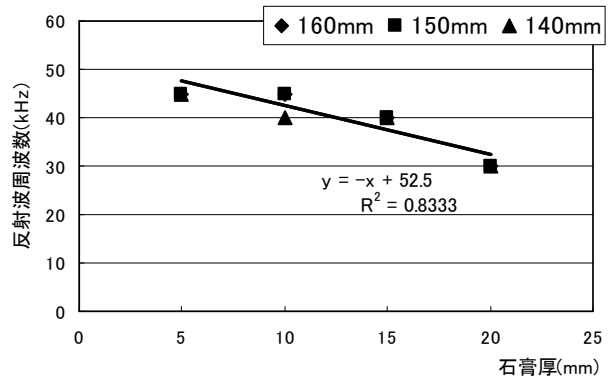


図-4 石膏厚と反射波周波数の関係

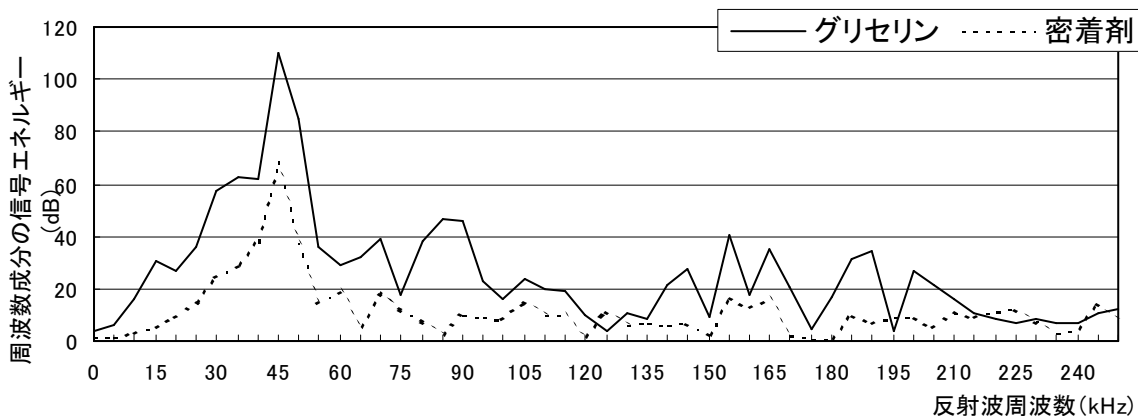


図-5 密着剤の相違による反射波周波数への影響

グリセリンと密着剤(50%ポリビニルアルコール溶液に10%ガラスほう砂溶液を加えたもの)とで反射波周波数への影響を平面上試験体を用いて調べた。

図-5に密着剤の相違による反射波周波数への影響を示す。

密着剤はグリセリンに比べ周波数成分の信号エネルギーが全体的に低下傾向を示した。しかし、信号エネルギーのピークを示した周波数はどちらも45 kHzとなりピーク値の相違は見られなかったため、密着剤による反射波周波数への影響はないと思われる。このことから、凹凸を施した試験体には本密着剤を用いた。

図-6に凹凸を施した石膏層の厚さと反射波周波数の関係を示す。

この場合も石膏厚と反射波周波数の関係は、石膏厚が増加するに従って反射波周波数は一次関数的に減衰し、140mm~160mm間で常に安定した結果が得られた。また、凹凸を施した試験体での測定では、トランスデューサー設置間隔が広いほど周波数成分の信号エネルギーが減衰され、測定が困難となった。したがって、トランスデューサー設置間隔は140mm~160mm間が最適といえる。

図-6より、140mm~160mmにおける石膏厚と反射波周波数の関係の実験式[式-2]が得られた。

$$y = -1.1x + 50 \quad \text{[式-2]}$$

$$R^2 = 0.8963$$

[y: 反射波周波数(kHz) x: 石膏厚(mm)]

表面が滑らかな試験体で得られた実験式と若干の相違が出た。しかし、測定周波数間隔が5 kHzと間隔が広いと両式は近似であるといえる。したがって、測定周波数間隔を狭めることで、式-1及び2でより近似的な実験式が得られると推測される。

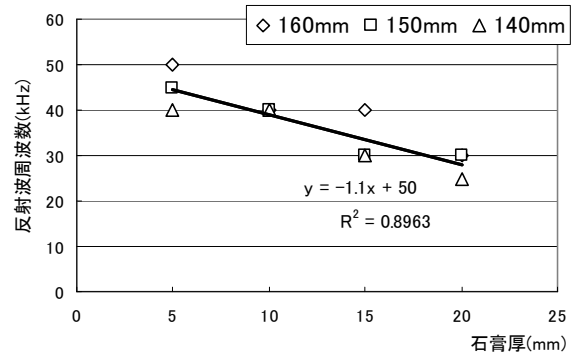


図-6 凹凸を施した石膏層の厚さと反射波周波数の関係

5. まとめ

- I) 構造物表面に振動抑制行為を行うことで表面波を抑制することが出来、反射波を測定することが出来る。
- II) トランスデューサー設置間隔は反射波周波数が常に安定していることから140mm~160mm間が最適である。
- III) 石膏厚が増加するに伴い反射波周波数は一次関数的に減衰する。
- IV) 密着剤の相違による反射波周波数への影響は現われなかった。
- V) 石膏厚と反射波周波数の関係式は、劣化層表面が平面の場合

$$y = -x + 52.5$$

表面に凹凸がある場合

$$y = -1.1x + 50$$

のように得られた。

両式は測定周波数間隔を狭めることで、より近い式となると考えられる。

今後は、これらの式が実下水道管に対応出来るかを検討する必要がある。