

超音波振動子によるコンクリート損傷検知のための基礎的研究

長崎大学工学部 学生員 ○長野 崇 長崎大学工学部 正会員 奥松 俊博
長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏 長崎大学工学部 学生員 大和 亮介

1. はじめに

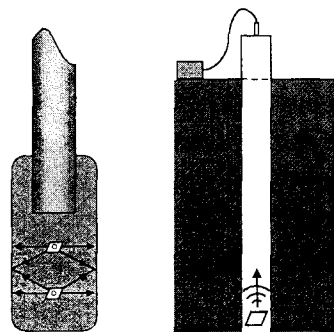
構造物の出来形や損傷箇所の有無を確認するためには、一般に目視による評価（外的評価）が行われる。しかし地中構造物や構造物周辺の環境の制約上、直接目視できない構造物の評価は困難となる。当該箇所の評価のためには、弾性波やレーダ等による内的評価手法が用いられるが、機器の特殊性やその導入コスト、また精度の面で今後更なる改善が望まれる。超音波探傷や AE 測定技術は比較的簡易に行うことのできる内的評価法であるが、振動子の設置位置などの関係からその用途は限定されているのが現状である。構造物維持管理が重要視される中、常時、構造物の健全度を評価できる体制の構築は今後重要な課題である。本研究は、超音波振動子を構造体内部に埋設することで、出来形検査や経常的な健全度評価を行うことを目的としたものである。本報告ではセメントミルク固化体を対象とした基本的事項の確認実験を実施した。

2. 施工管理・維持管理の効率化

超音波測定方法¹⁾は、弾性体内部を伝播する音波の特性を利用したもので、構造物探傷や形状測定に使用される。一般に超音波受発信のための振動子の設置場所は、対象構造物の表面露出箇所となるため、利用範囲は限られる。予め測定対象箇所が明白である場合は、構造体内部に埋設設置することにより、その目的を満足しうる。IT 技術の導入により経常的な維持管理の実現や遠隔モニタリングも可能となる。以下に一例として、本手法を場所打ち杭に適用した場合の利用形態を記す。

(1) 形状確認 底拡部を有する場所打ち杭の施工において、その出来形を確認することは重要であるが同時に困難である。例えば、図-1(a)のように、振動子を芯鉄筋に貼付設置することにより断面形状の情報を得ることができる。

(2) 損傷検知 損傷発生が懸念される箇所に対しては、図-1(b)のように、予め振動子を埋設し、そこから発せられる超音波を受信することで健全度に関する情報を得る。



(a)形状確認 (b)損傷確認

図-1 地中構造物の形状・損傷確認方法

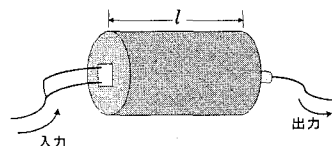


図-2 対象構造物

3. 超音波測定方法

圧縮波がインピーダンスの異なる面で反射または屈折する性質を利用し、超音波による測定対象構造物の形状測定を行う。弾性波の伝播速度(V)が分かると、入出力波の時間差(Δt)から構造物の測定対象距離(L)が次式より算出できる。

$$L = V \cdot \Delta t \quad (1)$$

これにより出来形や、損傷により発生したクラック面までの距離を確定することができる。構造物形状の測定例を図-2に示した。また、入出力波形から得られる時間差の概念を図-3に示した。弾性体内部を伝播する波は、圧縮波、せん断波、レーリ波等が存在するが、本研究では最も伝播速度が速い圧縮波を用いる。圧縮波速度: V_p (m/sec)、媒質の弾性係数: E (kgf/cm²)、媒質のポアソン比: ν 、媒質密度: ρ (kgf/cm³)の間には(2)式の関係がある。

$$V_p = (E(1-\nu) / \rho(1+\nu)(1-2\nu))^{1/2} \quad (2)$$

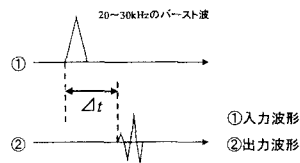


図-3 入出力波形

4. 埋設振動子

(1) 超音波振動子

本研究で使用した超音波発信振動子は、構造体内部への設置を前提としたため、小型かつ安価なものを用いることとした。実際に使用した振動子は、NPM・ND20（TOKIN 社製）であり、PZT（ジルコン酸チタン酸鉛）を原料とする、小型の円板型圧電素子（形状：直径 20mm×厚さ 1mm 程度）である。その概要を図 - 4 に示す。

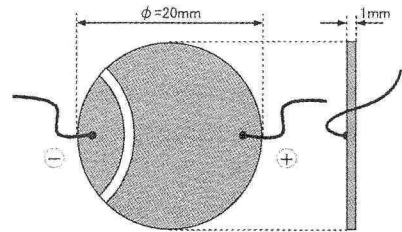


図 - 4 超音波振動子

(2) 埋設のための振動子の作成

本研究では、施工時の出来形や供用時の健全度診断に応用することを目的としているため、構造物内部に振動子を埋設することを前提としている。そのためには、振動子自体を保護するとともに、発信超音波の劣化を出来る限り防ぐ必要がある。そのための装置を作成する必要がある。振動子に対し適切な保護具と、超音波振動の発信を妨がないための措置を施した。

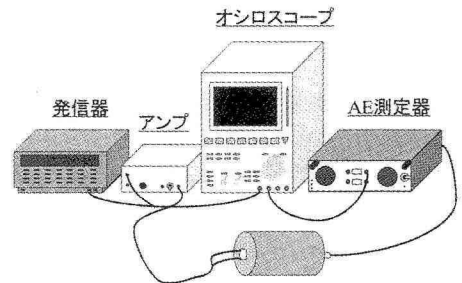


図 - 5 計測システム

5. 弾性波速度測定実験

セメントミルク（W/C=40%）を材料とする供試体（円柱供試体（ $\phi 10\text{cm} \times h 20\text{cm}$ ）、角柱供試体（ $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 40\text{cm}$ ））を対象に長辺方向の超音波測定を行った。図 - 5 に測定システムを、また図 - 6 は測定時の状況を示した。今回の測定で使用した超音波振動数（ f ）は 20kHz とし、波形形状はパースト波とした。図 - 7 に入出力波形を示す。縦軸は入出力波の電圧を、横軸は経過時間を表す。ここでは、入出力波それぞれが立ち上がる瞬間の時間を以って両者の反応時間とし、その時間差から $\Delta t = 0.98 \times 10^{-4}$ (sec) を得た。これより弾性波速度（ V_p ）は約 2000(m/sec)であることが分かった。この値を、当該材齢時の弾性波速度（初期値）とすることで、損傷構造物や目視できない箇所の構造物を計測することで、損傷位置や形状を逆算することが可能となる。

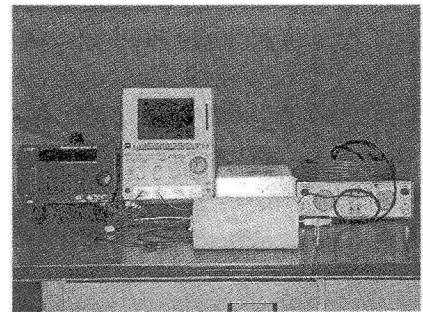


図 - 6 測定状況

6. まとめ

本報告では超音波振動子を構造物内部に埋設することにより、施工管理や維持管理への適用について検討し、さらに弾性体を伝播する超音波に関する基礎的な実験を行った。今後は、損傷構造物に対する実験と、振動子を埋設することにより

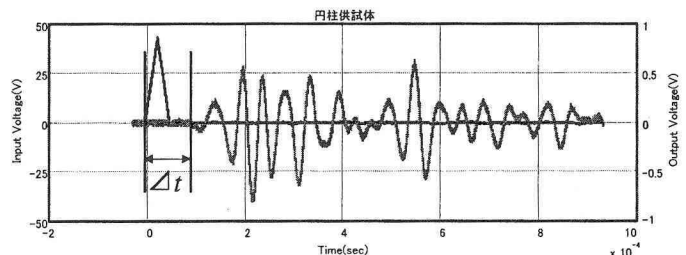


図 - 7 超音波入出力波形

り生じる影響等について検証する予定である。なお、実験機器の使用に関して（株）フジタ技術センターの諸氏にご協力を頂いたことを記し、ここに感謝の意を表する。

[参考文献] 1) 中村信良：超音波，コロナ社，2001 年