

埋設振動子による損傷検出および形状測定に関する基礎的研究

長崎大学大学院 正 会 員 ○奥松 俊博

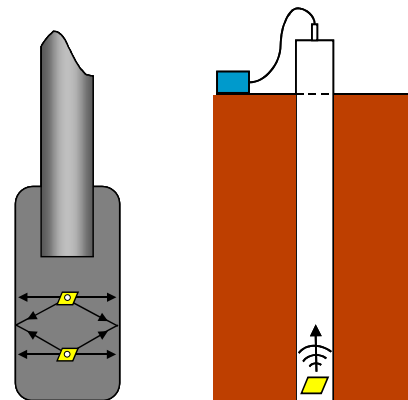
長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏

1. はじめに

構造物の出来形や損傷の有無を確認するためには、一般に目視による検査（外的診断）が実施されるが、構造物内部の損傷や形状測定に対しては、測定対象に対応させた内的診断法（X線、レーダ、赤外線、衝撃波エコー等）が用いられる。計測技術の発展により、内的評価手法を用いた構造物不可視部分の測定精度は向上しているが、装置の操作性や経済性、また一部、精度面において克服すべき点は残る。AE法や超音波探傷など超音波領域の弾性波を用いた計測手法は、比較的操作性に優れ、また維持管理の重要性から広く使用されている。しかし、聴診器の役目をする振動子は、構造物表面に設置されるため、測定対象構造物の形状や位置によっては測定自体そのものが困難となる。振動子を予め構造物内部に埋設することにより、常時の健全度診断や形状測定方法として利用できると考える。本研究は、超音波振動子を構造物内部に埋設することによる、維持管理に特化した計測方法を提案し、その測定精度や実用性について基礎的な検討を加えたものである。本報告ではセメントペーストを対象に実施した基本的実験結果について述べる。

2. 施工管理・維持管理への適用

一般に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その利用範囲は限られる。予め測定対象が明確である場合や経常的なモニタリングが必要とされるとき、構造物内部に埋設設置することで、その目的を満足しうることが考えられる。さらに、IT技術の導入により常時のモニタリングも可能となる。図-1は、地中構造物を例に、振動子の埋設化による効果について表したものである。図-1(a)は、底拡部を有する杭体内部に振動子を設置することで、従来困難とされてきた断面形状測定に応用する。また図-1(b)は、予め構造物内部に振動子を設置することで、上述のような常時の健全度診断を可能とするものである。内部からの診断を実現することにより、より維持管理に特化した健全度診断が可能となると考える。



(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

3. 超音波測定方法

超音波測定は、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たものであり、その特性から構造物の形状や損傷面までの距離を算出するものである。媒質の弾性波伝播速度を求めることにより、同一材料の弾性体の超音波入出力波から得られる時間差から、構造物の測定対象距離を算出できる。よって出来形測定や、内部損傷の有無また、距離を測定できる。図-2は超音波測定例について、入出力波形から得られる時間差の概念を示したものである。本研究では、試験的にセメントペーストからなる小型の供試体を対象とし、埋設振動子による超音波測定実験を実施した。

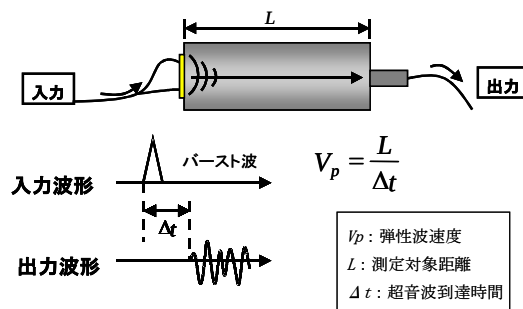


図-2 地中構造物の形状・損傷確認方法

キーワード：維持管理，超音波，損傷診断

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2626

4. 埋設振動子

(1) 超音波振動子

本研究では、構造体内部に超音波発振器を設置することを前提としているため、使用する振動子は小型かつ安価なものを選択した。実際に使用した振動子は、PZTを原料とする小型の円板型圧電素子($\phi: 20\text{mm} \times t: 1\text{mm}$)である。

(2) 埋設振動子駆体の作成

構造物施工時の出来形、あるいは供用時の健全度診断を行うため、構造物内部に振動子を埋設設置する。振動子の保護および発信波の減衰を極力防ぐため、振動子本体の保護用駆体を作成する。図-3は、埋設用超音波振動子の概形である。供試体施工後の動作性の確認を行った。

5. 超音波測定実験

計測システムは図-4に示すように、発振装置、受信装置および記録装置から構成される。超音波振動子は前述のとおりに、供試体内部に埋設され、構造物内部を伝播した出力波はAEセンサーで検出することとした。セメントペースト(W/C=40%)を材料とする2種の供試体(供試体①: $\phi 10\text{cm} \times h 20\text{cm}$), (供試体②: $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$)を対象に長軸方向の超音波測定を行った。図-5は、供試体の端面に埋設設置した振動子から発される超音波を、AEセンサーで検知したときの測定状況を示したものである。使用した超音波発振波は $f=20\text{kHz}$ のバースト波である。図-6は入出力波形を示したものである。上部波形が入力波であり、下部の波形が出力波である。出力波形の立ち上がりが明確でないために測定誤差が若干生じるが、測定距離と伝播時間より逆算した対象構造物の弾性波速度は約 $2000(\text{m/sec})$ であった。当該測定材齢時の初期値として、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。

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生じる影響等について検証する予定である。なお、実験に際し、(株)フジタ技術センター、および(株)高環境エンジニアリングの諸氏に多大な協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。また長野崇君、大和亮介君両名(当時大学4年生)には実験の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

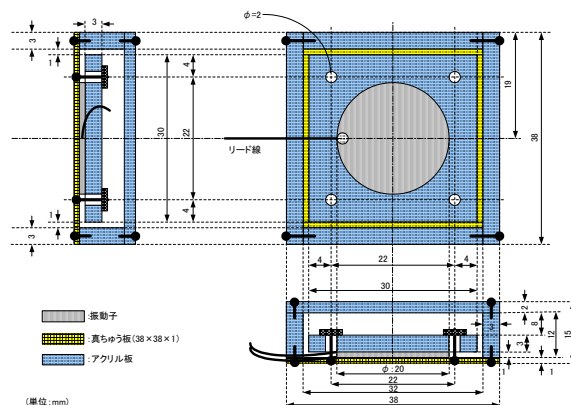


図-3 埋設用超音波振動子

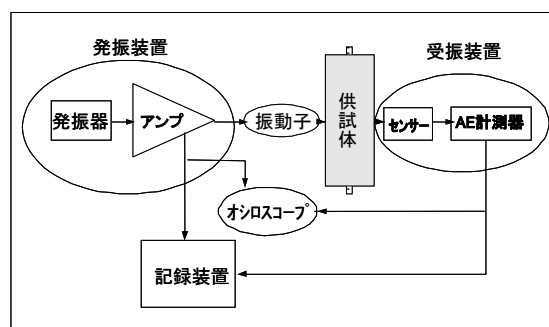


図-4 計測システム



図-5 計測状況

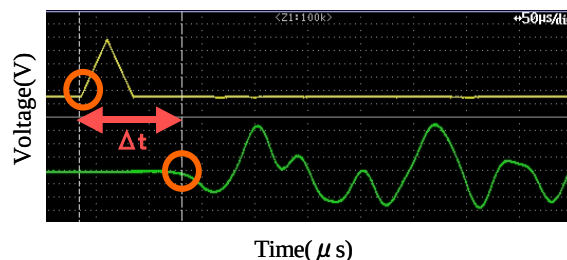


図-6 超音波入出力波形

[参考文献] Kyle Mitchell, et al, Distributed computing and sensing for structural health monitoring systems, Proc. of SPIE, Vol.3990, pp.156-166, 2000