

磁歪振動子を利用した固体内低周波パルス発生を試み

東北大学大学院 正員 ○山田真幸

東北大学大学院 正員

北原道弘

東北大学

河合鉄平

1. はじめに

近年土木構造物の維持管理、補修あるいは建設時における初期欠陥の有無の検査等、構造物の健全度診断技術に注目が集まっている。その中のひとつである超音波探傷は現在広く用いられており鋼構造物への適用では成果をあげている。ここではピエゾ効果を利用した圧電型の探触子が主に用いられているが、コンクリート構造物の探傷では発信できる低周波超音波に限界があり、また不均質な材料であることからある程度のパワーを検査対象に入力する必要がある為に高価にならざるを得ない。そこで本研究では磁歪現象を利用した安価な磁歪振動子により低周波超音波を発信できる探触子を試作した。そしてその波形特性及び、周波数特性について調べた結果を示す。

2. 磁歪振動子の探触子としての利用

磁歪探触子、および振動子を図-1に示す。

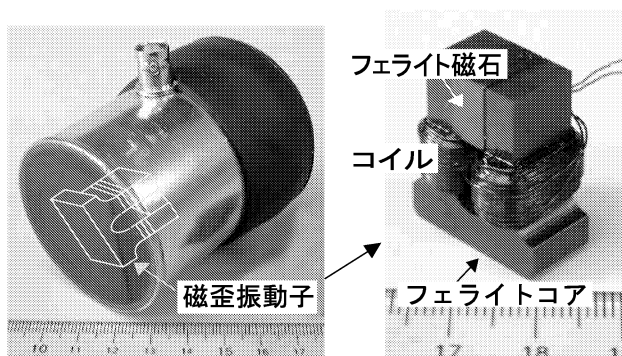


図-1 磁歪探触子および振動子

磁歪振動子はフェライト製コアとそれに巻かれたコイルより構成される。本研究で用いた磁歪振動子用コアは超音波洗浄器等に用いられるものであり、これに巻かれたコイルに交番電流を流すことにより磁界が発生し、磁界によるジュール効果によりコア寸法がわずかに変化してコアに縦振動を生じる。そしてその縦振動により超音波が発信されるものである。コア端部に取り付けられたフェライト磁石は効率良く振動を発生させる為のバイアス磁場を発生させるものである¹⁾。縦振動で発生する超音波の周波数はコア形状に依り、またこの周波数に非常に鋭い共振ピークを持つ。本研究で使用した磁歪振動子の共振周波数は100KHzである。これを用いて製作した磁歪振動子を金属製ケーシングに収めて磁歪探触子とした。フェライトコアが探触子のアクリル製接断面の内側に固定されている。

3. 磁歪振動子を用いた計測実験

(1) 実験装置

本研究では図-2に示すような実験装置を用いて計測を行った。ファンクションジェネレーターで発生させた電気信号を、オーディオアンプで増幅し磁歪探触子を駆動する。発信側探触子から放射されて試験体中を伝播した波動は受信探触子で受信され電気信号に変換される。その後プリアンプを介して増幅された電気信号は、デジタルオシロスコープで時間波形として記録し、パソコン等で処理した。

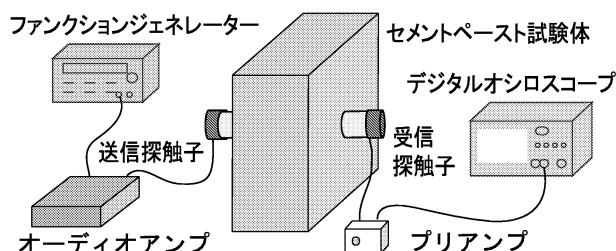


図-2 実験装置

測定に用いた試験体は500mm角、厚さ300mmのフライアッシュを混ぜたセメントペースト製のものである。試験体の弾性係数は 2.4N/m^2 、ポアソン比は0.26、これらで弾性体中の縦波速度を計算すると $c_L=3752\text{m/s}$ となる。また試験体中を伝播する波の波長は約37.5mmと計算される。磁歪振動子を駆動させる波形は一波のサイン波とし、ファンクションジェネレーターで共振周波数に等しい周波数100kHzの波形を発生させた。

(2) 送信子としての磁歪探触子の利用

はじめに磁歪探触子を送信子として用い、試験体の透過波形を100KHz圧電型超広帯域探触子で受信した。受信子としたパナメトリクスV1011の周波数特性を図-3に示す。

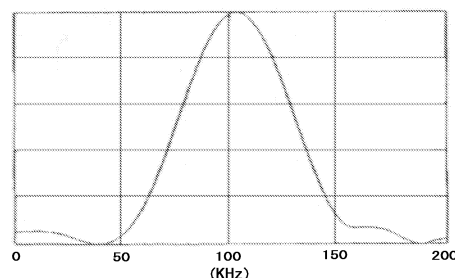


図-3 100KHz圧電型超広帯域探触子周波数特性

Key Words: 磁歪, 超音波探傷, 低周波

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06 TEL 022-217-7126 FAX 022-217-7127 URL <http://www.nde.civil.tohoku.ac.jp>

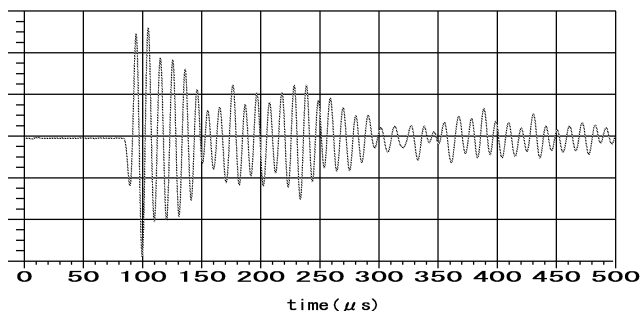


図-4 磁歪探触子からの波形（圧電型超広帯域探触子で受信）

受信波形を図-4に示す．受信波の初動は時刻 $80\mu\text{s}$ 付近であるが，実測の縦波速度は $c_L=3750\text{m/s}$ となり，材料定数から求めた理論値とほぼ一致しており透過波が測定できている事がわかる．しかし一波のサイン波で送信探触子を駆動しているにもかかわらず長く振動が続く波形となっており，磁歪振動子を送信探触子として利用するには振動子の共振を抑える必要がある．そこで磁歪振動子の後部にダンパーとして鉛片を取り付ける，あるいはタングステン粉末を混ぜたエポキシ樹脂でケーシング内を充填し，発生した振動が減衰するようにした振動子を作成した．これを用いて送信を行い，先に示した圧電型超広帯域探触子で受信した波形を図-5に示す．受信波にはダンパーの効果が認められ，振動の継続時間が若干短くなっている．

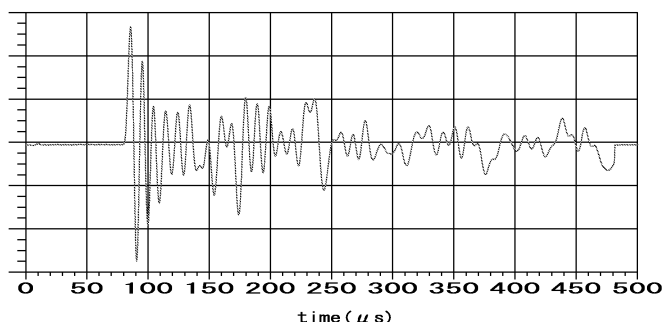


図-5 ダンパーを取り付けた磁歪振動子からの波形（受信は圧電型超広帯域探触子）

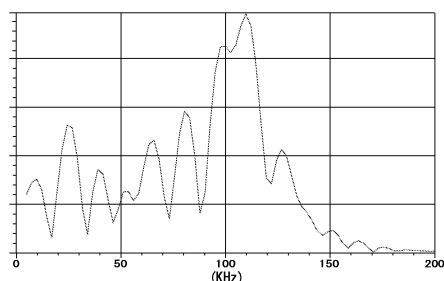


図-6 図-5の時刻 $80\sim 130\mu\text{s}$ の周波数スペクトル

同時に図-5より時刻 $80\mu\text{s}$ から $130\mu\text{s}$ までの波形を取り出したものの周波数スペクトルを図-6に示す．滑らかではないが広帯域化が図れていることがわかる．

(3) 受信子としての磁歪探触子の利用

次に送信受信共にダンパー付の磁歪振動子を使用して計測を行った．この時の受信波形を図-7に示す．

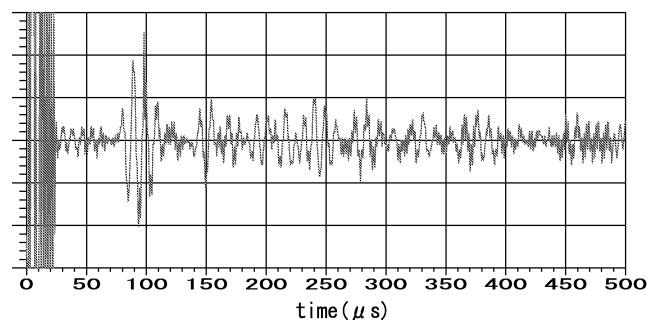


図-7 磁歪振動子で受信した波形（送信はダンパー付磁歪探触子）

時刻0秒より波形が見られるが，送受信探触子のコイルが対向しているために送信探触子より漏れた磁束が受信探触子に捕らえられたものである．図中の $80\mu\text{s}$ 付近から計測されている波形が実際の計測波形であり振動は長く続くものの一連の波群が捉えられている．しかし，厚さ 300mm の試験体中を反射して一往復半した第2番目の透過波形を識別するには至っていない．比較として透過探傷用圧電型狭帯域探触子（パナメトリクスX1020）を送受に使用した波形を図-8に示す．また両者の時刻 $80\mu\text{s}$ から $130\mu\text{s}$ までの周波数スペクトルを図-9に示す．磁歪探触子で送受信したものは波形にノイズが多いものの近い周波数特性となっており磁歪探触子は透過探傷用として使用できる可能性がある．

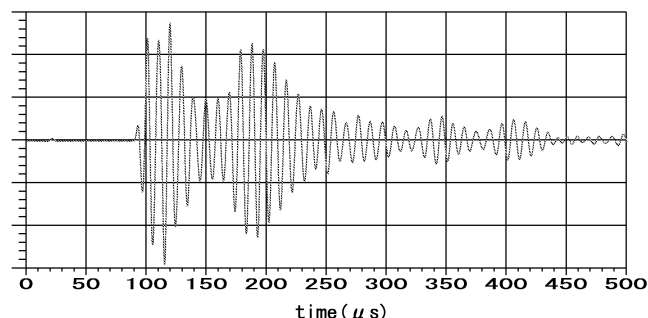


図-8 透過探傷用圧電型狭帯域探触子で受信した波形

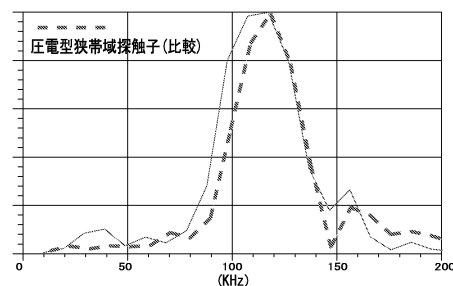


図-9 図-7の時刻 $80\sim 130\mu\text{s}$ の周波数スペクトル

4. 結論

安価な磁歪探触子である程度パルスに近い低周波超音波の送受信が可能である．しかしパルスエコー法に使用するには更なる広帯域化が必要である．

謝辞 三菱電機（株）和高修三氏，亀山俊平氏には多忙中，終始適切なアドバイスを賜りました．感謝致します．

参考文献

- 1) 菊地喜充：磁歪振動と超音波，コロナ社，1960.