

(11) 特許出願公開番号

特開2015-114155

(P2015-114155A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int. Cl.
G01N 29/04

F 1
GO 1 N 29/10 5 0 6

テーマコード (参考)
2G047

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-255140 (P2013-255140)
(22) 出願日 平成25年12月10日 (2013.12.10)

(71) 出願人 591041417
ジャパンプローブ株式会社
神奈川県横浜市南区中村町 1 丁目 1 番地 1
4

(71) 出願人 313014240
福富 広幸
東京都世田谷区成城 2-30-2 1

(74) 代理人 110000578
名古屋国際特許業務法人

(72) 発明者 福富 広幸
東京都世田谷区成城 2-30-2 1

(72) 発明者 馬場 比路志
神奈川県横浜市南区中村町 1 丁目 1 番地 1
4 ジャパンプローブ株式会社内

[最終頁に続く](#)

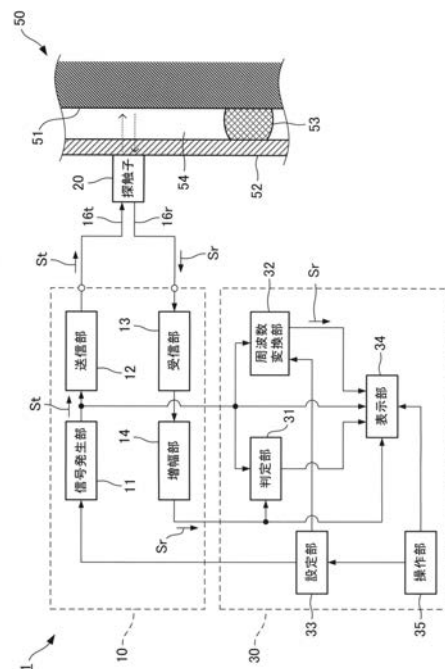
(54) 【発明の名称】 内部構造の探査方法および探触子

(57) 【要約】

【課題】手前側の構造物を介して、その背後の空間の広がりや奥側の構造物の表面形状や配置物を検知することができる内部構造の探査方法および探触子を提供する。

【解決手段】所定の空間５４を介して少なくとも第１被測定部５１および板状の第２被測定部５２が対向して配置された測定対象５０について、第２被測定部５２を除く測定対象５０の内部構造を探查する方法であって、超音波を第２被測定部５２に向けて送信する送信ステップと、金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料から構成される第２被測定部５２および所定の空間５４を透過した後、少なくとも第１被測定部５１において反射して、所定の空間５４および第２被測定部５２を透過した超音波を受信する受信ステップと、受信された超音波に係る信号に基づき測定対象５０の内部構造に関する情報を表示する表示ステップと、を有することを特徴とする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の空間を介して少なくとも第 1 被測定部および板状の第 2 被測定部が対向して配置された測定対象について、前記第 2 被測定部を除く前記測定対象の内部構造を探索する方法であって、

超音波を前記第 2 被測定部に向けて送信する送信ステップと、

金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料から構成される前記第 2 被測定部および前記所定の空間を透過した後、少なくとも前記第 1 被測定部において反射して、前記所定の空間および前記第 2 被測定部を透過した前記超音波を受信する受信ステップと、

受信された前記超音波に係る信号に基づき前記測定対象の内部構造に関する情報を表示する表示ステップと、

を有することを特徴とする内部構造の探索方法。

【請求項 2】

前記第 2 被測定部を構成する材料の音響インピーダンスの値は、前記第 1 被測定部を構成する材料と比較して、空気の音響インピーダンスの値に近いことを特徴とする請求項 1 記載の内部構造の探索方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の内部構造の探索方法に用いられる探触子であって、

前記第 2 被測定部に超音波を送信するとともに、送信された前記超音波が前記第 2 被測定部および前記所定の空間を透過した後、少なくとも前記第 1 被測定部において反射して、前記所定の空間および前記第 2 被測定部を透過した前記超音波を受信信号に変換することを特徴とする探触子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて構造物の内部探索に用いて好適な内部構造の探索方法および探触子に関する。

【背景技術】

【0002】

検査対象である構造物の内部に存在する傷や欠陥を、構造物を破壊することなく探索する非破壊検査として超音波を用いた超音波探傷法が知られている。超音波探傷法は、例えば、構造物に向けて発信した超音波パルスのうち、上記の傷や欠陥により反射したパルスを受信することにより、傷や欠陥を検知している。そのため、超音波が伝わりやすい一体の構造物内部に存在する傷や欠陥を探索する場合に多く用いられている。

【0003】

その一方で、二つの構造物の間に存在する欠陥を探索したいという要望もあり、この探索に超音波探傷法を適用する技術も提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。特許文献 1 の技術では、コンクリート構造物を打設する際に、型枠と打設されたコンクリートとの間に形成される空間が検出対象である欠陥となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 08-021824 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の特許文献 1 の技術では、型枠とコンクリートとの間の空間の有無を検知することができるが、空間を介して型枠と対向するコンクリート面の形状や、当該コンクリート面または空間内に配置されている他の物体の有無など、を検知することは難しいという問題

10

20

30

40

50

があった。つまり、特許文献 1 の技術では、型枠に向けて発信した超音波パルスが、型枠とコンクリートとの境目で反射する程度の違いにより上述の空間の有無を検知していたため、対向するコンクリート面の形状や、当該コンクリート面または空間内に配置されている他の物体の有無などを検知することは、検知方法から考えると困難であった。

【0006】

また、二つの構造物の組み合わせとしては、上述の型枠、及びコンクリート構造物の組み合わせの他にも、石膏ボードなどの内装ボード、及びコンクリート壁の組み合わせなど、種々の組み合わせを挙げることができる。

【0007】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、手前側の構造物を介して、その背後の空間の広がりや奥側の構造物の表面形状や配置物を検知することができる内部構造の探査方法および探触子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明は、以下の手段を提供する。

本発明の内部構造の探査方法は、所定の空間を介して少なくとも第 1 被測定部および板状の第 2 被測定部が対向して配置された測定対象について、前記第 2 被測定部を除く前記測定対象の内部構造を探査する方法であって、超音波を前記第 2 被測定部に向けて送信する送信ステップと、金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料から構成される前記第 2 被測定部および前記所定の空間を透過した後、少なくとも前記第 1 被測定部において反射して、前記所定の空間および前記第 2 被測定部を透過した前記超音波を受信する受信ステップと、受信された前記超音波に係る信号に基づき前記測定対象の内部構造に関する情報を表示する表示ステップと、を有することを特徴とする。

【0009】

本発明の内部構造の探査方法によれば、金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料から構成される第 2 被測定部に向けて超音波を送信することにより、第 1 被測定部における第 2 被測定部側の面の形状や、第 1 被測定部と第 2 被測定部との間の間隔である所定の空間の広さや、所定の空間に配置された部材などを検知することができる。

【0010】

上記発明において前記第 2 被測定部を構成する材料の音響インピーダンスの値は、前記第 1 被測定部を構成する材料と比較して、空気の音響インピーダンスの値に近いことが好ましい。

【0011】

このように第 2 被測定部を構成する材料の音響インピーダンスの値を空気の音響インピーダンスの値に近づけることにより、空気の音響インピーダンスの値から離れている場合と比較して、超音波は第 2 被測定部から所定の空間へ透過しやすくなる。

【0012】

本発明の探触子は、上記本発明の内部構造の探査方法に用いられる探触子であって、前記第 2 被測定部に超音波を送信するとともに、送信された前記超音波が前記第 2 被測定部および前記所定の空間を透過した後、少なくとも前記第 1 被測定部において反射して、前記所定の空間および前記第 2 被測定部を透過した前記超音波を受信信号に変換することを特徴とする。

【0013】

本発明の探触子によれば、金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料から構成される第 2 被測定部に向けて超音波を送信することにより、第 1 被測定部における第 2 被測定部側の面の形状や、第 1 被測定部と第 2 被測定部との間の間隔である所定の空間の広さや、所定の空間に配置された部材などを検知することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明の内部構造の探査方法および探触子によれば、金属材料よりも低い値の音響イン

10

20

30

40

50

ピーダンスを有する材料から構成される第2被測定部に向けて超音波を送信することにより、手前側の構造物である第2被測定部を介して、その背後の空間の広がりや奥側の構造物である第1被測定部の表面形状や配置物を検知することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明一実施形態に係る超音波探傷装置および界壁の構成を説明する模式図である。

【図2】図2(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図2(b)は、図2(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【図3】図3(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図3(b)は、図3(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【図4】図4(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図4(b)は、図4(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【図5】図5(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図5(b)は、図5(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【図6】図6(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図5(b)は、図6(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【図7】図7(a)は探査対象である界壁の構成を説明する模式図であり、図5(b)は、図7(a)に示す界壁を探査した際の受信波信号の波形を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

この発明の一実施形態に係る探査方法および探傷子を備えた超音波探傷装置について、図1から図5を参照しながら説明する。本実施形態では、本願発明を集合住宅などの隣戸間に設けられた界壁50等の内部構造を探査する探査方法および超音波探傷装置1に適用して説明する。

【0017】

上述の界壁(測定対象)50は、図1に示すように、コンクリート躯体(第1被測定部)51の面に一定ピッチで団子状の接着剤53を配して石膏ボードなどの内装下地板(第2被測定部)52を貼り付ける、いわゆるボード直貼り工法により作られたものである。上述のボード直貼り工法のうち、接着剤53として石膏系接着剤であるGLボンドを用いたものはGL工法と呼ばれる。

【0018】

なお、内装下地板52を形成する材料としては上述の石膏ボードであってもよいし、音響インピーダンスが金属材料よりも低い他の公知な材料であってもよく、特に材料の種類を限定するものではない。

【0019】

本実施形態の超音波探傷装置1は、パルス送受信部10と、探触子20と、解析部30と、から主に構成されている。

パルス送受信部10は、スパイクパルス信号、スクエアパルス信号、サインバースト波信号および矩形バースト波信号の少なくとも一つである送信波信号Stを出力するものである。また、後述する受信波信号Srが入力されるものでもある。

【0020】

パルス送受信部10には、送信波信号Stを生成する信号発生部11と、信号ケーブル16tを介して生成された送信波信号Stを探触子20へ出力する送信部12と、探触子20から信号ケーブル16rを介して受信波信号Srを受信する受信部13と、受信した受信波信号Srを増幅して解析部30へ出力する増幅部14と、が設けられている。

【0021】

探触子20は、超音波を界壁50に向けて送信するものであるとともに、界壁50から戻ってきた超音波を受信するものである。探触子20には振動子が設けられ、振動子は送信波信号Stに基づいて超音波を発生させものであるとともに、受信した超音波に応じた

10

20

30

40

50

受信波信号 S_r を生成するものである。

【0022】

解析部 30 は、パルス送受信部 10 の各種設定を行うものであり、CPU（中央演算処理ユニット）、ROM、RAM、入出力インタフェース等を有する市販のパーソナルコンピュータやマイクロコンピュータ等である。ROM等に記憶されている制御プログラムは、CPUを判定部 31 や、周波数変換部 32 や、設定部 33 などとして機能させるものである。入出力インタフェースとしては、表示部 34 や、キーボードおよびマウスの少なくとも一方を含む操作部 35 を挙げることができる。

【0023】

判定部 31 は、パルス送受信部 10 の増幅部 14 から出力された増幅後の受信波信号 S_r の信号レベル（実際には、信号発生部 11 から出力された送信波信号 S_t の信号レベルとの比）に基づいて、欠陥の有無を判定して判定結果に係る情報を表示部 34 に出力するものである。

【0024】

周波数変換部 32 は、パルス送受信部 10 の増幅部 14 から出力された増幅後の受信波信号 S_r を、設定部 33 で指定された周波数範囲で高速フーリエ変換するものである。周波数変換された受信波信号 S_r は周波数変換部 32 から表示部 34 に出力されて表示部 34 により表示される。

【0025】

設定部 33 は、操作部 35 を介して測定者が入力する矩形波送信波信号 S_t における電圧や、周波数などの測定条件をパルス送受信部 10 の信号発生部 11 へ出力するものである。さらに、設定部 33 は、指定した周波数に対応する周波数範囲を周波数変換部 32 へ出力するものでもある。

【0026】

次に、上記の構成からなる超音波探傷装置 1 における作用について図 1 を参照しながら説明する。

信号発生部 11 は、設定部 33 から入力された測定条件に基づいて送信波信号 S_t を生成し、生成した送信波信号 S_t を送信部 12 に出力する。生成された送信波信号 S_t は送信部 12 によって探触子 20 に向けて出力される。探触子 20 の振動子は、入力された送信波信号 S_t に応じた超音波を発生させ、発生した超音波は界壁 50 の内装下地板 52 に向けて送信される。

【0027】

送信された超音波は内装下地板 52 から、接着剤 53 により形成されているコンクリート躯体 51 と内装下地板 52 との間の空間 54 に伝搬し、コンクリート躯体 51 の表面で反射する。反射した超音波は、空間 54 を伝搬して内装下地板 52 に入射し、探触子 20 に受信される。

【0028】

探触子 20 の振動子は受信した超音波に応じた受信波信号 S_r を生成し、生成された受信波信号 S_r は受信部 13 に入力される。その後、受信波信号 S_r は受信部 13 から増幅部 14 へ入力され、増幅された後、判定部 31 や表示部 34 へ出力される。表示部 34 では、増幅部 14 から出力された受信波信号 S_r の波形が表示される。表示される受信波信号 S_r の波形については後述する。

【0029】

表示部 34 で表示されるものとしては、受信波信号 S_r の波形の他に判定部 31 から出力された情報や、周波数変換部 32 から出力された情報や、操作部 35 に入力された情報などを挙げることができる。

【0030】

次に、上記の構成からなる超音波探傷装置 1 を用いた界壁 50 の測定結果を図 2 から図 5 を参照しながら説明する。まず、図 2 および図 3 を参照しながら、コンクリート躯体 51 における内装下地板 52 と対向する面に配置された吸音断熱層 55 の有無を探查する例

10

20

30

40

50

について説明する。

【0031】

ここでは、界壁50のコンクリート躯体51と内装下地板52とは30mm程度離れ、両者の間に空間54が形成されている(図2(a)および図3(a)参照。)。また、吸音断熱層55は発泡形成されたポリウレタン樹脂であるポリウレタンフォームから形成されたものである。なお、吸音断熱層55としてはポリウレタンフォームから形成されたものであってもよいし、その他の公知の材料から形成されたものであってもよく、特に限定するものではない。なお、内装下地板52である石膏ボードの音響インピーダンスの値としては、 $3 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度を挙げることができる。

【0032】

図2(b)には、図2(a)に示す吸音断熱層55が設けられていない界壁50を探索した場合の、表示部34に表示される増幅後の受信波信号Srの波形が示されており、図3(b)には、図3(a)に示す吸音断熱層55が設けられた界壁50を探索した場合の、表示部34に表示される増幅後の受信波信号Srの波形が示されている。

【0033】

吸音断熱層55が設けられていない界壁50の場合、図2(b)に示すように、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波に係る複数の波形Wが表示部34に表示される。その一方で、吸音断熱層55が設けられている界壁50の場合、超音波が吸音断熱層55に吸収されるため、図3(b)に示すように、波形Wが表示されない。

【0034】

また、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波は、その一部が内装下地板52内に入射し、残りは内装下地板52の表面で反射される。つまり、コンクリート躯体51と内装下地板52との間で超音波が繰り返し反射するため、複数回にわたり内装下地板52内に超音波が入射する。そのため、図2(b)に示すように、反射した超音波に係る波形Wが複数となり、時間が経過する(図2(b)の右側に進む)とともに波形Wの振幅が小さくなる。さらに、隣接する波形Wの時間間隔L1は、コンクリート躯体51と内装下地板52との間隔(距離)と、超音波の伝播速度に依存するものである。

【0035】

次に、図4および図5を参照しながら、コンクリート躯体51と内装下地板52とに接する軽量鉄骨56が配置されている界壁50の内部構造を探索する例について説明する。ここでは、界壁50のコンクリート躯体51と内装下地板52とは90mm程度離れ、両者の間に空間54が形成されている(図4(a)および図5(a)参照。)。

【0036】

図4(b)には、界壁50における軽量鉄骨56が配置されていない箇所(図4(a)参照。)を探索した場合の、表示部34に表示される増幅後の受信波信号Srの波形が示されており、図5(b)には、界壁50における軽量鉄骨56が配置されている箇所(図5(a)参照。)を探索した場合の、表示部34に表示される増幅後の受信波信号Srの波形が示されている。

【0037】

軽量鉄骨56が配置されていない箇所の場合には、図4(b)に示すように、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波に係る複数の波形Wが表示部34に表示される。このとき、コンクリート躯体51と内装下地板52との間隔が90mm程度と広く設定されているため、隣接する波形Wの時間間隔L2は、時間間隔L1よりも長くなっている。その一方で、軽量鉄骨56が配置されている箇所の場合では、図5(b)に示すように、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波に係る複数の波形Wは表示されない。

【0038】

次に、図6を参照しながら、界壁50の内装下地板52が厚さ10mm程度のアクリル樹脂からなる板である例について説明する。ここでは、界壁50のコンクリート躯体51と内装下地板52とは55mm程度離れ、両者の間に空間54が形成されている(図6(a)参照。)。なお、アクリル樹脂の音響インピーダンスの値としては、3.2程度を挙

10

20

30

40

50

げることができる。

【0039】

図6(b)には、図6(a)に示す界壁50を探索した場合の表示部34に表示される増幅後の受信波信号S_rの波形が示されている。この場合においても、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波に係る複数の波形Wが表れていることが判る。

【0040】

次に、図7を参照しながら、界壁50の内装下地板52が厚さ17mm程度であり、4層構造を有するCFRP（炭素繊維強化プラスチック）からなる板である例について説明する。ここでは、界壁50のコンクリート躯体51と内装下地板52とは55mm程度離れ、両者の間に空間54が形成されている（図7(a)参照。）。なお、CFRP板の音響インピーダンスの値としては、 $4.5 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ 程度を挙げることができる。

10

【0041】

図7(b)には、図7(a)に示す界壁50を探索した場合の表示部34に表示される増幅後の受信波信号S_rの波形が示されている。この場合においても、コンクリート躯体51の表面で反射した超音波に係る波形Wが表れていることが判る。

【0042】

上記の構成の超音波探傷装置1を用いた内部構造の探索方法によれば、金属材料よりも低い値の音響インピーダンスを有する材料である石膏ボードを用いて形成された内装下地板52に向けて超音波を送信することにより、コンクリート躯体51における内装下地板52側の面の形状や、コンクリート躯体51と内装下地板52との間の間隔である空間54の広さや、コンクリート躯体51の表面形状を検知することができる。

20

【0043】

さらに、空間54に超音波を反射する部材、例えば電気配線など、が配置された場合であっても、その電気配線などを検知することができる。つまり、電気配線などで反射された超音波は、コンクリート躯体51で反射された超音波よりも早いタイミングで探触子20に受信される。そのため、表示部34に表示される反射した超音波に係る波形Wの時間間隔が、コンクリート躯体51で反射された超音波の時間間隔L₁よりも短くなり、電気配線などの存在を検知することができる。

【0044】

30

内装下地板52を形成する材料の音響インピーダンスの値を、空気の音響インピーダンスの値に近づけることにより、空気の音響インピーダンスの値から離れている場合と比較して、超音波は内装下地板52から空間54へ透過しやすくなる。そのため、探触子20から送信された超音波のうち、界壁50等の内部構造探索に用いられる超音波の割合を増やすことができ、探索を行いやすくなる。

【0045】

なお、本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば、上記の実施の形態においては、ボード直貼り工法により作られた界壁50の内部構造と探索する方法に適用して説明したが、探索する対象は上述の界壁50と同様な空間54が存在する構成を有しているものであればよく、上述の界壁50に限定するものではない。

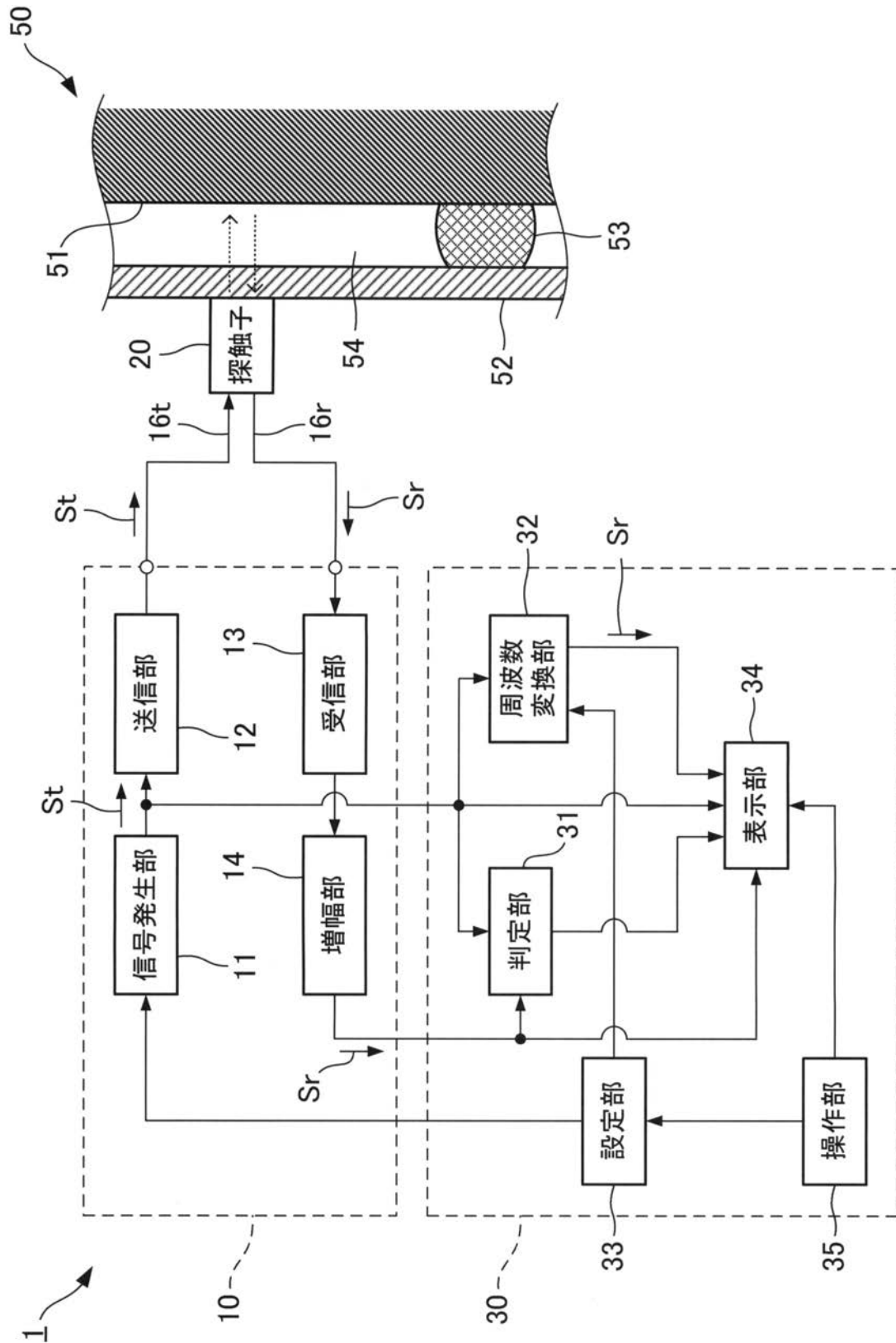
40

【符号の説明】

【0046】

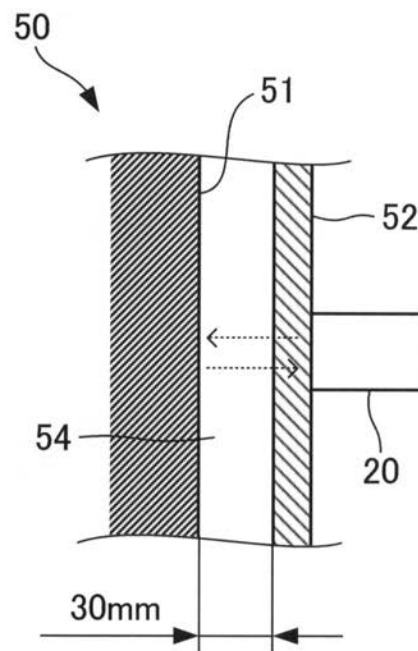
1…超音波探傷装置、10…パルス送受信部、11…信号発生部、12…送信部、13…受信部、14…増幅部、20…探触子、30…解析部、31…判定部、32…周波数変換部、33…設定部、34…表示部、35…操作部、50…界壁（測定対象）、51…コンクリート躯体（第1被測定部）、52…内装下地板（第2被測定部）、53…接着剤、55…吸音断熱層、56…軽量鉄骨、S_t…送信波信号、S_r…受信波信号

【図 1】

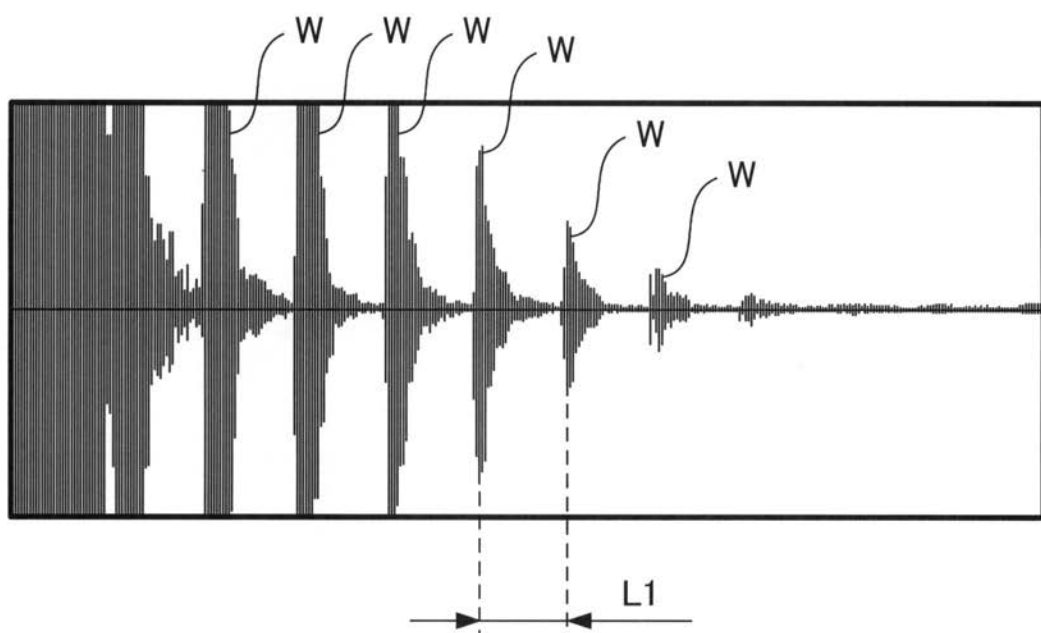


【図 2】

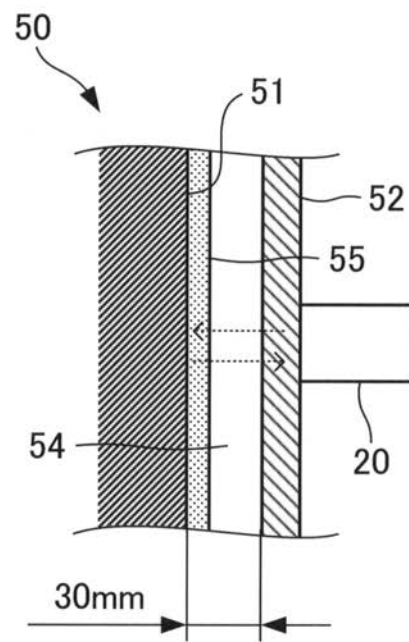
(a)



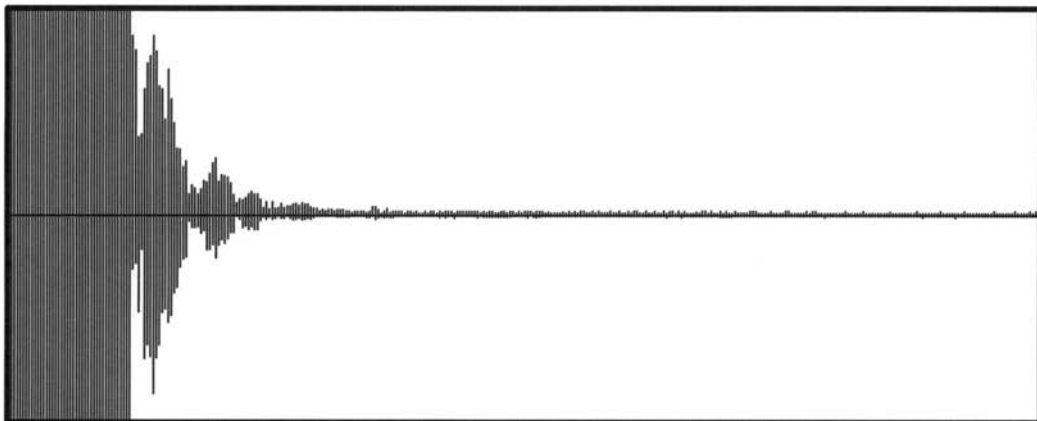
(b)



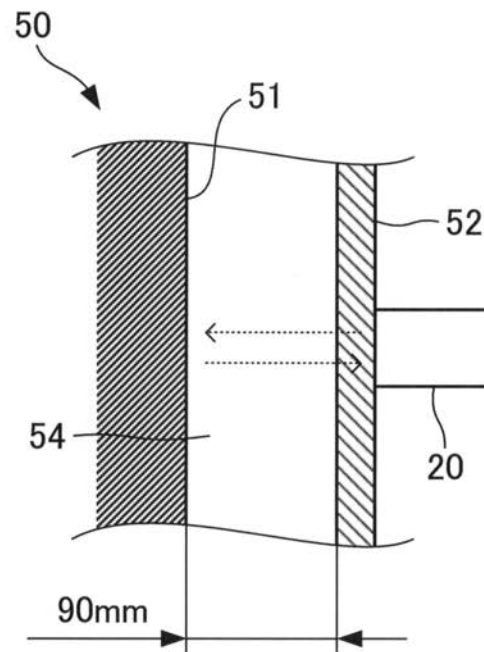
【図 3】
(a)



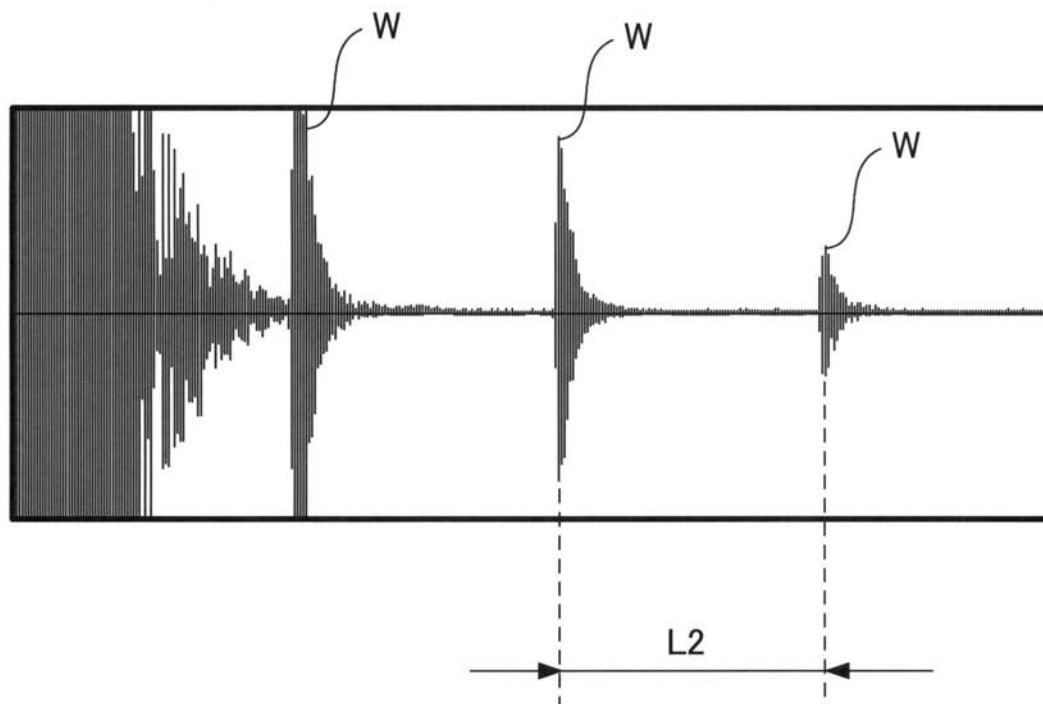
(b)



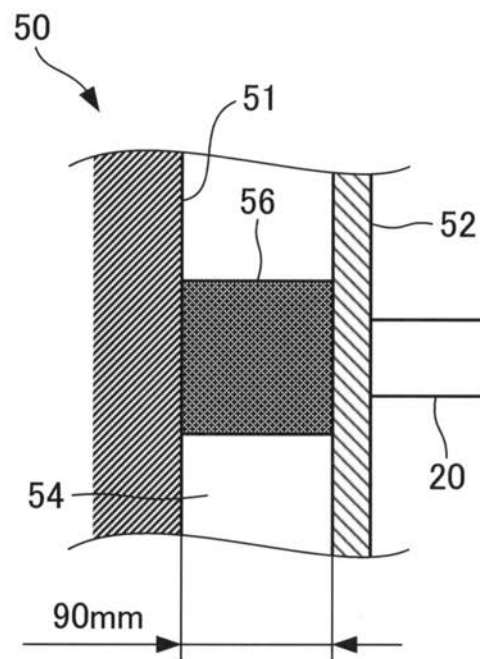
【図 4】
(a)



(b)



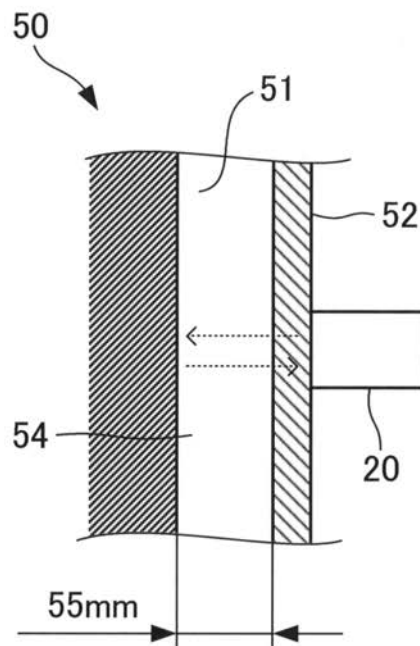
【図 5】
(a)



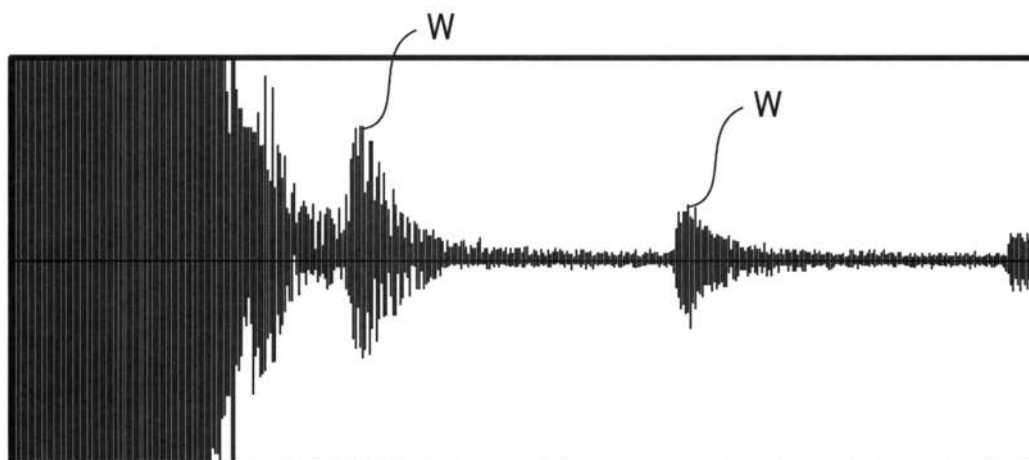
(b)



【図 6】
(a)

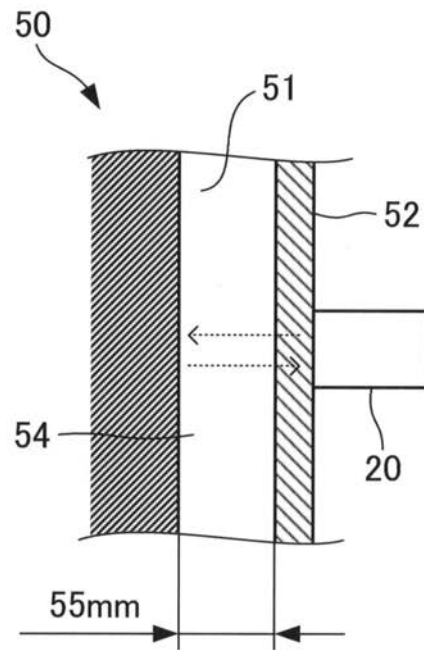


(b)

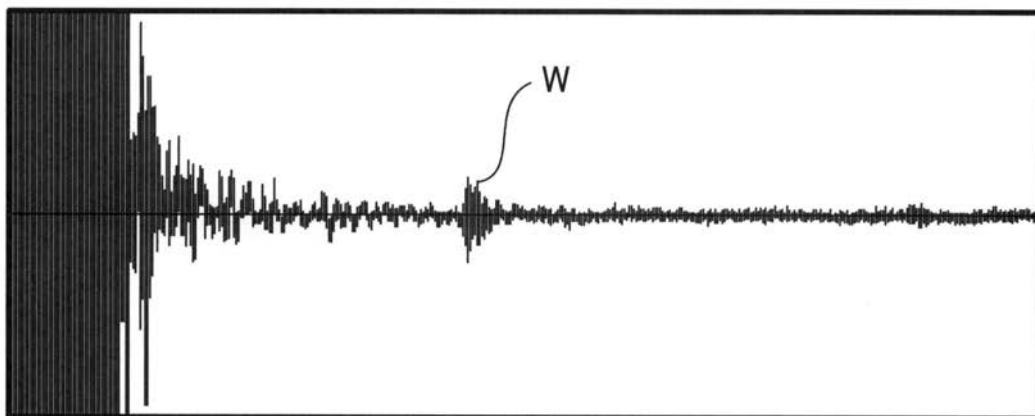


【図 7】

(a)



(b)



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 AA05 AA10 AA11 BA03 BB01 BC02 BC03 BC09 CA01 GF06
GF08 GG10 GG28 GG30