

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6777817号

(P6777817)

(45) 発行日 令和2年10月28日 (2020. 10. 28)

(24) 登録日 令和2年10月12日 (2020. 10. 12)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 29/06 (2006. 01)	GO 1 N 29/06
GO 1 N 29/02 (2006. 01)	GO 1 N 29/02 5 O 1
GO 1 N 29/30 (2006. 01)	GO 1 N 29/30
GO 1 N 29/38 (2006. 01)	GO 1 N 29/38

請求項の数 14 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2019-520804 (P2019-520804)	(73) 特許権者	503003234
(86) (22) 出願日	平成28年10月19日 (2016. 10. 19)		プロセク ソシエテ アノニム
(65) 公表番号	特表2019-532297 (P2019-532297A)		スイス国, ツェーハー-8603 シュベ
(43) 公表日	令和1年11月7日 (2019. 11. 7)		ルツェンバッハ, ポストファハ, リングシ
(86) 国際出願番号	PCT/CH2016/000135		ュトラーセ 2
(87) 国際公開番号	W02018/072042	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成30年4月26日 (2018. 4. 26)		弁理士 青木 篤
審査請求日	令和1年10月18日 (2019. 10. 18)	(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100160705
			弁理士 伊藤 健太郎
		(74) 代理人	100174942
			弁理士 平方 伸治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波検査において不均一性を結合するべく補償するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波によって構成要素を検査する方法であって、

少なくとも1つの超音波エミッタと複数の超音波レシーバとを有する装置 (1) を前記構成要素に対して接触させるステップであって、前記超音波レシーバが前記超音波エミッタに対して異なる位置に配置される、ステップと、

前記超音波エミッタによってプローブ信号を発生するステップと、

前記超音波レシーバによって複数の応答信号 (C i) を受信するステップと、

前記超音波レシーバの少なくとも1つのグループの前記応答信号 (C i) において、

a) 前記応答信号 (C i) において、前記超音波エミッタから前記応答信号 (C i) を受信した前記超音波レシーバまで前記構成要素を進行する表面波によって生じる第1信号セクションを識別するステップと、

b) 前記第1信号セクションから補正值 (V i) を導き出すステップと、

c) 前記補正值 (V i) に応じたスケール係数によって前記応答信号 (C i) の少なくとも第2信号セクションを再スケール調整するステップと、

を含む、方法。

【請求項 2】

結果データセットを生成するために前記第2信号セクションを結合するステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

10

20

前記グループの各超音波レシーバについて、
ー前記超音波レシーバに時間窓（W）を帰属させるステップと、
ー前記超音波レシーバによって計測された前記応答信号（C i）において前記第1信号セクションを識別するために前記時間窓（W）を使用するステップと、
を更に含む、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

前記時間窓（W）の時間的位置が、前記超音波エミッタからの前記超音波レシーバの距離（x i）に依存する、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記時間窓（W）の前記時間的位置が、前記超音波レシーバと前記超音波エミッタとの間の距離（x i）に比例する、請求項4に記載の方法。

10

【請求項6】

前記時間窓（W）の時間的位置が、前記プローブ信号の後の前記応答信号（C i）における第1パルスの到達時間に応じて選択される、請求項3～5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

前記時間窓（W）の長さが、前記超音波エミッタによって発せられた前記プローブ信号の長さ、前記プローブ信号の前記長さの5倍との間であり、特に前記プローブ信号の前記長さの2倍に等しい、請求項3～6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】

少なくとも前記第1セクションにおいて前記応答信号（C i）の包絡線を計算し、前記補正值（V i）を導き出すために前記包絡線を使用するステップを含む、請求項1～7のいずれかに記載の方法。

20

【請求項9】

前記補正值（V i）が、前記第1セクションにおいて、前記応答信号（C i）の、又は、前記応答信号（C i）の包絡線の、最大値（A）に比例する、請求項1～8のいずれかに記載の方法。

【請求項10】

前記超音波エミッタ及び／又は各超音波レシーバが数個の超音波変換器（4）を備える、請求項1～9のいずれかに記載の方法。

【請求項11】

30

各超音波レシーバが、前記応答信号を受信するときに前記構成要素に接触させられる1つ又は複数の先端（5 a）を備える、請求項1～10のいずれかに記載の方法。

【請求項12】

前記プローブ信号を発生するステップ及び前記応答信号を受信するステップが、使用者が前記装置を検査対象の前記構成要素に対して手で保持しながら実行される、請求項1～11のいずれかに記載の方法。

【請求項13】

超音波によって構成要素を検査するための装置であって、
プローブ信号を発生するための少なくとも1つの超音波エミッタと、
複数の応答信号（C i）を受信するための複数の超音波レシーバであって、前記超音波レシーバが前記超音波エミッタに対して異なる位置に配置される、超音波レシーバと、
前記超音波レシーバの少なくとも1つのグループの前記応答信号（C i）について
a) 前記応答信号（C i）において、前記超音波エミッタから前記応答信号（C i）を受信した前記超音波レシーバまで前記構成要素を進行する表面波によって生じる第1信号セクションを識別し、
b) 前記第1信号セクションから補正值（V i）を導き出し、
c) 前記補正值（V i）に応じたスケール係数によって前記応答信号（C i）の少なくとも第2信号セクションを再スケール調整する、
ように適合され構成された制御ユニットと、
を備える、装置。

40

50

【請求項 14】

コンクリートを検査するため及び／又は前記構成要素の内部構造の画像表示を生成するための、請求項 1～13 のいずれかに記載の方法又は装置の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンクリート体などの構成要素又はその他の建築構成要素を超音波によって検査するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波による構成要素の非破壊検査は、様々な技術分野において重要なツールを提供する。例えば、非破壊検査は、コンクリートなどの建材において強化材、ボイド、クラック又は非均質を探し出すために使用できる。

【0003】

このタイプの装置は、米国特許第 7 5 8 7 9 4 3 号において示されている。このタイプの装置は、ハウジングの中に配列された複数の超音波変換器を備える。変換器を介して信号を個別に送受するためにドライバエレクトロニクスが設置される。

【0004】

装置を操作する際、使用者は、検査対象の構成要素に対して装置を保持し、その後、走査作業を実施するために変換器が作動される。

【0005】

米国特許第 7 5 8 7 9 4 3 号の装置は、複数のモジュールを備え、その各々が、超音波変換器を有する数個のテストヘッドを有する。モジュールの 1 つは、信号パルスを送り出すためのトランスミッタモジュールとして作動され、信号パルスはその後他のモジュールによって受信される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明が解決しようとする課題は、計測の正確度が改良された方法及び装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題は、独立請求項に記載する方法及び装置によって解決される。

【0008】

したがって、超音波によって構成要素を検査するための方法は、下記のステップを含む。即ち、

－少なくとも 1 つの超音波エミッタと複数の超音波レシーバとを有する装置を、検査対象の構成要素に対して接触させるステップ。装置において、超音波レシーバは、超音波エミッタに対して異なる位置に配置される。

－前記超音波エミッタによってプローブ信号を発生するステップ。プローブ信号は、例えば単一の超音波パルス又は一連のパルスとすることができる。

－超音波レシーバによって複数の応答信号を受信するステップ。これらの応答信号は、プローブ信号が構成要素の中で様々な経路に沿って伝搬することによって生じる。したがって、応答信号は、典型的には、構成要素の表面に沿って進行する信号と、構成要素の中に進入して構成要素の境界内又は境界の構造から反射される信号と、の重ね合わせによって形成される。

－更に、超音波レシーバの少なくとも 1 つのグループの応答信号において、更に処理ステップが実施される（この超音波レシーバのグループは、全てのレシーバを含むと有利であるが、レシーバのサブセットのみを含むこともできる）。このグループのレシーバの 1 つが受信した各応答信号について、下記のステップが実施される。即ち、

10

20

30

40

50

a) それぞれの応答信号において、超音波エミッタからそれぞれの応答信号を記録した超音波レシーバまで構成要素を進行する表面波によって生じた第1信号セクションを識別するステップ。そのような表面波は、典型的に検査される構成要素のほとんどにおいて存在する。表面波は、構成要素の構造に関して僅かな情報しか運ばず、したがってしばしば無視される。

b) 第1信号セクションから補正値を導き出すステップ。このステップは、たとえば表面波にはしばしばほとんど重要性がないとしても、レシーバによって計測されるそれらの強さは、所与のレシーバがテスト中の構成要素にどれだけ良く結合しているかの目安になる、という見識に基づく。

c) 補正値に応じたスケール係数によってそれぞれの応答信号の少なくとも第2信号セクションを再スケール調整するステップ。このステップは、ステップb)において得られた情報を利用する。補正値はレシーバが構成要素にどれだけ良く結合しているかを示すので、この情報は、少なくとも更なる分析にとって重要な応答信号の部分（即ち請求項の言葉によれば「第2信号セクション」）を再スケール調整できるようにし、それによって、検査中の構成要素への個別の超音波レシーバの結合の質の影響を減少または排除できるようにする。

【0009】

言い換えると、本発明は、計測の正確性及びエラー強さに影響する1つの主要なファクタは、個別の超音波レシーバの結合の質である、という見識に基づく。例えば、表面の小さい凸凹量、僅かな表面の不均質性、又は、装置を構成要素に接触させるときの装置のわずかな不整合でも、いくつかのレシーバの構成要素への結合を他のものよりずっと良くする。

【0010】

このような計測方法の固有の不正確性を補正するために、本発明は、表面波が、レシーバが構成要素にどれだけ良く結合しているか、及び、その信号をどの程度スケール調整すべきか、の良い目安になる、という事実を利用する。補正値に応じて応答信号（少なくともその重要な部分）をスケール調整することによって、局所的な表面の不規則性又は構成要素に対する装置の不適切な接触への応答信号の依存を減少できる。

【0011】

ひとたび様々なレシーバからの第2信号セクションがスケール調整されたら、第2信号セクションは、好ましくは、構成要素の内部構造の画像などの結果データセットを生成するために、例えばSAFTアルゴリズムにおいて組み合わせられる。第2信号セクションはそれらのそれぞれのレシーバの結合の質に応じてスケール調整されるので、結果データセットの正確性及び一貫性が向上される。

【0012】

第1信号セクション即ち表面信号を示す信号セクションを識別するためには様々な方法がある。これらの方法は、独立して又は組み合わせで使用できる。

【0013】

好ましくは、方法は、グループの中の各超音波レシーバについて、下記のステップを含む。即ち、

—超音波レシーバに時間窓（time window）を帰属させるステップ。この時間窓は、応答信号の中の「第1信号セクション」即ち表面波を含む信号のセクションを識別するために使用される。

—超音波レシーバによって計測された応答信号において第1信号セクションを識別するために時間窓を使用するステップ。即ち、時間窓の中にある応答信号の部分のみ（又は少なくともほとんど）が補正値の計算のために使用される。

【0014】

1つの実施形態において、時間窓の時間的位置は、超音波エミッタからの超音波レシーバの距離に依存する。好ましくは、時間的位置は、この距離に比例する。

【0015】

別の実施形態において（例えば、一貫性のチェックのために、先の実施形態と組み合わせられることができる）、時間窓の時間的位置は、応答信号において第1パルスが検出された時間に応じて選択される。これに関して、「第1パルス」は、プローブ信号が構成要素の中へ送られた後に最初に到達するパルスである。これは、ほとんどの構成要素において、表面波が、超音波エミッタから超音波レシーバまで最も高速で伝搬する信号である、という見識に基づく。

【0016】

好ましくは、使用者が検査対象の構成要素に対して装置を手で保持しているときに、プローブ信号を発生すること及び応答信号を受信することが実施される。本発明によって提供される信号のスケール調整は、装置に対する不均等な加圧による問題を補償するために特に適する。したがって、本発明は、装置が手で適用させられる場合に、実質的に安定した信号を得られるようにする。これは、構成要素の内部構造の画像が応答信号から導き出される場合に、特に重要である。

10

【0017】

本発明はまた、超音波によって構成要素を検査するための装置に関する。この装置は、
－プローブ信号を発生するための少なくとも1つの超音波エミッタと、
－複数の応答信号を受信するための複数の超音波レシーバであって、超音波レシーバが、超音波エミッタに対して異なる位置に配置される、超音波レシーバと、
－超音波レシーバの少なくとも1つのグループの応答信号について

a) 応答信号において、超音波エミッタから超音波レシーバまで構成要素を進行する表面波によって生じる第1信号セクションを識別し、

20

b) 第1信号セクションから補正值を導き出し、

c) 補正值に応じたスケール係数によって応答信号の少なくとも第2信号セクションを再スケール調整する、

ように適合され構成された制御ユニットと、
を備える。

【0018】

好ましくは、制御ユニットは、構成要素に対する装置の接触に例外がある可能性があるが、方法クレームの任意のものに従って方法を実行するように適合され構成される。これは、装置が例えばロボット操作でない限り典型的には装置の使用者による。

30

【0019】

本発明に係る方法及び装置は、任意のタイプの構成要素特にコンクリートのサンプルを検査するために使用できる。

【0020】

特定の実施形態において、本発明は、特に合成開口法（SAFT）を使用して、構成要素の内部構造の画像表示を生成するために使用できる。

【0021】

本発明は、下記の詳細な説明を検証すれば、より良く理解でき、かつ上記以外の目標が明らかになる。説明は下記の添付図面を参照する。

【図面の簡単な説明】

40

【0022】

【図1】超音波によって構成要素を検査するための装置の実施形態を示す。

【図2】前記の装置のブロック図の例を示す。

【図3】一連の応答信号をスケール調整するための方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【0023】

[装置]

図1に示す装置1は、超音波による構成要素の非破壊検査のために使用できる。

【0024】

装置は、例えば実質的に立方体のデザインのハウジング2を備える。

50

【0025】

ハウジング2は、検査面3を有する。検査面3は好ましくは平坦である。

【0026】

複数の二方向超音波変換器4が、ハウジング2の検査面3に配列される。各変換器4は、好ましくは、先端5aを備えかつ例えば国際公開第2016/029326号において説明されるタイプのホルダ5bに弾性的に取り付けられた圧電アクチュエータを備える。

【0027】

変換器4は、好ましくは、平坦な平面に配置されており、検査対象の構成要素の平坦な面に対して位置付けられるように適合される。

【0028】

10

図示する実施形態において、変換器4は、行列の長方形マトリクスに配列されている。マトリクスは、例えば、3つの行および8つの列を有する。1つの列の変換器4は、以下で更に詳しく説明するように、装置の単一チャンネルの一部とすることができる。

【0029】

図2は、装置のブロック図である。

【0030】

ブロック図は、チャンネル6にグループ分けされた変換器4を概略的に示す。図示する実施形態において、各チャンネル6は3つの変換器4を有する。

【0031】

本実施形態において、チャンネル6は、列状に、即ち1つの方向に沿って配列されるが、構成要素を完全三次元に画像化するために二次元配列も想定できる。

20

【0032】

コントローラ7は、チャンネル6を制御するため及びチャンネルから信号を受信するためにチャンネル6に接続される。コントローラ7は、例えば、チャンネル6とインターフェイス接続するためのインターフェイス回路8と、動作を制御するように構成されたCPU9と、データ及びファームウェアを保存するためのメモリ10と、を備える。

【0033】

更に、コントローラ7は、コマンドを受け取り、データを送り、かつ、計測結果を表示するために、入力及び出力回路に及びユーザーインターフェイス回路に接続できる。

【0034】

30

本実施形態において、チャンネル6の各々は、超音波エミッタとして又は超音波レシーバとして作動できる。即ち、

－超音波エミッタとして作動する場合、チャンネルは検査対象の構成要素の表面へ超音波パルスを発する。好ましくは、チャンネルの全ての変換器4は同じ信号を発する。

－超音波レシーバとして作動する場合、チャンネルは、構成要素の表面において検出された超音波信号を受け取り、計測する。好ましくは、その変換器4の全ての信号が、例えば加算によって、単一構成信号へと結合される。

【0035】

両方の場合において、変換器4の先端5aは、構成要素の表面に当接しなければならない。

40

【0036】

[計測手順]

計測を実施する際、使用者は、可能であれば全ての変換器4が検査対象の構成要素と当接するように構成要素に対して装置1を位置付けする。

【0037】

その後、チャンネル6の少なくとも1つ、典型的には1度に1つが、超音波エミッタとして作動するように設定される。更に、チャンネル6の数個は、好ましくはエミッタとして作動するチャンネル以外のチャンネルの全ては、超音波レシーバとして作動する。

【0038】

コントローラ7は、プローブ信号を発生するように超音波エミッタに命令する。プロー

50

ブ信号は、例えば、超音波エミッタの変換器へプラスの後にマイナス電圧を加えることを含む、単一のパルスサイクルを含むことができる。但し、もっと複雑な波形を使用することもできる。

【0039】

好ましくは（但し、必ずしも要求されない）、プローブ信号は、次のプローブ信号を発する前にプローブ信号からの全てのエコーを計測するために十分な時間を残すために、連続するプローブ信号の間の間隔に比べて短い。

【0040】

コントローラ7は、その後、超音波レシーバによって計測された応答信号を収集する。

【0041】

応答信号は、超音波レシーバとして構成されたチャンネル6の変換器によって検出された超音波振動に合致する。これらの振動は、超音波エミッタと各超音波レシーバとの間の様々な信号経路の重なり合いによって生じる。

－超音波エミッタは、検査対象の構成要素の表面に沿って伝搬する表面波を発する。これらの表面波は、ほとんどの場合、超音波レシーバの場所に最初に到達する音波である。

－超音波エミッタは、検査対象の構成要素の塊の中へも音波を発する。不均質性及び表面構造（特に、変換器4が当てられる面と反対の面）は、これらの波を散乱させ、散乱した音波の一部も、典型的には表面波の到達後に、超音波レシーバの場所に到達する。

【0042】

図3は、その左の列において、超音波レシーバによって受信された応答信号の例を示す。この例において、変換器4のマトリクス的一端におけるチャンネルは、上述のようにして、単一期間パルスを発している。パルスを発するチャンネルの隣のチャンネルは、信号C1を受け取る最初のチャンネルであり（一番上のグラフ）、その隣のチャンネルは信号C2を受信し、以下同様である。

【0043】

図3の左の列から分かるように、各信号C_i（ $i = 1 \dots 7$ ）は、比較的強いパルス構造から始まる。このパルス構造は、「第1信号セクション」（特許請求の範囲において呼ぶように）に位置し、それぞれのチャンネルに到達表面波によって生じる。その後、信号は、多数のより小さい振動を示す。これは、構成要素の内部不均質から又はその裏側から散乱した後に到達する音波によって生じる。これらのより小さい振動は、典型的に、その後の処理の（例えばSAFT処理と関連する）対象となる振動である。

【0044】

図3の左の列から更に分かるように、表面波の到達時間は、超音波レシーバによって左右される。レシーバが超音波エミッタから離れると、それだけ表面波への到達が遅れる。これは、表面波の伝搬速度が制限されることから生じる。コンクリートにおける典型的な表面波速度は、例えば、約2500m/秒である。

【0045】

また、図3の左の列から分かるように、パルスの振幅は、応答信号間で変動する。超音波エミッタからの距離の増大に伴うある程度の振幅の減衰が予測できるとしても、これらの例は、たとえそのような減衰が仮定される場合でも説明できない信号の高さ間の差異があることを明確に示す。例えば、信号C5及びC6は、信号C4が信号C5及びC6よりの超音波エミッタ近くで測定されるにもかかわらず、信号C4よりも強い。この振幅の変動は、主に、様々なチャンネルと構成要素との間の結合強さの差に由来する。上述のように、構成要素の表面の不規則性は、このような結合の差を生じる。

【0046】

[信号のスケール調整]

上述のように、そのような効果は、適切な信号のスケール調整（scaling）によって補償できる。

【0047】

一般的に、到達表面波の弱い振幅を計測するチャンネルは、構成要素に対して弱く結合

10

20

30

40

50

されている。したがって、このチャンネルは同様に、その後到達する反射波を弱い感度によって計測する。

【0048】

このような変動を補償するために、各超音波信号 C_i は、スケール係数 S_i を使用して下記のように再スケール調整 (rescaled) される。

$$C_i' = S_i \cdot C_i \quad (1)$$

ここで、 C_i' は、リスケール信号を示す。リスケール信号は図3の右の列に示される。

【0049】

式(1)に従った補正は、必ずしも計測された応答信号全てについて実施する必要はないことに留意しなければならない。補正は、「第2信号セクション」についてのみ即ち更なる処理のために使用される信号の部分について実施することもできる。

【0050】

スケール係数 S_i は、その「第1信号セクション」における応答信号の強さ即ち計測された表面波の強さを表す補正值 V_i から導き出すことができる。

【0051】

一般的に、スケール係数 S_i は補正值 V_i の関数であり、補正值 V_i が増大するときスケール係数 S_i は小さくなる。ほとんどの場合、相反関係は最良の結果を与える。即ち、

$$S_i = K_i / V_i \quad (2)$$

ここで、 K_i は定数である。 K_i は、全ての超音波レシーバについて同じ値とすることができる。代替的に、表面波が超音波エミッタから超音波レシーバまで伝搬するとき、例えば下記のように設定することによって、表面波の自然の減衰を考慮することもできる。即ち、

$$K_i = K \cdot \exp(\alpha \cdot x_i) \quad (3)$$

ここで、 α は長さ当たりの表面波の減衰を表す減衰定数であり、 x_i は、超音波エミッタからのそれぞれの超音波レシーバの距離である。 K は、典型的には全ての超音波レシーバに共通の定数である。

【0052】

以下において、補正值 V_i の様々な計算法について説明する。

【0053】

第1ステップにおいて、表面波に対応する応答信号の部分が識別されなければならない。このために、時間窓 W (図3に示す) を、各超音波レシーバに帰属させることができる。このタイプの窓は、上述のように「第1信号セクション」即ち表面波が支配的であると予想される信号のセクションを識別するために使用される。

【0054】

1つの実施形態において、時間的位置 (即ち、時間窓の開始時及び終了時) は、超音波エミッタからの超音波レシーバの距離に比例するように算定できる。例えば、時間窓の中心時間 t_i は、

$$t_i = x_i / c \quad (4)$$

によって算定できる。ここで、 c は表面波の速度である。

【0055】

時間窓の長さは、典型的に、超音波エミッタによって発せられたプローブ信号 (パルス) の長さに依存する。好ましくは、時間窓の長さは、少なくとも発せられたパルスの長さ、好ましくは表面波の想定速度 c の誤差を補償するためにそれより多少大きい長さになるように選択される。例えば、時間窓の長さは、パルスの長さとパルスの長さの5倍との間ののであり、特にパルスの長さの約2倍である。

【0056】

その代わりに又はそれに加えて、時間窓は、応答信号の中の第1の強いパルス (例えば、所与の閾値振幅を上回る振幅を有するパルス) を探すことによって位置を定めることができる。そのような第1パルスは、典型的に、表面波の到達を示す。言い換えると、時間

10

20

30

40

50

窓の時間的位置は、プローブ信号が発せられた後の第1パルスの到達時間に応じて選択される。

【0057】

第1パルスの到達時間のこの分析は、一貫性に関する2つの方法をチェックするために、式(4)の計算と組み合わせることができる。2つの方法の結果が一致しない場合、例えば、再スケール調整を抑制する、又は、異なる(例えば、もっと長い)時間窓を使用できる。

【0058】

適切な時間窓Wが決定されたら、補正值 V_i は、その中の信号の強さから導き出すことができる。この場合にも、そのために様々な様式がある。

10

【0059】

1つの実施例において、応答信号の包絡線は、少なくとも時間窓Wにおいて計算できる。そのような包絡線を図C1及びC2において点線で示す。

【0060】

振動する信号の包絡線を計算するためのアルゴリズムは当業者には既知である。例えば、信号が整流され(即ち、信号の絶対値が使用され)、その後、ローパスフィルタを用いて、ローパスフィルタ処理されることができる。

【0061】

ローパスフィルタの大きさは、例えば、プローブ信号が、パルス周波数(例えば50kHz)に相当する搬送周波数を有する振幅変調信号であり、かつ、この信号の帯域幅がBである、と想定することによって定めることができる。整流後、生信号のスペクトルは、0Hzにおけるベースバンド信号と、パルスの二重中心周波数(例えば100kHz)における信号と、へ分割される。二重中心周波数付近(即ち、100kHz付近)におけるスペクトル成分は、望ましくなく、フィルタで取り除かれる。したがって、ローパスフィルタのカットオフ周波数は、好ましくは、ほぼ $B/2$ であるはずである。これによって、ベースバンド信号(即ち、包絡線)がフィルタによって影響されず、しかも二重中心周波数における望ましくない周波数成分が抑制されるようにする。

20

【0062】

ひとたび包絡線が算定されたら、その最大値、又は、その強さを表すその他の数量、を使用して、補正值 V_i を導き出すことができる。例えば、補正值 V_i は、図3の左の最上のグラフに示すように、包絡線の最大値Aと等しく設定できる。

30

【0063】

その代わりに又はそれに加えて、補正值は、包絡線を最初に計算せずに、応答信号自体の最大値に依存する、特に比例とすることができる。特に、最大値の検出は、この場合にも時間窓Wに限定される。

【0064】

但し、包絡線の使用は、応答信号の個別のピーク値を使用するより、不規則な信号雑音に対してエラー強さがあることに留意しなければならない。

【0065】

更に、時間窓Wは、時間窓外の信号は無視されるという意味で必ずしも「長方形」である必要はないことに留意しなければならない。また、応答信号に掛ける分布関数によってあらわされると言う意味で、「加重」時間窓とすることができる。この場合、分布関数は、表面波の予想到達時間を中心とする領域において平坦な最大値を持ち、その両側で徐々にゼロへ低下する。

40

【0066】

更に、時間窓に依存しない又は明確には依存しない方法、例えば単に応答信号の中の最高信号値を探すことが、使用できる。

【0067】

注釈

本明細書において示す実施形態において、補正值の計算及び再スケール調整は、コント

50

ローラ7によって実行される。例えば、CPU9のプログラミングにおける演算として実施される。その代わりに又はそれに加えて、これらのステップのいくつか又は全てを、個別のチャンネルのレベルで及び／又はハウジング2外部の処理ユニットにおいて実行できる。

【0068】

超音波エミッタの変換器は、好ましくは、せん断波を発生するように有利に作動される。即ち、それらの先端5aは、検査面3に平行でかつ超音波エミッタチャンネルにおいて変換器4の列に平行な方向に移動する。但し、異なる振動も使用できる。

【0069】

装置は、使用者が、本明細書において説明する信号のスケール調整を選択的に可能及び禁止にできるようにするユーザー入力制御装置を備えることができる。

10

【0070】

上記の実施例においては、1つのチャンネル6が超音波エミッタであり、他のチャンネル6が超音波レシーバであると想定した。ほとんどの作動モードにおいて、超音波エミッタの役割は、その後、全てのチャンネル6に帰属し、そのたびに他のチャンネル6はレシーバとして使用される。

【0071】

好ましくは、超音波エミッタ及び／又は各超音波レシーバは、数個の超音波変換器4を備え、その全てが検査対象の構成要素に当接するように位置付けられる。

【0072】

20

上述のように、本発明の方法及び装置は、特に、コンクリート及び表面に不規則性を呈する可能性のあるその他の硬質の材料を検査するために適する。

【0073】

また、装置は、変換器と構成要素との間に結合液又はペーストを塗布することなく充分に作動する。従来の方法は、典型的には、このような結合液又はペーストがない場合表面の不規則性に対して非常に敏感である。

【0074】

好ましくは、各超音波レシーバは、応答信号を受信するときに構成要素に当てられる1つ又は複数の先端を備える。このような設計は、優れたチャンネル信号分離を与え、応答信号を個別にスケール調整するのに良く適する。

30

【0075】

本発明の現在好ましい実施形態を図示し説明したが、本発明はこれらに限定されず、以下の特許請求の範囲の範囲内で多様に実現及び実施できることは明白である。

【図 1】

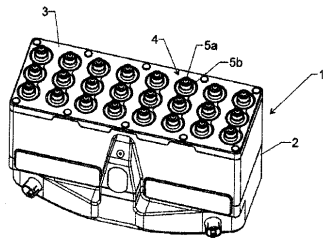


Fig. 1

【図 2】

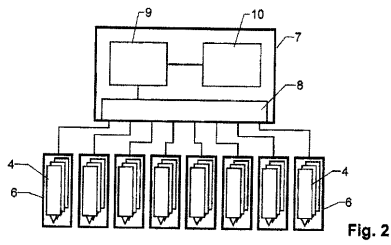


Fig. 2

【図 3】

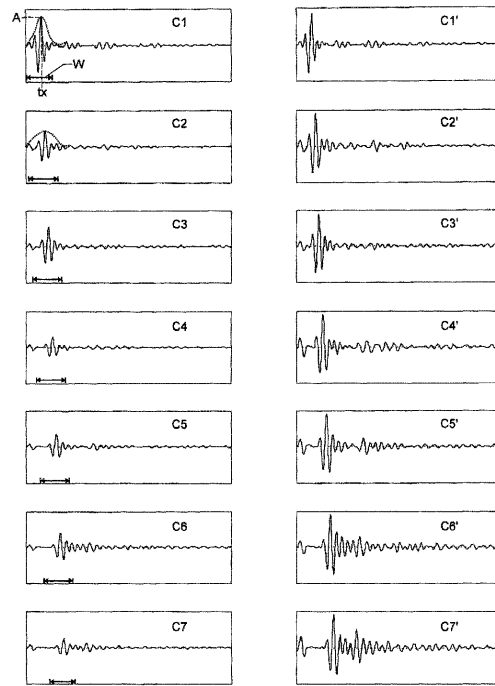


Fig. 3

フロントページの続き

- (72)発明者 フェリクス ガッティカー
スイス国, 8037 チューリッヒ, シェッフエルシュトラッセ 43
- (72)発明者 トーマス シュレゲル
スイス国, 8604 フォルケッツビル, リンデンホーフ 13
- (72)発明者 ラルフ メンニッケ
スイス国, 8610 ウスター, レンネンフェルトベーク 7

審査官 村田 顕一郎

- (56)参考文献 特開平07-174735 (JP, A)
特開平04-301762 (JP, A)
特開昭58-204366 (JP, A)
特開2003-057213 (JP, A)
特開平03-261858 (JP, A)
特開2006-313115 (JP, A)
特開平01-299456 (JP, A)
特開2000-206098 (JP, A)
特開2002-243706 (JP, A)
特開昭58-068663 (JP, A)
米国特許第5524627 (US, A)
特開2003-107164 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/00-29/52