

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6830630号
(P6830630)

(45) 発行日 令和3年2月17日(2021.2.17)

(24) 登録日 令和3年1月29日(2021.1.29)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 29/48 (2006.01) GO 1 N 29/48

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-96436 (P2017-96436)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成29年5月15日(2017.5.15)	(73) 特許権者	392036153 菱電湘南エレクトロニクス株式会社 神奈川県鎌倉市山崎25番地
(65) 公開番号	特開2018-194358 (P2018-194358A)	(73) 特許権者	301031392 国立研究開発法人土木研究所 茨城県つくば市南原1番地6
(43) 公開日	平成30年12月6日(2018.12.6)	(74) 代理人	110003166 特許業務法人山王内外特許事務所
審査請求日	令和1年9月19日(2019.9.19)	(74) 代理人	100101133 弁理士 濱田 初音
		(74) 代理人	100199749 弁理士 中島 成

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波検査方法及び超音波検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の部材と第2の部材を溶接した試験体に送信用超音波探触子から超音波を伝搬させ、当該伝搬した超音波の波を受信用超音波探触子で受信することで、前記試験体の溶接部の性状を推定する超音波検査方法において、

前記送信用超音波探触子を前記第1の部材面上に設置すると共に、前記受信信用超音波探触子を前記第2の部材面上に設置し、

前記試験体内を伝搬する二つの波のうち、第一到達波を、前記第1の部材の平坦部分で反射することなく前記溶接部を透過して前記第2の部材の平坦部分で反射した後に受信される波とし、第二到達波を、前記第1の部材の平坦部分で反射して前記溶接部を透過し、前記第2の部材の平坦部分で再び反射した後に受信される波とし、

前記第一到達波と前記第二到達波の振幅比から、前記溶接部の性状を推定することを特徴とする超音波検査方法。

【請求項 2】

前記第一到達波と前記第二到達波は、前記受信信用超音波探触子で受信される時間的に異なる区間の波であることを特徴とする請求項1記載の超音波検査方法。

【請求項 3】

前記第一到達波と前記第二到達波のうち、少なくとも一方の波の振幅を用いて前記溶接部の性状を推定することを特徴とする請求項1記載の超音波検査方法。

【請求項 4】

10

20

前記第一到達波と前記第二到達波が共に受信できない場合は、前記溶接部が破断していると判定することを特徴とする請求項 1 記載の超音波検査方法。

【請求項 5】

第 1 の部材と第 2 の部材を溶接した試験体における前記第 1 の部材上に設置され、前記試験体に超音波を出射する送信用超音波探触子と、

前記第 2 の部材上に設置され、前記送信用超音波探触子から出射されて前記試験体内を伝搬する二つの波のうち、前記第 1 の部材の平坦部分で反射することなく前記溶接部を透過して前記第 2 の部材の平坦部分で反射した後に受信される第一到達波と、前記第 1 の部材の平坦部分で反射して前記溶接部を透過し、前記第 2 の部材の平坦部分で再び反射した後に受信される第二到達波とを受信する受信用超音波探触子と、

前記第一到達波と前記第二到達波の振幅比から、前記溶接部の性状を推定する信号処理部とを備えたことを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 6】

前記信号処理部は、前記受信用超音波探触子で受信される時間的に異なる区間の波を前記第一到達波と前記第二到達波とすることを特徴とする請求項 5 記載の超音波検査装置。

【請求項 7】

前記信号処理部は、前記第一到達波と前記第二到達波のうち、少なくとも一方の波の振幅を用いて前記溶接部の性状を推定することを特徴とする請求項 5 記載の超音波検査装置。

【請求項 8】

前記信号処理部は、前記受信用超音波探触子で、前記第一到達波と前記第二到達波が共に受信できない場合は、前記溶接部が破断していると判定することを特徴とする請求項 5 記載の超音波検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて試験体の性状を判断する超音波検査方法及び超音波検査装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、道路橋等の構造物の老朽化が問題となっており、適切な維持管理が要求されている。道路橋に用いられている鋼床版は、板状のデッキプレートとその下に設けられたウリブとから構成されている。この様子を図 1 1 に示す。図示のように、鋼板であるデッキプレート 2 を、ウリブ 1 が下から支える構造であり、この二つの部材は溶接されている。二つの部材が溶接されている様子を図 1 2 に示す。図示のように、ウリブ 1 とデッキプレート 2 とは溶接部 3 で溶接されている。また、二つの部材を溶接するとき、溶材が溶け込まずに未溶着な部分が発生する。図 1 2 では、これを未溶着部 4 として示している。

【0003】

デッキプレート 2 の上にはアスファルトがあり、その上を車が走行する。溶接部 3 には、車が走行する度に応力が集中するため、未溶着部 4 の先端から亀裂が発生する場合がある。図 1 2 には、未溶着部 4 の先端から亀裂 4 a が発生している様子を示している。この亀裂 4 a が進展すると、溶接部 3 を破断することもある。このため、未溶着部 4 の先端から進展した亀裂 4 a を、破断後だけでなく破断前に非破壊で検出する技術が要望されている。

【0004】

溶接部の亀裂検査の従来方法としては、例えば特許文献 1 に記載されている方法があった。特許文献 1 に記載の方法は、送信用の超音波探触子と受信用の超音波探触子を同一の探傷面に設置し、亀裂からの反射波により亀裂の有無を検査する方法である。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2003-57214号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上記従来の検査方法は、送信用の超音波探触子と受信用の超音波探触子を試験体の同じ面に接触させることができない場合は適用困難である。特に、道路橋等の構造物を対象とする場合、デッキプレート2上には舗装面があることから超音波探触子を設置するのは困難であった。

【 0 0 0 7 】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、超音波探傷子を同一平面上に設置する必要がなく、高精度で試験体の性状を検査することのできる超音波検査方法及び超音波検査装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

この発明に係る超音波検査方法は、第1の部材と第2の部材を溶接した試験体に送信用超音波探触子から超音波を伝搬させ、伝搬した超音波の波を受信用超音波探触子で受信することで、試験体の溶接部の性状を推定する超音波検査方法において、送信用超音波探触子を第1の部材面上に設置すると共に、受信用超音波探触子を第2の部材面上に設置し、試験体内を伝搬する二つの波のうち、第一到達波を、第1の部材の平坦部分で反射することなく溶接部を透過して第2の部材の平坦部分で反射した後に受信される波とし、第二到達波を、第1の部材の平坦部分で反射して溶接部を透過し、第2の部材の平坦部分で再び反射した後に受信される波とし、第一到達波と第二到達波の振幅比から、溶接部の性状を推定するようにしたものである。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

この発明の超音波検査方法は、試験体の性状の推定を、第一到達波と第二到達波を用いて行うようにしたので、超音波探触子を同一平面上に設置する必要がなく、高精度で試験体の性状を検査することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図1】この発明の実施の形態1による超音波検査装置を示す構成図である。

【図2】図2A及び図2Bは、この発明の実施の形態1による超音波検査装置の探触子の応答特性を示す説明図である。

【図3】この発明の実施の形態1による超音波検査装置の試験体の具体的な寸法の一例を示す説明図である。

【図4】図4A～図4Fは、この発明の実施の形態1による超音波検査装置の試験体内の音場を示す説明図である。

【図5】図5A～図5Cは、この発明の実施の形態1による超音波検査装置の受信信号における第一到達波と第二到達波とを示す説明図である。

【図6】この発明の実施の形態1による超音波検査装置の亀裂長さに対する振幅の変化を示す説明図である。

【図7】この発明の実施の形態1による超音波検査装置の亀裂長さに対する振幅比を示す説明図である。

【図8】この発明の実施の形態1による超音波検査装置の信号処理部のハードウェア構成図である。

【図9】この発明の実施の形態1による超音波検査装置の信号処理部の処理を示すフローチャートである。

【図10】この発明の実施の形態3による超音波検査装置の信号処理部の処理を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 1】デッキプレートとUリブとの関係を示す斜視図である。

【図 1 2】デッキプレートとUリブとの溶接部の状態を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態 1 .

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による超音波検査方法に用いる超音波検査装置を示す構成図である。

図 1 において、Uリブ 1 とデッキプレート 2 は、図 1 1 及び図 1 2 で説明したように、第 1 の部材と第 2 の部材に相当する構成である。また、溶接部 3、未溶着部 4 及び亀裂 4 a についても図 1 1 及び図 1 2 と同様である。そして、実施の形態 1 による超音波検査装置は、送信用超音波斜角探触子 5、受信用超音波斜角探触子 6 及び送受信機 10 を備えている。送信用超音波斜角探触子 5 は、Uリブ 1 上に設置され、所定の屈折角で超音波を出射する探触子である。受信用超音波斜角探触子 6 はデッキプレート 2 上に設置され、取付面を介して超音波を受信する探触子である。送受信機 10 は、送信用超音波斜角探触子 5 に対して電気信号を供給すると共に、受信用超音波斜角探触子 6 からの電気信号を受け取って、溶接部 3 の性状を推定する処理部であり、送信部 11、受信部 12 及び信号処理部 13 を備えている。送信部 11 は、信号処理部 13 によって制御され、送信用超音波斜角探触子 5 を励振するための電気信号を発生する処理部である。受信部 12 は受信用超音波斜角探触子 6 で受信された電気信号を必要に応じて増幅し、信号処理部 13 に送るための処理部である。信号処理部 13 は、受信用超音波斜角探触子 6 で受信された第一到達波（図 1 において実線で示す）と第二到達波（図 1 において破線で示す）を用いて溶接部 3 の性状を推定する処理部であるが、その詳細については後述する。

【0012】

実施の形態 1 は、図 1 に示すように、送信用超音波斜角探触子 5 をUリブ 1 に設置し、受信用超音波斜角探触子 6 をデッキプレート 2 に設置し、この状態で得られた受信信号の振幅から、未溶着部 4 から進展した亀裂 4 a の長さを推定するものである。

【0013】

図 1 に示した探触子の配置とした場合、どのような信号が受信されるのかを確認するため、シミュレーションを行った。シミュレーションに用いた探触子の応答特性は図 2 に示す通りであり、周波数 5 MHz で比較的広帯域なものを想定した。図中、図 2 A は相対振幅の時間経過を示し、図 2 B は周波数に対する相対振幅を示す。

【0014】

試験体の寸法や、試験体との具体的な位置関係は、図 3 に示す通りである。Uリブ 1 の厚さは 6 mm、デッキプレート 2 の厚さは 12 mm である。Uリブ 1 とデッキプレート 2 は、図中に示す角度が 13° で溶接されているものとした。溶け込み率 50% を想定し、Uリブ 1 とデッキプレート 2 との接着領域は 3 mm とした。送信用超音波斜角探触子 5 は、横波屈折角がほぼ 90° となるような角度とした。また、受信用超音波斜角探触子 6 は、横波屈折角が 45° となるような角度とした。

【0015】

試験体内の音場を図 4 に示す。図 4 A ~ 図 4 F は、それぞれ、送信用超音波斜角探触子 5 を励振してから、8 μ s 後、10 μ s 後、12 μ s 後、14 μ s 後、16 μ s 後、及び 18 μ s 後の音場であり、超音波の振幅を濃淡で示している。また、図 4 では未溶着部 4 の先端からの亀裂長さが 2.2 mm の場合の音場である。図から明らかなように、送信用超音波斜角探触子 5 から伝搬した波は、そのまま溶接部 3 を透過する成分（図中、実線で表示）もあれば、Uリブ 1 の底面で反射されてから溶接部 3 を透過する成分（図中、破線で表示）もある。この二つの波は、いずれもデッキプレート 2 の上面で反射され、受信用超音波斜角探触子 6 で受信される。図 4 の音場から分かるように、これら二つの波は時間的に分離され、到達時間が異なる。そのまま溶接部 3 を透過する成分の方が早く受信され、この波を「第一到達波」とする。また、Uリブ 1 の底面で反射されてから溶接部 3 を透過する成分の方が遅く受信され、この波を「第二到達波」とする。

【 0 0 1 6 】

図 1 において、第一到達波の伝搬経路を実線で示し、第二到達波の伝搬経路を破線で示している。図から分かるように、これらの波は未溶着部 4 の先端からの亀裂 4 a によって、伝搬経路が遮られる。亀裂 4 a が短い場合には、第一到達波はあまり影響されないが、第二到達波は大きく影響を受ける。

【 0 0 1 7 】

シミュレーションで得られた受信信号を図 5 に示す。図 5 A ~ 図 5 C では、それぞれ亀裂長さ 0 mm , 2 . 2 mm , 4 . 0 mm の場合の信号である。図 5 A に示すように、亀裂長さ 0 mm の場合には、第一到達波の振幅よりも第二到達波の振幅の方が大きい。図 5 B に示すように、亀裂長さ 2 . 2 mm の場合、両者の振幅はほぼ同等となる。また、図 5 C に示すように、亀裂長さ 4 . 0 mm の場合には、振幅の大小が逆転し、第一到達波の振幅の方が第二到達波の振幅よりも大きくなっている。本発明は、この現象を利用して、亀裂長さを推定するというものである。なお、20 μ s より前にも小さい信号が受信されているが、これは表面波に起因するものであるので、本発明では考慮しない。

【 0 0 1 8 】

亀裂長さを変えて同様のシミュレーションを行い、亀裂長さに対する振幅の変化を求めた。結果を図 6 に示す。図中、実線が第一到達波の振幅であり、破線が第二到達波の振幅である。図の縦軸は、亀裂長さ 0 mm の場合に受信された第一到達波の振幅で規格化している。図に示すように、第一到達波の振幅は 4 mm 付近まではあまり変化せず、4 mm を超えると大きく減少する。一方、第二到達波の振幅は一様に減少していき、亀裂長さが 2 . 2 mm 付近で両者が逆転する。

【 0 0 1 9 】

両者の振幅比 (第一到達波の振幅 ÷ 第二到達波の振幅) を求め、亀裂長さに対する振幅比を求めた結果を図 7 に示す。図に示すように、亀裂が短い場合には振幅比が小さくなり、亀裂が長い場合には振幅比が大きくなる。例えば、振幅比の閾値を 1 . 0 として検査を行えば、振幅比が閾値より小さい場合には亀裂は 2 . 2 mm 以下の微小なものと推定でき、閾値よりも大きい場合には亀裂は 2 . 2 mm 以上長さがあるものと推定できる。

【 0 0 2 0 】

本発明は、送信用超音波斜角探触子 5 及び受信用超音波斜角探触子 6 を動かさずに受信された二つの信号を用いるので、探触子と試験体との接触状態に影響されない。すなわち、探触子と試験体との接触状態が悪い場合には、第一到達波及び第二到達波の振幅が共に低下し、低下量は同等であるので、振幅比は変わらない。振幅比を用いるメリットはこの点にある。

【 0 0 2 1 】

次に、信号処理部 1 3 の詳細について説明する。信号処理部 1 3 は、第一到達波と第二到達波を用い、これらの振幅比から溶接部 3 の性状として未溶着部 4 からの亀裂長さを推定する。信号処理部 1 3 では、第一到達波及び第二到達波が受信される時間を予め求めておき、二つの時間ゲートを設ける。この二つの時間ゲートとして、例えば図 5 には、それぞれ「ゲート 1 」及び「ゲート 2 」として示している。そして、信号処理部 1 3 は、それぞれのゲート 1 , 2 内の信号の振幅を求め、さらに振幅比を求めることで、未溶着部 4 からの亀裂長さを推定する。このように、第一到達波及び第二到達波の伝搬経路からゲートを設ける時間を決めるという点が、本実施の形態の特徴である。

【 0 0 2 2 】

信号処理部 1 3 のハードウェア構成は、たとえば、パーソナルコンピュータまたはワークステーションなどの CPU (Central Processing Unit) 内蔵のコンピュータを用いて実現可能である。あるいは、DSP (Digital Signal Processor)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) または FPGA (Field - Programmable Gate Array) などの LSI (Large Scale Integrated circuit) を用いて実現されてもよい。

【 0 0 2 3 】

図 8 は、信号処理部 1 3 のハードウェア構成例を概略的に示すブロック図である。図 8 の例では、CPU を含むプロセッサ 1 3 1、ROM (Read Only Memory) 1 3 2、RAM (Random Access Memory) 1 3 3、記録媒体 1 3 4、送受信インターフェース回路 1 3 5、表示インターフェース回路 1 3 6 及び信号路 1 3 7 で構成され、外部機器として表示器 1 3 8 が接続されている。これらのプロセッサ 1 3 1 ~ 表示インターフェース回路 1 3 6 は、バス回路などの信号路 1 3 7 を介して相互に接続されており、表示器 1 3 8 は表示インターフェース回路 1 3 6 に接続されている。

【 0 0 2 4 】

プロセッサ 1 3 1 は、RAM 1 3 3 を作業用メモリとして使用して、ROM 1 3 2 から読み出された超音波測定用のコンピュータプログラムを実行する。すなわち、このコンピュータプログラムは、本実施の形態の超音波検査方法を実現するためのプログラムである。記録媒体 1 3 4 は、例えば、SDRAM (Synchronous DRAM) などの揮発性メモリ、または HDD (ハードディスクドライブ) もしくは SSD (ソリッドステートドライブ) を用いて構成され、検査結果等のデータを記録するのに用いられる。送受信インターフェース回路 1 3 5 は、送信部 1 1 との間の信号伝達及び受信部 1 2 との間の信号伝達に使用される回路である。表示インターフェース回路 1 3 6 は、表示器 1 3 8 との間の信号伝達に使用される回路である。表示器 1 3 8 は、亀裂長さの推定結果を表示するものである。結果は数字として表示しても良いし、LED ランプの明るさで表示しても良い。表示方法は限定されるものではない。

【 0 0 2 5 】

次に、実施の形態 1 の超音波検査方法について説明する。図 9 は超音波検査方法を実現するための信号処理部 1 3 の処理を示すフローチャートである。

まず、信号処理部 1 3 から送信部 1 1 へ、超音波を発生させるための制御信号を送る (ステップ ST 1)。これにより、送信部 1 1 で電気信号を発生させ、送信用超音波斜角探触子 5 を励振する。これにより、送信用超音波斜角探触子 5 は超音波を U リブ 1 内に照射する。この超音波の横波が溶接部 3 を通り、デッキプレート 2 の上面で反射されて受信用超音波斜角探触子 6 で受信され、電気信号に変換される。すなわち、第一到達波と第二到達波が受信用超音波斜角探触子 6 で受信される。受信用超音波斜角探触子 6 はこれを電気信号に変換して受信部 1 2 に送る。受信部 1 2 では、必要があれば信号を増幅し、信号処理部 1 3 に送る。

【 0 0 2 6 】

信号処理部 1 3 では、受信部 1 2 からの受信信号を、送受信インターフェース回路 1 3 5 で受け取る (ステップ ST 2)。その後、受信信号は、信号路 1 3 7 を介して RAM 1 3 3 に格納される (ステップ ST 3)。次に、プロセッサ 1 3 1 は、RAM 1 3 3 から受信信号を読み出し (ステップ ST 4)、その受信信号に基づいて、ゲート 1 内の振幅 I_1 及びゲート 2 内の振幅 I_2 を算出する (ステップ ST 5)。次いで、プロセッサ 1 3 1 は、ゲート 1 内の振幅 I_1 とゲート 2 内の振幅 I_2 との振幅比 I_1 / I_2 を求める (ステップ ST 6)。また、振幅比に基づいて、溶接部 3 に発生した亀裂 4 a の長さを推定する (ステップ ST 7)。

【 0 0 2 7 】

そして、プロセッサ 1 3 1 は、表示インターフェース回路 1 3 6 を制御して推定結果を表示器 1 3 8 に送る (ステップ ST 8)。これにより表示器 1 3 8 は、推定結果を表示する。以上で処理は終了する。なお、これらの処理結果は、適宜記録媒体 1 3 4 に記録される。

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、実施の形態 1 の超音波検査方法によれば、第 1 の部材と第 2 の部材を溶接した試験体に送信用超音波探触子から超音波を伝搬させ、伝搬した超音波の波を受信用超音波探触子で受信することで、試験体の溶接部の性状を推定する超音波検査方法において、送信用超音波探触子を第 1 の部材面上に設置すると共に、受信用超音波探触子

を第2の部材面上に設置し、試験体内を伝搬する二つの波のうち、第一到達波を、溶接部を透過して第2の部材の平坦部分で反射した後に受信される波とし、第二到達波を、第1の部材の平坦部分で反射して溶接部を透過し、第2の部材の平坦部分で再び反射した後に受信される波とし、試験体の性状の推定を、第一到達波と第二到達波を用いて行うようにしたので、超音波探触子を同一平面上に設置する必要がなく、高精度で試験体の性状を検査することができる。

【0029】

また、実施の形態1の超音波検査方法によれば、第一到達波と第二到達波の振幅比から、溶接部の性状を推定するようにしたので、探触子と試験体との接触状態に影響されことなく高精度で試験体の性状を検査することができる。

10

【0030】

また、実施の形態1の超音波検査方法によれば、第一到達波と第二到達波は、受信用超音波探触子で受信される時間的に異なる区間の波としたので、第一到達波と第二到達波の容易かつ確実に取り出すことができる。

【0031】

また、実施の形態1の超音波検査装置によれば、第1の部材と第2の部材を溶接した試験体における第1の部材上に設置され、試験体に超音波を出射する送信用超音波探触子と、第2の部材上に設置され、送信用超音波探触子から出射されて試験体内を伝搬する二つの波のうち、溶接部を透過して第2の部材の平坦部分で反射した後に受信される第一到達波と、第1の部材の平坦部分で反射して溶接部を透過し、第2の部材の平坦部分で再び反射した後に受信される第二到達波とを受信する受信用超音波探触子と、第一到達波と第二到達波を用いて、溶接部の性状を推定する信号処理部とを備えたので、超音波探触子を同一平面上に設置する必要がなく、高精度で試験体の性状を検査することができる。

20

【0032】

また、実施の形態1の超音波検査装置によれば、信号処理部は、第一到達波と第二到達波の振幅比から、溶接部の性状を推定するようにしたので、探触子と試験体との接触状態に影響されことなく高精度で試験体の性状を検査することができる。

【0033】

また、実施の形態1の超音波検査装置によれば、信号処理部は、受信用超音波探触子で受信される時間的に異なる区間の波を第一到達波と第二到達波とするようにしたので、第一到達波と第二到達波の容易かつ確実に取り出すことができる。

30

【0034】

実施の形態2 .

実施の形態2は、第一到達波と第二到達波の振幅比だけでなく、少なくともいずれか一方の到達波の振幅も併用して溶接部3の性状を推定するようにしたものである。

例えば、図7に示すように、亀裂長さが4.8mmの場合だけ、第一到達波と第二到達波の振幅比が小さくなっている。このような場合、実施の形態1で示した振幅比だけで亀裂長さを判断するのは困難である。

【0035】

亀裂長さ4.8mmの場合に振幅比が小さくなる原因は、第二到達波の振幅が非常に小さいためである。振幅比を(第一到達波の振幅÷第二到達波の振幅)としているので、第二到達波の振幅が非常に小さいと分母が小さくなり、この場合は分母の僅かの変化で振幅比が大きく変わってしまう。ここで、第一到達波の振幅も小さい場合、本来、亀裂の長さが長いという推定結果が得られなければいけないが、振幅比のみで推定した場合は亀裂の長さが小さいという判定結果となってしまう。そこで、実施の形態2では、実施の形態1で示した振幅比による判定に加え、第一到達波あるいは第二到達波の振幅値を併用するものである。すなわち、実施の形態2の信号処理部13は、第一到達波と第二到達波のうち、少なくとも一方の波の振幅を用いて溶接部の性状を推定するよう構成されている。他の構成は、図1に示した実施の形態1と同様であるため、ここでの説明は省略する。

40

【0036】

50

実施の形態 2 の信号処理部 13 は、実施の形態 1 と同様に、まず振幅比を求め、大きければ亀裂は長いと推定する。振幅比が小さい場合に、第一到達波あるいは第二到達波の振幅値も判断材料に用いる。すなわち、ゲート 1 内の振幅値とゲート 2 内の振幅値を用いる。振幅比が小さく、かつ、第一到達波あるいは第二到達波の振幅も非常に小さい場合には、亀裂が長いと推定する。すなわち、実施の形態 2 の信号処理部 13 の処理では、実施の形態 1 における図 9 のフローチャートにおいて、ステップ S T 7 の処理が「振幅比と、ゲート 1 内あるいはゲート 2 内の振幅値に基づいて亀裂長さを推定する」となる。なお、振幅値として第一到達波と第二到達波の両方を用いるか、いずれか一方を用いるか、また、いずれか一方の場合は第一到達波と第二到達波のうちどちらを用いるかは、探触子の配置や超音波の周波数等によって適宜選択する。

10

【 0 0 3 7 】

以上説明したように、実施の形態 2 の超音波検査方法によれば、第一到達波と第二到達波のうち、少なくとも一方の波の振幅を用いて溶接部の性状を推定するようにしたので、試験体の性状の検査精度をより向上させることができる。

【 0 0 3 8 】

また、実施の形態 2 の超音波検査装置によれば、信号処理部は、第一到達波と第二到達波のうち、少なくとも一方の波の振幅を用いて溶接部の性状を推定するようにしたので、試験体の性状の検査精度をより向上させることができる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 は、第一到達波と第二到達波のいずれも受信できない場合は溶接部が破断していると判定するようにしたものである。

20

実施の形態 1 と実施の形態 2 では、第一到達波と第二到達波の振幅を用いて亀裂の長さを推定しているが、これらの波が受信されない場合もある。それは、未溶着部 4 の先端からの亀裂が進展し、溶接部 3 を破断した場合である。この場合、U リブ 1 からデッキプレート 2 へ超音波は伝搬しないため、いずれの到達波も受信されない。実施の形態 3 に係わる超音波検査方法は、第一到達波と第二到達波が受信されなくなった場合、溶接部 3 は破断していると判定するというものである。なお、溶接部 3 の上に塗装があり、塗装だけが破断して溶接部 3 は破断していないという場合もある。このような場合、目視検査では「破断あり」と誤判定する可能性があるが、本発明の実施の形態 3 による検査方法であれば、第一到達波あるいは第二到達波を用いて判断するので、誤判定することはない。

30

【 0 0 4 0 】

実施の形態 3 の超音波検査装置の図面上の構成は、実施の形態 1 の超音波検査装置の構成と同じである。ただし、信号処理部 13 が、受信用超音波斜角探触子 6 で、第一到達波と第二到達波が共に受信できない場合は、溶接部 3 が破断していると判定するよう構成されている。他の構成は実施の形態 1 と同様である。

図 10 は、実施の形態 3 の超音波検査方法を示すフローチャートである。ここで、ステップ S T 10 とステップ S T 11 以外は、図 9 に示した実施の形態 1 の処理と同様である。ステップ S T 10 では、信号処理部 13 は、ゲート 1 及びゲート 2 内の信号の振幅が閾値以上かを判定する。ここで、閾値とは、第一到達波と第二到達波が受信されたか否かを判別するための値であり、検査条件に基づいて適宜決定する。ステップ S T 10 において、閾値以上であった場合、以降の処理は実施の形態 1 と同様である。一方、ステップ S T 10 において、ゲート 1 及びゲート 2 内の信号の振幅が共に閾値以上ではなかった場合、信号処理部 13 は溶接部 3 が破断していると判定し（ステップ S T 11）、ステップ S T 8 に移行する。

40

【 0 0 4 1 】

以上説明したように、実施の形態 3 の超音波検査方法によれば、第一到達波と第二到達波が共に受信できない場合は、溶接部が破断していると判定するようにしたので、溶接部の破断を確実に判定することができる。

【 0 0 4 2 】

50

また、実施の形態3の超音波検査装置によれば、受信用超音波探触子で、第一到達波と第二到達波が共に受信できない場合は、溶接部が破断していると判定するようにしたので、溶接部の破断を確実に判定することができる。

【0043】

なお、上記実施の形態1～実施の形態3では、Uリブ1の厚さやデッキプレート2の厚さ及び溶け込み率等を図3に示したような値として説明したが、これらの値に限定されるものではなく、他の値であってもシミュレーション結果に基づいて同様に亀裂長さ推定が可能である。

【0044】

また、本発明の超音波検査方法及び超音波検査装置における信号の振幅は、絶対値の振幅でもよいし、正の値の振幅でもよい。負の値の振幅でも構わない。

【0045】

さらに、本発明の超音波検査方法及び超音波検査装置は、第1の部材と第2の部材を溶接した試験体全般に適用可能である。ここでは例として、Uリブ1を第1の部材、デッキプレート2を第2の部材として説明したが、第1の部材や第2の部材をUリブやデッキプレートに限定するものではない。

【0046】

また、実施の形態1～実施の形態3では、第1の部材に送信用超音波斜角探触子5を設置し、第2の部材に受信用超音波斜角探触子6を設置した場合について説明したが、送信と受信を入れ替えても結果は変わらない。例えば、送信部11を受信用超音波斜角探触子6に接続し、受信部12を送信用超音波斜角探触子5に接続しても良い。

【0047】

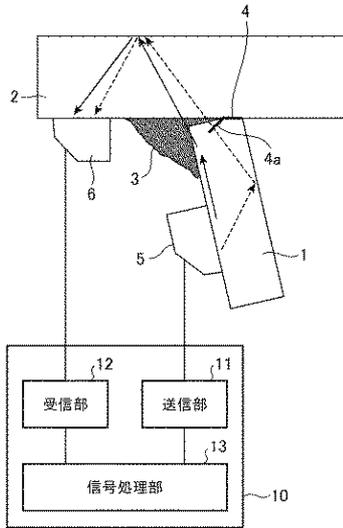
なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

【符号の説明】

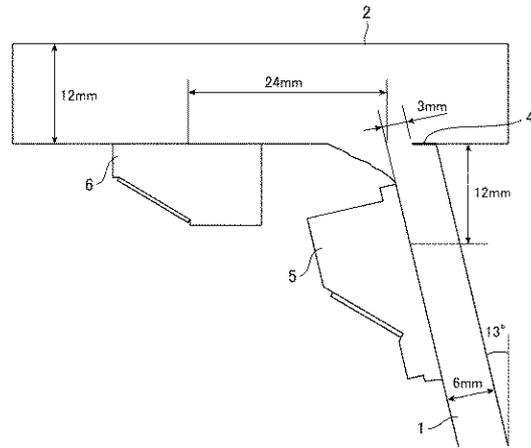
【0048】

1 Uリブ、2 デッキプレート、3 溶接部、4 未溶着部、4a 亀裂、5 送信用超音波斜角探触子、6 受信用超音波斜角探触子、10 送受信機、11 送信部、12 受信部、13 信号処理部。

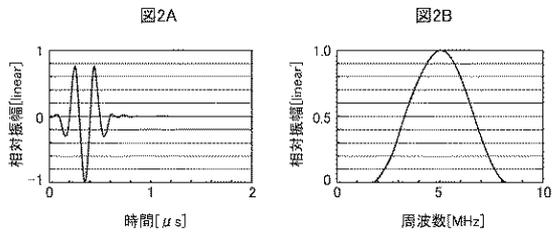
【 図 1 】



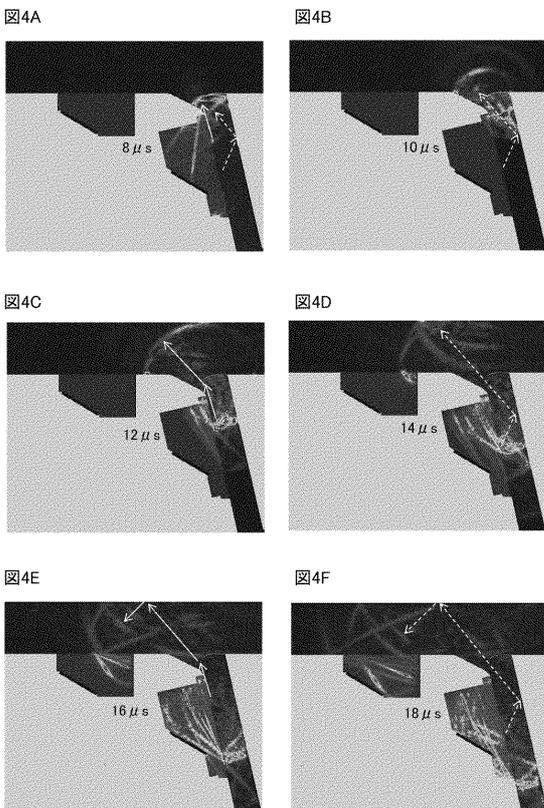
【 図 3 】



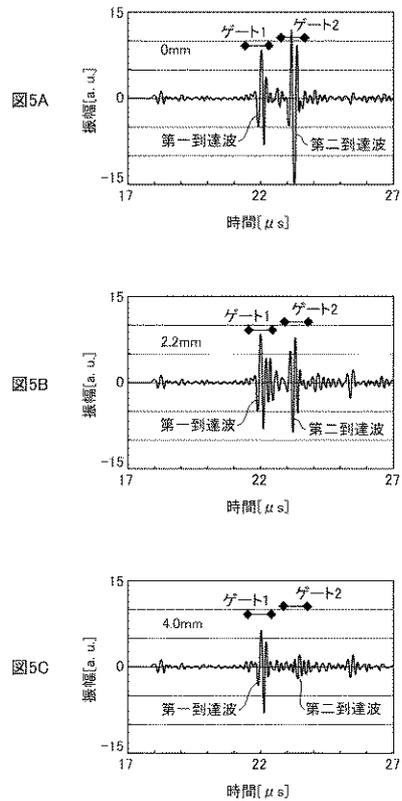
【 図 2 】



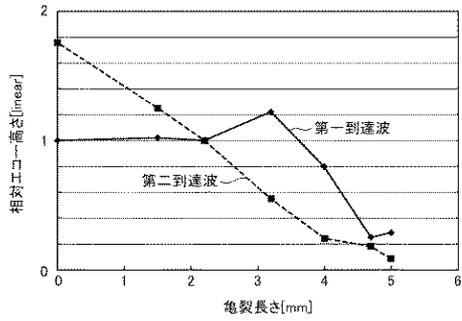
【 図 4 】



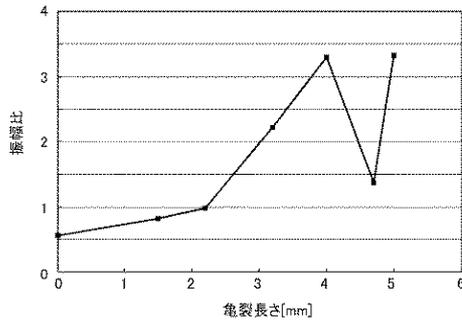
【 図 5 】



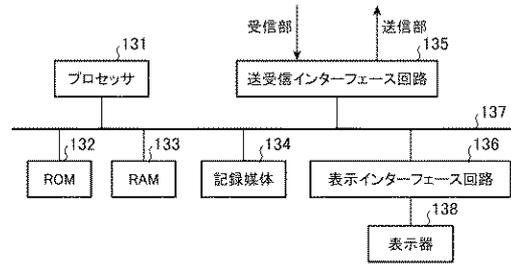
【図 6】



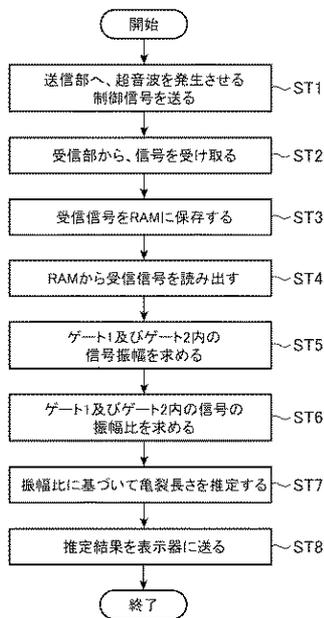
【図 7】



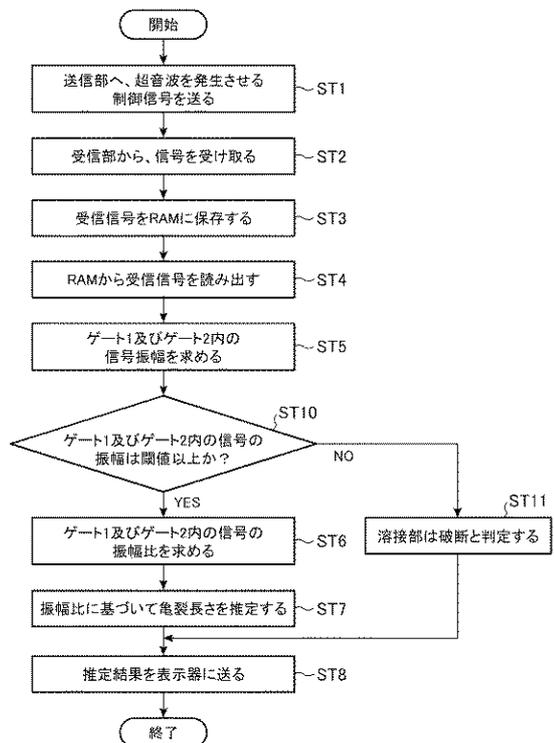
【図 8】



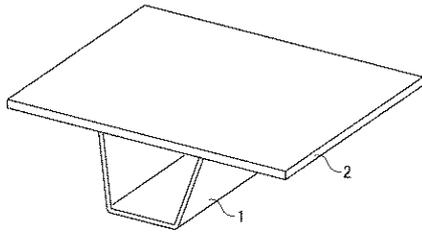
【図 9】



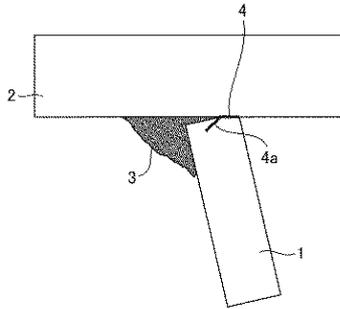
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (74)代理人 100188880
弁理士 坂元 辰哉
- (74)代理人 100197767
弁理士 辻岡 将昭
- (74)代理人 100201743
弁理士 井上 和真
- (72)発明者 木村 友則
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 細谷 朗
神奈川県鎌倉市山崎25番地 菱電湘南エレクトロニクス株式会社内
- (72)発明者 高橋 実
茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人土木研究所内
- (72)発明者 小池 光裕
茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人土木研究所内
- (72)発明者 村越 潤
東京都八王子市南大沢1-1 公立大学法人首都大学東京内

審査官 高 場 正光

- (56)参考文献 特開2008-304431(JP,A)
特開2002-005904(JP,A)
特開2007-285813(JP,A)
特開2012-141213(JP,A)
特開2008-209231(JP,A)
特開2000-097919(JP,A)
特開2003-172728(JP,A)
米国特許第06125705(US,A)
上山芳教 外1名, " 圧電フィルムによる超音波可視化技術の改良 ", 火力原子力発電大会論文
集, 2016年 6月20日, Volume 12, Pages 68-75, URL, DOI:10.14942/tenpes.12.68

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00 - G01N 29/52