

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4459244号  
(P4459244)

(45) 発行日 平成22年4月28日(2010.4.28)

(24) 登録日 平成22年2月19日(2010.2.19)

(51) Int. Cl.		F I		
GO 1 N 29/26	(2006.01)	GO 1 N 29/26	5 O 1	
GO 1 N 29/04	(2006.01)	GO 1 N 29/10	5 O 5	

請求項の数 3 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-45984 (P2007-45984)</p> <p>(22) 出願日 平成19年2月26日(2007.2.26)</p> <p>(65) 公開番号 特開2008-209231 (P2008-209231A)</p> <p>(43) 公開日 平成20年9月11日(2008.9.11)</p> <p>審査請求日 平成19年2月26日(2007.2.26)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成18年9月1日に社団法人土木学会発行の第61回年次学術講演会講演概要集において発表</p>	<p>(73) 特許権者 505389695 首都高速道路株式会社 東京都千代田区霞が関1-4-1</p> <p>(73) 特許権者 591216473 財団法人首都高速道路技術センター 東京都港区虎ノ門三丁目10番11号</p> <p>(74) 代理人 100099759 弁理士 青木 篤</p> <p>(74) 代理人 100092624 弁理士 鶴田 準一</p> <p>(74) 代理人 100102819 弁理士 島田 哲郎</p> <p>(74) 代理人 100114177 弁理士 小林 龍</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 鋼床版のデッキ内の亀裂の探傷のための探触子ホルダ、探傷装置及び探傷方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波ビームが放射される放射面と、この放射面に対して傾いた放射方向へ放射される超音波ビームを生成する超音波ビーム生成部と、を有する集束型超音波探触子を保持する探触子ホルダであって、

鋼床版のデッキの下面に溶接されたリブとの第1当接部と、

前記下面に当接する第2当接部と、

前記第1当接部を前記リブに当接させ前記第2当接部を前記下面に当接させたとき、前記放射面が前記下面に相対し且つ前記放射方向が前記リブの溶接箇所方向へ傾く姿勢で前記集束型超音波探触子を保持する保持部材と、

前記第1当接部を前記リブに当接させた状態における前記リブからの前記集束型超音波探触子の後退量を調整する調整機構と、を備え、

前記調整機構は、

前記保持部材に螺合する螺旋と、

前記第1当接部に設けられた、前記螺旋が貫通するスリット状の貫通口と、

を備え、

前記第1当接部は、前記螺旋を前記保持部材に締め付けることにより、前記貫通口に沿った任意の位置で前記保持部材に固定されることを特徴とする探触子ホルダ。

【請求項2】

請求項1に記載の探触子ホルダを備え、鋼床版のデッキとその下面に溶接されたリブと

10

20

の溶接箇所から、前記デッキ内へと進展する亀裂を検出する探傷装置であって、

前記探触子ホルダを前記リブの延在方向に沿ってスライドさせた移動量を検出する移動量検出手段、

前記探触子ホルダをスライドさせたときに前記移動量検出手段が順次検出する各移動量と、それぞれの位置において前記集束型超音波探触子により検出されるエコー信号と、を記録する記録手段、及び

前記超音波ビームのエコー信号の強度が所定の閾値より大きいとき、前記被検査領域に亀裂が存在することを検出する亀裂検出手段、

をさらに備えることを特徴とする探傷装置。

### 【請求項 3】

請求項 1 に記載の探触子ホルダにより前記集束型超音波探触子を保持し、前記集束型超音波探触子により前記デッキの内部へ入射させた超音波ビームのエコー信号を検出することにより、前記デッキと前記リブとの溶接箇所から前記デッキ内へと進展する亀裂を検出する、鋼床版のデッキ内の亀裂の探傷方法であって、

前記デッキの下面に配置した集束型超音波探触子から前記デッキの内部へと前記下面に対して斜めに入射される集束された超音波ビームが亀裂を直射し、前記下面からの深さが 6 mm 以上の亀裂を検出するように、該所定深さと前記超音波ビームの入射角とに応じて前記溶接部から前記集束型超音波探触子までの離間距離を定め、

前記離間距離に応じて、前記調節機構により前記第 1 当接部を前記リブに当接させた状態における前記リブからの前記集束型超音波探触子の後退量を調整し、

前記第 1 当接部を前記リブに当接させたまま前記集束型超音波探触子を前記リブの延在方向に沿ってスライドさせながら前記超音波ビームを前記デッキへ入射させて、所定の閾値より大きいエコー信号が検出される範囲を、亀裂が存在する範囲として検出する、

ことを特徴とする鋼床版のデッキ内の亀裂の探傷方法。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は超音波探傷方法及び超音波探傷装置に関する。より詳しくは、高架構造物等の鋼床版に使用されるデッキとその下面に溶接されるリブとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂を検出するための超音波探傷方法及び超音波探傷装置に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

図 1 は、一般的な鋼橋の構造を説明する斜視図である。鋼床版は、デッキ 100 の下面に縦リブ 101 や横リブ 102 を設けて補強するとともに上面に舗装 105 を施したものであり、縦桁 104、横桁 103 を介して主桁 106 で支持される構造となっている。現在採用されている縦リブ 101 の多くはトラフ形状を成しており、このような縦リブ 101 をデッキ 100 の下面に溶接することにより鋼床版の剛性が高められている。以下、縦リブのことを「トラフリブ」と称することがある。

#### 【0003】

鋼床版は通行車両からの荷重を繰り返し受けており、ある程度の供用年数が経過すると、デッキ 100 とトラフリブ 101 との溶接部などに疲労亀裂が発生する。

鋼床版の上面には舗装 105 が施されているため、鋼床版の点検は一般にデッキ 100 の下面から実施される。デッキ 100 とトラフリブ 101 と溶接線に発生した亀裂の多くはトラフリブ 101 とデッキ 100 との溶接ルート部から発生し、溶接ビード表面に貫通したものである。デッキ 100 とトラフリブ 101 との溶接線に発生する亀裂を図 2 の (A) に示す。参照符号 120 にて示す部分が溶接ビード表面に貫通した亀裂であり、このような亀裂は目視や、磁粉探傷試験によって発見することができる。またこの亀裂はデッキからトラフリブを引き剥がす損傷となるが、適切な補修により亀裂の進展を防止すれば重大な損傷に至る危険性は少ない。

#### 【0004】

10

20

30

40

50

【非特許文献1】有馬敬育 他2名、"鋼床版デッキプレート進展亀裂の超音波探傷法に関する実験的検討"、土木学会第60回年次学術講演会講演概要集、社団法人土木学会、平成17年9月、p.329-330

【特許文献1】特開2004-333387

【特許文献2】特開2006-343154

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年では鋼床版部の舗装打換え工事において、鋼床版上面にデッキ100を貫通する亀裂損傷が発見された。このような亀裂を図2の(A)の参照符号121に示す。この亀裂はトラフリブ溶接線に沿って発生し、亀裂の進展の程度によってはデッキの陥没に至る重大な損害を引き起こすおそれがある。このため補修方法や補強方法について現在検討が進められている。

その後の調査により、デッキ100を貫通する亀裂は、ビード貫通亀裂120と同様にトラフリブ101とデッキ100との溶接ルート部から発生していることが確認された。この亀裂はデッキ下面ではトラフリブの内面側にあるため、ビード貫通亀裂120のように目視による点検や磁粉探傷試験で発見することはできない。

【0006】

このような状況の下で、デッキ100内へ進展する亀裂を超音波探傷試験で探傷する探傷方法の確立が急がれている。図2の(B)は、デッキ100内へ進展する超音波で探傷する方法として考案された2つの案を説明する図である。参照符号20はデッキ100の下面にあてられた超音波探触子を示し、110はデッキ100とトラフリブ101との間の溶接ビードを示し、111はデッキ100とトラフリブ101との溶接ルート部を示し、122はデッキ100内へ進展する亀裂を示す。

デッキ100の上面から超音波で探傷するためにはデッキ100上の舗装105等を除去する必要がある。したがって、定期的に亀裂の有無を検査する方法としては、デッキ100の上面から超音波で探傷する方法は採用しがたい。

【0007】

デッキ100方向に発生した亀裂をデッキ100の下面側から超音波で探傷する方法としては、表面波を用いる方法と一回反射法が考えられる。前者はクリーニング波やSH波等の表面波を被検査領域に向けて伝搬させ(矢印130)、亀裂122で反射したエコー波を検出することによってデッキ100の下面の浅い領域において亀裂の有無を判定する方法である。後者は、超音波をデッキ100の上面で反射させてから被検査領域を狙う方法である。

しかしながら表面波を用いる方法では、溶接ルート部111からも反射エコーを生じる。そして溶接ルート部111は位置的に亀裂122に近いことから亀裂122からのエコーと溶接ルート部111の反射エコーとの区別が難しく、亀裂122からのエコーを精度良く検出することが困難であった。また一回反射法においても、デッキ100の上面の腐食により余計なエコーが生じ、溶接ルート部111からの反射エコーも生じるため、亀裂122によるエコーの検出を精度良く検出することが困難であった。

【0008】

本発明は、これら従来の超音波探傷法における問題点に鑑みてなされたものであり、デッキ下面に超音波探触子を当ててデッキとトラフリブとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂の有無を検出する超音波探傷において、亀裂により発生するエコーを精度良く検出し、かつ検査作業を容易化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明では、デッキとトラフリブとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂のうちある程度の深さ以上の亀裂を検査対象とし、集束させた超音波ビームをある程度以上進展した亀裂部分へ直射することによって亀裂によるエコーの検出

精度を高める。

本発明による探傷方法では、集束させた超音波ビームをデッキ下面から斜めに入射させるが、探触子と溶接ビードとの干渉のために微小な亀裂には超音波ビームを直射させることはできずこのような亀裂は検出できない。しかしながら、鋼床版の上面に設けられた構造物（アスファルトなど）を除去する必要がなく定期点検で実施することができるため、亀裂が進展してデッキに深刻な損傷をもたらす前に検出することが可能となる。

【0010】

なお、本発明による探傷方法では、集束型超音波探触子による集束された超音波ビームが被検査領域を直射するように、集束型超音波探触子の配置（例えば溶接部から集束型超音波探触子までの離間距離や集束型超音波探触子の向きなど）を定める必要がある。また  
10  
リップの延在方向に沿って集束型超音波探触子をスライドながら亀裂の存否を検出するためにさせるときには、溶接部から集束型超音波探触子までの離間距離や向きなどをスライド中に維持する必要がある。集束型超音波探触子による超音波ビームは指向性が強く、これらの作業には熟練が必要であった。

そこで本発明では、集束型超音波探触子を下面に接触させる際に使用する探触子ホルダを提供し、集束型超音波探触子の取り扱いを容易にする。

【0011】

本発明の第1形態によれば、鋼床版のデッキとその下面に溶接されたリップとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂を検出する際に、集束型超音波探触子を下面に接触させ、かつ集束型超音波探触子から生じる集束された超音波ビームが下面に対して斜めに入射する  
20  
ように、集束型超音波探触子を保持する探触子ホルダが提供される。この探触子ホルダは、リップとの当接部と、当接部をリップに当接させた状態におけるリップからの集束型超音波探触子の後退量を調整する調整機構と、を有し、当接部をリップに当接させたとき亀裂を検出する被検査領域を超音波ビームが直射するように集束型超音波探触子を位置付ける。

【0012】

本発明の第2形態によれば、上記の探触子ホルダを備える探傷装置が提供される。本探傷装置は、探触子ホルダをリップの延在方向に沿ってスライドさせた移動量を検出する移動量検出手段と、探触子ホルダをスライドさせたときに移動量検出手段が順次検出する各移動量及びそれぞれの位置において集束型超音波探触子により検出されるエコー信号を記録する記録手段と、超音波ビームのエコー信号の強度が所定の閾値より大きいとき、被検査領域に亀裂が存在することを検出する亀裂検出手段とを備える。  
30

【0013】

本発明の第3形態によれば、鋼床版のデッキとその下面に溶接されたリップとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂を検出する、鋼床版のデッキ内の亀裂の探傷方法が提供される。本方法では、デッキの下面に配置した集束型超音波探触子からデッキの内部へと下面に対して斜めに入射される集束された超音波ビームが、所定深さ以上の亀裂を直射するように、所定深さと超音波ビームの入射角とに応じて溶接部から集束型超音波探触子までの離間距離を定め、この離間距離を保ちつつ集束型超音波探触子をリップの延在方向に沿ってスライドさせながら超音波ビームをデッキへ入射させて、所定の閾値より大きいエコー信号が検出される範囲を亀裂が存在する範囲として検出する。  
40

【発明の効果】

【0014】

発明によれば、鋼床版に使用されるデッキとその下面に溶接されるリップとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂を探傷する検査作業を容易化することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付する図面を参照して本発明の実施例を説明する。図3は本発明の実施例による探傷装置の全体構成図である。探傷装置1は、デッキ100内に集束された所定の超音波ビームを入射させてそのエコーを受信する集束型超音波探触子を備えるセンサ部2と、センサ部2に接続されたワイヤ31の繰り出し量に応じた数のパルス信号を出力するワイ  
50

ワイヤ式エンコーダ 3 と、センサ部 2 が有する集束型超音波探触子を駆動し、また集束型超音波探触子が受信したエコー波を収集して被検査物体内の欠陥の有無を検査する超音波探傷器 4 と、収集したエコー波を超音波探傷器 4 から取得してデッキ 100 内に存在する亀裂を検出するコンピュータ 200 を備えて構成される。

【0016】

なお、以下の説明において、トラフリップ 101 の延長方向に沿った方向を X 方向とし、デッキ 100 に平行でかつトラフリップ 101 の延長方向に直角な方向を Y 方向とし、デッキ 100 に直角な方向を Z 方向とする。

ワイヤ式エンコーダ 3 は、上面に設けられた磁石等の固定手段によってデッキ 100 に固定される。したがってセンサ部 2 が X 方向に移動してトラフリップ 101 とデッキ 100 との溶接線を走査するのに従ってワイヤ 31 が繰り出され、センサ部 2 の X 方向の移動量に応じた数のパルス信号を出力する。

【0017】

図 4 は探傷装置 1 のブロック図である。センサ部 2 には集束型超音波探触子 20 が備えられている。

超音波探傷器 4 は、図示するとおり MPU 41、記憶部 42、パルス発生回路 44、A/Dコンバータ 45、入出力インタフェース回路 (I/F) 46 及び表示部 47 を備えている。そして、MPU 41 に対して記憶部 42、入出力インタフェース回路 46 及び表示部 47 がバス 48 を経由して接続されている。

【0018】

MPU 41 は、集束型超音波探触子 20 による超音波の発生及び受信の制御と、測定データの演算や処理と、表示部 47 の表示内容の制御などを行う。

記憶部 42 には、集束型超音波探触子の制御や測定データの演算処理などの基本処理を MPU 41 に実行させる基本プログラム 421 や、後述する表示画面作成プログラム 422、これらプログラムを MPU 41 が実行する際に生成、使用する演算データ及び一時データ、並びに集束型超音波探触子 20 が受信したエコー波形が記憶される。

パルス発生回路 44 は、入出力インタフェース回路 46 を介して MPU 41 から超音波出力指示信号を受けると、集束型超音波探触子 20 にパルス信号を出力する。集束型超音波探触子 20 には内蔵した圧電素子によりパルス信号を超音波に変換し、この超音波を被検査物体内に入射する。

【0019】

被検査物体内に欠陥があるとそこで超音波の反射波 (エコー) が発生し、このエコーは集束型超音波探触子 20 に受信され電氣的なエコー波形信号に変換される。A/Dコンバータ 45 は、集束型超音波探触子 20 から出力されるエコー波形信号をデジタル信号に変換して入出力インタフェース回路 46 に入力する。

ワイヤ式エンコーダ 3 は、センサ部 2 の移動に伴ってワイヤ 31 が繰り出されると、この移動量に応じた数のパルス信号を出力する。パルス信号は入出力インタフェース回路 46 を介して超音波探傷器 4 内に入力される。基本プログラム 421 は入力されるパルス数を計数することによりあらかじめセットした基準位置からセンサ部 2 が移動した移動量を算出する処理を MPU 41 に行わせる。

【0020】

基本プログラム 421 は、算出されたセンサ部 2 の移動量と、センサ部 2 がこの移動量だけ移動したときに入出力インタフェース回路 46 に入力されるエコー波形信号を記憶部 42 内に記憶する処理を、MPU 41 に行わせる。また基本プログラム 421 は、記憶部 42 内に記憶されたセンサ部 2 の各移動量及びセンサ部 2 がこの移動量だけ移動したときに検出された波形信号を、入出力インタフェース回路 46 を介してコンピュータ 200 に出力する処理を MPU 41 に行わせる。

【0021】

コンピュータ 200 は、図示する通り CPU 201、記憶部 202、入出力インタフェース回路 (I/F) 203 及び表示部 204 を備えている。そして、CPU 201 に対し

10

20

30

40

50

て記憶部 202、入出力インタフェース回路 203 及び表示部 204 がバス 206 を経由して接続されている。

記憶部 202 には、コンピュータ 200 に接続された超音波探傷器 4 から出力される上記データを入出力インタフェース回路 203 を介して読み込み記憶部 202 内に記憶する処理を CPU 201 に実行させるデータ入力プログラム 211 や、亀裂検出プログラム 212、これらプログラムを CPU 201 が実行する際に生成、使用する演算データ及び一時データ、並びに超音波探傷器 4 から入力したエコー波形信号が記憶される。亀裂検出プログラム 212 については後述する。

#### 【0022】

図 5 の (A) ~ 図 5 の (C) は、それぞれ図 4 の (A) に示したセンサ部 2 の側面図、正面図及び平面図であり、図 6 の (A) 及び図 6 の (B) は、それぞれ図 5 の (A) の A - A' 断面図及び B - B' 断面図である。

センサ部 2 は、集束型超音波探触子 20 とこれを保持するための探触子ホルダとからなる。この探触子ホルダは、集束型超音波探触子 20 を保持する保持部材 51 と、ボルト 62a 及び 62b により保持部材 51 に固定されるスライド部材 61 とからなる。

#### 【0023】

保持部材 51 は、集束型超音波探触子 20 を固定するための ボルト 54、54 及び 55、55 と、ワイヤ式エンコーダ 3 のワイヤ 31 が連結されるワイヤ連結部 52 と、集束型超音波探触子 20 をデッキ 100 の底面に当接又は近接させながらセンサ部 2 をデッキ 100 の底面に沿ってスライドさせるときに、デッキ 100 の底面に当接させるキャスト 56a ~ 56d とを備えている。

ボルト 54、54 及び 55、55 は、保持部材 51 の側面に設けられたねじ穴にねじ込まれたときに、それぞれの底面で集束型超音波探触子 20 の両側面を押圧することによって、集束型超音波探触子 20 を保持部材 51 に固定する。

#### 【0024】

スライド部材 61 には、トラフリップ 101 の側面に当接させる当接部 63a 及び 63b が設けられている。この当接部 63a 及び 63b をトラフリップ 101 の側面に当接させながらセンサ部 2 をスライドさせることによって、集束型超音波探触子 20 をトラフリップ 101 とデッキ 100 との溶接線に平行にスライドさせることができる。

後述するとおり集束型超音波探触子 20 は、デッキ 100 の下面からこの面に対して斜めに超音波ビームを入射する。当接部 63a 及び 63b は、集束型超音波探触子 20 が超音波ビームの入射角が傾斜する方向に突出するように設けられる。このように当接部 63a 及び 63b を設けることにより、これらをトラフリップ 101 の側面に同時に当接させたとき、超音波ビームはトラフリップ 101 とデッキ 100 との溶接箇所に向かって伝搬し、溶接箇所からデッキ 100 内へと進展する亀裂を直射するように、集束型超音波探触子 20 の方向 (すなわち超音波ビームの方向) を定めることが可能となる。

#### 【0025】

スライド部材 61 には、スリット状の貫通口 64a 及び 64b が設けられており、ボルト 62a 及び 62b は貫通口 64a 及び 64b をそれぞれ貫通して、保持部材 51 のねじ穴に螺合される。

これらボルト 62a 及び 62b を緩めてからスライド部材 61 を保持部材 51 に対してスライドさせ、これらボルト 62a 及び 62b を締め付けて任意の位置でスライド部材 61 を保持部材 51 に固定することができる。このようにスライド部材 61 をスライドさせることによって、当接部 63a 及び 63b をトラフリップ 101 に当接させた状態におけるリブ 101 から集束型超音波探触子 20 までの後退量を調節し、集束型超音波探触子 20 による超音波ビームの入射位置を調整することができる。

#### 【0026】

図 7 は、集束型超音波探触子 20 の説明図である。集束型超音波探触子は、圧電素子などにより発生させた超音波を、サファイヤや水晶などで形成した音響レンズにより集束させ、集束された超音波ビームを発生させる。本実施例にて使用したジャパンプローブ株式

10

20

30

40

50

会社製の「SD-5Z10A70」は、入射角約70度で超音波ビーム21を入射し、そのビーム径は被検査物体の表面下6mmの位置で直径約2mmであり、表面下10mmの位置で直径約3.5mmである。

#### 【0027】

図8を参照して本発明による探傷方法の原理を説明する。いま、図3に示すセンサ部2をデッキ100の下面に当てる。そして集束型超音波探触子20による超音波ビーム21がトラフリップ101とデッキ100との溶接箇所の方へと進むように、センサ部2を方向付ける(図7参照)。このときに集束型超音波探触子20が捉えるエコー波形(Aスコープ画像)の1つを図8において実線で示す。

また一点鎖線及び二点鎖線は、センサ部2とトラフリップ101との間の離間距離を変えたとき(すなわちセンサ部2をY方向に移動させたとき)に検出される各エコー波形の最大値の包絡線を示す。ここに一点鎖線は、トラフリップ101とデッキ100との溶接箇所にデッキ100内へ進展する亀裂122が存在する場合の包絡線を示し、二点鎖線はこのような亀裂が存在しない場合の包絡線を示す。なお溶接ビード110とセンサ部2との干渉のためにセンサ部2がトラフリップ101へ接近するには限界がある。このため図8では、この接近限界までセンサ部2を近づけた場合のビーム路程Lbよりも長いビーム路程の範囲についてのみ包絡線を示している。

#### 【0028】

超音波ビーム21が集束されているため、亀裂122が存在する場合には、超音波ビーム21が亀裂122を直射したときにエコー波が発生するため包絡線の信号強度がある程度の強度を有するのに対し、亀裂122が存在しない場合には包絡線の信号強度が非常に低い。

したがって、集束された超音波ビーム21が被検査領域を直射するように集束型超音波探触子20を位置付け、このとき受信したエコー波の強度が所定の閾値THを超えるか否かを判定することによって、被検査領域まで進展する亀裂があるか否かを判定することができる。所定の閾値THとしては、亀裂がない場合に検出されるエコー波の最大強度よりも所定マージンだけ強い信号強度をしようすればよい。

実際には、集束型超音波探触子20が受信するエコー信号には、被検査領域以外の場所(例えばデッキ100の端面など)で反射した反射エコー信号が混入する。したがって上記閾値THとの比較においては比較の対象とするエコー波のビーム路程の範囲を制限する。デッキ100内にて亀裂122の検出を行う被検査領域は、デッキ100のうちトラフリップ101と溶接される部分とその周辺のみであり、検査の対象となる範囲は検査前に予め定められるから、この所定の被検査領域とセンサ部2との間の間隔に応じて、閾値THと比較するエコー波のビーム路程の範囲を設定する。

#### 【0029】

図9は、本発明の実施例による探傷方法のフローチャートである。本方法ではセンサ部2をデッキ100の下面に当ててデッキ100の下面から亀裂の有無を探傷し、かつセンサ部2をトラフリップ101の延長方向(X方向)に沿って走査させることによって、トラフリップ101の延長方向に亘る亀裂の範囲を検出する。

#### 【0030】

まずステップS1において、検出の対象とする亀裂の深さを決定する。そしてステップS2において、対象とする深さに応じてセンサ部2のY方向位置、すなわち集束型超音波探触子20のY方向位置を決定する。本方法では集束型超音波探触子20により得られる集束された超音波ビームをデッキ100の下面から入射させ、被検査領域に直射したときに生じるエコー波を検出する。またこの超音波ビームはデッキ100の下面に対して斜めに入射する。したがって、集束型超音波探触子20のY方向位置、すなわちデッキ100とトラフリップ101との溶接箇所から集束型超音波探触子20までの離間距離を変えることによって、亀裂を検出するべき被検査領域の深さを定めることができる。

#### 【0031】

図10は、溶接箇所から集束型超音波探触子20までの距離の決定方法の説明図である

。後述するように超音波ビーム 2 1 の中心が亀裂 1 2 2 の端点 1 2 3 で反射したとき、集束型超音波探触子 2 0 に受信されるエコー信号は最も強くなる。したがって、集束型超音波探触子 2 0 による超音波ビーム 2 1 の入射位置と溶接箇所との間の離間距離を  $D$  は、例えば、次式、

$$D = \tan \theta \times W_1 \quad (1)$$

によって決定してよい。ここに  $\theta$  は超音波ビーム 2 1 の入射角（本実施例では  $\theta = 70$  度）であり、 $W_1$  はステップ S 1 で定めた亀裂の深さである。

#### 【0032】

ステップ S 3 において、センサ部 2 をデッキ 1 0 0 の下面の走査開始位置に配置し集束型超音波探触子 2 0 をデッキ 1 0 0 の下面に当てる。このとき探触子ホルダの当接部 6 3 a 及び 6 3 b をトラフデッキ 1 0 1 の側面に当接させる（図 5 の（A）参照）。また、保持部材 5 1 に対するスライド部材 6 1 の固定位置を予め調節しておき、リップ 1 0 1 から集束型超音波探触子 2 0 までの後退量を、超音波ビーム 2 1 の入射位置と溶接箇所との間の離間距離が上記決定した  $D$  となるように調節しておく。

#### 【0033】

ステップ S 4 では、デッキ 1 0 0 の下面から超音波ビーム 2 1 を入射させて、エコー波を測定する。このとき超音波探傷器 4 のパルス発生回路 4 4 は集束型超音波探触子 2 0 にパルス信号を印加することにより集束された超音波ビーム 2 1 を生じさせる。そして超音波探傷器 4 は集束型超音波探触子 2 0 が受信したエコー波のエコー波形信号を記憶部 4 2 に記憶する。また超音波探傷器 4 は、ワイヤ式エンコーダ 3 から出力されたパルス数をカウントすることにより、センサ部 2 が走査開始位置から現在位置まで移動した距離を記憶する。

#### 【0034】

ステップ S 5 にて、亀裂を検査すべき全範囲に亘ってセンサ部 2 を移動させたか否かを判定し、全範囲に亘ってセンサ部 2 を移動させていない場合は、ステップ S 6 において探触子ホルダの当接部 6 3 a 及び 6 3 b をトラフデッキ 1 0 1 の側面に当接させたままセンサ部 2 を X 方向に移動させて、処理をステップ S 4 に戻す。

#### 【0035】

ステップ S 5 にて全範囲に亘ってセンサ部 2 を移動させたと判定される場合には、処理はステップ S 7 に移る。ステップ S 7 では、採取した各エコー波形信号の強度が所定の閾値  $TH$  を超えるか否かを判定し、ステップ S 4 ~ S 6 にてセンサ部 2 を走査した範囲のうち、所定の閾値  $TH$  を超える強度を有するエコー波形信号が検出された部分に亀裂があると判定する。

上記判定の際には、採取したそれぞれのエコー波形信号のうちの所定のビーム路程範囲内の信号の強度だけを所定の閾値  $TH$  と比較する。ここで超音波ビームの入射位置と被検査領域との間の距離は既知であるから、超音波ビームの入射位置と被検査領域との間のビーム路程が取りうる最短～最長のビーム路程の範囲を上記所定のビーム路程範囲として定めることによって、被検査領域以外の場所で反射したエコーによる影響を除去する。

#### 【0036】

このとき超音波探傷器 4 は、各エコー波形信号と、それぞれのエコー波形信号を検出したときのセンサ部 2 の各移動量と、を記憶部 4 2 から読み出してコンピュータ 2 0 0 に出力する。その際に超音波探傷器 4 は、記憶部 4 2 内に記憶されている各エコー波形信号から上記所定のビーム路程範囲内の波形信号のみを抽出して、コンピュータ 2 0 0 に出力する。

コンピュータ 2 0 0 の記憶部 2 0 2 に記憶される亀裂検出プログラム 2 1 2 は、超音波探傷器 4 から入力され記憶部 2 0 2 内に記憶されている各エコー波形信号と閾値  $TH$  とを比較する処理と、閾値  $TH$  を超える各エコー波形信号が検出されるセンサ部 2 の移動量の範囲を決定する処理とを、コンピュータ 2 0 0 に実行させる。

#### 【0037】

図 1 1 の（A）に、本発明による探傷方法を試験するためにデッキ 1 0 0 の代わりに使

用された鋼板のXZ断面図を示す。図においてクロスハッチングで示した領域122に亀裂が存在していることを示している。図11の(B)は、センサ部2をX方向に走査させながら図11の(A)の鋼板内の亀裂を探傷したときに検出した各エコー波形信号の最大値の変化を示す。なお各エコー波形を採取する際には、トラフリブ101の外側面とこれに平行かつ超音波ビーム21の入射位置を含む面との間の距離L'が20mmとなるように、センサ部2と溶接箇所との間の離間を調整した。

図示するとおり、亀裂の深さが約6mm以上となる範囲Rにおいてエコー強度の最大値が閾値THを超え、亀裂の深さが約6mm未満の範囲ではエコー強度の最大値が閾値TH以下となった。したがって本実験の装置構成によれば深さ6mm以上の亀裂をデッキ100の下面から探傷することが可能であることが分かる。

10

#### 【0038】

図12は、溶接箇所から集束型超音波探触子20までの離間距離を変えた場合における、エコー強度の分布の相違を示す図である。図に示すエコー強度の各分布は、センサ部2をX方向に走査させながらデッキ100内の亀裂を探傷したときに検出した各エコー波形信号の最大値の変化を示す。また図において実線は距離L'を20mmにした状態で探傷した結果を示し、一点鎖線は距離L'を33mmにした状態で探傷した結果を示す。

集束型超音波探触子20を溶接箇所から離して距離L'を33mmにすると被検査領域の深さが深くなる。したがって図12は、デッキ100内の亀裂が深くなるほど幅が狭まっていることを示す。

このように、溶接箇所からの集束型超音波探触子20の離間距離を変えることによって、検出する亀裂の深さを変えることができる。したがってこの離間距離を適切な値に設定することによりデッキ100の上面まで達した亀裂のみを検出することが可能である。

20

#### 【0039】

なお、図9のフローチャートのステップS2において集束型超音波探触子20のY方向位置を決定する方法は上式(1)のような計算による方法には限定されない。例えば、予め既知の深さWの亀裂を含んだ鋼板内を集束型超音波探触子20のY方向位置を変えながら探傷し、エコー信号の強度が閾値THを超えるようなエコー波形信号が得られた位置を、深さWに応じた集束型超音波探触子20のY方向位置として決定してもよい。

集束型超音波探触子20からデッキ100に入射する超音波ビームは、集束されているとはいえある程度のビーム径の広がりがあるため、亀裂の先端が超音波ビームの中心に至っていてもある程度の強度のエコー波形信号が得られる。一方で被検査領域に全く亀裂がない場合にはエコー波形信号の強度は非常に小さくなるため、亀裂がない場合との峻別は容易である。したがって、計算によってある深さW1の亀裂の先端をビーム中心で捉えるように集束型超音波探触子20の位置を決定した場合、実際にはその深さよりも浅い亀裂を検出することができる。

30

この様子を図13の(A)及び(B)並びに図14を参照して説明する。

#### 【0040】

図13の(A)は比較的深い亀裂を探傷している場合を示す図であり、(B)は比較的浅い亀裂を探傷している場合を示す図である。図13の(A)に示す亀裂122の先端123は超音波ビーム21の中心まで至っており、一方で図13の(B)に示す亀裂122はそれよりも浅くその先端123は超音波ビーム21のビーム径まで含まれているもののビーム中心までは至っていない。

40

図14は、図13の(A)及び(B)に示す亀裂と集束型超音波探触子20との間の距離を変えながら検出したエコー波形の最大値の包絡線を示す。一点鎖線は図13の(A)に示す亀裂を探傷した場合の波形であり、二点鎖線は図13の(B)に示す亀裂を探傷した場合の波形である。

#### 【0041】

図13の(A)に示す亀裂を探傷した場合の波形では、ちょうど超音波ビーム21の中心が端点123に当たって散乱したときにエコー信号の強度が最大となるため包絡線にピークAを生じるが、図13の(B)に示す亀裂を探傷した場合の波形では超音波ビーム2

50

1の中心が端点123に当たらないため包絡線にピークは生じない。しかしこのような場合でも、エコー信号の強度が閾値THに比べて十分大きいため、亀裂がない場合との区別は十分可能である。

【0042】

図4に戻り、超音波探傷器4の記憶部42に記憶される表示画像作成プログラムは、記憶部42に記憶される各エコー波形信号と、それぞれのエコー波形信号を検出したときのセンサ部2の各移動量とを組み合わせることでBスコープ画像を生成する処理を、MPU41に実行させる。表示部47はMPU41により作成されたBスコープ画像を表示する。

図15は、超音波探傷器4により作成されるBスコープ画像の例を示す図である。

図15に示すBスコープ画像は、探触子を1方向にスキャンさせて得られた各移動距離におけるそれぞれのエコー波形のビーム路程をY軸で示し、探触子のスキャン方向をX軸で示し、あるスキャン位置で得られたエコー波形のあるビーム路程のエコー信号の強度を色の違いで表したものである。

かかるBスコープ画像には検出した亀裂を示す島が表示されるので、検査者はコンピュータ200にエコー波形信号を出力しなくとも、簡易に亀裂の存在を確認することができる。

【産業上の利用可能性】

【0043】

本発明は、高架構造物等の鋼床版に使用されるデッキとその下面に溶接されるリブとの溶接箇所からデッキ内へと進展する亀裂を検出するための超音波探傷に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】一般的な鋼橋の構造を説明する斜視図である。

【図2】(A)はデッキとトラフリブとの溶接線に発生する亀裂を示す図であり、(B)はデッキ内へと進展する亀裂を探傷する方法を説明する図である。

【図3】本発明の実施例による探傷装置の全体構成図である。

【図4】本発明の実施例による探傷装置のブロック図である。

【図5】(A)～(C)は、それぞれ図3の(A)に示したセンサ部の側面図、正面図及び平面図である。

【図6】(A)及び(B)は、それぞれ図4の(A)のA-A'断面図及びB-B'断面図である。

【図7】集束型超音波探触子の説明図である。

【図8】本発明による探傷方法の原理説明図である。

【図9】本発明の実施例による探傷方法のフローチャートである。

【図10】溶接箇所から探触子までの距離の決定方法の説明図である。

【図11】(A)はデッキ内へと進展する亀裂を示す図であり、(B)は(A)の亀裂に応じたエコー強度の分布を示す図である。

【図12】溶接箇所から集束型超音波探触子までの離間距離を変えた場合における、エコー強度の分布の相違を示す図である。

【図13】(A)は比較的深い亀裂を探傷している場合を示す図であり、(B)は比較的浅い亀裂を探傷している場合を示す図である。

【図14】図13の(A)及び(B)に示す亀裂と集束型超音波探触子との間の距離を変えながら検出したエコー波形の最大値の包絡線を示す。

【図15】超音波探傷器により作成されるBスコープ画像の例を示す図である。

【符号の説明】

【0045】

- 1 探傷装置
- 2 センサ部
- 3 ワイヤ式エンコーダ
- 4 超音波探傷器

10

20

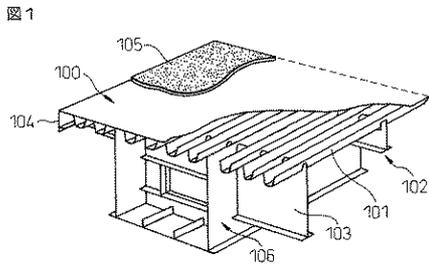
30

40

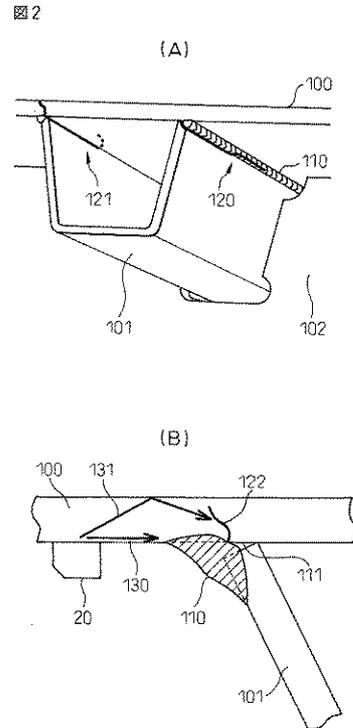
50

- 2 0 集束型超音波探触子
- 2 1 超音波ビーム
- 3 1 ワイヤ
- 1 0 0 デッキ
- 1 0 1 トラフリップ
- 1 1 0 溶接ビード
- 1 1 1 溶接ルート部
- 1 2 2 亀裂

【 図 1 】

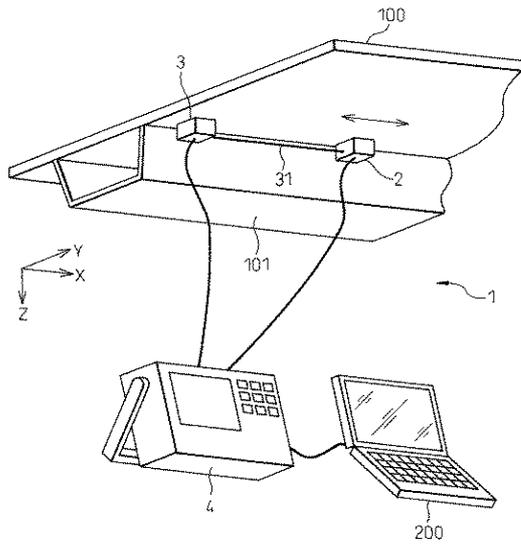


【 図 2 】



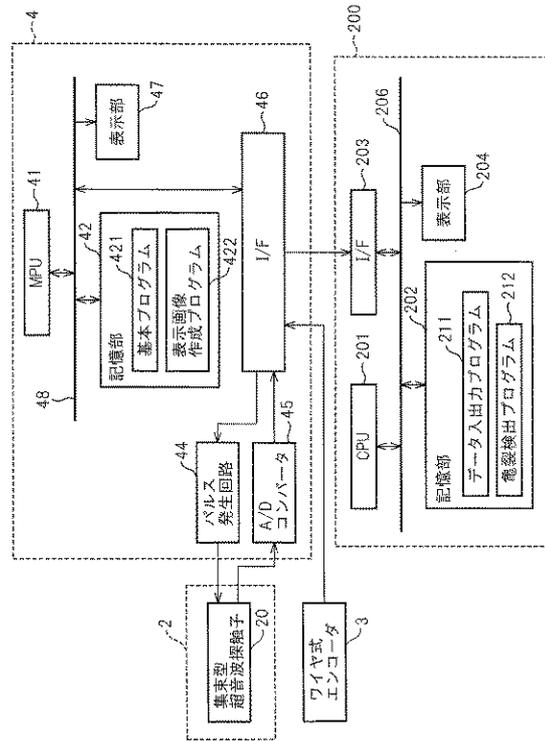
【 図 3 】

図 3



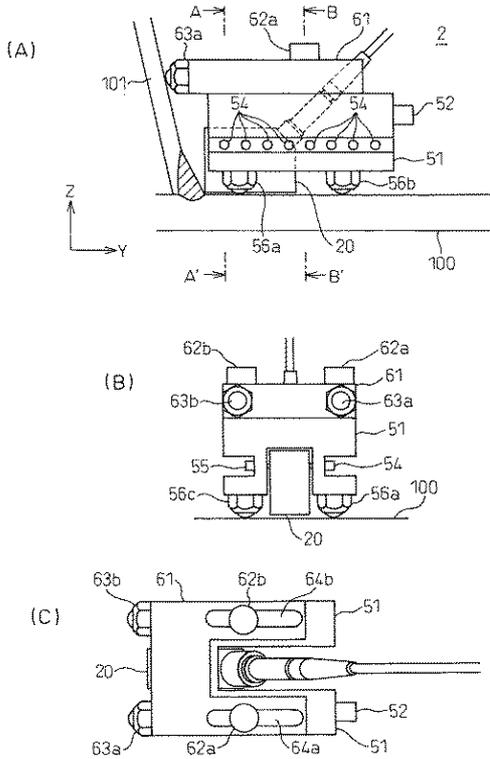
【 図 4 】

図 4



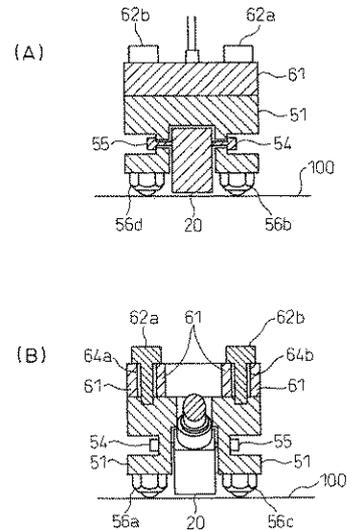
【 図 5 】

図 5



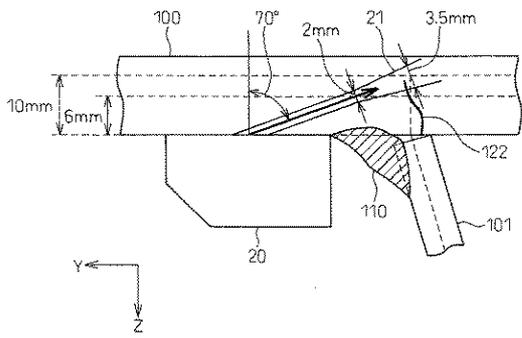
【 図 6 】

図 6



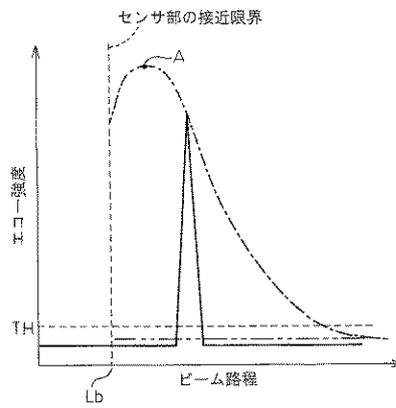
【 図 7 】

図7



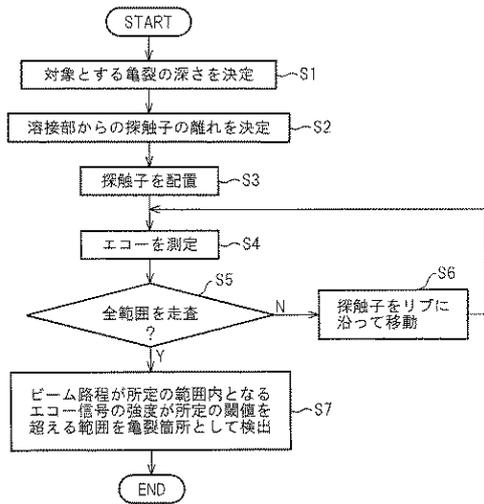
【 図 8 】

図8



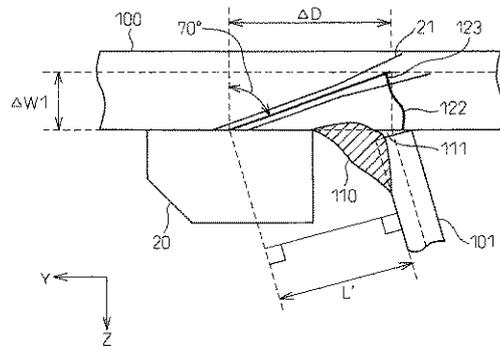
【 図 9 】

図9



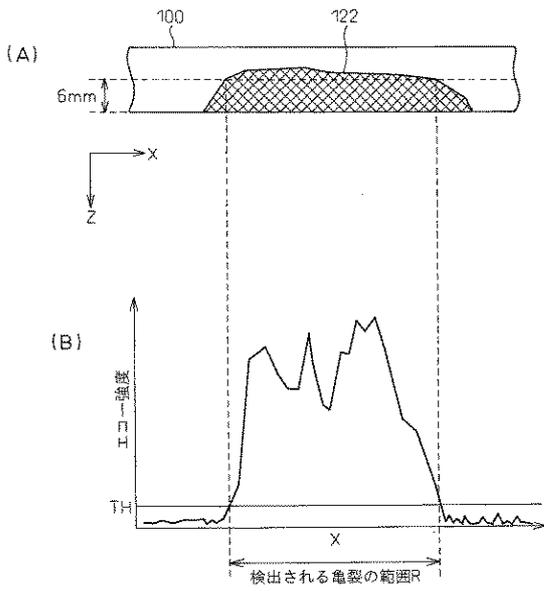
【 図 10 】

図10



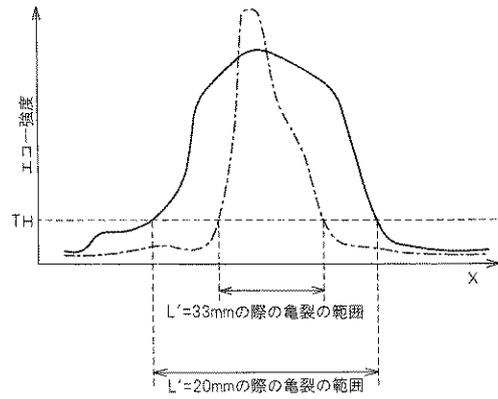
【図 1 1】

図11



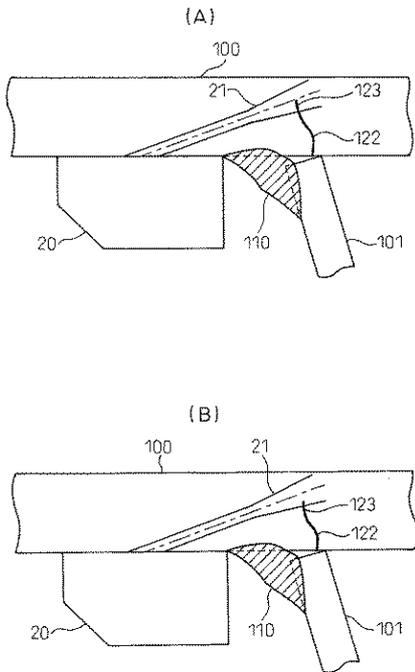
【図 1 2】

図12



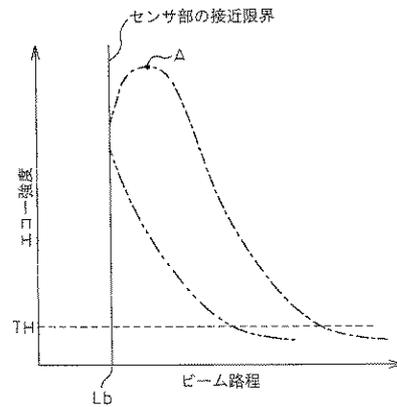
【図 1 3】

図13



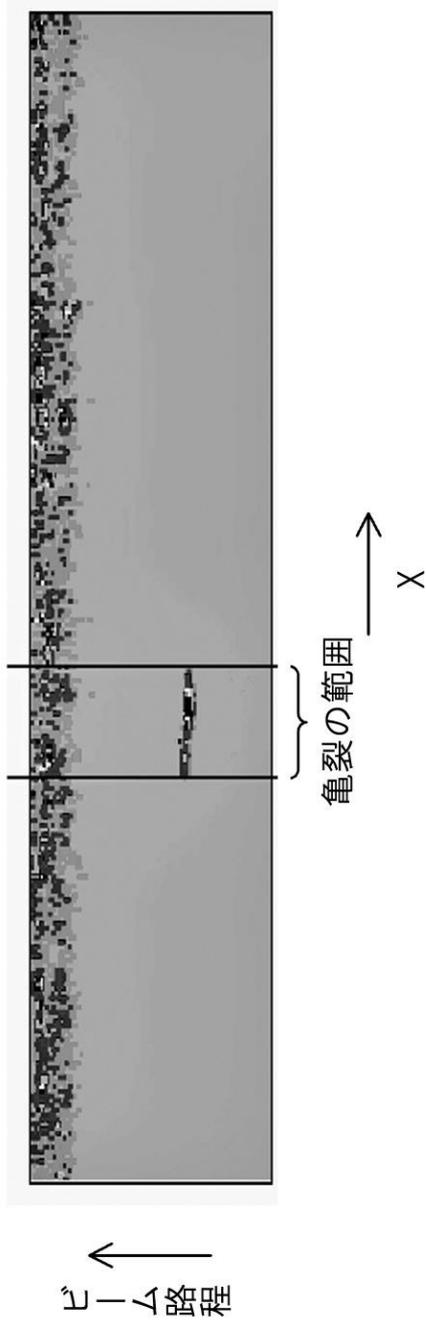
【図 1 4】

図14



【図15】

図15



## フロントページの続き

(74)代理人 100108383

弁理士 下道 晶久

(72)発明者 下里 哲弘

東京都千代田区霞が関一丁目4番1号 首都高速道路株式会社内

(72)発明者 牛越 裕幸

東京都千代田区霞が関一丁目4番1号 首都高速道路株式会社内

(72)発明者 村野 益巳

東京都港区虎ノ門三丁目10番11号 虎ノ門P Fビル3F 財団法人首都高速道路技術センター内

(72)発明者 弓削 太郎

東京都港区虎ノ門三丁目10番11号 虎ノ門P Fビル3F 財団法人首都高速道路技術センター内

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開2004-333387(JP,A)

特開平09-079833(JP,A)

特開平06-058850(JP,A)

特開2001-296283(JP,A)

特開2000-180422(JP,A)

特開2006-343154(JP,A)

特開2005-164386(JP,A)

特開2005-055237(JP,A)

特開2003-254947(JP,A)

特開平11-044675(JP,A)

有馬敬育 他, 鋼床版デッキプレート進展亀裂の超音波探傷法に関する実験的検討, 土木学会第60回年次学術講演会(平成17年9月), 日本, 社団法人土木学会, 2005年 8月20日, Rom bunno.1 166 (Page.329 330)

藤田敏明 他, トラフリブとデッキプレートの縦方向溶接部における溶け込み量測定を目的とした超音波探傷技術の開発(その2), 川田技報, 日本, 川田工業株式会社, 2007年 1月1日, VOL.26, Page.20 25

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00-29/52

JSTPlus(JDream2)

JST7580(JDream2)