

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6052737号

(P6052737)

(45) 発行日 平成28年12月27日(2016.12.27)

(24) 登録日 平成28年12月9日(2016.12.9)

(51) Int. Cl.

F 1

GO 1 N 25/72 (2006.01)

GO 1 N 25/72

K

GO 1 N 25/72

E

請求項の数 11 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2014-14196 (P2014-14196)
 (22) 出願日 平成26年1月29日(2014.1.29)
 (65) 公開番号 特開2015-141114 (P2015-141114A)
 (43) 公開日 平成27年8月3日(2015.8.3)
 審査請求日 平成27年6月12日(2015.6.12)

特許法第30条第2項適用 平成25年8月1日を発行日とし、公益社団法人土木学会を発行者とする「土木学会平成25年度全国大会第68回年次学術講演会講演概要集」にて発表

(73) 特許権者 505440631
 本州四国連絡高速道路株式会社
 兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番2号

(73) 特許権者 506158197
 公立大学法人 滋賀県立大学
 滋賀県彦根市八坂町2500

(73) 特許権者 504150450
 国立大学法人神戸大学
 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1

(74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司

(74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼床版の亀裂検出方法および亀裂検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デッキプレートと、当該デッキプレートの下面に配置されたリブとを有する鋼床版において、前記リブが前記デッキプレートに対して当該リブの長手方向に沿って溶接された溶接部分の亀裂を検出する亀裂検出方法であって、

対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布を取得する機器を前記溶接部分の延びる方向に沿って移動させながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を前記対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって前記機器の移動方向に沿って順次取得する温度分布取得工程と、

取得された前記温度分布から、前記溶接部分における温度勾配を算出する温度勾配算出工程と、

算出された前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出する検出工程とを含む鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項2】

前記温度分布取得工程は、前記デッキプレートが太陽光の照射によって加熱されているときに行う、

請求項1に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項3】

前記温度分布取得工程では、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置における当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を同時に取得し

10

20

、
前記温度勾配算出工程では、前記複数の温度分布から複数の前記温度勾配を算出し、
前記検出工程では、算出された前記複数の温度勾配に基づいて、前記溶接部分における
亀裂を検出する、
請求項 1 または 2 に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項 4】

前記温度分布取得工程の前には、前記亀裂が存在する部分における前記温度勾配と前記
亀裂が存在しない部分における前記温度勾配との比率によって判定基準値をあらかじめ準備
する判定基準値準備工程をさらに含み、

前記温度分布取得工程では、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた 2 か所の
位置における温度分布を同時に取得し、

前記検出工程では、前記 2 か所の温度分布から得られた 2 つの前記温度勾配の間における
比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、前記溶接部分における
亀裂を検出する、

請求項 3 に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項 5】

前記温度勾配として、前記溶接部分の延びる方向における少なくとも一部の位置では、
前記温度分布における最高温度と最低温度との差が用いられる、

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項 6】

前記温度勾配としては、前記溶接部分の延びる方向における少なくとも一部の位置では
、前記溶接部分の延びる方向と交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量
に関する微分値が用いられる、

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項 7】

前記リブは、互いに離間して前記デッキプレートから下方へ延びる一对の縦板と、当該
一对の縦板の下端部を連結する横板とを有し、

前記一对の縦板の上端部が前記デッキプレートに対して当該リブの長尺方向に沿って溶
接されることにより、当該一对の縦板、横板、および前記デッキプレートによって、閉鎖
空間が形成される、

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の鋼床版の亀裂検出方法。

【請求項 8】

デッキプレートと、当該デッキプレートの下面に配置されたリブとを有する鋼床版にお
いて、前記リブが前記デッキプレートに対して当該リブの長手方向に沿って溶接された溶
接部分の亀裂を検出する亀裂検出装置であって、

前記溶接部分の延びる方向に沿って移動する移動部と、

前記移動部に搭載され、前記移動部とともに前記溶接部分の延びる方向に沿って移動し
ながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を対象物から生じ
る赤外線放射エネルギーを検出することによって移動方向に沿って順次取得する温度分布
取得部と、

取得された前記温度分布から、前記溶接部分における温度勾配を算出する温度勾配算出
部と、

算出された前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出する検出部と
を備えた鋼床版の亀裂検出装置。

【請求項 9】

前記温度分布取得部は、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置に
おける当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を同時に取得し、

前記温度勾配算出部は、前記複数の温度分布から複数の前記温度勾配を算出し、

前記検出部は、算出された前記複数の前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における
亀裂を検出する、

請求項 8 に記載の鋼床版の亀裂検出装置。

【請求項 10】

前記亀裂が存在する部分における前記温度勾配と前記亀裂が存在しない部分における前記温度勾配との比率に基づいた判定基準値を記憶する判定基準値記憶部をさらに備え、

前記温度分布取得部は、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた 2 か所の位置における温度分布を同時に取得し、

前記検出部は、前記 2 か所の温度分布から得られた 2 つの前記温度勾配の間における比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、前記溶接部分における亀裂を検出する、

請求項 9 に記載の鋼床版の亀裂検出装置。

10

【請求項 11】

前記温度分布取得部は、前記溶接部分における温度分布に関する情報を記憶する温度分布情報記憶部をさらに備えている、

請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載の鋼床版の亀裂検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋼床版の亀裂検出方法および亀裂検出装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

橋梁の床板部分を構成する鋼床版は、一般的には、デッキプレートと、当該デッキプレートを補強するためにデッキプレートの下面に配置されたリブとを備えている。リブは、U 字状断面を有する U リブなどの長尺な鋼材が用いられる。U リブは、互いに離間する一対の縦板を有し、これら縦板の上端部がデッキプレートの下面に対して当該リブの長手方向に沿って溶接されている。

【0003】

ここで、デッキプレートと U リブとの溶接部分は、橋梁の長年の使用により、溶接部分の延びる方向に沿って亀裂が生じることがある。

【0004】

30

そこで、床板を構成するデッキプレートと U リブとの溶接部分において、亀裂の有無を検出するために種々の検出方法が従来から種々提案されている。

【0005】

例えば、特許文献 1 に記載の亀裂検出方法では、鋼床版の亀裂部位を検査するために、鋼床版のデッキプレートの上に電磁誘導コイルを設置し、電磁誘導加熱によってデッキプレートにおける U リブとの溶接部分を含む広範囲の領域（例えば、円形のコイルに対応する円形の領域）を直接加熱し、それと同時に、温度測定装置によって、デッキプレートの加熱された部分の温度分布を測定する。

【0006】

電磁誘導によって加熱されたデッキプレートの熱は、デッキプレートからその下面に溶接された U リブへ溶接部分を介して伝導されるが、溶接部分に亀裂や破断がある場合、その亀裂の箇所からは U リブの下端部まで熱が伝導されにくくなる。したがって、亀裂がある場合と、亀裂がない場合とによって検査部位の温度分布に違いが発生する。その結果、この温度分布を評価者が目視で観察して亀裂の有無を判別することによって、亀裂を発見することが可能である。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2011-242362 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の亀裂検出方法では、鋼床版のデッキプレートを電磁誘導で加熱し、それと同時に温度測定装置によって広範囲の領域における温度分布を取得する必要がある。そのため、温度分布のデータの取得に時間と手間がかかる。

【0009】

しかも、取得されたすべての温度分布を評価者が目視で観察して亀裂の有無を判別する必要があるので、亀裂の判定を迅速にすることが難しいという問題がある。

【0010】

また、取得された温度分布は、溶接部分を含む広範囲の領域に関するものであるので、画像データの容量が大きくなる。そのため、亀裂の有無を自動判別するために、画像解析を行う場合には処理装置の負担が大きいため、亀裂を自動的に判別することが難しいという問題がある。

【0011】

本発明は、上記のような事情に鑑みてなされたものであり、鋼床版の溶接部分における亀裂の有無を容易かつ迅速に判定することが可能な鋼床版の亀裂検出方法および亀裂検出装置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】

【0012】

上記課題を解決するためのものとして、本発明の鋼床版の亀裂検出方法は、デッキプレートと、当該デッキプレートの下面に配置されたリブとを有する鋼床版において、前記リブが前記デッキプレートに対して当該リブの長手方向に沿って溶接された溶接部分の亀裂を検出する亀裂検出方法であって、対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布を取得する機器を前記溶接部分の延びる方向に沿って移動させながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を前記対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって前記機器の移動方向に沿って順次取得する温度分布取得工程と、取得された前記温度分布から、前記溶接部分における温度勾配を算出する温度勾配算出工程と、算出された前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出する検出工程とを含むことを特徴とするものである。

【0013】

本発明は、鋼床版のデッキプレートとリブとの溶接部分における亀裂の有無を自動的に判定することに特化した合理的かつ迅速な検出方法である。

【0014】

すなわち、対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布を取得する機器を溶接部分の延びる方向に沿って移動させながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を前記対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって前記機器の移動方向に沿って順次取得することによって、デッキプレートを電磁誘導コイルなどによって強制的に加熱しなくても、リブの長手方向に延びる溶接部分をほぼ同じ温度条件で当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を取得することが可能である。

【0015】

そして、取得された前記温度分布から、前記溶接部分における温度勾配を算出し、この算出された前記温度勾配に基づいて、溶接部分における亀裂を自動的に検出することが可能である。これにより、取得されたすべての温度分布を評価者が目視で観察して亀裂の有無を判別する場合と比較して、容易かつ迅速に溶接部分における亀裂の有無を判定することが可能である。

【0016】

また、前記温度分布取得工程は、前記デッキプレートが太陽光の照射によって加熱され

10

20

30

40

ているときに行うのが好ましい。

【0017】

かかる特徴によれば、昼間などにおいてデッキプレートが太陽光の照射によって加熱されているときには、デッキプレートの温度が高くなり、溶接部分における温度分布が亀裂の有る場合と無い場合とで温度勾配の違いより明確になるので、精度よく亀裂の有無を判別することが可能になる。

【0018】

また、前記温度分布取得工程では、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置における当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を同時に取得し、前記温度勾配算出工程では、前記複数の温度分布から複数の前記温度勾配を算出し、前記検出工程では、算出された前記複数の温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出するのが好ましい。

10

【0019】

かかる特徴によれば、溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置において温度分布を同時に取得するので、複数の温度分布をほぼ同じ温度条件で取得することが可能である。そして、これら複数の温度分布から算出された複数の温度勾配に基づいて、溶接部分における亀裂を検出することによって、精度よく亀裂の有無を判別することが可能になる。

【0020】

また、前記温度分布取得工程の前には、前記亀裂が存在する部分における前記温度勾配と前記亀裂が存在しない部分における前記温度勾配との比率によって判定基準値をあらかじめ準備する判定基準値準備工程をさらに含み、前記温度分布取得工程では、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた2か所の位置における温度分布を同時に取得し、前記検出工程では、前記2か所の温度分布から得られた2つの前記温度勾配の間における比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、前記溶接部分における亀裂を検出するのが好ましい。

20

【0021】

かかる特徴によれば、互いに離れた2か所の位置における温度分布から得られた2つの温度勾配の間における比率が、あらかじめ設定された判定基準値を超えたか否かを判別することによって、溶接部分における亀裂を検出するので、温度分布におけるデータ数の増大を抑制しながら、精度よく亀裂を検出することが可能である。しかも、この亀裂検出のためには、同時に取得された2つの温度分布を用いるので、取得するデータ数が少なく済み、温度分布を取得する速度を向上させることが可能である。

30

【0022】

また、前記温度勾配として、前記溶接部分の延びる方向における少なくとも一部の位置では、前記温度分布における最高温度と最低温度との差が用いられるのが好ましい。

【0023】

かかる特徴によれば、最高温度と最低温度との差から容易に温度勾配を算出できるので、演算処理の負担の増大を抑えることが可能である。

【0024】

また、前記温度勾配としては、前記溶接部分の延びる方向における少なくとも一部の位置では、前記溶接部分の延びる方向と交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する微分値が用いられるのが好ましい。

40

【0025】

かかる特徴によれば、溶接部分の延びる方向と交差する方向における長さの変化に対する温度変化の微分値によって温度勾配を算出するので、温度勾配をより正確に算出することが可能である。その結果、正確な温度勾配に基づいて精度よく亀裂を検出することが可能である。

【0026】

また、前記リブは、互いに離間して前記デッキプレートから下方へ延びる一对の縦板と、当該一对の縦板の下端部を連結する横板とを有し、前記一对の縦板の上端部が前記デッキプレートに対して当該リブの長尺方向に沿って溶接されることにより、当該一对の縦板、横板、および前記デッキプレートによって、閉鎖空間が形成されていてもよい。

【0027】

上記のリブは、互いに離間して前記デッキプレートから下方へ延びる一对の縦板と、当該一对の縦板の下端部を連結する横板とを有しているもので、このようなリブがデッキプレートの下面に溶接した状態では、当該リブを構成する一对の縦板および横板とデッキプレートとによって閉鎖空間が形成されるので、リブの内側から溶接することができない。したがって、リブの一对の縦板の上端部は、その外側からのみでデッキプレートと溶接される。そのため、デッキプレートとリブとの溶接部分が非常に弱く、溶接部分に亀裂が生じやすい。そこで、上記の亀裂検出方法によってそのようなリブの溶接部分における亀裂を検出することによって、容易かつ迅速に上記のリブの溶接部分の亀裂を検出することが可能である。

【0028】

また、本発明の鋼床版の亀裂検出装置は、デッキプレートと、当該デッキプレートの下面に配置されたリブとを有する鋼床版において、前記リブが前記デッキプレートに対して当該リブの長手方向に沿って溶接された溶接部分の亀裂を検出する亀裂検出装置であって、前記溶接部分の延びる方向に沿って移動する移動部と、前記移動部に搭載され、前記移動部とともに前記溶接部分の延びる方向に沿って移動しながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって移動方向に沿って順次取得する温度分布取得部と、取得された前記温度分布から、前記溶接部分における温度勾配を算出する温度勾配算出部と、算出された前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出する検出部とを備えたことを特徴とする。

【0029】

かかる構成によれば、移動部に搭載された温度分布取得部は、移動部とともに溶接部分の延びる方向に沿って移動しながら、当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布取得部の移動方向に沿って順次取得する。これによって、デッキプレートを電磁誘導コイルなどによって強制的に加熱しなくても、リブの長手方向に延びる溶接部分をほぼ同じ温度条件で当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を取得することが可能である。そして、温度勾配算出部が、取得された温度分布から溶接部分における温度勾配を算出し、さらに、検出部が、この算出された前記温度勾配に基づいて溶接部分における亀裂を検出することにより、亀裂の自動判定を達成することが可能である。これにより、取得されたすべての温度分布を評価者が目視で観察して亀裂の有無を判別する場合と比較して、容易かつ迅速に溶接部分における亀裂の有無を判定することが可能である。

【0030】

また、前記温度分布取得部は、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置における当該溶接部分の延びる方向と交差する方向についての温度分布を同時に取得し、前記温度勾配算出部は、前記複数の温度分布から複数の前記温度勾配を算出し、前記検出部は、算出された前記複数の前記温度勾配に基づいて、前記溶接部分における亀裂を検出するのが好ましい。

【0031】

かかる特徴によれば、温度分布取得部が、溶接部分の延びる方向において互いに離れた複数の位置において温度分布を同時に取得するので、複数の温度分布をほぼ同じ温度条件で取得することが可能である。そして、検出部がこれら複数の温度分布から算出された複

10

20

30

40

数の温度勾配に基づいて、溶接部分における亀裂を検出することによって、精度よく亀裂の有無を判別することが可能になる。

【0032】

また、前記亀裂が存在する部分における前記温度勾配と前記亀裂が存在しない部分における前記温度勾配との比率に基づいた判定基準値を記憶する記憶部をさらに備え、前記温度分布取得部は、前記溶接部分の延びる方向において互いに離れた2か所の位置における温度分布を同時に取得し、前記検出部は、前記2か所の温度分布から得られた2つの前記温度勾配の間における比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、前記溶接部分における亀裂を検出するのが好ましい。

【0033】

かかる特徴によれば、検出部は、互いに離れた2か所の位置における温度分布から得られた2つの温度勾配の間における比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、溶接部分における亀裂を検出するので、温度分布におけるデータ数の増大を抑制しながら、精度よく亀裂を検出することが可能である。しかも、この亀裂検出のためには、温度分布取得部によって同時に取得された2つの温度分布を用いるので、取得するデータ数が少なく済み、温度分布を取得する速度を向上させることが可能である。

【0034】

前記温度分布取得部は、前記溶接部分における温度分布に関する情報を記憶する温度分布情報記憶部をさらに備えているのが好ましい。

【0035】

この構成によれば、温度分布情報記憶部に記憶された温度分布に関する情報を用いることによって、温度勾配算出部が、溶接部分における温度勾配を算出し、さらに、検出部が、この算出された前記温度勾配に基づいて溶接部分における亀裂を検出することが可能である。これにより、溶接部分から離れた位置において、亀裂の自動判定を達成することが可能である。

【発明の効果】

【0036】

以上説明したように、本発明の鋼床版の亀裂検出方法および亀裂検出装置によれば、鋼床版の溶接部分における亀裂の有無を容易かつ迅速に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の鋼床版の亀裂検出方法によって亀裂が検出される鋼床版を備えた橋梁の横断面図であって、亀裂検出装置の移動部である作業車に赤外線カメラが設置された状態を示す図である。

【図2】図1の鋼床版のデッキプレートと縦リブとの溶接部分付近の範囲の拡大斜視図である。

【図3】図2の縦リブの横断面図である。

【図4】図3の溶接部分の拡大断面図である。

【図5】本発明の実施形態に係る亀裂検出装置のシステム構成を示すブロック図である。

【図6】図5の赤外線カメラによって溶接部分に直交する線状の温度分布を取得する様子を示す説明図である。

【図7】図5の赤外線カメラによって撮影された赤外線画像および2本の線状の温度分布を取得する位置を示す説明図である。

【図8】図6の赤外線カメラから取得した健全部および亀裂部における線状の温度分布のデータを示すグラフである。

【図9】(a)は図8のグラフを簡略化して表した温度分布のグラフ、(b)は、(a)の温度分布における線状の部分の長さ方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する微分値の変化を簡略化して表したグラフである。

【図10】本発明の実施形態に係る亀裂検出装置を用いた亀裂検出方法の手順を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 1】図 1 0 において亀裂検出装置によって亀裂が検出された場合の評価者による目視判定を行うための手順を示すフローチャートである。

【図 1 2】本発明の亀裂検出装置の変形例であって、縦リブの両側の溶接部分を撮影する赤外線カメラが配置された例を示す図である。

【図 1 3】本発明の亀裂検出装置の他の変形例であって、デッキプレート下部の既存のレールに移動自在に設置された架台と、当該架台に搭載された赤外線カメラとを備えた例を示す図である。

【図 1 4】本発明の亀裂検出装置のさらに他の変形例であって、橋梁に既存の管理路に沿って移動自在に設置された台車と、当該台車に搭載され、赤外線カメラを含む計測装置とを備えた例を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、図面を参照しながら本発明の鋼床版の亀裂検出方法および亀裂検出装置の実施形態についてさらに詳細に説明する。

(橋梁の構造)

まず、本発明の亀裂検出方法が適用される鋼床版を有する橋梁の一般的な構造について説明する。

【0039】

図 1 には、車両 C が走行可能な橋梁 100 が示されている。橋梁 100 は、地盤等に立設された主桁 101 と、主桁 101 の上に設置された鋼床版 102 と、鋼床版 102 上面に敷設されたアスファルトなどからなる舗装材 103 とを備えている。

20

【0040】

鋼床版 102 は、橋梁 100 の床板部分を構成するものであり、図 2 ～ 4 に示されるように、平板状のデッキプレート 104 と、当該デッキプレート 104 を補強する縦リブ 105 および横リブ 106 とを備えている。

【0041】

縦リブ 105 は、デッキプレート 104 の下面に配置され、車両 C の走行方向（図 2 の X 方向）に伸びるように配置されるとともに、デッキプレート 104 の幅方向（図 2 の Y 方向）に平行に並んで複数設けられている。

【0042】

各縦リブ 105 は、いわゆる U リブであり、すなわち、上方に開口された U 字断面形状を有するリブであり、図 3 に示されるように、互いに離間してデッキプレート 104 から下方へ伸びる一对の縦板 107 と、当該一对の縦板 107 の下端部 107 b を連結する横板 108 とを有する。縦リブ 105 は、本発明におけるリブに対応するものであるが、本発明では、リブの断面形状についてはとくに限定するものではなく、閉断面を形成するものに限定されない。

30

【0043】

一对の縦板 107 の上端部 107 a は、その外側を向く面において、デッキプレート 104 に対して当該縦リブ 105 の長尺方向（図 2 の X 方向参照）に沿って溶接されている。すなわち、縦リブ 105 における縦板 107 の上端部 107 a とデッキプレート 104 の下面との接合部位には、車両 C の走行方向（図 2 の X 方向）に沿って伸びる溶接ビード 110 が形成されている。縦リブ 105 の一对の縦板 107 がデッキプレート 104 に溶接された状態では、当該一对の縦板 107、横板 108、およびデッキプレート 104 によって、閉鎖空間 109（図 3 参照）が形成されている。

40

【0044】

なお、横リブ 106 は、これら縦リブ 105 と直交するように幅方向（図 2 の Y 方向）に沿って設けられている。横リブ 106 の上端部は、当該横リブ 106 の長手方向に沿ってデッキプレート 104 の下面に溶接されている。

【0045】

(亀裂検出装置)

50

本実施形態に係る亀裂検出装置 1 は、上記の鋼床版 102 の溶接部分、すなわち、縦リブ 105 とデッキプレート 104 とを接合する溶接部分である溶接ビード 110 において亀裂 111（図 4 参照）を自動的に検出する装置である。

【0046】

具体的には、亀裂検出装置 1 は、図 5 に示されるように、計測装置 2 と、当該計測装置 2 を搭載して、溶接ビード 110 が延びる方向（すなわち、図 2 の X 方向で示される走行方向）へ移動する作業車 3 とを備えている。作業車 3 は、図示しない駆動部を有しており、鋼床版 102 の下部に設置された走行方向（図 1 の紙面垂直方向）に延びる複数のレール 102a から吊り下げられた状態で移動することが可能である。

【0047】

計測装置 2 は、温度分布取得部 4 と、温度勾配算出部 5 と、比率算出部 6 と、亀裂検出部 7 と、判定基準値記憶部 8 とを備えている。

【0048】

温度分布取得部 4 は、作業車 3 とともに溶接ビード 110 の延びる方向に沿って移動しながら、当該溶接ビード 110 に交差する方向についての温度分布を、例えば、赤外線サーモグラフィや赤外線カメラの技術などにおいて行われる対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって当該温度分布取得部 4 の移動方向に沿って順次取得するものであり、具体的には、当該溶接ビード 110 を直交して横断する線状部分 R1、R2（図 5 および図 7 参照）の温度分布 T1、T2（図 8 参照）を対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布取得部 4 の移動方向（すなわち、溶接ビード 110 の延びる方向）に沿って順次取得する。この温度分布取得部 4 は、赤外線カメラ 11 と、温度分布生成部 12 とを備えている。

【0049】

赤外線カメラ 11 は、図 5～6 に示されるように、計測装置 2 が作業車 3 とともに溶接ビード 110 の延びる方向に沿って移動しているときに、温度分布を取得するための収録データとして、例えば、画像データ、具体的には、溶接ビード 110 およびその周辺部の赤外線画像を連続的に撮影する。連続的に撮影された赤外線画像（図 7 参照）は、温度分布が濃淡によって表された画像であり、温度分布に関する情報である。赤外線画像は、赤外線カメラ 11 に内蔵された画像記憶部 11a に記憶される。

【0050】

また、赤外線カメラ 11 は、赤外線画像とともに可視画像も同時に取得し、画像記憶部 11a に記憶する。

【0051】

温度分布生成部 12 は、赤外線カメラ 11 によって連続的に撮影された赤外線画像から、溶接ビード 110 の延びる方向に互いに離れた 2 か所の位置において、2 本の線状部分 R1、R2 の温度分布 T1、T2（図 8 参照）を同時に生成する。2 本の線状部分 R1、R2 は、溶接ビード 110 に直交する方向 S に延びて当該溶接ビード 110 を横断するように設定される。

【0052】

ここで、図 7 に示されるように、溶接ビード 110 の延びる方向に沿って亀裂 111 が生じている場合において、線状部分 R1 は、亀裂 111 を横断していない部分、いわゆる健全部であり、線状部分 R2 は亀裂 111 を横断している部分、亀裂部であるとする。デッキプレート 104 は、昼間などにおいて太陽光 A の照射によって加熱されている場合、デッキプレート 104 の熱は、溶接ビード 110 を介して縦リブ 105 へ伝導される。

【0053】

その場合、健全部である線状部分 R1 における温度分布 T1 は、図 8 に示されるように、デッキプレート 104 側の端部 R1a から縦リブ 105 の縦板 107 側の端部 R1b へ行くにしたがって、温度が徐々に低下するような温度分布をしていることがわかる。

【0054】

一方、亀裂部である線状部分 R2 の温度分布 T2 は、線状部分 R2 のデッキプレート 1

10

20

30

40

50

04側の端部R2aから縦リブ105の縦板107側の端部R2bへ行く途中で、亀裂111の部分においてデッキプレート104から縦リブ105への熱伝導が遮断されるので、温度が部分的に急激に低下する温度分布をすることがわかる。

【0055】

温度勾配算出部5は、上記のように温度分布取得部4によって取得された温度分布T1、T2から、溶接ビード110における温度勾配を算出する。

【0056】

ここで、温度勾配としては、例えば、溶接ビード110の延びる方向における少なくとも一部の位置では、温度分布における最高温度と最低温度との差が用いられるのが好ましい。この場合、温度勾配は、以下のようにして算出される。図9(a)のグラフに示されるように、温度分布取得部4で取得された2つの温度分布T1、T2は、線状部分R1、R2についての長さ方向における長さを赤外線画像の画素（ピクセル）の数Xとこの画素数Xに対応する位置における温度Tとの関係を示した曲線によって示されている。図9(a)において、線状部分R1、R2のそれぞれの温度分布T1、T2における最高温度と最低温度との差は、それぞれ、温度勾配 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ として求められる。このように、温度勾配算出部5は、温度分布T1、T2における最高温度と最低温度との差から温度勾配 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ を算出することが可能である。

【0057】

また、温度勾配をより正確に算出するために、温度勾配としては、溶接ビード110の延びる方向における少なくとも一部の位置では、溶接ビード110に交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する微分値が用いられるのが好ましい。この場合、温度勾配は、以下のようにして算出される。温度勾配算出部5は、上記の図9(a)のグラフに示される画素数Xおよび温度Tを関連付けたデータに基づいて、画素数Xの変化量に対する温度Tの変化量を微分処理によって求め、画素数Xに対する微分値 dT/dx の変化をそれぞれ求める。上記の温度分布T1、T2における画素数Xに対応する位置における微分値 dT/dx は、図9(b)のグラフによって、U1、U2の曲線のようにそれぞれ示される。

【0058】

この図9(b)のグラフでは、亀裂111を横断しない線状部分R1の温度分布T1に対応する微分値 dT/dx を示す曲線U1では、微分値 dT/dx の最小値（すなわち、下り勾配の最大値）は $\beta 1$ で示される。一方、亀裂111を横断する線状部分R2の温度分布T2に対応する微分値 dT/dx を示す曲線U2では、微分値 dT/dx の最小値は $\beta 2$ で示される。温度勾配算出部5は、これら微分値 dT/dx の最小値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ を温度勾配として算出することが可能である。

【0059】

比率算出部6は、上記の温度勾配算出部5によって算出された2つの温度勾配、すなわち、2本の線状部分R1、R2の温度分布T1、T2から得られた2つの温度勾配の間における比率を求める。例えば、比率算出部6は、温度勾配として温度勾配算出部5によって算出された微分値 dT/dx の最小値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ の間の比率 $\beta 2/\beta 1$ を算出する。

【0060】

判定基準値記憶部8は、溶接ビード110のうち亀裂111が存在する部分における温度勾配と亀裂111が存在しない部分における温度勾配との比率に基づいた判定基準値を記憶する。判定基準値C1は、例えば、過去に取得された溶接ビード110における線状部分の温度分布のデータ群から、亀裂111が存在する部分における温度勾配の平均値（例えば、微分値 dT/dx の最小値の平均値 $\beta 20$ ）および亀裂111が存在しない部分における温度勾配の平均値（例えば、微分値 dT/dx の最小値の平均値 $\beta 10$ ）をそれぞれ求め、これらの温度勾配の比率（ $\beta 20/\beta 10$ ）に基づいて、設定される。なお、判定基準値C1は、温度分布の測定時の諸条件（例えば、赤外線カメラ11の撮影時のノイズや溶接ビード110における塗装状態など）も考慮して設定される。

【0061】

10

20

30

40

50

亀裂検出部 7 は、温度勾配算出部 5 によって算出された複数の温度勾配（例えば、上記の微分値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ ）に基づいて、溶接ビード 110 における亀裂 111 を検出する。具体的には、亀裂検出部 7 は、2 本の線状部分 R 1、R 2 の温度分布 T 1、T 2 から得られた 2 つの温度勾配 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ の間における比率 $\beta 2 / \beta 1$ が、上記の判定基準値 C 1 を超えたか否かを判別することによって、溶接ビード 110 における亀裂 111 を検出する。

【0062】

（亀裂検出方法の説明）

以上のように構成された亀裂検出装置 1 を用いて、以下のような手順で鋼床版 102 のデッキプレート 104 と縦リブ 105 とを接合する溶接ビード 110 における亀裂 111 の有無を検出する。

【0063】

この温度検出方法では、温度勾配としては、一例として、上記のように、線状部分 R 1、R 2 のそれぞれの温度分布 T 1、T 2 に対応する微分値 $d T / d x$ を示す曲線 U 1、U 2 における微分値 $d T / d x$ の最小値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ が用いられる。

【0064】

まず、作業車 3 を発進させる前に、あらかじめ、判定基準値記憶部 8 に、上記のように、溶接ビード 110 のうち亀裂 111 が存在する部分における温度勾配と亀裂 111 が存在しない部分における温度勾配との比率に基づいた判定基準値 C 1 を記憶しておく（判定基準値準備工程）。判定基準値 C 1 は、具体的には、上記のように、過去に取得された溶接ビード 110 における線状部分の温度分布のデータ群から、亀裂 111 が存在する部分における温度勾配の平均値（例えば、上記の微分値 $d T / d x$ の最小値の平均値 $\beta 20$ ）および亀裂 111 が存在しない部分における温度勾配の平均値（例えば、上記の微分値 $d T / d x$ の最小値の平均値 $\beta 10$ ）をそれぞれ求め、これらの温度勾配の比率（ $\beta 20 / \beta 10$ ）に基づいて、設定される。このとき、判定基準値 C 1 は、温度分布の測定時の諸条件、例えば、赤外線カメラ 11 の撮影時のノイズや溶接ビード 110 における塗装状態の他に、測定を行う日の天候（気温、日射の状態）などの条件も考慮して適宜補正することにより、設定される。

【0065】

上記のように判定基準値 C 1 が判定基準値記憶部 8 に記憶された状態で、まず、温度取得工程を行う。温度取得工程は、日中において、太陽光 A（図 2 参照）が舗装材 103 を照射して舗装材 103 が加熱され、舗装材 103 の熱によってデッキプレート 104 が加熱されている状態で行われる。温度取得工程では、図 10 のフローチャートのステップ S 1 に示されるように、作業車 3 を発進させて縦リブ 105 の溶接ビード 110 の延びる方向へ移動させ、作業車 3 の上に搭載された計測装置 2 の赤外線カメラ 11 によって、溶接ビード 110 およびその周辺部の赤外線画像を連続的に撮影する。それと同時に、赤外線カメラ 11 によって、その部分の可視画像も同時に撮影する。連続的に撮影された赤外線画像（図 7 参照）および可視画像は、赤外線カメラ 11 に内蔵された画像記憶部 11a に記憶される。

【0066】

ついで、ステップ S 2 に示されるように、温度分布生成部 12 は、赤外線カメラ 11 によって連続的に撮影された赤外線画像から、溶接ビード 110 の延びる方向に互いに離れた 2 か所の位置において、2 本の線状部分 R 1、R 2 の温度分布 T 1、T 2 を生成する。これによって、温度分布取得部 4 は、2 つの温度分布 T 1、T 2 を取得する。

【0067】

このとき、温度分布生成部 12 は、それぞれの温度分布 T 1、T 2 に含まれるノイズを空間平均法などによって除去する。

【0068】

その後、ステップ S 3 に示されるように、温度勾配算出部 5 は、取得された 2 つの温度分布 T 1、T 2 の各温度勾配を算出する。温度勾配算出部 5 は、具体的には、上記の図 9（a）のグラフに示される各温度分布 T 1、T 2 における画素数 X および温度 T のデータ

10

20

30

40

50

を用いて、画素数 X の変化量に対する温度 T の変化量を微分処理によって求め、これによって、図9 (b) のグラフの曲線 $U1$ 、 $U2$ に示される画素数 X に対する微分値 dT/dx のデータを生成する。そして、温度勾配算出部5は、これら曲線 $U1$ 、 $U2$ における微分値 dT/dx の最小値 $\beta1$ 、 $\beta2$ を温度勾配として算出する。

【0069】

ついで、ステップS4に示されるように、比率算出部6は、上記の温度勾配算出部5によって算出された2つの温度勾配の間における比率として、上記の微分値 dT/dx の最小値 $\beta1$ 、 $\beta2$ の間の比率 $\beta2/\beta1$ を算出する。

【0070】

その後、ステップS5では、亀裂検出部7は、2本の線状部分 $R1$ 、 $R2$ の温度分布 $T1$ 、 $T2$ から得られた2つの温度勾配 $\beta1$ 、 $\beta2$ の間における比率 $\beta2/\beta1$ が、判定基準値 $C1$ を超えたか否かを判別する。 10

【0071】

比率 $\beta2/\beta1$ が判定基準値 $C1$ よりも大きい場合には、亀裂検出部7は、ステップS6のように亀裂ありと自動的に判定する。一方、比率 $\beta2/\beta1$ が判定基準値 $C1$ よりも大きくない場合には、亀裂検出部7は、ステップS7のように亀裂なしと自動的に判定する。これにより、溶接ビード110における亀裂111を自動的に検出することが可能である。

【0072】

なお、亀裂検出部7が溶接ビード110における亀裂111があると自動的に判定した場合であっても、測定 of 諸条件（例えば、赤外線カメラの解像度や溶接ビード110における塗装ムラなど）によって、実際には、亀裂111が存在しなくても亀裂111があると誤って自動的に判定される場合がある。 20

【0073】

そこで、亀裂111の判定精度を向上させるためには、亀裂検出装置1による自動判定が終了した後に、評価者による総合的な最終判定を行うことが好ましい。

【0074】

評価者による総合的な最終判定を行う場合、例えば、図10のステップS6において、亀裂検出部7が溶接ビード110における亀裂111があると自動的に判定した後に、図11のフローチャートにしたがって、評価者が目視観察しやすいように画像処理が行われる。 30

【0075】

まず、ステップS11に示されるように、赤外線カメラ11の画像記憶部11a記憶された赤外線画像のデータのうち、亀裂検出部7によって亀裂ありと自動的に判定された部分の画像データを、亀裂検出装置1に内蔵された画像処理装置（図示せず）によって画像処理を行う。画像処理は、例えば、赤外線画像のデータを、数値解析処理して亀裂の先端が特定できる程度まで画像を補正することによって、評価者が目視観察しやすい素材になるように加工する。

【0076】

その後、ステップS12に示されるように、評価者は、モニタ（図示せず）に表示される画像処理後の赤外線画像だけでなく、取得した可視画像、画像処理前の赤外線画像、温度分布 $T1$ 、 $T2$ などの赤外線の処理データ、およびその他種々のデータを用いて総合的に判定を行う。その結果、評価者は、上記の亀裂検出部7によって亀裂ありと自動的に判定された部分について、亀裂が有るか否かを総合的に最終判定をする（ステップS13およびS14）。 40

【0077】

なお、上記の画像処理装置やモニタは、例えば、亀裂検出装置1に取り付けられるが、亀裂検出装置1の外部に設置してもよい。

【0078】

このように、亀裂検出装置1による亀裂の自動判定をした後に、さらに、評価者が画像 50

処理後の赤外線画像を用いて目視判定を行うことにより、亀裂判定の精度は向上する。

【0079】

(特徴)

(1)

上記実施形態の亀裂検出方法では、対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布を取得する温度取得部4を溶接ビード110の延びる方向に沿って移動させながら、当該溶接ビード110に直交する方向についての線状部分R1、R2の温度分布T1、T2を対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度取得部4の移動方向に沿って順次取得することによって、デッキプレートに電磁誘導コイルなどによって強制的に加熱しなくても、縦リブ105の長手方向に延びる溶接ビード110をほぼ同じ温度条件で当該溶接ビード110に交差する方向についての温度分布を取得することが可能である。

10

【0080】

そして、取得された温度分布から、溶接ビード110における温度勾配を算出し、この算出された前記温度勾配に基づいて、溶接ビード110における亀裂111を自動的に検出することが可能である。これにより、取得されたすべての温度分布を評価者が目視で観察して亀裂111の有無を判別する場合と比較して、容易かつ迅速に溶接ビード110における亀裂111の有無を判定することが可能である。

【0081】

(2)

上記実施形態の亀裂検出方法では、温度分布取得工程（とくに、赤外線カメラ11で赤外線画像を撮影する工程）が、デッキプレート104が太陽光Aの照射によって加熱されている昼間などの日中に行われるので、太陽光の照射によって加熱されたデッキプレート104の温度が高くなる。そのため、溶接ビード110における温度分布が亀裂111の有る場合と無い場合とで温度勾配の違いより明確になるので、精度よく亀裂111の有無を判別することが可能になる。

20

【0082】

(3)

上記実施形態の亀裂検出方法では、溶接ビード110の延びる方向において互いに離れた複数の位置（例えば、2か所の位置）において温度分布T1、T2を同時に取得するので、複数の温度分布T1、T2をほぼ同じ温度条件で取得することが可能である。そして、これら複数の温度分布から算出された複数の温度勾配に基づいて、溶接ビード110における亀裂111を検出することによって、精度よく亀裂111の有無を判別することが可能になる。なお、温度分布を取得する位置は、2か所以上であってもよい。

30

【0083】

(4)

また、上記実施形態の亀裂検出方法では、温度分布取得工程の前には、亀裂111が存在する部分における温度勾配と亀裂111が存在しない部分における温度勾配との比率によって判定基準値をあらかじめ準備する判定基準値準備工程をさらに含み、温度分布取得工程では、溶接ビード110の延びる方向において互いに離れた2か所の位置における温度分布を同時に取得し、検出工程では、2か所の温度分布から得られた2つの温度勾配の間における比率が、判定基準値を超えたか否かを判別することによって、溶接ビード110における亀裂111を検出する。かかる特徴では、互いに離れた2か所の位置における温度分布から得られた2つの温度勾配の間における比率が、あらかじめ設定された判定基準値を超えたか否かを判別することによって、溶接ビード110における亀裂111を検出するので、温度分布におけるデータ数の増大を抑制しながら、精度よく亀裂111を検出することが可能である。しかも、この亀裂検出のためには、同時に取得された2つの温度分布を用いるので、取得するデータ数が少なく済み、温度分布を取得する速度を向上させることが可能である。

40

【0084】

50

(5)

また、上記実施形態の亀裂検出方法では、温度勾配として、溶接ビード110の延びる方向における少なくとも一部の位置では、前記温度分布における最高温度と最低温度との差 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ が用いられるのが好ましい。これによって、最高温度と最低温度との差 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ から容易に温度勾配を算出できるので、演算処理の負担の増大を抑えることが可能である。

【0085】

(6)

また、上記実施形態の亀裂検出方法では、温度勾配としては、溶接ビード110の延びる方向における少なくとも一部の位置では、溶接ビード110に交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する微分値（例えば、微分値の最小値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ ）が用いられるのが好ましい。かかる特徴によれば、溶接ビード110に交差する方向における長さの変化に対する温度変化の微分値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ によって温度勾配を算出するので、温度勾配をより正確に算出することが可能である。その結果、正確な温度勾配に基づいて精度よく亀裂111を検出することが可能である。

【0086】

(7)

また、上記実施形態の亀裂検出方法では、デッキプレート104に溶接されるリブは、互いに離間してデッキプレート104から下方へ延びる一对の縦板107と、当該一对の縦板107の下端部を連結する横板108とを有する縦リブ105であり、一对の縦板107の上端部がデッキプレート104に対して当該縦リブ105の長尺方向に沿って溶接されることにより、当該一对の縦板107、横板108、およびデッキプレート104によって、閉鎖空間109が形成されていてもよい。この場合、縦リブ105の内側から溶接することができないので、縦リブ105の一对の縦板107の上端部は、その外側からのみでデッキプレート104と溶接され、デッキプレート104と縦リブ105とを接合する溶接ビード110が非常に弱く、溶接ビード110に亀裂111が生じやすい。そこで、上記の亀裂検出方法を実行することによって、そのような縦リブ105の溶接ビード110における亀裂111を容易かつ迅速に検出することが可能である。その結果、亀裂が発生しやすい縦リブ105の溶接ビード110の検査を短期間のうちに多くの場所で実行することが可能になる。

【0087】

(8)

また、上記実施形態の鋼床版102の亀裂検出装置1では、温度分布取得部4は、移動部である作業車3の移動とともに溶接ビード110の延びる方向に沿って移動しながら、当該溶接ビード110に交差する方向についての温度分布を対象物から生じる赤外線放射エネルギーを検出することによって温度分布取得部4の移動方向に沿って順次取得する。これによって、デッキプレートを電磁誘導コイルなどによって強制的に加熱しなくても、縦リブ105の長手方向に延びる溶接ビード110をほぼ同じ温度条件で当該溶接ビード110に交差する方向についての温度分布を取得することが可能である。そして、温度勾配算出部5が、取得された温度分布から溶接ビード110における温度勾配を算出し、さらに、亀裂検出部7が、この算出された前記温度勾配に基づいて溶接ビード110における亀裂111を検出することにより、亀裂111の自動判定を達成することが可能である。これにより、取得されたすべての温度分布を評価者が目視で観察して亀裂111の有無を判別する場合と比較して、容易かつ迅速に溶接ビード110における亀裂111の有無を判定することが可能である。

【0088】

(9)

また、上記実施形態の亀裂検出装置1では、温度分布取得部4が、溶接ビード110の延びる方向において互いに離れた複数の位置において温度分布を同時に取得するので、複数の温度分布をほぼ同じ温度条件で取得することが可能である。そして、亀裂検出部7が

これら複数の温度分布から算出された複数の温度勾配に基づいて、溶接ビード 110 における亀裂 111 を検出することによって、精度よく亀裂 111 の有無を判別することが可能になる。

【0089】

(10)

また、上記実施形態の亀裂検出装置 1 では、亀裂検出部 7 は、互いに離れた 2 か所の位置における温度分布 T1、T2 から得られた 2 つの温度勾配の間における比率が、前記判定基準値を超えたか否かを判別することによって、溶接ビード 110 における亀裂 111 を検出するので、温度分布におけるデータ数の増大を抑制しながら、精度よく亀裂 111 を検出することが可能である。しかも、この亀裂検出のためには、温度分布取得部 4 によって同時に取得された 2 つの温度分布を用いるので、取得するデータ数が少なく済み、温度分布を取得する速度を向上させることが可能である。

【0090】

(11)

また、上記実施形態の亀裂検出装置 1 では、画像記憶部 11a に記憶された赤外線画像を用いることによって、温度勾配算出部 5 が、溶接ビード 110 における温度勾配を算出し、さらに、亀裂検出部 7 が、この算出された前記温度勾配に基づいて溶接ビード 110 における亀裂 111 を検出することが可能である。これにより、溶接ビード 110 から離れた位置において、亀裂 111 の自動判定を達成することが可能である。

【0091】

(変形例)

(A)

上記実施形態の亀裂検出方法および亀裂検出装置では、溶接ビード 110 に交差する方向についての温度分布の一例として、当該溶接ビード 110 を直交する方向についての温度分布 T1、T2 が例に挙げられているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、溶接ビード 110 に交差する方向であれば、溶接ビード 110 の延びる方向に対して 1～89 度の範囲で傾斜した角度で当該溶接ビード 110 に交差する方向についての温度分布を採用してもよい。

【0092】

(B)

上記実施形態の亀裂検出方法では、温度分布取得部 4 の赤外線カメラ 11 は、移動しながら溶接ビード 110 およびその周辺部の赤外線画像を連続的に撮影しているが、本発明は連続的な撮影に限定されるものではない。本発明では、温度分布取得部 4 は、溶接ビード 110 に交差する方向についての温度分布をその移動方向に沿って順次取得すればよく、例えば、温度分布取得部 4 の赤外線カメラ 11 の移動方向に沿ってコマ撮りの要領で間欠的に赤外線画像を順次取得してもよい。

【0093】

(C)

上記実施形態の温度検出方法では、複数の温度勾配として、温度勾配を最も正確に算出可能な値として、溶接ビード 110 に交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する 2 つの微分値（具体的には、微分値の最小値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ ）が用いられ、その比率 $\beta 2 / \beta 1$ が亀裂判定時の判定基準値との比較対象となっているが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0094】

複数の温度勾配の他の例として、温度分布における最高温度と最低温度との差 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ を用いることが可能であり、その比率 $\alpha 2 / \alpha 1$ をそれに対応する判定基準値と比較して亀裂判定を行ってもよい。この場合、上記の微分値を用いた場合よりも演算処理の負担を抑えることが可能である。

【0095】

また、複数の温度勾配のさらに他の例として、溶接ビード 110 の延びる方向における

ある1つの位置における温度勾配として最高温度と最低温度との差 $\alpha 1$ が用いられ、他の位置における温度勾配として、溶接ビード110に交差する方向における長さの変化量に対する温度の変化量に関する微分値（例えば、微分値の最小値 $\beta 2$ ）が用いられてもよい。その場合、これらの比率 $\beta 2 / \alpha 1$ をそれに対応する判定基準値と比較して亀裂判定を行ってもよい。この場合、温度勾配の正確な算出と演算処理の負担の抑制とを両立させることが可能である。なお、この比率 $\beta 2 / \alpha 1$ を用いて亀裂判定を行う場合には、この比率 $\beta 2 / \alpha 1$ の絶対値がそれに対応する判定基準値を超えるか否かで判定すればよい。

【0096】

(D)

なお、上記実施形態の亀裂検出装置1では、温度分布情報記憶部の一例として、画像記憶部11aが例に挙げられているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、亀裂検出装置1は、温度分布情報記憶部として、赤外線画像を用いて生成された温度分布T1、T2のデータ自体を記憶する記憶部を備えてもよい。

【0097】

(E)

上記実施形態の亀裂検出装置1は、赤外線カメラ11を含む計測装置2の全体が作業車3に搭載されているが、本発明はこれに限定されるものではなく、作業車3には、少なくとも赤外線カメラ11（すなわち、温度分布取得部4の一部）が作業車3に搭載して、赤外線画像を取得して画像記憶部11aに記憶しておくようにすればよい。

【0098】

(F)

上記実施形態の亀裂検出装置1は、図1に示されるように、1台の赤外線カメラ11が作業車3に搭載されている例が示されているが、本発明はこれに限定されるものではなく、図12に示されるように複数台の赤外線カメラ11を一台の作業車3に搭載するようにしてもよい。その場合、複数本の縦リブ105の溶接部分（溶接ビード110）における赤外線画像を同時に取得することが可能である。これにより、複数本の溶接ビード110における亀裂の判定を同時に行うことが可能であり、作業効率が大幅に向上する。

【0099】

(G)

上記の亀裂検出装置1では、溶接ビード110の延びる方向に沿って移動する移動部として、鋼床版102下部の複数のレール102aに吊り下げられた作業車3を例にあげて説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、溶接ビード110の延びる方向に沿って移動できるものであれば、他の手段を移動部として用いることが可能である。

【0100】

例えば、図13に示される亀裂検出装置21のように、鋼床版102下部のそれぞれのレール102aに吊り下げられた架台22と、当該架台22に搭載された赤外線カメラ11とを備えた構成であってもよい。この構成では、それぞれの架台22は、レール102aに対して当該レール102aに沿って移動自在に設置される。架台22は、図示しない駆動部を有しており、レール102aに沿って移動するようにすればよい。各架台22には、赤外線カメラ11が搭載されているので、赤外線カメラ11は移動しながら縦リブ105の溶接部分の赤外線画像を順次（例えば連続的に）取得し、当該赤外線画像を当該赤外線カメラ11の内蔵する画像記憶部（図示せず）に記憶することが可能である。図13に示される亀裂検出装置21では、赤外線カメラ11以外の計測装置2の構成部分については、架台22の外部に別途設置すればよい。

【0101】

(H)

また、移動部のさらに他の例として、図14に示される亀裂検出装置31のように、橋梁100の管理路121を走行できる構成であってもよい。

【0102】

橋梁100には、通常、橋梁の保守点検などの目的のために、作業者が通行可能な管理

路 1 2 1 が設けられている。管理路 1 2 1 は、例えば、鋼床版 1 0 2 の下方において、主桁 1 0 1 の側面に設置されている。管理路 1 2 1 は、縦リブ 1 0 5 の長手方向に沿って延びている。

【0 1 0 3】

このような管理路 1 2 1 を走行する亀裂検出装置 3 1 は、計測装置 3 2 と、当該計測装置 3 2 を搭載する台車 3 3 とを備える。計測装置 3 2 は、赤外線カメラ 3 4 を有する。台車 3 3 は、駆動部（図示せず）を有しており、管理路 1 2 1 の上を縦リブ 1 0 5 の長手方向に沿って走行することが可能である。このような亀裂検出装置 3 1 では、管理路 1 2 1 に沿って台車 3 3 が走行しながら、赤外線カメラ 1 1 によって縦リブ 1 0 5 の溶接部分の赤外線画像を順次(例えば連続的に)取得して、縦リブ 1 0 5 の溶接部分の亀裂の有無を判定することが可能である。

10

【0 1 0 4】

(I)

上記の実施形態では、デッキプレートに溶接されるリブの一例として縦リブ 1 0 5 を例にあげて説明しているが本発明はこれに限定されるものではなく、デッキプレートに溶接されるリブであれば、本発明の亀裂検出方法および亀裂検出装置によって、溶接部分の亀裂の有無を判定することが可能であり、例えば、横リブ 1 0 6 の上端部における溶接部分における亀裂の有無も判定することが可能である。

【符号の説明】

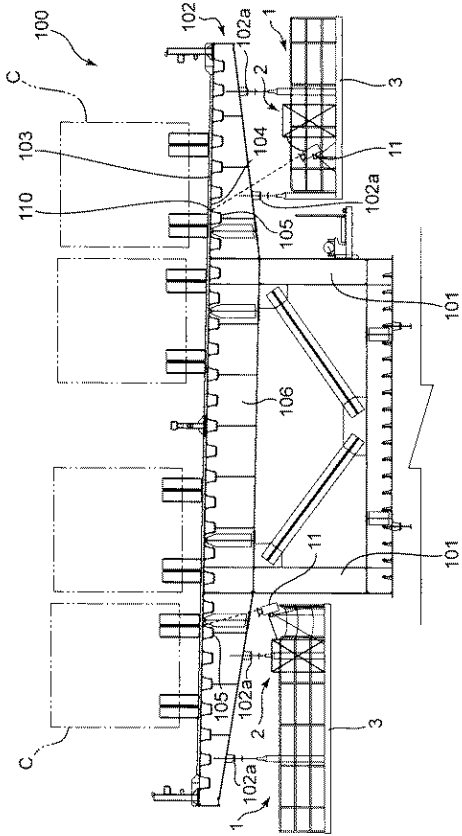
【0 1 0 5】

- 1 亀裂検出装置
- 2 計測装置
- 3 作業車
- 4 温度分布取得部
- 5 温度勾配算出部
- 6 比率算出部
- 7 亀裂検出部
- 8 判定基準値記憶部
- 1 0 0 橋梁
- 1 0 2 鋼床版
- 1 0 4 デッキプレート
- 1 0 5 縦リブ（リブ）
- 1 0 7 縦板
- 1 0 8 横板
- 1 0 9 閉鎖空間
- 1 1 0 溶接ビード
- 1 1 1 亀裂

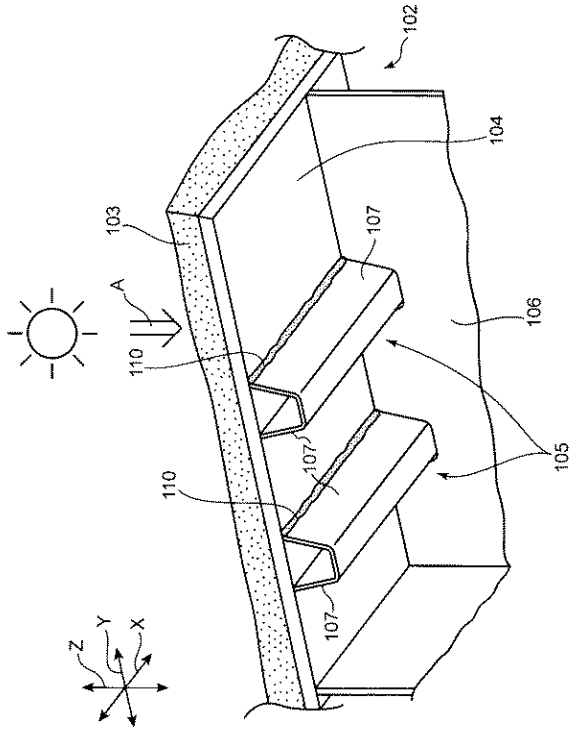
20

30

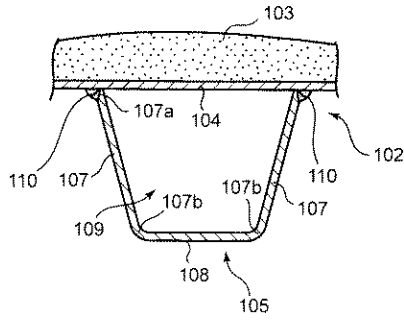
【図 1】



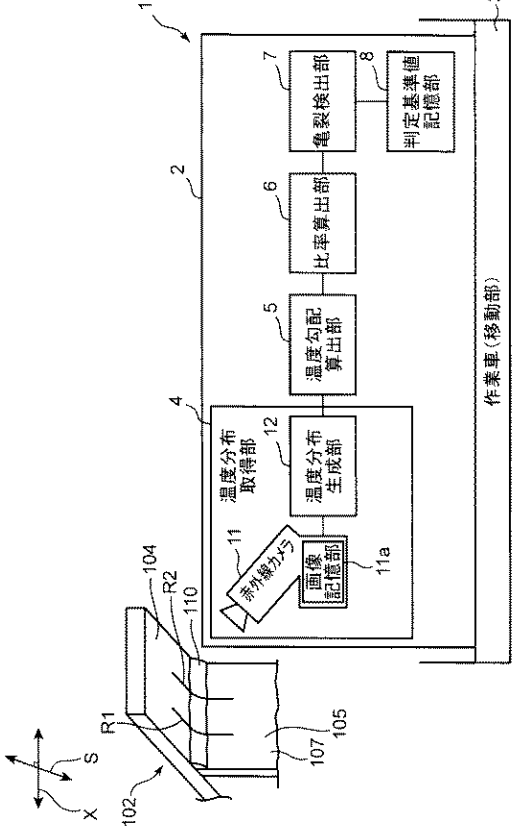
【図 2】



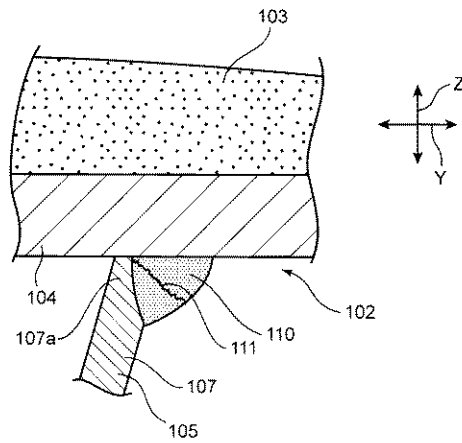
【図 3】



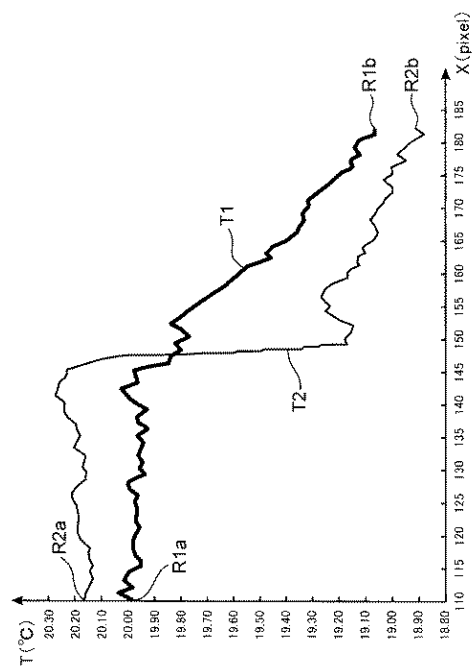
【図 5】



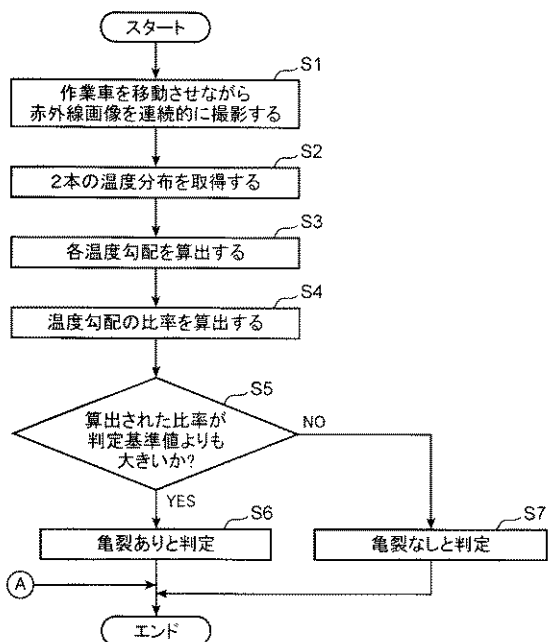
【図 4】



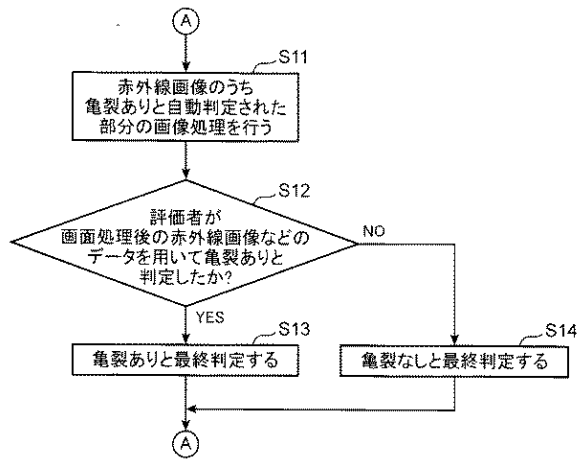
【図 8】



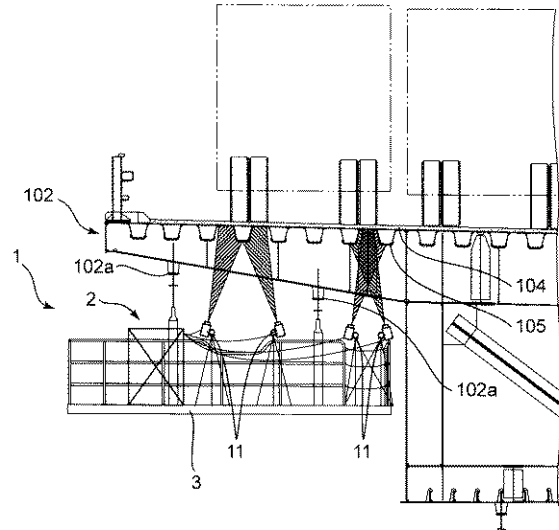
【図 10】



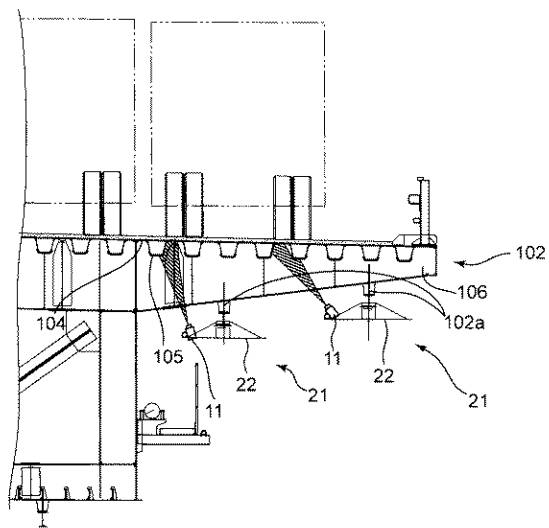
【図 1 1】



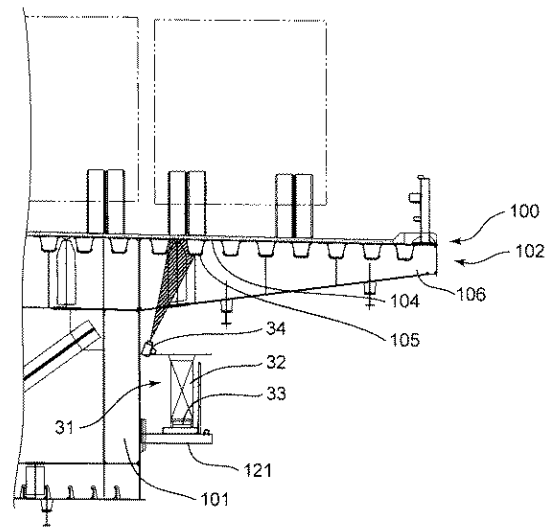
【図 1 2】



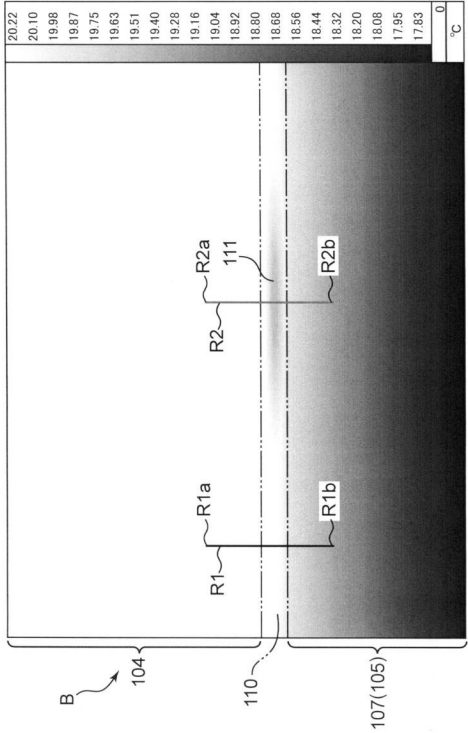
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100109058

弁理士 村松 敏郎

(72)発明者 溝上 善昭

兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番22号 本州四国連絡高速道路株式会社内

(72)発明者 和泉 遊以

滋賀県彦根市八坂町2500 公立大学法人 滋賀県立大学内

(72)発明者 阪上 ▲隆▼英

兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 国立大学法人神戸大学内

(72)発明者 小林 義弘

兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番22号 本州四国連絡高速道路株式会社内

審査官 後藤 大思

(56)参考文献 特開2006-337232 (JP, A)

特開2002-156347 (JP, A)

特開2011-242362 (JP, A)

特開2010-133835 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 25/72

JSTPlus (JDreamII)