

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6385894号
(P6385894)

(45) 発行日 平成30年9月5日 (2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日 (2018.8.17)

(51) Int.Cl.

GO 1 L 5/00 (2006.01)

F I

GO 1 L 5/00 1 O 3 E

GO 1 L 5/00 1 O 3 D

請求項の数 8 (全 11 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2015-131332 (P2015-131332) | (73) 特許権者 | 000114215 |
| (22) 出願日 | 平成27年6月30日 (2015.6.30) | | ミネベアミツミ株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2017-15506 (P2017-15506A) | | 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 |
| (43) 公開日 | 平成29年1月19日 (2017.1.19) | | 6 - 7 3 |
| 審査請求日 | 平成30年6月28日 (2018.6.28) | (74) 代理人 | 100099793 |
| 早期審査対象出願 | | | 弁理士 川北 喜十郎 |
| | | (74) 代理人 | 100154586 |
| | | | 弁理士 藤田 正広 |
| | | (74) 代理人 | 100179280 |
| | | | 弁理士 河村 育郎 |
| | | (72) 発明者 | 橋本 孝順 |
| | | | 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4 1 0 |
| | | | 6 - 7 3 ミネベア株式会社内 |
| | | 最終頁に続く | |

(54) 【発明の名称】 ボルトセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ボルトの締結状態を検知するボルトセンサであって、
ボルトの軸が挿入される貫通孔を有するセンサ本体部と、
前記センサ本体部の外周に沿って延在する導光体と、
前記センサ本体部の出力に基づいて前記導光体に光を送出する光源とを備え、
前記導光体は、前記光源からの光が入射する入射面及び前記入射面から入射した光を出射する出射面とを有する導光板を含み、

前記導光板の前記出射面と対向する対向面には前記入射面から入射した光を前記出射面に向けて反射する複数の凹部が形成されているボルトセンサ。

【請求項 2】

前記複数の凹部は、前記対向面的一部分において他の部分よりも密に形成されている請求項 1 に記載のボルトセンサ。

【請求項 3】

前記導光体は、前記導光板の出射面上に配置されたプリズムシート及び前記プリズムシート上に配置された拡散シートを更に含む請求項 1 又は 2 に記載のボルトセンサ。

【請求項 4】

前記導光体は、前記センサ本体部の外周の略全域を囲んで延在する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のボルトセンサ。

【請求項 5】

前記導光体を覆うカバーを更に備える請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のボルトセンサ。

【請求項 6】

前記センサ本体部と前記光源との間に接続された基板であって、前記センサ本体部からの出力と所定値との比較に基づいて前記光源を点灯させる基板を更に備える請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のボルトセンサ。

【請求項 7】

前記センサ本体部は、前記貫通孔を有する胴部と、前記胴部に取り付けられたひずみセンサとを有する請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のボルトセンサ。

【請求項 8】

前記光源は、前記センサ本体部上に設けられている請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のボルトセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はボルトセンサに関し、より詳細にはボルトの締結状態を光学的に報知するボルトセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

橋梁やトンネルなどの土木構造物は、多数のボルト接合部を有している。そのようなボルト接合部におけるボルト緩みの有無が定期的に検査されているが、この種の検査の多くは検査員による目視や打診により行われていた。

【0003】

特許文献 1 は、ナットと被締結体との間に装着されるスペーサにひずみセンサを含むトランスポンダと表示発信回路部を設け、ボルトに軸方向のひずみが発生した場合に表示発信回路部の LED が点灯する検知システムを開示している。また特許文献 2 は、ボルトの内部にセンサを埋め込むと共にボルトの頭部に LED 等の表示器を配置し、ボルトの緩みが発生した場合に LED を点灯させるセンサーボルトを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 4798 号

【特許文献 2】特開平 11 - 118637 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ボルト接合部の点検は容易に且つ確実にに行えることが望ましいが、特許文献 1、2 に記載の検知システムでは、ボルト接合の位置によっては表示器が隠れてしまい、ボルトに緩みが発生しても適切に検知できない恐れがある。

【0006】

そこで本発明は上記の課題を解決し、ボルトの使用状況（周囲環境）にかかわらず、ボルトの締結状態を容易に且つ確実に検知することができるボルトセンサ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】

【0007】

本発明の第 1 の態様に従えば、

ボルトの締結状態を検知するボルトセンサであって、

ボルトの軸が挿入される貫通孔を有するセンサ本体部と、

前記センサ本体部の外周に沿って延在する導光体と、

前記センサ本体部の出力に基づいて前記導光体に光を送出する光源とを備えるボルトセ

10

20

30

40

50

ンサが提供される。

【 0 0 0 8 】

本発明のボルトセンサにおいて、前記導光体は、前記光源からの光が入射する入射面及び前記入射面から入射した光を出射する出射面とを有する導光板を含んでもよく、前記導光板の前記出射面と対向する対向面には前記入射面から入射した光を前記出射面に向けて反射する複数の凹部が形成されてもよい。

【 0 0 0 9 】

本発明のボルトセンサにおいて、前記複数の凹部は、前記対向面的一部分において他の部分よりも密に形成されていてもよい。

【 0 0 1 0 】

本発明のボルトセンサにおいて、前記導光体は、前記導光板の出射面上に配置されたプリズムシート及び前記プリズムシート上に配置された拡散シートを更に含んでもよい。

【 0 0 1 1 】

本発明のボルトセンサにおいて、前記導光体は、前記センサ本体部の外周の略全域を囲んで延在してもよい。

【 0 0 1 2 】

本発明のボルトセンサにおいて、前記導光体を覆うカバーを更に備えてもよい。

【 0 0 1 3 】

本発明のボルトセンサは、前記センサ本体部と前記光源との間に接続された基板であって、前記センサ本体部からの出力と所定値との比較に基づいて前記光源を点灯させる基板を更に備えてもよい。また、本発明のボルトセンサにおいて、前記センサ本体部は前記貫通孔を有する胴部と、前記胴部に取り付けられたひずみセンサとを有してもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明のボルトセンサは、ボルトの使用状況（周囲環境）にかかわらず、ボルトの締結状態を容易且つ確実に検知することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施形態のボルトセンサの斜視図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施形態のボルトセンサの分解斜視図である。

【 図 3 】 図 3 は、カバーに取り付けられた導光体のみを示す斜視図である。

【 図 4 】 図 4 は、導光体を軸方向に見た拡大図である。

【 図 5 】 図 5 は、直線状に延ばした導光板を平面視で見た説明図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 6 】

< 実施形態 >

図 1 ～ 図 5 を参照して本発明の実施形態を説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1、2 に示す通り、実施形態のボルトセンサ 1 0 0 は、ボルトが挿入される貫通孔が設けられた略円筒状のセンサ（センサ本体部）1、センサ 1 を収容して保持するベース 2、ベース 2 を覆うカバー 3、及びカバー 3 に取り付けられた導光体 4 を主に有する。略円筒状のセンサ 1 の中心軸 X 方向が、ボルトセンサ 1 0 0 の使用時にボルト B が挿入される方向である。以下においては、適宜、センサ 1 の中心軸 X 方向（挿入されたボルト B の軸方向）、センサ 1 の径方向（挿入されたボルト B の径方向）、センサ 1 の周方向（挿入されたボルト B の周方向）をそれぞれ、ボルトセンサ 1 0 0、ベース 2、カバー 3、導光体 4 の軸方向、径方向、周方向とする。

【 0 0 1 8 】

センサ 1 は、ボルト B の緩み等、ボルト結合の締結力の変化を検出するためのセンサであり、円筒状の胴部 1 1 と、胴部 1 1 の中心軸 X 方向の両端部に設けられた胴部 1 1 よりも大径の 2 つのフランジ部 1 2 と、胴部 1 1 の外周面 1 1 s に取り付けられた 4 つのひず

10

20

30

40

50

みセンサ対 G P とを有する。

【 0 0 1 9 】

胴部 1 1 の内径とフランジ部 1 2 の内径は等しく、胴部 1 1 の内周面はフランジ部 1 2 の内周面と連続している。この連続面により、中心軸 X 方向に延在する貫通孔 S H が画成されている。ボルトセンサ 1 0 0 の使用時には、貫通孔 S H にボルト B が挿入される。なお、貫通孔 S H の径はボルト B の軸径とほぼ同じでもよく、ボルト B の軸径より大きくてもよい。

【 0 0 2 0 】

ひずみセンサ対 G P は、胴部 1 1 の外周面 1 1 s 上に、周方向に等間隔で 4 つ取り付けられている。ひずみセンサ対 G P はそれぞれ、胴部 1 1 に生じる軸方向の圧縮ひずみを検知する圧縮ひずみセンサ C G と、胴部 1 1 に生じる周方向の引張ひずみを検知する引張ひずみセンサ T G とを有する。したがって胴部 1 1 の外周面 1 1 s 上には、4 つの圧縮ひずみセンサ C G が、周方向に互いに 90° 離間して配置されており、4 つの引張ひずみセンサ T G が周方向に互いに 90° 離間して配置されている。

【 0 0 2 1 】

ベース 2 は、センサ 1 を保持するためのセンサ保持部 2 1 と、中継基板（基板）R B を収容するための基板収容部 2 2 とを有する。センサ保持部 2 1 は、センサ 1 の外周を囲んで保持する保持筒 2 1 h と、保持筒 2 1 h の外側に保持筒 2 1 h と同心円状に周延する周壁 2 1 w と、保持筒 2 1 h と周壁 2 1 w とを繋ぐ略円環状の底面 2 1 b とを有する。

【 0 0 2 2 】

基板収容部 2 2 は直方体状であり、センサ保持部 2 1 の周方向の一部においてセンサ保持部 2 1 から径方向外側に突出するように設けられている。周壁 2 1 w から突出する基板収容部 2 2 の側壁 2 2 w の一方には、切り欠き n 1 が形成されている。基板収容部 2 2 の底面 2 2 b には、中継基板 R B が載置されている。

【 0 0 2 3 】

センサ保持部 2 1 の保持筒 2 1 h の内部には、センサ 1 が中心軸 X 方向に挿入されている。これにより保持筒 2 1 h は、内周面をセンサ 1 のフランジ部 1 2 の外周面 1 2 s に当接させてセンサ 1 を保持している。

【 0 0 2 4 】

カバー 3 は、ベース 2 に対応する略円環形状を有し、ベース 2 のセンサ保持部 2 1 を覆うための本体部 3 1 と、ベース 2 の基板収容部 2 2 を覆うための基板カバー部 3 2 とを有する。カバー 3 は、ポリカーボネート等の光透過性部材から構成されている。本体部 3 1 の天板 3 1 t は、円形の内周縁 3 1 t i と略円形の外周縁 3 1 t o とを有する。天板 3 1 t の外周縁 3 1 t o からは周壁 3 1 w が直立している。

【 0 0 2 5 】

基板カバー部 3 2 は、矩形状の天板 3 2 t と、天板 3 2 t の外周部から直立する側壁 3 2 w とを有する。側壁 3 2 w の、基板収容部 2 2 の側壁 2 2 w の切欠き n 1 に対応する部分には、切欠き n 2 が形成されている。

【 0 0 2 6 】

カバー 3 は、周壁 3 1 w 及び側壁 3 2 w が、ベース 2 の周壁 2 1 w 及び側壁 2 2 w の外側に位置し、天板 3 1 t の内周縁 3 1 t i がセンサ 1 のフランジ部 1 2 の外側に位置するように、センサ 1 を保持するベース 2 に嵌合されている（図 1）。切欠き n 1 と切欠き n 2 とが重なることによって開口部 N が画成される（図 1）。

【 0 0 2 7 】

導光体 4 は、センサ 1 の外周に沿って延在するように、カバー 3 の周壁 3 1 w の内面のほぼ全域に取り付けられており、LED（光源）5 は導光体 4 の周方向の両端部、即ち周壁 3 1 w の基板カバー部 3 2 の近傍にそれぞれ 1 つずつ設けられている。

【 0 0 2 8 】

図 3、及び図 3 を中心軸 X 方向に見た拡大図（特に径方向において大きく拡大されている）である図 4 に示す通り、導光体 4 は、帯状の反射フィルム 4 1、導光板 4 2、プリズ

10

20

30

40

50

ムシート 4 3、拡散シート 4 4 を含む積層体を、長手方向の両端面 4 a、4 b が近接するように円弧状に丸めた C 字形状を有する。言い換えれば、導光体 4 は端面 4 a と端面 4 b との間に開口部 O P が画成された円環形状を有する。L E D 5 はそれぞれ、導光体 4 の両端部 4 a、4 b に向けて光を放射するように、開口部 O P に配置されている。

【 0 0 2 9 】

反射フィルム 4 1、導光板 4 2、プリズムシート 4 3、拡散シート 4 4 は、径方向の内側から外側に向けてこの順番で積層されており、反射フィルム 4 1 がベース 2 の周壁 2 1 w と対向するように配置される。拡散シート 4 4 はカバー 3 の透明な周壁 3 1 w に接触して接着される。

【 0 0 3 0 】

10

図 4 を参照して、反射フィルム 4 1、導光板 4 2、プリズムシート 4 3、拡散シート 4 4 の構造をさらに説明する。

【 0 0 3 1 】

導光板 4 2 は、導光体 4 の両端部に配置された L E D 5 からの光を周方向に沿って導く部材であり、本実施形態ではポリカーボネート樹脂の曲板である。導光板 4 2 の長手方向（周方向）の両端面は L E D 5 からの光が入射する入射面 I S であり、径方向内側の面は導光板 4 2 内を導かれる光が反射する反射面 4 2 r であり、径方向外側の面は導光板 4 2 内を導かれた光が出射する出射面 4 2 e である。出射面 4 2 e と反射面（対向面）4 2 r とは径方向において対向している。

【 0 0 3 2 】

20

導光板 4 2 の反射面 4 2 r には複数の凹部 c が形成されている。凹部 c はそれぞれ、開口部が反射面 4 2 r に含まれ、底部が出射面 4 2 e 側に位置する略半球形のくぼみであり、周方向に沿って不均等な所定の間隔で配置されている（図 4）。凹部 c は、反射面 4 2 r を平面視で見た図 5 に示す通り、導光板 4 2 の短手方向（軸方向）においては一定間隔で配置されている。

【 0 0 3 3 】

凹部 c の配置は任意であるが、本実施形態では、導光体 4 の開口部 O P からの周方向の距離が大きい領域 A 1、より具体的には径方向において開口部 O P と略対向する領域 A 1 における間隔（周期）が、その他の領域（領域 A 1 と開口部 O P との間の領域）よりも大きくなるように配置されている。換言すれば、凹部 c は、径方向において開口部 O P と対向する領域において密に配置されており、その他の領域において粗に配置されている。これにより、後述する通り、導光板 4 2 内を導かれた光の出射量は、凹部 c が密に配置された領域 A 1 において他の領域よりも多くなる。

30

【 0 0 3 4 】

反射フィルム 4 1 は、導光板 4 2 の反射面 4 2 r から漏れ出た光を導光板 4 2 内に戻すために設けられており、反射面 4 2 r の全域を覆うように、導光板 4 2 の径方向内側に配置（積層）されている。反射フィルム 4 1 は、ポリエステル系樹脂等の任意の材料から構成し得る。

【 0 0 3 5 】

40

プリズムシート 4 3 は、導光板 4 2 の出射面 4 2 e から出射された光の向きを径方向に向けて整える部材であり、出射面 4 2 e の全域を覆うように、導光板 4 2 の径方向外側に配置（積層）されている。プリズムシート 4 3 の径方向外側を向く面には、軸方向に延在する複数の線状プリズム p が、周方向に沿って一定の間隔で配置されている。プリズムシート 4 3 は、ポリメチルメタクリレート（P M M A）等の任意の材料から構成し得る。

【 0 0 3 6 】

拡散シート 4 4 は、プリズムシート 4 3 を通過した光を拡散させる部材であり、プリズムシート 4 3 の全域を覆うように、プリズムシート 4 3 の径方向外側に配置（積層）されている。拡散シート 4 4 の内部には多数の微小なビーズが含まれている。プリズムシート 4 3 を経て拡散シート 4 4 に入射した光は、ビーズによって拡散され、拡散シート 4 4 の外面から出射される。拡散シート 4 4 はアクリル樹脂等の任意の材料から構成し得る。

50

【 0 0 3 7 】

本実施形態の導光体 4 では、拡散シート 4 4 の外面が、LED 5 から出射され導光体 4 によって導かれた光を出射する発光面 E S である。発光面 E S は、センサ 1 の貫通孔 S H の延在方向又は貫通孔 S H に挿入されたボルト B の軸方向に直交する径方向と交差して配置されており、LED 5 からの光を、径方向に出射する。また発光面 E S は、センサ 1 の外周に沿って延在してセンサ 1 の貫通孔 S H を周方向に囲んでおり、周方向における広い領域に向けて光を出射する。

【 0 0 3 8 】

上記の構成を有するボルトセンサ 1 0 0 において、中継基板 R B は、センサ 1 の 4 つの圧縮用ひずみセンサ C G、4 つの引張用ひずみセンサ T G、及び LED 5 と、不図示の配線によって接続されている。また中継基板 R B は、開口部 N を通る不図示の配線によって外部の電源や制御部と接続されている。なお、中継基板 R B に制御用の IC や無線用の送受信回路を搭載し、基板収容部 2 2 に電池等の電源を備えた構造としても良い。この場合、開口部 N を設けなくてもよく、煩わしい配線も不要になる。

【 0 0 3 9 】

本実施形態のボルトセンサ 1 0 0 の動作は次の通りである。

【 0 0 4 0 】

ボルトセンサ 1 0 0 の使用時には、センサ 1 の貫通孔 S H にボルト B の軸が挿入された状態でボルト締めが行われる。この時、一例としてセンサ 1 のフランジ部 1 2 の一方はボルト B の頭部に当接し、他方は被締結体に当接している。

【 0 0 4 1 】

ボルトセンサ 1 0 0 をこのように配置してボルト締めを行うことにより、センサ 1 の胴部 1 1 には径方向の圧縮ひずみ、及び周方向の引張ひずみが生じる。センサ 1 の胴部 1 1 に取り付けられたひずみセンサ対 G P はそれぞれ、圧縮ひずみセンサ C G と引張ひずみセンサ T G とを用いてこれらを検知し、検出値を中継基板 R B に送る。中継基板 R B は受け取った検出値に基づいて、ボルト B が良好に締結されているか否かを判断する。

【 0 0 4 2 】

具体的には、中継基板 R B は、圧縮ひずみセンサ C G と引張ひずみセンサ T G の検出値を第 1 の閾値と比較し、第 1 の閾値以下であれば締結力が十分ではなく、第 1 の閾値以上であれば締結力が十分であると判断する。さらに中継基板 R B は、圧縮ひずみセンサ C G と引張ひずみセンサ T G の検出値を第 2 の閾値と比較し、第 2 の閾値以上であればボルト B を過剰に締めすぎであると判断する。

【 0 0 4 3 】

中継基板 R B は、ボルト締めが適切でないと判断した場合、すなわち圧縮ひずみセンサ C G と引張ひずみセンサ T G の検出値が第 1 の閾値以下であり締結力が十分でない場合又は第 2 の閾値以上でありボルト B を過剰に締めすぎであると判断した場合には、LED 5 に電圧を印加して発光させる。

【 0 0 4 4 】

中継基板 R B の判断に基づいて LED 5 が点灯されると、LED 5 から出射された光は、導光体 4 を経て発光面 E S より放射される。具体的には、導光板 4 2 の入射面 I S に入射した光は、導光板 4 2 の内部を内部反射しながら進行するとともにその一部は反射面 4 2 r の凹部 c によってプリズムシート 4 3 側（出射面 4 2 e 側）に反射されて、プリズムシート 4 3 により径方向外側に進行方向が調整され、拡散シート 4 4 で拡散された後、発光面 E S から径方向外側に出射される。

【 0 0 4 5 】

ここで、領域 A 1 においては、導光板 4 2 の凹部 c が他の領域よりも密に形成されているため、他の領域よりも多くの光が、凹部 c によってプリズムシート 4 3 側（出射面 4 2 e 側）に導かれる。したがって発光面 E S は、領域 A 1 において他の領域よりも多くの光を出射する（他の領域よりも強い強度で発光する）。

【 0 0 4 6 】

ボルトセンサ１００を使用することで、ボルトＢの締結を行う作業員は、ボルトセンサ１００の発光面ＥＳからの光が消えた時点で締結を止めることで、ボルト締めを良好に行うことができ、発光面ＥＳからの光が消えた後に再度点灯した場合には、ボルトＢを締めすぎであると判断することができる。また、ボルトＢの緩みを検査する検査員等は、ボルトセンサ１００の発光面ＥＳからの発光の有無を確認するだけで、ボルト締結部が十分な強度で締結されているか否かを確認することができる。

【００４７】

本実施形態のボルトセンサ１００の効果は次の通りである。

【００４８】

本実施形態のボルトセンサ１００は、ボルトＢが挿入されるセンサ１の外周に沿って延在しセンサ１の貫通孔ＳＨを囲む導光体４（発光面ＥＳ）を有し、発光面ＥＳからの光が径方向に放射される。したがって、ボルトＢが周辺の他の部材等によって視認しにくい場合であっても、使用者は発光面ＥＳからの光を良好に視認することができる。

【００４９】

本実施形態のボルトセンサ１００においては、導光体４（発光面ＥＳ）は周方向においてセンサ１の外周及びセンサ１の貫通孔ＳＨの外側の所定の領域を囲んでいる。これにより、発光面ＥＳからの光は周方向において広範に放射されるため、ボルト締結部の周辺に他の部材等が多数配置されていても、使用者は、発光面ＥＳからの光の少なくとも一部分を視認することができ、確実にボルトの緩みを検知することができる。

【００５０】

本実施形態のボルトセンサ１００においては、発光面ＥＳの一部の領域の発光強度が、他の領域の発光強度よりも高い。したがってこの方向を、検査時にボルト締結部を視認する方向に一致させることで、検査をより容易とすることができる。

【００５１】

本実施形態のボルトセンサ１００の導光体４においては、プリズムシート４３の外側に拡散シート４４が配置されており、拡散シート４４の外面を発光面ＥＳとしているため、発光面ＥＳからの光を広い角度から視認することができる。

【００５２】

本実施形態のボルトセンサ１００は、カバー３の内側に導光体４を配置している。そのため導光体４が周辺環境から保護されており、耐候性、耐久性が高い。

【００５３】

なお、上記実施形態のボルトセンサ１００では、導光体４をカバー３の周壁３１ｗに取り付けていた。しかしながらこれには限られず、導光体４をセンサ１の胴部１１の外周面１１ｓやフランジ部１２の外周面１２ｓ、ベース２のセンサ保持部２１の周壁２１ｗの外面に接着剤等で取り付けても良い。またベース２が透明であれば、導光体４を保持筒２１ｈの外周面に取り付けても良い。導光体４をセンサ１に取り付ける場合にはベース２やカバー３を設けなくてもよく、導光体４をベース２に取り付ける場合にはカバー３を設けなくても良い。

【００５４】

なお、上記の実施形態のボルトセンサ１００においては、導光体４は反射フィルム４１、導光板４２、プリズムシート４３、拡散シート４４を含む積層体であったがこれには限られない。導光体４は、反射フィルム４１、プリズムシート４３、拡散シート４４の少なくとも１つを有さなくてもよく、これら全てを有さなくてもよい。この場合も発光面ＥＳは、導光体４の径方向の最外面に画成される。例えば導光板４２が最も外側に配置される構造においては、導光板４２の出射面４２ｅが発光面ＥＳとなる。

【００５５】

なお、上記実施形態のボルトセンサ１００においては、導光板４２は、導光体４の領域Ａ１において凹部ｃが密に形成されていたが、凹部ｃを密に形成する領域（発光面ＥＳの発光強度が高い領域）は、任意に定めることができる。ボルトセンサ１００の実際の使用状態を把握した上で凹部ｃの配置を設計することで、締結場所ごとに最適なボルトセンサ

10

20

30

40

50

100を提供することができる。また、導光板42の凹部cを周方向において所定の一定間隔で形成し、発光面ESの発光強度を周方向において一定としてもよい。

【0056】

なお、上記実施形態のボルトセンサ100においては、導光板42の凹部cを周方向において不均一の間隔で形成することによって発光面ESの発光強度を変化させていたがこれには限られない。例えば、プリズムシート43の線状プリズムpを周方向において不均一の間隔で形成することにより発光面ESの発光強度を変化させることもできる。この場合、導光板42の凹部cは周方向において所定の一定間隔で形成されていてもよい。また、導光板42の反射面42rに凹部cが形成されていなくてもよい。

【0057】

なお、上記実施形態の導光板42の反射面42rには、凹部cに代えて又はこれに加えて、軸方向に延びる溝を設けてもよい。このような溝によっても導光板42内の光を出射面42e側に導くことができる。なお本明細書において「凹部」とは、凹部cのみではなくこのような溝も含むものとする。

【0058】

なお、上記実施形態のボルトセンサ100において、LED5に代えてレーザーダイオード(LD)などの他の光源を用いても良い。またLED5やレーザーダイオードなどの光源は1つのみ設けられていてもよい。

【0059】

なお、上記実施形態のボルトセンサ100においては、中継基板RBは、圧縮ひずみセンサCGと引張ひずみセンサTGの検出値が第1の閾値以下であり締結力が十分でない場合又は第2の閾値以上でありボルトBを過剰に締めすぎであると判断した場合にLED5に電圧を印加して発光させていたがこれには限られない。変形例の一つとして、中継基板RBは、圧縮ひずみセンサCGと引張ひずみセンサTGの検出値が第1の閾値より大きく第2の閾値より小さい場合、すなわちボルトBが適切に締結されている場合にLED5に電圧を印加して発光させてもよい。

【0060】

なお、上記実施形態のボルトセンサ100において、基板収容部22及び基板カバー部32を省いてもよい。この時、中継基板RBはセンサ保持部21内に配置してもよいし、ボルトセンサ100の外部に配置してもよい。この場合、ベース2のセンサ保持部21及びカバー3の本体部31はそれぞれ円環状の外周を有してもよい。また導光体4は、周方向の全域又はLED5が配置された部分を除く周方向の略全域に配置されてもよい。

【0061】

なお、上記実施形態のボルトセンサ100においては、センサ1は円筒状の胴部11と、その外周面11sに取り付けられた4つのひずみセンサ対GPを有していたがこれには限られない。一例として、センサ1の胴部11は、多角形などの種々の断面形状を有する管状部材であってもよい。この場合も、導光板4は、多角形などの種々の形状を有する外周に直接取り付けられて、又はベース2又はカバー3に取り付けられて、センサ1の外周に沿って配置される。したがって、導光体4もまた円環状や多角形状等の任意の形を取り得る。また、ひずみセンサ対GPは3つ以下、又は5つ以上であってもよく、ひずみセンサ対GPに代えて、圧縮ひずみセンサCG、引張ひずみセンサTGのいずれか一方のみを有してもよい。

【0062】

本実施形態のボルトセンサ100によれば、LED5(光源)から送出された光は、センサ1の外周に沿って延在する導光体4を経て出射される。したがって、ボルトの締結状態を、導光体4から出射された光を視認して容易に確認することができる。

【0063】

本実施形態のボルトセンサ100によれば、反射面42r(対向面)の一部分において凹部cを密に形成することで、導光体4から出射される光の強度をセンサ1の外周方向の一部分において強くすることができる。よって光の強度が大きくなる位置をボルトセンサ

10

20

30

40

50

１００の使用状態に応じて設定することで、導光体４から出射される光の視認がより容易となる。

【００６４】

本実施形態のボルトセンサ１００においては、プリズムシート４３の上に拡散シート４４が配置されているため、導光体４から出射される光をより広い角度から視認することが可能とである。

【００６５】

本実施形態のボルトセンサ１００において、導光体４を、センサ１の外周の略全域を囲んで延在させることにより、導光体４から出射される光の視認がより容易となる。

【００６６】

本実施形態のボルトセンサ１００においては、導光体４がカバー３で覆われているため、ボルトセンサ１００の耐久性及び耐候性が高い。

【００６７】

本発明の特徴を維持する限り、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【００６８】

本発明のボルトセンサによれば、ボルト締結部の締結状態を容易に検査することができる。したがって、トンネルや橋梁などの多数のボルト締結部を含む構造体の安全性の低コストでの維持に貢献することができる。

【符号の説明】

【００６９】

- １ センサ（センサ本体部）
- ２ ベース
- ３ カバー
- ４ 導光体
- ４１ 反射フィルム
- ４２ 導光板
- ４３ プリズムシート
- ４４ 拡散シート
- ５ ＬＥＤ（光源）
- Ｂ ボルト
- ＣＧ 圧縮ひずみセンサ
- ＧＰ ひずみセンサ対
- ＲＢ 中継基板（基板）
- ＴＧ 引張ひずみセンサ

10

20

30

フロントページの続き

(72)発明者 北畠 卓也

長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6 - 7 3 ミネベア株式会社内

審査官 森 雅之

(56)参考文献 特表平 8 - 5 1 1 3 4 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 0 6 5 7 4 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 3 5 4 6 9 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 L 5