

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3524896号
(P3524896)

(45)発行日 平成16年5月10日(2004.5.10)

(24)登録日 平成16年2月20日(2004.2.20)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I
G 0 1 L 5/00	1 0 3	G 0 1 L 5/00 1 0 3 B
E 0 2 D 5/80		E 0 2 D 5/80 Z
E 0 4 C 5/08		E 0 4 C 5/08
E 0 4 G 21/12	1 0 4	E 0 4 G 21/12 1 0 4 Z

請求項の数11(全 14 頁)

(21)出願番号	特願2001-285322(P2001-285322)	(73)特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22)出願日	平成13年9月19日(2001.9.19)	(73)特許権者	591135082 日本道路公団 東京都千代田区霞が関3丁目3番2号
(65)公開番号	特開2002-173935(P2002-173935A)	(72)発明者	吉田 幸信 香川県高松市朝日町四丁目1番3号 日 本道路公団 四国支社 高松技術事務所 内
(43)公開日	平成14年6月21日(2002.6.21)	(74)代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男 (外2名)
審査請求日	平成14年10月9日(2002.10.9)	審査官	松浦 久夫
(31)優先権主張番号	特願2000-300207(P2000-300207)		
(32)優先日	平成12年9月29日(2000.9.29)		
(33)優先権主張国	日本(J P)		
早期審査対象出願			
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 緊張材の張力測定方法、および緊張材の張力測定に用いる介装部材

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、前記緊張材に定着されるとともに前記対象物に接して該緊張材に張力を与える定着部材について、前記張力の作用方向に離間して主応力差が異なる複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする緊張材の張力測定方法。

【請求項2】 前記定着部材にあらかじめ熱処理を施して残留応力を除去しておくことを特徴とする請求項1記載の緊張材の張力測定方法。

【請求項3】 前記定着部材を機械加工により製作して残留応力の発生を抑えることを特徴とする請求項1また

2

は2記載の緊張材の張力測定方法。

【請求項4】 対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが前記張力の作用方向に離間して設けられた介装部材を介装し、前記張力の作用方向に離間するとともに前記高応力作用部と前記低応力作用部とに振り分けて設定された複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする緊張材の張力測定方法。

【請求項5】 対象物の内部に配設される緊張材の張力測定を行う際、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装される介装部材であって、

10

断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが、前記張力の作用方向に離間して設けられ、

応力測定を実施される複数の測定点が、前記高応力作用部と前記低応力作用部とに振り分けて設定されていることを特徴とする、緊張材の張力測定に用いる介装部材。

【請求項 6】 対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、

機械加工により製作されて熱処理が施されることであらかじめ残留応力および組織の異方性が除去され、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装されるとともに前記緊張材を内側に挿通されて所定位置に配置された薄肉円筒形の介装部材について、前記介装部材の長さ方向のほぼ中央で前記介装部材の周方向に離間して設定された複数の測定点に対して磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の平均値と事前に認知された前記介装部材の初期残留応力との差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする緊張材の張力測定方法。

【請求項 7】 前記定着部材と前記介装部材との間に板状部材を介在させることを特徴とする請求項 6 記載の緊張材の張力測定方法。

【請求項 8】 対象物の内部に配設される緊張材の張力測定を行う際、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装され、磁歪センサを用いて応力測定を実施される介装部材であって、

機械加工により製作されて熱処理が施されることであらかじめ残留応力および組織の異方性が除去され、薄肉円筒形をなし、前記緊張材を内側に挿通されて所定位置に配置されるものであることを特徴とする、緊張材の張力測定に用いる介装部材。

【請求項 9】 壁部の肉厚中心を通る円周の直径以上の長さを有することを特徴とする、請求項 8 記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材。

【請求項 10】 両端にそれぞれ補強部が設けられていることを特徴とする、請求項 8 または 9 記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材。

【請求項 11】 前記補強部が端面から離間した位置に形成されていることを特徴とする、請求項 10 記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、グラウンドアンカーや PC（プレストレストコンクリート）構造の定着部材に対して利用できる緊張材の張力測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】斜面の安定等を目的として施工されるグラウンドアンカーについては、従来より、過大な張力により緊張材が破断に至る、経年的に緩みが発生する、等の問題が指摘されている。これらの問題を解決するべく、

特開平09-143992号「グラウンドアンカー」、特開平08-333747号「アンカーの再緊張法」といった提案がなされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、緊張材に作用する張力を把握してその健全性を知見する方法は確立されていないのが現状である。本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、緊張材に作用する張力を正確、かつ簡易に把握してその健全性を知見し、緊張材の維持管理を可能にすることを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するための手段として、次のような構成の緊張材の張力測定方法を採用する。すなわち本発明に係る請求項 1 記載の緊張材の張力測定方法は、対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、前記緊張材に定着されるとともに前記対象物に接して該緊張材に張力を与える定着部材について、前記張力の作用方向に離間して主応力差が異なる複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする。

【0005】

【0006】緊張材に張力を与えると、定着部材に生じる応力は、定着部材の各所で異なり、かつその差分は緊張材に与えた張力に比例することが解っている。そこで本発明においては、定着部材について、複数の測定点に対し磁歪センサを配し、各測定点において定着部材に作用する応力を測定し、各測定点間の応力の差分を求めて張力レベルを推定する。なお、上記応力測定は、前記張力の作用方向に離間する 2 つの測定点に対して実施することが望ましい。これにより、より正確に張力レベルの推定が可能になる。

【0007】請求項 2 記載の緊張材の張力測定方法は、請求項 1 記載の緊張材の張力測定方法において、前記定着部材にあらかじめ熱処理を施して残留応力を除去しておくことを特徴とする。

【0008】請求項 3 記載の緊張材の張力測定方法は、請求項 1 または 2 記載の緊張材の張力測定方法において、前記定着部材を機械加工により製作して残留応力の発生を抑えることを特徴とする。

【0009】例えばグラウンドアンカー等の場合、定着部材としてのアンカーヘッド部にはナットやウェッジ等、いずれも引き抜き加工した材料が使用されることが多い。しかしながら、引き抜き加工した材料には、組織の異方性および残留応力の影響により磁歪感度が悪いという性質がある。そこで本発明においては、定着部材にあらかじめ熱処理を施しておく。引き抜き加工した材料に熱処理を施すと、組織の異方性や残留応力が除去される。また、定着部材を機械加工により製作する。機械加

工は引き抜き加工に比べて残留応力の発生を抑えられる。これにより、磁歪センサによる測定が、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行えるようになる。機械加工により製作した定着部材に熱処理を施すとなおよい。

【0010】請求項4記載の緊張材の張力測定方法は、対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが前記張力の作用方向に離間して設けられた介装部材を介装し、前記張力の作用方向に離間するとともに前記高応力作用部と前記低応力作用部とに振り分けて設定された複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする。

【0011】

【0012】定着部材については、強度上の問題から熱処理を許されない場合もある。そこで本発明においては、定着部材と対象物との間に、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが前記張力の作用方向に離間して設けられた介装部材を介装し、緊張材に導入された張力の作用方向に離間するとともに高応力作用部と低応力作用部とに振り分けて設定された複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求めて張力レベルを推定する。ここでは、複数の測定点を高応力作用部と低応力作用部とに振り分けて設定することにより、張力のわずかな変化に対しても応力の変化が大きく現れるようになるので、張力レベルの推定が行い易くなる。

【0013】

【0014】請求項5記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材は、対象物の内部に配設される緊張材の張力測定を行う際、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装される介装部材であって、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが、前記張力の作用方向に離間して設けられ、応力測定を実施される複数の測定点が、前記高応力作用部と前記低応力作用部とに振り分けて設定されていることを特徴とする。

【0015】本発明においては、複数の測定点を高応力作用部と低応力作用部とに振り分けて設定することにより、張力のわずかな変化に対しても応力の変化が大きく現れるようになるので、張力レベルの推定が行い易くなる。

【0016】請求項6記載の緊張材の張力測定方法は、対象物の内部に配設される緊張材の張力測定方法であって、機械加工により製作されて熱処理が施されることであらかじめ残留応力および組織の異方性が除去され、前

記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装されるとともに前記緊張材を内側に挿通されて所定位置に配置された薄肉円筒形の介装部材について、前記介装部材の長さ方向のほぼ中央で前記介装部材の周方向に離間して設定された複数の測定点に対して磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の平均値と事前に認知された前記介装部材の初期残留応力との差分を求め、該差分をもとに前記張力を測定することを特徴とする。

10 【0017】

【0018】本発明においては、介装部材が薄肉円筒形をなし、定着部材と対象物との間にあって緊張材を取り囲むように配置されることにより、緊張材に導入された張力が効率的に介装部材に伝達される。また、応力測定を実施する測定点を複数設定し、各測定点において得られた応力の平均値を求めることにより、張力の導入によって介装部材にもたらされた応力をより正確に把握することが可能になる。さらに、応力測定を実施する測定点を介装部材の長さ方向のほぼ中央に設定することにより、介装部材に作用する応力の分布の偏りが長さ方向について矯正される。加えて、定着部材の場合と同様に、介装部材に熱処理を施したり、介装部材を機械加工により製作することにより、磁歪センサによる測定が、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行えるようになる。機械加工により製作した介装部材に熱処理を施すとよりよい結果が得られる。

【0019】

【0020】

30 【0021】請求項7記載の緊張材の張力測定方法は、請求項6記載の緊張材の張力測定方法において、前記定着部材と前記介装部材との間に板状部材を介在させることを特徴とする。

【0022】本発明においては、板状部材を介在させることにより、介装部材に作用する応力の周方向の分布の偏りが矯正される。

【0023】

【0024】

40 【0025】請求項8記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材は、対象物の内部に配設される緊張材の張力測定を行う際、前記緊張材に定着される定着部材と前記対象物との間に介装され、磁歪センサを用いて応力測定を実施される介装部材であって、機械加工により製作されて熱処理が施されることであらかじめ残留応力および組織の異方性が除去され、薄肉円筒形をなし、前記緊張材を内側に挿通されて所定位置に配置されるものであることを特徴とする。

50 【0026】本発明においては、介装部材が薄肉円筒形をなし、定着部材と対象物との間にあって緊張材を取り囲むように配置されることにより、緊張材に導入された張力が効率的に介装部材に伝達される。さらに、定着部

材の場合と同様に、介装部材に熱処理を施したり、介装部材を機械加工により製作することにより、磁歪センサによる測定が、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行えるようになる。機械加工により製作した介装部材に熱処理を施すとよりよい結果が得られる。

【0027】請求項9記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材は、請求項8記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材において、壁部の肉厚中心を通る円周の直径以上の長さを有することを特徴とする。

【0028】本発明においては、介装部材の長さを肉厚中心を通る円周の直径と同等、またはそれ以上に設定することにより、介装部材に作用する応力の分布が周方向だけでなく長さ方向についても均一になる。

【0029】請求項10記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材は、請求項8または9記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材において、両端にそれぞれ補強部が設けられていることを特徴とする。

【0030】本発明においては、介装部材の両端にそれぞれ補強部を設けることにより、介装部材の周方向の強度が高められるので、介装部材に作用する応力の周方向の分布がより均一になる。

【0031】請求項11記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材は、請求項10記載の緊張材の張力測定に用いる介装部材において、前記補強部が端面から離間した位置に形成されていることを特徴とする。

【0032】介装部材と定着部材、および介装部材と対象物との間には、緊張材の長さ方向に作用する張力以外に、緊張材の長さ方向に垂直な面に平行な力が作用し、上記各部材間に摩擦を生むことが考えられる。そこで本発明においては、補強部を端面から離間した位置に形成することにより、緊張材の長さ方向に垂直な面に平行な力の介装部材への伝達が阻まれ、介装部材に作用する応力にばらつきが生じ難くなる。

【0033】

【0034】

【0035】

【0036】

【発明の実施の形態】本発明に係る緊張材の張力測定方法についての第1の実施形態を図1ないし図10に示して説明する。まず、磁歪センサを用いた応力測定について説明する。図1は磁歪センサ用プローブの一例を示す斜視図である。磁歪センサ用プローブ1（以下、単にプローブとする）は、被測定材料の応力に応じた検出信号を出力するもので、対称に配置された4本の足を有している。対角に向き合った足2a、2bには励磁用コイル3が巻かれ、交流の磁化電流が流される。また、対角に向き合った足2c、2dには検出用コイル4が巻かれている。

【0037】図2はプローブ1を用いた応力測定回路の

回路図である。信号発生器5は励磁信号を発生するもので、励磁周波数は例えば1kHzを選択する。増幅器6は信号発生器5の励磁信号を励磁電流に増幅するものである。同期整流器7は、信号発生器5の励磁信号とプローブ1の検出信号とを同期整流して、信号成分を出力する。ローパスフィルタ回路8は、信号成分に含まれる低周波成分を除去するもので、カットオフ周波数は例えば100Hzとする。応力波形演算器9は、ローパスフィルタ回路8の出力電圧から応力を演算する回路で、例えばμプロセッサを用いる。校正曲線部10は、ローパスフィルタ回路8の出力電圧値を被測定材料の応力値に変換する定数が記憶されたもので、この定数は被測定材料の材質およびプローブ1が採るべきリフトオフに応じて定められている。ここで、リフトオフとはプローブ1と被測定材料との間隔であり、この間隔は塗膜や防錆処理層の厚さよりも大きい必要がある。

【0038】上記のように構成された応力測定回路の作動原理について説明すると、励磁用コイル3に印加した電圧に同期して、検出用コイル4に誘起される電圧を検波すると、誘起される電圧の位相が弁別される。誘起される電圧の平均出力電圧Vは次式で表される。

$$V = k (1 - \alpha^2) \cos 2\theta$$

ここで、 α 、 θ は被測定材料に作用している主応力であり、 α は主応力 σ とプローブ方向とのなす角である。プローブ方向は、足2a、2bと足2c、2dとの間のスリット方向（図1参照）として定義されるもので、主応力 σ の方向に一致したとき出力電圧が最大となる。kは磁気歪み感度で、応力と出力電圧とを関係付ける係数であって、材料によって特有の値をとるため、あらかじめ測定対象物について応力と出力電圧との関係を示す校正曲線を作成しておく必要がある。

【0039】次に、グラウンドアンカーを構成する緊張材に作用する張力を、上記磁歪センサによる応力測定を利用して測定する方法について説明する。図3には、グラウンドアンカーのアンカーヘッド部およびその周辺の状態を示す。図において、符号Gは地盤、11は地盤Gに設置された緊張材、12は緊張材の他端に配設されて地盤G表面に半ば埋設されたかたちのアンカープレート、13は地盤Gから露出する緊張材11先端の雄ネジ部11aに螺着、締結された六角のナット（定着部材）、である。緊張材11には、ナット13の締結により張力Tが導入されている。

【0040】緊張材11に張力を導入することにより、ナット13にも応力が作用することとなるが、この場合の主応力差は、張力Tの作用方向すなわち緊張材11の長さ方向に離間する2つの測定点A、Bで異なり、かつその2点間の主応力差の差分は緊張材11に導入した張力Tに比例することが、歪みゲージを用いて事前に行った測定実験によって判明している。

【0041】ただし、歪みゲージを用いる場合は、ナツ

ト 1 3 の表面に形成された塗膜や防錆処理層を取り除かなければならず、実際に施工されるグラウンドアンカーに対して実施するのは耐久性等を損ねることも考慮されるため現実的でない。そこで本実施形態においては、ナット 1 3 について、2 つの測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて上記の手順で応力測定を実施し、その 2 点間の主応力差の差分を求めて張力 T のレベルを推定することにした。

【 0 0 4 2 】ところで、グラウンドアンカーの定着部材には、引き抜き加工によって製作されたナットやソケットが用いられることが多いが、一般に引き抜き加工された材料では、組織の異方性および残留応力の影響により磁歪感度が悪いという性質がある。そこで、本実施形態におけるナット 1 3 については、あらかじめ熱処理を施して組織の異方性や残留応力が除去しておくこととした。

【 0 0 4 3 】ここで、図 4 のように 2 つの測定点 A, B を設定し、熱処理を施していない六角ナットについて初期応力の測定を実施した結果を図 5 に示す。また、図 6 には、S 4 5 C 材を引き抜き加工した後に熱処理（焼鈍（7 5 0 × 5 hours）+ 徐冷）を施した六角ナットについて、測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて初期応力の測定を実施した結果を示し、図 7 には、S 4 5 C 材を引き抜き加工した後に熱処理（焼鈍（6 0 0 × 1 hour）+ 徐冷）を施した六角ナットについて、測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて初期応力の測定を実施した結果を示す。

【 0 0 4 4 】熱処理を施していないナット（図 5）と、熱処理を施したナット（図 6、図 7）とを比較すると、熱処理を施していないナットは初期応力の値が大きく、しかも 6 つの各側面ごとのばらつきが大きいことが解る。これに対し、熱処理を施したナットは、初期応力の値が未処理のものと比較して明らかに小さく、しかも 6 つの各側面ごとのばらつきが非常に小さいことが解る。

【 0 0 4 5 】なお、熱処理を施さなくても、組織の異方性や残留応力を残し難い材料を使用し、同様に組織の異方性や残留応力を残し難い機械加工によって定着部材を製作してもよい。図 8 には、S 4 5 C 材を機械加工した六角ナットについて、測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて初期応力の測定を実施した結果を示し、図 9 には、S C M 4 4 0 材を機械加工した六角ナットについて、測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて初期応力の測定を実施した結果を示す。

【 0 0 4 6 】引き抜き加工によるナット（図 5）と、機械加工によるナット（図 8、図 9）とを比較すると、機械加工によるナットは、初期応力の値が引き抜き加工によるものと比較して明らかに小さく、しかも 6 つの各側面ごとのばらつきが非常に小さいことが解る。

【 0 0 4 7 】また、機械加工によるナット（図 8、図 9）と、熱処理を施したナット（図 6、図 7）とを比較すると、熱処理を施したナットは、初期応力の値が引き

抜き加工によるものと比較してさらに小さく、6 つの各側面ごとのばらつきも小さいことが解る。

【 0 0 4 8 】上記のように熱処理を施したナット 1 3 による張力測定性を図 1 0 に示す。図には、ナット 1 3 によって緊張材に張力を導入した場合にナット 1 3 に作用する主応力差を再現するべくナット 1 3 に負荷した軸力を徐々に変化させながら、ナット 1 3 側面に設定した測定点 A, B に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、その主応力差の差分を求めた結果を示す。なお、応力測定は、ナット 1 3 の 6 つの側面のうちひとつ置きに存在する 3 つの側面に対して実施した。

【 0 0 4 9 】図 1 0 から、軸力すなわち張力と主応力差の差分とが比例関係にあり、ナット 1 3 に作用する主応力差が測定できれば、ナット 1 3 によって緊張材 1 1 に導入された張力 T のレベルを推定できることが解る。

【 0 0 5 0 】実際に、緊張材 1 1 に作用する張力 T を測定するには、グラウンドアンカーの施工当初から定着部材にナット 1 3 を使用しておく。そして、このナット 1 3 に対して磁歪センサによる応力測定を行うことによって張力 T のレベルを把握することができる。これにより、非破壊的に、塗膜や防錆処理層の除去すら行うことなくグラウンドアンカーの健全性を調査することが可能になる。また、グラウンドアンカーの維持管理を定量的に行えるとともに、アンカーの破断による第三者被害を防止することができる。

【 0 0 5 1 】なお、本実施形態においては、測定点を張力 T の作用方向に離間する 2 点（A, B）としたが、測定点を 3 つもしくはそれ以上設定し、個々の測定点において得られた情報をもとに張力測定を行うようにしても構わない。また、測定点は必ずしも張力 T の作用方向に沿って離間している必要はなく、定着部材の形状等に応じて適切な位置に設定されることが望ましい。

【 0 0 5 2 】また、本実施形態においては各測定点において定着部材に作用する主応力差を求めて張力測定のパラメータとしているが、これに限らず、例えば各測定点において定着部材に作用する応力を求め、これを張力測定のパラメータとしても構わない。

【 0 0 5 3 】さらに、本実施形態においてはアンカーヘッド部にナットを使用するグラウンドアンカーを例に挙げたが、本発明は、これ以外にも例えばアンカーヘッド部にソケット等の定着部材を使用するグラウンドアンカーについて適用可能である。また、本発明は、グラウンドアンカーと同様の構造を有する P C（プレストレストコンクリート）構造の定着部についても適用可能であり、これによって P C 緊張材の応力測定を容易に、かつ正確に実施することができる。

【 0 0 5 4 】次に、本発明に係る緊張材の張力測定方法および介装部材についての第 2 の実施形態を図 1 1 および図 1 2 に示して説明する。なお、上記実施形態において既に説明した構成要素には同一符号を付して説明は省

略する。グラウンドアンカーの定着部材については、強度上の問題から熱処理を許されない場合がある。この場合、第 1 の実施形態におけるナット 1 3 は使用できない。そこで本実施形態においては、図 1 1 に示すように、熱処理しないナット 2 0 とアンカープレート 1 2 との間に補助台座（介装部材）2 1 を介装し、この補助台座 2 1 について、張力の作用方向に離間する 2 つの測定点 C, D に対し磁歪センサを用いて上記の手順で応力測定を実施し、その 2 点間の主応力差の差分を求めて緊張材 1 1 に作用する張力 T のレベルを推定する。

【0055】ここで、補助台座 2 1 には、上記第 1 の実施形態におけるナット 1 3 と同様に、機械加工により製作した材料に熱処理を施したものが使用されるが、これに加えて補助台座 2 1 には、張力の作用方向に離間して、高応力作用部 2 2 と低応力作用部 2 3 とが設けられている。詳述すると、補助台座 2 1 は、緊張材 1 1 が通される円形の孔 2 4 を中心とする正 8 角形状に形成されるが、その外側面には、中心からの距離が短い短径部 2 1 a と、短径部 2 1 a よりも中心からの距離が長い長径部 2 1 b とが段をなして形成されている。

【0056】これら短径部 2 1 a と長径部 2 1 b とについて、緊張材 1 1 に直交する平断面の断面積を考えると、短径部 2 1 a の断面積は長径部 2 1 b よりも小さいことは明らかであり、緊張材 1 1 に張力が導入された状態では断面積の小さい短径部 2 1 a により大きな応力が作用し、断面積の大きな長径部 2 1 b により小さな応力が作用することが解る。つまり、短径部 2 1 a が高応力作用部 2 2 となり、長径部 2 1 b が低応力作用部 2 3 となっている。応力測定にあたっては、測定点 C, D を短径部 2 1 a と長径部 2 1 b とに振り分けて設定する。

【0057】緊張材 1 1 に張力を導入すると、ナット 2 0 のみならず、補助台座 2 1 にも応力が作用することになるが、この場合も主応力差は測定点 C, D で異なり、高応力作用部 2 2 に設定された測定点 C における主応力差が、低応力作用部 2 3 に設定された測定点 D における主応力差よりも大きくなる。さらにその 2 点間の主応力差の差分は緊張材 1 1 に導入した張力 T に比例する。つまり、高応力作用部 2 2 と低応力作用部 2 3 とを設け、それぞれに測定点 C, D を振り分けることで、張力のわずかな変化に対しても主応力差の変化が大きく現れるようになるので、張力レベルの推定が行い易くなる。

【0058】実際に、緊張材 1 1 に作用する張力 T を測定するには、グラウンドアンカーの施工当初から補助台座 2 1 を設置しておくか、既設のグラウンドアンカーに対して再緊張時に補助台座 2 1 を設置する。そして、この補助台座 2 1 に対して磁歪センサによる応力測定を行うことによって張力 T のレベルを把握することができる。これにより、非破壊的に、塗膜や防錆処理層の除去すら行うことなくグラウンドアンカーの健全性を調査することが可能になる。また、グラウンドアンカーの維持管理を定量

的に行えらるとともに、アンカーの破断による第 3 者被害を防止することができる。

【0059】なお、本実施形態においては短径部 2 1 a をナット 2 0 側に、長径部 2 1 b をアンカープレート 1 2 側に向けて補助台座 2 1 を設置したが、短径部 2 1 a をアンカープレート 1 2 側に、長径部 2 1 b をナット 2 0 側に向けて補助台座 2 1 を設置しても上記と同様の測定が可能である。

【0060】また、介装部材は、補助台座 2 1 のように短径部 2 1 a、長径部 2 1 b を設けたものでなくてもよいが、緊張材 1 1 に張力が導入された状態でより高い応力が作用する部分と、より低い応力が作用する部分とが生じる形状を備えるものが望ましい。例えば、図 1 2 に示す介装部材 2 5 は、あたかも中空の球体の上下を平行に切除したような形状をなしており、ナット 2 0 とアンカープレート 1 2 との間に設置され、緊張材 1 1 に張力 T が導入されると、径の大きな中段の部分により高い応力が作用し、上下の部分にはより低い応力が作用する。この介装部材 2 5 を使用する場合は、2 つの測定点を中段と上下のいずれかかとに振り分けて設定することにより、良好な測定が可能となる。

【0061】さらに、本実施形態においては、測定点を張力の作用方向に離間する 2 点 (C, D) としたが、測定点を 3 つもしくはそれ以上設定し、個々の測定点において得られた情報をもとに張力測定を行うようにしても構わない。また、測定点は必ずしも張力の作用方向に沿って離間している必要はなく、介装部材の形状等に応じて適切な位置に設定されることが望ましい。

【0062】加えて、本実施形態においては各測定点において介装部材に作用する主応力差を求めて張力測定のパラメータとしているが、これに限らず、例えば各測定点において介装部材に作用する応力を求め、これを張力測定のパラメータとしても構わない。

【0063】次に、本発明に係る緊張材の張力測定方法および介装部材についての第 3 の実施形態を図 1 3 ないし図 2 3 に示して説明する。なお、上記の各実施形態において既に説明した構成要素には同一符号を付して説明は省略する。本実施形態においては、図 1 3 に示すように、熱処理しないナット 2 0 とアンカープレート 1 2 との間に介装部材 3 0 を介装し、さらに介装部材 3 0 とナット 2 0 との間にアンカープレート 1 2 と同形状のアンカープレート（板状部材）4 0 を介在させる。なお、介装部材 3 0 についてはグラウンドアンカーへの施工前にあらかじめ初期残留応力を測定しておく。

【0064】介装部材 3 0 の形状は、図 1 4 にも示すように、壁部 3 1 の肉厚が薄く均一な円筒形とされ、緊張材 1 1 を内側に挿通されてアンカープレート 1 2, 4 0 間に配置されている。介装部材 3 0 の両端部には、強度を高めるべく壁部 3 1 の内外に補強部 3 2, 3 3 がそれぞれ設けられている。補強部 3 2, 3 3 は壁部 3 1 の肉

厚を部分的に厚くしたものであり、一見すると壁部 3 1 の内外に張り出した環状のフランジである。また、補強部 3 2, 3 3 は介装部材 3 0 の端面から僅かに離間した位置にあって介装部材 3 0 の長さ方向に垂直な同一面内に配設されている。したがってアンカープレート 1 2, 4 0 との当接面は壁部 3 1 の肉厚分のみである。

【0065】介装部材 3 0 の高さ（円筒形の壁部 3 1 の長さ） h は、壁部 3 1 の内外壁面から等距離にある肉厚中心を通る円周の直径 R と同等、またはそれ以上に設定されている。また、壁部 3 1 の肉厚を t とすると、介装部材 3 0 の高さ h 、直径 R (cm) および肉厚 t (cm) は、次式

$$1.285 \times (R \cdot t)^{-0.5} \quad 2.5 \quad \dots \quad (I)$$

を満たすべく設定されている。

【0066】介装部材 3 0 の製作にあたっては、SCM 4 4 0 材を粗加工（機械加工）したものに熱処理（焼入れ（850 × 2 hours）+ 焼戻し（400 × 2 hours））を施し、これを再度機械加工して最終的な形状を得た。ここで、上記の手順で製作された介装部材 3 0 と、鍛造により製作された同形状の介装部材とについてそれぞれ複数の測定点を設定し、各測定点において、初期残留応力の大きさおよび作用方向を測定した結果を図 1 5, 1 6 に示す。

【0067】図 1 5 には上記の手順で製作された介装部材 3 0 の測定結果を、図 1 6 には鍛造された介装部材の測定結果をそれぞれ示している。上記の手順で製作された介装部材 3 0 においては、いずれの測定点においても初期残留応力の大きさは 50 MPa 以下であり、その作用方向もほとんどが介装部材 3 0 の高さ方向に対して 30° 以内（周方向のばらつきは不定）に収まっている。これに対し鍛造された介装部材においては、初期残留応力はあらゆる大きさに及んでおり、さらにその作用方向も介装部材の高さ方向に対して 0° ~ 90° の様々な方向を示している。2 つの測定結果から上記の手順で製作された介装部材 3 0 は、初期残留応力が比較的小さく、かつその作用方向もばらつきが少なく介装部材 3 0 の高さ方向に準じてほぼ同方向に向かっている。

【0068】測定点については、図 1 7 に示すように、介装部材 3 0 の高さ方向のほぼ中央にあってかつ周方向に同間隔に離間した 4 点、もしくは 8 点を設定する。介装部材 3 0 を高さ方向から見ると、4 点の場合は各測定点が 90° 間隔で配置され（例えば図中の①, ③, ⑤, ⑦）、8 点の場合だと 45° 間隔で配置されることになる（①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧）。

【0069】上記のように設定された各測定点に対し、磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において測定された応力の平均値と介装部材 3 0 の初期残留応力との差分を求め、この差分をもとに緊張材 1 1 に作用する張力 T のレベルを推定する。

【0070】ところで、緊張材 1 1 は地盤 G に対して垂

直に設置されるとは限らない。これは現場の状況や施工の精度等に影響されるため、むしろ正に垂直に設置されるものは皆無に等しいともいえる。そのため、介装部材 3 0 に作用する応力は測定する場所によって異なる場合が往々にしてある。

【0071】そこで本実施形態においては、介装部材 3 0 の周方向に同間隔に離間した 4 点、もしくは 8 点を測定点として応力測定を実施し、各測定点において測定された応力の平均値を求めることにより、緊張材 1 1 に導入された張力によって介装部材 3 0 に作用する応力のより正確な値を把握することができる。

【0072】また、介装部材 3 0 の両端部にフランジ状の補強部 3 2, 3 3 を設けて介装部材 3 0 の周方向の強度を高めるとともに、介装部材 3 0 とナット 2 0 との間にアンカープレート 4 0 を介在させて介装部材 3 0 を平滑なアンカープレート 1 2, 4 0 で挟むことにより、介装部材 3 0 に作用する応力の周方向の分布をより均一にすることができる。

【0073】さらに、補強部 3 2, 3 3 を介装部材 3 0 の端面から僅かに離間した位置に形成し、介装部材 3 0 とアンカープレート 1 2, 4 0 との当接面は壁部 3 1 の肉厚分のみとすることにより、介装部材 3 0 とアンカープレート 1 2, 4 0 との間の摩擦力によって介装部材 3 0 に作用する、高さ方向とは異なる方向の力の伝達を阻み、この力によって介装部材 3 0 に作用する応力にばらつきが生じないようにすることができる。

【0074】ここでは、試験機を用いて緊張材 1 1 に張力を導入し、その張力を変化させながら 8 つの測定点（①~⑧）について応力測定を実施し、これをもとに推定した張力と緊張材 1 1 に導入した張力とを比較した結果を図 1 8, 1 9 に示す。

【0075】図 1 8 には、4 つの測定点（①, ③, ⑤, ⑦）において測定された応力をもとに推定した張力と、8 つの測定点において測定された応力をもとに推定した張力とを示しており、介装部材 3 0 による推定張力は、実際に導入された張力に近い値を示すことが解る。また、4 測定点の平均よりも 8 測定点の平均から推定するほうがより高精度な結果が得られることが解る。

【0076】図 1 9 には、試験機によって導入した張力と介装部材 3 0 による推定張力との関係を示しており、介装部材 3 0 による推定張力は実際の張力にほぼ一致し、誤差の範囲は概ね $\pm 10\%$ に収まっていることが解る。

【0077】介装部材 3 0 に作用する応力は、周方向だけでなく、介装部材 3 0 の高さ方向の各所においても異なる場合がある。これは、壁部 3 1 の内外面に作用する応力が異なるためである。そこで本実施形態においては、介装部材 3 0 の高さ h を肉厚中心を通る円周の直径 R と同等、またはそれ以上に設定するとともに、各測定点を介装部材 3 0 の高さ方向のほぼ中央に設定すること

により、介装部材 3 0 に作用する応力の分布を介装部材 3 0 の高さ方向についても均一にすることができる。

【0078】ここでは、介装部材 3 0 が高さ $h < \text{直径} R$ である場合と、高さ $h = \text{直径} R$ である場合とを想定し、介装部材 3 0 の高さ方向の各所に作用する応力を調べた解析結果を図 2 0 , 2 1 に示す。

【0079】図 2 0 には、高さ $h < \text{直径} R$ であるモデルについて壁部 3 1 の内外面に作用する応力を調べた解析結果を示しており、内外面で応力が異なり、正確な応力の測定が困難であることが解る。かたや図 2 1 には、高さ $h = \text{直径} R$ であるモデルについて壁部 3 1 の内外面に作用する応力を調べた解析結果を示しており、内外面で応力がほぼ一致し、正確な応力が測定可能であることが解る。

【0080】このように、本実施形態によれば、グラウンドアンカーの施工が高精度になされていない場合でも、緊張材 1 1 に導入された張力によって介装部材 3 0 にもたらされる応力を正確に把握することができ、これをもとに緊張材 1 1 に作用する張力 T のレベルをより正確に推定することができる。

【0081】なお、本実施形態においては介装部材 3 0 とナット 2 0 との間にアンカープレート 4 0 を介在させたが、張力 T の大きさや、グラウンドアンカーの施工の状態等によってはこのアンカープレート 4 0 を省いても十分に高精度な応力測定が可能である。

【0082】また、本実施形態においては定着部材にナット 2 0 を採用したグラウンドアンカーについて説明したが、本発明はナット以外にもウェッジ（くさび）を採用したものについても適用可能である。図 2 2 は定着部材にウェッジを採用した例である。図において、緊張材 4 1 にはワイヤーが使用されており、地盤 G から突き出した緊張材 4 1 の先端には上記と同様にアンカープレート 1 2、4 0 と介装部材 3 0 とが設置されている。緊張材 4 1 の先端はワイヤーコード 4 1 a がばらばらに解かれ、これらがソケット 4 2 に形成された挿通孔 4 2 a に通されたうえでウェッジ 5 3 で定着されている。ソケット 4 2 から飛び出したワイヤーコード 4 1 a およびソケット 4 2 はヘッドキャップ 4 3 によって覆われている。

【0083】図 2 3 は定着部材にウェッジを採用した例である。図において、緊張材 5 1 には複数本のワイヤーが使用されており、地盤 G から突き出した複数の緊張材 5 1 の先端には、上記と同様にアンカープレート 1 2、4 0 と介装部材 3 0 とがすべての緊張材 5 1 を取り囲むように設置されている。各緊張材 5 1 の先端は、リングナット 5 2 に形成された挿通孔 5 2 a に通され、さらにその先端からリングナット 5 2 に突き当てられるようにウェッジ 5 3 が嵌着されている。リングナット 5 2 から飛び出した各緊張材 5 1 およびリングナット 5 2 は防錆キャップ 5 4 によって覆われている。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る請求項 1 記載の緊張材の張力測定方法によれば、定着部材について、張力の作用方向に離間して主応力差が異なる複数の測定点に磁歪センサを設置し、各測定点において得られた応力の差分を求めて張力レベルを推定することで、非破壊的に、塗膜や防錆処理層の除去すら行うことなくグラウンドアンカーの健全性を調査することができる。また、グラウンドアンカーの維持管理を定量的に行えるとともに、アンカーの破断による第三者被害を防止することができる。

【0085】

【0086】本発明に係る請求項 2、および請求項 3 記載の緊張材の張力測定方法によれば、定着部材にあらかじめ熱処理を施すことにより、組織の異方性や残留応力が除去される。また、定着部材を機械加工により製作することにより、引き抜き加工に比べて残留応力の発生を抑えられる。これにより、磁歪センサによる測定を、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行うことができる。

【0087】本発明に係る請求項 4 記載の緊張材の張力測定方法によれば、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが前記張力の作用方向に離間して設けられた介装部材を介装し、緊張材に導入された張力の作用方向に離間するとともに高応力作用部と低応力作用部とに振り分けて設定された複数の測定点に対し磁歪センサを用いて応力測定を実施し、各測定点において得られた応力の差分を求めて張力レベルを推定する。特に、複数の測定点を高応力作用部と低応力作用部とに振り分けて設定することにより、張力のわずかな変化に対しても応力の変化が大きく現れるようになって、張力レベルの推定が行い易くなるので、非破壊的に、塗膜や防錆処理層の除去すら行うことなくグラウンドアンカーの健全性を調査することができる。また、グラウンドアンカーの維持管理を定量的に行えるとともに、アンカーの破断による第三者被害を防止することができる。

【0088】本発明に係る請求項 5 記載の介装部材によれば、断面積の小さい高応力作用部と該高応力作用部よりも断面積の大きい低応力作用部とが、前記張力の作用方向に離間して設けられ、応力測定を実施される複数の測定点が、前記高応力作用部と前記低応力作用部とに振り分けて設定されることにより、張力のわずかな変化に対しても応力差の変化が大きく現れるようになるので、張力レベルの推定が行い易くなる。

【0089】本発明に係る請求項 6 記載の緊張材の張力測定方法によれば、介装部材が薄肉円筒形をなし、定着部材と対象物との間にあって緊張材を取り囲むように配置されることにより、緊張材に導入された張力が効率的に介装部材に伝達される。また、応力測定を実施する測定点を複数設定し、各測定点において得られた応力の平

均値を求めることにより、張力の導入によって介装部材にもたらされた応力をより正確に把握することが可能になる。さらに、応力測定を実施する測定点を介装部材の長さ方向のほぼ中央に設定することにより、介装部材に作用する応力の分布の偏りが長さ方向について矯正される。加えて、定着部材の場合と同様に、介装部材に熱処理を施したり、介装部材を機械加工により製作することにより、磁歪センサによる測定が、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行えるようになる。機械加工により製作した介装部材に熱処理を施すとよりよい結果が得られる。

【0090】

【0091】

【0092】請求項7記載の緊張材の張力測定方法によれば、板状部材を介在させることにより、介装部材に作用する応力の周方向の分布の偏りを矯正することができ、これによっても正確な張力レベルの推定が可能である。

【0093】

【0094】請求項8記載の介装部材によれば、介装部材が薄肉円筒形をなし、定着部材と対象物との間にあって緊張材を取り囲むように配置されることにより、緊張材に導入された張力が効率的に介装部材に伝達される。特に、定着部材の場合と同様に介装部材に熱処理を施したり、介装部材を機械加工により製作することにより、磁歪センサによる測定が、組織の異方性や残留応力によって邪魔されることなく良好に行えるようになる。機械加工により製作した介装部材に熱処理を施すとよりよい結果が得られる。

【0095】請求項9記載の介装部材によれば、介装部材の長さを壁部の肉厚中心を通る円周の直径と同等、またはそれ以上に設定することにより、介装部材に作用する応力の分布が周方向だけでなく長さ方向についても均一になるので、これによっても正確な張力レベルの推定が可能である。

【0096】請求項10記載の介装部材によれば、介装部材の両端にそれぞれ補強部を設けることにより、介装部材の周方向の強度が高められるので、介装部材に作用する応力の周方向の分布がより均一になるので、これによっても正確な張力レベルの推定が可能である。

【0097】請求項11記載の介装部材によれば、補強部を端面から僅かに離間した位置に形成することにより、緊張材の長さ方向に垂直な面に平行な力の介装部材への伝達が阻まれ、介装部材に作用する応力にばらつきが生じ難くなるので、これによっても正確な張力レベルの推定が可能である。

【0098】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施形態を示す図であって、磁歪センサの構造を示す斜視図である。

【図2】磁歪センサを備える測定装置の構成を示すブロック図である。

【図3】グランドアンカーの構造を示す断面斜視図である。

【図4】ナットに設定される2つの測定点を示す斜視図である。

【図5】熱処理を施していない六角ナットについて、図4のように設定された2つの測定点に対し初期応力の測定を実施した結果を示す図表である。

10 【図6】S45C材を引き抜き加工した後に熱処理を施した六角ナットについて、図4のように設定された2つの測定点に対し初期応力の測定を実施した結果を示す図表である。

【図7】S45C材を引き抜き加工した後に熱処理を施した六角ナットについて、図4のように設定された2つの測定点に対し初期応力の測定を実施した結果を示す図表である。

20 【図8】S45C材を機械加工した六角ナットについて、図4のように設定された2つの測定点に対し初期応力の測定を実施した結果を示す図表である。

【図9】SCM440材を機械加工した六角ナットについて、図4のように設定された2つの測定点に対し初期応力の測定を実施した結果を示す図表である。

【図10】熱処理を施したナットによる張力測定性を示す図表である。

【図11】本発明に係る第2の実施形態を示す図であって、定着部材であるナットとアンカープレートとの間に介装される補助台座の形状を示す側面図、および平面図である。

30 【図12】補助台座のその他の実施態様を示す側面図である。

【図13】本発明に係る第3の実施形態を示す図であって、定着部材であるナットとアンカープレートとの間に介装される介装部材の形状を示す側面図である。

【図14】介装部材の形状を示す斜視図である。

【図15】本実施形態に示された手順で製作された介装部材について、初期残留応力の大きさおよび作用方向を測定した結果を示す図表である。

40 【図16】鍛造により製作された同形状の介装部材について、初期残留応力の大きさおよび作用方向を測定した結果を示す図表である。

【図17】図14中のQ-Q線矢視断面図である。

【図18】介装部材により測定した緊張材の張力と試験機により導入した実際の張力とを比較した図表である。

【図19】介装部材により測定した緊張材の張力と試験機により導入した実際の張力とを比較した図表である。

50 【図20】高さ $h < 直径R$ である介装部材のモデルについて壁部の内外面に作用する応力を調べた解析結果を

示す図表である。

【図 2 1】 高さ $h = \text{直径} R$ である介装部材のモデルについて壁部の内外面に作用する応力を調べた解析結果を示す図表である。

【図 2 2】 定着部材にウェッジを採用したグラウンドアンカーの一例を示す断面図である。

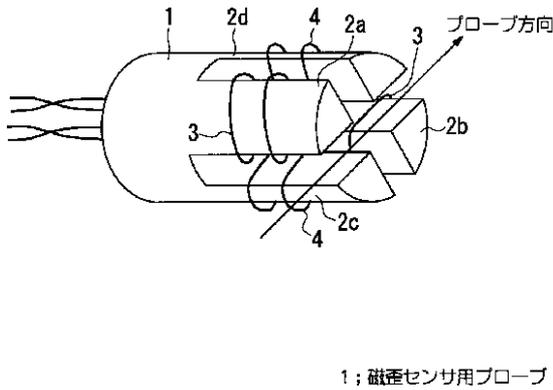
【図 2 3】 定着部材にウェッジを採用したグラウンドアンカーの一例を示す断面図である。

【符号の説明】

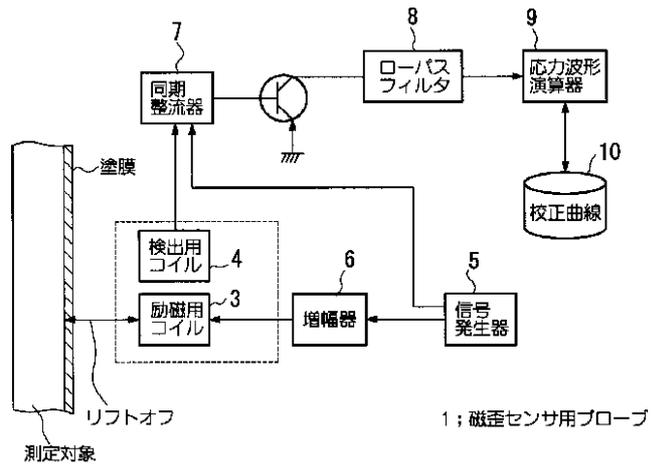
- 1 磁歪センサ用プローブ
- 3 励磁用コイル
- 4 検出用コイル
- 5 信号発生器
- 6 増幅器
- 7 同期整流器

- * 8 ローパスフィルタ回路
- 9 応力波形演算器
- 10 校正曲線部
- 11 緊張材
- 12 アンカープレート
- 13 ナット (定着部材)
- 20 ナット
- 21 補助台座 (介装部材)
- 22 高応力作用部
- 10 23 低応力作用部
- 30 介装部材
- 31 壁部
- 32, 33 補強部
- 40 アンカープレート (板状部材)
- * G 地盤

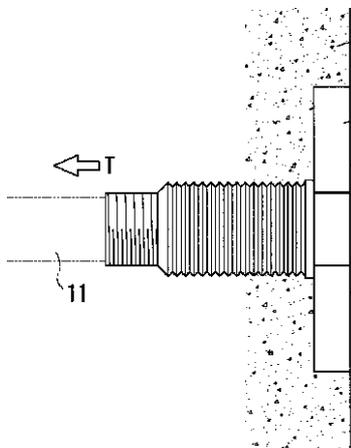
【図 1】



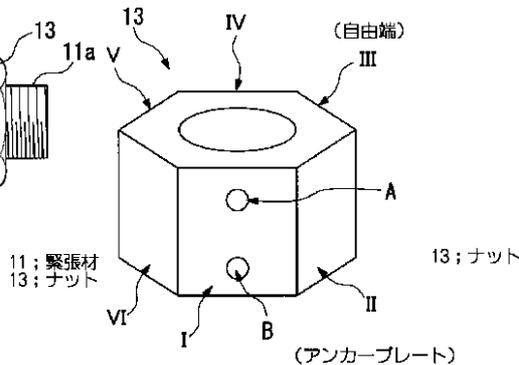
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

側面No.	測定点	主応力差 (MPa)	角度 (°)
I	A	361.9	-89.7
	B	376.1	88.4
II	A	373.7	85.9
	B	368.1	89.9
III	A	137.0	89.8
	B	173.3	88.9
IV	A	365.5	-88.9
	B	360.8	89.9
V	A	550.4	-88.1
	B	352.9	-89.4
VI	A	369.2	89.0
	B	379.2	-89.5

【図 6】

側面No.	測定点	主応力差	角度
		(MPa)	(°)
I	A	21.2	-7.7
	B	41.2	1.1
II	A	53.5	5.6
	B	46.9	2.8
III	A	53.5	13.8
	B	46.4	-2.0
IV	A	40.2	4.0
	B	56.3	1.7
V	A	22.0	21.0
	B	28.4	14.7
VI	A	44.3	7.3
	B	59.4	2.0

【図 7】

側面No.	測定点	主応力差	角度
		(MPa)	(°)
I	A	59.6	6.1
	B	85.4	3.3
II	A	87.1	11.4
	B	96.2	7.7
III	A	59.2	1.6
	B	54.5	0.3
IV	A	59.5	7.2
	B	54.5	7.9
V	A	66.3	1.7
	B	68.1	5.9
VI	A	52.8	0.5
	B	61.5	-3.2

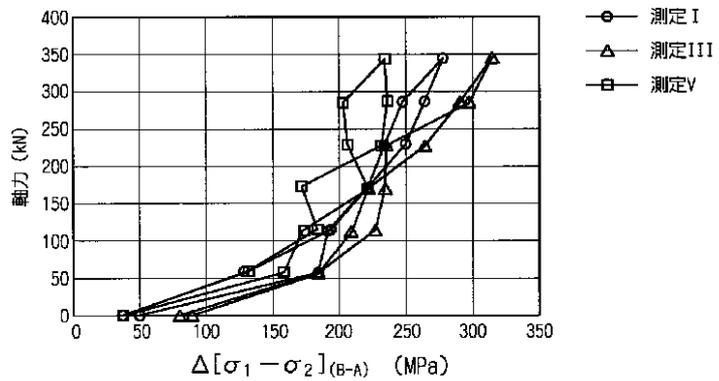
【図 8】

側面No.	測定点	主応力差	角度
		(MPa)	(°)
I	A	128.7	9.9
	B	123.6	24.2
II	A	80.7	-44.7
	B	60.2	-28.0
III	A	137.3	21.7
	B	133.1	5.6
IV	A	89.4	-3.0
	B	97.8	11.1
V	A	125.7	15.7
	B	121.0	0.8
VI	A	89.1	36.8
	B	93.5	22.9

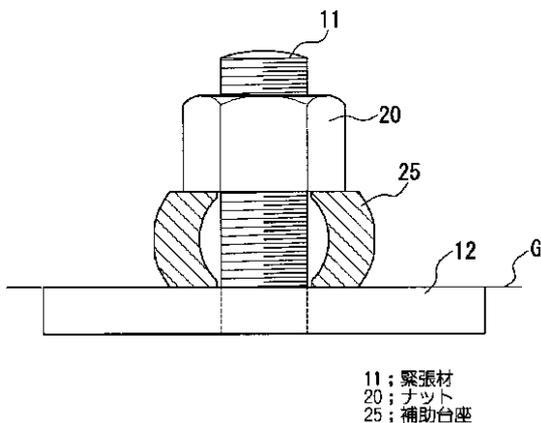
【図 9】

側面No.	測定点	主応力差	角度
		(MPa)	(°)
I	A	96.3	7.1
	B	87.7	-9.6
II	A	114.8	24.1
	B	108.9	8.0
III	A	96.6	-8.6
	B	107.3	13.7
IV	A	111.2	3.4
	B	111.9	20.2
V	A	108.6	24.9
	B	86.4	43.1
VI	A	111.0	4.7
	B	117.4	21.8

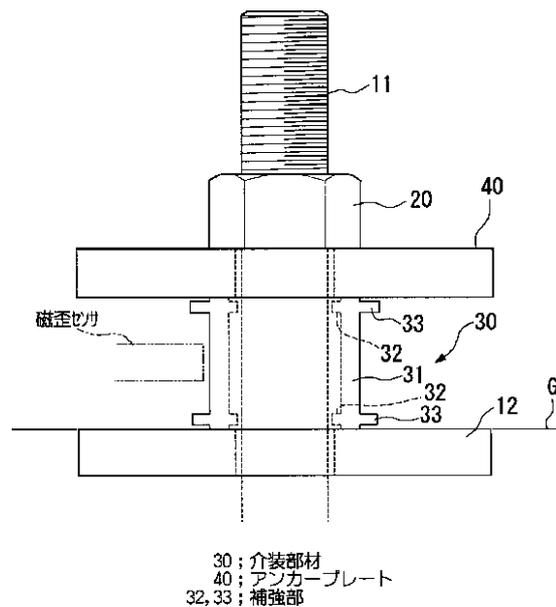
【図 10】



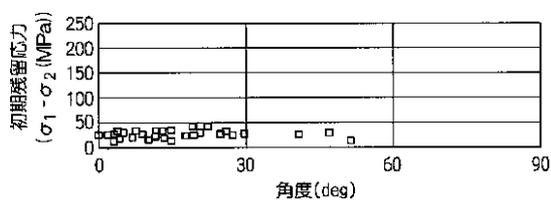
【図 12】



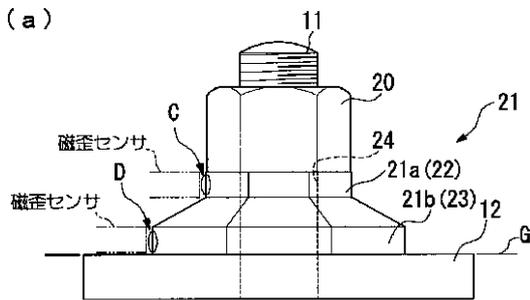
【図 13】



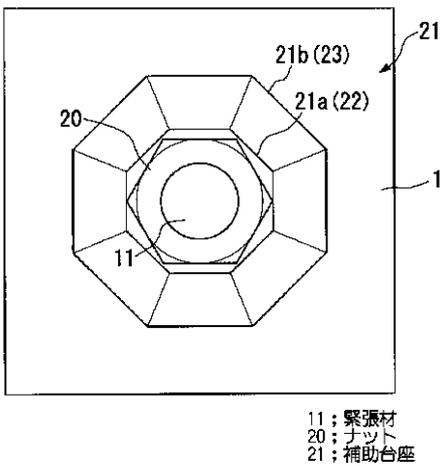
【図 15】



【図11】

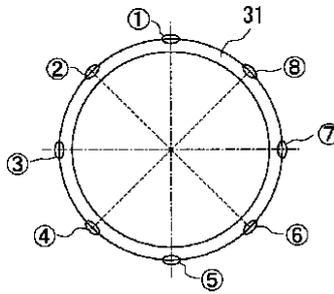


(b)

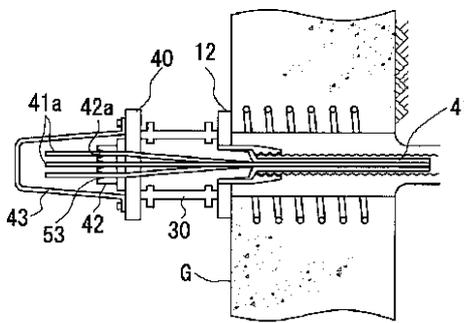


11; 緊張材
20; ナット
21; 補助台座

【図17】

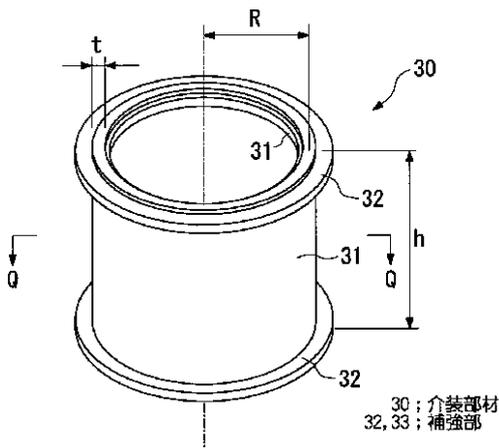


【図22】



41; 緊張材
42; ソケット

【図14】

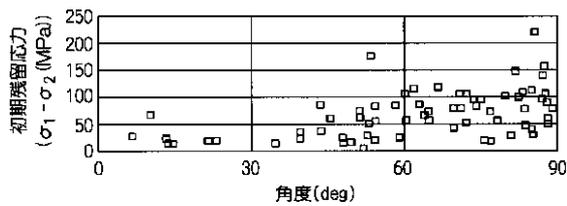


30; 介装部材
32, 33; 補強部

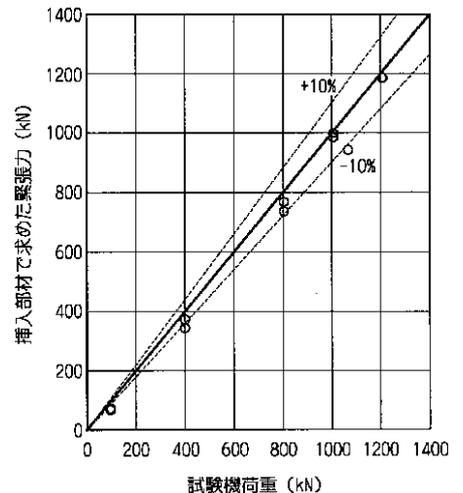
【図18】

試験機による導入張力(kN)	0	99	407	809	1010	1212	1010	807	404	96	0	
介装部材による	4点平均	-15	38	312	688	929	1112	948	719	315	-49	
推定張力(kN)		8点平均	-6	65	343	732	986	1182	995	764	365	69
4点平均 / 導入張力(%)	—	0.38	0.77	0.85	0.92	0.92	0.94	0.89	0.78	0.25	—	
8点平均 / 導入張力(%)	—	0.66	0.84	0.90	0.98	0.98	0.98	0.95	0.90	0.72	—	

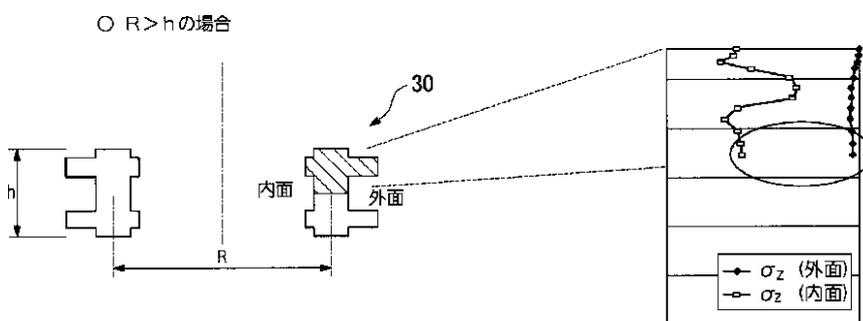
【図16】



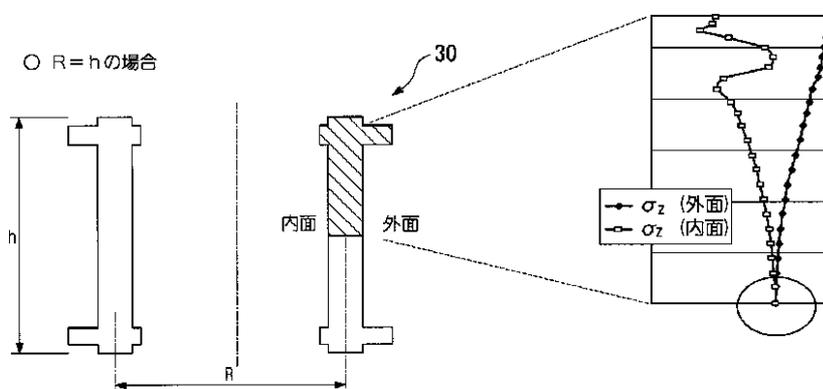
【図19】



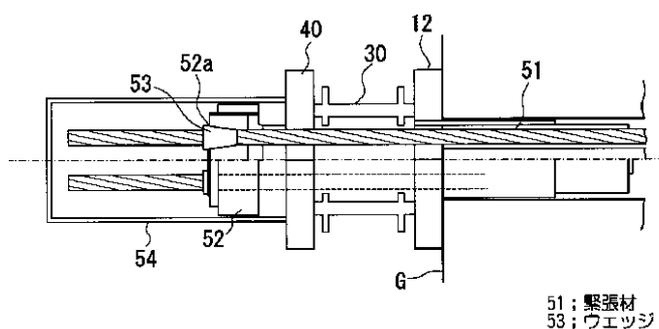
【図 2 0】



【図 2 1】



【図 2 3】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 純二
香川県高松市朝日町四丁目 1 番 3 号 日
本道路公団 四国支社 高松技術事務所
内

(72)発明者 大西 邦晃
香川県高松市朝日町四丁目 1 番 3 号 日
本道路公団 四国支社 高松技術事務所
内

(72)発明者 岡 俊蔵
広島県広島市西区観音新町四丁目 6 番 22
号 三菱重工業株式会社 広島製作所内

(72)発明者 村井 亮介
広島県広島市西区観音新町四丁目 6 番 22
号 三菱重工業株式会社 広島研究所内

(72)発明者 柳沢 栄一
広島県広島市西区観音新町四丁目 6 番 22
号 三菱重工業株式会社 広島研究所内

- (56)参考文献 特開 平 1 - 131422 (J P , A)
特開 昭60 - 53828 (J P , A)
特開 昭56 - 101529 (J P , A)
実開 昭57 - 186274 (J P , U)
実開 平 3 - 95936 (J P , U)
特公 平 2 - 6012 (J P , B 2)
特公 平 3 - 18137 (J P , B 2)
特公 平 6 - 7075 (J P , B 2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

G01L 1/00
G01L 5/00 103
G01L 5/04 - 5/10