

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7300915号  
(P7300915)

(45)発行日 令和5年6月30日(2023.6.30)

(24)登録日 令和5年6月22日(2023.6.22)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 C	15/00	(2006.01)	G 0 1 C	15/00	1 0 3 A
G 0 1 C	7/02	(2006.01)	G 0 1 C	7/02	

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-130996(P2019-130996)	(73)特許権者	000220343 株式会社トブコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号
(22)出願日	令和1年7月16日(2019.7.16)	(74)代理人	100096884 弁理士 未成 幹生
(65)公開番号	特開2021-15081(P2021-15081A)	(72)発明者	佐々木 陽 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会 社トブコン内
(43)公開日	令和3年2月12日(2021.2.12)	審査官	仲野 一秀
審査請求日	令和4年6月29日(2022.6.29)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測量装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

外部標定要素の関係が既知なトータルステーションとレーザースキャナを複合化した構成を備え、

検査対象に対して時間差をおいて前記レーザースキャナによるレーザースキャンを行うことで得た第1の点群データと第2の点群データを取得する点群データ取得部と、

前記第1の点群データと前記第2の点群データの差分を算出し、前記検査対象における位置情報に変化があった部分を詳細検査対象部分として検出する検出部と、

前記詳細検査対象部分の位置を取得する位置取得部と、

前記詳細検査対象部分の位置に基づき、前記詳細検査対象部分への前記トータルステーションの視準制御を行う視準制御部と

を備える測量装置。

## 【請求項2】

前記トータルステーションは、望遠鏡および該望遠鏡が捉えた画像を撮像する撮像手段を備え、

前記視準制御により、前記望遠鏡の前記詳細検査対象部分への視準が行なわれ、前記撮像手段により、前記詳細検査対象部分の拡大画像の撮像が行なわれる請求項1に記載の測量装置。

## 【請求項3】

前記トータルステーションは、マーキング光の照射を行う機能を有し、

10

20

前記視準処理の後に、前記詳細検査対象部分への前記マーキング光の照射が行なわれる請求項 1 または 2 に記載の測量装置。

【請求項 4】

前記視準処理の後に、前記トータルステーションは、前記詳細検査対象部分の複数の点の測位を行う請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の測量装置。

【請求項 5】

前記第 1 の点群データと前記第 2 の点群データの差分に基づき、変状の種類パターンの判定が行われる請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の測量装置。

【請求項 6】

前記判定された変状の種類パターンに応じて、その後の処理が決定される請求項 5 に記載の測量装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物の変状を検出する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

橋の橋脚やコンクリートで補強された法面等では、変状の有無を定期的に検査する必要がある。ここで、変状とは、変形、欠損、ひび、脆化等が発生した状態のことをいう。例えば、特許文献 1 には、レーザースキャナを用いた 3D 計測により、地盤の変形を検出する技術が記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許開 2008 - 107175 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

通常は、レーザースキャナにより対象物の変状を検出した後、検査員による当該箇所の目視確認、あるいは当該箇所を撮影し、画像を用いての精密な検査が行なわれる。この際、変状部分を確認する作業の効率化が求められる。

30

【0005】

このような背景において、本発明は、レーザースキャンを用いた対象物の変状箇所の検出に係る作業の効率化を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、外部標定要素の関係が既知なトータルステーションとレーザースキャナを複合化した構成を備え、検査対象に対して時間差を置いて前記レーザースキャナによるレーザースキャンを行うことで得た第 1 の点群データと第 2 の点群データを取得する点群データ取得部と、前記第 1 の点群データと前記第 2 の点群データの差分を算出し、前記検査対象における位置情報に変化があった部分を詳細検査対象部分として検出する検出部と、前記詳細検査対象部分の位置を取得する位置取得部と、前記詳細検査対象部分の位置に基づき、前記詳細検査対象部分への前記トータルステーションの視準制御を行う視準制御部とを備える測量装置である。

40

【0007】

本発明において、前記トータルステーションは、望遠鏡および該望遠鏡が捉えた画像を撮像する撮像手段を備え、前記視準制御により、前記望遠鏡の前記詳細検査対象部分への視準が行なわれ、前記撮像手段により、前記詳細検査対象部分の拡大画像の撮像が行なわれる態様は好ましい。また本発明において、前記トータルステーションは、マーキング光の照射を行う機能を有し、前記視準処理の後に、前記詳細検査対象部分への前記マーキン

50

グ光の照射が行なわれる態様は好ましい。また本発明において、前記視準処理の後に、前記トータルステーションは、前記詳細検査対象部分の複数の点の測位を行う態様は好ましい。また本発明において、前記第1の点群データと前記第2の点群データの差分に基づき、変状の類型パターンの判定が行われる態様は好ましい。またこの態様において、前記判定された変状の類型パターンに応じて、その後の処理が決定される態様は好ましい。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、レーザースキャンを用いた対象物の変状箇所の検出に係る作業が効率化される。

【図面の簡単な説明】

10

【0009】

【図1】変状部分を検出する原理を示す原理図である。

【図2】実施の形態で利用されるレーザースキャナ付トータルステーションの外観図である。

【図3】実施の形態で利用されるレーザースキャナ付トータルステーションの外観図である。

【図4】実施の形態で利用されるレーザースキャナ付トータルステーションのブロック図である。

【図5】処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】変状の一例を示す図面代用写真(A)および(B)である。

20

【図7】変状の一例を示す図面代用写真(A)および(B)である。

【図8】変状の一例を示す図面代用写真(A)および(B)である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

1. 第1の実施形態

(概要)

図1には、実施形態の概要が示されている。符号150は、検査対象物であり、例えばコンクリートの壁面である。検査対象物としては、壁、建物、トンネル内壁、橋脚、コンクリート等で補強された法面や崖や土手、路面、ダム、その他の各種の壁面や天井面が挙げられるが特に限定されない。検査対象物の材質は特に限定されないが、コンクリート、モルタル、金属、木材、樹脂、各種のセラミック材料、これらの複合材料が挙げられる。検査対象物は塗装されていてもよい。また、土や岩等を検査の対象とすることもできる。例えば、落石や崩落につながる地盤の動き(変形)や石の動きをレーザースキャンによって監視することも可能である。

30

【0011】

図1(A)には、レーザースキャナ付トータルステーション(TS)のレーザースキャナ機能を用いてコンクリートの壁面150のレーザースキャンを行う状態が示されている。このレーザースキャンは、1年に一回や2年に一回という頻度で定期的に繰り返し行う。勿論、スキャンの間隔は適宜選択でき、また等間隔で行う場合に限定されない。

【0012】

40

図6~図8に変状の具体的な例を示す。図6~図8は、国土交通省国土技術政策総合研究所の国土技術政策総合研究所資料(国土総研資料)748号(<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/tnn/tnn0748.htm>)から引用したものである。図6(A)には、コンクリートの表面が剥離し、浮きが生じている場合が示されている。図6(B)および図7(A)には、鉄骨に変形が生じた場合が示されている。図7(B)には、コンクリートの構造体に生じたひび割れの例が示されている。図8(A)には、鉄板で被覆されたコンクリートの構造体に欠損が生じた場合が示されている。図8(B)には、鉄筋で補強されたコンクリートの表面が欠落し、鉄筋が露出した状態が示されている。

【0013】

図1(B)には、変状部分の一例として、コンクリートの壁面150の表面に腐食等に

50

より欠損部分 1 5 1 が発生した場合が示されている。ここでは、欠損部分 1 5 1 において、コンクリートの一部が欠落し、凹型に窪んでいるとする。

【 0 0 1 4 】

窪みがあると、窪みがない場合に比較して、その部分におけるレーザースキャナ点（レーザースキャナ光の反射点）の三次元位置データが異なるものとなる。このレーザースキャナ光の反射点の位置データの変化を検出することで、欠損部分 1 5 1 の発生の有無を検出する。

【 0 0 1 5 】

具体的には、N - 1 回目のレーザースキャンで得られた点群データと N 回目のレーザースキャンで得られた点群データとを比較し、その差分を計算する。時間差を置いて行われたレーザースキャンの間に変状が生じていれば、2 つの点群データにおいて、その部分の点群データに差異が生じる。そこで、閾値を用いて上記差異が生じた部分に変状が生じている可能性がある部分（要詳細検査対象部分）として検出する。なお、N は、2 以上の自然数である。

10

【 0 0 1 6 】

レーザースキャンで得られる点群データには、各レーザースキャン点の三次元座標と各点の反射光の強度が含まれる。レーザースキャンで得られる点の位置は、利用するレーザースキャナの光学原点を原点とするローカル座標系で得られる。ここで、利用するレーザースキャナの絶対座標系における外部標定要素（位置と姿勢）が既知であれば、絶対座標系における点の座標が取得できる。絶対座標系というのは、G N S S や地図で用いられる座標系であり、例えば（緯度、経度、標高）によって位置の情報が記述される座標系である。

20

【 0 0 1 7 】

レーザースキャンによって得られる点群データには、スキャン光一つ一つの反射点の座標が含まれるので、上記の方法で得られる変状部分の T S 1 0 0 に対する位置を知ることができる。すなわち、N - 1 回目のレーザースキャンで得られた点群データと N 回目のレーザースキャンで得られた点群データの差分データから、N - 1 回目と N 回目のレーザースキャンの間に生じた欠損部分 1 5 1 の位置（T S 1 0 0 に対する位置）を知ることができる。

【 0 0 1 8 】

具体的には、点群データに含まれる点の位置情報（3 次元座標）を 2 つのレーザースキャンデータ（点群データ）で比較し、その差分を得る。前回（N - 1 回目）のレーザースキャン時と今回（N 回目）のレーザースキャン時の間に欠損が生じた場合、その部分の点群位置データに差が生じ、それが上記の差分として表れる。この差分の程度を閾値で判定することで、この差分が出た点群の部分に欠損部分 1 5 1 として検出する。

30

【 0 0 1 9 】

T S 1 0 0 は、レーザースキャナ付トータルステーションの一例である。T S 1 0 0 は、トータルステーションとしての機能に加えて、望遠鏡による観察および撮像機能、更にレーザーマーキングを行う機能を有している。望遠鏡の光軸とレーザーマーキング光の光軸は一致しており、T S の視準した位置の望遠画像の取得と当該位置のレーザーマーキングが行なえる。

40

【 0 0 2 0 】

この例では、レーザースキャンにより位置を特定した欠損部分 1 5 1 を対象に望遠鏡の視準を行い、更にその場所にレーザーマーキングを行う。これにより、欠損部分 1 5 1 の画像観察、更にレーザーマーキング光を目印とした検査員による欠損部分 1 5 1 の目視検査や U A V 等を利用した欠損部分の拡大画像の撮影が行なわれる。

【 0 0 2 1 】

（レーザースキャナ付きトータルステーション）

図 2 には、発明を利用したレーザースキャナ付き T S （トータルステーション）1 0 0 の斜視図が示されている。図 3 には、T S 1 0 0 の正面図が示されている。T S 1 0 0 は

50

、後述するレーザースキャナ109とTSを複合化した構造を有している。TSの機能は、通常のTSと同じである。TSの詳細な構造については、例えば特開2009-229192号公報、特開2012-202821号公報に記載されている。

#### 【0022】

TS100は、TS本体150とレーザースキャナ109を結合（複合化）した構造を有している。TS100は、本体部11を有している。本体部11は、台座12上に水平回転が可能な状態で保持されている。台座12は図示しない三脚の上部に固定される。本体部11は、Y軸の方向から見て上方に向かって延在する2つの延在部を有する略コの字形状を有し、この2つの延在部の間に可動部13が鉛直角（仰角および俯角）の制御が可能な状態で保持されている。

10

#### 【0023】

本体部11は、台座12に対して電動で水平回転する。すなわち、本体部11は、本体部11に内蔵された水平角制御用のモータにより駆動され、台座12に対して水平回転する。可動部13は、本体部11に内蔵された鉛直角制御用のモータにより本体部11に対して鉛直回転する。これら水平回転と鉛直回転の制御は、本体部11に内蔵された鉛直・水平回転駆動部106（図4のブロック図を参照）により行われる。

#### 【0024】

本体部11には、水平回転角制御ダイヤル14aと鉛直角制御ダイヤル14bが配置されている。水平回転角制御ダイヤル14aを操作することで、本体部11（可動部13）の水平回転角の調整が行なわれ、鉛直角制御ダイヤル14bを操作することで、可動部13の鉛直角の調整が行なわれる。位置データを入力し、TS100の光軸をその方向に自動で指向させる動作も可能である。

20

#### 【0025】

可動部13の上部には、大凡の照準を付ける角筒状の照準器15aが配置されている。また、可動部13には、照準器15aよりも視野が狭い光学式の照準器15bと、より精密な視準が可能な望遠鏡16が配置されている。

#### 【0026】

照準器15bと望遠鏡16が捉えた像は、接眼部17を覗くことで視認できる。望遠鏡16は、測距用の赤外帯域のレーザー光（レーザー測位部103からの測距光）、測距対象（例えばターゲットとなる専用の反射プリズム）を追尾および捕捉するための追尾光、およびレーザーマーキングを行う可視帯域のマーキング用レーザー光の光学系を兼ねている。測距光、追尾光およびマーキング用レーザー光の光軸は、望遠鏡16の光軸と一致するように光学系の設計が行なわれている。

30

#### 【0027】

測距用のレーザー光とマーキング用のレーザー光を一つのレーザー光で兼ねることも可能である。この場合、可視帯域のレーザー光を測距用のレーザー光兼マーカ用レーザー光として利用する。可動部13の光学系とレーザースキャナ109の外部標定要素の関係は、設計データとして予め取得されており既知である。

#### 【0028】

本体部11には、ディスプレイ18と19が取り付けられている。ディスプレイ18は、操作部101と一体化されている。操作部101には、テンキーや十字操作ボタン等が配され、TS100に係る各種の操作やデータの入力が行なわれる。ディスプレイ18と19には、TS100の操作に必要な各種の情報や測量データ等が表示される。前後に2つディスプレイがあるのは、本体部11を回転させなくても前後のいずれの側からでもディスプレイを視認できるようにするためである。

40

#### 【0029】

本体部11の上部には、レーザースキャナ109が固定されている。レーザースキャナ109は、第1の塔部301と第2の塔部302を有している。第1の塔部301と第2の塔部302は、結合部303で結合され、結合部の上方の空間（第1の塔部301と第2の塔部302の間の空間）は、スキャンレーザー光を透過する部材で構成された保護ケ

50

ース304で覆われている。保護ケース304の内側には、第1の塔部301からX軸方向に突出した回転部305が配置されている。回転部305の先端は、斜めに切り落とされた形状を有し、その先端部には、斜めミラー306が固定されている。

【0030】

回転部305は、第1の塔部301に納められたモータにより駆動され、X軸を回転軸として回転する。第1の塔部301には、上記のモータに加え、このモータを駆動する駆動回路と、その制御回路、回転部305の回転角を検出するセンサ、該センサの周辺回路が納められている。

【0031】

第2の塔部302の内部には、レーザースキャン光を発光するための発光部、対象物から反射してきたスキャン光を受光する受光部、発光部と受光部に関係する光学系、スキャン点（スキャン光の反射点）までの距離を算出する距離算出部が納められている。また、レーザースキャナ109は、回転部305の回転角度位置（鉛直回転角）、本体部11の水平回転角およびスキャン点までの距離に基づきスキャン点の三次元座標を算出するスキャン点位置算出部を有している。

10

【0032】

レーザースキャナ109の光学系の外部標定要素と可動部13内部の光学系（レーザー測位部103の光学系）の外部標定要素の関係は設計データとして既知である。すなわち、レーザースキャナ109の光学原点とレーザー測位部103の光学原点の位置関係は既知であり、レーザースキャナ109の姿勢とレーザー測位部103の姿勢の関係も既知である。

20

【0033】

レーザースキャン光は、第2の塔部302の内部から斜めミラー306に向けて照射され、そこで反射され、透明なケース304を介して外部に照射される。また、対象物から反射したスキャン光は、照射光と逆の経路を辿り、第1の塔部302内部の受光部で受光される。

【0034】

スキャン光の発光タイミングと受光タイミング、さらにその際の回転部305の鉛直回転角と本体部11の水平回転角により、スキャン点（スキャンレーザー光の反射点）の測位が行なわれる。この測位の原理は、通常のレーザー測距の原理と同じである。

30

【0035】

以下、レーザースキャナ109におけるレーザー測距の原理を簡単に説明する。まず、光速度は不変なので、測距光の飛行時間とその方向が判れば、光学系の光学原点を起点としたベクトルが設定でき、光学原点に対する測距光の反射点の位置が計算できる。この原理は、レーザー測位部103におけるレーザー測位も同じである。

【0036】

測距光の飛行時間は、発光と受光のタイミング差や、距離が既知の基準光路を伝搬した基準光の受光タイミングと測距光の受光タイミングの差（位相差）から知ることができる。

【0037】

測距光の照射方向は、発光時における回転部材305の鉛直回転角と本体部11の水平回転角から知ることができる。ここで、回転部材305の鉛直回転角と本体部11の水平回転角は、鉛直・水平回転角度検出部107により検出される。

40

【0038】

レーザースキャン用のパルスレーザー光は、パルス発光され、斜めミラー306で反射され、保護ケース304から外部に向かって間欠的に出射される。この際、回転部305が回転しながらレーザースキャン光の照射が行われる。これにより、鉛直面（Y-Z面（X軸回り））におけるレーザースキャン、つまり鉛直面に沿ったレーザースキャンが行なわれる。また、同時に本体部11を水平回転（Z軸回りに回転）させることで、水平方向のレーザースキャンも行われ、結果として周囲全体（あるいは必要とする範囲）のレーザースキャンが行なわれる。レーザースキャン光は、1条の形態も可能であるし、同時に複

50

数条を照射する形態も可能である。

【 0 0 3 9 】

なお、レーザースキャナに係る技術については、特開 2 0 1 0 - 1 5 1 6 8 2 号公報、特開 2 0 0 8 - 2 6 8 0 0 4 号公報、米国特許第 8 7 6 7 1 9 0 号公報、US 7 9 6 9 5 5 8 号公報、US 2 0 1 7 - 0 2 6 9 1 9 7 号公報等に記載されている。また、レーザースキャナとして、米国公開公報 US 2 0 1 5 / 0 2 9 3 2 2 4 号公報に記載されているような、スキャンを電子式に行う形態も採用可能である。

【 0 0 4 0 】

(ブロック図)

図 4 には、TS (トータルステーション) 1 0 0 のブロック図が示されている。TS 1 0 0 のトータルステーションとしての基本的な機能は、従来のものと同じである。TS 1 0 0 が従来のトータルステーションと異なるのは、レーザースキャナ 1 0 9 と複合化されている点、レーザースキャンによって変状部分を検出できる点、更にマーキング用のレーザー光を照射できる点である。

10

【 0 0 4 1 】

TS 1 0 0 は、操作部 1 0 1、撮像部 (カメラ) 1 0 2、ディスプレイ 1 8, 1 9、レーザー測位部 1 0 3、鉛直・水平回転駆動部 1 0 6、鉛直・水平回転角検出部 1 0 7、視準制御部 (マーキング光照射位置制御部) 1 0 8、レーザースキャナ 1 0 9、点群データ取得部 1 1 0、点群データマッチング部 1 1 1、マーキング光発光部 1 1 2、変状部分検出部 1 1 3、変状部分位置取得部 1 1 4、変状部分の方向算出部 1 1 5、動作制御部 1 2 1、記憶部 1 2 2、光学系 2 0 1 (望遠鏡 1 6) を備える。

20

【 0 0 4 2 】

レーザー測位部 1 0 3 は、TS の基本機能であるレーザー光を用いた三次元測位を行う。測位の原理は、レーザースキャナ 1 0 9 と同じである。光学系 2 0 1 は、照準器 1 5 b (図 3 参照)、望遠鏡 1 6 (図 3 参照)、レーザー測位部 2 0 0 の光学系、撮像部 1 0 2 の光学系、図示省略した追尾光の光路を構成する光学系、およびマーキング光発光部 1 1 2 から発光されるマーキング光 (マーキング光) の光路を構成する光学系を含んでいる。レーザー測位部 1 0 3 からの測距光と、マーキング光発光部 1 1 2 からのマーキング光は、望遠鏡 1 6 の対物レンズから望遠鏡 1 6 の光軸上で出射される。

【 0 0 4 3 】

光学系 2 0 1 は、各種のレンズ、ミラー、光路の分離や合成のためのダイクロイックミラー、ハーフミラー、偏光ミラー等を有している。光学系 2 0 1 により、測距用のレーザー光が望遠鏡 1 6 を介して測位対象に照射され、測位対象から反射された測距用レーザー光が望遠鏡 1 6 を介して受光される。また、光学系 2 0 1 により望遠鏡 1 6 が捉えた像が接眼部 1 7 に導かれると共に撮像部 1 0 2 に導かれる。また、光学系 2 0 1 を介して、マーキング光発光部 1 1 2 から発光されたマーキング光がマーキングの対象となる位置に照射される。

30

【 0 0 4 4 】

また、TS 1 0 0 は、ターゲット (例えば反射プリズム) を追尾するための追尾光を発光する追尾光発光部、ターゲットで反射した追尾光を受光する追尾光受光部、追尾光が望遠鏡 1 6 の視野の視準位置にくるように鉛直・水平回転駆動部 1 0 6 に制御信号を出力する追尾制御部を備える。このあたりの構成は、現在市場に供給されている製品と同じであるので、詳細な説明は省略する。TS の追尾光に係る構成については、例えば日本国特許第 5 1 2 4 3 1 9 号公報に記載されている。

40

【 0 0 4 5 】

操作部 1 0 1 は、オペレータによる TS 1 0 0 の操作の内容を受け付ける。この操作には、レーザースキャナ 1 0 9 を用いたレーザースキャンに係る操作、レーザースキャナ 1 0 9 を用いた検査対象の変状部分の検出、この検出した変状部分へのマーキング光の照射に係る操作が含まれる。TS 1 0 0 の操作は、TS 1 0 0 が備えるボタンスイッチ等により行われる。タブレットやスマートフォンを操作部として利用する形態も可能である。こ

50

の場合、専用のアプリケーションソフトウェアをタブレットやスマートフォンにインストールすることで、タブレットやスマートフォンをTS100の操作手段として機能させる。

【0046】

撮像部102は、望遠鏡16が捉えた画像を撮像する。撮像は、例えばCCDイメージセンサやCMOSイメージセンサにより行われる。ディスプレイ18, 19は、撮像部102が撮像した画像、TS100の操作に必要な情報、TS100の動作に係る情報(測距データやターゲットの方位等)等が表示される。ディスプレイ18, 19としては、液晶ディスプレイやELディスプレイ等が用いられる。

【0047】

鉛直・水平回転駆動部106は、本体部11の水平回転の駆動および可動部13の鉛直回転の駆動を行う。鉛直・水平回転駆動部106は、上記駆動のためのモータ、ギア機構および駆動回路を備えている。

10

【0048】

鉛直・水平回転角度検出部107は、本体部11の水平回転角の検出、可動部13の鉛直角(仰角および俯角)の値を検出する。角度の検出は、ロータリーエンコーダによって行われる。水平回転角は、例えば北を基準(0°)として、上方から見た時計回り方向の角度で測られる。鉛直角(仰角および俯角)は、水平方向を基準(0°)として仰角方向を+、俯角方向を-として測角する。

【0049】

視準制御部(マーキング光照射位置制御部)108は、変状部分位置取得部114が取得した変状部分の位置(TS100に対する位置)に基づき、望遠鏡16の光軸を当該変状部分に指向させる制御(視準制御)を行う。望遠鏡16の光軸は、レーザー測位部103からの測距用レーザー光の光軸およびマーキング光発光部112からのマーキング光の光軸と一致している。よって、望遠鏡16の視準を行うことで、レーザー測位部103からの測距用レーザー光の照射方向(照射位置)の調整、およびマーキング光発光部112からのマーキング光の照射方向(照射位置)の調整が同時に行なわれる。

20

【0050】

具体的には、望遠鏡16の光軸の向きを決める制御信号が、マーキング光照射位置制御部108で生成され、それが鉛直・水平回転駆動部106に送られ、本体部11の水平角度位置の調整と、可動部13の鉛直回転角の調整が行なわれる。

30

【0051】

レーザーキャナ109は、レーザーキャナを行いレーザーキャナにより得られた点群データ(レーザーキャナ点群)の取得を行う。レーザーキャナの範囲は、希望する範囲で設定可能である。

【0052】

スキャンデータ取得部110は、レーザーキャナ109が得た点群データを取得する。この例では、レーザーキャナ109が取得した点群データは、記憶部122に記憶される。そして、変状部分を検出する処理に際して、記憶部122から読み出され、点群データ取得部110で取得される。適当な記憶媒体や記憶装置にスキャンデータ(レーザーキャナで得た点群データ)を記憶し、そこから取得する形態も可能である。

40

【0053】

点群データマッチング部111は、2つの点群データの対応関係を求める。例えば、特定の対象物に対するTS100を用いたレーザーキャナが時間差をおいて複数回行われる場合を考える。この場合、例えばN-1回目とN回目の点群データの対応関係の特定(マッチング)が行なわれる。マッチングの手法としては、例えばテンプレートマッチングが利用される。点群データのマッチングを行うためのアルゴリズムは各種のものが開発されている。点群データのマッチングについては、例えば、国際公開番号WO2012/141235号公報、特開2014-35702号公報、特開2015-46128号公報、特開2017-15598号公報等に記載されている。なお、比較する点群データの時間軸上における間隔は限定されない。また、N回目とN+3回目の点群データの対応関係

50

を求めるようなことも可能である。

【 0 0 5 4 】

マーキング光発光部 1 1 2 は、レーザーマーキングを行うためのレーザー光（レーザーマーキング光）を発光する。レーザーマーキング光は、可視光であり、照射点の輝点を利用したマーキングを行う。

【 0 0 5 5 】

変状部分検出部 1 1 3 は、時間差をもって取得された同一対象物を対象としたレーザースキャンデータ（レーザースキャン点群）の比較に基づき、当該対象物の変状部分を検出する。具体的には、比較するレーザースキャンデータの位置情報を比較し、その差分を算出する。欠損や変形が生じると、その部分の点群位置情報に変化が生じる。この変化は上記 2 つのレーザースキャン点群の差分データとして得られる。そして、予め定めた閾値を超える差分が検出された場合に、その点で変状が生じたものと推認する判定を行う。この処理が変状部分検出部 1 1 3 で行われる。

10

【 0 0 5 6 】

変状部分位置取得部 1 1 4 は、変状部分検出部 1 1 3 が検出した変状部分の位置を取得する。変状部分は、2 つの点群データの位置データの差分を計算することで得られる。よって、この差分に関係する点群データの位置を調べることで、変状部分の位置を知ることができる。

【 0 0 5 7 】

変状部分の方向算出部 1 1 5 は、変状部分位置取得部 1 1 4 が取得した位置の情報に基づき、TS 1 0 0 から見た変状部分の方向を算出する。TS 1 0 0 に対する変状部分の位置が判れば、TS 1 0 0 から見た変状部分の方向が判る。この処理が変状部分の方向算出部 1 1 5 で行われる。

20

【 0 0 5 8 】

動作制御部 1 2 1 は、TS 1 0 0 の動作の制御を統括する。例えば、図 5 に係る処理の制御は、動作制御部 1 2 1 で行なわれる。記憶部 1 2 2 は、TS 1 0 0 の動作に必要なデータやプログラム、TS 1 0 0 の動作の結果得られた測定データを記憶する。

【 0 0 5 9 】

（処理の一例）

図 5 は、TS 1 0 0 を用いて行なわれる検査対象物の変状部分の検出に係る処理の手順の一例を示すフローチャートである。図 5 の処理を実行するプログラムは、記憶部 1 2 2 や適当な記憶媒体に記憶される。この処理の手順は、動作制御部 1 2 1 により制御されて実行される。このプログラムを適当な記憶媒体や通信回線を介してアクセス可能な記憶装置（データサーバ等）に記憶させ、そこからダウンロードする形態も可能である。また、図 5 の処理を PC（パーソナルコンピュータ）やサーバ等で行う形態も可能である。

30

【 0 0 6 0 】

ここでは、検査対象物としてコンクリートで補強された崖や斜面を想定する。また、レーザースキャナ時において、使用する TS 1 0 0 の絶対座標系における外部標定要素は取得され、既知であるとする。

【 0 0 6 1 】

まず、時間差を置いて検査対象物に対するレーザースキャンを、TS 1 0 0 を用いて行う。例えば、三か月毎や半年毎に TS 1 0 0 を用いた検査対象物に対するレーザースキャンを行い、定期的に点群データを得る。なお、各レーザースキャン時におけるレーザースキャナの位置は同じであってもよいし、同じでなくてもよい。

40

【 0 0 6 2 】

以下、時期  $T_1$  において行われた  $N - 1$  回目のレーザースキャンで得た点群データ 1 と、 $T_1$  の後の時期  $T_2$  において行われた  $N$  回目のレーザースキャンで得た点群データ 2 とに基づく、時期  $T_1$  と  $T_2$  の間に生じた変状部分の検出、および変状部分への誘導に係る処理を説明する。なお、 $N$  は、2 以上の自然数である。

【 0 0 6 3 】

50

まず、点群データ1と点群データ2を取得する(ステップS101)。この処理は、点群データ取得部110で行われる。次に、点群データ1と点群データ2の対応関係の特定(マッチング)を行う(ステップS102)。この処理は、点群データマッチング部111で行われる。

#### 【0064】

次に、点群データ1と点群データ2を比較し、各点の位置データの差分を計算し(ステップS103)、更にステップ103で得た差分データに基づき、変状部分(正確には、変状の発生が疑われる部分)を検出する(ステップS104)。ステップS103とS104の処理は、変状部分検出部113で行われる。なお、変状部分が無ければ処理を終了する。

#### 【0065】

変状部分を検出したら、その部分の位置を取得する(ステップS105)。この処理では、変状部分の点群データから変状部分の位置を取得する。この処理は、変状部分位置取得部114で行われる。変状部分の位置を取得したら、TS100から見たその方向を算出する(ステップS106)。この処理は、変状部分の方向算出部115で行なわれる。

#### 【0066】

変状部分の方向を算出したら、その方向に望遠鏡16の狙いを付ける自動視準処理を行う(ステップS107)。この処理では、自動視準制御部(マーキング光照射位置制御部)108で制御信号が生成され、この制御信号により鉛直・水平回転駆動部106による可動部13の上下方向における角度位置の調整、更に本体部11の水平方向における角度位置の調整が行なわれる。望遠鏡16の視準を行なったら、撮像部102により変状部分の撮影を行う(ステップS108)。

#### 【0067】

次に、マーキング光発光部112からマーキング光の発光を行う(ステップS109)。この処理により、レーザースキャンにより検出した変状部分にマーキング光の照射が行なわれる。このマーキング光によるマーキングを利用して変状部分の目視での確認やUAVを用いた変状部分の撮影が行なわれる。自動視準による撮影およびマーキングを行うことで、レーザースキャンを用いた対象物の変状箇所の検出に係る作業が効率化される。

#### 【0068】

(その他)

比較する点群データの取得時期の組み合わせは任意である。例えば、半年ごとにレーザースキャンを行うとする。その場合に、1年前と現在の点群データ(レーザースキャンにより得た点群データ)を比較する、2年前と現在の点群データを比較する、といった処理が可能である。

#### 【0069】

また、対象とする点群の取得時期の差は、どのような対象を検査するかによって自由に決めることができる。例えば、上記の例のようなコンクリートの壁面における変状を検査する場合は、数カ月単位や年単位のスパンであるが、対象によっては、数時間の間隔で変状を監視する場合も有り得る。

#### 【0070】

マーキング光の発光部を望遠鏡16と同軸の構造とせず、可動部13の望遠鏡16とは別の場所に配置する構成も可能である。この場合、望遠鏡16の視準点とマーキング光のマーキングは少しずれが生じる。

#### 【0071】

## 2. 第2の実施形態

レーザースキャンの間隔に比較して、変状の進行が緩やかである場合が有り得る。この場合、N-1回目とN回目のレーザースキャンデータの比較では、検出できないが、N-2回目とN回目のレーザースキャンデータの比較では、変状が検出できる可能性がある。このような場合に対応する方法として、N-1回目とN回目のレーザースキャンデータの比較、N-2回目とN回目のレーザースキャンデータの比較、N-3回目とN回目のレー

10

20

30

40

50

ザースキャンデータの比較、・・・を行い、変状の進行を検出する形態も可能である。

【 0 0 7 2 】

### 3 . 第 3 の実施形態

本実施形態では、ステップ S 1 0 4 で検出された変状部分の再検査のためのデータを、トータルステーション 1 0 0 が備える本来の T S としての測位機能を用いて取得する。以下、一例を説明する。まず、図 5 のステップ S 1 0 5 において、変状が疑われる部分が検出されたとする。この場合、当該部分を中心に 9 点 × 9 点や 1 5 点 × 1 5 点といったマトリクス点を設定し、これらマトリクス点に対するレーザー測位部 1 0 3 の機能を利用した測位を行う。

【 0 0 7 3 】

点の間隔は、複数のパターンを用意しておき、その中から選択する。例えば、点群密度として、メッシュ間隔 5 c m、メッシュ間隔 1 0 c m、メッシュ間隔 2 0 c m といったマトリクスパターンを予め用意しておき、その中から選択される。

【 0 0 7 4 】

レーザー測位部 1 0 3 による点群データの取得は、一つの計測点に対して、( 1 ) 本体部 1 1 の水平回転と可動部 1 3 の鉛直回転による望遠鏡 1 6 の光軸の設定、( 2 ) 当該計測点に対する複数回のレーザー測位、によって行われる。この方法は、計測に必要な時間が、レーザーキャナ 1 0 9 を用いた場合よりも長くなるが、測位の精度は高くなる。

【 0 0 7 5 】

レーザー測位部 1 0 3 を用いて点群データを得たら、当該点群データを解析し、変状の状態を判定する。例えば、設計データや事前に取得しておいた三次元モデルデータとレーザー測位部 1 0 3 を用いて取得した点群データとを比較することで、対象物の僅かな変形を評価することができる。

【 0 0 7 6 】

T S ( トータルステーション ) とレーザーキャナは、レーザー測位という点で共通する。しかしながら、測位精度が T S の方が上である。これは、以下の理由による。

【 0 0 7 7 】

まず、T S 1 0 0 のレーザー測位部 1 0 3 を用いた点群データの取得では、本体部 1 1 と可動部 1 3 を静止させ、その上でレーザー測位が行なわれる。更にレーザー測位部 1 0 3 を用いた測位では、1 点に測位レーザー光を複数回 ( 例えば、3 回 ~ 1 5 回 ) 照射し、複数回の測位を行い、その平均値が測位データとして採用される。

【 0 0 7 8 】

これに対して、レーザーキャナ 1 0 9 を用いたレーザーキャンでは、測位レーザー光を走査しながら照射する関係で、照射方向の揺らぎがあり、またそれ故に 1 点に複数回の測位レーザーの照射を行うことができない。このため、点群データを構成する各点の測位精度はレーザー測位部 1 0 3 を用いた場合より劣るものとなる。

【 0 0 7 9 】

本実施形態によれば、レーザーキャンによって変状の発生が予見された ( 疑われた ) 部分の精密測位が行なわれる。この方法は、目視による確認が難しい場所における変状の検出や、視認や画像観察からでは判断し難い変状の検出に有効である。レーザーキャナのレーザーキャン機能と T S の精密な測位機能を組み合わせることで、レーザーキャンを用いた対象物の変状箇所の検出に係る作業が効率化される。

【 0 0 8 0 】

### 4 . 第 4 の実施形態

変状部分の点群データの類型パターンを機械学習により予め学習しておき、取得した変状部分の点群が何れの類型パターンに相当するのか判定する態様も可能である。この場合、時間差を置いて取得された第 1 の点群データと第 2 の点群データの差分から類型パターンを判定する。

【 0 0 8 1 】

例えば、機械学習技術を用いて、変状部分の類型パターンとして、ひび割れを特徴づけ

10

20

30

40

50

る点群データの変化を予め調べておく。そして、その特徴が見いだせる点群データの変化が検出された場合に、この変化が生じた部分をひび割れが発生した部分として抽出する。同様な方法で、欠落や鉄筋の露出といった変状の類型パターンの判定が行われる。

【 0 0 8 2 】

判定された類型パターンはユーザに提示される。また、判定の結果が当該変状部分に係る点群データ、写真画像、その他の関連情報と共に関連付けられてデータとして記憶される。勿論、データの内容は修正可能である。

【 0 0 8 3 】

変状の類型パターンとしては、コンクリートの浮き、欠損や欠落、ひび割れ、脆化、膨張、鉄筋の露出、鉄骨の座屈等の変形等が挙げられる。この態様によれば、参考情報として疑いのある類型パターンが判定され、それがユーザに提示され、また記憶される。なお、複数の種類の複合パターンを判定することもできる。例えば、変形とひび割れが複合した状態を判定することもできる。

【 0 0 8 4 】

また、判定された変状の類型パターンに応じて、その後の処理を決める態様も可能である。この場合、例えば、剥離変状の場合はマーキング光の照射、ひび割れの場合は拡大画像撮影、変形の場合は密度を上げた再度のレーザースキャン点群の取得あるいはトータルステーションを用いた高精度のレーザースキャンデータの取得といった処理が行なわれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

1 0 0 ...レーザースキャナ付 T S (トータルステーション)、1 0 9 ...レーザースキャナ、1 5 0 ... T S 本体、1 1 ... 本体部、1 2 ... 台座、1 3 ... 可動部、1 4 a ... 水平回転角制御ダイヤル、1 4 b ... 鉛直角制御ダイヤル、1 5 a ... 照準器、1 5 b ... 光学式の照準器、1 6 ... 望遠鏡、1 7 ... 接眼部、1 8 , 1 9 ... ディスプレイ、3 0 1 ... 第 1 の塔部、3 0 2 ... 第 2 の塔部、3 0 3 ... 結合部、3 0 4 ... 保護ケース、3 0 5 ... 回転部、3 0 6 ... 斜めミラー、1 1 1 ... 変状部分、1 5 0 ... 検査対象物、

10

20

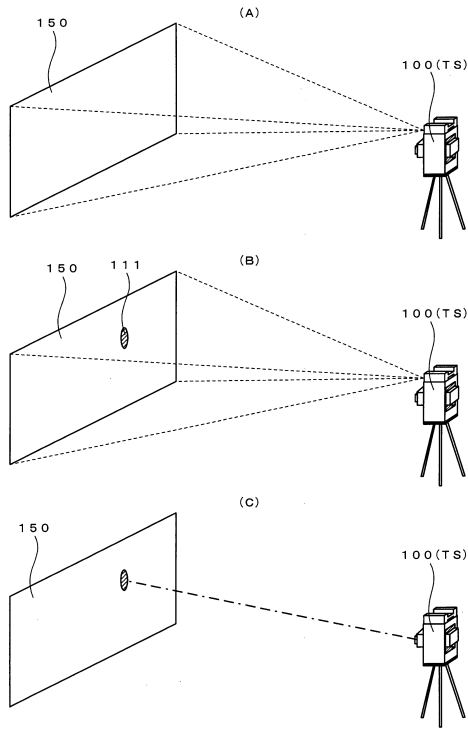
30

40

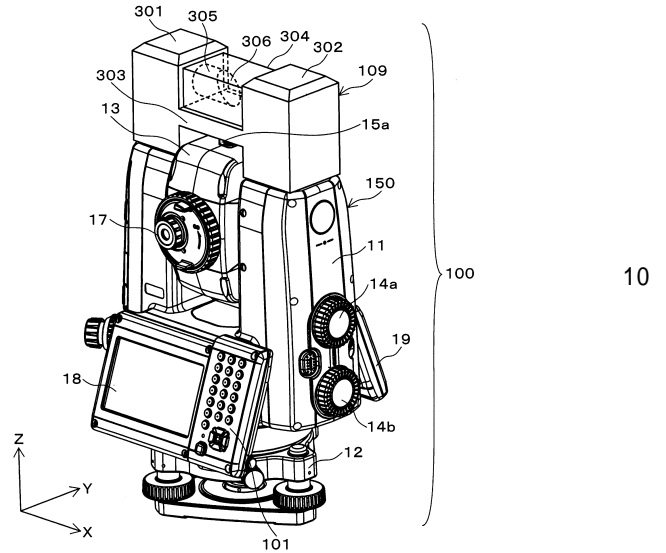
50

【図面】

【図 1】



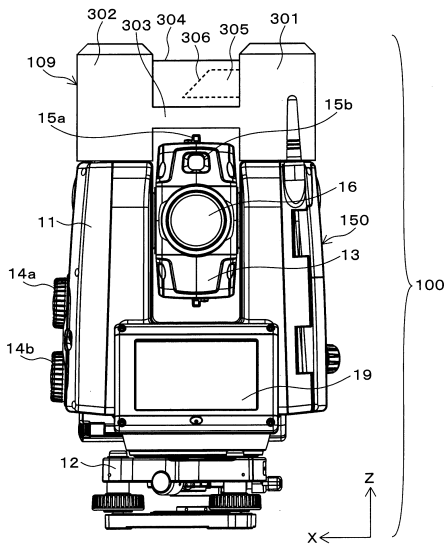
【図 2】



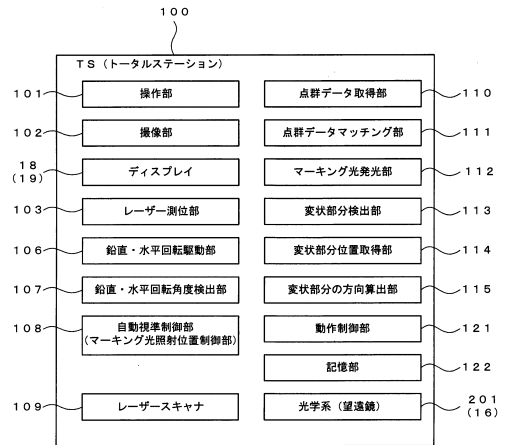
10

20

【図 3】



【図 4】

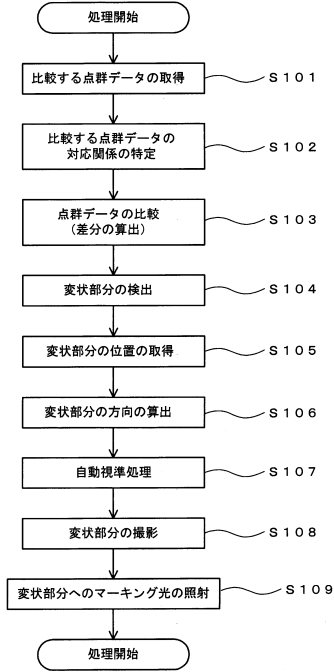


30

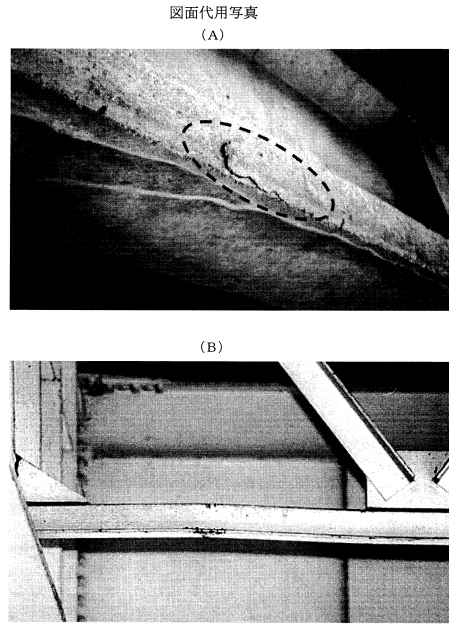
40

50

【 図 5 】



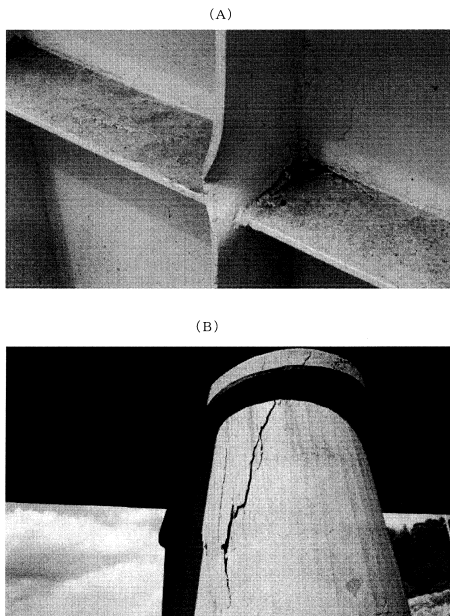
【 図 6 】



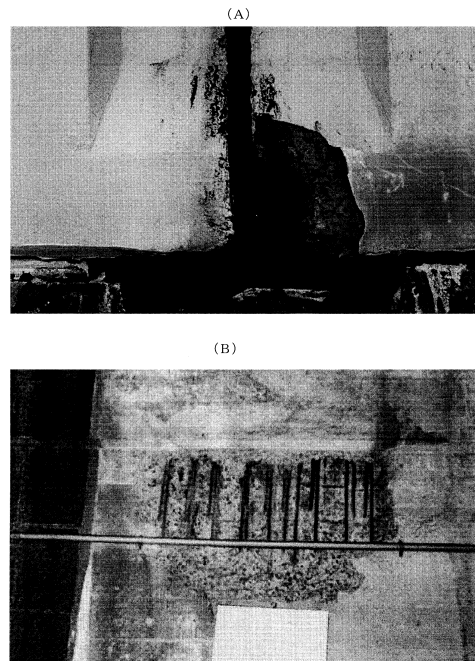
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-48866(JP,A)  
特開2008-76058(JP,A)  
特開2017-223540(JP,A)  
中国特許出願公開第108362216(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G01C 1/00 - 1/14  
5/00 - 15/14  
G01B 11/00 - 11/30