

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-267444

(P2002-267444A)

(43) 公開日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード* (参考)
G 0 1 C 11/06		G 0 1 C 11/06	2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/24		7/06	
		15/00	1 0 4 A
G 0 1 C 7/06		15/06	T
15/00	1 0 4	G 0 1 B 11/24	K

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-66122(P2001-66122)

(22) 出願日 平成13年3月9日 (2001.3.9)

(71) 出願人 000195971

西松建設株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目20番10号

(72) 発明者 秋山 演亮

東京都港区虎ノ門一丁目20番10号 西松建設株式会社内

(72) 発明者 堀場 夏峰

東京都港区虎ノ門一丁目20番10号 西松建設株式会社内

(74) 代理人 100110607

弁理士 間山 進也 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル坑内の形状測定方法

(57) 【要約】

【課題】 トンネル坑内に配置するターゲットを減らすことができ、容易かつ詳細にトンネル形状の測定を行うことができるトンネル形状の測定方法を提供する。

【解決手段】 光線による形状測定と写真測量とを用いるトンネル坑内の形状測定方法であって、前記トンネル坑内を複数の測定区間に分けて前記各測定区間の内壁にターゲットまたは所定間隔において配置される光学的に区別可能なターゲットを配置し、前記各測定区間において前記スリット光による形状測定を行い、前記各測定区間において前記トンネル坑内を角度を変えて撮影して前記光学的に区別可能なターゲットの像を含む複数の画像を撮影し、撮影された前記画像に含まれる光学的に区別可能なターゲット像を共通基準点として前記各ターゲットの三次元座標を算出し、前記各ターゲットの三次元座標を用いて前記スリット光により形状測定した前記測定区間をつなぎ合わせてトンネル坑内の形状を得ることを特徴とするトンネル坑内の形状測定方法を用いる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光線による形状測定と写真測量とを用いるトンネル坑内の形状測定方法であって、前記トンネル坑内を複数の測定区間に分けて前記各測定区間の内壁にターゲットまたは所定間隔において配置される光学的に区別可能なターゲットを配置し、前記各測定区間においてスリット光による形状測定を行い、前記各測定区間において前記トンネル坑内を角度を変えて撮影して前記光学的に区別可能なターゲットの像を含む複数の画像を撮影し、撮影された前記画像に含まれる光学的に区別可能なターゲット像を共通基準点として前記各ターゲットの三次元座標を算出し、前記各ターゲットの三次元座標を用いて前記スリット光により形状測定した前記測定区間をつなぎ合わせてトンネル坑内の形状を得ることを特徴とする、トンネル坑内の形状測定方法。

【請求項2】 前記ターゲットは、前記トンネル軸方向に並設され前記トンネル周方向に連なった複数のターゲット列を構成するように配置されており、前記ターゲット列は、所定間隔内に前記光学的に区別可能なターゲットから構成されたターゲット列を少なくとも1列含む、請求項1に記載のトンネル坑内の形状測定方法。

【請求項3】 前記光学的に区別可能なターゲットは、波長、反射パターン、形状のいずれか1つまたはこれらの組み合わせにより光学的に区別可能とされている、請求項1または2に記載のトンネル坑内の形状測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、トンネル坑内の形状測定方法に関し、より詳細にはスリット光による形状測定と写真測量とを併用してトンネル全体の形状測定を行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、物体の形状を測定するために数多くの形状測定方法が用いられている。例えば、測定対象である三次元形状の被測定物体に非接触で光学的に計測する方法としては、ステレオ法、スポット光投影法、スリット光投影法、符号化法などが用いられている。上述したスリット光投影法や符号化法を用いる装置では、スリットを通して照射されたスリット光により被測定物体の詳細な表面形状測定が行われている。例えば、特開平5-332737号公報に開示の形状計測装置によれば、スリット光を所定規則に従って点滅させながら、被測定物体に照射して走査する際、画像データをCCDカメラにより撮像し、CCDカメラから記憶装置に転送して蓄積できるようになっている。また、スリット光の点滅規則を走査毎に変更して複数の画像データを蓄積しておき、蓄積された画像データと、スリット光の走査速度と、点滅のタイミングとを用いてスリット光の偏向角情

報を与えることができるようになっている。さらに、画像における各画素の偏向角情報と、各画素の位置とを用いて、三角測量の原理に基づき各画素に対応する被測定物体上の点の座標を得ることにより、被測定物体の形状が測定できるようにされている。

【0003】また、自然環境調査、自然災害調査、交通事故調査といった野外調査において、撮影した写真から被写体の位置を測量するために写真測量が多用されており、近年では、トンネル坑内における測量も行われている。このトンネル坑内の測量は、トンネル掘削時ばかりではなく、トンネルが周囲の地山からの土圧を絶えず受けることによるトンネル坑内の変位を測定するための変位計測の際にも行われている。トンネル坑内といった構造体の内部における写真測量は、写真撮影時のフラッシュによる光線を反射する複数のターゲットを壁面に貼付け、さまざまな角度から上述したターゲットを含む複数の写真を撮影することにより行われる。その後、撮影された画像をパーソナル・コンピュータといった処理手段に取り込んで、連続画像として合成し、撮影された画像におけるターゲットの像を基準として用い、各ターゲットの座標を特定する。上述のようにして得られた各ターゲットの座標からトンネル坑内などの内壁における写真測量が可能となる。

【0004】しかしながら、トンネル坑内といった構造体の内部を写真撮影する場合、野外調査における写真撮影とは異なり、トンネル坑内といった構造体の内部は、どの角度から撮影したとしても背景がトンネル坑内の内壁となる。このため、よほど明確な目印がトンネル坑内の内壁にない場合、上述したように撮影された写真から互いに隣接するターゲットを判別する際の基準点が困難となる。また、トンネル坑内において写真測量を行う際には、ターゲットの同定といった基準点特定に手間がかかり、また、ターゲットの同定を誤ると、トンネル坑内の写真測量の精度を著しく低下させてしまうことになる。さらに、色や形を変えるなどしてターゲットの区別性を高め、ターゲットを容易に写真測量の際の共通基準点として用いたとしても、このターゲットを多数貼付けなければならず、作業効率の低下が問題とされていた。

【0005】上述したスリット光による形状測定をトンネル坑内の形状測定に用いる場合、上述した写真測量による方法のようにトンネル坑内の内壁にターゲットを貼付けることなく、トンネル坑内の内壁の詳細な形状測定を行うことができる。しかしながら、スリット光を照射する一地点からは、トンネル坑内の内壁の極一部分しか測定することができないため、測定点を数多く取らなければならないといった問題がある。また、測定点を多数取ったとしても、スリット光を照射する位置の特定が困難であるため、これらをつなぎ合わせてトンネル形状を測定することは困難である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明においては、上述した問題に鑑み、スリット光による形状測定と写真測量とを併用することで、通常の写真測量と比較してターゲットを貼付ける枚数を減らすことができ、また詳細にトンネル形状の測定を行うことができ、さらに写真測量によりターゲットの三次元座標を算出し、スリット光による形状測定により測定した部分形状をつなぎ合わせて全体のトンネル形状とすることができるトンネル形状の測定方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明のトンネル坑内の形状測定方法を用いることで解決される。本発明の請求項1の発明によれば、光線による形状測定と写真測量とを用いるトンネル坑内の形状測定方法であって、前記トンネル坑内を複数の測定区間に分けて前記各測定区間の内壁にターゲットまたは所定間隔において配置される光学的に区別可能なターゲットを配置し、前記各測定区間においてスリット光による形状測定を行い、前記各測定区間において前記トンネル坑内を角度を変えて撮影して前記光学的に区別可能なターゲットの像を含む複数の画像を撮影し、撮影された前記画像に含まれる光学的に区別可能なターゲット像を共通基準点として前記各ターゲットの三次元座標を算出し、前記各ターゲットの三次元座標を用いて前記スリット光により形状測定した前記測定区間をつなぎ合わせてトンネル坑内の形状を得ることを特徴とするトンネル坑内の形状測定方法が提供される。

【0008】本発明の請求項2の発明によれば、前記ターゲットは、前記トンネル軸方向に並設され前記トンネル周方向に連なった複数のターゲット列を構成するように配置されており、前記ターゲット列は、所定の間隔内に前記光学的に区別可能なターゲットから構成されたターゲット列を少なくとも1列含むトンネル坑内の形状測定方法が提供される。

【0009】本発明の請求項3の発明によれば、前記光学的に区別可能なターゲットは、波長、反射パターン、形状のいずれか1つまたはこれらの組み合わせにより光学的に区別可能とされているトンネル坑内の形状測定方法が提供される。

【0010】

【作用】本発明は、ターゲットを含むように複数の測定区間に分けられたトンネル坑内において、スリット光を照射して個々の測定区間の形状測定を行う。この形状測定には、ターゲットも含んで測定される。また、反射波長、反射パターン、形状のうちいずれか1つまたはこれらを適宜組み合わせることで他のターゲットから光学的に区別可能としたターゲットを用い、トンネル坑内の写真測量時に撮影されるトンネル坑内の内壁を背景とする複数のターゲット像のうち、特定の三次元座標にある光学的に区別可能なターゲットを用い、これら光学的に区別可能

なターゲットを画像上で認識することを可能とする。これらの光学的に区別可能なターゲットを、複数異なった位置、角度で測定されたトンネル内壁の写真画像を互いに位置合わせする場合の共通基準点として用いることにより、写真測量時のターゲット全体からの基準点の識別を容易に行うことを可能とする。また、光学的に区別可能なターゲットおよびターゲットを含んで撮影した写真画像を用いて、ターゲットの三次元座標を算出する。スリット光を照射して測定された区間の形状は、写真測量により算出したターゲットの三次元座標を用いてつなぎ合わせることでトンネル全体の形状を得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下本発明を図面をもって詳細に説明する。図1は、本発明が適用されるトンネルを示した斜視図である。図1には、トンネル軸方向に測定区間 r ごとに破線で分けられたトンネルが示されている。本発明において測定区間 r とは、トンネル坑内のある一地点からトンネル坑内の内壁2に向けてスリット光を照射して形状測定を行うことができる区間をいう。図1では、計測位置1からトンネル坑内の内壁2に向けてスリット光を照射してできるスリット像の幅により分けられたトンネルを測定区間 r としている。図1に示す各測定区間 r は、スリット像を隣接させることによりトンネル軸方向に計測位置1とともに決定することができ、各測定区間 r 内には、ターゲットTが配置される。また、図1に示す各測定区間 r 内の内壁2には、計測位置1に対して上部、トンネル軸方向に対して計測位置1の左右の内壁2にターゲットTが配置され、ターゲット列T1、T2、T3が形成されている。本発明においてターゲットTは、測定区間 r の中央に配置されるのが好ましい。

【0012】図1においては、各測定区間 r の中央にターゲット列がT1、T2、T3で表わされ、ターゲット列T1の各ターゲットは、T11、T12、T13で表わされている。また、ターゲット列T2の各ターゲットは、T21、T22、T23で表され、ターゲット列T3の各ターゲットは、T31、T32、T33で表わされている。ここで、一般にターゲットという場合には、符号Tを用い、ターゲットTから構成されるターゲット列を T_m として表し、ターゲット列を構成するターゲットを T_{mn} (m および n は、自然数である。)を用いてターゲットを表す。また、ターゲットTのうち、他のターゲットTから光学的に区別可能とされたターゲットTには、符号 T_{op} を用いる。光学的に区別可能であるとは、波長、反射パターン、形状といった光学特性により、他のターゲットTとは別のターゲット T_{op} であることが、写真、CRTといった表示手段により光学的に判断ができることを意味する。上述した表示手段においては、写真やCRTが挙げられているが、同様の機能を有するものであれば他のいかなる表示手段でも用いるこ

とができる。また、これらのターゲットTは、トンネル坑内の内壁2に粘着テープや接着剤により貼付されていて、位置が容易に変化しないようにされている。

【0013】本発明のトンネル形状の測定方法においては、ターゲットTは、トンネル坑内の内壁2とともに撮像手段により撮影され、写真測量を行う際の基準点を与える。図1では、説明の便宜上ターゲットTをターゲット列Tmとして構成し、ターゲット列を構成するターゲットを3つとし、ターゲット列を3列としているが、本発明においては、必要に応じていかなるターゲットTまたはターゲット列Tmとしていても良い。

【0014】本発明においては、光学的に区別可能なターゲットTopは、ターゲット列Tmを構成するターゲットTmnのうち、所定の間隔内のターゲット列Tmの少なくとも1つは、他のターゲットTmnから光学的に区別可能なターゲットTopを含んで構成される。本発明において用いる所定間隔とは、写真測量において撮影される画像の範囲に少なくとも1つのターゲットTopが含まれる間隔をいう。

【0015】図2は、本発明に用いることができるターゲットTを例示した図である。これらのターゲットTは、概ね写真撮影を行う場合のフラッシュといった光源からの光を反射させて、ターゲットTが撮影された場合に画像上に写真測量に用いる基準点を与えることができるように、反射プレート又は反射シートといった反射部材から構成されている。また、この反射部材には、光線が照射される部分の面上にターゲットTの中心決定を行い易くすることができるように、図示しないクロスラインパターン、又は反射方向へと反射光線を集光させるフレネルレンズといった光学的要素を設けておくこともできる。

【0016】図2(a)には、本発明に用いる光学的に区別可能なターゲットTの第1の変形例を示す。本発明に用いる光学的に区別可能なターゲットTの第1の変形例では、ターゲットTは、図2(a)に示すように反射プレート3と、反射プレート3を覆うようにして取付けられた光透過性の有色部材4とから構成されている。反射プレート3としては、従来知られているどのような材質、寸法のものでも用いることができる。

【0017】光透過性の有色部材4は、着色された光透過性のセロファン紙や、プラスチックフィルム、光透過性の着色プラスチックシート、プラスチックプレート等を反射プレート3上に貼付けることによって形成することができる。また、ターゲットTの光学的区別性に影響を与えず、反射性を低下させないのであれば、市販のターゲットを直接蛍光塗料、反射性塗料等により着色して構成することも可能である。さらには、ターゲットTopとして、発光ダイオードといった発光部材を備えたターゲットを用いて、他のターゲットTから光学的に区別することもできる。

【0018】本発明においては、図2(a)に示した第1の変形例のターゲットTをTopとして用いることにより、ターゲットTopに対してこれ以外の他のターゲットTと異なった波長を反射又は照射させ、ターゲットTopの画像上における区別性を向上させることができる。

【0019】図2(b)は、本発明に用いるターゲットTの第2の変形例を示した図である。図2(b)に示したターゲットTは、板部材5と、この板部材5の上に貼付けられたダイヤモンド型にカットされた反射面といった反射要素を有する反射シート6とから構成されている。また、本発明においては、ボールレンズ状ビーズの集合体から構成された反射面を備える反射シート6を用いることもできる。

【0020】図2(b)に示される第2の変形例のターゲットTをターゲットTopとして用いることにより、写真撮影時のフラッシュによる光線をターゲットTopが反射する場合に、所定の反射パターンを与えることにより、光学的にターゲットTopと、他のターゲットTとを区別することが可能となる。このため、ターゲットTopの画像上における区別性を向上させることが可能となり、ターゲットT全体の認識性を向上させることが可能となる。上述した反射パターンを発生させる際には、上述したようなボールレンズ状ビーズ集合体、又はダイヤモンド型にカットされた反射面反射要素を有する反射シート6を用いることも可能であるし、また、反射性偏光プレートといった部材を用いて反射光を偏光させ、偏光フィルタとの組合せにより反射パターンを得ることもできる。

【0021】図2(c)は、本発明に用いるターゲットTの第3の変形例を示した図である。図2(c)に示したターゲットTは、三角形の反射プレート3から構成されている。この第3の変形例のターゲットTをTopとして用いることにより、フラッシュからの光線を他のターゲットTとは異なった形状で反射させることを可能とし、ターゲットTopと、これ以外のターゲットTとを光学的に区別することが可能となる。図2(c)では、第3の変形例のターゲットTを、三角形の形状として示しているが、四角形、五角形、長方形、といった多角形状の他、星型の形状等いかなる形状を有していても良い。また、必要に応じて立体として形成し、角度を変えた場合の区別性をさらに向上させても良い。

【0022】図3は、本発明のトンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定を示した概略図である。図3には、1つの測定区間rが示され、トンネル坑内の計測位置1にスリット光照射装置7が設置されていて、スリット光照射装置7からスリット光8がトンネル坑内の内壁2に向けて照射されている。また、スリット光照射装置7に設けられているスリットは、トンネル軸方向に横長とされており、図3においては、スリット光8を照

射して内壁2に生じたスリット像9の幅に対して測定区
間 r の幅がわずかに小さくされている。スリット像9の
幅より測定区間 r の幅をわずかに小さくすることによ
り、トンネル軸方向に向けて前後の測定区間 r で測定さ
れたトンネル形状とオーバーラップさせることができ、
以下に示すつなぎ合わせの際に容易となる。本発明にお
いては、測定区間 r の幅とスリット像9の幅は同じであ
っても良いし、いかなる程度にオーバーラップされてい
ても良い。また、図3に示すスリット像9は、適切な位
置に設置されたCCDカメラやデジタルカメラなどの撮
像手段10により撮像され、撮像された画像は、パーソ
ナル・コンピュータといった処理手段11により形状測
定が行われる。

【0023】図3には、1本のスリット像が示されてい
るが、本発明においては、複数のスリットからなる格子
に光を照射して複数のスリット像を測定するようにして
いても良い。また、本発明においては、スリット像9を
投影レンズなどの投影手段を用いてスクリーンなどに投
影して形状測定を行っても良い。さらに、本発明におい
ては、上述した撮像手段や処理手段に限らず、いまま
で知られたいかなる手段でも用いることによりスリット
像9の形状測定を行うことができる。

【0024】また、図3に示す測定区間 r のトンネル周
方向に等角度で回転させて測定区間 r での形状測定を行
う。この場合、ターゲットT11、T12、T13を含
むようにして形状測定が行われる。上述したようにして
トンネル周方向に撮像された複数の画像は、スリット光
の照射角度、撮像手段の位置や角度などにより合成して
測定区間 r における連続画像とすることができる。本発
明においては、撮像した画像を連続画像として合成する
ことができるのであれば、従来知られているいかなる方
法、または手段を用いて合成して連続画像とすることが
できる。

【0025】図4は、図3において説明した本発明のト
ンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定にお
いて得られる画像を概略的に示した図である。図4に示
す実施の形態では、トンネル周方向に照射するスリット
光を回転させてスリット像9を複数撮像している。図4
(a)は、ターゲットT11を含むようにして撮像され
たスリット像9であり、図4(b)は、トンネル周方向
にスリット像9を複数撮像したものを合成した図であ
る。

【0026】図4(a)に示す画像は、ターゲットT1
1部分が照射されたスリット光により反射している。こ
のため、測定した他の形状部分と識別できるようになっ
ている。スリット光による形状測定では、ターゲットT
を用いなくても図4(b)に示すような測定区間 r の形
状測定を行うことができる。しかしながら、ターゲット
がない場合、測定区間 r での計測位置1を特定するこ
とが難しいため、各測定区間 r で測定したトンネル形状を

つなぎ合わせることが困難である。本発明においては、
測定区間 r にターゲットTを配置しているため、以下に
示す写真測量により計測位置1を特定することができる。

【0027】図5は、本発明のトンネル形状の測定方法
の写真測量を示した概略図である。図5に示す実施の形
態では、トンネル坑内の内壁2にターゲットTを配置し
てターゲット列T1、T2、T3を形成している。この
とき、ターゲットのうち、例えばT21の位置に光学的
に区別可能なターゲットTopを貼付けておく。次い
で、トンネル坑内の計測位置1に光学カメラ12とい
った撮像手段を配置する。この際、光学カメラ12のか
わりにデジタルカメラを用いて、後に行われる画像処
理及び三次元位置座標の演算を容易にすることもでき
る。本発明においては、上述したように適切に計測位置
1を特定することができ、測定区間 r において測定した
トンネル形状を適切につなぎ合わせることができるター
ゲット数で良く、従来の写真測量に使用していたターゲ
ット数より減少させることができる。

【0028】図5に示す計測位置1において1つの角度
からトンネル坑内の内壁2の画像をスケールと共に撮影
した後、Topが異なった角度から撮影できるトンネル
軸方向の別の計測位置1に光学カメラ12を移動させ
て、トンネル坑内の内壁2の撮影を行い、別の画像を得
る。この時、異なった角度から撮影される画像は、少な
くとも直前に撮影されたターゲットTopの像を含むよ
うに撮影されるので、Topを共通基準点として用いて
各ターゲットTの像により形成される基準点の三次元位
置座標を算出することが可能となる。

【0029】このようにして複数の画像を得た後、現場
又は別の場所に設置された画像読取り手段及びコンピ
ュータ手段といった処理手段13により画像解析を行い、
撮影された二次元における各ターゲットTの位置座標を
得、撮影角度、撮影距離、トンネル軸の相対的位置、光
学カメラの倍率、必要に応じてターゲットと共に撮影
されたトンネル坑外基準点又はトンネル坑内基準点の三
次元位置座標等を考慮して処理手段13によりターゲ
ットTの三次元位置座標を得ることができる。この際に用
いることができる計算方法としては、従来知られている
どのような方法でも用いることができる。また、ディ
ジタルカメラを用いる場合には、画像読取り手段は、処理
手段13に含まれていなくても良い。

【0030】図6は、図5において説明した本発明のト
ンネル形状の測定方法の写真測量において得られる画像
を概略的に示した図である。図6に示した実施例では、
光学的に区別可能なターゲットTopとして星形の形状
とされたターゲットTopを用い、ターゲットTopの
形状を他のターゲットTの形状と変えることにより光学
的な区別を行っている。図6(a)は、ターゲットTは
円形の形状とされ、星形のターゲットTopを含むよう

にして構成されたターゲット列T_mを計測位置1から撮影したトンネル坑内の内壁2の画像であり、図6(b)は、同一のターゲットT_{op}を含むように計測位置1aから撮影して得られたトンネル坑内の内壁2の画像である。

【0031】図6(a)、図6(b)から明らかなように、ターゲットT_{op}を用いない場合には、画像全体が同一の色、反射パターン、形状の基準点に占められ、トンネル坑内の内壁2における偶然の共通参照点がない場合には、図6(a)、図6(b)のように容易に基準点の同定を行うことが困難である。また、同時にスケールを撮影し、このスケールを共通参照点にするにしても、位置合わせ精度がターゲットT_{op}を用いる場合よりも悪く、測量精度の点で問題が生じることになる。ターゲットT_{op}は、図6(a)、図6(b)に示されるように1つの画像範囲に1つではなく、1つの画像範囲に2つ以上存在するように所定範囲内に配置し、常に同一の2つ以上のターゲットT_{op}をオーバーラップさせることにより、さらに測量精度を向上させることができる。

【0032】図7は、本発明のトンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定および写真測量において得られる画像をつなぎ合わせるところを示した図である。図7では、トンネル軸方向をY軸として示し、トンネル周方向をX軸、トンネル上部方向をZ軸として示している。また、任意に選択した計測位置1を原点としている。図7(a)は、測定区間rにおいて測定されたトンネル形状の一部を座標とともに示した図である。図7(a)に示す測定区間rでのトンネル形状14は、上述したようにスリット光を照射して形状測定することにより図4(a)に示すような一部分の形状が得られ、トンネル周方向に測定した形状を合成することにより、図4(b)に示すような測定区間rのトンネル形状14を得ることができる。ターゲットT₂₁を含んだ形状測定においては、ターゲットT₂₁部分が反射されるので他の部分とは区別できるようになっている。また、測定区間rに対してトンネル軸方向の前後の測定区間のトンネル形状14a、14bも同様にして得ることができる。

【0033】次いで、写真測量は、スリット光を照射する計測位置1と同じ位置において行い、計測位置1からトンネル軸方向の前後に配置されたターゲットTも同時に撮影する。さらに、計測位置1からトンネル軸方向の前後の別の計測位置においても撮影を行い、上述した各ターゲットTの位置座標を得、撮影角度、撮影距離、トンネル軸の相対的位置、光学的カメラの倍率、必要に応じてターゲットT₂₁と共に撮影されたトンネル坑外基準点又はトンネル坑内基準点の三次元位置座標等を考慮して図5に示す処理手段13によりターゲットT₂₁の三次元位置座標を得る。この三次元位置座標は、計測位置1に対する座標として算出される。図7(a)に示す測定区間rでのトンネル形状14は、計測位置1に対す

るターゲットT₂₁の三次元位置座標を用いて座標に示すことができる。

【0034】図7(b)は、測定区間rのトンネル軸方向の前後の測定区間において測定したトンネル形状をつなぎ合わせた図である。図7(b)には、測定区間rのトンネル軸方向の前後の測定区間において測定したトンネル形状14a、14bが示されていて、測定区間rでのトンネル形状14とつなぎ合わされている。トンネル形状14a、14bを座標に示す際、上述したトンネル形状14と同様に、測定区間rのトンネル軸方向の前後の測定区間に配置されているターゲットT₁₁、T₃₁の三次元位置座標を算出する。これらターゲットT₁₁、T₃₁の三次元位置座標は、計測位置1を基準として算出されることにより、図7(b)に示すように測定区間rのトンネル形状14とつなぎ合わせることができる。図7においては、計測位置1を原点としてターゲットTの三次元位置座標を算出することにより、順次トンネル軸方向に測定した測定区間rのトンネル形状をつなぎ合わせていくことができる。

【0035】本発明においては、図7(b)に示すつなぎ合わせが終了した後、計測位置1aを基準としてターゲットT₃₁の三次元位置座標と、計測位置1aからのターゲットT₄₁の三次元位置座標とを算出してつなぎ合わせるといったように基準位置を変えてトンネル軸方向へつなぎ合わせるようにしても良い。また、三次元位置座標を図3に示す処理手段11に入力して測定区間rのトンネル形状だけでなく、各測定区間rにおいて測定したトンネル形状のつなぎ合わせも行い、トンネル全体の形状が得られるようにしても良い。さらに、本発明においては、スリット光による形状測定に用いる処理手段11と写真測量に用いる処理手段13とを1つの処理手段として用い、測定区間rでの形状測定を行い、写真測量によって三次元位置座標を算出し、トンネル形状のつなぎ合わせしてトンネル全体の形状が得られるようにしても良い。

【0036】本発明は、これまで、図面に示した実施の形態により説明してきたが、ターゲットの間隔、数、撮影される画像のオーバーラップの程度、ターゲットT_{op}と、それ以外のターゲットTとの相対的配置については、上述した配置以外にも種々用いることができることは言うまでもないことである。

【0037】

【発明の効果】従って、本発明のトンネル形状の測定方法は、スリット光による形状測定と写真測量とを併用することで、通常の写真測量と比較してターゲットを貼付ける枚数を減らすことができ、また詳細にトンネル形状の測定を行うことができる。また、写真測量によってターゲットの三次元座標を算出することにより、スリット光による形状測定で測定した各測定区間のトンネル形状をつなぎ合わせて全体のトンネル形状とすることができる。

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明が適用されるトンネルを示した斜視図。

【図2】 本発明に用いることができるターゲットを例示した図。

【図3】 本発明のトンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定を示した概略図。

【図4】 本発明のトンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定において得られる画像を概略的に示した図。

【図5】 本発明のトンネル形状の測定方法の写真測量を示した概略図。

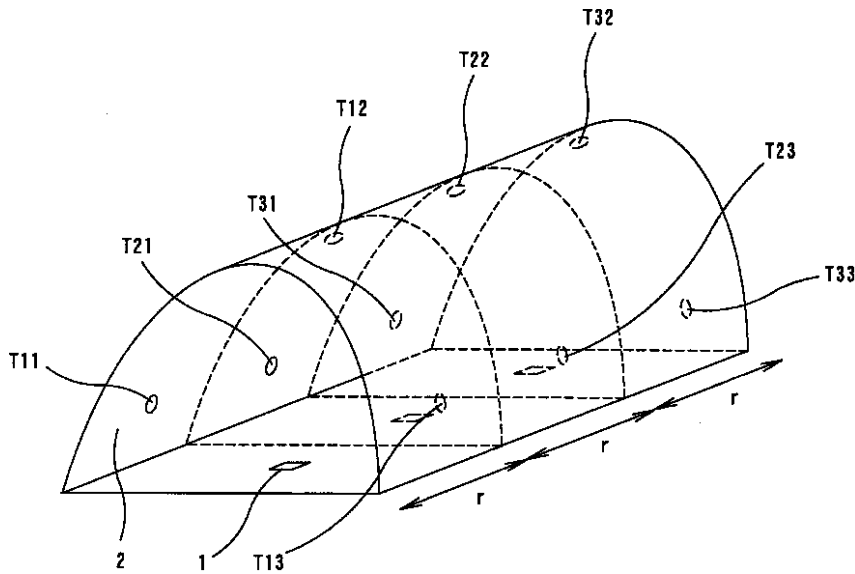
【図6】 本発明のトンネル形状の測定方法の写真測量において得られる画像を概略的に示した図。

【図7】 本発明のトンネル形状の測定方法のスリット光による形状測定および写真測量において得られる画像をつなぎ合わせるところを示した図。

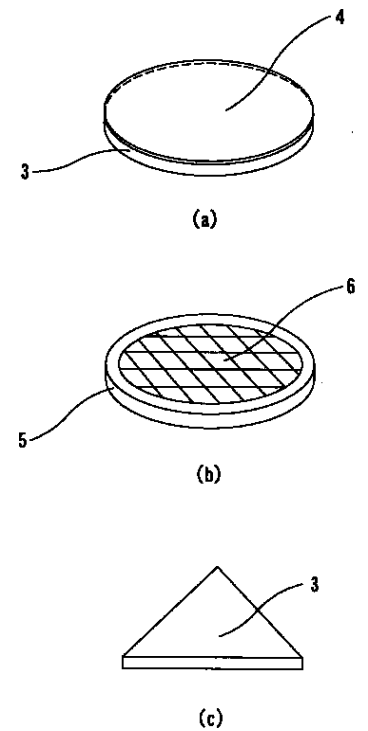
【符号の説明】

- 1、1 a...計測位置
- 2...内壁
- 3...反射プレート
- 4...有色部材
- 5...板部材
- 6...反射シート
- 7...スリット光照射装置
- 8...スリット光
- 9...スリット像
- 10...撮像手段
- 11、13...処理手段
- 12...光学のカメラ
- 14、14 a、14 b...トンネル形状
- T...ターゲット
- r...測定区間
- X、Y、Z...軸

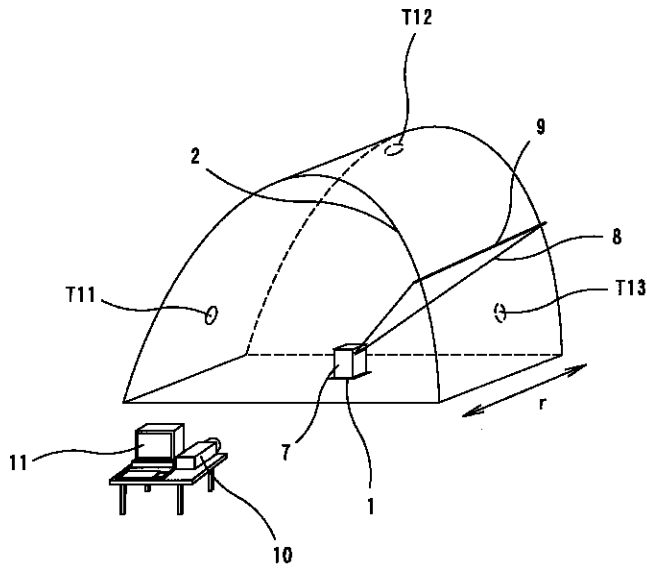
【図1】



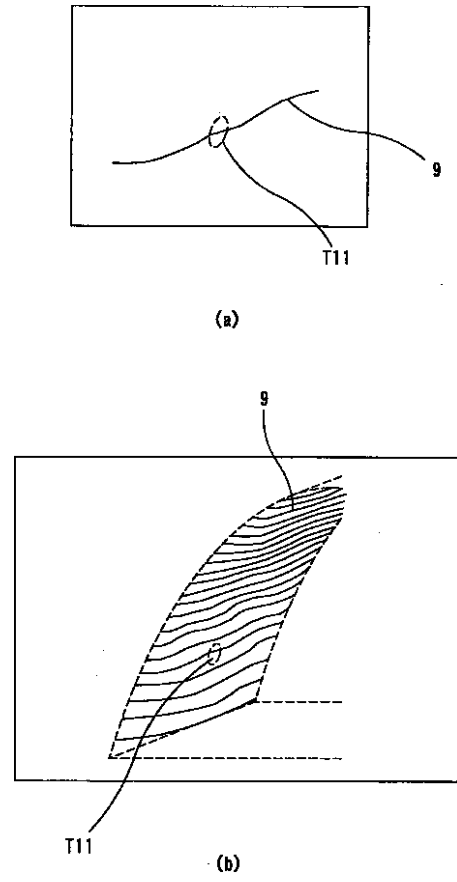
【図2】



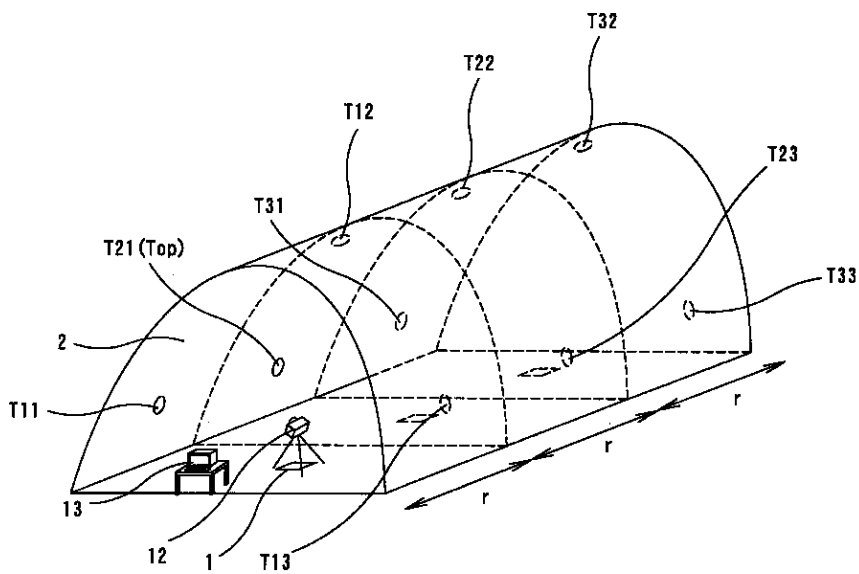
【図3】



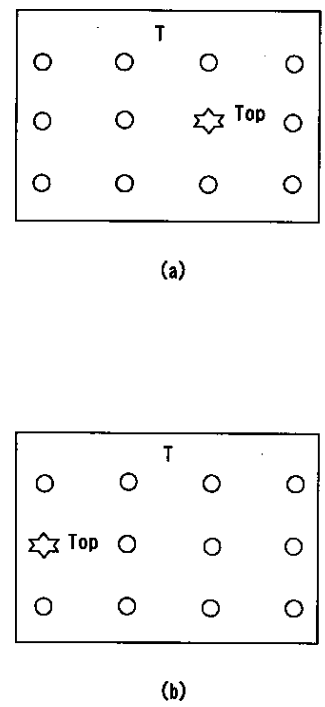
【図4】



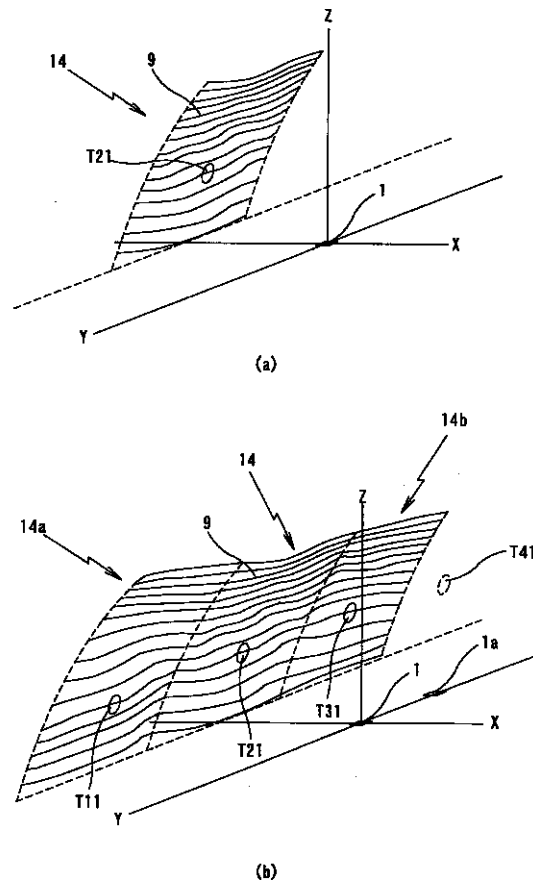
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.7
G 0 1 C 15/06

識別記号

F I
G 0 1 B 11/24

テーマコード* (参考)

E
B

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 BB05 BB29 BB30
CC40 FF01 FF02 FF06 FF09
FF61 HH05 HH06 JJ26 LL11
LL14 LL18 LL33 MM15 PP05
QQ00