

(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2003-75150  
( P2003-75150A )

(43) 公開日 平成15年3月12日 ( 2003. 3. 12 )

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークシート* (参考)
G 0 1 C 7/06		G 0 1 C 7/06	
E 2 1 D 9/00		E 2 1 D 9/00	Z
G 0 1 C 15/00	1 0 1	G 0 1 C 15/00	1 0 1
15/06		15/06	T

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-268052 ( P2001-268052 )	(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
(22) 出願日	平成13年9月4日 ( 2001. 9. 4 )	(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
		(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
		(74) 代理人	100110607 弁理士 間山 進也

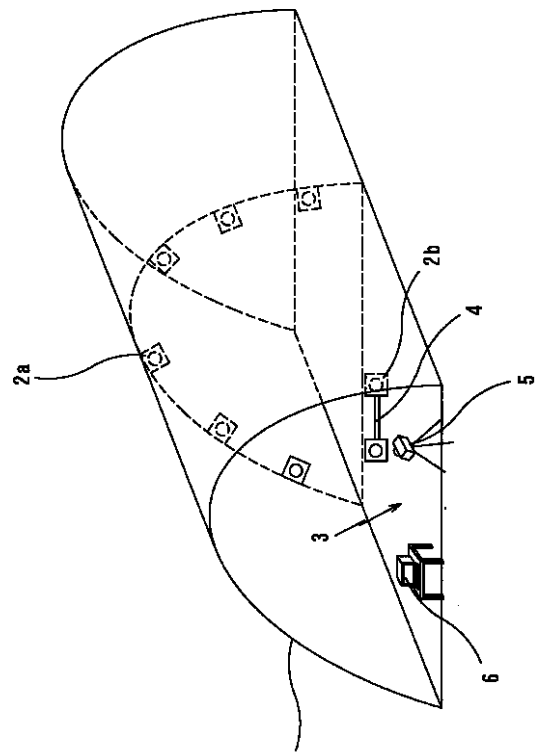
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル坑内の形状測定システムおよび形状測定方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 写真測量による測定精度向上、ターゲットの使用数減少、区別性のあるターゲットを用いることなく、撮影時間短縮、さらには撮影した画像の各ターゲットの同定を容易にするトンネル坑内の形状測定システム及び形状測定方法を提供する。

【解決手段】 トンネル1坑内の周方向と坑道3とに配設される複数のターゲット部材2 a、2 bと、ターゲットを含むようにトンネル1坑内を撮影するための撮影手段5と、撮影された画像を用いてトンネル形状を測定するための形状測定手段6とを含み、形状測定手段6は、連結部材4により連結された複数のターゲット部材2 bに設けられるターゲット間の間隔をスケールとして用いてトンネル1坑内の形状を測定することを特徴とするトンネル坑内の形状測定システム及びトンネル形状測定方法を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネル坑内の周方向と、前記トンネル坑内の坑道とに配設される複数のターゲット部材と、前記ターゲット部材に設けられるターゲットを含むように前記トンネル坑内を撮影するための撮影手段と、前記撮影手段により撮影された前記ターゲットの像を含む画像を用いてトンネル形状を測定するための形状測定手段とを含み、前記坑道に配設される複数のターゲット部材は、所定間隔となるように連結部材により互いに連結され、前記周方向に配設される複数のターゲット部材により形成されるトンネル断面に対しトンネル軸方向に向けて該トンネル断面の前方側または後方側となるように配置され、前記形状測定手段は、前記連結部材により連結された前記複数のターゲット部材に設けられる前記ターゲット間の間隔をスケールとして用いて前記トンネル坑内の形状を測定することを特徴とする、トンネル坑内の形状測定システム。

【請求項2】 前記ターゲット部材は、トンネル軸方向に向く面を備えており、前記トンネル軸方向に向く面に前記ターゲットが設けられていることを特徴とする、請求項1に記載のトンネル坑内の形状測定システム。

【請求項3】 前記ターゲット部材は、前記トンネル坑内の内壁または前記坑道に隣接する面と、互いに対向するトンネル軸方向に向く面と該トンネル軸方向とは反対方向に向く面とを備える板部材と、前記板部材の前記トンネル軸方向に向く面と前記トンネル軸方向とは反対方向に向く面との両方に貼付けられた前記ターゲットとから構成される、請求項1または2に記載のトンネル坑内の形状測定システム。

【請求項4】 前記連結部材により連結された前記ターゲット部材は、前記連結部材の両端に前記ターゲット部材が連結されていて、前記ターゲット部材に設けられるターゲット間の間隔が予め計測されていることを特徴とする、請求項1～3のいずれか1項に記載のトンネル坑内の形状測定システム。

【請求項5】 複数のターゲット部材をトンネル坑内の周方向および坑道に配設する段階と、撮影手段により前記ターゲットの像を含むように前記トンネル坑内を角度を変えて複数の画像を撮影する段階と、形状測定手段により前記複数の画像から前記各ターゲットの三次元位置座標を算出し、前記各ターゲットの三次元位置座標を用いてトンネル形状を測定する段階とを含み、前記坑道に配設される複数のターゲット部材は、所定間隔となるように連結部材により互いに連結されており、前記坑道に配設する段階は、前記連結部材により連結された前記複数のターゲット部材を、前記周方向に配設される複数のターゲット部材により形成されるトンネル断

面に対しトンネル軸方向に向けて該トンネル断面の前方側または後方側となるように配置す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6】 前記複数のターゲット部材は、互いに対向するトンネル軸方向に向く面と該トンネル軸方向とは反対方向に向く面とを備え、前記ターゲットが前記トンネル軸方向に向く面と前記トンネル軸方向とは反対方向に向く面との両方に貼付けられており、前記複数の画像を撮影する段階は、前記ターゲット部材のそれぞれの面につき角度を変えて撮影する、請求項5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システムおよび形状測定方法に関し、より詳細には、写真測量を用いてトンネル坑内の形状測定を行うシステムおよび方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、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定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定も行われている。このトンネル坑内の測定は、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。

【0003】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。そこで、トンネル坑内の写真測量においては、色や形を変えるなどして区別性を高めたターゲットを用い、このターゲットを共通基準点として用いている。

【0004】従来の写真測量においては、この区別性を高めたターゲットを所定間隔で多数貼付けなければならず、コストがかかるといった問題があった。また、ターゲットとともに所定間隔ごとに区別性を高めたターゲットを貼付けるため、作業効率の低下も問題とされていた。また、写真測量において測定精度を向上させるためには、数多くのターゲットを貼付ける必要があり、また数多く撮影しなければならず撮影時間を要するなどの作業効率の低下も問題となっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明は、上述した問題に鑑み、トンネルの周方向に配設した複数のターゲット部材とスケールとして使用する坑道に配置したターゲット部材を用いることにより、ターゲットの使用数を減少させるとともに区別性のあるターゲットを用いることなく、撮影した画像の各ターゲットの同定を容易にし、ターゲットの使用数が減少することにより撮影時間を短縮することが可能となり、トンネルの周方向に配設した複数のターゲット部材と坑道に配置したターゲット部材との位置をトンネル軸方向にずらすことによってトンネル軸方向への写真測量精度を向上させることができるトンネル坑内の形状測定システムおよび形状測定方法を提供することを目的とする。

【0006】

【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システムおよび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、トンネル坑内の周方向と、前記トンネル坑内の坑道とに配設される複数のターゲット部材と、前記ターゲット部材に設けられるターゲットを含むように前記トンネル坑内を撮影するための撮影手段と、前記撮影手段により撮影された前記ターゲットの像を含む画像を用いてトンネル形状を測定するための形状測定手段とを含み、前記坑道に配設される複数のターゲット部材は、所定間隔となるように連結部材により互いに連結され、前記周方向に配設される複数のターゲット部材により形成されるトンネル断面に対しトンネル軸方向に向けて該トンネル断面の前方側または後方側となるように配置され、前記形状測定手段は、前記連結部材により連結された前記複数のターゲット部材に設けられる前記ターゲット間の間隔をスケールとして用いて前記トンネル坑内の形状を測定することを特徴とするトンネル坑内の形状測定システムが提供される。

【0007】本発明の請求項2の発明によれば、前記ターゲット部材は、トンネル軸方向に向く面を備えており、前記トンネル軸方向に向く面に前記ターゲットが設けられていることを特徴とするトンネル坑内の形状測定システムが提供される。

【0008】本発明の請求項3の発明によれば、前記ターゲット部材は、前記トンネル坑内の内壁または前記坑

道に隣接する面と、互いに対向するトンネル軸方向に向く面と該トンネル軸方向とは反対方向に向く面とを備える板部材と、前記板部材の前記トンネル軸方向に向く面と前記トンネル軸方向とは反対方向に向く面との両方に貼付けられた前記ターゲットとから構成されるトンネル坑内の形状測定システムが提供される。

【0009】本発明の請求項4の発明によれば、前記連結部材により連結された前記ターゲット部材は、前記連結部材の両端に前記ターゲット部材が連結されており、前記ターゲット部材に設けられるターゲット間の間隔が予め計測されていることを特徴とするトンネル坑内の形状測定システムが提供される。

【0010】本発明の請求項5の発明によれば、複数のターゲット部材をトンネル坑内の周方向および坑道に配設する段階と、撮影手段により前記ターゲットの像を含むように前記トンネル坑内を角度を変えて複数の画像を撮影する段階と、形状測定手段により前記複数の画像から前記各ターゲットの三次元位置座標を算出し、前記各ターゲットの三次元位置座標を用いてトンネル形状を測定する段階とを含み、前記坑道に配設される複数のターゲット部材は、所定間隔となるように連結部材により互いに連結されており、前記坑道に配設する段階は、前記連結部材により連結された前記複数のターゲット部材を、前記周方向に配設される複数のターゲット部材により形成されるトンネル断面に対しトンネル軸方向に向けて該トンネル断面の前方側または後方側となるように配置す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。

【0011】本発明の請求項6の発明によれば、前記複数のターゲット部材は、互いに対向するトンネル軸方向に向く面と該トンネル軸方向とは反対方向に向く面とを備え、前記ターゲットが前記トンネル軸方向に向く面と前記トンネル軸方向とは反対方向に向く面との両方に貼付けられており、前記複数の画像を撮影する段階は、前記ターゲット部材のそれぞれの面につき角度を変えて撮影するトンネル坑内の形状測定方法が提供される。

【0012】

【作用】本発明は、トンネル坑内の周方向に、また、トンネル坑内の坑道に複数のターゲット部材を配設して写真測量を行い、トンネル坑内の形状測定を行うものである。ターゲット部材は、トンネル軸方向に対し周方向に一系列のみに配設されるため、ターゲット部材に設けられる各ターゲットを画像上で認識することが容易である。坑道には、連結部材により連結された複数のターゲット部材が配置され、連結部材を介したターゲット部材に設けられたターゲット間の間隔が予め計測されてスケールとして用いることができるようになっている。また、坑道に設置される連結部材により連結された複数のターゲット部材は、トンネルの周方向に配設される複数のターゲット部材により形成されるトンネル断面に対し、トン

ネル軸方向に向けてトンネル断面の前方側または後方側となるように配置される。このように配置されることで、写真測量においてトンネル軸方向の測量精度を向上させることが可能となる。写真測量は、角度を変えて撮影することにより行われ、連結部材に設けられるターゲットを他のターゲットと同時に撮影することにより、各ターゲットの三次元位置座標を算出することができる。

#### 【0013】

【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、本発明のトンネル坑内の形状測定システムの実施の形態を示した図である。図1に示すトンネル1は、山などを掘削することにより構築され、コンクリートを打設するなどして覆工が行われる。しかしながら、トンネルの周囲の地山からの土圧が絶えず加えられることによりトンネル形状に変形が生じ、この変形はトンネル崩壊を引き起こす危険性があるため、トンネル坑内の空変位測定といった形状測定が必要とされている。図1に示すトンネル1坑内には、トンネル1坑内の周方向に複数のターゲット部材2aが配設されている。また、図1に示すトンネル1坑内には、坑道3に連結部材4により連結されたターゲット部材2bが配置されている。ターゲット部材2bは、トンネルの周方向に配設されたターゲット部材2aにより形成されるトンネル断面に対し、トンネル軸方向に向けてトンネル断面の前方側または後方側、すなわちトンネル断面からトンネル軸方向にずれた位置となるように配置されていて、トンネル軸方向への写真測量精度を向上させることができるようになっている。

【0014】図1に示すターゲット部材2a、2bは、配設するとトンネル軸方向に向く面を備えていて、その面にターゲットが設けられている。図1に示すトンネル坑内1の周方向に複数配設されるターゲット部材2aは、ターゲットが設けられている面が同じトンネル軸方向に向くように配設される。また、図1に示すトンネル1坑内の坑道3に配設されるターゲット部材2bは、連結部材4によって連結されていてターゲット部材2aと同じ向きとなるように配置される。連結部材4により連結された2つのターゲット部材2bの間隔は、それぞれターゲット部材2bに設けられるターゲット間隔が予めスケールなどにより計測されている。

【0015】図1に示す実施の形態では、ターゲット部材2aは、トンネル1坑内の周方向に1列となるように所定間隔で6個配設され、ターゲット部材2bは、坑道3の中央に連結部材4により連結されたものが2個配置されている。ターゲット部材2bは、ターゲット部材2aにより形成されるトンネル断面に対し、トンネル軸方向に向けてトンネル断面の前方側に配置されている。また、図1に示すトンネル1坑内には、写真測量を行うための撮影手段5と、撮影手段5により撮影された画像からトンネル形状を測定するための形状測定手段6とが配

置されている。

【0016】また、図1に示す実施の形態においては、ターゲット部材2a、2bを含んで撮影する際に、正面、正面の左右に角度を変えた位置の3箇所から撮影を行うことができる。この場合、1つの位置からトンネル1坑内の内壁の画像を連結部材4により連結されたターゲット部材2bと共に撮影した後、異なった角度から撮影できる別の位置に撮影手段5を移動させて、トンネル坑内の内壁の撮影を行い、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、連結部材4に連結されたターゲット部材2bに設けられているターゲットの像などの目印となるターゲットを含むように撮影されることが好ましい。撮影された各画像は、連結部材4に連結されたターゲット部材2bに設けられているターゲットを共通基準点とし、連結部材4を介してターゲット部材2bに設けられるターゲット間隔を基に三次元位置座標を算出することができる。写真撮影を行う位置については、予め位置および方向を決めておくことが好ましい。また、ターゲット2a、2bを配設する位置を予め決定しておくことが好ましい。こうすることで、下記に示す画像解析において容易に各ターゲットの三次元位置座標を算出することが可能となる。また、トンネル軸方向へのターゲット部材2aと、ターゲット部材2bとの位置関係からトンネル軸方向への解析が容易となる。本発明においては、連結部材4に連結されたターゲット部材2bをトンネル断面の後方側へ移動させて角度を変えてさらに複数の画像撮影することもできる。さらに、本発明においては、互いに対向するトンネル軸方向に向く面と該トンネル軸方向とは反対方向に向く面とを備えるターゲット部材2aを用い、ターゲット部材2aの両側から撮影を行い、さらに写真測量精度を向上させることができる。

【0017】図1に示すターゲット部材2aの配設位置において写真測量が終了したら、トンネル軸方向へ所定間隔で移動させて再びトンネル周方向に配設し、上述したようにターゲット部材2aにより形成されるトンネル断面の前方側または後方側にターゲット部材2bを配置して写真測量を行うことができる。

【0018】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形状測定手段6により画像解析を行い、撮影されたターゲット部材2a、2bに設けられるターゲットの位置座標を得る。この場合、撮影角度、撮影距離、トンネル軸の相対的位置、レンズの焦点距離、レンズのひずみを考慮し、形状測定手段6により各ターゲット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、デジタルカメラを用いる場合には、画像読取り手段は、形状測定手段6に含まれていなくても良い。本発明におい

ては、トンネル軸方向の周方向および坑道に複数のターゲット部材 2 a、2 b が存在しないため、各ターゲット部材 2 a、2 b に設けられる各ターゲットの認識が容易となる。

【0019】図1に示すターゲット部材 2 a は、矩形の平板が中央部分から折り曲げられた形状の L 字板とされている。また、図1に示すターゲット部材 2 a は、折り曲げられた片側の平板部分にターゲットが設けられており、他方の側はトンネル 1 坑内の内壁にボルトなどの締結部材を用いて締結されるようになっている。本発明のトンネル坑内の形状測定システムに用いることができるターゲット部材 2 a としては、トンネル軸方向に向く面を備え、その面にターゲットが設けられた構造あれば、L 字板でなくても、いかなる形状、大きさであっても良い。ターゲット部材 2 a に板部材を用いる場合には、木製、プラスチック製、鋼製といったいかなる材質の板部材でも用いることができる。また、ターゲットは、粘着テープや接着剤を用いて板部材に貼付けることができる。本発明においては、ターゲット部材 2 a を引っ掛けるなどしてトンネル 1 坑内の周部分に固定したり、上述した粘着テープや接着剤によりターゲット部材 2 a をトンネル 1 坑内の内壁に貼付けることもできる。本発明においては、図1に示すようにターゲット部材 2 a をトンネル 1 坑内の周方向に 6 個でなくても、必要に応じた個数設けることができる。また、本発明においては、上述した板部材の両面にターゲットを設けたものを用いることもできる。

【0020】図1に示す坑道 3 に配設されるターゲット部材 2 b は、2 つのターゲット部材 2 b が連結部材 4 により連結されている。連結部材 4 により連結されたターゲット部材 2 b に設けられるターゲット間の間隔は、予めスケールなどを使用してその間隔が計測されている。これにより、撮影された画像中の上記ターゲット間の間隔を用いてトンネル 1 坑内の周方向に配設されるターゲット部材 2 a に設けられるターゲットの三次元位置座標を求めることが可能となる。また、連結部材 4 に連結されたターゲット部材 2 b は、坑道 3 の変形を測定するためのターゲット部材として用いられる。連結部材 4 の両端に設けられたターゲット部材 2 b は、互いに同じ形状、大きさとされている。本発明においては、ターゲット部材 2 a と同じ形状、大きさのものを用いることもできるし、異なる形状、大きさのものを用いることもできる。また、ターゲット部材 2 b は、図1に示すように連結部材 4 の両端に設けられるものに限らず、連結部材 4 を複数用いて複数連結されているものを用いても良い。本発明においては、連結部材 4 に上述したターゲットが設けられているものをスケールとして用いるため、写真撮影の際にスケールに照明をあてて撮影を行う必要がなくなる。

【0021】本発明において連結部材 4 は、連結部材 4

を介してターゲット部材 2 b に設けられるターゲット間の間隔をスケールとして用いるため、温度による誤差が小さい材質のものが好ましい。また、連結部材 4 は、移動を容易にするために軽量であることが好ましい。本発明においては、連結部材 4 としてグラフィイト製またはアルミニウム製のものを用いることができる。また、連結部材 4 は、いかなる形状および大きさであっても良い。さらに、目盛りの付いたスケールを連結部材 4 として用いることができる。本発明において連結部材 4 により連結されたターゲット部材 2 b としては、目盛りの付いたスケールにターゲットが設けられた構造のものを用いることができる。また、ターゲット部材 2 b としては、平板の両面にターゲットを貼付けた構造とされていても良い。本発明においてターゲット部材 2 b または連結部材 4 は、トンネル 1 坑内の坑道 3 に配置するため、脚などを設けることもできる。

【0022】本発明のトンネル坑内の形状測定システムに用いる連結部材 4 に連結されたターゲット部材 2 b は、持ち運びを容易にするために連結部材 4 を矩形プレートとし、その矩形プレートに複数のターゲットを所定間隔で設けられたものを用いることもできる。この場合も、各ターゲット間の間隔は、予め計測される。また、複数の矩形プレートにより三角形、四角形を形成するものや、三角すい、四角すいを形成するものを用いることができる。これらは、各頂点部分にターゲットが設けられ、一部が回動、取り外し可能とされているため、折り畳むなどして持ち運ぶことができる。

【0023】図1に示すターゲット部材 2 a、2 b に設けられるターゲットは、同じ形状、大きさ、材質のものを用いることができる。また、本発明においては、ターゲット部材 2 a と、ターゲット部材 2 b とを容易に区別するために、光学的に区別可能とされたターゲットや、点字のように複数のターゲットを組み合わせて形成したターゲットを用いることもできる。

【0024】本発明の形状測定システムにおいては、撮影手段 5 として光学的カメラを用いることができるが、光学的カメラ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。また、本発明においては、各ターゲットを両側から撮影することにより、トンネル 1 坑内の形状を少ない数のターゲットを用いて精度良く測定することができる。また、配設するターゲット部材 2 a が少ないため、撮影する画像の数を減らすことができ、撮影時間を短縮することができる。さらに、連結部材 4 により連結されたターゲット部材 2 b は、軽量とされ、容易に移動することが可能であるため、トンネル 1 坑内を通行する作業用車両などがある場合に容易に移動させることができる。

【0025】図2は、本発明に用いることができるターゲット部材 2 a を例示した図である。図2(a)は、第

1の実施例としてL字状のターゲット部材2 aを示した図である。図2(a)に示すターゲット部材2 aは、中央部分において折り曲げられてL字状とされており、曲げられた片側の平板部7にターゲット8が設けられている。ターゲット部材2 a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8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、反射部材といった反射プレート又は反射シートにより構成されている。また、このターゲット8には、光線が照射される部分の面上にターゲット部材2 a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。本発明においてターゲット8は、図1に示すターゲット部材2 a、図1に示す連結部材4により連結されたターゲット部材2 bに図2に示すターゲット部材を用いることができる。

【0026】また、図2(a)に示すターゲット部材2 aの曲げられた他方の側には、図1に示すトンネル1坑内の内壁に固定するためのボルト穴9が複数設けられている。図2(a)に示すターゲット部材2 aは、ボルト穴9が設けられた側を図1に示すトンネル1坑内の内壁に隣接させ、内壁にボルトといった締結手段により締結することができるようになっている。この場合、ターゲット部材2 aを配設する箇所においては、覆工にコンクリートを打設する際、ボルトを締結することができるナットなどを配設しておくことにより、容易にボルトを用いて締結して固定することができる。ボルト穴9が設けられた側を図1に示すトンネル1坑内の内壁に固定すると、ターゲット8を備える平板部7がトンネル軸方向に向くこととなる。これにより、トンネル軸方向に向けて撮影を行い、ターゲット部材2 aに設けられるターゲット8を含む画像を得ることができる。本発明においては、平板部7の両面にターゲット8を設けることができる。また、ターゲット8は、平板部7に設けられた開口部に嵌合させてボルトなどの締結手段により固定させたり、粘着テープや接着剤などを用いて貼付けたりすることもできる。さらに、ターゲット8は、ターゲット8の周囲をボルトなどの締結手段により締結されるようになっていても良い。また、本発明においてボルト穴9は、複数に限らず1つであっても良い。

【0027】図2(b)は、第2の実施例として三角柱状のターゲット部材2 aを示した図である。図2(b)に示すターゲット部材2 aは、垂直となる2つの面を備えていて、一方の面が図1に示すトンネル1坑内の内壁に配設され、他方の面にターゲットが設けられている。図2(b)に示すターゲット部材2 aの上記一方の面は、内壁に接着剤や粘着テープなどを使用して配設することができる。また、他方の面は、ターゲットを接着剤

や粘着テープなどを使用して貼付けることができる。

【0028】図2(c)は、第3の実施例としてT字状のターゲット部材2 aを示した図である。図2(c)に示すターゲット部材2 aは、平板部7 aと平板部7 bとから構成されたT字板であり、平板部7 aを図1に示すトンネル1坑内の内壁に隣接させてボルトなどを使用して締結できるようになっている。また、平板部7 bにターゲット8が設けられていて、図1に示すトンネル1坑内の内壁に配設すると平板部7 bに設けられたターゲット8がトンネル軸方向に向くようになっている。

【0029】本発明においてターゲット8としては、上述した反射プレートまたは反射シートを用いることができ、反射プレートまたは反射シートとしては、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。

【0030】また、本発明においてターゲット8としては、三角形、四角形、五角形といった多角形状、円形、星形等いかなる形状を有するものでも良く、必要に応じて立体として形成したものをを用いることができる。本発明においては、図1に示すトンネル1坑内に半球形のターゲットを板部材などに配設したものをターゲット部材として用いることもできる。また、本発明においては、彩色されたものや色付きのセロファンなどにより反射プレートや反射シートが被覆されたものをターゲット8として用いることもできる。本発明においてターゲット8の大きさは、トンネルの大きさやトンネル坑内の周方向に設置する数などによって適宜決定することができる。

【0031】図3は、本発明に用いることができるターゲット部材2 bを例示した図である。図3(a)に示すターゲット部材2 bは、平板に円形のターゲット8が貼付けられている。また、このターゲット部材2 bを2つ用い、ターゲット部材2 bの間を連結部材4により連結されている。連結部材4および平板には、上述した材質のものをを用いることができる。図3(a)に示すターゲット部材2 bは、連結部材4を介したターゲット8間の間隔が予めスケールなどを使用して計測されている。本発明においてターゲット部材2 bは、対向する面の両方にターゲット8が設けられた図2に示すターゲット部材2 aを用いて写真測量する場合、反対方向からの撮影において撮影する側にターゲット8が向くように配置して使用することができる。また、本発明においてターゲット8は、上述したものをを用いることができる。

【0032】図3(b)に示すターゲット部材2 bは、ターゲット部材2 bとしてターゲット8のみが用いられていて、十字形をした連結部材4により各ターゲット8が連結されている。図3(b)に示すターゲット部材2 bには、図示しない脚が設けられていて、図1に示すトンネル1坑内の坑道3に配置できるようになっている。また、図3(b)に示すターゲット部材2 bは、隣り合うターゲット8間の間隔が予めスケールにより測定され

ている。

【0033】図3(c)に示すターゲット部材2bは、ターゲット部材2bとしてターゲット8のみが用いられていて、長さ方向に長くされた連結部材4を3つ用い、互いに連結されていて、各連結部材4にターゲット8が配設されている。また、図3(c)に示すターゲット部材2bには、図3(b)と同様、図示しない脚が設けられていて、図1に示すトンネル1坑内の坑道3に配置することができるようになっている。さらに、図3(c)に示すターゲット部材2bは、隣り合うターゲット8間の間隔が予めスケールにより測定されている。本発明において連結部材4は、一部着脱可能とされ、その他は回転可能に連結されることにより、折り畳むことができるようにされていても良い。

【0034】図3(d)に示すターゲット部材2bは、ターゲット部材2bとして2以上の複数のターゲット8のみが用いられていて、一方向に長くされた連結部材4に所定間隔でターゲット8が配設されている。また、図3(d)に示すターゲット部材2bには、図3(b)および図3(c)と同様に、図示しない脚が設けられていて、図1に示すトンネル1坑内の坑道3に配置することができるようになっている。さらに、図3(d)に示すターゲット部材2bは、隣り合うターゲット8の間隔が予めスケールにより測定されている。本発明においてターゲット部材2bは、図3(a)~図3(d)に示す実施の形態に限らず、2以上の複数のターゲットが配設されたものであればいかなる形状であっても良い。

【0035】図4は、本発明のトンネル坑内の形状測定方法を用いて写真測量を行っているところを示した概略図である。図4に示す実施の形態では、トンネル1坑内の内壁に複数のターゲット部材2aを設置し、トンネル1坑内の坑道3に連結部材4により連結されたターゲット部材2bが配置されている。また、図4に示す実施の形態では、ターゲット部材2bは、トンネル1坑内の周方向に配設されたターゲット部材2aにより形成されるトンネル断面に対し、トンネル軸方向に向けてトンネル断面の前方側となるように配置されている。図4に示すターゲット部材2aは、トンネル1坑内の周方向の変形を測定するために用いられ、ターゲット部材2bは、トンネル1坑内の坑道3の変形を測定するために用いられる。図4に示すトンネル1坑内の周方向の変形は、トンネル周囲の地山などから絶えず受ける土圧や地下水による水圧などにより生じ、坑道3の変形は、地殻移動などにより生じる。こういった変形をいち早く察知し、適切な支保工を設置するなどの処置を行うことにより、トンネルの崩落などの危険を未然に防止することができる。

【0036】図4に示す実施の形態では、1つの角度からトンネル1坑内の内壁の画像をターゲット部材2a、2bと共に撮影した後、異なった角度となる位置に撮影手段5を移動させることにより、トンネル1坑内の内壁

の画像を撮影し、別の画像を複数得る。また、両面にターゲット8が設けられたターゲット部材2aを配設して写真測量を行う場合には、トンネル軸方向へと進み、他方の面に設けられたターゲット8を撮影する。この場合も、異なった角度となる位置に撮影手段5を移動させることにより、各ターゲット8につき画像を複数得ることができる。また、ターゲット部材2bに設けられるターゲット8の像を含む画像を少なくとも1枚撮影する。

【0037】このようにして複数の画像を得た後、画像読取り手段及びコンピュータ手段といった形状測定手段6により画像解析を行い、撮影された二次元におけるターゲット部材2aに設けられるターゲット8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、レンズの焦点距離、レンズのひずみ係数、共に撮影したスケールとして用いるターゲット部材2bに設けられるターゲット8間の間隔を使用して形状測定手段6によりターゲット部材2aおよびターゲット部材2bに設けられるターゲット8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、従来知られているいかなる方法でも用いることができる。また、デジタルカメラを用いる場合には、画像読取り手段は、形状測定手段6に含まれていなくても良い。1つのターゲット部材2a、2bを角度を変えて撮影した画像を解析し、三次元位置座標を算出することにより、互いに算出した位置座標を使用してより正確な位置座標を求めることができる。両面にターゲット8が設けられたターゲット部材2aを配設して写真測量を行う場合、両側において撮影した画像から算出したターゲット部材2aの三次元位置座標を同一点としてターゲット部材2aのトンネル軸方向に前後のトンネル形状を測定することができる。

【0038】図5は、図4において説明した本発明のトンネル坑内の形状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5に示した実施例では、中央に図1に示すターゲット部材2bに設けられるターゲット8a、8bが中央下側の坑道3に撮影されており、図1に示すターゲット部材2aに設けられるターゲット8cが図1に示すトンネル1坑内の周部分10に示されている。図5(a)は、所定の位置から各ターゲット8a、8bを含むように撮影して得られたトンネル坑内の画像を示した図である。図5(a)に示す画像では、すべてのターゲット8が円形の形状とされ、坑道3に配置されている図1に示す連結部材4に連結されるターゲット8a、8bは、ターゲット8cに比べて大きな円形となっている。これは、ターゲット8a、8bが撮影手段に近い距離に配置されていたことを示す。また、図5(a)に示す画像には、所定間隔で弧を描くようにターゲット8cが複数示されている。図5(b)は、各ターゲット8a、8b、8cを含むように図5(a)とは異なる位置から撮影して得られたトンネル坑内の内壁

の画像である。

【0039】図5(a)および図5(b)によれば、ターゲット8が周部分10、坑道3に1列にのみ配設されているため、各ターゲット8の同定を容易に行うことができる。また、図5(a)および図5(b)に示す画像下側に図1に示す連結部材4に連結されるターゲット部材2bに設けられるターゲット8a、8bが示され、このターゲット8a、8bの間隔に基づいて三次元位置座標を算出することができる。図5(a)および図5(b)に示すターゲット8aとターゲット8bとの間隔は、上述したように予めスケールを用いて正確に計測されている。また、図1に示すターゲット部材2aにおいてターゲット8cが互いに対向する面である裏側の面にも設けられている場合には、裏側からも撮影を行って図5(a)および図5(b)のような画像を得ることができる。

【0040】これまで本発明を図面に示した実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、ターゲット部材2a、2bの数、配設する位置、撮影手段の位置は、適宜決定することができる。

【0041】

【発明の効果】従って、本発明のトンネル坑内の形状測定システムおよび形状測定方法は、トンネルの周方向に配設した複数のターゲット部材とスケールとして使用する坑道に配置したターゲット部材を用いることにより、ターゲットの使用数を減少させるとともに区別性のあるターゲットを用いることなく、撮影した画像の各ターゲットの同定を容易にし、ターゲットの使用数が減少することにより撮影時間を短縮することが可能となる。

【0042】また、トンネルの周方向に配設した複数の

ターゲット部材と坑道に配置したターゲット部材との位置をトンネル軸方向にずらすことによってトンネル軸方向への写真測量精度を向上させることが可能となる。

【0043】さらに、トンネル坑内の坑道に配設するターゲット部材および連結部材により連結されたターゲット部材は、軽量で移動可能とされているため、トンネル坑内において作業用車両の通行があるといった場合においても写真測量を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のトンネル坑内の形状測定システムの実施の形態を示した図。

【図2】 本発明に用いることができるターゲット部材を例示した図。

【図3】 本発明に用いることができるターゲット部材を例示した図。

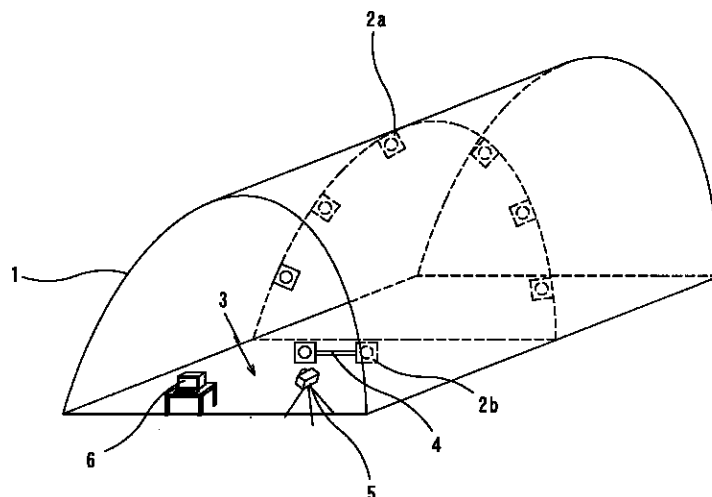
【図4】 本発明のトンネル坑内の形状測定方法を用いて写真測量を行っているところを示した概略図。

【図5】 図4において説明した本発明のトンネル坑内の形状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。

【符号の説明】

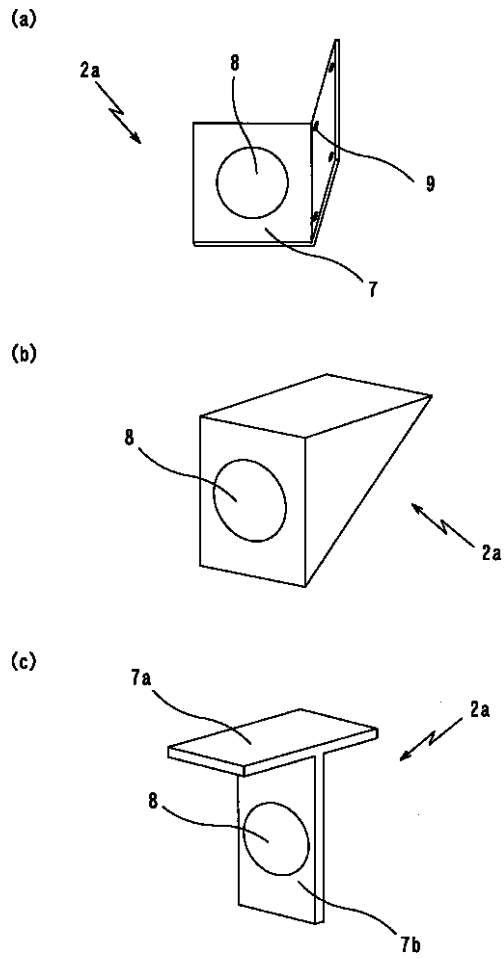
- 1...トンネル
- 2a、2b...ターゲット部材
- 3...坑道
- 4...連結部材
- 5...撮影手段
- 6...形状測定手段
- 7...平板部
- 8、8a、8b、8c...ターゲット
- 9...ボルト穴
- 10...周部分

【図1】

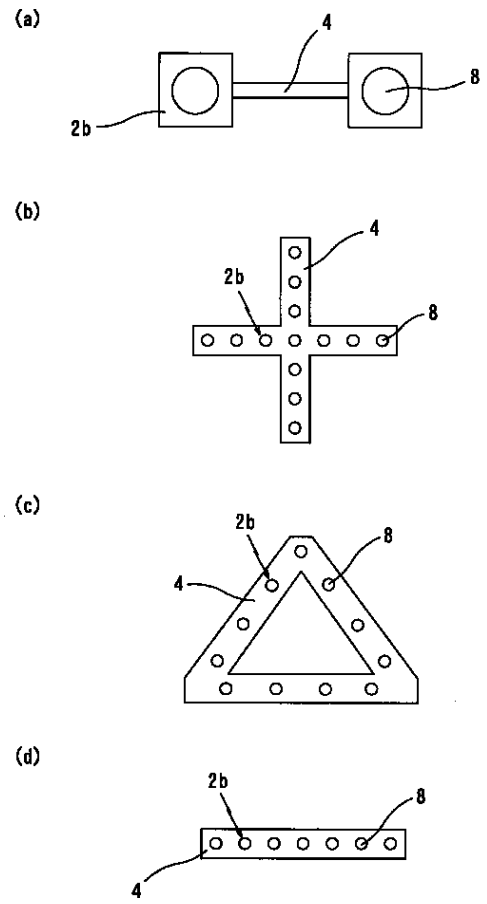




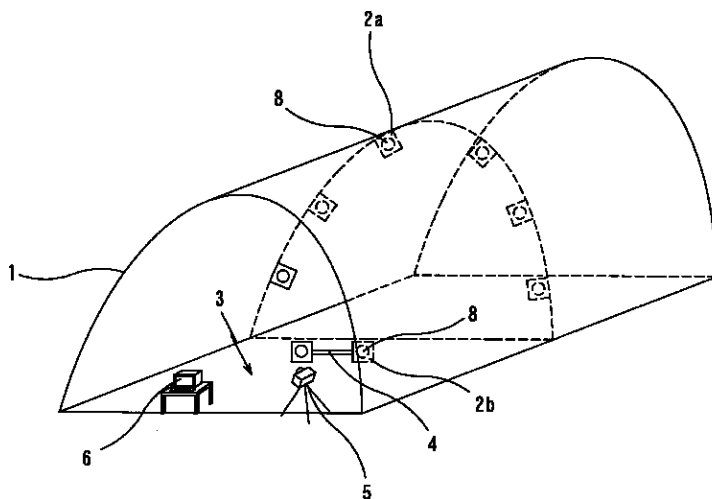
【図2】



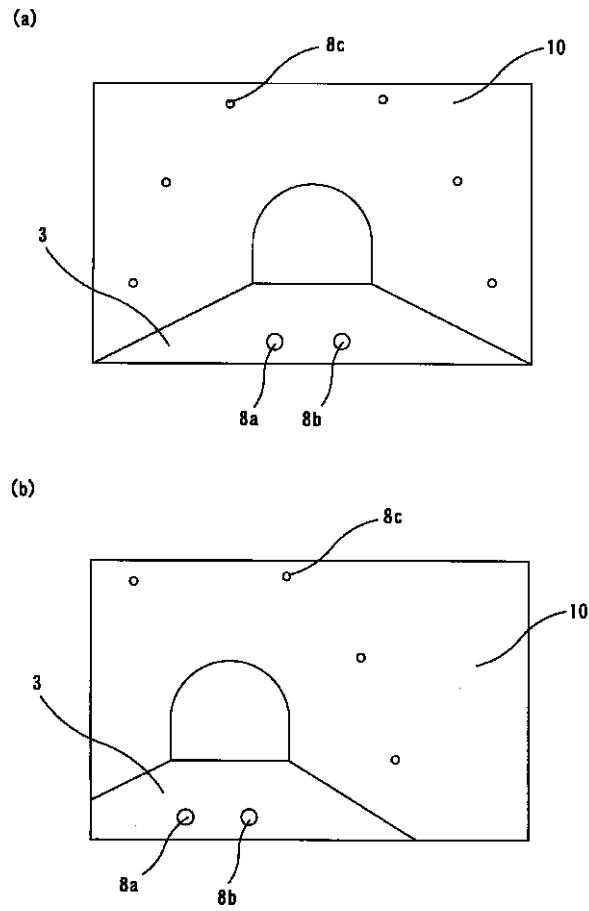
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 哲  
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 服部 進  
岡山県岡山市妹尾1115 - 3

(72)発明者 秋本 圭一  
岡山県倉敷市西中新田450 - 6

(72)発明者 清本 健治  
福岡県北九州市戸畑区中原新町3 - 3 九州コンピュータコンサルタント内