

(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2003-75149
(P2003-75149A)

(43)公開日 平成15年3月12日(2003.3.12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターゲット*(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7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-268051(P2001-268051)

(22)出願日 平成13年9月4日(2001.9.4)

(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 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

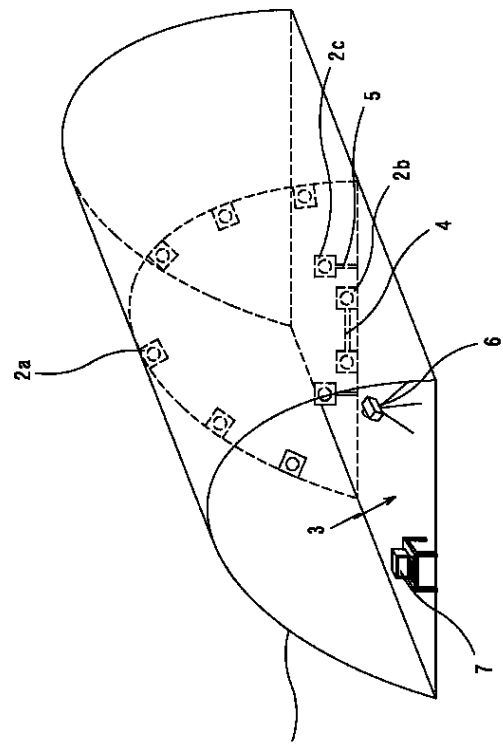
最終頁に続く

(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の向上、ターゲットの使用数減少、撮影時間の短縮、さらには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】 トンネルの一断面を形成するようにトンネル1坑内の周方向及び坑道3に配設され、一部が所定間隔となるように連結部材4により互いに連結された複数のターゲット部材2a、2b、2cと、ターゲット部材2a、2b、2cに設けられる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と、撮影手段6により撮影された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7とを含み、形状測定手段7は、連結部材4により連結された複数のターゲット部材2b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】 トンネルの一断面を形成するようにトンネル坑内の周方向および坑道に配設され、一部が所定間隔となるように連結部材により互いに連結された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、

前記ターゲット部材は、互いに対向する面それぞれに前記ターゲットが配設されていて、

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、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】 前記トンネル坑内の周方向に配設されるターゲット部材は、前記トンネル軸方向に所定間隔でターゲット列を形成するように複数設置される、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】 互いに対向する面それぞれにターゲットが配設された複数のターゲット部材をトンネルの一断面を形成するように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、

前記複数のターゲット部材には、所定間隔となるように連結部材により互いに連結されたターゲット部材を含み、

前記角度を変えて複数の画像を撮影する段階は、前記連結部材により連結された前記ターゲット部材に設けられ、スケールとして用いる前記ターゲットの像を含む画像を少なくとも1枚撮影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】 前記角度を変えて複数の画像を撮影する段階は、トンネル軸方向に所定間隔で形成したターゲット列に含まれる前記ターゲットの像を含むように撮影することを特徴とする、請求項5に記載のトンネル坑内の形状測定方法。

【請求項7】 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は、前記互いに対向する面に設けられたターゲットを共通基準点とし、前記ターゲット部材の各面につき測定したトンネル形状を前記共通基準点において組み合わせることを特徴とする、請求項5または6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定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、互いに対向する面それぞれにターゲットが設けられたターゲット部材を用いることにより、写真測量による測定精度を向上させることができ、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、さらには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、トンネルの一断面を形成するようにトンネル坑内の周方向および坑道に配設され、一部が所定間隔となるように連結部材により互いに連結された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、前記ターゲット部材は、互いに対向する面それぞれに前記ターゲットが配設されていて、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、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。

【0008】本発明の請求項3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、前記トンネル坑内の周方向に配設されるターゲット部材は、前記トンネル軸方向に所定間隔でターゲット列を形成するように複数設置され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、互いに対向する面それぞれにターゲットが配設された複数のターゲット部材をトンネルの一断面を形成するように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、前記複数のターゲット部材には、所定間隔となるように連結部材により互いに連結されたターゲット部材を含み、前記角度を変えて複数の画像を撮影する段階は、前記連結部材により連結された前記ターゲット部材に設けられ、スケールとして用いる前記ターゲットの像を含む画像を少なくとも1枚撮影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、前記角度を変えて複数の画像を撮影する段階は、トンネル軸方向に所定間隔で形成したターゲット列に含まれる前記ターゲットの像を含むように撮影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。

【0012】本発明の請求項7の発明によれば、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は、前記互いに対向する面に設けられたターゲットを共通基準点とし、前記ターゲット部材の各面につき測定したトンネル形状を前記共通基準点において組み合わせ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。

【0013】

【作用】本発明は、トンネルの周方向に、また、トンネルの坑道にトンネルの一断面を形成するよう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および坑道部分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。また、ターゲット部材は、一方に向く面とその面とは反対方向に向く

面といった互いに対向する面を備えており、ターゲットがそれぞれの面に設けられている。ターゲット部材に設けられるターゲットは、それぞれの面において同じ形状、大きさとされている。また、坑道には、上記複数のターゲット部材のうち一部が連結部材により連結されたターゲット部材とされており、連結部材を介したターゲット部材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。写真測量において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可能となる。各ターゲット部材についてそれぞれの面を撮影できる側から撮影を行い、それぞれの面に設けられるターゲットの三次元位置座標を算出し、それぞれの側からのトンネル形状測定を行う。共通基準点として互いに対向する面に設けられたターゲットが同じ位置に配設されているものとし、ターゲット部材の一方に向く面につき測定したトンネル形状と、その反対方向に向く面につき測定したトンネル形状とを組み合わせることでトンネル形状を形成することにより、トンネル軸方向への測定精度を向上させることができる。また、トンネル軸方向に所定間隔でターゲット列を形成することにより、さらにトンネル軸方向の測定精度を向上させることができる。

【0014】

【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第1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、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と、連結部材4により連結されていないターゲット部材2cとが配置されている。本発明においては、トンネル1坑内を切断してできる一断面を形成するように複数のターゲット部材2a、2b、2cが配設されている。

【0015】図1に示すターゲット部材2a、2b、2cは、一方に向く面とその面とは反対方向に向く面といった互いに対向する面を備えており、それぞれの面にターゲットが配設されており、トンネル1坑内においてターゲットの像を含む画像をそれぞれの面を撮影できる側、ここではターゲット部材2a、2b、2cにより形成される一断面を挟んでトンネル軸方向またはその反対

方向からターゲットの像を含む画像を撮影することができるようになっている。また、図1に示すトンネル1坑内の坑道3の中央に配設されるターゲット部材2bは、上記のように両方の面にターゲットが設けられた2つのターゲット部材2bが連結部材4によって連結されている。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。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2cは、ターゲット部材2cが所定高さとなるように脚5が設けられている。

【0016】図1に示す実施の形態では、ターゲット部材2a、2b、2c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個と、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、連結部材4により連結されたターゲット部材2bの両側に1つずつ配設されている。また、図1に示すトンネル1には、写真測量を行うための撮影手段6と、撮影手段6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7とが配置されている。図1においては、撮影手段6がターゲット部材2a、2b、2cの一方に向く面のみを撮影するように配置されているが、各ターゲット部材の反対方向に向く面を撮影できる位置に移動して撮影することができる。

【0017】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、2cの一方に向く面を撮影をする際、正面、正面の左右に角度を変えた位置の3箇所、また反対方向に向く面を撮影するために正面、その正面の左右に角度を変えた位置の3箇所といった計6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6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規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。

【0018】また、トンネル軸方向へのトンネル形状は、各ターゲット部材2a、2b、2cに設けられたターゲットの三次元位置座標を基に測定することができる。写真測量においては、トンネル軸方向にターゲット

が配設されていない場合、トンネル軸方向、すなわち、写真撮影を行う位置から撮影方向に向けて測定精度が低下する。そこで、本発明においては、各ターゲット部材 2 a、2 b、2 c のトンネル軸方向の一方に向く面に設けられたターゲットとその反対方向に向く面に設けられたターゲットとが配設されたターゲット部材 2 a、2 b、2 c をそれぞれの面につき写真測量し、一方に向く面に設けられたターゲットとその反対方向に向く面に設けられたターゲットとが同じ位置に配設されているものとしてそれぞれの側から測定されたトンネル形状を組み合わせるにより、トンネル軸方向への測定精度を向上させることができる。本発明においては、各ターゲット部材 2 a、2 b、2 c の一方に向く面に設けられたターゲットと、その反対方向に向く面に設けられたターゲットとを同じ位置として組み合わせる際に、一部のターゲット部材 2 a、2 b、2 c に設けられたターゲットを共通基準点として用いることもできるし、すべてのターゲットを共通基準点として用いることもできる。

【0019】図1に示すターゲット部材 2 a、2 b、2 c 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移動した位置のトンネル周方向にターゲット部材 2 a を配設し、ターゲット部材 2 b、2 c は、配設されたターゲット部材 2 a とともに一断面を形成する坑道 3 の位置に移動させて、再び上述したように写真測量を行うことができる。

【0020】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 7 により画像解析を行い、撮影されたターゲット部材 2 a、2 b、2 c 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 7 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 7 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、2 c が存在しないため、各ターゲット部材 2 a、2 b、2 c に設けられる各ターゲットの認識が容易となる。

【0021】図1に示すターゲット部材 2 a は、矩形の平板の中央部分から折り曲げられた形状である L 字形とされている。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の両面にターゲットを備えており、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、両面にターゲットを備え、トンネル 1 坑内においてターゲットの像を含む

画像を両側から撮影可能な構造のものであれば、L 字形でなくても、T 字形などいかなる形状、大きさであっても良い。本発明においては、表裏といった両面使用可能とされたターゲットを板部材に設けられた通孔に嵌合させるとともに、そのターゲットの外周部分を接着剤などにより通孔に固着させたり、溶着または溶接するなどして固定したものをターゲット部材 2 a として用いることができる。また、ターゲット部材 2 a としては、ボルトやナットといった締結手段により板部材にターゲットを固定したものを用いることもできる。また、本発明においてターゲット部材 2 a は、板部材に貼付けた構造のターゲットとされていても良い。貼付ける場合には、粘着テープや接着剤を用いることができる。上述したよう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。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。

【0022】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および坑道 3 に配設されるターゲット部材 2 c 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 2 c として用いることも可能である。ターゲット部材 2 b は、両面とも同じ形状、大きさとされ、上記間隔が両面において同じものが好ましい。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、従来のようにスケールに照明をあてて撮影を行う必要がなくなる。

【0023】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 としてグラファイト製またはアルミニウム製のものを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。

【0024】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、一部が回転、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。

【0025】図 1 に示す坑道 3 に配設されるターゲット部材 2 c は、連結部材 4 が設けられておらず、坑道 3 の変形を測定するために配置される。図 1 に示すターゲット部材 2 c には、ターゲット部材 2 c を坑道 3 上に支持するための脚 5 が設けられている。本発明において脚 5 は、いかなる長さ、材質、本数であっても良い。また、本発明においては、脚 5 はなくても良い。また、ターゲット部材 2 c は、上述したターゲット部材 2 a、2 b と同様のものを用いることができる。本発明において脚 5 は、写真測量において持ち運びが容易なように軽量となる材質のものが好ましい。また、脚 5 は、連結部材 4 に連結されるターゲット部材 2 b の配置高さとは異なる高さとすることができる。こうすることにより、同じ坑道 3 に配置されるターゲット部材 2 b に設けられるターゲットとターゲット部材 2 c に設けられるターゲットとを容易に区別することができる。また、本発明においては、脚 5 についても、連結部材 4 と同様のグラフィックまたはアルミニウム製のものを用いることができる。さらに、本発明においては、坑道 3 の変形を測定するために必要とされる数のターゲット部材 2 c を配置することができる。

【0026】図 1 に示すターゲット部材 2 a、2 b、2 c 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、ターゲット部材 2 c 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を用いることも可能である。本発明においては、色や形を変えるなどして区別性を高めたターゲットや、点字のように複数のターゲット

を組み合わせ形成したターゲットを用いることもできる。本発明においてターゲット部材 2 a、2 b、2 c に設けられるターゲットは、一方の面とその反対方向を向く面において同じ大きさ、同じ形状とするのが好ましい。また、上述したように、一方の面に設けられるターゲットとその反対方向に向く面に設けられるターゲットとが同じ位置に配設されているものとしてトンネル形状測定を行うために、ターゲット部材 2 a、2 c の板部材、ターゲット部材 2 b の連結部材 4 を薄くし、ターゲットの厚さも薄くすることが好ましい。本発明においてターゲットの厚さは、好ましくは 1 mm 以下、より好ましくは 0.1 mm 以下である。さらに、本発明においては、上記板部材、連結部材 4 およびターゲットの厚さを補正してより測定精度を向上させることもできる。

【0027】本発明の形状測定システムにおいては、撮影手段 6 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、ターゲット部材 2 a を配設する時間を短縮することができる。また、撮影する画像の数を減らすことができ、さらには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 およびターゲット部材 2 c 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。

【0028】図 2 は、本発明のトンネル坑内の形状測定システムの第 2 の実施の形態を示した図である。図 2 に示すトンネル 1 坑内には、トンネル軸方向にターゲット列を形成するように複数のターゲット部材 2 a が設置されている。図 2 に示す実施の形態では、ターゲット列は、2 列とされている。また、図 2 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 2 b と連結部材 4 により連結されていないターゲット部材 2 c とが 1 つのターゲット列を形成するターゲット部材 2 a とともに一断面を形成する位置に配置されている。さらに、図 2 に示すトンネル 1 坑内には、ターゲット部材 2 a、ターゲット部材 2 b、ターゲット部材 2 c に設けられる各ターゲットの像を撮影するための撮影手段 6 と、撮影手段 6 により撮影した画像を解析し、形状測定を行うための形状測定手段 7 とが配置されている。

【0029】図 2 に示す実施の形態では、トンネル軸方向の測定精度を向上させるためにターゲット部材 2 a によりターゲット列を形成している。本発明においては、多くのターゲット列を形成することによりトンネル軸方

向への測定精度を向上させることができるが、撮影した画像に含まれる各ターゲットの同定が困難となり、ターゲットの設置に時間や労力を要するため、2列程度が好ましい。

【0030】図2に示す実施の形態においては、形成したターゲット列を挟んで各ターゲット部材2a、2b、2cの一方に向く面とその面の反対方向に向く面との両方から撮影して写真測量を行うことができる。この場合、連結部材4により連結されたターゲット部材2bおよびターゲット部材2cは、いずれかのターゲット列の坑道3に配置される。本発明においては、図2に示すようにターゲット列を形成し、写真測量を行うことにより、トンネル軸方向の精度を向上させ、より迅速に写真測量を行うことができる。

【0031】図3は、本発明に用いることができるターゲット部材2aを例示した図である。図3(a)は、L字状のターゲット部材2aを所定の方向から見たところを示した図である。図3(a)に示すターゲット部材2a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8の両面にターゲット9が設けられている。ターゲット部材2a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9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9には、光線が照射される部分の面上にターゲット部材2a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。

【0032】本発明においてターゲット9は、図1に示すターゲット部材2a、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2b、図1に示すターゲット部材2cのすべてに図3に示すターゲット部材を用いることができる。図1に示す坑道3に配置するターゲット部材2bおよびターゲット部材2cは、配置位置、ターゲット間の間隔または高さなどにより区別可能であるが、本発明においては、図1に示すターゲット部材2bとターゲット部材2cとの大きさ、形状、色などを変えて区別をすることもできる。

【0033】また、図3に示すターゲット部材2a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10が複数設けられている。図3(a)に示すターゲット部材2aは、ボルト穴10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2a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10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9を備える平板部8の両面がトンネル軸方向に向くこととなる。これにより、両側から撮影を行い、ターゲット部材2aに設けられる両面のターゲット9を含む画像を得ることができる。

【0034】図3(b)は、図3(a)に示すターゲット部材2aを別方向から見たところ示した図である。図3(b)は、図3(a)に示すターゲット部材2aの中央部分が折り曲げられた形状をしていて、片側の平板部8の両面にターゲット9が設けられている。上述したようにボルト穴10が設けられた側をトンネル内壁に固定すると、ターゲット9が設けられた平板部8が釣り下がった状態となり、平板部8を挟んで両側に撮影手段を配置し、平板部8の両面を撮影することができるようになっている。これにより、図1に示すトンネル1坑内の内壁にターゲット部材2aを多数設置することなく、精度良く形状測定を行うことが可能となる。

【0035】本発明においてターゲット9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、寸法のもので用いることができる。

【0036】また、本発明においてターゲット9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。この場合には、対向する面に設ける必要はなく、いかなる角度から撮影してもターゲットの像を得ることができる。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9として用いることもできる。本発明においてターゲット9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。

【0037】図4は、本発明に用いることができるターゲット部材2bを例示した図である。図4(a)に示すターゲット部材2bは、平板の両面に円形のターゲット9が貼付けられている。また、このターゲット部材2bを2つ用い、ターゲット部材2b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4(a)に示すターゲット部材2bは、連結部材4を介したターゲット9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2bは、両方の面にターゲット9が設けられていなくても良く、写真測量に

において他方から撮影する場合には、他方にターゲット9が向くように配置して使用することができる。また、ターゲット9は、上述したものをを用いることができる。

【0038】図4(b)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9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9が連結されている。図4(b)に示すターゲット部材2b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4(b)に示すターゲット部材2bは、隣り合うターゲット9間の間隔が予めスケールにより測定されている。

【0039】図4(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9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9が配設されている。また、図4(c)に示すターゲット部材2bには、図4(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4(c)に示すターゲット部材2bは、隣り合うターゲット9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。

【0040】図4(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9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9が配設されている。また、図4(d)に示すターゲット部材2bには、図4(b)および図4(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4(d)に示すターゲット部材2bは、隣り合うターゲット9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4(a)~図4(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。

【0041】図5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5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と脚5が設けられたターゲット部材2cとが配置されている。図5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2c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5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。

【0042】図5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、2cと共に撮影した後、異なった角度となる位置に撮影手段6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、トンネル軸方向へと進み、両面にターゲット9を備えるターゲット部材2a、ターゲット部材2bおよびターゲット部材2cを上記方向とは反対の方向から撮影する。この場合も、異なった角度となる位置に撮影手段6を移動させることにより、各ターゲット9につき両面の画像を複数得る。また、ターゲット部材2bに設けられるターゲット9の像を含む画像を少なくとも1枚撮影する。

【0043】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7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およびターゲット部材2cに設けられるターゲット9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9間の間隔を使用して形状測定手段7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9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7に含まれていなくても良い。1つのターゲット部材2a、2b、2cを両側から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。この場合、両側において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。

【0044】図6は、図5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6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9a、9b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9cおよび図1に示すターゲット部材2cに設けられるターゲット9dがそれぞれ図1に示すトンネル1坑内の周部分11、坑道3に示されている。図6(a)は、所定の位置から各ターゲット9a、9b、9c、9d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6(a)に示す画像では、すべての

ターゲット9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9 a、9 bと図1に示すターゲット9 dは、高さが異なるために区別可能とされている。また、図6(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9 cが複数示されている。図6(b)は、各ターゲット9 a、9 b、9 c、9 dを含むように図6(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。

【0045】図6(a)および図6(b)によれば、ターゲット9が周部分11、坑道3に1列にのみ配設されているため、各ターゲット9の同定を容易に行うことができる。また、図6(a)および図6(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2 bに設けられるターゲット9 a、9 bが示され、このターゲット9 a、9 b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6(a)および図6(b)に示すターゲット9 aとターゲット9 b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2 a、ターゲット部材2 bおよびターゲット部材2 cには、図6(a)および図6(b)の画像に示されるターゲット9 a、9 b、9 c、9 dが互いに対向する面である裏側の面にも設けられていて、裏側からも写真測量が行われる。

【0046】

【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、互いに対向する面それぞれにターゲットが配設されたターゲット部材を用いることにより、写真測量による測定精度を向上させることができる。また、ターゲット部材は、トンネルの一断面を形成するように配設されるため、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する。さらに、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できる。

【0047】また、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。

【0048】さらに、トンネル軸方向への形状測定においては、トンネル坑内の周部分に設置するターゲット部材の数が少なく、坑道部分に配置するターゲット部材も移動可能であるため、容易に配設して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第1の実施の形態を示した図。

【図2】 本発明のトンネル坑内の形状測定システムの第2の実施の形態を示した図。

【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】 本発明に用いることができるターゲット部材を例示した図。

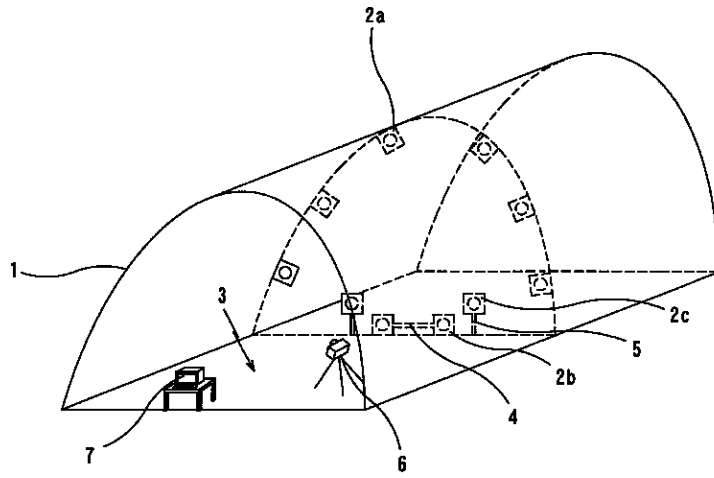
【図5】 本発明のトンネル坑内の形状測定方法を用いて写真測量を行っているところを示した概略図。

【図6】 図5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。

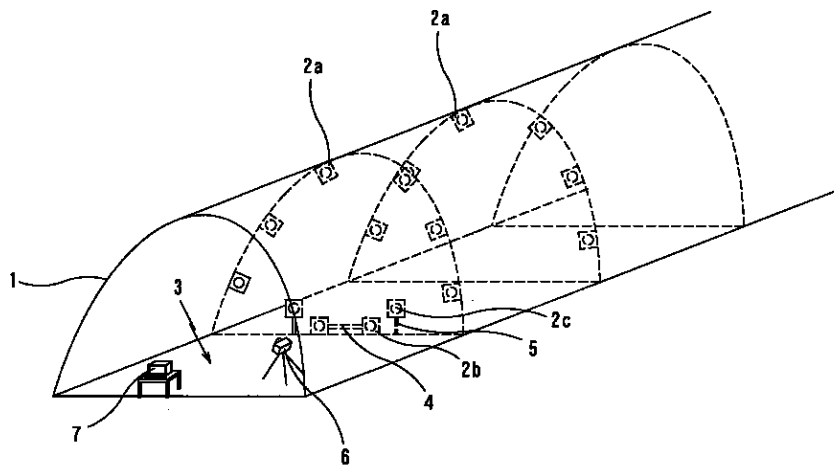
【符号の説明】

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

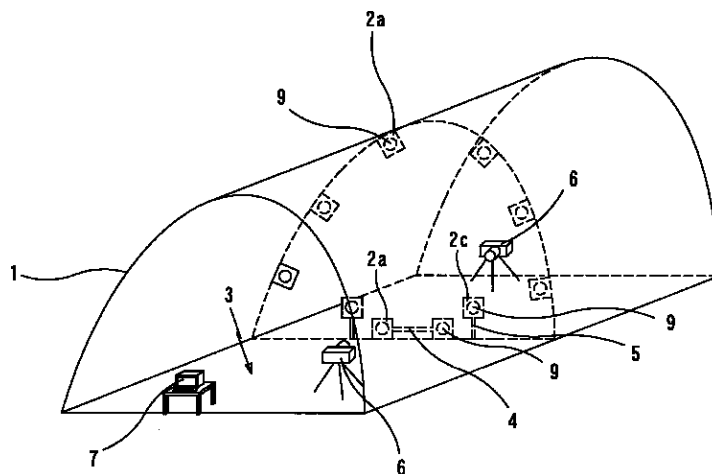
【図1】



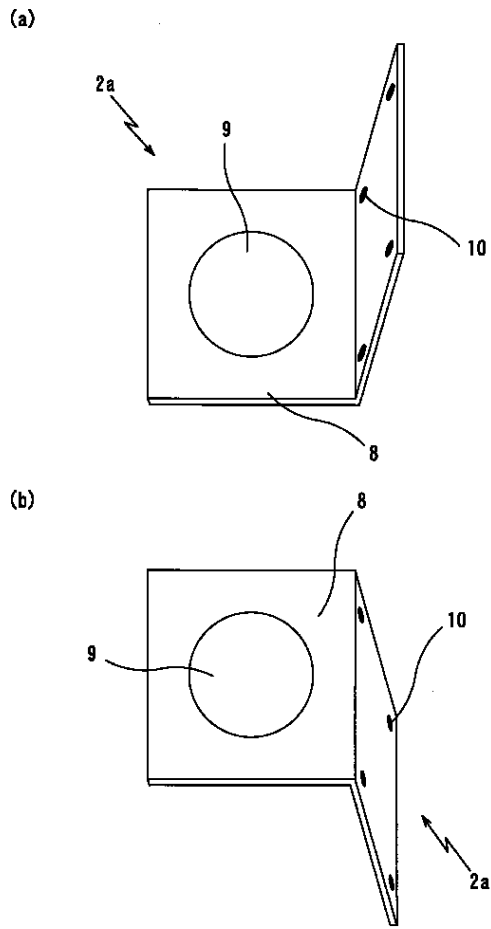
【図2】



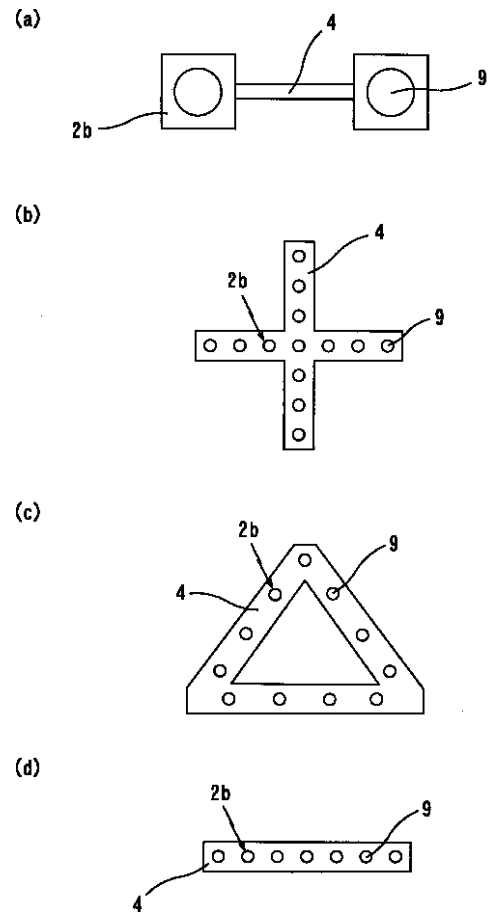
【図5】



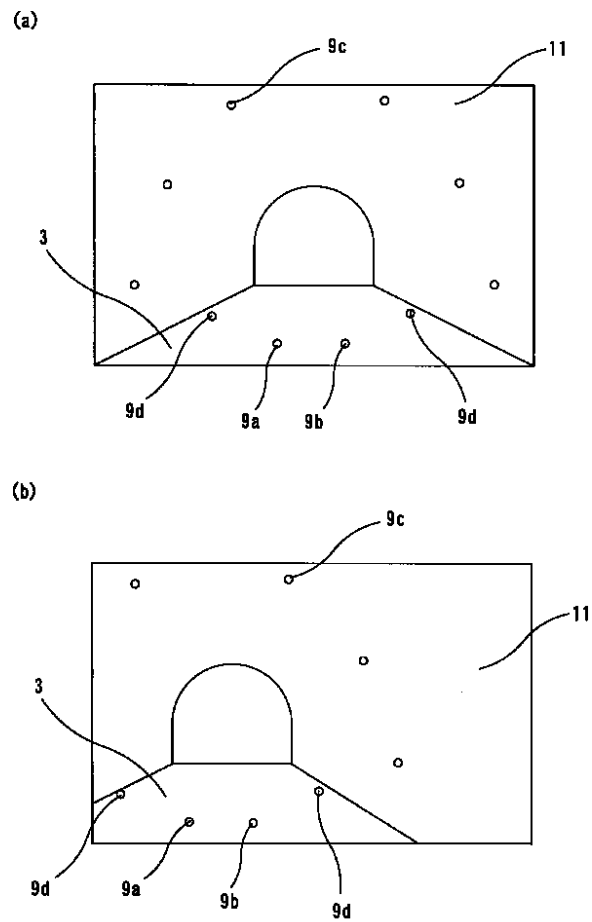
【図3】



【図4】



【図6】



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