

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02008/123510

発行日 平成22年7月15日 (2010. 7. 15)

(43) 国際公開日 平成20年10月16日 (2008. 10. 16)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
<b>GO1C</b>	<b>15/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1C 15/06 T	2F065
<b>GO1C</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1C 15/00 I03B	
<b>GO1B</b>	<b>11/16</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1B 11/16 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

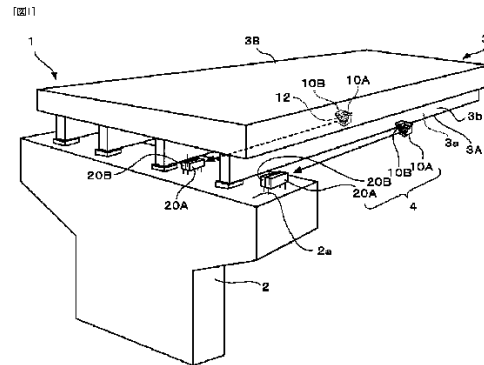
出願番号	特願2009-509256 (P2009-509256)	(71) 出願人	504132272 国立大学法人京都大学 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(21) 国際出願番号	PCT/JP2008/056391	(71) 出願人	599098127 株式会社ソーキ 大阪府大阪市西区九条南4丁目2番4号
(22) 国際出願日	平成20年3月31日 (2008. 3. 31)	(74) 代理人	100099645 弁理士 山本 晃司
(31) 優先権主張番号	特願2007-90953 (P2007-90953)	(72) 発明者	大島 義信 京都府京都市西京区京都大学桂 国立大学 法人京都大学大学院工学研究科内
(32) 優先日	平成19年3月30日 (2007. 3. 30)	(72) 発明者	長谷川 伸二 大阪府大阪市西区九条南4丁目2番4号 株式会社ソーキ内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位計測方法、及び変位計測装置並びに変位計測用のターゲット

(57) 【要約】

レーザ光に対する反射部(12)を有し、反射部(12)が変位計測方向に対して互いに逆に傾くようにして橋桁(3A)に設置される一対のターゲット(10A、10B)と、橋脚(2)等に設置される一対のレーザ距離計(20A、20B)とを変位計測装置(4)に設け、レーザ距離計(20A、20B)から反射部(12)に対して互いに平行な一対のレーザ光を照射し、反射部(12)からレーザ光の入射方向と逆方向に返される反射光をレーザ距離計(20A、20B)で受光して、一対のターゲット(10A、10B)までの距離の変化量を計測し、それらの変化量を利用して、入射方向のずれの影響を排除しつつ橋桁(3A)の鉛直方向の変位を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光に対する反射部を有する一対のターゲットのそれぞれを、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くように、かつ前記反射部の傾きが前記変位計測方向に関して互いに逆向きとなるようにして計測対象の計測対象位置に設置し、

前記一対のターゲットに対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置に、レーザ光を利用して距離又は該距離の変化量を出力する一対の距離検出手段を設置し、

前記一対の距離検出手段から前記一対のターゲットのそれぞれの反射部に、前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向から、互いに平行な一対のレーザ光を照射するとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と逆方向に返される反射光を前記距離検出手段で受光して、前記距離検出手段から前記一対のターゲットにおけるレーザ光のそれぞれの反射位置までの距離の変化量を計測し、

前記距離の変化量の計測値のそれぞれと、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角と、前記変位計測方向の変位との関係を利用して、前記基準入射方向と前記レーザ光の実際の入射方向との間における角度のずれの影響を排除しつつ、前記計測対象位置の前記変位計測方向の変位を算出する変位計測方法。

【請求項 2】

前記基準入射方向に対する前記一対のターゲットのそれぞれの反射部の傾斜角の絶対値が互いに等しい請求の範囲第 1 項に記載の変位計測方法。

【請求項 3】

前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角を  $\alpha$ 、前記一対のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L1$ 、 $L2$  としたときに、下式 (F1) でずれ角  $\alpha$  を算出し、得られたずれ角  $\alpha$  を下式 (F2) 又は (F3) に代入して前記変位計測方向の変位  $\delta$  を算出する請求の範囲第 2 項に記載の変位計測方法。

【数 1】

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta L1 + \Delta L2}{\Delta L1 - \Delta L2} \tan \theta \right) \dots\dots\dots (F1)$$

$$\delta = \Delta L1 (\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \dots\dots\dots (F2)$$

$$\delta = -\Delta L2 (\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \dots\dots\dots (F3)$$

【請求項 4】

前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記一対のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L1$ 、 $L2$ 、前記変位計測方向の変位を  $\delta$  としたときに、下式 (F4) により変位  $\delta$  を算出する請求の範囲第 2 項に記載の変位計測方法。

【数 2】

$$\delta = - \frac{2\Delta L1 \cdot \Delta L2 \cdot \tan \theta}{\sqrt{(\Delta L1 - \Delta L2)^2 + (\Delta L1 + \Delta L2)^2 \cdot \tan^2 \theta}} \dots\dots\dots (F4)$$

【請求項 5】

前記一対の距離検出手段によって検出された距離の変化量の和に基づいて、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角がゼロとなるように前記一対のレーザ光の入射方向を補正し、補正後の前記距離の変化量の計測値に基づいて前記変位を算出する請求の範囲第 2 項に記載の変位計測方法。

【請求項 6】

10

20

30

40

50

レーザ光に対する反射部を有し、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くように、かつ前記反射部の傾きが前記変位計測方向に関して互いに逆向きとなるようにして計測対象の計測対象位置に設置される一対のターゲットと、

前記一対のターゲットに対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置に設置され、前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向から、互いに平行な一対のレーザ光を照射するとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と逆方向に返される反射光を受光して、前記距離検出手段から前記一対のターゲットにおけるレーザ光のそれぞれの反射位置までの距離又は該距離の変化量を出力する一対の距離検出手段と、

を備えた変位計測装置。

10

【請求項 7】

前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記一対のターゲットのそれぞれの反射部の傾斜角の絶対値が互いに等しくなるように、前記一対のターゲットが設置されている請求の範囲第 6 項に記載の変位計測装置。

【請求項 8】

前記一対のターゲットに関する前記距離の変化量の計測値のそれぞれと、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角と、前記変位計測方向の変位との関係を利用して、前記基準入射方向と前記レーザ光の実際の入射方向との間における角度のずれの影響を排除しつつ、前記計測対象位置の前記変位計測方向の変位を算出する変位算出手段を備えた請求の範囲第 7 項に記載の変位計測装置。

20

【請求項 9】

前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角を  $\alpha$ 、前記一対のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L_1$ 、 $L_2$  としたときに、前記変位算出手段は、下式 (F1) でずれ角  $\alpha$  を算出し、得られたずれ角  $\alpha$  を下式 (F2) 又は (F3) に代入して前記変位計測方向の変位  $\delta$  を算出する請求の範囲第 8 項に記載の変位計測装置。

【数 3】

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{\Delta L_1 - \Delta L_2} \tan \theta \right) \quad \text{..... (F1)}$$

30

$$\delta = \Delta L_1 (\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \quad \text{..... (F2)}$$

$$\delta = -\Delta L_2 (\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \quad \text{..... (F3)}$$

【請求項 10】

前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記一対のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L_1$ 、 $L_2$ 、前記変位計測方向の変位を  $\delta$  としたときに、前記変位算出手段は、下式 (F4) により変位  $\delta$  を算出する請求の範囲第 8 項に記載の変位計測装置。

40

【数 4】

$$\delta = - \frac{2\Delta L_1 \cdot \Delta L_2 \cdot \tan \theta}{\sqrt{(\Delta L_1 - \Delta L_2)^2 + (\Delta L_1 + \Delta L_2)^2 \cdot \tan^2 \theta}} \quad \text{..... (F4)}$$

【請求項 11】

レーザ光を反射するための反射部を有し、該反射部には、互いに平行な複数の小反射面が該小反射面の法線方向及び該法線方向と直交する高さ方向のそれぞれに漸次位置をずらして配置され、かつ小反射面間には非反射面が設けられた変位計測用のターゲットにおい

50

て、

前記反射部を前記小反射面の法線方向から見たときに、前記非反射面が前記小反射面よりも前記反射部の高さ方向に後退することにより、前記小反射面同士が前記高さ方向に互いに部分的に重なり合っている変位計測用のターゲット。

【請求項 1 2】

前記非反射面が、前記小反射面の法線方向に対して斜めに傾けられることにより、前記非反射面が前記高さ方向に後退している請求の範囲第 1 1 項のターゲット。

【請求項 1 3】

前記非反射面が前記小反射面の法線方向と平行で、かつ前記小反射面が前記高さ方向に関して前記非反射面よりも突出して設けられることにより、前記非反射面が前記高さ方向に後退している請求の範囲第 1 1 項のターゲット。

10

【請求項 1 4】

請求の範囲第 1 1 ~ 1 3 項のいずれか一項のターゲットを、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くようにして計測対象の計測対象位置に設置し、

前記計測対象位置に対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置にレーザ距離計を設置し、

前記レーザ距離計から射出されるレーザ光を、前記変位計測方向とは異なる方向から前記反射部に対して斜め方向に入射させるとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と略平行な方向に返される反射光を前記レーザ距離計で受光して前記レーザ距離計から前記反射部における前記レーザ光の反射位置までの距離の変化量を検出し、

20

検出された変化量と、前記計測対象位置の前記変位計測方向に関する変位との相関関係を利用して、前記変位計測対象位置の前記変位計測方向に関する変位を計測する変位計測方法。

【請求項 1 5】

請求の範囲第 1 1 ~ 1 3 項のいずれか一項のターゲットが、前記反射部を変位計測方向に対して斜めに傾けた状態で計測対象の計測対象位置に設置され、

前記計測対象位置に対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置には、前記ターゲットの前記反射部に対して前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向からレーザ光を照射し、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と略平行な方向に返される反射光を受光して、前記レーザ光の反射位置までの距離又は当該距離の変化量に対応した信号を出力するレーザ距離計が設置されている変位計測装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、橋梁等の構造物、地形等の適宜の箇所に設定された計測対象位置の変位を計測する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

橋梁等の構造物の特定方向の変位を計測する方法及び装置として、階段状の反射部を有するターゲットをその反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くようにして橋梁の上部工に設置し、橋脚にはレーザ距離計を設置し、そのレーザ距離計から略水平方向に沿ってターゲットの反射部にレーザ光を照射し、その反射部からの反射光をレーザ距離計で受光することにより、上部工の変位を計測する方法等が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

40

【0003】

【特許文献 1】国際公開公報 W O 2 0 0 6 / 0 1 1 3 8 6 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来する方法及び装置では、変位計測方向と直交する方向にレーザ光が入射したことを前

50

提とし、その変位計測方向と直交する方向に対するターゲットの反射部の傾斜角と、距離の変化量と構造物の変位との幾何学的関係を利用して、距離の変化量を変位計測方向の変位に換算している。従って、レーザ光の入射方向が変位計測方向と直交する方向に対してずれた場合、その角度のずれに応じて計測誤差が発生する。このため、変位を正確に計測するためには、レーザ光の入射角度のずれに応じて計測値を補正する必要がある。レーザ光の入射方向が小反射面の法線方向からずれた場合には、レーザ光の一部が小反射面間の非反射面に入射して反射光が乱れることがある。このため、安定した計測を実現するにはレーザ光の入射方向を小反射面の法線方向に極力一致させる必要がある。

#### 【0005】

本発明の第1の目的は、レーザ光の入射方向のずれの影響を受けることなく、高精度に変位を計測することができる変位計測方法、及びその方法に適した変位計測装置を提供することにある。また、本発明の第2の目的は、レーザ光の入射方向が小反射面の法線方向からずれた場合でも安定して計測を実施することが可能なターゲット、並びにそのターゲットを利用した変位計測方法及び装置を提供することにある。

10

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

上述した第1の目的を達成するため、本発明の変位計測方法は、レーザ光に対する反射部を有する一对のターゲットのそれぞれを、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くように、かつ前記反射部の傾きが前記変位計測方向に関して互いに逆向きとなるようにして計測対象の計測対象位置に設置し、前記一对のターゲットに対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置に、レーザ光を利用して距離又は該距離の変化量を出力する一对の距離検出手段を設置し、前記一对の距離検出手段から前記一对のターゲットのそれぞれの反射部に、前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向から、互いに平行な一对のレーザ光を照射するとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と逆方向に返される反射光を前記距離検出手段で受光して、前記距離検出手段から前記一对のターゲットにおけるレーザ光のそれぞれの反射位置までの距離の変化量を計測し、前記距離の変化量の計測値のそれぞれと、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角と、前記変位計測方向の変位との関係を利用して、前記基準入射方向と前記レーザ光の実際の入射方向との間の角度のずれの影響を排除しつつ、前記計測対象位置の前記変位計測方向の変位を算出する。

20

30

#### 【0007】

基準入射方向にレーザ光が入射した場合、変位計測方向の変位は、距離の変化量と、基準入射方向に対する反射部の傾斜角との幾何学的関係を利用して一義的に求めることができる。これに対して、レーザ光の入射方向が基準入射方向に対してずれている場合、変位及びずれ角の二つが未知数として存在するため、単一のターゲットに関する幾何学的関係だけでは、ずれ角の誤差を含まない正確な変位を求めることができない。しかしながら、本発明の変位計測方法によれば、一对のターゲットをそれらの傾斜部が変位計測方向に対して互いに逆向きに傾くように設置しているので、距離の変化量と変位計測方向の変位との関係をターゲット毎に方程式で記述することができる。しかも、一对のターゲットの反射部に対して互いに平行な一对のレーザ光を照射しているので、レーザ光の入射方向のずれ角は各ターゲットに共通である。さらに、ターゲット間で変位計測方向の変位も互いに等しい。よって、変位及びずれ角の二つが未知数として存在しても、ターゲット毎に記述された方程式を連立させることにより、入射方向のずれの影響を排除して、変位計測方向の変位を正確に算出することができる。

40

#### 【0008】

本発明の一形態においては、前記基準入射方向に対する前記一对のターゲットのそれぞれの反射部の傾斜角の絶対値を互いに等しく設定してもよい。この形態によれば、基準入射方向に対して、一对のターゲットの反射部が互いに等しい角度でかつ逆向きに傾いているので、距離の変化量と変位計測方向の変位との関係をターゲット毎に方程式で記述する

50

際に、両方程式間で傾斜角に共通の値を利用することが可能となり、変位の算出をより簡易に行える。

【0009】

例えば、前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角を  $\alpha$ 、前記一对のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  とすれば、下式 (F1) でずれ角  $\alpha$  を算出し、得られたずれ角  $\alpha$  を下式 (F2) 又は (F3) に代入することにより、前記変位計測方向の変位を算出することができる。

【0010】

【数1】

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta L1 + \Delta L2}{\Delta L1 - \Delta L2} \tan \theta \right) \dots\dots\dots (F1)$$

$$\delta = \Delta L1 (\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \dots\dots\dots (F2)$$

$$\delta = -\Delta L2 (\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \dots\dots\dots (F3)$$

【0011】

あるいは、前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記一对のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$ 、前記変位計測方向の変位を  $\delta$  とすれば、下式 (F4) により変位  $\delta$  を算出することもできる。

【0012】

【数2】

$$\delta = - \frac{2\Delta L1 \cdot \Delta L2 \cdot \tan \theta}{\sqrt{(\Delta L1 - \Delta L2)^2 + (\Delta L1 + \Delta L2)^2 \cdot \tan^2 \theta}} \dots\dots\dots (F4)$$

【0013】

さらに、前記一对の距離検出手段によって検出された距離の変化量の和に基づいて、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角がゼロとなるように前記一对のレーザ光の入射方向を補正し、補正後の前記距離の変化量の計測値に基づいて前記変位を算出することもできる。すなわち、ターゲットの反射部が変位計測方向に対して互いに逆向きに傾き、かつそれらの傾斜角の絶対値も互いに等しいため、基準入射方向とレーザ光の実際の入射方向とが一致すれば、一对のターゲットのそれぞれに関して計測される距離の変化量の和はゼロになる。この性質を利用して、ずれ角がゼロとなるようにレーザ光の入射方向を補正すれば、入射方向の角度のずれが与える影響を排除して、変位計測方向の変位を正確に計測することができる。

【0014】

上述した第1の目的を達成するため、本発明の変位計測装置は、レーザ光に対する反射部を有し、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くように、かつ前記反射部の傾きが前記変位計測方向に関して互いに逆向きとなるようにして計測対象の計測対象位置に設置される一对のターゲットと、前記一对のターゲットに対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置に設置され、前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向から、互いに平行な一对のレーザ光を照射するとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と逆方向に返される反射光を受光して、前記距離検出手段から前記一对のターゲットにおけるレーザ光のそれぞれの反射位置までの距離又は該距離の変化量を入力する一对の距離検出手段と、を備えている。

【0015】

本発明の変位計測装置によれば、一对の距離検出手段からの出力を参照して各ターゲッ

10

20

30

40

50

トまでの距離の変化量を計測し、得られた計測値のそれぞれと、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角と、前記変位計測方向の変位との関係を利用することにより、本発明の変位計測方法に従って、基準入射方向とレーザ光の実際の入射方向との角度のずれの影響を排除しつつ、計測対象位置の変位計測方向の変位を正確に算出することができる。

【0016】

本発明の変位計測装置においては、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記一对のターゲットのそれぞれの反射部の傾斜角の絶対値が互いに等しくなるように、前記一对のターゲットが設置されてもよい。この形態によれば、基準入射方向に対して一对のターゲットの反射部が互いに等しい角度でかつ逆

10

【0017】

本発明の変位計測装置においては、前記一对のターゲットに関する前記距離の変化量の計測値のそれぞれと、前記変位計測方向と直交する方向を基準入射方向としたときの該基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角と、前記変位計測方向の変位との関係を利用して、前記基準入射方向と前記レーザ光の実際の入射方向との間における角度のずれの影響を排除しつつ、前記計測対象位置の前記変位計測方向の変位を算出する変位算出手段を備えてもよい。この形態によれば、一对の距離検出手段からの出力を参照して各ターゲットまでの距離の変化量を計測し、得られた計測値のそれぞれを変位算出手段に与えることにより、レーザ光の入射方向のずれ角の影響を排除しつつ、計測対象位置の変位計測方向の変位を計測することができる。

20

【0018】

さらに、前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記基準入射方向に対するレーザ光の実際の入射方向のずれ角を  $\alpha$ 、前記一对のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L1$ 、 $L2$  としたときに、前記変位算出手段は、下式 (F1) でずれ角  $\alpha$  を算出し、得られたずれ角  $\alpha$  を下式 (F2) 又は (F3) に代入して前記変位計測方向の変位  $\delta$  を算出してもよい。

30

【0019】

【数3】

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta L1 + \Delta L2}{\Delta L1 - \Delta L2} \tan \theta \right) \dots\dots\dots (F1)$$

$$\delta = \Delta L1 (\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \dots\dots\dots (F2)$$

$$\delta = -\Delta L2 (\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \dots\dots\dots (F3)$$

40

【0020】

あるいは、前記基準入射方向に対する前記反射部の傾斜角を  $\theta$ 、前記一对のターゲットのそれぞれに関する前記距離の変化量を  $L1$ 、 $L2$ 、前記変位計測方向の変位を  $\delta$  としたときに、前記変位算出手段は、下式 (F4) により変位  $\delta$  を算出してもよい。

【0021】

【数4】

$$\delta = - \frac{2\Delta L1 \cdot \Delta L2 \cdot \tan \theta}{\sqrt{(\Delta L1 - \Delta L2)^2 + (\Delta L1 + \Delta L2)^2 \cdot \tan^2 \theta}} \dots\dots\dots (F4)$$

50

## 【 0 0 2 2 】

上述した第2の目的を達成するため、本発明のターゲットは、レーザ光を反射するための反射部を有し、該反射部には、互いに平行な複数の小反射面が該小反射面の法線方向及び該法線方向と直交する高さ方向のそれぞれに漸次位置をずらして配置され、かつ小反射面間には非反射面が設けられた変位計測用のターゲットであって、前記反射部を前記小反射面の法線方向から見たときに、前記非反射面が前記小反射面よりも前記反射部の高さ方向に後退することにより、前記小反射面同士が前記高さ方向に互いに部分的に重なり合っている。この場合、前記非反射面が、前記小反射面の法線方向に対して斜めに傾けられることにより、前記非反射面が前記高さ方向に後退するものであってもよい。あるいは、前記非反射面が前記小反射面の法線方向と平行で、かつ前記小反射面が前記高さ方向に關して前記非反射面よりも突出して設けられることにより、前記非反射面が前記高さ方向に後退するものであってもよい。

10

## 【 0 0 2 3 】

本発明のターゲットによれば、反射部を小反射面の法線方向から見たときに小反射面同士が部分的に重なり合っているため、反射部をその小反射面の法線方向よりも斜め上方から見下ろした場合でも、一定範囲内では非反射面が小反射面に隠されて見えなくなる。従って、レーザ光の非反射面への入射を抑えて、安定して計測を実施することができる。

## 【 0 0 2 4 】

さらに、第2の目的を達成するための変位計測方法は、上述したターゲットを、前記反射部が変位計測方向に対して斜めに傾くようにして計測対象の計測対象位置に設置し、前記計測対象位置に対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置にレーザ距離計を設置し、前記レーザ距離計から射出されるレーザ光を、前記変位計測方向とは異なる方向から前記反射部に対して斜め方向に入射させるとともに、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と略平行な方向に返される反射光を前記レーザ距離計で受光して前記レーザ距離計から前記反射部における前記レーザ光の反射位置までの距離の変化量を検出し、検出された変化量と、前記計測対象位置の前記変位計測方向に関する変位との相関関係を利用して、前記変位計測対象位置の前記変位計測方向に関する変位を計測するものである。また、第2の目的を達成するための変位計測装置は、上述したターゲットが、前記反射部を変位計測方向に対して斜めに傾けた状態で計測対象の計測対象位置に設置され、前記計測対象位置に対して前記変位計測方向に相対的に変位する位置には、前記ターゲットの前記反射部に対して前記変位計測方向とは異なる方向でかつ前記反射部に対して斜めに傾く方向からレーザ光を照射し、前記反射部から前記レーザ光の入射方向と略平行な方向に返される反射光を受光して、前記レーザ光の反射位置までの距離又は当該距離の変化量に対応した信号を出力するレーザ距離計が設置されているものである。

20

30

## 【 0 0 2 5 】

これらの変位計測方法及び変位計測装置においては、上述したターゲットを利用して、レーザ光の入射方向のずれに対する許容度を高め、変位計測の安定性を向上させることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 6 】

40

【 図 1 】 本発明により橋梁の撓みを計測する場合のターゲット及びレーザ距離計の設置例を示す斜視図。

【 図 2 】 ターゲット及びレーザ距離計の設置例を示す側面図。

【 図 3 】 単一のターゲットを示す斜視図。

【 図 4 】 レーザ距離計の要部の構成を示す図。

【 図 5 A 】 ターゲットに照射されるレーザ光の直径とターゲットの反射部との関係をターゲットの正面側から示す図。

【 図 5 B 】 ターゲットに照射されるレーザ光の直径とターゲットの反射部との関係をターゲットの断面上で示す図。

【 図 6 】 レーザ距離計で受講する基準レーザ光と反射光とにそれぞれ対応したパルス列信

50



号の一例を示す図。

【図 7】 一对のターゲットと一对のレーザ距離計との対応関係を示す斜視図。

【図 8】 橋桁に取り付けられた状態における一对のターゲットを側方から見た状態を示す図。

【図 9】 図 8 の矢印 X 方向（つまりレーザ光の入射方向）からターゲットを見た状態を示す図。

【図 10】 レーザ光の入射方向が基準入射方向に対してずれているときのターゲットの変位と距離の計測値との関係を示す図。

【図 11】 一方のターゲットに鉛直方向の変位を与えたときの距離の変化量と、ターゲットの反射部の傾斜角と、レーザ光の入射方向のずれ角との幾何学的関係を示す図。

【図 12】 図 11 の場合におけるずれ角とそれが変位の計測値に与える誤差との幾何学的関係を示す図。

【図 13】 他方のターゲットに鉛直方向の変位を与えたときの距離の変化量と、ターゲットの反射部の傾斜角と、レーザ光の入射方向のずれ角との幾何学的関係を示す図。

【図 14】 図 13 の場合におけるずれ角とそれが変位の計測値に与える誤差との幾何学的関係を示す図。

【図 15】 レーザ光の入射方向が基準入射方向と一致するときの距離の変化量の相互の関係を示す図。

【図 16】 本発明の他の形態に係るターゲットの側面図。

【図 17】 図 16 に示したターゲットの斜視図。

【図 18】 図 16 に示したターゲットの反射部に関する拡大図。

【図 19】 図 18 の反射部を同図の矢印 Z a、Z b、Z c 方向から見た状態をそれぞれ示す図。

【図 20】 図 3 のターゲットの反射部を見下ろした状態を示す図。

【図 21】 本発明のさらに他の形態に係るターゲットの側面図。

【図 22】 図 21 に示したターゲットの斜視図。

【図 23】 図 21 に示したターゲットの反射部に関する拡大図。

【図 24】 図 16 に示したターゲットとレーザ距離計とを利用した変位計測装置の他の形態を示す図。

【図 25】 図 24 の変位計測装置における変位計測の原理を示す図。

【図 26】 ターゲットを構造物等の変位計測対象に取り付けるための他の形態を示す図。

【図 27 A】 レーザ距離計からターゲットまでの距離を 5 m に設定したときの実施例における入射方向のずれ角と変位の計測誤差（変位誤差）との関係を比較例とともに示す図。

【図 27 B】 ターゲットまでの距離を 11 m に設定したときの実施例における入射方向のずれ角と変位の計測誤差（変位誤差）との関係を比較例とともに示す図。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

図 1 及び図 2 は本発明を橋梁の鉛直方向の撓みの計測に適用した形態を示している。つまり、本形態では鉛直方向が変位計測方向に相当する。構造物としての橋梁 1 は、複数の橋脚 2 の間に上部工 3 を架け渡した構成を備えている。但し、橋梁 1 の両端において上部工 3 は橋台に支持されている。橋脚 2 は地中に打たれた不図示の基礎によって支持されている。これらの橋脚 2、橋台及び基礎によって下部工が構成される。上部工 3 は橋脚 2 に両端が支持された複数本の橋桁 3 A と、その橋桁 3 A の上方に配置される床版 3 B とを備えている。但し、上部工 3 の構成は一例であり、これらは適宜に変更可能である。

【0028】

橋桁 3 A の下面 3 a 又は側面 3 b の少なくともいずれか一方の計測対象位置には、変位計測装置 4 の構成要素として一对のターゲット 10 A、10 B が配置され、橋脚 2 の上端面 2 a には変位計測装置 4 の構成要素として一对のレーザ距離計 20 A、20 B が設置されている。一方のレーザ距離計 20 A は一方のターゲット 10 A に向かってレーザ光を射出し、他方のレーザ距離計 20 B は他方のターゲット 10 B に向かってレーザ光を射出す

10

20

30

40

50

る。橋脚 2 に代えて、又は加えて橋台にレーザ距離計 20 A、20 B が設置されてもよい。以下では、橋脚 2 にレーザ距離計 20 A、20 B が設置されているものとして説明を続ける。ターゲット 10 A、10 B の設置箇所及び個数は必要に応じて適宜に変更してよい。橋桁 3 A に代え、又は加えて、床版 3 B にターゲット 10 A、10 B が取り付けられてもよい。以下では橋桁 3 A を計測対象とし、その橋桁 3 A にターゲット 10 A、10 B が取り付けられるものとして説明を続けるが、特に断りのない限りその説明はターゲット 10 A、10 B が床版 3 B に取り付けられる場合にも適用され得るものである。また、ターゲット 10 A、10 B を区別する必要がないときはターゲット 10 と表記することがある。レーザ距離計 20 A、20 B についても、これらを区別する必要がないときはレーザ距離計 20 と表記することがある。

10

#### 【0029】

レーザ距離計 20 の設置箇所は、上部工 3 の計測対象位置に対して鉛直方向に相対的に変位する場所であればよく、橋梁 1 が架け渡された地上面に設置してもよい。すなわち、計測対象位置に対して相対的に変位する位置は、要するに計測対象位置における変位計測方向の変位を観察できる位置であればよく、計測対象位置に対して変位計測方向に異なる位相又は振幅で振動している位置、及び地上面のように、変位計測方向に関して実質的に変位しない位置の両者が含まれる。例えば、橋桁 3 A の中間位置にターゲット 10 を、橋桁 3 A の支持端にレーザ距離計 20 を設置して橋桁 3 A の支持端に対する中間部の撓み等を計測してもよい。

20

#### 【0030】

ターゲット 10 A、10 B は橋桁 3 A に対する取り付けの向きが互いに異なっているが、それらの形状及び大きさは同じである。図 3 は、単一のターゲット 10 を示す斜視図である。ターゲット 10 は、概略三角柱状のターゲット本体 11 を有し、そのターゲット本体 11 の斜面（図に想像線で示す。）に相当する部分が反射部 12 として構成されている。反射部 12 は、複数の小反射面 13 を反射部 12 の一端 12 a から他端 12 b に向かって一定方向（この場合は端面 11 b の法線方向）に漸次位置をずらしながら設けられることにより、全体として階段状に形成されている。ターゲット本体 11 の底面 11 a、端面 11 b 及び側面 11 c は互いに直交する平面に形成されている。小反射面 13 は互いに平行であり、しかも各小反射面 13 の法線方向は底面 11 a と平行である。端面 11 b と平行な方向に関する小反射面 13 の高さ a は互いに等しい。また、底面 11 a と平行な方向に関する小反射面 13 のずれ量 b も互いに等しい。小反射面 13 の個数、高さ a 及びずれ量 b は、計測すべき変位の大きさ、変位計測の分解能、レーザ距離計 20 の仕様、ターゲット 10 とレーザ距離計 20 との距離 L 等の各種の計測条件に応じて適宜に設定してよい。レーザ距離計 20 との関係については後述する。

30

#### 【0031】

ターゲット 10 の材質は適宜に選択してよい。例えば、金属材料、樹脂材料、木材等をターゲット 10 の材質として使用することができる。ターゲット 10 を橋桁 3 A に取り付ける手段としては、万力、ボルト、ナット等の機械的結合手段、接着剤、その他、各種の固定手段を利用することができる。橋桁 3 A のターゲット取付部分が鋼鉄製の場合には、図 3 に想像線で示したようにターゲット本体 11 の底面 11 a 等に磁石 15 を設け、その磁力でターゲット 10 を橋桁 3 A に取り付けることもできる。磁石 15 を利用すれば、橋桁 3 A に塗られた塗料を剥がすことなくターゲット 10 を取り付けられる利点がある。ターゲット 10 の交換や取付位置、姿勢、向き等の変更も容易に行える。ターゲット本体 11 の全体を磁石にて形成してもよい。なお、磁石 15 は永久磁石でもよいし、電磁石でもよい。ターゲット 10 の電源が確保できない場合には永久磁石を利用することになる。磁石を利用して取り付けの場合において、さらに別の固定手段によりターゲット 10 を固定することにより、ターゲット 10 の脱落や位置のずれをより確実に防止するようにしてもよい。屋外構造物等にターゲット 10 を装着する場合にはターゲット 10 に耐候性を付与することが望ましい。耐候性、耐熱性、又は耐寒性に優れた材料（一例として耐熱樹脂材料）にてターゲット 10 を製造すれば、本発明の適用範囲が拡大する。ターゲット 10 を

40

50

樹脂製とした場合は、各種の成形方法が使用できるのでターゲット 10 を安価に製造することができる。

#### 【0032】

図 4 はレーザ距離計 20 の要部を示している。レーザ距離計 20 はいわゆる位相差検出方式の距離計であって、レーザ光を射出する発光部 21 と、その発光部 21 から射出されるレーザ光 LB をターゲット (図 4 では図示略) 10 に向かって折り曲げるミラー 22 と、ターゲット 10 にてレーザ光の入射方向と平行に返される反射光を集光するレンズ 23 と、レンズ 23 で集光された反射光及び発光部 21 から送られる基準レーザ光をそれぞれ受光する受光部 24 と、受光部 24 の出力信号を演算処理する制御部 25 とを備えている。発光部 21 は半導体レーザを光源として備え、制御部 25 からの発光指示に応答して周期 T (例えば 500 Hz) のパルス状のレーザ光 LB をミラー 22 及び受光部 24 に向けて同時に射出する。

10

#### 【0033】

発光部 21 から射出されるレーザ光はビーム状に絞られているものの、実際には微小な広がり角を有しており、そのために橋梁 1 のような比較的大きな構造物を計測する際にはターゲット 10 の照射範囲が無視できない広がりを持つようになる。ターゲット 10 の小反射面 13 の高さ a はそのレーザ光の照射範囲を考慮して決定される。すなわち、図 5 A 及び図 5 B に示すように、ターゲット 10 に照射されるレーザ光 LB のビーム径を D としたとき、2 つ以上の小反射面 13 がレーザ光によって同時に照射されるように、小反射面 13 の高さ a はビーム径 D 以下に設定される。ずれ量 b は、レーザ距離計 20 から射出されるレーザ光の周期を T (秒)、レーザ光の大気中の速度を Vc (mm/秒) としたときに、 $Vc / T$  (mm) 以内に設定することができる。高さ a はずれ量 b よりも小さく制限してもよい。これらの高さ a、ずれ量 b は使用されるレーザ距離計 20 のビーム特性 (ビームの広がり角度、周波数等) に応じて適宜に調整すればよい。

20

#### 【0034】

図 4 に戻って、受光部 24 は発光部 21 から送られる基準レーザ光とターゲット 10 から返された反射光をそれぞれ電気信号に変換して出力する。制御部 25 では、受光部 24 の出力信号を A/D 変換して得られたデジタル信号から基準レーザ光及び反射光に対応したパルス列信号を抽出し、それらのパルス列信号の位相差を利用してレーザ距離計 20 からターゲット 10 までの距離 L を検出する。上記のように、反射光には複数の小反射面 13 からの反射光が含まれており、ターゲット 10 から各小反射面 13 までの距離は互いに異なっているため、反射光に対応した信号にはレーザ光が照射された小反射面 13 の数に相当する複数のパルス列が含まれる。例えば、図 5 A 及び図 5 B に示したようにレーザ光が二つの小反射面 13 に同時に照射されている場合、図 6 に示したように、反射光に対応した出力信号には基準レーザ光に相当するパルス列信号に対して位相差 a を持つパルス列信号と、位相差 b を持つパルス信号とが含まれる。制御部 25 ではこれらのパルス信号の位相差に、それぞれの信号強度  $I_{Na}$ 、 $I_{Nb}$  に対応した重み付け係数を乗じた上で平均化することにより、反射光に対応したパルス列信号の位相差を一意に特定してターゲット 10 までの距離を算出する。信号強度  $I_{Na}$ 、 $I_{Nb}$  は小反射面 13 における照射面積  $S_a$ 、 $S_b$  にそれぞれ対応するため、このような処理により、ターゲット 10 の反射部 12 が階段状であっても、レーザ距離計 20 からターゲット 10 までの距離の変化を連続的に検出できるようになる。3 つ以上の小反射面 13 がレーザ光にて同時に照射される場合でも、信号強度に応じた重み付けを利用して位相差を一意に特定することができる。但し、複数の小反射面 13 からの反射光に基づいて距離を一意に特定する処理方法は上記に限らず、種々の方法を用いてよい。図 5 A ではレーザ光の断面形状を円形としたが、これに限らず、レーザ光の断面形状は楕円形、長円形といった他の形状でもよい。

30

40

#### 【0035】

図 4 に戻って、レーザ距離計 20 の制御部 25 は入出力インターフェース 26 を介して無線通信装置 27 と接続される。一方、レーザ距離計 20 から離間した位置には無線通信装置 30 が設けられ、その無線通信装置 30 はデータ処理装置 31 と接続される。データ

50

処理装置 31 は一対のレーザ距離計 20A、20B に対して共用される。無線通信装置 30 はレーザ距離計 20 毎に設けられてもよいし、レーザ距離計 20A、20B の間で共用されてもよい。

#### 【0036】

データ処理装置 31 は、例えば変位計測を制御するためのソフトウェアがインストールされたパーソナルコンピュータにて構成され、撓み計測のために必要なデータ処理及び各レーザ距離計 20 の制御を実行する。データ処理装置 31 は、計測用のソフトウェアに従って計測に必要な各種の指示を各レーザ距離計 20 の制御部 25 に出力する。制御部 25 はそのデータ処理装置 31 から送られる指示に従って発光部 21 を制御して距離 L の計測を実行する。レーザ距離計 20 にて検出された距離 L は無線通信装置 27、30 を介してデータ処理装置 31 に入力される。データ処理装置 31 では無線通信装置 30 から入力される距離のデータを入出力インターフェース 32 を介して制御部 33 に取り込む。無線通信装置 27、30 の間で使用する通信手順は特に制限するものではないが、例えば無線 LAN に準拠した通信手順を使用すればデータ処理装置 31 等に汎用製品が使用できて便利である。無線通信装置 30 の設置箇所は無線通信装置 27 と相互に通信可能な範囲内である限り特に制限されず、橋梁 1 の付近の屋外、屋内に設置可能である。データ処理装置 31 は無線通信装置 30 と有線接続されてもよいし、電話回線等のネットワーク網を介して無線通信装置 30 と接続されてもよい。なお、レーザ距離計 20 の動作に必要な電力は建造物の外部から電源ラインを引いて供給してもよいし、レーザ距離計 20 に内蔵させたバッテリーにより供給してもよい。太陽発電や風力発電を利用した発電システムを変位計測装置 4 に設けてもよい。

10

20

#### 【0037】

図 7 は、ターゲット 10A、10B とレーザ距離計 20A、20B との関係を示す斜視図である。この図から明らかなように、一対のターゲット 10A、10B は、それぞれの底面 11a が鉛直方向（図の矢印 Y 方向）に対して直交するようにして橋桁 3A に取り付けられる。但し、上下方向の向きは互いに異なる。すなわち、一方のターゲット 10A は、底面 11a が鉛直下方を向くように、他方のターゲット 10B は底面 11a が鉛直上方を向くようにそれぞれ配置されている。これにより、反射部 12 の傾きも鉛直方向に関して互いに逆方向となる。すなわち、一方のターゲット 10A の反射部 12a は水平方向に対して斜め上方に向けられ、他方のターゲット 10B の反射部 12 は水平方向に対して斜め下方に向けられる。レーザ距離計 20A、20B は、ターゲット 10A、10B の反射部 12 に向かって互いに平行なレーザ光を射出するように設置される。

30

#### 【0038】

図 8 は橋桁 3A に取り付けられた状態におけるターゲット 10A、10B を側方から見た状態を示し、図 9 は図 8 の矢印 IX 方向（つまりレーザ光の入射方向）からターゲット 10A、10B を見た状態を示す。これらの図から明らかなように、ターゲット 10A、10B は、鉛直方向に関して互いに逆向きに取り付けられるが、変位計測方向である鉛直方向、及びレーザ光の入射方向（図において左右方向）に関するそれぞれの位置は互いに等しい。また、各反射部 12 は水平方向に関して同一の側に向けられる。

40

#### 【0039】

次に、本形態の変位計測装置 4 を利用して橋桁 3A の鉛直方向の撓みを計測する方法を説明する。まず、ターゲット 10A、10B をその反射部 12 が変位計測方向（鉛直方向）に対して斜めに傾くように、さらに具体的には、小反射面 13 が水平方向を向くようにして橋桁 3A の変位計測位置に固定する。この場合、反射部 12 の傾きは図 3 に示した斜面の方向、言い換えれば反射部 12 の両端部 12a、12b を結ぶ方向によって定義される。一方、レーザ距離計 20 についてはそのレーザ光の射出方向をターゲット 10 の小反射面 13 の法線方向と一致させるようにして橋脚 2 の上端面 2a に設置する。つまり、この形態ではレーザ光のターゲット 10 に対する基準入射方向が水平方向に設定される。なお、ターゲット 10 の反射部 12 に対するレーザ光の実際の入射方向、レーザ距離計 20 におけるレーザ光の受光方向は小反射面 13 の法線方向と厳密に一致しなくてもよい。レ

50

ーザ距離計 20 で受光する反射光の強度が実用上十分に確保されていれば、入射方向や反射方向（受光方向）は小反射面 13 の法線方向に対して幾らかずれていてもよい。基準入射方向と実際の入射方向との間における角度のずれは、後述する方法によってその影響を排除することができる。

【0040】

次に、各レーザ距離計 20 から各ターゲット 10 の反射部 12 に向かってレーザ光を照射し、その反射部 12 から各レーザ距離計 20 に戻ってくる反射光をレーザ距離計 20 で受光してレーザ距離計 20 からターゲット 10 まで（正確にはターゲット 10 におけるレーザ光の反射位置まで）の距離 L を計測する。なお、以下の説明では、レーザ距離計 20 A が計測する距離を L1、レーザ距離計 20 B が計測する距離を L2 と表記することができる。これらの距離を区別する必要がないときは距離 L と表記する。

10

【0041】

レーザ距離計 20 A、20 B が計測した距離 L1、L2 を無線通信装置 27、30 を介してデータ処理装置 31 の制御部 33 に取り込む。データ処理装置 31 の制御部 33 では、取り込まれた距離 L1、L2 の変化量 ΔL1、ΔL2 に基づいて、橋桁 3A（あるいは上部工 3）の鉛直方向の撓み量 Δ を算出する。以下、データ処理装置 31 にて実施される撓み量 Δ の演算方法を説明する。

【0042】

図 10 に示すように、ターゲット 10 A、10 B の反射部 12 へのレーザ光の入射方向が、基準入射方向である水平方向に対して角度 θ ずれていることを前提とし、そのずれの角度 θ を算出する。なお、図 10 では、反射部 12 をその両端部 12a、12b を結ぶ直線（図 3 の想像線に相当。）で代表している。角度 θ はターゲット 10 A、10 B の反射部 12 の水平方向に対する傾斜角であり、既知の値である。一对のターゲット 10 A、10 B 間において、傾斜角 θ の絶対値は互いに等しい。図中の実線は橋桁 3A が撓む前のターゲット 10 を、破線は橋桁 3A が撓んだときのターゲット 10 をそれぞれ示している。距離 L1、L2 は撓み Δ が発生しているときのレーザ距離計 20 の計測値である。図 11 及び図 13 においても同様である。

20

【0043】

図 11 に示すように、橋桁 3A に撓みが生じたことにより、一方のターゲット 10 A に鉛直下方の変位 δ（撓み量 Δ に等しいため、以下では変位 δ と表記する。）が生じた場合を考える。変位 δ が生じる前のレーザ光の反射点を Pa1、変位 δ が生じたときのレーザ光の反射点を Pa2 としたとき、レーザ距離計 20 A の計測値 L1 には ΔL1 の変化が生じる。図 11 の左上は、反射点 Pa1、Pa2 付近の関係を拡大して示したものである。また、図 12 は、反射点 Pa1、Pa2 を結ぶ長さ L1 の線分を斜辺とし、反射点 Pa1 を通過する水平線と、反射点 Pa2 を通る鉛直線とで形成される直角三角形を抜き出して示している。図 11 及び図 12 に示した幾何学的関係から、距離 a、s と変位 δ との間には下式（1）の関係がある。

30

【0044】

【数 5】

$$\tan \theta = \frac{s + \delta}{a} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{但し、} \quad a = \Delta L1 \cdot \cos \alpha$$
$$s = \Delta L1 \cdot \sin \alpha$$

40

【0045】

式（1）から、変位 δ は下式（2）のように記述することができる。

【0046】

【数 6】

$$\delta = \Delta L1(\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \quad \text{..... (2)}$$

【0047】

一方、図13に示すように、他方のターゲット10Bにも、鉛直下方に同一変位  $\delta$  を与えた場合を考える。この場合、変位  $\delta$  が生じる前のレーザ光の反射点を P b 1、変位  $\delta$  が生じたときのレーザ光の反射点を P b 2 としたとき、レーザ距離計 20B の計測値 L 2 には  $L 2$  の変化が生じる。図13の下部は、反射点 P b 1、P b 2 付近の関係を拡大して示したものである。また、図14は、反射点 P b 1、P b 2 を結ぶ長さ  $L 2$  の線分を斜辺とし、反射点 P b 1 を通過する水平線と、反射点 P b 2 を通る鉛直線とで形成される直角三角形を抜き出して示している。図13及び図14に示した幾何学的関係から、距離  $a$ 、 $s$  と変位  $\delta$  との間には下式(3)の関係がある。

10

【0048】

【数 7】

$$\tan \theta = \frac{\delta - s}{a} \quad \text{..... (3)}$$

但し、  $a = \Delta L2 \cdot \cos \alpha$

$s = \Delta L2 \cdot \sin \alpha$

20

【0049】

式(3)から、変位  $\delta$  は下式(4)のように記述することができる。

【0050】

【数 8】

$$\delta = -\Delta L2(\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \quad \text{..... (4)}$$

【0051】

ターゲット10A、10Bの変位  $\delta$  は互いに等しい。つまり、式(2)、(4)の右辺は互いに等しい。この点に着目して、式(2)、(4)を連立方程式として角度  $\alpha$  について解くことにより、下式(5)が得られる。

30

【0052】

【数 9】

$$\Delta L1(\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) = -\Delta L2(\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha)$$

$$(\Delta L1 + \Delta L2)\cos \alpha \cdot \tan \theta = (\Delta L1 - \Delta L2)\sin \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta L1 + \Delta L2}{\Delta L1 - \Delta L2} \tan \theta$$

40

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta L1 + \Delta L2}{\Delta L1 - \Delta L2} \tan \theta\right) \quad \text{..... (5)}$$

【0053】

式(5)を利用すれば、レーザ距離計 20A、20Bのそれぞれの計測値 L 1、L 2 の変化量  $\Delta L 1$ 、 $\Delta L 2$ 、及びターゲット10A、10Bの反射部12の傾斜角  $\theta$  を利用して、角度  $\alpha$  を算出することができる。そして、得られた角度  $\alpha$  を式(2)又は(4)に代入することにより、変位  $\delta$ 、すなわち橋桁 3A の鉛直方向の撓み量  $\delta$  を算出することができる。

50

【 0 0 5 4 】

上記では水平方向に対するレーザ光の入射方向の角度  $\theta$  を算出しているが、式 ( 2 )、( 4 )、( 5 ) から角度  $\theta$  を用いることなく、変位  $\delta$  を表現すれば以下の通りである。

【 0 0 5 5 】

【 数 1 0 】

$$\delta = \Delta L1(\cos \alpha \cdot \tan \theta - \sin \alpha) \dots\dots\dots (2)$$

$$= -\Delta L2(\cos \alpha \cdot \tan \theta + \sin \alpha) \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{2 \cdot \Delta L1 \cdot \Delta L2 \cdot \tan \theta}{\sqrt{(\Delta L1 - \Delta L2)^2 + (\Delta L1 + \Delta L2)^2 \cdot \tan^2 \theta}} \dots\dots\dots (6)$$

10

【 0 0 5 6 】

従って、レーザ距離計 2 0 A、2 0 B の計測値  $L1$ 、 $L2$  を取り込んでそれぞれの変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  を算出し、予め判明している傾斜角  $\alpha$  とともに、それらの変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  を式 ( 6 ) に代入することにより、角度  $\theta$  の算出を省略して、変位  $\delta$  を算出することができる。

【 0 0 5 7 】

以上のように、本形態の変位計測装置 4 によれば、傾斜した反射部 1 2 を有する一対の同形同大のターゲット 1 0 A、1 0 B をそれらの反射部 1 2 の傾きが鉛直方向に関して互いに逆向きとなるようにして橋桁 3 A の変位計測位置に設置し、それらのターゲット 1 0 に対してレーザ距離計 2 0 から互いに平行なレーザ光を照射しているため、レーザ光の入射方向のずれ  $\theta$  の影響を排除して、橋桁 3 A の正確な撓み量  $\delta$  を計測することができる。

20

【 0 0 5 8 】

上記の形態では、レーザ光の入射方向が基準入射方向に対してずれていることを前提とし、その角度のずれの影響が排除されるようにして撓み量  $\delta$  を求めたが、本形態の変位計測装置 4 では、レーザ距離計 2 0 A、2 0 B のそれぞれから出力される計測値  $L1$ 、 $L2$  の変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  を利用して、入射方向のずれ角  $\theta$  がゼロとなるようにレーザ距離計 2 0 A、2 0 B の向きを補正することもできる。すなわち、図 1 5 に示したように、レーザ光の入射方向が水平方向に一致していれば、レーザ距離計 2 0 A、2 0 B のそれぞれの計測値の変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  は絶対値が互いに等しく、かつ方向が互いに逆となる。従って、角度  $\theta$  がゼロのときは変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  の和はゼロとなる。従って、データ処理装置 3 1 にて変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  の和を演算し、その和がゼロとなるようにレーザ距離計 2 0 A、2 0 B の向きを補正すれば、レーザ光の入射方向を水平方向に一致させることができる。

30

【 0 0 5 9 】

本発明は上記の形態に限ることなく、種々の形態にて実施することができる。例えば、ターゲット 1 0 の反射部 1 2 は階段状の構成に限らない。レーザ光を入射方向と逆向きに返すことができるものであればその構成は適宜に変更可能である。反射部 1 2 を波状に構成してもよい。小反射面 1 3 を設ける場合でも、各小反射面 1 3 に凹凸を付してもよい。さらに、反射部 1 2 は、図 3 の想像線に沿った一定勾配の斜面状に形成されてもよい。

40

【 0 0 6 0 】

また、上記の形態では、レーザ距離計 2 0 A、2 0 B が距離検出手段に、データ処理装置 3 1 が変位算出手段にそれぞれ相当するが、これらは適宜の変更が可能である。例えば、レーザ距離計 2 0 は、ターゲット 1 0 毎に互いに独立して設けられているが、一対のレーザ距離計 2 0 A、2 0 B を一体型の距離計ユニットとして構成し、その距離計ユニットから各ターゲットに向けて互いに平行な一対のレーザ光を射出させてもよい。本形態では、レーザ距離計 2 0 A、2 0 B のそれぞれで距離  $L1$ 、 $L2$  を計測し、それらの距離  $L1$ 、 $L2$  をデータ処理装置 3 1 に出力して変化量  $\Delta L1$ 、 $\Delta L2$  を計測するものとしたが、

50

レーザ距離計 20 A、20 B のそれぞれにて距離の変化量を計測し、それらの計測値をデータ処理装置 31 に出力して変位を演算してもよい。

【0061】

本発明において、変位の計測方向は鉛直方向に限ることなく、適宜の方向を変位計測方向として設定することができる。例えば、上部工の幅方向を変位計測方向として設定してもよい。この場合には、一对のターゲット 10 A、10 B を鉛直方向に連ねて配置すればよい。さらに、本発明は、橋梁の上部工の変位の計測に限らず、各種の構造物の計測に適用することができる。さらには、構造物以外にも、山の斜面といった地形その他、各種の計測対象の適宜の位置を計測対象位置として設定して、その特定方向の変位を本発明で計測してよい。

10

【0062】

次に、本発明の他の形態に係るターゲットを説明する。図 16 は本発明の変位計測装置に適用可能な他のターゲット 100 の側面図、図 17 はその斜視図である。これらの図に示すように、ターゲット 100 は、概略三角形形状のターゲット本体 101 を有し、そのターゲット本体 101 の斜面に相当する部分が反射部 102 として構成されている。ターゲット本体 101 の底面 101 a、端面 101 b 及び側面 101 c は互いに直交する平面に形成されている。反射部 102 には、複数の小反射面 103 が反射部 102 の一端 102 a から他端 102 b に向かって一定方向（この場合は端面 101 b の法線方向）に漸次位置をずらしながら設けられることにより、全体として階段状に形成されている。小反射面 103 は互いに平行であり、しかも各小反射面 103 の法線方向は底面 101 a と平行である。言い換えれば、小反射面 103 は、それらの法線方向及びターゲット 100 の高さ方向（法線方向と直交する方向）のそれぞれに漸次位置をずらしながら配置されている。端面 101 b と平行な高さ方向に関する小反射面 103 の高さ a は互いに等しい。また、底面 101 a と平行な奥行き方向に関する小反射面 103 のずれ量 b も互いに等しい。以上の点は図 3 のターゲット 10 と同様である。なお、本形態においても、小反射面 103 の個数、高さ a 及びずれ量 b は、計測すべき変位の大きさ、変位計測の分解能、レーザ距離計 20 の仕様、ターゲット 100 とレーザ距離計 20 との距離 L 等の各種の計測条件に応じて適宜に設定してよい。

20

【0063】

さらに、本形態のターゲット 100 では、小反射面 103 間に存在する非反射面 104 が、小反射面 103 の法線方向に対して斜めに傾けられている。図 18 は反射部 102 の拡大図である。反射部 102 の両端 102 a、102 b を結ぶ線分 L a をターゲット本体 101 の斜面としたとき、非反射面 104 はその斜面の傾きと逆向きに傾けられている。言い換えれば、図 18 中に矢印 Z a に示したように、反射部 102 を小反射面 103 の法線方向から見たとき、非反射面 104 はその前端から後端に向かって下り勾配を描くように傾けられることにより、小反射面 103 よりも高さ方向に後退している。このように非反射面 104 を傾けることにより、反射部 102 を小反射面 103 の法線方向から見たときに、各小反射面 103 が部分的に重なり合う。具体的には、各小反射面 103 の上部が一つ後方の小反射面 103 の下部と重なり合う。非反射面 104 の傾きは適宜に定めてよい。一例として、一つの非反射面 103 の高さが a、小反射面 103 同士の水平方向（小反射面 103 の法線方向）の間隔が b のとき、非反射面 104 の勾配が  $a/2b$  となるように非反射面 104 の傾きが設定される。なお、図 18 に示されているように、小反射面 103 には、レーザ光に対する反射率を高めるための反射シート 105 が貼り付けられている。但し、十分な反射率が確保できる場合には反射シート 105 を省略してもよい。

30

40

【0064】

以上のように構成されたターゲット 100 によれば、非反射面 104 に上記のような傾斜が付されているため、レーザ光の入射方向が小反射面 103 の法線方向からずれた場合でも、非反射面 104 へのレーザ光の入射を抑えることができる。その理由は次の通りである。図 18 に矢印 Z a で示すように反射部 102 を小反射面 103 の法線方向から見た場合、矢印 Z b に示すように反射部 102 を見下ろした場合、矢印 Z c に示すように反射

50



部 102 を見上げた場合の反射部 102 の見え方を図 19 にそれぞれ示す。矢印 Z a 方向及び矢印 Z c 方向から反射部 102 を見た場合には非反射面 104 が隠れて見えないことは当然であるが、本形態では、矢印 Z b 方向から反射部 102 を見た場合であっても、その視線方向の法線方向からのずれ角が、小反射面 103 の法線方向に対する非反射面 104 の傾斜角以内であれば非反射面 104 は隠れて見えない。よって、非反射面 104 へのレーザ光の入射が抑えられる。従って、ターゲット 100 の設置誤差に関する許容度が高く、レーザ光の入射方向が小反射面 103 の法線方向から多少ずれても安定して計測を行うことができる。これに対して、上述したターゲット 10 では、反射部 12 を見下ろした場合、図 20 に示すように小反射面（ハッチング領域）13 間に非反射面 14 が露出し、その露出部分にレーザ光が入射する。非反射面 14 へのレーザ光の入射を避けるためには、レーザ光の入射方向を小反射面 13 の法線方向又は反射部 12 を見上げる方向に制限する必要がある。

10

#### 【0065】

図 21 は本発明のさらに他の形態に係るターゲット 110 の側面図、図 22 はその斜視図である。これらの図に示すように、ターゲット 110 は、概略三角形のターゲット本体 111 を有し、そのターゲット本体 111 の斜面に相当する部分が反射部 112 として構成されている。ターゲット本体 111 の底面 111 a、端面 111 b 及び側面 111 c は互いに直交する平面に形成されている。反射部 112 には、複数の小反射面 113 が反射部 112 の一端 112 a から他端 112 b に向かって一定方向（この場合は端面 111 b の法線方向）に漸次位置をずらしながら設けられることにより、全体として階段状に形成されている。小反射面 113 は互いに平行であり、しかも各小反射面 113 の法線方向は底面 111 a と平行である。言い換えれば、小反射面 113 は、それらの法線方向及びターゲット 110 の高さ方向（法線方向と直交する方向）のそれぞれに漸次位置をずらしながら配置されている。端面 111 b と平行な高さ方向に関する小反射面 113 の高さ a は互いに等しい。また、底面 111 a と平行な奥行き方向に関する小反射面 113 のずれ量 b も互いに等しい。以上の点は図 3 のターゲット 10 と同様である。なお、本形態においても、小反射面 113 の個数、高さ a 及びずれ量 b は、計測すべき変位の大きさ、変位計測の分解能、レーザ距離計 20 の仕様、ターゲット 100 とレーザ距離計 20 との距離 L 等の各種の計測条件に応じて適宜に設定してよい。

20

#### 【0066】

図 23 に詳しく示したように、本形態のターゲット 110 では、小反射面 113 間に存在する非反射面 114 が小反射面 113 と直交する平面状に形成される一方で、小反射面 113 はそれらの非反射面 114 を超えて上方に突出する。これにより、反射部 112 を小反射面 113 の法線方向（図 23 の矢印 Z a 方向）から見たときに、非反射面 114 が小反射面 103 よりも高さ方向に一樣に後退する。これにより、各小反射面 113 が部分的に重なり合う。具体的には、反射部 112 を小反射面 113 の法線方向から見たとき、各小反射面 113 の上部が一つ後方の小反射面 113 の下部と重なり合う。非反射面 114 からの小反射面 113 の突出量は適宜に定めてよい。一例として、小反射面 113 の全高を a としたときに、非反射面 114 からの小反射面 113 の突出量が  $a/2$  に設定される。なお、図 23 に示されているように、小反射面 113 には、レーザ光に対する反射率を高めるための反射シート 115 が貼り付けられている。但し、十分な反射率が確保できる場合には反射シート 115 を省略し、ターゲット本体 111 の素材そのもので小反射面 113 を形成してもよい。反射シート 115 が十分な剛性を有している場合には、図 3 のターゲット 10 の小反射面 13 上に、その小反射面 13 よりも全高が大きい反射シート 115 を固定することによりターゲット 110 を構成してもよい。

30

40

#### 【0067】

以上のターゲット 110 においては、図 18 及び図 19 のターゲット 100 と同様に反射部 112 を矢印 Z b 方向から見下ろした場合でも、一定範囲では非反射面 114 が小反射面 113 に隠れて見えない。従って、本形態のターゲット 110 によっても、非反射面 114 へのレーザ光の入射が抑えられ、ターゲット 110 の設置誤差に関する許容度が高

50

くなる。

【 0 0 6 8 】

なお、上述したターゲット 1 0 0、1 1 0 は、図 1 に示した形態、すなわち、一箇所の変位計測対象位置に関して 2 組のターゲット 1 0 とレーザ距離計 2 0 とを使用する変位計測装置又は方法に適用される例に限らない。図 2 4 に示したように、一箇所の変位計測対象位置に関して 1 組のターゲット 1 0 0 とレーザ距離計 2 0 とを使用して変位を計測する場合でも、非反射面 1 0 4 へのレーザ光の入射を抑えて変位計測の安定性を高めることが可能である。よって、レーザ光の入射方向が小反射面 1 1 3 の法線方向から多少ずれても安定して計測を行うことができる。

【 0 0 6 9 】

図 2 4 のように 1 組のターゲット 1 0 0 とレーザ距離計 2 0 とを利用する場合には、レーザ距離計 2 0 からターゲット 1 0 0 の反射部 1 0 2 に向かってレーザ光を照射し、その反射部 1 0 2 からレーザ距離計 2 0 に戻ってくる反射光をレーザ距離計 2 0 で受光してレーザ距離計 2 0 からターゲット 1 0 0 まで（正確にはターゲット 1 0 におけるレーザ光の反射位置まで）の距離を計測する。その計測された距離を  $L_s$  とすれば、図 2 5 に示す要領で変位を算出することができる。すなわち、橋桁 3 A 等の構造物（変位計測対象）が基準状態に対して鉛直方向に  $Y$  だけ撓んだ場合、ターゲット 1 0 0 の反射部 1 0 2 も撓み  $Y$  に相当するだけ下方に変位し、その鉛直方向のターゲット 1 0 0 の変位に伴って距離  $L_s$  が  $L_s$  に変化する。それらの距離の変化量が  $X$ （ $= L_s - L_s$ ）であったとしたとき、ターゲット 1 0 0 の底面 1 0 1 a に対する反射部 1 0 2 の傾斜角を  $\theta$  とすれば、 $X$  と  $Y$  との間には次式（7）の関係が成立する。

【 0 0 7 0 】

【 数 1 1 】

$$Y = X \cdot \tan \theta \quad \text{..... (7)}$$

【 0 0 7 1 】

この式（7）の関係を利用して、レーザ距離計 2 0 の距離の変化量  $X$  から橋桁 3 A 等の変位  $Y$  を算出すればよい。なお、上記では、レーザ距離計 2 0 から距離  $L_s$  を出力させているが、レーザ距離計 2 0 から距離  $L_s$  の変化量  $X$ （ $= L_s - L_s$ ）を出力させてもよい。ターゲット 1 1 0 に関しても同様に、1 組のターゲットとレーザ距離計とを使用する形態の変位計測装置又は方法に適用可能であり、その場合の変位の算出は上記と同様でよい。

【 0 0 7 2 】

図 2 6 はターゲットの取付構造に関する形態を示す。本形態は、上述したターゲット 1 0、1 0 0、1 1 0 のいずれに対しても適用可能であるが、ここではターゲット 1 0 を例にして説明する。本形態では、ターゲット 1 0 と計測対象の構造物 1 2 0 との間に基台 1 2 1 が配置されている。基台 1 2 1 は、不図示の固定手段により構造物 1 2 0 に固定されている。その固定手段としては、ボルト、リベット、磁石、溶接等の適宜の手段を用いてよい。ターゲット 1 0 には中抜き部 1 6 が設けられており、その中抜き部 1 6 にはターゲット 1 0 と基台 1 2 1 とを連結する手段として、複数本のボルト 1 2 2 がねじ込まれている。各ボルト 1 2 2 の先端部は、基台 1 2 1 に回転自在かつ軸線方向には移動不能に取り付けられている。従って、ボルト 1 2 2 を個別に回転させることにより、ターゲット 1 0 の取り付け高さを適宜に調整することができる。また、ターゲット 1 0 の構造物 1 2 0 に対する傾きも調整可能である。

【 実施例 】

【 0 0 7 3 】

図 1 に示す形態の変位計測装置の効果を確認すべく、図 7 に示すようにターゲット 1 0 A、1 0 B 及びレーザ距離計 2 0 A、2 0 B を設置し、ターゲット 1 0 A、1 0 B に鉛直方向の変位を与えたときの当該変位をレーザ距離計 2 0 A、2 0 B にて計測してその精度

10

20

30

40

50

を評価した。実験結果を、比較例とともに図 27 A 及び図 27 B に示す。なお、図 7 の距離  $L_{ref}$  は 5 m、11 m の 2 種類に設定した。入射方向のずれ角  $\theta$  は、距離  $L_{ref}$  が 5 m の場合において、 $-5^\circ \sim 5^\circ$  の間で  $1^\circ$  ずつ変化させ、距離  $L_{ref}$  が 11 m の場合において、 $-1^\circ \sim 5^\circ$  の間での間で  $1^\circ$  ずつ変化させた。ターゲット 10 A、10 B の小反射面 13 の高さ (図 3 の寸法 a) は 5 mm、小反射面 13 同士の基準入射方向における距離 (図 3 の寸法 b) は 10 mm とした。測定で使用したレーザ距離計 20 A、20 B は、ジック (Sick) 株式会社の DME 2000 である。

【0074】

実験では、ターゲット 10 A、10 B に与えた変位を、 $1/500$  mm の精度を有する接触式変位計にて計測し、その計測値を基準値とした。基準値と、レーザ距離計 20 A、20 B から出力される距離  $L_1$ 、 $L_2$  の変化量  $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$ 、及び既知の傾斜角  $\theta$  を上式 (10) に代入して得られた変位とを比較して変位の計測誤差を求めた。図 27 A は距離  $L_{ref}$  が 5 m の場合におけるずれ角  $\theta$  を横軸に、変位の計測誤差を縦軸にとって示している。図 27 B は距離  $L_{ref}$  が 11 m の場合である。比較例 1 は、ターゲット 10 A のみを用いて変位を計測した場合の計測誤差を、比較例 2 はターゲット 10 B のみを用いて変位を計測した場合の計測誤差を示している。但し、比較例 1、2 では、レーザ距離計 20 にて計測された距離の変化量を  $\Delta L$  としたとき、その変化量  $\Delta L$  と傾斜角  $\theta$  における正接関数との積により変位  $\Delta x$  を算出した。つまり、 $\Delta x = \Delta L \cdot \tan \theta$  とした。

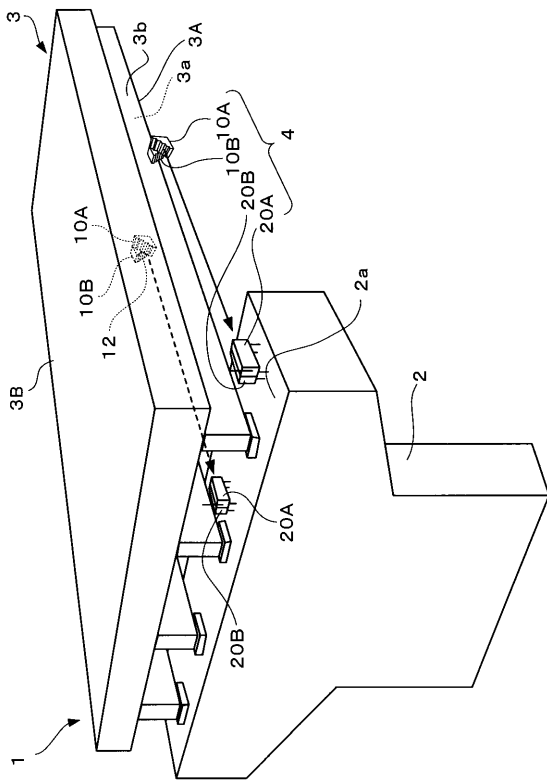
10

【0075】

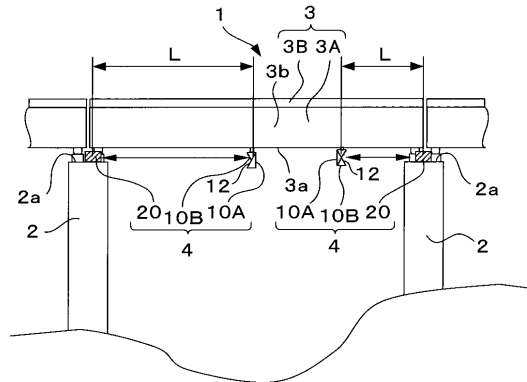
図 27 A、16 B から明らかなように、ずれ角  $\theta$  がゼロ又はその近傍では実施例と比較例 1、2 との間で変位誤差に大きな差は見られないが、ずれ角  $\theta$  が増加するに従って、比較例 1、2 では変位誤差が拡大するのに対して、実施例ではそのような傾向が小さい。よって、本発明によれば、変位  $\Delta x$  をより正確に測定できることが確認された。

20

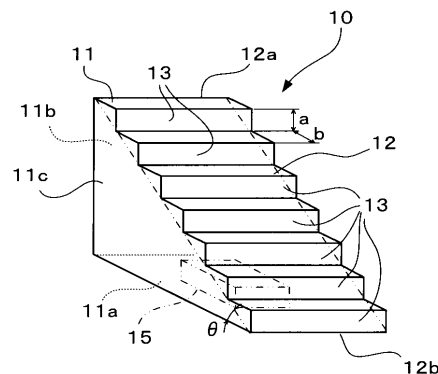
【図 1】



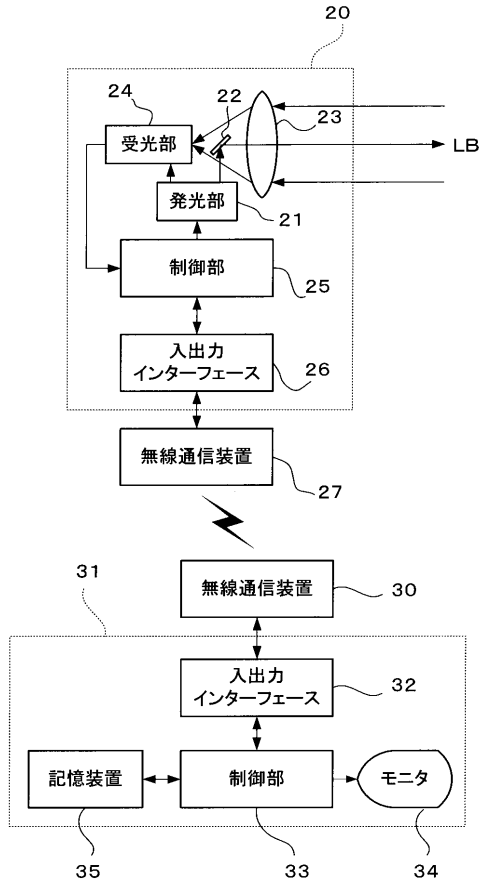
【図 2】



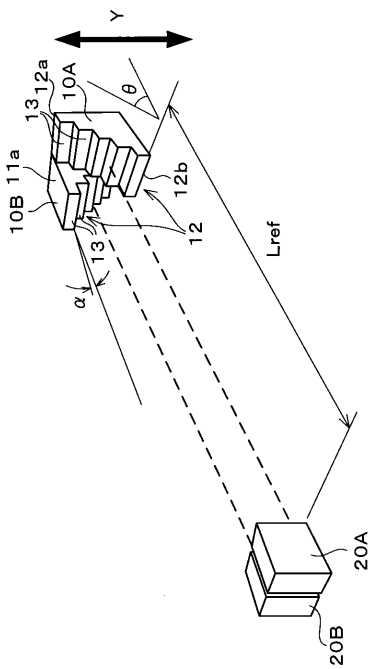
【図 3】



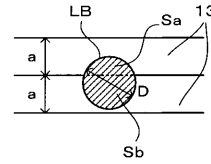
【図4】



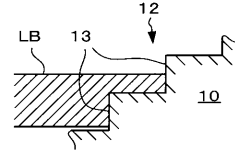
【図7】



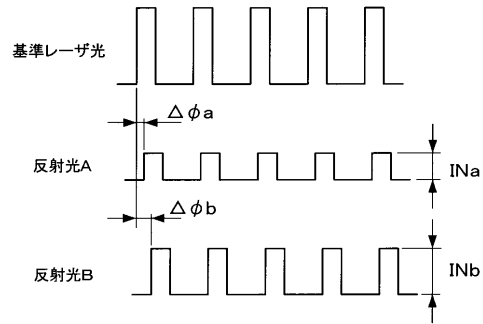
【図5A】



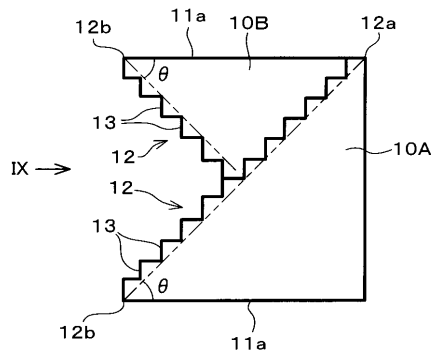
【図5B】



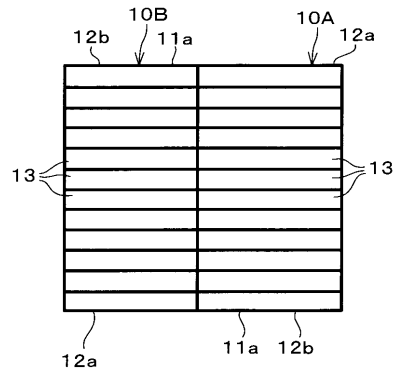
【図6】



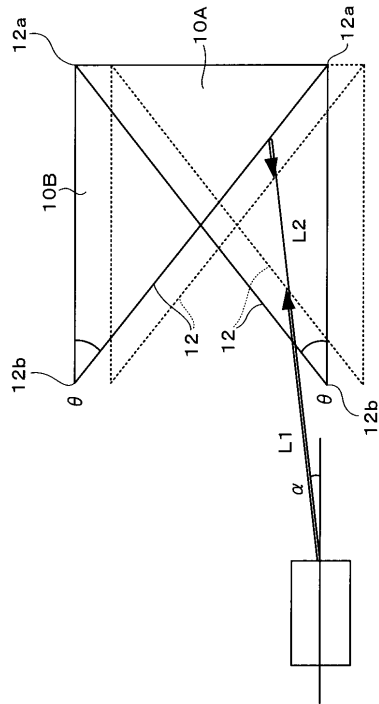
【図8】



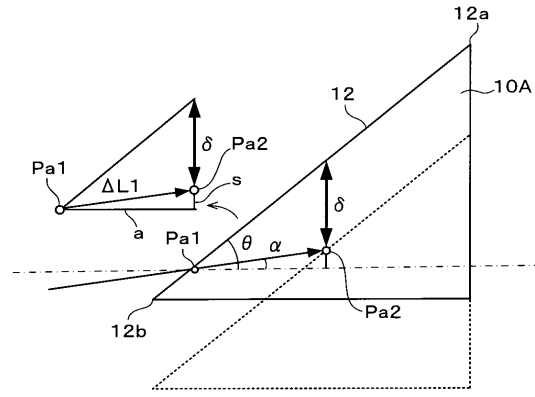
【図9】



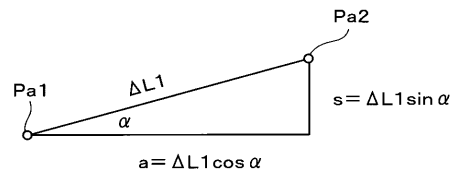
【 図 1 0 】



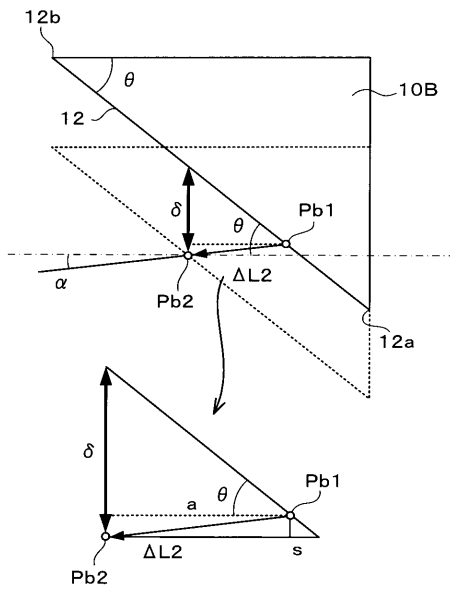
【 図 1 1 】



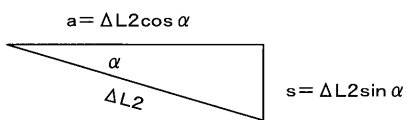
【 図 1 2 】



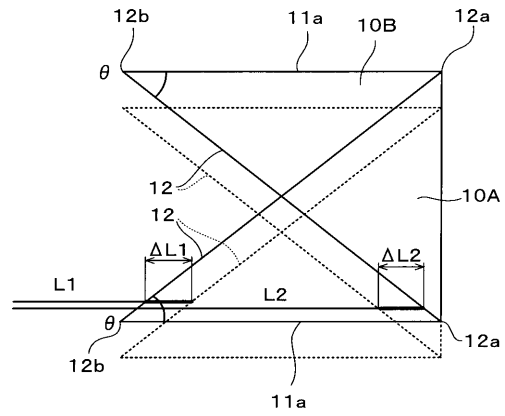
【 図 1 3 】



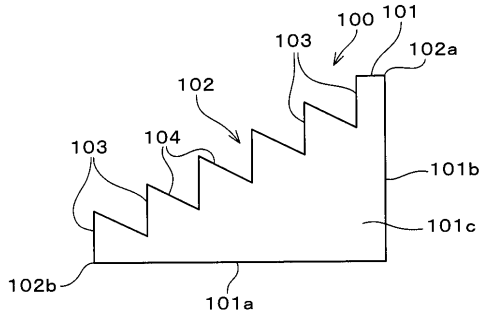
【 図 1 4 】



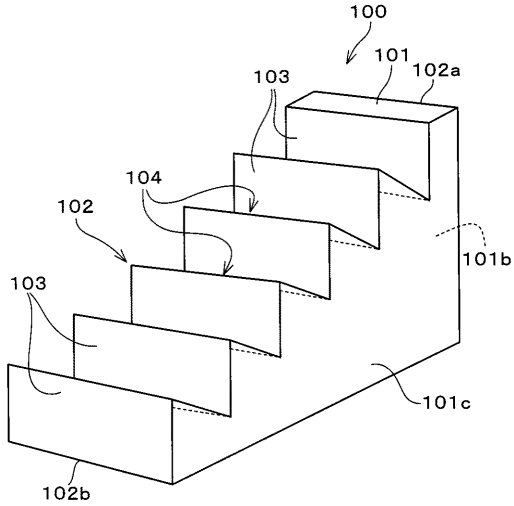
【 図 1 5 】



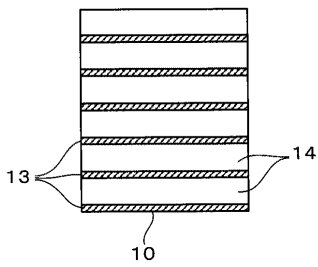
【 図 1 6 】



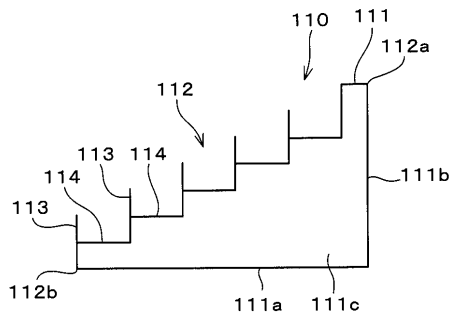
【 図 1 7 】



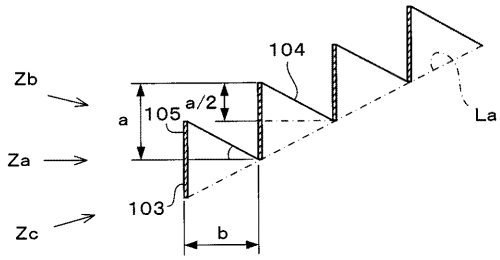
【 図 2 0 】



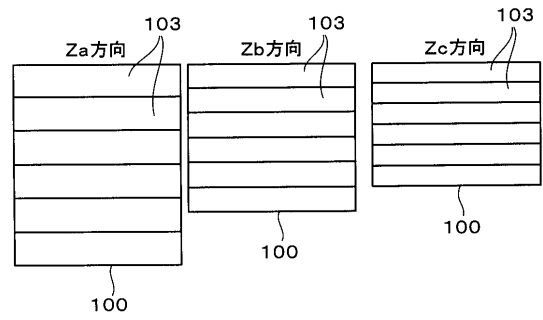
【 図 2 1 】



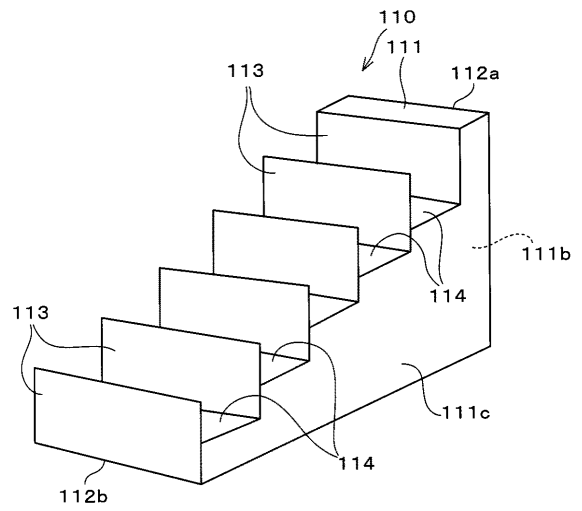
【 図 1 8 】



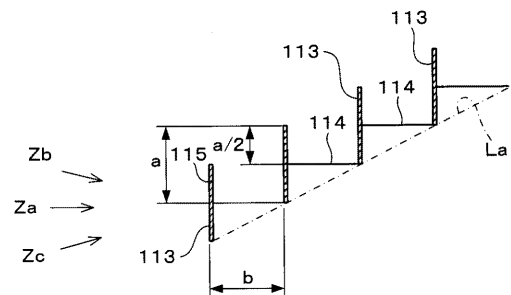
【 図 1 9 】



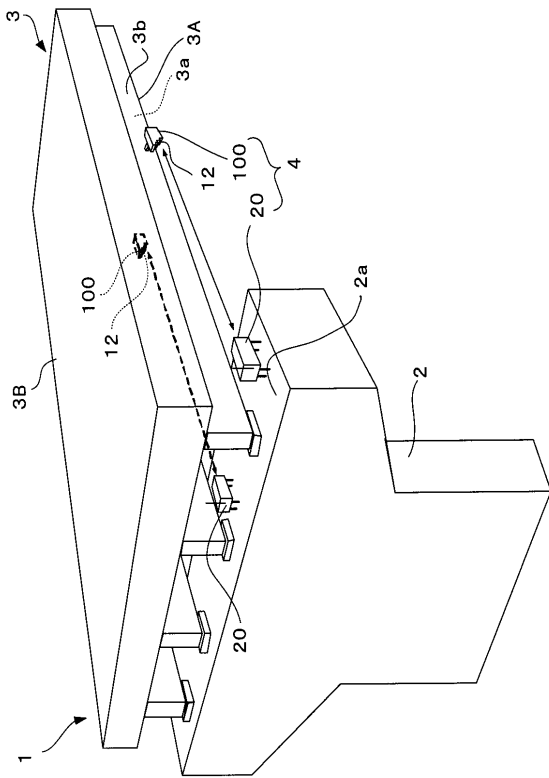
【 図 2 2 】



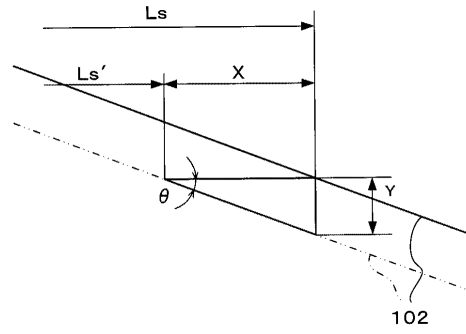
【 図 2 3 】



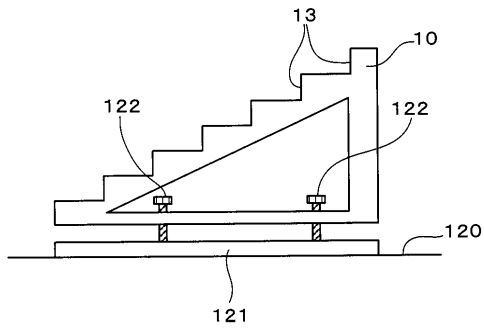
【 図 2 4 】



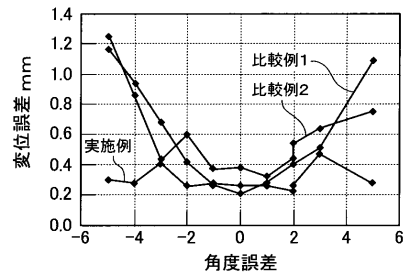
【 図 2 5 】



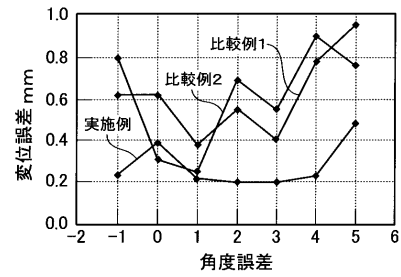
【 図 2 6 】



【 図 2 7 A 】



【 図 2 7 B 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2008/056391
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> G01C15/06(2006.01)i, G01B11/16(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01M19/00(2006.01)i, G01B21/32(2006.01)n  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01C15/00-15/06, G01B11/00-11/30, G01M19/00  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/11386 A1 (Kyoto University), 02 February, 2006 (02.02.06), Full text; all drawings & US 2008/30710 A1	1-15
A	JP 8-327400 A (Fujitsu Ltd.), 13 December, 1996 (13.12.96), Claim 1; Par. Nos. [0014], [0015]; Fig. 3 (Family: none)	1-15
A	JP 2002-131018 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 May, 2002 (09.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 June, 2008 (20.06.08)		Date of mailing of the international search report 01 July, 2008 (01.07.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2008/056391

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-74636 A (The Japan Highway Public Corp.), 14 March, 2000 (14.03.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 5 6 3 9 1	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01C15/06(2006.01)i, G01B11/16(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01M19/00(2006.01)i, G01B21/32(2006.01)n			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01C15/00-15/06, G01B11/00-11/30, G01M19/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	WO 2006/11386 A1 (国立大学法人京都大学) 2006.02.02, 全文, 全図 & US 2008/30710 A1	1-15	
A	JP 8-327400 A (富士通株式会社) 1996.12.13, 【請求項1】, 【0014】, 【0015】, 図3 (ファミリーなし)	1-15	
A	JP 2002-131018 A (松下電器産業株式会社) 2002.05.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献	
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 20.06.2008		国際調査報告の発送日 01.07.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 丑田 真悟	2 S 3 1 0 0
		電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2008/056391
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-74636 A (日本道路公団) 2000.03.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 2F065 AA02 AA06 AA09 AA20 AA65 BB27 CC14 DD11 FF13 FF41  
GG04 HH04 JJ05 LL12 LL18 QQ03 QQ25 QQ30 UU09

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。