

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11)特許番号

第2528735号

(45)発行日 平成 8 年(1996) 8 月28日

(24)登録日 平成 8 年(1996) 6 月14日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 7/06			G 0 1 C 7/06	

請求項の数2 (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平2-274196	(73)特許権者	999999999 建設省土木研究所 茨城県つくば市大字旭1番地
(22)出願日	平成2年(1990)10月13日	(73)特許権者	999999999 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(65)公開番号	特開平4-148821	(72)発明者	高津 知司 茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所内
(43)公開日	平成4年(1992)5月21日	(72)発明者	岩見 吉輝 茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所内
		(74)代理人	弁理士 押田 良久
		審査官	渡部 葉子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 管路の精密三次元位置検出方法およびその装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】隣接する2つの管の管軸に交差する、それぞれ2つずつ、計4つの平面と2つの管の内壁の交点によって作られる図形において任意の点の仮想質量をm(一定)とし、それぞれの図形の三次元座標を計測しその重心を求めることにより、2つの隣接する管のそれぞれの中心軸(管軸)の三次元方程式を求め、隣接する管の相対的な折れ曲り角度の大きさ、折れ曲り方位、段違い量、段違い方位を幾何学的に算出し、それらのある座標を基準に加算して求めることを特徴とする管路の精密三次元位置検出方法。

【請求項2】管内を走行する管内走行体、該管内走行体の前部に位置し計測を実施する測定部、および管外に設置され、管内走行体の動作を制御し、管内走行体からの信号を処理する制御・信号処理部とからなり、管内走行

2

体は走行用ローラ、管内固定脚、および姿勢制御用ローラを備え、測定部は管内走行体に管軸方向に突設したモータ駆動される回転軸を中心にして管の円周方向に、複数の測定足と摺動足を介して管内壁に摺接しながら回転する測定竿と、前記管内走行体の位置確認用撮像器を有し、前記測定足は管内壁と測定竿との距離を測定する距離計を備え、各距離計による計測値は回転角計により、前記回転軸の回転角に対応して計測されるごとく構成され、制御・信号処理部は前記測定足の距離計の計測値に基づいて管路の三次元位置を演算して出力する機能を備えていることを特徴とする管路の三次元位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

産業上の利用分野

この発明は、主として地中に埋設されている配管の三

10

次元位置（施工計画線からのずれ）を精密に求める方法および装置に関するものである。

従来の技術

従来、地中に埋設されている配管の布線形状および埋設位置の計測は、下記①～⑥等の方式によって行われていた。

- ① 地中埋設物に流した誘導電流によって発生する交流磁界を地上で検知する電磁誘導方式。
- ② 片側の管端よりレーザー等の直進性の高い光を発進させ、もう片側でスクリーンによりその光を受け変位を測定する光学的方式。
- ③ 地上から高周波電波を発信し、エコー信号の伝播時間から幾何学的に埋設位置を算出する地中レーダー方式。
- ④ 流体を封入したケーブルを配管内に移動させ、深度により変化する当該流体圧をケーブルの先端部の圧力センサーで測定し、圧力変動から深度を測定する液体方式。
- ⑤ 管内自走車にジャイロを組み込み管内を走行させることにより、配管を三次元的に計測するジャイロ方式。
- ⑥ 管内自走車に折れ角計と傾斜計を組み込み管内を走行させることにより、配管を三次元的に連続計測する折れ角計方式。

発明が解決しようとする課題

しかしながら前記した①～⑥の方式には下記のような問題点があり、実用性に乏しかった。

すなわち、①電磁誘導方式では、近傍金属体や大地の影響で磁界が乱れると計測精度が悪くなる。

②光学的方式では、管内の温度の部分によるばらつきによる光の屈折の影響で精度が悪くなり、また両管端の変位しか測定できない。

③地中レーダー方式では、道路舗装、土質の影響で検出すべき信号に反射信号が重畳して計測精度が悪くなる。

④液体方式では、水平位置計測が不可能であり、かつ計測手段が押し込み方式なので時間、労力を要し、連続的な計測が困難である。

⑤ジャイロ方式は、設備（装置）費用が高価であり、移動中に計測するため、振動等の影響で精度が不十分である。また管に段違いがある場合測定が困難である。

⑥折れ角計方式は、管内壁の表面性状によっては誤差が大きくなり、再現性に乏しい。また管に段違いがある場合、測定が困難である。

この発明は、従来の前記①～⑥の問題点を解決し、管路の三次元位置を精度よく検出することが可能な管路の精密三次元位置検出方法および装置を提案しようとするものである。

課題を解決するための手段

この発明は、隣接する2つの管の管軸に交差する、それぞれ2つづつ、計4つの平面と2つの管の内壁の交点

によって作られる図形において任意の点の仮想質量をm（一定）とし、それぞれの図形の三次元座標を計測しその重心を求めることにより、2つの隣接する管のそれぞれの中心軸（管軸）の三次元方程式を求め、隣接する管の相対的な折れ曲り角度の大きさ、折れ曲がり方位、段違い量、段違い方位を幾何学的に算出し、それらのある座標を基準に加算することにより、ある配管路の三次元位置を求める方法を要旨とするものである。

また、この発明方法を実施するための装置としては、管内を走行する管内走行体、該管内走行体の前部に位置し計測を実施する測定部、および管外に設置され、管内走行体の動作を制御し、管内走行体からの信号を処理する制御・信号処理部とからなり、管内走行体は走行用ローラ、管内固定脚、および姿勢制御用ローラを備え、測定部は管内走行体に管軸方向に突設したモータ駆動される回転軸を中心にして管の円周方向に、複数個の測定足と摺動足を介して管内壁に摺接しながら回転する測定竿と、前記管内走行体の位置確認用撮像器を有し、前記測定足は管内壁と測定竿との距離を測定する距離計を備え、各距離計による計測値は回転角計により、前記回転軸の回転角に対応して計測されるごとく構成され、制御・信号処理部は前記測定足の距離計の計測値に基づいて管路の三次元位置を演算して出力する機能を備えたものである。

作用

ある配管路の三次元位置すなわち施工計画線からのずれは、隣接する管において、折れ曲がり角度の大きさ、折れ曲り方位、段違い量、段違い方位を求め、それらのある座標を基準に加算することによって求められる。

そこで、2つの隣接する管においてそれぞれの中心軸（管軸）の三次元方程式を求めれば、隣接する管の相対的な折れ曲り角度の大きさ、折れ曲り方位、段違い量、段違い方位を幾何学的に算出できる。

したがって、この発明によれば、①幾何学計測の為、近傍金属体や大地、道路舗装、土質の影響が無いので精度が高い、②光学的方法を使用しないので温度変化の影響を受けない、③三次元計測が可能である、④採取データが単純で、設備が小さいので、時間、労力、設備（装置）費用が少ない、⑤ある折れ曲り部に停止して全円周を計測するので、振動、管内壁の表面性状による外乱が均され、その影響が少なくなり精度が高まる、⑥管の段違いの計測が可能である、という条件のもと、配管の三次元位置を精度よく求めることができる。

実施例

管の中心軸の三次元方程式を求める方法について、第4図、第5図を参照して説明する。

(I) 重心の計算

管nの管軸 $1_1$ に交差する2つの平面を $a_1$ 、 $a_2$ とし、管n+1の管軸 $1_2$ に交差する2つの平面を $a_3$ 、 $a_4$ とする。 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ と管n、n+1の内壁面との交点によ

10

20

30

40

50

5

6

って作られる図形をそれぞれB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>とする。

\* m (一定) とすると、ある座標系 (座標系とする) に

図形B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>において、任意の点の仮想質量を\* おいて、それぞれの重心は下記の式で求められる。

重心 ( X<sub>G</sub>、 Y<sub>G</sub>、 Z<sub>G</sub> )

$$= \left( \frac{\sum m_i X_i}{M}, \frac{\sum m_i Y_i}{M}, \frac{\sum m_i Z_i}{M} \right)$$

ただし、  
M: 総重量

(X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, Z<sub>i</sub>) (i = 1 ~ n) : 連続した閉じた曲線  
よって、いま、(X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>, Z<sub>i</sub>) を連続して計測すること  
により、以下のそれぞれの重心を求めることができ  
る。

B<sub>1</sub> の重心は、G<sub>11</sub> (X<sub>11</sub>、Y<sub>11</sub>、Z<sub>11</sub>)

B<sub>2</sub> の重心は、G<sub>12</sub> (X<sub>12</sub>、Y<sub>12</sub>、Z<sub>12</sub>)

B<sub>3</sub> の重心は、G<sub>13</sub> (X<sub>13</sub>、Y<sub>13</sub>、Z<sub>13</sub>)

B<sub>4</sub> の重心は、G<sub>14</sub> (X<sub>14</sub>、Y<sub>14</sub>、Z<sub>14</sub>)

ここで、G<sub>11</sub> (X<sub>11</sub>、Y<sub>11</sub>、Z<sub>11</sub>) およびG<sub>12</sub> (X<sub>12</sub>、  
Y<sub>12</sub>、Z<sub>12</sub>) を通る直線が直線1<sub>1</sub>、すなわち管nの管軸と  
なる。また、G<sub>13</sub> (X<sub>13</sub>、Y<sub>13</sub>、Z<sub>13</sub>) およびG<sub>14</sub> (X<sub>14</sub>、Y  
14、Z<sub>14</sub>) を通る直線が直線1<sub>2</sub>、すなわち管n+1の管  
軸となる。

(II) 最大折れ曲り方位角 (HKM) の求め方

第6図において、いま1<sub>1</sub>に平行でG<sub>13</sub> (X<sub>13</sub>、Y<sub>13</sub>、

10 Z<sub>13</sub>) を通る直線をZ軸とし、G<sub>13</sub> を原点とする座標系  
(座標系とする) を考える。

前記座標系での重心 (G<sub>11</sub>、G<sub>12</sub>、G<sub>13</sub>、G<sub>14</sub>) を座  
標系に変換すると、以下の通りとなる。

G<sub>11</sub> G<sub>21</sub> (X<sub>21</sub>、Y<sub>21</sub>、Z<sub>21</sub>)

G<sub>12</sub> G<sub>22</sub> (X<sub>22</sub>、Y<sub>22</sub>、Z<sub>22</sub>)

G<sub>13</sub> G<sub>23</sub> (X<sub>23</sub>、Y<sub>23</sub>、Z<sub>23</sub>)

G<sub>14</sub> G<sub>24</sub> (X<sub>24</sub>、Y<sub>24</sub>、Z<sub>24</sub>)

最大折れ曲り方位角 (HKM) は、1<sub>2</sub> 上のG<sub>24</sub> (X<sub>24</sub>、  
Y<sub>24</sub>、Z<sub>24</sub>) をXY平面に投影した時、原点とこのG<sub>24</sub> を投  
20 影した点を結ぶ直線がX軸となす角である。

よって、

$$HKM = \sin^{-1} \left( \frac{Y_{24} - Y_{23}}{\sqrt{(X_{24} - X_{23})^2 + (Y_{24} - Y_{23})^2}} \right)$$

ただし、X<sub>24</sub> - X<sub>23</sub> < 0の時

$$HKM = \pi - \sin^{-1} \left( \frac{Y_{24} - Y_{23}}{\sqrt{(X_{24} - X_{23})^2 + (Y_{24} - Y_{23})^2}} \right)$$

となる。

系においてZ軸と1<sub>2</sub>のG<sub>24</sub>と原点とを結ぶ直線がなす角  
である。

(III) 最大折れ曲り角 (CKM) の求め方

第6図において、最大折れ曲り角 (CKM) は、座標

よって、

$$CKM = \sin^{-1} \left( \frac{\sqrt{(X_{24} - X_{23})^2 + (Y_{24} - Y_{23})^2}}{\sqrt{(X_{24} - X_{23})^2 + (Y_{24} - Y_{23})^2 + (Z_{24} - Z_{23})^2}} \right)$$

となる。

40 G<sub>12</sub> G<sub>32</sub> (X<sub>32</sub>、Y<sub>32</sub>、Z<sub>32</sub>)

(IV) 段違い量 (DT) の求め方

G<sub>13</sub> G<sub>33</sub> (X<sub>33</sub>、Y<sub>33</sub>、Z<sub>33</sub>)

第7図において、いま、1<sub>1</sub>をZ軸とし、1<sub>1</sub>と管nの管  
n+1側端面を含む平面との交点を原点とする座標系  
(座標系とする) を考えると、前記座標系での重心  
G<sub>11</sub>、G<sub>12</sub>、G<sub>13</sub>、G<sub>14</sub> を座標系に変換すると、以下の通  
りとなる。

G<sub>14</sub> G<sub>34</sub> (X<sub>34</sub>、Y<sub>34</sub>、Z<sub>34</sub>)

ここで、G<sub>33</sub>、G<sub>34</sub> を通る直線がXY平面と交わる点P  
(X<sub>p</sub>、Y<sub>p</sub>) と原点を結んだ直線の長さが段違い量とな  
る。

G<sub>33</sub> (X<sub>33</sub>、Y<sub>33</sub>、Z<sub>33</sub>)、G<sub>34</sub> (X<sub>34</sub>、Y<sub>34</sub>、Z<sub>34</sub>) を通る  
直線の方程式は、以下の通りとなる。

G<sub>11</sub> G<sub>31</sub> (X<sub>31</sub>、Y<sub>31</sub>、Z<sub>31</sub>)

$$\frac{X - X_{34}}{X_{33} - X_{34}} = \frac{Y - Y_{34}}{Y_{33} - Y_{34}} = \frac{Z - Z_{34}}{Z_{33} - Z_{34}}$$

7

8

よって、

$$X_p = X_{34} - \frac{Z_{34} (X_{33} - X_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}$$

$$Y_p = Y_{34} - \frac{Z_{34} (Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}$$

となる。

\* \* よって、段違い量DTは、

$$DT = \sqrt{(X_p)^2 + (Y_p)^2}$$

$$= \sqrt{\left(X_{34} - \frac{Z_{34} (X_{33} - X_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}\right)^2 + \left(Y_{34} - \frac{Z_{34} (Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}\right)^2}$$

(V) 段違い方位角 (DHKI) の求め方

る。よって、段違い方位角は下記式によって求められる。

第7図において、前記の点P (X<sub>p</sub>, Y<sub>p</sub>) と原点を結んだ直線がXY平面上でX軸となす角が段違い方位角となる。 20

$$DHKI = \sin^{-1} \left( \frac{Y_p}{\sqrt{(X_p)^2 + (Y_p)^2}} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left( \frac{Y_{34} - \frac{Z_{34} (Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}}{\sqrt{\left(X_{34} - \frac{Z_{34} (X_{33} - X_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}\right)^2 + \left(Y_{34} - \frac{Z_{34} (Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}\right)^2}} \right)$$

ただし、X<sub>p</sub> < 0 の時、

$$DHKI = \pi - \sin^{-1}$$

$$\left( \frac{Y_{34} - \frac{Z_{34}(Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}}}{\sqrt{\left( X_{34} - \frac{Z_{34}(X_{33} - X_{34})}{Z_{33} - Z_{34}} \right)^2 + \left( Y_{34} - \frac{Z_{34}(Y_{33} - Y_{34})}{Z_{33} - Z_{34}} \right)^2}} \right)$$

(VI) 連続した配管軌跡の求め方

前記 (I) ~ (V) までの計算において、隣接する配管どうしの相対位置関係が求まっているので、これらある座標を基準に加算していきにより配管の軌跡すなわち管の施工計画線からのずれを求めることができる。

これらの結果は、また必要に応じて任意の座標系に変換が可能である。例えば、測定時に傾斜計等により鉛直方向を検出し、重力方向を Y 軸として結果を算出するのも 1 つの例である。

次に、この発明方法を実施するための装置について説明する。

第 1 図はこの発明の一実施例装置の全体構成を示す概略図、第 2 図は同上装置における管内走行体を示す正面図、第 3 図は同上管内走行体の右側面図である。

第 1 図において、(1-1) (1-2) は埋設管、(2) はマンホール、(3) は走行体、(4) は測定部、(5) は信号線、(6) は信号線巻取ドラム、(7) は制御・信号処理部で、パーソナルコンピューター (8)、CRT (9) およびプリンター (10) から構成される。

すなわち、この発明に係る装置は、管内を走行する管内走行体 (3) と該走行体の前部に位置し計測を行う測定部 (4)、および管外に設置され、管内走行体の動作を制御し、管内走行体からの信号を処理し三次元位置を演算して求め出力する制御・信号処理部 (7) とから構成されている。

管内走行体 (3) は、第 2 図および第 3 図に拡大して示すごとく、走行用車輪 (3-1) と固定脚 (3-2) および姿勢制御用ローラ (3-3) にて管の中心を走行、かつ所定の位置に固定可能となすとともに、走行中に発生したローリングは姿勢制御用ローラ (3-3) にて補正される。

測定部 (4) は、走行体 (3) に設置した回転角計 (4-2) 付きモーター (M) の回転軸 (4-1) に管径方向に移動可能に取付けられた昇降板 (4-3)、該

昇降板に圧縮ばねを介して管軸方向に取付けられ、ここでは 3 個の距離計付測定足 (4-5) (4-6) (4-7) と 2 個の摺動足 (4-8) (4-9) を有する測定竿 (4-4)、走行体の位置確認用テレビカメラ (4-10) を備え、測定竿 (4-4) が回転軸 (4-1) を中心にして管の円周方向に回転する機構となっている。

測定に際してはまず、位置確認用テレビカメラ (4-10) の画像を CRT (9) で確認しながら走行用車輪 (3-1) により管内走行体 (3) を所定の位置まで走行させる。この時、収納されている姿勢制御用ローラ (3-3) を突出させ、走行中に発生するローリングを補正する。走行体 (3) が所定の位置に移動すると、固定脚 (3-2) および姿勢制御用ローラ (3-3) で管壁に固定する。

次に、昇降板 (4-3) を測定竿 (4-4) に取付けた測定足 (4-5) (4-6) (4-7) および摺動足 (4-8) (4-9) が管内壁に接するまで管径方向に移動させる。測定竿 (4-4) は、圧縮ばね (図示せず) により管径方向に押圧されているので、測定足および摺動足は常に管内壁に接触した状態に保たれる。

したがって、測定竿 (4-4) は、回転軸 (4-1) を中心にして管の円周方向に、3 個の測定足 (4-5) (4-6) (4-7) と 2 個の摺動足 (4-8) (4-9) を介して、常に管内壁に接しながら回転する。

図面では、2 個の摺動足 (4-8) (4-9) とその間に設置されている測定足 (4-5) は常に管 (1-1) に接し、測定足 (4-6) (4-7) は隣接する管 (1-2) に接している。

2 個の摺動足 (4-8) (4-9) は測定竿 (4-4) と管 (1-1) の管内壁との距離を常に一定に保つ。

測定足 (4-5) は測定竿 (4-4) と管 (1-1) の管内壁との距離を計測する。一方、摺動足 (4-8) (4-9) により測定竿と管内壁との距離は前記の通り常に一定に保たれているので、測定足 (4-5) は何等かの原因により摺動足 (4-8) (4-9) が管内壁か

20

30

40

50

ら離れてしまった場合（測定異常）を検知することができる。

測定足（4 - 6）（4 - 7）は測定竿（4 - 4）と隣接する管（1 - 2）の管内壁との距離を計測する。

3個の測定足の距離計による計測値は、回転角計（4 - 2）により回転軸（4 - 1）の回転角に対応して計測される。これらの計測値は信号線（5）によって、信号線巻き取りドラム（6）を介して制御・信号処理部（7）に入力され、パーソナルコンピューター（8）により当該配管路の三次元位置を求める前記計算が行われ、パーソナルコンピューター（8）の画面およびプリンター（10）に出力される。

第8図はこの発明装置による計測実験結果（左右方向の変位）を示したものである。変位 = 0は施工計画線を表わす。

第8図の結果より、実際の管の軌跡と本発明装置による計測結果は、非常に良く一致していることがわかる。発明の効果

以上説明したごとく、この発明は次に記載する効果を奏する。

- ① 幾何学計測のため、近傍金属体や大地、道路舗装、土質の影響がないので測定精度が高い。
- ② 光学的方法を用いないので、温度変化の影響を受けない。

- \* ③ 採取データが単純で、設備が小さいので時間、労力、設備（装置）費用を多く必要としない。
- ④ 配管の折れ曲り部に停止して全円周を計測するので、振動、管内壁の表面性状による外乱が均され、その影響が少なくなり測定精度が高まる。
- ⑤ 配管の段違いの計測が可能である。

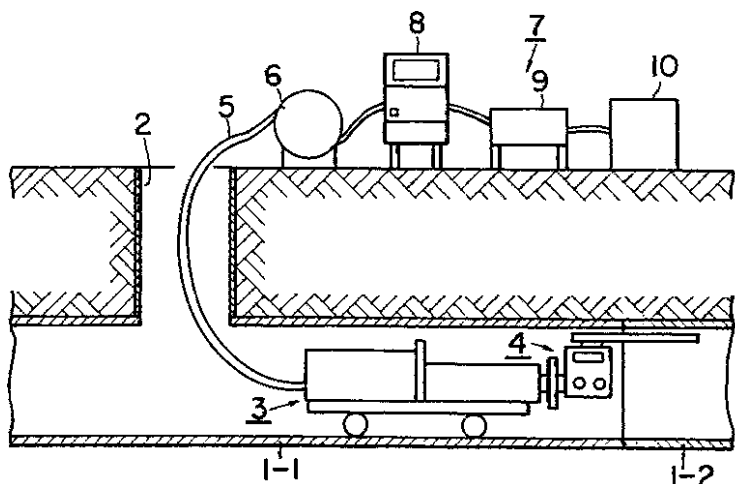
したがって、この発明は近年急速に増加してきた推進工法における施工精度の確保に大きく貢献するものである。

10 【図面の簡単な説明】

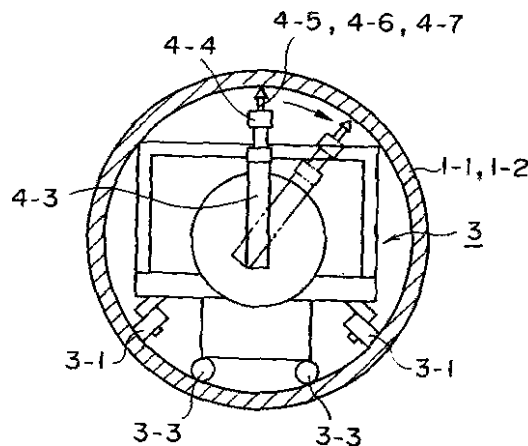
第1図はこの発明方法を実施するための装置の全体構成例を示す概略図、第2図は同上装置における管内走行体を示す正面図、第3図は同上管内走行体の右側側面図、第4図および第5図はこの発明法における重心の算出方法を示す説明図、第6図は同じく最大折れ曲り方位角と最大折れ曲り角の算出方法を示す説明図、第7図は同じく段違い方位角と段違い量の算出方法を示す説明図、第8図はこの発明による計測実験結果を示す図である。

- 1 - 1、1 - 2 .....埋設管、3 .....走行体
- 20 4 .....測定部、4 - 1 .....回転軸
- 4 - 2 .....回転角計
- 4 - 5、4 - 6、4 - 7 .....測定足
- 4 - 8、4 - 9 .....摺動足
- \* 7 .....制御・信号処理部

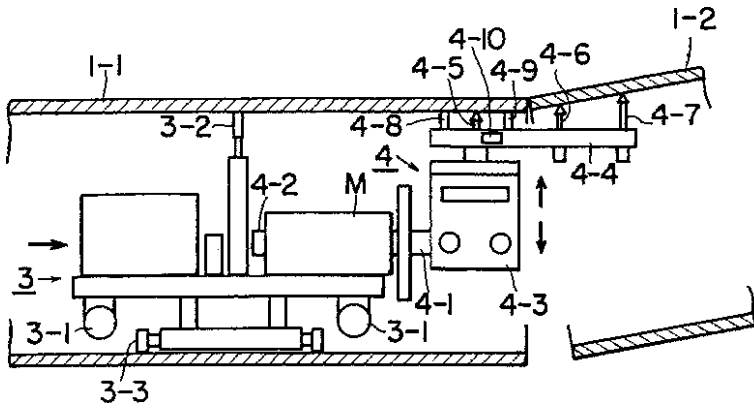
【第1図】



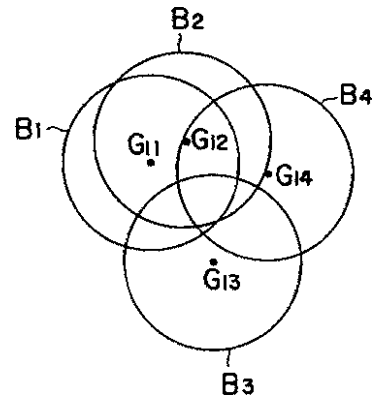
【第3図】



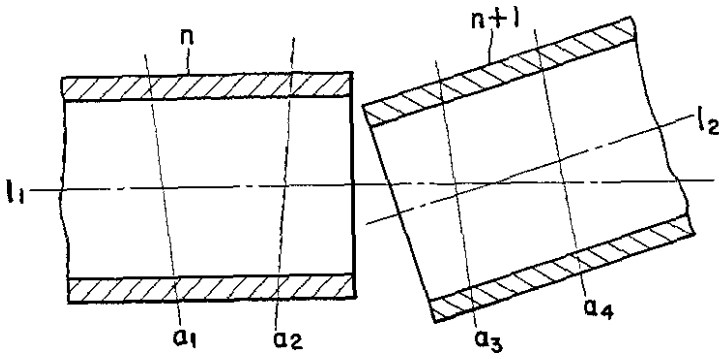
【第2図】



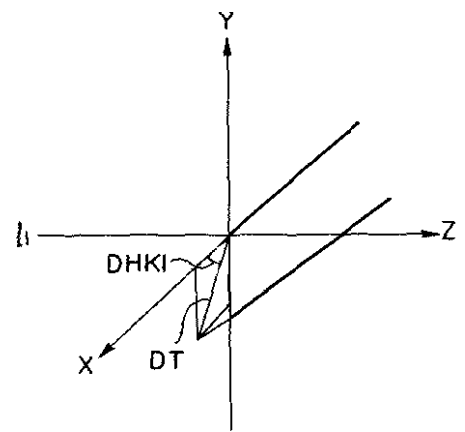
【第5図】



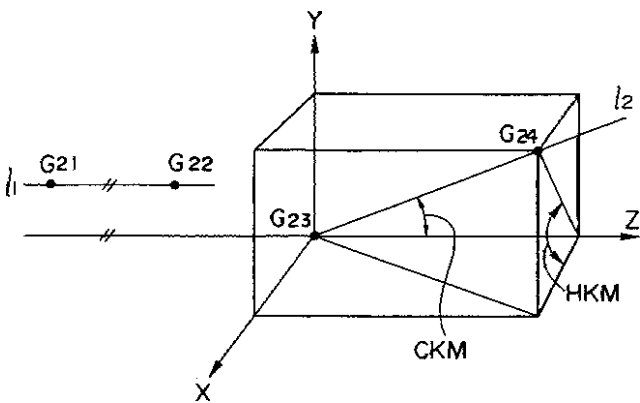
【第4図】



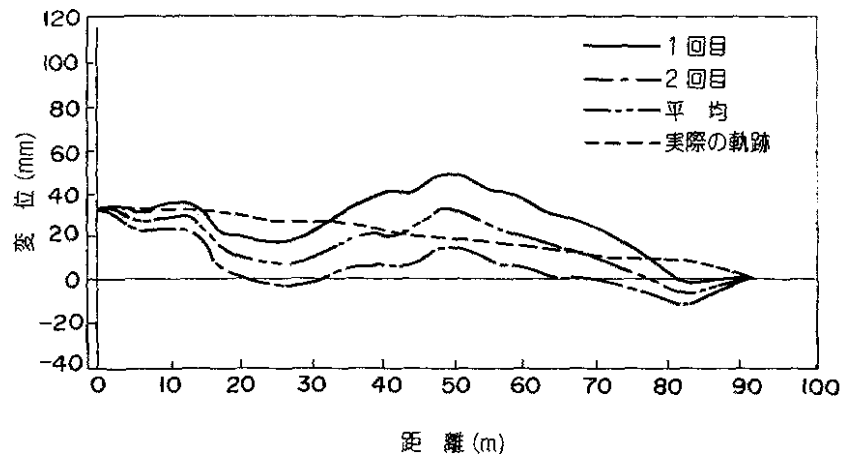
【第7図】



【第6図】



【第8図】



フロントページの続き

(72)発明者 西尾 純一  
東京都千代田区大手町1丁目1番3号  
住友金属工業株式会社内

(72)発明者 大住 聡  
東京都千代田区大手町1丁目1番3号  
住友金属工業株式会社内

(72)発明者 中嶋 紀美雄  
東京都千代田区大手町1丁目1番3号  
住友金属工業株式会社内