

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-102546

(P2012-102546A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
E 2 1 D 9/06 (2006.01) E 2 1 D 9/06 3 0 1 F 2 D 0 5 4

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

|           |                              |          |                                |
|-----------|------------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2010-252131 (P2010-252131) | (71) 出願人 | 000000549                      |
| (22) 出願日  | 平成22年11月10日 (2010.11.10)     |          | 株式会社大林組                        |
|           |                              |          | 東京都港区港南2丁目15番2号                |
|           |                              | (74) 代理人 | 110000176                      |
|           |                              |          | 一色国際特許業務法人                     |
|           |                              | (72) 発明者 | 上田 尚輝                          |
|           |                              |          | 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会            |
|           |                              |          | 社大林組本社内                        |
|           |                              | (72) 発明者 | 曾根 大輔                          |
|           |                              |          | 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会            |
|           |                              |          | 社大林組本社内                        |
|           |                              | Fターム(参考) | 2D054 AA01 AA03 AA04 AB01 AB05 |
|           |                              |          | EA07 GA02 GA17 GA65 GA66       |
|           |                              |          | GA82 GA83 GA89                 |

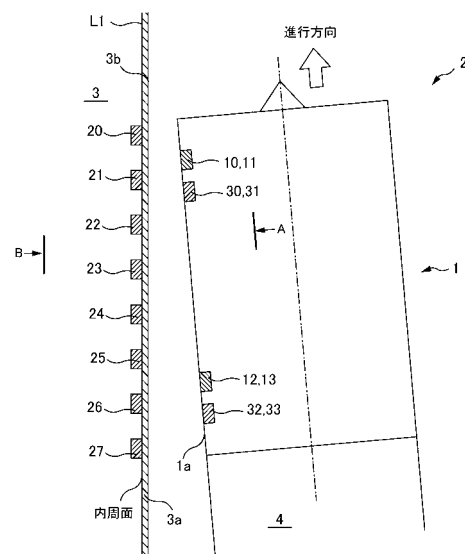
(54) 【発明の名称】 地山掘削機の位置検出システム及びそのシステムを備えた地山掘削機

## (57) 【要約】

【課題】既設トンネルと地山掘削機との位置関係にかかわらず、かつ、既設トンネルに発信器を取り付けることなく、既設トンネルとの距離を測定可能な地山掘削機の位置検出システム及びそのシステムを備えた地山掘削機を提供する。

【解決手段】位置検出システム2は、地山掘削機1の外殻1aに取り付けられて、既設トンネル3までの距離を測定可能な距離センサー10～13と、既設トンネル3の内周面に取り付けられて、既設トンネル3の外殻3a及び地山を透過可能な信号を発信する発信器20～27と、地山掘削機1の外殻1aに取り付けられて、発信器20～27から発信された信号を受信可能な受信器30～33と、を備えている。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

既設トンネルに近接するトンネルを構築する際に、前記既設トンネルを基準とした、前記トンネルを掘削するための地山掘削機の位置を検出する地山掘削機の位置検出システムであって、

前記既設トンネルに向かって発信する所定の信号に起因して、前記既設トンネルまでの距離に応じて生じる信号を受信し、前記既設トンネルまでの距離を測定可能な距離センサーを備えることを特徴とする地山掘削機の位置検出システム。

**【請求項 2】**

前記距離センサーは、進行方向に沿って所定の間隔をおいて複数配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の地山掘削機の位置検出システム。

10

**【請求項 3】**

前記距離センサーは、進行方向に対して直交する向きに沿って所定の間隔をおいて複数配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の地山掘削機の位置検出システム。

**【請求項 4】**

請求項 1 ～ 3 のうち、何れか 1 項に記載された地山掘削機の位置検出システムを備えることを特徴とする地山掘削機。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

20

**【0001】**

本発明は、既設トンネルに近接するトンネルを構築する際に、既設トンネルを基準とした、上記トンネルを掘削する地山掘削機の位置を検出する位置検出システム及びそのシステムを備えた地山掘削機に関する。

**【背景技術】****【0002】**

既設トンネルに近接するトンネルを構築する際は、このトンネルを掘削するための地山掘削機と既設トンネルとの位置関係を正確に把握する必要がある。

そこで、従来より、例えば、特許文献 1 に示すように、既設トンネルの地山掘削機側の外側面に発信器を、地山掘削機の既設トンネル側の側部に受信器をそれぞれ設置して、発信器から発信された信号を受信器で受信することにより、両者間の距離を測定しながらトンネルを掘削する工法が用いられている。

30

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 9 - 2 4 2 4 7 0 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、特許文献 1 に記載されている測定方法では、既設トンネルに設置された発信器に対向する側方位置に地山掘削機の受信部が存在しないと両者間の距離を測定することができないという問題点があった。

40

**【0005】**

そこで、本発明は、上記の問題に鑑みなされたものであり、既設トンネルに発信器を取り付けることなく、既設トンネルと地山掘削機との間の距離を測定可能な地山掘削機の位置検出システム及びそのシステムを備えた地山掘削機を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

本発明は、既設トンネルに近接するトンネルを構築する際に、前記既設トンネルを基準とした、前記トンネルを掘削するための地山掘削機の位置を検出する地山掘削機の位置検

50

出システムであって、

前記既設トンネルに向かって発信する所定の信号に起因して、前記既設トンネルまでの距離に応じて生じる信号を受信し、前記既設トンネルまでの距離を測定可能な距離センサーを備えることを特徴とする。

【0007】

また、本発明において、前記距離センサーは、進行方向に沿って所定の間隔をおいて複数配置されていることとしてもよい。

【0008】

また、本発明において、前記距離センサーは、進行方向に対して直交する向きに沿って所定の間隔をおいて複数配置されていることとしてもよい。

10

【0009】

本発明は地山掘削機であって、上述した地山掘削機の位置検出システムを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、既設トンネルに発信器を取り付けることなく、既設トンネルとの距離を測定可能な地山掘削機の位置検出システム及びそのシステムを備えた地山掘削機を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

20

【図1】本発明の第一実施形態に係る既設トンネルと新設トンネルとの位置関係を示す平面図である。

【図2】既設トンネルの外殻部分と地山掘削機とを拡大して示す平面図である。

【図3】図2のA矢視図である。

【図4】既設トンネルまでの距離の測定方法を示す図である。

【図5】ヨーイングの測定方法を示す図である。

【図6】ローリングの測定方法を示す図である。

【図7】図2のB矢視図である。

【図8】 $\gamma$ 線による測定方法を示す図である。

30

【図9】第1基準線に対する第2基準線のずれ量を検出する方法を示す図である。

【図10】第1基準線に対する第2基準線のずれを説明するための図である。

【図11】本発明の第二実施形態に係る既設トンネルと新設トンネルとの位置関係を示す断面図である。

【図12】発信器及び受信器を設置した状態を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の地山掘削機1の位置検出システム2の好ましい実施形態について図面を用いて詳細に説明する。本発明の地山掘削機1の位置検出システム2は、既設トンネル3に対する地山掘削機1の位置及び姿勢を検出するものである。なお、本実施形態では、地山掘削機1として、シールド機を用いる場合について説明するが、これに限定されるものではなく、トンネルを掘削可能な機械であれば本発明を適用可能である。

40

【0013】

本発明の第一実施形態では、既設トンネル3の分岐・合流部の構築に際して、既設トンネル3に向かって側方から近接するように新設トンネル4を構築する場合について説明する。なお、本実施形態においては、既設トンネル3及び新設トンネル4はともに、矩形断面のトンネルとした場合について説明するが、この形状に限定されるものではなく、断面が真円状や楕円状のトンネルであってもよい。

【0014】

図1は、本発明の第一実施形態に係る既設トンネル3と新設トンネル4との位置関係を示す平面図である。また、図2は、既設トンネル3の外殻3a部分と地山掘削機1とを拡

50

大して示す平面図である。また、図 3 は、図 2 の A 矢視図である。

【 0 0 1 5 】

これらの図に示すように、位置検出システム 2 は、地山掘削機 1 の外殻 1 a に取り付けられて、既設トンネル 3 までの距離を測定可能な距離センサー 1 0 ~ 1 3 と、既設トンネル 3 の内周面に取り付けられて、既設トンネル 3 の外殻 3 a 及び地山を透過可能な信号を発信する発信器 2 0 ~ 2 7 と、地山掘削機 1 の外殻 1 a に取り付けられて、発信器 2 0 ~ 2 7 から発信された信号を受信可能な受信器 3 0 ~ 3 3 と、を備えている。

【 0 0 1 6 】

距離センサー 1 0 ~ 1 3 は、地山掘削機 1 の既設トンネル 3 側の側面（図 2 では左側の側面。以下、地山掘削機 1 のトンネル側側面という）に複数設置されている。本実施形態では、既設トンネル 3 の外殻 3 a は鋼製セグメント及びコンクリート等で構成されているものとし、距離センサー 1 0 ~ 1 3 として、金属面を測定対象とする渦電流式センサーを用いた。

なお、外殻 3 a を構成するセグメントが R C セグメントである等、外殻 3 a が金属材料を含んでいない場合は、既設トンネル 3 の外殻 3 a の側面を覆うように鋼板を設置するものとする。

【 0 0 1 7 】

図 3 に示すように、距離センサー 1 0 と 1 2、及び距離センサー 1 1 と 1 3 は、進行方向（図 3 中では左右方向）に沿って所定の間隔をおいてそれぞれ配置されている。また、距離センサー 1 0 と 1 1、及び距離センサー 1 2 と 1 3 は、進行方向に対して直交する向きに（図 3 中では上下方向）沿って所定の間隔をおいてそれぞれ配置されている。すなわち、各距離センサー 1 0 ~ 1 3 の位置が長方形の頂点位置となるように、地山掘削機 1 のトンネル側側面に配置されている。

【 0 0 1 8 】

次に、この距離センサー 1 0 ~ 1 3 を用いて地山掘削機 1 の既設トンネル 3 に対する位置及び姿勢を測定する方法について説明する。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、既設トンネル 3 に対する位置及び姿勢の測定方法を示す図である。本図に示すように、距離センサー 1 0 ~ 1 3 で、既設トンネル 3 の外殻 3 a までの距離を測定する。

【 0 0 2 0 】

また、図 5 に示すように、進行方向に沿って配置された距離センサー 1 0 と 1 2、或いは距離センサー 1 1 と 1 3 による測定値の差によりヨーイングを測定することができる。例えば、距離センサー 1 0、1 2 の測定値をそれぞれ  $D_1$ 、 $D_2$  とし、距離センサー 1 0、1 2 間の距離を  $L$  とすると、ヨーイングは  $(D_1 - D_2) / L$  により算出される。これと並行して、距離センサー 1 1 と 1 3 を用いる場合も同様に測定する。

そして、両方の結果を平均して地山掘削機 1 のヨーイングとしてもよいし、両方の結果のうち、何れか一方の結果を採用して地山掘削機 1 のヨーイングとしてもよい。

なお、本実施形態では、地山掘削機 1 のヨーイングについて測定したが、例えば、既設トンネル 3 の上方に新設トンネル 4 を構築する場合は、地山掘削機 1 の下方に存在する既設トンネル 3 までの距離の測定値に基づいてピッチングを測定することができる。

【 0 0 2 1 】

また、図 6 に示すように、進行方向に対して直交する向きに沿って配置された距離センサー 1 0 と 1 1、或いは距離センサー 1 2 と 1 3 による測定値の差によりローリングを測定することができる。例えば、距離センサー 1 0、1 1 の測定値をそれぞれ  $D_3$ 、 $D_4$  とし、距離センサー 1 0、1 1 間の距離を  $W$  とすると、ローリングは  $(D_3 - D_4) / W$  により算出される。これと並行して、距離センサー 1 2 と 1 3 を用いる場合も同様に測定する。

そして、両方の結果を平均して地山掘削機 1 のローリングとしてもよいし、両方の結果のうち、何れか一方の結果を採用して地山掘削機 1 のローリングとしてもよい。

【 0 0 2 2 】

なお、本実施形態においては、距離センサー 10 ~ 13 を 4 台用いたが、この数に限定されるものではなく、5 台以上用いてもよい。

【0023】

次に、発信器 20 ~ 27 及び受信器 30 ~ 33 を用いて地山掘削機 1 の既設トンネル 3 の中心軸に対するずれ量を測定する方法について説明する。

【0024】

図 2、図 7 及び図 8 に示すように、発信器 20 ~ 27 は、既設トンネル 3 の内周面に、既設トンネル 3 の中心軸に平行で、かつ、当該中心軸と同じ高さ位置となるように設定された第 1 基準線 L1 に沿って、所定の間隔をおいて配置されている。

【0025】

本実施形態では、発信器 20 ~ 27 として、鋼製セグメント（或いは鋼板）を含む既設トンネル 3 の外殻 3a を透過可能な  $\gamma$  線を放出する  $\gamma$  線放出器を用いた。

【0026】

発信器 20 ~ 27 の設置間隔は、図 2 及び図 8 に示すように、地山掘削機 1 のトンネル側側面に向かって隙間無く測定用の信号を発信できるように設定されている。本実施形態では、地山掘削機 1 の進行方向前方側の発信器 20 から後方側の発信器 27 までの距離が、概ね地山掘削機 1 の全長と同じになるように設置されている。発信器 20 ~ 27 は、地山掘削機 1 の進行に合わせて、後方側の発信器 20 ~ 27 を進行方向前方側へ順番に盛り換え作業を行うものとする。これにより、地山掘削機 1 の全長をカバーする必要最小限の個数の発信器 20 ~ 27 を用いて推進する地山掘削機 1 に対応して測定を行うことができる。

【0027】

$\gamma$  線を放出する発信器 20 ~ 27 の放出口には、特定の方向へのみ  $\gamma$  線を放出できるようにスリットが設けられている。

【0028】

なお、各発信器 20 ~ 27 における  $\gamma$  線の放出量はわずかなので、すべての発信器 20 ~ 27 の放出量を合計しても「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（文部科学省）や「労働安全衛生法令」（厚生労働省）等に定められた放射線管理区域や管理者等を設定する必要がない程度である。

【0029】

図 3 に示すように、地山掘削機 1 の既設トンネル側側面には、複数の受信器 30 ~ 33 が設置されている。

受信器 30 と 31、及び受信器 32 と 33 は、地山掘削機 1 の中心軸に平行で、かつ、当該中心軸と同じ高さ位置となるように設定された第 2 基準線 L2 の両側に互いに間隔 M1 をおいて配置されている。すなわち、受信器 30 と 31、及び受信器 32 と 33 の中央に第 2 基準線 L2 が位置するように配置されている。また、一对の受信器 30 と 31、及び一对の受信器 32 と 33 は、第 2 基準線 L2 に沿って所定の間隔をおいてそれぞれ配置されている。

【0030】

本実施形態では、受信器 30 ~ 33 として、 $\gamma$  線を検出可能な  $\gamma$  線レベル計（例えば、ナノグレイ社製の型番 TH-3000）を用いた。この  $\gamma$  線レベル計は、 $\gamma$  線の強度をシンチレーション検出器方式で検出し、カウント表示することができる。

$\gamma$  線レベル計を用いた場合の測定誤差は、数 mm 程度であり、高い精度での計測が可能である。

【0031】

第 2 基準線 L2 の両側にそれぞれ受信器 30 と 31、及び受信器 32 と 33 を配置することにより、第 1 基準線 L1 に対する第 2 基準線 L2 のずれ量（つまり、既設トンネル 3 の中心軸に対する地山掘削機 1 の中心軸のずれ量）を検出可能である。以下に、このずれ量の検出方法について説明する。

【0032】

図 9 に示すように、発信器 2 1 が受信器 3 0、3 1 間の中央に位置した状態のときに、 $\gamma$  線の強度を測定すると受信器 3 0、3 1 のカウント値は同じ値となる。また、発信器 2 7 が受信器 3 2、3 3 間の中央に位置した状態のときに、強度を測定すると、受信器 3 0、3 1 のカウント値は同じ値となる。

【 0 0 3 3 】

また、発信器 2 1 が受信器 3 1 側に近づくにつれて（図 1 0 ( a ) 参照。図の詳細は後述する）、受信器 3 1 のカウント値は次第に大きくなり、受信器 3 0 のカウント値は次第に小さくなる。

【 0 0 3 4 】

そして、受信器 3 0 と 3 1 の場合と同様に、発信器 2 7 が受信器 3 3 側に近づくにつれて、受信器 3 3 のカウント値は次第に大きくなり、受信器 3 2 のカウント値は次第に小さくなる。

【 0 0 3 5 】

上述した発信器 2 0 ~ 2 7 のずれ量の計算は、第 1 基準線 L 1 と第 2 基準線 L 2 のずれ量と、受信器 3 0、3 1 のカウント値の差との関係を示す関係式 F を予め実験によって求めておく。そして、測定後の受信器 3 0、3 1 のカウント値をその関係式 F に代入することによってずれ量が算出される。

【 0 0 3 6 】

したがって、受信器 3 0、3 1 及び受信器 3 2、3 3 によって測定される  $\gamma$  線のカウント値に基づいて上記ずれ量を検出することができる。

【 0 0 3 7 】

次に、第 1 基準線 L 1 に対して第 2 基準線 L 2 がずれている状態の例を幾つか示して具体的に説明する。

【 0 0 3 8 】

まず、図 1 0 ( a ) に示すように、地山掘削機 1 の中心軸が、既設トンネル 3 の中心軸よりも高い位置で、既設トンネル 3 の中心軸に対して平行な状態で存在している場合について説明する。

【 0 0 3 9 】

係る場合、発信器 2 1、2 7 が、受信器 3 1、3 3 の近くに位置するため、受信器 3 1、3 3 のカウント値は、それぞれ受信器 3 0、3 2 のカウント値よりも大きくなる。また、受信器 3 1 と 3 3 と、受信器 3 0 と 3 2 とのカウント値はそれぞれ同じ値となる。

【 0 0 4 0 】

そして、第 1 基準線に対する第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1、及び受信器 3 2、3 3 のカウント値を上記関係式 F に代入することにより、それぞれ算出される。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施形態では、発信器 2 1、2 7 がそれぞれ受信器 3 1、3 3 に近づいた場合のずれ量をプラス表示し、発信器 2 1、2 7 がそれぞれ受信器 3 0、3 2 に近づいた場合のずれ量をマイナス表示することとする。すなわち、プラス表示されると第 2 基準線 L 2 は上方へ、マイナス表示されると第 2 基準線 L 2 は下方へずれていることを表すこととなる。

【 0 0 4 2 】

ずれ量は、受信器 3 0、3 1 の設置されている部位、及び受信器 3 2、3 3 の設置されている部位についてそれぞれ算出される。本例の場合は、受信器 3 1 と 3 3 と、受信器 3 0 と 3 2 とのカウント値はそれぞれ同じ値なので、第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1 の設置されている部位、及び受信器 3 2、3 3 の設置されている部位について同じ値がプラス表示にて算出される。

【 0 0 4 3 】

したがって、第 2 基準線 L 2 は、第 1 基準線 L 1 に対して平行に上方へずれた状態であると判断できる。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

次に、図 10 ( b ) に示すように、地山掘削機 1 の中心軸が、既設トンネル 3 の中心軸よりも低い位置で、既設トンネル 3 の中心軸に対して平行な状態で存在している場合について説明する。

【 0 0 4 5 】

係る場合、発信器 2 1、2 7 が、受信器 3 0、3 2 の近くに位置するため、受信器 3 0、3 2 のカウント値は、それぞれ受信器 3 1、3 3 のカウント値よりも大きくなる。また、受信器 3 0 と 3 2 と、受信器 3 1 と 3 3 とのカウント値はそれぞれ同じ値となる。

【 0 0 4 6 】

そして、第 1 基準線に対する第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1、及び受信器 3 2、3 3 のカウント値を上記関係式 F に代入することにより、それぞれ算出される。

10

【 0 0 4 7 】

本例の場合は、受信器 3 1 と 3 3 と、受信器 3 0 と 3 2 とのカウント値はそれぞれ同じ値なので、第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1 の設置されている部位、及び受信器 3 2、3 3 の設置されている部位について同じ値がマイナス表示にて算出される。

【 0 0 4 8 】

したがって、第 2 基準線 L 2 が第 1 基準線 L 1 に対して並行に下方へずれた状態であると判断できる。

【 0 0 4 9 】

次に、図 10 ( c ) に示すように、地山掘削機 1 の前方側が上向きに傾いた状態で存在している場合について説明する。

20

【 0 0 5 0 】

係る場合、発信器 2 1、2 7 が、受信器 3 1、3 2 の近くに位置するため、受信器 3 1、3 2 のカウント値は、それぞれ受信器 3 0、3 3 のカウント値よりも大きくなる。また、各受信器 3 0 ~ 3 3 のカウント値はそれぞれ異なる値となる。

【 0 0 5 1 】

そして、第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1、及び受信器 3 2、3 3 のカウント値を上記関係式 F に代入することにより、それぞれ算出される。

【 0 0 5 2 】

本例の場合は、各受信器 3 0 ~ 3 3 のカウント値はそれぞれ異なる値であるが、受信器 3 1 が受信器 3 0 よりも大きいカウント値を示し、かつ、受信器 3 2 が受信器 3 3 よりも大きいカウント値を示しているので、第 2 基準線 L 2 のずれ量は、受信器 3 0、3 1 の設置されている部位、及び受信器 3 2、3 3 の設置されている部位について異なる値がそれぞれプラス表示、マイナス表示にて算出される。

30

【 0 0 5 3 】

したがって、受信器 3 0、3 1 の設置されている部位では、第 2 基準線 L 2 の位置が第 1 基準線 L 1 に対して上方へずれて、かつ、受信器 3 2、3 3 の設置部位では、第 2 基準線 L 2 の位置が下方へずれていることとなる。すなわち、第 2 基準線 L 2 の前方側が上向きに傾いた状態であると判断できる。

【 0 0 5 4 】

そして、図 10 ( d ) に示すように、地山掘削機 1 の前方側が上向きに傾いた状態で、上記図 10 ( c ) よりも大幅に上方に存在している場合について説明する。

40

【 0 0 5 5 】

係る場合、発信器 2 1、2 7 が、受信器 3 1、3 3 の近くに位置しているが、発信器 2 1 と受信器 3 1、発信器 2 7 と受信器 3 3 までの距離はそれぞれ異なるため、各受信器 3 0 ~ 3 3 のカウント値は全く異なる値を示す。

ただし、発信器 2 1、2 7 が、受信器 3 0、3 2 よりも受信器 3 1、3 3 の近くに位置するため、受信器 3 1、3 3 のカウント値は、それぞれ受信器 3 0、3 2 のカウント値よりも大きくなる。

また、発信器 2 1 から受信器 3 1 までの距離は、発信器 2 7 から受信器 3 3 までの距離よりも短いため、受信器 3 1 のカウント値は、受信器 3 3 のカウント値よりも大きくなる

50

。

さらに、発信器 27 から受信器 32 までの距離は、発信器 21 から受信器 30 までの距離よりも短いため、受信器 32 のカウント値は、受信器 30 のカウント値よりも大きくなる。

【0056】

そして、第 2 基準線 L2 のずれ量は、受信器 30、31、及び受信器 32、33 のカウント値を上記関係式 F に代入することにより、それぞれ算出される。

【0057】

本例の場合は、各受信器 30～33 のカウント値はそれぞれ異なる値であるが、受信器 31、33 がそれぞれ受信器 30、32 よりも大きいカウント値を示しているので、第 2 基準線 L2 のずれ量は、受信器 30、31 の設置されている部位、及び受信器 32、33 の設置されている部位について異なる値がそれぞれプラス表示にて算出される。

ここで、受信器 30、31 の設置されている部位のずれ量は、受信器 32、33 の設置されている部位のずれ量よりも大きな値となる。

【0058】

したがって、受信器 30 と 31、及び受信器 32 と 33 の設置されている部位において共に、第 2 基準線 L2 の位置が第 1 基準線 L1 に対して上方へずれ、かつ、第 2 基準線 L2 の前方側が上向きに傾いた状態であると判断できる。

【0059】

また、図示はしないが、地山掘削機 1 の前方側が下向きに傾いた状態で存在している場合も、上記と同様に、各受信器 30～33 のカウント値を上記関係式 F に代入し、第 2 基準線 L2 のずれ量を算出することにより、第 1 基準線 L1 に対する第 2 基準線 L2 の位置を判断することができる。

【0060】

上述した構成からなる地山掘削機 1 で既設トンネル 3 に近接する新設トンネル 4 を掘削する際は、距離センサー 10～13 で既設トンネル 3 との距離を測定して、ヨーイング及びローリングを算出する。また、これと並行して、受信器 30～33 で  $\gamma$  線の強度を測定して、第 1 基準線 L1 に対する第 2 基準線 L2 のずれ量を算出する。そして、ヨーイング、ローリング及び第 1 基準線 L1 に対するずれ量が設計等により定められた範囲内である場合は、そのまま地山掘削機 1 を推進させる。しかし、ヨーイング、ローリング、第 1 基準線 L1 に対するずれ量の何れかが設計等により定められている範囲外の場合は、シールドジャッキや中折れジャッキ等を調整して地山掘削機 1 の姿勢を修正する。

【0061】

そして、予め設計等により定められた距離を掘削したら、掘削作業を停止して、既設トンネル 3 と新設トンネル 4 との間を掘削して両トンネル 3、4 を接続する。

【0062】

以上説明した本実施形態における位置検出システム 2 によれば、地山掘削機 1 に設けた距離センサー 10～13 のみによって、既設トンネル 3 に発信器を取り付けることなく、既設トンネル 3 と地山掘削機 1 との距離を測定することができる。

【0063】

また、距離センサー 10～13 を進行方向に沿って複数配置しているため、地山掘削機 1 のヨーイングを測定することができる。さらに、距離センサー 10～13 を進行方向に対して直交する向きに沿って複数配置しているため、地山掘削機 1 のローリングを測定することができる。そして、地山掘削機 1 は、ヨーイング及びローリングを測定しながら推進するため、設計等により定められた傾斜角度で正確に既設トンネル 3 に近接することができる。

【0064】

また、発信器 20～27 から放出される  $\gamma$  線を複数の受信器 30～33 で受信するので、第 1 基準線 L1 に対する第 2 基準線 L2 のずれ量を検出することができる。したがって、既設トンネル 3 の中心軸に対する地山掘削機 1 の中心軸の上下方向のずれ量及び傾きを

10

20

30

40

50

検出することができる。さらに、既設トンネル 3 に対する地山掘削機 1 の中心軸の上下方向のずれ量及び傾きを検出しながら、その結果に基づいて、地山掘削機 1 の姿勢を修正して推進させることができるので、新しいトンネルを精度良く構築することができる。

【0065】

なお、本実施形態では、既設トンネル 3 に向かって近接する新設トンネル 4 を構築する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、既設トンネル 3 から離間するように新設トンネル 4 を構築する場合にも本発明を適用可能である。

【0066】

なお、本実施形態において、第 1 基準線 L 1 と第 2 基準線 L 2 とのずれ量を検出するために、γ 線を放出する発信器及びその受信器を用いた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、既設トンネル 3 と地山掘削機 1 との離間距離に応じて測定装置を変更することとする。例えば、離間距離が 10 mm ~ 100 mm 程度の場合には、高精度にずれを検出しなければならないため、γ 線を用いて測定するが、離間距離が数 m 以上ある場合には、γ 線では測定できないため、γ 線よりもやや精度は低くなるが離間距離が大きくても測定可能な超音波センサーやレーダーセンサー等を用い、所定距離まで近接したら γ 線を用いて測定を行うこととしてもよい。

【0067】

なお、本実施形態において、第 1 基準線 L 1 を、既設トンネル 3 の中心軸に対して平行に既設トンネル 3 の外殻 3 a の内周面に設定した場合について説明したが、この位置に限定されるものではなく、例えば、第 1 基準線 L 1 を、既設トンネル 3 の中心軸に設定したり、既設トンネル 3 の周方向に、リング状に設定したりしてもよい。既設トンネル 3 の周方向に第 1 基準線 L 1 を設定した場合を以下の第二実施形態で説明する。

【0068】

なお、本実施形態において、第 2 基準線 L 2 を、地山掘削機 1 の中心軸に対して平行に地山掘削機 1 の外殻 1 a の内周面に設定した場合について説明したが、この位置に限定されるものではなく、例えば、第 2 基準線 L 2 を、地山掘削機 1 の中心軸に設定してもよい。

【0069】

次に、本発明の第二実施形態について説明する。第二実施形態は、円形断面の既設トンネル 3 の周囲を拡幅する際に、既設トンネル 3 の周りを地山掘削機 1 で掘削するものである。

以下の説明において、第一実施形態に対応する部分には同一の符号を付して説明を省略し、主に相違点について説明する。

【0070】

図 11 は、本発明の第二実施形態に係る既設トンネル 3 と新設トンネル 4 との位置関係を示す断面図である。

図 11 に示すように、既設トンネル 3 の底盤を開削して構築された発進立坑 6 から既設トンネル 3 の外殻 3 a に沿って地山掘削機 1 を推進させて、新設トンネル 4 を構築する。

本実施形態において、既設トンネル 3 内に設定される第 1 基準線 L 1 は、既設トンネル 3 の周方向に、リング状に設定されている。

【0071】

また、図 12 に示すように、発信器 20 ~ 27 は、第 1 基準線 L 1 に沿って既設トンネル 3 の内周面に複数配置されている。

地山掘削機 1 は、第 1 基準線 L 1 に沿って既設トンネル 3 の外周部を掘削する。地山掘削機 1 は、図示しないが、発進立坑 6 に設置されたジャッキにより、円弧状の押管を介して進行方向へ押し出されることによって推進する。

また、地山掘削機 1 の既設トンネル 3 側の底面には、地山掘削機 1 の中心軸を鉛直真下に投影した第 2 基準線 L 2 が設定されている。

【0072】

図 11 及び図 12 中では、図面の簡略化のため、距離センサー 10 ~ 13 及び受信器 30 ~ 33 の数を省略して表示しているが、距離センサー 10 ~ 13 及び受信器 30 ~ 33

10

20

30

40

50

は地山掘削機 1 の既設トンネル 3 側の底面に、第 1 実施形態と同様に、複数設置されている。

【 0 0 7 3 】

上述した構成からなる地山掘削機 1 で既設トンネル 3 の外周部を掘削する際は、距離センサー 1 0 ~ 1 3 で既設トンネル 3 との距離を測定して、ピッチング及びローリングを算出するとともに、受信器 3 0 ~ 3 3 で  $\gamma$  線の強度を測定して、第 1 基準線 L 1 に対する第 2 基準線 L 2 のずれ量を算出する。そして、ピッチング、ローリング及び第 1 基準線 L 1 に対するずれ量が設計等により定められた範囲内である場合は、そのまま地山掘削機 1 を推進させる。しかし、ピッチング、ローリング、第 1 基準線 L 1 に対するずれ量の何れかが設計等により定められている範囲外の場合は、シールドジャッキや中折れジャッキ等を調整して地山掘削機 1 の姿勢を修正する。

10

【 0 0 7 4 】

以上説明した本実施形態における位置検出システム 2 によれば、既設トンネル 3 の周方向に設定された第 1 基準線 L 1 に沿って地山掘削機 1 を推進させることができるので、既設トンネル 3 の周囲を正確に掘削することができる。したがって、地山掘削機 1 を発進立坑 6 に精度良く到達させることができる。

【 0 0 7 5 】

なお、上述した各実施形態において、距離センサー 1 0 ~ 1 3 として、渦電流式センサーを用いたが、これに限定されるものではなく、超音波センサーや電磁波センサーを用いてもよい。要は、測定用の信号を発信し、既設トンネル 3 までの距離を測定可能な機能を備えたものであればよい。

20

【 0 0 7 6 】

また、上述した各実施形態において、発信器 2 0 ~ 2 7 として、 $\gamma$  線放出器を用いたが、これに限定されるものではなく、鋼製セグメントから構成された（或いは鋼板を含む）既設トンネル 3 の外殻 3 a を透過可能な性質を有する信号を発信する機能を備えたものであればよい。

【 0 0 7 7 】

また、上述した各実施形態において、第 1 基準線 L 1 に対する第 2 基準線 L 2 のずれ量を測定しながら地山掘削機 1 を推進させる場合について説明したが、既設トンネル 3 に対して新設トンネル 4 の深度方向の位置を測定する必要がない場合には、発信器 2 0 ~ 2 7 及び受信器 3 0 ~ 3 3 によるずれ量の測定を省略して、距離センサー 1 0 ~ 1 3 のみによる距離の測定を行ってもよい。

30

【 符号の説明 】

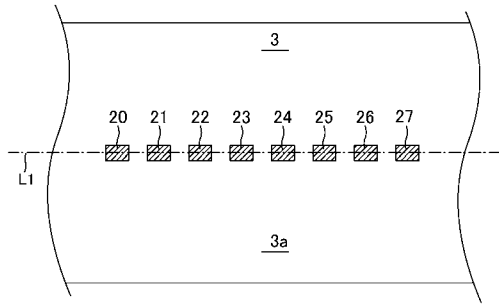
【 0 0 7 8 】

- 1 地山掘削機
- 1 a 外殻
- 2 位置検出システム
- 3 既設トンネル
- 3 a 外殻
- 4 新設トンネル
- 6 発進立坑
- 1 0 ~ 1 3 距離センサー
- 2 0 ~ 2 7 発信器
- 3 0 ~ 3 3 受信器
- L 1 第 1 基準線
- L 2 第 2 基準線

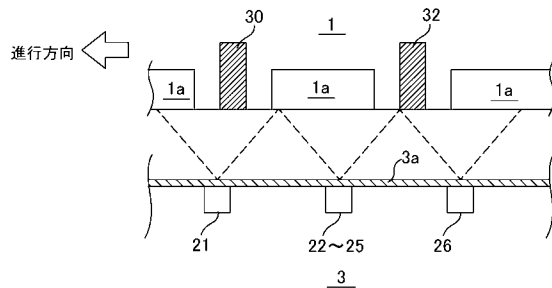
40



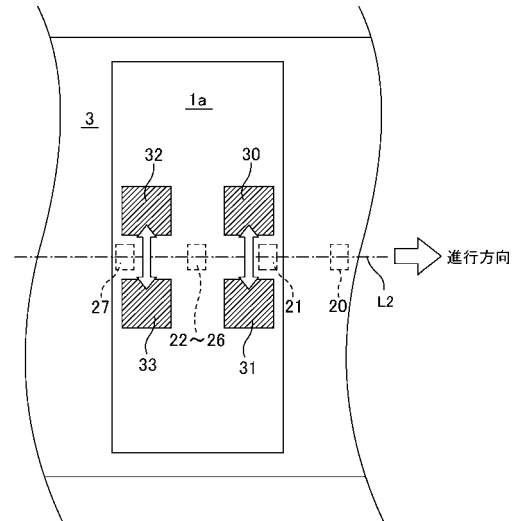
【図 7】



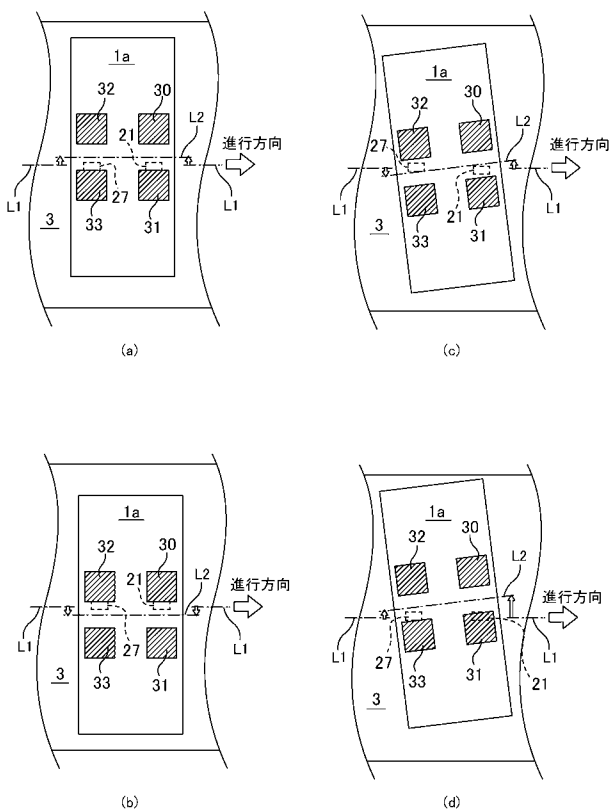
【図 8】



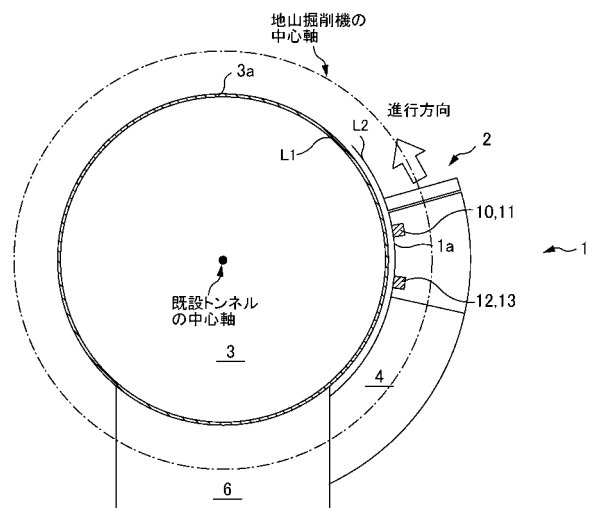
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

