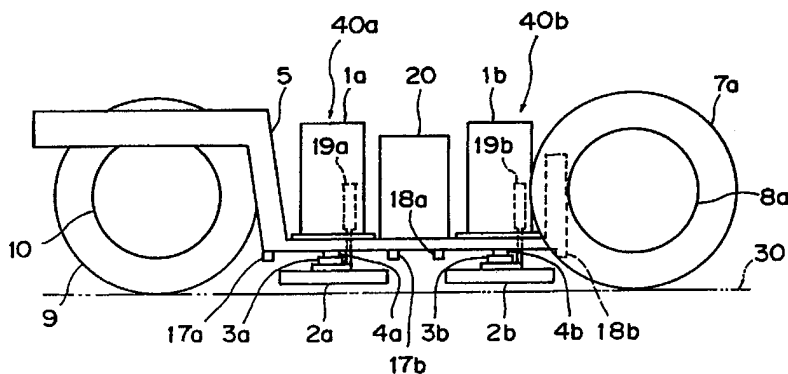


<p>(51) 国際特許分類6 B62D 57/02, B25J 5/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/22330</p> <p>(43) 国際公開日 1998年5月28日(28.05.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/04210</p> <p>(22) 国際出願日 1997年11月19日(19.11.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/308537 1996年11月19日(19.11.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)[JP/JP] 〒100 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 樋口 優(HIGUTI, Masaru)[JP/JP] 井辺智吉(IBE, Tomoyosi)[JP/JP] 〒676 兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂研究所内 Hyogo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 真田 有(SANADA, Tamotsu) 〒180 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目10番31号 吉祥寺広瀬ビル8階 Tokyo, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54)Title: **WALL SURFACE ABSORPTION TYPE MOVING DEVICE AND MAGNET DRIVING METHOD OF THE WALL SURFACE ABSORPTION TYPE MOVING DEVICE**

(54)発明の名称 壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法



(57) Abstract

A wall surface absorption type moving device applicable to inspection and maintenance of large scale iron constructions is allowed to be reliably absorbed to a running surface, while a permanent magnet is prevented from interfering with an obstacle when the device gets over the obstacle on the wall surface, and while the increase of the weight and the scale of the device is prevented, too. The device is characterized by a moving body (5) for running on a wall surface (30) made of a magnetic material, permanent magnets (2a, 2b), driving mechanisms (1a, 1b) for approaching and separating the permanent magnets (2a, 2b) to and from the wall surface (30), sensors (19a, 19b) for detecting the positions of the permanent magnets (2a, 2b) in the approaching/separating direction, sensors (3a, 3b) for detecting the absorption force of the permanent magnets on the wall surface and an absorption mechanism (40a, 40b) characterized by sensors (17a to 18b) for detecting any obstacle on the wall surface (30). When the permanent magnets (2a, 2b) are judged as being likely to interfere with the obstacle on the basis of the detection information from each sensor, control is so made as to generate necessary wall surface absorption force by the same of the wall surface absorption force (2a, 2b) of the permanent magnets in each absorption mechanism (40a, 40b) to avoid the interference.

(57) 要約

大型鉄構造物の保守点検等に適用しうる壁面吸着式移動装置において、装置の重量増や大型化を抑制しつつ壁面上の障害物を乗り越える際に永久磁石が障害物に干渉しないようにしながら装置を走行面へ確実に吸着させて走行させるようにすることを目的とし、磁性体製壁面(30)上を移動する移動体(5)と、永久磁石(2a, 2b)と、永久磁石(2a, 2b)を壁面(30)に対し離接させる駆動機構(1a, 1b), 永久磁石(2a, 2b)の離接方向位置を検出するセンサ(19a, 19b), 永久磁石の壁面吸着力を検出するセンサ(3a, 3b), 壁面(30)上の障害物を検出するセンサ(17a~18b)からなる吸着機構(40a, 40b)とをそなえ、上記の各センサからの検出情報に基づいて、永久磁石(2a, 2b)が障害物と干渉するおそれがあるとこれを回避しつつ、各吸着機構(40a, 40b)における永久磁石の壁面吸着力(2a, 2b)の合計により所要の壁面吸着力が発生するように制御する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AC	オーストラリア	GB	英国	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バルバドス	GM	ガンビア	MK	マケドニア旧ユーゴス ラヴィア共和国	TR	トルコ
BE	ベルギー	GN	ギニア			TT	トリニダード・トバゴ
BF	ブルキナ・ファソ	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TA	タイ
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	MR	モリタニア	US	米国
BR	ブラジル	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CA	カナダ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CF	中央アフリカ	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CG	コンゴ共和国	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CH	スイス	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CI	コートジボワール	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CN	中国	KG	キルギス	PT	ポルトガル		
CM	カムeroon	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
CU	キューバ	KR	韓国	RU	ロシア		
CY	キプロス	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
CZ	チェコ	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		
DK	デンマーク	LK	スリランカ	SI	スロヴェニア		
EE	エストニア	LR	リベリア	SK	スロバキア		
ES	スペイン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ		

明 細 書

壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法

5 技術分野

本発明は、大型鉄構造物の保守点検等に適用しうる壁面吸着式移動装置に関し、特に、永久磁石の磁力を磁性体製の壁面に作用させることで移動時の壁面への吸着を行なう、壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法に関する。

10

背景技術

大型鉄構造物等の磁性体で形成された構造物については、磁力により構造物への吸着を行なえるので、このような構造物の保守点検等のために、磁力を利用して移動体を構造物に吸着させうる壁面吸着式移動装置が15 開発されている。かかる壁面吸着式移動装置では、磁力により移動体を構造物へ吸着させるので、移動体の走行する構造物の面が鉛直下方になくても、即ち、鉛直面に対しても、移動体の走行を行なうことができる。

例えばF I G. 7は従来の壁面吸着式移動装置を示す模式的な構成図20 であり、F I G. 7に示すように、移動装置は、構造物の面に沿って走行しうる移動体（移動台車）110と、この移動台車110にそれぞれ設置された、走行用の車輪112, 113, 磁力式の吸着機構130及び保守点検等の作業用のマニピュレータ120とをそなえて構成される。

特に、吸着機構130は、移動台車110の下面から突設された進退25 ロッド132と、この進退ロッド132の先端に設置された永久磁石（以下、マグネットという）134と、進退ロッド132を進退させる

ことで移動台車 110 下方の磁性体製の走行面（磁性体製壁面）102 に対してマグネット 134 を離接駆動する駆動機構 131 とをそなえている。

5 そして、駆動機構 131 を制御してマグネット 134 と走行面 102 との距離を調整してマグネット 134 の磁力（即ち、吸着力）を調整するために、力センサ 133 及び制御装置（吸着力制御部）135 がそなえられている。力センサ 133 は、マグネット 134 の近傍に設置され、マグネット 134 と走行面 102 との間に働く磁力の強さを検出する。吸着力制御部 135 では、この力センサ 133 からマグネット 134 と
10 走行面 102 との間の磁力（即ち、吸着力）に応じた検出信号を受けて、この検出信号がこの磁力（吸着力）が所定値になるように、検出信号によるフィードバック制御で、駆動機構 131 を制御して、進退ロッド 132 の進退量を調整し、マグネット 134 と走行面 102 との距離を調整する。

15 つまり、マグネット 134 と走行面 102 との間に働く磁力（吸着力）は、マグネット 134 と走行面 102 との距離に応じて変化するため、マグネット 134 と走行面 102 との間に所定の磁力が働くようにするには、マグネット 134 と走行面 102 との距離をこの所定の磁力に対応したものに制御すればよい。吸着力制御部 135 では、駆動機構
20 131 を通じてマグネット 134 と走行面 102 との距離を制御することで、マグネット 134 と走行面 102 との間に働く磁力が所定の大きさになるように、力センサ 133 の検出信号をフィードバックしながら制御を行なっているのである。

25 このような吸着力制御部 135 による制御によって、例えば走行面 102 に凹凸等があっても不整地面のような状態であっても、この走行面 102 に応じてマグネット 134 との位置が調整されるようになり、マグ

ネット 1 3 4 による吸着力が常にほぼ一定を保持しうるようになる。換言すると、かかる制御により、マグネット 1 3 4 とこのマグネット 1 3 4 が対向する走行面 1 0 2 とのギャップが常に一定となり、所要の吸着力が安定して発揮され、移動台車 1 1 0 の走行面 1 0 2 への吸着が確実に
5 に行なわれるようになるのである。

ところで、上述のような壁面吸着式移動装置が、走行面 1 0 2 上の例えば F I G. 8 に示すような突起 1 0 2 A や F I G. 9 に示すような段差 1 0 2 B 等の障害物を乗り越える場合、その障害物にマグネット 1 3 4 が干渉しないように、進退ロッド 1 3 2 の進退量を調整する必要がある。
10

しかしながら、F I G. 8, F I G. 9 に示すように、突起 1 0 2 A や段差 1 0 2 B 等を乗り越える場合には、その突起 1 0 2 A や段差 1 0 2 B 等の高さに応じてマグネット 1 3 4 を対向する走行面 1 0 2 から隔離させなくてはならず、こうするとマグネット 1 3 4 と走行面 1 0 2 と
15 の間に働く磁力が大幅に減少してしまい、移動台車 1 1 0 を走行面 1 0 2 へ確実に吸着させるのに必要な吸着力の確保が困難になる。もちろん、マグネット 1 3 4 を強力なものにすれば、吸着力を増大できるが、必要な吸着力の確保には、極めて大きなマグネット 1 3 4 が必要となり、移動装置の大幅な重量増や大型化を招いたり、走行駆動にかかるモータ等
20 の駆動装置の容量増が要求されるなど好ましくない。

発明の開示

本発明は、上述の課題に鑑み創案されたもので、装置の重量増や大型化を抑制しつつ壁面（走行面）上の障害物を乗り越える際に永久磁石が
25 障害物に干渉しないようにしながら装置を走行面へ確実に吸着させることができるようにした、壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の

磁石駆動方法を提供することを目的とする。

このため、本発明の壁面吸着式移動装置は、磁性体製の壁面上を移動する移動体と、該移動体にそなえられた吸着機構と、該吸着機構を制御する制御装置とをそなえた壁面吸着式移動装置であって、上記吸着機構が、該移動体に設置された永久磁石と、該永久磁石を該壁面に対して離接する方向に進退させる駆動機構と、該永久磁石の該壁面への吸着力を検出する吸着力センサとをそなえるとともに、上記吸着機構が複数組設けられて、上記制御装置が、上記吸着力センサからの検出情報に基づいて、各吸着機構における該永久磁石の壁面吸着力の合計により該移動体を該壁面に保持させうる所要の壁面吸着力が発生するように、各吸着機構における該駆動機構を制御することを特徴としている。

このような構成により、移動体が、複数の吸着機構にそれぞれそなえられた永久磁石と磁性体製の壁面との間に作用する磁力を壁面吸着力として、壁面へ吸着しつつ該壁面上を移動し、この際、吸着力センサにより該永久磁石の該壁面への吸着力が検出され、制御装置が、吸着力センサからの検出情報に基づいて、各永久磁石の壁面吸着力の合計が該移動体を該壁面に保持させうる所要の壁面吸着力となるように、各吸着機構の駆動機構を制御する。

このように複数の吸着機構を協働させて全体としては常に所要の壁面吸着力を確保するので、いずれかの吸着機構においてその永久磁石が該障害物と干渉するおそれがある場合にも、この吸着機構の駆動機構を制御することにより該永久磁石と該障害物との干渉を回避しながら、他の吸着機構を通じて全体としては常に所要の壁面吸着力を確保することができ、これにより、移動体を壁面に確実に保持しながら壁面上を支障なく移動させることが可能になる。

また、各永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力となるよう

に制御されるので、壁面吸着力が過大となるようなことも回避することができ、移動体が例えば段差や突起等の障害物を乗り越える場合にも、移動にかかる負荷が軽減されて、移動機能が向上する効果もある。

また、上記吸着機構を、上記永久磁石と、上記駆動機構と、上記吸着力センサとともに、該永久磁石の上記壁面に対する離接方向位置を検出する位置センサと、該壁面上に存在する障害物の該永久磁石への接近を検出する障害物センサとをそなえるように構成するとともに、上記制御装置が、上記の位置センサ、吸着力センサ、障害物センサからの検出情報に基づいて、各吸着機構における該永久磁石の壁面吸着力の合計により上記の所要の壁面吸着力が発生する位置となるように該駆動機構を制御するとともに、該永久磁石が該障害物と干渉するおそれがある場合にはこの干渉を回避するように該駆動機構を制御するように構成してもよい。

このような構成により、移動体が、複数の吸着機構にそれぞれそなえられた永久磁石と磁性体製の壁面との間に作用する磁力を壁面吸着力として、壁面へ吸着しつつ該壁面上を移動する際に、位置センサにより該永久磁石の該壁面に対する離接方向位置が検出され、吸着力センサにより該永久磁石の該壁面への吸着力が検出され、障害物センサにより該壁面上に存在する障害物の該永久磁石への接近が検出されて、制御装置が、これらの位置センサ、吸着力センサ、障害物センサからの検出情報に基づいて、各永久磁石の壁面吸着力の合計が該移動体を該壁面に保持させる所要の壁面吸着力となるように、各吸着機構の駆動機構を制御する。

そして、各吸着機構のうちのいずれかの吸着機構においてその永久磁石が該障害物と干渉するおそれがある場合には、この吸着機構の駆動機構を制御することにより該永久磁石と該障害物との干渉を回避する。この干渉回避時には、対象となる吸着機構の永久磁石は、通常、該壁面か

ら離隔調整されるため吸着力が弱まることになるが、各永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力となるように、他の吸着機構の駆動機構が制御され、全体としては所要の壁面吸着力が確保されるので、該移動体は該壁面に確実に保持されるようになる。

- 5 したがって、永久磁石の障害物との干渉を確実に回避しながら移動体を壁面に確実に保持させて、壁面上を移動させることができるようになる。

また、各永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力となるような制御により、干渉回避のために壁面吸着力が過大となるようなことも
10 回避しうるため、移動体が例えば段差や突起等の障害物を乗り越える場合にも、移動にかかる負荷が軽減されて、移動機能が向上する効果もある。

さらに、上記の各吸着機構の永久磁石を、上記移動体の移動方向に対して前後に位置をずらせるようにして配設して、上記制御装置が、上記
15 障害物センサからの検出情報に基づいて、上記の複数の吸着機構のうち上記永久磁石が上記障害物と干渉するおそれのある吸着機構についてはこの干渉を回避するように上記駆動機構を通じて該永久磁石を該壁面に対して後退調整すると同時に、上記の複数の吸着機構のうち該永久磁石が上記障害物と干渉するおそれのない吸着機構については上記の各吸着
20 機構における該永久磁石の壁面吸着力の合計により上記の所要の壁面吸着力が発生するように上記駆動機構を通じて該永久磁石を該壁面に対して前進調整するように構成してもよい。

このような構成により、複数の吸着機構のうちのいずれかにおいて、永久磁石が障害物と干渉するおそれのある場合、制御装置に制御された
25 駆動機構を通じて該永久磁石が壁面に対して後退調整されて、かかる干渉が回避される。この後退調整された永久磁石では、壁面吸着力が減少

5 するが、この干渉回避制御と同時に、永久磁石が上記障害物と干渉するおそれのない他の吸着機構が存在し、この吸着機構については、永久磁石の壁面に対する前進調整が適宜行なわれて、各吸着機構における該永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力に達するように制御されるので、移動体は該壁面に確実に保持されるようになる。

これにより、永久磁石の障害物との干渉を確実に回避しながら移動体を壁面に確実に保持させ壁面上を移動させることができるようになる。もちろん、上述のように、壁面吸着力が過大となるようなことも回避でき、移動機能が向上する効果もある。

10 さらに、上記障害物センサを上記移動体の真下の上記壁面上に検出方向を向けて該検出方向上の対象物との距離を検出することで該壁面上に存在する上記障害物を検出するように構成するとともに、上記の各永久磁石における上記移動方向直前にそれぞれ設置された前部障害物センサをそなえ、上記制御装置が、上記の複数の前部障害物センサのうち
15 ずれかが上記障害物の存在を検出したら、該前部障害物センサで検出された該障害物までの距離と、対応する永久磁石に関して上記位置センサで検出された上記離接方向位置とに基づいて上記駆動機構を通じて該永久磁石を進退調整するように構成してもよい。

20 このような構成により、障害物に対しても短時間でしかも効率的に永久磁石の位置調整を行なうことができるようになる。

さらに、上記制御装置は、上記の複数の前部障害物センサのうち
25 ずれかが上記障害物の存在を検出し、該障害物が対応する永久磁石と干渉するおそれのある場合には、該干渉を回避しうる量だけ上記駆動機構を通じて該永久磁石を後退調整するように構成してもよい。

このような構成により、短時間でしかも効率的で確実に永久磁石の障害物の干渉制御を行なうことができる利点を得られる。

また、上記永久磁石の干渉を回避するための後退調整量は、該永久磁石に関して上記位置センサで検出される上記離接方向位置が、上記前部障害物センサで検出された上記障害物までの距離よりも、所定距離だけ大きくなるように設定されることが好ましい。

5 このような構成により、確実に永久磁石の障害物の干渉制御を行なうことができる。

さらに、上記の複数の前部障害物センサのうちのいずれかが上記障害物の存在を検出し、該障害物が対応する永久磁石から離隔する溝状障害物の場合には、上記制御装置が、上記駆動機構を通じて該永久磁石を前進調整することで上記の所要の壁面吸着力を確保するように構成してもよい。

このような構成により、障害物に対しても短時間でしかも効率的に永久磁石の位置調整を行なうことができるようになる。

さらに、上記障害物センサが、上記移動体の真下の上記壁面上に検出方向を向けて該検出方向上の対象物との距離を検出することで該壁面上に存在する上記障害物を検出するように構成されるとともに、上記の各永久磁石における上記移動方向直後にそれぞれ設置された後部障害物センサをそなえ、上記制御装置は、上記移動体の後退時に、上記の複数の前部障害物センサのうちのいずれかが上記障害物の存在を検出したら、
15 該後部障害物センサで検出された該障害物までの距離と、対応する永久磁石に関して上記位置センサで検出された上記離接方向位置とに基づいて上記駆動機構を通じて該永久磁石を進退調整するように構成してもよい。

このような構成により、移動体の後退時において平面上に障害物が存在しても短時間でしかも効率的に永久磁石の位置調整を行なうことができるようになる。

また、本発明の壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法は、磁性体制の壁面上を移動する移動体と、該移動体にそなえられた吸着機構とをそなえ、上記吸着機構が、上記移動体に設置された永久磁石と、該永久磁石を上記壁面に対して離接する方向に進退させる駆動機構とをそなえるととも
5 に、該永久磁石の該壁面に対する離接方向位置を検出する位置センサと、該永久磁石の該壁面への吸着力を検出する吸着力センサと、該壁面上に存在する障害物の該永久磁石への接近を検出する障害物センサとをそなえ、上記吸着機構が複数組設けられた壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法において、上記障害物センサのいずれかにより、上記壁面上に存在す
10 る上記障害物の上記永久磁石への接近が検出されたら、障害物センサで検出された上記障害物までの距離に応じて、上記永久磁石のうちの該障害物に接近する永久磁石の該障害物手前での壁面までの適正距離を設定し、この設定した適正距離に応じて上記の障害物に接近する永久磁石の駆動機構を制御するとともに、上記永久磁石の壁面吸着力の合計により
15 上記の所要の壁面吸着力が発生するように、該永久磁石のうちの他の永久磁石の駆動機構を制御することを特徴としている。

このような構成により、各吸着機構のうちのいずれかの吸着機構においてその永久磁石が該障害物と干渉するおそれがある場合には、この吸着機構の駆動機構を制御することにより該永久磁石と該障害物との干渉
20 を回避し、この干渉回避時には、対象となる吸着機構の永久磁石は、通常、該壁面から離隔調整されるため吸着力が弱まることになるが、各永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力となるように、他の吸着機構の駆動機構が制御され、全体としては所要の壁面吸着力が確保されるので、該移動体は該壁面に確実に保持されるようになる。

したがって、永久磁石の障害物との干渉を確実に回避しながら移動体を壁面に確実に保持させて、壁面上を移動させることができるようになる

る。

また、各永久磁石の壁面吸着力の合計が所要の壁面吸着力となるような制御により、干渉回避のために壁面吸着力が過大となるようなことも回避しうるため、移動体が例えば段差や突起等の障害物を乗り越える場合にも、移動にかかる負荷が軽減されて、移動機能が向上する効果もある。

図面の簡単な説明

FIG. 1は、本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置を示す側面図である。

FIG. 2は、本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置を示す平面図である。

FIG. 3は、本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置を示す正面図であり、一部の破断部分はFIG. 2のA-A矢視断面を示している。

FIG. 4(A)～FIG. 4(E)は、いずれも本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法を説明する図であって、障害物(段差)乗り越え時の動作を示す模式図であり、FIG. 4(A)～FIG. 4(E)の順序でその動作を示している。

FIG. 5(A)～FIG. 5(E)は、いずれも本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法を説明する図であって、障害物(突起)乗り越え時の動作を示す模式図であり、FIG. 5(A)～FIG. 5(E)の順序でその動作を示している。

FIG. 6は、本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置及び

壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法の効果を説明する模式図である。

F I G. 7は、従来の壁面吸着式移動装置を示す模式的な側面図である。

F I G. 8は、従来の壁面吸着式移動装置に関する課題を説明する模式図である。

F I G. 9は、従来の壁面吸着式移動装置に関する課題を説明する模式図である。

発明を実施するための最良の形態

10 以下、図面により、本発明の実施の形態について説明する。

F I G. 1～F I G. 6は本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置及び壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法について示すものである。

F I G. 1～F I G. 3に示すように、本壁面吸着式移動装置は、構造物の表面（走行面30）に沿って走行しうる移動体（本体）5と、本体5の後部にそれぞれ駆動機構8a, 8bを介して設置された一対の後輪7a, 7bと、この本体5の前部に駆動機構10を介して設置された前輪9とをそなえ、本体5には図示しないマニピュレータ等が装備される。各後輪7a, 7b及び前輪9はそれぞれ駆動機構8a, 8b, 10により軸支されるとともに、それぞれ駆動機構8a, 8b, 10に内蔵された図示しないモータによって回転駆動され、本体5が移動しうらうになっている。

このうち、前輪9を軸支する駆動機構10は、F I G. 2, F I G. 3に示すように、ステアリング軸12に固定されており、このステアリング軸12は軸受11を介して本体5に支持されている。また、ステアリング軸12の外周には、F I G. 3に示すように、歯車13が設けられ、この歯車13は、本体5側に回転自在に支持されたアイドル歯車1

4を介して、歯車15と噛合している。歯車15は、操舵用駆動機構16に内蔵された図示しないモータによって回転駆動されるようになっている。したがって、駆動機構16によって、各歯車15, 14, 13を通じてステアリング軸12が回転駆動され、前輪9が操舵されるようになっている。

そして、FIG. 1に示すように、本体5には、さらに、複数（ここでは、2つ）の吸着機構40a, 40bがそなえられている。各吸着機構40a, 40bには、それぞれ本体5に設置されたマグネット駆動機構1a, 1bと、これらのマグネット駆動機構1a, 1bの各軸4a, 4bの下端部に下向きに設置されたマグネット（永久磁石）2a, 2bとがそなえられている。

各マグネット駆動機構1a, 1bの軸4a, 4bの軸心線は、いずれも走行面（磁性体製の壁面）30に対して垂直な方向に設定されており、各吸着機構40a, 40bは、このような各マグネット駆動機構1a, 1bの軸4a, 4bを走行面30に対して垂直な方向に進退駆動することで、各マグネット2a, 2bを走行面30に対して離接する方向に進退調整しうるようになっている。

ところで、各吸着機構40a, 40bのうち吸着機構40aは本体の前部（前輪9寄り）に、吸着機構40bは本体の後部（後輪7a, 7b寄り）にそれぞれ配置されている。したがって、各吸着機構40a, 40bにそなえられたマグネット2a, 2bは、本体（移動体）5の移動方向に対して前後に位置をずらせるようにして配設されていることになる。

また、各吸着機構40a, 40bには、さらに、各マグネット2a, 2bの走行面30に対する離接方向位置をそれぞれ検出する位置センサ19a, 19bと、各マグネット2a, 2bの走行面30への吸着力を

それぞれ検出する吸着力センサ（力センサ）3 a, 3 bと、走行面3 0に存在する段差や突起等の障害物の各マグネット2 a, 2 bへの接近を検出する障害物センサ1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 bとがそなえられている。

5 各センサのうち、位置センサ1 9 a, 1 9 bは、各マグネット2 a, 2 bの進退ストロークを検出するストロークセンサで構成されている。

また、力センサ3 a, 3 bは、例えば歪みゲージをそなえた円盤からなり、各軸4 a, 4 bの先端部と各マグネット2 a, 2 bとの間に介装され、マグネット2 a, 2 bにより発生する磁力（吸着力）が大きくなるほど各マグネット2 a, 2 bが各軸4 a, 4 bから離隔しようとする力に応じた歪み、逆に言えば、マグネット2 a, 2 bにより発生する磁力（吸着力）が小さくなるほど各マグネット2 a, 2 bと各軸4 a, 4 bとの間で減少する引張力に応じた歪みを測定することで、各マグネット2 a, 2 bの吸着力（壁面吸着力）を検出ようになっている。したがって、例えば各マグネット2 a, 2 bが各軸4 a, 4 bから離隔しようとする力に応じた歪みを測定する場合、歪みが大きいほど、吸着力（壁面吸着力）も大きくなる。

また、障害物センサ1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 bは、各マグネット2 a, 2 bの直前に配置された前部障害物センサ1 7 a, 1 8 aと、各マグネット2 a, 2 bの直後に配置された後部障害物センサ1 7 b, 1 8 bとに分類することができる。そして、いずれの障害物センサ1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 bも、検出方向上に存在する物体（対象物）までの距離を検出する距離センサで構成され、各センサの1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 bの検出方向は、本体5の下方の走行面3 0上（通常は、走行面3に対して垂直な方向）に向かうように設定されている。なお、前部のマグネット2 aにかかる後部障害物センサ1 7 b及び後部の

マグネット 2 b にかかる前部障害物センサ 1 8 a は、本体 5 の前後方向のほぼ中央に位置している。

したがって、各障害物センサ 1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 b で検出された対象物までの距離が走行面 3 0 までの距離に相当する大きさの場合には、走行面 3 0 上に段差や突起といった障害物はないものと判定することができ、また、検出された対象物までの距離が走行面 3 0 までの距離に相当する大きさよりも小さい場合には、走行面 3 0 上に上り段差か下り段差又は突起といった障害物があるものと判定することができる。また、検出された対象物まで距離が走行面 3 0 までの距離に相当する大きさよりも大きい場合には、走行面 3 0 上に下り段差か上り段差又は溝等があるものと判定することもできる。

このような位置センサ 1 9 a, 1 9 b, 力センサ 3 a, 3 b, 障害物センサ 1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 b による検出結果は、制御装置（電送装置）2 0 に送信されるようになっており、制御装置 2 0 では、これらの位置センサ 1 9 a, 1 9 b, 力センサ 3 a, 3 b, 障害物センサ 1 7 a, 1 7 b, 1 8 a, 1 8 b による検出情報に基づいて、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を個別に制御するようになっている。

ここで、本壁面吸着式移動装置の特徴とする制御装置 2 0 による制御内容について説明する。

この制御装置 2 0 では、力センサ 3 a, 3 b で検出された各吸着機構 4 0 a, 4 0 b における吸着力（壁面吸着力）の合計が、常に、所要の壁面吸着力となるように、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を通じて、各マグネット 2 a, 2 b を走行面 3 0 に対して離接する方向へ進退調整するようになっている。

なお、所要の壁面吸着力とは、磁性体制の壁面である走行面 3 0 とマ

マグネット 2 a, 2 b との間に生じる磁力による吸着力で、本壁面吸着式移動装置を走行面 3 0 上に確実に保持させうるだけの大きさの力として設定される。

また、制御装置 2 0 では、いずれかの障害物センサ 1 7 a, 1 7 b, 5 1 8 a, 1 8 b が段差や突起等の障害物の存在を検出したら、この障害物の存在を検出した障害物センサで検出された障害物までの距離と、この障害物を検出した障害物センサの直後のマグネット 2 a 又は 2 b の位置センサ 1 9 a 又は 1 9 b からの位置情報に基づいて、かかるマグネット 2 a 又は 2 b がこの障害物に干渉しないように、マグネット駆動機構 10 1 a 又は 1 b を通じて、マグネット 2 a 又は 2 b を走行面 3 0 に対して離隔する方向へ後退調整する。

また、このときの後退調整と同時に、制御装置 2 0 では、後退調整したマグネット 2 a 又は 2 b の壁面吸着力が低下するので、他のマグネット、即ち、障害物と干渉しないマグネット 2 b 又は 2 a についてはマグネット駆動機構 1 b 又は 1 a を通じてマグネット 2 b 又は 2 a を走行面 15 3 0 に対して接近する方向へ前進調整して、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b における吸着力（壁面吸着力）の合計が、常に、所要の壁面吸着力となるように制御するようになっている。

本発明の一実施形態としての壁面吸着式移動装置は上述のように構成 20 されているので、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b を通じて発揮される壁面吸着力によって、装置の移動する構造物の面が鉛直下方になくても、即ち、例えば鉛直面に対しても、その移動を行なうことができる。

そして、本装置の動作（本実施形態にかかる壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法）について説明すると、本装置が段差や突起等の障害物を乗り 25 越える場合には、次のように動作する。

例えば本装置が、鉛直方向に向いた走行面（鉛直面） 3 0 を移動（走

行) する場合に、走行面 3 0 上に存在する段差 (上り段差) 3 1 を乗り越える場合には、FIG. 4 (A) ~ FIG. 4 (E) に示すように、制御装置 2 0 により、各マグネット 2 a, 2 b が位置調整される。

つまり、まず、FIG. 4 (A) に示すように、装置が段差 3 1 に差し掛かるまでは、平坦な走行面 3 0 に対して、各マグネット 2 a, 2 b がほぼ等距離 h_0 に離隔するように、制御装置 2 0 が各吸着機構 4 0 a, 4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を通じてマグネット 2 a, 2 b の位置を調整して、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力 F_1 , F_2 の合計 $F_S (= F_1 + F_2)$ が、所要の壁面吸着力 F となるように制御する。

そして、装置が段差 3 1 に差し掛かると、まず、前輪がこの段差 3 1 に乗り上げて、装置の進行によって、前側のマグネット 2 a がこの段差 3 1 に近づくと、FIG. 4 (B) に示すように、前側のマグネット 2 a の直前に配置された前部障害物センサ 1 7 a が、この段差 3 1 に反応する。

つまり、前部障害物センサ 1 7 a で検出された走行面 3 0 側までの距離がそれまでよりも短くなることで、制御装置 2 0 では、走行面 3 0 よりも近い距離に何か (障害物) が或るものと判定することができる。

制御装置 2 0 では、この判定と同時に、この前部障害物センサ 1 7 a で検出された障害物までの距離から障害物 (ここでは、段差 3 1) の高さ H を演算するとともに、位置センサ 1 9 a で検出されたマグネット 2 a の現在位置 (走行面 3 0 との距離 h_0) とこの障害物 (段差 3 1) の高さ H にクリアランス余裕長 δh を加算した距離 ($= H + \delta h$) とを比較する。この距離 ($= H + \delta h$) は、障害物手前でのマグネットの走行面 (壁面) 3 0 からの適正距離に相当する。

そして、マグネット 2 a の現在位置 (走行面 3 0 との距離 h_0) が適正距離 ($H + \delta h$) よりも小さければ、制御装置 2 0 は、マグネット 2

a の位置が走行面 3 0 から適正距離 (H + δ h) だけ離隔するように、マグネット駆動機構 1 a を通じて前側のマグネット 2 a を後退調整する。

このマグネット 2 a の後退調整によって、吸着機構 4 0 a の吸着力が減少するので、制御装置 2 0 では、このマグネット 2 a の後退調整と共に、この吸着機構 4 0 a の吸着力減少量 α 分だけマグネット 2 b を前進調整することによって、吸着機構 4 0 b の吸着力を増加させる。これにより、吸着機構 4 0 a の吸着力は F_1 から $(F_1 - \alpha)$ となり、吸着機構 4 0 b の吸着力は F_2 から $(F_2 + \alpha)$ となって、両吸着機構 4 0 a, 4 0 b の合計吸着力 F S は、次式のように、やはり一定値 (所要の壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$) を保持する。

$$F S = (F_1 - \alpha) + (F_2 + \alpha) = F_1 + F_2$$

そして、さらに、装置が前進して、前側のマグネット 2 a がこの段差 3 1 を越えて高段側の走行面 3 2 上に差し掛かり、前側のマグネット 2 a がこの高段側の走行面 3 2 との間で磁力 (吸着力) を発生するようになると前側のマグネット 2 a での吸着力が大きくなるので、FIG. 4 (C) に示すように、再び、各走行面 3 0, 3 2 に対して、各マグネット 2 a, 2 b がほぼ等距離 h_0 に離隔するように、制御装置 2 0 が各吸着機構 4 0 a, 4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を通じてマグネット 2 a, 2 b の位置を調整して、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力は F_1 , F_2 とすることで、これらの吸着力 F_1 , F_2 の合計 F S ($= F_1 + F_2$) が、所要の壁面吸着力 F となるように制御する。

そして、装置がさらに前進して後側のマグネット 2 b がこの段差 3 1 に近づくと、FIG. 4 (D) に示すように、後側のマグネット 2 b の直前に配置された前部障害物センサ 1 8 a が、この段差 3 1 に反応する。つまり、前部障害物センサ 1 8 a で検出された走行面 3 0 側までの距離がそれまでよりも短くなることで、制御装置 2 0 では、後側のマグネ

ット 2 b が段差 3 1 に接近したものと判定することができる。

制御装置 2 0 では、この判定と同時に、この後部障害物センサ 1 8 a
で検出された障害物までの距離から障害物（ここでは、段差 3 1）の高
5 さ H を演算するとともに、位置センサ 1 9 b で検出されたマグネット 2
b の現在位置（走行面 3 0 との距離 h_0 ）とこの段差 3 1 の高さ H にク
リアランス余裕長 δh を加算した適正距離（ $= H + \delta h$ ）とを比較し、
マグネット 2 b の現在位置（走行面 3 0 との距離 h_0 ）が適正距離（ H
+ δh ）よりも小さければ、制御装置 2 0 は、マグネット 2 b の位置が
走行面 3 0 から適正距離（ $H + \delta h$ ）だけ離隔するように、マグネット
10 駆動機構 1 b を通じて前側のマグネット 2 b を後退調整する。

このマグネット 2 b の後退調整によって、吸着機構 4 0 b の吸着力が
減少するので、制御装置 2 0 では、このマグネット 2 b の後退調整と共
に、この吸着機構 4 0 b の吸着力減少量 α 分だけ、マグネット 2 a を前
進調整することによって、吸着機構 4 0 a の吸着力を増加させる。これ
15 により、吸着機構 4 0 a の吸着力は F_1 から $(F_1 + \alpha)$ となり、吸着
機構 4 0 b の吸着力は F_2 から $(F_2 - \alpha)$ となって、両吸着機構 4 0
a, 4 0 b の合計吸着力 $F S$ は、次式のように、やはり一定値（所要の
壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$ ）を保持する。

$$F S = (F_1 + \alpha) + (F_2 - \alpha) = F_1 + F_2$$

20 そして、さらに、装置が前進して、後側のマグネット 2 b がこの段差
3 1 を越えて高段側の走行面 3 2 上に差し掛かり、後側のマグネット 2
b がこの高段側の走行面 3 2 との間で磁力（吸着力）を発生するよう
になると後側のマグネット 2 b での吸着力が大きくなるので、F I G. 4
(E) に示すように、再び、各走行面 3 0, 3 2 に対して、各マグネッ
25 ト 2 a, 2 b がほぼ等距離 h_0 に離隔するように、制御装置 2 0 が各吸
着機構 4 0 a, 4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を通じてマグネ

ット 2 a, 2 b の位置を調整して、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力は F_1 , F_2 とすることで、これらの吸着力 F_1 , F_2 の合計 $F S (= F_1 + F_2)$ が、所要の壁面吸着力 F となるように制御する。

このようにして、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力の合計 $F S$ が、
5 常に所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ となるように制御することで、装置を走行面 3 0 ~ 3 2 に確実に接地させながら、マグネット 2 a, 2 b の干渉を招くことなく段差 3 1 を乗り越えさせることができ、壁面吸着式移動装置としての移動性能向上に寄与する。

また、走行面 3 0 上に存在する下り段差を乗り越える場合には、図示
10 しないが、前部障害物センサ 1 7 a, 1 8 a が、検出した走行面 3 0 側までの距離がそれまでよりも長くなることで、制御装置 2 0 では、マグネット 2 a, 2 b が下り段差に接近したものと判定することができ、この場合にも、上述の上り段差の場合と同様に、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力の合計 $F S$ が、常に所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ と
15 なるように制御することで、装置を走行面 3 0 ~ 3 2 に確実に接地させながら、マグネット 2 a, 2 b の干渉を招くことなく下り段差を乗り越えることができる。

一方、例えば本装置が、鉛直方向に向いた走行面（鉛直面） 3 0 を移動（走行）する際に、走行面 3 0 上に存在する突起 3 3 を乗り越える場
20 合には、F I G. 5 (A) ~ F I G. 5 (E) に示すように、制御装置 2 0 により各マグネット 2 a, 2 b が位置調整される。

つまり、装置が突起 3 3 に差し掛かり、前輪が突起 3 3 を乗り越え、前側のマグネット 2 a がこの突起 3 3 に近づくと、まず、F I G. 5 (A) に示すように、前側のマグネット 2 a の直前に配置された前部障
25 害物センサ 1 7 a が、この段差 3 3 に反応する。

つまり、前部障害物センサ 1 7 a で検出された走行面 3 0 側までの距

離がそれまでよりも短くなることで、制御装置 20 では、走行面 30 よりも近い距離に何か（障害物）が或るものと判定することができる。

5 制御装置 20 では、この判定と同時に、この前部障害物センサ 17 a で検出された障害物までの距離から障害物（ここでは、突起 33）の高さ H を演算するとともに、位置センサ 19 a で検出されたマグネット 2 a の現在位置（走行面 30 との距離 h_0 ）とこの障害物（突起 33）の高さ H にクリアランス余裕長 δh を加算した適正距離（ $= H + \delta h$ ）とを比較する。

10 そして、マグネット 2 a の現在位置（走行面 30 との距離 h_0 ）が適正距離（ $H + \delta h$ ）よりも小さければ、制御装置 20 は、マグネット 2 a の位置が走行面 30 から適正距離（ $H + \delta h$ ）だけ離隔するように、マグネット駆動機構 1 a を通じて前側のマグネット 2 a を後退調整する。

15 このマグネット 2 a の後退調整によって、吸着機構 40 a の吸着力が減少するので、制御装置 20 では、このマグネット 2 a の後退調整と共に、この吸着機構 40 a の吸着力減少量 α 分だけ、マグネット 2 b を前進調整することによって、吸着機構 40 b の吸着力を増加させる。これにより、吸着機構 40 a の吸着力は F_1 から $(F_1 - \alpha)$ となり、吸着機構 40 b の吸着力は F_2 から $(F_2 + \alpha)$ となって、両吸着機構 40 a, 40 b の合計吸着力 $F S$ は、次式のように、やはり一定値（所要の
20 壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$ ）を保持する。

$$F S = (F_1 - \alpha) + (F_2 + \alpha) = F_1 + F_2$$

25 そして、さらに、装置が前進して、FIG. 5 (B) に示すように、前側のマグネット 2 a がこの突起 33 上に位置して、前側のマグネット 2 a がこの突起 33 との間で磁力（吸着力）を発生するようになると、今度は前側のマグネット 2 a での吸着力が大きくなるが、突起 33 の面積が小さい場合にはマグネット 2 a が突起 33 に近くても十分な吸着力

(例えば F_1) が得られずに、例えば不足する吸着力を β とすると ($F_1 - \beta$) の吸着力しか得られない。

そこで、後部の吸着機構 40 b でこの不足を補うように、制御装置 20 では、マグネット 2 b を前進調整することによって、この吸着機構 40 a の吸着力減少量 β 分だけ吸着機構 40 b の吸着力を増加させる。これにより、吸着機構 40 a の吸着力が ($F_1 - \beta$) となるのに対して、吸着機構 40 b の吸着力は ($F_2 + \beta$) となって、両吸着機構 40 a, 40 b の合計吸着力 F_S は、次式のように、やはり一定値 (所要の壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$) を保持する。

$$F_S = (F_1 - \beta) + (F_2 + \beta) = F_1 + F_2$$

そして、装置がさらに前進して後側のマグネット 2 b がこの突起 33 に近づくと、FIG. 5 (C) に示すように、後側のマグネット 2 b の直前に配置された前部障害物センサ 18 a が、この突起 33 に反応する。

つまり、前部障害物センサ 18 a で検出された走行面 30 側までの距離がそれまでよりも短くなることで、制御装置 20 では、後側のマグネット 2 b が突起 33 に接近したものと判定することができる。

制御装置 20 では、この判定と同時に、この後部障害物センサ 18 a で検出された障害物までの距離から障害物 (ここでは、突起 33) の高さ H を演算するとともに、位置センサ 19 b で検出されたマグネット 2 b の現在位置 (走行面 30 との距離 h_0) とこの突起 33 の高さ H にクリアランス余裕長 δh を加算した適正距離 ($= H + \delta h$) とを比較し、マグネット 2 b の現在位置 (走行面 30 との距離 h_0) が適正距離 ($H + \delta h$) よりも小さければ、制御装置 20 は、マグネット 2 b の位置が走行面 30 から適正距離 ($H + \delta h$) だけ離隔するように、マグネット駆動機構 1 b を通じて前側のマグネット 2 b を後退調整する。

このマグネット 2 b の後退調整によって、吸着機構 40 b の吸着力が

減少するので、制御装置 20 では、このマグネット 2 b の後退調整と共に、この吸着機構 40 b の吸着力減少量 α 分だけ、マグネット 2 a を前進調整することによって、吸着機構 40 a の吸着力を増加させる。これにより、吸着機構 40 a の吸着力は F_1 から $(F_1 + \alpha)$ となり、吸着機構 40 b の吸着力は F_2 から $(F_2 - \alpha)$ となって、両吸着機構 40 a, 40 b の合計吸着力 F_S は、次式のように、やはり一定値（所要の壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$ ）を保持する。

$$F_S = (F_1 + \alpha) + (F_2 - \alpha) = F_1 + F_2$$

そして、さらに、装置が前進して、FIG. 5 (D) に示すように、後側のマグネット 2 b がこの突起 33 上に位置して、後側のマグネット 2 b がこの突起 33 との間で磁力（吸着力）を発生するようになると、後側のマグネット 2 b での吸着力が大きくなるが、突起 33 の面積が小さい場合にはマグネット 2 b が突起 33 に近くても十分な吸着力（例えば F_2 ）が得られずに、例えば不足する吸着力を β とすると $(F_2 - \beta)$ の吸着力しか得られない。

そこで、後部の吸着機構 40 a でこの不足を補うように、制御装置 20 では、この吸着機構 40 b の吸着力減少量 β 分だけ、マグネット 2 a を前進調整することによって、吸着機構 40 a の吸着力を増加させる。これにより、吸着機構 40 b の吸着力が $(F_2 - \beta)$ となるのに対して、吸着機構 40 a の吸着力は $(F_1 + \beta)$ となって、両吸着機構 40 a, 40 b の合計吸着力 F_S は、次式のように、やはり一定値（所要の壁面吸着力 $F = F_1 + F_2$ ）を保持する。

$$F_S = (F_1 + \beta) + (F_2 - \beta) = F_1 + F_2$$

後側のマグネット 2 b がこの突起 33 を越えると、後側のマグネット 2 b が走行面 30 との間で磁力（吸着力）を発生するようになり、この後側のマグネット 2 b での吸着力が大きくなるので、FIG. 5 (E)

に示すように、再び、走行面 3 0 に対して、各マグネット 2 a, 2 b が
ほぼ等距離 h_0 に離隔するように、制御装置 2 0 が各吸着機構 4 0 a,
4 0 b のマグネット駆動機構 1 a, 1 b を通じてマグネット 2 a, 2 b
の位置を調整して、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力の合計 F_S が、
5 所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ となるように制御する。

このようにして、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力の合計 F_S が、
常に所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ となるように制御することで、
装置を走行面 3 0 に確実に接地させながら、マグネット 2 a, 2 b の干
渉を招くことなく突起 3 3 を乗り越えさせることができ、壁面吸着式移
10 動装置としての移動性能向上に寄与する。

また、走行面 3 0 上に存在する下溝を乗り越える場合には、図示しな
いが、前部障害物センサ 1 7 a, 1 8 a が、検出した走行面 3 0 側まで
の距離がそれまでよりも長くなることで、制御装置 2 0 では、マグネッ
ト 2 a, 2 b が溝に接近したものと判定することができ、この場合にも、
15 上述の突起の場合と同様に、各吸着機構 4 0 a, 4 0 b の吸着力の合計
 F_S が、常に所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ となるように制御す
ることで、装置を過剰な壁面吸着力となることなく走行面 3 0 に確実に
接地させながら、溝を通過することができる。

つまり、吸着機構 4 0 a 又は 4 0 b が溝上に位置すると、吸着力 F_1
20 又は F_2 が減少するが、これに対しては、例えば溝上に位置した吸着機
構 4 0 a 又は 4 0 b を下方へ前進させて吸着力 F_1 又は F_2 の減少を回
避することや、溝上に位置しない他の吸着機構 4 0 b 又は 4 0 a のみを
下方へ前進させたり、溝上に位置した吸着機構 4 0 a 又は 4 0 b と、溝
上に位置しない他の吸着機構 4 0 b 又は 4 0 a とを、共に下方へ前進さ
25 せたりして、吸着力の合計 F_S が、常に過剰でない所要の壁面吸着力 F
($= F_1 + F_2$) となるようにすることができる。

また、本壁面吸着式移動装置が、後退する場合には、前部障害物センサ 17 a, 18 a に代えて後部障害物センサ 17 b, 18 b からの検出情報に基づいて、上述と同様な手法で吸着機構 40 a 又は 40 b の制御を行なうことで、マグネット 2 a, 2 b の干渉を招くことなく障害物を
5 乗り越えたり、通過したりすることができる。

ところで、このように、段差 31 や突起 33 等の障害物を乗り越える際に、各吸着機構 40 a, 40 b の吸着力の合計 F_s が、常に所要の壁面吸着力 $F (= F_1 + F_2)$ となるので、壁面吸着力 F が過大となることがなく、この点でも、装置の移動性能向上に寄与する。

つまり、例えば FIG. 6 に示すように、車輪に加わる荷重を W 、車輪を押す力（駆動力）を Q 、前輪 9 又は後輪 7 a, 7 b の車輪直径を D 、段差 31 の高さを s 、段差 31 に車輪が接触した際に車輪が段差 31 を乗り越えようとするときの段差 31 の角度を θ 、車輪の接地中心線と段差 31 との接触点との水平距離を L とすると、次式を満たせば、段差 31 の乗り越えが可能となる。
15

$$Q > W \cdot \tan \theta = W \cdot \left[2 (s/L) / \{1 - (s/L)^2\} \right] \\ \Rightarrow W \cdot 2 (s/L)$$

本装置では、壁面吸着力 F が過大とならないので、上式の荷重 W を低減することができるようになり、荷重 W が小さくなれば、 θ を大きくすることができ、さらに換言すれば、乗り越え可能な段差 31 の高さ s を大きくすることができるので、装置の移動性能向上に寄与するのである。
20

なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

例えば、本実施形態では、吸着機構を前後に 2 組そなえているが、これは 2 組に限るものではなく、吸着機構を 3 組以上設置してもよい。この場合も、いずれかの吸着機構は他の吸着機構よりも前方又は後方に設
25

置して、各吸着機構の永久磁石が、上記移動体の移動方向に対して前後に位置をずらせるようにして配設することで、いずれかの永久磁石が段差や突起等の障害物との干渉を避けるために後退しても、他の永久磁石の中に常に段差や突起等の障害物と干渉しないものが存在して、この永久磁石を前進調整することで、常に所要の壁面吸着力 F となるように制御することが可能となり、上述のような効果を確実に得ることができるのである。

また、本実施形態では、位置センサと、吸着力センサ（力センサ）と、障害物センサとの3種類のセンサの各検出情報に基づいて、マグネット（永久磁石）の進退位置制御を行なっているが、これら3種類のセンサのうち一部のセンサのみを装備して、マグネット（永久磁石）の進退位置制御を行なうことも考えられる。

つまり、吸着力センサで検出される吸着力は、永久磁石と磁性体製の壁面（障害物を含む）との距離に対応するので、この吸着力センサの検出情報から、永久磁石と磁性体製の壁面（障害物を含む）との距離を算出することも可能である。即ち、吸着力センサを位置センサとして兼用することも可能である。

また、本移動装置が、段差や突起等の壁面上の障害物を乗り越える際には、吸着力センサの検出情報が急変するので、永久磁石と干渉するおそれのある段差や突起等の障害物が存在することを検知することも可能である。即ち、吸着力センサを障害物センサとして兼用することも可能である。

したがって、吸着力センサの検出情報のみに基づいて、永久磁石の進退位置制御を行なうことも可能と考えられる。もちろん、吸着力センサでは、障害物の存在を予測しうるが、障害物センサのように永久磁石と障害物との距離を永久磁石が障害物と干渉する前に前もって確実に検出

することは困難であるため、本実施形態のような精度良い永久磁石の位置制御は困難である。より適切な制御のためには、吸着力センサのみならず位置センサと障害物センサとをそなえて、これらの各検出情報に基づいて永久磁石の位置制御を行なうことが望ましい。

5

産業上の利用可能性

本発明の壁面吸着式移動装置は、壁面（走行面）上に障害物等が存在しても、常に所要の壁面吸着力 F により装置を壁面上に確実に接地させながら永久磁石がこの障害物と干渉しないようにして走行することができ、装置の移動性能を向上させることができ、しかも、壁面吸着力 F が過大とならないため、より高い段差を乗り越えうるようにすることができ、この点でも、装置の移動性能の向上させることができる。したがって、本装置を、大型鉄構造物等の磁性体で形成された構造物の保守点検等に用いることで保守点検等を容易に且つ迅速に行なうことができるようになり、極めて有用である。

10
15

請 求 の 範 囲

1. 磁性体制の壁面（30）上を移動する移動体（5）と、該移動体（5）にそなえられた吸着機構（40a, 40b）と、該吸着機構（40a, 40b）を制御する制御装置（20）とをそなえた壁面吸着式移動装置であって、

上記吸着機構（40a, 40b）が、該移動体（5）に設置された永久磁石（2a, 2b）と、該永久磁石（2a, 2b）を該壁面（30）に対して離接する方向に進退させる駆動機構（1a, 1b）と、該永久磁石（2a, 2b）の該壁面（30）への吸着力を検出する吸着力センサ（3a, 3b）とをそなえるとともに、

上記吸着機構（40a, 40b）が複数組設けられて、

上記制御装置（20）が、上記吸着力センサ（3a, 3b）からの検出情報に基づいて、各吸着機構（40a, 40b）における該永久磁石（2a, 2b）の壁面吸着力の合計により該移動体（5）を該壁面（30）に保持させうる所要の壁面吸着力が発生するように、各吸着機構（40a, 40b）における該駆動機構（1a, 1b）を制御することを特徴とする、壁面吸着式移動装置。

2. 上記吸着機構（40a, 40b）が、上記永久磁石（2a, 2b）と、上記駆動機構（1a, 1b）と、上記吸着力センサ（3a, 3b）とともに、該永久磁石（2a, 2b）の上記壁面（30）に対する離接方向位置を検出する位置センサ（19a, 19b）と、該壁面（30）上に存在する障害物の該永久磁石（2a, 2b）への接近を検出する障害物センサ（17a, 18a, 17b, 18b）とをそなえて構成されるとともに、

上記制御装置（20）が、上記の位置センサ（19a, 19b）、吸着力センサ（3a, 3b）、障害物センサ（17a, 18a, 17b, 18b）からの検出情報に基づいて、各吸着機構（40a, 40b）における該永久磁石（2a, 2b）の壁面吸着力の合計により上記の所要の壁面吸着力が発生する位置となるように該駆動機構（1a, 1b）を制御するとともに、該永久磁石（2a, 2b）が該障害物と干渉するおそれがある場合にはこの干渉を回避するように該駆動機構（1a, 1b）を制御するように構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項記載の壁面吸着式移動装置。

10

3. 上記の各吸着機構（40a, 40b）の永久磁石（2a, 2b）が、上記移動体（5）の移動方向に対して前後に位置をずらせるようにして配設され、

15

20

25

上記制御装置（20）が、上記障害物センサ（17a, 18a, 17b, 18b）からの検出情報に基づいて、上記の複数の吸着機構（40a, 40b）のうち上記永久磁石（2a又は2b）が上記障害物と干渉するおそれのある吸着機構（40a又は40b）についてはこの干渉を回避するように上記駆動機構（1a又は1b）を通じて該永久磁石（2a又は2b）を該壁面（30）に対して後退調整すると同時に、上記の複数の吸着機構（40a, 40b）のうち該永久磁石（2b又は2a）が上記障害物と干渉するおそれのない吸着機構（40b又は40a）については上記の各吸着機構（40a, 40b）における該永久磁石（2a, 2b）の壁面吸着力の合計により上記の所要の壁面吸着力が発生するように上記駆動機構（1a又は1b）を通じて該永久磁石（2a, 2b）を該壁面（30）に対して前進調整することを特徴とする、請求の範囲第2項記載の壁面吸着式移動装置。

4. 上記障害物センサ（17 a, 18 a, 17 b, 18 b）が、上記移動体（5）の真下の上記壁面（30）上に検出方向を向けて該検出方向上の対象物との距離を検出することで該壁面（30）上に存在する上記
5 障害物を検出するように構成されるとともに、上記の各永久磁石（2 a, 2 b）における上記移動方向直前にそれぞれ設置された前部障害物センサ（17 a, 18 a）をそなえ、

上記制御装置（20）が、上記の複数の前部障害物センサ（17 a, 18 a）のうちのいずれかが上記障害物の存在を検出したら、該前部障害物センサ（17 a, 18 a）で検出された該障害物までの距離と、対応する永久磁石（2 a, 2 b）に関して上記位置センサ（19 a, 19 b）で検出された上記離接方向位置とに基づいて上記駆動機構（1 a, 1 b）を通じて該永久磁石（2 a, 2 b）を進退調整することを特徴とする、請求の範囲第3項記載の壁面吸着式移動装置。
10

15

5. 上記制御装置（20）は、上記の複数の前部障害物センサ（17 a, 18 a）のうちのいずれかが上記障害物の存在を検出し、該障害物が対応する永久磁石（2 a, 2 b）と干渉するおそれのある場合には、該干渉を回避しうる量だけ上記駆動機構（1 a, 1 b）を通じて該永久磁石
20 （2 a, 2 b）を後退調整することを特徴とする、請求の範囲第4項記載の壁面吸着式移動装置。

6. 上記永久磁石（2 a, 2 b）の干渉を回避するための後退調整量は、該永久磁石（2 a, 2 b）に関して上記位置センサ（19 a, 19 b）
25 で検出される上記離接方向位置が、上記前部障害物センサ（17 a, 18 a）で検出された上記障害物までの距離（H）よりも、所定距離（ δ

h) だけ大きくなるように設定されることを特徴とする、請求の範囲第 5 項記載の壁面吸着式移動装置。

5 7. 上記の複数の前部障害物センサ (17 a, 18 a) のうちのいずれかが上記障害物の存在を検出し、該障害物が対応する永久磁石 (2 a, 2 b) から離隔する溝状障害物の場合には、上記制御装置 (20) が、上記駆動機構 (1 a, 1 b) を通じて該永久磁石 (2 a, 2 b) を前進調整することで上記の所要の壁面吸着力を確保することを特徴とする、請求の範囲第 4 項記載の壁面吸着式移動装置。

10

8. 上記障害物センサ (17 a, 18 a, 17 b, 18 b) が、上記移動体 (5) の真下の上記壁面 (30) 上に検出方向を向けて該検出方向上の対象物との距離を検出することで該壁面 (30) 上に存在する上記障害物を検出するように構成されるとともに、上記の各永久磁石 (2 a, 15 2 b) における上記移動方向直後にそれぞれ設置された後部障害物センサ (17 b, 18 b) をそなえ、

上記制御装置 (20) は、上記移動体 (5) の後退時に、上記の複数の前部障害物センサ (17 b, 18 b) のうちのいずれかが上記障害物の存在を検出したら、該後部障害物センサ (17 b, 18 b) で検出された該障害物までの距離と、対応する永久磁石 (2 a, 2 b) に関して 20 上記位置センサ (19 a, 19 b) で検出された上記離接方向位置とに基づいて上記駆動機構 (1 a, 1 b) を通じて該永久磁石 (2 a, 2 b) を進退調整することを特徴とする、請求の範囲第 4 項記載の壁面吸着式移動装置。

25

9. 磁性体製の壁面 (30) 上を移動する移動体 (5) と、該移動体

(5) にそなえられた吸着機構 (40 a, 40 b) とをそなえ、

上記吸着機構 (40 a, 40 b) が、上記移動体 (5) に設置された永久磁石 (2 a, 2 b) と、該永久磁石 (2 a, 2 b) を上記壁面 (30) に対して離接する方向に進退させる駆動機構 (1 a, 1 b) とをそ
5 ねえるとともに、該永久磁石 (2 a, 2 b) の該壁面 (30) に対する離接方向位置を検出する位置センサ (19 a, 19 b) と、該永久磁石 (2 a, 2 b) の該壁面 (30) への吸着力を検出する吸着力センサ (3 a, 3 b) と、該壁面 (30) 上に存在する障害物の該永久磁石 (2 a, 2 b) への接近を検出する障害物センサ (17 a, 18 a, 1
10 7 b, 18 b) とをそなえ、上記吸着機構 (40 a, 40 b) が複数組設けられた壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法において、

上記障害物センサ (17 a, 18 a, 17 b, 18 b) のいずれかにより、上記壁面 (30) 上に存在する上記障害物の上記永久磁石 (2 a, 2 b) への接近が検出されたら、

15 障害物センサ (17 a, 18 a, 17 b, 18 b) で検出された上記障害物までの距離に応じて、上記永久磁石 (2 a, 2 b) のうちの該障害物に接近する永久磁石の該障害物手前での壁面 (30) までの適正距離 ($H + \delta h$) を設定し、

この設定した適正距離 ($H + \delta h$) に応じて上記の障害物に接近する
20 永久磁石 (2 a, 2 b) の駆動機構 (1 a, 1 b) を制御するとともに、

上記永久磁石 (2 a, 2 b) の壁面吸着力の合計により上記の所要の壁面吸着力が発生するように、該永久磁石 (2 a, 2 b) のうちの他の永久磁石の駆動機構 (1 a, 1 b) を制御する

ことを特徴とする、壁面吸着式移動装置の磁石駆動方法。

FIG. 1

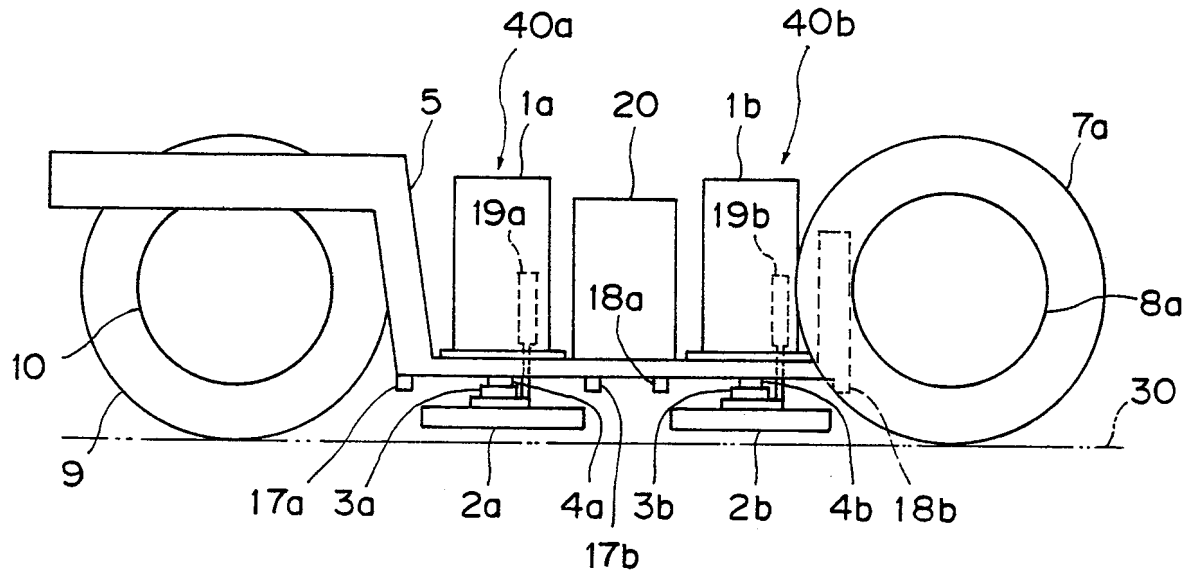


FIG. 2

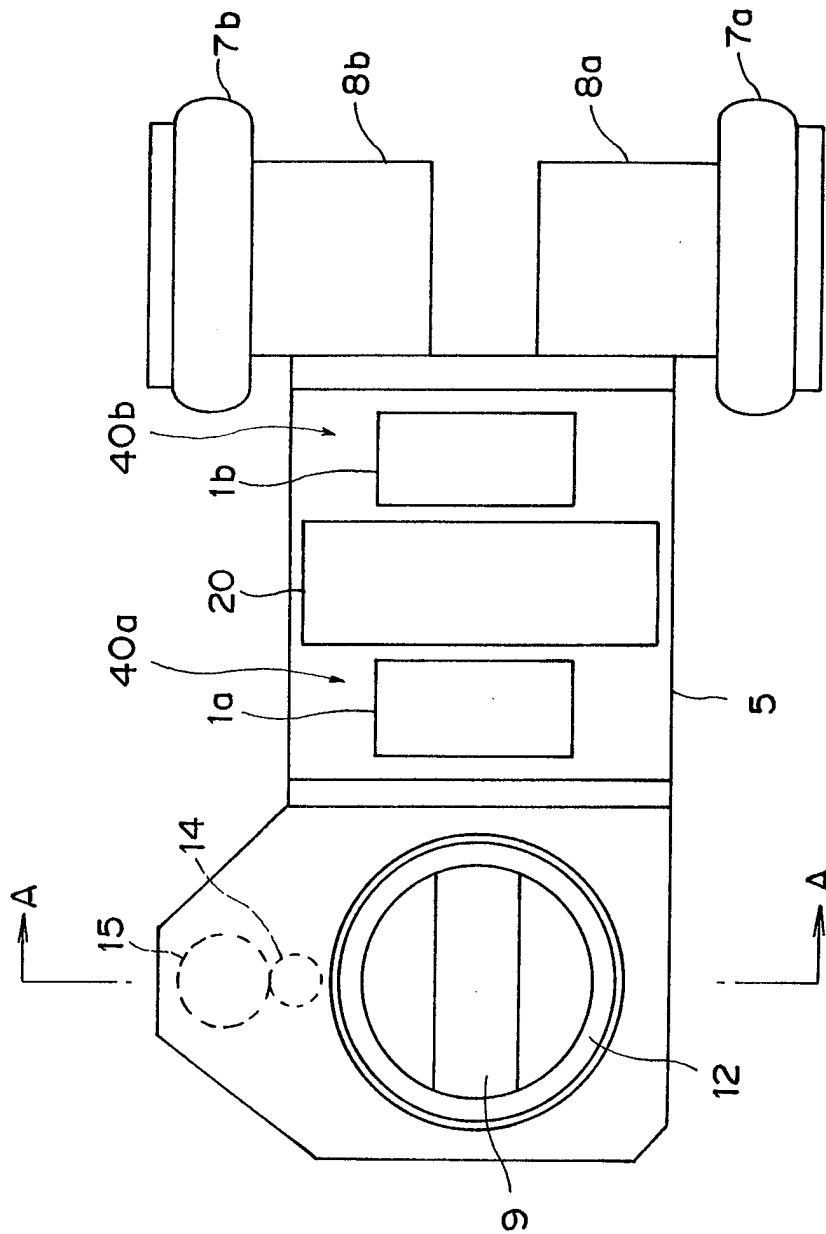


FIG. 3

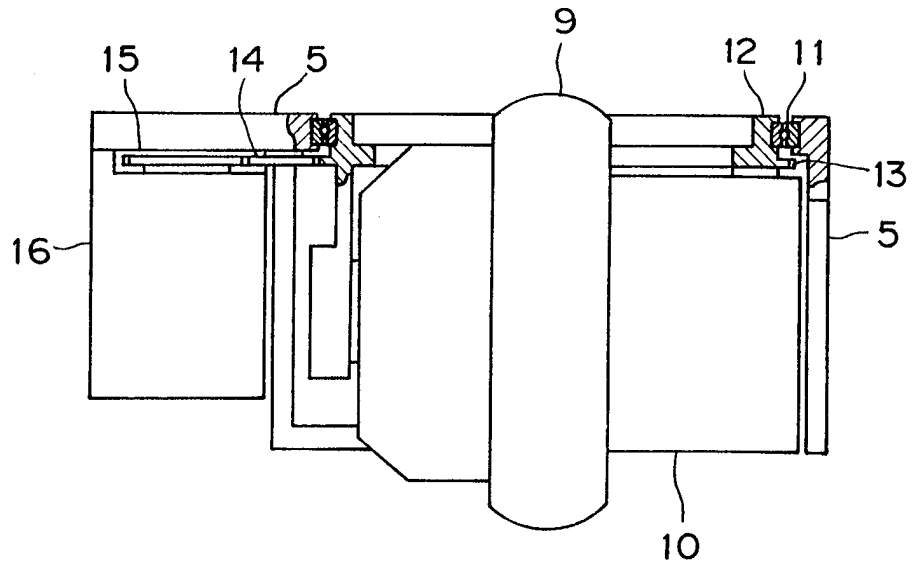


FIG. 4 (A)

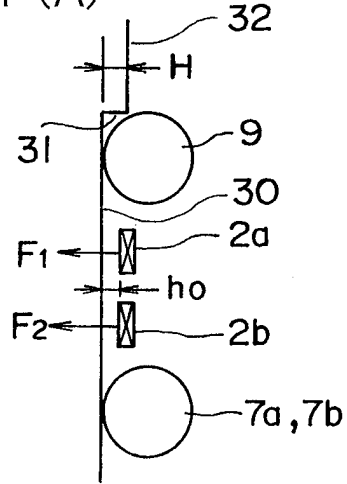


FIG. 4 (D)

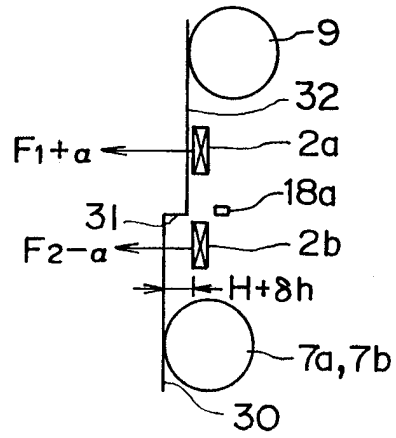


FIG. 4 (B)

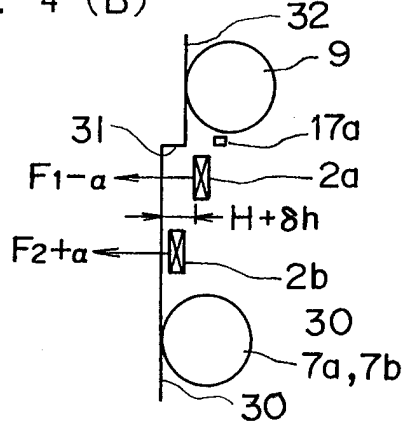


FIG. 4 (E)

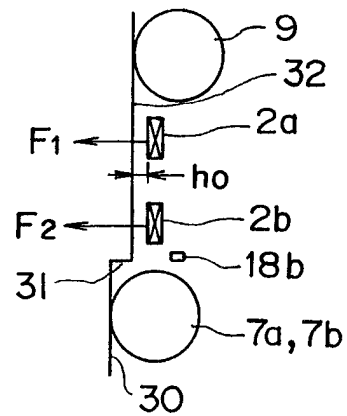


FIG. 4 (C)

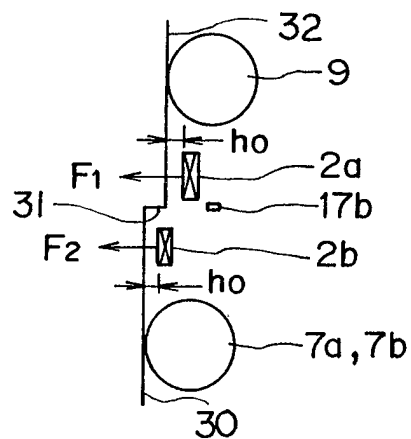


FIG. 5 (A)

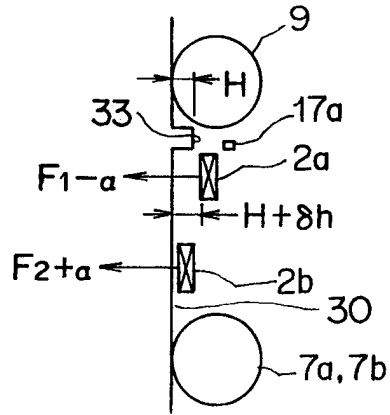


FIG. 5 (D)

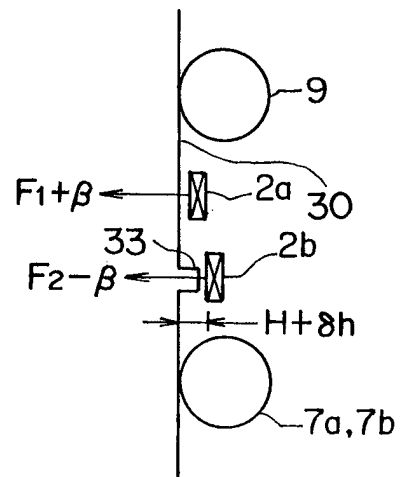


FIG. 5 (B)

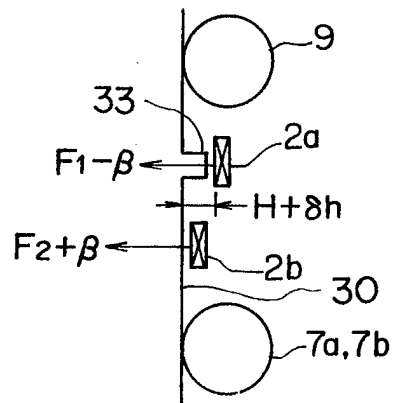


FIG. 5 (E)

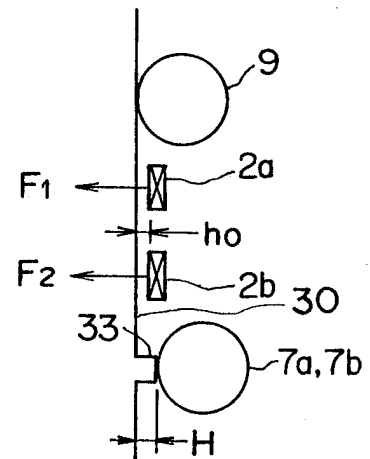


FIG. 5 (C)

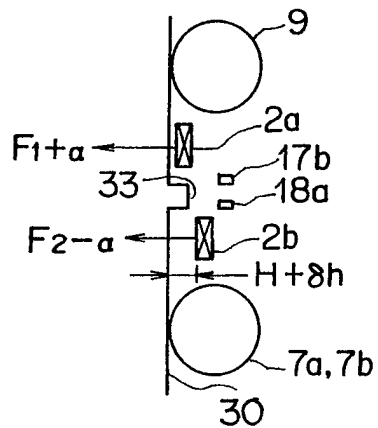


FIG. 6

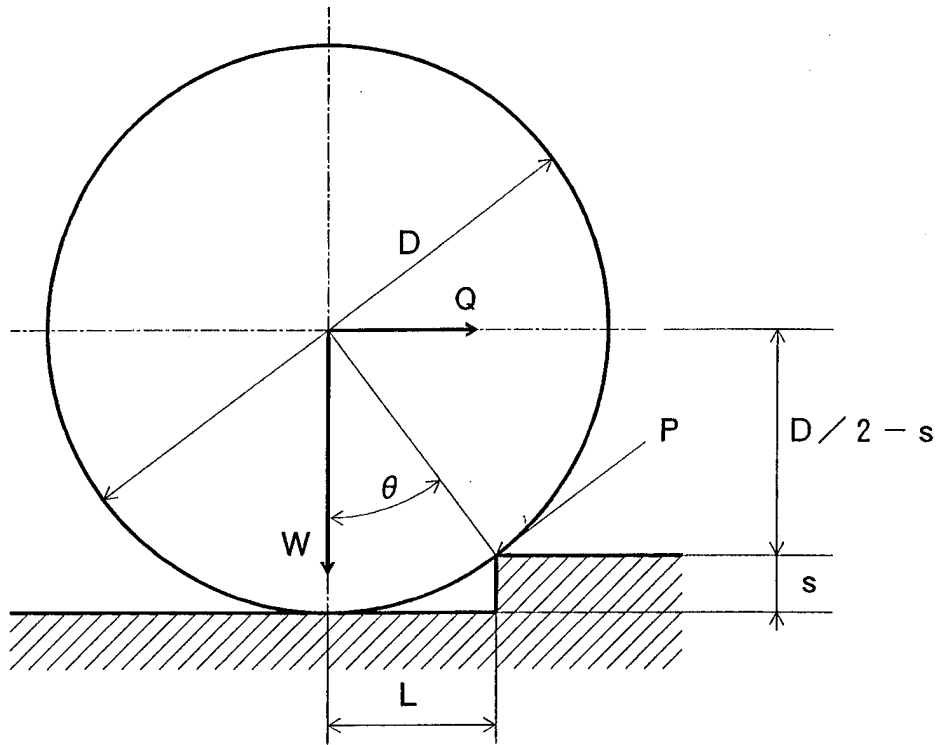


FIG. 7

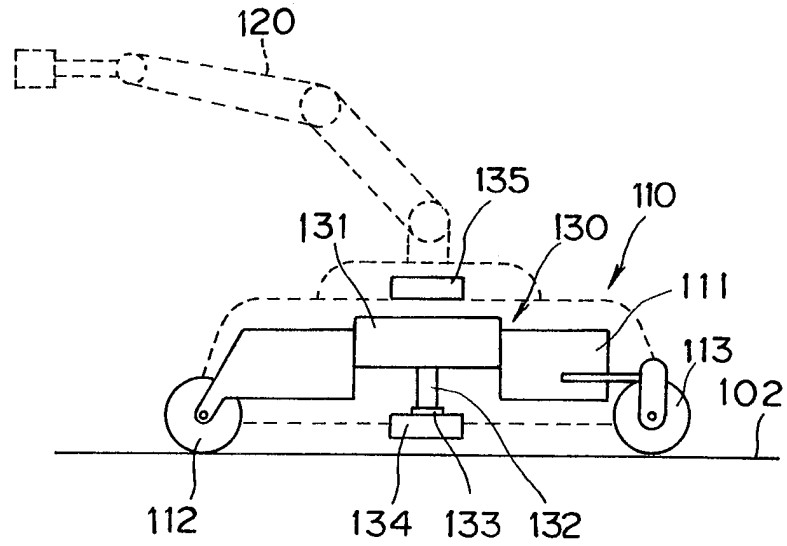


FIG. 8

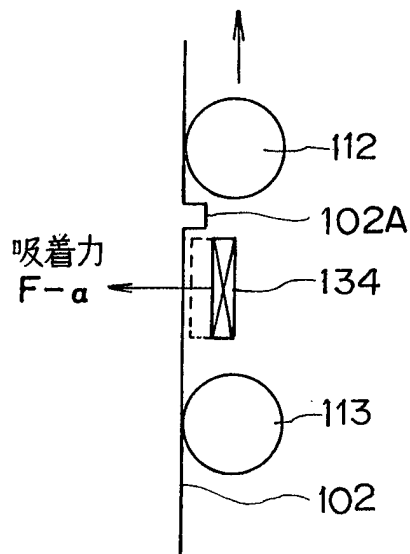
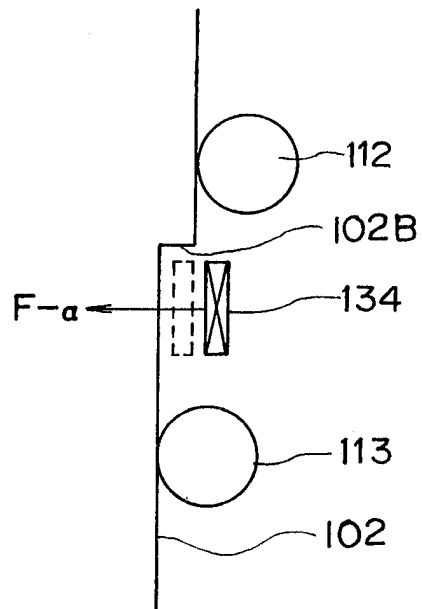


FIG. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/04210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl ⁶ B62D57/02, B25J5/00 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl ⁶ B62D57/02, B25J5/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996 - 1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1998 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 5-19079, U (Chubu Electric Power Co., Inc., Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), March 9, 1993 (09. 03. 93) (Family: none)	1 2 - 9
EY	JP, 10-24875, A (Nihon Kensetsu Kikaika Kyokai Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), January 27, 1998 (27. 01. 98) (Family: none)	1 - 9
A	JP, 61-200070, A (Mitsunori Hiraoka), September 4, 1986 (04. 09. 86) (Family: none)	1 - 9
A	JP, 6-126660, A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), May 10, 1994 (10. 05. 94) (Family: none)	1 - 9
<input 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 document 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 February 13, 1998 (13. 02. 98)		Date of mailing of the international search report February 24, 1998 (24. 02. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ B62D57/02, B25J5/00

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. Cl⁶ B62D57/02, B25J5/00

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 1926-1998
 日本国公開実用新案公報 1971-1998
 日本国登録実用新案公報 1994-1998
 日本国実用新案登録公報 1996-1998

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
X	JP, 5-19079, U (中部電力株式会社、三菱重工業株式会社)、9. 3月.	1
Y	1993 (09. 03. 93) (ファミリーなし)	2-9
EY	JP, 10-24875, A (社団法人日本建設機械化協会、三菱重工業株式会社) 、27. 1月. 1998 (27. 01. 98) (ファミリーなし)	1-9
A	JP, 61-200070, A (平岡満登)、4. 9月. 1986 (04. 09. 86) (ファミリーなし)	1-9
A	JP, 6-126660, A (三菱重工業株式会社)、10. 5月. 1994 (10. 05. 94) (ファミリーなし)	1-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

「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
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「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)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
 「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
 「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
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 02. 98

国際調査報告の発送日

24.02.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100
 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)

水野 治彦 印

3D 9625

電話番号 03-3581-1101 内線 3341