

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7348178号
(P7348178)

(45)発行日 令和5年9月20日(2023.9.20)

(24)登録日 令和5年9月11日(2023.9.11)

(51)国際特許分類 F I
E 0 1 B 27/17 (2006.01) E 0 1 B 27/17

請求項の数 8 (全13頁)

(21)出願番号	特願2020-528435(P2020-528435)	(73)特許権者	517002409
(86)(22)出願日	令和1年8月12日(2019.8.12)		ハーペードライ・レアル・ゲゼルシャ
(65)公表番号	特表2021-535294(P2021-535294 A)		フト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツ
(43)公表日	令和3年12月16日(2021.12.16)		ング
(86)国際出願番号	PCT/AT2019/060256		オーストリア国、1 1 3 0 ヴィーン、
(87)国際公開番号	WO2020/037343	(74)代理人	ラインツァー・ストラーセ、1 6 / 5
(87)国際公開日	令和2年2月27日(2020.2.27)		100069556
審査請求日	令和4年3月18日(2022.3.18)	(74)代理人	弁理士 江崎 光史
(31)優先権主張番号	A50701/2018	(74)代理人	100111486
(32)優先日	平成30年8月20日(2018.8.20)		弁理士 鍛冶澤 實
(33)優先権主張国・地域又は機関	オーストリア(AT)	(74)代理人	100191835
			弁理士 中村 真介
		(72)発明者	リヒトベルガー・ベルンハルト
			オーストリア共和国、1 0 3 0 ヴィー
			ン、ラントストラーサー・ハウプトスト
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軌道を自動的に位置修正する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

軌道つき固め機(2)を用いてレール(16)とまくらぎ(9)とから形成された軌道を自動的に位置修正する方法であって、以下のステップ:

・慣性測定ユニット(11)と演算兼制御ユニット(18)とを用いて、レール(16)の高さ実際位置(F_{LI}, F_{RE})と、軌道の方向狂いと、軌道カント(u(n))とを求めて記録するために、所定の軌道区間の左右のレール(16)を互いに独立して測定する、ステップと、

・個別狂いが下回ってはならない境界値(F_{LIM})と軌道の長手方向の所定の最大延伸長さ(s_{max})とを考慮して、左右のレールの除かれるべき個別狂いの始点(S)と終点(E)を決定し、その際

・距離に応じて記録された所定の軌道区間のレールの個別狂いの経過に応じて作業方向で実際の個別狂いよりも前方の所定の領域(N)に始点(S)を選択し、距離に応じて記録された所定の軌道区間のレールの個別狂いの経過に応じて作業方向で実際の個別狂いよりも後方の所定の領域(M)に終点(E)を選択する、ステップと、

・カントを考慮して、実行されるべきリフティングの算出によって確定される、修正によってレールがもたらされる左のレールに関する高さ基準線(REF_{LI})と右のレールに関する高さ基準線(REF_{RE})とを確定する、ステップと、

・つき固め機(2)のタンピングユニット(7)を、選択された始点(S)から終点(E)までの軌道修正区間(TAMP)の個別狂いの始点(S)に正確に位置決めし、その際

10

20

、両方のレール軌道（ F_{LI} ， F_{RE} ）が同時に整正され、長手方向高さ個別狂いの他に、軌道の方向狂いも修正され、その際、タンピングは、終点（ E ）で終了される、ステップと、を特徴とする、軌道を自動的に位置修正する方法。

【請求項 2】

測定走行の後で、道床の硬さを決定するために、狂いが最大に発生する領域でテストタンピングを行い、軌道位置整正の持続性を改善するために、道床の硬さ（ H ， W ， N ）を基に、見込まれる沈下量（ S ）を考慮した上で軌道を過剰に持ち上げる（ H' ）ことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

テストタンピングによって求められた道床の硬さ（ H ， W ， N ）に応じて、バラスト交換機を用いて、摩滅して損耗したバラストを交換し、続いて、新たな測定走行を行い、新たな測定走行に続いて個別狂い整正を行うことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

10

【請求項 4】

リフティングが、始点（ S ）から離反して所定の勾配（ R ）にわたって増加し、終了（ E ）へ向けて所定の勾配（ R ）にわたって減少することを特徴とする、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

両レール（16）に関する高さ基準線（ REF_{LI} ， REF_{RE} ）を確定した後で、両レール（16）同士の選択された基礎長さ（ B ）を有する、見込まれるべきねじれが、式 $V = [u(n) + h(n)] - [u(n+B) + h(n+B)]$ に従って算出され、最大許容ねじれの保持について検査され、境界値を超えると、最大許容ねじれを超えないように、高さ基準線（ REF_{LI} ， REF_{RE} ）が変更されることを特徴とする、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 6】

個別狂いが除かれた直後に、ダイナミックトラックスタビライザによって軌道に作業が行われることを特徴とする、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

タンピングするたびに各まくらぎ（9）において道床の硬さ（ H ， W ， N ）が求められ、品質検証としてかつ個別狂い整正の持続性を予測するために記録され、記憶されることを特徴とする、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 8】

軌道（16）に対して相対的な前記タンピングユニット（7， n ）のその都度の位置がモニタ（18）に表示されることを特徴とする、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レールとまくらぎとから形成された鉄道軌道の個別狂いを修正する方法に関する。

40

【0002】

背景技術

欧州特許第 1028193 号明細書において、個別狂いを位置修正する方法が知られている。2010 年に刊行された“Handbuch Gleis”第 3 版；Dr. Bernhard Lichtberger，DVV Media Group GmbH/Eurailpress（ISBN 978-3-7771-0400-3）には、第 472 頁に、“UNIMAT Sprinter”にて、個別狂い除去機械が記載されている。

【0003】

軌道つき固め機のタンピングユニットは、タンピングツールを、レール下のバラストに位置するまくらぎの支点の領域において、2本のまくらぎの間の領域（中間部）で路盤の

50

バラストにつき入れて、相互にスクイーズ運動可能な対向するタンピングピックの間のタンピングピックの動的な振動によって、バラストを締め固める。まくらぎごとに軌道がより均一に締め固められるほど、保守作業後に得られる幾何学的な軌道位置がより長く保持可能である。バラストの長い使用期間（通常10年超の長い敷設期間）では、バラストは、通常、激しく汚染されていて、損耗されている。まずは、バラスト粒がその粒の先端で欠けて、その後、欠損した部分がバラスト粒の間に位置する。そうするうちに、石粉が堆積する（活荷重の下でのバラスト粒の摩耗）。これにより、まくらぎごとに異なるバラスト状態および剛性が存在することになる。輪荷重の下で、まくらぎ下のバラストの剛性に応じて様々な沈下が生じる。車輪が沈下の影響を受けて輪重変動が生じる。輪重変動は、一方では列車の走行特性に不都合な影響を及ぼすとともに、他方では軌道および車両に高い荷重をかける。これは、車輪および走行装置の摩滅を増大させる。また、軌道位置の早期の品質低下ももたらされる。

10

【0004】

実地における結果として、利用されている鉄道路線上では、軌道1kmあたり1か所程度の個別狂いが想定されることが分かっている。これは、軌道形状に対する相関性を示すものではない。そのような結果は、直線、曲線または緩和曲線においてほぼ同じ頻度で発生する。欧州特許第1028193号明細書に記載され、個別狂い除去機械“UNIMAT Sprinter”によって行われる位置修正では、そのように修正された個別狂いの50～60%は、持続的に除くことができず、短期間の運転荷重の後で再び以前のオーダーで生じてしまうことが分かっている。軌道形状要素との明らかな関連性が存在しないので、繰り返し生じる個別狂いの原因は、バラスト特性または基礎に見い出すことができる。公知の背景技術による従来の方法では、個別狂いを除いた後に、客観的な品質検証として、また除かれた個別狂いまたはバラスト状態の持続性に関して表示することができない。

20

【0005】

個別狂いの発生要因は、たとえば起伏のあるレール継目または空洞のあるまくらぎなどの特異な軌道の不連続性であることが多い。このような起伏の上を走行する列車は、高い動的な力を及ぼす。これにより、バラストは、これらの領域の下で高い荷重にさらされ、縁が破損して丸くなり、微粉がバラスト粒間の中空のスペースを充填する。狂いは、大きくなるだけでなく、車輪とレールとの相互作用によって長手方向にも拡がる。励振された車体（軌道狂いによって引き起こされた弾性的な伸縮）によって、通常、狂い高さが小さくなって漸減する後続の個別狂いが発生する。

30

【0006】

欧州特許第1028193号明細書において公知の個別狂いを除く方法は、以下の欠点を有する。

【0007】

電子的な平滑化が実行され、これにより、実際に軌道に存在する狂いが近似的にしか検出されない。

【0008】

左右のレール下は、個々のレール側のそれぞれの狂い長さしかつき固められない。これらの狂いが相互に長手方向で大きくずれている場合には、ねじり狂いが形成される。この方法は、リフティングなく、その都度求められた始点（頂点）の付近で軌道下のつき固めによる位置修正でもって開始される。試験から、すでに、リフティングのないつき固めでは、列車荷重の下で5mmの沈下が発生することが知られている。これにより、欧州特許第1028193号明細書による方法では、それぞれ最大5mmの、最大4回の連続するねじり狂い（一般的な3mのねじり基準で算出される）が生じる。軌道整正を必要とする介入しきい値は、この値の付近にある。つまり、残った軌道形状は、ねじれに関してすでに境界値にあり得る。

40

【0009】

つき固めの開始および終了は、正確に頂点に置かれる。軌道の頂点は、特に不動に敷設されてあるまくらぎによって形成される。これらのまくらぎが全く不動の敷設状態で保持

50

されると、タンピング後に硬い部分（軌道狂いの前）と軟らかい部分（軌道狂いの長さにおいて）との間の急な移行部が残る。これにより、高い動的な車輪レール相互作用が維持される。整正された狂いは、早期に再現されてしまう。

【0010】

欧州特許第1028193号明細書による方法では、実際の作業前に、見込まれるねじれ狂いに関して求められた目標幾何学形状のチェックが行われず、場合によっては構想の修正が行われることも欠点である。

【0011】

マルチタンピングの使用またはタンピングパラメータの選択が機械オペレータに委ねられ、機械オペレータが、自身の裁量で操作することができることも欠点である。目下のバラスト状態は把握されず、これが軌道目標形状の構想の計画に組み込まれない。

10

【0012】

実行された作業の品質のチェックとして、欧州特許第1028193号明細書によれば、後に残った軌道形状だけが記録される。後に残った軌道形状は、軌道修正の持続性に関する情報を提供するものでも、狂い領域におけるバラスト状態に関して表示するものでもない。

【0013】

軌道形状を記録して記憶することができる、つき固め機用の誘導コンピュータを設けることが知られている。慣性座標系または北を基準とするナビゲーションシステムによって、高さ位置狂いの他に、方向狂いおよび軌道カントを記録することもできる。

20

【0014】

完全液圧式のタンピング駆動装置を有するタンピングユニットも知られており、このタンピングユニットは、締固め力および締固め距離の測定を介して道床の硬さを把握する。タンピングユニットは、道床の硬さおよびタンピングによって達成されたバラストの締固め度（締固め力）の把握を介して、バラストの汚染に関する情報およびバラスト状態を提供する。たとえばタンピング時に測定される締固め力が極めて小さい（通常10～30 kNの締固め力、道床の硬さ<150 Nm）と、そこでバラストは破碎されて角が落とされる。バラスト粒の十分な噛み合いを達成することができない。タンピングに持続性が見られない。修正された個別狂いは、すぐに（通常1～2 Mio Lto）再形成される。狂いの高さに応じて、従来技術によれば、マルチタンピングが用いられる。40 mm超の軌道リフティングに対してはたとえば2回のタンピングが、または60 mmから3回のタンピングが同一のまくらぎに行われる。

30

【0015】

国際公開第2018082798号において、軌道つき固め機とダイナミックトラックスタビライザとを用いて軌道の垂直方向の位置狂いを修正する方法が公知であり、この方法では、検出された実際軌道位置から出発して、作業が行われる軌道位置に関して、過剰持上げ値が設定され、過剰持上げ値をもって、軌道が、一時的な過剰持ち上げ軌道位置へと持ち上げられ、その下でタンピングが行われ、それに続いて、動的な安定化によって、結果として生じる最終軌道位置へと降下される。実際軌道位置の経過から、平滑化された実際位置経過が形成され、作業が行われる軌道箇所に関して、過剰持上げ値が、平滑化された実際位置経過に関する実際軌道位置の経過に応じて設定される。相並んで配置された軌道区間とこれらの軌道区間を相互に結合する分岐軌道とから形成された軌道を位置修正する別の方法が、欧州特許第0930398号明細書において公知であり、そこでは、軌道修正は、目標位置および実際位置から求められた軌道修正値を基に、同期的な持上げおよび／または側方変位の下で行われる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

【文献】欧州特許第1028193号明細書

【非特許文献】

50

【0017】

【文献】“Handbuch Gleis”第3版；Dr. Bernhard Lichtberger, DVV Media Group GmbH/Eurailpress (ISBN 978-3-7771-0400-3)

【0018】

発明の開示

したがって本発明の根底を成す課題は、除かれた個別狂いの軌道位置の持続性を従来公知の方法と比較して大幅に向上させるとともに、客観的な測定による持続性を予測する手段を提供する、極端な長手方向高さ個別狂いの軌道位置修正方法を提供することである。

【0019】

本発明によれば、この課題は、以下のステップを特徴とする方法によって解決される：慣性測定システムまたは北を基準とするナビゲーションシステムを用いて、左右のレールの、振幅および位相に忠実な歪んでいない高さ経過と、方向狂いと、カントとを測定する、ステップ、

左右のレールの、整正されるべき高さ狂い長さを確定する、ステップ、

左右のレールの、実行されるべきリフティングの算出によって、左右のレールに関する高さ基準線を確定する、ステップ、

個別狂い前の頂点の前方N（通常6）本目のまくらぎに始点を選択する、かつ個別狂い後の頂点の後方M（通常6）本目のまくらぎに終点を選択する、ステップ、

両方の位置における、求められ計画された目標形状の許容ねじれの保持について検査する、ステップ、

正確に求められた始点にタンピングユニットを位置決めする、かつ正確に求められた終点でタンピングを終了する、ステップ、

左右のレール軌道の高さ位置を同時に独立して調整しかつ修正して軌道位置修正を行う、ステップ。

【0020】

本発明によれば、方法は、タンピングユニットを用いた、道床の硬さを求めるためテストタンピングによって拡張することができる。そのために、たとえば軌道形状測定後に、そのときには既知の狂い領域で、バラスト道床の硬さ、締固め力ひいてはバラスト状態を求めるためにリフティングのないテストタンピングが行われる。次いで、バラスト状態に応じて、軌道が過剰に持ち上げられ得、これにより、より良好な持続性が得られる。

【0021】

本発明によれば、個別狂いの領域でこのようにバラスト状態を試験的に求めた後で、必要な場合には連行された機械を用いて、摩耗したバラストを除去して、新しいバラストに交換することができ、これにより、軌道狂いの再発を排除することができる。

【0022】

本発明によれば、軌道位置修正中に各まくらぎでバラスト状態（道床の硬さ、締固め力）が測定されて、記録される。これらの値を介して、除かれた個別狂いの領域で、軌道形状の持続性に関する予測を行うことができる。この場合、これらの測定データは、摩耗したバラストのまくらぎ下のバラスト交換を計画するために利用することができ、これにより、個別狂いを除くとき、さらなる個別狂い除去の予期される短時間で、これを継続的に行うことができる。

【0023】

本発明によれば、大部分を占める長手方向高さ狂いの他に、同時に、方向狂いおよびカントが整正される。方向狂いは、同様にIMU測定から導出され、そこから得られた修正値が、機械制御システムに設定される。カントは、両レールの基準高さの算出に導入される。

【0024】

本発明に係る方法の主な利点は、個別狂いの、位相および振幅に忠実な検出、垂直方向の剛性の均一化、除かれた個別狂いの軌道形状の持続性の延長、まくらぎに個別に作業が

10

20

30

40

50

行われる場合における道床の硬さおよび締固め力による品質検証、およびこれに基づく、軌道狂い修正の見込まれる持続性に関する通知にある。この場合、低い道床の硬さ（W．．軟らかい、N．．．通常、H．．．硬い）は、バラストの破損およびタンピングの持続性の大幅な減少の示唆である。

【0025】

発明の簡単な説明

図面には、本発明に係る方法が示されている。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】個別狂い用つき固め機を模式的に示す。

10

【図2】測定されたレール軌道の個別狂いを模式的に示す。

【図3】測定された左右のレールの個別狂い経過を模式的に示す。

【図4】リフティングに応じた沈下の経過と軌道に残っているリフティングの経過とを線図で示す。

【図5】個別狂いと、軌道のカントの経過と、軌道の安定化後（完全な沈下後）に生じる軌道位置とを模式的に示す。

【図6】個別狂いと、個別狂いの長さにわたる道床の硬さの経過とを模式的に示す。

【0027】

発明の実施の形態

図1は、個別狂い用つき固め機2を示す。作業方向は、Wで表示されている。持上げ整正装置13を介して、昇降駆動装置3と方向駆動装置4とによって、軌道が、目標位置に持ち上げられ、整正される。タンピングユニット7と、バラスト内に貫入してまくらぎ9下のバラストを締め固めるタンピングツール8、15とによって、軌道位置が修正される。機械2には、作業中および走行中に、駆動機関5によりエネルギーが供給される。機械2は、ポイントにおける個別狂いも除くことができるように構成されている。そのために、機械に、揺動式のタンピングピック8、15、分割ヘッド式のタンピングユニット7およびタンピングユニット7用の回動装置6が装着されている。機械2は、台車12を介して、軌道16上を走行可能である。レール16は、バラスト道床に位置する横まくらぎ9上に載っている。機械独自の制御系および調整系は、2つの測定輪10と後方のIMU測定輪11とから成る。機械制御系および測定系は、通常、弦測定系として構成されている。この場合、1つの弦は、整正位置に関して中央で延伸し、別の2つの弦は、長手方向高さ位置に関して、レール16の上方でガイドされる。長手方向高さ向きとを検出するためのセンサが、中央の測定輪10に位置する。後方の測定輪11は、測定輪11に構築された慣性ユニットまたは北を基準とするナビゲーションシステムが、両レールの長手方向高さ位置と整正位置と横方向高さ位置とを、距離に応じて記録することができるように構成されている。オドメータを介して、測定走行中の距離sが記録される。測定値は、等間隔で、ディスプレイ18を有する搭載コンピュータに記録され、表示され、記憶される。車両は、2つの走行キャビン17を有する。

20

30

【0028】

図2は、軌道の曲線長さsに沿った左のレールの個別狂い経過 F_{Li} を例示する。 F_{Lim} によって、狂いを超えてはならない境界値が表示されており、これを超えると、除かれるべき個別狂いとして扱われる。個別狂いの大きさと頂点とを決定する簡単な数学的手段は、極大値（MAX）および極小値（MIN）を見出すものである。特徴的な個別狂い L_{Typ} の通常の長さは、12～15mである。最初に検出された個別狂いの付近に、境界値 F_{Lim} を下回る別の極小値（ MIN_1 、 MIN_2 、 MIN_3 ）が存在するとき、これらの極小値は、極小値が最大長さ s_{max} （たとえば通常は35～40m）の範囲内にあるときにだけ考慮される。これにより、危険な個別狂いを除く代わりに延伸区間全体の保線作業を行うことが回避されるべきである。目的は、本発明によれば、狂いを含むタンピング領域およびタンピングパラメータの、コンピュータ支援された自動的な確定である。機械化された個別狂いの除去は、除かないと脱線または徐行をもたらし得る危険な個別狂いにおいてのみ

40

50

行われる。危険な個別狂いはできるだけ早く除かれるべきであるので、比較的長い区間の保線作業は、非効率である。 F_{Lim} は、実際にトリガとなる個別狂いとほぼ同一のオーダーを有する個別狂いがともに除かれるように設定される。そうしなければこれらの狂いが近い将来に臨界的な狂いへと発達し得るので、これは効率的である。 $H(n)$ は、まくらぎ n における持ち上げ値を表す。極大値(MAX_1, MAX_2, MAX_3)を結ぶ破線は、レールが修正によってもたらされる、左のレールの高さ基準線である。長手方向に均一な垂直方向の剛性経過が得られるように(硬い頂点領域の軟化)、頂点 MAX_1 の前方の N (通常6)本目のまくらぎでタンピングが開始され、最後の頂点 MAX_3 の後方の M (通常6)本目のまくらぎで終了される。極小値 MIN_4 を有する軌道狂いが、狂い境界値 F_{Lim} より上にある(つまりより小さい)ので、この軌道狂いは、修正に関して考慮されず、軌道において整正されないままである。 S は、タンピングの始点を表し、 E は、終了を表す。始点 S での正確な位置決めを、機械オペレータは、グラフ表示に基づいて、誘導コンピュータ18で行うことができる。

【0029】

図3は、上側に、左のレールの個別狂い経過 F_{Li} を例示し、下側に、右のレールの個別狂い経過 F_{Re} を例示している。右のレールは、一般的なケースとして、増大するカント $u(x)$ を有する。つまり、個別狂いは、緩和曲線内に位置する。前述したように、個別狂いは、始点および終点に関して、まずは両方のレールに対して別々に処理される。左のレールについては、基準線 REF_{Li} が得られ、カントが付けられた右のレールについては、カント勾配 $u(s)$ に基づいて増大する基準線 REF_{Re} が得られる。タンピング後にリフティングがなくても5mmの沈下が生じるので、個別狂いは、左右で別々に、高さに応じて持ち上げられるが、常に両側で同時にタンピングが行われる。この場合、沈下は、両レール側で均一に行われるので、ねじれ狂いが生じない。始点 S として、長手方向で最初に検出された整正されるべき長手方向高さ狂いが採用され、終点 E として、最後に検出された整正されるべき長手方向高さ狂いが採用される。場合によっては起こり得る許容されないねじれ狂いが発生しているかどうか検査するために、3mのねじれの通常の基礎長さ B にわたるカントの差分が算出される。

【0030】

ねじれ V は、次のように算出される： $V = [u(n) + h(n)] - [u(n+B) + h(n+B)]$ 、式中、 n は、考慮されたまくらぎを表す。ねじれは、すべての位置に関して、始点(または $B=3m$ 前方)で始まり終点まで(または $B=3m$ 後方まで)算出され、ねじれに関する減少境界値の保持が検査される。減少境界値が保持されないときには、高さ基準線を相応に変更しなければならない。これは、次の図に示されるように、とりわけ軌道位置の持続性を向上させる理由から、軌道が過剰に持ち上げられるときに必要であり、これにより、軌道は、軌道の安定化プロセス中に見込まれる沈下後に、最適な真っ直ぐな基準線に適合する。

【0031】

図4は、予め行われたリフティング H' に応じた沈下量 S を模式的に示している(三角で表示された線)。そこから、軌道に残っているリフティング v の経過(継続的な整正)を表示することができる(点で表示された線)。このような経過は、様々な刊行物に描写されている。そのうちの1つが、“Handbuch Gleis”著者：Dr. Bernhard Lichtberger, DVV Media Group GmbH/Eurailpress (ISBN 978-3-7771-0400-3)、第3版、2010年、第463頁、図287に認められる。

【0032】

沈下量 S は、リフティング H に応じて、容易化されて、以下のように表示することができる。

$$H \leq 15 \text{ mm} \text{ に対して } S = 2/3 \cdot H + 5$$

$$H > 15 \text{ mm} \text{ に対して } S = 1/8 \cdot H + 13$$

軌道狂い F に応じた残っているリフティング H' に関して

10

20

30

40

50

$$F \leq 15 \text{ mm} \quad H' = (F + 5) \cdot 3$$

$$F > 15 \text{ mm} \quad H' = 8 / 7 \cdot F + 15$$

が成り立つ。

【0033】

式および線図から看取されるように、軌道は、リフティングゼロ $H = 0$ のとき $S = 5 \text{ m}$ だけ沈下する。その理由は、タンピングツール 8, 15 がスペースを占め、バラストの一部をすでにバラスト内へのピックの貫入による分だけ押し退けることにある。これは、その後で活荷重の下で沈下し始めるまくらぎの領域におけるバラストの緩みに対応する。

【0034】

図 5 は、例として、個別狂い g の経過を示している（点で表示された線）。軌道位置の持続性を向上させるため、または見込まれる沈下量を考慮するために、前述の式 $H' = 8 / 7 \cdot F + 15$ によって、必要なリフティング H' が算出される（丸で表示された線）。レールの高さに関する基準線は、いまや極大値の間に延伸する直線ではなく、曲線である（菱形で表示された線）。列車荷重の下で、軌道は、沈下し、完全な安定化の後で高さ基準線を占める（三角で表示された線）。開始領域および終了領域 R では、持上げ値 H' が勾配（長さ通常たとえば 3 m ）にわたって増加する。持上げ値は、最初はゼロまたは極めて小さいので、軌道は、ゼロ基準線より下に沈下する。これは、開始時および終了時において、小さな長手方向高さの残留狂いに相応する。この長手方向高さの残留狂いは、不可避ではあるが、実地において無視することができる。安定化後の過剰リフティング

【数 1】

ü

、沈下量 s および軌道位置 l が示されている。

【0035】

図 6 は、例として、前述の線図における個別狂い e の経過を示している（丸で表示された線）。線図には、タンピング中に完全液圧式のタンピングユニットにより求められる道床の硬さ b が記入されている。印付けられた領域 W における道床の硬さは低い。その原因は、もはや十分には締め固める（噛み合う）ことができない、破碎されて角が取れたバラストである。保線作業前にバラストが交換されないときには、必然的にこの領域は過剰に持ち上げられるべきであり、これにより、軌道位置のより長期の持続性が得られる。これに対して、軌道狂いの領域 N には、良好な通常其道床の硬さが存在する。そこには、持続性のあるタンピングが想定されている。したがって、タンピング中に求められる道床の硬さによって、見込まれる個別狂い除去の持続性を表すことができる。図示の例では、インフラ事業者は、まくらぎの印付けられた領域 W では、バラストを、使用可能な新たなものに交換すべきである。測定走行後、テストタンピング（最大のリフティングの領域、つまりまくらぎ 17 およびまくらぎ 32 の付近の領域における少なくとも 1 回のテストタンピング）によって、道床の硬さまたは到達可能な締固め力を測定することができる。そのために、リフティングなくテストまくらぎがタンピングされ、道床の硬さ、締固め力およびスクイーズ距離（タンピングピック 8, 15 の運動距離）が求められる。これにより知られた関係に基づいて、軌道を過剰に持ち上げることができる。事前にバラスト交換を実施することができる機械が現場にある場合には、バラスト交換は、タンピング動作前に行われる。バラスト交換後、個別狂い除去を計画するために、新たな測定走行を実施しなければならない。保線作業後、軌道位置は、ダイナミックトラックスタビライザによって人工的に安定化（沈下）させることができる。ダイナミックトラックスタビライザによる安定化によって、過剰持上げ値の一部が、軌道スタビライザによって低減されて、平滑化される。このような沈下は、軌道スタビライザを使用することなく、荷重をかける列車によって行われ得る（軌道スタビライザの作用は、約 150000 t 相当の列車交通量に相当する）。

なお、本願は、特許請求の範囲に記載の発明に関するものであるが、他の観点として以下を含む。

10

20

30

40

50

1.

軌道つき固め機（２）を用いてレール（１６）とまくらぎ（９）とから形成された軌道を自動的に位置修正する方法であって、以下のステップ：

・慣性測定ユニット（１１）と演算兼制御ユニット（１８）とを用いて、高さ実際位置（ F_{LI} 、 F_{RE} ）と、軌道の向きと、軌道カント（ $u(n)$ ）とを求めて記録するために、所定の軌道区間の左右のレール（１６）を互いに独立して測定する、ステップと、

・個別狂い（ F_{LIM} ）の境界値と軌道の長手方向の最大延伸長さ（ s_{max} ）とを考慮して、左右のレールの除かれるべき個別狂い（ $H(n)$ ）の始点（ S ）と終点（ E ）を決定する、ステップと、

・近くに位置する、各レールの個別狂いの経過に応じて始点（ S ）を選択し、長手方向で最も遠くに位置する、各レールの個別狂いの経過に応じて終点（ E ）を選択する、ステップと、

・カントを考慮して、左のレールおよび右のレールに関する高さ基準線（ REF_{LI} 、 REF_{RE} ）を確定する、ステップと、

・つき固め機（２）のタンピングユニット（７）を、求められた軌道修正区間（ $TAMP$ ）の個別狂い（ $H(n)$ ）の始点（ S ）に正確に位置決めし、その際、両方のレール軌道（ F_{LI} 、 F_{RE} ）が同時に整正され、長手方向高さ個別狂いの他に、軌道の向きも修正され、その際、タンピングは、終点（ E ）で終了される、ステップと、

を特徴とする、軌道を自動的に位置修正する方法。

2.

測定走行の後で、道床の硬さを決定するために、狂いが最大に発生する領域でテストタンピングを行い、軌道位置整正の持続性を改善するために、道床の硬さ（ H 、 W 、 N ）を基に、見込まれる沈下量（ S ）を考慮した上で軌道を過剰に持ち上げる（ H' ）ことを特徴とする、上記１の方法。

3.

テストタンピングによって求められた道床の硬さ（ H 、 W 、 N ）と持ち上げ修正高さ（ $H(n)$ ）とに応じて、軌道が、前記つき固め機（２）によって、運転モード：シングルタンピング、マルチタンピング、自動最適化タンピングまたは高圧タンピングで操作されることを特徴とする、上記１または２の方法。

4.

テストタンピングによって求められた道床の硬さ（ H 、 W 、 N ）に応じて、バラスト交換機を用いて、摩滅して損耗したバラストを交換し、続いて、個別狂い整正が後続する新たな測定走行を行うことを特徴とする、上記１から３のいずれか１つの方法。

5.

タンピングの始点（ S ）は、実際の個別狂い（ $H(n)$ ）前の所定の領域（ N ）に位置し、終点は、個別狂い（ $H(n)$ ）の実際の終了後の所定の領域（ M ）に位置することを特徴とする、上記１から４までのいずれか１つの方法。

6.

リフティングが、始点（ S ）から離反して所定の勾配（ R ）にわたって増加し、終了（ E ）へ向けて所定の勾配（ R ）にわたって減少することを特徴とする、上記１から５までのいずれか１つの方法。

7.

両レール（１６）に関する高さ基準線（ REF_{LI} 、 REF_{RE} ）を確定した後で、両レール（１６）同士の選択された基礎長さ（ B ）を有する、見込まれるべきねじれが、式 $V = [u(n) + h(n)] - [u(n+B) + h(n+B)]$ に従って算出され、最大許容ねじれの保持について検査され、境界値を超えると、最大許容ねじれを超えないように、高さ基準線（ REF_{LI} 、 REF_{RE} ）が変更されることを特徴とする、上記１から６までのいずれか１つの方法。

8.

個別狂いが除かれた直後に、ダイナミックトラックスタビライザによって軌道に作業が

行われることを特徴とする、上記 1 から 7 までのいずれか 1 つの方法。

9.

タンピングするたびに各まくらぎ（9）において道床の硬さ（H，W，N）が求められ、品質検証としてかつ個別狂い整正の持続性を予測するために記録され、記憶されることを特徴とする、上記 1 から 8 までのいずれか 1 つの方法。

10.

軌道（16）に対して相対的な前記タンピングユニット（7，n）のその都度の位置がモニタ（18）に表示されることを特徴とする、上記 1 から 9 までのいずれか 1 つの方法。

【符号の説明】

【0036】

- 1 タンピングユニット
- 2 つき固め機
- 3 昇降シリンダ
- 4 整正シリンダ
- 5 ディーゼル機関
- 6 回動装置、タンピングユニット
- 7 タンピングツール
- 8 タンピングピック
- 9 まくらぎ
- 10 中央の測定輪
- 11 IMU測定輪
- 12 台車
- 13 持上げ整正ユニット
- 14 作業キャビン
- 15 タンピングピック
- 16 レール
- 17 走行キャビン
- 18 誘導コンピュータ
- W 軟質の道床、機械の作業方向
- N 通常の道床
- R 開始－終了勾配
- B ねじれの基礎長さ
- S 始点
- E 終点
- MIN 高さ位置の極小値
- MAX 高さ位置の極大値
- s 曲線長さ
- M 後タンピング長さ
- N 前タンピング長さ
- H(n) リフティング
- u(n) カント
- F_{lim} 臨界的な狂いの境界値
- TAMP タンピング領域
- REF リフティングに関する基準線
- S_{max} 最大の個別狂い長さの境界領域

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

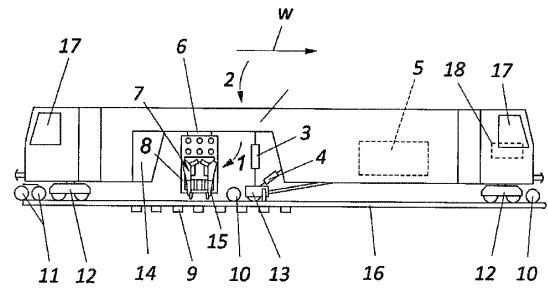
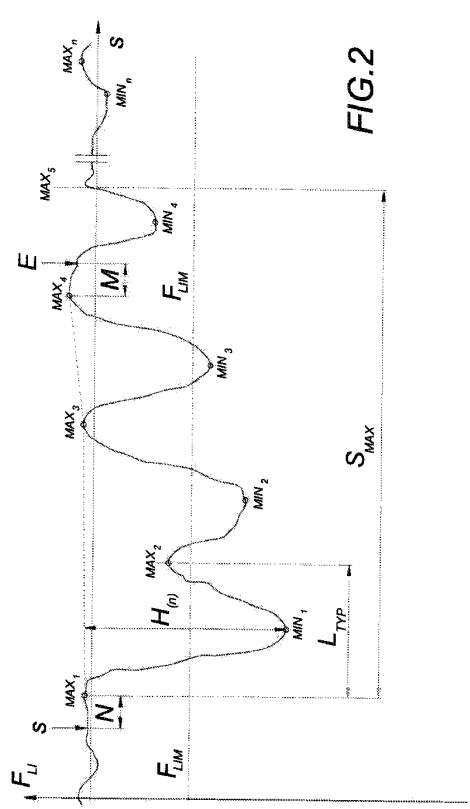


Fig. 1

【図 2】



10

20

【図 3】

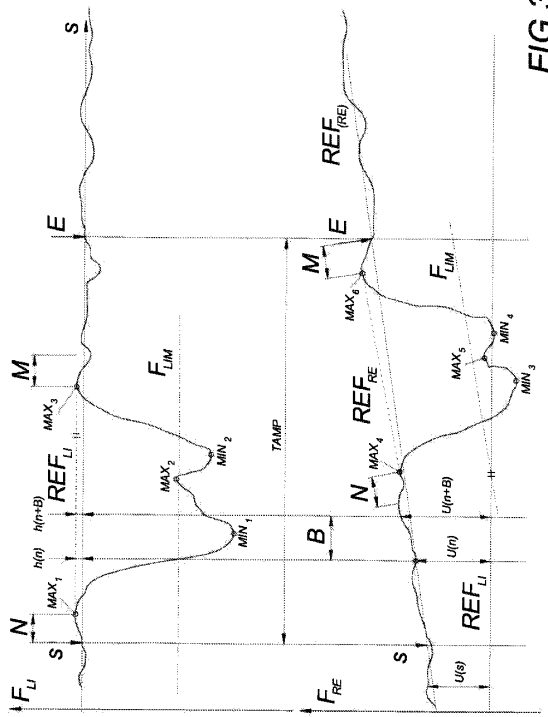
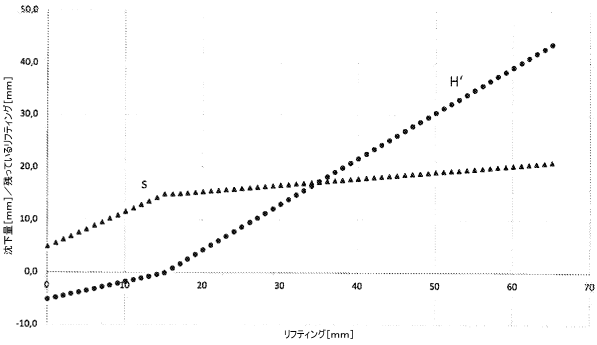


FIG.3

【図 4】

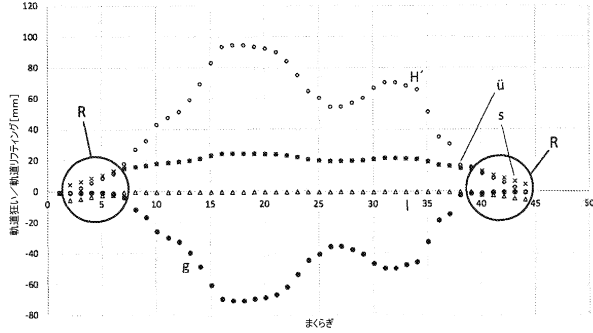


30

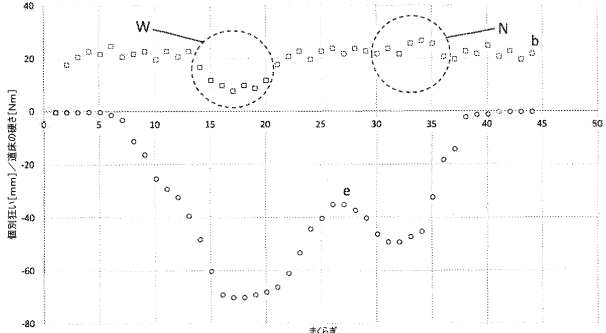
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ラーセ、64、トプ・3

審査官 佐久間 友梨

- (56)参考文献 特開2000-230207 (JP, A)
特表2019-532201 (JP, A)
特開平02-101204 (JP, A)
特開昭60-109401 (JP, A)
実開昭57-060904 (JP, U)
特開昭64-090302 (JP, A)
特開2013-119759 (JP, A)
特開2018-066146 (JP, A)
米国特許第04644868 (US, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
E01B 27/00-37/00