

明 細 書

発明の名称：

荷重測定方法及び装置、荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びに荷重管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、鉄道車両の車輪とレールとの間の荷重を測定する荷重測定方法及び装置、荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びに荷重管理システムに関する。

背景技術

[0002] 新たな車両の製造時及び鉄道新線の建設時には、その安全性を確認する必要がある。また、車輪とレールとの間に作用する力の状態は、その摩擦係数及び軌道の状態の変化等により、新車製造時あるいは新線開業時から経時的に変化する。このため、営業線でもその安全性を確認する必要がある。

[0003] 鉄道車両の走行安全性の評価方法の一つとして、脱線係数を用いる方法がある。脱線係数とは、車輪とレールとの間に作用する水平方向の力、換言すると車軸に沿う方向の力である横圧（ Q ）と、車輪とレールとの間に作用する垂直方向の力である輪重（ P ）とを用いて、 Q/P で表した値である。この式が示すように、この脱線係数の大小が走行安全性評価の一つの指標になることから、輪重（ P ）及び横圧（ Q ）の計測が行われている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-88967号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一方、輪重及び横圧の計測には、従来、車輪に特殊な歪ゲージを貼り付けた特殊な輪軸であるPQ輪軸が必要であり、その製造及び計測は容易ではな

く、その製造及び試験コストも高額になる。さらに踏面ブレーキを作動させると、その発生熱等の要因で測定値に影響が生じるという問題もある。さらにまた、ディスクブレーキを採用した場合、前記特殊歪ゲージの貼付が難しくなり測定自体が困難になる。たとえ測定が可能な場合でも、測定値がヒステリシスを有し、輪重及び横圧を正確に求めることができないという問題がある。

[0006] 前記特許文献1の技術では、車輪リム部に対向して非接触変位計を配置する構成を採ることで、計測を容易にし測定信頼性の向上が可能である。しかしながら、リム部を全周にわたりうねり無く成形する必要がある、かつ微小値測定を要することから非常に高額な非接触変位計を用いなければならず、製造及びコスト面での問題が依然として存在する。

[0007] 本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、計測が容易であり測定信頼性も確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れた、車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定方法及び装置、荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びに荷重管理システム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

[0008] 前記目的を達成するため、本発明は以下のように構成する。

即ち、本発明の第1態様における荷重測定方法は、左右一对の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一对の軸受とを備える鉄道車両において、それぞれの前記車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定方法であって、それぞれの前記軸受に作用する各アキシアル荷重を測定し、前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定し、前記測定された前記各アキシアル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める、ことを特徴とする。

[0009] また、本発明の第2態様における荷重測定装置は、左右一对の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一对の軸受とを備える鉄道車両に適用され、それぞれの前記車輪からレールに作用する荷

重を測定する荷重測定装置であって、それぞれの前記軸受に作用するアキシアル荷重を測定するアキシアル荷重測定部と、前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定する軸力測定部と、測定された前記アキシアル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める演算部と、を備えたことを特徴とする。

[0010] このような荷重測定方法及び装置によれば、輪軸の車軸の軸方向に作用する軸力及びアキシアル荷重を用いることで、左右の各車輪からレールに作用する横圧をそれぞれ求めることができる。ここで軸力及びアキシアル荷重は、汎用の計測器を用いて通常の輪軸で測定することができ、いわゆるPQ輪軸のような特殊な輪軸及び測定器を必要としない。したがって、大幅なコストダウンを図ることができ、かつ計測用に特別な走行試験時間を取ることもない。また、踏面ブレーキを作動させてもその影響が出現せず、安定した測定が可能であり、最新の中央締結ディスクブレーキを装備した場合でも横圧測定が可能になる。

このように第1態様における荷重測定方法及び第2態様における荷重測定装置によれば、計測が容易であり測定信頼性も確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れた荷重測定装置を提供可能である。

[0011] また、本発明の第3態様における鉄道車両は、前記第2態様における荷重測定装置を備えたことを特徴とする。

[0012] また、本発明の第4態様における荷重管理システムは、左右一対の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一対の軸受とを有する鉄道車両の前記車輪からレールに作用する荷重を管理する荷重管理システムであって、それぞれの前記軸受に作用するアキシアル荷重を測定するアキシアル荷重測定部と、前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定する軸力測定部と、測定された前記アキシアル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める演算部と、前記演算部により求められた前記横圧を示す横圧情報、前記求められた横圧に対応する時間情報、軌道情報、及び運行情報の少なくとも1つを格納する記憶部と、前

記憶部に格納された各前記情報に基づいて、前記横圧情報の経時的変化を取得する分析部と、を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、計測が容易であり測定信頼性も確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れた、車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定方法及び装置、荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びに荷重管理システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施の形態1における荷重測定方法の動作を説明するフローチャートである。

[図2]図1に示す荷重測定方法において、さらにラジアル荷重を用いた場合の動作を説明するフローチャートである。

[図3]実施の形態2における荷重測定装置の構成を示すブロック図である。

[図4]実施の形態3における荷重測定装置の構成を示すブロック図である。

[図5]実施の形態2、3の荷重測定装置を輪軸に設置した状態を示す図である。

[図6]図5に示すA-A部の断面を示し、車軸における軸力センサの設置位置を示す図である。

[図7]実施の形態2、3の荷重測定装置に備わる左右変位検出センサの構成例を示す図である。

[図8]実施の形態3の荷重測定装置に備わるラジアル荷重センサの構成例を示す図である。

[図9]実施の形態4における荷重測定装置の構成を示すブロック図である。

[図10]実施の形態4の荷重測定装置を台車に設置した状態を示す車両の側面図である。

[図11]実施の形態4の荷重測定装置を台車に設置した状態を示す台車部分の平面図である。

[図12]実施の形態5における荷重管理システムの構成を示すブロック図であ

る。

[図13]実施の形態6における鉄道管理システムの構成を示すブロック図である。

[図14]鉄道総研報告、Vol.25, No.1, Jan.2011内、図3である。

発明を実施するための形態

[0015] 実施形態である、鉄道車両における車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定方法及び装置、この荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びにこのような鉄道車両を備えた荷重管理システムについて、図を参照しながら以下に説明する。尚、各図において、同一又は同様の構成部分については同じ符号を付している。

[0016] 実施の形態1：

まず、実施形態1における前記荷重測定方法の基本的な考え方について説明する。

上述した特許文献等の開示されるように、鉄道車両の車輪における輪重及び横圧の計測方法が提案される一方で、測定された輪重及び横圧を利用して、輪軸の車軸軸受に作用する荷重を推定することの論文も報告されている（高橋、他、「輪重・横圧を利用した車軸軸受に作用する荷重の推定法」、鉄道総研報告、Vol.25, No.1, Jan.2011）。この論文では、輪重及び横圧と、車軸軸受に作用するラジアル荷重及びアキシアル荷重との関係が式で示されており、輪重・横圧値から車軸軸受に作用するラジアル荷重、アキシアル荷重を算出できると記載されている。

[0017] この開示された関係式によれば、逆に、車軸軸受に作用するラジアル荷重及びアキシアル荷重を測定することで、輪重値及び横圧値を求めることができることが予測される。実際、輪重については、開示された式から逆変換することで、左右の各車輪の輪重値を求めることができる。

一方、横圧値については、たとえ逆変換しても、前記論文内の（6）、（7）式から明らかなように、左右車輪のそれぞれに作用する横圧の合算値しか得ることができない。

このことは、左右車輪に作用する横圧（ Q ）が輪軸内の内力であることから、輪軸の外に作用する力をどのように測定しても得ることができないことより容易に理解できる。

[0018] 以下、本実施の形態における荷重測定方法の詳細について説明する。図 1 は荷重測定方法のフローチャート、図 2 は、ラジアル荷重を用いた場合の荷重測定方法のフローチャートである。

尚、図 1 4 は、前記論文の図 3 に相当し、この図 1 4 に示されている各記号の説明は、前記論文における記載のように次の通りである。つまり、図 1 4 には走行する車両の輪軸に作用する各荷重を示し、 F_r は台車枠から車軸軸受に作用する上下方向の荷重であり軸受のラジアル荷重に相当し、 F_a は台車枠から車軸軸受に作用する左右方向の荷重であり軸受のアキシャル荷重に相当し、 F_p は車輪がレールから受ける輪重の反力であり、 F_q は車輪がレールから受ける横圧の反力であり、 W_j は輪軸に作用する重力（一輪軸当たりのばね下重量）であり、添字の 1、2 はそれぞれ 1 位側、2 位側を示し、図の上から下向きを正、左から右向き（1 位側→2 位側）を正とし、図中の力は全て正方向の矢印で示し、 L_g は車輪／レールの接触点間隔、 L_b は車輪／レールの接触点から車軸軸受中心までの距離、 L_w は車輪半径である。

[0019] また以下に、前記論文内の前記（6）、（7）式、及び下記（3）、（5）式を記す。

（6）式：

$$F_{a1} + F_{a2} = - (F_{q1} + F_{q2})、$$

（7）式：

$$F_{a1} = F_{a2} = - (1/2) \cdot (F_{q1} + F_{q2})、$$

（3）式：

$$F_{r1} + F_{r2} + W_j + F_{p1} + F_{p2} = 0、$$

（5）式：

$$-L_b \cdot F_{r1} + (L_g + L_b) F_{r2} + L_w (F_{a1} + F_{a2}) + (1$$

$$/2) \cdot L_g \cdot W_j + L_g \cdot F_{p2} = 0$$

[0020] 前記論文の(6)式を変形すると、 $F_{a1} + F_{q1} = -(F_{a2} + F_{q2})$ となる。つまり、輪軸の左側車輪と左側軸受との組の合力： $F_{a1} + F_{q1}$ と、輪軸の右側車輪と右側軸受との組の合力： $F_{a2} + F_{q2}$ とは、車軸を通して釣り合っていることが理解できる。

一方、左側の合力 $F_{a1} + F_{q1}$ 、及び右側の合力 $F_{a2} + F_{q2}$ は、共に、車軸軸方向（前記左右方向）に沿った力である。これらのことから、車軸に作用している軸方向の力（軸力）で、 $F_{a1} + F_{q1}$ と $F_{a2} + F_{q2}$ とは釣り合っている。

[0021] 即ち、車軸に作用している軸方向力（軸力）を F_{a3} としたとき、

$$F_{a1} + F_{q1} = F_{a3}$$

$$F_{a2} + F_{q2} = F_{a3}$$

となり、各車輪からレールに作用する横圧 F_{q1} 、 F_{q2} は、それぞれ、下記の「A」式にて求めることができる。

「A」式：

$$F_{q1} = F_{a3} - F_{a1}、F_{q2} = F_{a3} - F_{a2}$$

したがって、車軸に作用している軸方向の力、つまり軸力、 F_{a3} が明らかになることで、 F_{q1} と F_{q2} とは分離できる。これにより、左右の各車輪からレールに作用する各横圧を得ることができる。

[0022] このように本実施の形態に係る荷重測定方法により、測定で得られたあるいは既知である、車軸軸受に作用するアキシアル荷重と、測定で得られたあるいは既知である、車軸に作用する軸方向の軸力とを用いて、左右の各車輪からレールに作用する横圧を分離して得ることができる。

但し実際には、車軸には前記軸力のみならず、曲げ応力も作用することから、前記軸力を得るには、曲げ応力成分をキャンセルする必要がある。この点については後述している。

[0023] また、輪重 F_{p1} 、 F_{p2} は、各横圧 F_{q1} 、 F_{q2} が求めれば、各車輪軸受に作用するラジアル荷重 F_{r1} 、 F_{r2} を用いて、下記の「B」式によ

って逆算することができる。即ち、「B」式：

$$F_{p2} = (L_b / L_g) F_{r1} - \{ (L_g + L_b) / L_g \} F_{r2} - \{ (L_w / L_g) (F_{a1} + F_{a2}) \} - (1/2) W_j$$

$$F_{p1} = - (F_{r1} + F_{r2} + W_j + F_{p2})$$

[0024] 以上の算出式により、例えば図1に示すフローチャートに基づいて各車輪の横圧を得ることができる。すなわち、ステップS1において、「A」式に基づいて車軸の軸力 F_{a3} を得た後、ステップS2において、車軸軸受に作用するアキシアル荷重 F_{a1} 、 F_{a2} を得て、最後にステップS3において、軸力 F_{a3} 及びアキシアル荷重 F_{a1} 、 F_{a2} により、各車輪の横圧 F_{q1} 、 F_{q2} が求められる。

ここで車軸における軸力、及びアキシアル荷重は、上述したように、測定によって取得したものであってもよいし、既知のものであってもよい。図1に示され、また上述の、ステップS1とステップS2とは図示の便宜上、先後を付したものであり、その順序は問わず、また同時でもよい。

[0025] また、以上の算出式により、例えば図2に示すフローチャートに基づいて各車輪における輪重を得ることができる。すなわち、ステップS2-2において、車軸軸受に作用するラジアル荷重 F_{r1} 、 F_{r2} を得て、ステップS3-2において、「B」式に基づいて各輪重 F_{p1} 、 F_{p2} が求められる。

ここで、ラジアル荷重は、測定によって取得したものであってもよいし、既知のものであってもよい。また、図1と同様に、ステップS1、ステップS2及びステップS2-2の順序は問わず同時でもよく、ステップS3とステップS3-2との順序も問わず同時でもよい。

[0026] 以上により得られた横圧値及び輪重値から、脱線係数 F_{q1} / F_{p1} 、 F_{q2} / F_{p2} を得ることができる。

尚、上述した荷重測定方法による横圧及び輪重は、演算装置等により求めてもよいし、人が計算により求めてもよい。

[0027] 実施の形態2：

図3、図5から図7を参照して、上述の荷重測定方法を実行可能な荷重測

定装置について説明する。

図3は、図1に示す荷重測定方法を実行可能な荷重測定装置102の概略構成を示している。荷重測定装置102は、軸力測定部110と、アキシャル荷重測定部120と、演算部150とを備える。

[0028] 軸力測定部110は、左右車輪間の車軸13において、その軸方向（左右方向）13aに作用する力（軸力）を測定する装置であり、軸力センサ111と、出力部112とを有する。

軸力センサ111は、車軸13の変形を検知する、例えば歪ゲージを用いることができる。このような軸力センサ111は、図5及び図6に示すように、左右の車輪11、12間における車軸13の軸方向13aの一箇所において、車軸13の周面の対向位置の2点に一对を取り付け可能である。即ち、軸力センサ111として例えば歪ゲージを用いて、車軸13の軸方向13aにおける一箇所において、軸方向13aに第1の歪ゲージ、つまり軸力センサ111-1が貼付され、この第1歪ゲージと同じ軸断面で周方向に180度の位置に、軸断面中心に対して対称の位置に、軸方向13aに第2の歪ゲージ、つまり軸力センサ111-2が貼付される。

出力部112は、車軸13に固定可能で、例えばテレメータにて構成され、各軸力センサ111とはリード線で接続され、各軸力センサ111の出力データを無線で演算部150へ送信する。

[0029] アキシャル荷重測定部120は、左右の車軸軸受21、22（図5）において車軸13の軸方向13aに作用するアキシャル荷重を測定する装置であり、左右変位検出センサ121を有する。図5では、各車軸軸受21、22部分にアキシャル荷重測定部120をそれぞれ設けた構成を示している。尚、図5は、本実施の形態2と、以下に記す実施の形態3とで共用しており、本実施の形態2では、ラジアル荷重測定部130の図示を除いた構成となる。

[0030] 左右変位検出センサ121の構成としては様々な既知の構成を採ることができる。ここでは例えば図7に示すように、左右変位検出センサ121は、

永久磁石製のエンコーダ 1211 と、一対のセンサ 1212a, 1212b とを有する。概説すると、エンコーダ 1211 は、車軸軸受 21, 22 部分にて、車軸 13 の周面全周にわたりリング状に延在し、車軸 13 と共に軸周り方向に回転する。一対のセンサ 1212a, 1212b は、エンコーダ 1211 に対向して軸方向 13a に沿って並設し、車軸軸受 21, 22 部分に固定する。各センサ 1212a, 1212b は、演算部 150 に接続される。

[0031] 演算部 150 は、上述のように軸力測定部 110 とは無線で接続され、アキシアル荷重測定部 120 とはリード線で接続され、鉄道車両の車体に設置される。このような演算部 150 は、軸力及びアキシアル荷重から左右車輪 11, 12 のそれぞれからレールに作用する各横圧を分離して求める装置であり、演算処理部 151 と記憶部 152 とを有する。

[0032] 演算部 150 における演算処理部 151 は、上述の軸力とアキシアル荷重とを求め、さらに各横圧を求める。

即ち、上述の軸力について、演算処理部 151 は、軸力測定部 110 から供給される各軸力センサ 111-1, 111-2 の出力データである、車軸 13 の一対の歪みデータから、車軸 13 に作用する曲げ応力成分をキャンセルして、軸方向 13a の軸力を求める。

[0033] 詳しく説明すると、車軸 13 の周面に設けた 1 個の歪ゲージからは、「軸力による歪み」と、「車軸 13 の曲げモーメントによる歪み」とを含んだ値が出力される。一方、車軸 13 は鉛直方向へ湾曲する。よって上述のように、一対の歪ゲージを同一断面の周面上における直径方向の対向位置に貼付して、2 つの歪ゲージ線を直列に結線した場合には、演算処理部 151 は、各歪ゲージの出力を用いて車軸 13 の曲げモーメントによる歪みを相殺することができる。つまり、車軸 13 の「曲げモーメントによる歪み」出力は、車軸 13 の回転周波数のサイン波である。よって、直径方向の対向位置に一対の歪ゲージを貼付することで、各歪ゲージからは、同じ周波数で同じ振幅のサイン波で、位相が逆のサイン波が出力される。よってこれらを足し合わす

ことで、「曲げモーメントによる歪み」成分は、キャンセルすることができる。

[0034] また、直径方向の対向位置に一对の歪ゲージを貼付し、直列結線するのではなく、演算処理部 151 がそれぞれの出力データを取り込み、デジタル的に「曲げモーメントによる歪み」を打ち消すデータ処理を行ってもよい。

[0035] アキシアル荷重については、一对のセンサ 1212a, 1212b の各出力信号の差を求め、この差の変化量とアキシアル荷重の大きさとの関係から、車軸軸受 21, 22 におけるアキシアル荷重を求める。尚、前記差の変化量とアキシアル荷重の大きさとの関係は、予め計測して得た計測値データから、あるいは演算によって求める。

そして、演算処理部 151 は、上述した「A」式を用いて、求めた軸力及びアキシアル荷重から各車輪 11, 12 がレールに作用している各横圧を求める。

[0036] このような演算処理部 151 は、実際にはコンピュータを用いて実現され、上述した動作、機能に対応するソフトウェアと、これを実行するための CPU（中央演算処理装置）及びメモリ等のハードウェアから構成されている。よって各横圧値は、演算処理部 151 において、軸力及びアキシアル荷重値から計算により、あるいはプログラムに従い求められる。

[0037] 記憶部 152 は、演算処理部 151 にて上述のように求められた各横圧値を、時間情報さらには軌道情報、運行情報等とともに格納する。よって、検査時のみならず、営業運行時においても常時、各横圧値を格納可能である。

[0038] 以上説明したように構成される荷重測定装置 102 によれば、左右の各車輪 11, 12 のそれぞれがレールに作用する横圧を分離して検出することが可能になる。このような荷重測定装置 102 によれば、計測が容易であり測定信頼性も確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れた荷重測定装置を提供可能である。特に、従来のように、車輪に特殊な歪ゲージを貼り付けた、いわゆる PQ 輪軸を用いる必要がなく、汎用の計測器が使用可能なことから、1. 計測が容易で横圧測定コストが大幅に低減可能であり、2

．走行中に踏面ブレーキを作動させてもその影響が出現せず、安定した測定が可能であり、３．通常の営業車両の輪軸を用いて横圧の測定が可能であり、大幅な走行試験時間の短縮が可能となり、４．ディスクブレーキ（例えば、中央締結ディスクブレーキ等）を装備した場合でも、横圧測定が可能になる。

[0039] また本実施形態では、図５に示すように、左右の車軸軸受２１，２２の両方にアキシャル荷重測定部１２０を設置した構成を採るが、該構成に限定されない。即ち、両方のアキシャル荷重測定部１２０の各アキシャル荷重値が同一であることが分かっている場合には、左右いずれかの車軸軸受のみに、アキシャル荷重測定部１２０を設置してもよい。

[0040] 実施の形態３：

上述した実施の形態２の荷重測定装置１０２は、軸力測定部１１０とアキシャル荷重測定部１２０とを備え、左右の各車輪１１，１２の各横圧のみを求めた。本実施の形態３の荷重測定装置では、既に述べたが、さらにラジアル荷重を取得することで、横圧のみならず車輪１１，１２の各輪重も求めるものである。

即ち、図４、図５及び図８に示すように、本実施の形態３の荷重測定装置１０３は、実施の形態２の荷重測定装置１０２の構成に、さらにラジアル荷重測定部１３０を加えた構成を有する。よって以下では、主にラジアル荷重測定部１３０について説明を行う。

また、ラジアル荷重測定部１３０の追加に伴い、上述した演算部１５０について、本実施の形態３の荷重測定装置１０３では演算部１５５とする。演算部１５５は、演算処理部１５６と記憶部１５２とを有し、上述した軸力及びアキシャル荷重に加えてラジアル荷重を用いて、左右車輪１１，１２のそれぞれからレールに作用する各横圧、及び、各輪重を求める。

[0041] ラジアル荷重測定部１３０は、車軸軸受２１，２２（図５）において車軸１３の上下方向３１、つまり軸方向１３ａに直角方向の重力方向、に作用するラジアル荷重を測定する装置であり、ラジアル荷重センサ１３１を有する

。図5では、各車軸軸受21, 22部分にラジアル荷重測定部130をそれぞれ設けた構成を示している。

ラジアル荷重センサ131の構成としては様々な既知の構成を採ることができる。ここではラジアル荷重センサ131は、例えば図8に示すような、永久磁石1311と、一对のセンサ1312a, 1312bとを有する。概説すると、永久磁石1311は、車軸軸受21, 22を含む各軸箱25の外面にそれぞれ取り付ける。一对のセンサ1312a, 1312bは、永久磁石1311に対向して上下方向31に沿って並設し、軸箱25に対して不動である支持部材32に固定する。

[0042] このように構成された荷重測定装置103における演算部155、特に演算処理部156は、以下のような演算を行う。

上述した演算部150と同様に、上述した軸力及びアキシアル荷重から各車輪11, 12の横圧を求める。

さらにラジアル荷重について、一对のセンサ1312a, 1312bの各出力信号からその差を求め、この差の変化量とラジアル荷重の大きさとの関係から、車軸軸受21, 22におけるラジアル荷重を求める。尚、前記差の変化量とラジアル荷重の大きさとの関係は、予め計測して得た計測値データから、あるいは演算によって求める。

そして、演算処理部156は、求めた各横圧と各ラジアル荷重とを元に、上述した「B」式を用いて各車輪11, 12における輪重をそれぞれ求める。尚、「B」式に含まれ輪重を求めるのに必要な、車輪／レールの接触点から車軸軸受中心までの距離 L_b や、車輪／レールの接触点間隔 L_g 等の項目の値は、予め演算処理部156に入力されている。

[0043] このように演算部155は、各車輪11, 12における横圧(Q)及び輪重(P)を求めることから、これらを元にさらに脱線係数(Q/P)を求めても良い。

このように求まった横圧及び輪重、並びに脱線係数は、検査時のみならず、営業運行時においても常時、演算部155の記憶部152に記憶される。

[0044] 以上説明した荷重測定装置 103 においても荷重測定装置 102 と同様に、計測が容易であり測定信頼性を確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れているという効果を奏することができる。さらに荷重測定装置 103 は、各車輪 11、12 における輪重、さらに脱線係数を求めることが可能であり、走行試験時間を大幅に短縮することができ、より容易に走行安全性の評価を行うことができる。

[0045] 尚、本実施形態の荷重測定装置 103 でも、図 5 に示すように、左右の車軸軸受 21、22 の両方にアキシャル荷重測定部 120 及びラジアル荷重測定部 130 を設置した構成を採るが、左右でのアキシャル荷重値及びラジアル荷重値が同一であることが分かっている場合には、左右いずれかの車軸軸受のみに、アキシャル荷重測定部 120 及びラジアル荷重測定部 130 を設置してもよい。

[0046] 実施の形態 4：

上述した各荷重測定装置 102、103 では、車軸軸受 21、22 部分にアキシャル荷重測定部 120 及びラジアル荷重測定部 130 を設置し、車軸 13 に作用する軸力はテレメータを介して伝送する構成を採った。しかしながら荷重測定装置の構成は、勿論これらに限定されるものではない。本実施の形態 4 の荷重測定装置では、その変形例の一例を示す。

[0047] 即ち、図 9 から図 11 に示すように、本実施の形態 4 の荷重測定装置 104 は、軸力測定部 115 と、アキシャル荷重測定部 125 と、ラジアル荷重測定部 135 と、演算部 160 とを備える。

[0048] 軸力測定部 115 は、上述の軸力測定部 110 と同様に、車軸 13 においてその軸方向 13a に作用する力を測定する装置であり、例えば歪ゲージである上述の軸力センサ 111 と、出力部 116 とを有する。出力部 116 は、本荷重測定装置 104 では図 11 に示すように、例えばスリップリング 1161 を用いる。軸力センサ 111 とスリップリング 1161 とはリード線 1162 で接続し、リード線 1162 は、車輪 11 及び車軸 13 に設けたリード線穴内を通りスリップリング 1161 へ導かれる。出力部 116 は、車

体 5 0 (図 1 0) に設置される演算部 1 6 0 に結線される。

[0049] アキシャル荷重測定部 1 2 5 は、車軸軸受 2 1, 2 2 の例えば各軸箱 2 5 における軸方向 1 3 a の変位量を、アキシャル荷重への変換用情報として測定する装置であり、左右変位検出センサ 1 2 6 を有する。左右変位検出センサ 1 2 6 としては、例えば近接センサが使用可能であり、台車枠 3 0 に固定した支持部材 3 2 に軸箱 2 5 に対向して取り付けられる。尚、図 1 1 では、アキシャル荷重測定部 1 2 5 は、一方の軸箱 2 5 のみに対して設置した図示であるが、通常、軸方向 1 3 a における両側の軸箱 2 5 に対応して設置する。左右での測定値が同一であることが既知の場合には、片側のみに設置してもよい。

このようなアキシャル荷重測定部 1 2 5 は、車体 5 0 に設置される演算部 1 6 0 に結線される。

[0050] ラジアル荷重測定部 1 3 5 は、車軸軸受 2 1, 2 2 における各軸箱 2 5 の軸ばね 3 3 の上下方向 3 1 における変位量を、ラジアル荷重への変換用情報として測定する装置であり、上下変位検出センサ 1 3 6 を有する。上下変位検出センサ 1 3 6 は、台車枠 3 0 と軸箱 2 5 との間の相対上下変位を測定することにより、軸ばね 3 3 の上下変位を取得するものであり、種々のセンサを適用可能である。例えば、上下変位検出センサ 1 3 6 には、非接触で測定可能な磁歪式リニアセンサや、差動トランス式リニアセンサ、磁気式リニアスケール等のリニア変位センサを用いてもよい。また、テコ機構を用いて、軸ばね 3 3 の上下変位を軸の回転変位に変換して、ロータリーエンコーダ (レゾルバ) の回転角を検出し、これを上下変位量に換算してもよい。尚、上下変位検出センサ 1 3 6 は、通常、軸方向 1 3 a における両側の軸箱 2 5 の軸ばね 3 3 に対応して設置する。左右での測定値が同一であることが既知である場合には、片側のみに設置してもよい。

このようなラジアル荷重測定部 1 3 5 は、車体 5 0 に設置される演算部 1 6 0 に結線される。

[0051] 演算部 1 6 0 は、軸力測定部 1 1 5 から供給される車軸 1 3 に作用する歪

みデータ、アキシアル荷重測定部 1 2 5 から供給される軸箱 2 5 の軸方向 1 3 a の変位量データ、及びラジアル荷重測定部 1 3 5 から供給される軸ばね 3 3 の上下方向 3 1 における変位量データから、左右車輪 1 1, 1 2 のそれぞれからレールに作用する各横圧及び各輪重を求める装置であり、演算処理部 1 5 6 と、記憶部 1 5 2 と、変換部 1 6 1 とを有する。

[0052] 変換部 1 6 1 は、軸方向 1 3 a の変位量データをアキシアル荷重に、上下方向 3 1 における変位量データをラジアル荷重にそれぞれ変換する。即ち、変換部 1 6 1 は、例えば、軸箱左右変位量とアキシアル荷重値との関係を予め計測し例えばテーブル形態で格納しておくことで、アキシアル荷重測定部 1 2 5 から供給される軸方向 1 3 a の変位量データをアキシアル荷重に変換する。あるいは、演算式 $F_{a1} = g(y)$ 、ここで、 y : 軸箱左右変位量、 $g(\)$: 軸箱の左右特性の関数、を変換部 1 6 1 が有することで、この式からアキシアル荷重を算出してもよい。ラジアル荷重についても同様に、軸ばね上下変位量とラジアル荷重値との関係を予め計測し例えばテーブル形態で格納しておくことで、ラジアル荷重測定部 1 3 5 から供給される上下方向 3 1 における変位量データをラジアル荷重に変換する。あるいは、演算式 $F_{r1} = f(z)$ 、ここで、 z : 軸ばね上下変位量、 $f(\)$: 軸箱の上下特性の関数、を変換部 1 6 1 が有することで、この式からラジアル荷重を算出してもよい。

[0053] 演算部 1 6 0 も演算部 1 5 0 と同様であり既に説明したようにコンピュータを用いて実現される。よって、変換部 1 6 1 における上述した動作、機能は、対応するソフトウェアにより実行される。

[0054] 演算処理部 1 5 6 は、実施形態 3 の演算処理部 1 5 6、詳しくは実施形態 2 の演算処理部 1 5 1 と同様に、軸力測定部 1 1 5 から供給される車軸 1 3 に作用する歪みデータから車軸 1 3 の軸方向 1 3 a における軸力を求める。さらに、変換部 1 6 1 による変換動作にてそれぞれ求めた、アキシアル荷重及びラジアル荷重を用いて、演算処理部 1 5 6 は、既に説明したように、左右車輪 1 1, 1 2 のそれぞれからレールに作用する各横圧 (Q) 及び各輪重

(P)を求める。またさらに脱線係数 (Q/P) を求めてもよい。

[0055] 記憶部 152 は、演算処理部 156 にて求めた各横圧値及び各輪重値を、時間情報さらには軌道情報、運行情報等とともに格納する。よって、検査時のみならず、営業運行時においても常時、各横圧値及び各輪重値を格納可能である。また、脱線係数を格納してもよい。

[0056] 以上説明したように構成される荷重測定装置 104 においても荷重測定装置 102、103 と同様に、計測が容易であり測定信頼性も確保しながら、製造及びコスト面でも従来に比べて優れているという効果を奏することができる。

[0057] 各実施の形態 2～4 で説明した荷重測定装置 102～104 における構成を、さらには従来のいわゆる PQ 輪軸の構成を、それぞれ適宜組み合わせた新たな構成の荷重測定装置（説明の便宜上、109 と符番する）を作製することもできる。尚、従来の PQ 輪軸と組み合わせる場合、少なくとも横圧取得には荷重測定装置 102 等の構成を用いる。

このような組み合わせ構成としては、例えば、ラジアル荷重については、実施の形態 4 の荷重測定装置 104 で説明した軸ばねの上下変位量から換算により求め、一方、アキシアル荷重については実施の形態 2 の荷重測定装置 102 で説明した軸受内蔵型の左右変位検出センサ 121 を用いて求めるように構成した荷重測定装置を作製してもよい。あるいはまた、輪重については、従来の PQ 輪軸の測定法で測定し、横圧のみを実施の形態 2 等で説明した構成を用いて求めるように構成してもよい。

[0058] また、上述の説明内で記載したように、実施の形態 2～4 で説明した各荷重測定装置 102～104、あるいは前記荷重測定装置 109 のいずれかを備えた鉄道車両 200（例えば図 10）を構成することができる。このような鉄道車両 200 によれば、荷重測定装置 102～104 のいずれかを装備する場合には、既に説明したように計測の容易さ及び測定信頼性を確保しながら、通常の営業車両にて、少なくとも横圧計測が可能であり、従来に比べ大幅に試験時間及びコストを削減可能である。

尚、このような荷重測定装置を備えた鉄道車両 200 は、一編成内の少なくとも一両設ければよい。

[0059] 実施の形態 5 :

図 12 には、上述の荷重測定装置 102~104、109 を装備した鉄道車両 200 と、処理装置 310 とを備え、車輪とレールとの間に作用する力の状態の変化を経時的に管理する荷重管理システム 300 のブロック図を示している。ここで、処理装置 310 は、分析部 311 と記憶部 312 とを有する。記憶部 312 は、横圧値や輪重値、脱線係数を格納するが、アキシアル荷重やラジアル荷重を格納してもよい。また、これらの各値は、時間情報や軌道情報、運行情報等と関連付けて格納される。分析部 311 は、荷重測定装置 102 等に備わる記憶部 152 が格納している少なくとも横圧値、さらには輪重値及び脱線係数を、時間情報さらには軌道情報、運行情報等とともに取得する。尚、分析部 311 と記憶部 152 間の情報伝達方法は、有線、無線を問わない。

[0060] 車輪とレール間の力状態は、その摩擦係数、軌道の状態の変化、気温等の環境要因等により、新車製造時及び新線開業時から経時的に変化する。よって営業線においても、常時あるいは定期的に少なくとも横圧値をチェックすることで、鉄道車両運行の安全性をより高いレベルで確保することが可能になる。

そこで分析部 311 は、少なくとも横圧値の経時的变化を監視し、例えば、横圧値が設定値を超えた場合には異常を示す異常信号を出力する。また、あるいは、分析部 311 は、鉄道事業者の指令所等に対して、軌道及び車両の少なくとも一方について修繕の必要性を通知する。記憶部 312 は、このような分析部 311 の分析結果を格納する。

[0061] このように、荷重管理システム 300 は、荷重測定装置 102~104 を備えた場合、いわゆる PQ 輪軸のような特殊な計測用輪軸を用いることなく一般的な計測器を通常車両に設置することで、少なくとも上述したような安全性確保に寄与することが可能である。さらにまた荷重管理システム 300

は、横圧値、輪重及び脱線係数の少なくとも一つを、軌道情報と絡めて分析することで、例えば、検討対象区間におけるスピードアップの可否等の判断基準を提供することも可能となる。

[0062] 実施の形態 6 :

図 1 3 は、実施の形態 6 に係る鉄道管理システム 4 0 0 のブロック図である。鉄道管理システム 4 0 0 は、実施の形態 5 の荷重管理システム 3 0 0 とほぼ同様の構成であるが、さらに軌道計測装置 4 5 0 を有している点で異なる。以下、実施の形態 5 の荷重管理システム 3 0 0 と異なる点を中心に説明する。

[0063] 軌道計測装置 4 5 0 は、自軌道を走行する測定車両から、自軌道及び隣接軌道の各位置を測定して軌道間隔を測定する装置であり、既知の構成を適用可能である。

分析部 3 1 1 は、鉄道車両 2 0 0 の荷重測定装置 1 0 2 ~ 1 0 4 , 1 0 9 から出力された横圧値が予め定められた設定値を超え、かつ、軌道計測装置 4 5 0 から出力された軌道間隔が予め定められた設定値を超えた場合には、軌道側に異常があると判断し、軌道異常信号を出力する。さらに分析部 3 1 1 は、軌道異常信号に基づいて、鉄道車両が安全に走行できる速度を算出し、自車及び後続の鉄道車両に対して減速指示を出力する。

[0064] 一方、分析部 3 1 1 は、横圧値が設定値を超え、かつ、軌道間隔が設定値以下の場合には、鉄道車両側に異常があると判断し、車両異常信号を出力する。さらに、分析部 3 1 1 は、車両異常信号に基づいて、走行を継続できるか判断し、走行が継続可能であれば安全に走行できる速度になるよう減速指示を出力、あるいは走行が継続不可能であれば停止指示を出力する。なお、これらの検出信号や減速指示、修繕の通知等は、鉄道事業者の指令所等に通知してもよい。

[0065] このように鉄道管理システム 4 0 0 は、軌道計測装置 4 5 0 をさらに備えているので、より高い安全性を確保するとともに、運転ダイヤの乱れを緩和することができる。また、軌道または鉄道車両のいずれの修繕が必要である

か素早く判断することができる。

[0066] なお、上記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

又、2012年9月11日に出願された、日本国特許出願No. 特願2012-199724号の明細書、図面、特許請求の範囲、及び要約書の開示内容の全ては、参考として本明細書中に編入されるものである。

産業上の利用可能性

[0067] 本発明は、鉄道車両の車輪とレールとの間の作用力を測定する荷重測定方法及び装置、この荷重測定装置を備えた鉄道車両、並びにこのような鉄道車両を備えた荷重管理システムに適用可能である。

符号の説明

[0068] 13…車軸
102～104…荷重測定装置、110…軸力測定部、
120…アキシャル荷重測定部、121…左右変位検出センサ、
126…左右変位検出センサ、
130…ラジアル荷重測定部、131…ラジアル荷重センサ、
136…上下変位検出センサ、150…演算部、
160…演算部、161…変換部、
200…鉄道車両、
300…荷重管理システム、310…処理装置。

請求の範囲

- [請求項1] 左右一对の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一对の軸受とを備える鉄道車両において、それぞれの前記車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定方法であって、
- それぞれの前記軸受に作用する各アキシャル荷重を測定し、
- 前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定し、
- 前記測定された前記各アキシャル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める、
- ことを特徴とする荷重測定方法。
- [請求項2] 前記各横圧は、以下の式（１）、（２）により算出される、
- $$F_{q1} = F_{a3} - F_{a1} \cdots (1)$$
- $$F_{q2} = F_{a3} - F_{a2} \cdots (2)$$
- ここで、 F_{q1} は一方の車輪の横圧、 F_{q2} は他方の車輪の横圧、 F_{a1} は一方の軸受に作用するアキシャル荷重、 F_{a2} は他方の軸受に作用するアキシャル荷重、 F_{a3} は前記軸力である、
- 請求項１に記載の荷重測定方法。
- [請求項3] 左右一对の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一对の軸受とを備える鉄道車両に適用され、それぞれの前記車輪からレールに作用する荷重を測定する荷重測定装置であって、
- それぞれの前記軸受に作用するアキシャル荷重を測定するアキシャル荷重測定部と、
- 前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定する軸力測定部と、
- 測定された前記アキシャル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める演算部と、
- を備えたことを特徴とする荷重測定装置。
- [請求項4] 前記軸力測定部は、前記左右の車輪の間で前記車軸に設けられて前

記軸力を測定する歪みゲージを有する、請求項 3 に記載の荷重測定装置。

[請求項5] 前記軸受を収納する軸箱をさらに備えた鉄道車両に適用可能な荷重測定装置であって、

前記アキシャル荷重測定部は、前記軸箱での前記車軸の軸方向における変位、又は台車枠に対する前記軸箱の前記軸方向における変位を検出する左右変位検出センサを有し、

前記演算部は、前記左右変位検出センサで検出された値をそれぞれの前記アキシャル荷重に変換する、請求項 3 又は 4 に記載の荷重測定装置。

[請求項6] 台車枠または前記軸受に設けられ、前記軸受に作用するラジアル荷重を測定するラジアル荷重測定部をさらに備え、

前記演算部は、前記測定されたラジアル荷重を元に、それぞれの前記車輪から前記レールに作用する各輪重をさらに求める、請求項 3 から 5 のいずれかに記載の荷重測定装置。

[請求項7] 前記軸受を収納する軸箱と、この軸箱と台車枠との間に設ける軸ばねとをさらに備えた鉄道車両に適用可能な荷重測定装置であって、

前記ラジアル荷重測定部は、前記軸ばねの上下変位を検出する上下変位検出センサを有し、

前記演算部は、前記上下変位検出センサで検出された値をそれぞれの前記輪重に変換する、請求項 3 から 6 のいずれかに記載の荷重測定装置。

[請求項8] 請求項 3 から 7 のいずれかに記載の荷重測定装置を備えたことを特徴とする鉄道車両。

[請求項9] 左右一对の車輪と、前記車輪を支持する車軸と、前記車軸を回転自在に支持する左右一对の軸受とを有する鉄道車両の前記車輪からレールに作用する荷重を管理する荷重管理システムであって、

それぞれの前記軸受に作用するアキシャル荷重を測定するアキシア

ル荷重測定部と、

前記車軸に作用する軸方向の軸力を測定する軸力測定部と、

測定された前記アキシャル荷重と前記軸力とから、それぞれの前記車輪からレールに作用する各横圧を求める演算部と、

前記演算部により求められた前記横圧を示す横圧情報、前記求められた横圧に対応する時間情報、軌道情報、及び運行情報の少なくとも1つを格納する記憶部と、

前記記憶部に格納された各前記情報に基づいて、前記横圧情報の経時的变化を取得する分析部と、

を備えたことを特徴とする、荷重管理システム。

[請求項10]

台車枠または前記軸受に設けられ、前記軸受に作用するラジアル荷重を測定するラジアル荷重測定部をさらに備え、

前記演算部は、前記測定されたラジアル荷重を元に、それぞれの前記車輪から前記レールに作用する各輪重をさらに求め、

前記記憶部は、前記演算部により求められた前記輪重を示す輪重情報と、前記求められた輪重に対応する時間情報、軌道情報及び運行情報の少なくとも1つを記憶し、

前記分析部は、前記記憶部に格納された各前記情報に基づいて、前記輪重情報の経時的变化を取得する、請求項9に記載の荷重管理システム。