

(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2010-107246
(P2010-107246A)

(43) 公開日 平成22年5月13日(2010.5.13)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO1G 19/03 (2006.01)		GO1G 19/03	2D059
EO1D 1/00 (2006.01)		EO1D 1/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-277196 (P2008-277196)</p> <p>(22) 出願日 平成20年10月28日 (2008.10.28)</p>	<p>(71) 出願人 594094124 財団法人阪神高速道路管理技術センター 大阪府大阪市中央区南本町4丁目5番7号</p> <p>(74) 代理人 100138896 弁理士 森川 淳</p> <p>(72) 発明者 木代 穰 大阪府大阪市中央区南本町4丁目5番7号 財団法人阪神高速道路管理技術センター 内</p> <p>(72) 発明者 高田 佳彦 大阪府大阪市中央区南本町4丁目5番7号 財団法人阪神高速道路管理技術センター 内</p> <p>Fターム(参考) 2D059 AA05 AA31 GG01 GG55</p>
--	--

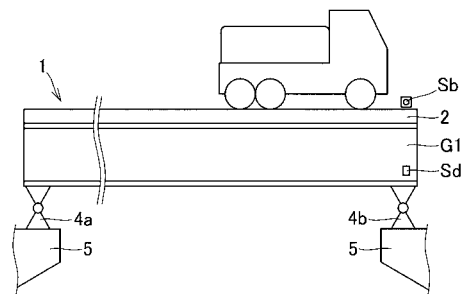
(54) 【発明の名称】 橋梁の活荷重測定方法

(57) 【要約】

【課題】測定精度のばらつきを削減でき、また、種々の構造形式の橋梁に適用でき、しかも、測定範囲を拡大できる橋梁の活荷重測定方法を提供すること。

【解決手段】床版2を支持する複数の桁のうち、外側の第1桁G1に歪センサSdを設け、第2支承4bの支点反力を検出する。床版2の上側に、歪センサSdと同じ橋軸方向位置に光センサSbを設け、車両の橋軸直角方向の走行位置を検出する。歪センサSdで検出した支点反力の急減値と、床版2の橋軸直角方向の影響線に光センサSbで検出した車両の橋軸直角方向位置を適用して求めた値とで、車両の軸重を算出する。

【選択図】 図1B



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

橋梁を走行する車両の軸重を、橋梁の構造部材を介して間接的に測定する橋梁の活荷重測定方法であって、

車両の走行に伴って橋梁の構造部材に生じる応答を検出する応答検出ステップと、

上記車両の橋軸直角方向位置を検出する位置検出ステップと、

上記橋梁の構造部材の応答と車両の橋軸直角方向位置とに基づいて、車両の軸重を算出する軸重算出ステップとを備えることを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の橋梁の活荷重測定方法において、

上記応答検出ステップは、橋軸方向に延在する構造部材の支点反力の影響線が急変する位置で、車両の走行に伴う支点反力の変動を検出する支点反力検出ステップであることを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の橋梁の活荷重測定方法において、

上記位置検出ステップは、車両の車輪の位置を距離センサで検出することを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の橋梁の活荷重測定方法において、

上記軸重算出ステップは、上記支点反力検出ステップで検出した支点反力の変動値と、橋梁の橋軸直角方向の影響線に車両の橋軸直角方向位置を適用して得た値とに基づいて、車両の軸重を算出することを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の橋梁の活荷重測定方法において、

上記構造部材の支点反力の検出位置を上記車両が通過した通過時刻を検出する時刻検出ステップを備え、

上記通過時刻に基づいて、上記支点反力の変動値を抽出することを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【請求項 6】

請求項 3 に記載の橋梁の活荷重測定方法において、

上記距離センサは、距離検出ラインが橋軸直角方向に対して傾斜した方向に設定されていることを特徴とする橋梁の活荷重測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、橋梁を走行中の車両の重量を測定する方法に関し、特に、車両の車輪に接触しないで間接的に軸重を測定する方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

橋梁の維持管理を効果的に行うには、橋梁を走行する車両による活荷重の作用状況を把握することが重要である。橋梁に作用する活荷重の大きさや頻度を測定することにより、測定結果に基づいて橋梁の疲労度合いを判定し、補修計画を適切に行うことができる。

【0003】

橋梁の活荷重の測定は、交通への影響を考慮して、車両の通行を妨げない方法で行うのが好ましい。そのような活荷重測定方法として、路面にセンサを埋設し、このセンサで車輪の接地圧を直接検出して軸重を測定する直接測定法がある（例えば、特許文献 1 参照）。この測定方法は、センサが車両の車輪に直接接触するので軸重の測定精度が比較的高い利点がある一方、路面の車線ごとにセンサを設置する必要があり、また、設置工事や保守工事を行う際に交通規制が必要となる等の問題がある。

【0004】

10

20

30

40

50

そこで、他の活荷重測定方法として、車両の重量を橋梁の構造部材を介して測定する間接測定法がある。間接測定法は、B W I M (Bridge Weigh in Motion) と呼ばれ、桁の曲げ歪やせん断歪に基づいて軸重を測定する方法や、床版のひび割れの開閉量の変動に基づいて軸重を測定する方法や、桁の支点反力に基づいて軸重を測定する方法が提案されている。これらの間接測定法のうち、支点反力に基づく測定方法として、橋梁の主桁を形成する I 桁の垂直補剛材に歪ゲージを設け、この歪ゲージで検出する支点反力の変動量に基づいて、車両の軸重を算出する方法が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 5 】

この間接測定法が適用された橋梁は、上り線と下り線が 1 車線ずつ設けられた床版を 4 本の I 桁で支持しており、1 つの車線の荷重を 2 本の I 桁で支持している。測定対象の車線に対応する 2 本の I 桁のうち的一方、例えば、外側の I 桁の垂直補剛材に歪ゲージを設置し、この歪ゲージで検出した歪データから支点反力を算出する。車両の車軸が橋梁へ進入、又は、橋梁から退出するに伴って生じる支点反力の急激な減少量を検出し、この減少量に基づいて軸重を求めている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 5 7 3 0 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 1 6 6 8 7 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上記従来の支点反力に基づく活荷重測定方法は、軸重の測定精度にばらつきが生じるという問題がある。例えば、車両の中心が車線の中心と一致して走行するときと、車両の中心が車線の中心から 4 0 c m ずれて走行するときとの間で、測定値に 2 0 ~ 3 0 % の誤差が生じる場合がある。

【 0 0 0 7 】

また、上記従来の支点反力に基づく活荷重測定方法は、適用対象の橋梁の構造が限定される問題がある。例えば、上下線に夫々 2 車線以上を有する床版を、3 つ以上の I 桁で支持する橋梁の場合、軸重が複数の I 桁に分散されるので軸重の測定精度が低下することとなる。また、箱桁形式の橋梁の場合、床版上の複数車線の荷重を単一の箱桁で支持するので、箱桁の支点反力から軸重を精度良く測定することが困難となる。

【 0 0 0 8 】

また、上記従来の活荷重測定方法は、軸重が 2 0 ~ 3 0 k N 程度以下の場合には測定が困難であり、軸重の測定範囲が狭いという問題がある。したがって、普通自動車や、4 トントラック等の中型乗用車の軸重を検出することができず、活荷重の実際の作用状況を把握することが困難である。その結果、従来の活荷重測定方法の結果では、橋梁の応力発生状況や疲労度合いを精度良く把握することができず、有効かつ効率的な補修計画を行うことができないという問題がある。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、測定精度のばらつきを低減でき、また、種々の構造形式の橋梁に適用でき、しかも、測定範囲を拡大できる橋梁の活荷重測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するため、本発明の橋梁の活荷重測定方法は、橋梁を走行する車両の軸重を、橋梁の構造部材を介して間接的に測定する橋梁の活荷重測定方法であって、

車両の走行に伴って橋梁の構造部材に生じる応答を検出する応答検出ステップと、

上記車両の橋軸直角方向位置を検出する位置検出ステップと、

上記橋梁の構造部材の応答と車両の橋軸直角方向位置とに基づいて、車両の軸重を算出する軸重算出ステップとを備えることを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、橋梁を車両が走行するに伴う構造部材の応答が検出されると共に、上記車両の橋軸直角方向位置が検出され、上記応答と橋軸直角方向位置とに基づいて車両

10

20

30

40

50

の軸重が算出される。したがって、構造部材の応答が車両の橋軸直角方向の走行位置に応じてばらついていても、検出された車両の橋軸直角方向位置によって応答のばらつきを修正できるので、軸重の測定精度を向上することができる。

【0012】

上記構成において、車両の橋軸直角方向の走行位置の検出は、車両が応答の検出対象である構造部材の橋軸方向位置に達したときに行うのが好ましい。

【0013】

また、上記構造部材の応答とは、構造部材の変位、歪又は応力が該当し、ひび割れ開閉量をも含む概念である。また、歪とは、曲げ歪、せん断歪及び圧縮歪のいずれでもよい。また、歪の検出位置は、構造部材の任意の位置に設定することができ、要は、走行車両と干渉しない状態で応答を検出できればどのような位置でもよい。

10

【0014】

また、橋梁には、桁構造、ラーメン構造、トラス構造及びアーチ構造等の種々の形式のものが含まれる。橋梁が桁構造である場合、単純桁及び連続桁のいずれの形式でもよく、また、I桁及び箱桁のいずれを用いたものでもよい。さらに、橋梁は、材料については鋼橋及びコンクリート橋のいずれでもよく、また、形状については直橋及び斜橋のいずれでもよい。

【0015】

一実施形態の橋梁の活荷重測定方法は、上記応答検出ステップは、橋軸方向に延在する構造部材の支点反力の影響線が急変する位置で、車両の走行に伴う支点反力の変動を検出する支点反力検出ステップである。

20

【0016】

上記実施形態によれば、構造部材としての例えば単純桁の端部では、この単純桁が支持する床版から車両が退去するに伴い、床版に作用する荷重が、車輪が退去する毎に軸重に相当する値だけ急減する。したがって、床版の車両が退去する側の端部近傍に位置する支点反力の変動を検出することにより、検出された支点反力の急減値から車両の軸重に対応する値が得られて、軸重を算出することができる。なお、支点反力の変動は、支承の歪や、構造部材の支承近傍部の歪を測定することにより検出できる。また、構造部材は連続桁であってもよい。

【0017】

30

あるいは、単純桁が支持する床版へ車両が進入するに伴い、床版に作用する荷重が、車輪が進入する毎に軸重に相当する値だけ急増する。したがって、床版の車両が進入する側の端部近傍に位置する支点反力の変動を検出することにより、検出された支点反力の急増値から車両の軸重に対応する値を得て、軸重を算出してもよい。

【0018】

なお、橋軸方向に延在する構造部材の支点反力の影響線とは、単一の集中荷重が路面を橋軸方向に移動する際に構造部材の支点反力に生じる変動を示したものである。

【0019】

一実施形態の橋梁の活荷重測定方法は、上記位置検出ステップは、車両の車輪の位置を距離センサで検出する。

40

【0020】

上記実施形態によれば、橋梁の活荷重である車両の軸重の作用位置を、容易に高精度に検出することができる。

【0021】

なお、上記距離センサは、電磁波センサや超音波センサ等の種々の原理のセンサを用いることができるが、赤外線を用いた光センサが、荷重測定に適した精度を適切に得られる点で好ましい。

【0022】

一実施形態の橋梁の活荷重測定方法は、上記軸重算出ステップは、上記支点反力検出ステップで検出した支点反力の変動値と、橋梁の橋軸直角方向の影響線に車両の橋軸直角方

50

向位置を適用して得た値とに基づいて、車両の軸重を算出する。

【0023】

上記実施形態によれば、支点反力の変動値を、橋梁の橋軸直角方向の影響線に車両の橋軸直角方向位置を適用して得た値で修正することにより、実際の走行位置に作用する軸重を算出することができる。したがって、車両の軸重を精度良く測定することができる。

【0024】

上記実施形態において、橋梁の橋軸直角方向の影響線としては、単一の集中荷重が路面を橋軸直角方向に移動する際に構造部材の支点反力に生じる変動を示したものをを用いるのが好ましい。

【0025】

一実施形態の橋梁の活荷重測定方法は、上記構造部材の支点反力の検出位置を上記車両が通過した通過時刻を検出する時刻検出ステップを備え、

上記通過時刻に基づいて、上記支点反力の変動値を抽出する。

【0026】

上記実施形態によれば、上記構造部材から連続的に検出される支点反力の変動値のうち、構造部材の支点反力の検出位置の通過時刻における変動値を抽出することにより、支点反力の変動値に含まれる種々のノイズを除去して、軸重に起因する値のみを抽出することができる。したがって、軸重の測定精度を向上できる。

【0027】

一実施形態の橋梁の活荷重測定方法は、

上記距離センサは、距離検出ラインが橋軸直角方向に対して傾斜した方向に設定されている。

【0028】

上記実施形態によれば、橋梁の路面が複数車線を有する場合、2つ以上の車線を並んで走行する複数の車両について、一つの車両で距離検出ラインが遮られる不都合を削減し、各車両の橋軸直角方向の走行位置を検出することができる。したがって、複数の車両の軸重を高精度に測定することができる。なお、距離検出ラインとは、距離センサの測距媒体の進行路をいい、距離センサが例えば光センサである場合、検出光の照射線であり、距離センサが超音波センサである場合、音波の伝播経路である。

【0029】

さらに、本発明の活荷重測定方法で測定した車両の軸重と、車両の橋軸直角方向位置とを、床版の橋軸直角方向位置を変数として応力基準値を求める関数に適用することにより床版の応力の発生傾向を推定することができる。

【0030】

すなわち、本発明の活荷重測定方法によって精度良く測定した軸重と車両の橋軸直角方向位置を、応力基準値を求める関数に適用することにより、床版における応力発生傾向を高精度に把握できる。したがって、実際に床版上を走行した車両の軸重の測定結果に基づいて、床版における応力の発生履歴を高精度に把握することができ、過不足のない床版の補修計画を行うことができる。その結果、過剰な検査や補修を抑制でき、橋梁の維持コストの抑制を図ることができる。また、急速な疲労が進行しても、応力の発生履歴に基づいて破損を高精度に予測でき、事前に十分な補修を行うことができる。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、車両が橋梁を走行するに伴う構造部材の応答と、車両の橋梁における橋軸直角方向の走行位置とに基づいて車両の軸重を測定するので、車両の橋軸直角方向の走行位置のばらつきに起因する軸重の測定結果のばらつきを縮小でき、間接測定法の測定精度を効果的に向上できる。その結果、車両交通を遮断することなく精度の良好な活荷重の測定が可能となり、測定結果を利用して必要かつ十分な補修計画の立案ができ、ひいては、橋梁の補修費用の節約と補修効果の最大化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【0032】

以下、本発明の橋梁の活荷重測定方法を、添付の図面を参照しながら説明する。

【0033】

図1Aは、本発明の実施形態の活荷重測定方法が適用される橋梁を示す模式平面図であり、図1Bは、橋梁の模式縦断面図であり、図1Cは橋梁の模式横断面図である。

【0034】

この橋梁1は、床版2を6本の桁G1, G2, . . . , G6で支持する単純桁構造であり、桁G1, G2, . . . , G6は鋼製のI桁で形成されている。各桁G1, G2, . . . , G6の両端が、下側のフランジに連結された支承4を介して橋脚5に支持されている。

10

【0035】

床版2は鋼製床版であり、鋼板の表面に施されたアスファルト舗装上に、2車線の上り線と下り線との合計4車線が設けられている。床版2の橋軸直角方向の両端には高欄31, 31が夫々設けられており、床版2の橋軸直角方向の中央には上り線と下り線とを分離する中央分離壁32が設けられている。図1Cに示すように、床版2の上り線の2車線と下り線の2車線が、3本の桁で夫々支持されている。

【0036】

本実施形態の活荷重測定方法では、上り線の2車線を走行する車両の軸重を測定する。図2は、床版2及び桁G1, . . . , G6のうち、活荷重測定を行う上り車線の部分を示す部分断面図である。床版2は、鋼板21と、鋼板21の下側面に設けられた鋼製のリブ22と、鋼板21の上側面に敷設されたアスファルト舗装23で構成されている。本実施形態では、上り線の最も外側(高欄31側)の第1桁G1に歪センサSdを設け、この第1桁G1の支点反力に対応する歪を検出する。この歪センサSdは、歪の発生に応じた電気抵抗の変動を検出する歪ゲージを有し、第1桁G1のウェブの表面に、支承4bの上方位置に貼り付けられている。なお、歪センサSdは、光ファイバ歪センサ等の他の歪センサを用いてもよい。また、第1桁G1のウェブに設置する以外に、第1桁G1の支承4bの上方に延在する垂直補剛材を設け、この垂直補剛部材に歪センサSdを設置してもよい。要は、歪センサSdは、検出される歪に基づいて第1桁G1の支承4bの支点反力に対応する歪を測定可能であれば、設置場所はどこでもよい。

20

【0037】

上記歪センサSdのほか、本実施形態の活荷重測定方法では、床版2の上側に設置した光センサSbを用いる。光センサSbは、上り線の2車線を走行する車両について、橋軸直角方向の走行位置を検出するために用いる。光センサSbは、赤外線レーザ素子とピックアップ素子を備え、公知の測距儀と同様の機能を有する。すなわち、赤外線レーザ素子から赤外線波長の検出光Bを出射し、この光が車両で反射した反射光をピックアップ素子で受光し、三角測量の原理で車両までの距離を検出する。光センサSbは、使用する赤外線波長は860nm、分解能は1mm、精度は±50mmである。なお、光センサSbの検出光の波長は赤外線波長に限られず、車両の橋軸直角方向の走行位置を検出可能であれば検出光の波長は限定されない。

30

【0038】

光センサSbは、図2に示すように、上り線の高欄31の内側面に設置され、橋軸直角方向に検出光Bを出射するように設定されている。光センサSbの設置位置は、橋軸方向において、第1桁G1の歪を検出する歪センサSdと略同じ設置位置にしている。これにより、橋軸方向において、歪センサSdによる支点反力の測定位置と、光センサSbによる車両の橋軸直角方向位置の測定位置とが一致するようになっている。また、光センサSbの検出光Bの出射高さは、概ね普通自動車の車軸の高さに設定する。これにより、橋軸直角方向に検出光を出射する場合は、光センサSbに近い側の車輪の橋軸直角方向位置を測定することとなる。

40

【0039】

歪センサSdと光センサSbは、図示しない計測装置に接続されており、この計測装置

50

により、歪センサ S_d の検出値と光センサ S_b の検出値を処理して橋梁を走行する車両の軸重を算出するようになっている。計測装置は、CPU（中央演算装置）を有する電子計算機で構成されており、メモリに格納されたプログラムが読み出されてCPUで実行され、各センサの検出値の演算処理を行う。

【0040】

以下、計測装置により、歪センサ S_d と光センサ S_b の検出値に基づいて軸重を算出する方法を説明する。

【0041】

図3は、第1桁 G_1 に関する橋軸方向の支点反力の変動線を示す図である。この支点反力の変動線 L_r は、軸重の測定対象である車両が床版2上を走行する際、第1桁 G_1 の支点反力に生じる変動を示している。図3のうち、変動線 L_r の上方には、模式的な第1桁 G_1 を、変動線 L_r の横軸と橋軸方向位置を一致させて示している。図3の変動線 L_r において、横軸は車両の前輪 T_1 の橋軸方向位置であり、縦軸は車両の走行に伴う支点反力の増分である。この変動線 L_r は、第1桁 G_1 の両端を支持する第1及び第2の支承 4_a , 4_b のうち、車両の進行方向側の第2支承 4_b の支点反力に関するものである。図3の変動線 L_r では、車両の前輪 T_1 の横軸位置における支点反力を、縦軸に示している。

10

【0042】

図3の変動線 L_r は、以下のような特性を有する。まず、車両が第1支承 4_a 側から第1桁 G_1 上に進入すると、前輪 T_1 の軸重と後輪 T_2 , T_3 の軸重とが順次第1桁 G_1 に作用し、これに伴い、第2支承 4_b の支点反力が増加する。変動線 L_r における支点反力の増加割合は、前輪軸重のみが作用するよりも、前輪軸重及び後輪軸重の両方が作用するときの方が大きくなる。なお、車両は前輪 T_1 が1軸であり、後輪 T_2 , T_3 が2軸である。車両の前輪 T_1 が第1桁 G_1 の第2支承 4_b 側の最端位置 M_r に達すると、支点反力の値が最大となる。この後、車両が更に前進して前輪 T_1 が第1桁 G_1 上から退去すると、図3に示すように、支点反力が急減値 F_1 だけ減少する。この支点反力の急減値 F_1 は、前輪軸重に基づく値であり、歪センサ S_d からの歪の値から算出された支点反力の差分値を取ることにより検出する。支点反力の差分値は、ノイズの混入等を考慮して0.01～0.04秒程度の時刻間隔で算出するのが好ましい。車両が更に前進すると、2軸の後輪 T_2 , T_3 が順次第1桁 G_1 上から退去し、これに伴い、図3に示すように、支点反力が急減値 F_2 及び F_3 ずつ減少して零になる。

20

30

【0043】

第1桁 G_1 の支点反力の急減値 F_1 , F_2 及び F_3 は、前輪軸重及び後輪軸重による値であるが、床版2は複数の桁 G_1 , G_2 , G_3 で支持されているため、実際の軸重に対して誤差を含んだ値である。そこで、上記急減値 F_1 , F_2 , F_3 に対して、図4Aの影響線を用いた修正を行う。

【0044】

図4Aは、第1桁 G_1 における床版2の橋軸直角方向の影響線 L_1 を示している。この影響線 L_1 は、床版2に作用させた単一の集中荷重を橋軸直角方向に向かって移動させた際、第1桁 G_1 の支点反力に生じる変動を示している。図4Aにおいて、横軸は、橋軸直角方向における集中荷重の作用位置であり、縦軸は、第1桁 G_1 による支持位置に集中荷重が作用したときを1とする第1桁 G_1 の支点反力の比の値である。この影響線 L_1 を用いて、光センサ S_b で検出された橋軸直角方向位置に車輪が走行するときの第1桁 G_1 の支点反力比を算出する。

40

【0045】

ここで、検出光 B が橋軸直角方向に出射する光センサ S_b では、橋軸直角方向位置が検出される車輪は光センサ S_b 側の車輪のみである。そこで、光センサ S_b から遠い側の車輪の橋軸直角方向位置として、光センサ S_b の検出値に一般的な車輪幅を付加して得た推定値を用いる。なお、普通自動車と大型自動車との間で車輪幅の差は全長の差よりも小さいので、車輪幅の推定による軸重の誤差は小さい。

【0046】

50

上記光センサ S b の検出値と推定値を、図 4 A の影響線 L 1 に適用し、前軸の左右両輪位置に対応する第 1 桁 G 1 の支点反力比の値を夫々特定する。これらの比の値を合計し、合計値で上記急減値 F 1 を除することにより、車両の軸重が求められる。ここで、車両の軸重とは、左右両輪から作用する荷重の合計である。

【 0 0 4 7 】

図 4 A の影響線 L 1 は、計測装置のメモリにテーブルとして格納し、光センサ S b の検出値に基づいて、橋軸直角方向位置に対応付けられた影響線 L 1 の値を上記テーブルから読み出せばよい。あるいは、影響線 L 1 を表す関数を格納し、この関数に、光センサ S b の検出値に基づく橋軸直角方向位置の値を代入して演算し、縦軸の影響線 L 1 の値を得てもよい。

【 0 0 4 8 】

以上のような処理により、本実施形態の活荷重測定方法によれば、歪センサ S d が検出する第 1 桁 G 1 の支点反力と、光センサ S b が検出する車両の橋軸直角方向位置とに基づいて、車両の軸重を高精度に測定することができる。

【 0 0 4 9 】

下記の表 1 は、上り線において、第 1 車線と第 2 車線とに車両が夫々走行する際の第 1 桁 G 1 , 第 2 桁 G 2 及び第 3 桁 G 3 の支点反力を測定した実験結果を示すものであり、各車線の 3 つの橋軸直角方向位置を車両が走行する場合の支点反力を示すものである。

【 表 1 】

	第 1 車線			第 2 車線		
	-400mm	最頻度位置	+400mm	-400mm	最頻度位置	+400mm
G1 支点反力 (tf)	14.0	10.6	7.6	-1.1	-1.0	-0.9
G2 支点反力 (tf)	11.7	15.2	18.0	13.3	10.2	7.4
G3 支点反力 (tf)	-2.1	-2.3	-2.0	13.2	16.1	18.3
G1 比率 (%)	132%	100%	71%	-	-	-
G2 比率 (%)	77%	100%	118%	131%	100%	72%
G3 比率 (%)	-	-	-	82%	100%	114%

表 1 において、最頻度位置とは、各車線のうち、最も多くの車両が走行する橋軸直角方向位置であり、この最頻度位置と、最頻度位置から外側（高欄 3 1 側）に 4 0 0 m m ずれた位置（ - 4 0 0 m m ）と、最頻度位置から外側（中央分離壁 3 2 側）に 4 0 0 m m ずれた位置（ + 4 0 0 m m ）とを車両が走行する場合の支点反力を示している。また、最頻度位置を走行する際の支点反力を基に、外側位置を走行する際の支点反力の比率と、内側位置を走行する際の支点反力の比率とを示している。ここで、車両の橋軸直角方向の走行位置が正規分布に従うと仮定した場合、最頻度位置 ± 4 0 0 m m は標準偏差の 2 倍に相当する。一般的に、最頻度位置を車線の中央とすると、外側及び内側へ 4 0 0 m m ずれた位置は、いずれも車線の範囲内である。

【 0 0 5 0 】

表 1 から分かるように、走行位置が最頻度位置からずれると、いずれの車線の範囲内であっても第 1 乃至第 3 桁 G 1 , G 2 , G 3 の支点反力に 3 0 % 前後の増大又は減少が生じる。したがって、第 1 乃至第 3 桁 G 1 , G 2 , G 3 の支点反力の急減値を軸重とすると、車両走行位置に起因して 3 0 % 前後の誤差が生じることとなる。これに対して、本実施形態によれば、車両の橋軸直角方向の走行位置を検出し、これに基づいて支点反力の急減値に修正を行って軸重を算出するので、軸重の測定精度を大幅に高めることができる。

【 0 0 5 1 】

さらに、本実施形態の活荷重測定方法では、光センサ S b の検出信号に基づいて、歪センサ S d の検出信号に含まれるノイズの除去を行う。歪センサ S d の検出信号には、第 1

10

20

30

40

50

桁 G 1 の支点反力を検出する場合、床版 2 上に走行する他の車両の荷重や、床版 2 や第 1 乃至第 3 桁 G 1 , G 2 , G 3 の振動等によるノイズが含まれる。従来は、軸重が 20 ~ 30 k N 程度以下である場合、支点反力の急減値がノイズに埋もれていたため、中型車以下の車両については軸重の測定が困難であった。これに対して、本実施形態では、光センサ S b の検出信号から、車両が歪センサ S d の設置位置を通過した時刻を特定し、この通過時刻における支点反力の差分値を抽出することにより、ノイズの影響を除去する。したがって、20 ~ 30 k N 程度以下の軸重についても検出が可能となり、中型自動車や普通自動車についても軸重の測定が可能となる。

【 0 0 5 2 】

本実施形態において、光センサ S b は、橋軸直角方向に検出光を出射するように設置したが、橋軸の傾斜方向に検出光を出射するように設置してもよい。これにより、隣り合う 2 車線に車両が併走する場合、すなわち、隣り合う 2 車線の同一の橋軸方向位置に車両が走行する場合においても、各車線の車両の橋軸直角方向位置を測定することができる。また、車両の両輪の橋軸直角方向位置を測定することができるので、軸重の測定精度を更に向上することができる。この場合、両輪間の幅を算出し、算出された車輪幅に基づいて車種の特定制を行うことも可能である。

10

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態において、歪センサ S d を第 1 桁 G 1 のみに設置し、第 1 桁 G 1 の支点反力に基づいて車両の軸重を検出したが、複数の桁に歪センサ S d を設置してもよい。上記実施形態のように、第 1 桁 G 1 のみに歪センサ S d を設置すると、図 4 A の影響線 L 1 から分かるように、車両が第 3 桁 G 3 の近接位置を走行する場合は第 1 桁 G 1 に生じる支点反力が大幅に減少するので、算出される軸重の精度が低下する。

20

【 0 0 5 4 】

そこで、第 2 桁 G 2 に歪センサ S d を追加し、第 2 桁 G 2 の支点反力も検出することにより、軸重の算出精度を向上させることができる。図 4 B は、第 2 桁 G 2 における床版 2 の橋軸直角方向の影響線 L 2 である。すなわち、床版 2 に作用させた単一の集中荷重を橋軸直角方向に向かって移動させた際に第 2 桁 G 2 の支点反力に生じる変動を、第 2 桁 G 2 による支持位置に集中荷重が作用したときを 1 とする第 2 桁 G 2 の支点反力の比の値で表したものである。第 2 桁 G 2 の歪センサ S d により支点反力の急減値を検出し、この急減値に図 4 B の第 2 桁 G 2 に関する影響線 L 2 を適用することにより、車両が第 3 桁 G 3 の近傍位置を走行する場合においても車両の軸重を高精度に算出することができる。また、第 3 桁 G 3 に歪センサ S d を追加し、図 4 C の第 3 桁 G 3 に関する床版 2 の橋軸直角方向の影響線 L 3 を適用して軸重を算出してもよい。

30

【 0 0 5 5 】

このように、複数の桁の支点反力を検出すると共に車両の橋軸直角方向を検出し、支点反力の急減値に、各桁に対応した橋軸直角方向の影響線に車両の橋軸直角方向位置を適用して定めた修正係数を適用することにより、高い精度で車両の軸重を算出することができる。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、本発明の実施形態の活荷重測定方法で測定した軸重を用いて、応力発生傾向を把握する対象である床版 2 の部分と、応力基準値の推定に用いる関数曲線を示した図である。図 5 の床版 2 の部分は、図 2 の床版 2 の第 1 桁 G 1 と第 2 桁 G 2 の間の部分である。床版 2 の鋼板 2 1 には、アスファルト舗装 2 3 上を車両が走行するに伴って応力が発生し、特に、床版 2 の鋼板 2 1 とリブ 2 2 との溶接部に応力集中が生じ易い。この応力の発生が車両の通行で繰り返されることにより、鋼板 2 1 とリブ 2 2 との溶接部に疲労亀裂が生じ、鋼板 2 1 が変形してアスファルト舗装 2 3 の穴あきや鋼板 2 1 の破損に至る恐れがある。このような床版の破損を防止するため、床版の適切かつ効率的な検査や補修を行うことを目的とし、以下のようにして、床版の鋼板 2 1 における応力の発生傾向を把握する。

40

【 0 0 5 7 】

図 5 の関数曲線 L f を示す座標の横軸は、鋼板 2 1 における応力基準値の推定位置 M s

50

を零として橋軸直角方向に設定した車輪位置であり、縦軸は応力比である。応力比は、車輪の中央が推定位置 M_s と一致するときの大きさを - 1 としている。応力比の符号は、引張が正であり、圧縮が負である。図 5 の床版 2 の部分は、橋軸直角方向位置を座標の横軸と一致させて示している。図 5 では、応力基準値の推定位置 M_s に車輪 T 1 の中央が一致している様子を示している。

【 0 0 5 8 】

図 5 の関数曲線 L_f は、床版 2 のアスファルト舗装 2 3 上に荷重を実際に作用させたときの応力の測定結果に基づいて定められた近似式であり、橋軸直角方向位置を変数とする 4 次関数で表すことができる。関数曲線は、橋軸直角方向位置を変数 x として、例えば下記の式 (1) のように表すことができる。

$$L_f = -10x^4 - 24x^3 - 5x^2 - 19x - 1 \cdots (1)$$

この関数曲線 L_f に、本実施形態の測定方法で検出された車輪の橋軸直角方向位置を適用して応力比を求め、上記測定方法により測定された軸重を乗じて、推定位置 M_s における応力基準値を求める。

【 0 0 5 9 】

この応力基準値の推定方法によれば、高精度に測定された軸重と車輪の橋軸直角方向位置を用いることにより、床版 2 の鋼板 2 1 に生じる応力の基準値を高精度に推定できる。したがって、実際に床版 2 上を走行した車両の軸重の測定結果に基づいて、床版 2 の鋼板 2 1 における応力の発生履歴を高精度に把握することができる。このような応力の発生履歴を利用することにより、床版 2 に対する過不足のない補修計画を行うことができ、その結果、過剰な検査や補修を抑制して橋梁の維持コストの削減を図ることができる。また、過積載や過剰な交通によって床版 2 の疲労が急速に進行しても、本実施形態の活荷重測定方法と応力基準値の推定方法を継続的に実行することにより、床版 2 の破損を事前に予測して、適切な補修を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

上記実施形態において、橋梁は、床版 2 を複数の I 桁 $G_1 \sim G_6$ で支持したが、床版を鋼製の箱桁で支持する橋梁に対しても本発明を適用可能である。すなわち、図 6 A に示すように、床版 2 を閉断面の箱桁 B で支持する橋梁に関して、箱桁 B の外側 (高欄 3 1 側) のウェブ $B_w 1$ に、支承 4 の上方に位置するように歪センサ S_d を設置すると共に、床版 2 上の路面近傍に光センサ S_b を設置する。上記歪センサ S_d で支点反力を検出すると共に光センサ S_b で走行車両の橋軸直角方向位置を検出する。

【 0 0 6 1 】

箱桁形式の橋梁は、複数車線の活荷重を 1 つの箱桁 B で支持するので、歪センサ S_d の検出信号には複数の車両の荷重が重畳している一方、車両の橋軸直角方向位置に起因する支点反力の応答の差が少ない。したがって、箱桁 B の支点反力のみを検出する場合、支点反力の急減値はノイズに埋もれやすく、軸重に対応する急減値を検出することが困難である。

【 0 0 6 2 】

これに対して、本実施形態では、光センサ S_b の検出信号から車両の通過時刻を検知できるので、歪センサ S_d の検出信号から上記通過時刻の前後の支点反力値を抽出し、この差分を取ることで、軸重に対応する急減値を検出することができる。そして、光センサ S_b で検出した橋軸直角方向位置を、図 6 B に示す床版 2 の橋軸直角方向の影響線 L_b に適用して支点反力比を抽出し、この支点反力比で急減値を除することにより、軸重を精度良く算出することができる。なお、図 6 B の橋軸直角方向の影響線 L_b の座標について、横軸は床版 2 に作用させる単一集中荷重の橋軸直角方向位置であり、縦軸はウェブ $B_w 1$ 側の支承 4 における支点反力比であって、箱桁 B のウェブ $B_w 1$ と同じ橋軸直角方向位置に集中荷重が作用したときを 1 とする支点反力の比の値である。横軸において、 $B_w 1$ は箱桁の外側 (高欄 3 1 側) のウェブに対応する位置であり、 $B_w 2$ は箱桁の内側 (中央分離壁 3 2 側) のウェブに対応する位置であって、もう一つの支承 4 による支持位置である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

箱桁 B は複数の I 桁の群よりもねじり剛性が高いので、箱桁 B で床版 2 を支持する場合、複数の I 桁で支持する場合と比較して、図 6 B から分かるように、荷重の橋軸直角方向位置の違いによる支点反力比の大きさの差が小さい。したがって、橋軸直角方向の支点反力の変動線を用いても、支点反力の値から車両の通過位置を判別することは困難であるので、支点反力の急減値のみから車軸を精度良く算出することは困難である。そこで、本実施形態のように、光センサ S b で橋軸直角方向位置を検出し、この橋軸直角方向位置を橋軸直角方向の影響線 L b に適用して抽出された支点反力比で支点反力の急減値を修正することにより、車軸を精度良く算出することが可能となるのである。

【 0 0 6 4 】

以上のように、本発明によれば、箱桁形式の橋梁についても、走行車両の軸重を精度良く測定することができる。

【 0 0 6 5 】

なお、上記箱桁 B は、閉断面箱桁であったが、開断面箱桁であってもよい。

【 0 0 6 6 】

また、鋼製桁以外に、プレストレスコンクリート桁を用いた橋梁についても本発明は適用可能である。

【 0 0 6 7 】

また、桁によって支持される床版は、鋼製床版に限られず、例えば R C 床版や合成床版等の他の形式の床版であってもよい。

【 0 0 6 8 】

また、距離センサは、赤外線を用いた光センサに限られず、他の波長を用いた光センサや、超音波センサであってもよい。

【 0 0 6 9 】

また、上記実施形態の荷重測定方法では、第 1 桁 G 1 の第 2 支承 4 b における支点反力に関し、第 1 桁 G 1 上から車両が退去する際の急減値から軸重を求めたが、第 1 桁 G 1 の第 1 支承 4 a における支点反力に関し、第 1 桁 G 1 上に車両が進入する際の急増値から軸重を求めてもよい。

【 0 0 7 0 】

また、上記実施形態の荷重測定方法では、桁の支点反力に基づいて車両の軸重を測定したが、桁の曲げ応力やせん断応力に基づいて車両の軸重を測定してもよい。また、桁の支点反力や応力に限られず、他の構造部材の変位、歪、応力、又は、ひび割れ開閉量等の応答に基づいて車両の軸重を測定してもよい。この場合、構造部材の応答を計測する位置の橋軸方向位置と同じ橋軸方向位置で、車両の橋軸直角方向の走行位置を検出すればよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 1 】

【 図 1 A 】本発明の活荷重測定方法を適用する橋梁を示す模式平面図である。

【 図 1 B 】図 1 A の橋梁の模式縦断面図である。

【 図 1 C 】図 1 A の橋梁の模式横断面図である。

【 図 2 】活荷重測定を行う上り車線の部分を示す部分断面図である。

【 図 3 】第 1 桁の橋軸方向の影響線を示す図である。

【 図 4 A 】第 1 桁における床版の橋軸直角方向の影響線を示す図である。

【 図 4 B 】第 2 桁における床版の橋軸直角方向の影響線を示す図である。

【 図 4 C 】第 3 桁における床版の橋軸直角方向の影響線を示す図である。

【 図 5 】本発明の実施形態の応力基準値の推定方法を適用する床版の部分と、応力基準値の推定方法に用いる関数曲線を示した図である。

【 図 6 A 】箱桁形式の橋梁を示す模式縦断面図である。

【 図 6 B 】箱桁の外側ウェブにおける床版の橋軸直角方向の影響線を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 2 】

10

20

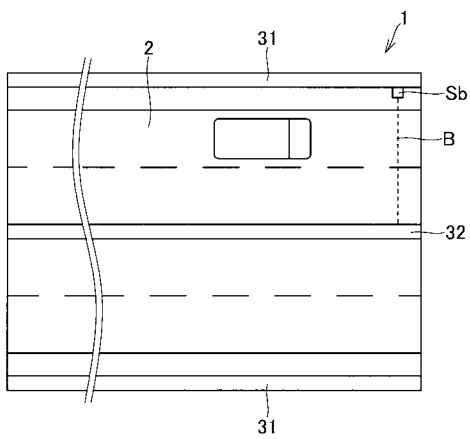
30

40

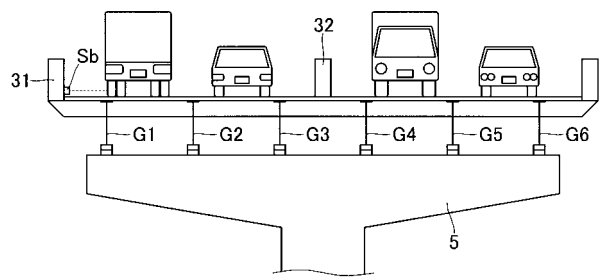
50

- 1 橋梁
- 2 床版
- 4 a , 4 b 支承
- 5 橋脚
- G 1 桁
- S b 光センサ
- S d 歪センサ

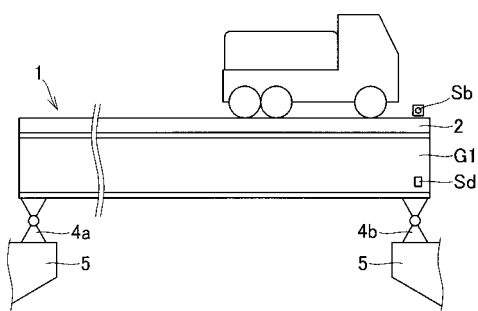
【図 1 A】



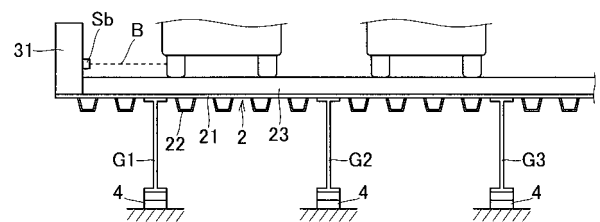
【図 1 C】



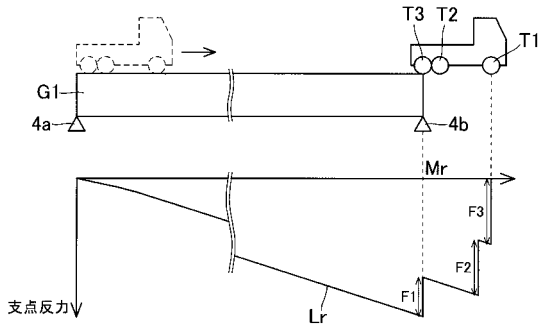
【図 1 B】



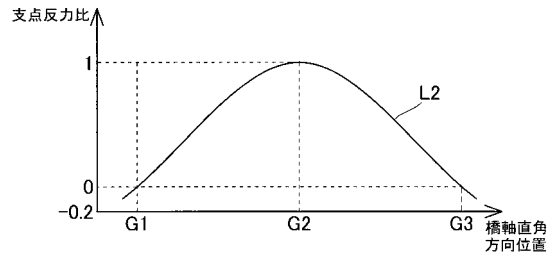
【図 2】



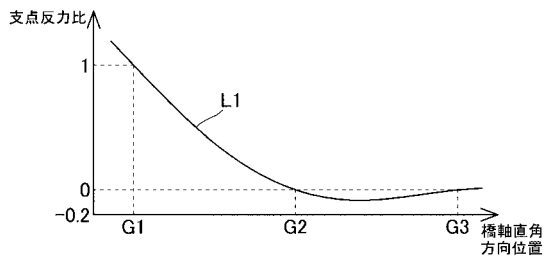
【 图 3 】



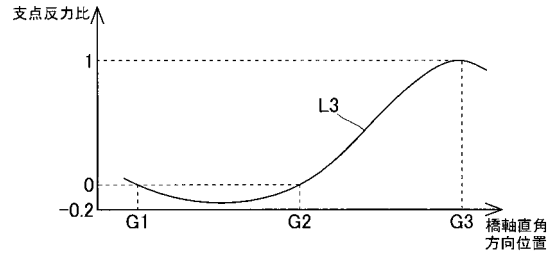
【 图 4 B 】



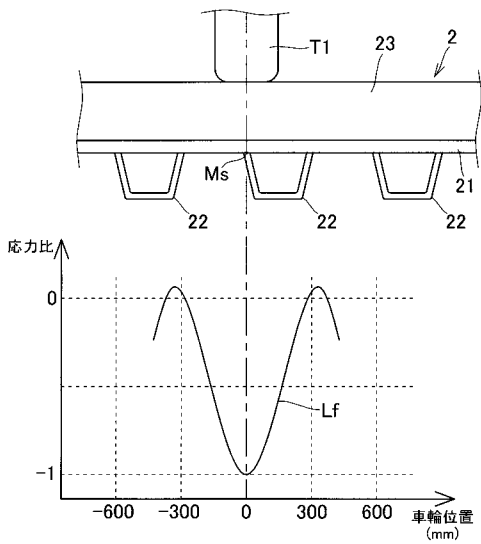
【 图 4 A 】



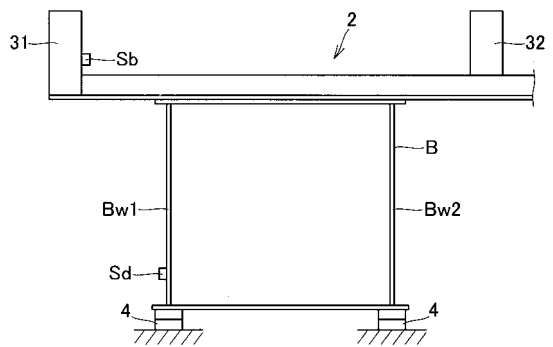
【 图 4 C 】



【 图 5 】



【 图 6 A 】



【 图 6 B 】

