

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3340393号
(P3340393)

(45)発行日 平成14年11月5日(2002.11.5)

(24)登録日 平成14年8月16日(2002.8.16)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 1 C 15/00

A

G 0 1 C 15/00

G 0 1 B 11/24

A

請求項の数3(全9頁)

(21)出願番号 特願平10-249489

(22)出願日 平成10年9月3日(1998.9.3)

(65)公開番号 特開2000-74636(P2000-74636A)

(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.14)

審査請求日 平成12年4月10日(2000.4.10)

(73)特許権者 591135082
日本道路公団
東京都千代田区霞が関3丁目3番2号

(73)特許権者 598120540
株式会社日本構造橋梁研究所
東京都港区南青山五丁目12番4号

(72)発明者 相良 貢
山口県下関市椋野町二丁目4番1号 日
本道路公団九州支社 下関管理事務所内

(72)発明者 堀野 恵
山口県下関市椋野町二丁目4番1号 日
本道路公団九州支社 下関管理事務所内

(74)代理人 100104927
弁理士 和泉 久志

審査官 山下 雅人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 橋構造物における活荷重無載荷時形状の計測方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】活荷重作用下のままで供用中の橋構造物の活荷重無載荷時形状を得るための計測方法であって、橋外部の固定地点に光波測距儀を設置するとともに、橋の標高計測対象位置にターゲットを設置し、このターゲットの実標高を前記光波測距儀により所定時間の間、微小時間間隔で連続的に計測し、前記所定の計測時間内における平均実標高値を得るとともに、この所定の計測時間内に橋を通過する車両群による平均タワミ値 h を下式より求め、前記光波測距儀による平均実標高値を前記通過車両群による平均タワミ値 h により補正することにより前記標高計測対象位置の活荷重無載荷時標高を求めることを特徴とする橋構造物における活荷重無載荷時形状の計測方法。

$$h = \{ (m_i \times W_i \times i) / 20 \} \times o \times T_o / T_L$$

2

ここに、 m_i ：走行車線毎に通過した大型車等の台数(台)

W_i ：走行車線毎の大型車等の1台当たりの平均車両重量(tf/台)

i ：走行車線毎の着目補剛桁の重量分配率

o ：20tf集中荷重が本橋を通過する間に橋の標高計測対象位置に発生する平均タワミ量(m)

T_o ：大型車等の本橋通過所要時間(秒)

T_L ：計測時間(秒)

10 【請求項2】通過車両の走行速度を測定するとともに、橋の路面下に存在する桁下面に歪みゲージを貼付し橋を通過する車両の車両重量を測定するようにした請求項1記載の橋構造物における活荷重無載荷時形状の計測方法。

【請求項3】前記計測時間 T_L は、少なくとも5分以上

とする請求項 1、2 いずれかに記載の活荷重無載荷時形状の計測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として吊橋、斜張橋、アーチ橋、トラス橋等を始めとする易タワミ性の橋構造物において、交通規制を行うことなく活荷重作用下のままで、短時間にかつ精度良く活荷重無載荷状態の形状を得るために採用される形状計測方法に関する。

【0002】

【従来の技術】この種の大型橋構造物においては、メンテナンスの一環として、数年に一度の割合で、橋の形状計測が行われている。従来より、橋の形状計測は、主として路面の一部を交通規制しながら、レベルを用いた水準測量により行われてきた。

【0003】前記水準測量に当たっては、活荷重を載荷しない状態、すなわち全面交通止めの状態で計測が行えれば、より確実に高い精度での計測が可能なのであるが、供用中の橋構造物は、主要な幹線道路となっていることがほとんどであり、全面的な交通規制を行った状態での計測あるいは活荷重無載荷時を狙った計測は実質的に不可能であるかまたは困難である。したがって、現実的には交通量の少ない時間帯を選び、かつ作業上必要な部分のみを順次交通規制しながら前記水準測量を行い、そして計測中に載荷荷重によって発生するタワミ変位の影響については、その計測誤差を少しでも小さくするために計測回数をより多くするなどの方法により対処していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本来、橋の形状計測は、橋の異常を事前に把握する等のために数mmの精度で行われるものであり、誤差の大きい前述の活荷重載荷状態下での水準測量ではその目的に到底叶うものではなかった。

【0005】実際に前記の水準測量の場合には、①計測に時間が掛かり過ぎるため、その間、自動車荷重の載荷による形状変化が絶えず発生しており、この活荷重による変位量をも含めたものを計測している、②複数回のレベル盛替えにより誤差の累積が生じる、③吊橋の場合、東西両ケーブルの変位を夫々独立的に評価しており、吊橋全体の挙動として評価していない、などの理由から計測時毎に数十mmの相対差が生じていることが多かった。

【0006】しかも、計測は通常、夜半から早朝にかけて実施されており、計測に時間を要することから温度変化に伴う誤差を新たに生む結果となり、計測値の信頼性の向上が望めない。さらに、高速で走行している車の脇での作業は、常に危険が伴い作業員の安全が完全に確保されないなどの問題もあった。

【0007】そこで本発明の主たる課題は、供用中の橋構造物において、交通規制を行うことなく活荷重作用下

のままで、短時間にかつ精度良く活荷重無載荷状態の形状を得るための形状計測方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本第 1 発明は、活荷重作用下のままで供用中の橋構造物の活荷重無載荷時形状を得るための計測方法であって、橋外部の固定地点に光波測距儀を設置するとともに、橋の標高計測対象位置にターゲットを設置し、このターゲットの実標高を前記光波測距儀により所定時間の間、微小時間間隔で連続的に計測し、前記所定の計測時間内における平均実標高値を得るとともに、この所定の計測時間内に橋を通過する車両群による平均タワミ値 h を下式より求め、前記光波測距儀による平均実標高値を前記通過車両群による平均タワミ値 h により補正することにより前記標高計測対象位置の活荷重無載荷時標高を求めることを特徴とするものである。

$$h = \{ (m_i \times W_i \times i) / 20 \} \times o \times T_o / TL$$

ここに、 m_i : 走行車線毎に通過した大型車等の台数

(台)

20 W_i : 走行車線毎の大型車等の 1 台当たりの平均車両重量 (tf / 台)

i : 走行車線毎の着目補剛桁の重量分配率

o : 20tf 集中荷重が本橋を通過する間に橋の標高計測対象位置に発生する平均タワミ量 (m)

T_o : 大型車等の本橋通過所要時間 (秒)

TL : 計測時間 (秒)

【0009】また、通過車両の走行速度を測定するとともに、橋の路面下に存在する桁下面に歪みゲージを貼付し橋を通過する車両の車両重量を測定するようにすれば、前式における W_i 、 T_o を既知とすることができ、計測精度が向上する。

【0010】なお、前記計測時間 TL は後述の実施例から判明されるように、少なくとも 5 分以上とするのが望ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳述する。

【0012】図 1 は、計測対象となる長大吊橋の側面図である。吊橋 1 は、側面視で左右両側にそれぞれ主塔 2、3 を有するとともに、これら主塔 2、3 からさらに離間する位置にアンカレッジ 4、5 を有し、前記主塔 2、3 の塔頂に設置されたケーブル用サドル (図示せず) 間に架け渡されたケーブル 6 の両端を前記アンカレッジ 4、5 に固定し、このケーブル 6 の長手方向に沿って所定の間隔をおいた位置から吊り下げられたハンガーロープ 7、7... によって両アンカレッジ 4、5 間に横架された補剛桁 8 を吊持するものであり、特に長スパン橋梁に適用される橋構造である。

【0013】以下、前記長大吊橋 1 を対象として本発明法によって行った補剛桁中央位置 (以下、 $L_c/2$ 点とい

う。)の標高計測について詳述する。

【0014】(装置構成)

図2および図3に示されるように、吊橋1脇の地上部分にターゲットに対する視準を自動的に補正する自動追尾式光波測距儀10(以下、単に光波測距儀という。)を設置するとともに、標高計測位置となる前記Lc/2点に3素子ミラー11(以下、ターゲットという。)を設置し、前記光波測距儀10によってターゲット11を追尾しながら視準し、距離Lや鉛直角を微小時間間隔で連続的に計測し、ターゲット11の置かれた補剛桁8天端の標高(H)を求める。前記光波測距儀10は毎秒2.5回のデータ読み取りが可能であり、読み取られたデータは、前記光波測距儀10に接続されたコンピューター12に記憶されるようになっている。

【0015】一方、吊橋1を走行する一般の大型車両等(小型乗用車以外の重量車両を指す。)の重量は、主塔2,3に設置された伸縮装置に隣接する渡り桁13を利用して測定することとした。図4および図5に示されるように、渡り桁13の4本(一車線当たり)の縦桁13A,13A...の中央下面に対してそれぞれ歪みゲージ14,14...を貼付し、重量が既知(20tf)の試験車15を前記渡り桁13上に載置し、前記歪みゲージ14,14...の歪みを測定し、これを基準歪み(δ)とする。そして、任意の時間に走行する一般大型車両が前記渡り桁13を走行する際に生じる歪み(δi)を測定し、前記基準歪み(δ)に対する比率から通行する前記大型車両等の車両重量(20tf×δi/δ)を求めることとした。なお、実際には前記渡り桁13が小スパンであるため、試験車15の前輪および後輪が同時に載荷されないため、前輪と後輪の軸重を別々に求め合計した。また、走行する一般大型車両の走行速度は、塔頂にビデオカメラを設置し、既知の2点間距離を通過するのに要した時間から求めるようにした。

【0016】なお、本例において、車両重量が1~1.5tf程度の小型車両は、大型車両等に比べてタワミの影響が小さいため、タワミ補正量から無視することとしたが、もちろん必要であれば、前記小型車両についてもその影響を考慮することもできる。

【0017】(解析原理)

図6は、理論式によって導き出されるLc/2点のタワミ影響線を描いたものである。仮に、吊橋補剛桁8上の1,2,3,4,...k,K+1,...n点を順次移動する大型車(ここでは20tfの集中荷重とする。)を考えると、前記Lc/2点には前記1,2,3,4,...k,K+1,...n点に対応して1,2,3,4,...k,K+1,...nのタワミが発生する。なお、前記大型車は本線内を等速度で通過するものとする。

*【0018】この移動大型車が吊橋を通過するのに要する時間(To)の間、タワミ変位している補剛桁8の標高を微小時間(t秒)毎に計n回、計測し続けたものとする、前記大型車の通過所要時間Toの間、t秒毎に求められるタワミiの全平均値は、全タワミ影響線面積を前記大型車の通過所要時間Toで除した値(以下、平均たわみ量:δoという。)として求めることができる。なお、移動大型車:20tf1台が等速度で吊橋を通過する際の平均タワミ量δoは-0.0063mとなる。

10【0019】一方、前記大型車の通過所要時間To間に前記光波測距儀10によって得られたLc/2点の平均実標高値は、前記平均タワミ量δoを含んだ値、すなわち無載荷時の状態から前記平均タワミ量δoだけ撓んだ状態での標高を示すものであるため、活荷重無載荷時の補剛桁標高を求めるためには、光波測距儀10によって計測された平均実標高値に前記平均タワミ量δoを加えればよいことになる。

20【0020】上記説明は1台の大型車が通過する場合を想定し、便宜的にその平均タワミ量の算出方法を説明したものであるが、本発明においては、計測時間TLをある程度長く確保し、通過車両群による平均タワミ量の概念を導入する。理由は下記の考えに基づくものである。先ず、計測時間TLが短くA車のみが通過している図7(A)のケースの状態を想定する。この場合は、単にA車によるタワミ量を補正することにより、無載荷時の標高を求めることができる。しかし、図7(B)に示すように、計測時間TLが短くA車が通過してしまう前に、次のB車が吊橋1内を走行し始めるとすると、補剛桁の標高は前記B車によるタワミの影響を受けているにも拘わらず、計測時間TLの全体に亘ってB車が均等に評価されているわけではないため、A車によるタワミを補正しただけでは標高の誤差が大きくなってしまふ。

30【0021】一方、計測時間TLをある程度長く確保した図7(C)のケース、具体的にはA車からY車までは完全に吊橋を通過してしまうものの、Z車が吊橋内を走行し始める状態を想定すると、通過したA車からY車までの数多い大型車等の平均重量や走行速度はある一定値に近づくことになるため、ばらつきが吸収され誤差が小さくなるとともに、通過したA車からY車までを補正の対象としているため、Z車が標高結果に占める割合が極めて小さくなる、などの理由により上記図7(A)(B)のケースよりも明らかに誤差が小さくなる。

40【0022】以上より、複数の任意の数の大型車が通過する場合における標高の補正值(平均タワミ値)hは、下式(1)にて示すことができる。

【0023】

h = { (mi x Wi x i) / 20 } x δo x To / TL (1)

ここに、mi: 走行車線毎に通過した大型車等の台数(台)

Wi: 走行車線毎の大型車等の1台当たりの平均車両重量(tf/台)

i: 図8に示される走行車線毎の着目補剛桁の重量分配率

o: 20tf集中荷重が本橋を通過する間にLc/2点に発生する平均タワミ量(0.0063m)

To: 大型車等の本橋通過所要時間(秒)

TL: 計測時間(秒)

(計測)

光波測距儀10による追尾計測によって得られた、ターゲット11までの斜距離や鉛直角データから標高を計算した結果と、これに対応して大型車の通行状況を示したグラフが図9である。同図から判るように、大型車の載荷時にはこれらの活荷重によって補剛桁のLc/2点が大きくたわみ、活荷重載荷状況に連動した時系列たわみ曲線となっている。丁度、計測時間中に、大型車が無載荷の状態があったため、この時の標高を真値として、これと大型車のたわみ影響分を補正した標高(本A方法によって求められた標高)とを比較して本方法の有効性を評価することとした。因みに、本発明者等が行った2晩(約8時間)の計測中には、前記のような大型車の非通過時*

* 間帯はわずかに5回しかなく、この時間帯を狙った計測では計画的な計測が不可能であることが容易に推察された。

【0024】一方、大型車の車両重量および走行速度はばらつきが大きいものの、ある程度の車両数の平均値は概ね一定値に近づいていることが確認できた。大型車等の平均重量は図10に示されるように、14.8tfとなり、大型車等の平均走行速度は図11に示されるように、22.2m/sとなった。

10 【0025】上記の結果より、通過大型車の平均車両重量Wiは15tf、通過所要時間Toは計算より4.8秒として、かつ30分間の計測(TL)から標高補正值(平均タワミ値)hを算出した結果を表1に示し、これに基づいて補正後の補剛桁標高を求めた結果を表2のI欄に示す。また、大型車等の無載荷時の標高を比較のために表2のII欄に示し、さらに従来法によるレベル測量による標高測定結果を表2のIII欄に示す。

【0026】

【表1】

計測時間 TL 30分		
Lc/2点の通過大型車台数 mi	東側 車線	第2レーン 44台
		第3レーン 143台
	西側 車線	第2レーン 30台
		第3レーン 34台
標高補正值(平均タワミ値) Δh	東側 主構	0.018m
	西側 主構	0.014m

注) 第1レーンは交通規制(通行止め)とした。

【0027】

【表2】

欄	計測方法	項目	東側 Lc/2点	西側 Lc/2点
I	本発明A法による 標高計測結果	標高	75.995 m	76.057 m
		標準偏差	0.006 m	0.004 m
II	大型車等非通過時間帯 の標高計測結果	標高	75.994 m	76.056 m
		標準偏差	0.003 m	0.002 m
III	レベルによる 標高計測結果	標高	76.057 m	76.092 m
		標準偏差	0.011 m	0.007 m
標高差 (II - I)			-0.001 m	-0.001 m
標高差 (III - I)			0.062 m	0.035 m

【0028】表2の結果から、本発明法による標高は、大型車等の非通過時間帯の標高とほとんど同じ値となることが確認できた。また、従来から行われているレベル測量では本発明法および大型車等の非通過時間帯の計測結果とはかなり異なってしまふことも同時に確認された。

【0029】以上より、本発明法による標高計測の精度は非常に高く、かつ交通規制を行うことなく活荷重作用下のままで、短時間に計測が行えるなどの簡便性等から非常に有用であることが確認できた。

【0030】ところで、タワミ理論によれば、重量 $W = 20\text{tf}$ の集中荷重の補剛桁への載荷によって発生する平均タワミ量 (-0.0063m) は、最大タワミ $p(-0.0550\text{m})$ の約12%となり、一台当たりの車両が標高に及ぼす影響は非常に小さくなる。このことは、計測時間TL内に通過する大型車等の全平均重量の仮定が現実の値とわずかに異なっていたとしても、結果として得られる標高への影響は微小となることを意味する。したがって、前記の大型車の平均車両重量および走行速度については、渡り桁等を用いて計測を行うことなく、過去の実績等から求め*20

*られる仮定値を使用しても十分に精度の高い結果が得られるため、この仮定値を用いた本方法を、精密計測前の事前計測として活用することもできる。

【0031】(計測時間TLの検討)

次いで、本方法における計測時間TLについて行った検討結果を示す。

【0032】図12は、前記計測とは日時を別にして行った際の、光波測距儀10による標高計測結果計測と、その際の大型車等の通過状況図を示したものである。計測時間TLは5分間である。また、その計測時間TL内に走行した大型車等の重量ヒストグラム(図13)から平均重量は13.6tf、平均走行速度は図14の走行速度ヒストグラムから22.5m/sとして、前述(1)によって補剛桁のLc/2点の標高を求めた結果が表3I欄である。また、比較のために、数十秒間程度、標高値が安定値を示した大型車等の非通過時間帯から得られた標高計測値を表3のII欄に示した。

【0033】

【表3】

欄		単位	東側 Lc/2点	西側 Lc/2点
I	本発明A法による 標高計測結果	m	76.113	76.113
II	大型車等非通過時間 帯の標高計測結果	m	76.114	76.116
標高差 (II - I)			0.001	0.003

【0034】前述要領によって、計測時間TLを1分~30分の間で6段階で設定し、各計測時間経過毎に前記方法により補剛桁8のLc/2点の標高を求めた結果を図15に示す。同図より、大型車等の非通過時間帯の計測によって求めた標高 $H(=76.114\text{m})$ を真値として、目標許容誤差を $\pm 5\text{mm}$ とすれば、計測時間5分以上としたケースが前記許容誤差内に収まることが知見された。また、計測時間による誤差の変動状態を図16に示す。図16は別の視点から最適な計測時間TLを見つけるために、計測時間毎に統計学的に95%確率範囲内となる標準偏差(2)の値をプロットしたものであるが、計測時間5分を略境界値としてグラフ線が横ばい状態となり、少なくとも5分以上の計測時間TLにより計測誤差をほぼ最小範囲にし得ることが知見された。なお、計測時間TL検討時の標高値と、前記表2I欄の標高値とが異なる数値となるのは、前者の計測時には塗装用の足場が設置されていたためである。

【0035】上記検討から計測時間TLとして少なくとも5分以上を設定すれば、実用上必要な最小限の精度が

得られることが判明した。

【0036】

【発明の効果】以上詳説のとおり、本発明によれば、供用中の橋構造物において、交通規制を行うことなく活荷重作用下のままで、短時間にかつ精度良く活荷重無載荷状態の形状を得ることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1及び第2形態例において計測対象となる長大吊橋の側面図である。

【図2】光波測距儀による計測概念図である。

【図3】光波測距儀による計測要領図である。

【図4】大型車重量の計測要領図である。

【図5】図4のV-V線矢視図である。

【図6】本発明法によるLc/2点の平均タワミ値算出のための原理説明図である。

【図7】車両通行状態の模式図である。

【図8】補剛桁8の重量分配図である。

【図9】光波測距儀による計測結果および大型車通過状況図である。

【図10】通過大型車等の重量計測結果ヒストグラム図である。

【図11】通過大型車等の走行速度計測結果ヒストグラム図である。

【図12】光波測距儀による計測結果および大型車通過状況図である。

【図13】通過大型車等の重量計測結果ヒストグラム図である。

【図14】通過大型車等の走行速度計測結果ヒストグラム*

* ム図である。

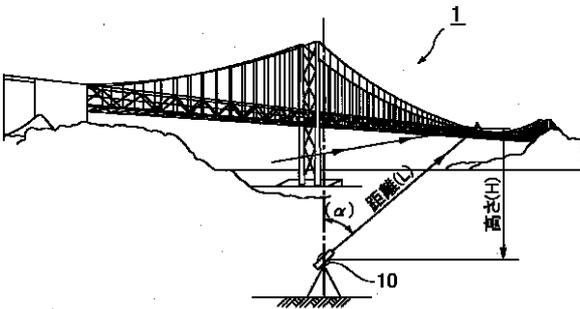
【図15】計測時間TLによる標高値の変動図である。

【図16】計測時間TLによる標高値の誤差変動図である。

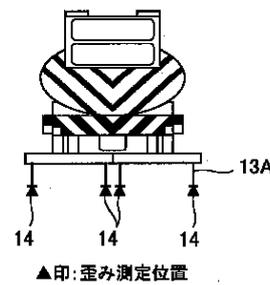
【符号の説明】

- 1...吊橋、2・3...主塔、4・5...アンカレッジ、6...ケーブル、7...ハンガーロープ、8...補剛桁、10...光波測距儀、11...ターゲット、12...コンピューター、13...渡り桁、13A...縦桁

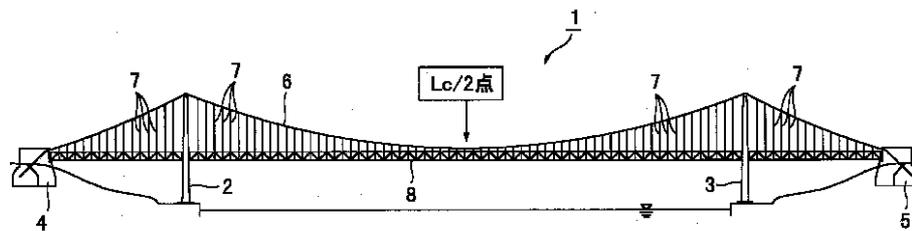
【図2】



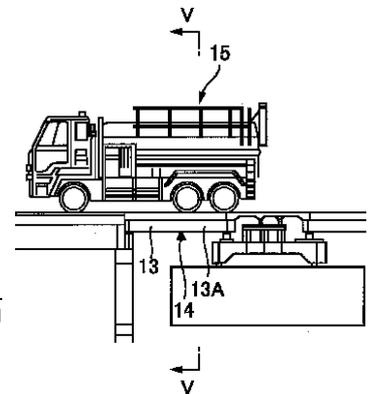
【図5】



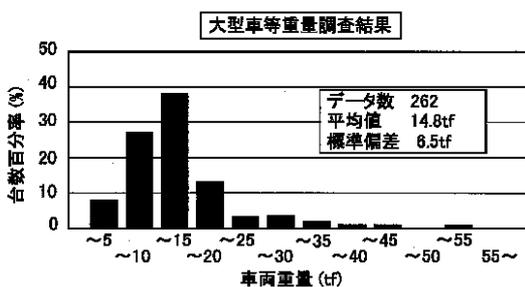
【図1】



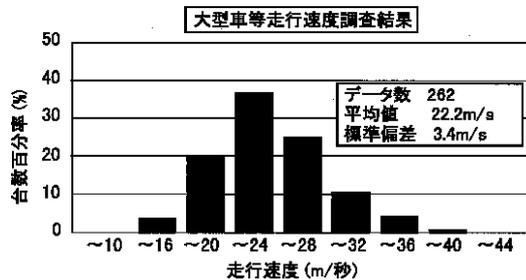
【図4】



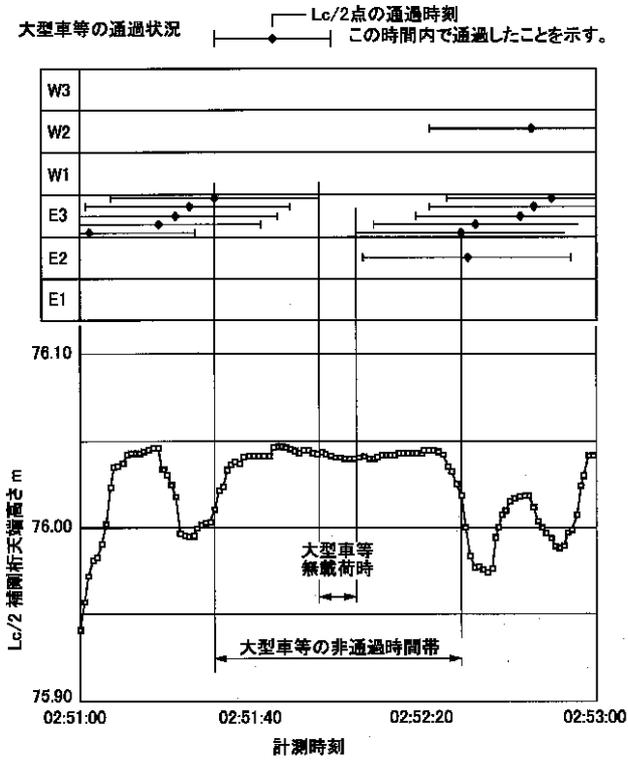
【図10】



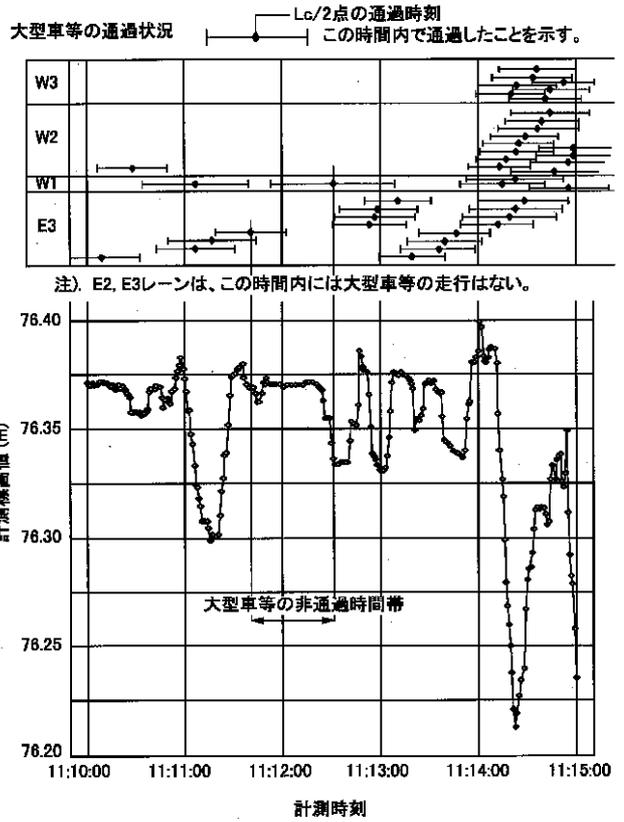
【図11】



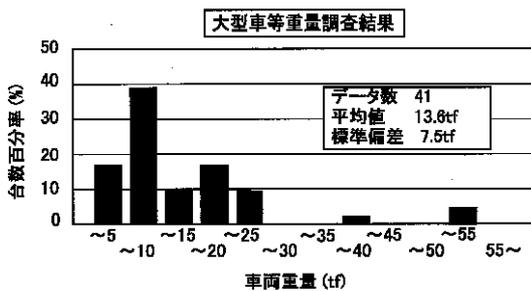
【図9】



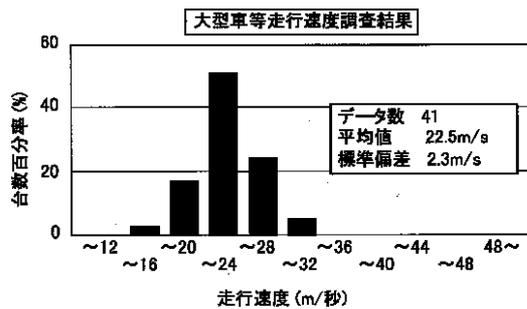
【図12】



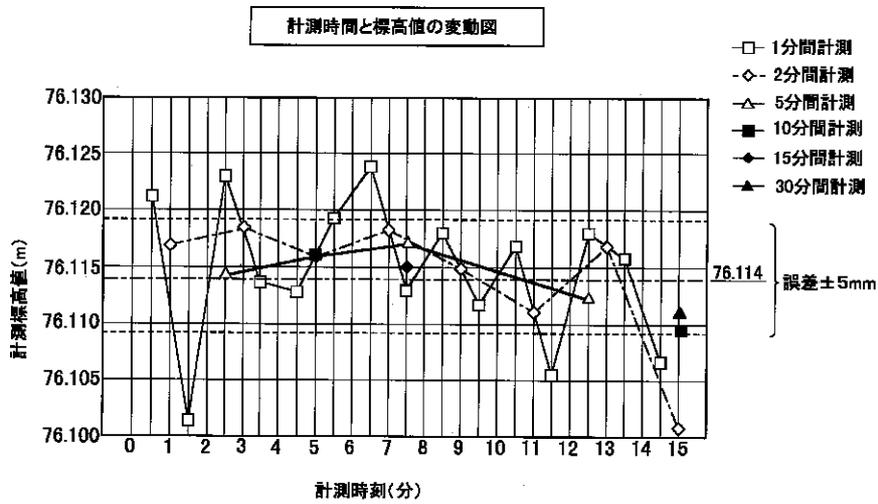
【図13】



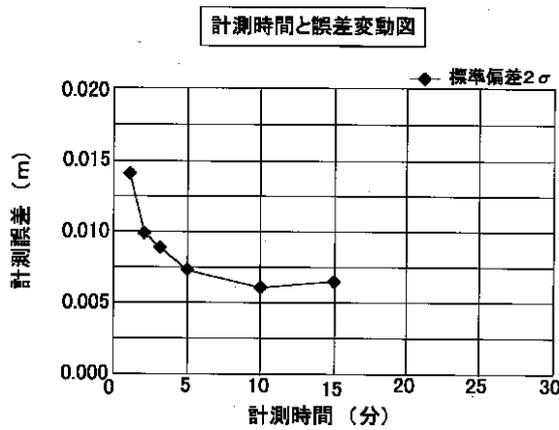
【図14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 梅本 幸男
 大阪市中央区備後町一丁目 5 番 2 号 株
 式会社日本構造橋梁研究所 大阪支社内

(56)参考文献 特開 平 9 - 279860 (J P , A)
 特開 平10 - 221074 (J P , A)
 特開 昭50 - 63957 (J P , A)
 実開 昭59 - 172309 (J P , U)
 特公 平 1 - 46014 (J P , B 2)
 特公 平 5 - 84323 (J P , B 2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

G01B 11/00 - 11/30

G01C 15/00