

静止，走行時の車両重量測定法に関する研究

学位論文内容の要旨

交通手段である自動車・貨車，航空機の重量測定は運行上の安全性を保持するため機能の低下を防ぐ目的でなされている。貨物自動車の過積載による操舵性とブレーキ性能の低下や貨車の偏積載による競合脱線の防止，航空機の離陸前の重心位置確認の上から必要不可欠である。貨物自動車による輸送は，鉄道輸送に比べ，直接，産地から消費地に流通させる効果的な輸送手段であり，経済発展に大きな貢献をしてきた。それにともなって大容量，高速化，長距離輸送へと進化するにつれて道路を通行する大型貨物自動車数が飛躍的に増大している。これらの車両のなかに過積載車が混入しており，その通行によって道路，橋梁の損傷や，自然，生活環境破壊を引き起こしている。道路舗装の磨耗はトラックの輪重が2倍になればその4乗で促進するといわれ同時に騒音，排気ガス，路盤振動によって環境，社会問題となっている。しかし，物流の利便性に大きな効果のある自動車輸送について，道路公共施設，環境保全との調和をはかるため道路法では通行車両の軸重を10トン以下，総重量で20トン以下と車両重量の上限が定められている。

欧米においても，各国や各州が陸路で結ばれており，自国籍以外の過積載車によって道路の損傷が急速に進行するため，走行中の過積載車を不特定多数の車両の中から車両重量を計測発見して，排除する方法のシステムや，運転車自身が法規を遵守し，自主的に積載重量計測によって過積載を防止する装置（自重計）の開発，広域にわたって通行している過積載車の重量を計測するために，定位置に据付けられたトラック秤量機にかわって移動可能な軽量の重量測定装置で道路上で軸重30トン程度の計測法が必要になった。

本論文は，6章38節から構成されている。第1章は緒論であり，本研究の目的と意義を述べ，さらに，各章の内容を具体的に説明している。

第2章では，車両に取付けた計測器で，その車両に積載した貨物重量を車軸に取付けたひずみゲージでセンシングし，測定する方法を述べている。自車に取付けた計測器による積載重量の測定法の範疇では，ダンプトラックの荷台昇降用の油圧ジャッキ圧力が積載重量に比例して上昇するので，その圧力から測定する方法がある。この測定法ではダンプ車のように可能であって一般の

貨物自動車には使用できない。貨物自動車では試験的に、シャースプリングのたわみが積載重量に比例するので、たわみをしゅう動抵抗型ポテンショメータの電気信号に変換して測定することが行われたが、シャースプリングの板間摩擦のため荷重の増減でヒステリシスが大きく発生し、荷重誤差が大きく実用にはいたっていない。本研究では、車両の一部である駆動軸のデフレンシャルハウジング側板のひずみが積載荷重に比例することに着目し、ひずみゲージによって電気信号に変換し、測定するトラック自重計を提案した。ひずみゲージがトラック整備工場で容易に取付けられるように考案され、厳しい車軸周囲の雰囲気でも十分な耐久性をもつ構造にし、基準積載重量を負荷して測定精度を調査した。さらに、営業車両を用いて10万kmまで走行し実用上での測定精度を評価しているトラックの構造部材である車軸を用い、外部から特定の検出器を装着する必要がなくコストが安価で、一般の貨物自動車に使用でき、従来のダンプトラックのみでの重量測定を大幅に拡大している。

第3章は、可搬型車両重量計測装置の開発研究について述べている。主として広域にわたって一般道路を通行している過積載車両の重量測定を、軽量の検出器を道路に敷いてその上に車輪を載せて測定し、警官による過積載車取締りに利用している。車軸ごとに計量されるため、測定時の車両の傾斜は測定誤差を招くので、荷重検出器の高さを30mmにして、かつ、輪荷重15tfが載り、急ブレーキをかけても破損しない構造をもつ荷重検出器を開発した。指示・記録装置には実測重量、重量超過率を印字記録できるように、自動演算機能をもたせ、使用者の誤操作や、計算間違いを防止している。この装置を道路上に敷いて2軸車、3軸車、4軸車で基準軸重を負荷して測定誤差を求めた。現在までは、幹線道路の定位置にトラック秤量機を設置し、その位置まで警官が過積載車を誘導して計量していたが、設置台数が少なく測定できる過積載車は極く僅かであり、また、その位置を避けて通行する過積載車が多く見受けられた。広域にわたって通行する車両の重量測定には、軸重が約30tfまで計量可能で、移動できる測定装置が必要になり本装置により大きな効果を持つ。

第4章では、走行中の車両重量測定（WIM：Weighing in Motion）の研究について述べている。この目的は道路を通行中の多数の車両のなかから、道路法に規定されている軸重値に対して超過している過積載車の軸重を測定し、発見するために用いるものである。走行時の車両重量は車軸が路面に加える軸力によって測定される。車両が定速度で走行しているときの、並進運動、ピッチング運動の場合について路面に加える軸力の理論式を求め、路面舗装内に設置した軸重検出器によって走行中の軸重を実測し、同時に、車両のばね上加速度を測定して、質量との積（変動軸重）を求め、その値に静止軸重を加えたものが理論値に一致することを実験によって確かめ

た。走行時の変動軸重を少なくして、静止荷重に近い値で得るために、多くの道路に軸重検出器を設置し、その上を軸重が約10tfで2, 3, 4軸車、および、軸間距離の異なるトラックを用いて通過させ、走行中の軸重と、同時に、ばね上加速度を測定して相関を調査した。開発した測定方法で、変動軸重を±1tf以内にするための道路側の条件車両の特性、積載重量をばね上質量加速度で評価している。走行時の車両重量測定はわが国においては、実用に供されたのは本研究によるものが最初であり、海外でも、まだ実用段階にいたっていない。この開発研究による重量測定法は高速道路を通行する過積載車の軸重を料金所入車線で測定し、発見するシステムとして確立された。

第5章では実用化したWIMシステムの開発研究を述べている。本測定装置の軸重検出器を舗装厚さの範囲で設置可能にし、耐久性については実際の通過車両数と比較して十分であることを検討した。また、測定信号の演算処理法を改良して測定精度の向上をはかった。本装置は高速道路の入車線で料金所の手前に軸重検出器を路面に設置し、車輪がこの上を通過する瞬間に軸重を計測する。規定値以上の軸重であれば、直ちに演算処理し、その結果を運転者に通告して退出させる。同時に測定結果をデータ処理して、道路補修の規模や期間を決める情報とする。軸重計測装置の軸重信号を撮影装置に転送して、過積載車の車両番号が含まれている車両前部を写真撮影する軸重計測システムも完成し、主に、都市圏の高速道路に用いられる。この計測システムを道路管理者は各インターチェンジの料金所に設置して、通行中に車両の軸重計測を行うことに使用し、日本における高速道路の拡大に伴って、約900台が使用され、現在も、年間約60台が各道路公団、都道府県、連絡橋公団で設置されている。

第6章は、本研究を総括した結論であり、各章で得られた成果を要約し、本研究を取りまとめている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 金 内 忠 彦

副 査 教 授 鶴 飼 隆 好

副 査 教 授 山 田 元

副 査 教 授 大 場 良 次

自動車など車両の重量測定は、車両構造上、運行上の安全性の保持のため極めて重要視されている。特に近年、貨物自動車による輸送が、大容量、高速、長距離化するにつれて、道路を通行する大型貨物自動車数は飛躍的に増大している。これらの車両のなかに混入している過積載車による道路、橋梁の損傷や自然、生活環境破壊の回避、ならびに過積載による操舵性とブレーキ性能の低下による事故発生の防止のために、車両重量測定法の確立が急務とされている。

本論文は、静止、走行時における車両重量測定法の開発・実用化を目的として行った研究結果をまとめたものであり、6章38節から構成されている。

第1章は緒論であり、本研究の目的と意義を述べ、さらに、各章の概要を説明している。

第2章では、車両の一部である駆動軸のデファレンシャルハウジング側板に生じるひずみが積載荷重に比例することに着目し、ひずみゲージ応用センサーによって電気信号に変換し測定するトラック自重計を提案している。センサーがトラック整備工場で容易に取付けられるように考案し、厳しい車軸周囲の状況でも十分な耐久性をもつ構造であり、基準積載重量を負荷して測定精度を調査している。さらに、長距離走行により実用上の測定精度評価を行って、重量測定の一方法を確立している。

第3章は、可搬型車両重量計測装置の開発研究について述べている。主として広域にわたって一般道路を通行している過積載車両の重量を、軽量の検出器を道路に敷いてその上に車輪を載せて測定するものである。測定時に車両の傾斜があると測定誤差が生ずるので、荷重検出器の高さを30mmにして、かつ、最大15トンの輪荷重に耐え、その上で車両に急制動をかけても破損しない構造をもつ荷重検出器を開発している。指示・記録装置に自動演算機能をもたせ実測重量、重量超過率を印字記録できるようにしたため、広域にわたって通行する車両に対する移動可能な重量測定装置として大きな効果をあげている。

第4章では、走行時の車両重量測定（WIM；Weighing in Motion）の研究について述べている。走行時の車両重量は車軸が路面に加える軸力によって測定される。定速度走行時の車両の

並進運動、ピッチング運動の場合について路面に加える軸力の理論式を導き、走行時の軸重が静止軸重と変動軸重（質量と加速度の積）の和であることを示し、一方、舗装路面内に設置した軸重検出器によって走行時の軸重と車両のばね上加速度を測定して変動荷重を求めるとともに、実測値からも確かめている。多くの道路に軸重検出器を設置し、その上を各種のトラックを通過させ、走行中の軸重と同時にばね上加速度を測定し、変動軸重の大きさが走行速度と路面状態により規制できることを見出し、実用化の基礎的問題を解決している。

第5章では、実用化した WIM システムの開発研究を述べている。舗装厚さの範囲で路面に設置可能な薄型軸重検出器をもつ走行車両重量計を新たに開発している。耐久性については実際の通過車両数と比較して十分であることを確認し、また、測定信号の演算処理法を改良して測定精度の向上を計っている。本装置は、高速道路の入車線で料金所の手前路面に設置した軸重検出器の上を、車輪が通過する瞬間に軸重を測定、直ちに演算処理し規定値以上の軸重であれば、その結果を運転者に通告して退出させるとともに、測定結果をデータ処理して道路補修の規模や期間を決める情報とするものである。さらに、軸重計測装置の軸重信号を撮影装置に転送して、過積載車の車両番号が含まれている車両前部を写真撮影する軸重計測システムも完成し、わが国において最初の実用化に成功している。

第6章は、本研究を総括した結論であり、各章で得られた成果を要約し、本研究を取りまとめている。

これを要するに、本論文は、従来困難とされ、また、精度上問題があった静止、走行時の車両重量測定法に関し、実用上、多くの新知見を与えており、車両工学および計測工学上寄与するところ大である。よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。