

氏名	西村誠一 にしむらせいいち
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第508号
学位授与の日付	昭和47年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	新しい鉄道車両用ダイヤフラム形空気ばねに関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 得丸英勝 教授 榎木義一 教授 上田 頤

論文内容の要旨

新幹線車両をはじめ最近の高速鉄道車両では、車両の走行振動性能を向上させるため、1個のばねで上下方向と同時に横方向にもばね作用ができる性能の良い空気ばねが要求されているが、著者はこの要求にそつうものとして新しい鉄道車両用ダイヤフラム形空気ばねを開発した。本論文は、この空気ばねの開発途上において、空気ばねのばね特性、耐久性および車両防振の観点からの空気ばね設計法に関して著者が研究した結果をまとめたもので、7章32節から構成されている。

第1章では、序論として、まず本空気ばねの開発の背景となる鉄道車両用空気ばねについての要請とこれまでの空気ばねの問題点を明らかにし、これに代る本ダイヤフラム形空気ばねの構造と基本的なばね作用を示している。つぎに、その開発において研究すべき課題とその研究結果の概要を述べている。

第2章では、本空気ばねの静ばね特性、特に左右方向のばね特性を明らかにするため、空気ばね内圧とダイヤフラム膜力の釣合より、空気ばね取付け状態でのダイヤフラムの断面形状および変位にともなう断面形状の変化を解析している。この結果より、空気ばねの横ばね定数が求まり、これが基本的には空気ばね内圧とここで得られた上下方向の受圧面積の積に比例することが示されている。また、空気ばね内外筒壁面の傾斜角度とばね定数の関係およびその安定性を明らかにしている。さらに、試作された実体空気ばねを用いて実験的な検討を加え、理論解析結果の妥当性とともその設計に用いるばね定数計算式を明らかにしている。

第3章では、空気ばね本体と補助空気室との間にオリフィスを設け減衰を与えた空気ばねの上下振動特性を論じている。従来の研究では、オリフィスを通過する空気流量の非線形特性を考慮した解析がなされているが、その結果は空気ばね設計への応用には難点があるとともにその必要性に疑問のあることを示している。そこで、まずオリフィスを通る空気流量特性が線形とすると、動ばね特性はゴム物質と同様な線形粘弾性、または、弾性結合減衰系と等価なモデルで表わすことができ、その構成要素と空気ばね各部の諸量との間に単純な対応が存在することを明らかにしている。現車走行実験により、車両の動揺振動につ

いて空気ばねと補助空気室内の圧力振幅の間には直線的な関係が存在することを確かめ、線形解析の妥当性を示している。従来の振動解析の複雑さが、その非線形性によるものでなく弾性結合減衰特性によるものであって非線形解析は車両振動解析では必要ないことを指摘している。また、空気ばね設計に用いるオリフィス径とオリフィス抵抗係数の間の実験式を導いている。

第4章では、一般の車両振動解析に用いられている強制振動による方法と固有振動による方法と比較して、オリフィスを設けた空気ばね設計の点からは減衰を含む固有振動解析の有用性を示し、第3章で得た力学モデルを用い空気ばね車両の振動特性を論じている。まず空気ばね車両の振動数方程式の解の中の複素解について、バネとダンパを並列にした車体支持の場合と対比して固有振動数と減衰比により車両の振動特性を表わし、これらの値と空気ばね諸元との間の関係を明らかにし、車両の上下動について空気ばね設計の適値が存在することを示して、従来の空気ばね車両における減衰不足の理由を明らかにしている。車両のローリングに対する設計の適値は上下動の適値と一致せず、線路条件に応じその決定が必要であることを述べている。つぎに、振動数方程式の実数解は現車における過渡振動にみられるオフセットの原因となる場合があり、その影響が現われる空気ばね設計諸元の範囲を求めている。さらに、本ダイアフラム形空気ばねを装着した車両による現車走行試験を行ない、固有振動解析結果の検討をしその有用性を示すとともにこの車両の振動特性を明らかにしている。

第5章では、本空気ばねのばね特性および耐久性の点よりみた本空気ばねの具体的な構造につき実験的な検討を行なっている。

まず、本空気ばねとして必要な横ばね特性を与えるダイアフラムの内挿される補強コードの配列につき検討し、これを明らかにしている。つぎに、空気ばねの耐久性に大きな影響を持つダイアフラムの摩耗について、内外筒の金属面と直接接触した状態では問題があり、この間にゴム板を挿入し摩耗軽減に効果のあるゴム材質、硬度を明らかにしている。この結果空気ばねを試作し、現車に装着し2年半にわたり営業運転におけるダイアフラムの摩耗の進行状況を調査しその後のばね特性の変化がないことを確認し、その実用性を明らかにしている。

第6章では、これまでに得られた結果に計算図表を導入し、実際の空気ばねおよび空気ばね車両を設計する方法を具体的に示している。また今後の鉄道車両の発展の方向から予想される本空気ばねの発展させるべき方向を示している。

第7章は以上の研究成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

最近の高速鉄道車両では、速度向上にともなう振動の増大および蛇行安定性の低下を防止するため、車体および車体懸架機構が構成する振動系の、上下方向および左右方向の固有振動数を、従来よりさらに小さくする必要がある。これまでの車両では、ペローズ形空気ばねに上下方向の復原力をもたせ、揺れ枕吊りと称せられるリンク機構に振り子の原理の左右方向復原力をもたせる懸架方式が一般であった。最近では、台車の簡単化・軽量化の要請から、左右方向の復原力をもペローズ形空気ばねにもたせて、揺れ枕吊りを廃止する懸架方式も試みられてきた。さて、最近の高速鉄道車両に対しては、左右方向の固有振動

数の点において両方式とも不十分であることが認められた。すなわち、揺れ枕吊り方式では振り子の腕の長さを長くするにも限度があり固有振動数はある限度以下に下げられない。また、ペローズ形空気ばねの左右方向ばね定数も大き過ぎ、これを小さくするよう設計すると座屈のような一種の弾性不安定現象を生ずることが実験的に明らかにされた。

この研究は、上下および左右方向のばね定数を小さくでき、しかも弾性不安定現象の生じない安定なダイアフラム形空気ばねを開発し、その静特性および動特性について理論的・実験的に研究し、さらに耐久性について実験的に検討し、高速鉄道車両用空気ばねとしての実用性を明らかにしたものである。

本研究の主な成果は次の通りである。

(1) 著者の開発したダイアフラム形空気ばねの復原力は、ダイアフラムの弾性に依存する部分は少なく、空気ばね変位にともなう内圧および受圧面積の変化による部分がほとんどであることを示し、このため、経年変化のない安定したばね特性が得られることを示した。また、ばね定数計算式を導き、これを実験的に検証し、その実用性を明らかにするとともに、履歴特性が小さく、弾性不安定現象を生じないことを示した。

(2) 空気ばねと補助空気室をつなぐ経路にオリフィスを取り付け、減衰効果を与えることはペローズ形空気ばねにおいても行なわれているが、本研究でもこの方式を採用し、このオリフィスの特性をも含めた空気ばねの動特性を実験的に検討してこれを表現する線形力学モデルを作り、その定数と空気ばね諸元との関係を明らかにした。さらに、この力学モデルを車体懸架機構とした振動系の自由振動および強制振動について検討し、空気ばね諸元の設計方針を明らかにした。

(3) ダイアフラム形空気ばねの耐久性は金属容器との接触部におけるダイアフラムの摩耗により決まるのであるが、これは左右方向の繰返し変位によって顕著に生じることを示し、この防止対策として両者の間に軟かいゴム板を挿入し、ダイアフラム表面の相対滑りを小さくする方法を考案し、これにより実用上十分な耐久性が得られることを示した。

以上要するに本研究は高速鉄道車両実現のための一つの難関であった車体懸架機構に解決を与えたものであり、この成果は現在国内外で実用に供されており、学術上実際上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。