

# 自動車の振動に関する研究

亘 理 厚

自動車の振動および乗心地に関連する問題で、当研究所または当所が参加した研究会の行ったことを回顧しながら、自動車振動の問題点を明らかにして、その解決が多くの人の協力によって早急になされなければならないことを述べている。

## 1. ま え が き

自動車の振動を大別すると、車体を有限自由度系として扱う場合の振動と無限自由度系と考える場合の振動とがある。あるいは前者をほぼ毎秒 20 サイクル以下の低振動数の振動、後者をそれ以上の高振動数の振動と区分してもよさそうである。

有限自由度系の振動にはいわゆるばね上質量（車体）の上下、左右、前後振動とピッチング、ローリング、ヨーイングの回転振動、ばね下質量（車輪など）の上下、前後、左右振動とワインドアップ、トランプ、ジョーなど回転振動がある。このほか操縦系統の振動にフラッタ、ウォブルおよびシミーなどがあって、一般に路面からくる外乱によっておこる強制振動が多いが、中にはウォブルやシミーのように自励振動的のものもある。

これに対して無限自由度系あるいは連続体の振動としては車体のねじりあるいは曲げ振動、動力伝達軸系のねじり振動あるいはふれ回り運動などがある。これらは走行中の外乱によるものよりもむしろ機関の発生するトルク変動、ピストンなど往復質量の運動、クランク軸の回転運動およびねじり振動、プロペラ軸のふれ回り運動などによる慣性力またはモーメントによるもので、一般に高速走行のとき振動問題を誘起する。

これらの振動のうち有限自由度系の振動はかなり研究され解決されているが、連続体としての振動はほんの一部が研究されているだけで、しかも自動車の高速化にともない騒音の問題とも関連してかなり深刻な問題を生じており、今後早急に解決しなければならないことである。

ここでは戦後筆者らが関係した研究を回顧しながらこれらの問題点に触れてみようと思う。

## 2. 有限自由度系の振動と乗心地の研究

昭和 22～23 年頃の国産自動車には振動乗心地の見地からする設計上の考慮が認められないようであった。この点でなんらかの向上をはかりたいものと考えて、昭和 25 年故小川教授を中心に生研・工学部・工大・鉄研などの有志が業界に協力を呼びかけ、トヨタ自動車・日本発条・萱場工業の参加を得て研究会を組織した。この研究会は

自動車の振動緩和に関する研究の課題のもとに文部省の科学試験研究費補助金の交付を受け、自動車の振動、とくに上下振動および乗心地に関する研究に着手した。

この研究では上下振動乗心地を向上するため懸架装置に与えるべき最適値の決定、機関加振力の車体に対する伝達率を減少するための機関弾性支持および乗心地の定量的評価などの成果を挙げた。理論的には上下振動をばね上質量およびばね下質量からなる 2 自由度振動系としてその過渡振動および強制振動を解析し、最適な懸架ばねのばね定数、ショックアブソーバの減衰係数比およびタイヤばね定数を求めた。つぎに実験的解析として理論的に求めた最適値と、それより大きい値および小さい値をもったそれぞれ 3 種類の懸架ばねおよびショックアブソーバを試作し、タイヤについては試作不能のためタイヤ圧を変更することによって、実験車 SDF 車によって解析を行なった。このため戦後に最初の実物振動実験用シャシーダイナモを当所に設備した。またこの試作ばねには筆者がさきに発表した設計理論に基づく 3 枚ばねを用い、これが有害な摩擦がきわめて少なくしかもばね定数を十分低下でき、また強度的に十分なものであることを実証した。またショックアブソーバに与える減衰係数比の決定法が求められたほか、びびり振動の伝達を絶縁するためにばねおよびショックアブソーバ取付部にゴムを使用することがきわめて有効であることが示された。

つづいて昭和 27 年自動車技術会ばね技術委員会を中心に 3 枚ばねの実用化研究を行ない、当時の国産乗用車 4 車種に対してばねを試作実験し、乗心地の向上と 3 枚ばねの実用性を確認し、今日の国産乗用車のほとんどすべてが用いている 3 枚ばねの基礎を作った。ばね技術委員会ではさらに昭和 28 年からバス用ばねの軽量化をはかり、数車種のバスについて 5～6 枚の板からなるいわゆる軽量ばねの試作実験を行ない、バス用ばねの板数の減少とそれによる乗心地の向上と価格の軽減をはかり、それが実用可能であることを示した。

昭和 29 年ばね技術委員会は懸架装置委員会と名を改めショックアブソーバの研究に着手した。当時ショックアブソーバは片効き形式のものが大部分であったが、理論的にはむしろ両効き形式の良い面が多いようであるので、両者の効用を調べるため両効きショックアブソーバ

を数種の乗用車について試作研究を行ない、今日の両効きショックアブソーバの基礎を作った。同委員会は引き続き振動乗心地委員会として外国乗用車の振動および乗心地の調査研究を行なって今日に至っている。

これらの研究において上下振動の点では、懸架ばねおよびショックアブソーバは理論的にも実験的にも一応研究しつくされたというところまでに進んでいるが、もっとも乗心地に影響を与えるタイヤについては試作および実験解析を行なうことができなかったのが残念である。乗心地の見地からするタイヤへの要求は上下剛性は軟らかく、左右剛性は高いというきわめてむずかしい要求であるが、タイヤの研究が進歩してこのような解答を出してくれることを望むとともに、今後なんらかの機会にタイヤメーカーの協力を得て研究してみたいと思う。

国産乗用車の懸架装置はこのように自動車、ばね、ショックアブソーバなどのメーカーが協力して研究を進め発展を続けてきたが、一方懸架方式も従来の車軸懸架方式から脱皮して独立懸架方式をとくに前輪に対して採用するようになってきた。そして昭和30年国産車として初めて乗用車らしい車としてトヨペットクラウンが発表された。この車は前輪にコイルばね独立懸架方式、後輪に3枚ばね車軸懸架方式を採用したもので、それ以後りっぱな国産乗用車が続々と出現してきている。

つぎに懸架ばねだけを考えよう。すでに述べたように懸架ばねとして要求されるばね定数を与えるものであれば金属ばね、ゴムばねあるいは空気ばねなどどれでもよいのであるが、金属ばねが依然大部分のものに用いられている。しかし金属ばねでも従来の重ね板ばねに対してコイルばねやトーションバーが次第に進出してきて、たとえば1954年頃の乗用車と1960年のパリの自動車ショーで見た乗用車のばねの種類を示すと下表のようになって、金属ばねとくにコイルばねおよびトーションバーの進出が目目される。

前輪懸架ばね			後輪懸架ばね		
	1954年	1960年		1954年	1960年
コイルばね	52 %	65 %	板ばね	60 %	65 %
横置き板ばね	20 %	13 %	トーションバー	10 %	12 %
トーションバー	15 %	18 %	コイルばね	6 %	16 %
その他のばね	13 %	4 %	その他のばね	24 %	7 %

懸架装置に対する上下振動乗心地からの要求とともに、さらに車両の高さを荷重変化にかかわらず一定に保つこと、または運動状態あるいは路面状態にかかわらず車両の水平を維持することという、いわゆる高さ調整および水平制御の要求がでてきた。また同時に荷重変化に対してばね上振動数が変化しないようにとの要求も現われてきた。このような要求に対して出現したものにシトロエンDS19のように油圧ばねを用いて油圧で制御するもの、パッカードのように金属ばねを電氣的に制御す

るものなどと、とくに脚光を浴びたものに空気ばねがある。空気ばねはこれらの要求をすべて満足し得るので、一時は米国においてバスはいうまでもなく乗用車にも流行したが、高価なことと整備維持の問題で伸びなやみ、一応米国では失敗の声が高い。しかしわが国ではバスに実用されその研究も盛んである。空気ばねが価格の問題を解消し、性能上の欠陥を克服することができれば、今後の発展が大いに期待されよう。一方金属ばねの適当な組合せとサーボ機構によって高さ調整やばね上振動数の制御を行なおうとする試作研究も行なわれていて、その将来を期待したい。懸架ばね自体もこれらの要求を近似的にも満たすような非線型特性を与える研究が行なわれており、実用化の域に達しているものもある。自動車の乗心地の研究としてはこのようないわゆるサスペンションコントロールの問題が今後の大きな研究問題であろう。

乗心地の要求はとくに懸架ばねに軟らかさを要求するが、その反面必然的にローリングの問題を生じてくる。これを防止するためには良いスタビライザーがほしい。現用されているスタビライザーはローリング防止を十分にしようとする、上下振動を害する傾向にあるので、スタビライザーに与えるべき荷重特性をローリングのみ抵抗して純然たる上下振動に影響しないようにしなければならない。このためには従来の金属スタビライザーの荷重特性を適当に選ぶ工夫をするか、油圧式スタビライザーにしてローリングだけに抵抗するようにすることなどが考えられる。筆者らが研究したショックアブソーバとスタビライザーを兼用するいわゆるアンチロールダンパはこの問題を上手に解決したもので、正常の走行状態ではショックアブソーバだけの役をし、ローリングをおこす運動中だけスタビライザーの役をする。現在バスに実用されているが、今後自動車の高速走行を考えると、この種の適当なスタビライザーの研究製作されることが望まれる。

ローリングとあいまってヨーイングの問題が高速走行のときの安定性の重要な因子となる。しかもこれは操縦系統の振動と関連するのであるが、現在は操縦系統の振動だけが解析されているに過ぎない。これらの高速時の安定性に関する問題は今後ぜひ解決しなければならない問題と思う。

### 3. 無限自由度の振動と騒音の研究

自動車の高速化にもなると車体弾性振動とそれに関連して騒音の問題が一般の関心を惹いてきた。ことに国産車を輸出して外国で80~100哩/時の速度で連続走行すると、これが大問題でとくに乗員におよぼす影響は大きい。国産乗用車は走るという点ではそれと同程度の外国車と比べて優るとも劣らない域に到達しているといえよう。しかし車の優劣を総合的に判定する最後の評価は

この振動および騒音でなされ、その点では残念ながら落第に近いものといえよう。このため近年高速時の振動および騒音の研究がきわめて活発に行なわれている。

すでに述べた振動緩和の研究会で、鉄研松平博士は機関振動が車体振動を誘発して乗心地を著しく害することから、機関を防振ゴムで支持することによって機関振動の車体への伝達を少なくすることを提案され、それに有効な傾斜支持法の理論を発表された。これに基づいて防振ゴムを試作して機関を支持し、実験的解析の結果もきわめて有効なことを示した。以来国産車はほとんどがこの方法を実用して今日に至っている。

しかし高速走行時の振動にはこの防振支持だけではおさえきれないものがある。この方法は機関の爆発力によるトルク変動などによる振動を絶縁するのに有効であるが、機関および動力伝達軸系の慣性力によるものを絶縁することができない。したがって単に機関だけを支持する理論研究では解析できないので、動力伝達機構全体を考えて車体への伝達率の研究およびその低減法を考えることが必要である。このように車体振動の加振源を除きあるいは減少できたとして、車体の構造あるいは剛性、また固有な減衰などの研究によって局部的にも共振を避けることが必要になるが、これらの研究は今後にまたなければならぬ。またそのためには防音のこの目的にかなった実物振動試験台が必要であろう。

なんらかの方法で車体弾性振動とそれともなる騒音を減少し得たとして、つぎにはいわゆるタイヤ騒音の問題が残されている。現在車内騒音は前者にマスクされて後者には気が付かないことが多いが、これもとくに高速では大問題であって、ここにもタイヤの連続体としての振動の研究、タイヤパターンの研究など今後大いに研究しなければならない問題がある。

#### 4. むすび

自動車は振動的にみるとごく初歩の剛体振動の一部が解決されているといって過言でなく、今後研究すべき問題がきわめて多い。しかも多くの問題がいわば泥沼に近いもので、ここに関心を有する多くの研究者技術者が共同して解析的に研究を進めなければ、これらの問題の解決は不可能に近いであろう。しかし戦争直後の振動乗心地的にみた国産車のひどさに比べて今日の国産車のすばらしいことをみれば、過去 10 年間の自動車関係技術者の努力が実ったものとして、そこに多大の誇りと楽しみを見出すであろう。

筆者らは泥沼にみずから入ろうとして、高速時の振動の解析を進めるとともに、この目的に適合した自動車試験台を新しく製作しようとしているので、この問題に関心を有する研究者、技術者のご協力を得たいと思う。

(1961. 3. 6)

## 東京大学生産技術研究所報告刊行

第 10 卷 第 7 号

### 村松貞次郎著：「日本建築近代化過程の技術史的研究」

幕末・明治初年から今日に至る約 100 年間は、日本建築の歴史において、古代に大陸の仏教文化を受容し、摂取した時代にも劣らぬ大きな変革の時代であった。この論文は幕末から大正初期までの時期に重点を置いて、今日の近代建築の成立の事情を技術の歴史から考察したものである。

この時期は、またわが国における近代建築思想やそれに伴う建築芸術運動の開始に先行する時代であった。これを技術の立場から把握することによって、もっともその建築の本質を理解し、次の時代に連続する成果の何たるかを明らかにすることができるのである。こうした建築の歴史の考察方法は、第 2 次大戦後の欧米において急激に力を得たものであるが、わが国においては本研究をもって、初めて一貫した歴史叙述となったものであり、その貢献するところはまことに画期的である。今後の日本近代建築史の研究に必須の資料となるものであろう。

第 1 章：西欧化と近代化、第 2 章：幕末・明治初期の工場建築について、第 3 章：木構造技術の近代化過程について、第 4 章：煉瓦造建築の技術とその影響について、第 5 章：鉄骨および鉄筋コンクリート構造技術導入期における二、三の問題、の各章よりなる。