

# 自動車の振動および乗り心地

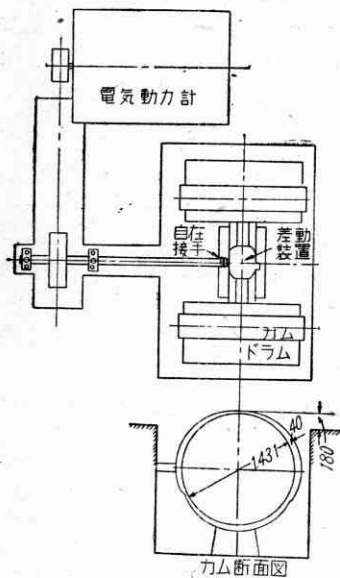
— 自動車試験台による

振動および乗り心地の試験 —

高橋安人・平尾 收・亙理 厚

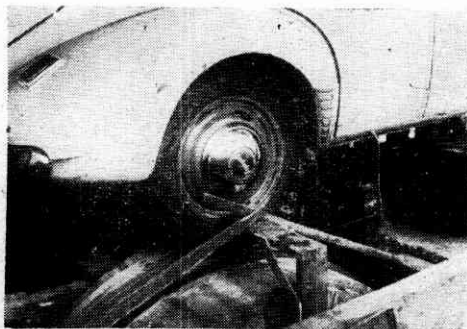
## 1. 自動車試験台

自動車の走行抵抗、振動特性および乗り心地などの研究のため、東京大學生産技術研究所に回轉ドラム式の自動車試験臺を作つた。自動車試験臺は第1圖に線圖的に示すように、主要部は直徑約1400耗の回轉ドラムと200馬力の電氣動力計とからなり、電氣動力計は回轉ドラムを驅動するとともに、自動車側が回轉ドラムを驅動するときの出力を吸収することもできる、回轉ドラムには圓周に沿つて3個の正弦波状カムを取りつけてあり、回轉ドラムが一樣な回轉をするときドラム



第1圖 實驗裝置略圖

上に載せた車に正弦波状の強制變位を興える。振動試験の場合にはたとえば前(後)輪軸固定で後(前)輪をドラム上に載せて試験を行う。この裝置の概觀を第2圖に



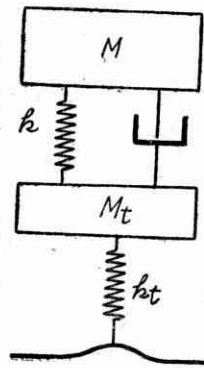
第2圖

示す。振動試験の測定には變位計および加速度計を用いるが、變位の測定には、ばね上質量、ばね下質量の變位および強制變位を摺動抵抗器の摺動子の變位に變え、抵

抗器には一定電壓を興えておいて摺動子と抵抗器端子との間の電位差を電磁オシログラフによつて測定し、これよりばね上およびばね下質量の變位およびそれらと強制變位との間の位相差を測定する。加速度の測定にはチタン酸バリウムを用いた加速度計とペンライティングオシログラフとを用いて記録する裝置が考えられている。

## 2. 自動車の振動、ショックアブソーバおよびばね

自動車は簡単に考へて、車體、前輪、後輪の3質量と4個のばねおよび4個のタイヤとからなるから、その一般運動は18自由度の運動となりかなり複雑である。この中試験臺の試験では前(後)輪軸固定の上左右の運動を除くので、上下運動と水平軸周りの回轉運動(ピッチング)だけを考へるとよく、さらに、簡単にはばね上質量とばね下質量とからなる第3圖に示すような自由度の運動系として扱ふことができる。



第3圖

はいわゆる粘性減衰吸振器<sup>1)</sup>の系と全く同様で、ただばね上質量とばねが主振動系の振動を抑制するために附加した吸振器の系に相當し、見掛け上ばね下質量の系に對する吸振器の役をすることになる。

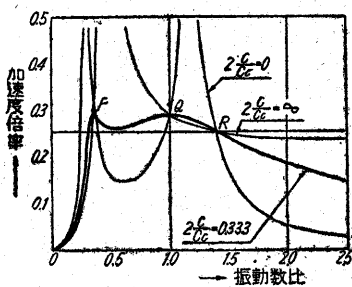
ショックアブソーバの大部分のものは油壓式で、その減衰力が速度に比例するもの、一般には速度の $n$ 乗( $n \approx 0.5 \sim 2.0$ )に比例するものなどがあり、さらに減衰力が常に作用するいわゆる兩効きのものと、たとえばばねおよびばね下の質量が離れるときだけ減衰力が作用し両者が近寄るときには減衰力の作用しない構造のいわゆる片効きのものがある。いずれの型式も現用されているが、その適否を論ずるとなるとショックアブソーバの設

計が強制振動を對象とするか過渡振動を對象とするかでその解釋が異つてくるものと考えられる。自動車のショックアブソーバとしては加速度に應じて減衰力を加減するような型式のものが理想的と思われる。

自動車用ばねにはコイルばね、重ね板ばねおよびトーションバーなどが用いられている。大部分は重ね板ばねであるが、この場合板ばねの板間摩擦は第 3 圖の系で粘性減衰のかわりに固体摩擦減衰を興えるが、吸振器理論からいつて摩擦力の調整が難かしいこととびり振動の一因となることなどのため現在ではこの摩擦のないことが希望されている。このためにはコイルばねとかトーションバーの使用が望まれるが、また重ね板ばねの板数を極度に少くしたたとえば 3 枚ばねで板間を潤滑したものなどもこの線に沿うものである。

### 3. 自動車の乗り心地

自動車の乗り心地としては乗客が受けるのは力であるから當然加速度が問題になる。乗り心地の判定にはいろいろの提案があるが、現在は SAE の乗り心地曲線<sup>(2)</sup>が比較的妥當とされている。それによれば低い振動数に対しては加速度の時間的變化すなわちジャークが、その上の振動数では加速度が、更に高振動数では速度が問題になる。したがつて 1 次共振の近くではジャークが、2 次共振を含めた常用の大部分の振動数範囲では加速度が問題になる。加速度が問題であるとして第 3 圖に示す 2 自由度系に兩効きの粘性減衰吸振器 (粘性減衰係数  $c$ 、臨界減衰係数  $c_0$ ) のある場合、正弦狀の強制變位によるばね上質量の加速度と強制變位の振動数との關係は第 4 圖のようになる。



第 4 圖

すなわちこの加速度の値は減衰係数を一定として強制變位の振動数を變化すると極大値があり、ある減衰係数の値に對してこの極大値の極小がある。

この極小値を求めると、P, Q, 2 點の高さが等しくこれらの點で曲線が極大になるような條件をみたすもので、この條件をみたすようにばね定数および減衰係数を選んだときの加速度曲線が第 4 圖に示すものである。この調整を行つたときの加速度の最大値はタイヤばね定数に比

この加速度は第 4 圖に示すように粘性減衰の値に應じて異なる曲線を描くが、粘性減衰の任意の値について必ず通る 3 點 P, Q, R が存在する。

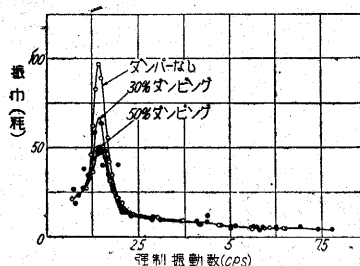
すなわちこの

例するから、この値の小さいことが望ましいとするとタイヤばね定数をできるだけ低下することが必要になる。第 4 圖は實驗に用いたトヨベツト SDF 車の數値を用いて求めたもので、この調整のためには  $k_t = 6.63 \text{ kg/mm}$  であることを要するが現用のものは  $k_t = 20 \text{ kg/mm}$  でこの條件をみたすことができない。たとえば最近の新車ボウクスホールではタイヤばね定数が約  $12 \text{ kg/mm}$  で、トヨベツトの場合にもこの程度のタイヤが欲しいものである。

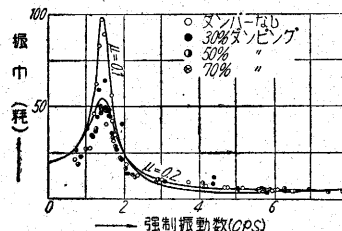
自動車の運動は複雑で單純化した自由度の系としてもその運動は過渡振動と複雑な強制振動の重ね合わせであるから、單に一種類の正弦波狀變位に對する應答のみでは議論はできない。また乗心地の見地からいえば乗客は座席上に腰掛けているから、乗客と座席ばねの系を加えた 3 自由度の系として取り扱う必要もあろう。試動試驗を觀察すると振動数の 1~1.5 cps の所で 1 次共振がおこり、さらに振動数を高めると 2 次共振がおこるがこれはばね下質量系の共振といつてよく、ばね上質量はほとんど静止状態に近い。また 1 次の共振點より少し高い振動数でシートばねによる乗客の共振があり、外部から觀察するとき乗客だけが大きく上下動している。シートの問題は乗心地に大きな影響を及ぼすから、シートのばね定数、減衰力なども大に研究の餘地があろう。

### 4. 試驗台による試驗結果

この試驗臺によるはじめの實驗としてトヨベツト SDF 車にばねとして 10 枚重ね板ばね、コイルばね、3 枚板ばね、ショックアブソーバとして片効きの速度比例型で減衰係数の異なるものなどを用いた車について強制振動實驗を行つた。コイルばね使用の場合についてはばね上質量の變位と強制振動数との關係を求めると第 5 圖のようになり、ショックアブ

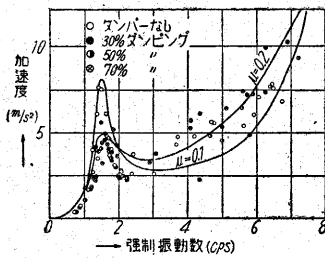


第 5 圖 FC ばね上共振曲線

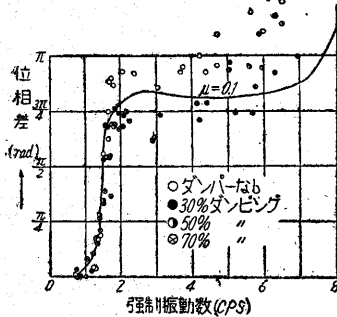


第 6 圖 FC ばね上共振曲線

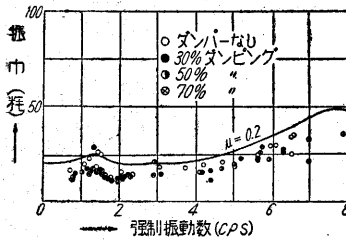
り、ショックアブソーバの有無による共振曲線の差が認められる。この場合測定結果と理論値 (圖中  $\mu = c/\sqrt{Mk_t}$ ) とを示すとばね上變位 (第 6 圖)、ばね上加速度 (第 7 圖)、ばね上變位と強制變位の位相差 (第 8 圖) ばね下變位 (第 9 圖)、ばね下加速度 (第 10 圖)、ばね下變位の位相差 (第 11 圖) のようにな



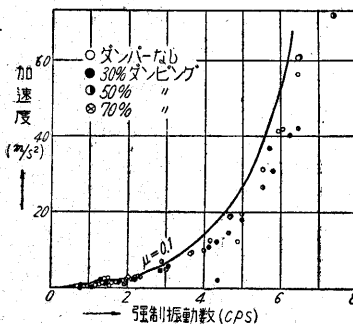
第7圖 FCばね上加速度曲線



第8圖 FCばね上位相差曲線



第9圖 FCばね下共振曲線



第10圖 FCばね下加速度曲線

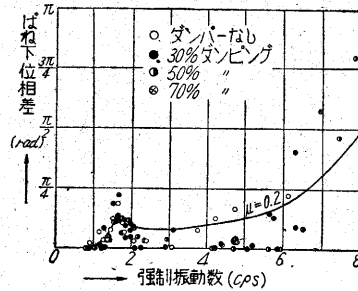
試験を行つて見た。これが乗心地との直接の關聯となると疑問の點も多い。また實際の走行状態とこの試験がどんな關聯をもつかにも多くの議論がある。實際の場合にはおそらくこのような苛酷な振動状態になることはほとんど経験されないであろう。またショックアブソーバの設計などに際しては強制振動が全てではなくむしろ過渡振動が問題であるとする人もあろう。ただこの實驗か

る。これらを見るとショックアブソーバなしの場合がほぼ減衰係数比  $c/\sqrt{Mk_t}=0.1$  の場合に相當し、30%ダンピングものがほぼ  $c/\sqrt{Mk_t}=0.2$  の場合に對應する。したがつてこの系に固有な減衰が  $c/\sqrt{Mk_t}$  で0.1程度あり、使用したショックアブソーバの減衰の影響が  $c/\sqrt{Mk_t}$  でほぼ0.1程度あるといえよう。

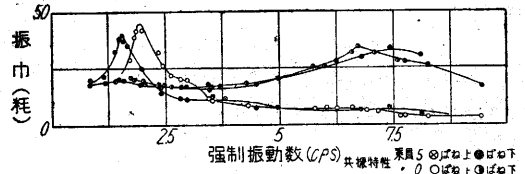
次に重ね板ばねを使用した場合の實驗結果も全く同様で、この場合には板ばねの板間摩擦の影響を含めて系に固有な減衰が  $c/\sqrt{Mk_t}$  で0.15程度になつている。これらの實驗は乗員5名を乗せた實驗であるが乗客なしの場合について實驗を行つて見た。このときのばね上の變位を第12圖に示すが、乗員の有無による共振點の移動が認められる。

自動車の振動特性を調べるために

試験臺による振動



第11圖 FCばね下位相差曲線



第12圖 重ね板ばね使用。乗員5名および乗員なしの場合

外に、發動機の振動もあろうしこまかいびり振動のようなものもある。このように問題はきわめて複雑で多方面からの研究が必要であるが、この試験臺による研究も非常に複雑な問題の一端に取りついたものと解釋されるべきものである。

5. む す び

終りにこの試験臺を製作するに當つての當所兼重所長はじめ所員ならびに國鐵大井工機部長加藤一郎氏の御好意、および自動車振動緩和研究會の委員諸氏の御好意に厚く感謝の意を表する。(27.4.30)

文 献

- (1) Den Hartog, Mechanical Vibration.
- (2) Janeway, SAE Journal 8/1948

第42回自動制御研究會

日 時	4月22日(火) 午後1~4時
場 所	學士會館(赤門前)
出席者	52名
發 表	1. 文献紹介“Instrumentation” 遠山氏(工業試験所) 2. “二段ロトロールの解析” 野本氏(中大) 3. “制御應答の減衰性に關する覺書” 伊澤氏(東大) 4. “電氣式燃焼計の偶感” 安永氏(理化電機)
次 回	5月20日(火)學士會館 午前10時~午後4時