

自動車の走行抵抗に関する実験

平 尾 収・大 谷 建 一

1. ま え が き

さきに本誌第 6 巻第 8 号に自動車試験台を使用して自動車の走行抵抗を測定する方法について述べたが、その後この方法により小型乗用車 (トヨペット SDF) を用いて実験したのでその結果について報告する。

2. 試験台による推力の測定

自動車の推力は、その機関のトルクがクラッチ、変速機、推進軸、終減速機、差動機および車軸を経て車輪に伝達されることにより生ずる訳であるが、この間に損失を伴う。これ等の損失を次のように分けて考えることにする。すなわちクラッチおよび変速機の損失トルク、推進軸および接手の損失トルク、終減速機および差動機、車軸の損失トルクをそれぞれ後車軸上の値に換算したものを ΔT_m , ΔT_p , ΔT_f とする。機関の出しているトルクを T_e とし総減速比を i とすると駆動軸のトルク T は

$$T = iT_e - (\Delta T_m + \Delta T_p + \Delta T_f) \text{ kg-m} \dots\dots\dots (1)$$

となる。ここで駆動輪の有効推力を F_i 、駆動輪の有効半径 r m, 駆動輪タイヤと路面の間の転がり抵抗を F_r とすると $F_i = T/r - F_r$ kg $\dots\dots\dots (2)$

一方自動車が路上を一定の V km/h の速度で走っている時の全抵抗を F とすれば

$$F = F_f + F_r + F_a \text{ kg} \dots\dots\dots (3)$$

ただし F_f = 前車輪の転がり抵抗, F_r = 後車輪 (駆動輪) の転がり抵抗, F_a = 空気抵抗である。従ってこの時の自動車の駆動軸トルクを推力に換算したものと全抵抗 F が釣合っている故

$$T/r = F_f + F_r + F_a \text{ kg} \dots\dots\dots (4)$$

従って駆動輪における有効推力 F_i は (4) 式を (2) 式に代入して

$$F_i = F_f + F_a \text{ kg} \dots\dots\dots (5)$$

となる。すなわちこの方法によって求められる走行抵抗は、前車輪の転がり抵抗と空気抵抗の和である。従って全抵抗を知るためには後輪の転がり抵抗を別の方法で測定して加えなければならない。しかし実際には後輪の転がり抵抗を終減速機や推進軸の抵抗から分離して求めることは困難なので変速機を中立にしておいて試験台上でモータリングを行ない、この時の抵抗をもって後輪の転がり抵抗とみなす場合が多い、しかしこの時の抵抗は厳密な意味における転がり抵抗 F_r ではなくこれに変速機のメインドライブシャフトの空転の抵抗 $\Delta T_{m0}/r$, 推進軸および終減速機の同じく空転抵抗, $\Delta T_{p0}/r$, $\Delta T_{f0}/r$ を加えたものである。しかしこれを上記の F_i に加えたものは丁度惰行試験によって求める走行抵抗に相当するものになる筈である。ここで注意すべきは、この時の ΔT_{m0} , ΔT_{p0} , ΔT_{f0} の値が (1) 式中の ΔT_m , ΔT_p , ΔT_f とどのような関係にあるかは明らかでないが、

$\Delta T_{m0} < \Delta T_m$, $\Delta T_{p0} < \Delta T_p$, $\Delta T_{f0} < \Delta T_f$ であることは間違いないように思われる。

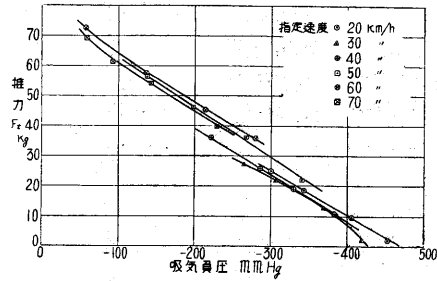
次にさきに本誌に発表した時の試験台の測定用秤は最少目盛 2 kg であったがこのままで走行抵抗試験を行うにはやや精度不足で、転がり抵抗係数の変化を $\Delta \mu r = 0.001$ まで知るには、推力を 0.1 kg まで読みとることが必要である。そこで秤を最少 0.1 kg まで測定可能な物に交換し初期荷重も秤の部分に釣合錘りをつけ約 50 kg に改造した結果、感度も増大し測定に際して外部から軽くふれたり、乗員が姿勢を変えるだけで影響を受けるほどで、また指示の振動に対し桿の部分に簡単なオイルダンパーを設けて振動を除く事が出来た。推力測定の際、試験台の秤に直接表われる値は予め与えられている初期荷重を含んでいるから、実際の推力を求めるためには秤に表われた停止中の初期張力 (これをゼロ点と呼ぶ) を測定する必要が生ずる。すなわち、ある点の秤のよみを F_n としゼロ点のよみを F_0 とすれば、推力 F_i は、次式で表わされる。

$$F_i = F_n - F_0 \text{ kg}$$

この後の値は、試験台および自動車各部の摩擦を伴うためになかなか測定しにくく、今後さらに検討を要する点もあるが、今回は、実験直後、各部の暖かい中にドラムを極めて静かに前進方向および逆方向に回転しそのよみを数回取り平均した。この方法によると前進方向と逆方向の差約 10 kg, (この値の $\frac{1}{2}$ が速度 = 0 のときの後輪のころがり抵抗と考えてよい) また各測定値の誤差は 3 ~ 4 % 内にはいる。この回転方向による差は、自動車の摩擦により、また各測定値の差は、主としてタイヤとドラムの歪によるものと考えられる。実験に当っては試験車の変速機および差動機内の油温を測定するため、各注油口を利用して熱電対 (銅-コンスタンタン) を取り付け、運転台に計器を設け、スイッチの切換えて両方読めるようにした。燃料は市販ガソリンでコック無しの 12 cc x 2 のひょうたん型自働ピュレットを気化器に直接つなぎ消費量を測定した。したがって気化器入口の燃圧は 0 であるが、最高速度 (70 km/h) の時だけポンプで約 0.05 kg/cm² の圧力に調整してエンジンの不調を防止した。速度は後車輪に 3 接点のコンタクトブレーカーを取りつけこのパルスを分類記録装置に入れて、燃料消費率の測定と同時に回転数を読みとるようにした。吸気圧力は、吸気多岐管よりパイプで導き最小指度 -10 mmHg の空盒式吸気圧力計と最低指度 20 m のアネロイド式気圧高度計を併用して測定した。このために普通型の圧力計では読みとり難い -1 mmHg まで測定出来た。エンジン冷却は、放熱器下部より水道で水を入れ上部の給水

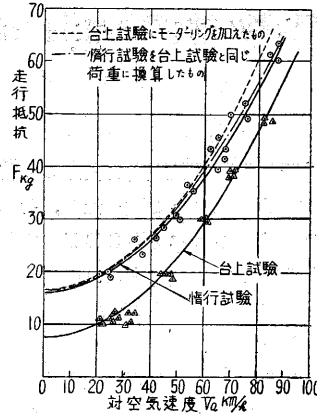
口から、余分な水をポンプで吸出して水位を常に一定に保ち別に送風機は用いながったが、実験中常に 80°~85°C に保つ事ができた。タイヤ空気圧力は試験開始前 4 輪とも 35 LBS/□ に合わせたが実験終了直後は 38 LBS/□ 程度に増加していた。荷重は乗員 1 名のほか前床に 55 kg 後床に 110 kg とし計器その他を含めて全備重量 1438 kg であった。

実験を始める前に暖機運転を 40 km/h の速度で 40 分間行い、エンジン水温 80~85°C 変速機および差動機 40~45°C のほぼ一定になってから、引続いて測定に移り、スロットルを固定して後約 1 分間の定状運転を行って推力、吸気圧力、速度、燃料消費率、タイヤ中心の移動を計る。この際どの速度でも最初軽荷重から少しずつ荷重を増加した後再び元の状態にもどすと、同じ吸気圧力に対し第 1 回目は常に推力が低く、第 2, 第 3 回と回を重ねるごとに、ほぼ一定の値に近づいてくる。従って第 1 図は、おのおの 3 回ないし 4 回測定し定状になったところの値を示す。またタイヤの中心は実験前にドラム



第 1 図 推力-吸気圧線図

中心と正確に合わせることが、困難でかえって測定上誤差を生じることを恐れたため、その量が最大 7 mm の微小量であったので、次のような方法で修正したがこの点は今後さらに検討するつもりである。すなわち各測定点におけるタイヤ中心の移動距離をカセットメーターで読みとりゼロ点測定の際に同様な方法でタイヤの前進距離とゼロ点の値との関係を、グラフに作り運転中の各測定点のずれに相当するゼロ点位置を入れて推力を求めた。さらに運転中のタイヤ有効半径は、速度の速いほど大きくなり 70 km/h で約 5 mm 増すが速度に換算して約 1.1 km/h であるから実験の性質上修正を行わなかった。路上試験は機械試験所第 4 部コンクリート平坦路の直線道を Top gear にて、70 km/h より 10 km/h 毎にスロットルを合わせて固定し吸気圧力計の指度が十分定状化した所で、対地速度、吸気圧力、燃料消費率を台上と同じ方法で測り、また予め較正したロビンソン型対車風速計を自動車の約 1.5 倍の高さに取りつけ対車風速を同時に測定した。そしてコースを左廻りに走り往復に相当する実験を数回づつ行った。なお暖機運転は約 60 km/h の速度で 10 km 走行しエンジン水温 80°~85°C 変速機、差動機油温 30°~40°C に保ちつつ測定を行い、得られた値を第 1 図に入れ走行抵抗を求め対車風速を対気速度とみなして横軸にとれば第 2 図の如くなる。



第 2 図

別に同じ試験車で惰行試験により走行抵抗を求めた結果を同図○印で示す。この方法は路上試験と同じ道路上に原点より 50 m, 100 m, 200 m の惰行測定区間を設け各点に受感ゴム管をおき自動車は指定速度で原点を通過する 2 秒間ぐらい手前でクラッチを切り変速機を中立として指定初速度 20 km/h より 50 km/h までは 50 m, 100 m 区間, 50 km/h 以上では 100 m, 200 m 区間の惰行所要時間を分類記録装置によって $\frac{1}{100}$ 秒単位で計った。同時に対車風速を前述と同じ方法で計った。そして減速度を各惰行区間の平均速度の差より求めて走行抵抗を計算した。暖機運転は前述の路上試験に準じ各部の温度もほぼ同じであった。測定値は最大およそ 15% 程度の誤差はまぬかれないようである。これはさらに距離を適当に選ぶことにより精度向上を計ることが出来ると思われるが、多数の実験を行って平均すればこのままでも一応走行抵抗と対気速度との関係を求めることが出来る。ここで台上試験を用いて求めた走行抵抗と惰行試験によって求めたものと比較すると、次の如く

$$\text{台上試験では } F = 0.0098 G_f + 0.0036 \cdot A \cdot V_a^2$$

$$(G = 1484 \text{ kg}, G_f = 765 \text{ kg})$$

$$\text{惰行試験では } F = 0.011 G + 0.0035 A V_a^2$$

$$(G = 1438 \text{ kg})$$

(ただし F = 走行抵抗 kg, G = 自動車の総重量 kg, G_f = 自動車の前輪荷重 kg, A = 自動車の前面投影面積 m^2 , V_a = 対空気速度 km/h) 前者の方が小で速度との関係を表わす曲線はほぼ平行にずれている。この差は前述した $F_r + \Delta T_{m0}/r + \Delta T_{p0}/r + \Delta T_{r0}/r$ と考えられるから別にモーターリングして求めたものを加えると、 $F = 0.011 G + 0.0040 A V_a^2$ となる。ただし惰行試験の際の自動車総重量は台上試験の際の総重量に比して約 50 kg 軽いから惰行試験による走行抵抗を台上試験と同じ荷重条件に換算すれば鎖線の如くなり両者はほぼ一致する。すなわち本実験の如くドラムの曲率が比較的大きい場合は転がり抵抗係数は実際路面とあまり異ならないと考えてよさそうである。

4. あとがき

今後検討を要する点として台上試験では、ゼロ点の決定と駆動輪中心の前進より起る推力の誤差の補正、路上試験では、対車風向計による横風の影響の測定、等をあげることができる。引き続きトルクコンバーター付自動車を用いて走行抵抗に関する実験を行う予定である。

(1955. 5. 25)