

自動車の据切りおよび低速時の操舵トルク (第1報)

On the Steering Torque at Static State and Slow Speed (Part 1)

小 口 泰 平

1. 緒 言

自動車の舵の重さには、種々の因子が考えられる。たとえば、操舵機構の歯車比および効率、タイヤ荷重、タイヤの接地長さおよび幅、走行速度、操舵の速さと角度、ステアリングアライメント等によって影響される。そこで数種類の車について、これらの各因子が舵の重さにそれぞれどのような影響を与えるかを実験によって求めてみた。今回の実験は、場所や設備の関係から、低速(約10 km/h 以下)の場合についてのみ行なった。

2. 操舵トルクに及ぼす主要因子

操舵トルクに及ぼす主要因子としては、つぎのものが考えられる。

(1) 路面とタイヤとの間に作用する摩擦 静止している車を操舵して、タイヤの鉛直軸まわりにトルクを加えると、最初接地部分は、路面に粘着したままでリムだけが操舵方向にむき、タイヤは振り変形を起こす。さらにトルクを増してゆくと、接地端から中心に向かって次第に迂り面が広がり、ついには接地部全体に及び、この時のトルクが最大摩擦トルクすなわち据切りトルクとなる。この状態で車の速度を徐々に増してゆくと接地中心に再び粘着面が現われ、これが接地端の方向に広がり、やがて迂りのない転動となり操舵トルクは小さくなる。

(2) 操舵に伴う自動車の重心高の変化 一般にキングピン軸は、キングピンアングルおよびキャストをもっている。このため転舵に伴い持ち上げ運動を行なう。路面を基準にして考えると、車体は持ち上げられ、操舵力の一部は、位置エネルギーとして残り、これが操舵装置に復元性を与える。この運動すなわち重心高の変化を与えるために要するトルクが操舵トルクの一部となる。

(3) 旋回に伴う操舵輪のセルフライニングトルク 旋回により、横方向の力が転動しているタイヤに加わると、横迂りによりコーナリングフォースが起こりこれに伴い[ニューマチックトレール+キャストトレール]によりセルフライニングトルクが生ずる。これが走行時の操舵における舵の重さを大きく支配するものである。

(4) 操舵機構内の摩擦 キングピン、歯車、リンク等の摩擦は、固体摩擦と粘性摩擦とが含まれており、静止状態にある操舵系が動き始める時の値は、主として前者の静止摩擦力によってきまり、運動状態にある時の値は動摩擦力と粘性摩擦力との和となる。一般には、固体摩擦の成分が大きい時、静止状態における操舵トルクが大きくなる。

(5) 操舵系の慣性 操舵系は、回転運動をする部分(ステアリングホイール、ウォーム、またはキングピン回りに回転するものとして前輪、ブレーキドラム、主軸等)と、ほぼ直線運動をする部分(タイロッド等)とから

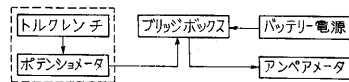
ら成っている。これらの慣性は、特に操舵速度が大きい時この影響を無視することはできない。普通は、ステアリングホイールの影響が大きい。

(6) この外、振りばね、シミーダンパ等を有する場合には、それらに基づく弾性。

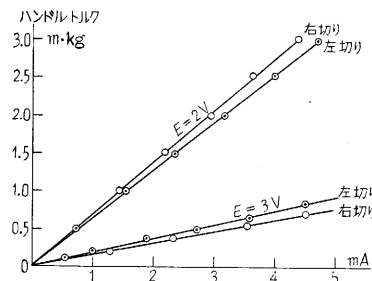
そこで、操舵トルクについて論ずるには、これらの因子の性質をそれぞれ解析しなければならない。

3. 実験方法

実験は、静止状態と運動状態とに分けて行なった。操舵力の測定には、ポテンシオメータを組み込んだトルクレンチを用い、第1図のブロック線図に示すようにした。トルクレンチの特性は第2図に示す。



第1図 測定計器ブロック線図



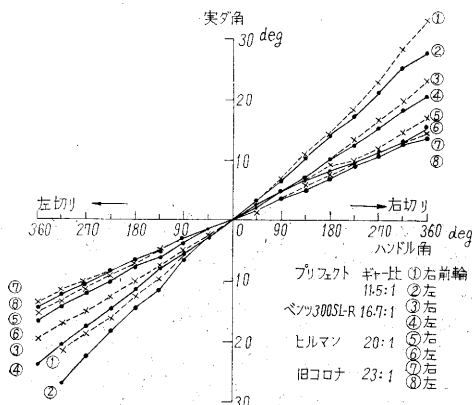
第2図 トルクレンチの特性

まず据切りの実験は、最大許容トルク 4.6 mkg のトルクレンチをセットしたダミーステアリングホイールを一定角速度(0.7 rad/sec)で操舵し、その時の操舵トルクを測定した。また操舵機構内の摩擦トルクの測定には、センターレスターニングラジアスゲージを用いた。

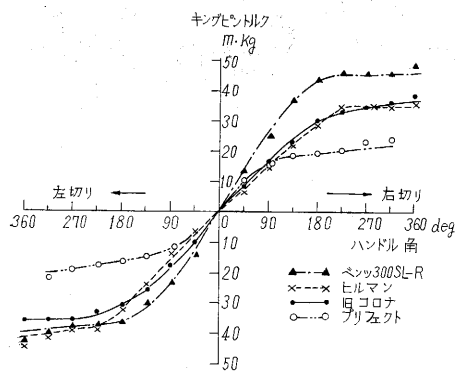
低速時の場合は、最大許容トルク 2.3 mkg のトルクレンチを用い、一定車速(1 km/h~10 km/h 迄)を保ちつつ、一定角速度(2.0 rad/sec)で π rad 操舵した時の各車速における操舵トルクを測定した。なお車速の算出は、簡易残跡装置による距離と時間の関係から求めた。

4. 据切り実験値

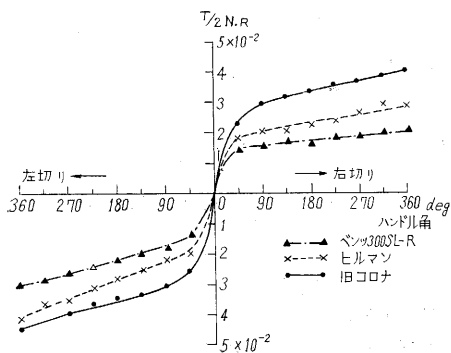
第3図は、ターニングラジアスゲージにより、オーバーオールレシオを求めたものである。内側輪実舵角>外側輪実舵角の関係があることは、測定値からも知ることができる。第4図は、標準状態の下で、コンクリート路面における据切りトルクを測定したもので縦軸は、オーバーオールレシオでハンドルトルクをキングピン回りのトルクにおきかえたものである。ほぼハンドル角180度くらいで接地部全体が迂り一定の値になっていることがわかる。第5図は、操舵系の動摩擦トルクを測定したものである。この値には、センターレスターニングラジアスゲージの摩擦トルクとハンドル角速度 0.7 rad/sec による操舵系の慣性トルクが含まれている。したがって、



第 3 図 ハンドル角-実舵角



第 4 図 据切りトルク

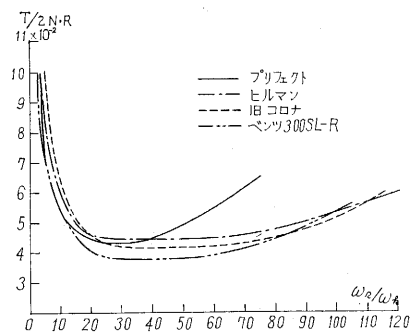


第 5 図 操舵系の動摩擦

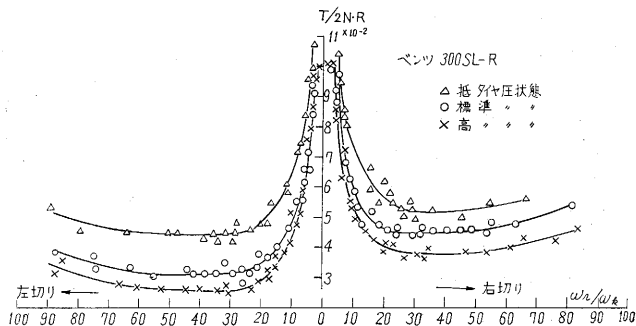
これらのトルクを差し引けば、操舵系の動摩擦トルクが得られるものと考えられる。

5. 低速時の操舵トルク

第 6 図は、低速時の操舵トルク特性を示す。縦軸は、〔キングピントルク / (前輪荷重 × タイヤ半径)〕横軸は、〔前輪回転角速度 / キングピン回り舵角速度〕とし両者とも無次元にしている。なお左切り、右切りの平均値である。一般に車が動き始めると摩擦トルクからセルフライニングトルクに変遷するため、操舵トルクは急速に小さくなり、一定値 (操舵系の摩擦トルク + 慣性トルク



第 6 図 低速時の操舵トルク特性



第 7 図 タイヤ圧変化による特性

に漸近する。そして、強い旋回を行なうと再び操舵トルクは大きくなる。ここで特にプリフェクトだけが大きく右上がりになっているのは、オーバーオールレシオが他の車の約 1/2 のため、ハンドル操舵角 π rad による実舵角がほぼ 2 倍となる。その結果、セルフライニングトルクが増し、操舵トルクが大きくなるものと思われる。第 7 図は、前輪タイヤ圧を変えた場合の影響を測定したものである。標準タイヤ圧の $\pm 30\%$ で圧力を変えると、低压時の接地長さは、180 mm、標準圧 170 mm、高压 150 mm (スタンプ方式による測定) となり、タイヤ圧の減少すなわち接地長さの増大に伴い操舵トルクは増す。左切り、右切りの相違は、左右アライメントの誤差によるものかと思われる。

6. 結 言

舵の重さの主要因子と思われるものを、静止および運動状態につき測定し、少しく考察した。つぎの段階としては、さらに他の車に対しても試験を行なうとともに、計測器の開発および各実験値の詳しい解析を行ない、つぎの機会に述べたいと思う。(1962 年 11 月 12 日受理)

文 献

- 1) 平尾収・稲葉正太郎共著：自動車性能論 三栄書房
- 2) L. Segel: "Research in the Fundamentals of Automobile Control and Stability" SAE Trans. Vol. 65 1957
- 3) D. W. Whitcomb and W. F. Milliken: "Design Implications of a General Theory of Automobile Stability and Control" Auto. Div 1957
- 4) 平尾収・近藤政市外：自動車ハンドブック, 朝倉書店
- 5) 平尾収・近藤政市外：理論自動車工学, 山海堂