トヨタ技術

第1卷 第1號　　昭和23年3月

目　次

発刊の辞……梅原半二

論　文・報告

自動車にかゝる負荷に関する一考察（自由落下の場合の負荷に関して）……長谷川龍雄　秋山一郎……1

横方向から力を受ける自動車の走行安定……入谷宰平……8

シリンダーボアの歪に就て……原田拓郎　山田史郎……11

資　料

自動車前照灯が具備すべき光度と自動車前照灯に関する参考資料……石原勇……17

型鍛造品設計への一考察……有馬宏成……21

SA型乗用車に就いて……内山田亀男……26

雑　録

BM型トラック仕様書……31

トヨタ自動車工業株式会社住所一覧……32

投稿規定……32

トヨタ自動車工業株式會社

發　刊　の　辭

トヨタ自動車工業株式会社　技術部長　工学博士　梅　原　半　二

我々トヨタ技術者の宿願であつたトヨタ技術創刊号が世に出たのは昭和二十一年八月であつた。是に続き第二号第三号が順次発行せられる予定であつたのであるが，種々の支障により遺憾乍ら続行不可能となり中絶のまま一年半を経過して了つた。当時は設計研究方面よりは木曜会，現場方面よりは七日会が夫々積極的に参加して発行に任じたのであるが，両團体は昨年九月合流し，トヨタ技術会として発足を見，研究発表会討論会講座等と廣般な活動を開始するに至つた。ここに是等の活動を記錄し，研究実験の成果を報告発表するトヨタ技術復刊の要望が昂まり，今や再刊第一号を世に送る運びとなつたのである。

顧うに自動車工業は敗戰日本に残された随一の綜合重工業であつて，是の育成にこそ日本の最高技術が傾注せられねばならない事は論を俟たない所である。然るに我が自動車工業は何分にも創業以來日尚浅く此処に働く技術者も亦年若く，終戰以來頓に充実を加えてその成果は高性能BMトラックとなり優秀トヨペット車となつて各界の期待に副い得たとは言え，是を先進工業國のそれと比較するならば尚多くの点で今後の努力に俟たねばならない事を知るであろう。しかも我が國の技術界は第二次大戰以來世界的の文化交流の圏外に置かれ原子時代にまで到達したその空氣には未だ触れ得ないのである。我々の行手には幾多の困難があるであろうが，幸いトヨタ技術会を中心とする技術者の積極的な研鑽は將來必ず見るべき成果を挙げ得るものと期待する。

創刊号は社内だけの配布にとどめたが，再刊に当つては之を廣く社外の自動車関係者にも配布し，共々に我が自動車工業の発展のため進みたいものと考えている。我々はもとより会社の一員として，營利の追求に関與している事を否定するものではないけれども，此の雜誌に発表せられる限りの内容は嚴に我が國技術の進歩のために我々の良心を以て貫かれたものであり，この種の雜誌に有り勝ちな宣傳的粉飾は全く意図せられて居ない事を誇りたいと思う。読書諸氏に於かれても我々の意のある所を諒とせられ積極的な御批判を賜わらん事を願うものである。

本号の内容には尚幼稚な点も少くなく，体裁に就ても満足とは言い得ないのであるが，將來はSAE Journal や ATZ の如き権威ある雜誌にしたいものである。そして聊かでも本誌が我が社の技術向上に資し我が國自動車工業の発展に資し得るならば幸甚である。

トヨタ技術

第1巻　第1號　　　昭和23年3月

── 論　文・報　告 ──

自動車にかゝる負荷に關する一考察（自由落下の場合の負荷に關して）

設計課　長谷川　龍　雄
秋　山　一　郎

Ⅰ. 緒　言
Ⅱ. 初期條件の決定
Ⅲ. 接地後の運動
Ⅳ. 実驗結果及びそれに対する檢討
Ⅴ. 結　語

Ⅰ 緒　言

自動車の構造部分を合理的に設計する爲には，外的負荷條件を正確に算定し，それに対して必要にして，充分なる如き部材の寸法を決定すべきである。併し乍ら從來の狀況は必ずしもこう云つた方向に考えが向けられて居らず，靜的荷重に非常に大きな安全率を乘じたものを以て，設計條件として來た。例え之れに依つて，経驗的には使用條件に耐えて來たとしても，必ずや強度に不釣合が生じ，合理的とは云い得ない。從つて航空機の設計に於けるが如く，自動車に於ても走行中に起きる実際の動的負荷を決定して設計條件とする必要がある。

自動車に負荷のかゝる外的條件としては，地上障害物に衝突する場合と，自由落下場合とが最も重大であり，垂直方向の負荷としては先づ大低の場合は上記二つの場合で決定される。而して自由落下現象の原因としては平坦な路面より凹地に落下する場合と，障害物に乘上げてより降下する場合とが考へられるが，理論的取扱いとしては，凹地に落下する場合に依つて代表し得るものとして理論計算及び実驗を行う事に依つて，自動車設計に際して負荷を決定すべき設計図表を作成する事を試みた。

本論は自動車にかゝる負荷決定に対する困難且つ複雜な理論の一部に過ぎず，障害物衝突場合に対する理論も一應は結論を得ているが速報の意味で取不敢発表する次第である。

Ⅱ. 初期條件の決定

自動車が自由落下する場合，その重心に関しては質点と見做して差支えなく，重力に依る加速度 g m/s^2 にて落下する。併し乍ら「バネ」上及び下重量は必ずしも g m/s^2 にて落下する訳では無い。何となれば外力として重力以外に「バネ」に依る垂直方向の力が作用するからである。從つて車の接地瞬間の初期條件を求める爲には逆にさかのぼつて自由落下中の運動自身より檢討して行かねばならない。記号を次の如くに選ぶ。

G_1：「バネ」下重量，車輪一個当り（kg）
G_2：「バネ」上重量，車輪一個当り（kg）
C_1：「タイア」の「バネ」係数（kg/m）
C_2：「スプリング」の「バネ」係数（kg/m）
z_1：車軸の垂直方向座標，上方を正とし荷重零の時を原点とす（m）
z_2：車体の垂直方向座標，上方を正とし荷重零の時を原点とす（m）
H：G_2の自由落下高度（第1図参照のこと）（m）
h：凹地の深さ　（m）
t：時間　（s）
g：重力に依る加速度（m/s^2）

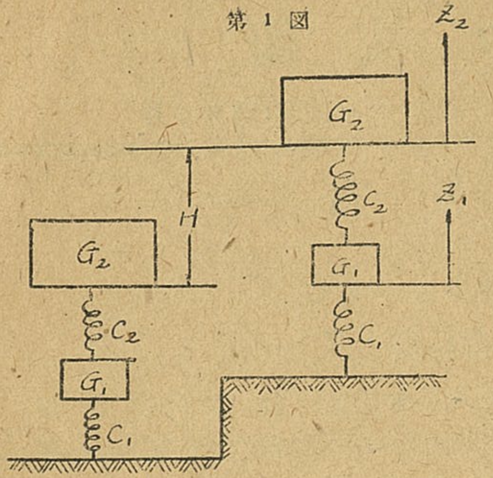
$$L_1 = G_1/C_1 g \ , \ L_2 = G_2/C_2 g$$

$$K=\sqrt{\frac{2H}{L_2 g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}$$

自由落下中の運動方程式は第1図に依り，次の如くになる。

$$\begin{cases} \dfrac{G_2}{g}\cdot\dfrac{d^2 z_2}{dt^2}=-(z_2-z_1)C_2-G_2 & (1) \\ \dfrac{G_1}{g}\cdot\dfrac{d^2 z_1}{dt^2}=(z_2-z_1)C_2-G_1 & (2) \end{cases}$$

第 1 図



(1) − (2) より

$$\frac{d^2}{dt^2}(z_2-z_1)=-C_2 g\left(\frac{1}{G_1}+\frac{1}{G_2}\right)(z_2-z_1)$$

$$z_2-z_1=A\sin nt+B\cos nt$$

こゝに

$$n^2=\frac{C_2 g}{G_2}\left(1+\frac{1}{G_1/G_2}\right) \qquad (3)$$

而して初期條件として $t=0$ に於て，

$$z_2-z_1=-G_2/C_2,\quad \frac{d}{dt}(z_2-z_1)=0 \quad \text{より}$$

$$z_2-z_1=-G_2/C_2\cdot\cos nt$$
$$=-L_2 g\cdot\cos nt \qquad (4)$$

然る時は (1) より

$$z_2=-g\left(\frac{1}{2}t^2+\frac{1}{n^2}\cos nt\right)+C$$

初期條件として，$t=0$ に於て

$z_2=-(G_1+G_2)/C_1-G_2/C_2$ なる故

$$C=-\frac{G_2}{C_2}\left\{\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right)\cdot\frac{C_2}{C_1}+\frac{1}{1+G_1/G_2}\right\}$$

$$\therefore z_2=-g\left[\frac{1}{2}t^2+\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2\cos nt+L_2\left\{\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right)\cdot\frac{C_2}{C_1}+\frac{1}{1+G_1/G_2}\right\}\right] \qquad (5)$$

(2) より

$$z_1=-g\left(\frac{1}{2}t^2-\frac{G_2}{G_1}\cdot\frac{1}{n^2}\cdot\cos nt\right)+C'$$

初期條件として $t=0$ に於て $z_1=-(G_1+G_2)/C_1$ なる故

$$C'=-L_2 g\left\{\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right)\cdot\frac{C_2}{C_1}+\frac{1}{1+G_1/G_2}\right\}$$

$$\therefore z_1=-g\left[\frac{1}{2}t^2-\frac{L_2}{1+G_1/G_2}\cdot\cos nt+L_2\cdot\left\{\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right)\cdot\frac{C_2}{C_1}+\frac{1}{1+G_1/G_2}\right\}\right] \qquad (6)$$

自動車が自由落下を始めてより，「タイア」が凹地面に初めて接する瞬間迄の經過時間を t_0 とすると，(5)式より次式を得。但し自由落下中は「タイア」は荷重零にして從つて最伸長の狀態にあるものとする，

$$-H-\frac{G_1+G_2}{C_1}-\frac{G_2}{C_2}=-\frac{1}{2}gt_0^2-\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2 g\cos nt_0-\frac{G_1+G_2}{C_1}-\frac{G_2}{C_2}+\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2 g$$

$$\therefore H=\frac{1}{2}gt_0^2+\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2 g\,(\cos nt_0-1)$$

一般の車輛に対しては

$G_1/G_2\cdot L_2 g=G_1/G_2\cdot G_2/C_2=0.01\sim0.03\ll1$

にして，且つ t_0 に対しては右辺の二項は同じ order なる故，結局上式の第二項は第一項に対して省略し得る。

$$\therefore\quad t_0=\sqrt{\frac{2H}{g}} \qquad (7)$$

故に接地瞬間に於ける G_2, G_1 の速度及び「スプリング」の撓み量は次式に依つて與えられる。

$$\dot z_{20}=-\sqrt{2gH}+g\cdot\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2 g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}} \qquad (8)$$

$$\dot z_{10}=-\sqrt{2gH}-g\sqrt{\frac{G_2/G_1}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2 g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}} \qquad (9)$$

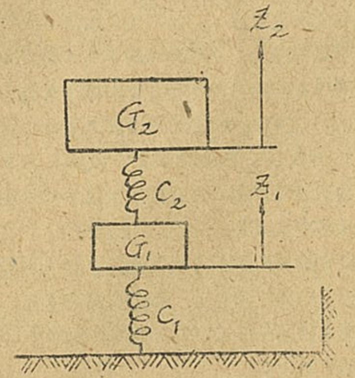
$$z_{20}-z_{10}=-L_2 g\cdot\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2 g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}} \qquad (10)$$

(8), (9) 式の第一項が單純なる計算に依る接地速度にして，之れに第二項が補正項として導入される譯である。之等の三式が接地後の運動を求める際の初期條件となる。

III. 接地後の運動

接地後の運動に対しては座標の原点を別個に考へ「タイア」が最初に接地し，且つ「タイア」及び「スプリング」に荷重のかゝつて居ない場合の G_2, G_1 の座標を夫々 $Z_1 Z_2$ の原点とし，上方を正とす。運動方程式は次の如くになる。（第 2 図）

第 2 図



$$\begin{cases}\dfrac{G_2}{g}\cdot\dfrac{d^2 z_2}{dt^2}=-(z_2-z_1)C_2-G_2 & (11)\\[2ex] \dfrac{G_1}{g}\cdot\dfrac{d^2 z_1}{dt^2}=(z_2-z_1)C_2-z_1C_1-G_1 & (12)\end{cases}$$

(11), (12) より

$$L_1L_2\ddddot z_2+\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}\ddot z_2+z_2=-\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}g \qquad (13)$$

(13) の右辺を零とおいた式の一般解を

$z_2=\sum ce^{\omega t}$ とおくと

$$L_1L\omega^4+\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}\omega^2+1=0$$

$$\omega^2=\frac{1}{2L_1L_2}\left[-\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}\pm\sqrt{\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}^2-4L_1L_2}\right]$$

之の二根を夫々

$$\omega^2=-p^2,\quad -q^2$$

と置くと (13) は次の如くになる。

$$z_2=A_1\sin pt+A_2\cos pt+B_1\sin qt+B_2\cos qt-\left\{L_1+L_2(1+C_2/C_1)\right\}g \qquad (14)$$

$$\dot z_2=A_1p\cos pt-A_2p\sin pt+B_1q\cos qt-B_2q\sin qt$$

初期條件として $t=0$ に於て (8), (10) に依つて

$$\begin{cases}A_2+B_2=\left\{L_1+L_2\left(1+C_2/C_1-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right\}g & (15)\\[2ex] A_1p+B_1q=-\sqrt{2gH}+g\sqrt{\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}} & (16)\end{cases}$$

(11) に (14) を代入して

$$z_1=A_1(1-L_2p^2)\sin pt+A_2(1-L_2p^2)\cos pt+B_1(1-L_2q^2)\sin qt+B_2(1-L_2q^2)\cos qt-(L_1+L_2\cdot C_2/C_1)g \qquad (17)$$

初期條件として $t=0$ に於て $z_1=0$ 及び (9) を用いると

$$\begin{cases}A_2(1-L_2p^2)+B_2(1-L_2q^2)=(L_1+L_2\cdot C_2/C_1)g & (18)\\ A_1p(1-L_2p^2)+B_1q(1-L_2q^2)=-\sqrt{2gH}-g\sqrt{\dfrac{L_2}{(1+G_1/G_2)G_1/G_2}}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}} & (19)\end{cases}$$

(15), (16), (17), (18) より A_1, A_2, B_1, B_2 として次式を得。

$$\begin{cases}A_2(q^2-p^2)=\left[\left\{L_1+L_2\left(1+\dfrac{C_2}{C_1}-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right\}q^2-\left(1-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right]g\\[2ex] B_2(q^2-p^2)=-\left[\left\{L_1+L_2\left(1+\dfrac{C_2}{C_1}-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right\}p^2-\left(1-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right]g\end{cases} \qquad (20)$$

$$\begin{cases}A_1p(q^2-p^2)=-\left[\left\{\sqrt{\dfrac{2H}{g}}-\sqrt{\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}q^2+\sqrt{\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right]g\\[2ex] B_1q(q^2-p^2)=\left[\left\{\sqrt{\dfrac{2H}{g}}-\sqrt{\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}p^2-\sqrt{\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right]g\end{cases} \qquad (21)$$

(20), (21) に依つて z_1, z_2 の未知の係數が得られ從つてその運動が求められる。併し乍ら上式はやゝ複雜にして數値計算には不適當である。故に少しく省略を試みて見よう。普通の車輛に於ては $L_1/L_2=C_2/C_1\cdot G_1/G_2$ は 10^{-2} の order にして L_1 は L_2 に比して省略し得る程度のものである。然る時は(13)の解としては

$$P^2\doteqdot\frac{1}{2L_1L_2}\left[\left\{L_1+L_2\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)\right\}-\left\{L_1+L_2\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)\right\}+\frac{2L_1L_2}{L_1+L_2(1+C_2/C_1)}\right]$$

$$\doteqdot\frac{1}{L_2(1+C_2/C_1)} \qquad (22)$$

$$q^2\doteqdot\frac{1}{2L_1L_2}\left[2\left\{L_1+L_2\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)\right\}-\frac{2L_1L_2}{L_1+L_2(1+C_2/C_1)}\right]$$

$$\doteqdot P^2\left\{\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)^2\cdot\frac{L_2}{L_1}-1\right\}\gg P^2 \qquad (23)$$

$$\therefore\begin{cases}A_1\doteqdot-\sqrt{L_2\left(1+\dfrac{C_2}{C_1}\right)}\cdot\left\{\sqrt{\dfrac{2H}{g}}-\sqrt{\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}g\\[2ex] A_2\doteqdot\left(1+\dfrac{C_2}{C_1}-\cos\sqrt{\dfrac{2H}{L_2 g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)L_2 g\end{cases}$$

$$
\left\{
\begin{aligned}
B_1q^3 &\fallingdotseq \left\{\frac{1}{L_2(1+C_2/C_1)}\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\right.\right.\\
&\quad\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)-\sqrt{\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}L_2}\\
&\qquad\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}g\\
B_2q^2 &\fallingdotseq -\left\{\frac{1}{1+C_2/C_1}\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right.\right.\\
&\qquad\left.-\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\\
&\qquad\left.-\left(1-\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\right\}g
\end{aligned}
\right. \tag{24}
$$

(24) を (17) に代入して整理すると,

$$
\begin{aligned}
z_1=\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\cdot L_2g\ \Bigg[&-\sqrt{\frac{1+C_2/C_1}{L_2}}\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}\right.\\
&\left.-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}L_2}\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\sin pt\\
&+\left(1+\frac{C_2}{C_1}-\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\cdot\cos pt\\
-\sqrt{\frac{L_1}{1+C_2/C_1}}\cdot&\left\{\frac{1}{L_2\cdot C_2/C_1}\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\right.\right.\\
\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}&\left.\right)-\frac{1+C_2/C_1}{C_2/C_1}\sqrt{\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}\cdot\frac{1}{L_2}}\\
&\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}\sin qt\\
&+\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\cdot\cos qt\ -\left(1+\frac{C_2}{C_1}\right)\Bigg]
\end{aligned} \tag{25}
$$

同様にして (14) に代入すると

$$
\begin{aligned}
z_2=-\sqrt{L_2(1+C_2/C_1)}\cdot&\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\right.\\
&\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)g\sin pt\\
&+\left(1+\frac{C_2}{C_1}-\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)L_2g\cos pt\\
&-(1+C_2/C_1)\cdot L_2g
\end{aligned} \tag{26}
$$

斯くして得られた Z_1, Z_2 は省略を行つて得られたにも拘わらずIIに於て求められた初期條件を滿足している事を知る。(25) (26) より

$$
\begin{aligned}
z_1-z_2=\sqrt{\frac{L_2}{1+C_2/C_1}}&\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\right.\\
&\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)g\cdot\sin pt\\
+\Bigg(\frac{1}{1+C_2/C_1}&\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}-1\Bigg)L_2g\cdot\cos pt\\
-\sqrt{\frac{L_1}{1+C_2/C_1}}&\left\{\frac{1}{L_2(1+C_2/C_1)}\left(\sqrt{\frac{2H}{g}}\right.\right.\\
&\left.-\sqrt{\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot L_2}\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right)\\
-\sqrt{\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}\cdot\frac{1}{L_2}}&\left.\cdot\sin\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\right\}L_2g\cdot\sin qt\\
+\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}&\cdot L_2g\cos\sqrt{\frac{2H}{L_2g}\cdot\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\cdot\cos qt+L_2g
\end{aligned} \tag{27}
$$

今 $\sqrt{\dfrac{2H}{L_2g}\cdot\dfrac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}=K$ (28)

とおくと

$$
\begin{aligned}
C_2(z_1-z_2)=G_2\Bigg[&1+\sqrt{\frac{G_1/G_2}{(1+G_1/G_2)(1+C_2/C_1)}}(K-\sin K)\cdot\sin pt\\
&+\left(\frac{1}{1+C_2/C_1}\cos K-1\right)\times\cos pt\\
&-\sqrt{\frac{L_1}{1+C_2/C_1}}\left\{\frac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\sqrt{\frac{G_1/G_2}{L_2(1+G_1/G_2)}}(K-\sin K)\right.\\
&\left.-\sqrt{\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}}\cdot\frac{1}{L_2}\cdot\sin K\right\}\times\sin qt\\
&+\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\cdot\cos K\cdot\cos qt\Bigg]
\end{aligned} \tag{29}
$$

上式は車体にかゝる負荷を表わす。之は p なる長週期振動と q なる短週期振動の合成されたものである。從つて負荷の最大値を求むる爲には両振動の各々に依る負荷の絶対値を加え合せたものと見做して先づ差支えなし。

$$
\begin{aligned}
\therefore F_{max}=G_2\Bigg[&1+\sqrt{\frac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot(K-\sin K)^2+\left(\frac{\cos K}{1+C_2/C_1}-1\right)^2}\\
&+\sqrt{\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\left[\left\{\frac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\frac{G_1/G_2}{\sqrt{1+G_1/G_2}}\cdot(K-\sin K)-\sqrt{1+G_1/G_2}\cdot\sin K\right\}^2+\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\cdot\cos^2K\right]}\Bigg]\\
=G_2\Bigg[&1+\sqrt{\frac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot(K-\sin K)^2+\left(\frac{\cos K}{1+C_2/C_1}-1\right)^2}\\
&+\sqrt{\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\left[(1+G_1/G_2)\left\{\frac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}\cdot(K-\sin K)-\sin K\right\}^2+\frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1}\cdot\cos^2K\right]}\Bigg]
\end{aligned} \tag{30}
$$

となり之に達する迄の時間は

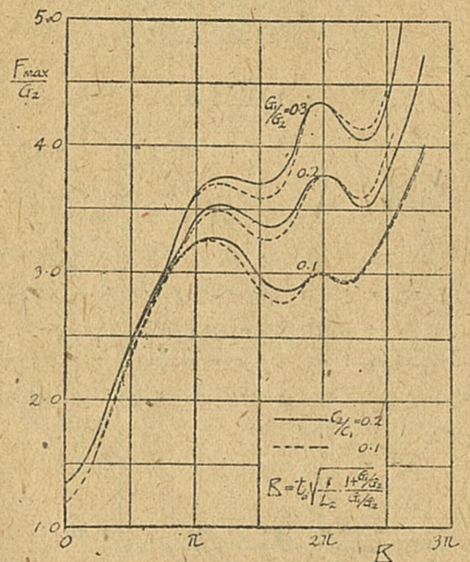
$$
\tan pt=\frac{(K-\sin K)\sqrt{\dfrac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}}}{\dfrac{1}{1+C_2/C_1}\cos K-1}
$$

$$
t=\sqrt{L_2(1+C_2/C_1)}\left\{\frac{\pi}{2}+\tan^{-1}\frac{1-\dfrac{1}{1+C_2/C_1}\cos K}{(K-\sin K)\sqrt{\dfrac{1}{1+C_2/C_1}\cdot\dfrac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}}}\right\} \tag{31}
$$

(30) が自由落下に際して自動車にかゝる負荷を與える式であつて，之の値は当然予想される如く C_2/C_1, G_1/G_2, 及び自由落下高度に関係ある K の三つの函数である。横軸Kに対して F_{max}/G_2 を表はしたものを第3図に示す。K は書換えると,

$$
K=t_0\sqrt{\frac{1+G_1/G_2}{G_1/G_2}\cdot\frac{1}{L_2}}
$$

となり自由落下時間 t_0 に比例する故 第3図より t_0 と F_{max}/G_2 との関係が得られる。併し乍ら眞の凹地



第3図

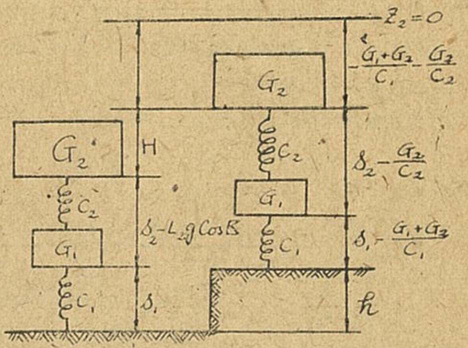
の深さと F_{max}/G_2 との関係を知る事が我々にとつては望ましい。「タイア」及び「スプリング」の荷重0の時の自由長を夫々 s_1, s_2 とすると第4図の関係より

$$
H+s_1+s_2-\frac{G_2}{C_2}\cos K=h+s_1+s_2-\frac{G_2}{C_2}-\frac{G_1+G_2}{C_1}
$$

$$
\therefore\quad h\cdot\frac{C_2}{G_2}=\frac{1}{2}\cdot\frac{G_1/G_2}{1+G_1/G_2}K^2-\cos K+1+\frac{C_2}{G_1}\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right) \tag{32}
$$

(32) に依り h と K との関係, 言換えると h と t_0

第 4 図



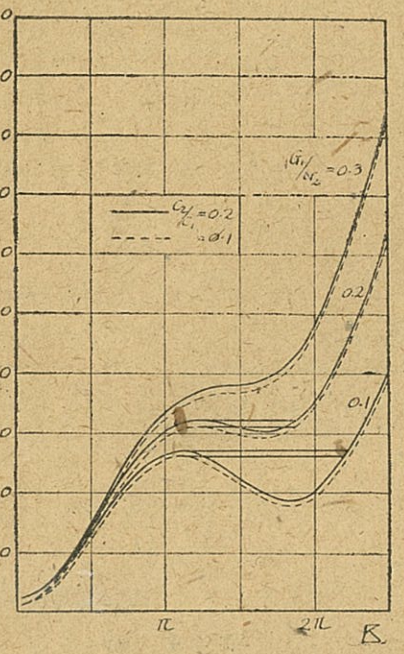
との関係を得。上式に於て K=0 の時,即ち $t_0=0$ の時に

$$
h=\frac{G_2}{C_1}\left(1+\frac{G_1}{G_2}\right)\neq 0
$$

となり之は明らかに不合理である。併し之は如何なる t_0 に対しても凹地に接した瞬間に於ては C_1 が伸長の狀態にあると云ふ假定に起因するものであり，云換へれば $h=G_2/C_1\cdot(1+G_1/G_2)$ なる深さの凹地迄は瞬間的に落下すると云う條件となる。併し之の誤差は落下高の極めて小さい範囲に於てのみ問題となり，設計上問題となる近傍では影響は僅少なるものと見做して良い。さて (32) の関係を第5図に示す。第3, 5図より F_{max}/G_2 と h との関係が得られる。之を第6図に示す。之が我々の求むる設計図表である。即ち実験其の他に依つて実際設計上問題となる落下高 h が分り，車

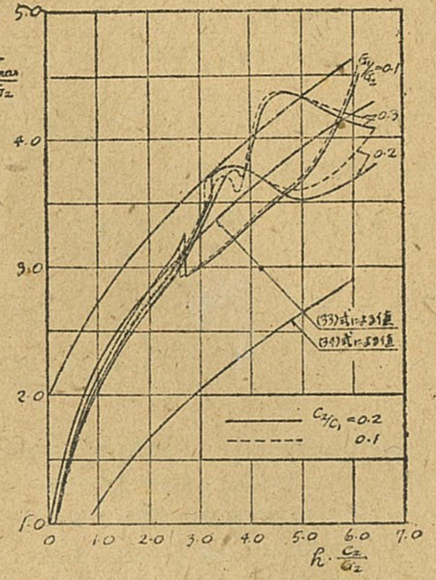
幅の特性 C_2/C_1, G_1/G_2 が決定されて居れば上図よ

第5図



り負荷倍数が得られる訳である。本図を見るとhの小さい範囲では負荷倍数は単調に増加しているが，ある程度以上になると振動的となり，G_1/G_2, C_2/C_1 に依る変化の傾向は簡単には云えない。唯hの小さい範囲

第6図

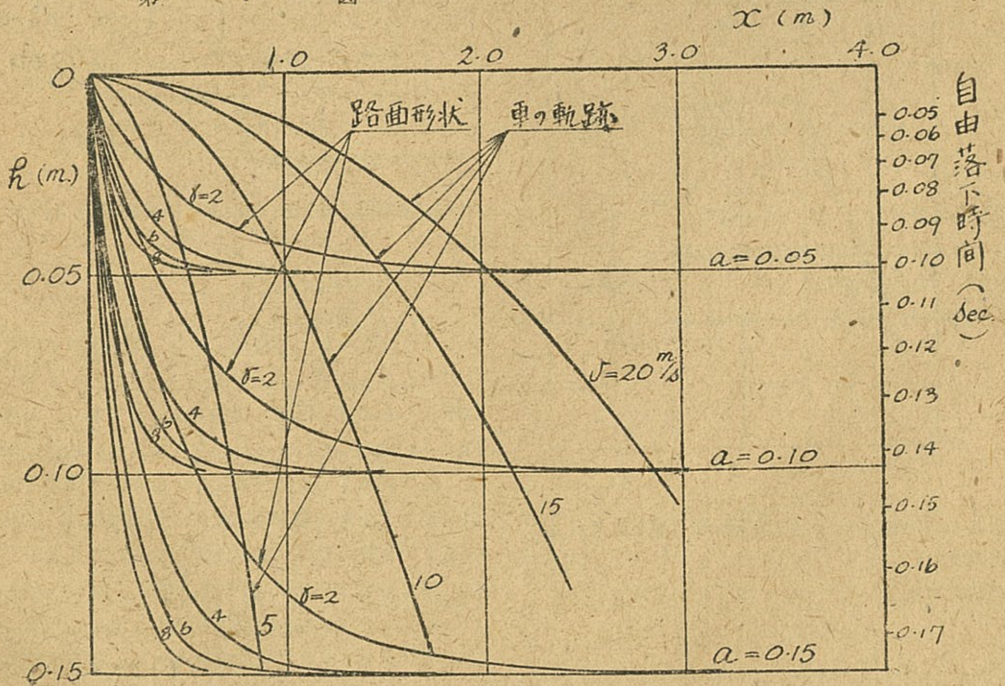


に於ては G_1/G_2 が大きくなると負荷倍数が減少する事は明瞭である。なほ同図には古典的な式[1]

$$\frac{F_{max}}{G_2}=\sqrt{1.4\times h\frac{C_0}{G_2}} \qquad (33)$$

但し C_0 は車の懸架装置を一つの「スプリング」系と見做した場合の「バネ」係数

第7図



に依る値を示して置いた。之れは理論的根據が薄弱であるのみならず，設計上極めて危險な事に注意しなければならない。

なほ実用の範囲内に於ては G_1/G_2, C_2/C_1 の影響は殆んどなく，次の様な実験式を使用する事が出來る。

$$\frac{F_{max}}{G_2}=1+1.3\sqrt{h\cdot\frac{C_2}{G_2}} \qquad (34)$$

以上の計算に於ては自由落下高度hが與えられると車速には無関係に負荷倍数が求められた。併し我々は速度の効果に対して今少しく檢討して見たい。即ち自由落下が実際に起る凹地の形狀に関してゞあるが，若しその形狀が第1図に示す様な矩形型の凹地ならば成程自由落下高度は速度に関係しない。從つて速度の負荷倍数への影響はその水平負荷分力を通じてのみであつて間接的である。併し乍ら実際の路面の形狀は波打つて居り速度の増大に依つて自由落下高そのものが変化ある事が考えられ，之は直接的である。本來ならば路面の形狀そのものを運動方程式に導入するのが本当であるが，斯かる方法は計算が複雑となるのみならず，自由落下場合に於ては障害物衝突場合程自由落下高そのものが直接的には負荷現象に効いて來ない故，別個に考察する方が有利である。

さて路面形狀の統計的資料の不明な現狀に於ては不取敢次式の様な路面形狀を仮定して見る。

$$y=-a(1-e^{-\gamma x}) \qquad (25)$$

又車の「タイア」最下点の空間に於ける落下中の軌跡は次式の如くになる。

$$y=-\frac{1}{2}\,\frac{g}{v^2}x^2 \qquad (26)$$

但し v：車の水平進行速度　(m/s)

之等の関係を第7図に示す。之に依つても速度に依つて自由落下高の変化の傾向を知る事が出來る。從つて速度の負荷倍数に及ぼす影響を知る爲には先ず路面の形狀を知る事が必要である。或いは逆に実験に依つて各速度に於ける負荷倍数が求まれば逆算に依つて路面の形狀が求まる筈である。自動車の強度計算の條件としては最高速度をとるべきである事は先ず問題はあるまい。

Ⅲ．実験結果及びそれに対する檢討

上記の如く実験に依る路面形狀決定，若しくは直接負荷倍数測定の裏付けが無い限り設計図表としての効果が充分発揮出來ない。そこで実験係に於て筆者の一人が実験を進める事とした。即ち「トラックシヤシー」の「リヤースプリング」の走行中に於ける最大撓みを実測する事に依り負荷倍数を求め，その結果と本論に依つて得られた結果とを比較する事に依つて路面形狀の「データ」を得んとするものである。動的な「スプリング」の特性曲線が不明なる爲多少の誤差は予想されるが，第一段階としては之を無視する事とする。実験は今なお続行中であるが現在迄に次の二種類のものを実施した。

(i) 路面上に於ける実験

可成り條件の悪い路面に於て走行試験を実施した。「トラックシヤシー」の「リヤースプリング」には補助「バネ」が付いており，解析が困難であるが「データ」は次の如し。

車輛総重量＝5,190kg
G_2 ＝2,367kg
V ＝30km/h＝8.34m/s
F_{max}/G_2 ＝1.91
C_2/G_2 ＝10.2/m（補助スプリング働かない狀態）
＝30.2/m（補助スプリング働いた狀態）

(34) に代入して見ると，

$$h\cdot C_2/G_2=0.49$$

$\therefore$ $h=0.048$m（補助スプリング働かず）
＝0.016m（補助スプリング働く）

実際には之の中間に收まる訳である。而して速度増大に伴なう自由落下高の増加を第7図に依つて檢討して見ると，時速 30km/h に於て $h=0.048$m のものは 60 km/h に於ては $h=0.06$m 程度になる。從つて実験の不充分な現在に於ては

$$h=0.06\sim0.08\text{m}$$

として設計図表を利用して差支へ無いものと判断される。

(ii) 模型路面に依る実験

上記実験を基として，今度は高さ 80mm の路面段違ひを模型に依つて作り，その上を色々の車速にて通過して同じく「スプリング」の最大撓みにより負荷を算定し，それに及ぼす速度の効果を求めて見た。なほ模型の角には多少の丸みがとつてある。「スプリング特性」を簡単に得る爲に今度は「フロントスプリング」に就いて測定を行なつたが，特性が計算と実験とでは多少の差異がある。結果は第1表の如くである。

又第8図には之等の実験値と (34) 第7図とに依る計算値との比較を示す。速度に依る変化の傾向は概ね良く一致している。

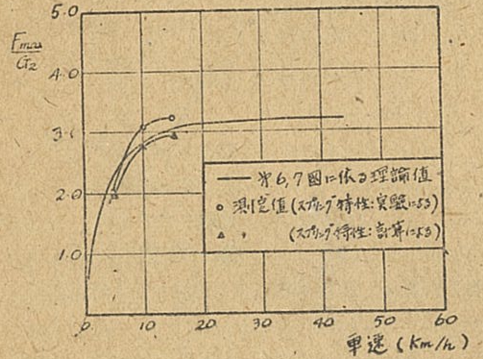
(1) 築山関二著「自動車工学」 P.277

速　度	「スプリング」の撓み	負　荷		負荷倍数	
km/h	mm	kg			
		計算 * による	実験 * による	計算による	実験による
5	12	950	990	1.96	2.04
10	22	1360	1460	2.80	3.10
15	24.5	1440	1565	2.97	3.23

第 1 表

* 「スプリング」の特性を計算及び実験に依つて求めたものである。

第　8　図



V. 結　語

自動車にかゝる負荷場合として最も重要なる場合の一つである自由落下場合に就いて强度計算の基礎たらしむべき負荷倍数の設計図表を作製する事を試みた。古典的な式を採用したり，靜荷重に依る方法は極めて危險であつて新しい强度計算法の行き方に対する或る根據を與へ得たものと確信する。勿論計算上多くの仮定，省略があり満足なものとは思はれないが，得られた大体の結論は次の樣なもである。

(i)　負荷倍数に及ぼす G_1/G_2, C_2/C_1 の効果は殆んど省略し得る。

(ii)　負荷倍数に関して次の如き関係式を得た。

$$\frac{F_{max}}{G_2}=1+1.3\sqrt{h\cdot\frac{C_2}{G_2}}$$

(iii)　速度と負荷倍数との概略の関係が得られた。

(iV)　実験「データ」の不充分な現状に於ては負荷倍数は通常の車輛に於ては 3.0 として差支えない。

等である。上記計算は自動車を質点系として進めており「ピッチング」の影響が省略されているが，之の効果を考慮する事は今後に残された問題である。なほ又実験を続行する事に依つて更に結果を正確ならしめたい。

(終)

1948－1－17　T.H.