

III-18 走行荷重による舗装板内の応力と変位

東京大学工学部 正員 石原 研 而

今まで用いられてきた剛性舗装, 撓性舗装の考え方は, いずれも静的荷重条件から出発したものであり, 荷重の動力学的影響は加味されていない。最近, 振動荷重で走行荷重を置きかえようとする試みも方々で行われているが, これも実際の現象と模擬化したもので, 普へん性に欠けていると思われる。いずれの考え方にせよ, 弾性論と使用しているものであり, その限りに於いては, アスファルト舗装材料などの粘性的影響を考慮することは不可能である。実際, 自動車の速度を上げて行くと, 舗装板の撓みが減りてくるという現象は, 方々で観測されているが, 弾性論では説明できない。この現象を説明するため, 舗装板と路床を二層系の地盤と考え, その上を半径 a の円形荷重が, 速度 V で走った場合の, 舗装板内の応力, 表面変位, 路床内の応力等と計算してみた。詳細は別に発表することにして, こゝでは大体的な考え方と, 結果の一部のみと記すことにする。

図1に示すように, 表層をBurger型の粘弾性体, 下層を単なる弾性体とした場合の表層内の半径方向の歪 ϵ_r は, 次式で与えられる。(兩層ともBurger型の場合も容易に計算できる。)

$$\epsilon_r v_2 / p_0 = \frac{1}{4} S \int_0^\infty \frac{J_1(sm) m}{1 + c_0 m^2} dm + \frac{S p_0}{2} \frac{c_0}{\tau_1'} \int_0^\infty \frac{J_1(sm) m^2}{(1 + c_0 m^2)^2} \frac{t}{V m} \left[\frac{M R}{\pi V} - \frac{\left(\frac{M R}{\pi V} \right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{M R}{\pi V} \right)^2}} \right] dm \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_1' = \frac{\mu_1'}{v_1}, \quad \tau_0 = \frac{\mu_1'}{\mu_1 + v_1}, \quad c_0 = \frac{v_1}{v_2} \\ c = \frac{\mu_1 v_1}{v_2 (\mu_1 + v_1)}, \quad M = \frac{1 + c m^2}{1 + c_0 m^2} \frac{1}{\tau_0}, \quad S = \frac{a}{r} \end{array} \right.$$

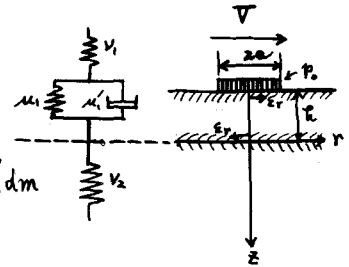


図1

又, μ_1, v_1, μ_1' などは9倍すれば一軸圧縮で測定した時の物性常数(弾性の場合はヤング率)に等しくなる。又 $v_2 = \frac{2}{3} E_2$ とする。 E_2 は下層のヤング係数。

(1)式は上層を板, 下層を半無限体と仮定し, 更に地盤の inertia の影響は無視できるとして計算してある。又上下層の材料は非圧縮性と考えている。 ϵ_r は載荷面直下の値であり, 荷重が動きはじめてから, 充分時間がたち, 初期条件の影響が消えて, 運動が定常状態になった時を考えている。次に V と相当大きいものとして, (1)式の第2項を $\frac{R M}{\pi V}$ のべき級数に展開してみると次のようになる。

$$\epsilon_r v_2 / p_0 = \frac{1}{4} S \int_0^\infty \frac{J_1(sm) m}{1 + c_0 m^2} dm + \frac{c_0}{8 S} \frac{t}{\tau_1' \tau_0} \int_0^\infty \frac{(1 + c m^2) m^2 J_1(sm)}{(1 + c_0 m^2)^2} dm \quad (2)$$

たゞし, 上式で $\frac{2a}{V}$ なる量は時間の dimension を持ち, かつ静荷重載荷の時の載荷時間の equivalent なものと考えられるので, これと t とあいた。又(2)式で k^2 以上の項は微小であるから省略してある。従って(2)式は $k/\tau_0 \ll 1, k/\tau_1' \ll 1$, なす条件をみたすような k の範囲において, 充分な精度を与えようものである。(2)から明らかなように, 第1項が v_1 と v_2 で決まる弾性解で, 第2項が粘弾性の影響を表わす項である。 $V \rightarrow \infty \rightarrow$ まり $k = 0$ と

なれば、上層の Burger 型の retarded element は変形しないから、 V_1 と V_2 で決まる弾性解が残るわけである。たが小さくなるとすなわち V が大きくなると歪は段々減りて来る。

この歪の大きさを実測した結果が Road Test one-MD⁽¹⁾ というアメリカの報告書にのっていたので、それと比較してみることにする。所が、所望の粘弾性にくわしく測っていないので、正確な比較はできそうもないが、大体のこととすべきことにする。

実験は現物大で、砂質地盤上のコンクリート舗装にスウェーデンのトラックを走らせて測っている。使用コンクリートの粘弾性は、普通の静的試験と、Ultra-sound 試験との両方のヤング率ののっていたので、それをもとにして 0.1 sec. 位の time scale の遅延スペクトラムを導いて決めた。つまり 0 sec. から ∞ sec. までの間に、無限に連なっていると考えられ、strain response の中で、0.1 sec. 位の time scale で最も卓越している response element とえうんで、これから Burger 型モデルを作るのである。(この粘弾性常数の決定法に関しては、別に発表することにして、ここでは結果だけとすべき)。このようにして作ったモデルの各値は次の如くである。

$$E_{10} = 9V_1 = 3.92 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2, \quad E_1 = 9\mu_1 = 2.50 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, \quad E_1' = 9\mu_1' = 2.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{sec}$$

$$E_2 = 3/2 V_2 = 6.00 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

E_2 の値は CBR-値が与えられていたので、これから導出した動的ヤング係数である。より 0.1 sec. 位の載荷時間で現れたヤング率である。

One-MD の実験では、車輪の進行方向に、舗装板の表面に、ストレインゲージをはいて、その上を車走らせて実験しているので、丁度上述の E_2 の値を測っていることになると考えられる。そして実験の結果は 3 m.p.h. の時の E_2 と基準として、次式で与えられる量で、整理している。

$$R = \frac{\left[\frac{V_2 E_2}{P_0} \right]_{3 \text{ m.p.h.}} - \left[\frac{V_2 E_2}{P_0} \right]_{V=V_{\text{max}}}}{\left[\frac{V_2 E_2}{P_0} \right]_{V=3 \text{ m.p.h.}}} \quad \dots (3)$$

残りの理論式と数値積分し、各常数をあてはめて、 R の式を作ると次のようになる。

18,000 lb の単一車荷重, ($a = 12.5 \text{ cm},$ $S = 0.72$)	32,000 lb のタンデム車荷重 ($a = 11.9 \text{ cm}$ $S = 0.68$)
$R = 0.170 - 0.890 \times \frac{V^2}{0.035},$	$R = 0.155 - 0.984 \times \frac{V^2}{0.035} \quad \dots (4)$

(4) 式をグラフにして、One-MD の実験結果と比較したのが、図 2、および図 3 である。速さが小さい時に誤差が大きいののは、(1) 式とちいず、その展開式を使ったためである。

(1). 竹下、岩間著、「道路舗装の設計」P. 250 に紹介されている。

