

V-11

複輪荷重による弾性路面上の沈下曲率半径に関する研究

国士舘大学 正員 斉藤総一郎

1. まえがき

大型自動車の後輪(2輪)の接地面積を矩形と仮定した場合に生ずる路面の沈下状況について、その沈下曲面の最小曲率半径を、弾性理論で解析し、アスファルト舗装の弾性沈下による亀裂発生について検討したものである。

2. 接地面積(S)、接地圧(P_0)と沈下面曲率半径(ρ_x)

図1に示す、S及び P_0 は、次の式で示される。

$S = 2h(b-a)$ 、 $P_0 = f/S$ (f : 接地荷重)
道路横断方向(x軸)断面に生じる、最小曲率半径(ρ_x)は、図1に示す通り3箇所が考えられる。

3. 三次元弾性体内の鉛直方向の変位量(μ_z)

図2に示す三次元弾性体の路面上の一点にPの単位集中荷重が作用した場合、路体のRなる点のZ軸の鉛直方向の変位 μ_z は、弾性理論より次の式で示される。¹⁾

$$\mu_z = \frac{-P}{4\pi\mu R} \left[\frac{Z^2}{R^2} + 2(1-V) \right] \dots (1)$$

但し $\mu = \frac{E}{2(1+V)}$ (等方等質弾性体の場合)

E: 弾性係数、V: ボアソン比、 $R^2 = r^2 + Z^2$

路面上の沈下は(1)式の $Z=0$ とし、 $\mu_z = -\frac{(1-V)P}{2\pi\mu R}$ となり

$$-\frac{(1-V)P}{2\pi\mu} = A \text{ とおく } \mu_z = A \cdot \frac{1}{R} \text{ となる。}$$

4. 載荷面の中心(O)点の沈下による曲率半径(ρ_x)の計算式

図1に示す、中心(O)点付近の沈下量 μ_z は次の式で求められる。

$$\mu_z = A' \left[\int_a^b dx \cdot \int_{-h}^h dy \cdot \frac{1}{R} + \int_{-b}^{-a} dx \cdot \int_{-h}^h dy \cdot \frac{1}{R} \right] \dots (2)$$

$$\text{但し } A' = -\frac{1-V}{2\pi\mu} \cdot \frac{f}{S}$$

∴ 中心(O)点のx軸の曲率半径 ρ_x は次の式となる。

$$\rho_x^{-1} = \frac{\partial^2 \mu_z}{\partial x^2} = A' \left[\int_a^b dx \int_{-h}^h dy + \int_{-b}^{-a} dx \int_{-h}^h dy \right] \left[\frac{3x^2}{R^5} - \frac{1}{R^3} \right] \dots (3)$$

(3)式を積分して次式が得られた。

$$\rho_x^{-1} = 4A' \cdot h \left[\frac{1}{a\sqrt{a^2+h^2}} - \frac{1}{b\sqrt{b^2+h^2}} \right]$$

$$\therefore \rho_x^{-1} = -\frac{2(1-V)}{\pi\mu} \cdot \frac{f}{S} \cdot h \left[\frac{1}{a\sqrt{a^2+h^2}} - \frac{1}{b\sqrt{b^2+h^2}} \right] \dots (4)$$

(4)式より $\frac{2(1-V)}{\pi\mu} = \frac{4(1-V^2)}{\pi E}$ を K_{30} 値で示すと次の通りとなる。

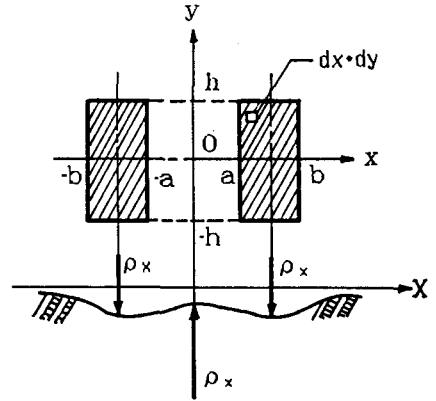


図-1 二輪タイヤの接地と沈下モデル図

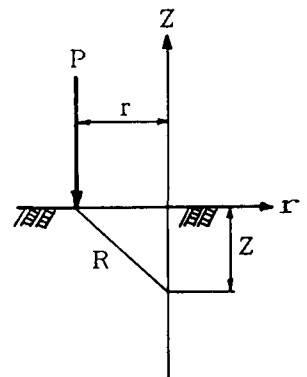


図-2 路面上の集中荷重

載荷板の沈下 μ は次の式で示される。²⁾

$$\mu = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{2(1-V^2)}{E} \cdot P_0 \cdot a \quad (a; \text{載荷板半径}) \quad \frac{P_0}{\mu} = K_{30} \text{ なる故}$$

$$\frac{E}{(1-V^2)} = \frac{\pi}{4} \cdot K_{30} \cdot D \quad (D=2a), \quad D=30\text{cm}, \quad K_{30} \text{ の場合} \quad \frac{4(1-V^2)}{\pi E} \approx \frac{0.054}{K_{30}}$$

∴ (4) 式は次式になる。

$$\rho_x^{-1} = \frac{-0.054}{K_{30}} \cdot P_0 \cdot h \left[\frac{1}{a\sqrt{a^2+h^2}} - \frac{1}{b\sqrt{b^2+h^2}} \right] \dots\dots\dots (5)$$

5. 載荷面の中心(0)点の沈下による進行方向y軸の曲率半径(ρ_y)の計算式 ρ_y は(2)式より

$$\rho_y^{-1} = \frac{\partial^2 \mu_z}{\partial y^2} \text{ 式を同様に積分して次の式が得られる。}$$

$$\rho_y^{-1} = \frac{0.054}{K_{30}} \cdot P_0 \cdot h \left[\frac{1}{a\sqrt{a^2+h^2+a^2+h^2}} - \frac{1}{b\sqrt{b^2+h^2+b^2+h^2}} \right] \dots\dots\dots (6)$$

6. タイヤ接地面の中心x軸、y軸方向の曲率半径の計算式

(4) 式の $a=0$ として b を接地幅の1/2とすればx軸(横断方向)の曲率半径が、またx、yの座標を変換することによりy軸(進行方向)の曲率半径が計算可能となる。

7. ρ_x の計算例

(5) 式に $h=15\text{cm}$ 、 $a=6.5\text{cm}$ 、 $b=25.5\text{cm}$ の数値を代入した K_{30} 、 P_0 の各数値に対する ρ_x の値を計算し図3に示す。この図表よりタイヤ接地圧と K_{30} 値から最小曲率半径 ρ_x を求めることが出来る。

8. 亀裂発生を検討

アスコンの曲げ試験結果より曲げ回数と破壊曲率半径(ρ)の関係は次の式である。³⁾ $\log N = A \log \rho + B$ (実験温度 0°C) 密粒アスコン

(13mm、アスファルト6%)の場合、 $A=5.5$ 、 $B=-8.76$ であるから $N=1.000$ 回は $\rho \approx 17.4\text{m}$ となる。 $P_0=5\text{Kg/cm}^2$ の場合 $K_{30}=17.4$
 60Kg/cm^2 以上でなければ亀裂を発生することとなる。

9. むすび

(5) (6) 式等で数値を代入して最小の曲率半径を計算した結果 中心(0)点の横断方向の ρ_x が最小値となることが判明した。今後実験研究により計算式の妥当性について検討する予定である。

参考文献

1) 木村孟「土の応力伝播」鹿島出版会(昭和53年)

2) 星埜和「基礎の支持力論」コロナ社(昭和27年)

3) 斉藤総一郎「アスファルト混合物の低温度(0°C)における繰返し曲げ回数と破壊時の曲率半径について」土木工学会昭和56年度発表講演集

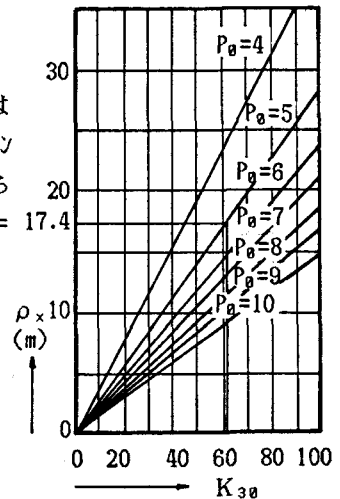


図-3 複輪タイヤによる路面最小曲率半径(ρ_x)