V-112　薄層舗装用材料に必要な力学的性状について.

大阪市立大学工学部　正　員　三瀬　貞
大阪市立大学工学部　正　員　山田　優
大阪市立大学大学院　学生員　○真嶋光保

1. はじめに.

薄層舗装と称されるものに対してはまだ明確な定義は、現在のところ与えられていない。しかし、一般にそう呼ばれているものには、すべり止め舗装やカラー舗装、橋面舗装などがある。最近このような交通安全対策や、死荷重を軽減させようという面から各方面で種々の薄層舗装がみられるようになった。材料についても、これまでのアスファルト系以外にも合成樹脂系などがみられるようである。

さて、このような現状に対して、設計においてはいずれの場合についても、下層の舗装体あるいは構造物が交通荷重を支えるものとして取扱われ、薄層舗装自体は応力分担は期待されていない。また材料の特性上将来においてもおそらくそういったことは無いと考えられる。しかし薄層といえども、直接交通荷重に接すること、上下層の弾性係数の相違により、上層部に応力集中がみられること、などを考え合すと、少くとも予想される荷重に対し力学的な安定性が要求される。本研究は舗装を層構造としてとらえ、力学的な解析計算を行った上で、薄層舗装材に必要とされる性状を究明しようとするものである。

2. 破壊の実態.

破壊の形態は種々考えられるが、一例として数年前に試験舗装として施工されたカラー舗装の現在までに観測されたものを次に示す。尚この舗装は薄層舗装を施工しない部分については、未だ破壊は認められず、供用に何も支障なく十分な設計であったと考えられる。

①薄層部が摩耗し、下層表面が露出したもの。
②薄層部のひびわれにとどまったもの。
③薄層部のひびわれとともに、はくりしてしまったもの
④薄層部のみがはくりするのではなく、ひびわれが下層のアスファルト層まで進展し、アスファルト層とともにはくりし、舗装全体を破壊してしまったもの。

この中には、薄層舗装のために破壊されたものもある故、上下層の関連より、材料に必要な特性を明白にしなければならないことが解った。

3. 舗装体に働く荷重.

路面に鉛直に働く荷重は設計輪荷重を考える。数値的には $P=8t$ であり載荷面は経験的に使用される半径 $a=12+P=20cm$ の円形、従って荷重強度 $g_1=6.4 kg/cm^2$ とする。この他にBarber, E.S[1]は、舗装の表面には次のような2種類のセン断力が働くとしている。1つは、車が発進、停止、カーブ走行時などにおける摩擦力である。この摩擦係数は路面によって違うが約0.8前後、大きい時は1近くになることもある。もう1つはタイヤの内圧によるものである。内圧を受けたタイヤが路面に接触すると、プレストレスが減少し、そのため接触面の中心方向に向ってセン断応力が作用することになる。この力は垂直力と同程度の

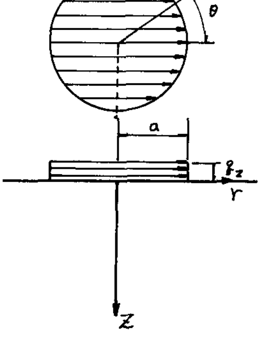

fig-1 円形等分布水平荷重

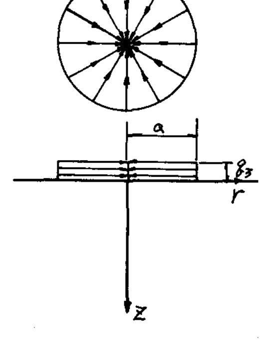

fig-2 円形求心水平荷重.

オーダーを持ち、時には無視することができない場合もありうる。この3つのそれぞれについて数値計算を行い重ね合せたものを舗装体内の応力と考える。

4. 計算例

今回の計算法は全てBarberの仮定を採用している。2層構造の場合fig-3に示したように第1層の厚さをh, 第1層と第2層の材料の変形係数, ポアソン比をそれぞれ E_1, E_2, ν_1, ν_2 とすると、第1層の厚さhは第2層と同じ材料がZだけその上におかれその上が載荷されたと同じ力学的効果あるとし、Zは次式によって与えられる。

$$Z = h\sqrt[3]{\frac{E_1(1-\nu_2)^2}{E_2(1-\nu_1)^2}}$$

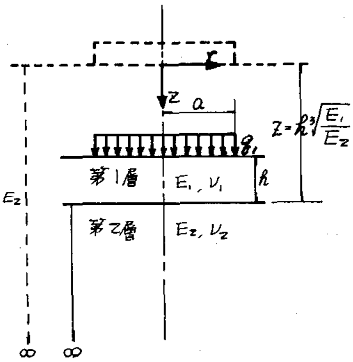

fig-3 換算厚さ

この仮定から明らかなように境界面は完全に粗である。

一般に3次元弾性論[2]によると変位方程式は、変位関数Φとψによって

$$u=-\frac{\partial^2\Phi}{\partial r\partial z}+\frac{2}{r}\frac{\partial\psi}{\partial\theta} \qquad v=-\frac{\partial^2\Phi}{r\partial\theta\partial z}-2\frac{\partial\psi}{\partial r} \qquad w=2(1-\nu)\nabla^2\Phi-\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}$$

と表すと $\nabla^4\Phi=0$, $\nabla^2\psi=0$. 応力-ひずみ関係で表すと

$$\frac{\sigma_r}{2\mu}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\Phi-\frac{\partial^2\Phi}{\partial r^2}\right)+\frac{2}{r}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta\partial r}-\frac{2}{r^2}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$

$$\frac{\sigma_\theta}{2\mu}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\Phi-\frac{1}{r}\frac{\partial\Phi}{\partial r}-\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2}\right)-\frac{2}{r}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta\partial r}+\frac{2}{r^2}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$

$$\frac{\sigma_z}{2\mu}=\frac{\partial}{\partial z}\left[(2-\nu)\nabla^2\Phi-\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\right]$$

$$\frac{\tau_{\theta z}}{2\mu}=\frac{\partial}{r\partial\theta}\left[(1-\nu)\nabla^2\Phi-\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\right]-\frac{\partial^2\psi}{\partial r\partial z}$$

$$\frac{\tau_{zr}}{2\mu}=\frac{\partial}{\partial r}\left[(1-\nu)\nabla^2\Phi-\frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2}\right]+\frac{\partial^2\psi}{r\partial\theta\partial r}$$

$$\frac{\tau_{\theta r}}{2\mu}=\frac{\partial^2}{r\partial\theta\partial z}\left(\frac{\Phi}{r}-\frac{\partial\Phi}{\partial r}\right)-2\frac{\partial^2\psi}{\partial r^2}-\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}$$

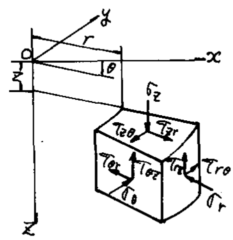

fig-5 円筒座標

ここにμはせん断弾性率である。

○境界条件

・円形等分布鉛直荷重

$(\sigma_z)_{z=0}=q_1 : r\leq a \quad 0 : r>a \quad (\tau_{zr})_{z=0}=0$

・円形等分布水平荷重

$(\sigma_z)_{z=0}=0 \quad \left.\begin{array}{l}(\tau_{zr})_{z=0}=q_2\cos\theta\\(\tau_{z\theta})_{z=0}=q_2\sin\theta\end{array}\right| r\leq a \quad 0 : r>a$

・求心等分布水平荷重

$(\sigma_z)_{z=0}=0 \quad \tau_{z\theta}=0 \quad \tau_{zr}=q_3$

この他無限遠点で変位、応力が零。

以上の計算式から簡単な点で行った結果をfig-5, 6に示す。ともに円形中央点でfig-5は鉛直荷重のときの鉛直応力, fig-6は鉛直荷重の水平応力と、水平荷重のせん断応力を示す。その他の点や考察については当日講演で行う。

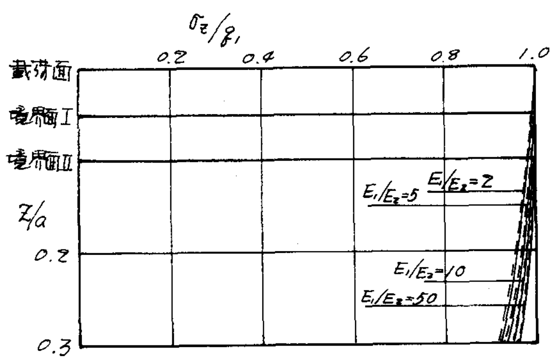

fig-5 荷重と応力の関係

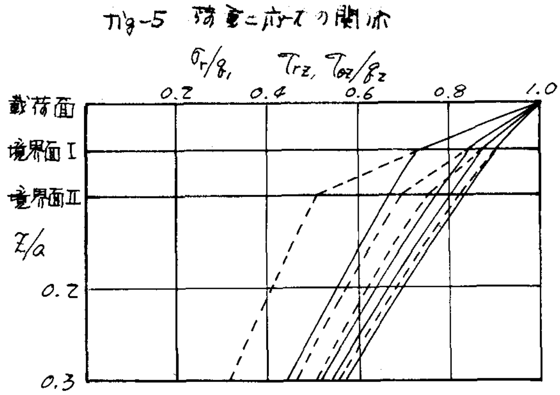

fig-6 荷重と応力の関係

1) Barber. E.S. "Shear Loads on Pavement." 2) 技報(1955) 最上編 土質力学