

大阪市立大学大学院 学生員 小宮 正二

大阪市立大学工学部 正員 三瀬 貞

" 正員 山田 優

1. まえがき

アスファルトの組成、構造、物理的・化学的・力学的性質等に関する知見は、周辺産業の目覚ましい発展により著しく増大してきた。特に、オイルショック以降石油資源の世界的動向と関連して重質油の分解、石炭の液化等の技術の進歩により、従来になく精密な情報が得られるようになった。EMR、ESRやレーザー科学の進歩とエレクトロニクスの進展によって今迄にない方法がアスファルト関連の分野にも応用されてきた。反面、原料である石油資源の供給の不安定さからくる素材としての重質油の性状の変動が大きくなり、政治・経済面の影響もあって、實際上不明確・不確実な実体となっていることも否定できない。このことが端的に言って、工学的な意味でアスファルトの性状にまだ不明な点が多いという表現を取らざるを得ないことになる。

著者らは、さきに混合物のストリップングについて、その機構に対する従来になく新しい考え方を提起してきた^{*)}が、それと関連して混合物の力学的挙動の中で、実用上興味のあるわだち堀れやアスファルトの老化現象に関して新しい考え方を提案してみたい。

2. ストリッピング現象

アスファルト混合物上の一点に繰り返し荷重が作用したとき、混合物の状態によっては、アスファルトと細骨材の上方への移動が生じる。この場合、主として水の作用により骨材とアスファルトの界面で分離が起るときはストリップング現象が生じることになる。典型的なストリップングの先端の移動現象は、次式で示される。

$$K_x \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{\partial P}{\partial t} \quad \cdots (1)$$

ここに、 x, y, z は直角座標であり、 K_x, K_y, K_z はストリップング係数、 t は時間、 P はアスファルト混合物中に生じるサクション力を示す。これを図示すると図1のようになる。

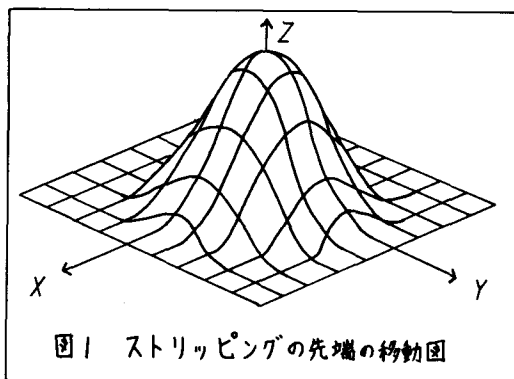


図1 ストリッピングの先端の移動図

3. アスファルトのコロイド構造

アスファルトが、アスファルテン、レジンをおよびオイルに分別される成分からできているコロイド構造を取っていることは概ね了解されることである。分散状態では、通常アスファルトは一体となって粗骨材の間を移動する。ところが、時としてゲルタイプのアスファルトではアスファルテンが、レジンを媒介として三次元網目構造様式をとり、その間隙をオイルが充填した形となる。その構造は、模式的に図2のように考えられる。アスファルトの粘性は、これら三つの成分の質と量によって変動するが、温度に応じて全体として一様に変動する。これをマクロビスコシティと呼ぶことにする。

4. アスファルトのマクロビスコシティ

高温度におけるアスファルトと粗骨材の関係から類推して、オイルとアスファルテンを分離して考えることに

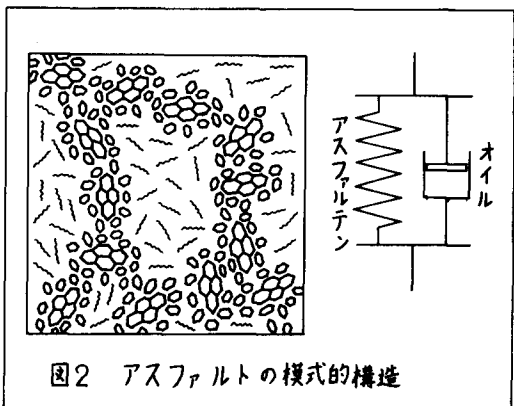


図2 アスファルトの模式的構造

する。すなわち、このような考え方は、アスファルトの粘度を全体として一様に考察する場合に比べて、その局所性に着目して考えることであり、前述のマクロビスコシティに対して、これをミクロビスコシティと呼ぶことにすると、アスファルトが熱レオロジー的に単純であることから以下のことが言える。

いま、アスファルト舗装をK個の自由度を有する振動系と考え、これに $F_1, F_2, \dots, F_K$ なる力が働くものとする。一般化された座標を $q_1, q_2, \dots, q_K$ とすれば、一般に運動方程式は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} a_{11} \frac{\partial^2 q_1}{\partial t^2} + a_{21} \frac{\partial^2 q_2}{\partial t^2} + \dots + a_{K1} \frac{\partial^2 q_K}{\partial t^2} + c_{11} q_1 + c_{21} q_2 + \dots + c_{K1} q_K &= F_1 \\ \dots &\dots \\ a_{1K} \frac{\partial^2 q_1}{\partial t^2} + a_{2K} \frac{\partial^2 q_2}{\partial t^2} + \dots + a_{KK} \frac{\partial^2 q_K}{\partial t^2} + c_{1K} q_1 + c_{2K} q_2 + \dots + c_{KK} q_K &= F_K \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

ここに、 a_{ij}, c_{ij} は対応する係数である。力 F_j が時間 t に対して周期的に変化するとき、例えば $e^{i\omega t}$ のように変化するとき、 q も $e^{i\omega t}$ に比例することになる。
 $e^{i\omega t}$ を省略して

$$\sum (c_{ij} - \omega^2 a_{ij}) q_i = F_j \dots (3)$$

ここに ω は定数である。これを解いて

$$q_i = \frac{\sum a_{ij} \cdot F_j}{\Delta(\omega^2)} \dots (4)$$

ここに、 $\Delta(\omega^2)$ は、(3)式の左辺の係数による行列式であり、

a_{ij} は、 $\Delta(\omega^2)$ の j 列に関する小行列式である。

もし、 ω が $(\Delta \omega^2) = 0 \dots (5)$

の根に近くなると、 q は非常に大きくなる。

いま、 ω を角速度とすると、

$$(\Delta \omega^2) = 0 \dots (6)$$

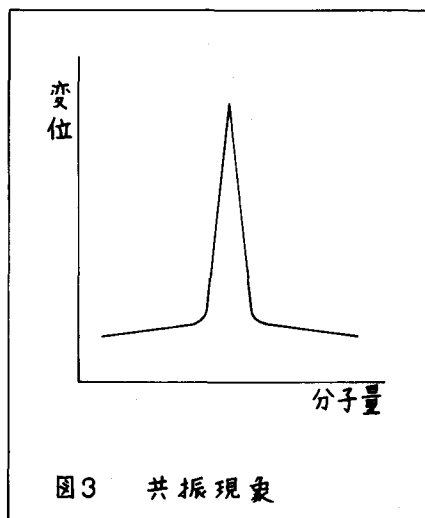


図3 共振現象

の根が、自由振動の角速度であるので、地形、道路線形、道路構造あるいは舗装構造等によって、外力の周期がアスファルトのオイル分の局所的な固有周期に近づくとき、図3のような共振現象がそのオイル部分に生じ、そのオイル相だけが極めて大きな移動量を持つ。アスファルトの粘性の影響は長期にわたる繰返し載荷で相殺される。

以上のような経過によって、輪荷重の通過に伴ってアスファルトのミクロビスコシティ現象が生じ、めだちの直下に向って部分的なオイルの移動が起り、反対にめだちのすぐ外側のアスファルトに、ある分子量の範囲にわたってオイル分の不足が生じ、結果的に老化現象を起してひび割れが発生することがある。このことがめだち割れといわれている現象とどのようにかわかっているか定かではないが、興味をもてるところである。

アスファルトのミクロビスコシティ現象は、いろいろなところで様々な形で起こるであろうことは容易に想像されるところで、従来見出されなかった現象の発見や、既にある現象でも従来と違った解釈の生ずることにもつながるかも知れない。

* (参考文献) 三瀬・山田：第15回日本道路会議論文集、433, PP 257 ~ 258, 1983