

V-581

超音波パルス（表面走査法）によるアスファルト混合物の諸係数

(株) シードコンサルタント	正員	上月 貴
大阪産業大学工学部	〃	大前 達彦
同	〃	荻野 正嗣

1 概要

筆者等は、既に超音波パルスの透過法によるアスファルト混合物の諸係数について報告した¹⁾。この方法は図-1(a)に示すように、最も普通の方法で伝播エネルギーが大きくより正確に伝播時間を測定することができる。しかし、この方法では供用されている舗装道路の測定はできない。本報告は主に図-1(b)に示す表面走査法によって測定したもので、この方法は透過法に比べて伝播エネルギーは小さく、表面部の品質しか判定できないが、FWDによる動弾性係数との比較の意味も含めて実施したものである。

2 実験概要

2-1. 供試体 本実験に使用したアスファルト混合物の粒度は舗装要綱の密粒度アスコン②のほぼ中央を通るもので、アスファルト量は6.5%である。供試体の作成はローラコンパクタを使用し、30×30×10cmの供試体（表面走査法に使用）と、同一寸法の供試体から透過法による測定のために、透過厚さ5.0, 7.3, 10.0, 12.5, 14.0, 17.0, 19.4, 24.6cmの供試体を切り出した。いずれの供試体もほぼ密度2.34g/cm³、空隙率3.6%である。

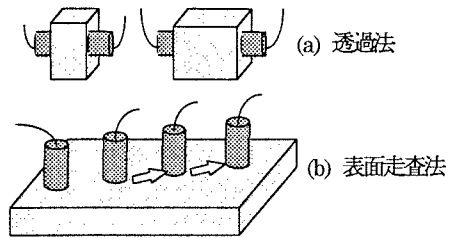


図-1 本実験に用いた超音波パルス測定方法

2-2. 実験装置 本実験に使用した超音波測定器は市販されているもので、低周波20～高周波240kHzまで変換可能なものである。

2-3. 実験方法 試験温度は表面走査法および透過法のいずれの場合も、5, 10, 15, 20, 25℃で、恒温室内で実施した。

表面走査法における端子間距離は5, 10, 15, 20cmで測定した。この理由は次のとおりである。距離L (cm)と時間T (sec)による速度V (km/sec)は云々までもなく $V=L/T \cdots (1)$ で表わされる。

本実験で用いた送信端子と受信端子には振動子を覆う前板の距離が存在し、任意の端子間距離Lとその距離における伝播時間Tとの間には $T=1/V \times L + t \cdots (2)$ の関係となる。ここで、1/Vはアスファルト混合物の単位長さ当たりの伝播時間であり、tは前板を通過する時間である。

(2)式を(1)式に代入すると、 $V=L/(1/V \times L + t)$ となり、実際端子間距離を変化させて伝播速度を測定すると、図-2のような曲線となる。

すなわち、この影響を避けるために、数点の伝播距離 $L_1, L_2 \cdots L_n$ における伝播時間 $T_1, T_2 \cdots T_n$ を測定し、図-3に示す傾きから伝播速度Vを算出した。この考え方は透過法においても同じであるので、同様に処理して算出した。

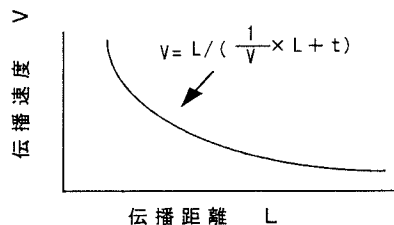


図-2 端子前板部の影響を受けた場合の距離と速度の関係

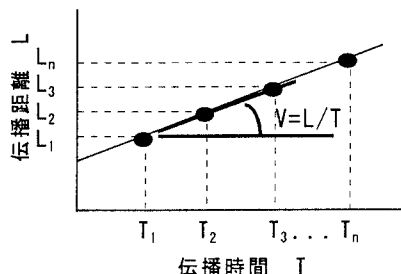


図-3 速度算出方法

3 実験結果および考察

3-1. 伝播速度 図-4は試験温度を変化させた時の表面走査法と透過法による、縦波Vpと横波Vsの伝播速度を示したものである。

この図からも明らかなように、表面走査法による伝播速度は透過法に比べて遅いのは伝播エネルギーが小さいために生じた差であると考えられる。また、その差は温度が高くなるにつれて大きく、5～25℃の温度範囲ではほぼ直線的に変化し、その速度変化率は以下のようなものである。

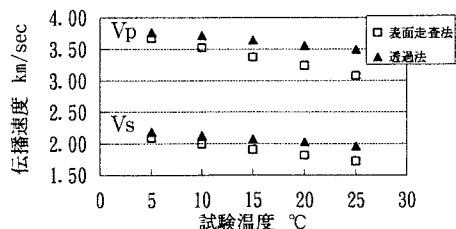


図-4 伝播速度と温度の関係

表面走査法 ……温度上昇に対する伝播速度 V_p 変化率 $=-0.0292\text{km/sec}^\circ\text{C}$
 V_s 変化率 $=-0.0182\text{km/sec}^\circ\text{C}$
 透過法 ……温度上昇に対する伝播速度 V_p 変化率 $=-0.0144\text{km/sec}^\circ\text{C}$
 V_s 変化率 $=-0.0110\text{km/sec}^\circ\text{C}$

3-2. 動弾性係数 図-5 は図-4 の伝播速度を基にして計算した動弾性係数である。一方、図-6 は雑賀等²⁾が様々な舗装構造を持つ箇所の FWD 測定結果から逆解析によって得られたアスコン層の弾性係数である。この図に示されているアスコン層の温度は平均温度であり、筆者等の供試体全体の一定温度とは違っているが、比較検討してみよう。

例えば、透過法および表面走査法における 20°C の動弾性係数はそれぞれ 24.0GPa (245000kgf/cm^2)、 19.8GPa (202000kgf/cm^2) であるが、FWD におけるそれは約 8.6GPa (87500kgf/cm^2) であり、超音波パルスによる方が約 2.3～2.8 倍程度大きくなる。また、筆者等の温度測定範囲内では、温度上昇に伴う動弾性係数の減少率は、表面走査法で 400MPa (4080kgf/cm^2) / $^\circ\text{C}$ 、透過法では 250MPa (2550kgf/cm^2) / $^\circ\text{C}$ であり、FWD からは約 800MPa (8130kgf/cm^2) / $^\circ\text{C}$ である。

3-3. 動せん断弾性係数 図-7 に示す動せん断弾性係数は横波伝播速度と供試体密度によって定まるので、この傾向は図-4 に示した横波伝播速度の温度による影響をそのまま受けている。

3-4. 動ポアソン比 動ポアソン比は縦波と横波の伝播速度より決定され、図-4 に示す結果から求めて図示したものか図-8 である。この図によると、表面走査法による動ポアソン比の方が透過法に比べて約 0.01 程度大きくなっている。また、両者とも温度上昇に比例して動ポアソン比も増加する傾向にある。周知のとおり、超音波法における横波の減衰が大きく受信子に到達する第一波はノイズ波および縦波に変換された波形が次々に現れ、どの波形が横波の第一波であるかを判定することが困難な場合が多い。特に表面走査法における横波のエネルギーが小さいため、その判定には熟練を必要とする。今後は測定機器の改良も含めて簡単に決定できるよう検討したい。

4 結論

- ① 表面走査法で伝播速度を求める場合、端子間距離を数点変化させる必要がある。
- ② 透過法および表面走査法で求めた動弾性係数は、FWD による逆解析で求めたそれより約 2.3～2.8 倍程度 (20°C) 大きくなる。

実験を実施するにあたり、大阪産業大学の小堀 修身 教授の御助言をいただき、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 荻野・大前：超音波方法によるアスファルト混合物の非破壊試験，第 18 回日本道路会議論文集，1989
- 2) 雑賀・阿部・姫野・丸山：FWD から得られる特性値の温度補正に関する検討，舗装，No.8, Vol.30，1995

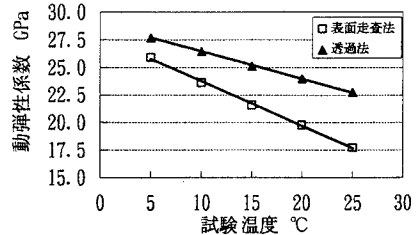


図-5 動弾性係数と温度の関係

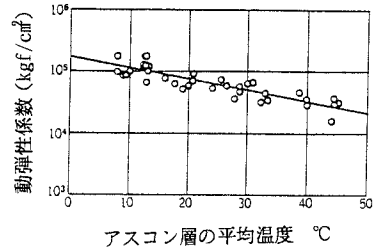


図-6 FWD による動弾性係数と温度の関係（雑賀等²⁾）

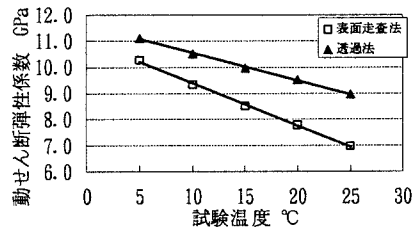


図-7 動せん断弾性係数と温度の関係

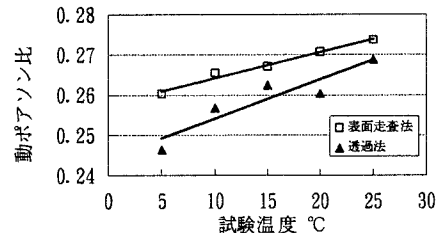


図-8 動ポアソン比と温度の関係