

フェライトアスファルト混合物の振動性状

VIBRATING PROPERTIES OF FERRITE ASPHALT MIXTURES

間山正一*

By Masakazu MAYAMA

This paper describes vibrating properties of ferrite-asphalt composite materials which were obtained through mixing ferrite byproducts with asphalt. The vibrating properties were measured by the fundamental bending vibration for specimen hung at the modal points. Following conclusions were obtained. 1) The higher the temperature, the larger was the logarithmic decrement, the smaller was the resonance frequencies and the smaller was the dynamic modulus. 2) The quality of asphalt had small effects on material properties comparing with the effects of temperature. 3) Logarithmic decrement had quantitative relationships with dynamic modulus.

Keywords: ferrite asphalt mixtures, vibrating properties, logarithmic decrement, dynamic modulus

1. 概 説

著者はフェライト混合物の応用研究¹⁾の1つである制振材料としての振動特性を研究してきた^{2),3)}。この振動特性に関する研究は道路や空港の分野で特に問題となっている交通振動や騒音等を初めとする環境問題⁴⁾への対処と同時に舗装材料の振動性状の解明や舗装体の振動測定⁵⁾、理論解析⁶⁾やそのコンピューター・プログラムを開発して行った研究⁷⁾等を進展させることによって、舗装体の振動メカニズムを解明することを目的としたものである。

同時に、現在、土木・建築・船舶等の分野でその技術開発に凌ぎを削っているいわゆる免振構造物、免振工法の材料の1つとして研究対象となっているものである。

本研究は、一連の制振材料^{2),3)}と同様に、そのための基礎的データとすべく、自由減衰振動方式によって副産物フェライトとアスファルトの混合からなる混合物（以下、フェライトアスファルト混合物と称す）の振動性状、すなわち、対数減衰率、共振時弾性率（動的弾性率）、および振動性状相互の関係を明らかにすることを主たる目的とする。

また、この種の混合物の材料性状は温度、アスファルト量、アスファルトの性質等に依存することが知られているが、本稿においては紙面の都合で振動性状と温度およびアスファルトの性質の関係についてのみ報告するものとする。

なお、本研究で用いた副産物フェライトは天然に産出する磁鉄鉱と同性状のもので安定性が高く¹⁾、また、アスファルトとの混合で得られるフェライトアスファルト混合物は舗装、制振壁、床材料、基礎材料、ラミネート材料等の制振材料として用いられると同時に、磁気標識体⁸⁾、人工魚礁材料⁹⁾としても使用可能なものである。

2. 実験材料と試験方法

(1) 材 料

本研究ではアスファルトの物理的性質が振動性状に与える影響を検討するため、その物理性状が大きく異なる表一に示した3種類のアスファルトを選択し、副産物フェライト粉末¹⁾⁻³⁾と混合して供試体を作製した。前述したように、アスファルト量については別途テーマを構成するほど興味ある対象であるが、ここではマーシャル試験¹⁰⁾、制振舗装の試験施工⁵⁾において表層用として用いたフェライトアスファルト混合物のアスファルト量を参考に、7%のものに限定した。

* 正会員 工博 北海道工業大学教授 工学部土木工学科
(〒006 札幌市西区手稲前田 419-2)

表一 アスファルトの物理性状

名称	比重	針入度 ¹⁾	T _{ReB} (°C)	P.I. ²⁾
A	1.020	69	55.5	+1.70
B	1.020	92	46.5	-0.60
C	1.020	215	36.7	-1.30

1) 100g, 5sec, 25°C

2) 針入度指数

供試体の作製方法は、従来の舗装用アスファルト混合物と同様であり、供試体寸法は曲げ試験に用いた寸法¹⁾と同じ3×3×25 cmである角型棒状供試体を1種類につき、3本用いた。

なお、表一に示したアスファルトの呼称に従って、副産物フェライトとの混合によって得られるフェライトアスファルト混合物をそれぞれA混合物、B混合物、C混合物と称した。また、これらの平均密度は等しく、3.522 (g/cm³)であった。

(2) 振動試験

本研究に用いた振動試験法は2本吊りの方法による自由減衰振動法である。その詳細についてはすでに報告した^{2),3)}のでここでは割愛する。

なお、本試験によって材料の対数減衰率 δ 、共振周波数 f_0 、共振時弾性率 (動的弾性率) E_r が求められるが、 f_0 は供試体寸法に依存することから、また、 E_r と一定の関係で表現されることから^{2),3)}、本稿においては E_r について論ずることによって f_0 についてのそれに代えたい。

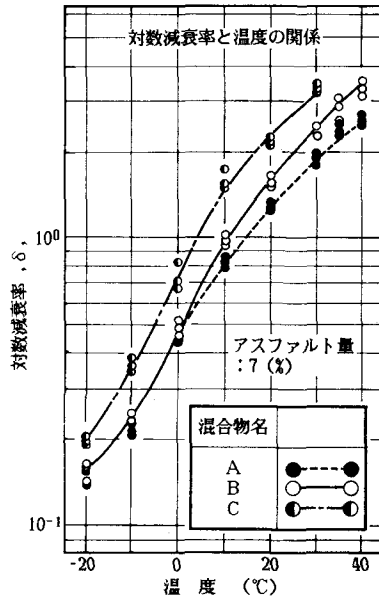
3. 実験結果と考察

(1) 振動性状と温度の関係

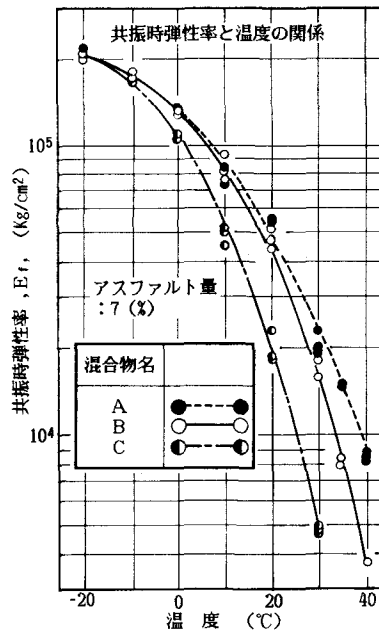
図一はA混合物、B混合物、C混合物の δ と温度の関係を示す。

アスファルトの性質を問わず、どの混合物も温度の上昇とともに δ が増大するが、その変化の割合は見掛け上、低温側ほど大きい。 δ は減衰の速さを示す量であることから、ここで掲げたフェライトアスファルト混合物は高温になるに従って外力の吸収性能が大きくなることわかるが、この主な理由はこの種のアスファルト混合物に共通してみられる粘性項が大きくなるためと同時に、高温になるほど副産物フェライトとアスファルトの刺激に対するミスマッチングが大きくなるためと考えられる。

図一2は各種混合物の E_r と温度の関係である。B混合物の場合を例にとって説明すると、+40°Cで約 3.7×10^3 (kg/cm²) の E_r は、+20°Cで約12.2倍の約 4.5×10^4 (kg/cm²) になり、0°Cで約 1.3×10^5 (kg/cm²) の E_r は-20°Cでは約1.5倍の約 2.0×10^5 (kg/cm²) の E_r になっており、同一温度変化に対する E_r の変化



図一 各種のフェライトアスファルト混合物の対数減衰率と温度の関係



図二 各種のフェライトアスファルト混合物の共振時弾性率と温度の関係

の割合は高温側の方が大きい。なお、 E_r の差をみた場合には、+40°Cと+20°Cの E_r の差は約 4.1×10^4 (kg/cm²) であるのに対して0°Cと-20°Cのそれは 7.0×10^4 (kg/cm²) となっており、低温側における差の方が大きい点にも留意する必要がある。

(2) 振動性状とアスファルトの性状の関係

先に掲げた図-1 から P.I. の小さい (低軟化点, 高針入度) アスファルトを結合材とする C 混合物はどの温度領域においても δ が大きく, A 混合物と B 混合物の δ は 0°C より高温になるに従ってその差が大きくなる. 同様に, 図-2 から E_r は低温側では同じであるが, 温度が高くなるに従って差が生ずる. わかりやすくするため, 一例として, E_r と軟化点の関係を図-3 に示す. 温度の上昇とともに E_r が減少するが, その割合は C 混合物, B 混合物, A 混合物の順に大きく, 特に, C 混合物の E_r の減少割合は著しい. フェライトアスファルト混合物は研磨材に用いられるほど剛性が高く, かつ, その温度依存性をほとんど無視できる副産物フェライトと, 剛性が小さく, かつ, それが温度や時間に依存するアスファルトから構成される. したがって, 刺激へのレスポンスが異なり, その差すなわち, ミスマッチングが粘性とともに振動を吸収する要因の1つと考えられる. 同時に, 低温側ではアスファルトのステイフネスが副産物フェライトのそれに近づくため, 両者の混合からなる混合物としてのレスポンスとして表われる δ あるいは E_r にアスファルトの性状の差は出ないが, 高温になるに従って両者の剛性の差が大きくなるため, 結局, アスファルトの性状の差が δ や E_r として表われるものと考えられる.

(3) 対数減衰率と共振時弾性率の関係

δ と E_r の関係は学問的に興味あるばかりでなく, その工学的応用を考える場合にも重要なデータとなる. 本研究で用いた3種類の混合物について δ と E_r の関係を両対数グラフにプロットした結果, 図-4 に示すように, E_r の増加とともに δ が減少するなめらかな曲線が得られた. 高温側に相当する左上では両対数グラフ上の見掛けの勾配は比較的フラットであるが, 右下になるにつれて勾配が急になる. すなわち, 同一温度変化幅で考えると, 見掛け上, 高温側では E_r の変化の割合に対して δ の変化の割合が小さく, 逆に, 低温側では δ の変化の割合に対して E_r の変化の割合が小さい. 先に, 図-1 および図-2 において, δ の温度による変化の割合は低温側ほど大きく, E_r のそれは高温側ほど大きいことを指摘したが, 図-4 はこの両図をまとめたものであることから上記の傾向については肯首されよう.

粘弾性的挙動をするこの種の混合物は転移領域をはさんで, 高温領域においてはより粘性的挙動を示し, 低温領域においてはより弾性的挙動を示すことはよく知られている. この場合, 両端の温度領域に近づくに従って粘性あるいは弾性の上限值に近づいていくため, その絶対値は大きくなるが, 増加の割合は小さくなるものと考えられる. この材料性状を念頭におくことによって, 図-

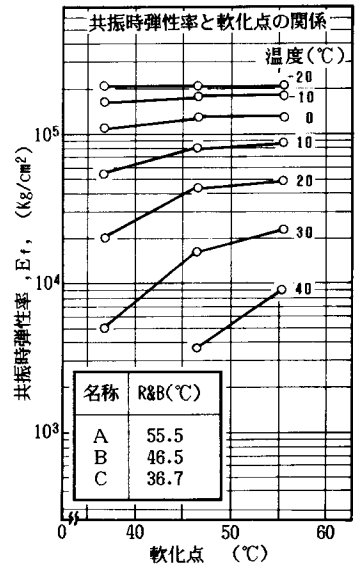


図-3 各種のフェライトアスファルト混合物の共振時弾性率と軟化点の関係

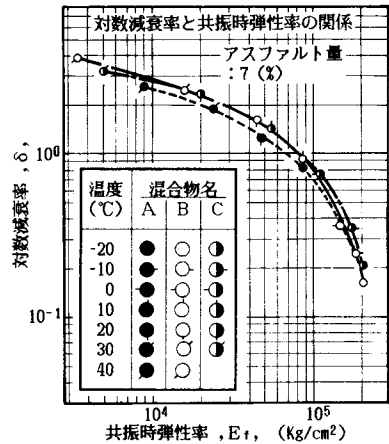


図-4 各種のフェライトアスファルト混合物の対数減衰率と共振時弾性率の関係

4の振動性状が理解される. たとえば, 低温側では混合物の弾性率の上限に近づいていくため, 動的弾性率である横軸の E_r の増加率はしだいに小さくなって, 右下に急な δ vs. E_r 曲線になるものと推定される. 逆に, 高温側では材料が粘性的になり, 弾性項である E_r の減少率に比較して, 粘性項として表現される縦軸の δ が上限値にしだいに近づいていくため, その増加率が小さくなることから結局, フラットな曲線になるものと推定される.

次に, 混合物の種類ごとに図-4をみると, A 混合物 (低針入度, 高軟化点, 高 P.I.) は δ vs. E_r 曲線が他のそれらに比較して, 最も内側にあることから同一 E_r

に対する δ が最も小さく、また、同一 δ に対する E_f も小さいが、おおまかに把えた場合、各混合物の δ vs. E_f 曲線の一般形状の差は比較的小さいといえよう。アスファルトの種類が3種類と限定されているが、本研究の範囲内ではある狭い幅の中で任意の δ と E_f が対応づけられるといえよう。

4. 結 論

多様な用途をもつフェライトアスファルト混合物を開発し、自由減衰振動試験を行った結果、明らかにされた事項を列記する。

(1) 温度の上昇とともに混合物の対数減衰率が大きくなり、共振時弾性率が小さくなることを明らかにした。

(2) P.I. の小さいアスファルトほど同一温度における δ が大きくなり、共振周波数および共振時弾性率が小さくなるが、その影響は従来のアスファルト混合物に比較して、比較的少ないことを示した。

(3) 両対数目盛りでみた場合、対数減衰率と共振時弾性率の振動性状相互の関係がなめらかな曲線で表現され、低温領域では共振時弾性率の増減率よりも対数減衰率の増減率の方が大きく、高温領域ではその逆の性状になることを見出した。

(4) これは低温領域では弾性率の上限値に近づくのでその増加率が鈍化するのに対して、高温領域では粘性が支配的になってその増加率が小さくなるためであることを考察した。

5. 後 記

多様な用途をもつ副産物フェライト混合物の1つであるフェライトアスファルト混合物の振動性状について論じた。フェライトアスファルト混合物の振動性状に与えるアスファルト量の影響、材料性状と構造物としての挙動との関係に関する実験および理論解析等の興味あるデータを保有しているが、機会が与えられたならばご批

判を頂戴したい。

最後に、本研究を行うに際して、セントラルコンサルタント(株)谷藤正三相談役、日本電気環境エンジニアリング(株)辻 俊郎社長、日本電気(株)資源環境技術研究所の菅野 出所長に多大のご指導を願った。ここに厚く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 間山正一・山内文雄：副産物フェライトの土木工学への応用，土木学会誌，1987-5，Vol.72，pp.35~40，1987。
- 2) 間山正一：コーテッドフェライトコンクリートの振動性状，土木学会論文集，第384号/V-7，pp.93~101，1987。
- 3) 間山正一：フェライトエポキシ混合物の振動性状と力学的性状，土木学会論文集，第385号/VI-7，pp.59~68，1987。
- 4) 土木学会学会誌編集委員会：土木と環境，土木学会誌，Vol.71，1986-9月号，pp.2~53，1986。
- 5) 間山正一ほか：舗装体の振動測定法，土木学会北海道支部論文報告集，第43号，pp.565~570，1987。
- 6) たとえば，Lysmer, J. and Waas, G. : Shear waves in plane infinite structures, ASCE, EM 1, pp.85~105, 1972。
- 7) SAP, SDM, FLUSH等が広く利用されているが、使いやすい例として、花里利一・鶴飼忠三：走行荷重により生ずる地盤振動のFEM解析，土質工学会論文報告集，Vol.23，No.1，1983。
- 8) 間山正一ほか：副産物フェライトを利用した磁気標識体，土木学会論文集，第379号/VI-6，pp.78~82，1987。
- 9) 間山正一・山内文雄：副産物フェライトを利用した藻礁，水産土木，第23巻，第1号，pp.7~12，1986。
- 10) 間山正一・辻 俊郎：フェライト混合物の力学的性状に関する基礎的研究，土木学会第38回年次学術講演会講演概要集，pp.467，1983。
- 11) 間山正一ほか：制振舗装材料の曲げ破壊性状，第15回日本道路会議一般論文集，pp.299~300，1983。

(1987.7.30・受付)