

北海道大学工学部 正員 ○ 笠原 篤

北海道大学工学部 正員 菅原照雄

1. 概 説

第1報においては舗装が遭遇するような環境条件下において実際にシミュレートさせた形で混合物の動的応答を測定しうる舗装材料用動的載荷装置を製作し、代表的な3種の混合物の動的応答に関する研究結果を報告し、また第2報においては密粒度アスファルトコンクリートを用い、混合物の動的応答の原理的なものなるに基礎的なものについて詳細に検討した結果を報告した²⁾。本研究は混合物の動的応答に影響を与えると思われる種々の因子のうち、内的因子については骨材の表面性状、バインダー量、外的因子については温度、載荷時間を取り出し、それらが混合物の動的応答に及ぼす影響を与えるかについて検討し、また繰り返し載荷過程における混合物の力学的な性状の変化について検討した結果を報告するものである。

2. 試験材料 および 試験条件

試験混合物としては密粒度アスファルトコンクリート(粒度配合は表-1)を用い、使用骨材は表面性状により Rough 100%, Rough 50% + Smooth 50%, Smooth 100%の3種である。各々を

表-1 粒度配合

フルイ目(mm)	13	10	7	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075
通過重量%	100	84.5	75.0	66.0	48.1	36.9	26.0	18.5	12.4	7.5

(注) 0.15以下は3種とも同一骨材である

以下R混合物, SR混合物, S混合物と称することにする。バインダーはストレートアスファルト(Pen. 83, Tr.B. 47.0°C, P.I. - 0.3)を用い、混合物中のバインダー量は4.7, 5.7, 6.7%の3種であり、合計9種である。

供試体は30×40×6cmの鋼製型枠に2ボテズ温度(148°C)にて混合された混合物を入れ、30ボテズ温度(102°C)にてローラコンパクタで締め固めた後、ホイールトラッキング試験機により45°Cにおいてトラバースをかけるニードリング作用を受けさせた混合物からカットにより切り出した6面カットの棒状供試体(寸法:4×4×35cm)である。試験法は舗装材料用動的載荷装置を用い、両端自由における2点載荷の強制曲げ振動(入力波形は正弦波)である。試験条件としては、温度又、7, 12°Cの3点、周波数0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0 Hzの6点(載荷時間に換算して1.6~0.016秒)である。

3. 実験結果

3-1 動的応答について

供試体中央部の下縁および上縁の引張りひずみ(ϵ_0)が 6.0×10^{-4} cm/cmとなるように正弦的に変化するひずみ波形($\epsilon = \epsilon_0 \sin \omega t$)を入力とし、その応答として荷重(σ_0)および位相角(ϕ)を得た。これらから材料の物性を表わすとされている諸関数、すなわち複素弾性率(スティフネス)、動的弾性率、損失弾性率、損失正切、複素粘性率などを算出することができ、温度をパラメータとしてこれら各々と時間($1/\omega$, $\omega = 2\pi f$)の関係も求めることができる。第2報において述べたよう

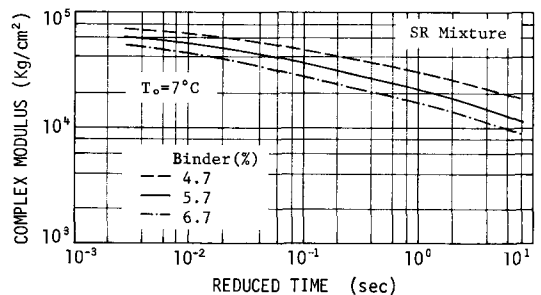


図-1 複素弾性率と載荷時間の関係

に、これらの曲線に時間・温度換算法則を適用することにより、統計9種の混合物において諸関数のマスターカーブを求めることができた。図-1はその一例としてSR混合物においてバインダー量を4.7, 5.7, 6.7%と変化させた場合の7°Cにおける複素弾性率のマスターカーブを示したものである。図から明らかなようにSR混合物において、バインダー量が増加するに伴い、規則的に複素弾性率の絶対値が低下するようである。

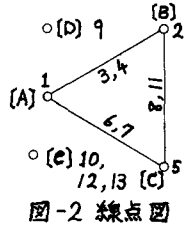


図-2 線点図

本実験において取り出した因子のうちどの因子が混合物の動的応答に及ぼす影響を及ぼすのかについて考察するために実験計画法に基づき実験のわりつけをなすに分散分析を試みた。

実験のわりつけは直交表 L_{27} および線点図(図-2)を用い因子と水準は表-2に示されている。複素弾性率($|E^*|$)を3バに損失正接($\tan \phi$)に対する各因子の寄与率を算出した結果を表-3に示す。複素弾性率においては温度と載荷時間の寄与率が合計して80%となり、損失正接においても48%となった。温度と載荷時間の因子を取除いてバインダー量と骨材の表面性状の寄与率を求めるために、二元配置による分散分析を行ったが誤差分散の値が大きくなり寄与率を求めることは不可能であった。

表-2 因子を3バに水準

因子	温度	載荷時間	バインダー量	表面性状	遊心	
符号	A	B	C	D	e	
列番	1	2	5	9	10, 12, 13	
水準	1	2°C	0.016物	4.7%	Rough	e
	2	7	0.16	5.7	Rough + Smooth	e
	3	12	1.6	6.7	Smooth	e
備考	交互作用 A-B は 列番 3, 4 " B-C " 8, 11 " C-A " 6, 7 および解析					

表-3 寄与率

	A	B	C	D	A-B	B-C	C-A	e
$ E^* $	33.0	47.0	2.0	1.0	2.0	-*	-*	15.0
$\tan \phi$	20.0	28.0	2.0	7.0	-*	16.0	1.0	27.0

*危険率5%のF検定を満足しない

以上のことから、混合物の複素弾性率を支配する因子は、温度を3バに載荷時間(すなわち外的因子)であると言えよう。このことを道路舗装におきかえてみれば、温度は気温であり、載荷時間は走行車輛の速度に依存するものであり、構造の弱い舗装体ほど必ずみ速度(載荷時間を必ずみ速度におきかえて考えられる)が大きいとされていることから、アスファルト層の弾性率は温度、載荷時間、構造をどのに支配されると結論される。

3-2 繰り返し載荷について

供試体中央部の下線および上線の引張りひずみが 6.0×10^{-4} となるように正弦的に変化するひずみ波形(周波数10 Hz)を用いて繰り返し載荷を行い、繰り返し載荷過程における混合物の力学的な性状の変化について検討を試みた。

図-3は、7°Cにおいてバインダー量5.7%のSR混合物に繰り返し載荷を行い、繰り返し載荷の過程における複素弾性率と繰り返し載荷回数との関係を両対数紙上に示したものである。図は複素弾性率が直線的に低下することを示しており、ある載荷回数付近から急激に低下することも示している。これは実験条件(温度、バインダー量、骨材の表面性状)が変化しても、すべてに共通に見られる現象であった。このことから繰り返し載荷過程中の混合物の力学的な性状の変化は複素弾性率によって論ずることができるとは思われる。また図に示されている2直線(l_1, l_2)の交点における載荷回数は、出力(荷重)の正弦波のみで推定する破壊回数ともほぼ一致することから、疲労破壊回数(N_s : Service Life)とすることができるといえる。

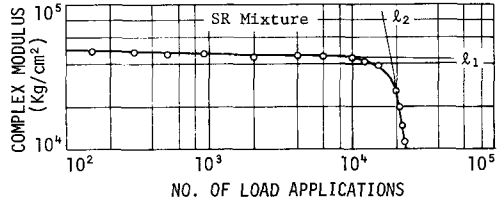


図-3 複素弾性率と載荷回数の関係

繰り返し載荷過程中の力学的な性状の変化を3バに破壊回数の詳細を検討は本報告のデータからはできなかったが、より多くの実験を行うことによりこれが明らかにされるであろう。実験にあたり武市晴(日本工管)、本間政幸(前田建設)両氏の協力を得たことに感謝の意を表すものである。

1) 土木学会第26回年次学術講演会講演集 V-124
2) 土木学会第27回年次学術講演会講演集 V-112