

アスファルト混合物の一軸疲労試験

中央大学 正会員 ○ 向後 憲一
中央大学 フェロー 姫野 賢治

1. まえがき

アスファルト混合物の疲労破壊特性を評価するための室内試験にはいくつかの方法があり、米国ほかで実施例の多い四点曲げ疲労試験や欧州で実施例の多い台形供試体を用いた試験（二点曲げ疲労試験）などが代表的である¹⁾。また、円筒形の供試体を用いた一軸疲労試験は、供試体の横断面において応力やひずみの分布が一定であり、曲げ疲労試験と比べて結果の解析やモデル化が容易であることから、1990年代以降いくつかの研究機関で用いられている¹⁾²⁾。本検討では、密粒度アスファルト混合物を用いて一軸疲労試験を実施し、当該混合物の疲労破壊特性について検討している。

2. 使用材料

本検討で使用した密粒度アスファルト混合物（13）の配合および粒度を表-1に示す。バインダはストレートアスファルト 60/80 であり、バインダ量は 5.6%（OAC）とした。

3. 実験方法

一軸疲労試験装置の外観を図-1に示す。円筒形の供試体は、上下面が治具に接着され、油圧制御による繰返し载荷（引張り-圧縮）を受ける。荷重は油圧シリンダと供試体の間に設置したロードセルにより、変位は供試体側面に 120° 間隔で配置した 3 組の変位計によりそれぞれ測定され、測定値は荷重の制御または変位の制御にフィードバックされる。

本検討の試験条件は、表-2に示すとおりである。室内で作製したアスファルト混合物を所定の密度となるよう 300×300×10mm に成型し、その中央部分を円筒形（直径 75mm×高さ 120mm×3 本）に切断した後、上下面が平行となるよう研磨して供試体とした。

制御方式は変位制御とし、変位振幅は供試体に生ずるひずみ振幅が 80～250 $\mu\text{m/m}$ となる範囲とした。

4. 試験結果

スティフネスの変化を図-2に示す。载荷回数の増加にともない混合物中に疲労ダメージが累積し、スティフネスは低下する。しかしながら、一部の供試体を除き、スティフネスの急激な低下（変曲点）は認められず、曲線の形状から破壊点を定めるのは難しいと考えられる。そこで本検討では、スティフネスが初期のスティフネスの 50%に低下した時の载荷回数を破壊回数とした。

ひずみ振幅と破壊回数の関係を図-3に示す。また比較のため、図中に同一混合物の四点曲げ疲労試験の結果および AI（Asphalt Institute）の破壊規準式に用いられている室内疲労曲線³⁾も示している。一軸疲労試験の結果は、四点曲げ疲労試験と比べ同じひずみレベルでの破壊回数が小さい傾向にある。これは、既往の研究でも同様の傾向が確認されており、一軸疲労試験では供試体の横断面全体に均一なひずみ振幅が生ずるのに対し、四点曲げ疲労試験では供試体の横断面においてひずみ振幅が一定ではなく、そ

表-1 混合物の配合と粒度

配合	6号砕石	37.5
	7号砕石	20.0
	粗砂	32.7
	細砂	6.5
	石粉	3.3
粒度	13.2 mm	100
	4.75	62.5
	2.36	42.5
	600 μm	24.1
	300	15.1
%	150	9.3
	75	6.0
	ストアス 60/80 %	5.6

表-2 試験条件

供試体寸法	$\phi 75\text{mm} \times 120\text{mm}$
载荷方式	一軸（引張り-圧縮）
制御方式	変位制御
载荷波形	正弦波
载荷速度	5Hz
試験温度	10℃



図-1 一軸疲労試験

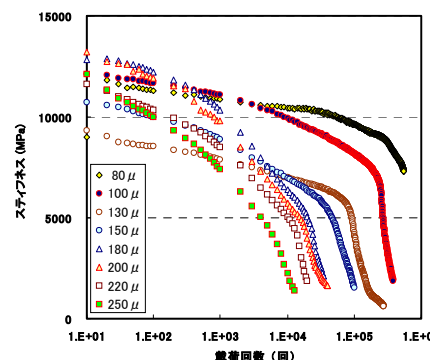


図-2 スティフネスの変化

キーワード 疲労，一軸疲労試験，位相角，密粒度アスファルト混合物

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院 理工学研究科 TEL03-3817-1796

の大きさが一軸疲労試験のひずみ振幅以下であることによると考えられている²⁾。

次に、疲労試験中の位相角の変化を求めた。アスファルト混合物などの粘弾性体に周期的な外力を加えると、測定される荷重波形はひずみ波形よりも進んだ位相をもち、横軸を荷重、縦軸をひずみとしてプロットすると図-4 に示すようなヒステリシスループを描く(本検討では荷重およびひずみの測定間隔を 0.002s とした)。位相角 (ϕ) は、図-4 から L_1 および L_2 を読み取り、(1)式により求めた。

$$\sin \phi = L_2 / L_1 \quad (1)$$

位相角の変化を図-5 に示す。位相角は、载荷回数の増加にともない徐々に増加し、破壊回数を過ぎると急激に低下する。また、破壊前の位相角の増加率は、ひずみ振幅が大きいほど大となる傾向にある。

図-5 から求めた破壊前の位相角の増加率とひずみ振幅の関係は図-6 に示すとおりである。ひずみ振幅と位相角の増加率は、概ね直線関係にあり、1 回の载荷による疲労ダメージが大きいほど位相角の増加率は大きい。

5. まとめ

本検討で得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- 1) 一軸疲労試験は、四点曲げ疲労試験と比べ同じひずみレベルでの破壊回数が小さい傾向にある。
- 2) 位相角は、载荷回数の増加にともない徐々に増加し、破壊回数を過ぎると急激に低下する。
- 3) ひずみ振幅と位相角の増加率は、ほぼ直線関係にあり、1 回の载荷による疲労ダメージが大きいほど位相角の増加率は大きい。

6. あとがき

本検討では、一軸疲労試験の結果から密粒度アスファルト混合物の疲労破壊特性についていくつかの知見を得た。しかしながら、これらは実験数も十分とは言えず、さらに詳細な検討が必要であると考えている。今後は、図-6 で位相角の増加率が 0 となるひずみレベルやそのひずみレベルでの疲労ダメージの有無などを確認するとともに、ここでは割愛した散逸エネルギーやその変化率と疲労ダメージの関係などについても引き続き検討することとしている。

〈参考文献〉

- 1) Soltani, A. and Anderson, D.A. : New Test Protocol to Measure Fatigue Damage in Asphalt Mixtures, International Journal of Road Materials and Pavement Design, Hermes Lavoisier, Paris, France, Vol.6, No.4, pp.485-514, 2005
- 2) Di Benedetto, H., de La Roche, C., Baaj, H., Pronk, A., and Lundström, R. : Fatigue of Bituminous Mixtures, RILEM TC 182-PEB 'Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials', Materials and Structures, Vol.37, pp.202-216, Apr., 2004
- 3) (社)日本道路協会：舗装設計便覧, p.289, 2006

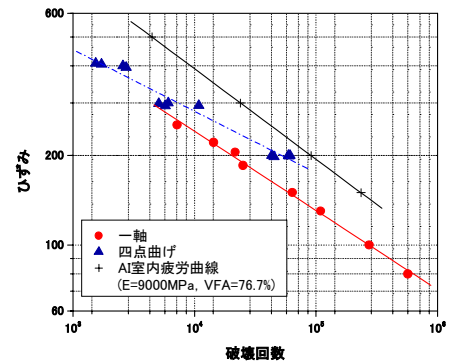


図-3 一軸疲労試験結果

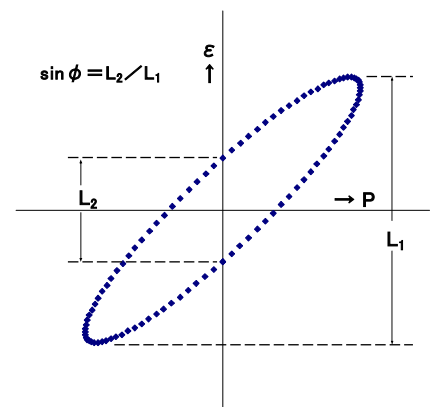


図-4 位相角の算出

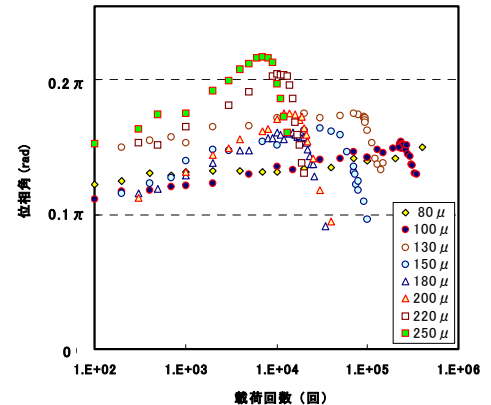


図-5 位相角の変化

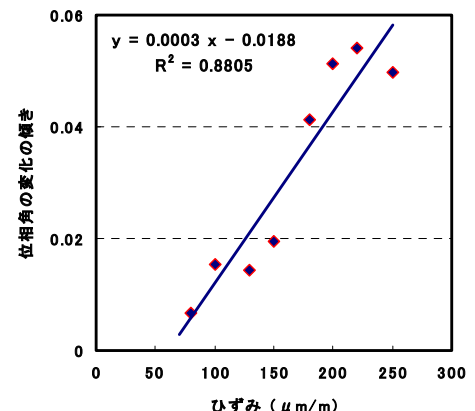


図-6 位相角の変化の勾配