

疲労ダメージ以外の要因がスティフネスの変化に及ぼす影響

中央大学 理工学研究科 学生会員○ 和地 敬
(株) NIPPO コーポレーション 正会員 向後 憲一
中央大学 理工学部 フェロー 姫野 賢治

1. 背景と目的

従来、室内疲労試験におけるアスファルト混合物のスティフネスの低下は、疲労ダメージのみによるものとされてきた。しかしながら近年の研究で、 载荷初期のスティフネスの急激な低下は self-heating や Thixotropy など疲労以外の要因 (Non-fatigue phenomena) の影響が大きいと考えられている¹⁾。

本研究では、疲労以外の要因の影響が卓越する载荷初期のスティフネスの変化のうち疲労ダメージによるものと他の要因によるものを実験的に分離することによって、それらの寄与率を定量的に把握することを試みた。

2. 試験概要

疲労試験は図-1 に示す、push-pull 一軸疲労試験装置により行った。ストレートアスファルト (60/80) を用いたスティフネスの変化の考察を行うことを目的とし、供試体は混合物が所定の密度となるよう 300×300×100mm に成型し、その中央部分を円筒形 (水平方向に直径 75mm×高さ 120mm×3 本) に切断した後、研磨装置を用いて上下面が平行となるよう研磨したものをを用いた。密粒度混合物の配合および粒度を表-1 に示し、試験条件を表-2 に示す。スティフネスの変化のうち疲労ダメージによるものと他の要因によるものを実験的に分離するために Stage I ~ StageIIIを設定し、いずれもひずみ制御の連続した载荷である。Stage I と StageIIIは同じひずみ振幅であり、StageIIと比べて疲労ダメージが無視できる程度に小さいひずみ振幅とする。疲労ダメージは StageIIでのみ受けることになり、Stage I と StageIIIのスティフネスの差は StageIIの疲労ダメージにのみによるものとみなすことができる。また、StageIIにおける全てのスティフネスの低下のうち疲労ダメージによるものを差し引いた残りが疲労以外の要因によるスティフネスの低下とみなすことができる。ここでは、Stage I, StageII, StageIII, のひずみをそれぞれ 300000 回, 150000 回, 400000 回とした。



図-1 push-pull 一軸疲労試験装置

表-1 密粒度アスファルト
混合物 (13) 配合と密度

配合	6号碎石	37.5
	7号碎石	20
	粗 砂	32.7
	細 砂	6.5
	石 粉	3.3
粒度	13.2mm	100
	4.75	62.5
	2.36	42.5
	600μm	24.1
	300	15.1
	150	9.3
	75	6
ストアス60/80 %		5.8

3. 実験結果および考察

Stage I ~ StageIIIの応力およびひずみの変化を図-2 に、スティフネスの変化を図-3 に示す。図-3 から、スティフネスは Stage I でほとんど変化がなく、この間に疲労ダメージは全く増加していないとみなせる程度に小さい。アスファルト混合物は疲労ダメージを受けている間もそのダメージを常に回復し続けているとされ、载荷による疲労ダメージとその回復が等しくなり疲労ダメージが全く増加しないひみずレベルが存在すると考えられている

^{1) 2) 3)}。次に StageIIでスティフネスは急激に低下し、150000 回の载荷でスティフネスの値は 35.3%低下している。これはひずみ振幅の上昇に伴う疲労ダメージの増加に加え、ひずみ振幅の上昇に伴う Self-heating および Thixotropy によるものと考えられる。ここで Stage I と同じく疲労ダメージによるスティフネスの変化は

キーワード アスファルト混合物, 疲労, push-pull型疲労試験

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

表-2 試験条件

供試体寸法	円筒形 直径 75mm, 高さ 120mm
制御モード	ひずみ制御
载荷波形	正弦波
周波数	5Hz
ひずみ振幅 (载荷回数)	Stage I : 20μm/m (300000回) Stage II : 100μm/m (150000回) Stage III : 20μm/m (400000回)
試験温度	10℃

無視できる程度に小さいと考えられることから、スティフネスの急激な上昇はひずみ振幅の低下に伴う Self-cooling および Thixotropy によるものと考えられる。したがって、図中に示すように StageII の疲労ダメージによるスティフネスの低下は 6.7% であり、StageII のスティフネスの低下に占める疲労ダメージの寄与は 19.0% で、残りの 81.0% は疲労以外の要因によるものであると考えられる。次に StageIII において、スティフネスは、荷重回数 450000 回～490000 回程度までに急激に上昇し、それ以降緩やかに上昇している。さらに、StageIII の初期のスティフネスの変化は図-4 に示すとおりであり、初期の急激なスティフネスの上昇区間の中でも極めて短時間にスティフネスが上昇する区間とそれよりも穏やかに上昇する区間があり、StageIII において疲労ダメージ以外の要因によって上昇するスティフネスの約 1/3 は、StageIII の初期の僅か 100 回荷重の間に上昇していることが確認された。

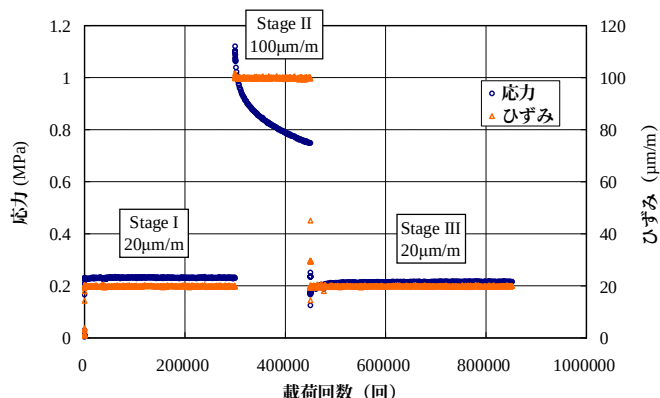


図-2 応力およびひずみの変化

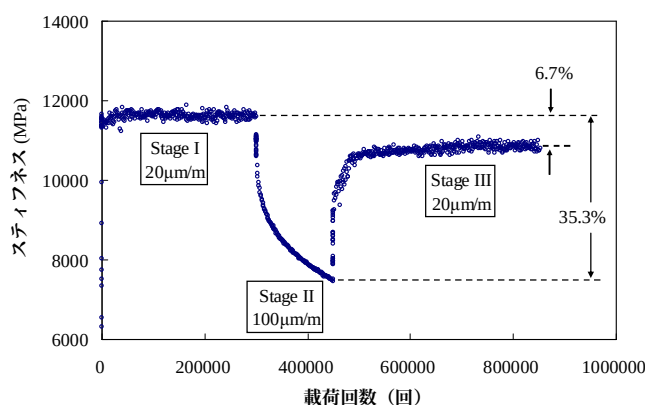


図-3 スティフネスの変化

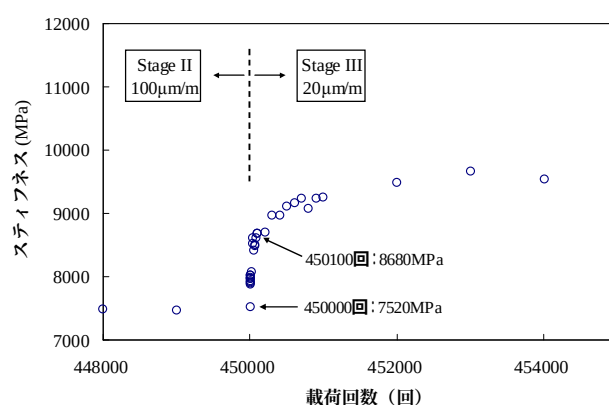


図-4 スティフネスの変化

3. まとめ

本研究から得られた知見は以下のとおりである

- (1) ひずみ振幅の異なる連続した 3 段階の荷重試験を行うことによって、スティフネスの低下のうち疲労ダメージによるものおよび疲労ダメージに以外の要因によるものを実験的に分離することができる。
- (2) 室内疲労試験において、荷重初期のスティフネスの急激な低下は疲労以外の要因による影響が大きい。本研究の疲労試験条件 (StageII : 100 μ m/m, 150000 回) で、StageII のスティフネスの低下に占める疲労ダメージの寄与は 19.0% で、残りの 81.0% は疲労以外の要因によるものである。
- (3) ひずみ振幅 StageIII 初期の僅か 100 回荷重において、疲労ダメージ以外の要因によるスティフネスの上昇の約 1/3 が生じる。

参考文献

- 1) Soltani, A. and Anderson, D. A. : New Test Protocol to Measure Fatigue Damage in Asphalt Mixture, International Journal of Road Materials and Pavement Design, Hermes Lavoisier, Paris, France, Vol.6, No.4, pp.485-514, 2005.
- 2) Monismith, C. L. and Mclean, D. B. : Structural Design Considerations, Symposium on Thick Lift Construction, Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol.41, pp.258-305, 1972.
- 3) Carpenter, S. H., Ghuzlan, K. and Shen, S. : A Fatigue Endurance Limit for Highway and Airport Pavement, Journal of Transportation Research Record, No.1832, pp.131-138, 2003