

き裂長さによるアスファルト混合物の疲労特性評価

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○柳井悠也 正会員 木村清和
長岡技術科学大学 正会員 高橋 修 福田道路 正会員 清水忠昭

1. はじめに

一般的に、アスファルト混合物の疲労特性の評価指標として、舗装調査・試験法便覧に定める4点曲げ疲労試験(B018T)¹⁾によって得られる破壊回数が用いられている。この規定では、応力-载荷回数曲線(以下、S-N曲線)における応力の変曲点前後の接線の交点を破壊回数と定義している。この破壊回数は同一条件でもばらつきが大きく、定量的な疲労特性の評価には多くの試験が必要である。そのため、応力制御の曲げ疲労試験で生じるき裂(ひび割れ)の長さによる疲労特性評価を行ってきた²⁾。しかしながら、実道での変形を考慮した場合には変位制御による曲げ疲労試験が妥当と考えられる。そこで本研究では、従来の曲げ疲労試験(B018T)においてき裂長さに着目し、アスファルト混合物の疲労特性評価を行う。

2. き裂長さによる疲労特性評価試験概要

4点曲げ疲労試験(B018T)においてクラックゲージを導入することにより、き裂長さを測定する。クラックゲージはき裂進展によりゲージのグリッドが切断され、その電圧の変化を測定することで、き裂長さを測定できる。供試体の概要を図-1に示す。クラックゲージは図-1に示すように供試体両側面の対角に設置し、上下面からのき裂長さを測定する。また、クラックゲージの測定可能範囲でき裂を発生させるため、上下端面中央部に幅1mm、長さ7mmの予備き裂を導入した。供試体は骨材の裂進展への影響を小さくするため、最大骨材粒径を5mmとし、バインダにはストレートアスファルトと改質II型を用いた。表-1に骨材粒度を、表-2に試験条件を示す。

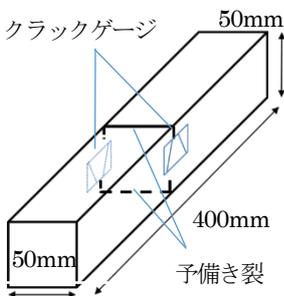


図-1 供試体概要

表-2 試験条件

载荷方法	両端固定両振り 2点载荷
寸法(mm)	50×50×400
スパン(mm)	300
波形	sin波
周波数(Hz)	10
制御条件	変位制御
温度(°C)	20
ひずみ	200μ

表-1 供試体の骨材粒度

ふるい目	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.1
通過質量百分率(%)	100	93.6	63.4	34	21	14.2	9.5

3. 試験結果および考察

図-2に試験で得られた応力-载荷回数のグラフ、き裂長さ-载荷回数のグラフの一例を示す。供試体の応力低下は、有効断面積の減少によって発生すると考えられる。このことから、応力低下が発生した時点でき裂が発生すると予想される。

しかし、両グラフの比較からは応力低下が発生した時点から遅れてき裂が進展していることがわかる。そのため、推定されるき裂長さと試験から得られたき裂長さの比較を行う。

4点曲げ疲労試験では、次の式で応力が算定される。

$$\sigma = \frac{3PL}{bh^3} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 σ : 曲げ応力 (MPa), P : 载荷荷重 (kN), b : 供試体幅 (mm), L : 支点から载荷点までの長さ (mm), h : 供試体の有効高さ (mm) とする。式(1)、及び応力-载荷回数のグラフから、各载荷回数における供試体の有効高さを推定することができる。なお、応力 σ は応力-载荷回数のグラフでの応力の変曲以前の値の平均値を使用した。

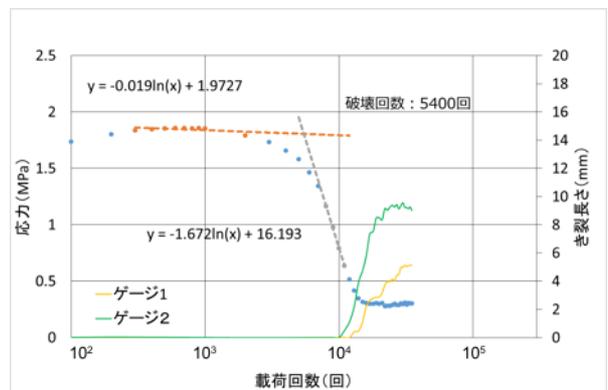


図-2 疲労試験の結果

キーワード : アスファルト混合物, 曲げ疲労試験, き裂長さ, クラックゲージ

連絡先 : 群馬工業高等専門学校 環境工学科 TEL&FAX : 027-254-9176 E-mail: kkimura@cvt.gunma-ct.ac.jp

そして、初期の供試体の有効高さ（本報告では36 mm）から、推定した供試体の有効高さを減ずることにより、き裂長さを算出することができる。推定したき裂長さは、供試体全体のき裂長さとなる。そのため、実際に測定したき裂の合計値と比較してみた。図-3 に推定き裂と測定き裂の比較を示す。

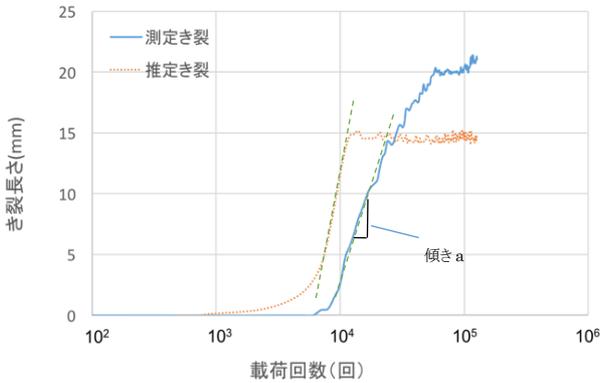


図-3 測定き裂と推定き裂の比較

図-3 より測定き裂は推定き裂と比べほぼ同じ形をしているが右方向にずれていることがわかる。これは、クラックゲージが微細な幅のき裂を感知できず、5 mm程度遅れてき裂を測定してしまうものと考えられる。また図-3 より一定の区間において、き裂長さ (L) と载荷回数 (n) には式(2)の相関が見られる。なお b は切片とする。

$$L = a \log(n) + b \dots \dots \dots (2)$$

そして、この傾き a は測定き裂と推定き裂でほぼ同じ値を示していることがわかる。表-3 に各試験の傾き a をまとめる。この傾き a を疲労特性の評価指標として提案する。ストアスに比べ若干ではあるが改質II型の傾きは小さな値となっている。ここで、推定き裂は S-N 曲線のデータから算出していることを考慮すると、S-N 曲線における応力の変曲点後の傾きと、き裂進展の傾き a には相関があることがわかる。これより、応力-载荷回数における応力の変曲点後の傾きは疲労き裂進展を示す評価指標の一つとして考えることができる。

表-3 バインダによるき裂長さの傾き

バインダ種類	ストアス	改質II型
測定き裂の傾き平均	22.04	21.44
推定き裂の傾き平均	20.12	19.83

4. 従来の4点曲げ試験結果への適用

この手法を過去に行った4点曲げ疲労試験の結果に適用し、推定き裂の傾きを求めた。供試体は密粒度アスファルト混合物(13)を用いており、その他の試験条件を表-4 に示す。また、試験結果を表-5、表-6 に示す。この試験では破壊回数の変動係数は比較的小さく良好な実験結果であり、推定き裂の傾きにおいても同程度の変動係数となっている。これまで舗装調査・試験法便覧に定める破壊回数はき裂発生回数を意味し、本研究で求めたき裂長さ-载荷回数曲線の傾きはき裂進展の程度を示す指標といえる。したがって、今後アスファルト混合物の疲労特性評価において、き裂長さの傾きを用いることでき裂発生のみならず、き裂進展を加味した評価を行うことができると考える。

表-4 過去の疲労試験の条件

試験温度	20(°C)
载荷波形	sin波
载荷周波数	10(Hz)
制御	シリンダー変位
ひずみ	200(μ)
スパン	300(mm)
供試体寸法(mm)	50×45×400

表-5 傾きまとめ

供試体	3-2	3-3	3-4	3-5
破壊回数(回)	129887	110837	112598	161174
平均	128624			
変動係数(%)	18.1			

表-6 破壊回数まとめ

供試体	3-2	3-3	3-4	3-5
傾き	1.22	0.95	1.29	1.31
平均	1.19			
変動係数(%)	11.9			

5. まとめ

- クラックゲージを用いることで、4点曲げ疲労試験(B018T)においてき裂長さを測定することが可能であるが、クラックゲージは微細な幅のき裂を感知できず、遅れてき裂を測定してしまう。
- 測定したき裂長さと载荷回数の対数値には直線関係があり、その傾きはき裂進展の程度を示す指標となる。
- 4点曲げ疲労試験における応力の破壊回数後の傾きとき裂長さの傾きには相関があり、今後、これまでの破壊回数に加え、この傾きをき裂進展に関する疲労特性評価の指標として提案する。

参考文献

- 1) アスファルト混合物の曲げ疲労試験方法 (B018T) ,舗装調査・試験法便覧,pp166-175,2007.
- 2) 木村清和,清水忠昭,安藤 健,き裂長さによるアスファルト混合物の疲労特性評価手法の開発,第13回北陸道路舗装会議技術報文集,pp.1-4,2015年6月.