

# 半円形供試体曲げ試験によるアスコンのひび割れ抵抗性評価パラメータに関する研究

長岡技術科学大学大学院 交通工学研究室 小川 航平

## 1. はじめに

アスコンに生じた微小なき裂は、徐々に進展し、舗装の構造体としての強度を低下させる。そのため、ひび割れ抵抗性の評価として、き裂が発生するまでの抵抗性や、き裂が発生してから破断するまでのき裂伝播プロセスについて検討することが重要である。

アスコンのひび割れ抵抗性の評価指標として、き裂進展速度およびき裂発生回数がある。これらの指標は、曲げ疲労試験の供試体側面にクラックゲージを貼り付けることで求めることができる。しかし、この試験は試験終了までに長い時間を要してしまう、複雑かつ高価な試験法の一つに位置付けられている。

そこで本研究では、低温時におけるアスコンのひび割れ抵抗性を評価する手法である半円形供試体曲げ試験（SCB 試験）を、常温時のき裂発生回数およびき裂進展速度の評価に応用することについて検討した。SCB 試験は、欧州や米国で標準化されている低温時のひび割れ抵抗性を簡便に評価するための試験法であるが、き裂発生回数やき裂進展速度といったき裂伝播プロセスの評価には用いられていない。しかし、既往の研究<sup>1)</sup>では、最大骨材粒径 5 mm のアスコン供試体について検討しており、き裂発生回数は SCB 試験から得られる荷重-変位曲線の荷重ピーク前の傾き ( $m_f$ ) と、き裂進展速度が荷重ピーク後の傾き ( $m_s$ ) と相関が高いことが確認されている。

しかし、 $m_f$ 、 $m_s$  は評価パラメータとしての理論的根拠が曖昧であり、最大骨材粒径 5 mm のアスコン供試体は一般性に欠ける。そこで本研究では、わが国で一般的な最大骨材粒径 13 mm の密粒度アスコン供試体に対して、既往の評価指標に加えて、破壊力学に基づく評価パラメータによって、アスコンのひび割れ抵抗性を比較した。

## 2. 曲げ疲労試験の実施要領

舗装調査・試験法便覧に規定されている曲げ疲労試験<sup>2)</sup>は、ひずみ制御による両振り载荷である。しかし本研究では、応力制御による片振り载荷で行った。この方法では、载荷回数が増加するに従って変位が

大きくなり、進展したき裂が閉じることがないため、クラックゲージでのき裂測定に適している。

クラックゲージの測定可能範囲にき裂を生じさせるため、供試体中央部に疑似き裂を導入した。き裂進展速度は、き裂の進展が安定している長さ 5 mm から 20 mm の範囲をその载荷回数で除して求めた。き裂発生回数は、き裂長さが 1 mm に達したときの载荷回数とした。表-1 に試験条件をまとめる。

供試体は、最大骨材粒径 13 mm の密粒度アスコンとし、バインダには一般的なストレートアスファルト 60/80 (ストアス)、ポリマー改質アスファルト II 型 (改質 II 型)、改質アスファルト H 型 (改質 H 型) の 3 種類を使用した。

## 3. SCB 試験の実施要領

SCB 試験には欧州標準化委員会 (CEN) で策定された基準<sup>3)</sup>や米国 AASHTO の基準<sup>4)</sup>があり、主に低温条件 (0 °C 以下) でのアスコンのひび割れ抵抗性評価を目的に実施されている。4 点曲げ疲労試験では、アスコンが実際に長期間供される常温域でのき裂進展を評価したことから、これらの相関関係の検討には同じ温度条件で試験を行う必要がある。本研究での SCB 試験の条件を表-2 に示す。

## 4. 破壊靱性値によるひび割れ抵抗性の評価

破壊力学に基づく評価パラメータである破壊靱性値 ( $K_{Ic}$ ) を用いて、き裂発生回数との相関性について検討した。 $K_{Ic}$  はひび割れ発生の抵抗性を表すパラメータであり、式 (1)、(2) から導出される。

$$K_{Ic} = \frac{P_{max}}{2 \times r \times t} \times \sqrt{\pi a} \times Y_I \quad (1)$$

表-1 曲げ疲労試験の条件 表-2 SCB 試験の条件

項目	条件	項目	条件
制御条件	荷重制御	供試体寸法(mm)	150×50
供試体寸法(mm)	50×50×400	疑似き裂長(mm)	15
疑似き裂長(mm)	7	载荷速度(mm/分)	5
荷重振幅	150N	試験温度(°C)	10,15,20
载荷波形	sin波	支点間長(mm)	120
周波数(Hz)	10		
試験温度(°C)	10,15,20		

$$Y_I = 4.782 + 1.219 \times \left(\frac{a}{r}\right) + 0.063 \times e^{(7.045 \times \frac{a}{r})} \quad (2)$$

ここに、 $K_{Ic}$ ：破壊靱性値 (N・mm<sup>0.5</sup>)、 $P_{max}$ ：最大荷重 (N)、 $r$ ：供試体半径 (mm)、 $t$ ：供試体厚さ、 $a$ ：疑似き裂深さ (mm)、 $Y_I$ ：疑似き裂および試験片の形状から決定される係数とする。

$K_{Ic}$ とき裂発生回数の関係を図-1に示す。ストアスと改質II型のデータでは  $R=0.96$  の高い相関関係が確認される。しかし、改質H型のデータはこれらのデータと傾向が少し異なっており、すべてのデータに対する近似曲線は  $R=0.81$  である。このことから、き裂発生回数と  $K_{Ic}$ の間には正の相関が認められるが、ストアスペースの混合物とポリマーベースの混合物では、相関関係は多少異なっていることが分かる。

### 5. 曲げ疲労試験のひび割れ評価指標と SCB 試験の評価指標との相関関係

き裂発生回数と  $m_f$  の関係を図-2に、き裂進展速度と  $m_s$  の関係を図-3に示す。 $K_{Ic}$ の結果と同様に、ストアスと改質II型のデータでは  $R=0.95$  の高い相関関係が認められるが、改質H型を含むデータでは相関係数が低下している。このことから、ストアスや改質II型を用いたアスコン供試体では、 $m_f$ と  $m_s$ を比較することで、き裂発生回数とき裂進展速度の差異について評価できると考えられる。一方で、改質H型を用いたアスコンは粘度と温度の関係がストアスとは異なることから、別に評価する必要があると言える。

### 6. 結論

本研究で得られた知見は、以下の通りである。

- 1) ストアスおよび改質II型のアスコンは、 $K_{Ic}$ を比較することでき裂発生回数の差異について評価できる。
- 2) ストアス・改質II型のアスコンは、 $m_f$ 、 $m_s$ を比較することでき裂発生回数およびき裂進展速度の差異について評価できると言える。しかし、 $m_s$ とき裂進展速度については相関性が高いものの、理論的根拠が曖昧であることから、更なる検討が必要である。
- 3) SCB 試験から得られた各評価指標は、ストアスペースのアスコンとポリマーベースのアスコンは別に評価する必要がある。
- 4)  $m_f$ は最大荷重の 8 割から 5 割の範囲を線形近似

することで求められ、 $K_{Ic}$ は最大荷重から求められるパラメータであることから、 $m_f$ とき裂発生回数については  $K_{Ic}$ と同様な相関関係が得られた。

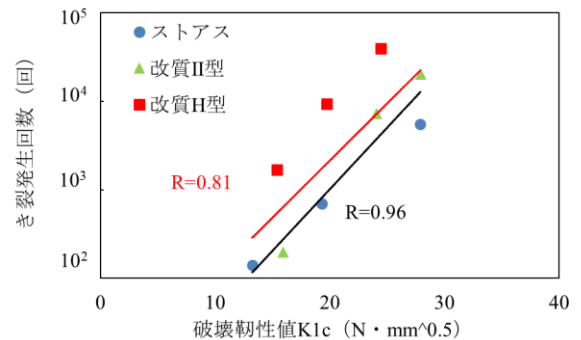


図-1 き裂発生回数と破壊靱性値の関係

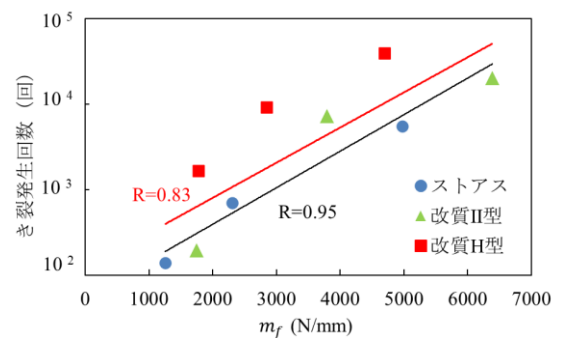


図-2 き裂発生回数と評価指標  $m_f$  の関係

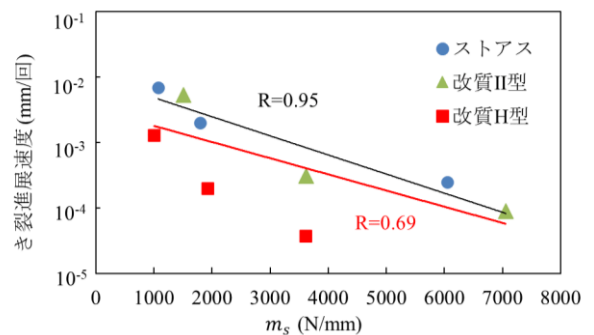


図-3 き裂進展速度と評価指標  $m_s$  の関係

### 参考文献

- 1) 尾谷力 半円形供試体曲げ試験によるアスコンのき裂進展速度評価法に関する研究, 2019
- 2) (社) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧, pp.[3]166-175, 2007.
- 3) EN12697-44:2010, Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt -Crack propagation by semi-circular bending test, 2010.9.
- 4) AASHTO TP 105-13 Standard Method of Test for Determining the Fracture Energy of Asphalt Mixtures Using the Semicircular Bend Geometry (SCB), 2015.