

SCB 試験によるアスコンのひび割れ抵抗性評価法に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員

○小川 航平
高橋 修

1. はじめに

アスファルトコンクリート（アスコン）に生じた微小なき裂は、荷重等の繰返し作用によって徐々に進展し、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進展・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。本研究では、ひび割れ抵抗性を評価する指標として、き裂発生回数およびき裂進展速度に着目し、アスコンひび割れ抵抗性の評価方法について検討した。

既存のアスコンひび割れ抵抗性の評価方法としては、曲げ疲労試験がある。曲げ疲労試験は舗装調査・試験法便覧に規定されており¹⁾、供試体両側面にクラックゲージを設置することで、き裂発生回数とき裂進展速度を直接測定することができる。しかし、曲げ疲労試験は、供試体の準備も含め試験時間にかなりの時間を要し、試験装置も大規模となるため、複雑で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、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り、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を評価するものではない。また、我が国では、ほとんど実績がなく、知見が乏しいのが実状である。しかしながら、供試体作製の手間がかからないことや、試験方法が簡便であることを考えると、アスコンひび割れ抵抗性の評価法として有効か否かを検討する価値はある。既往の研究²⁾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、き裂進展速度は SCB 試験から得られる荷重-変位曲線の荷重ピーク後の傾き（評価指標 m_s ）と相関性が高いことが確認されている。

そこで本研究では、我が国で一般的な最大骨材粒

径 13mm のアスコン供試体に対して、曲げ疲労試験と SCB 試験の両評価試験を実施して同様の検討を行った。曲げ疲労試験では、特性値としてき裂進展速度、およびき裂発生回数のデータを取得し、SCB 試験では荷重-変位曲線の荷重ピーク前の傾き（評価指標 m_f ）および荷重ピーク後の傾き（評価指標 m_s ）のデータを取得した。そして、SCB 試験から得られる評価指標 m_f がき裂発生回数と、評価指標 m_s とき裂進展速度が、それぞれ相関性を有するかどうか確認した。

2. 曲げ疲労試験によるひび割れ抵抗性の評価

2.1 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。応力制御での载荷は、载荷回数が多くなるに従って変位が大きくなるため、クラックゲージでのき裂進展の過程が容易に計測できる。さらに、片振りでの载荷は、進展したき裂が閉じることはないので、安定してき裂進展を測定することができる。

本研究での疲労試験は 2 点支持 2 点载荷の条件で実施し、クラックゲージは共和電業社製の KV-25B を使用した。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、供試体中央部に幅 1 mm、長さ 7 mm の擬似き裂を事前に導入した。

供試体は、我が国で一般的な最大骨材粒径 13 mm の密粒度アスコンとし、バインダには最も一般的なストレートアスファルト 60/80（ストアス）、および高いひび割れ抵抗

性が期待されるポリマー改質アスファルト II 型（改質 II 型）の 2 種類を使用した。

表-1 に試験条件をまとめる。

表-1 曲げ疲労試験の条件

項目	条件
载荷方法	両端固定片振り 2点载荷
寸法(mm)	50×50×400
疑似き裂長(mm)	7
载荷波形	sin波
周波数(Hz)	10
制御条件	応力制御
試験温度(°C)	10, 15, 20
荷重振幅(N)	150

2. 2 試験結果および考察

両側面のクラックゲージで測定したき裂長さの平均値をとり、ひび割れ抵抗性について評価した。き裂進展速度は、き裂の進展が安定している 5 mm から 20 mm の範囲をその载荷回数で除して求めた。き裂発生タイミングは、両側面のクラックゲージで測定したき裂長さの平均が 1mm に達したときとした。

各バインダを使用した供試体に対するき裂進展速度の結果を図-1 に示す。これらの結果は、試験温度が低いほど、すなわちアスコンのスティフネスが大きいほどき裂進展速度は遅く、またストアスより改質II型を使用した供試体のほうが、き裂進展速度が遅くなっている。これらは経験的知見に沿った結果となっており、クラックゲージを用いた曲げ疲労試験によって、き裂進展速度を評価できると判断した。

次に、各バインダを使用した供試体に対するき裂発生回数の結果を図-2 に示す。試験温度が低いほどき裂発生に必要な载荷回数も多く、またストアスより改質II型のほうがき裂発生に必要な载荷回数が多くなっている。これらも既知の事実に基づいた結果であり、クラックゲージを用いた曲げ疲労試験によってき裂発生回数も評価できると言える。

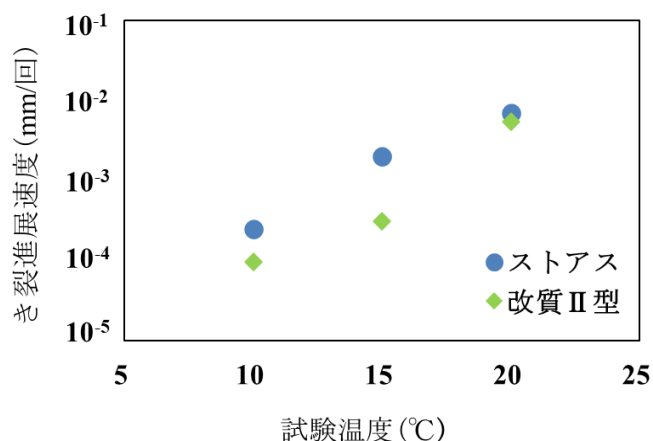


図-1 各供試体の試験温度とき裂進展速度の関係

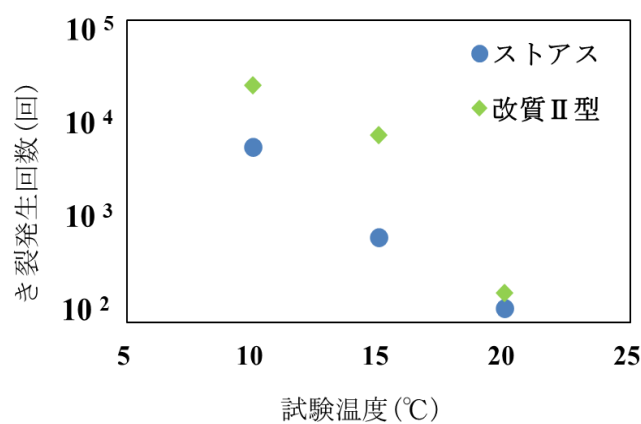


図-2 各供試体の試験温度とき裂発生回数の関係

3. SCB 試験によるひび割れ抵抗性の評価

3. 1 SCB 試験の実施要領

SCB 試験は欧州標準化委員会 (CEN) で策定された基準³⁾や米国 AASHTO の基準⁴⁾があり、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。また、写真-1 に SCB 試験の载荷状況を示す。

3. 2 き裂進展速度およびき裂発生回数と相関性をもつ評価指標の選定

既往の研究²⁾では、SCB 試験におけるき裂の進展挙動の差異をとらえる指標として m_s を定義している。これは、図-3 に示すように、荷重-変位曲線におけるピーク以降の 80 % から 50% の範囲を線形近似し、

表-2 SCB 試験の条件

項目	条件
寸法(mm)	150×50
疑似き裂長(mm)	15
载荷速度(mm/分)	5
試験温度(°C)	10,15,20
支点間長(mm)	120



写真-1 SCB 試験の実施状況

その傾きで求められる。本研究でもき裂進展速度を表す指標として m_s を採用した。

曲げ疲労試験から得られるき裂発生回数は、き裂が発生するまでの抵抗性を表すものであることから、SCB 試験における荷重-変位曲線においても、き裂が発生するまでの抵抗性を表す指標を選定する必要がある。このことから、本研究ではき裂発生回数と相関を持つ指標として、荷重-変位曲線におけるピーク前の傾き(m_f)に着目した。 m_f は図-3に示すように、荷重-変位曲線におけるピーク前の80%から50%の範囲を線形近似することで得た。

3. 3 試験結果および考察

各バイндаを使用した供試体に対する評価指標 m_s の結果を図-4に示す。試験温度が低いほど m_s は大きく、ストアスより改質II型のほうが m_s は大きいことがわかる。ひずみ制御による試験であるSCB試験では、剛性の高い(変形させるためには大きな力が必要)供試体ほど受ける荷重が大きくなる。そのため、荷重ピークに至るまでの変位は小さく、破断までの変位も小さくなる。このことから、剛性の高い改質アスファルトII型を使用した供試体の m_s がストアスを使用した供試体よりも大きいことは、妥当な結果といえる。

次に、各バイндаを使用した供試体に対する評価指標 m_f の結果を図-5に示す。試験温度が低いほど m_f は大きく、ストアスより改質II型のほうが m_f は大きい。先の m_s とまったく同じ傾向である。ひずみ制御による試験であるSCB試験では、剛性の高い供試体ほど受ける荷重が大きくなる。そのため、荷重ピークに至るまでの変位は小さくなる。このことから、剛性の高い改質アスファルトII型を使用した供試体の m_f がストアスを使用した供試体よりも大きいことは、妥当な結果といえる。

4. 曲げ疲労試験のひび割れ評価指標とSCB試験から得られる各評価指標の相関関係

4. 1 き裂進展速度と評価指標 m_s の相関関係

曲げ疲労試験から得られるき裂進展速度とSCB試験から得られる評価指標 m_s について、これらの相関関係を評価する。供試体条件ごとに結果をまとめた

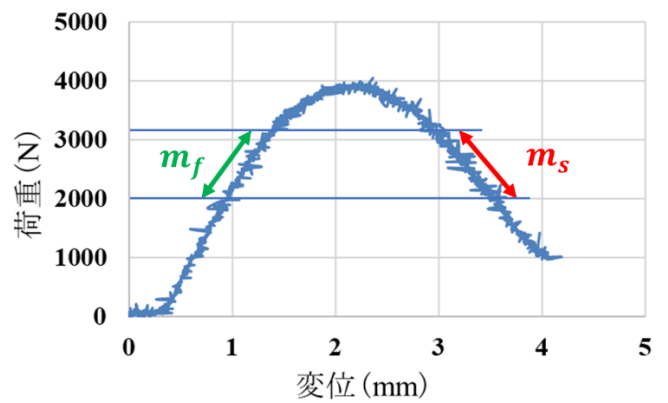


図-3 各評価指標の線形近似範囲

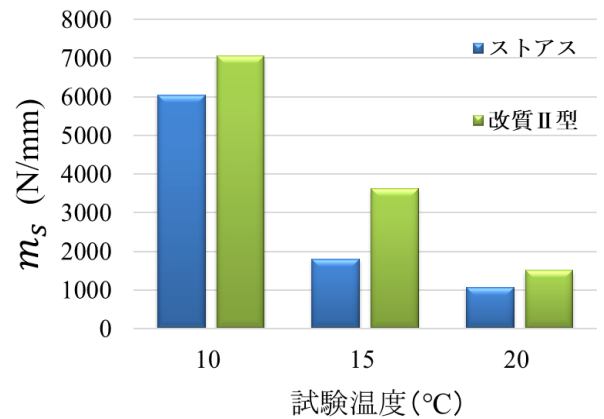


図-4 各供試体の試験温度と評価指標 m_s の関係

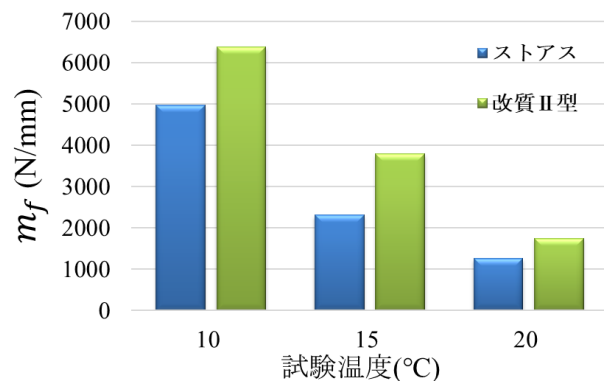


図-5 各供試体の試験温度と評価指標 m_f の関係

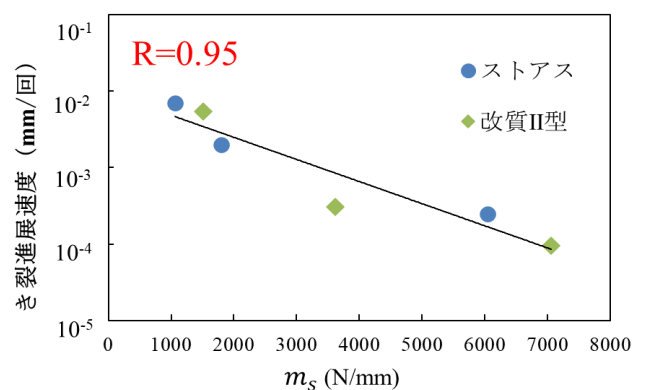


図-6 き裂進展速度と評価指標 m_s の関係

ものを図-6 に示す。指数関数上ではあるが、相関係数 $R=0.95$ であり、両者には高い相関関係があることがわかる。このことから、簡便な SCB 試験から得られる評価指標 m_s を比較することで、き裂進展速度の差異について評価できると考えられる。

4.2 き裂発生回数と評価指標 m_f の相関関係

曲げ疲労試験から得られるき裂発生回数と SCB 試験から得られる評価指標 m_f について相関関係を評価する。供試体条件ごとに結果をまとめたものを図-7 に示す。こちらも指数関数上ではあるが、相関係数 $R=0.96$ であり、両者には高い相関関係があることがわかる。このことから、簡便な SCB 試験から得られる評価指標 m_f を比較することで、き裂発生回数について評価できると考えられる。

5. まとめ

本研究では、最大骨材粒径 13mm のアスコン供試体において、4 点曲げ疲労試験を実施し、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を求めた。そして、簡便な SCB 試験の結果から $m_s \cdot m_f$ を求めて、き裂進展速度およびき裂発生回数との相関性について検討した。本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) ストアス 60/80, 改質II型のデータだけではあるが、SCB 試験から得られる評価指標 m_s がき裂進展速度と、評価指標 m_f がき裂発生回数と高い相関関係を持つことが認められた。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧, pp.[3]166-175, 2007.
- 2) 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
- 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.

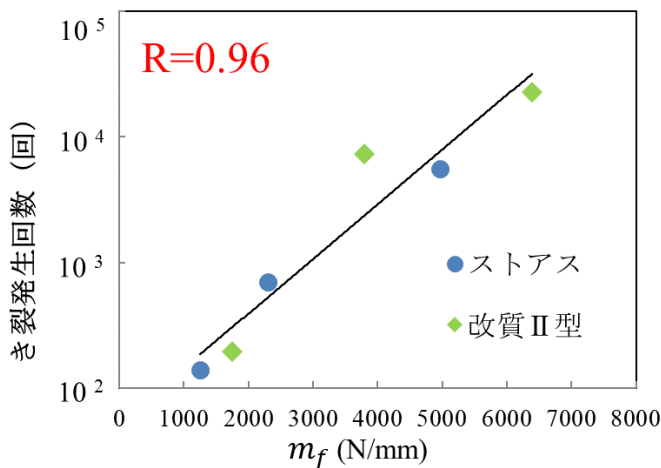


図-7 き裂発生回数と評価指標 m_f の関係