

半円形供試体曲げ試験におけ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 正会員 ○高橋 修
元長岡技術科学大学大学院 尾谷 力

1. はじめに

常温域におけるアスファルトコンクリート（アスコン）のひび割れ抵抗性について、比較的簡便な試験方法で評価することを目的に、著者らは半円形供試体の曲げ試験（Semi-Circular Bending test : SCB 試験）に注目して検討を行ってきた^{1),2)}。そして、欧州 CEN と米国 AASHTO による基準、およびいくつかの既往研究を参考に、「汎用性」を第一に考えて、試験条件を表-1 に示すとおりに選定した。しかしながら、試験結果として求める評価パラメータは、どのような特性値が適当であるのか、検討課題として残されたままである。

本研究では、ひび割れの形成過程における進展速度に着目し、表-1 に示した仕様で SCB 試験を実施した場合の、有効な評価パラメータについて検討を行った。

2. 本研究の着目点と検討方法

一般に、材料工学では、部材の連続領域に局部的に生じた分離の状態を「き裂」と表現し、その状態が伸びていくことを「き裂進展」と称して、そのし易さやし難さを「き裂進展速度」で表している。本研究では、仮称として「き裂進展速度」に対応する物理量を「ひび割れ進展速度」と表記し、アスコンの SCB 試験におけるひび割れ抵抗性を表す評価パラメータとして着目した。

SCB 試験は、一定速度の変位を強制的に与えるひずみ制御方式の破壊試験である。そして、アウトプットとして得られるのは、制御する変位とそれに対する荷重値であり、ひび割れが発生するタイミングとひび割れが進展するプロセスを直接的にモニタすることはできない。そのため、荷重-変位曲線から導出できる物性パラメータの数値から、間接的にひび割れ進展速度の度合いを推定することが必要になる。

本研究では、以下の検討方法で有効な評価パラメータについて検討した。まず、ひび割れ進展速度が異なるアスコン供試体について、応力制度の繰返し曲げ疲労試験によってひび割れ進展速度を直接測定した。つぎ

表-1 本研究での SCB 試験の仕様

項目	設定値	参考基準
供試体直径・厚(mm)	150・50	CEN
ノッチ幅・深さ(mm)	1.5・15.0	AASHTO
荷重速度 (mm/分)	5.0	CEN
試験温度 (°C)	10, 15, 20	—
支間長 (mm)	120	C・A 共通

に、同一配合の供試体に対する SCB 試験を実施して、荷重-変位曲線を得た。そして、荷重-変位曲線から候補となる評価パラメータを求め、繰返し曲げ疲労試験から得たひび割れ進展速度との相関関係を調べて、有望な評価パラメータを選定した。

3. 繰返し曲げ試験と SCB 試験の実施要領

本研究では、ひび割れ抵抗性が明らかに異なる 3 種類のアスコン供試体を用いて、応力制御の繰返し曲げ疲労試験とひずみ制御の SCB 試験を実施した。3 種類のアスコンは、最大骨材粒径が 5 mm の密粒度系粒度で、バインダにそれぞれ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）、ポリマー改質アスファルト H 型（改質 H 型）を使用した。つまり、骨材配合は同一として、バインダの種類のみを変化させた。バインダ量は 6.8% であった。

応力制御の繰返し曲げ疲労試験は、クラックゲージを供試体に貼り付け、荷重回数に対するひび割れ進展長さを測定する方法で実施した。試験条件は表-2 に示すとおりで、詳細な要領は文献³⁾を参照されたい。また、SCB 試験は、既往の研究¹⁾と同様に表-1 に示した仕様

表-2 繰返し曲げ疲労試験の条件

項目	設定値
供試体寸法(mm)	50×50×400
ノッチ幅(mm)・深さ(mm)	1.0・7.0
荷重波形	Sin 波 (片振り)
荷重振幅(N)・周波数(Hz)	150・10
試験温度(°C)	10, 15, 20
支間長(mm)・支持条件	300・2点支持 2点荷

キーワード アスファルトコンクリート、ひび割れ抵抗性、半円形供試体、曲げ試験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 国立大学法人長岡技術科学大学 TEL : 0258-47-9604

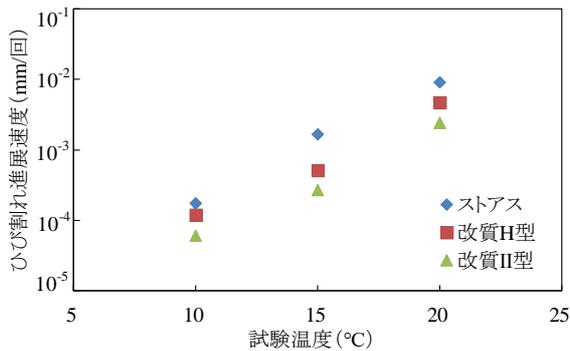


図-1 各アスコンのひび割れ進展速度と試験温度の関係

で実施した。それぞれの試験用供試体は、形状寸法が全く異なるため、作製の機器も異なるが、すべての供試体でかさ密度が基準密度の $\pm 1\%$ に収まるようにした。

4. 試験結果および考察

4.1 繰返し曲げ疲労試験の結果

応力制御の繰返し曲げ疲労試験では、結果を載荷回数とひび割れ進展長さの関係で整理すると、おおむね直線関係が得られるので、これを直線回帰した場合の傾きがひび割れ進展速度 (mm/回) ということになる。このようにして各供試体のひび割れ進展速度を求め、温度条件について整理すると図-1 に示すとおりである。ストアス、改質 H 型、改質 II 型の順にひび割れ進展速度の値が小さく、すなわちひび割れが進展し難く、温度が低いほどひび割れ進展速度は小さい。

4.2 SCB 試験の結果と繰返し曲げ疲労試験との対応

SCB 試験の結果の一例として、ストアス供試体の温度 15°C の条件に対する荷重-変位曲線を図-2 に示す。AASHTO 基準では破壊エネルギー G_f (荷重-変位曲線の積分値を破断部の断面積で除したもの) を評価パラメータとしているが、著者らの既往の検討¹⁾により、5°C 以下の低温条件であれば、 G_f はひび割れ抵抗性と相関関係が認められたが、10°C 以上の温度条件では、ストアス使用の供試体がかさ密度もひび割れ抵抗性が高い評価結果となってしまった。

その後、SCB 試験でもクラックゲージを貼り付け、荷重-変位曲線とひび割れ進展の関係を確認したところ、荷重がピーク値に達した以降にひび割れが進展している状況が確認された²⁾。そのため、ピーク値以降で荷重低下の割合がほぼ一定と見なせる部分を直線回帰し、その傾き m_s (N/mm) を評価パラメータとして比較してみた。図-2 に繰返し曲げ疲労試験で求めたひび割

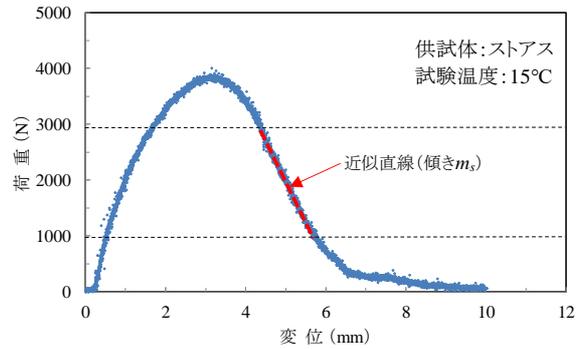


図-2 荷重-変位曲線および傾き m_s の例

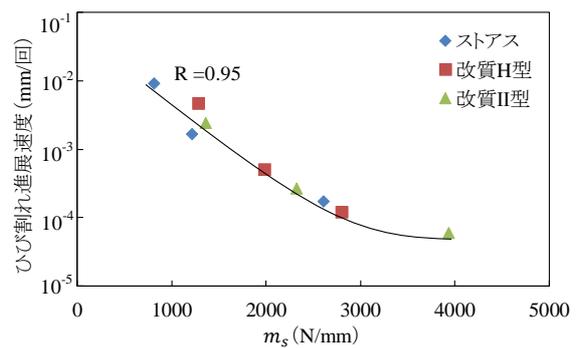


図-3 ひび割れ進展速度と m_s の相関関係

れ進展速度と SCB 試験の m_s との相関図を示す。データ数が十分とは言えないが、負の相関関係があることが認められ、指数関数での相関係数も 1.0 に近い。そのため、 m_s は有望な評価パラメータとして期待される。

5. まとめ

本研究では、常温域におけるアスコンのひび割れ抵抗性評価試験として SCB 試験に注目し、その有効な評価パラメータについて検討した。その結果、荷重-変位曲線でのピーク値以降の荷重低下部分における傾き m_s が有望であることを見出した。今後は、混合物種や素材条件の数を増やして、 m_s 値の妥当性と信頼性について検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 高橋 修, 大坂 諒: 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法に関する基礎的研究, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, p.1417, 2018.
- 2) 高橋 修, 大坂 諒, 尾谷 力: 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法に関する基礎的研究, アスファルト, Vol.61, No.234, pp.29-34, 2018.
- 3) 尾谷 力, 柳井悠也, 木村清和, 高橋 修, 清水忠昭: 4 点曲げ疲労試験によるアスファルト混合物のき裂伝播特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.72, No.3, pp.I_211-I_218, 2016.