

半円形供試体曲げ試験におけるアスコンひび割れ抵抗性の評価パラメータに関する検討

環境社会基盤工学専攻 修士課程 2年
交通工学研究室 NGO PHU NHAT

1. はじめに

舗装のアスファルト層に発生したき裂は、荷重や環境温度等の作用によって徐々にひび割れへと進展し、舗装の構造体としての強度を低下させる。アスファルトコンクリート（以下、アスコン）のひび割れ抵抗性の評価手法として半円形供試体曲げ試験（以下、SCB試験）が提案されている。この試験法は欧州と米国で標準化されているが、低温時における脆性破壊の条件に対応するものである。脆性破壊については、SCB試験の他にも静的曲げ試験が運用されており、その抵抗性が簡易的に評価できる状況にある。これに対して靱性破壊のほうは、一部の研究者が限られた温度条件で実施した事例等が報告されているに過ぎず、実績が乏しいのが実状である。そのため、常温条件でのアスコンのひび割れ抵抗性を簡便に評価する方法が求められている。

アスコンの靱性破壊のメカニズムは、き裂発生とき裂進展の二つのステージに分けることができる。脆性破壊については、それぞれのステージにおける抵抗性パラメータとして、き裂発生のためのエネルギー (J_c)、およびき裂先端の開口変位 (cracking tip opening displacement, 以下 CTOD) と開口角度 (cracking tip opening angle, 以下 CTOA) が提案されている。しかし、これらのパラメータが靱性破壊に対しても適用できるか否か、適用できるならばその温度範囲について明らかになっていない。

本研究の目的は、靱性破壊の抵抗性評価の指標として J_c および CTOA を SCB 試験から求め、これらが常温域でのひび割れ発生と進展のステージに対する評価パラメータとして妥当かどうか検討することである。

2. 研究のフロー

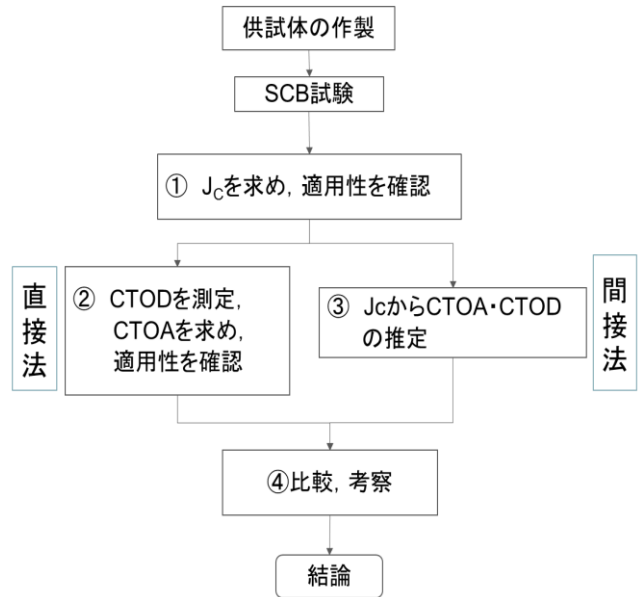


図-1 本研究のフロー

本研究の実施フローは、図-1 に示すとおりであった。SCB試験の温度は 10°C ~ 30°C の常温域とし、特性パラメータの精度向上を見込んで供試体の疑似き裂（ノッチ）は3とおりの深さとした。また、CTODとCTOAは、変位ゲージを使用して試験中に測定できるように工夫した。

J_c は SCB 試験の荷重-変位曲線から求められる。変位ゲージによる CTOD と CTOA の測定は、機器の構成が複雑で、費用も要することから、 J_c から間接的に推定する方法についても検討した。



写真-1 SCB試験の実施状況

3. SCB 試験による評価パラメータの検討

3.1 SCB 試験の概要

SCB 試験は、欧州標準化委員会 (CEN) と米国 AASHTO で標準化されており、基本的に温度条件が 0°C 以下で運用されている。本研究では、靱性破壊に対する運用拡大を検討するため、温度条件は 10°C~30°C と設定した。

供試体については、作製した半円形供試体の底部中央に幅 1.5 mm のノッチを設けた。そして、 J_c の精度を確保するため、ノッチ深さは 25 mm, 31 mm, 38 mm の 3 とおりとした。

L 字型治具を接着剤で供試体ノッチ部に貼り付け、2 つのワイヤー式変位ゲージをセットすることにより、ノッチ部の開口変位を実測し、その開口変位を CTOD の値に変換した。試験時の CTOD 測定状況を写真-1 に示す。

3.2 J_c の結果及び考察

まず図-2 に SCB 試験の荷重 - 変位曲線から得られた荷重ピックの結果を示す。それを見ると、温度が高く、類似き裂の深さが大きくなるとともに、荷重ピックは下がる傾向がわかった。そのため、ひび割れ抵抗性は荷重ピックと同様に低下することと言える。

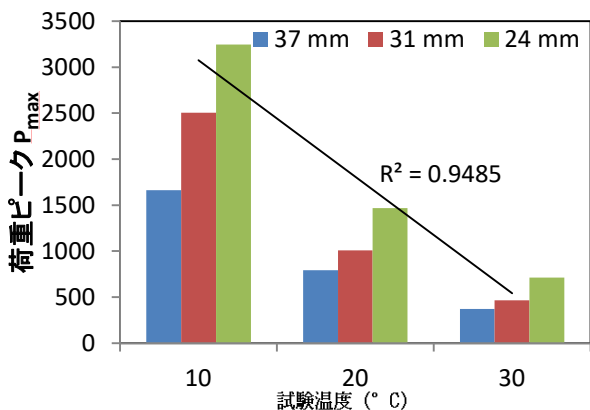


図-2 荷重ピックの結果

各温度条件での J_c の結果を図-3 に示す。温度が高いほど J_c の値は小さく、直線で近似した場合は相関が高いことが認められる。一般にアスコンは温度が高いほどひび割れが発生しやすくなる。これらのことから、この温度域に対しても J_c は

き裂 (ひび割れ) 抵抗性の評価に妥当なパラメータとして有望であるといえる。

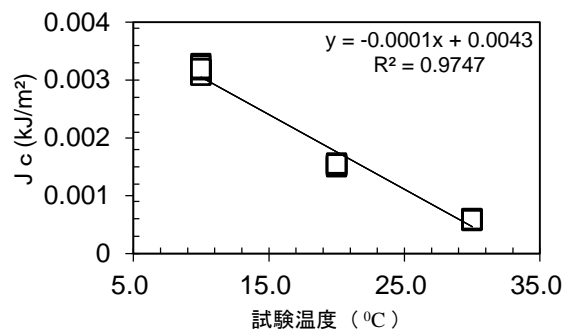


図-3 試験温度と J_c の関係

3.3 CTOA 及び CTOD の直接法の結果

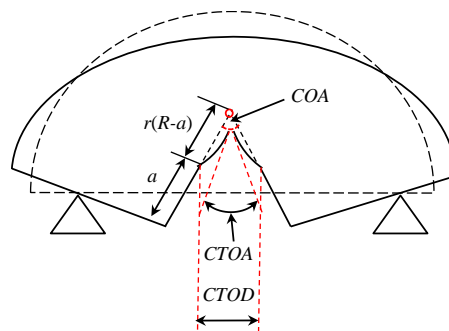


図-4 SCB 試験の幾何学モデル

直接測定した最大荷重に至ったノッチ幅の変位から、CTOD は幾何学モデルに基づいて求めた。図-4 のパラメータである r , COA, α および CTOD について連立方程式を構成し、これら 4 つを未知数として解く。得られた r から測定値として CTOD を求められた。このようにして求めた CTOA の結果を図-5 に示す。ノッチ深さ 37 mm 以外の結果は、温度が高いほど CTOA は大きく、ひび割れ進展が速い傾向が確認される。また、ノッチ深さによっても CTOA は異なっている。

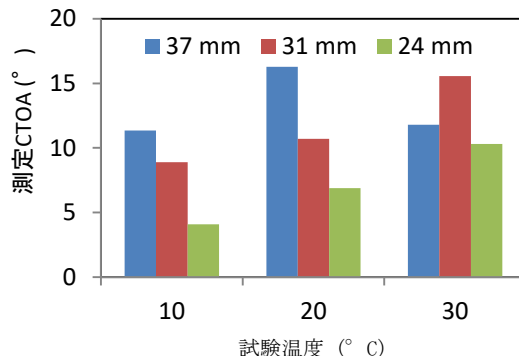


図-5 変位ゲージで測定した CTOA の結果

図-6に、推定したCTODの結果は以下となる。温度が高く、ノッチ深さが大きいほど、CTODは大きくなる。以上のことから、CTOAとCTODはひび割れ抵抗性パラメータとして妥当性が高いと言える。

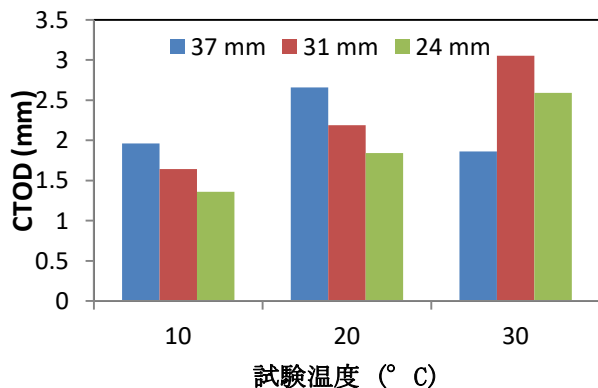


図-6 変位ゲージで測定したCTOAの結果

3.4 CTOA及びCTODの間接法の結果

Jcの結果からAASHTO基準(TP105-13)に従って、CTODを求めるための連立方程式が得られる。連立方程式を解くことによりCTODと塑性回転係数rが求められる。そして、CTOAとrの関係式からCTOAが得られる。このような手続きでJcから推定したCTOA、CTODの結果を図-7と図-8に示す。

以上の結果について相関図でまとめると、図-9と図-10に示すとおりである。Jcから求めたCTOAは実測したCTOAとある程度の相関性が認められ、Jcから間接的に求められる可能性が示唆される。Jcから推定したCTODは実測値に基づくものと相関性が低いである。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- Jcはひび割れ発生を評価できるパラメータとして有望であり、さらに多くのデータを蓄積して確認する必要がある。
- CTOAは、温度のみならず、疑似き裂の深さによっても影響される。
- Jcから求めたCTOAと実測したCTOAの間には相関性があり、Jcから間接的にCTOAが求められる可能性がある。

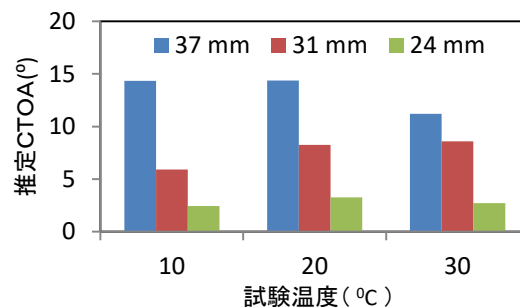


図-7 Jcから推定したCTOAの結果

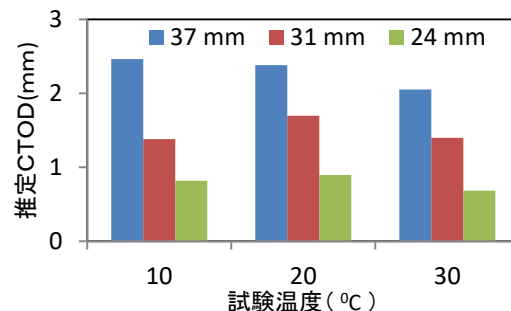


図-8 Jcから推定したCTOAの結果

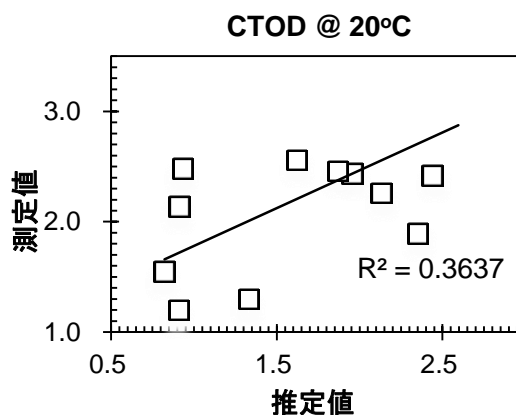


図-9 測定CTODと推定CTODの相関関係(20°C)

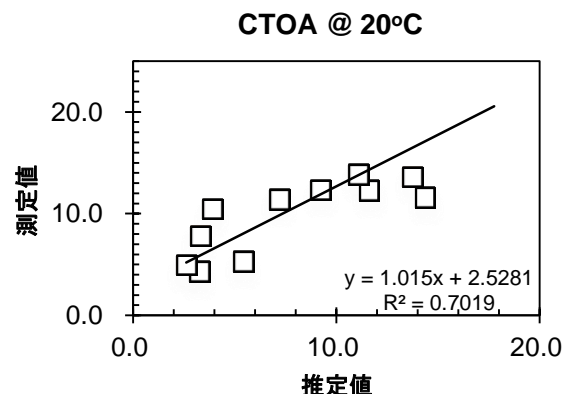


図-10 測定CTOAと推定CTOAの相関関係(20°C)