

# 間接引張試験によるアスコンのひび割れ評価法に関する研究

交通工学研究室 山崎 史紀

指導教員 高橋 修

## 1. はじめに

アスファルト舗装の主要な破壊形態は、表層アスコンのひび割れである。我が国におけるアスコンのひび割れ評価法としては、直接引張試験と静的曲げ試験が研究レベルでのみ行われている。直接引張試験は、試験方法が煩雑であることや試験法が標準化されていないこともあり、実施されることが少ない。また、静的曲げ試験は試験温度が $-10^{\circ}\text{C}$ で載荷速度が $50\text{mm}/\text{min}$ の条件のみ標準化されている。そして、これら評価試験は、配合設計とは異なる供試体を用意しなければならないため、煩雑な作業と、多大な時間、コストが必要となる。

そこで、本研究ではより簡便なひび割れ抵抗性の評価法として、間接引張試験に注目した。これは円柱供試体の側面から圧縮し、間接的に直径方向に引張応力を発生させるものである。アスコンは粘弾性材料で、材料全体が均一でないことから、試験中に破壊時のひずみを測定することが困難である。そのため、これまでは間接引張による破壊時の強度に着目した評価のみで、変形に対する追従性能を評価することが可能となっていない。しかし、配合設計のプロセスで作製される供試体を用いることが可能なため、他のひび割れ評価試験よりも簡便に行うことが出来る。

既往の研究により、困難とされていた破壊時のひずみを、画像解析により測定する方法が提案された。その方法とは、供試体表面の写真を試験の前後で撮影し、画像解析によりひずみを測定するという方法である。また、バインダの添加量の変化による傾向を確認する試験で、既往の評価試験である、静的曲げ試験および直接引張試験と同様の傾向が得られた。しかし、既

往の研究の課題点として、画像解析法は、サンプルの切り出しや画像解析用のターゲットの貼り付けなど煩雑な作業を必要である。また、既往の研究では、使用していた骨材やバインダの種類が1種類のみであり、試験条件が限られていたことも課題点である。

そこで、本研究では画像解析によらない簡便法の提案を最終目的とした。画像解析によらない簡便法とは、水平方向の変位と供試体中央部分のひずみの相関性を着目し、破壊時のひずみを推定するという方法である。この相関性に関しては、限られた条件の下であるが、既往の研究により確認されている。また、これに先立って、既往の研究の試験方法について再検討を行い、併せて簡便法の提案の為に、既往の研究による実データの数を補い、破壊時ひずみの測定精度を改善し、相関式の精度の向上に努めた。

## 2. 試験方法

### (1) 供試体

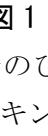
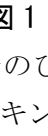
供試体は、舗装調査・試験法便覧の「B007 ジャイレトリー試験機によるアスファルト混合物の締固め試験方法」(1)に準拠し、ストレートアスファルト（以下ストアス）および改質アスファルトを用いて、密粒度アスファルト混合物 13 と 20（以下、密粒 13、密粒 20）の円柱供試体を作製した。そして、円柱供試体の上下をカットし、直径 $150\text{mm}$ 、高さ $50\text{mm}$ のサンプルを用意した。また、1に示すように、画像解析で供試体中央部分のひずみが測定できるよう $20\text{mm}$ 間隔のマーキングを施した。1の①から⑦の番号は測定点番号である。測定点④のひずみを中央部水平ひずみ、供試体側面に設置した変位計により得られる変位を水平方向総変位とした。



写真1 間接引張試験の実施状況



写真2 ターゲット間の撮影写真

## (2) 間接引張試験

間接引張試験は、舗装調査・試験法便覧の「B006 圧裂試験方法」(1)を参考にし、具体的な試験条件は既往の研究を参考にした。載荷板形状は曲面とし、載荷板幅は 19mm のものを用いた。本研究では、破壊時のひずみ測定を目的としていることから、ひび割れが発生する直前で載荷を停止させた。ひび割れ発生直前とは荷重の値が増加せずにピークを呈する時点とした。試験条件は表 1 に示すとおりで、試験の実施状況は写真 1 のとおりである。供試体両側面に変位計を設置して、水平方向総変位を測定するとともに、供試体中央部分の画像解析用のターゲットを試験前後で写真撮影した。画像解析を行うことで供試体内部の部分的なひずみも測定した。ターゲットは画像解析の際に基準点とするもので、人為的誤差が少なくなるよう、コントラストが明確であるものが必要である。写真 2 がターゲット間の撮影写真である。写真にはスケールを一緒に撮影し、空間分解能をその都度確認した。また、供試体のターゲットには、作業の効率化を考慮してインスタントレタリングを使用した。

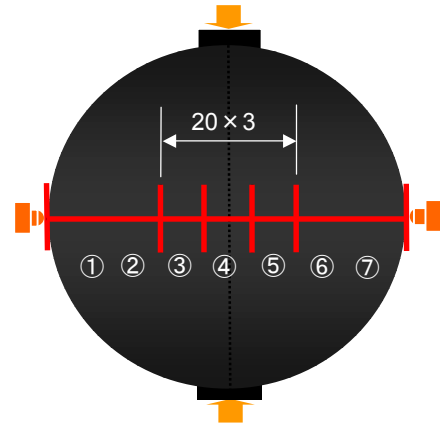


図1 ターゲットの概要図と載荷要領

表 1 試験条件

供試体	密粒(13), 密粒(20)
供試体寸法	直径 150mm, 高さ 50mm
試験温度	25℃
試験速度	1.0mm/min

## (3) 検討方法

まず、試験条件の再検討を行った。既往の研究では画像解析は、最大骨材粒径が 20mm である密粒 20 でも適応可能としていたが、マーキングの間隔も 20mm である。そこで、密粒 20 が画像解析法に適応可能であるのか検討を行った。検討方法は、実データ数が多い密粒 13 と密粒 20 のサンプルを 20 個ずつ用意し、画像解析により中央部水平ひずみを求めた。そして、値のばらつきを中央部水平ひずみに対する変動係数で比較した。

次に、破壊時ひずみの測定精度の向上を図る目的で、バインダおよび骨材を変化させて試験を行った。そして水平方向総変位と中央部水平ひずみの実データ数を増やし、それらの相関係数の向上を行った。

最後に、画像解析によらずに破壊時ひずみを推定する方法を検討した。これは、測定した水平方向総変位と、破壊時のひずみに相関性に着目し、相関式を用いてひずみを推定するというものである。検討方法は、実際に提案した相関式により破壊時のひずみを推定し、実測したひずみとの誤差を比較した。

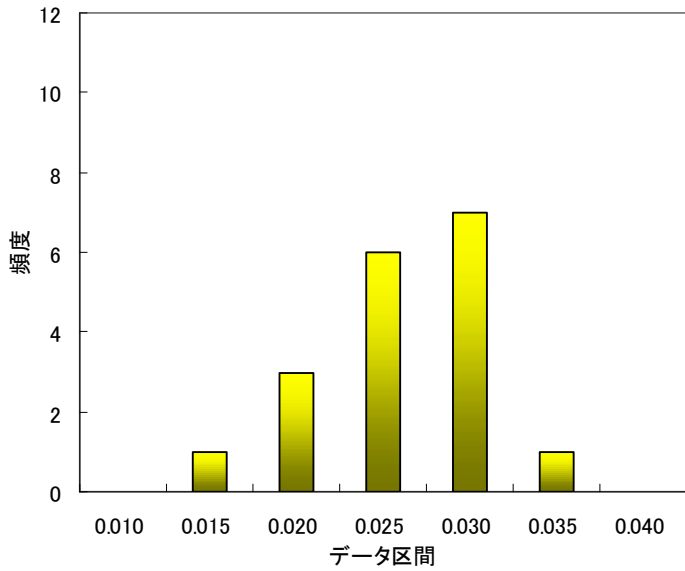


図2 密粒(13)の中央部水平ひずみのデータの偏りを示したヒストグラム

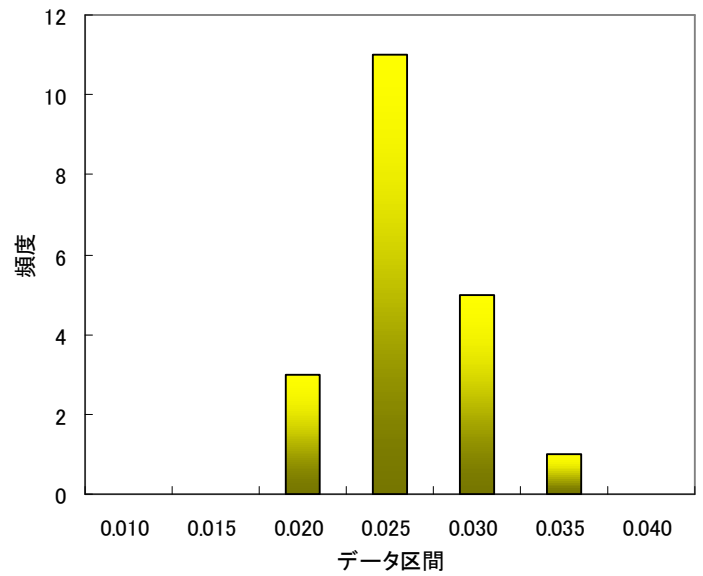


図3 密粒(20)の中央部水平ひずみのデータの偏りを示したヒストグラム

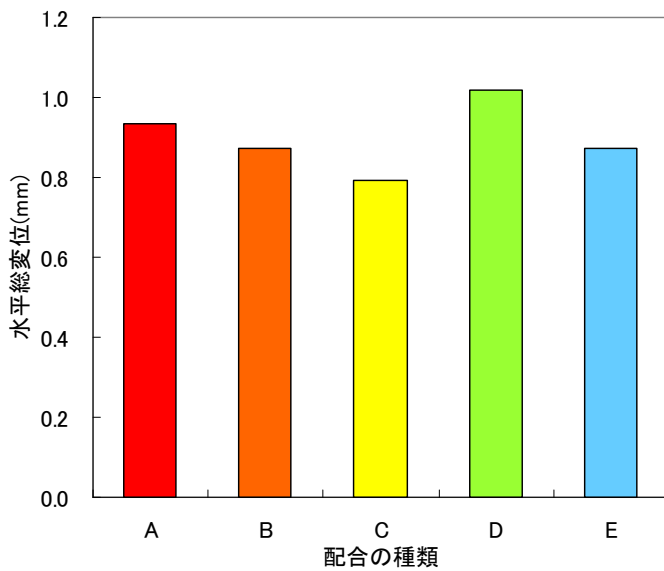


図4 骨材の種類別の水平方向総変位

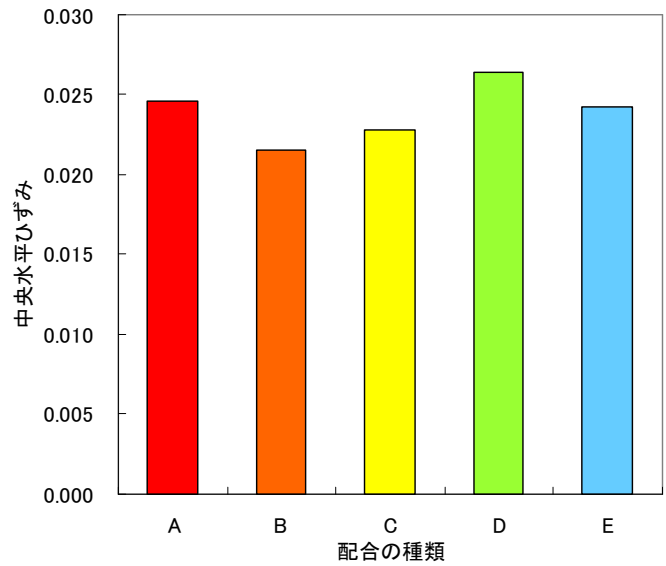


図5 骨材の種類別の中央部水平ひずみ

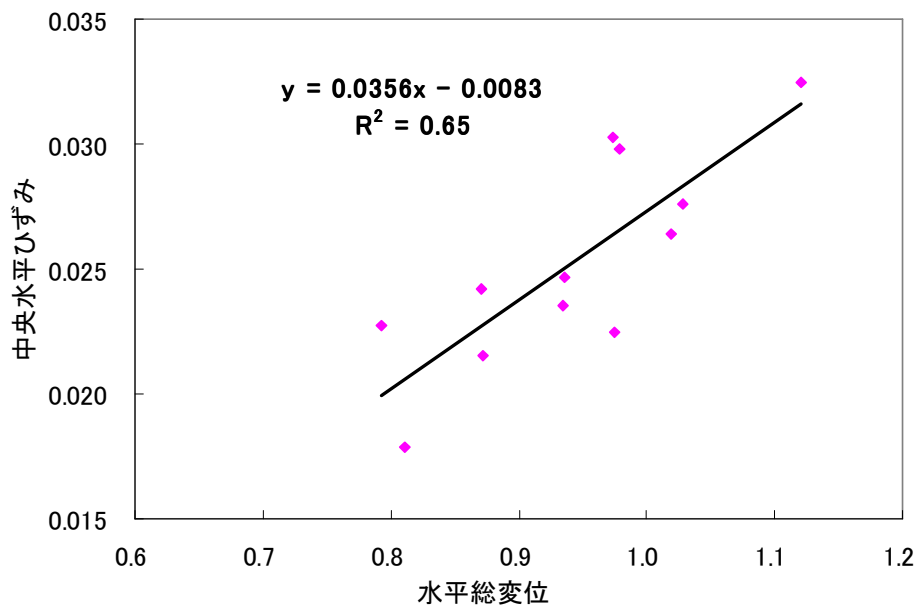


図6 水平方向総変位と中央部水平ひずみ

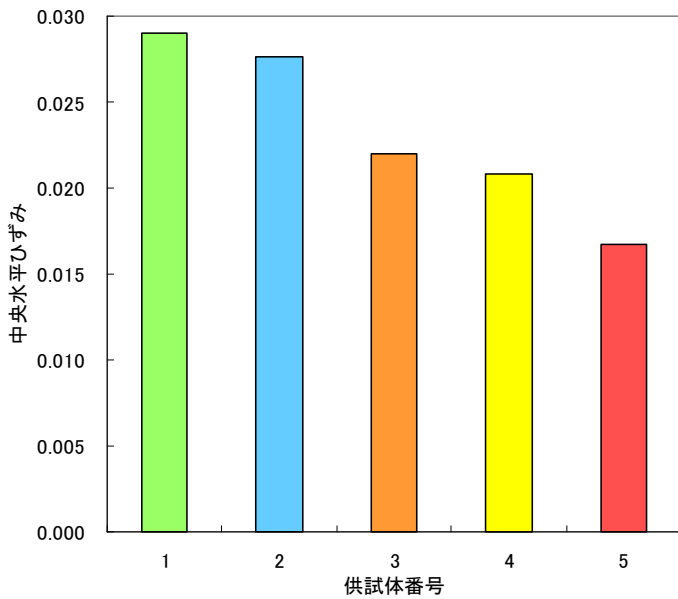


図7 中央部水平ひずみの測定値

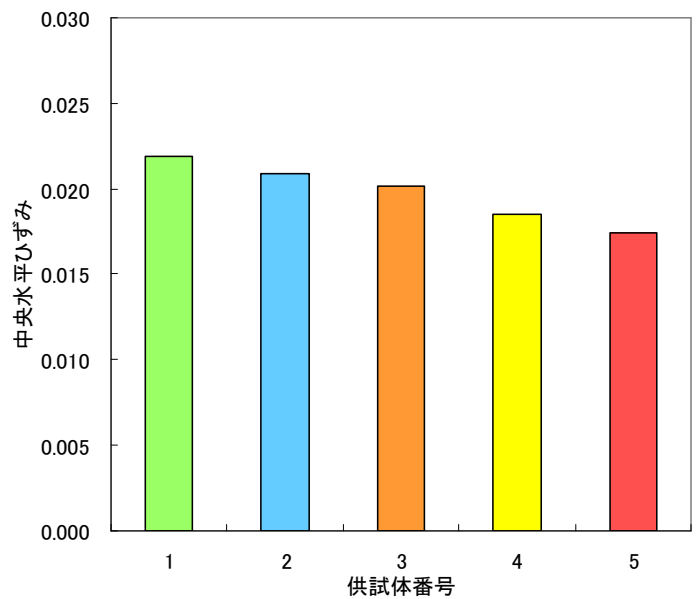


図8 中央部水平ひずみの推定値

### 3. 結果および考察

まず、密粒 20 の検討結果である。図 2，図 3 に画像解析により測定した中央部水平ひずみのデータの偏りをヒストグラムで示す。密粒 13 の中央部水平ひずみに対する変動係数の値が 0.182 で、密粒(20)の変動係数が 0.181 である。変動係数がほぼ等しいことから、密粒 20 にも画像解析法は適応可能であると判断した。

次に、骨材の種類を変化させた試験の検討結果である。図 4，図 5 に水平方向総変位と中央部水平ひずみの値の変位を示す。A,B,C,D,E のそれぞれ産地の異なる 5 種類の骨材を使用して配合を行った供試体で比較した。これらの図より、混合物に使用する骨材が異なっても、水平方向総変位と中央部水平ひずみには相関があることが確認できた。この結果は、使用するバインダを変化させても同様の傾向が確認できた。

また、本研究により得られた中央部水平ひずみと水平方向総変位の相関関係を図 6 に示す。既往の研究により、同じ骨材を使用した供試体であれば温度を変化させても、バインダの添加量を変化させても、水平方向総変位と中央部水平ひずみには高い相関が得られることは分か

っていたが、様々な種類の骨材を用いた供試体のデータを加えても、図のような相関関係を表すことが確認できた。これにより、水平方向総変位から、破壊時ひずみの推定が可能であると言える。

図 7，図 8 は、間接引張試験を行い実際に測定した中央部水平ひずみと、図 6 から導出した相関式を用いて、水平方向総変位から推定した中央部水平ひずみを示したものである。これらの図より、実測値と推定値の大きさの順は一致していることが確認できたが、値には誤差が生じた。実測値に近い値を推定できたが、一致はしなかった。

### 4. まとめ

本研究で得られた知見は、以下のとおりである。

- ①最大骨材粒径が 20mm の供試体でも 13mm と同様の精度で画像解析が適応可能である。
- ②骨材の産地や質によらず、水平方向総変位と中央部水平ひずみには相関性が認められる。また、バインダの種類を変化させても同様の傾向が得られたことから、水平方向総変位を測定することで、アスファルト混合物の破壊

時ひずみを推定することが可能である。

- ③相関式により、実測値に近い値を推定することができたが、誤差が生じた。しかし、間接引張試験はひび割れ抵抗性を相対比較として評価が可能であることが確認できた。

## 参考文献

- 1)舗装調査・試験法便覧 B007「ジャイレトリ試験機によるアスファルト混合物の締固め試験方法」、B006「圧裂試験方法」