

画像処理によるアスファルト混合物の骨材流動解析

交通工学研究室 椎谷 啓

指導教員 丸山 暉彦

1.はじめに

アスファルト舗装はコンクリート舗装に比べて敷均し後の養生時間が短いため、すぐに供用開始ができるという長所がある。しかし、アスファルトには温度により液体、個体間の変化をする性質があるため、わだち掘れやひび割れといった破損を生じやすい。一般的なわだち掘れの種類には、流動によるわだち掘れと、磨耗によるわだち掘れがある。特に、流動によるわだち掘れは、夏季の高温時に重車両が通過することで、舗装内部の骨材が下方および側方へ流動することで発生する。このような舗装の損傷は、安全かつ円滑な交通を妨げるだけでなく、維持・管理・修繕に膨大な費用を要してしまう。そのため、わだち掘れ対策に関する研究が行われ、改質アスファルトや骨材の形状および新たな配合設計などが開発されてきた。

実験室レベルでわだち掘れを再現し、流動特性の検討およびアスファルト舗装の供用性の予測などを行う代表的な試験として、ホイールトラッキング (WT) 試験と Asphalt Pavement Analyzer (APA) 試験があげられる。WT 試験は、わが国で標準的に行われている試験で、動的安定度 (DS) や変形率 (RD) といった評価指標をもとに、流動特性の検討を行っている。また、過去の実験結果より DS と現場のわだち掘れ量の間には相関性が認められているため、有効な試験とされ

ている。もう一方の APA 試験は、米国における高速道路規格に関する基準設定機関である AASHTO において、わだち掘れによる永久変形を測定する試験機として使用されている。APA 試験は、使用する供試体の全重量が約 5kg と WT 試験用供試体の半分であるため、作製が容易である。また、APA 試験機の大きさは WT 試験機の半分程度とコンパクトで、一度に複数の供試体に対して試験可能であるといった利点がある。しかし、試験条件の違いや評価指標が設けられていないことから、わが国での実績や実用例は全くない。

2.研究目的

APA 試験をわが国の流動抵抗性評価方法として導入することを目的とする。そのために、画像処理を行い WT 試験と APA 試験でのわだち掘れ発生原因の解明および、供試体内部の骨材の移動特性を把握する。

3.供試体作成

3.1.使用材料

配合設計が容易で、それぞれ耐流動性が異なる混合物を作成した。検討対象のアスファルト混合物を以下に示す。

密粒度アスファルト混合物(13)

(密粒(13))

密粒度ギャップアスファルト混合物(13)

(ギャップ(13))

砕石マスマチックアスファルト混合物(13)

(SMA(13))

ポーラス混合物

(ポーラス(13))

3.2.供試体形状および締固め機構

WT 試験では、供試体寸法が 300×300×50(mm)である WT 供試体を使用した。APA 試験では、供試体寸法が 300×125×75(mm)であるビーム型供試体と φ150×75(mm)であるジャイレトリー供試体を使用した。WT 供試体とビーム供試体はローラコンパクト、ジャイレトリー供試体はジャイレトリコンパクトにて締固めを行った。締固め後に、供試体を中央、なおかつ試験機の走行方向に対して直角となる位置で切断しておく。

4.耐流動性評価試験

4.1.WT 試験

WT 試験とは、一定の荷重を加えたソリッドタイヤを供試体上で走行させる試験である。WT 試験の実施状況を図-1 に示す。

4.2.APA 試験

APA 試験とは、一定の空気圧にしたゴムホースを供試体上にセットし、その上を一定の荷重でホイールが走行する試験である。APA 試験の実施状況を図-2 に示す。

4.3.試験条件

WT 試験および APA 試験の各試験条件を表-1 に示す。



図-1

WT 試験実施状況



図-2

APA 試験実施状況

表-1 試験条件

	WT 試験	APA 試験
供試体厚さ	50 mm	75 mm
養生温度	60°C	60°C
養生時間	5 時間 以上	6~24 時 間以内
輪荷重	686N	445N
ホース内の 空気圧	—	700kPa
走行・サイク ル数	2520 回 (60 分)	8000 回
タイヤ・ホー ス幅	50 mm	30 mm

5.画像処理

5.1.撮影方法

WT 供試体の撮影は、試験を 15 分毎に中断し断面撮影を行った。実質走行時間は、通常の試験時間と同じ 60 分とした。また、供試体内部の温度が下がらないようにするため、WT 試験室内で、試験機から型枠を取り外した後、所定の台にセットし、撮影が終了したら試験機に戻し再開した。三脚を用い供試体全体が入る位置に据え付け、試験終了まで動かさないようにすることで、同じ構図で撮れるようにした。

APA 供試体の撮影は、撮影用の台は、カメラを固定できるもので、真上から撮影するものを用いた。カメラと供試体の距離は、カメラから覗いたときに供試体全体が入る位置にした。また、SGC 供試体の場合は、半円型なので断面の向きとレンズが一直線にならないことが多い。その対策として、小さなストッパーで調整した。

5.2.画像処理方法

画像処理にはフリーソフトの「GIMP 2.6」を使用し、以下に画像処理手順を示す。

(1) 画像の選択

画像処理を行う，試験前と試験後の画像を GIMP のウィンドウで開くには、「ファイル(F)」→「開く(O)」もしくは，ドラッグアンドドロップで開くことができる。また，編集用のウィンドウを新しく開くには，「ファイル(F)」→「新しい画像(N)」と選択し，ウィンドウサイズは変更せず「OK(O)」を押す。

(2) 輪郭抽出

本研究では，試験後の供試体に対して輪郭抽出を行い，重ね合わせた時に判別しやすいようにした。「フィルタ(R)」→「輪郭抽出(T)」→「輪郭(E)」と進むと，輪郭抽出ウィンドウが開く。「アルゴリズム(A)」は「ソーベル」，「量(M)」は「1.0」，「ぼかす(S)」を選択し，「OK(O)」を押す。

(3) 重ね合わせ

輪郭抽出後の画像上で右クリックし，「編集(E)」→「コピー(C)」の手順でコピーし，試験前の画像の上に貼り付ける。

(4) 不透明度の調整

重ね合わせた後に，画面右に開かれている作業ウィンドウの「不透明度」の割合を下げ，試験前の画像が透けるまで調整する。本研究では，不透明度 40～50%程度とした。

(5) 矢印の記入

本研究では，処理を行った画像に，骨材のおおよその移動方向を矢印の向きで示し，距離を矢印の長さで示すこととし

た。この，矢印の記入は「Microsoft PowerPoint」上で，画像を拡大した状態で行った。

5.3.画像処理結果

WT 試験の画像処理結果を図-3 と図-4 に，APA 試験の画像処理結果を図-5 と図-6 に示す。

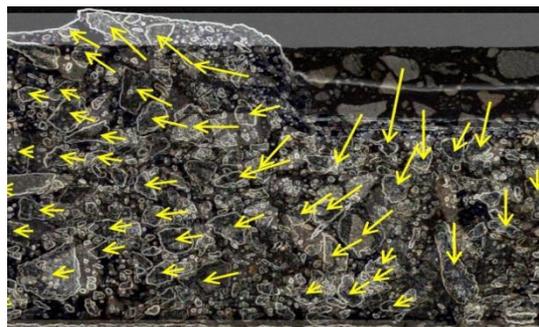


図-3 画像処理結果
密粒(13)-A WT 供試体中央部

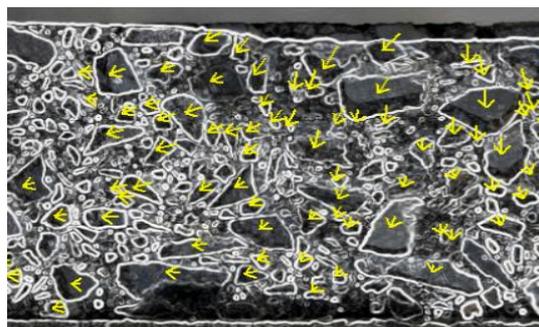


図-4 画像処理結果
密粒(13)-C WT 供試体中央部

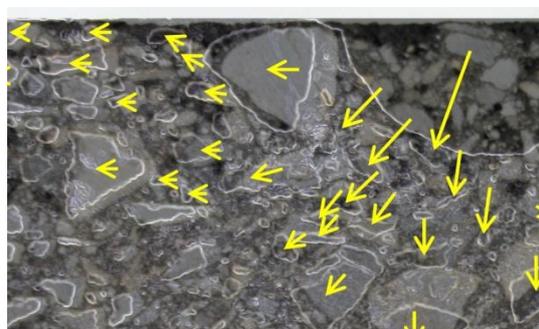


図-5 画像処理結果
密粒(13)-A ジャイレトリー供試体中央部

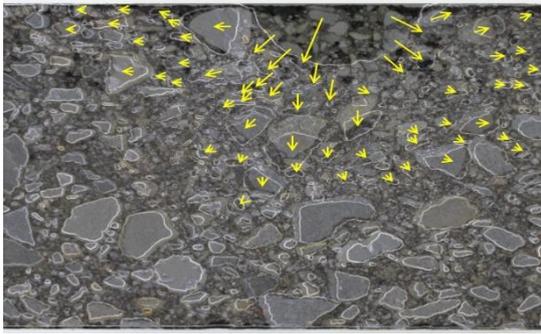


図-6 画像処理結果

密粒(13)-A ジャイレトリー供試体全体

・ WT 画像処理結果

図-3 と図-4 より、密粒(13)-A では車輪近傍で骨材が隆起する現象を確認されたが、密粒(13)-C では隆起が起きなかった。これは、密粒(13)-A で使用しているストレートアスファルトよりも密粒(13)-C で使用している改質Ⅱ型アスファルトの方が耐流動性に優れていることが原因である。また、WT の試験結果では共通して供試体底部の骨材が流動していることを確認できた。これは、輪荷重に対して供試体厚さが 5 cm と薄いため行き場を失った骨材が側方へ流動したと考えられる。

・ APA 画像処理結果

図-5 より、骨材の隆起は確認されなかった。また、図-6 より、荷重載荷位置近傍の骨材は下方および側方へ流動するが、底部の骨材までは動いていなかった。ここで、ジャイレトリー供試体とビーム型供試体について比べると、特にジャイレトリー供試体の骨材流動は小さく、ビーム型供試体の方が流動は大きいものであった。これより、APA 試験結果において、ジャイレトリー供試体結果から WT 供試体結果を予測することはできないが、ビーム型供試体結果からは予測できる可

能性があることを確認した。

6.粗骨材近接度 K

粗骨材がどれだけ近接しているのかを数値化したものを粗骨材近接度 K と新たに設定した。K を次式で示す。

$$K = \frac{\bar{x}}{\bar{\phi}}$$

\bar{x} : 骨材間距離の平均
 $\bar{\phi}$: 骨材寸法の平均

骨材のサンプル数はランダムに選んだ計 20 個として一つ一つの骨材間における距離を測定していく。測定の際、2 つの骨材間距離は最短のものとし、骨材間に別の粗骨材が含まれないように注意する。

供試体断面を撮影した画像から新指標である粗骨材近接度 K を測定し、試験前と試験後で比較検討を行うものとする。供試体の形状および混合物種類の 2 項目でまとめ、それぞれの傾向を確認するものとした。

6.1.K 計測結果

K の測定結果と混合物種の間関係を形状別にまとめ、試験前と試験後で比較したものをそれぞれ図-7、図-8、図-9 に示す。縦軸を K の値、横軸を混合物種とした。

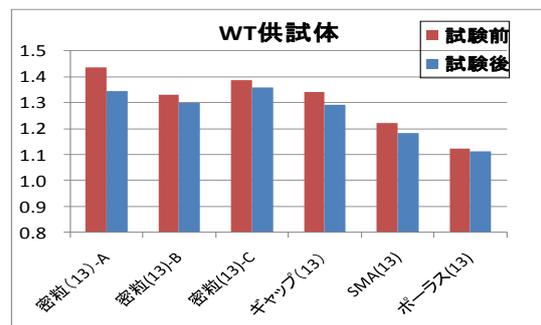


図-7 K と混合物種の間関係
WT 供試体

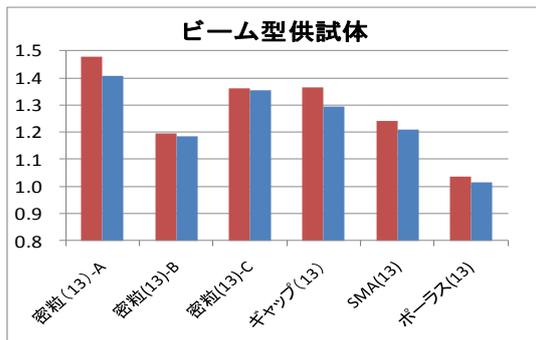


図-8 Kと混合物種の関係
ビーム型供試体

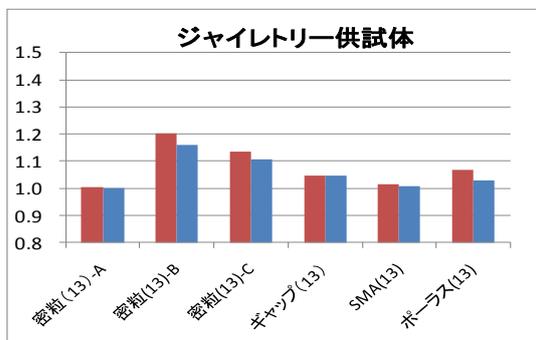


図-9 Kと混合物種の関係
ジャイレトリー供試体

WT 供試体とビーム型供試体における K の変動は似た動きをすることが確認できた。このことから、ビーム型供試体結果から WT 供試体結果を予測できる可能性があることを確認した。

7.まとめ

- ・ビーム型供試体結果から WT 供試体結果を予測できる可能性があることを確認した
- ・混合物種、最大粒径の変更、データ数を増やすなどが今後課題としてあげられる