

リサイクルゴムを利用した高機能舗装材料の開発

交通工学研究室 大竹真紀子
指導教員 丸山暉彦

1. 背景

わが国では年間約1億本もの廃タイヤが発生し、そのうち約1割が用途不明になっており、不法投棄されるなど問題となっている。廃タイヤを利用した舗装として、アスファルトラバー(AR)が挙げられる。これは、廃タイヤを粉末状のゴム粉にし、ストレートアスファルトと混合、熟成したバインダを使用した舗装で、アメリカでは既に普及し、舗装の耐久性向上などが明らかにされている¹⁾。

近年、排水性舗装の施工量は増加する傾向にある。排水性舗装は空隙率が大きいことから、走行騒音や水はねの低減、視認性の改善などに効果があるためである。しかし一方で、重交通下における長期供用性や寒冷地での骨材飛散といった問題も指摘されている。また、高価であるため、高速道路や主要幹線道路にしか普及されていないのが現状である。

これまで、排水性舗装のバインダの改質に焦点があてられ、多くの研究が行われてきた。本研究では、骨材の方に目を向け、骨材の一部にゴムチップを使用することを検討した。これにより、排水性舗装の高機能化や廃タイヤのリサイクル量増加をはかる。また、さらにARバインダを使用することで、排水性舗装のコスト低下も期待される。

2. 目的

昨年度はARバインダの粘度挙動を把握し、ゴムチップを混入した排水性混合物のマーシャル安定度試験を行った。バインダに添加するゴム粉の量、混入するゴムチップの量を変え試験を行った結果、「排水性舗装技術指針(案)」²⁾で示されている安定度3.5[kN]を満たすことができた。しかし、マーシャル安定度試験による評価だけでは不十分である。

本研究では、ARバインダの特性を把握するため、粘度試験および軟化点試験を行った。また、ARバインダを使用し、図2.1に示したようなゴムチップを混入した排水性混合物の配合を行い、直接引張試験および圧縮試験を行った。リサイクルゴムを利用することにより、凍結抑制効果などが期待される。この排水性混合物の特性を把握し、適用可能性を検討する。

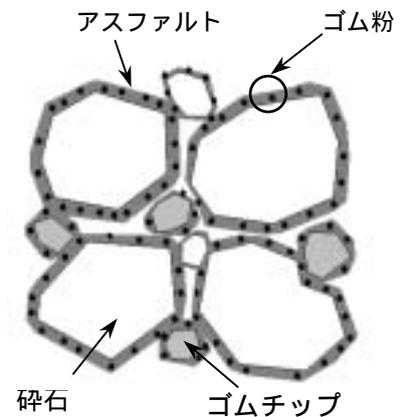


図 2.1 リサイクルゴムを使用した排水性混合物

3. AR バインダの特性

ARバインダは、180℃に加熱したストレートアスファルトに粒径0.4mmのゴム粉を15%(バインダ重量比)加え、約20分間攪拌を行い、その後恒温槽内で180℃のまま4時間養生して作製する。本研究では、さらにTPS(熱可塑性エラストマー)と呼ばれる改質剤を添加した。

排水性舗装では、骨材同士の接着部が小さいために、粘着力の強い高粘度のバインダが必要とされている。また、軟化点はアスファルトのコンシステンシーを表す指標のひとつである。

図3.1にARバインダの粘度を示す。ARバインダはせん断速度が速くなると粘度が低下するチキソ

トロピーを示す。ストレートアスファルトでは、このチキソトロピーを示さず、粘度も小さい。よって、粘度増加およびチキソトロピーがゴム粉添加によるものであると言える。

図 3.2 に軟化点試験の結果を示す。AR バインダはストレートアスファルトより、軟化点が 8~10 高いことから、ゴム粉添加により軟化点が上昇したと言える。通常の排水性舗装に使用されている高粘度改質アスファルトは軟化点が 90 程度であることから、この AR バインダが高粘度改質アスファルトと同等の軟化点を有することが分かる。

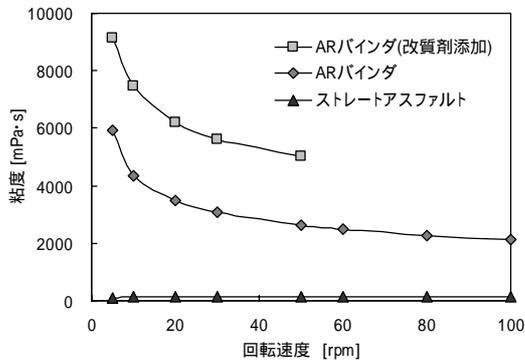


図 3.1 AR バインダの粘度

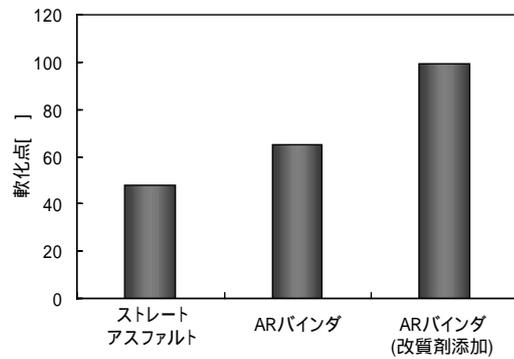


図 3.2 AR バインダの軟化点

4. リサイクルゴムを使用した排水性混合物の検討

4.1 マーシャル安定度試験

マーシャル安定度試験は試験法便覧³⁾に準拠して行う。骨材配合は図 4.1 の AR(ゴムチップ混入)で示したものとす。使用するゴムチップの検討を行うため、図 4.2 で示したような表面加工をしたゴムチップと、表面加工をしていないゴムチップとを使用し、マーシャル安定度試験を行う。

4.2 直接引張試験

図 4.1 で示した骨材配合とする。供試体寸法は、60×40×240[mm]とし、供試体の両端面にエポキシ樹脂系接着剤で治具を固定する。接着剤の硬化後、供試体を空気恒温槽で試験温度になるまで十分に養生を行う。供試体を引張治具に装着し、2.4[mm/min](供試体長さの 1%/min)の速度で、図 4.3(左)のように軸方向に直接引張試験を行う⁴⁾。

4.3 圧縮試験

図 4.1 で示した骨材配合とする。マーシャル供試体を使用し、空気恒温槽内で試験温度になるまで十分に供試体を養生した後、載荷速度 10[mm/min]で図 4.3(右)のように圧縮する。

5. 試験結果および考察

5.1 AR 混合物の特徴

図 5.1 より、表面加工をしたゴムチップの方が、安定度が

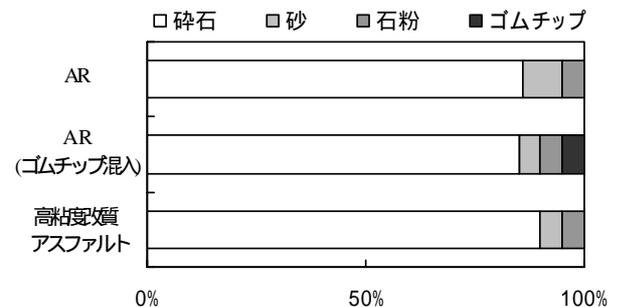


図 4.1 骨材配合(体積比)

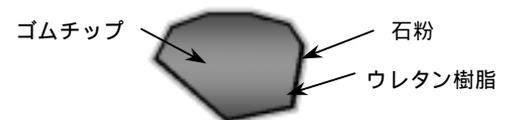


図 4.2 表面加工をしたゴムチップ



(左)直接引張試験 (右)圧縮試験

図 4.3 試験方法

大きく、フロー値が小さいことから、アスファルトとの接着性に優れており、骨材として使用するのに適していると考えられる。よって、本研究ではこのゴムチップを使用する。

また、供試体を作製した際、マーシャル供試体の厚さは 63.5mm とされているのに対し、AR バインダおよびゴムチップを使用すると供試体の厚さが大きくなってしまった。これでは締め固め不十分である。よって、通常は突き固め回数 50 回であるのを、75 回に増加させた。図 5.2 に示すように、AR バインダでは突き固め回数を増やすことで所要の高さに締め固まるが、さらにゴムチップを加えたものは、突き固め回数による違いがあまり見られない。ゴムチップの弾性力により締め固まりにくくなったと考えられ、今後締め固め方法の検討が必要である。

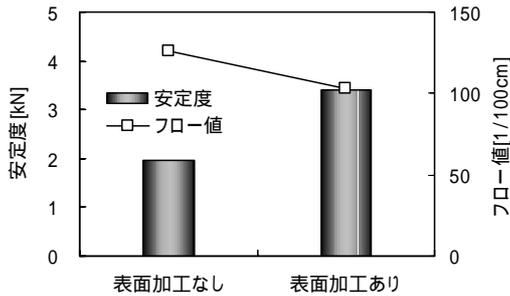


図 5.1 マーシャル安定度試験結果

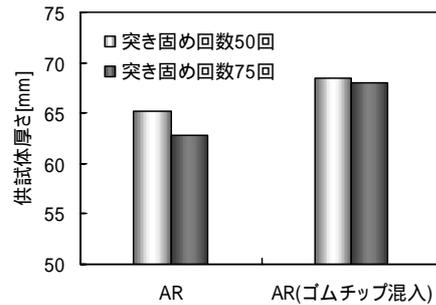


図 5.2 突き固め回数による締め固めの違い

5.2 直接引張試験

試験温度 0 の結果を図 5.3 に示す。応力が最大値となったところを破壊とみなし、温度との関係を示したのが図 5.4, 図 5.5 である。AR バインダを使用しても高粘度改質アスファルトとほぼ同等の引張強度を得ることができる。破壊時の引張ひずみは、AR バインダを使用したものはゴムチップを混入しても低下はあまり見られない。また、高粘度改質アスファルトよりも AR バインダを使用した方が、低温時でのひずみ低下が小さい。

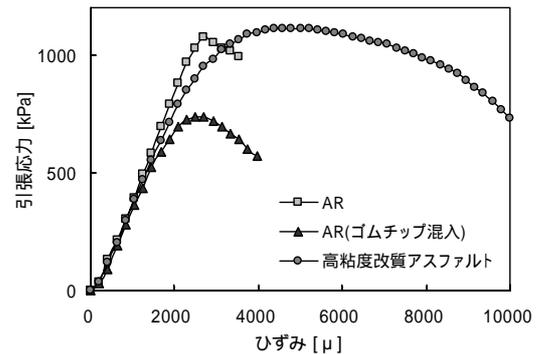


図 5.3 引張応力とひずみの関係

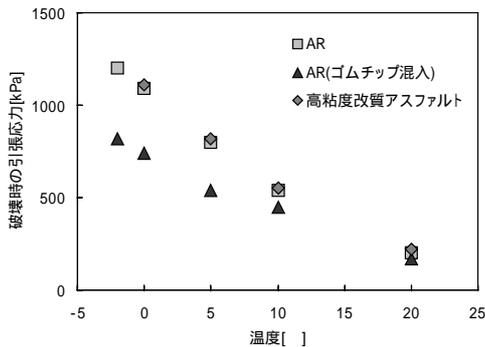


図 5.4 破壊時の引張応力と温度の関係

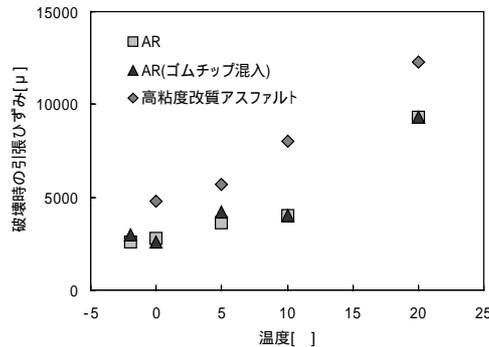


図 5.5 破壊時の引張ひずみと温度の関係

5.3 圧縮試験

試験温度 20 の結果を図 5.6 に示す。応力が最大値となったところを破壊とみなし、温度との関係を示したのが図 5.7 および図 5.8 である。AR バインダの破壊時の圧縮応力およびひずみは、高

粘度改質アスファルトよりもやや劣るものの、それほどの低下は見られない。また、ゴムチップを混入すると破壊時のひずみが大きくなる。

圧縮応力 - ひずみ関係のグラフより、各混合物の弾性係数を求め、図 5.9 に温度との関係を示した。AR バインダと高粘度改質アスファルトの弾性係数はほぼ等しい値を示し、ゴムチップを混入すると、温度変化による変化はほとんどなくなる。ゴムチップを混入した場合は、弾性係数が小さく、圧縮変形が大きいことから、騒音低減や凍結抑制効果などが期待される。

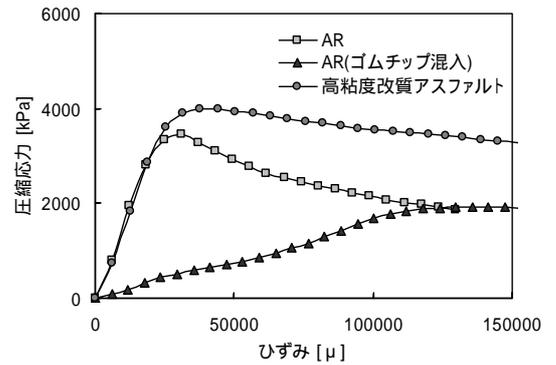


図 5.6 圧縮応力とひずみの関係

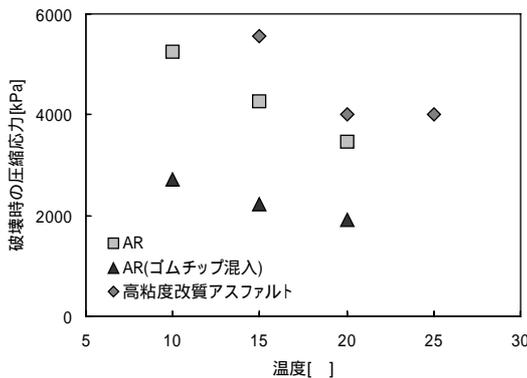


図 5.7 破壊時の圧縮応力と温度の関係

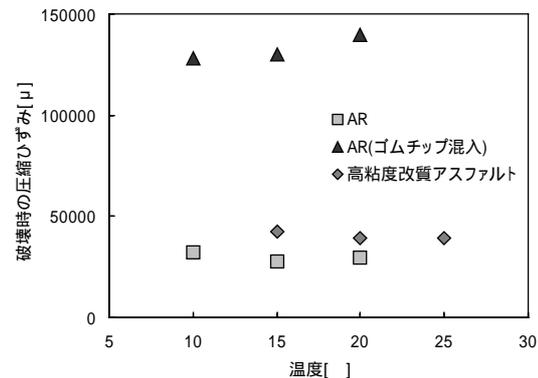


図 5.8 破壊時の圧縮ひずみと温度の関係

6. 結論

AR バインダは高粘度改質アスファルトと同程度の引張強度をもつ。破壊時のひずみは高粘度改質アスファルトに比べやや低下するものの、低温時でもひずみが保たれており、重交通の少ない生活道路であれば、適用可能であると考えられる。また、廃タイヤを原料とするゴム粉を利用していることから、高粘度改質アスファルトに比べて低コストである。AR バインダとゴムチップを併用した混合物では、骨材にゴムチップを使用するため、当然圧縮強度は低下する。しかし一方で、引張強度は比較的大きいことから、耐久性は十分にあると考えられる。また、低温時でも低い弾性係数を持ち、ひずみが大きいことから、騒音低減や凍結抑制効果への用途が期待できる。

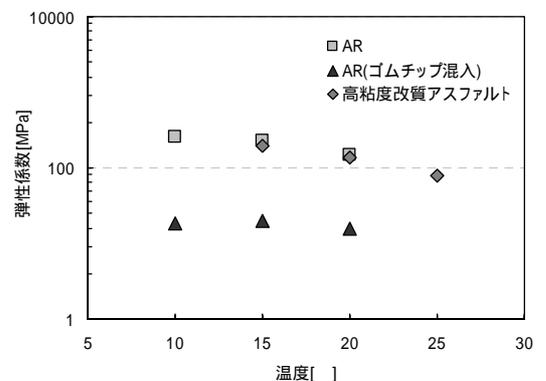


図 5.9 弾性係数と温度の関係

参考文献

- 1) 日本アスファルトラバー研究会：平成 15 年度活動報告書
- 2) (社)日本道路協会：排水性舗装技術指針（案），pp.26～35，1996
- 3) (社)日本道路協会：試験法便覧，1998
- 4) 小山,吉田,近藤,高橋:アスファルト混合物の直接引張性状,土木学会第 59 回年次学術講演会,5-554, 2004