

ポーラス舗装の機能改善に関する研究

交通工学研究室 高橋 宏昭

指導教員 丸山 暉彦

1. はじめに

1.1 背景

排水性舗装は、従来の舗装に比べ空隙率が大きいことにより、雨水を排水する機能や、交通騒音を低減する機能を有している。しかし、骨材飛散や高コストといった問題のほか、積雪寒冷地域においては舗装の空隙内部に雪氷が入り込むことで、舗装の温度が従来の舗装に比べ低く、凍結しやすい点や、表面の凹凸により除雪がしづらく、圧雪されやすい点も問題点として挙げられた。そのため、凍結抑制効果を備えた排水性舗装の開発が求められた。

本研究では、排水性混合物に、現在わが国において研究が進められているアスファルトラバー（以下、AR）バインダと、さらに廃タイヤから得られるゴムチップを骨材の代替物として使用し、弾力性を備えた新たな排水性混合物として、ゴムチップ入り AR 排水性混合物の開発を行なった。

また本研究で使用したゴムチップには、図 - 1 に示すように、粒径 5mm 程度のゴムチップに、AR バインダとの結合力を高めるため、ウレタン樹脂と石粉による表面加工を施している。しかし、その効果に関する検証が既往の研究成果だけでは不十分であったため、さらなる検証が必要であった¹⁾。

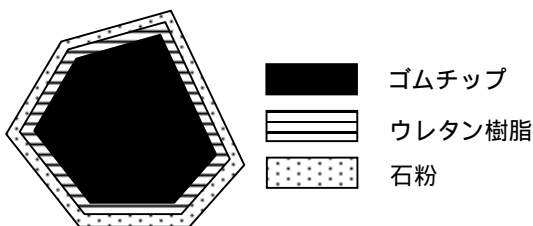


図 - 1 表面加工ありゴムチップ

1.2 研究目的

本研究では、既往の研究からの課題であった、ゴムチップの表面加工の効果をゴムチップと AR バインダとの付着力に着目し、定量的に評価することを 1 点目の目的とした。また、2 点目には、ゴムチップ入り AR 排水性混合物の弾力性と、それに伴う物理系の凍結抑制効果を評価することを目的とした。

2. ゴムチップの表面加工の評価

2.1 使用材料

評価対象とした混合物として、表面加工ありゴムチップ入り AR 排水性混合物（以下、加工ありゴム入り混合物）と、表面加工なしゴムチップ入り AR 排水性混合物（以下、加工なしゴム入り混合物）を使用し、それぞれゴムチップを体積比で 5% 混入した。各混合物の目標空隙率は 20% とし、骨材粒度は「排水性舗装技術指針(案)」²⁾ に示されている粒度範囲の中央値を参考にした。バインダには、ストレートアスファルト 60/80 に粒径 0.4mm のゴム粉を重量比で 15% 混入した AR バインダを使用し、アスファルト量は 5.8% とした。

2.2 検討方法

本検討での評価試験には、静的曲げ試験、直接引張試験、ホイールトラッキング試験、チェーンラベリング試験を取り入れた。静的曲げ試験では混合物のたわみ追従性、直接引張試験では混合物の引張特性、ホイールトラッキング試験では耐流動性能、そしてチェーンラベリング試験では耐摩耗性能をそれぞれ評価した。そして、ゴムチップの表面加工の有無による性状の違いを比較した。

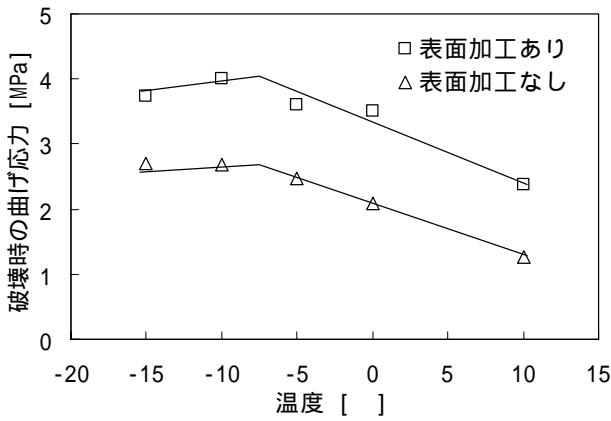


図 - 2 破壊時の曲げ応力と温度の関係

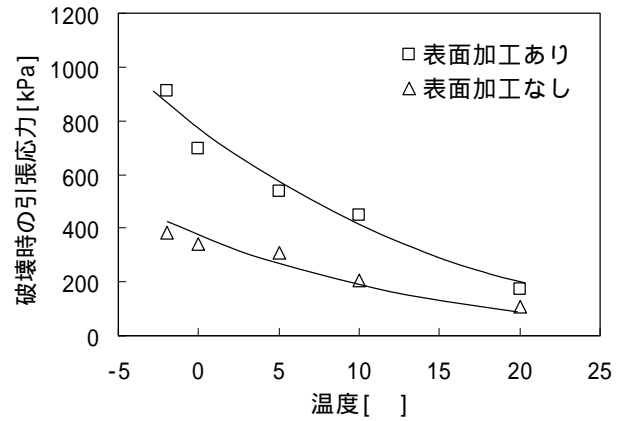


図 - 3 破壊時の引張応力と温度の関係

2.3 試験結果および考察

静的曲げ試験結果を図 - 2、直接引張試験結果を図 - 3、そしてホイールトラッキング試験、チェーンラベリング試験結果を表 - 1 に示す。

まず、静的曲げ試験に関しては、全ての試験温度において表面加工ありゴムチップを使用することで、曲げ応力が 1 ~ 1.5MPa 増大した。また直接引張試験においても、全ての試験温度で加工ありゴム入り混合物の応力は加工なしゴム入り混合物の約 2 倍の値を示した。このことから、表面加工により、混合物の強度が増大することが確認できた。動的安定度に関しては、両者の値はほぼ等しいが、重交通道路での動的安定度の規定値が 1500 以上であることを考慮すると、両者とも十分な耐流動性能を有していると考えられる。そして、すり減り量に関しては、加工ありゴム入り混合物の値は 1/2 程度小さく、耐摩耗性能や骨材飛散抵抗性に優れていることがわかった。これらのことは、ゴムチップの表面加工により、ゴムチップとアスファルトとの結合力の弱さが改善し、AR バインダのゴムチップに対する粘結力と把握力が向上したからであると考えられる。

3. 凍結抑制効果の検証

3.1 使用材料

対象とした混合物は、表面加工ありゴムチップ入り AR 排水性混合物（以下、ゴム入り AR 混合物）、ゴムチップなし AR 排水性混合物（以下、ゴムなし AR 混合物）、高粘度改質アスファルト

表 - 1 ホイールトラッキング試験、チェーンラベリング試験結果

	動的安定度 回 / mm	すり減り量 cm ²
表面加工あり	3430	1.59
表面加工なし	3250	2.84

を使用した通常の排水性混合物（以下、ゴムなし高粘度混合物）とした。ゴム入り AR 混合物の使用材料および骨材配合に関しては、2.1 で述べたとおりとした。ゴムなし AR 混合物と、ゴムなし高粘度混合物に関しても同様に配合設計を行い、アスファルト量に関しては、それぞれ 5.8%、5% とした。

3.2 検討方法

凍結抑制効果を検証するために、本検討では繰返し圧縮試験と氷着引張強度試験を実施した。

繰返し圧縮試験に関しては、確立された方法がなかったため、載荷方法や載荷回数、試験速度等を種々な条件で試みることで決定した。載荷方法に関しては、ひずみ制御と応力制御を行なった。ひずみ制御による試験は、供試体に与えるひずみ量を 500 μ ずつ増幅させ、設定したひずみに達するまで載荷した後、荷重が 0kN になるまで除荷することとした。試験速度は 1mm / min とし、載荷回数は 10 回とした。また、応力制御による試験では、静的圧縮試験から得た破壊時の圧縮応力の 1/5 の荷重に達するまで載荷することとし、

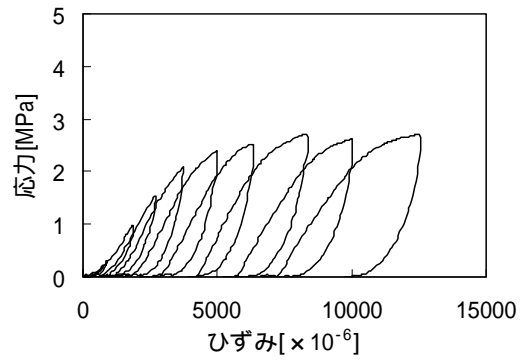
除荷方法はひずみ制御と同様に行なった。試験速度に関しては1mm/minとし、載荷回数は20回とした。そして、ゴムチップの有無による弾力性の違いを、応力-ひずみ関係から得る曲線形状や、変形量を比較することによって評価した。

氷着引張強度試験に関しては、既往の研究³⁾⁴⁾を参考にし試験方法を決定した。その結果、物理系の凍結抑制舗装に対応した方法として、鋼球落下法による氷着引張強度試験を実施した。試験手順は、予め試験温度になるまで養生した供試体の表面に2mm程度に圧雪し、その後不織布に水をしみ込ませた載荷板を載せ、4時間かけて供試体表面に氷着させる。そして鋼球を10回落下させた後、圧雪の付着力を測定する。そして、鋼球落下の有無による付着力の違いを比較した。

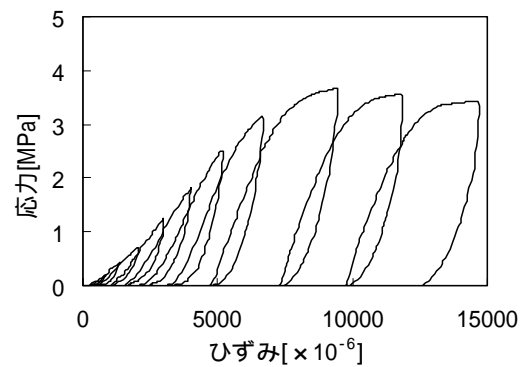
3.3 試験結果および考察

ひずみ制御による繰返し圧縮試験から得た応力-ひずみ曲線を図-4に示す。この曲線形状を比較すると、ゴム入りAR混合物は他の混合物に比べ、応力が小さく、また曲線形状は緩やかであるように見える。図-5には、曲線の傾き、ここでは弾性係数と定義して算出し、各載荷時での弾性係数を示した。この図から、やはりゴム入りAR混合物は弾性係数が最も小さく、つまり変形しやすいことが確認できた。

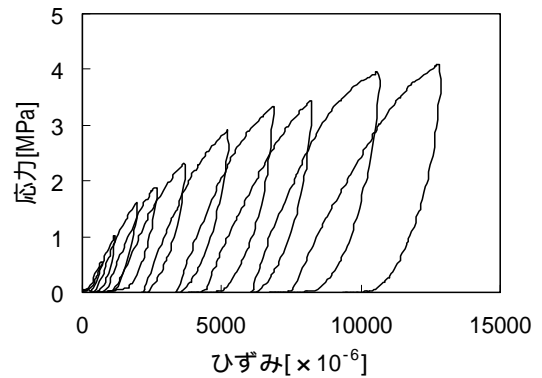
応力制御による圧縮試験では、静的圧縮試験結果から載荷荷重を1kNとし、繰返し載荷を行った。図-6に試験から得た応力-ひずみ曲線を示す。この結果に関しても、ひずみ制御の結果と同様に、ゴム入りAR混合物の曲線形状は載荷時・除荷時ともに傾きが緩やかであることがわかった。そして、変形量を比較するため、載荷時の変形量を沈下量、除荷時の変形量を復元量と定義し、図-7に示した。この図からは、ゴムなし混合物の変形量には、ほとんど違いが表れなかったが、ゴム入りAR混合物は、他の混合物に比べ沈下量、復元量ともに2倍程度大きいことが確認できた。やはり、ゴムチップ混入による弾力性の向上が結果に表れたと考えられる。



a) ゴム入りAR混合物



b) ゴムなしAR混合物



c) ゴムなし高粘度混合物

図-4 応力-ひずみ曲線(ひずみ制御)

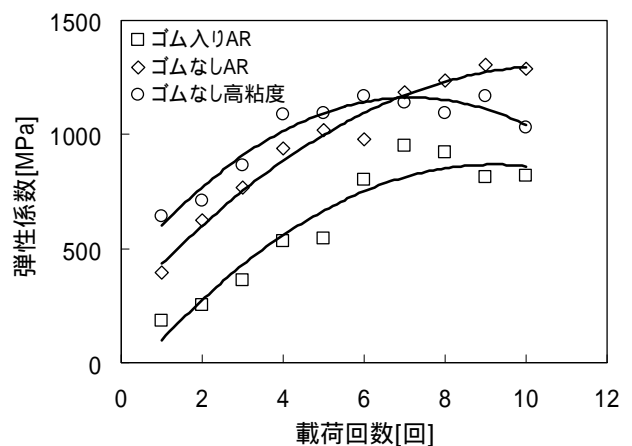
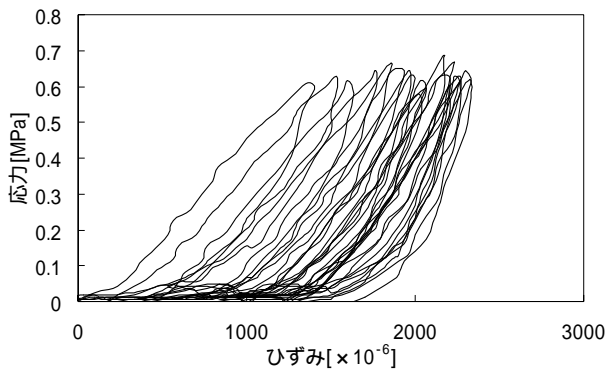
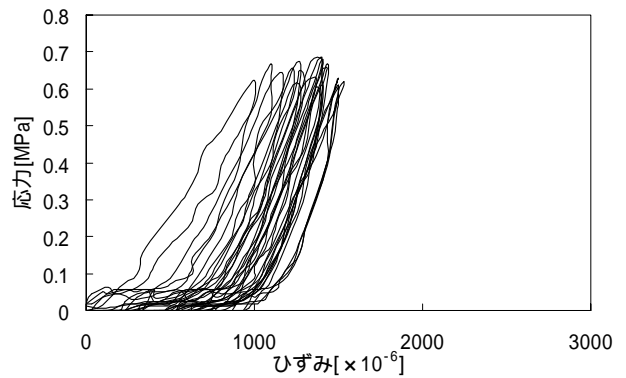


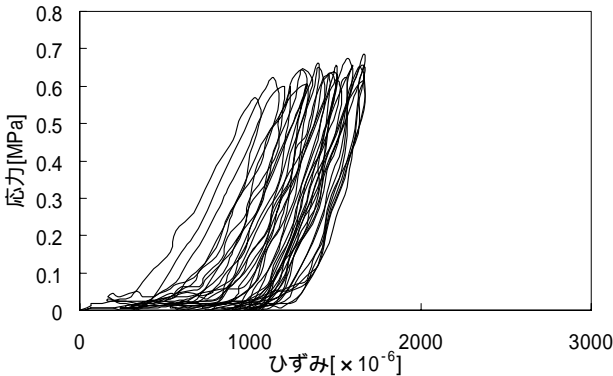
図-5 各載荷時の弾性係数



a) ゴム入り AR 混合物



b) ゴムなし AR 混合物



c) ゴムなし高粘度混合物

図 - 6 応力 - ひずみ曲線(応力制御)

そして図 - 8 には、氷着引張強度試験結果を示す。この結果では、ゴムなし混合物は衝撃の有無による引張強度の低下は見られないが、ゴム入り AR 混合物は、衝撃が加わることで引張強度が 40kPa 程度低下していることが確認できた。このことは、供試体表面の氷板が、表面の変形量に追従できずに、破砕またははく離したからであると考えられる。

4. 結論

ゴムチップの表面加工の評価に関しては、表面加工により、特に引張強度が 2 倍に増大し、また摩耗量が 1/2 にまで減少した。よって、表面加工は効果的であると言える。

凍結抑制効果の検証に関しては、ゴムチップを混入することで変形量が 2 倍に増大し、それに伴い氷板のはく離効果も向上したことが確認できた。したがって、ゴムチップ入り AR 排水性混合物は、凍結抑制効果を備え、かつ耐久性も有した新たな舗装材料であると言える。

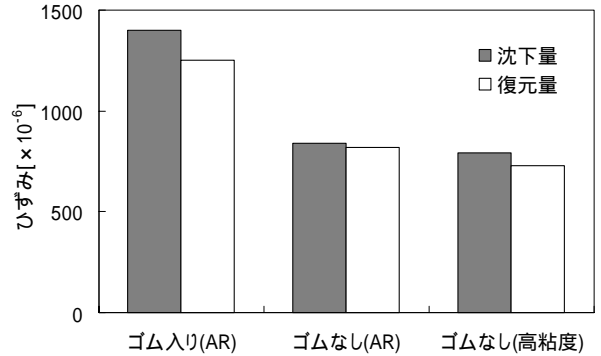


図 - 7 沈下量と復元量

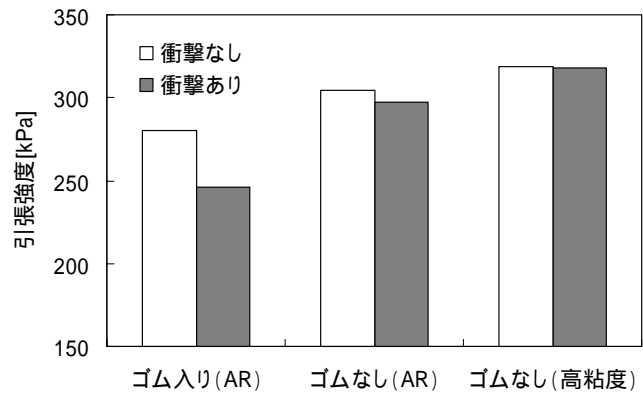


図 - 8 氷着引張強度試験結果

参考文献

- 1) 大竹真紀子：リサイクルゴムを利用した高機能舗装材料の開発，長岡技術科学大学，修士論文，2005
- 2) (社)日本道路協会：排水性舗装技術指針(案)，pp.26 35，1996
- 3) 坂本，林，工藤：物理系・化学系凍結抑制材を使用した複合型凍結抑制舗装の開発，舗装，pp.12 16，2003.11
- 4) 原克也：半たわみ性凍結抑制舗装について，第 23 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集，pp.248 251，2005