

学 位 論 文 題 名

排水性舗装用アスファルトの力学性状に関する研究

学位論文内容の要旨

排水性アスファルト舗装は交通安全および交通騒音対策として最近注目され、外国のみならず日本でも数多く施工されるようになってきた。しかし、この混合物は空げき率が 17～23%程度であり、均質な施工が難しく、かつ混合物の破壊強度も小さいため、舗装の低温ひびわれ、ポットホール、骨材の飛散およびわだち掘れなどが短期間で生じやすい。また、空隙が大きいことによりアスファルトのエージングが早く、耐久性の低下が懸念される。これらの対策として日本では高粘度の排水性舗装用アスファルトを使用した排水性舗装が施工されているが、使用する排水性舗装用アスファルトの種類によっても寿命に差がある。現状ではこれらの原因が何に起因しているかは明らかではなく、特にそのアスファルトの力学性状についてはほとんど論じられていない。さらに、排水性舗装のクラック、わだち掘れ、あるいはアスファルト混合物の輸送中に生じるアスファルトのだれを防止するため、排水性舗装用の高粘度アスファルトに各種繊維を添加する場合が多くなっているが、繊維を添加したアスファルト単体の力学性状および耐候性についても未だ明らかでない。

本研究は、排水性アスファルト舗装に使用される排水性舗装用アスファルトの性状に着目し、排水性舗装用アスファルトの力学性状、繊維添加アスファルトの力学性状、排水性舗装用アスファルトのエージング特性および粘度特性を明らかにし、さらに混合物の性状に及ぼす影響が大きいと思われるフィラービチューメンの性状およびアスファルト単体の力学性状との関係を明らかにした。

本論文の概要は以下に示すとおりである。

第 1 章は序論であり、排水性舗装の概要、本研究の目的および論文の構成を記述したものである。

第 2 章は本研究に用いた材料と実験方法について述べている。

第 3 章は排水性舗装用アスファルトの諸性状に関する研究結果をまとめたものであり、排水性舗装の破壊現象について検討するため、排水性舗装用アスファルトの性状を各種試験により評価した。また、本研究で使用したアスファルトを米国の SHRP の PG (Performance Grade) で分類し、PG によるアスファルト分類の妥当性についても検討を加えた。その結果、排水性舗装用アスファルトの低温領域での改質効果を最大限に高めるためには、低温性状に優れ、最小ひずみが大きいストレートアスファルトをベースアスファルトとして選択することが重要であること、PG の設計最低温度によるアスファルトの分類は必ずしも適切ではないことなどが明らかとなった。また、排水性舗装用アスファルトはその種類により高温性状および低温性状がかなり異なることを明らかにし、排水性舗装用アスファルト混合物の力学性状はその排水性舗装用アスファルトの種類によりかなり異なることを示した。

第 4 章は排水性舗装用アスファルトに繊維を添加することの有用性を各種試験で検討し

た結果をまとめたものであり、排水性舗装用アスファルトに繊維を添加した場合の混合・締固め時などの高温条件下におけるアスファルトの粘度のひずみ速度依存性や低温時における破壊強度、破壊時のひずみおよびぜい化点などの力学性状を明らかにした。その結果、各種繊維を添加した排水性舗装用アスファルトのぜい化点および力学性状により、繊維を添加したアスファルトは無添加のアスファルトと比較して低温領域において同一温度で破壊時のひずみが著しく小さくなることから、繊維を添加したアスファルトは無添加のアスファルトと比較して耐久性に劣ると考えられること、などを明らかにした。

第 5 章はアスファルト舗装の供用に伴うアスファルトのエージングに関する評価方法として HTLTD 試験を開発し、アスファルト舗装の供用に伴うアスファルトのエージングを、PAV 試験、薄膜加熱試験、屋外暴露試験および HTLTD 試験により再現し、エージングを受けたアスファルトを MBP および動的せん断 (DSR) 試験で評価を行った。その結果、HTLTD 試験は薄膜加熱試験用と同一の容器を用いて、加熱時間のみを変化させ MBP 試験をそのままの状態で実施できる利便性があること、および PAV 試験と比較してエージングが著しいこと、また室外の暴露試験の結果とも対応していることを明らかにし、この試験がストレートアスファルトおよび排水性舗装用アスファルトのエージングの評価に対して極めて有効であることを示した。

第 6 章は各種アスファルトの粘度を Brookfield 回転粘度計による高温粘度試験および DSR 試験により温度およびひずみ速度を変えて測定し、混合、締固めおよび供用時の条件下における粘度特性について検討した。さらに、実施工時の温度の調査結果をもとに、排水性舗装用アスファルト混合物の製造時および舗設（転圧）時の粘度を推定し、通常のアスファルト混合物と排水性舗装用アスファルト混合物の混合および締固め特性の相異について検討し、排水性舗装用アスファルト混合物は混合、締固めが非常に難しい材料であること、排水性アスファルト舗装は通常のアスファルト混合物に比べて 1 オーダー高い粘度で施工されていることなどを明らかにした。また、供用時の粘度を推定し、各アスファルトの路面最高温度における流動に対する安定性を粘度の面から検討し、排水性舗装用アスファルトはストレートアスファルトに比べてひずみ速度の影響による粘度変化が著しいことなどを明らかにした。さらに各アスファルトの 40℃～200℃の広範囲温度領域における温度－粘度曲線を作成し、これらの図を利用することにより施工時における温度低下に伴う締固め特性を粘度の面から検討することを可能とした。

第 7 章は排水性アスファルト舗装用混合物を骨材(粗骨材+細骨材)とそれを結合するフィラービチューメンよりなる構成物として考え、通常のアスファルト混合物に比べてフィラービチューメンの性状がアスファルト単体よりも混合物の性状に及ぼす影響は大きいという仮説のもとに、フィラービチューメンの低温および高温領域の力学性状を各種試験により評価し、アスファルト単体とフィラービチューメンとの関係を明らかにした。その結果、フィラービチューメンのぜい化点は一般的にアスファルト単体のぜい化点より低くなる傾向を示すが、ぜい化点のみで低温性状を評価するのは危険であること、排水性舗装用アスファルトの種類によりアスファルト単体とフィラービチューメンとのエージング関係が異なるものがあること、フィラービチューメンの粘度、 $G^*/\sin \delta$ および $G^*\sin \delta$ はせん断速度依存性大きいこと、フィラーを添加することで耐流動性は改善され、特に低速度領域でその効果が高いことなどを示した。また、フィラービチューメンの中にはフィラーの影響を強く受け、アスファルト単体の性状から推測できない性状を示すものがあることを示した。

第 8 章は結論であり、本論文の研究成果を総括しており、排水性舗装用アスファルトの力学性状について得られた知見を取りまとめたものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 森 吉 昭 博

副 査 教 授 中 山 恒 義

副 査 教 授 佐 藤 馨 一

副 査 助 教 授 高 野 伸 栄

学 位 論 文 題 名

排水性舗装用アスファルトの力学性状に関する研究

排水性アスファルト舗装は交通安全および交通騒音対策として最近注目され、外国のみならず日本でも数多く施工されるようになってきているが、この舗装は骨材飛散などの破損およびエージングが短期間で生じやすく、耐久性の低下が懸念されている。この要因としてアスファルトの性状が考えられるが、排水性舗装用アスファルトの力学性状に関する研究はほとんどなく、力学的な検討が必要な状況にある。

本論文は、排水性アスファルト舗装に使用される排水性舗装用アスファルトの性状に着目し、排水性舗装用アスファルトの力学性状、繊維添加アスファルトの力学性状、排水性舗装用アスファルトのエージング特性および粘度特性を明らかにし、さらに混合物の性状に及ぼす影響が大きいと思われるフィラービチューメンの性状およびアスファルト単体の力学性状との関係を明らかにしている。

本論文は 8 章から構成されており、その内容は以下のように要約される。

第 1 章は序論であり、排水性舗装の概要、本研究の目的および論文の構成を記述したものである。

第 2 章は本研究に用いた材料と実験方法について述べている。

第 3 章は排水性舗装用アスファルトの諸性状に関する研究結果をまとめたものであり、排水性舗装の破壊現象について検討するため、排水性舗装用アスファルトの性状を各種試験により評価を行っている。また、本研究で使用したアスファルトを米国の SHRP の PG (Performance Grade) で分類し、PG によるアスファルト分類の妥当性についても検討を加えている。その結果、排水性舗装用アスファルトの低温領域での改質効果を最大限に高めるためには、低温性状に優れ、最小ひずみが大きいストレートアスファルトをベースアスファルトとして選択することが重要であること、PG の設計最低温度によるアスファルトの分類は必ずしも適切ではないことなどが明らかにしている。

第 4 章は排水性舗装用アスファルトに繊維を添加することの有用性を各種試験で検討した結果をまとめたものであり、排水性舗装用アスファルトに繊維を添加した場合の混合・締固め時などの高温条件下におけるアスファルトの粘度のひずみ速度依存性や低温時における破壊強度、破壊時のひずみおよびぜい化点などの力学性状を明らかにしている。その結果、繊維を添加したアスファルトは無添加のアスファルトと比較して耐久性に劣ること

などを明らかにしている。

第 5 章はアスファルト舗装の供用に伴うアスファルトのエージングに関する評価方法として HTLTD 試験を新たに開発し、アスファルト舗装の供用に伴うアスファルトのエージングを、既往の試験および HTLTD 試験により再現し、エージングを受けたアスファルトを MBP および動的せん断 (DSR) 試験で評価を行っている。その結果、HTLTD 試験は加熱時間のみを変化させ MBP 試験をそのままの状態で行える利便性があること、また室外の暴露試験の結果とも対応していることなどを明らかにし、この試験がストレートアスファルトおよび排水性舗装用アスファルトのエージングの評価に対して極めて有効であることを示している。

第 6 章は各種アスファルトの粘度を Brookfield 回転粘度試験および DSR 試験により測定し、混合、締固めおよび供用時の条件下における粘度特性について検討している。さらに、排水性舗装用アスファルト混合物の製造時および舗設 (転圧) 時の粘度を推定し、排水性舗装用アスファルト混合物は混合、締固めが非常に難しい材料であること、排水性アスファルト舗装は通常のアスファルト混合物に比べて 1 オーダー高い粘度で施工されていることなどを明らかにしている。

第 7 章は排水性舗装用アスファルトのフィラービチューメンの力学性状を初めて各種試験により評価し、アスファルト単体とフィラービチューメンとの関係を明らかにしている。その結果、フィラービチューメンのエージングがアスファルト単体に比べて早いこと、排水性舗装用アスファルトの種類によりアスファルト単体との関係が異なるものがあること、フィラーを添加することで耐流動性は改善され、特に低速度領域でその効果が高いことなどを示している。

第 8 章は結論であり、本論文の研究成果を総括しており、排水性舗装用アスファルトの力学性状について得られた知見を取りまとめたものである。

これを要するに、著者は排水性舗装用アスファルトおよびフィラービチューメンの力学性状を明らかにするだけでなく、排水性舗装の耐久性や耐候性を考慮した新しい知見を得ており、道路工学および舗装材料学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。