

論文の内容の要旨

氏名：加 納 孝 志

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：繰返し再生利用を考慮したアスファルト混合物に関する研究

わが国では、アスファルト舗装発生材の再生利用技術の普及に伴い、加熱アスファルト混合物（以下、混合物）の全出荷量に占める再生加熱アスファルト混合物（以下、再生混合物）の割合は、1980年の0.6%から年々増加し、1998年に50%に達した後、2014年には75.6%に達している。また、再生混合物中に占めるアスファルトコンクリート再生骨材（以下、再生骨材）の割合である再生骨材配合率の全国の平均値は、統計の存在する1994年の29.9%から年々増加し、2014年には49.3%に達している。

アスファルト舗装の修繕サイクルは明らかになっていないが、仮にアスファルト舗装の更新周期を15年と仮定した場合、1988年から15年が経過した2003年以降の発生材の半分以上は、過去に1度以上再生されたことになり、さらに2018年以降の発生材の25%以上は過去に2度以上再生されることとなる。このことから、今後は、再生骨材配合率が比較的高い状態で2回以上繰り返して再生利用された発生材が増加してゆくこととなる。

しかし、現状では、繰返し再生された再生混合物の性状が、新規加熱アスファルト混合物（以下、新規混合物）と比較して変化するか否か、変化した場合にどのような性状に変化するかは明らかとはなっていない。また、そのときに再生用添加材の性質や再生骨材配合率が再生混合物の性状に与える影響についても明らかとはなっていない。

以上のことから、本研究では、今後も発生材が繰返し再生利用されることを考慮した場合、再生用添加材の性質や再生骨材配合率が繰返し再生されたアスファルトおよび再生混合物に与える影響を明らかにし、望ましい再生用添加材の性質や再生骨材配合率を提示することを目的に検討を実施した。

本論文は、全6章から構成されており、以下に各章ごとの要旨を述べる。

第1章 序論

本章では、アスファルト舗装発生材の再生利用について、わが国におけるこれまでの経緯を整理した上で、「研究の背景」および「研究の目的」を示すとともに、「論文の構成」について概説した。

第2章 再生技術の現状および既往の研究

本章では、わが国におけるアスファルト舗装発生材のリサイクルの現状およびこれまでのアスファルト舗装発生材の再生利用に関する既往の研究について整理し、アスファルト舗装発生材を繰返し再生利用するにあたっての課題を示した。

第3章 再生用添加剤の種類と添加量が繰返し再生したアスファルトの性状に与える影響

現在、わが国では旧アスファルトの針入度などの性状を回復させるために用いる再生用添加材についての規格がないことから、様々な成分を含む再生用添加材が市販され使用されている。しかしながら、これらの再生用添加材の性質が繰返し再生されたアスファルトへ与える影響は明らかとなっていない。

本章では、成分や性状の異なる数種の再生用添加材などを用いてアスファルトの状態が劣化と再生を繰り返し、再生用添加材の種類が繰返し再生されたアスファルトの性状に与える影響の有無を確認した。

その結果、再生用添加剤の種類によって、繰返し再生されたアスファルトの性状は異なることを明らかにした。また、石油潤滑油系の再生用添加剤のみで繰返し再生されたアスファルトは、石油潤滑油系の再生用添加剤の使用量が少ない場合に比べ、軟化点が上昇し、オリジナルアスファルトより感温性が低下し脆化する可能性がある、繰返し再生したアスファルトの有害成分蓄積量および酸化度が上昇する度合いが大きい、繰返しの再生回数がより少ない段階で伸び度が低下することを示した。

以上の結果より、アスファルトが繰返し再生されることを考慮した場合、石油潤滑油系の再生用添加剤の使用量は、より少ないことが望ましいことを明らかにした。

第4章 再生骨材配合率が繰返し再生したアスファルトと混合物の性状に与える影響

第3章の結果から、一般的に使用されている飽和成分を多く含む再生用添加材を用いた場合、繰返し再

生されたアスファルトの性状は新規アスファルトと異なることが明らかとなった。

本章では、飽和成分を多く含む再生用添加材を用いて、再生骨材配合率を変化させて混合物の状態での劣化と再生を繰り返し、再生骨材配合率が再生混合物およびアスファルトの性状に与える影響を確認した。

その結果、まず、繰り返し再生された再生混合物は、圧裂試験およびホイールトラッキング試験の結果より、再生骨材配合率が高いほど硬く、疲労抵抗性が低くなる可能性があると考えられ、特に再生骨材配合率が高い場合にその傾向が強くなった。つぎに、繰り返し再生されたアスファルトは、軟化点が高くなり感温性が低下する傾向が見られ、再生骨材配合率が高いほどその傾向が強くなった。つぎに、繰り返し再生されたアスファルトの組成は、再生骨材配合率 30%の場合、再生回数の違いにより大きな変化が見られないが、再生骨材配合率 60%の場合、再生回数が増えるにしたがって、アスファルテン分と芳香族分が減少する傾向が見られた。つぎに、繰り返し再生されたアスファルトの酸化度は、再生骨材配合率 30%の場合、再生回数の違いにより大きな変化が見られないが、再生骨材配合率 60%の場合、再生回数が増えるにしたがって、増加する傾向が見られた。つぎに、劣化と再生が繰り返されたアスファルトの分子量分布は、再生骨材配合率 30%の場合には大きな変化が見られないが、再生回数が増えるにしたがって、分子量が大きな成分の度数が増える傾向が見られた。このことは酸化度が増加する傾向と同様であることから、本実験での分子量の増加は酸化による影響が大きいと考えられた。最後に、飽和成分の多い再生用添加剤を用いてアスファルト混合物が繰り返し再生された場合、再生骨材配合率が 60%では、添加される新アスファルトの量が少ないため、再生されたアスファルトに酸化物等が蓄積されやすく、混合物の工学的性状およびアスファルトの物理的・化学的性質が変化する可能性があることがわかった。

以上の結果より、飽和成分の多い再生用添加材を用いて混合物が繰り返し再生される場合、再生骨材配合率が高いほど、再生混合物や再生アスファルトの性状の変化の度合いは大きくなる傾向があることから、再生骨材配合率はより低い方が望ましいと結論づけた。

第5章 再生用添加剤と再生骨材配合率がアスファルトと混合物の性状に与える影響

第3章および第4章の結果から、繰り返し再生されたアスファルトと混合物の性状は、再生用添加剤の組成と再生骨材配合率の影響を受けることが明らかとなった。

本章では、組成の異なる数種の再生用添加材等を用いて、再生骨材配合率を変化させた混合物の状態での劣化と再生を繰り返し、再生用添加剤等の種類および再生骨材配合率が再生混合物およびアスファルトの性状に与える影響を確認した。

その結果、まず、再生混合物は再生回数が増えるにしたがって圧裂係数が大きくなる傾向があり、疲労抵抗性が低下し、特に、飽和分が多く芳香族分の少ない添加剤は、その傾向が顕著になる可能性があることがわかった。つぎに、動的安定度は、再生回数と再生骨材配合率が多いものほど大きくなる傾向が見られたが、再生用添加剤の違いによる差は、明確には見られなかった。つぎに、再生混合物は再生回数が増加するにしたがって曲げ強度が低下する傾向が見られ、剛性が低下する傾向があると考えられた。特に、飽和分が多く芳香族分の少ない添加剤は、再生回数と再生骨材配合率が増えるほど曲げひずみが大きくなる傾向が見られた。このことは、添加剤中の飽和分が再生アスファルト中で分離して存在し、ベアリングのような働きをしている可能性があると考えられた。つぎに、軟化点は、再生回数が増えるにしたがって高くなる傾向がみられ、アスファルトの感温性が鈍くなると考えられた。また、飽和分が多く芳香族分の少ない添加剤は、より感温性が低下する可能性があることがわかった。つぎに、伸度は、再生骨材配合率が高く、再生回数が増えるにしたがって低下し、再生アスファルトの延性は低下する傾向がみられた。また、飽和分が多く芳香族分の少ない添加剤は、伸度の低下の程度が大きく、より早い再生回数で伸度が低下し始めた。このことから、再生アスファルトの延性は、再生用添加剤の組成の影響を受けることがわかった。

以上の結果より、再生アスファルトの組成は、再生回数と再生骨材配合率が多いものほど、添加剤の組成の影響を強く受けることから、混合物が繰り返し再生されることを前提にした場合、再生骨材配合率を比較的高い水準で維持するためには、再生用添加剤の組成について考慮する必要がある、飽和分が少なく芳香族分の多い添加剤の使用が望ましいことを明らかにした。また、使用する再生用添加剤の組成等について考慮しない場合には、再生骨材配合率は比較的低くすることが望ましいことを明らかにした。

第6章 結論

本章では、各章から得られた結果を総括したうえで、アスファルト舗装発生材が繰り返し再生利用されることを考慮した場合、より再生混合物の性状の変化の可能性が低い再生方法と今後の課題について言及した。