

論文審査の結果の要旨

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

審査委員：（主 査） 教授 秋 葉 正 一

（副 査） 教授 伊 藤 義 也 教授 鷲 澤 正 美

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、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。

しかしながら、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、どのよう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ものである。

本論文は、全6章から構成されており、以下に各章ごとの概要を述べる。

第1章は、序論であり、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」について概説している。

第2章は、既往の技術・研究をまとめている。具体には、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ている。

第3章は、わが国において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が繰返し再生された場合に、アスファルトへ与える影響は明らかとなっていないことから、成分や性状の異なる数種の再生用添加材などを用い、アスファルトの状態が劣化と再生を繰返し、これらの再生用添加材が繰返し再生されたアスファルトの性状に与える影響を確認している。

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劣化成分蓄積量および酸化度が上昇する度合いが大きい、さらに繰返し再生回数が多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ている。

第4章は、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ことから、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ている。

その結果、まず、繰り返し再生された再生混合物の工学的性状は、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ることを示した。つぎに、繰り返し再生されたアスファルトの物理性状は、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ることを示した。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あることを示した。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、増加する傾向があることを示した。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を示した。

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ている。

第5章は、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、再生用添加材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ことから、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て混合物の状態での劣化と再生を繰り返し、再生用添加材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ている。

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、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を示した。一方、動的安定度は、再生回数と再生骨材配合率が多い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異は見受けられないことを示した。つぎに、再生混合物は、再生回数が増え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、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あることを示した。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を示した。

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ている。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ている。

第6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ている。

以上、本論文は、道路舗装におけるアスファルト混合物の繰り返し再生利用について、新規混合物と同程度の性能を有するための利用方法を体系化した。この成果は、わが国における再生資源の利用に向けた成果として寄与するもので、また、この成果は、生産工学、特に道路工学に寄与するものと評価できる。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成28年3月10日