



## 学位論文審査結果の要旨

博士（工学）申請者 安藤 政浩

## 審査委員

主査 教授 亀山 修一  
副査 教授 川端 伸一郎  
副査 教授 石田 眞二  
副査 教授 千葉 隆弘

## 老朽化再生骨材を適用した再生アスファルト混合物の品質向上に関する研究

わが国のアスファルト舗装は1980年代前半にリサイクルが始まり、その後40年に渡って繰り返し再利用が行われてきたため、近年では、再生骨材中のアスファルトが老朽化し、針入度の規格を満足する再生骨材が減少している。このため、今後は持続的な再生利用が困難になるおそれがあり、その対策が喫緊の課題となっている。また、再生混合物に関する品質評価の方法は、舗装再生便覧に圧裂係数が記載されているが、再生骨材の劣化程度や配合率の影響を定量的に評価する方法や、基準について明確に示されておらず、再生混合物の評価方法は未だ確立されていない状況にある。

そこで、本研究では、アスファルト舗装の持続的なリサイクルを目指すために、これまで未解明であった再生混合物の力学性状を適切に評価できる方法を見出すとともに、老朽化によって規格を外れた再生骨材の有効的な活用を目的に、再生混合物の品質を向上する技術について開発を行っている。

本論文は6つの章で構成しており、各章の概要は以下に示す通りである。

第1章では、アスファルト舗装の再生利用に関して、わが国の社会背景を踏まえた上で、研究背景と研究の目的について示している。

第2章では、アスファルトの劣化メカニズムや性状変化を評価する既往の試験方法について説明している。また、再生混合物の力学特性や再生用添加剤の影響、実路の供用性などに関する既往の研究内容を整理し、再生利用を持続するための課題を挙げている。

第3章では、再生混合物の力学特性を適正に評価できる試験方法とその検証結果について論じている。再生混合物のひび割れは温度域で応じた評価方法が必要なことを解明し、新たに考案した3種の評価方法を示している。第1の評価方法は、25℃で実施する「Semi-circular bending beam test」（SCB試験）を参考にリフレクションクラックに対するひび割れ抵抗性の評価について有効性を検証している。この結果、SCB試験から得られる柔軟性指数や破壊エネルギーは、再生骨材の老朽化や配合率の増加に伴い一様に低下する傾向を示し、再生骨材の影響を加味した再生混合物のひび割れ抵抗性に関して定量的な評価を可能にしている。さらに、この破壊エネルギーによる評価方法は、圧裂試験でも応用できることを確認し、汎用的な評価手法も可能であることを明らかにしている。第2の評価方法は、高温域で発生するわだち割れを検証する目的として、「2点繰り返し曲げ試験」を用いて高温条件（40℃）の疲労試験を実施し、混合物の脆化の影響を評価している。第3の評価方法は、アスファルト混合物層の下面に引張りずみが発生することで発生する疲労ひび割れを評価する方法として、SCB試験と「Nottingham Asphalt Tester」を組み合わせた疲労試験を考案し、低温条件（10℃）の疲労抵抗性を評価している。上述した2種類の

疲労試験では再生骨材の老朽化や配合率の増加に伴って疲労破壊回数が低下する傾向を確認し、再生混合物の疲労ひび割れとわだち割れの両者を評価できる方法であることを明らかにしている。また、これらの試験によって老朽化の影響を定量評価が可能となり、再生骨材の配合率を低下することで再生混合物の品質を確保できる可能性を明らかにしている。

第4章では、再生用添加剤が再生骨材内部に浸透する現象に着目し、再生用添加剤を常温で添加した後に養生を行う製造方法（事前添加方式）を考案し、再生混合物の品質向上効果について検証している。その結果、添加後3日以上養生期間を経た再生骨材を使用すると、従来方法で製造した再生混合物よりも、ひび割れ抵抗性は20～30%、疲労抵抗性は40～50%向上すること、さらに、再生用添加剤の芳香族成分が再生混合物のひび割れ抵抗性や疲労抵抗性の向上をもたらすことを明らかにしている。このように、添加剤の選定や添加方式を考慮することで、従来製造方の約7倍の疲労抵抗性が期待できることを示している。

第5章では、再生混合物は作業性や締固め特性の悪化が懸念されることから、施工時における再生混合物の粘性を改善するために、フォームドアスファルト技術と中温化効果を有する新たに開発した添加剤を併用する製造技術を開発し、その効果を実機工場で検証している。その結果、混合物温度が標準よりも約30℃が低下しても、標準温度の混合物と同等の作業性と締固め特性が得られること、老朽化した再生骨材による再生混合物の品質低下の抑制に有効であることを明らかにしている。さらに、当該製造技術は、再生骨材配合率が高い再生混合物においても効果があることから、経済性に優れた中温化混合物が製造可能であり、環境負荷低減にも有効であることを示している。

第6章では、各章で得られた成果を総括し、本研究の意義を示すとともに、今後の課題と展望について提示している。

以上要するに、本論文は、老朽化した再生骨材を用いた再生アスファルト混合物の力学特性を評価する新たな試験方法を開発し、この試験方法を用いて再生混合物の品質を向上させるための製造方法を確立している。さらに、再生混合物の施工性を改善するための新たな製造技術を開発し、これが再生骨材配合率の高い再生混合物に対しても効果があることを明らかにしている。このように、本論文で得られた成果は、わが国における再生アスファルト混合物の製造技術の発展に大きく寄与する。

本研究の新規性、独創性、汎用性は舗装工学および材料工学分野に資するところ大であることから、博士（工学）を授与するに相当すると判断した。