

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

研究期間：平成18年度～22年度

プロジェクトリーダー：材料地盤研究グループ長 脇坂安彦

担当研究グループ：材料地盤研究グループ（上席研究員（特命事項担当）、新材料、リサイクル）、道路技術研究グループ（舗装）

1. 研究の必要性

地球環境を維持保全していくためには、限りある資源を有効に活用し、省資源、省エネルギーに努め、循環型の社会を構築していくことが不可欠である。大量の資源を用いている建設分野にも、その一翼を担うことが求められている。具体的には、まず、生活や産業活動から発生する有機性廃棄物、建設副産物や産業廃棄物などのリサイクル促進、下水汚泥をはじめとするバイオマスの有効活用などの技術開発を進めていく必要がある。次に、建設計分野への利用要請が高まってきている他産業リサイクル材料の利用を促進するために、利用者が安心して使えるリサイクル材料の評価、利用技術の確立が求められている。さらに、国土交通省所管事業から毎年大量に発生しているバイオマスは、これまで廃棄、処分の対象とされてきたが、地球温暖化対策などの点からも、これらを資源と位置付け、安全性を確保した上での積極的な利用が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、建設分野のリサイクル技術のうち、他産業リサイクル材料の利用評価法、舗装分野のリサイクル技術および公共事業由来バイオマスの資源化技術の開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

他産業リサイクル材料利用のための評価手法の提案

舗装分野のリサイクル技術の開発

公共事業由来バイオマスの資源化技術の開発

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

他産業リサイクル材料の有効利用技術に関する研究（平成18～21年度）

溶融スラグ等の舗装への適用性評価に関する研究(1)（平成17年度～20年度）

溶融スラグ等の舗装への適用性評価に関する研究(2)（平成17年度～20年度）

劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(1)（平成18年度～21年度）

劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(2)（平成18年度～21年度）

公共事業由来バイオマスの資源化・利用技術に関する研究（平成18年度～20年度）

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の平成19年度における成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、既述の達成目標に関して、成果と今後の課題について要約すると次のとおりである。

(1)他産業リサイクル材料利用のための評価手法の提案

「他産業リサイクル材料の有効利用技術に関する研究」では、他産業リサイクル材料としてホタテ貝殻およびカキ貝殻を対象に各種骨材、コンクリート、モルタル試験を行い、コンクリート用細骨材としての適性について検討するとともに、新たなリサイクル材料について、リサイクル製品の用途先の品質基準に対する適合性や環境安全性に対する情報を整理し、「マニュアル第二版」に掲載する候補としての妥当性の検討を行った。その結果、

以下のことが判明した。

ホタテ貝殻はコンクリート用細骨材として微粒分量が基準を満足していない以外は基準を満足していた。ホタテ貝殻 100%置換細骨材を使用したコンクリートは、圧縮強度、曲げ強度、耐久性ともに問題はなかった。

カキ貝殻 100%置換の細骨材では、微粒分量および絶乾密度が基準を満たさなかったが、カキ貝殻置換率 15～45%では、粒度分布、密度、吸水率ともに基準を満足していた。カキ貝殻置換率 15～45%の細骨材を用いたコンクリートでは、フレッシュコンクリートの性質および圧縮強度において、特に問題はなかった。カキ貝殻置換率 15～45%の細骨材を用いたモルタルでは、置換率の増加とともにフロー値が小さくなり、流動性が低下した。

ホタテ貝殻置換細骨材およびカキ貝殻置換細骨材を用いたコンクリートの経済性を貝殻置換率 0%のコンクリートと比較すると、ホタテ貝殻の場合は、置換率の増加とともに材料費は低くなるが、カキ貝殻の場合には逆に高くなる。したがって、ホタテ貝殻の細骨材への適用は実用性が見込めるが、カキ貝殻の実用的な適用は困難であると考えられる。

リサイクル製品の用途先の品質基準に対する適合性や環境安全性に対する情報を整理した結果、廃木材（チップ化）、製紙スラッジ焼却灰、製鋼スラグ（SCP 用材）およびペットボトル（フレーク）が「マニュアル第二版」に掲載する候補として妥当であると考えられる。

「溶融スラグ等の舗装への適用性評価に関する研究(1)」では、廃プラスチックと廃ゴムを舗装へ利用した場合の環境負荷について、LCA 手法を用いて評価するとともに、再生資材を舗装に利用した場合の配慮すべき環境条件についてとりまとめた。その結果、以下のことがわかった。

廃プラスチックをアスファルト混合物層へ利用する場合は、耐久性の向上などがないと環境負荷は増大する可能性がみられた。

廃ゴムは改質アスファルトと同程度の性能が得られれば、わずかではあるが環境負荷を低減させられる可能性がみられた。

環境条件についてとりまとめたところ、混合物では熱や磨耗への配慮が必要であることと、路盤材では溶出への配慮が必要であることが考えられた。

「溶融スラグ等の舗装への適用性評価に関する研究(2)」では、非鉄金属溶融スラグを使用した舗装の耐久性の評価、繰り返し再生利用が確立しているアスファルト舗装材に溶融スラグ等を混入し続けた場合の当該再生資材の蓄積状況の推定、舗装への適用性評価指標となる素材の品質評価項目に関する検討を行った。その結果、以下のことが判明した。

非鉄金属溶融スラグを細骨材として利用する場合、従来材料と同程度の機能性や耐久性を期待できることがわかった。

アスファルト繰り返し再生利用が確立している舗装材に溶融スラグ等を混入した場合の舗装資産への蓄積状況を推定したところ、使用量と対象地域の規模によっては、蓄積量は無視できないものになる。混入率の増加が舗装の性能に影響を与える素材については注意が必要である。

現行の舗装用素材の品質規格は特定の材料を念頭に置いた仕様規定であることから、新しい材料の採用に適應するための品質規定項目を素材の種類ごとに整理した。

(2) 舗装分野のリサイクル技術の開発

「劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(1)」では、繰り返し再生利用の現況把握として舗装ストックへの再生アスファルト材料蓄積状況の推計、ストレートアスファルト混合物由来の低針入度再生骨材（以下、低針入度骨材）の評価試験法の検討、試験舗装による適用上の課題の把握、排水性舗装発生材を再生利用した試験舗装による耐久性評価を行った。その結果、以下のことが判明した。

再生アスファルト舗装材の舗装資産への蓄積のシミュレーションから、繰り返し再生履歴を経た発生材および改質アスファルトを含む発生材が増加することを定量的に確認した。

圧裂スティフネスにより再生アスファルト混合物の品質評価が可能であり、アスファルトの違いや寒冷地向けの配合にも適用できることがわかった。

低針入度アスファルト材料を再生利用する場合、塑性変形抵抗性の品質評価が特に重要であることがわかった。直轄国道における再生排水性舗装の追跡調査結果では、施工後2年目までの調査結果において再生利用にかかる耐久性上の問題は生じていない。

排水性舗装発生材と通常の密粒系舗装の混合発生材を再生利用した試験舗装において、供用初期の性能に問題はみられなかった。

「劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(2)」では、アスファルト舗装発生材の品質評価方法の検討、および再生用添加剤の品質評価方法の検討を行った結果、以下のことが判明した。

舗装発生材の性状評価ではアスファルトモルタルでの性状評価が可能で、特にポラスアスファルトの配合設計においては、様々な温度域での評価が可能であることから、混合物試験だけによるものよりも施工性の評価が可能になるなど、有効であることが確認された。

混合物での繰り返し再生試験を行ったところ、繰り返し再生により変位への追従性が低下する可能性がみられ、繰り返し再生を考慮した再生用添加剤の評価の必要性が示された。

(3) 公共事業由来バイオマスの資源化技術の開発

「公共事業由来バイオマスの資源化・利用技術に関する研究」では、バイオマスの発生量の調査、刈り草等のリサイクル資材に含まれる可能性のある微量有害物質の試験方法の開発、エネルギー変換技術と大量炭化技術およびバイオガスエンジンの開発を行った。その結果、以下の成果を得た。

バイオマスの発生量に関して、緑地からの草類の発生は0.2~0.3 kg-DS / m²・回にあると思われた。また、単一種群生地の値としてオオイタドリ：1.34 kg-DS / m²、クマザサ：1.11 kg-DS / m²が得られた。

公共緑地管理から発生するバイオマスである刈り草中に含まれる可能性のある微量有害物質（殺菌剤等農薬）の試験方法としてLC/MS/MSによる方法を開発した。

上記の方法では、刈草の実試料中からは殺菌剤等農薬は検出されなかった。

過給式(加圧)流動炉の開発に関して、実証プラントにより下水汚泥専焼実験および下水汚泥と草木系バイオマスの混焼実験を行い、安定燃焼を確認した。また、草木系バイオマスの資源化検討のための性状を明らかにした。

大量炭化装置・システムの概略設計を行った。

実ガス（消化ガス）を用いたバイオガスエンジン開発実験を行い、円滑な始動と安定稼動を確認した。

12. DEVELOPMENT OF RECYCLING TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION FOR EFFICIENTLY UTILIZING NATURAL RESOURCES AND REDUCING WASTES

Abstract: It is indispensable for global environment preservation to make full use of limited resources, to save natural resources and energy, and finally to help establish a recycle-oriented society. Construction projects, which consume huge amounts of resources and energy, are also required to play a part. In this study, we are going to develop the recycling technology of organic waste materials produced in construction projects, construction by-products, sewage sludge and industrial waste materials.

Keywords: recycle, melt-solidified slag, copper slag, ferronickel slag, life cycle cost, aged asphalt, repeated recycling, recycled asphalt mixture, biomass, biogas engine