

## 7. リサイクル資材等による低炭素・低環境負荷型の建設材料・建設技術の開発

研究期間：平成23年度～27年度

プロジェクトリーダー：材料資源研究グループ長 鈴木穰

担当研究グループ：材料資源研究グループ（新材料、基礎材料）、地質・地盤研究グループ（地質、土質・振動）、道路技術研究グループ（舗装）、寒地基礎技術研究グループ（防災地質）、寒地保全技術研究グループ（寒地道路保全）

### 1. 研究の必要性

地球温暖化防止や地域環境の保全は、環境に関連する行政上の重要な課題であり、社会インフラ分野においてもこれに対応する必要がある。特に、新成長戦略としてグリーン・イノベーションが打ち出されており、資源の循環利用等による低炭素化技術が求められている。また、同戦略や国土交通省技術基本計画の中で、地域資源を最大限活用し地産地消型とするための技術や低公害社会のための低環境負荷型技術の開発が求められている。

### 2. 研究の範囲と達成目標

本研究では、主に整備・維持管理に関する課題を対象とし、資源の循環利用等による低炭素型の建設材料・建設技術を開発するとともに、地域資源を活用し低公害社会に寄与する低環境負荷型建設技術を開発する。

研究の達成目標としては、以下を設定した。

- ①低炭素型建設材料の開発と品質評価技術の提案
- ②低炭素型建設技術の開発と性能評価技術の提案
- ③低環境負荷型の地域資材・建設発生土利用技術の提案
- ④環境への影響評価技術の提案

### 3. 個別課題の構成

本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。

- ①低炭素型セメントの利用技術の開発（平成23～27年度）
- ②低炭素社会を実現する舗装技術の開発および評価技術に関する研究（平成23～27年度）
- ③環境安全性に配慮した建設発生土の有効利用技術に関する研究（平成23～27年度）

### 4. 研究の成果

本プロジェクト研究の達成目標に関して成果を要約すると次の通りである。なお、個別課題の成果は、7.1 以下の個別報告に示す。

#### (1) 低炭素型建設材料の開発と品質評価技術の提案

低炭素型セメントの研究開始に当たり、国内外のセメント規格における混和材の混合率の規定内容を調査したところ、米国と欧州では、日本よりも高い上限値が規定されていたが、これらの国と地域においても、混和材を高混合したコンクリートの普及は十分に進んでいないと考えられた。

低炭素型セメントを使用したコンクリートの品質評価方法については、強度特性と耐久性を実環境下で明らかにするため、長期暴露試験をつくば、新潟、沖縄で開始した。強度特性については材齢91日までの傾向を把握した。また、暴露試験用の供試体と同時に製作した供試体を用いて、浸せき試験、電気泳動試験、促進中性化試験など室内促進試験を開始した。促進中性化試験については促進期間8週目までの結果を得た。さらに、非定常・電気泳動試験の適用性について検討を行った結果、配合や養生条件の違いによる見掛けの拡散係数の差を適切に把握できると考えられた。

舗装材料の低炭素化のため、リサイクル材を利用した中温化剤の開発研究を行った結果、石炭灰を原料とする

人工ゼオライトは中温化剤として利用でき、アスファルト混合物の製造温度を 30℃低下させることができることが確認された。また、植物系素材を用いたアスファルト混合物製造温度低減技術を検討した結果、ロジンを主成分とする素材を添加して 20～30℃低減させることができることが分かった。

低炭素化した舗装材料の品質評価方法については、中温化アスファルト混合物を評価する新しい方法を検討した結果、ひび割れ抵抗性の評価に用いられる曲げ試験は、供試体を小型化することが可能であり、これにより大幅に作業負荷が軽減され、また現場切り取り供試体などにも利用できることが分かった。この方法によって脆化点を求めることができ、中温化混合物を評価した結果、中温化混合物は一樣に脆化点が低く、低温ひび割れに強い傾向を示した。これはアスファルト混合物製造温度が中温化により低下したため、アスファルトの劣化が抑えられた結果である可能性が見いだされた。

## (2) 低炭素型建設技術の開発と性能評価技術の提案

低炭素型セメントを使用したコンクリートについて、製造時に発生する CO<sub>2</sub> 排出量を試算した結果、混和材の混合率を高くすることで、CO<sub>2</sub> 排出削減効果を高めることができることを確認した。

低炭素舗装技術として、中温化技術の海外の状況を調べたところ、2 千万トン以上製造され、日本の施工実績に比べると非常に多く、今後日本の中温化技術も広く普及する可能性があることが明らかとなった。また、海外の中温化技術の性能評価項目は、主に作業性、水分抵抗性、流動抵抗性、疲労抵抗性について検討されており、日本においても性能評価方法の確立が望まれる状況にある。

低燃費舗装については、重交通路線に適用すると CO<sub>2</sub> 削減効果が高く、また、舗装に関する CO<sub>2</sub> 排出量は自動車由来のものが大きいことから、舗装への適用によってライフサイクル CO<sub>2</sub> が減る可能性があることが明らかとなった。

積雪寒冷地において、中温化舗装技術を用いた試験施工を行い、通常混合物の施工箇所と比べて同程度の締固め度であり規格値を満足していること、および、CO<sub>2</sub> 削減効果があることを確認した。さらに、リサイクル材であるガラスカレットの凍上抑制層への適用効果を確認した。

## (3) 低環境負荷型の地域資材・建設発生土利用技術の提案

自然由来重金属等を含んだ建設発生土を工事区域内の盛土等へ利用するに当たっては、重金属等溶出による環境汚染を防止する必要がある。このため、溶出対策として吸着層工法等を対象とした共同研究を行い、吸着層工法の材料評価試験方法の体系を整理するとともに、カラム試験方法や繰り返し吸着試験方法を開発した。

また、北海道内で流通している火山灰等についてヒ素の吸着性能をカラム法とバッチ法により評価し、両者それぞれに求めた分配係数が高い相関性を示すこと、後者が前者の概ね 3 割と安全側の評価を与えること、後者が試験方法としてより簡便であることから、バッチ法が吸着性能評価法として適しているとの結論を得た。さらに、重金属類の吸着には、火山灰土等に含まれる非晶質ないしは準晶質の粘土鉱物、含水アルミニウムケイ酸塩鉱物や水酸化鉄鉱物が大きな役割を果たしていることを明らかにした。

## (4) 環境への影響評価技術の提案

平成 21 年度に作成した岩石からの重金属等溶出に関するハザード評価基準について、土研式雨水曝露試験等の結果を用いて検証したところ、評価基準としておおむね妥当と考えられたが、泥質岩に適用しようとする誤判定の可能性があることが再確認された。また、曝露試験結果を分析したところ、スレーキングに伴い溶出濃度が増加する傾向が見られ、岩石固有の特性と浸出水濃度に関係が見られることが分かった。さらに、盛土内部環境を模擬した試験方法として大型カラム試験装置を開発、製作した。

土壌汚染のリスク評価技術については、解析条件の設定やモニタリング手法の検討を行うため、土への吸着が無視できる食塩を有害物質トレーサーとした土槽実験を行い、透水性や水位変動が物質の移行特性に与える影響を調べた。その結果、地盤汚染の拡散防止のため、有害物質を含む部分の透水性を周辺地盤より低くすることは、有害物質の到達範囲を狭めるのには有効であるが、有害物質の到達する地点では、高濃度の状態が長く続く可能性があること、地下水位の変動により、有害物質を含む部分の浸水状況が一定でない場合には、地下水位が一定の場合と比べて長期にわたって有害物質が溶出しやすくなる可能性があることが明らかとなった。このため、上記のような条件では、モニタリングポイントを適切に選定のうえ、定期的・長期的なモニタリングの実施や、現地条件に応じた適切な有害物質の許容値の設定などの対応が必要と考えられる。

## 7. DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF LOWERED CO<sub>2</sub> EMISSION AND ENVIRONMENTAL IMPACTS BY USING RECYCLED MATERIALS

### **Abstract:**

Prevention of global warming and local environment pollution is a very important administrative issue, and the related organizations to social infrastructure should consider their contribution to the issue. In the new economic growth strategy formulated by the central government, “Green Innovation” is treated as one of the top priorities, and the technologies to reduce CO<sub>2</sub> emission by recycling resources are required. Also in the strategy, technologies enabling lowered environmental impacts of the construction work are required to prevent environmental pollution.

In this research project, to meet the requirements mentioned above, four research targets are set:

- 1) Development of construction materials of lowered CO<sub>2</sub> emission and proposal of their quality evaluation method
- 2) Development of construction technologies of lowered CO<sub>2</sub> emission and proposal of their performance evaluation method
- 3) Proposal of surplus-soil utilization technologies for lowered environmental impacts
- 4) Proposal of evaluation method of environmental impact by the developed materials and technologies

And to achieve the four research targets, three research topics are set as follows, and the precise explanations of their purposes and results are listed in the following sections.

- 1) Development of utilization techniques for low carbon cements
- 2) A study on development and evaluation methods of pavement technology for low-carbon society
- 3) Utilization techniques of surplus-soil for the sake of environmental conservation.

**Keywords:** construction material, construction technology, low CO<sub>2</sub> emission, recycled material, concrete, pavement, surplus-soil