

令和4年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「副産物・廃棄物のみを主原料とする持続可能なジオポリマーコンクリートの建設分野での利用による脱炭素への取組」
研究代表者 ・氏名(ふりがな): 藤山知加子(ふじやまちかこ) ・所属、役職: 横浜国立大学大学院・准教授
研究期間: 令和4年10月～令和7年3月
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 横浜国立大学, 東京工業大学
研究の背景・目的 石炭灰や高炉スラグといった産業副産物でつくる「ジオポリマーコンクリート」がセメントコンクリートよりも耐酸性や放射性物質の固定性能に優れることは、2000年頃より、学術的には示されてきた。しかし、比較的新しい材料であることから、長期的性能に関する知見が蓄積されておらず、実用化に必要な基準類が十分整備されているとは言えない。よって本研究では、ジオポリマーコンクリートの技術開発により実環境下で実物大の構造部材施工を行うことで、長期的な構造性能検証に資することを、一つ目の目的とした。 同時に、世界的なCO ₂ 排出削減の潮流から、今後石炭火力発電や製鉄高炉の利用減少とともにそれらの副産物である石炭灰や高炉スラグの量も減少が見込まれることを念頭に、新たなジオポリマーコンクリート材料として汚泥焼却灰の利用可能性を検討することを、二つ目の目的とした。
研究内容(研究の方法・項目等) 本研究では、以下A～Dの4項目の検討を実施する。このうち、令和4年度は、主に項目AおよびBに取り組んだ。
<u>A. 高吸水性粉体のジオポリマー固化技術の開発:</u> 高吸水粉体として汚泥焼却灰を用いたジオポリマー製造に適した配合および養生条件を、実験により決定する。期間内に、目標圧縮強度30MPaを達成することを目標とする。
<u>B. プレパックド方式ジオポリマーコンクリートの開発:</u> 粗骨材の実積率と、モルタルの流動性を確保し、プレパックド方式で十分な充填性を実現可能な配合を実験にて確定する。目標実積率は40%以上、モルタルフローは300mmとする。
<u>C. クリープ試験, 疲労試験:</u> 上記A, Bにて得られた材料に対し、含水比と応力比をパラメータとして、クリープ試験および疲労試験を実施する。クリープ試験は本研究期間終了後も5年以上継続する。
<u>D. 実環境における部材の長期計測およびシミュレーション:</u> 実構造物スケールを想定した支間3m程度のジオポリマーコンクリート梁を作成し、負荷を与えた状態で屋外での温度湿度とともに長期の変形計測を行う。計測は本研究期間終了後も5年以上継続する。Cの室内試験結果およびシミュレーションとあわせて、ジオポリマーコンクリートのクリープ算出式を提案する。
研究成果の概要 <u>A. 高吸水性粉体のジオポリマー固化技術の開発:</u> 汚泥焼却灰を用いて、石炭灰を用いた場合と同様のアルカリ溶液を用いた通常法によるジオポリマー製造を、様々な配合パターンおよび養生条件にて試みたが、いずれも適切な縮重合反応による固化が確認できなかった(図-1)。理由として、汚泥焼却灰が石炭灰とは異なり高吸水粉体であることから練り混ぜによる材料の均一化が困難であることがわかった。さらに汚泥焼却灰の成分分析から、今回入手したものは相対的にシリカ含有量が低い一方リンの含有量が高く、反応に適した条件(pH等)が安定して得られなかったことも、要因の一つと推定された。

令和4年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要(つづき)

汚泥焼却灰は規格化された製品として出荷されるわけではないためである。よって、時々成分に応じた使用条件を設定するスキームを構築するか、他の材料を混和して材料全体の品質を均質化するか、二つの対応が考えられた。

そこで本年度は、後者の手法について検討した。すなわち、シリカフューム、珪砂、シリカ成分を多く含む珪物砂などを混和し、配合検討をおこなった。図-2 にシリカフュームを用いた場合の試験体および電子顕微鏡による硬化体観察写真を示す。この検討により、適切な混和材を用いた場合、一定の養生条件下で、ジオポリマー硬化体を得られることを確認した。しかしながら、現在までの配合では平均的な圧縮強度が 10MPa 前後であり、目標としていた圧縮強度 30MPa を安定的に達成するには至っていない。次年度も引き続き検討が必要である。

B. プレパックド方式ジオポリマーコンクリートの開発：

ジオポリマーコンクリートの長期的な構造性能の検討のため、本研究課題では項目 C, D において、クリープおよび耐疲労性能を検討する予定である。この際、ジオポリマー硬化体がセメント硬化体よりも弾性係数が低いことで性能が劣る懸念があることから、できるだけ粗骨材の体積比率を高めたジオポリマーコンクリートを開発するものとした。

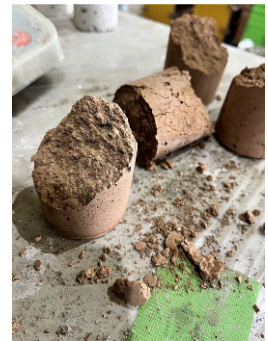
石炭灰をベースとした自己充填性を有する（高流動）ジオポリマーモルタル（モルタルフロー 300mm 以上）を製造し、粗骨材を積み上げた型枠に流し込む、プレパックド方式での充填試験を実施した。粗骨材を最大限配置した（粗骨材の実積率 60%以上）での試験の一例を図-3 に示す。

モルタルは振動締固め等を一切行わない状態で型枠内の隅々まで充填された。また、養生後の硬化体の観察からも、気泡や表面ひび割れ等は確認されなかった。以上より、本項目では当初の目標を達成できたと言える。

今後は実用化に向けた充填速度の管理値を得るとともに、並行して準備を進めているクリープ試験、疲労試験を実施する予定である。



(a) 練混ぜ状況

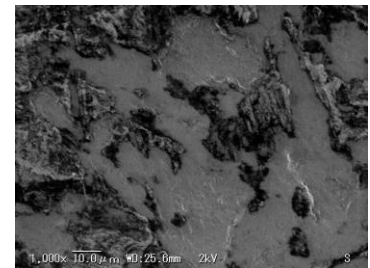


(b) 養生後外観

図-1 汚泥焼却灰を用いたジオポリマー試作

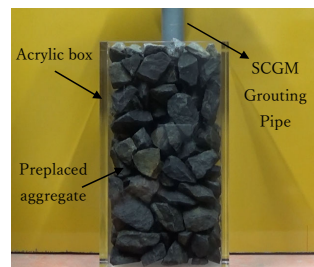


(a) 硬化後外観



(b) SEMによる観察

図-2 混和材を用いたジオポリマー



(d) saturated surface dry packed aggregates



(e) filling of SCGM



(f) filling of SCGM



(g) filling of SCGM

図-3 プレパックド方式充填確認試験