

令和 3 年 1 月 1 4 日

1. 報告者

氏名（フリガナ）	宮本 慎太郎（ミヤモト シンタロウ）
生年月日（年齢）	昭和 5 8 年 1 月 2 日（3 8 歳）
所属機関名	東北大学

※年齢は令和 3 年 3 月 11 日現在

2. 研究内容

研究テーマ	セメントクリンカーのコンクリート用骨材としての適用性に関する研究
研究分野	復旧・復興／土木／公共インフラ整備／住まいとまちの復興
研究概要（要約）	
本研究では、セメントの中間製品であるクリンカー（焼塊）をコンクリート用骨材として適用することを目的としたものである。研究に使用したクリンカーは一般的な普通ポルトランドセメントクリンカーに加え、廃棄物・副産物を通常よりも多く使用したエコセメントクリンカー、反応性を有さないが廃棄物・副産物をエコセメントよりもさらに使用したクリンカーである。これらのクリンカーをコンクリート用骨材として使用し一般的な骨材との性能の違いを比較することで、クリンカーのコンクリート用骨材としての適用性を検討したものである。	
研究の背景	
セメント産業では平時の際にも多様な廃棄物・副産物を受け入れてセメントの原燃料としている。加えて、東日本大震災で発生したガレキについてもセメント産業で積極的に受け入れて処分し、その一部をセメント原燃料として蘇らせ復興に貢献した実績がある。 ただし、セメントは要求された品質を確保することが重要であり、現時点において 1 トンのセメントを製造する際に利用できる廃棄物・副産物の量は限界に近付いている。以上の背景のもと、本研究ではクリンカーをコンクリート用骨材として利用可能にすることで、セメント産業における廃棄物・副産物の受入量を増加させることを目的とした。	

具体的内容

本研究テーマの位置付け（下記の点について1頁以内で記載）

新材料開発および既存材料の他用途での適用性に関する検討を行うというのが土木材料分野における本研究の位置付けであり、加えて、セメント産業の性質上、平時・有事の両方において廃棄物・副産物の減容・資源化することができるという側面も有している。すなわち、本研究はSDGsの掲げる目標8“資源効率の漸進的な改善と持続可能な消費・生産”，目標9“技術革新の基盤構築”，目標11“災害に対する強靱さ（レジリエンス）”など複数の目標を満足させることのできる環境負荷低減に密接した研究である。

研究内容・特徴

前述の通り、本研究では一般的な普通ポルトランドセメントクリンカー（NC）とエコセメントクリンカー（EC）、廃棄物・副産物を多量に使用した反応性を有さないクリンカー（VC）をコンクリート用骨材として使用し、その適用性を検討するものである。本研究は世界的にも行われている例は非常に少ない。この理由は、諸外国では先進国・発展途上国を含め、日本のように多量の廃棄物・副産物をセメントの原料として使用しておらず、バージン材を多く使用してセメントを製造しているため日本のように安価で製造することはできないのが一つの理由である。

現在、本研究ではクリンカー骨材を使用した場合の長期安定性と種類の異なるクリンカー骨材と様々な結合材の組み合わせによってコンクリートに生じる様々な性能低下や劣化に対して付加価値を有するマテリアルデザインについての検討を進めている。これらの検討の中で、例えばNCやECのような反応性を有するクリンカーを骨材として使用した場合には、セメント硬化体の強度発現性が向上すること、また、コンクリートに埋設された鋼材の腐食の原因となる塩分の移動抵抗性を向上させる効果を付加できることを示した。

さらには、石炭火力発電所から排出される副産物であるフライアッシュはコンクリート用混和材として使用されることがあるが、フライアッシュをセメントに置換した場合、水和発熱を低減することができる一方で、コンクリートの初期の強度発現性が低下してしまうことがある。この点に着目し、本研究ではフライアッシュを置換したセメントに対してNCやECといった反応性を有するクリンカーを骨材として使用することで、水和発熱量を低減させながらも初期の強度発現性を高めることに成功している。

以上のように、本研究は廃棄物・副産物を減容・資源化するための新材料開発および既存材料の他用途での適用性に関する研究だけに留まらず、コンクリートが有している諸問題に対して性能向上（廃棄物・副産物の減容・資源化以外の付加価値の創出）させることができるという点も特徴と言える。

期待される効果
背景でも述べた通り、セメント産業では東日本大震災の際に多量の震災ガレキを受け入れて処理し、さらにはこれらの一部をセメントとして蘇らせることで震災の復旧・復興に多大に貢献してきた実績がある。 本研究では、一般的なセメントクリンカーのみではなく、新たに開発した反応性をほとんど有さないクリンカーについてもコンクリート用骨材としての適用性について検討を進めており、一般的なコンクリート用骨材と同等の性能を発揮することを確認している。この技術が実構造物に適用されることになれば、平時においてもセメント工場においてコンクリート用骨材の製造のためにこれまで以上に廃棄物・副産物を大量に利用できるようになり、最終処分場の延命に多大に貢献できることを意味している。 また、東日本大震災のような大規模災害などが今後発生した際にも災害廃棄物を速やかに、かつ東日本大震災で貢献した以上に多量に処分することが期待できる。加えて、被災地に対してセメント以外にもコンクリート用骨材を提供することが可能となり、社会基盤の復興・復旧に対する多大な貢献が期待できる。すなわち、この技術の確立は速やかな災害ガレキの処理と建設材料の提供という点において災害復旧・復興に対して多大な貢献が期待できるものと考えている。

補足資料
1. フライアッシュとクリンカー細骨材の相互補完効果を期待したモルタルの諸物性の評価, 成瀬大樹, 宮本慎太郎, 皆川博, 久田真, 林建佑, 細川佳史, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会講演概要集, V-10, 2020 (査読無)。 2. DESIGN OF ARTIFICIAL AGGREGATE USING A LARGE AMOUNT OF WASTE UTILIZING CEMENT CLINKER MANUFACTURING TECHNOLOGY AND EVALUATION OF MORTAR PHYSICAL PROPERTIES, Kensuke Hayashi, Yoshifumi Hosokawa, Kotaro Isikawara, Shintaro Miyamoto, Hiroshi Minagawa and Makoto Hisada, Proceedings of International Conference on Building Materials, 2019 (査読有)。 3. 鉱物組成の異なるクリンカーを細骨材として使用したモルタルの圧縮強度に関する検討, 石川原光太郎, 宮本慎太郎, 皆川浩, 林建佑, 第73回セメント技術大会講演概要集, 2019 (査読無)。 4. Fundamental Properties of Mortar Using Cement Clinker as Fine Aggregate, Shintaro Miyamoto, Hiroshi Minagawa, Makoto Hisada, Haruka Inada and Kensuke Hayashi, The International Federation for Structural Concrete 5th International fib Congress, ID462, 2018 (査読有)。 5. 細骨材として使用したセメントクリンカーがモルタルの物性に及ぼす影響, 宮本慎太郎, 稲田晴香, 皆川浩, 久田真, セメント・コンクリート論

文集, Vol.69, pp.169-175, 2016 (査読有) .

6. 材齢 1 年までのセメントクリンカー骨材を用いたモルタルの基礎物性, 稲田晴香, 宮本慎太郎, 皆川浩, 久田真, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.81-86, 2016 (査読有).
7. セメントクリンカー骨材を用いたモルタルの塩化物イオン浸透抵抗性, 稲田晴香, 宮本慎太郎, 皆川浩, 久田真, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.70, pp.953-954, 2015 (査読無) .