

令和元年6月4日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18927

研究課題名（和文）非反応性副産粉体のコンクリートへの大量利用を推進する粉体設計支援

研究課題名（英文）Powder design for large quantity use of non-reactive by-product powders to concrete

研究代表者

小山 智幸（Koyama, Tomoyuki）

九州大学・人間環境学研究院・准教授

研究者番号：50215430

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：フライアッシュや砕石粉など、発生量が増大している種々の副産粉体を、コンクリートの性能を向上させながら大量に有効利用する方法に関し実験・解析両面から検討を行い、コンクリートの流動性を最適化するための粒度分布と強度を得るのに最適な粒度分布は異なること、強度に関する最適粒度分布に関しては粒子どうしが凝集して粗密の生じた状態で強度が高くなることを確認した。また、提案した方法を適用し、コンクリートの強度が高い場合には中性化や硫酸塩および弱酸などの化学劣化に対する耐久性も高くなることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フライアッシュ、砕石粉、各種非反応性スラグ、焼却灰など、発生量が増大している種々の副産粉体を、コンクリートの性能を向上させながら大量に有効利用する方法を検討した。申請者らは、水と練り混ぜても硬化しない副産粉体を用いた場合でも、調合方法によってはコンクリートの圧縮強度や耐久性を向上できることを見いだしており、本応募研究課題では、性能向上のメカニズムをより詳細に分析することにより、最適な粒度構成や調合、混合方法を検討した。

研究成果の概要（英文）：The method of effectively utilizing various by-products such as fly ash and crushed stone powder with increasing amount of production while improving the performance of concrete was studied from both experiment and analysis. It was confirmed that the optimum particle size distribution for obtaining the strength and the fluidity of concrete is different. With regard to the optimum particle size distribution regarding the strength, it was confirmed that the particles agglomerated to increase the strength in a state where coarseness and density occurred. In addition, the proposed method was applied, and it was confirmed that when the strength of concrete is high, the durability against neutralization and chemical deterioration such as sulfate and weak acid is also high.

研究分野：建築材料学および建築施工学

キーワード：非反応性副産粉体 コンクリート 副産物有効利用 粉体設計

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

一般に副産物を何らかの形で新たな製品の原材料として利用する場合、原材料に新材を用いる場合と比較して、性能が低下するのにコストが上昇する場合(以下、パターン A)や、逆に性能が向上しコストも下がる場合(同、パターン B)等、種々のパターンが想定される。資源循環においては後者のパターンが望ましいのは自明であり、前者はグリーン購入法などの政策的補助がなければ継続的なリサイクルとして成立しにくい。

フライアッシュは石炭火力発電所で副産する石灰灰の一種であり、原子力発電が問題視される中で発生量が年々増加し、現在は年間 1 千万トンを超えている。一方、コンクリートの製造量は年間 1 億 m³ 近くあり、種々の副産物を原材料として受け入れるのに十分なキャパシティを有している。ただし、コンクリートは都市を形成する重要なインフラ材料であり、その性能を損なうことは将来にわたって負の遺産となりうる。フライアッシュは、コンクリートに用いるポルトランドセメント(以下セメント)のような水硬性、すなわち水と化学反応を生じて硬化する性質を有していない。そのため通常は混合による性能低下が許容できる範囲で使用され、現状では一部がコンクリート用混和材として使用されているに過ぎない。

フライアッシュに限らず産業副産物である種々の副産粉体はポルトランドセメントのような水硬性を有しないことがほとんどであり、これらをコンクリートの材料として有効利用するためには、コンクリートの性能を損なうことなく、上記のパターン B のようにむしろ向上させながら、大量に有効利用する方法を確立が不可欠である。

2. 研究の目的

フライアッシュ、砕石粉、各種非反応性スラグ、焼却灰など、発生量が増大している種々の副産粉体を、コンクリートの性能を向上させながら大量に有効利用する方法を確立することを目的とする。申請者らは、水と練り混ぜても硬化しない副産粉体を用いた場合でも、調合方法によってはコンクリートの圧縮強度や耐久性を向上できることを見いだしており、本応募研究課題ではこれを更に発展させ、性能向上のメカニズムをより詳細に分析することにより、最適な粒度構成や調合、混合方法を明らかにし、副産物をコンクリートに「有効」に大量利用する技術を確立する。

3. 研究の方法

物質の強度は内部に有する欠陥の量が少ないほど向上する。コンクリートにおいては、セメントが水と反応して反応前の約 2 倍の体積の硬化体を形成し、もともとセメントと水が占めていた部分を充填するが、使用する水に対するセメントの体積が多いほど、つまり水セメント比が小さいほど充填後に残る空隙の量が少なくなるため強度が高くなる。申請者らは、空隙量が同じでも、空隙のサイズを小さくすることにより強度が向上することを見出している。あるサイズ以下の空隙は強度に影響を及ぼさないため、具体的にはセメントとは別に粉体を外割混合する方法を示した。ここで使用する粉体は水硬性を有する必要がないため、種々の非反応性粉体に適用することが可能である。申請者らはこの方法による空隙構造の微細化に起因する性能向上効果は、粉粒体中のサイズの分布などにより効果に変化すること、すなわち粒度構成の最適状態が存在することを見出しており、本申請課題は、その最適値を実験および解析の両面から明らかにすることを目的とするものである。

申請者らは、フライアッシュをはじめとする副産物のコンクリートへの大量混合を目的として研究を行い、単位体積当たりの混合量を大きくするためには、セメントの一部としてフライを置換する従来の内割混合ではなく、セメント量を一定として粉体を混合する外割混合の方が適していることを見いだした。内割混合では粉体量が多くなるとセメント量が減るため、初期材齢における強度発現や長期における強度増進性の低下が問題となる。一方、外割の場合は必要なセメント量を確保しながら粉体を混合するため強度低下がないと考えた。しかも実際には、外割混合したコンクリートは、初期材齢から強度が、無混合の場合よりも高くなることが明らかになった。この性能向上は、反応性を全く有さない砕石粉や石灰石粉を用いた場合でも若材齢時から生じており、粉体の化学反応によるものではなく、物理的な作用によるものであると判断された。その後の検討により、この性能向上は粉体によるコンクリートの空隙の微細化(空隙量は同じであるが)に起因すること、また粒度構成の最適状態が存在することを見出している。本応募研究課題ではこれを更に発展させ、性能向上のメカニズムをより詳細に分析することにより、実験および数値解析の両面から最適な粒度構成や調合、混合方法を検討することとした。

4. 研究成果

平成 29 年度は、非反応性副産粉体の一つであるフライアッシュを例として検討を行った。原粉を 6 段階のサイズに分級し、実験を行った。申請者らのこれまでの検討や文献調査を総合し、最適な粒度分布に関して、コンクリートの流動性を最適化するための粒度分布と、強度を得るのに最適な粒度分布は異なることが確認された。また、強度に関する最適粒度分布に関して、粒子どうしが適度に分散して空げき率の小さい、いわゆる最密充填状態となる分布が最適となる結果と、逆に凝集して粗密の生じた状態で強度が高くなる場合と、一見相反する結果が得られた。

平成 30 年度は、上記に加え種々の粉体に関し数値解析面から検討を行った。強度に関する最適粒度分布に関して、粒子どうしが凝集して粗密の生じた状態で強度が高くなることを確認した。また、提案した方法を適用し、コンクリートの強度が高い場合には中性化や硫酸塩および弱酸などの化学劣化に対する耐久性も高くなることを確認した。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

伊藤雅文，小山智幸，関雅明，閑田徹志，笠井浩：東南アジアにおけるフライアッシュコンクリートの強度予測に関する研究，都市・建築学研究，九州大学大学院人間環境学研究院紀要，査読あり，vol.35，pp. 59-66，2019 年 1 月

〔学会発表〕(計 1 件)

伊藤是清，小山智幸，原田志津男，平山茉莉子：混和材を大量混合したコンクリートの弱酸性環境における耐硫酸性に関する研究，日本建築学会大会，2018 年 9 月

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：陶山 裕樹

ローマ字氏名：Hiroki Suyama

所属研究機関名：北九州市立大学

部局名：国際環境工学部

職名：准教授

研究者番号 (8 桁): 20507876

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：