

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02300

研究課題名(和文) 再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートの材料設計手法の確立

研究課題名(英文) Development of Material Design Method of Labor-saving Construction Type Low Carbon Concrete with Recycled Materials

研究代表者

高巢 幸二 (Takasu, Koji)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：60336948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、セメント使用量の削減によるCO₂排出量の抑制とコンクリートの省力化施工の確保を目的として数種の副産物粉体の合理的な混合手法を検証して、再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートのフレッシュ・強度・耐久性を検証した。その結果、流動性には骨材の噛み合わせや粒子形状や粗粒率などが関係し、高炉スラグ細骨材および溶融スラグ細骨材を複合混合することで優れた耐硫酸性が得られることを確認した。中性化については表面吸水試験によりその進行予測が可能であることを示唆した。骨材の円形率と微粒分量および副産物粉体の置換率から高流動モルタルの流動性を予測できる調合則を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンクリートの性能はセメントの使用量によってコントロールされてきたが、本研究により数種の副産物粉体を複合混合することによりセメントの使用量を大幅に抑制し低炭素化を推進することを可能とした。さらに、再生材料の使用は、バージン材料に比べてコンクリートの品質を低下させる原因と考えられてきたが、フライアッシュや高炉スラグ微粉末のような副産物粉体を合理的に複合混合することによりフレッシュ・強度・耐久性を向上させるとともにその流動性能の予測を可能とした。また、データ不足が指摘されている再生材料を複合混合したコンクリートの耐硫酸性や中性化の基礎データを取得して補強した。

研究成果の概要(英文)：In this study, the aims were to reduce CO₂ emissions by reducing the use of cement and to ensure labour-saving construction of concrete. The fresh, strength and durability properties of labour-saving low-carbon concrete with a composite mixture of recycled materials were investigated. The results showed that aggregate interlocking, particle shape and fineness modulus were related to the fluidity of the concrete. It was confirmed that excellent sulphuric acid resistance could be obtained by composite mixing of blast furnace slag fine aggregate and molten slag fine aggregate. It was suggested that the progress of carbonation could be predicted by surface water absorption tests. The mixture rule that can predict the flowability of high-flow mortars from the circularity of fine aggregate, content of materials finer than 75µm sieve and the replacement rate of by-product powders was developed.

研究分野：建築材料学

キーワード：スラリー化 中性化 フライアッシュ 高炉スラグ微粉末 高炉スラグ細骨材 溶融スラグ細骨材 硫酸劣化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コンクリート製造に関わる CO₂ 排出量の 90% 以上はセメントの使用に由来するものである。パリ協定の目的である世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2°C より十分低く保つとともに、1.5°C に抑える努力を追求するには、建築分野としてセメント使用量の抑制に舵を切らざるを得ない。セメントに代わる結合材としてフライアッシュや高炉スラグ微粉末のような副産物粉体の適用が考えられ、理論的にはこれらを複合混合することによってセメントの使用量を抑制し、CO₂ 排出量を大幅に抑制することが可能となる。しかしながら、我が国において数種の副産物粉体を大量に混合してセメント量を抑制したコンクリートの実用化はモデルケースとしての事例は数例あるが、ほとんど進んでいないのが現状である。その原因として、副産物粉体を大量に混合すると水を吸着することによりフレッシュコンクリートの流動性を管理することが難しく合理的な混合手法が確立されていないことおよび強度性状・耐久性状のデータが極端に不足しており、適切な耐用年数と性能を包括的に考慮した材料設計手法が確立されていないことが挙げられる。

さらに、我が国は、2010 年をピークに人口減少へと転じ、50 年後の人口は現在より 30% 以上減少すると予測されており、今後、世界で類を見ない超高齢化社会が待ち受けている。建設業においても労働者不足と就業者の高齢化が深刻であり、特に 2020 年の東京オリンピック事業およびそれ以降の持続的発展を実現するための労働者確保の問題は深刻である。従って、建設工事において圧倒的な労働生産性を達成する必要がある。また、フライアッシュのような副産物粉体と再生材料を複合混合した低炭素コンクリートのフレッシュ・強度・耐久性状に関するデータは圧倒的に不足しており、低炭素社会における実用化を阻害している。

2. 研究の目的

本研究ではこのような観点から、セメント使用量の削減による CO₂ 排出量の抑制とコンクリートの省力化施工の確保を目的として数種の副産物粉体の合理的な混合手法を検証して、再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートのフレッシュ・強度・耐久性状を検証する。省力施工型とは振動締め固めを必要としない自己充填機能を有するコンクリートである。次いで、副産物粉体の組合せと混合割合および再生材料の混入量を実用化の観点で精査することにより、省力施工型低炭素コンクリートの包括的な材料設計手法の確立を目的とする。具体的には次の 4 項目に着目して研究を実施した。(1)数種の副産物粉体におけるスラリー化混合手法の検討(2)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートのフレッシュ・力学性状の検討(3)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートの耐久性状の検討(4)省力施工型低炭素コンクリートの包括的な材料設計手法の確立

3. 研究の方法

上記 4 項目に対して次のような検討を行った。

(1)数種の副産物粉体におけるスラリー化混合手法の検討

フライアッシュ (FA-R)、改質フライアッシュ (MA-H)、木質バイオマス燃焼灰 (BA)、石灰石微粉末 (LSP)、石粉 (SP)、高炉スラグ微粉末 (BSP) の 6 種類の粉体を用いて、乾粉とスラリーによる違いを粘度、フロー、MS (マイクロスコープ) によって比較し、そのスラリー性状について検討した。

(2)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートのフレッシュ・力学性状の検討

セメント使用量の削減による二酸化炭素排出量の抑制や天然資源の使用量抑制と労働生産性向上のための高流動コンクリートの適用を目的として、人工骨材である高炉スラグ細骨材と溶融スラグ細骨材等を複合混合させたモルタルとコンクリートのフロー、V フロー流下時間、塑性粘度や降伏値などの測定を行った。さらに、フレッシュ性状に影響を及ぼす因子を分析するため、粒子形状の指標である円形率や余剰ペースト膜厚に着目し、フレッシュ性状との関係性を評価した。混和材はフライアッシュ (FA)、細骨材は海砂 (S)、溶融スラグ細骨材 (YS)、高炉スラグ細骨材 (BS) の計 3 種、粗骨材は碎石とし、表乾状態で 20°C の恒温室に 24 時間以上保管したものをを用いた。細骨材円形率は、各調合の細骨材の混合割合と各細骨材の円形率に基づいて計算を行った。モルタルはコンクリートの調合から粗骨材を除いた調合で実験を行い、流動特性について評価した。

(3)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートの耐久性状の検討

中性化と未中性化の表層部の緻密性を非破壊試験である表面吸水試験、透気試験により評価を行うとともに、水銀圧入法による細孔構造との比較検討を行った。更に中性化の進行を非破壊である表面吸水試験によって評価できるか検討した。促進中性化供試体は促進材齢 8 週に非破壊試験であるトレントが開発したダブルチャンバー法による透気性試験および表面吸水試験を

行った。また、促進中性化を行わない供試体についても作成し、促進中性化試体と同一の促進材齢 8 週に同様に、透気試験、表面吸水試験を行った。本研究で用いた表面吸水試験装置の概要を図 1 に示す。吸水試験装置は、三つのチャンバーからなる。吸水量は、チャンバー 3 に取り付けた長さ 300mm の吸水パイプの水位差を圧力センサーにより 10 秒間隔に 5 分間測定した。

フライアッシュ、高炉スラグ細骨材および溶融スラグ細骨材を単味または複合混合した硬化体の耐硫酸性に関して検討した。硫酸浸漬試験の方法は、日本下水道事業団の「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」に一部準拠して実施した。試験体は、材齢 4 週まで 20°C 水中で標準養生を行い、温度 20°C、相対湿度 60% に設定した恒温恒湿室内において硫酸浸漬試験に供した。質量濃度 5% の硫酸水溶液中に試験体を浸漬し、1 週毎に 4 週まで各試験を実施した。硫酸水溶液は 1 週毎に全量交換した。

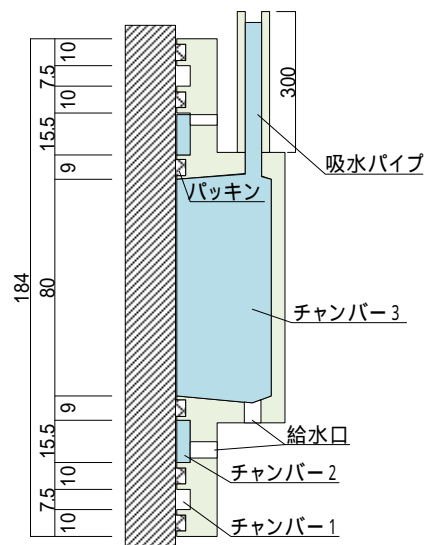


図 1 表面吸水試験装置の概要

(4)省力施工型低炭素コンクリートの包括的な材料設計手法の確立

細骨材の物性値等から流動性を予測する調合則を構築する上で、主に細骨材の物性値と実験結果に基づいて流動性を予測する式の検討を行った。予測する流動性はモルタルフロー値とし、FA 置換率の変化と BS 置換率の変化、SP の添加率に伴う変化に対応したモルタルフロー値の変化の算定を行う。また、本研究で用いる細骨材の物性値は円形率と微粒分量とした。

4. 研究成果

(1)数種の副産物粉体におけるスラリー化混合手法の検討

MA-H、BA では乾粉で混合した場合よりスラリー化したときの方がフロー値は増加した。一方、それ以外の粉体では乾粉で混入した時の方がフロー値は高いことが分かった。また、MA-H 以外の粉体は、スラリー化時にフロー値が減少することが分かった。全体的に注水後の攪拌時間が伸びると、フロー値は増加し流動性も向上した。A-R、FA-R×LSP をみると 1/6h より 24h の方が降伏値は小さく、粘度値も低いため練混ぜ時間が増加すると流動性が向上した。次に FA-R×MA-H は練混ぜ時間による降伏値、粘度値の変化が非常に小さかった。従って練混ぜ時間に関係なくスラリー化が可能であるといえる。また、FA-R、MA-H それぞれ単体では性質の異なるものの、この二つを複合することで、練混ぜ時間による降伏値、粘度値の大きな変化を抑えることができる。3 種複合した FA-R×LSP×SP、BA×SP×BSP では、それぞれの粉体の特性が出たものの大きな変化は見られなかった。最も降伏値が低い値を示したのは FA-R×LSP の練混ぜ時間 24h であり、それぞれ単体時の最低降伏値より下回った。このことから、FA-R は練混ぜ時間を増加させると他の粉体と複合させることで粘度値、降伏値を低減できる可能性がある。

図 2 より、粘度値の低かった (b) (d) は粉体の大きさが違うものが多く、不純物とみられるものが混在していた。一方粘度値の高い粉体は、粒子の大きさが同じで不純物が少なかった。(e) では(a)と比べ、粉体の形がよりはっきりと観察でき、小さい粉体が減少している傾向にあった。

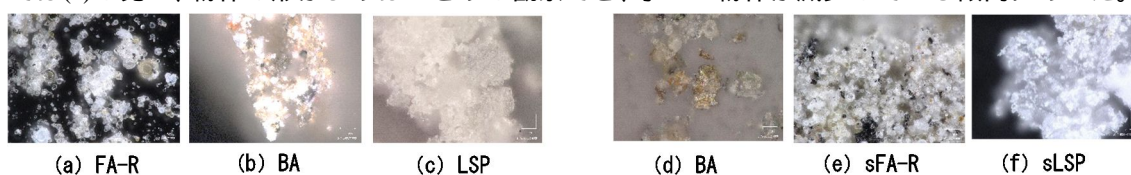


図 2 マイクロスコープ画像

(2)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートのフレッシュ・力学性状の検討

図 3 より、余剰ペースト膜厚が大きくなるにつれ、相対フロー面積比 r_m は全体的に大きくなる傾向を示した。これは、余剰ペースト膜厚が増加することで、細骨材同士の距離が大きくなり、粒子同士の噛み合い¹⁾の悪化による、コンシステンシーが低減し、流動性が改善されたと考えられる。図 4 に塑性粘度および降伏値と相対フロー面積比 r_m の関係を示す。塑性粘度が 600~800mPa・s の範囲の値をとる場合に相対フロー面積比 r_m は大きな値を示し、この範囲で流動性が改善されることが確認された。これは、塑性粘度が低すぎると細骨材同士の噛み合いが悪化し、摩擦が大きくなったことや、一方で、塑性粘度が大きいと流体の原形を保持する力が大きくなったことで流動性が低下したと考えられる。次に、降伏値が増加するに従って相対フロー面積比 r_m が減少する傾向が確認された。これは、降伏値は流体を流動させる際に必要な値であることから、降伏値が小さくなることで流動性が改善されて相対フロー面積比 r_m が減少する傾向が確認された。これは、降伏値は流体を流動させる際に必要な値であることから、降伏値が小さくなることで流動性が良くなったと考えられる。

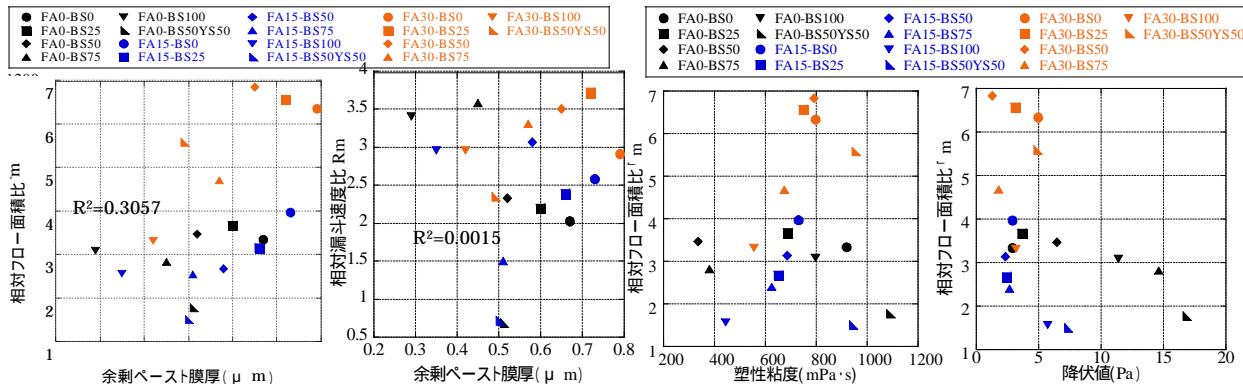


図3 各種流動性との余剰ペースト膜厚の関係 図4 塑性粘度及び降伏値と相対フロー面積比「r_m」の関係

(3)再生材料を複合混合した省力施工型低炭素コンクリートの耐久性状の検討

図5に示すように、吸水速度係数は促進中性化させていない場合、フライアッシュを普通ポルトランドセメントの一部に置換した場合小さくなっており、コンクリートが緻密化していることがわかる。一方、促進中性化を行った場合、フライアッシュを置換すると、吸水速度係数が大きくなる傾向を示した。本実験結果と既往の筆者らのデータを含め、中性化速度係数と吸水速度係数/単位セメント量の平方根の関係を図6に示す。図には、フライアッシュを使用した場合とプレーンの場合を分けて示す。なお、図中の直線は全データを最小二乗近似した結果であり、決定係数は、0.70となった。図より、フライアッシュを用いたコンクリートも普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートも同様に、単位セメント量を考慮することにより、表面吸水試験によりコンクリートの中性化の進行予測が可能と考えられる。

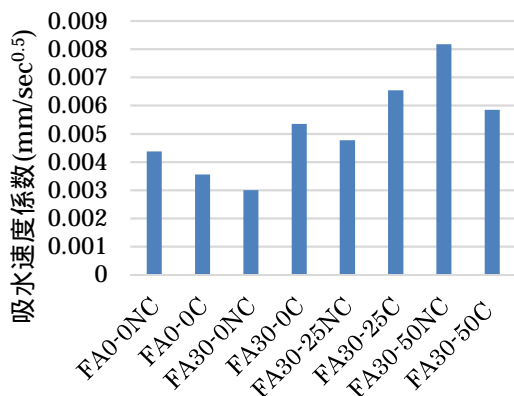


図5 各調合の吸水速度係数の比較

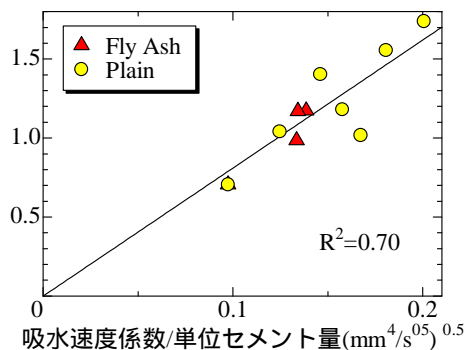


図6 中性化速度係数と吸水速度係数の関係

硫酸浸透深さを図7に示す。切断面にフェノールフタレイン1%溶液を噴霧した際、全ての試験体において表層の二水せっこうが生成している変色域の境界と呈色域の境界はほぼ一致していた。硫酸浸透深さに及ぼすFA, BS, YSの混合の影響は、質量変化率および寸法変化率の傾向と同様であり、BSおよびYSを単味または複合混合することで海砂単味の場合よりも硫酸浸透深さが小さくなり、耐硫酸性に対して有効であることが確認された。同一の混合量で比較した場合、BSの方がYSを混合した試験体よりも硫酸浸透深さが小さくなった(M-6, M7)。

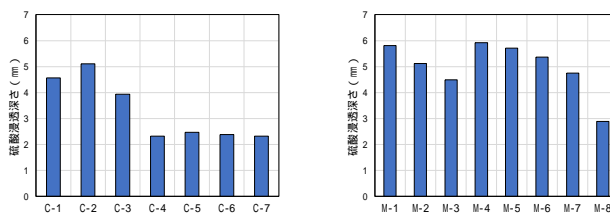


図7 硫酸浸漬4週における硫酸浸透深さ

シリーズの試験体の蛍光X線分析によるS元素の分布画像を図8に示す。右側の画像の青い部分がS元素が検出された箇所である。S元素は、試験体表層に形成された二水せっこうの膜内(左の画像の白色部分)に分布しており、この部分より内部にはS元素は検出されなかった。一般的に酸性環境下では、表層部は劣化していても内部は健全であることが多く²⁾、本研究においても同様の結果が得られた。

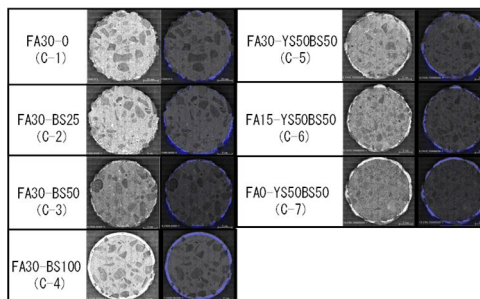


図8 シリーズ試験体のS元素分布(右側の画像)

(4)省力施工型低炭素コンクリートの包括的な材料設計手法の確立

初めに、BSの置換率の変化に伴う予測式を検討するにあたって、各調合の円形率と微粒分量をBSの置換率0%に対する比で表した数値を用いて検討した(以下、円形率の比をc'、微粒分量の比をp'とする)。モルタルフロー値についてはFA0、FA15、FA30のBSの置換率0%に対する各BS置換率を比で表し、それらの比から各BSの置換率の平均値を算出した(以下、モルタルフロー比の平均値をmf'とする)。表1にこれらの結果を示す。次に、c'とp'を用いてmf'を数式で表すことを検討し、その検討した結果kを式[1]に示す。

$$k = 1.23 \times c' \div p'^{\frac{1}{6}} \quad [1]$$

式[1]に各BS置換率のc'とp'を代入し、算出したkから近似曲線A1を[2]で表すことができた(ただし、BS0の時k=1.00とする)。

$$A_1 = -0.00002x^2 + 0.0002x + 1.0179 \quad [2]$$

x: BS置換率 (0 x 100)

これらのkと近似曲線A1、mf'の関係を図7に示す。

表1 c'とp'とmf'の計算結果

調合	円形率の比率 c'	微粒分量の比率 p'	モルタルフロー比率の平均 mf'
BS0	1.00	1.00	1.00
BS25	0.98	2.35	0.98
BS50	0.95	3.67	0.97
BS75	0.93	5.01	0.88
BS100	0.91	6.35	0.82

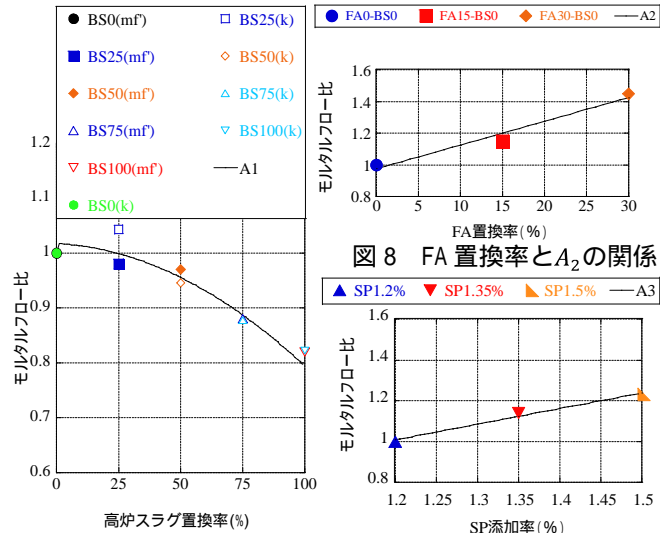


図7 mf'とkとA1の関係

図8 FA置換率とA2の関係

次に、FAの置換率と高性能AE減水剤の添加量に伴う予測式の検討を行う。FAの置換率の変化に伴う予測式の検討において、FA0-BS0、FA15-BS0、FA30-BS0の高性能AE減水剤の添加率をすべて1.35%とした時のモルタルフローを新たに測定した。その測定結果を用いて、FA0-BS0に対するFA0-BS0、FA15-BS0、FA30-BS0のモルタルフローを比で表し、それぞれ1.00、1.15、1.45を得た。この3点において近似直線A2を[3]で表すことができ、この3点と近似直線A2の関係を図8に示す。

$$A_2 = 0.015y + 0.975 \quad [3]$$

y: FA置換率 (0 y 30)

次に高性能AE減水剤の添加量に伴う予測式の検討において、FA0-BS0の高性能AE減水剤の添加率を1.2%、1.35%、1.5%に変化させ、それぞれのモルタルフローを測定し、その結果を用いて1.2%に対する1.2%、1.35%、1.5%のモルタルフロー値を比で表し、それぞれ1.00、1.14、1.23を得た。この3点においても近似直線A3を[4]で表すことができ、この3点と近似直線A3の関係を図9に示す。

$$A_3 = 0.767z + 0.088 \quad [4]$$

z: SP添加率 (1.2 z 1.5)

これらA1、A2、A3の近似曲線とFA0-BS0(SP1.2%)のモルタルフロー値(169.5mm)を用いて、モルタルフローの予測式Pmfを[5]に提案する。

$$Pmf = 169.5 \times A_1 \times A_2 \times A_3$$

予測式[5]を用いた予測値と実測値との全体誤差は32.22となり、モルタルフロー値をある程度予測することができた。

調合則の構築について、本研究の範囲で骨材の物性値からモルタルの流動性を予測する調合則を検討する可能性を見出すことができた。今後はモルタルフローのフロー値だけでなく、多種の流動性を予測できるように骨材の物性値を指標として予測式を算定して、調合則を広範囲で確立する必要があると考えられ、これらの内容は今後の研究課題とする。

【参考文献】

- 1) 三宅淳一 他: 余剰水膜によるモルタルおよびコンクリートのコンシステンシーに関する研究: 土木会建築論文 E vol.62 No.2,306-319.2006.5
- 2) 水上国男: 化学的腐食, 技報堂出版,1986

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Zihao Liu, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada, Hiroki Suyama	4. 巻 316
2. 論文標題 A study on engineering properties and environmental impact of sustainable concrete with fly ash or GGBS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Construction and Building Materials	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.conbuildmat.2021.125776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hangwei Lin, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada and Hiroki Suyama	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of Flotation Device for Removing Unburnt Carbon in Fly Ash for Use in Hardened Cementitious Materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14216517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山崎勇輔、高巢幸二、陶山裕樹、小山田英弘	4. 巻 44
2. 論文標題 再生細骨材の品質と置換率がフライアッシュコンクリートの諸特性に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本コンクリート工学会年次論文集	6. 最初と最後の頁 1129-1134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 劉子浩・高巢幸二・小山田英弘・陶山裕樹	4. 巻 材料施工
2. 論文標題 The Effect of Mineral Admixture on Concrete with Recycled Fine Aggregate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会学術講演梗概集 (東海)	6. 最初と最後の頁 353-354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 津田優莉・高巢幸二・小山田英弘・陶山裕樹	4. 巻 材料施工
2. 論文標題 温度履歴を与えた場合の浮遊選鉱法により改質したフライアッシュのボゾラン反応性に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会学術講演梗概集（東海）	6. 最初と最後の頁 85-86
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 淵上貴史、高巢幸二、小山田英弘、陶山裕樹	4. 巻 61
2. 論文標題 コンクリート用混和材を複合混合したスラリーの流動性に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 165-168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 劉子浩・高巢幸二・小山田英弘・陶山裕樹	4. 巻 61
2. 論文標題 各種細骨材の置換率を変化させた混和材複合混合コンクリートの細孔構造が圧縮強度と乾燥収縮に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 81-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 村田和優、高巢 幸二、陶山 裕樹、小山田英弘、劉子浩、立花 舜	4. 巻 61
2. 論文標題 フライアッシュと人工骨材の混合率を変化させたコンクリートの諸特性に関する研究 その1 フレッシュ性状および力学性状	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 137-140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 立花舜、高巢幸二、陶山裕樹、小山田英弘、劉子浩、村田和優	4. 巻 61
2. 論文標題 フライアッシュと人工骨材の混合率を変化させたコンクリートの諸特性に関する研究 その2 耐久性および細孔構造との関係	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hangwei Lin, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada, Hiroki Suyama	4. 巻 61
2. 論文標題 Research on the elastic modulus of recycled aggregate concrete with fly ash decarbonized by flotation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIJ Kyushu Chapter Architectural Research Meeting	6. 最初と最後の頁 85-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koji TAKASU, Hidehiro KOYAMADA and Hiroki SUYAMA	4. 巻 無し
2. 論文標題 A STUDY ON CREEP PROPERTY OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE WITH FLY ASH	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Construction Materials Proceedings of the Conmat'20 Sixth International Conference on Construction Materials - Performance, Innovations, and Structural Implications -	6. 最初と最後の頁 1993-2001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 天野 幹久、高巢 幸二、小山田 英弘、陶山 裕樹、白川 敏夫	4. 巻 60
2. 論文標題 溶融スラグ細骨材とフライアッシュを複合混合したコンクリートの諸特性に関する研究 その1 力学性状および乾燥収縮・圧縮クリープ性状	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 上野 海斗、白川 敏夫、高巢 幸二、小山田 英弘、陶山 裕樹	4. 巻 60
2. 論文標題 溶融スラグ細骨材とフライアッシュを複合混合したコンクリートの諸特性に関する研究 その2 非破壊試験による緻密性の評価と中性化予測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zihao Liu, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada, Hiroki Suyama	4. 巻 60
2. 論文標題 The Effect of Mineral Admixture on The Properties of Concrete with Recycled Fine Aggregate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIJ Kyushu Chapter Architectural Research Meeting	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hangwei Lin, Koji Takasu, Hidehiro Koyamada, Hiroki Suyama	4. 巻 60
2. 論文標題 Effect of incorporating fly ash and recycled fine aggregate on the correlation of properties and cumulative pore volume of concrete	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIJ Kyushu Chapter Architectural Research Meeting	6. 最初と最後の頁 157-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山崎勇輔
2. 発表標題 再生細骨材の品質と置換率がフライアッシュコンクリートの諸特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本コンクリート学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 劉子浩
2. 発表標題 The Effect of Mineral Admixture on Concrete with Recycled Fine Aggregate
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津田優莉
2. 発表標題 温度履歴を与えた場合の浮遊選鉱法により改質したフライアッシュのポゾラン反応性に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 淵上貴史
2. 発表標題 コンクリート用混和材を複合混合したスラリーの流動性に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会九州支部 研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 劉子浩
2. 発表標題 各種細骨材の置換率を変化させた混和材複合混合コンクリートの細孔構造が圧縮強度と乾燥収縮に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会九州支部 研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田和優
2. 発表標題 フライアッシュと人工骨材の混合率を変化させたコンクリートの諸特性に関する研究 その1 フレッシュ性状および力学性状
3. 学会等名 日本建築学会九州支部 研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 立花舜
2. 発表標題 フライアッシュ と 人工骨材の混合率を変化させたコンクリートの諸特性に 関する 研究 その 2 耐久性および細孔構造との関係
3. 学会等名 日本建築学会九州支部 研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hangwei Lin
2. 発表標題 Research on the elastic modulus of recycled aggregate concrete with fly ash decarbonized by flotation
3. 学会等名 日本建築学会九州支部 研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天野 幹久
2. 発表標題 溶融スラグ細骨材とフライアッシュを複合混合したコンクリートの諸特性に関する研究 その1 力学性状および乾燥収縮・圧縮クリープ性状
3. 学会等名 日本建築学会九州支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野 海斗
2. 発表標題 溶融スラグ細骨材とフライアッシュを複合混合したコンクリートの諸特性に関する研究 その2 非破壊試験による緻密性の評価と中性化予測
3. 学会等名 日本建築学会九州支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zihao Liu
2. 発表標題 The Effect of Mineral Admixture on The Properties of Concrete with Recycled Fine Aggregate
3. 学会等名 日本建築学会九州支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hangwei Lin
2. 発表標題 Effect of incorporating fly ash and recycled fine aggregate on the correlation of properties and cumulative pore volume of concrete
3. 学会等名 日本建築学会九州支部研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>TAKASU LABORATORY http://esd.env.kitakyu-u.ac.jp/takasu/ 北九州市立大学ひびきのキャンパス 高巢幸二 http://www.kitakyu-u.ac.jp/env/faculty/d-design/introduction/koji-takasu.html</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	陶山 裕樹 (Suyama Hiroki) (20507876)	北九州市立大学・国際環境工学部・准教授 (27101)	
研究分担者	伊藤 是清 (Ito Korekiyo) (50380663)	東海大学・文理融合学部・教授 (32644)	
研究分担者	白川 敏夫 (Shirakawa Toshio) (60623387)	九州産業大学・建築都市工学部・教授 (37102)	
研究分担者	小山田 英弘 (Koyamada Hidehiro) (80233625)	北九州市立大学・国際環境工学部・教授 (27101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関