

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：53701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K06317

研究課題名(和文) 廃棄物と副産物を効果的に有効活用した安定的なコンクリート用再生混和材の開発研究

研究課題名(英文) Research and development of a stable recycled concrete admixture that effectively utilizes waste and by-products

研究代表者

犬飼 利嗣 (Inukai, Toshitsugu)

岐阜工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：30548326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、産業廃棄物や副産物の有効利用を拡大することを目的として、セメントに替わる再生混和材の開発を試みた。その結果、セメントと同様に、場所を選ばずモルタルやコンクリートが製造できる再生混和材を開発した。

開発した再生混和材を用いたモルタルは、常温養生で40N/mm²程度の圧縮強さを発現し、セメントモルタルと同様の取扱いが可能である。また、セメントとは異なりアルカリ性が低いので、ガラス繊維を補強材として混入した補修材にも適用可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

石炭灰やコンクリートスラッジなどの産業廃棄物や副産物の有効利用を拡大することは、社会的意義は大きく資源循環型社会の形成に大いに資するといえる。また、開発した再生混和材はセメントの代替になり得るもので、セメント製造時に大量に発生するCO₂の削減にも寄与すると考えられる。

開発した再生混和材はセメントと同様に取り扱うことができるので、学術的意義は大きい。また、アルカリ性が低いので、ガラス繊維などを補強材として混入したセメント系建材製品や補修材にも適用でき、新たな用途への適用にも期待がもてる。

研究成果の概要(英文)： In this study, an attempt was made to develop an alternative admixture to cement for the purpose of expanding the effective use of industrial wastes and by-products. As a result, we developed a new admixture that can be used to produce mortar and concrete in the same way as cement.

The mortar made from the developed admixture has a compressive strength of about 40 N/mm² at room temperature and can be handled in the same way as cement mortar. In addition, the developed mortar can be used as a repair material mixed with glass fiber reinforcement because of its low alkalinity, which is different from that of cement.

研究分野：コンクリート工学、建設材料学、維持管理工学

キーワード：フライアッシュ スラッジ 有効利用 ジオポリマー メタけい酸ナトリウム 無水クエン酸 ガラス
繊維 常温養生

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) コンクリートスラッジの発生および用途の現状

生コンクリート(以下、生コンという)工場より発生するコンクリートスラッジ(以下、単にスラッジという)は、ここ数年は年間30万トンを超えて発生していると推測されているが、ごく一部はコンクリートの練混ぜ水に再利用されているものの、その大半は管理型の産業廃棄物として埋立処分されているのが現状である¹⁾。したがって、スラッジの有効利用に関する試みは現在も重要な課題であり、これを解決するような手法が開発された場合には廃棄スラッジの大幅な減少が見込まれ、資源循環型社会の形成に大いに資する技術となり得る。

(2) 石炭灰の発生および用途の現状

石炭火力発電所の増設にともない石炭灰の発生量は年々増加しており、ここ数年は年間1000万トンを超えている²⁾。石炭灰のうち、飛灰であるフライアッシュ(以下、FAという)は、これまでにコンクリート用混和材として利用する研究が数多く行われてきた。しかし、実際に利用された実績は、国内で排出される石炭灰のわずか3.5%に留まっている³⁾。その原因は、初期強度の低下や品質の大幅な変動⁴⁾などとされている。したがって、これまでに取り組んできたFAの安定的な活性度の改善手法⁵⁾は、FAの大量使用が見込まれ、資源循環型社会の形成に大いに資する技術といえる。

2. 研究の目的

研究開始当初の背景で述べたように、年間30万トンを超えて発生するコンクリートスラッジは、ごく一部は再利用されているものの、その大半は廃棄物として埋立処分されている¹⁾。また、年間1000万トンを超えて発生する石炭灰も同様に、約100万トンが埋立処分されている³⁾。この廃棄物や副産物をコンクリートに対して有効利用する試みは、これまでに数多く行われてきた。しかし、我が国で使用された実績は極めて少ない。その主な原因は、廃棄物への抵抗感、強度発現への影響、および品質の大幅な変動にある^{4,6)}。

本研究では、まずこれまでの研究成果⁵⁾を踏まえ、上述した問題点を解決する新たな手法を確立する。ついでスラッジとFAの効果的かつ安定的な適用を図り、廃棄物と副産物を効果的に有効活用した安定的なコンクリート用再生混和材を開発し実用化する。

3. 研究の方法

(1) 乾燥スラッジ粉とその他の添加剤の組合せによるFAの活性度の改善効果に関する検討

ジオポリマー(以下、GPという)のアルミナシリカ粉末(活性フィラー)とアルカリシリカ溶液の反応を応用し、メタけい酸ナトリウム(以下、NSという)を添加剤に用い、再生混和材、すなわち、比表面積を7000cm²/g程度に微粉碎したFA(以下、FA7という)と模擬乾燥スラッジ粉(以下、DSPという)の活性度の改善効果に関する実験を試みた。主として、モルタル供試体により圧縮強さ特性を検討した。

(2) FAの微粉碎の有無がGPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響

3. (1)の実験結果の考察から、DSPとFA7を原材料とした再生混和材を検討する上で、FAの微粉碎の有無がGPモルタルの圧縮強さ特性に及ぼす影響と、凝結遅延剤とした無水クエン酸(以下、STという)がGPモルタルのフロー値の経時変化(凝結特性)と圧縮強さ特性に及ぼす影響について検討した。

(3) FAの品種とNSおよびSTの添加方法がGPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響

3. (2)で仮説した微粉碎の有無によりFAのブロック形成状態が異なることを立証するために、数品種のFAを活性フィラーとして用い、GPモルタルの圧縮強さとフロー値の経時変化について実験的に検討した。また、粉体添加法(以下、PM法)と水溶液添加法(以下、AW法)によるNSの添加方法が、GPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響についても実験的に検討した。

(4) GPモルタルの練混ぜ方法とDSPの混入率が圧縮強さに及ぼす影響

まず、3. (3)で提案したNSの添加方法について、練混ぜ手順をも含めてより詳細に検討した。すなわち、NSを粉体で添加するPM法6種類とNSを水溶液で添加するAW法2種類により、FAの品種と練混ぜ方法がGPモルタルの圧縮強さに及ぼす影響について比較検討した。つぎに、スラッジの有効利用を拡大する観点から、DSPの混入率がGPモルタルの圧縮強さに及ぼす影響について検討した。

(5) ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する基礎的研究

3. (1)~(4)の実験を経て、GPの技術を応用することで、活性フィラーとしたFA7にDSPを内割で10%程度まで混入し、アルカリ刺激剤であるNSを粉体で混合した再生混和材を開発した。開発した再生混和材は、セメントと同様に扱うことができ、セメントモルタルやコンクリートと同様の練混ぜ方法が適用できることを確認した。

そこで、ここでは、開発した再生混和剤の新たな適用方法を模索することとした。具体的にはセメントコンクリートと比較して中性化の進行が早いとされているGPコンクリートの短所を長所にすべく、耐アルカリ性ガラス繊維(以下、ARGという)の長期劣化を抑制することを目的として、再生混和材をガラス繊維補強モルタル(以下、GRMという)に応用することを試みた。モルタル供試体による曲げ強度とARGのSEM像により、ARGの劣化状況を考察した。

4. 研究成果

(1) DSPとその他の添加剤の組合せによるFAの活性度の改善効果に関する検討^{7,8)}

図1に示すように、水溶液としたNSの濃度が極端に低い0.2mol/L以下の範囲では、普通ポルトランドセメントの内割で25%置換したF7に対するDSPの外割混合率が增加すると、圧縮強さは緩やかに減少する傾向にはあるものの大きな変化はみられないことを検証した。また、その一方で、図2に示すように、水溶液としたNSの濃度が極端に高い3.0mol/Lでは、F7に対するDSPの内割混合率の増加ともない圧縮強さは減少傾向にはあるものの、普通ポルトランドセメントを全く使用せず常温で約25~50N/mm²の圧縮強さを得ることを検証した。DSPの混入率や添加剤に関するより詳細な検討は必要ではあるが、普通ポルトランドセメントと同等の圧縮強さを得る再生混和材の実現性が示唆できた。

(2) FAの微粉碎の有無がGPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響^{9,10)}

図3に示すように、微粉碎したFAと高濃度のNS水溶液を用いれば圧縮強さの増大が図れることが分かった。また、図4および図5に示すように、フロー値の経時変化や圧縮強さはNS水溶液の濃度、FAの微粉碎の有無、STの添加率によって、最適な条件が存在することが分かった。さらには、図6に示すように、FAの微粉碎の有無によりフロックの形成状態が異なることを仮説し、単位NS水溶液量、フロー値の経時変化、および圧縮強さ特性に及ぼす影響について考察した。

(3) FAの品種とNSおよびSTの添加方法がGPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響¹¹⁻¹³⁾

図7および図8に示すように、比表面積が同程度であれば、FAの微粉碎の有無に関わらず圧縮強さは同様の傾向にあること、圧縮強さに及ぼすFAの発生箇所の違いによる影響は、FAの微粉碎の有無によって異なる傾向を示すことなどが明らかとなった。より詳細な検討は必要ではあるが、仮説⁹⁾の立証に向けた貴重な実験結果を得た。また、図9に示すように、比表面積が7000cm²/g程度のFAと3.0mol/LのNS水溶液を用い、STを適量添加することで、常温養生で40N/mm²を超える圧縮強さのGPモルタルが得られることを再確認した。しかし、NSは水溶液にすると密封状態であっても比較的短時間で固化することがあり、その取り扱いには検討すべき課題もあった。そこで、PM法とAW法によるNSの添加方法が、GPモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響について実験的に検討した。その結果、図10に示すように、NS水溶液の濃度にして3.0mol/Lまでの範囲であれば、添加方法に関わらず、濃度が高くなるほど、FAの比表面積が大きくなるほど圧縮強さは増大し、約40N/mm²のGPモルタルが得られることが分かった。また、図11に示すように、PM法によるフロー値の経時変化は、AW法と同様の傾向を示すことを確認した。このような研究成果は、国内のGPに関する研究では新たな知見として位置づけられ、かつ再生混和材を開発する上での大きな手がかりとなっている。

(4) GPモルタルの練混ぜ方法とDSPの混入率が圧縮強さに及ぼす影響^{14,15)}

図12に示すように、フロー値、空気量、および圧縮強さには、FAの品種に関わらず、NSの添加方法や練混ぜ方法による影響はないことを検証した。その一方で、図13に示すように、STの外割添加率が3.0%になると0%と比較して、約10N/mm²ほど圧縮強さが低下することが考察した。しかし、図14に示すように、比表面積を7000cm²/g程度に微粉碎したFAを用いDSPの混入率を10.0%までとし、NSの濃度を3.0mol/Lとすることで、常温養生であっても、約40N/mm²の圧縮強さを呈するGPモルタルが得られることを検証した。これは、新しい知見であり、廃棄物と副産物を効果的に有効活用した安定的な

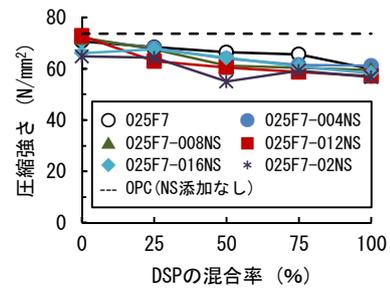


図1 モルタルの圧縮強さとDSPの混合率の関係⁷⁾

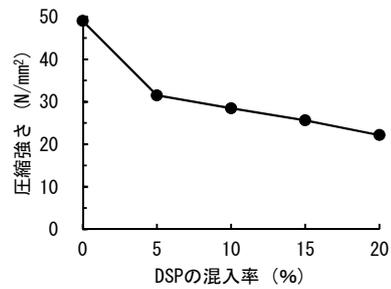


図2 F7-DSP-GPモルタルの圧縮強さとDSPの混入率の関係⁸⁾

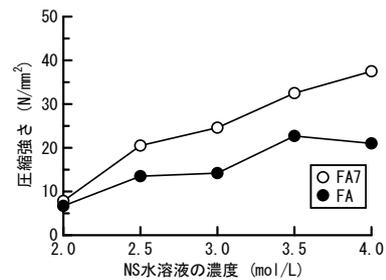
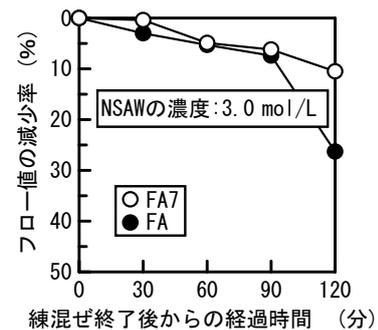
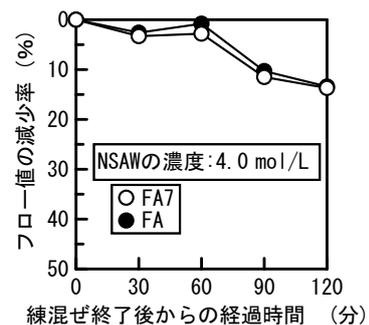


図3 モルタルの圧縮強さとNS水溶液の濃度の関係⁹⁾



(a) STの外割添加率:1.5%



(b) STの外割添加率:6.0%

図4 フロー値の経時変化⁹⁾

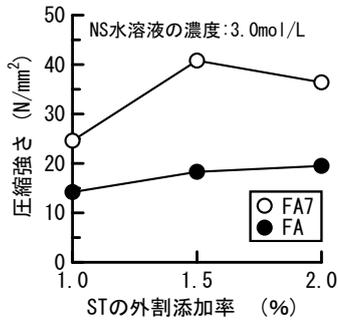


図5 圧縮強さとSTの外割添加率の関係⁹⁾

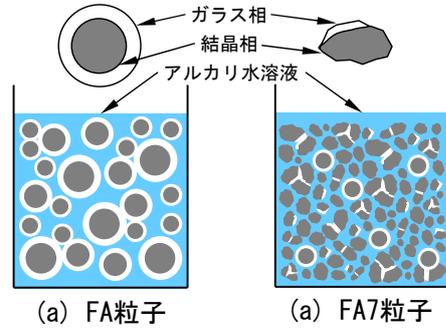


図6 FA粒子とFA7粒子の初期反応状態⁹⁾

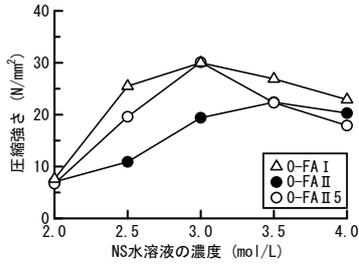


図7 圧縮強さとNS水溶液の濃度の関係(シリーズ1)¹¹⁾

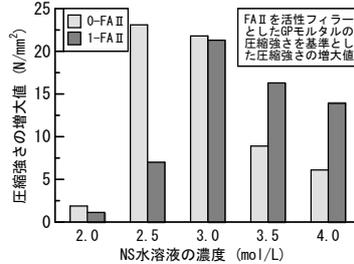


図8 NS水溶液の濃度とFA IIの微粉砕による圧縮強さの増大値¹¹⁾

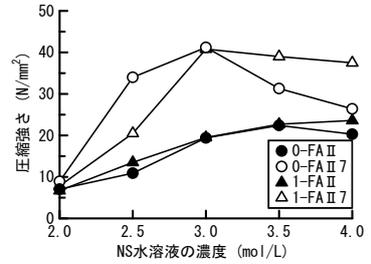


図9 圧縮強さとNS水溶液の濃度の関係(シリーズ2)¹¹⁾

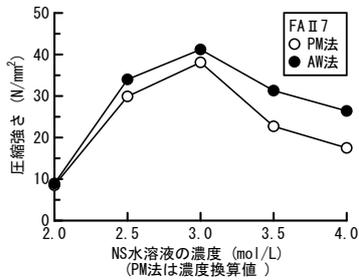


図10 圧縮強さとNSの濃度の関係¹²⁾

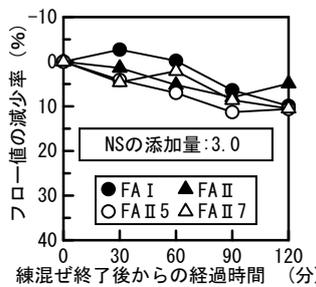


図11 フロー値の経時変化¹²⁾

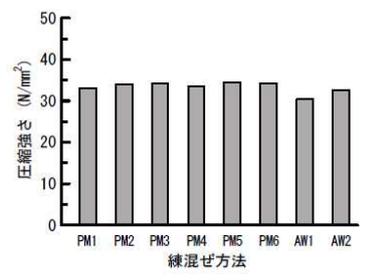


図12 圧縮強さと練混ぜ方法の関係¹⁴⁾

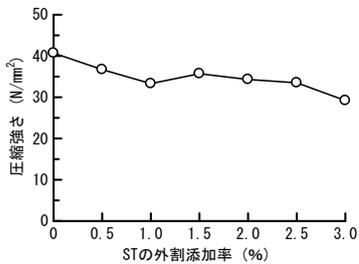


図13 圧縮強さとSTの外割添加率の関係¹⁴⁾

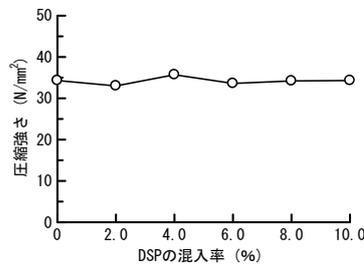


図14 圧縮強さとDSPの混入率の関係¹⁴⁾

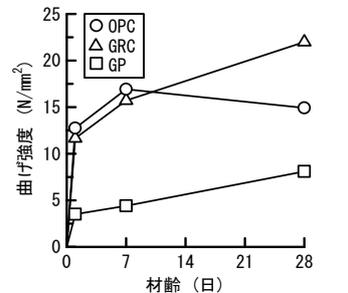
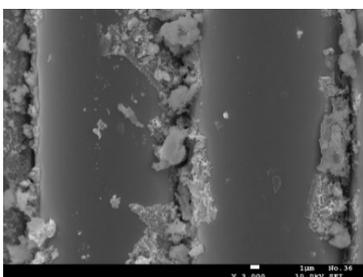
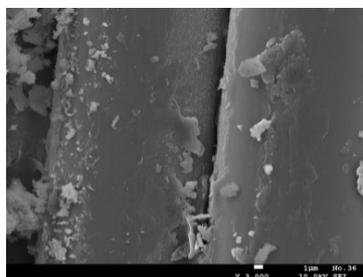


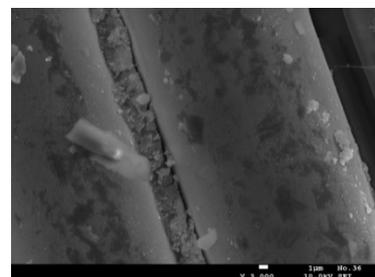
図15 曲げ強度と材齢の関係¹⁶⁾



(a) OPC



(b) GRC



(a) GP

図16 3000倍で撮影したARG混入ペーストのSEM画像¹⁶⁾

コンクリート用再生混和材の開発を実現する有力な研究成果である。

(5) ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する基礎的研究¹⁶⁻¹⁸⁾

図15に示すように、GRGPは普通ポルトランドセメントやGRCセメントを使用したガラス繊維補強モルタルと比較して曲げ強度は小さい値を示したが、図16から分かるように、材齢28日の段階ではアルカリによるARGの劣化はみられないことを確認した。これは、新しい発想から得た知見

であり、国内外を問わず同様の検討事例はない。したがって、廃棄物と副産物を効果的に有効活用した安定的なコンクリート用再生混和材の用途を拡大する上での有力な研究成果であると位置づけられる。

(6) まとめ

本研究で開発した再生混和剤は、FA、DSP、およびNSをプレミックスしたもので、練混ぜ水さえ確保できれば場所を選ばずGPモルタル等を製造することができる。また、加温養生などを行うことなく材齢28日で40N/mm²程度の圧縮強さを発現するので、建設現場などではセメントモルタルやコンクリートと同様に扱うことも可能である。さらには、ARGの劣化も抑制できる可能性が極めて大きいので、セメント系建材製品や補修材の代替材として利用することも可能である。

今後は、再生混和材を用いたGPモルタルに混入したARGの耐久性(劣化状況)を詳細に検討するとともに、セメント系建材製品や補修材への適用も検討したいと考えている。

<引用文献>

- 1) 生コンスラッジを原料としたコンクリート混和材研究委員会：生コンスラッジを原料としたコンクリート混和材研究委員会報告書，コンクリート技術支援機構，2013.9
- 2) 石炭エネルギーセンター：石炭灰発生量データ(平成7年度～21年度)，
http://www.jcoal.or.jp/coalash/pdf/CoalAsh_H21productiondata.pdf
- 3) フライアッシュ有効活用小委員会：循環型社会に適合したフライアッシュコンクリートの最新利用技術－利用拡大に向けた設計施工指針試案－，土木学会，pp.328-329，2009.12
- 4) 細田信道：財団法人石炭利用総合センター，石炭灰利用シンポジウム講演集，1998
- 5) 市川敬悟，犬飼利嗣：フライアッシュの活性度改善に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.184-189，2014.7
- 6) コンクリートスラッジの有効利用研究委員会：コンクリートスラッジの有効利用研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会，1996.5
- 7) 後藤紘希，遠藤史崇，片桐彰吾，澤田陽，犬飼利嗣：コンクリートスラッジを有効利用した再生混和材に関する研究(その3：メタけい酸ナトリウムによる再生混和材の活性度の改善効果に関する検討)，日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集，A-1，pp.605-606，2015.9
- 8) 芝 翔，澤田 陽，犬飼利嗣：ジオポリマーモルタルに関する基礎的研究(その1：アルカリ水溶液が圧縮強さ特性に及ぼす影響)，日本建築学会大会(九州)学術講演梗概集，A-1，pp.1495-1496，2016.8
- 9) Batsuuri Ashidmaa，犬飼利嗣，関谷有紗加：フライアッシュを活性フィラーとしたジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.1，pp.2065-2070，2017
- 10) Keita Hayashi, Ashidmaa Batsuuri, Toshitsugu Inukai and Takashi Hirose: Study on Compressive Strength and Flow Characteristics for Geopolymer Mortar Using Fly Ash as Activated Filler, Vietnam Journal of Construction, 57thYear, pp.94-100, 9.2018
- 11) 野村太地，犬飼利嗣，上原義己，廣瀬 貴：フライアッシュの品種と凝結遅延剤の添加率がジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1815-1820，2018
- 12) 後藤 壮，犬飼利嗣，上原義己，廣瀬 貴：メタけい酸ナトリウムの添加方法と凝結遅延剤がジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1821-1826，2018
- 13) So Goto, Toshitsugu Inukai and Takashi Hirose: Influence of Addition Method of Silicic Acid Sodium and Setting Retarder on Compressive Strength Characteristics and Aging of Flow Value for Geopolymer Mortar, Vietnam Journal of Construction, 57th Year, pp.268-275, 9.2018
- 14) 後藤 壮，犬飼利嗣，前川明弘，廣瀬 貴：ジオポリマーモルタルの練混ぜ方法と模擬乾燥スラッジ粉の混入率が圧縮強さに及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.1943-1948，2019
- 15) So Goto, Akihiro Maegawa, Toshitsugu Inukai, Shogo Yamamoto and Takashi Hirose: Influence of Mixing Method and Mixing Ratio of Imitation Dry Sludge Powder on Compressive Strength of Geopolymer Mortar, Advances in Ecological and Environmental Research, Vol. 5, Issue 05, pp. 170-185, 2020
- 16) 後藤 壮，犬飼利嗣，前川明弘，廣瀬 貴：ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，(採択決定)
- 17) 石田 健，後藤 壮，前川明弘，山本翔吾，犬飼利嗣，廣瀬 貴：ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する研究(その1：圧縮強度)，日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集，A-1，(掲載決定)
- 18) 後藤 壮，石田 健，前川明弘，山本翔吾，犬飼利嗣，廣瀬 貴：ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する研究(その2：曲げ強度)，日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集，A-1，(掲載決定)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 後藤壮, 犬飼利嗣, 前川明弘, 廣瀬貴	4. 巻 Vol.41, No.1
2. 論文標題 ガラス繊維補強ジオポリマーモルタルに関する基礎的研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
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 So Goto, Akihiro Maegawa, Toshitsugu Inukai, Shogo Yamamoto, Takashi Hirose	4. 巻 Vol. 5, Issue 05
2. 論文標題 Influence of Mixing Method and Mixing Ratio of Imitation Dry Sludge Powder on Compressive Strength of Geopolymer Mortar	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Ecological and Environmental Research	6. 最初と最後の頁 170 ~ 185
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 So Goto, Toshitsugu Inukai and Takashi Hirose	4. 巻 57th Year
2. 論文標題 Influence of Addition Method of Silicic Acid Sodium and Setting Retarder on Compressive Strength Characteristics and Aging of Flow Value for Geopolymer Mortar	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Vietnam Journal of Construction	6. 最初と最後の頁 268 ~ 275
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 Keita Hayashi, Ashidmaa Batsuuri, Toshitsugu Inukai and Takashi Hirose	4. 巻 57th Year
2. 論文標題 Study on Compressive Strength and Flow Characteristics for Geopolymer Mortar Using Fly Ash as Activated Filler	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Vietnam Journal of Construction	6. 最初と最後の頁 94 ~ 100
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 後藤壮, 犬飼利嗣, 前川明弘, 廣瀬貴	4. 巻 Vol.41, No.1
2. 論文標題 ジオポリマーモルタルの練混ぜ方法と模擬乾燥スラッジ粉の混入率が圧縮強さに及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1943~1948
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 後藤 壮, 犬飼利嗣, 上原義己, 廣瀬 貴	4. 巻 Vol.40, No.1
2. 論文標題 メタけい酸ナトリウムの添加方法と凝結遅延剤がジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1821~1826
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 野村太地, 犬飼利嗣, 上原義己, 廣瀬 貴	4. 巻 Vol.40, No.1
2. 論文標題 フライアッシュの品種と凝結遅延剤の添加率がジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1815~1820
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 Batsuuri Ashidmaa, 関谷有紗加, 犬飼利嗣	4. 巻 Vol.39, No.1
2. 論文標題 フライアッシュを活性フィラーとしたジオポリマーモルタルの圧縮強さ特性とフロー値の経時変化に関する研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 2065~2070
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 犬飼利嗣	4. 巻 第51巻, 5月号
2. 論文標題 特集KOSEN(高専)発セラミックスイノベーション: 次世代の産業貢献を目指して - フライアッシュの活性度改善手法に関する研究 -	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 326 ~ 329
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

犬飼研究室ホームページ http://www.gifu-nct.ac.jp/archi/inukai/index.html
--

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
研究協力者	前川 明弘 (Maegawa Akihiro)		
研究協力者	齊籙 和秀 (Saito Kazuhide)		