

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：57501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03291

研究課題名(和文) 配合の最適化による高耐久性フライアッシュ系ジオポリマーの開発

研究課題名(英文) Development of highly durable fly-ash based geopolymer by optimizing blending

研究代表者

一宮 一夫 (ICHIMIYA, KAZUO)

大分工業高等専門学校・都市・環境工学科・教授

研究者番号：00176306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：ジオポリマー(GP)は、石灰石を主原料としない新しいバインダーで、CO₂排出量をポルトランドセメント(OPC)の最大80%削減(全CO₂排出量では最大で10%削減可能)である。OPCの弱点である酸や高温に対する抵抗性にも優れ、下水道などの酸性環境、道路トンネルなどの耐火性が必要な構造物へ適用することで、社会インフラの長寿命化や安全性向上に寄与できる。本研究では、コンクリート代替となりうる可能性が最も高い、フライアッシュの一部を高炉スラグ微粉末で置換したGPの、吸水にともなう表層劣化現象のメカニズム解明ならびに対策、高温環境での抵抗性、ひび割れ充填材としての活用について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ジオポリマーは、CO₂排出量削減、産業副産物の有効利用、インフラの長寿命化に加えて、放射性物質の固定能力を有し、低炭素で高機能な次世代型材料として世界的に期待されており、諸外国では実用化に向けた作業が進んでいる。我が国では2019年から土木学会にジオポリマーに関する研究委員会(土木分野におけるジオポリマー技術の実用化推進のための研究小委員会：委員長 一宮一夫)が設置され、材料、構造の両面から検討が進められている。本研究の成果は、同委員会活動にとっても有用な情報であり、ジオポリマーの実用化に大きく貢献することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Geopolymer (GP) is a new binder that does not use limestone as a main raw material. It may reduce CO₂ emissions by up to 80% over Portland cement (OPC) (up to 10% in total CO₂ emissions). Also, because it has excellent resistance to acids and high temperatures, which are the weak points of OPC, when it is applied to acidic environments such as sewers and structures requiring fire resistance such as road tunnels, the life span of the infrastructure will be extended.

In this study, for a GP obtained by substituting a part of fly ash with ground granulated blast furnace slag, which is the mixture most likely to substitute for concrete, (1) measures against deterioration of the surface layer due to water absorption, (2) mixture proportions to guarantee or improve temperature resistance, and (3) utilization as a crack filling material were considered.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：ジオポリマー フライアッシュ 高炉スラグ微粉末 水ガラス 苛性ソーダ エフロレンセス 高温抵抗性 ひび割れ充填材

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

フランス人化学者のダビドビツ氏は、1982年にカオリナイト、石灰石、ドロマイトの焼成物とアルカリの混合物の固化体を発表し、それをジオポリマー（GP）と名付けた。その後、GP研究は拡大し、GPに特化した国際会議が1988年以降数回開催され、今後も増加が見込まれる。国際的な研究委員会としては2007年に発足したRILEMの「アルカリ活性材料に関する研究委員会」（委員長：メルボルン大学デベンダー教授）が最初である。現在は上記の研究委員会の後継として「アルカリ活性材料の耐久性評価に関する研究委員会」（委員長：シェフィールド大学プロビス教授）が2012年から活動中で、我が国からは研究代表者の一宮が参画している。

国内でも、池田攻 山口大学名誉教授を始めとした他の研究者による、固化メカニズムなどの基礎研究や調湿材・PC枕木への利用などに関する先駆的な研究がある。申請者らが研究を開始した2008年頃からは土木建築構造物への適用を目指した研究も散見されるようになり、その後GPへの関心は急速に高まってきた。

このような背景のもと、2014年4月に日本コンクリート工学会（JCI）九州支部に「建設材料としてのジオポリマーに関する研究委員会（委員長：一宮一夫）」が設けられた。翌年の2015年4月には、全国規模のGPの研究委員会（「建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会（委員長：一宮一夫）」がJCI本部に設置された。土木、建築、材料化学の各分野のコンクリート工学の専門家が結集し、国内外のジオポリマー研究の最新情報の収集し、理解を深めるための活動をしている。共同研究者の畑中（建築）と新（材料化学）は同委員会の副委員長と幹事長であり、本研究は我が国のGP研究の牽引者3名が協同で行った。2016年6月には活動の中間報告を兼ねて東京でシンポジウムを開催した。全国各地から定員100名を上回る参加者があり、ジオポリマー技術の関心の高まりを実感するとともに委員会活動の意義を確信した。2017年9月には最終報告会を開催し、その際にはGP命名者のダビドビツ氏による技術講演会も行った。

現在インフラ整備が急激に進んでいる東南アジアやアフリカなどの発展途上国では将来的にコンクリートを製造するために必要なセメントが不足することが懸念されており、ジオポリマーは従来の普通ポルトランドセメントの代替材料となる新材料となりうるため、ジオポリマー技術を確立し日本発の技術として海外へ輸出して行くことも、今後の日本の国策として重要であると考えられる。

2. 研究の目的

(1) ジオポリマーの基礎物性

1) アルカリ溶液濃度（A/W）とフロー値ならびに圧縮強度の関係

本研究では、上記の各項目に対する検証ならびに特性改善のための配合の検討を実施するが、それに先立ち、モルタルの基礎物性である、「練り混ぜ直後の流動性（フロー値）」ならびに「圧縮強度」との関係性を調べる。

2) 供試体形状と圧縮強度の関係

上記の同様に、ジオポリマーの物性評価の中心である圧縮強度に関する基本情報の一つとして「供試体形状と圧縮強度の関係」を調べる。ジオポリマーの「引張強度／圧縮強度」はおよそ1/17で、セメント固化体の1/10に比べて小さい。そのため、荷重を受けた時の固化体内部の応力分布がセメント固化体と異なり、供試体形状が圧縮強度に与える影響が大きいことが予想された。

(2) 吸水にともなう表層劣化現象のメカニズム解明ならびに対策

コンクリートの表層の変状の一つのエフロレッセンスは、「カルシウムエフロレッセンス」と、「白華」とも呼ばれる「アルカリエフロレッセンス」とに大別される。前者では、水の移動とともにコンクリート表面に移動し、難溶性のカルシウム塩を析出する。一方、後者では水に溶解したアルカリ分が水の移動によりコンクリートの表面に析出し、大気中の二酸化炭素と結合して「炭酸ナトリウムや炭酸カリウムの結晶」を生成する。これらの析出物は、雨水によって容易に取り除かれるが、これが繰り返されると、表層部のモルタル部が欠落し、粗骨材が露出する。

歩車道境界ブロックを用いた試験施工を通じて、ジオポリマーにおいてもアルカリエフロレッセンスが生じることを確認した。その際に、表層劣化抑制のためにシラン系表面含浸材を塗布したが、ブロック内部からの膨張圧力により網状のひび割れが発生し、最終的には表層剥離（スケールリング）が生じた。このような現象はジオポリマー特有であることから、表層劣化のメカニズム解明ならびに劣化抑制のための対策を検討した。

(3) 高温環境での抵抗性

従来のコンクリートは、受熱温度が500℃に達すると強度がおよそ50%まで低下する。高温時、加熱冷却後のいずれも受熱温度が高いほど圧縮強度残存比はほぼ直線的に低下し、800℃では高温時の強度は加熱前強度の0.2程度、加熱冷却後ではほぼ0となり、耐力はほとんど期待できない。また、高温時の強度は加熱冷却後の強度とほぼ同じである。

他方、硬化に必ずしもカルシウムを必要としないジオポリマーは高温抵抗性に優れていると言われており、高度な耐火性が求められる道路トンネル等の構造体に適用することができれば、表面被覆等の耐火工の簡略化による建設ならびに管理コストの縮減、近接目視が可能になるこ

とで点検精度の向上などが期待できる。しかし、使用材料や配合と高温抵抗性の関係は、高アルカリで低下するなどの経験則が記述されるのみで、具体的な配合に対する研究例は少ない。また、高温時と加熱冷却後の強度の関係などについては確認されていないことから、実験で明らかにする。

(4) ジオポリマー内部に配置された鉄筋の塩化物イオンによる腐食性

コンクリート中に限界値以上の塩化物イオンが存在すると、鉄筋の不動態皮膜の形成が阻害され、それに水と酸素があると鉄筋の腐食がはじまる。ジオポリマーを鉄筋コンクリート構造体として使用する場合も、塩化物イオンと鉄筋腐食性の関係を把握しておく必要があるが、耐久性設計に必要な諸値が示されるまでには至っていない。

主として縮重合反応で固化するジオポリマーは、内部に微細な空隙を多数有することから、気体や液体などの物質遮蔽性はセメント固化体よりも劣ると予想される。その一方で、金属イオンを核として固化するジオポリマーは金属との接着力は高く、両者の界面には密実な組織が形成される可能性もある。その結果、ジオポリマー自体は塩化物イオンの遮蔽性は低くても、界面に形成される密実な組織が鉄筋への塩化物イオンの接触を阻止でき、その結果、鉄筋腐食が抑制されるかもしれない。既往において、そのような効果についての報告はないが、「ジオポリマーと金属との接着性が高い」ことが鉄筋腐食抑制につながれば、GPの構造体としての実用化に大きく寄与できることから、その可能性を探る。

(5) ひび割れ充填材としての活用

ジオポリマーは凝結時間が短く、耐候性および耐酸性などに優れるという点に着目して、ひび割れ注入材としての活用を目指す。実験では、比表面積が異なる高炉スラグ微粉末を3種類使用し、フロー値、凝結時間、圧縮強度を確認するとともに、塩ビ板による簡易注入試験を行った。

3. 研究の方法

(1) ジオポリマーの基礎物性

- ・フライアッシュ (FA) はI種品 (コンクリート用フライアッシュの品質規定 JIS A6201-2008) で、CaO含有率は2.53%と低水準である。
- ・高炉スラグ微粉末置換率 (BS置換率) は活性フィラー容積に対して0, 10, 20, 30% (以下, BS0, BS10, BS20, BS30という) に設定した。アルカリ溶液はナトリウム (Na) 系で、1号水ガラス、苛性ソーダ、水の混合液、 $Si/Na (Si/A) = 0.613$ のもと、 $Na/H_2O (A/W)$ を0.095, 0.126, 0.187 (いずれもモル比) の3水準に調整して用いた。
- ・練り混ぜにはホバート型ミキサー (容量5L) を用い、テーブルバイブレータで振動を与えながら型枠に充填した。
- ・型枠には、モルタル用三連型枠 (4×4×16cm) ならびに円柱型枠 (直径5cm, 高さ10cm) を用いた。

(2) 吸水にともなう表層劣化現象メカニズムの解明ならびに対策

- ・円柱モルタル供試体 (φ5×10cm) ならびに角柱供試体 (4×4×16cm) を使用した。前者は縦置きで下端部1cm, 後者は横置きで高さの半分(2cm)を水に浸漬させた。試験には、安定した乾燥環境が得ることができる冷蔵庫を使用した。
- ・供試体内部の吸水状況を観察するために部分浸漬終了後の円柱供試体を縦方向に割裂し、破断面に水漏れ発色検査剤を噴霧した。
- ・骨材の影響を調べるためにモルタル供試体とペースト供試体のひび割れ発生状況を比較した。
- ・BS置換率が高くなるとわずかな吸水でも膨張ひずみが増加する現象が認められたことから、角柱供試体 (4×4×16cm) を用いて、BS置換率と吸水膨張特性 (質量変化率, 長さ変化) の関係を調べた。
- ・表層劣化対策として、シラン系表面含浸材をモルタル円柱供試体全面に塗布して効果を調べた。また、前養生 (蒸気養生を施すまでの室温で静置する期間) の日数, 蒸気養生の最高温度との関係も調べた。

(3) 高温環境での抵抗性

- ・角柱供試体 (4×4×16cm) を用いて、BS置換率ならびに加熱温度と外観ならびに加熱冷却後の圧縮強度を調べた。加熱には電気マッフル炉 (最高温度1150°C) を用い、加熱温度500, 800, 1000, 1150°Cのもとで行った。
- ・熱分析 (TG-DTA) ならびに微細組織観察 (SEM) により、昇温にともなう物性変化を調べた。
- ・ナトリウム系とカリウム系の主成分の異なるアルカリ溶液で、主成分による違いを調べた。
- ・3水準のアルカリ/水モル比 (A/W) で製作した供試体を用いて、A/Wと外観や強度の関係を調べた。
- ・最高温度での加熱終了時点 (高温時) の供試体をマッフル炉から取り出して圧縮強度を測定し、加熱冷却後の圧縮強度と比較した。

(4) 塩化物イオンによる鉄筋腐食抵抗性

- ・電気泳動試験により、モルタルの塩化物イオン透過性を調べた。塩化物イオン拡散係数で評価した。
- ・断面中央部に磨き鉄筋を配置したモルタル円柱供試体の塩水 (0.5mol/l) への浸漬試験を行い、BS 置換率と鉄筋腐食性の関係を調べた。供試体は、浸漬 3 日と乾燥 1 日を 1 サイクルとし、10 サイクル繰り返した。

(5) ひび割れ充填材としての活用

- ・ジオポリマーの粉体として FA (I 種品) および異なる比表面積の BS (4000, 6000, 8000 ブレーン) を、溶液として水ガラスと苛性ソーダの混合水溶液を用いた。
- ・ジオポリマーペーストについて、それらのフロー値、凝結物比圧縮強度、ひび割れ注入性能を調べた。

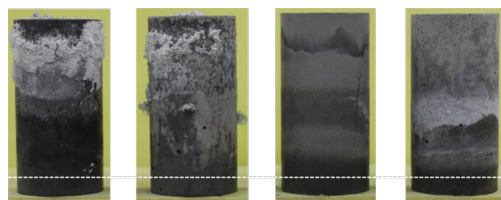
4. 研究成果

(1) ジオポリマーの基礎物性

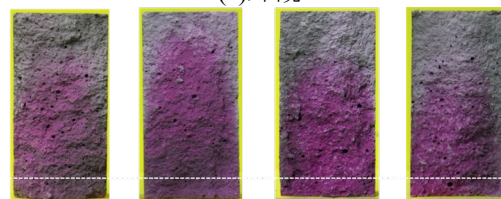
- ・フロー値と A/W の関係は、BS 置換率に関わらず強い線形の相関関係がある。アルカリ溶液の主材料の水ガラスは粘性が高く、その使用量が少ない、つまり A/W を小さくすることで GP の難点のひとつであるフレッシュ時の施工性が改善できることは既に知られているが、A/W を評価指標とすることで、GP の配合設計法の確立に寄与できる可能性がある。
- ・BS 置換率が高いほど近似直線は下方に位置する。これは、FA が球状粒子であるのに対して、粉碎製造される BS の粒子形状が不定形であることに加えて、アルカリ溶液と接触した際の粒子からの物質の溶出速度が BS の方が FA よりも速いことも原因と予想される。なお、後者については BS 置換率が高い配合ほどモルタル製造直後の可使用時間が短くなる傾向にあることから伺える。
- ・圧縮強度も A/W と強い相関関係にあり、圧縮強度を高めるには A/W を大きくし、さらに BS 置換率が高いほど有利である。また、FA と BS 併用系の配合では、FA と BS の強度への寄与率は A/W で異なることが分かった。
- ・角柱 (立方体) と円柱の圧縮強度は強い相関関係にあるが、角柱 (立方体) の方が円柱よりも 20% 程度大きく評価された。

(2) 吸水にともなう表層劣化現象のメカニズム解明ならびに対策

- ・図 1 に円柱供試体の外観と割裂断面の吸水状況の関係、図 2 にエフロレッセンスとサブフロレッセンスの発生位置の関係を示す。この結果より、吸水高さは断面中央部が最も高く、表面の近づくほど低下すること、供試体表面の変状は図 2 の模式図とほぼ一致することが分かる。



(a) 外観



(b) 割裂断面

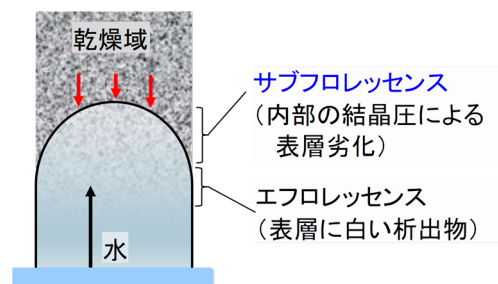


図 1 円柱供試体の外観と割裂断面の吸水状況の関係 (φ5×10cm)

図 2 エフロレッセンスとサブフロレッセンスの発生位置の関係

(左から BS0, BS10, BS20, BS30)

- ・ペースト供試体では部分吸水に伴う膨張圧で、ひび割れが発生した。この現象は BS 置換率 20% と 30% で顕著である。
- ・BS 置換率が高いほどわずかな吸水でも膨張ひずみが増加する傾向がある。これはカルシウムの反応生成物の C-A-S-H の影響によるものと推察される。強度の点からは C-A-S-H 量が多いほど有利であるが、部分吸水では不利に働く場合があることが今回初めて明らかになった。
- ・表層劣化対策としての、シラン系表面含浸材の使用、前養生の日数、蒸気養生の最高温度を 60°C から 80°C に高めることの顕著な効果は認められなかった。

(3)高温環境での抵抗性

- ・ 500°Cの加熱冷却後の強度は、常温の強度とほぼ同等である。
- ・ 熱分析 (TG-DTA) ならびに微細組織観察 (SEM) により、GP では 800°C以上で焼結、溶融が認められ、OPC とは異なる昇温特性を有する。
- ・ ナトリウム系アルカリ溶液とカリウム系アルカリ溶液の顕著な違いは見受けられなかった。
- ・ 一般に高温時の強度の方が加熱冷却後の強度よりも大きい傾向にある。

(4)塩化物イオンによる鉄筋腐食抵抗性

- ・ GP の塩化物イオン拡散係数は、OPC の約 10 倍から 20 倍と大きい。
- ・ GP では、BS 置換率が高いほど、塩化物イオンの浸透が抑制される傾向にある。BS10 と BS20 はほぼ同じであるが、BS30 では両者の約 35%から 50%程度まで浸透を抑えることができる。
- ・ 蒸気養生の最高温度 (60°C, 80°C) は、塩化物イオンの浸透性に影響しない。
- ・ 前養生 (蒸気養生前の気中養生) を 2 日行うことで、塩化物イオンの浸透性が抑えられる。
- ・ GP 中の鋼材の発錆状況は、BS 置換率や前養生の有無に影響され、BS30 の前養生 2 日が最も効果があった。

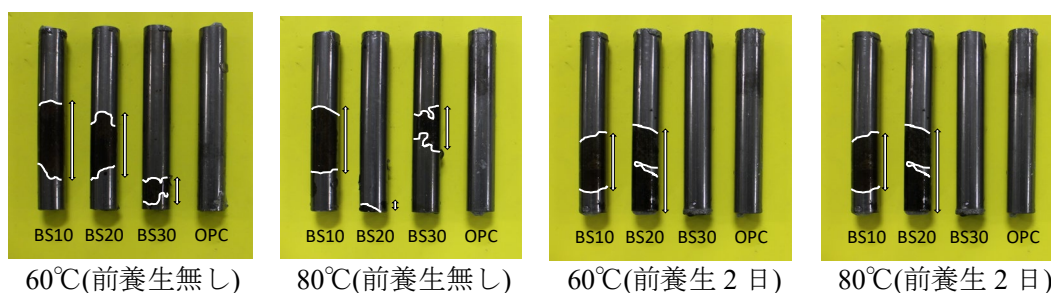


図 3 磨き鉄筋の腐食状況

(5)ひび割れ充填材としての活用

- ・ BS の比表面積が大きくなるほど、溶液との接触面積が増えることより、フロー値は減少する。しかし、BS の比表面積が同一の場合、BS 置換率 20~40%の範囲では置換率の影響はほとんど見られず、同程度のフロー値となった。
- ・ BS の比表面積が大きく、BS 置換率が大きいほど、凝結時間は短くなり、圧縮強度は大きくなる傾向がある。また、BS 置換率に関係なく、比表面積が大きいほど始発時間が早くなる傾向が見られた。
- ・ 簡易的なひび割れ注入試験の結果、W/P=0.5 に比べてW/P=0.7 の時は、溶液量の増加による粘性の低下により、比表面積に関わらず注入深さは深くなった。
- ・ W/P=0.7 の場合、BS の比表面積が大きいほど浸透が早く進む傾向が見られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 一宮一夫, 秋永史也, 原田耕司, 池田 攻	4. 巻 Vol.40
2. 論文標題 フライアッシュ系ジオポリマーのアルカリ水比とフロー値ならびに高温加熱による外観や強度変化の関係	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 1851, 1856
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 ボンマハーサイバラミ, 伊藤彰利, 畑中重光	4. 巻 Vol.40
2. 論文標題 ジオポリマーモルタルを用いて断面修復したRC梁の曲げ挙動に関する実験的研究	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 1249, 1254
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 伊藤彰利, ボンマハーサイバラミ, 前川明弘, 畑中重光	4. 巻 Vol.40
2. 論文標題 シリカフェームを添加したフライアッシュベースのジオポリマーペーストに関する基礎的実験	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 1875, 1880
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 坪内徹朗, 三島直生, 畑中重光, 小池良洋	4. 巻 Vol.40
2. 論文標題 異なる石炭火力発電所から排出されたフライアッシュの品質がジオポリマーの流動性および圧縮強度に及ぼす影響	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 1845, 1850
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 中村丞吾, 新大軌, 宇城正貴, 島崎大樹	4. 巻 Vol.40
2. 論文標題 ジオポリマーにおける膨張材の水和反応に関する研究	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 1833, 1838
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 一宮一夫, 原田耕司, 池田 攻	4. 巻 39
2. 論文標題 フライアッシュ系ジオポリマーの部分吸水による表層劣化に関する基礎実験	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 2047, 2052
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 Kazuo ICHIMIYA, Koji HARADA, Ko IKEDA	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Property Change of Fly-ash Based Geopolymers Added with Blast Furnace Slag under High Temperature	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of The Third International Conference on Chemically Activated Materials(CAM2017)	6. 最初と最後の頁 CD
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15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 一宮一夫, 原田耕司, 津郷 俊二, 池田 攻
2. 発表標題 別府明礬温泉におけるジオポリマー製歩車道境界ブロックの表層劣化対策
3. 学会等名 土木学会平成30年度全国大会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 一宮一夫, 藤原怜司, 原田耕司, 津郷 俊二
2. 発表標題 ジオポリマーの白華ならびにスケーリングと試験環境の関係
3. 学会等名 平成30年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原怜司, 一宮一夫, 佐藤光亮, 原田耕司
2. 発表標題 フライアッシュと高炉スラグ微粉末を併用するジオポリマーの吸水膨張特性
3. 学会等名 平成30年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ポンマハーサイパラミ, 伊藤彰利, 前川明弘, 畑中重光
2. 発表標題 シリカフュームを添加したジオポリマーペーストに関する基礎的研究(その1 実験概要およびフレッシュ性状について)
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤彰利, ポンマハーサイパラミ, 前川明弘, 畑中重光
2. 発表標題 シリカフュームを添加したジオポリマーペーストに関する基礎的研究(その2 圧縮強度への影響)
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ボンマハーサイパラミ, 伊藤彰利, 畑中重光
2. 発表標題 高炉スラグ微粉末の置換率がジオポリマーペーストのヤング係数に及ぼす影響に関する基礎的実験
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会Vol.57
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤彰利, ボンマハーサイパラミ, 畑中重光
2. 発表標題 シリカフュームを添加したジオポリマーペーストのフロー値・圧縮強度に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会Vol.57
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一宮一夫, 原田耕司, 池田 攻
2. 発表標題 部分吸水に伴うジオポリマーの表層劣化メカニズムと表面含浸材の効果
3. 学会等名 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 一宮一夫, 秋永史也, 本田信也, 原田耕司
2. 発表標題 棒状ペースト供試体によるジオポリマーの高温時の強度推定
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤英徳，一宮一夫，藤原怜司，原田耕司，津郷俊二
2. 発表標題 ジオポリマーの部分吸水に伴う表層劣化に関する円柱供試体を用いた促進実験
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋永史也，一宮一夫，本田信也，原田耕司
2. 発表標題 溶液のアルカリ水比を変化させたフライアッシュ系ジオポリマーの高温抵抗性
3. 学会等名 平成29年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤彰利，ポンマハーサイパラミ，畑中重光
2. 発表標題 傾斜せん断試験によるジオポリマーモルタルとコンクリートの付着特性に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 ポンマハーサイパラミ，伊藤彰利，畑中重光
2. 発表標題 ジオポリマーモルタルを用いて断面修復したRC曲げ部材の力学的挙動に関する実験的研究
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 発表者名新大軌, 大橋直人, 井町翔太郎, 尾添大輝, 景山そら, 竹田朝陽, 舟木 芳, 中村丞吾
2. 発表標題 建設材料としてのジオポリマーの反応機構と耐久性に関する研究
3. 学会等名 日本セラミック協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村丞吾, 宇城将貴, 島崎大樹, 森泰一郎, 新大軌
2. 発表標題 膨張材を混和したジオポリマーの水和反応
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018 年年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	畑中 重光 (hatanaka shigenitsu) (00183088)	三重大学・工学研究科・教授 (14101)	
研究 分担者	新 大軌 (atarashi daiki) (70431393)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授 (15201)	