

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02233

研究課題名(和文) 真の粘り強さを付与する地盤改良技術の開発研究

研究課題名(英文) Development of self-repairing ground improvement technology

研究代表者

笠間 清伸 (KASAMA, KIYONOBU)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：10315111

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、固化材の自己硬化性による強度回復特性を実務レベルにまで加速して、一旦せん断破壊を受けた地盤が、せん断面を自ら治癒・修復し、3日以内に90%以上のせん断強度まで自己回復する地盤改良技術の開発を行った。具体的な成果は、以下のとおりである。

1)強度回復は、通常養生による強度増加とは関係がなく、初期せん断終了時の強度によって決まる。また、スラグ混合率が小さいほど、強度欠損率が小さく、強度回復率が大きい。2)エトリンガイトおよびアルミン酸カルシウム水和物が強度回復の要因である。3)本技術での改良を模擬した実地盤でも、繰返し荷重で極限支持力の低下は見られず、極限支持力が1～1.59倍増加した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動による局所的なゲリラ豪雨や地殻変動の活発化による巨大地震動に対して、死者ゼロを目指した地盤防災技術が希求されている。本研究では、建設副産物の自己硬化性や微生物による強度回復を実務レベルにまで加速化して、ゲリラ豪雨や大地震などにより一度せん断破壊を受けた地盤が、せん断面を自ら治癒・修復し、3日以内に90%以上のせん断剛性・強度まで自己回復する地盤改良技術を開発した。本技術の開発により、地盤材料は真の粘り強さ自己治癒・修復・回復性を有するため、追加対策が一切不要となり、老朽化するインフラ更新問題から解放され、国土強靱化に向けたメンテナンスフリーな恒久的地盤補強・改良が可能になる。

研究成果の概要(英文)：In order to develop a self-healing ground improvement technology, the recovery characteristics of the shear strength for cement-treated clay was clarified by means of a series of box shear tests and powder X-ray diffraction analysis. The main conclusions are as follows: 1) The shear strength recovery depends on the soil type of base material, GGBS content and the vertical pressure for box shear test. 2) The shear strength recovery of self-healing cement-treated clay is considered to be due to the increase of Ettringite and Calcium Aluminate Hydrate by the hydration of Unhydrate cement on the shear surface. 3) The bearing capacity increases 1.59 times with proposed ground improvement methodology.

研究分野：地盤工学

キーワード：地盤改良 自己回復 セメント改良

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本を含めた東アジア地域は、地球温暖化など地球規模で起こる気象変動に起因したスーパー台風や局所的ゲリラ豪雨および地殻変動の活発化による想定外の規模や地域で起こる巨大地震などの影響により、広域かつ同時多発的に発生する斜面崩壊および地盤の深層崩壊などの地盤災害による被害が増加している状況にある。平成30年においては、7月の大阪府北部地震と西日本豪雨、8月の台風21号による梅雨前線豪雨、9月の北海道胆振地震および10月の台風24号に起因して、広域斜面崩壊や土石流および液状化などの土砂災害（かけ崩れ1291か所、土石流667か所、地すべり56か所）、河川堤防の浸透・越流破壊による洪水災害（国管理河川で30水系80河川486か所）が発生し、死者281名の人的被害および莫大な経済損失が発生した。このように複数の自然災害リスクが共存するような状況において、豪雨や地震といった一つの事象のみを取り上げてリスク評価をすることは時代遅れであり、これら複数の自然現象が連続して発生し、被害が急激に拡大するような複合災害および連鎖災害のリスクを考慮した国土強靱化インフラ対策が不可欠である。

2. 研究の目的

そこで本研究では、建設副産物の自己硬化性や微生物による強度回復特性を実務レベルに加速化して、ゲリラ豪雨や大地震などにより一度せん断破壊を受けた地盤が、自らせん断面を「治癒・修復」し、3日以内に90%以上のせん断剛性・強度まで自己回復する地盤改良技術の開発を目指す。本技術の開発により、地盤材料は真の粘り強さ「自己治癒・修復・回復性」を有するため、グラウンドアンカーや部分固化改良などの追加対策が一切不要となり、老朽化するインフラ更新問題から解放され、国土強靱化に向けたメンテナンスフリーな恒久的な地盤補強・改良が可能になる。

3. 研究の方法

本研究の「自己治癒・修復・回復性」を有する地盤改良技術を実用化するために、今後に示す3つのフェーズにより、研究を実施する。

- ① 自己治癒・修復が発現する配合・環境条件の解明と長期的な自己回復性の継続性評価
- ② 遠心模型実験による実地盤・実スケールでの改良効果の確認
- ③ 自己修復地盤のモデル化と最適形状の改良形状の提案

研究の第1フェーズは、一軸圧縮試験や三軸圧縮試験など要素試験を中心とした実験的研究を実施し、自己治癒・修復性が最大限に発揮される地盤改良材の種類と配合条件を明らかにする。第2フェーズでは、遠心載荷試験装置を用いて実地盤・実スケールを想定した提案技術の改良効果の検証を行う。第3フェーズでは、本格的な実用化を想定した最適な地盤の改良形状の提案を目的とした、実地盤を想定した数値解析による再現解析などを行う。

4. 研究成果

- ① 自己治癒・修復が発現する配合・環境条件の解明と長期的な自己回復性の継続性評価¹⁾

初期せん断と強度回復の関係を調べるため、以下の4つの強度回復指標を用いて強度回復特性を分析した。

A: 強度伸び率（初期せん断を与えない通常の養生で、7日目から28日目せん断強度の増加量を表す指標である。この指標が大きいほど、7日目から28日目までの強度増進が大きいことを示す。）

B: 強度低下率（初期せん断のピーク状態を基準に、残留状態に移行するまでの程度せん断応力の低下が生じたかを表す指標である。この指標が大きいほど、ピーク後の強度低下が大きく、脆性的な破壊が進行していることを示す。）

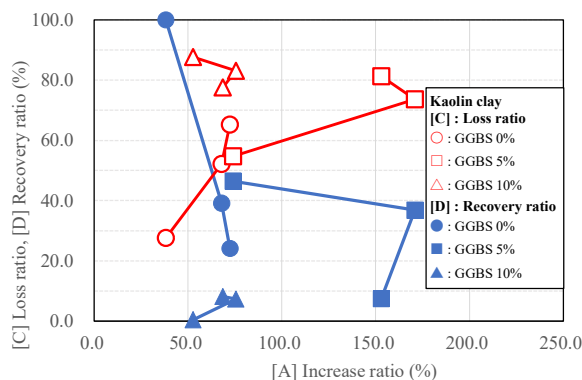
C: 強度欠損率（初期せん断を与えない28日強度を基準に、初期せん断を与えた場合の28日強度の低下量を表す指標である。この指標が100%に近いほど、初期せん断を与えた場合の28日強度が、初期せん断を与えない場合の28日強度ほどに回復していないことを示す。）

D: 強度回復率（再養生期間中の強度増加分を分子、初期せん断時のピーク強度と残留強度の差を分母とし、強度回復率とした。この指標が大きいほど、初期せん断時のせん断量に対するその後の強度回復具合が大きいことを表している。）

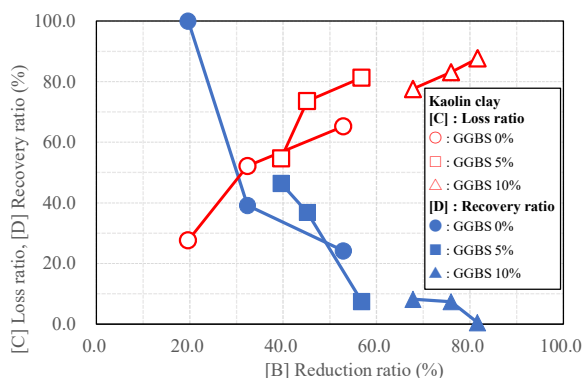
表-1に各指標の計算結果を示した。これより、川崎粘土で最大340.8%となった強度回復率は、同条件のカオリン粘土では39.2%となることから、カオリン粘土の方が全体的に小さい値を取ると言える。母材の種類、せん断時の拘束圧およびスラグ混合率に値が大きく左右される結果となったが、とりわけスラグ混合率については、混合率が増加する程に欠損率が増加し回復率が低下する結果となった。これは、混合率が増加すると28日せん断ピーク強度は著しく増加する一方、2次せん断ピーク強度はほとんど変化しないためであり、以上よりスラグは初期せん断後の再養生による強度回復に寄与しないと推測される。

表-1 強度回復指標

GGBS (%)	Vertical pressure (kPa)	[A]	[B]	[C]	[D]	
		Increase ratio (%)	Reduction ratio (%)	Loss ratio (%)	Recovery ratio (%)	
Kawasaki clay	0	100	37.5	10.5	8.9	340.8
	5	100	134.4	36.7	51.8	135.7
	10	100	88.8	56.6	69.5	25.1
Kaolin clay	0	50	72.4	52.9	65.3	24.2
		100	67.9	32.3	52.2	39.2
		150	38.2	19.6	27.6	100.0
	5	50	153.0	56.8	81.3	7.4
		100	171.0	45.2	73.6	36.9
		150	74.1	39.5	54.7	46.5
	10	50	52.7	81.6	87.7	0.5
		100	75.5	76.0	83.1	7.4
		150	68.5	67.8	77.6	8.2



(a) The case of setting increase ratio to horizontal axis



(b) The case of setting reduction ratio to horizontal axis

図-1 各表土回復指標の関係

また、指標間の関係を検討するために、図-1に、セメント10%で固化処理したカオリン粘土について、横軸を強度伸び率または強度低下率、縦軸を強度欠損率および強度回復率とした関係図を示した。図-1(a)より、強度伸び率と強度欠損率、強度回復率の間には相関は見られないが、図-1(b)では、強度低下率が増加するほど、強度欠損率が増加し、強度回復率が低下する傾向にある。上記のように回復率が伸び率よりも低下率に左右されるということは、固化処理土の強度回復は、通常の養生による強度増進の程度とは関係がなく、むしろ初期せん断時のピーク強度と残留強度の差に依存して決まると考えられる。

図-2に、固化処理川崎粘土(セメント10%、スラグ混合率10%)のせん断試験直後(拘束圧100kN/m²)に行ったXRDの結果を示した。表中には、各化合物の質量比が示されている。トリンガイトとアルミン酸カルシウム水和物、はともにセメントの水和反応による生成物であり、すなわち、初期せん断を与えた以降でも、せん断面においてセメントの水和反応は継続しており、せん断強度の回復をもたらしたと考えられる。

フェーズ①で得られた成果を以下にまとめる。1)養生7日目に初期せん断を与え、21日間再養生した固化処理供試体には、再養生によって強度回復が生じた。回復指標は供試体の母材の種類、せん断時拘束圧、スラグ混合率によって異なった。2)スラグ混合率が大きいほど、強度欠損率が大きく強度回復率が小さい。これは、スラグ混合率が再養生中の強度増加にほとんど影響しないためであった。3)強度の回復は通常の養生による強度増加とは関係がなく、一方で初期せん断時のピーク強度と残留強度の差によって決まると考えられる。4)破壊規準に着目すると、初期せん断により粘着力成分が減少し、再養生することで内部摩擦角成分が増加した。5)初期せん断以降でもエトリンガイトおよびアルミン酸カルシウム水和物の増加が確認され、強度回復の原因として、初期せん断後にもセメントの水和反応が活発に行われていることが考えられる。

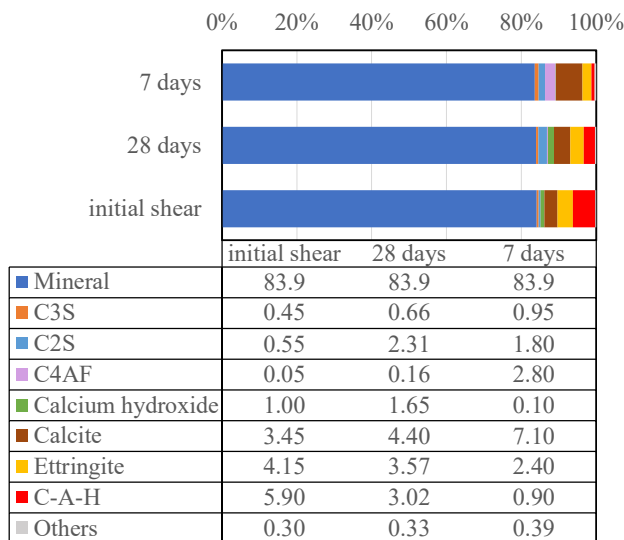
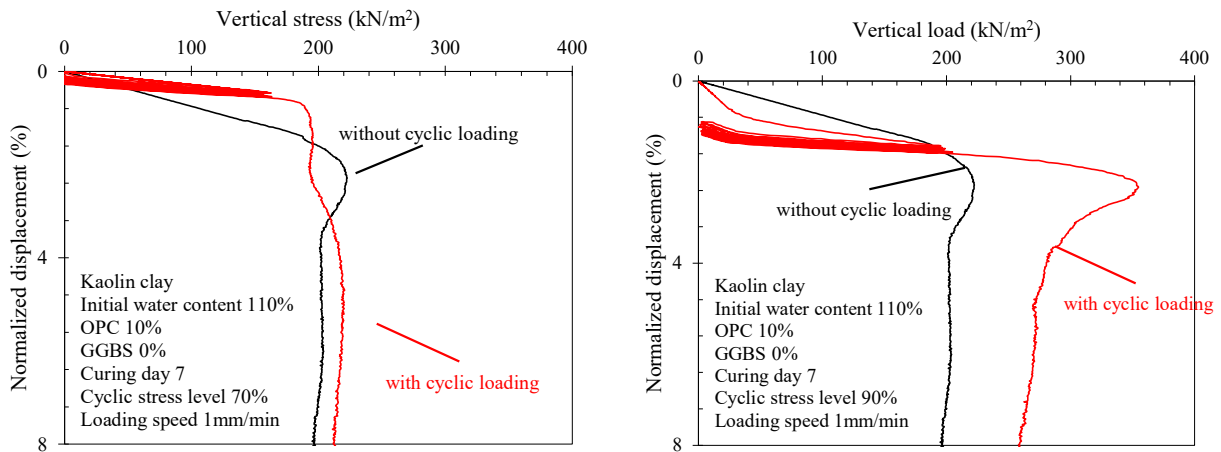


図-2 XRD分析による化合物の質量比



(a) スラグ添加率 0 %, 繰返レベル 70 % (遠心場) (b) スラグ添加率 0 %, 繰返レベル 90 % (遠心場)

図-3 遠心場における改良地盤の荷重沈下曲線

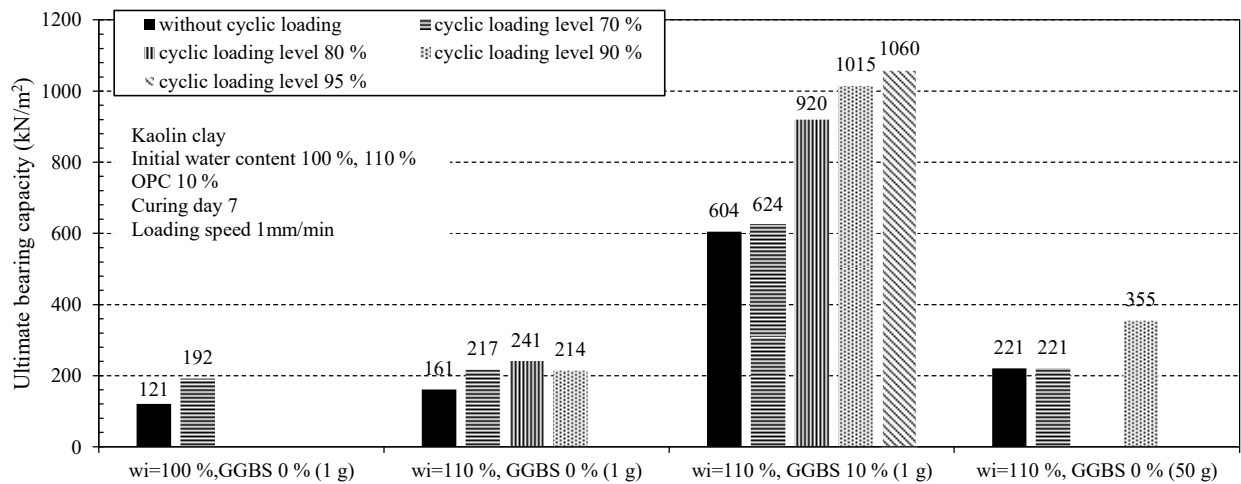


図-4 極限支持力の比較

② 遠心模型実験による実地盤・実スケールでの改良効果の確認²⁾

図-3に、カオリン粘土を母材とする、初期含水比 110 %、スラグ添加率 0 %の固化処理地盤の繰返載荷を与えたときの荷重沈下曲線を示す。また、(a)は遠心場の繰返レベル 70 %のケースを、(b)は遠心場の 90 %のケースを示している。また、どのケースにおいても参考として単純載荷のケースも合わせて示した。なお、図中の正規化沈下量とは沈下量をフーチング幅 (50 mm) で除算した値である。

重力場の結果においては、繰返載荷の有無に関わらず、荷重沈下曲線で明確なピーク強度が現れた。重力場では、ピーク強度までは荷重と沈下量の関係は直線的な関係を示し、ピーク強度後は急激に荷重が低下する傾向が見られた。これは、固化処理地盤の幅 (150 mm) に比べてフーチング幅 (50 mm) が大きいことや、また固化処理地盤左右の水圧による拘束圧が小さいため、クラックが生じた後急激に供試体の強度が低下したためと考えられる。

図-3(a)と(b)で示される遠心場の結果では、重力場で見られた極限支持力後の急激な荷重の低下は見られず、一定値に収束する傾向が見られた。これは、遠心場では水圧が重力場に比べて 50 倍大きくなり、固化処理地盤の強度との比が小さくなり、ピーク強度後にクラックが発生し固結効果が喪失しても、側圧によって強度が維持されたためだと考えられる。

図-4に、単純載荷および繰返載荷を与えたときの固化処理地盤の極限支持力の結果を示す。図中には、初期含水比 w_i とスラグ添加率を変えた供試体の重力場および遠心場の実験結果を示している。重力場の実験である w_i が 100 %の供試体では、繰返レベル 70 %を与えると、極限支持力が 1.59 倍増加した。 w_i が 110 %の供試体では、スラグ添加率 0 %では、繰返レベルによらず、いずれのケースも繰返載荷を与えることによって極限支持力が単純載荷のものよりも増加した。また、繰返レベル 80 %を与えたときに極限支持力の最大値を示し、1.49 倍増加した。 w_i が 110 %、スラグ添加率 10 %では、繰返レベルによらず極限支持力が繰返載荷を与えることにより増加した。極限支持力は繰返レベル 95 %のときに最大値を示し、1.75 倍増加した。さらに、遠心場の実験である w_i が 110 %、スラグ添加率 0 %では、極限支持力は繰返レベル 90 %のときに最大値を示

し、1.61 倍増加した。いずれのケースでも繰返载荷によって極限支持力が低下する現象は見られず、むしろ増加する傾向を示し、遠心場の実スケールを考慮した実験でも同様の傾向を示した。以上より、我々の模型実験では繰返载荷を与えることにより極限支持力が 1~1.75 倍増加しており、条件によって繰返载荷により極限支持力および一軸圧縮強さが増加することは確実であるように考えられる。

③ 自己修復地盤のモデル化と最適形状の改良形状の提案

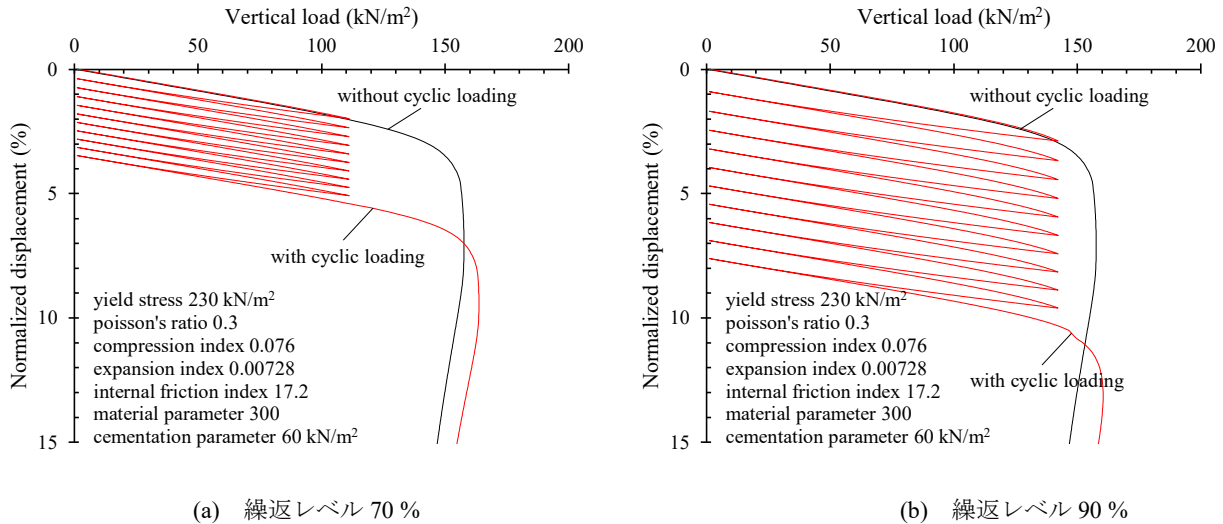


図-5 荷重沈下曲線（解析）

数値解析では、固結効果を導入した下負荷面カムクレイモデルを用いて解析を行った。下負荷面モデルでは、正規圧密土の繰返载荷に伴う土の塑性的圧縮により土が硬化（過圧密土）し、より大きな強度を示し、その後軟化挙動に転じて限界状態に至る過圧密土特有の力学挙動を再現できる。支持力試験のモデルは、解析の簡略化のため、左右対称の平面モデルを構築した。節点数は横 26 × 縦 81 の合計 2106、要素数は横 25 × 縦 80 の合計 2000 にメッシュ分割した。境界条件は、底面の鉛直方向および左端の水平方向の変位を拘束した。また、右端部分には水圧による側圧を再現し、-x 方向に一定の荷重をかけた。荷重は、モデルの上部分から左端部分から 10 個のメッシュ部分に強制変位を与えた。

図-5 に解析した荷重沈下曲線を示す。なお、参考のため単純载荷の条件で解析を行った際の荷重沈下曲線についてもそれぞれの図に合わせて示した。载荷応力および正規化沈下量は载荷直下の節点の平均値より算出したものである。

図に示す通り、単純载荷・繰返载荷に関わらず、明確なピーク強度が見られた。供試体の正規化沈下量は 6% 程度の実験値よりも大きな変位で破壊に至り、また、正規化沈下量の増加に伴い応力が急激に上昇し、破壊後は緩やかに応力が減少していった。通常、ピーク強度後はクラック等の影響により急激に応力が減少するが、本解析では固結力 p_c を解析中一定として計算を行っているため、緩やかに減少したと考えられる。

繰返レベルが増加するごとに繰返载荷における塑性ひずみの蓄積量は増加を示し、繰返レベル 90% では、繰返载荷で正規化沈下量が 8% 以上蓄積された。②の模型実験と同じく、どのケースにおいても強度低下という現象は見られなかった。

参考文献

- 1) 上田智郎, 笠間清伸: 初期せん断を受けた固化処理土の一面せん断特性, 材料, 71 巻 1 号 p.29-32, 2022.
- 2) 高山慎一郎, 笠間清伸: 繰返载荷を受けた固化処理地盤の支持力試験および数値解析に関する研究, 第 14 回環境地盤工学シンポジウム, 391-398, 2021.

表-2 材料パラメータおよび初期状態

降伏応力 p_y (kN/m ²)	230
ポアソン比 ν	0.3
圧縮指数 λ	0.076
膨張指数 κ	0.00728
内部摩擦角 ϕ (°)	17.2
発展則である材料定数 u	300
固結力 p_c (kN/m ²)	60

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 上野 和敬, 笠間 清伸, 中川 康之, 瀬賀 康浩, 南 正治, 末次 広児, 春日井 康夫, 片桐 雅明	4. 巻 Vol. 76, No. 2
2. 論文標題 浚渫土砂を用いて作製した大型高強度固化処理ブロックの長期強度特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 1630-1635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.2_1_630	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 Tao Zhang, Kiyonobu Kasama	4. 巻 Vo. 1
2. 論文標題 Unconfined compressive strength evaluation for cement-mixed soil by image analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム	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 上田智郎, 笠間清伸	4. 巻 Vo. 1
2. 論文標題 初期せん断を受けた固化処理土の一面せん断特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム	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 高山慎一郎, 笠間清伸	4. 巻 Vo. 1
2. 論文標題 繰返荷重を与えた固化処理地盤の一軸及び支持力実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム	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 上野和敬, 笠間清伸, 中川康之, 古川全太郎, 善功企, 春日井康夫, 片桐雅明, 瀬賀康浩, 南正治, 末次広児, 高嶋紀子	4. 巻 Vo. 1
2. 論文標題 浚渫土砂を用いた高圧脱水固化処理土の水セメント重量比と一軸圧縮強度特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第14回地盤改良シンポジウム	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 Kasama Kiyonobu, Whittle Andrew J., Kitazume Masaki	4. 巻 59
2. 論文標題 Effect of spatial variability of block-type cement-treated ground on the bearing capacity of foundation under inclined load	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 2125 ~ 2143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2019.11.007	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 該当する

1. 著者名 高山 慎一郎, 笠間 清伸, 北詰 昌樹	4. 巻 1
2. 論文標題 養生中に繰返し荷重を受けた固化処理土の一軸圧縮強度特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第13回環境地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 USBに保存
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 上野 和敬, 笠間 清伸, 中川 康之, 根木 貴史, 南 正治, 善 功企, 春日井 康夫, 片桐 雅明	4. 巻 1
2. 論文標題 水和反応率に着目した高圧脱水固化処理土の一軸圧縮強度特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第13回環境地盤工学シンポジウム発表論文集	6. 最初と最後の頁 USBに保存
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 上野 和敬, 笠間 清伸, 中川 康之, 根木 貴史, 南 正治, 善 功企, 春日井 康夫, 片桐 雅明	4. 巻 75
2. 論文標題 高圧脱水固化処理装置で作製した浚渫土砂ブロックの長期強度	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 I_845 ~ I_850
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.I_845	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 Kazutaka Ueno, Kiyonobu Kasama, Zentaro Furukawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Strength and cement hydration properties of cement-treated soil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development (GEOTEC HANOI 2019)	6. 最初と最後の頁 USBに保存
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-2184-3_75	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 Shinichiro Takayama, Kiyonobu Kasama, Masaki Kitazume	4. 巻 1
2. 論文標題 Unconfined compressive strength properties of cement treated soil subjected to cyclic loading during curing period	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development (GEOTEC HANOI 2019)	6. 最初と最後の頁 USBに保存
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-2184-3_76	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 Tao Zhang, Kiyonobu Kasama.,	4. 巻 1
2. 論文標題 Unconfined compressive strength evaluation for cement-mixed soil by CT image analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第14回環境地盤工学シンポジウム	6. 最初と最後の頁 399-402
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 高山慎一郎, 笠間清伸	4. 巻 1
2. 論文標題 繰返載荷を受けた固化処理地盤の支持力試験および数値解析に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第14回環境地盤工学シンポジウム	6. 最初と最後の頁 391-398
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 上野 和敬, 杉村 佳寿, 笠間 清伸, 春日井 康夫, 片桐 雅明, 瀬賀 康浩, 西野 智之, 高嶋 紀子	4. 巻 Vol. 77, No. 2
2. 論文標題 浚渫土砂を用いた中型高压脱水固化処理ブロックの圧密特性と強度推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 pp. 1487-1492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_1_487	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 高田 義人, 杉村 佳寿, 笠間 清伸, 春日井 康夫, 片桐 雅明, 瀬賀 康浩, 西野 智之, 高嶋 紀子	4. 巻 Vol. 77, No. 2
2. 論文標題 X線回折法を活用した浚渫土砂ブロックの強度分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 pp. 1493-1497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_1_493	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 Tomoro Ueda, Kiyonobu Kasama and Masaki Kitazume	4. 巻 1
2. 論文標題 THE RECOVERY CHARACTERISTICS OF SHEAR STRENGTH OF CEMENT-STABILIZED CLAY	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 proceedings of Geomate 2021	6. 最初と最後の頁 40-45
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 上田 智郎, 笠間 清伸	4. 巻 71 巻 1 号
2. 論文標題 初期せん断を受けた固化処理土の一面せん断特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 p. 29-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.71.29	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 Kiyonobu Kasama & Tomoro Ueda	4. 巻 1
2. 論文標題 Mechanical and chemical properties for self-healing cement-treated clay	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2022	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 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21件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 張 涛
2. 発表標題 材料不均一性を有する固化処理土の強度特性
3. 学会等名 令和2年土木学会全国大会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 慎一郎
2. 発表標題 繰返応力を受ける固化処理地盤の支持力実験
3. 学会等名 令和2年土木学会全国大会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 智郎
2. 発表標題 初期せん断を受けた固化処理粘土の一面せん断特性
3. 学会等名 令和2年土木学会全国大会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 和敬
2. 発表標題 高压脱水固化処理土の養生に伴う水セメント重量比変化と一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 令和2年土木学会全国大会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 和敬
2. 発表標題 固化処理土ブロックの弾性波速度と一軸圧縮強さの関係
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 智郎
2. 発表標題 初期せん断を受けた固化処理カオリン粘土の一面せん断特性
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 慎一郎
2. 発表標題 養生中の繰返応力を変化させた固化処理土の一軸圧縮強さ
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 張 涛
2. 発表標題 画像解析による固化処理土の水セメント比測定
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 慎一郎
2. 発表標題 養生中に繰返し載荷を受けた固化処理土の一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 第13回環境地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野 和敬
2. 発表標題 水和反応率に着目した高圧脱水固化処理土の一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 第13回環境地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野 和敬
2. 発表標題 高压脱水固化処理装置で作製した浚渫土砂ブロックの長期強度
3. 学会等名 第44回海洋開発シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazutaka Ueno
2. 発表標題 Strength and cement hydration properties of cement-treated soil
3. 学会等名 International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development (GEOTECH HANOI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinichiro Takayama
2. 発表標題 Unconfined compressive strength properties of cement treated soil subjected to cyclic loading during curing period
3. 学会等名 International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development (GEOTECH HANOI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山 慎一郎
2. 発表標題 養生初期に繰返載荷を受けた固化処理土の強度特性
3. 学会等名 令和元年土木学会全国大会 第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野 和敬
2. 発表標題 弾性波速度に着目した固化処理土の一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 令和元年土木学会全国大会 第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野和敬
2. 発表標題 作製・養生温度に着目した高圧脱水固化処理土の一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 第 54 回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山慎一朗
2. 発表標題 繰返し載荷を受けた固化処理土の一軸圧縮強度特性
3. 学会等名 第 54 回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazutaka Ueno, Yasuyuki Nakagawa, Kiyonobu Kasama, Takashi Negi, Masaharu Minami, Kouki Zen, Yasuo Kasugai, Masaaki Katagiri
2. 発表標題 Long-Term Strength Property of Soil Block Produced by Cement Mixing and Mechanical Dehydration
3. 学会等名 DFI Deep Mixing Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiyonobu KASAMA, Masaki Kitazume
2. 発表標題 Reliability Assessment for the Bearing Capacity of Block-Type Cement-Treated Ground
3. 学会等名 DFI Deep Mixing Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoro Ueda, Kiyonobu Kasama and Masaki Kitazume
2. 発表標題 THE RECOVERY CHARACTERISTICS OF SHEAR STRENGTH OF CEMENT-STABILIZED CLAY
3. 学会等名 Geomate 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiyonobu KASAMA
2. 発表標題 Mechanical and chemical properties for self-healing cement-treated clay
3. 学会等名 International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022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	畠 俊郎 (HATA TOSHIRO) (30435424)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授 (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	高橋 章浩 (TAKAHASHI AKIHIRO) (40293047)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	
研究分担者	北詰 昌樹 (KITAZUME MASAKI) (70359230)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授 (12608)	
研究分担者	古川 全太郎 (FURUKAWA ZENTARO) (70735985)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	
研究分担者	堀越 一輝 (HORIKOSHI KAZUKI) (90771965)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	

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			
米国	MIT			