

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02240

研究課題名(和文) 宅地にも適用可能な液状化対策としての混合微粒子注入工法の確立

研究課題名(英文) Development of mixed fine particles injection method as a liquefaction countermeasure

研究代表者

末政 直晃 (SUEMASA, NAOAKI)

東京都市大学・建築都市デザイン学部・教授

研究者番号：80206383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、微粒子注入工法の開発である。これは液状化が懸念される砂地盤に、微小な粒径の複数の固体を水で地盤に注入するものである。注入後、これらの材料が反応して周辺の砂粒子とともに固化する。低コストで微粒子化可能な材料の中から、固化後に高強度が期待される組合せを抽出した。その結果、高炉スラッグと半水石膏、酸化マグネシウムの微粒子組合せは幅広い配合比で十分な圧縮強度を満たした。地盤注入では、微粒子濃度が高くなるほど、目詰まりしやすく、水粉体比(重量)6～10%程度の溶液を高い流速で注入する必要がある。2次元模型土層による微粒子浸透実験では、混合微粒子が目標通りに注入され、数週間程度で固化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既設構造物に対する既存の液状化対策は高額で、狭隘地での施工が難しいという欠点があった。そこで、安価な材料の中から施工性が良い微粒子粉体による浸透注入型の液状化対策工法を開発した。地盤に対してスラリーを攪拌混合するものや液体を浸透注入させる工法は多くあるが、固体を浸透注入させる方法は極めて斬新である。材料の垂れ下がりが少ないことから施工は容易であり、改良強度も非常に高い。今後、地域地盤の性質に応じて微粒子の組合せを変更することにより、材料費がより廉価になる可能性もある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a fine particle injection method to inject multiple solids with a small particle size into the ground with water in the sand ground where liquefaction is a concern. After injection, these materials react and solidify with the surrounding sand particles.

From the materials that can be made into fine particles at low cost, combinations that are expected to have high strength after solidification were extracted. As a result, the combination of blast furnace slag, hemihydrate gypsum, and magnesium oxide fine particles satisfied sufficient compressive strength. In the ground injection, the higher the concentration of fine particles, the easier it is to clog, and it is necessary to inject a solution with a water powder ratio (weight) of about 6 to 10% at a high flow velocity. In the fine particle infiltration experiment using the two-dimensional model soil layer, the mixed fine particles were injected as a plan and solidified in a few weeks.

研究分野：地盤工学

キーワード：地盤改良工法 液状化対策 微粒子 浸透注入 固化

1. 研究開始当初の背景

東北地方太平洋沖地震では、茨城県東部や東京湾沿岸地域を中心に 42km² に及ぶ広大な面積で液状化が発生し、約 2 万世帯の家屋に沈下障害などの多大な被害をもたらした。また、2016 年熊本地震では旧河道に堆積した火山灰質土において、2018 年北海道胆振東部地震では火山灰質土の谷埋め盛土において液状化性の滑動崩落が生じ、共に宅地・家屋に多大な被害が発生した。巨大地震が発生するたびにこのような液状化被害が発生する理由には、“宅地向けの液状化対策が高価であること”が一つの要因として挙げられている。地盤工学会関東支部が調べた液状化対策の施工面積と単価の関係図によると、適用領域の狭い場所での施工コストが戸建て住宅向けとしては未だ高価すぎることを示されている。コスト比較のため、軟弱地盤上の木造家屋の沈下対策としてしばしば実施されているセメント系柱状改良の施工に要する費用を調べた。現況では、100m² の敷地に建つ住宅に対して 10m 深度の改良工事には 100 万円程度の費用を要する。ただし、柱状改良は更地での事前施工が前提であるため、既設住宅には適用できないこと、また住宅の沈下抑制に効果はあるものの、液状化そのものを防げないことから、本研究の目指す液状化対策とは目的が異なっている。また、液状化の被災後に傾いた住宅の傾斜・沈下を補修する、いわゆる沈下修正工法も種々普及している。この場合、100m² 程度の敷地上の住宅に対しては 300 ~ 500 万円程度の費用が必要である。ただし、本工法でも再液状化を防げないことや被災時には混雑もあって半年 ~ 1 年程度の期間を要する欠点がある。これらのことを勘案すると、既設住宅が建つ 100m² の敷地に対して 300 ~ 500 万円程度の費用で液状化対策が実施できれば、将来の液状化被害を軽減できるメニューの一つとして利用されるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、このコストを一つの目標として定めて、微粒子注入による廉価な液状化対策工法を開発することを目的とする。

微粒子注入工法は、液状化の可能性がある地層に対して、予め削孔した注入孔に埋設した注入管を介して微粒子を含んだ水を注入し、地盤内の土粒子間の空隙にその微粒子を注入・残置するものである。微粒子が土粒子に付着することにより、その土の液状化強度を増加させる効果を有する。また、土粒子空隙に固体である微粒子が残置されると、その土の密度が増加し、液状化の発生を抑制するとともに、たとえ液状化してもその後の圧縮沈下を低減させる効果も期待できる。浸透注入工法に用いられる薬液は土中ゲルタイムの管理が難しく、注入不良や垂れ下がり現象が生じやすい。その点、固体の浸透注入では、固体の溶解、反応、固化が浸透注入終了後から開始されるため、施工が比較的容易であると考えられる。

このような微粒子注入工法を実用化させるためには、(1)粉体の微粒子化技術、(2)微粒子材料の選定とその効果確認、(3)浸透可能な微粒子径と浸透範囲の設定、(4)廉価な注入技術の開発からなる 4 つの要素技術を確認させる必要があり、それが本研究の目的となっている。

3. 研究の方法

研究目標を達成するために必要な各要素技術の研究の方法を次に記す。

(1) 粉体の微粒子化技術

これは液状化抑止のために必要な材料を粉砕し、その粒子径を小さくする技術を指す。近年、この種の技術は創薬や IT 材料の製造向けに飛躍的に進歩したと言われている。通常、粉砕したい材料の準備状態から乾式と湿式に分けられている。乾式では、セメントを物理的に破砕し、空気流で分級する方式で平均粒径 5 μm の極超微粒子セメントが製造販売されている例がある。ただし、乾式は製造時に粉砕・分級の二工程を要することから工場生産に適しており、微粒子の取得率が極めて小さいことから現状ではかなり高価である。コスト削減の観点から、本研究では現場製造が可能と言われる湿式方式を採用し、微粒子の現場製造・現場注入を目指す。

これまでの研究では、研究協力者(永尾浩一・佐藤工業技術研究所)の協力を得て、粉体を含む水の噴流を互いに衝突させ微細化する湿式方法を用いて、その微細化効果を検討してきた。本研究で使用予定の溶融シリカについてその微細化効果を調べたところ、平均粒径 200 μm の粉体が 5 μm まで粉砕できることを確かめている。ただし、得られる粒径は、粉体の材料特性や粉体濃度、粉砕回数等に影響を受けることも明らかとなっている。そこで本研究では、本要素技術がコスト削減の鍵になると考えられるので、本申請ではラボ用小型粉砕機を購入し、各種材料の粉砕実験を繰り返し、粉体材料ごとに粉砕効率の高い条件を模索した。

(2) 対象地盤に適した微粒子材料の選定とその効果確認

本技術は、対象とする地盤の特性に応じて、いくつかの材料候補の中から最も適した微粒子と配合を選定できることを目的とするものであり、材料や濃度の違いが改良効果に与える影響についてデータを蓄積するものである。注目した固化反応は、ジオポリマーとドロマイトである。

ジオポリマーとは、セメントの代わりに水とアルカリシリカ溶液(活性シリカとアルカリ源)、活性フィラー(アルカリに活性のある成分を含む非晶質粉体)を用いるものである。活性フィラーから溶出した金属イオンがアルカリシリカ溶液と接すると、珪酸錯体を架橋しポリマー化するため、固化すると言われている。次にドロマイトは、石灰石(CaCO₃)とマグネサイト(MgCO₃)

の中間の自然鉱石で、石灰石に含まれるカルシウムの一部が海水中でマグネシウムに置き換わった生成物 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) である。中でもドロマイトを用いたドロマイトプラスターは、白色かつ強度発現は遅いものの耐久性に優れていることから壁や床の仕上げ材である左官材料として用いられてきた。主成分は水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、水酸化マグネシウム ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) であり、他に炭酸カルシウム (CaCO_3) や若干の酸化マグネシウム (MgO) が含まれている。

そこで本研究では、土試料に対して、高炉スラグ (BS)、酸化マグネシウム (MgO)、半水石膏 (CaSO_4) などからなる種々の微粒子を組み合わせ、それぞれの配合比率の違いによる固化の可否や強度を調べることで、最適な材料・配合決定方法を模索する。

(3) 対象地盤に浸透可能な微粒子径と浸透範囲の設定

対象地盤に微粒子を浸透させるのに必要な微粒子径を算定して、微粒子の浸透範囲や時間を決定するための方法を確立する。

一次元浸透における注入可否の判定式はすでに確立しているが、微粒子の2次元あるいは3次元注入に対する検証は未だ実施されていない。そこで本研究では大型平面土層に微粒子を注入固化させる実験を実施し、注入可否を調べるとともに、垂れ下がりの有無や浸透形状、固化時間について調べる。

(4) 廉価な注入技術の開発

薬液注入工法やマイクロバブル注入工法の注入工程では、ロータリーパーカッションドリルを用いて削孔し、そこに注入用塩ビ管を立て込む方法が一般的である。削孔時に泥水を用いるため孔付近が泥で汚れることがあり、さらに使用重機は大型である。このため、宅地に本技術をそのまま適用するのは難しい。そこで本研究では軽量でクリーンな注入技術を開発する。

研究代表者らは過去に自立削孔技術を提案した。これは、地盤調査のスウェーデン式サウンディングに用いられている小型の自動貫入機械を用いて削孔するものである。削孔と同時に、中空ロッドを介してロッド先端部から固化液を周囲に注入し、その固化により孔の自立性を高める点がポイントである。高さ 80 cm の小型模型地盤に対する実験では固化液により孔周辺地盤が硬化することを確認している。ただし、固化液の減量化や固化時間の設定、ロッド先端部の形状等に関して課題は残っている。本研究では、自立削孔技術の確立を目的に、模型実験にてロッド先端部形状を確定した後、いくつかの現場実証実験を通して技術を確立する。



写真 - 1 スターバースト

4. 研究成果

上記の 4 つの課題に対して、それぞれ以下のような成果が得られた。

(1) 粉体の微粒子化技術

本研究では、写真 - 1 に示される湿式粉砕機 (スギノマシン社製スターバースト) を用いて、材料の微細化に取り組んだ。これは、水と混合された粉体を特殊ノズルで 2 方向から高圧噴射し、互いに衝突させることで、微細化するものである。溶融シリカならびに高炉スラグの試験結果を図 - 1, 2 に示す。溶融シリカでは、 $10\mu\text{m}$ の平均粒径を有する粉体を 5 回の微細化によって $1\mu\text{m}$ 以下にまで微粒化できることが示されている。一方、高炉スラグは母体の強度が高いため、平均粒径が半分程度になる程度でとどまっている。そこで乾式粉砕機 (スギノマシン社製ドライバースト) を用いて、微細化を試みた。これは、高速回転する 2 枚のインペラによる気流によって粒子同士を衝突・粉砕するものである。結果として、乾式粉砕機によっても高炉スラグの微細化は難しいことが分かった。以上より、母材の特性に応じて、粉砕の可否は異なるが、可能である場合には $1/10$ 以下もので微細化が可能であることが確かめられた。

(2) 対象地盤に適した微粒子材料の選定とその効果確認

まず、微粒子材料の組合せとその配合比を考慮すると、かなり多数の組合せ数となることから、事前の固化実験結果を踏まえて、表-1 に示す配合表に基づ

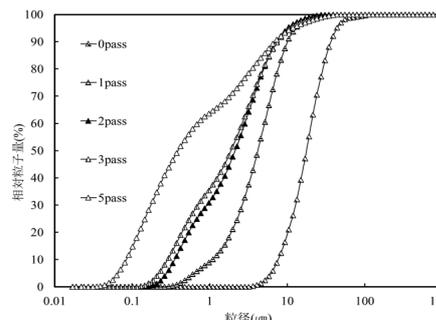


図 - 1 溶融シリカの粉砕

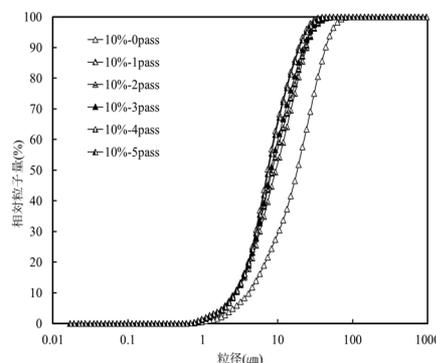


図 - 2 高炉スラグの粉砕結果

いて、混合法による供試体を作製した。試料土には乾燥した珪砂6号を用いて、これに微粒子(水:粉体の重量比が9:1)を混合攪拌し、5cm高さ10cmのモールド内で固化させた。各配合については7日養生までの固化確認実験を行い、固化が認められた配合についてはさらに90日養生までの強度確認を行った。固化の可否については、表-1の通りである。固化が認められた配合の供試体の一軸圧縮強度を図-3に示す。これより、石膏と高炉スラグ、酸化マグネシウムの混合試料は他に比べて高い圧縮強度を呈することが示されている。

圧縮試験後の供試体の様子を写真-2に示す。これより、Case1-9供試体は注入材が各層で固化してしまい供試体全体が改良されず自立しなかった。Case3-1供試体は全体が青色に変化した一方、Case3-5供試体には発色が確認されなかった。青色変化するのはBSによる影響が考えられる。

最も高い強度を呈したCaSO₄:BS:MgO=1:9:1の配合について、長さ10cmの砂供試体に対して次元浸透による微粒子注入を行った。その際、水粉体比(P/W)を3,6,10,15%と4通りに変化させた。注入圧力および供試体重量の経時変化を図-4,5に示す。これより、P/Wが10%以上では浸透が不能となるか、或いは注入圧が極めて高くなった。P/Wが6%以下であると、この浸透距離では目詰まりは生じず、P/Wの増加に伴って注入圧が高くなった。図-6に示すように、圧縮強度はP/W=6%で最大となり、注入された微粒子量が多いP/W=10%よりも高くなった。これより、高い改良強度を得るためには適切なP/Wの設定が重要であると言える。

表 - 1 微粒子配合組合せ

Case	基本配合比	P/W								P/W	
		0	1	3	7	0	1	3	7		
1-1	CaSO ₄ :BS ⁴⁶ :MgO	8.7	8.9	8.8	9.9	×	×	×	×	△	01
1-2	CaSO ₄ :BS ²⁸ :MgO	9.1	9.6	8.8	9.8	×	△	△	△	△	
1-3	CaSO ₄ :BS ³⁷ :MgO	8.9	9.6	8.7	8.7	×	△	△	△	△	
1-4	CaSO ₄ :BS ⁶⁴ :MgO	8.7	7.7	8.8	8.6	×	△	△	△	△	
1-5	CaSO ₄ :BS ⁵⁵ :MgO	8.7	9.5	9.4	9.4	×	△	○	○	○	
1-6	CaSO ₄ :BS ⁶⁴ :MgO	8.9	9.4	8.3	7.8	×	△	○	○	○	
1-7	CaSO ₄ :BS ⁷³ :MgO	8.7	9.3	6.1	6.6	△	△	○	○	○	
1-8	CaSO ₄ :BS ⁸² :MgO	8.5	9.3	8.1	7.1	△	△	○	○	○	
1-9	CaSO ₄ :BS ⁹¹ :MgO	8.4	9.3	6.3	6.8	△	△	○	○	○	
2-1	BS ⁹¹ :MgO	10.3	10.0	10.3	10.1	×	△	○	○	○	01
2-2	BS ⁹¹ :MgO(微:9:1)	10.5	11.7	12.4	12.3	×	△	○	○	○	
3-1	CaSO ₄ :BS ¹⁹ :MgO	10.5	11.5	12.2	12.0	×	△	○	○	○	01
3-2	CaSO ₄ :BS ²⁸ :MgO	10.5	11.5	11.5	12.1	×	△	○	○	○	
3-3	CaSO ₄ :BS ³⁷ :MgO	10.5	12.0	11.5	12.3	×	△	○	○	○	
3-4	CaSO ₄ :BS ⁴⁶ :MgO	10.5	12.0	11.5	12.1	×	△	○	○	○	
3-5	CaSO ₄ :BS ⁵⁵ :MgO	10.5	12.1	11.6	12.1	×	△	○	○	○	
3-6	CaSO ₄ :BS ⁶⁴ :MgO	10.7	12.0	11.6	12.4	×	△	△	△	△	
3-7	CaSO ₄ :BS ⁷³ :MgO	10.5	12.0	11.8	12.3	×	△	△	△	△	
3-8	CaSO ₄ :BS ⁸² :MgO	10.6	11.8	11.6	12.2	×	△	△	△	△	
3-9	CaSO ₄ :BS ⁹¹ :MgO	10.6	11.5	11.8	12.3	×	△	△	△	△	
3-10	CaSO ₄ :BS ¹⁹ :MgO	-	-	-	-	×	○	○	○	○	

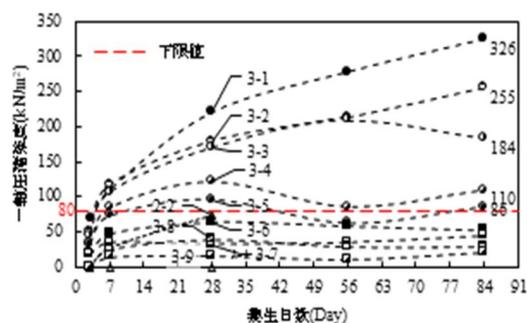


図 - 3 供試体の養生後圧縮強度



写真 - 2 供試体の様子(左:1-9,中央:3-1,右:3-5)

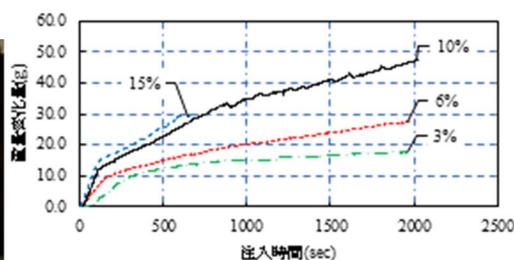


図 - 4 供試体の重量変化

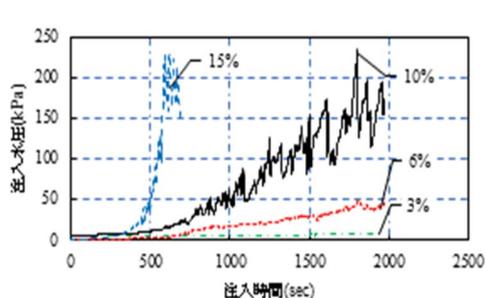


図 - 5 注入圧力の経時変化

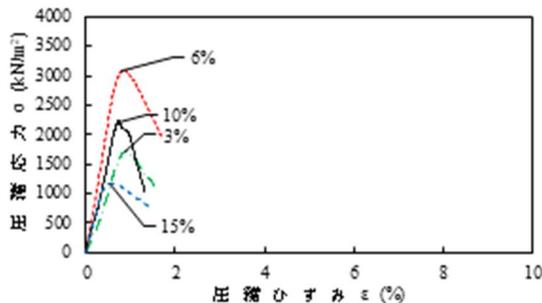


図 - 6 P/Wに関する圧縮試験結果

(3) 対象地盤に浸透可能な微粒子径と浸透範囲の設定

混合微粒子の2次元注入試験を実施した。ここでは、微粒子の注入後の形状、注入圧、注入後の微粒子の垂れ下がりの有無などが焦点である。図-7に用いた2次元土槽を示す。内寸で幅900mm、高さ800mm、奥行き50mmである。水で飽和させた相対密度60%に調整して作製した珪砂6号の地盤に対して、P/W=6%の微粒子液(CaSO₄:BS:MgO=1:9:1の配合)を100ml/minの流速で注入した。

写真-3は、7日間養生後の様子である。これより材料の垂れ下がりには起きなかったと言える。固化体が青緑色を呈しているのは、一軸供試体と同様に高炉スラグによる還元反応と考えられる。固化後に実施した針貫入実験より、固化体強度は注入孔付近で高く、遠ざかるにつれて小さくなる傾向が示された。これは、微粒子が土粒子に捕捉されて、濃縮される傾向にあり、中心部ほどこの傾向が強いため、と考えられる。中央部では1.3MPaの推定圧縮強度が発揮された。

(4) 廉価な注入技術の開発

図-8は、本研究で試みた新しい注入装置の概要図である。宅地の地盤調査に用いられるSWS試験機を用いて、簡易な注入装置を開発して、その注入性能を確かめた。

SWS試験では、通常とは異なり、新たに作製した中空ロッドと先端に穴を開けた中空スクリーポイントを用いている。ロッドの頭部にはシーベルを取り付けて、地上部から水或いは微粒子液を注入する。これが中空ロッドを介して先端から放射されることにより、微粒子注入が可能になる仕組みである。適用したポンプの仕様や先端形状等はここでは省略する。

本装置の適用性を調べるため、つくば市内の実地盤において、水を用いた注水実験を実施した。深度5m付近のシルト混じり砂層を対象層とした。実験では、地上でロッド内の摩擦損失を計測した後、各深度で注入流速を変化させて、その時の送水圧力を計測した。図-9は、流量に対する送水圧力の変化である。この有効送水圧力とは、流量ごとのロッド摩擦抵抗を差し引いた値である。これより、流量が増加するに伴い、送水圧力が線形に増加することが確認できる。ただし、深度5.8mのシルト質砂の結果では、流量が13ml/minで圧力が低下したことが分かる。これは、送水のリークが生じたためと考えられる。その点を除くと、送水圧力は流速に比例することが分かった。これより、簡易な方法であっても、地中の任意の深さにおいて微粒子液を送れる可能性があることが確かめられた。今後は、より高い送水圧を期待することから、先端スクリーポイントの形状を変えるなど、何らかの修正が必要であると考えられる。

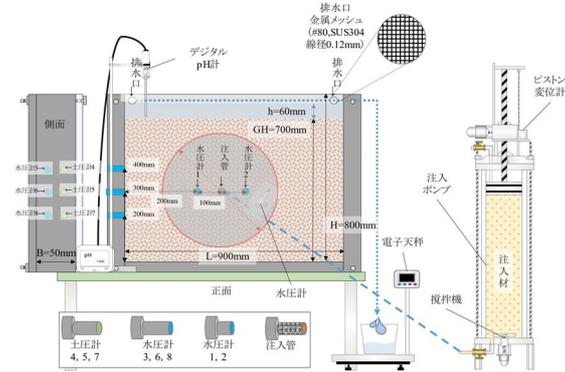


図-7 2次元模型土層

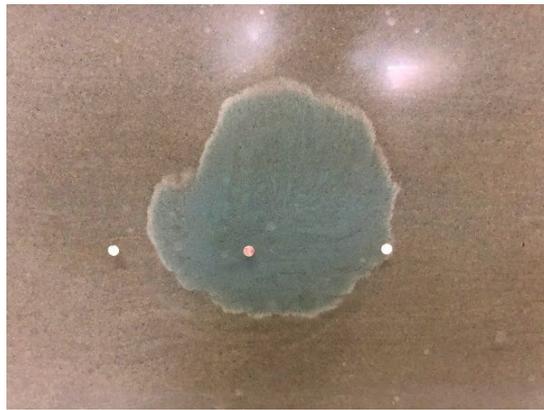


写真-3 養生7日後の様子

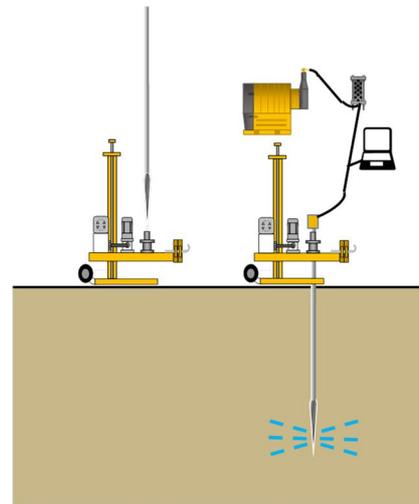


図-8 注入試験機

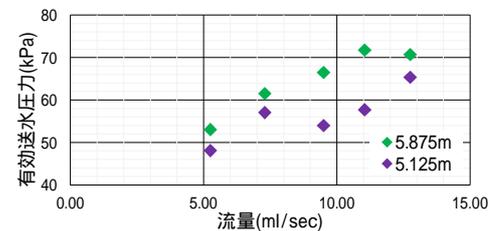


図-9 送水圧力と流量の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 田代怜, 末政直晃, 佐々木隆光, 永尾浩一
2. 発表標題 微粒子注入工法の開発に向けた注入材の検討 高炉スラグ微粉末 & 石膏 & 酸化マグネシウム
3. 学会等名 第48回土木学会関東支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤海都, 末政直晃, 佐々木隆光, 田代怜
2. 発表標題 薬液の固化メカニズムの解明
3. 学会等名 第17回GeoKanto2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田代怜, 末政直晃, 佐々木隆光, 永尾浩一
2. 発表標題 複数微粒子を用いた地盤注入工法の開発
3. 学会等名 第17回GeoKanto2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永尾浩一, 末政直晃, 馬上拓也, 田代怜, 佐々木隆光
2. 発表標題 シリカ微粒子注入工法における微粒子粉碎に関する研究
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新井浩正, 末政直晃, 田中剛, 前田佑介
2. 発表標題 回転貫入式簡易サンプラーによる試料採取
3. 学会等名 第17回GeoKanto2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kohei Tsuji, Naoaki Suemasa, Tsuyoshi Tanaka
2. 発表標題 Estimation of Liquefaction Area Using the Screw Driving Sounding Data in Kumamoto
3. 学会等名 International Symposium on Construction Resources for Environmentally Sustainable Technologies (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsuya Iwai, Naoaki Suemasa and Tsuyoshi Tanaka
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF A COMBINATION OF A ROTARY PENETRATION TYPE SAMPLER
3. 学会等名 Geomate International conference (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Tashiro, Naoaki Suemasa, Takamitsu Sasaki, Koichi Nagao
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF THE GROUND INJECTION METHOD USING GEO-POLYMER MATERIAL
3. 学会等名 Geomate International conference (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K.Uemura, R.Takatoku, K.Itoh, N.Suemasa, N.Kikkawa, N.Hiraoka, T.Sasaki
2. 発表標題 Centrifuge model tests on improved soils using Ca(OH) ₂ and SiO ₂ grout
3. 学会等名 International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上村健太郎, 高德亮太, 伊藤和也, 末政直晃, 吉川直孝, 平岡伸隆, 佐々木隆光
2. 発表標題 シリカと水酸化カルシウムを混合した改良材の改良効果に関する遠心模型実験
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 岩井勝哉, 末政直晃, 伊藤和也, 田中剛
2. 発表標題 簡易的な地盤調査の実用化に向けたサンプリング試験の実施
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上村健太郎, 末政直晃, 伊藤和也, 佐々木隆光, 永尾浩一
2. 発表標題 微粒子系注入材の目詰まりに関する検討
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡田和成、横井勉、辻浩平、前田裕介、末政直晃、田中剛
2. 発表標題 SDS試験による注入固化地盤の評価
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井勝哉、末政直晃、伊藤和也、田中剛
2. 発表標題 サウンディング試験と簡易サンプラーを併用した地盤調査の実施
3. 学会等名 Geo-Kanto2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代怜、馬上拓也、末政直晃、佐々木隆光、永尾浩一
2. 発表標題 ジオポリマーを用いた地盤注入工法の開発
3. 学会等名 Geo-Kanto2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村亮太、末政直晃、佐々木隆光
2. 発表標題 試料成分が薬液のpH変動に及ぼす影響について
3. 学会等名 Geo-Kanto2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代怜, 末政直見, 佐々木隆光, 永尾浩一
2. 発表標題 混合微粒子を用いた地盤注入工法の開発
3. 学会等名 第47回土木学会関東支部
4. 発表年 2020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	伊藤 和也 (Itoh Kazuya) (80371095)	東京都市大学・建築都市デザイン学部・教授 (32678)	
研究分担者	田中 剛 (Tanaka Tsuyoshi) (80468818)	東京都市大学・建築都市デザイン学部・その他 (32678)	

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
---------	---------