

シリカ微粒子注入工法における粒子粉碎に関する研究

佐藤工業	正会員	○永尾 浩一
東京都市大学	正会員	末政 直晃
	学生会員	馬上 拓也
	学生会員	田代 怜
強化土エンジニアリング	正会員	佐々木 隆光

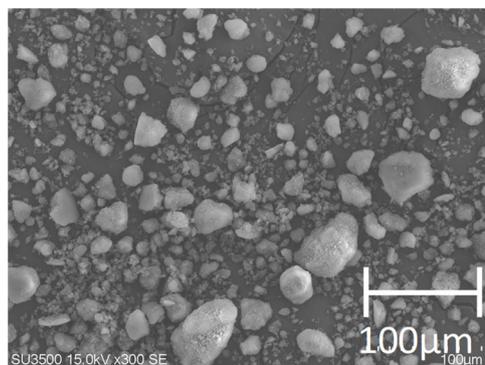
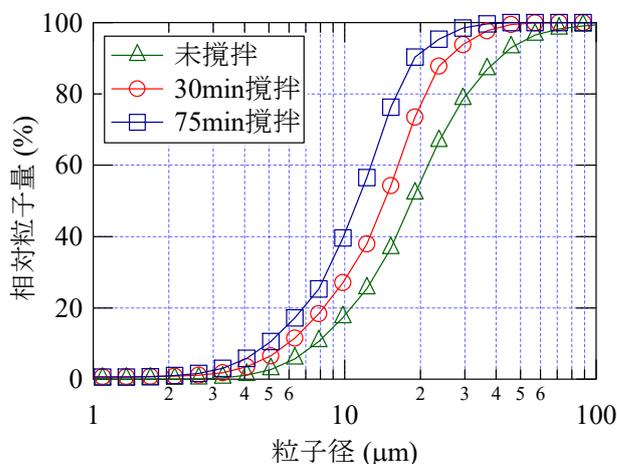
1. はじめに

著者らは、宅地のような狭隘な場所でも低コストで簡易に施工が出来る微粒子注入液状化対策の開発を行っている。セメント系に代表される懸濁型注入材料を地盤内に浸透注入し地盤改良する工法は、高強度と耐久性があるが、微粒子の粒径が対象となる地盤の間隙径に近い場合、目詰まりが発生するため、薬液注入などの溶液型注入材料と比べ浸透性が劣るとされてきた。しかし、近年では粒径が数 μm 以下の超微粒子セメントの開発に見られるように、微粒子注入工法の適用範囲が拡大している。本研究では、微粒子材料として非セメント系のシリカ SiO_2 と水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用し、地盤の密度増大と固化により強度を高めることを目的としている。本材料は、強度は低いものの、セメント系材料の六価クロムの問題が無く、液状化後の沈下を抑制出来ると考えられ、液状化対策として十分機能を果たすことが可能であると期待される。しかし、使用するシリカ微粒子（ホワイトカーボン）は、平均粒径が $20\mu\text{m}$ 程度あり、浸透性能を向上させ均質な改良を図るには、微粒子を細粒化する必要がある。そこでシリカ微粒子の高圧粉碎を行い、浸透性能の確認を行った。

2. シリカ微粒子の粉碎結果

粉碎するシリカ微粒子には、非晶質シリカ SiO_2 （ホワイトカーボン）の微粉末を用いた。SEMによる観察画像を図-1に、材料の粒径加積曲線を図-2示す。図-2には、高圧ポンプによる攪拌結果も示した。粒度測定はレーザ回折式粒度分布測定装置を用いた。材料は、粒子が凝集した比較的粒径の揃った材料であり、平均粒径 $19\mu\text{m}$ である。また、高圧ポンプ攪拌による分散で平均粒径 $9\mu\text{m}$ 程度まで低下させることが出来ている¹⁾。微粒子の粉碎には、スギノマシン製のスターバースト（湿式微粒化装置）を用いた。

装置は、最大処理量 32L/hr であり、 245MPa に加圧した原料同士を斜向衝突させ、粒子を分散、粉碎するものである。シリカ微粒子を湿式微粒化装置で粉碎回数毎に纏めた粒径加積曲線の結果を図-3に、 D_{50} の結果を表-1に示す。図より粉碎回数が多くなるほど粒子径も小さくなるのが分かる。1Pass目は、粒子が分散している程度と考えられ、2Pass, 3Passと粉碎が進むことが分かる。また、5Passでは、粒子径が $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 程度の所で粒径が揃ってきており、これ以上の粉碎は難しいと考えられる。

図-1 シリカ微粒子 SiO_2 の SEM 観察画像図-2 シリカ微粒子 SiO_2 の粒径加積曲線

キーワード：液状化対策、非晶質シリカ、ホワイトカーボン、細粒化

連絡先：〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL：046-270-3091 FAX：046-270-3093

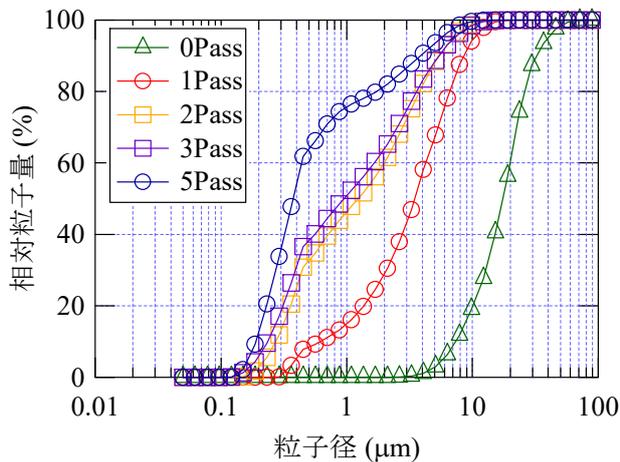


図-3 シリカ微粒子 SiO₂ 粉砕試料

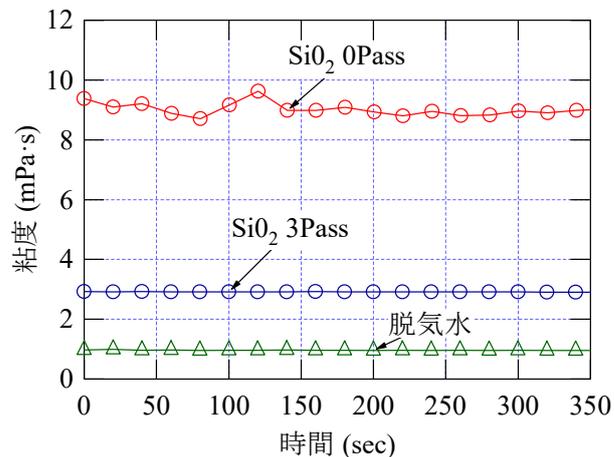


図-4 粘度計測結果

表-1 粉砕試料 D₅₀

粉砕回数	D ₅₀ (μm)
0Pass	17.57
1Pass	3.48
2Pass	1.23
3Pass	0.95
5Pass	0.38

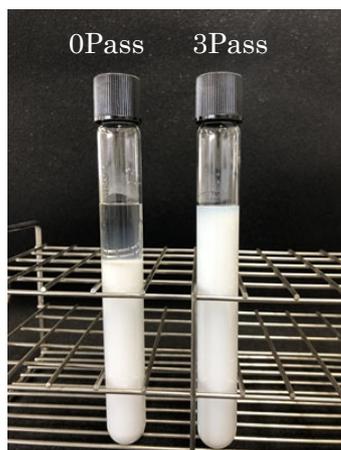


写真-1 SiO₂ 沈降状況

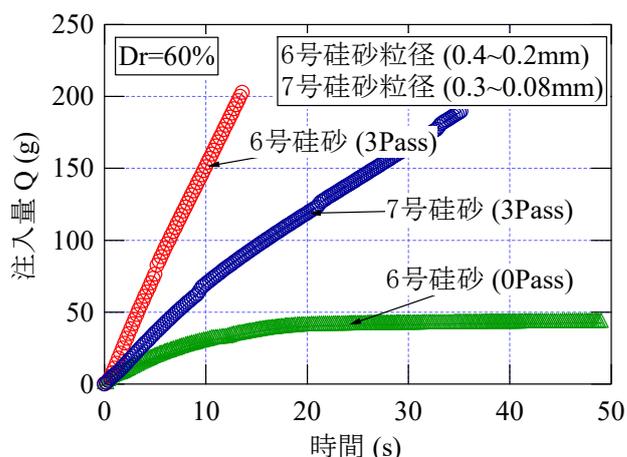


図-5 1次元砂供試体 SiO₂ 注入実験結果

3. 粉砕試料の性能調査

これまで実績により粒径 1μm 以下であれば浸透性は確保出来ると考え、3Pass 粉砕した試料を使用し、性能を確認することとした。3Pass 試料の粘性を計測した結果を図-4 に示す。試料濃度は 14%、D₅₀ は 0.21μm であった。3Pass の粘度は、粉砕前と比較し、1/3 程度に小さくなっていることが分かる。また、写真-1 は、粉砕後 43 日目の沈降状況である。微粒子化材料は沈降が少なく分離していないことが分かる。これは微粒子のゼータ電位の影響で浮遊した状態で沈降や凝集がしにくくなっていると考えられる。一方、図-5 は、6 号および 7 号硅砂を用いた径 50mm×高さ 100mm の円筒供試体での 1 次元注入実験の結果である。図より未粉砕(0Pass) 試料は、注入後から目詰まりが生じ注入が出来なくなっているのに対し、3Pass 試料は、目詰まりすることなく注入が出来ており、粒径の細かい 7 号硅砂でも注入が出来ていることが分かる。また、6 号硅砂の透水係数 $k(\text{cm/s})$ は、0Pass で 0.0038、3Pass で 0.0193 と浸透性が 5 倍程度あり、7 号硅砂でも 3Pass は、0.0089 であった。

4. まとめ

シリカ微粒子を湿式微粒化装置で高压粉砕することにより、粒径を 1μm 以下まで粉砕することが出来た。粉砕後の試料は、凝集沈殿も抑制され、浸透性能も高くなることから、施工能率の向上に期待される。今後は、シリカ SiO₂ 以外の非セメント系材料の微粒子化を行い、性能確認を行う予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費助成事業「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」の研究の一部である。協力いただいた日本工営(株)上村氏、(株)スギノマシン赤間氏始め関係者に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 上村健太郎, 末政直晃, 佐々木隆光, 永尾浩一: シリカ微粒子の土粒子間注入に関する研究, 土木学会第 69 回年次学術講演会, III-083, pp165~166, 2014.9.