

液状化防止工法としての超微粒子球状シリカ系注入材の 適用性に関する実験（その２）

電気化学工業 ○正会員 荒木昭俊 非会員 田中秀弘
日本基礎技術 正会員 岡田和成 非会員 長田貴絵
東北学院大学 正会員 飛田善雄 正会員 山口 晶

1. はじめに

液状化防止工法としてセメント系注入材による地盤注入工法を用いる場合、従来の超微粒子セメント系注入材は最大粒径 $20\mu\text{m}$ 程度であり、浸透性に課題があった。筆者らが開発した超微粒子粉体をスラリー化した超微粒子球状シリカ系注入材¹⁾（以下、シリカボール）は最大粒径 $1\mu\text{m}$ であり、高い浸透性を確保することにより細粒土への適用が可能になると考えられる。原位置の注入において均質な改良を行うためには、確実な浸透注入を確保する必要があるが、実地盤におけるシリカボールの注入特性については不明な点が多い。本稿では、三次元注入特性の確認を目的として実施した、縮尺 1/4 の模型地盤を用いた大型模型注入試験の結果を報告する。

2. 試験概要

(1) 試験試料および注入材配合

試験試料には購入砂を用いた。試験試料の粒径加積曲線を図-1 に、物性値一覧を表-1 に示す。注入材の配合は、W/SB=400,800%の2水準とした。（表-2）

(2) 試験方法

大型模型注入試験は、縮尺 1/4 の模型地盤を作製して行った。表-3 に試験条件を示す。実験装置には、図-2 に示す円筒形のモールドを使用した。最下層に碎石の排水層を設けて、側面にドレーンパイプを4本設置した。ドレーンパイプは、飽和時は注水用として、注入時は排水用として使用した。砂は、5層に分けて投入し、密度が一定となるように各層ごとに手動ランマーを用いて締め固めた。投入した砂の質量から計算した土槽の相対密度は、平均 59.4%であり、間隙率は平均 47.5%であった。砂層の中央部には、薬液吐出孔を備えた注入管を設置した。注入は流量制御にて行い、注入圧力を測定した。一定期間養生後、モールドを解体し固結体を掘り出し、出来高寸法を計測した。その後、 $\phi 5\text{cm}\times\text{H}10\text{cm}$ の供試体を切り出し、一軸圧縮試験を実施した。

3. 試験結果

(1) 注入圧力の経時変化

図-3 に注入圧力の経時変化を示す。各ケースとも注入時間の経過に伴う注入圧力の上昇は無く横ばいで推移して
キーワード 地盤注入工法, 浸透注入, 液状化, 超微粒子球状シリカ, シリカボール, 懸濁型

連絡先 〒949-0393 新潟県糸魚川市大字青海 2209 電気化学工業(株)青海工場 セメント・特混研究部 TEL 025-562-6303

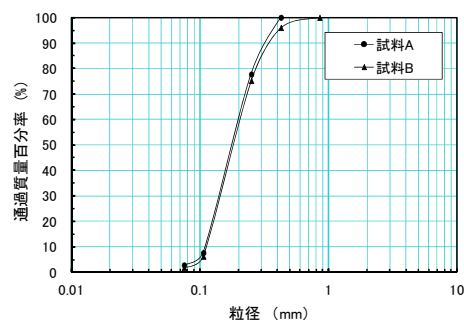


図-1 粒径加積曲線

表-1 物性値一覧

	試料A	試料B
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.636	2.638
最大粒径 (mm)	0.85	0.425
均等係数	1.74	1.76

表-2 注入材の配合

W/SB (%)	シリカボール主材 (L)	シリカボール硬化材 (L)	水 (L)	分散剤 (kg)
400	100	100	800	5
800	56	56	888	2.8

表-3 試験条件

case	試料	配合 W/SB(%)	注入速度 (L/min)	注入量 (L)	注入時間 (min)
1	試料A	400	1.0	42	42
2	試料A	800	1.0	42	42
3	試料B	400	1.0	42	42
4	試料B	800	1.0	42	42

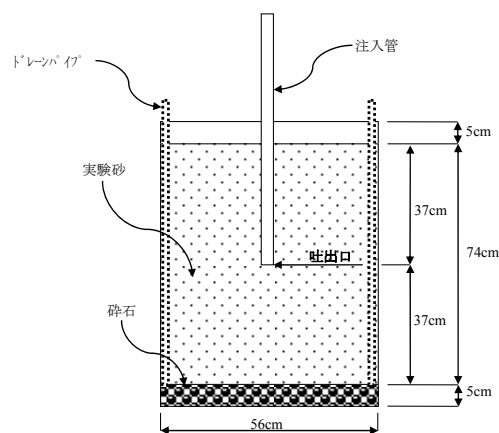


図-2 大型模型注入試験装置

おり、富配合の case1, 3(W/SB=400%)の方が相対的に高い。注入量はいずれのケースも設定量に到達して注入が完了している。

(2) 出来形

各ケースの固結形状写真を写真-1 に、出来形断面図を図-4 に示す。改良体はいずれのケースも概ね球状に固結しており、良好な浸透注入が確保されたことが伺える。注入時間 42 分に対してグラウトの凝結時間は 10 時間以上と長いが、緩結タイプの溶液型薬液で懸念されるような希釈や落下は見られず、吐出孔を中心に改良体が形成された。

出来形計測結果を表-4 に示す。改良体直径を xyz 方向それぞれの最大値の平均とすると、富配合の case1, 3 は 100%改良時の直径 55cm に対して 54, 52cm とほぼ想定どおりであるのに対して、貧配合の case2, 4 は 47, 45cm であり相対的に小さい。100%改良時の容積／改良体容積（実測値）を濃縮率とすると、富配合の case1, 3 は 108, 121%であるのに対して、貧配合の case2, 4 は 177, 179 であり相対的に濃縮率が高い。シリカボールの粒子が間隙にトラップされて次第に目詰まりする^{1) 2)} ことにより濃縮が生じると推測されるが、このメカニズムについては今後解明する必要がある。

(3) 改良体強度

固結体から φ5cm×H10cm の供試体を切りだし、養生 28 日後に一軸圧縮試験を行ったところ、一軸圧縮強さ q_u は 376～947 kN/m^2 であり、液状化対策として十分な一軸圧縮強さが得られ、液状化防止工法に適用可能であることが確認できた。

表-4 出来形計測結果

	case 1	case 2	case 3	case 4
改良体直径 (cm)	54	47	52	45
改良体容積 (L)	82	51	75	47
濃縮率 (%)	108	177	121	179

4. まとめ

超微粒子球状シリカ系注入材（シリカボール）の三次元浸透特性の確認を目的として縮尺 1/4 の大型模型注入試験を行った結果、以下のことが分かった。

- ・球状の固結形状が得られ、良好な浸透注入を確保出来た。
- ・改良体の一軸圧縮強さは 376～947 kN/m^2 であり、液状化防止工法に適用可能である。

参考文献

1) 石田ら：細粒土に適用可能な超微粒子球状シリカ系注入材の開発，第 9 回地盤工学会関東支部発表会，2012.10
2) 川口ら：地層処分におけるグラウト技術の高度化開発（その 2）ーグラウト材料の浸透特性に関する室内実験ー，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011.9

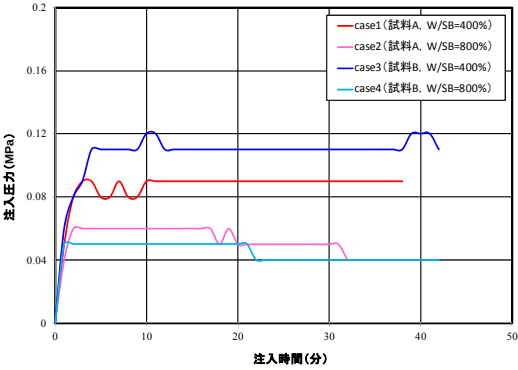


図-3 注入圧力の経時変化

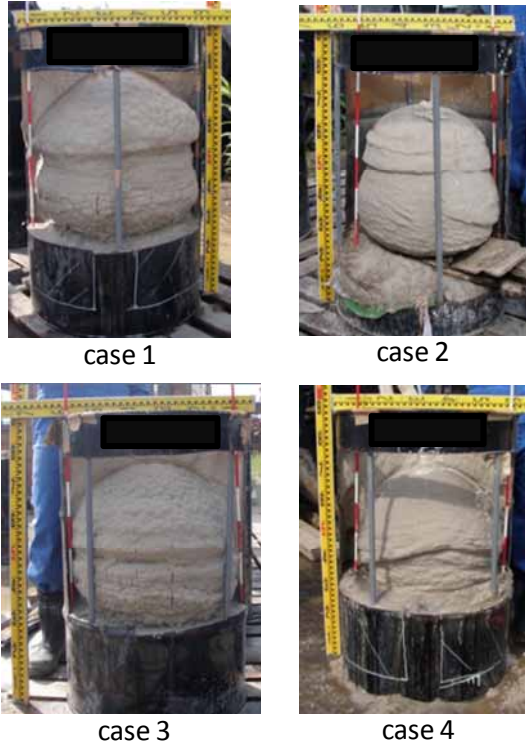


写真-1 固結形状

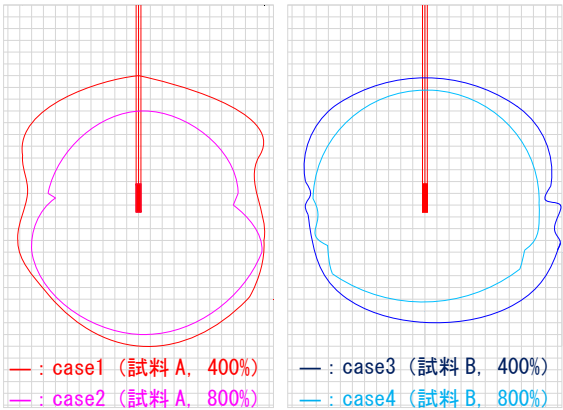


図-4 出来形断面図