

細粒分含有率が異なる地盤における薬液浸透領域の可視化

港湾空港技術研究所 正会員 高野 大樹
港湾空港技術研究所 正会員 高橋 英紀
ジオデザイン 正会員 ○竹花 和浩

1. はじめに

近年、多くの港湾・空港設備において将来予測される巨大地震への対策として液状化対策工が進められている。既設構造物近傍へ地盤改良を施す場合、薬液注入による地盤改良工法が用いられる場合が多い。薬液注入工法は、液状化が予測される地盤に対して、恒久薬液を低圧注入し、土の骨格構造を壊すことなく地盤を低強度固化する工法である。近年は、細粒分含有率が高い地盤への注入や、不均質地盤への注入など適用範囲の拡大が期待されている。本稿では、不均質地盤への薬液浸透領域を透明土を用いた模型実験にて可視化し、細粒分含有率の違いや細粒分が分布する領域の違いが薬液の浸透に及ぼす影響を調べた。

2. 実験概要

本研究では薬液の浸透を透明土を用いて再現した¹⁾。地盤材料には粉碎した熔融石英ガラス粒子（粒径 0.5mm~5mm）を用いた。薬液の浸透を模擬するため、図 1 に示す模型地盤および注入ユニットを用い、薬液を模擬した着色オイルの浸透を行った。実験は重力場と遠心力場においてそれぞれ 2 ケースずつ、合計 4 ケース行った。Case1 は重力場において細粒分を含まない均質地盤、Case2 は重力場において細粒分含有率 $F_c=20\%$ の均質地盤、Case3 は遠心力場において $F_c=20\%$ の均質地盤、Case4 は遠心力場において $F_c=20\%$ の不均質地盤とした。表 1 に使用した石英ガラス粒子の物性、図 2 に石英ガラス粒子の外観を示す。また、石英ガラス粒子に混入した細粒分は、同じ石英ガラス粒子を平均粒径 $60\mu\text{m}$ 程度に粉碎したものをを用いた。2 種類の粒子が十分に混合されるようによく攪拌して使用した。なお Case4 の不均質地盤を作製する際は、地盤全体の F_c が 20% になるように粒度を調整し、不均質になるように地盤を作製した。模型地盤は空中落下法により緩詰になるように作製した。間隙流体として用いたミネラルオイルは、石英ガラス粒子と同じ屈折率を得るために 2 種類の異なる屈折率のオイルを混合して屈折率を調整したものをを用いた。図 3 に間隙流体にミネラルオイルを使用した際の石英ガラス粒子の三軸圧縮試験結果を示す。砂と同様に材料の拘束圧依存性、密度依存性、大きなダイレーションを示すことがわかる。薬液の注入速度は実際の薬液注入施工で用いられる 15L/min を模型スケールに換算した $6.0\text{cm}^3/\text{min}$ とした。なお、実際の施工では細粒分含有率が高くなると注入速度を小さくして浸透が均質になるように調整するが、本実験では注入速度を常時一定とした。薬液の浸透状況は小型カメラを用いて撮影した。

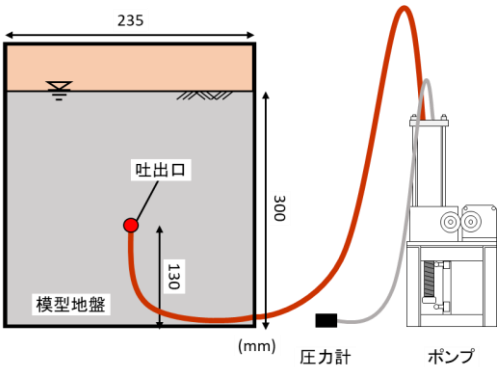


図 1 模型地盤および注入ユニット

表 1 熔融石英ガラスの物理特性

密度(g/cm^3)	2.2
ヤング率(GPa)	74
ポアソン比	0.18
圧縮強度(MPa)	1130
引張強度(MPa)	49
外観	無色透明
屈折率	1.4585



図 2 溶解石英ガラス粒子の外観

キーワード 透明土、薬液注入、可視化

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
地盤研究領域 地盤改良研究グループ T E L 046-844-5055

3. 実験結果

図4に浸透領域を抽出した画像解析結果を示す。Case1では球状の浸透領域が形成されており良好な注入が再現されていることがわかる。Case2では球状の改良体は形成されておらず、水平方向に一定の広がりを持ちながら地表面に向かって浸透領域が広がっていることがわかる。遠心力場で注入を行ったCase3およびCase4ではCase2と比較して全体に広がる浸透領域は少なく、局所的な浸透領域が形成されていることがわかる。これは有効応力の増加に伴い注入によって土粒子の骨格が崩れにくくなり、浸透速度が小さくなったためと考えられる。Case3の均質地盤への注入では、地表面に向かって局所的に3箇所バンドのような形状で薬液が浸透している。これは間隙水圧が低い地表面に向かって薬液が局所的に浸透し割裂注入の状態になったものと考えられる。Case4の画像には、細粒分の分布を重ねて示す。Case4の不均質地盤への注入では、広い範囲に薬液の浸透領域が形成していることがわかる。薬液は細粒分含有率が高い部分を避けるようにして地表面に向けて浸透しており、細粒分含有率が異なる層の境界を選択的に浸透する傾向がある。Fc=30%の部分にも薬液の浸透は確認できた。

4. まとめ

本報では、薬液の浸透領域の形成を重力場と遠心力場で行い、透明土を用いてその様子を可視化することにより、細粒分含有率の違いや細粒分が分布する領域の違いが薬液の浸透に及ぼす影響を調べた。その結果、薬液は細粒分含有率が高い部分を避けるようにして地表面に向けて浸透する傾向が確認できるが、Fc=30%の部分にも浸透が確認できた。実際の施工では、細粒分含有率によって注入速度をコントロールしながら注入を行うため、より均質な改良体が形成されているものと考えられる。

参考文献

1) F.M. Ezzein, R.J. Bathurst, 2011. A Transparent Sand for Geotechnical Laboratory Modeling. Geotech. Testing. Journal, 34 (6).

謝辞：本研究の一部は、国土交通省関東地方整備局から委託を受けて実施した研究の成果であり、ここに記して感謝の意を表します。

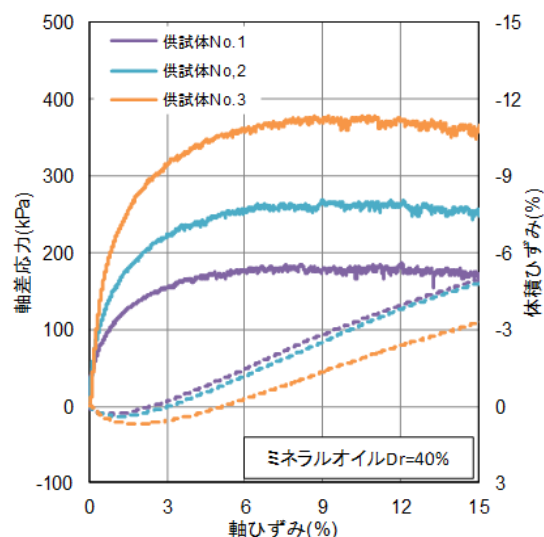


図3 石英粒子の圧密非排水三軸試験結果

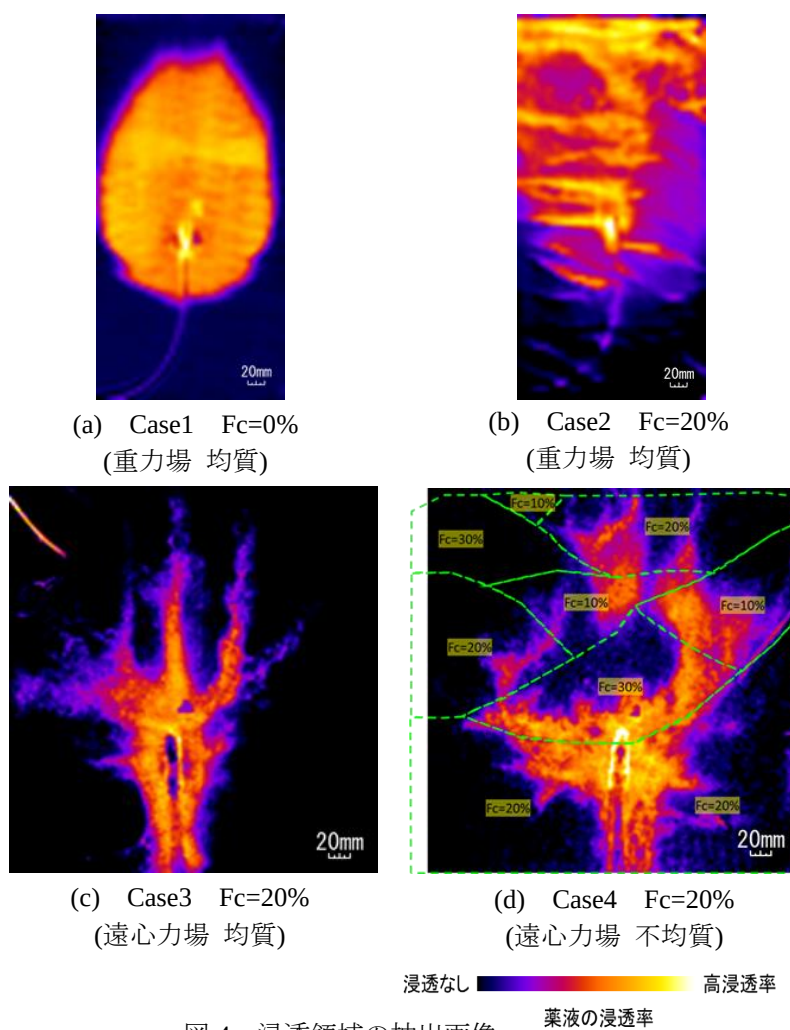


図4 浸透領域の抽出画像