

混合微粒子を用いた二次元注入実験

東京都市大学大学院(現 佐藤工業) 正 ○田 代 怜

東京都市大学大学院 学 XUE HAOXUAN 東京都市大学 正 末 政 直 晃

強化土エンジニアリング(株) 正 佐々木 隆 光 佐藤工業(株) 正 永 尾 浩 一

1. はじめに

日本では軟弱地盤において液状化による被害が多く発生している。現在、様々な液状化対策工法があるが、改良費用が安価で住宅地など狭隘地で施工可能な工法の開発が求められている。本研究ではその一つとして微粒子注入工法の開発を試みた。本工法は、砂間隙に複数種類の微粒子を注入することで間隙を満たし、注入した微粒子同士が固化することによって地盤強化を図る地盤改良工法である。これまで著者らは、産業副産物の一種である高炉スラグ微粉末や廃石膏ボードからの再生石膏といった種々の微粒子を用いた配合の検討¹⁾、及び一次的な浸透性の把握を行ってきた²⁾。本報告ではこれまで検討した配合の中から十分な強度が得られた配合を用いて二次元注入実験を実施し、微粒子注入における浸透特性について検討した。

2. 実験概要

これまで半水石膏:高炉スラグ微粉末:酸化マグネシウム=1:9:1を用いた配合において液状化対策に求められる改良体の一軸圧縮強度を満たすこと¹⁾、また本配合を用いて一次元注入実験を行ったところ、注入濃度と注入速度によっては目詰まりが生じて改良強度に影響を与えることが確認された²⁾。そこで本実験では本配合を用いて二次元注入実験を実施し、垂れ下がり現象の有無、また得られた改良体の改良強度を求めた。実験概要図を図-2に示す。試験土槽は、幅 L=900mm、高さ H=800mm、奥行き B=500mm の平面型であり、可視化のため正面に厚さ 15mm のアクリル板を取り付けた。背面には下端から 300mm の高さから左から 100mm 間隔で孔を設け、水圧計を側面左から 200mm 地点と 400mm 地点に、注入管を 300mm 地点に設置した。また土槽左側面は地下構造物を模擬し、土圧計と間隙水圧計を高さ 200mm、300mm、400mm 地点に取り付けた。上部から試料砂珪砂 6 号を水中落下させることで高さ GH=700mm の地盤を作製した。注入は、一定流量で注入することができるピストン式ポンプを用いて総量約 5L を、土槽背面に設置した注入管から注入した。なお、pH 計は地盤上部に設置し、排液量は土槽背面の左右上部に設けられた排水口から排出されたものを電子天秤にて測定した。作製した注入材を全て注入し終えた時点で実験を終了とし、土槽を 7 日間養生後、水を抜き、正面のアクリル板を外し、改良体周辺の試料砂を採取して pH を測定することで周辺地盤へ注入材のアルカリ成分が流出していないか、並びに垂れ下がり現象の有無を確認した。写真-1 は本土槽を用

表-1 実験ケース

Case	水粉体比 P/W(%)	注入速度 (ml/min)	試料砂 珪砂(号)	相対密度 Dr(%)
1	3	100	6	60±3
2	6	100	6	60±3
3	6	200	6	60±3

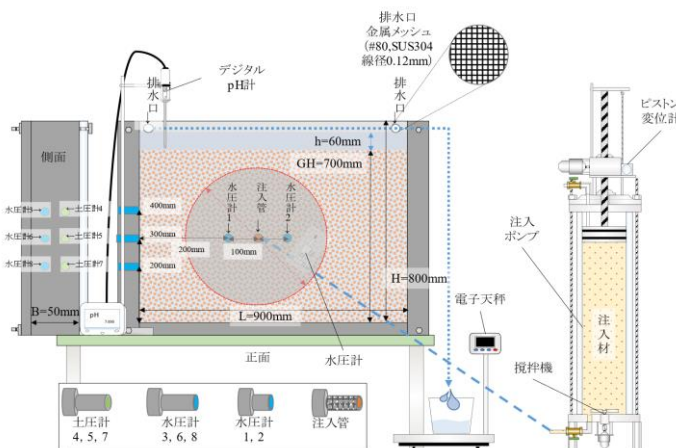


図-1 実験概要図

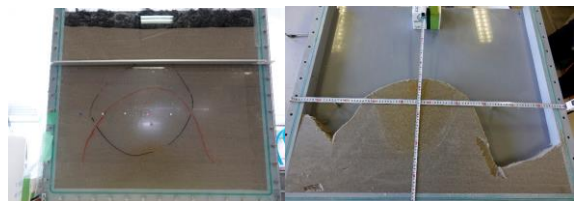


写真-1 本土槽を用いた垂れ下がり現象の一例

キーワード: 液状化対策工法, 微粒子注入, 二次元

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 E-mail:g2081618@tcu.ac.jp

いた垂れ下がりの一例である。注入材はシリカゾル（溶液型薬液）である。注入終了時点では黒線範囲にて浸透を確認できていたが、養生 7 日後では赤線範囲まで垂れ下がりが確認された。未改良範囲の試料砂を取り除くことで垂れ下がりや割裂が生じていないかを確認し、得られた改良体に対して軟岩ペネトロ計を用いた針貫入試験を実施することで針貫入勾配から一軸圧縮強度を算出した。実験条件を表-1 に示す。水粉体比及び注入速度による比較を行った。

3. 実験結果及び考察

養生 7 日目における各実験条件の土槽の様子を写真-2 に示す。3 ケースとも注入時及び注入後において、周辺地盤より改良体からのアルカリの溶出は確認されず、側面の土圧計・水圧計にも大きな変化は見られなかった。さらに、注入直後と養生 7 日目において改良範囲が変化していないことから垂れ下がり現象が起きていないと判断される。これは溶液型と違い、注入材内の微粒子が間隙に留まったためと考えられる。またいずれも注入材を約 5L 注入したのに対し、半径が P/W3% (100ml/min) の条件では約 8.0cm に、P/W6% (100ml/min) では約 13.0cm に、P/W6% (200ml/min) では約 13.9cm となった。実験での注入時間を基に Magg の式³⁾より浸透半径を算出したところ、半径は約 14cm となることから P/W6% (200ml/min) が最もこれに近い結果となった。養生 7 日目における改良体の針貫入試験結果を図-2 に示す。3 ケースとも全ての針貫入地点にて液状化対策に求められる改良強度の下限値⁴⁾である 80kN/m² を上回る結果となった。注入濃度別に比較すると、濃度が低いほうが改良範囲は小さくなり、濃度が高いほうが浸透範囲は大きくなる傾向となった。また注入速度別に比較すると、注入速度が速いほど注入口付近で目詰まりを生じさせなくなることから、改良範囲は広がると判断される。

4. まとめ

本実験より石膏：高炉スラグ微粉末：酸化マグネシウム=1：9：1 の配合を用いて二次元注入実験を行ったところ、微粒子が間隙に留まることから垂れ下がり現象が発生しないことが確認された。本配合における理想の注入条件は、一定の改良強度を確保できる注入材濃度を、割裂を起こさない速度で注入することである。これにより広く浸透し、時間経過と共に注入材が固化することで十分な強度を持つ改良体が得られる。

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。



写真-2 養生 7 日後の土槽の様子 (左: 3%100ml/min 中央: 6%100ml/min 右: 6%200ml/min)

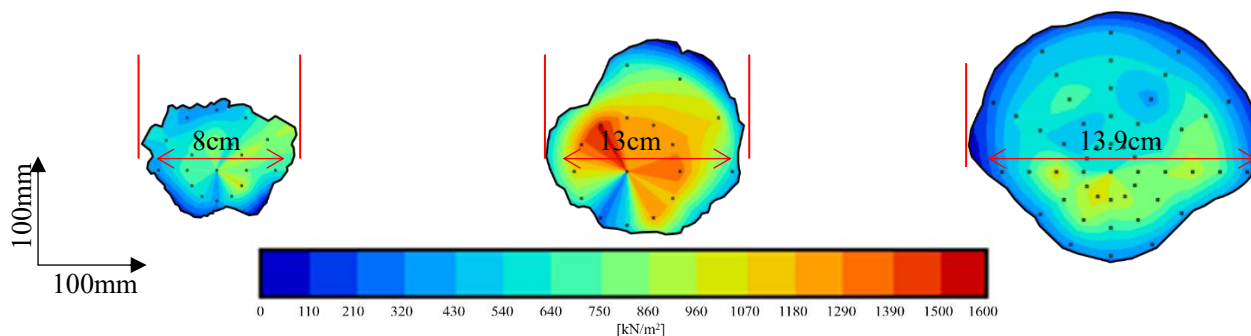


図-2 改良体針貫入試験結果 (左: 3%100ml/min 中央: 6%100ml/min 右: 6%200ml/min)

<参考文献>

- 1) 田代他: 混合微粒子を用いた地盤注入材の検討, 地盤工学会第 56 回地盤工学研究発表会, 13-3-2-03, 2021.
- 2) 田代他: 混合微粒子を用いた二次元注入実験, 地盤工学会第 57 回地盤工学研究発表会, 2022. (投稿中)
- 3) 地盤工学会: 薬液注入工法の調査・設計から施工まで-現場技術者のための土と基礎シリーズ 9-, 社団法人地盤工学会 薬液注入工法の調査・設計から施工までの編集委員会, 丸善, pp.65-88, 平成 16 年 5 月
- 4) 山崎他: 溶液型薬液注入工法の液状化対策への適用, 港湾空港技術研究所報告, Vol.41, No.2, pp.119-151, 2002