

ジオセルによる地盤の液状化緩和効果に関する振動台実験 Shake Table Tests on the Liquefaction Mitigation Effects of Geocell Reinforcement

○沢井 拓 園田悠介 澤田 豊

Taku SAWAI, Yusuke SONODA, Yutaka SAWADA

1. はじめに 地震に伴う地盤の液状化は、地中構造物の浮上や、地盤支持力の低下による甚大な被害を及ぼす。既往研究では埋設管周辺にセル構造体のジオセルを設置することで、管の浮上抵抗力を付加できることが報告されているが¹⁾、ジオセルを設置した地盤における液状化の程度については十分に解明されていない。地震時の液状化は、地盤の急激なせん断変形が発生トリガーとなることから、セル構造体による地盤の拘束効果²⁾が液状化を緩和する可能性があると考えられる。本研究では、ジオセルを設置した地盤に正弦波を作用させる振動台実験を実施した。実験では、ジオセル内の間隙水圧および加速度を計測し、ジオセルによる液状化緩和効果の程度を検証した。

2. 実験概要 模型地盤の概要図を Fig. 1 に、ジオセル設置時の様子を Fig. 2 に示す。土槽寸法は幅 1500 mm、高さ 750 mm、奥行き 450 mm で、鋼製剛土槽とした。地盤材料は Fig. 3 に示す 6・7 混合珪砂を使用し、相対密度 50% の地盤を作製後、飽和させた。ジオセル模型は実際の 1/4 スケールを想定し（厚さ 1 mm）、各セル寸法は縦 90 mm、横 70 mm、高さ 50 mm と設定した。ジオセル各層の中央部に加速度計と間隙水圧計を設置した（Fig. 2）。加振入力波は、Fig. 4 に示すような加速度 400 gal、周波数 2 Hz の単一正弦波とした。本実験では、Fig. 5 に示すとおり、無対策のほか、ジオセル補強した 3 ケースを加えた計 4 ケースを実施した。そのうち、Case 3 は、ジオセルの上下段をバンドにより締め上げ、Case 4 は、一部のセルに剛なセメント柱を挿入した。

3. 実験結果と考察 Fig. 6 に、p1（ジオセル最下段）における、加振中の過剰間隙水圧比の変化を示す。無対策の Case 1 と比較して、Case 2 では、加振

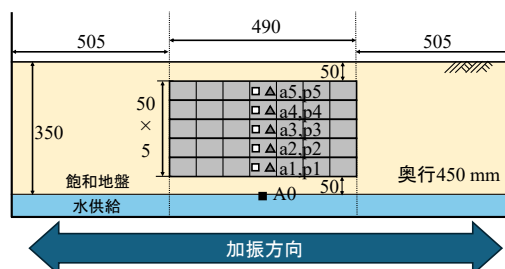


Fig. 1 模型地盤の概要図
Model ground



Fig. 2 ジオセル設置 (Case 3)
Installation of geocell

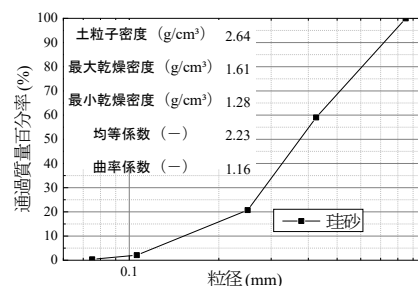


Fig. 3 珪砂の物性
Physical properties of silica sand

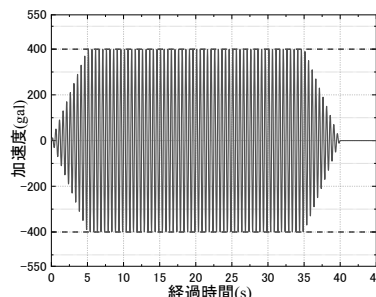


Fig. 4 加振入力波
Input wave

初期における過剰間隙水圧比の上昇が抑制されており、一定の液状化緩和効果を有することがわかる。また、ジオセルを設置することで、加振終了後の過剰間隙水圧の消散がより速くなる傾向が確認できた。一方で、加振を継続すると、過剰間隙水圧比は急激に上昇し、最終的に Case 1 に近い値となった。Fig. 7 に示す、a1 における加速度の推移をみると、Case 1 では間隙水圧の増加曲線が急勾配に変化した 5.6 秒付近で、加速度計のデータが入力波形から外れているが、Case 2 では同様の現象が 24.2 秒付近で生じる。つまり、ジオセルが有する地盤のせん断変形抑制効果により、液状化の進行が遅延させたと考えられる。

ジオセルの締め上げにより上下接続した Case 3 では、加振による間隙水圧の急激な上昇が発生せず、液状化の進行を大幅に抑制した。これは剛なセメント柱を挿入した Case 4 とほぼ同程度の効果で、ジオセルに対し、上下接続を施すことで、より大きな液状化緩和効果を得られることが示された。

Fig. 8 に、各ケース・各高さにおける過剰間隙水圧比の最大値を示す。すべてのケースにおいて、最下段で最も液状化が抑制され、埋設深が浅くなるにつれて液状化が進行する傾向があった。しかしながら、ジオセルに上下接続を施したケースにおいては、上載圧の最も小さな位置でも、過剰間隙水圧比が 0.3 に達することはなく、液状化緩和効果を一定程度維持した。

4. まとめ 本研究では、ジオセルにより補強した地盤を対象に 1 G 場振動台実験を実施し、液状化緩和効果を検証した。その結果、ジオセル補強により加振初期の間隙水圧の上昇が抑えられ、液状化の進行が遅延したが、継続加振によりその効果は低下した。一方で、ジオセルの上下段を締め上げることで、より大きな液状化緩和効果を得られることがわかった。

謝辞： 本研究は JSPS 科研費 23K19317, 24H00533 の助成を受けたものです。

参考文献 1) Nagatani et al. (2024): A Labor-Saving Method of Pipe Uplifting Countermeasure with Geocell-Geotextile Combination, *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 11, 3845–387, 2) Rajiv et al. (2022) : Control of Liquefaction Potential by Geosynthetic Reinforcements—A Study, *Earthquake Geotechnics Conference paper*, 187, 1-15

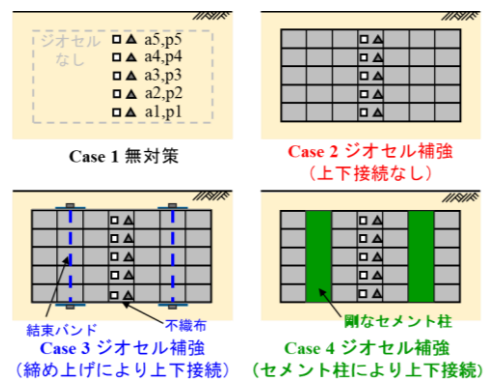


Fig. 5 実験ケース
Experimental cases

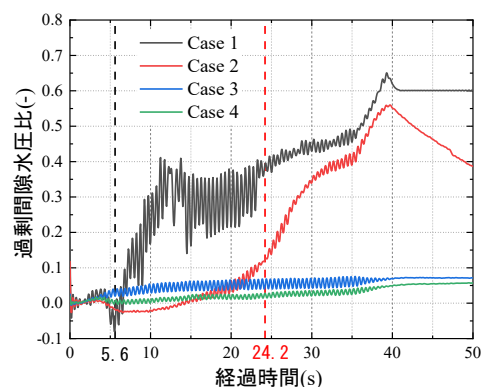


Fig. 6 過剰間隙水圧比の変化 (p1)
Excess pore pressure ratio trend

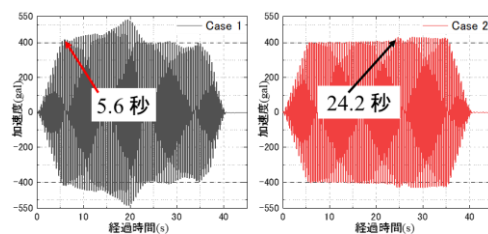


Fig. 7 加速度の変化 (a1, Case1, Case2)
Acceleration trend

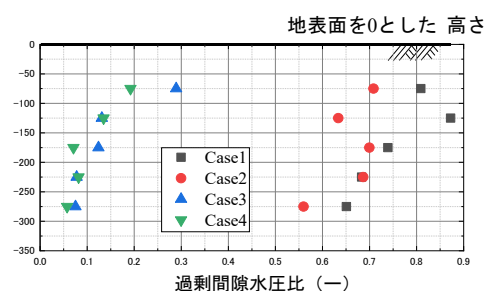


Fig. 8 最大過剰間隙水圧比
Max excess pore water pressure ratio